MINISTERUL TRANSPORTURILOR, CONSTRUCȚIILOR ȘI TURISMULUI

ORDINUL Nr. 743
din 19.04.2004

pentru aprobarea reglementării tehnice **„Metodologie pentru evaluarea riscului și propunerile de intervenție necesare la structurile construcțiilor monumente istorice în cadrul lucrărilor de restaurare ale acestora"**, *indicativ* **M.P. 025-04**

În conformitate cu art. 38 alin. (2) din Legea nr. 10/1995, privind calitatea în construcții, cu modificările ulterioare,

în temeiul prevederilor art. 2 pct. 45 și al art. 5 alin. (4) din Hotărârea Guvernului nr. 412 / 2004 privind organizarea și funcționarea Ministerului Transporturilor, Construcțiilor și Turismului,

având în vedere avizul nr. 31/ 13.02.2002 al Direcției Monumentelor Istorice din cadrul Ministerului Culturii și Cultelor,

având în vedere avizul nr. 19/01.08.2002 al Comitetului Tehnic de Specialitate,

Ministrul transporturilor, construcțiilor și turismului emite următorul

ORDIN:

Art.1. – Se aprobă reglementarea tehnică **„Metodologie pentru evaluarea riscului și propunerile de intervenție necesare la structurile construcțiilor monumente istorice în cadrul lucrărilor de restaurare ale acestora", indicativ M.P. 025-04,** elaborată de către Universitatea de Arhitectură și Urbanism „Ion Mincu" - București și prevăzută în anexa[1] care face parte integrantă din prezentul ordin.

---

[1] Anexa se publică în *Monitorul Oficial al României* Partea I bis și în *Buletinul Construcțiilor* editat de către Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Construcții și Economia Construcțiilor – INCERC București.

Art. 2. – Prezentul ordin va fi publicat în *Monitorul Oficial al României*, Partea I-a.

Art. 3. – Direcția Generală Tehnică va aduce la îndeplinire prevederile prezentului ordin.

MINISTRU,

MIRON TUDOR MITREA

MINISTERUL TRANSPORTURILOR, CONSTRUCȚIILOR ŞI TURISMULUI

METODOLOGIE PENTRU EVALUAREA RISCULUI ŞI PROPUNERILE DE INTERVENȚIE NECESARE LA STRUCTURILE CONSTRUCȚIILOR MONUMENTE ISTORICE ÎN CADRUL LUCRĂRILOR DE RESTAURARE ALE ACESTORA

Indicativ M.P. 025-04

Elaborat de:
Universitatea de Arhitectură şi Urbanism, „Ion Mincu" – Bucureşti

Rector:	Prof. dr. arh. Emil Barbu POPESCU
Autori:	Ing. Mircea MIRONESCU Prof. univ. dr. ing. Radu PETROVICI
Responsabil de temă:	Lector univ. ing. Dan IONESCU
Consultant:	Prof. univ. ing. Alexandru CIŞMIGIU
Colaborator:	Ing. Teodor BROTEA

Avizat de:
DIRECȚIA DE REGLEMENTARE ÎN CONSTRUCȚII – MTCT

Director	ing. Cristian Paul STAMATIADE
Responsabil temă:	ing. V. ARDELEAN

CUPRINS

Preambul 156

Notații 164

1. Generalități 171
1.1. Domeniul de utilizare 171
1.2. Principii generale 172

2. Încărcări și acțiuni 175
2.1. Acțiunile agenților mecanici 175
2.2. Influențele mediului natural 176

3. Proprietățile materialelor și ale terenului de fundare 177
3.1. Proprietățile materialelor din structurile existente 177
3.1.1. Generalități 179
3.1.2. Date de intrare pentru metodele analitice 179
3.1.2.1. Zidării 179
3.1.2.2. Elemente metalice 182
3.1.2.3. Lemn 183
3.2. Proprietățile materialelor introduse prin lucrările de intervenție 184
3.3. Proprietățile terenului de fundare 185

4. Informații necesare pentru evaluarea siguranței structurale 186

4.1. Generalități 186
4.2. Informații documentare 186
4.3. Informații rezultate din cercetarea vizuală 187
4.4. Măsurători in situ și încercări de laborator 189
4.4.1. Informații cu caracter general privind construcția 189
4.4.2. Informații specifice elementelor /structurilor din diferite materiale de construcție 191

5. Evaluarea calitativă a stării construcției (diagnoza) 192

5.1. Alcătuirea constructivă a clădirilor monument istoric ... 192
5.1.1. Alcătuirea constructivă a clădirilor de cult..... 192
5.1.2. Alcătuirea constructivă a clădirilor laice..... 193

5.2. Identificarea și clasificarea stării de afectare a construcției 194
5.3. Tipologia afectării globale a construcțiilor monument istoric..... 197
5.3.1. Tipologia afectării bisericilor 197
5.3.2. Tipologia afectării turnurilor..... 199
5.3.3. Tipologia afectării zidurilor de incintă 199
5.3.4. Tipologia afectării clădirilor laice 200

5.4. Cauze primare ale avariilor structurilor monumentelor istorice 201
5.5. Obiectivele analizei calitative 204

6. Evaluarea analitică a siguranței seismice a monumentelor istorice 205
6.1. Generalități 205
6.2. Metode de calcul standard 206
6.2.1. Generalități 206
6.2.2. Determinarea forței seismice convenționale de calcul (S_{nec}) 208
6.2.3. Calculul solicitărilor secționale globale (N, M, Q) ale elementelor și subansamblurilor structurale 211
6.2.4. Evaluarea nivelului de asigurare 213
6.3. Metode de calcul avansate 214
6.3.1. Metode de analiză dinamică liniară (time-history) 214
6.3.2. Metode de analiză dinamică neliniară (time-history) 215

7. Lucrări de intervenție asupra clădirilor monument istoric .. 215
7.1. Principii generale de proiectare a lucrărilor de intervenție 215
7.2. Lucrări de intervenție de tip reparație 218
7.3. Lucrări de intervenție de tip consolidare 219
7.3.1. Principii generale 219
7.3.2. Lucrări de consolidare specifice monumentelor de cult 220
7.3.3. Lucrări de intervenții specifice turnurilor 223
7.3.4. Lucrări de intervenție specifice clădirilor laice ... 223
7.4. Evaluarea siguranței clădirii după intervenție..... 225

7.4.1. Evaluarea forței seismice necesare după consolidare ($S_{nec,cons}$) 225
7.4.2. Evaluarea forței seismice capabile după consolidare ($S_{cap,cons}$) 226
7.4.3. Evaluarea gradului de asigurare după consolidare 227

A. Figuri 228

METODOLOGIE PENTRU EVALUAREA RISCULUI ŞI PROPUNERILE DE INTERVENŢIE NECESARE LA STRUCTURILE CONSTRUCŢIILOR MONUMENTE ISTORICE ÎN CADRUL LUCRĂRILOR DE RESTAURARE ALE ACESTORA	Indicativ M.P. 025-04

PREAMBUL

Până acum câteva decenii proiectarea lucrărilor de intervenţie asupra structurilor monumentelor istorice, şi nu numai, pornind de la evaluarea nivelului de siguranţă disponibil al acestora, era considerată, la noi în ţara ca şi pretutindeni în lume, ***o artă a unui număr restrâns de specialişti iniţiaţi.***

Atunci însă când comunitatea oamenilor de cultură, în primul rând, şi, apoi, autorităţile din diferite ţări, au devenit conştiente ca monumentele istorice, prin valoarea lor culturală, artistică şi, nu în ultimul rând, afectivă, impun conservarea lor pentru ca acestea să poată fi transmise generaţiilor viitoare, a fost evident că ***arta*** trebuia să devină ***ştiinţă*** şi că numărul specialiştilor ***iniţiaţi*** angajaţi în aceste activităţi trebuia să crească în mod considerabil. Pregătirea unitară a specialiştilor, alături de crearea cadrului normativ a rezultat ca o condiţie absolut necesară pentru desfăşurarea în bune condiţii a acestui efort colectiv. Acest aspect este valabil şi pentru celelalte construcţii existente, deoarece numărul mare al acestora realizate în ultimii 50 de ani, reclamă în multe situaţii, reevaluarea lor.

Elaborat de: UNIVERSITATEA DE ARHITECTURĂ ŞI URBANISM „Ion Mincu" - Bucureşti	Aprobat de: MINISTRUL TRANSPORTURILOR, CONSTRUCŢIILOR ŞI TURISMULUI cu ordinul nr. 743 din 19.04.2004

Necesitatea unei abordări specifice a problemei intervențiilor asupra monumentelor istorice, conceptual diferită de abordările aplicabile construcțiilor curente, rezultă din faptul că, în cazul monumentelor istorice, "valoarea culturală" importantă a acestora face necesară garantarea conservării lor în timp fără afectarea caracteristicilor proprii arhitecturale, tipologice și de material.

La începutul acestui drum s-au creat ***doctrinele de intervenție***, omologate printr-un șir de documente negociate îndelung dar apoi acceptate unanim la nivel internațional. ***Carta Internațională de la Veneția privind conservarea și restaurarea monumentelor istorice*** (1964) este, alături de altele, probabil cel mai important document doctrinar din această categorie.

În particular, evaluarea riscului seismic și stabilirea unor principii raționale de intervenție asupra monumentelor, în vederea reducerii acestui risc, a constituit obiectul unor preocupări susținute, pe scară foarte largă din partea cercetătorilor și proiectanților, în principal în țările europene în care patrimoniul arhitectural cu valoare culturală sau istorică este amenințat continuu de acțiunile distructive ale unor cutremure repetate, de mare intensitate. Această activitate, care implică un efort tehnic și financiar substanțial, a fost impulsionată și subvenționată în ultimii 15-20 ani, ca prioritate a politicii țărilor din Comunitatea Europeană și, prin urmare, trebuie să capete atenția corespunzătoare, ca politică de stat, și în țara noastră.

Astfel Adunarea Parlamentară a Consiliului Europei a formulat (1986) o Recomandare privind protecția patrimoniului cultural contra catastrofelor naturale, iar în cadrul Comitetului pentru Patrimoniul Cultural al Consiliului Europei problema protecției patrimoniului arhitectural contra catastrofelor naturale a fost dezbătută pe larg și s-a finalizat cu o Recomandare a Comitetului Miniștrilor. Acest ultim document atrage atenția, încă din preambul, că "***absența legislației și a măsurilor specifice de protecție a monumentelor de arhitectură contra efectelor catastrofelor naturale, ar putea antrena pierderi ireparabile pentru patrimoniul Europei***" și recomandă guvernelor din statele membre să adopte toate măsurile necesare ***"în cadrul politicii lor generale de conservare a patrimoniului arhitectural"***.

Același document atrage atenția că reglementările tehnice referitoare la siguranța clădirilor curente nu trebuie să fie aplicate în mod automat clădirilor din patrimoniul arhitectural și relevă necesitatea "***unor măsuri și norme de siguranță care ar trebui obținute folosind măsuri organizatorice, tehnice și structurale suple și adecvate exigențelor de comportare specifice***".

A urmat apoi un șir lung de activități de cercetare, în principal în cadrul WG 7 al Asociației Europene de Inginerie Seismică (EAEE), care au reunit eforturile unor specialiști de prestigiu din numeroase țări și care, pe parcursul desfășurării lor, au fost validate sau infirmate prin aplicarea lor nemijlocită în proiectele de intervenție. Atunci când specialiștii au ajuns la concluzii care meritau să fie generalizate, s-a trecut la elaborarea unor reglementări tehnice cu caracter normativ sau metodologic. Amintim aici că în Italia, țara cu seismicitate ridicată și cu un patrimoniu arhitectural deosebit de vast, ca urmare a acumulării unei bogate experiențe teoretice și practice în domeniu, au fost elaborate norme specifice de proiectare- în 1986 - și ghidul de aplicare corespunzător - în 1989.

Elaborat în cadrul acțiunii de armonizare a reglementarilor tehnice în construcții din tarile comunității europene, ***Eurocode 8*** conține, în partea 1-4, consacrată intervențiilor asupra construcțiilor afectate de cutremur, mai multe prevederi care se referă la monumentele istorice. În ultimul an, în literatura de specialitate s-a anunțat publicarea, în anul 2002, a recomandărilor ICOMOS (International Council on Monuments and Sites) referitoare la calculul, conservarea și restaurarea structurală a patrimoniului arhitectural.

În țara noastră, cu toate că majoritatea clădirilor monument istoric sunt afectate de efectele cutremurelor repetate, agravate, în cele mai multe cazuri, de condiții dificile de fundare, de existența unor materiale de construcție cu proprietăți mecanice neadecvate, și de lipsa unor măsuri adecvate de întreținere/reparare, până în prezent, domeniul evaluării siguranței și al proiectării intervențiilor pentru reducerea riscului seismic al monumentelor istorice nu este acoperit de nici o reglementare tehnică. Deși, în spiritul recomandărilor

Consiliului Europei amintite mai sus. Normativul P100-92 atrage atenția că monumentele istorice necesită elaborarea unor prescripții specifice pentru evaluarea nivelului de asigurare și proiectarea lucrărilor de intervenție, și cu toate că în ultimii 10 ani s-a efectuat un important volum de lucrări de restaurare, cu intervenții majore la structura, apariția acestora a întârziat nepermis de mult.

Metodologia propusă, ca sinteză a cunoștințelor și practicii acumulate în România în ultimii 25 de ani (practic după cutremurul din 1977) este primul document normativ din țara noastră care reglementează intervențiile asupra structurilor monumentelor istorice.

Promovarea acestei reglementări a fost necesară pentru a se asigura o abordare unitară și coerentă de către specialiștii din proiectare a problemelor concrete legate de:

- evaluarea nivelului de asigurare a satisfacerii cerinței de "rezistență și stabilitate" pentru construcțiile monumente istorice sub efectul încărcărilor permanente și utile și al altor acțiuni mecanice, fizice, chimice și biologice provenite din mediul înconjurător (natural și/sau antropic) și în particular sub efectul cutremurelor severe;
- fundamentarea propunerilor de intervenție necesare la structurile monumentelor istorice în cadrul lucrărilor de restaurare ale acestora;
- proiectarea lucrărilor de intervenție.

Metodologia va contribui, fără îndoială, la formarea profesională specifică a multor ingineri proiectanți care doresc să activeze în acest domeniu și poate asigura un cadru general și coerent de apreciere pentru forurile de avizare chemate să decidă asupra unor soluții propuse de proiectanți.

La elaborarea Metodologiei s-a avut în vedere crearea cadrului general de principii care, în timp să poată fi armonizate cu reglementările care vor apare în țările Comunității Europene. În acest scop, propunerile din Metodologie referitoare la lucrările de intervenție asupra structurilor monumentelor istorice se aliniază prevederilor documentelor internaționale care reglementează în prezent acest

domeniu şi, în special, prevederilor Cartei Internaţionale de la Veneţia şi prevederilor specifice din Eurocode EC8, partea 1.4.

Ţinând seama de faptul că seismele severe, care se repetă în România de 2-3 ori pe secol, resimţite de fiecare dată cu intensităţi egale sau mai mari decât gradul VII MSK pe o mare parte din teritoriul ţării, constituie sursa principală de afectare gravă, uneori ireversibilă, a monumentelor istorice, Metodologia propusă îsi însuşeşte, ca principiu de bază al conceptelor de intervenţie, prevederile art. 10 din Carta de la Veneţia care stipulează: ***"când mijloacele tehnice tradiţionale se dovedesc inadecvate, consolidarea unui monument poate fi asigurată făcându-se apel la toate mijloacele tehnice moderne de conservare şi de construcţie a căror eficacitate va fi fost demonstrată prin date ştiinţifice şi garantate de experienţă".***

Ca o particularitate semnificativa, menţionăm şi faptul că pentru monumentele istorice noţiunea de "siguranţă" are un sens mai larg decât cel acceptat în general deoarece ea nu se referă numai la posibilitatea avarierii elementelor structurale ci trebuie să aibă în vedere posibilele consecinţe în ceea ce priveşte "avariile culturale". De exemplu, o fisură într-un perete pictat sau decorat poate fi considerată o avarie minoră, neglijabilă chiar, din punct de vedere structural dar poate constitui o afectare importanta a valorii culturale/artistice.

