

# Reglementare tehnică "Cod de proiectare. Bazele proiectării structurilor în construcții", indicativ CR 0-2005

din 27/12/2005

Publicat în Monitorul Oficial, Partea I nr. 148bis din 16/02/2006

Intra în vigoare la data de 01 ianuarie 2007

## 1. Generalități

Codul cuprinde principiile, elementele și datele de bază necesare pentru clasificarea acțiunilor/încărcărilor și gruparea efectelor structurale ale acțiunilor/încărcărilor pentru proiectarea clădirilor și structurilor în acord cu dezvoltările din următoarele coduri de proiectare avansate: Eurocodul 0, EN 1990:2002, codurile americane ASCE 7-95, ASCE 7-98:2000 și documentul ISO 2394/1993.

Codul se înscrie în procesul de armonizare a legislației tehnice românești pentru proiectarea construcțiilor cu cea din Comunitatea Europeană, îmbunătățind nivelul de siguranță a structurilor și construcțiilor din România.

### 1.1. Scopul

Prezentul cod se referă la clasificarea acțiunilor/încărcărilor și gruparea efectelor structurale ale acțiunilor/încărcărilor pentru proiectarea clădirilor și structurilor.

### 1.2. Definiții

#### 1.2.1. Definiții referitoare la acțiuni în construcții

##### 1.2.1.1. Acțiuni (F)

Acțiunile asupra construcțiilor se pot exprima prin:

- a) Forțe/încărcări aplicate asupra structurii (acțiuni directe);
- b) Accelerații provocate de cutremure sau alte surse (acțiuni indirecte);
- c) Deformații impuse cauzate de variații de temperatură, umiditate sau tasări diferențiate sau provocate de cutremure (acțiuni indirecte).

##### 1.2.1.2. Efect al acțiunii (E)

Efectul acțiunii/acțiunilor pe structură se poate exprima în termeni de efort secțional și/sau efort unitar în elementele structurale, precum și în termeni de deplasare și/sau rotație pentru elementele structurale și structura în ansamblu.

##### 1.2.1.3. Acțiune permanentă (G)

Acțiune pentru care variația în timp este nulă sau neglijabilă.

##### 1.2.1.4. Acțiune variabilă (Q)

Acțiune pentru care variația în timp a parametrilor ce caracterizează acțiunea nu este nici monotonă nici neglijabilă.

##### 1.2.1.5. Acțiune accidentală (A)

Acțiune de durată scurtă dar de intensitate semnificativă, ce se exercită cu probabilitate redusă asupra structurii în timpul duratei sale de viață proiectate.

Notă - De obicei cutremurul și impactul reprezintă acțiuni accidentale, iar zăpada și vântul reprezintă acțiuni variabile.

##### 1.2.1.6. Acțiune seismică (A)

Acțiune asupra structurii datorată mișcării terenului provocată de cutremure.

##### 1.2.1.7. Acțiune geotehnică

Acțiune transmisă structurii de către pământ și/sau apa subterană.

##### 1.2.1.8. Acțiune fixă și acțiune liberă

Acțiunea fixă are distribuția și poziția fixe pe structură. Acțiunea liberă poate avea diverse distribuții și poziții pe structură.

##### 1.2.1.9. Acțiune statică

Acțiune care nu provoacă forțe de inerție pe structură și elementele sale structurale.

#### **1.2.1.10. Acțiune dinamică**

Acțiune care provoacă forțe de inerție semnificative pe structură și elementele sale structurale.

#### **1.2.1.11. Acțiunea cvasistatică**

Acțiune dinamică reprezentată printr-o acțiune statică echivalentă.

#### **1.2.1.12. Valoare caracteristică a unei acțiuni $[F(k)]$**

Valoarea caracteristică a unei acțiuni corespunde unei probabilități mici de depășire a acțiunii în sensul defavorabil pentru siguranța structurii în timpul unui interval de timp de referință. Valoarea caracteristică se determină ca fracții al repartiției statistice a acțiunii.

#### **1.2.1.13. Valoare cvasipermanentă a unei acțiuni variabile ( $\psi_2 Q(k)$ )**

Valoare exprimată ca o fracțiune din valoarea caracteristică a acțiunii printr-un coeficient  $\psi_2 \leq 1$ .

#### **1.2.1.14. Valoare de calcul a unei acțiuni $[F(d)]$**

Valoare obținută prin multiplicarea valorii caracteristice  $F(k)$  cu un coeficient parțial de siguranță,  $\gamma(f)$  ce ia în considerație incertitudinile nealeatoare, cu caracter defavorabil asupra siguranței structurale, ce caracterizează acțiunea.

