

**COD DE PROIECTARE PENTRU
STRUCTURI DIN ZIDĂRIE,
Indicativ CR 6 - 2013**

CUPRINS

CAPITOLUL 1. PREVEDERI GENERALE

- 1.1. Obiect și domeniu de aplicare
- 1.2. Relația cu alte reglementări tehnice
- 1.3. Definiții principale
- 1.4. Notății, unități de măsură, liste de tabele și figuri
- 1.5. Documente de referință

CAPITOLUL 2. BAZELE PROIECTĂRII

- 2.1. Cerințe generale de proiectare
- 2.2. Condiții tehnice privind rezistența și stabilitatea structurilor / elementelor de zidărie
- 2.3. Principiile proiectării la stări limită ultime pentru clădirile din zidărie
- 2.4. Variabile de bază

CAPITOLUL 3. MATERIALE

- 3.1. Elemente pentru zidărie
- 3.2. Mortare
- 3.3. Beton
- 3.4. Oțeluri pentru armături
- 3.5. Alte materiale pentru armarea zidăriei

CAPITOLUL 4. ZIDĂRIE

- 4.1. Proprietățile mecanice ale zidăriei
- 4.2. Proprietățile fizice ale zidăriei
- 4.3. Durabilitatea zidăriei

CAPITOLUL 5. PROIECTAREA PRELIMINARĂ A CLĂDIRILOR CU PEREȚI STRUCTURALI DIN ZIDĂRIE

- 5.1. Proiectarea preliminară arhitectural-structurală a clădirilor etajate curente
- 5.2. Proiectarea preliminară a pereților structurali pentru clădirile etajate curente
- 5.3. Proiectarea preliminară a subansamblurilor structurale orizontale
- 5.4. Proiectarea preliminară a infrastructurii

CAPITOLUL 6. CALCULUL CLĂDIRILOR CU PEREȚI DIN ZIDĂRIE

- 6.1. Principii generale de calcul
- 6.2. Calculul structurilor la încărcări verticale
- 6.3. Calculul structurilor cu pereți din zidărie la forțe orizontale
- 6.4. Calculul pereților din zidărie la încărcări perpendiculare pe plan
- 6.5. Calculul planșelor
- 6.6. Calculul rezistenței de proiectare a pereților din zidărie
- 6.7. Calculul rezistenței de proiectare a planșelor
- 6.8. Verificarea siguranței clădirilor cu pereți structurali din zidărie

CAPITOLUL 7. PREVEDERI CONSTRUCTIVE PENTRU CLĂDIRILE DIN ZIDĂRIE

- 7.1. Prevederi constructive privind suprastructura
- 7.2. Prevederi constructive privind infrastructura
- 7.3. Prevederi referitoare la pereții nestructurali din zidărie

ANEXA I (normativă)

Specificații tehnice privind materialele pentru lucrări de zidărie

ANEXA II (informativă) Comentarii

ANEXA III (informativă) Exemple de calcul

CAPITOLUL 1. PREVEDERI GENERALE

1.1. Obiect și domeniu de aplicare

(1) *Codul de proiectare pentru structuri din zidărie*, indicativ CR 6-2013, se aplică la proiectarea clădirilor cu pereți structurali din zidărie, precum și la proiectarea tuturor celorlalte părți / elemente de construcție din zidărie indiferent de tipul structurii.

Codul are ca obiect enunțarea cerințelor generale de conformare arhitectural-structurală și de calcul și a condițiilor constructive de ansamblu și de detaliu pentru acestea.

(2) Prevederile Codului se referă, în principal, la *situația de proiectare persistentă* și la *situația de proiectare tranzitorie*, definite conform Codului CR 0 - 2012.

Pentru *situația de proiectare seismică*, definită conform CR 0, prevederile Codului vor fi aplicate numai împreună cu prevederile de calcul și de detaliere constructivă specifice date în Codul P 100-1/2013, cap.8 pentru structuri și pereți structurali și în cap.10 pentru pereți nestructurali, panouri de zidărie înrămate în cadre și alte elemente nestructurale (coșuri de fum și de ventilație, de exemplu).

(3) Prevederile Codului vor fi utilizate pentru proiectarea clădirilor civile, industriale și agrozootehnice și/sau ale părților acestora, realizate cu următoarele tipuri de alcătuire (definite la 1.3.1.), astfel:

- a. zidărie simplă / nearmată (ZNA);
- b. zidărie confinată (ZC);
- c. zidărie confinată și armată în rosturile orizontale (ZC+AR);
- d. zidărie cu inimă armată (ZIA).

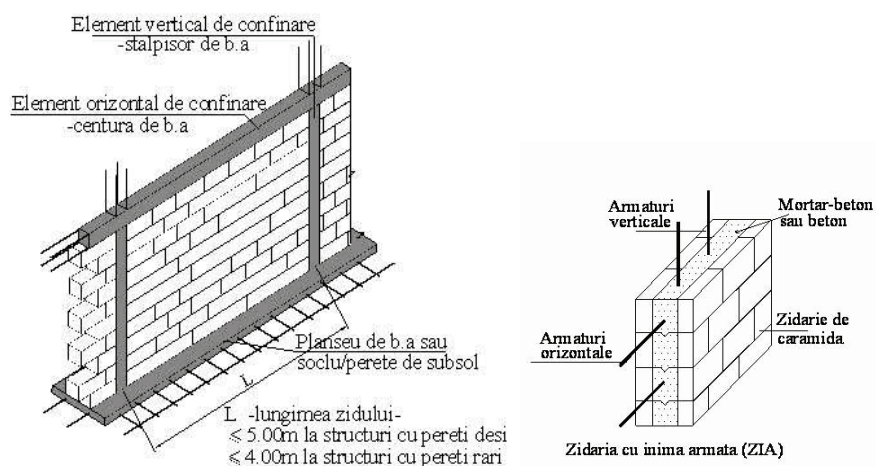


Figura 1.1. Tipuri de alcătuire pentru pereți din zidărie armată
(a) Zidărie confinată (b) Zidărie cu inimă armată

Zidăria armată vertical și orizontal, executată cu elemente pentru zidărie cu forme speciale și zidăria precomprimată nu fac obiectul prezentului Cod.

De asemenea, nu face obiectul Codului zidăria executată cu elemente pentru zidărie recuperate din demolări.

(4) Codul conține cerințe de proiectare referitoare la rezistența, stabilitatea, rigiditatea și ductilitatea tuturor părților / elementelor de construcție din zidărie, precum și la durabilitatea acestora. Alte cerințe, de exemplu, cele privind izolarea higro-termică sau fonică nu fac obiectul Codului.

(5) Prezentul Cod nu conține prevederi referitoare la *situația de proiectare accidentală* (definită conform CR 0), de exemplu pentru rezistența la foc a părților / elementelor de construcție din zidărie.

(6) Nivelurile de siguranță rezultate din calculul și prevederile constructive din acest Cod constituie niveluri minime obligatorii de calitate. La solicitarea investitorului, prin tema de proiectare, pot fi adoptate măsuri suplimentare pentru obținerea unor niveluri de asigurare superioare.

(7) Prevederile Codului referitoare la proiectarea clădirilor cu structuri din zidărie și a tuturor părților / elementelor de construcție din zidărie se vor aplica numai tipurilor de clădiri civile, industriale și agrozootehnice enumerate la (8). În cazul construcțiilor cu alte alcătuiuri sau care sunt destinate unor funcțiuni speciale (arce, coșuri de fum independente, ziduri de sprijin, rezervoare, etc., precum și planșee mixte cu corpuri de umplutură ceramice sau din beton) prevederile Codului au caracter orientativ.

(8) Structurile cu pereți structurali din zidărie sunt folosite în mod curent pentru următoarele tipuri de clădiri (denumite în continuare *clădiri curente*):

- a. clădiri etajate cu înălțime până la P+4E inclusiv: locuințe, alte clădiri cu funcțiuni similare (hoteluri, moteluri, cămine, internate, creșe, etc.), clădiri pentru învățământ și ocrotirea sănătății, alte tipuri de clădiri social-culturale care nu necesită spații libere mari și care au funcțiuni în general fixe (nu sunt susceptibile de a suferi transformări majore în timpul exploatării);
- b. clădiri tip "hală / sală" cu deschideri și înălțimi moderate (de regulă, cu deschideri maxime de 9.00 ÷ 15.00 m și înălțimi de 6.00 ÷ 8.00 m) pentru săli de sport, ateliere, depozite, clădiri agrozootehnice, etc.

(9) Prevederile privind *situația de proiectare tranzitorie* (situație de proiectare în timpul execuției, definită conform CR 0 și SR EN 1991-1-6) și cele privind execuția lucrărilor sunt tratate în măsura în care este necesar să se indice calitatea materialelor și a produselor pentru construcții și nivelul calității execuției pe șantier, cerute pentru respectarea ipotezelor avute în vedere la proiectare.

(10) Condițiile speciale pentru execuția lucrărilor în situații particulare (condiții de temperaturi extreme, zidării care se încarcă prematur, etc.) vor fi menționate obligatoriu în documentație (planuri, caiete de sarcini, specificații).

(11) Prevederile Codului se aplică numai structurilor și părților / elementelor de construcție din zidărie realizate cu elemente pentru zidărie și/sau cu mortare, care îndeplinesc următoarele două condiții:

- a. sunt conforme cu specificațiile tehnice de produs aplicabile (standarde armonizate, standarde europene / naționale altele decât cele armonizate, evaluări tehnice europene, agremente tehnice naționale în construcții) –conformitatea cu specificațiile tehnice armonizate este recunoscută prin existența marcajului CE;
- b. satisfac cerințele specifice pentru zidării în zone seismice date în P 100-1, cap.8 și 10.

NOTĂ. Pentru conformitatea privitoare la condițiile de calitate și/sau la caracteristicile mecanice (inclusiv cerințele de durabilitate) se vor avea în vedere și reglementările tehnice aplicabile, în vigoare, referitoare la elemente pentru zidărie și/sau mortare considerate individual, precum și la zidăriile executate cu acestea.

(12) În cazul structurilor și părților / elementelor de construcție executate cu elemente pentru zidărie și/sau cu mortare, care nu satisfac una dintre cerințele de la (11), zidăriile cu astfel de elemente și/sau mortare vor fi utilizate numai pe baza specificațiilor tehnice de produs întocmite conform legislației în vigoare, prin care vor fi stabilite domeniile și condițiile tehnice de folosire, precum și performanțele acestora.

(13) Pentru stabilirea valorilor caracteristicilor mecanice de rezistență și deformabilitate ale materialelor componente și ale zidăriilor realizate cu acestea se vor folosi date rezultate din încercări efectuate și declarate de către fabricant, cu respectarea prevederilor specificațiilor tehnice de produs și ale legislației aplicabile în vigoare.

(14) Cerințele și condițiile tehnice stabilite prin proiect, pentru toate categoriile de lucrări de zidărie, vor fi precizate în fișa sintetică alcătuită conform Anexei I (normativă) la acest Cod. Fișa va face parte integrantă din documentația de contractare și de execuție și va servi executantului pentru aprovizionarea materialelor corespunzătoare iar organismelor de control pentru verificarea conformității cu prevederile proiectului.

(15) Prevederile Codului se adresează investitorilor, proiectanților, executanților de lucrări, specialiștilor cu activitate în domeniul construcțiilor atestați / autorizați în condițiile legii, precum și organismelor de verificare și control (verificarea și/sau expertizarea proiectelor, verificarea, controlul și/sau expertizarea lucrărilor).

(16) Fabricanții, reprezentanții autorizați ai acestora, importatorii și distribuitorii de produse pentru construcții (elemente pentru zidărie, mortare, betoane, oțeluri pentru armături, etc.) destinate utilizării în vederea realizării de pereți structurali și componente nestructurale din zidărie, trebuie să ia în considerare prevederile prezentului Cod pentru ca activitatea de comercializare a acestor produse să își atingă scopul.

1.2. Relația cu alte reglementări tehnice

(1) Situațiile de proiectare la care se face referire în acest Cod sunt definite, conform CR 0, după cum urmează:

- *Situație de proiectare persistentă*: situație de proiectare care este relevantă pe un interval de timp de același ordin cu durata vieții structurii.
- *Situație de proiectare tranzitorie*: situație de proiectare care este relevantă pe o durată de timp mai scurtă decât durata proiectată a vieții structurii și care are o probabilitate mare de a se produce.
- *Situație de proiectare seismică*: situație de proiectare excepțională când structura este expusă unui eveniment seismic.

(2) Grupările de încărcări la care se face referire în acest Cod sunt definite, conform CR 0, după cum urmează:

- *Gruparea fundamentală*: Combinarea (efectelor) acțiunilor pentru situațiile de proiectare persistentă și tranzitorie.
- *Gruparea seismică*: Combinarea (efectelor) acțiunilor pentru situația de proiectare seismică.

(3) Pentru proiectarea părților de construcție din alte materiale (beton, oțel, lemn, etc.), se vor folosi reglementările tehnice specifice, aplicabile, în vigoare.

(4) În cazul clădirilor situate pe terenuri de fundare dificile, prevederile Codului vor fi completate cu cele ale reglementărilor tehnice specifice, în vigoare, pentru astfel de terenuri, în ceea ce privește alcătuirea de ansamblu, dimensionarea și detalierea constructivă a clădirilor din zidărie și a elementelor acestora.

1.3. Definiții principale

Valoare declarată: valoarea unei caracteristici a materialelor componente sau a zidăriei (de exemplu, rezistența medie la compresiune) declarată de fabricant în declarația de conformitate / performanță a produsului sau în alte documente emise de către acesta, care se pun la dispoziție odată cu furnizarea produsului.

1.3.1. Tipuri de zidării

- a. **Zidărie simplă / nearmată (ZNA):** zidărie care nu conține suficientă armătură pentru a putea fi considerată zidărie armată, precum: zidăria confinată, zidăria confinată și armată în rosturile orizontale, zidăria cu inimă armată. Rezistența și rigiditatea elementelor de confinare și ale armăturilor prevăzute constructiv în structurile din zidărie nearmată, conform prezentului Cod și P 100-1, nu vor fi luate în calcul pentru verificarea siguranței la efectele încărcărilor din gruparea fundamentală și din gruparea seismică.
- b. **Zidărie confinată (ZC):** zidărie prevăzută cu elemente pentru confinare din beton armat dispuse vertical (stâlpișori) și orizontal (centuri), pe toate cele patru laturi ale panoului, turnate după executarea zidăriei.
- c. **Zidărie confinată și armată în rosturile orizontale (ZC+AR):** zidărie confinată (ZC) la care, în rosturile orizontale, sunt prevăzute armături în cantități suficiente, din oțel sau din alte materiale cu rezistență semnificativă la întindere, în scopul creșterii rezistenței la forță tăietoare și a ductilității peretelui.
- d. **Zidărie cu inimă armată (ZIA):** zidărie alcătuită din două straturi de zidărie paralele având spațiul dintre ele umplut cu beton armat sau cu mortar-beton (*grout*) armat, cu sau fără legături mecanice între straturi și la care cele trei componente conlucrează pentru preluarea tuturor categoriilor de solicitări.
- e. **Zidărie înrămată în cadre (ZIC):** zidărie alcătuită din unul sau mai multe straturi de zidărie, cu legături mecanice între straturi, înrămată într-un cadru de beton armat / oțel, executată după turnarea betonului / montarea cadrului metalic.

1.3.2. Mortare

(1) Mortarele pentru zidărie, alcătuite din liant, nisip și apă sunt definite prin:

a. *Concepție*

- i. **mortar performant pentru zidărie:** mortar a cărui compoziție și metodă de obținere este aleasă de fabricant în vederea obținerii caracteristicilor specificate (concept de *performanță*);
- ii. **mortar de rețetă pentru zidărie:** mortar produs conform proporțiilor predeterminate, ale cărui caracteristici rezultate sunt în funcție de proporțiile stabilite ale constituenților (concept de *rețetă*).

b. **Caracteristici și utilizare:**

- i. **mortar pentru zidărie pentru utilizare generală (G):** mortar pentru zidărie fără caracteristici speciale;
- ii. **mortar pentru zidărie pentru straturi subțiri (T):** mortar *performant* pentru zidărie cu dimensiunea maximă a agregatelor mai mică sau egală cu o valoare indicată. Mortarele (T) se utilizează, în conformitate cu acest Cod, pentru rosturi de așezare cu grosimi de $0.5 \div 3.0$ mm.

(2) **Mortar-betonul (*grout*)** este un mortar pentru zidărie pentru utilizare generală (G) obținut din amestec de ciment, nisip, pietriș monogranular - de dimensiunea agregatelor < 3.0 mm - și apă. Amestecul se realizează cu o consistență redusă - tasare de circa $20 \div 25$ cm pe conul etalon de 30 cm înălțime. Mortar-betonul poate fi *de rețetă* sau *performant*.

(3) **Mortarul adeziv (*glue*)** este un mortar *performant* pe bază de ciment, nisip foarte fin și adezivi (polimeri). Mortarul adeziv se folosește pentru straturi subțiri, conform specificațiilor tehnice și tehnologice ale fabricantului și numai în asociere cu elementele pentru zidărie indicate de aceste specificații.

1.3.3. Elemente pentru zidărie

- a. **Rezistența medie la compresiune a elementului:** media aritmetică a rezistențelor la compresiune ale elementelor.
- b. **Rezistența caracteristică la compresiune a elementului:** rezistența la compresiune corespunzătoare fractilului de 5% al distribuției statistice a rezistenței la compresiune.
- c. **Rezistența standardizată la compresiune a elementului:** rezistența la compresiune a elementelor pentru zidărie transformată în rezistența echivalentă a unui element "uscat în aer" cu lățimea de 100 mm și înălțimea de 100 mm.
- d. **Element pentru zidărie categoria I:** element pentru zidărie pentru care probabilitatea de a nu atinge rezistența medie / caracteristică la compresiune declarată este $\leq 5\%$.
- e. **Element pentru zidărie categoria II:** element pentru zidărie care nu îndeplinește nivelul de încredere al elementelor pentru zidărie categoria I.

1.3.4. Pereți din zidărie

- a. **Perete structural:** perete destinat să reziste forțelor verticale și orizontale care acționează, în principal, în planul său.
- b. **Perete structural de rigidizare:** perete dispus perpendicular pe un perete structural, cu care conlucrează la preluarea forțelor verticale și orizontale și contribuie la asigurarea stabilității acestuia.

În cazul clădirilor cu planșee care descarcă pe o singură direcție, pereții paraleli cu direcția elementelor principale ale planșeului, care nu sunt încărcăți direct cu forțe verticale, dar care preiau forțele orizontale care acționează în planul lor, sunt denumiți și **pereți de contravântuire**.

- c. **Perete nestructural:** perete care nu face parte din structura principală a construcției; acest tip de perete poate fi suprimat fără să prejudicieze integritatea restului structurii.
- d. **Perete înrămat:** perete înglobat într-un cadru de beton armat / oțel, care nu face parte din structura principală, dar care, în anumite condiții, contribuie la rigiditatea laterală a clădirii și la disiparea energiei seismice; suprimarea în timpul exploatării clădirii sau

crearea de goluri de uși / ferestre într-un perete înrămat se va face numai pe baza unei justificări prin calcul (expertiză tehnică) și, după caz, cu adoptarea unor măsuri constructive adecvate.

1.4. Notății, unități de măsură, liste de tabele și figuri

1.4.1. Notății

Simbolurile specifice, dependente de material, utilizate în acest Cod pentru structuri din zidărie sunt:

a_l distanța de la capătul peretelui până la cea mai apropiată extremitate a reazemului care transmite forța verticală

a_g valoarea de proiectare a accelerației seismice a terenului

a_s aria armăturii / unitatea de lungime din stratul median al ZIA

A aria secțiunii transversale a unui element

A_{asc} aria armăturii din stâlpișorul comprimat

A_{bsc} aria betonului din stâlpișorul comprimat

A_b aria pe care se aplică forța concentrată

A_{bsc} aria betonului din stâlpișorul comprimat la zidăria confinată

A_{ef} aria peretelui efectiv încărcată cu forța concentrată

A_{pan} aria secțiunii orizontale a panoului de zidărie înrămată în cadre

A_{pl} aria planșeului unui etaj

A_s aria de armătură întinsă din stâlpișori

A_{sw} aria armăturilor din rosturile orizontale pentru preluarea forței tăietoare

A_w aria secțiunii orizontale a peretelui

A_{zc} aria zonei comprimate la compresiune excentrică pentru un perete de ZNA

$A_{z,net}$ aria netă totală a pereților pe una din direcțiile principale ale clădirii

b_{activ} lățimea activă a tălpii unui element compus (I, T, L)

$b_{st,echiv}$ latura stâlpului cadrului echivalent (pentru panourile de zidărie înrămată)

C clasa de rezistență la compresiune a betonului

$d_i(i=1,2)$ excentricitatea de aplicare a încărcărilor din planșee pe un perete

d_r deplasarea relativă de nivel a clădirii

d_{RG} distanța între centrul de greutate al planșeului (G) și centrul de rigiditate (R)

e_a excentricitatea accidentală a forțelor verticale

e_{hi} excentricitatea la partea superioară / inferioară a peretelui, dată de încărcările perpendiculare pe perete

e_i excentricitatea de calcul în raport cu planul peretelui

e_{i0} excentricitatea datorată încărcărilor verticale aplicate peste nivelul de calcul al unui perete

e_{mk} excentricitatea finală la 1/2 din înălțimea peretelui

e_{hm} excentricitatea la 1/2 din înălțimea peretelui, dată de încărcările perpendiculare pe perete

e_k excentricitatea datorată curgerii lente

E_b modul de elasticitate longitudinal al betonului

E_z modul de elasticitate longitudinal secant de scurtă durată al zidăriei simple

$E_{ZC(ZIA)}$ modul de elasticitate longitudinal al zidăriei confinate / zidăriei cu inimă armată

$E_{z,ld}$ modul de elasticitate longitudinal de lungă durată al zidăriei simple

f_b rezistența unitară la compresiune standardizată a elementelor pentru zidărie normal pe fața rostului orizontal

f_{bh} rezistența unitară la compresiune standardizată a elementelor pentru zidărie paralel cu fața rostului orizontal, în planul peretelui

f_{bo} rezistența unitară de aderență a armături

f_{bok} rezistența unitară caracteristică de aderență a armăturii

f_{cd} rezistența unitară de proiectare la compresiune a betonului

f_{ck} rezistența unitară caracteristică la compresiune a betonului

f_{cvd} rezistența unitară de proiectare la forfecare a betonului

f_{cvk} rezistența unitară caracteristică la forfecare a betonului

f_d rezistența unitară de proiectare la compresiune a zidăriei

f_{dh} rezistența unitară de proiectare la compresiune a zidăriei paralel cu fața rostului orizontal, în planul peretelui

f_k rezistența unitară caracteristică la compresiune a zidăriei

f_{kh} rezistența unitară caracteristică la compresiune a zidăriei paralel cu fața rostului orizontal, în planul peretelui

f_m rezistența unitară medie la compresiune a mortarului

f_{mbk} rezistența unitară caracteristică la compresiune a mortar-betonului (groutului) din stratul median al pereților din zidărie cu inimă armată

f_{med} rezistența unitară medie la compresiune a elementelor pentru zidărie, normal pe fața rostului orizontal

f_{vd} rezistența unitară de proiectare la forfecare a zidăriei

f_{vd0} rezistența unitară de proiectare la forfecare sub efort de compresiune nul a zidăriei

$f_{vd,i}$ rezistența unitară de proiectare de cedare pe secțiune înclinată

$f_{vd,l}$ rezistența unitară de proiectare la cedare prin lunecare în rost orizontal

f_{vk} rezistența unitară caracteristică la forfecare a zidăriei

f_{vk0} rezistența unitară caracteristică la forfecare sub efort de compresiune nul a zidăriei

$f_{vk,i}$ rezistența unitară caracteristică de cedare pe secțiune înclinată din eforturi principale de întindere în lungul diagonalei comprimate

$f_{vk,l}$ rezistența unitară caracteristică de cedare prin lunecare în rost orizontal

f_{x1} rezistența unitară la încovoiere a zidăriei după un plan de rupere paralel cu rosturile orizontale

f_{x2} rezistența unitară la încovoiere a zidăriei după un plan de rupere perpendicular pe rosturile orizontale

f_{xd1} rezistența unitară de proiectare a zidăriei la încovoiere paralel cu rosturile orizontale

f_{xd2} rezistența unitară de proiectare a zidăriei la încovoiere perpendicular pe rosturile orizontale

f_{xk1} rezistența unitară caracteristică a zidăriei la încovoiere paralel cu rosturile orizontale

f_{xk2} rezistența unitară caracteristică a zidăriei la încovoiere perpendicular pe rosturile orizontale

f_y valoarea caracteristică a limitei de elasticitate a oțelului

f_{yd} rezistența unitară de proiectare a armăturii din stâlpișori / stratul median al ZIA

f_{ysd} rezistența unitară de proiectare a armăturilor din rosturile orizontale ale zidăriei

f_{zd} notație generică pentru rezistența unitară de proiectare la o solicitare secțională

f_{zk} notație generică pentru rezistența unitară caracteristică la o solicitare secțională

F_b forța tăietoare de bază din acțiunea seismică pentru o clădire

F_i reacțiunea orizontală, dată de forța S_{niv} în secțiunea de reazem a planșeului pe peretele "i"

F_{bp} forța tăietoare de bază din acțiunea seismică pentru o proeminență peste ultimul nivel al unei clădirii

G_z modulul de elasticitate transversal al zidăriei simple

$G_{ZC(ZIA)}$ modulul de elasticitate transversal al zidăriei confinate / zidăriei cu inimă armată

h înălțimea liberă a peretelui

h_{ef} înălțimea efectivă a peretelui

h_{gol} înălțimea golului din zidărie

h_{et} înălțimea etajului

h_p înălțimea panoului de zidărie înrămată în cadre

h_{pan} înălțimea panoului de zidărie confinată

h_{tot} înălțimea totală a peretelui structural

H_o înălțimea peretelui de la bază până la nivelul la care se aplică forța concentrată

I_b momentul de inerție al secțiunii de beton a elementelor pentru confinare

I_i momentul de inerție al secțiunii ideale a peretelui

I_z momentul de inerție al secțiunii de zidărie confinată

K constantă referitoare la rezistența caracteristică la compresiune a zidăriei

l_{ad} lungimea pe care aderența este activă pentru calculul rezistenței la forță tăietoare

l_c lungimea zonei comprimate a peretelui pentru calculul rezistenței la forță tăietoare

l_{min} lățimea minimă a spaletului de zidărie la o secțiune compusă

- l_{pan} lungimea panoului de zidărie confinată
- l_s distanța între centrele de greutate ale stâlpișorilor de la extremitățile unui perete de zidărie
- l_w lungimea secțiunii orizontale a unui perete
- L dimensiunea clădirii perpendicular pe direcția forței seismice de proiectare
- L_c deschiderea unei console de beton încastrată în zidărie
- L_{ef} lungimea efectivă de preluare a forței concentrate
- L_{gc} lungimea de calcul a grinzii de cuplare (între fețele montanților)
- $L_{v,et}$ forța de lunecare verticală între inima și talpa unui perete compus pe înălțimea etajului
- m masa totală a clădirii supusă acțiunii seismice
- m_p masa proeminenței peste ultimul nivel al unei clădirii
- M^{**} rezistența medie la compresiune a mortarului (marca) N/mm^2
- M_{Exd1} valoarea de proiectare a momentului încovoietor în plan paralel cu rosturile orizontale din încărcări seismice
- M_{Exd2} valoarea de proiectare a momentului încovoietor în plan perpendicular pe rosturile orizontale din încărcări seismice
- M_{hi} momentul încovoietor la nivelul planșeului, dat de încărcarea orizontală uniform distribuită p_h
- M_{hm} momentul încovoietor la mijlocul înălțimii peretelui dat de încărcarea orizontală uniform distribuită p_h
- M_{inf} momentul încovoietor în secțiunea de la baza etajului pentru care se calculează lunecarea verticală
- M_{Rd} rezistența de proiectare la încovoiere în planul peretelui
- $M_{Rd}(A_s)$ rezistența de proiectare la încovoiere corespunzătoare armăturilor din stâlpișori
- $M_{Rd}(z_{na}, i)$ rezistența de proiectare la încovoiere cu forță axială a secțiunii ideale de zidărie nearmată
- M_{Rxd1} rezistența de proiectare la încovoiere a peretelui în plan paralel cu rosturile orizontale
- M_{Rxd2} rezistența de proiectare la încovoiere a peretelui în plan perpendicular pe rosturile orizontale
- M_{Sd} valoarea de proiectare a momentului încovoietor în planul peretelui, din încărcări neseismice
- M_{Sxd1} valoarea de proiectare a momentului încovoietor în plan paralel cu rosturile orizontale din încărcări neseismice
- M_{Sxd2} valoarea de proiectare a momentului încovoietor în plan perpendicular pe rosturile orizontale din încărcări neseismice
- $MX1 \div MX5$ clase de expunere la condițiile de mediu
- n_{ech} factor de echivalență între zidărie și beton
- n_{niv} numărul de niveluri peste secțiunea de încastrare a pereților structurali
- N_{Ed} valoarea de proiectare a forței axiale pe perete în gruparea seismică

N_{Ed}^* valoarea de proiectare a forței axiale pe perete în gruparea seismică pentru peretele din zidărie confinată

N_{Rd} rezistența de proiectare a peretelui la forță axială

$N_{Rd}(l)$ rezistența de proiectare la forță axială pe unitatea de lungime a peretelui dreptunghiular

N_{Sd} valoarea de proiectare a forței axiale pe perete

p_h încărcarea orizontală uniform distribuită perpendicular pe o fâșie de perete

$p_{max/min}$ valorile extreme ale forței seismice aplicată la nivelul unui planșeu

$p\%$ densitatea pereților structurali raportată la aria planșeului

q factorul de comportare conform P 100-1

s distanța pe verticală între armăturile din rosturile orizontale (A_{sw})

s_d raportul între efortul unitar de compresiune (σ_d) și rezistența de proiectare la compresiune (f_d)

S clasa de tasare a betonului

S_i momentul static al secțiunii ideale a tălpii unui perete compus

S_{niv} forța seismică de proiectare aplicată la nivelul unui planșeu

t grosimea peretelui de zidărie

t_e grosimea pereților exteriori ai elementelor pentru zidărie cu goluri verticale

t_f grosimea unei tălpi a peretelui cu secțiune compusă (I, T, L)

t_i grosimea pereților interiori ai elementelor pentru zidărie cu goluri verticale

t_L grosimea peretelui în secțiunea în care se calculează rezistența la lunecare verticală

t_m grosimea stratului median al peretelui din zidărie armată

t_p grosimea panoului de zidărie înrămată

t_{rost} grosimea medie a rosturilor verticale și orizontale de mortar în zidărie

t_z grosimea totală a straturilor exterioare de zidărie la ZIA

V_{Ed} valoarea de proiectare a forței tăietoare determinată prin calculul în domeniul elastic liniar pentru gruparea seismică de încărcări

V_{Lhd} capacitatea de rezistență la forță de lunecare verticală în pereții cu secțiuni compuse

V_R capacitatea de rezistență la forță tăietoare a clădirii pe direcția de calcul

V_{Rd} rezistența de proiectare la forță tăietoare

$V_{Rd}(ZIA)$ rezistența de proiectare la forță tăietoare a pereților din zidărie cu inimă armată

$V_{Rd,l}$ rezistența de proiectare la lunecare în rost orizontal

$V_{Rd,i}^*$ rezistența de proiectare la cedare pe secțiune înclinată a panoului din zidărie simplă
corectată pentru a ține seama de efectul elementelor de confinare,

$V_{Rd,l}^*$ rezistența de proiectare la lunecare în rost orizontal a panoului din zidărie simplă

- $V_{Rd,i}$ rezistența de proiectare la cedare pe secțiune înclinată din eforturi principale de întindere
- V_{Rda} rezistența de proiectare la forță tăietoare a armăturilor orizontale din stratul median al peretelui de ZIA
- V_{Rdb} rezistența de proiectare la forță tăietoare a stratului median de beton sau mortar-beton (grout) al peretelui de ZIA
- V_{Rdi} capacitatea de rezistență la forță tăietoare a unui montant al peretelui "i"
- V_{Rdz} rezistența de proiectare la forță tăietoare a zidăriei peretelui cu inimă armată
- V_{Rdl} rezistența de proiectare la forță tăietoare a panoului de zidărie confinată
- V_{Rd2} rezistența de proiectare la forfecare a armăturii din stâlpișorul comprimat
- V_{Rd3} rezistența de proiectare a armăturilor din rosturile orizontale ale zidăriei
- V_{Rsc} rezistența de proiectare la forfecare a betonului din stâlpișorul comprimat
- V_{Sd} forță tăietoare de proiectare
- W_w modulul de rezistență a peretelui
- x adâncimea zonei comprimate la încovoiere cu forță axială rezultată din ipoteza secțiunilor plane
- x_{conv} adâncimea convențională a blocului eforturilor de compresiune la încovoiere cu forță axială pentru ZIA
- x_{max} adâncimea maximă a zonei comprimate la încovoiere cu forță axială pentru zidăria confinată
- x_{Rd} adâncimea zonei comprimate la încovoiere cu forță axială pentru peretele dreptunghiular din ZNA
- y_G distanța de la centrul de greutate până la fața cea mai comprimată a unui perete din ZNA
- y_{SC} distanța de la fibra cea mai comprimată la limita sâmburelui central a unui perete din ZNA
- y_{zc} distanța de la centrul al peretelui până la centrul de greutate al zonei comprimate a secțiunii ideale de zidărie
- α coeficient pentru calculul momentului încovoiitor perpendicular pe planul peretelui
- α_{ts} coeficient de dilatare termică al oțelului;
- α_{tz} coeficient de dilatare termică al zidăriei
- α_u/α_l coeficient de suprarezistență al structurilor din zidărie
- β coeficient de majorare pentru încărcările concentrate
- β_0 ordonata maximă a spectrului de răspuns elastic
- γ_{mt} coeficient parțial de siguranță la întindere pentru betonul / mortar-betonul din stratul median al ZIA
- γ_{mc} coeficient parțial de siguranță la compresiune pentru betonul / mortar-betonul din stratul median al ZIA
- γ_M coeficient parțial de siguranță pentru zidărie / materiale de zidărie

γ_s coeficient parțial de siguranță pentru oțel

ΔM variația momentului încovoietor într-un perete pe înălțimea etajului

ε_m deformația specifică în zidărie

ε_{ml} deformația specifică a zidăriei la inițierea deformațiilor inelastice

ε_{mu} deformația specifică ultimă a zidăriei

ε_c deformația specifică în beton

ε_{cu} deformația specifică ultimă a betonului

ε_{us} deformația specifică ultimă în armătură

λ_c factorul de participare al armăturii prin efectul de dorn

$\lambda_p = h_p/l_p$ factorul de formă al panoului de zidărie înrămată în cadre

v_{gol} volumul golurilor care se dezvoltă pe toată înălțimea elementului pentru zidărie

ρ_n factor de reducere a înălțimii efective pentru peretele rigidizat pe contur ($n = 2 \div 4$)

σ_{0d} este valoarea de proiectare a efortului unitar de compresiune mediu perpendicular pe direcția efortului unitar de forfecare

d efort unitar normal de compresiune determinat considerând încărcarea verticală uniform distribuită pe toată lungimea zonei comprimate a peretelui

σ_{dp} valoarea de proiectare a efortului unitar de compresiune la mijlocul înălțimii peretelui

$_1$ coeficient pentru calculul valorilor frecvente ale acțiunilor variabile

ψ_2 coeficient pentru calculul valorilor cvasipermanente ale acțiunilor variabile

Φ diametrul armăturii

Φ_i factor de reducere datorită zvelteței la partea superioară și la baza peretelui

Φ_m factor de reducere datorită zvelteței la $\frac{2}{3}$ din înălțimea peretelui

Φ_∞ constanta de curgere lentă

1.4.2. Unități de măsură

(1) În prezentul Cod se utilizează unitățile din Sistemul Internațional (SI).

(2) Pentru calcule sunt recomandate următoarele unități:

- a. Eforturi și încărcări: kN, kN/m, kN/m²
- b. Masa: kg, t
- c. Masa specifică (densitate): kg/m³, t/m³
- d. Greutate specifică: kN/m³
- e. Eforturi unitare și rezistențe: N/mm² (MPa), kN/m² (kPa)
- f. Momente (încovoietoare, de torsiune, etc.): kNm
- g. Accelerații: m/s²

1.4.3. Lista tabelelor

1. Tab.2.1 Coeficienții parțiali de siguranță γ_M la starea limită ultimă (ULS) pentru *gruparea fundamentală* de încărcări pentru zidărie cu elemente din argilă arsă și din BCA
2. Tab.3.1 Compoziția mortarelor pentru utilizare generală (G)
- 3 Tab.4.1 Valorile constantei K pentru zidărie cu elemente ceramice și din BCA și mortar pentru utilizare generală (G)
4. Tab.4.2a Rezistența caracteristică la compresiune (f_k în N/mm²) a zidăriilor cu elemente pline din argilă arsă din grupa 1 și mortar pentru utilizare generală (G) - țesere conform fig.4.1b -
5. Tab.4.2b Rezistența caracteristică la compresiune (f_k în N/mm²) a zidăriilor cu elemente cu goluri verticale din argilă arsă din grupa 2 și 2S și mortar pentru utilizare generală (G) - țesere conform fig.4.1a și 4.1b-
6. Tab.4.2c Rezistența caracteristică la compresiune (f_k în N/mm²) a zidăriilor cu elemente pline din **BCA** din grupa 1 și mortar pentru utilizare generală (G) țesere conform fig.4.1a
7. Tab.4.3a Rezistența caracteristică la compresiune (f_k în N/mm²) a zidăriilor cu elemente din argilă arsă și mortar pentru rosturi subțiri (T)
8. Tab.4.3b Rezistența caracteristică la compresiune (f_k în N/mm²) a zidăriilor cu elemente din BCA și mortar pentru rosturi subțiri (T)
9. Tab.4.4 Rezistența caracteristică la compresiune (f_{kh} în N/mm²) paralel cu rosturile orizontale a zidăriilor cu elemente din argilă arsă și BCA cu mortar de utilizare generală (G) și mortar pentru rosturi subțiri (T)
10. Tab.4.5 Rezistența unitară caracteristică inițială la forfecare a zidăriei (f_{vk0}) în N/mm²
11. Tab.4.6 Rezistențe unitare caracteristice la încovoiere perpendicular pe planul zidăriei
12. Tab.4.7 Rezistența caracteristică de aderență a armăturilor în betonul elementelor de confinare (N/mm²)
13. Tab.4.8 Rezistența caracteristică de aderență a armăturilor în mortar sau în betonul din **ZIA** (N/mm²)
14. Tab.4.9 Limitele valorilor principalelor proprietăți fizice ale zidăriei
15. Tab.5.1 Clasificarea clădirilor cu pereți structurali din zidărie în grupe de regularitate
16. Tab.6.1 Valorile coeficientului α pentru calculul momentelor încovoietoare normale pe planul peretelui
17. Tab.6.2 Valorile coeficientului Φ_m pentru reducerea rezistenței la compresiune
18. Tab.6.3 Valorile factorului λ_c pentru calculul rezistenței la forfecare a armăturii verticale din stâlpișorii de confinare
19. Tab.7.1 Dimensiunile maxime ale golurilor și șlițurilor
- 20.Tab.7.2 Adâncimea maximă a șlițurilor

1.4.4. Lista figurilor

1. Fig.1.1. Tipuri de alcătuire pentru pereți din zidărie armată
2. Fig.3.1. Geometria interioară a elementelor cu goluri
3. Fig.4.1. Alcătuirea zidăriei.
4. Fig.4.2. Ruperea zidăriei încovoiate perpendicular pe planul peretelui
5. Fig.4.3. Relația efort unitar-deformație specifică (σ - ϵ) pentru zidăria solicitată la compresiune axială
6. Fig.5.1. Condiții de regularitate geometrică în plan
7. Fig.5.2. Clădiri cu niveluri "slabe" (neregularitate structurală în elevație)
8. Fig. 5.3. Structuri cu pereți din zidărie
9. Fig.5.4. Dispunerea alternanței verticale a golurilor din pereții de zidărie
10. Fig.5.5. Pereți suplimentari la subsol în cazul clădirilor cu pereți rari
11. Fig.6.1. Încărcări verticale pe pereții structurali date de planșee
12. Fig.6.2. Încărcări verticale concentrate pe pereții structurali
13. Fig.6.3. Excentricități provenite din alcătuirea structurii
14. Fig.6.4. Lățimea tălpii active
15. Fig.6.5. Notății pentru calculul momentelor M_{Ed1} și M_{Ed2}
16. Fig.6.6. Modele de calcul la forțe perpendiculare pe plan pentru pereții cu goluri
17. Fig.6.7. Calculul eforturilor secționale de proiectare în planșee din încărcări orizontale
18. Fig.6.8. Calculul momentului capabil pentru o forță axială dată
19. Fig.6.9. Calculul momentului capabil pentru un perete cu secțiune compusă
20. Fig.6.10. Distribuția rezistențelor unitare tangențiale
21. Fig.6.11. Rezistența de proiectare a armăturilor din rosturile orizontale ale zidăriei
22. Fig.7.1. Țeserea zidăriei la coșurile de fum
23. Fig.7.2. Armături pentru centuri și stâlpișori în socluri de beton simplu
24. Fig.7.3. Armături pentru centuri și stâlpișori în pereți de subsol din beton simplu

1.5. Documente de referință

Standarde:

Standarde referitoare la elementele pentru zidărie și la încercarea acestora

SR EN 771-1:2011 - Specificații ale elementelor pentru zidărie. Partea 1: Elemente pentru zidărie de argilă arsă

SR EN 771-4:2011 - Specificații ale elementelor pentru zidărie. Partea 4: Elemente pentru zidărie de beton celular autoclavizat

SR EN 772-1:2011 - Metode de încercare a elementelor pentru zidărie. Partea 1: Determinarea rezistenței la compresiune

Standarde referitoare la mortare și la încercarea acestora

SR EN 998-2:2011 - Specificație a mortarelor pentru zidărie. Partea 2: Mortare pentru zidărie

SR EN 1015-11:2002 - Metode de încercare a mortarelor pentru zidărie - Partea 11: Determinarea rezistenței la încovoiere a mortarului întărit

Standarde referitoare la încercarea zidăriei

SR EN 1052-1:2001 - Metode de încercare a zidăriei. Partea 1: Determinarea rezistenței la compresiune

SR EN 1052-2:2001 - Metode de încercare a zidăriei. Partea 2: Determinarea rezistenței la încovoiere.

SR EN 1052-3:2003 - Metode de încercare a zidăriei. Partea 3: Determinarea rezistenței inițiale la forfecare.

SR EN 1052-3:2003/A1:2007 - Metode de încercare a zidăriei. Partea 3: Determinarea rezistenței inițiale la forfecare.

Standarde referitoare la componente auxiliare pentru zidărie și la încercarea acestora

SR EN 845-1+A1:2008 - Specificație a componentelor auxiliare pentru zidărie. Partea 1: Agrafe, bride de fixare, etriere, suport și console

SR EN 845-2:2004 - Specificație a componentelor auxiliare pentru zidărie. Partea 2: Buiandrugii

Standarde de proiectare (Eurocoduri structurale)

SR EN 1991-1-1:2004 - Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 1-1: Acțiuni generale. Greutăți specifice, greutate proprii, încărcări utile pentru clădiri

SR EN 1991-1-1:2004/NA:2006 - Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 1-1: Acțiuni generale - Greutăți specifice, greutate proprii, încărcări din exploatare pentru construcții. Anexă națională

SR EN 1991-1-6:2005 - Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 1-1: Acțiuni generale. Acțiuni pe durata execuției

SR EN 1991-1-6:2005/NA:2008 - Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 1-1: Acțiuni generale - Acțiuni pe durata execuției. Anexă națională

SR EN 1991-1-6:2005/AC:2012 - Eurocod 1: Acțiuni asupra structurilor. Partea 1-1: Acțiuni generale. Acțiuni pe durata execuției

SR EN 1992-1-1:2004 - Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri

SR EN 1992-1-1:2004/AC:2012 - Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri

SR EN 1992-1-1:2004/NB:2008 - Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri. Anexa națională

SR EN 1992-1-1:2004/NB/A91:2009 - Eurocod 2: Proiectarea structurilor de beton. Partea 1-1: Reguli generale și reguli pentru clădiri. Anexa națională

SR EN 1996-1-1:2006- Eurocod 6: Proiectarea structurilor de zidărie. Partea 1-1: Reguli generale pentru construcții de zidărie armată și nearmată. Reguli generale pentru structuri de zidărie armate și nearmate

SR EN1996-1-1:2006/AC:2010 - Eurocod 6: Proiectarea structurilor de zidărie. Partea 1-1: Reguli generale pentru construcții de zidărie armată și nearmată. Reguli generale pentru structuri de zidărie armate și nearmate

SR EN 1996-1-1:2006/NB:2008 - Eurocod 6: Proiectarea structurilor de zidărie. Partea 1-1: Reguli generale pentru construcții de zidărie armată și nearmată. Anexa națională

SR EN 1996-2:2006 - Eurocod 6: Proiectarea structurilor de zidărie. Partea 2: Proiectare, alegere materiale și execuție zidărie

SR EN 1996-2:2006/AC:2010 - Eurocod 6: Proiectarea structurilor de zidărie. Partea 2: Proiectare, alegere materiale și execuție zidărie

SR EN 1996-2:2006/NB:2008 - Eurocod 6: Proiectarea structurilor de zidărie. Partea 2: Proiectare, alegere materiale și execuție zidărie. Anexa națională

Document de evaluare european privind seturi de compartimentare interioară pentru pereți neportanți (**ETAG 003-1998**)

Reglementări tehnice:

Nr. crt.	Reglementare tehnică	Act normativ prin care se aprobă reglementarea tehnică/publicația
1.	Cod de proiectare. Bazele proiectării construcțiilor, indicativ CR 0-2012	Ordinul ministrului dezvoltării regionale și turismului nr.1530/2012, publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I bis, nr.647/11 septembrie 2012, cu completările ulterioare
2	Cod de proiectare seismică. Partea I - Prevederi de proiectare pentru clădiri, indicativ P 100-1/2013	Ordinul ministrului dezvoltării regionale și administrației publice, nr.2465/2013, publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I bis, nr. 558/3 septembrie 2013
3	Cod de proiectare. Evaluarea acțiunii zăpezii asupra construcțiilor, indicativ CR 1-1-3/2012	Ordinul ministrului dezvoltării regionale și turismului nr.1655/2012, publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I bis, nr.704/15 octombrie 2012, cu completările ulterioare
4	Cod de proiectare. Evaluarea acțiunii vântului asupra construcțiilor, indicativ CR 1-1-4/2012	Ordinul ministrului dezvoltării regionale și turismului nr.1751/2012, publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I bis, nr. 704/15 octombrie 2012, cu completările ulterioare
5	Normativ pentru producerea betonului și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat - Partea 1: Producerea betonului, indicativ NE 012/1-2007	Ordinul ministrului dezvoltării lucrărilor publice și locuinței nr.577/2008 din 29 aprilie 2008, publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I nr. 374 din 16 mai 2008
6	Normativ pentru producerea și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat - Partea 2: Executarea lucrărilor din beton, indicativ NE 012/2-2010	Ordinul ministrului dezvoltării regionale și turismului nr.2.514/2010, publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I nr. 853 și nr.853 bis din 20 decembrie 2010
7	Specificație tehnică privind produse din oțel utilizate ca armături: cerințe și criterii de performanță, indicativ ST 009-2011	Ordinul ministrului dezvoltării regionale și turismului nr. 683/2012, publicat în Monitorul Oficial, Partea I, nr. 337 din 18 mai 2012

CAPITOLUL 2. BAZELE PROIECTĂRII

2.1. Cerințe generale de proiectare

(1) Proiectarea clădirilor cu pereți structurali din zidărie, precum și a tuturor părților / elementelor de construcție din zidărie, indiferent de tipul construcției în care se află (de exemplu pereți nestructurali din zidărie, panouri de zidărie înrămată în cadre de beton armat / oțel, elemente atașate fațadelor, coșuri de fum și de ventilație, etc.) va urmări satisfacerea tuturor cerințelor (obiectivelor) investitorilor și ale societății, în condițiile specifice de mediu natural și construit ale amplasamentului, pe toată durata de exploatare prevăzută prin tema de proiectare și în limitele unui efort tehnic și economic rezonabil pentru categoria de importanță a clădirii.

(2) Proiectarea referitoare la rezistența și stabilitatea clădirilor cu structuri din zidărie și a tuturor părților/elementelor de construcție din zidărie, indiferent de tipul construcției în care se află, se va face în conformitate cu principiile și regulile generale date în CR 0.

(3) Cerințele de bază pentru clădirile proiectate conform prezentului Cod se consideră satisfăcute, în condițiile în care:

- a. calculul la stări limită se face conform principiilor din CR 0;
- b. clasificarea, gruparea și valorile acțiunilor sunt cele date în documentele menționate la 2.4.1.;
- c. se folosesc principiile și regulile de aplicare date în acest Cod și în P 100-1.

2.1.1. Siguranța structurală, siguranța în exploatare și durabilitatea

(1) Reliabilitatea cerută pentru clădirile cu structuri din zidărie și pentru toate părțile / elementele de construcție din zidărie, se obține prin:

- a. adoptarea unei concepții de proiectare arhitectural-structurală de ansamblu favorabilă din punct de vedere al optimizării răspunsului clădirilor în toate situațiile de proiectare și pentru toate cerințele privind rezistența și stabilitatea;
- b. calculul și dimensionarea subansamblurilor / elementelor structurale și nestructurale cu modele și metode de calcul adecvate pentru fiecare situație de proiectare, cu respectarea tuturor prevederilor din prezentul Cod, din P 100-1 și din reglementările tehnice conexe menționate la paragraful 1.5;
- c. execuția structurii și a celorlalte părți / elemente nestructurale ale construcției în totală conformitate cu prevederile proiectului.

2.1.2. Proiectarea duratei de exploatare și durabilitatea

(1) Durata de viață proiectată a construcției va fi specificată în conformitate cu CR 0.

2.2. Condiții tehnice privind rezistența și stabilitatea structurilor / elementelor de zidărie

2.2.1. Condiția de rezistență

(1) Pentru clădirile cu structuri din zidărie și pentru toate părțile / elementele de construcție din zidărie, structurale și nestructurale, condiția de rezistență pentru *situația de proiectare persistentă* și pentru *situația de proiectare tranzitorie* este satisfăcută dacă, în secțiunile cele mai solicitate, capacitatea de rezistență a elementelor respective depășește solicitările provenite din gruparea fundamentală de încărcări.

(2) Pentru *situația de proiectare seismică* condiția de rezistență este satisfăcută numai dacă, împreună cu condiția de la (1), sunt îndeplinite și prevederile specifice stabilite în P 100-1, cap.8 (pentru pereții structurali) și cap.10 (pentru pereții nestructurali și panourile de zidărie înrămate și pentru celelalte elemente nestructurale).

2.2.2. Condiția de stabilitate

(1) Stabilitatea de ansamblu a clădirilor cu structura din zidărie va fi asigurată prin:

- a. măsuri adecvate pentru evitarea riscului natural de alunecare în cazul clădirilor amplasate pe terenuri în pantă;
- b. dimensionarea pentru evitarea riscului de răsturnare a clădirii datorită forțelor orizontale permanente (împingerea masivului) sau seismice;
- c. asigurarea rigidității spațiale a clădirii prin măsurile prevăzute la Cap.5.

(2) Stabilitatea locală a tuturor tipurilor de pereți din zidărie va fi asigurată prin:

- a. rigidizări / prinderi / rezemări conform prevederilor de la Cap.6;
- b. limitarea eforturilor unitare de compresiune în pereții structurali ținând seama de efectele flambajului și ale excentricităților de aplicare a încărcărilor.

2.2.3. Condiția de rigiditate

(1) Clădirile cu structuri din zidărie și toate părțile / elementele de construcție din zidărie, vor avea rigiditate suficientă astfel încât:

- a. pentru toate situațiile de proiectare, să fie satisfăcute cerințele specifice de limitare a degradărilor;
- b. să se evite pericolul de ciocnire cu clădirile / tronsoanele alăturate în *situația de proiectare seismică*.

2.2.4. Condiția de ductilitate

(1) Condiția de ductilitate pentru pereții structurali din zidărie se referă la *situația de proiectare seismică* și are ca scop:

- a. asigurarea unei capacități suficiente de rotire plastică în secțiunile de la baza montanților și, dacă este cazul, în riglele de cuplare, fără reducerea semnificativă a capacității de rezistență;

- b. reducerea, prin dimensionare și detalieri constructivă, a probabilității de producere a ruperilor cu caracter fragil (ruperea pe secțiune înclinată din forță tăietoare, de exemplu).

2.3. Principiile proiectării la stări limită ultime pentru clădirile din zidărie

(1) Principiile proiectării la stări limită se aplică atât pentru părțile / elementele construcție din zidărie cât și pentru elementele / subansamblurile/părțile clădirii executate din alte materiale (beton, oțel, lemn) pentru toate situațiile de proiectare.

(2) Pentru toate situațiile de proiectare, starea limită ultimă (ULS) și starea limită de serviciu (SLS) vor fi luate în considerare pentru toate elementele de construcție structurale și nestructurale, inclusiv pentru elementele auxiliare (buiandrugii, ancore, elemente de planșeu, etc.).

2.4. Variabile de bază

2.4.1. Acțiuni

(1) Clasificarea și gruparea acțiunilor agenților mecanici pentru proiectarea părților / elementelor de construcție structurale și nestructurale din zidărie, se vor lua conform CR 0.

(2) Evaluarea încărcărilor permanente se va face conform SR EN 1991-1-1/NA.

(3) Valorile normate ale încărcărilor de exploatare (utile) pentru clădirile civile, industriale și agrozootehnice, se vor stabili conform SR EN 1991-1-1/NA.

(4) Pereții structurali, nestructurali, panourile de zidărie înrămate în cadre, parapeteii din zidărie de la balcoane, loggii sau dintre spațiile interioare denivelate și aticele teraselor vor fi verificați pentru următoarele încărcări perpendiculare pe planul peretelui corespunzătoare grupării fundamentale de încărcări:

- a. încărcarea orizontală din acțiunea oamenilor dată în SR EN 1991-1-1/NA;
- b. greutatea obiectelor de mobilier sau obiectelor sanitare suspendate (în absența unor reglementări naționale se vor lua în calcul încărcările de proiectare date în ETAG 003);
- c. încărcarea din vânt (pentru pereți de închidere, parapetei, atice, etc.) calculată conform CR 1-1-4.

(5) Pentru verificarea rezistenței și rigidității tuturor elementelor enumerate la (4) în situația seismică de proiectare, se vor folosi încărcările stabilite conform P 100-1, cap.8 și 10.

(6) Coeficienții pentru calculul valorilor frecvente ($\psi_1 Q$) și a valorilor cvasipermanente ($\psi_2 Q$) ale acțiunilor variabile (Q) se vor lua conform CR 0.

(7) Valorile de proiectare ale deformațiilor specifice din curgere lentă și din contracție ale elementelor din beton armat înglobate în toate părțile / elementele de construcție din zidărie, se vor lua conform SR EN 1992-1-1.

(8) Valorile de proiectare pentru deformațiile de lungă durată ale zidăriei se vor lua conform tabelului 4.9 din Cod.

(9) Pentru stările limită de serviciu (SLS), deformațiile impuse vor fi introduse ca valori estimate (medii statistice).

2.4.2. Caracteristicile fizice și mecanice ale materialelor și produselor

2.4.2.1. Proprietățile materialelor și produselor

(1) Valorile proprietăților fizice și mecanice ale materialelor și produselor de construcții și ale datelor lor geometrice folosite la proiectarea clădirilor cu structuri din zidărie și a tuturor părților / elementelor de construcție din zidărie, vor fi stabilite conform 1.1.(11), (12) și (13).

(2) Pentru proiectarea clădirilor cu structuri din zidărie și a tuturor părților / elementelor de construcție din zidărie, pentru toate situațiile de proiectare, sunt necesare valorile următoarelor proprietăți mecanice de rezistență și de deformabilitate ale zidăriei:

- a. valorile rezistențelor unitare de rupere la:
 - compresiune, perpendicular pe rostul de așezare și paralel cu rostul de așezare;
 - forfecare, prin lunecare pe rostul de așezare și prin eforturi principale de întindere;
 - încovoiere perpendicular pe plan, cu plan de rupere perpendicular pe rostul de așezare și paralel cu rostul de așezare;
- b. valorile deformațiilor specifice corespunzătoare rezistențelor unitare de rupere;
- c. legea constitutivă σ - ε (efort unitar - deformație specifică).

2.4.2.2. Valori caracteristice ale rezistențelor materialelor

(1) Valorile caracteristice ale rezistențelor zidăriei vor fi stabilite din datele obținute conform 1.1.(12).

(2) Valorile caracteristice ale modulilor de elasticitate și ale proprietăților reologice ale zidăriei reprezintă valori medii statistice. Aceste valori se vor obține și se vor declara pe baza informațiilor obținute conform 1.1.(12).

(3) Valorile caracteristice ale rezistențelor celorlalte materiale (beton, oțel, lemn) vor fi luate conform reglementărilor tehnice aplicabile, în vigoare.

2.4.2.3. Valori de proiectare ale proprietăților mecanice ale zidăriei

(1) Toate valorile rezistențelor unitare de proiectare ale zidăriei (f_{zd}), pentru toate solicitările, se obțin prin împărțirea valorilor caracteristice respective (f_{zk}) la coeficientul parțial de siguranță pentru material $\gamma_M \geq 1,0$:

$$f_{zd} = \frac{f_{zk}}{\gamma_M} \quad (2.1)$$

(2) Coeficientul parțial de siguranță γ_M este stabilit în mod diferențiat în funcție de:

- a. gruparea de încărcări la care se face verificarea: fundamentală sau seismică;
- b. starea limită la care se face verificarea: ULS sau SLS;
- c. calitatea elementelor pentru zidărie și a mortarului;
- d. tipul controlului execuției definit în reglementările tehnice aplicabile, în vigoare.

(3) Valorile de proiectare ale modulilor de elasticitate și ale proprietăților reologice ale zidăriei se obțin din valorile caracteristice respective prin multiplicare cu un coeficient subunitar.

(4) Valorile coeficientului parțial γ_M se iau după cum urmează:

- pentru *situația de proiectare persistentă* (gruparea fundamentală de încărcări):
 - pentru starea limită ultimă (ULS) conform tabelului 2.1
 - pentru starea limită de serviciu (SLS), cu valorile:
 - a. $\gamma_M = 1,50$ pentru toate părțile / elementele din zidărie din construcțiile încadrate în clasele de importanță I și II conform P 100-1
 - b. $\gamma_M = 1,0$ pentru toate părțile / elementele din zidărie din construcțiile încadrate în clasele de importanță III și IV.
- pentru *situația de proiectare seismică* (gruparea seismică de încărcări):
 - valorile γ_M din P 100-1, tab.8.13 pentru pereții structurali;
 - valorile γ_M din P 100-1, art.10.9.5.(3) pentru elementele nestructurale și panourile de zidărie înrămate.

Coeficienții parțiali de siguranță γ_M la starea limită ultimă (ULS)
 pentru gruparea fundamentală de încărcări
 pentru zidărie cu elemente din argilă arsă și din beton celular autoclavizat (BCA)

Tabelul 2.1

Categorია elementelor	Mortar	Tipul controlului		
		Redus	Normal	Special
Categorია I	De rețetă (G) preparat la șantier	2.7	2.5	2.2
	De rețetă (G) preparat industrial, semifabricat industrial	2.5	2.2	2.0
	Performant (T) și (G)	---	2.0	1.8
Categorია II	De rețetă (G) preparat la șantier	3.0	2.8	2.5
	De rețetă (G) preparat industrial, semifabricat industrial	2.7	2.5	2.2

(5) Pentru verificarea rezistenței zidăriei în *situația de proiectare tranzitorie* (în timpul execuției, definită conform SR EN 1991-1-6), valorile rezistențelor caracteristice stabilite pentru gruparea fundamentală se majorează cu 25%.

(6) Proprietățile de rezistență ale zidăriei pentru situații de proiectare accidentale (incendiu, de exemplu) se vor stabili pe baza reglementărilor tehnice specifice, în vigoare.

(7) Valorile coeficienților parțiali de siguranță γ_M pentru celelalte materiale (beton, oțel, lemn) se vor lua conform prevederilor din reglementările tehnice specifice, aplicabile, în vigoare.

CAPITOLUL 3. MATERIALE

3.1. Elemente pentru zidărie

3.1.1. Tipuri de elemente pentru zidărie

(1) Prevederile acestui Cod se aplică la proiectarea tuturor părților / elementelor de construcție din zidărie, structurale și nestructurale, executate cu următoarele tipuri de elemente pentru zidărie, corespunzătoare standardelor:

- a. elemente pentru zidărie din argilă arsă - SR EN 771-1;
- b. elemente pentru zidărie din beton celular autoclavizat (BCA) - SR EN 771-4;

(2) Domeniile și condițiile de utilizare, precum și principiile de proiectare și regulile de aplicare specifice, pentru fiecare dintre elementele menționate la (1), sunt stabilite prin acest Cod și prin P 100-1.

3.1.2. Gruparea elementelor pentru zidărie

3.1.2.1. Gruparea în funcție de nivelul de încredere al proprietăților mecanice

(1) Elementele pentru zidărie se clasifică în două categorii, în funcție de probabilitatea de nerealizare a rezistenței la compresiune specificată, conform 1.3.3 (a se vedea și SR EN 771-1 și SR EN 771-4).

(2) Domeniile de utilizare pentru elementele din cele două categorii sunt stabilite prin acest Cod și prin P 100-1.

3.1.2.2. Gruparea în funcție de caracteristicile geometrice

(1) Elementele pentru zidărie se grupează în funcție de valorile următorilor parametri geometrici:

- a. volumul golurilor (% din volumul brut);
- b. volumul fiecărui gol (% din volumul brut);
- c. grosimea minimă a pereților interiori și exteriori (mm);
- d. grosimea cumulată a pereților interiori și exteriori pe fiecare direcție (% din dimensiunea elementului pe direcția respectivă).

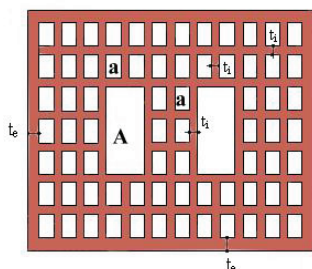


Figura 3.1. Geometria interioară a elementelor cu goluri

A- aria golului de manipulare, a- aria golului curent

t_e - grosimea peretelui exterior, t_i - grosimea peretelui interior

(2) Gruparea elementelor pentru zidărie în funcție de caracteristicile geometrice se va utiliza pentru:

- a. determinarea rezistenței la compresiune a zidăriei conform art.4.1.1.1.;
- b. stabilirea domeniului, a condițiilor de utilizare și a unor parametri de calcul pentru elementele respective conform P 100-1 și acestui Cod.

(2) Pentru execuția pereților structurali din zidărie, se vor folosi numai elemente din argilă arsă sau BCA clasificate în grupele 1 și 2, care au proprietățile din tabelul 8.1 din P 100-1 sau elemente care satisfac condițiile speciale din P 100-1, art. 8.2.1.(5).

(3) Pentru execuția elementelor nestructurale și a panourilor de zidărie înrămate în cadre elementele pentru zidărie trebuie să satisfacă cerințele din P 100-1, art.10.5.1.1.

3.1.2.3. Gruparea în funcție de profilația exterioară a elementului

(1) Din punct de vedere al profilului fețelor exterioare, elementele pentru zidărie se clasifică după cum urmează:

- a. elemente cu toate fețele plane (fără amprente sau profilație; cu/fără cavitate interioară de prindere);
- b. elemente cu locaș de mortar;
- c. elemente cu locaș de mortar și amprente suplimentare pentru mortar;
- d. elemente cu profilație "nut și feder".

(2) Atunci când este necesar, în acest Cod și în P 100-1 domeniile de utilizare și prevederile de proiectare sunt formulate diferențiat în funcție de profilația exterioară a elementului.

3.1.2.4. Gruparea elementelor în funcție de densitatea aparentă în stare uscată

(1) Elementele pentru zidărie se grupează în funcție de densitatea aparentă în stare uscată după cum urmează:

- a. Elemente LD (*low density*): elemente pentru zidărie cu densitate aparentă în stare uscată scăzută ($\leq 1000 \text{ kg/m}^3$) care se utilizează numai în zidărie protejată
- b. Elemente HD (*high density*): elemente pentru zidărie neprotejată și protejată.

(2) Elementele pentru zidărie argilă arsă pentru care, în funcție de volumul golurilor, densitatea aparentă în stare uscată este $\rho \leq 1000 \text{ kg/m}^3$ și toate elementele din BCA se încadrează în categoria LD (*low density*).

(3) Pentru calculul încărcărilor provenite din greutatea proprie a zidăriei (încărcări pe structură și fundații, greutatea supusă acțiunii seismice, etc.) densitatea elementelor pentru zidărie se va calcula estimativ, după cum urmează:

- a. pentru elemente din argilă arsă densitatea de proiectare, cu relația:

$$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)} = 1800 (1-v_{gol}) \quad (3.1)$$

unde v_{gol} este volumul golurilor care se dezvoltă pe toată înălțimea elementului (nu se includ amprente);

- b. pentru elementele din BCA densitatea de proiectare (care ține seama de umiditatea medie în exploatare) cu relația convențională:

$$\rho(\text{kg} / \text{m}^3) = 85(f_b + 2) \quad (3.2)$$

unde f_b este rezistența medie standardizată în N/mm^2 .

(4) Pentru calculul greutateii de proiectare a zidăriei netencuite cu elemente LD și mortar de utilizare generală (G), cu rosturi de grosime normală, se va ține seama de greutatea mortarului astfel:

- a. grosimea medie a rosturilor verticale și orizontale se va lua $t_{\text{rost}} = 12 \text{ mm}$
- b. densitatea medie a mortarului se va lua $\gamma_m = 2000 \text{ kg/m}^3$.

(5) Greutatea de proiectare a zidăriei netencuite cu elemente LD și mortar pentru rosturi subțiri (T) se va lua egală cu greutatea de proiectare a elementelor de zidărie definită mai sus.

(6) Greutatea de proiectare a zidăriei netencuite cu elemente HD, indiferent de tipul mortarului (G sau T), se va lua egală cu greutatea de proiectare a elementelor pentru zidărie definită mai sus.

3.1.3. Proprietățile elementelor pentru zidărie

3.1.3.1. Proprietățile mecanice ale elementelor pentru zidărie

3.1.3.1.1. Rezistența la compresiune a elementelor pentru zidărie

(1) Rezistența la compresiune a elementelor pentru zidărie va fi declarată ca rezistență *medie*, conform SR EN 771-1 pentru elemente din argilă arsă și ca rezistență *medie* sau *caracteristică*, după caz, conform SR EN 771-4 pentru elemente din BCA.

(2) Rezistența la compresiune a elementelor pentru zidărie, folosită în acest Cod pentru determinarea rezistențelor de proiectare ale zidăriei la compresiune, la încovoiere și la forfecare, este *rezistență standardizată* (f_b) definită conform SR EN 771-1 pentru elementele din argilă arsă și conform SR EN 771-4 pentru elementele din BCA.

(3) Rezistența *standardizată* se determină și se declară de către fabricant pe baza rezistenței *medii* obținute prin încercări, conform SR EN 772-1, Anexa A.

(4) Atunci când rezistența la compresiune declarată a elementelor pentru zidărie este rezistență *caracteristică*, aceasta va fi transformată în rezistență *medie* echivalentă, utilizând un factor de conversie bazat pe coeficientul de variație al rezistențelor declarat. Rezistența *medie* echivalentă va fi apoi convertită în rezistență *standardizată*, f_b , conform (3).

(5) Rezistența standardizată la compresiune f_b este definită prin două valori, în funcție de poziția forței de compresiune în raport cu fața de așezare:

- a. normal pe fața rostului orizontal (de așezare) f_b ;
- b. paralel cu fața rostului orizontal, în planul peretelui f_{bh} (compresiune pe capete).

(6) Valorile celor două rezistențe standardizate la compresiune (f_b , f_{bh}) utilizate pentru dimensionare și specificate ca atare în proiecte vor fi stabilite astfel încât, în combinație cu mortarul de zidire ales, folosind relațiile (4.1), (4.2a) sau (4.2b), să fie obținute cel puțin valorile minime ale rezistențelor caracteristice la compresiune ale zidăriei (f_k , f_{kh}) pentru pereții structurali stabilite în P 100-1, tabelele 8.2 și 8.3, în funcție de accelerația seismică de proiectare a_g a amplasamentului și de înălțimea clădirii (numărul de niveluri peste secțiunea de încastrare).

Pentru rezistențele elementelor (f_b și f_{bh}) și mortarelor (M) folosite curent, valorile rezistențelor caracteristice la compresiune ale zidăriei f_k și f_{kh} , calculate cu relațiile (4.1), (4.2a) sau (4.2b) sunt date în tabelele 4.2a, 4.2b, 4.3a, 4.3b și 4.4.

3.1.3.2. Proprietățile fizice ale elementelor pentru zidărie

(1) În funcție de utilizarea prevăzută la proiectare (pereți exteriori / interiori, cu sau fără protecție etc.), pentru zidăriile cu elemente din argilă arsă se vor lua în considerare proprietățile fizice definite conform SR EN 771-1.

(2) În funcție de utilizarea prevăzută la proiectare (pereți exteriori / interiori, etc.) pentru zidăriile cu elemente din BCA se vor lua în considerare proprietățile fizice definite conform SR EN 771-4.

(3) Pentru a se evita reducerea rezistenței la compresiune a mortarului și scăderea aderenței acestuia la elementele pentru zidărie, în proiect se vor prevedea măsuri tehnologice adecvate conform reglementărilor tehnice aplicabile, în vigoare.

3.2. Mortare

3.2.1. Tipuri de mortare pentru zidărie

(1) Prevederile Codului se aplică numai zidăriilor executate cu *mortare pentru zidărie pentru utilizare generală (G)* și cu *mortare pentru rosturi subțiri (T)* definite conform 1.3.2.

(2) Mortarele pentru zidărie pentru utilizare generală (G), se împart în funcție de modul de realizare:

- i. mortar *industrial* pentru zidărie (uscat sau proaspăt);
- ii. mortar *semifabricat industrial* pentru zidărie (predozat sau preamestecat);
- iii. mortar *preparat la șantier* pentru zidărie.

(3) Mortarele pentru rosturi subțiri (T) sunt mortare *performante*, produse industriale, predozate sau preamestecate. Prevederile acestui Cod (valoarea rezistenței la compresiune a zidăriei sau a rezistenței caracteristice inițiale la forfecare, de exemplu) se vor utiliza numai în cazul mortarelor pentru rosturi de așezare cu grosimi de 0.5÷3.0 mm. Mortarele adezive (*glue*) se vor folosi conform reglementărilor tehnice aplicabile, în vigoare.

(4) Mortarele pentru rosturi subțiri (T) vor fi folosite pentru:

- a. zidării executate cu elemente din BCA care satisfac cerințele de planeitate a fețelor de așezare conform SR EN 771-4, tabelul 2, referitor la elementele din categoria TLMA și TLMB, așa cum sunt definite în SR EN 998-2;
- b. zidării executate cu elemente din argilă arsă cu fețele de așezare prelucrate special pentru atingerea aceluiași valori de planeitate.

(5) Pentru toate părțile / elementele de construcție din zidărie proiectate și executate conform acestui Cod, mortarele pentru zidărie de tip industrial / semifabricat industrial vor fi fabricate în conformitate cu cerințele SR EN 998-2. În cazul mortarelor pentru zidărie preparate la șantier (pentru care SR EN 998-2 se aplică numai parțial) se vor respecta și cerințele din P 100-1, art. 8.2.2.(2), precum și din reglementările tehnice aplicabile privind executarea și urmărirea execuției lucrărilor de zidărie, în vigoare.

3.2.2. Prevederi pentru mortarele pentru zidărie

(1) Mortarele pentru zidărie se clasifică după rezistența medie la compresiune, exprimată prin litera M urmată de rezistența unitară la compresiune în N/mm^2 (de exemplu, M5 \rightarrow mortar cu rezistența unitară medie la compresiune $f_m = 5\text{N/mm}^2$).

(2) Mortarele pentru zidărie cu *compoziție prescrisă* vor fi descrise, adăugând lângă notația de la (1) și proporția componentelor prescriși (de exemplu: 1:1:5, în volum, în ordinea *ciment:var:nisip*). Pentru rezistențe $> \text{M10}$ rețetele se stabilesc de fabricant și nu se acceptă prepararea la șantier.

(3) Mortarele pentru utilizare generală (G) cu *compoziție prescrisă* vor avea compozițiile date în tabelul 3.1. Valorile sunt indicate în unități de volum.

Compoziția mortarelor pentru utilizare generală (G)

Tabelul 3.1

Clasa mortarului	Ciment	Nisip	Var
M2.5 c	1	4	---
M2.5 c-v	1	7	1
M5 c	1	3	---
M5 c-v	1	5	1/4
M7.5c	1	2.75	---
M10	1	2.5	---

(4) Pentru un mortar oarecare, notat M^{**} , valorile stabilite prin proiect, pot fi atribuite amestecuri echivalente celor din tabelul 3.1 descrise prin proporția componentelor conform specificațiilor tehnice sau instrucțiunilor fabricantului cu condiția ca rezistența medie la compresiune determinată conform SR EN 1015-11 să nu fie mai mică decât valoarea M^{**} .

3.2.3. Proprietățile mortarelor

3.2.3.1. Rezistența la compresiune a mortarelor pentru zidărie

(1) Rezistența unitară medie la compresiune a mortarului pentru zidărie, f_m , va fi determinată în conformitate cu SR EN 1015-11.

(2) Rezistența unitară la compresiune a mortarului pentru zidăria cu elemente din argilă arsă sau cu elemente din BCA, folosită pentru proiectare și specificată ca atare în proiect, se va alege astfel încât, folosind relațiile (4.1), (4.2a) sau (4.2b), să se obțină cel puțin valorile minime ale rezistențelor caracteristice ale zidăriei f_k și f_{kh} pentru pereții structurali, stabilite în P 100-1, tabelele 8.2 și 8.3, în funcție de accelerația seismică de proiectare a_g amplasamentului și de înălțimea clădirii.

(3) Clasa mortarului pentru zidărie stabilită conform (2) trebuie să satisfacă și cerințele de durabilitate de la Cap.4.3.

3.2.3.2. Aderența între elementele pentru zidărie și mortar

(1) Aderența între mortar și elementele pentru zidărie trebuie să fie adecvată utilizării prevăzute. Aderența depinde de proprietățile mortarului utilizat (în principal de capacitatea de retenție a apei de amestecare), de caracteristicile elementelor împreună cu care se utilizează acest mortar (în special de viteza de absorbție inițială de apă) și de calitatea execuției.

(2) Aderența elementelor pentru zidărie în combinație cu mortarul trebuie să fie declarată conform SR EN 771-1 și SR EN 771-4 prin:

- a. rezistența de *aderență la forfecare*,
- b. rezistența de *aderență la încovoiere*.

(3) Rezistența de aderență la forfecare a elementelor pentru zidărie din argilă arsă și din BCA, în combinație cu mortarul de utilizare generală (G) și cu mortarul pentru rosturi subțiri (T), declarată ca *rezistență la forfecare inițială* f_{vk0} , se stabilește:

- a. Din încercări efectuate conform SR EN 1052-3.
- b. Ca valoare fixă.

În cazul mortarelor *performante*, valoarea caracteristică a rezistenței inițiale la forfecare (f_{vk0}) se va lua din SR EN 998-2, anexa C.

(4) Mortarele *de rețetă* de uz general (G), cu compozițiile date în tabelul 3.1, asigură o aderență adecvată la elementele pentru zidărie din argilă arsă și din BCA. Pentru aceste mortare, în lipsa datelor obținute prin încercări conform (3) alin.a, valoarea caracteristică a rezistenței la forfecare inițială f_{vk0} se va lua din tabelul 4.5.

(5) Aderența la încovoiere a elementelor de argilă arsă și din BCA, în combinație cu mortarul de utilizare generală (G) și cu mortarul pentru rosturi subțiri (T), trebuie să fie declarată pentru rezistențele caracteristice la încovoiere cu plan de rupere paralel cu rosturile de așezare (f_{xk1}) și cu plan de rupere perpendicular pe rosturile de așezare (f_{xk2}) cu precizarea tipului de mortar pentru care valorile respective sunt valabile. Valorile respective vor fi obținute prin încercări conform SR EN 1052-2.

În lipsa datelor obținute prin încercări, valorile caracteristice f_{xk1} și f_{xk2} se vor lua din tabelul 4.6 pentru mortarele (G) și conform art.4.1.1.3.1(4) pentru mortarele (T).

(6) Pentru mortarele adezive de tip "*glue*" valorile caracteristice ale aderenței la forfecare (f_{vk0}) și ale aderenței la încovoiere (f_{xk1} și f_{xk2}) în combinație cu elemente din argilă arsă și din BCA trebuie să fie declarate cu precizarea elementelor pentru zidărie împreună cu care se folosesc.

3.2.3.3. Lucrabilitatea mortarului

(1) Consistența mortarului folosit pentru zidire va fi aleasă astfel încât să se asigure umplerea completă a spațiilor respective.

(2) Aptitudinea (durata) de utilizare a mortarelor după preparare se va stabili conform reglementărilor tehnice privind executarea și urmărirea execuției lucrărilor de zidărie, în vigoare. În cazul produselor industriale (predozate / preamestecate) se va folosi durata de utilizare declarată.

(3) În cazul mortarului industrial pentru zidărie sau al mortarului semifabricat industrial pentru zidărie, cantitatea adaosurilor pentru lucrabilitate este cea din standardul de produs. Adaosurile de tip "antrenor de aer" vor fi limitate la 16% pentru folosirea în zonele seismice cu $a_g \geq 0.25g$.

(4) Pentru prepararea mortarelor la șantier se vor folosi adaosuri și/sau aditivi în condițiile prevăzute în reglementările tehnice în vigoare privind executarea și urmărirea execuției lucrărilor de zidărie și/sau conform specificațiilor tehnice de produs aplicabile.

3.3. Beton

3.3.1. Generalități

(1) În clădirile cu pereți structurali din zidărie, betonul este folosit pentru:

- a. elementele de confinare a zidăriei (stâlpișori, centuri);
- b. stratul median al zidăriei cu inimă armată (ZIA);
- c. planșee, scări, rigle de cuplare la pereții cu goluri, pereți de subsol și fundații.

(2) Toate betoanele menționate la (1) vor îndeplini cerințele corespunzătoare din NE 012/1 și NE 012/2.

(3) Betoanele folosite pentru elementele de confinare a zidăriei (stâlpișori și centuri) și pentru stratul median al ZIA vor satisface, în afara cerințelor din NE 012/1 și NE 012/2, și prevederile specifice de la 3.3.2.

(4) Betonul va fi definit prin rezistența caracteristică la compresiune, f_{ck} (clasa de rezistență a betonului C) care este asociată cu rezistența pe cilindru / cub la 28 zile, conform NE 012/1.

3.3.2. Prevederi specifice pentru betonul din elementele de confinare și pentru stratul median al ZIA

(1) Clasa betonului specificată în proiect va fi stabilită prin calcul în funcție de intensitatea eforturilor din grupările de încărcări fundamentale și seismice, cu respectarea următoarelor valori minime:

- a. pentru elementele de confinare clasa minimă a betonului va fi C12/15.
- b. pentru stratul median al pereților din ZIA se va folosi mortar-beton (*grout*) cu rezistența caracteristică la compresiune $f_{mbk} \geq 12 \text{ N/mm}^2$ sau beton din clasa $\geq \text{C12/15}$.

(2) Betonul folosit poate fi cu "*amestec proiectat*" sau cu "*amestec prescris*" conform NE 012/1. În proiect se vor specifica, pentru fiecare element / categorie de elemente structurale de beton:

- a. clasa de rezistență;
- b. clasa de consistență.

(3) Dimensiunea maximă a agregatelor betonului (d_{agr}) va fi limitată astfel:

- a. pentru elementele de confinare: $d_{agr} \leq 20 \text{ mm}$;
- b. pentru stratul median la pereții din ZIA:
 - i. pentru grosimea stratului median $< 100 \text{ mm}$ sau când acoperirea armăturii este $\leq 25 \text{ mm}$, $d_{agr} \leq 10 \text{ mm}$;
 - ii. în celelalte cazuri $d_{agr} \leq 12 \text{ mm}$.

(4) Pentru a se asigura betonarea corectă a elementelor, consistența betonului proaspăt, definită prin *Clase de tasare* conform NE 012/1, se va lua după cum urmează:

- a. pentru stâlpișorii cu secțiune $\leq 750 \text{ cm}^2$: S4;
- b. pentru stâlpișorii cu secțiune $> 750 \text{ cm}^2$ și pentru centuri – indiferent de dimensiunea secțiunii transversale: S3;

- c. pentru zidăria cu inimă armată cu grosimea stratului median ≥ 10 cm: S3;
- d. pentru zidăria cu inimă armată cu grosimea stratului median < 10 cm: S4.

3.3.3. Proprietățile mecanice al betonului pentru elementele de confinare și pentru ZIA

(1) Rezistențele de proiectare și modulul de elasticitate longitudinal ale betonului pentru elementele de confinare la ZC și cele ale mortar-betonului pentru stratul median al ZIA, se vor lua din P 100-1, tab. 8.6. Pentru stratul median al ZIA valorile rezistențelor din tabel se reduc cu 25%.

(2) În structurile din zidărie confinată (ZC), betonul din centuri și din riglele de cuplare legate cu centurile va avea aceeași clasă ca și betonul din planșeu. Betonul din stâlpișori poate avea o altă clasă decât cel din planșeu (centuri).

3.3.4. Prevederi specifice pentru betoanele folosite pentru alte elemente structurale (planșee, scări și infrastructură)

(1) Clasele minime de beton pentru alte elemente structurale vor fi:

- a. beton simplu: C8/10;
- b. beton slab armat (pardoseli pe umplutură, la clădiri fără subsol, de ex.): C8/10;
- c. beton armat monolit: C12/15.

(2) Pentru infrastructură, dacă betonul este în contact cu apa subterană, clasele minime de beton date mai sus vor fi sporite, conform prevederilor din NE 012/1.

3.4. Oțeluri pentru armături

(1) În clădirile cu pereți structurali din zidărie, oțelul este folosit pentru armarea:

- a. elementelor de confinare a zidăriei -stâlpișori și centuri- (ZC);
- b. zidăriei, în rosturile orizontale (ZC+AR);
- c. stratului median al zidăriei cu inimă armată (ZIA);
- d. celorlalte elemente de structură: planșee, rigle de cuplare la pereții cu goluri, scări, pereți de subsol și fundații.

(2) Cerințele privind proprietățile armăturii se referă la materialul fasonat care se găsește în zidăria întărită. Pe șantier, sau în timpul fasonării, nu se vor executa operații care pot deteriora proprietățile materialului.

(3) Armăturile folosite pentru pereții de zidărie armată (ZC, ZC+AR, ZIA), inclusiv pentru riglele de cuplare din beton armat, în cazul pereților cu goluri, vor corespunde cerințelor din specificația tehnică ST 009 și vor avea categoriile de rezistență și clasele de ductilitate stabilite conform P 100-1, art.8.2.6.

(4) Pentru armarea celorlalte elemente structurale din clădirile de zidărie (planșee, scări, infrastructură) folosirea oțelurilor se va face conform standardului SR EN 1992-1-1 cu anexa sa națională și reglementărilor tehnice aplicabile, în vigoare.

(5) Modulul de elasticitate longitudinal al armăturilor pentru beton armat se va lua $E_s = 200000 \text{ N/mm}^2$.

(6) Coeficientul de dilatare termică al oțelului se va lua $\alpha_{ts} = 12 \times 10^{-6}/1^{\circ}\text{C}$.

3.5. Alte materiale pentru armarea zidăriei

(1) Zidăria poate fi armată și cu:

- a. grile polimerice de înaltă densitate și rezistență
- b. bare sau țesătură din polimeri armați cu fibre (FRP)

printr-unul din următoarele procedee:

- i. inserția produselor în rosturi;
- ii. inserția produselor în tencuială.

(2) Domeniile de utilizare, metodologia de calcul și tehnologia de execuție pentru zidăria armată cu grile polimerice sau cu FRP nu fac obiectul prezentului Cod.

CAPITOLUL 4. ZIDĂRIE

4.1. Proprietățile mecanice ale zidăriei

(1) Prevederile acestui capitol se referă la zidăria cu elementele menționate la 3.1.1.(1) executată cu mortar pentru zidărie pentru utilizare generală (G) sau cu mortar pentru rosturi subțiri (T), cu toate rosturile complet umplute cu mortar.

(2) Zidăria cu rosturi verticale umplute parțial (cu *locăș de mortar*) va fi utilizată în pereții structurali și în zidăria înrămată numai în conformitate cu valorile declarate ale proprietăților de rezistență și de rigiditate obținute pe baza încercărilor efectuate conform standardelor din seria SR EN 1052.

(3) Pentru proiectarea zidăriei cu rosturi verticale tip "*nut și feder / lambă și uluc*", pentru solicitări în planul peretelui și perpendicular pe acest plan, în conformitate cu prevederile din acest Cod și din P 100-1, indiferent de tipul și dimensiunile elementelor pentru zidărie, se vor folosi valorile rezistențelor declarate obținute pe baza încercărilor efectuate conform seriei SR EN 1052, pentru fiecare tip de profilăție a fețelor verticale de capăt.

4.1.1. Proprietățile de rezistență ale zidăriei

4.1.1.1. Rezistența la compresiune a zidăriei

4.1.1.1.1. Rezistența unitară caracteristică la compresiune a zidăriei

(1) Rezistența unitară caracteristică la compresiune a zidăriei, f_k , realizată cu mortar de utilizare generală (G) și cu mortar pentru rosturi subțiri (T) va fi determinată, pentru fiecare clasă de elemente din argilă arsă și din BCA, pe baza încercărilor pe probe de zidărie efectuate conform SR EN 1052-1 sau va fi adoptată în condițiile stabilite la 1.1.(12). În lipsa datelor din încercări, rezistența f_k poate fi calculată analitic cu relațiile de la paragrafele următoare, în funcție de tipul elementelor și al mortarului.

(2) Rezistența unitară caracteristică la compresiune f_k a zidăriei cu elemente din argilă arsă și cu elemente din BCA, executată cu mortar pentru utilizare generală (G), pentru încărcări normale pe planul rosturilor orizontale, va fi calculată, în funcție de rezistențele unitare la compresiune ale elementelor pentru zidărie și a mortarului, cu relația

$$f_k = K f_b^{0.70} f_m^{0.30} \quad (4.1)$$

unde notațiile sunt următoarele:

- K - constantă care depinde de tipul elementului pentru zidărie;
- f_b - rezistența la compresiune *standardizată* a elementului pentru zidărie, pe direcția normală pe rosturile orizontale, în N/mm^2
- f_m - rezistența medie la compresiune a mortarului, în N/mm^2 ;

(3) Formula (4.1) se va folosi numai dacă sunt satisfăcute toate condițiile specificate în continuare:

- a. rezistența elementului pentru zidărie $f_b \leq 75 \text{ N/mm}^2$;
- b. rezistența mortarului satisface condițiile $f_m \leq 20 \text{ N/mm}^2$ și $f_m \leq 2f_b$; în cazul folosirii mortarului de ciment (fără adaos de var) valorile date de relația (4.1) și în tabelele 4.2a ÷ 4.2c. se reduc cu 15%;

- c. zidăria este alcătuită în conformitate cu prevederile din acest Cod;
- d. coeficientul de variație al rezistenței elementelor pentru zidărie este $\leq 25\%$;
- e. toate rosturile zidăriei sunt umplute cu mortar;
- f. grosimea zidăriei este egală cu lățimea sau lungimea elementului pentru zidărie, astfel încât nu există rost de mortar paralel cu fața peretelui pe toată lungimea acestuia sau pe orice porțiune din perete (fig.4.1a); în cazul în care există rost de mortar paralel cu fața peretelui (fig.4.1b) valoarea rezultată din relația (4.1.) se reduce cu 20%.

(4) Pentru zidăriile executate cu elemente din argilă arsă și din BCA, cu mortar pentru utilizare generală (G), valorile K sunt date în tabelul 4.1.

Valorile rezistenței caracteristice f_k pentru zidărie cu elemente din argilă arsă, din grupele 1,2 și 2S, cu rezistența standardizată $f_b = 5.0 \div 15.0 \text{ N/mm}^2$ cu mortare cu rezistențe M2.5 ÷ M15, calculate cu formula (4.1) ținând seama de condițiile de la (3), sunt date în tabelele 4.2a și 4.2b.

Valorile rezistenței caracteristice f_k pentru zidărie cu elemente din BCA, cu rezistența standardizată $f_b = 3.0 \div 8.0 \text{ N/mm}^2$, cu mortare cu rezistențe M2.5 ÷ M15, calculate cu formula (4.1), ținând seama de condițiile de la (3) sunt date în tabelul 4.2c.

Valorile constantei K pentru zidărie cu elemente ceramice și din BCA
și mortar pentru utilizare generală (G)

Tabelul 4.1

Tipul elementului pentru zidărie	Constanta K
Elemente ceramice pline (grupa 1)	0.55
Elemente ceramice cu goluri verticale (grupa 2 și 2S)	0.45
Elemente din BCA (grupa 1)	0.55

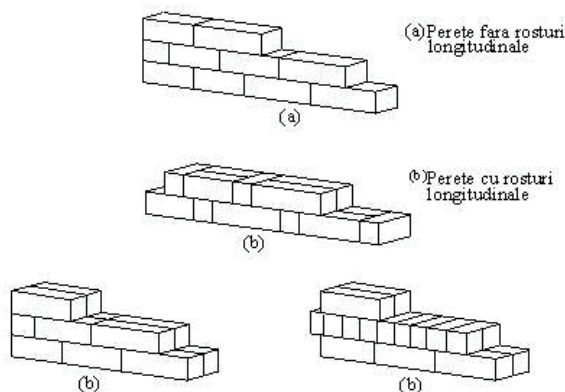


Figura 4.1. Alcătuirea zidăriei

- (a) Fără rost de mortar paralel cu planul peretelui
- (b) Cu rost de mortar paralel cu planul peretelui

Rezistența caracteristică la compresiune (f_k în N/mm^2) a zidărilor cu elemente pline din argilă arsă din grupa 1 și mortar pentru utilizare generală (G)
- țesere conform fig.4.1b -

Tabelul 4.2a

Rezistența standardizată a elementului f_b (N/mm^2)	Rezistența mortarului (N/mm^2)					
	M15	M12.5	M10	M7.5	M5	M2.5
15.0	6.60	6.25	5.85	5.35	4.75	3.85
12.5	5.80	5.50	5.15	4.70	4.20	3.40
10.0	4.95	4.70	4.40	4.05	3.55	2.90
7.5	4.05	3.85	3.60	3.30	2.90	2.35
5.0	***	***	2.70	2.50	2.20	1.80

1°. *** Combinații de materiale (elemente, mortar) care nu sunt permise de condițiile de la (3).
2°. Pentru valori f_b intermediare se acceptă interpolarea liniară între valorile din tabel. Pentru valori în afara celor din tabel se aplică formula generală cu respectarea condițiilor de la (3).

Rezistența caracteristică la compresiune (f_k în N/mm^2) a zidărilor cu elemente cu goluri verticale din argilă arsă din grupa 2 și 2S și mortar pentru utilizare generală (G)
- țesere conform fig.4.1a și 4.1b -

Tabelul 4.2b

Rezistența standardizată a elementului f_b (N/mm^2)	Țesere	Rezistența mortarului (N/mm^2)					
		M15	M12.5	M10	M7.5	M5	M2.5
15.0	fig.4.1a	6.75	6.40	6.00	5.50	4.85	3.95
	fig.4.1b	5.40	5.10	4.80	4.40	3.90	3.15
12.5	fig.4.1a	5.95	5.60	5.25	4.80	4.30	3.45
	fig.4.1b	4.75	4.50	4.20	3.85	3.45	2.75
10.0	fig.4.1a	5.10	4.80	4.50	4.15	3.65	2.95
	fig.4.1b	4.10	3.85	3.60	3.30	2.90	2.35
7.5	fig.4.1a	4.15	3.95	3.70	3.35	3.00	2.40
	fig.4.1b	3.30	3.15	2.95	2.70	2.40	1.90
5.0	fig.4.1a	***	***	2.75	2.55	2.25	1.85
	fig.4.1b	***	***	2.20	2.05	1.80	1.50

1°. *** Combinații de materiale (elemente, mortar) care nu sunt permise de condițiile de la (3).
2°. Pentru valori f_b intermediare se acceptă interpolarea liniară între valorile din tabel. Pentru valori în afara celor din tabel se aplică formula generală de calcul cu respectarea condițiilor de la (3).

Rezistența caracteristică la compresiune (f_k în N/mm^2) a zidărilor cu elemente pline din BCA din grupa 1 și mortar pentru utilizare generală (G)
- țesere conform fig.4.1a -

Tabelul 4.2c

Rezistența standardizată a elementului f_b (N/mm^2)	Marca mortarului					
	M15	M12.5	M10	M7.5	M5	M2.5
8.0	5.31	5.03	4.70	4.31	3.82	3.10
7.0	***	4.58	4.28	3.93	3.48	2.83
6.0	***	***	3.84	3.53	3.12	2.53
5.0	***	***	3.38	3.10	2.75	2.23
4.0	***	***	***	2.66	2.35	1.90
3.0	***	***	***	***	1.92	1.56

1°. *** Combinații de materiale (elemente, mortar) care nu sunt permise de condițiile de la (3).
2°. Pentru valori f_b intermediare se acceptă interpolarea liniară între valorile din tabel. Pentru valori în afara celor din tabel se aplică formula generală de calcul cu respectarea condițiilor de la (3).

(5) Pentru zidăriile executate cu mortar pentru rosturi subțiri (T), în rosturi cu grosime de $0.5 \div 3.0$ mm, rezistența caracteristică la compresiune nu depinde de marca mortarului și se va calcula cu formulele:

A. Pentru zidărie cu elemente pline din argilă arsă și cu elemente din BCA:

$$f_k = K f_b^{0,85} \quad (4.2a)$$

unde

- $K = 0.75$ pentru elemente pline din argilă arsă;
- $K = 0.80$ pentru elemente din BCA.

B. Pentru zidărie cu elemente cu goluri verticale din argilă arsă din grupele 2 și 2S:

$$f_k = K f_b^{0,7} \quad (4.2b)$$

unde

- $K = 0.70$.

(6) Formulele (4.2a) și (4.2b) vor fi aplicate numai dacă:

- zidăria este alcătuită în conformitate cu prevederile din acest Cod;
- toate rosturile zidăriei sunt umplute cu mortar;
- rezistența elementului pentru zidărie $f_b \leq 50 \text{ N/mm}^2$;
- grosimea zidăriei este egală cu lățimea sau lungimea elementului pentru zidărie astfel încât nu există nici un rost de mortar paralel cu fața peretelui, pe întreaga lungime a zidului sau numai pe o parte a acestuia (fig. 4.1a);
- coeficientul de variație al rezistenței elementelor pentru zidărie este $\leq 25\%$.

(7) Valorile rezistenței caracteristice f_k pentru zidărie cu elemente din argilă arsă, din grupele 1, 2 și 2S, cu rezistența standardizată $f_b = 5.0 \div 15.0 \text{ N/mm}^2$, cu mortare pentru rosturi subțiri (T), calculate cu formulele (4.2a) și (4.2b) sunt date în tabelul 4.3a.

