

**MINISTERUL CULTURII ȘI IDENTITĂȚII NAȚIONALE
INSTITUTUL NAȚIONAL AL PATRIMONIULUI**

**COD DE EVALUARE ȘI PROPUNERI DE INTERVENȚII
PRIVIND CONSTRUCȚIILE CU VALOARE CULTURALĂ**

INDICATIV P 100-8/2018

Autori:

**prof. dr. ing. Radu Constantin Petrovici
ing. Mircea Mironescu**

Colaboratori:

**prof. dr. ing. Mircea Crișan
prof. dr. ing. Szabó Bálint György
lect. dr. ing. Kirizsán Imola
prof. dr. ing. Paul Mihai Ioan
conf. dr. arh. Petru Mortu
lect. arh. dr. ing. Cătălin Andrei Neagoe**

**iulie 2018
REDACTAREA a I-a**

Cuprins

CAPITOLUL I.....	5
I. PREAMBUL.....	5
I.1. Definiții	5
I.2. Principii de intervenție	6
CAPITOLUL II.....	8
II. PREZENTARE GENERALĂ.....	8
II.1. Necesitatea reglementării	8
II.2. Scopul reglementării.....	8
II.3. Obiectul reglementării	9
II.4. Categoriile de lucrări ce se execută la construcții cu valoare culturală.....	10
CAPITOLUL III.....	12
III. ÎNCĂRCĂRI ȘI ACȚIUNI PENTRU CALCULUL CONSTRUCȚIILOR CU VALOARE CULTURALĂ	12
III.1. Situații de proiectare.....	12
III.2. Încărcări pentru situația <i>persistentă</i> de proiectare.....	12
III.3. Încărcări pentru situația <i>seismică</i> de proiectare.....	13
CAPITOLUL IV.....	14
IV. CONCEPTUL DE PERFORMANȚĂ PENTRU CONSTRUCȚII CU VALOARE CULTURALĂ.....	14
IV.1. Siguranța construcțiilor	14
IV.2. Niveluri de siguranță structurală	14
IV.3. Conceptul de performanță seismică.....	15
IV.3.1. Modelarea hazardului seismic	15
IV.3.2. Vulnerabilitatea seismică.....	16
IV.3.3. Gradul de expunere la acțiunea seismică.....	17
IV.4. Obiective de performanță seismică	18
IV.5. Stări limită asociate obiectivelor de performanță.....	18
IV.6. Etapele procesului de evaluare a performanțelor seismice.....	19
IV.7. Încadrarea în clase de importanță și de expunere la cutremur.....	19
CAPITOLUL V	20
V. COLECTAREA INFORMAȚIILOR NECESARE PENTRU EXPERTIZAREA CONSTRUCȚIILOR CU VALOARE CULTURALĂ.....	20
V.1. Generalități	20
V.2. Niveluri de cunoaștere și factori de încredere	20
V.3. Date privind istoricul construcției	22
V.4. Alcătuirea de ansamblu a construcției.....	22
V.4.1. Alcătuirea de ansamblu a clădirilor laice.....	23
V.4.2. Alcătuirea de ansamblu a clădirilor de cult.....	23
V.4.3. Alcătuirea de ansamblu a construcțiilor care nu sunt clădiri	23
V.5. Detalii semnificative ale structurii și ale componentelor arhitecturale nestructurale.....	24
V.5.1. Măsurători <i>in situ</i>	24
V.5.2. Încercări <i>in situ</i> și în laborator	25
V.5.3. Detalii semnificative pentru toate construcțiile cu valoare culturală	25
V.5.4. Detalii semnificative pentru clădiri laice	26
V.5.5. Detalii semnificative pentru clădiri de cult și alte construcții (care nu sunt clădiri)	27

V.6.	Date privind componentele cu valoare culturală/artistică	28
V.7.	Date privind starea de afectare fizică a construcției (elemente structurale și nestructurale, componente cu valoare culturală/artistică).....	28
V.7.1.	Date privind afectarea/avarierea construcției din cauze neseismice	29
V.7.2.	Date privind afectarea/avarierea construcției din acțiuni seismice	29
CAPITOLUL VI.....		30
VI.	EVALUAREA CALITATIVĂ A SIGURANȚEI STRUCTURALE DISPONIBILE A CONSTRUCȚIILOR CU VALOARE CULTURALĂ.....	30
VI.1.	Obiectivele evaluării calitative a siguranței disponibile a construcției	30
VI.2.	Evaluarea calitativă a concepției inițiale a construcției.....	30
VI.3.	Evaluarea calitativă a efectelor intervențiilor în timp asupra construcției	31
VI.4.	Evaluarea calitativă a degradării în timp a proprietăților materialelor de construcție.....	31
VI.5.	Evaluarea calitativă a stării de avariere structurală și a componentelor nestructurale	31
VI.5.1.	Afectarea integrității fizice a pereților din zidărie din solicitări statice și seismice.....	31
VI.5.2.	Afectarea integrității fizice a subsansamblurilor structurale orizontale	33
VI.6.	Concluziile analizei calitative	34
VI.7.	Metodologii de evaluare calitativă a siguranței structurale	34
VI.7.1.	Metodologia de nivel 1	34
VI.7.2.	Metodologia de nivel 2 (standard) și de nivel 3 (avansată)	35
CAPITOLUL VII		37
VII.	EVALUAREA ANALITICĂ PRIN CALCUL A SIGURANȚEI CONSTRUCȚIILOR CU VALOARE CULTURALĂ	37
VII.1.	Generalități	37
VII.2.	Calculul siguranței în raport cu mecanismul de cedare de ansamblu.....	38
VII.2.1.	Modelarea structurilor pentru proiectare	38
VII.2.2.	Evaluarea încărcărilor de proiectare.....	47
VII.2.3.	Stabilirea metodelor de calcul	48
VII.3.	Calculul siguranței în raport cu mecanismele de cedare locale.....	51
VII.4.	Evaluarea nivelului de asigurare	53
VII.4.1.	Generalități.....	53
VII.4.2.	Evaluarea siguranței în funcție de obiectivul de performanță	53
VII.4.3.	Evaluarea siguranței în funcție de metodologia de calcul folosită.....	53
VII.4.4.	Evaluarea siguranței pentru acțiunea seismică perpendiculară pe planul peretelui	54
VII.5.	Stabilirea deciziei de intervenție	55
VII.5.1.	Principii generale.....	55
VII.5.2.	Criterii pentru stabilirea deciziei de intervenție.....	55
CAPITOLUL VIII.....		57
VIII.	SOLUȚII CADRU DE INTERVENȚII STRUCTURALE PENTRU REABILITAREA SEISMICĂ A CONSTRUCȚIILOR CU VALOARE CULTURALĂ.....	57
VIII.1.	Principii generale, metodologii și tehnici de intervenții structurale	57
VIII.2.	Categoriile de lucrări de intervenții structurale	57
VIII.2.1.	Lucrări de reparații	58
VIII.2.2.	Lucrări de consolidare.....	60
ANEXA A (A.1. normativă și A.2. informativă)		68
A.	ACȚIUNI ȘI ÎNCĂRCĂRI DE PROIECTARE. PROPRIETĂȚI MECANICE ALE MATERIALELOR.....	68
A.1.	Acțiuni și încărcări de proiectare.....	68
A.1.1.	Greutăți tehnice ale materialelor de construcție	68
A.1.2.	Coeficienți de dilatare termică.....	68

A.1.3.	Încărcări din exploatare (utile) pe planșee	69
A.1.4.	Încărcări din mediul climatic	70
A.1.5.	Acțiunea seismică.....	72
A.2.	Proprietăți mecanice de rezistență și deformabilitate ale materialelor de construcție	74
A.2.1.	Definițiile termenilor utilizați	74
A.2.2.	Zidărie	75
A.2.3.	Lemn de construcție	79
A.2.4.	Metal	81
A.2.5.	Beton și beton armat.....	81
ANEXA B (informativă)		84
B.	TIPOLOGIA AFECTĂRII INTEGRITĂȚII FIZICE/AVARIERII CONSTRUCȚIILOR CU VALOARE CULTURALĂ DIN ROMÂNIA.....	84
B.1.	Afectarea/degradarea construcțiilor cu valoare culturală din încărcări și acțiuni neseismice	84
B.1.1.	Afectarea/degradarea proprietăților fizico-mecanice ale materialelor de construcție.....	84
B.1.2.	Afectare/degradare datorită deficiențelor inițiale de concepție și execuție	85
B.1.3.	Afectare/degradare datorită intervențiilor necontrolate în timp	87
B.2.	Afectarea/degradarea construcțiilor cu valoare culturală din efectele cumulate ale cutremurelor succesive.....	88
B.2.1.	Clădiri cu caracter laic.....	88
B.2.2.	Clădiri cu caracter ecleziastic	90
B.2.3.	Alte construcții cu valoare culturală.....	92
ANEXA C (informativă)		93
C.	ÎNCERCĂRI PE ZIDĂRII.....	93
C.1.	Procedee avansate pentru determinarea proprietăților fizico-mecanice ale zidărilor istorice	93
C.2.	Clasificarea încercărilor pe zidării istorice din punct de vedere al agresivității asupra construcției	94
C.2.1.	Teste nedistructive.....	94
C.2.2.	Teste puțin distructive	95
C.2.3.	Teste distructive.....	96
ANEXA D (documentară).....		97
D.	METODE DE EVALUARE ANALITICĂ PRIN CALCUL PE PRINCIPIUL TRIERII.....	97
D.1.	Modelarea și evaluarea structurilor construcțiilor laice cu valoare culturală, cu pereți structurali din zidărie de cărămidă.....	97
D.1.1.	Modelarea fizică a structurilor la acțiunile luate în considerare, în special cele seismice	97
D.1.2.	Descrierea etapelor de evaluare prin calcul pe principiul trierii	98
D.2.	Construcții cu valoare culturală având plan treflat, circular sau cruce greacă înscrisă	112
D.2.1.	Modelarea fizică și matematică.....	112
D.2.2.	Modelări specifice construcțiilor de plan treflat, central sau cruce greacă înscrisă	113
D.2.3.	Modelări pentru ansamblul de pilaștri, arce și sisteme de boltire, cu sau fără tiranți.....	113
ANEXA E (normativă).....		116
E.	RAPORT SINTETIC DE EXPERTIZARE PENTRU CONSTRUCȚIILE CU VALOARE CULTURALĂ	116

CAPITOLUL I

I. PREAMBUL

I.1. Definiții

- (1) Pentru o mai bună înțelegere a unor termeni de specialitate prezentați în textul elaborat au fost propuse mai multe definiții ale unor termeni ce privesc intervențiile asupra construcțiilor cu valoare culturală și în special cele pe monumente istorice.
- (2) În textul prezentului Cod, prin **construcții cu valoare culturală** se înțeleg toate monumentele istorice (situri, ansambluri, imobile clasate individual în Lista Monumentelor Istorice) și construcțiile cuprinse în zonele construite protejate așa cum sunt definite în *Legea nr. 5/2000 privind aprobarea Planului de amenajare a teritoriului național – Secțiunea a III-a – zone protejate* și în *Metodologia de elaborare și conținutul-cadru al documentațiilor de urbanism pentru zone construite protejate (PUZ)*. Reglementările din cuprinsul *Codului* nu se aplică clădirilor din zonele construite protejate care sunt edificate după anul 1952¹.
- (3) În acord cu art. 3, alin. (a) al Legii 422/2001, *Legea monumentelor istorice*, **monumentul istoric** este o construcție sau parte de construcție, împreună cu instalațiile, componentele artistice, elementele de mobilare interioară sau exterioară care fac parte integrantă din acestea, precum și lucrări artistice comemorative, funerare, de for public, împreună cu terenul aferent delimitat topografic, care constituie mărturii cultural-istorice semnificative din punct de vedere arhitectural, arheologic, istoric, artistic, etnografic, religios, social, științific sau tehnic.
Regimul de monument istoric este certificat prin înscrierea în Lista Monumentelor Istorice (LMI).
- (4) **Întreținerea** presupune lucrări continue și limitate necesare menținerii integrității construcției în condiții de funcționare curentă. În cazul monumentelor istorice, întreținerea trebuie să ia în considerare valoarea materialului istoric. Această operațiune este cea mai simplă și non-invazivă metodă de preservare. În această categorie intră lucrări de curățare a jgheburilor, de înlocuire a țiglelor degradate, de refacere locală a trotuarelor, de îndepărtare a plantelor crescute întâmplător, în general lucrări pe care proprietarul le poate face singur și care elimină posibilitatea unor viitoare degradări. Deși simple, lucrările trebuie să se raporteze la caracteristicile materialelor și la tehnicile originare.
- (5) **Conservarea** este definită de un șir de măsuri care au ca scop protejarea substanței istorice a construcției și totodată urmăresc prevenirea viitoarelor pierderi, fiind în consecință prioritară celorlalte măsuri de intervenție aplicabile monumentului istoric (restaurare, renovare, consolidare etc.). Conservarea cuprinde operațiuni simple de întreținere, dar și intervenții complicate care presupun consolidări ale materialului istoric, impregnarea cu diverse substanțe ale finisajelor, inclusiv ale peliculelor de culoare. Măsurile de conservare nu trebuie să altereze concepția sau materialele originare. Totodată, îndepărtarea materialelor și componentelor care pun în pericol monumentul poate fi considerată o operațiune de conservare.
- (6) **Restaurarea** are un caracter excepțional. Este definită de multitudinea acțiunilor aplicate unui sit, ansamblu sau clădiri prin care se urmărește sublinierea etapelor semnificative evidențiate de-a lungul timpului (accentuarea valorilor unui monument prin dezvăluirea unor elemente „ascunse” sau prin eliminarea unor adaosuri care l-au desfigurat). În acest sens, pe baza documentelor autentice, și doar în prezența acestora, se poate propune refacerea elementelor pierdute sau eliminarea adaosurilor nesemnificative. Introducerea elementelor noi trebuie să fie reversibilă și să nu distrugă materialul istoric.
În acord cu principiile formulate de Carta de la Veneția restaurarea trebuie să se oprească acolo unde începe ipoteza, iar elementele adăugate, considerate indispensabile pentru înțelegerea monumentului, trebuie să se distingă de compoziția originală și să poarte amprenta contemporaneității, astfel încât restaurarea să nu falsifice mărturia istorică. Restaurarea se bazează pe respectul materialelor originale, pe identificarea și analiza tuturor mărturiilor disponibile, astfel încât valorile culturale să fie recuperate sau descoperite.

¹ 1952 este anul promulgării Constituției Republicii Populare România și a Hotărârilor Consiliului de Miniștri adoptate în 13 noiembrie prin care se stabilesc direcțiile viitoare de dezvoltare ale orașelor și ale arhitecturii, reglementări care au avut consecințe semnificative în ceea ce privește modul de construire adoptat de regimul comunist.

- (7) **Renovarea** implică operațiuni care urmăresc atingerea unității estetice, în special în ceea ce privește straturile vizibile. În cazul renovărilor, de cele mai multe ori, se propun operațiuni de eliminare a straturilor istorice, în mod particular, în ceea ce privește finisajele și elementele decorative, atitudine care contravine principiilor restaurării. În cazul monumentelor istorice de certă valoare, renovarea nu poate fi acceptată, fiind obligatorie conservarea, iar restaurarea acceptabilă în anumite limite. Renovarea este acceptabilă, doar dacă materialul original nu mai poate fi conservat sau dacă materialul vechi trebuie acoperit, astfel încât să fie protejat de degradările provocate de factorii naturali. De asemenea, intervențiile de renovare pot fi suportate de monumentele asupra cărora s-a intervenit recent, unde materialul istoric a fost înlăturat în urma operațiunilor anterioare.
- (8) **Reparația** se referă la o intervenție care se desfășoară la un interval mai mare de timp și este rezultatul întreținerii ineficiente. Toate operațiunile asociate reparației trebuie să se limiteze la strictul necesar. Realizarea unor lucrări care nu sunt absolut necesare conduce la costuri excesive și de cele mai multe ori la pierderi semnificative ale materialului istoric. Este preferabilă repararea oricărei componente istorice, înlocuirii ei. Operațiunile de reparare cuprind lucrări punctuale localizate la nivelul zonelor degradate (ex.: repararea zidăriei, a tâmplăriilor, fixarea elementelor care compun învelitoarea etc.).
- (9) **Consolidarea** este definită de suma acțiunilor care urmăresc asigurarea performanțelor structurale ale clădirii și ale subansamblurilor ce o compun, precum și stabilitatea elementelor decorative, acestea fiind parte inseparabilă a monumentului istoric. Consolidarea, asemenea tuturor operațiunilor care vizează monumentele istorice trebuie să ia în considerare toate principiile de restaurare formulate în **paragraful I.2.**, respectând în egală măsură materialele originare, tehnicile de execuție tradiționale și schema statică inițială a ansamblului asupra căruia se intervine.
- (10) **Reconstrucția** este o operațiune cu totul excepțională și presupune refacerea unor elemente dispărute a căror caracteristici și forme sunt extrem de bine documentate. Această posibilitate de intervenție este acceptabilă dacă contribuie la înțelegerea monumentului istoric, la buna funcționare și integritate a acestuia. Totodată, adăugarea noilor elemente nu trebuie să producă falsuri și să nu afecteze valorile culturale existente.
- (11) **Reabilitarea** reprezintă procesul de readucere a unei construcții la o stare de funcționalitate, în scopul extinderii duratei sale de viață, prin efectuarea de lucrări de reparație sau modificări care să asigure o utilizare contemporană adecvată, păstrând în același timp acele părți sau caracteristici ale construcției care sunt importante în definirea valorilor sale istorice, arhitecturale și culturale.
- (12) **Autenticitatea** este unul dintre factorii esențiali care definesc valoarea construcțiilor istorice. Se referă la originalitatea sitului, a concepției, a formelor, a materialelor, a funcțiunii, a tradițiilor și tehnicilor utilizate sau altor factori interni și externi. Toate aceste elemente definesc valoarea monumentului analizat, iar pierderea sau chiar alterarea oricărui element conduce la diminuarea valorii deținute.

I.2. Principii de intervenție

- (1) Prezentul capitol reia o sumă de principii care privesc intervențiile asupra patrimoniului istoric și arhitectural, enunțarea lor fiind statuată de Carta internațională pentru conservarea și restaurarea monumentelor și siturilor redactată la Veneția în 1964, dar și cu ocazia altor întâlniri ale specialiștilor din domeniu (Nara – 1994, Cracovia – 2000, Noua Zeelandă – 2010) care au nuanțat sau completat articolele documentului elaborat în urmă cu jumătate de secol.
- (2) Intervențiile pe monumentele istorice trebuie să facă apel la toată știința și tehnica disponibilă care pot contribui la studiul și protejarea patrimoniului istoric și arhitectural.
- (3) Deciziile privind intervențiile pe monumente istorice trebuie să fie luate de un colectiv pluridisciplinar, format din specialiști din domeniile arhitecturii, ingineriei, biologiei, fizicii, chimiei, restaurării componentelor artistice, peisagisticii, fiecare dintre aceștia propunând soluții care au ca scop prezervarea valorilor deținute de monumentul studiat. Evaluarea importanței elementelor asupra cărora se intervine și modul în care se acționează trebuie să fie rezultatul cercetărilor și soluțiilor întregii echipe implicate în procesul de restaurare.
- (4) Este necesară cercetarea amănunțită a monumentului istoric pentru înțelegerea tuturor elementelor care au influențat evoluția acestuia (studii istorice, de artă, de arheologie, relevee de ansamblu și de detaliu etc.).

Pentru determinarea caracteristicilor materialelor, a modului de comportare în timp, a factorilor care au determinat degradări de ansamblu și de detaliu sunt necesare studii și investigații complexe (relevee de patologie, studii biologice, petrografice, investigații geo-tehnice etc.) ce urmăresc păstrarea autenticității monumentului istoric. Investigațiile nedistructive sunt preferabile celor care distrug materialul original.

- (5) Principiile conservării și ale restaurării impun limitarea intervențiilor la măsurile minime necesare. Acțiunile excesive conduc la pierderea substanței și concepției originare, dar și la costuri inutile care ar putea fi direcționate spre alte operațiuni prioritare.
- (6) Intervențiile asupra monumentelor istorice vor urmări tehnicile și materialele tradiționale. Doar acolo unde acestea se dovedesc inadecvate, pot fi folosite tehnici moderne de conservare și restaurare a căror eficacitate a fost demonstrată științific și probată de experiență. Utilizarea tehnicilor și materialelor moderne trebuie privită cu precauție, necunoașterea în detaliu a caracteristicilor și efectelor rezultate poate genera pierderi definitive. Spre exemplu, utilizarea betonului armat, considerat panaceu al restaurărilor până la mijlocul secolului trecut, s-a dovedit o soluție improprie care a cauzat probleme construcțiilor istorice existând o incompatibilitate între materialele vechi și cele noi. Aceasta nu se referă doar la dimensiunea estetică, ce privește diferențe de culoare față de materialele originare ci, în primul rând, la viitoarele degradări generate de proprietățile fizice și chimice diferite ale cimentului comparativ cu cele ale materialelor istorice.
- (7) Un principiu al activității de conservare și restaurare este cel al reversibilității intervenției. Operațiunile masive, cu materiale incompatibile comparativ cu cele istorice conduc la pierderi semnificative, imposibil de recuperat ulterior. Comparativ cu realizarea unei noi structuri de beton armat, reșeserea unui perete de zidărie, adăugarea unor componente metalice, repararea unei scări sau înlocuirea părților degradate dintr-o structură de lemn, implică intervenții viitoare punctuale ușor de eliminat, dacă se constată că acestea acționează în mod negativ asupra clădirii istorice.
- (8) Compatibilitatea materialelor este o altă cerință a conservării și restaurării construcțiilor cu valoare culturală. Conlucrarea materialelor (componente structurale și de finisaj) este necesară în toate cazurile, în lipsa acestora degradările viitoare devin iminente.
- (9) În cazul tuturor intervențiilor trebuie realizată o diferențiere între materialele vechi și cele adăugate, aceasta fiind făcută prin inscripționări, textură, culoare, mod de prelucrare și aplicare a materialelor, simplificări și interpretări ale formelor.

CAPITOLUL II

II. PREZENTARE GENERALĂ

II.1. Necesitatea reglementării

- (1) Prezentul *Cod* pornește de la ideea fundamentală în intervenții care precizează că în evaluarea unei resurse de patrimoniu **autenticitatea** reprezintă un aspect crucial. Scopul conservării este salvagardarea calității și valorilor resursei, protejarea substanței sale materiale și asigurarea integrității sale pentru generațiile viitoare. Calitățile resurselor patrimoniale se referă la concepție, tehnici de execuție, materiale componente, amplasament, alături de valorile memoriale și culturale asociate.
- (2) Deoarece conservarea și restaurarea patrimoniului național imobil constituie o preocupare permanentă a autorităților statului, modernizarea și completarea legislației tehnice în acest domeniu reprezintă o prioritate stringentă, motiv pentru care apar modificări ale codurilor la interval de circa 10-20 de ani în majoritatea țărilor lumii.
- (3) Din analizele efectuate și din constatările practice, a rezultat concluzia că reglementarea existentă, Metodologia **M.P. 025-04**, necesită actualizarea unor concepte și prevederi generale/de detaliu, ținând seama de cunoștințele acumulate în perioada care a trecut de la elaborarea ei și de alinierea la principiile, terminologia și notațiile din Eurocoduri și ale ICOMOS.
- (4) Reabilitarea **construcțiilor valoroase din patrimoniul cultural** – denumite în continuare **construcții cu valoare culturală** - implică elaborarea și implementarea unui ansamblu coerent și coordonat de politici, concepte și măsuri practice:
 - a) urmărirea comportării și evaluarea vulnerabilității construcțiilor sub efectul tuturor acțiunilor provenite din exploatare și din mediul natural și antropoc;
 - b) executarea ritmică a lucrărilor de întreținere și reparații curente necesare;
 - c) executarea lucrărilor de conservare/restaurare/consolidare/renovare, folosind tehnici și procedee specifice.
- (5) Protecția seismică a **construcțiilor cu valoare culturală**, asupra căreia se concentrează prezenta reglementare, constituie o necesitate obiectivă în România deoarece, practic, întreg teritoriul țării este expus hazardului seismic cu intensitate variabilă:
 - a) Cel puțin 2/3 din teritoriu este supus de 2-3 ori pe secol, cutremurelor severe provenite din sursa intermediară Vrancea (**sursă seismică de interes național**).
 - b) Există mai multe zone cu focare seismice **de mică adâncime** (situat la adâncimi de 5-15 km), care prezintă interes pentru localitățile situate în imediata lor apropiere (**surse de interes local**): Banat, Câmpulung Muscel, în vecinătatea orașelor Sibiu și Mediaș.
 - c) În unele regiuni de frontieră, hazardul seismic provine din **sursele seismice transfrontaliere**:
 - cutremurele **panonice** (cu focare în Ungaria).
 - cutremure **prebalcanice** (cu focare în Bulgaria).

II.2. Scopul reglementării

- (1) Prezenta reglementare are scopul de a asigura abordarea unitară și coerentă de către specialiștii din proiectare și din execuție a problemelor concrete legate de:
 - a) evaluarea nivelului de asigurare pentru cerința esențială de „rezistență mecanică și stabilitate” pentru **construcțiile cu valoare culturală**, inclusiv pentru componentele cu valoare artistică atașate acestora, sub efectul încărcărilor permanente și utile și al altor acțiuni mecanice, fizice, chimice și biologice provenite din mediul înconjurător (natural și/sau antropoc) și, în special, sub efectul cutremurelor severe;
 - b) fundamentarea intervențiilor necesare la structurile și componentele nestructurale ale construcțiilor istorice în cadrul lucrărilor de restaurare, de reabilitare și/sau reconversie funcțională ale acestora;
 - c) proiectarea și executarea lucrărilor de intervenție, inclusiv stabilirea condițiilor de asigurare a calității.
- (2) Pentru asigurarea prezervării componentelor artistice valoroase (pictură murală, pictură pe lemn, lambriuri, vitralii, stucaturi etc.) este necesar aportul tuturor specialiștilor implicați în proiectul de conservare-restaurare. În acest scop, expertizele tehnice structurale elaborate de experți/specialiști atestați de Ministerul

Culturii și Identității Naționale (MCIN) trebuie însușite (semnate) de experți/specialiști atestați de același minister în domeniile conservare/restaurare pictură murală, pictură pe lemn, decorații piatră, stucatură, restaurare lemn, în funcție de componentele regăsite în cazul fiecărui obiectiv.

- (3) Prevederile reglementării au în vedere condițiile de mediu natural și caracteristicile generale ale **construcțiilor cu valoare culturală** din România (materiale și tehnologii), analizarea și interpretarea obiectivă a datelor obținute în urma investigațiilor făcute *in situ* conducând la fundamentarea intervențiilor.
- (4) În ceea ce privește protecția **construcțiilor cu valoare culturală** la acțiunea cutremurului, care reprezintă cel mai mare pericol potențial pentru integritatea fizică și protecția ocupanților acestora, mai ales în zonele cu seismicitate ridicată, prevederile prezentei reglementări sunt aliniate cu conceptele și metodologiile cele mai avansate rezultate din cercetări teoretice și experimentale și confirmate de constatările făcute, la nivel mondial, după ultimele cutremure severe.
- (5) În privința protecției **construcțiilor cu valoare culturală**, scopul principal trebuie să rămână prezervarea caracterului lor istoric pentru toate componentele acestora, inclusiv pentru elementele structurale.
- (6) Concluziile și recomandările expertizei tehnice devin caduce în cazul schimbării documentelor normative, față de cele aflate în vigoare la data elaborării expertizei, în cazul schimbării stării de degradare a construcției, față de situația de la momentul expertizării, sau atunci când s-au produs modificări ale clădirii privitoare la: funcțiune, sistem structural sau componente nestructurale.

II.3. Obiectul reglementării

- (1) Construcțiile pentru care se aplică prezenta reglementare se încadrează, din punct de vedere arhitectural/structural, în patru grupe majore, fără a se limita doar la aceste categorii de clădiri:
 - a) clădiri cu caracter ecleziastic care utilizează spații de tip: sală, hală/*Hallenkirche*, bazilical, cruce greacă înscrisă, trilobat sau central (biserici de rit creștin, temple mozaice, moschei, baptisterii);
 - b) clădiri cu caracter laic:
 - pentru locuințe individuale sau colective (conace, castele, vile, blocuri, locuințe cu un singur nivel sau cu mai multe niveluri);
 - pentru funcțiuni publice: culturale, de sănătate, de învățământ, administrative, comerciale sau similare.
 - c) construcții diverse: turnuri și bastioane de apărare, ziduri de incintă, turnuri clopotniță.
- (2) Pentru construcțiile cu valoare culturală, subansamblurile structurale orizontale sunt alcătuite în sisteme diferite:
 - a) bolți masive de zidărie cu sau fără tiranți din lemn/metal;
 - b) grinzi și podină din lemn (grinzi distanțate podite sau planșee din grinzi alăturate îmbinate prin dornuri sau pene);
 - c) profiluri laminate împreună cu diverse elemente de închidere: bolțișoare de zidărie, beton simplu, corpuri de umplutură din diferite materiale sau lemn;
 - d) planșee din beton armat (executate, în unele cazuri, în urma unor intervenții de reabilitare/consolidare);
 - e) șarpante din lemn cu diferite alcătuiți;
 - f) șarpante metalice din grinzi cu zăbrele și îmbinări nituite.
- (3) Principiile de intervenție propuse în această reglementare pot fi aplicate și pentru conservarea „vestigiilor arheologice și istorice”, numai împreună cu regulile și principiile specifice acestora.
- (4) Componentele cu **valoare artistică** ale **construcțiilor cu valoare culturală** enumerate la **alin. (1)** se grupează din punct de vedere al relației cu construcția astfel:
 - a) subansambluri **structurale** cu valoare artistică;
 - b) componente **nestructurale** legate rigid (prin aderență) de construcție;
 - c) componente **nestructurale** atașate construcției sau rezemate pe construcție.
- (5) Subansamblurile **structurale** cu valoare artistică sunt (lista nu este exhaustivă):
 - a) elemente verticale prelucrate artistic (cariatide, atlanți, stâlpi din piatră sculptați, stâlpi din fontă turnați, pereți din zidărie care folosesc tehnici particulare de execuție și/sau piese cu forme speciale, parapete);
 - b) elemente orizontale sculptate sau decorate (grinzi, buiandrugii, console);

- c) elemente orizontale pictate (planșee casetate);
 - d) elemente curbe din piatră, zidărie sau din lemn, sculptate sau cu decorații (arce, bolți, cupole);
 - e) șarpante din lemn sculptate sau cu decorații;
 - f) șarpante metalice cu îmbinări între elementele structurale având calități tehnice deosebite.
- (6) Componentele **nestructurale** cu valoare artistică legate rigid de construcție sunt (lista nu este exhaustivă):
- a) componente prinse rigid (prin aderență) de elemente structurale verticale (plăci de piatră sculptate, fresce, mozaicuri, stucaturi);
 - b) componente atașate elementelor structurale orizontale drepte sau curbe:
 - la partea inferioară: fresce, mozaicuri, stucaturi, tavane false din lemn sau tencuială, bolți subțiri din tencuială etc.;
 - la partea superioară: pardoseli din mozaic, plăci ceramice decorative, parchet etc.
- (7) Componentele **nestructurale** cu valoare artistică atașate construcției/rezematate/suspendate pe construcție sunt (lista nu este exhaustivă):
- a) componente așezate pe elemente structurale orizontale (altare, amvoane, sculpturi, mozaicuri, parchete);
 - b) componente în consolă din elementele structurale verticale (balcoane, rafturi, garguie);
 - c) componente suspendate/agățate de elemente structurale orizontale (candelabre, clopote, cruci, alte simboluri religioase, placaje decorative, mozaicuri, plafoane casetate).

II.4. Categoriile de lucrări ce se execută la construcții cu valoare culturală

- (1) Codul a fost elaborat cu intenția de a preciza modul de evaluare a nivelului de rezistență mecanică și stabilitate al construcțiilor cu valoare culturală (inclusiv de siguranță seismică și de proiectare a intervențiilor), conceptual similar cu cel prevăzut pentru clădirile care nu sunt protejate, dar în mod adecvat adaptate la nevoile și particularitățile construcțiilor ce dețin valori culturale.
- (2) Pentru construcțiile cu valoare culturală este necesar să se accepte în mod conștient un nivel de risc seismic mai ridicat decât pentru construcțiile obișnuite, mai degrabă decât luarea unor măsuri contrare criteriilor de conservarea a patrimoniului cultural.
- (3) Alegerea categoriei de lucrări ce urmează să se execute trebuie să se bazeze pe investigații amănunțite de laborator, pe cercetări *in situ* și pe calcule avansate, astfel încât să fie obținut „un grad de cunoaștere” cât mai complet.
- (4) Categoriile de lucrări ce se execută pe construcții cu valoare culturală:
- a) Lucrări de întreținere**
Lucrările de întreținere presupun prevenirea degradării construcțiilor existente și realizarea unor intervenții punctuale. Acestea trebuie să se raporteze la caracteristicile originale ale tehnicilor constructive și materialelor inițiale.
 - b) Lucrări de reparații locale**
Lucrările de reparații locale, limitate la zonele avariate, trebuie supuse unor verificări locale, construcția urmând însă a fi supusă și unei evaluări globale a siguranței, într-o formă simplificată, care să verifice dacă intervențiile de reparații locale propuse nu prejudiciază siguranța pre-existentă. Sunt necesare studii și investigații privind cauzele avariilor (diminuarea capacității portante ale terenurilor de fundare, existența unor detalii incorect concepute ce conduc la degradări ale elementelor structurale, arhitecturale și decorative etc.).
 - c) Lucrări de ameliorare a comportării construcției**
Lucrările de ameliorare presupun limitarea la minimumul necesar a intervențiilor prin lucrări nu numai asupra zonelor avariate, dar și prin lucrări de sporire a siguranței construcției în scopul asigurării protecției vieții, urmărind însă în permanență păstrarea autenticității monumentului, pentru a fi transmis cât mai puțin alterat generațiilor viitoare.
 - d) Lucrări de adaptare a construcției la normele existente fără afectarea valorilor de patrimoniu**
Lucrările de adaptare presupun măsuri complexe de intervenție, conforme cu normele în vigoare, măsuri care de regulă distrug autenticitatea, adică, exact ceea ce trebuie conservat. Lucrările de adaptare a construcțiilor monumente istorice se admit în situații extreme de distrugeri parțiale datorate exploziilor, incendiilor etc.

- (5) În cazul realizării lucrărilor de intervenție recomandate, expertiza tehnică se poate completa, detalia sau definitiva la încheierea lucrărilor de decopertare a elementelor structurale, situație care poate influența volumul, costurile și durata lucrărilor de conservare-restaurare/reabilitare a clădirii.

CAPITOLUL III

III. ÎNCĂRCĂRI ȘI ACȚIUNI PENTRU CALCULUL CONSTRUCȚIILOR CU VALOARE CULTURALĂ

III.1. Situații de proiectare

- (1) Calculul *construcțiilor cu valoare culturală* pentru verificarea satisfacerii cerinței esențiale de „rezistență mecanică și stabilitate” și pentru proiectarea lucrărilor de intervenție necesare se face conform prevederilor generale ale codului de proiectare **CR 0-2012** pentru două situații de solicitare:
 - a) situația *persistentă* de proiectare: situație de proiectare care este relevantă pe un interval de timp de același ordin cu durata vieții clădirii (condiția normală de proiectare);
 - b) situația *seismică* de proiectare: situație de proiectare excepțională când structura este expusă unui eveniment seismic.
- (2) În unele cazuri este necesar și un calcul pentru situația *tranzitorie* de proiectare, situație care este relevantă pe o durată de timp mai scurtă decât durata de viață proiectată și care are o probabilitate mare de a se produce, de exemplu în timpul execuției lucrărilor de reparație sau de consolidare.

III.2. Încărcări pentru situația *persistentă* de proiectare

- (1) Pentru situația *persistentă*, se utilizează următoarele încărcări de calcul:
 - a) încărcări permanente (G);
 - Greutatea proprie a elementelor de construcție structurale și nestructurale (G_p);
 - b) încărcări variabile (Q)
 - Din exploatare:
 - încărcări utile pe planșee (q);
 - încărcări perpendiculare pe planul pereților, parapetelor și aticelor în spații aglomerate (L).
 - Din acțiuni climatice:
 - din acțiunea vântului: încărcări perpendiculare pe fațade, acoperișuri și pe elementele atașate acestora (V);
 - din acțiunea zăpezii: încărcări pe acoperișuri, pe balcoane, copertine etc. (Z).
- (2) Evaluarea *greutății proprii* pentru construcțiile existente, înainte de executarea lucrărilor de intervenție, se face pe baza dimensiunilor geometrice stabilite prin relevu și a greutateților tehnice date în **Anexa A**.
- (3) Evaluarea greutateții suplimentare rezultată în urma lucrărilor de intervenție propuse se face pe baza dimensiunilor nominale prevăzute prin proiect și a greutateților tehnice date în **Anexa A**.
- (4) Valorile încărcărilor utile/de exploatare distribuite uniform pe planșee sunt stabilite prin Anexa Națională la standardul **SR EN 1991-1-1** sau eventual, de încărcările istorice aferente. Valorile acestora pentru funcțiunile principale ale *construcțiilor cu valoare culturală* sunt date în **Anexa A** a prezentului Cod.
- (5) Valorile încărcărilor laterale pe parapete, balustrade și pereții din încăperile aglomerate sunt stabilite prin Anexa Națională la standardul **SR EN 1991-1-1**.
- (6) Calculul efectelor acțiunii vântului se face conform **Cod de proiectare. Evaluarea acțiunii vântului asupra construcțiilor – Indicativ CR 1-1-4/2012**.
- (7) Pentru verificarea cerinței esențiale de „rezistență mecanică și stabilitate”, construcțiile cu valoare culturală se încadrează în clasa de importanță-expunere III cu coeficientul de importanță la acțiunea vântului $\gamma_{iw} = 1,00$.
- (8) Calculul efectelor acțiunii zăpezii se face conform **Cod de proiectare. Evaluarea acțiunii zăpezii asupra construcțiilor – Indicativ CR 1-1-3/2012**.
- (9) Pentru verificarea cerinței esențiale de „rezistență mecanică și stabilitate”, construcțiile cu valoare culturală se încadrează în clasa de importanță-expunere III cu coeficientul de importanță la acțiunea zăpezii $\gamma_{is} = 1,00$.

(10) Adâncimea de îngheț se stabilește conform normativului NP 112-2014, **Anexa C** (după STAS 6054-77).

III.3. Încărcări pentru situația seismică de proiectare

- (1) Pentru situația seismică de proiectare se utilizează următoarele încărcări:
 - a) încărcările din gruparea persistentă corectate cu factori de simultaneitate;
 - b) încărcările provenite din acțiunea seismică.
- (2) Pentru calculul **construcțiilor cu valoare culturală** efectul acțiunii seismice se poate modela, în funcție de complexitatea procedurii de calcul folosit, după cum urmează:
 - a) prin accelerația terenului pentru proiectare a_g asociată cu perioada de colț (de control) a amplasamentului (T_c) – pentru calculul cu metoda **forțelor statice echivalente**;
 - b) prin spectrul elastic de răspuns al accelerației absolute (S_e) – pentru calculul cu metoda **spectrelor de răspuns**;
 - c) prin accelerograme înregistrate sau simulate – pentru calculul cu metode de **calcul dinamic liniar/nelinier** (*time-history*).
- (3) Valoarea acțiunii seismice de proiectare pentru **construcțiile cu valoare culturală** se stabilește, pe baza **obiectivelor de performanță seismică** pentru construcția respectivă, conform prevederilor din **Capitolul IV** al prezentei reglementări.
- (4) Procedeele analitice pentru determinarea valorilor efectelor acțiunii seismice asupra **construcțiilor cu valoare culturală** sunt prezentate în **Capitolul VII**.
- (5) Combinarea efectelor încărcărilor din gruparea **persistentă** cu efectele încărcărilor din gruparea **seismică** se face conform prevederilor Codului **CR0-2012**, cu adaptările din prezentul normativ.

CAPITOLUL IV

IV. CONCEPTUL DE PERFORMANȚĂ PENTRU CONSTRUCȚII CU VALOARE CULTURALĂ

- (1) Aspecte specifice construcțiilor istorice sunt date și în **Anexa D** pentru legătura cu evaluarea analitică prin calcul.

IV.1. Siguranța construcțiilor

- (1) **Siguranța structurală** este capacitatea unei construcții în ansamblu și a părților ei componente de a rezista tuturor acțiunilor mecanice, ca și unor evenimente accidentale specificate, susceptibile de a se manifesta cu o probabilitate rezonabilă în timpul execuției și exploatarei sale.
- (2) **Siguranța structurală** cuantifică gradul/nivelul în care este satisfăcută cerința esențială de „rezistență mecanică și stabilitate” de către componentele structurale și nestructurale ale construcției.
- (3) În cazul **construcțiilor cu valoare culturală** care înglobează sau adăpostesc componente artistice valoroase, noțiunea de **siguranță structurală** definită la **alin. (2)** se extinde și asupra acestora, pentru care obiectivele/nivelurile de performanță sunt definite în **paragraful IV.3.**
- (4) Nivelul minim acceptabil de **siguranță structurală** care este asociat implicit „**riscului social admisibil**”, reprezintă, prin amploarea implicațiilor lor sociale și economice, act de **decizie de consens național** și este stabilit implicit prin reglementările administrative și tehnice.
- (5) În cazul construcțiilor cu valoare culturală, **nivelul minim acceptabil de siguranță structurală** sub acțiunea cutremurului pentru construcția în ansamblu (componente structurale și nestructurale) nu poate fi inferior pragului necesar pentru satisfacerea obiectivelor de performanță seismică asociate componentelor artistice, identificate ca atare de specialiști în domeniile respective.
- (6) Evaluarea nivelului de siguranță disponibil al construcțiilor cu valoare culturală și propunerea măsurilor de reducere a riscului se face prin **expertizare complexă** elaborată conform principiilor de restaurare formulate de cartele internaționale, a prevederilor prezentei reglementări și a celor asociate restaurării componentelor artistice.

IV.2. Niveluri de siguranță structurală

- (1) Nivelul de **siguranță inițială (NSI)** este cel care pe care îl posedă clădirea în momentul intrării în exploatare. Nivelul de siguranță inițială depinde de calitatea concepției de ansamblu și a detaliilor construcției și de calitatea materialelor și a manoperei de execuție.
- (2) Nivelul de **siguranță disponibil (NSD)** este cel pe care îl are construcția într-un anumit moment „*t*” al existenței sale.
- (3) Descreșterea în timp a nivelului de **siguranță inițială** al construcției este un fenomen obiectiv care poate fi produs sau favorizat de una din următoarele cauze sau cel mai probabil, din efectele cumulate ale acestora:
 - a) cauze neseismice:
 - Degradarea materialelor de construcție cauzată de factori fizici, chimici, mecanici sau biologici, rezultând diminuarea proprietăților fizico-mecanice ale materialelor originare, ale secțiunii elementelor, sau la nivel de noduri (îmbinare).
 - Deficiențe inițiale de concepție și execuție.
 - Intervenții necontrolate în timp.
 - b) efectele cumulate ale cutremurelor succesive.

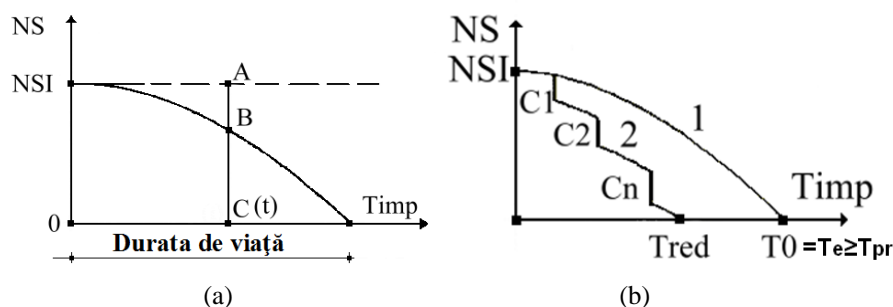


Fig. IV.1. Degradarea siguranței construcțiilor (NS) în timp: (a) Degradarea din cauze neseismice (lentă): AB - degradarea siguranței; BC – nivelul de siguranță disponibilă la momentul „t”; (b) Degradarea datorită cutremurelor repetate $C_1 \div C_n$ (fără lucrări de rehabilitare) curba 2: $T_0 = T_e \geq T_{pr}$. T_0 – durata de viață, T_{red} – durata de viață redusă, T_e – durată efectivă de viață. T_{pr} – durată de viață proiectată.

- (4) Cauzele „neseismice” afectează siguranța construcțiilor cu valoare culturală de pe întreg teritoriul țării și constituie un factor de sporire a vulnerabilității seismice.
- (5) Degradarea rezistenței construcției din cauza unor suprasolicitări repetate (cutremure), fără lucrări de restaurare ulterioare, conduce la reducerea semnificativă a duratei de viață ($T_{red} \ll T_{pr}$), ceea ce reprezintă o **situație inacceptabilă din punct de vedere al conservării patrimoniului istoric**.
- (6) Identificarea corectă a degradărilor produse de cauze „neseismice” și propunerea măsurilor necesare de remediere constituie o condiție prealabilă obligatorie pentru proiectarea și executarea lucrărilor în vederea reducerii riscului seismic.
- (7) În **Anexa B** sunt prezentate și detaliate degradările/deteriorările tipice construcțiilor istorice din România produse din ambele grupe de cauze.

IV.3. Conceptul de performanță seismică

- (1) Având în vedere particularitățile de manifestare a acțiunii seismice din punct de vedere al frecvenței și al intensității și diversitatea **construcțiilor cu valoare culturală** expuse cutremurului, prezenta reglementare este fundamentată pe baza conceptului probabilist de **performanță seismică**.
- (2) Nivelul de **performanță seismică** al construcției reprezintă **gradul de afectare maxim probabil** produs de un cutremur cu o intensitate prestabilită (asociat unei valori date a **IMR**).
- (3) Performanța seismică a construcției depinde de:
 - a) severitatea hazardului seismic;
 - b) vulnerabilitatea seismică construcției;
 - c) gradul de expunere.

IV.3.1. Modelarea hazardului seismic

- (1) Evaluarea riscului seismic al construcțiilor cu valoare culturală, inclusiv al componentelor artistice atașate acestora și, dacă este cazul, propunerea metodelor necesare de intervenție pentru reducerea riscului, se bazează pe nivelul de severitate al **hazardului seismic la amplasament (HSA)** modelat pe criterii probabilistice.
- (2) Modelarea hazardului seismic la amplasament se face în funcție de trei parametri:
 - a) **valoarea maximă a accelerației** mișcării orizontale a terenului înregistrată la amplasamentul respectiv (a_g);
 - b) **intervalul mediu de recurență (IMR)** al accelerației a_g ;
 - c) **durata de exploatare** prevăzută pentru construcție (T_e).
- (3) În prezenta reglementare, hazardul seismic standardizat la amplasament este exprimat prin **accelerația terenului pentru proiectare (a_g)** asociată cu trei intervale medii de recurență (**IMR**):
 - a) cutremur **frecvent** cu **IMR = 40** de ani;
 - b) cutremur **standard/de proiectare** cu **IMR = 100** de ani;
 - c) cutremur **rar** cu **IMR = 475** de ani.

- (4) Durata de exploatare de referință prevăzută în prezenta reglementare este $T_e = 50$ de ani.
- (5) Pentru cele trei niveluri de cutremur menționate la **alin. (3)** probabilitățile de depășire (p_{dep} %) a valorii probabile a accelerației (a_g) în perioada de exploatare standardizată $T_e = 50$ de ani sunt următoarele:
 - a) cutremur *frecvent* (F) $\Rightarrow p_{dep} = 70\%$;
 - b) cutremur *standard* (S) $\Rightarrow p_{dep} = 40\%$;
 - c) cutremur *rar* (R) $\Rightarrow p_{dep} = 10\%$.
- (6) Valorile accelerației terenului pentru proiectare, aferente celor trei categorii de cutremure se stabilesc după cum urmează:
 - a) cutremur *frecvent*: $a_{g,fr} = 0,45 a_g$, P 100-1/2013;
 - b) cutremur *standard*: $a_{g,st} = 0,80 a_g$, P 100-1/2013;
 - c) cutremur *rar*: $a_{g,rar} = 1,25 a_g$, P 100-1/2013.
- (7) În cazul construcțiilor cu valoare culturală ce se încadrează în clasa de importanță III (vezi **paragraful IV.7.**), verificarea precum și proiectarea intervenției se recomandă a fi efectuată la *cutremurul frecvent* corespunzător unui IMR de 40 ani. Pentru construcțiile care se încadrează în clasa de importanță I și II (vezi **paragraful IV.7.**), precum și pentru construcțiile ce **adăpostesc** valori culturale, științifice, artistice, extrem de valoroase (muzee, instituții etc.), verificarea siguranței și proiectarea intervenției se recomandă a fi efectuată la *cutremurul standard* corespunzător unui IMR de 100 ani. Aceasta înseamnă că verificarea satisfacerii cerinței și proiectarea lucrărilor de intervenție (dacă sunt necesare) se fac la starea limită de serviciu.
- (8) Valorile a_g stabilite la **alin. (6)** pot fi modificate de către expertul tehnic prin multiplicare cu factori de reducere ($\varepsilon_{(-)} < 1,0$) sau de amplificare ($\varepsilon_{(+)} > 1,0$) în funcție de criteriile date în **paragraful IV.4, alin. (3)** și **(4)**, dar nu mai mult de 20%.
- (9) Pentru determinarea valorilor de vârf ale accelerației seismice verticale, se utilizează valorile accelerațiilor orizontale stabilite conform **alin. (6)**, multiplicare cu 0,70.
- (10) Valorile accelerațiilor de bază și ale spectrelor elastice de răspuns sunt indicate în **Anexa A.1.5.** din prezenta reglementare.

IV.3.2. Vulnerabilitatea seismică

- (1) Noțiunea de *vulnerabilitate seismică* exprimă *nivelul de performanță seismică* (degradările probabile) pentru o construcție aflată pe un anumit amplasament, la incidența unui cutremur cu severitate dată exprimată în funcție de intervalul mediu de recurență.
- (2) Evaluarea vulnerabilității seismice a construcțiilor cu valoare culturală se face prin *expertizare complexă* (expertize de rezistență, geologice, instalații, biologice, de fizica construcțiilor sau ale componentelor artistice). Rezultatul final va lua în considerare toate elementele care generează valori culturale, protejarea acestora fiind obligatorie.

IV.3.2.1. Niveluri de performanță seismică pentru construcțiile cu valoare culturală

- (1) În prezenta reglementare nivelurile de performanță seismică ale *construcțiilor cu valoare culturală* sunt definite având în vedere simultan:
 - a) comportarea/răspunsul construcției;
 - b) comportarea/răspunsul componentelor cu valoarea artistică legate de construcție sau aflate în interiorul acesteia.
- (2) O cerință obligatorie pentru limitarea vulnerabilității seismice este întreținerea sistematică a construcțiilor pentru limitarea degradării acestora ca urmare a acțiunii factorilor antropici, chimici, biologici sau climatici.
- (3) În prezenta reglementare, nivelurile de *performanță seismică* ale construcțiilor sunt stabilite în ordinea descrescătoare a severității avariilor după cum urmează:
 - a) **construcție în stadiul de pre-colaps**. Reprezintă nivelul de avariere maxim acceptabil al răspunsului seismic pentru toate construcțiile *cu valoare culturală* având în vedere faptul că prăbușirea acesteia

reprezintă o pierdere *definitivă/irecuperabilă*, nepermisă din punct de vedere al conservării patrimoniului.

Starea fizică a construcției în acest stadiu este definită astfel:

- după cutremur clădirea este foarte puternic avariata, dar își menține *integritatea structurală* și dispune de o capacitate reziduală de a prelua încărcările gravitaționale (totuși, este posibil să nu mai poată rezista la o replică severă);
 - riscul de prăbușire locală, care ar putea afecta siguranța vieții și produce rănirea gravă a persoanelor din interiorul clădirii este ridicat;
 - construcția poate fi restaurată, eventual cu reconstruirea unor zone care au suferit *prăbușire locală*. Restaurarea implică costuri ridicate și necesită o perioadă lungă de timp.
- b) **construcție cu avarii limitate** (disponibilă pentru utilizare imediată) ⇒ Nivel de bază pentru clădiri *cu valoare culturală* adăpostind funcțiuni publice încadrate în clasa de importanță II (vezi **paragraful IV.7.**).

Starea fizică a construcției în acest stadiu este definită astfel:

- avarierea după cutremur este limitată;
 - riscul pentru rănire gravă sau pierderea vieții ocupanților sau persoanelor din exterior este scăzut;
 - clădirea își păstrează în ansamblu funcționalitatea, deși unele zone nu pot fi folosite imediat;
 - sunt suficiente unele lucrări de reparație (nu este necesară o consolidare generală). Costurile acestor lucrări sunt moderate și pot fi realizate într-un interval de timp relativ scurt.
- c) **construcție operațională** ⇒ Nivel de bază pentru construcții cu valoare culturală adăpostind funcțiuni esențiale încadrate în clasa de importanță I (vezi **paragraful IV.7.**).

Starea fizică a construcției în acest stadiu este definită astfel:

- după cutremur, clădirea nu este avariata sau are avarii minime/izolate (în special la finisaje);
- riscul de rănire gravă/pierderea vieții pentru persoanele din interiorul/exteriorul clădirii este foarte scăzut;
- clădirea poate funcționa imediat (dacă utilitățile sunt asigurate din rețele orașenești sau de echipamentele de rezervă).