### **1.2.2. Definiții referitoare la rezistențele materialelor structurale**

#### **1.2.2.1. Valoare caracteristică a unei rezistențe $[R(k)]$**

Valoarea caracteristică a unei rezistențe a materialului structural corespunde unei probabilități mici de nedepășire a rezistenței. Această valoare se determină ca un fractil inferior al repartiției statistice a rezistenței materialului.

O valoare nominală, stabilită deterministic, poate fi folosită ca valoare caracteristică în lipsa datelor statistice.

#### **1.2.2.2. Valoare de calcul a unei rezistențe $[R(d)]$**

Valoare obținută prin împărțirea valorii caracteristice,  $R(k)$  la un coeficient parțial de siguranță,  $\gamma(m)$  ce ia în considerare incertitudinile nealeatoare, cu caracter defavorabil asupra siguranței structurale, ce caracterizează rezistența.

#### **1.2.2.3. Valoare nominală $[R(\text{nom})]$**

Valoare din documente specifice de material sau de produs utilizată în lipsa datelor statistice.

### **1.2.3. Termeni referitori la geometria structurii**

#### **1.2.3.1. Valoare caracteristică a unei proprietăți geometrice $[a(k)]$**

Valoarea caracteristică a unei proprietăți geometrice  $[a(k)]$  corespunde, de obicei, dimensiunilor specificate în proiect.

#### **1.2.3.2. Valoare de calcul a unei proprietăți geometrice**

Valoarea de calcul a unei proprietăți geometrice este egală, în general, cu valoarea caracteristică.

### **1.2.4. Termeni referitori la analiza structurală**

#### **1.2.4.1. Analiza structurală**

Analiza structurală cuprinde (i) metodele de calcul a efectelor structurale ale acțiunilor și (ii) metodele de calcul a rezistențelor structurii, elementelor structurale, secțiunii elementelor și punctual în secțiune.

### **1.2.5. Definiții privind proiectarea construcțiilor**

#### **1.2.5.1. Durata de viață proiectată**

Intervalul de timp estimat pentru care structura (sau o parte a acesteia) poate să fie utilizată conform destinației/funcțiunii prevăzute.

#### **1.2.5.2. Stări limită**

Stări în afara cărora structura nu mai satisface criteriile adoptate de proiectare.

#### **1.2.5.3. Stări limită ultime**

Stări asociate cu prăbușirea sau cu forme similare de cedare structurală.

#### **1.2.5.4. Stări limită de serviciu**

Stări dincolo de care cerințele necesare pentru utilizarea în condiții normale a construcției/structurii nu mai sunt îndeplinite.

#### **1.2.5.5. Valoare nominală**

Valoare fixată pe baze nestatistice, de exemplu pe baza experienței acumulate sau pe alte baze raționale.

### **1.3. Cerințe de bază**

O structură trebuie proiectată și executată în așa fel încât, pe durata vieții considerate la proiectare, să satisfacă următoarele cerințe de bază: rezistență structurală, funcționalitate și durabilitate.

În caz de incendiu, rezistența structurală trebuie menținută pentru o perioadă de timp determinată.

O structură trebuie proiectată astfel încât să nu ajungă în situații de colaps parțial sau total datorită unor evenimente precum exploziile și impactul.

Avarierea și degradarea unei structuri trebuie evitate sau limitate prin:

- eliminarea sau reducerea hazardurilor la care poate fi expusă;
- alegerea unui tip de structură ce este puțin vulnerabilă la hazardurile considerate;
- evitarea unor sisteme structurale ce pot ceda fără avertisment;

- utilizarea unor sisteme structurale unde elementele structurale conlucrează în preluarea acțiunilor.
- Cerințele de bază trebuie îndeplinite:
- prin alegerea materialelor structurale adecvate;
  - prin proiectarea și detalierea constructivă corespunzătoare;
  - prin specificarea procedurilor de control în proiectare, în fabrici de produse pentru construcții și în execuția și exploatarea structurii considerate.

La cererea autorităților competente trebuie efectuate teste de încărcare asupra construcțiilor, atunci când există motive de verificare a siguranței construcției remarcate de către utilizatori.

#### 1.4. Ipoteze

Proiectarea se consideră că îndeplinește cerințele necesare dacă sunt îndeplinite următoarele:

- alegerea sistemului structural și proiectarea structurii se efectuează de personal cu calificarea și experiența adecvată;
- execuția se efectuează de un personal cu calificare și experiență adecvată;
- calitatea execuției lucrărilor pe șantier și în fabrică se asigură prin supraveghere și control;
- materialele și produsele de construcții sunt utilizate conform specificațiilor EN 1990 până la EN 1999 sau după norme naționale relevante pentru materiale și produse pentru construcții;
- structura beneficiază de o întreținere adecvată;
- structura se utilizează în conformitate cu ipotezele admise la proiectare.

