



MONITORUL OFICIAL

AL

ROMÂNIEI

Anul 178 (XXII) — Nr. 389 bis

PARTEA I
LEGI, DECRETE, HOTĂRĂRI ȘI ALTE ACTE

Vineri, 11 iunie 2010

SUMAR

Pagina

Anexele nr. 1 și 2 la Ordinul ministrului dezvoltării regionale și turismului nr. 1.372/2010 pentru completarea Reglementării tehnice „Cod de proiectare pentru structuri din zidărie”, indicativ CR 6-2006, aprobată prin Ordinul ministrului transporturilor, construcțiilor și turismului nr. 1.712/2006	3-172
---	-------

ACTE ALE ORGANELOR DE SPECIALITATE ALE ADMINISTRAȚIEI PUBLICE CENTRALE

MINISTERUL DEZVOLTĂRII REGIONALE ȘI TURISMULUI

ORDIN

**pentru completarea Reglementării tehnice „Cod de proiectare pentru structuri din zidărie”,
indicativ CR 6-2006, aprobată prin Ordinul ministrului transporturilor,
construcțiilor și turismului nr. 1.712/2006*)**

Având în vedere Avizul nr. 9 din 4 decembrie 2009 al Comitetului tehnic de coordonare generală,
în conformitate cu prevederile art. 38 alin. 2 din Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții, cu modificările ulterioare,
în temeiul art. 13 alin. (6) din Hotărârea Guvernului nr. 1.631/2009 privind organizarea și funcționarea Ministerului
Dezvoltării Regionale și Turismului, cu modificările ulterioare,

ministrul dezvoltării regionale și turismului emite prezentul ordin.

Art. I. — Reglementarea tehnică „Cod de proiectare pentru structuri din zidărie”, indicativ CR 6-2006, aprobată prin Ordinul ministrului transporturilor, construcțiilor și turismului nr. 1.712/2006, publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 807 și 807 bis din 26 septembrie 2006, se completează după cum urmează:

1. La capitolul 1 „Prevederi generale”, după punctul 1.4.5 se introduce un nou punct, punctul 1.4.5¹, cu următorul cuprins:

„1.4.5¹. Lista anexelor

Anexa I informativă — Comentarii referitoare la prevederile Reglementării tehnice «Cod de proiectare pentru structuri din zidărie», indicativ CR 6-2006

Anexa II informativă — Exemple de calcul”.

2. După capitolul 9 se introduc două noi anexe, anexele I și II, al căror cuprins este prevăzut în anexele nr. 1 și 2, care fac parte integrantă din prezentul ordin.

Art. II. — Prezentul ordin se publică în Monitorul Oficial al României, Partea I.

p. Ministrul dezvoltării regionale și turismului,
Gheorghe Nastasia,
secretar general

București, 30 aprilie 2010.
Nr. 1.372.

*) Ordinul nr. 1.372/2010 a fost publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 389 din 11 iunie 2010 și este reprodus și în acest număr bis.

Anexa nr. 1

la Ordinul M.D.R.T. nr. 1.372/2010

(ANEXA I - informativă la Reglementarea tehnică „Cod de proiectare pentru structuri din zidărie”, indicativ CR 6-2006)

COMENTARII

referitoare la prevederile reglementării tehnice

„Cod de proiectare pentru structuri din zidărie”, indicativ CR 6-2006

CAPITOLUL 1. PREVEDERI GENERALE

1.1. Domeniul de utilizare și scopul Codului

C.1.1.(3).

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.(7).

Pentru completarea prevederilor Codului **CR6-2006** privind execuția clădirilor din zidărie proiectantul poate ține seama și de prevederile standardului **SR EN 1996-2**.

C.1.1.(8).

Proiectarea clădirilor din zidărie este reglementată în România de un sistem complex și coerent de documente normative care este constituit din:

I. Codul **CR6-2006** aliniat cu standardele din seria **SR EN 1996 (Eurocode EC6)**

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 **Eurocodului EC6** au fost preluate prin traducere și sunt completate prin **Anexele naționale**, aprobate, la nivel național, în anul 2008.

II. Reglementările europene armonizate, adoptate ca norme naționale (**SR EN**) referitoare la cerințele de performanță ale materialelor pentru zidărie și metodele de verificare a satisfacerii acestor cerințe.

Principalele reglementări europene care au fost adoptate în România privind materialele pentru zidărie 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).

Având în vedere importanța pe care o are calitatea materialelor care sunt incluse în structurile din zidărie pentru siguranța construcțiilor și pentru a evita intrarea pe piață a unor produse necorespunzătoare/inadecvate cerințelor esențiale stabilite prin Directiva **89/106 CEE(DPC)**, transpusă în legislația română prin HG 622/2004 privind stabilirea condițiilor de introducere pe piață a produselor pentru construcții, prin decizia Comisiei Europene nr. **97/740/CE** din 14.10.1997 s-a stabilit un sistem unitar de atestare a conformității materialelor pentru zidărie compatibil cu prevederile standardelor **SR EN**.

Sistemul are în vedere două categorii de proceduri de atestare a conformității cu specificațiile tehnice, diferențiate în funcție de importanța materialelor verificate și de nivelul de încredere al rezultatelor controlului.

A. Controlul în unitatea de fabricație, exercitat numai de către producător.

Acest nivel de control este aplicabil următoarelor categorii de materiale care intră în alcătuirea construcțiilor din zidărie:

- Elemente pentru zidărie din categoria II (definită conform paragrafului 1.3.3.) destinate a fi folosite în elemente structurale (pereți, stâlpi) și nestructurale (pereți despărțitori).
- Elemente pentru zidărie speciale din categoria II în care sunt înglobate materiale de izolare termică, destinate a fi folosite în pereți structurali și nestructurali și care nu sunt supuse controlului prevăzut la **B**.
- Mortare industriale de rețetă destinate a fi folosite în elemente structurale (pereți, stâlpi) și nestructurale (pereți despărțitori).
- Mortare industriale pentru tencuire/gletuire destinate a fi utilizate pentru finisarea pereților, a stâlpilor, a pereților despărțitori și a tavanelor.
- Materiale auxiliare (straturi de rupere a capilarității, elemente de legătură pentru pereți, eclise, scoabe și corniere) destinate a fi înglobate în elemente structurale și nestructurale din zidărie.

În documentațiile referitoare la elementele pentru zidărie (seria standardelor **SR EN 771**) și la mortare (seria standardelor **SR EN 998**), acest sistem de atestare a conformității este notat "4", conform prevederilor pct. 2 lit. F (de al treilea tip) din Anexa nr. 3 a HG 622/2004.

Pentru materialele auxiliare poate fi folosit sistemul notat "3", conform prevederilor pct. 2 lit. E (de al doilea tip) din Anexa nr. 3 a HG 622/2004.

În acest sistem "4" producătorul este obligat să realizeze pentru toate caracteristicile relevante stabilite prin prevederile specifice din standardele **SR EN 771-1÷6** și **SR EN 998-2** următoarele:

- Controlul producției în fabrică,
- Încercări de tip inițial,
- Încercări pe eșantioane din producția curentă.

B. Controlul în unitatea de fabricație, exercitat de către producător, este completat, în ceea ce privește evaluarea și supravegherea, de organisme notificate pentru certificarea conformității produselor pentru construcții, conform prevederilor HG 622/2004.

Acest nivel de control este aplicabil următoarelor categorii de materiale care intră în alcătuirea construcțiilor din zidărie:

- Elemente pentru zidărie din categoria I destinate a fi folosite în elemente structurale (pereți, stâlpi) și nestructurale (pereți despărțitori),
- Elemente pentru zidărie speciale din categoria I în care sunt înglobate materiale de izolare termică, destinate a fi folosite în pereți structurali și nestructurali și pentru care sunt cerințe speciale de reacție la foc,
- Mortare industriale performante destinate a fi folosite în elemente structurale (pereți, stâlpi) și nestructurale (pereți despărțitori).

Producătorul trebuie să realizeze aceleași operații de control ca și în cazul sistemului "4".

În documentațiile referitoare la elementele pentru zidărie (standardele din seria **SR EN 771**) și la mortare (standardele din seria **SR EN 998**), acest sistem de atestare a conformității este notat "2+" conform prevederilor pct. 2 lit.C (de primul tip) din Anexa nr. 3 a HG 622/2004.

Calitatea materialelor pentru zidărie

Elementele pentru zidărie sau mortarele care se abat în mod semnificativ de la prevederile standardelor din seria SR EN 771, respectiv SR EN 998, trebuie să fie conforme cu agrementul tehnic european aferent emis în condițiile prevăzute de HG 622/2004.

Materialele pentru zidărie care sunt conforme cu aceste standarde sau cu agrementele tehnice europene aferente trebuie să poarte **Marcajul CE** stabilit conform **HG 622/2004**. Prin aplicarea acestui marcaj, producătorul declară anumite performanțe generale și unele performanțe specifice (pentru cazurile în care produsul este destinat unei utilizări în condiții specifice de exploatare sau de mediu).

Acest marcaj trebuie să cuprindă informațiile necesare unei utilizări corecte a produsului, respectiv:

- numărul de identificare al organismului independent de certificare (pentru produsele supuse controlului "2+");
- datele de identificare ale producătorului;
- anul în care a fost aplicat marcajul (ultimele două cifre);
- numărul certificatului de conformitate **CE** sau al certificatului de control al producției în fabrică (dacă este cazul);

- descrierea produsului (elemente pentru zidărie **HD** sau **LD**, mortar **G**, **T** sau **L**) și utilizările preconizate;
- informații privind caracteristicile produsului (conform precizărilor din standardele **SR EN 771-1÷6** și **SR EN 998-2** sau agrementul tehnic european aferent, după caz).

În lipsa marcajului *CE*, produsele respective nu sunt considerate ca fiind corespunzătoare cerințelor Codului CR6 - 2006 și ale standardului SR EN 1996-1-1 și, pe cale de consecință, nu se introduc în execuția construcțiilor proiectate pe baza acestor reglementări.

C.1.1.(9)

Satisfacerea cerințelor din standardele **SR EN** privitoare la materialele pentru zidărie constituie o condiție obligatorie pentru obținerea siguranței structurale și a durabilității clădirilor proiectate conform Codului **CR6** care corespund nivelurilor de performanță care rezultă din aplicarea standardelor **SR EN 1996**.

Utilizarea unor materiale care nu corespund acestor cerințe (care nu poartă marcajul ***CE***) nu va fi acceptată.

C.1.1.(10)

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 (USA, 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 [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 σ - ϵ la compresiune axială depinde esențial de grosimea pereților exteriori și interiori.

1.2. Relația cu alte norme

C.1.2.(3)

Pentru prevederi referitoare la rezistența la foc a structurilor din zidărie se poate consulta standardul **SR EN 1996-1-2**.

1.3. Definiții principale

1.3.1. Tipuri de zidării

C.1.3.1.

Definițiile date corespund celor din standardul **SR EN 1996-1-1** (vezi pct.1.3.1. CR 6/2006).

1.3.2. Mortare

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**.

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 funcție de gradul de încredere al rezistenței la compresiune dată în Codul **CR6-2006** corespunde cerințelor standardului **SR EN 771-1**.

Condițiile de control pentru atestarea apartenenței produsului la una din cele două clase sunt stabilite prin documentele privitoare la atestarea conformității produselor pentru zidărie - a se vedea comentariul **C.1.1.(8)**.

În conformitate cu acestea, controlul și atestarea pentru încadrarea elementelor pentru zidărie în clase, în funcție de gradul de încredere al rezistenței la compresiune, se face după cum urmează:

- Elemente pentru zidărie clasa I (pentru utilizare în pereți structurali, stâlpi și pereți despărțitori): atestare prin controlul intern al producătorului și printr-un organism de certificare notificat implicat în evaluarea și supravegherea controlului producției;
- Elemente pentru zidărie clasa II (pentru utilizare în pereți structurali, stâlpi și pereți despărțitori): atestare numai prin controlul intern al producătorului.

Anexa națională la standardul **SR EN 1998-1** prevede următoarea condiție de utilizare a elementelor pentru zidărie în funcție de gradul de încredere al rezistenței la compresiune:

- *Pentru executarea elementelor structurale din zidărie la clădiri din clasele de importanță II ÷ IV (clădiri obișnuite care nu aparțin altor categorii; clădiri a căror rezistență la seism este importantă având în vedere consecințele asociate cu colapsul, de exemplu școli, săli, instituții culturale etc.; clădiri a căror integritate pe durata cutremurului este de importanță vitală pentru protecția civilă, de exemplu spitale, stații de pompieri, uzine electrice etc.), în zone seismice cu $a_g \geq 0.20g$, se folosesc elemente pentru zidărie din clasa I definită conform standardului **SR EN 771-1**.*

Rezistența de proiectare a elementelor pentru zidărie depinde de clasa în care se încadrează prin intermediul coeficientului pentru material γ_M (a se vedea și comentariul **C.2.4.2.3.1.**).

Standardele **SR EN 771-1÷6** prevăd obligația furnizorului de a comunica, în documentele care însoțesc elementele pentru zidărie, clasa în care se încadrează acestea.

1.3.4. Pereți din zidărie

C.1.3.4.

→ *Referitor la peretele nestructural*

Peretele **nestructural** din zidărie trebuie să fie proiectat pentru a putea prelua următoarele categorii de solicitări:

- greutatea proprie;
- greutatea mobilierului și/sau a echipamentelor suspendate;
- împingerea orizontală dată de aglomerările de persoane în încăperile în care există această posibilitate;
- acțiunea seismică perpendiculară pe planul peretelui;
- acțiunea seismică în planul peretelui care rezultă din deplasările impuse de structură;
- alte deformații care pot fi provocate de deformațiile structurii inclusiv deformațiile de lungă durată.

→ *Referitor la peretele de umplutură*

Definiție. Pereții de umplutură sunt pereți executați, la cadre din beton armat, din zidării realizate cu materiale și cu legături care influențează semnificativ comportarea structurilor în cazul solicitărilor seismice.

Principalele prevederi ale Codului **P100-1/2006** referitoare la pereții **de umplutură** sunt următoarele:

8.3.1. (3) Pentru structurile în cadre din beton armat sau din oțel, pereții de umplutură din zidărie, executați după turnarea/montarea cadrelor, pot fi considerați pereți structurali dacă sunt panouri pline sau cu un gol de ușă / fereastră pentru care se poate identifica un sistem de diagonale comprimate care transmit eforturile la cadru.

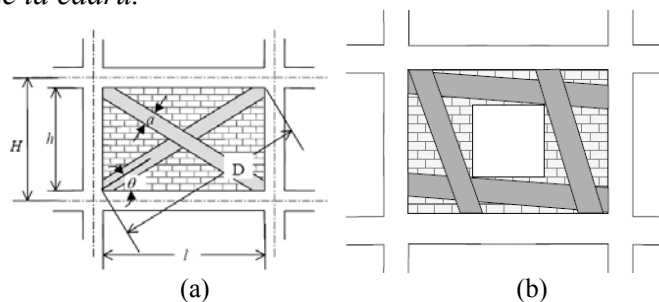


Figura C.1. Zidărie de umplutură la cadre .

Sisteme de diagonale comprimate pentru (a) Panou plin (b) Panou cu gol de fereastră

8.6.1.1. (5) Pereții din zidărie de umplutură din structurile din cadre se vor verifica la starea limită ultimă, separat, pentru:

- efectele rezultate din interacțiunea cu structura;
- efectele acțiunii seismice perpendiculară pe planul peretelui conform

8.6.1.2.

1.4. Notății, unități de măsură în Sistemul Internațional (SI)

1.4.3. Echivalența notațiilor din Cod (1.4.1.) cu cele din normativul de referință STAS 10107/0-90

C.1.4.3.

Notațiile din standardul **STAS 10107/0-90** se vor utiliza până la intrarea în valabilitate a standardului **SR EN 1992-1-1** ale cărui notații sunt identice cu cele din Codul **CR6-2006** și din standardele **SR EN 1996-1-1** și **SR EN 1996-3**.

1.5. Reglementări tehnice conexe

C.1.5.

Reglementările menționate în acest articol vor fi utilizate până la reglementarea de către autoritatea națională de reglementare în domeniul construcțiilor a utilizării ca norme naționale a standardelor europene echivalente (**SR EN**).

1.6. Documente normative de referință

C.1.6. (1&2)

- I. Lista actualizată la 01 octombrie 2009 a standardelor europene armonizate adoptate ca standarde române (**SR EN**) referitoare la construcțiile din zidărie este dată în **Anexa A** la aceste comentarii.
- II. **ASRO** face următoarele precizări referitoare la standardele **SR EN**:
 - "1°. Este important ca utilizatorii standardelor române (**SR EN**) să se asigure că sunt în posesia ultimei ediții și a tuturor modificărilor (amendamentelor) apărute în timp."
 - "2°. Informațiile referitoare la standardele române sunt publicate în *Catalogul Standardelor Române* și în *Buletinul Standardizării*".
- III. Reglementările tehnice la care se face referire în acest capitol sunt cele aflate în vigoare în România la data elaborării Codului **CR6-2006**. Pentru aplicarea prevederilor Codului, proiectantul trebuie să țină seama de toate reglementările care au intrat în vigoare ulterior apariției Codului **CR6/2006** precum și de modificările apărute în timp la reglementările menționate mai sus.

CAPITOLUL 2. BAZELE PROIECTĂRII CONSTRUCȚIILOR DIN ZIDĂRIE

2.1. Cerințe fundamentale

C.2.1.

Cerințele fundamentale pe care trebuie să le satisfacă toate clădirile din țările membre ale Uniunii Europene au fost stabilite prin **Directiva 89/106/CEE** - cunoscută sub numele de **Directiva privind produsele pentru construcții** (engl. *Construction Products Directive - CPD*)- adoptată de Comunitatea Europeană pentru "*a favoriza libera circulație a produselor de construcții în țările Uniunii Europene*". Aceste cerințe care au fost preluate în "**Legea nr.10/1995 privind calitatea în construcții**", 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.

C.2.1 (2).

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.

Din acest motiv, 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 ($a_g = 0.08g$) este egală cu limita de seismicitate *scăzută* - engl. *low seismicity* ($a_g = 0.08g$) și este 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*.

C.2.1 (3).

Metodele și procedeele de proiectare folosite pentru clădirile noi, stabilite în Codul **CR6-2006** și în reglementările similare, 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.

C.2.1 (4).

Principiile și regulile de bază date în Codul **CR0-2005** sunt, practic, identice cu prevederile din standardul **SR EN 1990**, ceea ce crează premisele continuității utilizării metodelor și procedeele de proiectare propuse în Codul **CR6-2006**, pentru etapa în care prevederile standardului **SR EN 1990** vor deveni obligatorii pentru România.

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 în concordanță cu durata de viață recomandată în Codul **CR0-2005** așa cum rezultă din tabelul **C.1**

Tabelul **C.1.**

Durata de viață proiectată, în ani	Exemple
≥ 100	Structuri monumentale, poduri și alte structuri pentru lucrări ingineresti importante
50 - 100	Clădiri și structuri obișnuite
10 - 30	Construcții agricole sau similare Părți de structură ce pot fi înlocuite (de exemplu, reazeme)
≤ 10	Structuri tranzitorii

Evident, experiența utilizării în România a 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 de datele recensământului din anul 2002, au pus în evidență existența unui număr însemnat de clădiri din zidărie a căror vechime depășește 60 de ani.

2.2. Condiții tehnice asociate cerinței de "rezistență și stabilitate"

2.2.1. Mecanismul favorabil de disipare a energiei seismice

C.2.2.1.(2).

Formarea mecanismului de disipare a energiei seismice prin localizarea zonelor plastic potențiale la baza montanților este favorizată de faptul că, pentru cazul clădirilor cu forme regulate, se poate demonstra că valoarea raportului dintre momentul capabil într-o secțiune la cota "z" a peretelui și momentul capabil în secțiunea de la bază este superioară valorii raportului între momentul de răsturnare în secțiunea respectivă și momentul de răsturnare la bază.

$$\frac{M_{\text{cap}}(z)}{M_{\text{cap}}(z=0)} > \frac{M_r(z)}{M_r(z=0)} \quad (\text{C.1})$$

Relația reprezintă o premiză de realizare a cerinței de dirijare a zonelor de dezvoltare a deformațiilor inelastice în secțiunea de la bază. Gradul de acoperire a diagramei de momente de răsturnare depinde de valoarea raportului între efortul unitar de compresiune din încărcările

verticale (σ_0) și efortul unitar de proiectare la compresiune (f_d) și este mai mare în cazul clădirilor cu $n_{niv} \geq 3$.

Ductilitatea locală a pereților structurali nu poate fi asigurată dacă se folosesc elemente pentru zidărie care nu au **robustetea** 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 sub 1‰) prin ruperea pereților interiori urmată de desprinderea pereților exteriori (a se vedea și comentariile **C.3.1.2.2**).

Modelele și metodele de calcul și detalierea constructivă pentru realizarea obiectivelor de la (1) sunt detaliate în capitolele 5 ÷ 7 ale Codului.

C.2.2.1.(3) & (4)

Prevederile din acest aliniat au ca scop dirijarea/ierarhizarea avariilor și evitarea ruperilor fragile. Condiția de cedare a riglei din forța tăietoare înainte de zdrobirea locală a zidăriei impune, pe de o parte prevederea unei lungimi de încastrare suficiente și, pe de altă parte, folosirea unor elemente pentru zidărie suficient de rezistente la eforturi unitare de compresiune localizate pe suprafețe limitate.

Prevederea ține seama și de faptul că zdrobirea zidăriei în zona de încastrare a grinzii de cuplare în zidăria realizată din elemente cu pereți subțiri, așa cum rezultă și din figura **C.2**, constituie o avarie practic ireparabilă. Bordarea laterală a golului cu stâlpișori din beton armat, așa cum este prevăzut la art. **5.2.4**. din Cod, poate asigura evitarea acestui tip de avarie dar trebuie reținut că, în cazul zidăriilor cu performanțe termotehnice ridicate, prezența stâlpișorilor reduce nivelul acestor performanțe.



Figura C.2.Zdrobirea locală a zidăriei comprimate în zona de încastrare a unui element de beton armat
[Lewicki,B.,Lechman,M.,Szczygielski, A *A method of testing of floor-wall joints* CIB W023 Meeting, Prague 2005]

Condițiile enumerate la acest aliniat fac parte din măsurile pentru realizarea mecanismului favorabil de disipare a energiei seismice.

Condiția de cedare a riglei din încovoiere înaintea cedării montantului prin compresiune excentrică este satisfăcută dacă, pentru montantul respectiv, la fiecare nivel (j), este verificată inegalitatea:

$$\sum_j^n F_j(H-h_j) - \left[\sum_j^n M_{rc}^{cap} + \frac{l_w}{2} \sum_j^n T_{rc}^{asoc} \right] \geq M_{cap}(N_{asoc}) \quad (C.2)$$

în care

$\sum_j^n F_j(H-h_j)$ este momentul de răsturnare dat de forțele F_j aferente montantului, care acționează peste secțiunea de la baza nivelului j (n este numărul total de niveluri al clădirii).

Condiția de cedare a riglei din încovoiere înainte ca aceasta să cedeze prin forță tăietoare este satisfăcută dacă se respectă relația

$$V_{rc} \geq \frac{1.25(M_{cap}^{sus} + M_{cap}^{jos})}{L_{gc}} + V_g \quad (C.3)$$

unde

- V_{rc} este rezistența la forță tăietoare a grinzilor de cuplare;
- $M_{cap}(sus)$ 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.

Cedarea riglei din forță tăietoare precede cedarea reazemului riglei (montantului) prin zdrobirea locală a zidăriei dacă sub efectul momentului încovoietor din secțiunea de încastrare a riglei de cuplare rezistența la compresiune locală a zidăriei nu este depășită.

Relația (C.3) exprimă condiția ca rezistența la forță tăietoare a riglei de cuplare să fie mai mare decât forța tăietoare asociată mecanismului de cedare la încovoiere (cu articulații plastice la extremități). Coeficientul 1.25 include mai multe efecte care pot majora valoarea momentul capabil calculată conform STAS 10107/0-90: intrarea armăturilor în domeniul de consolidare în cazul cutremurelor majore, participarea armăturilor din placă etc.

2.2.2. Condiția de rezistență

C.2.2.2.

Condiția de rezistență a structurilor din zidărie pentru solicitările verticale, permanente și utile, este satisfăcută, de regulă, dacă sunt respectate cerințele/limitările constructive din acest Cod.

În cazul solicitărilor seismice, satisfacerea condiției de rezistență trebuie verificată prin calcul, așa cum cere Codul P100-1/2006, art. 8.3.2.(2), chiar dacă sunt îndeplinite cerințele /limitările constructive stabilite în Codurile CR6-2006 și P100-1/2006.

După intrarea în vigoare a standardului SR EN 1998, verificarea prin calcul a condiției de rezistență pentru acțiunea seismică nu va mai fi obligatorie pentru "*clădirile simple din zidărie*" care îndeplinesc condițiile speciale de alcătuire stabilite prin standardul menționat.

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 petru zidărie. Este posibil ca driftul limită (0.005h) prevăzut în Codul P100-1/2006 pentru verificările la SLS să nu fie satisfăcător pentru toate tipurile de elemente pentru zidărie (în particular pentru zidăriile cu elemente din grupa 2S și pentru cele cu elemente din BCA). Așa cum rezultă din încercările [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] pentru elementele din BCA ruperea se produce la o deformație 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 umplură la cadre și în cazul pereților nestructurali neînșurubați.

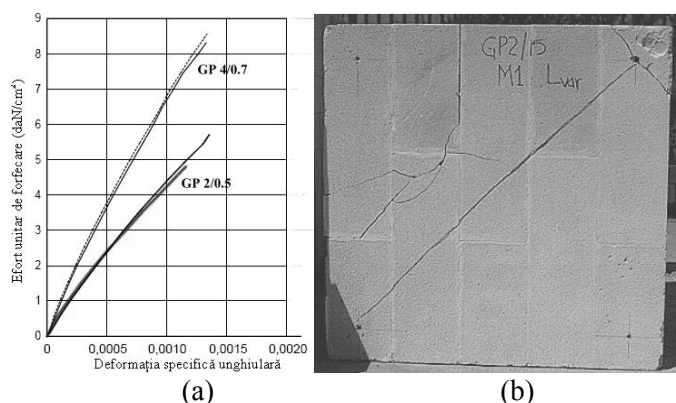


Figura C.3. Ruperea prin forță tăietoare a panourilor de zidărie cu blocuri din **BCA**

[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]

2.2.5. Condiția de ductilitate

C.2.2.5.

Capacitatea de rotire plastică este condiționată printre altele de **robustețea** elementelor pentru zidărie (a se vedea comentariul C 2.2.1 (2).

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/spașelților din forță tăietoare - figura C.4a);
- ruperea locală a zidăriei prin depășirea capacității de rezistență a elementelor (de exemplu, expulzarea fețelor laterale ale elementelor pentru zidărie cu goluri,- figura C.4b) [Tomazevic, M., Bosiljkov, V., Lutman, M. *Masonry research for Eurocodes Meeting CIB W023*, Wall structures, Padova 2003]



(a)



(b)

Figura C.4. Ruperi fragile ale pereților din zidărie

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

C.2.3.(1).

Principiile proiectării la stări limită au fost introduse în România prin standardul **STAS 10100-75** și au fost utilizate în toate reglementările ulterioare pentru proiectarea construcțiilor din toate materialele, inclusiv din zidărie (**STAS 10104** și **STAS 10109** -toate edițiile).

Aceleași principii, reformulate în Codul **CR0**, se află și la baza Codului **CR6-2006** și a **Eurocodurilor** structurale (inclusiv cele din seria **SR EN 1996** - pentru proiectarea clădirilor din zidărie) astfel încât Codul **CR6-2006** și reglementările armonizate **SR EN** **nu aduc nici o modificare a conceptelor de bază privind siguranța construcțiilor și a principiilor de evaluare a acestora care sunt cunoscute deja de inginerii structuriști din România.**

C.2.3.(3)

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 procedeele tehnologice adoptate de acesta din urmă.

2.4. Variabile de bază

2.4.1. Acțiuni

C.2.4.1.

Referitor la evaluarea și gruparea acțiunilor, a se vedea comentariul **C.1.6** și precizările de la alineatele următoare.

C.2.4.1(4)

Precizarea din acest paragraf are în vedere faptul că în Codurile **CR0** și **CR1** și în standardul **SR EN 1991-1-1** nu există nici o prevedere referitoare la verificarea rezistenței pereților nestructurali sub efectul încărcărilor provenite din obiectele 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.

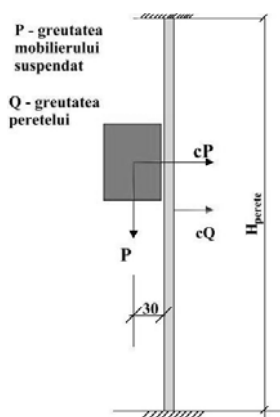


Figura C.5. Încărcarea pereților nestructurali din zidărie cu mobilier/echipament suspendat

Odată cu intrarea în vigoare a standardului **SR EN 1991-1-1**, valoarea încărcărilor verticale/orizontale, liniare și/sau uniform distribuite prevăzute la primul punct al articolului, se va introduce în calcule în conformitate cu prevederile acestuia.

2.4.2. Caracteristicile fizice și mecanice ale materialelor și produselor

2.4.2.1. Proprietățile materialelor și produselor

C.2.4.2.1(2)

Legea constitutivă σ - ϵ a zidăriei solicitate la compresiune și valorile limită ale eforturilor unitare și deformațiilor specifice asociate definesc modul de comportare - ductil/fragil - al zidăriei și condițiile particulare ale 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 Cod sunt valabile numai dacă forma legii constitutive σ - ϵ este cea din figura 4.3. din Cod - 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 σ - ϵ liniară până la rupere) această ipoteză nu mai este valabilă și, în consecință, relațiile de calcul din paragraful 6.6.3. din acest Cod trebuie reformulate.

În prezent, comitetul tehnic **SC6 al TC 250**, care răspunde de Eurocodul **EC6**, nu a prevăzut nici o alternativă pentru calculul zidăriilor care au lege σ - ϵ de tip "*fragil*". A se vedea și curbele σ - ϵ pentru elemente din argilă arsă cu pereți subțiri din figura C.41 de la comentariul C.4.1.2.1.

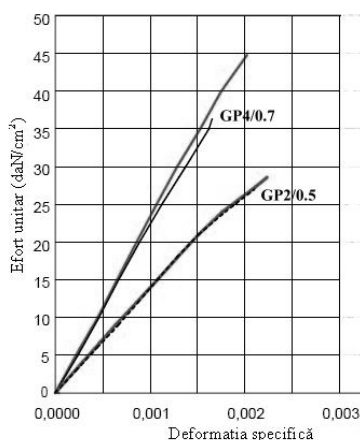


Figura C.6. Lege σ - ϵ de tip "fragil" pentru zidărie cu elemente din **BCA**

[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]

2.4.2.2. Valorile caracteristice ale rezistențelor materialelor

C.2.4.2.2. (1)

Pentru proiectarea construcțiilor conform Codului **CR0**, 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

$$R_{med} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \quad (C.4)$$

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:

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \delta R_i^2}{n}} \quad (C.5)$$

Raportul $v_R = \frac{\sigma_R}{R_{med}}$ 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 **CR6-2006** 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, sunt 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 **CR6-2006** 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).

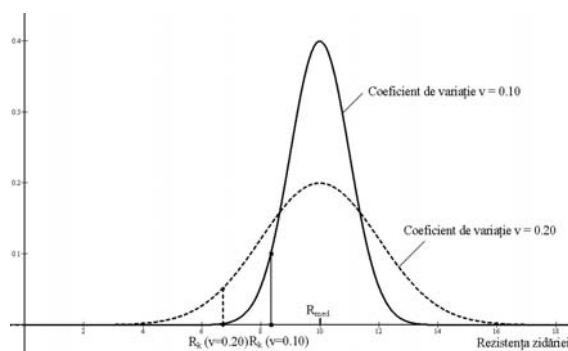


Figura C.7 Definirea statistică a rezistențelor zidăriei

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:

$$R_k = R_{med} (1 - 1.645 v_R) \quad (C.6)$$

În figura C.7. 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.6) 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.

În figura C.7, zona hașurată indică domeniul rezistențelor inferioare valorii caracteristice, pentru care nivelul de siguranță atribuit prin reglementări nu mai este realizat.

C.2.4.2.2.(2)

În cazul elementelor pentru zidărie care satisfac cerințele seriei de standarde **SR EN 771 -1 ÷ SR EN 771-6** și al mortarelor care satisfac cerințele standardului **SR EN 998-2**, datele referitoare la caracteristicile mecanice și fizice care **trebuie** furnizate de fabricant în documentele de însoțire a produselor sunt stabilite în Anexele respectivelor standarde. În absența acestor informații, produsele respective **nu trebuie** introduse în lucrare fără a fi efectuate verificările specifice (conform standardelor **SR EN** care stabilesc procedeele corespunzătoare pentru atestarea fiecărei cerințe - a se vedea Anexa A).

C.2.4.2.2.(4)

Lista documentelor normative care stabilesc, în prezent, valorile caracteristice ale rezistențelor betonului, oțelului și lemnului și coeficienții γ_M respectivi, este dată la paragraful 1.5 din Cod. Aceste documente pot fi folosite până la intrarea în vigoare a standardelor europene specifice adoptate ca standarde naționale:

- **SR EN 1992** - pentru construcții din beton armat,
- **SR EN 1993** - pentru construcții metalice,
- **SR EN 1995** - pentru construcții din lemn.

și a **Anexelor naționale** ale acestora.

2.4.2.3. Valori de proiectare ale proprietăților mecanice ale zidăriei

C.2.4.2.3 (2).

Conform definițiilor din Codul **CR0** 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".

C.2.4.2.3.(4).

Standardul **SR EN 1996-1-1**, ca și toate celelalte *Eurocoduri*, nu folosesc noțiunea de *coeficient al condițiilor de lucru* pentru calculul rezistenței de proiectare, ceea ce constituie o diferență importantă, în multe cazuri defavorabilă, față de practica actuală din România.

Astfel:

- Dispare diferențierea rezistențelor zidăriei în funcție de tipul mortarului care avea în vedere caracterul mai puțin ductil al zidărilor cu mortar fără adaos de var;
- Dispare corecția pentru calculul rezistențelor de proiectare la forfecare în rost orizontal, întindere din încovoiere și eforturi principale de întindere;
- În cazul zidăriei confinate, acest coeficient avea în vedere probabilitatea ca, în anumite condiții dificile de turnare, în stâlpișori să nu poată fi realizată rezistența specificată. Pentru a compensa asigurarea suplimentară care se realiza prin acest coeficient, este necesară îmbunătățirea tehnologiei de realizare a acestor elemente și, în general, creșterea exigenței privind calitatea execuției zidăriei. Idem, în ceea ce privește ceilalți coeficienți m_z , stabiliți prin Codul **CR6-2006**.

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 reglementări și specificate de proiectant.

Asigurarea și controlul calității execuției prezintă avantaje pentru toți participanții la procesul de construcție (investitor, proiectant și executant).

Principalul avantaj este că se crează condițiile ca structura rezultată să 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/detalieră armăturilor, la execuția zidăriei (în special raportul de țesere și umplerea rosturilor cu mortar) și la încadrarea în toleranțele geometrice prevăzute în norme.

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 (a se vedea și comentariul **C.3.2.2.**). 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 Codul **CR6-2006** pentru coeficientul γ_M la zidăria cu elemente din clasa II-a corespunde condițiilor normale de control descrise mai sus. Valoarea este sporită în cazul folosirii mortarelor preparate la șantier. Valorile coeficientului parțial pentru material sunt stabilite prin standardul **SR EN 1996-1-1** în funcție de condițiile de control, grupate în 5

clase, pe baza criteriilor generale formulate în standardul **SR EN 1990** (valorile din standardul **SR EN 1996-1-1** sunt reproduse în tabelul C.2)

Tabelul C.2.

Material		γ_M				
		Clasa de control				
		1	2	3	4	5
Zidărie executată cu:						
A	Elemente de categoria I, mortar proiectat ^a	1,5	1,7	2,0	2,2	2,5
B	Elemente de categoria I, mortar cu compoziție prescrisă ^b	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7
C	Elemente de categoria II, orice mortar ^{a,b,c}	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0
D	Ancorare armături	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7
E	Oțel pentru armare și pentru precomprimare	1.15				
F	Componente auxiliare ^{c,d}	1,7	2,0	2,2	2,5	2,7
G	Buiandrugi conform cu SR EN 845-2	1.5 până la 2.5				

Note.

- a Cerințele pentru mortare proiectate sunt date în standardele **SR EN 998-2** și **SR EN 1996-2**.
- b Cerințele pentru mortare cu compoziție prescrisă sunt date în standardele **SR EN 998-2** și **SR EN 1996-2**.
- c Valorile declarate sunt valori medii.
- d Valorile pentru straturile de rupere a capilarității sunt considerate a fi acoperite de coeficientul γ_M pentru zidărie.
- e Dacă coeficientul de variație (v_R) pentru elementele de categoria II este $\leq 25 \%$.

Standardul **SR EN 1996-1-1** permite ca valorile coeficienților parțiali γ_M care se folosesc într-o anumită țară să fie stabilite prin **Anexa națională** a țării respective.

Anexa națională la standardul **SR EN 1996-1-1** (mai 2008) prevede pentru coeficientul γ_M valorile corespunzătoare claselor 3 și 5 din tabelul C.2 care sunt reproduse în tabelul C.3.

Tabelul C.3.

Material		γ_M	
		Clasa	
		1	2
Zidărie executată cu:			
A	Elemente de Categoria I, mortar performant ^a	2,0	2,5
B	Elemente de Categoria I, mortar cu compoziție prescrisă ^b	2,2	2,7
C	Elemente de Categoria II, orice mortar ^{a,b,c}	2,5	3,0
D	Ancorajul armăturilor	2,2	2,7
E	Oțelul armăturilor și de precomprimare	1.15	
F	Componente auxiliare ^{c,d}	2,2	2,7
G	Buiandrugi conform standardului SR EN 845-2	2,0	2,5

Note. Idem tabelul 4.1.

Relația (C.3) pune în evidență importanța omogenității proprietăților zidăriei, adică a **împrăștierii** reduse a valorilor obținute prin încercări, asupra valorilor cu care se calculează elementele structurii.

Astfel, considerând valorile semnificative v_R menționate mai sus, valoarea de proiectare (pentru $\gamma_M = 2.2$) a unei rezistențe mecanice a zidăriei (la compresiune, la forfecare sau la încovoiere) scade în raport cu valoarea medie după cum urmează:

- $v_R = 0.10 \rightarrow R_d/R_{med} = 0.380$
- $v_R = 0.15 \rightarrow R_d/R_{med} = 0.342$
- $v_R = 0.20 \rightarrow R_d/R_{med} = 0.305$
- $v_R = 0.25 \rightarrow R_d/R_{med} = 0.267$ (valoarea limită a coeficientului de variație acceptată de Codul **CR6-2006** și de standardul **SR EN 1996-1-1**).

C.2.4.2.3.1.(4).

Valoarea $\gamma_M = 3.0$ corespunde celor mai slabe condiții de calitate acceptate de standardul **SR EN 1996-1-1** (a se vedea tabelul.C.2, pentru clasa 5 de control) condiții care sunt similare cu cele de *control redus* definite în Codul **CR6-2006**.

Realizarea controlului *redus* trebuie să fie comunicată proiectantului prin tema de proiectare dată de investitor deoarece această situație conduce la costuri de investiție suplimentare datorată adoptării coeficientului de siguranță $\gamma_M = 3.0$. Această prevedere nu elimină obligativitatea controlului în *fazele determinante*.

C.2.4.2.3.1.(7)

Prevederea urmărește reducerea drastică a numărului de clădiri care se execută în condițiile unui control redus în special în cazul clădirilor amplasate în zone seismice cu accelerație de proiectare ridicată (orientativ $a_g \geq 0.20g$).

C.2.4.2.3.1.(8)

A se vedea comentariul **C.2.4.2.2.(4)**

2.4.2.3.2. Valori de proiectare ale rezistențelor zidăriei pentru starea limită de serviciu (SLS)

C.2.4.2.3.2. (1)

În cazul stărilor limită de exploatare (SLS), standardul **SR EN 1996-1-1** recomandă valoarea coeficientului $\gamma_M = 1.0$. *Anexa națională* la acest standard a adoptat valoarea recomandată pentru toate clădirile din zidărie cu excepția zidăriilor structurale și nestructurale ale clădirilor care trebuie să funcționeze imediat după cutremur (clădirile din clasa de importanță și expunere **IV** conform standardului **SR EN 1998-1** / clasa de importanță **I** conform Codului **P100-1/2006**), pentru care s-a adoptat valoarea $\gamma_M = 1.5$.

Prevederea urmărește protecția suplimentară a pereților structurali din zidărie și, mai ales, a celor nestructurali, pentru limitarea degradărilor la clădirile din clasa de importanță **I** (definite în tabelul **4.3** din Codul **P100-1/2006**) pentru care trebuie asigurată funcționarea imediată și scurtarea duratei de remediere a avariilor după cutremurele cu perioada de revenire scurtă definite la **2.1.(1)** din Codul **P100-1/2006**. Pentru calculul pereților nestructurali se va ține seama și de prevederile de la Capitolul 10 din Codul **P100-1/2006**.

CAPITOLUL 3. MATERIALE

3.1. Elemente pentru zidărie

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 ÷ SR EN 771-6** trebuie să fie confirmată de către furnizor prin declarația de conformitate și aplicarea marcatului **CE**, conform prevederilor HG 622/2004 (a se vedea și comentariul C.1.1(8)). În lipsa acestui marcaj, utilizatorul produsului (executantul clădirii) trebuie să ceară verificarea produselor conform standardelor de încercări aferente fiecărei cerințe (a se vedea și comentariul **C1.1.(8)**).

Informațiile care trebuie să însoțească loturile de elemente pentru zidărie marcate cu simbolul **CE** și standardele pentru verificarea conformității acestora sunt următoarele:

- Dimensiuni și toleranțe dimensionale \Rightarrow verificare **SR EN 772-16**;
- Configurația de ansamblu/detaliu \Rightarrow verificare **SR EN 772-3, SR EN 772-9, SR EN 772-16**;
- Categoria (I sau II) \Rightarrow verificare **SR EN 771-1**;
- Densitatea aparentă \Rightarrow verificare **SR EN 772-13**;
- Rezistența caracteristică la compresiune (în direcția sarcinilor verticale) \Rightarrow verificare **SR EN 772-1**;
- Rezistența caracteristică la compresiune medie în direcție perpendiculară pe încărcările verticale, în planul peretelui \Rightarrow verificare **SR EN 772-1**.