Valorile rezistenței caracteristice f_k pentru zidărie cu elemente din BCA, cu rezistența standardizată $f_b = 3.0 \div 8.0 \text{ N/mm}^2$ cu mortare pentru rosturi subțiri (T), calculate cu formula (4.2a), sunt date în tabelul 4.3b.

Rezistența caracteristică la compresiune (f_k în N/mm^2) a zidăriilor cu elemente din argilă arsă și mortar pentru rosturi subțiri (T)

Tabelul 4.3a

Grupa element	Rezistența standardizată a elementului f_b (N/mm^2)				
	15.0	12.5	10.0	7.5	5.0
1	7.50	6.40	5.30	4.15	2.95
2 și 2S	4.65	4.10	3.50	2.95	2.15

¹⁰. Pentru valori f_b intermediare se acceptă interpolarea liniară între valorile din tabel. Pentru valori în afara celor din tabel se aplică formula generală de calcul cu respectarea condițiilor de la (3).

Rezistența caracteristică la compresiune (f_k în N/mm^2) a zidăriilor cu elemente din BCA și mortar pentru rosturi subțiri (T)

Tabelul 4.3b

Rezistența standardizată a elementului f_b (N/mm^2)						
f_b	8.0	7.0	6.0	5.0	4.0	3.0
f_k	4.69	4.18	3.67	3.14	2.60	2.04

¹⁰. Pentru valori f_b intermediare se acceptă interpolarea liniară între valorile din tabel. Pentru valori în afara celor din tabel se aplică formula generală de calcul cu respectarea condițiilor de la (3).

(8) Pentru toate situațiile de proiectare, rezistența caracteristică la compresiune a zidăriei, pe direcție paralelă cu rosturile orizontale, în planul peretelui, f_{kh} se va determina, în absența valorilor declarate, obținute experimental sau conform 1.1.(12), folosind relațiile (4.1), (4.2a) și (4.2b) astfel:

- f_b va fi înlocuită cu f_{bh} rezistența la compresiune *standardizată* a elementului pentru zidărie pe direcție paralelă cu rostul orizontal;
- pentru calculul rezistenței standardizate f_{bh} factorul de transformare din SR EN 772-1 va fi luat $\delta \leq 1.0$;
- pentru elementele pentru zidărie din grupa 1, constanta K va avea valoarea din tabelul 4.1;
- pentru elementele pentru zidărie din grupa 2, constanta K din tabelul 4.1 va fi multiplicată cu 0,5 $\rightarrow K = 0.5 \times 0.45 = 0.225$;
- pentru elementele pentru zidărie din grupa 2S constanta K din tabelul 4.1 va fi multiplicată cu 0.4 $\rightarrow K = 0.4 \times 0.45 = 0.180$.

Pentru *situația de proiectare seismică* valorile f_{bh} trebuie să satisfacă cerințele minime din P 100-1, tab. 8.3.

(9) Valorile rezistenței caracteristice a zidăriei pe direcție paralelă cu rosturile orizontale, în planul peretelui, calculate cu (4.1), (4.2a) și (4.2b) pentru valorile $f_{bh} = 2.0 \div 5.0 \text{ N/mm}^2$ și mortar tip (G) cu rezistența M2.5÷ M15 și cu mortar pentru rosturi subțiri (T), sunt date în tabelul 4.4.

(10) Pentru calculul rezistențelor f_k și f_{kh} ale zidăriilor, formulele (4.1) (4.2a) și (4.2b) se vor utiliza numai cu respectarea următoarelor condiții:

- pentru elementele care poartă marcaj *CE*, pentru zidăriile cu mortar (G) se vor folosi valorile K din tabelul 4.1, în funcție de tipul elementului, și pentru zidăriile cu mortar (T) se vor folosi valorile K date la (5) de mai sus;
- pentru elementele care nu poartă marcajul *CE*, valorile constantei K pentru zidărie cu ambele tipuri de mortar trebuie declarate sau valoarea rezistenței caracteristice a zidăriei trebuie determinată prin încercări conform 1.1(12).

În ambele situații vor fi satisfăcute toate condițiile de la (3), (6) și (8).

Rezistența caracteristică la compresiune (f_{kh} în N/mm^2) paralel cu rosturile orizontale a zidăriilor cu elemente din argilă arsă și BCA cu mortar de utilizare generală (G) și cu mortar pentru rosturi subțiri (T)

Tabelul 4.4.

Marca mortarului	Grupa elementului	Rezistența standardizată a elementelor (f_{bh}) N/mm^2				
		2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
M15 (G)	1	2.01	2.35	2.67	3.25	3.81
	2	0.82	0.96	1.09	1.32	1.55
	2S	0.66	0.77	0.87	1.06	1.25
M10 (G)	1	1.78	2.09	2.37	2.88	3.38
	2	0.73	0.86	0.98	1.18	1.38
	2S	0.58	0.68	0.77	0.93	1.10
M7.5 (G)	1	1.63	1.91	2.17	2.64	3.09
	2	0.67	0.78	0.89	1.08	1.27
	2S	0.53	0.63	0.72	0.85	1.00

M5 (G)	1	1.44	1.69	1.92	2.33	2.73
	2	0.59	0.69	0.78	0.95	1.11
	2S	0.47	0.55	0.62	1.08	1.26
M2.5 (G)	1	1.17	1.37	1.56	1.89	2.22
	2	0.52	0.56	0.64	1.12	1.31
	2S	0.42	0.45	0.51	0.89	0.89
Mortar (T)	1	1.21	1.43	1.67	2.17	2.62
	2	0.57	0.67	0.78	1.02	1.23
	2S	0.46	0.53	0.62	0.71	0.85

¹0. Pentru valori intermediare se acceptă interpolarea liniară între valorile din tabel. Pentru valori în afara celor din tabel se aplică formula generală de calcul cu respectarea condițiilor de la (3).

(11) Valorile rezistenței de proiectare f_{dh} se reduc cu 15% pentru zidăria cu mortar (G), în cazul în care se folosește mortar de ciment fără adaos de var.

4.1.1.1.2. Rezistența unitară de proiectare la compresiune a zidăriei

(1) Rezistențele unitare de proiectare la compresiune ale zidăriei se vor determina conform art.2.4.2.3.

4.1.1.2. Rezistența zidăriei la forfecare

(1) Rezistența zidăriei la forfecare se va determina pentru două mecanisme de cedare:

- Cedare prin lunecare în rost orizontal ($f_{vk,l}$);
- Cedare pe secțiune înclinată din eforturi principale de întindere în lungul diagonalei comprimate ($f_{vk,i}$).

4.1.1.2.1. Rezistența unitară caracteristică la lunecare în rost orizontal

(1) Rezistența caracteristică la lunecare în rost orizontal $f_{vk,l}$, a zidăriei executată cu mortar pentru utilizare generală (G) sau cu mortar pentru rosturi subțiri (T) în straturi cu grosime de 0,5 mm până la 3,0 mm, cu toate rosturile verticale umplute, se determină cu relația

$$f_{vk,l} = f_{vko} + 0,4 \sigma_d \leq 0.065 f_b \quad (4.3a)$$

unde notațiile sunt:

- f_{vko} rezistența caracteristică inițială la forfecare fără efort unitar de compresiune;
- σ_d valoarea efortului unitar mediu de compresiune perpendicular pe direcția forței tăietoare în element, la nivelul considerat, determinat din gruparea de încărcări de proiectare (valoare de proiectare), care se exercită pe zona comprimată a peretelui care asigură rezistența la forță tăietoare;
- f_b rezistența medie standardizată la compresiune a elementelor pentru zidărie.

(2) Pentru zidăriile cu elemente cu îmbinare de tip "nut și feder / lambă și uluc", la care fețele adiacente ale elementelor pentru zidărie se află în contact direct, executate cu mortar de utilizare generală (G), sau cu mortar pentru straturi subțiri (T) în rosturi orizontale cu grosimea de 0,5 ÷ 3,0 mm, rezistența caracteristică la lunecare în rost orizontal se calculează cu relația:

$$f_{vk,l} = 0,5 f_{vko} + 0,4 \sigma_d \leq 0.045 f_b \quad (4.3b)$$

(3) Rezistența unitară caracteristică inițială la forfecare a zidăriei - sub efort unitar de compresiune egal cu zero -, f_{vk0} , va fi obținută din rezultatele încercărilor pe zidărie efectuate conform SR EN 1052-3 sau în condițiile stabilite la 1.1.(12).

(4) În cazul zidăriilor cu mortare *performante*, de utilizare generală (G) sau pentru rosturi subțiri (T), dacă nu sunt declarate rezultatele obținute conform (3), valoarea f_{vk0} se va lua din SR EN 998-2, anexa C.

(5) În cazul zidăriilor executate cu mortare *de rețetă* pentru utilizare generală (G), cu compozițiile prescrise în tabelul 3.1, dacă nu sunt declarate rezultatele obținute conform (3), valorile f_{vk0} vor fi luate din tabelul 4.5, cu condiția ca mortarul pentru utilizare generală (G), preparat conform SR EN 1996-2, să nu conțină adaosuri sau aditivi.

Rezistența unitară caracteristică inițială la forfecare a zidăriei (f_{vk0}) în N/mm²

Elemente pentru zidărie	Tabelul 4.5 Mortar (G) de rețetă		
	M10	M7.5	M5, M2.5
Argilă arsă	0.30	0.25	0.20
Beton celular autoclavizat	0.25	0.20	0.15

Pentru zidăriile cu mortare \geq M12.5 valorile se vor obține obligatoriu prin încercări efectuate conform SR EN 1052-3.

4.1.1.2.2. Rezistența unitară caracteristică la cedare pe secțiuni înclinate

(1) Pentru mecanismul de cedare prin *rupere pe secțiuni înclinate*, rezistența unitară caracteristică la forfecare $f_{vk,i}$, a zidăriei cu mortar pentru utilizare generală (G), și cu mortar pentru rosturi subțiri (T), cu toate rosturile umplute cu mortar, se va calcula cu relațiile:

- a. Pentru elemente din argilă arsă din grupele 1, 2 și 2S

$$f_{vk,i} = 0.22 f_{bt} \sqrt{1 + 5 \frac{\sigma_{0d}}{f_{bt}}} \quad (4.4a)$$

- b. Pentru elemente din BCA

$$f_{vk,i} = 0.10 f_{bt} \sqrt{1 + 16 \frac{\sigma_{0d}}{f_{bt}}} \quad (4.4b)$$

În relațiile (4.4a) și (4.4b) notațiile sunt:

- f_{bt} rezistența caracteristică la întindere a elementelor pentru zidărie determinată conform (2);
- σ_{0d} valoarea de proiectare a efortului unitar de compresiune mediu perpendicular pe direcția efortului unitar de forfecare, în secțiunea considerată.

(2) Valoarea rezistenței caracteristice la întindere f_{bt} a elementelor pentru zidărie se determină prin:

- a. evaluarea valorilor declarate pe baza rezultatelor încercărilor la întindere prin despicare a elementelor pentru zidărie

sau

- b. în funcție de rezistența standardizată a elementului la compresiune (f_b) cu relațiile:

i. pentru elemente din argilă arsă: $f_{bt} = 0.035f_b$ (4.5a)

ii. pentru elemente din BCA cu $f_b > 2.0 \text{ N/mm}^2$: $f_{bt} = 0.080f_b$ (4.5b)

4.1.1.2.3. Rezistențele unitare de proiectare a zidăriei la forfecare

(1) Rezistențele unitare de proiectare a zidăriei la forfecare (f_{vdl} și f_{vdi}) se vor calcula cu formulele:

a. lunecare în rost orizontal

$$f_{vdl} = \frac{f_{vk,0}}{\gamma_M} + 0.4\sigma_d \quad (4.6a)$$

b. rupere pe secțiune înclinată

$$f_{vdi} = \frac{f_{vki}}{\gamma_M} \quad (4.6b)$$

în care coeficientul de siguranță pentru material γ_M se va lua conform 2.4.2.3.

(2) Valorile rezistențelor de proiectare f_{vdl} și f_{vdi} se reduc cu 25% pentru zidăria cu mortar (G) care conține numai ciment (fără adaos de var).

4.1.1.3. Rezistența unitară la întindere din încovoiere perpendicular pe planul zidăriei

(1) Pentru calculul rezistenței pereților structurali, nestructurali și a panourilor de zidărie înrămate în cadre, solicitați la încovoiere de forțe perpendiculare pe planul zidăriei, pentru toate situațiile de proiectare, vor fi luate în considerare rezistențele unitare corespunzătoare următoarelor moduri de rupere:

- rezistența la încovoiere după un plan de rupere paralel cu rosturile orizontale, f_{x1} (fig.4.2a);
- rezistența la încovoiere după un plan de rupere perpendicular pe rosturile orizontale, f_{x2} (fig.4.2b).

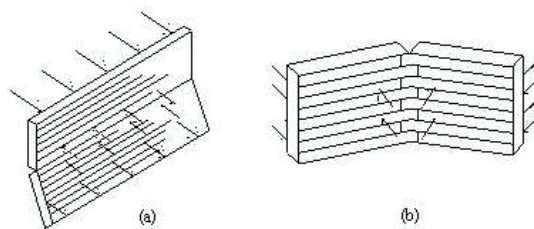


Figura 4.2. Ruperea zidăriei încovoiate perpendicular pe planul peretelui
 (a) Plan de rupere paralel cu rosturile orizontale, f_{x1} (b) Plan de rupere perpendicular pe rosturile orizontale, f_{x2}

4.1.1.3.1. Rezistențele unitare caracteristice la întindere din încovoiere perpendicular pe planul zidăriei

(1) Rezistențele unitare caracteristice la întindere din încovoiere ale zidăriei, f_{xk1} și f_{xk2} , vor fi obținute din rezultatele încercărilor pe zidărie executate conform SR EN 1052-2 sau pe baza prevederilor de la 1.1(12).

(2) Pentru zidăriile cu legături tip "nut și feder / lambă și uluc", având în vedere diversitatea profilațiilor fețelor de capăt, se vor utiliza valorile declarate obținute pe baza încercărilor efectuate conform (1).

(3) Pentru zidăriile cu toate rosturile complet umplute, realizate cu mortar pentru zidărie pentru utilizare generală (G), în cazul în care nu sunt declarate rezultatele obținute conform (1), valorile rezistențelor unitare caracteristice la încovoiere f_{xk1} și f_{xk2} , în N/mm^2 , se vor lua din tabelul 4.6.

Rezistențe unitare caracteristice la încovoiere perpendicular pe planul zidăriei

Tabelul 4.6

Tipul elementelor	Rezistența medie a mortarului			
	M10,M7.5,M5		M2.5	
	f_{xk1}	f_{xk2}	f_{xk1}	f_{xk2}
Argilă arsă, pline sau cu perforații verticale	0.240	0.480	0.180	0.360
Beton celular autoclavizat	0.100	0.200	0.075	0.150

Notă. Valorile din tabelul 4.6 se utilizează numai pentru combinațiile de materiale (elemente, mortar) acceptate conform tabelelor (4.2a)-(4.2c). Pentru zidăriile cu mortare $\geq \text{M12.5}$ valorile se vor obține obligatoriu prin încercări efectuate conform SR EN 1052-2.

(4) Pentru zidăriile cu elemente din argilă arsă cu fețe verticale plane și cu rosturile verticale umplute cu mortar, executate cu mortar pentru rosturi subțiri (T), în cazul în care nu sunt declarate rezultatele obținute conform (1) se vor folosi la calcul valorile forfetare $f_{xk1} = f_{xk2} = 0.150 \text{ N/mm}^2$,

(5) Pentru zidăriile cu elemente din BCA cu fețe verticale plane și cu toate rosturile umplute, executate cu mortar pentru rosturi subțiri (T), în absența valorilor declarate, rezistențele f_{xk1} și f_{xk2} se vor lua egale cu:

- $f_{xk1} = 0.035 f_b \leq 0.150 \text{ N/mm}^2$
- $f_{xk2} = 0.035 f_b \leq 0.200 \text{ N/mm}^2$ (pentru BCA cu $\rho \leq 400 \text{ kg/m}^3$)
- $f_{xk2} = 0.035 f_b \leq 0.300 \text{ N/mm}^2$ (pentru BCA cu $\rho > 400 \text{ kg/m}^3$).

4.1.1.3.2. Rezistențele unitare de proiectare la întindere din încovoiere perpendicular pe planul zidăriei

(1) Rezistențele de proiectare la întindere din încovoiere, perpendicular pe planul peretelui ale zidăriei se vor calcula conform art. 2.4.2.3.

(2) Valorile rezistențelor unitare de proiectare f_{xd1} și f_{xd2} se reduc cu 25% pentru zidăria cu mortar (G) care conține numai ciment (fără adaos de var).

4.1.1.4. Rezistența caracteristică de ancorare

(1) Rezistența caracteristică de ancorare prin aderență a armăturii înglobate în beton va fi obținută din rezultatele încercărilor efectuate conform ST 009.

(2) Dacă nu se dispune de date experimentale, rezistența caracteristică de aderență, f_{bok} , se va lua după cum urmează:

- a. pentru armăturile înglobate în secțiuni de beton cu dimensiuni mai mari sau egale cu 150 mm (în elementele de confinare), din tabelul 4.7;

- b. pentru armăturile înglobate în mortar sau în secțiuni de beton cu dimensiuni mai mici de 150 mm (betonul din stratul median al ZIA), din tabelul 4.8.

Rezistența caracteristică de aderență a armăturilor în
betonul elementelor de confinare (N/mm^2)

Tabelul 4.7

Clasa de rezistență a betonului	C12/15	C16/20
f_{bok} pentru bare de oțel beton netede (N/mm^2)	1.3	1.5
f_{bok} pentru bare de oțel beton profilate (N/mm^2)	2.4	3.0

Rezistența caracteristică de aderență a armăturilor în
mortar sau în betonul din ZIA (N/mm^2)

Tabelul 4.8

Clasa de rezistență a mortarului (M)	M5	M10
Clasa de rezistență a betonului (C)	C12/15	C16/20
f_{bok} pentru bare de oțel beton netede (N/mm^2)	0.7	1.2
f_{bok} pentru bare de oțel beton profilate (N/mm^2)	1.0	1.5

4.1.2. Proprietăți de deformabilitate ale zidăriei

4.1.2.1. Relația efort unitar – deformație specifică ($\sigma - \epsilon$)

(1) Pentru calculul rezistenței și al rigidității tuturor elementelor de construcție din zidărie, pentru toate situațiile de proiectare, se folosesc următoarele tipuri de relații "efort unitar - deformație specifică $\sigma - \epsilon$ " (legi constitutive) care schematizează comportarea reală a zidăriei (valori caracteristice - f_k și valori de proiectare - f_d):

- liniară (fig. 4.3a)
- liniar - dreptunghiulară (fig. 4.3b)
- parabolic - dreptunghiulară (fig. 4.3c).

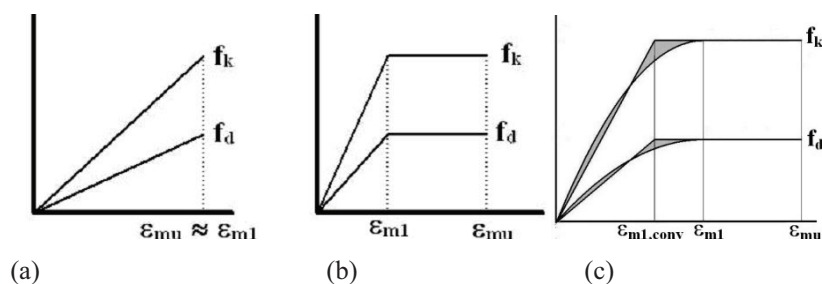


Figura 4.3. Relația efort-deformație specifică ($\sigma - \epsilon$) pentru zidăria solicitată la compresiune axială

NOTE:.

1⁰. Legea de formă "parabolic-dreptunghiulară" poate fi înlocuită cu o lege convențională (fig.4.3c) de formă "liniar - dreptunghiulară" având valoarea deformației specifice:

$$\epsilon_{m1,conv} = \frac{2}{3} \epsilon_{m1} \quad (4.7a)$$

$$2^0. \text{ Raportul } \mu = \frac{\epsilon_{mu}}{\epsilon_{m1}} \quad (4.7b)$$

definește ductilitatea de material a zidăriei.

(2) Valorile diagramei de proiectare $f_d(\varepsilon)$ se obțin din valorile diagramei caracteristice $f_k(\varepsilon)$ cu relația:

$$f_d(\varepsilon) = \frac{f_k(\varepsilon)}{\gamma_M} \quad (4.8)$$

(3) Forma legii σ - ε depinde de:

- a. caracteristicile elementelor pentru zidărie;
- b. tipul mortarului;
- c. modul de țesere și de umplerea rosturilor.

(4) Determinarea relației σ - ε și a parametrilor caracteristici (ε_{m1} și ε_{mu}) se va face prin încercări la compresiune efectuate conform SR EN 1052-1. În lipsa declarării acestor informații se aplică prevederile de la (7).

(5) Valoarea deformației specifice ultime (ε_{mu}) utilizată pentru calculul rezistenței și al rigidității tuturor părților / elementelor de construcție din zidărie se va limita, indiferent de rezultatele încercărilor, astfel:

- a. pentru elemente din argilă arsă din grupa 1: $\varepsilon_{mu} \leq 3.5\text{‰}$;
- b. pentru elemente din argilă arsă cu goluri verticale din grupa 2: $\varepsilon_{mu} \leq 2.0\text{‰}$;
- c. pentru elemente din argilă arsă cu goluri verticale din grupa 2S și pentru elementele din BCA forma legii σ - ε și valorile ε_{m1} și ε_{mu} vor fi declarate conform 1.1.(12), cu limitarea $\varepsilon_{mu} \leq 2.0\text{‰}$;

(6) Prevederile referitoare la calculul rezistenței de proiectare a zidăriei și la calculul deplasărilor părților / elementelor de construcție din zidărie, precum și prevederile din P 100-1 privitoare la valorile factorului de comportare q și la numărul maxim de niveluri peste secțiunea de încastrare, se aplică diferențiat în funcție de forma și de parametrii legii σ - ε .

(7) Pentru toate situațiile de proiectare, în cazul zidăriilor pentru care forma legii σ - ε și parametrii ε_{m1} și ε_{mu} nu sunt cunoscute / nu sunt declarate, calculul rezistenței și rigidității tuturor părților / elementelor de construcție din zidărie se va face în următoarele condiții:

- a. legea σ - ε va fi considerată "liniară" (fig. 4.3a);
- b. valorile modurilor de elasticitate longitudinal și transversal date la 4.1.2.2. se vor reduce cu 25%;
- c. deformația specifică ultimă ε_{mu} dată la (5) va fi luată egală cu:
 - i. pentru elemente din argilă arsă din grupa 1: $\varepsilon_{mu} = 0.8 \times 3.5 = 2.8 \text{‰}$;
 - ii. pentru elemente din argilă arsă cu goluri verticale din grupa 2 și 2S și pentru elemente din BCA: $\varepsilon_{mu} = 0.8 \times 2.0 = 1.6 \text{‰}$;
- d. factorul de suprarezistență definit în P 100-1, cap.8, se va lua $\alpha_u/\alpha_1 = 1.0$.

4.1.2.2. Modulul de elasticitate al zidăriei

4.1.2.2.1. Modulul de elasticitate longitudinal

(1) Pentru calculul deformațiilor longitudinale ale tuturor părților / elementelor de construcție din zidărie simplă (ZNA) se folosesc, în funcție de situația de proiectare respectivă, următoarele valori ale modulului de elasticitate longitudinal:

- a. modulul de elasticitate secant de scurtă durată, E_z ;
- b. modulul de elasticitate de lungă durată, $E_{z,ld}$.

(2) Modulul de elasticitate secant de scurtă durată E_z va fi determinat prin încercări conform SR EN 1052-1 sau va fi stabilit conform 1.1(12).

(3) În absența valorilor determinate conform (2), modulul de elasticitate secant de scurtă durată al zidăriei nearmate (E_z), executată cu elemente pentru zidărie din grupele 1, 2 și 2S, cu mortar pentru zidărie pentru utilizare generală (G) sau cu mortar pentru rosturi subțiri (T), cu toate rosturile complet umplute cu mortar, se va calcula cu relațiile:

- a. $E_z = 1000f_k$ pentru elemente din argilă arsă;
- b. $E_z = 800f_k$ pentru elemente din BCA.

(4) Pentru zidăriile executate cu elemente cu îmbinare de tip "nut și feder" și pentru zidăriile cu rosturi verticale neumplute cu mortar, valoarea modulului de elasticitate de scurtă durată trebuie declarată pentru fiecare tip de element.

(5) În cazul zidăriei cu armături în rosturile orizontale valorile E_z stabilite ca mai sus vor fi majorate cu 10%.

(6) În condițiile enunțate la (3) ÷ (5) modulul de elasticitate echivalent de scurtă durată al zidăriei confinate (ZC) și al zidăriei cu inimă armată (ZIA) se va calcula cu relația:

$$E_{ZC(ZIA)} = \frac{E_z I_z + E_b I_b}{I_z + I_b} \quad (4.9)$$

unde notațiile sunt următoarele:

- E_z și E_b - modulii de elasticitate longitudinali ai zidăriei și betonului;
- I_z și I_b - momentele de inerție ale secțiunilor de zidărie și de beton, calculate în raport cu axele principale de inerție ale peretelui.

În cazul zidăriei confinate cu armături în rosturile orizontale (ZC+AR), valorile date de relația (4.9) se vor majora cu 10%.

(7) Modulul de elasticitate de lungă durată $E_{z,ld}$ se va determina din valoarea modulului secant de scurtă durată E_z , redusă conform relației (4.10), pentru a ține cont de efectele curgerii lente:

$$E_{z,ld} = \frac{E_z}{1 + \Phi_{\infty}} \quad (4.10)$$

unde Φ_{∞} este constanta finală de curgere lentă dată în tabelul 4.9.

4.1.2.2.2. Modulul de elasticitate transversal

(1) Modulul de elasticitate transversal, G_z , pentru zidăria nearmată, cu elemente pentru zidărie din argilă arsă din toate grupele (1, 2, 2S) și din BCA, se determină cu relația:

$$G_z = 0.4 E_z \quad (4.11)$$

unde:

- E_z este modulul de elasticitate secant de scurtă durată, cu valorile corespunzătoare situației de proiectare respective, stabilite conform 4.1.2.2.1.
- (2) În lipsa unor date stabilite prin încercări, modulul de deformare transversală echivalent pentru zidăria confinată (ZC) și zidăria cu inimă armată (ZIA) se va calcula cu relația:

$$G_{ZC(ZIA)} = 0,40 E_{ZC(ZIA)} \quad (4.12)$$

4.2. Proprietățile fizice ale zidăriei

(1) Următoarele proprietăți fizice ale zidăriei sunt relevante pentru obiectul Codului:

- curgerea lentă;
- variațiile de volum datorate modificărilor umidității;
- dilatarea termică.

(2) Valorile de proiectare ale acestor proprietăți trebuie să fie determinate prin încercări sau stabilite conform 1.1.(12).

(3) În absența unor date obținute din încercări, valorile de proiectare ale proprietăților fizice vor fi luate în limitele indicate în tabelul 4.9.

Limitele valorilor principalelor proprietăți fizice ale zidăriei

Tabelul 4.9

Tipul elementului pentru zidărie	Constanta de curgere lentă finală Φ_∞	Valoarea ultimă de umflare la umiditate sau contracția mm/m	Constanta de dilatatie termică, α_{tz} , $10^{-6}/1^\circ\text{C}$
	Domeniul de variație (valoare de referință)		
Ceramice	0,5 ÷ 1,5	-0,2 ÷ +1,0	4 ÷ 8 (5×10^{-6})
Beton celular autoclavizat	1,0 ÷ 2,5	-0,4 ÷ +0,2	7 ÷ 9 (8×10^{-6})

4.3. Durabilitatea zidăriei

4.3.1. Generalități

(1) Toate părțile / elementele de construcție din zidărie vor fi proiectate astfel încât să aibă durabilitatea necesară pentru a fi utilizate în conformitate cu cerințele și cu durata de exploatare stabilite prin tema de proiectare, în condițiile specifice ale mediului înconjurător.

4.3.2. Clasificarea condițiilor de mediu înconjurător

4.3.2.1. Condiții de microclimat de expunere

(1) La proiectarea tuturor părților / elementelor de construcție din zidărie trebuie să fie luate în considerare condițiile de microclimat la care va fi expusă zidăria în timpul exploatării.

(2) Pentru stabilirea condițiilor de microclimat de expunere ale zidăriei, se va ține seama și de:

- a. efectul finisajelor și al placajelor de protecție;
- b. modul în care detaliile de finisaj împiedică menținerea / acumularea apei pe fațade.

(3) Condițiile de microclimat de expunere a zidăriei terminate se încadrează în clase de expunere definite conform SR EN 1996-1-1:2006 după cum urmează:

- a. MX1 – mediu ambiant uscat;
- b. MX2 – expus la umiditate sau umezire;
- c. MX3 – expus la umezire cu cicluri de îngheț-dezgheț;
- d. MX4 – expus la aer saturat de sare, apa de mare sau alte ape cu săruri;
- e. MX5 – mediu ambiant chimic agresiv.

(4) Pentru determinarea clasei de expunere se vor lua în considerare:

- a. factorii climatici specifici ai amplasamentului:
 - i. ploaia și zăpada;
 - ii. acțiunea simultană a vântului cu ploaia;
 - iii. variațiile de temperatură;
 - iv. variațiile umidității relative;
- b. severitatea expunerii la umezire;
- c. expunerea la cicluri îngheț / dezgheț;
- d. prezența compușilor / substanțelor chimice care, în contact cu apa, pot conduce la reacții care afectează integritatea zidăriei.

(5) Pentru identificarea nivelului de expunere a zidăriilor în diferite subansambluri ale clădirii și a efectului detaliilor de alcătuire constructivă se vor utiliza prevederile SR EN 1996-2, Anexa A și prevederile din reglementărilor tehnice privind executarea și urmărirea execuției lucrărilor de zidărie, în vigoare.

4.3.3. Durabilitatea componentelor zidăriei

(1) Cerințele referitoare la durabilitatea componentelor zidăriei, în corelare cu condițiile de mediu în exploatare, vor fi specificate în mod explicit în proiecte, pentru toate părțile / elementele de construcție și vor fi supuse verificării împreună cu întreg proiectul.

4.3.3.1. Elemente pentru zidărie

(1) Elementele pentru zidărie vor fi suficient de durabile pentru a rezista, în condițiile relevante de expunere, pe toată durata de exploatare proiectată a clădirii.

(2) În cazul zidăriilor aparente cu elemente din argilă arsă se vor respecta prevederile SR EN 771-1 privind condițiile de folosire a elementelor pentru zidărie în funcție de densitate.

4.3.3.2. Mortar

(1) Mortarul pentru zidărie va fi suficient de durabil pentru a rezista, în condițiile relevante de microclimat de expunere, pe toată durata de exploatare proiectată a clădirii și nu va conține componenți care ar putea avea efect dăunător asupra proprietăților sau durabilității elementelor, oțelului sau altor materiale cu care se află în contact.

(2) Mortarele se încadrează în trei categorii în funcție de categoria condițiilor de expunere a elementelor la care vor fi folosite:

- a. S - mortar pentru elemente de construcție expuse la condiții *severe*;
- b. M - mortar pentru elemente de construcție expuse la condiții *moderate*;
- c. P - mortar pentru elemente de construcție expuse la condiții *pasive*.

Compoziția mortarelor S, M, P se stabilește conform reglementărilor tehnice privind executarea și urmărirea execuției lucrărilor de zidărie, în vigoare.

(3) Domeniile de utilizare a mortarelor S, M, P în corelare cu condițiile de microclimat definite la 4.3.2.1.(3). vor fi stabilite după cum urmează:

- a. Clasa de expunere MX 1 → mortar P, M sau S
- b. Clasa de expunere MX 2.1 → mortar M sau S
- c. Clasa de expunere MX 2.2 → mortar M sau S
- d. Clasa de expunere MX 3.1 → mortar M sau S
- e. Clasa de expunere MX 3.2 → mortar S.

Pentru zidăriile din clasele de expunere MX4 și MX5 se va evalua, pentru fiecare amplasament și pentru fiecare proiect, gradul de expunere la:

- a. săruri;
- b. umezire;
- c. cicluri de îngheț / dezgheț;
- d. substanțe chimice agresive (cantitatea acestora și tipul de reacție).

4.3.3.3. Oțel pentru armături

(1) Oțelul pentru armături, înglobat în beton sau în mortar, va fi suficient de durabil, astfel ca, atunci când este pus în operă în condițiile prevăzute în reglementările tehnice privind executarea și urmărirea execuției lucrărilor de zidărie, în vigoare, să reziste la condițiile locale de expunere pe toată durata de exploatare proiectată a clădirii.

(2) Pentru asigurarea durabilității se va folosi oțel pentru beton armat (oțel carbon), protejat prin măsurile date în continuare, sau oțel rezistent la coroziune. Măsurile de protecție sunt corelate cu clasele de expunere MX1÷MX5.

(3) Pentru clasa de expunere MX1, oțelul poate fi neprotejat (cu excepția zidăriei de placaj).

(4) Pentru clasele de expunere MX2 și MX3, protecția oțelului se va realiza prin:

- a. înglobare în mortar sau beton;
- b. galvanizare;

c. acoperire cu rășini epoxidice

sau printr-o combinație a acestor procedee.

(5) Protecția armăturilor prin înglobare în mortar trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

a. tipul și marca minimă a mortarului vor fi:

- i. mortar de ciment-var M5 - pentru încăperi cu umiditate relativă interioară permanentă a aerului $\leq 60\%$;
- ii. mortar de ciment cu adaos de plastifianți M10 - pentru încăperi cu umiditate relativă interioară permanentă a aerului $> 60\%$;

b. acoperirea laterală cu mortar a barelor dispuse în rosturile orizontale va fi ≥ 20 mm la pereții care se tencuiesc ulterior și ≥ 35 mm la pereții care rămân netencuiți; grosimea stratului de protecție va fi sporită până la 45 mm în cazul pereților care trebuie să rămână netencuiți (zidărie aparentă sau de placaj), în condițiile de expunere MX4 și MX5;

c. zidăria va fi tencuită cu mortar $\geq M2.5$.

(6) Protecția armăturilor din elementele de confinare prin înglobare în beton se va asigura prin prevederea în proiecte a unui strat de acoperire cu grosimea minimă dată în SR EN 1992-1-1 pentru condițiile de expunere respective (a se vedea și NE 012/2).

(7) Protecția prin galvanizare se va realiza cu o acoperire de zinc ≥ 900 g/ m² sau cu o acoperire de zinc ≥ 60 g/m² completată cu o acoperire cu rășină epoxidică cu grosime medie recomandată 100 μm. Oțelul va fi galvanizat după fasonare.

4.3.3.4. Durabilitatea betoanelor

(1) Pentru betoanele care intră în alcătuirea clădirilor de zidărie se vor avea în vedere prevederile generale referitoare la durabilitate din NE 012/1, măsurile specifice din acest Cod și din reglementările tehnice privind executarea și urmărirea execuției lucrărilor de zidărie, în vigoare.

4.3.3.5. Straturi de rupere a capilarității

(1) Straturile pentru ruperea capilarității vor avea durabilitatea corespunzătoare tipului de clădire la care se utilizează și condițiilor de mediu respective; ele vor fi alcătuite din materiale care să nu poată fi străpunse la utilizare și vor fi capabile să reziste la eforturile mecanice fără să favorizeze producerea condensului.

(2) Straturile pentru ruperea capilarității vor fi realizate din:

- a. materiale plastice;
- b. tencuieli hidrofuge.

4.3.3.6. Elemente de legătură pentru pereți

(1) Elementele de legătură pentru pereți și prinderile lor vor fi capabile să reziste la acțiunile relevante ale mediului înconjurător și la mișcările relative între straturi. Ele vor avea rezistență la coroziune corespunzătoare mediului în care sunt utilizate.

(2) Elementele de ancorare ale placajelor din zidărie sau ale stratului exterior al fațadelor ventilate (cu gol de aer) vor fi executate din oțel inoxidabil.

4.3.3.7. Eclise, scoabe și corniere

(1) Eclisele, ancorele, scoabele și cornierele înglobate în zidărie vor avea rezistență la coroziune corespunzătoare condițiilor de mediu în care sunt utilizate. Protecția acestora se va realiza cu orice procedeu recunoscut în practica curentă pentru condiții de mediu similare.

4.3.4. Durabilitatea zidăriei aflată sub nivelul terenului

(1) Zidăria aflată sub nivelul terenului va fi proiectată astfel încât să nu fie afectată defavorabil de condițiile terenului sau va fi protejată în mod corespunzător.

În acest scop:

- a. se vor lua măsuri pentru a proteja zidăria de efectele umezelii provenite din contactul cu pământul, mai ales împotriva propagării umidității prin capilaritate;
- b. în cazul în care, prin studiul geotehnic efectuat pe amplasament, se constată că terenul conține substanțe chimice care pot afecta integritatea și durabilitatea zidăriei, aceasta va fi proiectată din materiale rezistente la aceste substanțe sau va fi protejată corespunzător (de exemplu, cu pelicule sau tencuieli rezistente la acțiunile chimice respective).

CAPITOLUL 5. PROIECTAREA PRELIMINARĂ A CLĂDIRILOR CU PEREȚI STRUCTURALI DIN ZIDĂRIE

5.1. Proiectarea preliminară arhitectural-structurală a clădirilor etajate curente

(1) Proiectarea preliminară arhitectural-structurală a clădirilor etajate curente cu pereți structurali din zidărie implică parcurgerea următoarelor etape:

- a. Stabilirea formei generale a clădirii în plan și în elevație;
- b. Proiectarea preliminară a suprastructurii verticale (ansamblul pereților structurali);
- c. Proiectarea preliminară a planșeelor;
- d. Proiectarea preliminară a infrastructurii.

(2) Proiectarea preliminară arhitectural-structurală reprezintă o etapă necesară pentru toate situațiile de proiectare. Această etapă precede verificarea prin calcul a siguranței structurale și este necesară pentru stabilirea modelului și a metodei pentru calcul, conform cerințelor de la Capitolul 6 și din P 100-1.

(3) În procesul de proiectare preliminară, alegerea *configurației de ansamblu* a clădirii este atribuția principală a arhitectului. *Concepția structurii* revine inginerului de structuri dar nu poate fi independentă de cerințele funcționale și de imagine arhitecturală formulate de investitor și de arhitect.

5.1.1. Principii generale de alcătuire arhitectural-structurală a clădirilor etajate cu pereți structurali din zidărie

(1) Clădirile cu pereți structurali din zidărie vor fi alcătuite astfel încât să se realizeze un ansamblu spațial unitar format din:

- a. elemente verticale: *pereți structurali*, dispuși pe două direcții neparalele;
- b. elemente orizontale: *planșee* care, de regulă, vor fi rigide în plan orizontal.

(2) Caracterul spațial unitar al structurii din zidărie se va obține prin:

[A.] Legături între pereții structurali de pe cele două direcții principale, la colțuri, intersecții și ramificații, care se vor realiza prin:

- a. țeserea zidăriei conform prevederilor din reglementările tehnice privind executarea și urmărirea execuției lucrărilor de zidărie, în vigoare;
- b. armături dispuse în rosturile orizontale;
- c. stâlpișori de beton armat turnați în ștrepii zidăriei;
- d. continuitatea betonului și armăturilor din centuri sau stratul median al ZIA.

[B.] Legături între planșee și pereții structurali care se vor realiza după cum urmează:

- a. la pereții din zidărie nearmată (ZNA): prin centuri de beton armat turnate pe toți pereții;
- b. la pereții din zidărie confinată (ZC): prin înglobarea / ancorarea armăturilor din stâlpișori în sistemul de centuri de la fiecare planșeu;
- c. la pereții din zidărie cu inimă armată (ZIA): prin înglobarea / ancorarea armăturilor din stratul median al peretelui în sistemul de centuri de la fiecare planșeu.

(3) Se vor lua toate măsurile necesare pentru menținerea conlucrării spațiale între subansamblurile structurale verticale și orizontale pentru toate situațiile de proiectare și, mai ales, în stadiile avansate de solicitare sub efectul cutremurelor severe (de exemplu, împiedicarea prăbușirii progresive).

(4) În faza de proiectare preliminară arhitectural-structurală a clădirilor din zidărie se va urmări ca forma în plan și volumetria clădirii, distribuția spațiilor, amplasarea și alcătuirea pereților structurali să fie astfel alese încât să se obțină *regularitate în plan și pe verticală* definită conform criteriilor de la art. 5.1.2.

5.1.2. Alcătuirea clădirii în plan și în elevație

(1) Se recomandă adoptarea unor partiuri compacte, cu *simetrie geometrică* (dată de forma în plan) și cu *simetrie mecanică* (rezultată din dispunerea în plan a pereților structurali) sau cu disimetrii limitate.

(2) Aria planșeului va fi menținută, de regulă, constantă la toate nivelurile clădirii. Se pot accepta reduceri de arie, de la un nivel la nivelul imediat superior, de circa $10 \div 15\%$ cu condiția ca traseul de scurgere a încărcărilor către fundații să nu fie întrerupt.

(3) Rezistența și rigiditatea structurii vor fi aproximativ egale pe cele două direcții principale ale clădirii și vor fi menținute aproximativ constante pe toată înălțimea clădirii. Se recomandă ca diferența între valorile respective, să nu depășească, la fiecare nivel, 25% iar în elevație eventualele reduceri de rezistență și de rigiditate să fie $\leq 20\%$.

(4) Reducerile de rezistență și/sau de rigiditate se vor realiza prin scăderea:

- a. densității zidurilor;
- b. grosimii zidurilor;
- c. rezistenței zidăriei la compresiune.

fără ca mărimile respective să scadă sub valorile minime constructive stabilite prin acest Cod și prin P 100-1.

5.1.3. Criterii de regularitate structurală

(1) Sistemul structural va fi simplu, continuu, va avea suficientă capacitate de rezistență și rigiditate și va asigura un traseu direct și neîntrerupt al forțelor verticale și orizontale, până la terenul de fundare.

(2) Clădirile cu pereți structurali din zidărie vor fi considerate cu *regularitate geometrică și structurală în plan* dacă:

- a. forma în plan satisface următoarele condiții:
 - i. este aproximativ simetrică în raport cu 2 direcții ortogonale;
 - ii. este compactă, cu contururi regulate și cu un număr redus de colțuri întrânde;
 - iii. eventualele retrageri / proeminențe în raport cu conturul curent al planșeului nu depășesc, fiecare, cea mai mare dintre valorile: 10% din aria planșeului sau $1/5$ din dimensiunea laturii respective (fig. 5.1);
- b. dispunerea în plan a pereților structurali satisface următoarele condiții:

- i. nu există disimetrii importante ale capacităților de rezistență și/sau ale încărcărilor permanente în raport cu axele principale ale clădirii;
- ii. distanța între centrul de greutate (CG) și centrul de rigiditate (CR) nu depășește $0.1L$, unde L este dimensiunea clădirii pe direcția perpendiculară direcției de calcul.
- c. rigiditatea planșeelor în plan orizontal este suficient de mare încât să fie asigurată compatibilitatea deplasărilor laterale ale pereților structurali sub efectul forțelor orizontale.

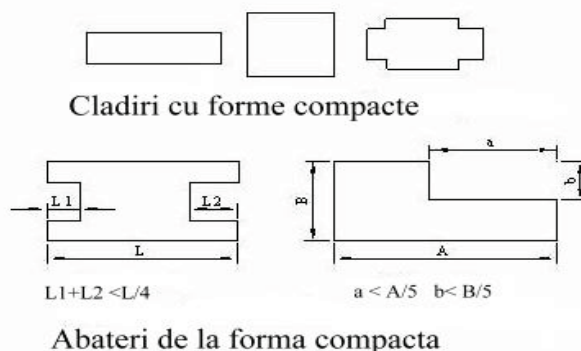


Figura 5.1. Condiții de regularitate geometrică în plan

(3) Clădirile cu pereți structurali din zidărie sunt considerate cu *regularitate geometrică și structurală în elevație* dacă:

- a. înălțimile nivelurilor adiacente sunt egale sau variază cu cel mult 20%;
- b. pereții structurali au, în plan, aceleași dimensiuni la toate nivelurile supraterane sau prezintă variații care se încadrează în următoarele limite:
 - i. reducerea lungimii unui perete față de nivelul inferior nu depășește 20%;
 - ii. la clădirile cu $n_{niv} \geq 3$, pentru fiecare direcție principală, reducerea ariilor nete totale de zidărie la nivelurile superioare nu depășește 20% din aria zidăriei de la parter pe direcția respectivă; dacă se reduc simultan ariile de zidărie pe ambele direcții principale, reducerea totală nu depășește 30% din aria totală de zidărie de la parter.
- c. clădirea nu are niveluri "slabe" (care au rigiditate și/sau capacitate de rezistență mai mică decât cele ale nivelurilor superioare ca urmare a suprimării unui perete).

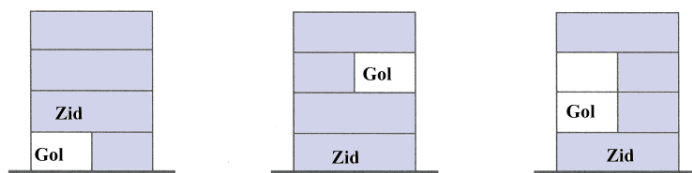


Figura 5.2. Clădiri cu niveluri "slabe" (neregularitate structurală în elevație)

(4) În cazul clădirilor fondate direct pe terenuri dificile se vor adopta numai alcătuiuri arhitectural-structurale care asigură regularitate geometrică în plan și în elevație.

(5) Clădirile care nu satisfac condițiile de la (1) ÷ (3) sunt considerate *fără regularitate geometrică și structurală*, după caz, în plan sau în elevație.

(6) Pentru toate situațiile de proiectare, clădirile cu pereți structurali din zidărie se clasifică în *grupe de regularitate* după cum urmează:

Clasificarea clădirilor cu pereți structurali din zidărie în grupe de regularitate

Tabelul 5.1

Grupe de regularitate a clădirii	Tipul structurii	Regularitate	
		Plan	Elevație
Clădiri cu regularitate	Tip 1	1.1	Da
		1.2	Nu
Clădiri fără regularitate	Tip 2	2.1	Da
		2.2	Nu

(7) Clădirile cu structuri de tip *dual*, la care pereții structurali din zidărie conlucrează cu cadre din beton armat, se încadrează în clasa clădirilor neregulate al căror răspuns seismic depinde de raportul între cele două subsisteme. Subsistemul "cadre" va fi proiectat conform cerințelor din P 100-1. Subsistemul "pereți structurali din zidărie" va fi proiectat conform prevederilor din P 100-1, cap.8 și din acest Cod.

5.1.4. Separarea clădirii în tronsoane

(1) Separarea clădirii în tronsoane se va face în următoarele condiții:

- lungimea clădirii depășește valorile maxime stabilite conform 5.1.5.1.;
- forma în plan are neregularități care depășesc limitele din fig. 5.1.;
- terenul pe care este amplasată clădirea prezintă neregularități (de stratificație, de consistență, umpluturi locale, etc.).

(2) Rapoartele principalelor dimensiuni ale tronsoanelor rezultate prin fragmentarea clădirii cu rosturi se vor încadra în limitele:

- înălțime / lățime ≤ 1.5 , indiferent de zona seismică;
- lungime / lățime ≤ 4.0 . pentru clădirile situate în zonele seismice cu $a_g \leq 0.20g$ și ≤ 3.0 în zonele seismice cu $a_g \geq 0.25g$.

(3) Fiecare dintre tronsoanele rezultate din fragmentarea clădirii prin rosturi trebuie să aibă o alcătuire arhitectural-structurală care corespunde tuturor prevederilor de la 5.1.2.

(4) Rosturile de separație între clădirile / tronsoanele adiacente se vor proiecta în funcție de rolul în structură, după cum urmează:

- rosturi complete*, care traversează atât suprastructura, cât și infrastructura:
 - rosturi de tasare, care au rolul de a limita eforturile din structură datorate neuniformității terenului de fundare și/sau valoarea tasărilor clădirii în cazul fundării pe terenuri dificile;
- rosturi parțiale*, care se realizează numai în suprastructură:
 - rosturi seismice, care au rolul de a elimina sau de a reduce efectele torsiunii de ansamblu în cazul clădirilor cu forme complexe în plan; în cazul clădirilor cu lungime totală mare, rosturile seismice vor traversa și fundațiile pentru a evita nesincronismul mișcării seismice la fundațiile situate la distanțe relative mari;

- ii. rosturi de contracție – dilatare, care au rolul de a limita eforturile care pot rezulta din variațiile de temperatură sau ca efect al fenomenelor reologice specifice zidăriei / betonului.

(5) Rosturile se vor realiza prin dublarea pereților structurali, vor fi plane și vor separa complet atât elementele structurale, cât și elementele nestructurale ale clădirii.

(6) Dimensiunea spațiului liber dintre elementele de construcție ale tronsoanelor adiacente va fi stabilită prin calcul, conform prevederilor P 100-1, cap.4.

(7) Închiderea spațiului liber dintre tronsoane se va face cu materiale sau dispozitive care nu împiedică mișcarea relativă a tronsoanelor alăturate, sunt impermeabile la apă și la aer, nu permit propagarea focului și sunt acceptabile din punct de vedere al aspectului. Aceste materiale trebuie să aibă o durabilitate comparabilă cu durata de viață proiectată a structurii. Nu se permite închiderea rostului cu tencuială

5.1.5. Dimensiuni maxime ale clădirilor

5.1.5.1. Dimensiuni maxime în plan

(1) Pentru clădirile cu pereți structurali din zidărie fundate pe terenuri normale, lungimea maximă a tronsoanelor va fi de 50.0 m.

(2) Pentru clădirile cu pereți structurali din zidărie fundate pe terenuri dificile de fundare, lungimea maximă a tronsoanelor se va stabili în conformitate cu reglementările tehnice, în vigoare, privind proiectarea și execuția pentru construcții fundate pe pământuri cu umflături și contracții mari.

5.1.5.2. Dimensiuni maxime în elevație

(1) Numărul maxim de niveluri n_{niv} peste secțiunea de încastrare definită la 6.3.1 (2) și valoarea minimă constructivă asociată a densității pereților structurali $p\%$, pentru care se aplică prevederile acestui Cod, se limitează, conform P 100-1, tab.8.8 și 8.9 în funcție de:

- a. accelerația seismică de proiectare la amplasament a_g ;
- b. clasa de regularitate / neregularitate structurală definită la 5.1.3.;
- c. clasa de importanță-expunere la cutremur a clădirii, stabilită conform P 100-1;
- d. tipul / alcătuirea zidăriei (ZNA, ZC, ZC+AR, ZIA);
- e. densitatea pereților structurali $p\%$, stabilită conform 5.2.1.(2);
- f. tipul elementelor pentru zidărie (argilă arsă sau BCA) și grupa elementelor din argilă arsă (1, 2, 2S).

5.2. Proiectarea preliminară a pereților structurali pentru clădirile etajate curențe

5.2.1. Alegerea sistemului de pereți structurali

(1) Alegerea sistemului de pereți structurali se va face astfel încât să realizeze, concomitent, satisfacerea următoarelor categorii de cerințe:

- a. funcționale, stabilite de investitor: dimensiunile spațiilor libere, înălțimea de nivel, tipul circulațiilor, etc.;
- b. de confort;
- c. de siguranță structurală.

(3) Pentru structurile cu pereți din zidărie care fac obiectul acestui Cod, ariile pereților structurali, pe cele două direcții principale, se vor stabili prin calcul, cu respectarea valorilor minime date în P 100-1, tab. 8.8 și 8.9.

(4) Prevederea în proiect a ariilor minime de pereți nu elimină / înlocuiește obligația de a se verifica prin calcul siguranța structurii conform cerințelor de la Capitolul 6 și prevederilor P 100-1, cu excepția clădirilor *simple* din zidărie.

(5) Pereții de zidărie care nu îndeplinesc condițiile de continuitate, geometrice și de materiale, pentru a fi considerați *pereți structurali* sau *pereți de contravântuire* vor fi considerați "*pereți nestructurali*" și vor fi proiectați, pentru toate grupările de încărcări, cu respectarea prevederilor date în Capitolul 6 și în P 100-1, cap.10.

(6) Pereții de zidărie înrămată în cadre de beton armat sau de oțel vor fi proiectați, pentru toate grupările de încărcări, conform prevederilor de la Capitolul 6 și din P 100-1, cap.5 și 10.

5.2.1.1 Structuri cu pereți deși

(1) Structurile cu pereți deși (*sistem fagure*) sunt definite prin următorii parametri geometrici (fig. 5.3a):

- a. înălțimea de nivel $\leq 3,50$ m;
- b. distanțele maxime între pereți, pe cele două direcții principale $\leq 5,00$ m;
- c. aria celulei formată de pereții de pe cele două direcții principale $\leq 25,0$ m².

(2) În cazul în care, la un nivel oarecare al unei clădiri cu pereți deși, sunt necesare, local, spații mai mari, se acceptă suprimarea unui perete structural la nivelul respectiv cu obligația suprimării acestui perete sau a înlocuirii cu un perete nestructural la toate nivelurile superioare pentru a evita formarea unui etaj "slab". Se recomandă ca această reducere să nu conducă la modificarea condițiilor de regularitate în plan.

(3) Folosirea sistemului de pereți deși este recomandată în cazul clădirilor fundate pe terenuri dificile.

5.2.1.2. Structuri cu pereți rari

(1) Structurile cu pereți rari (*sistem celular*), sunt definite prin următorii parametri geometrici (fig. 5.3b):

- a. înălțimea de nivel $\leq 4,00$ m;
- b. distanțele maxime între pereți, pe cele două direcții principale $\leq 9,00$ m;
- c. aria celulei formată de pereții de pe cele două direcții principale $\leq 75,0$ m².

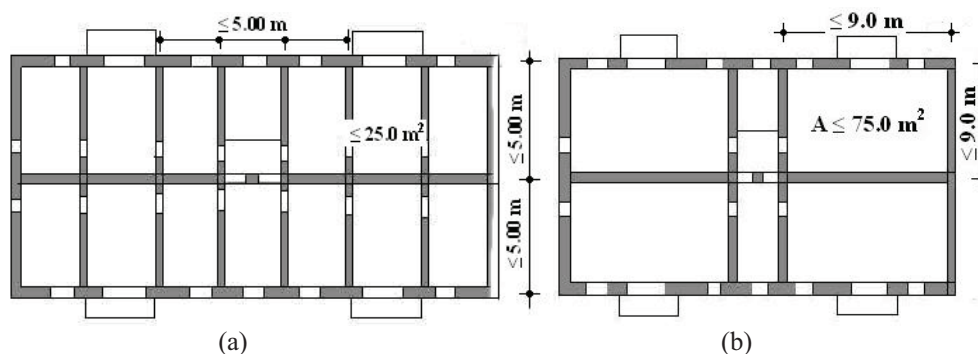


Figura 5.3. Structuri cu pereți din zidărie

(a) Structuri cu pereți deși (*sistem fagure*) (b) Structuri cu pereți rari (*sistem celular*)

5.2.2. Alegerea tipului de zidărie

(1) La proiectarea preliminară a clădirilor cu pereți structurali din zidărie, alegerea tipului de zidărie pentru pereții structurali se va face cu respectarea condițiilor stabilite în P 100-1, tab. 8.8 și 8.9 în funcție de:

- numărul de niveluri supraterane (n_{niv});
- regularitatea structurală a clădirii;
- grupa elementelor pentru zidărie;
- acceleerația seismică de proiectare la amplasament (a_g),

precum și în funcție de posibilitățile tehnologice de execuție.

5.2.2.1. Zidăria nearmată (ZNA)

(1) Utilizarea structurilor cu pereți din zidărie nearmată se va face numai cu respectarea principiilor din P 100-1, cap.8 și a regulilor generale din acest Cod.

(3) Structurile cu pereți din zidărie nearmată vor avea elemente verticale și orizontale de confinare cu rolul constructiv de a asigura integritatea și conlucrarea spațială a pereților și planșeelor. Poziționarea acestor elemente, dimensiunile secțiunii de beton și armarea acestora se va face conform P 100-1.

5.2.2.2. Zidăria armată (ZC, ZC+AR, ZIA)

(1) Clădirile cu pereți structurali de zidărie confinată (ZC), cu sau fără armături în rosturile orizontale, și cele cu pereți structurali de zidărie cu inimă armată (ZIA), cu toate tipurile de elemente, vor fi utilizate, în condițiile de calcul, de dimensionare și de alcătuire constructivă stabilite în P 100-1.

(2) Dispunerea stâlpișorilor și centurilor de beton armat, materialele, dimensiunile și armarea acestora vor respecta cerințele din P 100-1, cap.8.

(3) Stâlpișorii și centurile din pereții de pe conturul clădirilor vor fi prevăzuți la exterior cu protecție termică pentru evitarea formării punților termice.

5.2.3. Goluri în pereții structurali din zidărie

(1) Stabilirea dimensiunilor golurilor pentru uși și ferestre și amplasarea acestora în pereții structurali de zidărie se va face având în vedere satisfacerea următoarelor cerințe:

- a. funcționale;
- b. de plastica fațadelor;
- c. structurale.

(2) Cerințele structurale vor avea în vedere:

- a. evitarea reducerii exagerate a rezistenței și a rigidității unor pereți structurali;
- b. obținerea ariilor de zidărie aproximativ egale pe direcțiile principale ale clădirii;
- c. satisfacerea cerințelor de rezistență și de ductilitate pentru plinurile dintre goluri.

(3) Pentru satisfacerea cerințelor de la (2), raportul ρ între ariile în plan ale golurilor de uși și ferestre și ariile plinurilor de zidărie și dimensiunile minime ale spaleților între goluri va fi limitat conform P 100-1.

(4) Golurile de uși și de ferestre vor fi, de regulă, dispuse pe aceeași verticală la toate nivelurile. Poate fi acceptată dispunerea lor alternantă cu respectarea unor distanțe care să permită transmiterea încărcărilor printr-un sistem de tip "grindă cu zăbrele".

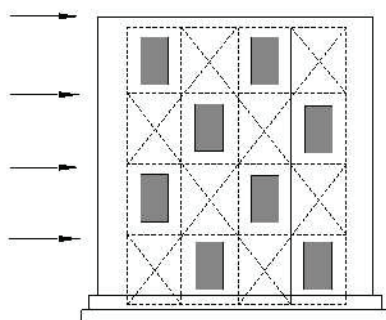


Figura 5.4. Dispunerea alternantă pe verticală a golurilor din pereții de zidărie

5.2.4. Grosimea pereților de zidărie

(1) Grosimea pereților exteriori și interiori, structurali sau nestructurali și a panourilor de zidărie înrămate în cadre prevăzută în proiect va fi egală cu cea mai mare valoare rezultată din calculele de specialitate pentru satisfacerea simultană a următoarelor cerințe:

- a. siguranță structurală;
- b. izolare termică / economie de energie;
- c. izolare fonică;
- d. protecție la foc.

(2) Grosimea de calcul a pereților se va lua egală cu grosimea efectivă a zidăriei netencuite cu excepția pereților dubli cu gol interior pentru care grosimea de calcul se stabilește conform alin. (3).

(3) Grosimea de calcul, t_{ef} , a unui perete dublu cu gol interior în care cele două straturi sunt solidarizate cu agrafe se determină cu relația:

$$t_{ef} = \sqrt[3]{t_1^3 + t_2^3} \quad (5.1)$$

unde notațiile sunt următoarele:

- t_1 , este grosimea stratului exterior sau neportant
- t_2 este grosimea stratului interior sau portant.

(4) În cazul în care dimensiunile alese pentru grosimea pereților nu satisfac cerințele de siguranță structurală, se va adopta una dintre următoarele măsuri:

- a. schimbarea tipului / alcătuirii zidăriei (de exemplu, din ZNA în ZC sau ZIA);
- b. sporirea grosimii pereților;
- c. folosirea unor materiale (elemente de zidărie și/sau mortar) cu rezistențe superioare.

5.3. Proiectarea preliminară a subansamblurilor structurale orizontale

(1) Planșeele clădirilor cu pereți structurali din zidărie se clasifică, din punct de vedere al rigidității în plan orizontal, care depinde de alcătuirea constructivă și de dimensiunile și pozițiile golurilor mari, în două categorii:

- a. planșee rigide în plan orizontal;
- b. planșee cu rigiditate ne semnificativă în plan orizontal.

5.3.1. Tipul planșeului

(1) La proiectarea preliminară a clădirilor cu pereți structurali din zidărie de toate tipurile se va urmări realizarea planșeelor ca diafragme rigide în plan orizontal.

(2) Se recomandă folosirea planșeelor care transmit încărcările verticale pe toate laturile. Acest tip de planșeu va fi utilizat obligatoriu la toate clădirile din zonele seismice cu $a_g \geq 0.30g$.

(3) Planșeele cu rigiditate ne semnificativă în plan orizontal vor fi utilizate numai în condițiile stabilite în P 100-1, cap.8.

(4) În cazul planșeelor din elemente prefabricate, îmbinările vor fi proiectate astfel încât răspunsul planșeului la forțe seismice să fie similar cu cel a planșeelor din beton armat monolit iar îmbinările să rămână în stadiul elastic pentru solicitările rezultate din acțiunea cutremurului de proiectare multiplicată cu factorul de comportare q .

5.3.2. Supante, console

(1) Consolele care depășesc linia exterioară a pereților structurali de contur (balcoane, copertine) vor fi amplasate la nivelul planșeului curent, eventual cu o denivelare limitată care permite asigurarea continuității structurale cu planșeul. Consolele vor fi realizate din același material ca și planșeul (beton armat sau lemn).

(2) În mod excepțional se acceptă amplasarea unor console de beton armat în poziții intermediare, încastrate în zidărie, cu respectarea următoarelor condiții:

- a. deschiderea consolei $L_c \leq 3t$ unde t este grosimea peretelui în care este încastrată;
- b. accesul oamenilor pe consolă nu este decât întâmplător (pentru întreținere);

c. rezemarea consolei se face pe toată lăţimea zidului (t).

În cazul deschiderilor mai mari decât $3t$, stabilitatea şi rezistenţa consolei vor fi asigurate prin elemente de beton armat introduse în grosimea peretelui; în toate cazurile, consolele şi a elementele de care acestea sunt fixate vor fi verificate prin calcul.

(3) Pentru proiectarea supanţelor se va ţine seama de prevederile din P 100-1, cap.8.

5.3.3. Şarpante

(1) La proiectarea şarpantelor se va urmări adoptarea unei configuraţii cu rigiditate spaţială suficientă pentru asigurarea indeformabilităţii acestora, pe toate direcţiile, sub efectul încărcărilor din zăpadă, din vânt şi din cutremur. În cazul încărcării cu zăpadă se vor avea în vedere efectele încărcărilor nesimetrice care pot rezulta din aglomerarea zăpezii pe anumite porţiuni ale acoperişului (a se vedea CR 1-1-3).

(2) Stabilitatea generală şi locală a şarpantei în ansamblu şi a elementelor acesteia sub acţiunea vântului vor fi verificate prin calcul pentru forţele stabilite prin CR 1-1-4 şi vor fi asigurate prin măsuri constructive.

(3) Schema statică a şarpantei va fi aleasă astfel încât să nu rezulte împingeri în elementele de reazem (pereţi, atice, calcane, etc.). Dacă o astfel de schemă nu poate fi realizată se vor prevedea elemente structurale din lemn suficient de rezistente pentru a prelua împingerile. Rezistenţa şi rigiditatea elementelor vor fi verificate prin calcul conform reglementărilor tehnice privind proiectarea construcţiilor din lemn, în vigoare.

5.4. Proiectarea preliminară a infrastructurii

(1) Infrastructura clădirilor cu pereţi structurali din zidărie este constituită din următoarele subansambluri / elemente de construcţie:

- a. clădiri fără subsol: fundaţii, socluri şi placa de beton care constituie suportul pardoselii de la parter;
- b. clădiri cu subsol: fundaţii, pereţi de subsol, placa de beton care constituie suportul pardoselii de la subsol, planşoul peste subsol.

(2) Proiectarea preliminară a infrastructurii trebuie să ţină seama de:

- a. mărimea forţelor verticale care trebuie transmise la teren;
- b. severitatea acţiunii seismice la amplasament;
- c. natura, stabilitatea şi rezistenţa terenului de fundare;
- d. efectele posibile ale apelor subterane.

(3) Proiectarea / dimensionarea infrastructurii se va face pe baza datelor privind stabilitatea şi rezistenţa terenului de fundare obţinute prin cercetarea geotehnică a amplasamentului conform reglementărilor tehnice specifice, în vigoare. Se exceptează de la această prevedere clădirile provizorii şi anexele gospodăreşti.

(4) În faza de proiectare preliminară, infrastructura trebuie să fie concepută ca un ansamblu de elemente structurale cu rezistenţă şi rigiditate spaţială adecvate intensităţii solicitărilor verticale şi seismice şi caracteristicilor terenului de fundare care să asigure:

- a. transmiterea la teren a tuturor solicitărilor din secțiunea de încastrare a pereților, fără producerea deformațiilor postelastice în elementele infrastructurii și/sau în terenul de fundare;
- b. limitarea deformațiilor verticale ale clădirii la valori care nu periclitează integritatea structurii, a elementelor nestructurale și a bransamentelor la rețelele exterioare.

(5) Alcătuirea infrastructurii clădirilor cu pereți structurali din zidărie va respecta, de asemenea, principiile generale date în reglementările tehnice, în vigoare, privind proiectarea fundațiilor de suprafață și în P 100-1, cap.8, precum și prevederile specifice date în continuare.

5.4.1. Fundații

(1) Fundațiile pereților structurali vor fi continue sub ziduri cu una din alcătuirile următoare:

- a. blocuri / tălpi din beton simplu, cu una sau mai multe trepte;
- b. blocuri / tălpi din beton simplu și cuzineți din beton armat;
- c. tălpi din beton armat.

(2) În cazurile prevăzute în P 100-1, cap.8 se pot prevedea și fundații izolate, din beton simplu, legate cu grinzi din beton armat pe ambele direcții.

(3) Pentru pereții nestructurali de la subsol, în funcție de dimensiunile și de greutatea proprie a acestora, se va alege una din următoarele soluții de fundare:

- a. rezemare pe placa de la subsol, dacă aceasta are rezistența și rigiditatea necesare pentru a prelua încărcările respective;
- b. îngroșarea locală a plăcii de la subsol;
- c. fundarea directă.

5.4.2. Socluri

(1) La clădirile fără subsol, soclul și fundațiile vor fi axate față de pereții structurali.

(2) Lățimea soclului va fi cel puțin egală cu grosimea peretelui de la parter; se admite o retragere de maximum 5 cm a feței exterioare a soclului în raport cu fața exterioară a peretelui de la parter.

(3) Soclul se va executa, de regulă, din beton armat. În cazul amplasamentelor cu teren normal de fundare, soclul poate fi executat din beton simplu numai în condițiile stabilite în P 100-1, cap. 8.

5.4.3. Pereți de subsol

(1) Pereții de subsol vor fi dispuși, de regulă, axat, sub toți pereții structurali din parter. Se acceptă o retragere de maximum 5.0 cm a feței exterioare a pereților de la subsol în raport cu fața exterioară a peretelui de la parter.

(2) Grosimea pereților de subsol se va stabili, prin calcul, pentru satisfacerea cerinței de rezistență sub efectul încărcărilor din gruparea fundamentală și din cea seismică și va permite preluarea eventualelor abateri de execuție.

(4) Rigiditatea subsolului trebuie să fie superioară rigidității nivelurilor supraterane. În acest scop se recomandă adoptarea următoarelor măsuri de conformare generală, arhitectural-structurală, a subsolului:

- numărul și dimensiunile golurilor în pereții subsolului vor fi reduse la strictul necesar din punct de vedere funcțional;
- golurile de uși și ferestre din pereții de subsol vor fi amplasate, în plan, în poziții decalate față de golurile de la parter; în clădirile din zone seismice cu $a_g \geq 0.25g$ amplasarea golurilor de uși din pereții interiori de subsol va fi făcută cu un decalaj de cel puțin 1,0 m față de poziția golurilor de la parter;
- dimensiunile golurilor de la subsol vor fi mai mici decât cele de la parter, secțiunea plinurilor va fi sporită iar zonele slăbite vor fi verificate prin calcul;
- în clădirile din zone seismice cu $a_g \geq 0.30g$ golurile de uși și ferestre din pereții exteriori de la subsol vor fi mai mici cu cel puțin 25% față de cele din parter;
- în cazul clădirilor cu pereți dispuși în sistem "celular", în zonele cu accelerația seismică de proiectare $a_g \geq 0.30g$, se recomandă sporirea rigidității subsolului prin introducerea unor pereți suplimentari, în limita posibilităților rezultate din cerințele funcționale.

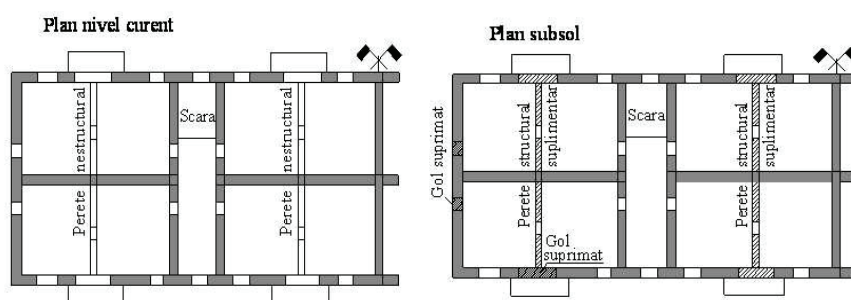


Figura 5.5. Pereți suplimentari la subsol în cazul clădirilor cu pereți rari

Dacă aceste condiții nu sunt respectate, zonele slăbite vor fi verificate prin calcul pentru toate situațiile de proiectare.

5.4.4. Planșee la infrastructură

- În toate clădirile fără subsol, placa suport a pardoselii de la parter se va executa din beton armat. Această placă va fi legată monolit cu soclurile clădirii constituind o legătură rigidă în plan la nivelul infrastructurii / fundațiilor
- În toate clădirile cu subsol, placa planșeului peste subsol se va executa din beton armat și avea cel puțin aceeași grosime ca și plăcile etajelor supraterane.
- În cazul clădirilor cu subsol, situate în zonele seismice cu $a_g \geq 0.30g$ și în toate clădirile amplasate pe terenuri de fundare dificile, placa suport a pardoselii subsolului se va executa din beton armat, legată de tălpile de fundație.

CAPITOLUL 6. CALCULUL CLĂDIRILOR CU PEREȚI DIN ZIDĂRIE

6.1. Principii generale de calcul

(1) Zidăria este un material neomogen, anizotrop și caracterizat de comportare inelastică chiar pentru niveluri reduse de solicitare. Realizarea unui model de calcul care să ia în considerare toate aceste particularități și care, în același timp, să poată fi aplicat cu ușurință în proiectarea curentă este practic imposibilă.

(2) Pentru proiectarea clădirilor curente, pentru toate grupările de încărcări, determinarea eforturilor și deformațiilor în toate părțile / elementele de construcție din zidărie, se va face utilizând un model de calcul, suficient de precis, bazat pe următoarele ipoteze simplificatoare:

- a. zidăria este un material *presupus* omogen, izotrop și cu răspuns elastic până în stadiul ultim;
- b. caracteristicile secționale ale pereților din zidărie se determină pentru secțiunea brută (nefisurată / netencuită);
- c. rezultatele calculelor cu modelele bazate pe ipotezele *a* și *b* se afectează cu factori de corecție stabiliți astfel încât să se obțină o concordanță cât mai bună cu datele rezultatele încercărilor.

(3) Modelul de calcul pentru determinarea eforturilor secționale și a rezistenței de proiectare a pereților, pentru toate grupările de încărcări, trebuie să reprezinte în mod adecvat proprietățile de rezistență, de rigiditate și de ductilitate ale întregului sistem structural.

6.2. Calculul structurilor la încărcări verticale

6.2.1. Modelul de calcul pentru încărcări verticale

(1) Pentru calculul sub acțiunea încărcărilor verticale, în toate situațiile de proiectare, pereții structurali vor fi considerați console rezemate la nivelul planșeului peste subsol sau la fața superioară a fundațiilor (la clădirile fără subsol).

(2) La proiectarea pereților structurali din zidărie vor fi luate în considerare, simultan cu încărcările verticale, încărcările orizontale, perpendiculare pe planul peretelui provenite din:

- a. acțiunea cutremurului, pentru toți pereții;
- b. presiunea vântului, pentru pereții exteriori din suprastructură;
- c. împingerea pământului, pentru pereții de contur de la subsol;
- d. forțele laterale (împingeri) transmise de alte părți de structură (bolți, arce, sau șarpante);
- e. încărcările de exploatare (mobiler sau echipamente / instalații suspendate pe console, împingerea oamenilor în spații aglomerate, etc.).

Valorile de proiectare ale acestor încărcări se vor lua din reglementările tehnice în vigoare.

(3) Modelul de calcul la încărcări verticale și orizontale, pentru toate grupările de încărcări, trebuie să țină seama de:

- a. modul de aplicare a încărcărilor (excentricitățile menționate la 6.2.2.2.);

- b. legăturile / fixarea pe contur a peretelui;
- c. zveltețea peretelui.

6.2.2. Metode de calcul pentru încărcări verticale

6.2.2.1. Determinarea forțelor axiale de compresiune în pereții structurali

(1) Forța axială de compresiune într-o secțiune de calcul orizontală a unui perete structural se compune din:

- a. suma încărcărilor din zonele aferente ale planșeelor de peste nivelul secțiunii;
- b. greutatea proprie a porțiunii de perete aflată peste nivelul secțiunii.

(2) În cazul planșeelor cu plăci de beton armat care transmit încărcările pe două direcții, indiferent de tehnologia de realizare, încărcările corespunzătoare zonelor de placă aferente fiecărui perete vor fi calculate pentru suprafețele determinate de bisectoarele unghiurilor formate de laturile plăcilor ($l_1 \leq l_2$), considerate uniform distribuite pe lungimea peretelui. În cazul pereților în formă complexă I, T, L cu zidărie țesută sau cu stâlpișorii de beton la intersecții sau ramificații, se va considera o distribuție uniformă a forțelor de compresiune pe toată aria peretelui (fig. 6.1a).

(3) În cazul planșeelor care descarcă pe o singură direcție, indiferent de material, se va considera că încărcările se transmit pereților pe care reazemă elementele principale, cât și zonelor adiacente ale pereților transversali (fig. 6.1b) conform (4).

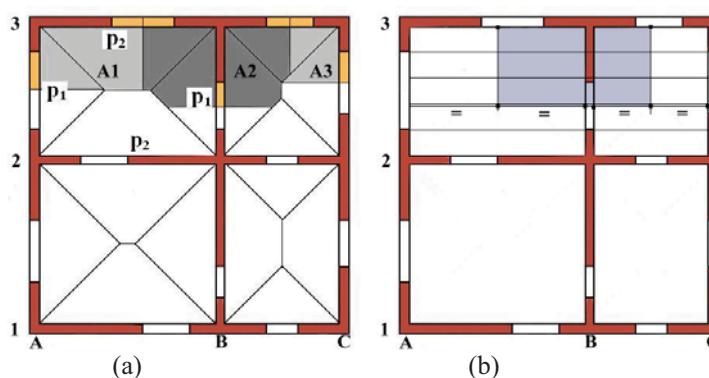


Figura 6.1. Încărcări verticale pe pereții structurali date de planșee

(a) Planșeu din beton armat monolit

(b) Planșeu din elemente liniare (grinzi din beton, oțel, lemn)

(4) Pentru încărcările concentrate sau pentru încărcările distribuite care nu sunt aplicate pe tot peretele, repartizarea eforturilor în perete se va face după linii înclinate la 30° față de verticală ca în fig. 6.2a. În cazul pereților cu goluri traseul de descărcare se modifică conform figurii 6.2b. Forțele aplicate în apropierea colțurilor / intersecțiilor se transmit și pereților transversali conform 6.2c.

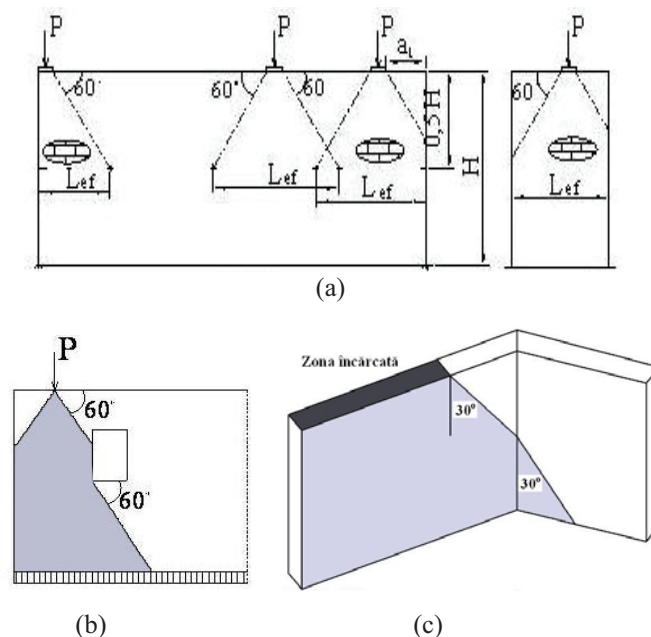


Figura 6.2. Încărcări verticale concentrate pe pereții structurali
 (a) Cazul curent (b) Devierea traseului de descărcare în vecinătatea golurilor
 (c) Încărcarea peretelui transversal

(5) În cazul clădirilor cu console nesimetrice importante, cu distanță mare între centrul de greutate al încărcărilor verticale din planșee și centrul de greutate al secțiunii orizontale a pereților, se va ține seama și de eforturile suplimentare care rezultă din încovoierea de ansamblu.

6.2.2.2. Determinarea excentricităților de aplicare a încărcărilor verticale

(1) Încărcările din planșee se transmit pereților cu excentricități care provin din:

- alcătuirea constructivă a structurii;
- imperfecțiunile de execuție;
- efectele încărcărilor cu caracter local,

(2) Pentru calculul rezistenței pereților, efectele excentricităților se introduc prin coeficienți de reducere a rezistenței calculate cu încărcările axiale.

6.2.2.2.1. Excentricitate din alcătuirea structurii

(1) Excentricitatea din alcătuirea structurii se va calcula cu relația:

$$e_{i0} = \frac{N_1 d_1 + \sum N_2 d_2}{N_1 + \sum N_2} \quad (6.1)$$

unde notațiile sunt următoarele:

- N_1 – încărcarea transmisă de peretele de la etajul superior;
- d_1 – excentricitatea încărcării N_1 ;
- N_2 – încărcările aduse de planșeul / planșeele care reazemă direct pe perete;
- d_2 – excentricitățile încărcărilor N_2 .

(2) Momentul încovoiător (M) dat de excentricitatea e_{i0} variază liniar pe înălțimea peretelui.

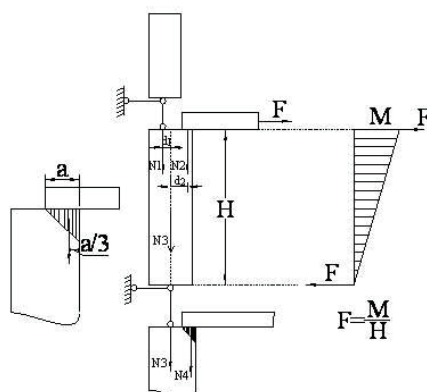


Figura 6.3. Excentricități provenite din alcătuirea structurii

6.2.2.2.2. Excentricitate din imperfecțiuni de execuție (*accidentală*)

(1) Excentricitatea *accidentală* se va lua în calcul cu cea mai mare dintre valorile:

$$a. \quad e_a = \frac{t}{30} \geq 1.0 \text{ cm} \quad (6.2a)$$

$$b. \quad e_a = \frac{h_{et}}{300} \geq 1.0 \text{ cm} \quad (6.2b)$$

unde notațiile sunt următoarele

- t - grosimea peretelui;
- h_{et} - înălțimea etajului.

6.2.2.2.3. Excentricitate din forțele orizontale perpendiculare pe plan

(1) Excentricitatea provenită din momentul încovoiător maxim $M_{hm(i)}$ dat de forțele orizontale perpendiculare pe plan, determinat conform par. 6.4. se va calcula cu relația

$$e_{hm(i)} = \frac{M_{hm(i)}}{N_1 + \sum N_2} \quad (6.3)$$

unde notațiile sunt următoarele:

- N_1 - încărcarea transmisă de peretele superior;
- $\sum N_2$ - suma reacțiunilor planșeelor care reazemă pe peretele care se verifică.

6.3. Calculul structurilor cu pereți din zidărie la forțe orizontale

(1) Pentru proiectarea pereților structurali și nestructurali și a pereților din zidărie înrămată se vor se vor lua în considerare:

- forțele în planul peretelui;
- forțele perpendiculare pe planul peretelui;
- forțele din deformațiile impuse de structură pereților din zidărie înrămată.

În cazul clădirilor tip "sală / hală" pentru structura acoperișului se va lua în calcul și componenta verticală a acțiunii seismice în condițiile prevăzute în P 100-1.

(2) Verificarea siguranței la acțiunea vântului în planul pereților structurali, pentru gruparea fundamentală de încărcări, se va face numai în cazurile în care forța seismică totală determinată conform P 100-1 este mai mică decât forța laterală totală dată de acțiunea vântului.

(3) Încărcările din vânt vor fi luate în considerare, în toate cazurile, pentru:

- a. calculul momentelor încovoietoare din acțiunea perpendiculară pe fațadă;
- b. calculul șarpantelor.

(4) Pentru *situația de proiectare seismică* se va ține seama de prevederile din P 100-1 și de prevederile următoare.

6.3.1. Modelul de calcul pentru forțe orizontale

(1) Pentru toate grupările de încărcări, suprastructura clădirii se va modela prin subansambluri structurale verticale dispuse pe direcțiile principale, constituite din pereți plini sau cu goluri, legate prin planșee orizontale (placă și rigle de cuplare).

(2) Secțiunea de încastrare a ansamblului pereților structurali pentru calculul la forțe orizontale (în raport cu care se definește numărul de niveluri n_{niv}) se va lua:

- a. la nivelul superior al soclurilor, pentru clădirile fără subsol;
- b. la planșeul peste subsol, pentru clădirile cu pereți deși (sistem *fagure*) și pentru clădirile cu pereți rari (sistem *celular*) la care s-au prevăzut pereți suplimentari în subsol, conform recomandării de la 5.4.3 (5)- fig. 5.5;
- c. peste nivelul fundațiilor pentru clădirile cu pereți rari, dacă nu s-au prevăzut pereți suplimentari în subsol, conform recomandării de la 5.4.3.(5).

(3) Caracteristicile geometrice ale pereților structurali care participă la preluarea forțelor orizontale (din vânt sau seismice) se vor stabili considerând, în cazul secțiunilor compuse (L,T, I), lungimile tălpilor active egale cu grosimea peretelui la care se adaugă, de fiecare parte a inimii, cea mai mică dintre valorile:

- a. $6t$, unde "t" este grosimea tăpii respective;
- b. distanța până la capătul peretelui transversal (până la primul gol).

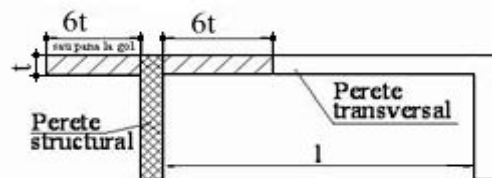


Figura 6.4. Lățimea tăpii active

(4) Modelul structural trebuie să schematizeze cât mai exact următoarele elemente:

- a. alcătuirea generală structurii:
 - i. geometria ansamblului și a tuturor subansamblurilor verticale și orizontale;

- ii. legăturile între subansamblurile structurale și legăturile dintre componentele fiecărui subansamblu;
- iii. proprietățile mecanice relevante ale materialelor;
- b. distribuția maselor de nivel, în plan și pe înălțimea clădirii;
- c. caracteristicile de rigiditate ale elementelor și capacitatea de amortizare.

(5) Clădirile cu regularitate structurală, tipul 1 din tabelul 5.1, se vor calcula cu două modele plane constituite, fiecare, din totalitatea pereților structurali de pe una din direcțiile principale. Fiecare model plan constituie un sistem elastic cu un grad de libertate dinamică la fiecare nivel (deplasare de translație în planul pereților).

În cazul clădirilor la care pereții nu sunt dispuși pe două direcții ortogonale, forțele seismice vor fi aplicate în calcul pe direcțiile principale ale sistemului de pereți.

(6) Calculul cu modele plane poate fi folosit și pentru clădirile cu pereți structurali din zidărie care nu satisfac criteriile de regularitate în plan dar care satisfac condițiile suplimentare din P 100-1, art.8.4.2.10.

(7) Clădirile care nu au regularitate structurală în plan și în elevație, tipul 2 din tabelul 5.1, vor fi modelate ca sisteme elastice cu trei grade de libertate dinamică (două translații orizontale și o rotație în jurul axei verticale) pentru fiecare nivel.

6.3.2. Metode de calcul la forțe seismice orizontale

(1) Pentru proiectarea clădirilor curente calculul seismic se va face cu metode de calcul *static liniar*, conform tabelului 4.1 din P 100-1.

(2) Pentru proiectarea clădirilor cu alcătuiți arhitectural-structurale care nu respectă în totalitate recomandările din Cap.5 și în toate cazurile prevăzute în P 100-1 cap.8, se vor folosi procedee de calcul *static neliniar* care iau în considerare comportarea postelastice așteptată a pereților structurali din zidărie.

(3) Folosirea procedeeleor de calcul *dinamic neliniar* nu este justificată pentru proiectarea clădirilor cu pereți structurali din zidărie.

6.3.2.1. Calculul forțelor seismice orizontale pentru ansamblul clădirii

(1) Factorii de comportare q pentru structurile din zidărie se vor lua în calcul în funcție de tipul zidăriei și de grupa de regularitate a construcției conform tabelului 8.7 din P 100-1. Se va ține seama de coeficienții de suprarezistență (α_u/α_l) în condițiile stabilite în P 100-1, cap.8.

6.3.2.1.1. Metoda forțelor seismice statice echivalente

(1) Pentru clădirile cu regularitate în plan și în elevație (tipul 1.1 din tabelul 5.1) calculul forței tăietoare de bază pentru ansamblul clădirii se va face cu *metoda forțelor seismice statice echivalente* descrisă în P 100-1.

(2) Distribuția forței tăietoare de bază pe înălțimea clădirii se va face cu relația (4.6) din P 100-1 iar efectele torsiunii de ansamblu vor fi calculate conform capitolului 4 din P 100-1.

6.3.2.1.2. Metoda de calcul modal cu spectre de răspuns

(1) Pentru clădirile fără regularitate, de tipul 2 din tabelul 5.1, forțele seismice pentru ansamblul clădirii se vor calcula cu metoda de "*calcul modal cu spectre de răspuns*" descrisă în P 100-1.

(2) Dacă aceste clădiri au proeminență la ultimul etaj, structura acesteia va fi introdusă în modelul general, chiar dacă clădirea satisface condițiile din P 100-1, cap.8.

6.3.2.2. Calculul eforturilor secționale în pereții structurali

(1) Forța seismică de bază se va distribui pereților structurali conform modelului de calcul.

(2) În cazul pereților cu goluri de uși și/sau ferestre, plinurile orizontale din zidărie vor fi considerate ca grinzi de cuplare numai dacă sunt ținute efectiv cu montanții alăturați și dacă sunt legate atât cu centura planșeului, cât și cu buiandrugul de beton armat de sub zidărie (dacă acesta este separat de centura planșeului).

(3) Dacă sunt îndeplinite condițiile de la (2), sau dacă riglele de cuplare sunt integral din beton armat, se poate folosi un calcul de cadru pentru determinarea efectelor acțiunilor verticale și seismice în montanți și în rigle.

(4) Dacă nu sunt îndeplinite condițiile de la (2) sau (3) pereții se vor considera console independente, legate cu placa planșeului (fără rigiditate la încovoiere) la fiecare etaj sau numai la ultimul nivel.

(5) Pentru clădirile cu planșee rigide în plan orizontal, în situațiile de la (3) și (4) forța tăietoare seismică de bază, calculată conform 6.3.2.1., se distribuie pereților structurali proporțional cu rigiditatea relativă de nivel a fiecăruia.

(6) Pentru clădirile cu planșee cu rigiditate nesemnificativă în plan orizontal, forța tăietoare seismică de bază, calculată conform 6.3.2.1., se distribuie pereților structurali proporțional cu masa aferentă fiecăruia.

(7) Forțele tăietoare de bază pentru pereții structurali determinate prin calculul liniar elastic pot fi redistribuite între pereții de pe aceeași direcție, cu condiția ca echilibrul global să fie satisfăcut și ca forța tăietoare în oricare perete să nu fie redusă / sporită cu mai mult de 20%. Redistribuția se acceptă numai pentru structurile la care legea constitutivă $\sigma - \varepsilon$ a zidăriei este de tip liniar-dreptunghiulară cu ductilitate limitată (figurile 4.3b și 4.3c din acest Cod)

(8) În cazul pereților cu secțiune compusă (I, T, L) forța de lunecare verticală în secțiunea dintre inimă și talpă ($L_{v,et}$) se calculează, pentru un etaj, cu relația:

$$L_{v,et} = \Delta M \frac{S_z}{I_z} \quad (6.4)$$

unde notațiile sunt:

- $\Delta M = M_{inf} - M_{sup}$ cu:
 - M_{inf} - momentul încovoiator de proiectare în secțiunea de la baza etajului;
 - M_{sup} - idem, în secțiunea de la baza etajului superior;
- S_z - momentul static al ariei tălpii față de CG al secțiunii peretelui;
- I_z - momentul de inerție al secțiunii a peretelui.

Pentru calculul S_z și I_z se consideră că peretele este alcătuit numai din zidărie (se neglijează elementele de confinare dacă acestea există).

(9) Rigiditatea elastică a pereților se va calcula conform P 100-1, art.8.4.1.

(10) Eforturile secționale în pereții din zidărie înrâmați în cadre din beton armat sau de oțel se vor determina conform P 100-1, art. 10.5.3.1.1.

(11) Pentru determinarea eforturilor secționale (N, M, V) în elementele structurii și pentru determinarea deplasărilor laterale ale acestora poate fi folosit orice program de calcul bazat pe principiile recunoscute ale mecanicii structurilor.

6.3.2.3. Calculul deplasărilor laterale în planul peretelui

(1) Sub acțiunea încărcărilor orizontale în planul median, deformațiile și deplasările laterale ale pereții structurali din zidăriei depind de legea constitutivă a zidăriei $\sigma - \varepsilon$:

- a. în cazul zidăriilor cu lege $\sigma - \varepsilon$ liniar-dreptunghiulară, cu parametrii $\varepsilon_{mu} > \varepsilon_{ml}$, în calcul seismic se vor considera următoarele tipuri de deplasări:
 - i. elastice, pentru deformațiile specifice $\varepsilon \leq \varepsilon_{ml}$
 - ii. inelastice, pentru deformațiile specifice $\varepsilon_{ml} < \varepsilon \leq \varepsilon_{mu}$
- b. în cazul zidăriilor cu lege $\sigma - \varepsilon$ liniară cu parametrii $\varepsilon_{ml} \approx \varepsilon_{mu}$ în calcul seismic se vor considera numai deplasările elastice.

6.4. Calculul pereților din zidărie la încărcări perpendiculare pe plan

(1) Categoriile de încărcări perpendiculare pe planul pereților sunt date la 6.2.1.(2).

(2) Valorile de proiectare pentru fiecare categorie de încărcări se vor lua din reglementările tehnice specifice:

- a. Încărcări din acțiunea cutremurului conform P 100-1, cap.8 și 10.
- b. Încărcări date de presiunea vântului conform CR 1-1-4.
- c. Încărcări de exploatare (împingerea oamenilor în spații aglomerate) conform SR EN 1991-1-1/NA.
- d. Alte încărcări din exploatare (mobilier sau echipamente / instalații suspendate), conform temei de proiectare și reglementărilor tehnice specifice, aplicabile în vigoare, dar cu valori cel puțin egale cu valorile din ETAG 003.

(3) Valorile de proiectare ale încărcărilor perpendiculare pe plan provenite din:

- a. împingerea pământului, pentru pereții de contur de la subsol
- b. împingerile produse de bolți, arce, sau șarpante,

se vor determina din calculul de ansamblu al clădirii.

6.4.1. Modele și metode de calcul pentru încărcări perpendiculare pe plan

(1) Pentru calculul momentelor încovoietoare din încărcările perpendiculare pe plan, pentru toate grupările de încărcări, pereții se modelează, în funcție de prinderile de pe contur, ca:

- a. grinzi simplu rezemate în cazul pereților rezemați pe două laturi, sus și jos, pe planșee (cu laturile verticale libere);
- b. plăci elastice anizotrope rezemate, sus și jos, pe planșeele etajului respectiv și, lateral, pe pereții de rigidizare (perpendiculari pe planul peretelui considerat).

(2) Pentru panourile din zidărie fără goluri de uși sau ferestre, momentele încovoietoare de proiectare produse de forțele perpendiculare pe planul peretelui (M_{Sxd1} și M_{Sxd2}) vor fi calculate ținând seama de:

- a. condițiile de fixare pe laturile panoului din zidărie;
- b. alcătuirea peretelui în secțiune;
- c. anizotropia zidăriei, exprimată prin raportul rezistențelor unitare la întindere din încovoiere perpendicular pe planul peretelui ($\mu = f_{xk1}/f_{xk2}$).

(3) Fixarea laturilor pereților se va realiza prin:

- a. legături cu planșeele intermediare sau de acoperiș;
- b. țesere cu pereții perpendiculari.

(4) Modelarea condițiilor de fixare pe contur a panourilor din zidărie alcătuite dintr-un singur strat se va considera după cum urmează:

a. *continuitate completă*:

- i. pe latura verticală, dacă peretele este țesut cu un perete transversal care are cel puțin aceeași grosime, și este încărcat cu forțe verticale;
- ii. pe latura orizontală, la etajele curente, dacă pe perete reazemă un planșeu de beton armat.

b. *continuitate parțială*:

- i. pe latura verticală, dacă peretele este țesut cu un perete transversal care are grosime mai mică, dar cel puțin 50% din grosimea peretelui care se calculează sau cu un perete care nu este încărcat cu forțe verticale, indiferent de grosimea acestuia;
- ii. pe latura orizontală, dacă pe perete reazemă un planșeu cu rigiditate nesemnificativă în plan orizontal.

c. *rezemare simplă*:

- i. pe latura verticală, dacă peretele este alăturat / în contact cu element de beton armat (perete sau stâlp) fără a fi legat de acesta prin țesere;
- ii. pe latura orizontală, dacă planșeul nu reazemă pe perete (peretele este executat după decofrarea planșeului) sau pe straturile de rupere a capilarității;
- iii. pe latura orizontală la ultimul nivel, în cazul în care nu sunt prevăzute măsuri constructive speciale pentru legarea planșeului de beton armat cu peretele din zidărie.

(5) În cazul pereților dubli cu gol interior (de exemplu: fațade ventilate, panouri înrămate la fațade), se consideră *continuitate completă* chiar dacă numai unul dintre straturi este țesut continuu la reazem, cu condiția ca peretele să aibă legături între straturi. În toate celelalte cazuri se va considera *continuitate parțială*.

(6) În cazul pereților de subsol, pentru calculul la împingerea pământului, peretele va fi considerat articulat sau încastrat la nivelul fundației, în funcție de rezolvarea constructivă adoptată, și cu continuitate parțială la nivelul planșeului peste subsol.

