

Evaluarea rezistenței la compresiune a betonului din structuri în conformitate cu standardul SR EN 13791: 2007

Assessment of in-situ compressive strenght in structures according
SR EN 13791:2007

Dan Paul Georgescu

Universitatea Tehnică de Construcții București,
B-dul Lacul Tei nr.124, Sector 2, București, România
e-mail: dgeorgescu@utcb.ro

Rezumat: *Lucrarea prezintă metodele și procedurile de evaluare a rezistenței la compresiune în situ a betonului din structuri, conform SR EN 13791: 2007. Sunt prezentate principiile, metodele și exemple de aplicare pentru evaluarea rezistenței caracteristice la compresiune in situ, prin încercarea carotelor și prin stabilirea relațiilor dintre rezultatele metodelor de testare indirecte și încercarea carotelor, prin comparatie cu metodele actuale practicate in România.*

Cuvinte cheie: Beton, evaluare, rezistenta la compresiune, metode, rezistenta in-situ, carote

Abstract: *The paper presents methods and procedures for the assessment of the in situ compressive strength of concrete in structures according SR EN 13791: 2007. There are presented principles, guidance and examples of applications for assessment of characteristic in-situ compressive strength by testing of cores and for establishing the relationships between test results from indirect test methods and the in-situ core strength, compared to the current Romanian regulations.*

Key words: concrete, assessment, compressive strength, methods, in-situ core strength

1. Introducere

Evaluarea rezistenței la compresiune a betonului din structuri reprezintă o activitate deosebit de importantă având în vedere că aceasta furnizează date cu privire la cea mai importantă caracteristică a betonului, clasa sa de rezistență. Această activitate este necesară, în principal, în două situații/ cazuri:

A. Evaluarea structurilor existente din beton;

B. Determinarea calității betonului din construcții noi, în cazul în care există dubii privind calitatea, neconformitatea betonului la stații, etc.

Necesitatea determinării in situ a rezistenței la compresiune a betonului apare pentru aceste cazuri la nivelul următoarelor reglementări naționale:

Cazul A: “Cod de evaluare seismică a cladirilor existente”, partea a treia a normativului P100 [1], in care se specifică la cap. 4.4 anumite reguli privind verificarea in-situ a betonului;

Cazul B: “Cod de practică pentru producerea betonului” indicativ CP 012-1/2007 [2] si respectiv cu Normativul NE 012-2/ 2010 “Producerea betonului și

executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat. Partea 2: Executarea lucrărilor [3].

Interpretarea rezultatelor și criteriile de conformitate – se prezintă în normativele românești de metode, în principal C26-85 [4] și C54-81 [5] și în standardul românesc armonizat SR EN 13791 [6].

2. Evaluarea rezistenței la compresiune a betonului din structuri

La nivel european, evaluarea rezistenței betonului din construcții existente se face în conformitate cu SR EN 13791. Se specifică faptul că evaluarea rezistenței la compresiune a betonului este necesară, în principal, în următoarele cazuri:

- structura din beton armat a construcției se va modifica sau își va schimba destinația;
- există dubii în legătura cu valoarea rezistenței la compresiune a betonului din diferite cauze legate de: punerea în opera, diferite deteriorări ale betonului, etc. ;
- este necesară evaluarea rezistenței betonului în timpul execuției construcției;
- s-au constatat neconformități ale rezistenței la compresiune a betonului în urma încercării probelor de beton produs la stații, etc.

Evaluarea rezistenței la compresiune a betonului se efectuează în conformitate cu standardul SR EN 13791, pe baza schemei prezentate în figura 1, iar principalele metode de încercare se aplică în conformitate cu [7], [8], [9], standarde din seria SR EN 12504.