	
Societatea X S.A.	Societatea X S.A.
CP 21, R 7000	CP 21, R 7000
02	02
01234-DPC-00234	
EN 771-1	EN 771-1
Clasa I, HD, element pentru zidărie de argilă arsă	Clasa II-a, LD, element pentru zidărie de argilă arsă
xxx.yyy.zz mm	xxx.yyy.zz mm
Rezistență la compresiune: medie xx N/mm ² (L pe fața de expunere), xx N/mm ² (L capăt) (Clasa I) Stabilitate dimensională: dilatare datorită umidității: NPD Aderență: valoare fixă: ...xx (N/mm ²) Conținut de săruri solubile active: ...NPD (SO) Reacția la foc: Euro-clasă: ...A1 Absorbția de apă: ...xx % Coefficient de difuzie a vaporilor de apă: ...xx W/m.K Izolație acustică împotriva zgomotului aerian: ... Densitate aparentă: ...xxxx (D1) kg/m ³ Configurația: conform schemei atașate Conductivitatea termică echivalentă: ...xx W/m.K Durabilitate împotriva îngheț/dezgheț: F2 Substanțe periculoase: ...a se vedea NOTA de mai jos	Rezistență la compresiune: xx N/mm ² (L pe fața de expunere), xx N/mm ² (L capăt) (Clasa II-a) Stabilitate dimensională: dilatare datorită umidității: NPD Aderență: valoare fixă: ...xx (N/mm ²) Conținut de săruri solubile active: ...NPD (SO) Reacția la foc: Euro-clasă: ...A1 Absorbția de apă: Nu este expusă Coefficient de difuzie a vaporilor de apă: ...xx W/m.K Izolație acustică împotriva zgomotului aerian: ... Densitate aparentă: ...xxxx (D1) kg/m ³ Configurația: conform schemei atașate Conductivitatea termică echivalentă: ...xx W/m.K Durabilitate împotriva îngheț/dezgheț: NPD Substanțe periculoase: (1) ...a se vedea NOTA de mai jos

Figura C.8. Marcatul CE pentru elemente din argilă arsă

3.1.2. Gruparea elementelor pentru zidărie

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

C.3.1.2.1.

A se vedea comentariul C.1.3.3.

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 concură la satisfacerea altor categorii de cerințe (izolare termică, acustică etc.) este definită de următorii parametri (a se vedea figura C.11):

- 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.

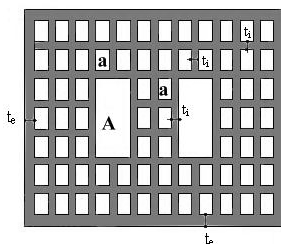


Figura C.9. Definierea geometriei elementelor cu goluri

C.3.1.2.2.(4&5)

În cele ce urmează se prezintă o comparație între cerințele referitoare la grosimea pereților interiori și exteriori ai elementelor cu goluri verticale din standardele europene și cele din USA.

Standardul **SR EN 1996-1-1** clasifică elementele pentru zidărie din argilă arsă în patru grupe în funcție de parametrii menționați mai sus.

Tabelul C.4.

Parametrul de referință	Elemente pline	Elemente cu goluri verticale				Elemente cu goluri orizontale	
	Grupa 1	Grupa 2		Grupa 3		Grupa 4	
Volumul golurilor (% din volumul brut)	$\leq 25\%$	$> 25\%$ $\leq 55\%$		$> 55\%$ $\leq 70\%$		$\leq 70\%$	
Volumul fiecărui gol (% din volumul brut)	$\leq 12.5\%$	fiecare din golurile curente $\leq 1\%$; total goluri de manipulare $\leq 12.5\%$		fiecare din golurile curente $\leq 1\%$; total goluri de manipulare $\leq 12.5\%$		fiecare din golurile curente $\leq 8\%$; un singur gol de manipulare $\leq 25\%$	
Grosimea minimă a pereților interiori și exteriori (mm)	Nu se limitează	Perete		Perete		Perete	
		interior	exterior	interior	exterior	interior	exterior
		5	8	3	6	6	8
Grosimea cumulată a pereților interiori și exteriori (% din lățimea totală a corpului)	Nu se limitează	$\geq 16\%$		$\geq 12\%$		Nu se aplică	

În USA, elementele pentru zidărie din argilă arsă sunt clasificate astfel:

- elemente **pline** (engl. **solid units**) pentru care procentul de goluri este $\leq 25\%$ (conform standardelor **ASTM C 62** și **ASTM C 216**);
- elemente **cu goluri** (engl. **hollow units**), 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 standardele **ASTM** este mult mai mare decât cea din standardul **SR EN 1996-1-1** și din Codul **CR6-2006**, ceea ce elimină în mare măsură producerea ruperilor fragile prin expulzarea fețelor exterioare și prin aceasta asigură elementelor o **robustețe** mult superioară. Aceasta este și una dintre explicațiile realizării în USA a unor clădiri cu mai multe niveluri decât cele care se execută cu elementele produse în Europa conform standardului **SR EN 1996-1-1**.

Pentru cărămizile cu goluri verticale produse în România, cu caracteristicile din standardul abrogat **STAS 5185/2-86**, forma și numărul golurilor au fost stabilite de către fabricant, cu respectarea următoarelor condiții:

- Suprafața totală a golurilor trebuie 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 trebuie să se încadreze între limitele $15 \text{ mm} \leq t_e \leq 25 \text{ mm}$;
- Grosimea pereților interiori trebuie să fie $\geq 8 \text{ mm}$;
- Aria unui gol dreptunghiular trebuie să fie $\leq 600 \text{ mm}^2$ în condițiile în care latura mică trebuie să fie $\leq 14 \text{ mm}$;
- Diametrul golurilor circulare trebuie să fie $\leq 18 \text{ mm}$;
- Abaterile de execuție la grosimea pereților trebuie 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 asigură acestor elemente o **robustețe** superioară în raport cu elementele care satisfac cerințele din tabelul C.4 și, prin urmare, se recomandă utilizarea cu precădere a acestora în zonele cu hazard seismic moderat/sever (orientativ, pentru zonele cu $a_g \geq 0.16g$).

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.10.b) forțele de compresiune care se dezvoltă în planul peretelui de zidărie produc încovoierea nervurilor interioare ale elementului normal pe planul peretelui.

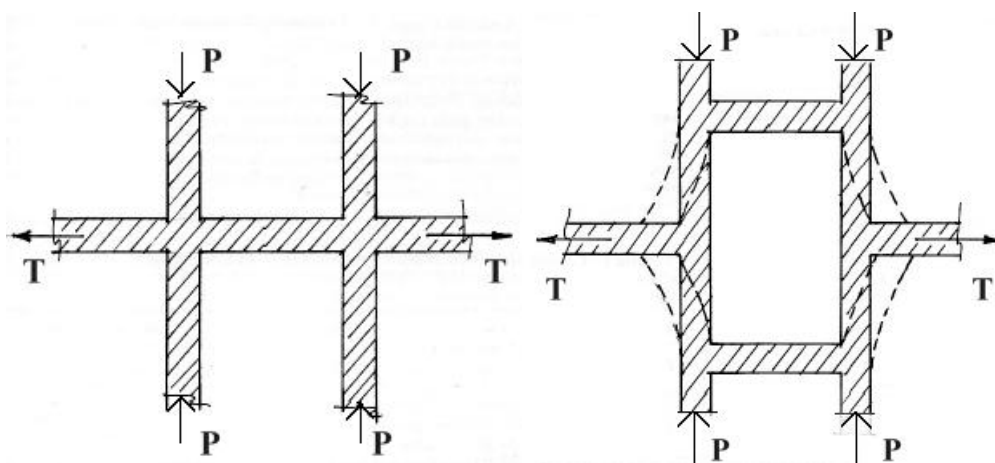


Figura C.10 Efectul continuității pereților interiori în cazul elementelor cu goluri verticale

3.1.2.3. Gruparea în funcție de profilăția exterioară a elementului

C.3.1.2.3(2).

Prevederea ține seama de imposibilitatea de a stabili reguli generale pentru folosirea elementelor cu profilăție tip "nut&feder" datorită diversității îmbinărilor respective. Ca atare, pentru fiecare tip de produs este necesară o documentație elaborată de un laborator atestat

care să stabilească în primul rând caracteristicile respective de rezistență la forfecare și la încovoiere perpendicular pe planul peretelui (a se vedea și comentariile C 4.1.1.3.1.(1).

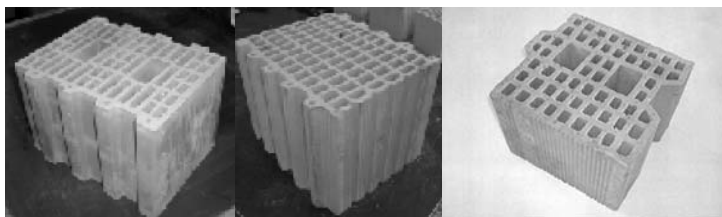


Figura C.11.Profilajia exterioră a diferitelor elemente cu îmbinare mecanică "nut&feder"

3.1.3. Proprietățile elementelor pentru zidărie

3.1.3.1. Proprietățile mecanice ale elementelor pentru zidărie

C.3.1.3.1.

Proprietățile de rezistență ale elementelor pentru zidărie, relevante pentru proiectarea construcțiilor din zidărie, sunt:

- A. Rezistența la compresiune;
- B. Rezistența la întindere axială;
- C. Rezistența la întindere din încovoiere;
- D. Rezistența la forfecare.

3.1.3.1.1. Rezistența la compresiune a elementelor pentru zidărie

C.3.1.3.1.1.

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 recent efectuat în Lituania asupra caracteristicilor mecanice și fizice ale cărămidilor 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] a încercat să cuantifice influențele negative și/sau pozitive care se datorează variabilității aleatoare a mai multor factori care intervin în procesul de fabricație.

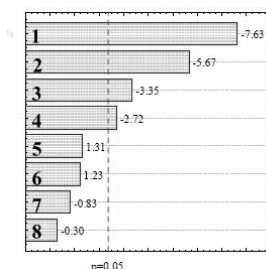


Figura C.12. Factori care influențează rezistența la compresiune a elementelor din argilă arsă
 [Kizinievič, V., Petrikaitis, F., Kizinievič, O., *Influence of Technological Factors on the Physical-Mechanical Properties of Clay Masonry Units* Materials Science (Medžiagotyra). Vol. 11, No. 1. 2005]

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. Argilă,
5. Grad de compactare,
6. Nivel de vacumare,
7. Eficiența amestecării,
8. Durată 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 compresiune.

Astfel în USA și Canada elementele ceramice se produc cu rezistențe la compresiune 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 România, în prezent, cea mai ridicată valoare a rezistenței la compresiune a elementelor din producția curentă este de 10 N/mm^2 ca urmare a deficiențelor care se manifestă pe tot lanțul tehnologic. Reamintim că **STAS 1031-56** prevedea mărci de cărămidă (rezistențe medii la compresiune) până la 200 daN/cm^2 (C200) adică 20 N/mm^2 . În perioada interbelică, în categoria 2-a erau încadrate cărămizile cu rezistența de 100 daN/cm^2 în timp ce cărămida dublu presată avea rezistența de rupere la compresiune între $250 \div 350 \text{ daN/cm}^2$ [Asquini, V. *Indicator tehnic în construcții* Ed. Cartea Românească, București, 1938]. Din aceste date rezultă că declinul calității producției interne de cărămizi în etapa actuală este evident. Consecințele directe ale acestei situații se vor regăsi în scăderea performanțelor așteptate ale clădirilor cu structura din zidărie și, probabil, și a clădirilor la care zidăria este folosită numai ca panou de umplutură la cadre.

C.3.1.3.1.1.(2).

Deoarece rezistențele la compresiune 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, și de dimensiunile probei, standardul **SR EN 771-1** definește noțiunea de "**rezistența la compresiune 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 compresiune standardizată astfel:

Rezistența la compresiune standardizată, f_b , este rezistența la compresiune a elementelor pentru zidărie transformată în rezistența la compresiune 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 *uscare în aer* sau *la un conținut de apă de 6%*: $\delta_{cond} = 1.00$;
 - condiționare prin *uscare 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. Valorile factorului de formă δ din tabelul **A.1** al standardului **SR EN 772-1** sunt reproduse în tabelul 3.1a din Cod.

Introducerea rezistenței **standardizate** prin factorul δ elimină limitările din reglementările anterioare din România (**STAS 10104-75**, (de exemplu) care erau valabile numai pentru zidării cu înălțimea rândului ≤ 150 mm și permite astfel ca prevederile codului **CR6-2006** 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.(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:

$$f_{bk} = f_{med}(1 - kv) \tag{C.7}$$

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.5**.

În tabelul **C.5** 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 cele mai multe reglementări). 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.5 pentru valoarea limită acceptată $v = 0.25$.

Tabelul C.5

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

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 zidăriilor 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).

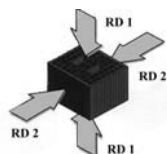


Figura C.13. Determinarea rezistenței la compresiune a elementelor pentru zidărie
RD 1 - perpendicular pe planul de așezare (**D1**) **RD 2** - în planul peretelui (**D2**)

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 folosi în România elemente 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 compressão*. 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 umplutură la cadre din beton armat.

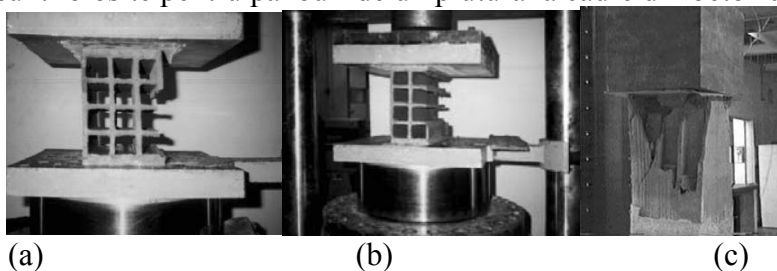


Figura C.14. Ruperea la compresiune a elementelor cu volum mare de goluri

[Pereira dos Santos, A.M. *Resistencia das alvenarias à compressão*. Licenciatura em Engenharia Civil, Universidade do Minho, 1998]

(a) (b) Compresiune perpendicular pe direcția golurilor (c) Compresiune paralel cu direcția golurilor

Valoarea minimă a rezistenței *standardizate* la compresiune pentru elemente din argilă arsă, stabilită prin **SR EN 771-1** este $f_b = 2.5 \text{ N/mm}^2$.

Deoarece în zone seismice este necesară utilizarea unor elemente cu rezistență la compresiune mai ridicată, Codul **P100-1/2006**, capitolul 8, prevede, pentru elementele din argilă arsă, valori minime superioare celor din standardul **SR EN 771-1**, după cum urmează:

- *pereți structurali (inclusiv panouri de umplutură care conlucrează cu cadrele din beton armat sau din oțel):*
 - *normal pe fața rostului orizontal: $f_b = 7,5 \text{ N/mm}^2$;*
 - *paralel cu fața rostului orizontal, în planul peretelui: $f_{bh} = 2,0 \text{ N/mm}^2$.*
- *pereți nestructurali (inclusiv panouri de umplutură care nu conlucrează cu cadrele):*
 - $f_b = 7,5 \text{ N/mm}^2$ - *pentru clădirile din clasele de importanță IV și III;*
 - $f_b = 5,0 \text{ N/mm}^2$ - *pentru clădirile din clasele de importanță II și I;*
 - f_{bh} *nu se limitează.*

Aceste valori se regăsesc și în **Anexa națională** la standardul **SR EN 1998-1**.

C.3.1.3.1.1.(7&8)

Prevederea de la (7) este conformă cu cerințele standardelor **SR EN 777-1 ÷ SR EN 771-6**. În lipsa acestei informații, executantul este obligat să efectueze încercări de control folosind procedeele specificate în standardele respective (a se vedea și comentariul **C1.1.(8)**). Certificatul de conformitate pentru materiale (elemente și mortar) trebuie să se găsească în documentele care atestă calitatea clădirii la terminarea acesteia (**Cartea construcției**).

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 zidărilor.

→ 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.

Se recomandă ca valoarea de proiectare a densității pentru calculul greutatei proprii să fie luată cu 20% mai mare decât densitatea aparentă în stare uscată comunicată de producător pentru a se ține seama de conținutul mediu de apă și, eventual, de greutatea armăturilor în cazul fâșiilor armate.

→ 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 *viteza 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 firma Hanson:

"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 se alege corespunzător mortarele. 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 mai ridicată 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 unei aderențe cât mai mari, considerăm 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-dezghet 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 coeficientul 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 din România (**STAS 457-86** și **STAS 5185/1-86**) 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.6 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.7 sunt date aceleași valori pentru cărămizile din beton conform standardului **ASTM C 55**.

Tabelul C.6.

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 pe 3 elemente	Pentru 1 element	Media pe 3 elemente	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.7.

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 pe 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.15b). 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.15(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.15(b) și C.15(c).

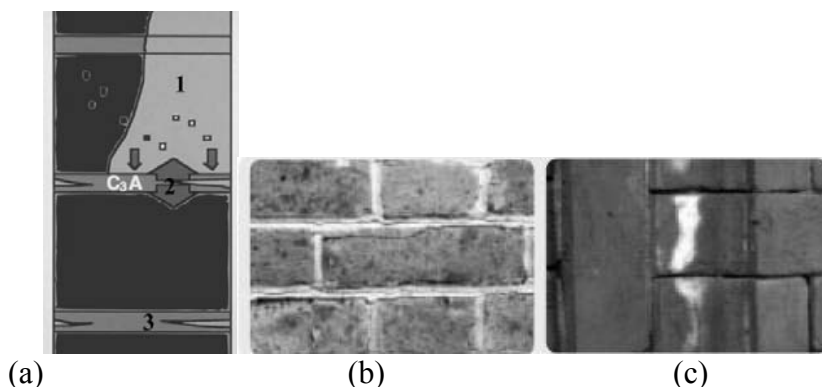


Figura C.15. Degradarea zidăriei din cauza sulfatilor solubili [5.5]
(a) Schema acțiunii chimice (b) (c) Aspectul zidăriei

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.8

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**.

3.2. Mortare

C.3.2.

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 deformări 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 zidăriilor aparente/netencuite).

Totodată, în mortarul dintre elemente se înglobează și se ancorează armăturile și, eventual, piesele de prindere (conectori, ancore).

3.2.1. Tipuri de mortare pentru zidărie

C.3.2.1 (1) Folosirea mortarelor pentru rosturi subțiri (**T**) și a mortarelor ușoare (**L**) nu este reglementată în prezent în România datorită lipsei informațiilor concludente/cu nivel ridicat de încredere, privind comportarea zidărilor respective la acțiuni dinamice ciclice (seismice) precum și datorită dificultăților practice de utilizare (fabricare și punere în operă).

3.2.2. Prevederi pentru mortare pentru zidărie

C.3.2.2.(2)

Conform *Anexei naționale* la standardul **SR EN 1996-1-1**, compozițiile de referință ale mortarelor de rețetă sunt date în tabelul C.9.

Tabelul C.9.

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
M10 c	1	2.5	---

Anexa națională nu face precizări referitoare la granulozitatea recomandată, la umiditatea nisipului și la eventualele adaosuri și aditivi, ceea ce lasă locul unor abateri cu efecte negative asupra proprietăților mortarelor. *Anexa națională* la standardul **SR EN 1998-1** prevede limitarea conținutului de aer inclus în funcție de seismicitatea amplasamentului (a se vedea și comentariile **C.3.2.3.3.(2 &3)**).

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.

3.2.3. Proprietățile mortarelor

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.

Din figura C.16 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 $10 \div 12 \text{ mm}$).

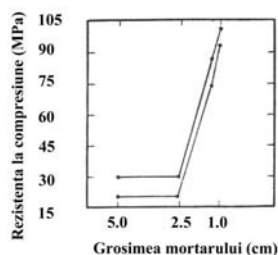


Figura C.16. Variația rezistenței la compresiune a mortarului în funcție de grosimea stratului
[Amrhein, J.E. *Reinforced Masonry Engineering Handbook*, Fifth Edition Updated, Masonry Institute of America, 1998]

- Capacitatea de reținere a apei împotriva tendinței de infiltrare în blocuri care, la rândul său, este funcție de tipul liantului.

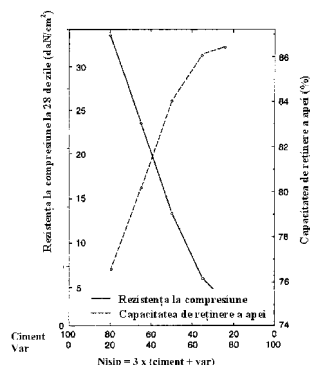


Figura C.17. Variația rezistenței la compresiune și a capacității de reținere a apei în funcție de dozajul mortarului
[Davison, J.I. *Masonry Mortar Canadian Building Digest 163*, National Research Council of Canada, Ottawa Ontario, 1974]

- Creșterea în timp a rezistenței la compresiune 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 compresiune a mortarului după un număr de zile "z" de la vârsta standard de 28 de zile (dar cel mult 90 de zile)

$$R_z = R_{28} \frac{a}{\frac{28}{z}(a-1)+1} \quad (C.8)$$

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.

Exemplu. 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:

$R_{60}/R_{28} \rightarrow +30\%$ și $R_{90}/R_{28} \rightarrow +40\%$.

Standardul **SR EN 998-2** definește mortarele în funcție de rezistența *medie* la compresiune exprimată prin litera **M** urmată de valoarea rezistenței la compresiune în N/mm^2 (de exemplu: notația **M5** înseamnă mortar cu rezistența *medie* la compresiune $f_m = 5 \text{ N/mm}^2$).

Standardul 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 compresiune declarată de producător mai mare de 25 N/mm^2 .

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 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 sunt, 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.

Reglementarea europeană adoptată 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 $40 \times 40 \times 160 \text{ mm}$. 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 a stratului de mortar și lățimea blocului (grosimea straturilor de mortar variază curent între $6 \div 15 \text{ mm}$ 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.3.2.2.(4)

În cazul zidărilor executate cu elemente din **BCA**, în multe țări se folosesc mortare pentru rosturi subțiri a căror utilizare nu este reglementată prin Codul **CR6-2006**. Aceste mortare sunt, de regulă, produse "de firmă" care fac parte dintr-un ansamblu/sistem de materiale și/sau procedee propuse de un anumit producător.

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 redistribuția 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**.

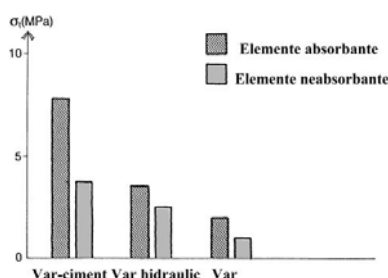


Figura C.18. Variația aderenței mortarelor în funcție de capacitatea de absorbție a elementului pe care este aplicat

[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.18 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.
- Condițiile 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.

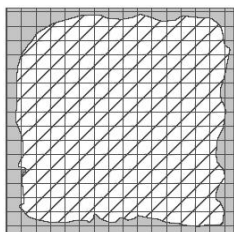
În practică, pentru realizarea unei aderențe cât mai bune, trebuie să se țină seama, simultan, de toți acești factori. De exemplu, în cazul elementelor pentru zidărie care au viteză inițială de absorbție a apei (**IRA**) mare, pentru asigurarea cantității de apă necesară pentru reacția chimică a lianților 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.

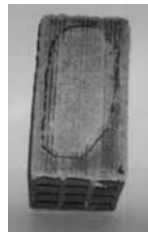
Forța de aderență, care se opune tendinței de separare a elementelor din masivul de zidărie, manifestată prin formarea fisurilor/crăpăturilor, depinde de doi factori:

- 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.



(a)



(b)

Figura C.19. 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) Fotografia unei cărămizi 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 [Pluijm van der, R., *Out-of-plane Bending of Masonry Behavior and Strength*, PhD Thesis, Eindhoven University of Technology, 1999] - a se vedea figura C.19b. Suprafața pe care se realizează efectiv aderența este mai mare dacă pierderea apei din mortar este limitată, așa cum se întâmplă în cazul zidăriilor realizate cu mortar cu capacitate de retenție a apei suficient de mare și cu elemente pentru zidărie cu rata inițială de absorbție mijlocie. Acestor 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 compresiune**, 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 compresiune 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 compresiune și aderență poate varia în limite foarte largi. Pentru dozele ridicate raportul valorilor respective este de $30 \div 40$ iar pentru mortarele slabe raportul este numai 5, așa cum rezultă din figura C.20.

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 opuse (creșterea uneia are implicații în descreșterea celeilalte):

- scăderea rezistenței la compresiune a mortarului;
- creșterea aderenței.

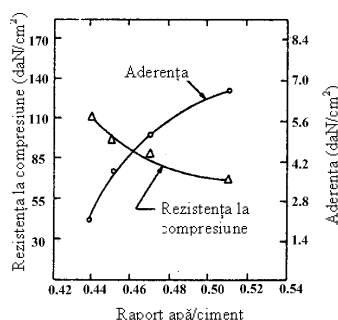


Figura C.20. Variația rezistenței la compresiune și a aderenței în funcție de raportul a/c
[Isberner, *A Properties of Masonry Cement Mortars* Designing, Engineering and Constructing with Masonry Products, F.Johnson, Ed., Gulf Publishing. Houston Tx.1969]

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 să menționăm 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.

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 USA, 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 face, în anumite limite, prin alegerea corespunzătoare a cimentului și/sau prin folosirea unor adaosuri speciale.

→ **Referitor la capacitatea de retenție a apei**

Capacitatea de retenție a 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 efectuează 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 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.(2)

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.

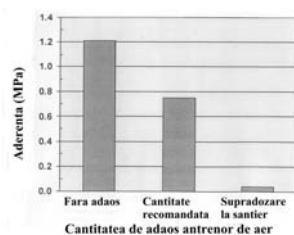


Figura C.21 Efectul cantității de adaos antrenor de aer asupra aderenței
[Clay Brick and Paver Institute, *Construction Guidelines for Clay Masonry*, Australia, 2001]

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.

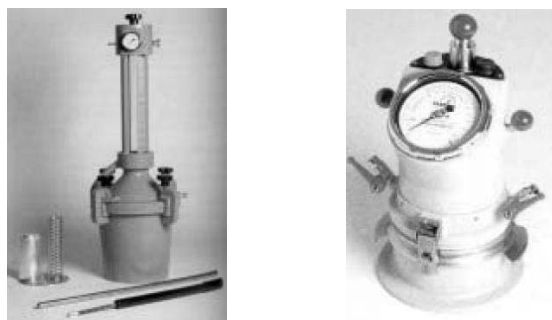


Figura C.22 Aparate pentru măsurarea conținutului de aer inclus

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 (mortar-betonului) nu este permisă folosirea aditivilor pentru evitarea înghețului.

Pentru acele proiecte în care zidăria rămâne aparentă, poate fi necesară prepararea mortarelor colorate.

Pentru România, 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).

C.3.2.3.3.(3)

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 intrarea în vigoare a standardelor europene (**BS EN**), standardul **BS 4721** a limitat conținutul de aer inclus la $7 \div 18\%$ adică, în medie, valoarea recomandată de încercări.

*Anexa națională la standardul **SR EN 1998-1** limitează cantitatea de aer inclus în mortar la cel mult 15% pentru zidăriile clădirilor situate în zonele seismice cu accelerația de proiectare $a_g \geq 0,24g$.*

Ținând seama de importanța realizării unei valori cât mai mari a aderenței mortarului la elemente, este necesar ca prin specificațiile proiectului să se solicite producătorului să comunice utilizatorului cantitatea de aer inclus în mortar.

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**.

3.3. Beton

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 reduse".

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 USA.

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).

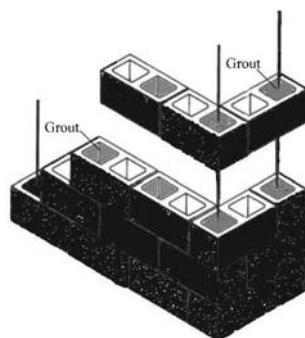


Figura C.23. Elemente pentru zidărie cu goluri mari umplute cu grout

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 USA, 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.10

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 $3 \div 15$ cm pentru betonul normal (în funcție de raportul apă/ciment), în cazul groutului *fin*, tasarea variază între $20 \div 25$ cm iar în cazul groutului *grosier* între $17 \div 20$ cm.

Valoarea mare a tasării groutului se datorează faptului că amestecul are un conținut ridicat de apă.

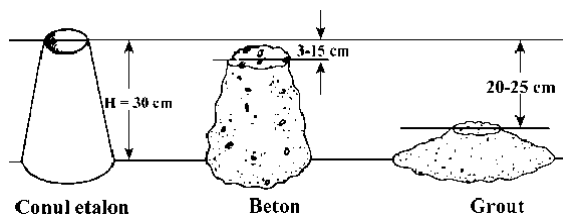


Figura C.24. Comparația tasării între beton și grout

[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** (polycarboxilați) 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 acestora 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 toarnă 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.

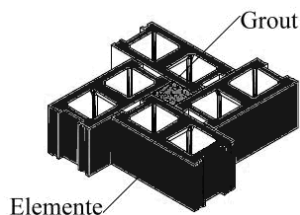


Figura C.25. Formarea epruvetelor pentru încercarea groutului la compresie

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 USA, 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 zidăriilor cu elemente din argilă arsă, standardul **ASTM C 476** recomandă rețetele din tabelul C.11.

Tabelul C.11

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 **ACI 530/ASCE 5/TMS 402** se face precizarea că rezistența la compresie 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÷40% rezistența specificată a zidăriei f_m' . De exemplu, pentru obținerea rezistenței specificate a zidăriei de $f_m' = 10$ N/mm², se recomandă folosirea groutului cu rezistență de circa 15 N/mm².

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 utilizării betonului pentru 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 zidărilor 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.26. Defect de turnare la stâlpișorii zidăriei confinate

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

C.3.3.3.(2).

Pentru rezistențele groutului a se vedea comentariul **C3.3.2 (3)**

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 impuse provenite din efecte termice sau din variația umidității.

În construcțiile din zidărie, oțelul este folosit pentru:

1. Armarea betonului/groutului de umplură (în cazul zidărilor 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 **STNB** pentru armarea stratului median al pereților din **ZIA** se face numai în condițiile precizate în reglementările specifice (analog cerințelor stabilite pentru folosirea plaselor **STNB** 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".

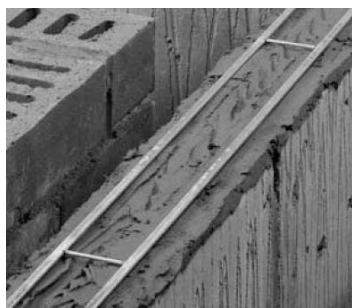
Cerințele tehnice pentru armăturile prefabricate pentru rosturile orizontale ale zidăriei sunt date în standardul **SR EN 845-3**.

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**. De asemenea este necesar să fie satisfăcute cerințele constructive, privitoare la ancorare și înădire date în Codul **CR6-2006**.

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



(a)



(b)

Figura C.27. Armături prefabricate pentru rosturi orizontale

- (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 tip **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 este utilizat 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 pentru armarea stratului median al pereților din ZIA se datorează lipsei de ductilitate a acestora. Prevederea este analoagă celei care se referă la utilizarea plaselor sudate pentru pereții structurali din beton armat.

3.5. Alte materiale pentru armarea zidăriei

C.3.5.(1)

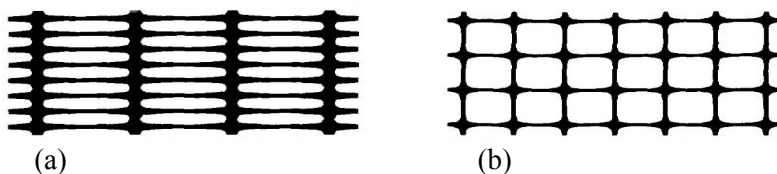


Figura C.28. Grile polimerice de înaltă densitate și rezistență

[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]

(a) Grile unidirecționale (b) Grile bidirecționale

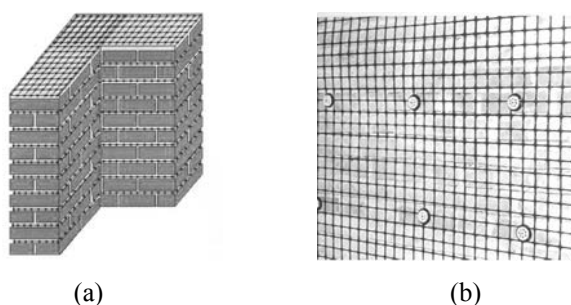


Figura C.29. Armarea zidăriei cu grile polimerice

[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]

(a) Inserția grilelor în rostul de așezare (b) Inserția grilelor în tencuială

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

4.1. Proprietățile mecanice ale zidăriei

4.1.1.1. Rezistența unitară caracteristică la compresiune a zidăriei

C.4.1.1.1.1.(2)

Relația (4.1) este preluată din standardul **SR EN 1996-1-1**

C.4.1.1.1.1.(3)

Valorile **K** din tabelul 4.1 sunt identice cu cele din standardul **SR EN 1996-1-1** cu excepția valorii pentru cărămizile ceramice pline pentru care în Codul **CR6-2006** s-a luat o valoare cu 10% mai mică. La intrarea în vigoare a standardului **SR EN 1996-1-1**, valorile rezistențelor caracteristice din tabelul 4.2a vor fi sporite în consecință.

C.4.1.1.1.1.(5)

Pentru ca datele furnizate de producător să fie comparabile cu cele determinate conform standardelor **SR EN**, este necesar ca acesta să comunice condițiile de măsurare astfel încât să poată fi determinată rezistența *standardizată* (factorii δ) și apoi rezistența de proiectare.

C.4.1.1.1.1.(6)

Condițiile de utilizare a relației (4.1) enumerate mai sus sunt identice cu cele date în standardul **SR EN 1996-1-1**.

Subliniem faptul că existența unui rost longitudinal, chiar parțial, impune reducerea cu 20% a rezistenței caracteristice determinată cu formula (4.1) din Cod. Această reducere este relevantă în special pentru pereții structurali cu grosime ≥ 240 mm executați cu cărămizi pline standard (cu lățimea de 115 mm) pentru care se vor folosi valorile din tabelul 4.2a corespunzătoare alcătuirii din figura 4.1b

C.4.1.1.1.1.(10)

Considerând valoarea minimă admisă de standardul **SR EN 1998-1** pentru rezistența la compresiune pe direcție paralelă cu rostul de așezare, $f_{bh} = 2.0 \text{ N/mm}^2$, din formula (4.11a) din Cod rezultă valorile minime ale rezistenței caracteristice a zidăriei la compresiune paralel cu rosturile orizontale (în N/mm^2) din tabelul C.12.

Tabelul C .12

Elemente	Rezistența mortarului		
	M5	M10	M20
Grupa 1	1.45	1.80	2.20
Grupa 2	0.60	0.75	0.90

4.1.1.1.2. Rezistența unitară de proiectare la compresiune a zidăriei**C.4.1.1.1.2.**

A se vedea comentariul **C 6.6.1.4.(1)**.

4.1.1.1.3. Coeficienții condițiilor de lucru pentru zidărie**C.4.1.1.1.3.**

În cazul spaletilor pereților structurali, condiția limită $A_z < 0.30 \text{ m}^2$ corespunde următoarelor situații:

- spalet cu grosimea $t = 24 \text{ cm}$, dacă lungimea este $< 1.20 \text{ m}$;
- spalet cu grosimea $t = 30 \text{ cm}$, dacă lungimea este $< 1.00 \text{ m}$;
- spalet cu grosimea $t = 37.5 \text{ cm}$, dacă lungimea este $< 0.80 \text{ m}$.

Se remarcă faptul că aceste lungimi ale spaletilor reprezintă valorile limită inferioară care sunt acceptate de Codul **CR6-2006**.

Coeficienții $m_{z,ULS}$ pentru mortarele care conțin numai ciment, date în *Anexa națională* la **SR EN 1996-1-1** (tabelul C.9), se vor aplica pentru calculul rezistenței de proiectare a zidăriei până la intrarea în vigoare a standardului menționat.

Exemplu.

Pentru zidăria cu elemente ceramice pline, în pereți structurali cu grosime $\geq 240 \text{ mm}$, cu rezistența $f_{med} = 10 \text{ N/mm}^2$ și mortar **M5**, rezistența caracteristică la compresiune dată în tabelul 4.2a-fig.4.1b este $f_k = 2.80 \text{ N/mm}^2$.

Dacă se consideră coeficientul pentru material $\gamma_M = 2.2$, rezistențele de proiectare la compresiune ale zidăriei sunt următoarele:

- pentru mortarul **M5c-v** $f_d = \frac{2.80}{2.2} = 1.27 \text{ N/mm}^2$
- pentru mortarul **M5c** $f_d = 0.85 \frac{2.80}{2.2} = 1.08 \text{ N/mm}^2$

4.1.1.2. Rezistența zidăriei la forfecare în rost orizontal**C.4.1.1.2.**

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 sollicitate 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), solicitați la încovoiere de forțe orizontale.

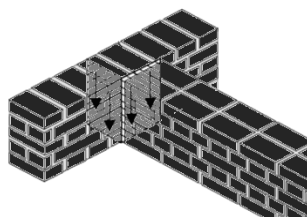


Figura C.30. Eforturi de forfecare în plan vertical la intersecția inimii cu talpa în pereți cu forme compuse (L, I, T)



Figura C.31. 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.

4.1.1.2.1. Rezistența unitară caracteristică a zidăriei la forfecare în rost orizontal

C.4.1.1.2.1.

În prezent, practic toate reglementările tehnice naționale acceptă ca rezistența *caracteristică* la rupere prin lunecare în rost orizontal să fie calculată cu relația

$$f_{vk} = f_{vko} + k \sigma_0 \quad (C.9)$$

unde:

- f_{vko} este valoarea caracteristică a rezistenței inițiale la forfecare, sub efort de compresiune egal cu zero;
- σ_0 este valoarea efortului unitar de compresiune normal pe rostul orizontal.

Valoarea rezistenței la forfecare în rostul orizontal în absența forței de compresiune (f_{vko}) depinde, în primul rând, de aderența mortarului la elementele pentru zidărie care, la rândul ei,

este, așa cum s-a arătat, funcție de un număr mare de factori dintre care reamintim pe cei mai importanți:

- tipul/materialul elementului pentru zidărie;
- natura suprafeței elementului pentru zidărie;
- caracteristicile mortarului;
- condițiile de umiditate;
- condițiile de întărire.

În cazul elementelor pentru zidărie cu perforații verticale care se încadrează în grupa 2, valoarea rezistenței inițiale la forfecare este, de multe ori, mai mare decât cea care se înregistrează pentru elementele pline datorită dopurilor de mortar care pătrund în goluri. Deoarece formarea acestor dopuri, ca și rezistența efectivă a acestora, este total aleatoare, s-a considerat că nu este oportun să se țină seama în calcul de această rezervă de rezistență.

Formula (C.9) este particularizată în mod diferit, astfel încât, în reglementările internaționale și naționale, valorile f_{vk0} și k au limite foarte largi de variație:

- $f_{vk0} = 0.1 \div 1.5 \text{ N/mm}^2$
- $k = 0.3 \div 1.2$.

C.4.1.1.2.1.(1)

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;
- 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]

Încercările din ambele categorii pot fi realizate atât în laborator cât și in-situ.

Procedeul 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 $h_u \leq 200 \text{ mm}$);
- două elemente (engl. **doublets**) legate între ele printr-un singur rost de mortar (pentru elemente cu înălțimea $h_u > 200 \text{ mm}$).

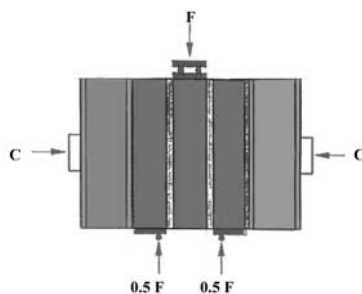


Figura C.32. Schema dispozitivului de încercare la rupere prin forfecare cu trei elemente și efort normal de compresiune (C) conform standardului **SR EN 1052-3**

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.13).

Tabelul C.13

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.33.

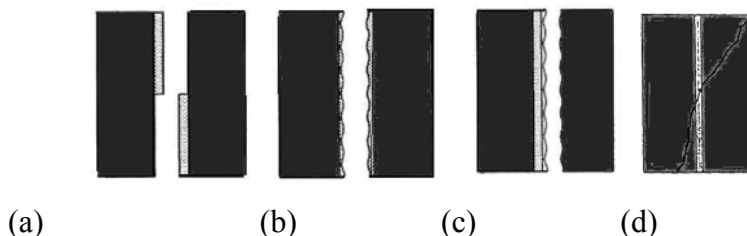


Figura C.33. Tipuri de rupere la forfecare

Cele patru situații de rupere din figura C.33 sunt următoarele:

- 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).
- Rupere prin forfecare în rostul de mortar;
- Rupere prin forfecare în element ;
- 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).

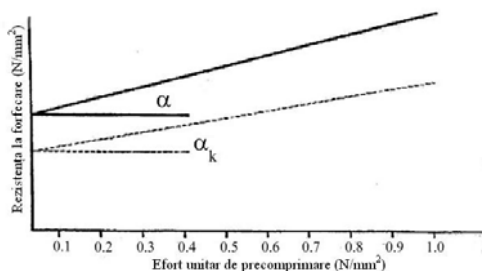


Figura C.34. Determinarea rezistenței la forfecare

Valorile caracteristice se determină cu relațiile:

- rezistența caracteristică inițială la forfecare: $f_{vk0} = 0.8 f_{v0}$;
- unghiul caracteristic de frecare internă: $\tan \alpha_k = \tan 0.8\alpha$.

Determinarea rezistenței inițiale la forfecare (f_{vk0}) se poate face și direct, în absența forței de precomprimare, pe schema din figura C.35.

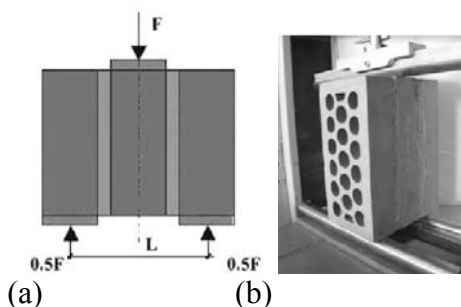


Figura C.35. Determinarea rezistenței inițiale la forfecare fără efort de compresiune.