În contextul menţionat mai sus, Metodologia propune ca nivelul de performanţă seismică a monumentelor istorice, după aplicarea măsurilor de intervenţie, să fie stabilit, de regulă, pentru cutremurul maxim credibil la amplasament (cu perioada medie de revenire de 500 ani) şi să fie definit după cum urmează:

- sunt acceptate avarii, uneori extinse, dar reparabile la elementele structurale şi nestructurale, cu evitarea pierderilor de vieţi omeneşti, prăbuşirea parţială sau totală.
- nu sunt acceptate avarii "iremediabile" ale finisajelor şi decoraţiilor cu valoare culturală semnificativă.

Evaluarea nivelului de siguranță în raport cu cerința de "rezistență și stabilitate" și lucrările pentru reducerea riscului la care se referă Metodologia vor avea ca obiect toate părțile componente ale construcției monument istoric: infrastructura, suprastructura, elementele nestructurale de închidere, de compartimentare și de decorație precum și terenul de fundare.

Colectivul de elaborare a "***Metodologiei***", lucrare inițiată de MLPTL, cu acordul M.C.C. (D.M.I.), a pornit de la premiza necesității ca această reglementare să fie structurată pe baza principiilor unanim acceptate de legislația tehnică a țărilor europene ținând seama totodată de particularitățile tipologice și constructive ale monumentelor istorice din România precum și de specificul hazardului seismic al teritoriului țării noastre.

Ca o particularitate importantă, trebuie evidențiat și faptul ca diferitele reglementări consultate, inclusiv ***Eurocode 8/1-4***, subliniază, unanim, caracterul interdisciplinar al operațiilor de restaurare a monumentelor istorice. La rândul sau **Metodologia** își însușește acest punct de vedere și stabilește ca ***"lucrările de intervenție vor respecta cu strictețe criteriile stabilite de arhitectul restaurator în ceea ce privește: dimensiunile, formele, ritmul și stilul monumentului"***. De asemeni se stipulează necesitatea ca părțile de construcție, finisajele și decorațiile cu valoarea culturală/ istorică/arheologică să fie identificate prin expertize de specialitate (pictura murala, pictura pe lemn, piatra sculptata). Tot prin expertize de specialitate se preconizează să se obțină, în cazul construcțiilor importante sau cu afectări specifice semnificative, informațiile relevante privind nivelul și extinderea eventualelor degradări ale materialelor de construcție datorite acțiunilor agenților fizici, chimici și biologici din mediul înconjurător, natural sau antropic (biodegradarea lemnului, coroziunea elementelor metalice, igrasia zidăriei etc.).

De asemenea la elaborarea Metodologiei s-a urmărit compatibilizarea reglementării autohtone cu cele internaționale existente în prezent în mai multe domenii dintre care menționăm:

- evaluarea hazardului seismic, pe baza unei perioade medii de revenire de 50 de ani, pentru cutremurul de calcul,

respectiv de 500 de ani, pentru cutremurul maxim credibil; în măsura în care la nivelul lui P 100 se va realiza armonizarea cu Euro normele, şi perioada medie de revenire a cutremurului de calcul va creşte de la 50 de ani la 475 de ani (aşa cum se intenţionează acum), vor creşte corespunzător şi perioadele medii de revenire pentru cutremurul maxim credibil;

- informaţiile şi datele necesare pentru evaluarea siguranţei structurale şi pentru proiectarea lucrărilor de intervenţie;
- nivelul de performanţă seismică al monumentului după executarea lucrărilor de intervenţie, inclusiv situaţiile particulare, dar relativ des întâlnite, în care proiectarea lucrărilor de intervenţie pentru realizarea nivelului de performanţă în condiţiile menţionate mai sus poate conduce la modificări ale monumentului cu caracter ireversibil, inacceptabile din punct de vedere al integrităţii, originalităţii şi/sau valorii culturale ale acestuia; în concepţia reglementărilor contemporane, în astfel de situaţii, este preferabilă şi unanim acceptată adoptarea unor soluţii de intervenţie moderate şi cu caracter reversibil, care nu afectează semnificativ identitatea originară a monumentului cu toate că, prin acestea, se asigură numai un nivel de performanţă seismică inferior celui general acceptat;
- principiile de bază ale lucrărilor de intervenţie care vor fi proiectate cu respectarea Cartei de la Veneţia.
- criteriile generale pe care trebuie să le satisfacă lucrările de intervenţie; astfel, *Metodologia* a preluat integral prevederile anexei **F** a ***Eurocode 8/1-4***:
    - Eficacitate: Intervenţia trebuie să fie eficientă şi eficacitatea sa trebuie demonstrată prin verificări calitative şi cantitative;
    - Compatibilitate: Intervenţia trebuie să fie compatibilă cu structura originară şi cu materialele acesteia

din punct de vedere chimic, mecanic, tehnologic şi arhitectural;

- Durabilitate: Intervenţia trebuie realizată folosind materiale şi procedee a căror durabilitate a fost demonstrată a fi comparabila cu cea a celorlalte materiale ale construcţie; o intervenţie cu materiale având durabilitate mai redusă este acceptabilă numai dacă înlocuirea periodică a acestora poate fi avută în vedere;
- Reversibilitate: Intervenţia trebuie să fie cât mai reversibilă cu putinţă astfel încât să poată fi înlăturată dacă o soluţie diferită este adoptată în viitor.

Ca orice alt document de acest tip, **Metodologia** este perfectibilă şi fără nici o îndoială va evolua în timp prin asimilarea critică a noilor reglementări care vor apare pe plan mondial şi, nu în ultimul rând, pe baza observaţiilor inginerilor structurişti români care vor fi chemaţi să o aplice în practica curentă de proiectare.

Colectivul de elaborare rămâne receptiv la toate observaţiile pertinente ale viitorilor utilizatori ai **Metodologiei** şi speră ca o viitoare redactare, care ar putea să se dovedească necesară în următorii ani, să conducă la evoluţia continuă a acesteia.

Colectivul de elaborare

NOTAȚII

n coeficient de încărcare;

n^{d} coeficient de încărcare pentru fracțiunea de lungă durată;

T_c perioada de colț;

R_{cz} rezistența medie de rupere la compresiune a zidăriei de cărămidă;

M marca mortarului (rezistența medie de rupere la compresiune a mortarului);

$R_{cărămidă}$ rezistența medie de rupere la compresiune a blocului de cărămidă;

C marca blocului de cărămidă (rezistența medie de rupere la compresiune a blocului de cărămidă);

R_{tiz} rezistența medie de rupere prin întindere din încovoiere pentru acțiunea perpendiculară pe planul peretelui;

R_{cp} rezistența medie de rupere la compresiune a zidăriei de piatră;

γ_{rd} coeficient de corecție a rezistenței medii de rupere la compresiune a zidăriei de piatră ce ține seama de neomogenitatea zidăriei;

E_z modul secant de elasticitate longitudinal al zidăriei;

α_z coeficient de multiplicare a rezistenței medii de rupere la compresiune a zidăriei pentru obținerea modulului de elasticitate longitudinală a zidăriei;

G_z modul de elasticitate transversal al zidăriei;

ε_{cz} deformația specifică de plastifiere a zidăriei;

ε_{rz} deformația specifică ultimă a zidăriei;

ε deformație specifică ;

σ efort unitar axial;

σ_a efort unitar axial la elementele metalice;

τ_a efort unitar transversal la elementele metalice;

ε_a deformație specifică la elementele metalice;

ε'_a deformație specifică a oțelului beton la inițierea curgerii;

ε^r_a deformație specifică a oțelului beton la rupere;

E_a modul de elasticitate longitudinal al metalului;

γ_{defg} coeficient de corecție al rezistenței lemnului ce ține seama de defectele acestuia;

R_{cb} rezistența medie de rupere la compresiune a betonului

R_{tb} rezistența medie de rupere pentru întindere din încovoiere a betonului;

R_{ca} rezistența medie de curgere a armăturii orizontale;

R_c	rezistența de calcul la compresiune a betonului;
R_t	rezistența de calcul pentru întindere din încovoiere a betonului;
R_a	rezistența de calcul a armăturii;
σ_{cb}	efort unitar axial de compresiune al betonului;
σ_{tb}	efort unitar axial de întindere al betonului;
ε_{cb}	deformație specifică de compresiune a betonului;
ε'_{cb}	deformație specifică de compresiune a betonului la curgere;
ε''_{cb}	deformație specifică ultima (de rupere) a betonului la compresiune;
ε''_{tb}	deformație specifică ultima (de rupere) a betonului la întindere;
τ_b	efort unitar transversal al betonului;
ε_b	deformație specifică longitudinală al betonului;
S_{nec}	forța seismică static echivalentă necesară de calcul pentru perioada medie de revenire de 50 de ani;
S_{cap}	forța tăietoare capabilă;
$\gamma_{red.\ nec}$	coeficient de reducere a forței seismice necesare;
$\gamma_{red.\ cap}$	coeficient de reducere a forței seismice capabile ultime;
G	greutatea totală a clădirii;
Gi	greutatea unei părți din clădire;

K_s	raportul dintre accelerația maximă a mișcării seismice a terenului, considerată cu o perioadă medie de revenire de 50 ani, corespunzătoare zonei seismice de calcul și accelerația gravitației;
ν	coeficient de transformare a accelerației de calcul de la perioada medie de revenire de 50 ani la perioada medie de revenire de 500 ani;
β	coeficient de amplificare dinamică;
Ψ	coeficient de reducere a forței seismice static echivalente necesare;
ε	coeficient de echivalență între sistemul dinamic cu mai multe grade de libertate dinamică și cel cu un singur grad de libertate dinamică;
G_k	rezultantele încărcărilor gravitaționale concentrate la cota h_k;
ζk	ordonatele la înălțimea h_k în modul fundamental de vibrație;
h_k	înălțimea punctului unde se calculează ordonata ζk;
$S_{k\,nec}$	forța seismică static echivalenta necesară pentru cutremurul cu o perioadă medie de revenire de 500 ani;
$S_{k\,nec\,cons}$	forța seismică static echivalenta necesară pentru cutremurul cu o perioadă medie de revenire de 500 ani, după aplicarea soluției de consolidare alese;
H_l	înălțimea corpului bisericii;

H	înălțimea totală a bisericii, inclusiv turlele;
λ	coeficient de forma;
g	accelerația gravitației
a_k	coeficient pentru obținerea forțelor seismice din acțiunea perpendiculară pe planul pereților;
$S^{incc}{}_k$	forța seismică static echivalentă necesara la cota h_k din acțiunea perpendiculară pe planul pereților;
s_{incc}	încărcarea seismică static echivalentă necesară uniform distribuită pe suprafața peretelui din acțiunea perpendiculară pe planul pereților;
q	greutatea pe unitatea de suprafață a peretelui;
$S^{incc}{}_w$	forța seismică static echivalentă necesară corespunzătoare unui element ce nu face parte din structura de rezistență;
G_w	încărcarea gravitațională a unui element ce nu face parte din structura de rezistență;
N	forța axială globală a unui element sau subansamblu structural;
M	momentul încovoietor global al unui element sau subansamblu structural;
Q	forța tăietoare globală a unui element sau subansamblu structural;
S^i_{cap}	forța tăietoare capabilă ale elementului structural vertical *"i"*;

σ_{0z}	efort de compresiune mediu în elementele de zidărie;
τ^*_{0z}	rezistența caracteristică transversală a zidăriei;
S	forța tăietoare la baza construcției;
d	deplasare orizontală în centul de greutate al forțelor de inerție din modul fundamental de vibrație;
S_u	forța tăietoare ultimă pentru un element sau pentru ansamblul construcției;
$S_{cap.cons}$	forța tăietoare capabilă după consolidare;
τ_{0b}	rezistența medie a betonului la forfecare;
A_b	aria secțiunii orizontale a cojii de beton sau de mortar;
A_{sf}	aria armăturilor orizontale ale elementelor de beton armat sau a cojilor de beton sau mortar armat, pe o înălțime egală cu lățimea acestora;
$S_{incl.cons}$	forța seismică statică echivalentă necesară pentru cutremurul cu o perioadă medie de revenire de 20-50 de ani, după aplicarea soluției de consolidare alese;
α	coeficient de importanță a construcției conform P 100-92;
R_{piatra}	rezistența medie de rupere la compresiune a blocului de piatră;
τ_{fz}	rezistența de forfecare medie inițială sau reziduală a zidăriei;
τ^*_{fz}	rezistența de forfecare caracteristică inițială sau reziduală a zidăriei;

γ greutatea volumetrică;

E_l modul de elasticitate longitudinal al lemnului;

R_l rezistența medie de rupere a lemnului;

ε^c_l deformație specifică de curgere a lemnului;

ε^r_l deformație specifică de rupere a lemnului;

ε^r_f deformație specifică de rupere a fontei;

$R^{(a)}$, $R^{(b)}$, $R^{(c)}$ rezistențe de rupere ale fontei.

1. GENERALITĂȚI

1.1. Domeniul de utilizare.

1.1.1. Prezenta metodologie se referă la:

- evaluarea nivelului de asigurare a satisfacerii cerinței de "rezistență și stabilitate" pentru construcțiile monumente istorice sub efectul încărcărilor permanente și utile și al altor acțiuni mecanice, fizice, chimice și biologice provenite din mediul înconjurător (natural și/sau antropic);
- fundamentarea propunerilor de intervenție necesare la structurile monumentelor istorice în cadrul lucrărilor de restaurare ale acestora;
- proiectarea lucrărilor de intervenție structurală.

1.1.2. În sensul prezentei metodologii, prin "monument istoric" se înțelege o construcție care are o "valoare culturală" importantă care face necesară garantarea conservării sale în timp fără afectarea caracteristicilor proprii arhitecturale, tipologice și de material.

1.1.3. Din punct de vedere arhitectural/ structural construcțiile monument istoric se clasifică după cum urmează:

i) Clădiri tip "sală":

- biserici creștine de rit ortodox cu plan treflat sau cruce greacă înscrisă;
- biserici creștine de rit romano-catolic, greco-catolic sau reformat cu plan de tip bazilical (cu o navă, cu trei nave sau cu cinci nave);
- biserici creștine de rit romano-catolic, greco-catolic sau reformat cu plan de tip sala;
- temple mozaice cu plan de tip bazilical sau de tip sală;
- moschei cu plan de tip central.

Din punct de vedere funcțional aceste clădiri se încadrează în categoria "construcții de cult".

ii) Clădiri etajate:

- clădiri cu funcțiuni de locuire: conace, castele, vile, locuințe, ansambluri monahale;
- clădiri cu funcțiuni culturale, administrative, comerciale sau similare.

Din punct de vedere funcțional aceste clădiri se încadrează în categoria "construcții laice".

iii) Construcții diverse (care nu sunt "clădiri"):

- turnuri clopotniță, turnuri de pază în orașele vechi;
- ziduri de incintă la ansambluri de clădiri sau la orașele vechi.

1.2. Principii generale

1.2.1. Lucrările de intervenție asupra structurilor monumentelor istorice vor fi proiectate și executate cu respectarea prevederilor Cartei Internaționale de la Veneția privind conservarea și restaurarea monumentelor istorice (1964).

În particular, ținând seama de faptul ca la cutremurele severe, care se repeta de 2-3 ori pe secol, constituie principala sursă de hazard natural în România (sursa principală de afectare a monumentelor), prezenta metodologie își însușește ca principiu de bază al conceptelor de intervenție prevederile art. 10 din Carta de la Veneția care stipulează: "*când mijloacele tehnice tradiționale se dovedesc inadecvate, consolidarea unui monument poate fi asigurată făcându-se apel la toate mijloacele tehnice moderne de conservare și de construcție a căror eficacitate va fi fost demonstrată prin date științifice și garantate de experiență*".

