



**A III –a Sesiune Științifică**  
**CIB 2007**  
**15 - 16 Noiembrie 2007, Brașov**

**CONSIDERAȚII ASUPRA COMPORTĂRII ELEMENTELOR DIN BETON  
ARMAT UȘOR LA FORȚĂ TĂIETOARE**

**Paraschiva Mizgan**  
**Manuela Frunza**

Universitatea Transilvania Brașov-Facultatea de Construcții

**Abstract:** The paper presents a synthesis of the results of the experimental program carried out in the Reinforced and Precompressed Concrete Laboratory of the Faculty of Civil Engineering of Cluj-Napoca, concerning the influence of various parameters upon the behaviour of the members of lightweight reinforced concrete subjected to shear.

**Key words:** Concrete, reinforcing, force , moment capable, generating set

## 1. INTRODUCERE

Alegerea materialului pentru execuția unei construcții este un factor hotărâtor pentru calitatea acesteia și comportă efectuarea unui studiu tehnico- economic complex care are în vedere criteriile de rezistență, stabilitate, exploatare, durabilitate, confort, economie, etc.

Datorită calităților sale, cum ar fi: posibilitatea de a realiza orice formă, durabilitate bună în condiții normale de exploatare, rezistență la foc, comportare bună sub acțiuni exterioare, betonul este materialul cu cea mai largă răspândire la realizarea construcțiilor. Totuși se pot remarca și două mari dezavantaje cum ar fi: conductivitatea termică și fonică ridicată, greutate proprie mare.

Aceste neajunsuri pot fi înlăturate prin utilizarea betonului cu agregate ușoare (betonul ușor), datorită avantajelor pe care le prezintă față de betonul obișnuit: greutate redusă, izolare termică îmbunătățită, confort sporit, comportare bună la foc și la solicitări seismice, etc.

Utilizarea benefică a betonului ușor la realizarea elementelor și structurilor de rezistență presupune cunoașterea aprofundată a comportării lui la diferite acțiuni și solicitări .

Valorile caracteristice ale eforturilor și deformațiilor în stadiul ultim al elementelor din beton armat ușor sunt influențate la fel ca cele din beton obișnuit, de o serie de parametrii.

## 2. INFLUENȚA DIFERIȚILOR PARAMETRII ASUPRA COMPORTĂRII ELEMENTELOR DIN BETON ARMAT UȘOR LA ACȚIUNEA FORȚEI TĂIETOARE

Prin încercările experimentale efectuate în Laboratorul de Beton Armat și Precomprimat al Facultății de Construcții și Instalații din Cluj-Napoca s-a urmărit influența diferiților parametrii asupra modului de comportare a elementelor din beton ușor armat, solicitate la încovoiere cu forță tăietoare, cu referire în special la capacitatea portantă în secțiuni înclinate.

Studiile și cercetările au fost întreprinse asupra a 32 de elemente experimentale sub formă de grinzi, având secțiunea transversală de formă dreptunghiulară, cu dimensiunile de 15 x 30 cm și deschiderea de 3,0 m, dintre care 16 elemente s-au executat din beton cu agregate ușoare (granulit) și 16 elemente din beton cu agregate obișnuite (nisip, pietriș).