IV.3.2.2. Niveluri de performanță seismică pentru componentele cu valoare artistică

- (1) Performanțele componentelor cu valoare artistică se asociază cu nivelurile de performanță ale construcției în care se află, după cum urmează:
- a) **construcție în stadiul de stadiul pre-colaps**
- Nivel de performanță: evitarea pierderilor de valori culturale
Componentele cu valoare artistică, structurale, nestructurale legate rigid de construcție sau care se găsesc în construcție, suferă avarii grave (rupere, desprindere, prăbușire) datorită avarierii construcției. Componentele avariate pot fi restaurate numai parțial, astfel încât rezultă *pierderi de valori culturale*. În cazuri extreme, de iminență a pierderii acestor valori, se poate propune demantelarea structurii cu îndepărtarea componentelor pentru conservarea lor în condiții muzeale.
- b) **construcții cu avarii limitate**
- Nivel de performanță: limitarea degradărilor valorilor culturale
Componentele cu valoare artistică care sunt legate rigid de construcție sau care se găsesc în construcție suferă avarii moderate și pot fi restaurate cu procedee specifice (obiectiv principal).
- c) **construcție operațională**
- Nivel de performanță: integritatea fizică a componentelor cu valoare artistică
Componentele cu valoare artistică care sunt legate rigid de construcție sau care se găsesc în construcție își păstrează integritatea. În unele cazuri este necesară repararea/înlocuirea echipamentelor „suport” (pentru controlul temperaturii și umidității, de exemplu).

IV.3.3. Gradul de expunere la acțiunea seismică

- (1) Construcțiile cu valoare culturală de pe întreg teritoriul României și componentele artistice atașate acestora au expunere *permanentă* la acțiunea seismică (a se vedea **paragraful II.1., alin. (5)**).
- (2) Persoanele care au acces în aceste construcții au expunere *variabilă*:

- a) expunere *cvasi-permanentă* (persoanele care lucrează în clădire).
 - b) expunere *întâmplătoare/rară* (vizitatorii ocazionali).
- (3) Pentru construcțiile cu valoare culturală aflate în *conservare* gradul de expunere a persoanelor este nesemnificativ.

IV.4. Obiective de performanță seismică

- (1) Obiectivul de performanță seismică reprezintă nivelul de performanță seismică așteptat la incidența unui cutremur cu interval mediu de recurență dat.
- (2) Prezentul Cod stabilește *obiectivele* de performanță seismică, minime obligatorii, pentru protecția construcției și a valorilor artistice incluse, după cum urmează:
- a) La incidența cutremurului *rare* cu *IMR* = 475 de ani
 - Pentru construcție: *evitarea colapsului*
 - Pentru valorile artistice: *evitarea pierderilor irecuperabile*
 - b) La incidența cutremurului *standard* cu *IMR* = 100 de ani
 - Pentru construcție: *avarii limitate*
 - Pentru valorile artistice: *limitarea degradărilor*
 - c) La incidența cutremurului *frecvent* cu *IMR* = 40 de ani
 - Pentru construcție: *operațională*
 - Pentru valorile artistice: *integritatea fizică*
- (3) La solicitarea autorităților, dar cu asumarea deciziei de către șeful de proiect și expertul tehnic, pot fi luate în considerare și *obiective suplimentare* de performanță seismică, considerând valori mai mari ale *IMR* sau ale duratei de exploatare în vederea obținerii unor performanțe seismice superioare, atât pentru construcție cât și pentru componentele artistice. De exemplu, în cazul unor clădiri care adăpostesc componente extrem de valoroase, se poate formula ca obiectiv păstrarea *integrității fizice a componentelor artistice* pentru cutremurul standard (*IMR* = 100 de ani). În situația în care măsurile necesare de consolidare conduc la intervenții radicale, astfel încât sunt afectate valorile istorice, artistice, de inginerie sau arhitecturale, proiectantul poate propune beneficiarului schimbarea funcțiunii construcției.
- (4) Expertul tehnic poate decide, de asemenea, reducerea/sporirea forței seismice corespunzătoare obiectivului stabilit la **alin. (1)** cu $\pm 20\%$ în funcție de particularitățile construcției în ceea ce privește:
- numărul și frecvența persoanelor care au acces în clădire;
 - numărul și valoarea recunoscută a componentelor artistice care necesită protecție, dacă acestea aparțin patrimoniului mobil.

IV.5. Stări limită asociate obiectivelor de performanță

- (1) Verificarea satisfacerii obiectivelor de performanță ale *construcțiilor cu valoare culturală*, atât pentru gruparea fundamentală de încărcări cât și pentru gruparea accidentală de încărcări de proiectare, se face în raport cu *stadiile fizice convenționale*, denumite *stări limită*.
- (2) Conform Codului de proiectare **CR0-2012**, sunt definite două categorii de stări limită care se deosebesc prin obiectivele urmărite:
- a) Stări limită ultime (**ULS**) care sunt asociate cerinței de **siguranță structurală** și corespund **valorii maxime a capacității portante** a construcției sau a unei părți ale acesteia;
 - b) Stări limită de serviciu (**SLS**) care sunt asociate cerinței de **aptitudine pentru exploatare** și se referă la **utilizarea normală a construcției în raport cu funcțiunea prevăzută prin proiect**.
- (3) Codul de proiectare **CR 0-2012** prevede verificarea siguranței structurale pentru următoarele *mecanisme de cedare* susceptibile să se producă în cazul construcțiilor cu valoare culturală:
- a) starea limită ultimă de *stabilitate*;
 - b) starea limită ultimă de *rezistență*.
- (4) În detaliu, mecanismele de cedare menționate la (3) se referă la următoarele *stări limită ultime* (notații conform Codului **CR 0-2012**):
- a) **STR**: pierderea capacității portante a elementelor structurale și a structurii sau deformarea excesivă a structurii și elementelor sale componente;

- b) **GEO**: pierderea capacității portante a terenului sau deformarea excesivă a acestuia;
 - c) **ECH**: pierderea echilibrului static al structurii sau al unei părți a acesteia, considerată ca solid rigid.
- (5) În cazul componentelor cu valoare artistică, **starea limită ultimă** reprezintă pragul dincolo de care avariile produse acestor componente nu mai sunt reparabile (se produc **pierderi irecuperabile** ale patrimoniului).
- (6) Pentru construcțiile cu valoare culturală se iau în considerare două **stări limită de serviciu** care au în vedere limitarea **degradărilor**:
- a) Starea limită de **deformație**;
 - b) Starea limită de **fisurare**.
- (7) În cazul componentelor cu valoare artistică recunoscută de specialiști, **starea limită de serviciu** (limitarea degradărilor) reprezintă pragul dincolo de care afectările produse construcției sau unor părți ale acesteia afectează într-o măsură semnificativă integritatea fizică a acestora.

IV.6. Etapele procesului de evaluare a performanțelor seismice

- (1) Evaluarea siguranței structurale a construcțiilor cu valoare culturală este un proces complex care implică participarea unei echipe pluridisciplinare alcătuită din specialiști competenți capabili să examineze și să interpreteze siguranța disponibilă a construcției (structura, componentele nestructurale și componentele artistice) și să propună, dacă este cazul, lucrările de intervenție necesare.
- (2) Procesul de evaluare debutează prin **colectarea informațiilor** privind construcția. Volumul și acuratețea datelor colectate influențează nemijlocit rezultatele care se obțin în etapele ulterioare ale procesului de evaluare și, în final, deciziile de intervenție. Operațiunile de colectare a informațiilor sunt detaliate în **Capitolul V** al acestui Cod.
- (3) Procesul de evaluare are două componente:
- a) evaluarea calitativă (**Capitolul VI** din prezentul Cod);
 - b) evaluarea analitică prin calcul (**Capitolul VII** și **Anexa D**);
- Ambele categorii de evaluare se referă atât la structură cât și la componentele nestructurale și cele artistice ale construcției.
- (4) Prin coroborarea rezultatelor celor două tipuri de evaluare, expertul tehnic împreună cu expertul/specialistul restaurator apreciază nivelul de risc seismic al construcției și decid măsurile necesare pentru asigurarea realizării nivelurilor de performanță stabilite conform **paragrafelor IV.3.2.** și **IV.3.3.** din acest capitol (**Capitolul VIII** din prezentul Cod).

IV.7. Încadrarea în clase de importanță și de expunere la cutremur

- (1) Construcțiile cu valoare culturală se vor încadra în clase de importanță și expunere în concordanță cu consecințele asociate prăbușirii sau avarierii și cu gradul de ocupare, așa cum se detaliază la **paragraful VII.2.2.**

CAPITOLUL V

V. COLECTAREA INFORMAȚIILOR NECESARE PENTRU EXPERTIZAREA CONSTRUCȚIILOR CU VALOARE CULTURALĂ

- (1) Aspecte specifice construcțiilor cu valoare culturală sunt date și în **Anexa D** pentru corelarea cu evaluarea analitică prin calcul.

V.1. Generalități

- (1) Expertizarea **construcțiilor cu valoare culturală** se bazează pe cunoașterea unui ansamblu de informații privind:
 - a) istoricul construcției (studii de arhivă, studiu de istoria artei, studiu de parament, cercetări arheologice);
 - b) alcătuirea de ansamblu a construcției (suprastructura și infrastructura);
 - c) detaliile semnificative ale structurii și ale componentelor nestructurale ale construcției;
 - d) componentele cu valoare culturală/artistică recunoscută;
 - e) proprietățile materialelor de construcție și ale terenului de fundare;
 - f) starea de afectare/degradare a construcției provenită din diferite cauze;Detalierea acestor informații este dată în paragrafele următoare.
- (2) Având în vedere vechimea **construcțiilor cu valoare culturală** care constituie obiectul prezentei reglementări, colectarea informațiilor menționate la **alin. (1)** se face în condiții particulare, deosebite de cele stabilite în Codul **P 100-3/2008**, deoarece:
 - a) în numeroase cazuri nu există proiectul/desenele după care au fost realizată construcția;
 - b) nu există rapoarte de încercări pentru materialele folosite și pentru terenul de fundare;
 - c) în absența reglementărilor de proiectare, care au apărut practic în Europa la începutul secolului al XX-lea, nu există note de calcul și, prin urmare, nu poate fi efectuată o reverificare prin calcul.
- (3) În condițiile menționate mai sus, datele necesare pentru evaluarea siguranței **construcțiilor cu valoare culturală** se obțin din:
 - a) documente din arhivele și bibliotecile publice sau private;
 - b) studii preliminare întocmite de arheologi, geologi, chimiști, biologi, restauratori;
 - c) examinarea vizuală/instrumentală a construcției și a condițiilor de amplasament (**inspecția in situ** – conform terminologiei din Codul **P 100-3/2008**).
 - d) investigații *in situ* și/sau în laborator asupra materialelor construcției și asupra terenului de fundare;
 - e) utilizarea datelor cunoscute de la construcții similare, aflate în zona construcției cercetate și care au aceleași tehnici tradiționale de execuție (materiale, zidire, detalii de îmbinare etc.);
 - f) date din investigațiile anterioare (relevee, expertize tehnice de rezistență sau de evaluare a componentelor artistice, teste de materiale, dacă au existat).

Notă. Se recomandă ca datele obținute din diferite surse să fie examinate critic și comparate între ele pentru a minimiza incertitudinile care ar putea apărea.
- (4) Volumul și exactitatea datelor colectate privind geometria, terenul de fundare și proprietățile fizico-mecanice ale materialelor de construcție definesc **nivelul de cunoaștere** a construcției și, în consecință, condițiile de evaluare a siguranței construcțiilor (metodologie, procedeu).
- (5) Cunoașterea parțială sau inexactă a acestor informații constituie premiza unor rezultate finale nesigure care pot proveni fie din adoptarea unui model structural neconform cu realitatea, fie din aproximarea valorilor reale ale caracteristicilor materialelor, fie din ambele surse. În acest caz se procedează, de regulă, la sporirea factorilor de siguranță prin sporirea cerințelor (forțe/deplasări) și/sau prin reducerea rezistențelor de calcul ale materialelor. Cunoașterea cât mai exactă a proprietăților construcției permite evaluarea realistă a siguranței structurale disponibile și, în consecință reducerea la nivelul strict necesar a lucrărilor de intervenție ceea ce constituie un obiectiv fundamental în cazul **construcțiilor cu valoare culturală**.

V.2. Niveluri de cunoaștere și factori de încredere

- (1) Pentru ambele situații de proiectare definite la **paragraful III.1.**, estimarea calitativă și cantitativă a siguranței **construcțiilor cu valoare culturală**, alegerea metodelor de calcul și stabilirea valorilor datelor

de intrare depind nemijlocit de **nivelul de cunoaștere** al construcției care este definit prin volumul și prin gradul de detaliere al informațiilor privind:

- a) geometria de ansamblu și geometria elementelor structurale și nestructurale;
- b) detaliile constructive;
- c) materialele de construcție;
- d) starea de degradare;
- e) decorațiile și alte finisaje cu valoare culturală/artistică (aceste informații se obțin prin investigații de specialitate).

(2) În prezenta reglementare se folosesc definițiile și notațiile **nivelurilor de cunoaștere** stabilite în standardul **SR EN 1998-3** și în Codul **P 100-3/2008** (*KL* - engl. *knowledge level*):

- a) **KL1**: cunoaștere **limitată**. Poate fi aplicat doar construcțiilor care nu prezintă valori arhitecturale și artistice aflate în Zonele Construite Protejate.
- b) **KL2**: cunoaștere **normală**.
- c) **KL3**: cunoaștere **completă**. Aplicabil obligatoriu monumentelor istorice.

(3) Pentru stabilirea **nivelului de cunoaștere (KL1, KL2 sau KL3)** se iau în considerare informații privind:

- a) **geometria structurii**: dimensiunile de ansamblu ale structurii, dimensiunile elementelor structurale precum și ale elementelor nestructurale care afectează răspunsul structural (de exemplu, proeminente, parapete, balustrade) sau siguranța vieții (de exemplu, elemente majore din zidărie: calcane, frontoane, profiluri decorative etc.);
- b) **alcătuirea elementelor structurale și nestructurale**: caracterizarea generală a subsansamblurilor structurale verticale (de exemplu, spaleți puternici și plinuri orizontale slabe sau invers), alcătuirea și legăturile planșeelor cu structura de rezistență verticală, legăturile între ziduri la colțuri, intersecții și ramificații, tipul și materialul elementelor și modul de umplere a rosturilor cu mortar la zidării, alcătuirea și materialele elementelor nestructurale, prinderile acestora etc.;
- c) **proprietățile mecanice ale materialelor** utilizate pentru structură și pentru elementele nestructurale, respectiv: zidărie, lemn, metal, beton după caz;
- d) **elementele decorative și finisajele** cu valoare artistică, culturală sau istorică. Identificarea acestora și clasificarea lor din punct de vedere al gradului de cunoaștere și al importanței se fac de către experți/specialiști atestați de MCIN pentru domeniile respective.

(4) **Cunoașterea limitată KL1** este definită dacă sunt disponibile următoarele informații privind:

- a) geometria construcției: configurația de ansamblu a structurii și dimensiunile elementelor structurale obținute din **relevee**;
- b) alcătuirea de detaliu: se presupune că s-au folosit detaliile din practica obișnuită în perioada executării construcției. Se verifică conformitatea lor prin sondaje în câteva dintre elementele considerate critice de către expert (minimum 25% din totalul detaliilor). Dacă sondajele arată diferențe semnificative față de detaliile presupuse inițial, se extinde cercetarea și asupra altor elemente, preluând pentru proiectare detaliile astfel identificate;
- c) materialele de construcție: materialele disponibile la data executării construcției, unde se consideră în calcul valori ale rezistențelor în acord cu informațiile credibile din documentele disponibile referitoare la construcții similare. Facultativ, aceste valori se verifică prin **teste limitate** nedistructive asupra materialelor construcției în elementele considerate critice (esențiale) pentru structură. Numărul de încercări este cel puțin 2 pentru 500 mp de arie construită desfășurată și pot fi realizate de expert cu aparatura de care dispune (nu este obligatorie participarea unui laborator acreditat).

(5) **Cunoașterea normală KL2** este definită dacă sunt disponibile următoarele informații privind:

- a) geometria construcției: configurația de ansamblu a structurii și dimensiunile elementelor obținute dintr-un **releveu general** (*grad de precizie ± 5 cm*);
- b) alcătuirea de detaliu: detalii obținute dintr-o **inspecție extinsă** a construcției, pentru cel puțin 50% din totalul detaliilor;
- c) materialele de construcție: caracteristicile mecanice ale materialelor obținute din **testări extinse** pe construcție executate de laboratoare autorizate ISC, cu procedee nedistructive (sau distructive în zonele unde nu se afectează finisajele cu valoare artistică identificate de specialiștii restauratori). Vor fi testate cel puțin 15% dintre elemente, dar cel puțin 4 probe pentru fiecare 500 m² de arie construită desfășurată. Testele vor fi realizate de expert împreună cu laboratoare atestate.

- (6) **Cunoașterea completă KL3** este definită dacă sunt disponibile următoarele informații privind:
- geometria clădirii:** configurația de ansamblu a structurii și dimensiunile elementelor obținute dintr-un **relevu detaliat** (grad de precizie ± 2 cm);
 - alcătuirea de detaliu:** detalii obținute dintr-o **inspecție cuprinzătoare** a construcției pentru cel puțin 75% dintre detalii;
 - materialele de construcție:** caracteristicile mecanice ale materialelor obținute din **testarea cuprinzătoare** în teren efectuată de laboratoare autorizate ISC cu procedee nedistructive (sau distructive în zonele unde nu se afectează finisajele cu valoare artistică identificate de specialiștii restauratori). Vor fi testate cel puțin 20% dintre elemente, dar minimum 6 probe pentru fiecare 500 mp de arie construită desfășurată. Pentru zidărie metodele de investigare recomandate de reglementările europene sunt date în **Anexa C**.
Notă. În cazurile în care împrăștierea rezultatelor obținute pe numărul minim de teste prevăzut de această reglementare este mare (orientativ, coeficient de variație $\geq 25\%$) se recomandă sporirea numărului de teste.
- (7) **Factorii de încredere (CF)** care se folosesc în evaluările analitice ale siguranței construcțiilor (conform **Capitolului VII**) se stabilesc în funcție de **nivelul de cunoaștere (KL)** definit la **alin. (4) și (5)** după cum urmează (CF sunt de fapt factori parțiali de siguranță, vezi **Anexa D**):
- cunoaștere limitată KL1** \Rightarrow $CF = 1.35$, sau $CF = 1.20$ dacă se fac încercările (facultative) pe materiale
 - cunoaștere normală KL2** \Rightarrow $CF = 1.20$
 - cunoaștere completă KL3** \Rightarrow $CF = 1.00$
- (8) Se recomandă adoptarea unui program de investigații care să permită cunoașterea cât mai aprofundată a construcției, astfel încât nivelul de siguranță al acesteia și al bunurilor artistice să fie cât mai exact evaluat și, în consecință, măsurile de intervenție să fie limitate la cele strict necesare pentru conservare.

V.3. Date privind istoricul construcției

- (1) Se colectează informații privind istoricul construcției:
- data/datele realizării construcției sau a părților ce o compun. În cazul necunoașterii acesteia/acestora se va indica perioada de construire (ex.: sfârșitul secolului al XVII-lea, ultimele decenii ale secolului al XVIII-lea, 1880-1911).
 - evenimentele semnificative din trecutul construcției:
 - sucesiunea cutremurelor anterioare și comportarea construcției la acțiunile acestora (dacă există informații credibile);
 - comportarea la alte acțiuni excepționale (dacă au existat): incendii, explozii, bombardamente, inundații, furtuni etc.;
 - lucrări de intervenție și modificări funcționale efectuate în trecut: demolări, refaceri, completări, consolidări, restaurări.
- (2) În cazul monumentelor istorice, informațiile menționate la **alin. (1)** se obțin, integral sau cel puțin parțial, din studiul istorico-arhitectural întocmit de un expert/specialist atestat MCIN, documentație care va însoți obligatoriu proiectul de intervenție ce vizează o construcție ce deține valori culturale.

V.4. Alcătuirea de ansamblu a construcției

- (1) Alcătuirea de ansamblu a **construcțiilor cu valoare culturală** se identifică, în primul rând, prin **examinare vizuală preliminară**.
- (2) Tot în această fază sunt identificate și componentele cu valoare artistică ale clădirii (tipul, materialele și tehnica de punere în operă a finisajelor și decorațiilor interioare/exteroare). Aceste componente sunt identificate și inventariate de către specialiști evaluatori/restauratori. Poziția lor va fi consemnată pe relevul construcției întocmit conform **alin. (3)**.
- (3) Informațiile culese în această fază se consemnează în **relevul** construcției care va cuprinde:
- elementele structurale;

- b) elementele nestructurale;
 - c) componentele cu valoare artistică (precizarea poziției și a detaliilor, dacă este cazul);
 - d) avariile/degradările (pentru toate elementele identificate la punctele anterioare).
- (4) **Releveul** va fi însoțit de un **documentar fotografic** complet și de **detaaliile de construcție** care vor caracteriza amănunțit configurația clădirii.

V.4.1. Alcătuirea de ansamblu a clădirilor laice

- (1) Informațiile generale privind **clădirile laice** necesare pentru expertizare se referă la:
- a) caracteristicile geometrice de ansamblu:
 - numărul de niveluri;
 - forma și dimensiunile în plan;
 - forma și dimensiunile în elevație.
 - b) caracteristicile constructive:
 - materialul elementelor și metoda constructivă;
 - tipul și materialele planșeelor;
 - tipul și materialele acoperișului (șarpanta/învelitoarea);
 - natura terenului de fundare (normal/difil);
 - sistemul de fundare/materialele din care sunt executate fundațiile.

V.4.2. Alcătuirea de ansamblu a clădirilor de cult

- (1) Informațiile generale privind **clădirile de cult** necesare pentru expertizare se referă la:
- a) forma în plan:
 - tip treflat/triconc;
 - tip cruce greacă înscrisă;
 - tip central;
 - tip bazilical sau hală (cu o navă centrală și două sau patru colaterale);
 - tip sală.
 - b) dimensiunile în plan și elevație;
 - c) înălțimea corpului principal, înălțimea turelor/turnurilor;
 - d) existența turelor (una, două sau mai multe – turlă pe naos; pe naos și pronaos; pe altar, naos și pronaos; pe naos și mai multe turnuri pe pronaos etc.);
 - e) existența turnurilor (unul, două sau mai multe – turn poziționat deasupra intrării; turnuri care flanchează intrarea, turn aflat la intersecția navei centrale și a transeptului etc.);
 - f) materialul de bază al structurii corpului principal (zidărie, lemn, beton);
 - g) materialul de bază al turelor/turnurilor (zidărie, lemn, beton);
 - h) natura terenului de fundare (normal/difil);
 - i) sistemul de fundare/materialele din care sunt executate fundațiile.

V.4.3. Alcătuirea de ansamblu a construcțiilor care nu sunt clădiri

- (1) Informațiile generale privind construcțiile cu valoare culturală care nu sunt clădiri, necesare pentru expertizare se referă la:
- a) destinația construcției (funcțiunea): turnuri de apărare, clopotnițe, ziduri de incintă etc.;
 - b) forma și dimensiunile în plan și elevație;
 - c) înălțimea;
 - d) materialele structurii;
 - e) relații cu construcțiile învecinate;
 - f) natura terenului de fundare (normal/difil);
 - g) sistemul de fundare/materialele din care sunt executate fundațiile.

V.5. Detalii semnificative ale structurii și ale componentelor arhitecturale nestructurale

- (1) Detaliile semnificative ale structurii și ale componentelor nestructurale necesare pentru expertizare, se obțin prin:
 - a) examinarea vizuală amănunțită/detaliată;
 - b) relevee fotografice;
 - c) măsurători și desene realizate *in situ*;
 - d) încercări *in situ* și în laborator;
 - e) relevee 3D pentru structură și componentele artistice.

V.5.1. Măsurători *in situ*

- (1) Se fac investigații și măsurători *in-situ* pentru a obține informații cu caracter general privind construcția (inclusiv terenul de fundare):
 - a) măsurători geometrice:
 - dimensiunile elementelor structurale, nestructurale și ale finisajelor;
 - deformațiile și avariile construcției (deschiderea și lungimea fisurilor/crăpăturilor din zidărie, lemn sau din elementele din beton, de exemplu), monitorizarea în timp a acestora;
 - dimensiunile și poziția componentelor artistice;
 - b) investigații privind fundațiile și terenul de fundare:
 - dezveliri locale ale fundațiilor și sondaje geotehnice, inclusiv cercetarea stabilității taluzului (dacă este cazul unei clădiri așezate pe teren în pantă). Este necesară supravegherea arheologică a săpăturilor, dacă există indicii ale unor construcții anterioare.

V.5.1.1. Măsurători specifice pentru materialele de construcție

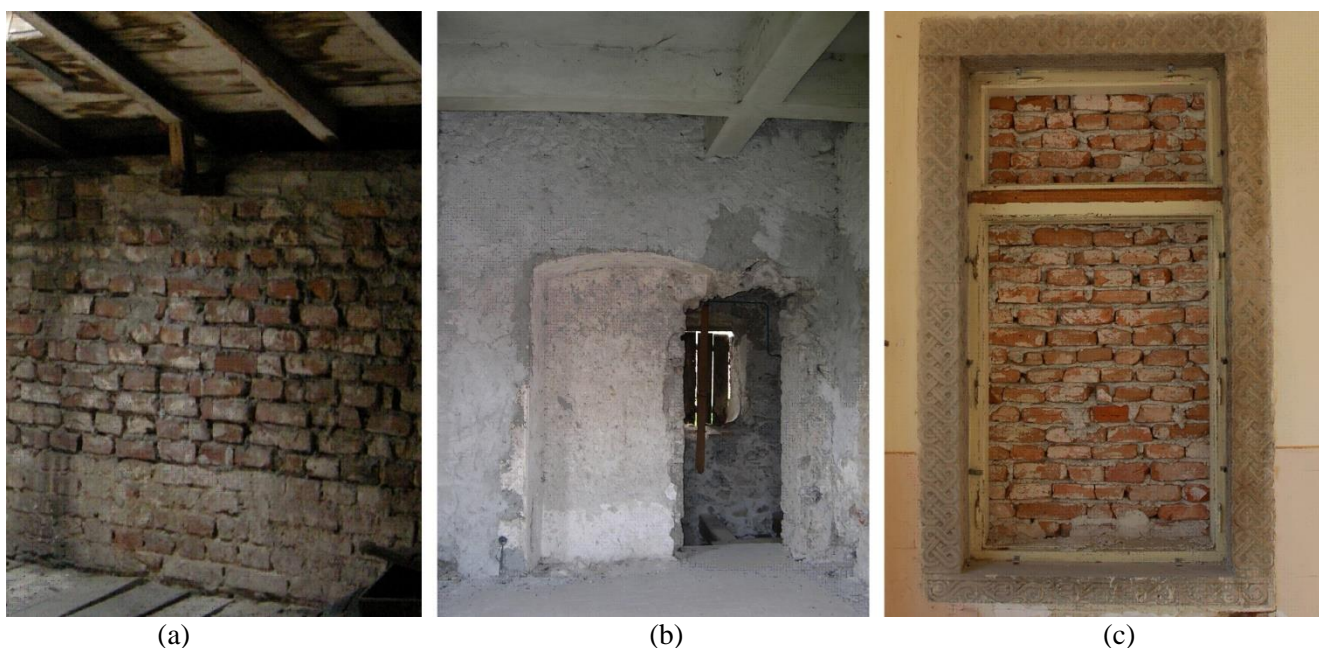
- (1) Caracteristici specifice elementelor/structurilor din zidărie:
 - a) dimensiunile generale ale elementelor de construcție;
 - b) calitatea execuției: grosimea medie, regularitatea și gradul de umplere cu mortar ale rosturilor verticale și orizontale, omogenitatea zidăriei, verticalitatea pereților;
 - c) tipul, dimensiunile și calitatea aparentă a cărămidilor;
 - d) dispunerea elementelor de zidărie, tipul de țesere;
 - e) umiditatea zidăriei și compoziția sărurilor (efectul apelor pluviale, de capilaritate și de infiltrație);
 - f) alterarea materialelor. Nivelul de degradare prin fenomene de îngheț/dezghet, prin acțiunile agenților atmosferici agresivi sau biologici (dacă este cazul).
- (2) Caracteristici specifice elementelor metalice de structură:
 - a) dimensiunile profilurilor, distanțele între axele acestora, imperfecțiuni de formă/poziționare, modul și lungimea de rezemare;
 - b) marca oțelului și sudabilitatea;
 - c) tipul și dimensiunile prinderilor/rezemărilor, distanțele între axele acestora;
 - d) starea de coroziune.
- (3) Caracteristici specifice elementelor din lemn:
 - a) dimensiunile elementelor, distanțele între axe (la planșee), imperfecțiuni de așezare;
 - b) modul și lungimea de rezemare, relația elementelor de lemn cu alte elemente structurale și arhitecturale (ex.: coșuri, lucarne, frontoane etc.);
 - c) tipurile de îmbinare – în noduri și de prelungire – inițiale sau ulterioare;
 - d) tipul și dimensiunile prinderilor/rezemărilor (la planșee și șarpante);
 - e) specia și esența lemnului;
 - f) starea de conservare a lemnului din punct de vedere mecanic și biologic (gradul de umiditate, starea de fisurare etc.);
 - g) confecții și materiale, echipamente în șarpante;

V.5.2. Încercări *in situ* și în laborator

- (1) Încercări pe elemente:
 - a) Încercarea în laborator a eșantioanelor (carote, cărămizi, mortar, epruvete metalice etc.) extrase din structură.
 - b) Teste nedistructive/puțin distructive executate *in situ*.
- (2) Încercări pe ansamblul clădirii:
 - a) Determinarea caracteristicilor dinamice proprii ale structurii.
 - b) Încercarea *in situ* a unor elemente structurale (planșee, grinzi, scări etc.).
- (3) Pentru evaluarea prin calcul este necesar să se determine curbele de efort unitar-deformație specifică ale principalelor materiale:
 - a) elemente pentru zidărie și mortar (compresiune, forfecare);
 - b) zidărie cu elemente ceramice și din piatră;
 - c) lemn;
 - d) oțel și fontă (curba σ - ϵ numai dacă elementele sunt realizate înainte de 1900);
 - e) teren de fundare.

V.5.3. Detalii semnificative pentru toate construcțiile cu valoare culturală

- (1) Detalii privind intervenții în timp asupra construcției:
 - a) modificarea poziției și/sau dimensiunilor gurilor din pereții structurali; de exemplu, modificarea deschiderii și/sau a înălțimii gurilor, desființarea totală sau parțială a buiandrugilor sau arcelor etc.;
 - b) supraetajarea: diferențe ale materialelor și tehnicilor constructive, diferențe stilistice și de detalii în ceea ce privește arhitectura;
 - c) crearea de goluri noi;
 - d) desființarea de goluri: umpluturi din zidărie/alte materiale cu/fără țesere;
 - e) extinderi ale suprafeței construite: rosturi verticale între pereții adiacenți, diferențe ale materialelor și tehnicilor constructive, diferențe stilistice și de detalii în ceea ce privește arhitectura, diferențe între alinierea și grosimea zidurilor;
 - f) spargerea șlițurilor orizontale și verticale pentru instalații.



(a)

(b)

(c)

Fig. V.1. Intervenții asupra construcțiilor istorice:

(a) Supraînălțarea pereților; (b) Modificarea gurilor; (c) Umplerea necontrolată a gurilor.

- (2) Detalii privind alcătuirea elementelor structurale/nestructurale, cu vulnerabilitate seismică ridicată (care prezintă pericol de pierdere a echilibrului/prăbușire):
- elemente majore de zidărie situate la ultimul nivel (pod/mansardă), ancorate și/sau neancorate: frontoane, timpane, calcane;
 - elemente minore de zidărie situate pe fațade (parapete, elemente decorative) sau la nivelul acoperișului (atice, coșuri de fum și de ventilație).
- (3) Referitor la condițiile de teren se colectează următoarele date:
- topografia amplasamentului: teren plan, în pantă (stabilitatea versantului), teren inundabil;
 - natura terenului de fundare: normal, cu sensibilități (argile sensibile la umezire sau cu contracții și umflări mari, nisip lichifiabil), sol agresiv față de materialele de construcție;
 - nivelul apei freactice (permanent, fluctuant) și nivelul de agresivitate al acesteia;
 - existența/lipsa rețelelor edilitare (apă/canalizare) cu/fără pierderi de apă.

V.5.4. Detalii semnificative pentru clădiri laice

V.5.4.1. Detalii semnificative privind structurile verticale din zidărie

- (1) Se identifică principalele date privind geometria structurilor din zidăriei:
- poziționarea în plan și dimensiunile pereților structurali;
 - continuitatea pe verticală a pereților structurali (prezența *etajelor slabe*);
 - poziționarea și dimensiunile în plan și în elevație ale golurilor (uși, ferestre);
 - poziționarea în plan și în elevație a elementelor structurale din zidărie care generează împingeri (arce, bolți, cupole) cu indicarea tipologiei și a principalelor dimensiuni (formă, grosime) precum și a elementelor care pot prelua împingerile (contraforți);
 - pozițiile și dimensiunile buiandrugilor, tiranților.
- (2) În măsura în care sunt accesibile se colectează și următoarele date privind detaliile constructive specifice structurilor din zidărie:
- tipul și calitatea legăturilor între pereți la colțuri, ramificații și intersecții (ex.: zidărie în trei straturi);
 - tipul și calitatea legăturilor între planșee și pereți:
 - existența/lipsa centurilor la nivelul planșeului;
 - existența/lipsa ancorelor și a tiranților;
 - existența zonelor de zidărie slăbite de nișe, coșuri de fum, șlițuri etc.

V.5.4.2. Detalii semnificative privind planșeele și acoperișul

- (1) Se colectează următoarele date privind alcătuirea planșeelor:
- materialele (lemn, oțel, beton armat) cu identificarea esențelor (în cazul planșeelor din lemn) și a laminatelor din oțel (șină CF, profiluri standard);
 - geometria planșeului (orientarea elementelor principale de planșeu, distanțele între acestea);
 - dimensiunile elementelor principale și secundare;
 - detaliile constructive ale rezemărilor/prinderilor pe pereții structurali;
 - existența planșeelor parțiale sau cu goluri mari.

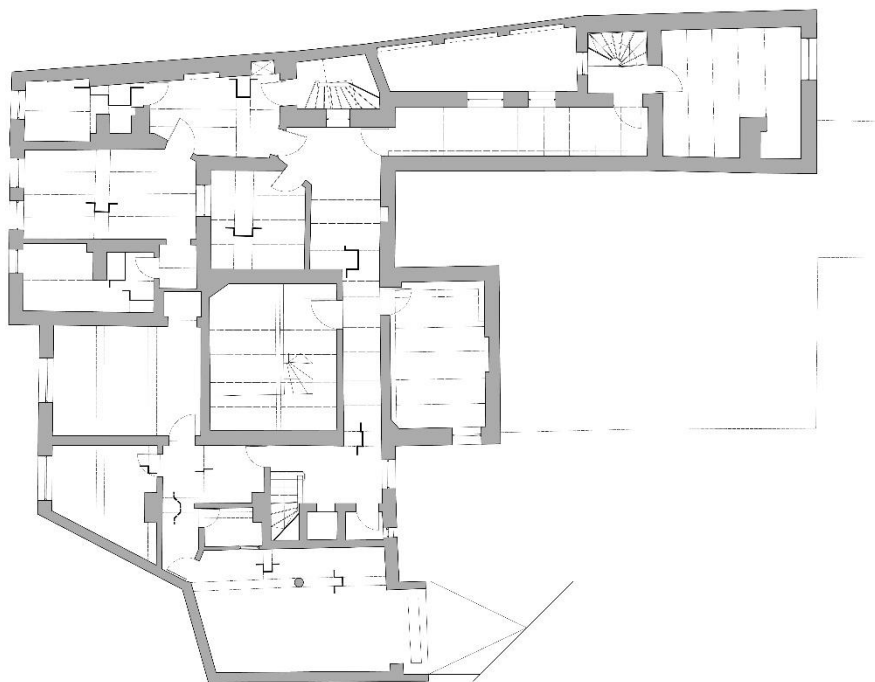


Fig. V.2. Releveul subsolului unei clădiri cu planșee din beton armat și din bolțișoare de cărămidă.

- (2) Se colectează următoarele date privind alcătuirea acoperișurilor:
- geometria acoperișului: plan, cu una, două sau mai multe pante;
 - materialul învelitoarei: elemente ceramice (țiglă sau olane), tablă, lemn (șindrilă, șiță, draniță, scândură), eternit (cu sau fără azbest);
 - alcătuirea șarpantei: sistemul structural adoptat (cu sau fără împingeri orizontale, pe ferme și sisteme de rigidizare longitudinală, structuri spațiale propriu-zise), materialul (lemn ecarisat sau rotund, metal) și materiale de fixare, legătură etc.

V.5.4.3. Detalii semnificative privind infrastructura, fundațiile și terenul de fundare

- (1) Se colectează următoarele detalii semnificative privind alcătuirea infrastructurii și fundațiilor:
- existența/lipsa subsolului, suprafața ocupată: subsol parțial/general;
 - materialele pereților subsolului: zidărie de piatră și/sau cărămidă, beton simplu, beton armat, soluții mixte;
 - alcătuirea planșeului peste subsol: planșeu drept (cu grinzi metalice și bolțișoare de cărămidă, cu grinzi metalice și beton, cu grinzi și podină din lemn, cu grinzi de lemn alăturate, din beton armat), bolți din zidărie (bolți semi-cilindrice cu/fără arce dublou, cu pandantive și cupolă/cupole, bolți *á vella* etc.);
 - adâncimea de fundare;
 - materialele din care sunt alcătuite fundațiile: zidărie de piatră și/sau cărămidă, beton simplu, beton armat, soluții mixte;
 - existența/lipsa hidroizolațiilor verticale/orizontale.
- (2) Informațiile menționate la **alin. (1)** se obțin prin investigații specifice:
- dezveliri locale ale fundațiilor cu supraveghere arheologică;
 - teste penetrometrice/sondaje electrice verticale;
 - sondaje geotehnice;
 - studii speciale privind stabilitatea taluzului (în cazul construcțiilor așezate pe teren în pantă).

V.5.5. Detalii semnificative pentru clădiri de cult și alte construcții (care nu sunt clădiri)

- (1) Se colectează informații privind elementele structurale ale corpului principal al construcției precum tipul și localizarea materialelor acestora:

- zidărie din cărămidă de argilă arsă și mortar de var la pereți, coloane, arce, bolți și fundații; calitatea și gradul de prelucrare a cărămizilor;
- zidărie din piatră, cu sau fără mortar, cu dimensiuni/forme variabile și cu grade diferite de prelucrare (brută, fasonată) la pereți, fundații;
- zidărie mixtă (cărămidă și piatră);
- elemente liniare din piatră la stâlpi, buiandrugi;
- lemn la pereți, la șarpante, la structura turelor/clopotnițelor, tiranți;
- metal la structura verticală a pereților (în special construcții industriale), la șarpante, la tiranții bolților și arcelor.

V.6. Date privind componentele cu valoare culturală/artistică

- (1) Identificarea detaliilor semnificative pentru componentele cu valoare culturală/artistică se face de către specialiști evaluatori/restauratori pe baza metodologiilor specifice.
- (2) În completarea detaliilor de la **alin. (1)** expertul tehnic trebuie să identifice relația componentelor cu valoare culturală/artistică cu elementele structurale și nestructurale ale construcției istorice expertizate (legături rigide/semirigide, elemente de suspendare etc.).

V.7. Date privind starea de afectare fizică a construcției (elemente structurale și nestructurale, componente cu valoare culturală/artistică)

- (1) Se colectează informații privind integritatea/starea de afectare a tuturor categoriilor de componente ale construcției:
 - a) elementele structurale;
 - b) elementele nestructurale;
 - c) componentele cu valoare culturală/artistică.
- (2) Cercetarea stării de afectare fizică/avariere a construcției implică parcurgerea următoarelor etape:
 - a) identificarea și examinarea vizuală a sistemului structural original și a celui actual (dacă s-au produs modificări în timp);
 - b) identificarea și localizarea unor eventuale defecte majore provenite din:
 - alcătuirea inițială a clădirii: defecte de concepție, detalii constructive necorespunzătoare, defecte de execuție (dacă sunt vizibile);
 - intervențiile suferite de construcție în decursul timpului: supraetajare, modificarea fațadelor, demolare parțială etc.;
 - utilizarea/exploatare necorespunzătoare;
 - lipsa lucrărilor de întreținere.
 - c) identificarea și localizarea avariilor existente în elementele structurale și nestructurale pentru a se obține o imagine generală a nivelului de extindere a avariilor și a caracterului acestora;
 - d) cercetarea și localizarea, prin relevee, a nivelului și extinderii degradărilor materialelor de construcție datorate acțiunilor agenților fizici, chimici și biologici din mediul înconjurător, natural sau antropoc (biodegradarea lemnului, coroziunea elementelor metalice – naturală sau datorită mediului industrial – igrasia zidăriei etc.). Aceste aspecte sunt prezentate în detaliu în **Anexa C** pentru construcțiile din zidărie;
 - e) monitorizarea prin intermediul procedeelelor simple trebuie să fie considerată ca măsură de detectare a posibilelor avarii/degradări active care cer o acțiune imediată. Monitorizarea în timpul expertizării preliminare sau a demarării acesteia contribuie la planificarea monitorizărilor ulterioare, de pe parcursul expertizării detaliate precum și la finalizarea expertizei.
Monitorizarea se va efectua pentru a îmbunătăți înțelegerea comportării structurii portante de-a lungul timpului. Trebuie înregistrați atât parametrii structurali cât și cei de mediu pentru a corela cauzele cu efectele avariilor.
- (3) Datele privind afectarea fizică (avarierea) construcțiilor, identificate așa cum se arată în cele ce urmează vor fi consemnate în **releveul avariilor (Fig. V.3.)**.

- (4) Avariile identificate vor fi detaliate, după caz, prin informații suplimentare relevante (deschiderea fisurii/crăpăturii, deplasarea de la verticală/inclinarea, înălțimea zonei afectate de infiltrații ale apelor pluviale, de capilaritate sau de condens).

Degradări, avarii și intervenții la pereții subsolului

C - crăpături

F - fisuri

F+C - fisuri și crăpături

G - goluri sparte în arce

GU - goluri umplute

GS - goluri nou realizate

SZ - subzidire

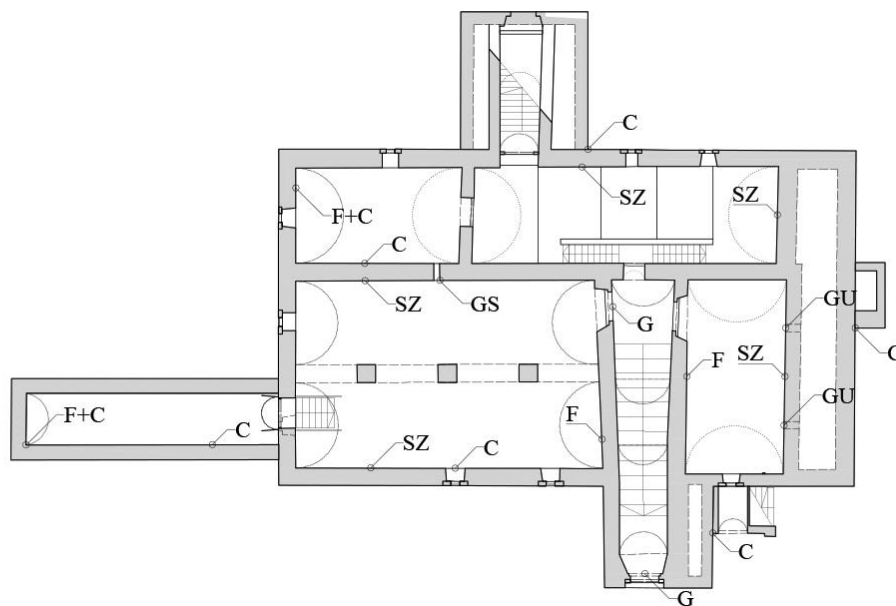


Fig. V.3. Releveu cu indicarea degradărilor, avariilor și intervențiilor.

V.7.1. Date privind afectarea/avarierea construcției din cauze neseismice

- (1) În cursul existenței lor, cele mai multe **construcții cu valoare culturală** au suferit avarii mai mult sau mai puțin grave care provin din:
- cedarea terenului de fundare (tasare uniformă/neuniformă, acțiuni ale apelor pluviale sau modificări ale nivelului/traseului pânzei freatice);
 - efectul împingerilor echilibrate/neechilibrate date de șarpante, arce, bolți, cupole;
 - deteriorarea planșeelor din încărcări verticale (ruperi locale, deformații excesive, vibrații);
 - intervenții necontrolate (umplerea golurilor, spargeri pentru treceri de conducte etc.), desfaceri, îndepărtări ale unor elemente sau subansambluri structurale.
 - acțiunea factorilor climatici, biologici sau chimici.

V.7.2. Date privind afectarea/avarierea construcției din acțiuni seismice

- (1) Avarierea de ansamblu se produce sub efectul acțiunii seismice care poate avea orice direcție în raport cu direcțiile principale ale construcției.
- (2) Se consemnează următoarele categorii de date privind a afectarea/avarierea seismică a construcției:
- identificarea și descrierea stării de avariere, prin clasificarea fisurilor/crăpăturilor pe baza tipologiei și severității specifice (separare, rotire, lunecare, ieșire din plan);
 - identificarea deformațiilor aparente: ieșire din plan vertical, umflare, deformare a bolților etc.;
 - identificarea elementelor structurale cu cedări, ruperi și distrugerea elementelor de conexiune sau ancorare.
- (3) Clasificarea în detaliu a stării de afectare a subansamblurilor structurale verticale și orizontale ale clădirilor etajate este dată la **paragraful VI.5.1.**

CAPITOLUL VI

VI. EVALUAREA CALITATIVĂ A SIGURANȚEI STRUCTURALE DISPONIBILE A CONSTRUCȚIILOR CU VALOARE CULTURALĂ

- (1) Aspecte specifice construcțiilor cu valoare culturală sunt date și în **Anexa D** pentru legătura cu evaluarea analitică prin calcul.
- (2) Evaluarea calitativă a siguranței structurale disponibile a **construcțiilor cu valoare culturală** se referă la:
 - a) evaluarea construcției (infra- și suprastructura, componentele nestructurale, terenul de fundare);
 - b) evaluarea componentelor cu valoare culturală/artistică atașate sau aflate în construcții.
- (3) Evaluarea calitativă a construcției se face de către experți/specialiști atestați conform reglementărilor în vigoare, folosind prevederile prezentei reglementări și ale reglementărilor conexe.
- (4) Evaluarea calitativă a componentelor cu valoare culturală/artistică se face de către experți sau specialiști restauratori atestați, folosind concepte și proceduri specifice domeniilor respective.
- (5) Evaluarea calitativă se face în raport cu valorile culturale (istorice, arhitecturale, artistice, memoriale etc.) deținute de construcția analizată, protejarea acestora fiind unul dintre scopurile principale ale proiectului de intervenție.
- (6) Evaluarea calitativă a construcției se bazează pe informațiile colectate conform **Capitolului V** din această reglementare și are în vedere tipologia avarierii construcțiilor cu valoare culturală descrisă în **Anexa B**.

VI.1. Obiectivele evaluării calitative a siguranței disponibile a construcției

- (1) Evaluarea calitativă examinează starea construcției în momentul expertizării din punct de vedere al:
 - a) alcătuirii constructive și calității execuției;
 - b) intervențiilor necontrolate în timp;
 - c) stării de degradare în timp a materialelor de construcție;
 - d) efectelor cumulate ale cutremurelor succesive.
- (2) Evaluarea calitativă se desfășoară de regulă în două etape în funcție de complexitatea informațiilor folosite:
 - a) evaluare calitativă **preliminară** – pentru metodologia de nivel 1;
 - b) evaluare calitativă **detaliată** – pentru metodologiile de nivel 2 și 3.

VI.2. Evaluarea calitativă a concepției inițiale a construcției

- (1) În principal, evaluarea calitativă trebuie să răspundă (prin da sau nu) următoarelor condiții care provin din concepția generală inițială a construcției și care influențează decisiv comportarea construcției pentru **ambele** situații de proiectare (vezi **Capitolul III.1**):
 - a) condiții privind traseul încărcărilor existența/absența unui sistem structural continuu care să asigure transferul eforturilor până la terenul de fundare;
 - b) condiții privind redundanța;
 - c) există/nu există pericolul ca ruperea unuia/mai multor elemente ale structurii să conducă la pierderea stabilității generale sau parțiale (de exemplu, numai la un nivel);
 - d) condiții privind configurația clădirii:
 - lipsa/existența abaterilor de la condițiile geometrice de compactitate, simetrie și regularitate;
 - lipsa/existența elementelor structurale care generează împingeri laterale;
 - lipsa/existența discontinuităților în distribuția rigidității și a rezistenței la forțe laterale (*etaje slabe*).Aceste condiții se verifică, separat, în plan și pe verticală.
 - e) condiții pentru planșeele și învelitoarea clădirilor:
 - planșee cu/fără rigiditate semnificativă în plan orizontal;
 - planșee complete/parțiale;
 - șarpanta cu/fără împingeri;
 - învelitoare grea/ușoară;
 - f) condiții privind sub infrastructura și terenul de fundare:

- teren de fundare normal/difil;il;
- s-au produs/nu s-au produs tasări cu efecte vizibile în elementele substructurii și teren;
- teren plan/în pantă (stabil/cu risc de alunecare).

VI.3. Evaluarea calitativă a efectelor intervențiilor în timp asupra construcției

- (1) Având în vedere vechimea construcțiilor istorice, analiza calitativă trebuie să examineze dacă s-au efectuat sau nu s-au efectuat următoarele categorii de lucrări de intervenție asupra construcției (lista nu este exhaustivă):
 - a) supraetajarea totală/parțială;
 - b) extinderea suprafeței ocupate la sol;
 - c) dezafectarea parțială/totală/reconstrucție;
 - d) modificarea poziției și/sau dimensiunilor golurilor din pereții structurali;
 - e) crearea de goluri noi în pereți structurali;
 - f) desființarea de goluri în pereți structurali: umpluturi din zidărie/alte materiale cu/fără țesere;
 - g) spargerea pereților structurali pentru realizarea golurilor și/sau a șlițurilor orizontale și verticale pentru instalații.
- (2) Expertul tehnic va aprecia severitatea efectelor acestor intervenții asupra siguranței disponibile a construcției în funcție de:
 - a) consecințele în ceea ce privește integritatea fizică a construcției care s-au produs în timp;
 - b) consecințele probabile în cazul exploatării normale și/sau în cazul acțiunii unui cutremur de intensitate semnificativă (cu $IMR \geq 40$ de ani).

VI.4. Evaluarea calitativă a degradării în timp a proprietăților materialelor de construcție

- (1) Evaluarea trebuie să constate în ce măsură integritatea fizică a materialelor din care sunt realizate structura și componentele nestructurale a fost afectată pe durata de exploatare a construcției și să aprecieze severitatea degradării.
Notă. La cercetarea construcției trebuie să se aibă în vedere că degradările pot fi ascunse sub finisaje bine întreținute.
- (2) Evaluarea calitativă trebuie să identifice degradarea fizică a materialelor de construcție produsă, în timp, datorită următoarelor cauze:
 - a) efectele negative ale condițiilor de mediu înconjurător (natural/antropic);
 - b) defectele de alcătuire constructivă de detaliu/lipsa protecției;
 - c) lipsa lucrărilor de întreținere și reparații curente.
- (3) Expertul tehnic va cerceta și va aprecia în general și în detaliu, pe baza investigațiilor întreprinse și cumulând concluziile diverșilor experți/specialiști implicați, severitatea degradărilor materialelor de construcție și de finisaj.

VI.5. Evaluarea calitativă a stării de avariere structurală și a componentelor nestructurale

VI.5.1. Afectarea integrității fizice a pereților din zidărie din solicitări statice și seismice

- (1) Verificările stabilite în acest paragraf se fac prin examinare vizuală. Aprecierile severității afectării integrității fizice enumerate în continuare sunt aplicabile tuturor pereților din zidărie indiferent de funcțiunea și de alcătuirea arhitectural-structurală ale construcției din care aceștia fac parte.
- (2) Pentru caracterizarea calitativă a stării construcției, este necesar în primul rând ca expertul să încadreze formele de afectare a integrității fizice a pereților din zidărie produsă de acțiuni mecanice statice sau seismice în funcție de severitate într-una dintre următoarele categorii:
 - a) degradări;
 - b) avarii.