1.2.2. Evaluarea nivelului de siguranță în raport cu cerința de "rezistență și stabilitate" și lucrările pentru reducerea riscului vor avea ca obiect toate părțile componente ale clădirii:

- infrastructura, în care sunt incluse fundațiile;
- suprastructura;
- elementele nestructurale de închidere, compartimentare și decorație;

precum și terenul de fundare.

1.2.3. Pentru monumentele istorice noțiunea de "siguranță" nu se referă numai la posibilitatea avarierii elementelor structurale ci trebuie să aibă în vedere posibilele consecințe în ceea ce privește "avariile culturale".

De exemplu, o fisură într-un perete pictat sau decorat poate fi considerată o avarie minoră (neglijabilă chiar) din punct de vedere structural dar poate fi o avarie importantă din punct de vedere artistic.

1.2.4. Nivelul de performanță seismică a monumentelor istorice după intervenție se stabilește, de regulă, pentru cutremurul maxim credibil pe amplasament (cu perioada medie de revenire de 500 ani) și este definit după cum urmează:

- sunt acceptate avarii, uneori extinse, reparabile, la elementele structurale și nestructurale;
- nu sunt acceptate avarii "irremediabile" ale finisajelor și decorațiilor cu valoare culturală semnificativă, în afara situațiilor menționate la pct. 1.2.5.

Aceasta înseamnă că prin executarea lucrărilor de intervenție, la incidența cutremurului maxim credibil, se va evita:

- pierderi de vieți omenești;
- prăbușirea parțială sau totală a construcției;
- căderea unor elemente nestructurale din exteriorul/interiorul construcției;

- împiedicarea evacuării ocupanților sau a intrării echipelor de intervenție prin blocarea căilor de acces/evacuare.

Notă: Pentru verificarea/realizarea acestui nivel de performanță se va ține seama și de degradările structurale provenite din cutremurele cu intensitate mai slabă dar cu perioada medie de revenire mai scurtă (cele care se produc, din sursa Vrancea de 2-3 ori pe secol, de exemplu); pentru aceste cutremure se vor lua măsurile necesare pentru evitarea degradărilor sau avariilor majore la elementele structurale.

1.2.5. În cazuri temeinic justificate (art. 6.2.1.2.), nivelul performanțelor seismice poate fi inferior celui menționat mai sus cu condiția adoptării masurilor necesare pentru evitarea pierderilor de vieți omenești prin prăbușirea parțială sau totală a monumentului; în aceste condiții deteriorarea unor elemente cu valoare culturală poate fi gravă sau chiar iremediabilă.

1.2.6. Principiile și conceptele generale din Cap. 11 și 12 ale Normativului P 100-92 privind evaluarea nivelului de asigurare a construcțiilor existente și măsurile de intervenție asupra acestora sunt aplicabile în măsura în care nu contrazic prevederile prezentei metodologii.

1.2.7. Pentru toate cazurile de verificare sau dimensionare la încărcări și acțiuni neseismice se folosesc principiile stărilor limită, deci standardele și normativele tehnice în vigoare.

1.2.8. Intervențiile structurale in cadrul lucrărilor de restaurare vor fi făcute pe baza unor proiecte de specialitate care au la bază expertiza tehnică asupra construcției respective. Expertizele vor avea un conținut minimal după cum urmează:

- planșe, relevee de arhitectura;
- planșe, relevee de structura;
- planșe, relevee degradări și avarii;
- releveu fotografic;

- memoriu tehnic;
- note de calcul structural;
- rezultatele încercărilor de laborator sau a testelor nedistructive in situ ale materialelor componente;
- studiu geotehnic si acolo unde este cazul si hidrogeologic;
- planşe cu ilustrarea soluţiilor de intervenţie.

Se vor prezenta de regula două soluţii de intervenţie structurală, o soluţie minimală şi o soluţie maximală, care vor conţine explicit conceptele care au stat la baza elaborării lor, notele de calcul privind cerinţele, respectiv capacităţile, cu interpretarea riscului seismic după intervenţii.

2. ÎNCĂRCĂRI ŞI ACŢIUNI

2.1. Acţiunile agenţilor mecanici

2.1.1. Clasificarea şi gruparea acţiunilor agenţilor mecanici pentru calculul construcţiilor monument istoric: de referinţă este STAS 10101/0A.

2.1.2. Evaluarea încărcărilor permanente pentru construcţiile existente se face pe baza dimensiunilor geometrice stabilite prin releveu şi a greutăţilor tehnice date în STAS 10101/1, fără considerarea coeficienţilor "n" daţi în tab. 3 din STAS 10101/0A.

Evaluarea încărcărilor permanente rezultate ca urmare a lucrărilor de intervenţie preconizate se face pe baza dimensiunilor nominale prevăzute prin proiect şi a greutăţilor tehnice date în STAS 10101/1 cu considerarea coeficienţilor "n" din STAS 10101/0A tab. 3.

2.1.3. Valorile normate ale încărcărilor utile, uniform distribuite pe planşeele clădirilor monument istoric se iau, pentru fiecare

funcțiune în parte, corespunzător STAS 10101/2A1. Pentru planșee, balcoane, coridoare, scări și podeste la clădirile de cult se iau încărcările corespunzătoare poz. 8 din tabel "Săli de festivități și similare"

Valorile normate se referă la încărcările utile curente, reprezintă valori maxime în condiții normale de exploatare și nu țin seama de încărcările concentrate datorate unor obiecte grele (sobe, case de bani etc.).

2.1.4. Valorile normate ale încărcărilor utile, pe balustrade, parapeți și atice la clădirile monument istoric se iau, pentru fiecare funcțiune în parte, corespunzător STAS 10101/2A1.

2.1.5. Valorile coeficienților de încărcare (n) și cele ale fracțiunii de lungă durată (n') pentru încărcările utile se stabilesc, pentru fiecare funcțiune în parte, corespunzător STAS 10101/0A.

Notă. În cazul planșeelor existente din lemn sau oțel, pentru care la calculul capacității de rezistență se folosesc rezistențele admisibile ale materialelor (pct. 3.1.2. și 3.1.2.3) coeficienții de încărcare se iau $n = 1$.

2.2. Influențele mediului natural

2.2.1. Pentru determinarea forțelor seismice convenționale de calcul se folosesc coeficienții K_s și T_c stabiliți, pentru amplasamentul respectiv, prin hărțile de zonare ale teritoriului din normativul P 100.

Notă. Pentru construcțiile de importanță deosebită se recomandă ca evaluarea hazardului seismic să se facă pe baza unui studiu seismic de amplasament elaborat de specialist cu experiență în domeniu. În acest scop se recomandă folosirea reglementării "Ghid pentru specificarea condițiilor seismice din țara noastră".

2.2.2. Valorile normate ale încărcărilor din vânt și coeficienții parțiali de siguranță care multiplică valorile încărcărilor normate pentru obținerea încărcărilor de calcul sunt stabilite prin STAS 10101/20.

2.2.3. Valorile normate ale încărcărilor din zăpadă şi coeficienţii parţiali de siguranţă care multiplică valorile încărcărilor normate pentru obţinerea încărcărilor de calcul sunt stabilite prin STAS 10101/21.

2.2.4. Încărcările din temperatura exterioară sunt stabilite după cum urmează:

- definirea încărcărilor - STAS 10101/23;
- valorile normate şi coeficienţii încărcărilor-STAS10101/23A.

2.2.5. Adâncimea de îngheţ este data de STAS 6054.

3. PROPRIETĂŢILE MATERIALELOR ŞI ALE TERENULUI DE FUNDARE

3.1. Proprietăţile materialelor din structurile existente

3.1.1. Generalităţi

3.1.1.1. Caracteristicile mecanice de rezistenţă şi deformaţie ale materialelor, din structurile existente, se vor stabili pe baza încercărilor de laborator sau a testelor nedistructive in situ.

Efectuarea încercărilor nu este obligatorie în cazul în care construcţiile sunt neafectate sau uşor afectate (art. 5.2.6) şi în cazul în care se admite stabilirea deciziei de intervenţie fără evaluarea analitică a siguranţei la acţiuni seismice (art. 6.1.2), sau în cazul în care expertul pe baza experienţei personale îşi asumă în mod explicit responsabilitatea stabilirii acestor caracteristici, în condiţiile obţinerii acordului organelor de avizare a expertizelor.

3.1.1.2. Pentru efectuarea încercărilor de laborator se va preleva un număr de probe semnificativ pentru prelucrarea statistică a rezultatelor; numărul probelor va fi mai mare în cazurile în care, prin examinare vizuală, se constată neomogenitatea materialului respectiv.

3.1.1.3. Epruvetele vor fi extrase din elemente de construcție cu rol relevant pentru rezistența și stabilitatea ansamblului clădirii; după caz, probele vor fi grupate, analizate și interpretate separat, pe categorii de elemente de construcție (de exemplu, pentru zidăriile executate în etape diferite sau cu tipuri diferite de cărămidă).

Extragerea epruvetelor nu va afecta, rezistența și stabilitatea elementelor din care au fost extrase, finisajele și decorațiile cu valoare culturală / istorică / arheologică.

3.1.1.4. Informațiile obținute pe baza epruvetelor de zidărie extrase din construcție pot fi extinse la restul elementelor de structură prin compararea structurii interne (verificare endoscopică) sau prin încercări nedistructive; se recomandă și efectuarea unui număr redus de încercări la forfecare a rosturilor ("shove" test).

3.1.1.5. Metodologia de extragere a epruvetelor din clădirile monument istoric, procedeele de încercare și principiile de interpretare ale rezultatelor vor fi cele stabilite prin reglementare tehnică specială (pentru zidării se va ține seama de "Metodologia de investigare a zidăriilor vechi"). Sunt admise și alte metode de încercare omologate sau recunoscute de practica investigărilor, precum aceea a determinărilor caracteristicilor cărămizilor și mortarelor luate separat.

3.1.2. Date de intrare pentru metodele analitice

3.1.2.1. Zidării

3.1.2.1.1. Pentru calculul capacității de rezistență și al rigidității elementelor structurale existente, pentru *acțiunea concomitentă a încărcărilor seismice și neseismice*, se folosesc valorile *medii* ale rezistentelor de rupere ale zidăriei.

3.1.2.1.2. Valorile medii ale rezistentelor de rupere la compresiune ale zidăriei (R_c, în N/mm^2) se stabilesc conform tabelelor de mai jos, în funcție de marca mortarului (M) și de marca blocului (C) determinate prin încercările de laborator conform art. 3.1.1.5.

Marca caramida	Marca mortar				
	M4	M10	M25	M50	M100
C50	2.2	2.8	3.6	4.0	-
C75	2.9	3.4	4.3	5.0	-
C100	3.6	4.0	5.0	6.0	7.0

3.1.2.1.3. Rezistentele medii si caracteristice de rupere ale zidăriei in secțiune orizontala sunt date de relațiile grafice din figura A.1.1, în funcție de efortul mediu de compresiune centrică σ_{0z}.

3.1.2.1.4. Rezistentele medii de rupere prin întindere din încovoiere (R_{tz} în N/mm^2) (pentru calculul pereților la acțiunea seismică perpendiculară pe plan) sunt date în tabelul următor.

Tipul ruperii	Marca mortarului		
	M10	M25	M50,M100
In rost orizontal	0.20	0.40	0.55
In rosturi țesute (zig-zag)	0.40	0.80	1.25

3.1.2.1.5. Rezistentele medii de rupere la compresiune ale zidăriei de piatra (R_{cp} în N/mm^2) sunt date în tabelele de mai jos (conf. STAS 1031-56).

Rezistența medie de rupere la compresiune a zidăriei din piatra naturală tăiată regulat cu înălțimea rândului de minim 18 cm

Rezistenta medie de rupere a pietrei (N/mm²)	Marca mortarului				Rezistenta medie de rupere a zidăriei cu înălțimea rândului > 50 cm şi mortar ≥ M10
	M50	M25	M10	M4	
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	4.2	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:

1. Pentru zidăriile cu înălțimea rândului între 30 - 50 cm se va lua media între valoarea din tabel şi cea pentru înălțimea rândului de 50 cm:

2. Pentru zidăria de piatră cu forme neregulate rezistențele din tabel se reduc prin înmulțirea cu următorii coeficienți:
   - zidărie din piatra cioplită cu adâncituri între 2-10 mm [0.8]
   - zidărie din piatra cioplită cu adâncituri < 20 mm [0.7]
   - zidăria din piatră brută plată cu rândurile de diferite înălțimi [0.6]

Rezistențele medii de rupere la compresiune ale zidăriei din piatră brută

Rezistenta medie de rupere a pietrei (N/mm²)	Marca mortarului			
	M50	M25	M10	M4
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

3.1.2.1.6. În cazul în care numărul probelor încercate este redus şi expertul constată neomogenitatea zidăriei, valorile medii din tabelele de mai sus vor fi reduse prin înmulțire cu coeficienți γ_{rd} = = 0.75-0.90

3.1.2.1.7. Modulul de elasticitate longitudinal al zidăriilor existente (E_z în N/mm^2) se calculează cu formula

$$E_z = \alpha_z R_c$$

în care valorile α_z sunt date în tabelul de mai jos în funcție de tipul zidăriei şi marca mortarului

Natura zidăriei	Marca mortarului		
	M50,M100	M25,M10	M4
cărămidă	1500	1200	750
piatră naturală	2000	1000	750

Notă. În cazul utilizării metodei de calcul dinamic se recomandă determinarea modulului de elasticitate prin încercări de laborator pe epruvete sau prin încercări in situ.

3.1.2.1.8. Modulul de elasticitate transversal al zidăriilor existente se calculează cu formula

$$G_z = 0.25\ E_z.$$

3.1.2.1.9. Curba caracteristica de calcul ale zidăriei este cea din figura A1.2.

Valorile deformațiilor caracteristice sunt date în tabelul de mai jos.

Valori caracteristice (o/oo)	Marca mortarului		
	M50,M100	M25,M10	M4
ε_{cz}	1.50	1.75	2.50
ε_{rz}	2.00	2.50	3.50

unde s-a notat

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

ε_{rz} - deformația specifică longitudinală ultima a zidăriei

3.1.2.1.10. Diagramele $\sigma - \varepsilon$ sunt generale – cu curbe (zone) precis de finite (delimitate) si sunt date funcție de rezistența medie a cărămizilor, pietrelor, mortarelor sau zidăriilor utilizate.

3.1.2.2. Elemente metalice

3.1.2.2.1. Pentru calculul capacității de rezistență şi al rigidității elementelor structurale existente, pentru *acțiunea încărcărilor neseismice*, se folosesc valorile rezistențelor *admisibile*.

3.1.2.2.2. Pentru elementele laminate din otel, în lipsa unor încercări de laborator care să fundamenteze adoptarea unor valori mai ridicate, rezistențele admisibile se vor lua:

Pentru solicitare la întindere, compresiune şi încovoiere:

$$\sigma_a = 120.0\ \text{N/mm}^2$$

Pentru elementele solicitate la lunecare:

$$\tau_a = 0.8$$

$$\sigma_a = 96.0 \text{ N/mm}^2$$

Pentru buloane de ancoraj şi tiranţi:

$$\sigma_a = 100.0 \text{ N/mm}^2$$

3.1.2.2.3. Modulul de elasticitate al oţelului se va lua

$$E_a = 210.000 \text{ N/mm}^2$$

3.1.2.2.4. Sudabilitatea oţelului va fi determinată prin încercări de laborator.

3.1.2.2.5. Pentru elementele de otel se va folosi legea constitutiva $\sigma - \varepsilon$ din fig. A1.3.

3.1.2.2.6. Pentru elementele din fonta se va folosi legea constitutivă $\sigma - \varepsilon$ din fig. A1.4.

3.1.2.3. Lemn

3.1.2.3.1. Pentru calculul capacităţii de rezistenta şi al rigidităţii elementelor structurale existente, pentru *acţiunea încărcărilor neseismice*, se folosesc valorile rezistentelor *admisibile*.