Notă - Pot exista cazuri când ipotezele de mai sus trebuie să fie suplimentate.

#### 1.5. Durata de viață proiectată

Durata de viață a structurii/construcției trebuie specificată. Durata de viață proiectată a structurii/construcției poate fi simplificat considerată ca în Tabelul 1.1

Tabelul 1.1

Durata de viață a structurii/construcției pentru proiectare

Durata de viata proiectata, in ani	Exemple
$\geq 100$	Structuri monumentale, poduri si alte structuri pentru lucrari ingineresti importante
50 - 100	Cladiri si structuri obisnuite
10 - 30	Constructii agricole sau similare Parti de structura ce pot fi inlocuite (de exemplu reazeme)
$\leq 10$	Structuri tranzitorii

Notă - Structurile sau părți ale structurilor ce pot fi dezmembrate pentru a fi refolosite nu trebuie să fie considerate ca tranzitorii.

#### 1.6. Durabilitate

Structura trebuie proiectată astfel încât deteriorarea sa pe durata de viață proiectată să nu afecteze performanțele construcției luându-se în considerare atât condițiile de mediu în care structura este expusă cât și un nivel de întreținere corespunzător.

Condițiile de mediu trebuie identificate în faza de proiectare.

Gradul de deteriorare poate fi estimat pe baza calculelor, a cercetărilor experimentale și experienței obținute de la construcțiile similare precedente.

### 2. Principiile proiectării la stări limită

#### 2.1. Generalități

Pentru o funcțiune dată, proiectarea structurilor trebuie efectuată în funcție de destinația, importanța și valoarea construcției.

Trebuie făcută distincția între stările limită ultime și stările limită de serviciu (exploatare).

Verificarea stărilor limită care se referă la efecte dependente de timp trebuie asociată cu durata de viață proiectată a structurii. Se notează că majoritatea efectelor dependente de timp sunt cumulative.

## **2.2. Stări limită ultime**

Stările limită ce implică protecția vieții oamenilor și a siguranței structurii sunt clasificate ca stări limită ultime.

Stările limită ce implică protecția unor bunuri de valoare deosebită trebuie de asemenea clasificate ca stări limită ultime. Asemenea cazuri sunt stabilite de către client și autoritatea relevantă.

Și următoarele stări limită ultime trebuie verificate, acolo unde pot fi relevante pentru siguranța structurii:

- pierderea echilibrului structurii sau a unei părți a acesteia, considerate ca un corp rigid;
- cedarea prin deformații excesive, transformarea structurii sau a oricărei părți a acesteia într-un mecanism;
- pierderea stabilității structurii sau a oricărei părți a acesteia, incluzând reazemele și fundațiile;
- cedarea cauzată de alte efecte dependente de timp.

Notă - Se notează că cedarea datorită deformației excesive este o cedare structurală datorată instabilității mecanice.

## **2.3. Stări limită de serviciu**

Stările limită ce iau în considerare funcționarea structurii sau a elementelor structurale în condiții normale de exploatare, confortul oamenilor/ocupanților construcției și limitarea vibrațiilor, deplasărilor și deformațiilor structurii sunt clasificate ca stări limită de serviciu.

## **2.4. Proiectarea la stări limită**

Proiectarea la stări limită trebuie să se bazeze pe utilizarea unor modele de calcul structural și pentru acțiuni, relevante pentru stările limită considerate.

Verificările trebuie efectuate pentru toate cazurile semnificative și raționale de combinare de încărcări/efecte ale încărcărilor.

La proiectare trebuie să se țină seama și de posibilele abateri de la direcțiile și pozițiile presupuse ale acțiunilor precum și de eventualele imperfecțiuni geometrice ale construcției.

Cerințele de proiectare în raport cu starea limită trebuie îndeplinite utilizând coeficienții de siguranță parțiali specificați în capitolul 4.

Ca alternativă, poate fi efectuată o proiectare bazată direct pe metode probabilistice.

## **3. Variabile de bază**

### **3.1. Acțiuni**

#### **3.1.1. Clasificarea acțiunilor**

O acțiune este descrisă de un model, mărimea acesteia fiind reprezentată în majoritatea cazurilor de un scalar ce poate avea diferite valori reprezentative.

Acțiunile pot fi clasificate după variația lor în timp astfel:

- Acțiuni permanente (G), de exemplu: acțiuni directe precum greutatea proprie a construcției, a echipamentelor fixate pe construcții și acțiuni indirecte datorate contracției betonului, tasărilor diferențiate și precomprimării;

- Acțiuni variabile (Q), de exemplu: acțiuni pe planșeele și acoperișurile clădirilor, acțiunea zăpezii, acțiunea vântului, împingerea pământului, a fluidelor și a materialelor pulverulente și altele;

- Acțiuni accidentale (A), de exemplu cutremurul, exploziile, impactul vehiculelor.