- (3) În cazul în care aceste manifestări afectează componente cu valoare culturală/artistică, intervențiile trebuie făcute cu deosebită atenție, astfel încât pierderile materialelor autentice să fie minime. În această situație sunt necesare investigații și soluții propuse de un expert/specialist restaurator atestat de MCIN în domeniul vizat (restaurare pictură murală, restaurare pictură pe lemn, restaurare metal, restaurare piatră, restaurare stucatură sau ceramică etc.).
- (4) În prezenta reglementare sunt denumite **degradări** următoarele forme de afectare a integrității fizice a pereților structurali și nestructurali din zidărie:
- fisurarea, desprinderea, ruperea placajelor, finisajelor, decorațiilor pereților, plafoanelor și fațadelor.
 - rețele de fisuri în tencuială, difuze, dese și neregulate cu deschidere $\leq 2\text{mm}$;
 - fisuri izolate cu deschidere mică ($1\div 2\text{ mm}$), nestrăpunse, în zidăria elementelor structurale;
 - fisuri străpunse cu deschidere mare (orientativ $\geq 3\text{ mm}$) în pereții nestructurali.
- (5) În prezenta reglementare sunt denumite **avarii** următoarele forme de afectare a integrității fizice a pereților structurali și nestructurali din zidărie:
- fisuri cu deschidere foarte mare – orientativ peste 10 mm (crăpături, dislocări) $\div 20\text{ mm}$ (grosimea rosturilor);
 - lunecări sau prăbușiri parțiale ale unor elemente de construcție;
 - deteriorarea legăturilor între diferite părți de construcție;
 - deformații remanente cu valori mai mari decât cele admise;
 - fisuri, înclinate sau în „X”, mai ales la pereții paraleli cu grinzile (neîncărcați de planșeu);
 - fisuri la capetele buiandrugilor ancorați pe lungime mică în zidărie;
 - fisuri verticale de desprindere la intersecțiile pereților nețesuți.
- (6) Avariile specifice care sunt produse de pierderea parțială sau completă a stabilității se încadrează în categoria denumită **prăbușiri parțiale potențiale** sau **prăbușiri efective**, și constau în:
- ieșirea din planul vertical a unor pereți de contur;
 - căderea frontoanelor/calcanelor înalte.
- (7) Caracterizarea orientativă a severității afectării pereților structurali din zidărie nearmată (ZNA) folosită în prezenta reglementare pentru stabilirea/formularea concluziilor analizei calitative este următoarea:
- Afectarea **nesemnificativă** include una sau mai multe dintre următoarele forme de avariere:
 - Pereți plini:
 - fisuri orizontale foarte subțiri în rosturile de la bază;
 - posibile fisuri diagonale și desprinderi minore la bază;
 - Spaleți între goluri:
 - fisuri foarte subțiri/mortar sfărâmat în rosturile orizontale de la extremități; fisuri cu traseu discontinuu, foarte subțiri/mortar sfărâmat în rosturile orizontale și verticale (fără deplasări); fisuri diagonale subțiri în cărămizi în $< 5\%$ din asize.
 - Afectarea **moderată** include una sau mai multe dintre următoarele forme de avariere:
 - Pereți plini:
 - fisuri orizontale/mortar desprins la bază și în apropierea acesteia; deplasări ($< 5\div 6\text{ mm}$) în planul de fisurare;
 - posibile fisuri înclinate care pornesc de la bază și se extind pe câteva rânduri de cărămidă;
 - posibile fisuri înclinate în zonele superioare (inclusiv prin cărămizi);
 - Spaleți între goluri:
 - fisuri foarte subțiri/mortar sfărâmat în rosturile orizontale de la extremități și uneori și în alte rosturi apropiate de extremități;
 - fisuri orizontale și sfărâmarea mortarului cu deplasarea în plan în lungul fisurii și deschiderea rosturilor verticale ($< 5\div 6\text{ mm}$); rupere în scară cu $< 5\%$ din asize cu crăpături în cărămizi;
 - fisuri diagonale ($< 5\div 6\text{ mm}$), cele mai multe prin cărămizi care ajung la colțuri sau în apropierea acestora, dar fără să se producă zdrobirea zidăriei.
 - Afectarea **gravă** include una sau mai multe dintre următoarele forme de avariere:
 - Pereți plini:
 - fisuri în rostul orizontal, la bază, $< 10\div 20\text{ mm}$;
 - fisuri înclinate extinse pe mai multe asize;

- posibile fisuri înclinate cu deschideri $< 10\div 20$ mm în partea superioară;
- Spaleți între goluri:
 - fisuri subțiri/mortar sfărâmat în rosturile orizontale de la extremități;
 - uneori fisuri subțiri/mortar sfărâmat și în alte rosturi orizontale apropiate de extremități;
 - posibil, ieșirea din plan sau deplasări în plan (sus/jos);
 - cărămizi zdrobite la colțuri;
 - fisuri orizontale și sfărâmarea mortarului cu deplasarea în plan în lungul fisurii și deschiderea rosturilor verticale ($< 10\div 20$ mm); rupere în scară cu $>5\%$ din asize cu crăpături în cărămizi;
 - fisuri diagonale (>6 mm), majoritatea prin cărămizi; câteva zone zdrobite la colțuri și/sau deplasări mici în lungul sau perpendicular pe planul de fisurare.
- d) Afectarea **foarte gravă** include una sau mai multe dintre următoarele forme de avariere:
 - Pereți plini:
 - risc de pierdere a capacității portante pentru încărcări verticale;
 - deplasări în scară importante (ex.: unele cărămizi au lunecat de pe cele pe care erau zidite, pe o distanță mai mare decât o înălțime de cărămidă);
 - secțiunea de la baza peretelui a început să se dezintegreze la extremități;
 - deplasări laterale mari (în unele zone de margine zidăria a început să cadă).
 - Spaleți între goluri:
 - risc de pierdere a capacității portante pentru încărcări verticale;
 - deplasări semnificative în plan și/sau perpendicular pe plan;
 - zdrobirea extinsă a cărămidizilor la colțuri;
 - deplasări în scară mari (unele cărămizi au căzut de pe cele inferioare);
 - ruperea verticală a cărămidizilor în majoritatea asizelor;
 - deplasări laterale mari, în zonele de margine zidăria a început să cadă;
 - deplasări și rotiri importante în lungul planului de fisurare.

- (8) Pentru cuantificarea efectelor avariilor subansamblurilor structurale verticale asupra siguranței construcției (prin factorul R_2^v) se poate utiliza, orientativ, următoarea scară de valori din **Tabelul VI.1.**:

Tabelul VI.1. Valori ale factorului pentru cuantificarea efectelor avariilor subansamblurilor structurale verticale.

Categorii avariilor			
Nesemnificative	Moderate	Grave	Foarte grave
$R_2^v = 0,70$	$R_2^v = 0,55$	$R_2^v = 0,40$	$R_2^v = 0,25$

VI.5.2. Afectarea integrității fizice a subansamblurilor structurale orizontale

- (1) Caracterizarea orientativă a severității afectării planșeelor cu grinzi și podină din lemn:
- a) afectare **nesemnificativă**: fisuri izolate în tavan, paralele cu grinzile;
 - b) afectare **moderată**: fisuri numeroase tavan, paralele cu grinzile, însoțite de fisuri transversale izolate;
 - c) afectare **gravă**: separarea de perete la reazeme pentru un număr mic de grinzi;
 - d) afectare **foarte gravă**: separarea majorității grinzilor principale de pereți la reazeme. Căderea unor grinzi.
- (2) Caracterizarea orientativă a severității afectării planșeelor cu grinzi metalice și boltișoare de cărămidă:
- a) afectare **nesemnificativă**: fisuri izolate în bolți, paralele cu grinzile;
 - b) afectare **moderată**: fisuri numeroase în bolți, paralele cu grinzile, însoțite de fisuri transversale izolate;
 - c) afectare **gravă**: fisuri cu deschidere peste 1 mm în bolți, paralele cu grinzile și însoțite de multe fisuri transversale;
 - d) afectare **foarte gravă**: separarea parțială a grinzilor de zidăria bolților. Zdrobirea zidăriei elementelor verticale în zonele de reazem ale grinzilor metalice. Căderea bolților.
- (3) Caracterizarea orientativă a severității afectării bolților și cupolelor:
- a) afectare **nesemnificativă**: fisuri vizibile, cu deschidere până la 2 mm, la bolți sau cupole cu tiranți;
 - b) afectare **moderată**: fisuri vizibile, cu deschidere până la 2 mm, la bolți sau cupole fără tiranți.

- c) afectare **gravă**: fisuri cu deschidere peste 2 mm, la cheie și la reazemele pe elementele verticale, la bolți sau cupole cu tiranți;
- d) afectare **foarte gravă**: fisuri cu deschidere peste 20 mm, la cheie și la reazemele pe elementele verticale la bolți sau cupole fără tiranți. Fisuri cu deschideri mai mari (20 mm) ale elementelor verticale, la bază și la reazemul bolții, eventual cu zdrobirea zonei comprimate. Deformații remanente importante („coborârea” bolților) sau deplasarea laterală a reazemelor.
- (4) Pentru cuantificarea efectelor avariilor subansamblurilor structurale orizontale asupra siguranței construcției (prin factorul R_2^h) se poate utiliza, orientativ, următoarea scară de valori din **Tabelul VI.2.**:

Tabelul VI.2. Valori ale factorului pentru cuantificarea efectelor avariilor subansamblurilor structurale orizontale.

Categorია avariilor			
Nesemnificative	Moderate	Grave	Foarte grave
$R_2^h = 0,25$	$R_2^h = 0,20$	$R_2^h = 0,15$	$R_2^h = 0,10$

VI.6. Concluziile analizei calitative

- (1) În urma analizei calitative, expertul tehnic va formula concluziile privind siguranța construcției în funcție de severitatea **degradărilor** și **avariilor** identificate și clasificate conform **paragrafelor VI.2.-VI.5.** prin încadrarea într-unul din **gradele de afectare** definite, orientativ, după cum urmează:
- a) **Gradul 1.** Construcții cu **avarii nesemnificative**:
- fisuri mici în tencuiala pereților și tavanelor;
 - fisuri mari sau ruperea parțială a coșurilor, aticelor și calcanelor;
 - deplasări ale elementelor sau lunecarea parțială a acoperișului;
 - fisuri mici în elementele structurale care nu afectează capacitatea de rezistență și/sau rigiditatea ansamblului construcției.
- b) **Gradul 2.** Construcții cu **avarii moderate**:
- fisuri mici și mari, înclinate, verticale și orizontale în elementele structurale de zidărie;
 - prăbușiri de coșuri, atice sau calcane;
 - deplasări de pe reazeme ale grinzilor de planșeu;
 - deplasarea sau prăbușirea acoperișului.
- c) **Gradul 3.** Construcții cu **avarii grave**:
- fisuri foarte mari (crăpături) în pereții structurali însoțite de zdrobirea zidăriei în zonele comprimate;
 - deformații remanente ale elementelor structurale și ale întregii clădiri.
- d) **Gradul 4.** Construcții cu **avarii foarte grave**:
- elementele structurale și legăturile dintre acestea crăpate și dislocate;
 - un număr mare de elemente structurale rupte;
 - deplasări remanente mari ale ansamblului clădirii (tasări/înclinări de la verticală).
- (2) La clădirile cu avarii **foarte grave**, care necesită intervenții imediate pentru punerea în siguranță provizorie a clădirii și interzicerea accesului tuturor persoanelor, evaluarea preliminară nu mai este necesară și se trece direct la **evaluarea calitativă detaliată**, conform **paragraful VI.2.**
- (3) Privitor la componentele cu valoare culturală/artistică, analiza calitativă a stării de afectare se face de către specialiștii sau experții evaluatori/restauratori folosind procedee și criterii specifice fiecărui tip de componentă în parte.

VI.7. Metodologii de evaluare calitativă a siguranței structurale

VI.7.1. Metodologia de nivel 1

- (1) În metodologia de nivel 1, pentru evaluarea calitativă a stării generale de avariere a clădirilor etajate cu pereți structurali din zidărie se iau în considerare avariile caracteristice ale subansamblurilor structurale verticale și orizontale descrise la **paragraful VI.5.**

- (2) Pentru clădire în ansamblu, severitatea avariilor se cuantifică prin factorul $R_2 = R_2^v + R_2^h$ unde factorii parțiali R_2^v și R_2^h se iau din **Tabelele VI.1. și VI.2.** în funcție de severitatea avariilor respective.
 Exemplu: 1⁰ Clădire cu avarii **moderate** la subsansamblurile structurale verticale și avarii **grave** la subsansamblurile structurale orizontale $R_2^v = 0,55$ și $R_2^h = 0,15 \Rightarrow \boxed{R_2 = 0,70}$
 2⁰ Clădire cu avarii **grave** la subsansamblurile structurale verticale și avarii **grave** la subsansamblurile structurale orizontale $R_2^v = 0,40$ și $R_2^h = 0,15 \Rightarrow \boxed{R_2 = 0,55}$
- (3) Alternativ pot fi folosite și următoarele criterii de apreciere a severității avariilor la construcțiile din zidărie:
- clădirea în ansamblu este considerată **avariată grav** dacă numărul spaleților cu **avarii grave** reprezintă mai mult de 20÷25% din numărul total al spaleților pe una dintre direcțiile principale de la un etaj;
 - clădirea în ansamblu este considerată **avariată foarte grav** dacă numărul spaleților cu **avarii foarte grave** reprezintă mai mult de 10÷15% din numărul total al spaleților pe una dintre direcțiile principale de la un etaj.

VI.7.2. Metodologia de nivel 2 (standard) și de nivel 3 (avansată)

- (1) În metodologiile de nivel 2 și nivel 3 se face o **evaluare calitativă detaliată** care ține seama de:
- principiile de alcătuire constructivă favorabilă care, conform experienței cutremurelor trecute, au influențat favorabil comportarea seismică a clădirilor din zidărie (R_1);
 - ampluarea fenomenului de avariere din cauza cutremurului și/sau a altor acțiuni (R_2).
- (2) În mod practic, evaluarea **calitativă detaliată** din punct de vedere al **alcătuirii generale**, se face în raport cu următoarele criterii:
- Calitatea sistemului structural:
 - criterii de apreciere: eficiența conlucrării spațiale a elementelor structurii care depinde de natura și calitatea legăturilor între pereții de pe direcțiile ortogonale și a legăturilor între pereți și planșee, existența ariilor de zidărie aproximativ egale pe cele două direcții.
 - Calitatea zidăriei:
 - criterii de apreciere: calitatea elementelor, omogenitatea materialelor și a țeserii, regularitatea rosturilor, gradul de umplere cu mortar, existența unor zone extinse slăbite de șlițuri și/sau nișe etc.
 - Tipul planșeelor:
 - criterii de apreciere: rigiditatea planșeelor în plan orizontal și eficiența legăturilor cu pereții (capacitatea de a asigura compatibilitatea deformațiilor pereților structurali și de a împiedica răsturnarea pereților pentru forțe seismice perpendiculare pe plan).
 - Configurația în plan:
 - criterii de apreciere: compactitatea și simetria geometrică și structurală în plan, exprimate prin raportul între lungimile laturilor și prin dimensiunile retragerilor în plan, existența sau absența proeminențelor.
 - Configurația în elevație:
 - criterii de apreciere: uniformitatea geometrică și structurală în elevație exprimate prin absența/existența retragerilor etajelor succesive, existența unor proeminențe la ultimul nivel, discontinuități create de sporirea ariei golurilor din pereți la parter/la un nivel intermediar.
 - Distanțe între pereți:
 - criterii de apreciere: distanțele între pereții structurali, pe fiecare dintre direcțiile principale ale clădirii.
 - Elemente care dau împingeri laterale:
 - criterii de apreciere: existența arcelor, bolților, cupolelor, șarpantelor, cu/fără elemente care preiau/limitează efectele împingerilor.
 - Tipul terenului de fundare și al fundațiilor:
 - criterii de apreciere: natura terenului de fundare (normal/difil), capacitatea fundațiilor de a prelua și transmite terenului încărcările verticale, eforturile provenite din tasări diferențiate și din acțiunea cutremurului.
 - Interacțiuni posibile cu clădirile adiacente:
 - criterii de apreciere: existența/absența riscului de ciocnire cu clădirile alăturate (clădire izolată, clădire cu vecinătăți pe 1, 2, 3 laturi), înălțimile clădirilor vecine, existența riscului de cădere a unor componente ale clădirilor vecine.
 - Elemente nestructurale:

- criterii de apreciere: existența unor elemente de zidărie majore (calcane, frontoane, timpane), placaje grele, alte elemente decorative importante care prezintă risc de prăbușire.
- (3) Cuantificarea satisfacerii criteriilor menționate la (2) se face prin notare de către expertul tehnic pe scara 1 ÷ 10 unde nota maximă se acordă în măsura în care sunt satisfăcute cerințele din Codurile **CR6-2006** și **P 100-1/2013**.
- (4) Notarea se face prin apreciere, cu următorul punctaj:
- a) criteriul este îndeplinit 10 (punctaj maxim)
 - b) neîndeplinire minoră 8÷10
 - c) neîndeplinire moderată 4÷8
 - d) neîndeplinire majoră 0÷4
- (5) Factorul R_1 se obține prin împărțirea sumei notelor acordate pentru fiecare din cele 10 criterii la punctajul maxim posibil (100).
Exemplu de notare pentru criteriul 1:
- clădire cu planșee de beton armat → 10
 - clădire cu planșee de lemn și centuri de beton armat sau tiranți din oțel la toate nivelurile → 8÷10
 - clădire cu planșee din lemn, fără centuri/tiranți, cu zidurile perpendiculare bine țesute → 4÷8
 - clădire cu planșee din lemn, fără centuri/tiranți, cu legături slabe/nețesute între ziduri → 0÷4
- (6) Efectul *stării de avariere* se cuantifică în funcție de severitatea avariilor subansamblurilor structurale verticale și orizontale asociată cu suprafețele pe care se extind aceste avarii, potrivit **Tablelului VI.3.**:

Tablelul VI.3. Valori ale factorului R_2 în funcție de suprafața afectată.

Categoria avariilor	Elemente verticale (A_v)			Elemente orizontale (A_h)		
	Suprafața afectată			Suprafața afectată		
	$\leq 1/3$	$1/3 \div 2/3$	$> 2/3$	$\leq 1/3$	$1/3 \div 2/3$	$> 2/3$
Nesemnificative	0,80	0,70	0,60	0,30	0,25	0,20
Moderate	0,65	0,55	0,45	0,25	0,20	0,15
Grave	0,50	0,40	0,30	0,20	0,15	0,10
Foarte grave	0,35	0,25	0,15	0,15	0,10	0,05

Exemplu:

- Subansambluri *verticale*: avarii *foarte grave* pe 40% din suprafață → $R_2^v = 0,25$
- Subansambluri *orizontale*: avarii *grave* pe 25% din suprafață → $R_2^h = 0,20$
- Pentru ansamblul clădirii ⇒ $R_2 = 0,25 + 0,20 = 0,45$

Cele două ansambluri de valori R_1 și R_2 care sunt mărimi epistemice, se transformă în coeficienți parțiali de siguranță, pe principiile de modelare probabilistică prin intermediul dispersiilor sau pătratul abaterii standard.

R_1		
Puncte	Valoare nominală	Coefficient parțial R_1
100	1	1,05
75	0,75	
50	0,50	1,10
25	0,25	1,15
0	0	

R_2		
Puncte	Valoare nominală	Coefficient parțial R_2
100	1	1,10
75	0,75	
50	0,50	1,15
25	0,25	1,20
0	0	

Notă: coeficienții parțiali pentru R_1 și R_2 țin seama numai de incertitudinile epistemice date de modelările prin calcul și stările de degradare, avariere la evaluarea coeficientului global R_{global} .

A se consulta și **Anexa D** a prezentei reglementări pentru folosirea coeficienților parțiali R_1 și R_2 .

CAPITOLUL VII

VII. EVALUAREA ANALITICĂ PRIN CALCUL A SIGURANȚEI CONSTRUCȚIILOR CU VALOARE CULTURALĂ

- (1) Aspecte specifice construcțiilor cu valoare culturală sunt discutate în completarea prezentului capitol, în **Anexa D**.

VII.1. Generalități

- (1) Evaluarea analitică (prin *calcul*) este un procedeu *cantitativ* prin care se verifică măsura în care construcția existentă, degradată sau nu, satisface cerințele stărilor limită asociate obiectivelor de performanță considerate pentru solicitările din gruparea persistentă de proiectare și pentru acțiunea seismică de calcul specificată.
- (2) Evaluarea prin calcul este instrumentul principal pentru stabilirea vulnerabilității construcțiilor cu valoare culturală la acțiuni neseismice și seismice.
- (3) Evaluarea prin calcul a siguranței disponibile a construcției se face de către *ingineri - experți tehnici atestați* conform legislației în vigoare, pentru categoria respectivă de construcții.
- (4) Evaluarea analitică implică parcurgerea următoarelor etape:
- modelarea structurii în vederea calculelor (folosind caracteristicile materialelor stabilite conform particularităților fiecărui material);
 - evaluarea încărcărilor, a forțelor seismice și a combinațiilor relevante de încărcări;
 - stabilirea metodei de calcul în funcție de alcătuirea construcției existente și de scopul urmărit prin evaluarea respectivă;
 - verificarea elementelor structurii din punct de vedere al stabilității, rezistenței, rigidității și ductilității.
- (5) Evaluarea siguranței seismice a construcțiilor cu valoare culturală se face considerând acțiunea seismică aplicată succesiv pe ambele direcții principale ale clădirii.
- (6) Evaluarea siguranței seismice a construcției se face în raport cu mecanismele de cedare care se produc, de regulă, sub acțiunea cutremurului:
- Cedare de ansamblu** care se produce ca urmare a acțiunii cutremurului în planul subansamblurilor structurale verticale (pereți plini sau cu goluri de uși/ferestre).
 - Cedare locală** care se produce, de regulă, ca urmare a acțiunii cutremurului perpendicular pe subansamblurile structurale verticale.
- Notă.** În fapt cele două mecanisme interacționează, tratarea lor separată fiind folosită din considerente metodologice.
- (7) Ca urmare a existenței celor două mecanisme de cedare, siguranța fiecărui subansamblu structural vertical se verifică separat pentru:
- Efectele acțiunii seismice în plan: compresiune excentrică și forfecare;
 - Efectele acțiunii seismice perpendicular pe plan: încovoiere perpendicular pe plan.

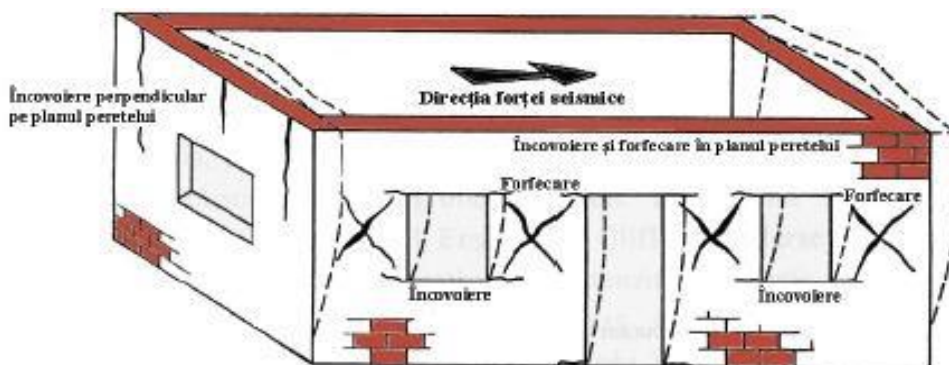


Fig. VII.1. Efectul acțiunii seismice asupra unei clădiri simple.

VII.2. Calculul siguranței în raport cu mecanismul de cedare de ansamblu

VII.2.1. Modelarea structurilor pentru proiectare

- (1) Modelul de calcul structural trebuie să îndeplinească simultan următoarele condiții:
 - a) să reflecte cât mai exact proprietățile de ansamblu ale structurii; complexitatea modelului ales trebuie să fie corelată cu gradul de complexitate al structurii;
 - b) să fie adecvat proprietăților specifice ale materialelor constitutive ale structurii;
 - c) să furnizeze informațiile necesare pentru a judeca măsura în care obiectivele de performanță structurală stabilite prin tema de proiectare sunt satisfăcute.

VII.2.1.1. Modelarea clădirilor laice

- (1) Prima fază a alcătuirii modelului de calcul al clădirilor etajate constă în:
 - a) identificarea subansamblurilor structurale verticale (pereți plini și/sau cu goluri) dispuse pe fiecare direcție de acțiune a cutremurului (de regulă direcțiile principale ale clădirii);

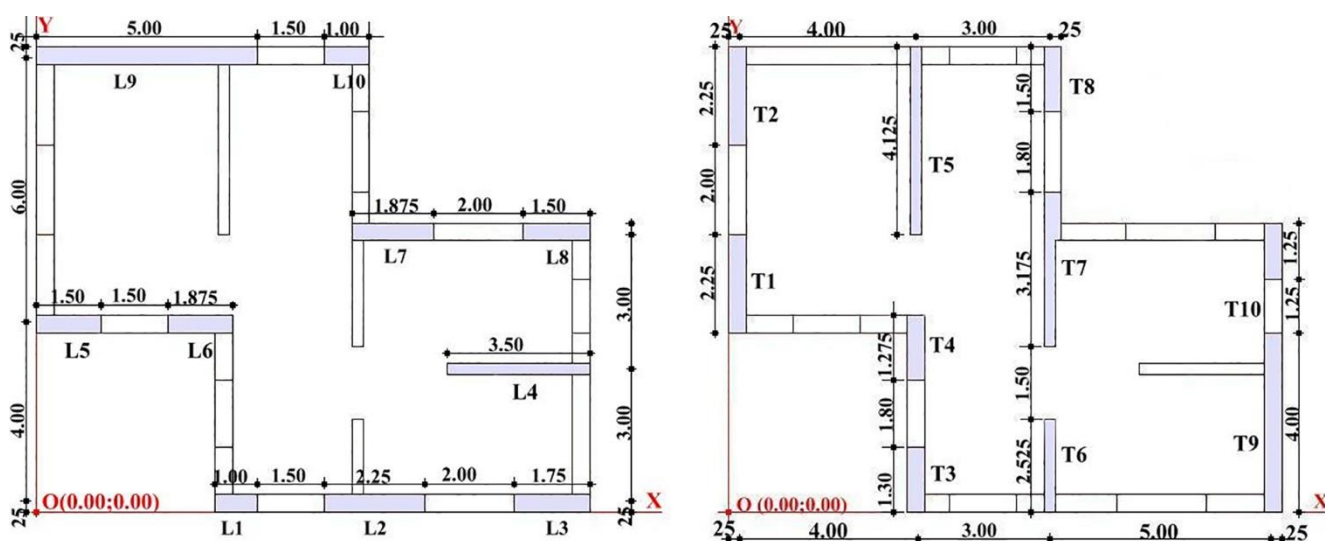


Fig. VII.2. Identificarea pereților „activi” pe direcțiile semnificative (longitudinali/transversali).

- b) identificarea caracteristicilor de rigiditate în plan orizontal ale planșeelor:
 - perfect rigide (indeformabile);
 - cu rigiditate nesemnificativă (deformabile).
- (2) Modelarea subansamblurilor structurale verticale se face după cum urmează:
 - a) peretii plini: bare verticale rezemate numai la bază (a) și (c) sau la bază și la vârf (b). Pentru calcul se iau în considerare deformațiile din încovoiere și din forfecare;

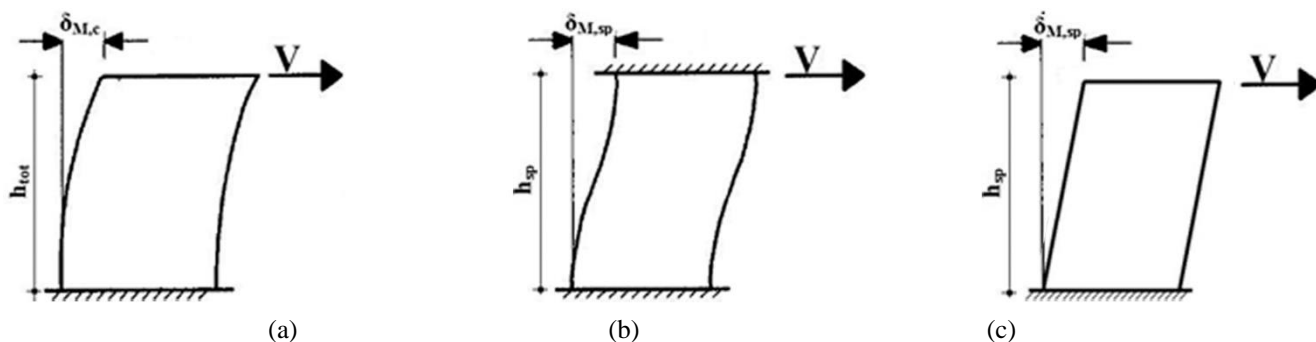


Fig. VII.3. Modelarea pereților plini.

- b) peretii cu goluri de uși și ferestre:
- bare verticale (spaleți) legate la nivelul fiecărui planșeu cu plinuri de zidărie (buiandrug și/sau parapet) sau prin elementele planșeului;

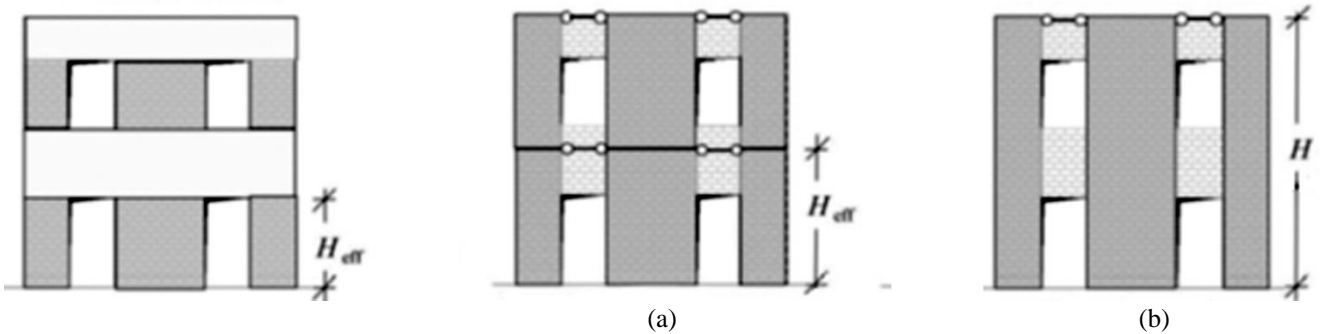


Fig. VII.4. Modelare peretii cu goluri de uși și ferestre: (a) Legături la fiecare nivel; (b) Legături numai la ultimul nivel (plinuri orizontale slabe).

- modelare cu macroelemente (necesită programe speciale pentru calcul).

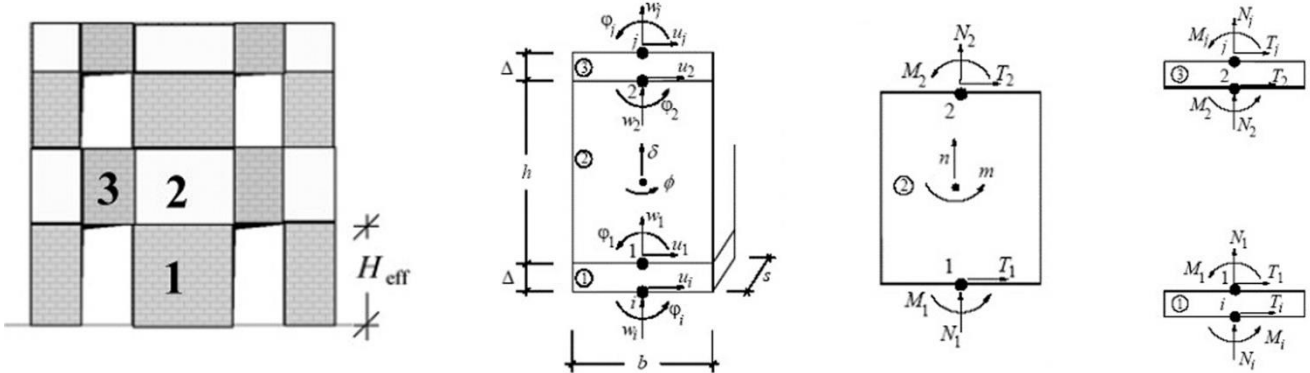


Fig. VII.5. Modelare peretii cu goluri de uși și ferestre cu macroelemente:
1- Spalet; 2- Nod; 3- Plin orizontal.

Nodurile pot fi modelate ca „absolut rigide” sau „deformabile”, iar barele sunt considerate cu comportare neliniară (specifică zidăriei).

- cadru înlocuitor;

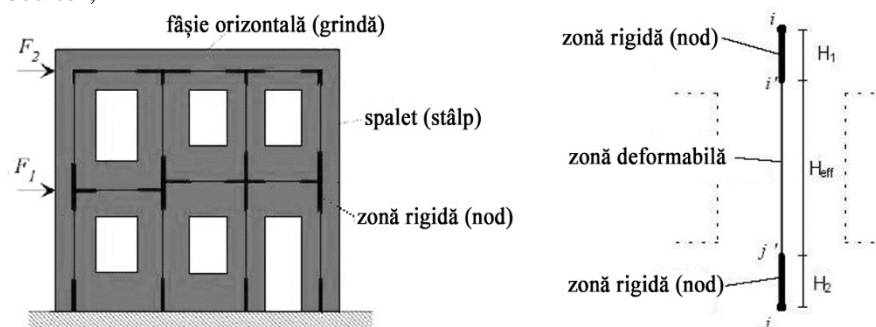


Fig. VII.6. Modelare peretii cu goluri de uși și ferestre prin cadru înlocuitor cu noduri rigide și bare deformabile.

- modelare continuă cu elemente finite;

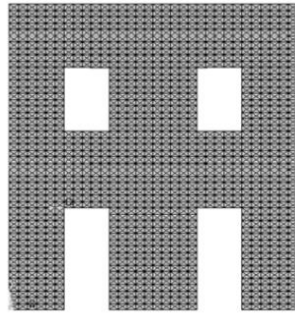


Fig. VII.7. Modelare continuă pereți cu goluri de uși și ferestre cu elemente finite.

- modelare cu macroblocuri (mecanisme de etaj).

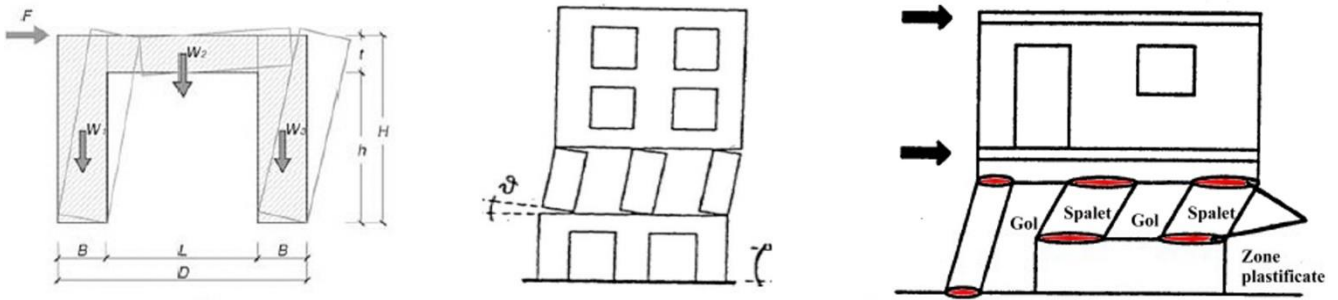


Fig. VII.8. Modelare pereți cu goluri de uși și ferestre cu macro-blocuri.

- (3) Modelul va ține seama de rezultatele investigării tipului și calității legăturilor între pereți la colțuri, ramificații și intersecții (conform **Capitolului V**). În mod acoperitor, pereții plini și spaletii între goluri se modelează ca bare cu secțiune dreptunghiulară (se neglijează aportul pereților perpendiculari).



Fig. VII.9. Modelarea intersecțiilor de pereți pentru calcul.

- (4) Modelarea clădirii în ansamblu: cea mai completă modelare se face cu **macroelemente** dispuse pe ambele direcții ale clădirii (notațiile sunt aceleași ca în cazul modelului pentru peretele cu goluri – Fig. VII.5.). Este relevantă în cazul clădirilor cu planșee rigide în plan orizontal.

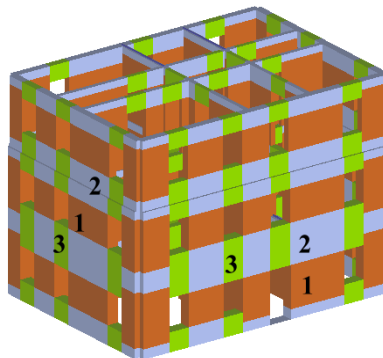


Fig. VII.10. Modelarea clădirii în ansamblu cu macroelemente.

- (5) Pentru modelarea barelor se ține seama de:
a) natura ruperii:

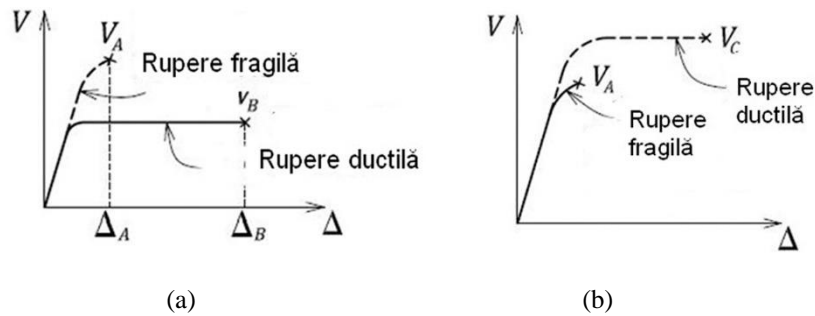


Fig. VII.11. Ruperea elementelor liniare din zidărie:
(a) Rupere *ductilă*; (b) Rupere *fragilă*.

- b) Fisurarea zidăriei din cauza suprasolicitărilor anterioare.
- (6) Masa construcției supusă acțiunii seismice este compusă din:
a) masa proprie a elementelor structurale verticale;
b) masele planșelor (în care este inclusă și o fracțiune din încărcarea utilă).
- (7) În cazul construcțiilor cu valoare culturală având pereți structurali din zidărie cu grosime mare, masa proprie a subsansamblurilor verticale reprezintă o parte importantă a masei totale a clădirii în raport cu încărcările aduse de planșee. Masa zidăriei depinde de:
a) densitatea pereților structurali;
b) înălțimea de nivel.
- Notă.** Această particularitate a clădirilor din zidărie face ca modelul dinamic clasic, cu mase concentrate la nivelul planșelor și cu elemente verticale lipsite de masă proprie, să reprezinte, în unele cazuri, numai o aproximare relativ grosieră a comportării dinamice reale a clădirii.
- (8) O modelare mai realistă a maselor de nivel supuse acțiunii seismice pentru cazul clădirilor cu 2-3 niveluri este dată în Fig. VII.12.

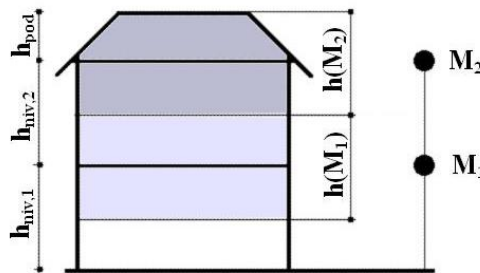


Fig. VII.12. Modelarea maselor la clădiri din zidărie cu puține niveluri.

Notă. Masa M_1 este constituită din câte 1/2 din masa structurii verticale a nivelurilor 1 și 2 la care se adaugă masa planșeului peste nivelul 1. Masa structurii verticale pe 1/2 din înălțimea primului nivel (cu $h_{niv,1}$) se neglijează fiind considerată solidară cu fundația rigidă a clădirii. Masa M_2 este constituită din 1/2 din masa structurii verticale a ultimului nivel și masa șarpantei și a învelitorii la care se adaugă masa planșeului peste ultimul nivel. Această schemă poate fi acceptată deoarece structura șarpantei este, de regulă, suficient de rigidă pentru ca deformațiile proprii ale acesteia să fie neglijate.

- (9) În cazul clădirilor din zidărie cu un singur nivel și acoperiș ușor (din lemn sau din oțel) sau în cazul clădirilor cu pereți deosebit de groși (cum este cazul unor clădiri monumentale, a bisericilor sau a turnurilor), masa supusă acțiunii seismice se stabilește folosind expresia masei echivalente care conduce la aceiași valoare a perioadei proprii de oscilație a consolei.

$$M = 0,25 \cdot m_{zid} \cdot h_{zid} + M_{acop} \quad (VII.1)$$

În formula de mai sus m_{zid} este masa structurii verticale pe 1 metru liniar în elevație.

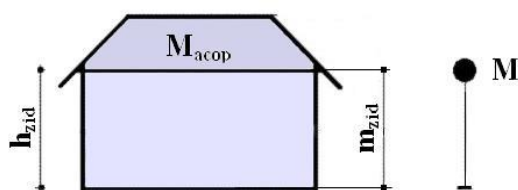


Fig. VII.13. Modelarea masei în cazul clădirilor din zidărie cu un singur nivel și acoperiș ușor.

VII.2.1.2. Modelarea clădirilor de cult

VII.2.1.2.1. Modelarea arcelor

- (1) Arcele de zidărie de piatră sau cărămidă fără tiranți pot fi modelate simplificat, considerând nașterile lor ca reazeme fixe pe verticală, pe modelul cadrului cu trei articulații în care se introduc momentele capabile ultime (M_u).

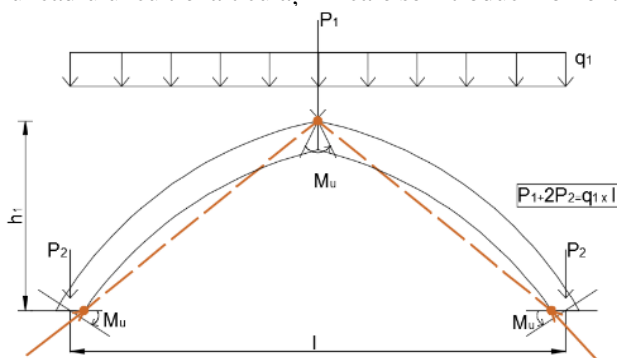


Fig. VII.14. Modelarea arcelor pe schema cadrului cu trei articulații.

- (2) În cazul în care se consideră ansamblul arcului împreună cu elementele verticale de suport, modelarea se poate face pe schema cadrului cu cinci articulații în care se introduc momentele ultime asociate forțelor axiale din secțiunile respective.

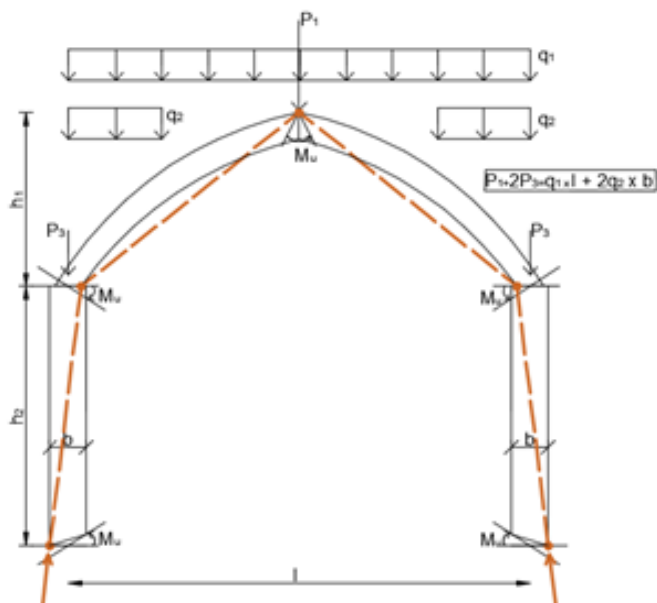


Fig. VII.15. Modelarea arcelor pe schema cadrului cu cinci articulații.

VII.2.1.2.2. Modelarea subansamblurilor de zidărie boltite pentru acoperirea clădirilor de cult

- (1) Subansamblurile de zidărie boltite utilizate pentru acoperirea clădirilor tip „sală” se modelează ca suprafețe rezultate din translația arcelor pe direcția perpendiculară pe planul lor. Este cazul bolților semi-cilindrice sau al intersecțiilor unor astfel de bolți (bolți „în cruce”).

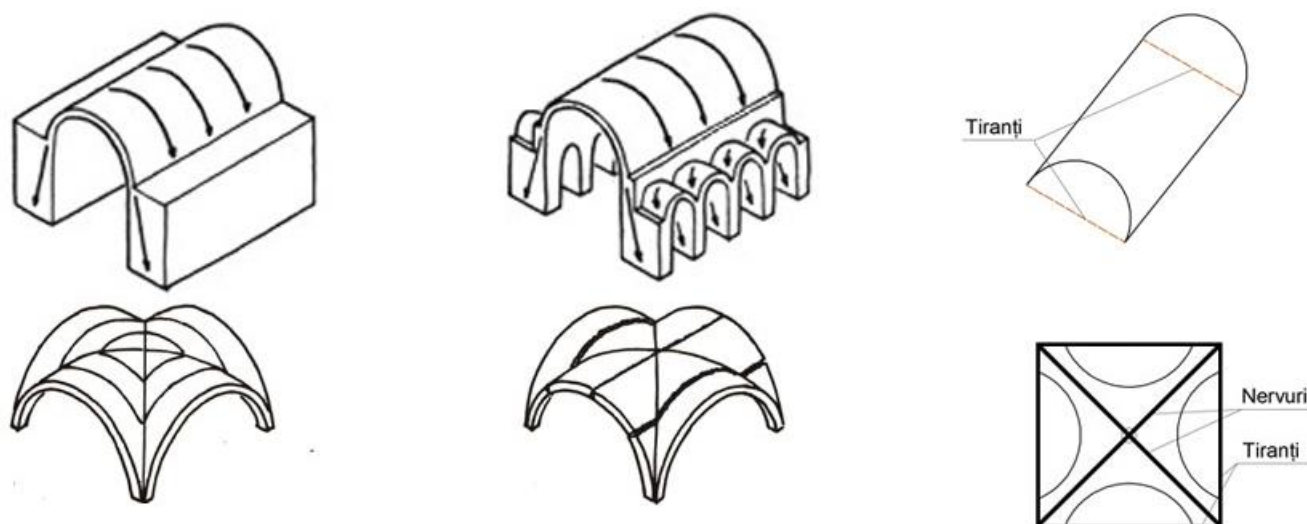


Fig. VII.16. Modelarea bolților cilindrice și a intersecțiilor de bolți.

- (2) Cupolele sunt suprafețe care rezultă din rotația unui arc în jurul axului vertical care trece prin cheia arcului. Cupolele pot avea rezemare continuă bidirecțională sau pe pilaștri rezultați din necesitatea golurilor la partea verticală a subansamblului sau la contactul între cilindrul vertical și cupolă.

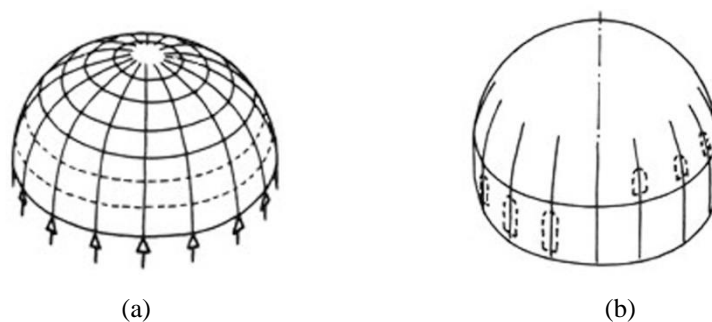


Fig. VII.17. Modelarea cupolelor:

- (a) Cupolă cu rezemare continuă; (b) Cupolă cu rezemare pe contur, cu goluri în tambur.

- (3) Pandantivele și arcele combinate cu pandantive sunt elemente de zidărie care fac legătura între arce sau între arce și cupole. Pentru aceste elemente sau subansambluri de zidărie, alcătuirea, traseul de descărcare a eforturilor de compresiune și modul de afectare structural posibil, sunt date în Fig. VII.18 și VII.19.



Fig. VII.18. Modelarea pandantivelor:

- (a) Pandantive cu indicarea liniilor de descărcare a încărcărilor; (b) Secțiune prin pandantiv cu indicarea liniilor de descărcare a forțelor.

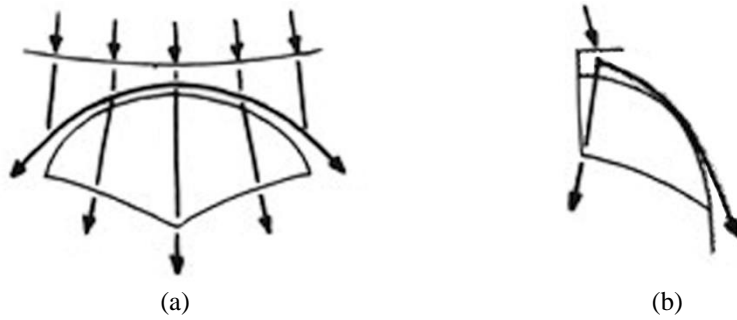


Fig. VII.19 Modelarea pandantivelor care fac trecerea de la secțiune pătrată la una octogonală/circulară:

- (a) Indicarea liniilor de descărcare pe pandantive; (b) Secțiune prin arce cu pandantive cu indicarea liniilor de descărcare.
- (4) Se subliniază că sistemele boltite cu intersecții sub formă de nervuri și panouri ale bolților de grosime redusă constituie sisteme vulnerabile la acțiuni seismice.

VII.2.1.2.3. Modelarea turlelor

- (1) Bisericile ortodoxe au una sau mai multe turlă care reazemă pe arce de zidărie cu sau fără tiranți, sau pe o succesiune de arce cu pandantive înglobați în substructura bazei turlei de formă pătrată. Baza turlei creează, de obicei deasupra arcului, o zonă de cuplare care în majoritatea cazurilor este benefică, mărind capacitatea de rezistență și deformație a subansamblului.
- (2) În cazul des întâlnit în care nașterile arcelor pe care reazemă baza turlei sunt realizate pe suprafețe de contact cu pereții de dimensiuni mici, transmiterea încărcărilor verticale și mai ales a celor seismice se face în condiții nefavorabile putând antrena deformații importante.
- (3) Modelarea bisericilor cu turlă va ține seama de efectul de torsiune datorat poziționării nesimetrice a turlelor în raport cu corpul bisericii.

VII.2.1.2.4. Modelarea cu considerarea interacțiunii structură-teren

- (1) Modelarea construcțiilor cu valoare culturală se face ținând seama de interacțiunea sol-structură prin considerarea terenului de fundare ca mediu elastic. Încadrarea perfectă este un caz limită care, în multe situații furnizează rezultate depărtate de realitate.
- (2) Solicitățile secționale globale pentru întreaga construcție (momente încovoietoare și forțe tăietoare) se calculează sub efectul simultan al încărcărilor gravitaționale, seismice și al reacțiunii terenului de fundare (cu distribuția rezultată din calculul pe mediu elastic).
- (3) Pentru modelarea răspunsului terenului la încărcările gravitaționale și forțele laterale date de acțiunea seismică se pot folosi distribuții corespunzătoare semispațiului continuu liniar elastic sau neliniar elasto-plastic, neglijând răspunsul lateral al terenului ca în Fig. VII.20. și VII.21.

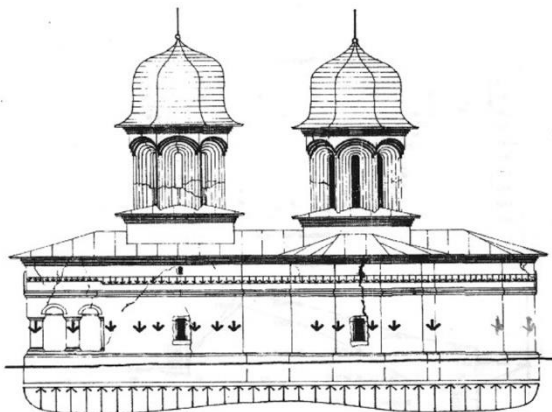


Fig. VII.20. Răspunsul terenului la încărcări gravitaționale.

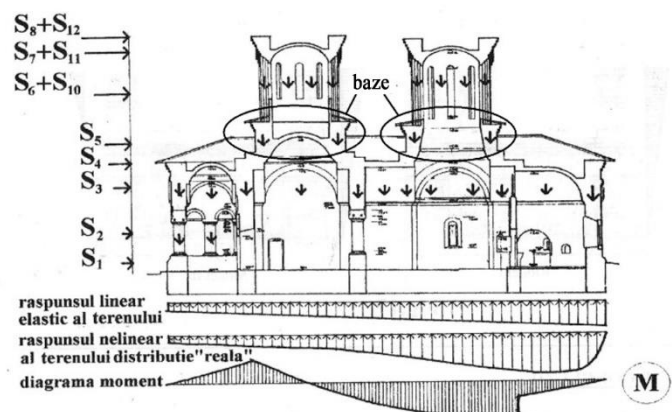


Fig. VII.21. Răspunsul terenului la încărcări gravitaționale și seismice.

- (4) Modelarea efectului lateral al terenului asupra răspunsului construcției la încărcările verticale și seismice se poate face cu ajutorul resorturilor elastice (tip Winkler) sau cu elemente finite (Fig. VII.22).
- (5) Pentru modelarea corectă a interacțiunii „construcție-teren” proprietățile mecanice de rezistență și deformabilitate trebuie să fie determinate printr-un studiu geotehnic pe amplasament. Adâncimea de investigare a terenului trebuie să depășească adâncimea bulbului de presiune.

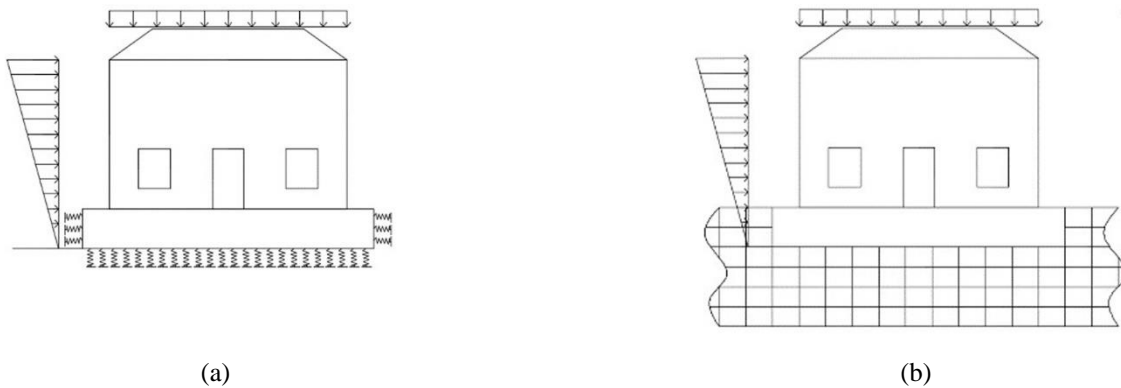


Fig. VII.22. Modelarea conlucrării teren-structură cu:
(a) Resorturi Winkler; (b) Elemente finite.

VII.2.1.3. Modelarea turnurilor

- (1) Turnurile se modelează ca bare verticale cu rigiditate la încovoiere și forfecare rezemate la partea inferioară și libere la vârf. Baza este considerată reazem fix Fig. VII.23.(a) sau în cazul terenurilor puternic deformabile, ca reazem elastic pentru translație și rotație Fig. VII.23.(b).
- (2) Pentru turnurile cu secțiune variabilă pe verticală se examinează și mecanismele parțiale din Fig. VII.23.(c) – pentru turnul cu două secțiuni distincte (sau mecanisme similare în cazul turnurilor cu mai multe trepte de variație a secțiunii).
- (3) Masa echivalentă M_{echiv} se calculează cu relația (VII.1).