(7) La pereții rezemați numai sus și jos (liberi pe laturile laterale – lângă golurile de ușă, de exemplu), planul de rupere este paralel cu rosturile de așezare (fig. 4.2a) și momentul încovoietor se va determina cu relația:

$$M_{Ed1} = \alpha W_{Ed} h_w^2 \quad (6.5)$$

în care notațiile sunt:

- $\alpha = 0.125$ ($\rightarrow 1/8$) pentru cazul *rezemării simple* la ambele extremități (momentul maxim este la mijlocul înălțimii peretelui);
- $\alpha = 0.083$ ($\rightarrow 1/12$) pentru cazul rezemării cu *continuitate completă* la ambele extremități (momentul maxim este la reazeme);
- W_{Ed} este încărcarea de proiectare uniform distribuită perpendicular pe perete;
- h_w este înălțimea liberă a peretelui.

(8) În cazul pereților rezemați pe trei sau patru laturi, momentele încovoietoare se vor determina astfel:

- a. pentru planul de rupere paralel cu rosturile de așezare, în direcția f_{xk1} (fig. 4.2a), momentul încovoietor pe unitatea de lungime a peretelui se calculează cu relația:

$$M_{Ed1} = \mu \alpha W_{Ed} l_w^2 \quad (6.6a)$$

- b. pentru planul de rupere perpendicular pe rosturile de așezare, în direcția f_{xk2} (fig. 4.2b.) momentul încovoietor pe unitatea de înălțime a peretelui se calculează cu relația:

$$M_{Ed2} = \alpha W_{Ed} l_w^2 \quad (6.6b)$$

în care notațiile sunt:

- α este un coeficient care ține seama de
 - i. anizotropia zidăriei (raportul rezistențelor $\mu = f_{xd1}/f_{xd2} \equiv f_{xk1}/f_{xk2}$);
 - ii. condițiile de fixare pe laturile peretelui;
 - iii. raportul între înălțimea și lungimea peretelui;
- l_w este lungimea peretelui între reazeme;
- W_{Ed} este încărcarea laterală de proiectare pe unitatea de suprafață;

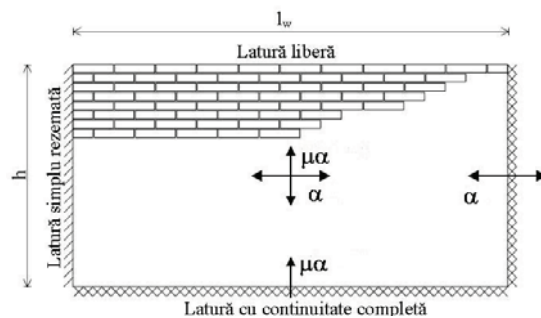


Figura 6.5. Notații pentru calculul momentelor M_{Ed1} și M_{Ed2}

(9) Valorile constantei α pentru rapoartele μ folosite în acest Cod sunt date în tabelul 6.1.

Valorile din tabel sunt valabile numai dacă sunt îndeplinite următoarele condiții:

- Zidăria este executată cu toate rosturile verticale umplute cu mortar
- Grosimea pereților este ≤ 350 mm.

(10) Pentru zidăriile cu rosturi verticale de tip "nut și feder" rezistențele f_{xd1} și f_{xd2} vor fi declarate pentru profilația respectivă.

(11) În cazul în care, pentru un anumit tip din zidărie, raportul rezistențelor f_{xd1}/f_{xd2} determinat prin încercări este diferit de valorile din tabelul 6.1, momentele încovoietoare se vor calcula conform Anexei E a SR EN 1996-1-1:2006.

(12) Pentru panourile cu grosime >350 mm momentele încovoietoare se vor calcula folosind teoria liniilor de rupere pentru plăci elastice anizotrope (cu moduli de elasticitate diferiți pe cele două direcții).

(13) Pentru calculul momentelor încovoietoare, panourile cu goluri vor fi divizate în fragmente care pot fi calculate cu regulile de la panourile pline (fig. 6.6).

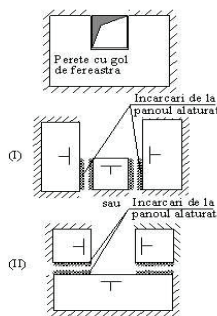
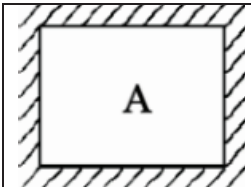
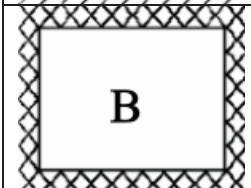
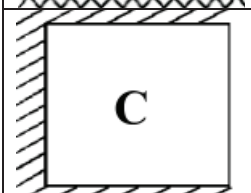
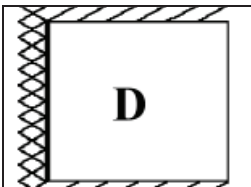

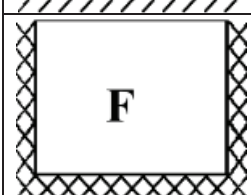


Figura 6.6. Modele de calcul la forțe perpendiculare pe plan pentru pereții cu goluri

Valorile coeficientului α pentru calculul momentelor încovoietoare normale pe planul peretelui

Tabelul 6.1

	μ	h/l_w							
		0.30	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
	0.25	0.023	0.042	0.059	0.071	0.080	0.087	0.091	0.096
	0.50	0.014	0.028	0.044	0.057	0.066	0.074	0.080	0.085
	1.00	0.008	0.018	0.030	0.042	0.051	0.059	0.066	0.071
	μ	h/l_w							
		0.30	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
	0.25	0.011	0.021	0.030	0.036	0.040	0.043	0.046	0.048
	0.50	0.007	0.014	0.022	0.028	0.033	0.037	0.040	0.042
	1.00	0.004	0.009	0.015	0.021	0.026	0.030	0.033	0.036
	μ	h/l_w							
		0.30	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
	0.25	0.032	0.074	0.122	0.180	0.240	0.300	0.362	0.428
	0.50	0.018	0.042	0.077	0.113	0.153	0.195	0.237	0.280
	1.00	0.009	0.023	0.048	0.071	0.096	0.122	0.151	0.180

	μ	h/l_w							
		0.30	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
	0.25	0.028	0.056	0.091	0.123	0.150	0.174	0.196	0.217
	0.50	0.016	0.035	0.061	0.085	0.109	0.130	0.149	0.167
	1.00	0.009	0.021	0.038	0.56	0.074	0.091	0.108	0.123
	μ	h/l_w							
		0.30	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
	0.25	0.050	0.071	0.085	0.094	0.099	0.103	0.106	0.109
	0.50	0.040	0.056	0.073	0.083	0.090	0.095	0.099	0.102
	1.00	0.031	0.045	0.059	0.071	0.079	0.085	0.090	0.094
	μ	h/l_w							
		0.30	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00
	0.25	0.025	0.035	0.043	0.047	0.050	0.052	0.053	0.054
	0.50	0.018	0.028	0.037	0.042	0.045	0.048	0.050	0.051
	1.00	0.013	0.021	0.029	0.035	0.040	0.043	0.045	0.047

6.5. Calculul planșelor

(1) Planșeele clădirilor cu pereți structurali din zidărie se dimensionează pentru:

- încărcări verticale, în toate grupările de încărcări;
- încărcări orizontale seismice care acționează în planul median al planșeului.

(2) Proiectarea planșelor din beton armat pentru încărcări verticale se va face conform SR EN 1992-1-1.

(3) Proiectarea planșelor din lemn pentru încărcări verticale se va face conform reglementărilor tehnice aplicabile, în vigoare.

(4) Proiectarea planșelor de beton armat la încărcări seismice orizontale are ca scop asigurarea capacității de rezistență și a rigidității necesare pentru ca planșeul să fie considerat

diafragmă rigidă în plan orizontal și să poată asigura retransmiterea eforturilor între pereții structurali.

6.5.1. Modelul de calcul

(1) La clădirile cu forme simple în plan, (aproximativ dreptunghiulare), calculul eforturilor secționale din forțele seismice orizontale, se va face conform 6.5.2. considerând planșeul ca grindă continuă, rezemată pe pereții structurali.

(2) Pentru proiectarea planșeelor cu alcătuiți complicate și a planșeelor structurilor cu neregularități în plan și pe verticală se vor utiliza modele și metode de calcul capabile să evidențieze comportarea acestora la încărcări verticale și la cutremur.

(3) Proiectarea planșeelor mixte alcătuite din grinzi monolite sau prefabricate de beton armat/precomprimat și corpuri de umplutură ceramice sau din beton, cu suprabetonare armată, se va face numai pe baza prevederilor din reglementările tehnice specifice, în vigoare.

6.5.2. Metoda de calcul

(1) În condițiile de la 6.5.1(1) forța totală de calcul pentru un planșeu este egală cu forța seismică aplicată la nivelul respectiv. În mod simplificat, această forță se va considera distribuită liniar pe lungimea planșeului, cu rezultanta trecând prin centrul de rigiditate al structurii de la nivelul respectiv.

În această ipoteză, valorile extreme ale forței $p_{max/min}$ care acționează asupra planșeului se vor calcula cu relația:

$$p_{max/min} = \frac{S_{niv}}{L} \left(1 \pm 6 \frac{d_{RG}}{L} \right) \quad (6.7)$$

unde notațiile sunt:

- S_{niv} - forța seismică de proiectare aplicată la nivelul planșeului respectiv;
- d_{RG} - distanța între centrul de greutate al planșeului (CG) și centrul de rigiditate al structurii (CR);
- L - dimensiunea clădirii perpendicular pe direcția de calcul.

(2) Reacțiunea din secțiunea de rezemare a planșeului pe un perete structural (F_i) se va calcula, simplificat, cu relația (6.8) considerând că este proporțională cu suma rezistențelor la forță tăietoare ale tuturor montanților peretelui ($\sum V_{Rdi}$)

$$F_i = S_{niv} \frac{\sum V_{Rdi}}{V_R} \quad (6.8)$$

unde V_R este rezistența la forță tăietoare a clădirii pe direcția de calcul.

(3) În ipotezele de la (1) și (2), momentul încovoietor M și forța tăietoare T în planșeu se vor determina din condițiile de echilibru sub efectul încărcării p și reacțiunilor F_i .

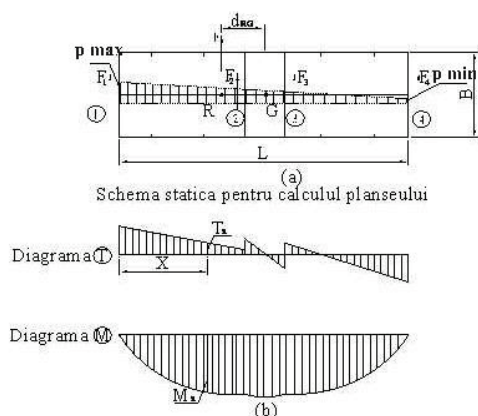


Figura 6.7. Calculul eforturilor secționale de proiectare în planșee din încărcări orizontale

(a) Determinarea încărcării în planul planșeului (b) Eforturi secționale în planșeu

(4) În clădirile cu regularitate structurală în elevație verificarea se face numai la ultimul nivel, unde S_{niv} are valoarea maximă.

6.6. Calculul rezistenței de proiectare a pereților din zidărie

6.6.1. Condiții generale de calcul

6.6.1.1. Modelul de calcul

(1) Modelul de calcul pentru determinarea rezistenței de proiectare a pereților structurali din zidărie, pentru efectele din toate grupările de încărcări, trebuie să țină seama de:

- geometria peretelui;
- condițiile de rezemare pe contur ale peretelui;
- condițiile particulare de aplicare a încărcărilor;
- proprietățile de rezistență și de deformabilitate ale zidăriei;
- condițiile probabile de execuție.

(2) Rezistența de proiectare a pereților structurali se va determina pentru:

- eforturile secționale produse de forțele care acționează în planul median al peretelui:
 - forță axială (N_{Rd});
 - moment încovoietor (M_{Rd});
 - forță tăietoare (V_{Rd});
 - forță de lunecare verticală în pereții cu secțiuni compuse (V_{Lhd});
- eforturile secționale produse de forțele care acționează perpendicular pe planul median al peretelui:
 - moment încovoietor în plan paralel cu rosturile orizontale (M_{Rxd1});
 - moment încovoietor în plan perpendicular pe rosturile orizontale (M_{Rxd2}).

6.6.1.2. Ipoteze de calcul

(1) Rezistența de proiectare a pereților din zidărie se determină în raport cu starea limită ultimă (ULS) și, în cazurile special menționate în text, în raport cu starea limită de serviciu (SLS).

(2) În condițiile menționate la 6.1.(2), calculul rezistenței și al deformațiilor pentru pereții din zidărie nearmată, se va face pe baza următoarelor ipoteze:

- a. ipoteza secțiunilor plane;
- b. rezistența la întindere a zidăriei perpendicular pe rostul orizontal este nulă;
- c. distribuția eforturilor unitare pe zona comprimată a peretelui se consideră simplificat, constantă sau liniară, în funcție de:
 - i. tipul solicitării;
 - ii. forma legii constitutive la compresiune $\sigma - \varepsilon$ a zidăriei;
 - iii. starea limită de calcul.

6.6.1.3. Caracteristici geometrice ale secțiunii orizontale a peretelui

(1) Dimensiunile secțiunii transversale a pereților structurali din zidărie, folosite pentru calcul, sunt dimensiunile "nete" (perete netencuit) care satisfac:

- a. condițiile minime de lungime și grosime din P 100-1, cap.8;
- b. condițiile maxime de lungime a tălpilor de la 6.3.1.(3).

(2) Grosimea panourilor din zidărie înrămate în cadre și a pereților nestructurali se va stabili prin calcul pentru satisfacerea cerințelor de rezistență din P 100-1, cap.10 și a celorlalte cerințe privind durabilitatea, izolarea termică / fonică și protecția la foc a acestora.

(3) Pereții cu goluri cu dimensiunea maximă $\leq 0.2 l_w$ vor fi considerați în calcul ca pereți plini, dacă golul este situat în treimea mijlocie a înălțimii nivelului și dacă plinurile din zidărie până la marginile peretelui sunt cu cel puțin 20% mai mari decât valorile minime date în P 100-1.

(4) Golurile din tălpi cu dimensiunea maximă $\leq h/4$ vor fi neglijate iar golurile cu dimensiune $> h/4$ vor fi considerate margini ale tălpii.

(5) Pentru pereții din zidărie confinată (ZC) și din zidărie cu inimă armată (ZIA) caracteristicile geometrice ale secțiunii orizontale se vor calcula astfel:

- a. Pentru zidăriile cu elemente din argilă arsă din grupa 1 pentru care deformația specifică maximă admisă este $\varepsilon_{mu} \cong 3,5\%$, aria de beton se va transforma în arie echivalentă din zidărie prin înmulțire cu raportul n dintre rezistența de proiectare la compresiune a betonului (f_{cd}) și rezistența de proiectare la compresiune a zidăriei (f_d).

$$n = \frac{f_{cd}}{f_d} \quad (6.9)$$

În aceste condiții, caracteristicile secțiunii "ideale" a peretelui se vor calcula cu relațiile:

$$i. \text{ Aria ideală } A_i = A_{zid} + (n-1) A_{beton} \quad (6.10a)$$

$$ii. \text{ Momentul de inerție ideal } I_i = I_{zid} + n I_{beton} \quad (6.10b)$$

- b. Pentru zidăriile cu elemente din argilă arsă din grupele 2 și 2S și din BCA și pentru orice alte zidării care au deformația specifică maximă admisă este $\varepsilon_{mu} = 2\%$ aria secțiunii orizontale de calcul se va lua identică cu aria efectivă a peretelui (care include și elementele de beton armat).

6.6.2. Rezistența de proiectare la compresiune axială a pereților structurali

(1) Rezistența de proiectare la compresiune axială a pereților structurali din zidărie se determină pentru toate situațiile de proiectare.

(2) Pentru pereții din zidărie, nearmată sau armată, solicitați la compresiune axială, indiferent de tipul elementelor pentru zidărie și al mortarului, deformația specifică maximă în zidărie (scurtare) se va lua $\varepsilon_{max} = 2\text{‰}$.

6.6.2.1. Rezistența la compresiune axială a pereților din zidărie nearmată (ZNA)

(1) Rezistența de proiectare la compresiune axială pentru un perete din ZNA cu secțiune oarecare, se va determina cu relația

$$N_{Rd} = \Phi_{i(m)} A f_d \quad (6.11)$$

unde notațiile sunt următoarele:

- $\Phi_{i(m)}$ - constanta de reducere a rezistenței ținând seama de efectele zvelteții peretelui și ale excentricității de aplicare a încărcărilor;
- A - aria secțiunii transversale a peretelui;
- f_d - rezistența de proiectare la compresiune a zidăriei.

(2) În cazul pereților din zidărie cu secțiune dreptunghiulară, rezistența de proiectare la compresiune axială pentru unitatea de lungime a peretelui - $N_{Rd}(l)$ se va calcula cu relația

$$N_{Rd}(l) = \Phi_{i(m)} t f_d \quad (6.11a)$$

unde

- t este grosimea peretelui.

6.6.2.1.1. Determinarea coeficienților de reducere a rezistenței Φ_i și Φ_m

(1) Constanta de reducere a rezistenței în secțiunile de la extremitățile peretelui (Φ_i) - sus și jos - se va determina cu relația:

$$\Phi_i = 1 - 2 \frac{e_i}{t} \quad (6.12)$$

unde notațiile sunt următoarele:

- t - grosimea peretelui;
- e_i - excentricitatea de calcul, în raport cu planul median al peretelui, în secțiunea în care se face verificarea, calculată cu relația:

$$e_i = e_{0i} + e_{hi} + e_a \geq 0.05t \quad (6.13)$$

cu notațiile:

- e_{i0} - excentricitatea încărcărilor verticale determinată cu relația (6.1);
- e_{hi} - excentricitatea datorată forțelor perpendiculare pe planul peretelui determinată cu relația (6.3);
- e_a - excentricitatea *accidentală* determinată cu relațiile (6.2a) sau (6.2b).

(2) Pentru zidăriile executate cu toate tipurile de elemente și de mortare, cu toate rosturile umplute cu mortar, constanta de reducere a rezistenței în secțiunea de la mijlocul înălțimii peretelui Φ_m va fi luată cu valorile care corespund valorilor maxime h_{ef}/t date în P 100-1, art. 8.5.2.

Valorile coeficientului Φ_m pentru reducerea rezistenței la compresiune

Tabelul 6.2

Zveltețea (h_{et}/t) _{max}	Tipul zidăriei	Excentricitatea relativă e_m/t					
		0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30
12	ZNA	0.80	0.70	0.59	0.49	0.38	0.28
15	ZC , ZIA	0.75	0.64	0.53	0.42	0.32	0.22

în care e_m este excentricitatea de calcul în zona centrală a peretelui calculată cu relația:

$$e_m = \frac{2}{3}e_{i0} + e_{hm} \pm e_a \quad (6.14)$$

unde notațiile sunt următoarele:

- h_{et} - înălțimea etajului;
- e_{hm} - excentricitatea datorată efectului încărcărilor orizontale, în secțiunea de la mijlocul înălțimii peretelui calculată cu relația (6.3).

6.6.2.2. Rezistența la compresiune axială a pereților din zidărie confinată (ZC) și zidărie cu inimă armată (ZIA)

(1) Rezistența la compresiune axială a pereților din zidărie confinată și din zidărie cu inimă armată se va calcula conform 6.6.2.1. transformând secțiunea mixtă într-o secțiune ideală din zidărie conform prevederilor de la 6.6.1.3.(4)

(2) Contribuția armăturilor din stâlpișori și din stratul median (ZIA) la preluarea forței de compresiune se va neglija.

6.6.2.3. Rezistența la compresiune locală sub efectul încărcărilor concentrate

(1) Pentru un perete din ZNA, cu elemente pentru zidărie din grupa 1, rezistența de proiectare la compresiune locală sub încărcări concentrate se va determina cu relația:

$$N_{Rd,cl} = \beta A_b f_d \quad (6.15)$$

în care β este constanta de majorare pentru încărcări concentrate;

$$1.0 \leq \beta = (1 + 0.30 \frac{a_1}{H})(1.5 - 1.1 \frac{A_b}{A_{ef}}) \leq \beta_{\max} \quad (6.16)$$

cu notațiile:

- a_1 - distanța de la extremitatea peretelui până la cea mai apropiată margine a ariei pe care se transmite încărcarea;
- $A_b \leq 0.45 A_{ef}$, aria pe care se aplică încărcarea;
- H_o - înălțimea peretelui de la bază până la nivelul la care se aplică încărcarea concentrată;
- A_{ef} - aria efectiv încărcată;
- $A_{ef} = t L_{ef}$

unde

- $L_{ef} \leq \frac{2.2A_b}{t}$ este lungimea efectivă de preluare a încărcării măsurată la jumătatea înălțimii peretelui rezultată prin descărcarea forței verticale la un unghi de 60° cu orizontala (a se vedea fig. 6.2a).
- t este grosimea peretelui

Valorile din relația (6.16) se vor limita după cum urmează:

- a. $\beta_{max} = 1.25$ dacă $\frac{2a_1}{H} = 0$
- b. $\beta_{max} = 1.50$ dacă $\frac{2a_1}{H} \geq 1.0$
- c. Pentru $0.0 < \frac{2a_1}{H} \leq 1.0$ valorile β_{max} se vor obține prin interpolare liniară.

(2) Excentricitatea de aplicare a forței concentrate, față de planul median al peretelui, va fi $\leq t/4$.

(3) În cazurile în care efectele forțelor concentrate se suprapun, (fig. 6.2a) secțiunea de la mijlocul înălțimii peretelui va fi verificată cu relația (6.15).

(4) În cazul zidărilor cu elemente din grupele 2 și 2S și din BCA, forța concentrată trebuie să fie aplicată prin intermediul unui material rigid care să permită distribuția pe verticală a încărcării la un unghi de 30° cu verticala, asigurând realizarea unei lungimi de încărcare L_{ef} ca în fig.6.2a. În cazul zidărilor cu elemente din argilă arsă din grupa 1 forța concentrată poate să fie aplicată direct pe zidărie.

(5) Dacă forța concentrată este aplicată conform (4), efortul de compresiune sub forța concentrată (σ_{cl}) nu trebuie să depășească $1.5 f_d$ în cazul elementelor din zidărie din grupele 1 și 2 și f_d în cazul elementelor din zidărie din grupa 2S și din BCA.

6.6.3. Rezistența de proiectare la compresiune și încovoiere a pereților structurali

6.6.3.1. Condiții generale de calcul

(1) Ipotezele generale de calcul pentru determinarea rezistenței de proiectare la forță axială și moment încovoietor în planul peretelui pentru zidării nearmate și armate sunt cele date la art. 6.6.1.2 (2) cu precizările de la:

- a. Art. 6.6.3.2. pentru pereții din zidărie nearmată (ZNA),
- b. Art. 6.6.3.3. pentru pereții din zidărie confinată (ZC și ZC+AR),
- c. Art. 6.6.3.4. pentru pereții din zidărie cu inimă armată (ZIA).

(2) În cazul zidărilor armate relația efort unitar-deformație specifică ($\sigma - \varepsilon$) pentru armături se va lua conform SR EN 1992-1-1.

(3) În cazul pereților cu formă complexă a secțiunii transversale (I, L, T) rezistența de proiectare la forță axială și moment încovoietor în planul peretelui se va determina pe baza secțiunii de calcul cu lungimile tălpilor determinate la art.6.3.1.(3).

(4) Intersecțiile dintre inima și tălpile pereților cu formă complexă (I, L, T) precum și secțiunile slăbite prin șlițuri verticale. vor fi verificate pentru eforturile de lunecare verticale calculate conform art.6.8.1.1.(2). Dacă la legătura între inimă și talpă există șlițuri cu

adâncime mai mare decât valoarea limită dată în tabelul 7.2 legătura între talpă și inimă se neglijează.

(5) Verificarea de la (4) nu este necesară dacă la legătura între talpa și inima peretelui sunt realizate următoarele condiții:

- a. Pentru zidăria nearmată (ZNA):
 - i. zidurile de pe cele două direcții sunt executate simultan (complet țesute);
 - ii. secțiunea de legătură între pereți nu este slăbită prin șlițuri verticale;
 - iii. la colțuri, intersecții și ramificații sunt prevăzute în rosturile orizontale armăturile minime stabilite în P 100-1 și în acest Cod;
- b. Pentru zidăria confinată, cu sau fără armături în rosturile orizontale (ZC/ZC+AR):
 - i. ștrepii reprezintă 50% din suprafața de contact între zidărie și beton;
 - ii. secțiunea de legătură între pereți nu este slăbită prin șlițuri verticale;
 - iii. la colțuri, intersecții și ramificații sunt prevăzute în rosturile orizontale armăturile minime stabilite în P 100-1 și în acest Cod.

6.6.3.2. Rezistența la compresiune și încovoiere a pereților din zidărie nearmată (ZNA)

(1) Rezistența de proiectare la încovoiere (M_{Rd}), asociată forței axiale de proiectare (N_{Ed}), aplicată în planul median al unui perete, se va calcula considerând că blocul eforturilor de compresiune are formă dreptunghiulară cu valoare $0.85f_d$.

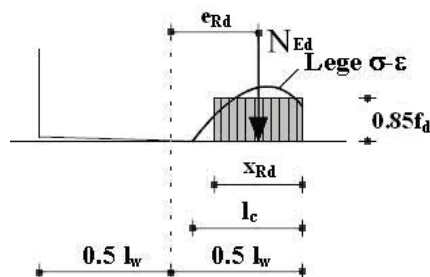


Figura 6.8. Calculul momentului capabil pentru o forță axială dată

NOTĂ. În fig. 6.8, l_c este lungimea reală a zonei comprimate care corespunde legii constitutive $\sigma - \epsilon$ a zidăriei.

(2) În condițiile de la (1), pentru un perete cu secțiunea orizontală compusă (I, T, L) rezistența de proiectare la încovoiere (M_{Rd}) se va calcula după cum urmează:

- a. Se determină aria zonei comprimate a peretelui:

$$A_{zc} = \frac{N_{Ed}}{0.85f_d} \quad (6.17)$$

- b. Se determină distanța y_{zc} de la centrul de greutate al peretelui (G) până la centrul de greutate al zonei comprimate (G_I)
- c. Se determină rezistența de proiectare la încovoiere (M_{Rd}) cu relația:

$$M_{Rd} = N_{Ed} y_{zc} \quad (6.18)$$

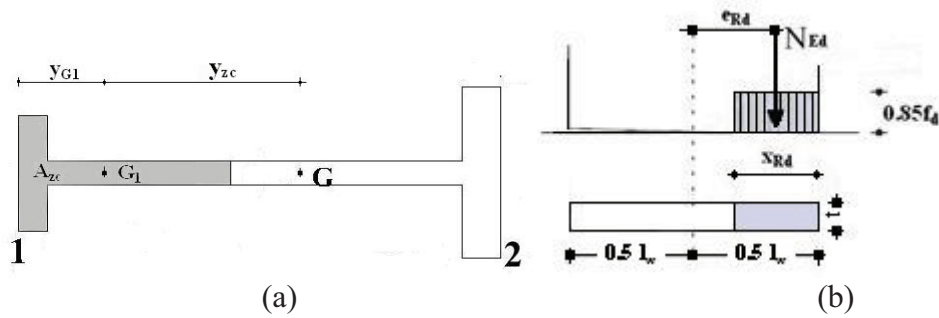


Figura 6.9. Calculul momentului capabil pentru un perete cu secțiune compusă

(3) În cazul peretelui dreptunghiular, cu lungime l_w și grosime t (fig.6.9b) relațiile (6.17) și (6.18) devin:

- adâncimea zonei comprimate

$$x_{Rd} = \frac{N_{Ed}}{0.85f_d t} \quad (6.19)$$

- momentul încovoietor de proiectare

$$M_{Rd} = \frac{N_{Ed}}{2} (l_w - x_{Rd}) = \frac{N_{Ed}}{2} e_{Rd} \quad (6.20)$$

(4) Cu notațiile:

$$\sigma_d = \frac{N_{Ed}}{l_w t}$$

$$s_d = \frac{\sigma_d}{f_d}$$

ecuațiile (6.19) și (6.20) se scriu sub forma

$$x_{Rd} = 1.175 \frac{\sigma_d}{f_d} l_w = 1.175 s_d l_w \quad (6.19a)$$

$$M_{Rd} = \frac{N_{Ed} l_w}{2} (1.0 - 1.175 s_d) \equiv \frac{t l_w^2}{6} f_d \times 3 s_d (1.0 - 1.175 s_d) \quad (6.20a)$$

În cazul particular al zidăriei cu lege constitutivă la compresiune σ - ϵ de formă liniară (figura 4.3a) relațiile (6.19a) și (6.20a) devin:

$$x_{Rd} = 1.333 \frac{\sigma_d}{f_d} l_w = 1.333 s_d l_w \quad (6.19b)$$

$$M_{Rd} = \frac{N_{Ed} l_w}{2} (1.0 - 1.333 s_d) \equiv \frac{t l_w^2}{6} f_d \times 3 s_d (1.0 - 1.333 s_d) \quad (6.20b)$$

(5) Dacă forța axială este aplicată excentric față de planul peretelui, adâncimea zonei comprimate se va determina cu relația:

$$x_{Rd} = \frac{N_{Sd}}{0.8 \Phi_{i(m)} f_d t} \quad (6.19c)$$

unde constanta $\Phi_{i(m)}$ se va determina conform prevederilor de la 6.6.2.1.1.

(6) În cazul pereților din zidărie nearmată pentru care se face verificarea rezistenței la cutremurul de proiectare pentru SLS, rezistența de proiectare la încovoiere (M_{Rd}) asociată forței axiale de proiectare (N_{Ed}) se va determina ca la (2) și (3) dar cu limitarea ariei pe care se dezvoltă eforturile de întindere prin condiția:

$$y_{zc} < 1.2 r_{sc} \quad (6.21)$$

unde

- r_{sc} este distanța de la centrul de greutate al secțiunii orizontale a peretelui până la limita sâmburelui central aflată de aceeași parte cu fibra comprimată.

(7) În cazul peretelui dreptunghiular cu lungime l_w , din relația (6.21) rezultă:

$$M_{Rd} = 0.2 l_w N_{Ed} \quad (6.22)$$

6.6.3.3. Rezistența la compresiune și încovoiere a pereților din zidărie confinată

(1) Calculul rezistenței de proiectare la încovoiere în planul peretelui (M_{Rd}) asociată forței axiale de proiectare din încărcări *seismice* (N_{Ed}) pentru pereții din zidărie confinată (ZC, ZC+AR), executați cu elemente din zidărie din argilă arsă din grupele 1, 2 și 2S, și din BCA se face în următoarele ipoteze:

a. Se neglijează:

- rezistența la întindere a betonului din stâlpișorul de la extremitatea solicitată la întindere a peretelui;
- rezistența la întindere a mortarului din rosturile orizontale ale zidăriei;
- secțiunea de beton și armătura stâlpișori intermediari (dacă există);
- rezistența la compresiune a betonului din stâlpișorul comprimat pentru zidăriile cu deformație specifică ultimă $\varepsilon_{mu} = 2.0\text{‰}$ (aria stâlpișorului se include în aria din zidărie).

b. Se ține seama de rezistența elementelor de confinare verticale:

- rezistența la compresiune a betonului din stâlpișorul comprimat se ia în considerare pentru zidăriile cu deformație specifică ultimă $\varepsilon_{mu} = 3.5\text{‰}$ (aria de beton se transformă în arie echivalentă de zidărie cu relația (6.10a);
- rezistența armăturilor din ambii stâlpișori de la extremități.

(2) Rezistența de proiectare la încovoiere (M_{Rd}), asociată forței axiale de proiectare (N_{Ed}), pentru un perete din zidărie confinată de formă oarecare, va fi calculată prin însumarea rezistenței de proiectare la încovoiere a secțiunii ideale din zidărie nearmată $M_{Rd}(zna,i)$ cu rezistența de proiectare la încovoiere corespunzătoare armăturilor din stâlpișorii de la extremități $M_{Rd}(A_s)$ calculată conform (6).

$$M_{Rd} = M_{Rd}(zna,i) + M_{Rd}(A_s) \quad (6.23)$$

(3) Aria secțiunii ideale din zidărie nearmată se va calcula, în funcție de deformația specifică ultimă a zidăriei (ε_{mu}) conform 6.6.1.3.(4).

(4) Aria comprimată a secțiunii ideale din zidărie nearmată (A_{zci}) se va calcula cu relația (6.17).

(5) Momentul încovoietor de proiectare al secțiunii ideale din zidărie nearmată se va calcula cu relația:

$$M_{Rd}(zna,i) = N_{Ed} y_{zci} \quad (6.24)$$

unde

- y_{zci} este distanța de la centrul de greutate al peretelui până la centrul de greutate al zonei comprimate a secțiunii ideale din zidărie

(6) Rezistența de proiectare la încovoiere dată de armăturile stâlpișorilor $M_{Rd}(A_s)$ se va calcula cu relația:

$$M_{Rd}(A_s) = l_s A_s f_{yd} \quad (6.25)$$

unde notațiile sunt:

- l_s - distanța între centrele de greutate ale celor doi stâlpișori de la extremități;
- A_s - cea mai mică dintre ariile de armare ale celor doi stâlpișori;
- f_{yd} - rezistența de proiectare a armăturii din stâlpișori.

6.6.3.4. Rezistența la compresiune și încovoiere a pereților din zidărie cu inimă armată (ZIA)

(1) Rezistența de proiectare la încovoiere (M_{Rd}) în planul peretelui asociată forței axiale de proiectare (N_{Ed}), pentru zidăria cu inimă armată (ZIA), se va calcula folosind ipotezele generale de la 6.6.1.2.(2) și următoarele ipoteze specifice:

- straturile paralele din zidărie și beton conlucrează până în stadiul ultim corespunzător celui mai slab dintre materiale;
- eforturile unitare de compresiune au valoarea $0.85f_d$ și sunt uniform distribuite pe o zonă cu adâncimea $x_{conv} = 0.80x$ unde x este distanța de la fibra cea mai comprimată până la axa neutră a secțiunii orizontale a peretelui;
- deformațiile specifice în stadiul ultim ale zidăriei (ε_{mu}) și betonului (ε_{cu}) se vor limita după cum urmează:
 - Pentru zidăriile cu elemente din argilă arsă din grupa 1: $\varepsilon_{cu} \equiv \varepsilon_{mu} \leq 3.5\%$
 - Pentru zidăriile cu elemente din argilă arsă din grupele 2 și 2S și cu elemente din BCA: $\varepsilon_{cu} \equiv \varepsilon_{mu} \leq 2.0\%$
- armătura stratului median este uniform distribuită în lungul peretelui (a_s în mm^2/m).

(2) În ipotezele menționate la (1) rezistența de proiectare la încovoiere (M_{Rd}) în planul peretelui, asociată forței axiale de proiectare (N_{Ed}), se va calcula prin însumarea rezistenței de proiectare la încovoiere a secțiunii ideale din zidărie nearmată cu rezistența de proiectare a armăturilor din stratul median:

$$M_{Rd}(ZIA) = M_{Rd}(zna, i) + M_{Rd}(a_s) \quad (6.26)$$

(3) Grosimea echivalentă a secțiunii ideale din zidărie nearmată se va calcula cu relația:

$$t_{ech} = 2t_z + nt_m \quad (6.27)$$

unde notațiile sunt:

- t_z - grosimea straturilor din zidărie exterioare;
- t_m - grosimea stratului median de mortar/beton (*grout*);
- n - constanta de echivalență care se ia conform 6.6.1.3.(4).

(4) Rezistența de proiectare a secțiunii ideale din zidărie nearmată $M_{Rd}(zna, i)$ se va calcula conform art.6.6.3.3.

(5) Rezistența de proiectare a armăturilor distribuite, $M_{Rd}(a_s)$, se va calcula cu relația:

$$M_{Rd}(a_s) = 0.25 a_s l_w^2 f_{yd} \quad (6.28)$$

unde notațiile sunt următoarele:

- a_s este aria de armătură pe unitatea de lungime a stratului median
- f_{yd} este rezistența de proiectare a armăturilor din stratul median.

6.6.4. Rezistența de proiectare la forță tăietoare a pereților structurali

(1) Rezistența de proiectare la forță tăietoare a pereților structurali din zidărie (V_{Rd}), pentru toate alcătuirile (ZNA, ZC și ZIA) se va lua egală cu cea mai mică dintre valorile calculate pentru:

- Cedarea prin lunecare în rost orizontal ($V_{Rd,l}$)
- Cedarea pe secțiune înclinată din eforturi principale de întindere în lungul diagonalei comprimate ($V_{Rd,i}$).

(2) În cazul pereților în formă de I, T, L rezistența de proiectare la forță tăietoare se va lua egală cu rezistența de proiectare la forță tăietoare a inimii (secțiunea dreptunghiulară cu lungime egală cu lungimea totală a peretelui l_w).

6.6.4.1. Rezistența la forță tăietoare a pereților din zidărie nearmată

(1) Rezistența de proiectare la forță tăietoare a pereților structurali din zidărie nearmată se va lua egală cu cea mai mică dintre valorile rezistențelor de proiectare

- La lunecare în rost orizontal, calculată cu relațiile (6.29a) sau (6.29b);
- La cedare pe secțiune înclinată, calculată cu relația (6.34).

6.6.4.1.1. Rezistența la lunecare în rost orizontal

(1) Rezistența de proiectare la forță tăietoare a pereților dreptunghiulari din zidărie se va calcula considerând că rezistența unitară de proiectare la lunecare în rost orizontal $f_{vd,l}$ este distribuită uniform pe lungimea zonei comprimate a peretelui (l_c).

(2) Armătura constructivă dispusă în centurile planșeelor nu va fi luată în considerare pentru calculul rezistenței la forță tăietoare.

6.6.4.1.1.1. Rezistența la lunecare în rost orizontal pentru solicitări neseismice

(1) Rezistența de proiectare la lunecare în rost orizontal $V_{Rd,l}$ a pereților din zidărie nearmată, pentru solicitări neseismice se va calcula cu relația

$$V_{Rd,l} = f_{vd,l} t l_c \quad (6.29a)$$

unde notațiile sunt următoarele:

- $f_{vd,l}$ - rezistența unitară de proiectare la lunecare în rost orizontal a zidăriei, stabilită cu relația (4.6a)
- t - grosimea inimii peretelui;
- l_c - lungimea zonei comprimate a inimii peretelui.

(2) Lungimea zonei comprimate (l_c) se va calcula din solicitările secționale de proiectare (moment încovoietor $-M$ și forță axială $-N$) considerând că eforturile unitare de compresiune sunt distribuite liniar pe zona comprimată (fig.6.10a) cu relația

$$l_c = 1.5l_w - 3e \quad (6.30)$$

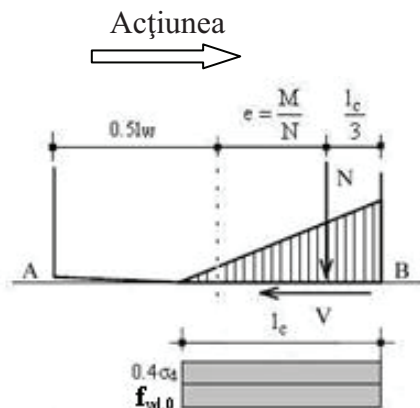


Figura.6.10a. Distribuția rezistențelor unitare tangențiale la solicitări neseismice

(3) Efortul unitar mediu de compresiune (σ_d) folosit pentru determinarea rezistenței unitare de proiectare ($f_{vd,l}$) se va calcula considerând că încărcarea verticală de proiectare din gruparea respectivă de încărcări, N_{sd} sau N_{Ed} , este distribuită uniform pe zona comprimată a peretelui (l_c) determinată cu relația (6.30).

6.6.4.1.1.2. Rezistența la lunecare în rost orizontal pentru solicitări seismice

(1) În cazul solicitării seismice, după inversarea sensului de acțiune (ciclul II) efectul aderenței f_{vk0} este anulat pe zonele desprinse/fisurate în ciclul precedent de acțiune a forței seismice - ciclul I ($l_w - l_c \equiv l_w - x_{Rd}$) – fig. 6.10b.

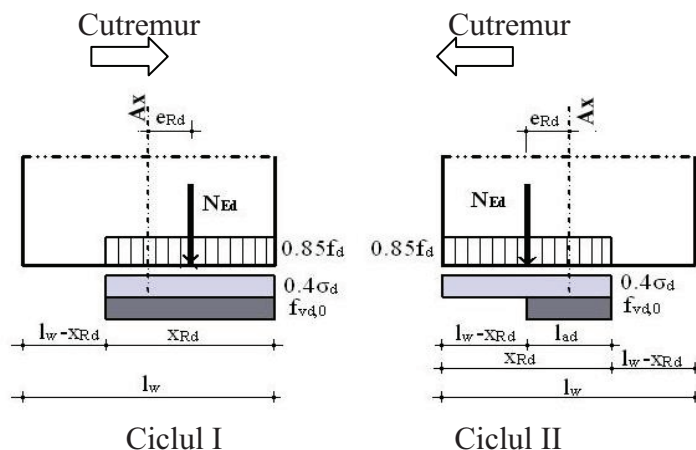


Figura.6.10b. Distribuția rezistențelor unitare tangențiale la solicitări seismice corespunzător momentului ultim

(2) Pentru solicitări seismice, rezistența de proiectare la lunecare în rost orizontal $V_{Rd,l}$ a pereților din zidărie nearmată, asociată momentului capabil M_{Rd} determinat după caz cu relațiile (6.18), (6.20), (6.20a) sau (6.20b), se va calcula cu relația

$$V_{Rd,l} = \frac{l}{\gamma_M} f_{vk0} t l_{ad} + 0.4 N_{Ed} \quad (6.29b)$$

unde notațiile sunt următoarele:

- l_{ad} este lungimea pe care aderența este activă determinată, după caz, cu relațiile

$$l_{ad} = 2l_c - l_w \text{ pereți cu secțiune orizontală oarecare (I, T, L)} \quad (6.31)$$

$$l_{ad} = (2.35s_d - 1)l_w \text{ pereți cu secțiune orizontală dreptunghiulară (6.31a).}$$
- l_c este lungimea zonei comprimate determinată cu relațiile (6.17) pentru pereți cu secțiune orizontală oarecare (I, T, L) sau cu relațiile (6.19), (6.19a) sau (6.19b) pentru pereți cu secțiune orizontală dreptunghiulară.

În cazul particular al zidăriei cu lege σ - ε de formă liniară (figura 4.3a) relația (6.31a) devine

$$l_{ad} = (2.666s_d - 1)l_w \quad (6.32)$$

Din (6.31a) rezultă că în cazul solicitării seismice alternante, aderența rămâne activă pe lungimea l_{ad} numai dacă este satisfăcută condiția

$$\sigma_d \geq \frac{f_d}{2.35} \cong 0.425 f_d \quad (6.33a)$$

iar din relația (6.32) rezultă că aderența este activă lungimea l_{ad} numai dacă este satisfăcută condiția

$$\sigma_d \geq \frac{f_d}{2.666} = 0.375 f_d \quad (6.33b)$$

(3) Pentru cazurile în care este necesară verificarea pereților structurali la acțiunea seismică pentru SLS (a se vedea P100-1, art.8.6.5), valoarea forței tăietoare capabile se calculează cu procedeul prevăzut pentru solicitările neseismice.

6.6.4.1.2. Rezistența la cedare pe secțiune înclinată

(1) Rezistența de proiectare la cedare pe secțiune înclinată a pereților structurali din zidărie nearmată se va calcula cu relația

$$V_{Rd,i} = \frac{A_w}{b} f_{vd,i} \quad (6.34)$$

unde notațiile sunt următoarele:

- $f_{vd,i}$ este valoarea de proiectare a rezistenței unitare de cedare pe secțiuni înclinate calculată cu relațiile (4.4) și (4.6b)
- b este un coeficient de corecție care ține seama de raportul dimensiunilor panoului din zidărie cu valorile:
 - $b = 1.5$ pentru $h/l_w \geq 1.5$
 - $b = 1.0$ pentru $h/l_w < 1.0$
 - $b = h/l_w$ pentru $1.0 \leq h/l_w < 1.5$
- înălțimea panoului din zidărie se va lua:
 - $h = h_{tot}$ pentru pereții care lucrează în consolă
 - $h = h_{sp}$ pentru spaleții care pot fi considerați dublu încastrați la extremități.

6.6.4.2. Rezistența la forță tăietoare a pereților din zidărie confinată

6.6.4.2.1. Rezistența de proiectare la lunecare în rost orizontal

(1) Rezistența de proiectare la lunecare în rost orizontal a pereților din zidărie confinată, V_{Rd} , se va calcula prin însumarea următoarelor valori:

- rezistența de proiectare la lunecare în rost orizontal a panoului din zidărie simplă corectată pentru a ține seama de efectul elementelor de confinare (V_{Rd1}^*),
- rezistența de proiectare la forfecare corespunzătoare armăturii din stâlpișorul de la extremitatea comprimată a peretelui (V_{Rd2}),
- rezistența de proiectare la forfecare a stâlpișorului comprimat (V_{Rsc})

$$V_{Rd} = V_{Rd1}^* + V_{Rd2} + V_{Rsc} \quad (6.35)$$

(2) Rezistența de proiectare la lunecare în rost orizontal a panoului din zidărie nearmată (V_{Rd1}^*) se va lua:

- pentru solicitări neseismice egală cu valoarea V_{Rd1} calculată cu relația (6.29a)
- pentru solicitări seismice se va ține seama de efectul conlucrării între elementele de confinare și panoul de zidărie și se va folosi relația

$$V_{Rd,l}^* = \frac{1}{\gamma_M} f_{vk0} t l_{ad} + 0.4 N_{Ed}^* \quad (6.35a)$$

în care

$$N_{Ed}^* = N_{Ed} + 0.8 V_{Ed} \frac{h_{pan}}{l_{pan}} \quad (6.35b)$$

unde

- h_{pan} și l_{pan} sunt dimensiunile panoului de zidărie confinată.

Valoarea V_{Ed} din relația (6.35b) se va limita conform relației

$$V_{Ed} \leq l_{pan} t f_{vd0} \quad (6.35c)$$

unde

- f_{vd0} este rezistența unitară de proiectare pentru lunecare în rost orizontal sub efort de compresiune egal cu zero (aderența la forfecare).

(3) Rezistența de proiectare la forfecare a armăturii verticale din stâlpișorul comprimat, prin efectul de dorn, (V_{Rd2}) se va calcula cu relația:

$$V_{Rd2} = \lambda_c A_{asc} f_{yd} \quad (6.36)$$

unde notațiile sunt următoarele:

- A_{asc} - aria armăturii din stâlpișorul de la extremitatea comprimată;
- f_{yd} - rezistența de proiectare a armăturii din stâlpișorul comprimat.
- λ_c - factorul de participare al armăturii prin efectul de dorn

Valorile λ_c se iau din tabelul 6.3.

Valorile factorului λ_c pentru calculul rezistenței la forfecare a armăturii verticale din stâlpișorii de confinare

Tabelul 6.3

Etrieri		Armături verticale în stâlpișori					
Oțel	Φ	Categoria de rezistență 1			Categoria de rezistență 2		
		$\Phi 12$	$\Phi 14$	$\Phi 16$	$\Phi 12$	$\Phi 14$	$\Phi 16$
Categorია de rezistență 1	$\Phi 6$	0.250	0.200	0.150	0.200	0.150	0.100
	$\Phi 8$	0.400	0.350	0.250	0.300	0.250	0.200
	$\Phi 10$	0.400			0.300		
Categorია de rezistență 2	$\Phi 6$	Nu se utilizează			0.250	0.200	0.150
	$\Phi 8$				0.400	0.350	0.250
	$\Phi 10$				0.400		

(4) Rezistența de proiectare la forfecare a betonului din stâlpișorul comprimat se calculează cu relația

$$V_{Rsc} = A_{bsc} \times f_{cvd} \quad (6.37)$$

unde notațiile sunt următoarele:

- A_{bsc} - aria betonului din stâlpișorul de la extremitatea comprimată
- f_{cvd} rezistența unitară de proiectare la forfecare a betonului din stâlpișorul comprimat.

6.6.4.2.2. Rezistența la cedare pe secțiune înclinată

(1) Rezistența de proiectare la cedare pe secțiune înclinată a pereților din zidărie confinată, V_{Rdi} , se va calcula prin însumarea următoarelor valori:

- rezistența de proiectare la cedare pe secțiune înclinată a panoului din zidărie simplă corectată pentru a ține seama de efectul elementelor de confinare (V_{Rdi}^*),
- rezistența de proiectare la forfecare corespunzătoare armăturii din stâlpișorul de la extremitatea comprimată a peretelui (V_{Rd2}),
- rezistența de proiectare la forfecare a betonului din stâlpișorul comprimat (V_{Rsc})

$$V_{Rd} = V_{Rdi}^* + V_{Rd2} + V_{Rsc} \quad (6.38)$$

(2) Rezistența de proiectare la cedare pe secțiune înclinată a panoului din zidărie nearmată (V_{Rdi}^*) se va lua:

- pentru solicitări neseismice, egală cu valoarea V_{Rdi} calculată cu relația (6.34) cu rezistențele $f_{vd,i}$ calculate cu relațiile (4.4) și (4.6a)
- pentru solicitări seismice se va folosi relația (6.34) și se va ține seama de efectul conlucrării între elementele de confinare și panoul de zidărie înlocuind în relațiile (4.4a) și (4.4b) efortul unitar σ_{0d} cu valoarea σ_{0d}^* calculată cu relația

$$\sigma_{0d}^* = \frac{N_{Ed}^*}{A_w} \quad (6.39)$$

în care N_{Ed}^* este dat de relația (6.35b).

(2) Rezistențele V_{Rd2} și V_{Rsc} se vor calcula conform 6.6.4.2.1. (3) și 6.6.4.2.1 (4).

6.6.4.3. Rezistența la forță tăietoare a pereților din zidărie confinată și armată în rosturile orizontale (ZC+AR)

(1) Rezistența de proiectare la forță tăietoare a pereților structurali din zidărie confinată și armată în rosturile orizontale se calculează prin însumarea rezistenței la forță tăietoare a zidăriei confinate ($V_{Rd1}^* + V_{Rd2} + V_{Rsc}$) - determinată cu relațiile de la 6.6.4.3. și a rezistenței de proiectare dată de armăturile din rosturile orizontale (V_{Rd3})

$$V_{Rd} = V_{Rd1} + V_{Rd2} + V_{Rsc} + V_{Rd3} \quad (6.40)$$

(2) Rezistența de proiectare a armăturilor din rosturile orizontale (V_{Rd3}) se calculează, în cazul pereților cu înălțimea totală (h_{tot}) \geq lungimea peretelui (l_w) cu relația:

$$V_{Rd3} = 0.8 l_w \frac{A_{sw}}{s} f_{ysd} \quad (6.41)$$

unde notațiile sunt următoarele:

- l_w - lungimea peretelui;
- A_{sw} - aria armăturilor din rostul orizontal (pentru preluarea forței tăietoare);
- s - distanța pe verticală între două rânduri succesive de armături A_{sw} ;
- f_{ysd} - rezistența de proiectare a armăturii din rosturile orizontale.

În cazul pereților cu înălțimea totală (h_{tot}) $<$ lungimea peretelui (l_w) în relația (6.41) se va înlocui l_w cu h_{tot} .

(3) O parte, cel mult 50%, din armătura din centurile planșeelor poate fi adăugată armăturii din rosturile orizontale intersectată de o fisură la 45° (ΣA_{sw}).

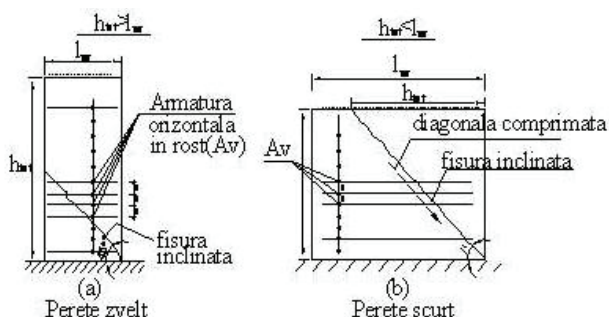


Figura 6.11 Rezistența de proiectare a armăturilor din rosturile orizontale ale zidăriei

6.6.4.4. Rezistența la forță tăietoare a pereților din zidărie cu inimă armată

(1) Rezistența de proiectare la forță tăietoare a pereților din zidărie cu inimă armată V_{Rd} (ZIA) se determină prin însumarea rezistențelor de proiectare la forță tăietoare ale celor trei materiale componente:

$$V_{Rd} (ZIA) = V_{Rdz} + V_{Rdb} + V_{Rda} \quad (6.42)$$

unde notațiile sunt:

- V_{Rdz} rezistența de proiectare la forță tăietoare a zidăriei nearmate;
- V_{Rdb} rezistența de proiectare la forță tăietoare a stratului median de beton sau mortar-beton;
- V_{Rda} rezistența de proiectare la forță tăietoare a armăturilor orizontale din stratul median.

(2) Lungimea zonei comprimate a peretelui din zidărie cu inimă armată și valoarea efortului unitar de compresiune în perete se determină pe baza ipotezelor de la 6.6.4.4.

(3) Rezistența de proiectare la forță tăietoare a zidăriei V_{Rdz} se determină conform 6.6.4.(1).

(4) Rezistențele de proiectare la forță tăietoare ale stratului de beton (V_{Rdb}) și ale armăturilor orizontale (V_{Rda}) se vor calcula conform prevederilor reglementărilor tehnice privind proiectarea construcțiilor cu pereți structurali de beton armat.

6.6.4.5. Rezistența la forță de lunecare verticală asociată încovoierii peretelui

(1) Rezistența de proiectare la forță de lunecare verticală la legătura între inima și talpa pereților cu secțiune compusă (I, T, L) și/sau în secțiunile slăbite de șlițuri verticale se calculează pe înălțimea unui etaj (V_{Lhd}) admitând că eforturile unitare de forfecare sunt uniform distribuite pe înălțimea etajului, cu relația:

$$V_{Lhd} = h_{et} t_L \frac{f_{vk0}}{\gamma_M} \quad (6.43)$$

undenotațiile sunt următoarele:

- h_{et} înălțimea etajului;
- t_L grosimea peretelui în secțiunea în care se calculează rezistența peretelui;
- f_{vk0} rezistența caracteristică la forfecare a zidăriei sub efort de compresiune egal cu zero;
- γ_M coeficientul de siguranță pentru material stabilit conform grupării de încărcări.

6.6.4.6. Rezistența de proiectare a riglelor de cuplare

(1) Rezistența de proiectare la forță tăietoare a grinzilor de cuplare din beton armat V_{rc} se va determina cu relația

$$V_{rc} \geq \frac{1.25(M_{cap}^{sus} + M_{cap}^{jos})}{L_{gc}} + V_g \quad (6.44)$$

unde notațiile sunt următoarele:

- $M_{cap}(sus)$ și $M_{cap}(jos)$ sunt valorile rezistențelor de proiectare la încovoiere la extremitățile grinzii de cuplare, sus și jos, calculate folosind rezistența de proiectare a armăturii;
- L_{gc} este lungimea de calcul a grinzii de cuplare (între fețele montanților);
- V_g este forța tăietoare maximă din încărcările verticale pentru gruparea seismică de încărcări.

(2) Pentru calculul rezistențelor de proiectare la încovoiere (M_{cap}) din relația (6.44) se va ține seama de armăturile dispuse în planșeul de beton armat legat de grinda de cuplare respectivă, pe o bandă cu lățimea de șase ori grosimea plăcii de fiecare parte.

6.6.5. Rezistența de proiectare a pereților supuși la încovoiere perpendicular pe planul median

(1) Pentru calculul rezistențelor de proiectare la încovoiere perpendicular pe planul peretelui din zidărie (M_{Rxd1} și M_{Rxd2}), pentru toate categoriile de pereți (structurali, panouri de zidărie înrămată și nestructurali), se vor folosi rezistențele de proiectare la întindere din încovoiere perpendicular pe planul zidăriei, f_{xd1} , f_{xd2} .

(2) Pentru pereții din zidărie confinată și armată în rosturile orizontale, la calculul momentului M_{Rxd2} (cu plan de rupere perpendicular pe rosturile orizontale) se va ține seama și de armăturile din rosturile orizontale care sunt ancorate corespunzător în stâlpișorii care mărginesc panoul.

(3) Valorile M_{Rxd1} și M_{Rxd2} (în Nmm) se calculează, pentru o bandă din perete de lățime egală cu 1000 mm, cu relațiile:

$$M_{Rxd1} = W_w (f_{xd1} + \sigma_d) \quad (6.45a)$$

$$M_{Rxd2} = W_w f_{xd2} \quad (6.45b)$$

unde notațiile sunt următoarele:

- $W_w = \frac{1000t^2}{6}$ modulul de rezistență al peretelui (mm^3);
- σ_{dp} - valoarea de proiectare a efortului unitar de compresiune la mijlocul înălțimii peretelui;
- t - grosimea peretelui în mm.

6.6.6. Rezistența de proiectare a panourilor din zidărie înrămate în cadre

(1) Se va determina conform P 100-1, cap.10.

6.7. Calculul rezistenței de proiectare a planșeelor

(1) Rezistența planșeelor de beton armat la încărcări verticale se va calcula conform SR EN 1992-1-1.

(2) Rezistența planșeelor din lemn la încărcări verticale se va calcula conform reglementărilor tehnice aplicabile, în vigoare.

6.8. Verificarea siguranței clădirilor cu pereți structurali din zidărie

(1) Verificarea siguranței clădirilor cu pereți structurali din zidărie se va face prin calcul, cu excepția "*Clădirilor simple*", proiectate conform prevederilor din P 100-1, cap.8.9.

(2) Verificarea siguranței clădirilor cu pereți structurali din zidărie se face în raport cu:

- a. stările limită ultime de rezistență și de stabilitate (ULS);
- b. starea limită de serviciu (SLS).

6.8.1. Verificarea cerinței de rezistență

6.8.1.1. Verificarea cerinței de rezistență pentru solicitările în planul peretelui

(1) Pentru încărcările din gruparea fundamentală pentru situația persistentă/tranzitorie de proiectare, definită conform CR 0, pereții din zidărie vor fi proiectați pentru a avea, în toate secțiunile, rezistențe de proiectare la eforturi secționale (N_{Rd} , M_{Rd} , V_{Rd}) mai mari decât eforturile secționale de proiectare (N_{Sd} , M_{Sd} , V_{Sd}) rezultate din situațiile cele mai defavorabile.

(2) Pentru încărcările din gruparea seismică verificarea cerinței de rezistență se va face conform P 100-1, art.8.6.1.1. și art. 10.9.7. (pentru pereți nestructurali și pentru pereți înrămați în cadre).

6.8.1.2. Verificarea cerinței de rezistență pentru solicitări perpendiculare pe plan

(1) Cerința de rezistență la acțiunea forțelor perpendiculare pe plan, pentru toate categoriile de pereți, este îndeplinită dacă există relațiile:

$$M_{Rxd1} \geq M_{Sxd1} \quad (6.46a)$$

$$M_{Rxd2} \geq M_{Sxd2} \quad (6.46b)$$

unde notațiile sunt următoarele:

- M_{Sxd1} și M_{Sxd2} sunt momentele încovoietoare de proiectare datorate forțelor perpendiculare pe plan stabilite conform 6.4.;
- M_{Rxd1} și M_{Rxd2} sunt rezistențele pe proiectare la încovoiere perpendicular pe planul peretelui din zidărie determinate conform 6.6.6.

(2) Dacă încărcarea perpendiculară pe plan provine din acțiunea seismică, momentele încovoietoare de proiectare vor avea valorile M_{Exd1} și M_{Exd2} determinate conform P 100-1, cap.10 și art.6.4.1.din acest Cod.

6.8.1.3. Verificarea cerinței de rezistență pentru planșee

(1) Verificarea cerinței de rezistență pentru încărcările verticale se va face conform reglementărilor tehnice specifice pentru fiecare tip de material de construcție (beton, oțel, lemn, etc.).

(2) Pentru încărcările orizontale din cutremur, cerința de rezistență se va considera satisfăcută dacă, prin dimensionarea și alcătuirea constructivă, se asigură comportarea planșeelor în domeniul elastic pentru solicitările asociate capacităților de rezistență ale pereților structurali în stadiul ultim.

6.8.2. Verificarea cerinței de rigiditate

(1) Cerința de rigiditate a clădirilor cu pereți structurali din zidărie se va considera satisfăcută dacă deplasările relative de nivel ale clădirii d_r sub acțiunea încărcărilor din gruparea seismică, se înscriu în limitele stabilite în P 100-1.

(2) Cerința de rigiditate a planșeelor pentru încărcări din gruparea fundamentală și din gruparea accidentală, implică:

- a. limitarea deformațiilor verticale la valorile stabilite prin reglementările specifice în funcție de:
 - i. materialul de construcție (beton armat sau lemn);
 - ii. poziția planșeului în clădire (planșeu curent, planșeu de acoperiș);
 - iii. caracteristicile pereților de compartimentare rezemați pe planșeu;
 - iv. tipul finisajelor aplicate.
- b. limitarea / evitarea vibrațiilor planșeelor pentru:
 - i. planșeele din beton armat cu deschideri mari în clădiri în care se petrec activități care pot provoca vibrații (săli de gimnastică, săli de dans, etc.);
 - ii. planșeele de lemn la toate categoriile de clădiri.

(3) Verificarea satisfacerii cerinței de rigiditate pentru planșee se face conform reglementărilor tehnice specifice pentru materialele respective.

6.8.3. Verificarea cerinței de stabilitate

(1) Cerința de stabilitate a clădirilor cu pereți structurali din zidărie se va considera satisfăcută dacă sunt respectate cerințele de alcătuire pentru ansamblul construcției date la 2.2.3. și cerințele geometrice și de alcătuire constructivă pentru pereți din Capitolele 5 și 6.

(2) Cerința de stabilitate a panourilor de umplutură și a pereților nestructurali din zidărie se va considera satisfăcută dacă sunt respectate prevederile de proiectare din acest Cod și din P 100-1, cap.10.

6.8.4. Verificarea cerinței de ductilitate

(1) Cerința de ductilitate a clădirilor cu pereți structurali din zidărie se va considera satisfăcută dacă sunt îndeplinite condițiile alcătuire generală, de dimensionare și de detaliere constructivă prevăzute din acest Cod și din P 100-1.

CAPITOLUL 7. PREVEDERI CONSTRUCTIVE PENTRU CLĂDIRILE DIN ZIDĂRIE

7.1. Prevederi constructive privind suprastructura

7.1.1. Prevederi generale

7.1.1.1. Materiale pentru structură

(1) Materialele pentru structura clădirilor de zidărie, pentru panourile de umplură la cadre și pentru toate elementele nestructurale din zidărie vor respecta condițiile minime de calitate date în Capitolul 3, în cap.8 și 10 din P 100-1 și în reglementările tehnice privind executarea și urmărirea execuției lucrărilor de zidărie, în vigoare.

7.1.1.2. Secțiuni de zidărie slăbite prin goluri și șlituri

(1) Secțiunea orizontală a pereților structurali nu va fi slăbită prin prevederea de:

- a. goluri verticale pentru coșurile de fum sau ventilații;
- b. șlituri orizontale sau oblice pentru instalații realizate prin spargere sau zidire cu excepția celor prevăzute la (5).

(2) Coșurile de fum/ de ventilație se vor realiza cu zidărie țesută cu legături cu peretele alăturat.

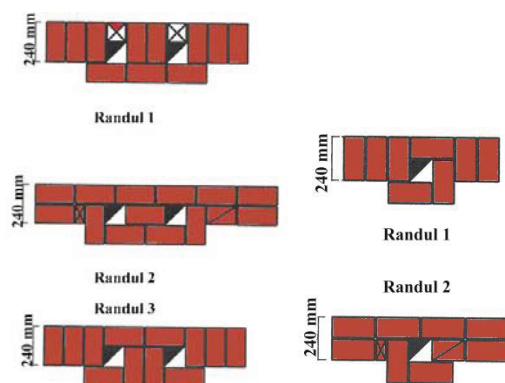


Figura 7.1 Țeserea zidăriei la coșurile de fum

(3) Șliturile verticale executate prin zidire sau după executarea zidăriei care respectă dimensiunile și celelalte condiții din tabelul 7.1 și din notele respective sunt acceptate fără a fi necesară verificarea prin calcul a secțiunii slăbite a peretelui.

Dimensiunile maxime ale golurilor și șlițurilor

Tabelul 7.1

Grosimea peretelui mm	Șlițuri și nișe create după executarea zidăriei		Șlițuri și nișe create la executarea zidăriei	
	Adâncimea maximă mm	Lățimea maximă mm	Grosimea minimă rămasă mm	Lățimea maximă mm
85 ... 115	30	100	70	300
116 ... 175	30	125	90	300
176 ... 225	30	150	140	300
226 ... 300	30	175	175	300
> 300	30	200	215	300

NOTE.

1- Adâncimea maximă a nișei sau a șlițului include și adâncimea golurilor elementului deschise când se realizează șlițul sau nișa.

2- Șlițurile verticale care nu se întind pe mai mult de o treime din înălțimea nivelului, peste nivelul planșeului pot avea o adâncime de până la 80 mm și o lățime de până la 120 mm dacă grosimea peretelui este de 225 mm sau mai mare.

3- Distanța orizontală între șlițurile adiacente sau între un șliț și o nișă sau un gol va fi ≥ 225 mm.

4- Distanța orizontală minimă între două nișe alăturate, fie că sunt pe aceeași parte sau pe fețele opuse ale peretelui, sau dintre o nișă și un gol va fi mai mare decât dublul lățimii celei mai late dintre cele două nișe.

5 - Lățimea cumulată a șlițurilor și nișelor verticale va fi $\leq 0,125$ din lungimea peretelui.

6 - Pentru pereții nestructurali cu grosime ≤ 140 mm din clădirile situate în zone seismice cu $a_g \geq 0,20g$ rezistența la încovoiere perpendicular pe plan se verifică prin calcul ținând seama de secțiunea redusă

7-Șlițurile create după executarea zidăriei vor fi executate numai prin frezare, fără afectarea integrității și a stratului de protecție a barelor longitudinale din centuri și/sau din rosturile orizontale de mortar.

(4) În cazul în care, prin proiect, se prevăd șlițuri verticale executate prin zidire cu adâncime mai mare decât în tabelul 7.1 rezistența secțiunii slăbite va fi verificată prin calcul. Dacă rezistența este insuficientă, zona respectivă va fi considerată latură liberă a peretelui sau va fi întărită prin armare în rosturi și/sau prin elemente de beton armat.

(5) Este permisă executarea, numai prin frezare, a șlițurile verticale sau oblice, cu adâncimea de maximum 2.0 cm, pentru instalațiile electrice, fără a afecta integritatea și stratul de acoperire a barelor longitudinale din centuri.

(6) La clădirile situate în zone seismice cu $a_g \leq 0.15g$, este permisă executarea șlițurilor orizontale sau oblice pentru instalații, prin spargere sau prin zidire, fără verificarea prin calcul a secțiunii slăbite, dacă sunt respectate condițiile din tabelul 7.2 și din notele respective. Pentru zonele seismice cu $a_g \geq 0.20g$ nu sunt permise șlițuri orizontale sau înclinate în pereții structurali și nestructurali din zidărie.

(7) Țevile cu diametru mai mare de 60 mm, care nu pot fi montate în șlițurile prevăzute la (2), vor fi montate în ghene speciale în exteriorul peretelui

Adâncimea maximă a șlițurilor

Tabelul 7.2

Grosimea peretelui (mm)	Adâncimea maximă mm	
	Lungime nelimitată	Lungime \leq 1 250 mm
85 ... 115	0	0
116 ... 175	0	15
176 ... 225	10	20
226 ... 300	15	25
peste 300	20	30

NOTE

- 1 - Adâncimea maximă a șlițului include și adâncimea golurilor elementului deschise când se realizează șlițul.
- 2 - Distanța orizontală între capătul unui șliț și un gol va fi ≥ 500 mm.
- 3 - Distanța orizontală între șlițurile de lungime limitată alăturate, aflate pe aceeași parte sau pe părțile opuse ale peretelui va fi mai mare decât dublul lungimii celui mai lung șliț.
- 4 - În pereții cu grosime mai mare de 175 mm, adâncimea admisă pentru șliț poate fi sporită cu 10 mm dacă șlițul este tăiat cu un utilaj care realizează cu exactitate adâncimea cerută. Dacă se folosesc astfel de utilaje, pot fi tăiate șlițuri cu adâncime până la 10 mm pe ambele fețe ale pereților cu grosime mai mare sau egală cu 225 mm.
- 5 - Lățimea unui șliț va fi mai mică decât jumătate din grosimea peretelui rămasă după tăiere.

7.1.2. Prevederi generale pentru clădiri cu pereți structurali de zidărie

7.1.2.1. Prevederi specifice pentru clădiri cu pereți structurali de zidărie nearmată (ZNA)

- (1) Toate clădirile cu pereți structurali din zidărie nearmată, indiferent de elementele pentru zidărie și de mortarele folosite, vor avea stâlpișori din beton armat dispuși constructiv, în funcție de zona seismică conform P 100-1.
- (2) Peste golurile de uși și de ferestre se vor prevedea buiandrugii din beton armat legați, de regulă, cu centura de la nivelul planșeului.

7.1.2.2. Prevederi specifice pentru elementele de confinare din beton armat

- (1) În clădirile cu pereți structurali din zidărie, indiferent de elementele pentru zidărie și de mortarele folosite, vor fi prevăzute elemente de confinare din beton armat dispuse vertical (stâlpișori) și orizontal (centuri) după cum urmează:
 - a. pentru clădirile din ZNA → elemente cu rol *constructiv*;
 - b. pentru clădirile din ZC și ZC+AR → elemente cu rol *structural*.

7.1.2.3. Prevederi referitoare la buiandrugii, rigle de cuplare și elemente auxiliare

- (1) Buiandrugii prefabricați se vor realiza, conform SR EN 845-2, din următoarele materiale:
 - a. Oțel;
 - b. Beton armat sau precomprimat;
 - c. Zidărie cu elemente ceramice sau din BCA, folosite ca elemente de cofraj în combinație cu beton armat sau cu beton precomprimat.
- (2) În funcție de alcătuirea buiandrugului, elementele de cofraj ale acestora pot conlucra cu betonul pentru preluarea solicitărilor. Dacă nu este asigurată conlucrarea, elementele de cofraj vor fi considerate nestructurale (nu contribuie la rezistența buiandrugului).
- (3) Buiandrugii de oțel, care nu sunt executați din oțel inoxidabil austenitic, vor fi protejați împotriva coroziunii în conformitate cu anexa C (art. C1) din SR EN 845-2.
- (4) În cazul buiandrugilor de beton și a buiandrugilor de zidărie, armătura trebuie protejată conform anexei C (art. C2 și art. C3) din SR EN 845-2.
- (5) Pentru realizarea pereților structurali și a panourilor înrămate în cadre cu alcătuire compusă se folosesc următoarele categorii de elemente auxiliare:
 - a. Agrafe de perete (pentru prinderea a două straturi la pereții dubli cu gol interior sau la zidăria cu inimă armată)

- b. Agrafe de forfecare
- c. Agrafe de menținere
- d. Etrier suport de grindă
- e. Console
- f. Bride de fixare

(6) Dimensiunile, detaliile constructive și modul de dispunere în plan și elevație a elementelor auxiliare de prindere vor fi stabilite prin proiect. Se recomandă să se utilizeze una dintre soluțiile date în SR EN 845-1.

(7) Toate elementele auxiliare de prindere se vor proteja împotriva coroziunii. Straturile de protecție se vor aplica după fasonarea ancorelor și trebuie să își mențină integritatea pe toata durata de serviciu a clădirii asigurând preluarea solicitărilor normale de exploatare și solicitărilor seismice.

(8) În cazul în care elementele de fixare auxiliare trebuie să permită deformații în timpul montajului sau al utilizării, se va ține seama de capacitatea materialului de acoperire de a rezista deformațiilor posibile/permise.

7.1.3. Prevederi constructive referitoare la planșee

(1) Grosimea plăcilor planșeelor de beton armat va fi stabilită prin calcul ținând seama de cerințele de:

- a. rezistență și de rigiditate;
- b. izolare fonică.

Grosimea minimă a plăcii va fi 13 cm dacă nu se iau măsuri speciale pentru izolarea împotriva zgomotului.

(2) Dimensiunile elementelor planșeelor din lemn vor fi verificate pentru cerințele de la (1) și pentru evitarea/limitarea vibrațiilor produse de mișcarea persoanelor pe planșeu (în cazul funcțiunilor care implică activități care pot genera vibrații).

(3) În cazul planșeelor din lemn se vor lua măsuri pentru protecția la foc și împotriva dăunătorilor (protecție *biologică*) conform reglementărilor tehnice specifice, aplicabile, în vigoare.

(4) Pentru planșeele din beton armat monolit se vor respecta prevederile constructive din SR EN 1992-1-1 și P 100-1.

(5) Pentru planșeele prefabricate din beton armat se vor adopta numai îmbinări de tip "umed". Principiile și detaliile de alcătuire vor similare cu cele adoptate pentru planșeele clădirilor cu pereți structurali de beton armat.

(6) Pentru preluarea eforturilor produse de încărcările orizontale, în cazurile prevăzute la 6.5.5, în planșee se vor prevedea armăturile necesare, rezultate din calcul, pentru eforturile secționale.

(7) Fața superioară a planșeelor va avea, de regulă, aceeași cotă de nivel pe toată suprafața construcției. În mod excepțional, pot fi acceptate decalări ale feței superioare a planșeului mai mici decât înălțimea curentă a centurilor ($15 \div 20$ cm) cu condiția asigurării continuității structurale.

7.2. Prevederi constructive privind infrastructura

(1) Pentru toate elementele de beton armat ale infrastructurii acoperirea cu beton, înădirea și ancorarea barelor se vor face conform SR EN 1992-1-1 și reglementărilor tehnice privind proiectarea fundațiilor de suprafață, în vigoare.

(2) Pentru toate elementele infrastructurii (fundații, socluri, pereți de subsol) continuitatea armăturilor longitudinale din centuri nu va fi întreruptă de golurile pentru instalații. În cazul armăturilor transversale întrerupte se vor prevedea armături suplimentare cu secțiune totală cel puțin egală, la marginea golurilor.

(3) În cazul amplasamentelor pe terenurile dificile de fundare, detalierea constructivă a infrastructurilor se va face conform reglementărilor tehnice specifice, în vigoare.

(4) În cazurile în care, conform prevederilor de la alineatele următoare, soclul și/sau pereții de subsol pot fi executați din beton simplu, se vor prevedea armături minime pentru preluarea eforturilor provenite din contracția betonului.

7.2.1. Fundații

(1) În cazul fundațiilor care sunt în contact cu pământuri care conțin compuși chimici agresivi față de beton se vor lua măsuri de asigurare a durabilității betonului prin unul sau prin ambele procedee indicate mai jos:

- folosirea cimenturilor rezistente la acțiunea substanțelor respective;
- acoperirea betonului cu pelicule de protecție rezistente la acțiunea acestor agenți.

7.2.2. Socluri

(1) În cazurile în care soclurile se execută din beton simplu, la nivelul pardoselii parterului se va prevedea un sistem de centuri care va forma contururi închise. Aria armăturilor longitudinale din aceste centuri va fi cu cel puțin 20% mai mare decât aria armăturilor din centura cea mai puternic armată de la nivelurile supraterane de pe același perete. Dacă înălțimea soclului, peste nivelul tălpii de fundare, este ≥ 1.50 m se va prevedea o centură la baza soclului cu aceeași armătură ca și centura de la nivelul pardoselii.

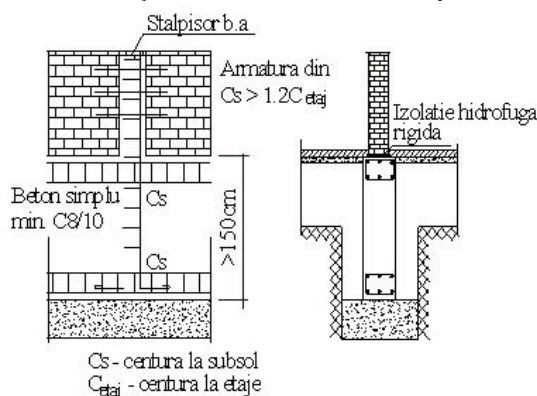


Figura 7.2. Armături pentru centuri și stâlpișori în socluri de beton simplu

(2) Mustățile pentru elementele verticale de beton armat din suprastructură (stâlpișori și stratul median al pereților din ZIA) vor fi ancorate în soclu pe o lungime de minimum $60\Phi \geq 1.0$ m și vor fi fasonate fără cârlige. Pentru menținerea poziției mustăților în timpul turnării se recomandă ca mustățile să fie ancorate pe întreaga înălțime a subsolului sau, dacă sunt mai scurte, să fie fixate cu puncte de sudură de armăturile longitudinale din centura superioară.

(3) Soclurile pereților de contur vor fi protejate la exterior cu tencuială hidrofugă. Între fața superioară a soclului și zidul din elevație se va prevedea un strat de hidroizolație rigidă care va satisface cerințele de la 4.3.3.5.(1).

7.2.3. Pereți de subsol

7.2.3.1. Prevederi generale

(1) Mustățile pentru elementele verticale din suprastructură (stâlpișori sau stratul median al pereților din ZIA) vor fi ancorate în centura inferioară a peretelui sau, după caz, vor fi înădite cu mustățile din talpa de fundare. Mustățile vor fi fasonate fără cârlige. Continuitatea mustăților pentru armăturile verticale nu va fi întreruptă de golurile pentru instalații.

(2) Armarea pereților de subsol se va determina prin calcul pentru gruparea fundamentală și pentru gruparea seismică. Indiferent de rezultatele calculului se vor asigura următoarele procente minime de armare raportate la întreaga secțiune (din însumarea armăturilor de pe cele două fețe):

- a. vertical: 0.20 %;
- b. orizontal: 0.15 %.

(3) Golurile de uși și de ferestre din pereții de beton armat din subsol vor fi bordate cu armături verticale a căror secțiune totală va fi cu cel puțin 20% mai mare decât secțiunea armăturilor întrerupte de gol. Ancorarea acestor armături dincolo de marginea golurilor se va face pe o lungime $\geq 60\Phi$.

(4) În dreptul golurilor de uși, forța tăietoare din secțiunile de beton (buiandrug și centura inferioară) va fi preluată integral cu armături verticale sau etrieri.

7.2.3.2. Pereți de subsol din beton simplu

(1) În cazurile în care pereții de subsol se execută din beton simplu, indiferent de rezultatele calculului, peretele de subsol va fi prevăzut cu două centuri, care vor forma contururi închise pe ansamblul clădirii, amplasate la baza peretelui și la nivelul planșeului peste subsol. Aria armăturilor longitudinale din fiecare centură va fi cu cel puțin 20% mai mare decât aria armăturilor din centura cea mai puternic armată de la nivelurile supraterrane de pe același perete.

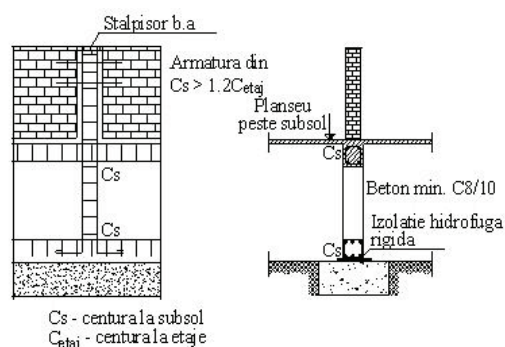


Figura 7.3 Armături pentru centuri și stâlpișori în pereți de subsol din beton simplu

(2) În cazul în care fundațiile se execută din beton simplu, armăturile din centurile prevăzute la 7.2.2 (1) și respectiv 7.2.3.2.(1) vor fi majorate cu cel puțin 20%.

(3) Golurile de uși și de ferestre din pereții de beton simplu din subsol vor fi bordate după cum urmează:

- a. armături verticale $\geq 4\Phi 12$ categoria de rezistență 2/4 $\Phi 14$ categoria de rezistență 1; armăturile vor fi din categoria de ductilitate B +
- b. armături în plinurile orizontale calculate pentru efectele locale (reacțiunea terenului/încărcarea adusă de planșeu) și pentru forța tăietoare rezultată din conlucrarea teren/perete de subsol/perete din suprastructură.

7.2.3.3. Hidroizolații la infrastructură

(1) Pereții de contur de la subsol vor fi prevăzuți cu hidroizolație verticală împotriva apelor de infiltrație.

(2) Toți pereții de la subsol vor fi prevăzuți cu hidroizolație orizontală împotriva ascensiunii capilare a apei subterane. Hidroizolația va fi, de regulă, de tip "*tencuială rigidă*" pentru a asigura continuitatea mustăților verticale.

7.2.4. Planșee la infrastructură

(1) Plăcile de beton armat de la parter (la clădiri fără subsol) și de la subsol vor fi prevăzute cu izolație termică conform reglementărilor tehnice specifice și cu strat de rupere a capilarității pentru a împiedica ascensiunea apei subterane.

(2) Stratul de rupere a capilarității va fi executat din pietriș.

(3) Betonul va fi turnat pe un strat de folie din material plastic sau de carton pentru a se evita pierderea apei din betonul proaspăt.

(4) În cazul în care pe placa suport a pardoselii de la subsol sunt rezemați pereți nestructurali se vor respecta prevederile de la 5.4.1.(3).

7.3. Prevederi referitoare la pereții nestructurali din zidărie

7.3.1. Proiectarea pereților nestructurali de închidere și de compartimentare din zidărie

(1) Dimensionarea pereților nestructurali de închidere și de compartimentare din zidărie pentru *gruparea fundamentală* de încărcări se va face folosind încărcările și rezistențele determinate conform prevederilor din acest Cod.

În cazul în care, conform P 100-1, art. 10.2(4), pentru pereții respectivi se cere și verificarea pentru *situația de proiectare seismică*, pentru calcul se vor folosi încărcările și rezistențele stabilite în P 100-1, cap.10.

7.3.2. Prevederi specifice pentru elemente nestructurale de zidărie care sunt rezemate în consolă

(1) Pentru toate elementele de construcție care sunt rezemate în consolă, indiferent de masa proprie a acestora, calculul, dimensionarea și detalierea constructivă se vor face pentru *situația de proiectare seismică* conform P 100-1, cap.10

(2) Pentru reducerea eforturilor datorate variațiilor de temperatură, lungimile aticelor din zidărie cu grosime ≤ 15 cm, se vor limita la 20.0 m, indiferent de tipul elementelor pentru zidărie (argilă arsă sau BCA) și al mortarului folosit. În aticele cu lungimi mai mari se vor prevedea rosturi de dilatare.

(3) Mortarul zidăriei pentru coșurile de fum va fi realizat cu cimenturi rezistente la acțiunea chimică a gazelor arse.

(4) În cazul clădirilor cu pereți structurali din zidărie de BCA, coșurile de fum și de ventilație nu vor fi legate prin țesere de peretele structural din BCA.

Specificații tehnice privind materialele pentru lucrări de zidărie

Documentația tehnică pentru realizarea lucrărilor de zidărie, piese scrise și desenate, va cuprinde obligatoriu următoarele informații necesare pentru executarea corectă a prevederilor din proiect (în documentație se dau / se bifează numai informațiile relevante pentru proiectul respectiv). Aceste date prezintă condițiile și parametrii tehnici care au servit pentru calculul elementelor de construcție din zidărie și pentru detalierea constructivă a acestora.

Atingerea în exploatare a performanțelor *proiectate* ale clădirii poate fi realizată numai dacă la execuție sunt respectate condițiile și parametrii tehnici stabiliți prin proiect.

Orice modificare a caracteristicilor materialelor de construcție prevăzute în proiect pe parcursul execuției se poate face doar cu respectarea legislației aplicabile, în vigoare.

FIȘA SINTETICĂ privind materialele pentru lucrări de zidărie

1. Descrierea generală a lucrărilor de zidărie prevăzute în proiect

1.1. Pereți exteriori

1.1.1. Pereți structurali

⇒ Tipul zidăriei ZNA/ZC/ZC+AR/ZIA

⇒ Alcătuirea pereților

→ un singur strat / dublu strat cu gol interior (fațadă ventilată)

→ grosimemm

1.1.2. Pereți înrâmați în cadre de beton armat/de oțel

→ grosimemm

1.1.3. Pereți de placare

→ grosime.....mm

1.2. Pereți interiori

1.2.1. Pereți structurali

⇒ Tipul zidăriei ZNA/ZC/ZC+AR/ZIA

→ grosimemm

1.2.2. Pereți înrâmați în cadre de beton armat/de oțel

→ grosimemm

1.2.3. Pereți despărțitori

→ grosime mm

2. Materiale pentru zidărie

Se specifică separat pentru fiecare categorie de pereți (1.1. și 1.2)

2.1. Elemente pentru zidărie

→ Material

* Ceramice / BCA

→ Dimensiuni

* lungime:mm / lățime: mm / înălțime: mm

→ Configurație (grosimi de pereți și volum de goluri) conform tabelului 8.1 din codul P 100-1 (a se vedea și Anexele C și ZA din SR EN 771-1 și SR EN 771-4)

→ Clasa de toleranțe definite conform SR EN 771-1 și SR EN 771-4

Valoare medie / Limite

* T1 &/ R1 / T1+ & R1+ / T2 & R2 / T2+&/ R2+

→ Încadrarea elementului în grupe, în funcție de caracteristicile geometrice, conform P 100-1, art.8.2.1.

* Grupa 1 / Grupa 2 / Grupa 2S

→ Forma feței de capăt

* Plană / Nut și feder / Cu locaș pentru mortar

→ Categoria elementului în funcție de nivelul de încredere al proprietăților mecanice conform SR EN 771-1 /SR EN 771-4:

* Categoria I / Categoria II

→ Categoria elementului în funcție de densitatea aparentă - conform SR EN 771-1 /SR EN 771-4:

* Elemente LD / Elemente HD

→ Densitatea aparentă în stare uscată, pentru elementele din BCA

* $\rho = \dots\dots\dots \text{kg/m}^3$

→ Rezistențele mecanice ale elementelor pentru zidărie

* Rezistențele standardizate la compresiune

- $f_b = \dots\dots\dots \text{N/mm}^2$

- $f_{bh} = \dots\dots\dots \text{N/mm}^2$

* Rezistența caracteristică inițială la forfecare - aderența la forfecare

- $f_{vk0} = \dots\dots\dots \text{N/mm}^2$

* Rezistențele caracteristice la încovoiere perpendicular pe plan - aderența la întindere din încovoiere

- $f_{xk1} = \dots\dots\dots \text{N/mm}^2$

- $f_{xk2} = \dots\dots\dots \text{N/mm}^2$

→ Cerințe speciale de durabilitate (în funcție de condițiile specifice de utilizare)

- * Rezistența la îngheț/dezgheț
- * Conținutul de săruri solubile active
- * Dilatarea datorită umidității
- * Permeabilitatea la vapori de apă
- * Reacția la foc

→ Condiții speciale de calitate (proprietăți aspect / proprietăți fizice) pentru elemente conform reglementărilor tehnice privind executarea și urmărirea execuției lucrărilor de zidărie, în vigoare.

- Calitatea A (superioară) / Calitatea B (normală)

2.2. Mortar

→ Mortar tip

- * de utilizare generală (G) / pentru rosturi subțiri (T) / adeziv (glue)

→ Metoda de stabilire a compoziției

- * mortar *proiectat* / mortar *de rețetă*

→ Compoziția pentru mortare *de rețetă*

- * ciment...../var...../nisip.....

→ Prevederi speciale pentru

- * aditivi.... / adaosuri..... /coloranți.....

→ Condiții de preparare

- * industrial / în stații centralizate / la șantier

→ Rezistența la compresiune

- * M

→ Cerințe speciale de durabilitate (în funcție de condițiile specifice de utilizare)

2.3. Materiale auxiliare

→ Straturi de rupere a capilarității

- * Material/ Tip/Proprietăți speciale

→ Ancore / agrafe

- * Material/Dimensiuni...../ Protecție anticorozivă.....

→ Armături pentru rosturi

- * Material/ Dimensiuni/ Protecție anticorozivă.....

→ Buiandrugă prefabricată

- * Descriere conform SR EN 845-2

3. Betoane pentru elementele de confinare și zidăria cu inimă armată

Se specifică separat pentru fiecare categorie de elemente de beton (centuri, stâlpișori, stratul median al ZIA)

→ Clasa de rezistență la compresiune betonului

* C.....

→ Clasa de tasare (conform NE 012/1)

* S.....

→ Metoda de stabilire a compoziției

* amestec *proiectat* / amestec *prescris*

→ Compoziția pentru amestec *prescris*

* ciment...../pietriș...../nisip...../apă

→ Dimensiunea maximă a agregatelor

* d_{agr}

→ Prevederi speciale pentru

* aditivi..... / adaosuri.....

→ Condiții de preparare

* în stații centralizate / la șantier

→ Cerințe speciale de durabilitate (în funcție de condițiile specifice de utilizare)

4. Armături pentru betoane și mortare

4.1. Armături din oțel

Se specifică separat pentru fiecare categorie de elemente de beton (centuri , stâlpișori, stratul median al ZIA) și pentru mortarele din rosturi.

→ Categoria de rezistență

*

→ Categoria (clasa) de ductilitate

*

→ Protecție anticorozivă

4.2. Alte materiale pentru armare

Se specifică după caz

→ Tipul materialului

→ Caracteristicile mecanice

→ Alte proprietăți

ANEXA II (informativă)

COMENTARII

GENERALITĂȚI

Necesitatea revizuirii Codului CR 6-2006

Prevederile Codului **CR 6-2006** au fost redactate, în mare parte, având ca obiectiv alinierea la standardul **SR EN 1996-1-1**. În perioada elaborării Codului (2004-2005) a fost disponibilă versiunea **prEN 1996-1-1:2001** care a fost preluată în cea mai mare măsură în textul Codului **CR 6-2006**.

Ulterior a apărut și a fost adoptat standardul național armonizat **SR EN 1996-1-1:2006** prin traducerea versiunii **EN 1996-1-1:2005** și elaborarea Anexei Naționale **SR EN 1996-1-1:2006/NB:2008**. În aprilie 2009, s-a publicat *Erata* la standardul **EN 1996-1-1** care a adus modificări și precizări la circa 10% din text.

În ceea ce privește situațiile de proiectare care sunt luate în considerare, în preambulul **SR EN 1996-1-1** se face precizarea că:

*Standardul **SR EN 1996-1-1** nu se referă la cerințele speciale de **proiectare seismică**. Prevederile referitoare la aceste cerințe sunt date în standardul **SR EN 1998-1** care completează standardul **SR EN 1996-1-1** și este compatibil cu acesta.*

Pe de altă parte, în standardul **SR EN 1998-1**, la Cap.9 se arată că:

*Pentru verificarea siguranței contra prăbușirii, rezistența de proiectare a fiecărui element structural trebuie evaluată în conformitate cu **EN 1996-1-1:2004**.*

Din lectura celor două texte o concluzie este evidentă: **SR EN 1998-1** prevede verificarea siguranței seismice cu o reglementare care precizează de la început că **nu are reguli de calcul și alcătuire pentru proiectarea seismică**.

Aceste considerente justifică necesitatea promovării în anul 2013 a unei reglementări tehnice privind proiectarea clădirilor din zidărie amplasate în zone seismice care să conțină prevederi ce nu sunt contradictorii cu **principiile** din **SR EN 1996-1-1** și **SR EN 1998-1** și care să formuleze **reguli de aplicare** obligatorii conforme cu practica internațională recentă și cu condițiile materiale și tehnologice specifice României.

Structura actuală a sistemului de documente tehnice naționale referitoare la proiectarea elementelor de construcție și a structurilor din zidărie

Proiectarea clădirilor din zidărie este reglementată în România de un sistem complex și coerent de documente tehnice, care este constituit din:

- I. Prezentul Cod **CR 6-2013** aliniat cu standardele din seria **SR EN 1996**.

Seria standardelor **SR EN 1996** este compusă din următoarele părți:

- **SR EN 1996-1-1:** Reguli generale pentru structuri de zidărie armate și nearmate
- **SR EN 1996-1-2:** Reguli generale - Calculul structurilor la foc
- **SR EN 1996-2:** Proiectare, alegere materiale și execuție zidărie
- **SR EN 1996-3:** Metode de calcul simplificate pentru construcții din zidărie nearmată

Textele de referință ale **EN 1996** au fost preluate prin traducere și sunt completate prin **Anexele naționale**, aprobate, la nivel național, în anul 2008.

II. Standardele europene armonizate (**SR EN**) referitoare la cerințele de performanță ale materialelor pentru zidărie și metodele de verificare a satisfacerii acestor cerințe.

Principalele standarde europene adoptate în România privind materialele pentru zidărie (standarde de produs / metode de încercare) se referă la:

- Elemente pentru zidărie:
 - enunțarea cerințelor: seria standardelor **SR EN 771**
 - metode de încercare: seria standardelor **SR EN 772**
- Mortare:
 - enunțarea cerințelor: seria standardelor **SR EN 998**
 - metode de încercare: seria standardelor **SR EN 1015**
- Materiale auxiliare pentru zidărie
 - enunțarea cerințelor: seria standardelor **SR EN 845**
 - metode de încercare: seria standardelor **SR EN 846**

Standardele din seria **SR EN 771** sunt bazate pe conceptul de *performanță*, care se referă în primul rând la cerințele pentru produsul finit, spre deosebire de standardele anterioare, *prescriptive* care stabileau compoziția calitativă și/sau cantitativă a materiei prime, tehnologiile de fabricație și caracteristicile produsului (de aspect, geometrice și mecanice).

Standardele de produs din seria **SR EN 771** au caracter obligatoriu pentru producătorii elementelor pentru zidărie. Aceste standarde nu conțin prevederi privind aspectul și proprietățile fizice ale elementelor (informații care au existat în standardele de produs abrogate STAS 457, STAS 5185). Din acest motiv devine necesară elaborarea unei reglementări tehnice (*Cod de practică privind executarea și urmărirea execuției lucrărilor de zidărie*), care să conțină cerințe de calitate ce condiționează folosirea diferențiată a elementelor pentru zidărie.

Particularitatea principală a proiectării structurilor din zidărie amplasate în zone seismice rezultă din cerința ca structura să fie înzestrată cu o serie de proprietăți specifice, suplimentare față de cele cerute clădirilor care sunt solicitate numai de încărcări gravitaționale:

- ductilitate de ansamblu și locală;
- capacitate de disipare a energiei seismice;
- degradare moderată a rezistenței și a rigidității sub efectul încărcărilor alternante repetate.

Drept urmare, proiectarea seismică a structurilor din zidărie este *conceptual diferită* de proiectarea acestora pentru încărcări gravitaționale dominante pentru care siguranța este asigurată numai prin satisfacerea cerinței de rezistență. Această deosebire justifică

prevederile prezentului Cod care sunt mai severe decât cele ale Codurilor similare din alte țări al căror regim seismic nu impune măsuri speciale. Prevederea este justificată și de faptul că valoarea cea mai mică a accelerației seismice a terenului de pe teritoriul României ($a_g = 0.10g$) depășește limita de seismicitate *scăzută* - engl. *low seismicity* ($a_g = 0.08g$) și este mult superioară limitei de seismicitate *foarte scăzută* - engl. *very low seismicity* ($a_g < 0.04g$) prevăzute de standardul **SR EN 1998-1** pentru care proiectarea clădirilor nu impune reguli speciale.

Anexa națională la **SR EN 1998-1** stabilește că pe teritoriul României nu se aplică procedurile specifice zonelor de seismicitate *scăzută* și *foarte scăzută*.

Metodele și procedeele de proiectare folosite pentru clădirile noi, stabilite în Codurile **P 100-1/2013** și **CR 6 – 2013** sunt conceptual diferite de cele utilizate pentru evaluarea clădirilor existente și pentru proiectarea măsurilor de intervenție.