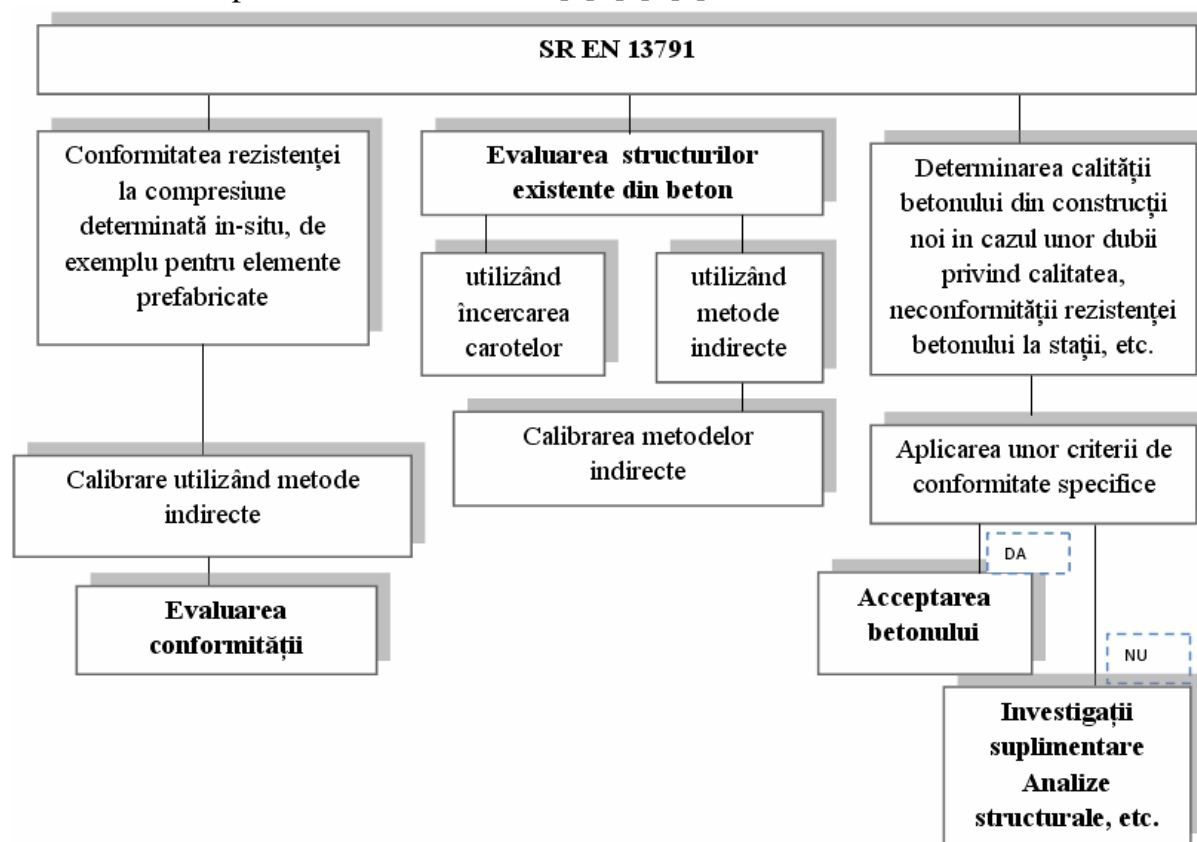


Figura 1. Schema privind principiile de aplicare a evaluării in-situ a rezistenței caracteristice la compresiune a betonului

Standardul european precizează faptul că acesta nu se aplică în cazul în care metodele indirecte sunt utilizate fara a se corela cu rezistența carotelor, sau cand se extrag mai puțin de 3 carote.

2.1. Rezistența caracteristică la compresiune a betonului determinată in-situ

În tabelul 1 se prezintă valorile rezistențelor caracteristice la compresiune ale betonului determinate in-situ. Aceste valori se obțin prin afectarea rezistenței caracteristice a betonului (clasa betonului) cu un coeficient subunitar γ_c , egal cu 0,85.

Tabelul 1

Rezistența caracteristică la compresiune a betonului determinată in-situ

Clasele de rezistență la compresiune în conformitate cu SR EN 206-1	Raportul dintre rezistența caracteristică a betonului determinată in- situ și rezistența caracteristică a epruvetelor standard	Rezistența caracteristică a betonului determinată in-situ	
		$f_{ck, is, cil}$	$f_{ck, is, cub}$
C8/10	0,85	7	9
C12/15		10	13
C16/20		14	17
C20/25		17	21
C25/30		21	26
C30/37		26	31
C35/45		30	38
C40/50		34	43
C45/55		38	47
C50/60		43	51
C55/67		47	57

2.1.1. Evaluarea rezistenței caracteristice a betonului determinată in-situ prin încercarea carotelor

Aceasta evaluare are în vedere aplicarea a două metode, în funcție de numărul de probe care se prelevează/ încearcă, în cazul A fiind necesare cel puțin 15 carote, iar în cazul B sunt necesare pentru evaluare între 3 și 14 carote. În prezentul articol se detaliază numai cazurile pentru care se vor efectua aplicațiile numerice prezentate la punctul 3.