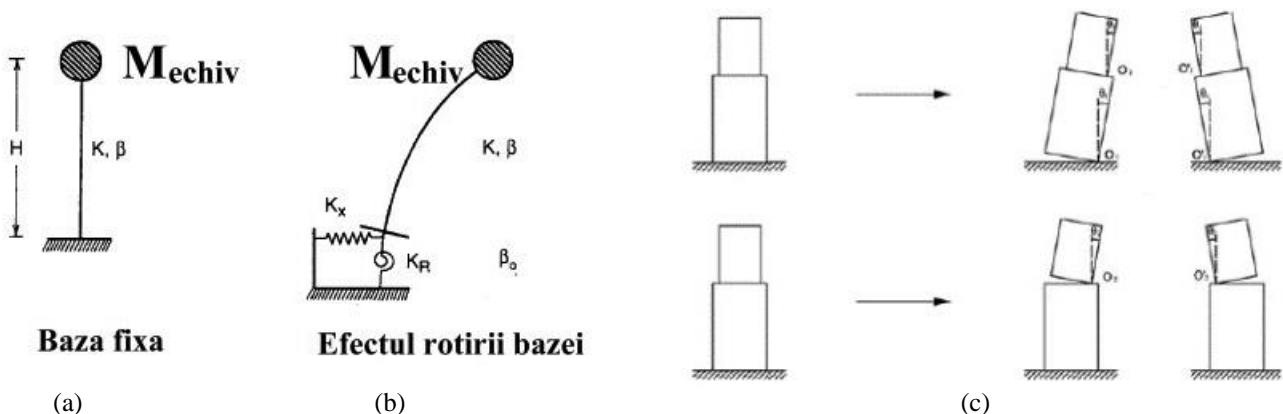


Fig. VII.23. Modelarea turnurilor:
(a) sistem cu bază fixă; (b) sistem cu bază flexibilă; (c) mecanisme parțiale pentru turnuri în trepte.

VII.2.1.4. Modelarea șarpantelor

- (1) Majoritatea șarpantelor clădirilor cu valoare culturală sunt concepute intuitiv din lemn, mai rar din oțel, din oțel cu elemente de fontă, beton armat sau beton simplu, acesta din urmă fiind utilizat pentru realizarea unor suprafețe de închidere.

- (2) În cazul clădirilor de cult cu partiu de formă dreptunghiulară, șarpantele supuse modelării, pot fi împărțite în ferme și în sisteme longitudinale de rigidizare.
- (3) În cazul șarpantelor dispuse deasupra turnurilor, având partiuri rectangulare sau circulare, a celor poligonale sau semicirculare corespunzătoare corurilor și altarelor, structurile sunt spațiale, fiind greu de descompus în sisteme plane propriu-zise.
- (4) Rezemarea șarpantei se realizează exclusiv pe zidurile perimetrice sau reazemele intermediare – ziduri, stâlpi, pilaștrii, și niciodată pe planșee. În cazul existenței nivelului defensiv/de apărare (specific bisericilor săsești) rezemarea se realizează printr-o structură de „cadre de lemn”.
- (5) Modelarea șarpantelor istorice presupune elemente de tip bare, materializate prin axele lor, având dimensiunile secționale reale (minime sau medii după caz), rezultate din relevarea elementelor lineare și a îmbinărilor nodurilor (considerate) de tip articulații.
- (6) Structura portantă se modelează prin alăturarea a două subsansambluri structurale independente: a sistemului de susținere (pereți, cadre), respectiv a șarpantei. Nu se practică un model comun compus din sistemul de susținere și din șarpantă. Structura portantă de susținere constituie reazem pentru șarpantă, efectul șarpantei fiind luat în considerare prin acțiuni asupra structurii de susținere. Modelarea se poate realiza în plan sau spațial.
- (7) Schema spațială este asamblată din ferme plane transversale și sistemul de rigidizare longitudinal specific tipului de șarpantă. În cazul șarpantelor istorice timpurii sau a celor vernaculare, rigidizarea longitudinală este asigurată exclusiv prin sistemul de susținere a învelitorii – șipci sau astereală.
- (8) Fermele plane transversale sunt alcătuite din căpriori și corzi continue, formând triunghiul de descărcare articulată (căpriorii și corzile sunt asamblate în noduri de rezemare, identificate la partea superioară a zidului și la nivelul coamei), de care se leagă articulat elementele de rigidizare (traverse, moaze, colțari, dispozitive de tensionare, de suspendare-tensionare etc.). Modelarea plană constituie o soluție corespunzătoare în cazul fermelor plane transversale. În prima etapă se modelează fermele secundare, unde paneele și tălpile longitudinale ale sistemelor planare longitudinale constituie reazeme intermediare pentru căpriori. Reacțiunile însumate ale acestor reazeme constituie acțiuni pentru fermele principale. Încărcările din fermele secundare se transmit fermelor principale prin intermediul sistemului de rigidizare longitudinală.
- (9) Fermele plane transversale sunt legate în schemele spațiale de bare longitudinale. Acestea sunt rigidizate prin arbaletieri și dispuse în planuri longitudinale de rigidizare. Modelarea spațială se poate realiza pe întreaga șarpantă sau pe o zonă formată din minim 3 ferme principale împreună cu fermele secundare adiacente. Modelarea trebuie să conțină toate elementele de bară ale căror axe nu se intersectează într-un punct.

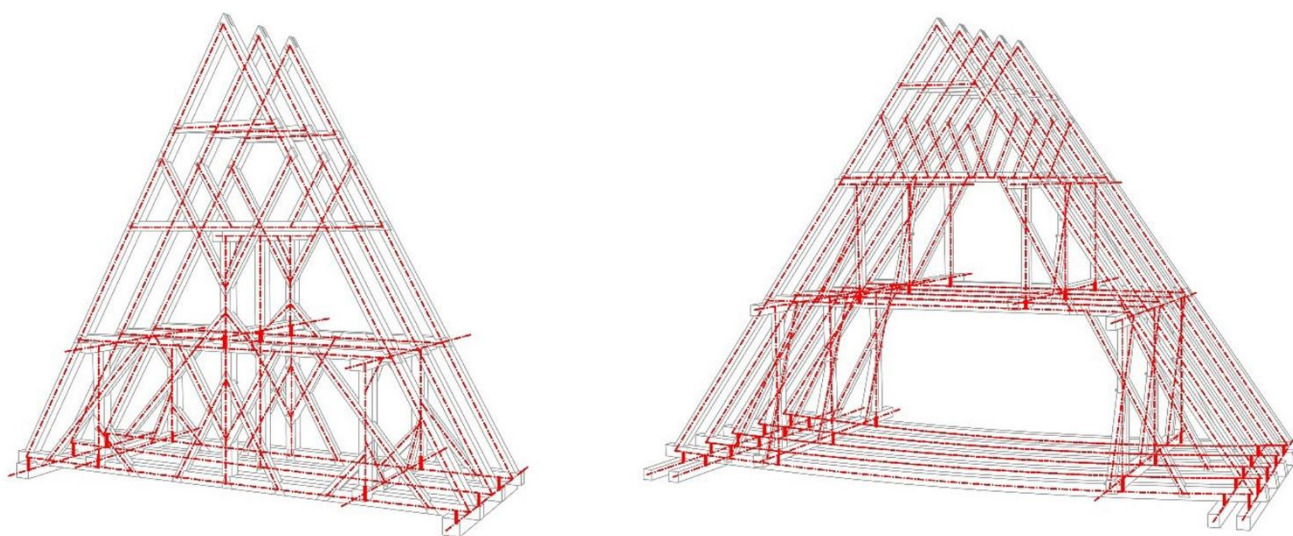


Fig. VII.24. Reprezentarea structurii spațiale prin axe – exemple:
 (a) Biserica romano-catolică Armășeni (jud. Harghita); (b) Biserica reformată din Mugeni (jud. Harghita).

VII.2.2. Evaluarea încărcărilor de proiectare

- (1) Pentru situația *persistentă* de proiectare în calcul se folosesc încărcările și acțiunile enumerate la **paragraful III.2.** cu valorile date în **Anexa A.**
- (2) Combinarea efectelor încărcărilor din gruparea *persistentă* se face conform prevederilor Codului **CR0-2012.**
- (3) Pentru situația *seismică* de proiectare, accelerația de proiectare a terenului se stabilește diferențiat, în funcție de obiectivele de performanță definite conform **paragrafului IV.3.1.**, pe baza valorii a_g la amplasamentul construcției determinată din harta de zonare a teritoriului din Codul de proiectare seismică **P 100-1/2013.**

Tabelul VII.1. Valori ale accelerațiilor seismice a_g în funcție de frecvența cutremurului.

Frecvența cutremurului	IMR	Valori de proiectare pentru construcții cu valoare culturală						
Cutremur <i>frecvent</i>	40 ani	0,05g	0,08g	0,10g	0,13g	0,16g	0,18g	0,21g
Cutremur <i>standard</i>	100 ani	0,08g	0,12g	0,16g	0,20g	0,24g	0,28g	0,32g
Cutremur <i>rar</i>	475 ani	0,12g	0,18g	0,24g	0,30g	0,38g	0,42g	0,48g

- (4) Factorii de importanță-expunere (γ_{iE}) care majorează valoarea acțiunii seismice de calcul vor avea valorile diferențiate în funcție de importanța construcției (γ_i) și gradul de ocupare (γ_E), fiind valoarea cea mai mare dintre cele două.
 - a) Importanța construcției:
 - $\gamma_i = 1,40$ pentru construcții cu valoare culturală având funcțiuni esențiale, pentru care păstrarea integrității pe durata cutremurelor este vitală pentru protecția civilă;
 - $\gamma_i = 1,20$ pentru construcții cu valoare culturală care prezintă un pericol major pentru siguranța publică în cazul prăbușirii sau avarierii grave și pentru cele care adăpostesc valori culturale, științifice, artistice extrem de valoroase;
 - $\gamma_i = 1,00$ pentru restul monumentelor istorice și construcțiilor cu valoare culturală.
 - b) Categoria de ocupare:
 - $\gamma_E = 1,00$ pentru $1 \div 20$ persoane;
 - $\gamma_E = 1,10$ pentru $20 \div 50$ persoane;
 - $\gamma_E = 1,20$ pentru $50 \div 300$ persoane;
 - $\gamma_E = 1,30$ pentru $300 \div 5.000$ persoane;
 - $\gamma_E = 1,40$ pentru $5.000 \div 100.000$ persoane.

În cazul în care pentru construcțiile cu valoare culturală cu funcțiuni de intervenție urgentă în caz de cutremur, principiile de restaurare formulate în **paragraful I.2.** nu pot fi respectate, proiectantul va solicita schimbarea funcțiunii.
- (5) Încărcările aduse de planșee se distribuie subansamblurilor structurale verticale în funcție de alcătuirea planșeului:
 - a) În cazul planșeelor cu elemente liniare (care descarcă pe o singură direcție) încărcările se distribuie proporțional cu ariile aferente fiecărui subansamblu structural vertical.
 - b) În cazul planșeelor din beton armat (care descarcă pe două direcții) încărcările se distribuie în funcție de suprafețele determinate prin dreptele la 45° din fiecare colț al plăcii.

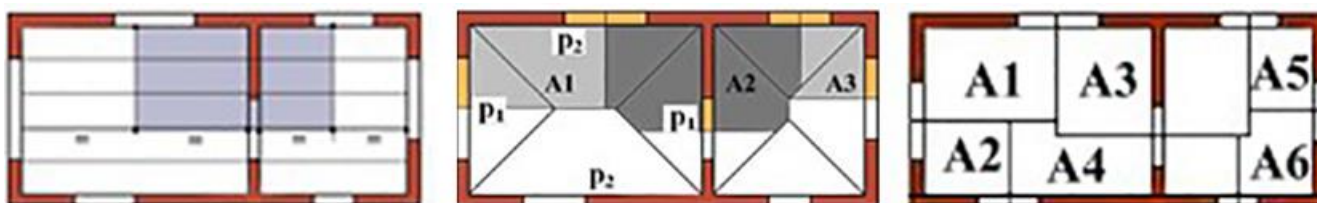


Fig. VI.25. Distribuția încărcărilor de pe planșee pe elementele structurale verticale.

VII.2.3. Stabilirea metodelor de calcul

- (1) Evaluarea prin calcul a siguranței structurilor construcțiilor cu valoare culturală se poate face prin una dintre următoarele categorii de metode:
- metode de calcul standard:
 - metode de calcul static simplificat (forțe statice echivalente);
 - metode de calcul static de complexitate medie (spectre de răspuns);
 - metode de calcul avansate:
 - metode de calcul static nelinear și dinamic liniar și nelinear (analiză *time-history*)

VII.2.3.1. Metoda de calcul static simplificat (forțe statice echivalente)

- (1) Forța tăietoare de bază (F_b) pentru ansamblul construcției se determină cu relația:
- $F_b(S_{nec}) = \gamma_{i,E} \times S_{ad}(T) \times \eta \times \lambda \times M$ – când se folosesc rezistențele de proiectare
 - $F_b^u(S_{nec}^u) = \gamma_{i,E} \times S_{ad}(T) \times \eta \times \lambda \times M \times \gamma$ – când se folosesc rezistențele medii, pentru metal și beton armat, respectiv caracteristice, pentru lemn și zidărie (vezi **Anexa D**)

în care:

- $\gamma_{i,E}$ este factorul de importanță-expunere conform **paragrafului VII.2.2., alin. (4)**;
- $S_{ad}(T) = \frac{S_{ae}(T)}{q}$ este spectrul de răspuns de proiectare în accelerații absolute pentru componenta orizontală a mișcării seismice;
- $S_{ae}(T) = a_g \beta$ este spectrul de răspuns elastic al accelerației absolute a terenului;
- q este factorul de comportare al structurii;
- η este factorul de reducere a acțiunii seismice datorat amortizării structurii;
- λ este factorul care ține seama de aportul modurilor proprii superioare;
- M este masa totală a construcției;
- $\gamma = 1,5 \div 2,0$ este coeficientul care înglobează trecerea de la cutremurul de calcul (de proiectare) la cutremurul rar, de colaps (1,5 pentru structuri metalice, 1,75 pentru structuri cu elemente de beton armat sau zidărie armată și 2,0 pentru structuri cu elemente de zidărie nearmată și lemn).

În cazul în care se întrebuițează greutatea construcției G în loc de M , se consideră $G = M \cdot g$.

Valorile $S_{ad}(T)$ sunt adimensionale. În **Anexa D**, F_b este notat S_{nec} .

- (2) În prezenta reglementare se folosesc următoarele valori:
- Valorile $S_{ae}(T)$ conform **paragrafului A.1.5.2., Fig. A.1.5.**;
 - $\lambda = 1,0$ pentru clădiri cu unul sau două niveluri;
 - $\lambda = 0,85$ pentru clădiri cu mai mult de două niveluri;
 - $\eta = \sqrt{\frac{10}{5+\xi}} \geq 0,55$; pentru structuri din zidărie se ia $\xi = 8 \div 25\%$;

e) Valorile q funcție de materialele întrebuițate pentru realizarea elementelor structurale:

- $q = 1,00 \div 1,50$ – zidărie nearmată, lemn;
- $q = 1,50 \div 3,00$ – zidărie armată, beton armat și metal (oțel).

Notă. În cazul clădirilor cu 1 sau 2 niveluri, dacă există incertitudini privind determinarea valorii perioadei proprii (T) se recomandă folosirea valorii maxime a spectrului de răspuns ($\beta_{\max} = 2,50$).

- (3) Distribuția forței tăietoare de bază pe înălțimea construcției etajate se face considerând (aproximativ) că deformata construcției este o linie dreaptă.

$$F_i = F_b \frac{m_i z_i}{\sum_{i=1}^n m_i z_i}$$

unde:

- m_i masa nivelului „i”;
- z_i reprezintă înălțimea nivelului „i” față de baza construcției considerată în model.

- (4) În cazul bisericilor cu turlă/turle sau cu turn/turnuri alipite se poate folosi în mod aproximativ o deformată biliniară care să țină seama de diferențele de masă și rigiditate între corpul bisericii și turlă/turle sau turn/turnuri. Valorile λ din Fig. VII.26. se pot lua pentru structura aflată în partea inferioară, pe zona corpului bisericii, astfel:
- pentru calculul pe direcție longitudinală: $0,2 \div 0,4$;
 - pentru calculul pe direcție transversală: $0,4 \div 0,6$.
- Pentru zona turlei/turlelor sau partea de sus a turnului/turnurilor, valorile indicate sunt $\lambda = 1,0$, iar $\beta = 5,0$.

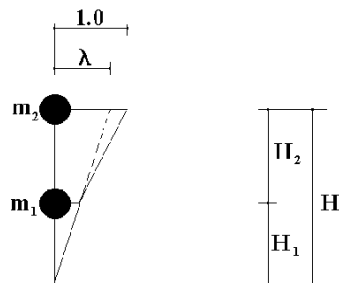


Fig. VII.26. Forma de vibrație (aproximativă) pentru biserici cu turle sau turnuri alipite.

- (5) Distribuția forței tăietoare între subansamblurile structurale verticale se face în funcție de rigiditatea planșeelor în plan orizontal:
- în cazul planșeelor rigide în plan orizontal (în particular, planșeele de beton armat, dar și planșeele consolidate pentru a deveni rigide în plan orizontal) distribuția se bazează pe compatibilitatea geometrică a deplasărilor de translație și răsucire ale tuturor subansamblurilor verticale la nivelul fiecărui planșeu (procedeul este detaliat în Codul **P 100-1/2013**).

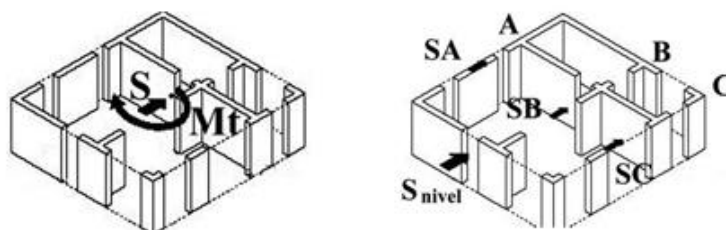


Fig. VII.27. Distribuția forței tăietoare de nivel pentru clădiri cu planșee rigide.

- pentru clădirile cu planșee cu rigiditate nesemnificativă în plan orizontal, forța seismică de proiectare pentru ansamblul construcției se distribuie pereților structurali proporțional cu masa aferentă fiecăruia, compusă din greutatea proprie a peretelui și din încărcările aduse de planșeele aferente.

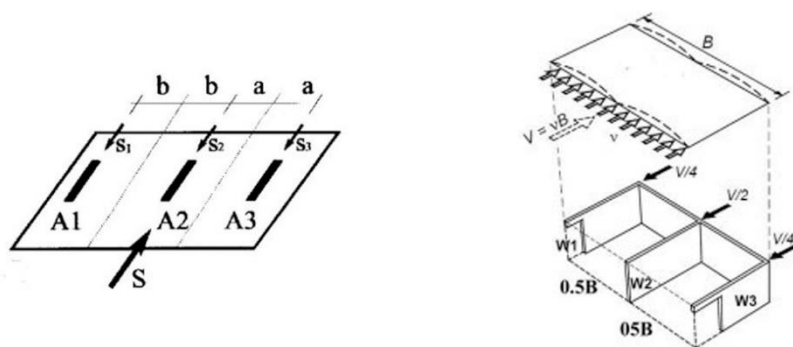


Fig. VII.28. Distribuția forței seismice între pereții structurali pentru structuri cu planșee fără rigiditate semnificativă în plan orizontal.

- (6) După distribuția forței tăietoare de nivel între subansamblurile verticale, eforturile secționale globale în elementele fiecărui subansamblu se determină folosind procedeele specifice fiecăruia dintre modelele de calcul menționate la **paragraful VII.2.1.1., alin. (2)**.

VII.2.3.2. Metoda de calcul modal cu spectre de răspuns

- (1) În această metodă, comportarea structurii este reprezentată printr-un model liniar-elastic, iar acțiunea seismică este descrisă prin spectre de răspuns de proiectare ale accelerației absolute a terenului.
- (2) Pentru acest calcul pot fi utilizate modele plane sau spațiale conform prevederilor general valabile pentru clădirile noi.
- (3) În cazul calculului modal cu spectrul elastic de răspuns, folosind modele spațiale pentru structură, distribuția forței seismice între pereții structurali rezultă din calculul structural.
- (4) Structurile cu comportare liniară sunt caracterizate de modurile proprii de vibrație (perioade proprii, forme proprii de vibrație, mase modale efective, factori de participare a maselor modale efective). Acestea se determină prin metode de calcul dinamic, utilizând caracteristicile dinamice inerțiale și de deformabilitate ale sistemelor structurale rezistente la acțiunea seismică. Pentru acest calcul se recomandă folosirea programelor de calcul automat.

VII.2.3.3. Metode de calcul static neliniar

- (1) În această categorie se încadrează procedeele de calcul care iau în considerare comportarea post-elastică a pereților structurali de zidărie. Procedeele pot fi folosite numai în cazul zidărilor pentru care parametrii curbei $\sigma - \varepsilon$ sunt $\varepsilon_{mu} \gg \varepsilon_{ml}$ adică numai la zidăriile cu deformații post-elastice semnificative, așa cum este exemplificat în Fig. VII.29.

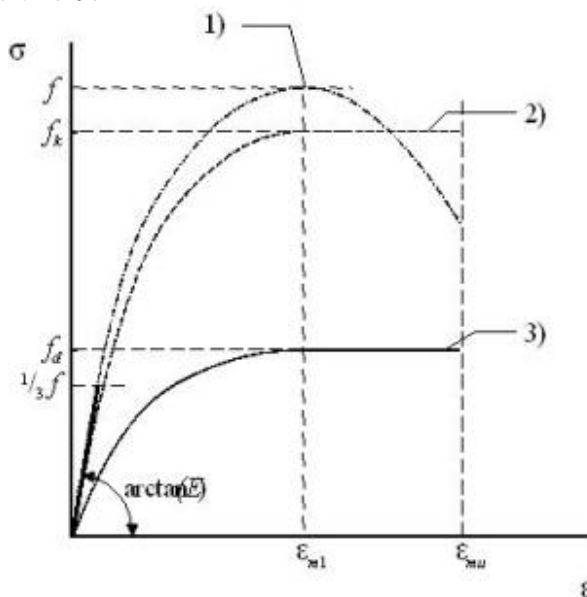


Fig. VII.29. Legea constitutivă pentru zidării cu deformații post-elastice semnificative.

- (2) Pentru aplicarea procedeele de calcul static neliniar este necesară cunoașterea parametrilor de comportare post-elastică a zidăriei: eforturi capabile plastice, curbe sau suprafețe de interacțiune, deformații specifice ultime etc. la nivel de element (curbe biliniare sau triliniare „efort-deformație” sau schematizarea acestora ca modele).
- (3) Atunci când există date suficient de credibile se pot realiza modele de calcul în care comportarea neliniară a zidăriei este descrisă prin legi constitutive și criterii de curgere sau de cedare mai apropiate de comportarea reală.
- (4) Procedeele de calcul static neliniar (calcul „biografic”) urmărește, pe măsura sporirii încărcărilor laterale, evoluția nivelurilor de solicitare atinse de pereții structurali (montanți și, după caz, rigle de cuplare) până la ieșirea succesivă din lucru a acestora. În general, aplicarea procedeele fără suportul unui program de

calculul specializat este dificilă deoarece implică modificarea schemei statice a ansamblului după ieșirea din lucru a fiecărui perete.

- (5) Capacitatea ultimă a structurii se consideră atinsă atunci când s-a produs articularea plastică a montanților care preiau împreună cel puțin 15% din forța seismică totală capabilă a clădirii.
- (6) O variantă mai simplă a procedurii de calcul static neliniar se poate folosi în cazul în care structura este modelată prin console legate între ele numai la nivelul planșelor (Fig. VII.4.(a)). În acest caz este suficient ca pentru fiecare perete să se determine legea „forță tăietoare-deplasare laterală”.
- (7) Pentru clădirile de zidărie de înălțime mică (orientativ ≤ 3 niveluri), la care comportarea structurală este dominată de forfecare, fiecare nivel poate fi calculat independent.
- (8) Încărcările laterale se aplică conform distribuției forțelor din analiza modală în domeniul elastic.
- (9) Metodele de calcul neliniar se pot utiliza dacă se asigură:
 - a) calibrarea corespunzătoare a acțiunii seismice de proiectare;
 - b) selectarea unui model constitutiv adecvat pentru comportarea neliniară;
 - c) interpretarea corectă a rezultatelor obținute și verificarea cerințelor ce trebuie satisfăcute.
- (10) În **Anexa D** sunt prezentate procedeele avansate pentru calculul structurilor, în special pentru construcțiile cu pereți structurali din zidărie.

VII.2.3.4. Procedee de calcul dinamic neliniar

- (1) Procedeele de calcul dinamic neliniar implică integrarea ecuațiilor de mișcare ale structurii (*time-history*) folosind:
 - a) un model structural neliniar pentru comportarea zidăriei la solicitări ciclice alternante;
 - b) reprezentarea acțiunii seismice prin accelerograme înregistrate sau artificiale (compatibile cu spectrul de răspuns caracteristic amplasamentului).
- (2) Utilizarea procedeelelor de calcul dinamic neliniar și interpretarea rezultatelor obținute se face de către specialiști cu experiență în acest domeniu, conform procedurilor recunoscute în acest domeniu.

VII.2.3.5. Procedee de calcul pentru situații tranzitorii

- (1) În cazul în care sunt necesare evaluări prin calcul pentru situații tranzitorii (sisteme structurale de susținere și sprijinire a unor părți de structură în curs de consolidare/restaurare, intervenții urgente structurale de diferite tipuri), se pot lua în considerare reduceri ale valorilor de proiectare pentru acțiuni și răspunsul elementelor structurale prin capacitățile, respectiv rezistențele acestora la aceste acțiuni.
- (2) Calculul se poate face prin verificarea elementelor structurale și nestructurale numai la SLS, cu luarea în considerare a valorii încărcării sau a combinației de încărcări (gruparea frecventă a acțiunilor și a coeficienților parțiali pentru SLS a materialelor folosite la elementele structurale).

VII.3. Calculul siguranței în raport cu mecanismele de cedare locale

- (1) Mecanismele de cedare locală a pereților structurali se produc ca urmare a acțiunii cutremurului perpendiculare pe planul pereților și sunt favorizate de lipsa/insuficiența legăturilor între pereți și planșee. În cazul planșeelor cu elemente liniare (rezemare pe o singură direcție) pereții neîncărcați direct sunt cei mai expuși pierderii stabilității.

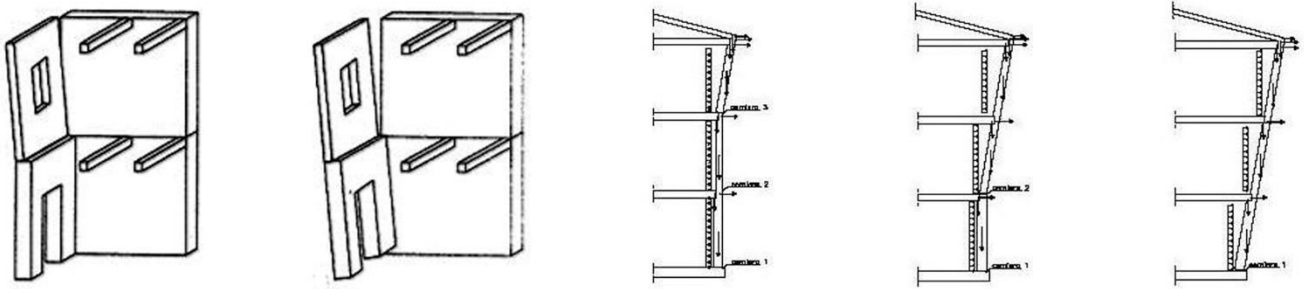


Fig. VII.30. Mecanisme locale de cedare sub acțiunea seismică perpendiculară pe planul pereților.

- (2) În funcție de alcătuirea concretă a structurii (legăturile între pereții pe cele două direcții) mecanismele de cedare locală pot prezenta forme diferite antrenând zone mai mult sau mai puțin extinse ale construcției. Astfel pierderea stabilității se poate produce pe un nivel sau pe un grup de niveluri (chiar pe întreaga înălțime a clădirii) cu sau fără antrenarea pereților perpendiculari.



Fig. VII.31 Mecanisme de cedare locale cu și fără antrenarea pereților perpendiculari.

- (3) Modelarea mecanismului de cedare al unui perete (rotirea în raport cu baza, de exemplu) trebuie să țină seama de toate încărcările verticale și orizontale care acționează asupra peretelui.

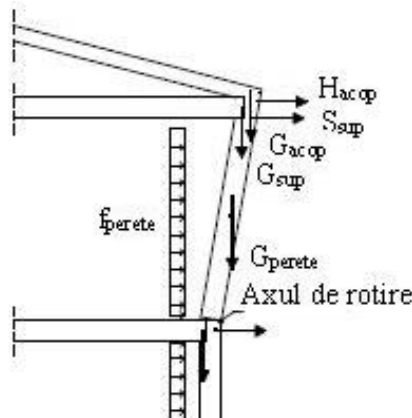


Fig. VII.32. Mecanismul de răsturnare al unui perete pentru acțiunea seismică perpendiculară pe plan.

În Fig. VII.32. s-a notat:

- H_{acop} – împingerea dată de șarpantă (dacă există);
- S_{sup} – forța seismică aferentă planșeului superior (dacă acesta reazemă pe perete);
- G_{acop} – greutatea acoperișului (dacă reazemă pe perete);
- G_{sup} – greutatea planșeului superior (dacă reazemă pe perete);
- f_{perete} – forța seismică aferentă peretelui (în **Anexa D** f_{perete} este notat S_p).

- (4) Forța seismică perpendiculară pe planul peretelui (f_{perete}) se determină cu relația

$$f_{perete} = \frac{5 \times \gamma_{iE} \times a_g}{q} \times m_{perete}$$

unde:

- m_{perete} este masa peretelui pe unitatea de suprafață;
- a_g este accelerația terenului, în funcție de obiectivul de performanță (**Tabelul VII.1.**);
- q este factorul de comportare conform **paragrafului VII.2.3.1., alin. (2)** în funcție de materialele întrebuițate pentru realizarea elementelor structurale.

VII.4. Evaluarea nivelului de asigurare

VII.4.1. Generalități

- (1) Evaluarea nivelului de asigurare al construcțiilor cu valoare culturală pentru situația de proiectare *persistentă* se face, similar clădirilor curente, prin *metoda stărilor limită* detaliată la **paragraful IV.5.** din prezentul Cod.
- (2) Evaluarea nivelului de asigurare al construcțiilor cu valoare culturală pentru situația de proiectare *seismică* se face în mod diferențiat în funcție de:
 - a) obiectivul de performanță stabilit pentru construcție și pentru valorile artistice conform **Capitolului IV, paragraful IV.4.**;
 - b) procedeul folosit pentru evaluarea analitică a siguranței.
- (3) Stabilirea nivelului de asigurare se face coroborând *aprecierile calitative* (**Capitolul VI**) cu *rezultatele calculului* (**Capitolul VII**) în raport cu obiectivele de performanță pentru *construcție* și pentru *valorile artistice*.

VII.4.2. Evaluarea siguranței în funcție de obiectivul de performanță

- (1) Rezistența și deplasarea maxime admisibile ale elementelor structurale ale construcțiilor cu valoare culturală se definesc, în funcție de obiectivele de performanță stabilite la **Capitolul IV**, după cum urmează:
 - a) pentru cutremurul *frecvent* (IMR = 40 de ani): rezistența *elastică* (R_y) și deformația *elastică* asociată (Δ_y). În **Anexa D**, $R_y = S_e$ și $\Delta_y = \delta_e$;
 - b) pentru cutremurul *standard* (IMR = 100 de ani): rezistența maximă (R_{max}) și deformația asociată (Δ_{Rmax}). În **Anexa D**, $R_{max} = 0,85 \cdot S_{cap,max}$ și $\Delta_{Rmax} = \delta_u$.
 - c) pentru cutremurul *rar* (IMR = 475 de ani): deformația ultimă (Δ_u). În **Anexa D**, $\Delta_u = \delta_{colaps}$.

VII.4.3. Evaluarea siguranței în funcție de metodologia de calcul folosită

VII.4.3.1. Metodologia de nivel 1

- (1) *Cerințele de performanță seismică* se exprimă prin forțele laterale statice echivalente care se dezvoltă la baza structurilor (în zonele de „încăstrare” ale acestora).
- (2) *Eforturile secționale capabile* ale elementelor structurale (momente/forțe tăietoare) se determină simplificat în funcție de materialul structural întrebuițat.
- (3) În cazul structurilor din zidărie dominate de forfecare, efortul capabil se obține multiplicând suprafețele orizontale ale elementelor verticale de la nivelul de încăstrare a structurii, pe direcția analizată, cu valoarea efortului unitar mediu de forfecare capabil stabilit pentru fiecare material.
- (4) Raportul „ R_3 ” între valorile *cerințelor* secționale și valorile *eforturilor secționale capabile* reprezintă *gradul de asigurare structurală*.
- (5) Raportul R_3 se determină pentru mecanismul de cedare în planul peretelui și pentru mecanismele locale (generate de acțiunea seismică perpendiculară pe plan).
- (6) La construcțiile complexe (biserici cu turlă, de exemplu) gradul de asigurare se determină și pentru părțile componente care pot avea mecanisme proprii de cedare.

VII.4.3.2. Metodologia de nivel 2

- (1) Metodologia de nivel 2 este o procedură de complexitate medie și se aplică conform metodei trierii, după realizarea metodologiei 1, dacă:
 - a) siguranța rezultată (valoarea factorului R_{global} , ce rezultă din R_3 la care se aplică reduceri datorită factorilor parțiali proprii evaluărilor calitative R_1 și R_2) impune intervenții extinse;
 - b) există incertitudini majore legate de modelarea structurii și a acțiunii seismice.
- (2) Evaluarea cantitativă se realizează prin calcul structural în domeniul elastic întrebunțând factori de comportare adecvați pentru diferitele materiale, tipuri de elemente și stări de solicitare.
- (3) Calculul structural pentru situația de proiectare seismică se face în ipoteza comportării elementelor în domeniul elastic ($q = 1,0$); eforturile determinate se împart la factorii q specifici fiecărui caz pentru comportarea reală a elementelor, determinați în funcție de modul de cedare corespunzător (ductil sau fragil).
- (4) În funcție de modul de cedare rezultat, pentru fiecare element se determină capacitatea respectivă folosind rezistențele medii împărțite la factorii de încredere corespunzători pentru elementele cu rupei ductile sau la factorii corespunzători pentru elemente cu rupei fragile. Valorile astfel obținute se reduc pentru a ține seama de celelalte incertitudini aleatorii și epistemice.
- (5) Calculul factorului R_3 se face pentru ansamblul clădirii, în cazul prezenței planșeelor cu rigiditate mare în plan orizontal, respectiv separat, pentru fiecare perete în parte, în cazul clădirilor cu planșee cu rigiditate ne semnificativă.

VII.4.3.3. Metodologia de nivel 3

- (1) Evaluarea ia în considerare în mod explicit comportarea inelastică a elementelor structurale sub acțiunea cutremurelor severe prin calcul static și dinamic neliniar.
- (2) Verificarea siguranței se face în termeni de *deplasare*, dar cu condiția ca forța maximă capabilă (S_{cap}) să nu fie mai mică decât jumătate din forța tăietoare necesară ($0,5 S_{\text{nec}}$).
- (3) În cazul clădirilor cu planșee indeformabile în plan orizontal capacitatea clădirii se definește prin deformația laterală a ultimului planșeu (D_u) pentru care s-a produs scăderea forței tăietoare capabile cu mai mult de 20% datorită degradării/ieșirii din lucru a unor componente ale ansamblului structurii.
- (4) În cazul clădirilor cu planșee cu rigiditate ne semnificativă în plan orizontal se determină capacitatea fiecărui perete conform limitei indicate la **alin. (3)**.
- (5) Cerința de deplasare se stabilește pentru spectrul elastic de proiectare ($q = 1,0$) în deplasări (S_d) rezultat din spectrul elastic al accelerațiilor absolute (S_a) redus prin înmulțire cu factorul η .

$$S_d = \left[\frac{T}{4\pi} \right]^2 S_a \eta$$

unde:

- T este perioada proprie a construcției/peretelui;
- S_d este o deformație cerută de cutremurul de calcul putând fi determinată și prin analiză dinamică directă pentru modelul cu o singură masă.

- (6) Raportul R_{global} se determină cu relația:

$$R_{\text{global}} = \frac{S_{\text{cap}}}{S_{\text{nec}}^u}, \text{ în care } S_{\text{cap}} - \text{forța tăietoare capabilă la baza construcției, } S_{\text{nec}}^u - \text{forța tăietoare necesară la baza construcției.}$$

VII.4.4. Evaluarea siguranței pentru acțiunea seismică perpendiculară pe planul peretelui

- (1) Pentru fiecare dintre mecanismele de răsturnare, cu forțele și excentricitățile precizate în Fig. VII.32., se calculează:
 - a) momentul de răsturnare (M_r);
 - b) momentul de stabilitate (M_{St}).

- (2) Pentru calculul momentului de stabilitate nu se iau în considerare forțele de legătură datorate frecării iar efectul favorabil al încărcărilor permanente va fi redus cu 10%.
- (3) Raportul între momentul de stabilitate și momentul de răsturnare definește gradul de asigurare al peretelui la stabilitate.
- $$R_{3,st} = \frac{M_{st}}{M_r}$$
- (4) Raportul dintre momentul capabil al secțiunii transversale a peretelui (M_{cap}) și momentul încovoietor maxim produs de forța seismică perpendiculară pe plan ($M_{max,perp}$) definește gradul de asigurare al peretelui din punct de vedere al capacității de rezistență.
- $$R_{3,rez} = \frac{M_{cap}}{M_{max,perp}}$$
- (5) Momentul capabil al secțiunii transversale a peretelui se calculează:
- pentru cutremurul cu IMR = 40 de ani, considerând o distribuție triunghiulară a eforturilor pe secțiunea de zidărie nefisurată;
 - pentru cutremurul cu IMR = 100 de ani, considerând distribuția triunghiulară pe secțiunea fisurată;
 - pentru cutremurul cu IMR = 475 de ani, considerând echilibrul limită cu distribuția biliniară a eforturilor.

VII.5. Stabilirea deciziei de intervenție

VII.5.1. Principii generale

- (1) Pentru construcțiile cu valoare culturală nivelul minim acceptabil al siguranței structurale trebuie asociat cu principiul *intervenției minime* asupra construcției.
- (2) Respectarea principiului *intervenției minime* trebuie să se bazeze pe evaluarea cât mai exactă a vulnerabilității construcției prin analiza calitativă și prin rezultatele calculelor.
- (3) În cazul construcțiilor cu valoare culturală lucrările de intervenție trebuie să satisfacă concomitent două cerințe:
- sporirea capacității de deformare a construcției (în particular în stadiile avansate de solicitare);
 - limitarea deformațiilor elementelor cu valoare culturală pentru protejarea acestora împotriva avarierii.
- (4) În cazul în care vulnerabilitatea construcției (necesitatea intervenției) este demonstrată cu grad satisfăcător de încredere, va fi examinată, în primul rând, posibilitatea folosirii materialelor/tehnologiilor tradiționale.
- (5) Decizia de intervenție va fi stabilită de întreaga echipă de restaurare prin compararea diferitelor posibilități tehnice disponibile, având în vedere următoarele criterii:
- intervenții minime necesare;
 - soluții și tehnici constructive tradiționale;
 - reversibilitatea intervenției;
 - nivelul de afectare a construcției originare și a valorilor culturale;
 - îmbunătățirea performanțelor/siguranței structurale (capacitate de deformare, ductilitate).
- (6) În cazurile în care echipa de restaurare consideră că lucrările de consolidare posibile cu materialele și tehnologiile disponibile în momentul expertizării afectează într-o măsură inacceptabilă caracteristicile construcției, se poate decide schimbarea funcțiunii clădirii și implicit încadrarea în altă clasă de importanță-expunere. În cazuri extreme se pot propune doar operațiuni de conservare, opțiune care poate duce la scoaterea din circuitul public a construcției în cauză, amânând decizia de consolidare pentru o etapă ulterioară, în așteptarea progresului științific în domeniul materialelor și tehnologiilor aferente. În această situație se vor executa numai lucrări cu caracter provizoriu, reversibile, pentru a evita prăbușirea construcției (inclusiv pierderi de valori culturale inacceptabile).

VII.5.2. Criterii pentru stabilirea deciziei de intervenție

- (1) Decizia de intervenție pentru reducerea vulnerabilității seismice a construcțiilor cu valoare culturală se adoptă de comun acord de către membrii echipei de restaurare pe baza:
- Valorii factorului R_{global} stabilit conform **paragrafului VII.4.3.3. alin. (6)**.

- b) Evaluării calitative (istoricul construcției, concepția structurală originală, starea de afectare etc.) cuantificată prin factorii R_1 și R_2 definiți conform **Capitolului VI**, care sunt înglobați în R_{global} prin diminuarea factorului R_3 (informații suplimentare sunt oferite în **Anexa D**).
- (2) Pentru construcțiile cu factorul $R_{\text{global}} \leq 0,50$ se impune intervenție de consolidare obligatorie.
 - (3) Pentru construcțiile de la **alin. (2)** lucrările de intervenție vor fi proiectate pentru realizarea factorului $0,80 < R_{\text{global}} \leq 1,20$.
 - (4) Pentru construcțiile la care valoarea factorului R_{global} nu impune lucrări de consolidare se vor lua măsuri de intervenție de tip „reparație”. În cazul structurilor din zidărie se va urmări, în mod special, restabilirea continuității zidăriei și închiderea fisurilor în zidăriile aparente pentru a evita infiltrarea apelor meteorice asociată cu fenomenul de îngheț/dezghet.
 - (5) În final, pentru fiecare construcție cu valoare culturală, trebuie întocmit un raport sintetic al expertizei, al cărui conținut-cadru este detaliat în **Anexa E**.

CAPITOLUL VIII

VIII. SOLUȚII CADRU DE INTERVENȚII STRUCTURALE PENTRU REABILITAREA SEISMICĂ A CONSTRUCȚIILOR CU VALOARE CULTURALĂ

VIII.1. Principii generale, metodologii și tehnici de intervenții structurale

- (1) Intervențiile structurale în cadrul lucrărilor de restaurare seismică a construcțiilor cu valoare culturală se proiectează cu participarea întregii echipe de restaurare. Echipa de restaurare urmărește apoi derularea lucrărilor, inclusiv adaptarea prevederilor din proiect la situațiile concrete din șantier.
- (2) Intervențiile structurale sunt subordonate principiilor de restaurare definite în **paragraful I.2.** și au ca scop salvagardarea, prezervarea și punerea în valoare a construcțiilor care conțin valori culturale.
- (3) Metodele și procedeele de intervenție vor fi decise în acord cu:
 - a) importanța/valoarea culturală a construcției;
 - b) clasa de expunere determinată de numărul de persoane expuse în cadrul analizei construcției;
 - c) tipul și gradul de afectare și cauzele afectării construcției;
 - d) intervalul mediu de recurență al cutremurului pentru care se face intervenția (obiectivul de performanță seismică după intervenție).
- (4) Intervențiile structurale trebuie să ia în calcul reversibilitatea intervenției și să nu modifice decât în proporții reduse substanța masei structurale existente.
- (5) Pentru satisfacerea cerințelor de la **alin. (4)** se folosesc în proporție cât mai mare și cu preponderență materiale și tehnologii apropiate caracteristicilor construcției existente. Folosirea unor variante moderne ale acestora poate fi acceptată dacă acestea nu afectează semnificativ caracterul istoric al construcției.

VIII.2. Categoriile de lucrări de intervenții structurale

- (1) Intervențiile structurale asupra construcțiilor cu valoare culturală se grupează în două categorii:
 - a) reparații;
 - b) consolidări.
- (2) **Reparațiile** au ca scop refacerea caracteristicilor de rigiditate și de rezistență ale unor componente ce formează structura de rezistență, cât mai apropiate de nivelul parametrilor inițiali (NPI) sau de nivelul parametrilor disponibili (NPD) la data producerii avarierii. În acest caz intervențiile vizează doar elemente punctuale care nu necesită intervenții majore.
- (3) Lucrările de *reparație* preced și sunt complementare lucrărilor de consolidare.
- (4) **Consolidările** au ca scop refacerea caracteristicilor de rigiditate și de rezistență ale întregii structuri, cât mai apropiate de nivelul parametrilor inițiali (NPI).
- (5) În funcție de amploare și de complexitate, lucrările de **consolidare** se clasifică după cum urmează:
 - a) Consolidare **individuală**, care implică intervenții asupra unui număr mic de elemente structurale care au deteriorări *grave* și *foarte grave* sau care au capacitate de rezistență insuficientă în raport cu nivelul de performanță propus;
 - b) Consolidare de **ansamblu** a structurii care implică intervenții asupra unui număr mare/totalitatea elementelor structurale. Consolidările de ansamblu cu modificarea sistemului structural nu sunt acceptate în cazul construcțiilor care conțin valori culturale.
- (6) În condițiile regimului seismic din România unde se înregistrează, statistic, cel puțin două cutremure semnificative în fiecare secol, se recomandă ca alegerea strategiei de rehabilitare să permită menținerea unui nivel satisfăcător de siguranță după cel puțin două cutremure succesive.
- (7) Lucrările de reparații și consolidări la construcțiile cu valoare culturală se execută cu respectarea strictă a prevederilor din proiectul elaborat de echipa de restaurare care răspunde solidar pentru realizarea întocmai a acestuia.

VIII.2.1. Lucrări de reparații

VIII.2.1.1. Lucrări de reparații la construcții cu pereți structurali din zidărie

- (1) Reparațiile au ca scop principal *refacerea continuității zidăriei*. Alegerea procedurii de intervenție se face de către echipa de restaurare în funcție de:
- cerințele de restaurare/conservare a elementelor cu valoare culturală;
 - starea de degradare din cauze seismice și/sau neseismice;
 - tipul zidăriei (elemente/mortare/țesere);
 - disponibilitatea materialelor, a specialiștilor și a procedurilor tehnologice pentru intervenție.
- (2) Principalele procedee de refacere a continuității a zidăriei folosite pentru construcțiile cu valoare culturală sunt:
- Refacerea mortarului din rosturi cu sau fără introducerea unor materiale cu proprietăți superioare (metal sau polimeri armați cu fibre – FRP). Procedeele sunt recomandate în cazurile în care mortarul este degradat din acțiunea factorilor de mediu (precipitații cu sau fără îngheț/dezghet, agenți agresivi din atmosferă etc.) și, de asemenea, în cazul mortarelor foarte slabe (mortare de argilă sau mortare cu dozaj de var/nisip mic – orientativ, mai mic decât 1:5). Se va da atenție la alegerea calității mortarului de refacere a rosturilor, pentru a nu fi mai rezistent decât cărămida.
 - Refacerea mortarului inconsistent dintre rosturi, dacă acesta nu și-a pierdut coeziunea, se face astfel: se îndepărtează mortarul existent pe o adâncime de 20-25 mm, se suflă cu aer și cu apă sub presiune, se aplică un mortar compatibil cu cărămida și cu mortarul existent, iar în final trebuie să rezulte rosturi (atât orizontale cât verticale) umplute la fața cărămizii sau similare cu cele inițiale.
 - Refacerea mortarului din rosturi atunci când acesta a devenit necoeziv, friabil, se face astfel: pe adâncimea care rezultă în urma îndepărtării prin suflare cu aer (cu joasă presiune) se aplică un strat de „întăritor” pe mortarul ce a rămas în rost, în mai multe straturi și la intervale de timp de câteva zile (de regula 7 zile sau în funcție de specificația tehnică a produsului). Se completează apoi rostul, în straturi succesive, cu mortar de var hidraulic sau mortar armat dispers. În final, toate rosturile se chituiesc astfel încât fenomenul care a condus la degradarea varului din mortarul inițial să fie îndepărtat (întârziat).
 - Rețeserea/rezidirea zonelor cu fisuri/crăpături constă în înlocuirea elementelor pentru zidărie care prezintă fisuri cu deschideri mari/crăpături sau care sunt rupte/zdrobite. Rețeserea se face folosind elemente pentru zidărie și mortar cu proprietăți cât mai apropiate de cele din zidăria originală, din punct de vedere al formei, al dimensiunilor și al proprietăților mecanice de rezistență și de deformabilitate.

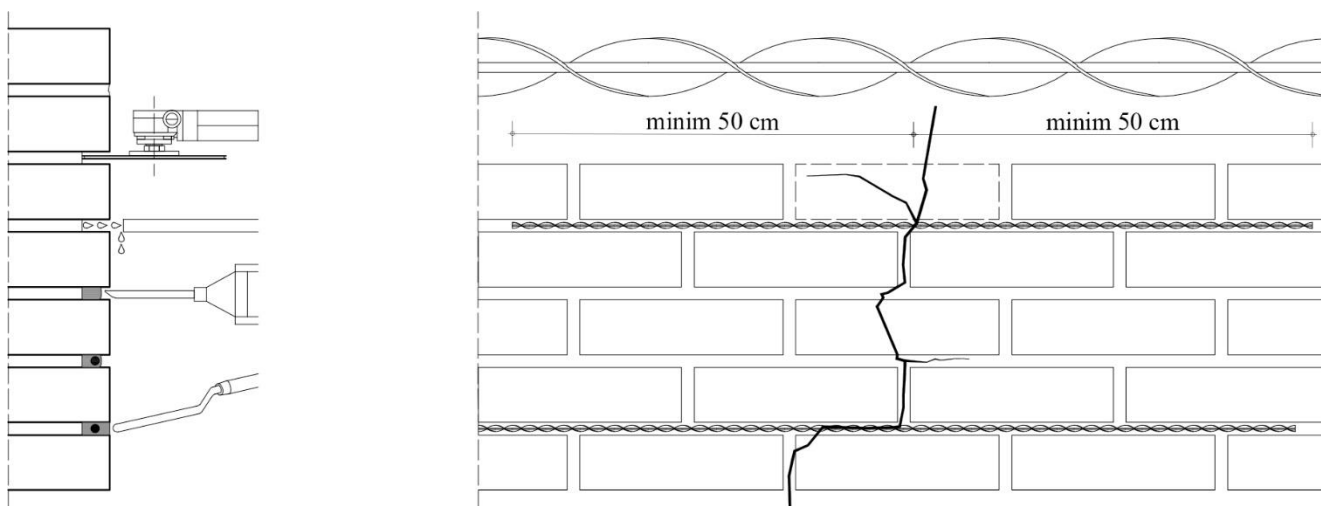


Fig. VIII.1. Țeserea cu inserții metalice a fisurilor.

- Țeserea cu inserții metalice presupune introducerea în rosturile zidăriei, a unor bare metalice (elicoidale din inox). Rosturile se adâncesc, se suflă și se spală cu apă, fiind umplute parțial cu un prim strat de mortar. Se introduc barele metalice și se completează rosturile cu mortar. Piesele

metalice vor avea cel puțin 1 m lungime, mijlocul acestora poziționându-se la jumătatea fisurii. Țeserea se poate face pe o singură față sau pe ambele fețe ale zidăriei, la fiecare asiză, la două sau maxim trei, în funcție de starea de eforturi, de starea fizică a materialelor și de deschiderea fisurilor.

- d) Țeserea cu bare din polimeri armați cu fibre (FRP) se face în mod similar cu cea cu inserții metalice, cu respectarea instrucțiunilor tehnice specificate de către producători și cu asigurarea aderenței corespunzătoare la mortarul refăcut și cel existent.
- e) Injectarea fisurilor/crăpăturilor are ca scop restabilirea legăturilor între elementele pentru zidărie avariate de cutremur. Procedul poate fi folosit și pentru umplerea golurilor/fisurilor provocate de cauze neseismice (fenomene fizice sau chimice). Eficiența procedurii depinde de mai mulți factori dintre care cei mai importanți sunt:
- alcătuirea zidăriei;
 - compoziția amestecului care se injectează (compatibilitatea acestuia cu zidăria existentă din punct de vedere fizico-chimic și al proprietăților mecanice – rezistență și aderență);
 - tehnologia de execuție: numărul și dispunerea găurilor de injectare, presiunea și viteza de injectare;
 - eficiența controlului de calitate asupra materialelor și a tehnologiei de execuție.

Pentru injectare se folosesc:

- amestecuri pe bază de var hidraulic, în funcție de caracteristicile zidăriei existente;
- amestecuri pe bază de ciment, în cazul elementelor din beton armat;
- amestecuri pe bază de rășini epoxidice – la zidării cu blocuri de beton având rezistențe peste 15 N/mm².

VIII.2.1.2. Lucrări de reparație la structurile din lemn

- (1) Lucrările de reparații la structurile de lemn se încadrează în categoria operațiunilor care refac integritatea structurii originale. Piese din lemn sunt supuse permanent degradărilor fizice, chimice și biologice, starea de degradare fiind influențată direct de poziția elementului în cadrul ansamblului (piese acoperite, neacoperite, în contact cu solul, sub apă etc.). Acest fapt impune necesitatea restabilirii caracteristicilor materialului lemnos și ale mediului înconjurător, cât mai aproape de situația inițială.
- (2) Elementele degradate biologic sau deformate ca urmare a defectelor materialului lemnos ori a contragerilor se înlocuiesc, total sau parțial în funcție de gradul de degradare și lungimea elementului afectat. Piese înlocuite, inclusiv cele auxiliare de fixare, vor urmări caracteristicile celor originale (specie, direcția fibrei, modul de prelucrare etc.). Se va evita folosirea scoabelor, a platbandelor sau ecliselor metalice montate aparent.
- (3) Principalele operațiuni de reparare aferente structurilor de lemn sunt:
- a) repunerea/reșezarea cuielor din lemn lipsă;
 - b) introducerea de pene în dreptul rosturilor (cauzate de contragere) dintre elemente;
 - c) reamplasarea elementelor lipsă urmărind locașurile/amprente vechilor îmbinări păstrate;
 - d) tratarea de suprafață/curățarea pieselor metalice;
 - e) curățarea de suprafață (maxim 1-2 cm) a pieselor degradate din lemn;
 - f) repositionarea/fixarea nodurilor de prelungire ale diferitelor elemente lungi (tălpi, pane, căpriori etc.);
 - g) înlocuirea elementelor degradate parțial sau integral. Legăturile dintre elementele existente și cele noi se realizează prin îmbinări de prelungire specifice solicitării sau în noduri. Îmbinările de prelungire pot fi tradiționale/dulgherești folosind exclusiv piese de lemn sau utilizând diferite confecții metalice, soluții adezive sau rășini. Pentru asigurarea rezistenței și stabilității, pe durata înlocuirii elementelor, vor fi prevăzute, după caz, și susțineri/sprajiniri provizorii sau chiar construcții auxiliare;
 - h) injectarea fisurilor cu rășini.