(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.Loureço & 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.4.1.1.2.1 (3).

Relațiile (4.3a÷c) utilizate în Codul **CR6-2006** corespund unei ediții mai vechi a standardului **SR EN 1996-1-1**.

Ediția curentă a acestui standard care va fi utilizată în România prevede următoarele relații de calcul pentru cazul în care rosturile verticale pot fi considerate umplute conform prevederilor articolului 8.1.5 din **SR EN 1996-1-1**.

Rezistența caracteristică la forfecare a zidăriei, f_{vk} , se calculează cu relația:

$$f_{vk} = f_{vk0} + 0.4 \sigma_d \quad (C.10)$$

având în vedere următoarele limitări:

$$i) \quad f_{vk} \leq 0.065 f_b \quad (C.10a)$$

sau

$$ii) \quad f_{vk} \leq f_{vlt} \quad (C.10b)$$

în care:

- f_{vk0} este rezistența caracteristică inițială la forfecare (sub efort unitar de compresiune nul);
- f_{vlt} este o limită superioară a valorii f_{vk} care se stabilește prin *Anexa națională* a fiecărei țări;
- σ_d este valoarea de proiectare a efortului unitar de compresiune perpendicular pe direcția forței tăietoare în element la nivelul considerat, determinat din gruparea de încărcări adecvată; acest efort este efortul unitar vertical mediu care se exercită pe zona comprimată a peretelui care asigură rezistența la forță tăietoare;
- f_b este rezistența medie standardizată la compresiune a elementelor pentru zidărie, pentru direcția de aplicare a încărcării pe probele încercate perpendiculară pe rosturile de așezare.

Standardul permite alegerea de către fiecare țară a limitării superioare a valorii f_{vk} .

Prin **Anexa națională** la standardul **SR EN 1996-1-1** s-a stabilit alegerea variantei i), adică

"limitarea rezistenței caracteristice la forfecare a zidăriei la valoarea $f_{vk} \leq 0.065 f_b$ ".

În cazul în care rezistența caracteristică inițială la forfecare a zidăriei, f_{vk0} , nu este determinată prin încercări conform standardelor **SR EN 1052-3** sau **SR EN 1052-4**, valoarea respectivă poate fi luată din tabelul C.14.

Tabelul C.14

Elemente pentru zidărie	f_{vk0} (N/mm ²)			Mortar ușor
	Mortar pentru utilizare generală de clasa de rezistență dată		Mortar pentru rosturi subțiri ^(*)	
Argilă arsă	M10 - M20	0,30	0,30	0.15
	M2,5 - M9	0,20		
	M1 - M2	0,10		
Silico-calcare	M10 - M20	0,20	0,40	0.15
	M2,5 - M9	0,15		
	M1 - M2	0,10		
Beton din agregate	M10 - M20	0,20	0.30	0.15
Beton celular autoclavizat	M2,5 - M9	0,15		
Piatră artificială și naturală prelucrată	M1 - M2	0,10		

^(*)rost orizontal $\geq 0,5$ mm și ≤ 3 mm

Notă. O variantă mai veche a Eurocodului **EN 1996-1-1** stabilea că, pentru dimensionare, nu se pot folosi valori f_{vk} superioare următoarelor limite:

- elemente din grupa 1 (din argilă sau din alte materiale):
 - cu M10÷M20 : $f_{vk,lim} = 1.7$ N/mm²;
 - cu M2.5÷M5 : $f_{vk,lim} = 1.5$ N/mm²;
- elemente din grupa 2 (din argilă sau din alte materiale):
 - cu M10÷M20 : $f_{vk,lim} = 1.4$ N/mm²;
 - cu M2.5÷M5 : $f_{vk,lim} = 1.2$ N/mm².

Deși în ultima redactare a Eurocodului **EN 1996-1-1** (care a fost preluată și în standardul **SR EN 1996-1-1**) această prevedere a fost eliminată, respectarea acesteia rămâne recomandabilă, ca regulă de bună practică, mai ales pentru clădiri situate în zone seismice cu accelerația de proiectare ridicată – orientativ $a_g \geq 0.20g$, ținând seama și de degradarea probabilă a aderenței semnalată de **FEMA 306**.

C.4.1.1.2.1 (5).

Prevederea din acest articol are în vedere rezultatele unor încercări efectuate asupra zidăriilor cu elemente cu pereți subțiri care nu confirmă rezultatele care se obțin cu formulele din standardul **SR EN 1996-1-1** și prin urmare nici cu cele din Codul **CR6-2006**.

Lucrarea [Tomazevic, M., Lutman, M., Petkovic, L. *Preliminary research in seismic behaviour of reinforced masonry walls built with aseismic units* Research report ZAG, 1996, Ljubljana] comunică rezultatele încercărilor efectuate cu elementele prezentate în figura C.36.

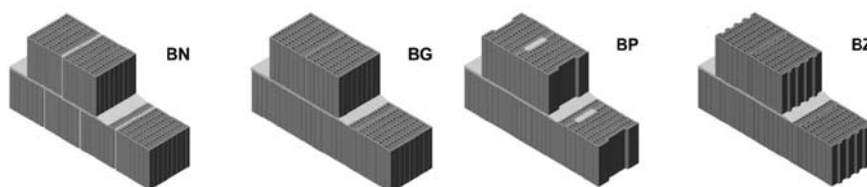


Figura C.36. Elemente cu pereți subțiri pentru zidărie în zone seismice

În tabelul C.15 sunt date principalele rezultate ale încercărilor care permit să se constate că valorile experimentale ale rezistenței la forfecare (f^{exp}) sunt mult inferioare valorilor care rezultă din aplicarea relațiilor din standardul **SR EN 1996-1-1**, notate f^{EC6} .

Tabelul C.15

Seria elementelor	$f^{exp} (N/mm^2)$	$f^{EC6} (N/mm^2)$	Raport f^{exp}/f^{EC6}
BN	0.39	0.65	0.60
BG	0.38	0.45	0.84
BP	0.43	0.65	0.66
BZ	0.39	0.65	0.60

Prin urmare, extinderea domeniului de aplicare a relațiilor de calcul din standardul **SR EN 1996-1-1** (care au stat la baza celor din Codul **CR6-2006**) pentru elementele cu pereți subțiri poate conduce la subdimensionări periculoase, atât în ceea ce privește rezistența la forțe orizontale cât și în ceea ce privește mărimea deformațiilor laterale deoarece și valorile modului de elasticitate transversal (G) calculate cu formula din standardul **SR EN 1996-1-1** rezultă a fi supraevaluate (a se vedea și comentariul **4.1.2.2.2**).

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

C.4.1.1.3.

Rezistența zidăriei la încovoiere intervine, în principal, la dimensionarea și/sau la verificarea pereților solicitați de încărcări aplicate normal pe planul lor.

Aceste situații de proiectare pot proveni din:

- încărcări permanente - împingerea pământului, în cazul pereților de subsol;
- încărcări de exploatare - greutatea mobilierului suspendat pe perete sau împingerea oamenilor în încăperile aglomerate;
- încărcări accidentale - vânt- sau excepționale - cutremurul.

Sub efectul încărcărilor perpendiculare pe planul lor, pereții de zidărie se deformează căpătând forma unei suprafețe cilindrice sau cu dublă curbă.

Pereții care sunt rezemați numai la partea inferioară și la cea superioară și sunt liberi pe cele două laturi verticale se deformează în plan vertical după o suprafață cilindrică. Încovoierea în plan vertical sub acțiunea forțelor perpendiculare pe plan conduce la eforturi normale de întindere care acționează perpendicular pe rosturile orizontale. Rezistența zidăriei la această solicitare este dată de cea mai mică dintre valorile:

- rezistența la întindere a mortarului;
- aderența mortarului la elemente (pentru eforturi unitare normale).

În cazul pereților rezemați pe trei sau pe patru laturi forma deformată este o suprafață cu dublă curbă (se produce încovoiere atât în plan vertical cât și în plan orizontal). Încovoierea în plan vertical produce eforturi de întindere în rosturile de așezare - orizontale (figura 4.2a). Încovoierea în plan orizontal produce eforturi de întindere care se dezvoltă atât

în elementele de zidărie cât și în rosturile verticale (figura 4.2b). În această situație traseul liniilor de rupere ale peretelui poate avea două configurații diferite:

- Ruperea se produce pe un plan vertical care trece atât prin elementele de zidărie cât și prin rosturile verticale. Rezistența peretelui depinde de rezistența rosturilor verticale și de rezistența la încovoiere a elementelor;
- Rupererea se produce numai prin rosturile verticale și orizontale fără a afecta elementele de zidărie. Rezistența peretelui depinde în acest caz de rezistența mortarului din rosturi care este supus unei stări complexe de eforturi: rosturile verticale cedează prin eforturi de întindere din încovoiere iar cele orizontale prin eforturi tangențiale provocate de tendința de rotire în plan a elementelor pentru zidărie.

Rezistența la încovoiere a zidăriei este, și în acest caz, influențată de mai mulți factori:

- rezistența la încovoiere a elementelor pentru zidărie;
- rezistența la întindere (aderența) mortarului din rosturile verticale;
- raportul de țesere a zidăriei;
- calitatea execuției (umplerea corectă/completă a rosturilor verticale).

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

C.4.1.1.3.1.(1)

Corespunzător celor două moduri de rupere, rezistențele caracteristice la încovoiere ale zidăriei, f_{xk1} și f_{xk2} , trebuie să fie determinate din rezultatele încercărilor pe zidărie executate conform standardului **SR EN 1052-2**, pentru un anumit proiect, sau pot fi cele disponibile într-o bază de date recunoscută.

Conform standardului **SR EN 1052-2**, rezistența zidăriei la încovoiere perpendicular pe planul său se determină prin încercări pe epruvete de mici dimensiuni încărcate, până la rupere, cu forțe aplicate ca în figura C.38.

Prin încercarea pe schema (a) se determină valoarea rezistenței unitare perpendicular pe rostul de așezare (f_{x1}) iar prin încercarea pe schema (b) se determină valoarea rezistenței unitare paralel cu rostul de așezare (f_{x2}).

Dimensiunile și alcătuirea epruvetelor și pozițiile reazemelor (**R**) și ale forțelor exterioare (**F**) sunt stabilite prin standard.

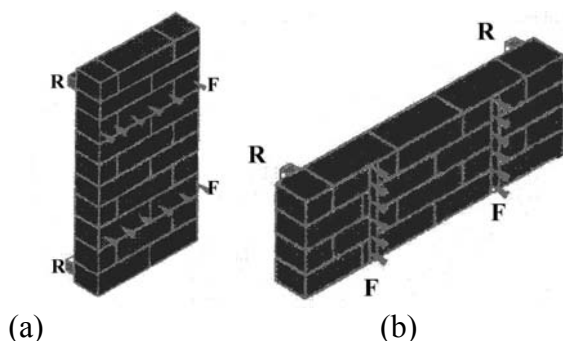


Figura C.37. Scheme de încărcare pentru determinarea rezistenței la încovoiere a zidăriei conform standardului **SR EN 1052-2**

(a) Încovoiere în plan vertical (b) Încovoiere în plan orizontal

Pe aceste scheme ruperea trebuie să se producă între liniile de rezemare.

Efortul unitar pentru fiecare probă (în N/mm²) se determină cu relația

$$f_{xi} = \frac{3F_{i,max}(l_1 - l_2)}{2bt_u^2} \quad (C.11)$$

în care:

- l_1 este distanța între liniile de rezeme (R - R);
- l_2 este distanța între liniile pe care se aplică forțele (F - F);
- b este înălțimea sau lățimea probei perpendicular pe deschiderea între liniile de rezemare;
- t_u este grosimea elementului pentru zidărie.

Rezistența caracteristică la încovoiere se stabilește cu unul dintre următoarele procedee:

- Dacă numărul probelor este cinci, se ia $f_{xk} = \frac{f_{med}}{1.5}$;
- Dacă numărul probelor ($f_{x1} \div f_{xn}$) este mai mare de cinci, se procedează astfel:
 - se calculează valorile $y_i = \log_{10} f_{xi}$;
 - se calculează $y_{med} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$;
 - se calculează valoarea de referință $y_c = y_{med} - k.s$

unde

- s este abaterea standard a valorilor y_i ;
- k este un parametru funcție de numărul probelor;
- n este numărul probelor.

Tabelul C.16

n	6	7	8	9	10
k	2.18	2.08	2.01	1.96	1.92

Rezistența caracteristică la încovoiere (în N/mm²) se obține din relația:

$$f_{xk} = 10^{y_c} \quad (C.12)$$

C.4.1.1.3.1.(2)

Comparativ cu prevederile **CR6-2006**, standardul **SR EN 1996-1-1** stabilește valori mult mai mici pentru rezistențele f_{xk1} și f_{xk2} dar prevede posibilitatea de a fixa prin **Anexa națională** valorile care se utilizează în fiecare țară. Constatări similare au fost făcute și de specialiștii din alte țări (Irlanda de exemplu). În baza acestei prevederi, în **Anexa națională** la standardul **SR EN 1996-1-1** au fost stabilite valori concordante cu practica din România și, în particular, cu reglementările anterioare (**STAS 10104**) și sunt identice cu cele din Codul **CR6-2006**, tabelul 4.5.

C.4.1.1.3.2.(2)

Datorită numeroșilor factori care generează anizotropia zidăriei, raportul rezistențelor la încovoiere $R = f_{x2} / f_{x1}$ variază în limite deosebit de largi. Astfel pentru zidăria cu elemente din argilă arsă, în lucrările [Baker, L.R. *The Lateral Strength of Brickwork- An Overview* Proceedings of the Sixth International Symposium on Loadbearing Brickwork, London, 1977] și [Lawrence, S. *Flexural Strength of Brickwork Normal to and Parallel to the Bed Joints*, Journal of The Australian Ceramic Society, Vol.11 may 1975] se indică valori $R = 1.5 \div 8.0$. Justificarea acestor rezultate divergente constă, mai ales,

în existența a două scheme de rupere în cazul încovoierii cu plan de rupere perpendicular pe rosturile de așezare: ruperea numai prin rosturi în zig-zag, pe un traseu mai lung, sau ruperea prin rosturile verticale și elemente.

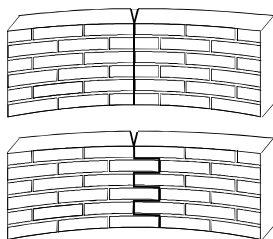


Figura C.38 Scheme posibile de rupere la încovoiere cu plan de rupere perpendicular pe rosturile de așezare

Așa cum se arată în lucrarea [Drysdale, R.G., Hamid, A.A., Baker, L.R. *Masonry Structures. Behavior and Design* Printice Hall, 1994] variația raportului R depinde de mai mulți factori care influențează, în special, în valoarea rezistenței f_{x2} :

- Rezistența elementelor pentru zidărie în raport cu rezistența de aderență a mortarului;
- Procentul de goluri al elementelor pentru zidărie;
- Valoarea eforturilor unitare verticale de compresiune;
- Raportul dimensiunilor elementelor pentru zidărie (lungime/înălțime), în special în cazul cărămizilor pline.

În condițiile în care, în prezent, pentru execuția zidăriei sunt disponibile diverse tipuri de elemente care diferă, între altele, prin raportul lungime/înălțime, evaluarea influenței acestui factor capătă o importanță majoră pentru calculul cât mai exact al rezistenței pereților solicitați de încărcări perpendiculare pe plan.

Graficul din figura C.39 ilustrează acest efect important și, prin aceasta, atrage atenția asupra necesității continuării cercetărilor asupra acestui subiect [Hamid, A.A., *Effect of Aspect ratio of the Unit on Flexural Strength of Brick Masonry* Journal of Masonry Society, vol.1. no.1 1981].

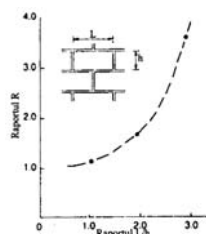


Figura C.39. Variația raportului $R = f_{x2}/f_{x1}$ în funcție de raportul dimensiunilor elementelor pentru zidărie

În cazul în care zidăria este supusă simultan la încovoiere pe ambele direcții, rezultă o capacitate de rezistență superioară celei determinate pentru încovoierea într-o singură direcție (vertical/orizontal). În proiectarea curentă efectul favorabil al acestei interacțiuni este neglijat. În lucrarea [Baker, L.R. *A Failure Criterion for Brickwork in Biaxial Bending* Proceedings of the Fifth International Brick Masonry Conference, Washington 1979], se propune, pe baza rezultatelor din încercări, o relație parabolică pentru descrierea condițiilor de rupere sub efectul încovoierii pe două direcții.

$$\left(\frac{\sigma_{x1}}{f_{r,x1}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{x2}}{f_{r,x2}} \right)^2 = 1 \quad (C.13)$$

unde:

- σ_{x1} și σ_{x2} sunt eforturile unitare de întindere în zidărie;
- $f_{r,x1}$ și $f_{r,x2}$ sunt rezistențele de rupere la întindere pe cele două direcții.

Aceeași lucrare arată că eforturile verticale de compresiune sporesc capacitatea de rezistență atât vertical cât și orizontal. Standardul **SR EN 1996-1-1** și standardul australian **AS 3700** iau în considerare această contribuție.

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 (σ) și deformația specifică axială (ϵ) asociată.

Relația σ - 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 ruperii: fragil sau ductil;
- energia de rupere;
- modulii de elasticitate.

4.1.2.1. Relația efort unitar – deformație specifică (σ - ϵ)

C.4.1.2.1.

Alura curbelor caracteristice 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 σ - ε pentru zidăria cu elemente din argilă arsă prin încercările la compresiune desfășurate conform standardului **SR EN 1052-1**.

Pentru zidăria cu elementele pline, curba σ - ε are o formă apropiată de cea a betonului simplu. Pe baza unui număr mare de încercări în lucrările [Vermeltoort, A. *Compression properties of masonry and its components* Proc. 10th Int. Brick and Block Masonry Conf. Calgary, Canada 1994 Vermeltoort, A.T., *Brick-mortar interaction in masonry under compression*, Doctoral Thesis, Technische Univeristeit Eindhoven, 2005] s-a trasat curba generalizată σ - ε din figura C.41.

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.

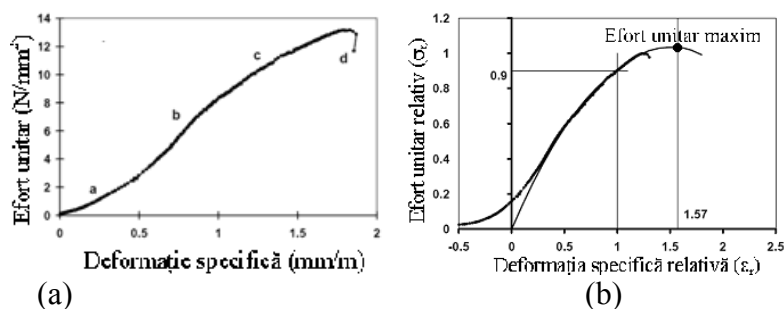


Figura C.40. Curba experimentală σ - ε pentru zidărie
(a) Reprezentarea datelor experimentale (b) Curba σ - ε cu valori relative

În figura C.40(b) s-a notat

- efortul unitar relativ $\sigma_r = \frac{\sigma}{\sigma_{\max}}$
- deformația specifică relativă $\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_{90}}$

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. Maggio 1999], comandate de firma producătoare, s-au făcut pe fragmente de perete cu dimensiunile 100 x 100 x 30 cm zidite cu blocuri tip A62/45 -ZS cu fețe netede. S-a folosit mortar preambalat cu rezistența la compresiune, pe probele efectuate în cadrul cercetării, de 21 ÷ 27 N/mm² și rezistența la încovoiere de 3.4 ÷ 6.1 N/mm².

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)

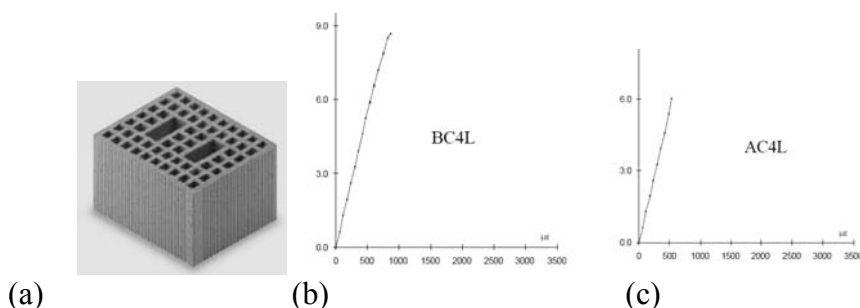


Figura C.41. Încercarea la compresiune a zidăriei cu acest tip de elemente

(a) Elementele încercate (b) Diagrama σ - ϵ pentru elemente preumezite (c) Diagrama σ - ϵ pentru elemente uscate. Unități: eforturi unitare N/mm², deformații specifice $\mu=10^{-3}$.

Rezultatele obținute, referitoare la comportarea la compresiune 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 compresiune 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* SISMICA 2004 - 6^o 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.

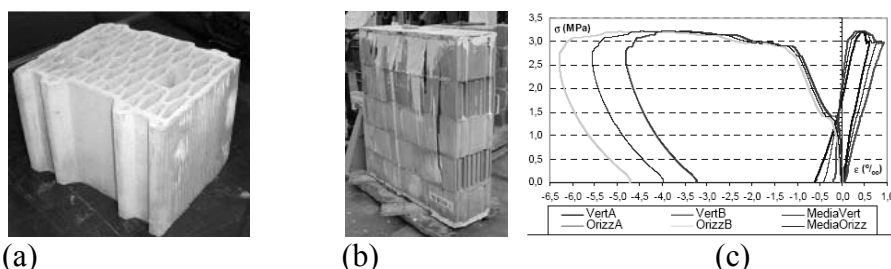
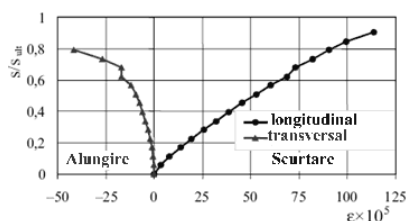


Figura C.42. Comportarea la compresiune centrică a zidăriilor cu elemente cu pereți subțiri și rosturi verticale neumplute încercată la Universitatea din Padova

(a) Elementul pentru zidărie (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.43 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.43. Diagrame σ - ε pentru panouri de pereți din elemente cu goluri

4.1.2.2. Modulul de elasticitate al zidăriei

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 modulului 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 modulului de elasticitate longitudinal la compresie al zidăriei.

Tabelul C.17 sintetizează câteva opțiuni ale reglementărilor tehnice privind valorile σ_{inf} și σ_{sup} (limitele domeniului în care se calculează modulul de elasticitate secant).

Tabelul C.17

Reglementarea	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 compresie a zidăriei
UIC	$0.1 \sigma_r$	$0.5 \sigma_r$	σ_r efort unitar de rupere
USA	$0.05 f'_m$	$0.33 f'_m$	f'_m rezistența specificată la compresie
Italia (1987)	$0.1 f_k$	$0.4 f_k$	f_k rezistența caracteristică la compresie

Datorită împrăstierii mari a valorilor modulului de elasticitate al zidăriei, unii autori [Drysdale, R.G., Hamid, A.A., Baker, L.R. *Masonry Structures. Behavior and Design* Printice Hall, 1994], recomandă ca un calcul mai exact să fie făcut cu cel puțin două valori ale modulului 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 modulului 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 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 (4.53b) 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 a ține seama de greutatea proprie a zidăriei "w", Thomas Holme 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%. Menționăm 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 (produse în Australia)

zidite cu mortar 1:1:6 (ciment:var:nisip) au arătat valori ale modului de elasticitate între limitele $E_z = (360 \div 780) R_{pr}$, în care R_{pr} este valoarea maximă a rezistenței prisme.

În încercările citate în [Zarri, F. *Parametri di resistenza e di deformabilita meccanica di murature in laterizio* - Documentația firmei *Alveolter*] modulul de elasticitate secant măsurat între $(0.1 \div 0.4) f_m$ s-a încadrat în apropierea valorilor recomandate de standardul **SR EN 1996-1-1** și anume $E_z = (1000 \div 1100) f_k$.

În USA s-au desfășurat cercetări extinse pentru analiza parametrilor care influențează valoarea modului 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 **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 modului longitudinal de elasticitate în funcție de rezistența la compresiune a prismelor (figura C.44).

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 [Drysdale, R.G., Hamid, A.A., Baker, L.R. *Masonry Structures. Behavior and Design* Printice Hall, 1994] unde este dată limita inferioară egală cu $E_m \approx 210 f_m$.

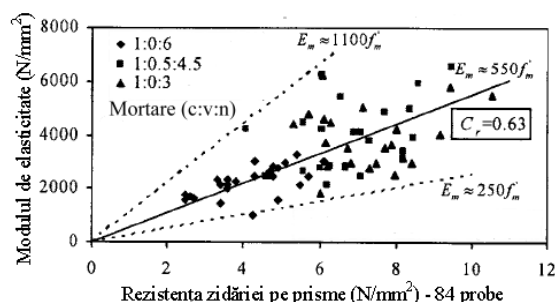


Figura C.44. Domeniul de variație al modului de elasticitate pentru diferite tipuri de mortar

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.

C.4.1.2.2.1(7)

Modulul de elasticitate de lungă durată ($E_{long \text{ term}}$) este definit de standardul **SR EN 1996-1-1**, pe baza modului de scurtă durată, prin relația

$$E_{long \text{ term}} = \frac{E}{1 + \Phi_{\infty}} \quad (C.16)$$

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 Codul **CR6-2006** sunt preluate din standardul **SR EN 1996-1-1**.

4.1.2.2.2. Modulul de elasticitate transversal

C.4.1.2.2.2.

Ca și în cazul modulului de elasticitate longitudinal, nici pentru stabilirea modulului de elasticitate transversal al zidăriei nu există o definiție și/sau o metodă unitară de calcul.

Valorile de calcul se găsesc 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 modulului 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)

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (C.17)$$

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 compresiune, reglementată prin standardul **SR EN 1052-3** - test A în figura C.45, fie prin încercare la compresiune pe diagonală, statică sau ciclică, reglementată în USA prin standardul **ASTM C 1391** - test B în figura C.45.

Diversitatea procedeele de testare folosite de diferiți autori este prezentată în figura C45 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].

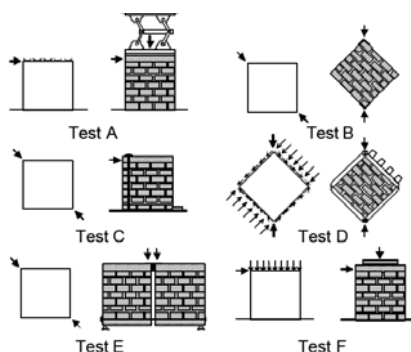


Figura C45. Scheme de încărcare pentru determinarea modulului de elasticitate transversal

Principalele concluzii ale acestei cercetări sunt următoarele:

- relația $G = 0.4 E$ este confirmată dacă încărcarea verticală (de compresiune) este dominantă;
- pentru zidăriile executate cu mortare rigide testul de compresiune pe diagonală este cel mai indicat pentru determinarea rigidității zidăriei; acest test nu este recomandabil pentru determinarea rezistenței și rigidității zidăriilor armate.

În cazul zidărilor 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. *In-plane seismic response of brick masonry walls* Earthquake Engineering and Structural Dynamics, no. 26, 1997]. 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, solicitați 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* 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 sunt aplicabile tuturor categoriilor de elemente pentru zidărie și mai ales elementelor cu pereți subțiri.

Tabelul C.18

Seria elementelor	G^{exp} (MPa)	G^{EC6} (MPa)	G^{exp}/G^{EC6}
BN	330	1464	0.22
BG	354	1464	0.24
BP	320	1464	0.22
BZ	367	1464	0.25

4.3. Durabilitatea zidăriei

C.4.3.

Introducerea în Codul **CR6-2006** 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 deja în vigoare în România (de exemplu standardele **SR EN 845** și **SR EN 846**) și din standardele **SR EN 1996-1-1** și **SR EN 1996-2**. Ca atare, cunoașterea, înțelegerea și aplicarea practică a prevederilor din Codul **CR6-2006** vor facilita utilizarea standardelor **SR EN 1996** atunci când acestea vor deveni obligatorii.

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.

4.3.1. Generalități

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 factorii pot fi grupați în două mari categorii:

- factori inițiali (manifestarea efectelor lor se 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 exploatarei:
 - factori fizici: acțiunea apei, fenomene de îngheț/dezghet, 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 exploatarei:

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

4.3.2. Clasificarea condițiilor de mediu înconjurător

C.4.3.2.

Referitor la efectele asupra durabilității clădirilor din zidărie, standardul **SR EN 1996-2** definește două categorii de condiții de mediu natural:

Macrocondiții: 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.

Microcondiții: 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.

Macrocondițiile care se iau în considerare pentru 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/dezghet;
- 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 macrocondițiilor asupra microcondițiilor trebuie luat în considerare atunci când se determină umezirea zidăriei și expunerea acestora la cicluri de îngheț/dezghet.

4.3.2.1. Condiții de microclimat de expunere

C.4.3.2.1. (1&2)

Standardul **SR EN 1996-2**, anexa A, ilustrează localizarea situațiilor de expunere pentru principalele elemente de construcție din clădirile curente.

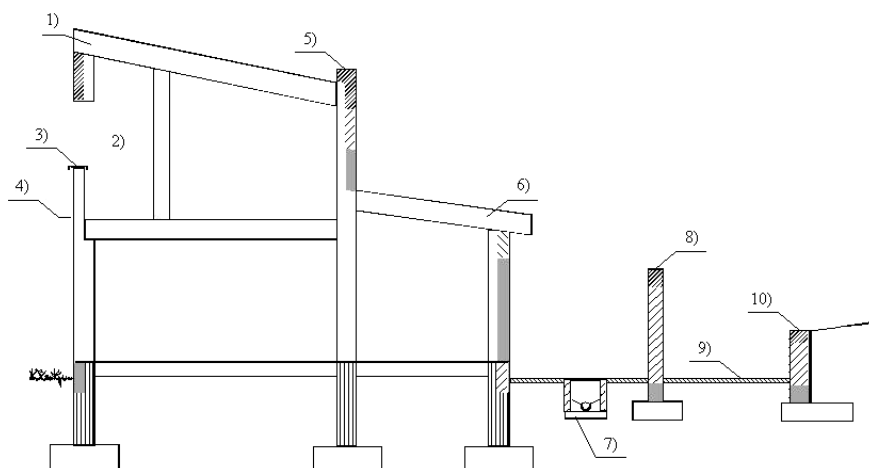


Figura C.46 Expunerea zidăriei la acțiuni din mediul natural conform standardului **SR EN 1996-2**

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.48



Figura C.47. 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.

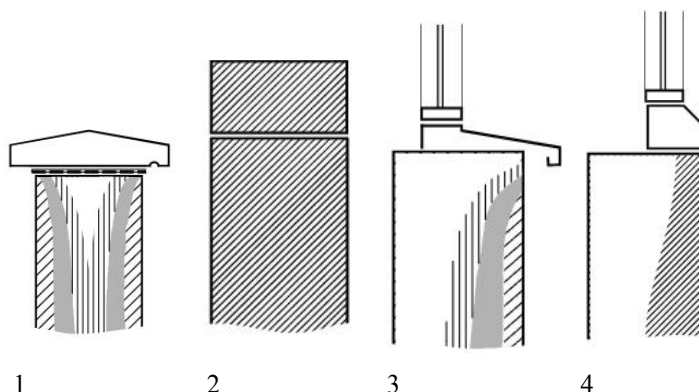


Figura C.48. Efectul detaliilor de execuție asupra expunerii relative la umiditate conform standardului **SR EN 1996-2**

- 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 exemplificarea 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 sulfat 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 sulfat 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 parapetei, 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 sulfat 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 sulfat 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 împrăștie 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 sulfat;

- 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)**

4.3.3. Durabilitatea componentelor zidăriei

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:

- Gelivitate,
- Conținutul de săruri solubile.

Aceste proprietăți trebuie 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-dezghet 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-dezghet, la distrugerea elementelor.



Figura C.49. Zidărie cu elemente **GVP** după 15 ani de expunere la îngheț/dezghet fără tencuială în București (colecția autorului)

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/dezghet, 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 află 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, pervaze, 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

În prezența apei care migrează, existența sulfaților solubili în apă (sulfații 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 C50). 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 sulfaților solubili este arătat în figura C.50(a)

1. Zona în care sulfații sunt dizolvați.
2. Sulfații 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.50(b) și C.50(c).

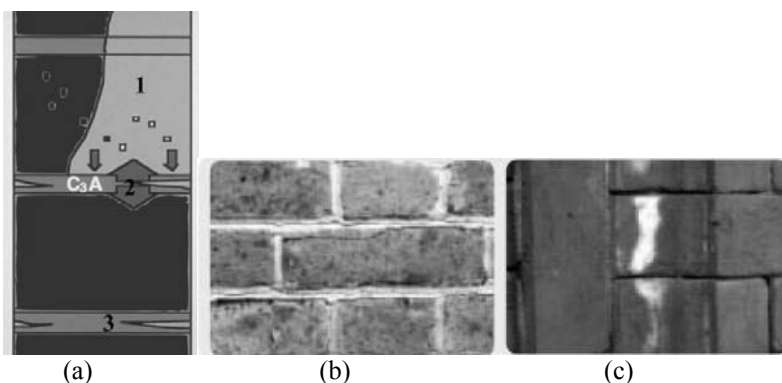


Figura C.50 Degradarea zidăriei din cauza sulfatilor solubili
(a) Schema acțiunii chimice (b) (c) Aspectul zidăriei
[Piaggio, J.M.(ed) *Mattoni faccia vista* Produttori Andil Assolaterizi 2003]

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 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.19

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 comunicate de către producător/furnizor în avizul de însoțire a produselor, conform prevederilor din standardul **SR EN 771-1**.

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 sulfat 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.51 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 (netencuite) 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 netencuite 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/dezgheț.

4.3.3.2. Mortar

C.4.3.3.2.

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 sunt 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. Menționăm 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 ca producătorul elementelor pentru zidărie să avizeze tipul mortarului pentru zidărie care urmează să fie folosit sau încercările care pot fi făcute 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 sunt 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 acceptă numai dacă în timpul execuției zidăria nu rămâne neprotejată o perioadă lungă de timp.

2° În 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/dezghet;
- 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 se obțină avizul producătorului pentru folosire în aceste condiții severe de expunere.

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 bazează 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 pigmenți.

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.20.

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
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 prelabil cu zinc (137 g/m ²)	U	X	X	X	X

În tabelele C.20 și C.23 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 fabricantul sau un consilier specialist pentru avizare pentru condiții specifice de proiectare;
- 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 seismicitate slabă ($a_g = 0.08g$).

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** și până la intrarea în vigoare a acestuia conform **STAS 10107/0-90**, Art.5.1.

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.21 sunt date grosimile straturilor de acoperire în funcție de acești parametri pentru cele cinci clase de expunere.

Tabelul C.21

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 (mm)				
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.20, armăturile trebuie să fie galvanizate conform prevederilor standardului **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 $80 \mu\text{m}$, cu o medie de $100 \mu\text{m}$. 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 sau 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.

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 migrației apei.

Pentru realizarea acestor straturi se recomandă materiale imputrescibile și a căror comportare a fost verificată în timp, (care 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 fabricant) sau tencuieli hidrofuge. În cazul tencuielilor hidrofuge este necesar să se verifice agresivitatea față de ciment a apelor subterane respective.

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 său și durata de folosire cerută.

C.4.3.3.6.(1&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 [Clay Brick and Paver Institute, Manual 7 *Design of Clay Masonry for Serviceability*, Australia, 2001] 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.52).

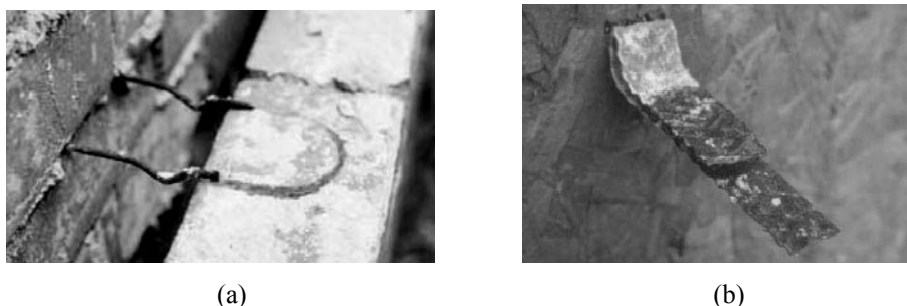


Figura C.52. Coroziunea ancorelor pentru zidărie

- (a) Ancora complet distrusă de coroziune – observată după cutremurul din Newcastle – Australia (1989)
 (b) Ancoră din oțel galvanizat corodată în zona înglobată în mortar

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.22

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.

4.3.3.7. Eclise, scoabe și corniere

C.4.3.3.7.

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** (reprodus în tabelul C.23).

Tabelul C.23

N	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 toate 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

C.5.

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.

5.1. Proiectarea preliminară arhitectural-structurală a clădirilor etajate curente

C.5.1.(1)

Acest enunț exprimă esența concepției generale a procesului de proiectare ilustrată în figura C.53

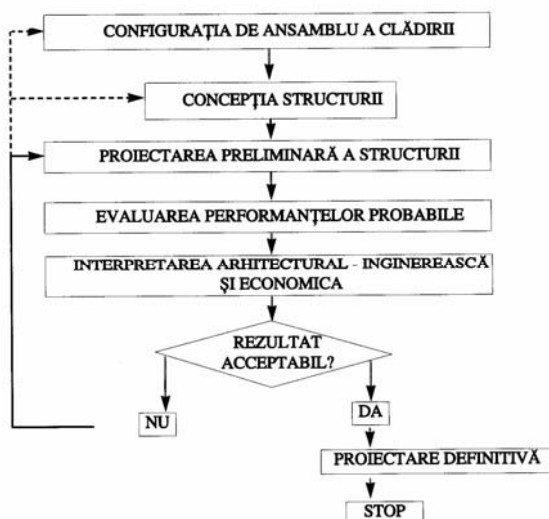


Figura C.53 Schema logică a procesului de proiectare arhitectural-structurală
[Petrovici,R., *Teoria structurilor pentru arhitecți- Curs, Ed. UAUIM 2001*]

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 neîndoielnice.

- **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], **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 architectural - 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 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:

- 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.);
- din etapa de concepție a structurii (de exemplu, prin înlocuirea zidăriei nearmate cu zidărie confinată cu sau fără armături în rosturile orizontale);
- 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).

5.1.1. Principii de alcătuire architectural-structurală a clădirilor etajate curente

C.5.1.1.(1)

Prevederile din Codul **CR6-2006** trebuie să fie respectate în corelare cu principiile generale de alcătuire structurală date în **P100-1/2006**.

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 ale planșelor

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 răscucirii 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 vericale 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 **CR6-2006** 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 standardului **EN 1998-1**, cap. 9, nu este necesară justificarea prin calcul a satisfacerii cerinței de rezistență la acțiunea seismică de proiectare.

Notă. Prevederile **EN 1998-1** referitoare la clădirile simple din zidărie sunt dezvoltate în *Anexa Națională* la acest standard.

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 formeii 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.

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.

Atragem 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*"). Menționăm însă și cazul contrar, în care, prin alcătuirea judicioasă a pereților structurali, pentru unele clădiri cu forme nesimetrice în plan, se obține apropierea celor două centre și deci reducerea semnificativă a efectului de răsucire. Prin alcătuire judicioasă a pereților înțelegem 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.

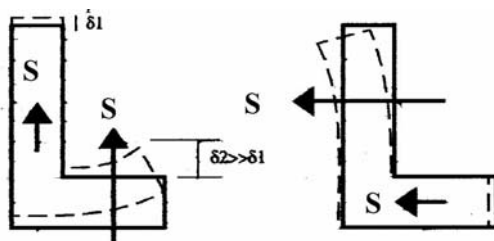


Figura C.54 Oscilațiile clădirilor nesimetrice în timpul cutremurului
[Petrovici, R., *Teoria structurilor pentru arhitecți - Curs, Ed. UAUIM 2001*]

Deoarece construcția cu formă complexă reprezintă o unitate structurală pentru care însă, în general, centrele de greutate ale planșeelor nu coincid cu centrele de rigiditate ale 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 intrânde și zonele imediat adiacente acestora în care eforturile se concentrează oricare ar fi direcția de acțiune a mișcării seismice.

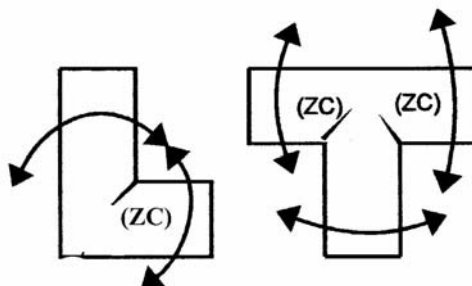


Figura C.55. Zone critice (ZC) la clădirile cu forme compuse
[Petrovici,R., *Teoria structurilor pentru arhitecți- Curs, Ed. UAUIM 2001*]

C.5.1.2.(4)

Absența sau rezistența insuficientă a legăturilor între pereții structurali de pe cele două direcții reprezintă o deficiență structurală importantă deoarece:

- capacitatea de rezistență a structurii este diminuată deoarece lipsește aportul "tălpilor" pereților compuși (L,T,I);
- sporește riscul de pierdere a stabilității/avariere gravă a pereților datorită acțiunii seismice perpendiculare pe planul lor deoarece lipsesc legăturile verticale de la extremități

C.5.1.2.(6)

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.

5.1.3. Criterii de regularitate structurală

C.5.1.3.(1)

Condițiile de regularitate în plan și în elevație prevăzute la alineatele (2) și (3) sunt în concordanță cu prevederile generale date în Codul **P100-1/2006, cap.4**.

Condițiile de regularitate 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 planșeele rigide în plan orizontal (recomandabil și în cazul ultimului nivel);
- în cazul clădirilor cu șarpantă, ancorarea acestora de centurile de la ultimul nivel;
- ancorarea de șarpantă a zidurilor în consolă peste ultimul nivel (calcane, frontoane).