CAZUL B

Rezistența caracteristică la compresiune a betonului determinată in-situ este cea mai redusă valoare dintre:

$$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k \text{ sau } f_{ck, is} = f_{is, cea mai redusă} + 4$$

unde:

$f_{m(n), is}$ reprezintă valoarea medie a rezultatelor obținute;

$f_{is, cea mai redusă}$ reprezintă cea mai redusă valoare a rezultatelor obținute;

k = coeficient care depinde de numărul de rezultate, în conformitate cu tabelul 2.

Valorile coeficientului k

Număr de rezultate n	Coeficient k
10...14	5
7...9	6
3...6	7

2.1.2. Evaluarea rezistenței caracteristice la compresiune a betonului prin aplicarea unor metode indirecte

Cazul 1. Corelare directă cu carotele

În acest caz sunt necesare cel puțin 18 rezultate obținute pe carote pentru a se stabili o relație între rezistența la compresiune determinată in-situ și rezultatele obținute prin aplicarea metodelor indirecte.

Cazul 2. Utilizarea unor relații determinate având la dispoziție un număr redus de carote și curbe de calibrare

Această metodă poate fi aplicată pentru evaluarea unei populații aparținând unor betoane normale produse cu aceleași materiale, mijloace și echipamente de preparare. Se selectează zonele în care se efectuează cel puțin 9 încercări.

2.2. Evaluarea rezistenței la compresiune în cazurile în care există dubii privind calitatea sau nu s-a realizat clasa betonului determinată pe probe în condiții standardizate

Pentru o zonă care corespunde mai multor sarje de beton și pentru care se dispune de mai mult de 15 rezultate obținute pe carote, în cazul în care:

$$f_{m(n), is} \geq 0,85 (f_{ck} + 1,48 s) \text{ și } f_{is, \text{ cea mai redusă}} \geq 0,85 (f_{ck} - 4)$$

atunci zona respectivă poate fi considerată ca având un beton conform cu SR EN 206-1.

În cazul în care un rezultat individual este inferior relației prezentate, aceasta situație indică mai mult o problemă locală decât una generală.

Alternativ, în cazul în care există acordul părților și când se au la dispoziție mai mult de 15 rezultate ale testelor indirecte și când cel puțin 2 carote au fost extrase din zona care indică cele mai reduse rezultate, se consideră betonul conform dacă:

$$f_{is, \text{ cea mai redusă}} \geq 0,85 (f_{ck} - 4)$$

De asemenea, dacă analiza se face pe o zonă redusă care conține numai una sau câteva sarje de beton și, pe baza experienței, se pot selecta 2 locații pentru extragerea de carote, zona poate fi considerată ca având beton conform dacă:

$$f_{is, \text{ cea mai redusă}} \geq 0,85 (f_{ck} - 4).$$

3. Aplicarea metodelor pentru evaluarea rezistenței betonului prin încercări pe carote și/sau încercări nedistructive efectuate pentru investigarea unei construcții din beton armat.

Evaluarea rezistenței betonului este efectuată pe baza rezultatelor obținute prin încercarea la compresiune a carotelor și a măsurărilor nedistructive indirecte, prin metodă ultrasonică, având la dispoziție 10 perechi de rezultate, prezentate în tabelul 3 [10]:

Tabelul 3

Rezultate individuale obținute prin aplicarea metodelor nedistructive și distructive										
Punctul de măsurare	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$f_{is}(N/mm^2)$	21,4	19,0	17,8	19,5	18,4	19,0	26,0	18,6	19,6	18,0
v_i (km/s)	4,099	4,076	4,002	4,120	4,087	4,149	4,423	4,051	4,117	4,012

Evaluarea rezistenței caracteristice a betonului pe baza rezultatelor obținute la încercarea la compresiune a carotelor se face conform abordării B, deoarece numărul de carote este cuprins între 3 și 14.

Valoarea medie a rezultatelor, $f_{m(10),is} = 19,7 \text{ N/mm}^2$

Valoarea cea mai mică, $f_{is, \min} = 17,8 \text{ N/mm}^2$

Valoarea coeficientului k , pentru 10 încercări, $k = 5$.

Se consideră cea mai mică valoare dintre:

$$f_{m(10),is} - k = 19,7 - 5 = 14,7 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{is, \min} + 4 = 17,8 + 4 = 21,8 \text{ N/mm}^2$$

Rezistența caracteristică a betonului din lucrare este $f_{ck,is} = 14,7 \text{ N/mm}^2$.

Deoarece carotele încercate se înscriu în condiția de echivalare a rezistenței cu cea obținută pe cuburi cu latura de 150 mm, rezultă că rezistența caracteristică a betonului din lucrare corespunde clasei de rezistență C12/15 pentru care $f_{ck,is,cub} = 13 \text{ N/mm}^2$, conform tabelului 1.