3.1.2.3.2. Pentru elemente din cherestea de brad valorile rezistentelor admisibile (N/mm^2) se iau după cum urmează:

- Încovoiere, compresiune în lungul fibrelor 10.0
- Întindere în lungul fibrelor 7.0
- Compresiune normal pe fibre 1.5
- Forfecare din încovoiere, în lungul fibrelor 2.0

- Forfecare în plan normal pe fibre 4.5
- Strivire normal pe fibre 1.5
- Strivire pe suprafețele de reazem 2.5

3.1.2.3.3. Pentru elemente din cherestea de foioase valorile de mai sus se înmulțesc cu coeficienții de mai jos:

- Întindere, încovoiere, compresiune si strivire în lungul fibrelor 1.1 - 1.3
- Compresiune si strivire normal pe fibre 1.6 - 2.0
- Forfecare 1.3 - 1.6

3.1.2.3.4. Pentru elementele existente care prezintă defecte moderate şi care nu se înlocuiesc valorile rezistențelor date mai sus se reduc prin înmulțire cu un coeficient γ_{def} = [0.7 - 0.9]; valoarea coeficientului de reducere se apreciază de către expert.

3.1.2.3.5. Pentru elementele din lemn se va folosi legea constitutiva $\sigma - \varepsilon$ din fig. A.1.5.

3.2. Proprietățile materialelor introduse prin lucrările de intervenție

3.2.1. Pentru calculul capacității de rezistență şi al rigidității elementelor structurale nou introduse prin lucrările de intervenție, numai pentru *acțiunea încărcărilor neseismice*, se folosesc valorile rezistentelor *de calcul* stabilite prin reglementările specifice în vigoare:

- beton armat si precomprimat STAS 10107/0
- otel STAS 10108/0/1/2
- lemn NP 005-96

3.2.2. Pentru calculul capacității de rezistenta și al rigidității elementelor structurale din beton armat noi sau care conlucrează cu zidăriile existente (placaje cu coji de beton armat sau tencuieli armate), pentru *acțiunea concomitentă a încărcărilor seismice și neseismice*, se vor folosi valorile *medii* ale rezistențelor de rupere; aceste valori se obțin din rezistențele de calcul prin înmulțire cu coeficienții:

- pentru beton și mortar $R_{cb} = 1.75\ R_c$
  $R_{tb} = 1.75\ R_t$
- pentru armatură $R_{ab} = 1.35\ R_a$

3.2.3. Pentru elementele de beton și beton armat se vor folosi legile constitutive $\sigma - \varepsilon$ din fig. A.1.6. și A.1.7.

3.3. Proprietățile terenului de fundare

3.3.1. Proprietățile terenului de fundare și, după caz, stabilitatea taluzelor, se stabilesc numai prin cercetare geologica-tehnică și geotehnică în conformitate cu STAS 1242/1-89 și cu celelalte reglementări tehnice specifice care se referă la metodele de determinare ale acestora.

Efectuarea cercetărilor nu este obligatorie în cazul:

- construcțiilor neafectate sau ușor afectate (art. 5.2.6);
- construcțiilor care nu prezintă afectări care ar putea fi datorate condițiilor necorespunzătoare de fundare (art. 5.3.1.3);
- construcțiilor pentru care se admite stabilirea deciziei de intervenție fără evaluarea analitică a siguranței la acțiuni seismice (art. 6.1.2).

3.3.2. Caracteristicile fizico-mecanice ale pământurilor se stabilesc conform STAS 1243.

3.3.3. Valorile normate şi valorile de calcul ale caracteristicilor geotehnice ale terenului de fundare se stabilesc conform STAS 3300/1/2.

4. INFORMAŢII NECESARE PENTRU EVALUAREA SIGURANŢEI STRUCTURALE

4.1. Generalităţi

4.1.1. Pentru evaluarea siguranţei structurale a monumentelor istorice, sub acţiunea încărcărilor seismice şi neseismice, vor fi colectate informaţii cât mai complete provenind din:

- documentele relevante disponibile;
- cercetarea vizuală;
- măsurători in situ şi încercări de laborator.

4.2. Informaţii documentare

Informaţiile documentare se referă la:

a) Data construcţiei/datele etapelor succesive de construcţie;
b) Date privind proiectul iniţial al construcţiei (planuri sau alte documente, dacă există);
c) Reprezentarea alcătuirii actuale:
   c_1) Releveul de arhitectura cu indicarea (localizarea) elementelor, finisajelor şi decoraţiilor cu valoare culturală/istorica/arheologică semnificativă şi, după caz, cu delimitarea etapelor succesive de execuţie;
   c_2) Releveele instalaţiilor interioare şi ale amenajărilor şi reţelelor exterioare cu indicarea principalilor parametri ai acestora;
   c_3) Releveul structurii inclusiv detaliile caracteristice.

Notă: Părţile de construcţie, finisajele şi decoraţiile cu valoare deosebită vor fi identificate prin expertize de specialitate (de exemplu, pictura murala, pictura pe lemn, piatra sculptată).

d) Date privind evenimente semnificative din istoria construcției:
   - d_1) Succesiunea cutremurelor anterioare și comportarea construcției la acțiunile acestora (dacă există informații credibile);
   - d_2) Comportarea la alte acțiuni excepționale: incendii, explozii, bombardamente;
   - d_3) Lucrări de intervenție și modificări funcționale efectuate în trecut: demolări, refaceri, completări, restaurări;

e) Tema de arhitectură pentru restaurarea monumentului, sau, după caz, pentru refuncționalizarea clădirii (pentru construcțiile laice).

4.3. Informații rezultate din cercetarea vizuală

Cercetarea vizuală a clădirii implică următoarele operații din care se obțin informații care se consemnează în documentația expertizei :

a) Identificarea și examinarea vizuală ale sistemului structural originar și ale celui actual (dacă s-au produs modificări în timp) în scopul efectuării analizelor calitative și prin calcul;

b) Identificarea și localizarea unor eventuale defecte majore provenite din:
   - alcătuirea inițială a construcției:
     - defecte de concepție;
     - detalii constructive necorespunzătoare;
     - defecte de execuție;
   - intervențiile suferite de construcție în decursul timpului;
   - utilizarea necorespunzătoare;
   - lipsa lucrărilor de întreținere.

c) Identificarea și localizarea avariilor existente în elementele structurale și nestructurale pentru a se obține o imagine

generala a nivelului de extindere al avariilor şi a caracterului acestora.

În acest scop se vor întocmi următoarele documentaţii:

- relevee de avarii (desene în plan şi în elevaţie) cu precizarea traseului, tipului şi caracteristicilor avariei (de exemplu: fisuri/crăpături superficiale sau extinse, izolate sau distribuite, dislocări, cu precizarea deschiderii fisurilor/crăpăturilor/ dislocărilor, deformaţii instantanee sau remanenţe la planşee etc.); separat vor fi relevate avariile finisajelor şi decoraţiilor cu valoare culturală chiar dacă aceste avarii nu sunt semnificative din punct de vedere al siguranţei structurale;
- desene reprezentând schema cinematica a eventualelor prăbuşiri ale elementelor structurale sau nestructurale;
- releveu fotografic (imagini de ansamblu şi de detaliu).

d) Cercetarea şi localizarea, prin relevee, a nivelului şi extinderii eventualelor degradări ale materialelor de construcţie datorite acţiunilor agenţilor fizici, chimici şi biologici din mediul înconjurător, natural sau antropic (biodegradarea lemnului, coroziunea elementelor metalice, igrasia zidăriei etc.).

Notă: Pentru construcţiile importante sau cu afectări specifice semnificative aceste informaţii se obţin prin expertize de specialitate.

e) Examinarea clădirilor învecinate (mai ales a celor cu caracteristici constructive similare, dacă există) în scopul comparării modului de comportare al acestora în raport cu clădirea expertizată.

4.4. Măsurători in situ şi încercări de laborator

Prin măsurători in situ şi prin încercări în laborator pot fi obţinute două categorii de informaţii:

- informaţii cu caracter general privind construcţia (inclusiv terenul de fundare);
- informaţii specifice diferitelor tipuri de materiale de construcţie.

Tipul şi volumul investigaţiilor (din cele descrise mai jos) se stabilesc de la caz la caz de către expert.

Măsurătorile in situ şi încercările vor fi executate numai de laboratoare atestate conform prevederilor reglementărilor în vigoare.

4.4.1. Informaţii cu caracter general privind construcţia

Se obţin prin următoarele categorii de investigaţii:

a) Măsurători geometrice care se referă la:
   - dimensiunile elementelor structurale, nestructurale şi finisajelor (dimensiunile secţiunii transversale, grosimi, lungimi);
   - verticalitatea, abaterile de la orizontala, rotirile şi excentricităţile elementelor structurale şi nestructurale;
   - deschiderea fisurilor/crăpăturilor din zidărie;
   - deformaţii şi discontinuităţi ale nodurilor la elemente şi subansambluri din lemn sau metal (şarpante);
   - deformaţii remanente ale elementelor structurale.

Rezultatele acestor măsurători se înscriu în reieveele de arhitectură şi de structură şi în reieveul avariilor.

Se recomandă instalarea de "martori" pentru urmărirea evoluţiei în timp a caracteristicilor măsurate (inclusiv pentru evidenţierea efectului unor eventuale cutremure, sau cedări de teren care se produc

în timpul investigațiilor sau până la începerea lucrărilor de intervenție).

Pentru construcții importante sau cu avarii semnificative (mai ales provocate din cedări de fundații) se recomandă supravegherea prin mijloace topografice a evoluției deplasărilor/deformațiilor.

b) Investigații privind fundațiile și terenul de fundare prin:

- dezveliri locale pentru examinarea și descrierea fundațiilor (dimensiuni, materiale, adâncimea de fundare, starea de conservare, avarii semnificative, existența unor fundații anterioare);
- sondaje geotehnice, extragerea de epruvete si încercarea acestora în laborator (conform capitolului **3.3**) pentru determinarea proprietăților fizico-mecanice ale terenului de fundare, inclusiv cercetarea stabilității masivului (dacă este cazul).

c) Investigații pentru determinarea proprietăților mecanice ale materialelor existente:

- încercarea în laborator a epruvetelor extrase din structura (vezi si prevederile din paragraful **3.3.1**.);
- teste nedistructive/semi-distructive executate in situ (inclusiv teste fizico-chimice referitoare la proprietățile de durabilitate ale materialelor).

d) Încercări cu caracter de ansamblu:

- determinarea caracteristicilor dinamice ale clădirii (perioade și forme proprii, amortizare);
- încărcări verticale cu sarcini statice pe elemente/ subansambluri structurale caracteristice (planșee, de exemplu).

4.4.2. Informații specifice elementelor/structurilor din diferite materiale de construcție

a) Caracteristici specifice elementelor/structurilor din zidărie:
- dimensiunile generale ale elementelor de construcție;
- grosimea medie, regularitatea și gradul de umplere cu mortar ale rosturilor verticale și orizontale;
- omogenitatea zidăriei (dintr-un singur strat, din mai multe straturi) și estimarea volumului intern de goluri;
- tipul, dimensiunile și calitatea aparentă a cărămizilor (ardere completă sau neuniformă, de exemplu) sau gradul de prelucrare ale blocurilor de piatră;
- umiditatea zidăriei (efectul intemperiilor sau al igrasiei);
- nivelul de afectare prin fenomene de îngheț/dezgheț (dacă este cazul);
- nivelul de afectare datorată acțiunii agenților atmosferici agresivi
- rezistențele blocurilor și ale mortarului;
- legăturile între ziduri la colțuri, ramificații, intersecții;
- legături transversale între blocuri în cadrul peretelui (platbande, inele etc.).

b) Caracteristici specifice elementelor metalice de structură:
- dimensiunile profilelor, distanțele între axele acestora, imperfecțiuni;
- marca oțelului și sudabilitatea;
- tipul și dimensiunile prinderilor/rezemărilor, distanțele între axele acestora;
- starea de coroziune.

c) Caracteristici specifice elementelor din lemn:
- dimensiunile elementelor, distanțele între axele acestora (la planșee), imperfecțiuni;
- tipul și dimensiunile prinderilor/rezemărilor (la planșee și șarpante);
- starea de conservare a lemnului.

5. EVALUAREA CALITATIVA A STĂRII CONSTRUCȚIEI (DIAGNOZA)

5.1. Alcătuirea constructivă a clădirilor monument istoric

5.1.1. Alcătuirea constructivă clădirilor de cult

5.1.1.1 Materialele folosite pentru realizarea structurilor clădirilor de cult sunt următoarele:

- zidărie simplă din cărămidă de argilă arsă şi mortar de var: pentru pereți, coloane, arce, bolți, pandantivi şi fundații; calitatea şi gradul de prelucrare ale cărămizilor variază în funcție modul de folosire în construcție (acoperită cu tencuială sau aparentă) de localizarea geografică şi de epoca de execuție;
- zidărie din piatră cu dimensiuni variabile şi cu grade diferite de prelucrare: pentru pereți si fundații;
- zidărie mixtă (cărămidă + piatră);
- elemente liniare din piatră (stâlpi, buiandrugi,);
- lemn: pentru şarpante, pentru structura turlelor (rar), ca elemente înglobate în zidărie, tiranți;
- metal: pentru tiranții bolților şi arcelor.

5.1.1.2. Elementele structurale fundamentale care alcătuiesc structura monumentelor de cult sunt:

- elemente liniare: stâlpi, pile, arce, contraforți, tiranți, fundații ;
- elemente bidimensionale: pereți, timpane, frontoane;
- elemente curbe în spațiu: bolți cilindrice, cupole (calote), semicalote, pandantivi.

5.1.1.3. Elementele structurale complexe rezulta prin asocierea a două sau mai multe elemente structurale fundamentale:

- perete cu gol de uşă sau fereastră;

- arcatură;
- perete cu stâlpi angajați și arc;
- cupola cu pandantivi;
- absidă;
- turla sau clopotniță;
- turnul clopotniță.

5.1.1.4. Alcătuirea ansamblurilor structurale pentru pridvor, pronaos, naos și altar depinde de localizarea geografica și de epoca de construcție (este legată de evoluția tipologiei clădirilor de cult respective)

5.1.2. Alcătuirea constructivă a clădirilor laice

5.1.2.1. Materialele folosite pentru realizarea construcțiilor laice sunt, de regulă:

- zidărie simplă din cărămidă de argilă arsă și mortar de var: pentru pereți, bolti la planșee (eventual) și fundații (de regulă materiale cu rezistențe slabe);
- lemn: pentru planșee și șarpante sau pereți structurali și nestructurali;
- metal: (grinzi din profile laminate simple sau asociate cu boltisoare de cărămidă);
- piatra (în asociere cu zidăria de cărămidă): pentru pereți și pentru fundații.

Notă: Izolat pot fi întâlnite elemente din beton armat introduse cu ocazia diferitelor intervenții în timp.

5.1.2.2. Alcătuirea pereților structurali, este bazată în exclusivitate pe conceptul "gravitațional" și se caracterizează prin:

- amplasare neuniformă a pereților în plan ceea ce conduce la disimetrii pronunțate;
- alcătuire neuniformă a pereților în plan vertical;

- goluri de uşi şi ferestre care nu se suprapun pe verticală (la pereţi interiori şi la faţade);
- discontinuităţi în fluxul forţelor verticale (pereţi interiori şi exteriori rezemaţi pe grinzi- de cele mai multe ori datorită intervenţiilor ulterioare);
- reduceri ale rezistenţei şi rigidităţii prin goluri verticale (pentru coşuri de fum sau ventilaţii) sau slituri orizontale pentru conducte (în cazul unor intervenţii ulterioare);
- fundaţii din piatră sau cărămidă, uneori la adâncimi mai mici decât adâncimea de îngheţ sau aşezate în terenuri de umpluturi, teren vegetal sau direct, numai pe suprafaţa de contact cu terenuri argiloase sau nisipoase.