Acțiunile sunt clasificate, după natura răspunsului structural, în acțiuni statice și acțiuni dinamice.

#### **3.1.2. Valori caracteristice ale acțiunilor**

Valoarea caracteristică,  $F(k)$  a unei acțiuni este o valoare reprezentativă a acesteia și trebuie determinată:

- Pe baze probabilistice printr-un fractil superior al repartiției statistice a acțiunii;
- Pe baze deterministice, printr-o valoare nominală utilizată în lipsa datelor statistice.

Nota 1 - Deterministic, greutatea proprie a structurii poate fi reprezentată de o singură valoare caracteristică, valoare calculată pe baza dimensiunilor nominale și a maselor unitare medii.

Dacă variabilitatea statistică a acțiunii G nu poate fi neglijată (coeficientul de variație al acțiunii peste 0,05) și/sau pentru structurile a căror siguranță este sensibilă la variația lui G, în proiectare trebuie utilizate acele valori ale lui G ce au un efect defavorabil asupra siguranței. Acele valori pot fi după caz fie  $G(k,inf)$  - reprezentat de fractilul 5% al repartiției statistice a acțiunii G, fie  $G(k,sup)$  - reprezentat de fractilul 95% al repartiției statistice a acțiunii G.

Nota 2 - Pretensionarea (P) trebuie clasificată ca o acțiune permanentă cauzată de forțe controlate și/sau de deformații controlate impuse pe o structură. Tipul de pretensionare trebuie diferențiat funcție de soluție (de exemplu pretensionare prin toroane, pretensionarea prin deformații impuse reazemelor).

Valorile caracteristice ale pretensionării, la un timp  $t$ , pot fi o valoare superioară  $P(k, \text{sup})(t)$  și o valoare inferioară  $P(k, \text{inf})(t)$ . Pentru stările limită ultime, poate fi utilizată o valoare medie  $P(m)(t)$ .

Nota 3 - În general, valoarea caracteristică a acțiunilor din vânt și din zăpadă se definește prin probabilitatea de nedepășire de 2% într-un an ceea ce corespunde unui interval mediu de recurență a unei valori mai mari de 50 ani,  $\text{IMR} = 50$  ani. În anumite cazuri valoarea caracteristică a acestor acțiuni climatice se poate defini și cu alte probabilități de nedepășire într-un an.

Nota 4 - Pentru acțiuni accidentale, valoarea de proiectare  $A(d)$  trebuie specificată pentru fiecare proiect individual în parte.

### 3.1.3. Alte valori reprezentative ale acțiunilor variabile

Alte valori reprezentative ale unei acțiuni variabile sunt:

a) Valoarea frecvență, reprezentată de produsul  $\psi_1 Q(k)$ , această valoare este apropiată de o valoare centrală a repartiției statistice a valorilor acțiunii;

b) Valoarea cvasipermanentă, reprezentată de produsul  $\psi_2 Q(k)$ ; această valoare este folosită pentru verificarea la stări limită ultime ce implică acțiuni accidentale și pentru verificarea la stări limită de serviciu reversibile. Valorile cvasipermanente sunt utilizate și pentru calculul efectelor pe termen lung.

### 3.1.4. Reprezentarea acțiunilor dinamice

Acțiunile dinamice sunt exprimate, în general, ca acțiuni statice echivalente aplicând coeficienți dinamici de amplificare unei încărcări statice.

Când acțiunile dinamice produc un răspuns dinamic semnificativ al structurii, analiza structurii trebuie să fie o analiză dinamică.

### 3.1.5. Influența mediului

În alegerea materialelor, concepției structurii și pentru proiectarea de detaliu trebuie considerată influența factorilor de mediu ce pot afecta durabilitatea structurii.

### 3.2. Rezistențele materialelor structurale

Valorile caracteristice ale rezistenței materialelor structurale sunt determinate probabilistic pe bază de încercări standardizate efectuate în condiții specificate.

Valorile caracteristice ale rezistențelor materialelor structurale sunt definite uzual prin fractilul 5% al repartiției statistice a rezistenței.

Când nu sunt disponibile date statistice suficiente pentru a stabili valorile caracteristice ale rezistențelor materialului, pot fi luate ca valori caracteristice valorile nominale ale rezistenței.

Parametrii de rigiditate structurală (de exemplu modulul de elasticitate), coeficienții de curgere lentă și coeficienții de dilatare termică sunt reprezentați în proiectare prin valori medii.

Notă - În unele cazuri, poate fi necesar a se lua în considerare pentru modulul de elasticitate o valoare superioară sau inferioară mediei (de exemplu în cazul instabilității).