5.1.4. Separarea clădirii în tronsoane

C.5.1.4.(1)

Alte exemple de tronsonare sunt date în cele ce urmează

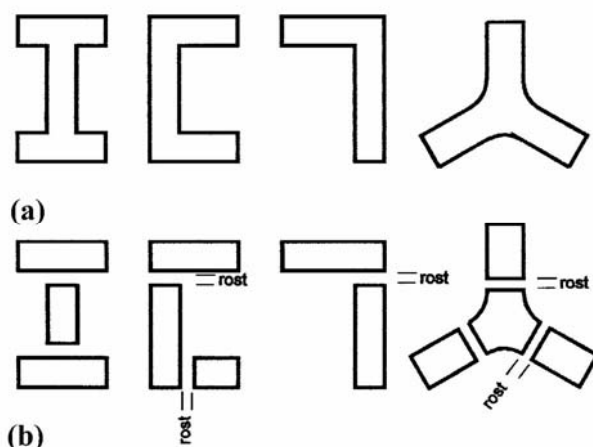


Figura C.56 Posibilități de tronsonare a clădirilor cu forme complexe
[Petrovici,R., *Teoria structurilor pentru arhitecți- Curs, Ed. UAUIM 2001*]

În funcție de dimensiunile și proporțiile respective, pentru clădirile care au forme complexe în plan, pot exista mai multe posibilități de a fi tronsonate prin rosturi antiseismice.

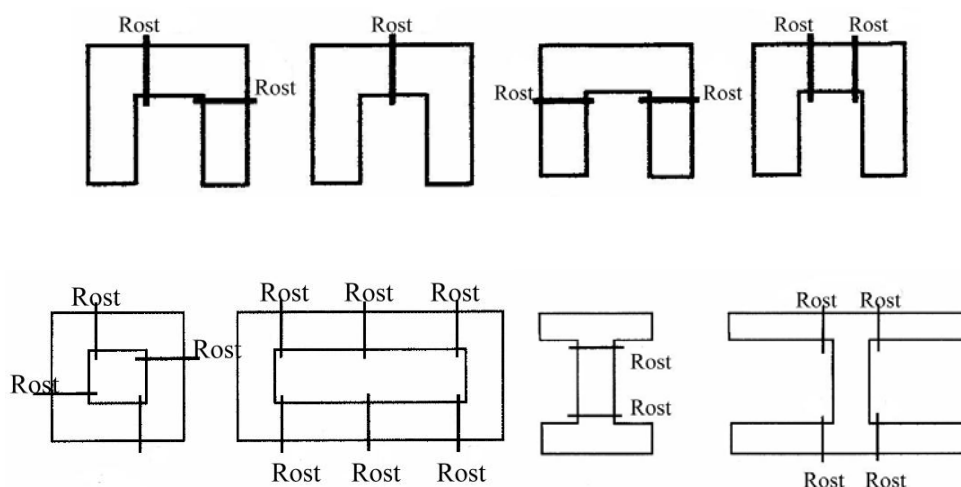


Figura C.57. Tronsonarea clădirilor cu forme complexe în funcție de proporții/dimensiuni
[Petrovici,R., *Teoria structurilor pentru arhitecți- Curs, Ed. UAUIM 2001*]

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 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 a elementelor 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.

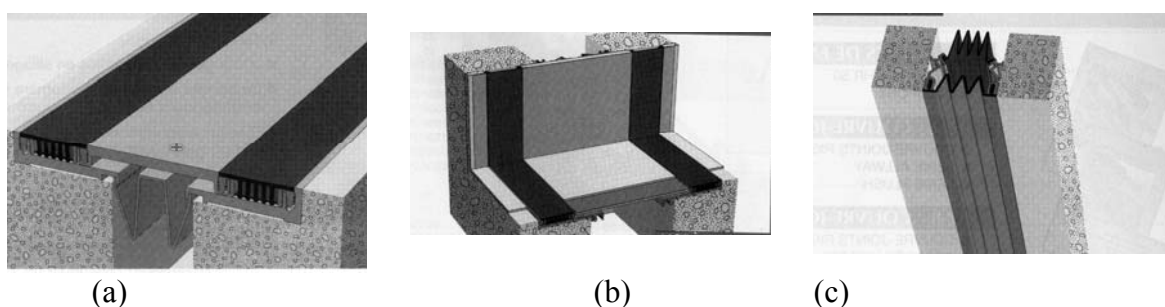


Fig. C.58. Detalii de rosturi seismice (documentația firmei Couvraneuf)
(a) Rost orizontal (b) Racord rost orizontal-vertical (c) Rost în fațadă

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.

5.2. Proiectarea preliminară a subansamblurilor structurale verticale (pereți structurali)

5.2.1. Alegerea sistemului de pereți structurali

C.5.2.1.(3)

Densitatea minimă constructivă este orientativă deoarece diversitatea soluțiilor arhitectural-structurale care pot fi propuse nu permite definirea unor limite sigure pentru ariile de zidărie necesare.

În *Anexa națională* la standardul **SR EN 1998-1** este prevăzută posibilitatea proiectării unor "clădiri simple din zidărie" pentru care nu este obligatorie verificarea prin calcul a cerinței de rezistență la încărcări verticale și seismice. Aceste clădiri trebuie să răspundă însă unor condiții de alcătuire mult mai severe decât cele din acest Cod și din Codul P100-1/2006 și nu pot fi construite decât în zone de seismicitate slabă/moderată.

C.5.2.1.(4)

În cazul în care dispunerea golurilor în perete este neregulată pe înălțime (diferă de la etaj la etaj), pentru stabilirea modelului de calcul este necesară identificarea panourilor cu continuitate pe verticală și care au cel puțin dimensiunile minime stabilite de acest Cod (panouri active).

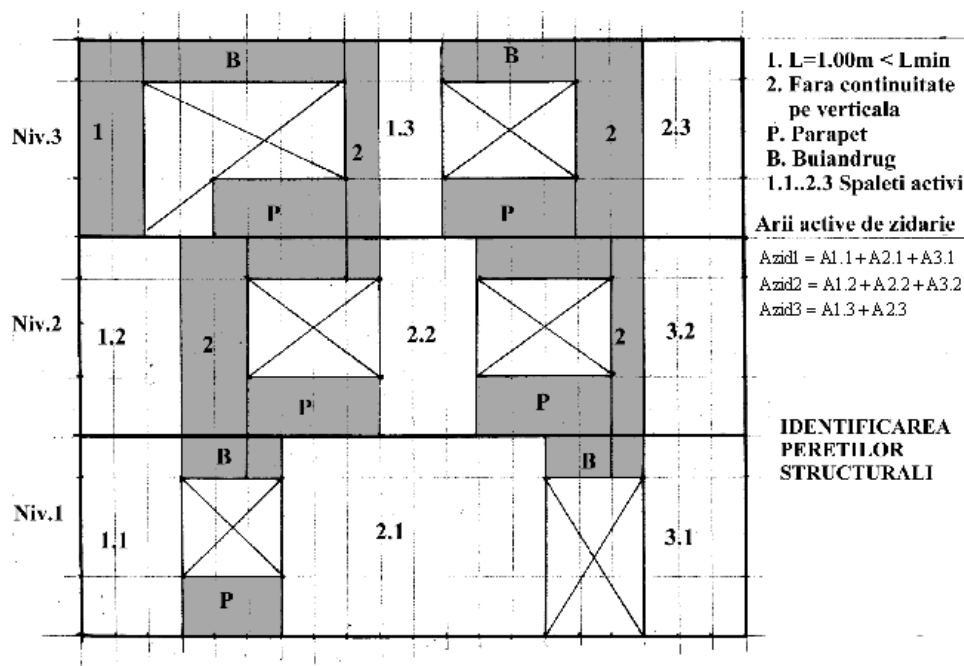


Figura C.59 Identificare pereților structurali (arii active)
 (zonele poșate nu participă la preluarea forțelor seismice)

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 $a_g \geq 0.16g$) având în vedere faptul că rezistența la forfecare în rost orizontal este asigurată numai de forța de frecare datorată 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.(6)

A se vedea și comentariul C.6.3.2.1.(6)

C.5.2.1.(8)

Panourile de zidărie de umplură se pot afla, practic simultan, în timpul cutremurului în două situații de solicitare:

- solicitare în planul peretelui prin deformațiile impuse de deplasarea structurii (cadre de beton armat sau de oțel);
- solicitare perpendiculară pe planul peretelui datorată forței de inerție asociată masei peretelui.

Participarea panourilor de umplură la preluarea forței seismice depinde de relația acestora cu structura.

În cazul în care între panouri și structură sunt prevăzute spații de separare suficient de mari pentru ca acestea să nu ajungă în contact, chiar pentru cele mai mari deformații probabile ale structurii, panoul este *izolat* (nestructural) și va trebui proiectat numai pentru a avea stabilitatea și rezistența necesare pentru acțiunea seismică normală pe plan.

În cazul în care, la proiectare, s-a ținut seama de contribuția panourilor de umplură (definite ca panouri *structurale*) este necesar să se prevadă în proiect măsuri pentru realizarea contactului complet între cadru și panou atât lateral cât și la partea superioară (matarea/injectarea cu mortar a tuturor spațiilor vizibil libere).

Principiul de bază pentru proiectarea structurilor cu considerarea efectului structural al panourilor de umplură este ca, prin dimensionare și detaliere constructivă, să se asigure că ieșirea din lucru a panoului de zidărie (prin depășirea capacității de rezistență la compresiune sau forță tăietoare) se produce înainte de cedarea cadrului.

Prevederea golurilor pentru ferestre în panourile de umplură ale cadrelor de fațadă conduce la reducerea capacității de rezistență și a rigidității acestora. Amploarea acestor efecte depinde de poziția golului în panou. Poziționarea golurilor la colțurile panourilor (zona 1) nu poate fi acceptată deoarece împiedică transmiterea la cadru a forței de compresiune din diagonală. Dacă această situație nu poate fi evitată se neglijează aportul panoului respectiv. Golurile alăturate stâlpilor și grinzilor și amplasate în treimea centrală a acestora (zona 2) nu influențează rezistența și rigiditatea panoului și ca atare, în prezența lor panoul poate fi considerat plin. Prin amplasarea golurilor în zona centrală a panoului (zona 3) se reduce rezistența și rigiditatea panoului în funcție de raportul între aria golului și aria panoului. Această reducere se cuantifică, de regulă, prin reducerea lățimii diagonalei echivalente.

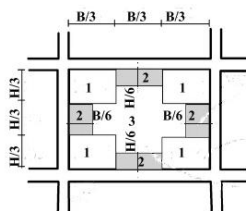


Figura C.60. Poziționarea golurilor în panourile de umplură

[Kaushik, H.B. și alții *Code Approaches to Seismic Design of Masonry-Infilled Reinforced Concrete Frames: A State-of-the-Art Review Earthquake Spectra*, Volume 22, No. 4, pages 961–983, November 2006; © 2006, Earthquake Engineering Research Institute]

- 1- zone în care nu se acceptă prevederea golurilor în panou
- 2 - zone în care golurile nu afectează rezistența și rigiditatea panoului
- 3- zona centrală în care se amplasează, de regulă, golurile

În cazul panourilor cu un gol în zona 3, pentru care $A_{\text{gol}} \leq 0.6 A_{\text{panou}}$, în [Ghassan Al-Chaar *Evaluating Strength and Stiffness of Unreinforced Masonry Infill Structures*. US Army Corp of Engineers, Engineer Research and Development Center, January 2002] se propune reducerea lăţimii diagonalei prin înmulţire cu coeficientul subunitar:

$$\eta_{\text{gol}} = 0.6 \left(\frac{A_{\text{gol}}}{A_{\text{panou}}} \right)^2 - 1.6 \frac{A_{\text{gol}}}{A_{\text{panou}}} + 1 \quad (\text{C.20a})$$

Pentru cazurile în care $A_{\text{gol}} > 0.6 A_{\text{panou}}$ contribuţia panoului respectiv se neglijează ($\eta_{\text{gol}} \equiv 0$). În [Mondal, G., *Lateral Stiffness of Unreinforced Brick Infilled RC Frame with Central Opening*, Master of Technology Thesis, Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Kanpur, India, July 2003] coeficientul de reducere a lăţimii diagonalei pentru cazul panoului cu un gol în poziţie centrală este dat sub o formă mai simplă:

$$\eta_{\text{gol}} = 1 - 2.5 \frac{A_{\text{gol}}}{A_{\text{panou}}} \quad (\text{C.20b})$$

cu condiţia ca $A_{\text{gol}} \leq 0.4 A_{\text{panou}}$.

Dacă $A_{\text{gol}} \leq 0.05 A_{\text{panou}}$ efectul golului asupra lăţimii diagonalei echivalente poate fi neglijat.

Notă. Efectele posibile ale panourilor de umplutură asupra stării de solicitare a structurii în ansamblu (efectele de torsiune, modificarea clasei de regularitate în plan sau în elevaţie, etc.) şi efectele interacţiunii panoului cu cadrul (în principal cele legate de formarea stâlpilor scurţi/grinzilor scurte) nu sunt comentate în această lucrare.

5.2.2. Alegerea tipului de zidărie

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 şi orizontale din care rezultă eforturi unitare de întindere.
- Ruperea este de tip fragil, integritatea fizică a pereţilor fiind puternic deteriorată în stadiile avansate de deformare.

Din motivele de mai sus, pentru reducerea riscului seismic al clădirilor cu pereţi structurali din zidărie nearmată, în Codul **P100-1/2006**, s-au preconizat următoarele măsuri:

- Folosirea zidăriei nearmate numai pentru clădiri cu un număr mic de niveluri peste secţiunea de încastrare;
- Utilizarea clădirilor cu regularitate structurală în plan şi în elevaţie;
- Determinarea forţei seismice static echivalentă folosind valori mici ale factorului de comportare **q** pentru a se limita amplitudinea incursiunilor în domeniul postelastice;
- Limitarea lungimii relative a zonei întinse sub efectul încărcărilor de proiectare verticale şi seismice.

Regimul de înălţime redus care este prevăzut în Cod (2÷3 niveluri peste secţiunea de încastrare) asigură, pentru grosimea minimă de zid, eforturi unitare de compresiune aflate în intervalul $0.3 f_d \div 0.5 f_d$.

În același timp, pentru amplasamentele cu accelerație seismică de proiectare slabă și/sau moderată (orientativ $a_g \leq 0.16g$) 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 $8 \div 15$ 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)

Criteriile care au stat la baza stabilirii condițiilor de utilizare a zidăriei simple (ZNA) au fost următoarele:

- limitarea intensității efortului unitar normal de compresiune mediu pe structură la o valoare moderată: $\sigma_0 \leq 0.5 f_d \cong 0.20 f_k$;
- limitarea intensității efortului unitar tangențial mediu pe structură produs de acțiunea seismică de proiectare la o valoare moderată: $\tau_{0,max} \leq 0.5 f_{vd} \cong 0.20 f_{vk}$;
- s-a considerat ca limită superioară a densității pereților valoarea $p = 6\%$ dincolo de care spațiile care rezultă nu mai sunt utilizate corespunzător nici pentru locuințe modeste sau este necesară îngroșarea excesivă a zidurilor.

Codul **P100-1/2006** a stabilit condiții mai severe pentru folosirea zidăriei simple cu elemente din grupa **2S** și din **BCA** având în vedere următoarele argumente:

- Pentru zidăriile din elemente de argilă arsă cu perforații verticale din grupa **2S**:
 - comportarea fragilă la rupere sub efectul încărcărilor verticale (compresiune centrică);
 - degradarea rapidă a rezistenței și rigidității pentru încărcări laterale ciclice alternante;
 - valoarea scăzută a deplasării relative de nivel la care se produce fisurarea extinsă a zidăriei;
 - degradarea integrității pereților în stadiile avansate de solicitare prin: deschiderea pronunțată a rosturilor verticale, expulzarea feței exterioare a elementelor, etc;
 - imposibilitatea practică de remediere a avariilor (așa cum acestea sunt arătate în figura C8.8 pentru valori ale driftului acceptate în Codul **P100-1/2006**).

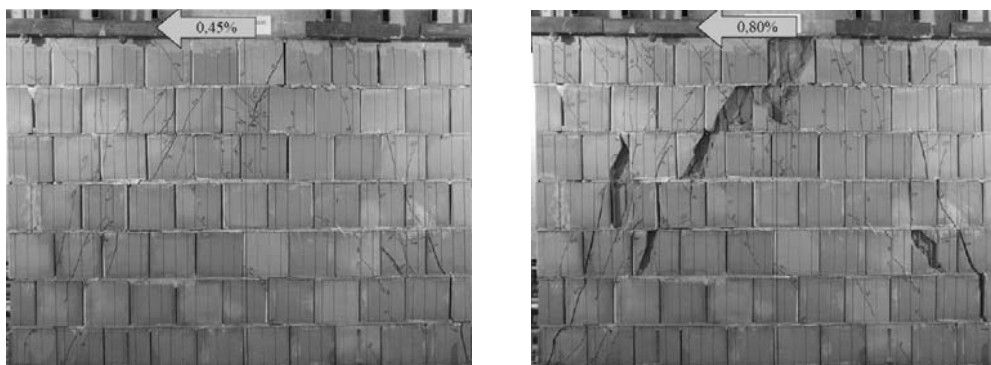


Figura C.60.

Degradarea panourilor de zidărie cu elemente din grupa 2S în stadii avansate de solicitare

- Pentru zidăriile cu elemente din **BCA**:
 - în lipsa unor date experimentale elocvente privind comportarea la cutremure puternice a pereților structurali din zidărie cu elemente **BCA**, nu există modele de calcul suficient de sigure; din acest motiv în USA, de exemplu, folosirea elementelor din **BCA** este limitată numai la amplasamentele cu nivel scăzut ale accelerației seismice de proiectare [Uniform Building Code 1997, secțiunea 1630].
 - rezistența la compresiune a elementelor **GBN50** este inferioară valorii minime stabilită la **8.2.1.2.** din Codul **P100-1/2006** (zidăria cu elemente de tip **GBN 35** nu este acceptată pentru pereții structurali).

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

C.5.2.2.2.

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**- și grile polimerice, de exemplu).

Ținând seama de aceste calități prezentul Cod și Codul **P100-1/2006** recomandă folosirea cu precădere a zidăriilor armate, sub una din formele menționate, stabilind pentru acestea domenii mult mai largi de folosire decât pentru zidăria nearmată.

5.2.3. Dispunerea în plan a pereților structurali

C.5.2.3. (2).

În cazul în care pereții de fațadă sunt slăbiți într-o măsură semnificativă de goluri de uși/ferestre, contribuția acestora la rigiditatea la torsiune a ansamblului structurii este mai scăzută și este necesar să fie compensată prin creșterea rigidității pereților de la capetele tronsoanelor (care beneficiază și de avantajul distanței maxime până la centrul de rigiditate).

5.2.4. Dispunerea stâlpișorilor și centurilor de beton armat la zidăria confinată

C.5.2.4.(1).

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 post elastic):

- asigură ductilitatea necesară în cazul solicitărilor seismice;
- împiedică pierderea stabilității (răsturnarea) pereților sub efectul încărcărilor orizontale normale 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).

Totodată 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 prin expulzarea zidăriei de la colțurile clădirii. Conlucrarea între stâlpișori și zidărie este îmbunătățită prin executarea zidăriei în ștrepi și prin prevederea armăturilor de legătură în rosturile orizontale.



Figura C.61.

Expulzarea zidăriei la colțuri la zidăria fără stâlpișori

Prin comparație cu stâlpișorii realizați în zidăriile cu elemente speciale (cu goluri mari) stâlpișorii turnați în cofraj sunt mai eficienți deoarece au arie mai mare și pot primi armături mai multe [Alcocer, S.M. and Zepeda, J.A. *Behavior of multi-perforated clay brick walls under earthquake-type loading*. Proc. of the 8th North American Masonry Conference, Austin, Texas, 1998].

Un alt avantaj este că, în zidăria confinată (ca și în zidăria cu inimă armată), încărcările verticale sunt transmise direct panoului de zidărie, planșeul fiind legat cu centura care se toarnă direct pe zidărie. În aceste condiții rezistența la forfecare a panoului sporește ținând seama de efectul forței de frecare care se dezvoltă pe zona comprimată (a se vedea relațiile (4.3a)÷(4.3c) din CR6-2006).

Standardul **SR EN 1998-1** are unele prevederi diferite față de cele de mai sus, dintre care cele mai importante sunt:

- se bordează cu stâlpișori din beton armat golurile cu suprafața $\geq 1.50 \text{ m}^2$ ceea ce înseamnă, practic, toate golurile de ușă și majoritatea golurilor de fereastră;
- distanța maximă între stâlpișori este de 5 m indiferent de modul de dispunere a pereților (pereți deși sau pereți rari).

Prevederea referitoare la bordarea golurilor cu stâlpișori atrage după sine sporirea capacității de rezistență la compresiune excentrică a celor mai mulți montanți/spaleți și, în consecință, impune adoptarea unor măsuri suplimentare pentru creșterea corespunzătoare a capacității de rezistență la forța tăietoare asociată momentului capabil.

Prevederea în Codul **CR6-2006** a distanței maxime de 4.0 m între stâlpișori, în cazul clădirilor cu pereți dispuși în sistem "celular", are în vedere faptul că, de regulă, eforturile secționale în acești pereți sunt mai mari decât cele din pereții clădirilor "fagure".

C.5.2.4.(3)

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 a planșeelelor;
- 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 planul peretelui (seismice sau chiar din vânt).

În cazul planșeelelor 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 acțiunii seismice în planul peretelui și perpendicular pe planul lui. Aportul armăturilor din centuri nu este luat în considerare la calculul rezistenței la forța tăietoare pentru clădirile din **ZNA**.



Figura C.62. Propagarea fisurilor la clădiri din zidărie nearmată fără centuri (Friuli, Italia 1976)

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 (concentrarea unei cantități semnificative de armătură în această centură intermediară);
- acțiunea seismică perpendiculară pe planul peretelui.

C.5.2.4.(4)

Eficiența tuturor categoriilor de armături din zidărie (în elementele de confinare, în rosturile orizontale și în stratul median al zidăriei cu inimă armată) depinde și de modul în care se realizează montarea, ancorarea și înădăirea acestora. În **CR6-2006** s-au prevăzut toate detaliile de armare conform **STAS 10107/0-90**.

5.2.5. Goluri în pereții structurali din zidărie**C.5.2.5.(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.5.2.5.(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.

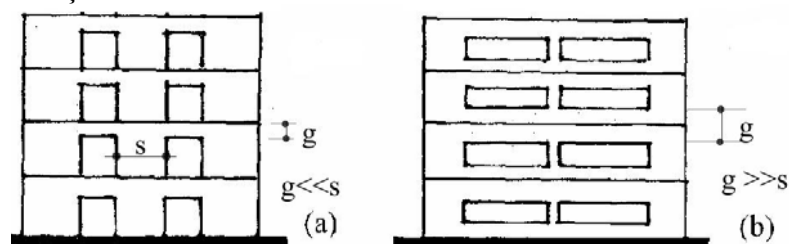


Fig. C.63. Proportționarea spaleților și riglelor de cuplare la pereți cu goluri
(a) alcătuire favorabilă (b) alcătuire nefavorabilă

C.5.2.5.(4)

Disponerea alternativă a golurilor la etajele succesive ("în șah") trebuie să permită formarea unor zone suficient de mari care să asigure transportul forțelor verticale și orizontale pe schema de grindă cu zăbrele din figura 5.6. Nu se vor folosi configurații de goluri care nu permit formarea unei astfel de scheme. Disponerea golurilor ca în figura C.63(b) crează zone slăbite între goluri la nivelul riglelor de cuplare pe care se dirijează avariile (peretele se "rupe" în cei doi montanți)

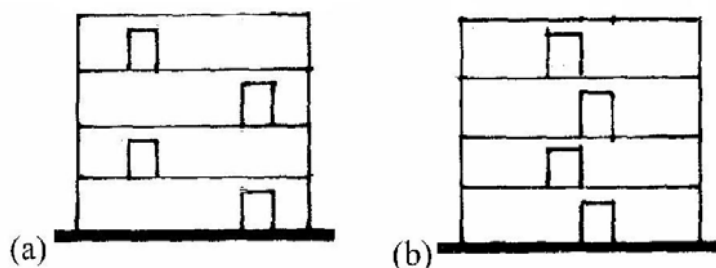


Figura C.64 Disponerea golurilor "în șah" în pereții structurali
(a) dispunere favorabilă (b) dispunere nefavorabilă

C.5.2.5.(8)

Pentru elementele cu goluri cu pereți subțiri încadrate în grupa **2S**, în lipsa blocurilor de completare, tăierea la șantier trebuie să fie făcută cu dispozitive speciale deoarece spargerea "clasică" folosind ciocanul zidarului, duce, aproape în toate cazurile, la distrugerea elementului.



Figura C.65. Dispozitiv pentru tăierea elementelor pentru zidărie cu pereți subțiri

C.5.2.5.(9).

Prevederea urmărește eliminarea situațiilor în care pentru completarea înălțimii peretelui se folosesc cărămizi cu înălțime diferită de cea din rândurile curente sau se introduc straturi groase de mortar. Comportarea la cutremur a pereților cu astfel de alcătuiți s-a dovedit necorespunzătoare așa cum se vede și din figura C.66



Figura C.66. Panou de zidărie nemodulat, completat cu elemente de alte dimensiuni/alt tip

C.5.2.5.(10)

Rezistența spațiilor compuși prin introducerea stâlpișorilor din beton armat va fi verificată prin calcul pentru efectul deformației de ansamblu a etajului respectiv. În cazul în care spaletul este înlocuit în totalitate cu un stâlp de beton acesta va fi introdus în modelul de calcul cu proprietățile respective de rigiditate în funcție de legăturile sale cu ansamblul structurii.

5.2.6. Grosimea pereților structurali**C.5.2.6.(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.5.2.6(2).

Această condiție are ca scop principal moderarea eforturilor unitare de compresiune și de forfecare în pereții structurali și, totodată, sporirea siguranței prin eliminarea efectelor de instabilitate datorate mărimii relative a excentricităților structurale și constructive.

Grosimea minimă se referă la zidăria netencuită.

C.5.2.6.(3)

Condițiile de limitare a raportului h_{et}/t date mai sus corespund următoarelor înălțimi maxime de etaj pentru care pot fi folosiți pereții respectivi:

- pentru perete cu grosime $t = 25$ cm $\rightarrow h_{et,max} (ZNA) = 3.00$ m
 $\rightarrow h_{et,max} (ZC,ZIA) = 3.75$ m
- pentru perete cu grosime $t = 30$ cm $\rightarrow h_{et,max} (ZNA) = 3.60$ m
 $\rightarrow h_{et,max} (ZC,ZIA) = 4.50$ m

Aceste valori arată că, în cazul clădirilor etajate curente care au înălțimile de etaj maxime stabilite la art. 5.2.1.1. și 5.2.1.2., limitarea prevăzută la acest alineat interesează numai pereții structurali cu grosime de 25 cm dacă aceștia sunt executați din ZNA. Rezultă deci concluzia că în clădiri cu înălțime de etaj > 3.00 m nu pot fi folosiți pereții din ZNA cu grosime de 25 cm, ceea ce constituie încă un argument pentru evitarea/limitarea folosirii ZNA.

C.5.2.6.(4)

A se vedea și comentariul C.5.1.(1)

5.3. Proiectarea preliminară a subansamblurilor structurale orizontale (planșee, sarpantă)

5.3.1. Tipul planșeului

C5.3.1.(1)

Pentru identificarea tipului de planșeu (rigid/flexibil) se poate ține seama de condiția dată în [Uniform Building Code, cap.21, 2003]: "*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*"

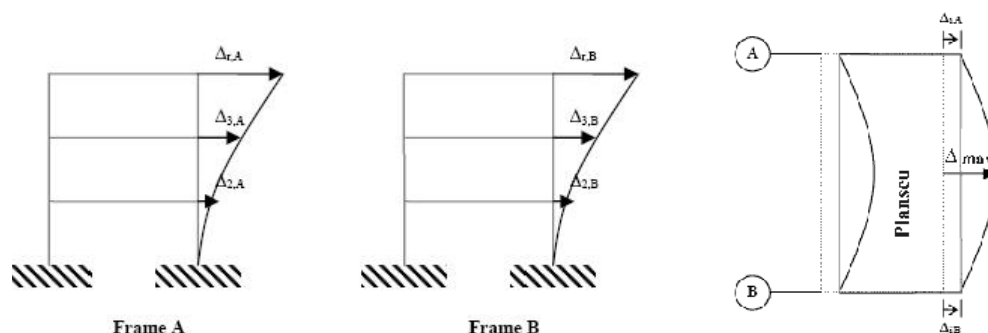


Figura C.67

Definirea planșeeilor 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 :

$$\Delta_2 \geq 1.5 \frac{\Delta_1 + \Delta_3}{2} \quad (C.21)$$

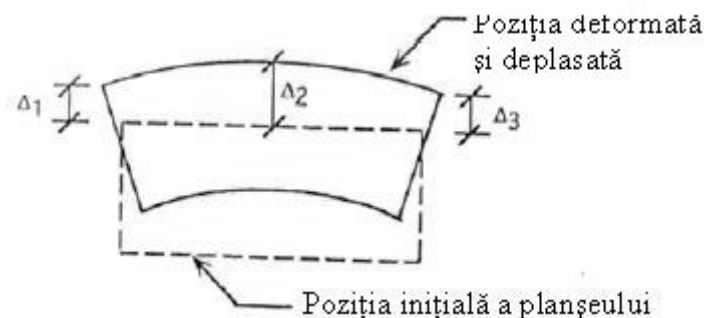


Figura C.68.

Definirea planșelor flexibile în plan orizontal conform relației (C.21)

C. 5.3.1.(3).

Planșeele din elemente ceramice fără suprabetonare nu oferă rezistență și rigiditate în plan orizontal satisfăcătoare nici chiar în zone seismice cu accelerația de proiectare scăzută (orientativ $a_g = 0.12g$) deoarece în lipsa suprabetonării integritatea planșeului nu poate fi controlată/garantată.

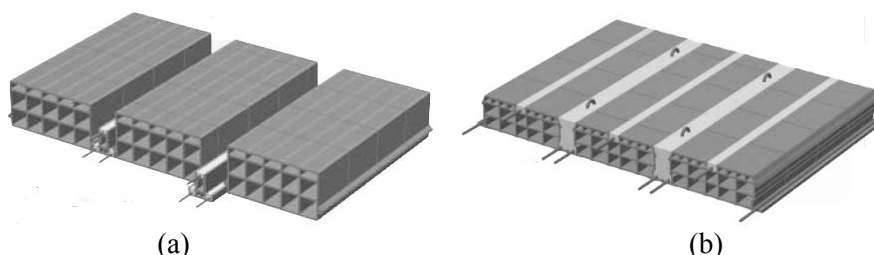


Figura C.69. Soluții industrializate pentru planșee cu elemente ceramice fără suprabetonare utilizate în Italia
(a) Soluție mixtă cu grinzi parțial prefabricate completate cu beton monolit
(b) Soluție integral prefabricată (panou)

Rigiditatea în plan orizontal a planșeelor alcătuite din elemente ceramice cu suprabetonare armată depinde de **robustetea** elementelor și de detaliile de alcătuire a planșeului (inclusiv de detaliile de prindere a acestora de structura verticală). În aceste condiții există posibilitatea ca unele alcătuiuri să asigure un nivel satisfăcător de rigiditate în plan orizontal. Condițiile în care planșeului cu elemente ceramice și suprabetonare armată îi poate fi atribuită o rigiditate semnificativă în plan orizontal trebuie să fie declarate de producător pe baza unor încercări relevante.

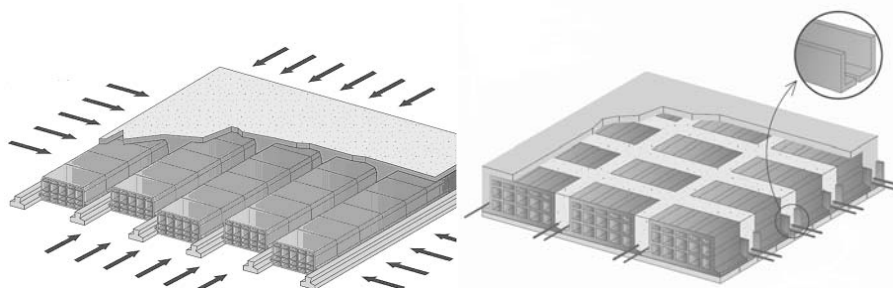


Figura C.70. Planșeu cu elemente ceramice cu goluri și suprabetonare executată monolit utilizate în Italia
(a) Cu nervuri pe o singură direcție (b) Cu nervuri pe ambele direcții

C.5.3.1. (4)

Planșeele rigide în plan orizontal contribuie la realizarea "cutiei" spațiale cu rigiditate comparabilă pe toate cele trei direcții.

C.5.3.1.(5).

Folosirea planșeelor 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.(4)**. Din acest motiv, folosirea planșeelor 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.

Codul **P100-1/2006**, art. 8.5.2.2. permite utilizarea planșeelor cu rigiditate nesemnificativă în plan orizontal numai pentru:

- toate planșeele construcțiilor cu $n_{niv} \leq 3$, din clasele de importanță III și IV, în zona seismică cu $a_g=0,08g$ (cu excepția planșeului peste subsol);
- planșeul peste ultimul nivel al construcțiilor cu $n_{niv} \leq 2$, din clasa de importanță IV, situate în zonele seismice cu $0,12g \leq a_g \leq 0,16g$.

5.4. Proiectarea preliminară a infrastructurii**5.4.1. Fundații****C.5.4.1.(1) & (2)**

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.

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)

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 de la (4) are în vedere cazurile în care, în condițiile menționate mai sus, eforturile secționale din socluri au valori care sunt preluate de betonul simplu (în condițiile de dimensionare din **STAS 10107/0-90**). 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).

C.5.4.2(4)

Executarea soclului din beton simplu este permisă în cazul amplasamentelor cu teren normal de fundare, pentru construcții din clasa de importanță III, cu $n_{\text{niv}} \leq 3$, în zonele seismice cu $a_g \leq 0.16g$, precum și pentru construcții din clasa de importanță IV, în toate zonele seismice, numai dacă rezultatele calculelor de dimensionare cu încărcările menționate la 8.5.3.(2) și 8.5.3.(3) din Codul **P100-1/2006** 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.

5.4.3. Pereți de subsol

C.5.4.3.

Măsurile prevăzute în acest articol au ca obiect realizarea la nivelul subsolului a unui subansamblu cu rezistență și rigiditate spațială superioare celor ale suprastructurii, capabil să asigure transmiterea eforturilor către terenul de fundare fără depășirea domeniului de comportare elastică a materialelor și a terenului de fundare.

C.5.4.3 (1).

Prevederea are ca scop evitarea producerii momentelor încovoietoare în pereții subsolului datorită poziționării excentrice a zidurilor parterului.

C.5.4.3.(3)

Excepția de la (3) are în vedere cazurile în care, în condițiile menționate mai sus, eforturile secționale din pereții de subsol au valori care sunt preluate de betonul simplu (în condițiile de

dimensionare din **STAS 10107/0-90**). Proiectantul va examina 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).

5.4.4. Planșee la infrastructură

C.5.4.4. (1)

Prevederea planșeului de beton peste subsol contribuie la realizarea cutiei rigide prin care solicitările seismice aduse de pereții din elevație se transmit la teren.

CAPITOLUL 6. CALCULUL CLĂDIRILOR CU PEREȚI STRUCTURALI DIN ZIDĂRIE

6.1. Principii generale de calcul

C.6.1.(1)

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 σ - ε care, de regulă este neliniară;
- particularitățile legii τ - γ 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).

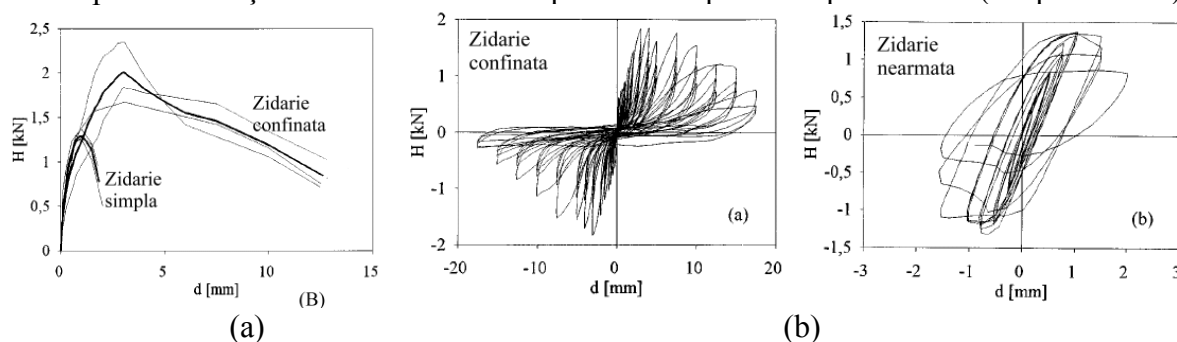


Figura C.71 Comportarea zidărilor la solicitări alternante

(a) Lege constitutivă pentru zidăria simplă/confinată

(b) Comportarea zidăriei simple/confinată la solicitări 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 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 coeficientului 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.

C.6.1.(3)

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.

6. 2. Calculul structurilor la încărcări verticale

6.2.2. Metode de calcul pentru încărcări verticale

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 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.

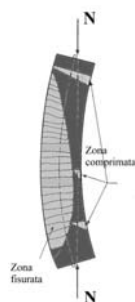


Figura C.72 .Schema pentru evaluarea efectelor de ordinul II
Zona fisurată este inactivă (se neglijează rezistența la întindere a zidăriei)

Evaluarea exactă a efectelor de ordinul II asupra pereților din zidărie este complicată deoarece depinde de mai mulți parametri:

- condițiile de fixare la nivelul planșelor 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 σ - ϵ care de regulă este neliniară;
- prezența deformațiilor diferite în timp (efectul acestor defomații nu ar trebui luat în considerare în cazul acțiunii seismice).

C.6.2.2.2(3)

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.

6.2.2.2.1. Excentricități provenite din alcătuirea structurii.

C.6.2.2.1 (1)

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).

C.6.2.2.1 (2)

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. 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 aceiași înălțime, iar planșeele sunt dispuse pe ambele părți cu deschideri și încărcări aproximativ egale excentricitățile d_1 și d_2 sunt practic nule.

6.2.2.2.2. Excentricități datorate imperfecțiunilor de execuție (excentricitate accidentală)

C.6.2.2.2.2.(2)

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.24.

Tabelul C.24

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**.

6.2.2.2.3. Excentricitatea datorată momentelor încovoietoare produse de forțele orizontale perpendiculare pe planul peretelui

C.6.2.2.2.3.(2)

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.

6.3. Calculul structurilor din zidărie la încărcări orizontale.

6.3.1. Modelul de calcul pentru forțe seismice orizontale.

C.6.3.1.(9)

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):

$$\Delta_M = \frac{VH^3}{3E_z I_p} \quad (C.24a)$$

$$\Delta_V = k \frac{VH}{G_z A_p} \quad (C.25a)$$

$$R = \frac{1}{\frac{H^3}{3E_z I_p} + k \frac{H}{G_z A_p}} \quad (C.26a)$$

2. Spalet dublu încastrat
(fixat la ambele extremități):

$$\Delta_M = \frac{VH^3}{12E_z I_p} \quad (C.24b)$$

$$\Delta_V = k \frac{VH}{G_z A_p} \quad (C.25b)$$

$$R = \frac{1}{\frac{H^3}{12E_z I_p} + k \frac{H}{G_z A_p}} \quad (C.26b)$$

Cu notațiile :

- V - forță tăietoare
- H - înălțimea panoului (montant/spalet)
- I_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 C.24...C.26 devin:

$$1. \text{ Perete în consolă} \quad R_p = \frac{E_z t_p}{\lambda_p (3 + 4\lambda_p^2)} = E_z t_p k_M(\lambda_p) \quad (C.27a)$$

$$2. \text{ Spalet dublu încastrat} \quad R_p = \frac{E_z t_p}{\lambda_p (3 + \lambda_p^2)} = E_z t_p k_S(\lambda_p) \quad (C.27b)$$

unde $\lambda_p = \frac{H}{l_p}$ este factorul de formă al panoului (zveltețea panoului).

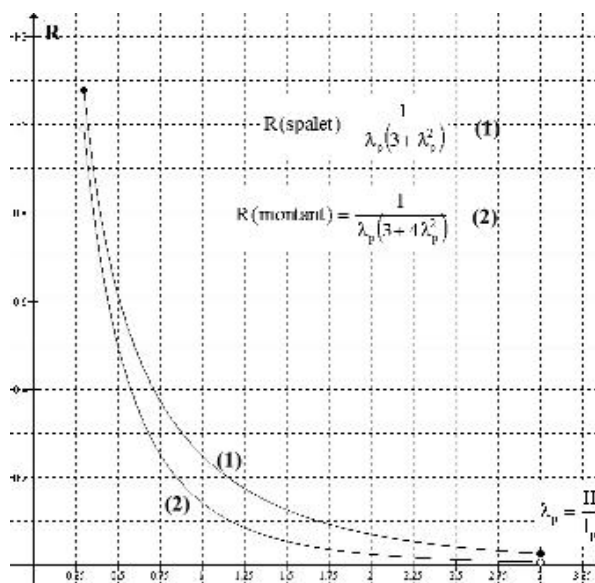


Figura C.73.

Variația rigidității panourilor de zidărie dreptunghiulare în funcție de proporția lor

În cazul pereților compuși din montați și spaleti, rigiditatea totală (echivalentă) este egală cu suma rigidităților panourilor componente:

$$R_{\text{tot}} = \sum R_i \quad (C.28)$$

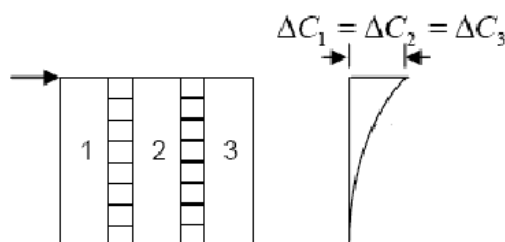


Figura C.74

Rigiditatea peretelui compus din mai mulți montați

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:

$$R_{\text{echiv}} = \frac{1}{\sum \Delta C_i} = \frac{1}{\sum \frac{1}{R_i}} \quad (\text{C.28a})$$

unde ΔC_i este deplasarea relativă a peretelui la nivelul "i" iar R_i este rigiditatea peretelui la acest nivel.