Diferențele rezultă din faptul că proiectarea clădirilor noi se bazează pe cele mai recente cunoștințe în domeniul alcătuirii/detalierii structurale și folosește, în majoritatea cazurilor, materiale cu performanțe ridicate, în timp ce construcțiile existente sunt caracterizate de alcătuiți empirice, inadecvate solicitărilor seismice și sunt realizate cu materiale care au rezistențe mecanice slabe/modeste. În plus, clădirile din zidărie existente, aflate în zone seismice, au suportat, în timp, mai multe cutremure importante care au consumat, în mare parte, "*rezervele naturale*" de rezistență ale acestora care rezultau din alcătuirea inițială.

CAPITOLUL 1. PREVEDERI GENERALE

C.1. PREVEDERI GENERALE

C.1.1. OBIECT ȘI DOMENIU DE APLICARE

C.1.1.(5)

Codul nu conține prevederi referitoare la cerințele de comportare a structurilor din zidărie la acțiunea focului. Pentru aceste cerințe se poate consulta standardul **SR EN 1996-1-2**.

C.1.1.(6)

Necesitatea unor reglementări specifice pentru planșeele mixte cu corpuri de umplură ceramice sau din beton decurge din faptul că aceste subansambluri structurale sunt, de regulă, *produse de firmă* care includ prevederi cu caracter de *proprietate comercială* care nu pot fi încadrate în reglementările generale privind proiectarea și execuția construcțiilor. Comportarea lor la acțiunea seismică depinde de modul de calcul și de detalierea constructivă a fiecărui procedeu propus și trebuie să fie fundamentate, în fiecare caz în parte, prin cercetările proprii ale producătorului. Aceste cercetări trebuie să fie efectuate în laboratoare recunoscute în condiții specifice solicitărilor seismice.

C.1.1.(13)

Condițiile de testare a proprietăților mecanice ale materialelor pentru zidărie folosite în Uniunea Europeană, reglementate prin standardele **SR EN**, diferă de cele folosite în alte țări dezvoltate (SUA, Canada, Australia, etc) și, de asemenea, sunt diferite de cele care au fost utilizate în multe țări europene înainte de adoptarea reglementărilor armonizate (Euronorme). În literatura de specialitate există numeroase lucrări care pun în evidență faptul că deosebirile de metodologie în ceea ce privește selectarea și pregătirea probelor și procedurile de încercare pot genera rezultate care diferă între ele cu până la 40-50%. [Henriques, F.M.A, Charola, A. E.: *Comparative Study of Standard Test Procedures for Mortars* 8th International Congress on Deterioration and Conservation of Stone, Berlin 1996].

Diferențe importante între rezultatele încercărilor pe elemente pentru zidărie pot rezulta și din particularitățile geometrice ale acestora. Spre exemplu, în cazul elementelor cu același volum de goluri verticale, alura curbei $\sigma-\epsilon$ la compresiune axială depinde esențial de grosimea pereților exteriori și interiori.

C.1.1.(14)

A se vedea:

- ANEXA - Comentarii
- EXEMPLUL Nr.17

C.1.3. DEFINIȚII PRINCIPALE

C.1.3.1

Definițiile date mai sus corespund celor din standardul **SR EN 1996-1-1**.

C.1.3.2

Definițiile date mai sus corespund celor din standardul **SR EN 998-2** și sunt folosite și în standardul **SR EN 1996-1-1**.

C.1.3.3. Elemente pentru zidărie

C.1.3.3

Calitatea elementelor pentru zidărie se definește și în raport cu probabilitatea de atingere a unei valori specificate a rezistenței la compresiune (după caz, rezistența medie sau rezistența caracteristică). Clasificarea elementelor pentru zidărie în *categoria* în funcție de gradul de încredere al rezistenței la compresiune dată în Codul **CR 6-2013** corespunde cerințelor standardelor din seria **SR EN 771**.

Notă. Se atrage atenția că în textele traduse în limba română ale **SR EN 771** se folosește, eronat, termenul de *clasă* legat de gradul de încredere al rezistenței la compresiune. Termenii din versiunea originală (**EN 771-1**, engleză) sunt: **Category I masonry units**, **Category II masonry units**.

Codul **P 100-1/2013** stabilește pentru situația de proiectare seismică condițiile de utilizare a elementelor pentru zidărie în funcție de *categoria* în care sunt încadrate, astfel:

- I. Pentru executarea *pereților structurali* din zidărie, indiferent de accelerația terenului pentru proiectare a_g , se vor folosi numai elemente pentru zidărie din categoria I, cu excepția următoarelor construcții unde se pot folosi și elemente din categoria II:
 - clădiri din clasele de importanță III și IV în zonele seismice cu $a_g \leq 0,15g$;
 - anexe gospodărești și construcții provizorii în toate zonele seismice.
- II. Pentru executarea tuturor *elementelor nestructurale* de construcție din zidărie, în clădiri din clasele de importanță I și II, indiferent de accelerația terenului pentru proiectare a_g , se vor folosi numai elemente pentru zidărie din categoria I. Pentru clădirile din clasele de importanță III și IV și pentru anexe gospodărești și construcții provizorii pot fi folosite și elemente pentru zidărie din categoria II (cu excepția zidăriilor care rămân aparente).

CAPITOLUL 2. BAZELE PROIECTĂRII

C.2.1. CERINȚE GENERALE DE PROIECTARE

Cerințele fundamentale pe care trebuie să le satisfacă toate clădirile din țările membre al Uniunii Europene au fost stabilite prin **Directiva 89/106/CEE** - cunoscută sub numele de **Directiva privind produsele pentru construcții** (engl. *Construction Directive Products - CPD*)- adoptată de Comunitatea Europeană pentru "*a favoriza libera circulație a produselor și serviciilor de construcții în țările Uniunii Europene*". Aceste cerințe, care au fost preluate în "**Legea privind calitatea construcțiilor**" nr.10/1995, cu modificările ulterioare, sunt următoarele:

- *Rezistența mecanică și stabilitate*
- *Securitate la incendiu*
- *Igienă, sănătate și mediu*
- *Siguranța în exploatare*
- *Protecție împotriva zgomotului*
- *Economie de energie și izolare termică.*

În prezent (2013) această Directivă a fost înlocuită cu Regulamentul nr.305/2011 [REGULATION (EU) No 305/2011 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 9 March 2011 laying down harmonised conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC] care a adăugat o cerință suplimentară referitoare la:

- *Folosirea rațională (sustenabilă) a resurselor naturale.*

Această ultimă cerință include explicit și cerința de "*durabilitate*", ceea ce înseamnă că satisfacerea cerințelor utilizatorilor (cele esențiale și eventual și altele) trebuie asigurată pe întreaga durată de exploatare prevăzută prin temă, dacă sunt respectate condițiile de exploatare și de întreținere stabilite prin proiect.

C.2.1.(1)

Proiectarea complexă a clădirilor cu pereți structurali și nestructurali din zidărie și cu panouri de zidărie înrămată în cadre de beton armat/oțel urmărește în primul rând satisfacerea simultană a celor șapte cerințe esențiale stabilite prin Legea Nr.10/1995, cu modificările ulterioare. În aceste condiții dimensiunile finale ale părților/subansamblurilor/elementelor de construcție prevăzute în proiecte trebuie să corespundă valorii celei mai mari care rezultă din calculul de specialitate sau din prevederile constructive corespunzătoare tuturor celor șapte cerințe esențiale. Astfel, grosimea minimă de 240 mm a pereților structurali din zidărie, stabilită în acest Cod pentru satisfacerea cerinței de "*rezistență mecanică și stabilitate* trebuie să fie corectată, de exemplu, pentru a satisface cerința de *izolare termică* în cazul pereților exteriori (dacă nu se prevede un alt strat de material izolator). Cerințe similare pot interveni pentru realizarea izolării împotriva zgomotului. Din acest motiv, se recomandă ca alegerea grosimii pereților în faza de proiectare preliminară arhitectural-structurală să se facă având în vedere satisfacerea tuturor cerințelor esențiale.

C.2.1.(2)

Principiile și regulile de bază date în Codul **CR 0-2012** sunt, practic, armonizate cu prevederile din standardul **SR EN 1990**, ceea ce creează premisele continuității utilizării

metodelor și procedeele de proiectare propuse în Codul **CR 6-2013**, până la o ulterioară revizuire a codului **CR 0 - 2012**.

C.2.1.1. Siguranța structurală, siguranța în exploatare și durabilitatea

C.2.1.1.(1)

Proiectarea pentru satisfacerea cerinței de *Rezistență mecanică și stabilitate* urmărește în primul rând menținerea integrității fizice (absenței avariilor) pentru cele mai probabile condiții de solicitare în exploatarea normală. În cazul solicitărilor rare, cu caracter excepțional, cum sunt cutremurele, se admite producerea unor avarii limitate și reparabile. Prin adoptarea unei alcătuirii arhitectural-structurală favorabile, în cazul cutremurelor de proiectare, disiparea energiei seismice trebuie să se facă prin mecanisme convenabile, care să conducă la un răspuns seismic optim pentru condițiile de severitate a hazardului seismic de la amplasament. Prin proiectare, răspunsul seismic al clădirii (nivelul de performanță seismică) trebuie să fie calibrat în raport cu clasa de importanță-expunere a clădirii și cu nivelul hazardului seismic la amplasament (stabilite conform Codului **P 100-1/2013**).

Alcătuirea și detalierea structurii trebuie să aibă în vedere și excluderea pericolului de *prăbușire progresivă* în cazul unui fenomen neprevăzut (explozie/incendiu). Nivelul de siguranță al clădirii corespunzător cerințelor esențiale și eventualelor cerințe suplimentare ale investitorului/beneficiarului se realizează prin:

- concepția de ansamblu arhitectural-structurală a clădirii;
- utilizarea unor modele și metode de calcul/dimensionare adecvate solicitărilor;
- alegerea corespunzătoare a materialelor;
- execuția clădirii cu respectarea regulilor tehnice/tehnologice adecvate.

Deteriorarea în timp a nivelului de siguranță inițial sub efectul condițiilor normale de exploatare (asigurarea *durabilității*) se evită/se limitează prin:

- alegerea materialelor conform cerințelor de durabilitate formulate la **Cap.4**;
- respectarea condițiilor de exploatare stabilite prin tema de proiectare;
- efectuarea inspecțiilor și a lucrărilor de întreținere și de reparații curente în exploatare.

C.2.1.2. Proiectarea duratei de exploatare și durabilitatea

C.2.1.2.(1)

Durata de exploatare a clădirilor cu structura din zidărie trebuie să fie stabilită în concordanță cu durata de viață a tuturor clădirilor, recomandată în tabelul 2.1 din Codul **CR 0-2012**.

Tabelul 2.1. (**CR 0-2012**)

Durata de viață proiectată a structurii construcției, în ani	Exemple
≥ 100	Structuri pentru clădiri monumentale, și construcții ingineresti importante
50 - 100	Structuri pentru clădiri și alte construcții curente
15 - 30	Structuri pentru construcții agricole sau similare
10-25	Părți de structură care pot fi înlocuite
10	Structuri temporare

Evident, experiența utilizării clădirilor cu pereți structurali din zidărie arată că perioadele menționate în tabel sunt mult depășite chiar în condițiile în care alcătuirile structurale au fost inadecvate iar materialele au avut rezistențe slabe/modeste.

Datele recensământului construcțiilor din 1992, care sunt puțin modificate față de datele recensământului din anul 2002, au pus în evidență existența unui număr însemnat de clădiri din zidărie a căror vechime depășește 60÷80 de ani.

C.2.2. CONDIȚII TEHNICE PRIVIND REZISTENȚA ȘI STABILITATEA STRUCTURILOR / ELEMENTELOR DE ZIDĂRIE

C.2.2.1. Condiția de rezistență

Condiția de rezistență a structurilor din zidărie pentru solicitările verticale, permanente și utile, este satisfăcută, de regulă, dacă sunt respectate cerințele/limitările constructive din Codul **CR 6-2013**.

În cazul solicitărilor seismice, satisfacerea condiției de rezistență trebuie verificată prin calcul, așa cum cere Codul **P 100-1/2013**, chiar dacă sunt îndeplinite cerințele și/sau limitările constructive stabilite în Codul **CR 6 - 2013** și în Codul **P 100-1/2013**.

Verificarea prin calcul a condiției de rezistență pentru acțiunea seismică nu este obligatorie pentru "*clădirile simple din zidărie*" care îndeplinesc condițiile speciale de alcătuire stabilite prin Codul **P 100-1/2013**, Cap.8.

C.2.2.3. Condiția de stabilitate

C.2.2.3.(2)

O atenție specială în ceea ce privește asigurarea stabilității pereților din zidărie (structurali, nestructurali și a panourilor de zidărie înrămată) trebuie acordată elementelor de construcție rezemate "în consolă" (calcane, frontoane), precum și în cazul pereților care nu sunt încărcați direct (pereții "de contravântuire") în cazul clădirilor cu planșee cu rigiditate nesemnificativă (planșee cu grinzi și podină din lemn, planșee cu grinzi și corpuri de umplutură și similare).

C.2.2.4. Condiția de rigiditate

C.2.2.4.(1)

Limitele acceptabile ale deformațiilor inelastice ale elementelor structurale (driftul limită) depind de tipul elementelor pentru zidărie. Este posibil ca driftul limită (**0.005h**) prevăzut în Codul **P 100-1/2013** pentru verificările la **SLS** să nu fie satisfăcător pentru toate tipurile de elemente pentru zidărie, în particular pentru zidăriile cu elemente ceramice din grupa **2S** și pentru cele cu elemente din **BCA**. De exemplu, așa cum rezultă din încercările pentru elementele din **BCA** [Zepeda,J.A.,Otálora,A.M., Alcocer,S.M. *Estudio de evaluación de las propiedades mecánicas del sistema Hebel*, Centro Nacional de Prevención de Desastres, Mexic, Abril 1998] ruperea se produce la o deformăție specifică unghiulară mai mică de 1.5‰ iar ruperea este de tip fragil, fără palier, după atingerea efortului tangențial maxim.

Argumentele de mai sus impun verificarea obligatorie a compatibilității deformațiilor structurii cu deformațiile admisibile ale elementelor pentru zidărie în cazul panourilor de umplutură la cadre și în cazul pereților nestructurali neînramați.

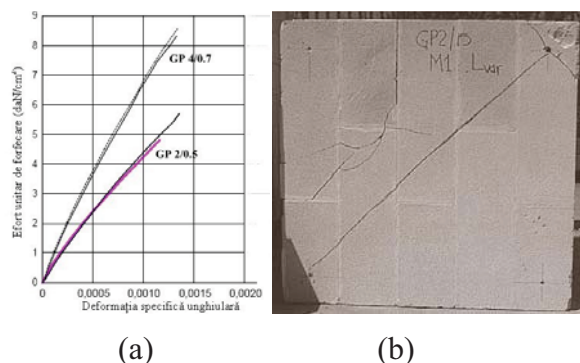


Figura C.1. Ruperea prin forță tăietoare panourilor de zidărie cu elemente (blocuri) din BCA [Zepeda, J.A., Otálora, A.M., Alcocer, S.M. *Estudio de evaluación de las propiedades mecánicas del sistema Hebel*, Centro Nacional de Prevención de Desastres, Mexico, Abril 1998]

C.2.2.5. Condiția de ductilitate

Ductilitatea locală a pereților structurali nu poate fi asigurată dacă se folosesc elemente pentru zidărie care nu au **robustețea** necesară cerută de standardul **SR EN 1998-1**. În particular, ductilitatea locală a pereților din zidărie nu poate fi asigurată cu elemente cu pereți subțiri care cedează la deformații specifice mici (uneori circa $1.0 \div 1.2\%$) prin ruperea pereților interiori urmată de desprinderea pereților exteriori.

Ruperile cu caracter fragil la care se referă prevederea din acest articol sunt de două categorii:

- ruperea unui element structural (de exemplu, ruperea în scară/în "X" a pereților/spaleților din forță tăietoare - figura C.2a);
- ruperea locală a zidăriei prin depășirea capacității de rezistență a elementelor (de exemplu, expulzarea fețelor laterale ale elementelor pentru zidărie cu goluri- figura C.2b) [Tomazevic, M., Bosiljkov, V., Lutman, M. *Masonry research for Eurocodes Meeting CIB W023, Wall structures*, Padova 2003].

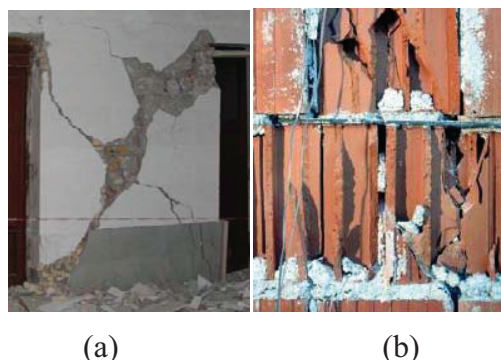


Figura C.2. Ruperi fragile ale pereților din zidărie cu elemente din argilă arsă

C.2.3. PRINCIPIILE PROIECTĂRII LA STĂRI LIMITĂ ULTIME PENTRU CLĂDIRILE DIN ZIDĂRIE

C.2.3.(1)

Principiile proiectării la stări limită au fost introduse în România prin standardul român **STAS 10100-75** (în prezent abrogat) și au fost utilizate în toate reglementările ulterioare pentru proiectarea construcțiilor din toate materialele, inclusiv din zidărie (**STAS 10104** și **STAS 10109** -toate edițiile -, în prezent abrogate).

Aceleași principii, reformulate în Codul **CR 0-2012**, se află și la baza Codului **CR 6-2013** și a **Eurocodurilor** structurale (inclusiv cele din seria **SR EN 1996** pentru proiectarea clădirilor din zidărie) astfel încât Codul **CR 6-2013** și reglementările armonizate **SR EN** **nu aduc nici o modificare a conceptelor de bază privind siguranța construcțiilor și a principiile de evaluare a acestora care sunt cunoscute deja, de mult timp, de inginerii structuriști din România.**

C.2.3.(2)

Prevederile referitoare la siguranța zidăriilor în diferite etape ale execuției trebuie să fie corelate cu tehnologiile de construcție utilizate și cu condițiile concrete în care se desfășoară execuția. De exemplu, în cazul execuției pe timp friguros se va ține seama de faptul că este necesar un timp mai lung pentru atingerea unei anumite rezistențe a mortarului și/sau a betonului. Din acest motiv, specificațiile tehnice referitoare la siguranța în cursul execuției trebuie formulate de proiectantul structurii împreună cu executantul, pe baza particularităților procedurilor tehnologice adoptate de acesta din urmă.

C.2.4. VARIABILE DE BAZĂ

C.2.4.1. Acțiuni

Referitor la evaluarea și gruparea acțiunilor, a se vedea Codul **CR 0-2012** și precizările de la alineatele următoare.

C.2.4.1.(4)

Precizarea din (b) din acest paragraf are în vedere faptul că în standardul **SR EN 1991-1-1** și Anexa Națională nu există nici o prevedere referitoare la verificarea rezistenței pereților sub efectul încărcărilor provenite din greutatea obiectelor suspendate. În cazul pereților nestructurali subțiri (de exemplu, din elemente – cărămizi- așezate pe cant), greutatea mobilierului (rafturi de bibliotecă, dulapuri de bucătărie) sau a echipamentelor (boilere) poate reprezenta o încărcare „critică” în gruparea fundamentală, care să „condiționeze” alegerea grosimii peretelui sau a rezistenței zidăriei.

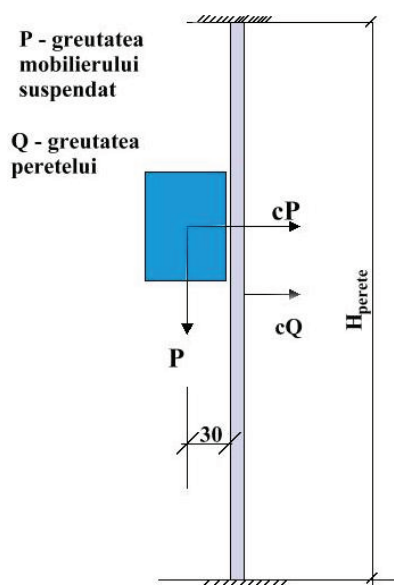


Figura C.3. Încărcarea pereților din zidărie cu mobilier/echipament suspendat

C.2.4.2. Caracteristicile fizice și mecanice ale materialelor și produselor

C.2.4.2.1. Proprietățile materialelor și produselor

C.2.4.2.1.(2)

Legea constitutivă ρ - ϵ a zidăriei solicitată la compresiune și valorile limită ale eforturilor unitare normale și ale deformațiilor specifice asociate definesc modul de comportare - ductil/fragil- al zidăriei și particularitățile asocierii zidăriei cu betonul armat. Prevederile referitoare la calculul secțiunilor de zidărie la forță axială și încovoiere în planul median al pereților date la paragraful 6.6.3 din acest Cod sunt valabile numai dacă forma legii constitutive ρ - ϵ este cea din figura 4.3 din Codul CR 6-2013 - de tip elasto-plastic cu ductilitate limitată- astfel încât să poată fi utilizată ipoteza simplificatoare a blocului dreptunghiular al eforturilor unitare de compresiune. În cazul zidăriilor cu legi constitutive de tip fragil (relație ρ - ϵ liniară până la rupere) această ipoteză nu mai este valabilă și, în consecință, relațiile de calcul din paragraful 6.6.3. din Cod au fost reformulate în mod corespunzător.

În prezent, pentru standardul EN 1996-1-1, comitetul tehnic CEN/TC250-SC6, care are mandatul elaborării/revizuirii standardelor europene din seria EN 1996, nu a prevăzut nici o alternativă pentru calculul zidăriilor care au lege ρ - ϵ de tip "*fragil*".

C.2.4.2.2. Valorile caracteristice ale rezistențelor materialelor

C.2.4.2.2.(1)

Pentru proiectarea construcțiilor conform Codului CR 0-2012, proprietățile mecanice ale materialelor se definesc, pe baze statistice, prin:

- valoarea medie;
- abaterea standard;
- legea de distribuție a valorilor.

Dacă într-o serie de "n" încercări pentru determinarea unei anumite proprietăți mecanice a zidăriei (rezistența de rupere la compresiune sau la forfecare, de exemplu) se obțin rezultatele R_i , **valoarea medie** a seriei, R_{med} , se calculează cu relația:

$$R_{med} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \quad (C.1)$$

Împrăștierea rezultatelor individuale față de valoarea medie, $\delta R_i = R_i - R_{med}$, este o măsură a omogenității proprietăților zidăriei și definește **abaterea standard** a valorilor caracteristicii mecanice respective prin relația:

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta R_i^2}{n}} \quad (C.2)$$

Raportul:

$$v_R = \frac{\sigma_R}{R_{med}} \quad (C.3)$$

reprezintă **coeficientul de variație** al rezultatelor seriei de încercări.

Valoarea medie și, în special, abaterea standard (sau coeficientul de variație) constituie indicatori de **calitate** a caracteristicilor mecanice ale zidăriei. Din acest motiv unele

reglementări tehnice limitează superior valoarea acceptabilă a coeficientului de variație al materialelor pentru zidărie. Astfel, atât Codul **CR 6-2013**, cât și standardul **SR EN 1996-1-1**, limitează coeficientul de variație al rezistenței la compresiune a elementelor pentru zidărie la valoarea $v_R = 0.25$.

Orientativ, calitățile zidăriei, dar și ale materialelor constitutive, pot fi apreciate prin următoarele valori semnificative ale coeficientului de variație:

- $v_R = 0.10 \rightarrow$ calitate excelentă;
- $v_R = 0.15 \rightarrow$ calitate normală;
- $v_R = 0.20 \rightarrow$ calitate mediocră;
- $v_R = 0.25 \rightarrow$ calitate slabă.

Definiția rezistenței **caracteristice** (R_k) a zidăriei dată de standardul **SR EN 1996-1-1** care a fost adoptată și în Codul **CR 6-2013** este următoarea:

"Valoarea rezistenței zidăriei a cărei probabilitate de a nu fi atinsă este de 5% într-o serie de încercări presupusă (ipotetic) nelimitată"

Definiția de mai sus se aplică rezistențelor zidăriei în raport cu toate solicitările (compresiune, întindere, forfecare, încovoiere).

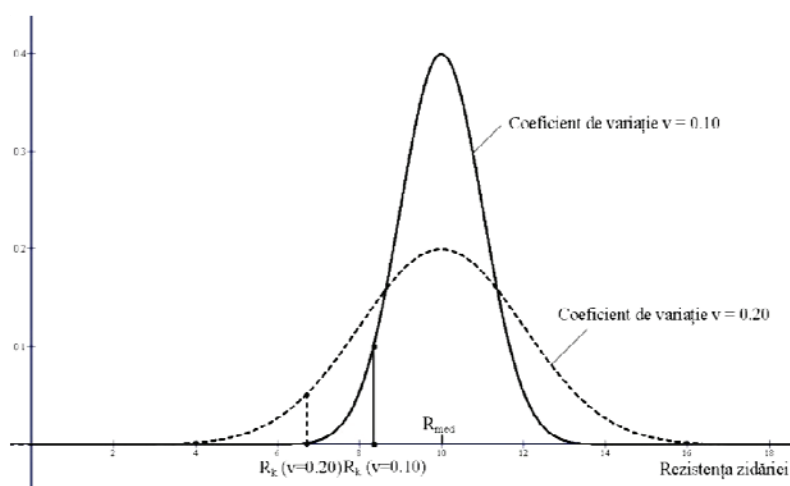


Figura C.4. Definiția statistică a rezistențelor zidăriei

Conform acestei definiții, și dacă se acceptă ipoteza distribuției normale a seriei de rezultate, **rezistența caracteristică** se calculează din valorile **rezistenței medii** și a **coeficientului de variație** prin relația:

$$R_k = R_{med} (1 - 1.645 v_R) \quad (C.4)$$

În figura C.4 sunt reprezentate repartițiile statistice **normale** cu coeficienți de variație $v_R = 0.10$ și $v_R = 0.20$ pentru o zidărie cu rezistența medie la compresiune $R_{med} = 10 \text{ N/mm}^2$.

Din formula (C.4) rezultă următoarele valori ale rezistenței caracteristice:

- $R_k = 8.35 \text{ N/mm}^2$ pentru $v_R = 0.10 \Rightarrow R_k / R_{med} \approx 0.83$
- $R_k = 6.71 \text{ N/mm}^2$ pentru $v_R = 0.20 \Rightarrow R_k / R_{med} \approx 0.67$

Diferența între cele două valori caracteristice arată că, pentru a se obține același nivel de siguranță, în cazul zidăriilor cu calitate mediocră ($v_R = 0.20$) este necesar ca dimensionarea să se facă folosind o rezistență de proiectare mai mică cu circa 22% decât pentru zidăriile de

calitate excelentă ($v_R = 0.10$). În multe cazuri, în practică, această diferență poate impune adoptarea unor dimensiuni mai mari pentru elementele de construcție respective.

C.2.4.2.3. Valori de proiectare ale proprietăților mecanice ale zidăriei

C.2.4.2.3.(2)

Conform definițiilor din Codul **CR 0-2012** și din standardul **SR EN 1990:2004**, preluate și în standardul **SR EN 1996-1-1**,

"coeficientul parțial pentru material (γ_M) ține seama de incertitudinile modelului și de variațiile dimensionale"

și

"acoperă posibilitatea de abatere nefavorabilă a caracteristicii materialului sau produsului de la valoarea ei caracteristică".

Având în vedere sporirea intervalului mediu de recurență (**IMR**) al cutremurului pentru proiectarea clădirilor la starea limită ultimă (**ULS**), prin care această acțiune devine un **eveniment rar** pe durata de existență a construcție (stabilită la 50 de ani conform Codului **CR0-2012**), s-a impus diferențierea coeficienților parțiali de siguranță pentru zidărie.

Rezistențele de **proiectare** ale **pereților structurali** la starea limită ultimă (**ULS**), pentru **gruparea fundamentală** și pentru **gruparea accidentală** de încărcări, se determină cu valorile γ_M date în tabelul 2.1 din Codul **CR 6-2013**, pentru situația persistentă de proiectare și pentru situația tranzitorie de proiectare.

Notă. Aceste valori nu s-au modificat față de ediția **CR 6-2006**.

Rezistențele de **proiectare** ale **pereților structurali** la starea limită ultimă (**ULS**), pentru **gruparea seismică de încărcări**, se calculează pe baza rezistențelor **caracteristice** folosind valorile coeficienților parțiali de siguranță γ_M din tabelul 8.13 din Codul **P 100-1/2013**.

Tabelul 8.13 (**P 100-1/2013**)

Categorია elementelor	Mortar	Tipul controlului la execuție		
		Redus	Normal	Special
Categorია I	De rețetă (G) preparat la șantier	2.4	2.2	1.9
	De rețetă (G) preparat sau semifabricat industrial	2.2	1.9	1.8
	Performant (T) și (G)	---	1.8	1.8
Categorია II	De rețetă (G) preparat la șantier	2.7	2.5	2.2
	De rețetă (G) preparat sau semifabricat industrial	2.4	2.2	2.0

În cazul **componentelor nestructurale din zidărie** verificarea condiției de siguranță pentru starea limită ultimă (**USL**) la eforturile din **gruparea seismică de încărcări** se face cu următoarele valori ale coeficientului parțial de siguranță pentru material:

- componente nestructurale atașate anvelopei (**A1z**) și pereți de închidere (de fațadă) înrâmați în cadre și neînrași (**A2z**): $\gamma_M = 1.9$;
- pereți de compartimentare (interiori) înrâmați în cadre și neînrași (**A3z**): $\gamma_M = 1.5$.

În acest caz, pentru eforturile provenite din încărcările din gruparea **fundamentală** și gruparea **accidentală** de încărcări se folosesc coeficienții parțiali de siguranță din Codul **CR 6-2013** (tabelul 2.1).

C.2.4.2.3.1. Valori de proiectare ale rezistențelor zidăriei pentru starea limită ultimă (ULS)

C.2.4.2.3.1.(1)

În cazul în care coeficientul de siguranță adoptat este $\gamma_M = 2.2$, în proiect trebuie să se menționeze explicit condițiile pentru materiale date în acest articol al Codului iar controlul execuției trebuie să confirme calitățile stabilite de standardele/reglementările tehnice și specificate de proiectant. Aceste precizări se fac conform *Anexei I* la acest Cod.

Asigurarea și controlul calității execuției prezintă avantaje pentru toți participanții la procesul de construcție (investitor, proiectant, și executant).

Principalul avantaj este acela că se creează condițiile ca structurasă fie realizată în conformitate cu prevederile din planuri și din caietele de sarcini și, implicit, să aibă nivelul de siguranță care rezultă din aplicarea reglementărilor de proiectare.

Controlul trebuie să se refere la calitatea materialelor folosite, la poziționarea / detalierea armăturilor, la execuția zidăriei (în special raportul de țesere, umplerea rosturilor cu mortar și betonarea elementelor de confinare) și la încadrarea în toleranțele geometrice prevăzute în documentele tehnice.

Dacă din considerente economice și/sau tehnologice investitorul optează pentru materialele prevăzute în alineatul (2), proiectantul va dimensiona structura cu coeficientul de siguranță pentru material $\gamma_M = 2.5$, cu consecințele respective privind dimensiunile elementelor de zidărie și cantitatea de armătură rezultate din calcule.

C.2.4.2.3.1.(2)

Sporirea valorii coeficientului γ_M în cazul zidăriilor executate cu elemente din clasa II și/sau cu mortare preparate pe șantier are în vedere probabilitatea sporită de nerealizare a rezistenței specificate în cazul acestor materiale. Există, de exemplu, o probabilitate ridicată de nerealizare a rezistenței mortarelor "de rețetă" preparate la șantier datorită controlului insuficient al calității componentelor și, de multe ori, datorită dozajului aproximativ al acestora.

C.2.4.2.3.1.(3)

Valoarea adoptată în acest Cod pentru coeficientul γ_M la zidăria cu elemente din clasa II-a corespunde condițiilor normale de control care se precizează în reglementările tehnice privind executarea și urmărirea execuției lucrărilor din zidărie, în vigoare. Valoarea este sporită și în cazul folosirii mortarelor preparate la șantier.

În standardul **SR EN 1996-1-1** valorile coeficientului parțial pentru material sunt stabilite în funcție de condițiile de control, grupate în 5 clase, pe baza criteriilor generale formulate în standardul **SR EN 1990**.

CAPITOLUL 3.MATERIALE

C.3.1. ELEMENTE PENTRU ZIDĂRIE

C.3.1.1. Tipuri de elemente pentru zidărie

C.3.1.1.(1)


Pentru fiecare livrare de elemente pentru zidărie, satisfacerea cerințelor din standardele **SR EN 771-1** și **SR EN 771-4** trebuie să fie confirmată de către furnizor prin aplicarea marcatului **CE**.

Marcajul CE confirmă faptul că elementele respective satisfac condițiile tehnice ale unor specificații tehnice armonizate așa cum sunt definite de legislația europeană pentru comercializarea produselor pentru construcții (Regulament nr.305/2011).

Se subliniază faptul că marcajul CE nu reprezintă un atestat exhaustiv de calitate pentru produsul respectiv și nici nu document care să permită utilizarea acestuia în orice condiții de solicitare care ar putea fi în contradicție cu prevederile specificației tehnice de produs.

În lipsa acestui marcaj, utilizatorul produsului (executantul clădirii) trebuie să aibă în vedere verificarea produselor conform standardelor de încercări aferente fiecărei cerințe (a se vedea și reglementările tehnice privind executarea și urmărirea execuției lucrărilor din zidărie, în vigoare).

Informațiile care trebuie să însoțească loturile de elemente pentru zidărie marcate cu simbolul **CE** și standardele pentru verificarea conformității acestora sunt exemplificate mai jos.

 01234	
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050 11 01234-CPD-00234	
EN 771-1:2011	
Clasa I, HD, xxx·yyy·zz mm element pentru zidărie de argilă arsă	
Dimensiuni: lungime (mm), lățime (mm), înălțime (mm)	
Toleranțe dimensionale:	
Clasa de toleranță:	T1
Clasa de domeniu:	R1
Planeitate:	1,0 mm
Paralelism:	1,0 mm
Configurație: Conform schemei atașate (elemente grupa 1 conform EN 1996-1-1:2005)	
Rezistența la compresiune: media: xx (N/mm ²) (⊥ pe fața de așezare), xx N/mm ² (⊥ pe capăt). (Cat I)	
Stabilitate dimensională: dilatare datorată umidității: NPD	
Aderența: Valoare fixă xx (N/mm ²)	

Conținut de săruri solubile active:NPD (S0)
Reacția la foc: Euroclase A1
Absorbția de apă: xx%
Coefficientul de difuzie al vaporilor de apă: xxx
Izolare acustică împotriva zgomotului aerian direct:
Densitatea aparentă în stare uscată xxxx (D1) kg/m ³
Configurație Ca mai sus
Conductivitate termică: ... xx W/mK ($\lambda_{10,uscat,elem.}$ S1)
Durabilitate împotriva îngheț/dezghețului:F2
Substanțe periculase: a se vedea nota de mai jos

Figura C.5a Marcajul CE pentru elemente din argilă arsă


 01234	
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050 11 01234-CPD-00234	
EN 771-4:2011 Clasa I, xxx·yyy·zz mm element pentru zidărie de beton celular autoclavizat Dimensiuni: lungime (mm), lățime (mm), înălțime (mm) Toleranțe dimensionale: Clasa: TLMB Planeitate: 1,0 mm Paralelism: 1,0 mm Configurație: Conform schemei atașate (elemente grupa 1 conform EN 1996-1-1) Rezistența la compresie: caracteristică..... xx (N/mm ²) (⊥ pe fața de așezare, prisma decupată)(Clasa I) Stabilitate dimensională: variații dimensionale:NPD Rezistența aderenței la forfecare: prin încercări..xx (N/mm ²) Rezistența aderenței la încovoiere: NPD Reacția la foc: Euroclasa A1 Absorbția de apă: A nu se lăsa expus Coefficientul de difuzie al vaporilor de apă: xxx Izolare acustică împotriva zgomotului aerian direct: Densitatea aparentă în stare uscată xxxx kg/m ³ Configurație Ca mai sus Conductivitate termică: ... xx W/mK ($\lambda_{10,uscat,elem.}$ S2) Durabilitate împotriva îngheț/dezghețului: A nu se lăsa expus Substanțe periculase: a se vedea nota de mai jos	

Figura C.5b Marcajul CE pentru elemente din beton celular autoclavizat

C.3.1.2. Gruparea elementelor pentru zidărie

C.3.1.2.1. Gruparea în funcție de nivelul de încredere al proprietăților mecanice

A se vedea comentariul C.1.3.3.

C.3.1.2.2. Gruparea în funcție de caracteristicile geometrice

C.3.1.2.2.(1)

Geometria interioară a elementelor pentru zidărie, care este determinantă atât pentru proprietățile mecanice ale acestora cât și pentru proprietățile fizice care contribuie la satisfacerea altor categorii de cerințe (izolare termică, acustică, etc.), este definită de următorii parametri (a se vedea figura 3.1 din Cod):

- aria golurilor:
 - aria totală a golurilor $\rightarrow \Sigma A + \Sigma a$ (în procente din aria brută);
 - aria fiecărui gol $\rightarrow A$ și a (în procente din aria brută);
- poziția golurilor în raport cu rostul orizontal al zidăriei: vertical (perpendicular pe rostul de așezare) sau orizontal (paralel cu rostul de așezare);
- grosimea pereților:
 - grosimea minimă a pereților interiori (t_i) și exteriori (t_e) în mm;
 - grosimea cumulată a pereților interiori (Σt_i) și exteriori (Σt_e) pe fiecare direcție (în procente din dimensiunea elementului pe direcția respectivă);
- geometria pereților interiori;
- geometria fețelor exterioare.

Grosimea cumulată este grosimea pereților interiori și exteriori, măsurată orizontal, transversal elementului, la unghiuri drepte pe fața peretelui. În cazul golurilor conice sau a celor celulare, se utilizează valoarea medie a grosimii pereților interiori și exteriori. Verificarea trebuie considerată ca un test de calitate și necesită a fi repetată numai în cazul unor schimbări esențiale la proiectarea dimensiunilor elementelor pentru zidărie.

C.3.1.2.2.(3) și (4)

Prevederile din Codul **P 100-1/2013** au în vedere asigurarea **robusteții** elementelor pentru zidărie, așa cum cere standardul **SR EN 1998-1**, care este determinată, în primul rând, de caracteristicile geometriei interioare a elementelor.

Se subliniază în acest context faptul că experiența curentă în proiectarea zidăriei cu elemente pline nu poate fi extinsă, necondiționat, la proiectarea zidăriei cu elemente cu goluri de diferite tipuri.

Este evident faptul că volumul de goluri și grosimea pereților interiori și exteriori nu afectează în mod semnificativ mecanismul de rupere la sarcini verticale, care sunt încărcările dominante în țările în care s-a dezvoltat producția elementelor cu goluri mari și pereți subțiri. Cercetările de laborator și examinarea situațiilor de avariere în urma unor cutremure puternice au arătat, însă, că modul de cedare al zidăriei la forțe orizontale în planul peretelui depinde, în primul rând și în cea mai mare măsură, de geometria interioară a elementelor pentru zidărie.

Limitarea volumului de goluri are ca scop împiedicarea folosirii elementelor cu goluri mari (elemente din argilă sau din beton) care, datorită avantajelor de privind izolarea termică sunt

folosite, de regulă, în zone neseismice. Limitele propuse în Codul **P 100-1/2013** și în Codul **CR 6-2013** au în vedere comportarea nefavorabilă a elementelor cu pereți subțiri la compresiune și forfecare (în particular caracterul fragil al rupereii prin expulzarea pereților exteriori). Constatările după ultimele cutremure au arătat că elementele pentru zidărie cu goluri verticale și pereți subțiri au avut, în multe cazuri, o comportare nefavorabilă. Din acest motiv mai multe țări au decis ca elementele pentru zidărie folosite în zone seismice să aibă caracteristici ale geometriei interioare cu forme și cu dimensiuni pentru care performanța seismică s-a dovedit a fi favorabilă.

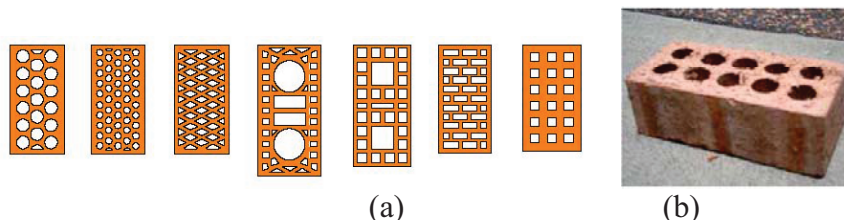


Figura C.6. Elemente pentru zidărie folosite în: (a) America Centrală și (b) America de Sud Australia [Zepeda, J.A., Alcocer, S.M., Flores, L.E. *Earthquake-resistant construction with multi-perforated clay brick walls* 12th WCEE]

În SUA, elementele pentru zidărie din argilă arsă sunt clasificate astfel:

- elemente *pline* pentru care procentul de goluri este $\leq 25\%$ (conform standardelor **ASTM C 62** și **ASTM C 216**);
- elemente *cu goluri*, împărțite în două grupe (conform standardului **ASTM C 652**):
 - cu procent de goluri $25\% < \varphi \leq 40\%$;
 - cu procent de goluri $40\% < \varphi \leq 60\%$.

Pentru ambele grupe de elemente cu goluri, grosimea pereților este stabilită astfel:

- pereții exteriori ≥ 19 mm;
- pereții interiori ≥ 12 mm.

Se observă că grosimea minimă a pereților stabilită de **ASTM** este mult mai mare decât cea stabilită prin **SR EN 1996-1-1** și preluată în Codul **P 100-1/2013**, precum și în Codul **CR 6-2013** ceea ce asigură elementelor o *robustețe* superioară și evitarea ruperilor fragile prin expulzarea fețelor exterioare.

Pentru cărămizile cu goluri verticale, produse în conformitate cu **STAS 5185/2-86** (standard în prezent abrogat), forma și numărul golurilor puteau fi stabilite de către producător, cu respectarea următoarelor condiții:

- Suprafața totală a golurilor să asigure o densitate aparentă mai mică sau egală cu 1500 kg/m^3 . În condițiile în care porozitatea materialului este normală, corespunzătoare densității de 1800 kg/m^3 , rezultă că aria totală a golurilor verticale trebuie să fie de cel puțin 16.66%
- Grosimea pereților exteriori să se încadreze între limitele $15 \text{ mm} \leq t_e \leq 25 \text{ mm}$
- Grosimea pereților interiori să fie $\geq 8 \text{ mm}$
- Aria unui gol dreptunghiular să fie $\leq 600 \text{ mm}^2$ în condițiile în care latura mică trebuie să fie $\leq 14 \text{ mm}$
- Diametrul golurilor circulare să fie $\leq 18 \text{ mm}$

- Abaterile de execuție la grosimea pereților să fie $\leq +20\%$ pentru cărămizile de calitate A și calitate I-a și $\leq +50\%$ pentru cărămizile de calitate II-a; nu se admit abateri negative.

Este evident că, prin condițiile de mai sus, se asigura acestor elemente o **robustețe** superioară în raport cu elementele folosite în prezent fără a îngreia diversificarea opțiunilor tehnologice de producție.

Prevederea referitoare la continuitatea pereților interiori ai elementului pentru zidărie atrage atenția asupra eforturilor suplimentare care rezultă în cazul în care aceștia nu au continuitate în direcție perpendiculară pe planul peretelui. În cazul lipsei de continuitate (figura C.7.b) forțele de compresiune care se dezvoltă în planul peretelui de zidărie produc încovoierea nervurilor interioare ale elementului normal pe planul peretelui.

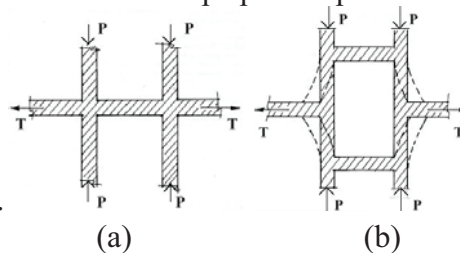


Figura C.7. Efectul continuității pereților interiori la elementele cu goluri verticale

C.3.1.2.3. Gruparea în funcție de profilăția exterioară a elementului

C.3.1.2.3.(1)

În figura C.8 sunt prezentate câteva dintre profilățiile fețelor verticale de tip "nut & feder" ale elementelor care se întâlnesc curent în practică. Este evident că fiecare tip de alcătuire prezintă caracteristici proprii de rezistență și de deformabilitate. Este vorba în primul rând de rezistența la forță tăietoare în planul peretelui și de rezistența la încovoiere perpendicular pe planul peretelui. Forma îmbinării afectează și legea constitutivă $\sigma-\varepsilon$ și modulul de elasticitate longitudinal ale zidăriei. Aceste considerente au stat la baza cerinței formulate în Codul **CR 6-2013** privind comunicarea **obligatorie** de către furnizor a informațiilor respective. În lipsa acestor informații există riscul unor **subdimensionări** periculoase.



Figura C.8. Elemente cu îmbinare verticală tip "nut & feder"

C.3.1.2.4. Gruparea elementelor în funcție de densitatea aparentă în stare uscată

C.3.1.2.4.(3)

Reglementările din alte țări de exemplu, Germania [**DIN V 4165**], SUA [**ASTM C 1386**] și Suedia [**BFS 1998:39**], precum și marii producători de BCA, folosesc încadrarea în **clase** în funcție de două criterii (densitatea în stare uscată și rezistența la compresiune). Acest fapt permite proiectanților corelarea proprietăților esențiale ale zidăriei cu elemente din **BCA** având în vedere următoarele:

1. Rezistența la compresiune a elementelor depinde direct de densitatea în stare uscată a materialului;

2. Specificarea de către proiectant a clasei de rezistență implică necesitatea cunoașterii densității pentru calculul greutatei proprii a zidăriei;
3. Simultan cu rezistența la compresiune, valoarea densității materialului condiționează și următoarele performanțe:
 - izolarea la zgomotul aerian;
 - izolarea termică;
 - rezistența la foc.

C.3.1.2.4.(4)

Valoarea $t_{\text{rost}} = 12 \text{ mm}$ a fost adoptată ținând seama de faptul că aceasta corespunde valorilor optime ale rezistenței la compresiune a zidăriei așa cum rezultă din figura C.9.

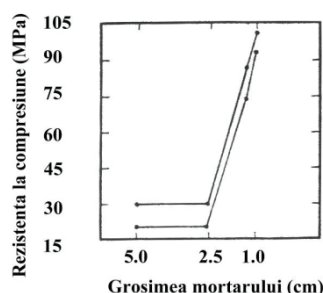


Fig. C.9. Variația rezistenței la compresiune în funcție de grosimea statului de mortar

[Amrhein, J.E. *Reinforced Masonry Engineering Handbook*, Fifth Edition Updated, Masonry Institute of America, 1998]

Pentru evaluarea greutateii pereților tencuiți, tencuiala se în calcul după cum urmează:

- pentru greutatea specifică a mortarului, în lipsa unor date mai precise, se folosesc valorile medii ale intervalelor date în **SR EN 1991-1-1**:
 $\rightarrow \gamma_{\text{mortar}} = 20 \text{ kN/m}^3$
- în cazul pereților într-un singur strat, cu tencuială pe ambele fețe cu grosime standard de 20 mm:
 $\rightarrow g_{\text{tenc}} = 2 \times 0.02 \times \gamma_{\text{mortar}} = 0.8 \text{ kN/m}^2$
- în cazul pereților dublu strat cu gol interior tencuiala se consideră aplicată pe o singură față a fiecărui strat cu grosimea standard de 20 mm.

În aceste condiții, greutatea specifică echivalentă a tencuielii se obține împărțind greutatea celor două straturi de tencuială la grosimea peretelui netencuit.

Pentru tencuiala standard menționată mai sus rezultă valoarea:

$$\gamma_{\text{tenc}} (\text{kN/m}^3) = \frac{2 \times 0.02 \times 20.0}{t} = \frac{0.80}{t} \quad (\text{C.5})$$

unde t este grosimea peretelui netencuit, în metri.

Pentru tencuielile/finisajele speciale se ia în calcul greutatea comunicată de furnizor.

Pentru toate calculele în care intervine greutatea proprie a pereților din zidărie, la valoarea greutateii proprii a zidăriei determinate ca mai sus se adaugă greutatea tencuielii și sporul de greutate corespunzător obiectelor suspendate.

Cu valorile greutateii tencuielii stabilite ca mai sus greutatea proprie a pereților cu elemente ceramice, tencuiți pe ambele fețe, pe m^2 de perete, este următoarea (valori rotunjite):

- **Zidărie cu elemente ceramice plin**

Tabelul C.1

Mortar G și T ($\gamma_{\text{zid}} = 18.0 \text{ kN/m}^3$)

- $t_{\text{zid}} = 63 \text{ mm}$ (nominal 75 mm) $\rightarrow g_{\text{zid}} = 1.95 \text{ kN/m}^2$
- $t_{\text{zid}} = 115 \text{ mm}$ (nominal 125 mm) $\rightarrow g_{\text{zid}} = 2.90 \text{ kN/m}^2$
- $t_{\text{zid}} = 240 \text{ mm}$ (nominal 250mm) $\rightarrow g_{\text{zid}} = 5.10 \text{ kN/m}^2$
- $t_{\text{zid}} = 365 \text{ mm}$ (nominal 375 mm) $\rightarrow g_{\text{zid}} = 7.35 \text{ kN/m}^2$

- **Zidărie cu elemente ceramice cu goluri verticale**

Tabelul C.2

Grosime perete (mm)	25% goluri	45% goluri		55% goluri	
	Mortar G și T	Mortar G	Mortar T	Mortar G	Mortar T
	$\gamma_{\text{zid}}=13.5\text{kN/m}^3$	$\gamma_{\text{zid}}=10.7\text{kN/m}^3$	$\gamma_{\text{zid}}=9.9\text{kN/m}^3$	$\gamma_{\text{zid}}=9.0\text{kN/m}^3$	$\gamma_{\text{zid}}=8.1\text{kN/m}^3$
100	2.15	1.90	1.80	1.70	1.60
150	2.80	2.40	2.30	2.15	2.00
200	3.50	3.00	2.80	2.60	2.40
250	4.20	3.50	3.30	3.05	2.85
300	4.85	4.00	3.75	3.50	3.25
350	5.55	4.55	4.25	3.95	3.65
375	5.90	4.80	4.50	4.20	3.85

În cazul zidăriei cu elemente din **BCA** greutatea peretelui depinde și de rezistența standardizată la compresiune a elementelor (f_b):

- **Zidărie cu elemente din BCA**

Tabelul C.3

Grosime perete (mm)	$f_b = 3.0 \text{ N/mm}^2$		$f_b = 4.0 \text{ N/mm}^2$		$f_b = 5.0 \text{ N/mm}^2$		$f_b = 6.0 \text{ N/mm}^2$	
	$\gamma_{\text{zid}} (\text{kN/m}^3)$		$\gamma_{\text{zid}} (\text{kN/m}^3)$		$\gamma_{\text{zid}} (\text{kN/m}^3)$		$\gamma_{\text{zid}} (\text{kN/m}^3)$	
	Mortar G	Mortar T	Mortar G	Mortar T	Mortar G	Mortar T	Mortar G	Mortar T
	5.25	4.25	6.10	5.10	6.85	5.95	7.65	6.80
100	1.35	1.25	1.40	1.30	1.50	1.40	1.55	1.50
150	1.60	1.45	1.70	1.55	1.85	1.70	1.95	1.80
200	1.85	1.65	2.00	1.80	2.15	2.00	2.35	2.15
250	2.10	1.85	2.35	2.10	2.50	2.30	2.70	2.50
300	2.40	2.10	2.65	2.35	2.85	2.60	3.10	2.85
350	2.65	2.30	2.95	2.60	3.20	2.90	3.50	3.20

C.3.1.3. Proprietățile elementelor pentru zidărie

C.3.1.3.1. Proprietățile mecanice ale elementelor pentru zidărie

Proprietățile de rezistență ale elementelor pentru zidărie, relevante pentru proiectarea construcțiilor din zidărie, sunt:

- Rezistența la compresiune perpendicular pe rostul de așezare și paralel cu acesta
- Rezistența la întindere axială

- C. Rezistența la întindere din încovoiere
- D. Rezistența la forfecare prin lunecare pe rostul orizontal și prin cedare pe secțiune înclinată.

C.3.1.3.1.1. Rezistența la compresiune a elementelor pentru zidărie

Principala caracteristică mecanică a elementelor pentru zidărie este **rezistența la compresiune** care condiționează, în cea mai mare măsură, toate performanțele zidăriei. Rezistența sporită la compresiune a elementelor atrage după sine creșterea rezistenței la compresiune a masivului de zidărie și a modulului de elasticitate al acestuia, precum și îmbunătățirea durabilității zidăriei.

Rezistențele zidăriei la alte solicitări simple (forfecare, întindere axială, întindere din încovoiere) reprezintă fracțiuni din rezistența la compresiune. Valorile acestora cresc odată cu creșterea rezistenței la compresiune dar relațiile respective nu sunt sistematice, așa cum se va arăta în continuare.

Rezistența la compresiune a elementelor pentru zidărie din argilă arsă depinde, în principal, de:

- calitatea materiei prime;
- procesul tehnologic de fabricație: formare, uscare, ardere, răcire.

Un studiu efectuat în Lituania asupra caracteristicilor mecanice și fizice ale cărămizilor din argilă arsă [Kizinievič, V., Petrikaitis, F., Kizinievič, O., *Influence of Technological Factors on the Physical-Mechanical Properties of Clay Masonry Units* Materials Science (Medžiagotyra). V.11, No. 1. 2005] și-a propus cuantificarea influențelor negative și/sau pozitive care se datorează variabilității aleatoare a mai multor factori care intervin în procesul de fabricație.

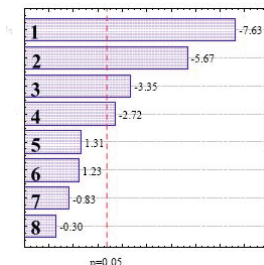


Figura C.10. Factori care influențează rezistența la compresiune a elementelor din argilă arsă
[Kizinievič, V., Petrikaitis, F., Kizinievič, O., *Influence of Technological Factors on the Physical-Mechanical Properties of Clay Masonry Units* Materials Science (Medžiagotyra). Vol. 11, No. 1. 2005]

Cifrele din diagramă se referă la efectele următorilor factori care intervin în procesul tehnologic (cu semnul minus → efecte negative, cu semnul plus → efecte pozitive):

1. Materiale fără plasticitate
2. Impurități
3. Aditivi la ardere
4. Argila
5. Grad de compactare
6. Nivel de vacuumare
7. Eficiența amestecării
8. Durata de ardere.

Din graficul prezentat apare evidentă constatarea că efectele negative cele mai importante rezultă din abaterile de la calitatea pastei din care se formează elementele.

În funcție de calitatea materiei prime și de rigoarea respectării procesului tehnologic, se pot fabrica elemente pentru zidărie din argilă arsă într-o gamă largă de valori ale rezistenței la compresie.

Astfel, în SUA și Canada, elementele ceramice se produc cu rezistențe la compresie între $20 \div 145 \text{ N/mm}^2$ (valorile fabricate în mod curent sunt între $40 \div 70 \text{ N/mm}^2$). Valori ridicate ale rezistenței elementelor se obțin și în alte țări (Italia, India, Australia, etc.).

În prezent, cea mai ridicată valoare declarată a rezistenței la compresie a elementelor din producția națională curentă este de 10 N/mm^2 ca urmare a deficiențelor care se manifestă pe tot lanțul tehnologic. Se reamintește că **STAS 1031-56** (în prezent abrogat) prevedea mărci de cărămidă (rezistențe medii la compresie) până la 200 daN/cm^2 (C200) adică 20 N/mm^2 . În perioada interbelică, în categoria 2-a erau încadrate cărămidile cu rezistența de 100 daN/cm^2 în timp ce cărămida dublu presată avea rezistența de rupere la compresie între $250 \div 350 \text{ daN/cm}^2$ [Asquini, V. *Indicator tehnic în construcții* Ed. Cartea Românească, București, 1938]. Din analiza acestor date, rezultă evident declinul calității elementelor de zidărie, cu consecințe directe asupra performanțelor așteptate ale clădirilor cu structura din zidărie și, probabil, ale clădirilor la care zidăria este folosită numai ca panou înrămat la cadre.

C.3.1.3.1.1.(2)

Deoarece rezistențele la compresie obținute prin încercările efectuate la diferiți producători sunt influențate, în mare măsură, de umiditatea probei în momentul încercării, ca rezultat al modului de condiționare aplicat, precum și de dimensiunile probei, standardul **SR EN 771-1** definește noțiunea de "**rezistența la compresie standardizată**" care ține seama de efectele acestor parametri permițând astfel obținerea unor rezultate echivalente, indiferent de particularitățile elementului testat și de modul de condiționare. În felul acesta, nivelul de asigurare rezultat din calculele de dimensionare/verificare rămâne practic același, indiferent de dimensiunile elementelor folosite.

Standardul **SR EN 771-1** definește noțiunea de rezistență la compresie standardizată astfel:

Rezistența la compresie standardizată, f_b , este rezistența la compresie a elementelor pentru zidărie transformată în rezistența la compresie a unui element pentru zidărie uscat în aer echivalent, cu 100 mm lățime x 100 mm înălțime

Pentru determinarea **rezistenței standardizate f_b** rezultatele încercărilor pe un eșantion oarecare se corectează în funcție de:

1. Procedul de condiționare a epruvetelor
 2. Dimensiunile epruvetelor.
1. În funcție de procedul de condiționare, valoarea medie rezultată din încercări (f_{med}) se corectează cu următorii factori de transformare (δ_{cond}):
- condiționare prin *uscarea în aer* sau *la un conținut de apă de 6%*: $\delta_{cond} = 1.00$;
 - condiționare prin *uscarea în etuvă*: $\delta_{cond} = 0.80$;
 - condiționare prin *imersie*: $\delta_{cond} = 1.20$.

Rezultă valoarea rezistenței medii (f_{med}) corectată în funcție de modul de condiționare a epruvetelor ($f_{med,cond}$):

$$\Rightarrow f_{med,cond} = \delta_{cond} f_{med}$$

2. Pentru stabilirea rezistenței standardizate la compresiune (f_b) rezistența din încercări, transformată în rezistența elementelor condiționate în aer ($f_{med,cond}$), se multiplică cu factorul de formă δ determinat din tabelul A.1 din Anexa A (informativă) la standardul SR EN 772-1:

$$\Rightarrow f_b = \delta f_{med,cond}$$

Factorul de formă δ depinde de înălțimea elementului și de cea mai mică dimensiune orizontală a acestuia.

Introducerea rezistenței *standardizate* prin factorul δ elimină limitările din documentele tehnice anterioare (STAS 10104-75, în prezent abrogat, de exemplu) care erau valabile numai pentru zidării cu înălțimea rândului ≤ 150 mm și permite astfel ca prevederile codului CR 6 și ale standardului SR EN 1996-1-1 să fie valabile pentru toate tipurile de elemente pentru zidărie indiferent de dimensiunile acestora (elimină necesitatea unor reglementări speciale pentru zidăriile cu elemente având înălțimea rândului > 150 mm).

C.3.1.3.1.1.(3)

Obligația de a declara *rezistența standardizată* (f_b) provine din faptul că în toate relațiile de calcul din Codul CR 6-2013 și din standardul SR EN 1996-1-1 se folosește această mărime și nu rezistența medie. La proiectare nu se poate realiza transformarea rezistenței medii în rezistență standardizată deoarece nu sunt cunoscute condițiile de conservare a probelor înainte de încercare care stabilesc valoarea coeficientului de transformare (a se vedea standardul SR EN 772 și comentariul de la paragraful anterior).

C.3.1.3.1.1.(5)

În cazul rezistenței caracteristice definită prin fractilul de 5% (pentru elementele din clasa I), relația între rezistența *caracteristică* (f_{bk}) și rezistența *medie* (f_{med}) este:

$$f_{bk} = f_{med}(1 - kv) \quad (C.6)$$

unde

- v - coeficientul de variație al seriei de rezultate;
- k - coeficient care depinde de numărul probelor din serie (N), care are valorile din tabelul C.4.

În tabelul C.4 sunt date și rapoartele f_{bk}/f_{med} corespunzătoare coeficienților de variație $v = 0.15$ și $v = 0.25$ (valoare care reprezintă limita superioară a neomogenității producției acceptată de unele documente tehnice). În cazul elementelor cu coeficient de variație mare rezultă o diminuare drastică a rezistenței caracteristice (f_{bk}) și, prin urmare, a rezistenței de proiectare (f_{bd}), așa cum rezultă din tabelul C.4 pentru valoarea limită acceptată $v = 0.25$.

Tabelul C.4

N	10	12	16	20	25	≥ 30
k	2.13	2.06	1.98	1.93	1.88	1.645
$f_{bk}/f_{med}(v=0.15)$	0.68	0.69	0.70	0.71	0.72	0.75
$f_{bk}/f_{med}(v=0.25)$	0.47	0.49	0.51	0.52	0.53	0.59
$f_{bk,v=0.25}/f_{bk,v=0.15}$	0.69	0.71	0.73	0.73	0.74	0.79

C.3.1.3.1.1.(6)

Pentru zidăriile solicitate numai de încărcări de tip gravitațional, valoarea relevantă pentru proiectare a rezistenței la compresiune este cea în direcție perpendiculară pe planul rosturilor

orizontale. În cazul zidărilor solicitate de forțe seismice, și în particular pentru zidăriile cu elementele cu goluri, rezistența la compresiune se determină atât perpendicular pe direcția golurilor, cât și paralel cu aceasta, deoarece acțiunea simultană a încărcărilor verticale și a forțelor orizontale din cutremur face să se dezvolte în planul peretelui o stare de eforturi de compresiune bidirecțională, cu o componentă importantă paralelă cu rosturile orizontale (de așezare).

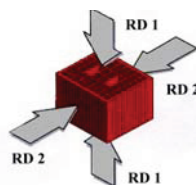


Figura C.11. Determinarea rezistenței la compresiune a elementelor pentru zidărie din argilă arsă cu goluri

RD 1 - perpendicular pe planul de așezare (**D1**) **RD 2** - în planul peretelui (**D2**)

Încercările efectuate asupra cărămizilor cu goluri au arătat diferențe mari de comportare în funcție de direcția de aplicare a sarcinii. Diferențele de rezistență pe cele două direcții cresc odată cu creșterea volumului de goluri.

Un exemplu în acest sens, care justifică și decizia de a nu recomanda utilizarea elementelor cu goluri verticale din grupele 3 și 4 conform clasificării date în standardul **SR EN 1996-1-1**, este dat de încercările care s-au făcut pe cărămizi cu un procent de goluri între 65÷70% [Pereira dos Santos, A.M. *Resistencia das alvenarias à compressao*. Licenciatura em Engenharia Civil, Universidade do Minho, 1998]. Pentru cazul forțelor aplicate perpendicular pe direcția golurilor ruperea a avut un caracter brusc concretizat prin spargerea fețelor exterioare, independent de numărul de goluri. Valoarea efortului unitar de rupere perpendicular pe direcția golurilor a fost de numai 1 N/mm². Același mod de rupere, prin spargerea fețelor exterioare, s-a constatat și în cazul încercării la compresiune paralel cu direcția golurilor dar pentru această solicitare valoarea efortului unitar de rupere a fost de 2÷3 ori mai mare. Particularitățile identificate explică în mare măsură comportarea nefavorabilă a elementelor cu goluri orizontale, chiar și în cazul în care sunt folosite pentru panouri de umplură la cadre din beton armat.

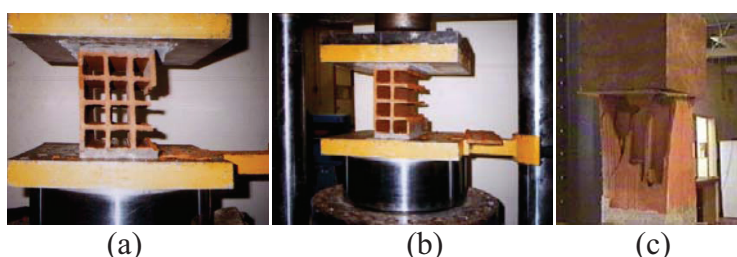


Figura C.12. Ruperea la compresiune a elementelor ceramice cu volum mare de goluri [Pereira dos Santos, A.M. *Resistencia das alvenarias à compressao*. Licenciatura em Engenharia Civil, Universidade do Minho, 1998]

(a) (b) Perpendicular pe direcția golurilor (c) Paralel cu direcția golurilor

Valoarea minimă a rezistenței **standardizate** la compresiune pentru elemente din argilă arsă, stabilită prin **SR EN 771-1** este $f_b = 2.5 \text{ N/mm}^2$.

C.3.1.3.1.1.(7)

Alegerea rezistențelor (f_b și f_{bh}) implică parcurgerea următoarelor etape:

I. Din tabelele 8.2 și 8.3, din Codul **P 100-1/2013** se determină valorile minime necesare f_k și f_{kh} în funcție de accelerația seismică de proiectare a_g a amplasamentului și de înălțimea clădirii (numărul de niveluri peste secțiunea de încastrare).

II. Calculul rezistenței caracteristice a zidăriei la compresiune perpendicular pe rosturile de așezare (f_k) se face conform Codului **CR 6** cu relația:

$$f_k = K f_b^{0.7} f_m^{0.3} \quad (4.1) \text{ (CR 6-2013)}$$

unde notațiile sunt următoarele:

- K - constantă care depinde de tipul elementului pentru zidărie
- f_b - rezistența la compresiune *standardizată* a elementului pentru zidărie, pe direcția normală pe rosturile orizontale, în N/mm^2
- f_m - rezistența medie la compresiune a mortarului, în N/mm^2

III. Valorile f_b și f_m care satisfac relația (4.1) se aleg din tabelele **4.2a ÷ 4.2c** din acest Cod.

IV. Se verifică apoi satisfacerea, conform prevederilor art.4.1.1.2.1 din acest Cod, cu mortarul ales la III, a valorii minime necesare f_{vk0} cerută conform tabelului 8.4 din Codul **P100-1/2013**.

C.3.1.3.2. Proprietăți fizice ale elementelor pentru zidărie

C.3.1.3.2.(1)

Cele trei proprietăți menționate în acest articol joacă un rol important în ceea ce privește rezistența și durabilitatea zidăriilor.

→ Referitor la densitatea aparentă

În funcție de densitatea aparentă în stare uscată, elementele pentru zidărie din argilă arsă sunt clasificate, conform standardului **SR EN 771-1**, după cum urmează:

- Elemente **LD** (engl: **low density**): elemente pentru zidărie din argilă arsă cu densitatea aparentă în stare uscată $\leq 1000 \text{ kg/m}^3$.
- Elemente **HD** (engl: **high density**): elemente pentru zidărie din argilă arsă cu densitatea aparentă în stare uscată $> 1000 \text{ kg/m}^3$ și elemente pentru zidării de fațadă.

Această clasificare are ca scop stabilirea domeniilor și condițiilor de utilizare pentru elementele respective din punct de vedere al cerinței de durabilitate.

Standardul **SR EN 771-1** stabilește obligatia producătorului de a declara densitatea aparentă și absolută în stare uscată a elementelor din clasa **LD**. Aceste valori trebuie să se încadreze în clase de precizie, cu toleranțe de 10% (precizie **normală**), respectiv de 5% (precizie **ridică**tă).

Pentru elementele **HD** cunoașterea densității este necesară numai dacă elementele sunt folosite în pereți care trebuie să asigure cerințe de izolare împotriva zgomotului; în acest caz densitatea aparentă și densitatea absolută trebuie declarate de producător.

Densitatea aparentă a elementelor pentru zidărie se determină conform standardului **SR EN 772-13**.

În cazul elementelor din **BCA**, densitatea depinde de compoziția materialului și de cantitatea de apă înglobată în masa sa.

La sfârșitul procesului de autoclavizare materialul conține apă în proporție de circa 30% din greutate. În timp, după o perioadă de 9÷12 luni, excesul de apă se elimină rămânând un conținut de apă de numai 5 ÷ 8% din masă (denumită **umiditate de echilibru**).

Pentru definirea betonului celular autoclavizat standardul **SR EN 771-4** folosește noțiunea de **densitate aparentă în stare uscată** care se determină conform procedurilor din standardul **SR EN 772-13**.

Această valoare este necesară proiectanților pentru a calcula:

- încărcarea din greutatea proprie;
- izolarea acustică împotriva zgomotelor aeriene (acest calcul implică și cunoașterea **densității absolute în stare uscată**);
- izolarea termică;
- rezistența la foc.

A se vedea și EXEMPLUL NR.1

→ Referitor la absorbția de apă

Capacitatea elementelor pentru zidărie de a absorbi apa din mortar și/sau din mediul ambiant influențează în mare măsură rezistențele mecanice ale zidăriei precum și durabilitatea acesteia.

La executarea zidăriei, elementele, de regulă uscate, vin în contact cu mortarul care conține o anumită cantitate de apă. În funcție de particularitățile structurii elementului pentru zidărie, dar și de proprietățile mortarului, o parte din apa din mortar este absorbită de element până la realizarea unei stări *aparente* de saturație superficială. În cazul în care elementele absorb o cantitate prea mare de apă din mortar este posibil ca, numai cu apa rămasă, reacția chimică a cimentului să nu fie completă rezultând astfel o scădere a rezistenței mortarului la compresiune și, mai ales, a aderenței sale la elementele pentru zidărie.

Pentru a evalua cantitatea de apă preluată de elementele pentru zidărie în momentul punerii în operă se folosește noțiunea de **viteză inițială de absorbție** (engl. **initial rate of absorption-IRA**) definită prin cantitatea de apă absorbită de un element pentru zidărie când elementul este scufundat parțial în apă, timp de un minut, exprimată în kg/m² al suprafeței de contact.

Se apreciază că aderența maximă se obține în cazurile în care cantitatea de apă absorbită într-un minut variază între 250 ÷ 1500 g/m² de suprafață exterioară imersată.

Din aceste considerente, cărămidile care au viteza inițială de absorbție mare (orientativ, mai mare decât 1500 g/m²/minut) trebuie umezite cu câteva ore înainte de punerea în operă și apoi lăsate să se usuce la suprafață.

Un test simplu, care se poate efectua la șantier pentru a determina dacă este necesară umezirea cărămidilor, este propus de un producător american.

"Se desenează pe fața de așezare a elementului un cerc cu diametrul de circa 25 mm. În interiorul acestei suprafețe se picură, cu o pipetă, 20 picături de apă. Dacă după 90 de secunde apa a fost complet absorbită este recomandată umezirea cărămidilor înainte de a fi puse în operă."

Cărămidile care au suprafața uscată dar sunt umede la interior realizează cea mai bună aderență. Dimpotrivă, cărămidile umede pe suprafața exterioară nu permit decât o aderență slabă și totodată sunt dificil de pus în operă deoarece au tendința de a se deplasa pe stratul de mortar.

Aderența cărămizilor cu **IRA** foarte scăzut poate fi egală sau mai ridicată decât cea a cărămizilor cu **IRA** ridicat dacă mortarele se aleg corespunzător. Astfel, aderența cărămizilor cu valoare scăzută **IRA** poate fi îmbunătățită dacă se folosește un mortar cu capacitate mai mică de a reține apa [Gregg Borchelt, J., Tann, J.A. *Bond Strength and Water Penetration of Low IRA Brick and Mortar* Masonry Construction, 2003].

Rezistența la pătrunderea apei nu influențează aderența astfel încât se pot realiza pereți cu cărămizi care au **IRA** redus fără ca aceștia să aibă permeabilitate la apă.

Dacă se folosesc cărămizi pline și manoperă foarte bună, rezistența la pătrunderea apei crește odată cu densitatea cărămizilor și scade odată cu creșterea absorbției cărămizilor.

Standardul **SR EN 771-1** stabilește că viteza inițială de absorbție **trebuie** declarată de producător, dacă această informație este relevantă pentru proiect.

Încercarea pentru determinarea vitezei inițiale de absorbție se face conform **SR EN 772-11** pe un eșantion de 10 elemente selectat conform anexei A la standardul **SR EN 771-1**.

Având în vedere importanța asigurării condițiilor favorabile pentru realizarea aderenței, se consideră că această informație este relevantă, deci obligatorie, în toate situațiile, deoarece determină alegerea de către executant a unui mortar cu capacitate de retenție a apei adecvată vitezei inițiale de absorbție a elementelor pentru zidărie respective.

Cantitatea totală de apă care poate fi absorbită de un element de zidărie este și un indicator de **durabilitate**. Rezistența elementelor pentru zidărie la îngheț-dezgheț depinde de cantitatea de apă care poate pătrunde în porii elementului și care, prin mărirea volumului la temperaturi negative, poate produce deteriorarea acestuia. Această cantitate este definită prin **coeficientul de saturație** care este raportul dintre:

- cantitatea de apă absorbită la o imersare de 24 ore în apă rece
- și
- cantitatea de apă absorbită la o imersare de 5 ore în apă fierbinte.

Condițiile de calitate impuse de reglementările tehnice pentru asigurarea durabilității prevăd limitarea capacității de absorbție. Standardele americane **ASTM C 62**, **ASTM C 216** și **ASTM C 652** prevăd, pentru elementele ceramice, o absorbție de apă caldă de maximum 22% în cinci ore și un coeficient de saturație de maximum 90%. În general, nu se poate stabili o relație între viteza inițială de absorbție (**IRA**), definită ca mai sus, și cantitatea totală de apă care poate fi absorbită de un element.

În cazul elementelor care urmează a fi folosite în zidării expuse mediului exterior fără a fi protejate, producătorul trebuie să declare absorbția de apă pentru lotul respectiv, determinată în conformitate cu Anexa C la standardul **SR EN 771-1**.

Standardele anterioare românești (**STAS 457-86** și **STAS 5185/1-86**-în prezent abrogate) au limitat nivelul absorbției pentru elementele din argilă arsă după cum urmează:

- $8 \div 18$ % pentru elemente pline de calitatea A;
- $8 \div 16$ % pentru elemente cu goluri verticale de calitatea A;
- $8 \div 20$ % pentru elementele de calitatea I-a și a II-a.

Este recomandabil ca produsele folosite să se încadreze între limitele de mai sus chiar dacă standardul **SR EN 771-1** nu cere în mod explicit acest lucru.

Absorbția de apă a elementelor pentru zidărie din beton se măsoară prin cantitatea totală de apă necesară pentru umplerea porilor din corpul elementului.

Din acest motiv betoanele ușoare, care au agregate mai poroase, au o absorbție mai mare decât cea a betoanelor de greutate medie sau normală, cu agregate puțin poroase sau chiar compacte.

În standardele americane se stabilește corelarea cerințelor de rezistență cu cele de absorbție a apei și cu greutatea specifică a betonului.

În tabelul C.5 sunt date valorile minime pentru cerințele absorbției de apă și rezistență la compresiune în funcție de greutatea volumică a betonului pentru elementele din beton conform standardului **ASTM C 90** iar în tabelul C.6 sunt date aceleași valori pentru cărămizile din beton conform standardului **ASTM C 55**.

Tabelul C.5.

Categoría betonului	Densitatea uscată (t/m^3)	Absorbția maximă de apă (kg/m^3)		Rezistența minimă la compresiune pe aria netă (N/mm^2)	
		Media 3elemente	Pentru 1 element	Media 3elemente	Pentru 1 element
Ușor	≤ 1.68	288	320	13.1	11.7
Mediu	$1.68 \div 2.00$	240	272	13.1	11.7
Normal	≥ 2.00	208	240	13.1	11.7

Tabelul C.6.

Rezistența medie la compresiune pe aria brută (N/mm^2)			Absorbția maximă de apă (kg/m^3) - valoare medie pe 3 probe		
Clasa elementului	Media 3 elemente	Pentru 1 element	Beton ușor $\leq 1.68 t/m^3$	Beton mediu $1.68 \div 2.00 t/m^3$	Beton normal $\geq 2.00 t/m^3$
N	24.1	20.7	240	208	160
S	17.2	13.8	288	240	208

Elementele din clasa **N** sunt folosite pentru placarea pereților exteriori unde cerințele referitoare la rezistență ridicată, la pătrunderea umidității și rezistența la îngheț sunt cele mai importante.

→ **Referitor la conținutul de săruri solubile.**

În prezența apei care migrează, existența sulfatilor solubili în apă (sulfatii de sodiu, de potasiu sau de magneziu) conduce, de regulă, la degradarea zidăriei, în special în condițiile unui nivel ridicat de umiditate. De exemplu, prezența unor cantități mari de sulfat de magneziu produce modificarea aspectului exterior, sau chiar degradarea elementelor, prin fenomenul cunoscut sub denumirea de **cripto-eflorescență** (figura C.13b). Fenomenul este datorat cristalizării sărurilor solubile pe suprafața elementelor sau în interiorul acestora, aproape de suprafață și nu trebuie confundat cu **eflorescența** obișnuită care se produce la suprafața elementelor din argilă arsă și care poate fi corectată chiar prin procesul natural de uscare.

Mecanismul degradării zidăriei sub efectul sulfatilor solubili este arătat în figura C.13(a):

1. Zona în care sulfatii sunt dizolvați.

2. Sulfatii dizolvați pătrund în mortar și reacționează cu aluminatul tricalcic (C_3A) din cimentul Portland.
3. Zona în care se produce umflarea și sfărâmarea mortarului.

Aspectul zidăriei care rezultă din agresiunea sulfatică este arătat în figurile C.13(b) și C.13(c).

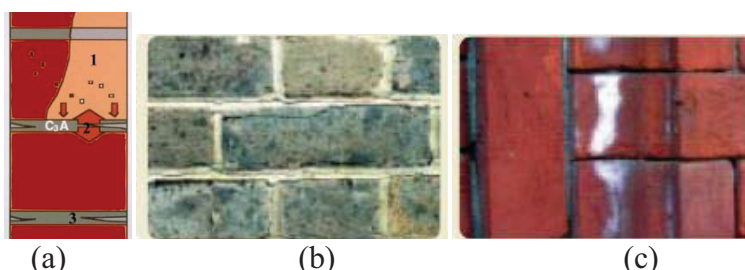


Figura C.13. Degradarea zidăriei din cauza sulfatilor solubili
[Piaggio, J.M. (ed) *Mattoni faccia vista* Produttori Andil Assolaterizi 2003]
(a) Schema acțiunii chimice (b) (c) Aspectul zidăriei

Fenomenul nu se produce dacă pentru fabricarea mortarului se folosește ciment rezistent la acțiunea sulfatilor.

Cunoașterea conținutului de săruri solubile active (sodiu, potasiu, magneziu) este necesară, mai ales, în cazul în care elementele pentru zidărie sunt destinate a fi utilizate cu protecție limitată (de exemplu, numai cu un strat subțire de tencuială).

Valoarea maximă procentuală a acestor substanțe determină clasificarea elementelor pentru zidărie în trei clase (**S0**, **S1**, **S2**), conform standardului **SR EN 771-1**.

Tabelul C.7

Clasa	Procentul total în masă ≤	
	Na^+, K^+	Mg^+
S0	nu se cere	nu se cere
S1	0.17	0.08
S2	0.06	0.03

Utilizarea elementelor pentru zidărie din diferitele clase trebuie să fie corelată cu valorile conținutului de săruri și cu condițiile de expunere. În cazul zidăriilor care rămân neprotejate (aparente), proiectantul trebuie să precizeze explicit clasa elementelor care pot fi utilizate.

Încadrarea elementelor pentru zidărie din punct de vedere al gelivității și al conținutului de săruri solubile, trebuie să fie comunicate de către producător/furnizor în avizul de însoțire a produselor, conform prevederilor din standardul **SR EN 771-1**.

C.3.2. MORTARE

Obținerea zidăriilor de calitate superioară se realizează în mare măsură prin folosirea mortarelor cu performanțe ridicate.

În ansamblul zidăriei, prin umplerea completă a spațiilor dintre elemente, constituind astfel **masivul de zidărie**, mortarul îndeplinește următoarele funcțiuni:

- Asigură legătura între elementele pentru zidărie prin aderență și, după ruperea aderenței, prin frecare.

- Transmite și uniformizează eforturile interioare și unele deformății între elementele pentru zidărie.
- Asigură rezistența mecanică la compresiune, la întindere și la forfecare.
- Asigură protecția împotriva infiltrațiilor de apă și de aer din exteriorul clădirii.
- Participă la imaginea plastică a clădirii prin culoare sau alcătuirea specială a rosturilor (în cazul zidărilor aparente/netencuite).

Totodată, în mortarul dintre elemente se înglobează și se ancorează armăturile și, eventual, piesele de prindere (conectori, ancore).

C.3.2.1. Tipuri de mortare pentru zidărie

C.3.2.1.(3)

Mortarele pentru rosturi subțiri (T) se folosesc în România de puțin timp. Din acest motiv în continuare se prezintă principalele proprietăți ale acestora.

Mortarele pentru rosturi subțiri sunt mortare de ciment cu adaos de polimeri și alte componente speciale care au ca scop limitarea contracției și îmbunătățirea lucrabilității fără creșterea cantității de apă (lucrabilitatea se menține timp de circa două ore). În multe cazuri, în mortare se adaugă diferite tipuri de fibre care le sporesc rezistența și rigiditatea. În cazul în care zidăria rămâne aparentă se poate folosi ciment alb sau se pot introduce coloranți în amestec. Nisipul folosit este foarte fin, cu granule care, de regulă, nu depășesc 1 mm. Mortarul este dozat și amestecat la producător iar la șantier necesită numai adăugarea cantității de apă stabilită prin fișa tehnică. Este folosit la zidării cu grosimea rosturilor de $1 \div 3$ mm dar utilizarea sa necesită prelucrarea fețelor elementelor pentru zidărie pentru înlăturarea denivelărilor din fabricație.

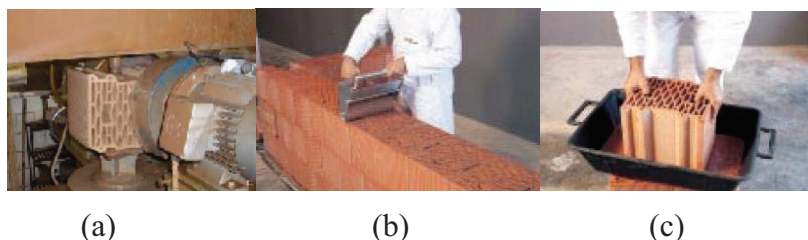


Figura.C.14a. Execuția zidărilor cu elemente ceramice și mortare pentru rosturi subțiri
(a) Șlefuirea suprafeței elementelor pentru folosirea mortarului pentru rosturi subțiri
Aplicarea mortarului pentru rosturi subțiri (b) Prin pensulare (c) Prin imersare



Figura.C.14b. Execuția zidărilor armate în rosturile de așezare cu elemente din BCA și mortare pentru rosturi subțiri aplicat prin pensulare (pentru armare a se vedea și figura C.25b)

Standardul **SR EN 998-2** cere ca dimensiunea granulei de nisip în mortarul pentru rosturi subțiri să fie ≤ 2 mm cu precizarea că producătorul trebuie să declare această dimensiune. Același standard cere ca timpul de punere în operă să fie declarat de producătorul mortarului.

În felul acesta rosturile de mortar, verticale și orizontale, pot avea grosimi de maximum 3 mm ceea ce îmbunătățește performanțele termice ale clădirii.

Mortarele pentru rosturi subțiri se pot aplica cu un dispozitiv de pensulare direct pe fața superioară a elementului deja așezat în perete sau prin imersarea în mortar a elementului care se așează în stratul următor (fig. C.14, b și c).

În funcție de rețeta folosită, mortarul pentru rosturi subțiri se întărește în primele 24 de ore până la valori ale rezistenței la compresiune de circa $3 \div 4 \text{ N/mm}^2$ și poate atinge valori de până la 30 N/mm^2 după 28 de zile de la punerea în operă. Uscarea rapidă și rezistența timpurie ridicată, specifice acestor mortare, permit ritmuri de construcție mai rapide decât mortarele clasice. O proprietate importantă a mortarului pentru rosturi subțiri este permeabilitatea redusă la apă. Ca urmare, migrarea apei din mortar în cărămidă este mai mică ceea ce reduce riscul de eflorescență legat de reacția cărămidă-mortar.

C.3.2.2. Prevederi pentru mortarele pentru zidărie

C.3.2.2.(3)

În practica curentă, pentru construcții obișnuite, proiectarea mortarului se face pe baza conceptului de *rețetă*.

Prin reglementările tehnice se stabilesc unele caracteristici mecanice (de obicei, rezistența la compresiune) care se atribuie, aprioric, mortarelor cu o anumită rețetă (compoziție).

Rețeta stabilește rapoartele cantitative, exprimate, de regulă, în volum, între componentele care urmează să fie incluse în amestecul preparat în instalații industriale sau la șantier.

Pentru mortarele preparate pe baza acestui concept, trebuie să se aibă în vedere că nivelul de calitate prevăzut (rezistența la compresiune, de exemplu) poate fi obținut numai dacă sunt îndeplinite următoarele condiții:

- materialele componente satisfac, fiecare, cerințele standardelor și/sau normelor de produs respective (în particular, cerințele standardelor **SR EN**);
- la fabricarea mortarului există un control riguros privind respectarea proporțiilor stabilite și a tehnologiei de preparare.

C.3.2.3. Proprietățile mortarelor

C.3.2.3.1. Rezistența la compresiune a mortarelor pentru zidărie

C.3.2.3.1.(1)

Valoarea medie a rezistenței de rupere la compresiune a mortarelor variază într-un domeniu foarte larg, în primul rând, în funcție de liantul folosit:

- mortare de var..... $0.1 \div 1.0 \text{ N/mm}^2$
- mortare de ciment-var $1.5 \div 25.0 \text{ N/mm}^2$
- mortare de ciment sau cu polimeri..... $> 25.0 \text{ N/mm}^2$

Împrăștierea mare a rezultatelor se explică prin faptul că rezistența la compresiune a mortarului este influențată de mai mulți factori care, la rândul lor, pot avea variații mari. Dintre acești factori cei mai importanți sunt:

- Grosimea stratului încercat. (a se vedea și comentariul **C.3.1.2.4 (4)**)

Din figura **C.9** rezultă că valoarea rezistenței la compresiune crește rapid dacă grosimea stratului de mortar scade sub 25 mm iar rezistența maximă se obține pentru grosimi care corespund grosimii normale a rosturilor orizontale (circa $10 \div 12 \text{ mm}$).

- Capacitatea de reținere a apei împotriva tendinței de infiltrare în blocuri care, la rândul său, este funcție de tipul liantului.

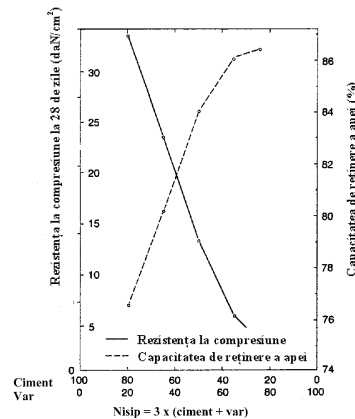


Figura C.15. Variația rezistenței la compresie și a capacității de reținere a apei în funcție de dozajul mortarului

[Davison, J.I. *Masonry Mortar* Canadian Building Digest 163, National Research Council of Canada, Ottawa Ontario, 1974]

- Creșterea în timp a rezistenței la compresie a mortarului depinde, de tipul liantului și de condițiile de păstrare după întărire.

Cercetări mai vechi [Ivianschi, A.M., Ovecichin, A.M., *Elemente de construcție, vol. III Construcții de beton armat și de zidărie*. Editura Căilor Ferate, București 1953] au propus următoarea relație pentru determinarea rezistenței la compresie a mortarului după un număr de zile "z" de la vârsta standard de 28 de zile (dar cel mult 90 de zile):

$$R_z = R_{28} \frac{a}{\frac{28}{z}(a-1)+1} \quad (C.7)$$

în care coeficientul "a" depinde de marca mortarului:

- a = 1.75 pentru mortar M10 și M5
- a = 2.50 pentru mortar M2.5 și M1

Cu acești parametri se pot estima următoarele sporuri ale rezistenței zidăriei cu mortare superioare (M10 și M5) la 60 de zile și respectiv la 90 de zile de la execuție:

$$R_{60}/R_{28} \rightarrow +30\% \text{ și } R_{90}/R_{28} \rightarrow +40\%.$$

Aceste valori sunt orientative și ar putea să nu corespundă cimenturilor contemporane.

Standardul **SR EN 998-2**, definește mortarele în funcție de rezistența *medie* la compresie, exprimată prin litera **M** urmată de valoarea rezistenței la compresie în N/mm² (de exemplu: notația **M5** înseamnă mortar cu rezistența *medie* la compresie $f_m = 5 \text{ N/mm}^2$).

Standardul **SR EN 998-2** prevede șase clase de rezistență (**M1**, **M2.5**, **M5**, **M10**, **M15** și **M20**) și posibilitatea specificării unei clase suplimentare **M_d** cu o valoare a rezistenței la compresie declarată de producător mai mare de 25 N/mm².

Trebuie menționat în mod special și faptul că unele țări din Uniunea europeană nu folosesc această scară de rezistențe, păstrând în continuare valorile tradiționale, de exemplu:

- în Italia, se folosesc mortare **M2**, **M4**, **M8** și **M12** (conform **UNI EN 998-2**, *Anexa națională* și **Norme tehnice 2008**);

- în Anglia se folosesc mortarele **M2, M4, M6 și M12** (conform **BS EN 998-2, Anexa națională**).

În practica mondială există mai multe de procedee pentru încercarea mortarelor la compresiune ceea ce face dificilă compararea valorilor obținute de diferiți cercetători și chiar compararea valorilor incluse în reglementările diferitelor țări.

Astfel, încercările pot diferi în ceea ce privește:

- dimensiunile și forma epruvetelor (cub/cilindru);
- condițiile de turnare (cu sau fără eliminarea apei nelegată chimic);
- condițiile de păstrare până la încercare.

Efectele modificărilor acestor factori pot fi, în unele cazuri, foarte importante. De exemplu, rezistența mortarelor turnate în tipare fără fund ajunge să fie până la dublul celei obținute prin turnare în tipare complet închise, din care nu se elimină apa nelegată chimic.

Standardul european adoptat în România pentru încercarea mortarelor la compresiune este **SR EN 1015-11**. Conform procedurii din acest standard, rezistența la compresiune a mortarului (f_m) se stabilește, ca medie a rezultatelor pe șase prisme de mortar cu dimensiunile 40 x 40 x 160 mm. Încercarea la compresiune este asociată, de regulă, cu încercarea la încovoiere astfel încât rezistența la compresiune a mortarului se determină pe cele două părți rezultate din încercarea mortarului la încovoiere. Când rezistența la încovoiere nu este cerută, părțile utilizate pentru încercarea rezistenței la compresiune, sunt obținute din prisme printr-un procedeu care nu conduce la deteriorarea acestora.

Rezistența mortarului în lucrare este întotdeauna superioară celei măsurate pe epruvete mici. Din acest motiv unii autori consideră că încercările pe cuburi sau prisme nu sunt suficient de elocvente și că încercarea pe panouri de zidărie este mult mai sigură. S-a constatat că, în multe cazuri, mortare cu rezultate nesatisfăcătoare la încercările de laborator au arătat rezistențe superioare în zidărie.

Creșterea rezistenței la compresiune a mortarului din masivul de zidărie în raport cu rezistența pe probe mici, este datorată următoarelor condiții specifice favorabile:

- existența unui raport favorabil între grosimea mică stratului de mortar și lățimea blocului (grosimea straturilor de mortar variază curent între 6 ÷ 15 mm iar lățimea cărămizilor este de circa 115 mm); pe măsură ce crește grosimea stratului de mortar scade rezistența la compresiune a acestuia;
- în masivul de zidărie, elementele împiedică deformația laterală liberă a mortarului (produc un efect de confinare) și, în consecință, crește rezistența de rupere la compresiune a acestuia;
- raportul apă/ciment este mai mic în cazul mortarului din zidărie datorită pierderilor de apă prin absorbția de către elementele pentru zidărie.

În realitate, în multe cazuri, este posibil ca rezistența în *lucrare* a mortarului să fie substanțial redusă față de valoarea teoretică ca urmare a execuției defectuoase care poate afecta în mare măsură unele proprietăți, spre exemplu, aderența.

Testele au arătat că sporirea rezistenței la compresiune a mortarului influențează numai în mică măsură rezistența la compresiune a zidăriei. Această concluzie se regăsește în formula cu care se calculează rezistența la compresiune a zidăriei conform standardului **SR EN 1996-1-1** (a se vedea paragraful **4.2.1.5.1**).

C.3.2.3.1.(2)

Pentru alegerea rezistenței mortarului a se vedea comentariul C.3.1.3.1.1.(7).

C.3.2.3.2. Aderența între elementele pentru zidărie și mortar

C.3.2.3.2.(1)

Dintre proprietățile mortarului întărit, care au un rol important pentru calitatea zidăriei și, implicit, pentru siguranța structurilor din zidărie, trebuie reținută mai întâi **aderența** la elementele pentru zidărie.

Aderența definește legătura între mortarul și elementul pentru zidărie și se cuantifică prin rezistența la smulgere / desprindere a mortarului de pe element.

Pentru masivul de zidărie, mortarul asigură, prin aderență:

- rezistența la eforturile de întindere și/sau forfecare provenite din încărcările exterioare;
- rezistența la eforturile interioare datorate variațiilor dimensionale (din contracție sau din temperatură);
- etanșeitatea la pătrunderea apei și aerului.

În mod simplificat, fenomenul de aderență poate fi explicat prin pătrunderea în porii elementelor pentru zidărie a unui amestec de apă și particule foarte fine de ciment provenit din mortar, care, după hidratare, se întărește formând o peliculă cristalină, cu proprietăți specifice, diferite de cele ale mortarului. Se realizează astfel o legătură intimă, cu caracter complex, de natură mecanică și chimică, a mortarului cu elementul pentru zidărie.

În exploatare, deteriorarea aderenței între mortar și elementele pentru zidărie alăturate se poate produce:

- cu caracter excepțional, în urma acțiunii unor forțe orizontale de intensitate ridicată (cutremur, în cazul României);
- în condiții obișnuite de încărcare, ca urmare a cedării fundațiilor sau a unor deformații produse de variațiile de temperatură.

Ruperea aderenței are caracter fragil și, din acest motiv, în cazul solicitărilor cu intensitate ridicată, se propagă rapid, fără a se putea realiza redistribuirea eforturilor către elementele neafectate.

În cazul în care este produsă de efectele tasărilor sau variațiilor de temperatură, ruperea aderenței nu pune, în general, probleme legate de siguranța structurală a clădirii dar fisurile respective pot constitui surse de pătrundere a apei în cazul în care s-au produs în pereții exteriori.

În toate cazurile, fisurarea rosturilor de mortar, ca urmare a ruperii aderenței, trebuie considerată ca fiind inacceptabilă din considerente estetice.

Valoarea (mărimea) aderenței este condiționată, în măsură mai mică sau mai mare, de numeroși factori care pot fi grupați după cum urmează:

- a. Factori care depind de calitatea elementului pentru zidărie:
 - Viteza inițială de absorbție a apei → Depășirea valorilor limită inferioare sau superioare conduce în general la valori reduse ale aderenței; pe elemente neabsorbante

aderența este aproximativ 50% din cea a mortarului aplicat pe elementele cu capacitate mare de absorbție.

- Textura/rugozitatea și starea suprafeței elementului pe care se aplică mortarul → Aderența este mai bună la cărămizi în comparație cu blocurile din BCA.