### 3.3. Geometria structurii

În proiectarea structurilor și a elementelor structurale trebuie luate în considerare imperfecțiuni geometrice care au un efect defavorabil asupra siguranței structurale.

### 3.4. Modelarea structurală

Modelele structurale trebuie alese astfel încât să permită evaluarea comportării structurii cu un nivel de exactitate acceptabil.

Dacă nu sunt disponibile modele de calcul adecvat, și pentru a se confirma prin verificări ipotezele adoptate, proiectarea asistată de rezultate ale încercărilor trebuie să fie considerată ca o opțiune.

După caz, trebuie luate în considerare și incertitudinile statistice datorate numărului limitat de rezultate.

### 4. Proiectarea prin metoda coeficienților parțiali de siguranță

#### 4.1. Generalități

Metoda coeficienților parțiali de siguranță constă în verificarea tuturor situațiilor de proiectare astfel încât nici o stare limită să nu fie depășită atunci când sunt utilizate valorile de calcul pentru acțiuni sau efectele lor pe structura și valorile de calcul pentru rezistențe.

Pentru situațiile de proiectare selectate și stările limită considerate, acțiunile individuale trebuie grupate conform regulilor din acest capitol.

Evident acțiunile care nu pot exista fizic simultan nu se iau în considerare împreună în grupări de acțiuni/efecte structurale ale acțiunilor.

Valorile de calcul sunt obținute din valorile caracteristice utilizându-se coeficienții parțiali de siguranță sau alți coeficienți după cum sunt definiți în acest capitol.

Valorile de calcul pot fi alese și direct atunci când se aleg valori conservative.

Metoda se referă la verificările la starea limită ultimă și la starea limită de serviciu a structurilor supuse la încărcări statice, precum și la cazurile în care efectele dinamice pe structură sunt determinate folosind încărcări statice echivalente (de exemplu efectele dinamice produse de vânt sau induse de trafic).

Pentru calculul structurilor în domeniul nelinier de comportare și pentru calculul structurilor la oboseală trebuie aplicate reguli specifice.

#### 4.2. Valori de calcul

##### 4.2.1. Valori de calcul ale acțiunilor

Valoarea de calcul,  $F(d)$  a unei acțiuni  $F$  se exprimă astfel:

$$F(d) = \gamma(f) F(k) \quad (4.1)$$

unde:

$F(k)$  - este valoarea caracteristică a acțiunii

$\gamma(f)$  - coeficient parțial de siguranță pentru acțiune ce ține seama de posibilitatea unor abateri nefavorabile și nealeatoare a valorii acțiunii de la valoarea sa caracteristică.

##### 4.2.2. Valori de calcul ale efectelor acțiunilor

Valoarea de calcul a efectului pe structură al acțiunii,  $E(d)$  se calculează ca fiind efectul pe structură al acțiunii,  $E(Fd)$  înmulțit cu coeficientul parțial de siguranță  $\gamma(Sd)$ :

$$E(d) = \gamma(Sd) \cdot E(Fd) \quad (4.2)$$

Coeficient parțial de siguranță,  $\gamma(Sd)$  evaluează incertitudinile privind modelul de calcul al efectului în secțiune al acțiunii  $F(d)$

Alternativ, efectele acțiunilor pe structură,  $E(d)$  se pot determina și sub forma:

$$E(d) = E[\gamma(Sd) \cdot \gamma(f) \cdot F(k)] \quad (4.3)$$

##### 4.2.3. Valori de calcul ale rezistențelor materialelor structurale

Valoarea de calcul a rezistenței unui material structural,  $X(d)$  se exprimă astfel:

$$X(d) = \frac{X(k)}{\gamma(m)} \quad (4.4)$$

unde:

$X(k)$  - este valoarea caracteristică a rezistenței materialului;

$\gamma(m)$  - coeficientul parțial de siguranță pentru rezistența materialului ce ține seama de posibilitatea unor abateri nefavorabile și nealeatoare a rezistenței materialului de la valoarea sa caracteristică, precum și de efectele de conversie (de volum, scară, umiditate, temperatură, timp) asupra rezistenței materialului.

##### 4.2.4. Valori de calcul ale rezistențelor elementelor structurale

Valoarea de calcul a rezistenței secționare,  $R(d)$  se calculează ca fiind valoarea rezistenței secționare calculată cu valoarea de calcul a rezistenței materialului,  $R[X(k)/\gamma(m)]$  înmulțită cu coeficientul parțial de siguranță  $1/\gamma(Rd)$ :

$$R(d) = \frac{1}{\gamma(Rd)} \cdot R \left[ \frac{X(k)}{\gamma(m)} \right] \quad (4.5)$$

Coeficientul parțial de siguranță,  $1/\gamma(Rd)$  evaluează incertitudinile privind modelul de calcul al rezistenței secționale, inclusiv abaterile geometrice.

