

COMPORTAREA ȘI CALCULUL ELEMENTELOR DIN BETON UȘOR ARMAT ÎN STAREA LIMITĂ DE REZISTENȚĂ ÎN SECȚIUNI ÎNCLINATE

ing. Paraschiva Mizgan *, Prof.dr.ing. Traian Oneț **, Ing. Rodica Iordănescu ***

1. INTRODUCERE

Datorită proprietăților sale avantajoase, betonul ușor a devenit în precedentele patru decenii un material de construcții cu utilizare din ce în ce mai frecventă. Aprecierea economicității utilizării betonului ușor trebuie să se facă cu luarea în considerare a costului mai ridicat al agregatelor artificiale, existența în zonă a pietrei sparte sau a pietrei sparte, economia de energie și consumul cu ceva mai mare de ciment, în special la betoanele de rezistență superioară. Avantajele economice ale betonului ușor comparativ cu ale celui greu se datorează greutateii proprii mai reduse ale primului, precum și proprietăților termice avantajoase ale acestuia. În lucrare se prezintă o sinteză a rezultatelor obținute la încercarea unor elemente din beton armat, cu agregate de granolit, solicitate la încovoiere cu forțe tăietoare efectuate la Cluj-Napoca într-o etapă anterioară [1,2]. Aceste rezultate au fost luate în considerare la elaborarea STAS 10107/0-90. Se prezintă apoi prevederile normative, cu caracter european EC2 , MC 90 cu privire la calculul elementelor din beton ușor în secțiuni înclinate. În final se apreciază că volumul de date experimentale referitoare la subiect este încă insuficient, motiv pentru care autorii intenționează să întreprindă un program de cercetare pe grinzi din beton ușor.

2. SINTEZA REZULTATELOR OBȚINUTE LA ÎNCERCAREA UNOR ELEMENTE DIN BETON UȘOR LA CLUJ-NAPOCA

S-au încercat 16 grinzi de secțiune dreptunghiulară 15 x 30 cm având deschiderea de 3,0 m și lungimea totală 3,40 m . Armarea grinzilor s-a făcut cu carcasa sudată, din oțel PC 52. Parametrii luați în studiu la alcătuirea programului experimental au fost următorii : procentul de armare longitudinală ($p = 1,62 \dots 2,43\%$), procentul de armare transversală ($p_t = 0,19 \dots 0,38\%$) și raportul dintre distanța forței concentrate față de reazem și înălțimea utilă a secțiunii ($a/h_0 = 1,0 \dots 2,5$), denumit deschidere de forfecare a grinzilor.

Se poate, considera că elementele încercate au avut o comportare corespunzătoare atât din punct de vedere al capacității portante cât și al fisurării. Capacitatea portantă maximă, în secțiuni înclinate, stabilită experimental a fost cu atât mai mare cu cât deschiderea de forfecare a fost mai mică și cu cât procentul de armare longitudinal și transversal a avut valori mai ridicate. Fisurarea în secțiuni înclinate a fost influențată și ea de valoarea deschiderii de forfecare și a procentelor de armare. Reflectarea satisfăcătoare a acestei comportări în relații de calcul necesită completarea bazei de date experimentale cât și o prelucrare mai rafinată a acestora, ținând seama de prevederile de calcul ale normelor europene (EC2 și MC 90).

* S.C. Antrepriza de Construcții și Instalații Cluj

** Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Facultatea de Construcții,

E-mail: enct@bmt.utcluj.ro

*** S.C. TCI Contractor General S.A. Cluj

3. PREVEDERI DE CALCUL DUPĂ STAS 10107/0-90

Calculul la forță tăietoare a elementelor din beton ușor cu secțiune constantă, se face cu relația :