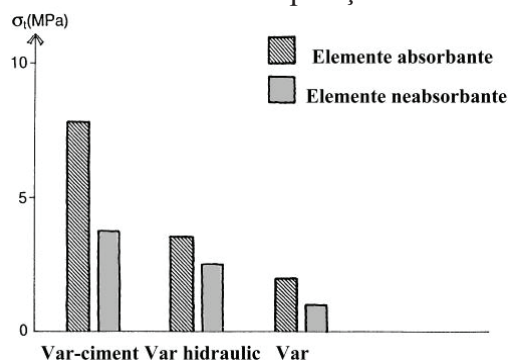


Figura C.16. Variația aderenței mortarelor în funcție de **capacitatea de absorbție** a elementului pe care este aplicat [Sandin, K. *Mortars for Masonry and Rendering, Choice and Application* Building Issues 1995 Vol.7 No.3]

Clasificarea elementelor pentru zidărie în funcție de capacitatea de absorbție folosită în figura C.16 este următoarea:

- Elemente absorbante: elemente uscate din argilă arsă sau din beton.
 - Elemente neabsorbante: elemente umede din argilă arsă sau din beton, piatră neporoasă.
- b. Factori care depind de calitatea mortarului:
- Capacitatea mortarului de a reține apa
→ Dincolo de anumite valori, aderența scade semnificativ.
 - Compoziția mortarului
→ Aderența este mai mare în cazul mortarelor cu dozaj ridicat de ciment.
 - Utilizarea adaosurilor pentru îmbunătățirea lucrabilității
→ Creșterea, peste anumite limite, a cantității de adaosuri de tip *antrenori de aer* reduce aderența.
 - Con tracția la priză și întărire.
→ Afectează, în primul rând, mortarul din rosturile verticale (fără efort de compresiune).
- c. Factori care depind de calitatea execuției:
- Umplerea corectă/completă a rosturilor cu mortar.
 - Starea de curățenie a suprafeței elementelor în contact cu mortarul
→ Existența petelor de ulei sau a altor impurități pe suprafața elementelor împiedică dezvoltarea mecanismului de formare a aderenței.
 - Con dițiile de întreținere a zidăriei până la întărirea mortarului
→ Solicitarea mecanică a zidăriei în stadiul inițial al procesului chimic de dezvoltare a aderenței duce la reducerea sau chiar la anularea acesteia.

În practică, pentru realizarea unei aderențe cât mai bune, trebuie să se țină seama, simultan, de toți acești factori. De exemplu, în cazul elementelor pentru zidărie care au viteza inițială de absorbție a apei (**IRA**) mare, pentru asigurarea cantității de apă necesară pentru reacția chimică a lianților se pot lua una sau mai multe dintre următoarele măsuri:

- folosirea unui mortar cu capacitate ridicată de reținere a apei, rezultat care se poate obține și folosind aditivi speciali [Baker, L.R., (ed) *Australian Masonry Manual*, Sydney, 1991];
- sporirea cantității de apă din mortar;
- umezirea prealabilă a elementelor pentru zidărie din argilă arsă; umezirea nu este necesară în cazul elementelor pentru zidărie din beton.

Forța de aderență, care se opune tendinței de separare a elementelor din masivul de zidărie, manifestată prin formarea fisurilor/crăpăturilor, depinde de doi factori:

- gradul de aderare;
- rezistența unitară de aderență.

Gradul de aderare reprezintă raportul dintre suprafața pe care s-a realizat efectiv aderența mortarului la elementul pentru zidărie și suprafața totală a elementului pe care este aplicat mortarul.

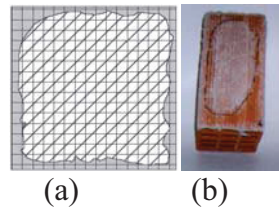


Figura C.17. Aderența incompletă a mortarului pe element
(a) Pe zona poșată nu s-a realizat aderența mortarului la element

[Pluijm van der, R., *Out-of-plane Bending of Masonry Behavior and Strength*, PhD Thesis, Eindhoven University of Technology, 1999]

(b) Element ceramic pe care mortarul nu a aderat complet

[Pereira dos Santos, A.M. *Resistencia das alvenarias à compressão*. Licenciatura em Engenharia Civil, Universidade do Minho, 1998]

În funcție de condițiile concrete de execuție, raportul dintre suprafața pe care se realizează aderența și suprafața totală a probei încercate variază în limite foarte largi. Astfel, cu ocazia încercărilor s-au identificat chiar situații în care acest raport a fost foarte scăzut, aproximativ 1/3 - a se vedea figura C.17b. Suprafața pe care se realizează efectiv aderența este mai mare dacă pierderea apei din mortar este limitată. așa cum se întâmplă în cazul zidărilor realizate cu mortar cu capacitate de retenție a apei suficient de mare și cu elemente pentru zidărie cu rata inițială de absorbție mijlocie. Aceste condiții trebuie să li se adauge o execuție îngrijită mai ales în ceea ce privește umplerea completă cu mortar a rosturilor. Realizarea unui grad de aderare ridicat contribuie în același timp și la asigurarea etanșeității zidăriei deoarece, prin zonele în care nu s-a realizat aderența mortarului la elemente, apa nu este împiedicată să pătrundă în masivul de zidărie.

Rezistența unitară de aderență reprezintă valoarea efortului unitar necesar pentru a rupe legătura (**aderența**) dintre mortar și elementul pentru zidărie.

Se pot identifica două tipuri de rezistențe unitare de aderență:

- Rezistență unitară de aderență **normală** care reprezintă efortul unitar perpendicular pe planul mortarului care produce ruperea legăturii între acesta și elementul pentru zidărie.

- Rezistență unitară de aderență **tangențială** care reprezintă efortul unitar aplicat în planul mortarului care produce ruperea legăturii între acesta și elementul pentru zidărie.

În practica curentă, caracterizarea rezistenței mortarului se face prin valoarea **rezistenței la compresie**, mărime care poate fi ușor determinată prin încercări de laborator, pe cuburi sau pe cilindri.

Din încercările prezentate în continuare, rezultă că, în absența datelor privind aderența la elementele pentru zidărie, specificarea în proiecte numai a rezistenței la compresie nu este suficientă pentru a defini complet calitatea mortarului.

Sunt necesare informații despre ambele caracteristici deoarece, în funcție de compoziția mortarului, raportul dintre rezistența la compresie și aderență poate varia în limite foarte largi. Pentru dozaje ridicate raportul valorilor respective este de $30 \div 40$ iar pentru mortarele slabe raportul este numai 5, așa cum rezultă din figura C.18.

De asemenea, cercetările au arătat că această relație este influențată și de raportul apă/ciment al amestecului [Isberner, *A Properties of Masonry Cement Mortars Designing, Engineering and Constructing with Masonry Products*, F.Johnson, Ed., Gulf Publishing. Houston Tx.1969].

Creșterea raportului apă/ciment, care favorizează **lucrabilitatea**, are două consecințe contradictorii:

- scăderea rezistenței la compresie a mortarului;
- creșterea aderenței.

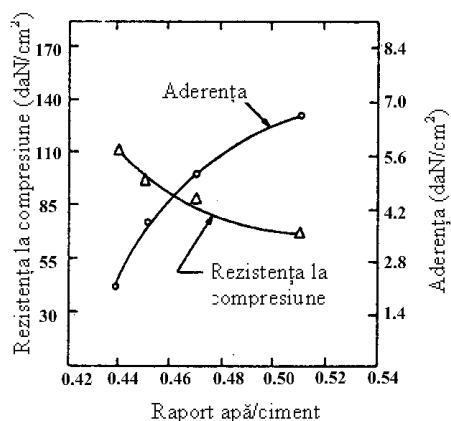


Figura C.18. Variația rezistenței la compresie și a aderenței în funcție de raportul a/c [Isberner, *A Properties of Masonry Cement Mortars Designing, Engineering and Constructing with Masonry Products*, F.Johnson, Ed., Gulf Publishing. Houston Tx.1969]

C.3.2.3.2.(2)

În prezent nu există un standard european (EN) care să stabilească o metodă directă pentru determinarea aderenței **normale**.

În această situație, standardul **SR EN 998-2 - Anexa C** (normativă) admite ca evaluarea aderenței să se facă indirect, prin determinarea **rezistenței inițiale la forfecare a zidăriei**, conform procedurilor din standardul **SR EN 1052-3**. Este deci vorba de a estima aderența **normală** prin aderența **tangențială**, procedeu care nu întrunește unanimitatea cercetătorilor.

Dacă nu sunt disponibile nici încercări de tipul celor menționate mai sus, standardul **SR EN 998-2** permite ca, pentru rezistența caracteristică inițială la forfecare (f_{vk0}) a mortarelor **performante** asociate cu elemente pentru zidărie care satisfac cerințele standardului **SR EN 771-1**, să fie acceptate următoarele valori:

- pentru mortar de utilizare generală (**G**) și mortar ușor (**L**): 0.15 N/mm^2
- pentru mortar în strat subțire (**T**): 0.30 N/mm^2

Trebuie însă menționat că valoarea f_{vk0} , prescrisă sau rezultată din măsurători în laborator/fabrică, are mai mult un caracter orientativ și nu este decât parțial relevantă pentru evaluarea siguranței reale a zidăriei deoarece execuția se desfășoară, în general, în condiții diferite de cele în care a fost stabilită valoarea de referință.

C.3.2.3.3. Lucrabilitatea mortarului

C.3.2.3.3.(1)

Lucrabilitatea definește ușurința cu care mortarul este pus în operă.

Notă. Cu mici modificări, această definiție se regăsește în reglementările din SUA, Anglia, Japonia, etc.

⇒ **Criteriile de performanță** asociate **cerinței de lucrabilitate** sunt:

- În laborator, criteriile de performanță au în vedere următorii parametri de comportare:
 - timpul de priză și timpul de întărire;
 - de retenție a apei;
 - curgerea, consistența și plasticitatea;
 - coeziunea (capacitatea componentelor de a nu se separa);
 - adeziune (capacitatea amestecului de a adera la elementele pentru zidărie).
- În șantier, mortarul poate fi caracterizat ca **lucrabil** dacă satisface următoarele criterii:
 - se întinde ușor cu mistria și aderă la suprafața elementelor;
 - suportă greutatea elementului pentru zidărie, dar iese din rosturi dacă elementul așezat pe stratul de mortar proaspăt este apăsător de zidar.

Standardul **SR EN 998-2** prevede obligația producătorului de a declara lucrabilitatea mortarului preparat industrial sau în stații centralizate.

Verificarea conformității declarației se face pe probe prelevate conform standardului **SR EN 1015-2** care se încearcă conform procedurilor din standardul **SR EN 1015-9**.

Factori care influențează lucrabilitatea mortarului

Lucrabilitatea mortarului depinde de mai mulți factori dintre care cei mai importanți sunt legați de componența și de caracteristicile amestecului:

- dimensiunile și forma particulelor de nisip;
- tipul și dozarea lianților - în particular, conținutul de var;
- cantitatea de apă;
- cantitatea de aer inclus;
- tipul și dozajul aditivilor pentru sporirea lucrabilității.

→ **Referitor la timpul de priză și timpul de întărire**

Pentru definirea proprietăților mortarului proaspăt se iau în considerare și alți doi parametri:

- **Timpul de priză** (engl. *setting time*) este durata în care mortarul își menține lucrabilitatea necesară. Timpul de priză definește și **durata de lucru** (engl. *workable*)

life) a mortarului, adică intervalul de timp după preparare, în care se poate ameliora lucrabilitatea acestuia prin adăugarea apei. Reglementările americane interzic ameliorarea lucrabilității după 2½ ore de la momentul primei amestecări; mortarul nefolosit trebuie considerat rebut și îndepărtat de la punctul de lucru.

- **Timpul de întărire** (engl. *hardening time*) cuantifică creșterea în timp a rezistenței și a rigidității mortarului. Timpul de întărire este o mărime care variază în limite foarte largi în funcție de compoziția mortarului și de condițiile în care acesta se află după punerea în lucrare.

Reglarea timpului de priză se poate face, în anumite limite, prin alegerea corespunzătoare a cimentului și/sau prin folosirea unor adaosuri speciale.

→ **Referitor la capacitatea de retenția apei**

Capacitatea de retenția apei (engl. *water retentivity*) este măsura în care mortarul limitează pierderea apei din amestec prin evaporare și/sau prin infiltrarea acesteia în elementele pentru zidărie uscate.

Capacitatea de retenție a apei este o proprietate de bază a mortarului care influențează atât calitățile mortarului proaspăt (lucrabilitatea) cât și cele ale mortarului întărit (aderența la elementele pentru zidărie și rezistența).

Mortarele care au capacitate ridicată de a reține apa își mențin plasticitatea chiar dacă sunt folosite cu elemente pentru zidărie care au viteze ridicate de absorbție a apei.

Capacitatea de retenție a apei este influențată atât de componentele mortarului (lianți și agregate) cât și de eventuala prezență a unor adaosuri destinate să sporească lucrabilitatea acestuia.

Capacitatea de retenție a apei depinde, în primul rând, de tipul liantului din mortar. Din acest punct de vedere, mortarele se comportă după cum urmează:

- mortarele de ciment au tendință mare de infiltrare;
- mortarele mixte (var-ciment sau ciment-var) au tendință medie de infiltrare;
- mortarele de var au tendință redusă de infiltrare.

Determinarea capacității de retenție a apei se face prin "teste de curgere" (*flow tests*), care măsoară împrăștierea inițială în raport cu împrăștierea măsurată după ce s-a produs absorbția unei părți din cantitatea inițială de apă de către elementele pentru zidărie. Aceste teste sunt asemănătoare testului de tasare și se efectuează tot pe o **masă de împrăștiere** care este supusă unor mișcări oscilatorii pe verticală. Rezultatele încercărilor în laborator, valorile măsurate, diferă însă de cele determinate în șantier datorită modificării umidității (adaosului de apă) care este permis pentru obținerea celei mai convenabile lucrabilități. Adaosul de apă asigură, cu toate acestea, rezultate mai bune decât în cazul mortarului pentru care conținutul de apă nu a fost restabilit.

Consistența este o măsură a fluidității și/sau a umidității mortarului proaspăt.

Consistența indică, aproximativ, mărimea deformabilității mortarului proaspăt atunci când este supus la un anumit tip de efort. Consistența măsurată în laborator nu este, însă, asociată direct cu modul în care se comportă mortarul proaspăt atunci când este utilizat la șantier.

Determinarea consistenței mortarului care precede toate testele asupra mortarului proaspăt, se poate efectua cu **masa de împrăștiere** conform procedurilor din standardul **SR EN 1015-3**.

Principiul metodei este următorul: valoarea de împrăștiere se măsoară prin diametrul mediu al unei probe de mortar proaspăt care este așezată pe platanul unei mese de împrăștiere cu ajutorul unei matrițe standardizate, și este solicitată la un număr indicat de vibrații verticale, ridicând și lăsând să cadă liber masa de împrăștiere de la înălțimea indicată. Pe baza rezultatului obținut prin această metodă se poate determina modul de compactare și valoarea densității aparente a mortarului proaspăt.

Determinarea consistenței mortarului proaspăt în laborator se poate face și prin procedeul din standardul **SR EN 1015-4**, care măsoară consistența prin mărimea penetrării verticale a unui cilindru plunger care cade liber de la o înălțime prestabilită în proba de mortar proaspăt.

În mod normal trebuie să existe o relație liniară între valoarea de împrăștiere determinată cu masa de împrăștiere și valoarea de penetrare a pistonului pentru același tip de mortar dar aceasta nu este sistematică și din acest motiv sunt prevăzute ambele procedee.

C.3.2.3.3.(3)

Pentru modificarea unor proprietăți ale mortarului sau pentru îmbunătățirea acestora, la preparare se pot folosi *adaosuri* active. Acestea sunt materiale anorganice fine, care nu reacționează chimic cu celelalte componente.

În mod curent adaosurile se folosesc pentru:

- creșterea lucrabilității (antrenori de aer);
- sporirea aderenței;
- reducerea contracției;
- reducerea timpului de priză în cazul execuției pe timp friguros;
- realizarea unei anumite culori a mortarului din rosturi.

Adaosurile și aditivii folosiți la prepararea mortarului trebuie să corespundă cerințelor din standardul **SR EN 934-3**. Verificarea proprietăților fizice și chimice ale aditivilor se face conform procedurilor din standardele **SR EN 934-6** și **SR EN 480-6**.

La folosirea adaosurilor trebuie să se țină seama, în afara avantajelor urmărite, și de eventualele efecte negative pe care acestea le pot avea. De exemplu, folosirea adaosurilor pentru creșterea lucrabilității trebuie făcută cu deosebită grijă deoarece dozarea în exces a antrenorilor de aer conduce la reducerea suprafeței de contact între mortar și elementul pentru zidărie și prin aceasta la scăderea aderenței (scăderea rezistenței la întindere din încovoiere și a rezistenței inițiale la forfecare) și la favorizarea pătrunderii umezelii în zidărie.

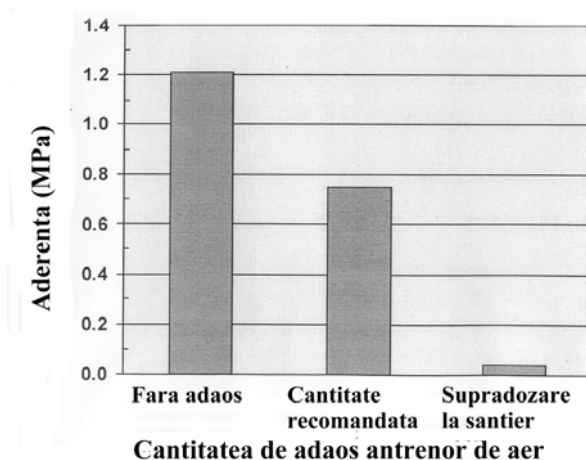


Figura C.19 Efectul cantității de adaos antrenor de aer asupra aderenței [Clay Brick and Paver Institute, *Construction Guidelines for Clay Masonry*, Australia, 2001]

Din aceste motive, unele documente normative recomandă ca dozarea adaosurilor din această categorie să nu conducă la un conținut de aer mai mare de 12%-14%.

În prezent, standardul **SR EN 998-2** nu dă nici o limitare a conținutului de aer cu toate riscurile cunoscute privind reducerea aderenței în cazul unui volum mare de aer inclus. Pentru a evita folosirea unor mortare cu conținut excesiv de aer, proiectanții trebuie să specifice în documentație cantitatea maximă de aer antrenat acceptabilă pentru fiecare categorie de mortar iar executanții trebuie să folosească numai materialele conforme specificațiilor.



Figura C.20 Aparate pentru măsurarea conținutului de aer inclus

Adaosurile pentru reducerea timpului de priză (acceleratori de priză) - cum este clorura de calciu folosită pentru accelerarea hidratării cimentului la temperaturi scăzute - trebuie folosite, de asemenea, cu maximă prudență, deoarece pot crea eflorescențe pe suprafața zidăriei și au efecte corosive asupra armăturilor înglobate în mortarele respective.

În aceeași categorie se includ și adaosurile care au ca scop coborârea temperaturii de îngheț a mortarului astfel încât executarea zidăriei să fie posibilă pe timp friguros. Aceste adaosuri reduc aderența mortarului la elementele pentru zidărie, pot produce fisurarea elementelor și dau naștere la eflorescențe pe suprafața zidăriei. Din acest motiv, unele reglementări stabilesc explicit că la prepararea mortarului sau a groutului nu este permisă folosirea aditivilor pentru evitarea înghețului.

Pentru acele proiecte în care zidăria rămâne aparentă, poate fi necesară prepararea mortarelor colorate.

În aceste condiții coloranții folosiți la prepararea mortarului trebuie să corespundă cerințelor din standardul **SR EN 12878**.

Colorarea mortarului se poate obține cu mai multe mijloace:

- mortar alb sau cu nuanțe de gri, folosind ciment Portland obișnuit sau alb combinat cu nisipul ales;
- alte culori se capătă folosind oxizi metalici (oxizi de fier, de mangan sau de crom), cărbune negru sau albastru ultramarin.

În cazul în care se prepară mortar colorat trebuie avute în vedere următoarele măsuri:

- Coloranții trebuie să fie substanțe inerte din punct de vedere chimic (oxizi minerali, cărbune negru, coloranți sintetici).

Dozarea coloranților, trebuie făcută strict în conformitate cu precizările furnizorului și cu reglementările specifice, dacă acestea există (de exemplu, în Anglia și în Australia, standardul **BS 1014**) pentru a se evita scăderea necontrolată a rezistenței și aderenței mortarului.

Standardul american **ACI 530/ASCE 5/TMS 402** prevede, în cazul mortarelor de ciment-var, limitarea coloranților (oxizilor minerali) la 10% din greutatea cimentului și la numai 2% în cazul utilizării cărbunelui negru.

- Pentru a se asigura omogenitatea culorii se recomandă:
 - folosirea mortarelor preparate industrial de tip var: nisip și adăugarea cimentului, la șantier, înainte de punerea în operă;
 - testarea compoziției astfel obținute (inclusiv dozajul de apă) în vederea stabilirii nuanțelor dorite și realizarea unor panouri "martor" pentru a se menține uniformitatea culorii în toată lucrarea;
 - aprovizionarea cu pigmenți și/sau mortare de tip industrial de la un singur furnizor (eventual, chiar achiziționarea întregii cantități dintr-un singur lot).

Aerul inclus în amestec este un factor care, atunci când se află între anumite limite, ameliorează lucrabilitatea mortarului. Depășirea valorilor limită superioare are însă ca efect reducerea drastică a aderenței mortarului la elementele pentru zidărie și, în consecință, scăderea rezistenței zidăriei la încovoiere și la forță tăietoare.

Din acest motiv, standardul **SR EN 998-2** prevede că producătorul mortarului preparat industrial este obligat să declare valoarea medie a conținutului de aer de fiecare dată când utilizarea prevăzută a mortarului o justifică.

În Anglia, până la adoptarea standardelor europene (**BS EN**), standardul **BS 4721** a limitat conținutul de aer inclus la $7 \div 18\%$ adică, în medie, valoarea recomandată de încercări.

Ținând seama de importanța realizării unei valori cât mai mari a aderenței mortarului la elemente, este necesar ca prin specificațiile proiectului să se solicite deținerea de către executant de informații privind cantitatea de aer inclus în mortar de la producător astfel încât efectul acestuia asupra aderenței să poată fi anticipat de către proiectant.

Verificarea conformității mortarului cu valoarea declarată de producător se face pe probe selectate conform procedurii din standardul **SR EN 1015-2**, care se încearcă cu procedeul din standardul **SR EN 1015-17**. În cazul mortarelor preparate cu agregate poroase, conținutul de aer poate fi stabilit, indirect, prin determinarea densității mortarului proaspăt prin metoda din standardul **SR EN 1015-6**.

C.3.3. BETON

C.3.3.2. Prevederi specifice pentru betonul din elementele de confinare și pentru stratul median al ZIA

C.3.3.2.(3)

Mortar-betonul (groutul) este definit în standardul **SR EN 1996-1-1** ca

"amestec foarte fluid din ciment, nisip și apă destinat umplerii alveolelor sau spațiilor reduce"

Materialul este folosit pentru umplerea golurilor din elementele cu forme speciale folosite la zidăria armată precum și pentru stratul central al zidăriei cu inimă armată (**ZIA**). Capacitatea de a umple complet golurile și alte spații înguste trebuie considerată principala cerință în cazul groutului.

Groutul poate fi folosit și pentru placarea pereților din zidărie în cadrul lucrărilor de intervenție de tip "consolidare". Din acest motiv, având în vedere că standardele din seria **SR EN 1996** nu conțin prevederi referitoare la domeniul și/sau la condițiile de utilizare a mortar-betonului în structurile din zidărie și nici la caracteristicile mecanice de rezistență și de deformabilitate ale acestui material în cele ce urmează sunt date informații privind prepararea groutului și proprietățile sale pe baza reglementărilor din SUA.

Prin umplerea cu grout se obține un spor important de rezistență la încărcările verticale și laterale în cazul zidărilor cu elemente cu goluri mari și se îmbunătățesc și alte performanțe ale acestui tip de zidărie (atenuarea zgomotului, capacitatea de acumulare a căldurii, rezistență la foc).

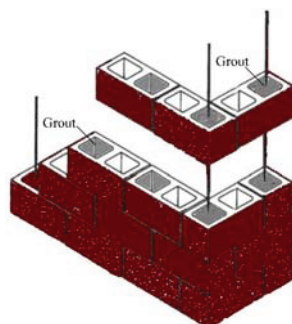


Figura C.21. Elemente pentru zidărie cu goluri mari umplute cu grout

În aceste condiții, rezistențele caracteristice și valoarea modulului de elasticitate longitudinal ale mortar-betonului se pot lua din standardul **SR EN 1992-1-1**, corespunzător betonului cu aceeași rezistență caracteristică la compresiune.

În SUA, unde groutul este folosit pe scară largă, cerințele de performanță sunt date în standardul **ASTM C 476**.

În funcție de condițiile în care este folosit, conform reglementărilor americane menționate, mortar-betonul se prepară:

- Numai cu nisip, în cazul folosirii în spații mici, înguste sau cu aglomerare de armături (*mortar-beton fin*).
- Cu nisip și pietriș monogranular sau cu granulație continuă, cu granule mai mari (*mortar - beton grosier*), cu dimensiunea maximă de:
 - 10 mm, în cazul folosirii în spații mai largi, orientativ ≥ 75 mm;
 - 16 mm, în cazul folosirii în spații cu lărgime $\geq 18 \div 20$ cm; această granulație se folosește, în special, pentru stratul central al zidăriei cu inimă armată.

În cazul mortar-betonului grosier se preferă pietrișul cu granulație continuă, folosind agregate fine în proporție de $60 \div 70\%$ din volumul total de agregate iar restul de $30 \div 40\%$ agregate mari.

Un alt factor de care trebuie să se țină seama la alegerea agregatelor este înălțimea stratului de mortar-beton care se toarnă într-o singură etapă pentru a se evita segregarea componentelor. Conform reglementărilor americane se stabilesc limitele de folosire pentru mortar-betonul fin/grosier după cum urmează (valori rotunjite):

Tabelul C.8

Tipul mortar-betonului	Înălțimea maximă de turnare (m)	Dimensiunea minimă a spațiilor (cm)	
		Stratul central la ZIA	Elemente cu goluri mari
Fin	0.30	2.0	4.0 x 5.0
	1.50	4.0	4.0 x 5.0
	2.40	4.0	4.0 x 7.5
	3.60	4.0	4.5 x 7.5
	7.20	5.0	7.5 x 7.5

Grosier	0.30	4.0	4.0 x 7.5
	1.50	5.0	6.5 x 7.5
	2.40	5.0	7.5 x 7.5
	3.60	6.5	7.5 x 7.5
	7.20	7.5	7.5 x 10.0

Alegerea tipului de grout depinde și de densitatea armăturilor care sunt plasate în golurile respective. Pentru a se realiza înglobarea armăturilor, în cazul mortar-betonului *fin*, trebuie să se asigure un spațiu ≥ 7 mm între armături și elementul pentru zidărie în timp ce, dacă se folosește mortar-betonul *grosier*, spațiul liber trebuie să fie ≥ 12 mm. Dacă în spațiile largi se folosește pietriș cu granule mai mari (12 ÷ 16 mm) spațiul liber trebuie să fie cu cel puțin 7 mm mai mare decât diametrul celei mai mari granule.

Folosirea agregatelor cu dimensiuni mai mari are avantajul reducerii consumului de ciment în raport cu cel necesar pentru groutul fin, pentru obținerea aceleiași rezistențe.

În cazul folosirii agregatelor mărunte (orientativ cu granule până la 5 mm diametru, pietriș de râu sau mărgăritar) proporțiile componentelor de masă recomandate sunt:

- pietriș: 25% ÷ 50%;
- nisip: 75% ÷ 50%.

Dozajul minim de ciment stabilit de standardul australian **AS 3700** este de 300 kg/m³ pentru a se asigura un nivel suficient de protecție a oțelului înglobat. În cazul zidăriilor cu elemente de argilă arsă, reglementările americane recomandă și adăugarea de var în cantitate de până la 10% din volumul cimentului.

La prepararea groutului se pot folosi aditivi pentru îmbunătățirea performanțelor în stare proaspătă și/sau întărită:

- reducerea contracției;
- creșterea lucrabilității;
- accelerarea prizei și a întăririi.

De asemenea se pot folosi și adaosuri active (de exemplu, cenușa zburătoare – engl. *fly ash*) care permit înlocuirea a 15 ÷ 20% din cantitatea de ciment fără scăderea rezistenței la compresiune și/sau a aderenței.

În cazul preparării la șantier, amestecarea componentelor se face în malaxor timp de 3 ÷ 10 minute (chiar și în cazul amestecurilor preparate industrial).

Pentru fabricarea mortar-betonului se folosesc și aditivi care au ca scop îmbunătățirea performanțelor mecanice și de lucrabilitate ale acestuia:

- limitarea efectului de contracție;
- sporirea plasticității fără creșterea suplimentară a raportului apă/ciment;
- înlocuirea unei părți din ciment fără reducerea rezistențelor mecanice;
- acceleratori de priză, pentru folosirea pe timp friguros.

Din punct de vedere al lucrabilității, mortar-betonul este superior betonului clasic deoarece amestecul se realizează cu o consistență redusă. Astfel, dacă pentru a se realiza turnarea corectă, tasarea materialului din conul etalon de 30 cm înălțime este de circa 3 ÷ 15 cm pentru betonul normal (în funcție de raportul apă/ciment), în cazul groutului *fin*, tasarea variază între 20 ÷ 25 cm iar în cazul groutului *grosier* între 17 ÷ 20 cm.

Valoarea mare a tasării groutului se datorează faptului că amestecul are un conținut ridicat de apă.

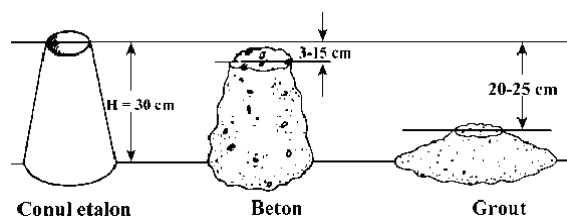


Figura C.22. Comparația tasării pentru între beton și grout [Greenwald, J., Farny J. *Masonry Construction. Self-Consolidating Grout* Structure Magazine, May 2005]

Cantitatea mare de apă necesară pentru obținerea lucrabilității nu conduce la reducerea rezistenței la compresiune, cum se întâmplă în cazul betonului, deoarece o parte importantă din apa de amestec este absorbită de elementele pentru zidărie în funcție de porozitatea fiecăruia, ceea ce favorizează și creșterea aderenței groutului la elemente. Din aceste considerente se recomandă ca mortar-betonul cu tasare mai mică (~ 20 cm) să fie utilizat în cazul elementelor cu capacitate de absorbție redusă iar cel cu tasare mai mare în cazul elementelor cu capacitate de absorbție mare.

În ultimii ani, progresele realizate în industria chimică au permis producerea **superplastifiantilor** (policarboxilați) cu care se realizează un grout cu lucrabilitate foarte ridicată folosind rapoarte curente apă/ciment și la care nu se produc segregările caracteristice amestecurilor cu conținut ridicat de apă. Amestecurile astfel realizate se remarcă totodată printr-o capacitate ridicată de reținere a apei până la absorbția acesteia în elemente. În literatura de specialitate materialul este denumit **grout auto-consolidabil** (engl. **self-consolidating grout**). Prin aceasta se creează posibilitatea reducerii secțiunilor golurilor care urmează a fi umplute și creșterii înălțimii pe care se poate turna groutul fără riscul de a rezulta zone incomplet umplute sau cu segregări. În condiții normale, groutul trebuie turnat în cel mult 90 de minute din momentul adăugării apei în amestec.

Rezistența la compresiune a mortar-betonului are valori similare cu cele ale betoanelor pentru structuri curente. Rezistența minimă la compresiune a mortar-betonului după 28 de zile, prevăzută de reglementările americane este de 15 N/mm^2 dar în mod curent se realizează valori duble sau chiar mai mari. Valoarea minimă stabilită asigură groutului aderența necesară cu elementele pentru zidărie și cu armăturile.

Pentru a reproduce cât mai exact condițiile concrete din lucrare, încercarea la compresiune a groutului se face pe epruvete turnate în tipare alcătuite din elementele pentru zidărie care se folosesc la execuția clădirii respective și care au aceeași umiditate cu acestea, așa cum prevede standardul **ASTM C 1019**. Dimensiunile în plan ale probei variază între $75 \div 100$ mm cu înălțimea egală cu dublul laturii.

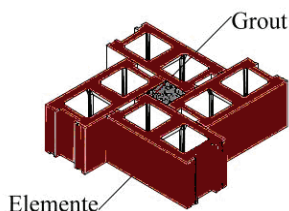


Figura C.23. Formarea epruvetelor pentru încercarea groutului la compresiune

Folosirea groutului cu consistență foarte redusă (tasare mare) este însoțită de contracție mare ceea ce poate reduce aderența la elementele pentru zidărie sau chiar la formarea unor fisuri interioare. Fisurarea din contracție poate fi controlată prin folosirea unor adaosuri speciale.

Mortar betonul **grosier**, în special cel cu pietriș cu granule > 12 mm, are contracție mai redusă decât cel **fin**.

În SUA, proiectarea groutului se face, de regulă, prin stabilirea proporțiilor componentelor (rețeta) și, numai uneori, prin enunțarea cerințelor de performanță, privind rezistența, așa cum prevede standardul **ASTM C 476**.

Proporțiile componentelor sunt stabilite, orientativ, astfel:

- Mortar-beton **fin**:
 - 1 parte ciment Portland;
 - $2\frac{1}{2} \div 3$ părți nisip;
 - apă până la obținerea tasării de $20 \div 25$ cm pentru conul etalon de 30 cm înălțime.
- Mortar-beton **grosier**:
 - 1 parte ciment Portland;
 - $2\frac{1}{4} \div 3$ părți nisip;
 - $1 \div 2$ părți pietriș (mărgăritar);
 - apă până la obținerea tasării de $20 \div 25$ cm pentru conul etalon de 30 cm înălțime.

În cazul zidărilor cu elemente din argilă arsă, standardul **ASTM C 476** recomandă rețetele din tabelul C.9.

Tabelul C.9

Tipul groutului	Ciment Portland sau amestec	Var hidratat sau pastă de var	Agregate (volum, în stare uscată)	
			Fine ^(x)	Grosiere
Fin	1	$0 \div 1/10$	$2\frac{1}{4} \div 3$ volumul total al lianților	-----
Grosier	1	$0 \div 1/10$		$1 \div 2$ volumul total al lianților

^(x) Definiția agregatelor fine/grosiere este dată în standardul **ASTM C 404**.

În standardul american **ACI 530/ASCE 5/TMS 402** se face precizarea că rezistența la compresiune a groutului trebuie să fie cel puțin egală cu cea mai mare rezistență a elementelor. În același timp, se menționează că, pentru zidăriile cu elemente din beton, rezistența minimă a groutului trebuie să depășească cu $25 \div 40\%$ rezistența specificată a zidăriei f'_m . De exemplu, pentru obținerea rezistenței specificate a zidăriei de $f'_m = 10 \text{ N/mm}^2$, se recomandă folosirea groutului cu rezistență de circa 15 N/mm^2 .

Pentru ansamblul zidăriei, dacă se sporește rezistența groutului peste rezistența elementelor, creșterea de rezistență care se obține este redusă datorită faptului că mortar-betonul atinge rezistența ultimă la o deformare specifică mai mică decât cea a elementelor. Pentru a ține seama de această diferență, standardul australian **AS 3700** limitează valoarea rezistenței de proiectare a zidăriei chiar pentru cazul în care groutul are o rezistență foarte ridicată.

C.3.3.2.(6)

Se recomandă ca în cazul turnării betonului în stratul median al **ZIA** să fie utilizate aceleași dimensiuni ale agregatelor ca și în cazul *groutului* (a se vedea comentariul **C.3.3.2.(3)**).

C.3.3.2.(7)

Alegerea adecvată a clasei de consistență (lucrabilității) este importantă pentru execuția corectă a zidăriilor armate deoarece în marea majoritate a cazurilor elementele de beton armat

asociate zidăriei au dimensiuni mici (stâlpișorii și stratul central al **ZIA**) și nu există întotdeauna posibilități de vibrare eficientă și de control al compactității betonului. În cazul stâlpișorilor turnați în zidăria în ștrepi, pătrunderea completă a betonului este o condiție esențială pentru realizarea conlucrării între cele două materiale și se realizează, în principal prin prevederea unui beton cu consistență adecvată. Din acest motiv în proiecte (planuri, caiete de sarcini) trebuie să fie specificată clasa de consistență a betonului pentru diferitele categorii de elemente.



Figura C.24. Defect de turnare la stâlpișorii zidăriei confinate

C.3.3.3. Proprietățile mecanice al betonului pentru elementele de confinare și ZIA

C.3.3.3.(2)

Pentru rezistențele groutului a se vedea comentariul C.3.3.2.(3)

C.3.4. OȚELURI PENTRU ARMĂTURI

C.3.4.(1)

Standardul **SR EN 1996-1-1** dă următoarea definiție generală pentru oțelul folosit în clădirile din zidărie:

⇒ **Oțel pentru armare**(engl.*reinforcing steel*, fr.*acier d'armature*):

"armătură din oțel destinată a fi utilizată împreună cu zidăria"

Conform acestui standard, armarea zidăriei poate avea două obiective:

- sporirea capacității de rezistență și a ductilității la solicitări în planul peretelui sau perpendicular pe plan;
- reducerea fisurării cauzată de concentrări locale de eforturi sau de deplasări provenite din efecte termice sau din variația umidității.

În construcțiile din zidărie, oțelul este folosit pentru:

1. Armarea betonului/ groutului de umplură (în cazul zidăriilor cu corpuri speciale și al stratului median la zidăria cu inimă armată -ZIA);
2. Armarea elementelor de confinare (stâlpișori și centuri) și a riglelor de cuplare la pereții din zidărie cu goluri pentru uși/ferestre.

Utilizarea plaselor sudate din sârmă trasă pentru armarea stratului median al pereților din **ZIA** se face numai în condițiile precizate în reglementările specifice (analog cerințelor stabilite pentru folosirea acestor plase la pereții structurali din beton armat).

3. Armarea mortarului din rosturile de așezare (orizontale).

Această armătură este definită în standardul **SR EN 1996-1-1** astfel:

⇒ **Armătură pentru rost** (engl. *bed joint reinforcement*, fr. *armature pour joint*):

"armătură din oțel prefabricată (plasă sudată) pentru a fi montată în rosturile de așezare"

Cerințele tehnice pentru armăturile prefabricate pentru rosturile orizontale ale zidăriei sunt date în standardul **SR EN 845-3**.

Standardul **SR EN 845-3** nu conține prevederi referitoare la armăturile din rosturi realizate cu bare izolate din oțel și nici la produsele din alte materiale. Din acest motiv este necesar ca aceste armături să satisfacă, cel puțin, prevederile corespunzătoare din standardul **SR EN 1992-1-1**.

Plasele prefabricate pot avea rol structural sau nestructural.

Barele plaselor pot fi din oțel rotund, neted sau profilat, sau din platbande.

Dimensiunile barelor utilizate depind de grosimea rostului. Pentru rosturile normale grosimea minimă a barelor longitudinale este de 3 mm, pentru utilizare structurală și 1.25 mm pentru utilizare nestructurală.



Figura C.25. Armături prefabricate pentru rosturi orizontale, (BRICKFORCE® - Anglia)

(a) Plasă tip "scară", cu bare longitudinale din platbande, pentru rost cu grosime normală

(b) Armături speciale pentru rost subțire (3 mm) la zidărie din elemente din BCA

Pentru asigurarea protecției oțelului împotriva coroziunii (asigurarea durabilității) se poate folosi:

- oțel cu conținut redus de carbon protejat împotriva coroziunii;
- oțel rezistent la coroziune.

Detaliile de alcătuire pentru aceste armături și calitatea oțelului din care sunt realizate plasele diferă de la un producător la altul.

Pentru armarea rosturilor, oțelul se poate folosi și sub formă de:

- plase de sârme țesute;
- plase de metal întins (cu grosime minimă 0.4 mm în cazul folosirii oțelului zincat).

În cazul plaselor destinate utilizărilor structurale, conform standardului, producătorul trebuie să declare:

- ductilitatea sârmelor longitudinale (exprimată prin alungirea totală la efort maxim și prin raportul între rezistența la întindere și limita de curgere);
- limita de curgere a armăturilor longitudinale și transversale.

C.3.4.(3)

Prevederea are ca scop impunerea folosirii oțelurilor cu proprietăți de deformare adecvate obținerii comportării ductile a zidăriei în care sunt înglobate.

C.3.4.(4)

Restricționarea folosirii plaselor sudate din sârmă trasă pentru armarea stratului median al pereților din **ZIA** se datorează lipsei de ductilitatea a acestora.

C.3.5. ALTE MATERIALE PENTRU ARMAREA ZIDĂRIEI

C.3.5.(1)

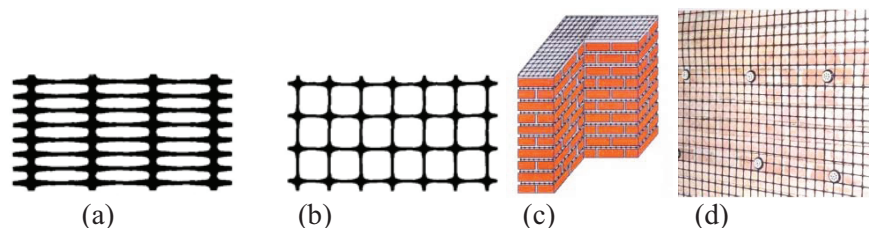


Figura C.26. Grile polimerice de înaltă densitate și rezistență folosite pentru armarea zidăriei
 (a) Grile unidirecționale (b) Grile bidirecționale (c) Inserția grilelor în rostul de așezare
 (d) Inserția grilelor în tencuială

[Sofronie, R., (ed) *Application of Reinforcing Techniques with Polymer Grids for Masonry Buildings*-
 Cooperative Advancements in Seismic and Dynamic Experiments -CASCADE - Report no.5, January 2005]

Pentru lucrările de consolidare se pot folosi și polimeri armați cu fibre (**FRP**) sub formă de bare (care se introduc în rosturile orizontale) sau sub formă de țesătură (care se înglobează în tencuială).

CAPITOLUL 4. ZIDĂRIE

C.4.1. PROPRIETĂȚILE MECANICE ALE ZIDĂRIEI

C.4.1.(2)

Pentru zidăria cu rosturi verticale neumplute și zidăria cu rosturi întrerupte (cu mortarul aplicat numai pe pereții exteriori ai elementelor pentru zidărie cu goluri verticale) în prezent nu există prevederi de reglementare națională deoarece lipsesc datele specifice privind comportarea acestora la acțiunea seismică.

Formulele de calcul pentru rezistențele zidăriei cu această alcătuire date în **SR EN 1996-1-1** nu pot fi folosite deoarece standardul nu se referă la comportarea zidăriei în cazul construcțiilor amplasate în zone seismice. Pentru determinarea unor valori cu grad suficient de încredere sunt necesare încercări complexe în acest sens.

C.4.1.(3)

Prevederile din acest paragraf referitoare la natura/tipul încercărilor au în vedere deosebirile esențiale între comportarea zidăriilor la încărcări statice crescătoare și comportarea acestora la încărcări ciclice alternante. Standardul **SR EN 1996-1-1** se referă la comportarea zidăriei sub încărcări statice. Din acest motiv preluarea valorilor stabilite de acest standard pentru a fi aplicate la calculul seismic al zidăriei nu poate fi făcută fără o analiză critică și fără comparație cu valorile folosite de alte coduri.

C.4.1.1. Proprietățile de rezistență ale zidăriei

C.4.1.1.1. Rezistența la compresiune a zidăriei

C.4.1.1.1.1. Rezistența unitară caracteristică la compresiune a zidăriei

C.4.1.1.1.1.(1)

Prevederea din acest alineat are caracter de generalitate și este valabilă pentru stabilirea tuturor valorilor rezistențelor zidăriei (la compresiune perpendicular pe rostul de așezare și paralel cu rostul de așezare, la forfecare în rost orizontal și la încovoiere perpendicular pe plan) folosite în acest Cod. Rezultatele încercărilor efectuate cu procedeele stabilite prin standardele **SR EN** de către laboratoare autorizate/atestare conform legii au prioritate în fața valorilor forfetare date în cod și pot fi folosite în locul acestora. În acest caz răspunderea pentru corectitudinea datelor furnizate revine producătorilor și laboratoarelor de încercări.

C.4.1.1.1.1.(2)

Relația (4.1) este preluată din standardul **SR EN 1996-1-1**. Folosirea acestei relații pentru calculul rezistenței la compresiune a zidăriei este permisă numai dacă sunt îndeplinite toate condițiile prevăzute în alineatul (3) al articolului.

C.4.1.1.1.1.(5)

Relațiile (4.2a) și (4.2b) sunt preluate din standardul **SR EN 1996-1-1**. Folosirea acestor relații pentru calculul rezistenței la compresiune a zidăriei este permisă numai dacă sunt îndeplinite toate condițiile prevăzute în aliniatul (6) al articolului.

C.4.1.1.1.1.(8)

Condițiile pentru calculul rezistenței caracteristice la compresiune paralel cu rostul de așezare sunt cele stabilite prin standardul **SR EN 1996-1-1**.

C.4.1.1.1.1.(11)

Prevederea ține seama de "fragilitatea" mortarelor de ciment în comparație cu mortarele cu adaos de var. Caracterul fragil al ruperii acestor mortare este defavorabil răspunsului seismic al zidăriei.

C.4.1.1.1.2. Rezistența unitară de proiectare la compresiune a zidăriei

C.4.1.1.1.2.(2)

Pentru facilitarea utilizării în proiectare, valorile rezistențelor de proiectare la compresiune ale zidăriei sunt date în tabelele următoare:

Valorile sunt calculate cu următorii coeficienți parțiali de siguranță și se aplică pentru proiectarea clădirilor din clasa III de importanță-expunere:

- $\gamma_M = 2.2$ pentru toate tipurile de elemente structurale și nestructurale cu **gruparea fundamentală** de încărcări;
- $\gamma_M = 1.9$ pentru toate tipurile de elemente structurale și pentru elementele nestructurale exterioare pentru **gruparea seismică** de încărcări;
- $\gamma_M = 1.5$ pentru elementele nestructurale interioare pentru **gruparea seismică** de încărcări.

Pentru elementele structurale și nestructurale ale clădirilor din alte clase de importanță valorile din tabelele următoare corectează, după caz, cuprocentele date în Codul **P100-1/2013**.

Rezistența unitară de proiectare la compresiune (f_k în N/mm^2) a zidăriilor cu elemente pline din argilă arsă din grupa 1 și mortar pentru utilizare generală (**G**) - țesere conform fig.4.1b din acest Cod - coeficient de siguranță $\gamma_M = 2.2$

Tabelul C.10a

Rezistența f_b (N/mm^2)	Rezistența mortarului (N/mm^2)					
	M15	M12.5	M10	M7.5	M5	M2.5
15.0	3.00	2.80	2.65	2.40	2.10	1.75
12.5	2.60	2.50	2.30	2.10	1.90	1.55
10.0	2.25	2.10	2.00	1.80	1.60	1.30
7.5	1.80	1.75	1.60	1.50	1.30	1.05
5.0	NA	NA	1.20	1.15	1.00	0.80

Rezistența unitară de proiectare la compresiune (f_k în N/mm^2) a zidăriilor cu elemente pline din argilă arsă din grupa 1 și mortar pentru utilizare generală (**G**) - țesere conform fig.4.1b din acest Cod - coeficient de siguranță $\gamma_M = 1.9$

Tabelul C.10b

Rezistența f_b (N/mm^2)	Rezistența mortarului (N/mm^2)					
	M15	M12.5	M10	M7.5	M5	M2.5
15.0	3.50	3.30	3.10	2.85	2.50	2.05
12.5	3.05	2.90	2.75	2.50	2.25	1.80

10.0	2.60	2.50	2.35	2.15	1.90	1.55
7.5	2.15	1.60	1.90	1.75	1.55	1.25
5.0	NA	NA	1.45	1.35	1.15	0.95

Rezistența unitară de proiectare la compresiune (f_k în N/mm²) a zidărilor cu elemente pline din argilă arsă din grupa 1 și mortar pentru utilizare generală (**G**) - țesere conform fig.4.1b din acest Cod - coeficient de siguranță $\gamma_M=1.5$

Tabelul C.10c

Rezistența f_b (N/mm ²)	Rezistența mortarului (N/mm ²)					
	M15	M12.5	M10	M7.5	M5	M2.5
15.0	4.40	4.20	3.90	3.60	3.20	2.60
12.5	3.90	3.70	3.45	3.15	2.80	2.30
10.0	3.30	3.15	2.95	2.70	2.40	1.95
7.5	2.70	2.60	2.40	2.20	1.95	1.55
5.0	NA	NA	1.80	1.70	1.45	1.20

Rezistența unitară de proiectare la compresiune paralel cu rosturile orizontale (f_{kh} în N/mm²) a zidărilor cu elemente din argilă arsă și BCA cu mortar de utilizare generală (**G**) și cu mortar pentru rosturi subțiri (**T**) - coeficient de siguranță $\gamma_M=2.2$

Tabelul C.11a

Marca mortar	Grupa elem.	Rezistența standardizată a elementelor (f_{bh}) N/mm ²				
		2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
M15 (G)	1	0.92	1.07	1.22	1.49	1.74
	2	0.38	0.44	0.50	0.61	0.71
	2S	0.30	0.35	0.40	0.49	0.57
M10 (G)	1	0.81	0.95	1.08	1.32	1.54
	2	0.33	0.39	0.44	0.54	0.63
	2S	0.27	0.31	0.35	0.43	0.51
M7.5 (G)	1	0.74	0.87	0.99	1.21	1.42
	2	0.31	0.36	0.41	0.50	0.58
	2S	0.25	0.29	0.32	0.40	0.46
M5 (G)	1	0.66	0.77	0.87	1.07	1.25
	2	0.27	0.31	0.36	0.44	0.51
	2S	0.22	0.25	0.29	0.35	0.41
M2.5 (G)	1	0.53	0.62	0.71	0.87	1.02
	2	0.22	0.26	0.29	0.36	0.41
	2S	0.18	0.21	0.23	0.29	0.33
Mortar (T)	1	0.56	0.65	0.74	0.90	1.05
	2	0.26	0.31	0.35	0.42	0.49
	2S	0.21	0.24	0.27	0.34	0.39

Rezistența unitară de proiectare la compresiune paralel cu rosturile orizontale (f_{kh} în N/mm²)
a zidărilor cu elemente din argilă arsă și BCA cu mortar de utilizare generală (**G**) și cu
mortar pentru rosturi subțiri (**T**) - coeficient de siguranță $\gamma_M = 1.9$

Tabelul C.11b

Marca mortar	Grupa elem.	Rezistența standardizată a elementelor (f_{bh}) N/mm ²				
		2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
M15 (G)	1	1.06	1.24	1.40	1.72	2.01
	2	0.44	0.51	0.58	0.71	0.82
	2S	0.35	0.41	0.46	0.56	0.66
M10 (G)	1	0.94	1.09	1.25	1.53	1.78
	2	0.38	0.45	0.51	0.63	0.73
	2S	0.31	0.36	0.41	0.50	0.58
M7.5 (G)	1	0.86	1.01	1.14	1.40	1.64
	2	0.35	0.41	0.47	0.57	0.67
	2S	0.28	0.33	0.37	0.46	0.54
M5 (G)	1	0.76	0.89	1.01	1.24	1.59
	2	0.31	0.36	0.42	0.51	0.59
	2S	0.25	0.29	0.33	0.41	0.47
M2.5 (G)	1	0.62	0.72	0.82	1.01	1.17
	2	0.25	0.30	0.34	0.41	0.48
	2S	0.21	0.24	0.27	0.33	0.38
Mortar (T)	1	0.64	0.75	0.85	1.04	1.22
	2	0.30	0.35	0.40	0.48	0.57
	2S	0.24	0.28	0.32	0.39	0.45

Rezistența unitară de proiectare la compresiune paralel cu rosturile orizontale (f_{kh} în N/mm²) a zidărilor cu elemente din argilă arsă și BCA cu mortar de utilizare generală (**G**) și cu mortar pentru rosturi subțiri (**T**) - coeficient de siguranță $\gamma_M = 1.5$

Tabelul C.11c

Marca mortar	Grupa elem.	Rezistența standardizată a elementelor (f_{bh}) N/mm ²				
		2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
M15 (G)	1	1.34	1.57	1.78	2.18	2.55
	2	0.55	0.64	0.73	0.89	1.04
	2S	0.44	0.51	0.58	0.71	0.83
M10 (G)	1	1.19	1.39	1.58	1.93	2.26
	2	0.49	0.57	0.65	0.79	0.93
	2S	0.39	0.45	0.51	0.63	0.74
M7.5 (G)	1	1.09	1.27	1.45	1.77	2.07
	2	0.45	0.52	0.59	0.73	0.85
	2S	0.36	0.42	0.47	0.58	0.68
M5 (G)	1	0.96	1.13	1.28	1.57	1.83
	2	0.39	0.46	0.53	0.64	0.75
	2S	0.32	0.37	0.43	0.52	0.61
M2.5 (G)	1	0.78	0.91	1.04	1.27	1.49
	2	0.32	0.37	0.43	0.52	0.61
	2S	0.26	0.30	0.34	0.42	0.49
Mortar (T)	1	0.81	0.95	1.08	1.32	1.54
	2	0.38	0.45	0.51	0.61	0.72
	2S	0.31	0.35	0.40	0.49	0.57

C.4.1.1.2. Rezistența zidăriei la forfecare

Comportarea zidăriei la forfecare sub efectul forțelor aplicate în planul peretelui are importanță majoră în cazul clădirilor situate în zone seismice.

În funcție de direcția de acțiune a forțelor exterioare și de alcătuirea peretelui, eforturile de forfecare în zidărie se pot dezvolta în plan orizontal sau vertical.

Eforturile de forfecare în plan orizontal, care sunt adesea determinante pentru proiectarea pereților structurali, se datorează, de regulă, forțelor orizontale din vânt sau din cutremur care acționează în planul peretelui. În unele cazuri particulare, în plan orizontal se pot produce și eforturi de forfecare cu valori importante datorate încărcărilor perpendiculare pe plan (de exemplu, la zidurile de sprijin solificate de împingerea pământului).

La pereții clădirilor situate în zone seismice trebuie să se țină seama și de eforturile de forfecare în plan vertical date de forțele de lunecare care se dezvoltă la intersecțiile inimilor cu tălpile în cazul pereților cu secțiuni compuse (L,I, T), soliciți la încovoiere de forțe orizontale.

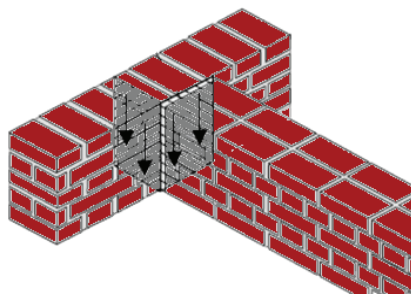


Figura C.27. Eforturi de forfecare în plan vertical la intersecția inimii cu talpa în pereți cu forme compuse (L,I,T)



(a)

(b)

Figura C.28. Ruperea zidăriei din forță tăietoare

(a) Rupere prin lunecare în rost orizontal

(b) Rupere pe secțiuni înclinate din eforturi principale de întindere

Modul efectiv de rupere depinde de:

- Raportul între efortul unitar de compresiune și efortul unitar de forfecare;
- Raportul între înălțimea și lungimea panoului de perete (zveltețea panoului).

Pentru toate cele trei mecanisme trebuie subliniat, în primul rând, faptul că alegerea necorespunzătoare a modelului de comportare a zidăriei poate conduce la rezultate mult depărtate de realitate. Este, în special, cazul zidăriilor cu mortare slabe, cu rezistență și rigiditate mult mai mici decât cele ale elementelor pentru zidărie, pentru care modelul *izotrop - liniar elastic* este total inadecvat. În această categorie se încadrează monumentele istorice dar și multe clădiri "ieftine" la care dozajul var/nisip al mortarului scade la valori de $1/5 \div 1/7$. La aceste zidării, fisurarea și, ulterior, cedarea se dezvoltă, aproape în toate cazurile, pe liniile cele mai slabe și nu pe direcția eforturilor principale de întindere așa cum rezultă din teoria bazată pe ipoteza izotropiei zidăriei. Această deosebire esențială este unul dintre motivele pentru care, în majoritatea reglementărilor tehnice pentru clădirile noi, se afirmă că acestea nu pot fi aplicate celor existente, construite, orientativ, înainte de începutul secolului XX și chiar în primele decenii ale acestuia.

C.4.1.1.2.1. Rezistența unitară caracteristică la lunecare în rost orizontal

C.4.1.1.2.1.(1)

Comportarea zidăriei la forfecare sub efectul forțelor aplicate în planul peretelui are importanță majoră în cazul clădirilor situate în zone seismice.

În funcție de direcția de acțiune a forțelor exterioare și de alcătuirea peretelui, eforturile de forfecare în zidărie se pot dezvolta în plan orizontal sau vertical.

Eforturile de forfecare în plan orizontal, care sunt adesea determinante pentru proiectarea pereților structurali, se datorează, de regulă, forțelor orizontale din vânt sau din cutremur care acționează în planul peretelui. În unele cazuri particulare, în plan orizontal se pot produce și eforturi de forfecare cu valori importante datorate încărcărilor perpendiculare pe plan (de exemplu, la zidurile de sprijin solicate de împingerea pământului).

C.4.1.1.2.1.(3)

În literatură există mai multe categorii de teste pentru determinarea rezistenței la forfecare a zidăriei. Acestea pot fi grupate în două categorii:

- Încercări pe ansambluri alcătuite din 2÷4 elemente pentru zidărie (ansambluri mici);
- Încercări pe panouri de perete.

Testele pe ansambluri mici sunt descrise în mai multe lucrări dintre care amintim [Ghazali, M.Z., Riddington, J.R. *Simple test method for masonry shear strength* Proc. Instn. Civ. Engrs. Part. 2, 85, sept. 1988, pp. 567-574.] și [Marzahan, G. *Improving the Shear Bond Behaviour of Masonry*]. Încercările din ambele categorii pot fi realizate atât în laborator cât și in-situ.

Procedee de încercare în laborator din standardul SR EN 1052-3.

Standardul **SR EN 1052-3** stabilește condițiile tehnice de încercare și de evaluare pentru determinarea experimentală a rezistenței inițiale la forfecare (f_{vk0}).

Epruvetele care se supun încercărilor sunt alcătuite, în funcție de dimensiunile elementelor pentru zidărie, din:

- trei elemente (engl. *triplets*) legate între ele prin două rosturi de mortar (pentru elemente cu înălțimea $h_u \leq 200$ mm);
- două elemente (engl. *doublets*) legate între ele printr-un singur rost de mortar.

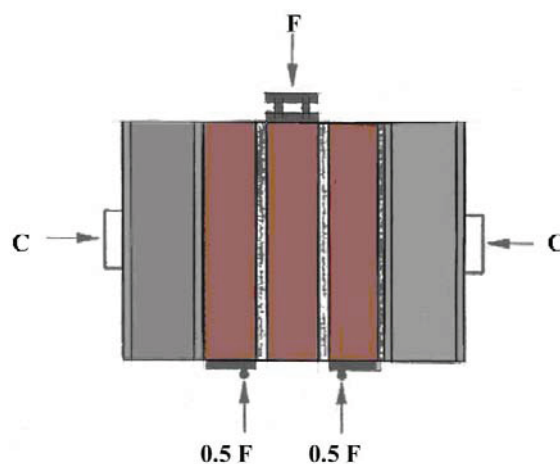


Figura C.29. Schema dispozitivului de încercare la rupere prin forfecare cu trei elemente și efort normal de compresiune (C) conform standardului **SR EN 1052-3**

Se încearcă, până la rupere, câte trei epruvete, pentru fiecare din cele trei niveluri ale forței de precomprimare (perpendiculară pe rostul încercat) stabilite prin standard (tabelul C.12).

Tabelul C.12

f_b	Efortul de precomprimare (N/mm ²)		
$> 10\text{N/mm}^2$	0.2	0.6	1.0
$\leq 10\text{N/mm}^2$	0.1	0.3	0.5

Modurile tipice de rupere sunt arătate în figura C.30.

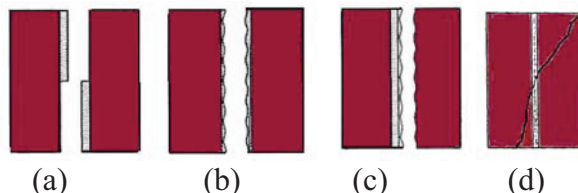


Figura C.30. Tipuri de rupere la forfecare

Cele patru situații de rupere din figura C.30 sunt următoarele:

- (a) Rupere prin forfecare pe suprafața de legătură între cele două elemente (mortarul rămâne atașat complet pe unul dintre elemente sau parțial pe fiecare dintre elemente, ca în figură);
- (b) Rupere prin forfecare în rostul de mortar;
- (c) Rupere prin forfecare în element;
- (d) Rupere prin sfărâmarea sau fisurarea elementelor.

Ruperea din cazurile (c) și (d) se produce dacă aderența mortarului pe element este mai puternică decât rezistența la forfecare a elementului pentru zidărie.

Legea de variație a rezistenței la forfecare este reprezentată printr-o dreaptă ai cărei parametri se determină prin regresie liniară, folosind valorile medii ale forțelor de rupere obținute pentru cele trei niveluri de precomprimare. Intersecția acestei drepte cu axa verticală reprezintă valoarea medie a rezistenței inițiale la forfecare (f_{v0}) iar unghiul dreptei cu orizontala reprezintă unghiul mediu de frecare internă (α).

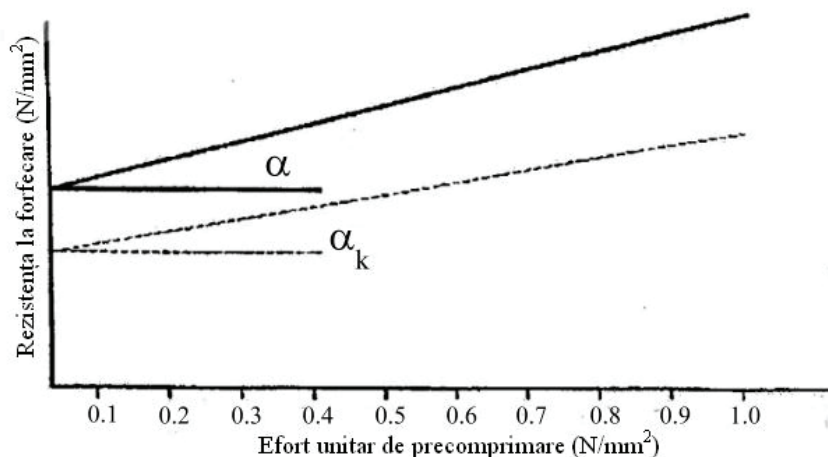


Figura C.31. Determinarea rezistenței la forfecare

Valorile caracteristice se determină cu relațiile:

- rezistența caracteristică inițială la forfecare: $f_{vk0} = 0.8 f_{v0}$;
- unghiul caracteristic de frecare internă: $\text{tg } \alpha_k = \text{tg } 0.8\alpha$.

Determinarea rezistenței inițiale la forfecare (f_{vk0}) se poate face și direct, în absența forței de precomprimare, pe schema din figura C.32.

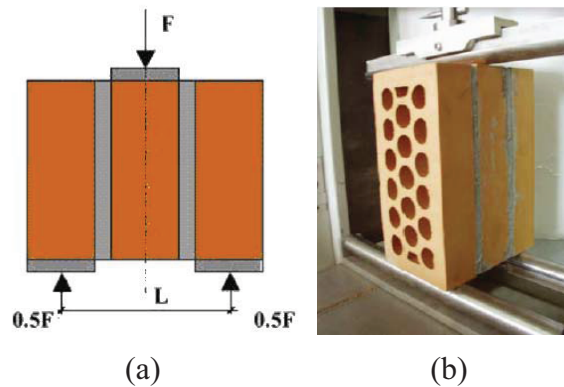


Figura C.32. Determinarea rezistenței inițiale la forfecare fără efort de compresiune.

(a) Schema dispozitivului (b) Incercarea unor elemente cu goluri [Baio Dias, A. *Construção em tijolo cerâmico: das exigências normativas do produto à prática de aplicação* Seminário sobre Paredes de Alvenaria, P.B.Lourenço & H. Sousa (Eds.), Porto, 2002].

În acest caz, efortul tangențial unitar τ_R la care se produce ruperea ansamblului reprezintă rezistența la forfecare în absența efortului de compresiune, care, în fapt, măsoară aderența mortarului la blocuri. Valoarea rezistențelor obținute pe schema de mai sus este influențată însă de eforturile de întindere care rezultă din momentul încovoietor care conduc la deschiderea prematură a rosturilor la fața inferioară a probei.

C.4.1.1.2.2. Rezistența unitară caracteristică la cedare pe secțiuni înclinate

Considerarea acestui mecanism de cedare a fost avută în vedere anterior în documentele tehnice naționale (Normativ **P 2-85** și **STAS 10109**) în prezent abrogate.

Abordarea *clasică* a acestui mecanism de rupere se bazează pe asimilarea zidăriei cu un material omogen și izotrop cu comportare elastică până la rupere ceea ce a permis ipoteza distribuție eforturilor unitare de forfecare după legea lui Juravski (stabilită pentru bare lungi din material liniar-elastic). Vom reaminti că aceste abordări corespund alcătuirilor *clasice* ale zidăriei: cărămizi pline cu raport de formă (înălțime/lungime) de $0.25 \div 0.50$ și cu toate rosturile umplute cu mortar.

Dacă peretele este solicitat la compresiune excentrică provenită în principal din acțiunea unei forțe laterale eforturile principale se determină cu formulele cunoscute

- efortul principal de compresiune $\sigma_I = -\frac{\sigma_0}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_0}{2}\right)^2 + \tau^2}$ (C.8a)

- efortul principal de întindere $\sigma_{II} = -\frac{\sigma_0}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_0}{2}\right)^2 + \tau^2}$ (C.8b)

în care semnificația termenilor este următoarea:

- $\sigma_0 = \frac{N}{A}$ unde N este forța axială de compresiune iar A este aria secțiunii transversale a peretelui;

- $\tau = b \tau_{med} = b \frac{V}{A}$ unde V este forța tăietoare iar b este un factor care ține seama de distribuția eforturilor unitare tangențiale în secțiunea respectivă.

Pentru pereții din zidărie factorul b depinde de raportul dimensiunilor peretelui (h/l) și de raportul N/V_{max} . Pentru pereții cu $h/l = 1.5$ s-a propus $b=1.5$ [Tomazevic, M., *Earthquake-Resistant Design of Masonry Buildings* Imperial College Press 2006].

Pentru un perete solicitat de forța axială N , căreia îi corespunde efortul unitar mediu de compresiune σ_0 , se consideră că ruperea se produce pentru forța V_{max} care conduce la atingerea unei valori limită, a efortului principal $\sigma_{II} = f_t$ definită ca **rezistența de rupere la întindere** a zidăriei.

Rezultă deci că relația care definește efortul unitar τ_{max} pe care îl poate suporta peretele este

$$\sigma_{II} = f_t = -\frac{\sigma_0}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_0}{2}\right)^2 + \tau_{max}^2} \quad (C.9)$$

din care rezultă:

$$\tau_{max} = f_t \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_t}} \quad (C.10)$$

Dacă se folosește valoarea efortului mediu, relația (7) se scrie:

$$\tau_{med,max} = \frac{f_t}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_t}} \quad (C.10a)$$

și forța tăietoare maximă care poate fi preluată de perete este:

$$V_{max} = A \frac{f_t}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_t}} \quad (C.11)$$

Valoarea de proiectare a forței tăietoare (V_d) pe care o poate prelua peretele se scrie:

$$V_d = A \frac{f_{td}}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_d}{f_{td}}} \quad (C.11a)$$

unde:

- $f_{td} = \frac{f_{tk}}{\gamma_M}$ este rezistența de proiectare la întindere a zidăriei
- f_{tk} este rezistența caracteristică la întindere a zidăriei
- γ_M este coeficientul parțial de siguranță pentru zidărie
- σ_d este efortul unitar de compresiune din încărcările de proiectare din gruparea respectivă

Considerente asemănătoare, fundamentează calculul rezistenței pe secțiuni înclinate pe ipotezele din lucrarea [Turnšek, V., Cacovic, F. *Some experimental results on the strength of brick masonry walls*. Proc. of the 2nd Intern. Brick Masonry Conference, Stoke-on-Trent, 1971, pp.149-156]:

1. Se neglijează anizotropia zidăriei (permite să se folosească un singur parametru de rezistență: *rezistența convențională la întindere a zidăriei* f_{tu}).
2. Se admite că panoul este suficient de zvelt pentru a se accepta ipoteza lui Saint - Venant.
3. Ruperea se produce când efortul principal de întindere în zidărie atinge valoarea limită f_{tu} .

În aceste ipoteze rezultă formula:

$$V_u = \frac{f_{tu} A_p}{b} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_{tu}}} \quad (C.12)$$

în care $\sigma_0 = \frac{N}{A_p}$ este efortul unitar mediu de compresiune pe secțiunea transversală a peretelui ($A_p = l_w t$) iar b este un coeficient care depinde de proporțiile panoului h/l .

Pentru aplicarea formulei la panouri scunde, în [Turnšek, V., Sheppard, P. *The shear and flexural resistance of masonry walls* Proc. of the Intern. Research Conference on Earthquake Engineering, Skopje, 1980, pp.517-573] și [Benedetti, D., Tomažević, M. *Sulla verifica sismica di costruzioni in muratura* Ingegneria Sismica, vol.1 no.2, 1984] se propune corectarea rezultatelor obținute cu formula pentru panouri zvelte prin folosirea unor valori b , diferențiate în funcție de raportul h/l_w după cum urmează:

- $b = 1.5$ pentru $h/l_w \geq 1.5$
- $b = 1.0$ pentru $h/l_w < 1.0$
- $b = h/l_w$ pentru $1.0 \leq h/l_w < 1.5$

În ceea ce privește rezistența convențională la întindere din formula (8b) și pentru aceasta există diferențe importante de apreciere:

- i. În lucrarea [Turnšek, V., Cacovic, F. *Some experimental results on the strength of brick masonry walls*. Proc. of the 2nd Intern. Brick Masonry Conference, Stoke-on-Trent, 1971, pp.149-156] rezistența convențională la întindere (f_{tu}) este raportată la rezistența caracteristică la compresiune (f_k): $f_{tu} = 0.05 f_k$.
- ii. Norma din China [National Standards of P.R.China *Seismic Design Standards for Building Structures* GBJ 11-89, pp35, 1990] leagă rezistența zidăriei la întindere de rezistența mortarului:
 - $f_v = 0.125 \sqrt{F_z}$ (în MPa) ceea ce pentru mortarele curente conduce la valorile din tabelul C.13

Tabelul C.13

M	2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0
f_v	0.20	0.28	0.34	0.40	0.44	0.48

- iii. Mai recent [Gatesco, N., *Resistenza per azioni orizzontali Verifica di resistenza maschi* Incontro di studio, Udine, 2009] propune „legarea” rezistenței la întindere de rezistența inițială la forfecare cu efort axial nul prin relația:

$$f_{tu} = 1.5 f_{vk}$$

Valorile propuse în acest Cod au fost preluate din raportul final **ESECMaSE** [**ESECMaSE - Enhanced Safety and Efficient Construction of Masonry Structures in Europe** (2002 ÷ 2006)].

C.4.1.1.2.3. Rezistențele unitare de proiectare a zidăriei la forfecare

C.4.1.1.2.3.(1)

Rezistențele unitare de proiectare a zidăriei la forfecare pentru mecanismul de cedare prin lunecare în rost orizontal se calculează cu formula:

$$f_{vd,l} = \frac{f_{vk,0}}{\gamma_M} + 0.4\sigma_d \equiv f_{vd,0} + 0.4\sigma_d \quad (C.13)$$

în care $f_{vd,0}$ se calculează cu coeficientul de siguranță pentru material γ_M care se ia conform 4.1.1.1.2 (2).

Valoarea rezistenței de proiectare f_{vd} se reduce cu 25% pentru zidăria cu mortar (**G**) care conține numai ciment (fără adaos de var) pentru a ține seama de ductilitatea redusă a acestor mortare.

Formula (C.13) are în vedere faptul că în formula în formula generală din Cod cei doi termeni sunt definiți în mod deosebit:

- $f_{vk,0}$ este valoare *caracteristică*;
- σ_d este o valoare de proiectare care provine din încărcările de *proiectare*.

Prin urmare valoarea coeficientului de frecare $\mu = 0.4$ trebuie considerată valoare de proiectare corespunzătoare *valorii medii* $\mu_{med} = 0.7 \div 0.8$ cunoscută din lucrările de specialitate și folosită, ca atare, în reglementările anterioare din România.

Rezistența unitară de proiectare inițială la forfecare a zidăriei (f_{vd0}) în N/mm² - coeficient de siguranță $\gamma_M = 2.2$

Tabelul C.14a

Elemente pentru zidărie	Mortar (G) de rețetă		
	M10	M7.5	M5, M2.5
Argilă arsă	0.14	0.11	0.10
Beton celular autoclavizat	0.11	0.10	0.07

Rezistența unitară de proiectare inițială la forfecare a zidăriei (f_{vd0}) în N/mm² - coeficient de siguranță $\gamma_M = 1.9$

Tabelul C.14b

Elemente pentru zidărie	Mortar (G) de rețetă		
	M10	M7.5	M5, M2.5
Argilă arsă	0.16	0.13	0.11
Beton celular autoclavizat	0.13	0.11	0.08

Rezistența unitară de proiectare inițială la forfecare a zidăriei (f_{vd0}) în N/mm² - coeficient de siguranță $\gamma_M=1.5$

Tabelul C.14c

Elemente pentru zidărie	Mortar (G) de rețetă		
	M10	M7.5	M5, M2.5
Argilă arsă	0.20	0.17	0.13
Beton celular autoclavizat	0.17	0.13	0.10

C.4.1.1.2.3.(2)

Reducerea preconizată se bazează pe următoarele argumente:

⇒ Adaosul de var moderează rezistența finală la compresiune și la încovoiere a mortarului de ciment. În acest fel se îmbunătățește aderența iar ruperea zidăriei se dirijează preponderent în rosturi verticale și orizontale (în zig-zag) în loc să se producă prin elemente și rosturi verticale (după o linie dreaptă).

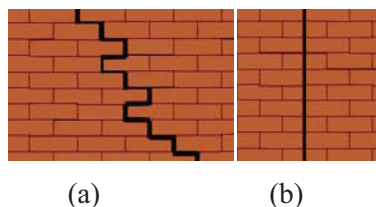


Figura C.33. Alura ruperii zidăriei cu elemente ceramice prin deformații impuse în funcție de tipul mortarului

(a) Mortar de ciment cu adaos de var (b) Mortar de ciment (fără var)

⇒ În condițiile rezistenței moderate, menționată mai sus, mortarele cu adaos de var sunt mai deformabile (mai **ductile**), spre deosebire de mortarele care conțin numai ciment care, după depășirea rezistenței, fisurează fără deformații prealabile. Evident comportarea ductilă reprezintă un avantaj în cazul clădirilor situate în zone seismice.

C.4.1.1.3. Rezistența unitară la întindere din încovoiere perpendicular pe planul zidăriei

C.4.1.1.3.1. Rezistențele unitare caracteristice la întindere din încovoiere perpendicular pe planul zidăriei

C.4.1.1.3.1

Rezistența la forfecare în rost orizontal și rezistența la încovoiere perpendicular pe plan depind de aderența mortarului la elementele pentru zidărie. Această rezistență depinde, la rândul său de capacitatea de absorbție a elementelor pentru zidărie și de capacitatea mortarului de a reține apa. Deoarece elementele pentru zidărie sunt fabricate cu procedee diferite sau chiar cu pastă cu compoziție diferită este necesar ca pentru fiecare tip / calitate a elementului să se definească valoarea aderenței (a se vedea și comentariul C.3.2.3.2.(1)).

Experimentele raportate în lucrarea [Hamid,A.A., *Effect of Aspect ratio of the Unit on the Flexural Strength of Brick Masonry* - The Masonry Society Journal, Boulder, CO,V.1 Ian-June 1981] au arătat influența raportului dintre înălțimea elementului pentru zidărie și cea mai mică dimensiune a acestuia asupra rezistenței la încovoiere a zidăriei. Creșterea acestui raport conduce la creșterea rezistenței paralel cu rostul de așezare și la scăderea rezistenței perpendicular pe rostul de așezare. Aceasta poate fi argumentarea CEN/TC250-SC6 pentru reducerea valorii f_{xk1} (respectiv creșterea raportului $\mu = f_{xk1}/f_{xk2}$) în SR EN 1996-1-1 față de alte reglementări.

C.4.1.1.3.1.(2)

Prevederea ține seama de faptul că valorile rezistențelor date în **SR EN 1996-1-1** nu se referă la acest tip de îmbinare. Diversitatea profilațiilor de pe capetele verticale ale elementelor de acest tip produse de diferite firme, inclusiv cele cu "locaș de mortar" face imposibilă atribuirea de valori forfecare(a se vedea și comentariul C.3.1.2.3.)

C.4.1.2. Proprietăți de deformabilitate ale zidăriei

C.4.1.2

Pentru calculul structurilor cu pereți din zidărie solicitați de forțe laterale care acționează în planul lor, una dintre problemele cele mai controversate este determinarea caracteristicilor de deformabilitate ale zidăriei. Dificultățile rezultă din faptul că aceste caracteristici au valori care depind de numeroși factori a căror variație este, practic, incontrollabilă pentru proiectanți.

Comportarea zidăriei la compresiune, de la stadiul de solicitare zero (fără eforturi interioare) până la rupere, poate fi descrisă prin relația între efortul unitar normal (ρ) și deformația specifică axială (ϵ) asociată.

Relația ρ - ϵ este cunoscută și sub denumirea de *curbă caracteristică* sau *lege constitutivă*.

Pentru proiectarea clădirilor din zidărie, în particular a clădirilor situate în zone seismice, interesează curbele caracteristice determinate prin mai multe tipuri de încercări:

- statice cu forțe monoton crescătoare, până la rupere;
- statice cu forțe alternante;
- încercări dinamice.

Relația efort unitar - deformație specifică permite identificarea mai multor proprietăți ale materialului:

- tipul comportării: liniar sau neliniar;
- caracterul rupei: fragil sau ductil;
- energia de rupere;
- modulii de elasticitate.

C.4.1.2.1. Relația efort unitar – deformație specifică la compresiune (σ - ϵ)

C.4.1.2.1

Alura curbelor caracteristice la compresiune perpendicular pe rosturile de așezare σ - ϵ este determinată de:

- proprietățile de rezistență și de deformabilitate ale elementelor pentru zidărie și ale mortarului;
- particularitățile geometriei exterioare și interioare a elementelor pentru zidărie;
- modul de realizare a legăturilor dintre elemente în masivul de zidărie;
- direcția forței de compresiune în raport cu golurile (în cazul elementelor din grupele 2 și 3).

Din acest motiv, în literatura de specialitate și în reglementările tehnice naționale și internaționale se întâlnesc numeroase propuneri diferite pentru definirea analitică a acestor curbe și pentru trasarea acestora pe baza rezultatelor încercărilor de laborator.

Standardul **SR EN 1996-1-1** prevede determinarea curbei caracteristice **ρ - ϵ** pentru zidăria cu elemente din argilă arsă prin încercările la compresiune desfășurate conform standardului **SR EN 1052-1**.

Pentru zidăria cu elemente ceramice pline, curba **ρ - ϵ** are o formă apropiată de cea a betonului simplu.

Pe baza unui număr mare de încercări în lucrările s-a trasat o curbă generalizată **ρ - ϵ** (figura C.34).

Pe această curbă au fost identificate, ca și în cazul betonului simplu, patru segmente caracterizate după cum urmează:

- Zona "a" are o pantă mică datorită închiderii fisurilor și golurilor existente (chiar pentru valori mici ale forței axiale.
- Zona "b" se dezvoltă în continuare, aproximativ liniar pentru eforturi cuprinse între 15-75% din efortul ultim. Modulul de elasticitate a fost stabilit considerând această zonă a diagramei.
- Zona "c" cu eforturi de peste 75% din efortul ultim devine neliniară datorită fisurării. În anumite probe, o parte din elemente s-au avariat și dacă dispozitivele de măsurare s-au aflat în aceste zone deformațiile respective nu au mai putut fi controlate.
- Zona "d" se află în vecinătatea punctului de efort maxim și pe ramura descendentă a curbei.

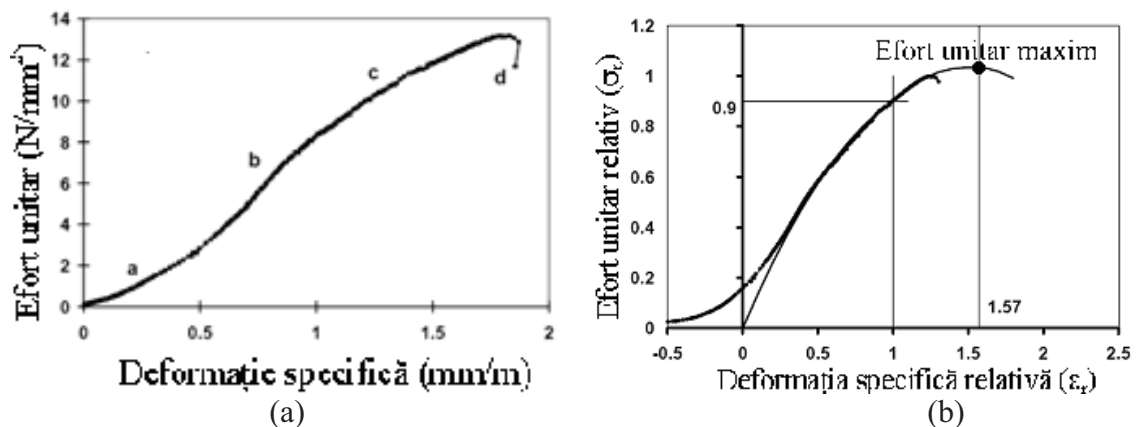


Figura C.34. Curba experimentală la compresiune **σ - ϵ** pentru zidărie
(a) Reprezentarea datelor experimentale (b) Curba **σ - ϵ** cu valori relative

În figura C.34(b) s-a notat:

- efortul unitar relativ $\sigma_r = \frac{\sigma}{\sigma_{\max}}$
- deformația specifică relativă $\epsilon_r = \frac{\epsilon}{\epsilon_{90}}$

unde ϵ_{90} este deformația specifică la efortul unitar relativ **$\sigma_r = 0.9$** .

Pentru zidăria din elemente cu goluri din argilă arsă, curba poate avea forme geometrice și valori caracteristice diferite așa cum au arătat mai multe cercetări.

Încercările de la Universitatea din Ancona [Menditto, G și alții *Comportamento di pannellature murarie in funzione delle caratteristiche dei giunti. Prove di compressione e taglio su pannelli murari realizzati con blocchi di laterizio alveolato*. Università degli Studi di Ancona. Istituto di Scienza e Tecnica delle

Costruzioni. Consorzio Alveolater, Maggio 1999], comandate de firma producătoare, s-au făcut pe fragmente de perete cu dimensiunile 100 x 100 x 30 cm zidite cu blocuri Alveolater A62/45 - ZS cu fețe netede. S-a folosit mortar preambalat cu rezistența la compresie, pe probele efectuate în cadrul cercetării, de $21 \div 27 \text{ N/mm}^2$ și rezistența la încovoiere de $3.4 \div 6.1 \text{ N/mm}^2$. Zidăria a fost executată cu toate rosturile umplute cu mortar. Din punct de vedere tehnologic s-au folosit elemente preumezite (B) și elemente uscate (A).

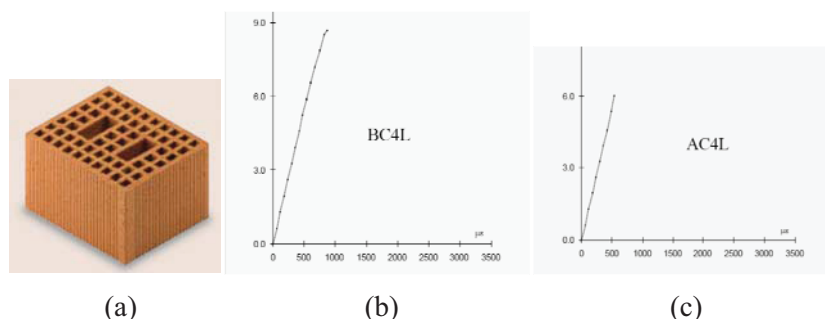


Figura C.35. Încercarea la compresie a zidăriei cu elemente Alveolater

(a) Elementele încercate (b) Diagrama σ - ε pentru elemente preumezite (c) Diagrama σ - ε pentru elemente uscate. Unități: eforturi unitare N/mm^2 , deformații specifice $\mu=10^{-3}$.

Rezultatele obținute, referitoare la comportarea la compresie centrică a zidăriei cu acest tip de elemente, pot fi sintetizate după cum urmează:

- zidăria se comportă liniar până la rupere (nu există palier de ductilitate);
- deformația ultimă este în toate cazurile sub valoarea de 1‰;
- zidăria cu elemente preumezite a dat rezistențe la compresie mai mari cu circa 50% decât cea cu elemente uscate.

Rezultatele raportate în [Modena, C., Valuzzi, M.R., da Porto, F. *Comportamento meccanico di muratura realizzata con blocchi rettificati et giunti sottili* SÍSMICA 2004 - 6º Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica - Portugal] se referă la încercările efectuate la Universitatea din Padova pe elemente cu pereți subțiri și zidite cu rosturile verticale neumplute. Și aceste încercări pun în evidență diagrame σ - ε de formă liniară până la rupere ceea ce, confirmă imposibilitatea considerării deformațiilor postelastice la calculul elementelor de construcție realizate cu astfel de elemente. Rezultate similare au fost obținute la Universitatea din Padova, de același colectiv de cercetători, și pentru zidăriile executate cu alte tipuri de elemente cu pereți subțiri (de exemplu, cele produse de firmele **Danesi** și **Laterificio Pugliese**).

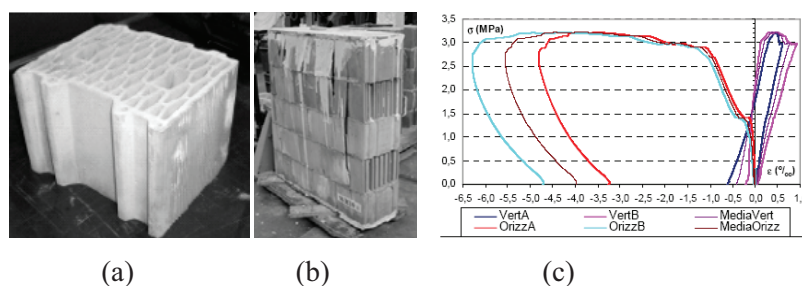


Figura C.36. Comportarea la compresie centrică a zidăriilor cu elemente ceramice cu pereți subțiri și rosturi verticale neumplute

[Modena, C., Valuzzi, M.R., da Porto, F. *Comportamento meccanico di muratura realizzata con blocchi rettificati et giunti sottili* SÍSMICA 2004 - 6º Congresso Nacional de Sismologia e Engenharia Sísmica - PT]
 (a) Elementul pentru zidărie (Wienerberger) (b) Proba după încercare (c) Curbele σ - ε pentru deformațiile verticale (valorile pozitive) și orizontale (valorile negative)

Comportarea liniară până la rupere a fost pusă în evidență și în cazul unor elemente cu volum de goluri mai mic, circa 28% [Aliawdin,P., Simbirkin,V., Toropov,V. *Resistance of masonry wall panels to in-plane shear and compression* Journal of Civil Engineering and Management, vol. X, supplement 1, 2004. Vilnius, Estonia]. În diagrama din figura C.37 este reprezentată comportarea panourilor cu dimensiunile de 380 x 490 x 250 mm realizate din cărămizi 250 x 120 x 88 cu 21 de goluri cu dimensiunea de 20 x 20 mm. Rezistența la compresiune a cărămizilor utilizate a fost de circa 30 N/mm² iar rezistența la compresiune a mortarului a fost de 30 N/mm².

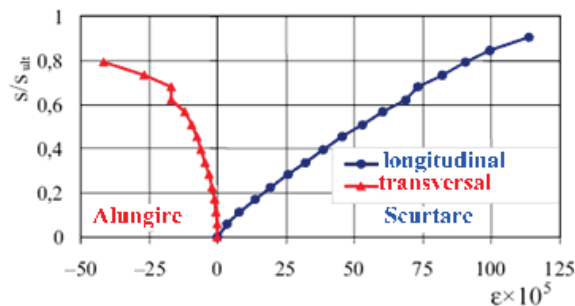


Figura C.37. Diagrame σ - ϵ pentru panouri de pereți din elemente ceramice cu goluri

C.4.1.2.1.(1)

Având în vedere diversitatea relațiilor σ - ϵ identificate mai sus, Codul propune trei relații σ - ϵ caracteristice, figurile 4.3a÷4.3c, cu grade diferite de complexitate care pot fi folosite pentru calcul în funcție de rezultatele încercărilor pe zidărie efectuate conform **SR EN 1052-1**.

C.4.1.2.1.(7)

Valorile forfetare propuse în acest alineat sunt acoperitoare dar pot conduce la dimensionări în exces față de cele care ar rezulta utilizând legea determinată prin încercări.

C.4.1.2.2. Modulul de elasticitate al zidăriei

C.4.1.2.2.1. Modulul de elasticitate longitudinal

C.4.1.2.2.1.(2)

Modulul de elasticitate longitudinal al zidăriei (E_z) depinde, în principal, de:

- rezistența elementelor și a mortarului / groutului;
- greutatea specifică a componentelor mortarului și proporțiile acestora;
- ponderea volumetrică a componentelor zidăriei: elemente/mortar;
- materialul din care sunt făcute elementele (argilă arsă sau beton de diferite tipuri) și dimensiunile lor.

Astfel, din încercări se constată, între altele, că:

- influența mortarului/ groutului este mai mare pe un perete cu grosime de 25 cm decât pe un perete cu grosime de 15 cm;
- există diferențe simțitoare în cazul elementelor pentru zidărie ușoare în raport cu elementele cu greutate normală;
- modulul de elasticitate variază în funcție de tipul mortarului și/sau de înălțimea elementelor pentru zidărie.

Pentru a stabili influența fiecăruia dintre factorii menționați asupra valorii E_z este necesară o analiză foarte laborioasă, practic imposibil de realizat cu grad satisfăcător de încredere. Ținând însă seama că la execuție poate fi întâlnită o variabilitate largă a materialelor, a manoperei și a controlului asupra acestora, determinarea mai exactă a E_z nu este necesară și trebuie considerată chiar ca nerealistă. Totuși, pentru utilizarea metodelor de calcul avansate (metode de calcul biografic *-pushover-*, de exemplu) cunoașterea cu precizie ridicată a modului E_z prezintă însă o importanță majoră.

Trebuie semnalat și faptul că diversitatea datelor existente în literatură se datorează și diferențelor între modalitățile de definire, în reglementările tehnice sau în protocoalele de încercări, a modului de elasticitate longitudinal la compresiune al zidăriei. Tabelul C.15 sintetizează câteva opțiuni ale standardelor/reglementărilor tehnice privind valorile ρ_{inf} și ρ_{sup} (limitele domeniului în care se calculează modulul de elasticitate secant).

Tabelul C.15

Standard/Reglementare	σ_{inf}	σ_{sup}	Observații
SR EN 1996-1-1	0	$1/3 \sigma_{max}$	σ_{max} efort unitar maxim din încercări
Nordtest -Finlanda	$0.05 f_c$	$0.35 f_c$	f_c rezistența la compresiune a zidăriei
UIC	$0.1 \sigma_r$	$0.5 \sigma_r$	σ_r efort unitar de rupere
SUA	$0.05 f_m'$	$0.33 f_m''$	f_m' rezistența specificată la compresiune
Italia (1987)	$0.1 f_k$	$0.4 f_k$	f_k rezistența caracteristică la compresiune

Datorită împrăștierei mari a valorilor modului de elasticitate al zidăriei, unii autori [Drysdale, R.G., Hamid, A.A., Baker, L.R. *Masonry Structures. Behavior and Design* Printice Hall, 2009], recomandă ca un calcul mai exact să fie făcut cu cel puțin două valori ale modului de elasticitate pentru a se identifica eventualele efecte asupra eforturilor din diferitele elemente ale structurii.

Mai multe cercetări au încercat stabilirea unor relații analitice pentru determinarea modului de elasticitate longitudinal în funcție de alte proprietăți ale zidăriei.

În ipoteza cea mai simplistă, formulată în lucrarea [Davidge, R.W. *Mechanical Behaviour of Ceramics* Cambridge Solid State Science Series, Cambridge, Cambridge University Press, 1979], dacă se acceptă că elementele pentru zidărie și mortarul sunt izotrope și dacă încărcarea se aplică normal pe straturile de elemente și de mortar, efortul unitar este uniform distribuit în fiecare strat și, în consecință, modulul lui Young pentru zidărie (E_z) poate fi determinat cu relația:

$$E_z = \frac{E_{ez} E_m}{E_m V_{ez} + E_{ez} V_m}, \quad (C.14a)$$

unde:

- E_{ez} - este modulul de elasticitate al elementelor;
- E_m - este modulul de elasticitate al mortarului;
- V_{ez} - este grosimea elementului pentru zidărie;
- V_m - este grosimea stratului de mortar.

Această relație se poate scrie și în funcție de grosimea relativă a stratului de mortar și a elementelor pentru zidărie după cum urmează:

$$\frac{1}{E_z} = \frac{\eta_{ez}}{E_{ez}} + \frac{\eta_m}{E_m} \quad (C.14b)$$

unde notațiile suplimentare sunt:

- $\eta_{ez} = t_{ez}/(t_{ez} + t_m)$ - grosimea relativă a elementului de zidărie (t_{EZ});
- $\eta_m = t_m/(t_{ez} + t_m)$ - grosimea relativă a stratului de mortar (t_m).

Formula (C.14b) pune în evidență efectul înălțimii elementelor pentru zidărie în raport cu grosimea stratului de mortar. Astfel, dacă se admite raportul $E_{ez} = 3 E_m$ și se consideră $t_m = 10$ mm, pentru elemente cu înălțimea $t_{ez} = 65$ mm se obține $E_z \approx 0.80 E_{ez}$ iar pentru $t_{ez} = 290$ mm rezultă $E_z \approx E_{ez}$.

Pentru ține seama de greutatea proprie a zidăriei "w", Thomas Holme (Solite Corporation) a propus relația:

$$E_m = 22w^{1.5}(f'_m)^{0.5} \quad (C.15)$$

unde w este greutatea specifică a zidăriei iar f'_m este rezistența la compresiune specificată. Corecția este importantă pentru zidăriile *ușoare*. De exemplu, pentru aceleași valori ale rezistenței f'_m , dacă greutatea specifică a zidăriei *ușoare* este numai 60% din cea a zidăriei cu greutate normală, modulul de elasticitate scade cu peste 50%. Se menționează că standardul **SR EN 1996-1-1** nu diferențiază modulul de elasticitate în funcție de greutatea specifică deși se referă la zidării cu elemente din betoane ușoare și chiar la zidării cu elemente ceramice ușoare.

Rezultate experimentale au arătat numai parțial concordanță cu mărimile deduse pe cale teoretică punând în evidență împrăștierea foarte mare a rezultatelor.