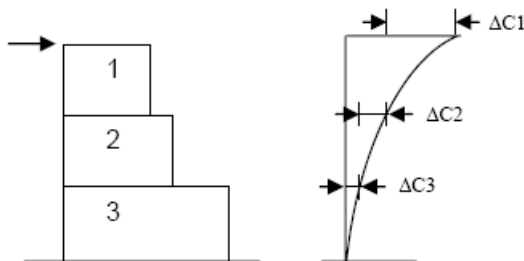


Figura C.75

Rigiditatea echivalentă a peretelui cu rigiditate variabilă pe înălțime

C.6.3.1.(10)

Pentru calculul rigidității, problema cea mai controversată este determinarea caracteristicilor de deformabilitate ale zidăriei ale căror valori sunt influențate de numeroși factori.

Astfel, modulul de elasticitate longitudinal al zidăriei (E_z) depinde, între altele, de: rezistența elementelor și a mortarului, greutatea specifică a acestora, ponderea volumetrică a componentelor zidăriei și materialul din care sunt făcute elementele (argilă arsă sau beton de diferite tipuri). De asemenea, modulul de elasticitate este influențat de dimensiunile elementelor și de tipul mortarului. Pentru a stabili influența fiecăruia dintre acești factori 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. Pentru aplicarea metodelor de calcul avansate (metode de calcul biografic *-pushover-*, de exemplu) cunoașterea cât mai exactă a modulului E_z prezintă însă un interes major.

Atragem atenția și asupra faptului că definirea modulului de elasticitate longitudinal, la compresiune, al zidăriei este dată în mod diferit de reglementările tehnice. Din acest motiv, pentru compararea valorilor E_z , este necesară cunoașterea exactă a modului de definire a acestuia.

În marea majoritate a reglementărilor tehnice, modulul longitudinal de elasticitate al zidăriei se definește ca **modul secant**. Ceea ce diferă, de la caz la caz, este poziția pe curba σ - ϵ a punctelor de referință.

În **SR EN 1996-1** s-a adoptat valoarea $E_z = 1000 f_k$, măsurată între eforturile unitare $\sigma = 0 \div 0.3 f_k$ și deformațiile specifice corespunzătoare. Valoarea $E_z = 1000 f_k$ a fost adoptată și în **CR6-2006** pentru calculul caracteristicilor dinamice ale structurilor și este folosită și în **P100-1/2006**. În plus, în **CR6-2006**, conform practicii curente din România, s-a prevăzut și valoarea $E_z = 500 f_k$ pentru calculul deformațiilor la SLU.

A se vedea și comentariul **C.4.1.2.2.1.(2)**

C.6.3.1.(11)

La proiectarea riglelor de cuplare se va ține seama și de cerințele de asigurare a comportării ductile stabilite la art.2.2.1.(4) din Cod. În cazul în care aceste condiții nu sunt satisfăcute modelul de calcul nu va avea în vedere formarea articulațiilor plastice în riglele de cuplare.

C.6.3.2.1.(1)

Forțele seismice de proiectare pentru clădirile de locuit, domeniul în care structurile din zidărie au cea mai extinsă utilizare, se determină din spectrul de proiectare, cu relația (4.4) din Codul **P100-1/2006**, folosind următorii parametri:

- clădiri cu număr de niveluri peste secțiunea de încastrare $n_{niv} > 2 \Rightarrow \lambda = 0.85$ și $\gamma_I = 1.00$ (clădiri din clasa de importanță III);
- clădiri cu $n_{niv} \leq 2 \Rightarrow \lambda = 1.00$ și $\gamma_I = 0.80$ (clădiri din clasa de importanță IV).

Ținând seama de valorile de mai sus rezultă că forța seismică de bază F_b raportată la greutatea totală a clădirii G , pentru valorile q din **P100-1/2006**, (cu factorul de corecție $\eta = 0.88$ din **Anexa A**) capătă, pentru $n_{niv} > 2$ valorile din tabelul C. (și cu 6% mai puțin pentru $n_{niv} \leq 2$).

Forța seismică de bază raportată la greutatea totală a clădirii pentru $n_{niv} > 2$ (F_b/G)

Factorul F_b/G pentru clădiri din **ZNA**

Tabelul C.25

n _{niv}	a _g /g						
	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32
1	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
2	0.09	0.13	0.18	0.22	Nu se acceptă		
3	0.08	Nu se acceptă					

Factorul F_b/G pentru clădiri din **ZC**

Tabelul C.26

n _{niv}	a _g /g						
	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24	0.28	0.32
1	0.07	0.11	0.15	0.19	0.22	0.26	0.30
2	0.06	0.09	0.12	0.16	0.19	0.22	0.25
3	0.05	0.08	0.11	0.13	0.16	Nu se acceptă	
4					Nu se acceptă		
5			Nu se acceptă				

C.6.3.2.1.(5)

Creșterea drastică a valorilor forței de proiectare pentru clădirile din zidărie stabilită prin standardul european **EN 1998-1**, a impus căutarea unor căi de proiectare rațională care să evite necesitatea sporirii dimensiunilor elementelor structurale de zidărie, mai ales la nivelurile inferioare ale clădirilor etajate. Astfel, raportul [ANIDIS XI Convegno Nazionale ANIDIS: *L'ingegneria sismica in Italia*, Genova, 25-29 gennaio 2004] consideră că abordarea realistă a comportării seismice a clădirilor din zidărie este posibilă numai prin folosirea calculului static neliniar. Având în vedere că în literatura de specialitate există numeroase cercetări în acest domeniu, raportul propune ca în Codurile de proiectare, să se țină seama de comportarea neliniară a zidăriei folosind însă metode de calcul suficient de simple pentru a fi aplicate cu ușurință în cazurile cele mai des întâlnite în proiectarea curentă. În acest context, reglementarea italiană [*** Italia *Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici*, ed. maggio 2005] preia valorile de referință ale factorilor q din capitolul 9 al **EN 1998-1** dar le corectează cu **factori**

de suprarezistență structurală (> 1.0) care țin seama de comportarea postelastică așteptată a structurii.

În cazul clădirilor din zidărie, principalele surse din care pot proveni rezervele de siguranță (suplimentul de rezistență) sunt:

- valoarea forței seismice de proiectare determinată prin metoda statică echivalentă este întotdeauna mai mare decât forța care rezultă din calculul cu spectrul de răspuns;
- la rândul lor, valorile spectrului elastic din Cod sunt acoperitoare deoarece acesta corespunde fracțiunii de 5% din amortizarea critică, valoare care este inferioară celei curent acceptată, în literatura de specialitate, pentru structurile din zidărie ($\xi = 8 \div 10\%$);
- capacitatea de rezistență asigurată de unele prevederi constructive depășește, în multe cazuri cerințele rezultate din calcul;
- redistribuția eforturilor în domeniul postelastic care poate fi realizată prin conlucrarea spațială a șirurilor de montanți/spaleți (pereții care dispun de unele rezerve de capacitate portantă pot prelua parțial încărcările suplimentare care le revin după cedarea pereților care au avut capacitate de rezistență insuficientă).

Anexa națională la standardul **SR EN 1998-1** a adoptat corecția factorilor de comportare **q** cu factorii de suprarezistență structurală după cum urmează:

Tabelul C.27

Tipul zidăriei	Factorul de comportare q
Zidărie nearmată (ZNA), care satisface numai cerințele SR EN 1996-1-1 și condițiile de la 9.3.2 nota 1 din anexa națională la SR EN 1998-1	$q = 1.5$
Zidărie nearmată (ZNA) care satisface cerințele din SR EN 1998-1 și din anexa națională la acesta	<ul style="list-style-type: none"> • Structuri cu regularitate în elevație $q = 1.75 \alpha_u / \alpha_1$ • Structuri fără regularitate în elevație $q = 1.50 \alpha_u / \alpha_1$
Zidărie confinată (ZC) care satisface cerințele din SR EN 1998-1 și din anexa națională la acesta	<ul style="list-style-type: none"> • Structuri cu regularitate în elevație $q = 2.25 \alpha_u / \alpha_1$ ($q = 2.50 \alpha_u / \alpha_1$)* • Structuri fără regularitate în elevație $q = 2.00 \alpha_u / \alpha_1$ ($q = 2.25 \alpha_u / \alpha_1$)*
Zidărie armată – perete dublu cu gol interior umplut (ZIA)	<ul style="list-style-type: none"> • Structuri cu regularitate în elevație $q = 2.75 \alpha_u / \alpha_1$ • Structuri fără regularitate în elevație $q = 2.50 \alpha_u / \alpha_1$

Notă. Valorile marcate cu * se referă la zidăria confinată și armată în rosturile orizontale conform prevederilor din acest Cod.

Valorile din expresia factorului de suprarezistență α_u / α_1 au următoarea definiție:

- α_u reprezintă 90% din forța seismică orizontală pentru care, dacă efectele celorlalte acțiuni rămân constante, structura atinge valoarea maximă a forței laterale capabile;
- α_1 reprezintă forța seismică orizontală pentru care, dacă efectele celorlalte acțiuni rămân constante, primul element structural atinge rezistență ultimă (la încovoiere cu forța axială sau la forfecare).

Valorile α_u / α_1 se pot stabili astfel:

- prin calcul static neliniar (pushover); în acest caz se aplică limitarea $\alpha_u / \alpha_1 \leq 2.0$;
- fără efectuarea calculului static neliniar, adoptând următoarele valori forfetare:
 - clădiri din zidărie nearmată: $\alpha_u / \alpha_1 = 1.10$;
 - clădiri din zidărie armată : $\alpha_u / \alpha_1 = 1.25$.

Factorul de suprarezistență α_u/α_1 se utilizează numai pentru proiectarea construcțiilor cu ductilitate structurală sporită realizată prin adoptarea măsurilor prevăzute în acest Cod, la paragraful 2.2.1., în scopul obținerii unui mecanism favorabil de disipare a energiei seismice la cutremure severe (proiectarea capacității de rezistență prin procedee similare celor prevăzute în Codul **P100-1/2006** și în standardul **SR EN 1998-1**).

Pentru construcțiile la care nu se realizează în totalitate aceste cerințe, în calcule se folosesc valorile minime q din tabelul 9.1. din **SR EN 1998-1** și valoarea $\alpha_u/\alpha_1 = 1.0$.

Valoarea $\alpha_u/\alpha_1 = 1.0$ se ia în calcul și în cazul folosirii elementelor din argilă arsă pentru care legea constitutivă a zidăriei σ - ϵ este de tip fragil (nu este de tipul celei din figura 4.3 din Cod).

C.6.3.2.1.(7)

În cazul pereților cu goluri suprapuse, pentru calculul eforturilor secționale, pot fi folosite mai multe procedee bazate pe schematizările care sunt indicate în figura următoare.

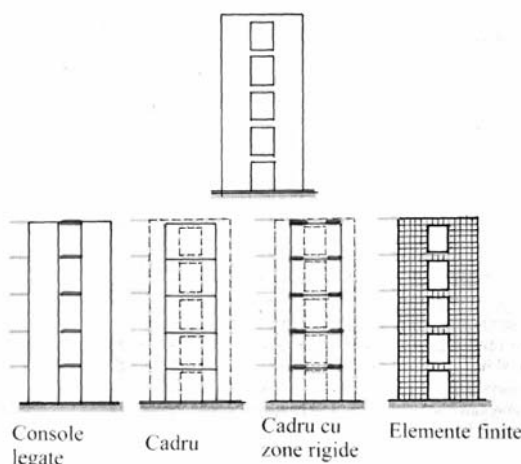


Figura C.77 Modelarea pereților cu un singur șir de goluri

Modelul cu console legate se folosește în cazurile în care riglele de cuplare nu există (golurile sunt înalte și legătura se realizează numai prin centură/placa planșeului) sau, în cazul evaluării unor construcții existente din zidărie care au buiandrugi din lemn sau din zidărie.

O variantă simplificată a modelului cu console legate [metoda POR/ Italia] ia în considerare numai deformațiile din forfecare și încovoiere ale elementelor verticale considerate dublu încastrate în dreptul planșeelor (cu rotire împiedicată).

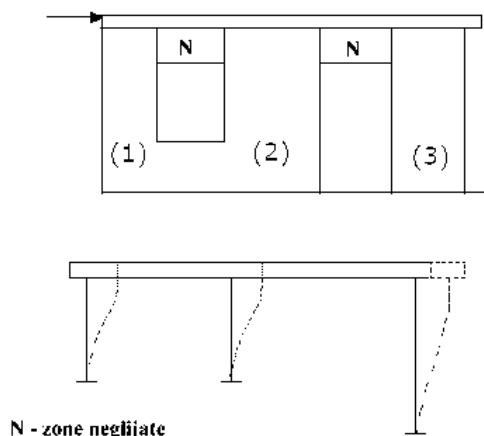


Figura.C.68 Schematizarea peretelui în metoda POR

Modelul simplificat POR permite un calcul rapid (chiar manual), dar schematizarea propusă nu ia în considerare mecanismele de deformare/avariere ale elementelor orizontale (rigle de cuplare) și din acest motiv rezultatele furnizate sunt aproximative (rigiditatea structurii este supraestimată iar ductilitatea subestimată).

Una din primele propuneri de asimilare, pentru calcul, a peretelui din zidărie cu șiruri de goluri suprapuse cu un cadru plan a fost făcută în lucrarea [Morlando, G. and Ramasco, R. *In tema di verifica sismica degli edifici in muratura. Quadreni di Teoria e Tecnica delle strutture* Università di Napoli - Istituto di Tecnica delle Costruzioni n° 562, 1984].

S-a propus un cadru înlocuitor cu segmente rigide la extremitățile barelor verticale și orizontale astfel încât zonele respective să prezinte deformații de încovoierie și forfecare de același ordin de mărime. Între aceste zone montanții și plinurile orizontale din zidărie sunt modelați cu proprietățile elastice (geometrice și mecanice) respective.

Notă. Un procedeu similar, pentru pereți structurali cu goluri mari (*walled-frames*) din beton armat a fost propus în lucrarea [Muto, K., Butler, D.W.: *Lateral Force Distribution Coefficients and Stress Analysis for Walled Frames* (1951)]

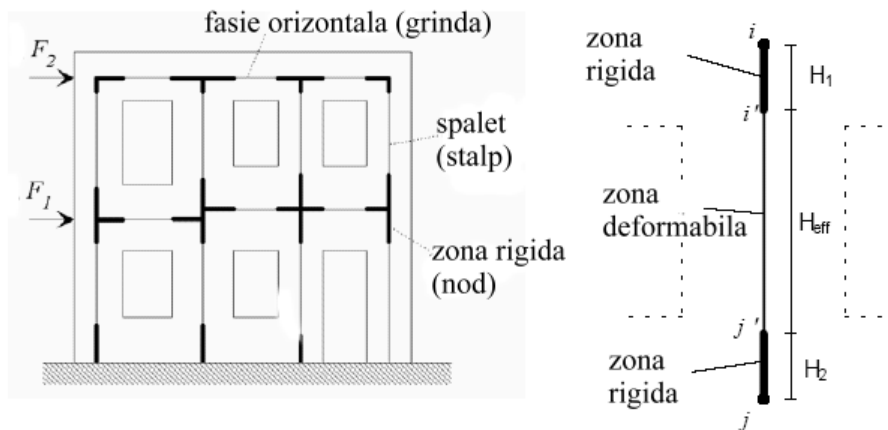


Figura C.69.

Model de tip cadru pentru pereții structurali cu goluri

Cercetări mai recente au extins folosirea acestui model și pentru a lua în considerare comportarea neliniară specifică structurilor din zidărie [Lenza, P., *Non linear behaviour of masonry buildings under seismic actions* 11th WCEE, Paper n°1833].

Pornind de la examinarea comportării specifice la cutremur a principalelor componente ale unui perete din zidărie se poate realiza schematizarea sub forma "cadrului înlocuitor" folosind **macroelemente**.

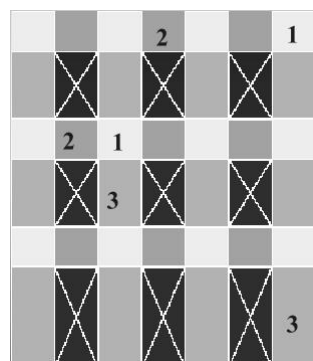


Figura C.70

Schematizarea peretelui cu **macroelemente**

1- nod, 2 - plin orizontal, 3 - spalet

Macroelementul reprezintă un panou întreg al unui perete, definit în funcție de proprietățile caracteristice (spalet, plin orizontal și nod) și prin aceasta permite scrierea ecuațiilor de echilibru ale ansamblului cu un număr mai mic de necunoscute. Condițiile de contur permit și identificarea mecanismelor de deformare elastică și post elastică (identificarea nivelului de avariere).

Macroelementul reprezentat în figura C.71(a) este un panou cu lățimea b și grosimea s constituit din trei segmente:

- cele două zone/elemente de la extremități cu grosime Δ (notate 1 și 3) modelează deformabilitatea axială (sub efectul forței axiale N și al momentului încovoietor M) și sunt considerate infinit rigide la acțiunea forței tăietoare T ;
- zona/elementul central de înălțime h modelează deformabilitatea unghiulară (sub efectul forței tăietoare), dar este considerat infinit rigid la acțiunea forței axiale și a momentului încovoietor.

Modelul cinematic complet pentru un element trebuie să considere câte trei grade de libertate la nodurile i și j și tot ce trei grade la interfețele elementelor 1&2 și respectiv 2&3.

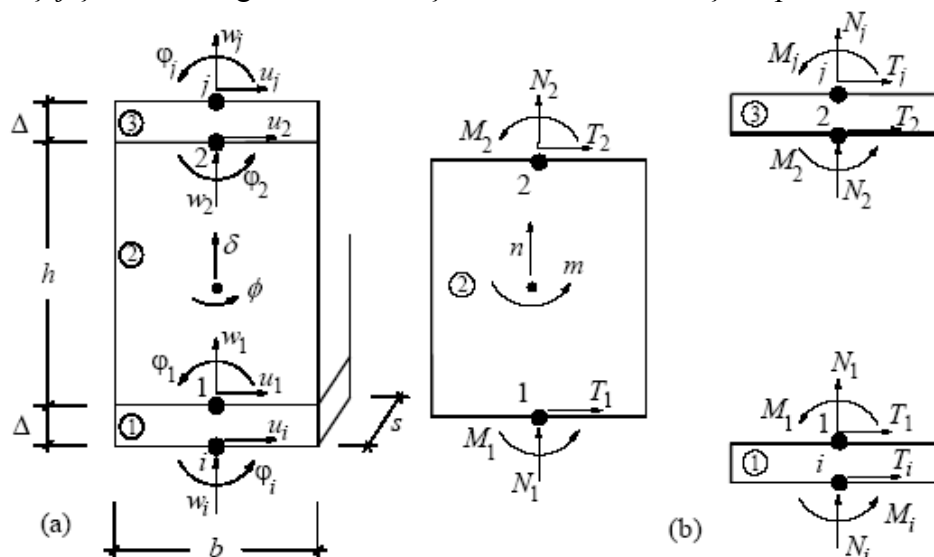


Figura C.71.

Definirea macroelementelor structurale -eforturi și deformații

Calculul structurilor folosind modelarea cu elemente finite de suprafață implică utilizarea programelor specializate.

Precizia rezultatelor depinde, în mare măsură, de definirea modelului, în particular de nivelul de detaliere al rețelei ceea ce implică un efort important de modelare și o durată relativ lungă de calcul.

Avantajul principal al metodei constă în posibilitatea de a urmări degradarea zidăriei prin reducerea rezistenței elementelor avariate după o lege constitutivă neliniară până la atingerea situației de colaps.

Subliniem și complexitatea procedurii de interpretare a rezultatelor calculului. Depășirea locală a valorilor limită ale eforturilor unitare nu înseamnă momentul ruperii panoului deoarece sunt posibile redistribuții locale care trebuie evaluate (de exemplu, prin mediere/integrare pe anumite zone) în vederea determinării nivelului de solicitare secțională care produce efectiv ruperea zidăriei.

Definirea legii constitutive necesită cunoașterea cât mai exactă a proprietăților mecanice ale zidăriei. În cazul proiectării clădirilor noi, legea constitutivă poate fi luată conform datelor din

reglementările tehnice relevante sau conform încercărilor producătorului. În cazul clădirilor existente sunt necesare însă cercetări/teste extinse in-situ și în laborator.

6.4. Calculul pereților structurali și nestructurali la încărcări orizontale perpendiculare pe planul peretelui.

6.4.1. Modele de calcul pentru încărcări perpendiculare pe planul peretelui

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). Subliniem 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").

6.6.1.2. Ipoteze de calcul

C.6.6.1.2.(2)

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.

6.6.1.3. Caracteristici geometrice ale secțiunii orizontale a peretelui

C.6.6.1.3.(1)

Grosimea peretelui care se ia în calcul este grosimea netă (fără tencuială). Conform prevederilor de la 7.1.2.2., în pereții structurali nu sunt admise slițuri orizontale. Conform **SR EN 1996-1-1** slițurile orizontale sunt admise în următoarele condiții:

"Slițurile orizontale și înclinate se pot amplasa numai pe o zonă de 1/8 din înălțimea liberă a peretelui, sub sau peste planșeu și numai dacă adâncimea totală, incluzând adâncimea oricărui gol atins când s-a tăiat slițul, este mai mică decât o valoare $t_{ch,h}$ stabilită prin standard. În plus se cere ca excentricitatea forței verticale în zona slăbită să fie mai mică decât 1/3 din grosimea peretelui. În cazurile în care adâncimea proiectată a slițului orizontal/înclinat și/sau excentricitatea forței verticale depășesc valorile menționate, rezistența peretelui la încărcări verticale, la forță tăietoare și la încovoiere se verifică prin calcul luând în considerare secțiunea transversală redusă. Standardul nu definește însă limita unghiului de înclinare până la care se aplică prevederile respective"

6.6.1.4. Rezistențe unitare de proiectare ale zidăriei, betonului și armăturii.

C.6.6.1.4.(1)

A. Valorile minime ale rezistenței caracteristice la compresiune a zidăriei ($f_{k,min}$ în N/mm^2) care sunt acceptate pentru a fi folosite pentru proiectarea clădirilor situate în zone seismice rezultă din condițiile minime pentru rezistența standardizată a elementelor ($f_b \geq 7.5 N/mm^2$) stabilită prin Codul **P100-1/2006**, art.8.2.1.2 (2) și pentru rezistența medie a mortarului ($f_m \geq 5 N/mm^2$) stabilită prin Codul **CR6 -2006**, condiții care au fost preluate și în **Anexa națională** la standardul **SR EN 1998-1**.

Cu aceste limitări valorile rezistenței de proiectare la compresiune a zidăriilor, cu elementele produse curent în România rezultă după cum urmează:

A1. Zidărie cu elemente pline **240 x 115 x 63 mm** (cu rost longitudinal).

Coeficientul de transformare pentru aceste elemente este $\delta = 0.81$. Pentru elementele cu $f_{med} = 7.5 N/mm^2$ rezultă $f_b = \delta f_{med} = 6.075 N/mm^2 < 7.5 N/mm^2$ și prin urmare aceste elemente nu satisfac cerințele Codului **P100-1/2006**. Prin urmare în România sunt acceptate numai elementele pline cu $f_{med} = 10 N/mm^2$. Pentru acestea valorile rezistenței de proiectare la compresiune (f_d în N/mm) sunt date în tabelul C.28.

Tabelul C.28

Elemente	Mortar $f_m = 5.0 N/mm^2$		Mortar $f_m = 10.0 N/mm^2$	
	$\gamma_M = 2.2$	$\gamma_M = 2.5$	$\gamma_M = 2.2$	$\gamma_M = 2.5$
$f_{med} (N/mm^2)$				
10.0	1.27	1.12	1.57	1.38

A2. Zidărie cu elemente cu goluri verticale **240x115x88 mm 290x240x138 mm 290x140x88 mm**

Coeficienții de transformare δ pentru aceste elemente au, de asemenea, valori subunitare și, așa cum s-a arătat mai sus, pentru rezistența medie $f_{med} = 7.5 N/mm^2$ rezultă rezistența standardizată $f_b < 7.5 N/mm^2$ și prin urmare aceste elemente nu sunt acceptate în condițiile stabilite de Codul **P100-1/2006**.

Pentru elementele cu rezistența medie $f_{med} = 10 N/mm^2$ valorile rezistențelor de proiectare la compresiune, în condițiile zidirii fără rost longitudinal, sunt date în tabelul C.29.

Tabelul C.29.

Elemente	Mortar $f_m = 5.0 N/mm^2$		Mortar $f_m = 10.0 N/mm^2$	
	$\gamma_M = 2.2$	$\gamma_M = 2.5$	$\gamma_M = 2.2$	$\gamma_M = 2.5$
$f_{med} (N/mm^2)$				
10.0	1.50 (1.20)	1.32 (1.06)	1.86 (1.49)	1.64 (1.31)

Valorile din paranteze se folosesc în cazul zidirii cu rost longitudinal

A3. Zidărie cu elemente cu goluri verticale **240x115x138 mm, 290x140x138 mm 290x240x188 mm**

Pentru aceste elemente $\delta > 1.0$ și ca atare elementele cu $f_{med} = 7.5 N/mm^2$ satisfac condiția $f_b > 7.5 N/mm^2$ și corespund cerințelor pentru a fi folosite conform Codului **P100-1/2006**.

Valorile rezistențelor de proiectare la compresiune, în condițiile zidirii fără rost longitudinal, sunt date în tabelul C.30.

Tabelul C.30.

Elemente	Mortar $f_m = 5.0 \text{ N/mm}^2$		Mortar $f_m = 10.0 \text{ N/mm}^2$	
$f_{med} \text{ (N/mm}^2\text{)}$	$\gamma_M = 2.2$	$\gamma_M = 2.5$	$\gamma_M = 2.2$	$\gamma_M = 2.5$
7.5	1.45(1.16)	1.28(1.02)	1.77(1.42)	1.56(1.25)
10.0	1.77(1.42)	1.56(1.25)	2.18(1.74)	1.92(1.54)

Valorile din paranteze se folosesc în cazul zidirii cu rost longitudinal

B. Rezistențele unitare de proiectare la forfecare în rost orizontal pentru elementele din cele trei categorii, calculate prin împărțirea valorilor caracteristice la coeficienții de siguranță γ_M sunt date în tabelele C.31÷ C.34.

B1. Zidărie cu elemente pline 240 x 115 x 63 mm (Elemente cu $f_{med} = 10 \text{ N/mm}^2$)

Tabelul C.31

γ_M	Mortar	Effort unitar de compresiune $\sigma_d \text{ (N/mm}^2\text{)}$									
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
2.2	M10	0.155	0.167	0.174	0.180	0.186	0.193	0.200	0.205	0.211	0.218
	M5	0.109	0.127	0.145	0.164	0.182					
2.5	M10	0.136	0.147	0.153	0.158	0.164	0.170	0.175	0.181	0.186	0.192
	M5	0.096	0.112	0.128	0.144	0.160					

B2. Zidărie cu elemente cu goluri verticale (Elemente cu $f_{med} = 10 \text{ N/mm}^2$)

Tabelul C.32.

γ_M	Mortar	Effort unitar de compresiune $\sigma_d \text{ (N/mm}^2\text{)}$									
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
2.2	M10	0.145	0.151	0.157	0.163	0.169	0.175	0.180	0.186	0.192	0.198
	M5	0.109	0.127	0.145							
2.5	M10	0.128	0.133	0.138	0.143	0.148	0.154	0.159	0.164	0.169	0.174
	M5	0.096	0.112	0.128							

B3. Zidărie cu elemente cu goluri verticale (se folosește pentru elementele din tabelul C.32 cu $f_{med} = 7.5 \text{ N/mm}^2$)

Tabelul C.33.

γ_M	Mortar	Effort unitar de compresiune $\sigma_d \text{ (N/mm}^2\text{)}$									
		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
2.2	M10	0.110	0.116	0.122	0.128	0.134	0.140	0.146	0.152	0.158	0.164
	M5	0.109									
2.5	M10	0.097	0.102	0.108	0.113	0.118	0.123	0.128	0.134	0.139	0.144
	M5	0.096									

C. Rezistențele unitare de proiectare la încovoiere perpendicular pe planul peretelui, pentru elemente pline și cu goluri verticale pentru mortarele M10 și M5 (valori independente de rezistența zidăriei la compresiune) sunt următoarele:

Tabelul C.34.

Coeficientul materialului			
$\gamma_M = 2.2$		$\gamma_M = 2.5$	
f_{xd1}	f_{xd2}	f_{xd1}	f_{xd2}
0.109	0.218	0.072	0.144

6.6.2. Rezistența de proiectare a peretilor la forță axială

C.6.6.2.(1)

Pentru zidăriile care fac obiectul Codului **CR6-2006** grosimea efectivă a peretelui (t_{ef}) este egală cu grosimea reală a acestuia (t).

Conform *Anexei naționale* la standardul **SR EN 1998-1** raportul $h_{ef}/t_{ef} \equiv h_{ef}/t$ se limitează după cum urmează:

- pentru zidăria nearmată $h_{ef}/t \leq 12$
- pentru zidăria confinată și pentru zidăria cu inimă armată $h_{ef}/t \leq 15$.

6.6.2.1. Rezistența la compresiune a peretilor din zidărie nearmată (ZNA) cu elemente din argilă arsă

6.6.2.1.3. Determinarea înălțimii efective a peretelui (h_{ef})

C.6.6.2.1.3.(1)

În clădirile din zidărie cu alcătuiuri curente, legăturile efective dintre pereți și planșee sunt definite, din punct de vedere mecanic, ca articulații sau ca încastrări.

În cazul construcțiilor moderne cu planșee din beton armat legătura peretelui la nivel planșeelor poate fi considerată încastrare dacă:

- Planșeul este continuu peste perete (există planșeu de ambele părți ale peretelui – cazul general al pereților interiori);
- Planșeul este parțial dar rezemat pe cel puțin 2/3 din grosimea peretelui (există planșeu numai de o singură parte a peretelui – cazul general al pereților exteriori sau cazul particular al pereților interiori adiacenți unor goluri mari, de scară, de exemplu);
- Efortul de compresiune mediu pe nodul “perete-planșeu” are o valoare semnificativă. În lucrarea [Magenes, G., Penna, A., Morandi, P. *La progettazione sismica degli edifici in muratura di nuova costruzione* – Università degli Studi di Pavia ed EUCENTRE – febbraio 2005] se sugerează ca această valoare să fie $\geq 0.3 \text{ N/mm}^2$. Din această condiție rezultă că rigiditatea nodului descrește la nivelurile superioare ale clădirii pe măsura scăderii efortului de compresiune.

În cazul planșeelor din lemn, acceptate prin excepție de Codul **CR6-2006**, condițiile de legătură sunt mai apropiate de o articulație/încastrare parțială. Aceiași modelare trebuie acceptată și pentru cazurile în care valoarea efortului de compresiune pe nod este mică (prinderile pereților de la ultimul nivel al clădirii intră întotdeauna în această categorie)

C.6.6.2.1.3.(2)

Pentru a putea realiza efectul de rigidizare pereții care sunt perpendiculari trebuie să fie legați eficient de peretele care este rigidizat prin țesere la fiecare rând și prin armături în rosturi așa cum se prevede în figura 7.4. Peretele de rigidizare trebuie să fie capabil să împiedice deformarea peretelui pe care îl rigidizează (ieșirea din plan).

C.6.6.2.1.3.(2)

Standardul **SR EN 1996-1-1** precizează că un perete poate fi considerat rigidizat la o margine verticală dacă nu există posibilitatea să se producă fisurarea între acesta și peretele care îl rigidizează.

Se consideră că fisurarea are o probabilitate foarte redusă de a se produce dacă ambii pereți:

- sunt executați din materiale care au aproximativ aceleași caracteristici de deformare;
- sunt încărcăți aproximativ egal;
- au fost zidăiți simultan și sunt țesuți între ei;
- nu sunt așteptate deformări/deplasări diferențiate datorită contracției sau unor încărcări variabile;
- legăturile între perete și pereții care îl rigidizează sunt proiectate pentru a putea prelua eforturile de întindere/compresiune prin legături mecanice (ancore, tiranți, sau alte elemente similare).

C.6.6.2.1.3.(7)

C1. Standardul **SR EN 1996-1-1** aduce următoarele modificări relațiilor din tabelul 6.3:

- Pentru pereții cu $h > 3.5l_w$ se introduce limitarea inferioară $\rho_3 \geq 0.3$;
- Pentru coeficientul ρ_4 , limita între cele două cazuri devine $h = 1.15l_w$ (se obține astfel racordarea celor două relații în acest punct).

C2. Standardul **SR EN 1996-1-1** stabilește și condiții limită pentru dispunerea pereților de rigidizare prin limitarea lungimii peretelui care poate fi considerat rigidizat pe două părți sau pe o singură parte:

"Pereții rigidizați pe două laturi verticale, cu $l \geq 30t$, sau pereții rigidizați pe o singură latură verticală, cu $l \geq 15t$, unde l este lungimea peretelui l , între pereții de rigidizare sau una din laturi și t este grosimea peretelui rigidizat, sunt considerați pereți fixați numai sus și jos".

Din această prevedere, pentru grosimile curente ale pereților structurali rezultă următoarele distanțe maxime între pereții de rigidizare (pentru rigidizarea pe două laturi verticale) sau între un perete și o margine liberă (pentru rigidizarea pe o singură latură verticală).

Tabelul C.35.

Poziția pereților de rigidizare	Lungimea maximă (l_w - în metri)		
	$t = 25 \text{ cm}$	$t = 30 \text{ cm}$	$t = 37.5 \text{ cm}$
Pe două laturi verticale	7.50	9.00	11.25
Pe o singură latură verticală	3.75	4.50	5.625

Cu aceste valori, pentru clădirile cu înălțimi de etaj curente ($h \leq 3.20 \text{ m}$ pentru structuri tip "fagure" și $h \leq 4.00$ pentru structuri tip "celular") rapoartele l_w/h din formulele tabelului 6.3 se limitează la 2 pentru pereții rigidizați pe o singură latură verticală și la 4 pentru pereții rigidizați pe două laturi verticale.

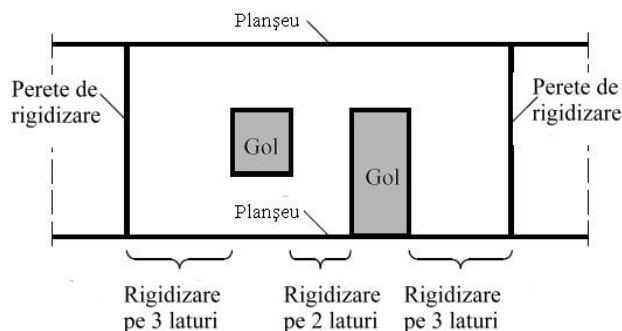


Figura C.72. Exemplificarea rigidizării pereților din zidărie prin pereți transversali

6.6.3. Rezistența de proiectare la forță axială și încovoiere în planul median a pereților din zidărie

6.6.3.1. Condiții generale de calcul

C.6.6.3.1.

Ipoteza secțiunilor plane adoptată în **CR6-2006** nu este valabilă pentru toate cazurile. În mod special, nu este valabilă în cazul pereților scurți solicitați de forțe aplicate în planul peretelui. Rezistența ultimă este însă relativ puțin influențată de această neconcordanță.

Modelele de calcul sunt diferite pentru zidăria nearmată (**ZNA**) și pentru zidăria armată (confinată, cu inima armată).

În cazul zidăriei nearmate, rezistența de proiectare - momentul încovoiitor capabil pentru o valoare dată a forței axiale - se determină în ipoteza că pe secțiunea orizontală a peretelui se acceptă dezvoltarea eforturilor unitare de întindere numai pe o zonă limitată din lungimea peretelui. Limitarea zonei întinse rezultă din condiția ca excentricitatea de aplicare a rezultantei încărcărilor verticale să nu depășească cu mai mult de 20% limita sâmburelui central al secțiunii. În cazul pereților cu secțiune dreptunghiulară, această condiție revine la limitarea excentricității forței axiale la valoarea $l_w/5$.

În cazul zidăriei confinate, **CR6-2006** menține ipotezele acceptate în mod curent în practica de proiectare din România.

6.6.3.2. Pereți din zidărie nearmată

C.6.6.3.2.(6)

Relația (6.22) din Cod care corespunde zonei de "excentricitate mică" stabilită de **STAS 10107/0-90** pentru elementele din beton simplu, are în vedere limitarea lungimii zonei fisurate a pereților de zidărie simplă în starea limită ultimă sub acțiunea forțelor seismice.

Aria zonei comprimate se obține din condiția ca forța de compresiune să fie aplicată în centrul de greutate al zonei comprimate.

Din relația (6.20b) din Cod se determină capacitatea maximă a unui perete dreptunghiular din zidărie nearmată:

- $y_{SC} = 0 \rightarrow$ secțiune integral comprimată:
 - $l_c = l_w$
 - $N_{Rd} = 0.8 A_w f_d$
 - $M_{Rd} = 0$
- $y_{SC} = 0.2 l_w \rightarrow$ secțiune comprimată excentric
 - $l_c = 0.6 l_w$
 - $N_{Rd} = 0.48 A_w f_d$
 - $M_{Rd} = 0.576 W_w f_d$

unde

- $A_w = t l_w$ - aria secțiunii orizontale a peretelui
- $W_w = \frac{t l_w^2}{6}$ - modulul de rezistență al secțiunii orizontale a peretelui

Relația între forța axială și momentul maxim asociat, cu condiția limitării excentricității la $l.2r_{sc}$ poate fi reprezentată grafic în funcție de mărimile adimensionale:

- $n = \frac{N_{Rd}}{N}$
- $m = \frac{M_{Rd}}{M}$

în care:

- $n = A_w f_d$
- $m = \frac{t l_w^2}{6} f_d$

6.6.3.3. Pereți din zidărie confinată cu sau fără armături în rosturile orizontale

C.6.6.3.3.(2)

Deoarece ruperea la compresiune a zidăriei cu elemente din grupa **2S** este asociată în cele mai multe cazuri, cu valori mici ale deformației specifice (de regulă, $\varepsilon_{uz} \leq 0.5 \div 1\%$) capacitatea de rezistență a betonului din stâlpișori nu poate fi folosită decât parțial ($0.44 \div 0.75\%$). În aceste condiții pentru calculul secțiunii ideale de zidărie nu se mai poate utiliza relația 6.24 din Cod. De asemenea este contrazisă ipoteza blocului dreptunghiular al eforturilor de compresiune.

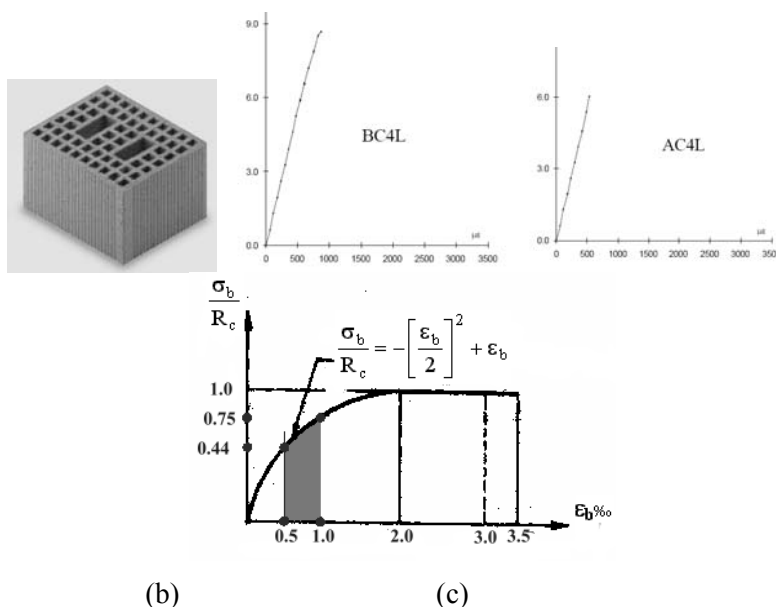


Figura C.73. Încercarea la compresiune a zidăriei cu elemente din grupa **2S** [Menditto, G și alții *Comportamento di pannellature murarie in funzione delle caratteristiche dei giunti. Prove di compressione e taglio su pannelli murari realizzati con blocchi di laterizio alveolato*. Università degli Studi di Ancona. Istituto di Scienza e Tecnica delle Costruzioni. Consorzio Alveolater, Maggio 1999]

(a) Elementele încercate (b) Diagrama σ - ε pentru elemente preumezite (c) Diagrama σ - ε pentru elemente uscate. Unități: eforturi unitare N/mm², deformații specifice $\mu=10^{-3}$. (d) Rezistențele betonului în domeniul deformațiilor ultime ale zidăriilor cu elemente 2S

Această situație este acoperită, drastic, de prevederile din standardul **SR EN 1996-1-1** care stabilește următoarele condiții, independent de grupa din care fac parte elementele pentru zidărie:

6.6.1.(4) Dacă zona comprimată cuprinde atât zidărie cât și beton de umplutură, rezistența la compresiune se calculează folosind diagrama eforturilor unitare corespunzătoare rezistenței la compresiune a celui mai slab dintre materiale.

6.9.2.(1) Pentru verificarea elementelor din zidărie confinată solicitate la încovoiere și/sau forță axială, se adoptă ipotezele pentru elementele din zidărie armată date în acest EN 1996-1-1. Pentru determinarea valorii de proiectare a momentului capabil al unei secțiuni se poate adopta ipoteza distribuției dreptunghiulare a eforturilor unitare bazată numai pe rezistența zidăriei. Armătura comprimată nu se ia în calcul.

Aceste prevederi, care vor deveni obligatorii în România după intrarea în vigoare a standardului **SR EN 1996-1-1**, conduc la momente capabile mult mai mici în cazul în care zidăria se execută cu elemente pline sau cu goluri dar cu pereți mai groși (așa cum sunt cărămizile GVP din producția internă).

6.6.4. Rezistența de proiectare la forță tăietoare a pereților structurali de zidărie

6.6.4.1. Ipoteze de calcul

C.6.6.4.1.(1)

Ruperea unui panou de zidărie sub efectul combinat al încărcărilor verticale și orizontale se produce sub una din următoarele forme:

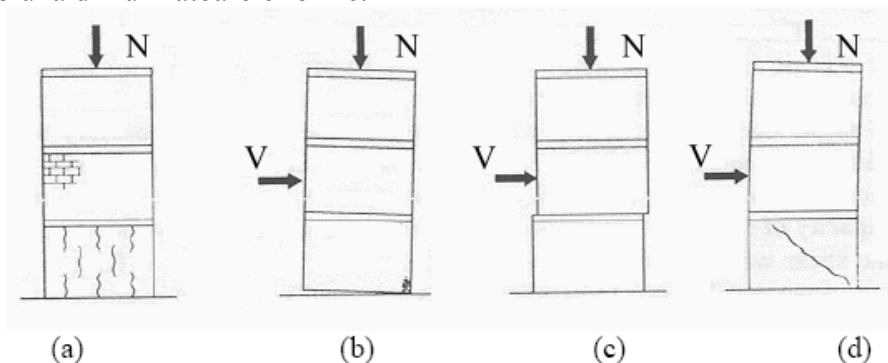


Figura C.74.