**TABEL 2.1 – CARACTERISTICILE ELEMENTELOR EXPERIMENTALE**

Nr crt	Indicativ	Natura bet.	Armare longitudinală	Armare Transversală			$\rho_a$ Kg/m <sup>3</sup>	Rb <sup>e</sup> N/m <sup>2</sup>	Rt <sup>e</sup> N/m <sup>2</sup>	Q <sup>e</sup> - N -	Braț de forfecare a/h <sub>0</sub> (a/d)
				Nr. și diam. bare	$p = \frac{A_a}{bh_0}$ X 100 %	Diam. etrieri mm					
1	2	3	4	5	6	8	10	11	12	13	14
1	G 1-1	ușor	4Ø14	1,62	6	0,19	1839	30,9	3,82	150 000	1,0
2	G 1-2	ușor	4Ø14	1,62	6	0,25	1900	29,7	3,58	120 000	1,0
3	G 1-3	ușor	4Ø16	2,13	6	0,19	1933	33,2	2,79	150 000	1,0
4	G 1-4	ușor	4Ø16	2,13	6	0,25	1952	36,2	3,04	165 000	1,0
5	G 1-5	ușor	4Ø16	2,13	6	0,38	1938	35,3	3,14	195 000	1,0
6	G 1-6	greu	4Ø14	1,62	6	0,19	2411	43,2	3,73	165 000	1,0
7	G 1-7	greu	4Ø14	1,62	6	0,25	2365	35,6	3,51	150 000	1,0
8	G 1-8	greu	4Ø16	2,13	6	0,19	2376	39,7	3,88	165 000	1,0
9	G 1-9	greu	4Ø16	2,13	6	0,25	2405	34,2	4,02	165 000	1,0
10	G 1-10	greu	4Ø16	2,13	6	0,38	2400	36,0	3,18	195 000	1,0
11	G 2-1	ușor	4Ø16	2,13	6	0,19	1916	28,5	2,59	135 000	1,5
12	G 2-2	ușor	4Ø16	2,13	6	0,25	1936	29,7	3,25	150 000	1,5
13	G 2-3	ușor	4Ø16	2,13	6	0,38	1994	30,0	3,52	150 000	1,5
14	G 2-4	ușor	2Ø16+ +2Ø18	2,43	6	0,19	2000	35,7	3,74	150 000	1,5
15	G 2-5	ușor	2Ø16+ +2Ø18	2,43	6	0,25	1967	28,8	2,96	150 000	1,5
16	G 2-6	greu	4Ø16	2,13	6	0,19	2441	35,4	4,24	150 000	1,5
17	G 2-7	greu	4Ø16	2,13	6	0,25	2365	35,6	4,00	175 000	1,5
18	G 2-8	greu	4Ø16	2,13	6	0,38	2491	34,5	3,69	165 000	1,5
19	G 2-9	greu	2Ø16+ +2Ø18	2,43	6	0,19	2454	36,6	3,74	165 000	1,5
20	G 2-10	greu	2Ø18+ +2Ø18	2,43	6	0,25	2425	34,6	3,88	180 000	1,5
21	G 3-1	ușor	4Ø14	1,62	6	0,19	1950	36,8	3,14	90 000	2,5
22	G 3-2	ușor	4Ø14	1,62	6	0,25	1917	35,4	3,61	90 000	2,5
23	G 3-3	ușor	4Ø16	2,13	6	0,19	1950	37,0	2,96	100 000	2,5
24	G 3-4	ușor	4Ø16	2,13	6	0,25	1966	36,0	2,95	100 000	2,5
25	G 3-5	ușor	2Ø16+ +2Ø18	2,43	6	0,19	1950	34,0	3,78	120 000	2,5
26	G 3-6	ușor	2Ø16+ +2Ø18	2,43	6	0,25	1915	32,8	3,80	110 000	2,5
27	G 3-7	greu	4Ø14	1,62	6	0,19	2365	35,6	3,49	90 000	2,5
28	G 3-8	greu	4Ø14	1,62	6	0,25	2365	33,2	4,10	90 000	2,5
29	G 3-9	greu	4Ø16	2,13	6	0,19	2385	33,8	4,05	100 000	2,5
30	G 3-10	greu	4Ø16	2,13	6	0,25	2411	33,8	4,36	100 000	2,5
31	G 3-11	greu	2Ø16+ +2Ø18	2,43	6	0,19	2440	30,9	3,72	110 000	2,5
32	G 3-12	greu	2Ø16+ +2Ø18	2,43	6	0,25	2411	31,9	3,22	110 000	2,5

Valorile experimentale ale capacității portante la forță tăietoare ( $Q^e$ ) determinate pentru toate elementele, la fiecare treaptă de încărcare și compararea acestor valori cu cele determinate prin calcul au pus în evidență modul de comportare la acțiunea forței tăietoare a elementelor prin considerarea tuturor parametrilor.