Trasarea curbei care exprimă relația între datele măsurate prin metodă ultrasonică, indirectă, și rezistențe, se face conform alternativei 2, deoarece numărul de puncte în care s-au efectuat perechi de determinări este cuprinsă între 9 și 18, astfel:

► se calculează valorile f_v pentru curba de bază, pentru vitezele măsurate, cu relația: $f_v = 62,5 v^2 - 497,5 v + 990$;

► se calculează diferențele $\delta f_v = f_{is} - f_v$ pentru fiecare punct de măsurare;

► se calculează abaterea medie pătratică, s_v , pentru vitezele măsurate;

► se calculează valoarea medie, δf_{vm} a diferențelor δf_v ;

► se calculează valoarea Δf_v , cu care se deplasează curba de bază, cu relația $\Delta f_v = \delta f_{vm} - k_1 \times s$; în care coeficientul k_1 este dependent de numărul de rezultate

► se trasează curba care reprezintă relația între vitezele măsurate și rezistențele betonului, prin deplasarea curbei de bază cu Δf_v .

Rezultatele calculelor sunt prezentate în tabelul 4 și reprezentate grafic în figura 2.

Tabelul 4

Determinarea valorii δf_v

Nr. punct	v_i (km/s)	f_{is} (N/mm ²)	f_v (N/mm ²)	δf_v (N/mm ²)
1	4,099	21,4	0,8	20,6
2	4,076	19,0	0,6	18,4
3	4,002	17,8	0,0	17,8
4	4,120	19,5	1,2	18,3
5	4,087	18,4	0,7	17,7
6	4,149	19,0	1,8	17,2
7	4,423	26,0	12,3	13,7
8	4,051	18,6	0,3	18,3
9	4,117	19,6	1,2	18,4
10	4,012	18,0	0,0	18,0

$K_1 = 1,62$ (pentru 10 rezultate); $s_v = 0,118$; $\delta f_{v,m} = 17,8 \text{ N/mm}^2$;

$\Delta f_v = 17,8 - 1,62 \times 0,118 = 17,6 \text{ N/mm}^2$

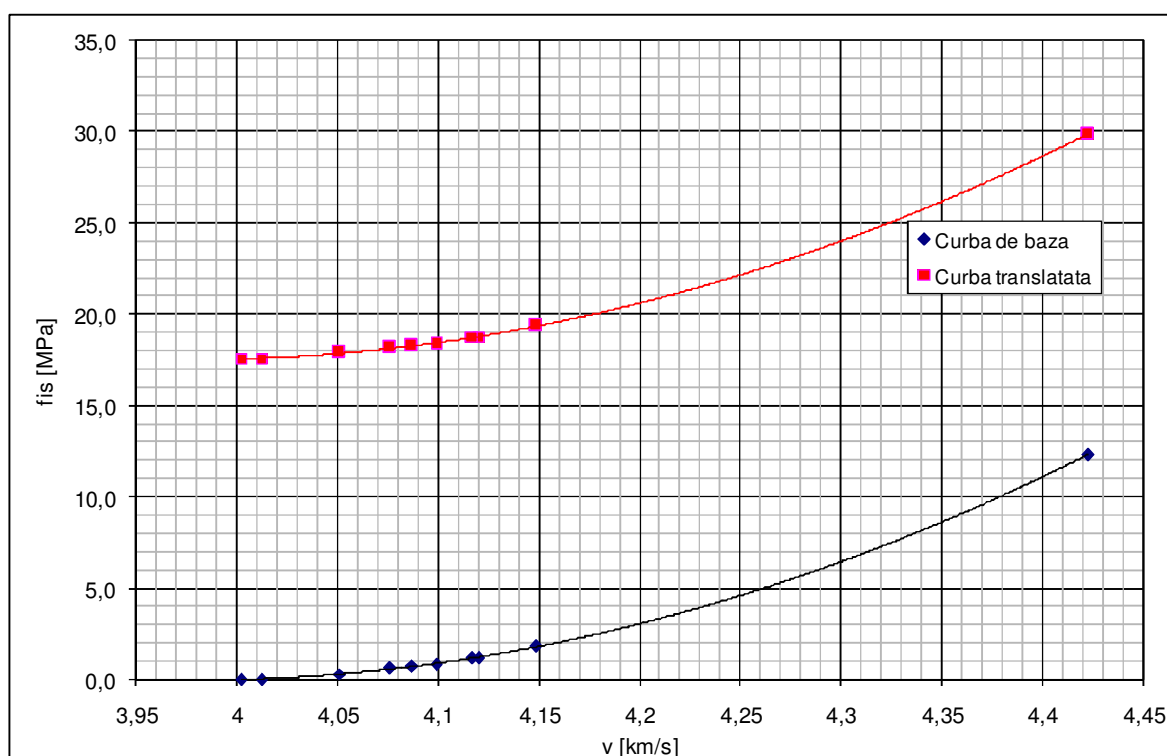


Figura 2. Curba care indică relația între vitezele măsurate și rezistențele betonului, obținută prin deplasarea curbei de bază cu Δf_v