5.1.2.3. Elementele nestructurale reprezintă mase mari, de regulă neancorate sau ancorate necorespunzător de structura. Principalele categorii de elemente nestructurale sunt:

- ornamente interioare sau la faţade (coloane, cornişe, placaje din piatră);
- coşuri de fum cu înălţimi mari deasupra ultimului planşeu;
- ziduri de calcan, foişoare, turnuleţe, atice care reazemă în consolă pe pereţii ultimului nivel;
- şarpante înalte cu rigiditate spaţială necorespunzătoare;
- învelitori grele din ţiglă sau olane.

5.2. Identificarea şi clasificarea stării de afectare a construcţiei

5.2.1. Afectarea integrităţii fizice a structurii monumentelor istorice este caracterizată prin:

- degradări, definite conform art. 5.2.2;
- avarii, definite conform art. 5.2.3.

5.2.2. Prin "degradare" (a unui element structural sau nestructural) se înțelege acel efect al acțiunilor din mediul înconjurător (acel nivel de afectare) care nu reduce în mod semnificativ capacitatea de rezistență și rigiditatea ansamblului structurii.

5.2.3. În sensul prezentei metodologii sunt considerate "degradări":

- fisurarea, desprinderea, ruperea placajelor, finisajelor, decorațiilor pereților, plafoanelor și fațadelor;
- rețele de fisuri în tencuială, difuze, dese și neregulate cu deschidere până la 2 mm;
- fisuri izolate cu deschidere mică (1-2 mm), nestrăpunse, în zidăria elementelor structurale, sau până la 0.5 mm în elementele de beton armat introduse în etape de intervenție anterioare;
- fisuri străpunse cu deschidere mare în pereții nestructurali din intervenții ulterioare.

5.2.4. Prin "avarie" se înțelege pierderea semnificativă sau totală ale stabilității, capacității de rezistență și/sau a rigidității elementelor de construcție

5.2.5. În sensul prezentei metodologii sunt considerate "avarii":

- *fisuri* cu deschidere foarte mare - orientativ peste 10 mm (crăpături)
- dislocări, lunecări sau prăbușiri parțiale ale unor elemente de construcție;
- deteriorarea legăturilor între diferitele părți de construcție;

deformații remanente cu valori mai mari decât cele admise.

5.2.6. În funcție de caracteristicile și extinderea degradărilor și avariilor se definesc "gradele de afectare" ale construcțiilor din zidărie după cum urmează:

- Gradul 1. *Construcții neafectate*:
  - fără degradări vizibile la elementele structurale;

- eventuale fisuri mici în tencuiala pereților și tavanelor;

- Gradul 2. *Construcții ușor afectate*:
  - fisuri mici în tencuiala pereților și tavanelor;
  - fisuri mari sau ruperea parțiala 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;

- Gradul 3. *Construcții afectate*:
  - 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;

- Gradul 4. *Construcții puternic afectate*:
  - fisuri foarte mari (crăpături), în pereții structurali însoțite de zdrobirea zidăriei în zonele comprimate;
  - deformații remanente ale elementelor structurale și ale întregii clădiri;

- Gradul 5. *Construcții foarte puternic afectate (în stadiul de precolaps)*:
  - elemente structurale și legăturile dintre acestea crăpate și dislocate;
  - un număr mare de elemente structurale rupte;
  - deplasări remanente mari ale ansamblului clădirii

Clasificarea afectărilor prin cele cinci grade este utilizată pentru realizarea studiilor de vulnerabilitate și pentru luarea deciziilor privind interzicerea/limitarea accesului în clădire

5.3. Tipologia afectării globale a construcţiilor monument istoric.

5.3.1. Tipologia afectării bisericilor

5.3.1.1. Afectarea seismică a bisericilor se poate extinde la:

- corpul bisericii;
- turle;
- infrastructură.

5.3.1.2. Mecanismul de afectare seismica a corpului bisericilor de rit ortodox se caracterizează, în general, prin:

- o crăpătură (fractură) longitudinală care începe de la accesul în pridvor şi continuă până în axul altarului cu tendinţa de a fragmenta corpul bisericii în doua;

Notă: Crăpătura longitudinală este însoţită, de regulă, şi de alte avarii considerate tipice: fisuri, crăpături sau dislocări în semicupola altarului, ample crăpături (fracturi) tronconice la cheile arcului triumfal şi a celui opus acestuia cu tendinţa de desprindere si deplasare pe verticala, avarierea în diferite stadii a pandantivelor, a cupolelor, a timpanelor de separare între pridvor/pronaos şi pronaos/naos, crăpături tipice în cheile golurilor de uşi şi arculeţe de timpan.

- un ansamblu de crăpături (fracturi) transversale localizate în secţiunile slăbite de golurile de uşi şi ferestre, nişe sau uşi laterale din altar, naos, pronaos şi pridvor;

Notă: Crăpăturile transversale sunt însoţite, de regulă, şi de alte avarii tipice localizate în arcele şi semicupolele absidelor, în zonele elementelor de cuplare orizontală ale perechilor de goluri de pe faţadele laterale nord-sud.

Ansamblul acestor crăpături transformă corpul bisericii într-un sistem de "blocuri" cu tendinţe individuale de comportare.

Notă: Numărul blocurilor în care se descompune un ansamblu structural poate reprezenta o măsură a "vulnerabilităţii" structurale a monumentului.

Experienţa arată că numărul de blocuri creşte odată cu:

- creşterea dimensiunilor bisericii;
- sporirea numărului golurilor de ferestre;

- reducerea grosimii zidurilor;
- desființarea zidului dinte pronaos și naos;
- adăugarea unor pridvoare deschise.

În unele cazuri ansamblul crăpăturilor/fracturilor longitudinale si/sau transversale poate continua și în fundații.

5.3.1.3. Pentru bisericile de rit romano - catolic mecanismele de afectare sunt caracteristice acestor tip de construcții. Astfel turnurile legate de nava, mai înalte și cu masa mai mare au tendința de desprindere de aceasta, din încărcări gravitaționale și mai ales la cutremur. La turnuri sunt de regulă prezente fisuri și crăpături verticale pe liniile golurilor de uși și ferestre. Nava care face legătura intre turn și cor are fisuri și crăpături la partea de sus a pereților laterali, mai ales din cutremur și în bolți, în lungul acestor pereți. La partea de contact a corului cu nava se manifestă de asemenea tendința de separare. Corul are fisuri și crăpături specifice, în zonele cu goluri și la arcul triumfal dintre acesta și nava.

5.3.1.4. 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.

5.3.1.5. Gradul de afectare al turlelor depinde de zvelțețea turlei, de forma secțiunii transversale și de forma laturilor turlei și poate consta în:

- colaps parțial sau total;
- forfecarea, eclatarea sau strivirea bazei pilaștrilor;
- distorsiuni înclinate;
- avarierea generalizată a zonelor arcuite ale ocnițelor.

Același mod de afectare se regăsește în general și la turlele clopotniță situate deasupra pronaosului.

În cazul turlelor alăturate fațadelor laterale afectarea poate consta în:

- prăbușirea nivelului superior;
- prăbușiri parțiale (mai ales în zona arcelor de deasupra ferestrelor);
- separarea acestora de corpul bisericii;
- dislocări verticale pe linia slăbită de goluri;
- fisuri înclinate la circa 45°;
- fisuri orizontale la separația între nivelul inferior (pe înălțimea bisericii) și cel superior (care depășește înălțimea bisericii).

5.3.2. Tipologia afectării turnurilor

5.3.2.1. 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.

5.3.2.2. La turnurile bisericilor care sunt legate de nava și cor interacțiunea ansamblurilor cu rigidități diferite poate conduce la manifestarea unor linii de afectare specifice, cu concentrări în turn și în cor, pe liniile verticale ale golurilor. La pereții navei se constata linii de afectare verticală la partea superioară și linii de rupere în bolți pe direcție paralelă cu pereții longitudinali.

5.3.3. Tipologia afectării zidurilor de incintă

5.3.3.1. Liniile de afectare sunt, de regulă, verticale și se situează la contactul cu turnurile sau pe traseul zidurilor (pentru zone cu împingeri mari și în cazul fundării superficiale sau pe terenuri diferite sau din cauza lungimilor prea mari, fără rosturi).

5.3.4. Tipologia afectării clădirilor laice

5.3.4.1. Afectarea seismica a structurii verticale a clădirilor laice se manifesta în principal:

i) La partea superioară pentru clădirile cu planşee din lemn, şi se caracterizează prin:
   - fisuri, crăpături, dislocări în zonele slăbite de goluri de uşi sau ferestre (buiandrugi şi/sau parapeţi);
   - fisuri, crăpături, dislocări în spaleţii dintre goluri şi/sau în pereţii plini;
   - prăbuşirea pereţilor sub efectul acţiunii seismice perpendiculare pe planul peretelui (mai ales zidurile din pod şi mansardă - ziduri de calcan, coşuri);

ii) La partea inferioară pentru clădirile cu planşee din beton armat sau cu planşee cu rigiditate şi rezistenţă similare

5.3.4.2. Afectarea planşeelor se manifestă în principal prin:
- ruperea grinzilor din lemn sau creşterea inadmisibilă a deformaţilor acestora;
- deteriorarea boltişoarelor de cărămidă între profilele metalice;
- deplasarea grinzilor metalice sau din lemn de pe reazeme (pereţi);
- deplasarea de pe reazeme a scărilor.

5.3.4.3. Afectarea elementelor nestructurale constă în principal în:
- desprinderea pe contur şi uneori prăbuşirea pereţilor despărţitori neţesuti cu pereţii structurali;
- desprinderea pe contur a zidăriilor de umplere a golurilor (neţesute) şi a tavanelor;
- prăbuşirea elementelor de zidărie (calcane, parapeţi, coşuri) rezemate în consolă peste ultimul planşeu;

- desprinderea, deplasarea laterală și/sau răsturnarea elementelor decorative de pe fațade;
- deplasarea sau prăbușirea parțială a șarpantelor (în special cele cu înălțime mare);
- căderea parțială sau totală a țiglelor sau olanelor de la învelitori.

5.4. Cauzele primare ale avariilor structurilor monumentelor istorice

5.4.1. Afectarea integrității fizice a construcțiilor monument istoric se produce, în general, ca urmare a unui complex de cauze primare și include efectele cumulate ale agenților mecanici (acțiuni neseismice și seismice, cedarea terenului de fundare), fizici, chimici și biologici din mediul înconjurător.

Notă: Pentru construcțiile situate în zonele seismice de calcul A-D acțiunile seismice sunt, de regulă, cauzele dominante ale afectării integrității fizice (afectare seismică).

5.4.2. Cauzele primare ale afectării structurilor monumentelor istorice provin din următoarele surse:

- natura terenului de fundare;
- interacțiunea sol-structură;
- alcătuirea constructivă de ansamblu și de detaliu;
- modificări în timp și exploatarea necorespunzătoare.

5.4.3. Cauzele primare datorate naturii terenului de fundare pot proveni din:

- existența terenului de fundare necorespunzător:
  - teren în pantă supus alunecărilor active ;
  - teren compresibil sau sensibil la umezire;
  - teren cu rezistență insuficientă;
  - teren neuniform.

- variația nivelului apelor subterane (inclusiv efectul apelor de infiltrație, sau al pierderilor din rețele):
  - coborârea nivelului apelor;
  - ridicarea nivelului apelor.

- modificări ale terenului în vecinătatea construcției:
  - săpături sau demolarea construcțiilor alăturate;
  - umpluturi sau executarea unor construcții alăturate.

5.4.4. Cauzele datorate interacțiunii sol-structură pot proveni din:

- alcătuirea necorespunzătoare a fundațiilor:
  - fundații cu dimensiuni insuficiente;
  - încărcări neuniforme pe fundații;
  - adâncimi de fundare insuficiente față de limita de îngheț;
  - fundare pe terenuri cu caracteristici geotehnice diferite;
  - lipsa legăturilor între fundații.

- amenajarea necorespunzătoare a spațiului exterior:
  - amenajare exterioară care nu asigură îndepărtarea apelor de ploaie de construcție.

- acțiuni dinamice asupra terenului de fundare:
  - vibrații din trafic;
  - vibrații/ șocuri produse de lucrări de construcții (baterea piloților);
  - cutremure.

5.4.5. Cauzele datorate alcătuirii constructive de ansamblu și/sau de detaliu pot proveni din:

- alcătuirea necorespunzătoare a sistemului structural inițial :
  - lipsa de regularitate a sistemului structural în plan și în elevație;

- fluxul încărcărilor verticale şi orizontale către terenul de fundare prezintă - discontinuităţi sau zone/puncte slabe (susceptibile de concentrări de eforturi);
- elemente de structură cu dimensiuni insuficiente sau cu proporţii în afara limitelor curente;
- lipsa monolitismului;

- materiale necorespunzătoare:
  - materiale cu rezistente slabe;
  - materiale foarte deformabile;
  - materiale neomogene;
- detalii constructive şi/sau execuţie necorespunzătoare:
  - lipsa unor elemente de repartiţie;
  - lipsa de legături sau legături necorespunzătoare între elemente;
  - zidării cu rosturi neumplute;
  - planşee cu rezemări insuficiente;
  - lipsa hidroizolaţiilor verticale la subsoluri şi a hidroizolaţiei orizontale sub pereţii de cărămidă.

5.4.6. Cauzele primare datorate modificărilor suferite de construcţie în timp şi exploatării necorespunzătoare pot proveni din:

- modificări ale geometriei structurii:
  - reduceri de secţiune prin deschideri de goluri sau mărirea golurilor existente;
  - suprimarea unor elemente verticale (pereţi, stâlpi) sau orizontale;
  - eliminarea sau adăugarea de arce şi bolţi;
  - introducerea unor elemente care dau împingeri;
- degradarea materialelor:
  - igrasia zidăriei;
  - biodegradarea lemnului;
  - coroziunea metalului.
- modificări ale încărcărilor:
  - supraetajări;
  - sarcini de exploatare excesive.

- lipsa de întreținere:
  - pierderi de apă din conducte și canalizări interioare și exterioare;
  - lipsa/defecțiunile sistemului de jgheaburi și burlane;
  - lipsa tencuielilor pe fațade;
  - condiții higrotermice care favorizează producerea condensului.
- alte cauze:
  - incendii;
  - explozii.

5.5. Obiectivele analizei calitative

5.5.1. Analiza calitativa se va baza pe examinarea critica și corelarea informațiilor obținute conform prevederilor cap. 4.

5.5.2. Analiza calitativă se va referi la următoarele aspecte determinante pentru siguranța structurală:

i) Descrierea alcătuirii de ansamblu, inclusiv încadrarea tipologica pentru clădirile de cult (conf. art. 1.1.3);
ii) Aprecieri privind natura terenului de fundare inclusiv stabilitatea generală a taluzului (dacă este cazul);
iii) Identificarea mecanismului de transport al forțelor verticale și orizontale până la terenul de fundare, inclusiv;
iv) Aprecieri privind calitatea materialelor, a execuției și a nivelului de întreținere;
v) Aprecieri privind alcătuirea constructivă de detaliu;
vi) Aprecieri privind efectele intervențiilor în timp;
vii) Aprecieri privind gradul de avariere (încadrare în "gradele de afectare" conform art. 5.2.6.).

5.5.3. Analiza calitativă se finalizează prin formularea unei aprecieri sintetice privind riscul / siguranța construcției analizate

6. EVALUAREA ANALITICĂ A SIGURANȚEI SEISMICE A MONUMENTELOR ISTORICE

6.1. Generalități

6.1.1. Evaluarea prin calcul a siguranței la cutremur se va face numai pe baza informațiilor documentare disponibile și a rezultatelor examinării amănunțite a caracteristicilor construcției și a stării de deteriorare a acesteia conform cap. 4 din prezenta Metodologie.