Parametrii luați în considerare în studiul experimental au fost următorii :

- natura betonului: beton ușor și beton greu;
- procentul de armare longitudinală:  $p = 1,62\%$  ;  $2,13\%$ ;  $2,43\%$ ;
- procentul de armare transversală:  $p_t = 0,19\%$ ;  $0,25\%$ ;  $0,38\%$ ;
- brațul de forfecare:  $a/h_0$  ( $a/d$ ) =  $1,0$ ;  $1,5$ ;  $2,5$ ;

Caracteristicile elementelor experimentale încercate sunt prezentate în tabelul 2.1.

## 2.1. Natura betonului

Cercetările experimentale efectuate asupra unor elemente din beton obișnuit și beton ușor, de secțiune dreptunghiulară evidențiază influența naturii betonului atât la apariția și deschiderea fisurilor înclinate cât și la rupere .

Prin studierea perechii de elemente: G 1-1 și G1-6; G1-3 și G1-8; G2-1 și G2-6; G2-4 și G2-9; G2-2 și G2-7; G3-3 și G3-9; G3-4 și G3-10; G3-6 și G3-12, realizate din beton ușor și greu și având restul parametrilor identici, s-au constatat următoarele :

a. Valoarea experimentală a forței tăietoare pentru elementele din beton ușor comparativ cu cea din beton greu este cu aproximativ  $10\% \dots 12\%$  mai mică pentru elementele cu deschiderea de forfecare  $1,0$  respectiv  $1,5$ , în timp ce la cele cu deschiderea de forfecare de  $2,5$  este de aceeași valoare .

b. Grinzile din beton ușor fisurează la valori mai mici ale încărcării în raport cu cele din beton greu, prezintă de regulă valori mai mari ale deschiderii fisurilor și au capacitatea portantă la forță tăietoare mai mică, diferența fiind mai accentuată la grinzile cu deschideri mici de forfecare și este mai puțin sesizabilă la cele cu deschideri mari de forfecare .

Faptul că elementele din beton ușor, fisurează la valori mai mici ale treptei de încărcare, prezintă valori mai mari ale deschiderii fisurilor și au valoarea forței tăietoare mai mică decât cele din beton greu , se explică prin caracteristicile fizico-mecanice diferite ale celor două materiale, respectiv datorită gradului de plasticitate mai scăzut a betonului ușor (coeficientul de plasticitate este cu aproximativ  $40\%$  mai mic decât al betonului greu), a fragilității mai ridicate și respectiv a rezistenței la întindere mai mică a betonului ușor cu  $10\%$  până la  $15\%$  decât ale betonului greu.

Este de remarcat faptul ca ruperea grinzilor din beton ușor este suficient avertizată atât sub aspectul procesului de fisurare cât și a celui de rupere.

## 2.2. Procentul de armare longitudinală.

Cu cât procentul de armare longitudinală a grinzilor este mai mare, cu atât sarcina de rupere a grinzilor este mai mare iar fisurile înclinate apar mai târziu și au o deschidere mai mică.

Efectul armăturii longitudinale este calitativ același și dacă deschiderea de forfecare a grinzilor se modifică .Analizând valorile experimentale ale perechii de grinzi G 2-1 și G 2-4 ; G 3-4 și G 3-6 din beton ușor , având toți parametrii identici, diferit fiind doar procentul de armare longitudinală (respectiv la cea de-a doua grindă , procentul de armare longitudinală este mai mare cu  $13\%$ ), s-a constatat o creștere a capacității portante la forță tăietoare de  $10\%$ , atât pentru deschiderea de forfecare de  $1,5$  cât și pentru deschiderea de forfecare de  $2,5$  .

## 2.3. Procentul de armare transversal

Procentul de armare transversal influențează asupra sarcinii de rupere a grinzilor la forță tăietoare și asupra apariției și deschiderii fisurilor înclinate în același mod ca și procentul de armare longitudinală.