Alternativ, rezistența secțională,  $R(d)$  se poate determina și sub forma:

$$R(d) = R \left| \frac{1}{\gamma(Rd)} \right. \cdot \left. \frac{1}{\gamma(m)} \right. \cdot X(k) \left| \right. \quad (4.6)$$

### 4.3. Stări limită ultime

#### 4.3.1. Generalități

Verificarea structurilor se face la următoarele stări limită ultime:

**a)** Cedarea structurală și/sau deformarea excesivă a elementelor structurii/infrastructurii/terenului;

**b)** Pierderea echilibrului static al structurii sau a unei părți a acesteia, considerată corp rigid.

Verificarea structurală la starea limită de oboseală se regăsește în norme specifice.

#### 4.3.2. Verificări de rezistență

Verificarea la starea limită de cedare structurală a unei secțiuni/element sau îmbinare se face cu relația:

$$E(d) \leq R(d) \quad (4.7)$$

**E(d)** - este valoarea de calcul a efectelor acțiunilor în secțiune pentru starea limită ultimă considerată.

**R(d)** - este valoarea de calcul a rezistenței secționate de aceeași natură cu efectul acțiunii în secțiune.

#### 4.3.3. Verificări de echilibru static

Verificarea la starea limită de echilibru static a structurii se face cu relația:

$$E(d, dst) \leq E(d, stb) \quad (4.8)$$

$E(d, dst)$  - este valoarea de calcul a efectului acțiunilor ce conduc la pierderea echilibrului static.

$E(d, stb)$  - este valoarea de calcul a efectului acțiunilor ce se opun pierderii echilibrului static.

#### 4.3.4. Gruparea efectelor structurale ale acțiunilor, pentru verificarea structurilor la stări limită ultime

Structura, infrastructura și terenul de fundare vor fi proiectate la stări limită ultime, astfel încât efectele acțiunilor de calcul în secțiune, luate conform următoarelor combinații factorizate:

$$1,35 \sqrt{\sum_{j=1}^n G(k, j)} + 1,5 Q(k, 1) + \sqrt{\sum_{j=2}^m 1,5 \psi(0, i) Q(k, i)} \quad (4.9)$$

să fie mai mici decât rezistențele de calcul în secțiune.

În relația 4.9 simbolul "+" înseamnă "în combinație cu" sau "efectul combinat al".

$G(k, i)$  - este efectul pe structură al acțiunii permanente  $i$ , luată cu valoarea sa caracteristică.

$Q(k, i)$  - efectul pe structură al acțiunii variabile  $i$ , luată cu valoarea sa caracteristică;

$Q(k, 1)$  - efectul pe structură al acțiunii variabile, ce are ponderea predominantă între acțiunile variabile, luată cu valoarea sa caracteristică;

$\psi(0, i)$  este un factor de simultaneitate al efectelor pe structură ale acțiunilor variabile  $i$  ( $i = 2, 3 \dots m$ ) luate cu valorile lor caracteristice, având valoarea:

$$\psi(0, i) = 0,7 \quad (4.10)$$

cu excepția încărcărilor din depozite și a acțiunilor provenind din împingerea pământului, a materialelor pulverulente și a fluidelor/apei unde:

$$\psi(0, i) = 1,0 \quad (4.11)$$

De exemplu, în cazul unei structuri acționată predominant de efectele acțiunii vântului, relația (4.9) se scrie:

$$1,35 \sqrt{\sum_{j=1}^n G(k, j) + 1,5 V(k) + 1,05[Z(k) \text{ sau } U(k)]}$$

iar în cazul unui acoperiș acționat predominant de efectele zăpezii, relația (4.9) se scrie:

$$1,35 \sqrt{\sum_{j=1}^n G(k, j) + 1,5 Z(k) + 1,05[V(k) \text{ sau } U(k)]}$$

unde:

**G(k)** - este valoarea efectului acțiunilor permanente pe structură, calculată cu valoarea caracteristică a acțiunilor permanente;

**Z(k)** - valoarea efectului acțiunii din zăpadă pe structură, calculată cu valoarea caracteristică a încărcării din zăpadă;

**V(k)** - valoarea efectului acțiunii vântului pe structură, calculat cu valoarea caracteristică a acțiunilor vântului;

**U(k)** - valoarea efectului acțiunilor datorate exploatării construcției (acțiunile "utile") calculată cu valoarea caracteristică a acțiunilor datorate exploatării.