6.1.2. În cazul în care informațiile enumerate mai sus, și în special cele referitoare la comportarea construcției la cutremurele din trecut, sunt considerate de expert ca fiind relevante, complete și concordante, pentru monumentele istorice situate în zonele seismice de calcul [E, F] se admite stabilirea deciziei de intervenție fără evaluarea analitica a siguranței la acțiuni seismice.

6.1.3. Evaluarea prin calcul a siguranței structurilor din zidărie ale monumentelor istorice se poate face prin următoarele metode:

i) Metode de calcul standard:
   - metode de calcul static simplificat;
   - metode de calcul static de complexitate medie;

ii) Metode de calcul avansate:
   - metode de calcul dinamic liniar si neliniar (de tip "time-history").

6.1.4. Utilizarea metodelor enumerate mai sus se face pe baza principiului "trierii". Acest principiu presupune ca se trece la o metoda de rang superior numai daca rezultatele obținute cu o anumită metodă nu sunt concludente pentru cazul studiat.

6.2. Metode de calcul standard

6.2.1. Generalităţi

6.2.1.1. Metodele de calcul standard se bazează pe compararea forţei seismice static echivalenta – convenţionala – (forţa seismica necesara S_{nec}) cu capacitatea ultima a zidăriei (S_{cap}) pentru elementele/ şirurile de elemente structurale şi/sau pentru construcţia în ansamblu.

Condiţia de siguranţă este dată de relaţia:

$$\gamma_{red.nec} \, S_{nec} \leq \gamma_{red.cap} \, S_{cap} \qquad (6.1)$$

în care:

S_{nec} - forţa seismică static echivalentă pentru un element/şir de elemente sau pentru clădirea în ansamblu;

S_{cap} - forţa tăietoare capabilă a elementului/şirului de elemente respectiv sau a structurii în ansamblu, determinată cu dimensiunile reale ale elementelor şi valorile medii ale rezistenţelor zidăriei;

$\gamma_{red.nec} \leq 1$ - coeficient de reducere a forţei seismice necesare aplicabil în condiţiile de la art. 6.2.1.2.;

$\gamma_{red.cap} \leq 1$ - coeficient de reducere a capacităţii ultime aplicabil în condiţiile art. 6.2.1.5.;

Verificarea relaţiei (6.1) se face pentru ambele direcţii principale de rigiditate ale construcţiei iar pentru fiecare perete pentru acţiunea seismică în planul peretelui şi perpendicular pe perete.

6.2.1.2. În cazul în care forţa seismică convenţională determinată conform cap. **6.2.2.** conduce la lucrări de intervenţie asupra monumentului care implică modificări inacceptabile, cu caracter ireversibil, ale arhitecturii sau decoraţiilor acestuia, forţa de calcul poate fi diminuată prin înmulţire cu coeficientul $\gamma_{red.nec} < 1$.

Valoarea acestui coeficient va fi stabilită de la caz la caz fără ca prin aceasta performanță seismică a structurii să coboare sub "nivelul minim acceptabil" stabilit de comun acord, prin compromis reciproc, de către arhitectul restaurator și inginerul structurist (expert). Nivelul de reducere al forței S_{nec} va fi aprobat odată cu avizarea proiectului lucrărilor de intervenție de către forurile competente.

Notă: Introducerea coeficientului $\gamma_{red.nec}$ înseamnă acceptarea unei probabilități mai mari de depășire a accelerației de vârf a terenului și implicit acceptarea, cu nivel mai ridicat de probabilitate, a unor avarii semnificative la incidența cutremurelor cu perioade mai mici de revenire (uneori 20-30 ani). "Nivelul minim acceptabil" al intervenției se va stabili comparând "beneficiile" sporului de siguranță cu "costurile" datorate pierderii integrității arhitecturale/ culturale.

6.2.1.3. În cazul clădirilor care, prin natura funcțiunilor, se încadrează în clasele de importanta I sau II definite în normativul P 100-92, tab. 5.1., coeficientul $\gamma_{red.nec}$ nu va fi inferior valorilor 0.7 *pentru* clădiri din clasa de importanta I și 0.6 pentru clădiri din clasa de importanta II.

6.2.1.4. Pentru situațiile în care condiția de la art. 6.2.1.3. nu poate fi respectată se vor lua, după caz, următoarele masuri:

- schimbarea funcțiunii pentru clădirile "laice";
- restricționarea accesului publicului pentru clădirile "de cult".

6.2.1.5. Pentru a se tine seama de gradul de aproximare si/sau de incertitudinile inerente în modelarea structurala, expertul poate reduce valorile capacității de rezistență și/sau ale rigidității prin multiplicarea acestora cu coeficientul $\gamma_{red.cap} < 1$. În particular, în cazul construcțiilor avariate, acest factor ține seama de faptul ca modelele de calcul sunt concepute, de regula pentru construcții neafectate.

6.2.2. Determinarea forței seismice convenționale de calcul (S_{nec})

6.2.2.1. Forța seismica de calcul se determină, după caz, pentru:

- ansamblul construcției (corespunzător greutății totale a clădirii G);
- părți ale construcției (corespunzător greutății fiecărei părți a clădirii G_i).

6.2.2.2. Valoarea forței seismice necesare ultime, se determină pentru modul fundamental de vibrație, cu relația:

$$S_{u\,nec} = \nu S_{nec} = \nu K_s \beta \psi \varepsilon G \qquad (6.2)$$

în care :

$\nu = 1.50\text{-}2.00$ - coeficient de transformare a accelerației de calcul de la perioada medie de revenire 50 ani la perioada medie de revenire de 500 ani;

$\beta = 2.5$ - coeficientul de amplificare dinamică;

$\psi = 0.40 - 0.60$ - coeficient de comportare inelastică;

$\psi =$ - valoare stabilita conform MP001 pentru coeficientul de comportare inelastică.

Notă: Conform MP001 valoarea ψ, pentru construcțiile existente se stabilește de către expert prin aprecierea efectelor defavorabile ale diferitelor vulnerabilități structurale ("metoda penalizării") care pot fi:

- vulnerabilități structurale de sistem cauzate de deficiente de conformare;
- neregularități de forma în plan orizontal;
- neregularități de forma în plan vertical;
- vulnerabilități structurale locale (de exemplu unii pereți structurali prezintă un mod de rupere casant), etc.

$\varepsilon =$ - coeficient de echivalență determinat cu relația:

$$\varepsilon = \frac{\left(\sum_{k=1}^{n} G_k \xi_k\right)^2}{G \sum_{k=1}^{n} G_k \xi_k^2} \qquad (6.3)$$

în care:

- G este greutatea totală a structurii sau a părții de structură considerate:

$$G = \sum_{k=1}^{n} G_k$$

- valorile G_k sunt rezultantele încărcărilor gravitaționale concentrate la cota h_k;
- valorile ξ_k sunt ordonatele, la înălțimea h_k deasupra bazei, ale modului fundamental de vibrație, calculate prin analiza modală (liniar elastică).

6.2.2.3. Forța seismică corespunzătoare greutății se determină cu relația

$$S_k = S_b \frac{G_k \xi_k}{\sum_{i=1}^{n} G_k \xi_k} \qquad (6.4)$$

6.2.2.4. Pentru efectuarea analizei modale pot fi considerate următoarele modele fizice:

- Construcția modelată în ansamblu, în axul său, cu mase concentrate la nivelurile semnificative din punct de vedere al distribuției masei și al rigidității (se obțin caracteristicile modale ale ansamblului);
- Separarea construcției în zone cu caracteristici distincte ale distribuției masei și rigidității și concentrarea maselor la nivelurile semnificative ale fiecărei zone (se obțin caracteristicile modale ale fiecărei zone cu comportare distinctă)

6.2.2.5. Pentru cazurile în care nu se face un calcul dinamic liniar pentru determinarea caracteristicilor de vibrație ale construcției (perioada proprie, forme proprii) valorile ξ_k și respectiv forțele de nivel S_k pot fi calculate prin metode aproximative după cum urmează:

A) Pentru biserici cu turle printr-una din metodele de mai jos:

A_1) Considerând forma deformată alcătuită din două segmente de dreapta (vezi fig. A1.8).

În acest caz valorile ordonatelor primului mod rezultă:

$$h_k \le H_1 \Rightarrow \xi_k = \frac{h_k}{H}\lambda \qquad (6.5)$$

$$H_1 < h_k \le H \Rightarrow \xi_k = \frac{1}{H-H_1}\left[h_k\left(1-\frac{H_1}{H}\lambda\right) - H_1\left(1-\lambda\right)\right] \qquad (6.6)$$

în care:

h_k este înălțimea punctului unde se calculează ordonata ξ_k;

H_1 este înălțimea corpului bisericii;

H este înălțimea totală a bisericii (inclusiv turlele);

λ coeficient de forma cu valorile:

λ = 0.2-0.4 - pentru calculul în direcție longitudinală;

λ = 0.4-0.6 - pentru calculul în direcție transversală.

A_2) Considerând deformata liniară pentru corpul bisericii (cu ordonata egală cu unitatea nivelul superior al corpului bisericii) și turlele ca proeminențe care capătă accelerația "$5K_sg$" în timpul cutremurului (vezi fig. A1.9);

A_3) Considerând deformata aproximativ curba pe înălțimea construcției din modul fundamental de vibrație, inclusiv turlele (vezi fig. A1. 10)

B) Pentru clădiri etajate considerând deformată primului mod de forma liniară (conform normativului P100-92 sau conform distribuției din fig. A.1.10.).

Pentru toate formele de distribuție se poate calcula coeficientul:

$$a_k = S^{mod}_k G_k \qquad (6.7.)$$

corespunzător fiecărui nivel, care coeficient folosește calculul la acțiunea perpendiculară pe planul pereților.

6.2.2.6. Rezistența și stabilitatea pereților structurali vor fi verificate și la acțiunea forței seismice aplicată normal pe planul peretelui.

Pentru rezistențele zidăriilor, în cazul acestor verificări a se vedea pct. 3.1.2.1.4.

Pentru aceste verificări încărcarea seismica se poate considera (simplificat, pentru toate nivelurile), uniform distribuită pe suprafața peretelui având valoarea:

$$s_{inc} = 2.5\ \alpha K_s\ q \qquad (6.8)$$

unde q este greutatea pe unitatea de suprafață a peretelui, sau cu o distribuție de forțe date de relația:

$$s_{inc} = \alpha\ q \qquad (6.9)$$

în care a este coeficientul calculat pe înălțimea nivelului peretelui conform fig. A.1.11.

6.2.2.7. Pentru elementele care nu fac parte din structura de rezistenta a monumentului dar care sunt reprezentative pentru unitatea arhitecturala/artistica a acestuia sau care sunt acoperite cu finisaje sau decorații cu valoare culturală semnificativă încărcările seismice convenționale se calculează cu relația

$$S^{inc}_{\ w} = 5\alpha K_s\ G_w \qquad (6.10)$$

în care G_w este încărcarea gravitațională a elementului considerat.

6.2.2.8. Pentru elementele care nu fac parte din structura de rezistență și care nu se încadrează în condițiile de la art. 6.2.2.7. se vor aplică prevederile corespunzătoare din normativul P100.

6.2.3. Calculul solicitărilor secționale globale (N, M, Q) ale ale elementelor și subansamblurilor structurale

6.2.3.1. Pentru calculul solicitărilor secționale globale se pot folosi următoarele modele fizice:

- Modelare cu subansambluri plane pe ambele direcții principale ale construcției, care include și elementele de infrastructură;
- Modelare spațiala care ia în considerație configurația spațială a structurii, inclusiv elementele infrastructurii;

Pentru ambele tipuri de modelare structura verticală poate fi descrisă prin:

- întreaga construcție modelată ca o bară verticală aflată în centrul de greutate al construcției;
- bare drepte, pentru pereții plini;
- cadre echivalente, pentru pereții cu goluri;
- elemente finite.

6.2.3.2. Modelarea bisericilor cu turle va permite evaluarea cât mai corectă a efectului de torsiune datorat distribuției nesimetrice a turlelor în raport cu corpul bisericii.

6.2.3.3. Modelarea construcțiilor va ține seama de interacțiunea sol-structură prin considerarea terenului de fundare ca mediu elastic (întreaga construcție, inclusiv fundațiile, poate fi modelată în acest scop ca o grindă sau placă rigidă pe mediu elastic).

Solicitările secționale globale pentru întreaga construcție (momente încovoietoare și forțe tăietoare) vor fi calculate sub efectul simultan al încărcărilor gravitaționale, seismice și al reacțiunii terenului de fundare (cu distribuția rezultată din calculul pe mediu elastic).

Modelarea cu considerarea interacțiunii sol-structură nu este obligatorie în cazul:

- construcțiilor neafectate sau ușor afectate (art. 5.2.6);
- construcțiilor care nu prezintă afectări care ar putea fi datorate condițiilor necorespunzătoare de fundare (art.5.3.1.3)
- construcțiilor pentru care se admite stabilirea deciziei de intervenție fără evaluarea analitică a siguranței la acțiuni seismice (art. 6.1.2).

6.2.4. Evaluarea nivelului de asigurare

6.2.4.1. Verificarea nivelului de asigurare prin *metoda de calcul simplificat* se face, de regulă, la baza construcției și constă în:

- evaluarea forței seismice necesare prin formule simplificate, fără efectuarea analizei modale;
- determinarea, pentru toate elementele structurale, a eforturilor medii de compresiune $\sigma_{0,i}$;
- determinarea forțelor tăietoare capabile S^{i}_{cap} pe baza relației $\sigma_{0,i} - \tau^{*}_{0,i}$ din fig. A1.1 (vezi art. 3.1.2.1.3), pentru fiecare element vertical în parte;
- compararea forței tăietoare capabile $S_{cap} = \Sigma S^{i}_{cap}$ cu cea necesară determinată conform art. 6.2.2.2. (pe baza constatării că majoritatea construcțiilor analizate, de acest fel, au elemente cu forțe tăietoare asociate sau capacități din încovoiere cu efort axial mai mari decât acelea din forța tăietoare).

6.2.4.2. Gradul de asigurare se calculează cu relația

$$R = \frac{\gamma_{red,cap} S_{cap}}{S_{nec}} \qquad (6.11)$$

6.2.4.3. În cazul în care $R \geq 1$ nu este necesară verificarea prin metoda de calcul de complexitate medie.

6.2.4.4. Metoda de *calcul de complexitate medie* constă în:

- evaluarea forței seismice necesare cu determinarea caracteristicilor dinamice prin analiza modală (pentru analiza modală modelarea se face conform art. 6.2.3.1.;
- determinarea relației "forța-deplasare" $S - d$ pentru fiecare element și pentru structura în ansamblu ținând seama de:
  - curba caracteristică a zidăriei (art. 3.1.2.1.9);

- deformațiile din încovoiere în stadiile de fisurare, de inițiere a curgerii si de rupere;
- deformațiile din forfecare;

- determinarea ductilității globale a elementului și/sau a structurii în ansamblu ca raport între deplasarea ultimă și deplasarea la inițierea curgerii;
- compararea forței tăietoare ultime (S_u) pentru element sau pentru ansamblul construcției cu forță tăietoare necesară ultima $S_{u\ nec}$, rezultată conform art. 6.2.2.2.;
- gradul de asigurare se stabilește cu relația (6.11.) în care $S_{cap} = S_u$ în care S_u este determinat pentru ansamblul construcției;
- cu forța tăietoare S_{cap} distribuită conform analizei modale se face verificarea solicitărilor tuturor elementelor sau secțiunilor structurii în interacțiune cu terenul, pentru direcțiile verticală și orizontală.