Analizând valorile experimentale ale perechii de grinzi G 1-3 și G 1-4 ; G 2-1 și G 2-2 ; G 3-3 și G 3-4 din beton ușor, având toți parametrii identici, diferit fiind doar procentul de armare

transversală (respectiv la cea de-a doua grindă procentul de armare transversală este mai mare cu 24 %, obținut prin micșorarea distanței dintre barele verticale, diametrul rămânând același de  $\varnothing 6$  mm), s-a constatat o creștere a capacității portante la forță tăietoare de 10 %, atât pentru deschiderea de forfecare de 1,5 cât și pentru deschiderea de forfecare de 2,5 .

În ceea ce privește comportarea grinzilor din beton ușor comparativ cu grinzile din beton greu , din punct de vedere al procentului de armare transversală, trebuie menționat faptul că datorită rezistenței la întindere mai scăzută a betonului ușor față de betonul greu, la aceeași treaptă de încărcare și același procent de armare longitudinal, procentul de armare transversală trebuie să fie mai mare pentru grinzile din beton ușor față de cele din beton greu (bineînțeles cu respectarea procentului maxim admis), acest lucru realizându-se prin micșorarea distanței dintre etrieri.

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 .

#### **2.4. Brațul de forfecare al grinzilor ( $a/h_0$ ; $a/d$ ; $a_v/d$ )**

Unul din factorii importanți , care influențează comportarea și rezistența grinzilor de beton solicitate la forfecare, este deschiderea de forfecare. După Boris Bresler, variația dezvoltării fisurilor înclinate și a capacității de forfecare a grinzilor de secțiuni dreptunghiulare poate fi convenabil considerată ca o funcție de variabila  $a/d$ , astfel :

Grinzile cu un raport  $a/d = 0 \dots 1,0$  sunt considerate “ înalte “

Grinzile cu un raport  $a/d = 1,0 \dots 2,5$  sunt considerate “ scurte “

Grinzile cu un raport  $a/d > 2,5$  sunt considerate “ normale și lungi

La grinzile “ înalte “ eforturile predominante sunt cele produse de forțele tăietoare în „zona de forfecare “.

La „ grinzile lungi “ nu se mai dezvoltă fisuri înclinate și grinzile se rup prin încovoiere (pe porțiunea de grindă cuprinsă între cele două forțe concentrate) .

La “grinzile scurte“ , în categoria cărora intră și elementele experimentale care sunt analizate aici , se dezvoltă în zona de forfecare fisuri înclinate, provenite din fisuri normale care se deschid în direcția normală de la partea întinsă, a grinzii și devin înclinate în direcția regiunii punctului de aplicație a forței.

După dezvoltarea fisurilor înclinate ruperea poate apare în una din următoarele moduri :

- cedarea prin alunecare a armăturii întinse din zona de ancorare de capăt ;
- cedarea betonului prin strivirea la compresiune la capătul fisurii înclinate ;

Capacitatea grinzii la forță tăietoare este cu atât mai mare cu cât forța este mai apropiată de reazem.

Această creștere a capacității grinzii la forță tăietoare în cazul sarcinilor aplicate în vecinătatea reazemelor poate fi explicată prin efectul de fermă cu tirant sau prin efectul de grindă cu zăbrele cu o singură diagonală principală între reazem și încărcare. Acest mecanism necesită un bun ancoraj al tirantului constituit din armătura longitudinală (fig. 2.1. )

În baza constatărilor efectuate asupra elementelor experimentale s-a putut observa că la grinzile cu valori mici ale brațului de forfecare cedarea acestora s-a produs prin deschiderea fisurii înclinate (care unește reazemul cu punctul de aplicare al forței) după curgerea armăturii, pe câtă vreme la valori mai mari ale brațului de forfecare , ruperea grinzilor s-a produs la forțe tăietoare și uneori la moment încovoiator prin strivirea zonei comprimate de beton, fără ca fisurile înclinate să se deschidă mai mult.