Scheme de rupere a panourilor de zidărie din compresiune și forță tăietoare

- (a) $V=0$ Rupere din compresiune centrică
- (b) Rupere din compresiune excentrică (desprindere în rost și/sau zdrobirea zidăriei comprimate)
- (c) Rupere din forță tăietoare (lunecare în rost orizontal)
- (d) Rupere din forță tăietoare (în scară, numai prin rosturi/ prin rosturi și elemente)

Schemele din figura C.74 - cu aceleași notații- se regăsesc în imaginile din fig. C.75.

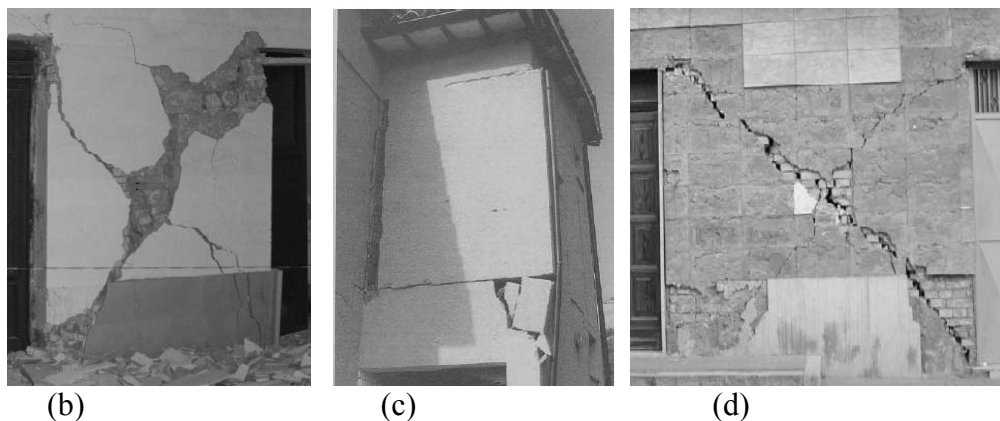


Figura C.75

Ruperea panourilor de zidărie - exemple

C.6.6.4.3.(4)

Pentru armăturile curente din stâlpișori valorile V_{Rd2} , (în tone) date de formula (6.33) se pot lua direct din tabelul C.36.

Tabelul C.36

Armarea stâlpișorului		Rezistența oțelului (N/mm ²)	
Numărul și diametrul barelor	A_{asc} (mm ²)	OB37 $f_{yd}=210$	PC52 $f_{yd}=300$
4Φ14	616	2.58	3.70
4Φ16	804	3.38	4.82
6Φ14	924	3.88	5.54
4Φ14+2Φ16	1018	4.28	6.11
6Φ16	1206	5.07	7.24

C.6.6.4.3.(1)

Ipotezele reținute în Codul **CR6-2006** nu sunt, în totalitate, în concordanță cu prevederile referitoare la zidăria confinată din standardul **SR EN 1996-1**:

"pentru verificarea elementelor din zidărie confinată supuse la forță tăietoare, rezistența elementelor va fi luată ca suma rezistenței la forfecare a zidăriei și a betonului elementelor de confinare (armătura elementelor de confinare va fi neglijată)"

C.6.6.4.4. (1)

În afara rolului de a spori rezistența peretelui la acțiunea forței tăietoare, armarea zidăriei în rosturile orizontale îmbunătățește și comportarea peretelui la forțe ciclice alternante așa cum rezultă din diagramele din figura C 76. În cazul zidăriei cu armături în rosturile orizontale, rezistența peretelui se degradează nesemnificativ după mai cicluri de încărcare-descărcare.

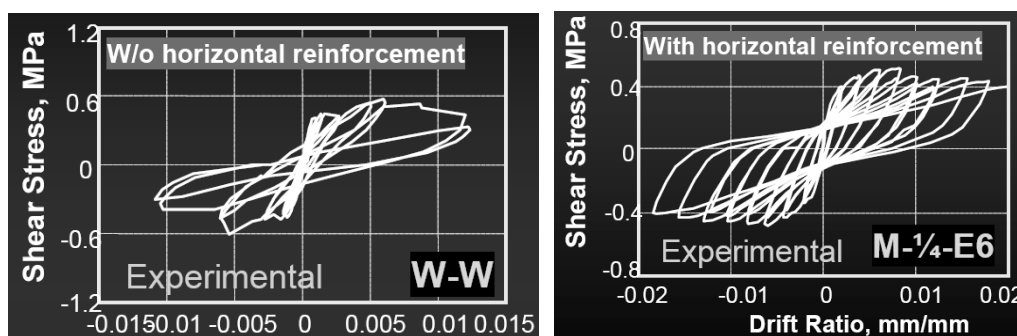


Figura C.76 Comportarea zidăriei armate în rosturile orizontale la forță tăietoare alternantă

C.6.6.4.6.

Asigurarea rezistenței în aceste secțiuni are o importanță majoră pentru realizarea conlucrării spațiale a pereților dispuși pe cele două direcții principale ale clădirii.

Starea de eforturi la interfața inimă/talpa are un caracter complex întrucât secțiunea respectivă este solicitată simultan de:

- forța de lunecare verticală provenită din acțiunea seismică în planul inimii peretelui;
- forțele și momentele provenite din acțiunea seismică perpendiculară pe planul tălpilor (pereților perpendiculari).

Experiența cutremurelor trecute a arătat că, sub efectul acestei stări complexe de solicitare, în multe cazuri, se produce cedarea legăturii între perete și tălpi după una din schemele de mai jos:

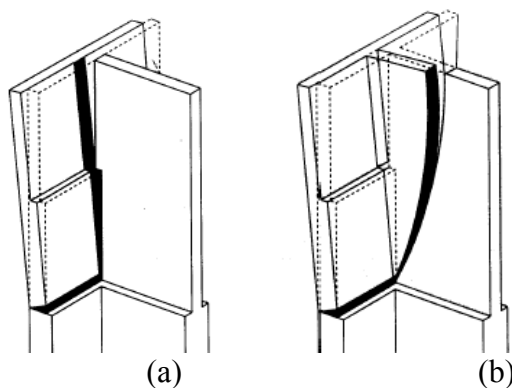


Figura C.77

Tipuri de avariere la interfața inimă/talpă a pereților compuși

6.6.5. Rezistența de proiectare a panourilor de zidărie de umplură

C.6.6.5.

Rezistența de proiectare a panourilor de zidărie de umplură trebuie evaluată pentru ambele situații de solicitare în care panoul se poate afla, practic simultan, în timpul cutremurului:

- solicitare în planul peretelui prin deformațiile impuse de deplasarea structurii (cadre de beton armat sau de oțel);
- solicitare perpendiculară pe planul peretelui datorată forței de inerție asociată masei peretelui.

Comentariile care urmează se referă numai la comportarea panourilor sub efectul deformațiilor impuse de deplasarea structurii. Comentariile legate de solicitarea perpendiculară pe plan se găsesc la paragraful C.6.6.6.

Fisurarea panourilor de zidărie de umplură sub efectul acțiunii seismice începe și se propagă prin rostul orizontal sau prin rosturile verticale dispuse pe diagonala comprimată. În cazul panourilor pline fisurarea începe din centrul panoului, iar în cazul panourilor cu goluri începe de la colțurile golurilor și continuă apoi spre colțurile panoului.

Răspunsul seismic al panourilor de umplură este determinat de:

- proprietățile geometrice și mecanice ale cadrului;
- proprietățile geometrice și mecanice ale panoului de umplură (inclusiv efectul golurilor în panou);
- efectele deteriorării rezistenței și rigidității inițiale a cadrului/panoului ca urmare a incursiunilor repetate în domeniul postelastic.

Interacțiunea dintre cadru și panoul de umplură în timpul cutremurului are ca efect o stare de eforturi complexă (neuniformă, cu concentrări locale) atât în cadru (grinzi, stâlpi, noduri) cât și în panou (neuniformitatea este amplificată în cazul panourilor cu goluri). Determinarea exactă a acestei stări de eforturi implică folosirea unor metode avansate de tip element finit și considerarea comportării neliniare a materialelor (zidărie, beton și oțel).

Din acest motiv în majoritatea reglementărilor se folosesc relații simplificate, semi-empirice, cu coeficienți calibrați pe baza experimentelor. Această cale a fost adoptată și pentru **CR6-2006** și, în consecință, pentru **P100-1/2006**.

C.6.6.5.(2)

Ruperea prin lunecare în rost orizontal în zona centrală a panoului modifică schema structurală de bază. Astfel, diagonală comprimată nu se mai poate dezvolta și forța orizontală rezultată din deplasarea pe orizontală a jumătății superioare a panoului este preluată de stâlp la circa $\frac{1}{2}$ din înălțime. Ca urmare, în stâlp iau naștere momente și forțe tăietoare și, în cele mai multe cazuri, ca urmare a acestei încărcări suplimentare se produce cedarea stâlpului din forță tăietoare. Un fenomen asemănător se produce și dacă panoul se dezvoltă numai pe o parte din înălțimea etajului.

Teoretic, rezistența la forfecare a rostului orizontal F_{Rd1} provine din:

- i. Rezistența zidăriei la forfecare sub efort de compresiune zero (se neglijează forța de compresiune din greutatea proprie a panoului):

$$F_{Rd11} = f_{vd0} l_p t_p \quad (C.30a)$$

- ii. Forța de frecare în rostul orizontal corespunzătoare componentei orizontale a efortului în diagonală comprimată care se scrie aproximativ:

$$F_{Rd12} \cong \mu F_{Rd1} \frac{h_p}{l_p} \quad (C.30b)$$

Referințele bibliografice dau pentru μ valori care diferă mult între ele:

- $\mu = 0.3 \div 0.8$ [Tassios, T. P., *Meccanica delle murature*, Liguori Editore, Napoli, 1988],
- $\mu = 0.3$ [Paulay, T., and Priestley, M. J. N., *Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings*, John Wiley & Sons, New York, 1992.],
- $\mu = 0.45$ [Saneinejad, A., and Hobbs, B., *Inelastic design of infilled frames*", Journal of Structural Engineering, vol. 121, n. 4, pp. 634-650, 1995.]

și această diversitate explică diferențele importante între rezultatele care se întâlnesc în literatură în ceea ce privește estimarea capacității panourilor de umplutură.

Valoarea F_{Rd1} adoptată în **CR6-2006**, utilizată și în reglementarea italiană [*** Italia Ministero dei Lavori Pubblici, Circolare 10 Aprile 1997, *Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996*, Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 97, 28 Aprile 1997], este dedusă pe baza ipotezelor de mai sus dar este corectată cu rezultate experimentale.

Corecția este necesară și pentru faptul că forța tăietoare datorată frecării se deteriorează relativ rapid în cazul solicitărilor ciclice alternante. În consecință valoarea dată de relația din **CR6-2006** trebuie considerată ca **forța care inițiază acest mecanism de rupere**.

C.6.6.5.(3) & (4)

Ieșirea din lucru a panoului se poate produce și prin depășirea rezistenței la compresiune a zidăriei în diagonală comprimată (**Rd2**).

Pentru panourile cu proporții curente ($0.5 \leq \lambda_p \leq 2.0$) fisurarea în scară (**Rd3**) precede zdrobirea zidăriei la colțul cadrului [Stafford-Smith, B., and Carter, C., *A method of analysis for Infilled Frames* Proc. ICE, v.44- 1969] dar forța tăietoare corespunzătoare acestui tip de avarie este mai mică decât cea care se atinge la zdrobirea zidăriei la colțul cadrului.

În proiectare, forța tăietoare asociată fisurării în scară poate fi considerată ca valoare limită dacă se urmărește limitarea degradării panourilor.

Forța de compresiune în diagonală panoului depinde de suprafața de contact între panou și stâlpul adiacent. Valorile obținute de diferiți cercetători variază în funcție de ipotezele

adoptate privind lungimea zonei de contact și forma distribuției de eforturi de compresiune pe această zonă.

Relația propusă în **CR6-2006** se bazează pe datele din [Mainstone, R. J., *On the Stiffness and Strength of Infilled Frames* Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 1971].

Determinarea caracteristicilor geometrice și mecanice ale diagonalei comprimate - denumită și *diagonala echivalentă ca rezistență și rigiditate cu panoul de umplură* - definită prin lățimea de zidărie efectivă reprezintă problema cheie pentru stabilirea modelului de calcul.

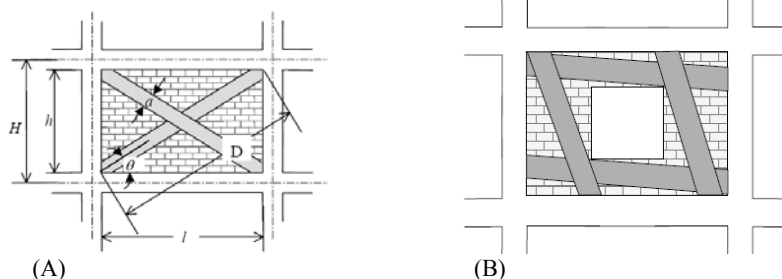


Figura C.78

Diagonale comprimate în panouri de zidărie de umplură

(A) Panou plin (B) Panou cu gol central (schemă posibilă)

Datele existente în literatură pentru lățimea diagonalei echivalente variază în limite foarte largi.

Această variație rezultă, în special, din nivelul de simplificare adoptat de autori. Relațiile cele mai complexe [Stafford-Smith, B., and Carter, C., *A method of analysis for Infilled Frames* Proc. ICE, v.44- 1969] [Mainstone, R. J., *On the Stiffness and Strength of Infilled Frames* Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 1971] au fost stabilite ținând seama de un număr mare de parametri (dimensiunile zonei de contact, distribuția eforturilor în zona de contact, raportul rigidităților cadrului / panoului etc).

Mai recent, s-au propus relații mai simple, independente de proprietățile cadrului și ale panoului, care definesc lățimea echivalentă a diagonalei ca o fracțiune din lungimea diagonalei panoului (D) dar care au, de asemenea, variații importante de la un cercetător la altul:

- $a = \frac{D}{4}$ [Paulay, T., and Priestley, M. J. N., *Seismic design of reinforced concrete and masonry buildings*, John Wiley & Sons, New York, 1992.]
- $a = \frac{D}{5}$ [Penelis, G. G., & Kappos, A. J., *Earthquake-resistant concrete structures*, E & FN Spon, London, 1997]
- $a = \frac{D}{10}$ [*** Italia Ministero dei Lavori Pubblici, Circolare 10 Aprile 1997, *Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al decreto ministeriale 16 gennaio 1996*, Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 97, 28 Aprile 1997]

În **CR6-2006** s-a adoptat valoarea $a = \frac{D}{10}$ apreciind că valorile date de celelalte propuneri conduc la forțe nerealiste de mari în diagonala comprimată și prin urmare la dimensionări suplimentare excesive ale grinzilor și stâlpilor.

Pentru cadre metalice, cercetări mai vechi, au propus o lățime și mai mare a diagonalei: $a = \frac{D}{3}$

[Holmes, M., *Steel frames with brickwork and concrete infilling*, Proc. of the Institution of Civil Engineers, part 2, vol. 19, pp. 473-478, London, 1961].

Un calcul mai exact a fost propus în [Mainstone, R. J., *Supplementary note on the stiffness and strenght of infilled frames*, Current Paper CP13/74, BRE, London, 1974] pornind de la observația că lățimea diagonalei

echivalente nu rămâne constantă, ci depinde de starea de degradare a panoului. Valorile propuse în această lucrare au caracter empiric fiind bazate pe prelucrarea unor date experimentale:

- la inițierea fisurării $\frac{a}{D} \cong 0.56 \sin 2\theta (\lambda H_{et})^{3.78}$
- în faza intermediară și, suficient de exact, până la rupere $\frac{a}{D} \cong 0.17 \sin 2\theta (\lambda H_{et})^{3.90}$.

Lucrarea [Ghassan Al-Chaar *Evaluating Strength and Stiffness of Unreinforced Masonry Infill Structures*. US Army Corp of Engineers, Engineer Research and Development Center, January 2002] analizează și efectul interacțiunii între cele două categorii de solicitări: în planul panoului și perpendicular pe acesta. Experiența ultimelor cutremure a arătat că rezistența panourilor de umplură la acțiunea seismică în planul peretelui poate fi drastic redusă în condițiile în care forța perpendiculară pe plan are valori importante. Pe baza unui calcul neliniar cu elemente finite s-a stabilit o relație de reducere a capacității de rezistență în planul panoului în funcție de intensitatea solicitării perpendiculară pe plan.

Relația propusă pentru evaluarea reducerii rezistenței datorită efectului suprapunerii celor două solicitări are forma:

$$F_{Rd}^{redus}(zu) = k_{\perp} F_{Rd}(zu) \quad (C.31)$$

cu

$$k_{\perp} = 1 + \frac{1}{4} \rho_{\perp} - \frac{5}{4} \rho_{\perp}^2 \quad (C.32)$$

unde $\rho_{\perp} = \frac{F_E(\perp)}{F_R(\perp)}$

Notățiile folosite mai sus sunt:

- $F_E(\perp)$ forța seismică uniform distribuită normală pe plan determinată conform **P100-1/2006**, cap.10;
- $F_R(\perp)$ forța capabilă uniform distribuită normală pe plan determinată conform **CR6-2006**, 6.6.6.;
- k_{\perp} coeficientul de reducere a capacității de rezistență în plan $F_{Rd}(zu)$ datorită acțiunii seismice perpendiculară pe plan.

6.6.6. Rezistența de proiectare a pereților supuși la încovoiere perpendicular pe planul median

C.6.6.6.(1)

Rezistența la încovoiere perpendicular pe plan se poate dezvolta prin două mecanisme:

1. Rezistența la întindere din încovoiere a zidăriei - conform paragrafului 4.1.1.3.
2. Efectul de arc - perete rezemat lateral (c) și perete rezemat sus și jos (d).

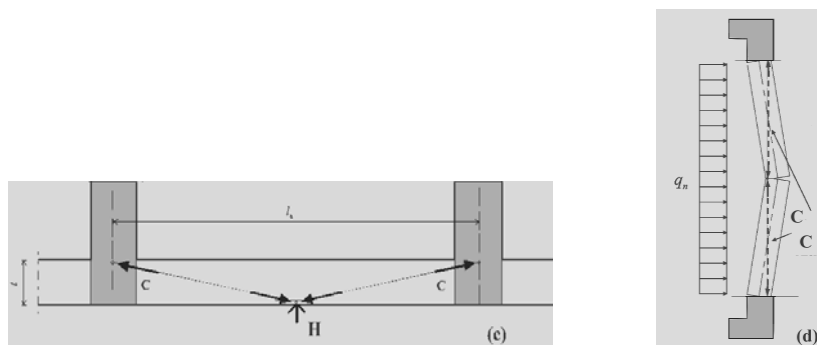


Figura C.79

Rezistența zidăriei la încovoiere perpendicular pe plan
C- forța de compresiune din efectul de arc

Zidăria solicitată normal pe plan se comportă elastic până la fisurare. După fisurare, rezistența la încovoiere este realizată prin secțiunea redusă, analog betonului simplu (se poate admite $W_{pl} \cong 1.75 W_e$) iar apoi scade relativ rapid dacă nu se dezvoltă efectul de arc.

Existența mecanismului de rezistență prin efectul de arc depinde de îndeplinirea mai multor condiții dintre care menționăm în primul rând existența contactului direct între panou și cadru. De asemenea, dezvoltarea efectului de arc este limitată de condiția de stabilitate a peretelui sub efectul forței de compresiune (din acest motiv, în unele lucrări, se consideră că efectul poate fi luat în considerare numai pentru pereți al căror coeficient de zveltețe este ≤ 25) și de un anumit nivel de rigiditate al elementelor cadrului (grinzi și stâlpi).

Deoarece formarea efectului de arc prezintă un nivel ridicat de incertitudine în ceea ce privește realizarea contactului dintre panou și cadru, în **CR6-2006** se consideră că rezistența pereților la acțiunea încărcărilor perpendiculare pe plan este asigurată numai de rezistența la întindere din încovoiere a zidăriei. În aceste condiții, rezistența de proiectare a pereților structurali sub efectul încărcării seismice perpendiculare pe plan se determină conform art. **6.6.6.** luând în considerare suprapunerea efectelor din încărcările verticale cu acțiunea seismică normală pe plan calculată conform Cap.10 din Codul P100/1-2006.

În unele cazuri, rezistența de proiectare a panourilor pline poate fi exprimată prin valoarea forței normale pe plan pe care o poate prelua peretele respectiv. Pentru verificarea cerinței de siguranță această valoare urmează să se compare cu valoarea forței de proiectare calculată conform **Cap.10**.

În cazul panourilor cu goluri la care $A_{gol} > 0.2 A_{panou}$ forța determinată ca mai sus se poate reduce, pentru un panou, cu un coeficient subunitar care înmulțește forța determinată pentru întreg panoul:

$$\eta_{gol}(\perp) = 1.25 \left(1 - \frac{A_{gol}}{A_{panou}} \right) \quad (C.33)$$

Dacă $A_{gol} \leq 0.2 A_{panou}$ existența golului poate fi neglijată.

6.8.1. Verificarea cerinței de rezistență

6.8.1.2. Verificarea cerinței de rezistență pentru solicitările perpendiculare pe planul peretelui

C.6.8.1.2.(2)

Pentru determinarea încărcării seismice perpendiculare pe plan exemplul nr.13 se bazează pe prevederile Cap.10 din Codul **P100-1/2006**.

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.

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 compriși; deschiderea fisurilor remanente este apreciată la 5 mm.

Tot în lucrarea [Alcocer,S.M.,Arias,J.G., Flores,L.E. *Some developmentson 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 $\rightarrow \gamma_{lim} = 0.0060$.

CAPITOLUL 7. PREVEDERI CONSTRUCTIVE PENTRU

CLĂDIRI DIN ZIDĂRIE

7.1.2.2.2. Prevederi referitoare la centuri

C.7.1.2.2

Prevederea centurilor din beton armat la nivelul planșeelor are ca scop asigurarea unei legături eficiente între elementele structurale verticale (pereții structurali de pe direcțiile principale ale clădirii) și între pereți și planșee.

C.7.1.2.2.(2) & (3)

Prevederile au ca scop asigurarea funcționării efective a sistemului de centuri din zidărie în vederea menținerii integrității pereților din zidărie sub efectul simultan al încărcărilor seismice în planul pereților și perpendicular pe acest plan. În particular, prin continuitatea centurii din traveea casei scării se asigură preluarea forței de întindere din diafragma orizontală în această secțiune. În lipsa centurii brațul de pârghie al eforturilor din planșeu este mult redus (uneori la $\frac{1}{2}$ din valoarea totală) ceea ce conduce, în special în cazul structurilor cu pereți rari, la necesitatea unor armări puternice la limita interioară a casei scării.

C.7.1.2.2 (4)

În cazul zidurilor de fațadă centura poate fi retrasă de la fața exterioară pentru aplicarea izolației termice sau a unui finisaj special care să marcheze nivelurile clădirii. În orice caz retragerea nu poate fi mai mare de $\frac{1}{3}$ din lățimea peretelui.

Pentru grosimile curente ale pereților, valorile maxime ale retragerii acceptate sunt:

- 7.5 cm pentru perete cu grosimea $t = 25$ cm
- 10.0 cm pentru perete cu grosimea $t = 30$ cm
- 12.5 cm pentru perete cu grosimea $t = 37.5$ cm

Alte reglementări au prevederi mai severe și limitează retragerea la cel mult 6.0 cm indiferent de lățimea peretelui (Italia).

C.7.1.2.2.1.(1) & (2)

Standardul **SR EN 1998-1** stabilește pentru toate elementele de confinare procentul minim de armare longitudinală de 1% și condiția ca aria armăturii longitudinale să fie $\geq 300 \text{ mm}^2$.

Prevederea din **CR6-2006**, referitoare la procentul minim de armare în stâlpișori $\geq 0.8\%$ a fost adoptată, cu caracter tranzitoriu, în acest capitol, până la asimilarea **EN 1998-1** ca normă națională, când valoarea de 1% va deveni obligatorie deoarece nu este permisă modificarea acestei prevederi prin *Anexă națională*.

Oricum, pentru dimensiunea minimă a stâlpișorilor (25x25), cu procentul minim de 0.8%, rezultă $A_a = 5.0 \text{ cm}^2$. Deoarece $4\Phi 12 = 4.52 \text{ cm}^2 < A_{a,\min}$ prevederea din Cod conduce la $4\Phi 14 = 6.16 \text{ cm}^2$ care corespunde practic procentului minim de 1%.

Pentru dimensiuni mai mari ale stâlpișorilor, procentul minim din **EN1998-1** conduce la sporuri de armătură importante în raport cu practica curentă (acest aspect este important în special pentru stâlpișorii ale căror dimensiuni rezultă din condiții constructive - de exemplu, din necesitatea de modulare conform **CR6-2006**, 5.2.5 (8)).

Prevederile referitoare la armarea transversală a stâlpișorilor date în **CR6-2006**, 7.1.2.2.1.(2) corespund cerințelor din **EN1998-1** și practicii curente din România.

Prevederile referitoare la bordarea golurilor cu stâlpișori și la sporirea constructivă a dimensiunilor stâlpișorilor (și, implicit, a cantității de armătură din aceștia) conduc la creșterea semnificativă a momentului capabil al pereților și, în consecință, la creșterea forței tăietoare asociată acestui moment. Din acest motiv, de cele mai multe ori, pentru ca zidăria să poată prelua forța tăietoare care rezultă este necesar să se prevadă în proiecte elemente pentru zidărie și/sau mortare cu rezistențe mai mari decât cele minime cerute de **CR6-2006** și/sau armarea zidăriei în rosturile orizontale.

C.7.1.2.2.4.

Introducerea armăturilor în rosturile orizontale ale zidăriei contribuie la sporirea rezistenței peretelui la forța tăietoare și a ductilității peretelui.

Așa cum rezultă din tabelul 8.4., factorul de comportare q pentru zidăria confinată și armată în rosturile orizontale este mai mare cu 20% decât cel pentru zidăria fără armături în rosturile orizontale.

În condițiile producerii fisurilor înclinate, barele de oțel intersectate de fisuri se opun depărtării celor două fețe ale fisurii și capătă deformații longitudinale. Eforturile care se dezvoltă în armături cresc pe măsura creșterii deformațiilor, dar numai atât timp cât acestea rămân în domeniul elastic (pentru oțelurile fără consolidare - de tip OB37 și PC52). Forța corespunzătoare reprezintă o parte din capacitatea totală de rezistență a peretelui.

Numeroase încercări efectuate, atât pe elemente pline cât și pe elemente cu perforații dispuse vertical, au arătat că, pentru pereții solicitați la forță tăietoare în planul lor, prezența armăturilor reduce procesul de degradare a rezistenței după atingerea valorii maxime și în același timp reduce și uniformizează fisurarea peretelui. Aceste efecte depind de cantitatea de armătură dispusă în rosturi și de condițiile de ancorare la capetele barelor. Unele încercări au arătat eficiența armăturilor din rosturile orizontale chiar pentru procente mici ($\cong 0.05\%$), concretizată prin creșterea raportului dintre forța tăietoare maximă și forța tăietoare corespunzătoare fisurării.

Pentru a se reduce riscul de rupere a zidăriei din efortul principal de compresiune (rezultat din suprapunerea efortului normal din compresiunea axială cu cel tangențial din forța tăietoare) cantitatea de armătură longitudinală din rosturi trebuie limitată.

Astfel, în cazul zidăriilor cu elemente cu perforații verticale, în [Alcocer, S.M. and Zepeda, J.A. *Behavior of multi-perforated clay brick walls under earthquake-type loading*. Proc. of the 8th North American Masonry Conference, Austin, Texas, 1998] se recomandă ca procentul maxim al armăturilor orizontale să fie limitat în funcție de rezistența la compresiune a zidăriei (f_k) și de rezistența oțelului (f_y) la valoarea

$$p_{h,max} \leq 0.15 \frac{f_k}{f_y} \quad (C.34)$$

În cazul zidăriilor confinate, efectul armăturii din rosturi este îmbunătățit dacă barele sunt ancorate în stâlpișorii de margine.

Eficiența armăturii din rosturile orizontale depinde în mare măsură de calitatea zidăriei, în special de calitatea mortarului, deoarece, în timpul solicitării seismice alternante, aderența între armătură și mortar se poate deteriora. În această situație eforturile în oțel rămân limitate, fără a se atinge curgerea, și, în consecință, nu se mai produce, pe această cale, disiparea energiei seismice.

C.7.1.2.2.4 (1)

Armăturile prevăzute la (1) elimină, de regulă, avariarea pereților de fațadă pe schema din figura C.77a, dar nu pot preveni ruperea pe schema (b) mai ales dacă în zona respectivă (dincolo de secțiunea unde au fost oprite barele) în perete există șlițuri verticale.

C.7.1.2.4.(6)

Prevederea ține seama de faptul că, datorită modului de fabricare a oțelului (prin ecrisare), capacitatea de deformare post elastică a STNB este mult mai mică decât cea a oțelurilor de tip OB și PC (a se vedea **STAS 10107/0-90**).

Din acest motiv utilizarea plaselor nu este permisă la primul nivel unde, sub efectul acțiunii seismice corespunzătoare accelerației de proiectare, este dirijată, prin concepție, dezvoltarea deformațiilor postelastice. Pentru celelalte niveluri, dimensionarea barelor din plasă trebuie să se facă astfel încât oțelul să rămână în domeniul elastic de comportare pentru forța tăietoare asociată momentului capabil al peretelui calculat cu suprarezistența armăturilor dacă la extremitățile peretelui există stâlpișori armați vertical cu oțel OB/PC.

C.7.1.3 (2)

În cazul planșeelor din lemn, realizate în condițiile prevăzute de Codul **P100-1/2006**, art.8.5.2.2.(4) sunt necesare și măsuri speciale pentru realizarea legăturilor între grinzi și centurile din beton armat. Cea mai simplă metoda de legare constă în înglobarea grinzilor în centură pe o lungime suficient de mare pentru a asigura ancorarea în beton. Se consideră că lungimea minimă de înglobare trebuie să fie de cel puțin 12÷15 cm sau cel puțin jumătate din lățimea centurii. Legătura poate fi îmbunătățită cu piese metalice fixate de grinda de lemn și înglobate în beton.

7.2. Prevederi constructive privind infrastructura

C.7.2.

Prevederile din acest articol au ca scop dimensionarea elementelor infrastructurii astfel încât să se evite producerea deformațiilor inelastice în elementele acestui subansamblu structural sau în terenul de fundare.

C.7.3.1.(2)

Pereții așezați pe planșee în consolă care nu sunt mărginiți de stâlpișori și centuri își pierd stabilitatea datorită mișcării complexe la care sunt supuși (acelerații seismice pe două direcții orizontale și oscilația verticală a planșeului în consolă).



Figura C.80 Avariarea pereților de fațadă neînramați, așezați pe console

În absența măsurilor prevăzute în acest alineat, zidăria parapetului constituie reazem lateral intermediar pentru stâlpi și conduce la scurtarea (secțiunea de "încăstrare se deplasează la nivelul superior al parapetului) și la ruperea acestora.

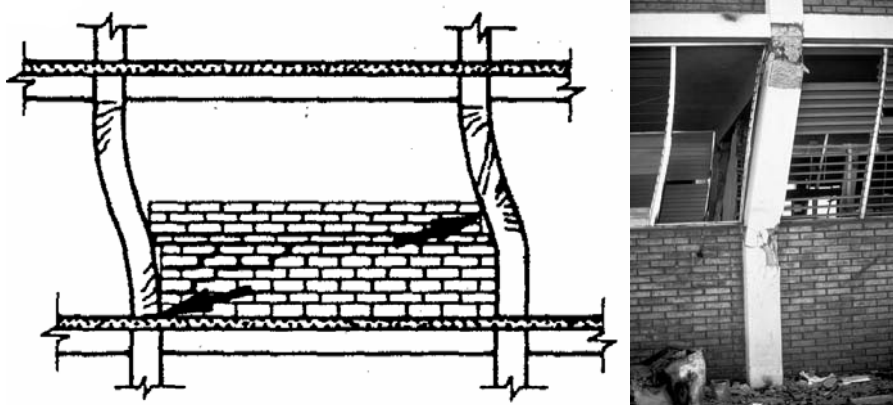


Figura C.81 Ruperea stâlpilor de cadru datorită scurtării provocată de parapetul de zidărie

C.7.3.3.(6)

Din analiza efectuată după cutremurul din 1940 de către A.A.Beleş - *Cutremurul și Construcțiile* - București 1941, cităm, cât mai aproape de exprimarea originală a autorului, remarcile privind comportarea seismică a coșurilor și explicațiile, de cele mai multe ori evidente, ale situațiilor constatate :

Coșurile au suferit deasemeni foarte mult. În special coșurile înalte, și cele cu căciulă s-au prăbușit distrugând alocuri învelitorile și chiar planșeele. Distrugerea coșurilor chiar la cutremure de mai mică intensitate (de gradul VI, de exemplu) se explică și prin faptul că zidăria acestor coșuri sub acțiunea fumului, a variațiilor de temperatură , a ploii, a înghețului și dezghețului este în bună parte alterată. Chiar la coșuri joase care s-au prăbușit, în majoritatea cazurilor, zidăria se găsea complet dezagregată pe învelitoare.

C.7.3.3.(8)

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.82. Căderea calcanului a avariat clădirea vecină București, 1977,

C.7.3.3.(9)

Calculul stâlpișorilor se face pentru forțele seismice de proiectare determinate conform Codului **P100-1/2006**, cap.10. În cazul în care elementele de beton ale calcanului (stâlpișori

și/sau centuri) sunt legate și de șarpanta clădirii aceasta va fi verificată pentru forțele de reacțiune care se dezvoltă în punctele de prindere.

C.7.3.3.(10)

Pentru realizarea cornișelor și brâurilor prin zidire se recomandă ca avansarea în consolă la fiecare asiză să nu depășească $1/3$ din lățimea elementului sau $1/2$ din înălțimea acestuia. În cazul în care cornișa se execută peste nivelul ultimului planșeu (constituie atic al terasei) la partea superioară se va prevedea o centură de beton armat continuă pe toată lungimea cornișei. În funcție de valoarea eforturilor datorate acțiunii seismice perpendiculare pe planul cornișei în zidărie se vor prevedea stâlpișori de beton armat în continuarea celor de la nivelul inferior.



Figura C.83 Zidirea cornișelor și brâurilor

CAPITOLUL 8. EXECUTIA CONSTRUCȚIILOR DIN ZIDARIE

8.1. Generalități

C 8.1.1.(1) - Realizarea zidăriei trebuie să țină seama de reglementările impuse de standardul SR EN 1996-2:2006 “Proiectarea structurilor din zidărie. Partea 2: Proiectare, alegere materiale si execuție zidărie”.

C 8.1.1.(2) - Pentru zidării realizate cu rosturi subțiri sau realizate cu elemente pentru zidărie speciale din categoria I (ex. H, care au înglobate materiale de izolare fonică, etc.) punerea în operă se va face pe baza altor prevederi (documentației tehnice puse la dispoziție de producător) sau pe baza unui aviz tehnic pentru procedeul de realizare.

C 8.1.1.(3) - Instrucțiunile tehnice sau avizele tehnice trebuie să facă parte integrantă din proiect (asimilate și agreate de către proiectant) și cunoscute în totalitatea lor de către executant. Executantul trebuie să facă dovada capacității de aplicare a procedurii respectiv.

8.2. Materiale

8.2.1. Acceptare, manipulare și depozitarea materialelor

C 8.2.1.(1) - Materialele utilizate pentru realizarea zidăriei trebuie să satisfacă cerințele standardelor SR EN 771-1.....6 fiind obligatoriu să poarte marcajul CE.

Pentru utilizarea altor materiale de zidărie (fără marcaj CE) se vor aplica prevederile Hotărârii de Guvern nr. 622/2004 referitoare la “ Stabilirea condițiilor de introducere pe piață a produselor pentru construcții”.

C 8.2.1.(2) - Pentru produsele care nu sunt conforme cu standardul SR EN 771, sau pentru produse recuperate, caracteristicile materialelor, metodele de verificare precum și cerințele de eșantionare se stabilesc prin specificațiile din proiect.

C 8.2.1.(3) - Materialele pentru zidărie trebuie să fie capabile de a rezista la acțiunile la care este probabil să fie expuse, inclusiv la acțiunea mediului inconjurator.

C 8.2.1 (4) - La acceptarea materialelor pentru zidărie se va ține seama de asigurarea exigentelor de durabilitate pentru condițiile de expunere ale zidăriei terminate. Incadrarea în clasa de expunere se va face conform **SR EN 1996-2:2006** pct.2.1.2.1.

8.2.3.Prepararea materialelor

C 8.2.3 (1) - Pentru asigurarea durabilității zidăriei, mortarele utilizate trebuie să satisfacă cerințele claselor de expunere specificate în standardele **SR EN 998-2** și **SR EN 1996-2** anexa B.

C 8.2.3 (2) – Folosirea mortarelor pentru rosturi subțiri sau a mortarelor usoare (termorezistente) se va face pe baza unui aviz tehnic. Problema utilizării acestor mortare nu este reglementată în prezent în România, fiind necesare studii care să pună în evidență comportarea zidăriilor la acțiuni dinamice, caracteristici de rezistență precum și aspectele tehnologice legate de utilizarea acestora (preparare, timp de priză, punerea în opera, condiții de întărire etc.).

Utilizarea acestor mortare implică dificultăți practice de punere în operă ce constau în: utilizarea blocurilor de zidărie cu fețe plane cu abateri dimensionale stricte (în general blocuri cu fețe rectificate) fiind parte a unui procedeu;

- o execuție îngrijită a elementelor structurale cu care conlucrează stalpi, grinzi, buiandrugi, planșee;

- rezolvarea modului de asigurare a ancorării zidăriei (imposibilitatea de a se asigura pozarea armăturilor în rosturi orizontale și a acoperirii cu mortar a acestora). Este necesară utilizarea de armături speciale (a se vedea comentariul C 3.4.1 (1) fig. C.28 .

- dificultate la punerea în operă în cazul utilizării mortarelor pe bază de polimeri;

C.8.2.3.(3) Specificațiile de la acest pct. sunt conforme cu standardul **SR EN 1996-2:2006**.

8.2.3.1.Prepararea mortarelor și betoanelor la șantier. Generalități

8.2.3.2. Utilizarea mortarelor predozate

C 8.2.3.2 (1) - Mortarele predozate trebuie utilizate înainte de expirarea duratei de utilizare stabilită de producător.

C 8.2.3.2 (2) - Se recomanda, ca atunci cand sunt suspiciuni referitoare la modul de păstrare până la momentul preparării, să se preleveze eşantioane din lot şi să se efectueze încercările referitoare la rezistenţele mortarului proaspăt şi întărit în conformitate cu standardele SR EN 1015.

Utilizarea acestor mortare se va face numai după confirmarea calitatii lor. Se interzice utilizarea mortarelor predozate depozitate în condiţii improprii.

8.2.2. Armături

C.8.2.2 - Armăturile utilizate sub formă de ancore (la zidăriile multistrat ale fatadelor ventilate) trebuie să asigure durabilitatea în timp. Fiind amplasate în zone în care nu se poate face un control al acestora, se recomandă utilizarea ancorelor executate din otel inox. Durabilitatea acestor ancore trebuie să fie egală cu durabilitatea zidăriei.

8.3. Executarea zidărilor

8.3.1.Generalități

C 8.3.1.(1) – Pentru elementele de zidărie, cu pereţi subţiri din grupa 2 S, taierea la santier a unor elemente de completare se va face cu dispozitive speciale de tip disc diamantat sau cuter tip aligator cu dinţi diamantaţi.

Se interzice utilizarea metodei tradiţionale de spargere cu ciocanul.

C 8.3.1 (2) – Elementele cu pereţi subţiri din grupa 2 S se vor poza prin utilizarea ciocanului din cauciuc pentru a se evita spargerea elementului. În cazul utilizării metodei clasice cu ciocanul metalic exista riscul de spargere a elementului de zidărie (microfisurare sau spargere locală).

C 8.3.1 (3) – Se interzice utilizarea elementelor cu pereţi subţiri de tip 2 S ce prezintă fisuri sau stirbituri semnificative.

C 8.3.1 (4) - Betoanele utilizate la realizarea elementelor de confinare verticale (stalpisori) trebuie să aibă lucrabilitatea şi dozajul corespunzător astfel încât la turnare să nu se producă segregări sau caverne.

8.3.2. Rosturi

8.3.2.1.Generalități

C 8.3.2.1 (1) – Pentru elemente de zidărie de forme speciale de tip “cu lacaș de mortar” mortarul utilizat la umplerea lăcașelor trebuie să aibă consistența necesară pentru umplerea integrală a acestora.

C 8.3.2.1 (2) – Pentru blocurile ceramice cu goluri verticale stratul de mortar aplicat trebuie să aibă grosimea necesară astfel încât să se asigure intrarea mortarului în goluri nu mai mult de 15 mm.

8.3.2.5. Montarea armăturilor

C 8.3.2.5 (1) – Armăturile sub formă de ancore la elementele de tip multistrat precum și armăturile de ancoraj în rosturi orizontale se vor poziționa pe măsura execuției zidăriei, concomitent în ambele elemente.

C 8.3.2.5.(2) – La elementele de confinare ale zidăriei, pozarea armăturilor precum și a elementelor de zidărie se va face astfel încât să se asigure stratul de acoperire cu beton corespunzător zonei de expunere.

8.4. Protecția zidăriei nou executate

8.4.3. Protecția împotriva înghețului

C 8.4.3.(1) - Nu se vor folosi la realizarea zidăriilor elemente de zidărie sau componente (agregate) ce conțin cristale de gheață sau incluziuni de apă înghețată.

C 8.4.3.(2) – Nu se vor folosi săruri sau substanțe împotriva înghețului dacă acestea nu sunt specificate în proiect.

C 8.4.3 (3) - Pentru elementele de zidărie cu absorbție ridicată de apă și sensibilitate la fenomene de gelinitate (elemente cu pereți subțiri) se recomandă utilizarea acestora, după expunerea la procese de îngheț-dezgheț, numai după verificarea caracteristicilor mecanice.