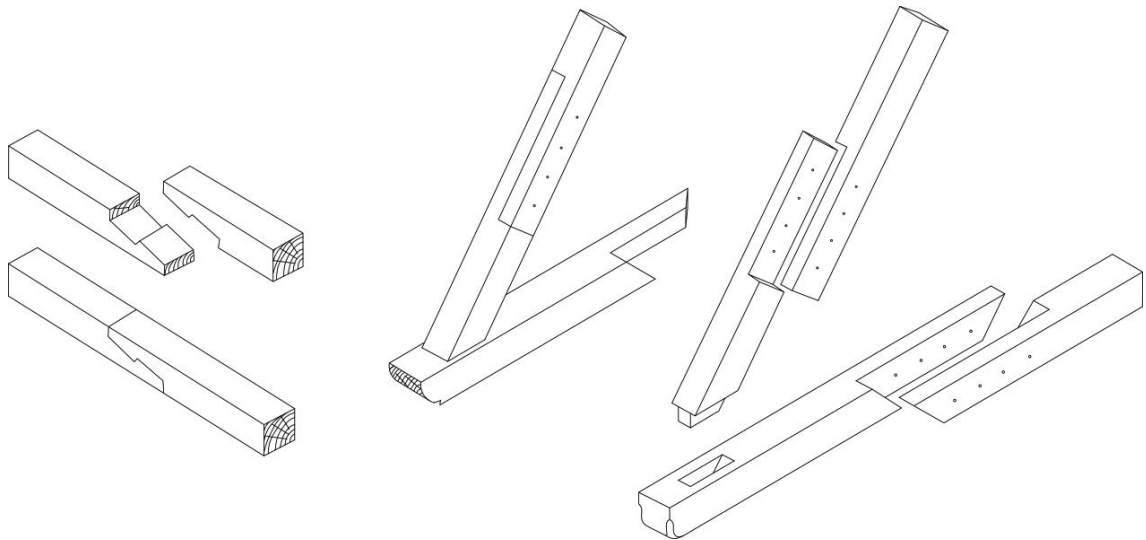


Fig. VIII.2. Reparații la elementele șarpantei.

- (4) Refacerile îmbinărilor de lemn desfăcute sau dislocate de-a lungul timpului sunt considerate lucrări de reparație.
- (5) În categoria reparațiilor nu intră rigidizarea longitudinală suplimentară sau mărirea secțiunii transversale a elementelor de lemn, respectiv prelungirea, consolidarea în zonele de rezemare.
- (6) În funcție de caracteristicile structurii de lemn și starea de conservare a pieselor de lemn, materialul lemnos nou introdus sau și materialul lemnos existent va fi tratat preventiv și curativ antiseptic și ignifug după caz.

VIII.2.1.3. Lucrări de reparație la structurile din beton și beton armat

- (1) Elementele din beton armat se vor repara în funcție de natura avariei. Astfel, pentru:
 - a) elemente lineare (stâlpi, grinzi, centuri etc.) cu fisuri la colțuri și/sau armătură vizibilă – se va determina gradul de carbonatare a betonului, se vor desprinde colțurile fisurate, se va îndepărta prin buciardare stratul de beton carbonatat, se vor curăța rugina și impuritățile de pe armătură și se vor aplica soluții de refacere a capacității elementului de beton, protejând totodată materialul de acțiunea dioxidului de carbon cu ajutorul unor sisteme specifice.
 - b) elemente de suprafață (planșee, bolți etc.) cu armătură vizibilă – se va determina gradul de carbonatare a betonului, se va buciarda și se va aplica un sistem de refacere a secțiunii de beton;
 - c) fisuri și crăpături în elemente din beton – se vor practica matări sau injecții cu lapte/mortar de ciment apropiat caracteristicilor inițiale sau cu rășini epoxidice cu vâscozitate scăzută. Se va ține cont de natura fisurilor și de starea eforturi din elementul respectiv.

VIII.2.1.4. Lucrări de reparație la structurile metalice

- (1) Lucrările de reparații la structurile metalice se referă la:
 - a) înlocuirea pieselor metalice lipsă sau afectate puternic de coroziune sau deformate din diferite cauze neseismice/seismice;
 - b) refacerea îmbinărilor între elementele componente (la noduri sau în lungul barelor).
- (2) Legăturile între elementele existente și cele noi se realizează prin sudură sau cu șuruburi/buloane. Pentru monumente istorice de importanță națională se vor folosi îmbinările nituite. Expertul tehnic va preciza dacă pentru realizarea acestor operații este necesară adoptarea unor măsuri de sprijinire provizorie.

VIII.2.2. Lucrări de consolidare

VIII.2.2.1. Lucrări de consolidare la construcții cu pereți structurali din zidărie

- (1) Pentru construcțiile cu valoare culturală se folosesc numai intervenții de consolidare fără modificarea alcătuirii structurale existente.
- (2) Pentru realizarea conlucrării între pereții de pe direcțiile principale ale structurii sunt necesare lucrări în cazurile în care legăturile între pereți, la colțuri, ramificații și intersecții lipsesc sau sunt insuficiente pentru a asigura transmiterea forței de alunecare verticală corespunzătoare comportării ca secțiune compusă (cu forma în plan I, L, T).

Situația menționată mai sus poate proveni din:

- deficiențe de execuție: de exemplu, ziduri neșesute ca urmare a folosirii elementelor pentru zidărie cu înălțimi diferite în pereții respectivi;
- intervenții ulterioare: de exemplu, pereți structurali adăugați fără țesere cu cei existenți.

Pentru realizarea/refacerea/consolidarea legăturilor se utilizează, de regulă, următoarele procedee:

- inserția de bare de oțel rotund în găuri forate înclinat în zidărie și umplute ulterior cu mortar (injectări armate);
 - inserția de bare de oțel rotund/platbande în rosturile de așezare ale elementelor;
 - inserția de profiluri metalice la colțuri, ramificații și intersecții.
- (3) Introducerea tiranților metalici are ca scop principal asigurarea stabilității pereților structurali sub efectul acțiunii seismice perpendiculare pe plan. Tiranții se montează la nivelul planșeelor intermediare și la nivelul ultimului planșeu în dreptul colțurilor, ramificațiilor și intersecțiilor de ziduri. La extremități, tiranții se fixează cu plăci sau cu profiluri metalice. Întinderea tiranților se face prin strângerea piulițelor la capete sau în cazul unor tiranți mai lungi cu dispozitive de întindere cu filet stânga-dreapta. Pentru asigurarea efectului de pretensionare și reducerea în timp a curgerii lente se va încălzi tirantul pe o lungime cât mai mare posibilă (2-4 m) până la temperatura de 30-40 °C, moment în care se face și strângerea piulițelor.
 - (4) Consolidarea zidăriei prin placare cu materiale cu proprietăți superioare este un procedeu eficient de sporire a rezistenței și rigidității pereților de zidărie. În cazul construcțiilor cu valoare culturală acest procedeu este acceptat numai dacă echipa de restaurare (arhitect, inginer de rezistență, restaurator componente artistice) consideră că prin această operație nu sunt afectate valorile istorice, memoriale, arhitecturale sau artistice (volumetria generală, relația dintre elementele componente, schema structurală de ansamblu, decorul parietal – elemente ornamentale, stucaturi, tapete, lambriuri, pictură etc.). Decizia privind soluția de consolidare va lua în considerare compatibilitatea materialelor și modul de comportare al acestora în timp.
 - (5) Consolidarea zidăriei cu inserție metalică aplicată pe ambele fețe ale acesteia în vederea transformării zidăriei normale în zidărie armată cu câte două bare din metal în asize (proiectantul va stabili dacă se vor monta în fiecare asiză sau cel mult la trei asize). Detaliul de principiu este ilustrat în Fig. VIII.3.

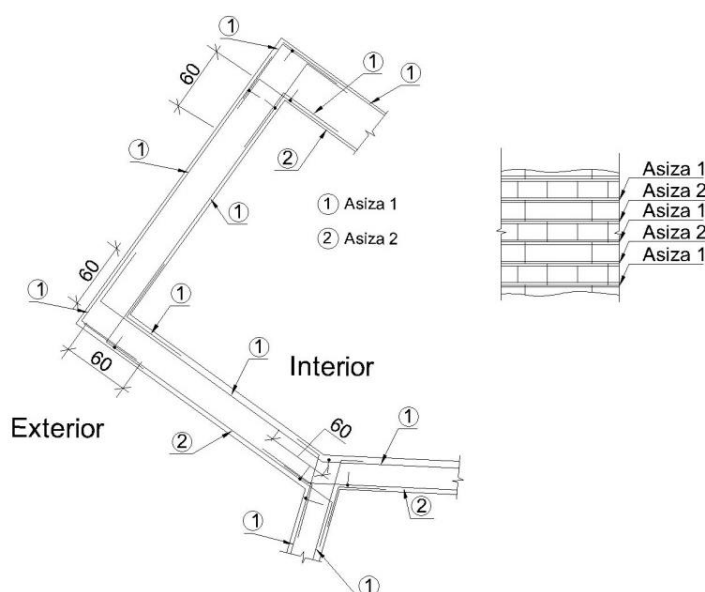


Fig. VIII.3. Consolidarea zidăriei cu inserții metalice pe ambele fețe.

- (6) Placarea se face, de regulă, pe toată suprafața peretelui, pe una sau pe ambele fețe, cu plase din polimeri armați cu fibre de înaltă rezistență și rigiditate sau cu tencuială/coji de beton (turnat în cofraj/torcretat) armate cu plasă din oțel.
- (7) Placarea se poate aplica și parțial, numai pe unele părți ale peretelui pentru remedierea unor deficiențe locale, de exemplu, dacă se constată rezistența insuficientă la forță tăietoare a unora dintre spaleții între uși/ferestre.
- (8) Consolidarea zidăriei se poate face și prin introducerea de rețele de elemente liniare compuse din profiluri metalice, din materiale compozite sau din beton armat (centuri și stâlpișori).
- (9) Consolidarea zidăriei prin placarea cu profiluri metalice conduce la mărirea capacității la compresiune (prin confinarea spaleților) și la forțe orizontale prin preluarea întinderilor din moment încovoietor. Legătura dintre profiluri și zidărie se face cu ancoraje metalice introduse înclinat în găuri practicate în zidărie și umplute cu mortar de var-ciment sau var hidrolic.
- (10) Elementele structurale înglobate trebuie să fie acoperite spre exterior cu zidărie de cărămidă care să refacă paramentul.
- (11) Pentru construcțiile cu planșee din grinzi și podină de lemn se prevăd măsuri care să împiedice tendința pereților exteriori de formare a mecanismelor de cedare locale (răsturnarea peretelui) Fig. VIII.4.

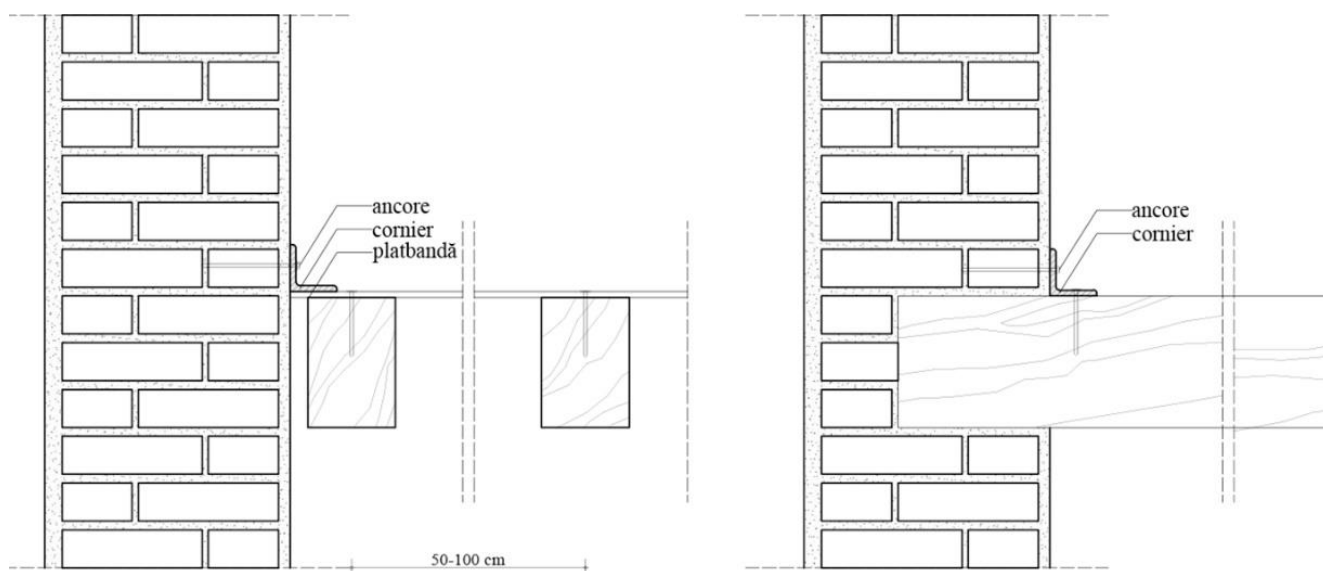


Fig. VIII.4. Ancorarea pereților exteriori de planșeu.

- (12) Consolidarea planșeelor din grinzi și podină de lemn, care urmărește în principal sporirea rigidității în plan orizontal, poate fi realizată prin mai multe procedee:
 - a) realizarea unei suprabetonări armate, cu grosime mică, 4÷5 cm, legată corespunzător cu grinzile din lemn și cu pereții de contur (soluția sporește masa construcției supusă acțiunii seismice), Fig. VIII.5;
 - b) prinderea de grinzile de lemn, sus și jos sau numai pe o singură parte, a unui sistem de zăbrele din platbande din oțel care se ancorează în pereții de contur;
 - c) prinderea la fața inferioară a grinzilor a unui sistem de tiranți din oțel;
 - d) adăugarea, pe grinzile existente, sus și jos, sau numai pe o singură parte, a unui strat de scânduri/dulapi (dispus la 45° față de direcția grinzilor).

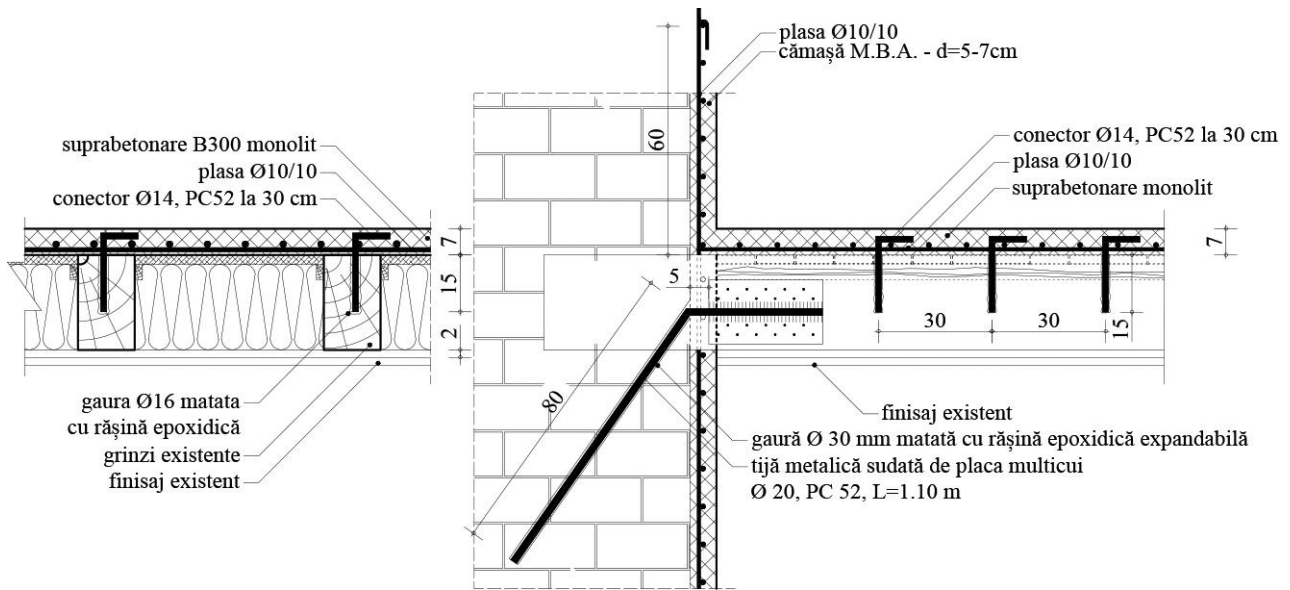


Fig. VIII.5. Variantă de consolidare a planșelor din lemn prin suprabetonare și conectori.

- (13) Măsurile aplicabile planșelor din lemn pentru mărirea rigidității și rezistenței la încărcări gravitaționale prin:
- fixarea pe muchiile grinzelor de lemn a patru profiluri metalice cu pereți subțirii. Solidarizarea elementelor se face cu șuruburi autofiletante pentru lemn;
 - adăugarea unor grinzi suplimentare din lemn sau/și blătuire cu scânduri sau dulapi;
 - înlocuirea straturilor cu rol fonoizolant și termoizolant (realizate din colțuri de cărămidă, cenușă, zgură, pământ etc.) care au greutate mare cu materiale ușoare (ex.: vată de sticlă, vată bazaltică).

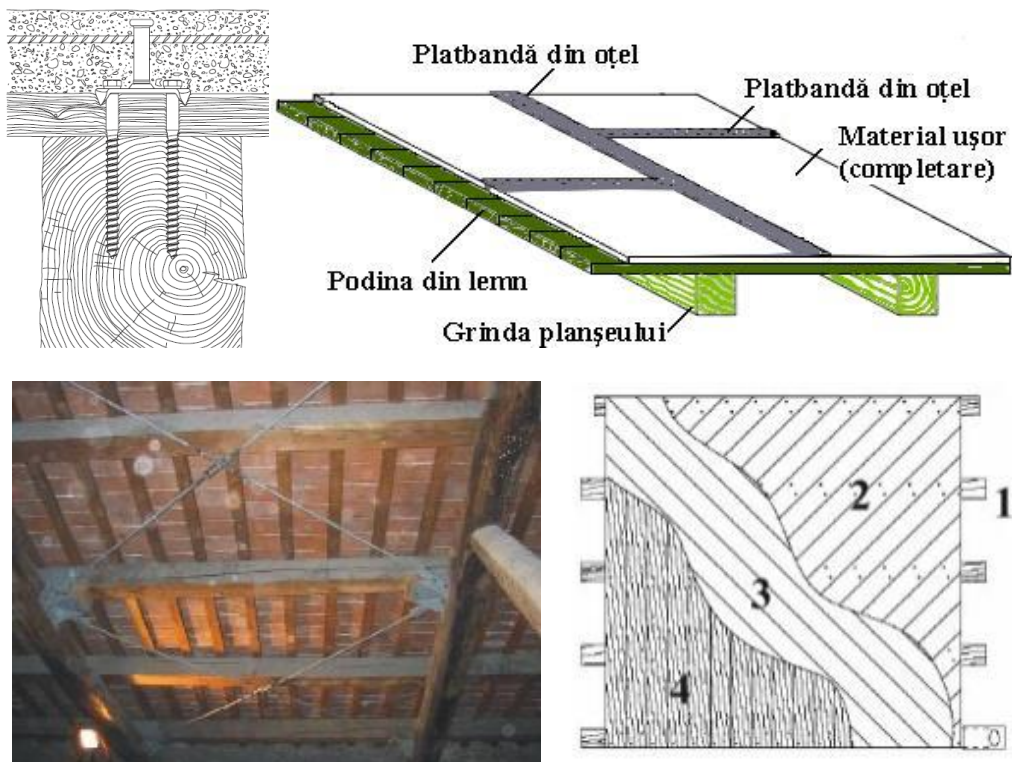


Fig. VIII.6. Variante de consolidare a planșelor din lemn.

- (14) Consolidarea planșelor din boltișoare se poate face prin:
- sporirea rigidității în plan orizontal prin legarea profilurilor cu platbande/bare rotunde din oțel sudate la talpa inferioară (soluția curentă, care nu necesită desfacerea pardoselii) sau la talpa superioară. Elementele nou introduse trebuie să formeze contravântuiri orizontale pe toată suprafața planșeului. Pentru clădirile din secolul al XIX-lea se recomandă verificarea sudabilității oțelului din grinzi;
 - introducerea tiranților transversali pentru a evita ruperile locale ale bolților;
 - introducerea tiranților longitudinali pentru a prelua eforturile de întindere din încovoierea diafragmei orizontale și de contravântuiri orizontale perimetrare.

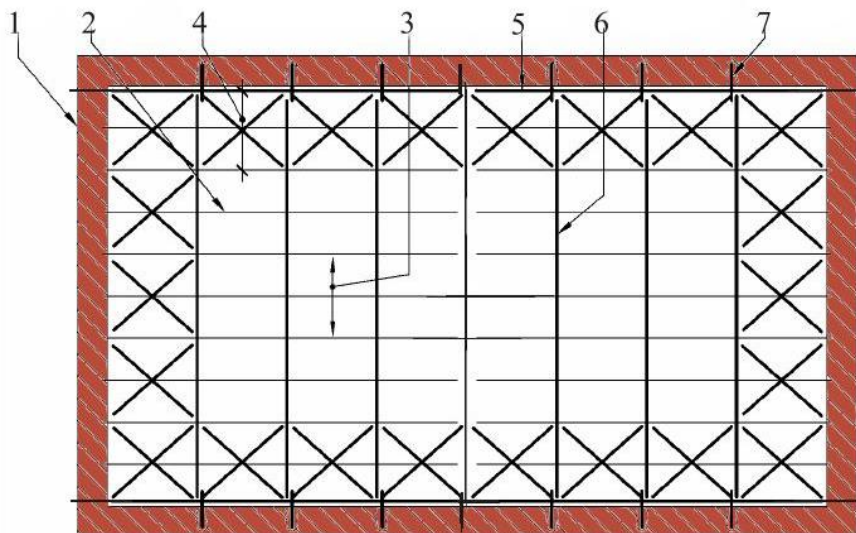


Fig. VIII.7. Consolidarea planșelor boltișoare de cărămidă (după FEMA 547, p. 22-37):

1. Perete de zidărie 2. Grinzi metalice (de regulă profiluri I) 3. Bolți de cărămidă 4. Platbande de oțel sudate la talpa inferioară a grinzilor
5. Tirant longitudinal 6. Tirant transversal 7. Ancore montate în găuri forate în zidărie.

- (15) Măsurile pentru preluarea/reducerea împingerilor orizontale date de arce și bolți constau în:
- reducerea încărcărilor aplicate la extradadosul acestora. În cazul planșeelor realizate din bolți de zidărie, reducerea se poate obține prin eliminarea umpluturilor grele așezate deasupra lor (de regulă moloz/cloțuri de cărămidă) și înlocuirea lor cu materiale ușoare;
 - introducerea tiranților metalici la nivelul reazemelor;
 - introducerea unui sistem de centuri din beton armat în zona de rezemare a șarpantei;
 - introducerea profilurilor metalice de tip UNP pe o față sau pe ambele fețe;
- (16) Consolidarea fundațiilor poate fi necesară în următoarele situații:
- pentru fundațiile din materiale slabe: piatră, cărămidă sau beton simplu;
 - pentru fundațiile care nu pot prelua eforturile capabile ale pereților structurali din secțiunea de la bază;
 - pentru clădirile la care soluția de intervenție implică adăugarea unor încărcări permanente importante prin măsuri de consolidare cum sunt placarea cu beton armat a pereților sau suprabetonări ale planșeelor existente;
În cazul construcțiilor care dețin valori culturale semnificative soluția consolidării pereților și a planșeelor cu beton armat, care impune modificări importante ale schemei structurale, eliminări semnificative ale materialelor originale și/sau pierderi ale elementelor decorative, trebuie evitată, fiind acceptate variante de consolidare structurale cât mai puțin invazive;
 - clădirea a suferit deteriorări din cauze neseismice, legate de natura terenului și/sau interacțiunea sol/structură.
- (17) Procedeele de consolidare a fundațiilor pentru eliminarea acestor deficiențe sunt următoarele:
- Pentru reducerea presiunii pe teren:
 - lărgirea fundațiilor prin placare cu beton armat turnat sau torcretat;
 - subzidirea fundațiilor existente pentru atingerea adâncimii de îngheț sau a straturilor cu rezistență suficientă;

- introducerea micropiloților;
 - îmbunătățirea terenului de fundație (injectări, *jet-grouting*).
- b) Pentru sporirea capacității de rezistență:
- injectarea mortarului în fundațiile din zidărie de piatră fără mortar;
 - armarea în rosturi a fundațiilor din zidărie nearmată;
 - placarea cu beton armat; în acest caz se recomandă ca placarea să fie realizată ca grindă Vierendel (nu cu placare completă) pentru a nu favoriza ascensiunea umidității în zidăria parterului.

(18) În cadrul lucrărilor de consolidare se vor lua măsuri pentru evitarea ascensiunii umidității în zidărie (în special în zonele în care au fost introduse elemente din beton armat și tencuieli armate care generează eflorescențe).

VIII.2.2.2. Lucrări de consolidare specifice clădirilor de cult

- (1) În cazul bisericilor, concepția de consolidare constă în introducerea unor elemente structurale (din metal, lemn, materiale compozite, beton armat etc.) prin care se poate realiza, în funcție de problemele specifice:
- o macrostructură în podul bisericii cu rigiditate mare în plan orizontal și vertical;
 - suplimentarea infrastructurii cu un sistem nou exterior/interior cu rezistență corespunzătoare la întindere, compresiune și încovoiere;
 - asocierea celor două complexe structurale cu un ansamblu de elemente verticale lamelare, și eventual și cu centuri intermediare, înglobate în pereții de zidărie;
 - consolidarea și ancorarea turelor de corpul bisericii.

Un asemenea exemplu de consolidare complexă este ilustrat în Fig. VIII.8.

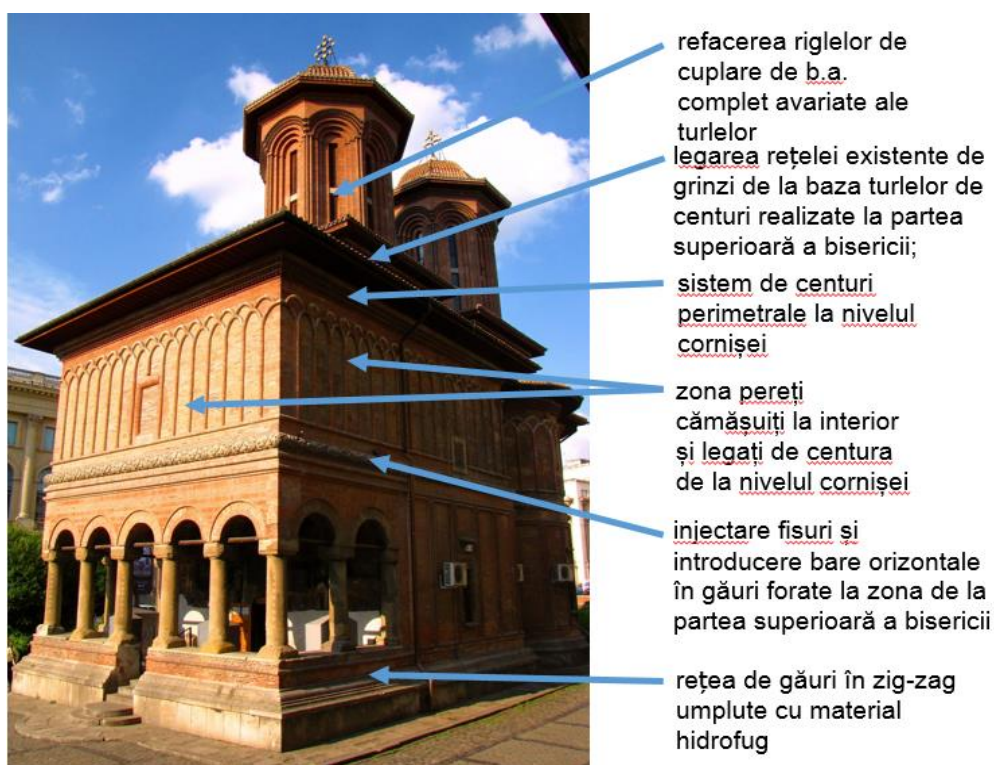


Fig. VIII.8. Exemplu de consolidare complexă.

- (2) Macrostructura din pod are ca scop oprirea procesului de fragmentare în „blocuri” la partea superioară. În principiu acest complex structural este compus din:
- centură periferică la nivelul cornișei;
 - grinzi-tirant, dispuse transversal, în dreptul elementelor verticale de pe fațadele laterale;
 - centuri circulare pentru preluarea întinderilor la baza cupolelor;
 - grinzi jug care preiau turele și le descarcă pe pereți.

- (3) Elemente lamelare verticale pot fi dispuse în punctele susceptibile de avarii ale structurii cum sunt: colțuri, întrânduri, la separațiile între pridvor/pronaos, pronaos/naos, absida altarului sau turn/navă, navă/cor. Trebuie asigurată asocierea stabilă a acestor elemente cu zidăria originară. Elementele verticale lamelare pot fi înlocuite cu armături introduse în găuri forate.
- (4) În cazul bisericilor cu pereți înalți sau slăbiți de multe goluri, se recomandă prevederea unei centuri intermediare pentru legarea elementelor lamelare verticale.
- (5) Suplimentarea infrastructurii este necesară în cazurile în care:
- sistemul de fundare prezintă fracturi asociate mecanismului global de avariere;
 - clădirea este susceptibilă de alunecare împreună cu masivul;
 - terenul de fundare este sensibil la umezire;
 - sistemul de fundare este insuficient sau lipsește.
- (6) Intervențiile pentru consolidarea infrastructurii constau, de la caz la caz, în:
- intervenții la interior:
 - suportul pardoselii se realizează ca dală-diafragmă (rigidă în plan orizontal);
 - un sistem de grinzi-tirant transversale și un ansamblu de bi-triangulații pentru rigidizare dalei.
 - intervenții la exterior:
 - centura periferică, oprită deasupra soclului sau imediat sub trotuar (pentru situațiile când fundațiile sunt adânci și fără discontinuități);
 - subzidiri locale;
 - sistem Vierendel, cu sau fără tălpi suplimentare de descărcare pe teren;
 - batiu masiv care înconjoară întreaga infrastructura;
 - injecții (*jet-grouting*) pentru îmbunătățirea terenului de fundație cât și pentru uniformizarea proprietăților acestuia pe toată zona de rezemare a fundațiilor imobilului.
- (7) Pentru consolidarea turelor se prevăd următoarele măsuri:
- ancorarea turelor în butucul inferior;
 - devierea descărcării momentului de răsturnare de la arce la pereții longitudinali;
- (8) În cazul turelor din lemn, efectele acțiunii vântului sunt predominante în special în zonele cu seismicitate redusă/medie ($a_g \leq 0,16 g$).
- (9) În cazurile excepționale ale unor construcții cu valoare culturală deosebit de valoroase, la care nu se pot face intervenții de consolidare la suprastructură fără alterarea semnificativă/inacceptabilă a valorii culturale, se poate adopta soluția izolării seismice a bazei printr-unul din procedeele recunoscute și verificate în practică.
- (10) Metoda de consolidare prin izolarea bazei reduce la minimum intervențiile structurale în corpul construcției și rezolvă în același timp hidroizolarea la nivelul terenului, Fig. VIII.9.

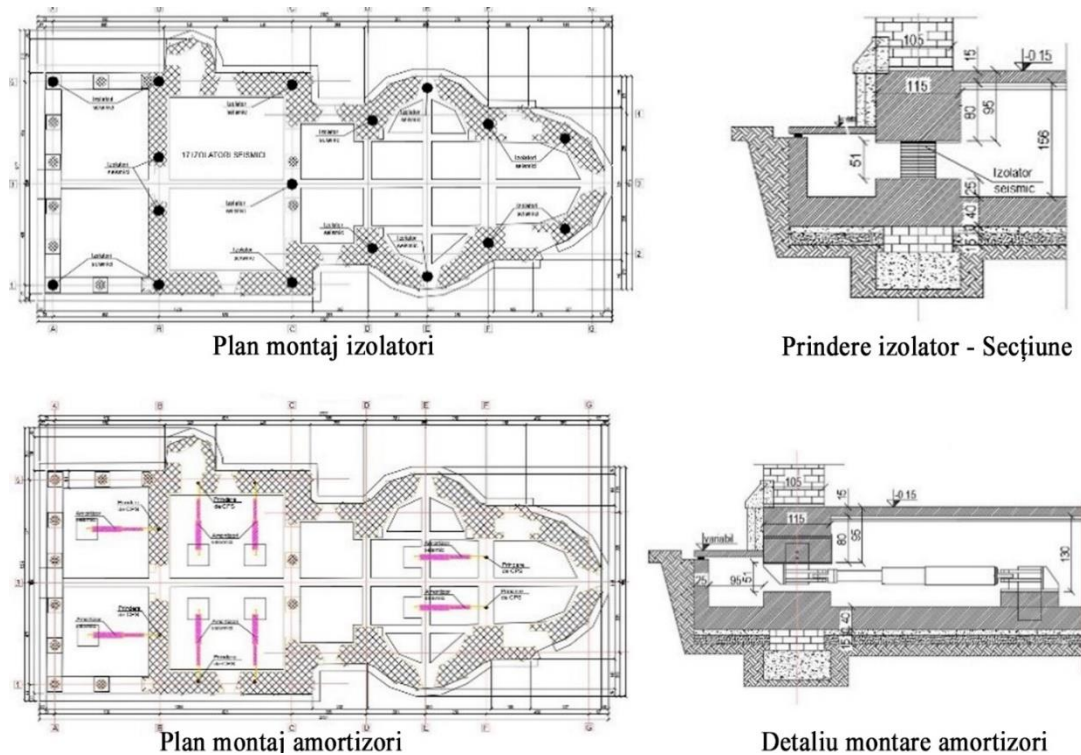


Fig. VIII.9. Exemple de consolidare prin izolarea bazei.

VIII.2.2.3. Lucrări de consolidare specifice turnurilor

- (1) Pentru consolidarea turnurilor se pot adopta, după caz, următoarele tipuri de intervenții:
 - a) rețea spațială, de elemente verticale și orizontale înglobate în zidărie la interior sau la exterior;
 - b) consolidare pe interior cu schelet metalic, de lemn sau din beton armat;
 - c) tiranți din oțel înglobați în zidărie;
 - d) centuri metalice exterioare înglobate în zidărie.
- (2) Intervențiile asupra fundațiilor, în cazul în care acestea se află sub nivelul apelor freatice sau de infiltrație, se vor realiza numai după îndepărtarea apelor prin lucrări de drenaj corespunzătoare. Se recomandă ca traseul drenurilor/canalizărilor să nu fie prevăzut în axul turnului.

ANEXA A (A.1. normativă și A.2. informativă)

A. ACȚIUNI ȘI ÎNCĂRCĂRI DE PROIECTARE. PROPRIETĂȚI MECANICE ALE MATERIALELOR

A.1. Acțiuni și încărcări de proiectare

(1) În prezentul Cod se folosesc, în principal, următoarele unități de măsură:

- Eforturi și încărcări: kN, kN/m, kN/m²
- Masă: kg, t
- Masă specifică (densitate): kg/m³
- Greutate specifică: kN/m³
- Eforturi unitare și rezistențe: N/mm² (MPa), kN/m² (kPa)
- Momente (încovoietoare, de torsiune etc.): kNm
- Durată (timp, perioade ale vibrațiilor): s
- Accelerație: m/s²
- Accelerația terenului: g (9,81 m/s²)

A.1.1. Greutăți tehnice ale materialelor de construcție

- Zidărie cu cărămizi pline din argilă arsă: $\gamma_{zid} = 18,0 \text{ kN/m}^3$
- Zidărie din piatră naturală:
 - bolovani de râu $\gamma = 17,0 \div 23,0 \text{ kN/m}^3$
 - bazalt $\gamma = 30,0 \text{ kN/m}^3$
 - calcar $\gamma = 25,0 \div 28,0 \text{ kN/m}^3$
 - granit $\gamma = 28,0 \text{ kN/m}^3$
- Moloz uscat: $\gamma = 14,0 \text{ kN/m}^3$
- Mortare:
 - mortar de ciment $\gamma_{mortar} = 19,0 \div 23,0 \text{ kN/m}^3$
 - mortar de var-ciment $\gamma_{mortar} = 18,0 \div 20,0 \text{ kN/m}^3$
 - mortar de var $\gamma_{mortar} = 12,0 \div 18,0 \text{ kN/m}^3$
 - mortar de ipsos (tencuiei) $\gamma_{mortar} = 12,0 \div 18,0 \text{ kN/m}^3$
- Lemn uscat:
 - brad $\gamma = 5,0 \text{ kN/m}^3$
 - fag, stejar $\gamma = 7,5 \text{ kN/m}^3$
 - plop $\gamma = 4,0 \text{ kN/m}^3$
- Metale
 - fontă $\gamma = 72,5 \text{ kN/m}^3$
 - fier, oțel $\gamma = 78,5 \text{ kN/m}^3$
 - bronz $\gamma = 86,0 \text{ kN/m}^3$
 - cupru $\gamma = 89,0 \text{ kN/m}^3$
 - plumb $\gamma = 114,0 \text{ kN/m}^3$
- Planșee din boltișoare din zidărie
 - boltă de 1/2 cărămidă plină inclusiv umplutura: $g_{pl} = 2,75 \text{ kN/m}^2$
 - boltă de 1 cărămidă plină inclusiv umplutura: $g_{pl} = 5,40 \text{ kN/m}^2$

A.1.2. Coeficienți de dilatare termică

- Metale: aluminiu: $24 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, oțel inoxidabil: $16 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, oțel structural: $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.
- Betoane: betoane curente: $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, beton celular: $7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.
- Zidărie: $6 \div 10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ în funcție de tipul elementelor pentru zidărie.
- Lemn: paralel cu fibrele: $5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, perpendicular pe fibre: $30 \div 70 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ în funcție de specia lemnului și de umiditate.

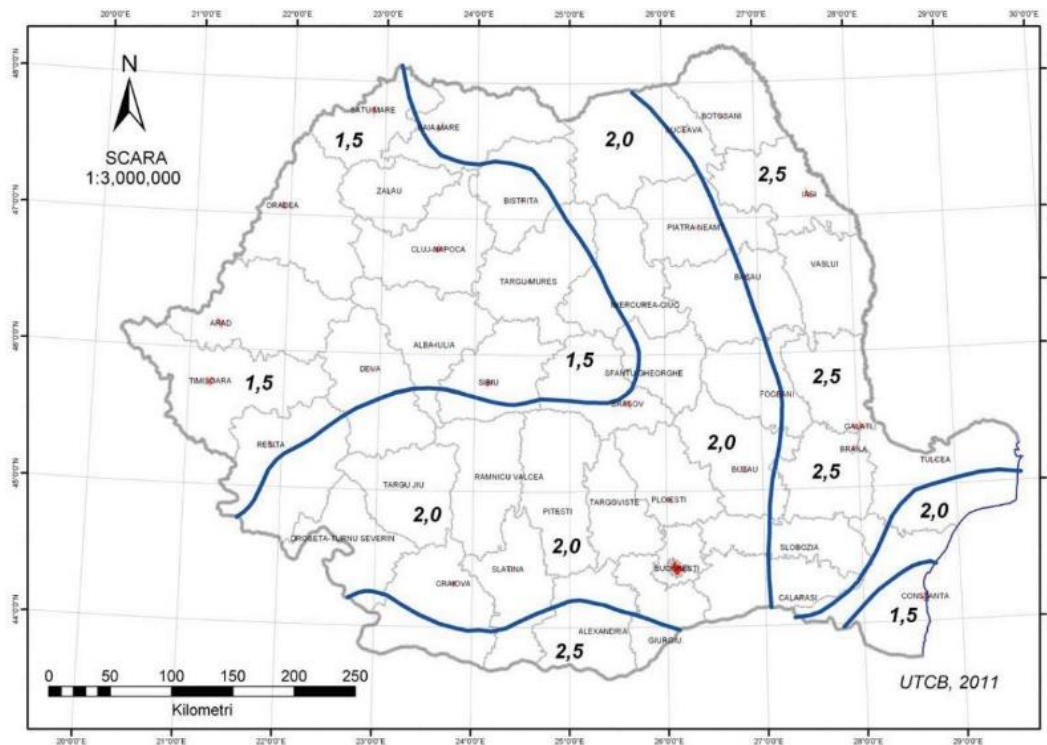
- e) Piatra : coeficientul de dilatare termică cu valori de $7\div 9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$.

A.1.3. Încărcări din exploatare (utile) pe planșee

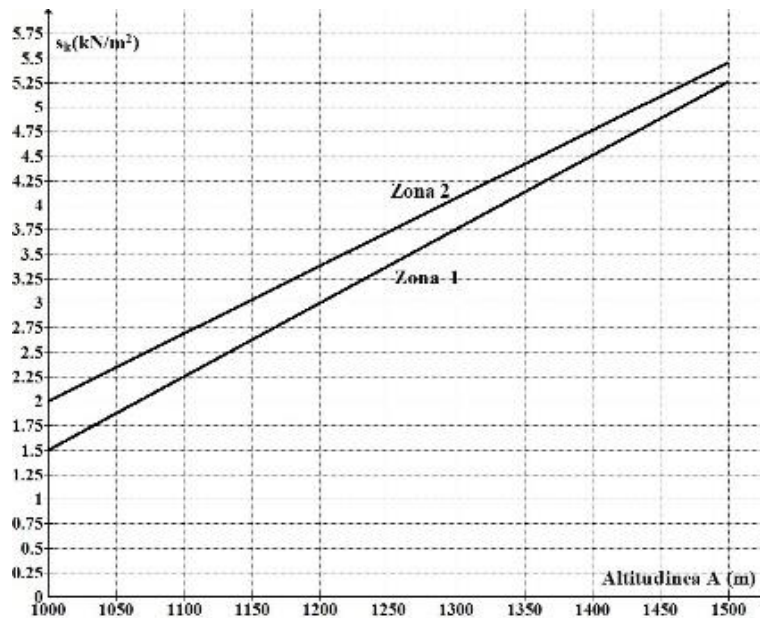
- a) **A:** Clădiri (zone ale clădirilor) pentru activități domestice și rezidențiale:
- Planșee $q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$ $Q_k = 2,0 \text{ kN}$
 - Scări $q_k = 3,0 \div 5,0 \text{ kN/m}^2$ $Q_k = 2,0 \text{ kN}$
 - Balcoane $q_k = 2,5 \div 4,0 \text{ kN/m}^2$ $Q_k = 2,0 \text{ kN}$
- b) **B:** Clădiri (zone ale clădirilor) pentru birouri:
- $q_k = 2,5 \text{ kN/m}^2$ $Q_k = 4,5 \text{ kN}$
- c) **C:** Clădiri (zone ale clădirilor) unde se pot produce aglomerări de persoane (cu excepția zonelor **A**, **B** și **D**):
- **C1:** Zone cu mese, spații expoziționale etc. de exemplu: zone din școli, cafenele, restaurante, sufragerii, săli de lectură, recepții.
 $q_k = 2,0\div 3,0 \text{ kN/m}^2$ $Q_k = 4,0 \text{ kN}$
 - **C2:** Zone cu locuri fixe, de exemplu: zone din biserici, teatre sau cinematografe, săli de conferințe, aule, săli de ședințe, camere de așteptare, săli de așteptare pentru gări.
 $q_k = 3,0\div 4,0 \text{ kN/m}^2$ $Q_k = 4,0 \text{ kN}$
 - **C3:** Zone fără obstacole pentru oameni în mișcare, de exemplu zone din muzee, săli de expoziție etc. și zone de acces al oamenilor în clădiri publice și administrative, hoteluri, spitale, gări.
 $q_k = 4,0 \text{ kN/m}^2$ $Q_k = 4,0 \text{ kN}$
 - **C4:** Zone pentru desfășurarea activităților fizice, de exemplu: săli de dans, săli de gimnastică, scene.
 $q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$ $Q_k = 7,0 \text{ kN}$
- d) **D:** Clădiri (zone din clădiri) cu funcțiuni comerciale
- **D1:** Zone pentru vânzări cu amănuntul
 $q_k = 4,0 \text{ kN/m}^2$ $Q_k = 4,0 \text{ kN}$

A.1.4. Încărcări din mediul climatic

A.1.4.1. Acțiunea zăpezii pe sol



(a)



(b)

Fig. A.1.1. Încărcarea cu zăpadă la sol (s_k , kN/m^2) potrivit codului **CR 1-1-3/2012**:
 (a) Distribuția în teritoriu a valorilor caracteristice ale încărcării pentru altitudini $A \leq 1000$ m;
 (b) Valori ale încărcării pentru altitudini cuprinse între $1000 \div 1500$ m.

A.1.4.2. Acțiunea vântului

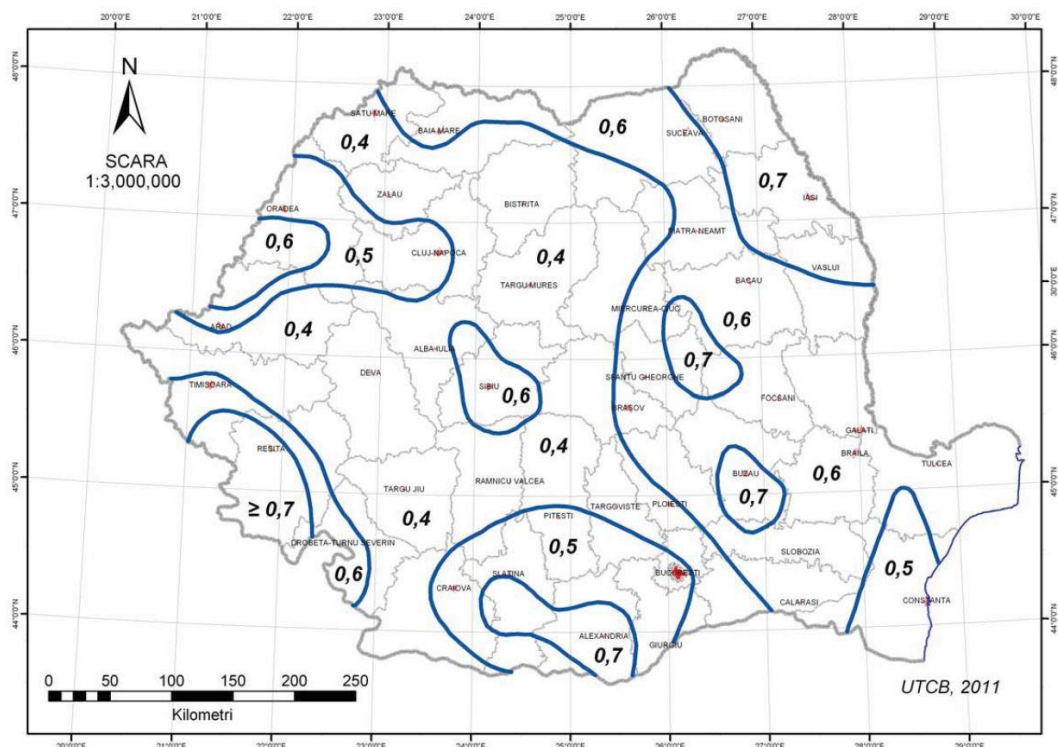


Fig. A.1.2. Distribuția în teritoriul a valorilor presiunii dinamice a vântului (q_b , kN/m²) potrivit codului CR 1-1-4/2012.

A.1.4.3. Adâncimea maximă de îngheț

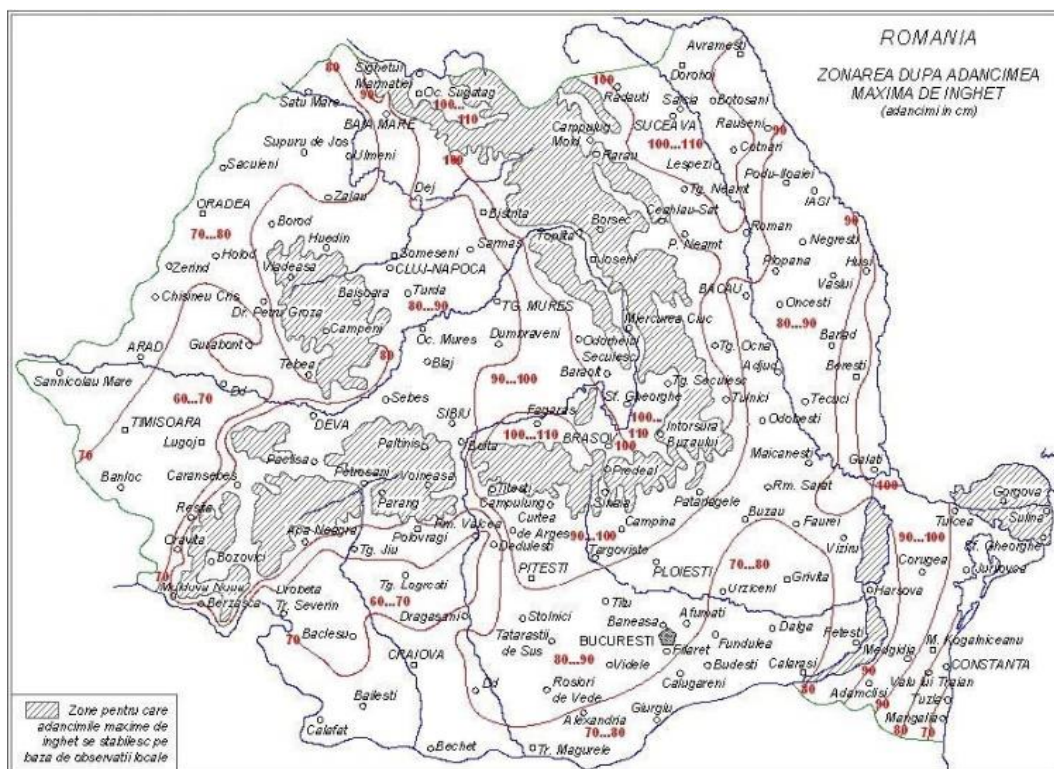
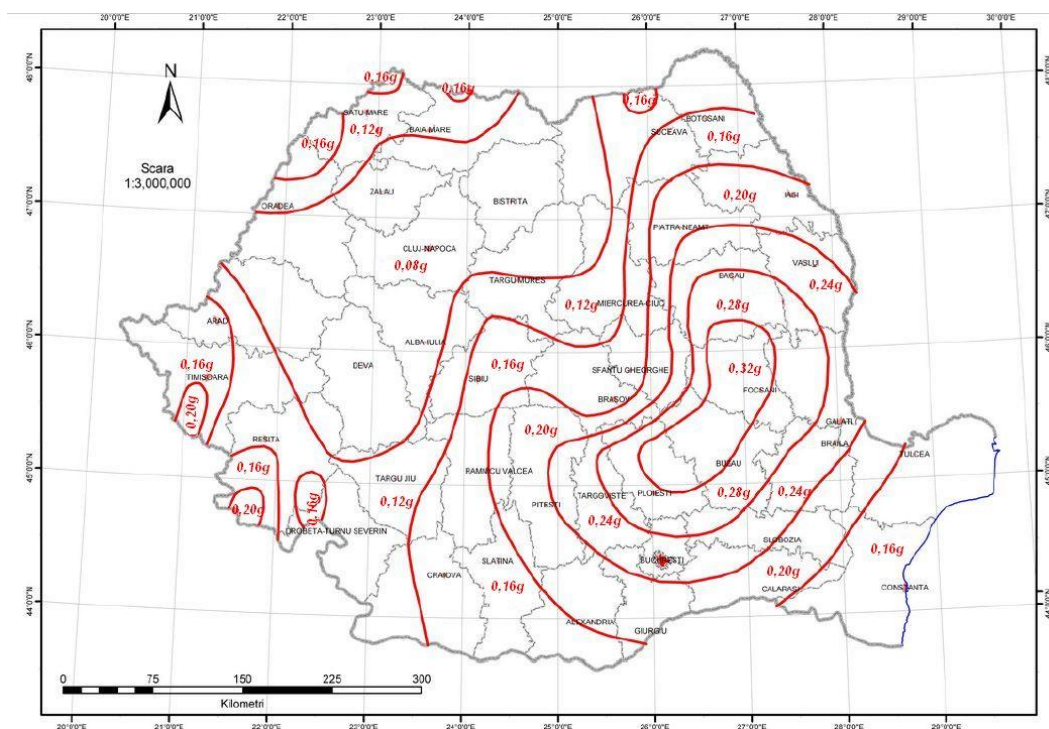


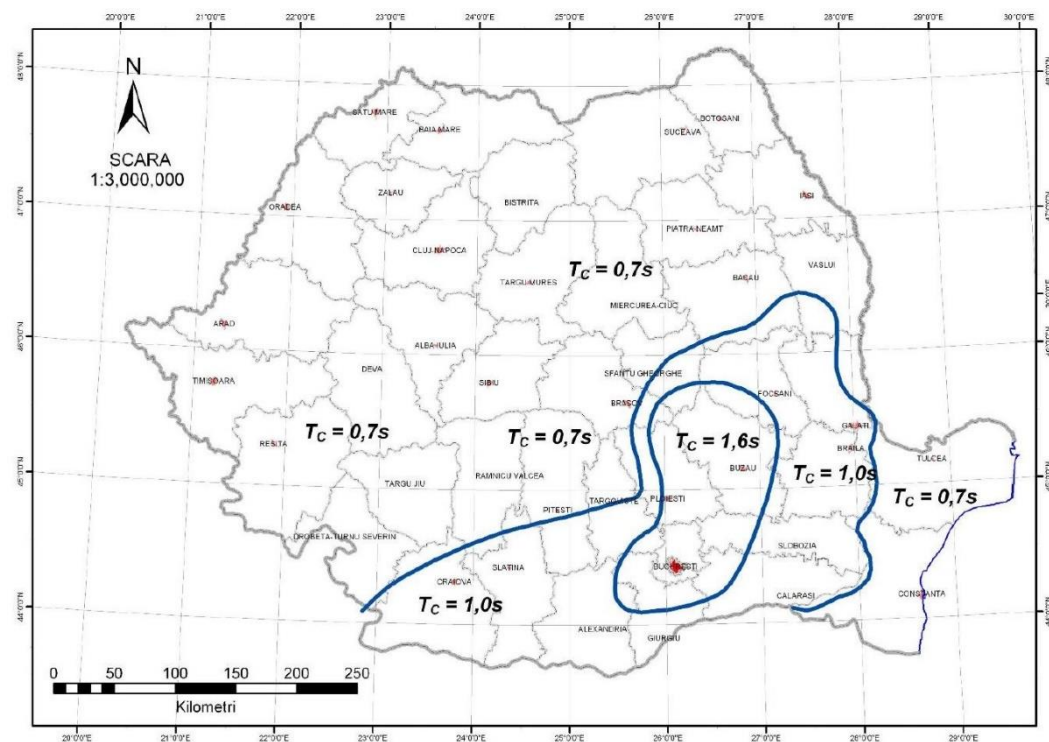
Fig. A.1.3. Zonarea teritoriului României în funcție de adâncimile maxime de îngheț potrivit NP 112-2014, Anexa C (după STAS 6054-77).