Acțiunile permanente ce au un efect favorabil asupra siguranței structurilor (de exemplu la starea limită de echilibru static) se iau conform următoarei combinații:

$$0,9 \sqrt{\sum_{j=1}^n G(k, j) + 1,5 Q(k, 1)} + \sqrt{\sum_{i=2}^m 1,5 \psi(0, i) Q(k, i)} \quad (4.12)$$

De exemplu, în cazul unei structuri acționată simultan de efectele împingerii pământului sau a unor materiale pulverulente și de efectul vântului, relația (4.12) se scrie:

$$0,9 \sqrt{\sum_{j=1}^n G(k, j) + 1,5 H(k) + 1,05 V(k)}$$

unde H(k) este valoarea efectului acțiunii datorită împingerii, calculată cu valoarea caracteristică a împingerii.



În cazul acțiunii seismice, relația de verificare la stări limită ultime (4.9) se scrie după cum urmează:

$$\sqrt{\sum_{j=1}^n G(k, j) + \gamma(I) A(E_k)} + \sqrt{\sum_{i=1}^m \psi(2, i) Q(k, i)} \quad (4.13)$$

unde:

$A(E_k)$  - este valoarea caracteristică a acțiunii seismice ce corespunde intervalului mediu de recurență, IMR adoptat de cod (IMR = 100 ani în P100-2005);

$\psi(2, i)$  - coeficient pentru determinarea valorii cvasipermanente a acțiunii variabile  $Q(i)$  având valorile recomandate în Tabelul 4.1;

$\gamma(I)$  - coeficient de importanță a construcției/structurii având valorile din Tabelul 4.2 în funcție de clasa de importanță a construcției, Anexa 1.

Tabelul 4.1

Coeficient pentru determinarea valorii cvasipermanente a acțiunii variabile ca fracțiune din valoarea caracteristică a acțiunii

Tipul acțiunii	$\psi(2, i)$
Acțiuni din vant si Acțiuni din variatii de temperatura	0
Acțiuni din zapada si Acțiuni datorate exploatarii	0,4
Incarcari in depozite	0,8

Dacă acțiunea permanentă are un efect favorabil asupra siguranței seismice a structurii, coeficientul parțial de siguranță aplicat acțiunilor permanente având valoarea 1,0 în relația (4.13) se modifică și va avea valoarea 0,9.

Tabelul 4.2

Coeficient de importanță a construcției

Clasa de importanta a constructiei/ structurii	Tipul functiunii constructiei/structurii	$\gamma(I)$
1	Cladiri si structuri esentiale pentru societate	1,4
2	Cladiri si structuri ce pot provoca in caz de avariere un pericol major pentru viata oamenilor	1,2
3	Toate celelalte constructii si structuri cu exceptia celor din clasele 1, 2 si 4	1,0
4	Cladiri si structuri temporare	0,8

#### 4.4. Stări limită de serviciu

##### 4.4.1. Gruparea efectelor structurale ale acțiunilor, pentru verificarea structurilor la stări limită de serviciu

Structura, infrastructura și terenul de fundare vor fi proiectate la stări limită de serviciu astfel încât efectele acțiunilor de calcul pe structură/element/secțiune, luate conform următoarelor combinații factorizate:

a) Gruparea caracteristică de efecte structurale ale acțiunilor:

$$\sqrt[n]{G(k,j) + Q(k,1)} + \sqrt[m]{\psi(0,i) Q(k,i)} \quad (4.14)$$

b) Gruparea frecvență de efecte structurale ale acțiunilor:

$$\sqrt[n]{G(k,j) + \psi(1,1) Q(k,1)} + \sqrt[m]{\psi(2,i) Q(k,i)} \quad (4.15)$$

c) Gruparea cvasipermanentă de efecte structurale ale acțiunilor:

$$\sqrt[n]{G(k,j) + \psi(2,i) Q(k,i)} \quad (4.16a)$$

$$\sqrt[n]{G(k,j) + 0,6 \gamma(I) A(E_k)} + \sqrt[m]{\psi(2,i) Q(k,i)} \quad (4.16b)$$

să fie mai mici decât valorile limită ale criteriilor de serviciu considerate.

$\psi(1,1)$  - este coeficientul pentru determinarea valorii frecvente a acțiunii variabile  $Q_1$ , având valorile recomandate în Tabelul 4.3.

Tabelul 4.3

Coeficient pentru determinarea valorii frecvente a acțiunii variabile  $Q_1$ , ca fracțiune din valoarea sa caracteristică

Tipul acțiunii	$\psi(1,1)$
Acțiuni din vânt	0,2
Acțiuni din zapada și acțiuni din variații de temperatura	0,5
Acțiuni datorate exploatareii cu valoarea $\leq 3 \text{ kN/m}^2$	0,7
Acțiuni datorate exploatareii cu valoarea $> 3 \text{ kN/m}^2$	0,9
Incarcări în depozite	0,9

Relația (4.16a) este folosită pentru considerarea în proiectare a efectelor de lungă durată ale acțiunilor asupra structurii.