6.3. Metode de calcul avansate

6.3.1. Metode de analiză dinamică liniară (time-history)

Metodele de analiză dinamică liniară implică:

- modelarea construcției conform art. 6.2.3.1. cu luarea în considerație a comportării liniare a elementelor construcției;
- alegerea accelerogramelor de calcul după unul din următoarele procedee:
  - accelerograme reale înregistrate la amplasament sau în condiții similare acestuia (dacă există);
  - accelerograme artificiale cu caracteristici compatibile cu cele real înregistrate sau cu un spectru de răspuns "țintă".

Note:

1. Orientativ, în cazul cutremurelor din sursa Vrancea pentru monumentele din Muntenia accelerogramele vor avea compoziție spectrală de tip "bandă îngustă" iar pentru cele din Moldova de tip "bandă lată". Pentru monumentele din Banat și din alte zone cu focare superficiale se recomandă accelerograme specifice acestui tip de cutremure. Pentru stabilirea accelerogramelor de calcul se vor respecta și prevederile din "Ghid pentru alegerea accelerogramelor de calcul" (contract INCERC 125/1996).
2. Pentru construcții cu bolți/arce de dimensiuni mari și/sau cu turle rezemate pe arce și bolți se recomandă și considerarea acceleratiilor verticale.

6.3.2. Metode de analiză dinamică neliniară (time-history)

Metodele de analiză dinamică neliniară implică:

- modelarea construcției conf. 6.2.3.1. cu luarea în considerație a comportării neliniare a elementelor componente;
- alegerea accelerogramelor de calcul (vezi art. 6.3.1.).

7. LUCRĂRI DE INTERVENȚIE ASUPRA CLĂDIRILOR MONUMENT ISTORIC

7.1. Principii generale de proiectare a lucrărilor de intervenție.

7.1.1. Intervențiile se pot realiza imediat după cutremure majore sau între cutremure.

7.1.2. Pentru intervențiile imediat după cutremur se poate întrebuința "Manualul privind investigarea de urgență post-seism și stabilirea soluțiilor cadru de intervenție pentru punerea în siguranța provizorie a construcțiilor avariate".

7.1.3. Lucrările de intervenție asupra clădirilor monument istoric, în perioada dintre cutremure (soluțiile structurale, metodele și procedeele de intervenție ca și amploarea/extinderea aplicării acestora) vor fi compatibile cu:

- importanța monumentului (valoarea culturală);
- tipul și gradul de afectare și cauzele afectării monumentului;
- perioada medie de revenire a cutremurului pentru care se face intervenția.

În toate cazurile se vor adopta soluții care asigură conservarea integrității fizice a monumentului cu alterări minime ale acestuia.

7.1.4. Lucrările și procedeele de intervenție propuse trebuie să asigure satisfacerea performanțelor prevăzute la art. 1.2.4. și să satisfacă, în același timp următoarele criterii:

- *Eficacitate:* Intervenția trebuie să fie eficientă și eficacitatea trebuie demonstrată prin verificări calitative și cantitative;
- *Compatibilitate:* Intervenția trebuie să fie compatibilă cu structura originară și cu materialele acesteia din punct de vedere chimic, mecanic, tehnologic și arhitectural;
- *Durabilitate:* Intervenția trebuie realizată folosind materiale și procedee a căror durabilitate a fost demonstrată a fi comparabilă cu cea a celorlalte materiale ale construcție; o intervenție cu materiale având durabilitate mai redusă este acceptabilă numai dacă înlocuirea periodică a acestora poate fi avută în vedere;
- *Reversibilitate:* Intervenția trebuie să fie cât mai reversibilă cu putință astfel încât să poată fi înlăturată dacă o soluție diferită este adoptată în viitor.

7.1.5. Lucrările de intervenție vor respecta cu strictețe criteriile stabilite de arhitectul restaurator în ceea ce privește: dimensiunile, formele, ritmul și stilul monumentului.

7.1.6. Lucrările de intervenție vor conserva, ca materiale și finisaje, paramentul interior și cel exterior al monumentului (inclusiv picturile și alte decorații cu valoare de patrimoniu); nu se admit intervenții care favorizează migrarea cimentului spre paramentul pictat.

7.1.7. În cadrul lucrărilor de intervenție materialul originar al structurii va fi conservat în măsură cât mai mare.

Notă: Orientativ, în cazul bisericilor se admite ca materialele noi introduse să reprezinte circa 1-5% din volumul originar (fără pod și infrastructură) funcție de gradul de avariere și de slăbire a structurii cu goluri.

7.1.8. Lucrările de intervenție nu vor favoriza manifestarea unor fenomene negative în condițiile de microclimat impuse prin proiectul de restaurare.

7.1.9. Lucrările de intervenție asupra monumentelor afectate din cauze seismice și neseismice se clasifică în:

- intervenții de tip *reparație;*
- intervenții de tip *consolidare.*

Intervențiile de tip reparații au pondere majoră în soluțiile de intervenție minimală.

Intervențiile de tip consolidare au pondere majoră în soluțiile de intervenție maximală.

7.1.10. În cazul monumentelor puternic afectate se vor aplica măsuri de urgență de sprijinire provizorie, pentru limitarea riscului de extindere a avariilor si se va interzice accesul persoanelor (scoaterea din exploatare) până la realizarea intervențiilor definitive.

7.1.11. Lucrările de intervenție vor ține seama și de prevederile din "Ghidul pentru proiectarea, executarea și exploatarea monumentelor istorice din punct de vedere al siguranței la foc".

7.2. Lucrări de intervenție de tip reparație

7.2.1. Lucrările de intervenție de tip reparație constau în *restabilirea continuității aparente în masivul originar* și au ca scop limitarea/atenuarea deteriorărilor ulterioare.

Notă: Utilizarea termenului "restabilirea capacităților de rezistență și de deformație inițiale" este improprie datorită faptului că, urmare a solicitărilor în timp provenite din acțiunile agenților mecanici, fizici, chimici și biologici, proprietățile actuale ale zidăriilor sunt diferite, inferioare față de cele inițiale.

7.2.2. Lucrările de intervenție de tip reparație, cu caracter local, se fac, de regulă, pentru:

- toate cazurile pentru care se fac intervenții structurale;
- monumente puțin afectate, de regulă pentru afectări din cauze neseismice sau pentru monumente situate în zone de seismicitate redusă – zonele [E, F];
- monumente la care intervenția de tip "consolidare" nu este posibilă fără alterarea/pierderea semnificativă a valorii culturale.

7.2.3. Principalele categorii de lucrări de tip reparație la structurile din zidărie sunt:

- refacere cu cărămizi sau blocuri de piatră asemănătoare celor originare;
- injectare cu lapte de var (pentru completarea golurilor);
- injectare cu lapte de ciment (cu protejarea din interior a zonelor pictate);
- injectare însoțită de incizii metalice încrucișate;
- matarea crăpăturilor cu mortar de ciment;
- tratarea marilor dislocări cu mortar-beton armat cu fîloane de bare flexibile;
- matarea crăpăturilor deschise de pe paramentele pictate cu mortar cu caseinat de calciu;
- injectarea crăpăturilor fine cu pastă de caseinat de calciu.

Pentru elementele de beton armat, adăugate în timp cu ocazia diferitelor intervenții, eventualele fisuri ale acestora, se vor injecta cu rășini epoxidice.

Notă: Referitor la injectarea fisurilor se fac următoarele observații:

- fisurile mici (d < 2mm) nu se pot injecta sau injectarea lor implică materiale, dispozitive și utilaje care nu se găsesc în dotarea curentă a întreprinderilor din România;
- fisurile mari (d = 2-10 mm) pot fi injectate;
- pentru fisurile foarte mari (d > 10 mm) injectarea nu este eficientă și în aceste cazuri se realizează matarea;
- pentru elementele de beton armat injectarea fisurilor este eficientă pentru fisuri > 0,3 mm.

7.2.4. În vederea aplicării corecte și eficiente a acestor procedee, în cadrul documentațiilor de execuție pentru lucrările de reparații, vor fi prevăzute:

- planuri cu localizarea fiecărui tip de procedeu care va fi aplicat;
- "Caiete de sarcini" referitoare la rețetele și tehnologiile specifice fiecărui procedeu.

7.3. Lucrări de intervenție de tip consolidare

7.3.1. Principii generale

7.3.1.1. Lucrările de intervenție de tip consolidare au ca scop sporirea capacității de rezistență, a rigidității și a ductilității structurii/ construcției (sau numai a uneia dintre acestea), în vederea realizării nivelului de performanță prevăzut la art. 1.2.4.

Lucrările de consolidare se aplică:

- pentru structura în ansamblu;
- numai pentru unele elemente sau subansambluri structurale.

7.3.1.2. Lucrările de consolidare se aplică după sau în acelaşi timp cu lucrările de reparaţii structurale.

7.3.1.3. Decizia de consolidare se fundamentează pe baza concluziilor analizei calitative (cap. 5) şi ale evaluării prin calcul (cap. 6):

7.3.1.4. Decizia de consolidare prin introducerea unor elemente structurale suplimentare se ia în considerarea numai în cazurile în care structura originară este total necorespunzătoare în raport cu cerinţa de siguranţă seismica. În toate situaţiile elementele nou introduse trebuie să îndeplinească cerinţa de compatibilitate cu caracteristicile arhitecturale şi mecanice ale monumentului.

7.3.1.5. Conceptul general al intervenţiilor de consolidare consta în asocierea intimă a structurii existente cu structura nouă, prin aderenţă şi încleştare mecanică, astfel încât structura compozită rezultată să acţioneze ca un monobloc pentru orice solicitare ulterioară intervenţiei.

7.3.2. Lucrări de consolidare specifice monumentelor de cult

7.3.2.1. În cazul bisericilor concepţia de consolidarea consta în introducerea unor elemente de beton armat prin care se realizează:

- o macrostructură în podul bisericii cu rigiditate mare în plan orizontal şi vertical;
- suplimentarea zonei de infrastructură cu un sistem nou exterior/interior cu rezistenţa corespunzătoare la întindere, compresiune şi încovoiere;
- asocierea celor două complexe structurale cu un ansamblu de elemente verticale lamelare, şi eventual şi cu centuri intermediare, înglobate în pereţii de zidărie;
- consolidarea şi ancorarea turlelor de corpul bisericii.

7.3.2.2. Macrostructura din pod are ca scop oprirea procesului de fragmentare în "blocuri" la partea superioară.

În principiu acest complex structural cu legături monolite este compus din:

- o centură periferică de lățimea cornișei, dezvoltată pe orizontală și verticală;
- grinzi-tirant late, dispuse transversal, în dreptul elementelor verticale de pe fațadele laterale, rezistente la întindere și compresiune;
- o cămașă la nivelul butucului turlei;
- inele de întindere la baza cupolelor;
- grinzi jug care preiau turlele și le descarcă pe pereți prin intermediul elementelor verticale de beton armat înglobate în pereți.

7.3.2.3. Suplimentarea infrastructurii este necesară când se întâlnește una din următoarele situații:

- sistemul de fundare prezintă fracturi asociate sistemului global de avariere;
- clădirea este susceptibilă de alunecare împreună cu masivul;
- terenul de fundare este sensibil la umezire;
- sistemul de fundare este așezat pe fundații mai vechi;
- sistemul de fundare este insuficient sau lipsește

7.3.2.4. Intervențiile de consolidare a infrastructurii constau, de la caz la caz, în:

- intervenții la interior:
  - suportul pardoselii se realizează ca dala-diafragma (rigidă în plan orizontal);
  - un sistem de grinzi tirant transversale și un ansamblu de bi-triangulații pentru rigidizare dalei;
- intervenții la exterior:
  - centura periferica 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.

În toate situațiile când se fac intervenții din interior și din exterior se recomandă asocierea acestora.

7.3.2.5. Elementele lamelare verticale se dispun în punctele sensibile ale structurii cum sunt : colturi, intrânduri, la separațiile între pridvor/pronaos, pronaos/naos, absida altarului.

Se va asigura asocierea stabilă a acestor elemente cu zidăria originară prin aderența și prin încleștare mecanică.

În cazul bisericilor înalte sau slăbite de multe goluri se recomandă prevederea unei centuri orizontale intermediare care leagă elementele lamelare verticale.

Elementele de beton armat (verticale și orizontale) vor fi placate spre exterior cu cărămidă sau piatră (conform proiectului de restaurare).

7.3.2.6. Pentru consolidarea turlelor se prevăd măsuri pentru:

- realizarea unei carcase spațiale din elemente compozite ductile în corpul turlelor, când pictura de la interior nu permite realizarea unei coji de beton sau mortar armat, la interior;
- ancorarea turlelor în butucul inferior;
- devierea descărcării momentului de răsturnare de la arce la pereții longitudinali.

7.3.2.7. În locul carcaselor spațiale din beton armat se pot realiza și altfel de carcase, metalice, înglobate sau aparente (în zona podurilor de exemplu), acestea fiind ancorate corespunzător.

7.3.2.8. În cazul în care avem de a face cu structuri în care pe un butuc existent, turla nu mai există și trebuie realizată una nouă,

pe butucul consolidat, se va aşeza o structură de turlă nouă, uşoară, metalică sau de lemn.

7.3.3. Lucrări de intervenţii specifice turnurilor

7.3.3.1. Pentru consolidarea turnurilor se pot adopta după caz următoarele tipuri de intervenţii:

- reţea spaţială, de elemente verticale şi orizontale din beton armat înglobate la interior sau la exterior;
- coji interioare din beton armat;
- elemente metalice înglobate în zidărie;
- centuri metalice exterioare înglobate în zidărie.

7.3.3.2. Intervenţiile asupra fundaţiilor, în cazul în care acestea se află sub nivelul apelor freatice sau de infiltraţie se vor realiza numai după îndepărtarea apelor prin lucrări de drenaj corespunzătoare. Se recomandă ca traseul drenurilor sau canalizărilor să nu fie prevăzut în axul turnului.

7.3.4. Lucrări de intervenţie specifice clădirilor laice

7.3.4.1. Principiul de consolidare a structurilor verticale din zidărie ale clădirilor laice consta în realizarea unui material compozit prin asocierea zidăriei originare cu coji de beton armat sau mortar armat. Materialul rezultat are proprietăţi superioare de rezistenţă la întindere, forfecare directă, de ductilitate (în sens energetic) şi de stabilitate la degradare ciclică.

Notă: În cazul clădirilor de dimensiuni mici zidăria originară poate fi asociată cu coji de mortar armat

Nu se admite introducerea de pereţi structurali de beton armat, considerând că aceştia lucrează ca elemente verticale independente, neglijând aportul pereţilor originari de zidărie.

7.3.4.2. Cojile de beton armat vor fi aplicate pe suprafețe cât mai mari (pe cât mai mulți pereți) și vor avea grosimi cât mai mici. Armarea cojilor se va face cu o plasă din oțel ductil.

7.3.4.3. Conlucrarea între zidărie și coaja din beton se realizează prin aderența (condiționat de pregătirea corespunzătoare a suprafeței pereților) și încleștare mecanică (dornuri, incizii metalizate).

7.3.4.4. Zidăria originară poate fi consolidată și cu grile polimerice de înaltă densitate și rezistență printr-unul din următoarele procedee (în condițiile agrementelor tehnice corespunzătoare):

- inserția grilelor în asize;
- cămășuirea pereților verticali;
- confinarea componentelor structurale.

Notă: Procedeul permite utilizarea mortarelor de var sau adaosuri mici de ciment.

7.3.4.5. De asemenea se pot realiza consolidări cu procedeul adaosului unor elemente de zidărie armată sau cu elemente metalice înglobate.