Încercările raportate în lucrarea [Totoev, Y.Z., Nichols, J.M. *A Comparative Experimental Study of the Modulus of Elasticity of Bricks and Masonry*], efectuate pe 39 prisme de câte trei cărămizi (prodate în Australia) zidite cu mortar 1:1:6 (ciment:var:nisip) au arătat valori ale modulului de elasticitate între limitele $E_z = (360 \div 780) R_{pr}$ în care R_{pr} este valoarea maximă a rezistenței prismei.

În încercările citate în [Zarri, F. *Parametri di resistenza e di deformabilita meccanica di murature inlaterizio* - Documentația firmei *Alveolter*] modulul de elasticitate secant măsurat între $(0.1 \div 0.4) f'_m$ s-au încadrat în apropierea valorilor recomandate de standardul **SR EN 1996-1-1** și anume $E_z = (1000 \div 1100) f_k$.

În SUA s-au desfășurat cercetări extinse pentru analiza parametrilor care influențează valoarea modulului de elasticitate [Colville, J., Miltenberger, M.A. and Wolde-Tinsae, A.M. *Hollow Concrete Masonry Modulus of Elasticity* 6th North American Masonry Conference, Philadelphia, June 1993, The Masonry Society, Boulder, CO], [Wolde-Tinsae, A.M., Atkinson, R.H. and Hamid, A.A. *State-of-the-Art: Modulus of Elasticity* 6th North American Masonry Conference, Philadelphia, June 1993, The Masonry Society, Boulder, CO]. Aceste cercetări au fost folosite pentru fundamentarea prevederilor din ultima ediție a standardului american [ACI 530/ASCE 5/TMS 402].

Rezultatele încercărilor pe prisme de zidărie executate cu elemente pline care au fost efectuate în ultimii ani în India [Kaushik, H.B., Durgesh, C.R., Jain, S.H. *Stress-Strain Characteristics of Clay Brick Masonry under Uniaxial Compression* Journal of Materials in Civil Engineering © asce / september 2007] au arătat un domeniu de variație foarte larg al modulului longitudinal de elasticitate în funcție de rezistența la compresiune a prismelor (figura C.38). Valoarea medie, cu coeficient de variație de 0.30, obținută prin regresie liniară cu coeficient de încredere $C_r = 0.63$ este $E_z = 550 f'_m$. Această valoare coincide cu cea propusă în recomandarea **FEMA 306**. Limitele

domeniului de variație, mai ales pentru valorile inferioare, sunt apropiate de cele stabilite în 1984 de Grimm și preluate ulterior în lucrarea [Drysedale, R.G., Hamid, A.A., Baker, L.R. *Masonry Structures. Behavior and Design* Printice Hall, 2009] unde este dată limita inferioară $E_m \approx 210 f_m'$.

Determinarea modului de elasticitate prin încercarea pereților cu dimensiuni apropiate de cele întâlnite curent în construcții este rar folosită, în principal, din considerente de cost.

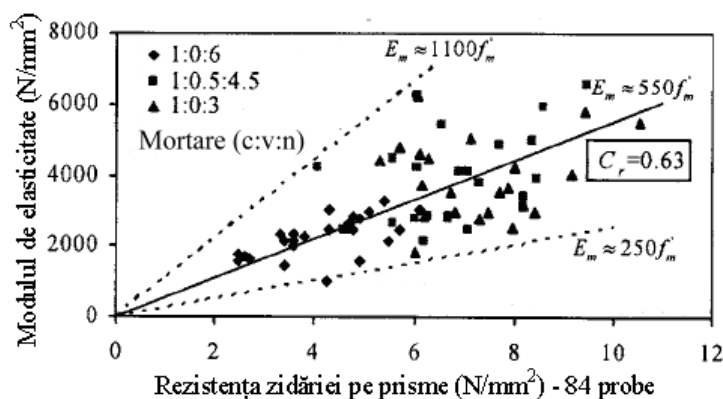


Figura C.38. Domeniul de variație al modului de elasticitate pentru diferite tipuri de mortar [Kaushik, H.B., Durgesh, C.R., Jain, S.H. *Stress-Strain Characteristics of Clay Brick Masonry under Uniaxial Compression* Journal of Materials in Civil Engineering © asce / september 2007]

C.4.1.2.2.1.(7)

Modulul de elasticitate de lungă durată ($E_{\text{long term}}$) este definit de standardul **SR EN 1996-1-1**, pe baza modului de scurtă durată prin relația:

$$E_{\text{long term}} = \frac{E}{1 + \Phi_{\infty}} \quad (\text{C.16})$$

în care:

- Φ_{∞} -este coeficientul final de curgere lentă care are valori cuprinse între 0.5 și 1.5.

Valorile Φ_{∞} date în tabelul 4.9 din Cod sunt preluate din standardul **SR EN 1996-1-1**.

C.4.1.2.2.2. Modulul de elasticitate transversal

Ca și în cazul modului de elasticitate longitudinal, nici pentru stabilirea modului de elasticitate transversal al zidăriei nu există o definiție și/sau o metodă unitară de calcul.

Valorile de calcul care pot fi găsite în literatură sunt stabilite fie prin încercări la compresiune pe diagonală, statice sau ciclice, fie prin încercarea la forfecare a probelor de zidărie de dimensiuni reduse. Încercarea pereților cu dimensiuni apropiate de cele întâlnite în construcții este rar folosită, în principal din considerente de cost. Pe de altă parte valoarea modului de elasticitate transversal calculată plecând de la rigiditatea efectivă a pereților determinată prin încercări poate fi diferită cu până la 25% față de valoarea măsurată prin experimentări directe

Pentru materialele elastice și izotrope există relația cunoscută între modulul de elasticitate longitudinal (E) și cel transversal (G):

$$G = \frac{E}{2(1 + \nu)} \quad (\text{C.17})$$

unde ν este coeficientul lui Poisson.

Încă din 1963 în [Lekhnitskii, S. G. (1963). *Theory of Elasticity of an anisotropic elastic body*, P. Fern, translator, Holden Day, SF] s-a propus pentru zidărie valoarea $\nu = 0.25$ ceea ce a condus la relația utilizată pe scară largă în prezent:

$$G = 0.4 E \quad (C.18)$$

Diferențele între valorile G_z din diferitele norme se datorează, în mare măsură, și deosebirilor între metodologiile de determinare a acestei valori.

Astfel, valoarea modulului de elasticitate transversal (G_z) poate fi determinată pe probe de zidărie de dimensiuni reduse, fie prin încercare la forfecare sub efort de compresie, reglementată prin standardul **SR EN 1052-3** - test A în figura C.39, fie prin încercare la compresie pe diagonală, statică sau ciclică, reglementată în SUA prin standardul **ASTM C 1391** -test B în figura C.39.

Diversitatea procedeele de testare folosite de diferiți autori, este prezentată și comentată în [Bosiljkov, V, Totoev, Y.Z., Nichols, J.M. *Shear modulus and stiffness of brickwork masonry: An experimental perspective* Structural Engineering and Mechanics, vol.20, 2005].

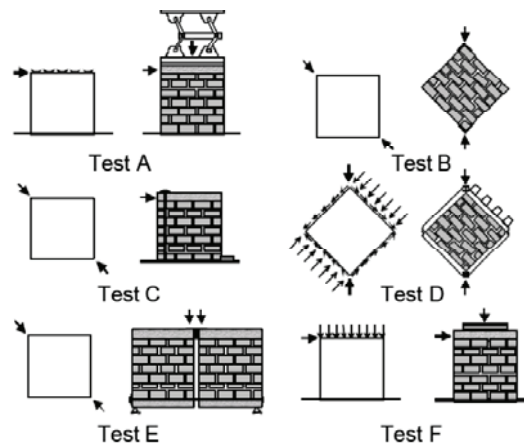


Figura C.39. Scheme de încercare pentru determinarea modulului de elasticitate transversal

Principalele concluzii ale acestei cercetări sunt următoarele:

- relația $G = 0.4 E$ este confirmată dacă încărcarea verticală (de compresie) este dominantă;
- pentru zidăriile executate cu mortare rigide testul de compresie pe diagonală este cel mai indicat pentru determinarea rigidității zidăriei; acest test nu este recomandabil pentru determinarea rezistenței și rigidității zidăriilor armate;
- în cazul zidăriilor cu anizotropie importantă (cu mortare slabe) rigiditatea trebuie determinată pe probe cu dimensiuni semnificative pentru elementele respective de construcție; această concluzie a fost confirmată și de cercetările de la Universitatea din Pavia [Magenes, G., and Calvi, G. M. (1997). "In-plane seismic response of brick masonry walls" *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 26, 1091 - 112].

Valabilitatea relației $G = 0.4 E$ a fost verificată și folosind valorile rigidității efective (K_{ef}) obținută din încercările pe pereți în consolă, cu mortare rigide și intensitate mare a eforturilor de compresie solicități de forțe laterale în planul lor [Ritchie, T. - *A Small-panel method for investigating moisture penetration and bond strength of brick masonry*. Materials Research and Standards, Vol.1, N°5, 1961], cu relația:

$$G = \frac{1.2K_{ef}}{\frac{A}{h} - \frac{4K_{ef}}{E} \left(\frac{h}{l} \right)^2} \quad (C.19)$$

Cercetările experimentale [Tomazevic, M., Lutman, M., Petkovic, L. *Preliminary research in seismic behaviour of reinforced masonry walls built with aseismic units Krajnc* Research report ZAG, 1996, Ljubljana] efectuate pe zidăria cu elemente cu pereți subțiri din figura C.37 au arătat că formulele din standardul **SR EN 1996-1-1** pentru valoarea modulului de elasticitate transversal (G) supraestimează în mod exagerat rigiditatea zidăriei executată cu acest tip de elemente. Valorile experimentale obținute reprezintă numai circa 25 % din valorile date de standard și prin urmare deformațiile reale sub efectul forței tăietoare pot fi de circa 4 ori mai mari decât cele calculate. Acest rezultat este încă o confirmare a faptului că prevederile standardului **SR EN 1996-1-1** nu pot fi aplicate tuturor categoriilor de elemente pentru zidărie și mai ales elementelor ceramice cu pereți subțiri.

Tabelul C.16

Seria elementelor	G^{exp} (MPa)	G^{EC6} (MPa)	$G^{\text{exp}}/G^{\text{EC6}}$
BN	330	1464	0.22
BG	354	1464	0.24
BP	320	1464	0.22
BZ	367	1464	0.25

C.4.3. DURABILITATEA ZIDĂRIEI

Introducerea în Codul **CR 6-2006** și preluarea în Codul **CR 6-2013** a unui capitol important privitor la cerințele de durabilitate pentru clădirile din zidărie a avut ca scop alinierea la preocupările reglementărilor europene, care acordă o importanță deosebită măsurilor pentru asigurarea durabilității clădirilor. Principalele prevederi ale acestui capitol sunt preluate din standardele europene adoptate în România (de exemplu, standardele **SR EN 1996-1-1** și **SR EN 1996-2**, **SR EN 845** și **SR EN 846**).

Având în vedere, pe de o parte, caracterul de noutate al acestor prevederi și, pe de altă parte, absența unor surse de informare ușor accesibile proiectanților, comentariile la acest capitol sunt mai extinse în comparație cu cele din celelalte capitole ale Codului.

C.4.3.1.(1)

Durabilitatea clădirilor din zidărie poate fi afectată de factori din mediul natural sau din mediul antropic.

În funcție de natura lor, acești factori pot fi grupați în două mari categorii:

- factori inițiali (manifestarea efectelor lor se poate produce imediat după intrarea în exploatare sau după un anumit timp sau la o anumită solicitare) care își au originea în:
 - erori de proiectare;
 - defecte ale materialelor;
 - defecte de execuție.
- factori care intervin în timpul exploatării:
 - factori fizici: acțiunea apei, fenomene de îngheț/dezgheț, cristalizarea sărurilor;

- degradarea unor compuși (silicați, carbonați); depunerea unor particule din atmosferă;
- factori biologici: insecte, microorganisme animale și vegetale.

Intensitatea afectării depinde pe de o parte de severitatea agenților agresivi și pe de altă parte de gradul de expunere al zidăriei la acțiunea acestora. La rândul său, gradul de expunere este funcție de poziția elementului în clădire și de măsurile de protecție care au fost prevăzute în proiectul inițial sau care au fost adoptate pe parcursul exploatării:

- efectul finisajelor și al placajelor de protecție;
- modul în care detaliile de finisaj împiedică menținerea/acumularea apei pe fațade.

C.4.3.2. Clasificarea condițiilor de mediu înconjurător

Referitor la efectele asupra durabilității clădirilor din zidărie, standardul **SR EN 1996-2** definește două categorii de condiții de mediu natural:

- **Macro-condiții:** factori climatici care depind de climatul general al regiunii în care o construcție este realizată, modificat, după caz, prin efectele topografiei locale și / sau ale altor particularități ale amplasamentului;
- **Micro-condiții:** factori locali climatici și de mediu înconjurător care depind de poziția unui element de zidărie în ansamblul construcției și care iau în considerare efectele protecției, sau ale lipsei de protecție, care rezultă din detaliile de construcție și/sau din eficiența finisajelor utilizate.

Macro-condițiile care se iau în considerare la determinarea clasei de expunere se referă la:

- factorii climatici specifici ai amplasamentului:
 - ploaia și zăpada;
 - acțiunea simultană a vântului cu ploaia;
 - variațiile de temperatură;
 - variațiile umidității relative;
- severitatea expunerii la umezire;
- expunerea la cicluri îngheț/dezgheț;
- prezența compușilor/substanțelor chimice care, în contact cu apa, pot conduce la reacții care afectează integritatea zidăriei (în special clorurile din aer sau din apa de mare).

Efectele celor două grupuri de condiții se pot influența reciproc. De exemplu, efectul macro-condițiilor asupra micro-condițiilor trebuie luat în considerare atunci când se determină umezirea zidăriei și expunerea acesteia la cicluri de îngheț / degheț.

C.4.3.2.1. Condiții de microclimat de expunere

C.4.3.2.1. (1) și (2)

Standardul **SR EN 1996-2**, anexa A, ilustrează localizarea situațiilor de expunere pentru principalele elemente de construcție din clădirile curente.

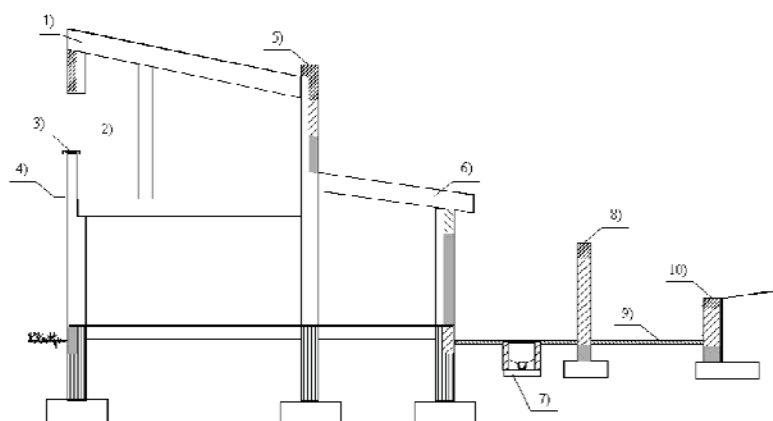


Figura C.40. Expunerea zidăriei la acțiuni din mediul natural conform **SR EN 1996-2**
 1) streșină dreaptă 2) balcon 3) piesă de acoperire 4) tencuială 5) parapet 6) streșină cu proeminență
 7) cămin de vizitare 8) perete izolat (neancorat) 9) pavaj 10) zid de sprijin pentru pământ

Severitatea expunerii relative la umezire a diferitelor părți de construcție este reprezentată pe scara din figura C.41:



Figura C.41. Scara expunerii relative la umezire conform standardului **SR EN 1996-2**
P - protejat **ES** - expunere severă

Același standard ilustrează efectele concepției detaliilor de construcție asupra gradului de expunere pentru câteva elemente de construcție specifice clădirilor din zidărie.

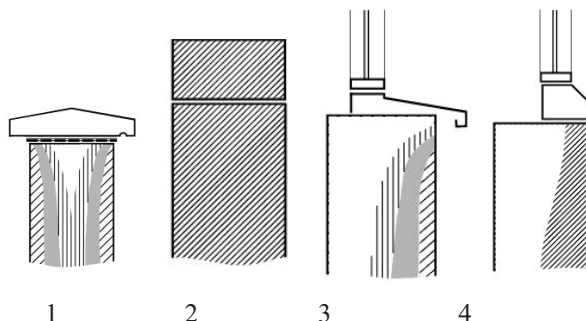


Figura C.42. Efectul detaliilor de execuție asupra expunerii relative la umiditate conform standardului **SR EN 1996-2**

- A. Parapet din zidărie: 1. Piesă de acoperire cu proeminență 2. Piesă de acoperire fără proeminență (dală simplă) → expunere severă în totalitate.
 B. Perete de fațadă: 3. Glaf cu proeminență 4. Glaf fără proeminență (glaf plat) → expunere severă a stratului exterior al zidăriei

Standardul **SR EN 1996-2** precizează că, deoarece în prezent nu există o reglementare europeană privind încercarea la îngheț/dezgheț, se poate ține seama în acest scop de experiența națională, verificată în timp. De asemenea standardul afirmă că prin utilizarea criteriilor indirecte, bazate pe considerente mecanice și/sau fizice, cum sunt rezistența la compresiune sau capacitatea de absorbție a apei, nu se poate stabili, cu certitudine, comportarea elementelor pentru zidărie la îngheț/dezgheț.

C.4.3.2.1.(3)

Detalierea, localizarea și exemplificare situațiilor în care zidăriile se încadrează în aceste clase de expunere este dată în standardul **SR EN 1996-2** după cum urmează:

MX1 – zidărie care rămâne în mediu ambiant uscat:

- în interiorul clădirilor curente de locuit, pentru birouri, inclusiv stratul interior al pereților exteriori dubli, cu gol interior, care, probabil, nu devin umezi;
- zidărie tencuită în pereți exteriori, care nu este expusă la scurgeri moderate sau severe de apă de ploaie și este izolată de umezeala din zidărie sau din materialele adiacente.

MX2 – zidărie expusă la umiditate sau umezire.

MX2.1. Zidărie expusă la umiditate, dar care nu este expusă la cicluri de îngheț/dezgheț sau la surse exterioare cu nivel semnificativ de sulfați sau substanțe chimice agresive:

- zidărie interioară expusă la un nivel ridicat de vapori de apă ca într-o spălătorie; pereți exteriori din zidărie adăpostiți de streșini sau atice înclinate, care nu este expusă la scurgere severă de apă sau la îngheț; zidărie sub zona de îngheț, în pământ bine drenat și neagresiv.

MX2.2. Zidărie expusă la umezire severă dar care nu este expusă la cicluri de îngheț/dezgheț sau la surse exterioare cu nivel semnificativ de sulfați sau substanțe chimice agresive:

- zidărie care nu este expusă la îngheț sau la substanțe chimice agresive, amplasată în: pereți exteriori cu piese de acoperire sau streșini drepte; în parapeteți, în ziduri izolate (neancorate) în pământ, sub apă.

MX3 – zidărie expusă la umezire cu cicluri de îngheț-dezgheț.

MX3.1. Zidărie expusă la umiditate sau la umezire severă și la cicluri de îngheț/dezgheț dar care nu este expusă la surse exterioare cu nivel semnificativ de sulfați sau substanțe chimice agresive:

- zidărie ca în clasa **MX2.1**, expusă la cicluri de îngheț/dezgheț.

MX3.2. Zidărie expusă la umezire severă și la cicluri de îngheț/dezgheț dar care nu este expusă la surse exterioare cu nivel semnificativ de sulfați sau substanțe chimice agresive:

- zidărie ca în clasa **MX2.2**, expusă la cicluri de îngheț/dezgheț.

MX4 – zidărie expusă la aer saturat de sare, apă de mare sau alte ape cu săruri.

Zidărie expusă la aer saturat de săruri, apă de mare sau săruri de topire a gheții:

- zidărie în zona de litoral; zidărie alăturată drumurilor pe care se împrășteie sare în timpul iernii.

MX5 – zidărie expusă la mediu ambiant chimic agresiv.

- zidărie în contact cu pământuri naturale, cu umplutură de pământ sau cu apă freatică, care au umiditate și niveluri semnificative de sulfați;
- zidărie în contact cu pământuri cu aciditate înaltă, cu pământuri sau cu apă freatică contaminate; zidărie în apropierea zonelor industriale unde în atmosferă se află substanțe chimice agresive.

Notă. Dacă prezența substanțelor chimice agresive în mediul înconjurător (cu excepția clorurilor din aer sau a apei de mare) poate afecta zidăria, pentru stabilirea măsurilor de protecție se presupune clasa de expunere **MX5**.

C.4.3.2.1.(4)

A se vedea comentariile C.4.3.2 și C.4.3.3.1.(1)

C.4.3.3. Durabilitatea componentelor zidăriei

C.4.3.3.1. Elemente pentru zidărie

C.4.3.3.1.(1)

Alegerea elementelor pentru zidărie în vederea asigurării durabilității se face, în principal, în funcție de două categorii de proprietăți:

- A. Gelivitate
- B. Conținutul de săruri solubile

Aceste proprietăți trebui luate în considerare atât pentru zidăriile neprotejate cu elemente din clasa **HD**, cât și pentru zidăriile cu elemente din clasa **LD** dacă au protecție limitată (de exemplu, un strat subțire de tencuială).

A. Gelivitatea

Rezistența la îngheț-dezgheț a elementelor pentru zidărie ceramice are importanță deosebită în cazul zidăriilor care sunt expuse, fără protecție corespunzătoare, efectelor mediului natural.

În cazul zidăriilor netencuite, pătrunderea apei în pori sau în golurile elementelor cu perforații conduce, chiar după un număr redus de cicluri de îngheț-dezgheț, la distrugerea elementelor.



Figura C.43. Zidărie cu elemente **GVP** după 15 ani de expunere la îngheț/dezgheț fără tencuială

În vederea stabilirii, pentru întocmirea proiectului, a condițiilor de calitate privind gelivitatea elementelor de zidărie este necesară, în primul rând, evaluarea condițiilor concrete de expunere pentru fiecare element de construcție din zidărie.

Din punct de vedere al severității, standardul **SR EN 771-1** încadrează condițiile de expunere la agenții din mediul înconjurător în trei categorii:

- **F0** - expunere în condiții *pasive*
- **F1** - expunere în condiții *moderate*
- **F2** - expunere în condiții *severe*

Cele trei condiții de expunere menționate mai sus se stabilesc, pentru un anumit amplasament, prin evaluarea probabilității de expunere la un conținut ridicat de apă, în funcție de regimul de umiditate, simultan cu cicluri de îngheț/dezgheț, a căror manifestare este estimată în funcție de regimul termic specific amplasamentului.

Dacă în proiect se prevede o protecție sigură împotriva pătrunderii apei (de exemplu, un strat gros de tencuială sau alte tipuri de protecție) nu este necesară nici o restricție privind rezistența elementelor la îngheț/dezghet.

Situațiile în care zidăria unei construcții se poate afla într-una dintre cele trei condiții de expunere sunt exemplificate în continuare, conform anexei **B** la standardul **SR EN 771-1**:

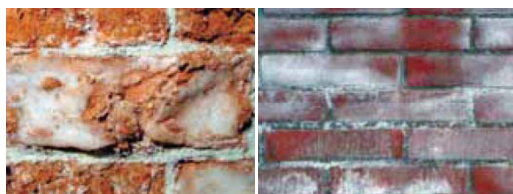
- **F0** - Expunere în condiții pasive:
 - pereții exteriori prevăzuți cu protecție din tencuială cu grosimea stabilită conform condițiilor climatice locale;
 - straturile interioare din pereții exteriori dubli;
 - pereții interiori.
- **F1** - Expunere în condiții moderate:
 - zidăria la care s-au luat măsuri adecvate pentru evitarea saturării cu apă (glafuri la ferestre, membrane sau alte sisteme de etanșare la partea superioară a aticelor și parapetilor, straturi de rupere a capilarității).
- **F2** - Expunere severă:
 - zidăria pereților exteriori de subsol (circa două asize sub și peste nivelul terenului) care este expusă la un risc ridicat de saturație cu apă simultan cu înghețul;
 - parapete, atice, cornișe, pervazuri, unde există condiții de acumulare a umidității în timpul sezonului cu temperaturi negative;
 - orice perete exterior rămas neprotejat cu tencuială;
 - zidurile de sprijin neprotejate pe fața expusă sau pe fața în contact cu pământul.

B. Conținutul de săruri active - a se vedea și C.3.1.3.2.

Așa cum se arată în continuare, în sinteza adaptată după lucrarea [Boynton, R.S., Gutschick, K.A. *Efflorescence of Masonry* Masonry Mortar Technical Notes no.4, National Lime Association, USA, June 1990] există un număr mare de factori care interacționează defavorabil și care pot produce eflorescențe. Severitatea efectelor lor este diferită dar, în unele situații, chiar cauze minore pot contribui la sporirea efectului negativ final.

1. Defectele de proiectare, în special cele care se produc la alegerea materialelor și la detalierea constructivă precum și greșelile de execuție sunt principala cauză a producerii eflorescenței.
2. Cele mai severe forme de eflorescență sunt produse de sărurile solubile alcaline (în principal sulfați de sodiu și potasiu). Alte săruri solubile sau insolubile (carbonat de calciu, sulfat de calciu etc.) sunt mai puțin periculoase iar efectele lor sunt temporare.
3. Anumite tipuri de cărămizi, în special cărămizile puțin arse și cărămizile cu absorbție mare de apă au cel mai ridicat potențial de producere a eflorescenței. Se recomandă utilizarea cărămizilor arse complet, cu capacitate de absorbție scăzută/moderată sau a cărămizilor care au fost încercate în ceea ce privește potențialul de producere a eflorescenței printr-o metodă recunoscută, de exemplu, conform standardului **ASTM C67**.
4. Cimenturile Portland cu conținut ridicat de alcali au potențial ridicat de producere a eflorescenței. Se recomandă cimenturile cu conținut redus de alcali sau ciment alb.

5. Varul dă „naștere” la mortare cu potențial redus de eflorescență (unele tipuri de var nu produc deloc eflorescență). Varul hidraulic obținut din calcare impure, cu mult siliciu, au potențial mai ridicat decât cel al varului pur, apropiat chiar de cel al cimentului.
6. Apa murdară sau apa de mare folosită la prepararea mortarului dă naștere la eflorescențe; se recomandă să se folosească numai apă curată/potabilă.
7. Cea mai sigură cale pentru a evita formarea eflorescenței este împiedicarea umezelii să pătrundă în perete prin realizarea rosturilor etanșe. Se recomandă mortare cu conținut ridicat de var care dau zidărie impermeabilă datorită aderenței, plasticității și conținutului scăzut de săruri solubile.



(a)

(b)

Figura C.44 Eflorescențe pe zidăria aparentă (a) Eflorescență intensă pe care se văd și cristalele de săruri (b) Eflorescență difuză [Baratta, A., *Efflorescenze*, Costruire in Laterizio no.120, pp 54-57]

C.4.3.3.1.(2)

Zidăriile aparente (netectuite) trebuie să fie executate cu elemente cu densitate aparentă mai mare de 1000 kg/m^3 . Considerând greutatea volumetrică de referință a elementelor din argilă arsă $\gamma = 1800 \text{ kg/m}^3$ rezultă că pentru zidăriile netectuite nu se pot utiliza elemente care au volumul golurilor mai mare de 45%. Această prevedere din standardul **SR EN 771-1** nu elimină însă riscul consecințelor expunerii prelungite a zidăriei la cicluri succesive de îngheț/dezghet.

C.4.3.3.2. Mortar

Pentru toate tipurile de mortare, durabilitatea crește odată cu creșterea dozajului de ciment. Mortarele fabricate pe baza conceptului de performanță (*mortare proiectate*) sunt astfel cele care oferă proprietăți de durabilitate superioare, dar și mortarele de rețetă pot fi folosite cu elemente argilă arsă. Prin folosirea unor adaosuri speciale (asemănătoare cauciucului) se poate obține reducerea permeabilității mortarului și pe această cale îmbunătățirea rezistenței la pătrunderea apei de ploaie.

Durabilitatea mortarului este influențată și de calitatea materialelor componente. Astfel proprietățile cimentului Portland se degradează în cazul în care se află mult timp în contact cu aerul. Prin folosirea nisipului cu conținut ridicat de argilă sau a celui monogranular, cu particule mici, rezultă mortare poroase deci cu permeabilitate ridicată, susceptibile de acumulare a apei în pori și de degradare rapidă în cazul înghețului.

Rezistența la îngheț-dezghet este un indicator de durabilitate pentru mortarele care în cursul exploatării pot fi supuse acțiunii apei din precipitații asociată cu alternanțe de temperaturi pozitive și negative. Fenomenul produce degradarea fizică a mortarului prin eforturile induse în masa acestuia datorită creșterii volumului apei din pori în momentul înghețului. Prin repetarea de câteva ori pe an a acestui fenomen, dezagregarea mortarului avansează în interiorul rosturilor și, astfel, rezistența mecanică a zidăriei scade rapid, în numai câțiva ani,

mai ales în cazul în care aceasta nu este protejată cu tencuială. Se menționează că fenomenul afectează în primul rând mortarul de tencuială și, după degradarea acestuia, avansează în mortarul dintre cărămizi.

În situațiile în care există o probabilitate ridicată de producere a acestui fenomen este necesară testarea mortarului înainte de a fi pus în operă. Se consideră că mortarul are rezistență satisfăcătoare dacă pierderea în greutate după 50 de cicluri îngheț-dezghet este de cel mult 1%.

Pentru asigurarea durabilității mortarul pentru zidărie se alege în funcție de condițiile de expunere ale zidăriei și de tipul și proprietățile elementelor pentru zidărie.

În prezent nu există un standard european de încercare pentru durabilitate, astfel încât măsura în care mortarele pentru zidărie corespund cerințelor de durabilitate se determină pe baza informațiilor existente în zona/regiunea țara unde este amplasată clădirea privind performanțele anumitor materiale și/sau rețete de mortare.

Pentru elementele de construcție aflate în clasele de expunere **MX3÷MX5**, ale clădirilor din clasele de importanță **I** și **II**, din zonele seismice cu accelerația seismică de proiectare $a_g \geq 0.20g$, se recomandă să se specifice compatibilitatea între elementele pentru zidărie și mortarul respectiv, pe baza datelor obținute de la producător sau a încercărilor efectuate în concordanță cu standardele din seria **SR EN 1015**.

Standardul **SR EN 1996-2** prevede ca, pentru asigurarea durabilității, alegerea mortarelor pentru zidărie să se facă ținând seama de riscul de expunere la umiditate al zidăriei și de probabilitatea producerii, în același timp, a efectelor de "îngheț/dezghet". Cerințele de durabilitate pentru mortare sunt formulate în standardul **SR EN 998-2**.

Notarea mortarelor în funcție de situațiile de expunere în care pot fi folosite se face la fel ca și în cazul elementelor pentru zidărie:

- **S** - mortar pentru elemente de construcție expuse la condiții *severe*;
- **M** - mortar pentru elemente de construcție expuse la condiții *moderate*;
- **P** - mortar pentru elemente de construcție expuse la condiții *pasive*.

NOTĂ - Notațiile **P**, **M** și **S** se utilizează numai pentru specificarea proprietăților de durabilitate ale mortarelor.

În clasele de expunere **MX1**, **MX2** sau **MX3**, proprietățile de durabilitate cerute pentru mortarul pentru zidărie se specifică folosind termenii din standardul **SR EN 998-2** și notațiile din anexa **B** la standardul **SR EN 1996-2**:

Folosirea mortarelor **P**, **M**, **S** este reglementată prin standardul **SR EN 1996-2**, în funcție de clasele de expunere după cum urmează:

- Clasa de expunere **MX 1** → mortar **P**, **M** sau **S**
- Clasa de expunere **MX 2.1** → mortar **M** sau **S**
- Clasa de expunere **MX 2.2** → mortar **M** sau **S**
- Clasa de expunere **MX 3.1** → mortar **M** sau **S**
- Clasa de expunere **MX 3.2** → mortar **S**

Note.

1° Încadrarea în clasa **MX 1** se poate accepta numai dacă în timpul execuției zidăria nu rămâne neprotejată o perioadă lungă de timp.

2° Pentru clasa de expunere **MX 2.2**, dacă elementele pentru zidărie au conținut de săruri din clasa **S1** este necesar ca mortarul să fie rezistent la sulfați.

Pentru zidăriile din clasele de expunere **MX4** și **MX5** se evaluează pentru fiecare amplasament, și pentru fiecare proiect, gradul de expunere la:

- săruri;
- umezire;
- cicluri de îngheț/dezgheț;
- substanțe chimice agresive (cantitatea acestora și tipul de reacție).

În cazurile în care mortarul pentru zidărie, groutul sau betonul pentru umplutură, fabricate industrial, sunt destinate să fie folosite în clasele de expunere **MX4** sau **MX5** este necesar să existe aptitudine de utilizare în condiții severe de expunere pe baza specificațiilor tehnice ale producătorului.

În cazurile în care în proiect este prevăzut mortar de zidărie/ beton de umplutură preparat la șantier, proporțiile amestecului pentru asigurarea durabilității adecvate în condițiile particulare respective vor fi stabilite pe baza informațiilor recunoscute și acceptate în practica curentă la locul de folosire.

Pentru mortarul pentru zidărie și pentru betonul pentru umplutură fabricate la șantier, prin specificațiile de proiectare trebuie să fie stabilite caracteristicile de performanță cerute produselor respective și mijloacele de verificare ale acestora, inclusiv cerințele de eșantionare și frecvența încercărilor. În plus, acolo unde proiectantul este convins că o specificație normativă asigură performanța cerută, se poate da o specificare detaliată a materialelor componente, a proporțiilor acestora și a metodei de amestecare. Specificația se poate baza pe încercări efectuate pe amestecuri de probă și /sau pe referințe autorizate, recunoscute ca acceptabile la locul de folosire. Indicația se ia în considerare, în special, în cazurile în care se folosesc adaosuri, aditivi sau pigmenti.

C.4.3.3.3. Oțel pentru armături

C.4.3.3.3.(1)

Măsurile de protecție care se adoptă pentru oțelul pentru armături, înglobat în beton sau în mortar, au ca scop asigurarea rezistenței la condițiile locale de expunere pe toată durata de exploatare proiectată a clădirii.

C.4.3.3.3. (5)

Pentru cazul particular al armăturilor care se montează în rosturile de așezare, posibilitățile de alegere a sistemelor de protecție anticorozivă sunt stabilite prin standardul **SR EN 845-3** anexa **C**, în funcție de clasele de expunere, așa cum este arătat în tabelul C.17.

Tabelul C.17

Material	Clasa de expunere				
	MX 1	MX 2	MX 3	MX 4	MX 5
Oțel austenitic inoxidabil (aliaje de molibden, crom, nichel)	U	U	U	U	R
Oțel austenitic inoxidabil (aliaje de crom, nichel)	U	U	U	R	R
Sârmă de oțel acoperită cu zinc (265 g/m ²)	U	R	R	X	X
Sârmă de oțel acoperită cu zinc (60 g/m ²) cu acoperire organică pe toate suprafețele finisate	U	U	U	R	X
Sârmă de oțel acoperită cu zinc (105 g/m ²)	U	R	R	X	X
Sârmă de oțel acoperită cu zinc	U	X	X	X	X
Tablă de oțel acoperită în prealabil cu zinc (137g/m ²)	U	X	X	X	X

În tabelele C.17 și C.20 notațiile referitoare la utilizarea materialelor respective sunt următoarele:

- U - folosire fără restricție a materialului în clasele de expunere menționate;
- R - utilizare cu restricție; se consultă producătorul/furnizorul;
- X -material a cărui utilizare nu este recomandată în această clasă de expunere.

Standardul **SR EN 1996-2** stabilește, de asemenea, condiții de protecție anticorozivă pentru buiandrugii prefabricați folosiți în clădirile din zidărie în baza prevederilor din standardul **SR EN 845-2**. Condițiile respective nu au relevanță specială pentru proiectarea construcțiilor din România deoarece folosirea buiandrugilor prefabricați este limitată numai la zonele cu cea mai mică valoare a accelerației seismice ($a_g = 0.10g$).

C.4.3.3.3.(6)

Pentru armăturile din elementele de confinare din beton armat, protecția se asigură prin prevederea în proiecte a unui strat de acoperire a cărui grosime va corespunde cerințelor din standardul **SR EN 1992-1-1** și din codul **P 100-1/2013**. Standardul **SR EN 1996-1-1** stabilește grosimea minimă stratului de acoperire cu beton pentru clasele de expunere, în funcție de dozajul de ciment și de raportul apă/ciment al betonului.

În tabelul C.18 sunt date grosimile straturilor de acoperire în funcție de acești parametri pentru cele cinci clase de expunere.

Tabelul C.18

Clasa de expunere	Dozaj minim de ciment (kg/m ³)				
	275	300	325	350	400
	Raport maxim apă/ciment				
	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Grosime minimă a stratului de acoperire				
MX1	20	20	20	20	20
MX2	----	35	30	25	20
MX3	----	----	40	30	25
MX4,MX5	----	----	----	60	50

C.4.3.3.3.(7)

Pentru asigurarea durabilității necesare, în cazurile în care oțelul carbon necesită protecție conform tabelului C.18 armăturile trebuie să fie galvanizate conform prevederilor

standardului **SR EN ISO 1461**, astfel încât acoperirea cu zinc să aibă o cantitate de zinc de minimum 900 g/m^2 sau se galvanizează prin acoperire cu o cantitate de zinc de minimum 60 g/m^2 și se acoperă cu un strat aderent de epoxy cu grosime de cel puțin $80 \text{ }\mu\text{m}$, cu o medie de $100 \text{ }\mu\text{m}$. Ca alternativă, protecția necesară se poate realiza integral printr-un strat de pulbere de epoxy aplicat prin fuziune.

Pentru a se evita deteriorarea protecției, oțelul va fi galvanizat după fasonare.

În unele cazuri speciale, în special pentru clasele de expunere **MX4** și **MX5**, dacă protecțiile prin înglobare în mortar /acoperire cu zinc sunt considerate insuficient de sigure, se pot folosi oțeluri rezistente la coroziune (standardul **SR EN 1996-1-1**, recomandă oțel inoxidabil austenitic conform standardului **AISI 3161**). Această soluție implică sporuri substanțiale ale costului inițial al lucrării dar se pot dovedi rentabile dacă se au în vedere cheltuielile totale pe durata de exploatare.

C.4.3.3.5. Straturi de rupere a capilarității

C.4.3.3.5.(1)

Deoarece lucrările de întreținere, reparare sau înlocuire a straturilor de rupere a capilarității sunt practic imposibil de realizat, acestea vor avea durabilitatea corespunzătoare tipului de clădire la care se utilizează și condițiilor de mediu respective. Straturile vor fi alcătuite din materiale cu rezistență suficientă pentru a nu fi străpunse la utilizare și vor fi capabile să reziste la eforturile mecanice fără să favorizeze producerea condensului sau a migrație apei. Pentru realizarea acestor straturi se recomandă cele imputrescibile și a căror comportare a fost verificată în timp sau pentru care s-a verificat experimental că nu sunt afectate semnificativ de fenomene de "îmbătrânire".

Cerințele de performanță pentru straturile de rupere a capilarității sunt formulate în standardul **SR EN 845-1**.

C.4.3.3.5.(2)

Straturile pentru ruperea capilarității trebuie să fie realizate din materiale ale căror proprietăți nu se deteriorează în timp. Astfel, nu se vor folosi materialele care sunt susceptibile de a putrezi, cum sunt cartonul asfaltat și pânza asfaltată.

Cele mai indicate soluții sunt cele care folosesc materiale plastice (produse de firmă care se montează în condițiile indicate de producător sau tencuieli hidrofuge. În cazul tencuielilor hidrofuge este necesar să se verifice agresivitatea față de ciment a apelor subterane respective.

C.4.3.3.6. Elemente de legătură pentru pereți

C.4.3.3.6.(1)

Principalele probleme legate de durabilitate se referă la elementele metalice, atât cele care nu se înglobează în mortar sau în beton, cât și cele care se înglobează.

Aceste elemente sunt supuse în primul rând coroziunii atmosferice ale cărei efecte pot fi amplificate de prezența umidității.

Cerințele referitoare la durabilitatea materialelor auxiliare sunt, în principal, următoarele:

- Elementele de legătură pentru pereți și prinderile lor vor fi capabile să reziste la acțiunea relevantă a mediului înconjurător și la mișcările relative între straturi. Ele vor avea rezistență la coroziune corespunzătoare mediului în care sunt utilizate.

- Elementele de ancorare ale placajelor din zidărie sau ale stratului exterior al fațadelor ventilate (cu gol de aer) vor fi executate din oțel inoxidabil.
- Eclisele, ancorele, scoabele și cornierele înglobate în zidărie vor avea rezistență la coroziune corespunzătoare condițiilor de mediu în care sunt utilizate. Protecția acestora se va realiza cu orice procedeu recunoscut în practica curentă pentru condiții de mediu similare.

Durabilitatea ancorelor trebuie asigurată pe toată durata de existență a clădirii care poate atinge 100 de ani sau chiar mai mult.

Rezistența ancorelor la coroziune depinde de un număr mare de factori dintre care efectele cele mai importante sunt date de:

- calitatea oțelului și nivelul de protecție intrinsecă sau superficială;
- compatibilitatea cu materialele (metalele) alăturate;
- condițiile de expunere;
- condițiile de montaj.

Materialele pentru fabricarea componentelor auxiliare și sistemele lor de protecție anticorozivă sunt specificate complet în părțile relevante ale standardelor din seria **SR EN 845** și fiecare este indicat printr-o referință unică "material/acoperire". Această referință nu constituie însă nici o indicație a performanței sau calității respective.

Standardul **SR EN 1996-2**, anexa C, în tabelele **C.1**, **C.2** și **C.3**, indică o scurtă descriere a materialelor și claselor de expunere pentru care acoperirea specificată este corespunzătoare. Această indicație se bazează pe o experiență îndelungată privind durabilitatea acestor materiale în domeniul condițiilor de expunere. În mod obișnuit nu sunt acceptate teste de expunere accelerată pentru măsurarea durabilității. Pentru materialele aferente fiecărei clase de expunere este de așteptat o durată de folosire acceptabilă din punct de vedere economic în condițiile descrise. Alegerea depinde de utilizarea specifică, amplasamentul construcției și durata de folosire cerută pentru materialele respective.

C.4.3.3.6.(1) și (2)

Pentru pereții alcătuiți din mai multe straturi, elementele metalice de legătură între straturi vor fi capabile să reziste la acțiunile agresive care pot proveni din mediul înconjurător. În funcție de clasa de expunere, pentru aceste elemente se vor prevedea măsurile corespunzătoare de protecție împotriva coroziunii. Ținând seama de riscul pentru siguranța vieții care poate proveni ca urmare a corodării lor, mai ales în zone seismice, elementele de ancorare ale placajelor din zidărie sau ale stratului exterior al fațadelor ventilate (cu gol de aer) vor fi executate din oțel inoxidabil.

În Australia, avariile observate după cutremurul din Newcastle din 1989 (figura C.45) au arătat că numeroase ancore nu au rezistat solicitărilor la care au fost supuse datorită degradărilor suferite în timp. Astfel s-a constatat că dintre ancorele care au cedat numeroase erau complet distruse prin coroziune datorită condițiilor de mediu în care s-au aflat pe durata de funcționare.



Figura C.45. Coroziunea ancorelor pentru zidărie

(a) Ancoră complet distrusă de coroziune –observată după cutremurul din Newcastle – Australia (1989) (b) Ancoră din oțel galvanizat corodată în zona înglobată în mortar [Clay Brick and Paver Institute, Manual 7 *Design of Clay Masonry for Serviceability*, Australia, 2001]

Ca urmare a acestor constatări, pentru ancorele din pereții dubli, standardele australiene **AS/NZS 2699.1**, **AS/NZ 2699** și **AS 3700** au stabilit rezistența și rigiditatea ancorelor în funcție de condițiile de expunere și de solicitare. În tabelul următor sunt date valorile pentru ancorele de tip **A** în pereți dubli.

Tabelul C.19

Clasificarea ancorelor	Rezistența caracteristică (kN)		Rigiditatea caracteristică (kN/mm)
	Întindere	Compresiune	
Condiții ușoare	0.3	0.35	0.5
Condiții medii	0.6	0.7	1.0
Condiții grele	1.5	1.8	2.5

Valorile rezistenței caracteristice din tabel se utilizează și pentru ancorele de fixare a zidăriei de placare.

C.4.3.3.7

Eclise, scoabe și corniere. Toate piesele metalice înglobate în zidărie (eclise, ancore, scoabe și corniere) trebuie să aibă protecția anticorozivă corespunzătoare condițiilor de mediu în care sunt utilizate. Protecția se poate realiza cu orice procedeu recunoscut în practica curentă pentru condiții de mediu similare. Oțelul galvanizat este un material convenabil pentru ancore deoarece are o durabilitate satisfăcătoare în condițiile unui preț relativ scăzut, în comparație cu cel al oțelului inoxidabil.

Durabilitatea ancorei depinde de cantitatea de zinc depusă pe fața oțelului. În literatură există puține date referitoare la cantitatea de zinc necesară pentru asigurarea durabilității. Unele cercetări din Anglia au arătat că, în condițiile expunerii simultane la aer și umiditate, pierderea de zinc anuală variază între $10 \div 20 \text{ g/m}^2$. De aici rezultă că, pentru o pierdere medie anuală de 15 g/m^2 , este necesară o acoperire de cel puțin 750 g/m^2 pentru a se asigura protecția necesară pe o durată de 50 de ani.

Materialele pentru agrafe, eclise, console și ancore, conforme cu standardul **SR EN 845-1**, pot fi alese folosind tabelul **C.1** din standardul **SR EN 1996-2** (tabelul C.21). Toate piesele metalice înglobate în zidărie (eclise, ancore, scoabe și corniere) trebuie să aibă protecția anticorozivă corespunzătoare condițiilor de mediu în care sunt utilizate. Protecția se poate realiza cu orice procedeu recunoscut în practica curentă pentru condiții de mediu similare. Oțelul galvanizat este un material convenabil pentru ancore deoarece are o durabilitate satisfăcătoare în condițiile unui preț relativ scăzut, în comparație cu cel al oțelului inoxidabil.

Tabelul C.20

MATERIAL	Clasa de expunere				
	MX1	MX2	MX3	MX4	MX5
Oțel austenitic inoxidabil (aliaje de molibden crom nichel)	U	U	U	U	R
Plastic folosit pentru corpul ancorelor	U	U	U	U	R
Oțel austenitic inoxidabil (aliaje de crom nichel)	U	U	U	R	R
Oțel feritic inoxidabil	U	X	X	X	X
Bronz de fosfor	U	U	U	X	X
Bronz de aluminiu	U	U	U	X	X
Cupru	U	U	U	X	X
Sârmă de oțel acoperită cu zinc (940 g/m ²)	U	U	U	R	X
Sârmă de oțel acoperită cu zinc (940 g/m ²)	U	U	U	R	X
Componentă din oțel acoperită cu zinc (710 g/m ²)	U	U	U	R	X
Componentă din oțel acoperită cu zinc (460 g/m ²)	U	R	R	R	X
Bandă sau placă din oțel acoperită cu zinc (300 g/m ²) cu acoperire organică pe toate suprafețele exterioare	U	U	U	R	X
Bandă sau placă din oțel acoperită cu zinc (300 g/m ²) cu acoperire organică pe toate suprafețele exterioare	U	U	U	R	X
Sârmă de oțel acoperită cu zinc (265 g/m ²)	U	R	R	X	X
Bandă sau placă din oțel acoperită cu zinc (300 g/m ²) cu acoperire organică pe marginile tăiate	U	R	R	X	X
Bandă sau placă din oțel pre-acoperită cu zinc (300 g/m ²)	U	R	R	X	X
Bandă sau placă din oțel acoperită cu zinc (137 g/m ²) cu acoperire organică pe toate suprafețele exterioare	U	U	U	R	X
Bandă sau placă din oțel acoperită cu zinc (137 g/m ²) cu acoperire organică pe toate suprafețele exterioare	U	U	U	R	X
Bandă de oțel pre-acoperită cu zinc (137 g/m ²) cu marginile acoperite cu zinc	U	R	R	X	X
Sârmă din oțel acoperită cu zinc (60 g/m ²) cu acoperire organică pe toate suprafețele exterioare	U	R	R	R	X
Sârmă din oțel acoperită cu zinc (105 g/m ²)	U	R	R	X	X
Sârmă din oțel acoperită cu zinc (60 g/m ²)	U	X	X	X	X
Placă din oțel pre-acoperită cu zinc (137 g/m ²)	U	X	X	X	X

CAPITOLUL 5. PROIECTAREA PRELIMINARĂ A CLĂDIRILOR CU PEREȚI STRUCTURALI DIN ZIDĂRIE

Proiectarea corectă a clădirilor din zidărie, prin alegerea celor mai adecvate modele și metode de calcul și de detaliere, are și un impact economic deosebit de mare dacă se ține seama de numărul mare al clădirilor de acest tip care se construiesc anual. Se apreciază că clădirile cu pereți structurali din zidărie sunt cu 15-20% mai ieftine decât cele cu structura alcătuită din cadre de beton armat și zidărie de umplutură. De asemenea se apreciază că durata de execuție se scurtează cu circa $\frac{1}{3}$.

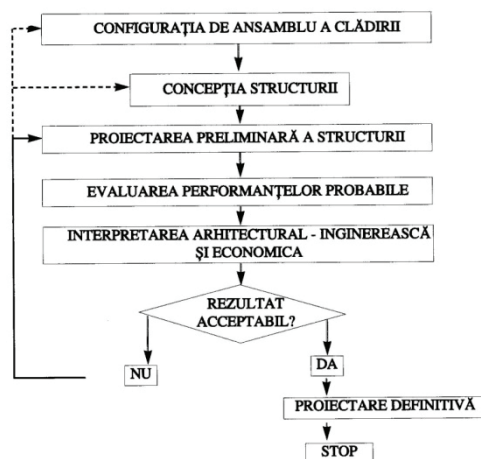
Adoptarea sistemului structural cu pereți portanți din zidărie de cărămidă sau blocuri permite obținerea unor avantaje tehnice și economice importante:

- asigură rezolvarea structurilor pentru construcții diverse ca funcțiune, formă și proporții în plan și/sau în elevație;
- se folosește rezistența pereților care, în planul de arhitectură, au funcțiuni de compartimentare și de închidere pentru preluarea acțiunilor agenților mecanici;
- pereții structurali au rigiditate mare ceea ce asigură protejarea elementelor nestructurale în timpul acțiunii seismice fără măsuri/costuri suplimentare;
- grosimile pereților impuse de satisfacerea cerințelor de izolare termică și fonică sunt, în cele mai multe cazuri, suficiente pentru a satisface exigențele de stabilitate și de rezistență și nu sunt necesare, de regulă, sporuri de grosime pentru considerente structurale;
- utilizează materiale relativ ieftine și nu necesită mână de lucru cu calificare deosebită.

C.5.1. PROIECTAREA PRELIMINARĂ ARHITECTURAL-STRUCTURALĂ A CLĂDIRILOR ETAJATE CURENTE

Deoarece alcătuirea structurilor clădirilor din zidărie rezultă, în principal, din alcătuirea planului de arhitectură, proiectarea clădirilor cu pereți structurali din zidărie situate în zone seismice implică parcurgerea unui proces iterativ de "*propunere-evaluare*" la care trebuie să participe, încă din faza inițială a proiectului, arhitectul și inginerul structurist.

Proiectarea preliminară arhitectural-structurală a clădirilor etajate curente cu pereți structurali din zidărie implică parcurgerea mai multor etape [Petrovici,R. Teoria structurilor pentru arhitecți-Curs, Ed.UAUIM 2000].



Schema dată mai sus sintetizează demersul logic pentru proiectarea clădirilor din zidărie în vederea satisfacerii cerinței de rezistență și stabilitate. Fazele de "propunere" se referă la "configurația de ansamblu a clădirii" (propunerea arhitectului), la "concepția structurii" (propunerea inginerului bazată, în primă aproximație, pe configurația de ansamblu propusă) și la etapa de "proiectare preliminară a structurii" (alegerea tipului de zidărie, alegerea materialelor, stabilirea grosimii pereților, etc.).

Validarea propunerilor arhitecturale și structurale constă în "evaluarea performanțelor probabile" ale clădirii în raport cu starea limită ultimă și cu starea limită de serviciu. Se evaluează nivelurile de performanță în raport cu cerințele din tema de proiectare (de exemplu, verificarea capacității de funcționare imediat după cutremur în cazul clădirilor din clasa de importanță I). Faza de "interpretare arhitectural-inginerească și economică" are ca obiect examinarea corelației dintre performanțele "structurale" și performanțele "funcționale, de confort și estetice" și, mai ales impactul costului structurii în costul total ale clădirii.

În condițiile în care rezultatul fazei de "interpretare" evidențiază necesitatea reluării procesului de proiectare acest lucru se face de regulă intervenind în primul rând asupra concepției structurii (înlocuirea sistemului cu "pereți rari" cu "pereți deși", dacă opțiunea este posibilă din punct de vedere funcțional, înlocuirea zidăriei nearmate cu zidărie confinată, etc.). În situațiile în care analiza structurală arată că performanțele nesatisfăcătoare provin din configurația de ansamblu inadecvată situației specifice a clădirii (în cazul zonelor cu regim seismic sever, alcătuire arhitecturală cu importante neregularități geometrice/volumetrice, absența continuității pe verticală a pereților care conduce la formarea etajelor "slabe") este necesar ca procesul de proiectare să fie reluat din faza inițială (revizuirea concepției arhitecturale). Dacă această modificare nu este posibilă din diferite considerente, soluția rațională este înlocuirea structurii din zidărie cu o structură din beton armat sau din oțel.

Legătura între configurația arhitecturală a clădirii și siguranța structurală sub acțiunea cutremurului a fost subliniată de numeroși autori a căror autoritate științifică și profesionalism sunt neîndoelnice.

- **Arnold și Reitherman** [Arnold,C.,Reitherman, R. *Building Configuration and Seismic Design. The Architecture of Earthquake Resistance*. Building Systems Development, Inc. San Mateo California 1981]:

"Un aspect al proiectării antiseismice de importanță egală sau chiar mai mare decât calculul structurii este alegerea configurației clădirii."

- **Degenkolb** [Degenkolb, H.J. *Seismic Design. Structural Concepts*. Summer Seismic Institute for Architectural Faculty. AIA Research Corporation 1977]:

"Unele dintre cele mai dificile probleme legate de proiectarea antiseismică sunt ridicate de concepția inițială de alcătuire aleasă de arhitect."

- **Dowrick** [Dowrick,D.J. *Earthquake Resistant Design. A Manual for Engineers and Architects* John Wiley & Sons, Inc.London, 1977] și **Key** [Key, D.*Earthquake Design Practice for Buildings*. Thomas Telford, London 1988]:

"Niciodată nu va fi în puterea unui inginer structurist să realizeze o structură suficient de rezistentă la cutremur pentru o clădire prost concepută."

C.5.1.(2)

Etapele "Proiectarea preliminară a structurii" și "evaluarea performanțelor structurale așteptate" reprezintă "faze tehnice" ale activității inginerului structurist care permit

identificarea unei imagini de ansamblu asupra modului în care structura propusă răspunde cerințelor de siguranță structurală și care furnizează, în același timp, elementele necesare pentru "interpretarea arhitectural - inginerească și economică" a rezultatelor proiectării preliminare. "Interpretarea" va stabili în ce măsură alcătuirea structurală propusă (inclusiv, dacă este cazul, grosimile care rezultă pentru pereții structurali) satisface cerințele arhitectului și va permite o primă evaluare a costurilor probabile pe durata de exploatare.

Dacă rezultatele acestei analize sunt satisfăcătoare se poate trece la "proiectarea definitivă". În caz contrar este necesar să se reia procesul de proiectare preliminară.

Reluarea procesului de proiectare se poate face din diferite etape:

- i) din etapa de proiectare preliminară a structurii (de exemplu, prin utilizarea unor elemente pentru zidărie și/sau mortare cu rezistențe mai ridicate, modificarea poziției / dimensiunilor / armăturilor elementelor de confinare etc.);
- ii) din etapa de concepție a structurii (de exemplu, prin înlocuirea zidăriei nearmate cu zidărie confinată cu sau fără armături în rosturile orizontale);
- iii) din etapa de stabilire a concepției de ansamblu a structurii (de exemplu, eliminarea efectelor importante de răsucire de ansamblu prin modificarea formei în plan sau prin modificarea rigidității unor pereți prin adăugarea/eliminarea unor goluri).

C.5.1.1. Principii generale de alcătuire arhitectural-structurală a clădirilor etajate cu pereți structurali din zidărie

C.5.1.1.(1)

Pentru clădirile care satisfac cerințele de **regularitate în plan și pe verticală** definită conform criteriilor de la art. 5.1.2. și 5.1.3. răspunsul seismic este favorabil și poate fi determinat prin calcul, cu suficientă exactitate, folosind modele/metode curente (simple). Pentru zonele cu accelerația seismică de proiectare $a_g \geq 0.25g$ se recomandă alegerea cu prioritate a configurațiilor de plan și volumetrie care conduc la clădiri cu **regularitate structurală în plan și pe verticală**.

Prevederile din acest Cod trebuie să fie respectate în corelare cu principiile generale de alcătuire structurală date în Codul **P 100-1/2013**.

În special, este vorba de realizarea caracterului spațial al structurii prin asigurarea conlucrării, în toate stadiile de solicitare, a pereților de pe direcțiile principale ale clădirii și a planșeelor rigide. Unitatea spațială a structurii astfel obținută este capabilă să asigure preluarea solicitărilor seismice oricare ar fi direcția pe care acestea acționează. Eficiența acestei conlucrări a fost verificată de comportarea satisfăcătoare la cutremurele trecute a clădirilor care au fost astfel concepute.

În al doilea rând trebuie menționat efectul favorabil al regularității alcătuirii în plan și în elevație a clădirii. Regularitatea în plan favorizează eliminarea / reducerea efectelor răsucirii de ansamblu. Regularitatea în elevație asigură, în primul rând, uniformitatea cerințelor de rezistență la diferitele niveluri ale clădirii eliminând concentrările de eforturi care ar putea rezulta prin devierea traseului normal/ direct, către fundații, al forțelor verticale și/sau orizontale. Clădirile cu regularitate structurală în plan și în elevație prezintă și avantajul de a putea fi analizate cu modele și metode de calcul simple.

Regulile de alcătuire favorabile stabilite în acest Cod exploatează rezervele "naturale" de rezistență ale clădirilor din zidărie cu puține niveluri și pe acestea se fundamentează și prevederile pentru **clădirile simple** din zidărie pentru care, conform Codului **P 100-1/2013**,

Cap.8, nu este necesară justificarea prin calcul a satisfacerii cerinței de rezistență la acțiunea seismică de proiectare.

Clădirile cu forme simple în plan (mai ales cele simetrice) și fără discontinuități bruște în elevație au comportare seismică uniformă, fără concentrări de eforturi în anumite elemente și zone. Avariile probabile, cele acceptabile în cazul cutremurului de "proiectare", vor fi controlabile și previzibile și vor putea fi suportate de clădire în condiții de siguranță. Pe de altă parte, comportarea seismică a acestor construcții poate fi modelată prin calcul, cu ușurință și destul de exact, astfel încât răspunsul lor probabil la acțiunea seismică poate fi anticipat cu precizie suficientă, oferind astfel baza obiectivă pentru o proiectare sigură și rațională din punct de vedere tehnic și economic.

Neregularitățile formei în plan și discontinuitățile volumetrice pe înălțimea clădirii au ca rezultat neuniformitatea, uneori exagerată, a distribuției spațiale a maselor și rigidităților și conduc la structuri complicate, confuze chiar, în care, adesea, se fac compromisuri tehnice grave.

Analiza prin calcul a răspunsului seismic al structurilor cu neregularități nu mai poate fi făcută cu metodele simplificate aplicabile construcțiilor cu structuri regulate. Sunt necesare abordări complexe, care să țină seama de comportarea structurii, sub acțiunea dinamică a cutremurului, ca un ansamblu spațial, în domeniul deformațiilor inelastice.

Proprietățile mecanice, de rezistență, de deformabilitate și de ductilitate ale structurilor complexe din zidărie sunt dificil de modelat, cu un grad suficient de exactitate, astfel încât chiar analizele efectuate cu cele mai complexe programe de calcul automat, au un grad mare de incertitudine. Anticiparea răspunsului seismic probabil, prin astfel de calcule, poate fie să conducă la dimensionări mult acoperitoare fie să dea naștere unor zone slabe în raport cu solicitările reale.

În timpul cutremurelor puternice, neregularitățile de formă, în plan și în elevație, antrenează concentrări de eforturi în elementele de construcție, structurale și nestructurale, mai ales în zonele de discontinuitate geometrică care sunt, implicit, zone de discontinuitate ale maselor și ale rigidității.

Starea de eforturi din ansamblul structurilor cu neregularități și comportarea elementelor de structură, mai ales în zonele de discontinuitate, nu sunt, în general, studiate experimental, astfel încât proiectarea se bazează, mai mult, pe intuiția inginerului de structuri.

Nivelul insuficient de cunoaștere în acest domeniu, din țară și din străinătate, a fost confirmat de experiența cutremurelor anterioare care a arătat că o mare parte din accidente grave (mergând, adesea, până la prăbușirea în totalitate) s-au produs la construcții cu forme complexe în plan și în elevație. Paradoxal, cele mai multe dintre sensibilitățile acestor structuri erau cunoscute în literatura de specialitate dar proiectanții respectivi le-au ignorat.

C.5.1.2. Alcătuirea clădirii în plan și în elevație

C.5.1.2.(1)

Formele geometrice regulate ale clădirii, stabilite prin proiectul de arhitectură, reprezintă condiția necesară pentru proiectarea unor structuri simple, clare și de preferință simetrice având valori comparabile ale rezistenței și rigidității ansamblului pe direcțiile axelor de simetrie și la care excentricitatea centrului de masă în raport cu centrul de rigiditate este cât mai mică cu putință (teoretic, cele două centre pot să coincidă). În aceste condiții, eforturile secționale/unitare datorite cutremurului precum și deplasările laterale ale clădirii, pe cele

două direcții principale, sunt comparabile iar efectul răsucirii de ansamblu este redus la minimum pentru toate direcțiile de acțiune ale acțiunii seismice.

Se atrage atenția că, în multe cazuri, avantajele aduse de simetria formei planului pot fi anulate de dispunerea nesimetrică în plan a pereților structurali, ceea ce conduce de asemenea la necoincidența centrului de masă cu centrul de rigiditate și deci la efectul de torsiune de ansamblu (în această situație este vorba numai de o "*pseudo-simetrie*"). Se menționează, însă, și cazul contrar în care, prin alcătuirea judicioasă a pereților structurali, pentru unele clădiri cu forme nesimetrice în plan, se poate obține apropierea celor două centre și deci reducerea semnificativă a efectului de răsucire. Prin alcătuirea judicioasă a pereților se înțelege alegerea grosimii, a rezistențelor materialelor, dispunerea și dimensiunile golurilor, etc.

Adoptarea formelor regulate este favorabilă deoarece formele compuse (L, T, H sau ramificate) suferă, în timpul cutremurului, mișcări complexe, deplasările fiecărei aripi fiind funcție de direcția acțiunii seismice. Astfel aripile care au dimensiunea lungă paralelă cu direcția acțiunii seismice vor avea deplasări mici și deci avarii relativ mici (au condiții favorabile pentru a avea rigiditate și rezistență mai mare în această direcție) în timp ce aripile care au dimensiunea scurtă paralelă cu direcția acțiunii seismice vor suferi deplasări mai mari și, în consecință, avarii mai mari. Acest fenomen este mai accentuat în cazul în care lungimea aripilor este mai mare (se produce chiar și la clădiri cu forme simetrice față de două axe - tip **H**, de exemplu). În acest caz, oscilațiile seismice ale clădirii sunt deosebit de complexe deoarece în timp ce clădirea oscilează în ansamblu (de exemplu, pe direcțiile principale) aripile pot oscila fiecare separat, în special pe direcțiile respective de rigiditate minimă.

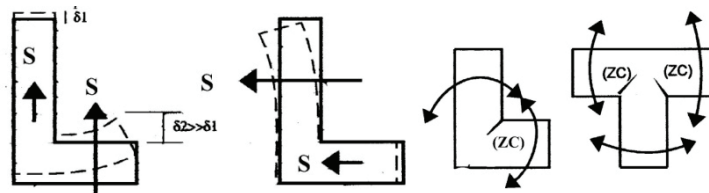


Figura C.46 Oscilațiile clădirilor nesimetrice în timpul cutremurului [Petrovici, R. Teoria structurilor pentru arhitecți - Curs, Ed. UAUM 2000]

Deoarece construcția cu formă complexă reprezintă o unitate structurală pentru care însă, în general, centrele de greutate al planșeelor nu coincid cu centrele de rigiditate al etajelor, ansamblul va fi supus și unei torsiuni generale date de componentele forței seismice care acționează pe aripile profilelor L, T, H sau pe ramificațiile clădirilor cu forme mai complicate. Punctele cele mai vulnerabile sunt colțurile întrânduri și zonele imediat adiacente acestora în care eforturile se concentrează oricare ar fi direcția de acțiune a mișcării seismice (notate **ZC**- *zone critice* în figura C.46).

C.5.1.2.(4)

Măsurile recomandate în acest alineat pentru a realiza reducerea rezistenței și/sau rigidității structurii pe înălțime, în concordanță cu variația eforturilor din încărcările verticale și orizontale, au în vedere menținerea regularității structurale și evitarea creării unor disimetrii care pot genera efecte de răsucire. În nici un caz reducerea rezistenței și/sau a rigidității nu se va realiza prin suprimarea pereților structurali întrerupând fluxul continuu al încărcărilor spre fundații.

C.5.1.3. Criterii de regularitate structurală

Regularitatea clădirilor în plan depinde de satisfacerea a două categorii de cerințe:

- Cerințe *geometrice*: forma și proporțiile clădirii în plan;
- Cerințe *structurale*: dispunerea pereților structurali în planul clădirii și rigiditatea acestora.

Din examinarea cerințelor reglementărilor tehnice rezultă un consens semnificativ în ceea ce privește parametrii după care se apreciază regularitatea/neregularitatea geometrică și cea structurală. Micile diferențe între valorile pragurilor respective se datorează mai mult experienței și tradiției locale decât unor factori obiectivi, cuantificabili.

Totodată, este necesar să se precizeze că aprecierea regularității sau neregularității structurale se bazează, în toate reglementările, numai pe considerarea rigidităților liniar-elastice fără a implica rezervele de rezistență ale clădirilor în domeniul post-elastic și nici diferențierea modurilor de cedare (ductil/fragil). Neglijarea acestor aspecte poate ascunde unele carențe de alcătuire susceptibile de a avea consecințe grave (de exemplu, pierderea stabilității de ansamblu a clădirii după cedarea prematură a unui perete).

C.5.1.3.(1)

Pentru se evita/diminua efectele defavorabile ale răsucirii de ansamblu, dispunerea în plan a pereților structurali se va face cât mai uniform în raport cu axele principale ale clădirii, pentru toate tipurile de zidărie (**ZNA, ZC, ZC+AR, ZIA**). Pentru a se asigura o capacitate suficientă de rezistență și de rigiditate la torsiunea de ansamblu se recomandă ca pereții structurali cu rigiditate mare să fie dispuși cât mai aproape de conturul clădirii. Nu se vor adopta configurații instabile de pereți (în care axele pereților sunt concurente) și se vor evita configurațiile la care excentricitatea centrului de rigiditate, pe una din direcții depășește valorile stabilite în **Cod**.

C.5.1.3.(2)

În același scop, în cazul tronsoanelor dreptunghiulare, la care fațadele longitudinale au raportul ρ între ariile în plan ale golurilor de uși și ferestre și ariile plinurilor de zidărie apropiat de valorile maxime stabilite prin acest Cod la 5.2.5.(3) se recomandă ca pereții structurali transversali de la capetele tronsoanelor să fie cât mai puțin slăbiți prin goluri.

În cazul clădirilor cu pereți structurali din zidărie, neregularitățile în plan provin, în general, din două cauze majore (sau dintr-o combinație a acestora) care decurg din concepția arhitecturală a clădirii:

- dispunere neregulată / nesimetrică a golurilor majore în pereți
- forma în plan cu nesimetrie pronunțată.

Existența pereților lungi și fără goluri (calcane) este inherentă, în special, în cazul clădirilor "plombă" și introduce efecte puternice de răsucire.

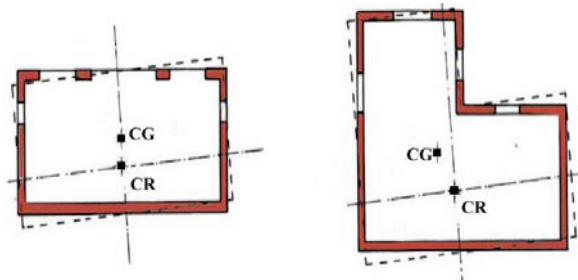


Figura C.47. Neregularitate în plan rezultată din concepția planului de arhitectură

O altă cauză a producerii situației de "neregularitate" în plan provine din alcătuirea planșeelor:

- planșee cu alcătuiți diferite la un anumit nivel (planșeu rigid din beton armat completat cu planșeu cu rigiditate nesemnificativă - cu grinzi și podină din lemn, de exemplu) - figura C.48(b);
- planșee cu goluri mari (orientativ cu aria golului mai mare de 50% din aria planșeului) - figura C.48 (c).

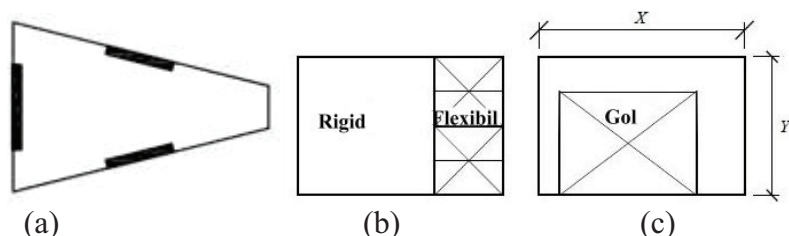


Figura C.48. Neregularități provenite din alcătuirea arhitectural structurală (a) și din alcătuirea planșeelor (b) și (c).

Clădirile care au forme oarecare în plan trebuie calculate cu modele spațiale. Pot fi calculate și cu două modele plane, cu forțe dispuse pe direcțiile principal de rigiditate, în condițiile stabilite în Codul **P 100-1/2013**, Cap.8.

C.5.1.3.(3)

Condițiile de regularitate în elevație urmăresc, în primul rând, realizarea unui traseu direct și clar al încărcărilor verticale și orizontale până la fundații și asigurarea conlucrării spațiale dintre pereții de zidărie de pe cele două direcții și dintre pereți și planșee.

În acest scop este necesară realizarea următoarelor măsuri constructive:

- asigurarea legăturilor dintre pereții dispuși pe ambele direcții principale ale clădirii;
- prevederea fundațiilor continue sub ziduri și legarea zidurilor de fundații;
- asigurarea legăturii între pereți și centurile dispuse la nivelul fiecărui planșeu;
- prevederea planșeelor rigide în plan orizontal (recomandabil și la ultimul nivel);
- în cazul clădirilor cu șarpantă, ancorarea acesteia de centurile de la ultimul nivel;
- ancorarea de șarpantă a zidurilor în consolă peste ultimul nivel (calcane, frontoane).

În ceea ce privește neregularitățile în elevație, reglementarea din SUA [Codul **ASCE 7-10**] este mai nuanțată. Sunt definite neregularități "curente" și neregularități "extreme" așa cum se arată în figura C.49.

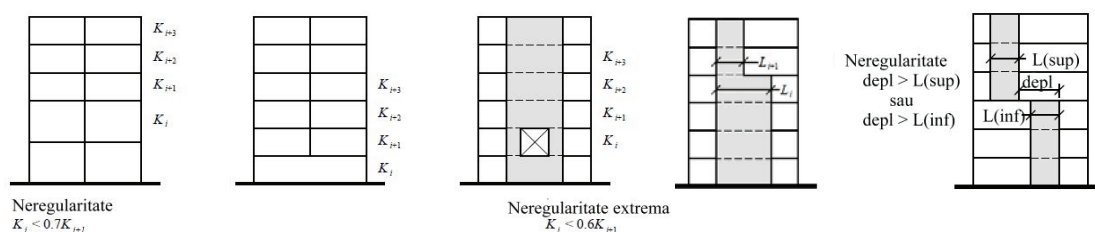


Figura C.49. Neregularități în elevație conform Codului **ASCE 7-10**

- (a) Neregularitatea geometrică în elevație trebuie luată în considerare dacă dimensiunea în plan orizontal a unui perete structural care preia forțele laterale, la oricare nivel, este mai mare cu peste 30% decât cea a unui etaj adiacent.

- (b) Neregularitatea este luată în considerare dacă există o deplasare în plan unui perete structural mai mare decât lungimea acestuia, sau o reducere de rigiditate a elementului respectiv la etajul inferior.

C.5.1.4. Separarea clădirii în tronsoane

C.5.1.4.(1)

Tronsonarea clădirilor cu alcătuiți complexe depinde de forma și de proporțiile în plan ale ansamblului construit.

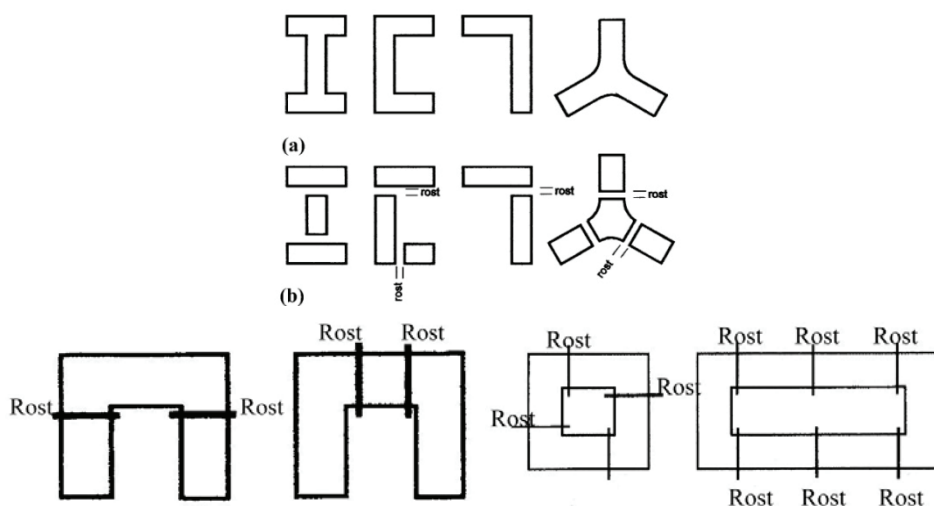


Figura C.50. Posibilități de tronsonare a clădirilor cu forme complexe

C.5.1.4.(2)

Prevederea are ca scop evitarea fragmentării construcției în tronsoane cu proporții geometrice nefavorabile. Prin limitarea raportului înălțime/lățime se urmărește limitarea efectelor momentului de răsturnare iar limitarea raportului lungime / lățime are ca scop reducerea efectelor răsucirii de ansamblu.

Formele alungite în plan pot da naștere la planșee cu flexibilitate relativ mare în plan orizontal ceea ce contrazice ipoteza curentă referitoare la rigiditatea infinită a planșeelor în plan orizontal prin care se asigură egalitatea deplasărilor orizontale ale tuturor subansamblurilor verticale.

În cazul clădirilor tip bară împărțite în mai multe tronsoane cu caracteristici structurale similare, se recomandă ca tronsoanele de la extremități, care sunt susceptibile de a suporta șocul maxim în cazul ciocnirii reciproce în timpul cutremurului, să aibă o masă mai mare (mai multe travei) și o capacitate de rezistență mai mare decât cea a tronsoanelor intermediare.

C.5.1.4.(5)

Prevederea referitoare la dublarea pereților structurali la rost are în vedere ca fiecare din tronsoanele rezultate să constituie o "cutie" cu rigiditate semnificativă la răsucire care se realizează, în mare măsură, cu contribuția pereților dispuși pe conturul clădirii.

C.5.1.4.(6)

Pentru cazul în care caracteristicile constructive ale tronsoanelor alăturate sunt aproximativ similare (cum este cazul tronsoanelor rezultate din segmentarea unei clădiri "bară") lățimea rostului antiseismic poate fi egală cu cea stabilită din condiția de dilatare termică (în

condițiile geo-climatice ale României, și pentru clădiri cu dimensiuni curente, această lățime este de circa 2 - 3 cm).

C.5.1.4.(7)

Având în vedere rigiditatea importantă a clădirilor din zidărie dimensiunile rosturilor de dilatare/seismice sunt reduse.

Elementele de închidere a rosturilor trebuie să asigure oscilațiile libere ale tronsoanelor adiacente și, în același timp, să satisfacă celelalte exigențe (izolare fonică, termică, etanșeitate la aer și la apă, rezistență la foc).

Ținând seama că avarierea locală a zonelor de rost este inevitabilă, mai ales în cazul cutremurelor puternice, detaliile rosturilor seismice trebuie să asigure evitarea desprinderii și căderii de la înălțime elemente sau părți de construcție și să permită repararea acestora cu ușurință. Se recomandă folosirea atât pentru rosturile verticale, cât și pentru cele orizontale, a unor sisteme/dispozitive de închidere verificate în practică.

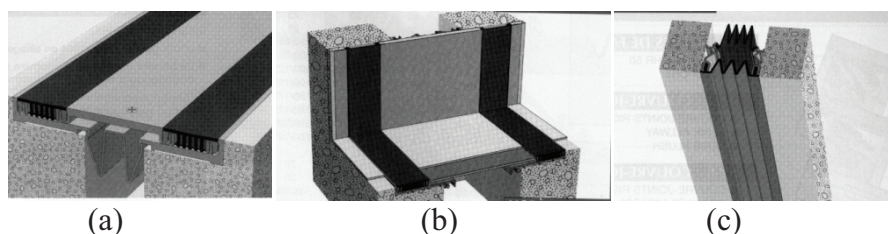


Fig. C.51. Detalii de rosturi seismice

(a) Rost orizontal (b) Racord rost orizontal-vertical (c) Rost în fațadă

Detaliile de principiu de mai sus permit, în alcătuirii diverse, preluarea deplasărilor relative dintre două tronsoane adiacente prin rosturi de 5 ÷ 50 mm lățime și chiar mai mari.

C.5.1.5. Dimensiuni maxime ale clădirilor

Dimensiunile maxime ale clădirilor cu pereți structurali din zidărie sunt stabilite în Codul **P 100-1/2013**, în funcție de zona seismică a amplasamentului și de înălțimea clădirii peste secțiunea de încastrare.

C.5.2. PROIECTAREA PRELIMINARĂ A PEREȚILOR STRUCTURALI PENTRU CLĂDIRI ETAJATE CURENTE

C.5.2.1. Alegerea sistemului de pereți structurali

C.5.2.1.(1)

Cerințele funcționale menționate trebuie să fie:

- conforme cu reglementările tehnice în vigoare (cerințe minime, obligatorii);
- specifice, stabilite de investitor: dimensiunile spațiilor libere, înălțimea de nivel, tipul circulațiilor, etc.

C.5.2.1.(5)

Alcătuirile structurale în care există pereți de contravântuire neîncărcați, sau foarte puțin încărcăți, cu sarcini verticale trebuie considerate *nefavorabile* pentru amplasamentele cu seismicitate ridicată (orientativ $a_g \geq 0.15g$) având în vedere faptul că rezistența la forfecare în

rost orizontal este asigurată numai de forța de frecare corespunzătoare efortului de compresiune după ce aderența mortarului la elementele pentru zidărie se rupe datorită deformațiilor laterale ale peretelui (recomandarea **FEMA 307** arată că aderența se rupe pentru drift de circa 3-5‰).

C.5.2.1.1 Structuri cu pereți deși

C.5.2.1.1.(1)

În alcătuirea menționată la acest alineat, pozițiile în clădire ale pereților structurali interiori rezultă, de regulă, din concepția planului de arhitectură (în cazul locuințelor, de exemplu, separă încăperile principale ale clădirii). Sistemul structural cu pereți deși corespunde și cerințelor funcționale ale clădirilor de locuire colectivă (hoteluri, moteluri, cămine și similare).

C.5.2.1.1.(2)

Dacă prin această operație aria pereților structurali de pe direcția respectivă se reduce cu mai mult de 20%, clădirea va fi încadrată pentru calcul în clasa clădirilor fără regularitate (tipul 2 din tabelul 5.1).

În condițiile de la (2), structura verticală și planșeul care rezultă trebuie să aibă capacitatea de rezistență, rigiditatea și ductilitatea necesare pentru a prelua solicitările datorate celor mai defavorabile grupări de încărcări, inclusiv efectul disimetriei structurale care ar putea rezulta din suprimarea peretelui respectiv și sporirea forței seismice de proiectare ca urmare a modificării încadrării clădirii din punct de vedere al regularității structurale.

C.5.2.1.2. Structuri cu pereți rari

C.5.2.1.2.(1)

În această alcătuire pereții structurali interiori se dispun, de regulă, la limita între unitățile funcționale (între apartamente – la locuințe, între sălile de clasă – la unitățile de învățământ, etc.) ceea ce elimină, în cele mai multe cazuri, slăbirea lor cu goluri de trecere.

C.5.2.2. Alegerea tipului de zidărie

C.5.2.2.1. Zidăria nearmată (ZNA)

C.5.2.2.1.(1)

Zidăria simplă (nearmată) poate fi caracterizată sintetic după cum urmează:

- Este un material capabil să preia încărcări verticale importante.
- Nu poate prelua încărcări verticale și orizontale din care rezultă eforturi unitare de întindere.
- Ruperea este de tip fragil, integritatea fizică a pereților fiind puternic deteriorată în stadiile avansate de deformare.

Din motivele de mai sus, pentru reducerea riscului seismic al clădirilor cu pereți structurali din zidărie nearmată, în Codul **P 100-1/2013**, s-au preconizat următoarele măsuri:

- Folosirea zidăriei nearmate numai pentru clădiri cu un număr mic de niveluri peste secțiunea de încastrare;
- Utilizarea clădirilor cu regularitate structurală în plan și în elevație;
- Determinarea forței seismice static echivalentă folosind valori mici ale factorului de comportare **q** pentru a se limita amplitudinea incursiunilor în domeniul postelastice;
- Obligatorietatea prevederii constructive a unor stâlpișori și centuri din beton armat.

Regimul de înălțime redus care este prevăzut în Codul **P 100-1/2013** (2÷3 niveluri peste secțiunea de încastrare) asigură, pentru grosimea minimă de zid, eforturi unitare de compresiune aflate în intervalul $0.3f_d \div 0.5f_d$.

În același timp, pentru amplasamentele cu accelerație seismică de proiectare slabă și/sau moderată (orientativ $a_g \leq 0.15g$) eforturile tangențiale în rosturile orizontale ale zidăriei rămân la valori scăzute dacă se realizează ariile minime constructive de zidărie.

Proprietățile mecanice ale structurilor cu pereți din zidărie nearmată sunt influențate, în mare măsură, de condițiile de execuție și, în special, de:

- raportul de țesere;
- folosirea aceluiași tip de elemente și aceluiași tip de mortar pentru toți pereții unui nivel;
- executarea simultană a pereților de pe ambele direcții principale;
- realizarea rosturilor orizontale de mortar cu grosimi între 8 ÷ 15 mm și umplerea completă a tuturor rosturilor verticale;
- tratarea zidăriei după execuție (evitarea încărcării premature, a solicitărilor dinamice, măsurile pe timp friguros, etc.).

C.5.2.2.1.(2)

Prin introducerea în peretele de zidărie a elementelor de confinare din beton armat (stâlpișori și centuri) se obține pe de o parte sporirea ductilității și pe de altă parte reducerea degradării rezistenței și limitarea avariilor în stadiile avansate de solicitare.

1. Prezența stâlpișorilor la intersecții, colțuri și ramificații de ziduri contribuie eficient la realizarea legăturii dintre pereții de pe cele două direcții principale ale clădirii și prin aceasta la realizarea conlucrării spațiale a subansamblurilor structurale verticale. Prezența stâlpișorilor elimină avariile tipice care se manifestă prin expulzarea zidăriei de la colțurile clădirii chiar și la clădirile cu puține niveluri supraterane.

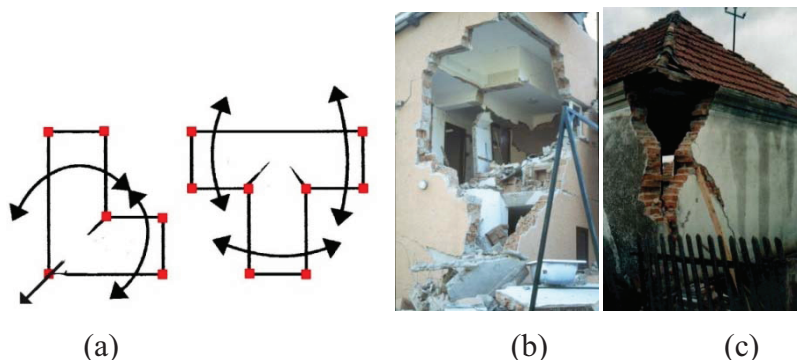


Figura C.52. Efectele acțiunii seismice la colțurile clădirii

(a) Pozițiile stâlpișorilor constructivi.

(b) și (c) Distrugerii la colțuri (expulzarea zidăriei) la clădiri fără stâlpișori

2. Sistemul de centuri participă la asigurarea caracterului spațial al structurii prin:

- legarea pereților de pe cele două direcții;
- constituirea unei carcase spațiale cu elemente armate, capabile să preia eforturi de întindere, prin legarea tuturor stâlpișorilor la nivelul fiecărui planșeu;
- sporirea rigidității în plan orizontal a planșeelor;
- realizarea transferului forțelor seismice de la planșee la pereții structurali.

În afară de aceasta, centurile constituie reazeme orizontale pentru pereții solicitați de încărcările normale pe plan (seismice sau chiar din vânt).

În cazul planșeelor din grinzi de lemn/profile metalice elementele de rezistență trebuie să fie legate eficient de centuri (prin înglobare pe cel puțin $\frac{2}{3}$ din lățimea centurii sau prin ancorare în centură, dar fără întreruperea armăturii din centuri). Pentru a se realiza o transmitere cât mai uniformă a încărcărilor verticale centurile se execută pe toată lățimea peretelui (cu o eventuală reducere pentru aplicarea protecției termice la pereții de fațadă).

Centurile contribuie și la limitarea propagării fisurilor înclinate de la un nivel la altul. Acest tip de avarie poate conduce la prăbușirea peretelui sub efectul combinat al acțiunii seismice în planul peretelui și perpendicular pe plan. Aportul armăturilor din centuri nu este luat considerare la calculul rezistenței la forță tăietoare pentru clădirile din **ZNA**.



Figura C.53. Propagarea/extinderea crăpăturilor înclinate în lipsa centurii de la nivelul planșeului

Prevederea centurilor intermediare la clădirile cu pereți rari și la clădirile tip "sală/hală" are ca scop sporirea rezistenței peretelui la:

- ruperea în scară din forța tăietoare (prin concentrarea unei cantități semnificative de armătură în această centură intermediară);
- acțiunea seismică perpendiculară pe planul peretelui (prin realizarea unui reazem intermediar pentru panoul de zidărie).

C.5.2.2.2. Zidăria armată (ZC, ZC+AR, ZIA)

Zidăria armată, așa cum este cunoscută astăzi, este rezultatul acumulării, în timp, a experiențelor practice de asociere a zidăriei fragile cu materiale superioare din punct de vedere al rezistențelor la întindere și compresiune și al ductilității, și a dezvoltărilor teoretice mai recente.

În zone seismice folosirea cu precădere a zidăriilor armate este recomandată deoarece asocierea cu oțelul oferă zidăriei proprietățile necesare pentru realizarea unor performanțe seismice superioare:

- ductilitate;
- capacitate de disipare a energiei seismice;
- limitarea degradării excesive a rezistenței și rigidității;
- menținerea, în anumită măsură, a integrității pereților după producerea unui seism sever.

Rezultate similare pot fi obținute și prin asocierea zidăriei, prin procedee specifice, cu alte materiale de înaltă rezistență (polimeri armați cu fibre - **FRP**- sau grile polimerice, de exemplu).

Ținând seama de aceste calități, prezentul Cod și Codul **P 100-1/2013** recomandă folosirea cu precădere a zidărilor armate, sub una din formele menționate, stabilind pentru acestea domenii mult mai largi de folosire decât pentru zidăria nearmată.

Prezența elementelor verticale de confinare îmbunătățește calitativ și cantitativ comportarea pereților de zidărie înainte și după fisurare (în domeniul elastic dar, mai ales, în domeniul postelastice):

- asigură un nivel de ductilitate satisfăcător în cazul solicitărilor seismice;
- împiedică pierderea stabilității (răsturnarea) pereților sub efectul acțiunii seismice perpendiculare pe planul peretelui;
- asigură integritatea panourilor de zidărie în stadii avansate de avariere (după ce s-au produs crăpături/ fracturi cu deplasare în planul peretelui și/sau perpendicular pe plan).

Din încercările efectuate în Mexic [Meli,R., Mamposteria estructural. La practica, la investigacion y el comportamiento sismico observado en Mexico CENAPRED] s-au evidențiat următoarele concluzii principale privind comportarea pereților din zidărie confinată:

- Forța laterală care produce fisurarea diagonală variază foarte puțin în funcție de armarea peretelui
- Cantitatea și detaliile de armătură din stâlpișori afectează semnificativ ductilitatea dar nu modifică cu valori importante rezistența peretelui
- Capacitatea crește liniar în funcție de nivelul forței axiale de compresiune (în domeniul eforturilor specifice clădirilor cu puține niveluri)
- Ductilitatea pereților este ridicată dacă cedarea se produce din încovoiere dar și la pereții care cedează din forță tăietoare; ductilitatea scade pentru încărcări verticale mari

Conform unei alte cercetări desfășurată tot în Mexic [Sánchez,T.A., *Diseño y construcción de estructuras de mamposteria* - CENAPRED] se consideră că, în condițiile în care au fost respectate prevederile din reglementări, zidăria confinată a avut comportare satisfăcătoare la cutremurele din Mexic:

- stâlpișorii au asigurat peretelui o capacitate superioară de deformație laterală și au îmbunătățit legăturile între pereții pe cele două direcții și între perete și planșeu
- s-a evitat ruperea bruscă fragilă dar nu și formarea fisurilor diagonale (rezistența la eforturi diagonale a zidăriei nu sporește semnificativ prin prezența stâlpișorilor și a centurilor)
- o soluție pentru sporirea capacității la forță tăietoare este armarea rosturilor orizontale.

C.5.2.3. Goluri în pereții structurali din zidărie

C.5.2.3.(1)

Adoptarea poziției și dimensiunilor golurilor pentru uși și ferestre trebuie să se facă de comun acord între arhitect și inginerul structurist ca un compromis între cele trei categorii de cerințe.

C.5.2.3.(2)

Structurile cu pereți cu goluri dispuse regulat și în poziții raționale reprezintă un sistem extrem de eficient, recomandabil pentru obținerea comportării ductile și pentru disiparea corespunzătoare a energiei. Trebuie însă evitate situațiile în care riglele de cuplare sunt mai puternice decât spaleții dintre goluri. În acest caz, spaleții pot fi avariați puternic sau chiar distruși în timp ce riglele de cuplare rămân practic în domeniul elastic. Prin forma și

proporțiile lor acești spaleții sunt expuși unor ruperi fragile și nu vor putea disipa decât o cantitate redusă de energie. Când adoptarea unei asemenea configurații a peretelui este impusă de considerente funcționale sau plastice, dimensionarea spaleților se va face pentru forțe convenționale sporite rezultând grosimi mai mari de pereți și sporirea armăturii din elementele de confinare și din rosturile orizontale. Pentru alcătuirea din figura C.54(b) soluția recomandabilă este realizarea spalețului central din beton armat.

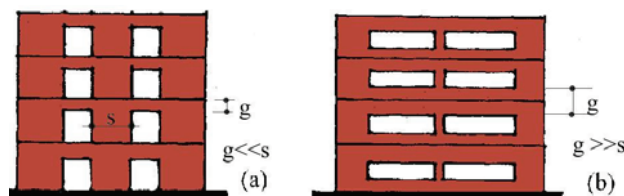


Fig. C.54. Proportționarea spaleților și riglelor de cuplare la pereți cu goluri
(a) alcătuire favorabilă (b) alcătuire nefavorabilă

C.5.2.4.(4)

Dispunerea alternantă a golurilor trebuie să evite situațiile în care se creează zone slabe care favorizează fisuri/crăpături în vecinătatea riglelor de cuplare (figura C.55b).

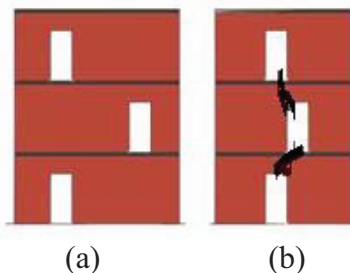


Figura C.55 Dispunerea alternativă a golurilor de uși pe înălțimea clădirii
(a) Dispunere recomandată (b) Dispunere defavorabilă/periculoasă

La amplasarea golurilor de uși și ferestre se va urmări, de asemenea, ca spaleții care rezultă să aibă lungimi egale sau cât mai apropiate. În cazul pereților lungi (pereții longitudinali ai clădirilor tip "bară", de exemplu) dacă această prevedere nu poate fi realizată din considerente funcționale sau de plastică a fațadelor, se recomandă ca spaleții cu dimensiuni mult diferite să fie dispuși alternativ în lungul peretelui.

C.5.2.4. Grosimea pereților structurali și nestructurali

C.5.2.4.(1)

În acest Cod se dau prevederi numai pentru stabilirea grosimii în funcție de cerința de siguranță structurală. Grosimea necesară pentru satisfacerea celorlalte cerințe se stabilește prin reglementările specifice. În proiect se va adopta cea mai mare dintre grosimile necesare rezultate.