8.4.4. Incărcarea zidăriei

C 8.4.4 (1) – Elemente auxiliare utilizate la execuția zidăriei (schele, esafodaje, etc) nu se vor sprijini de zidăria nou executată până la atingerea unei rezistente corespunzătoare preluării acestor solicitări.

8.4.5. Abateri limită

C 8.4.5 (1) – Se admit valori mai mari față de cele prezentate în tab.9.1 numai în cazurile în care pentru calcul structural depasirea este admisă. Acest lucru se va menționa explicit în specificațiile de proiectare.

C 8.4.5 (2) – În cazul în care se folosesc blocuri pentru zidărie cu rosturi subțiri abaterile limită se vor preciza în avizele tehnice sau în documentația de proiectare.

Anexa A

la Anexa I informativă - Comentarii referitoare la prevederile reglementării tehnice „Cod de proiectare pentru structuri din zidărie”, indicativ CR 6-2006

STANDARDE EUROPENE ARMONIZATE ADOPTATE ÎN ROMÂNIA (SR EN)**Specificații ale elementelor pentru zidărie****SR EN 771-1:2003; SR EN 771-1:2003/A1:2005**

Specificații ale elementelor pentru zidărie. Partea 1: Elemente pentru zidărie de argilă arsă

SR EN 771-2:2003; SR EN 771-2:2003/A1:2005

Specificații ale elementelor pentru zidărie. Partea 2: Elemente pentru zidărie de silico-calcare

SR EN 771-3:2004; SR EN 771-3:2004/A1:2005

Specificații ale elementelor pentru zidărie. Partea 3: Elemente pentru zidărie de beton cu agregate (agregate grele și ușoare)

SR EN 771-4:2004; SR EN 771-4:2004/A1:2005

Specificații ale elementelor pentru zidărie. Partea 4: Elemente pentru zidărie de beton celular autoclavizat

SR EN 771-5:2004; SR EN 771-5:2004/A1:2005

Specificații ale elementelor pentru zidărie. Partea 5: Elemente pentru zidărie de piatră artificială

SR EN 771-6:2006

Specificații ale elementelor pentru zidărie. Partea 6: Elemente pentru zidărie de piatră naturală

SR EN 1469:2005

Produse din piatră naturală. Plăci pentru pereți. Condiții

SR EN 14618:2006

Piatră aglomerată. Terminologie și clasificare

Metode de încercare a elementelor pentru zidărie**SR EN 772-1:2001**

Metode de încercare a elementelor pentru zidărie. Partea 1: Determinarea rezistenței la compresiune

SR EN 772-2:2000; SR EN 772-2:2000/A1:2006

Metode de încercare a elementelor pentru zidărie. Partea 2: Determinarea procentuală a ariei golurilor din elementele pentru zidărie (prin amprentă pe hârtie)

SR EN 772-3:2000

Metode de încercare a elementelor pentru zidărie. Partea 3: Determinarea prin cântărire hidrostatică a volumului net și a procentului de goluri al elementelor pentru zidărie din argilă arsă

SR EN 772-5:2002

Metode de încercare a elementelor pentru zidărie. Partea 5: Determinarea conținutului de săruri solubile active al elementelor pentru zidărie din argilă arsă

SR EN 772-6:2002

Metode de încercare a elementelor pentru zidărie. Partea 5: Determinarea rezistenței la tracțiune prin încovoiere a elementelor pentru zidărie de beton cu agregate

SR EN 772-7:2000

Metode de încercare a elementelor pentru zidărie. Partea 7: Determinarea absorbției de apă prin fierbere pentru ruperea capilarității elementelor pentru zidărie din argilă arsă

SR EN 772-9:2000; SR EN 772-9:2000/A1:2006

Metode de încercare a elementelor pentru zidărie. Partea 9: Determinarea volumului și procentului de goluri și a volumului net absolut al elementelor de silico-calcare și de argilă arsă pentru zidărie, prin umplere cu nisip

SR EN 772-10:2001

Metode de încercare a elementelor pentru zidărie. Partea 10 : Determinarea conținutului de umiditate a elementelor pentru zidărie de silico-calcar și de beton celular autoclavizat.

SR EN 772-11:2003; SR EN 772-11:2003/A1:2004

Metode de încercare a elementelor pentru zidărie. Partea 11: Determinarea absorbției de apă datorită acțiunii capilare a elementelor pentru zidărie de beton cu agregate, piatră artificială și naturală și viteza inițială de absorbție a apei a elementelor pentru zidărie din argilă.

SR EN 772-13:2001

Metode de încercare a elementelor pentru zidărie. Partea 13: Determinarea densității aparente și absolute în stare uscată a elementelor pentru zidărie (cu excepția pietrei naturale).

SR EN 772-14:2004

Metode de încercare a elementelor pentru zidărie. Partea 13: Determinarea variației dimensionale datorită umidității a elementelor pentru zidărie de beton cu agregate și de piatră artificială

SR EN 772-15:2003

Metode de încercare a elementelor pentru zidărie. Partea 13: Determinarea permeabilității la vaporii de apă a elementelor pentru zidărie de beton celular autoclavizat (BCA)

SR EN 772-16:2001; SR EN 772-16:2001/A1:2006; SR EN 772-16:2001/A2:2006

Metode de încercare a elementelor pentru zidărie. Partea 16: Determinare dimensiuni

SR EN 772-19:2003

Metode de încercare a elementelor pentru zidărie. Partea 19: Determinarea dilatării la umiditate a elementelor ceramice cu goluri orizontale mari pentru zidărie de argilă

SR EN 772-20:2003; SR EN 772-20:2003/A1:2006

Metode de încercare a elementelor pentru zidărie. Partea 20: Determinarea planității elementelor pentru zidărie

SR EN 12372:2007

Metode de încercare a pietrei naturale. Determinarea rezistenței la flexiune sub sarcina concentrată

SR EN 14147:2004

Metode de încercare a pietrei naturale. Determinarea rezistenței la îmbătrânire prin acțiunea ceții saline

SR EN 14157:2006

Metode de încercare a pietrei naturale. Determinarea rezistenței la abraziune

SR EN 14580:2005

Metode de încercare a pietrei naturale. Determinarea modulului de elasticitate static

SR EN 14581:2006

Metode de încercare a pietrei naturale. Determinarea coeficientului de dilatare termică liniară

SR EN 14617-1:2006

Piatră aglomerată. Metode de încercare. Partea 1: Determinarea densității aparente și absorbției de apă

SR EN 14617-2:2008

Piatră aglomerată. Metode de încercare. Partea 1: Determinarea rezistenței la flexiune (tracțiune)

SR EN 14617-4:2006

Piatră aglomerată. Metode de încercare. Partea 4: Determinarea rezistenței la abraziune

SR EN 14617-5:2006

Piatră aglomerată. Metode de încercare. Partea 5: Determinarea rezistenței la îngheț și dezgheț

SR EN 14617-6:2006

Piatră aglomerată. Metode de încercare. Partea 6: Determinarea rezistenței la șoc termic

SR EN 14617-8:2008

Piatră aglomerată. Metode de încercare. Partea 6: Determinarea rezistenței la fixare (gaura de agrafare)

SR EN 14617-9:2006

Piatra aglomerată. Metode de încercare. Partea 9: Determinarea rezistenței la impact

SR EN 14617-10:2006

Piatra aglomerată. Metode de încercare. Partea 10: Determinarea rezistenței chimice

SR EN 14617-11:2006

Piatra aglomerată. Metode de încercare. Partea 11: Determinarea coeficientului de dilatare termică liniară

SR EN 14617-12:2006

Piatră aglomerată. Metode de încercare. Partea 12: Determinarea stabilității dimensionale

SR EN 14617-13:2006

Piatră aglomerată. Metode de încercare. Partea 13: Determinarea rezistivității electrice

SR EN 14617-15:2006

Piatra aglomerată. Metode de încercare. Partea 15: Determinarea rezistenței la compresiune

SR EN 14617-16:2006

Piatra aglomerată. Metode de încercare. Partea 16: Determinarea dimensiunilor, caracteristicilor geometrice și calității suprafeței plăcilor modulare

SR EN 679:2006

Determinarea rezistenței la compresiune a betonului celular autoclavizat

SR EN 1354:2006

Determinarea rezistenței la compresiune a betonului cu agregate ușoare cu structura deschisă

*Mortare și materiale pentru mortare***SR EN 934-1:2008**

Aditivi pentru beton, mortar și pastă. Partea 1: Cerințe comune

SR EN 934-2:2009

Aditivi pentru beton, mortar și pastă. Partea 2: Aditivi pentru beton. Definiții, condiții, conformitate, marcare și etichetare

SR EN 934-2:2003; SR EN 934-2:2003/A1:2005

Aditivi pentru beton, mortar și pastă. Partea 2: Aditivi pentru beton. Definiții, condiții, conformitate, marcare și etichetare

SR EN 934-3:2004; SR EN 934-3:2004/AC:2005

Aditivi pentru beton, mortar și pastă. Partea 3: Aditivi pentru mortar de zidărie. Definiții, condiții, conformitate, marcare și etichetare

SR EN 934-6:2002; SR EN 934-6:2002/A1:2006

Aditivi pentru beton, mortar și pastă. Partea 6: Eșantionare, control și evaluare a conformității

SR EN 12878:2005; SR EN 12878:2005/AC:2006

Pigmenți pentru colorarea materialelor de construcție pe bază de ciment și/sau var. Specificații și metode de încercare

SR EN 998-1:2004; SR EN 998-1:2004/ AC:2006

Specificație a mortarelor pentru zidărie - Partea 1: Mortare pentru tencuire și gletuire

SR EN 998-2:2004

Specificație a mortarelor pentru zidărie - Partea 2: Mortare pentru zidărie

*Încercarea mortarelor și a materialelor pentru mortare***SR EN 413-2:2005**

Ciment pentru zidărie. Partea 2: Metode de încercare

SR EN 480-6:2006

Aditivi pentru beton, mortar și pastă. Metode de încercare. Partea 6: Analiza în infraroșu

SR EN 1015-1:2001/A1:2007

Metode de încercare a mortarelor pentru zidărie - Partea 1 : Determinarea distribuției granulometrice (analiza prin cernere)

SR EN 1015-2:2001/A1:2007

Metode de încercare a mortarelor pentru zidărie- Partea 2: Eșantionare globală a mortarelor și pregătire mortare de încercat

SR EN 1015-3:2001; SR EN 1015-3:2001/A1:2004; SR EN 1015-3:2001/A2:2007

Metode de încercare a mortarelor pentru zidărie- Partea 3: Determinarea consistenței mortarului proaspăt (cu masa de împrăștiere)

SR EN 1015-6:2001; SR EN 1015-6:2001/A1:2007

Metode de încercare a mortarelor pentru zidărie. Partea 6: Determinarea densității aparente a mortarului proaspăt

SR EN 1015-7:2001

Metode de încercare a mortarelor pentru zidărie- Partea 7: Determinarea conținutului de aer din mortarul proaspăt

SR EN 1015-9:2002; SR EN 1015-9:2002/A1:2007

Metode de încercare a mortarelor pentru zidărie- Partea 9: Determinarea duratei de lucrabilitate și timpului de corecție a mortarului proaspăt

SR EN 1015-10:2002; SR EN 1015-10:2002/A1:2007

Metode de încercare a mortarelor pentru zidărie- Partea 10: Determinarea densității aparente a mortarului întărit

SR EN 1015-11:2002; SR EN 1015-11:2002/A1:2007

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

SR EN 1015-17:2001; SR EN 1015-17:2001/A1:2006

Metode de încercare a mortarelor pentru zidărie- Partea 17: Determinarea conținutului de clorură solubilă din mortarele proaspete

SR EN 1015-18:2003

Metode de încercare a mortarelor pentru zidărie- Partea 18: Determinarea coeficientului de absorbție a apei datorată acțiunii capilare a mortarului întărit

SR EN 1015-19:2003; SR EN 1015-19:2003/A1:2006

Metode de încercare a mortarelor pentru zidărie- Partea 19: Determinarea permeabilității la vapori de apă a mortarelor pentru tencuire și gletuire

SR EN 1015-21:2004

Metode de încercare a mortarelor pentru zidărie. Partea 21: Determinarea compatibilității mortarelor de exterior pentru tencuiala monostrat cu suporturile

Specificații ale componentelor auxiliare pentru zidărie**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: Buiandrugi

SR EN 845-3+A1:2008

Specificație a componentelor auxiliare pentru zidărie. Partea 3: Plase de oțel pentru armarea îmbinărilor orizontale

Metode de încercare a componentelor auxiliare pentru zidărie.**SR EN 846-2:2002**

Metode de încercare a componentelor auxiliare pentru zidărie. Partea 2: Determinarea rezistenței la aderență a armăturilor din rosturile cu mortar

SR EN 846-3:2002

Metode de încercare a componentelor auxiliare pentru zidărie. Partea 3: Determinarea rezistenței la forfecarea sudurilor în armătura confecționată

SR EN 846-4:2002; SR EN 846-4:2002/A1:2005

Metode de încercare a componentelor auxiliare pentru zidărie. Partea 4: Determinarea rezistenței și caracteristicilor deformării sub sarcină a bridelor de fixare

SR EN 846-5:2002

Metode de încercare a componentelor auxiliare pentru zidărie. Partea 5: Determinarea rezistenței la tracțiune și compresiune și caracteristicile deformării legăturilor peretelui (încercare între două elemente)

SR EN 846-6:2002

Metode de încercare a componentelor auxiliare pentru zidărie. Partea 6: Determinarea rezistenței la tracțiune și compresiune și caracteristicile deformării legăturilor peretelui montate la suprafață (încercare pe fața elementului)

SR EN 846-7:2002

Metode de încercare a componentelor auxiliare pentru zidărie. Partea 7: Determinarea rezistenței la forfecare și caracteristicile deformării legăturilor la forfecare și legăturilor la alunecare (încercare pe două elemente pentru legăturile din rost)

SR EN 846-8:2002

Metode de încercare a componentelor auxiliare pentru zidărie. Partea 8: Determinarea rezistenței și caracteristicile deformării etrierilor suport

SR EN 846-9:2002

Metode de încercare a componentelor auxiliare pentru zidărie. Partea 9: Determinarea rezistenței la încovoire și rezistenței la forfecare a buiandrugilor

SR EN 846-10:2003

Metode de încercare a componentelor auxiliare pentru zidărie. Partea 10: Determinarea rezistenței și caracteristicile deformării sub sarcină a consolelor

SR EN 846-11:2002

Metode de încercare a componentelor auxiliare pentru zidărie. Partea 11: Determinarea dimensiunilor și curburii buiandrugilor

SR EN 846-13:2002

Metode de încercare a componentelor auxiliare pentru zidărie. Partea 13: Determinarea rezistenței la șoc mecanic, abraziune și coroziune a acoperirilor organice

Metode de încercare a 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 încovoire

SR EN 1052-3:2003; SR EN 1052-3:2003/A1:2007

Metode de încercare a zidăriei. Partea 3: Determinarea rezistenței inițiale la forfecare

SR EN 1052-4:2001

Metode de încercare a zidăriei. Partea 4: Determinarea rezistenței la forfecare ținând seama de umiditatea inclusă

SR EN 1052-5:2005

Metode de încercare pentru zidărie. Partea 5: Determinarea rezistenței la rupere a îmbinării prin metoda momentului de încovoire aplicat în capătul peretelui

Notă

Conform precizărilor **ASRO**:

1°. Este important ca utilizatorii standardelor române (**SR EN**) să se asigure că sunt în posesia ultimei ediții și a tuturor modificărilor.

2°. Informațiile referitoare la standardele române sunt publicate în *Catalogul Standardelor Române* și în *Buletinul Standardizării*.

Anexa nr. 2**la Ordinul M.D.R.T. nr. 1.372/2010**

(ANEXA II - informativă la Reglementarea tehnică „Cod de proiectare pentru structuri din zidărie”, indicativ CR 6-2006)

EXEMPLE DE CALCUL**Lista exemplelor****EXEMPLUL NR.1**

Calculul încărcărilor gravitaționale, permanente și de exploatare, pe pereții structurali → **Art. 6.2.2.1**

EXEMPLUL NR.2.

Calculul rezistenței de proiectare la compresiune axială N_{Rd} pentru un perete de zidărie nearmată → **Art. 6.6.2.**

EXEMPLUL Nr.3.

Calculul rezistenței de proiectare la compresiune excentrică - momentul încovoietor capabil (M_{Rd}) asociat unei forțe axiale date (N_{Ed}) - pentru un perete din zidărie nearmată cu secțiune I cu tălpi inegale → **Art. 6.6.3.2.**

EXEMPLUL NR. 4

Calculul rezistenței de proiectare la compresiune excentrică - momentul încovoietor capabil (M_{Rd}) asociat unei forțe axiale date (N_{Ed}) - pentru un perete din zidărie nearmată cu secțiune dreptunghiulară → **Art.6.6.3.2.**

EXEMPLUL NR.5

Calculul rezistenței de proiectare la compresiune excentrică - momentul încovoietor capabil (M_{Rd}) asociat unei forțe axiale date (N_{Ed}) - pentru un perete din zidărie confinată cu secțiune dreptunghiulară → **Art.6.6.3.3.**

EXEMPLUL NR.6.

Calculul rezistenței de proiectare maxime la compresiune excentrică pentru un perete din zidărie confinată cu secțiune dreptunghiulară → **Art.6.6.3.3.**

EXEMPLUL NR.7.

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.**

EXEMPLUL NR.8.

Calculul rezistenței de proiectare la forță tăietoare (V_{Rd}) pentru un perete din zidărie nearmată cu secțiune dreptunghiulară → **Art.6.6.4.2.**

EXEMPLUL NR.9

Calculul rezistenței de proiectare la forță tăietoare pentru un perete din zidărie confinată cu secțiune dreptunghiulară → **Art.6.6.4.3**

EXEMPLUL NR.10

Calculul rezistenței de proiectare la forță tăietoare pentru un perete din zidărie confinată și armată în rosturile orizontale cu secțiune dreptunghiulară → **Art.6.6.4.4.**

EXEMPLUL NR.11

Calculul rezistenței de proiectare a unui panou de zidărie de umplutură într-un cadru de beton armat → **Art.6.6.5.**

EXEMPLUL Nr.12

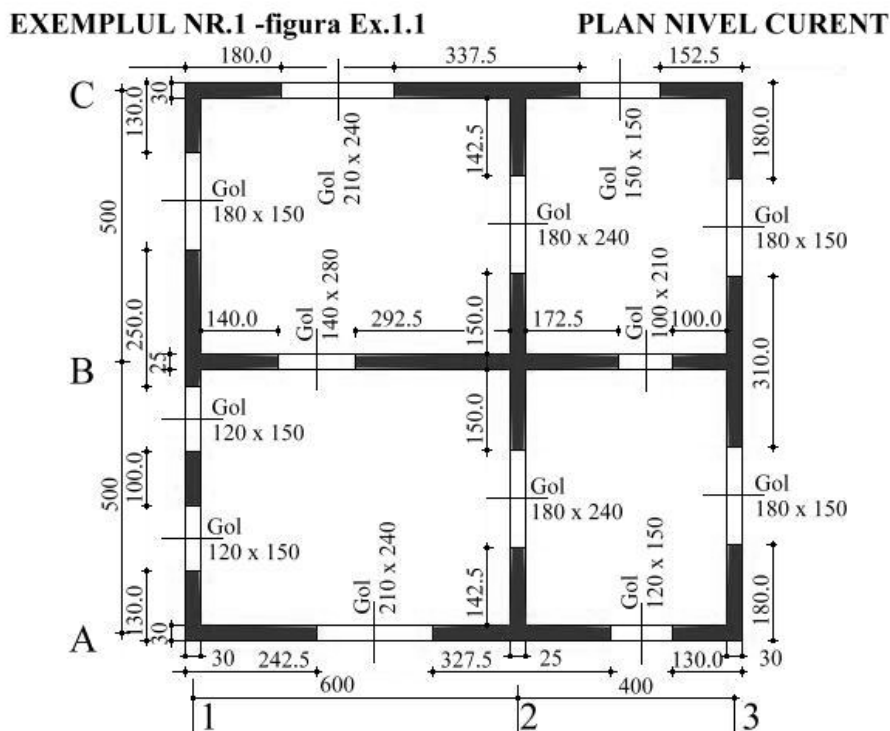
Determinarea coeficientului de reducere a lățimii diagonalei la panourile de zidărie de umplutură → **Art.6.6.5.**

EXEMPLUL NR.13

Calculul rezistenței de proiectare a unui perete despărțitor din zidărie de cărămidă pentru acțiunea seismică perpendiculară pe plan → **Art. 6.6.6.**

EXEMPLUL NR.1

Calculul încărcărilor gravitaționale, permanente și de exploatare, pe pereții structurali
 → Art. 6.2.2.1

**1.Date generale****1.1. Aria construită pe nivel**

- $10.30 \times 10.30 = 106.09 \text{ m}^2 \approx 106,0 \text{ m}^2$

1.2. Aria utilă (aria planșeului) pe nivel

- $2 \times (5.725 + 3.725) \times 4.725 = 89.30 \text{ m}^2$

1.3 Înălțimea nivelului

- $h_{et} = 3.00 \text{ m}$

1.4. Înălțimea totală a clădirii

- $P + 3E \rightarrow H_{tot} = 12.0 \text{ m}$

1.5 Zidărie:

- Elemente cu goluri verticale din argilă arsă cu 45% goluri (valoarea maximă admisă conform Anexei naționale la standardul **SR EN 1998-1**)

1.6. Tencuială pe ambele fețe 2 cm → greutate totală $2 \times 0.02 \times 2.0 = 0.08 \text{ t/m}^2$ (0.8 kN/m²)
 perete

1.7 Greutate perete tencuit pe m² perete

- perete $t = 25 \text{ cm} \rightarrow g_z = 0.355 \text{ t/m}^2 (3.55 \text{ kN/m}^2) \rightarrow \gamma_{\text{zid}} = 1.42 \text{ t/m}^3 (14.2 \text{ kN/m}^3)$
- perete $t = 30 \text{ cm} \rightarrow g_z = 0.415 \text{ t/m}^2 (4.15 \text{ kN/m}^2) \rightarrow \gamma_{\text{zid}} = 1.38 \text{ t/m}^3 (13.8 \text{ kN/m}^3)$

1.8. Greutate volumetrică zidărie tencuită (valoare medie)

- $\gamma_{\text{zid}} = 1.4 \text{ tone / m}^3 (14 \text{ kN/m}^3)$

2. Încărcare din planșeu

- încărcare permanentă:

- placa b.a. - 15 cm $0.375 \text{ t/m}^2 (3.75 \text{ kN/m}^2)$
- tencuiala 2 cm $0.040 \text{ t/m}^2 (0.40 \text{ kN/m}^2)$
- pardoseala + șapă $0.150 \text{ t/m}^2 (1.50 \text{ kN/m}^2)$
- pereti despărțitori ușori $0.080 \text{ t/m}^2 (0.80 \text{ kN/m}^2)$

Total $0.645 \text{ t/m}^2 (6.45 \text{ kN/m}^2)$

- încărcare de exploatare:

- locuințe $0.150 \text{ t/m}^2 (1.50 \text{ kN/m}^2)$

- încărcare totală în gruparea fundamentală

- $1.35 \times 0.645 + 1.50 \times 0.150 = 1.095 \text{ t/m}^2 (10.95 \text{ kN/m}^2) \approx 1.10 \text{ t/m}^2 (11 \text{ kN/m}^2)$

- încărcare totală în gruparea seismică

- $1.00 \times 0.645 + 0.4 \times 0.150 = 0.705 \text{ t/m}^2 (7.05 \text{ kN/m}^2) \approx 0.70 \text{ t/m}^2 (7 \text{ kN/m}^2)$

- încărcări pe pereți provenite de la planșee (figura Ex.1.2)

- încărcarea pe unitatea de lungime se calculează cu relațiile

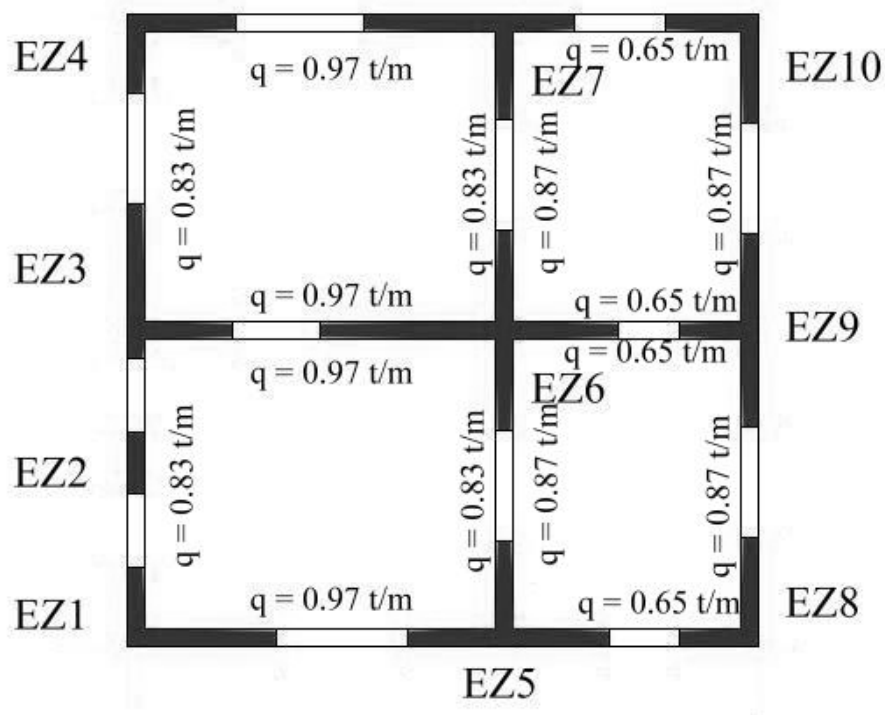
$$\rightarrow \text{pe latura scurtă } (l_1) : q_1 = \frac{ql_1}{4}$$

$$\rightarrow \text{pe latura lungă } (l_2) : q_2 = q_1 \left(2 - \frac{l_1}{l_2}\right)$$

- valorile încărcărilor pentru gruparea seismică sunt date în figura Ex.1.2

- încărcarea pe fiecare element (EZ) se calculează pentru zona aferentă (lungimile laturilor care reazemă pe elementul respectiv, inclusiv 1/2 din lățimea golului alăturat)

$$\rightarrow \text{pentru EZ1 : } (1.00 + 0.6) \times 0.83 + (2.125 + 1.05) \times 0.97 = 4.31 \text{ tone. (43.1 kN)}$$

EXEMPLUL NR.1 - figura Ex.1.2**INCARCARI PE PERETI**

3. Încărcări din greutatea proprie a zidăriei și planșee

Tabelul **Ex.1.1**

EZ	A_{zid} m ²	Volum zidărie m ³	Greutate zidărie		Încărcări planșee		Încărcări totale	
			G.S	G.F	G.S	G.F	G.S	G.F
			kN	kN	kN	kN	kN	kN
EZ1	1.03	3.54	495	668	431	676	93	134
EZ2	0.30	1.44	201	271	181	284	38	56
EZ3	1.10	4.01	561	757	715	1122	128	188
EZ4	0.84	3.11	435	587	403	632	84	122
EZ5	1.34	4.61	645	870	761	1194	141	206
EZ6	1.975	6.34	887	1197	1766	2772	265	397
EZ7	1.37	4.76	6.66	899	796	1249	146	215
EZ8	0.84	3.20	448	604	293	460	74	106
EZ9	1.18	4.09	572	772	563	883	114	166
EZ10	0.91	3.46	484	653	317	497	80	115
TOTAL	10.88	38.56	5394	7278	6226	9769	1163	1705

Valorile încărcării totale raportată la aria construită pe nivel:

- G.F. : $170.5 / 106.0 = 1.60$ t/m² (16 kN/m²)
- G.S. : $116.3 / 106.0 = 1.09$ t/m² (10.9 kN/m²)

4. Forțe axiale totale pe pereți din încărcările gravitaționale

Tabelul *Ex.1.2.*

EZ	Nivel 4		Nivel 3		Nivel 2		Nivel 1	
	G.S	G.F	G.S	G.F	G.S	G.F	G.S	G.F
	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
EZ1	93	134	186	268	279	402	372	536
EZ2	38	56	76	112	114	168	152	224
EZ3	128	188	256	376	384	564	512	752
EZ4	84	122	168	244	252	366	336	488
EZ5	141	206	282	412	423	618	564	824
EZ6	265	397	530	794	795	1191	1060	1588
EZ7	146	215	292	430	438	645	584	860
EZ8	74	106	148	212	222	318	296	424
EZ9	114	166	228	332	342	498	456	664
EZ10	80	115	160	212	240	345	320	460

5. Eforturi unitare de compresiune în pereți

Tabelul *Ex.1.3.*

EZ	Nivel 4		Nivel 3		Nivel 2		Nivel 1	
	G.S	G.F	G.S	G.F	G.S	G.F	G.F	G.S
	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²
EZ1	90	130	180	260	270	390	360	520
EZ2	127	187	254	374	381	561	508	748
EZ3	116	171	232	342	348	513	464	684
EZ4	100	145	200	290	300	435	400	580
EZ5	105	154	210	308	315	462	420	616
EZ6	134	201	268	402	402	603	536	804
EZ7	107	157	214	314	321	471	428	628
EZ8	88	126	176	252	264	378	352	504
EZ9	97	141	194	282	291	423	388	564
EZ10	88	126	176	252	264	378	352	504

Valorile medii ale efortului unitar de compresiune din încărcări gravitaționale pentru un nivel:

- G.F. $\rightarrow \sigma_{\text{med}}(\text{G.F}) = \frac{170.5}{10.88} = 15.7 \text{ t/m}^2 (157 \text{ kN/m}^2)$
- G.S. $\rightarrow \sigma_{\text{med}}(\text{G.S}) = \frac{116.3}{10.88} = 10.7 \text{ t/m}^2 (107 \text{ kN/m}^2)$

EXEMPLUL NR.2.

Calculul rezistenței de proiectare la compresiune axială N_{Rd} pentru un perete de zidărie nearmată \rightarrow Art. 6.6.2.

1. Date generale

1.1. Dimensiuni

$$l_w = 100 \text{ cm}$$

$$t = 25 \text{ cm (nivel curent)}$$

$$t = 37.5 \text{ cm (parter)}$$

$$h_{et} = 300 \text{ cm}$$

1.2 Încărcarea pe etaj

- $N_{etaj}(\text{zid}) = 2.52 \text{ tone/etaj (25.2 kN/etaj)} \rightarrow \text{valoarea de proiectare } N_{etaj,d}(\text{zid}) = 1.35 \times 2.52 = 3.4 \text{ tone/etaj (34 kN/etaj)}$
- $N_{etaj,d}(\text{planșeu}) = 2.9 \text{ tone/etaj (29 kN/etaj)}$ (valoarea este calculată cu coeficientul 1.35 pentru încărcările permanente și 1.50 pentru încărcarea utilă)
- $N_{etaj,d}(\text{total}) = 3.4 + 2.9 = 6.3 \text{ tone/etaj (63 kN/etaj)}$

2. Încărcarea totală adusă de etajele I-III (forța notată N1 în figura **Ex.2.1**)

- $N1 = 3 \times 6.3 = 18.9 \text{ tone (189 kN)}$
- 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.2.1**)

- $N2 = 2.90 \text{ tone (29 kN)}$
- Lungimea de rezemare a planșeului pe zidul parterului (distanța notată "a" în figura 6.4 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

$$d_2 = \frac{t_z^P}{2} - \frac{a}{3} = \frac{37.5}{2} - \frac{30.0}{3} = 8.75 \text{ cm}$$

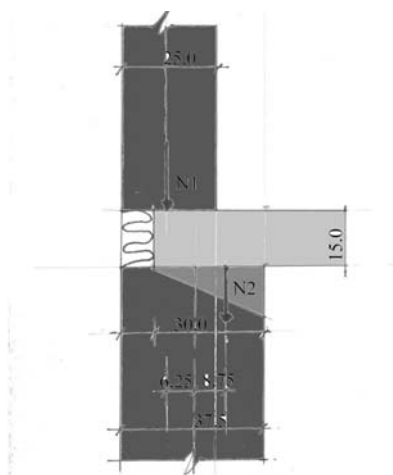


Figura **Ex.2.1**. Determinarea excentricității structurale e_{i0}

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

$$e_{i0} = \frac{N1d_1 - N2d_2}{N1 + N2} = \frac{18.9 \times 6.25 - 2.9 \times 8.75}{18.9 + 2.9} = 4.25 \text{ cm}$$

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)

$$e_{ah} = \frac{h_{et}}{300} = \frac{300}{300} = 1.00 \text{ cm}$$

- $e_a = \max(e_{at}, e_{ah}) = 1.25 \text{ cm}$

Notă. Excentricitatea accidentală poate fi determinată direct din tabelul C 24

6. Excentricitatea datorată acțiunii vântului.

- Presiunea vântului pe fațadă $g_v = 0.15 \text{ tone/m}^2$ (1.5 kN/m^2) (valoare convențională pentru acest exemplu ilustrativ - pentru fiecare proiect presiunea vântului se va calcula conform Codului **NE-082-04** până la intrarea în vigoare a standardului **SR EN 1991-1-4** și a Anexei naționale la acesta).

Încărcarea din vânt pe fâșia aferentă de fațadă (a se vedea figura **6.7** din Cod)

$$p_h = (0.60 \times 1.00 + 0.60) \times 0.15 = 0.33 \text{ t/m} \text{ (} 3.3 \text{ kN/m)}$$

- Momentul încovoietor din acțiunea vântului pe fațadă (formula **6.6** din Cod)

$$M_{hi} = M_{hm} = \frac{p_h h_{et}^2}{12} = \frac{0.33 \times 3.0^2}{12} = 0.25 \text{ tm} \text{ (} 2.5 \text{ kNm)}$$

- Excentricitatea forței verticale datorită momentului încovoietor produs de acțiunea vântului (formula **6.3** din Cod)

$$e_{hm(i)} = \frac{M_{hm(i)}}{N1 + N2} = \frac{0.25 \times 10^5}{21.8 \times 10^3} = 1.15 \text{ cm}$$

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 exterioară a peretelui de fațadă – a se vedea diagrama M din figura **6.7** din Cod. Prin urmare $e_{h(i)}$ are semn opus excentricității e_{i0}

7. Excentricitatea totală de calcul se calculează cu formula **6.11** 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 **6.11** este satisfăcută)

8. Coeficientul de reducere a rezistenței în secțiunea de la extremitatea superioară a peretelui de la parter se calculează cu formula 6.10 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 $p_2 = 1.00$ (perete exterior cu planșeu pe o singură parte)

- Perete nerigidizat pe laturile verticale (similar elementului EZ2 din **Exemplul Nr.1**)
- Înălțimea efectivă este $h_{ef} = \rho_2 h_{liber} = 1.00 \times 280 = 280 \text{ cm}$
- Se neglijează excentricitatea e_k datorată curgerii lente (a se vedea Nota 3 la tabelul **6.1** din Cod)
- Excentricitatea e_m se calculează cu relația **6.13** 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 **6.1** 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 **6.9** din Cod

$$N_{Rd} = \Phi_m A_{zid} f_d$$

unde

- aria secțiunii transversale $A_{zid} = 1.00 \times 0.375 = 0.375 \text{ m}^2$
- efortul unitar de proiectare se ia din tabelul **4.2a** din Cod pentru cărămizi pline (63 x 115 x 245 mm) cu rezistența medie $f_{med} = 10 \text{ N/mm}^2$ zidite cu rost longitudinal cu mortar M5 considerând coeficientul parțial de siguranță $\gamma_M = 2.2$; în aceste condiții avem $f_d = 1.27 \text{ N/mm}^2 \equiv 127 \text{ tone/m}^2$ (1270 kN/m²)

Rezultă rezistența de proiectare a elementului la parter

$$N_{Rd} = 0.685 \times 0.375 \times 127.0 = 32.6 \text{ tone (326 kN)}$$

EXEMPLUL Nr.3.

Calculul rezistenței de proiectare la compresiune excentrică - momentul încovoietor capabil (M_{Rd}) asociat unei forțe axiale date (N_{Ed}) - pentru un perete din zidărie nearmată cu secțiune I cu tălpi inegale → Art. 6.6.3.2.

1. Date de intrare.

1.1. Geometria peretelui (figura **Ex.3.1a.**)

- grosimea inimii $t_i = 30.0 \text{ cm}$
- grosimile tălpilor $t_1 = t_2 = 25.0 \text{ cm}$
- înălțimea inimii $h_i = 500 \text{ cm}$
- lățimea tălpii superioare $b_{21} + b_{22} = 300 \text{ cm}$
- lățimea tălpii inferioare $b_{11} + b_{12} = 120 \text{ cm}$

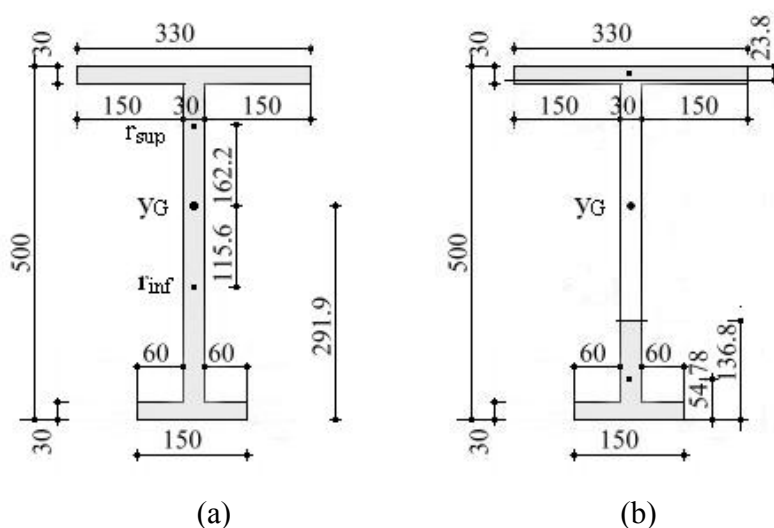


Figura **Ex.3.1.** Calculul momentului capabil pentru o forță axială dată

1.2. Materiale

- Elemente pentru zidărie din argilă arsă pline (240 x 115 x 63 mm) cu $f_{med} = 10 \text{ N/mm}^2$, clasa I
- Mortar M5
- Rezistența caracteristică la compresiune (cu rost longitudinal) $f_k = 2.80 \text{ N/mm}^2$ (tabelul 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 $f_d = 2.80 / 2.2 = 1.273 \text{ N/mm}^2$

1.3. Încărcări

- Forța axială $N_{Sd} = N_{Ed} = 80.0 \text{ tone (800 kN)}$

2. Caracteristicile geometrice ale secțiunii transversale

2.1. Ariile tălpilor și inimii și aria totală

- $A_{t1} = (b_{11} + b_{12}) t_1 = 120 \times 25 = 3000 \text{ cm}^2$
- $A_{t2} = (b_{21} + b_{22}) t_2 = 300 \times 25 = 7500 \text{ cm}^2$
- $A_i = h_i t_i = 500 \times 30 = 15000 \text{ cm}^2$
- $A_{tot} = A_{t1} + A_{t2} + A_i = 3000 + 7500 + 15000 = 25500 \text{ cm}^2$

2.2. Poziția centrului de greutate al secțiunii transversale peretelui

$$y_G = \frac{0.5A_{t1}t_1 + A_{t2}(h_i - 0.5t_2) + 0.5A_i h_i}{A_{tot}} = \frac{0.5 \times 3000 \times 25 + 7500 \times (500 - 0.5 \times 25) + 0.5 \times 5000 \times 500}{25500} = 291.9 \text{ cm}$$

3 Momentul de inerție al secțiunii transversale a peretelui în raport cu axa orizontală în G

$$I_G = \frac{30 \times 500^3}{12} + 30 \times 500 \times (291.9 - 250)^2 + \frac{120 \times 25^3}{12} + 120 \times 25 \times (291.9 - 12.5)^2 + \frac{300 \times 25^3}{12} + 300 \times 25 \times (500 - 12.5 - 291.9)^2 = 860.52 \times 10^6 \text{ cm}^4$$

2.4. Modulele de rezistență ale secțiunii transversale a peretelui

- $W_{inf} = \frac{I_G}{y_g} = \frac{860.52 \times 10^6}{291.9} = 2.948 \times 10^6 \text{ cm}^3$
- $W_{sup} = \frac{I_G}{h_i - y_G} = \frac{860.52 \times 10^6}{500 - 291.9} = 4.135 \times 10^6 \text{ cm}^3$

2.5. Limitele sâmburelui central al secțiunii transversale a peretelui

- $r_{inf} = \frac{W_{sup}}{A_{tot}} = \frac{4.135 \times 10^6}{2.55 \times 10^4} = 162.2 \text{ cm}$
- $r_{sup} = \frac{W_{inf}}{A_{tot}} = \frac{2.948 \times 10^6}{2.55 \times 10^4} = 115.6 \text{ cm}$

3. Calculul momentului capabil al peretelui pentru încărcări neseismice \Rightarrow art.6.6.3.2(1)

3.1. Aria zonei comprimate (formula 6.19 din Cod)

- $A_{zc} = \frac{N_{Sd}}{0.8f_d} = \frac{80000}{0.8 \times 12.73} = 7855 \text{ cm}^2$

3.2. Momentul comprimă talpa inferioară

3.2.1. Dimensiunile zonei comprimate (figura **Ex.3.1b**)

- $A_{zc} = A_{tl} + t_i \times h_{c1} \Rightarrow h_{c1} = \frac{A_{zc} - A_{tl}}{t_i} = \frac{7855 - 3750}{30} = 136.8 \text{ cm}$

3.2.2. Centrul de greutate a zonei comprimate

- $y_{G1} = \frac{136.8 \times 30 \times (25 + 0.5 \times 136.8) + 0.5 \times 150 \times 25^2}{7855} = 54.78 \text{ cm}$

3.2.3. Distanța de la centrul de greutate al peretelui până la centrul de greutate al zonei comprimate

- $y_{zc,inf} = y_G - y_{G1} = 291.9 - 54.78 = 237.12 \text{ cm}$

3.3. Momentul comprimă talpa superioară

3.3.1. Dimensiunile zonei comprimate (figura **Ex.3.1b**)

- $A_{zc} = (b_{21} + b_{22} + t_i) \times t_{c2} \Rightarrow t_{c2} = \frac{7855}{(300 + 30)} = 23.8 \text{ cm}$

3.3.2. Centrul de greutate a zonei comprimate

- $y_{G2} = h_i - 0.5t_{c2} = 500 - 0.5 \times 23.8 = 488.1 \text{ cm}$

3.3.3. Distanța de la centrul de greutate al peretelui până la centrul de greutate al zonei comprimate

- $y_{zc,inf} = y_{G2} - y_G = 488.1 - 291.9 = 196.2 \text{ cm}$

3.4. Momente capabile pentru N_{Sd}

3.4.1. Moment capabil pentru compresiune la talpa inferioară

- $M_{cap,inf} = N_{Sd} \times y_{zc,inf} = 80000 \times 237.12 = 189.7 \times 10^5 \text{ daNm} = 189.7 \text{ tm} (1897 \text{ kNm})$

3.4.2. Moment capabil pentru compresiune la talpa superioară

- $M_{\text{cap,sup}} = N_{\text{Sd}} \times y_{\text{zc,sup}} = 80000 \times 196.2 = 157.0 \times 10^5 \text{ daNm} = 157.0 \text{ tm} (1570 \text{ kNm})$

4. Calculul momentelor capabile pentru încărcări seismice $N_{\text{Ed}} \Rightarrow$ art. 6.6.3.2(5)

4.1. Excentricitatea maximă pentru compresiune la talpa inferioară/superioară

- $e_{\text{max,inf}} = 1.2r_{\text{inf}} = 1.2 \times 115.6 = 138.72 \text{ cm}$
- $e_{\text{max,sup}} = 1.2r_{\text{sup}} = 1.2 \times 162.2 = 194.6 \text{ cm}$

4.2 Momente capabile pentru N_{Ed} .

4.2.1. Moment capabil pentru compresiune la talpa inferioară

- $M_{\text{cap,inf}} = N_{\text{Ed}} \times e_{\text{max,inf}} = 80000 \times 194.6 = 157.0 \text{ tm} (1570 \text{ kNm})$

4.2.2. Moment capabil pentru compresiune la talpa superioară

- $M_{\text{cap,sup}} = N_{\text{Ed}} \times e_{\text{max,sup}} = 80000 \times 138.7 = 111.0 \text{ tm} (1110 \text{ kNm})$

EXEMPLUL NR. 4**Calculul rezistenței de proiectare la compresiune excentrică - momentul încovoietor capabil (M_{Rd}) asociat unei forțe axiale date (N_{Ed}) - pentru un perete din zidărie nearmată cu secțiune dreptunghiulară**

1. Date de intrare.

1.1. Geometria peretelui

- $t = 30.0 \text{ cm}$
- $l_w = 500 \text{ cm}$

1.2. Materiale

- Elemente pentru zidărie din argilă arsă cu goluri verticale (290 x 240 x 188 mm) cu $f_{\text{med}} = 7.5 \text{ N/mm}^2$, clasa I
- Mortar M5
- Rezistența caracteristică la compresiune (fără rost longitudinal) din tabelul 4.2a cu coeficientul de corecție $f_8 = 1.10 \rightarrow f_k = 2.85 \times 1.10 \approx 3.15 \text{ N/mm}^2$ (tabelul 4.2a)
- Coeficientul de siguranță al materialului $\gamma_M = 2.2$
- Rezistența de proiectare la compresiune $f_d = 3.15 / 2.2 \approx 1.45 \text{ N/mm}^2$

1.3. Încărcări

- Forța axială $N_{\text{Sd}} = N_{\text{Ed}} = 80.0 \text{ tone} (800 \text{ kN})$

2. Calculul momentului încovoietor de proiectare pentru încărcări neseismice \Rightarrow art. 6.6.3.2(3)

2.1. Adâncimea zonei comprimate (formula 6.19a din Cod)

- $x_{Rd} = \frac{N_{Sd}}{0.8f_{dt}} = \frac{80000}{0.8 \times 14.5 \times 30} \cong 230 \text{ cm}$

2.2. Momentul încovoietor de proiectare (formula **6.20a** din Cod)

- $M_{Rd} = \frac{N_{Sd}}{2} (l_w - x_{Rd}) = \frac{80000}{2} (500 - 230) = 108.0 \text{ tm} (1080 \text{ kNm})$

3. Calculul momentului încovoietor de proiectare pentru încărcări seismice $N_{Ed} \Rightarrow$ art. **6.6.3.2(6)**

- $M_{Rd} = 0.2l_w N_{Ed} = 0.2 \times 500 \times 80000 = 80.0 \text{ tm} (800 \text{ kNm}) \rightarrow$ (formula **6.20b**)

EXEMPLUL NR.5

Calculul rezistenței de proiectare la compresiune excentrică - momentul încovoietor capabil (M_{Rd}) asociat unei forțe axiale date (N_{Ed}) - pentru un perete din zidărie confinată cu secțiune dreptunghiulară - Art.6.6.3.3.