A.1.5. Acțiunea seismică

A.1.5.1. Zonarea teritoriului din punct de vedere al accelerației terenului (a_g) și al perioadei de colț a spectrului (T_c)



(a)



(b)

Fig. A.1.4. Zonarea seismică a teritoriului României pentru evaluarea siguranței construcțiilor cu valoare culturală: (a) Zonarea valorilor de vârf ale accelerației terenului pentru proiectare, a_g , cu IMR = 100 ani și 40% probabilitate de depășire în 50 de ani; (b) Zonarea în termeni de perioadă de control (colț) T_c a spectrului de răspuns.

A.1.5.2. Spectre normalizate de răspuns elastic pentru componentele orizontale ale accelerației terenului

$$0 \leq T \leq T_B \quad \frac{V(z)}{V(z_r)} = \frac{\ln \frac{z}{z_0}}{\ln \frac{z_r}{z_0}} \quad (\text{A.1.})$$

$$T_B < T \leq T_C \quad \beta(T) = \beta_0 \quad (\text{A.2.})$$

$$T_C < T \leq T_D \quad \beta(T) = \beta_0 \frac{T_C}{T} \quad (\text{A.3.})$$

$$T > T_D \quad \beta(T) = \beta_0 \frac{T_C T_D}{T^2} \quad (\text{A.4.})$$

unde:

- $\beta(T)$ - spectrul normalizat de răspuns elastic;
- $\beta_0 = 2,50$ - factorul de amplificare dinamică maximă a accelerației orizontale a terenului de către structură;
- T - perioada de vibrație a structurii cu un grad de libertate dinamică cu răspuns elastic.

Perioadele de control (colț) T_B, T_C, T_D ale spectrului de răspuns pentru componentele orizontale ale mișcării seismice utilizate pentru calculul construcțiilor cu valoare culturală.

Tabelul A1.1. Valori ale perioadelor de control ale spectrului de răspuns.

T_C	0,7s	1,0s	1,6s
T_B	0,14s	0,20s	0,32s
T_D	3,0s	3,0s	2,0s

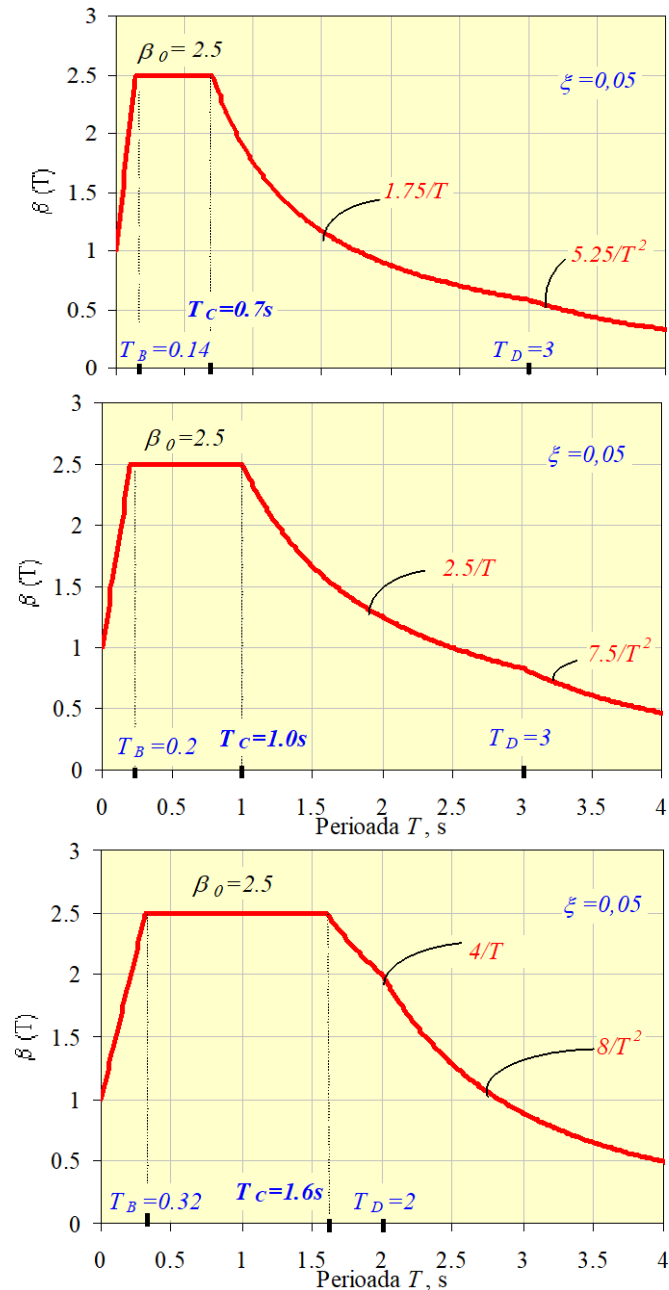


Fig. A.1.5. Spectrele elastice de răspuns ale accelerației absolute a mișcării orizontale a terenului.

A.2. Proprietăți mecanice de rezistență și deformabilitate ale materialelor de construcție

- (1) Pentru materialele introduse după apariția primelor reglementări tehnice naționale (~1949) se vor folosi datele din documentele respective (STAS).
- (2) Pentru materialele care se introduc prin lucrările de intervenție se vor folosi reglementările în vigoare la data proiectării lucrărilor.

A.2.1. Definițiile termenilor utilizați

- (1) În acest Cod, proprietățile de rezistență ale materialelor folosite, pentru toate solicitările, se definesc prin următoarele categorii de valori:
 - a) valori medii;

- b) valori caracteristice;
- c) valori de proiectare.

- (2) Dacă într-o serie de „n” încercări pentru determinarea unei caracteristici mecanice a materialului unei construcții se obțin rezultatele R_i , **valoarea medie**, R_m , se calculează cu relația:

$$R_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$$

- (3) Împrăștierea rezultatelor individuale față de valoarea medie $\delta R_i = R_i - R_m$ este o măsură a omogenității proprietăților materialului și definește **abaterea standard** a caracteristicii mecanice respective prin relația:

$$\sigma_R = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta R_i^2}$$

- (4) Raportul $v_R = \frac{\sigma_R}{R_m}$ reprezintă **coeficientul de variație** al rezultatelor seriei de încercări.

- (5) În prezentul Cod se admite că proprietățile mecanice ale materialelor construcțiilor istorice au legea de distribuție statistică de tip **normal** (Gauss):

$$p(R, R_m, \sigma_R) = \frac{1}{\sigma_R \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{R - R_m}{\sigma_R} \right)^2}$$

- (6) Rezistența caracteristică a materialului este valoarea rezistenței a cărei probabilitate de a nu fi atinsă este de 5% într-o serie de încercări presupusă (ipotetic) nelimitată.
- (7) Conform definiției enunțate în **alin. (6)** și acceptând ipoteza distribuției normale precizată în **alin. (5)**, **rezistența caracteristică** se determină din **rezistența medie** și **coeficientul de variație** cu relația $R_k = R_m (1 - 1.645 v_R)$
- (8) Rezistența de proiectare pentru materialele construcțiilor cu valoare culturală se obține prin împărțirea rezistenței medii (R_m) sau a rezistenței caracteristice (în funcție de material sau de solicitare) la valoarea factorului de încredere (CF) determinat prin cercetarea construcției.
- (9) Valorile rezistențelor date în **Anexa A.2.** sunt **valori forfetare**. Se folosesc numai în cazurile excepționale în care încercările efective pe construcția expertizată conduc la distrugerea componentelor artistice. Această situație poate fi argumentată prin imposibilitatea extragerii unor probe concludente cauzată de prezența unor componente artistice valoroase (pictură, mozaic, stucatură, decorații din lemn etc.).

A.2.2. Zidărie

A.2.2.1. Proprietăți de rezistență

- (1) Pentru evaluarea vulnerabilității construcțiilor cu valoare culturală și proiectarea lucrărilor de intervenție se folosesc valorile rezistențelor pentru următoarele solicitări:
- a) compresiune;
 - b) întindere axială;
 - c) întindere din încovoiere;
 - d) forfecare.
- (2) În cazul în care rezistențele se determină prin încercări, calitatea zidăriei se definește orientativ în funcție de coeficientul de variație v_R de unde rezultă relațiile între rezistența **medie** (R_m) și rezistența **caracteristică** (R_k):
- a) $v_R = 0,10$ – calitate **excelentă** $\Rightarrow R_k \cong 0,85 R_m$
 - b) $v_R = 0,15$ – calitate **normală** $\Rightarrow R_k \cong 0,75 R_m$
 - c) $v_R = 0,20$ – calitate **mediocră** $\Rightarrow R_k \cong 0,67 R_m$

- (3) Valorile forfetare ale rezistențelor zidăriei construcțiilor cu valoare culturală se introduc în calcul în funcție de starea (condițiile) zidăriei definită după cum urmează:
- condiții **bune**: elementele și mortarul sunt intacte și nu există fisuri vizibile;
 - condiții **satisfăcătoare**: elementele și mortarul sunt intacte, dar cu fisuri minore;
 - condiții **rele**: elementele și mortarul sunt degradate și zidăria are fisuri semnificative.
- (4) Valorile rezistențelor date în tabelele următoare corespund zidăriilor aflate în condiții **bune**. Pentru zidăriile aflate în condiții **satisfăcătoare** valorile din tabele se multiplică cu factorul de reducere 2/3, iar pentru zidăriile aflate în condiții **rele** se multiplică cu factorul de reducere 1/3.
- (5) Rezistența **medie** la compresiune (N/mm^2) a zidăriei cu elemente din argilă arsă:

Tabelul A.2.1.

Rezistența medie a cărămizii (N/mm^2)	Rezistența medie a mortarului în N/mm^2				
	M0.4	M1	M2.5	M5	M10
5,0	2,2	2,8	3,6	4,0	-
7,5	2,9	3,4	4,3	5,0	-
10,0	3,6	4,0	5,0	6,0	7,0

- (6) Date privind rezistența pietrei de construcție (piatra brută, cioplită sau fasonată mecanic):
- rezistența **caracteristică** la compresiune:
 - șisturi : $10 \div 20 N/mm^2$
 - gresii: $10 \div 25 N/mm^2$
 - calcare: $15 \div 30 N/mm^2$
 - rezistența **caracteristică** întindere: $1 \div 3 N/mm^2$
 - moduli de elasticitate: $10.000 \div 30.000 N/mm^2$
- (7) Rezistența medie la compresiune (N/mm^2) a zidăriei cu elemente din piatră fasonată cu înălțimea rândului $\geq 18,0$ cm:

Tabelul A.2.2.

Rezistența medie de rupere a pietrei (N/mm^2)	Rezistența medie a mortarului (N/mm^2)				Rezistența medie de rupere a zidăriei cu înălțimea rândului >50 cm și mortar \geq M10
	M5	M2.5	M1	M0.4	
50,0	12,0	11,5	10,5	9,5	24,5
30,0	8,5	8,0	7,5	6,5	16,5
20,0	6,5	6,0	5,5	5,0	12,0
15,0	5,3	4,8	4,3	3,8	9,5
12,5	4,6	4,0	3,8	3,4	8,0
10,0	4,0	3,5	3,3	3,0	6,5
7,5	3,2	3,1	2,7	2,4	5,0
5,0	2,5	2,3	2,0	1,8	3,5
3,5	2,0	1,9	1,7	1,5	2,7
2,5	1,6	1,5	1,3	1,1	1,8

Note

- Pentru zidăriile cu înălțimea rândului între $30 \div 50$ cm se va folosi media între valoarea din tabel și cea pentru înălțimea rândului de 50 cm.
- Pentru zidăria din piatră cu forme neregulate, rezistențele din tabel se reduc prin înmulțire cu factorii c_r :
 - zidărie cu piatră cioplită cu adâncituri între 2 – 10 mm $c_r = 0,8$;
 - zidărie cu piatră cioplită cu adâncituri < 20 mm $c_r = 0,7$;
 - zidărie din piatră brută plată cu rândurile de diferite înălțimi $c_r = 0,6$.

(8) Rezistența *medie* la compresiune (N/mm^2) a zidăriei cu elemente din *piatră brută*:

Tabelul A.2.3.

Rezistența medie de rupere a pietrei (N/mm^2)	Rezistența medie a mortarului (N/mm^2)			
	M5	M2.5	M1	M0.4
50,0	2,5	1,7	1,2	0,7
30,0	2,0	1,45	1,0	0,6
20,0	1,7	1,3	0,9	0,55
15,0	1,45	1,15	0,8	0,5
10,0	1,2	1,0	0,7	0,45
7,5	1,05	0,9	0,6	0,4
5,0	0,9	0,75	0,55	0,4

(9) Rezistența *medie* la întindere din încovoiere perpendicular pe plan, N/mm^2 :

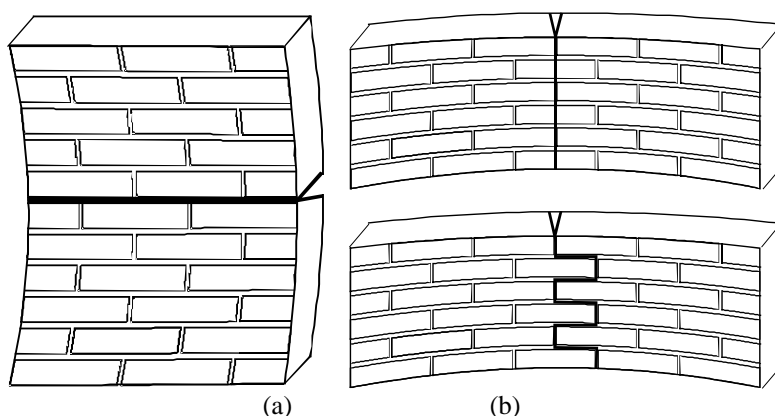


Fig. A.2.1. Tipuri de rupere:
 (a) Rupere prin rost orizontal $\rightarrow f_{x1}$;
 (b) Rupere perpendicular pe rostul orizontal $\rightarrow f_{x2}$.

Tabelul A.2.4.

Tipul ruperii	Rezistența medie a mortarului			
	M0.4	M1	M2.5	M5 și M10
În rost orizontal - f_{x1} *	0,10	0,20	0,40	0,60
Perpendicular pe rostul orizontal (zig-zag) - f_{x2} *	0,20	0,40	0,80	1,20

* În **Anexa D** f_{x1} este notat R_{ti} și f_{x2} este notat $R_{ti\perp}$, ambele fiind rezistențe caracteristice.

(10) Rezistența medie de rupere la forfecare în rost orizontal (R_f) (în **Anexa D** sunt notate τ_f) depinde de marca sau rezistența medie a mortarului (M) și de intensitatea efortului unitar de compresiune (σ_0).

a) Zidărie cu elemente din argilă arsă:

a₁) Efort unitar de compresiune $\sigma_0 = 0$

Tabelul A.2.5.

M (N/mm^2)	10.0	5.0	2.5	1.0	0.4
R_f (N/mm^2)	0,60	0,40	0,30	0,20	0,10

a₂) Efort unitar de compresiune $\sigma_0 \neq 0$

Tabelul A.2.6.*

Rezistența medie a mortarului (N/mm^2)	Efort unitar mediu de compresiune σ_0 (N/mm^2)				
	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
M10 și M5	0,50	0,63	0,78	0,91	1,05
M2.5	0,40	0,53	0,67	0,82	0,95
M1	0,27	0,40	0,53	0,68	0,82
M0.4	0,21	0,34	0,48	0,63	0,76

* vezi și **Anexa D**, Fig. D.2.

- b) Zidărie cu elemente din piatră
 b₁) Efort unitar de compresiune $\sigma_0 = 0$

Tabelul A.2.7.

M (N/mm ²)	10.0	5.0	2.5	1.0	0.4
R _f (N/mm ²)	0,55	0,45	0,35	0,20	0,10

- b₂) Efort unitar de compresiune $\sigma_0 \neq 0$

Tabelul A.2.8. *

Marca mortarului (N/mm ²)	Efort unitar mediu de compresiune σ_0 (N/mm ²)				
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
M10 și M5	0,68	0,84	0,97	1,10	1,25
M2.5	0,50	0,63	0,76	0,91	1,05
M1	0,32	0,46	0,61	0,74	0,87
M0.4	0,23	0,36	0,49	0,65	0,78

* vezi și **Anexa D.**

- (11) Rezistența medie de rupere din eforturi principale de întindere (R₄₅):

- a₁) Rupere prin rosturi (orizontale/verticale)

Tabelul A.2.9.

M (N/mm ²)	10.0 și 5.0	2.5	1.0	0.4
R ₄₅ (N/mm ²)	0,30	0,20	0,10	0,06

- a₂) Rupere prin rosturi și elemente

Tabelul A.2.10.

Rezistență elemente R _m (N/mm ²)	10	7.5	5.0	2.5
R ₄₅ (N/mm ²)	0,55	0,45	0,35	0,20

- (12) Proprietăți de deformabilitate ale zidăriei:

- a) Moduli de elasticitate:

- a₁) Modulul de elasticitate longitudinal (modulul secant de scurtă durată): $E_z = \alpha_z R_m$
 unde R_m este valoarea medie a rezistenței de rupere la compresiune a zidăriei.

În prezentul Cod factorul α_z este diferențiat în funcție de rezistența mortarului (M) și de natura elementelor (elemente ceramice/piatră).

Tabelul A.2.11.

Natura zidăriei	Marca mortarului		
	M5, M10	M2.5, M1.0	M0.4
Cărămidă	1.500	1.200	750
Piatră naturală	2.000	1.000	750

- a₂) Modulul de elasticitate transversal: $G_z = 0,25E_z$

- b) Legea constitutivă σ - ε .

În prezentul Cod se folosește, simplificat, o lege biliniară cu plasticitate limitată, în care valorile ε sunt date în **Tabelul A.2.12.**

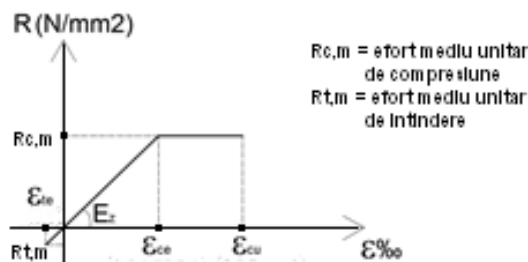


Fig. A.2.2. Lege constitutivă biliniară cu plasticitate limitată, pentru zidărie.

Tabelul A.2.12.

Valori caracteristice (‰)	Marca mortarului		
	M5, M10	M2.5, M1.0	M0.4
ε_{cz}	1,50	1,75	2,50
ε_{rz}	2,00	2,50	3,50

- ε_{cz} – deformația specifică longitudinală de plastifiere a zidăriei
- ε_{rz} – deformația specifică longitudinală ultimă a zidăriei

A.2.3. Lemn de construcție

- (1) Valorile forfetare ale **rezistențelor caracteristice** ale lemnului de construcție folosite în prezentul Cod sunt date în **Tabelul A.2.13-1**. Aceste valori sunt tipice lemnului natural masiv, pentru umiditatea de echilibru de 12%.

Tabelul A.2.13-1.

Tipul solicitării	Simbol	Molid, brad, larice, pin			Plop			Stejar, gorun, cer, salcâm			Fag, mesteacăn, frasin, carpen		
		Clase de calitate (valori R în N/mm ²)											
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Încovoiere statică	R _i	24,0	16,8	9,6	20,0	14,0	8,0	40,0	28,0	16,0	45,0	31,5	18,0
Întindere în lungul fibrelor	R _t	14,4	8,6	4,3	21,0	12,6	6,3	22,5	13,5	6,8	27,9	16,7	8,4
Compresiune în lungul fibrelor	R _c	15,0	12,0	4,5	13,8	11,0	4,1	19,8	15,8	5,9	24,0	19,2	7,2
Compresiune în plan normal pe direcția fibrelor	R _c	3,3	3,0	-	3,2	2,9	-	10,4	9,4	-	11,2	10,0	-
Forfecare în lungul fibrelor	R _f	3,0	2,7	-	2,7	2,5	-	6,4	5,7	-	5,0	4,5	-
Forfecare în plan normal pe direcția fibrelor	R _f	12,0	10,8	-	10,4	9,4	-	24,0	21,6	-	16,0	14,4	-

- (2) Aceste valori se iau în calcul în cazul verificării în conformitate cu normativul **NP 005-03**, unde rezistența de calcul pentru o anumită solicitare „i” este:

$$R_i^c = \frac{m_{ui} m_{di} R_i}{\gamma_i}$$

în care:

m_{ui} – coeficient al condițiilor de lucru care introduce în calcul umiditatea de echilibru a materialului lemnos (în funcție de clasele de exploatare). În cazul șarpantelor cu caracter gotic, această valoare este subunitară și egală cu 0,9;

m_{di} – coeficient al condițiilor de lucru, stabilit în funcție de durata de acțiune a încărcărilor;

γ_i – coeficient parțial de siguranță, definit în funcție de tipul solicitărilor;

R_i – rezistențe caracteristice pentru diferite esențe și la diverse solicitări (redate în **Tabelul A2.13-1**);

- (3) Pentru a putea folosi tabelul anterior, pe lângă identificarea esenței de lemn este nevoie de încadrarea și în clase de calitate. Această clasificare poate fi făcută la fața locului prin gradare vizuală potrivit SR EN 1912:2012 sau în acord cu norma italiană UNI 11119 *Patrimoniul cultural. Piese de lemn. Structuri portante. Inspecția la fața locului pentru diagnoza elementelor de lemn*, conform **Tabelului A.2.13-2**:

Tabelul A.2.13-2.

Caracteristici	Clase de rezistență – gradare vizuală <i>in situ</i> *		
	I	II	III
Teșitură	1/8	1/5	1/3
Diferite degradări	absent	absent	admise numai limitat
crăpături cauzate de îngheț			
defecte de inele			
Nod simplu	≤1/5 ≤50 mm	≤1/3 ≤70 mm	≤1/2
Grup de noduri	≤2/5	≤2/3	≤3/4
Fibre înclinate în secțiunea radială	≤1/14 (7%)	≤1/8 (12%)	≤1/5 (12%)
% înclinare în secțiunea tangențială	≤1/10 (10%)	≤1/5 (20%)	≤1/3 (33%)
Crăpături din contragere	admisibil, dacă nu trece prin măduvă		

- (4) Valorile forfetare ale modulelor de elasticitate ai lemnului de construcție folosite în prezentul Cod sunt date în **Tabelul A.2.14.**

Tabelul A.2.14.

Specia materialului lemnos	Modulul de elasticitate paralel cu direcția fibrelor E^{\parallel} la limita de proporționalitate (N/mm^2)		Modulul de elasticitate transversal G (N/mm^2)	
	$E_{\downarrow 0.05 \uparrow}$ (II)	E^{\parallel}	$G_{0.05}$	G
Molid, brad, larice, pin	9.000	11.000	4.000	5.000
Plop	8.000	10.000		
Stejar, gorun, cer, salcâm	9.500	11.500	8.000	10.000
Fag, mesteacăn	12.000	14.300		

- (5) Valorile forfetare date în **Tabelele A.2.13.** și **A.2.14.** se referă la lemnul nedegradat.
- (6) În mod obișnuit, lemnul construcțiilor cu valoare culturală a suferit în timp degradări mai mult sau mai puțin severe precum:
- crăpături în elementele produse de contragerea și umflarea lemnului, funcție de umiditatea mediului;
 - putrezirea produsă de câmpurile lignifore;
 - îmbătrânirea materialului lemnos;
 - descompunere și orificii cauzate de insecte și ciuperci xilofage;
 - degradări produse de temperaturile ridicate (de ex. la elementele șarpantelor din vecinătatea coșurilor);
 - degradări produse de eventualii agenți chimici din mediul ambient.
- În funcție de severitatea și de amploarea acestor degradări, expertul tehnic va reduce valorile din **Tabelele A.2.13.** și **A.2.14.** prin înmulțire cu factori subunitari care variază între 2/3 (pentru *afectare moderată*) și 1/3 (pentru *afectare severă*).
- (7) Pentru evaluarea prin calcul a rezistenței și rigidității elementelor de construcție din lemn se folosește legea constitutivă biliniară cu ductilitate limitată din Fig. A.2.3(a). Fig. A.2.3(b) prezintă curbele constitutive σ - ϵ rezultate din încercări standardizate la întindere și compresiune.

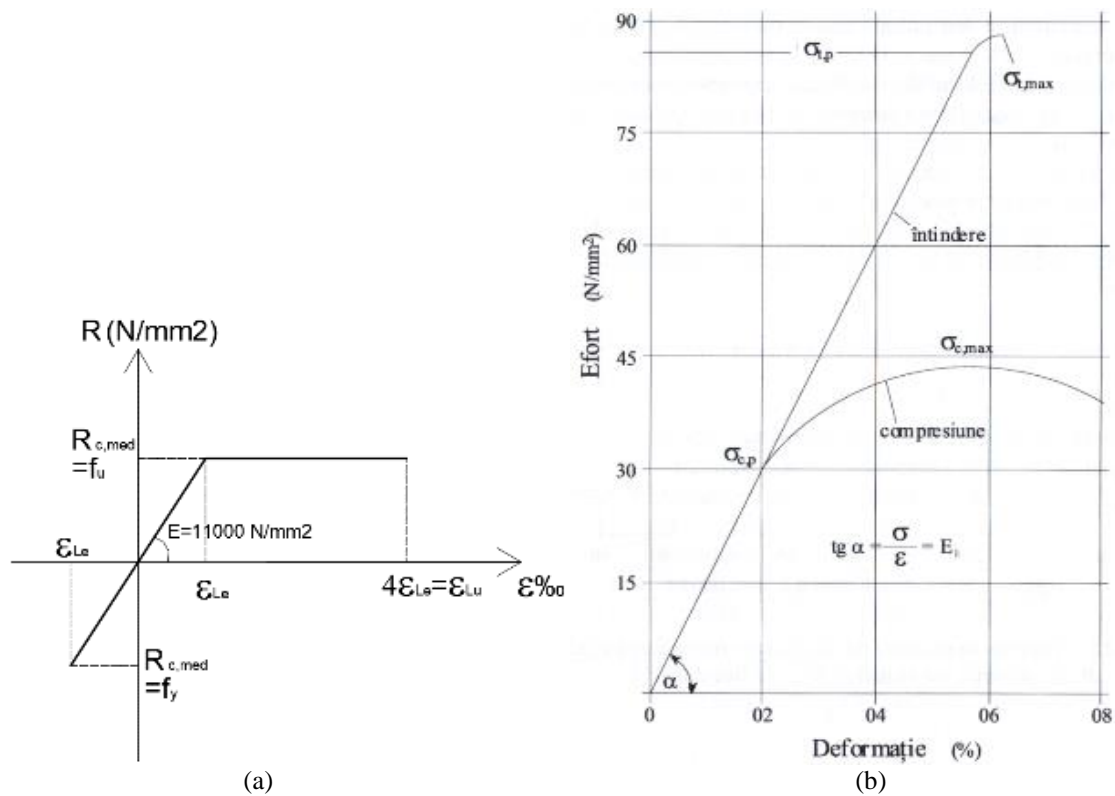


Fig. A.2.3. Legi constitutive pentru lemn:
 (a) Lege biliniară cu ductilitate limitată; (b) Curbe constitutive din încercări.

A.2.4. Metal

- (1) Rezistențele materialelor metalice folosite în construcțiile istorice înainte de apariția reglementărilor naționale (1949) se iau în baza reglementărilor europene (în particular, cele germane).

Notă. Valorile din **Tabelul A.2.15.** (în N/mm²) sunt preluate din lucrarea Victor Asquini, *Indicator tehnic în construcții*, București, Editura Cartea Românească, București 1938.

Tabelul A.2.15.

Denumire	Limita elastică	Limita de proporționalitate	Rezistența de rupere		Modul de elasticitate
			Întindere	Compresiune	
Fontă	În funcție de efort		120÷140	600÷850	~ 100.000
Fier pudlat	180÷260	130÷160	330÷400	180÷260	~200.000
Oțel moale St.37	≥ 200	180÷230	370÷450	≥ 200	210.000
Oțel St.48	≥ 300	280÷320	480÷580	≥ 300	210.000

A.2.5. Beton și beton armat

- (1) Rezistențele betoanelor simple și armate folosite în construcțiile cu valoare culturală înainte de apariția reglementărilor naționale (1949) se stabilesc în baza reglementărilor europene (în particular, cele germane).
- (2) Pentru cele mai vechi betoane armate folosite în România, informațiile provin din lucrarea Ion Ionescu, *Beton armat*, București, 1915, unde se menționează folosirea reglementărilor din Austria și Prusia (1904). Aceste documente au stabilit **valori admisibile** (kg/cm²) pentru rezistențele betonului la diferite solicitări, în funcție de dozajul de ciment (kg/m³) și pentru rezistențele oțelurilor care se fabricau la acea dată în Germania (**Tabelul A.2.16.**).

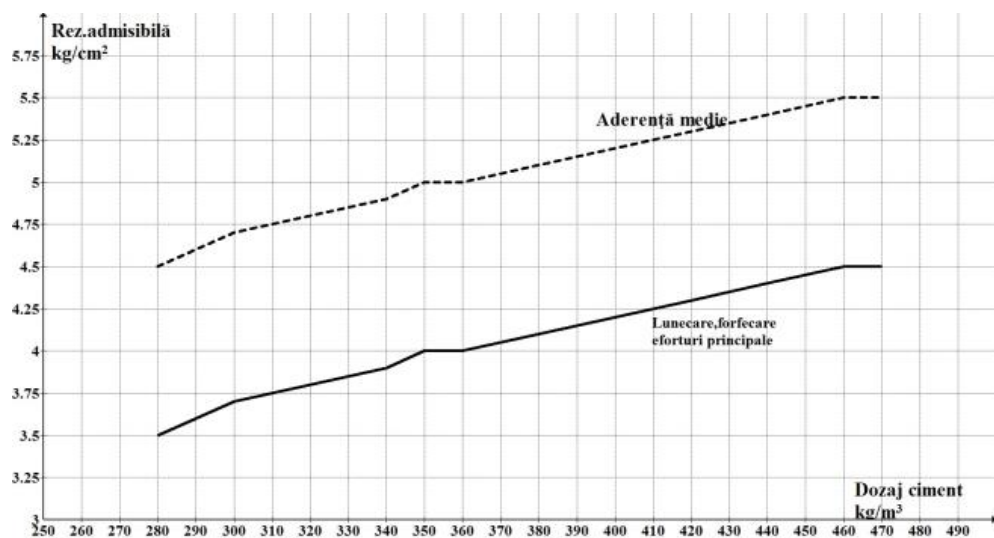
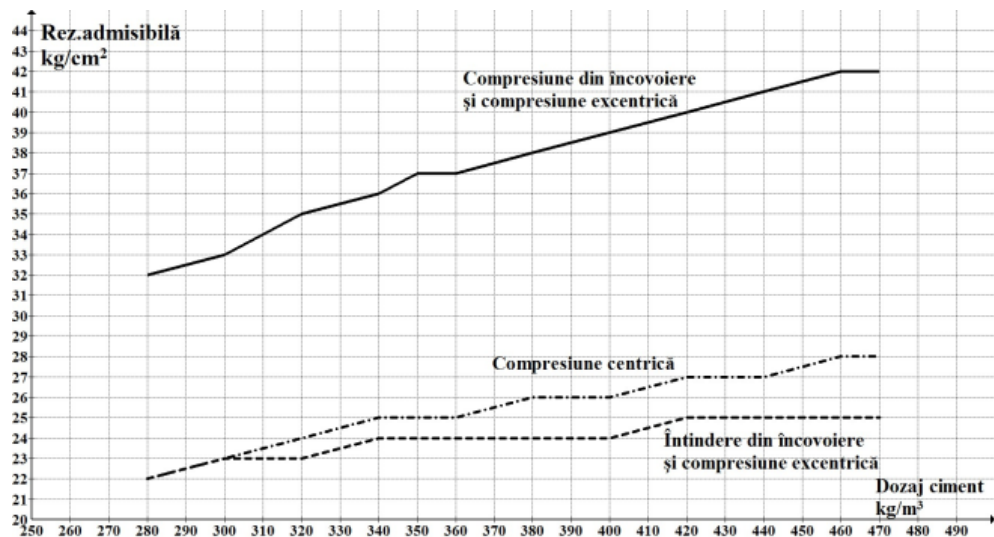


Fig. A.2.4. Rezistențele admisibile ale betonului folosite în România la 1915.

Tabelul A.2.16.

Material	Observații	Întindere	Compresiune	Forfecare
Fier	---	90	90	50
Oțel moale	Circ. austriacă	100	100	60
Oțel moale	Circ. prusiană	120	120	100
Fonta	Efort axial	20	70	20
	Încovoiere	25		

- (3) Ulterior au fost traduse și folosite în România:
- Norme de proiectare ale Comisiunii Germane pentru beton armat din 1925;
 - Prescripțiunile Comisiei germane pentru beton armat din 1932;
- (4) Principalele prevederi ale *Normelor* din 1925 referitoare la rezistențele materialelor sunt următoarele:
- fierul (fier comercial) – rezistența la rupere $\geq 370 \text{ N/mm}^2$;
 - oțelul St.48 (superior) – rezistența la rupere $480\div 580 \text{ N/mm}^2$ cu alungirea la rupere 18%;
 - rezistențele betonului la compresiune se stabilesc la 28 de zile pe cuburi;
 - păstrate umede în laborator $\Rightarrow W_{e,28}$;
 - păstrate în condiții de șantier $\Rightarrow W_{b,28}$;

Valorile minime acceptate sunt:

- cu ciment comercial $\Rightarrow W_{e,28} \geq 20 \text{ N/mm}^2$ și $W_{b,28} \geq 10 \text{ N/mm}^2$;
- cu ciment „de calitate” $\Rightarrow W_{e,28} \geq 27,5 \text{ N/mm}^2$ și $W_{b,28} \geq 13 \text{ N/mm}^2$;
- d) rezistențele **admisibile** ale betonului la alte solicitări sunt:
 - lunecare $\tau_b = 0,40 \text{ N/mm}^2$ (ciment comercial) și $0,55 \text{ N/mm}^2$ (ciment superior);
 - torsiune (în secțiuni dreptunghiulare): $0,40 \text{ N/mm}^2$ (toate tipurile de ciment);
 - aderența armăturilor $\tau_1 = 0,50 \text{ N/mm}^2$.

(5) Principalele prevederi ale *Prescripțiilor* din 1932 referitoare la rezistențele materialelor sunt următoarele:

- a) fierul (fier comercial) \rightarrow rezistența la rupere $\geq 370 \text{ N/mm}^2$;
- b) oțelul St.52 (superior) \rightarrow rezistența la rupere $520 \div 620 \text{ N/mm}^2$ cu alungirea la rupere $\geq 20\%$ și limita de elasticitate $\geq 360 \text{ N/mm}^2$;
- c) rezistențele betonului la compresiune se stabilesc la 28 de zile pe cuburi păstrate în condiții de șantier $\Rightarrow W_{b,28}$.

Valorile minime acceptate sunt:

- cu ciment comercial $\Rightarrow W_{b,28} \geq 12 \text{ N/mm}^2$;
- cu ciment „de calitate” $\Rightarrow W_{b,28} \geq 16 \text{ N/mm}^2$.
- d) Rezistențele **admisibile** ale betonului la alte solicitări (lunecare, torsiune și aderența armăturilor) sunt diferențiate în funcție de tipul elementului și modul de armare.

ANEXA B (informativă)

B. TIPOLOGIA AFECTĂRII INTEGRITĂȚII FIZICE/AVARIERII CONSTRUCȚIILOR CU VALOARE CULTURALĂ DIN ROMÂNIA

- (1) În această Anexă sunt descrise degradările integrității fizice/avariile specifice construcțiilor cu valoare culturală în funcție de cauzele care le-au provocat.
- (2) Tipologia avarierii este individualizată pentru cele trei grupe de construcții identificate la **paragraful II.3., alin. (1)** din prezentul Cod.

B.1. Afectarea/degradarea construcțiilor cu valoare culturală din încărcări și acțiuni neseismice

- (1) Degradările prezentate și ale căror cauze sunt analizate în cele ce urmează sunt comune tuturor categoriilor de construcții cu valoare culturală care fac obiectul prezentei reglementări.

B.1.1. Afectarea/degradarea proprietăților fizico-mecanice ale materialelor de construcție

- (1) La construcțiile cu valoare culturală degradarea fizică a materialelor se manifestă la toate componentele structurale și de finisaj astfel:
 - a) degradarea zidărilor, a elementelor de beton, a mortarului din rosturi și a tencuielilor. Cauzele principale sunt: infiltrațiile apelor pluviale, ascensiunea apei capilare, efectele de îngheț-dezghet, cristalizarea sărurilor solubile, formarea de cruste, prezența algelor și lichenilor sau acțiunile vântului. Degradările pot fi accelerate de lipsa întreținerii curente (sisteme de evacuare a apelor pluviale, instalații defecte), de ventilarea spațiilor (în special în cazul fundațiilor și încăperilor din subsoluri/demisoluri);
 - b) degradarea elementelor constructive și de finisaj realizate din lemn. Cauzele principale sunt: particularitățile materialului și a modului de comportare în timp, aceste proprietăți conducând la apariția fisurilor/crăpăturilor, acțiunea insectelor xilofage și a fungilor;
 - c) degradarea elementelor metalice prin coroziunea tiranților, ancorelor, grinzilor de planșeu;
 - d) degradări ale tuturor materialelor de construcție (structurale și de finisaj) cauzate de incendii.
- (2) Limitarea degradării materialelor de construcție prin fenomenele identificate la (1) se realizează prin lucrări de întreținere și reparații curente, cu prioritate:
 - a) repararea sistemului de jgheaburi și burlane;
 - b) repararea acoperișului;
 - c) repararea tâmplăriei exterioare;
 - d) refacerea sistemului de ventilație naturală a fundațiilor;
 - e) repararea sistemului de distribuție și evacuare apei potabile și menajere;
 - f) tratament curativ și preventiv al materialului lemnos (biocidarea și ignifugarea suprafețelor din lemn);
 - g) protejarea anticorozivă a elementelor metalice.



Fig. B.1. Exemple de degradare ale materialelor de construcție:
 (a) și (b) elemente metalice corodate; (c) și (d) atac biologic asupra lemnului;
 (e) zidărie afectată de îngheț/dezghet; (f) zidărie afectată de migrația sărurilor.

B.1.2. Afectare/degradare datorită deficiențelor inițiale de concepție și execuție

B.1.2.1. Degradări legate de terenul de fundare

- (1) Degradările legate de proprietățile terenului de fundare se manifestă prin efectele tasărilor uniforme/neuniforme însoțite de:
- a) deplasări de corp rigid pe verticală și/sau rotații;
 - b) fisuri/crăpături/dislocări în corpul construcției.

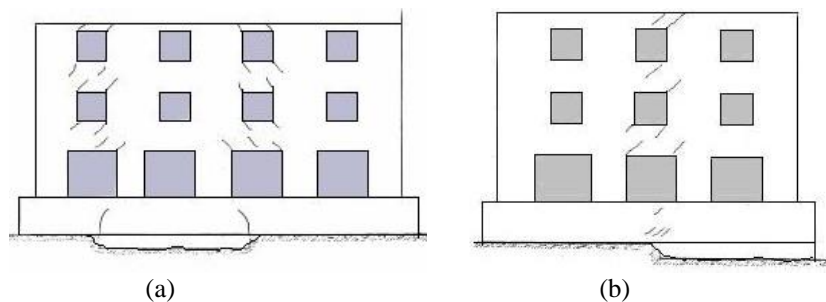


Fig. B.2. Alura fisurilor în fațadele de zidărie în cazul cedării terenului de fundare:
 (a) Cedare în zona centrală; (b) Cedare în zona de capăt.

- (2) Condițiile de fundare care provoacă deteriorarea construcțiilor sunt:
- a) proprietăți fizico-mecanice nefavorabile ale terenului:
 - teren în pantă supus alunecărilor active;
 - teren compresibil sau sensibil la umezire;
 - teren cu rezistență insuficientă și deformații reduse;
 - teren alcătuit din pământuri cu umflări și contracții mari (în special pentru construcțiile ușoare);
 - teren neuniform.
 - b) Variația nivelului apelor subterane (de infiltrație, pierderi din rețelele edilitare):
 - coborârea/ridicarea nivelului apelor subterane;
 - infiltrații din conducte defecte purtătoare de apă (canalizare defectă, drenuri înfundate etc.);
 - modificări ale terenului în vecinătatea construcției:
 - săpături/umpluturi;
 - demolarea/executarea unor construcții alăturate.
- (3) Interacțiunea sol-structură poate provoca deteriorarea construcțiilor prin:
- a) alcătuirea necorespunzătoare a fundațiilor:
 - fundații cu dimensiuni insuficiente;
 - încărcări neuniforme pe fundații;
 - adâncimi de fundare insuficiente față de adâncimea de îngheț;
 - fundarea clădirii pe terenuri cu caracteristici geotehnice diferite;
 - lipsa legăturilor între fundații etc.
 - b) amenajarea necorespunzătoare a spațiului exterior, care favorizează acumularea apelor meteorice lângă construcție;
 - c) acțiuni dinamice asupra terenului de fundare:
 - vibrații din traficul rutier,
 - vibrații/șocuri produse de execuția lucrărilor de construcții.

B.1.2.2. Degradări provenite din concepția inițială a construcției

- (1) Existența elementelor/părților de construcție care dau împingeri laterale neechilibrate (arce, bolți, turle) este cauza tipică a avarierii elementelor de sprijin (ziduri, stâlpi) care nu au capacitate suficientă de a prelua aceste sollicitări. O situație frecventă de avariere a pereților se întâlnește în cazul șarpantelor din lemn care dau împingeri neechilibrate pe pereții fațadelor.

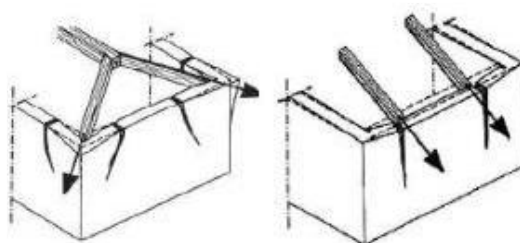


Fig. B.3. Împingere dată de șarpantă pe pereții de fațadă.

B.1.2.3. Degradări provenite din execuția necorespunzătoare

- (1) Absența sistematică a hidroizolației orizontale peste fundații conduce la propagarea umidității în pereții din zidărie, ceea ce reduce drastic rezistența mecanică a zidăriei.
- (2) Subdimensionarea fundațiilor comparativ cu dimensiunile construcției și cu caracteristicile terenului de fundare.
- (3) Utilizarea unor materiale de construcție având caracteristici tehnice inferioare.

B.1.2.4. Degradări provenite din lipsa întreținerii

- (1) Un mare număr de construcții cu valoare culturală sunt afectate de lipsa/deteriorarea sistemului de evacuare a apelor pluviale (jgheaburi, burlane). Deteriorările se manifestă prin igrasie și de multe ori prin fisuri/crăpături în corpul clădirii sau în zonele slăbite de goluri (Fig. B.4.(a)), cauza fiind umezirea excesive a terenului de fundare (Fig. B.4.(b)).



(a) (b)
Fig. B.4. Fațadă cu igrasie și fisuri provocate de umezirea terenului de fundare:
(a) fisură vizibilă în zona de colț a golului de fereastră a altarului;
(b) contraforții care flanchează absida altarului sunt afectate de apa capilară.

B.1.3. Afectare/degradare datorită intervențiilor necontrolate în timp

- (1) Integritatea fizică a construcțiilor poate fi afectată, în timp, ca urmare a unor intervenții necontrolate asupra elementelor structurale și nestructurale:
 - a) modificarea poziției și/sau dimensiunilor golurilor din pereții structurali;
 - b) desființarea totală sau parțială a buiandrugilor sau arcelor etc.;
 - c) crearea de goluri noi (inclusiv cele care privesc diverse echipamente tehnice);
 - d) desființarea de goluri: umpluturi din zidărie/alte materiale cu/fără țesere (Fig. B.5.(a));
 - e) spargerea golurilor și a șlițurilor orizontale/verticale pentru instalații (Fig. B.5.(b));



Fig. B.5. Afectarea structurilor în timpul exploatării:
 (a) extinderi ale construcției inițiale; (a) spargerea unor goluri pentru montarea instalațiilor.

B.2. Afectarea/degradarea construcțiilor cu valoare culturală din efectele cumulate ale cutremurelor succesive

B.2.1. Clădiri cu caracter laic

B.2.1.1. Avarierea de ansamblu

- (1) Din punct de vedere metodologic, acțiunea seismică se consideră acționând separat și succesiv pe fiecare dintre direcțiile principale ale construcției. Ca urmare, fiecare subsansamblu structural vertical este solicitat în planul său sau perpendicular pe acest plan.

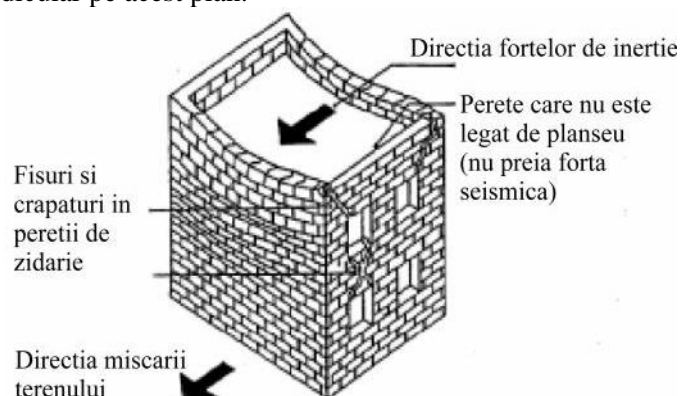


Fig. B.6. Afectarea unei clădiri etajate de acțiunea seismică.

B.2.1.2. Avarierea subsansamblurilor structurale

- (1) Avariile caracteristice în pereții din zidărie solicitați de acțiunea seismică în planul lor sunt:
- fisuri verticale în parapete, buiandrugi și arce deasupra gurilor de uși/ferestre;
 - fisuri înclinate și/sau în „X” în parapete, buiandrugi și arce deasupra gurilor de uși/ferestre;
 - fisuri înclinate și/sau în „X” în spaleții între două goluri alăturate. Traseul fisurilor poate fi, în funcție de rezistențele materialelor:
 - numai prin rosturi (Fig. B.7.(a));
 - prin rosturi și elemente (Fig. B.7.(b));
 - zdrobirea zidăriei provocată de concentrarea locală a eforturilor de compresiune, eventual cu expulzarea materialului;
 - fisuri orizontale la extremitățile spaleților;
 - avarii la intersecțiile pereților exteriori/interiori cu tendință de desprindere;
 - fisuri/crăpături verticale la legăturile între pereții perpendiculari;
 - expulzarea locală a zidăriei din elementele orizontale pe care reazemă planșeele.

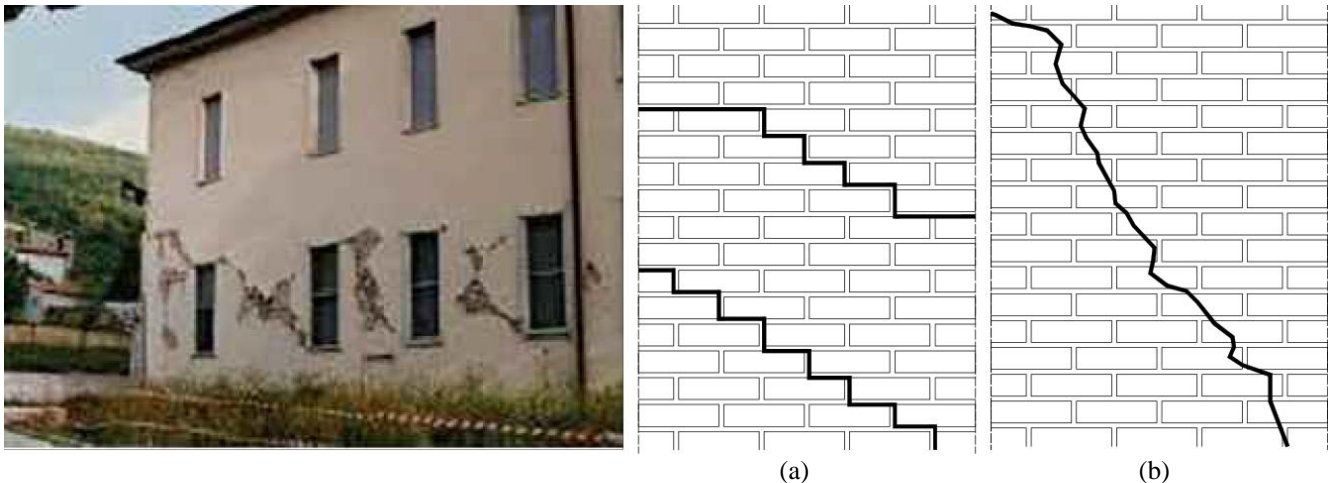


Fig. B.7. Avarierea spațiilor între goluri:
(a) prin rosturi; (b) prin rosturi și elemente.

- (2) Pozițiile fisurilor în pereți depind, de regulă, de alcătuirea peretelui, în special de pozițiile golurilor de uși și ferestre.

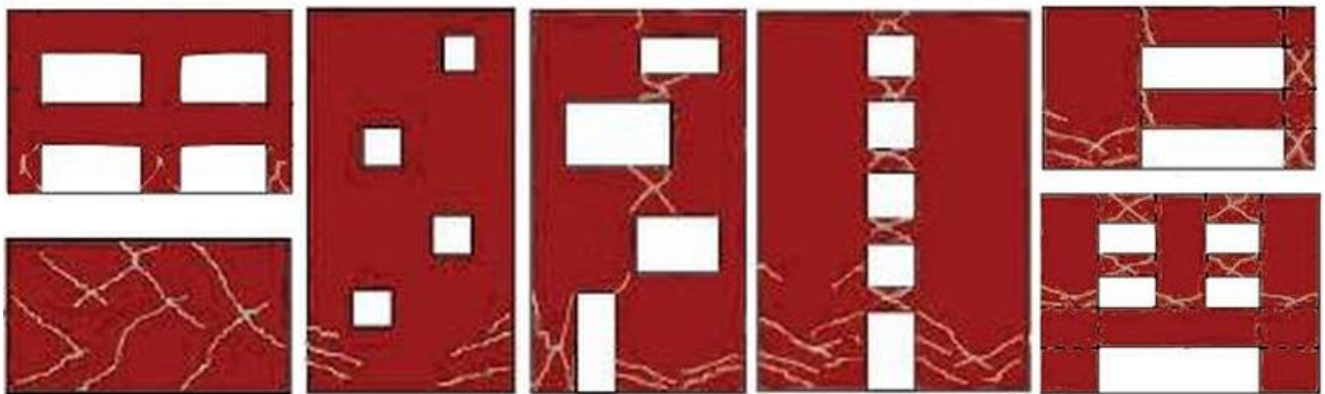


Fig. B.8. Pozițiile caracteristice ale fisurilor în raport cu golurile din pereți.

- (3) Avariile caracteristice pentru pereți din zidărie solicitați de acțiunea seismică perpendicular pe plan se produc în special în următoarele situații:
- la clădirile cu planșee susținute de elemente liniare (grinzi metalice sau din lemn);
 - la toate categoriile de panouri de zidărie în consolă (elemente majore de tip fronton/calcan/timpan și la elemente minore de tip parapet).
- Cedarea se produce, cel mai adesea, prin ieșirea din plan sau răsturnarea unui perete întreg sau a unor fragmente de perete.
- (4) Avarii caracteristice la planșee cu grinzi și podină din lemn (în ordinea crescătoare a severității):
- fisuri izolate în tavan, paralele cu grinzile;
 - fisuri numeroase în tavan, paralele cu grinzile, însoțite de fisuri transversale izolate;
 - separarea de perete la reazeme pentru un număr mic de grinzi;
 - separarea majorității grinzilor principale de pereți la reazeme. Căderea unor grinzi.
- (5) Avarii caracteristice la planșee cu grinzi metalice și bolțișoare de cărămidă (în ordinea crescătoare a severității):
- fisuri izolate în bolți, paralele cu grinzile;
 - fisuri numeroase în bolți, paralele cu grinzile, însoțite de fisuri transversale izolate;
 - fisuri cu deschidere peste 1 mm în bolți, paralele cu grinzile și însoțite de multe fisuri transversale;

- d) separarea parțială a grinzilor de zidăria bolților. Zdrobirea zidăriei elementelor verticale în zonele de reazem ale grinzilor metalice. Căderea bolților;
- e) degradarea bolțișoarelor prin fenomenul de îngheț-dezghet;
- f) corodarea până la „dispariție” a profilurilor metalice.



Fig. B.10. Avarierea planșeelor cu grinzi metalice și bolțișoare de cărămidă.