C.5.3. PROIECTAREA PRELIMINARĂ A SUBANSAMBLURILOR STRUCTURALE ORIZONTALE

C.5.3.1. Tipul planșeului

C.5.3.1.(1)

Pentru identificarea tipului de planșeu (rigid/flexibil) se poate ține seama de condiția dată în Codul UBC 2003 (figura C.56):

"Planșeul trebuie să fie considerat flexibil pentru distribuția forței seismice de etaj și a momentului de torsiune dacă deformația laterală maximă a planșeului (Δ_{max}) este mai mare decât dublul deplasării relative de nivel (driftului) la etajul considerat"

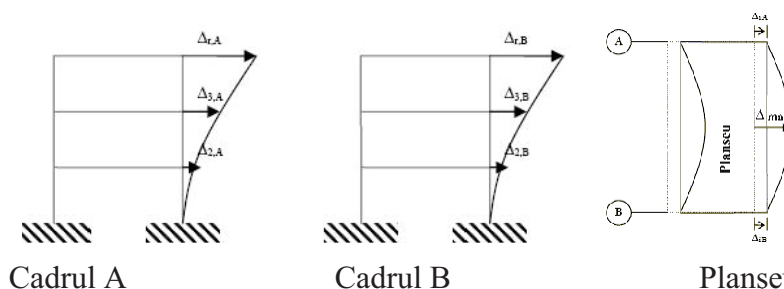


Figura C.56 Definirea planșeelor flexibile în plan orizontal conform **UBC-2003**

sau de condiția dată în [Jain, S.K. *A Proposed Draft for IS 1893. Provisions on Seismic Design of Buildings: Part II: Commentary and Examples* Journal of Structural Engineering, vol.22, No.2 July 1995] care recomandă să se ia în considerare flexibilitatea planșeului în plan orizontal dacă există relația:

$$\Delta_2 \geq 1.5 \frac{\Delta_1 + \Delta_3}{2} \quad (C.21)$$

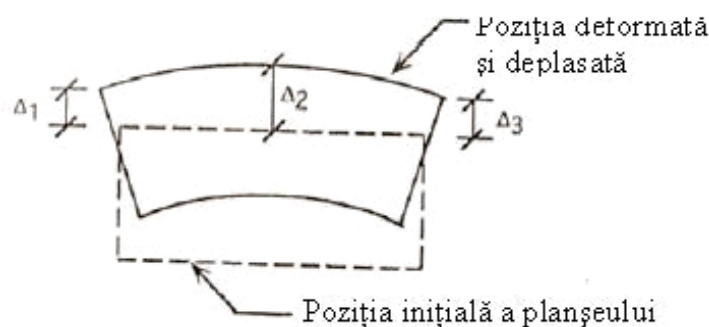


Figura C.57. Definirea planșeelor flexibile în plan orizontal conform relației (C.21)

C.5.3.1.(2)

Alegerea alcătuirii/detailiilor constructive care asigură comportarea planșeului ca diafragmă rigidă în plan orizontal va ține seama de rolul planșeului în ceea ce privește:

- colectarea forțelor de inerție și transmiterea lor la pereții structurali;
- asigurarea conlucrării pereților structurali pentru preluarea forțelor seismice orizontale:
 - distribuția forței seismice de nivel între pereții structurali proporțional cu rigiditatea de translație a fiecăruia;
 - retransmiterea către pereții care dispun de rezerve de capacitate portantă a încărcărilor suplimentare care rezultă după cedarea pereților cu capacitate de rezistență insuficientă;
- posibilitatea de adoptare a unor modele de calcul structural simplificate, având, după caz, numai unu sau trei grade de libertate la fiecare nivel.

Se recomandă folosirea planșeelor care transmit încărcările verticale pe toate laturile astfel încât să se realizeze solicitarea cât mai uniformă a pereților de pe ambele direcții. Această rezolvare este obligatorie pentru clădirile amplasate în zone seismice cu $a_g \geq 0.30g$.

C.5.3.1.(3)

Folosirea planșelor fără rigiditate semnificativă în plan orizontal trebuie considerată ca o soluție de excepție pentru clădirile situate în zonele seismice deoarece anulează toate avantajele menționate la comentariul **C.5.3.1.(2)**. Din acest motiv, folosirea planșelor fără rigiditate, în special planșeele cu grinzi și podină din lemn, este limitată la amplasamente cu accelerația seismică de proiectare redusă și la clădiri cu puține niveluri (a se vedea Codul **P 100-1/2013**).

C.5.3.2. Supante, console

C.5.3.2.(1)

Prezența supantelor face ca în anumite zone, înălțimea nivelului rezultă egală cu dublul înălțimii nivelului curent ceea ce conduce la reducerea drastică a rigidității unor pereți și la modificarea poziției centrului de rigiditate. Prin aceasta, efectul de răsucire de ansamblu și forțele tăietoare generate de aceasta sunt mult amplificate la nivelul respectiv.

C.5.4. PROIECTAREA PRELIMINARĂ A INFRASTRUCTURII

C.5.4.1. Fundații

C.5.4.1.(1) și (2)

Alegerea modului de alcătuire a fundației se face în funcție de intensitatea încărcărilor verticale și seismice din pereți, de mărimea eforturilor pe teren, de natura terenului și de adâncimea cotei de fundare.

Prevederea de la (1) urmărește asigurarea unui traseu direct al încărcărilor verticale și orizontale către terenul de fundare, condiție de regularitate recomandată pentru asigurarea unui răspuns seismic favorabil. Excepția permisă la (2) se bazează pe faptul că, în unele situații, fundațiile de tip "talpă continuă" pot căpăta dimensiuni care depășesc cu mult lățimea necesară și devin scumpe, ca urmare a unor condiții constructive (generate, de exemplu, de lățimea minimă a săpăturilor în șanțuri). Această situație se întâlnește în special la clădirile cu 1÷2 niveluri așezate pe terenuri normale de fundare pentru care presiunea pe talpa fundațiilor continue (cu lățimi care depășesc cu 5÷10 cm grosimile zidurilor) este, în general, sub $\frac{2}{3} \div \frac{3}{4}$ din presiunea convențională. Datorită înălțimii reduse a clădirilor și intensității reduse a încărcărilor seismice pentru care este acceptată soluția propusă, eforturile din grinzile care susțin pereții structurali din elevație pot fi menținute, fără dificultăți constructive, în domeniul elastic de comportare.

C.5.4.2. Socluri

C.5.4.2.(1)

Prevederea urmărește transmiterea încărcărilor la terenul de fundare fără ca efectul acestora să fie amplificat de excentricitățile relative ale elementelor de construcție (zidărie \Rightarrow soclu \Rightarrow fundație)

C.5.4.2.(2)

Lățimea soclului va permite preluarea/compensarea eventualelor abateri de trasare/execuție inerente execuției la nivelul terenului. Abaterile admisibile pentru fundații, mai ales când acestea sunt turnate direct în săpătură sunt mai mari decât abaterile de execuție pentru poziționarea pereților în plan.

Retragerea soclului în raport cu planul zidăriei este recomandată pentru a permite realizarea scurgerii apelor pluviale de pe fațada clădirii. Dimpotrivă, nu se va prevedea retragerea planului zidăriei parterului în raport cu fața soclului deoarece în această situație se favorizează acumularea apei de ploaie și a zăpezii și migrația acestora în elevație.

C.5.4.2.(3)

Folosirea betonului armat este recomandabilă pentru a preveni eventualele ruperi fragile ale soclurilor sub efectul eforturilor secționale generate de acțiunea seismică la baza pereților (cu eforturile secționale *elastice*, calculate cu factorul de comportare $q = 1$). Excepția are în vedere cazurile în care, în condițiile menționate mai sus, eforturile secționale din socluri au valori care pot fi preluate de betonul simplu. Se recomandă ca proiectantul să examineze în același timp și oportunitatea dispunerii unor armături minimale pentru prevenirea efectelor contracției betonului (în aceste condiții clasa betonului va fi stabilită pentru a asigura protecția armăturilor).

Executarea soclului din beton simplu este permisă în cazul amplasamentelor cu teren normal de fundare, pentru construcții din clasa de importanță III, cu $n_{niv} \leq 3$, în zonele seismice cu $a_g \leq 0.15g$, precum și pentru construcții din clasa de importanță IV, în toate zonele seismice numai dacă rezultatele calculelor de dimensionare cu încărcările din Codul **P 100-1/2013** permit această soluție.

Adoptarea acestei soluții implică și realizarea următoarelor măsuri constructive:

- a. În socluri, la nivelul pardoselii parterului, se va prevedea un sistem de centuri care formează contururi închise. Aria totală a armăturilor longitudinale din centuri va fi cu cel puțin 20% mai mare decât aria totală a armăturilor centurilor de la nivelurile supraterane de pe același perete. În cazurile în care înălțimea soclului, peste nivelul tălpii de fundare, este $\geq 1,50$ m se va prevedea și o centură la baza soclului cu aceeași armătură ca și centura de la nivelul pardoselii.
- b. Mustățile pentru elementele de beton armat din suprastructură (stâlpișori și/sau stratul median al pereților din zidărie cu inimă armată) vor fi ancorate în soclu pe o lungime de minimum $60d \geq 1,0$ m. În cazul în care, conform (a), în soclul de beton simplu se prevede și o centură la baza soclului, mustățile vor fi ancorate în aceasta.

CAPITOLUL 6. CALCULUL CLĂDIRILOR CU PEREȚI DIN ZIDĂRIE

C.6.1. PRINCIPII GENERALE DE CALCUL

C.6.1.(1)

Principiile generale de calcul pe care se bazează acest Cod au în vedere principalele particularități ale comportării zidăriei la solicitări mecanice:

1. Neomogenitatea alcătuirii, care provine din faptul că există diferențe mari între proprietățile mecanice ale elementelor pentru zidărie și ale mortarelor și de aderența reciprocă a acestora. Alte cauze ale neomogenității sunt legate de diversitatea țeserii și de modul de umplere a rosturilor cu mortar (diferențe semnificative de comportare între zidăriile cu rosturile verticale umplute cu mortar și cele cu rosturi verticale de tip "nut&feder").
2. Anizotropia, care rezultă din proprietățile diferite în funcție de direcția solicitărilor în raport cu rosturile de așezare depinde de forma și de proporțiile elementelor și existența, volumul și direcția golurilor în perete, de modul de țesere.
3. Discrepanța între rezistența la compresiune și cea la întindere care rezultă de fapt din comportarea nesimetrică la compresiune / întindere care caracterizează atât elementele cât și mortarul, și aderența între acestea (din acest motiv rezistența la întindere poate fi neglijată în cele mai multe cazuri practice).
4. Particularitățile legii constitutive la compresiune ($\sigma - \varepsilon$) și anume:
 - caracterul neliniar chiar pentru stadii de solicitare incipiente
 - existența/lipsa deformațiilor post elastice rezultă în mare parte din caracteristicile menționate mai sus

Cu toate aceste particularități, în practica de proiectare se folosesc modele care acceptă zidăria ca pe un corp continuu și omogen, pentru care anizotropia este neglijată sau luată în considerare în mod foarte simplificat, și pentru care, în multe cazuri, pentru nivelurile curente de solicitare, neliniaritatea materialului este omisă.

C.6.1.(3)

Pentru a descrie exact comportarea reală a structurilor cu pereți din zidărie, modelul de calcul trebuie să aibă în vedere simultan următoarele aspecte specifice:

- caracterul complex al legii constitutive la compresiune $\sigma - \varepsilon$ care, de regulă este neliniară;
- particularitățile legii constitutive la forfecare $\tau - \gamma$ care depind de proporțiile elementului și de tipul zidăriei (simplă/armată);
- degradarea rezistenței și a rigidității datorită incursiunilor repetate în domeniul post elastic;
- particularitățile fenomenului de disipare care depind de tipul zidăriei (simplă/armată).

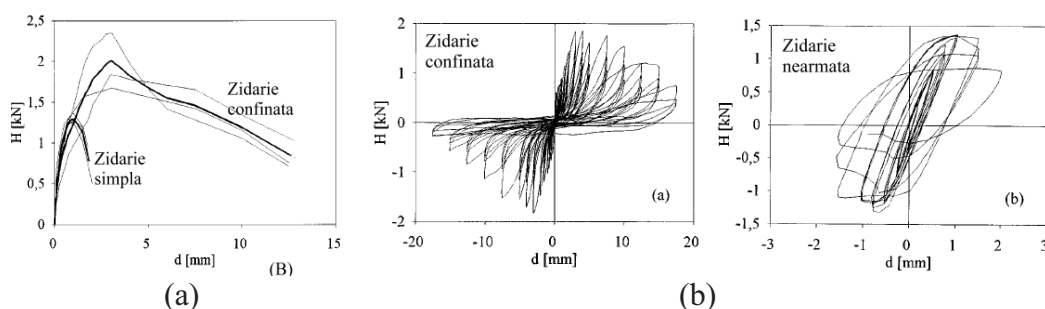


Figura C.58. Comportarea zidărilor la solicitări alternante

- (a) Relația "forță laterală (H) -deplasare laterală (d)" pentru zidăria simplă/confinată
 (b) Comportarea zidăriei simple/confinate la solicitări laterale ciclice alternante

Astfel de modele complexe nu sunt în prezent disponibile pentru utilizarea practică iar, sub unele aspecte, nu sunt clarificate nici la nivel teoretic. În plus, utilizarea lor nu este posibilă decât cu ajutorul unor programe de calcul complexe. Din studiile existente s-a constatat că rezultatele obținute cu modelele complexe sunt foarte sensibile la variațiile proprietăților mecanice ale zidăriei. Ori, așa cum se știe, aceste proprietăți depind de un număr foarte mare de parametri care, de cele mai multe ori variază aleator, într-un mod imprevizibil pentru proiectant. Ca atare, se justifică adoptarea unor procedee bazate pe ipoteze simplificatoare cu ajutorul cărora se poate obține o descriere suficient de exactă din punct de vedere practic a comportării structurii sub acțiunea încărcărilor verticale și, mai ales, seismice.

Descrierea comportării trebuie să se refere la capacitatea de rezistență și la rigiditate în domeniul elastic de comportare dar și dincolo de acesta, până în stadiul ultim. De asemenea, modelul folosit trebuie să permită evaluarea cât mai apropiată de realitate a ductilității elementelor și a ansamblului structurii în funcție de care se adoptă diferitele valori ale factorului de comportare la acțiunea cutremurului (q). Se urmărește, în același timp, ca modelele simplificate să fie ușor aplicabile în practica curentă de proiectare iar rezultatele obținute să poată fi ușor de controlat/verificat.

În principal, în reglementări se cere, de regulă, numai ca modelul de calcul să reflecte în mod adecvat caracterul spațial al răspunsului seismic al ansamblului de pereți și planșee, până în faza de rupere, considerând o lege constitutivă de tip elasto-plastic cu ductilitate limitată (controlată).

În cazul clădirilor din zidărie, această formulare are un caracter prea general deoarece nu explicitează diferitele moduri de cedare ale elementelor de construcție care, de fapt, depind de alcătuirea geometrică și mecanică a pereților și de direcția de acțiune a forței seismice în raport cu aceștia.

C.6.2. CALCULUL STRUCTURILOR LA ÎNCĂRCĂRI VERTICALE

C.6.2.1. Modelul de calcul pentru încărcări verticale

C.6.2.1.(1)

Pereții structurali din zidărie sunt elemente verticale ale suprastructurii clădirii care preiau, în principal, încărcările de tip gravitațional aduse de planșee și le transmit terenului de fundare prin intermediul infrastructurii.

C.6.2.2. Metode de calcul pentru încărcări verticale

C.6.2.2.1. Determinarea forțelor axiale de compresiune în pereții structurali

C.6.2.2.1.(5)

Prevederea se referă în special la cazul clădirilor care au balcoane/bowindow-uri cu deschideri mari, dispuse pe o singură latură a clădirii, de exemplu- fig.C.59a. Dacă efectul excentricităților nu se echilibrează pe ansamblul structurii, este necesar să se evalueze eforturile suplimentare rezultate din această situație (fig.C.59b).

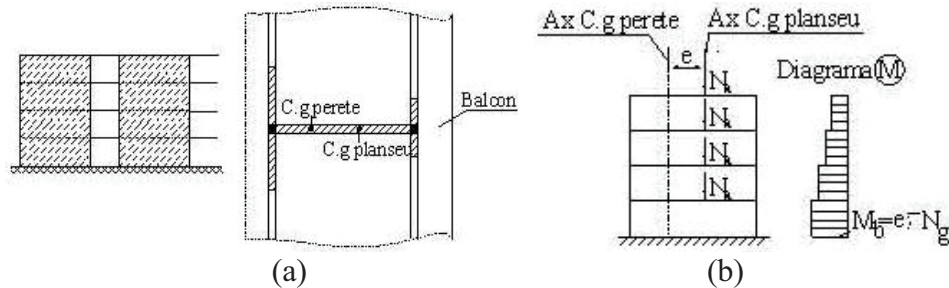


Figura C.59. Încărcări verticale excentrice pe pereții structurali

C.6.2.2.2. Determinarea excentricităților de aplicare a încărcărilor verticale

C.6.2.2.2.(1)

Calculul rezistenței zidăriei la compresiune axială sau excentrică nu se poate face fără a ține seama de inerența unor efecte geometrice de ordinul II. Considerarea acestor efecte este impusă de particularitățile de comportare a pereților la aceste încărcări:

- zveltețea importantă a peretelui, în special în raport cu acțiunile perpendiculare pe plan;
- rezistența foarte mică/neglijabilă la întindere;
- deformațiile diferențiate în timp.

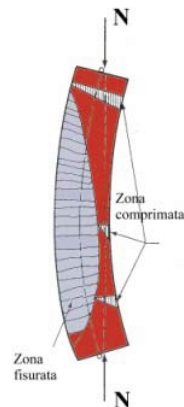


Figura C.60.Schema pentru evaluarea efectelor de ordinul II

Zona fisurată este inactivă (se neglijează rezistența la întindere a zidăriei).

Evaluarea exactă a efectelor de ordinul II asupra pereților din zidărie este complicată deoarece depinde de mai mulți parametri:

- condițiile de fixare la nivelul planșeelor și, eventual, pe laturile verticale (a se vedea și comentariul C.6.6.2.1.3(2));
- rezistența limitată la compresiune a zidăriei (spre deosebire de modelele teoretice, liniar elastice, unde această ipoteză nu este avută în vedere);
- forma legii constitutive la compresiune $\sigma-\epsilon$ care, de regulă, este neliniară;

- prezența deformațiilor diferite în timp (efectul acestor deformații nu ar trebui luat în considerare în cazul acțiunii seismice).

C.6.2.2.2.(2)

Efectele de ordinul II se introduc în calculul la compresiune axială sau excentrică prin intermediul unui coeficient de reducere care se calculează în funcție de:

- excentricitățile cu care se aplică încărcările;
- zveltețea efectivă a peretelui (determinată prin noțiunea de “înălțime efectivă” – a se vedea articolul 6.6.2.1.3. și comentariul respectiv).

Coeficientul de reducere are forma generală:

$$\Phi = \frac{N_d}{N_u}$$

unde N_d este rezistența de proiectare iar N_u este rezistența ultimă pentru solicitarea respectivă.

C.6.2.2.2.1. Excentricitatea din alcătuirea structurii

C.6.2.2.2.1.(1)

Particularitățile alcătuirii/concepției arhitectural-structurale a clădirii pot produce eforturi secționale suplimentare (momente încovoietoare) prin:

- suprapunerea excentrică pe verticală a pereților la etajele adiacente (d_1 în figura 6.3 din Cod);
- rezemarea excentrică a planșeelor pe perete (d_2 în figura 6.3 din Cod);
- rezemarea pe perete a planșeelor cu deschideri și încărcări diferite.

Valorile acestei excentricități pot fi evaluate, în cele mai multe cazuri, încă din faza de proiectare preliminară.

Excentricitatea datorită suprapunerii pe verticală a pereților de la etajele adiacente se produce întotdeauna la pereții de contur atunci când grosimea peretelui superior este mai mică. La aceiași pereți se produce și excentricitatea datorită rezemării planșeului pe o singură parte a peretelui. Excentricitatea datorită rezemării pe perete a planșeelor cu deschideri și încărcări diferite se dezvoltă pe pereții care mărginesc încăperi cu deschideri și/sau încărcări diferite (de exemplu la pereții coridoarelor centrale de la clădirile cu camere pe ambele fațade - școli, cămine și similare).

Pereții clădirilor etajate la care planșeele pot fi considerate reazeme fixe pentru încărcările verticale se calculează pentru încărcări verticale excentrice ca elemente liniare dispuse vertical. Pentru simplificarea modelului se consideră că elementele sunt legate articulat la nivelul planșeului inferior și libere lateral (figura 6.3 din Cod). Încărcarea adusă de peretele nivelului superior (N_1) se consideră aplicată în planul median al acestuia iar încărcarea proprie a peretelui (N_3) este considerată că acționează în planul său median. Încărcările aduse de planșeu (N_2) se descarcă după o lege liniară. În cazurile în care pereții au aceeași înălțime iar planșeele sunt dispuse pe ambele părți cu deschideri și încărcări aproximativ egale excentricitățile d_1 și d_2 sunt practic nule.

C.6.2.2.2.2. Excentricitate din imperfecțiuni de execuție (*accidentală*)

Principalele categorii de imperfecțiuni de execuție care generează excentricitatea *accidentală* a forțelor verticale (e_a) sunt următoarele:

- deplasarea relativă a planurilor mediane ale pereților de la nivelurile adiacente;

- abaterile de la valoarea nominală a grosimii pereților;
- abaterile de la poziția verticală a peretelui;
- neomogenitatea materialelor.

Limitele acestor abateri, care sunt avute în vedere prin valorile excentricității **accidentale** date prin relațiile (6.2a) și (6.2b) din Cod sunt stabilite prin reglementărilor tehnice privind executarea și urmărirea execuției lucrărilor de zidărie, în vigoare.

C.6.2.2.2.2.(1)

Pentru clădirile curente cu pereți structurali cu grosime ≥ 240 mm și înălțime de etaj ≤ 400 cm, valoarea excentricității de calcul e_a (în cm) rezultată din relațiile (6.2a) și (6.2b) este dată în tabelul C.21.

Tabelul C.21

Înălțimea etajului (m)	Grosimea peretelui(cm)			
	25.0	30.0	37.5	45.0
≤ 3.00	1.00		1.25	1.50
3.20	1.07			
3.40	1.13			
3.60	1.20			
3.80	1.27			
4.00	1.33			

Excentricitatea accidentală ține seama de imperfecțiunile de execuție. Într-o variantă mai veche a standardului **SR EN 1996-1-1** excentricitatea accidentală a fost exprimată în funcție de înălțimea efectivă a peretelui ($e_a = h_{ef}/450$). Exprimarea actuală a excentricității accidentale în funcție de înălțimea etajului are avantajul de a evita, calculul, pentru fiecare perete, a înălțimii efective a acestuia conform metodologiei de la art. **6.6.2.1.3**.

C.6.2.2.2.3. Excentricitate din forțele orizontale perpendiculare pe plan

C.6.2.2.2.3.(1)

În cazul clădirilor cu pereți mai groși un calcul mai exact al excentricității în secțiunea mediană e_{hm} ar trebui să țină seama și de greutatea proprie a peretelui. Neglijarea acestei încărcări este însă acoperitoare.

C.6.3. CALCULUL STRUCTURILOR CU PEREȚI DIN ZIDĂRIE LA FORȚE ORIZONTALE

C.6.3.1. Modelul de calcul pentru forțe seismice orizontale.

C.6.3.1.(3)

Lățimea tălpilor active în cazul pereților cu forme complexe (**I, T, L**) a fost stabilită conform prevederilor din reglementările din SUA[TMS 402-09/ACI 530-08/ASCE 5-08] care au în vedere comportarea pereților din zidărie la acțiunea alternantă a cutremurului (inversarea solicitării compresiune↔ întindere, în cazul pereților supuși la compresiune excentrică în planul inimii).

C.6.3.1.(4)

Rigiditatea laterală a unui panou de zidărie depinde de:

- geometria panoului;

- condițiile statice la extremități: dublu încastrat, în consolă, sau situații apreciate de proiectant ca intermediare;
- proprietățile de deformabilitate ale zidăriei: modulii de elasticitate longitudinal și transversal.

Rigiditatea unui panou de zidărie solicitat la încovoiere cu forță tăietoare se definește ca valoarea forței tăietoare care produce o deplasare a extremităților (Δ) egală cu unitatea

$$R \equiv V (\Delta=1) \quad (C.22)$$

Pentru calculul deplasării se iau în considerare deformațiile din încovoiere ($\rightarrow \Delta_M$) și deformațiile din forță tăietoare ($\rightarrow \Delta_V$)

$$\Delta = \Delta_M + \Delta_V \quad (C.23)$$

Valoarea celor două componente depinde de schema statică (condițiile de fixare la extremități).

1. Perete (montant) în consolă

(fixat numai la bază):

$$\Delta_M = \frac{VH^3}{3E_z I_p} \quad (C.23a)$$

$$\Delta_V = k \frac{VH}{G_z A_p} \quad (C.24a)$$

$$R = \frac{1}{\frac{H^3}{3E_z I_p} + k \frac{H}{G_z A_p}} \quad (C.25a)$$

2. Spalet dublu încastrat

(fixat la ambele extremități):

$$\Delta_M = \frac{VH^3}{12E_z I_p} \quad (C.23b)$$

$$\Delta_V = k \frac{VH}{G_z A_p} \quad (C.24b)$$

$$R = \frac{1}{\frac{H^3}{12E_z I_p} + k \frac{H}{G_z A_p}} \quad (C.25b)$$

Cu notațiile:

- V - forța tăietoare
- H - înălțimea panoului (montant/spalet)
- l_p - lungimea panoului
- t_p - grosimea panoului
- A_p - aria panoului de perete
- I_p - momentul de inerție al panoului de perete
- E_z - modulul de elasticitate longitudinal al zidăriei
- G_z - modulul de elasticitate transversal al zidăriei
- k - coeficient de formă; $k = 1.2$ pentru secțiuni dreptunghiulare, $k = 2.0 \div 2.5$ pentru secțiuni I

În cazul secțiunilor dreptunghiulare cu grosimea panoului de zidărie t_p și ținând seama de relațiile $E_z = 1000 f_k$ și $G_z = 0.4 E_z$ expresiile de mai sus devin:

$$1. \text{ Perete în consolă} \quad R_p = \frac{E_z t_p}{p(3 + 4\lambda_p^2)} = E_z t_p k_M(\lambda_p) \quad (C.26a)$$

$$2. \text{ Spalet dublu încastrat} \quad R_p = \frac{E_z t_p}{p(3 + \lambda_p^2)} = E_z t_p k_S(\lambda_p) \quad (C.26b)$$

unde $\lambda_p = \frac{H}{l_p}$ este factorul de formă al panoului (zveltețea panoului)

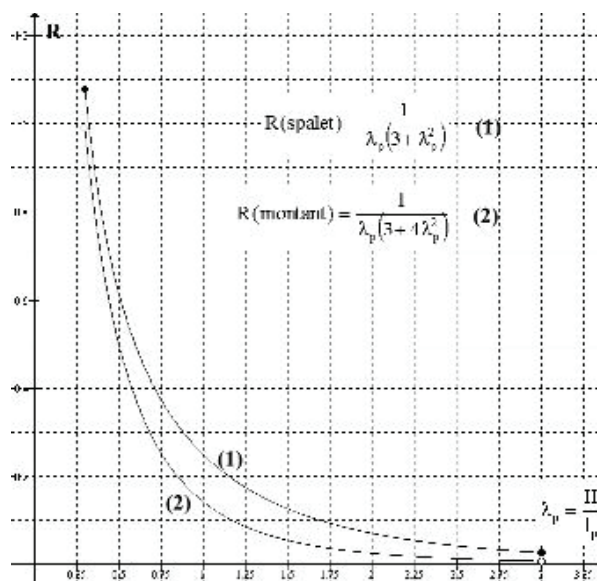


Figura C.61. Variația rigidității panourilor de zidărie dreptunghiulare în funcție de λ_p

În cazul pereților compuși din montanți și spalet, rigiditatea totală (echivalentă) este egală cu suma rigidităților panourilor componente:

$$R_{\text{tot}} = \sum R_i \quad (\text{C.27})$$

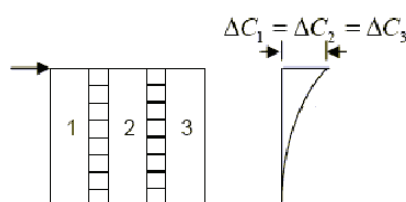


Figura C.62 Rigiditatea peretelui compus din mai mulți montanți

În cazul pereților a căror rigiditate scade pe verticală de la un etaj la altul (de exemplu ca urmare a creșterii dimensiunilor golurilor sau a reducerii grosimii zidurilor) se poate defini o rigiditate *echivalentă* cu relația:

$$R_{\text{echiv}} = \frac{1}{\sum \Delta C_i} = \frac{1}{\sum \frac{1}{R_i}} \quad (\text{C.28})$$

unde:

- ΔC_i este deplasarea relativă a peretelui la nivelul "i" iar R_i este rigiditatea peretelui la acest nivel.

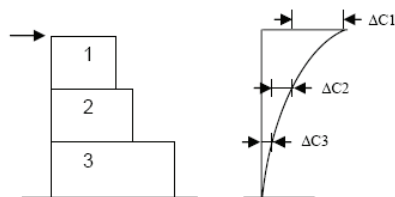


Figura C.63 Rigiditatea echivalentă a peretelui cu rigiditate variabilă pe înălțime

C.6.3.2. Metode de calcul la forțe seismice orizontale

C.6.3.2.(2)

Procedeul de calcul static neliniar (calcul "*biografic*") urmărește, pe măsura sporirii încărcărilor laterale, evoluția nivelurilor de solicitare atinse de pereții structurali (montanți și, după caz, rigle de cuplare) până la ieșirea succesivă din lucru a acestora.

Capacitatea ultimă a structurii se consideră atinsă atunci când s-a produs articularea plastică a montanților care, împreună, preiau cel puțin 15% din forța seismică totală capabilă a clădirii.

Aplicarea procedurii, implică cunoașterea legii $\sigma - \varepsilon$ la compresiune a zidăriei și a legii de deformare laterală $\tau - \gamma$. Utilizare procedurii, fără suportul unui program de calcul specializat, este dificilă în cazul clădirilor etajate deoarece implică modificarea schemei statice a ansamblului structurii după ieșirea din lucru a fiecărui perete.

C.6.3.2.1. Calculul forțelor seismice orizontale pentru ansamblul clădirii

Coeficienții de suprarezistență (α_u/α_l) stabiliți în Codul **P 100-1/2013** au în vedere rezervele de rezistență structurală ale clădirilor etajate cu pereți structurali din zidărie. Aceste rezerve provin, de regulă, din mai multe surse:

- redundanța sistemului structural (articulațiile plastice de la baza montanților nu se produc simultan);
- ductilitatea de material a zidăriei (forma și parametrii legii $\sigma - \varepsilon$)
- suprarezistența armăturilor;
- efectele favorabile ale unor măsuri constructive, etc.

Codul stabilește condițiile forfetare de alegere a coeficienților de suprarezistență pentru toate tipurile de alcătuire a zidăriei. Se precizează că pentru zidăriile cu legea constitutivă de tip linier (fără deformații post elastice) coeficientul de suprarezistență α_u/α_l se ia egal cu unitatea pentru toate tipurile de elemente pentru zidărie (din argilă arsă și din BCA) și pentru toate alcătuirile zidăriei (ZNA, ZC, ZIA).

C.6.3.2.2. Calculul eforturilor secționale în pereții structurali

C.6.3.2.2.(7)

Redistribuția eforturilor secționale stabilite prin calculul linier elastic are ca scop corectarea, cel puțin parțială, a discrepanțelor între valorile forțelor tăietoare rezultate din calculul linier elastic care sunt proporționale cu rigiditățile elastice sau cu o parte a acestora (1/2) și forțele care ar rezulta din compatibilizarea deformațiilor inelastice. Aceste diferențe sunt greu controlabile și depind în mare măsură și de factorul de suprarezistență α_u/α_l . Prin redistribuție valorile finale ale eforturilor se apropie de cele care ar fi obținute printr-un procedeu de calcul inelastic fără a rezulta necesitatea aplicării unui astfel de procedeu. Într-o lucrare recentă se propune renunțarea la factorul de suprarezistență și redistribuirea forțelor proporțional cu rezistența lor urmată de o verificare a capacității de rezistență [Morandi, P., Magenes, G., "Seismic Design of Masonry Buildings: Current Procedures and New Perspectives", Proc. of the 14th WCEE 2008, Beijing, China].

C.6.4. CALCULUL PEREȚILOR DIN ZIDĂRIE LA ÎNCĂRCĂRI PERPENDICULARE PE PLAN

Comportarea zidăriei nearmate la această solicitare este deosebit de complexă și reprezintă un domeniu insuficient cunoscut al proiectării seismice așa cum se subliniază și în lucrarea de

referință [Paulay T., M.J.N. Priestley, “Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings,” John Wiley & Sons, 1992].

Spre exemplu, sunt insuficient cunoscute și verificate experimental, influențele condițiilor efective de fixare pe laturile verticale și la nivelul planșeelor, efectul de amplificare dat de mișcarea planșeului în timpul cutremurului (în special în cazul planșeelor cu rigiditate nesemnificativă în plan, cum sunt cele cu grinzi și podină din lemn), caracteristicile mecanice ale zidăriei pe cele două direcții, etc.

În ultimele decenii s-au desfășurat, în multe țări, cercetări pentru elucidarea acestor aspecte.

Introducerea în practica de proiectare a unor metode de calcul mai exacte, de exemplu, cele bazate pe rotirea de corp rigid a fragmentelor de perete, a fost facilitată de încercări mai complexe, pe modele la scară mare (1:2), desfășurate în ultimii ani. [Doherty K., B. Rodolico, N.T.K. Lam, J.L. Wilson, M.C. Griffith, *Displacement-based seismic analysis for out-of-plane bending of unreinforced masonry walls*, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 2002, Vol. 31, pp. 833-850].

Valorile coeficienților de moment α date în **SR EN 1996-1-1** au fost obținute din formulele generale date în lucrările [Sinha, B.P. *A simplified ultimate load analysis of laterally loaded model orthotropic brickwork panels of low tensile strength*, Structural Engineer, **50B**(4), 1978] [Sinha, B.P. *An ultimate load analysis of laterally loaded brickwork panels*, Int. J. Masonry Construction, **1**(2), 1980] care se bazează pe teoria liniilor de rupere pentru plăci ortotrope (figura C.64).

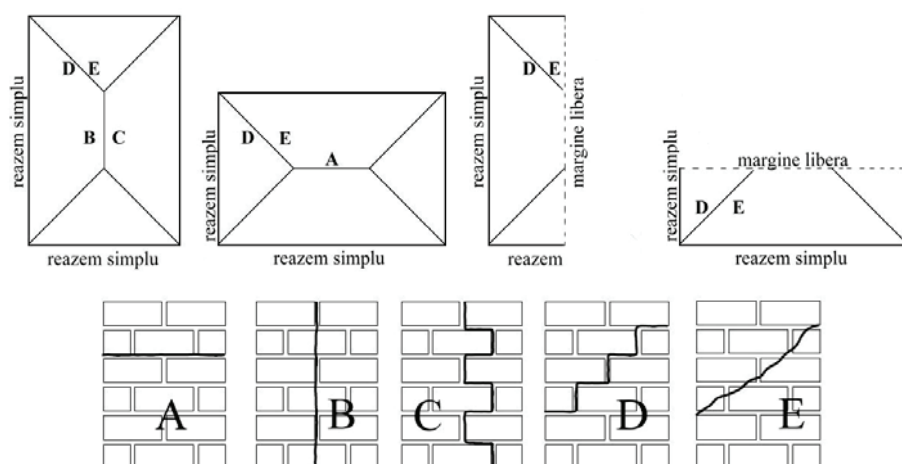


Figura C.64. Linii de rupere în pereții de zidărie și detaliile traselor posibile

Figura C.64A corespunde ruperii pe un plan paralel cu rosturile orizontale iar figurile C.64B și C corespund ruperii pe un plan perpendicular pe rosturile orizontale. Detaliile de rupere pe trasee înclinate sunt arătate în figurile C.64 D și E.

Ruperile pe traseele indicate în figurile C.64 C și D sunt specifice zidăriilor cu mortare slabe în raport cu elementele pentru zidărie iar ruperea din figurile C.64 B și E sunt specifice zidăriilor în care elementele și mortarul au rezistențe apropiate. Fotografii realizate după cutremurele trecute confirmă formarea liniilor de rupere luate în calcul.



Figura C.65. Alura liniilor de rupere la cutremur a pereților prin încovoiere perpendicular pe plan

Fiecare porțiune a panoului limitată de liniile de rupere și de reazeme este în echilibru sub acțiunea încărcărilor exterioare, a eforturilor care se dezvoltă pe liniile de rupere și a reacțiunilor.

În mod logic, extinderea procedeele specifice calculului plăcilor de beton armat nu se justifică deoarece există o diferență esențială de comportare între zidăria fragilă și materialele cu comportare liniar elastică, sau betonul armat, care permit dezvoltarea articulațiilor plastice în lungul liniilor de rupere prin curgerea oțelului sub efort constant. Aceste diferențe intrinseci sunt evidențiate și prin rezultatele încercărilor care arată că, în toate cazurile, încărcarea limită rezultată din încercările pe panourile de zidărie este mai mică decât cea rezultată din calcul dacă se ține seama numai de diferențele de rezistență pe cele două direcții. Dacă se introduc în calcul și diferențele între rigiditățile pe cele două direcții, rezultatele obținute sunt satisfăcătoare pentru proiectarea curentă.

În text s-au explicat condițiile constructive care asigură diferitele tipuri de rezemări laterale ale pereților (continuitate completă/parțială, rezemare simplă).

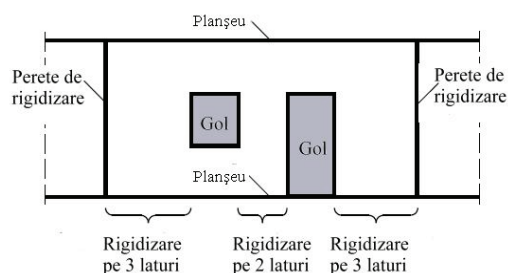


Figura C.66. Condiții de fixare pe contur pentru pereții încărcăți perpendicular pe plan

C.6.4.1. Modele și metode de calcul pentru încărcări perpendiculare pe plan.

C.6.4.1.(1)

Determinarea corectă a eforturilor secționale în perete sub efectul încărcărilor perpendiculare pe planul peretelui, prin echivalența cu o placă elastică, este condiționată, în mare măsură, de identificarea condițiilor reale de prindere/fixare pe contur a panoului de zidărie (rezemare simplă, încastrare elastică din continuitate, latură liberă). Se subliniază faptul că modelarea ca placă elastică poate furniza rezultate nerealiste în cazul pereților cu anizotropie accentuată (cu rosturi verticale neumplute sau cu îmbinări mecanice - tip "nut și feder").

În afara ipotezelor menționate la (2), la proiectare trebuie să se țină seama și de următoarele efecte care pot influența siguranța pereților:

- efectele încărcărilor de lungă durată (considerând modulul de elasticitate de lungă durată);
- efectele de ordinul II care pot afecta stabilitatea generală sau locală;

- excentricitățile "structurale" care provin din alcătuirea /geometria peretelui, din relațiile cu planșeele etc.;
- excentricitățile "de construcție" datorate abaterilor geometrice de la valorile din proiect, variațiilor (neuniformității) proprietăților materialelor.

C.6.5. CALCULUL PLANȘEELOR

C.6.5.1. Modelul de calcul

C.6.5.1.(1)

La clădirile cu forme simple în plan, care pot fi înscrise, aproximativ, într-un dreptunghi, calculul eforturilor secționale provenite din forțele seismice orizontale, se va face conform **6.5.2** considerând planșeul ca grindă continuă, rezemată pe pereții structurali

C.6.5.1.(2)

Pentru proiectarea planșeelor cu alcătuiți complicate (cu forme neregulate și cu goluri relativ mari, cu încărcări concentrate mari, etc.) și pentru proiectarea planșeelor în structuri cu neregularități în plan și pe verticală se vor utiliza modelele și metode de calcul care pot să evidențieze suficient de exact comportarea acestora la încărcări verticale și la cutremur (în particular, efectul rigidității planșeelor asupra distribuției forțelor seismice între pereții structurali și efectul cedării premature a unor pereți).

C.6.6. CALCULUL REZISTENȚEI DE PROIECTARE A PEREȚILOR DE ZIDĂRIE

C.6.6.1.1. Modelul de calcul

C.6.6.1.1.(1)

În detaliu pentru determinarea rezistenței de proiectare a pereților structurali și nestructurali din zidărie și a panourilor înrămate în cadre trebuie să țină seama de:

- geometria peretelui;
 - forma secțiunii transversale;
 - raportul înălțime / grosime;
 - existența unor zone slăbite (șlițuri, nișe, etc.).
- condițiile de rezemare pe contur ale peretelui;
 - modul de fixare la nivelul planșeelor;
 - modul de fixare laterală;
 - efectele golurilor asupra condițiilor de rezemare.
- condițiile particulare de aplicare a încărcărilor;
 - excentricitățile de aplicare rezultate din alcătuirea constructivă (a se vedea 6.2.2.2.1);
 - excentricitățile rezultate din imprecizia de execuție, inclusiv din neuniformitatea proprietăților materialelor (a se vedea 6.2.2.2.2);
 - efectele încărcărilor de lungă durată.
- proprietățile de rezistență și de deformabilitate ale zidăriei;
 - legea constitutivă a zidăriei la compresiune σ - ϵ ;
 - proprietățile reologice ale zidăriei;
 - compatibilitatea deformațiilor specifice ultime ale zidăriei și betonului (în cazul clădirilor din zidărie armată - **ZC, ZC+AR, ZIA**).

- condițiile probabile de execuție.
 - tipul controlului (normal sau redus) stabilit prin tema de proiectare.

C.6.6.1.3. Caracteristici geometrice ale secțiunii orizontale a peretelui

C.6.6.1.3.(5)

Prevederea ține seama de faptul că pentru zidăriile din grupa 2, cu $\varepsilon_{mu} \leq 2,0\%$, betonul nu poate atinge valoarea maximă a rezistenței la compresiune (f_c). Având în vedere toate incertitudinile legate de atingerea valorii ε_{mu} prevederea este acoperitoare.

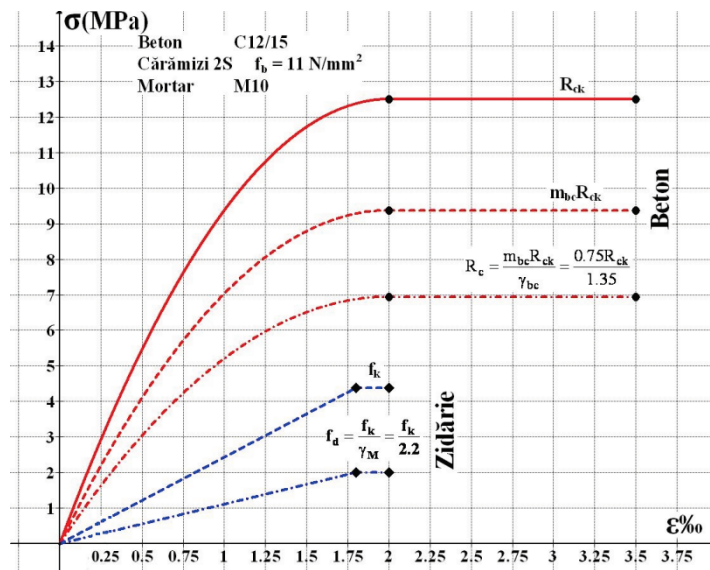


Figura C.67. Deformații specifice în componentele zidăriei confinate cu elemente din grupa 2

În graficul din figura C.67 factorii de reducere m_{bt} au fost introduși pentru a se ține seama de reducerea rezistenței betonului din cauza condițiilor dificile de turnare/compactare în spații cu dimensiuni mici.

C.6.6.2. Rezistența de proiectare la compresiune axială a pereților structurali

C.6.6.2.1. Rezistența la compresiune axială a pereților din zidărie nearmată (ZNA)

C.6.6.2.1.1. Determinarea coeficienților de reducere a rezistenței Φ_i și Φ_m

C.6.6.2.1.1.(2)

Valorile din Tabelul 6.2 sunt preluate din standardul **SR EN 1996-1-1** și sunt calculate cu valoarea forfetară a modului de elasticitate al zidăriei $E_z = 1000 f_k$ care trebuie considerată o limită superioară (a se vedea Comentariul C.4.1.2.2.1). Valorile Φ scad lent odată cu descreșterea modului de elasticitate; aceste diferențe pot fi neglijate în raport cu incertitudinile care caracterizează fenomenul de instabilitate.

Pentru valori intermediare ale raportului e_m/t valorile Φ se pot obține prin interpolare. Nu este permisă extrapolarea valorilor din tabel.

C.6.6.2.3. Rezistența pereților la compresiune locală sub efectul încărcărilor concentrate

C.6.6.2.3.(5)

Se poate considera că un cuzinet cu lățimea egală cu grosimea peretelui, cu înălțimea de 200 mm și cu lungimea de trei ori mai mare decât lungimea pe care este rezemată încărcarea are rigiditatea necesară pentru a satisface aceste condiții.

C.6.6.3. Rezistența de proiectare la compresiune și încovoiere a pereților structurali

C.6.6.3.2. Pereți din zidărie nearmată

Pentru zidăriile cu legea constitutivă de tip liniar cu $\varepsilon_{mu}/\varepsilon_{ml} \approx 1$. (figura.4.3a din **Cod**) relația (6.24) din **Cod** supraestimează valoarea M_{Rd} cu circa 20% pentru valorile efortului unitar mediu de compresiune $\sigma_0 \geq 0.4f_d$ - figura C.68a [Petrovici,R., *Revizuirea Codului CR 6-2006 (I) Propuneri pentru calculul pereților din zidărie nearmată la compresiune excentrică* Buletin AICPS 1/2010].

În acest caz se recomandă calculul momentului capabil ținând seama de forma legii constitutive a zidăriei.

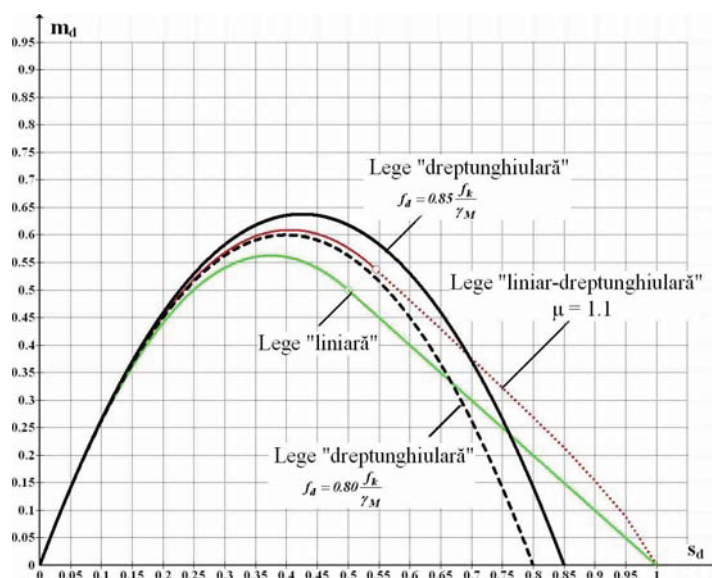


Figura C.68a Curbe de interacțiune "forță axială ↔ moment încovoiător" pentru zidării fragile

În același timp, relația (6.24) subestimează, tot pentru cazul eforturilor de compresiune $\sigma_0 \geq 0.4 f_d$ rezistența zidăriilor cu legi "liniar dreptunghiulare" cu $\mu \geq 2.0$.

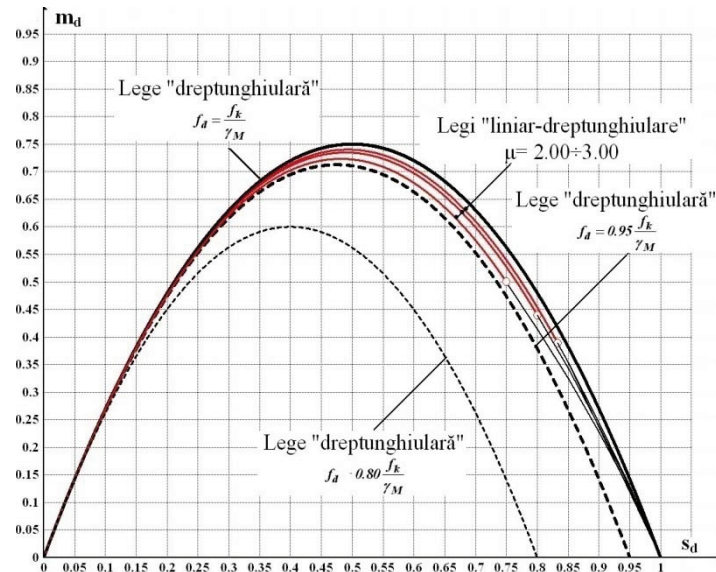


Figura C.68b. Curbe de interacțiune "forță axială ↔ moment încovoietor" pentru zidării cu deformări post elastice mari ($\mu \geq 2.0$)

Ipoteza distribuției uniforme a eforturilor unitare de compresiune admisă prin relațiile (6.19) și (6.19a) este adecvată zidărilor cu lege σ - ε și cu deformări specifice $\varepsilon_{mu} \gg \varepsilon_{m1}$ (figura 4.3b din Cod).

Pentru zidărie cu lege constitutivă la compresiune σ - ε fără palier - $\varepsilon_{mu} \cong \varepsilon_1$ (figura 4.3a din Cod) calculul momentului capabil (M_{Rd}) asociat unei forțe axiale de compresiune cunoscute devine mai complicat în cazul pereților cu secțiune compusă, ceea ce conduce la dificultăți în aplicarea practică.

În cazul pereților cu secțiune dreptunghiulară sunt date relațiile:

$$x_{Rd} = \frac{2N}{f_d t} = 2s_d l_w \quad (C.30a)$$

$$M_{Rd} = N \left(\frac{l_w}{2} - \frac{x_{Rd}}{3} \right) = \frac{N l_w}{2} (1 - 1.333s_d) \quad (C.30b)$$

Dacă se exprimă forța axială în funcție de efortul mediu de compresiune (σ_d) sub forma

$$N = \sigma_d l_w t \quad (C.31)$$

rezultă următoarele expresii analitice simple:

$$M_{Rd} = \bar{M} \times 3s_d (1 - 1.175s_d) = \bar{M} \times m_1 \quad (C.32a)$$

$$M_{Rd} = \bar{M} \times 3s_d (1 - 1.333s_d) = \bar{M} \times m_2 \quad (C.32b)$$

$$\text{unde } \bar{M} = \frac{t l_w^2}{6} \times f_d \quad (C.32c)$$

Diferența care rezultă între cele două valori este reprezentată prin raportul $\delta = m_2/m_1$

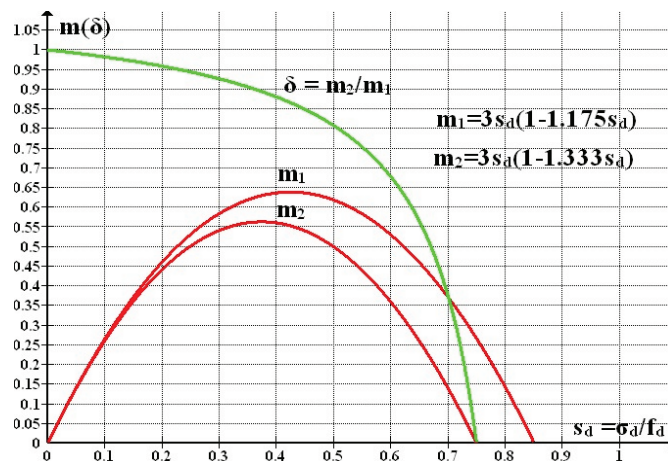


Figura C.69. Efectul legii σ - ϵ asupra rezistenței la compresiune excentrică

Din examinarea figurii C.69 rezultă că ipoteza blocului uniform de eforturi poate fi folosită pentru pereți la care $s_d \leq 0.35$. În această zonă diferențele care rezultă din cele două ipoteze sunt $\leq 10\%$. Pentru pereții mai puternic solicitați la compresiune în raport cu rezistența zidăriei (valori $s_d > 0.35$) se recomandă un calcul exact folosind ipoteza adecvată tipului de zidăriei (legii σ - ϵ).

C.6.6.4. Rezistența de proiectare la forță tăietoare a pereților structurali

C.6.6.4.1. Rezistența de proiectare la forță tăietoare a pereților din zidărie nearmată

C.6.6.4.1.1. Rezistența la lunecare în rost orizontal

Prevederile din standardul **SR EN 1996-1-1** și din Codul **CR 6-2006** privind rezistența la lunecare în rost orizontal nu corespund condițiilor care trebuie avute în vedere la proiectarea clădirilor din zidărie pentru **gruparea seismică** de încărcări [Petrovici., R. *Revizuirea Codului de proiectare pentru clădiri din zidărie CR 6-2006* - A 4-a Conferință Națională de Inginerie Seismică, București 2009]. În aceste condiții, în Codul **CR 6 - 2013** s-au prevăzut procedee de calcul distincte pentru solicitări **neseismice** (gruparea persistentă de încărcări) și pentru solicitări **seismice**.

C.6.6.4.1.1.1. Rezistența la lunecare în rost orizontal pentru solicitări neseismice

Conform **SR EN 1996-1-1** și **CR 6-2013** rezistența la lunecare în rost orizontal este calculată cu relația:

$$V_{Rd,l} = f_{vd,l} t l_c \quad (C.33)$$

unde:

- l_c - lungimea zonei comprimate a inimii peretelui.
- $f_{vd,l} = \frac{f_{vk,0}}{\gamma_M} + 0.4\sigma_d$ (C.34)

este rezistența unitară de proiectare la cedare prin lunecare în rost orizontal.

Lungimea zonei comprimate se determină conform **CR 6-2013** și **SR EN 1996-1-1** considerând distribuția liniară a eforturilor de compresiune:

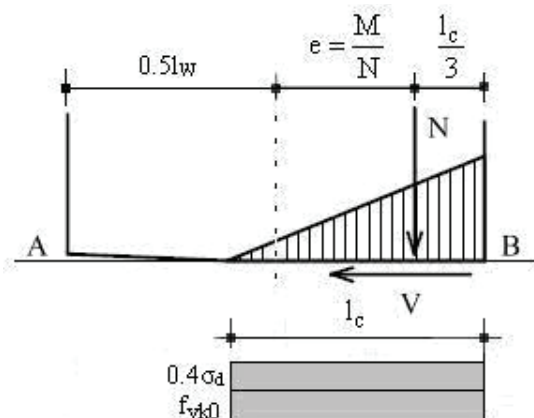


Figura C.70. Echilibrul secțiunii orizontale a peretelui la forță tăietoare pentru solicitări *neseismice*

Figura C.70 indică situația solicitării *neseismice*. Rezistența unitară la forfecare f_{vd} acționează pe întreaga zonă comprimată (l_c) a secțiunii orizontale a peretelui.

În raportul final **ESECMaSE** [Program ESECMaSE] se propune o relație de calcul a lungimii zonei comprimate care include și efectul proporțiilor peretelui:

$$l_c = 1.5 \left(l_w - \frac{V}{N} h \right) \quad (C.35)$$

C.6.6.4.1.1.2. Rezistența la lunecare în rost orizontal pentru solicitări *seismice*

În cazul solicitării seismice, după inversarea sensului de acțiune, pe zona care a fost fisurată în ciclul anterior ($l_w - l_c$) componenta datorată aderenței (f_{vd0}) a fost anulată și rezistența la forfecare este realizată numai prin efectul frecării ($0.4\sigma_d$).

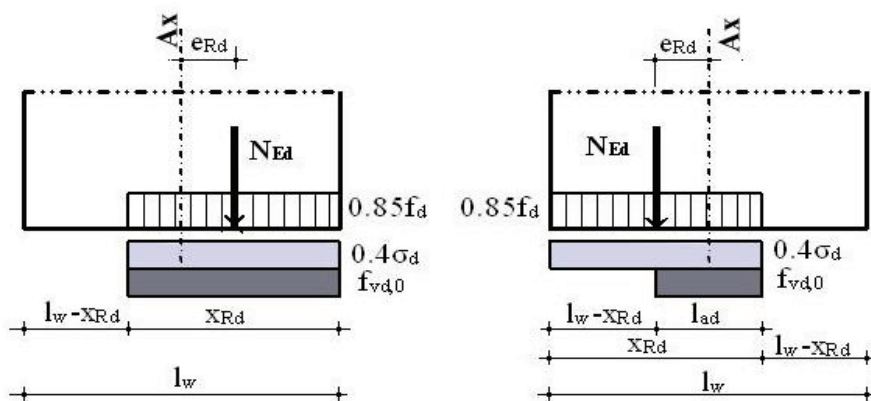


Figura 6.10b din Cod

Prin urmare în cazul solicitării seismice rezistența în raport cu mecanismul de cedare în rost orizontal *trebuie* calculată cu expresia:

$$V_{Rd,l} = \left(\frac{f_{vkd0}}{\gamma_M} \times \frac{l_{ad}}{l_c} + 0.4\sigma_d \right) t l_c \quad (C.36)$$

În cazul solicitării seismice, valoarea semnificativă a forței tăietoare capabile este cea asociată momentului capabil.

Calculul acestei valori se face considerând că eforturile unitare tangențiale sunt distribuite astfel:

- efortul provenit din efectul frecării ($0.4\sigma_d$) este uniform distribuit pe lungimea zonei comprimate l_c ;
- efortul provenit din rezistența la lunecare în rostul orizontal (aderența) se poate dezvolta numai pe lungimea l_{ad} pe care aderența nu a fost ruptă din acțiunea momentului încovoietor.

Lungimea zonei comprimate se calculează cu relația (6.17) din Cod în cazul pereților cu secțiune orizontală de formă complexă sau cu relația (6.19) în cazul pereților dreptunghiulari.

- $l_{ad} = 2l_c - l_w$ este lungimea pe care aderența este activă.

Ipotezele adoptate în acest Cod se bazează pe mai multe opinii exprimate în literatura de specialitate. În țările în care există preocupare pentru proiectarea seismică a clădirilor din zidărie există mai de mult timp opinia că participarea factorului f_{vk0} este efectivă numai în măsura în care aderența mortarului la elemente nu a fost depășită în prealabil din efectul încovoierii alternante a peretelui sub acțiunea forței seismice.

Asupra acestui aspect în [Tomazevic, M., *Earthquake-Resistant Design of Masonry Buildings* Imperial College Press 2006] și în [ATC 43-FEMA 306, *Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings. Basic Procedures Manual* 1998] sunt prezentate mai multe observații și comentarii.

Astfel în [ATC 43-FEMA 306, *Evaluation of Earthquake Damaged Concrete and Masonry Wall Buildings. Basic Procedures Manual* 1998] se atrage atenția că modelul **Mohr-Coulomb** este mai potrivit pentru estimarea rezistenței *înainte* de fisurare deoarece, după fisurare, **aderența este deteriorată** și rezistența este, probabil, asigurată numai prin frecare. Fenomenul de degradare semnificativă a rezistenței s-a constatat experimental pentru valori ale driftului de $3\div 4\%$ care corespund, probabil, anihilării complete a aderenței. Deoarece conform prevederilor din Codurile de proiectare seismică (inclusiv Codul **P 100-1/2013**) driftul pentru cutremurul de serviciu (SLS) este de 5% , această atenționare, va trebui luată în considerare pentru proiectarea clădirilor din zidărie astfel încât acestea să poată prelua în siguranță forțele orizontale pentru $2\div 3$ cutremure severe pe durata de exploatare (circa 100 de ani).

În România observația privind anularea efectului aderenței a fost făcută într-o lucrare mai veche [Ghiocel, D. și colectiv: *Construcții civile* Ed. Didactică și Pedagogică, București 1985] în care se afirmă următoarele (notațiile sunt cele din lucrarea citată):

- *Ruperea pe rost orizontal se produce, de regulă, după fisurarea peretelui pe secțiune înclinată*
- *Dacă zidăria are rosturile orizontale fisurate la ambele extremități sau pe întreaga lungime a secțiunii ca urmare a eforturilor provenite din încovoierea provocată de acțiunea seismică, efortul unitar tangențial capabil se determină cu o relație de tipul:*

$$\tau_{f, cap} = m.n.f.\sigma_0 \cong 0.4 \sigma_0,$$

- *Forța tăietoare capabilă rezultă*

$$T_{f, cap} = \tau_{f, cap} A_z \cong 0.4 N$$

unde:

- m este coeficientul condițiilor de lucru
- n este coeficientul încărcării pentru stabilirea încărcării gravitaționale minime
- f este coeficientul de frecare pentru zidăria supusă la încărcări dinamice

- $\sigma = N/A_z$ este efortul unitar de compresiune mediu pe toată suprafața peretelui ($b \times l$)
- N forța de compresiune minimă din combinația de încărcări pentru care se face verificarea
- $A_z = b \times l_w$ - aria secțiunii orizontale a peretelui

În condițiile în care pentru solicitarea seismică efectul aderenței poate fi anulat în multe situații concrete de proiectare, devine foarte importantă exactitatea cu care este determinat coeficientul de frecare μ . În reglementările tehnice dar și în literatura de specialitate există în prezent importante divergențele de opinii în ceea ce privește valoarea coeficientului de frecare μ care intervine în calculul rezistenței la forfecare în rostul orizontal.

→ Standardul **SR EN 1996-1-1** și Codul **CR 6 - 2013** consideră valorile:

- pentru calculul rezistenței caracteristice la forfecare se ia $\mu = 0.4$ indiferent de tipul elementelor pentru zidărie (din argilă arsă sau din BCA) și al mortarului
- pentru calculul rezistenței de proiectare la forfecare se ia valoarea $\mu = 0.4/\gamma_M$; pentru $\gamma_M = 2.2$ rezultă $\mu \cong 0.18$

→ Codul american [TMS 402-09/ACI 530-08/ASCE 5-08]:

- pentru contribuția zidăriei la rezistența la forță tăietoare se ia $\mu = 0.25$ (valoarea nominală) sau $\mu = 0.8 \times 0.25 = 0.20$ (valoarea de calcul)
- în cazul zidăriei cu elemente **BCA** coeficientul de frecare se ia
 - $\mu = 0.75$ pentru frecare **BCA/BCA** (valoare nominală) și $\mu = 0.8 \times 0.75 = 0.60$ (valoarea de calcul)
 - $\mu = 1.0$ pentru frecare **BCA/strat de mortar** pentru rosturi subțiri și frecare **BCA/strat de mortar de uz general** (valoarea nominală) și $\mu = 0.8 \times 1.0 = 0.8$

O altă observație care trebuie făcută la prevederile **SR EN 1996-1-1** se referă la rezistența la forfecare a zidăriilor la care rosturile verticale nu sunt umplute cu mortar (de exemplu zidăriile cu elemente cu rost vertical tip "nut&feder").

Pentru acest tip de zidărie, executată cu mortar de utilizare generală (**G**), sau cu mortar pentru straturi subțiri (**T**) în rosturi orizontale cu grosimea de $0,5 \div 3,0$ mm, dacă fețele adiacente ale elementelor pentru zidărie se află în **contact direct**, rezistența caracteristică la lunecare în rost orizontal se calculează, conform **SR EN 1996-1-1**, art.3.6.2.(4) cu relația:

$$f_{vk,d} = 0,5 f_{vko} + 0,4 \sigma_d \leq 0.045 f_b \quad (C.37)$$

Evident, observația făcută mai sus privind aportul aderenței își păstrează valabilitatea dar trebuie avut în vedere că, în condiții curente de execuție, contactul direct prin alăturare fără interspațiu, într-o proporție suficient de mare de rosturi verticale, este dificil de realizat astfel încât utilizarea relației (C.37) să asigure nivelul corespunzător de siguranță.

Tabelul C.22 arată diferențele importante ale capacității de rezistență între zidăriile cu rosturile verticale umplute (relația C.6.10) și cele în care îmbinările verticale sunt fără mortar (relația C.6.10a). Capacitatea redusă de rezistență la forță tăietoare a zidăriilor cu elemente cu îmbinări tip "nut&feder" face ca utilizarea acestora să fie recomandată numai pentru zonele cu seismicitate scăzută, cel mult moderată.

Tabelul C.22

Relația de calcul	Efortul unitar de compresiune σ_d (N/mm ²)							
	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.75
(C6.2)	0.34	0.38	0.42	0.46	0.50	0.54	0.58	0.60
(C6.2a)	0.19	0.23	0.27	0.31	0.35	0.39	0.43	0.45
(C6.2)/(C6.2a)	0.56	0.60	0.64	0.67	0.70	0.72	0.74	0.75

Un calcul mai exact al lungimii comprimate din compresiune excentrică se poate face considerând că distribuția eforturilor de compresiune corespunde legii $\sigma - \varepsilon$ a zidăriei. În acest caz situația de echilibru se reprezintă ca în figura C.71.

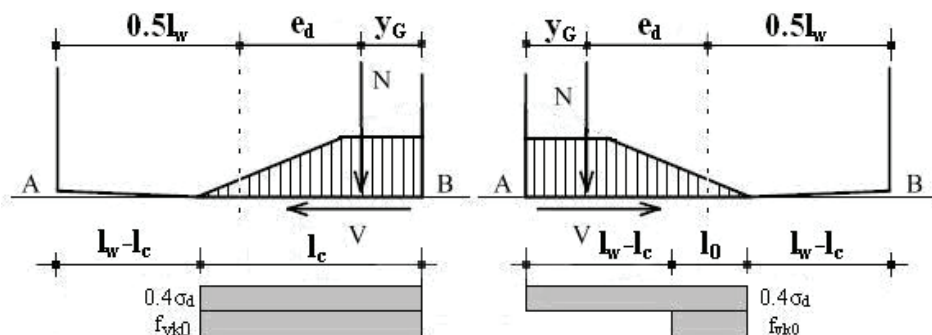


Figura C.71. Echilibrul secțiunii orizontale pentru o lege $\sigma - \varepsilon$ dată

Aplicarea acestei ipoteze implică, la proiectare, impunerea unui tip de zidărie cu o anumită lege $\sigma - \varepsilon$, ceea ce evident nu este posibil în prezent datorită lipsei informațiilor necesare. Dacă se calculează rezistența la forța tăietoare asociată momentului capabil ultim pentru o forță axială dată rebuie să se țină seama de lungimea zonei comprimate determinată ca în figura 6.10b din Cod.

Calculul cu forma exactă a legii $\sigma - \varepsilon$ este însă recomandabil pentru evaluarea zidărilor existente după determinarea caracteristicilor mecanice (de exemplu, prin încercări cu prese plate).

C.6.6.4.1.2. Rezistența la cedare pe secțiune înclinată

Verificarea pentru acest mecanism de cedare a fost prevăzută anterior în unele documente tehnice naționale (Normativ **P 2-85** și **STAS 10109**), în prezent abrogate.

Altă evaluare a forței tăietoare care produce fisurarea diagonală este dată în lucrarea [Magenes, G., Calvi, G.M., *In-plane seismic response of brick masonry walls*, *Earthq. Engin. and Struct. Dyn.* Vol. 26, 1997, pp. 1091-1112 -1997] unde se propune ca forța tăietoare maximă pe care o preia peretele înainte de producerea fisurării diagonale să fie calculată cu relația:

$$V_{max} = l_w t \tau_u \quad (C.38)$$

unde:

$$\tau_u = \min(\tau_{ws}, \tau_b) \quad (C.39)$$

Cele două valori ale efortului tangențial limită din relația (C.39) sunt:

$$I. \quad \tau_{ws} = \frac{f_{vk0} + \mu \sigma_0}{1 + \frac{M}{V l_w}} \quad (C.39a)$$

valoare care corespunde fisurării diagonale prin cedarea rosturilor de mortar.

$$\text{II. } \tau_b = \frac{f_{bt}}{2.3 \left(1 + \frac{M}{V l_w} \right)} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_{bt}}} \quad (\text{C.39b})$$

valoare care corespunde fisurării prin ruperea elementelor pentru zidărie la întindere.

În relațiile de mai sus f_{bt} este rezistența elementelor pentru zidărie la întindere.

Referitor la ipotezele de mai sus trebuie făcute următoarele observații:

- Formularea din [Turnšek, V., Cacovic, F. *Some experimental results on the strength of brick masonry walls*. Proc. of the 2nd Intern. Brick Masonry Conference, Stoke-on-Trent, 1971, pp. 149-156] corespunde suficient de exact cu comportarea la forfecare a panourilor în condiția menținerii paralele a celor două extremități (ipoteza panoului dublu încastrat - spaletul între ferestre).
- Există unele dubii în ceea ce privește folosirea pentru valori diferite ale formei peretelui și pentru condiții diferite de prindere la capete, mai ales în cazul în care zidăria are un caracter anizotrop marcat, cum este cazul elementelor pentru zidărie ceramice cu mortare slabe [Magenes, G., Calvi, G.M., *In-plane seismic response of brick masonry walls*, *Earthq. Engin. and Struct. Dyn.* Vol. 26, 1997, pp. 1091-1112 -1997].
- Cercetările nu au constatat prezența semnificativă a ruperii prin forfecare în rost, pentru care se consideră că sunt necesare ipoteze corespunzătoare.

Evoluțiile recente în producția elementelor pentru zidărie (elemente de tip "bloc" cu raport de formă $\cong 1.0$, elemente cu îmbinări mecanice "nut&feder") și în tehnologia de execuție (rosturi verticale neumplute cu mortar sau elemente cu "locaș pentru mortar") impun verificarea și/sau modificarea limitelor de utilizare a teoriei *clasice* așa cum aceasta a fost prezentată mai sus.

Această abordare este prezentată în continuare.

Modelul Mann -Muller [Mann W., Müller H., *Failure of Shear-Stressed Masonry: An enlarged theory, tests and application to shear walls*, Proceedings of the British Ceramical Society, Vol. 30, pp. 223-235, 1982] se bazează pe rezultatele cercetărilor efectuate de autori pe panouri din zidărie sollicitate la compresiune și forfecare.

Cercetările au pus în evidență trei mecanisme de rupere, diferențiate în funcție de intensitatea efortului unitar de compresiune (σ_0) în zidărie:

1. Ruperea prin rosturile de mortar (orizontale și verticale), care se produce de regulă la valori reduse ale efortului unitar de compresiune σ_0
2. Ruperea prin forfecare și întindere în elemente, care se produce la valori medii ale efortului σ_0
3. Ruperea prin zdrobirea zidăriei, care se produce la valori mari ale efortului σ_0 (apropiate de limita de rupere a zidăriei la compresiune centrică)

Explicarea celor trei mecanisme de rupere a fost dată de autori considerând că rosturile verticale transversale nu contribuie la preluarea forței tăietoare deoarece, în cele mai multe cazuri, umplerea acestora este incompletă iar aderența mortarului la elemente este inferioară, datorită în parte și contracției mortarului. În rosturile verticale nu se dezvoltă nici forțe de frecare datorită absenței efortului de compresiune normal (paralel cu rosturile de așezare).

În această situație echilibrul unui element pentru zidărie se realizează pe schema din figura C.72.

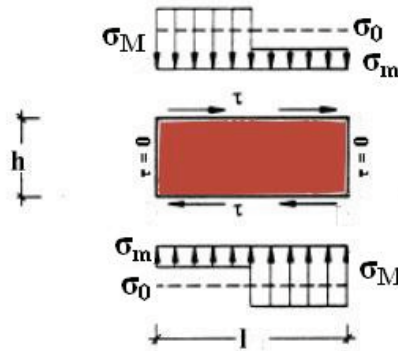


Figura C.72. Schema de echilibru a elementelor pentru zidărie -Modelul Mann-Muller
Rezultă valorile:

$$\sigma_m = \sigma_0 - 2\tau \frac{h}{l} \quad (C.40a)$$

$$\sigma_M = \sigma_0 + 2\tau \frac{h}{l} \quad (C.40b)$$

Cuantificarea eforturilor unitare la care se produce ruperea după cele trei mecanisme este făcută după cum urmează:

1. Ruperea prin **rosturile verticale și orizontale** (în scară) se produce când, într-un anumit rost (j), este depășită rezistența dată de criteriul de tip Coulomb:

$$\tau_j = c + \mu \sigma_j \quad (C.41)$$

unde valorile eforturilor unitare în rost sunt, de regulă, diferite de valorile medii pe secțiunea peretelui: $\tau_j \neq \tau$ și $\sigma_j \neq \sigma_0$.

Trecând de la nivelul local la cel macroscopic, au fost propuse următoarele relații de transformare

$$\tau = \bar{c} + \bar{\mu} \sigma_0 \quad \bar{c} = c \frac{l}{l + 2\mu \frac{h}{l}} \quad \bar{\mu} = \mu \frac{l}{l + 2\mu \frac{h}{l}} \quad (C.42)$$

2. Ruperea prin **elemente** se produce atunci când efortul principal într-un anumit element (efortul local) atinge rezistența de rupere din întindere a materialului.

În acest caz există efortul tangențial de rupere satisface relația

$$\tau = \frac{f_{bt}}{2.3} \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_{bt}}} \quad (C.43)$$

unde f_{bt} este rezistența la întindere a elementelor. Se remarcă analogia rezultatului cu cel din modelul *clasic*.

3. Ruperea prin **zdrobirea zidăriei** se produce atunci când efortul unitar maxim de compresiune într-un anumit element (efortul local) atinge rezistența de rupere la compresiune a zidăriei.

În acest caz efortul tangențial de rupere este dat de relația:

$$\tau = \frac{f_u - \sigma_0}{2 \frac{h}{l}} \quad (C.44)$$

Pe baza acestor cercetări s-au stabilit limitele cazurilor de cedare la forță tăietoare din *Anexa Națională* a Germaniei la standardul **EN 1996-1-1** (propunere amintită la începutul acestui comentariu) care propune o abordare mai nuanțată a calculului rezistenței de rupere din forță tăietoare limitând valoarea f_{vk} prin valori f_{vt} diferențiate în funcție de modul de cedare și de proporțiile panoului de zidărie.

Adoptarea acestor propuneri într-o ediție viitoare a **CR 6 - 2013** necesită însă examinarea suplimentară a datelor disponibile și experimentări numerice pentru validarea rezultatelor.

C.6.6.4.2. Rezistența la forță tăietoare a pereților din zidărie confinată

Ruperea zidăriei simple din forță tăietoare este de tip "fragil", cu deformații limitate și prin urmare cu capacitate scăzută de disipare a energiei seismice. Prezența elementelor de confinare ameliorează într-o anumită măsură aceste deficiențe datorită efectelor rezultate din conlucrarea celor două componente.

Majoritatea studiilor efectuate asupra pereților din zidărie confinată au neglijat efectele confinării asupra capacității de rezistență la forță laterală reținând numai efectele privitoare la îmbunătățirea comportării la solicitări alternante.

⇒ Una dintre primele încercări de modelare analitică a rezistenței pereților de zidărie confinată ținând seama de conlucrarea între zidărie și elementele de confinare a fost prezentată în lucrarea [Tomasevic, M., Klemenc, I.: *Seismic behaviour of confined masonry walls*, Earthquake Engrg. Struct.Dynamics, Vol. 26, 1997, pp. 1059-1071.]. Modelul consideră de asemenea că ruperea se produce la atingerea rezistenței de rupere din eforturi principale în centrul panoului, așa cum s-a propus în [Turnšek, V., Cacovic, F. *Some experimental results on the strength of brick masonry walls*. Proc. of the 2nd Intern. Brick Masonry Conference, Stoke-on-Trent, 1971, pp. 149-156], dar relațiile de calcul sunt corectate având în vedere efectul conlucrării panoului cu elementele de confinare.

Elementele de confinare dau naștere unor eforturi suplimentare de compresiune în zidărie pe ambele direcții ale panoului (vertical și orizontal). Ca atare efortul unitar de compresiune care intervine în calculul rezistenței la forfecare a panoului trebuie corectat adăugând efectul interacțiunii.

$$\sigma_0 = \sigma_{0,v} + \sigma_{0,i} \quad (C.45)$$

unde:

- $\sigma_{0,v}$ este efortul unitar de compresiune din încărcările verticale;
- $\sigma_{0,i}$ este efortul unitar de compresiune din efectul interacțiunii dintre panou și elementele de confinare.

Efortul unitar $\sigma_{0,i}$ se calculează în mod analog cu procedeul folosit pentru panourile înrămate în cadre de beton armat [Zarnic, R., Tomasevic, M. *Study of the behaviour of masonry infilled reinforced concrete frames subjected to seismic loading* Proc 7th Int. Brick-Masonry Conf. vol. 2, Brick Development Research Institute, Melbourne 1985] [Zarnic, R. *Inelastic model of r/c frame with masonry infill- analytical approach*. Int. J. Engrg. Modelling 7 (1-2) 1994]:

$$\sigma_{0,i} = \frac{N_i}{A} = V \frac{n_w}{\alpha A} \quad (C.46)$$

unde:

- N_i este forța verticală care rezultă din conlucrarea între panoul de zidărie și elementele de confinare

- $n_w = h/l$ este factorul care ia în considerare geometria panoului
- $\alpha = 1.25$ este un parametru care ia în considerare forma și distribuția eforturilor din interacțiune

Introducând valoarea corectată a efortului unitar de compresiune expresia capacității de rezistență la forță tăietoare capătă forma:

$$V_{max} = \frac{Af_t}{bC_i} \left[1 + \sqrt{1 + C_i^2 \left(1 + \frac{\sigma_0}{f_t} \right)} \right] \quad (C.47)$$

în care coeficientul de interacțiune este definit prin expresia:

$$C_i = 2\alpha b \frac{h}{l} \quad (C.48)$$

Modelarea propusă a fost susținută de o serie de încercări pe panouri de zidărie cu raport $h/l=1.5$ solcitate de forțe de tip seismic.

În rezumat comportarea panourilor a fost următoarea:

- Până la formarea primei fisuri semnificative în panoul de zidărie comportarea ansamblului "zidărie+elemente de confinare" a fost de tip "monolit" (nu s-au manifestat diferențe de deformații/deplasări între componente);
- În continuare, după formarea fisurii în stâlpișorii de beton, armăturile acestora au rezistat solicitărilor alternante prin efectul de "dorn";
- În final ruperea s-a produs prin zdrobirea zidăriei în zona centrală a panoului urmată de pierderea stabilității unui stâlpișor (sau chiar a ambilor stâlpișori).



Figura C.73. Aspectul ruperii ZC

[Tomazevic, M., *Earthquake-Resistant Design of Masonry Buildings* Imperial College Press 2006]

Modelul San Bartolomé [San Bartolomé, A., Quiun, D., Mayorca, P. *Proposal of a standard for seismic design of confined masonry buildings* Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Bulletin of ERS, No.37]. Modelul propus se bazează pe ipoteza că panoul de zidărie se comportă elastic până la un drift de $1/800$ când se produce fisurarea diagonală și că dincolo de această deplasare forța de forfecare este preluată de elementele verticale de confinare fără nici o degradare a rezistenței.

Forța care produce fisurarea diagonală este dată de relația:

$$VR = 0.5 v'_m \alpha L + 0.23 P_g \quad (C.49)$$

cu

$$\frac{1}{3} \leq \alpha = \frac{V_e L}{M_e} \leq 1 \quad (\text{C.50})$$

unde:

- v_m' este rezistența la forfecare diagonală
- P_g este forța axială
- V_e și M_e sunt forța tăietoare și momentul încovoietor rezultate din calculul elastic
- α este un factor care ține seama de geometria panoului

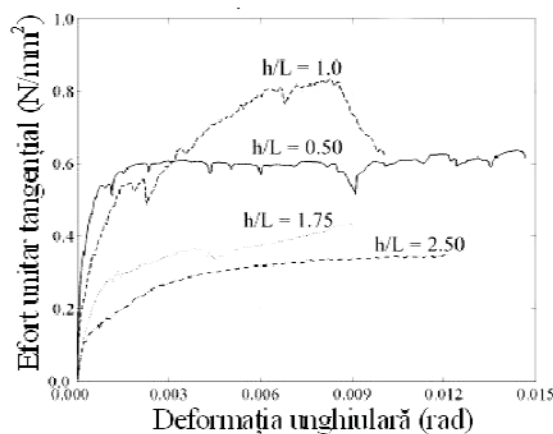


Figura C.74. Efectul raportului laturilor asupra forței de fisurare diagonală

C.6.6.4.2.1.(3)

Interacțiunea panoului cu elementele de confinare generează un supliment de capacitate de rezistență la forfecare prin efectul de dorn al barelor de armare și prin contribuția etrierilor care leagă aceste bare.

În lucrarea [Tomasevic, M., Klemenc, I.: *Seismic behaviour of confined masonry walls*, Earthquake Engrg. Struct. Dynamics, Vol. 26, 1997, pp. 1059-1071.] forța tăietoare atribuită efectului de dorn al unei singure bare verticale din stâlpișori este calculată cu relația folosită pentru zidăria armată [Priestley, M.J.N., Bridgeman, D.O. *Seismic resistance of brick masonry wall* Bull. of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering no.7, 1974].

$$V_{dorn} = 0.806 d_v^2 \sqrt{f_c f_y} \quad (\text{C.51})$$

unde:

- d_v este diametrul barei
- f_c este rezistența la compresiune a mortarului /groutului în care este înglobată bara

Un model complet pentru calculul efectului de dorn al armăturilor verticale din stâlpișori este dat în lucrarea [Bourzam, A., Goto, T., Miyajima, M. *Shear Capacity Prediction of Confined Masonry Walls Subjected to Cyclic Lateral Loading* Doboku Gakkai Ronbunshuu A., Vol.64 No.4, 692-704, 2008].

Se presupune că fisura provocată de forța tăietoare este orientată aproximativ la 45° și că aceasta intersectează doi etrieri (pentru simplificare punctul de inflexiune al armăturii este considerat la jumătatea distanței între etrieri).

Solicitarea barei verticale provine din:

- eforturile unitare de compresiune generate de contactul barei cu betonul (f_{cx}) considerate distribuite liniar pe o lungime "l", cu valoarea maximă f_c (rezistența betonului la compresiune)
- efectul reacțiunii etrierilor pe bara verticală (R_{etr})

Valoarea maximă a forței tăietoare transferate prin efectul de dorn este atinsă atunci când momentul încovoietor dat de eforturile unitare (f_{cx}) și de reacțiunea etrierilor (R_{etr}) este egal cu momentul capabil al barei verticale: $M_{cap,s} = W_s f_{ys}$.

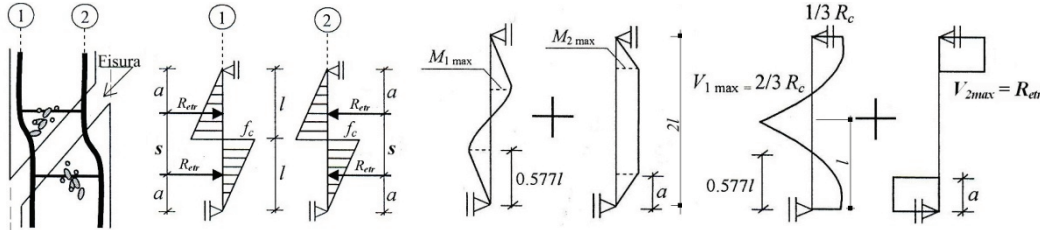


Figura C.75 Modelarea efectului de dorn

[Bourzam,A., Goto,T.,Miyajima,M. *Shear Capacity Prediction of Confined Masonry Walls Subjected to Cyclic Lateral Loading* Doboku Gakkai Ronbunshuu A., Vol.64 No.4, 692-704, 2008.]

Dacă se notează cu d - diametrul barei verticale, momentul încovoietor la distanța "x" de reazem dat de eforturile unitare de contact este:

$$M_{l,x} = \frac{1}{6} f_c d l \left(x - \frac{x^3}{l^2} \right) \quad (C.52)$$

Momentul $M_{l,x}$ capătă valoarea maximă pentru:

$$x_{max} = \frac{\sqrt{3}}{3} l \cong 0.577l \rightarrow M_{l,max} \cong 0.064 f_c d l^2 \quad (C.53a)$$

Se notează cu:

- A_e – aria etrierilor
- f_{ye} – rezistența caracteristică a oțelului etrierilor
- s – distanța între etrieri

Momentul maxim dat de reacțiunea etrierilor se scrie:

$$M_{2,max} = R_{etr} \left(l - \frac{s}{2} \right) = A_e f_{ye} \left(l - \frac{s}{2} \right) \quad (C.53b)$$

Momentul capabil al barei verticale este:

$$M_{cap} = \frac{\pi d^3}{32} f_y \quad (C.53c)$$

Din ecuația:

$$M_{l,max} + M_{2,max} = M_{cap} \quad (C.54)$$

rezultă lungimea "l" și apoi reacțiunea maximă:

$$R_c = \frac{1}{2} f_c d l \quad (C.55)$$

Forța tăietoare transferată prin efectul de dorn este:

$$V_{max,dorn} = \max\left(\frac{2}{3}R_c, \frac{1}{3}R_c + R_{etr}\right) \quad (C.56)$$

Pentru cazurile curente de armare a stâlpișorilor:

- bare longitudinale $d = 12 \div 16$ mm din oțel categoriile de rezistență 1 sau 2
- etrieri $d_e = 6 \div 10$ mm din oțel categoriile de rezistență 1 sau 2; oțelul din categoria de rezistență 2 se folosește numai dacă și barele longitudinale sunt din aceeași categorie de oțel)
- distanța între etrieri $s \leq 15$ cm
- beton C12/15 sau C16/20

rezulta:

$$V_{max,dorn} = \frac{1}{3}R_c + R_{etr} \quad (C.56a)$$

Pentru folosirea curentă în proiectare, forța $V_{max,dorn}$ se poate exprima ca o fracțiune din rezistența barei verticale sub forma:

$$V_{max,dorn} = \lambda_c A_{0,s} f_y \quad (C.57)$$

unde s-a notat cu $A_{0,s}$ aria unei bare verticale a stâlpișorului.

Dacă în relațiile de mai sus în locul valorilor caracteristice ale rezistențelor betonului și oțelului se introduc valorile de proiectare (determinate cu coeficienții $\gamma_M = 1.35$ pentru beton și $\gamma_M = 1.15$ pentru oțel) valoarea factorului λ_c se modifică nesemnificativ. Valorile λ_c nu variază semnificativ în raport cu rezistența betonului astfel încât pentru calculele curente valorile respective se încadrează în aceeași grupă.

Pentru cazurile curente menționate mai sus valorile λ_c au fost calculate pentru diferite distanțe între etrieri. S-au reținut valorile minime (rotunjite) date în tabelul următor, independente de aceste distanțe.

Tabelul C.23

Valori λ_c

Etrieri		Armături verticale în stâlpișori					
Oțel	Φ	Cat. de rezistență 1			Cat. de rezistență 2		
		$\Phi 12$	$\Phi 14$	$\Phi 16$	$\Phi 12$	$\Phi 14$	$\Phi 16$
Cat. de rezistență 1	$\Phi 6$	0.250	0.200	0.150	0.200	0.150	0.100
	$\Phi 8$	0.400	0.350	0.250	0.300	0.250	0.200
	$\Phi 10$	0.400			0.300		
Cat. de rezistență 2	$\Phi 6$	Nu se utilizează			0.250	0.200	0.150
	$\Phi 8$				0.400	0.350	0.250
	$\Phi 10$				0.400		

Valorile din tabelul C.23 arată că valoarea rezistenței armăturilor V_{Rd2} este acoperitoare cu excepția unor cazuri mai rar întâlnite în practica curentă (stâlpișori armați cu bare $\Phi 14 \div 16$ mm din oțel din cat. de rezistență 2 - casetele poșate). În cazurile curente, valoarea $\lambda = 0.20$ din **CR 6 - 2013** subestimează aportul real al armăturilor din stâlpișori.

C.6.6.4.3. Rezistența la forță tăietoare a pereților din zidărie confinată și armată în rosturile orizontale (ZC+AR)

În figura C.76 sunt reprezentate curbele înfășurătoare obținute pe pereți din zidărie confinată cu și fără armare în rosturile orizontale. Încercarea s-a făcut pentru efortul unitar axial de $0.09f_m$. [San Bartolomé, A., Quiun, D., Mayorca, P. *Proposal of a standard for seismic design of confined masonry buildings* Institute of Industrial Science, University of Tokyo, Bulletin of ERS, No.37]. Se observă sporirea semnificativă a forței tăietoare chiar de la valori mici ale deplasării orizontale. În cazul zidărilor fără armare în rostul orizontal, în stadiul final rezistența laterală este numai circa 2/3 din rezistența maximă.

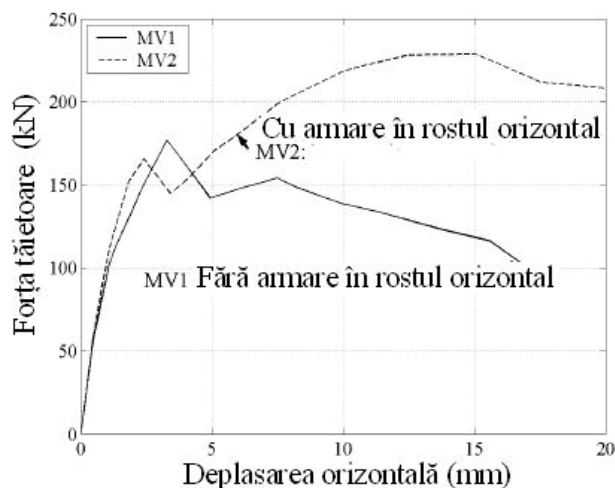


Figura C.76 Efectul armăturilor din rostul orizontal asupra forței tăietoare capabile

C.6.8.1. Verificarea cerinței de rezistență

C.6.8.1.1. Verificarea cerinței de rezistență pentru solicitările în planul peretelui

C.6.8.1.1.(2)

În cazul pereților solicitați la compresiune și încovoiere în planul lor, pentru toate grupările de încărcări, momentul M_{Rd} se calculează pentru forța axială de proiectare (N_{Sd}) din gruparea respectivă.

C.6.8.2. Verificarea cerinței de rigiditate

C.6.8.2.(1)

Verificarea cerinței de rigiditate, prin limitarea driftului, trebuie să aibă în vedere și starea limită în raport cu care se face verificare. Din punct de vedere practic, cerința de rigiditate trebuie să se concretizeze prin enunțarea valorilor limită admisibile ale deplasărilor laterale pentru diferite niveluri de performanță seismică. Valorile se diferențiază în general, în funcție de alcătuirea zidăriei (ZNA, ZC) dar și de tipul elementelor pentru zidărie și de raportul între capacitatea de rezistență la încovoiere și cea la forfecare.

Pentru fiecare categorie de stare limită driftul admisibil este asociat unei anumite configurații a degradărilor exprimată prin distribuția fisurilor și mărimea reziduală a acestora.

În acest sens lucrarea [Alcocer, S.M., Arias, J.G., Flores, L.E. *Some developments on performance-based seismic design of masonry structures* Institute of Engineering, UNAM, Mexico, 2006] furnizează următoarele repere provenite din practica din Mexic:

- **Starea limită de serviciu** este considerată atinsă pentru driftul de 0.15% și este caracterizată prin declanșarea procesului de formare a fisurilor înclinate (este atinsă rezistența de fisurare); deschiderea fisurilor remanente este apreciată la 0.1 mm

- **Limita avariilor reparabile** este considerată atinsă pentru driftul de 0.25% și este caracterizată prin dezvoltarea fisurilor înclinate pe toată suprafața peretelui, însoțită de fisuri foarte subțiri (fir de păr) în elementele verticale de confinare și de declanșarea procesului de zdrobire a zidăriei comprimate; deschiderea fisurilor remanente este apreciată la 2.0 mm
- **Starea limită ultimă** este considerată atinsă pentru driftul de 0.40% și corespunde limitei de rezistență a peretelui când fisurile din zidărie pătrund și în capetele stâlpișorilor de beton armat; se produce curgerea armăturilor din stâlpișori datorită forfecării precum și declanșarea zdrobirii betonului din stâlpișorii comprimați; deschiderea fisurilor remanente este apreciată la 5 mm

Tot în lucrarea [Alcocer,S.M.,Arias,J.G., Flores,L.E. *Some developments on performance-based seismic design of masonry structures* Institute of Engineering, UNAM, Mexico, 2006] sunt propuse următoarele valori ale driftului maxim admisibil în funcție de tipul zidăriei:

- Zidărie nearmată/neconfinată $\rightarrow \gamma_{lim} = 0.0015$
- Zidărie armată $\rightarrow \gamma_{lim} = 0.0020$
- Zidărie confinată cu elemente pline sau cu goluri și cu armături în rosturile orizontale $\rightarrow \gamma_{lim} = 0.0025$
- Panouri de umplutură la structuri din cadre $\rightarrow \gamma_{lim} = 0.0060$

C.6.8.2.(2)

Din punct de vedere al severității, aceste vibrații pot fi clasificate în patru categorii [Murray, T.M. "Acceptability Criterion for Occupant-Induced Floor Vibrations". Engineering Journal, AISC, vol.18, no.2, 1981]:

- vibrații care nu sunt percepute de ocupanți;
- vibrații care sunt percepute dar nu afectează confortul normal al ocupanților;
- vibrații care afectează confortul și folosirea normală a clădirii;
- vibrații a căror severitate poate conduce la afectarea sănătății ocupanților.

În funcție de durata lor, vibrațiile înregistrate în clădiri se împart în două mari grupe:

- Vibrații tranzitorii, care se amortizează rapid după ce au atins valoarea maximă, cum este cazul vibrațiilor produse de căderea unui obiect greu.
- Vibrații continue sau intermitente, care se manifestă neîntrerupt pe perioade lungi sau care sunt separate de perioade în care nu se manifestă, cum este cazul vibrațiilor provocate de grupuri de persoane care se deplasează.

Reglementările tehnice din mai multe țări conțin prevederi referitoare la verificarea criteriului de confort legat de nivelul vibrațiilor din clădiri provocate de mișcarea oamenilor.

Prevederile se referă în general, la două aspecte ale răspunsului dinamic:

- Evitarea fenomenelor de rezonanță;
- Limitarea vibrațiilor planșelor cauzate de deplasarea oamenilor.

1. Standardul din Noua Zeelandă NZS 4203 –1992 [NZS 4203 "Code of Practice for General Structural Design and Design Loadings for Buildings". Wellington 1992] prevede obligativitatea verificării răspunsului dinamic al clădirilor în care se produc aglomerări de persoane care sunt susceptibile să genereze vibrații armonice (este cazul clădirilor în care se desfășoară activități cum sunt dansul, gimnastica, concerte și al tribunelor pentru spectacole sportive).

Toate aceste planșee trebuie să fie proiectate pentru evitarea fenomenelor de rezonanță.

2. Codul de proiectare din Canada [National Building Code of Canada: "*Commentary A on Part 4 of the National Building Code of Canada, Serviceability Criteria for Deflection and Vibration*". National Research Council of Canada, Ottawa, Ontario, 1990] conține prevederi referitoare la:

- Nivelurile acceptabile de accelerație pentru vibrațiile provocate de activități ritmice.
- Încărcarea dinamică în timpul unor activități ritmice.
- Limitarea frecvenței fundamentale pentru planșee din beton, metal și lemn, în cazul desfășurării unor activități specifice.

Standardul **SR EN 1995-1-1** privind proiectarea clădirilor din lemn [EUROCODE 5 "*Design of Timber Structures, Part 1.1 General Rules and Rules for Buildings*". European Commission on Standardisation. 1993] nu conține prevederi referitoare la limitarea vibrațiilor planșeelor.

CAPITOLUL 7. PREVEDERI CONSTRUCTIVE PENTRU CLĂDIRILE DIN ZIDĂRIE

C.7.1. PREVEDERI CONSTRUCTIVE PRIVIND SUPRASTRUCTURA

C.7.1.2. Prevederi generale pentru clădiri cu pereți structurali din zidărie

C.7.1.2.2. Prevederi specifice elementele de confinare din beton armat

C.7.1.2.2.(1)

A se vedea și comentariul C.5.2.2.1.(2).

Efectul favorabil al elementelor de confinare de la colțuri a fost pus în evidență și de unele încercări de laborator.

Elementele de confinare se armează constructiv cu valorile minime prevăzute pentru elementele cu rol *structural*. Contribuția armăturilor respective nu se ia în considerare pentru evaluarea siguranței structurii.



Figura C.76 Distrugerea conlucrării spațiale între pereți în faze avansate de solicitare

[Tomazevic, M., *Earthquake-Resistant Design of Masonry Buildings* Imperial College Press 2006]

În clădirile cu pereți structurali din zidărie vor fi prevăzute elemente de confinare din beton armat dispuse vertical (stâlpișori) și orizontal (centuri) după cum urmează:

- pentru clădirile din **ZNA** → elemente cu rol *constructiv*
- pentru clădirile din **ZC** și **ZC+AR** → elemente cu rol *structural*

C.7.1.2.3. Prevederi referitoare la buiandrugi, rigle de cuplare și elemente auxiliare

C.7.1.2.3.(7)

Cutremurele recente au arătat că execuția incorectă a prinderilor, cu cărămizi dispuse transversal și lipsa protecției anticorozive a ancorelor dau naștere unor accidente grave.