1. Date de intrare

1.1. Geometria peretelui (figura *Ex.5.1a*)

- $l_w = 500 \text{ cm}$
- $t = 30 \text{ cm}$
- stâlpișori $30 \times 30 \text{ cm}$

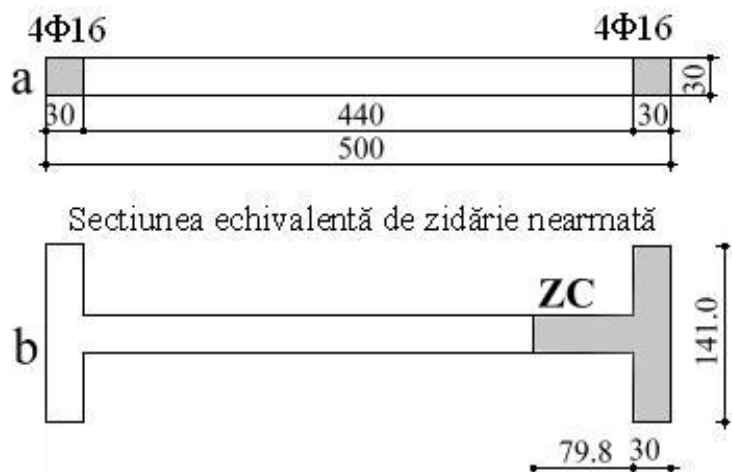


Figura *Ex.5.1*

ZC - zona comprimată

1.2. Materiale

- Elemente pentru zidărie din argilă arsă cu goluri verticale ($290 \times 240 \times 138 \text{ mm}$) cu $f_{med} = 10 \text{ N/mm}^2$, clasa I; coeficient de corecție pentru rezistența caracteristică $f_{\delta} = 0.95$
- Mortar M5

- Rezistența caracteristică la compresiune (fără rost longitudinal) $f_k = 3.50 \times 0.95 = 3.33 \text{ N/mm}^2 = 33.3 \text{ daN/cm}^2$ (tabel 4.2a)
- Coeficientul parțial de siguranță pentru zidărie $\gamma_M = 2.2 \rightarrow \text{art. 2.4.2.3.1.(1)}$
- Rezistența de proiectare la compresiune $f_d = 3.33 / 2.2 = 1.51 \text{ N/mm}^2 = 15.1 \text{ daN/cm}^2$
- Beton armat C12/15 $\rightarrow f_{cd}^* = 9.5 \text{ N/mm}^2 = 95 \text{ daN/cm}^2$
- Oțel PC52 $\rightarrow R_a = 300 \text{ N/mm}^2 = 3000 \text{ daN/cm}^2$
- Armarea stâlpișorilor $\rightarrow 4\Phi 16 \rightarrow 8,04 \text{ cm}^2$
- Distanța între centrele de greutate ale stâlpișorilor $l_s = 500 - 2 \times 0.15 = 470 \text{ cm}$

1.3 Încărcări

- Forța axială $N_{Ed} = 80,0 \text{ tone (800 kN)}$

2. Caracteristicile geometrice ale secțiunii transversale

2.1 Determinarea secțiunii echivalente de zidărie nearmată

- coeficientul de echivalență $n_{ech} = 0.75 \frac{f_{cd}^*}{f_d} = 0.75 \frac{9.5}{1.51} \cong 4.7$
- lățimea tălpii echivalente $b_{echiv} = 30 \times 4.7 = 141 \text{ cm}$
- grosimea tălpii echivalente $b_t = 30 \text{ cm}$

3. Calculul momentului capabil

3.1. Aria zonei comprimate (figura **Ex.5.1b.**)

- $A_c = \frac{N_{Ed}}{0.8 f_d} = \frac{80000}{0.8 \times 15.1} = 6623 \text{ cm}^2$
- lungimea comprimată pe inima peretelui

$$\bar{x}_c = \frac{A_c - b_{echiv} t_{echiv}}{t_w} = \frac{6623 - 141 \times 30}{30} = 79.8 \text{ cm}$$
- lungimea totală a zonei comprimate

$$x = \bar{x}_c + b_t = 79.8 + 30 = 109.8 \text{ cm} < 0.3 l_w = 0.3 \times 500 = 150 \text{ cm} \quad \text{OK!}$$

3.2 Centrul de greutate al zonei comprimate

$$y_{zc} = \frac{79.8 \times 30 \times (0.5 \times 79.8 + 30) + 141 \times 30 \times 0.5 \times 30}{6623} = 34.85 \text{ cm}$$

3.3 Momentul capabil al secțiunii ideale de zidărie

- $M_{Rd}(z_n, i) = N_{Ed} (0.5 l_w - y_{zc}) = 80.0 \times (0.5 \times 5.0 - 0.35) = 172.0 \text{ tm (1720 kNm)}$

3.4. Momentul capabil al armăturilor din stâlpișori \rightarrow relația (6.27)

- $M_{Rd}(A_s) = I_s A_s f_{yd} = 470 \times 8.04 \times 3000 = 113.4 \times 10^5 \text{ daNcm} = 113.4 \text{ tm} (1134 \text{ kNm})$

3.5. Momentul capabil total

- $M_{Rd} = M_{Rd}(z_{na,i}) + M_{Rd}(A_s) = 172.0 + 113.4 = 285.4 \text{ tm} (2854 \text{ kNm})$

EXEMPLUL NR.6.

Calculul rezistenței de proiectare maxime la compresiune excentrică pentru un perete din zidărie confinată cu secțiune dreptunghiulară

Se consideră peretele de zidărie confinată cu caracteristicile geometrice și mecanice din exemplul nr.5.

1. Forța axială maximă corespunde zonei comprimate cu lungimea $x = 0.3l_w = 0.3 \times 500 = 150 \text{ cm}$

1.1. Aria de zidărie comprimată corespunzătoare lungimii maxime este

- $A_{zc} = (x - b_t)t + b_{echiv}b_t = (150 - 30) \times 30 + 141 \times 30 = 7830 \text{ cm}^2$

1.2. Forța axială maximă capabilă corespunzătoare zonei A_{zc}

- $N_{cap} = 7830 \times 0.8 \times 15.1 = 94.6 \times 10^3 \text{ daN} = 94.6 \text{ tone} (946 \text{ kN})$

2. Calculul momentului capabil al secțiunii ideale de zidărie

- centrul de greutate al zonei comprimate maxime

$$y_{zc} = \frac{120 \times 30 \times (0.5 \times 120 + 30) + 141 \times 30 \times 0.5 \times 30}{7830} = 49.5 \text{ cm}$$

- momentul capabil al secțiunii ideale de zidărie corespunzător N_{cap}

$$M_{Rd}(z_{na,i}) = N_{cap}(0.5l_w - y_{zc}) = 94.6 \times (0.5 \times 5.0 - 0.495) = 189.7 \text{ tm} (1897 \text{ kNm})$$

3. Calculul momentului capabil al peretelui de zidărie confinată

$$M_{Rd} = M_{Rd}(z_{na,i}) + M_{Rd}(A_s) = 189.7 + 113.4 = 303.1 \text{ tm} (3031 \text{ kNm})$$

EXEMPLUL NR.7.

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.7.1a*)

- $l_w = 500 \text{ cm}$
- $t_z = 11.5 \text{ cm}$ (straturile exterioare)
- $t_m = 10 \text{ cm}$ (stratul median)

1.2. Materiale

- Elemente pentru zidărie din argilă arsă pline (240 x 115 x 63 mm) cu $f_{med} = 10 \text{ N/mm}^2$, clasa I; zidire fără rost longitudinal
- Mortar M5
- Rezistența caracteristică la compresiune, fără rost longitudinal $f_k = 3.50 = 35.0 \text{ daN/cm}^2$ (tabel 4.2a)
- Coeficientul parțial de siguranță pentru zidărie $\gamma_M = 2.2 \rightarrow \text{art. 2.4.2.3.1.(1)}$
- Rezistența de proiectare la compresiune a zidăriei
 $\rightarrow f_d = 3.50/2.2 = 1.59 \text{ N/mm}^2 = 15.9 \text{ daN/cm}^2$
- Beton armat (în stratul median) C12/15 $\rightarrow f_{cd}^* = 9.5 \text{ N/mm}^2 = 95 \text{ daN/cm}^2$
- Oțel OB37 (în stratul median) $\rightarrow R_a = 210 \text{ N/mm}^2 = 2100 \text{ daN/cm}^2$
- Armarea stratului median $\rightarrow \Phi 10/15 \text{ cm} \rightarrow a_s = 0.785/0.15 = 5.23 \text{ cm}^2/\text{m} = 0.0523 \text{ cm}^2/\text{cm}$

1.3 Încărcări

- Forța axială $N_{Ed} = 120.0 \text{ tone (1200 kN)}$

2. Caracteristicile geometrice

- coeficientul de echivalență \rightarrow relația (6.24)

$$n_{ech} = 0.75 \frac{f_{cd}^*}{f_d} = 0.75 \frac{9.5}{1.59} = 4.48$$

- grosimea echivalentă a secțiunii ideale de zidărie nearmată \rightarrow relația (6.29)

$$t_{ech} = 2t_z + n_{ech}t_m = 2 \times 11.5 + 4.48 \times 10 = 67.8 \text{ cm}$$

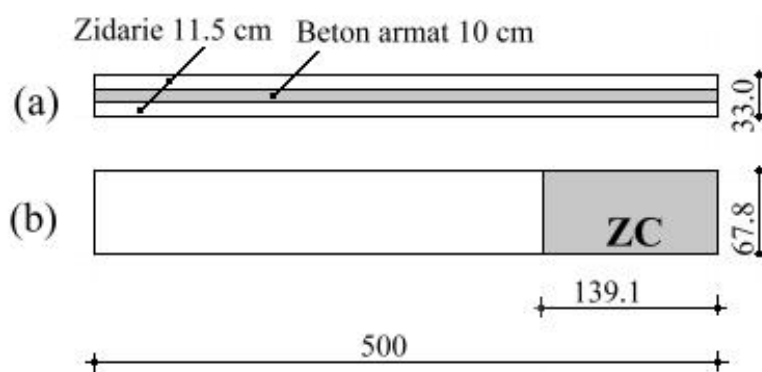


Figura Ex. 7.1

3. Calculul momentului capabil al secțiunii echivalente de zidărie nearmată

3.1. Aria zonei comprimate

$$A_{zc} = \frac{N_{Ed}}{0.8f_d} = \frac{120000}{0.8 \times 15.9} = 9434 \text{ cm}^2$$

3.2. Lungimea zonei comprimate

$$l_c = \frac{A_{zc}}{t_{ech}} = \frac{9434}{67.8} = 139.1 \text{ cm} < 0.3l_w = 0.3 \times 500 = 150 \text{ cm} \rightarrow \text{OK!}$$

3.3. Distanța de la centrul de greutate al zonei comprimate până la centrul de greutate al secțiunii ideale de zidărie

$$y_{zci} = 0.5l_w - 0.5l_c = 0.5 \times 500 - 0.5 \times 139.1 = 180 \text{ cm}$$

3.4 Momentul încovoietor de proiectare a secțiunii ideale de zidărie \rightarrow relația (6.26)

$$M_{Rd}(z_{na,i}) = N_{Ed} y_{zci} = 120000 \times 180 = 216 \times 10^5 \text{ daNcm} \Rightarrow 216.0 \text{ tm (2160 kNm)}$$

4. Calculul momentului capabil al armăturilor din stratul median \rightarrow relația (6.30)

$$M_{Rd}(a_s) = 0.4a_s l_w^2 f_{yd} = 0.4 \times 0.0523 \times 500^2 \times 2100 = 109.8 \times 10^5 \text{ daNcm} \Rightarrow 109.8 \text{ tm (1098 kNm)}$$

5. Momentul capabil al peretelui de zidărie cu inimă armată \rightarrow relația (6.28)

$$M_{Rd}(ZIA) = M_{Rd}(z_{na,i}) + M_{Rd}(a_s) = 216.0 + 109.8 = 325.8 \text{ tm (3258 kNm)}$$

EXEMPLUL NR.8.

Calculul rezistenței de proiectare la forță tăietoare (V_{Rd}) pentru un perete din zidărie nearmată cu secțiune dreptunghiulară - art.6.6.4.2.

1. Date de intrare

1.1. Geometria peretelui

- $l_w = 500 \text{ cm}$
- $t = 25 \text{ cm}$

1.2. Materiale

- Elemente pentru zidărie din argilă arsă pline (240 x 115 x 63 mm) cu $f_b = 10 \text{ N/mm}^2$, clasa I;
- Mortar M5
- Rezistența unitară caracteristică inițială la forfecare $f_{vk0} = 0.20 \text{ N/mm}^2 = 2.0 \text{ daN/cm}^2$ (tabel 4.3)
- Coeficientul parțial de siguranță pentru zidărie $\gamma_M = 2.2 \rightarrow$ art. 2.4.2.3.1.(1)

1.3 Încărcări

- Forța axială $N = 80.0 \text{ tone (800 kN)}$
- Momentul încovoietor $M = 60.0 \text{ tm (600 kNm)}$

2. Determinarea zonei comprimate

2.1. Excentricitatea forței axiale

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{60.0 \times 10^5}{80.0 \times 10^3} = 75 \text{ cm}$$

2.2 Lungimea zonei comprimate

$$l_c = 2 \times (0.5l_w - e_0) = 2 \times (0.5 \times 500 - 75) = 350 \text{ cm}$$

2.3. Efortul unitar de compresiune pe zona comprimată

$$\sigma_d = \frac{N}{l_c t} = \frac{80000}{350 \times 25} = 9.1 \text{ daN/cm}^2 \Rightarrow 0.91 \text{ N/mm}^2$$

2.4. Calculul rezistenței unitare caracteristice → valoarea minimă din relațiile (4.3a) și (4.3b) din Cod.

- $f_{vk} = f_{vk0} + 0.4\sigma_d = 0.20 + 0.4 \times 0.91 = 0.564 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{relația (4.3a)}$
- $f_{vk} = 0.034f_b + 0.14\sigma_d = 0.034 \times 10 + 0.14 \times 0.91 = \boxed{0.466 \text{ N/mm}^2} \rightarrow \text{relația (4.3b)}$

Nota. Valoarea se găsește în tabelul 4.4a din Cod

2.5. Calculul rezistenței unitare de proiectare → relația (4.4)

$$f_{vd} = m_z \frac{f_{vk}}{\gamma_M} = 0.75 \frac{0.466}{2.2} = 0.159 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow 1.59 \text{ daN/cm}^2$$

3. Calculul rezistenței de proiectare la forță tăietoare → relația (6.31)

$$V_{Rd} = f_{vdt} l_c = 1.59 \times 25 \times 350 \approx 13900 \text{ daN} \Rightarrow 13.9 \text{ tone (139 kN)}$$

EXEMPLUL NR.9.**Calculul rezistenței de proiectare la forță tăietoare pentru un perete din zidărie confinată cu secțiune dreptunghiulară → art.6.6.4.3**

(peretele din exemplul nr 5)

1.1. Geometria peretelui (figura *Ex.5.1a.*)

- $l_w = 500 \text{ cm}$
- $t = 30 \text{ cm}$
- stâlpișori 30 x 30 cm

1.2. Materiale

- Elemente pentru zidărie din argilă arsă cu goluri verticale (290 x 240 x 138 mm) cu $f_{med} = 10 \text{ N/mm}^2$, clasa I; coeficient de corecție pentru rezistența caracteristică $f_{\delta} = 0.95$
- Mortar M5
- Rezistența caracteristică la compresiune (fără rost longitudinal) $f_k = 3.50 \times 0.95 = 3.33 \text{ N/mm}^2 = 33.3 \text{ daN/cm}^2$ (tabel 4.2a)
- Coeficientul parțial de siguranță pentru zidărie $\gamma_M = 2.2 \rightarrow \text{art. 2.4.2.3.1.(1)}$
- Rezistența de proiectare la compresiune $f_d = 3.33 / 2.2 = 1.51 \text{ N/mm}^2 = 15.1 \text{ daN/cm}^2$
- Beton armat C12/15 $\rightarrow f_{cd}^* = 9.5 \text{ N/mm}^2 = 95 \text{ daN/cm}^2$
- Oțel PC52 $\rightarrow R_a = 300 \text{ N/mm}^2 = 3000 \text{ daN/cm}^2$
- Armarea stâlpișorilor $\rightarrow 4\Phi 16 \rightarrow 8,04 \text{ cm}^2$
- Distanța între centrele de greutate ale stâlpișorilor $l_s = 500 - 2 \times 0.15 = 470 \text{ cm}$

1.3 Încărcări

- Forța axială $N_{Ed} = 80,0 \text{ tone (800 kN)}$
- Moment încovoietor $M_{Ed} = 60.0 \text{ tm (600 kNm)}$

2. Caracteristicile geometrice ale secțiunii transversale

2.1 Determinarea secțiunii ideale de zidărie nearmată

- coeficientul de echivalență $n_{ech} = 0.75 \frac{f_{cd}^*}{f_d} = 0.75 \frac{9.5}{1.51} \cong 4.7$
- lățimea tălpii echivalente $b_{echiv} = 30 \times 4.7 = 141 \text{ cm}$
- grosimea tălpii echivalente $b_t = 30 \text{ cm}$

3 Calculul rezistenței de proiectare la forță tăietoare a secțiunii echivalente de zidărie nearmată (V_{Rd1})

3.1. Calculul ariei de zidărie comprimată

- excentricitatea forței axiale față de centrul de greutate al secțiunii transversale a peretelui

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{60.0 \times 10^5}{80.0 \times 10^3} = 75 \text{ cm}$$

- centrul de greutate al ariei comprimate trebuie să se afle la distanța e_0 de centrul de greutate al secțiunii transversale a peretelui; cu notațiile din figură valoarea "a" rezultă din ecuația

$$1.75 = \frac{0.3a(0.3 + 0.5a) + 0.3 \times 1.41 \times 0.5 \times 0.3}{0.3a + 1.41 \times 0.3} \Rightarrow a = 4.02 \text{ m} = 402 \text{ cm}$$

- lungimea zonei comprimate a inimii peretelui

$$l_c = 402 + 30 = 432 \text{ cm}$$

- aria totală a zonei comprimate, care include și talpa, conform art. 6.6.4.2.(2)

$$A_{zc} = 402 \times 30 + 141 \times 30 = 16290 \text{ cm}^2$$

3.2. Calculul efortului unitar de compresiune

$$\bullet \quad \sigma_d = \frac{N_{Ed}}{A_{zc}} = \frac{80000}{16290} = 4.91 \text{ daN/cm}^2 \Rightarrow 0.49 \text{ N/mm}^2$$

3.3. Calculul rezistenței unitare caracteristice la forfecare în rost orizontal

$$\bullet \quad \sigma_d = 0.358 + 0.9(0.371 - 0.358) = 0.371 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{interpolare în tabelul 4.4b din Cod}$$

3.4 Calculul rezistenței unitare de proiectare la forfecare în rost orizontal \rightarrow relația (4.4)

$$\bullet \quad f_{vd} = m_z \frac{f_{vk}}{\gamma_M} = 0.75 \frac{0.49}{2.2} = 0.167 \text{ N/mm}^2 \Rightarrow 1.67 \text{ daN/cm}^2$$

3.5 Rezistența de proiectare la forfecare în rost orizontal a secțiunii de zidărie nearmată

$$\bullet \quad V_{Rd1} = f_{vd} t l_c = 1.67 \times 30 \times 432 \approx 21600 \text{ daN} \Rightarrow 21.6 \text{ tone (216 kN)}$$

4. Calculul rezistenței de proiectare la forfecare a armăturii din stâlpișorul comprimat

$$\bullet \quad V_{Rd2} = 0.2 A_{asc} f_{yd} = 0.2 \times 8.04 \times 3000 = 4.8 \text{ tone (48 kN)} \rightarrow \text{relația (6.33)}$$

5. Calculul rezistenței de proiectare a peretelui de zidărie confinată

$$\bullet \quad V_{Rd} = V_{Rd1} + V_{Rd2} = 21.6 + 4.8 = 26.4 \text{ tone (264 kN)} \rightarrow \text{relația (6.32)}$$

EXEMPLUL NR.10.

Calculul rezistenței de proiectare la forță tăietoare pentru un perete din zidărie confinată și armată în rosturile orizontale cu secțiune dreptunghiulară \rightarrow art.6.6.4.4. (peretele din exemplul nr 9.)

1. Date suplimentare

1.1. Înălțimea peretelui $h_{tot} = 9.00 \text{ m} > l_w = 5.00 \text{ m} \rightarrow$ se aplică relația 6.35 din Cod

1.2 Armăturile din rostul orizontal $2\Phi 8 \text{ OB37} \rightarrow A_{sw} = 1.00 \text{ cm}^2$ cu $f_{ysd} = 2100 \text{ daN/cm}^2$

1.3 Distanța pe verticală între armăturile din rostul orizontal $s = 3 \times (13.8 + 1.2) = 45.0 \text{ cm}$ (trei asize).

2. Rezistența de proiectare a armăturilor din rosturile orizontale

$$\bullet \quad V_{Rd3} = 0.8 l_w \frac{A_{sw}}{s} f_{ysd} = 0.8 \times 500 \times \frac{1.00}{45.0} 2100 = 18.7 \times 10^3 \text{ daN} \Rightarrow 18.7 \text{ tone (187 kN)}$$

3. Rezistența de proiectare la forță tăietoare a peretelui de zidărie confinată și armată în rosturile orizontale

$$\bullet \quad V_{Rd} = V_{Rd1} + V_{Rd2} + V_{Rd3} = 21.6 + 4.8 + 18.7 = 45.1 \text{ tone (451 kN)}$$

EXEMPLUL NR.11

Calculul rezistenței de proiectare a unui panou de zidărie de umplutură într-un cadru de beton armat - Art.6.6.5.

1. Date de temă

1.1 Cadru din beton armat P+3E (4 niveluri)

- deschidere interax $l_0 = 500$ cm
- înălțime de nivel $h_{et} = 320$ cm
- stâlpi 45 x 45 cm (toate nivelurile)
- grinzi 25 x 50 cm (toate nivelurile)
- beton C16/20

1.2 Panoul de zidărie

- panou de zidărie din cărămidă plină, $t = 25$ cm
 - varianta $P_a \Rightarrow$ panou plin
 - varianta $P_b \Rightarrow$ panou cu un gol de fereastră 150 x 120 cm
- materiale pentru zidărie:
 - varianta Z_a (valori minime),
 \Rightarrow cărămidă C7.5 ($f_{med} \equiv f_b = 7.5$ N/mm² \rightarrow P100-1/2006 , 8.2.1.2.)
 mortar M5 \rightarrow CR6-2006, 3.2.3.1., tab.3.2
 - varianta Z_b (valori maxime)
 \Rightarrow cărămidă C10 ($f_{med} \equiv f_b = 10$ N/mm²)
 mortar M 10

1.3. Caracteristicile mecanice de rezistență și deformabilitate ale materialelor:

- beton:
 - $E_b = 27000$ N/mm² (\rightarrow STAS 10107/0-90)
- zidărie
 - varianta Z_a :
 - rezistența unitară caracteristică la compresiune $f_k = 2.3$ N/mm² (\rightarrow art. 4.1.1.1.1.(7), tab.4.2a, pentru zidărie alcătuită conform fig.4.1b)
 - coeficientul de siguranță pentru zidărie $\gamma_M = 2.2$ (\rightarrow art 2.3.2.3.)
 - rezistența unitară de proiectare la compresiune: $f_d = \frac{f_k}{\gamma_M} = \frac{2.3}{2.2} = 1.05$ N/mm² (\rightarrow art.4.1.1.2.2., relația (4.4) cu $m_z = 1.0$)
 - rezistența unitară caracteristică la forfecare sub efort de compresiune zero : $f_{vk0} = 0.20$ N/mm² (\rightarrow art. 4.1.1.2.1, tab.4.3)
 - rezistența unitară de proiectare la forfecare sub efort de compresiune zero :
 $f_{vd0} = \frac{f_{vk0}}{\gamma_M} = \frac{0.20}{2.2} = 0.091$ N/mm²
 - modulul de elasticitate longitudinal al zidăriei $E_z = 500 f_k = 500 \times 2.3 = 1150$ N/mm² (\rightarrow art. 4.1.2.2.1., tab.4.9, deformații pentru SLU)
 - varianta Z_b :
 - rezistența unitară caracteristică la compresiune $f_k = 3.45$ N/mm² (\rightarrow art. 4.1.1.1.1.(7), tab.4.2a, pentru zidărie alcătuită conform fig.4.1b)
 - coeficientul de siguranță pentru zidărie $\gamma_M = 2.2$ (\rightarrow art. 2.3.2.3.)
 - rezistența unitară de proiectare la compresiune: $f_d = \frac{f_k}{\gamma_M} = \frac{3.45}{2.2} = 1.57$ N/mm² (\rightarrow art. 4.1.1.2.2. relația (4.4) cu $m_z = 1.0$)

- rezistența unitară caracteristică la forfecare sub efort de compresiune zero : $f_{vk0} = 0.30 \text{ N/mm}^2$ (\rightarrow art. 4.1.1.2.1, tab.4.3)
- rezistența unitară de proiectare la forfecare sub efort de compresiune zero :

$$f_{vd0} = \frac{f_{vk0}}{\gamma_M} = \frac{0.30}{2.2} = 0.136 \text{ N/mm}^2$$
- modulul de elasticitate longitudinal al zidăriei $E_z = 500 f_k = 500 \times 3.45 = 1725 \text{ N/mm}^2$ (\rightarrow art. 4.1.2.2.1., tab.4.9, deformații pentru SLU)

1.4 Caracteristicile geometrice și mecanice ale panoului de zidărie:

- lungimea panoului : $l_p = 500 - 45 = 455 \text{ cm}$
- înălțimea panoului : $h_p = 320 - 50 = 270 \text{ cm}$
- lungimea diagonalei panoului: $D_p = \sqrt{l_p^2 + h_p^2} = \sqrt{455^2 + 270^2} \cong 530 \text{ cm}$
- lățimea diagonalei echivalente $d_p = \frac{D_p}{10} = \frac{530}{10} = 53 \text{ cm}$ (\rightarrow P100-1/2006, 8.6.1.(6))
- $\cos \theta = \frac{l_p}{D_p} = \frac{455}{530} = 0.858 \Rightarrow \cos^2 \theta = 0.737$
- aria diagonalei echivalente pentru panoul plin:
- $A_{dp} = d_p \times t = 53 \times 25 = 1325 \text{ cm}^2$

1.5 Caracteristicile geometrice ale cadrului:

- momentul de inerție al stâlpului $I_s = \frac{45^4}{12} = 34.2 \times 10^4 \text{ cm}^4$

1.6. Panouri cu gol de fereastră

- Raportul $\frac{A_{gol}}{A_{panou}} = \frac{120 \times 150}{270 \times 455} = 0.1465$
- Coeficientul de reducere a lățimii diagonalei echivalente

$$\eta_{gol} = 0.6 \left(\frac{A_{gol}}{A_{panou}} \right)^2 - 1.6 \frac{A_{gol}}{A_{panou}} + 1 = 0.6 \times 0.1465^2 - 1.6 \times 0.1465 + 1 = 0.778 \quad (\rightarrow \text{C.8.7.3.})$$
- Lățimea diagonalei echivalente $d_p (\text{gol}) = 0.778 \times 53 = 41.2 \text{ cm}$

2. Rezistențele de proiectare ale panourilor de zidărie

2.1 Rezistența de proiectare corespunzător mecanismului de rupere prin lunecare din forță tăietoare în rosturile orizontale (F_{Rd1})

i. Coeficientul α depinde numai de proporția panoului

$$\alpha = 0.07 \left(4 \frac{h_p}{l_p} - 1 \right) = 0.07 \left(4 \frac{270}{455} - 1 \right) = 0.096 \quad (\rightarrow \text{art. 6.6.5, relația 6.41})$$

ii. $F_{Rd1}(zu) = \frac{1}{\cos \theta} f_{vd0} l_p t_p (1 + \alpha)$ (\rightarrow art. 6.6.5, relația 6.40)

ii.1. Pentru varianta Z_a $F_{Rd1} = \frac{1}{0.858} \cdot 0.091 \times 4550 \times 250 (1 + 0.096) = 132.2 \text{ kN}$

ii.2. Pentru varianta Z_b $F_{Rd1} = \frac{1}{0.858} \cdot 0.136 \times 4550 \times 250 (1 + 0.096) = 197.6 \text{ kN (+49\%)}$

2.2. Rezistența de proiectare corespunzătoare mecanismului de rupere prin strivirea diagonalei comprimate (F_{Rd2}) se determină cu relația (\rightarrow art. 6.6.5, relația 6.42):

$$F_{Rd2}(zu) = 0.8 f_d \cos^2 \theta \sqrt[4]{\frac{E_b}{E_z} I_{st} h_p t_p^3}$$

i. Pentru varianta Z_a

$$F_{Rd2}(zu) = 0.8 \times 1.045 \times 0.858^2 \sqrt[4]{\frac{27000}{1150} \times 34.2 \times 10^8 \times 2700 \times 250^3} = 148.4 \text{ kN}$$

ii. Pentru varianta Z_b

$$F_{Rd2}(zu) = 0.8 \times 1.57 \times 0.858^2 \sqrt[4]{\frac{27000}{1725} \times 34.2 \times 10^8 \times 2700 \times 250^3} = 201.5 \text{ kN}$$

2.3. Rezistența de proiectare corespunzătoare mecanismului de rupere prin fisurarea în scară în lungul diagonalei comprimate (F_{Rd3}) se determină cu relația (\rightarrow art. 6.6.5, relația 6.43):

$$F_{Rd3}(zu) = \frac{f_{vd0} l_p t_p}{0.6 \cos \theta}$$

i. Pentru varianta Z_a

$$F_{Rd3}(zu) = \frac{0.091 \times 4550 \times 250}{0.6 \times 0.858} = 201 \text{ kN}$$

ii. Pentru varianta Z_b

$$F_{Rd3}(zu) = \frac{0.136 \times 4550 \times 250}{0.6 \times 0.858} = 301 \text{ kN}$$

2.4. Rezistența de proiectare a panoului corespunde mecanismului de lunecare în rost orizontal:

i. Varianta Z_a $F_{Rd} = 132.2 \text{ kN} (\rightarrow F_{Rd1})$

ii. Varianta Z_b $F_{Rd} = 197.6 \text{ kN} (\rightarrow F_{Rd1})$

EXEMPLUL Nr.12

Determinarea coeficientului de reducere a lățimii diagonalei la panourile de zidărie de umplutură

1. Dimensiunile panoului de zidărie P1 : $5.40 \times 2.70 \text{ m} \rightarrow A_{\text{panou}}(1) = 14.58 \text{ m}^2$

Gol de fereastră mare: $1.50 \times 2.40 \text{ m} = 3.60 \text{ m}^2 < 0.4 A_{\text{panou}}(1) = 0.4 \times 14.58 = 5.83 \text{ m}^2$

- Coeficientul de reducere a lăţimii diagonalei \rightarrow

$$\eta_{\text{gol}} = 0.6 \left(\frac{A_{\text{gol}}}{A_{\text{panou}}} \right)^2 - 1.6 \frac{A_{\text{gol}}}{A_{\text{panou}}} + 1 = 0.6 \left(\frac{3.60}{14.58} \right)^2 - 1.6 \frac{3.60}{14.58} + 1 = 0.64$$

$$\eta_{\text{gol}} = 1 - 2.5 \frac{A_{\text{gol}}}{A_{\text{panou}}} = 1 - 2.5 \frac{3.60}{14.58} = 0.38$$

1.2 Gol de fereastră mic: $1.20 \times 1.80 \text{ m} = 2.16 \text{ m}^2$

- Coeficientul de reducere a lăţimii diagonalei \rightarrow

$$\eta_{\text{gol}} = 0.6 \left(\frac{A_{\text{gol}}}{A_{\text{panou}}} \right)^2 - 1.6 \frac{A_{\text{gol}}}{A_{\text{panou}}} + 1 = 0.6 \left(\frac{2.16}{14.58} \right)^2 - 1.6 \frac{2.16}{14.58} + 1 = 0.78$$

- $\eta_{\text{gol}} = 1 - 2.5 \frac{A_{\text{gol}}}{A_{\text{panou}}} = 1 - 2.5 \frac{2.16}{14.58} = 0.63$

2. Dimensiunile panoului de zidărie P2 : $3.60 \times 2.70 \text{ m} \rightarrow A_{\text{panou}}(2) = 9.72 \text{ m}^2$

Gol de fereastră mare : $1.50 \times 2.40 \text{ m} = 3.60 \text{ m}^2 < 0.4 A_{\text{panou}}(1) = 0.4 \times 9.72 = 3.89 \text{ m}^2$

- Coeficientul de reducere a lăţimii diagonalei \rightarrow

$$\eta_{\text{gol}} = 0.6 \left(\frac{A_{\text{gol}}}{A_{\text{panou}}} \right)^2 - 1.6 \frac{A_{\text{gol}}}{A_{\text{panou}}} + 1 = 0.6 \left(\frac{3.60}{9.72} \right)^2 - 1.6 \frac{3.60}{9.72} + 1 = 0.49$$

$$\eta_{\text{gol}} = 1 - 2.5 \frac{A_{\text{gol}}}{A_{\text{panou}}} = 1 - 2.5 \frac{3.60}{9.72} = 0.07$$

2.2. Gol de fereastră mic: $1.20 \times 1.80 \text{ m} = 2.16 \text{ m}^2$

- Coeficientul de reducere a lăţimii diagonalei \rightarrow

$$\eta_{\text{gol}} = 0.6 \left(\frac{A_{\text{gol}}}{A_{\text{panou}}} \right)^2 - 1.6 \frac{A_{\text{gol}}}{A_{\text{panou}}} + 1 = 0.6 \left(\frac{2.16}{9.72} \right)^2 - 1.6 \frac{2.16}{9.72} + 1 = 0.67$$

- $\eta_{\text{gol}} = 1 - 2.5 \frac{A_{\text{gol}}}{A_{\text{panou}}} = 1 - 2.5 \frac{2.16}{9.72} = 0.33$

EXEMPLUL NR.13.

Calculul rezistenței de proiectare a unui perete despărțitor din zidărie de cărămidă pentru acțiunea seismică perpendiculară pe plan - art. 6.6.6.

1.1.Date generale

- Perete despărțitor 11.5 x 300 x 500 cm (rezemat pe planșeu, fixat lateral și sub grinda structurii, la partea superioară \Rightarrow rezemare simplă pe contur)- nu condiționează continuarea funcționării

1.2.Materiale și rezistențe de calcul

- Cărămidă plină $f_{med} = 10 \text{ N/mm}^2$, mortar M5
- Rezistența caracteristică a zidăriei la compresiune $f_k = 35 \text{ daN/cm}^2$ (\rightarrow tab.4.2a.- fig.4.1a)
- Rezistențele caracteristice ale zidăriei la încovoiere perpendicular pe planul peretelui (\rightarrow tab. 4.5):
 - rupere paralel cu rostul orizontal $f_{xk1} = 2.4 \text{ daN/cm}^2$
 - rupere perpendicular pe rostul orizontal $f_{xk2} = 4.8 \text{ daN/cm}^2$
- Rezistențele de proiectare ale zidăriei la încovoiere perpendicular pe planul peretelui pentru SLS ($\gamma_{zid} = 1.5$, pentru pereți nestructurali la clădiri din clasa de importanță I) \rightarrow art. 6.6.1.4.(2):
 - rupere paralel cu rostul orizontal $f_{xd1} = 1.60 \text{ daN/cm}^2$
 - rupere perpendicular pe rostul orizontal $f_{xd2} = 3.20 \text{ daN/cm}^2$
- Rezistențele de proiectare la încovoiere perpendicular pe planul peretelui pentru ULS ($\gamma_{zid} = 2.2$)
 - rupere paralel cu rostul orizontal $f_{xd1} = 1.10 \text{ daN/cm}^2$
 - rupere perpendicular pe rostul orizontal $f_{xd2} = 2.20 \text{ daN/cm}^2$

1.3. Caracteristicile de rezistență ale peretelui

- Modulul de rezistență elastic $W_{el} = \frac{100 \times 11.5^2}{6} = 2205 \text{ cm}^3/\text{m}$

1.4. Calculul rezistenței peretelui (momente încovoietoare capabile)

- Rezistența pentru **SLS**
 - $M_{Rd1} = 1.60 \times 2205 = 0.03 \text{ tm/m}$ (30 daNm/m)
 - $M_{Rd2} = 3.20 \times 2205 = 0.06 \text{ tm/m}$ (60 daNm/m)
- Rezistența pentru **ULS**
 - $M_{Rd1} = 1.10 \times 2205 = 0.02 \text{ tm/m}$ (20 daNm/m)
 - $M_{Rd2} = 2.20 \times 2205 = 0.04 \text{ tm/m}$ (40 daNm/m)

EDITOR: PARLAMENTUL ROMÂNIEI — CAMERA DEPUTAȚILOR



„Monitorul Oficial” R.A., Str. Parcului nr. 65, sectorul 1, București; C.I.F. RO427282,
IBAN: RO55RNCB0082006711100001 Banca Comercială Română — S.A. — Sucursala „Unirea” București
și IBAN: RO12TREZ7005069XXX000531 Direcția de Trezorerie și Contabilitate Publică a Municipiului București
(alocat numai persoanelor juridice bugetare)
Tel. 021.318.51.29/150, fax 021.318.51.15, e-mail: marketing@ramo.ro, internet: www.monitoruloficial.ro
Adresa pentru publicitate: Centrul pentru relații cu publicul, București, șos. Panduri nr. 1,
bloc P33, parter, sectorul 5, tel. 021.401.00.70, fax 021.401.00.71 și 021.401.00.72
Tiparul: „Monitorul Oficial” R.A.