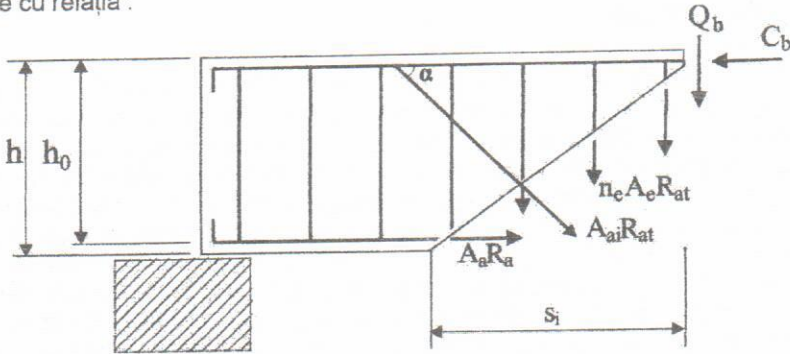


Fig.1

$$Q \leq Q_{\text{cap}} = Q_b + \sum A_{ai} R_{at} \sin \alpha + \sum n_e A_e R_{at} \quad (1)$$

în care :

Q – forța tăietoare de calcul;

$Q_b = \frac{bh_0^2 \sqrt{p}}{s_i} m_t R_t$ – forța tăietoare preluată de betonul din zona comprimată;

$p = 100 A_a / bh_0$ – procentul de armare longitudinală din zona întinsă, în dreptul fisurii înclinate;

$\sum A_{ai}$ – aria secțiunii transversale a tuturor armăturilor înclinate care sunt intersectate de fisura înclinată pe zona lor centrală, de lungime egală cu $\frac{3}{4}$ din lungimea porțiunii înclinate;

A_e – aria secțiunii transversale a unei ramuri a unui etrier, întretăiată de fisura înclinată;

n_e – numărul de ramuri ale unui etrier;

$R_{at} = m_{at} R_a$ – unde m_{at} – coeficient al condițiilor de lucru [5]

s_i = proiecția pe orizontală a fisurii înclinate luate în considerare; s-a constatat experimental că fisura critică se găsește în domeniul $0,5 h_0 \leq s_i \leq 2,5 h_0$;

m_t = coeficient al condițiilor de lucru care afectează rezistența la întindere a betonului R_t ; [5] .

Secțiunile de beton ale elementelor trebuie astfel dimensionate încât să fie respectată condiția de limitare a eforturilor principale de compresie:

$$\bar{Q} = Q / bh_0 R_t \leq c \quad (c \geq 1) \quad (2)$$

unde :

\bar{Q} = nivelul de solicitare la forță tăietoare;

$c = 2$ pentru zonele plastice potențiale de la capetele elementelor;

$c = 4$ pentru restul cazurilor;

Calculul armăturilor transversale nu este necesar dacă:

$$\bar{Q} \leq 0,75 \text{ pentru plăci}$$

$$\bar{Q} \leq 0,50 \text{ pentru celelalte tipuri de elemente}$$

Elementele din beton ușor pot fi calculate în stare limită ultimă la încovoiere cu forță tăietoare, în același mod ca elementele din beton obișnuit, fiind însă necesar a se lua în considerare următoarele particularități:

- rezistența la întindere mai scăzută față de cea a betonului obișnuit;
- rapoartele x/d (x/h_0), sensibil mai mici la elementele armate din beton ușor și ca urmare procentele maxime mai mici pentru armătura longitudinală;
- aderența mai scăzută între beton și armătură, drept urmare lungimea de ancorare a barelor rotunde trebuie să fie cu 50% mai mare decât pentru elementele din beton obișnuit. Mai mult, barele de armătură având diametru mai mare de 12 mm trebuie să fie din oțel profilat. Acoperirea cu beton trebuie să fie cu 5 mm mai mare decât pentru betoanele obișnuite.

Este de menționat faptul că distanțele maxime admise între etrieri, sau barele transversale ale carcaselor sudate " a_e " trebuie să satisfacă condiția:

$$a_e \leq 10d$$

fiind mai mici decât la elementele din beton obișnuit .

4. PREVEDERI NORMATIVE CU CARACTER EUROPEAN

4.1. CALCULUL DUPĂ EUROCODE 2

Modelul de calcul adoptat este o grindă cu zăbrele ca în figura 2:

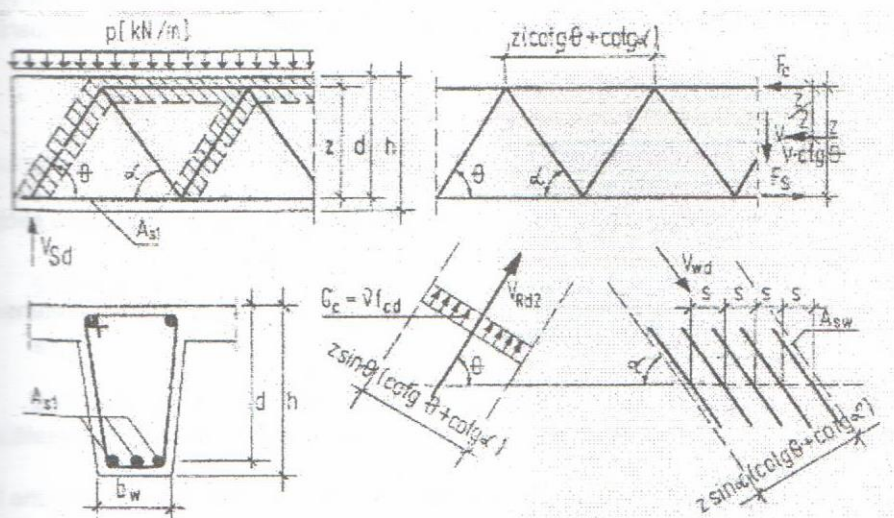


Fig.2

Principiul fundamental de verificare la starea limită de rezistență constă în satisfacerea condițiilor de mai jos:

- pentru elemente care nu necesită armături transversale

$$V_{Sd} \leq V_{Rd1} \quad (3)$$

unde:

V_{Sd} – forța tăietoare de calcul, care se determină în general la fața reazemului;

V_{Rd1} – capacitatea portantă de calcul la tăiere a unui element din beton armat fără armătură specifică preluării forței tăietoare;

- pentru toate elementele și secțiunile:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd2} \quad (4)$$

unde:

V_{Rd2} – forța tăietoare de calcul maximă pe care o poate prelua o diagonală comprimată de beton fără să se zdrobească;

- pentru elemente cu armătură de tăiere rezultată din calcul:

$$V_{Sd} \leq V_{Rd3} \quad (5)$$

unde :

V_{Rd3} – capacitatea portantă de calcul la tăiere a unui element cu armături transversale de tăiere la starea limită, atinsă prin curgerea armăturii de tăiere;

Capacitățile portante V_{Rd1} , V_{Rd2} și V_{Rd3} se stabilesc cu relațiile :

$$V_{Rd1} = [T_{Rd} k (1,2 + 40 \rho_1) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d \quad (6)$$

unde :

T_{Rd} – rezistența de calcul la forfecare = $(0,25 f_{ctk} 0,05) / \gamma_c$, γ_c trebuie luat 1,5;

$k = 1$ pentru elemente la care mai mult de 50% din armătura inferioară este întreruptă în deschidere;

În caz contrar,

$k = (1,6 - d) \geq 1$ (d în metri);

$\rho_1 = A_{s1} / (b_w d) \leq 0,02$ – coeficient de armare;

b_w = lățimea minimă a secțiunii pe înălțimea utilă;

A_{s1} = aria armăturii dispusă pe nu mai puțin de $d + l_{b.net}$ dincolo de secțiunea considerată;

$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_c$

N_{Sd} = forța longitudinală în secțiune datorită încărcării sau pretensionării (compresiunea se consideră pozitivă);

$$V_{Rd2} = 0,5 \cdot \psi \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot 0,9 d \quad \text{- la secțiuni fără armătură transversală; } \quad (7)$$

$$V_{Rd2} = 0,5 \psi f_{cd} b_w 0,9 d (1 + \text{ctg } \alpha) \quad \text{- secțiuni cu armătură transversală; } \quad (8)$$

unde :

ψ – factorul de eficacitate care reduce rezistența de calcul la compresiune f_{cd}

$$\psi = 0,7 - f_{ck} / 200 \geq 0,5 \quad (f_{ck} \text{ în } N / \text{mm}^2) \quad (9)$$

$$V_{Rd3} = V_{cd} + V_{wd} \quad (10)$$

unde

V_{cd} - este contribuția betonului și este egală cu V_{Rd1} ;

V_{wd} - este contribuția armăturii pentru preluarea forței tăietoare;

- contribuția etrierilor pentru preluarea forței tăietoare

$$V_{wd} = (A_{sw}/s) 0,9 d f_{ywd} \quad (11)$$

- Contribuția armăturii înclinate de preluare a forței tăietoare

$$V_{wd} = (A_{sw}/s) 0,9 d f_{ywd} (1 + \text{ctg } \alpha) \sin \alpha \quad (12)$$