La originea acestor accidente se află două cauze principale:

- Cerințele arhitecturale, manifestate prin abandonarea, voită sau nu, a condițiilor de regularitate arhitectural/structurală, adoptarea unor structuri flexibile, proliferarea consolelor cu deschideri importante, etc.;

- Cerințele de eficiență economică (reducerea costului și/sau a duratei de execuție), concretizate în principal prin introducerea elementelor de zidărie lipsite de rezistență și de robustețe și prin renunțarea la umplerea completă cu mortar a rosturilor verticale.

Toate piesele metalice înglobate în zidărie (eclise, ancore, scoabe și corniere) trebuie să aibă protecția anticorozivăcorespunzătoare condițiilor de mediu în care sunt utilizate. Protecția se poate realiza cu orice procedeu recunoscut în practica curentă pentru condiții de mediu similare. Oțelul galvanizat este un material convenabil pentru ancore deoarece are o durabilitate satisfăcătoare în condițiile unui preț relativ scăzut, în comparație cu cel al oțelului inoxidabil. Durabilitatea ancorei depinde de cantitatea de zinc depusă pe fața oțelului. În literatură există puține date referitoare la cantitatea de zinc necesară pentru asigurarea durabilității. Unele cercetări din Anglia au arătat că, în condițiile expunerii simultane la aer și umiditate, pierderea de zinc anuală variază între $10 \div 20 \text{ g/m}^2$. De aici rezultă că, pentru o pierdere medie anuală de 15 g/m^2 , este necesară o acoperire de cel puțin 750 g/m^2 pentru a se asigura protecția necesară pe o durată de 50 de ani.

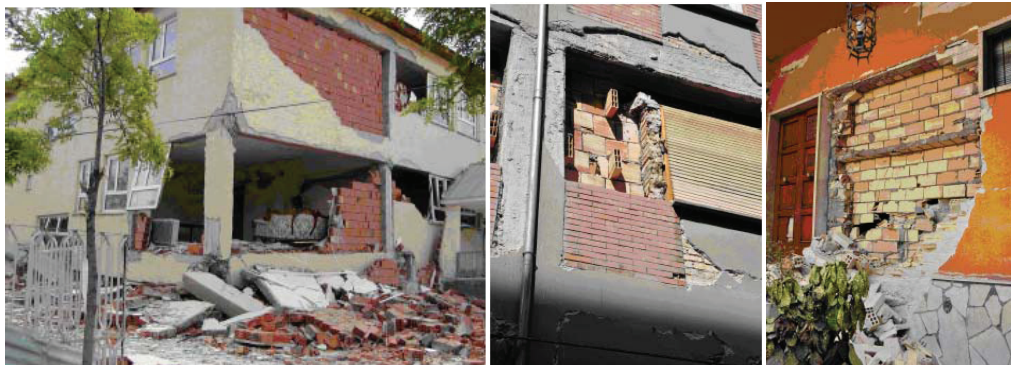
În Australia, avariile observate după cutremurul din Newcastle din 1989 au arătat că numeroase ancore nu au rezistat solicitărilor la care au fost supuse datorită degradărilor suferite în timp. Astfel s-a constatat că dintre ancorele care au cedat numeroase erau complet distruse prin coroziune datorită condițiilor de mediu în care s-au aflat pe durata de funcționare.

Ca urmare a acestor constatări, pentru ancorele din pereții dubli standardele australiene **AS/NZS 2699.1**, **AS/NZ 2699** și **AS 3700** au stabilit rezistența și rigiditatea ancorelor în funcție de condițiile de expunere și de solicitare. În tabelul următor sunt date valorile pentru ancorele de tip **A** în pereți dubli.

Tabelul C.24

Clasificarea ancorelor	Rezistența caracteristică(kN)		Rigiditatea caracteristică (kN/mm)
	Întindere	Compresiune	
Condiții ușoare	0.3	0.35	0.5
Condiții medii	0.6	0.7	1.0
Condiții grele	1.5	1.8	2.5

Valorile rezistenței caracteristice din tabel se utilizează și pentru ancorele de fixare a zidăriei de placare (engl. *veneer ties*).



Turcia 1999

Italia 2009

Figura C.77. Avariarea fațadelor "dublu strat"

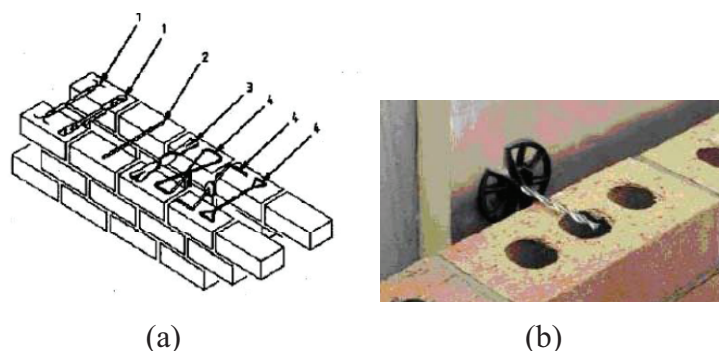


Figura C.78.Prinderea straturilor la fațade ventilate
(a) i (b) Dispozitive de prindere conform SR EN 845-1

C.7.3.2. Prevederi specifice pentru elemente nestructurale de zidărie care sunt rezemate în consolă

C.7.3.2.(1)

Prevederea are în vedere evitarea/limitarea riscului prăbușirii calcanelor/frontoanelor înalte care nu au structură proprie sau nu sunt ancorate de elementele structurale. Prin cădere aceste elemente pot produce accidente în exteriorul clădirii sau pot avaria clădirile adiacente care au înălțime mai mică.



Fig.C.79. Căderea calcanului a avariat clădirea vecină. București, 1977

C.7.3.2.(3)

Din analiza efectuată după cutremurul din 1940 de către A.A.Beleș - [Cutremurul i Construcțiunile - Bucuresti 1941], remarcile privind comportarea seismică a coșurilor i explicațiile, de cele mai multe ori evidente, ale situațiilor constatate au fost următoarele:

Coșurile au suferit deasemeni foarte mult. În special coșurile înalte, i cele cu căciulă s-au prăbușit distrugând alocuri învelitorile i chiar planșeele. Distrugerea coșurilor chiar la cutremure de mai mică intensitate (de gradul VI, de exemplu) se explică i prin faptul că zidăria acestor coșuri sub acțiunea fumului, a variațiilor de temperatură, a ploii, a înghețului i dezghețului este în bună parte alterată. Chiar la coșuri joase care s-au prăbușit, în majoritatea cazurilor, zidăria se găsea complet dezagregată pe învelitoare.

ANEXA I (normativă)**Specificații tehnice privind materialele pentru lucrări de zidărie****-Comentarii -****Completarea caietului de sarcini pentru proiectarea lucrărilor din zidărie****Instrucțiuni de completare**

- Se taie cu linie orizontală ~~XXXXX~~ pozițiile din fișă care nu corespund prevederilor proiectului.
- Se încadrează într-un dreptunghi XXXXX pozițiile din fișă care corespund prevederilor proiectului.
- Se completează spațiile libere conform prevederilor proiectului și se încadrează într-un dreptunghi 300 mm

A se vedea și EXEMPLUL NR.17.

ANEXA III (informativă)

EXEMPLE DE CALCUL

EXEMPLUL 1	Calculul greutatei zidăriei - <u>Art. 3.1.2.4.(4).</u>
EXEMPLUL 2	Alegerea coeficientului parțial γ_M pentru pereții structurali din zidărie pentru clădirea unei școli generale 8 clase (> 250 de persoane) în București. - Art. 2.4.2.3. (CR 6-2013) și Art. 8.6.1. (P 100-1/2013)
EXEMPLUL 3	Determinarea aproximativă a valorii de proiectare a efortului unitar de compresiune (pentru predimensionare) - σ_{0d} . - <u>Art.4.1.1.2.2.</u>
EXEMPLUL 4	Calculul rezistențelor unitare caracteristice pentru mecanismul de cedare prin <i>rupere pe secțiuni înclinate</i> - <u>Art.4.1.1.2.2.</u>
EXEMPLUL 5	Determinarea forțelor axiale de compresiune în pereții structurali - <u>Art. 6.2.2.1.</u>
EXEMPLUL 6	Determinarea forțelor axiale de compresiune în pereții structurali. Efectul excentricității planșeului - <u>Art.6.2.2.1.(5).</u>
EXEMPLUL 7	Calculul caracteristicilor geometrice ale peretelui - <u>Art.6.6.1.1.(1a).</u>
EXEMPLUL 8	Calculul rezistenței de proiectare la compresiune axială N_{Rd} pentru un perete de zidărie nearmată → <u>Art. 6.6.2.1.</u>
EXEMPLUL 9	Calculul rezistenței de proiectare la compresiune excentrică - momentul încovoietor capabil (M_{Rd}) asociat unei forțe axiale date (N_{Ed}) - pentru un perete din zidărie cu inimă armată (ZIA) cu secțiune dreptunghiulară - <u>Art.6.6.3.4.</u>
EXEMPLUL 10	Calculul momentului încovoietor pentru un perete din zidărie nearmată - <u>Art. 6.6.3.2.Calculul pentru ULS - Art.6.6.3.2.(2).</u>
EXEMPLUL 11	Calculul momentului încovoietor pentru un perete din zidărie nearmată - <u>Art. 6.6.3.2.Calculul pentru rezistența la SLS (Art.6.6.3.2(5)).</u>
EXEMPLUL 12	Calculul momentului capabil pentru un perete dreptunghiular - <u>Art 6.6.3.2.</u>
EXEMPLUL 13	Rezistența la compresiune și încovoiere a pereților din zidărie confinată - <u>Art.6.6.3.3.</u>
EXEMPLUL 14	Calculul rezistenței la lunecare în rost orizontal din <i>încărcări neseismice</i> - <u>Art.6.6.4.1.1.1.</u>
EXEMPLUL 15	Calculul rezistenței la lunecare în rost orizontal asociată momentului capabil din <i>încărcări seismice</i> - <u>Art.6.6.4.1.1.2.</u>
EXEMPLUL 16	Calculul rigidității unui perete cu goluri. <u>Art.6.3.2.3.</u>
EXEMPLUL 17	Completarea caietului de sarcini pentru proiectarea lucrărilor din zidărie - <u>Anexa I.</u>

EXEMPLUL NR.1

Calculul greutatei zidăriei - Art. 3.1.2.4.(4).

Greutatea zidăriei netencuite

Codul **CR 6-2013** stabilește următoarele condiții pentru calculul greutatei de proiectare a zidăriei în funcție de densitatea elementelor și de tipul mortarului:

1. Greutatea de proiectare a zidăriei netencuite cu elemente **HD**, indiferent de tipul mortarului (**G** sau **T**) se ia egală cu greutatea de proiectare a elementelor pentru zidărie definită mai sus.

De exemplu:

- zidărie cu elemente ceramice pline $\gamma_{zid,0} = 18.0 \text{ kN/m}^3$
 - zidărie cu elemente ceramice cu 25% goluri $\gamma_{zid} = 13.5 \text{ kN/m}^3$
2. Greutatea de proiectare a zidăriei netencuite cu elemente **LD** și mortar pentru rosturi subțiri (**T**) se ia egală cu greutatea de proiectare a elementelor de zidărie definită mai sus.

De exemplu:

- zidărie cu elemente din **BCA** $\gamma_{zidBCA} \equiv \gamma_{elBCA}$
 - zidărie cu elemente ceramice cu 45% goluri $\gamma_{zid} = 9.9 \text{ kN/m}^3$
 - zidărie cu elemente ceramice cu 55% goluri $\gamma_{zid} = 8.1 \text{ kN/m}^3$
3. Greutatea de proiectare a zidăriei netencuite cu elemente **LD** și mortar de utilizare generală (**G**) se va lua egală cu greutatea elementelor pentru zidărie la care se adaugă greutatea mortarului necesar pentru legarea acestora.

În acest caz calculul greutatei proprii a peretelui se face după cum urmează:

1. Dimensiunile elementului în perete - zidit- (inclusiv grosimea rostului de mortar) sunt:

- $l_{zid} = l_{el} + 12 \text{ mm}$
- $h_{zid} = h_{el} + 12 \text{ mm}$

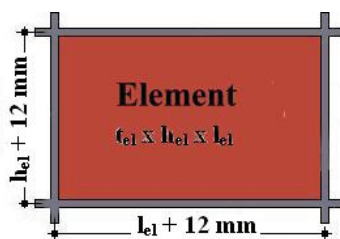


Figura Ex.1.1.Schema pentru calculul greutatei de proiectare a zidăriei cu elemente **LD** și mortar de uz general (**G**)

2. Volumul elementului

$$V_{el} = t_{el} \times h_{el} \times l_{el} \quad (\text{Ex.1.1a})$$

3. Greutatea elementului

$$G_{el} (\text{kN}) = V_{el} (\text{m}^3) \times \gamma (\text{kN/m}^3) \quad (\text{Ex.1.1b})$$

4. Volumul elementului în perete - zidit - (inclusiv grosimea rosturilor de mortar)

$$V_{el,zid} (m^3) = t_{el} \times h_{zid} \times l_{zid} \quad (Ex.1.1c)$$

5. Volumul mortarului

$$V_{mortar} (m^3) = V_{zid} - V_{el} \quad (Ex.1.1d)$$

6. Greutatea mortarului

$$G_{mortar} (kN/element) = 20.00 \times V_{mortar} \quad (Ex.1.1e)$$

7. Greutatea totală a elementului zidit, inclusiv greutatea mortarului din rosturi (în kN)

$$G_{el,zid} = G_{el} + G_{mortar} \quad (Ex.1.1f)$$

8. Greutatea specifică a zidăriei în perete (elemente + mortar)

$$\gamma_{zid} (kN/m^3) = \frac{G_{el,zid}(kN)}{V_{el,zid}(m^3)} \quad (Ex.1.2)$$

9. Greutatea peretelui (elemente + mortar) pe 1.0 m² de perete

$$G_{perete} (kN/m^2) = \gamma_{zid} (kN/m^3) \times t_{el} (m) \quad (Ex.1.3)$$

A. Calculul greutății de proiectare a unui perete netencuit executat cu elemente din **BCA** și mortar de uz general (**G**).

- Dimensiunile elementului

- $h_{el} = 0.250 \text{ m} \rightarrow h_{zid} = 0.250 + 0.012 = 0.262 \text{ m}$
- $l_{el} = 0.600 \text{ m} \rightarrow l_{zid} = 0.600 + 0.012 = 0.612 \text{ m}$
- $t_{el} = 0.300 \text{ m} \rightarrow t_{zid} = 0.300 \text{ m}$

- Volumul elementului

$$V_{el} = 0.300 \times 0.250 \times 0.600 = 0.0450 \text{ m}^3$$

- Volumul elementului zidit

$$V_{el,zid} = 0.300 \times 0.262 \times 0.612 = 0.0481 \text{ m}^3$$

- Volumul mortarului

$$V_{mortar} = V_{el,zid} - V_{el} = 0.0031 \text{ m}^3$$

- Greutatea specifică a elementului

$$\gamma_{elBCA} = 0.85 \times (5.0 + 2) = 5.95 \text{ kN/m}^3$$

- Greutatea elementului

$$G_{elBCA} = V_{el} \times \gamma_{elBCA} = 0.045 \times 5.95 = 0.2678 \text{ kN/element}$$

- Greutatea mortarului pentru un element

$$G_{mortar} = 20.00 \times V_{mortar} = 0.062 \text{ kN/element}$$

- Greutatea totală a elementului zidit

$$G_{el,zid} = G_{el} + G_{mortar} = 0.2678 + 0.062 \cong 0.330 \text{ kN/element}$$

- Greutatea specifică echivalentă a zidăriei

$$\gamma_{zidBCA} (kN/m^3) = \frac{G_{el,zid}(kN)}{V_{el,zid}(m^3)} = \frac{0.330}{0.0481} = 6.86 \text{ kN/m}^3$$

- Sporul de greutate datorat greutateii mortarului (**G**) este circa 15.3%
- Greutatea de proiectare a peretelui

$$G_{perete}(kN/m^2) = 6.86 \times 0.30 \cong 2.05 kN/m^2$$

B. Calculul greutateii de proiectare a unui perete netencuit zidit cu elemente **LD** din argilă arsă cu 55% goluri verticale și mortar **G**.

- Dimensiunile elementului

$$\begin{aligned} - h_{el} &= 0.250 \text{ m} \rightarrow h_{zid} = 0.250 + 0.012 = 0.262 \text{ m} \\ - l_{el} &= 0.350 \text{ m} \rightarrow l_{zid} = 0.350 + 0.012 = 0.362 \text{ m} \\ - t_{el} &= 0.300 \text{ m} \end{aligned}$$

- Volumul elementului

$$V_{el} = 0.300 \times 0.250 \times 0.350 = 0.02625 \text{ m}^3$$

- Volumul elementului zidit

$$V_{el,zid} = 0.300 \times 0.262 \times 0.362 = 0.02845 \text{ m}^3$$

- Volumul mortarului

$$V_{mortar} = V_{el,zid} - V_{el} = 0.0022 \text{ m}^3$$

- Greutatea specifică a elementului

$$\gamma_{el} = 18.00 \times (1 - 0.55) = 8.1 \text{ kN/m}^3$$

- Greutatea elementului

$$G_{el} = V_{el} \times \rho_{el} = 0.02625 \times 8.1 = 0.212 \text{ kN/element}$$

- Greutatea mortarului pentru un element

$$G_{mortar} = 20.00 \times V_{mortar} = 0.0440 \text{ kN/element}$$

- Greutatea totală a elementului zidit

$$G_{el,zid} = G_{el} + G_{mortar} = 0.212 + 0.044 = 0.2566 \text{ kN/element}$$

- Greutatea specifică a zidăriei în perete

$$\gamma_{zid}(kN/m^3) = \frac{G_{el,zid}(kN)}{V_{el,zid}(m^3)} = \frac{0.2566}{0.02845} = 9.02 \text{ kN/m}^3$$

- Sporul de greutate datorat mortarului (**G**) este circa 11.4%
- Greutatea de proiectare a peretelui

$$G_{perete}(kN/m^2) = 9.02 \times 0.30 \cong 2.71 \text{ kN/m}^2$$

C. Calculul greutateii de proiectare a unui perete de compartimentare cu dimensiunile $3.00 \times 5.00 \text{ m}$ cu grosimea nominală de 0.30 m realizat din elemente ceramice cu 55% goluri verticale care suportă un boiler cu greutatea de 3.5 kN .

- Greutatea peretelui tencuit pe 1.0 m^2 de perete

$$G_{perete} = 3.50 \text{ kN/m}^2$$

- Greutatea echivalentă a obiectului suspendat

$$G_{susp} = \frac{3.5}{3.00 \times 5.00} \cong 0.25 \text{ kN/m}^2$$

- Greutatea echivalentă totală a peretelui

$$G_{perete}^{total} = 3.40 + 0.25 = 3.65 \text{ kN/m}^2$$

EXEMPLUL NR.2

Alegerea coeficientului parțial γ_m pentru pereții structurali din zidărie pentru clădirea unei școli generale 8 clase (> 250 de persoane) în București. - Art. 2.4.2.3. (CR 6-2013) și Art. 8.6.1. (P 100-1/2013).

Se parcurg următoarele etape:

A. Stabilirea tipului de control

- școala generală cu 8 clase este încadrată în clasa de 2-a de importanță (conform tabelului 4.2 din Codul P 100-1/2013)
- pentru clădiri din clasa 2-a de importanță, pentru toate zonele seismice, trebuie să se adopte controlul *special* (Sp), în conformitate cu reglementările tehnice privind executarea și urmărirea execuției lucrărilor de zidărie, în vigoare.

B. Alegerea materialelor pentru zidărie

- conform Codului P 100-1/2013, art. 8.2.1.(7) pentru clădirile din clasa de importanță 2 se folosesc elemente pentru zidărie din categoria 1
- conform Codului P 100-1/2013, art.8.2.2. pentru clădirile din clasa de importanță 2 în zone seismice cu $a_g \geq 0.20$ g nu se acceptă folosirea mortarului (**G**) preparat la șantier; prin urmare se poate alege orice alt mortar (**G**) sau (**T**) preparat industrial sau semi industrial

C. Alegerea coeficientului parțial de siguranță

- Pentru elemente pentru zidărie din categoria 1 și control *special*, conform Codului CR 6-2013, tabelul 2.1. pentru *gruparea fundamentală* de încărcări, coeficientul de siguranță este:
 - * pentru mortar de rețetă (G) preparat industrial sau semi industrial $\gamma_M = 2.0$
 - * pentru mortar performant (G) sau (T) $\gamma_M = 1.8$
- Pentru elemente pentru zidărie din categoria 1 și control *special*, pentru toate tipurile de mortare, conform Codului P 100-1/2013, tabelul 8.13 pentru *gruparea seismică* de încărcări, la starea limită ultimă (*ULS*) valoarea coeficientului parțial de siguranță este $\gamma_M = 1.8$
- Pentru elemente pentru zidărie din categoria 1 și control *special*, pentru toate tipurile de mortare, conform Codului P 100-1/2013, tabelul 8.13 pentru *gruparea seismică* de încărcări, la starea limită de serviciu (*SLS*) valoarea coeficientului parțial de siguranță este $\gamma_M = 1.5$

EXEMPLUL NR.3

Determinarea aproximativă a valorii de proiectare a efortului unitar de compresiune (pentru predimensionare) - σ_{0d} - Art.4.1.1.2.2.

Pentru predimensionarea clădirilor cu structuri din zidărie este necesară cunoașterea aproximativă a efortului unitar mediu de compresiune (σ_{0d}) dat de încărcările de tip gravitațional (permanente și utile).

Mărimea acestui efort se poate calcula suficient de precis considerând:

- greutatea proprie a clădirii pe nivel, în funcție de materialul din care sunt realizați pereții (se consideră, în toate cazurile, că planșeele sunt din beton armat):
 - zidărie cu elemente pline din argilă arsă $\rightarrow g_{ech} = 15.0 \text{ kN/m}^2/\text{nivel}$
 - zidărie cu elemente din argilă arsă cu 45% goluri $\rightarrow g_{ech} = 12.5 \text{ kN/m}^2/\text{nivel}$
 - zidărie cu elemente din **BCA** $\rightarrow g_{ech} = 10.0 \text{ kN/m}^2/\text{nivel}$
- aria pereților structurali pe fiecare direcție $p\% = 3.0 \div 6.0\%$
- înălțimea medie a etajului (inclusiv parterul) $h_{niv} = 3.0 \text{ m}$

Valorile obținute ($\sigma_{0,1}$) în $\text{N/mm}^2/\text{nivel}$ sunt date în tabelul Ex.3.1

Tabelul Ex.3.1.

Greut. g_{ech}	Densitatea pereților structurali $p\%$			
	3.0%	4.0%	5.0%	6.0%
10.0 kN/m^2	0.166	0.125	0.100	0.083
12.5 kN/m^2	0.208	0.156	0.125	0.104
15.0 kN/m^2	0.250	0.188	0.150	0.125

Pentru fiecare caz în parte, valorile din tabel se înmulțesc cu numărul de niveluri aflat peste secțiunea considerată pentru obținerea efortului unitar de proiectare.

Pentru efortul maxim, în secțiunea de "încăstrare", valorile $\sigma_{0,1}$ se înmulțesc cu n_{niv} (numărul de niveluri supraterane ale clădirii). De exemplu, pentru o clădire zidărie cu înălțime P+3E ($n_{niv} = 4$), având greutatea $g_{ech} = 12.5 \text{ kN/m}^2$ (cu elemente pentru zidărie din argilă arsă cu 45% goluri verticale) și densitatea pereților structurali pe fiecare direcție $p = 5.0\%$, în secțiunea de la baza parterului efortul unitar de compresiune este $\sigma_d = 4 \times \sigma_{0,1} = 4 \times 0.125 = 0.50 \text{ N/mm}^2$ (casetele poșate din tabelul Ex.3.1).

EXEMPLUL NR.4

Calculul rezistențelor unitare caracteristice pentru mecanismul de cedare prin *rupere pe secțiuni înclinate* - Art.4.1.1.2.2.

Rezistența unitară caracteristică la forfecare $f_{vk,i}$, a zidăriei cu mortar (G), și cu mortar (T), cu toate rosturile umplute cu mortar, se calculează cu relațiile (4.4a) și (4.4b) din CR 6-2013:

A. Pentru elemente din argilă arsă din grupele 1, 2 și 2S

$$f_{vk,i} = 0.22f_{bt} \sqrt{1 + 5 \frac{\sigma_{0d}}{f_{bt}}} \quad (4.4a)$$

D. Pentru elemente din **BCA**

$$f_{vk,i} = 0.10f_{bt} \sqrt{1 + 16 \frac{\sigma_{0d}}{f_{bt}}} \quad (4.4b)$$

În relațiile (4.4a) și (4.4b) notațiile sunt:

- f_{bt} rezistența caracteristică la întindere a elementelor pentru zidărie.
- σ_{0d} valoarea de proiectare a efortului unitar de compresiune mediu perpendicular pe direcția efortului unitar de forfecare, în secțiunea considerată.

În lipsa rezultatelor din încercări valoarea rezistenței caracteristice la întindere f_{bt} a elementelor pentru zidărie se determină cu relațiile (4.5a) și (4.5b) din CR 6-2013:

I. Elemente din argilă arsă: $f_{bt} = 0.035f_b$ (4.5a)

II. Elemente din **BCA** ($f_b > 2.0 \text{ N/mm}^2$): $f_{bt} = 0.080f_b$ (4.5b)

Pentru utilizare directă în proiectare s-au determinat valorile $f_{vk,i}$ date în tabelele următoare:

Valori $f_{vk,i}$ pentru zidărie cu elemente din argilă arsă

Tabelul Ex.4.1a.

f_b (N/mm ²)	Efort unitar de compresiune σ_{0d} (N/mm ²)									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
15.0	0.162	0.197	0.228	0.257	0.278	0.301	0.321	0.341	0.359	0.376
12.5	0.141	0.174	0.202	0.226	0.249	0.269	0.288	0.306	0.322	0.338
10.0	0.120	0.151	0.177	0.200	0.220	0.238	0.255	0.271	0.287	0.301
7.5	0.099	0.127	0.150	0.170	0.188	0.204	0.219	0.234	0.247	0.259
5.0	0.077	0.101	0.121	0.137	0.152	0.166	0.179	0.190	0.202	0.212

Valori $f_{vk,i}$ pentru zidărie cu elemente din **BCA**

Tabelul Ex.4.1b.

f_b (N/mm ²)	Efort unitar de compresiune σ_{0d} (N/mm ²)									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
6.0	0.100	0.133	0.159	0.182	0.202	0.220	0.237	0.252	0.267	0.281
5.0	0.089	0.120	0.144	0.165	0.183	0.200	0.215	0.230	0.243	0.256
4.4	0.078	0.106	0.128	0.147	0.163	0.178	0.192	0.205	0.217	0.229
3.5	0.073	0.099	0.119	0.137	0.152	0.166	0.179	0.191	0.203	0.214
3.0	0.066	0.091	0.110	0.126	0.141	0.154	0.166	0.177	0.187	0.197
2.5	0.060	0.082	0.100	0.115	0.128	0.140	0.151	0.161	0.171	0.180

De exemplu, pentru clădirea din EXEMPLUL NR.3.pentru care $\sigma_{0d} = 0.5$ N/mm², dacă se folosesc elemente din argilă arsă cu $f_b = 10.0$ N/mm², rezultă, la parter $f_{vki} = 0.220$ N/mm² (casetele poșate din tabelul Ex.4.1a).

EXEMPLUL NR.5

Determinarea forțelor axiale de compresiune în pereții structurali - Art. 6.2.2.1.

Se determină forța axială de compresiune în pereții structurali pentru clădirea cu planul din figura Ex.5.1.

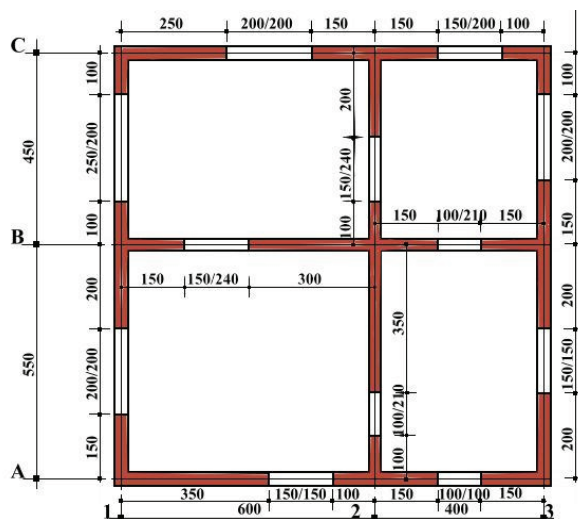


Figura Ex.5.1. Planul nivelului

Calculul se face pentru zidărie executată cu patru tipuri de elemente pentru zidărie:

1. Elemente din argilă arsă pline
2. Elemente din argilă arsă cu 25% goluri verticale
3. Elemente din argilă arsă cu 45% goluri verticale
4. Elemente din BCA cu $f_b = 5 \text{ N/mm}^2$

5.1. Date generale

- Înălțimea etajului $h_{et} = 3.00 \text{ m}$
- Aria nivelului $A_{niv} = 10.30 \times 10.30 = 106.09 \text{ m}^2$
- Aria zidurilor structurale $A_{zid} = 11.33 \text{ m}^2$

5.2. Calculul ariei zidăriei în elevație (pe înălțimea unui nivel)

- Zidărie cu grosimea $t = 30 \text{ cm}$
 - Ax A $\rightarrow 10.30 \times 3.00 - 1.50 \times 1.50 - 1.00 \times 1.00 = 27.65 \text{ m}^2$
 - Ax C $\rightarrow 10.30 \times 3.00 - 2.00 \times 2.00 - 1.50 \times 2.00 = 23.90 \text{ m}^2$
 - Ax 1 $\rightarrow (10.30 - 0.60) \times 3.00 - 2.00 \times 2.00 - 2.50 \times 2.00 = 20.10 \text{ m}^2$
 - Ax 3 $\rightarrow (10.30 - 0.60) \times 3.00 - 1.50 \times 1.50 - 2.00 \times 2.00 = 22.85 \text{ m}^2$

Total = 94.50 m²
- Zidărie cu grosimea $t = 25 \text{ cm}$
 - Ax B $\rightarrow (10.30 - 0.60) \times 3.00 - 1.50 \times 2.40 - 1.00 \times 2.10 = 23.40 \text{ m}^2$
 - Ax 2 $\rightarrow (10.30 - 0.85) \times 3.00 - 1.00 \times 2.10 - 1.50 \times 2.40 = 22.65 \text{ m}^2$

Total = 46.05 m²

5.3. Calculul greutății zidăriei pe nivel

S-au considerat greutatea g_{zid} ale zidăriei (elemente + mortar cu grosime normală -G) inclusiv tencuiala cu grosime de 2.0 cm pe ambele fețe, date în tabelele din Anexa II (Comentarii) a prezentului Cod, la Cap.3.

Tabelul Ex.5.1

Elemente	Grosime t = 30 cm			Grosime t = 25 cm			Total greutate	
	A_{zid}	g_{zid}	G_{zid}	A_{zid}	g_{zid}	G_{zid}	ΣG_{zid}	$\Sigma G_{zid}/A_{etaj}$
	m ²	kN/m ²	kN	m ²	kN/m ²	kN	kN	kN/m ²
Pline	94.5	6.20	586	46.05	5.10	235	821	7.74
Gol 25%		4.85	458		4.20	193	651	6.14
Gol 45%		4.00	378		3.50	161	539	5.08
BCA		2.85	269		2.50	115	384	3.62

5.4. Calculul greutății planșeului

- Aria planșeului (între pereți)

- $\frac{A-B/1-2}{\rightarrow (5.50 - 0.15 - 0.125) \times (6.00 - 0.15 - 0.125) = 29.91 \text{ m}^2}$
- $\frac{A-B/2-3}{\rightarrow (5.50 - 0.15 - 0.125) \times (4.00 - 0.15 - 0.125) = 19.46 \text{ m}^2}$
- $\frac{B-C/1-2}{\rightarrow (4.50 - 0.15 - 0.125) \times (6.00 - 0.15 - 0.125) = 24.19 \text{ m}^2}$
- $\frac{B-C/2-3}{\rightarrow (4.50 - 0.15 - 0.125) \times (4.00 - 0.15 - 0.125) = 15.74 \text{ m}^2}$

$$\text{Total} = 89.30 \text{ m}^2$$

- Greutatea planșeului în gruparea seismică (pe 1.0 m²)

- placa de beton armat 16 cm grosime 400 daN/m²
 - tencuiala la intrados 40 daN/m²
 - pardoseala (inclusiv șapa) 135 daN/m²
 - pereți despărțitori ușori 80 daN/m²
 - încărcare utilă (locuință) 0.3 x 150 daN/m² 45 daN/m²
- $$700 \text{ daN/m}^2$$

- Greutatea totală a planșeului

$$89.30 \times 700 = 62500 \text{ daN} \rightarrow 625 \text{ kN}$$

5.5. Greutatea totală a nivelului

Tabelul Ex.5.2

Elemente	ΣG_{zid}	G_{pl}	$G_{\text{tot,et}}$	$G_{\text{tot,et}}/A_{\text{etaj}}$	$G_{\text{tot,et}}/A_{\text{etaj}}$
	kN	kN	kN	kN/m ²	%
Pline	821	625	1446	13.6	100
Gol 25%	651		1276	12.0	88
Gol 45%	539		1164	11.0	81
BCA	384		1009	9.5	70

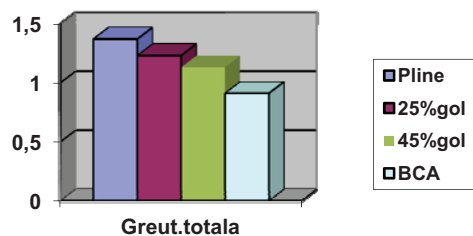


Figura Ex.5.2.Comparația greutății totale a nivelului în funcție de elementele pentru zidărie folosite

5.6 Determinarea forței axiale de compresiune pe pereți pentru un nivel al clădirii

Sucesiunea operațiilor de calcul este următoarea:

1. Se determină reacțiunile planșeelor pe fiecare linie de pereți (p_1 și p_2) cu relațiile

$$p_1 = \frac{q_{\text{tot}} l_1}{4} \quad p_2 = p_1 \left(2 - \frac{l_1}{l_2} \right)$$

unde q_{tot} este încărcarea totală de proiectare pentru gruparea respectivă de încărcări (*fundamentală* sau *seismică*)

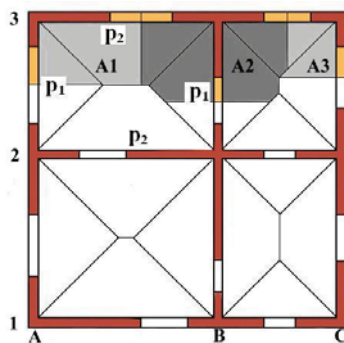


Figura Ex.5.3. Schema pentru calculul încărcărilor verticale pe pereți din greutatea planșeului

2. Pentru fiecare zonă de pereți (**Z1÷Z9** din figura Ex.5.4b) se calculează forța axială dată de planșeu prin înmulțirea reacțiunii pe unitatea de lungime (p) cu lungimea zonei aferente (care include câte 1/2 din lățimea fiecărui gol adiacent plinului de zidărie).

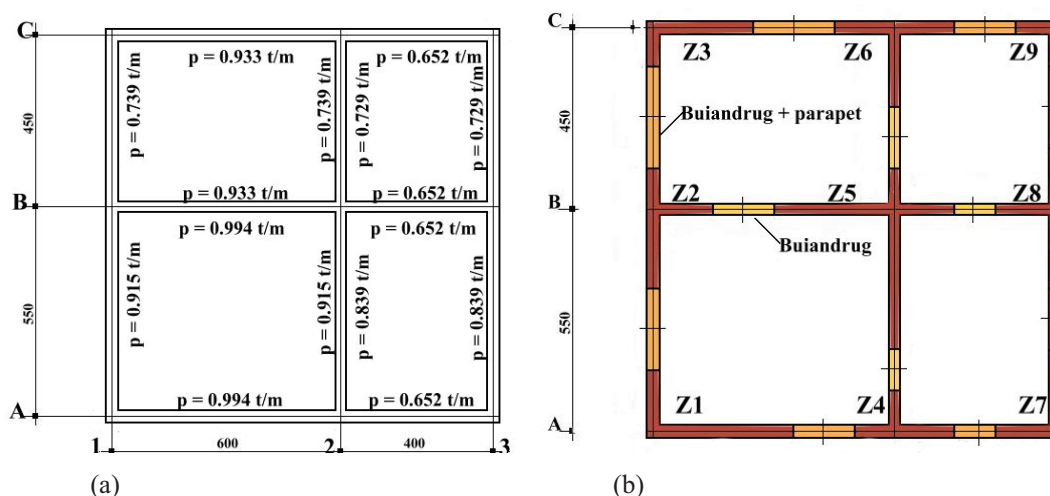


Figura Ex.5.4. Calculul forțelor axiale pe pereți

2. Se determină ariile verticale de zidărie (pe înălțimea etajului) aferente fiecărei zone (**Z1 ÷ Z9**). Ariile respective includ plinul de zidărie (care este continuu pe toată înălțimea etajului), zidăria parapetului și buiandrugului (pentru golurile de la fațade) și zidăria buiandrugului (pentru golurile interioare) - tabelul Ex.5.3.

Tabel Ex.5.3

	$G_{\text{planșeu}}$ (kN)	$G_{\text{zidărie}}$ (kN)				Forța axială (kN)			
		Elemente pline	25% gol	45% gol	BCA	Elemente pline	25% gol	45% gol	BCA
Z1	62	106	83	69	49	168	145	131	111
Z2	82	93	73	61	43	175	155	143	125
Z3	47	79	61	51	36	126	108	98	83
Z4	52	75	59	49	35	127	111	101	87
Z5	187	142	117	98	70	329	304	285	257
Z6	74	97	77	64	46	171	151	138	120
Z7	34	78	61	51	36	112	95	85	70
Z8	63	101	81	66	47	164	144	129	110
Z9	24	48	38	31	22	72	62	55	46

3. Din valorile forței axiale rezultă efortul unitar de compresiune în zidărie pe nivel.

Tabelul Ex.5.4

Zona	Aria Z (m ²)	Forța axială (kN)				Efort unitar de compresiune (kN/m ²)			
		Elemente pline	25% gol	45% gol	BCA	Elemente pline	25% gol	45% gol	BCA
Z1	1.50	168	145	131	111	113	97	88	74
Z2	1.24	175	155	143	125	142	126	116	101
Z3	1.05	126	108	98	83	120	103	93	79
Z4	0.96	127	111	101	87	132	115	105	91
Z5	2.18	329	304	285	257	151	140	131	118
Z6	1.36	171	151	138	120	127	112	102	89
Z7	1.05	112	95	85	70	106	90	81	67
Z8	1.39	164	144	129	110	118	104	93	79
Z9	0.60	72	62	55	46	120	104	92	77

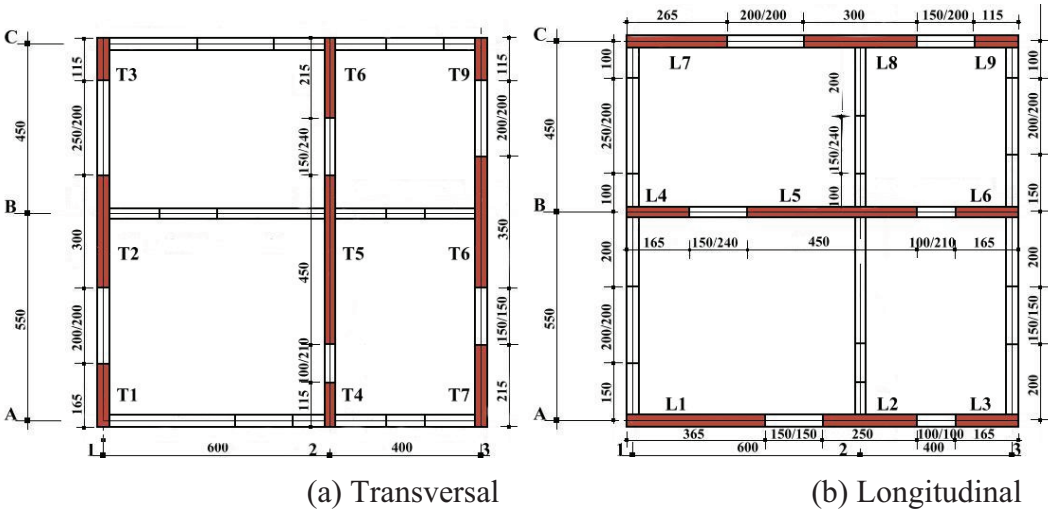


Figura Ex.5.5 Pereți structurali pe cele două direcții

4. Valorile forțelor axiale (kN/etaj) obținute prin înmulțirea efortului unitar din zona (Z) căreia aparține elementul (T sau L) cu aria elementului respectiv sunt date în tabelele Ex.5.5a și Ex.5.5b.

Tabelul Ex.5.5a.

Elem.	Zona	Aria (m ²)	Forța axială (kN/Etaj)			
			Elemente pline	25% gol	45% gol	BCA
T1	Z1	0.495	56	48	44	36
T2	Z2	0.900	128	113	104	91
T3	Z3	0.345	41	36	32	27
T4	Z4	0.288	38	33	30	26
T5	Z5	1.125	170	158	147	133
T6	Z6	0.538	68	60	55	48
T7	Z7	0.645	68	58	52	43
T8	Z8	1.050	124	109	98	83
T9	Z9	0.345	41	36	32	27

Tabelul Ex.5.5b.

Elem.	Zona	Aria (m ²)	Forța axială (kN/Etaj)			
			Elemente pline	25% gol	45% gol	BCA
L1	Z1	1.035	117	100	91	77
L2	Z4	0.750	99	86	79	68
L3	Z7	0.495	52	45	40	33
L4	Z2	0.413	59	52	48	42
L5	Z5	1.125	170	158	147	133
L6	Z8	0.413	49	43	38	28
L7	Z3	0.795	95	82	74	63
L8	Z6	0.900	114	101	92	80
L9	Z9	0.345	41	36	32	27

EXEMPLUL NR.6

Determinarea forțelor axiale de compresiune în pereții structurali.

Efectul excentricității planșeului - Art.6.2.2.1.(5).

Peretele considerat este reprezentat în figura Ex.6.1 și face parte dintr-o clădire cu P+3E, având înălțimea de etaj $h_{et} = 3.00$ m la toate nivelurile (inclusiv parterul). Zona aferentă peretelui studiat are dimensiunile 6.00×8.00 m, planșeul fiind în consolă pe o deschidere de 2.00 m la toate nivelurile.

6.1. Date generale

- Greutatea de proiectare a planșeului $q_{pl} = 8.0$ kN/m².
- Greutatea volumetrică de proiectare a zidăriei tencuite $q_{zid} = 16.0$ kN/m³.
- Rezistența de proiectare la compresiune a zidăriei $f_d = 1.6$ N/mm²

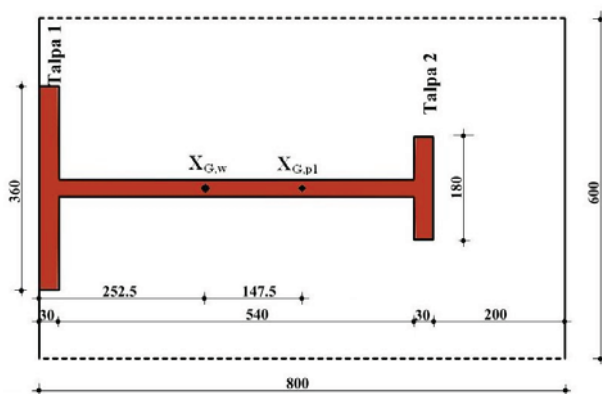


Figura.Ex.6.1.

2. Succesiunea calculului

- Aria secțiunii orizontale a peretelui: $A_w = 3.24$ m²
- Greutatea peretelui pe nivel $G_{w,et} = 3.24 \times 3.0 \times 16.0 \cong 156$ kN/nivel
- Greutatea totală a peretelui $G_{w,tot} = 4 \times 156 = 624$ kN
- Distanța de la extremitatea tălpii 1 până la C.G. al secțiunii peretelui $X_{G,w} = 2.525$ m
- Greutatea planșeului pe nivel $G_{pl,et} = 6.00 \times 8.00 \times 8.0 = 384$ kN
- Greutatea totală adusă de planșee $G_{pl,tot} = 4 \times 384 = 1536$ kN
- Distanța de la extremitatea tălpii 1 până la C.G. al planșeului $X_{G,pl} = 4.00$ m
- Excentricitatea încărcării din planșeu $e_{pl} = 4.00 - 2.525 = 1.475$ m
- Momentul încovoietor la baza peretelui dat de excentricitatea planșeului

$M_{pl} = 1536 \times 1.475 \cong 2270 \text{ kNm}$ (comprimă permanent talpa 2)

- Momentul capabil al secțiunii orizontale a peretelui din zidărie nearmată pentru compresiune pe talpa 2: $M_{cap} \cong 5230 \text{ kNm}$ (calculat conform metodologiei din EXEMPLUL NR.10).

⇒Concluzie

Dispunerea excentrică a planșeului față de perete, consumă circa 43% din capacitatea de rezistență la compresiune excentrică a peretelui.

EXEMPLUL NR.7

Calculul caracteristicilor geometrice ale peretelui - Art.6.6.1.1.(1a).

Pentru cazul în care calculul se efectuează manual (fără ajutorul programelor de calcul automat) se dau, în continuare, sub formă sistematizată, formulele necesare pentru calculul caracteristicilor geometrice ale secțiunii orizontale a pereților în formă de I.

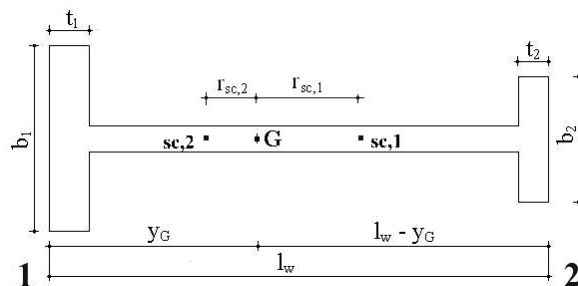


Figura Ex.7.1 Notății pentru calculul caracteristicilor geometrice ale pereților

Notățiile pentru calcularea caracteristicilor geometrice ale secțiunilor orizontale ale pereților sunt arătate în figura Ex 7.1.

- t - grosimea inimii peretelui
- l_w - lungimea inimii peretelui (inclusiv grosimile tălpilor, pentru secțiunile I, L sau T)
- t_1 - grosimea tălpiei 1 a peretelui
- t_2 - grosimea tălpiei 2 a peretelui
- b_1 - lățimea tălpiei 1 a peretelui
- b_2 - lățimea tălpiei 2 a peretelui
- aria tălpiei 1 a peretelui: $A_{t1} = (b_1 - t)t_1$ (Ex.7.1)
- aria tălpiei 2 a peretelui: $A_{t2} = (b_2 - t)t_2$ (Ex.7.2)
- aria inimii $A_w = l_w t$ (Ex.7.3)
- $\alpha_{t1} = A_{t1}/A_w$ și $\alpha_{t2} = A_{t2}/A_w$ coeficienți adimensionali
- $\beta_{t1} = t_1/l_w$ și $\beta_{t2} = t_2/l_w$ coeficienți adimensionali

În cazul peretelui în formă de "I" (figura I.13) caracteristicile geometrice ale secțiunii peretelui se calculează astfel:

1. Aria totală a peretelui

$$A_I = A_w + A_{t1} + A_{t2} \quad (\text{Ex.7.4})$$

2. Distanța centrului de greutate G, față de extremitatea 1

$$y_{G,I} = \frac{k_{y,I} l_w}{2} \quad (\text{Ex.7.5})$$

unde factorul $k_{y,I}$ se obține din relația

$$k_{y,I} = \frac{1 + \alpha_{t2}(2 - \beta_{t2}) + \alpha_{t1}\beta_{t1}}{1 + \alpha_{t1} + \alpha_{t2}} \quad (\text{Ex.7.6})$$

3. Momentul de inerție I

$$I_I = \frac{t l_w^3}{12} k_{I,I} = I_w k_{I,I} \quad (\text{Ex.7.7})$$

unde factorul $k_{I,I}$ este dat de relația:

$$k_{I,I} = 1 + 3(1 - k_y)^2 + \alpha_{t1}[\beta_{t1}^2 + 3(k_y - \beta_{t1})^2] + \alpha_{t2}[\beta_{t2}^2 + 3(2 - k_y - \beta_{t2})^2] \quad (\text{Ex.7.8})$$

4. Modulele de rezistență

⇒ La talpa 1

$$W_{I,1} = \frac{I_I}{y_{G,1}} \quad (\text{Ex.7.9a})$$

⇒ La talpa 2

$$W_{I,2} = \frac{I_I}{l_w - y_{G,1}} \quad (\text{Ex.7.9b})$$

5. Limitele sâmburelui central (față de centrul de greutate G)

$$r_{sc,1} = \frac{W_{I,1}}{A_I} \quad (\text{Ex.7.10a})$$

$$r_{sc,2} = \frac{W_{I,2}}{A_I} \quad (\text{Ex.7.10b})$$

În figura Ex.7.1 se consideră următoarele dimensiuni:

- $t = 25 \text{ cm}$
- $t_1 = t_2 = 30 \text{ cm}$
- $b_1 = 150 \text{ cm}$
- $b_2 = 250 \text{ cm}$
- $l_w = 400 \text{ cm}$

Cu formulele (Ex.7.1)÷(Ex.7.10) rezultă:

- $A_w = l_w \times t = 10000 \text{ cm}^2$
- $A_{t1} = (b_1 - t)t_1 = (150 - 25) \times 30 = 3750 \text{ cm}^2$
- $A_{t2} = (b_2 - t)t_2 = (250 - 25) \times 30 = 6750 \text{ cm}^2$
- $\alpha_{t1} = A_{t1}/A_w = 3750 / 10000 = 0.375$
- $\alpha_{t2} = A_{t2}/A_w = 6750 / 10000 = 0.675$
- $\beta_{t1} = \beta_{t2} = t_1/l_w = 30 / 400 = 0.075$
- $A_I = A_w + A_{t1} + A_{t2} = 10000 + 3750 + 6750 = 20500 \text{ cm}^2$
- $k_{y,I} = \frac{1 + \alpha_{t2}(2 - \beta_{t2}) + \alpha_{t1}\beta_{t1}}{1 + \alpha_{t1} + \alpha_{t2}} k_{y,I} = \frac{1 + 0.675(2 - 0.075) + 0.375 \times 0.075}{1 + 0.375 + 0.675} = 1.135$

- $y_{G1} = \frac{k_{y,l} l_w}{2} = 1.135 \times 200 = 227.0 \text{ cm}$
- $I_w = \frac{t \times l_w^3}{12} = \frac{25 \times 400^3}{12} = 133.3 \times 10^6 \text{ cm}^4$
- $k_{I,I} = 3.553$
- $I_I = 3.553 \times 133.3 \times 10^6 = 4.74 \times 10^8 \text{ cm}^4$
- $W_{I,1} = \frac{I_I}{y_{G1}} = \frac{4.74 \times 10^8}{227.0} = 2.09 \times 10^6 \text{ cm}^3$
- $W_{I,2} = \frac{I_I}{l_w - y_{G1}} = \frac{4.74 \times 10^8}{400.0 - 227.0} = 2.74 \times 10^6 \text{ cm}^3$
- $r_{sc,1} = \frac{W_{I,1}}{A_I} = \frac{2.09 \times 10^6}{20500} = 101.9 \text{ cm}$
- $r_{sc,2} = \frac{W_{I,2}}{A_I} = \frac{2.74 \times 10^6}{20500} = 133.7 \text{ cm}$

EXEMPLUL NR.8

Calculul rezistenței de proiectare la compresiune axială N_{Rd} pentru un perete de zidărie nearmată → Art. 6.6.2.1.

1. Date generale

1.1. Dimensiuni și materiale

- $l_w = 100 \text{ cm}$
- $t = 25 \text{ cm}$ (nivel curent)
- $t = 37.5 \text{ cm}$ (parter)
- $h_{et} = 300 \text{ cm}$
- zidărie din cărămidă plină cu elemente $f_b = 10.0 \text{ N/mm}^2$ și mortar (G) M10

1.2 Încărcarea pe etaj

- $N_{etaj}(\text{zid}) = 25.2 \text{ kN/etaj} \rightarrow N_{etaj,d}(\text{zid}) = 1.35 \times 25.2 = 34.0 \text{ kN/etaj}$
- $N_{etaj,d}(\text{planșeu}) = 29.0 \text{ kN/etaj}$ (valoarea este calculată cu coeficientul 1.35 pentru încărcările permanente și 1.50 pentru încărcarea utilă)
- $N_{etaj,d}(\text{total}) = 34.0 + 29.0 = 63.0 \text{ kN/etaj}$

2. Încărcarea totală adusă de etajele I÷III (forța notată $N1$ în figura **Ex.8.1**)

- $N1 = 3 \times 63.0 = 189.0 \text{ kN}$
- Excentricitatea forței $N1$ față de axul peretelui de la parter

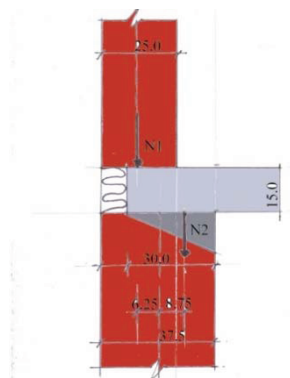
$$d_1 = \frac{t_z^P - t_z^E}{2} = \frac{37.5 - 25.0}{2} = 6.25 \text{ cm}$$

3. Încărcarea adusă de planșeul peste parter (forța notată $N2$ în figura **Ex.8.1**)

- $N2 = 29.0 \text{ kN}$
- Lungimea de rezemare a planșeului pe zidul parterului (distanța notată "a" în figura 6.3 din Cod): $a = 30 \text{ cm}$
- Poziția forței $N2$ în raport cu fața interioară a peretelui $\frac{a}{3} = 10.0 \text{ cm}$
- Excentricitatea forței $N2$ față de axul peretelui de la parter

$$d_2 = \frac{t_z^P}{2} - \frac{a}{3} = \frac{37.5}{2} - \frac{30.0}{3} = 8.75 \text{ cm}$$

Figura Ex.8.1.Determinarea excentricității structurale e_{i0}



4. Excentricitatea datorată încărcării excentrice – e_{i0} - (formula 6.1 din Cod)

Cele două forțe au excentricități de semne contrare față de axul peretelui de la parter

$$e_{i0} = \frac{N1d_1 - N2d_2}{N1 + N2} = \frac{189 \times 6.25 - 29 \times 8.75}{189 + 29} = 4.25 \text{ cm}$$

5. Excentricitatea accidentală e_a

- în funcție de grosimea peretelui (formula 6.2a din Cod)

$$e_{at} = \frac{t_z^P}{30} = \frac{37.5}{30} = 1.25 \text{ cm}$$

- în funcție de înălțimea etajului (formula 6.2b din Cod)

$$e_{ah} = \frac{h_{et}}{300} = \frac{300}{300} = 1.00 \text{ cm}$$

- $e_a = \max(e_{at}, e_{ah}) = 1.25 \text{ cm}$

6. Excentricitatea datorată acțiunii vântului.

- Presiunea vântului pe fațadă $g_v = 1.5 \text{ kN/m}^2$ (valoare convențională pentru acest exemplu ilustrativ - pentru fiecare proiect presiunea vântului se va calcula conform CR 1-1-4/2012)

Încărcarea din vânt pe fâșia aferentă de fațadă

$$p_h = (0.60 \times 1.00 + 0.60) \times 1.5 = 3.3 \text{ kN/m}$$

- Momentul încovoietor din acțiunea vântului pe fațadă (valoare aproximativă)

$$M_{hi} = M_{hm} = \frac{p_h h_{et}^2}{12} = \frac{3.3 \times 3.0^2}{12} = 2.5 \text{ kNm}$$

- Excentricitatea forței verticale datorită momentului încovoietor produs de acțiunea vântului (formula 6.3 din Cod)

$$e_{hm(i)} = \frac{M_{hm(i)}}{N1 + N2} = \frac{2.5 \times 10^2}{218.0} = 1.15 \text{ cm}$$

În secțiunea de la nivelul planșeului – $e_{h(i)}$ excentricitatea corespunzătoare momentului $M_{h(i)}$ este plasată către fața interioară a peretelui de la parter (în raport cu axul acestuia) deoarece

momentul $M_{h(i)}$ întinde fibra exterioră a peretelui de fațadă. Prin urmare $e_{h(i)}$ are semn opus excentricității e_{i0} .

7. Excentricitatea totală de calcul se calculează cu formula 6.13 din Cod în care valoarea excentricității accidentale se ia în poziția cea mai defavorabilă.

Rezultă:

$$e_i = e_{0i} - e_{h(i)} + e_a = 4.25 - 1.15 + 1.25 = 4.35 \text{ cm} > 0.05 t_{zid} = 0.05 \times 37.5 = 1.875 \text{ cm (condiția de limitare inferioară din relația 6.13 este satisfăcută)}$$

8. Coeficientul de reducere a rezistenței în secțiunea de la extremitatea superioară a peretelui de la parter se calculează cu formula 6.12 din Cod

$$\Phi_i = 1 - 2 \frac{e_i}{t_{zid}} = 1 - 2 \frac{4.35}{37.5} = 0.768$$

9. Calculul coeficientului de reducere a rezistenței Φ_m (în secțiunea situată la 2/3 din înălțimea peretelui):

- Coeficientul $\rho_2 = 1.00$ (perete exterior cu planșeu pe o singură parte)
- Perete nerigidizat pe laturile verticale
- Înălțimea efectivă este $h_{ef} = \rho_2 h_{liber} = 1.00 \times 280 = 280 \text{ cm}$
- Se neglijează excentricitatea e_k datorată curgerii lente
- Excentricitatea e_m se calculează cu relația 6.14 din Cod (în secțiunea centrală excentricitățile e_{i0} și e_{hm} au același semn, iar e_a se ia în situația cea mai defavorabilă)

$$e_m = \frac{2}{3} e_{i0} + e_{hm} + e_a = \frac{2}{3} 4.25 + 1.15 + 1.25 = 5.23 \text{ cm} \equiv e_{mk}$$

- Coeficientul de reducere Φ_m se determină, prin interpolare în tabelul 6.2 din Cod pentru valorile

$$\frac{e_{mk}}{t_{zid}} = \frac{5.23}{37.5} = 0.14$$

$$\frac{h_{ef}}{t_{zid}} = \frac{280}{37.5} \cong 7.50$$

Rezultă $\Phi_m = 0.685 < \Phi_i = 0.768$.

10. Rezistența de proiectare la compresiune centrică se determină cu formula 6.11 din Cod

$$N_{Rd} = \Phi_m A_{zid} f_d$$

unde

- aria secțiunii transversale $A_{zid} = 1.00 \times 0.375 = 0.375 \text{ m}^2$
- rezistența caracteristică la compresiune $f_k = 4.40 \text{ N/mm}^2$ se ia din tabelul **4.2a** din Cod pentru cărămizi pline (63 x 115 x 245 mm) cu rezistența standardizată $f_b = 10 \text{ N/mm}^2$ zidite cu rost longitudinal cu mortar M10. Considerând coeficientul parțial de siguranță $\gamma_M = 2.2$, $f_d = 2.00 \text{ N/mm}^2$.

Rezultă rezistența de proiectare a elementului la parter

$$N_{Rd} = 0.685 \times 0.375 \times 10^6 \times 2.0 = 514 \text{ kN}$$

EXEMPLUL NR.9

Calculul rezistenței de proiectare la compresiune excentrică - momentul încovoietor capabil (M_{Rd}) asociat unei forțe axiale date (N_{Ed}) - pentru un perete din zidărie cu inimă armată (ZIA) cu secțiune dreptunghiulară - Art.6.6.3.4.

1. Date de intrare

1.1. Geometria peretelui (figura *Ex.9.1a*)

- $l_w = 500$ cm
- $t_z = 11.5$ cm (straturile exterioare)
- $t_m = 10$ cm (stratul median)

1.2. Materiale

- Elemente pentru zidărie din argilă arsă pline (240 x 115 x 63 mm) cu $f_b = 10$ N/mm², clasa I; zidire fără rost longitudinal
- Mortar M10
- Rezistența caracteristică la compresiune, fără rost longitudinal $f_k = 4.40$ N/mm² (tabel 4.2a)
- Coeficientul parțial de siguranță pentru zidărie $\gamma_M = 2.2 \rightarrow$ art. **2.4.2.3.1.(1)**
- Rezistența de proiectare la compresiune a zidăriei
 $f_d = 4.4/2.2 = 2.0$ N/mm²
- Beton armat (în stratul median) C12/15 $\rightarrow f_{cd}^* = 9.5$ N/mm²
- Oțel clasa de rezistență 1 (în stratul median) $\rightarrow R_a = 210$ N/mm²
- Armarea stratului median $\rightarrow \Phi 10/15$ cm $\rightarrow a_s = 0.785/0.15 = 5.23$ cm²/m = 0.0523 cm²/cm

1.3 Încărcări

- Forța axială $N_{Ed} = 1200$ kN

2. Caracteristicile geometrice

- coeficientul de echivalență \rightarrow relația (6.9) din Cod

$$n_{ech} = \frac{f_{cd}^*}{f_d} = \frac{9.5}{2.00} = 4.75$$

- grosimea echivalentă a secțiunii ideale de zidărie nearmată \rightarrow relația (6.27) din Cod

$$t_{ech} = 2t_z + n_{ech}t_m = 2 \times 11.5 + 4.75 \times 10 = 70.5 \text{ cm}$$

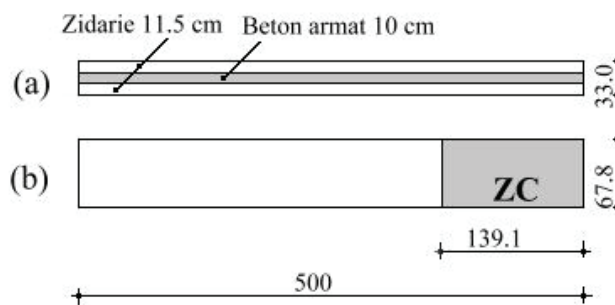


Figura Ex.9.1

3. Calculul momentului capabil al secțiunii echivalente de zidărie nearmată

3.1. Aria zonei comprimate

$$A_{zc} = \frac{N_{Ed}}{0.85f_d} = \frac{1200000}{0.85 \times 2.0} = 705900 \text{ mm}^2 = 7059 \text{ cm}^2$$

3.2. Lungimea zonei comprimate

$$l_c = \frac{A_{zc}}{t_{ech}} = \frac{7059}{70.5} = 100.1 \text{ cm}$$

3.3. Distanța de la centrul de greutate al zonei comprimate până la centrul de greutate al secțiunii ideale de zidărie

$$y_{zci} = 0.5l_w - 0.5l_c = 0.5 \times 500 - 0.5 \times 100.1 = 200 \text{ cm} = 2.0 \text{ m}$$

3.4 Momentul încovoietor de proiectare a secțiunii ideale de zidărie → relația (6.26) din Cod

$$M_{Rd}(z_{na,i}) = N_{Ed} y_{zci} = 1200000 \times 2.00 = 240 \times 10^4 \text{ Nm} \Rightarrow 2400 \text{ kNm}$$

4. Calculul momentului capabil al armăturilor din stratul median → relația (6.26)

$$M_{Rd}(a_s) = 0.25a_s l_w^2 f_{yd} = 0.4 \times 0.0523 \times 500^2 \times 2100 = 68.6 \times 10^5 \text{ daNcm} \Rightarrow 686 \text{ kNm}$$

5. Momentul capabil al peretelui de zidărie cu inimă armată → relația (6.28) din Cod

$$M_{Rd}(ZIA) = M_{Rd}(z_{na,i}) + M_{Rd}(a_s) = 2400.0 + 686 = 3086 \text{ kNm}$$

EXEMPLUL NR.10

Calculul momentului încovoietor pentru un perete din zidărie nearmată - Art. 6.6.3.2. Calculul pentru ULS - Art.6.6.3.2. (2)

Date generale

Se determină valoarea de proiectare a rezistenței la încovoiere (momentul capabil M_{Rd}) pentru **gruparea fundamentală** de încărcări pentru peretele cu dimensiunile din figură în următoarele condiții:

1. Rezistența caracteristică a zidăriei la compresiune $f_k = 3.0 \text{ N/mm}^2$
Coeficientul de siguranță pentru condiții normale de control $\gamma_M = 2.2$.
Rezistența de proiectare $f_d = f_k/\gamma_M = 1.36 \text{ N/mm}^2$
2. Valoarea de proiectare a forței axiale:
 $N_{Ed} = 800 \text{ kN}$

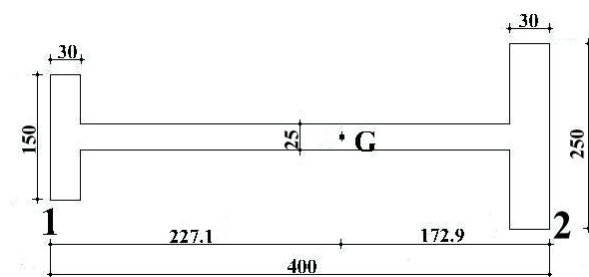


Figura Ex.10.1.

1. Efortul unitar mediu de compresiune este:

$$N_{Ed} = 800 \text{ kN} \rightarrow \sigma_0 = \frac{800000}{2.05 \times 10^6} = 0.39 \text{ N/mm}^2$$

$$s_d = \frac{0.390}{1.36} \cong 0.285$$

2. Aria zonei comprimate (relația 6.17- CR 6-2013)

$$A_{zc} = \frac{800000}{0.85 \times 1.36} = 692000 \text{ mm}^2 > A_{t1} = 450000 \text{ mm}^2$$

3. Forma și dimensiunile zonei comprimate (figura Ex.10.2)

- x_{cI} lungimea zonei comprimate de partea tălpii 1
- $A_{zc} > A_{t1} \rightarrow$ axa neutră este în inimă

$$x_{cI} = \frac{A_{zc} - b_{t1} \times t_1}{t} \rightarrow x_{cI} = 96.8 \text{ cm}$$

- Poziția centrului de greutate al zonei comprimate în raport cu extremitatea tălpii 1

$$y_{GI} = \frac{0.5b_{t1}t_1^2 + x_{cI} \times t \times (t_1 + 0.5x_{cI})}{A_{zc}} \rightarrow y_{GI} = 37.2 \text{ cm}$$

Mărimile respective sunt reprezentate în figura Ex.10.2.(zona comprimată este poșată)

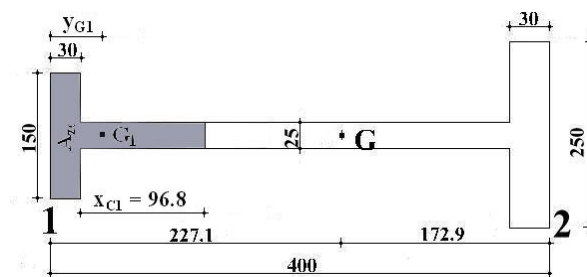


Figura Ex.10.2. Caracteristicile geometrice ale zonei comprimate pentru peretele din figura Ex.10.1

Dimensiunile zonei comprimate alăturată marginii **2**, se calculează analog folosind b_{t2} și t_2 ,

- $A_{zc} < A_{t2} \rightarrow$ axa neutră este în talpă
- $x_{C2} = \frac{A_{zc}}{b_{t2}} = \frac{6920}{250} = 27.6 \text{ cm}$
- $y_{G2} = 0.5 x_{C2} = 0.5 \times 27.6 = 13.8 \text{ cm}$

5. Excentricitatea forței axiale în raport cu centrul de greutate al peretelui

$$y_{zc1} = y_G - y_{G1} = 227.0 - 37.2 = 189.8 \text{ cm} = 1.898 \text{ m}$$

$$y_{zc2} = l_w - y_G - y_{G2} = 400 - 227.0 - 13.8 = 159.2 \text{ cm} = 1.592 \text{ m}$$

6. Valoarea de proiectare a momentului încovoietor capabil este (relația 6.18 –CR 6-2013):

$$M_{cap,1} \equiv M_{Rd1} = N y_{zc1} = 800 \times 1.898 \cong 1520.0 \text{ kNm}$$

$$M_{cap,2} \equiv M_{Rd2} = N y_{zc2} = 800 \times 1.592 \cong 1270.0 \text{ kNm}$$

EXEMPLUL NR.11

**Calculul momentului încovoietor pentru un perete din zidărie nearmată -Art. 6.6.3.2.
Calculul pentru rezistența la SLSArt.6.6.3.2(5).**

Pentru peretele din EXEMPLUL NR.10 se determină momentul capabil pentru SLS.

1. Determinarea sâmburelui central al secțiunii

- Momentul de inerție al peretelui

$$I_w = \frac{25 \times 400^3}{12} = 1.333 \times 10^8 \text{ cm}^4$$

- $k_{I,I} = 3.553$
- $I_I = 3.553 \times 1.333 \times 10^8 = 4.74 \times 10^8 \text{ cm}^4$
- Modulele de rezistență sunt:

⇒ Modulul de rezistență la talpa 1

$$W_{I,1} = \frac{I_I}{y_{G1}} = \frac{4.74 \times 10^8}{227.0} = 2.09 \times 10^6 \text{ cm}^3$$

⇒ Modulul de rezistență la talpa 2

- $W_{I,2} = \frac{I_I}{l_w - y_{G1}} = \frac{4.74 \times 10^8}{400.0 - 227.0} = 2.74 \times 10^6 \text{ cm}^3$
- Limitele sâmburelui central

$$\Rightarrow \text{Față de talpa 1 } r_{sc,1} = \frac{W_{I,1}}{A_I} = \frac{2.09 \times 10^6}{20500} = 101.9 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \text{Față de talpa 2 } r_{sc,2} = \frac{W_{I,2}}{A_I} = \frac{2.74 \times 10^6}{20500} = 133.7 \text{ cm}$$

2. Momentele încovoietoare capabile pentru SLS sunt - relația (6.21) din Cod.

$$\Rightarrow \text{Față de talpa 1: } M_1 (\text{SLS}) = 1.2 \times 1.019 \times 800 \cong 980 \text{ kNm}$$

$$\Rightarrow \text{Față de talpa 2: } M_2 (\text{SLS}) = 1.2 \times 1.337 \times 800 \cong 1280 \text{ kNm}$$

EXEMPLUL NR.12

Calculul momentului capabil pentru un perete dreptunghiular - Art 6.6.3.2.

Se calculează momentul capabil al unui perete dreptunghiular cu dimensiunile secțiunii transversale 25×400 cm pentru încărcări din *gruparea seismică*.

Coeficientul de siguranță pentru material s-a luat $\gamma_M = 1.9$

Calculul se face pentru următoarele ipoteze:

- A. Zidărie cu lege σ - ε liniar-dreptunghiulară (fig.4.3b) din Cod
- B. Zidărie cu lege σ - ε liniară (fig.4.3a) din Cod
- În ambele cazuri se consideră două valori ale rezistenței caracteristice la compresiune:
 - a. $f_k = 3.0 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_d = 3.0/1.9 = 1.58 \text{ N/mm}^2$
 - b. $f_k = 5.0 \text{ N/mm}^2 \rightarrow f_d = 5.0/1.9 = 2.63 \text{ N/mm}^2$
- Forța axială este $N = 800 \text{ kN} \equiv 800000 \text{ N}$
- Efortul unitar de compresiune este

$$\sigma_d = \frac{800000}{250 \times 4000} = 0.8 \text{ N/mm}^2$$

Pentru cele două valori ale rezistenței de proiectare pentru factorul $s_d = \sigma_d/f_d$ rezultă valorile:

$$\text{a. } s_d = \frac{0.8}{1.58} = 0.506$$

$$\text{b. } s_d = \frac{0.8}{2.63} = 0.304$$

A. Pentru zidăria cu lege liniar-dreptunghiulară

- lungimea zonei comprimate se calculează cu formula (6.19a) din Cod și rezultă

$$x_{Rd} = 1.175 \times 0.506 \times 4000 \cong 2380 \text{ mm} \text{ (pentru } f_d = 1.58 \text{ N/mm}^2)$$

$$x_{Rd} = 1.175 \times 0.304 \times 4000 \cong 1429 \text{ mm} \text{ (pentru } f_d = 2.63 \text{ N/mm}^2)$$
- momentul capabil se calculează cu formula (6.20a) și rezultă

$$M_{Rd} = \frac{800000 \times 4000}{2} (1 - 1.175 \times 0.506) = 6.48 \times 10^8 \text{ Nmm} \equiv 648 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = \frac{800000 \times 4000}{2} (1 - 1.175 \times 0.304) = 10.29 \times 10^8 \text{ Nmm} \equiv 1029 \text{ kNm}$$

B. Pentru zidăria cu lege liniară

- lungimea zonei comprimate se calculează cu formula (6.19b) și rezultă

$$x_{Rd} = 1.333 \times 0.506 \times 4000 \cong 2698 \text{ mm} \text{ (pentru } f_d = 1.58 \text{ N/mm}^2)$$

$$x_{Rd} = 1.333 \times 0.304 \times 4000 \cong 1621 \text{ mm} \text{ (pentru } f_d = 2.63 \text{ N/mm}^2)$$

- momentul capabil se calculează cu formula (6.20b) și rezultă $M_{Rd} = \frac{800000 \times 4000}{2} (1 - 1.333 \times 0.506) = 5.22 \times 10^8 \text{ Nmm} \equiv 522 \text{ kNm}$ (-19.5%)
 $M_{Rd} = \frac{800000 \times 4000}{2} (1 - 1.333 \times 0.304) = 9.52 \times 10^8 \text{ Nmm} \equiv 850 \text{ kNm}$ (-7.5%)

EXEMPLUL NR.13

Rezistența la compresiune și încovoiere a pereților din zidărie confinată -Art.6.6.3.3.

Se determină momentul capabil pentru peretele cu dimensiunile din EXEMPLUL NR.10 realizat din zidărie confinată cu 2 stâlpișori 25×30 cm din beton clasa C12/15 ($f_{cd} = 5.8$ N/mm² -tab.3.7) armați cu 4Φ16,clasa de rezistență 2 ($f_{yd} = 300$ N/mm²).

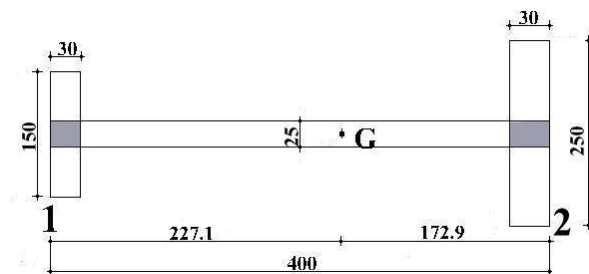


Figura Ex.8.1

Calculul se face în două ipoteze:

- A. Zidăria este executată cu elemente din grupa 2 cu $\varepsilon_{mu} = 1.8\text{‰}$
- B. Zidăria este executată cu elemente din grupa 1 cu $\varepsilon_{mu} = 3.0\text{‰}$

A. Deoarece $\varepsilon_{mu} = 1.8\text{‰} < 2.0\text{‰}$ (deformație specifică pentru care betonul atinge valoarea de proiectare a rezistenței la compresiune f_{ck}/f_{cd}) se neglijează aportul betonului din stâlpișorul comprimat (se consideră că secțiunea este integral din zidărie). -art 6.6.1.3. din Cod

- Momentul capabil al peretelui de zidărie nearmată (EXEMPLUL NR. 10)
 - Compresiune la talpa 1 $M = 1520$ kNm
 - Compresiune la talpa 2 $M = 1270$ kNm
- Momentul dat de armăturile din stâlpișori:
 - distanța între axele stâlpișorilor $l_s = 3700$ mm
 - aria armături unui stâlpișor $4\Phi 16 = 804$ mm²
 - momentul $M_s = 3700 \times 804 \times 300 = 89.2 \times 10^7$ Nmm $\rightarrow 892$ kNm
- Momentul capabil al peretelui de zidărie confinată
 - Compresiune la talpa 1 $M = 1520 + 892 \cong 2410$ kNm
 - Compresiune la talpa 2 $M = 1270 + 892 \cong 2160$ kNm

B. Se calculează aria de zidărie ideală (echivalentă) transformând aria de beton în arie de zidărie echivalentă

- Coeficientul de transformare - relația (6.9) din Cod

$$n = \frac{f_{cd}}{f_d} = \frac{5.8}{1.36} \cong 4.25$$

- Lățimea tălpilor ideale

$$b_{II} (i) = 150 + (4.25 - 1.0) \times 25 \cong 230 \text{ cm}$$

- $b_{t2}(i) = 250 + (4.25 - 1.0) \times 25 \cong 330 \text{ cm}$
- Ariile tălpilor *ideale*
 - $A_{t1,i} = 230 \times 30 = 6900 \text{ cm}^2 \cong A_{zc} = 6920 \text{ cm}^2$
 - $A_{t2,i} = 330 \times 30 = 9900 \text{ cm}^2 > A_{zc}$
 - Pentru ambele cazuri axa neutră este în talpă
- Coordonata centrului de greutate devine
 - $y_G = 221.9 \text{ cm}$ (față de talpa 1)
- Adâncimea zonei comprimate
 - La talpa 1 $x_{C1} = \frac{6920}{230} \cong 30 \text{ cm}$
 - La talpa 2 $x_{C2} = \frac{6920}{330} \cong 21.0 \text{ cm}$
- Centrul de greutate al zonei comprimate
 - La talpa 1: $y_{G1} = 0.5 x_{C1} = 15.0 \text{ cm}$
 - La talpa 2: $y_{G2} = 0.5 x_{C2} = 10.5 \text{ cm}$
- Momentele încovoietoare capabile ale secțiunii ideale de zidărie nearmată
 - La talpa 1 $M_{cap}(z_{na,i}) = (2.22 - 0.15) \times 800 = 1656 \text{ kNm}$
 - La talpa 2 $M_{cap}(z_{na,i}) = (4.00 - 2.22 - 0.105) \times 800 = 1340 \text{ kNm}$
- Momentele încovoietoare capabile ale peretelui de zidărie confinată
 - La talpa 1 $M_{cap}(ZC) = 1656 + 892 = 2548 \text{ kNm}$
 - La talpa 2 $M_{cap}(ZC) = 1340 + 892 = 2232 \text{ kNm}$

EXEMPLUL NR.14

Calculul rezistenței la lunecare în rost orizontal din *încărcări neseismice*—Art.6.6.4.1.1.1.

Se calculează forța tăietoare capabilă la lunecare în rost orizontal ($V_{Rd,l}$) pentru un perete dreptunghiular cu secțiunea orizontală 400×25 cm.

Peretele este solicitat de încărcări din gruparea fundamentală (neseismice):

- forța axială $N = 800$ kN
- moment încovoietor $M = 500$ kNm
- excentricitatea $e = \frac{500}{800} = 0.625$ m $\equiv 625$ mm
- Lungimea comprimată se determină cu relația (6.30) și rezultă:

$$l_c = 1.5 \times 4000 - 3 \times 625 = 4125 \text{ mm}$$

- Rezistența unitară de proiectare la lunecare în rost se calculează cu relația (4.6a)

$$f_{vd,l} = \frac{0.25}{2.2} + 0.4 \times 0.8 = 0.434 \text{ N/mm}^2$$

- Valoarea de proiectare a rezistenței la lunecare în rost orizontal este - relația (6.29a)

$$V_{Rd,l} = 0.434 \times 250 \times 4125 = 44.7 \times 10^4 \text{ N} \equiv 447 \text{ kN}$$

EXEMPLUL NR.15

Calculul rezistenței la lunecare în rost orizontal asociată momentului capabil din încărcări seismice - Art.6.6.4.1.1.2.

Pentru perețele din EXEMPLUL NR 12 se determină forța tăietoare capabilă asociată momentului M_{Rd} .

S-a considerat $f_{vk0} = 0.25 \text{ N/mm}^2$.

Lungimea pe care se menține aderența (l_{ad}) după solicitarea la încovoiere în ambele sensuri se calculează cu relația (6.32).

A. Zidăria cu lege σ - ε liniar dreptunghiulară

- pentru $f_d = 1.58 \text{ N/mm}^2$ rezultă $x_{Rd} \equiv l_c = 2380 \text{ mm} \rightarrow l_{ad} = 2 \times 2380 - 4000 = 760 \text{ mm}$
- pentru $f_d = 2.63 \text{ N/mm}^2$ rezultă $x_{Rd} \equiv l_c = 1429 \text{ mm} \rightarrow l_{ad} = 2 \times 1429 - 4000 < 0$

B. Zidăria cu lege σ - ε liniară

- pentru $f_d = 1.58 \text{ N/mm}^2$ rezultă $x_{Rd} \equiv l_c = 2698 \text{ mm} \rightarrow l_{ad} = 2 \times 2698 - 4000 = 1396 \text{ mm}$
- pentru $f_d = 2.63 \text{ N/mm}^2$ rezultă $x_{Rd} \equiv l_c = 1621 \text{ mm} \rightarrow l_{ad} = 2 \times 1621 - 4000 < 0$

Pentru solicitări seismice, rezistența de proiectare la lunecare în rost orizontal $V_{Rd,l}$ a pereților din zidărie nearmată, asociată momentului capabil M_{Rd} se calculează cu relația (6.29b).

Se obțin următoarele rezultate:

A. Zidăria cu lege σ - ε liniar dreptunghiulară

- $f_d = 1.58 \text{ N/mm}^2 \rightarrow l_{ad} = 760 \text{ mm}$

$$V_{Rd,l} = \frac{1}{1.9} \times 0.25 \times 250 \times 760 + 0.4 \times 800000 = 345000 \text{ N} \equiv 345 \text{ kN}$$

- $f_d = 2.63 \text{ N/mm}^2 \rightarrow l_{ad} = 0.0$

$$V_{Rd,l} = 0.4 \times 800000 = 320000 \text{ N} \equiv 320 \text{ kN}$$

B. Zidăria cu lege σ - ε liniară

- $f_d = 1.58 \text{ N/mm}^2 \rightarrow l_{ad} = 1396 \text{ mm}$

$$V_{Rd,l} = \frac{1}{1.9} \times 0.25 \times 250 \times 1396 + 0.4 \times 800000 = 366000 \text{ N} \equiv 366 \text{ kN}$$

- $f_d = 2.63 \text{ N/mm}^2 \rightarrow l_{ad} = 0.0$

$$V_{Rd,l} = 0.4 \times 800000 = 320000 \text{ N} \equiv 320 \text{ kN}$$

EXEMPLUL NR.16

Calculul rigidității unui perete cu goluri.

1.Date de temă

- Grosimea panoului $t_p = 250$ mm;
- zidăria cu elemente $f_b = 7.5$ N/mm² și mortar M5
 - * $f_k = 2.90$ N/mm² (tabel 4.2a din Cod)
 - * $E_z = 1000 f_k = 2900$ N/mm²
 - * $G_z = 0.40 E_z = 1160$ N/mm²

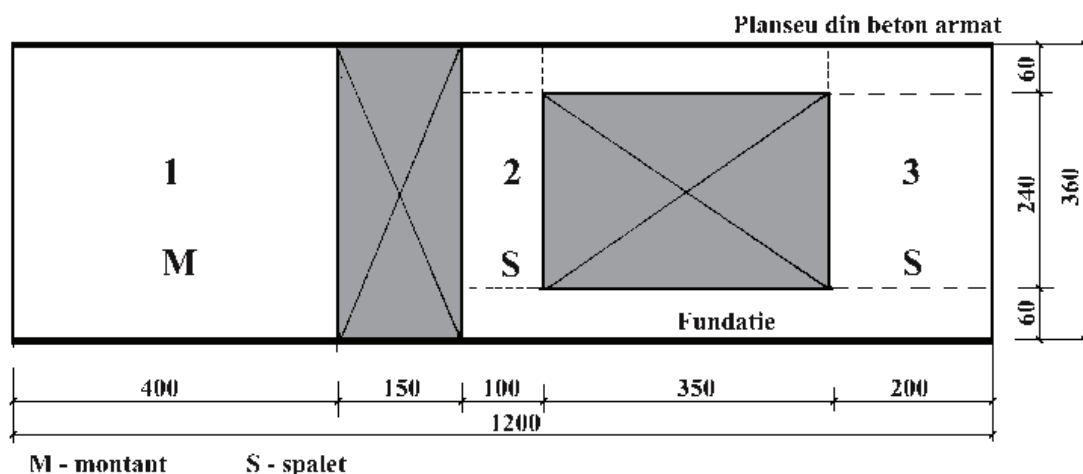


Figura Ex.11.1

2. Varianta 1

1. Calculul coeficienților de rigiditate K_M (montanți) și K_S (spalet) (a se vedea volumul *Comentarii*)

$$\text{Panoul 1 (montant)} \rightarrow p_1 = \frac{360}{400} = 0.90 \rightarrow k_M(1) = \frac{1}{0.90 \times (3 + 4 \times 0.90^2)} = 0.178$$

$$\text{Panoul 2 (spalet)} \rightarrow p_2 = \frac{240}{100} = 2.40 \rightarrow k_S(2) = \frac{1}{2.40 \times (3 + 2.40^2)} = 0.048$$

$$\text{Panoul 3 (spalet)} \rightarrow p_3 = \frac{240}{200} = 1.20 \rightarrow k_S(3) = \frac{1}{1.20 \times (3 + 1.2^2)} = 0.188$$

2. Calculul rigidității panourilor

- $R_1 = 2900 \times 250 \times 0.178 = 129150 \text{ N/mm}$ (129.15 kN/mm)
- $R_2 = 2900 \times 250 \times 0.048 = 34780 \text{ N/mm}$ (34.78 kN/mm)
- $R_3 = 2900 \times 250 \times 0.188 = 136080 \text{ N/mm}$ (136.1 kN/mm)

3. Rigiditatea peretelui

$$R_{\text{perete}} = R_1 + R_2 + R_3 = 300000 \text{ N/mm} (300.0 \text{ kN/mm})$$

3. Varianta 2 pentru calculul rigidității subansamblului 2+3

1. Caracteristicile geometrice ale peretelui considerat plin (consola)

$$A_{2+3} = 6500 \times 250 = 1,625 \times 10^6 \text{ mm}^2$$

$$I_{2+3} = \frac{250 \times 6500^3}{12} = 5,72 \times 10^{12} \text{ mm}^4$$

2. Se calculează săgeata la vârful panoului pentru peretele plin

$$f_3(V=1) = \frac{3600^3}{3 \times 2900 \times 5,72 \times 10^{12}} + 1,2 \frac{3600}{1160 \times 1,625 \times 10^6} = 3,23 \times 10^{-6} \text{ mm}$$

3. Se admite că deformată panoului este liniară și se determină deplasările acesteia în secțiunile care mărginesc golul.

3.1. Săgeata la baza ferestrelor (secțiunea 1)

$$f_1 = \frac{600}{3600} \times 3,23 \times 10^{-6} = 0,530 \times 10^{-6} \text{ mm}$$

3.2. Săgeata la partea superioară a ferestrelor (secțiunea 2)

$$f_2 = \frac{3000}{3600} \times 3,23 \times 10^{-6} = 2,69 \times 10^{-6} \text{ mm}$$

4. Caracteristicile geometrice ale ansamblului celor doi spaleți dublu încastrați

- $A_2 = 1000 \times 250 = 250000 \text{ mm}^2$ $I_2 = 20830 \times 10^6 \text{ mm}^4$
- $A_3 = 2000 \times 250 = 500000 \text{ mm}^2$ $I_3 = 166400 \times 10^6 \text{ mm}^4$

5. Deplasarea laterală a ansamblului celor doi spaleți dublu încastrați

$$d_{12} = \frac{2400^3}{12 \times 2900 \times (2,08 + 16,64) \times 10^{10}} + 1,2 \times \frac{2400}{1160 \times (250000 + 500000)} = 5,43 \times 10^{-6} \text{ mm}$$

6. Săgeata totală a ansamblului la partea superioară a panoului

$$\Delta_{2+3} = f_1 + d_{12} + (f_3 - f_2) = [0,530 + 5,43 + (3,23 - 2,69)] \times 10^{-6} = 6,51 \times 10^{-6} \text{ mm}$$

7. Rigiditatea ansamblului celor doi spaleți

$$R_{2+3} = 1/\Delta_{2+3} = 153600 \text{ N/mm} (153.6 \text{ kN/mm})$$

→ diferența față de procedeul de la varianta 1 este de 10%.

EXEMPLUL NR.17

Completarea caietului de sarcini pentru proiectarea lucrărilor din zidărie

Instrucțiuni de completare

- Se taie cu linie orizontală ~~XXXXX~~ pozițiile din fișă care nu corespund prevederilor proiectului.
- Se încadrează într-un dreptunghi XXXXX pozițiile din fișă care corespund prevederilor proiectului.
- Se completează spațiile libere conform prevederilor proiectului și se încadrează într-un dreptunghi 300 mm

1. Descrierea generală a lucrărilor de zidărie prevăzute în proiect

1.1. Pereți exteriori

1.1.1. Pereți structurali

⇒ Tipul zidăriei ZNA/ZC/ZC+AR/ZIA

⇒ Alcătuirea pereților

→ un singur strat /~~dublu strat cu gol interior (fațadă ventilată)~~

→ grosime 300 mm

1.1.2. ~~Pereți înrâmați în cadre de beton armat/de oțel~~

→ grosimemm

1.1.3. ~~Pereți de placare~~

→ grosime.....mm

1.2. Pereți interiori

1.2.1. Pereți structurali

⇒ Tipul zidăriei ZNA/ZC/ZC+AR/ZIA

→ grosime 250 mm

1.2.2. ~~Pereți înrâmați în cadre de beton armat/de oțel~~

→ grosimemm

1.2.3. Pereți despărțitori

→ grosime 150 mm

2. Materiale pentru zidărie

Se specifică separat pentru fiecare categorie de pereți (1.1. și 1.2)

2.1. Elemente pentru zidărie

→ Material

* **Ceramice** / ~~BCA~~

→ Dimensiuni

* lungime: **300** mm / lățime: **300** mm / înălțime: **150** mm

→ Configurație (grosimi de pereți și volum de goluri) conform tabelului 8.1 din codul P 100-1/2013 (a se vedea și Anexele C și ZA din SR EN 771-1 și SR EN 771-4)

.....

→ Clasa de toleranțe definite conform SR EN 771-1 și ~~SR EN 771-4~~

Valoare medie / Limite

* **T1 & R1** / ~~T1+ & R1+ / T2 & R2 / T2+ & R2+~~

→ Încadrarea elementului în grupe, în funcție de caracteristicile geometrice, conform **P 100-1/2013**, art.8.2.1.

* ~~Grupa 1~~ / **Grupa 2** / ~~Grupa 2S~~

→ Forma feței de capăt

* **Plană** / ~~Nut și feder / Cu locaș pentru mortar~~

→ Categoria elementului în funcție de nivelul de încredere al proprietăților mecanice - conform SR EN 771-1 /~~SR EN 771-4~~:

* **Categoria I** / ~~Categoria II~~

→ Categoria elementului în funcție de densitatea aparentă - conform SR EN 771-1 /~~SR EN 771-4~~:

* ~~Elemente LD~~ / **Elemente HD**

→ ~~Densitatea aparentă în stare uscată, pentru elementele din BCA~~

* ~~$\rho = \dots \text{kg/m}^3$~~

→ Rezistențele mecanice ale elementelor pentru zidărie

* Rezistențele standardizate la compresie

- $f_b = \mathbf{7.5} \text{ N/mm}^2$

- $f_{bh} = \mathbf{2.5} \text{ N/mm}^2$

* Rezistența caracteristică inițială la forfecare - aderența la forfecare

- $f_{vk0} = \mathbf{0.25} \text{ N/mm}^2$

* Rezistențele caracteristice la încovoiere perpendicular pe plan - aderența la întindere din încovoiere

- $f_{xk1} = \mathbf{0.100} \text{ N/mm}^2$

- $f_{xk2} = \mathbf{0.200} \text{ N/mm}^2$

→ Cerințe speciale de durabilitate (în funcție de condițiile specifice de utilizare)

se completează conform necesități specifice

* Rezistența la îngheț/dezgheț

- * Conținutul de săruri solubile active
- * Dilatarea datorită umidității
- * Permeabilitatea la vapori de apă
- * Reacția la foc
- Condiții speciale de calitate (proprietăți aspect / proprietăți fizice) pentru elemente conform reglementărilor tehnice privind executarea și urmărirea execuției lucrărilor de zidărie, în vigoare.
- ~~Calitatea A (superioară)~~ / **Calitatea B (normală)**

2.2. Mortar

- Mortar tip
- * **de utilizare generală (G)** / ~~pentru rosturi subțiri (T)~~ / adeziv (glue)
- Metoda de stabilire a compoziției
- * ~~mortar proiectat~~ / **mortar de rețetă**
- Compoziția pentru mortare *de rețetă*
- * ciment..**1**.../var..**1/4**...../nisip..**5**...
- Prevederi speciale pentru
- * aditivi.... / adaosuri..... / coloranți.....
- se completează conform necesități specifice**
- Condiții de preparare
- * ~~industrial~~ / **în stații centralizate** / la șantier
- Rezistența la compresiune
- * **M 5 c-v**
- Cerințe speciale de durabilitate (în funcție de condițiile specifice de utilizare)

se completează conform necesități specifice

2.3. Materiale auxiliare

- Straturi de rupere a capilarității
- * Material/ Tip/Proprietăți speciale
- se completează conform necesități specifice**
- ~~Ancore~~ / agrafe
- * ~~Material/Dimensiuni...../ Protecție anticorozivă.....~~
- ~~Armături pentru rosturi~~
- * ~~Material/ Dimensiuni/ Protecție anticorozivă.....~~
- Buiandrugii prefabricați

* **descriere conform SR EN 845-1**

3. Betoane pentru elementele de confinare și zidăria cu inimă armată

Se specifică separat pentru fiecare categorie de elemente de beton (centuri, stâlpișori, stratul median al ZIA)

→ Clasa de rezistență la compresiune betonului

* **C12/15**

→ Clasa de tasare (conform NE 012/1)

* **S3 (centuri) S4 (stâlpișori)**

→ Metoda de stabilire a compoziției

* ~~amestec proiectat~~ / **amestec prescris**

→ Compoziția pentru amestec *prescris*

* ciment...../pietriș...../nisip...../apă

conform rețeta stației de preparare

→ Dimensiunea maximă a agregatelor

* **$d_{agr} = 20 \text{ mm}$**

→ Prevederi speciale pentru

* aditivi.... / adaosuri.....

se completează conform necesități specifice

→ Condiții de preparare

* **în stații centralizate** / ~~la șantier~~

→ Cerințe speciale de durabilitate (în funcție de condițiile specifice de utilizare)

se completează conform necesități specifice

4. Armături pentru betoane și mortare

4.1. Armături din oțel

Se specifică separat pentru fiecare categorie de elemente de beton (centuri, stâlpișori, stratul median al ZIA) și pentru mortarele din rosturi.

→ Categoria de rezistență

* **Categoria 2 pentru bare longitudinale**

* **Categoria 1 pentru etrieri**

→ Categoria (clasa) de ductilitate

* **B**

→ Protecție anticorozivă

se completează conform necesități specifice

4.2. Alte materiale pentru armare

Se specifică după caz

→ Tipul materialului

→ Caracteristicile mecanice

→ Alte proprietăți

$$\mathbf{p = 6.52 \text{ kN/m}}$$