Cu ajutorul curbei care indică relația între vitezele măsurate și rezistențele betonului se poate evalua rezistența betonului din lucrare în funcție de valorile măsurate ale vitezelor ultrasunetelor. Condiția de aplicare este ca vitezele măsurate să nu se situeze în afara intervalului în care s-au încadrat valorile vitezelor utilizate pentru trasarea curbei $\pm 0,05$ km/s. Evaluarea rezistenței caracteristice nu se poate efectua decât dacă se are la dispoziție mai mult de 15 rezultate.

4. Concluzii

4.1. Deși bazate pe principii utilizate de mai multă vreme, prevederile actuale din standardele europene privind caracterizarea betonului și evaluarea rezistenței sale prin încercări in situ au elemente de noutate față de prevederile românești anterioare, între care și cele din normativul pentru încercarea betonului prin metode nedistructive indicativ C26-85. Aceste elemente de noutate, privind determinarea in situ a rezistenței la compresiune a betonului, prevăzute în standardul SR EN 13791:2007, constau, în principal, în creșterea gradului de încredere prin utilizarea, ca date de referință a rezultatelor obținute pe un număr relativ mare de carote extrase din lucrare. Pe această bază, se prevede modul de evaluare a rezistenței caracteristice la compresiune a betonului din lucrare, care este pusă în raport cu clasele de rezistență prevăzute în SR EN 206-1, care sunt luate în considerare la proiectare.

4.2. Diferența de abordare aduce după sine o independență mai mare față de cunoașterea mai detaliată a caracteristicilor de compoziție și tratare a betoanelor din lucrare, având în vedere faptul că:

a) în conformitate cu normativului C26-85, datele de bază sunt stabilite pentru un beton de referință, urmând ca raportarea între datele măsurate pe betoanele din lucrare și acest beton de referință să se efectueze prin aplicarea unor coeficienți de influență care depind de o serie de caracteristici ale betoanelor din lucrare (tipul de ciment și dozajul acestuia; natura agregatelor, dimensiunea maximă și procentul de fracțiune fină din acestea; maturitatea betonului și prezența aditivilor);

b) în conformitate cu standardul SR EN 13791:2007, datele de bază (fiind constituite din rezultatele obținute prin încercarea unui număr relativ mare de carote) includ toate caracteristicile menționate anterior, astfel că, raportarea între măsurările prin metode indirecte și rezistențele obținute pe carote se realizează direct, pe baza unor curbe de referință stabilite pentru betonul din acea lucrare.

Bibliografie

- [1] P100-3 - Cod de evaluare seismică a clădirilor existente
- [2] CP 012-1/2007 - Cod de practică pentru producerea betonului
- [3] NE 012-2/2010 - Producerea betonului și executarea lucrărilor din beton, beton armat și beton precomprimat. Partea 2: Executarea lucrărilor
- [4] C26-85 - Normativ pentru încercarea betonului prin metode nedistructive
- [5] C54-81 - Instrucțiuni tehnice pentru încercarea betonului cu ajutorul carotelor

- [6] SR EN 13791 - Evaluarea in-situ a rezistenței la compresiune a betonului din structuri și din elementele componente structurilor prefabricate
- [7] SR EN 12504-2 – Încercări pe beton din structuri. Partea 2: Încercări nedistructive. Determinarea indicelui de recul
- [8] SR EN 12504-4 – Încercări pe beton din structuri. Partea 4: Încercări nedistructive. Determinarea vitezei de propagare a ultrasunetelor
- [9] SR EN 12504-1 – Încercări pe beton din structuri. Partea 1: Încercări pe carote – prelevare, examinare și încercarea la compresiune
- [10] Metode experimentale convenționale și neconvenționale de determinare a nivelurilor de performanță a materialelor, elementelor și structurilor de construcții - METEX, Contract nr. 31034/2007, beneficiar A.N.C.S.