Calculul elementelor din beton ușor, în secțiuni înclinate conform EUROCODE 2 parcurge aceleași etape ca și în cazul calculului elementelor din beton obișnuit, cu următoarele observații :

În relația (6) rezistența de calcul la forfecare T_{Rd} , reprezintă rezistența de calcul la forfecare aferentă betonului ușor și este dată de relația :

$$T_{Rd} = 0,25 f_{1ct.k 0.05}/\gamma_c$$

unde :

$f_{1ct.k 0.05}$ - este rezistența caracteristică la întindere a betonului ușor;

În absența unor date mai exacte, rezistența la întindere a betonului ușor poate fi obținută prin multiplicarea valorilor f_{ct} date în tabelul 3.1 din EUROCODE 2, cu coeficientul:

$$\eta_1 = 0,40 + 0,60 \rho/2200,$$

unde: ρ reprezintă densitatea la greutate constantă (kg/m^3) a betonului ușor.

Relația (9) este înlocuită cu:

$$V = 0,6 - f_{1ck}/235 \geq 0,425 \quad (f_{1ck} \text{ în } \text{N/mm}^2)$$

4.2. CALCULUL DUPĂ MC 90

Verificarea stării limită de rezistență a regiunilor critice în cazul grinzilor din beton armat este condiționată de următoarele :

a. coeficientul de armare pentru armătura întinsă trebuie limitat astfel încât:

$$0,0035 [(d - x)/d] > f_{yd}/E_s$$

sau

$0,0035 [(d - x)/d] > f_{yk}/E_s \gamma_s$, care conduce la o valoare x/d aproximativ egală cu 0,6.

b. procentul de armare transversală a etrierilor nu trebuie să fie mai mic decât 0,2 adică :

$$\omega_{sw} = A_{sw} f_{yk} / (b_w s f_{ctm} \sin \alpha) \geq 0,2$$

unde :

s = distanța dintre etrieri, având aria A_{sw} , măsurată în lungul axei elementului;

c. înclinarea etrierilor față de axa elementului trebuie să fie cel puțin 45° și cea a barelor înclinate cel puțin 30° .

d. distanțarea brațelor de etrieri (atât în direcție longitudinală cât și în direcție transversală) nu va depăși cea mai mică dintre valorile 0,75 d și respectiv 800 mm.

e. armătura pentru preluarea forței tăietoare trebuie să fie ancorată corespunzător.

Metoda de calcul pentru elementele din beton ușor este aceeași ca și pentru elementele din betonul obișnuit, fiind însă necesar a se lua în considerare faptul că rezistența la întindere este mai redusă pentru elementele din beton cu agregate ușoare.

Reducerea se face prin factorii de reducere (0,8 după normele britanice și 0,6 după normele germane), sau prin înlocuirea rezistenței betonului obișnuit cu rezistența corespunzătoare a betonului cu agregate ușoare.

BIBLIOGRAFIE

1. ONEȚ T. : *Acta Technica Napocensis*, 38 / 1995
2. GRIGORESCU R., TERTEA I., ONEȚ T., SOCACIU N., POPA P. și MIRCEA DOINA : *Elemente din beton armat, de granulit, sollicitate la încovoiere cu forță tăietoare. Conferința a VIII-a de betoane*, Cluj-Napoca, 1976, Publicații vol. I
3. CADAR I., CLIPII T., TUDOR AGNETA : *Beton armat* , Timișoara 1999, ed. Orizonturi universitare
4. KISS Z. , ONEȚ T. : *Beton armat* , U.T. Pres Cluj-Napoca, 1999
5. STAS 10107/0 – 90, *Calculul și alcătuirea elementelor structurale din beton, beton armat și beton precomprimat*
6. EUROCODE 2 – *Proiectarea structurilor din beton, beton armat și beton precomprimat*
7. EUROCODE 2 – *Exemple de calcul* , Timișoara 1997
8. CEB – FIP MODEL CODE 1990. *Bulletin d'Information* nr. 213/214, May 1993
9. *Buletin FIB nr. 4 /1999*
10. *Buletin FIB nr. 8 /2000*