- (6) Avarii caracteristice la bolți și cupole (în ordinea crescătoare a severității):
 - a) fisuri vizibile, cu deschidere până la 1 mm, la bolți sau cupole cu tiranți;
 - b) fisuri vizibile, cu deschidere până la 1 mm, la bolți sau cupole fără tiranți;
 - c) fisuri cu deschidere peste 1 mm, la cheie și la reazemele pe elementele verticale, la bolți sau cupole cu tiranți;
 - d) fisuri cu deschidere peste 1 mm, la cheie și la reazemele pe elementele verticale la bolți sau cupole fără tiranți. Fisuri cu deschideri mai mari ale elementelor verticale, la bază și la reazemul bolții, eventual cu zdrobirea zonei comprimate;
 - e) deformații remanente importante („coborârea” bolților) sau deplasarea laterală a reazemelor.

B.2.2. Clădiri cu caracter ecleziastic

- (1) Localizarea avariilor provocate clădirilor de cult de acțiunea seismică depinde de alcătuirea constructivă a fiecărui locaș de rugăciune.
- (2) Afectarea integrității fizice a clădirilor de cult poate fi provocată de aceleași cauze care au fost identificate și pentru clădirile cu caracter laic.
- (3) Mecanismul de afectare seismică a corpului *bisericilor sală, cruce greacă înscrisă sau cu plan trilobat* se caracterizează, în general, prin:
 - a) *o crăpătură longitudinală* (fractură) în axa de simetrie longitudinală, care începe de la pridvor și continuă până în axul altarului cu tendința de a separa corpul bisericii în două fragmente/blocuri.
 - b) *crăpătura longitudinală* este însoțită, de regulă, și de alte avarii care pot fi considerate tipice/sistematice:
 - fisuri, crăpături sau dislocări în semicupola altarului;
 - crăpături ample (fracturi) tronconice la cheile arcului triumfal și a celui opus acestuia cu tendința de desprindere și de deplasare pe verticală;
 - avarierea în diferite stadii a pandantivelor, a cupolelor, a timpanelor de separare dintre pridvor/pronaos și pronaos/naos;
 - crăpături tipice în cheile golurilor de uși și ale arcelor de mici dimensiuni din timpan.
 - c) Un ansamblu de *crăpături transversale* (fracturi) localizate în secțiunile slăbite de golurile de uși și de ferestre, de nișe sau de ușile laterale din altar, naos, pronaos și pridvor;
 - d) *crăpăturile transversale* sunt însoțite, de regulă, și de alte avarii tipice/sistematice localizate în:
 - arcele și semicupolele absidelor;
 - zonele de buiandrug și parapet ale perechilor de goluri de pe fațadele laterale nord-sud.

- e) în unele cazuri ansamblul crăpăturilor/fracturilor longitudinale și/sau transversale poate continua și în fundații.
- (4) Ansamblul acestor crăpături transformă corpul bisericii într-un sistem de „blocuri” cu tendințe individuale de comportare. Numărul acestor blocuri crește odată cu:
- creșterea dimensiunilor bisericii;
 - sporirea numărului golurilor de ferestre;
 - reducerea grosimii zidurilor;
 - desființarea zidului dintre pronaos și naos;
 - adăugarea unor pridvoare deschise.
- (5) Pentru evaluarea calitativă se reține constatarea că numărul blocurilor în care se descompune corpul bisericii reprezintă o măsură a „vulnerabilității” structurale a monumentului.
- (6) Pentru **bisericile de tip bazilical sau hală/Hallenkirche**, mecanismele de afectare sunt caracteristice alcătuirii constructive a acestui tip de construcții:
- Turnurile, care în alcătuirile tradiționale, sunt legate de nava, fiind mai înalte și cu masa mai mare, au tendința de desprindere de aceasta, atât în situația persistentă (din cauza diferenței între încărcările gravitaționale) cât, mai ales în situația seismică.
 - Turnurile capătă, de regulă, fisuri și crăpături verticale pe liniile golurilor de uși și de ferestre.
 - Nava centrală, care face legătura între turn și cor, prezintă fisuri și crăpături atât la partea superioară a pereților laterali (provocate mai ales din acțiunea cutremurului) cât și în bolți, în lungul acestor pereți.
 - La zona de contact a corului cu nava centrală se manifestă tendința de separare a celor două substructuri.
 - Corul are fisuri și crăpături specifice, în zonele cu goluri și la arcul triumfal dintre acesta și nava centrală.
- (7) Pentru toate tipurile de alcătuire constructivă, în cazul fundării pe terenuri cu caracteristici geotehnice diferite, în urma cedărilor verticale diferențiate, afectarea corpului bisericii se manifestă prin fisuri/crăpături dirijate pe direcția bielei comprimate către terenul mai puțin compresibil.
- (8) În multe cazuri pentru preluarea împingerile arcelor și sistemelor boltite sau ale șarpantelor pe pereții laterali, s-au folosit contraforți masivi din zidărie. Deoarece în multe situații, contraforții au fost adăugați ulterior realizării construcțiilor, ca urmare a unor degradări ale corpului principal, aceștia nu au fundații adecvate și nici legături corespunzătoare cu pereții sau pilaștrii la care au fost adăugați.
- (9) Turlele pot suferi avarii cu diferite niveluri de severitate care se manifestată prin:
- colaps parțial sau total;
 - forfecarea, expulzarea sau strivirea bazei pilaștrilor;
 - distorsiuni înclinate;
 - avarierea generalizată a zonelor corespunzătoare ocnițelor;
- Același mod de afectare se regăsește, în general și la turlele clopotniță situate deasupra pronaosului.
- (10) Gradul de afectare al turlelor depinde de:
- zveltețea turlei;
 - forma secțiunii transversale;
 - forma laturilor turlei.
- Turlele, așezate pe naos și pronaos, la bisericile de rit ortodox, împreună cu baza lor de descărcare, constituie unul dintre subansamblurile cele mai vulnerabile, aceasta făcând ca în momentul de față să fie doar câteva biserici care să-și fi menținut turlele inițiale.
- (11) În cazul turlelor/turnurilor alăturate fațadelor laterale, afectarea poate manifesta prin:
- prăbușirea nivelului superior;
 - prăbușiri parțiale (mai ales în zona arcelor de deasupra ferestrelor);
 - separarea turlelor/turnurilor de corpul bisericii;
 - dislocări verticale pe liniile slăbite de goluri;
 - fisuri înclinate la circa 45°;

- f) fisuri orizontale la separația dintre nivelul inferior (zona de alăturarea a celor două volume) și cel superior (care depășește înălțimea bisericii);
- (12) La bisericile catolice și protestante, dar și la catedralele bisericilor ortodoxe, timpanele care închid șarpantele sunt elemente vulnerabile la acțiunile orizontale perpendiculare pe planul lor, date de vânt sau de cutremure.

B.2.3. Alte construcții cu valoare culturală

B.2.3.1. Tipologia afectării turnurilor

- (1) La turnurile independente se constată, în general, linii de afectare verticale prin goluri, pe toate laturile, la partea superioară a acestora sau în cheia arcelor de deasupra intrărilor.
- (2) La bisericile ale căror turnuri sunt legate de navă și cor, interacțiunea ansamblurilor cu rigidități diferite favorizează producerea unor linii de afectare specifice, cu concentrări în turn și în cor, pe liniile verticale ale golurilor. La pereții navei se constată linii de afectare verticală la partea superioară și linii de rupere în bolți, pe direcție paralelă cu pereții longitudinali.

B.2.3.2. Tipologia afectării zidurilor de incintă.

- (1) Liniile de afectare sunt, de regulă, verticale și se află la contactul cu turnurile sau pe traseul zidurilor (pentru zone cu lungimi mari și în cazul fundării superficiale sau pe terenuri diferite).
- (2) Zidurile de incintă, realizate din zidărie de piatră sau cărămidă, legate în majoritatea cazurilor de turnuri cu diferite funcțiuni, sunt afectate de:
 - a) contracție sau diferențe de temperaturi, atunci când lungimea lor depășește 12 m fără a avea centuri sau 30 m atunci când au centuri.
 - b) pierderea stabilității (răsturnare) dacă fundarea este deasupra adâncimii de îngheț sau cu secțiuni și materiale necorespunzătoare pentru terenurile cu capacități insuficiente de rezistență și rigiditate.

ANEXA C (informativă)

C. ÎNCERCĂRI PE ZIDĂRII

C.1. Procedee avansate pentru determinarea proprietăților fizico-mecanice ale zidărilor istorice

- (1) Procedeele clasice de cercetare a proprietăților fizico-mecanice ale zidărilor sunt:
 - a) cercetarea vizuală, inclusiv măsurători instrumentale;
 - b) încercări în laborator pe probe extrase din construcție;
 - c) teste prin încărcări aplicate direct pe construcție.
- (2) Toate categoriile de procedee menționate la alin. (1) afectează, în măsură mai mică sau mai mare, integritatea fizică a zidăriei. În plus, trebuie să se țină seama că starea de eforturi și deformații a carotelor în momentul încercării este diferită de cea din construcție și prin urmare rezultatele obținute nu reflectă situația exactă a acesteia.
- (3) Testele menționate nu pot furniza informații semnificative despre alcătuirea interioară reală a zidărilor având în vedere că experiența arată că zidăriile vechi sunt caracterizate, în numeroase cazuri, prin neomogenitatea/neuniformitatea structurii interne: goluri, elemente pentru zidărie de natură diferită (ceramice, dar și piatră naturală), particularități de zidire/țesere, zone afectate de umiditate etc.

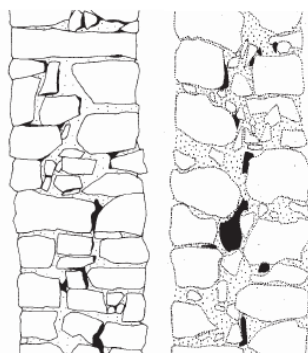


Fig. C.1. Neomogenitatea internă a unui perete din zidărie de piatră brută.

- (4) Pentru eliminarea acestor inconveniente, cu efecte majore în cazul intervențiilor asupra construcțiilor cu valoare culturală, Comisia Europeană a coordonat și finanțat în perioada 2001-2004 programul *ONSITEFORMASONRY project: On-site investigation techniques for the structural evaluation of historic masonry buildings*, între participanți numărându-se universități și laboratoare de cercetare din Germania (coordonator), Cehia, Italia, Slovenia, Spania și Suedia.
- (5) Programul a avut ca scop îmbunătățirea eficienței ansamblului operațiilor legate de evaluarea construcțiilor istorice prin propunerea și calibrarea unor proceduri noi, de tip nedistructiv sau puțin distructiv, care permit obținerea mai exactă a caracteristicilor fizico-mecanice ale zidărilor istorice, în termene mai scurte și cu cheltuieli mai reduse. Pentru utilizarea în practică a procedurilor propuse au fost elaborate programe specifice de calcul.
- (6) Sunt propuse procedee tehnologice avansate pentru *cercetarea instrumentală* a calității zidăriei prin intervenții strict locale, fără afectarea semnificativă a integrității elementelor structurale, a finisajelor și decorațiilor.

În această anexă sunt prezentate pe scurt recomandările pentru aplicarea diferitelor metodologii de încercare a zidărilor istorice elaborate în cadrul proiectului de cercetare menționat, subliniind particularitățile și avantajele fiecăruia.

Din punct de vedere practic, programul de cercetare a răspuns, în principal, următoarelor necesități:

- identificarea principalelor aspecte legate de avarierea și încercarea zidărilor istorice;

- dezvoltarea și optimizarea testelor nedistructive și a celor puțin distructive;
- proiectarea probelor supuse încercărilor și calibrarea probelor rezultatelor obținute;
- dezvoltarea și optimizarea modelelor structurale.

Prin unele dintre metodele propuse este posibilă și urmărirea eficienței lucrărilor de intervenție (de exemplu, prin verificarea modificării densității materialului, dacă se execută injectarea crăpăturilor sau a golurilor).

C.2. Clasificarea încercărilor pe zidării istorice din punct de vedere al agresivității asupra construcției

- (1) Încercările in-situ pe zidăriile istorice sunt împărțite în trei categorii distincte din punct de vedere al agresivității asupra construcției:
 - a) teste nedistructive (engl. **NDT** – *non-destructive tests*);
 - b) teste puțin distructive (engl. **MDT** – *minor destructive tests*);
 - c) teste distructive (engl. **DT** – *destructive tests*).

C.2.1. Teste nedistructive

- (1) Principalele procedee care fac parte din această categorie sunt:
 - a) **Radiografierea** (cu raze gamma): permite identificarea neomogenităților/discontinuităților profunde în zidărie (identificarea golurilor, armăturilor, altor elemente înglobate în zid);
 - b) **Termografia în infraroșu**: identificarea materialelor, a stratificației (de ex., straturi vechi de tencuială) și existența unor goluri sau discontinuități (precum starea de fisurare, fracturi sau goluri incomplet umplute); permite și verificare operativă în faza de intervenție prin vizualizarea traseului materialelor introduse în fisuri/crăpături;

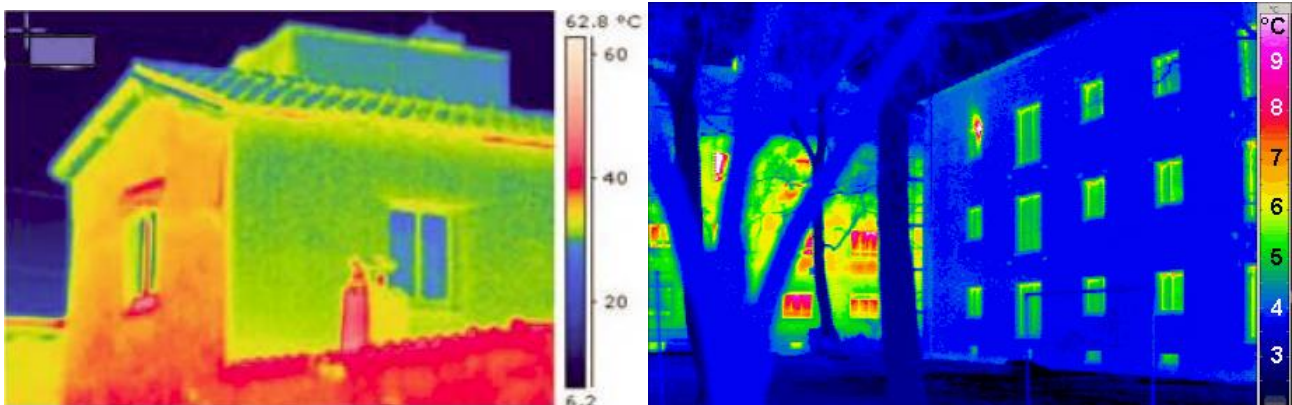


Fig. C.2. Imaginile unei clădiri din zidărie obținute prin termografie în infraroșu.

- c) **Metode magnetice**: permit poziționarea elementelor metalice înglobate în zidărie (armături, ancore, tiranți etc.);
- d) **Metode radar**: se bazează pe recepționarea energiei electrice, transmisă sau reflectată și permit identificarea diferitelor straturi de zidărie (mai ales în cazul zidurilor mixte, groase) a golurilor și a altor elemente înglobate în zidărie (beton, de exemplu);
- e) **Încercări cu ultrasunete**: se folosesc cu precădere pentru materiale omogene cum este zidăria din piatră naturală; în cazul zidăriei de cărămidă adâncimea de pătrundere este insuficientă pentru a furniza informații concludente;

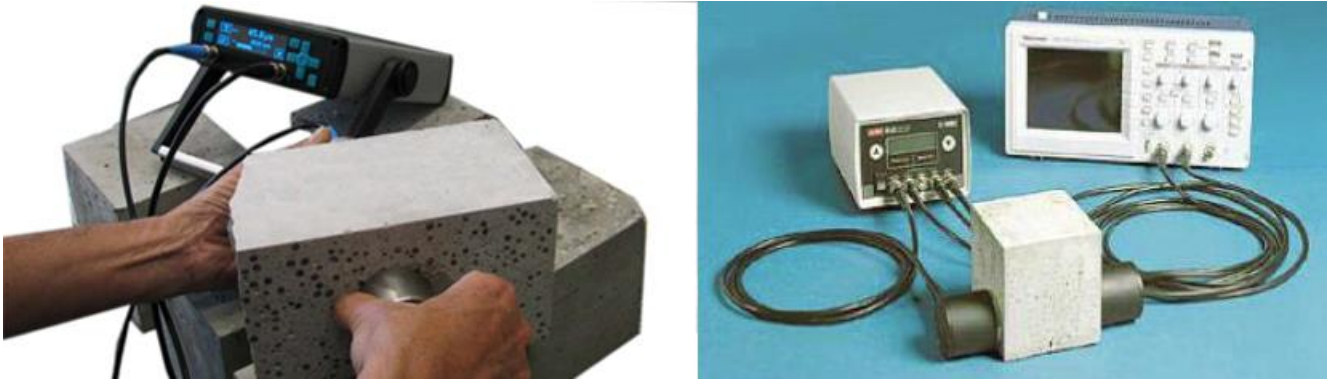


Fig. C.3. Instalație pentru încercare cu ultrasunete.

- f) **Metode de impact**, bazate pe măsurarea efectelor unor impulsuri mecanice sau acustice, permit măsurarea rezistenței elementelor și a mortarului folosind principiul „ciocanului cu recul”. Viteza de transmitere a sunetului depinde de structura internă a materialului testat.

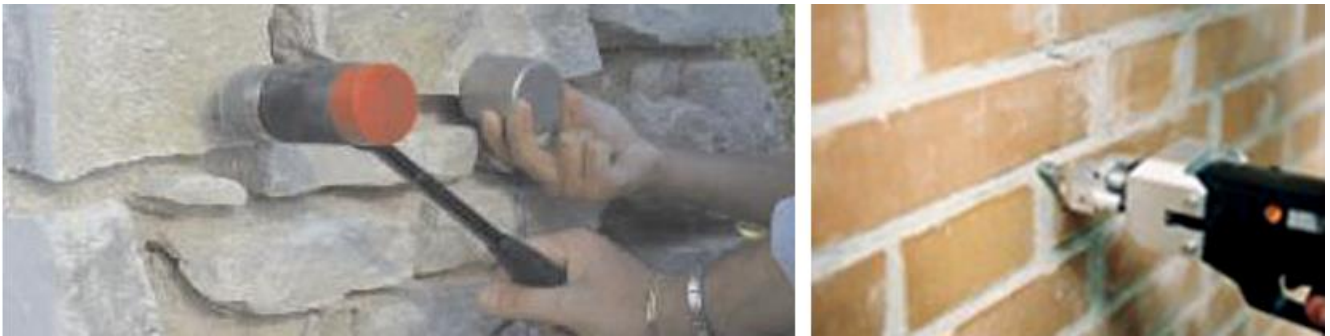


Fig. C.4. Dispozitive pentru testare prin „impact”.

C.2.2. Teste puțin distructive

- (1) Principalele procedee care fac parte din această categorie sunt:
- a) **Endoscopia**: permite verificarea alcătuirii interne a zidăriei cu ajutorul unor mini-camere introduse în goluri de mici dimensiuni (cu diametrul de 10-12 mm) practicate în perete. Adâncimea pe care se face cercetarea este de circa 1000-1200 mm în funcție de tipul aparatului folosit. Dacă sunt necesare goluri cu diametre mai mari, testul este considerat **distructiv**. Zonele cu fisuri mari pot fi cercetate cu aparate prevăzute cu tub flexibil care se adaptează traseului. Aceste aparate, dotate cu fibra optică, furnizează fotografii sau imagini video ale structurii interioare a zidăriei. Endoscopia care folosește sonde cu microunde permite determinarea umidității zidăriei (test puțin distructiv).

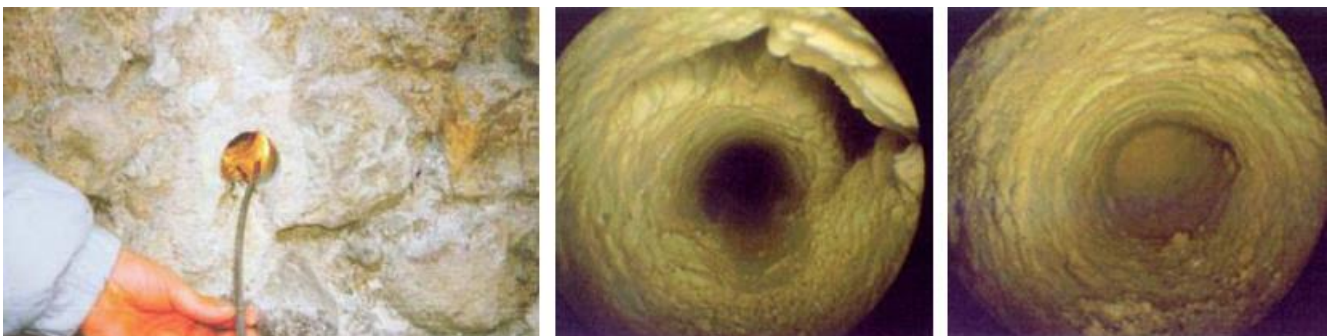


Fig. C.5. Teste prin endoscopie.

- b) **Teste cu prese plate:** permit determinarea următoarelor caracteristici ale zidăriei existente:
- efortul unitar de compresiune într-un punct oarecare al peretelui;
 - rezistența de rupere la compresiune;
 - proprietățile de deformabilitate (legea constitutivă σ - ε și modulul de elasticitate);
 - rezistența de rupere prin forfecare în rost orizontal.

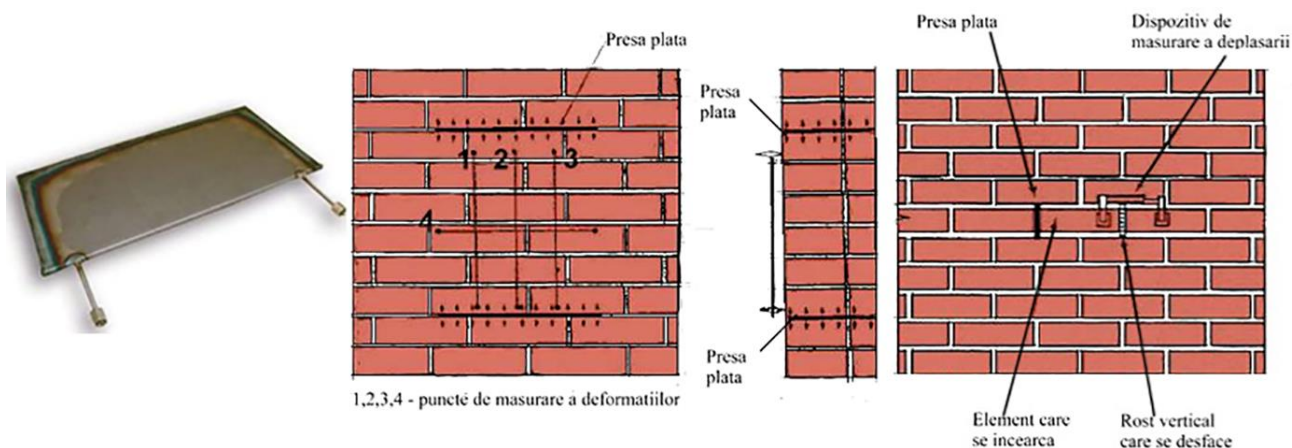


Fig. C.6. Încercări cu prese plate.

Încercările pot fi făcute în orice zonă a elementului de construcție (perete, stâlp, arc) și permit obținerea unei imagini cuprinzătoare a stării de eforturi pentru ansamblul structurii.

- Pentru determinarea efortului unitar efectiv de compresiune în zidărie se folosește o singură presă și două linii de repere pentru măsurarea deformațiilor verticale. În cazul pereților cu forme complexe (I, L, U) încărcăți neuniform la nivelul planșelor, procedeul permite determinarea corectă a distribuției eforturilor unitare de compresiune în inima și în tălpile profilului.
- Pentru determinarea efortului unitar de rupere la compresiune și a legii σ - ε se folosesc două prese plate paralele dispuse la o distanță de circa 50 cm pe verticală.
- Rezistența zidăriei la forfecare în rost orizontal în prezența unei forțe de compresiune se determină folosind montajul cu două prese plate și o presă cilindrică sau plăcă care „împinge” un element de zidărie legat în masiv numai prin mortarul din rosturile orizontale (*shove test*).

C.2.3. Teste distructive

- (1) În această categorie se încadrează toate testele pentru evaluarea umidității și a rezistențelor, care implică **extragerea carotelor**.
- Forma și dimensiunile epruvetelor depind de tipul încercării.
 - Carota se extrage perpendicular pe perete și trebuie să aibă diametrul ≥ 150 mm. Forța F , crescătoare până la ruperea epruvetei, se aplică pe direcția care corespunde încărcărilor verticale din perete. Prin carotare adâncă se identifică structura internă a zidăriei (straturile din care aceasta este alcătuită).
 - Încercările pe carote pentru determinarea rezistenței de rupere la compresiune se efectuează ca în Fig. C.7.(a), iar pentru rezistența de rupere la forfecare se procedează ca în Fig. C.7.(b).

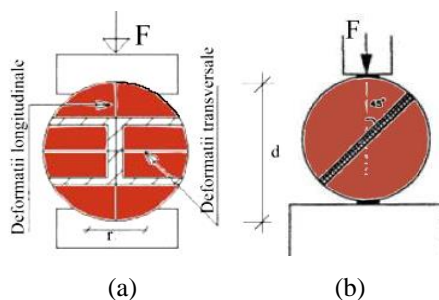


Fig. C.7. Determinarea rezistenței de rupere la compresiune și la forfecare a zidăriei pe carote extrase.

ANEXA D (documentară)

D. METODE DE EVALUARE ANALITICĂ PRIN CALCUL PE PRINCIPIUL TRIERII

- (1) În această anexă sunt prezentate metodele de evaluare analitică prin calcul, specifice construcțiilor cu valoare culturală, de la metode simplificate la metode avansate.
- (2) Pe baza principiilor expuse în **Capitolele I-VIII** ale Codului și în special în **Capitolul VII**, sunt arătate aspectele specifice pornind de la modelările și evaluările simplificate la cele avansate, posibil de aplicat în practică, pentru cinci dintre tipurile de construcții cele mai răspândite la noi în țară:
 - a) construcții laice cu valoare culturală având pereți structurali din zidărie (cărămidă/piatră) și planșee cu grinzi și podini de lemn, flexibile, dar slabe din punct de vedere al rezistenței;
 - b) construcții laice cu valoare culturală având pereți structurali din zidărie de cărămidă și planșee cu grinzi metalice și boltișoare de cărămidă, sistem constructiv utilizat aproximativ în intervalul 1870-1920.
 - c) construcții laice cu valoare culturală având pereți structurali din zidărie de cărămidă și planșee din beton sau beton armat, sistem constructiv utilizat în prima jumătate a secolului al XX-lea.
 - d) construcții eclesiastice cu valoare culturală având plan central, drept sau treflat, cu pereți structurali din zidărie (cărămidă/piatră) și una sau mai multe turle, acestea fiind ranforsate sau nu cu tiranți metalici/lemn dispuși la nașterea arcelor.
 - e) construcții eclesiastice cu valoare culturală având un turn sau două turnuri pe fațada vestică, o structură de tip bazilical, tip hală/*Hallenkirche* sau sală, cu pereții din zidărie (cărămidă sau piatră), iar acoperirea spațiilor se face cu bolți sau planșee de lemn.
- (3) În unele cazuri, la construcțiile cu valoare culturală, în special la cele construite în prima jumătate a secolului al XX-lea sau la cele cu funcțiuni comune (locuințe, spații anexă), sistemul de fundații nu depășește adâncimea de îngheț sau nu este situat pe terenul bun de fundare. De multe ori, în aceste cazuri, fundațiile sunt oprite la limita între terenul vegetal și stratul următor mai bun din punct de vedere al portanței și deformației.

D.1. Modelarea și evaluarea structurilor construcțiilor laice cu valoare culturală, cu pereți structurali din zidărie de cărămidă

D.1.1. Modelarea fizică a structurilor la acțiunile luate în considerare, în special cele seismice

- (1) Pereții din zidărie de cărămidă pot avea grosimi de 1, 1 ½, 2, maximum 2 ½ cărămizi. Pereții au țesere continuă la intersecții și în câmp, grosimea acestora variind de jos în sus, aceste soluții tehnice determinând o economie de material și un răspuns pozitiv în cazul solicitărilor dinamice.
- (2) De regulă pentru construcțiile realizate înainte de 1920, peste subsol sunt bolți (cilindrice în cele mai multe cazuri) sau planșee realizate din profiluri metalice și boltișoare de cărămidă, spațiul dintre profiluri putând fi înlocuit cu beton simplu sau slab armat. În funcție de importanță clădirii parterul putea avea o acoperire similară cu a subsolului sau putea să fie închis de un planșeu alcătuit din grinzi de lemn (stejar). Pentru celelalte niveluri, de cele mai multe ori, erau folosite planșeele cu grinzi de lemn, ranforsate cu grinzi sau/și platbande metalice. În cazul construcțiilor realizate în perioada anilor 1920 planșeele pot fi realizate integral din beton armat, sistem constructiv care treptat a înlocuit toate celelalte variante de acoperire a spațiilor. Șarpanta era alcătuită din lemn, iar în cazul construcțiilor importante (funcțiuni publice, construcții industriale) aceasta putea fi metalică (ferme nituite alcătuite din diverse profiluri). Învelitoarea era alcătuită din diverse materiale fiind preferate elementele ceramice sau tabla.
- (3) Pentru construcțiile laice și eclesiastice cu valoare culturală având structura din zidărie de piatră într-un singur strat sau tristrat, modelările fizice sunt asemănătoare cu acelea din zidărie de cărămidă, diferind caracteristicile de rezistență, deformație sau de durabilitate a zidăriilor.

- (4) După felul în care sunt realizate planșeele de la aceste construcții, se deosebesc două feluri principale de astfel de sisteme structurale:
- planșee care formează diafragme orizontale cu rigiditate și rezistență mari: din beton armat, profiluri metalice cu bolțișoare de cărămidă sau închideri din beton, dar și planșee cu grinzi metalice sau beton și corpuri de umplutură ceramică. În cazul unor consolidări ulterioare rezistența acestor planșee a fost sporită prin suprabetonări sau realizarea unor contravânturi în plan orizontal din platbande metalice. În evaluările prin calcul acestea sunt considerate infinit rigide.
 - planșee care formează diafragme orizontale cu rigiditate și rezistență mică: planșee cu grinzi și podini de lemn, planșee cu grinzi metalice și grinzi și podini de lemn – la care efectul de diafragmă orizontală poate fi neglijat, dar la care elementele metalice sau de lemn de bordare contribuie la capacitățile de rezistență și deformație a pereților.

D.1.2. Descrierea etapelor de evaluare prin calcul pe principiul trierii

D.1.2.1. Evaluarea prin calcul simplificată (nivel 1)

- Luându-se în considerare modele cu pereți structurali încastrați la contactul cu subsolul sau la contactul cu fundațiile sau fundațiile și pereții subsolului, acolo unde subsolul există, așezat pe resorturi sau pe rețea de elemente finite, se determină mai întâi încărcarea (masa) totală a construcției în gruparea specială (normată, fără coeficienți).
- Cu această încărcare se determină pe fiecare element vertical, perete, spalet, pilastru de zidărie, cu forma lui totală în plan, care este efortul unitar mediu de compresiune σ_0 . Acesta este un parametru fundamental în judecarea capacității de rezistență a structurii.
- În funcție de tipul planșeului, caracteristicile de rezistență și de deformație ale acestuia, se pune accent la evaluarea vulnerabilității structurale pe componentele acțiunii în planul pereților pentru planșee rigide (beton armat) sau pe componentele acțiunii perpendiculare pe planul pereților pentru planșeele flexibile (lemn).
- Pentru ambele cazuri se determină în mod simplificat perioada fundamentală de vibrație T_1 . Aceasta se determină cu relațiile date în codurile P 100 sau cu relația $T_1=(0,05\div 0,10)n$, n fiind numărul de niveluri în funcție de tipul de structură, înălțimea de nivel, tipul de planșeu; către $0,05n$ în mod obișnuit când acestea au pereți deși și groși, cu înălțimi mici de nivel și planșee de beton armat sau către $0,10n$, la caracteristici opuse celor menționate anterior.
- Capacitățile ultime ale elementelor la efortul combinat de compresiune cu încovoiere este superior capacității de rupere din forță tăietoare. În consecință, valoarea capabilă se ia cea inferioară, adică valoarea dată de relația intrinsecă τ - σ , cu alte cuvinte, capacitatea de rupere la forță tăietoare. În cele mai multe situații, această valoare corespunde cazului $\tau_0 = \sigma_0/2$.

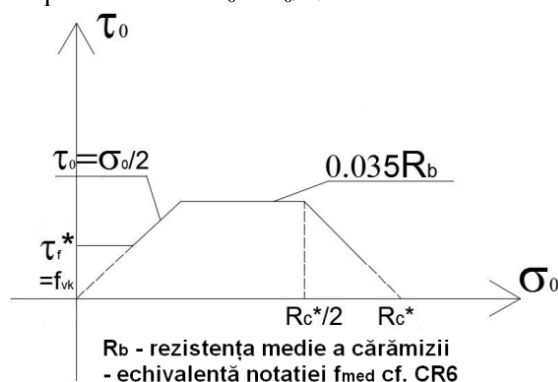


Fig. D.1.

În Fig. D.1., relația τ_0 - σ_0 nu este o relație de tip Mohr-Coulomb ci este mai degrabă o schemă în care, folosind σ_0 , efortul mediu de compresiune pe întreaga secțiune de zidărie și τ_0 , efortul unitar mediu de forfecare pe întreaga secțiune, se exprimă comportarea secțiunii orizontale de zidărie de la stadiul cu

compresiune 0 până la compresiunea maximă, luând în considerare rezistența medie a elementului de zidărie la compresiune.

De asemenea, această schemă exprimă comportarea elementului de zidărie prin efortul unitar mediu de forfecare τ_0 , de la valoarea 0 până la stadiul de rupere.

Limitarea dată de palierul $0,035 R_b$ exprimă limita maximă dată de ruperea din întindere cu valoarea medie pentru cărămidă, ca fiind zona de compresiune pe secțiunea orizontală fisurată de la care echilibrul nu se mai face pe secțiunea considerată fisurată dar cu încleștări date de secțiunea în scară la zidărie sau suprafața rugoasă dată de prezența agregatelor la beton, ci pe zonele de bielă de compresiune rezultate, cu reducerile de capacitate ale acestora, până la 0.

Tabel D.1.2.1. – 1.

Valori medii [N/mm ²]	Valori caracteristice [N/mm ²]
$\tau_f = 0,10$ pentru M0.4 $= 0,20$ pentru M1.0 $= 0,30$ pentru M2.5 $= 0,40$ pentru M5.0 $= 0,60$ pentru M10.0	$\tau_f^* = 0,05$ pentru M0.4 $= 0,10$ pentru M1.0 $= 0,15$ pentru M2.5 $= 0,20$ pentru M5.0 $= 0,30$ pentru M10.0

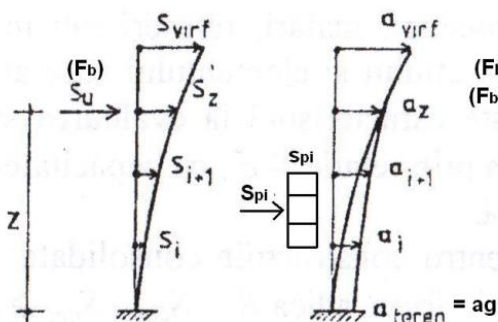
Tabel D.1.2.1. – 2. Caracteristici mecanice pentru compresiune perpendiculară pe planul orizontal ale elementelor de zidărie.

Caracteristici medii			Marcă mortar				
			M0.4	M1.0	M2.5	M5.0	M10.0
R_c^* [N/mm ²]	Marcă cărămidă	5.0	2,2	2,8	3,6	4.0	-
		10.0	3,6	4,0	5,0	6.0	7.0
ϵ_c [‰]			2,50	1,75	1,75	1,50	1,50
ϵ_r [‰]			3,50	2,50	2,50	2,00	2,00
E_0 [N/mm ²]			750 R_c	1200 R_c	1200 R_c	1500 R_c	1500 R_c
$E=R_c/\epsilon_c$			G= 0,25 E				

Pentru acțiunile perpendiculare pe planul pereților, luând în considerare datele din Tabelul D.1.2.1-3 și Fig. D.2 referitoare la acțiunile seismice, se pot determina eforturile secționale aferente necesare și capabile pentru aceste acțiuni.

Tabel D.1.2.1. – 3. Rezistențe caracteristice și rezistențe medii pentru întindere din încovoiere la acțiuni perpendiculare pe planul pereților.

Marcă mortar	M10.0/5.0	M2.5	M1.0	M0.4	M10.0/5.0	M2.5	M1.0	M0.4
Rezistențe caracteristice	Rupere paralelă cu rostul orizontal				Rupere în zig-zag prin rost perpendicular pe rostul orizontal			
	R_{ti}^* [N/mm ²]				$R_{ti\perp}^*$ [N/mm ²]			
	3	2	1,5	1	6	4	3	2
Rezistențe medii	6	4	3	2	12	8	6	4



(Fb) $S_u = C_u * G$, unde:
 (Fb) S_i = forța orizontală de inerție evaluată la nivelul i
 G = greutatea concentrată la nivelul planșeului i
 G_i = greutatea totală a construcției
 $C_u = \gamma_i E * a_g * \beta * \eta * \lambda * 1/q * \gamma$

Fig. D.2. Modelarea forțelor orizontale seismice (de inerție) de nivel.

$$a_i = \frac{S_i}{G_i}; a_{nivel} = \frac{(a_i + a_{i+1})}{2}; S_{pi} = a_{nivel} \cdot n_p; S_p = S_p \cdot A_p$$

în care S_p = forța orizontală perpendicular uniform distribuită pe planul peretelui la nivelul respectiv;
 n_p = greutatea uniform repartizată la nivelul respectiv;
 A_p = aria peretelui la nivelul respectiv pentru care se face determinarea efortului.

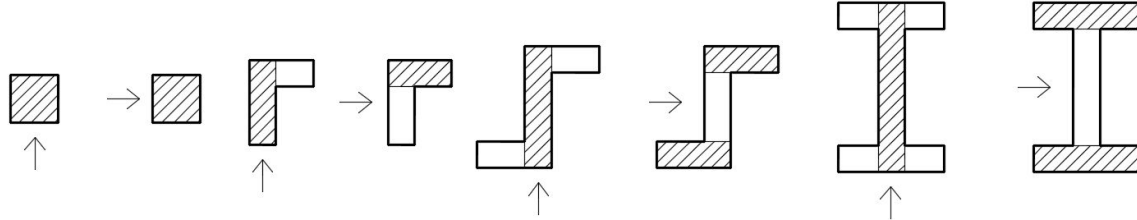


Fig. D.3. Arii active de forfecare ale pereților în funcție de direcția acțiunii seismice.

- (6) Pentru acțiunile din planul pereților cu valorile τ_0 obținute la **alin. (5)** și cu secțiunile dreptunghiulare pe fiecare direcție ale elementelor verticale din **Fig. D.3.** se determină capacitățile de rezistență ale acestora, care însumate dau capacitatea totală a structurii pe fiecare direcție ($S_{cap} \equiv F_b^{cap}$).
- (7) Cu aceste valori se determină gradul de asigurare prin $R_{global} = \frac{S_{cap}}{S_{nec}}$, la S_{cap} introducându-se și influența incertitudinilor de conformare sau determinări de caracteristici de materiale, degradări și avarii ascunse prin coeficienți de diminuare $R_1 = 1,05 \div 1,15$ și respectiv $R_2 = 1,10 \div 1,20$. În acest fel se definește R_{global} .
- (8) Pentru structurile cu planșeele la care nu se ia în considerare efectul de diafragmă orizontală, pentru partea inferioară a structurilor cu mai mult de un nivel se face evaluarea atât la răspunsul structurii pentru componenta acțiunii din planul pereților cu determinarea forței necesare (S_{nec}) pentru fiecare perete sau element vertical în parte, cât și pentru componenta acțiunii perpendiculare pe planul pereților sau elementelor verticale.
- (9) Pentru partea superioară a acestor structuri se face verificarea cu precădere pentru componenta acțiunii perpendiculare pe planul pereților sau a elementelor verticale și numai în cazuri speciale cu modificări importante de grosimi sau înălțimi de nivel și pentru componenta acțiunii în planul pereților.
- (10) Ca urmare a prevederilor precedente se pot stabili următoarele relații definitorii pentru $S_{necesar}$ și $S_{capabil}$, respectiv $R_3 = \frac{S_{cap}}{S_{nec}}$:

$$S_{necesar} = S_{nec} = \gamma_{i,E} \cdot a_g \cdot \beta \cdot \frac{1}{q} \cdot \lambda \cdot \eta \cdot G \cdot \gamma \quad (\equiv F_b \text{ conform Capitolul VII}) \quad (D.1.)$$

unde: $\gamma_{i,E} = 1 \div 1,4$ vezi **paragraful VII.2.2., alin(4)**.

$\gamma = 1,50 \div 2,0$ = coeficient care înglobează trecerea de la cutremurul de calcul la cutremurul de colaps (1,5 pentru structuri cu elemente metalice, 1,75 pentru structuri cu elemente de beton armat sau zidărie armată și 2,0 pentru structuri cu elemente din zidărie nearmată și lemn);

a_g = accelerația terenului pentru cutremurul standard, conform **Tabelului VII.1.**;

$\beta = 2,5$ = coeficient de amplificare dinamică de bază sau funcție de perioada de vibrație (valoarea palierului din relația $\beta - T$);

$q = 1,5 \div 3,0$ = factor de comportare a structurii, valori pentru structuri cu materiale cu rupere fragilă până la cele cu materiale cu rupere ductilă;

$\lambda = 0,85 \div 1,0$ = coeficient de echivalență (1,0 pentru construcții cu până la 2 niveluri, 0,85 pentru mai mult de două niveluri și $T_1 \leq T_c$). Pentru analizele spațiale modale, λ poate fi redus până la 0,7;

$\eta = \sqrt{\frac{10}{5+\xi}}$ unde ξ = fracțiunea de amortizare critică;

$$\left\{ \begin{array}{l} \xi = 2\% - \text{o\textasciutel} \\ \xi = 5\% - \text{beton armat} \\ \xi = 8 \div 25\% - \text{zid\textasciuterie} \\ \xi = 12 \div 20\% - \text{lemn} \end{array} \right.$$

G – greutatea construcției normată (gruparea specială) deasupra încastrării sau luată în considerare în modelul adoptat;

$$S_{capabil} = S_{cap} = \tau_0 \cdot A_{forfecare} \quad (D.2.)$$

De regulă $\tau_0 = \frac{\sigma_0}{2}$ sau conform relației $\tau_0 - \sigma_0$ pentru elemente de zidărie, ca valori de rezistență caracteristice.

Rezistențe caracteristice pentru elemente de:	<ul style="list-style-type: none"> • beton simplu: $\tau_0 = 0,03R^*$ • beton slab armat transversal: $\tau_0 = 0,045R^*$ • beton armat transversal corespunzător: $\tau_0 = 0,09R^*$ • oțel: <ul style="list-style-type: none"> ○ $\tau_0 = 0,25 \cdot 1,1\sigma_y$ - inima stâlpilor ○ $\tau_0 = 0,50 \cdot 1,1\sigma_y$ - în diagonale
--	---

Echivalența R^* cu R_m (sau f_{cm}) se face cu relația $\frac{R_m}{R^*}$ pentru care se adoptă valorile: 1,15 pentru oțel, beton simplu $\leq B120$ (sau $f_{cm}=12N/mm^2$); 2,0 pentru lemn, zidărie; 1,5 pentru beton armat între B120÷B200; 1,35 pentru beton armat $\geq B200$.

Pentru stâlpii de beton armat se face verificarea pentru încărcările gravitaționale normate cu relația $\sigma_0 = \frac{Q_{normat}}{0,3 \cdot f_{cm}}$, (f_{cm} sau R_m).

Pentru elementele metalice care au incursiuni în domeniul plastic, cu zone disipative critice, coeficientul de flambaj $\frac{l_f}{i} \leq 70$.

$$\text{Gradul de asigurare } R_{global} = R_3 \cdot \frac{1}{\gamma_{R1}} \cdot \frac{1}{\gamma_{R2}} = R_3 \cdot \frac{1}{1,05 \div 1,15} \cdot \frac{1}{1,10 \div 1,20} \quad (D3)$$

Pentru soluțiile de intervenție se pot aplica la S_{nec}^u sporuri sau reduceri de 20% pentru cazuri speciale justificate din punct de vedere tehnic și economic.

D.1.2.2. Evaluarea analitică prin calcul de complexitate medie (nivel 2)

D.1.2.2.1. Modelarea specifică structurilor pentru nivelul 2 de evaluare analitică prin calcul

- (1) La acest nivel 2, pe lângă evaluarea de rezistență se realizează și evaluarea deformațiilor structurii.
- (2) Modelarea fizică a construcțiilor laice cu pereți și elemente verticale de zidărie de cărămidă pentru nivelul 2 de evaluare analitică prin calcul pleacă de la modelele de încastrare la nivelul cotei 0, apoi la nivelul contactului cu fundațiile, la modelele rezemării verticale și orizontale pe resorturi sau o rețea de elemente finite.
- (3) Se face apoi modelarea cu bare verticale și orizontale legate în noduri rigide, punctuale, rezultate din intersecțiile barelor sau la noduri rigide cu dimensiuni rezultate din intersecția lăților elementelor. Se poate face, de asemenea, modelarea cu elemente de tip bielă-tirant sau modelarea cu elemente finite.
- (4) Cu aceste modelări fizice se fac analizele modale spațiale în domeniul liniar elastic, care furnizează rezultate utile pentru evaluarea solicitărilor și deformațiilor induse de diferite acțiuni, cât și a mecanismelor de rupere sau cinematice de prăbușire.

- (5) Se folosesc pentru evaluarea capacităților procedeul de calcul biografic (*pushover*) sau înfășurătoarea directă a calculului biografic prin utilizarea zonelor disipative elasto-plastice care formează mecanismul cinematic de prăbușire totală sau parțială a structurii.
- (6) Pentru realizarea relațiilor forță-deplasare globale ale structurii, sau parțiale pentru elementele structurale, exprimate convențional în diferite puncte, cu condiția compatibilității de deformații, dar mai ales a echilibrului în orice situație, avem nevoie de legi histeretice de bază σ - ε , în domeniul elasto-plastic, cu sau fără degradări.

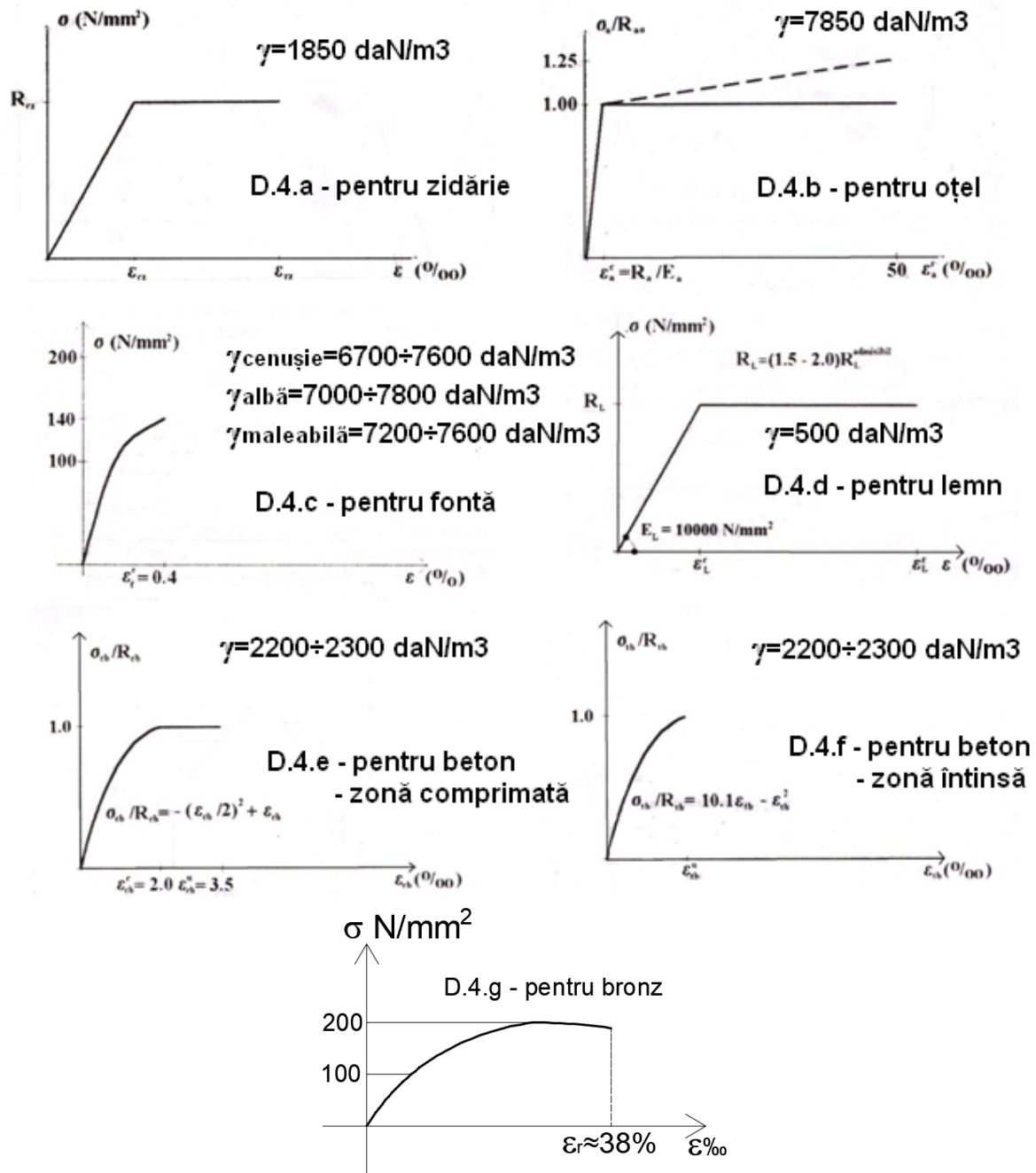


Fig. D.4. Legi histeretice pentru: a) zidărie, b) oțelul, c) fontă, d) lemn, e) beton (zona comprimată), f) beton (zona întinsă), g) bronz.

- (7) Aceste legi histeretice din Fig. D.4. sunt exprimate în relațiile σ - ε prin intermediul valorilor medii pentru materialele ductile (oțel, beton armat, bronz) iar pentru materialele fragile (beton simplu, zidărie, lemn) prin valori caracteristice pentru rezistențe și valori medii pentru deformații.
- (8) Se consideră că prăbușirea (colapsul total) are loc când unul sau un grup de elemente verticale ajung în stadiul acesta, funcție de scenariile posibile de colaps progresiv, practic până când acestea reprezintă 10%-20% pierdere din capacitatea totală de rezistență.
- (9) Pentru a determina deformația considerată ultimă, punct de reper pentru rupere, prăbușire, se pot realiza evaluări cu ajutorul unui calcul dinamic direct cu modelul dinamic cu o singură masă, sau utiliza spectrele de răspuns în deplasări sau relațiile de deplasare ultimă.
- (10) Se consideră ieșirile din lucru sau prăbușirea, limita de deformație rezultată din compararea deformațiilor ultime necesare cu cele capabile, cu limita maximă de 3% pentru rotirea relativă, care ține seama de efectele de ordin doi (efectul P- Δ) coroborată cu limita de 0,5 din cerința de rezistență prevăzută de cod pentru zona respectivă pentru $q = 1,5 \div 3,0$.
- (11) Din schema în plan a unei construcții cu structura din elemente de zidărie pentru determinarea valorii σ_0 se iau în considerare întreaga secțiune a elementului în plan, indiferent de formă.
- (12) Pentru determinarea valorii forței tăietoare asociate capabile din compresiune cu încovoiere se ia în considerare pe direcția acțiunii partea dreptunghiulară, iar pe direcția perpendiculară acțiunii din secțiunea întreagă cel mult 6÷9 grosimi de element.
- (13) Pentru zonele de cuplare între elementele verticale, valorile forțelor tăietoare capabile ale acestora sunt corespunzătoare unor eforturi unitare τ_0 egale cu valorile caracteristice ale acestora sau jumătate din valoarea σ_0 a spaletului adiacent, din dreptul zonei de cuplare.
- (14) Este important să se ia în considerare că în majoritatea cazurilor trebuie luată la pereții cu goluri contribuția zonelor de cuplare a elementelor verticale a acestor pereți. Valoarea forței tăietoare capabilă a acestor zone este cea mai mică dintre valorile: jumătate din greutatea aferentă la nivelul zonei de cuplare a elementului vertical și aceea rezultată din produsul ariei de forfecare și efortul unitar capabil. De asemenea, la pereții cu forme complexe în plan se iau în considerare zonele de aripi ale pereților pe lungimi de 6÷9 grosimi ale acestor aripi.