Relația (4.16b) este folosită pentru verificarea la starea limită de serviciu a elementelor structurale, nestructurale, echipamentelor, etc., atunci când acțiunea seismică trebuie considerată în gruparea de acțiuni. Pentru stări limită de serviciu, coeficienții parțiali  $\gamma(m)$  pentru rezistențele materialelor sunt egali cu 1,0 cu excepția altor specificații din normele de material.

Criteriile pentru stările limită de serviciu pentru deformații și vibrații trebuie definite în funcție de destinația clădirii, independent de materialele utilizate pentru elementele structurale.

Criteriul de rigiditate poate fi exprimat în termeni de limite pentru deplasări orizontale, deplasări verticale și vibrații. În toate cazurile trebuie să se lucreze cu valori medii ale caracteristicilor de rigiditate ale structurii/elementelor structurale.

## **ANEXA Nr. 1**

### Clasificarea construcțiilor și structurilor în clase de importanță

Construcțiile sunt împărțite în clase de importanță-expunere, în funcție de consecințele umane și economice ale unui cutremur major precum și de importanța lor în acțiunile de răspuns post-cutremur.

Clasele de importanță-expunere la cutremur pentru clădiri și structuri sunt următoarele:

Clasa 1. Clădiri și structuri esențiale pentru societate

- 1.1. Spitale și instituții medicale/sanitare cu servicii de urgență și săli de operație
- 1.2. Stații de pompieri, poliție și garajele cu vehicule pentru servicii de urgență
- 1.3. Centre de comunicații
- 1.4. Stații de producere și de distribuție a energiei (electrice, a gazelor, etc.)
- 1.5. Rezervoare de apă și stații de pompare
- 1.6. Turnuri de control pentru aviație

1.7. Clădiri și structuri cu funcțiuni esențiale pentru guvern și apărarea națională

1.8. Clădiri și alte structuri ce conțin gaze toxice, explozivi și alte substanțe periculoase (radioactive, etc.)

Clasa 2. Clădiri și alte structuri ce pot provoca în caz de avariere un pericol major pentru viața oamenilor

- 2.1. Spitale și instituții medicale cu o capacitate de peste 50 persoane în aria totală expusă
- 2.2. Școli, licee, universități, instituții pentru educație etc. cu o capacitate de peste 150 persoane în aria totală expusă
- 2.3. Clădiri din patrimoniul cultural național, muzee s.a.
- 2.4. Clădiri având peste 300 persoane în aria totală expusă

Clasa 3. Toate celelalte clădiri cu excepția celor din clasele 1, 2 și 4.

Clasa 4. Clădiri temporare, clădiri agricole, clădiri pentru depozite, etc. caracterizate de un pericol redus de pierderi de vieți omenești în caz de avariere la cutremur.

## **ANEXA Nr. 2**

### Standarde și coduri privind bazele proiectării structurilor în construcții și bibliografie

ASCE 7-98, ASCE Standard: Minimum design loads for buildings and other structures. Revision of ANSI/ASCE 7-95 American Society of Civil Engineers, New-York, 2000.

ASCE 7-95, ASCE Standard: Minimum design loads for buildings and other structures. Public Ballot. 2005.

ASCE 7-05 Seismic Provisions, 2004.

Conference "Eurocodes, Building codes for Europe", June 2002, Brussels, Documents of reference.

EN 1990-2002. Eurocode - Basis of Structural Design. Adopted European Standard; CEN, Brussels.

ENV 1991-1, Eurocode 1: Basis of design and actions on structures. Part 1: Basis of Design. August 1994.

Eurocode No. 1, Basis of design and actions. Background documentation: Part 1 of EC1, Basis of Design. January 1995.

ISO DIS 4355, 1992. Basis for design of structures. Determination of snow loads on roofs.

ISO/TC98/SC2/WG1/Tenth draft, 1993. General principles on reliability for structures, Revisions of IS 2394.

ISO/TC98/SC3/WG2. Draft for DP 4354 Wind actions on structures.

SR EN 1990 2004. Eurocod: Bazele proiectării structurilor.

Gulvanessian, H., 1996. ENV 1991-1: Eurocode 1: Part 1: Basis of design Introduction, Development and Research Needs. IABSE Colloquim, Delft 1996, Basis of design and actions on structures, Background and application of Eurocode 1. pp. 15-25.

Lungu D., Ghiocel D., 1982. Metode probabilistice în calculul construcțiilor, Editura Tehnică, București

Vrouwenvelder A., 1996. Eurocode 1, Basis of design, Background Information. IABSE Colloquim, Delft 1996, Basis of design and actions on structures, Background and application of Eurocode 1. pp. 25-33.