7.3.4.6 Măsurile de consolidare a planșeelor vor fi corespunzătoare nivelului general al intervenției:

- în cazul unor intervenții maximale, la toate nivelurile, se va proceda, după caz, la:
  - înlocuirea planșeelor din lemn cu planșee din beton armat;
  - suprabetonarea planșeelor cu grinzi metalice și boltisoare din cărămidă sau sudarea de tălpile profilelor a unor diagonale din platbande sau oțel rotund :
- în cazul unor intervenții minimale se vor realiza cel puțin:
  - un planșeu de beton armat la ultimul nivel (în pod) sau diafragmă orizontală metalică de rezistență și rigiditate comparabilă;

- linii de grinzi centuri sau tiranți înglobați la celelalte niveluri;
- îmbunătățirea rigidității în plan orizontal a planșeelor din lemn prin adăugarea de scânduri la 45° sau alte sisteme ușoare de rigidizare.

7.3.4.7. Pentru clădirile la care se dorește numai păstrarea aspectului exterior se poate proceda la:

- demolarea structurii interioare (cu sprijinirea corespunzătoare a fațadelor);
- consolidarea pereților structurali exteriori;
- executarea unei structuri noi la interior.

7.3.4.8. În cazurile excepționale ale unor monumente istorice deosebit de valoroase la care nu se pot face intervenții la suprastructură fără alterarea semnificativă a valorii culturale se poate adopta soluția izolării seismice a bazei printr-unul din procedeele recunoscute și verificate în practică.

7.4. Evaluarea siguranței clădirii după intervenție

7.4.1. Evaluarea forței seismice necesare după consolidare ($S_{nec,cons}$)

7.4.1.1. Lucrările de intervenție descrise mai sus, atât pentru clădirile de cult cât și pentru cele laice, modifică, în general sistemul structural al clădirii și ca atare este necesară stabilirea unui nou model structural care să includă toate efectele intervenției.

7.4.1.2. Pentru noul model structural, se reevaluează forța seismica necesară cu relația 6.2, ținând seama, după caz, de coeficientul de reducere $\gamma_{red,nec}$.

7.4.1.3. În cazul în care prin intervenție s-a realizat un material compozit din zidăria originară și elemente de beton armat, coeficientul de comportare al clădirii se poate lua $\psi = 0.30\text{-}0.40$.

7.4.2. Evaluarea forței seismice capabile după consolidare ($S_{cap,cons}$)

7.4.2.1. Pentru evaluarea forței capabile a zidăriei se va folosi relația $\sigma_{0z} - \tau^*_{0z}$ fig. A1.1 de la art. 3.1.2.1.3.

Notă: Atât la subcapitolul 6.2.4. cât și la acest subcapitol în fig. A.1.1. pentru zidărie se dau valorile caracteristice și medii ale lui τ_{0z}, adică rezistențele medii de rupere în secțiune orizontală sau rezistențele caracteristice de rupere în secțiune orizontală. Aceste mărimi au caracter convențional și folosesc la evaluarea simplificată a capacităților de rezistență a elementelor de zidărie pentru mecanismul de rupere din forța tăietoare. Cu valorile medii se face evaluarea situației existente când se cunoaște bine starea de afectare a elementelor evaluate. Când nu se cunoaște starea de afectare la evaluarea capacității structurii existente și totdeauna la evaluarea capacității structurale după intervenții se întrebuințează numai valorile caracteristice.

7.4.2.2. Pentru evaluarea forței capabile a elementelor din beton armat sau mortar armat se iau valorile:

$\tau_{ob} = 0.045\ R_{cb}$ pentru elemente de beton slab armate:

$\tau_{ob} = 0.09\ R_{cb}$ pentru elemente de beton armate corespunzător (mai ales în ceea ce privește armarea transversală)

7.4.2.3. Predimensionarea ariei necesare a cojilor de beton armat sau mortar armat și a elementelor verticale de beton armat se poate face cu relația:

$$A_b = S_{u\,nec}/(0.045 \div 0.090)/R_{cb} \qquad (7.1)$$

(funcție de armarea transversala a elementelor de beton armat și caracteristicile de rigiditate ale acestora), unde:

$S_{u\,nec}$ este forța tăietoare necesară ultimă;

R_{cb} este marca betonului sau a mortarului, adică rezistențele medii la compresiune ale acestora.

În cazul cojilor sau elementelor cu dimensiuni geometrice care le dau caracter de zveltețe, pentru a tine seama de necesitatea sporirii secțiunilor pentru luarea în considerație a mecanismului de rupere din efort axial cu încovoiere, secțiunile astfel calculate se pot majora până la 50 %.

7.4.2.4. La intervențiile la care prin placarea elementelor de zidărie cu coji de beton armat sau mortar armat se urmărește numai sporirea capacități de rezistență la forța tăietoare forța capabilă se determina cu relația

$$S_{cap\ cons.} = A_z\ \tau^*_{0Z} + 0.045\ A_b R_{cb} \qquad (7.2.)$$

unde:

A_b este aria secțiunii orizontale a cojii de beton sau de mortar;

R_{cb} este marca betonului sau a mortarului mortarului, adică rezistentele medii la compresiune ale acestora.

7.4.2.5. Calculul ariei armăturilor orizontale ale elementelor de beton armat sau ale cojilor pe o înălțime egală cu lățimea acestora, se face, neglijând aportul zidăriei, betonului sau mortarului, cu relația:

$$A_{cf} = 1.2\ S_{cap}/R_{ao} \qquad (7.3.)$$

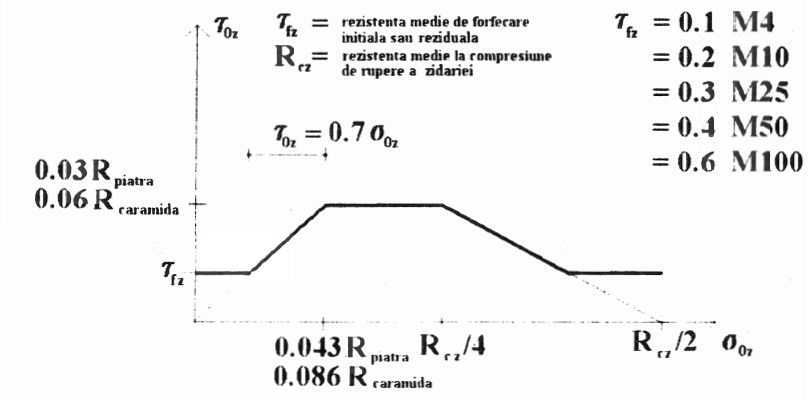
7.4.3. Evaluarea gradului de asigurare după consolidare

7.4.3.1. Calculul gradului nominal de asigurare după consolidare se face cu relația:

$$R = \frac{S_{cap\ cons}}{S_{u\ nec\ cons}} \qquad (7.4.)$$

în care $R \geq \gamma_{red\ nec}$ stabilit pentru soluția de consolidare.

FIGURI



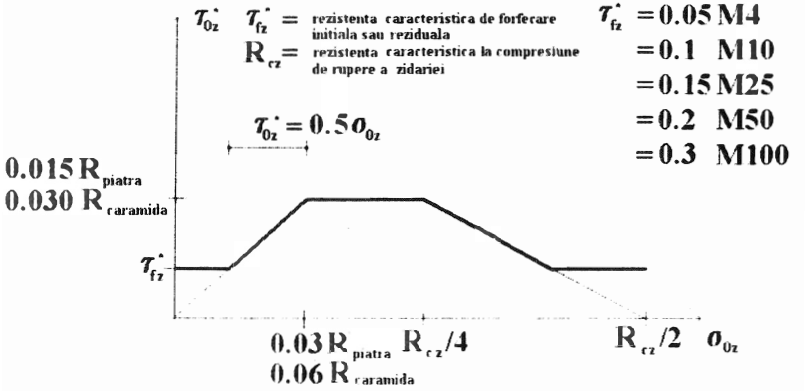


Fig. A. 1.1. Rezistențele medii și caracteristice de rupere la forfecare ale zidăriei în funcție de efortul mediu de compresiune centrică

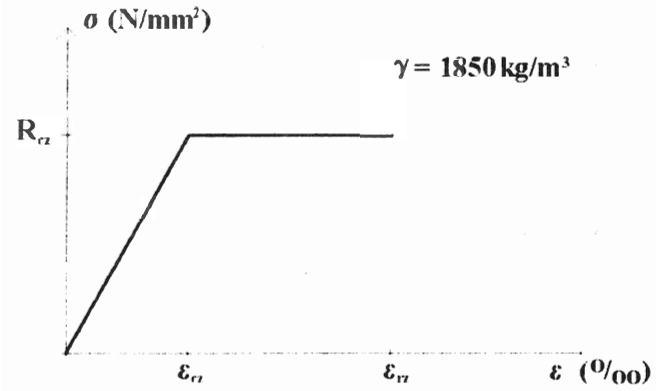


Fig. A. 1.2. Legea constitutivă a zidăriei

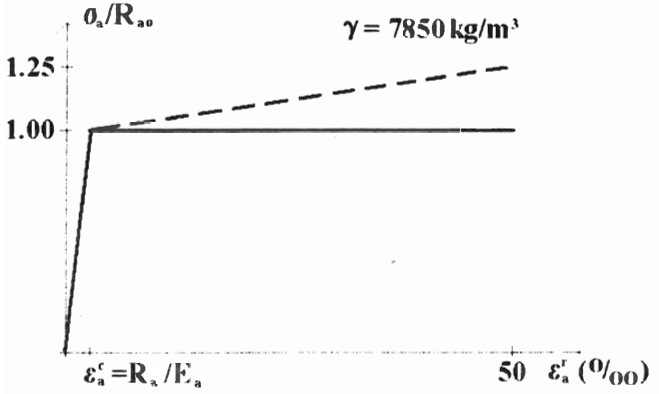


Fig. A. 1.3. Legea constitutivă a oțelului

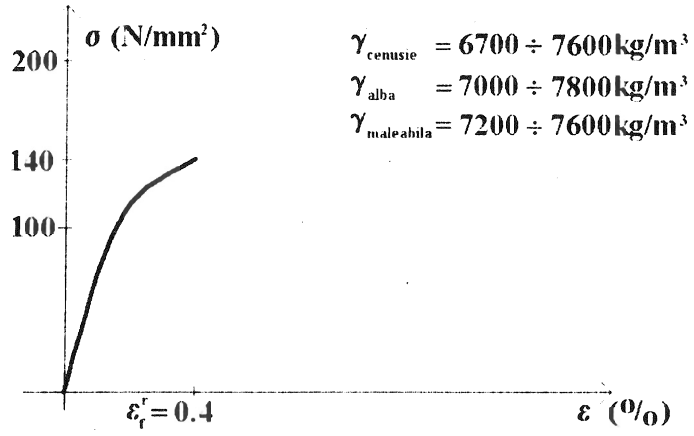


Fig. A.1.4. Legea constitutivă a fontei

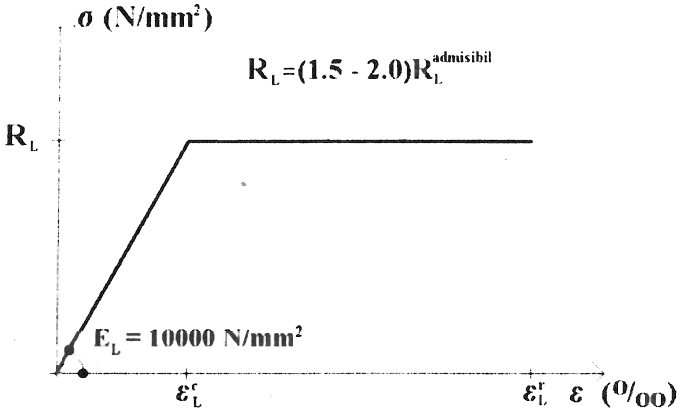


Fig. A. 1.5. Legea constitutivă a lemnului

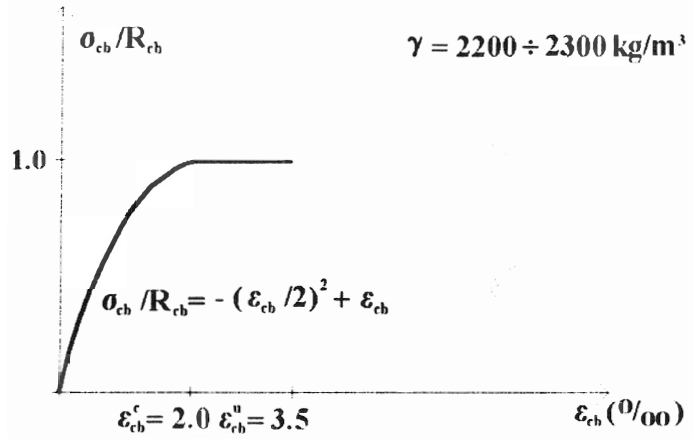


Fig. A.1.6. Legea constitutivă a betonului (zona comprimată)

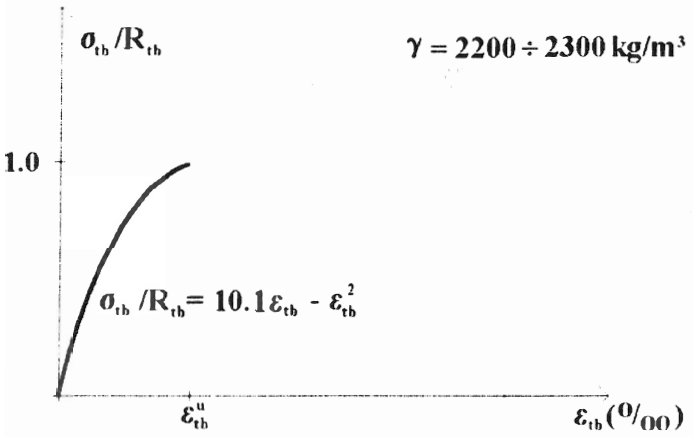


Fig. A. 1.7. Legea constitutivă a betonului (zona întinsă)

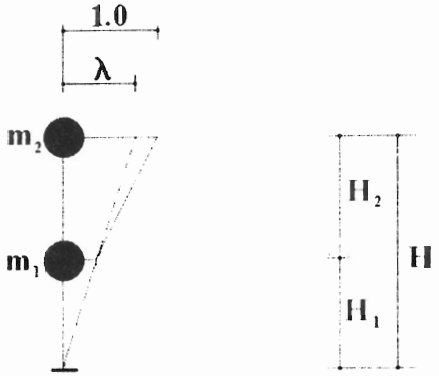


Fig. A. 1.8.

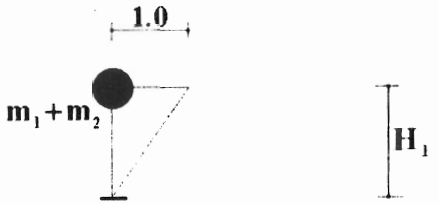


Fig. A. 1.9.

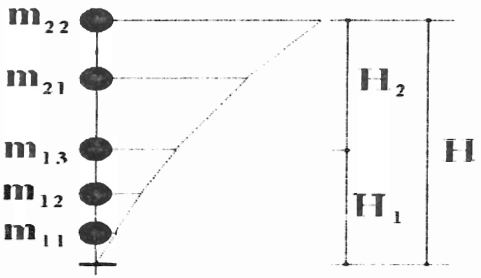
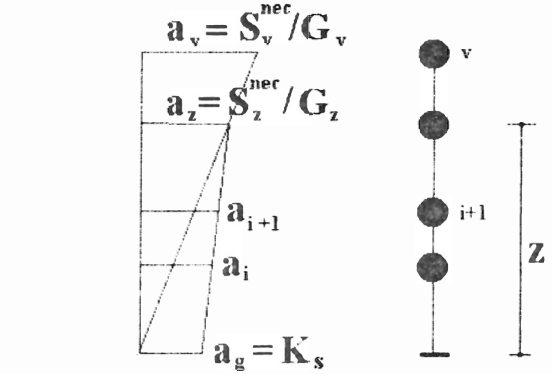


Fig. A1.10.



G_v = greutatea constructiei la nivelul planseului v

G_z = greutatea constructiei la nivelul planseului z

$S^{nec} = a\ q$

$a = (a_i + a_{i+1})/2$

(pe inaltimea unui nivel)

Fig. A1.11.