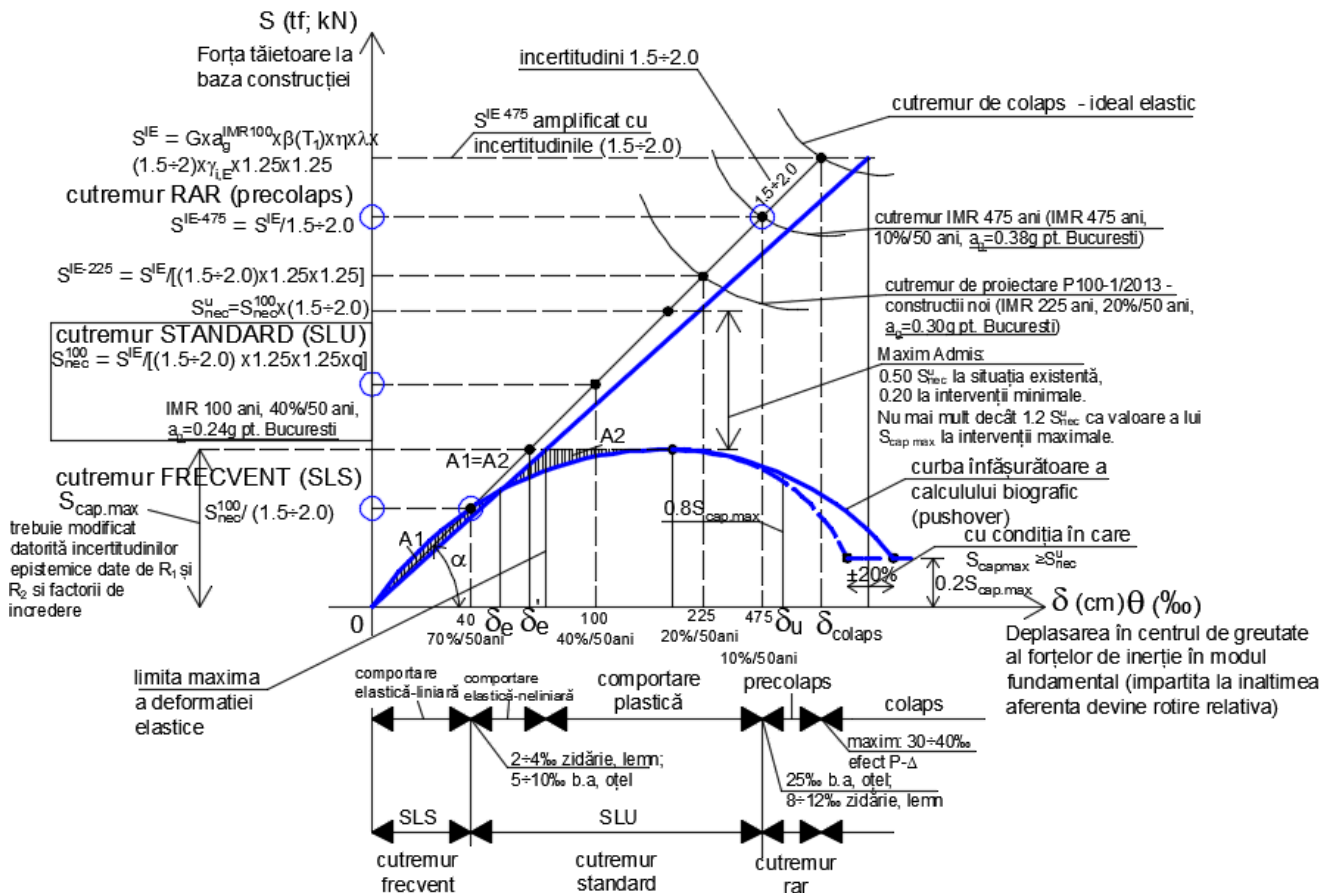


Fig. D.5. Schemă de principiu pentru comportarea structurilor în domeniul elasto-plastic până la colaps pentru acțiunile seismice la construcțiile cu valoare culturală.

$$\delta = d = S_D(T) = c \cdot S_{De}(T) \tag{D.4.}$$

în care $S_{De}(T_1) = a_g \cdot \beta(T_1) \cdot \left[\frac{T_1}{2\pi} \right]^2$, T_1 cu rigidități reduse, c conform:

$$c(T_1) = \begin{cases} 4, & \text{dacă } T_1 \leq T_i \\ 4 - 3 \frac{T_i - T_1}{T_i - T_s}, & \text{dacă } T_i < T_1 < T_s \\ 1, & \text{dacă } T_1 \geq T_s \end{cases}$$

Tabel D.1.2.2. Valori ale perioadelor T_i și T_s

T_c	T_i	T_s
1,6	0,5	1,25
1,0	0,4	1,05
0,7	0,3	0,9

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5+\xi}} \geq 0,5 \quad \xi = \begin{cases} 2\% - \text{oțel} \\ 5\% - \text{beton armat} \\ 8 \div 25\% - \text{zidarie nearmată} \\ 12 \div 21\% - \text{lemn} \end{cases}$$

$$\lambda = \begin{cases} 1,0 - \text{pentru construcții cu 1 nivel} \\ 0,85 - \text{pentru construcții cu mai mult de 2 niveluri și } T_1 \leq T_c \\ 0,7 - \text{numai când se fac analize modale spațiale} \end{cases}$$

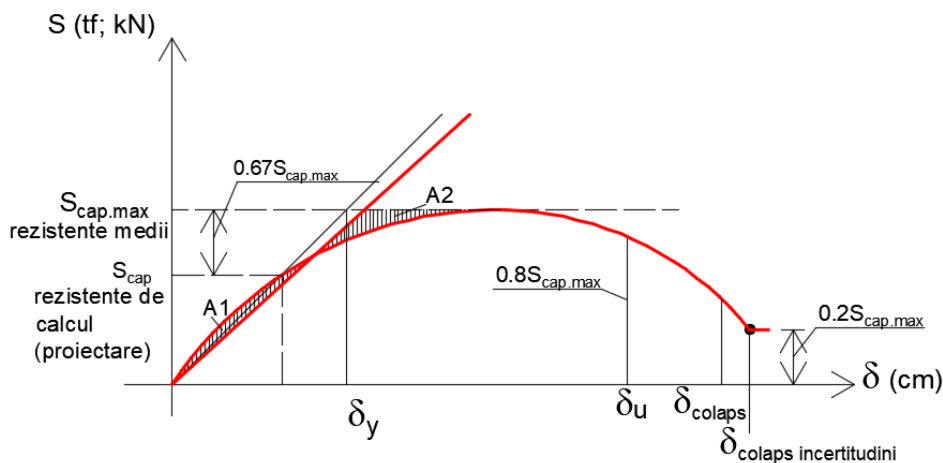


Fig. D.6.(a). Curbă înfășurătoare a calculului biografic cu detalieria parametrilor principali ilustrați în Fig. D.5.

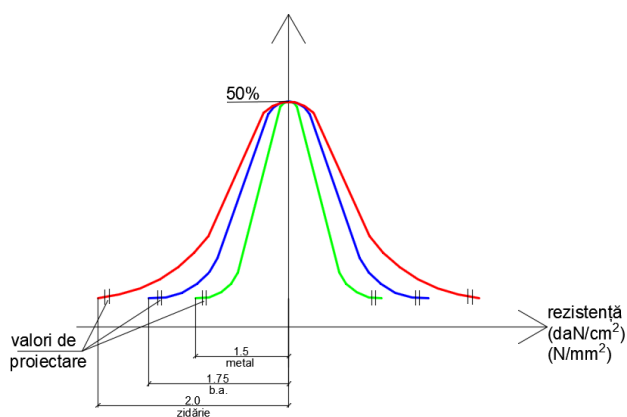


Fig. D.6.(b). Exemplificarea trecerii de la rezistențe de calcul la rezistențe caracteristice și rezistențe medii prin curbe de distribuție normală.

Nota 1: Date necesare realizării schemei din Fig. D.5.

- δ_{colaps} – calculat cu formula (D.4.) cu perioada (T) determinată pe baza rigidității secante ($0,5EI$) dată de Fig. D.5. Pentru fiecare cutremur în parte, valoarea deformației δ se poate calcula prin analiză dinamică directă.
- α rezultă din relația $\tan \alpha = \delta/H$, δ este deplasarea în centrul de greutate al forțelor de inerție pentru perioada din modul fundamental T_1 și relația $T_1 = 0,2\sqrt{\delta}$; H este înălțimea centrului de greutate al forțelor de inerție față de baza structurii; T_1 poate fi determinată și din analiză modală plană sau spațială considerând rigidități reduse $0,5EI$. Perioada T_1 , simplificat, se poate lua dublul relațiilor simplificate, adică $0,1n < T_1 < 0,2n$ sau dublul valorilor simplificate T_1 din P 100-1.
- simplificat, înfășurătoarea calculului biografic se obține prin aplicarea distribuției triunghiulare a forțelor de inerție laterale rezultate, ca răspuns al structurii la acțiunea seismică în modul fundamental de vibrație.
- valorile deformațiilor (rotirilor) relative de nivel specificate în schemă sunt date conform prevederilor P 100-1. Pentru rotirile relative în centrul de greutate al forțelor de inerție, acestea pot fi mai mici de $1 \div 4$ ori, deci o medie de 2,5 (funcție de înălțimea nivelelor structurii și rigiditatea, respectiv rezistența elementelor componente). Rotirea relativă de nivel se poate determina și prin amplificarea raportului între deformațiile de nivel și deformația din punctul z, cu limitele admise.
- pentru fisurare (deschiderea fisurilor) se folosește abordarea dată de SLS cu particularitățile privind diminuarea rezistențelor capabile ale armăturilor pentru deschiderea fisurilor la elementele de beton armat ($0,6 R_a$) sau ipoteza rezistenței egală cu 0 la fibra cea mai întinsă pentru elementele de zidărie
- $\mu = \frac{\delta_u}{\delta_e}$ – factor de ductilitate.
- q se definește cu relațiile:

- $q = \frac{S_e}{S_{cap\ max}}$, S_e = forța tăietoare maximă cerută în stadiul elastic; $S_{cap\ max}$ – forța tăietoare capabilă maximă;
- $q = \mu -$ pentru $T_1 > T_c$ ($1,5 < q \leq 3$ sau 6)
- $q = \sqrt{2\mu - 1} -$ pentru $T_d < T_1 < T_c$ } pentru structuri cu rupei ductile (beton armat, oțel, zidărie armată);
- $q = 1 \div 1,5$ – pentru $T_1 < T_d$ pentru structuri cu rupei fragile (zidărie simplă, lemn).

Nota 2: Explicații necesare pentru interpretarea Fig. D.5., D.6.(a). și D.6.(b).

- a) La evaluarea capacităților se întrebuintează rezistențele medii pentru structurile realizate cu elemente metalice sau beton armat și rezistențele caracteristice pentru structurile realizate din lemn și zidărie, pentru calcul la SLU. Pentru calculul de deformație, evaluarea se face în SLS, cu rezistențele aferente acestui stadiu limită ($SLS=SLU/1,5\div 2,0$). Pentru fisurare, la calculul de deschidere a fisurilor, atunci când acesta este impus de prezența unor componente artistice de deosebită valoare care necesită protecția acestora, se introduc valorile și modelele cunoscute pentru acest stadiu, atât la zidăria nearmată, cât și la zidăria sau betonul armat.
- b) În Fig. D.5. este ilustrat modelul de calcul pentru abordarea cerută de nivelul de hazard acceptat în România la nivelul anului 2017 pentru construcțiile noi prin P 100-1/2013 și pentru construcțiile existente prin propunerea de modificare a codului P 100-3/2008, la care se poate admite o reducere a hazardului de 20% pentru construcțiile cu valoare culturală față de celelalte construcții existente, iar la lucrările de intervenție, luarea în considerare a măririi acestuia nu mai mult de 20%.
- c) Se subliniază aspectul că pentru obținerea valorilor de necesar cât și de capacitate, atât pentru rezistență cât și pentru deformații, se pleacă de la valorile medii ale acestora. La determinarea gradului de asigurare global, pentru valorile de necesar date de acțiunea seismică și combinațiile cu celelalte acțiuni, în cadrul hazardului multiplu, prin coeficienții globali de siguranță $1,5\div 2,0$, se face trecerea de la valorile de proiectare la valorile medii.
- d) Pentru evaluările prin calcul prin metodele de proiectare date de codurile de tip P 100-1, acestea fiind proprii stărilor limită, necesarul se face cu ajutorul valorilor de proiectare și nu a valorilor medii cum sunt cele ilustrate în Fig. D.5. În mod normal, rezultatele trebuie să conducă la evaluări cu valori similare pentru rezistențe, dar cu punerea în evidență a aspectului, respectării cerințelor și de deformații în cazul comparațiilor cu relațiile de tip forță-deplasare $S-\delta$.
- e) În schemă apar la partea de sus coeficienții globali $1,5\div 2,0$ care reflectă transformarea incertitudinilor epistemice (cele care nu au caracter aleatoriu) în coeficienți parțiali de siguranță, atât pentru acțiuni (necesar) cât și pentru capacități. La partea de jos a schemei, atunci când se face trecerea de la calculul propriu nivelurilor de performanță cu stările limită asociate pre-colasului și SLU la SLS, apar coeficienții globali cu aceeași valoare $1,5\div 2,0$ dar care au semnificația transformărilor incertitudinilor cu caracter aleatoriu referitoare la caracteristicile materialelor.
- f) Distribuția triunghiulară pentru realizarea curbei înfășurătoare pentru calculul biografic se face dacă în prealabil a fost realizată evaluarea modală în plan sau spațială în care avem o distribuție dată pentru modul fundamental, exprimat prin T_1 , diferită de aceea triunghiulară sau dreptunghiulară. Aceasta din urmă este proprie construcțiilor cu multe niveluri ductile, ceea ce nu este cazul majorității construcțiilor din prezenta reglementare.
- g) În acest caz valoarea T_1 poate fi luată din codul P 100-1/2013 sau cu formula simplificată în marja $0,05n < T_1 < 0,1n$, unde n =numărul de niveluri. Pentru a face echivalarea cu rigiditatea $0,5EI$, aceste valori ale perioadei se multiplică cu valoarea 2.
- h) Odată T_1 ales, pe baza formulei $T_1=0,2\sqrt{\delta}$ poate fi trasată linia $S-\delta$ dată de comportarea ideal elastică a structurii studiate.
- i) Linia $S-\delta$ capabilă (linia roșie) rezultă din cunoscuta ipoteză a egalității de energie dată de suprafețele $A1$ și $A2$.
- j) Se amintește schematic că $S_{cap\ max}$ și δ_y se exprimă prin valorile de rezistență și deformații medii în metoda prezentată în Fig. D.6.(a). dar aceste valori pot fi interpretate ca fiind de calcul (proiectare) prin Fig. D.6.(b). Interpretarea trecerii de la rezistențele medii la acelea de calcul (proiectare) și pot face prin curbele (relațiile) din Fig. D.6.(b).

D.1.2.2.2. Modelarea specifică construcțiilor pentru nivelul 3

- (1) Nivelul 3 de evaluare, care este un nivel avansat, ia în considerare unitar principiul evaluărilor pe baza teoriilor de rupere prin criteriile de energie, respectiv disiparea de energie capabilă a structurii, la nivelul teoretic de încastrare sau la nivelul contactului cu terenul sau în interacțiune cu terenul.
- (2) Folosind modelările fizice și matematice de la nivelul 2 se realizează analize dinamice directe pe ambele direcții ale construcțiilor cu 3÷22 accelerograme sau analize dinamice directe incrementale setate pentru intensitatea maximă de accelerație corespunzătoare cutremurului rar, interval mediu de recurență 475 ani.
- (3) Folosind criteriile teoriilor de rupere clasice sau acelea care pun în evidență mecanisme care conduc la prăbușire, se determină valorile medii, iar prin considerarea și a incertitudinilor epistemice, se determină coeficienți parțiali de siguranță cu valoarea medie de 1,5. În acest fel se determină capacitățile de rezistență și deformație față de cutremurul cu interval mediu de recurență 475 ani, 10%/50 ani probabilitate depășire, considerat cutremur rar.
- (4) Trecerea la cerințele pentru cutremurele cu intervalele medii de recurență de 100 ani, respectiv 40 ani, se face prin împărțire succesivă cu valoarea 1,5.
- (5) Se subliniază aspectul că pentru elementele nearmate, capacitățile de rezistență se limitează la valoarea corespunzătoare efortului unitar de coeziune pentru elementele cu compresiune 0 și că au valoarea 0 la elementele întinse.
- (6) Pentru compresiunea pe diagonală, cazul bielor comprimate, se ia valoarea pe jumătate din valoarea dată de direcția perpendiculară pe planul orizontal al rosturilor. Aceste legi histeretice se pot folosi la modelările cu elemente finite și la modelările bielă-tirant.
- (7) Orice metodă avansată de calcul recunoscută este permisă folosind precizările prezentului Cod, în special pentru nivelul 3 de modelare (complexă) a construcțiilor cu valoare istorică.

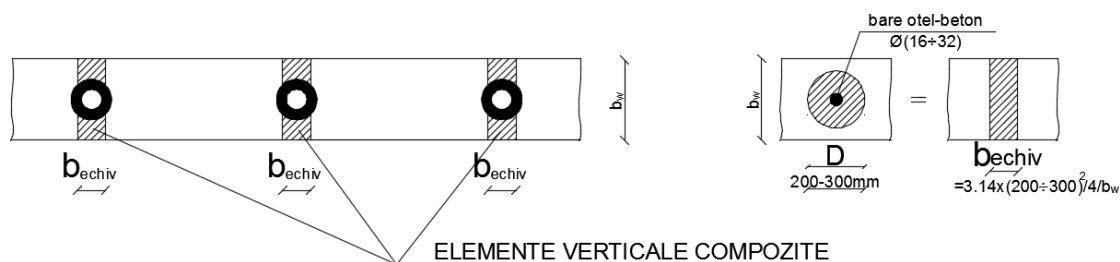


Fig. D.7. Echivalarea barelor înglobate în elemente bielă-tirant.

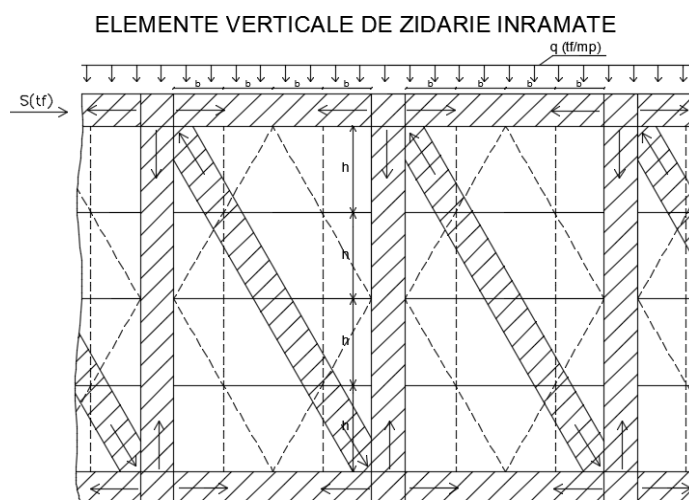


Fig. D.8. Schema elementelor verticale, orizontale și diagonale pentru un perete de zidărie cu bare verticale înglobate sau stâlpișori de beton armat legați de elemente verticale.

În completare se dau relații pentru legi constitutive adaptate pentru calculul cu elemente finite și modelul bielă-tirant pentru elemente de beton armat și zidărie (vezi Fig. D.7 și Fig. D.8).

- (8) După **fib – Model Code 2010** - pentru beton, energia de (rupere) fracturare din întindere, G_f , se adoptă relațiile:

$$G_f = 73 f_{cm}^{0.18}, \quad f_{cm} = \text{rezistența medie a betonului la compresiune, în MPa;}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + \Delta f, \quad \text{în care } f_{ck} = \text{rezistența caracteristică la compresiune, } \Delta f = 8 \text{ MPa.}$$

G_f – în N/m = energia de fracturare (rupere) = energia necesară pentru a fi propagată o fisură din întinderea betonului pe unitatea de suprafață.

Pentru compresiune, modulul de elasticitate longitudinal E_{cm} este definit în **SR EN 1992-1-1-2004** împreună cu deformațiile specifice ϵ_{c1} și ϵ_{cu1} . E_{cm} se mai notează și E_{ci} (vezi Fig. D.9).

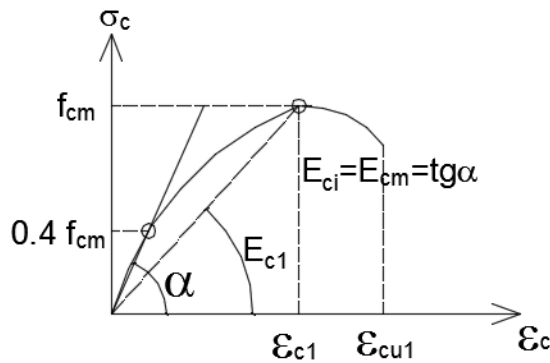


Fig. D.9. Lege histeretică beton la compresiune.

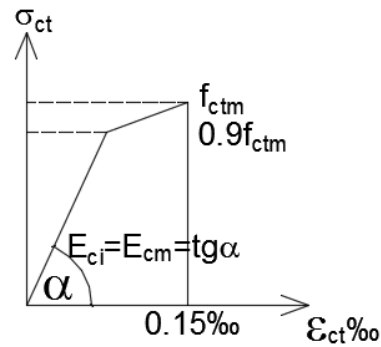


Fig. D.10. Lege histeretică beton la întindere.

$\text{tg } \alpha = E_{ci} = E_{cm}$; raportul $\frac{E_{ci}}{E_{c1}} = k$; Pentru beton C12, $k = 2,44$; Pentru beton C120, $k = 1,18$.

Pentru întindere există formule pentru legea constitutivă efort unitar-deformație specifică – vezi Fig. D.10.

Pentru relația efort unitar de întindere maxim f_{ctm} și deschiderea fisurii, w , pentru întindere axială se dă următoarea reprezentare grafică în Fig. D.11., cu următoarea interpretare și anume că G_f/h , în care $h=300$ mm este înălțimea cilindrului pentru încercările betonului, reprezintă suprafața (densitatea de energie) pentru zona de rupere a legii constitutive la întindere a betonului (vezi și Fig. D.15):

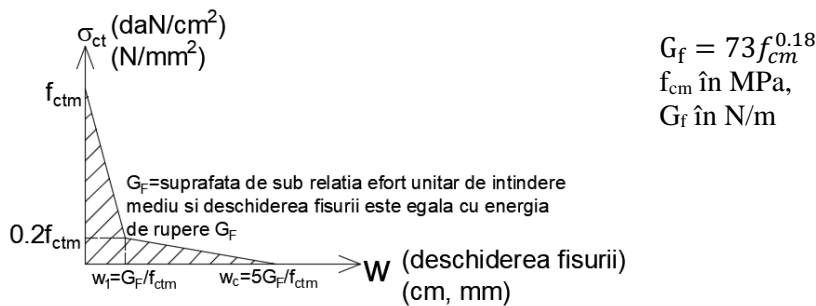


Fig. D.11. Relația energie de rupere întindere, G_f , deschiderea fisurii, w și rezistența de întindere.

- (9) Încercări pe prisme de 50x50x50, 50x50x100, 50x50x200 mm de beton armat:

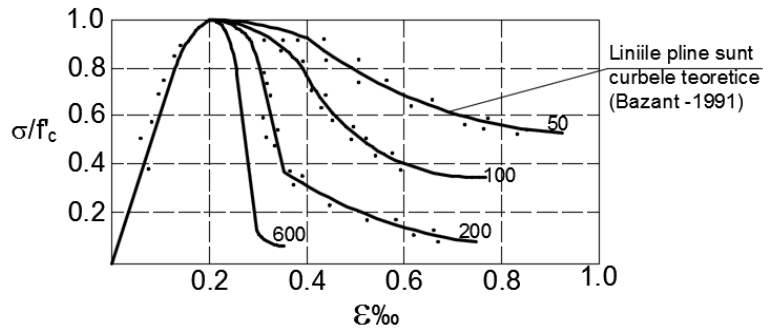


Fig. D.12. Încercări pe prisme de beton armat la compresiune de aceeași rezistență, aceeași secțiune (50x50 mm) și lungimi diferite 50, 100 și 200 mm.

(10) Legi constitutive biliniare pentru beton, la compresiune și întindere, pe baza relației G_f/h , (în care $G_{fc}=100G_f$) din Fig. D.11. G_f/h , pentru înălțimea cilindrului de $h=300$ mm.

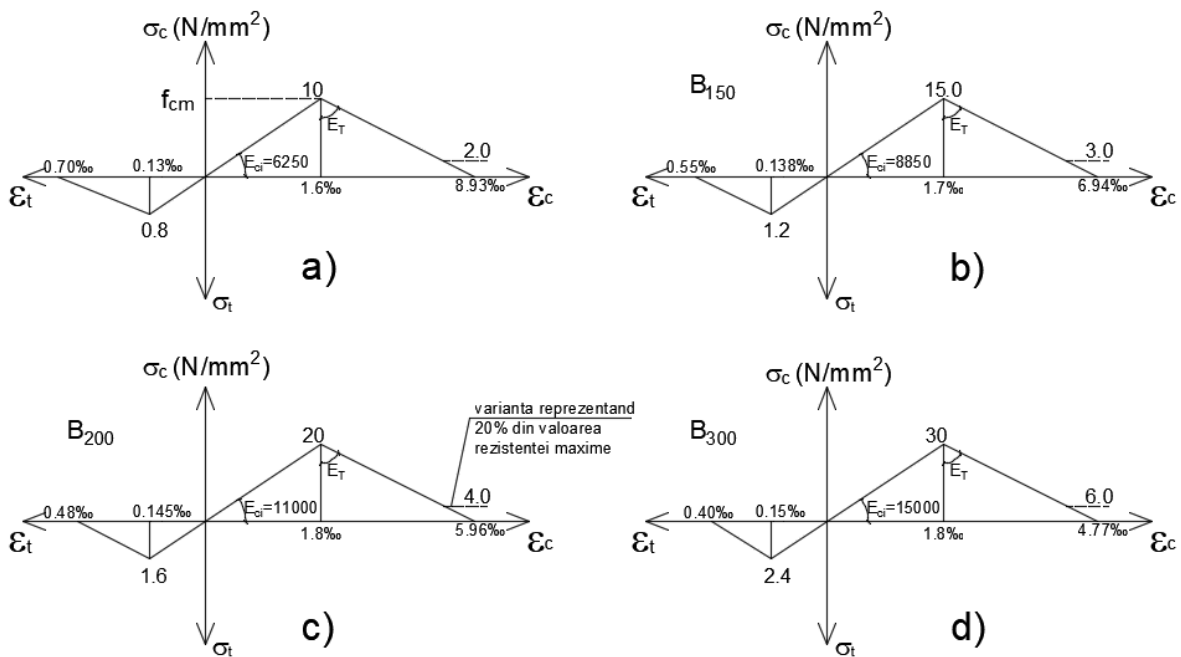


Fig. D.13. a) Pentru beton B100 (~C6/7.5); b) Pentru beton B150 (~C8/10); c) Pentru beton B200 (~C12/15); d) Pentru beton B300 (~C20/25).

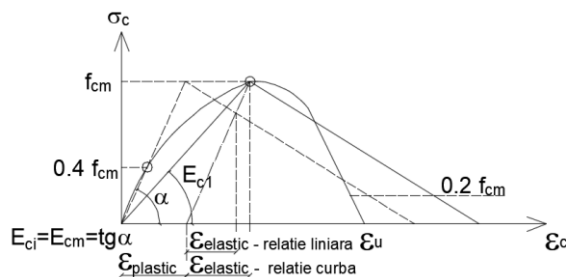


Fig. D.14. Legi constitutive curbe și biliniare pentru compresiune beton.

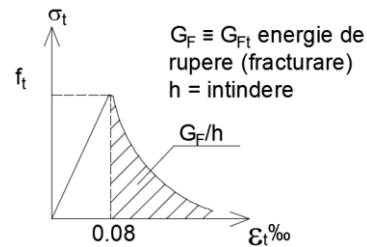


Fig. D.15. Lege constitutivă pentru beton la întindere, ca valoare specifică pentru material. Relațiile din Fig. D.13. nu iau în considerare această recomandare deoarece ea nu influențează major comportarea reală a elementelor.

(11) Legile constitutive la compresiune și întindere pentru zidărie.

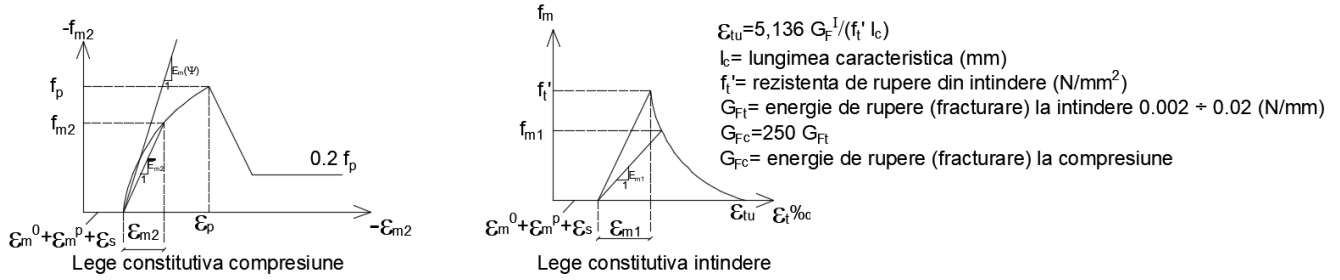


Fig. D.16. Legi constitutive la compresiune și întindere pentru zidărie.

$\varepsilon_m^0 + \varepsilon_m^p + \varepsilon_s$ – Deformații specifice din acțiuni termice sau deformații impuse, deformații plastice și de lunecare.

(12) Legi constitutive biliniare la compresiune (cu palier orizontal pentru zona plastică) pentru zidăriile folosite în prezenta reglementare.

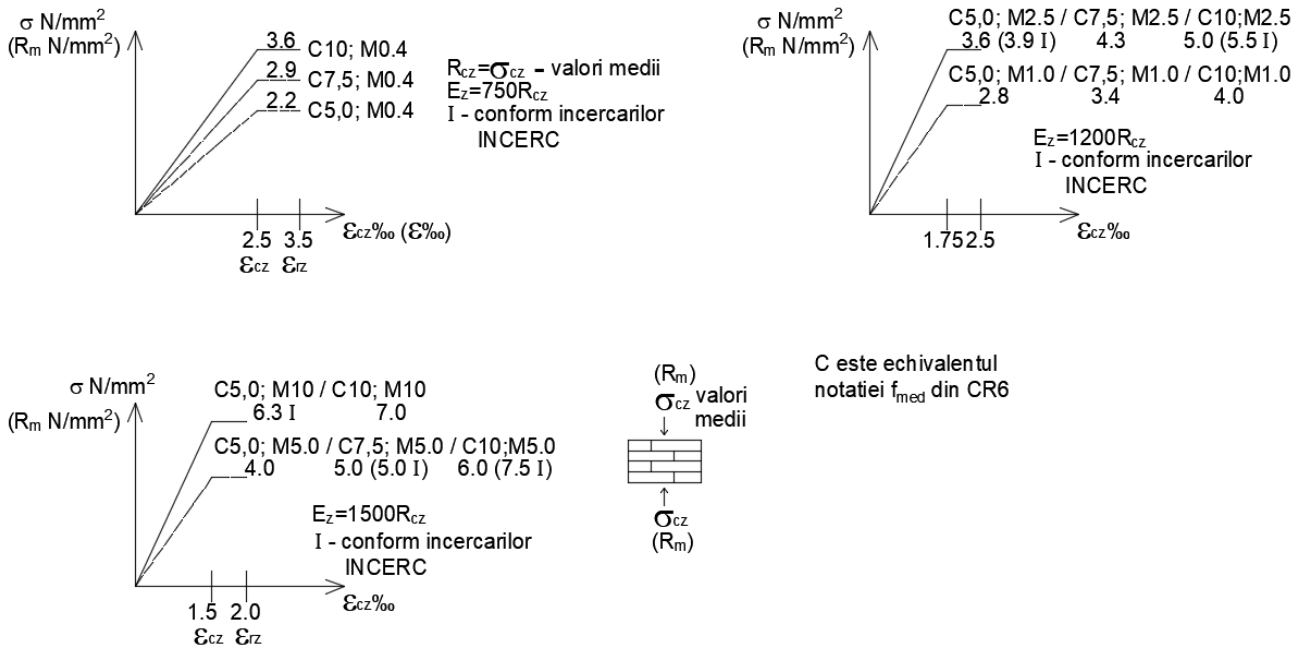


Fig. D.17.

(13) Modelul determinării rezistențelor medii de compresiune, întindere, rupere diagonală – valori medii, folosite în actualul Cod.

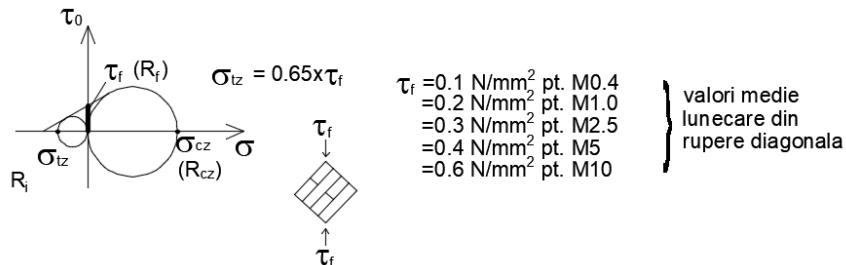


Fig. D.18.(a)

(14) Rezultă valori medii pentru rezistențele la întindere $\sigma_{tz}(R_i)$.

$\sigma_{tz}(R_i)$ - valorile medii

M0.4 = 0.065 N/mm²

M1.0 = 0.13 N/mm²

M2.5 = 0.195 N/mm²

M5.0 = 0.26 N/mm²

M10 = 0.39 N/mm²

$\sigma_{tz} = 0.65 \times \tau_f$
(R_i) (R_f)

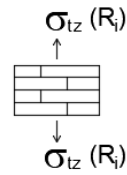


Fig. D.18.(b)

(15) Legi constitutive biliniare – cu degradarea rigidității și rezistenței pe partea descendentă.

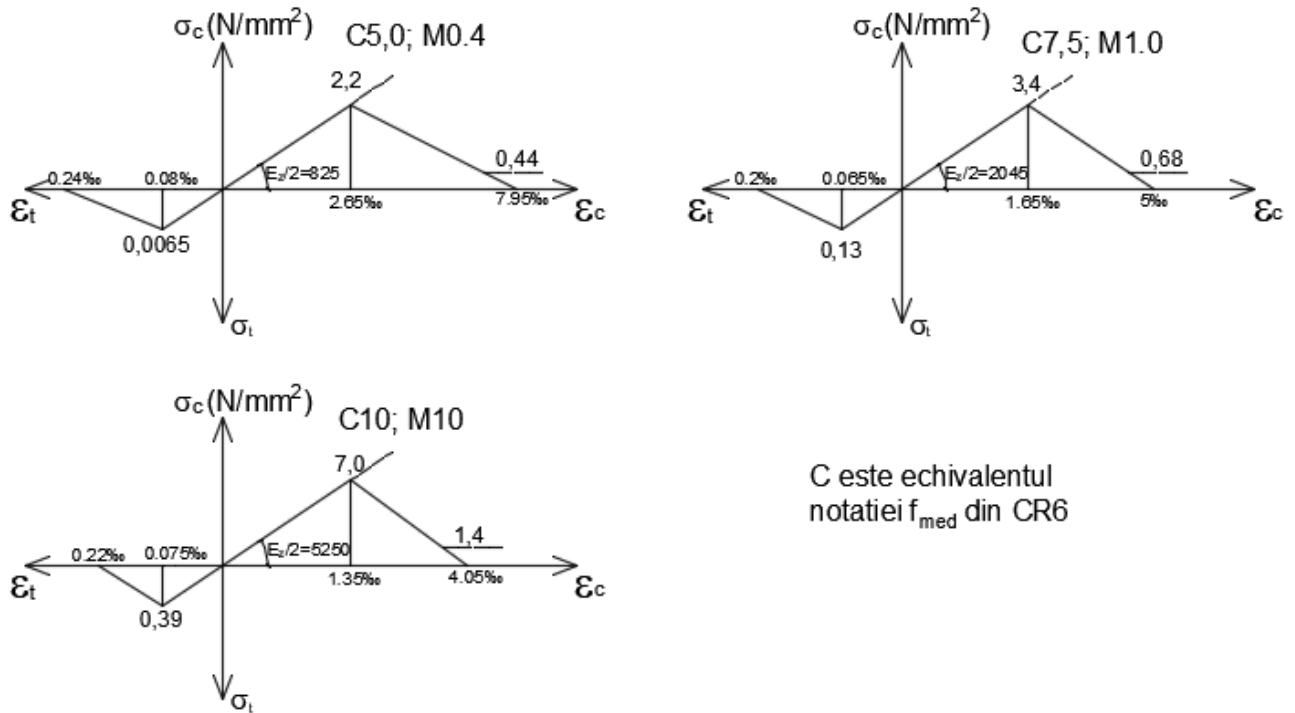


Fig. D.19.

(16) Recomandare făcută pentru deformația specifică corespunzătoare valorii maxime de rezistență la compresiune.

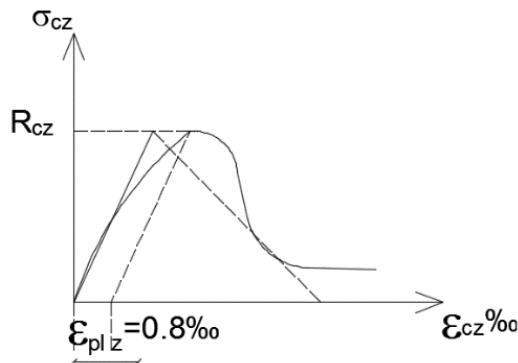


Fig. D.20.

(17) Atât la legile histeretice pentru beton cât și pentru zidărie, se menționează faptul că acestea sunt corespunzătoare elementelor neconfinat. Pentru zonele confinate și pentru cele neconfinat cu solicitări

biaxiale se pot mări capacitățile, în cazul confinării, atât la rezistențe cât și la deformații cu o medie de 50% pentru capacitățile de rezistență maximă la compresiune.

D.2. Construcții cu valoare culturală având plan treflat, circular sau cruce greacă înscrisă

D.2.1. Modelarea fizică și matematică

- (1) Principial, modelările construcțiilor religioase cu plan treflat (Fig. D.21.), circular sau cruce greacă înscrisă pot fi folosite și la construcții de care utilizează sisteme spațial planimetrice de tip bazilical hală sau sală (Fig. D.22.).

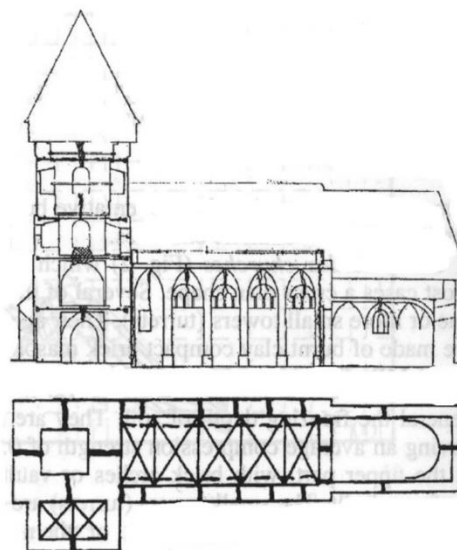
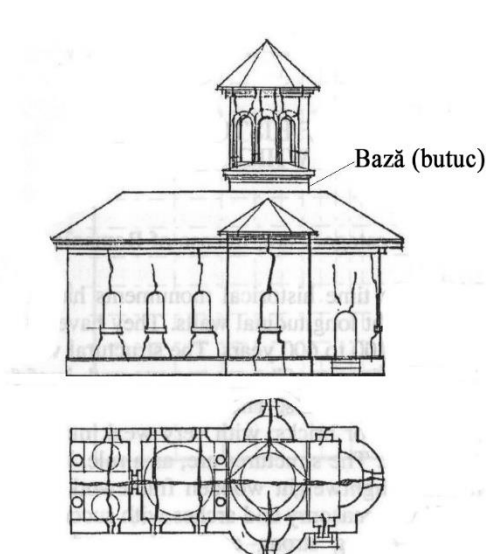


Fig. D.21. Biserică cu plan treflat (fisuri principale posibile).

Fig. D.22. Biserică de tip sală (segmentare în blocuri).

- (2) Este de subliniat că pentru acest tip de structuri este necesar să se plece de la modelul cu încastrare la nivelul fundațiilor și apoi modelul cu rezemare pe resorturi la nivelul contactului fundațiilor cu terenul de fundare (vezi Fig. VII.21. și VII.22.).
- (3) Cu modelul încastrării la nivelul fundațiilor se realizează o analiză modală spațială simplificată, cu mase concentrate pe un ax vertical situat în centrul de masă, cu caracteristici de rigiditate proprii fiecărui nivel pe înălțimea structurii, în domeniul elastic, în care se pun în evidență modurile superioare de ordinul doi, care dau amplificare pentru turla sau turn la partea superioară, cu valoarea 2β în loc de β , la coeficientul seismic global, aplicat numai greutateii proprii, a acestora, privite ca proeminențe ale structurii.
- (4) La fel pentru turnuri libere, nelegate de biserică sau ziduri de incintă, unde pe lângă analizele efectelor suprapunerii modurilor în diferitele zone ale construcției, este important să se pună în evidență stările de eforturi și deformații, când se ia în considerare echilibrul tuturor forțelor, inclusiv cele date de resorturile sau distribuția presiunilor din teren, ca răspuns al terenului la acțiunile seismice (vezi Fig. VII.23.).

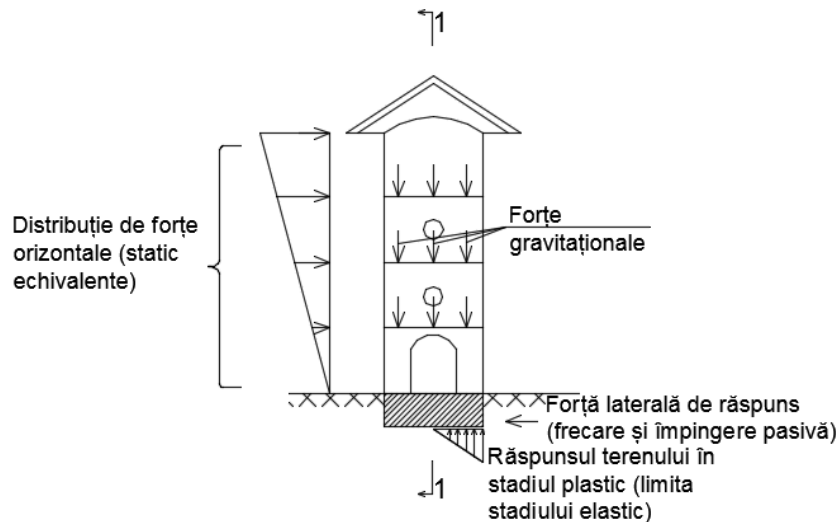


Fig. D.23. Secțiunea 1-1 în care trebuie făcută în plus verificarea de vulnerabilitate prin echilibrul solicitărilor.

D.2.2. Modelări specifice construcțiilor de plan treflat, central sau cruce greacă înscrisă

- (1) Din Fig. D.21. se poate observa că turla cu proeminența descarcă prin intermediul bazei (butucului) pe un sistem de arce, care la rândul lor se descarcă prin intermediul pilaștrilor la fundații. Este foarte important ca aceste elemente să fie capabile să transmită corespunzător încărcările până la fundații, ținând seama că simplificat se poate vorbi, în general, în zone seismice semnificative, de forțe tăietoare orizontale necesare egale cu greutatea turelor la baza acestora. De cele mai multe ori aceste solicitări și deformațiile date de ele au dus coroborat și cu efectul de torsiune pe care îl dau aceste subsisteme, pentru întreaga construcție, la avarii care au determinat prăbușirea turelor.
- (2) La fel de important este să acordăm atenție verificării în secțiuni (planuri) verticale, mai ales prin goluri, pentru modelul în care considerăm structura așezată pe teren, cu modelările de rigoare ale răspunsului terenului (resorturi, elemente finite) și implicațiile asupra capacităților structurale globale puse în evidență de acest model.

D.2.3. Modelări pentru ansamblul de pilaștri, arce și sisteme de boltire, cu sau fără tiranți

- (1) În Capitolul VII, în Fig. VII.15., este ilustrat principial un subansamblu de arc-pilaștri fără tiranți. Dacă adăugăm la acesta și tirantul metalic, se obține schema de mai jos pentru subansamblul de pilaștrii-arce-sisteme de boltire, însoțită de comentariile care urmează.

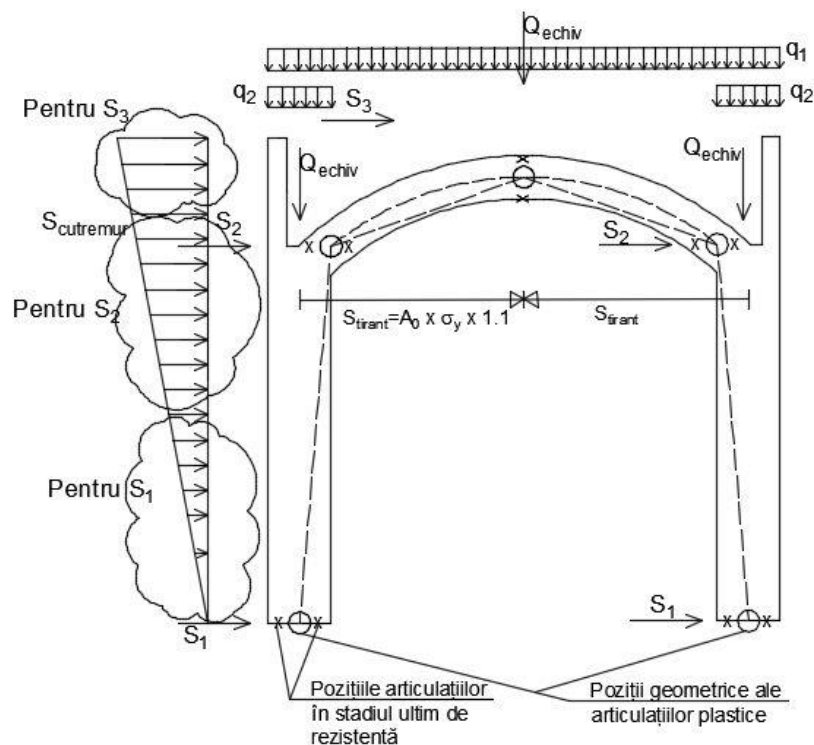


Fig. D.23. Schemă de subansamblu arc-pilaștri cu tirant.

- (2) Pozițiile articulațiilor plastice din Fig. VII.14. și Fig. VII.15. sunt cele proprii încărcărilor verticale. Pentru combinația încărcărilor gravitaționale cu cele orizontale, proprii cutremurului, vântului, poziția articulațiilor se schimbă. Condiția obligatorie este ca aceasta să rămână în cadrul secțiunii, în centrul de greutate al zonei comprimate, în stadiul ultim și prin unirea articulațiilor în cadrul subansamblului linia de unire să rămână în interiorul secțiunilor la distanțe corespunzătoare de margine pentru a se poziționa în centrul de greutate al zonei comprimate în stadiul ultim.
- (3) Arcul cu 3 articulații este propriu situației în care pilaștrii sunt mult mai rigizi și rezistenți decât arcul propriu-zis și corespunde stadiului de comportare elastic.
- (4) Pentru stadiul de comportare plastic, de mecanism, sunt necesare minim 3 segmente și 4 articulații plastice sau funcție de raportul de rigiditate și rezistență pilaștri, arce sau bolți, 4 segmente și 5 articulații.
- (5) Odată găsită poziția articulațiilor, care în anumite cazuri se măresc ca număr, în zona arcelor sau a elementelor de boltire, se poate trece la realizarea echilibrului, prin transformarea încărcărilor distribuite în încărcări concentrate în articulații, la determinarea capacităților totale ultime capabile.
- (6) Din Fig. D.23., dacă lipsește tirantul, evaluarea prin calcul pentru determinarea capacității este similară.
- (7) Modelarea arătată este valabilă atât pentru realizarea capacității finale de înfășurătoare pentru *pushover* cât și pentru evaluarea prin calcul biografic (*pushover*) propriu-zis.
- (8) Modelarea face parte din categoria metodelor de nivel 2, de complexitate medie, și este de natură să reflecte mai corect capacitățile acestor subansambluri. Este de la sine înțeles că această modelare poate fi realizată cu ajutorul unui model bielă-tirant sau cu elemente finite, mai exact.
- (9) Observații suplimentare:
 - a) arcul cu trei articulații este un model de comportare pentru calculul în domeniul elastic;
 - b) arcul cu patru sau mai multe articulații constituie mecanisme de colaps (prăbușire) pentru acest subansamblu (vezi a doua ipoteză de la punctul c));
 - c) articulație plastică zidărie – în secțiune se studiază
 - I (o primă ipoteză) – la marginea unei secțiuni - $\sigma_c \approx \infty$;

- II (o a doua ipoteză) – la $0,15h$ de margine pentru o zonă de compresiune cu înălțimea de $0,3h$, unde h este înălțimea secțiunii.
 - d) poziționarea tiranților se poate face:
 - la nașterea arcelor sau bolților și atunci au cea mai bună eficacitate;
 - în prima treime a săgeții, pornind de la naștere, și atunci au o eficacitate moderată;
 - deasupra cheii arcelor și bolților, având eficacitatea mai scăzută.
- În locul acestei ultime soluții este bine să se realizeze deasupra arcului sau a bolții un sistem de grindă cu zăbrele sau grindă plană din metal, lemn lamelar, polimeri armați cu fibre sau din beton armat care să urmărească forma arcului la partea inferioară a grinzii, iar la partea superioară să fie dreaptă și să se înscrie, atunci când este necesar, în limitele șarpantei – vezi Fig. D.24.(a) și Fig. D.24.(b).

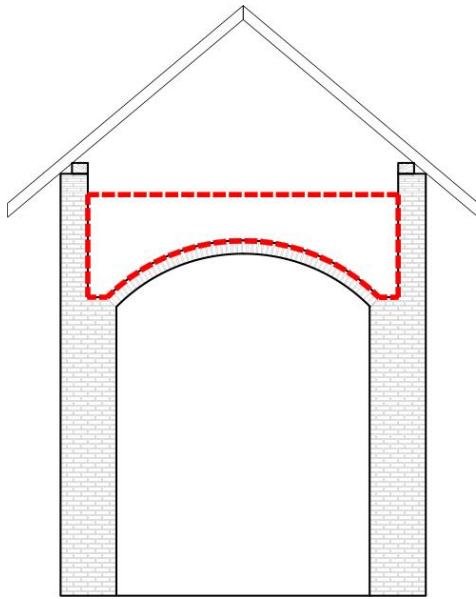


Fig. D.24.(a). Sistem de grindă plană cu capăt drept.

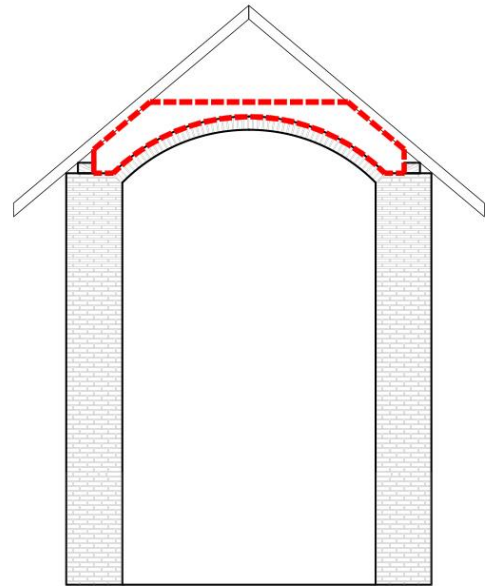


Fig. 24.(b). Sistem care urmărește forma șarpantei.

ANEXA E (normativă)

E. RAPORT SINTETIC DE EXPERTIZARE PENTRU CONSTRUCȚIILE CU VALOARE CULTURALĂ

DATE GENERALE:		Fotografie reprezentativă, plan, secțiune etc.	
Denumire obiectiv:			
Adresă:			
Statut juridic de protecție (MI / ZCP):			
Existența:	Obligației de folosință a MI		
	Fișa analitică de inventariere a MI		
	Proiectul inițial de autorizare		
	Proiectul intervențiilor anterioare		
Alte documente:			
Anul construirii:			
Scopul expertizării:			
Expert tehnic atestat (MDRAP/MCIN):			
Nr. proiect/contract:			

DATE TEHNICE PRIVIND CONSTRUCȚIA					
Înălțimea:	nr. niveluri (S+P+„X” E)		Suprafața:	construită	
	liberă a nivelurilor (S/P/E):			totală:	
	la cornișă			subsol:	
	la coamă				
Funcțiunea	existentă:		inițială:		

Componente structurale	
Sistemul structural general:	
Elemente structurale orizontale (grinzi, planșee, arce etc.):	
Elemente structurale verticale (pereți, stâlpi):	
Legătura dintre elementele verticale și cele orizontale (rigidă sau flexibilă – mod de realizare):	
Elemente de circulație verticală (scări, rampe):	
Structura acoperirii:	
Componente nestructurale (enumerare și scurtă descriere):	
Componente artistice (enumerare și scurtă descriere):	

INVENTARIEREA VALORILOR DE PATRIMONIU (concepție structurală, tehnologie, materiale, finisaje, alte elemente decorative):
--

DATE TEHNICE REZULTATE DIN EXPERTIZĂ			
Sistem structural de fundare:			
Materialul structural al fundațiilor:			
P _{conv} =		Coef. de pat: c =	
Descriere intervenției structurale și modificări majore ale structurii din trecutul construcției:			
Categorია de importanță (H.G. 766/1997):		Clasa de importanță conform (P100-1):	
Accelația terenului pentru proiectare, a _g =		Perioada de colț, T _c =	
Acțiunea seismică (probabilitatea de depășire în 50 de ani)		SLS: %	SLU: %
Perioada proprie fundamentală a construcției, T ₁ =			
Greutatea construcției la bază, la nivelul încastrării (eg. cota ± 0.00):			
Forța seismică static echivalentă globală la baza construcției încastrate (eg. la cota ± 0.00):			
Nivelul de cunoaștere utilizat	1	2	3
Metodologia de evaluare prin calcul folosită	1	2	3
Valoarea factorului R _{global} =			
Gradul de îndeplinire a condițiilor de conformare structurală	R1 =		
Gradul de afectare structurală	R2 =		
Gradul global de asigurare pe cele două direcții:	R _L =	R _T =	
Gradul global de asigurare după consolidare în variantele propuse:	varianta minimală		
	R _L =	R _T =	
	varianta maximală		
	R _L =	R _T =	
Necesitatea efectuării lucrărilor de intervenții:	Da		Nu

AVARII ȘI INTERVENȚII		
Avarii tipice constatate la elementele structurale:		
Avarii tipice constatate la elemente nestructurale:		
Soluții de intervenție structurală pentru varianta minimală:		
Soluții de intervenție structurală pentru varianta maximală:		
Impactul intervențiilor asupra valorilor de patrimoniu:		
Observații suplimentare:		