Valoarea forței tăietoare de rupere a grinzilor a scăzut pe măsură ce valoarea brațului de forfecare a fost mai mare .

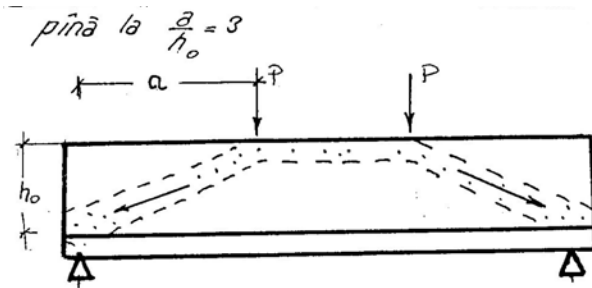


Fig. 2.1

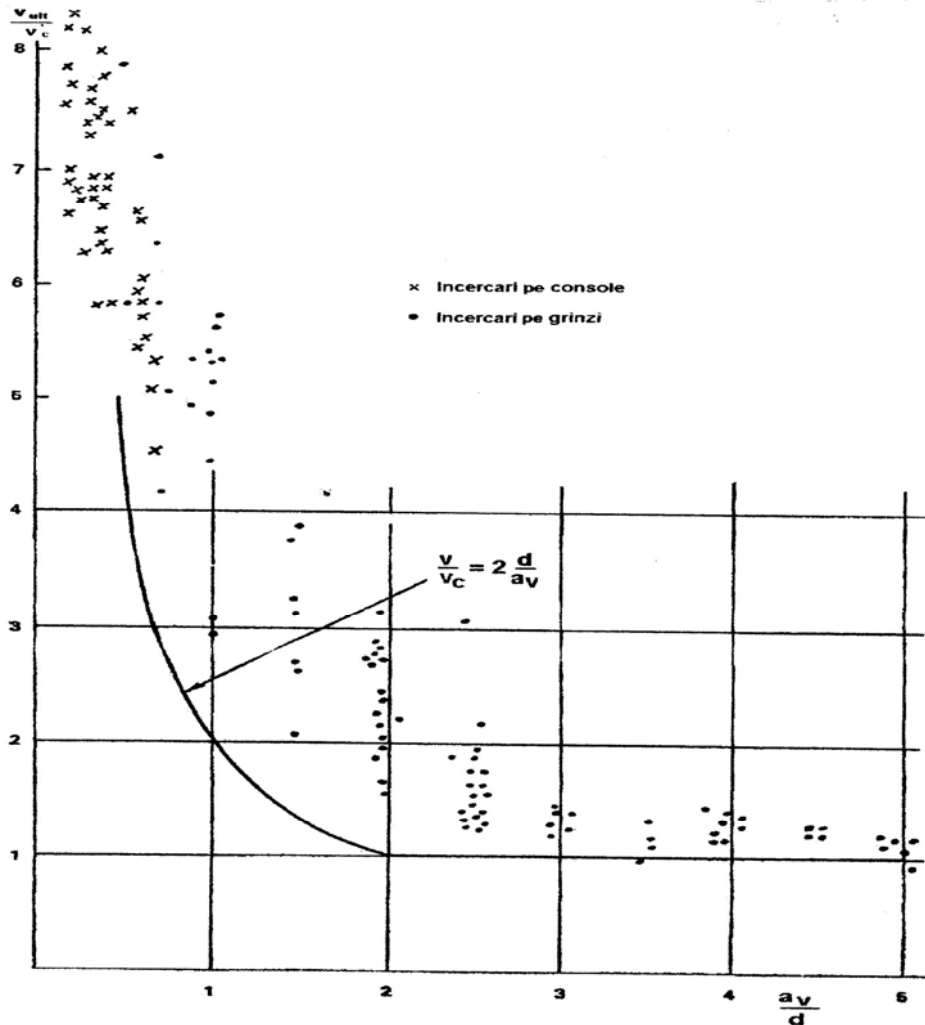


Fig. 2.2. Influența raportului  $a_v / d$  asupra rezistenței la forfecare a elementelor rectangulare fără armătură de forfecare. (Raportul  $a_v / d$  este identic cu raportul  $a/h_0$ ) [5].

Acest lucru s-a constatat prin compararea valorilor experimentale ale capacității portante la forță tăietoare ( $Q^e$ ), a grupului de grinzi G 1-3, G 2-1 și G 3-3 din beton ușor care au fiecare parametri identici înafara brațului de forfecare, care este de 1,0, 1,5 și respectiv 2,5.

Astfel s-a observat o scădere a capacității portante la forță tăietoare de 11% pentru un braț de forfecare de 1,5 comparativ cu cel care are valoarea 1,0, de 35% pentru brațul de forfecare de 2,5 față de 1,5, mergând până la 50% pentru o valoare a brațului de forfecare 2,5 față de 1,0.

Cercetările efectuate de Grupul de Studii al Forfecării din Anglia The Shear Study Group [5], cu privire la influența raportului dintre deschiderea de forfecare și înălțimea utilă a secțiunii ( $a_v / d$ , respectiv  $a/h_0$ ), în cazul consolelor sau a grinzilor indică două tendințe clare :

1. Pentru  $a_v / d < 2$ , valoarea ultimă a forței tăietoare crește cu diminuarea raportului  $a_v / d$ ;
2. Când raportul  $a_v / d < 0,5$  pare să fie o limită superioară a rezistenței la forfecare, care este independentă de  $a_v / d$  ;

Figura 2.2. arată rezultatele încercărilor în baza cărora s-a trasat o curbă, unde efortul de forfecare poate fi sporit cu factorul  $2 d/a_v$ , adică :  $v = v_c \cdot 2 d/a_v$  ( unde  $v_c$  este forța tăietoare preluată de beton ).Astfel , pentru  $a_v / d = 1,0$  valoarea forței tăietoare  $v$ , înainte de a fi necesară armătură, este  $2 v_c$  și pentru  $a_v / d = 0,5$  valoarea este  $4 v_c$  .

Sub această valoare nu putem lua un factor numeric care să sporească valoarea  $v_c$

Rezultatele studiilor și cercetărilor experimentale efectuate în țară și în străinătate asupra elementelor din beton ușor armat, indică faptul că elementele din beton ușor se comportă și pot fi calculate în starea limită ultimă la încovoiere cu forță tăietoare, în același mod ca elementele din beton obișnuit, fiind însă necesar a se lua în considerare particularitățile acestui material, respectiv:

- 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 diametrul 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;

### 3.BIBLIOGRAFIE:

- [1]. TERTEA I., ONET T., BEURAN MARIETA: Influence of Creep and Shrinkage upon Cracking and Deflection of Lightweight Reinforced Concrete Beams. AIPC Szmposium, Madrid 1970. Preliminarz Publication.
- [2]. TERTEA I., ONET T., BEURAN MARIETA: Considerații privind calculul la starea limită de deschidere a fisurilor în elementele din beton ușor armat.Comunicare la Sesiunea științifică a Institutului de Construcții București.Aprilie 1973
- [3]. GRIGORESCU R., TERTEA I., ONET T., SOCACIU N., POPA P., MIRCEA DOINA : Elemente din beton armat de granolit solicitate la încovoiere cu forță tăietoare.Betoane speciale și noi tipuri de betoane, vol.I Cluj- Napoca, Oct.1976
- [4]. ONET T., MAGUREANU CORNELIA : On Crack Widths Development and Deflections in Elements Subjected to Repeated and Sustained Loads. Contribution to the CEB TG 2/4 and COM 2 Meetings, Budapest 20-21 January 1995.
- [5]. CPP110. British Standard.
- [6]. MIZGAN PARASCHIVA : Comportarea și calculul elementelor din beton ușor la forță tăietoare. Teză de doctorat. Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca.