NORMATIV PENTRU ÎNCERCAREA BETONULUI PRIN METODE NEDISTRUCTIVE

Indicativ: C 26-85

Înlocuieşte: C 26-72, C 30-67, C 12-71

Cuprins

* OBIECT ŞI DOMENIU DE UTILIZARE
* ÎNCERCAREA BETONULUI CU SCLEROMETRUL SCHMIDT
* ÎNCERCAREA BETONULUI PRIN METODE ULTRASONICE DE IMPULS
* ÎNCERCAREA BETONULUI PRIN METODA NEDISTRUCTIVĂ COMBINATĂ
* Anexa 1 - APARATE PENTRU ÎNCERCAREA BETONULUI PRIN METODA RECULULUI LINIAR ŞI UNGHIULAR EXISTENTE ÎN ROMÂNIA
* Anexa 2- EXEMPLU DE CALCUL
* Anexa 3 - COMPARAREA REZULTATELOR ÎNCERCĂRILOR NEDISTRUCTIVE CU PREVEDERILE DE PROIECT
* COMPLETARE LA "NORMATIV PENTRU ÎNCERCAREA BETONULUI PRIN METODE NEDISTRUCTIVE" Indicativ: C 26-85

I OBIECT ŞI DOMENIU DE UTILIZARE

I.1. Prezentul normativ cuprinde totalitatea metodelor nedistructive, oficializate în R.S. România, care permit estimarea rezistenţelor betonului din lucrare.

Ordinea de prezentare a metodelor este cea de la simplu la complex, de la metode mai aproximative, la metode mai exacte. Metodele nedistructive cuprinse în normativ sunt:

- Metoda de duritate superficială a sclerometrului Schmidt (partea I-a);

- Metoda ultrasonică de impuls (partea a II-a);

- Metoda nedistructivă combinată (partea a III-a).

I.2. Pentru fiecare metodă sunt prezentate posibilităţile de aplicare şi precizia de estimare a rezistenţei betonului în următoarele cazuri:

a) Când există epruvete sau carote din betonul de încercat şi este cunoscută compoziţia acestuia;

b) Când există doar epruvete sau carote, iar compoziţia betonului este necunoscută sau nu poate fi garantată;

c) Când există doar date exacte şi complete privind compoziţia şi maturitatea betonului de încercat;

d) Când există doar date sumare asupra compoziţiei betonului (marca sau clasa de proiect, eventual dimensiunea maximă a agregatului, etc) şi asupra maturităţii (data aproximativă a turnării).

Precizia fiecărei metode este descrescătoare în ordinea de la a) la d).

I.3. În Anexa 3 de la sfîrşitul normativului este reluată metodologia de calcul a rezistenţei caracteristice pe baza căreia se poate verifica realizarea clasei de beton proiectate, cu ajutorul încercărilor nedistructive pe betonul din lucrare. De asemenea în aceiaşi anexă se găseşte un tablou de echivalenţă între clasele şi mărcile de betoane.

Se accentuează importanţa alegerii metodei nedistructive celei mai adecvate, în funcţie de condiţiile de încercare existente, pentru a obţine în final rezistenţe estimate cât mai apropiate de cele reale. La fiecare metodă prezentată sînt' expuse în detaliu cazurile în care folosirea metodei este indicată sau contraindicată.

[top]

I - ÎNCERCAREA BETONULUI CU SCLEROMETRUL SCHMIDT

1. Prevederi generale

1.1. Prezentul normativ stabileşte regulile de efectuare a măsurătorilor şi de interpretare a rezultatelor încercărilor efectuate cu sclerometrul Schmidt, pentru determinarea rezistenţei betonului din lucrare, prin metode nedistructive.

1.2. Metoda se bazează pe măsurarea reculului pe care un corp mobil îl suferă, în urma impactului cu suprafaţa betonului, din elementul de încercat; acest recul este un indicator al durităţii superficiale a betonului şi poate fi folosit pentru estimarea rezistenţei betonului, în limitele garantate de precizia metodei.

1.3. Domeniul de aplicare al metodei îl constituie îndeosebi controlul pe faze (decofrare, transfer, livrare) în elemente de grosimi relativ mici şi mijlocii, de vîrste de regulă sub 60 zile.

1.4. Informaţiile obţinute se referă în principal la calitatea betonului, în primii 2-3 cm, de la suprafaţa betonului.

1.5. Cazurile în care încercarea betonului cu sclerometrul Schmidt este contraindicată sunt:

- elemente la care calitatea betonului din stratul de suprafaţă este diferită de cea din straturile profunde (supuse acţiunilor agresive chimice sau fizice de suprafaţă, elemente multistrat etc);

- elemente ce conţin defecte interne sau de suprafaţă în zonele respective;

- elemente la care vârsta betonului a depăşit 6 luni, la care există o diferenţă sensibilă între duritatea stratului de suprafaţă carbonatat şi cea a straturilor profunde;

- betoane confecţionate cu dozaje sub 200 kg/m^3;

- elemente subţiri, de mare flexibilitate (b < 10 cm) la care o parte din energia incidenţă poate fi transferată elementului sub formă de energie de deformare la încovoiere*

- elemente masive (b > 100 cm) la care este hazardat să se judece calitatea întregului element după calitatea unui strat superficial de 2 cm grosime;

- elemente la care nu este asigurat accesul decât pe faţa de tumare şi la care nu există posibilitatea înlăturării unui strat de cel puţin 10 mm cu obţinerea unei suprafeţe fără rugozităţi pentru încercare;

- elemente care stau într-o atmosferă ce influenţează asupra durităţii lor superficiale (de ex. bogată în CO_2);

- elemente realizate cu beton macroporos (cu structură a suprafeţei deschisă).

1.6. Elementele ce stau la baza preferării metodelor de duritate superficială sunt: simplitatea încercării, costul redus al aparaturii, economia de energie, rapiditatea încercării.

1.7. Rezistenţele betonului determinate în conformitate cu prevederile acestei norme sunt rezistenţe la compresiune cubice corespunzătoare cuburilor de 14,1 cm sau 20 cm latură.

2. Aparatura de încercare

2.1. Aparatura de încercare este reprezentată de unul din sclerometrele tip Schmidt cu recul liniar, sau unghiular. În Anexa 1 se dă o listă a sclerometrelor de acest tip cunoscute în R.S.R.

2.2. Relaţiile şi graficele cuprinse în prezenta normă se referă la sclerometrul Schmidt tip N - tipul curent al seriei. Folosirea lor la un sclerometru Schmidt de alt tip este posibilă numai după transformarea măsurătorilor efective în măsurători echivalente, pentru sclerometrul Schmidt tip N.

2.3. Modul de funcţionare al aparaturii este în principiu următorul: sub acţiunea unui sistem de resoarte, un echipaj mobil loveşte, prin intermediul unei tije de percuţie, betonul. în urma impactului echipajul reculează antrenînd un cursor ce indică mărimea reculului pe o scară gradată.

2.4. Este necesară o verificare periodică a aparaturii. În perioada iniţială de utilizare a aparaturii ea poate fi făcută odată la 500 lovituri dar după depăşirea a 2 000 lovituri trebuie făcută la fiecare încercare sau cel mult la 200 lovituri.

2.5. Verificarea aparaturii se face pe o nicovală etalon furnizată de producător. În timpul încercării, care are loc după direcţia de sus în jos, nicovala trebuie să nu oscileze. Citirea de etalonare este cea indicată de proiectant: pentru tipul N-80 div. Se admit abateri de la valoarea de referinţă până la ±5%. în cazul existenţei unor astfel de abateri este necesară corectarea rezultatului măsurătorii conform relaţiei (1.1).

(1.1)

în care: N_{cor} - este măsurătoarea pe beton corectată;

N_{ef} - măsurătoarea efectivă pe beton;

N_{et} — măsurătoarea de etalonare.

2.6. La fiecare 2 000 lovituri se recomandă curăţirea şi întreţinerea sclerometrului. În acest scop se demontează capacele anterioare, se curăţă sclerometrul la interior de praf şi eventual se unge cu un film de ulei de mecanisme. O atenţie deosebită trebuie acordată păstrării aceluiaşi coeficient de frecare pe suprafaţa cursor - tijă de glisare a cursorului.

3. Tehnica de încercare

3.1. Se stabilesc elementele de încercat de beneficiarul încercării sau de organul care solicită controlul.

3.2. Alegerea zorielor de încercare pe element se face respectând următoarele recomandări:

a) evitarea fetei de turnare şi dacă este posibil şi a feţei opuse acesteia;

b) evitarea zonelor cu defecte de suprafaţă (zone macroporoase, fisuri, rosturi) conf. pct. 1.5;

c) evitarea zonelor ce corespund armăturilor îndeosebi când acestea sunt apropiate de suprafaţa betonului (d < 3 cm);

d) evitarea zonelor adiacente muchiilor pînă la minimum 5 cm pe elemente;

e) evitarea suprafeţelor pe care există incluziuni de corpuri străine (aşchii de cofraj, pămînt, praf etc).

3.3. O zonă de încercare are o suprafaţă între 200-400 cm^2 (între 14X14 cm şi 20X20 cm). Pe ea se pot aplica cele 6-9 lovituri, necesare determinării indicelui de recul mediu pe zonă.

3.4. Pregătirea unei zone pentru încercare constă din:

- îndepărtarea pojghiţei de lapte de ciment separată la compactare existentă;

- îndepărtarea rugozităţilor existente pe suprafaţa betonului în vederea asigurării gradului de netezire corespunzător;

- evidenţierea porilor aparenţi sau existenţi sub pojghiţa de lapte de ciment pentru evitarea lor;

- evidenţierea eventualelor agregate mari detectate pe suprafaţă pentru evitarea lor.

3.5. Pregătirea suprafeţei de încercat se face prin frecare cu piatră de duritate mare (caeborundum). Grosimea stratului îndepărtat e bine să fie de minimum 1 mm.

3.6. După polizare suprafaţa se curăţă de praful rezultat prin suflare.

3.7. Numărul loviturilor într-o zonă poate varia între 6—9. După prelucrarea selectivă a rezultatelor trebuie să rămînă cel puţin 5 măsurători valabile.

3.8. Distanţa minimă între punctele de încercare ale aceleiaşi zone este de 3 cm (între centre).

3.9. Distanţa minimă între punctele de încercare şi muchia elementului este de:

- 50 mm pentru elementele turnate în cofraj de lemn sau metalic;

- 30 mm pentru epruvete turnate în cofraj metalic.

3.10. Elementele la care condiţiile de întărire sunt diferite pe cele două feţe opuse se vor încerca pe ambele feţe.

3.11. Se recomandă ca zonele de încercare să fie alese pe suprafeţele cofrate ale elementului.

3.12. Încercările pe suprafeţe verticale nu au nevoie de corecţii de unghi. Încercările pe alte suprafeţe cu sclerometrul tip N se corectează în funcţie de unghiul a conform tabelului 1.1.

Tabelul 1.1.

CORECŢIILE DE UNGHI ΔN

α / N	De jos în sus		De sus în jos	
	+90’	+45’	-45’	-90’
10	-	-	+2,7	+3,5
20	-5,4	-3,5	+2,5	+3,4
30	-4,7	-3,1	+2,3	+3,1
40	-3,9	-2,6	+2,0	+2,7
50	-3,1	-2,1	+1,6	+2,2
60	-2,3	-1,6	+1,3	+1,7

3.13. În timpul încercării sclerometrul trebuie menţinut riguros perpendicular pe suprafaţa de încercare.

3.14. Armarea şi declanşarea sclerometrului trebuie făcută printr-o apăsare lentă, progresivă, fără zmucituri..

3.15. Citirea aparatului se face pe scala acestuia, în numere întregi, fără zecimale, după declanşarea loviturii, dar înainte de a elibera de presiune tija sclerometrului.

4. Prelucrarea măsurătorilor directe

4.1. Măsurătorile efectuate într-o zonă constituie o mulţime căreia i se calculează intervalul conform relaţiei:

$\Delta N = N_{max} - N_{min}$ (1.2)

4.2. Dacă intervalul ΔN satisface inegalitatea:

$\Delta N \leq 5$div (1.3)

atunci toate încercările pot fi considerate valabile şi pot fi introduse în calculul mediei pe zonă.

4.3. Dacă intervalul ΔN satisface inegalitatea:

$\Delta N > 5$ div. (1.4)

o prelucrare selectivă a rezultatelor este necesară.

4.4. În cazul prelucrării selective se urmăreşte eliminarea rezultatelor care nu aparţin mulţimii ce reprezintă duritatea betonului. Ele pot reprezenta, fie duritatea agregatului, fie reculul din dreptul unui por.

4.5. Prima etapă a procesului este asigurarea că nici o încercare nu a fost făcută în dreptul unui por. În acest scop se calculează intervalul şi se verifică inegalitatea:

$N_3 - N_1 \leq 2$ (1.5)

este aproape cert că valoarea minimă (N_1) reprezintă încercarea din dreptul unui por şi ea trebuie eliminată.

În cele de mai sus s-a presupus că rezultatele încercărilor au fost ordonate după mărimea lor în şirul N_1 N_2, N_3.

4.6. Dacă condiţia (1.5) este îndeplinită şi ΔN este mai mare de 5, este cert că valorile maxime trebuie eliminate până se ajunge la încadrarea în intervalul

$\Delta N \leq t5$ (1.7)

Numărul valorilor valabile rămase în calculul mediei trebuie să fie de cel puţin 5.

4.7. Indicele de recul mediu pe zonă se calculează cu rezultatele valabile, conform relaţiei:

(1.8)

în care „k" reprezintă numărul încercărilor valabile din zonă. Valorile N_z se rotunjesc la jumătatea de diviziune (de ex. 32 sau 32,5).

4.8. Dacă încercările nu au fost făcute pe suprafeţe verticale valorii medii (1.8) i se aplică corecţia $\Delta N\alpha$ dată în tabelul 1.1.

5. Stabilirea relaţiei de transformare indice de recul-rezistenţă a betonului la compresiune

5.1. Relaţia de transformare indice de recul-rezistenţă a betonului la compresiune se stabileşte în funcţie de condiţiile existente la locul de aplicare astfel:

a) Cu ajutorul unui număr mare de epruvete ($n \geq 30$), confecţionate din betonul de încercat, dar cu variaţii ale raportului a/c, prin apa de amestecare, ale granulozităţii agregatului prin fracţiunea de fin (0 -1 mm) din agregate şi în anumite limite ale gradului de compactare (cu condiţia obţinerii unei suprafeţe închise). În acest caz relaţia de transformare indice de recul-rezistenţă la compresiune se stabileşte exclusiv pe baza datelor experimentale;

b) Cu ajutorul unui număr mic de epruvete sau carote ($n \geq 3$) confecţionate sau extrase din betonul de încercat, de compoziţie constantă. În acest caz curba de transformare se alege din familia curbelor de transformare indice de recul-rezistenţă la compresiune teoretic posibile, pe baza rezultatelor experimentale;

c) Pe baza compoziţiei şi maturităţii cunoscute a betonului de încercat. În acest caz relaţia de transformare indice de recul-rezistenţă la compresiune se stabileşte pe cale semiteoretică, cu ajutorul coeficienţilor de influenţă ai compoziţiei şi maturităţii betonului;

d) Mixt când există un număr mic de epruvete sau carote şi date privind compoziţia betonului de încercat. În acest caz curba de transformare este o combinaţie ponderată între curbele obţinute conform metodologiilor enunţate la punctele b) şi c);

e) Când nu există nici epruvete sau carote, nici date amănunţite ale compoziţiei betonului de încercat, dar se pot colecta un număr de informaţii auxiliare cum ar fi marca de proiect, data turnării, etc care pot orienta asupra alegerii parametrilor pentru calculul semiteoretic prevăzut la punctul c).

5.2. Stabilirea relaţiei de transformare pe baza încercării unui număr mare de epruvete ($n \geq 30$)

5.2.1. Epruvetele preferate pentru încercare sunt cuburi de 20 sau 14,1 cm latură. în cazul folosirii unor epruvete cu suprafaţa de impact convexă se vor folosi corecţii dependente de curba suprafeţei. Valoarea corecţiilor variază între 2 - 4 diviziuni în funcţie de raza suprafeţei.

În cazuri excepţionale (agregat mai mic de 15 mm) se admite folosirea cuburilor cu latura de 10 cm.

5.2.2. Înaintea încercării nedistructive cubul se încastrează într-un dispozitiv rigid de masă mare în raport cu masa epruvetei pentru a facilita distribuţia energiei incidente numai între energia de deformare locală a epruvetei şi energia de recul a ciocanului.

Cel mai utilizat sistem este blocarea epruvetei între platanele unei prese de compresiune şi încărcarea ei cu o forţă de aproximativ 40 kN, dar care să nu depăşească 1/2 din forţa de rupere a epruvetei.

5.2.3. Pe fiecare epruvetă se aplică 6 - 9 lovituri necesare determinării indicelui de recul mediu pe epruvetă. Distanţele între punctele de încercare precum şi dintre acestea şi muchiile epruvetei trebuie să fie conform punctelor 3.8 şi 3.9. Toate punctele de încercare trebuie să se afle pe feţele cofrate ale epruvetei.

5.2.4. După încheierea încercărilor nedistructive la forţa de 40 kN se continuă încercarea epruvetei pînă la rupere. Viteza de încercare va trebui astfel reglată încît ruperea epruvetei să se facă într-un timp mai mare de 1 minut (~2 daN/cm^2/s).

5.2.5. Pe baza datelor experimentale se calculează indicele de recul mediu pe zonă, conform prevederilor punctelor 4,1—4.7 şi rezistenţa la compresiune a epruvetei pe baza forţei de rupere şi a secţiunii epruvetei:

5.2.6. Valorile indicelui de recul mediu şi ale rezistenţei la compresiune determină pentru fiecare epruvetă încercată un punct în planul N -R_c (indice de recul-rezistenţă la compresiune).

5.2.7. După reprezentarea tuturor epruvetelor încercate în planul N - R_c se trasează curba faţă de care punctele experimentale prezintă abaterile minime prin metoda celor mai mici pătrate.

Experienţa a arătat că folosirea unei curbe polinomiale, ce depinde de două constante, de tipul:

$R_c = aN^b$ (1.9)

conduce la rezultate satisfăcătoare şi are avantajul de a fi relativ uşor de stabilit.

5.2.8. Precizia determinării rezistenţei betonului pe baza curbelor de transformare determinate cu ajutorul unui număr mare de epruvete se estimează cu relaţia:

(1.10)

în care: - este rezistenţa obţinută prin încercarea epruvtei “i” la presă

- rezistenţa obţinută prin încercarea nedistructivă cu sclerometrul a epruvetei „i" folosind curba de transformare;

k - numărul epruvetelor încercate folosite pentru trasarea curbei de transformare.

5.3. Stabilirea relaţiei de transformare pe baza încercării unui număr mic de epruvete (n ≅ 3)

5.3.1. Epruvetele folosite pentru încercări sunt cele turnate în mod curent pentru controlul distructiv al calităţii betonului, cuburi de 20; 14,1 şi în mod excepţional 10 cm latura.

5.3.2. Compoziţia, umiditatea şi maturitatea betonului din epruvete trebuie să fie aceleaşi cu cele ale betonului din elementul de încercat.

5.3.3. Epruvetele se încearcă nedistructiv şi distructiv în aceleaşi condiţii cu epruvetele din seriile mari adică conform prevederilor punctelor 5.2.2. - 5.2.4.

5.3.4. Rezultatele încercărilor se prelucrează şi se reprezintă grafic conform prevederilor punctelor 5.2.5—5.2.6.

5.3.5. Se determină centrul de greutate al figurii formată de punctele reprezentative ale încercărilor efectuate pe epruvete.

15.3.6. Se alege din familia curbelor polinomiale:

$R_c = aN^{2,23}$ (1.11)

pe cea care trece prin centrul de greutate determinat (v. fig. 1.1)

5.3.7. În mod alternativ se poate calcula raportul:

(1.12)

care reprezintă coeficientul total de influenţă pentru epruvetă „i" şi se calculează împărţind rezistenţa obţinută prin încercarea distructivă a epruvetei „i" la rezistenţa corespunzătoare mărimilor nedistructive măsurate pentru betonul de referinţă . Determinarea acestei ultime mărimi este explicitată în paragraful 5.4.

5.3.8. Se calculează coeficientul mediu de influenţă pentru toate epruvetele încercate (C_i) conform relaţiei:

(1.13)

5.3.9 Se calculează rezistenţele betonului din lucrare folosind relaţia:

(1.14)

în care: -reprezintă rezistenţele betonului de referinţă corespunzătoare indicelor de recul măsuraţi.

5.4. Stabilirea relaţiei de transformare ţinand seama de compoziţia betonului încercat

5.4.1. Se introduce noţiunea de beton de referinţă, beton caracterizat prin următorii factori de compoziţie, umiditate şi maturitate:

- tip ciment Pa 35;

- dozaj ciment 300 kg/m^3;

- natură agregat: silico-calcar;

- maturitate: 900°CXzile;

- umiditate: corespunzătoare păstrării STAS (7 zile apă + 21 zile aer).

5.4.2. Relaţia de transformare indice de recul rezistenţă a betonului la compresiune pentru betonul de referinţă are forma:

- în sistem SI

$R_c = 0{,}01N^{2,23}$ (MPa) (1.15)

- în sistem SI - adaptat

$R_c = 0{,}1N^{2{,}23}$ (daN/cm^2) (1.16)

Valorile rezistenţei betonului de referinţă ce corespund diferiţilor indici de recul pot fi regăsite pentru betonul de referinţă în fig. 1.1 la curba C_t = 1,00 sau în tabelul 1.2 sub coloana C_t = 1,00.

5.4.3. Dacă compoziţia betonului de încercat nu corespunde betonului de referinţă se calculează un coeficient total de influenţă al compoziţiei betonului (C_t) conform relaţiei:

(1.17)

în care: C_c este coeficientul de influenţă al tipului de ciment folosit, dat în tabelul 1.3;

C_d - coeficientul de influenţă al dozajului de ciment folosit, dat în tabelul 1.4;

C_a - coeficientul de influenţă al naturii agregatului egal cu unitatea pentru o clasă largă de agregate de duritate similară agregatelor silico-calcare şi în general supraunitar pentru agregate puţin dure şi subunitar pentru agregatele dure, urmând a fi determinat experimental dacă este necesar

C_u - coeficientul de influenţă al umidităţii betonului dat în tabelul 1.5. Se atrage atenţia că pentru betoanele foarte ude (păstrate sub apă) relaţia de transformare de forma generală 1.15 sau 1.16 nu mai este valabilă şi ea trebuie redeterminată plecând de la relaţia generală (1.18):

$R_c = aN^b$ (1.18)

cu ajutorul celor două puncte caracteristice corespunzătoare lui N = 20 div şi N = 40 div, definite de tabelul 1.5;

C_m coeficientul de influenţă al maturităţii betonului, aceasta din urmă fiind definită conform relaţiei clasice:

în care: θ_i este temperatura mediului de păstrare în ^{0}C

T_i – numărul de zile de temperatură θ

k – vârsta betonului la data încercării

Tabelul 1.2

REZISTENŢELE BETONULUI PENTRU DIFERIŢI INDICI DE RECUL (MPa)

N				C_t					
div	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
14	2,2	2,5	2,9	3,2	3,6	4,0	4,3	4,7	5,0
15	2,5	2,9	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,5	5,9
16	2,9	3,4	3,8	4,3	4,8	5,3	5,8	6,2	6,7
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
17	3,3	3,9	4 4	5,0	5,5	6,1	6,6	7,2	7,7
18	3,8	4,4	5,0	5,7	6,3	6,9	7,6	8,2	8,8
19	4,3	5.0	5,7	6,-t	7,1	7,8	8,5	9,2	9,9

20	4,8	5,6	6,4	7,2	8,0	8,8	9,6	10,4	11,2
21	5,3	6,2	7,1	8,0	8.9	9,8	10,7	11,6	12,5
22	5,9	6,9	7,9	8.9	9,9	10,9	11,9	12,9	13,9
23	6,5	7,6	8,7	9.8	10,9	12,0	13,1	14,2	15,3
24	7,2	8,4	9.6	10,8	12,0	13,2	14,4	15,6	16,8
25	7,9	9,2	10,5	11,8	13,1	H.4	15,7	17,0	18,3
26	8,6	10,0	11,4	12,9	14,3	15,7	17,2	18,6	20,0
27	9,3	10,9	12,4	14.0	15,5	17,1	18,6	20,2	21,7
28	10,1	11,8	13,5	15,2	16,9	18,6	19,9	22,0	23,7
29	11,0	12,8	14,6	16.5	18,3	20,1	22,0	23,8	25,6
30	11,8	13,8	15,8	17.7	19,7	21,7	23,6	25,6	27,6
31	12,7	14,8	17,0	19,1	21,2	23,3	25,4	27,6	29,7
32	13,6	15,9	18,2	20,4	22,7	25,0	27,2	29,5	31,8
33	14,6	17,0	19,4	21,9	24,3	26,7	29 2	31,6	34,0
34	15,6	18,2	20,8	23,4	26,0	28,6	31,2	33,8	36,4
35	16,7	19,5	22,2	25,0	27,8	30,6	33,4	36,1	38,9
36	17,8	20,7	23,7	26,6	29,6	32,6	35,5	38,5	41,4
37	18,8	22,0	25,1	28,3	31,4	34,5	37,7	40,8	44,0
38	20,0	23,3	26,6	30,0	33,3	36,6	40,0	43,3	46,6
39	21,2	24,-7	28,2	31,8	35,3	38,8	42,4	45,9	49,4
40	22,4	26,2	21,9	33,7	37,4	41,1	44,9	48,6	52,4
41	23,7	27,7	31,6	35,6	39,5	43,5	47,4	51,4	55,3
42	25,0	29,2	33,4	37,5	41,7	45,9	50,0	54,2	5S,4
43	26,5	30,9	35,4	39,4	44,2	48,6	53,0	56,5	61.9
44	28,1	32,8	37,5	42,2	46,9	51,6	56,3	61,0	65,7
45	29,5	34,4	39,3	44,2	49,1	54.0	58,9	63,8	68,7
46	30,8	36,0	41,1	46,3	51,4	56,5	61,7	66,8	72,0
47	32,2	37,6	43,0	48,3	53,7	59,1	64,4	69.8	75,2
48	33,7		44,9	50,5	56,1	61,7	67,3	72,9	78,5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
49	35,2	41,0	46,9	52,7	58,6	64,5	70,3	76,2	82,0
50	36,8	42,9	49,0	55,2	61,3	67,4	73,6	79,7	85,8

Tabelul 1.3

VALORI COEFICIENT C_c

Tip ciment	C_c
Pa 35, SR 35	1,00
P 40	0,95
M 30	0,87
F 25	0,60*
Aluminos	

*) Valoarea valabilă la vârsta foarte mari ($T \geq 10$ ani)

Tabelul 1.4

VALORI COEFICIENT C_d

Dozaje Kg/m^3	C_d
100	0,66
150	0,76
200	0,85
250	0,93
300	1,00
350	1,06
400	1,12
450	1,17
600	1,22
	1,32

Tabelul 1.5

VALORI COEFICIENT C_u

Umiditatebeton	C_u	
	N = 20	N = 40
Saturat (sub apă)	1,52	1,12
STAS la 28 zile (7 zile apă + 21 zile aer liber)	1,00	1,00
Aer cu umiditate 60%	0,95	0,95

Tabelul 1.6

VALORI COEFICIENT C_m

Maturitate beton ^{0}Cxzile	C_m
210	1,07
900	1,00
5400	0,92
10800	0,88

5.4.4. Rezistenţa betonului din lucrare (R_{ef}) se determină conform relaţiei:

$R_{ef} = R_{ref} \cdot C_t^{comp}$ (1.20)

Acest calcul este uşurat de Tabelul 1.2 care dă direct rezistenţa betonului din lucrare (R_{ef}) pentru diferite valori ale coeficientului total de influenţă sau de curbele corespunzătoare din fig. 1.1.

5.4.5. Precizia determinării rezistenţei betonului din lucrare pe baza compoziţiei sale este în general mai slabă decât precizia determinării rezistenţei cu ajutorul unui număr mare sau chiar mic de epruvete de etalonare din betonul de încercat.

5.5. Stabilirea relaţiei de transformare când se dispune de un număr mic de epruvete şi de compoziţia betonului

5.5.1. Se determină coeficientul total de influenţă experimental (C_t^{exp}) prin încercarea epruvetelor, de care se dispune, nedistructiv şi distructiv şi prin aplicarea prevederilor punctelor 5.3.7—5.3.8.

5.5.2. Se determină coeficientul total de influenţă al compoziţiei betonului (C_t^{comp}) conform prevederilor ptc. 5.4.3.

5.5.3. Se compară cei doi coeficienţi de influenţă astfel determinaţi şi dacă diferenţa lor respectă condiţia:

(1.21)

se calculează media ponderată a celor doi coeficienţi conform relaţiei:

(1.22)

valoarea astfel obţinută pentru coeficientul total de influenţă fiind considerată drept valoare finală şi folosită în calculul rezistenţelor efective ale betonului din lucrare conform relaţiei:

$R_{ef} = R_{ref} \cdot C_t$ (1.23)

Acest calcul este şi el facilitat de folosirea Tabelului 1.2 sau a graficului din fig. 1.1.

5.5.4. Dacă diferenţele dintre cei doi coeficienţi de influenţă, experimental şi calculat pe baza compoziţiei betonului sunt mai mari de 25% trebuie efectuată o analiză critică comparativă pentru a elimina valoarea eronată. De regulă această analiză conduce la elimmarea valorii C_t^{comp} dar există şi cazuri când vicii de identificare sau confecţionare a probelor au determinat eliminarea valorii C_t^{exp}.

5.5.5. Precizia metodei nedistructive de determinare a rezistenţei betonului este în acest caz superioară celei corespunzătoare cazurilor când există numai corpuri de probă sau numai compoziţia betonului e cunoscută.

6. Prelucrarea statistică a rezultatelor încercărilor cu sclerometrul Schmidt .

6.1. Se poate face numai în cazurile în care există corpuri de probă din betonul de încercat.

6.2. Se calculează rezistenţele betonului din lucrare corespunzătoare fiecărei zone încercate conform prevederilor cap.5.

6.3. Se calculează rezistenţa medie a tuturor zonelor (i)în care au fost făcute încercări nedistructive conform relaţiei:

(1.24)

în care: *"k"* — reprezintă numărul zonelor încercate.

6.4. Se calailează abaterea medie patratică a rezistenţelor determinate în lucrare prin metode nedistructive conform relaţiei:

(1.25)

6.5. Se calculează rezistenţa caracteristică a betonului din lucrare (R_{car}) cu relaţia:

(1.26)

în care: t este coeficientul ce depinde de numărul zonelor încercate şi de nivelul de încredere acceptat pentru calculul rezistenţei caracteristice egal în general cu 90%. În cazul unui număr suficient de mare de zone ($k \geq 15$) se poate accepta drept valoare a lui „t":

t = 1,66 (1.27)

α - un.coeficient ce reflectă corelaţia dintre câmpul de distribuţie al rezistenţelor determinate prin metode nedistructive şi cel al rezistenţelor determinate prin metode distructive. El trebuie determinat pentru fiecare caz în parte cu ajutorul încercărilor paralele nedistructive şi distructive pe corpuri de probă şi rezultă ca valoare a raportului:

(1.28)

în care: S_{DP} este abaterea medie pătratică a rezistenţelor determinate prin încercări distructive pe corpuri de probă

S_{NP} – abaterea medie pătratică a rezistenţelor determinate prin încercări nedistructive pe aceleaşi corpuri de probă

7. Indicaţii speciale

7.1. În cazul măsurătorii durităţii superficiale cu alte aparate decât sclerometrul Schmidt tip N se recomandă stabilirea unei relaţii de transformare a citirilor efectuate în citiri echivalente pentru sclerometrul Schmidt tip N. În acest scop este necesară efectuarea unor măsurători paralele cu cele două sclerometre pe minimum 10 corpuri de probă distribuite în intervalul 0,70 M - 1,20 M în care K este marca de proiect a betonului.

Cu titlul orientativ se dau următoarele relaţii stabilite pentru diferite Sclerometre de tip Schmidt:

- Tipul L

$N_N = N_L + 5,5$ (1.29)

- Tipul M

$N_N = 1,15N_M$ (1.30)

- Tipul $P_{(v)}$

$N_N = 0,61N_{Pv}$ (1.31)

7.2 Echipa de încercare este formată din 2 persoane:

- un operator;

- un înregistrator.

Este recomandabil ca unul din aceste cadre, de preferinţă operatorul să fie un cadru cu pregătire superioară cu antrenament şi atestare în domeniul folosirii încercărilor nedistructive la determinarea rezistenţei betonului.

7.3. Rezultatele încercărilor se înscriu într-un buletin de încercare care va trebui să conţină:

- data efectuării încercării şi temperatura aerului la locul încercării;

- obiectivul şi elementele încercate;

- toate rezultatele încercărilor individuale directe din fiecare zonă, rezultatele eliminate;

- citirea de etalonare a aparatului şi seria lui;

- corecţiile de etalonare şi unghi;

- mediile pe zonă;

- compoziţia şi maturitatea betonului inclusiv marca de proiect;

- valorile coeficienţilor de influenţă parţiali şi totali utilizaţi în calcul;

- rezistenţele medii pe zonă;

- rezistenţele medii pe element;

- observaţiile şi concluziile conducătorului încercării.

7.4.. La efectuarea încercărilor de duritate superficială pe şantier se vor respecta măsurile generale de protecţia muncii pe şantier şi în plus se.va interzice închiderea sclerometrului prin declanşarea în mână, Sclerometrul va fi oprit în poziţia cu arcul de recul destins (lovitura declanşată).

[top]

II - ÎNCERCAREA BETONULUI PRIN METODE ULTRASONICE DE IMPULS

1. Prevederi generale

1.1. Prezentul normativ stabileşte regulile de efectuare a măsurătorilor şi de interpretare a rezultatelor încercărilor efectuate prin metoda ultrasonică de impuls pe epruvete, elemente şi structuri din beton, beton armat şi beton precomprimat în scopul determinării:

a) Proprietăţilor elasto-dinamice ale betonului;

b) Defectelor din elemente sau structuri;

c) Rezistenţelor mecanice ale betonului îndeosebi rezistenţa la compresiune în lucrare;

d) Modificarea structurii betonului în timpul întăririi sub acţiunea agenţilor chimici sau fizici agresivi, sau sub acţiunea solicitărilor mecanice;

e) Omogenitatea betonului în lucrare.

1.2. Metoda se bazează pe măsurarea timpului de propagare a impulsurilor ultrasonice în beton, între emiţător şi receptor, prin transmisie. Din această măsurătoare se deduce de regulă în prima etapă, citeza de propagare longitudinală a ultrasunetelor în beton şi ulterior, dacă aplicaţia o cere, rezistenţa betonului, ţinând seamă de compoziţia sa.

1.3. Folosirea metodei ultrasonice de impuls este indicată în următoarele cazuri:

a) La controlul calităţii betonului îndeosebi când acesta este turnat în elemente masive sau prezintă defecte aparente sau ascunse;

b) La urmărirea întăririi betonului îndeosebi în fazele iniţiale ale acestui proces, când au loc modificări importante ale vitezei de propagare;

c) La determinarea degradărilor structurale ale betonului în timpul solicitărilor sau acţiunilor fizice sau chimice agresive;

d) La determinarea gradului de compactare al betonului în lucrare;

e) La elemente la care există posibilitatea existenţei unei diferenţe sistematice între calitatea betonului în stratul de suprafaţă şi în profunzime.

1.4. Folosirea metodei ultrasonice de impuls este contraindicată în următoarele cazuri:

a) În zonele cu mari aglomerări de armătură mai ales când aceasta este orientată paralel cu direcţia de propagare emiţător-receptor;

b) La determinarea rezistenţei betonului în zone care acesta prezintă degradări structurale;

c) La betoane de compoziţie complet necunoscută;

d) La betoane confecţionate cu dozaje ridicate ($D \geq 400$ kg/m^3).

2. Principiul metodei

2.1. Un emiţător de ultrasunete alimentat corespunzător produce impulsuri ultrasonice care se propagă prin beton. Un receptor de ultrasunete captează aceste impulsuri şi le transformă într-un semnal electric.

Un bloc electronic permite măsurarea timpului de propagare scurs între momentul emisiei şi momentul recepţiei impulsului.

2.2. În funcţie de modul de amplasare a palpatorilor emiţător şi receptor pe suprafaţa betonului se disting următoarele tehnici de încercare:

a) Prin transmisie directă, când emiţătorul şi receptorul sunt situaţi coaxial pe două feţe opuse ale elementului (fig. 2.1 a);

b) Prin transmisie diagonală, când emiţătorul şi receptorul sunt situaţi pe feţe diferite ale betonului, dar necoaxial (fig. 2.1. b şi c);

c) Prin transmisie la suprafaţă, când emiţătorul şi receptorul sunt situaţi pe aceiaşi faţă a elementului (fig. 2.1. d).

2.3. Viteza de propagare longitudinală (V_L) se calculează cu relaţia:

$V_L = L/T$ (km/s) (2.1)

în care: *L* este distanţa emiţător-receptor în linie dreaptă, în mm

T- timpul de propagare al impulsurilor în beton, în μ s.

În cele ce urmează pentru uşurinţa exprimării şi notării, vom folosi de regulă termenul viteză de propagare şi notaţia (V) pentru termenul riguros viteză de propagare longitudinală şi notaţia (V_L).

2.4. Pentru ca viteza măsurată să fie riguros o viteză de propagare longitudinală în mediu infinit, trebuie ca toate dimensiunile corpului (a, b, c) să satisfacă relaţia:

a, b, c $\geq 2\lambda$ (2.2)

în care: λ - este lungimea de undă a ultrasunetului folosit egală cum se ştie cu:

$\lambda = V_L / n$ (2.3)

în care: *n* - este frecvenţa oscilaţiilor utilizate.

Eroarea care se face în definirea vitezei longitudinale; în cazul nerespectării riguroase a condiţiei (2.2) poate fi neglijată până la limită:

a, b, c $\geq 1{,}2\lambda$ (2.4)

După care corecţiile ce se aplică devin prea importante pentru a fi neglijate.

În cazul în care una din dimensiunile elementului, transversală pe direcţia de propagare, verifică relaţia:

b sau c $\leq \lambda$ (2.5)

viteza care se măsoară este o viteză longitudinală în plăci (V_P), legată la beton, de viteza longitudinală în medii infinite (V_L) prin relaţia:

$V_P \cong 0{,}96\ V_L$ (2.6)

În cazul în care ambele dimensiuni transversale ale elementului verifică relaţia:

b şi c $\leq 0{,}2$ X (2.7)

Viteza care se măsoară este o viteză a undelor de dilatare (V_D), legată la beton de viteza longitudinală în medii infinite (V_A) prin relaţia:

$V_D \approx 0{,}9\ V_L$. (2.8) .

În domeniul situat între cel definit de relaţiile (2.4) şi (2.7) există un regim tranzitoriu în care viteza de propagare măsurată depinde de raportul dintre dimensiunile transversale a corpului şi lungimea de undă a ultrasunetului.

Viteza de propagare măsurată în tehnica de suprafaţă pe faţa de turnare a betonului este mai mică de regulă cu 4 - 6% decît viteza de propagare măsurată prin transmisie directă, pe feţe cofrate, din cauza proprietăţilor particulare ale stratului din vecinătatea suprafeţei de turnare.

3. Alegerea şi pregătirea locurilor de încercare

3.1. Alegerea elementelor de încercat se face de beneficiarul încercării, de proiectant, de expert sau de o comisie de expertizare.

3.2. Numărul secţiunilor examinate pe fiecare element depinde de obiectul examenului nedistructiv.

- Pentru controlul omogenităţii se apreciază ca suficientă o reţea de puncte cu distanţa între secţiuni de 50 cm;

- Pentru examenul defectoscopic se apreciază ca necesară o reţea principală, cu distanţa între secţiuni de 30 cm, posibilităţi de îndesire suplimentară, prin reţele secundare;

- Pentru controlul prin sondaj a calităţii betonului în elemente se apreciază ca necesare minimum 3 secţiuni, situate în zonele de solicitare maxime ale elementului şi pe cît posibil distribuite în lungul acestuia.

3.3. Numărul punctelor de încercare într-o secţiune depinde de latura secţiunii şi de numărul de feţe accesibile pentru încercare.

În general el variază, pentru examenele prin sondaj a rezistenţei betonului, între 3 - 6.

3.4. Numărul punctelor de încercare pe epruvete este de minimum 3, pentru cuburile de 20 cm latura şi cilindrii de 15X30 cm.

3.5. Se va evita alegerea punctelor de încercare pe faţa de turnare şi chiar pe cea opusă acesteia. Se vor prefera încercările pe feţele laterale, cofrate ale elementului.

3.6. Se va evita alegerea direcţiei de încercare paralelă cu direcţia armăturilor principale de rezistenţă, ca şi amplasarea punctelor de încercare în zone cu mari concentrări, indiferent de orientarea acestora.

3.7. Distanţa minimă a punctelor de încercare faţă de muchiile elementului este de 10 - 12 cm pentru elemente. Încercările pe epruvete vor avea punctele de încercare prevăzute în ax (egal depărtate faţă de muchii).

3.8. Suprafaţa de beton pe care urmează a fi aplicat traductorul trebuie să fie perfect plană, lipsită de rugozităţi şi de incluziuni de corpuri străine, inclusiv de praf. În acest scop se recomandă prelucrarea suprafeţelor de beton prin frecare cu o piatră de carborund şi suflarea suprafeţei, după încheierea prelucrării, pentru înlăturarea prafului.

Suprafaţa prelucrată trebuie să depăşească suprafaţa palpatorului. '

3.9. Distanţa minimă între punctele de emisie şi recepţie ale unei măsurători, utilizate la determinarea rezistenţei betonului, trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:

a) $L \geq 2\lambda$ (2.9)

în care: λ - este lungimea de undă a ultrasunetelor utilizate. Pentru betonoscoape cu transductori de 50 kHz la betoane obişnuite relaţia (2.9) presupune un spaţiu de cea 16 cm.

b) $L \geq 6\Phi_{max}$ (2.10)

în care: Φ_{max} - este diametrul maxim al agregatului utilizat la prepararea betonului.

3.10. Dimensiunea minimă a elementului normal pe direcţia de încercare trebuie să îndeplinească condiţia:

$a \geq 2\lambda$ (2.11)

pentru ca viteza de propagare măsurată să corespundă vitezei longitudinale. Pentru betonoscoape cu transductori de 50 kHz, la betoane obişnuite, relaţia (2.11) presupune o dimensiune de cca 16 cm.

Dacă una din dimensiunile transversale ale elementului îndeplineşte condiţia (2.11), iar cealaltă dimensiune condiţia:

$b \geq \lambda$ (pentru 50 kHz cea 8 cm) (2.12)

se poate admite încă, fără a comite o eroare mai mare de 1,5 - 2%, că viteza măsurată este cea corespunzătoare undelor longitudinale.

Dacă ambele dimensiuni transversale îndeplinesc condiţia (2.12) dar nu îndeplinesc condiţia (2.11) se poate admite încă, cu o eroare mai mică de 3%, că viteza măsurată este cea corespunzătoare undelor longitudinale.

3.11. La examinarea stâlpilor monoliţi este util ca încercările să se facă pe ambele direcţii ale stâlpului din secţiunea transversală.

3.12. Evitarea încercărilor în dreptul etrierilor este necesară.

În acest scop se poate folosi fie metoda pachometrului pentru localizarea etrierilor, fie o identificare vizuală, combinată cu o dată de proiect (distanţa dintre etriei), fie exclusiv datele de proiect, din examinarea cărora se poate alege o distanţă între secţiuni „h_s", multiplu fracţionar al distanţei din proiect între etrieri.

$h_s = (5/4)h_e$ (2.13)

care asigură ca cel puţin 3 din 4 secţiuni să se situeze în afara etrierilor.

Încercările în dreptul etrierilor sunt falsificate îndeosebi la punctele marginale ale secţiunii.

3.13. Trasarea şi marcarea locurilor de încercare se face cu instrumente adecvate pentru a se obţine o precizie a trasării de ± 1 cm. Sunt suficiente de regulă în acest scop următoarele instrumente: lată şi nivelă (poloboc) sau furtun cu apă, (fir cu plumb) echer şi metru, iar pentru marcaj cretă forestieră sau creion dulgheresc.

La trasarea elementelor de mare serie, cum sînt cele ce reprezintă producţia fabricilor de prefabricate, se pot folosi cu un spor al productivităţii muncii, şabloanele.

4. **Aparatura şi tehnica de măsurare**

4.1. Aparatele cu ultrasunete folosite la determinarea nedistructivă a rezistenţei betoanelor se recomandă să aibă transductori de frecvenţă proprie cuprinsă între 40 - 100 kHz.

În afara acestor limite, contribuţia dispersiei fizice şi geometrice, la rezultatul măsurătorii, poate ajunge importantă.

4.2. În cazul alimentării la reţea, aparatele trebuie să fie capabile să suporte variaţii de tensiune de cel puţin + 10% şi - 15%. În cazul alimentării la baterie, bateria să asigure o autonomie de funcţionare de cel puţin 4 ore.

4.3. Aparatul de măsurare a timpului de propagare a impulsurilor ultrasonice în beton trebuie să fie capabil să asigure o precizie de măsurare a timpului de cel puţin ±1%. în intervalul 20 μ s – 1000 μ s.

4.4. Instrumentele de măsurare a spaţiului trebuie să asigure o precizie de măsurare a acestuia după cum urmează:

a) ±0,5% în condiţii de laborator pe epruvete;

b) ±1% în condiţii de şantier pe elemente.

4.5. Aparatul trebuie să dispună de un mijloc de verificare a măsurătorii de tirnp de propagare efectuate. Sistemul cel mai uzitat în acest scop este unul extrem, ce foloseşte o bară de calibrare sau de etalonare.

4.6. Eliminarea timpului de propagare corespunzător propagării în transductori se face printr-o măsurătoare cap la cap (în contact direct emiţător-receptor). Unele aparate au posibilitatea eliminării acestui timp de la început, în timp ce altele presupun extragerea lui din fiecare măsurătoare.

4.7. Întreaga aparatură de încercare trebuie să-şi menţină performanţele în următoarele condiţii:

- temperatură între -10°C şi +45°C;

- umiditate până la 90%.

4.8. Tehnica de încercare presupune aplicarea unui strat de mediu cuplant pe suprafaţa transductorilor. Stratul cuplant trebuie aplicat în grosimea minimă necesară expulzării complete a aerului dintre transductor şi beton, sau poate fi aplicat în exces, dar în acest caz trebuie să fie suficient de fluid pentru a putea expulza excesul, prin presarea transductorului pe beton.

Mediile cuplante recomandate pentru beton în funcţie de rugozitatea suprafeţei sunt: vaselina tehnică, vaselina siliconică, plastilină.

4.9. Înaintea începerii măsurătorilor, inclusiv a reglajului de zero, aparatul trebuie lăsat în funcţie un timp pentru a intra în regim termic de echilibru. Acest timp este de 1 - 2 minute la aparatele cu tranzistori şi de 10 - 15 minute la aparatele cu tuburi electronice.

4.10. Reglajul de zero trebuie făcut la o amplitudine a semnalului comparabilă cu cea care va fi utilizată ulterior la încercările pe beton. El se face prin menţinerea în contact direct a celor doi transductori emiţător şi receptor.

4.11. Măsurătoarea timpului de propagare a impulsului în beton presupune următoarele etape:

- aplicarea transductorilor, prevăzuţi cu mediu cuplant, pe suprafaţa betonului în zonele marcate, nivelate şi curăţate, şi menţinerea lor în contract ferm cu betonul, sub o tensiune minimă de ordinul a 10 kgf;

- amplificarea semnalului recepţionat până la o amplitudine care permite identificarea clară a momentului sosirii semnalului, de ordinul 2,5 - 3 cm ;

- măsurarea timpului de propagare scurs între momentul emisiei şi momentul recepţiei semnalului acustic prin aducerea în coincidenţă a unui semnal de referinţă, cu momentul sosirii semnalului acustic (fig. 2.2).

Unele măsurători ca cele referitoare la determinarea constantelor elasto-dinamice ale materialului reclamă o amplificare suplimentară a semnalului recepţionat, până la amplitudinea maximă permisă de aparat, fără apariţia zgomotului de fond, care să perturbe măsurătoare (fig. 2.3). Asemenea măsurători conduc la valori în medie cu 1 – 3% mai mici ale timpului de propagare măsurat. Ele nu sunt recomandate în schimb în măsurătorile legate de determinarea rezistenţei betonului, întrucît rezultatul unei astfel de măsurători depinde de lungimea traiectoriei impulsului în beton.

5. Influenţe ale condiţiilor de încercare

5.1. Rezultatele măsurătorii timpului de propagare a impulsurilor ultrasonice în beton pot fi influenţate de unele condiţii de încercare ca: starea suprafeţei betonului, temperatura betonului în timpul încercării, frecvenţa undelor longitudinale transmise, dimensiunile probelor şi armătura existentă în elemente.

5. Influenţe ale condiţiilor de încercare

5.1. Rezultatele măsurătorii timpului de propagare a impulsurilor ultrasonice în beton pot fi influenţate de unele condiţii de încercare ca: starea suprafeţei betonului, temperatura betonului în timpul încercării, frecvenţa undelor longitudinale transmise, dimensiunile probelor şi armătura existentă în elemente.

5.2. Influenţa suprafeţei se manifestă prin introducerea unui strat cuplant de grosime variabilă, în funcţie de rugozitatea suprafeţei, între transductor şi beton. Influenţa sa asupra rezultatului măsurătorii este cu atît mai mare cu cât rugozitatea suprafeţei este mai mare, viteza în stratul cuplant mai mică, viteza în beton mai mare şi distanţa emiţător-receptor mai mică.

Pentru reducerea influenţei sale se recomandă o bună prelucrare a suprafeţei, distanţe emiţător-receptor relativ mari (peste 30 cm), o însemnată şi uniform distribuită presiune pe transductor în timpul măsurătorii, medii cuplante caracterizate prin viteze de propagare, sau impedanţe acustice mari.

5.3. Un alt aspect al influenţei suprafeţei betonului îl constituie alegerea între suprafeţele laterale cofrate, suprafeţe de fund cotrate sau suprafeţe de turnare ale elementului. Aceste suprafeţe determină viteze de propagare diferite la măsurători .

Suprafeţele laterale sînt cele mai omogene şi mai reprezentative pentru calitatea betonului din masiv. Suprafaţa de turnare este caracterizată printr-o viteză de propagare mai scăzută, ca urmare a efectului separării la suprafaţă a unui strat bogat în fracţiuni fine de agregat şi lapte de ciment, sub acţiunea fenomenului de segregare. Ea va fi evitata pe cît posibil, în încercările cu ultrasunete. În cazul în care acest lucru nu este posibil se va asigura, în tehnica prin transmisie directă sau diagonală o grosime de beton de minimum 15 cm, iar în tehnica de suprafaţă o lungime de încercare de minimum 40 cm.

Suprafeţele de fund ocupă o poziţie intermediară între suprafeţele laterale şi cele de turnare.

5.4. Măsurătorile de viteză de propagare efectuate între + 5°C şi + 30°C pot fi considerate independente de temperatură. În afara acestui interval influenţa temperaturii asupra măsurătorii numai poate fi neglijată şi în funcţie de umiditatea betonului se recomandă aplicarea corecţiilor din tabelul 2.1.

Tabelul 2.1

CORECŢIILE DE TEMPERATURĂ ALE VITEZEI DE PROPAGARE V_L

Temperatură ^{0}C	Corecţia %	
	Beton uscat în aer	Beton saturat în apă
+60	+5	+4

+40	+2	+1,7
+20	0	0
0	-0,5	-1
< -4	-1.5	-7,5

Se remarcă faptul că pe măsură ce temperatura creşte, viteza de propagare scade, iar pe măsură ce temperatura scade, viteza de propagare creşte, corecţiile urmărind să anuleze aceste variaţii.

5.5. Lungimea traiectoriei, influenţează rezultatele măsurătorilor pe distanţe mici, când se crează o preferinţă pentru propagarea rapidă în lungul agregatelor mari, ce sunt caracterizate prin viteze de propagare mari.

Această influenţă se poate evita prin depăşirea considerabilă a limitei prezentate în relaţia (2.10) de la pct. 3.9.

De asemenea, pe distanţe mici trebuie evitate măsurătorile în camp apropiat conform relaţiei (2.9) pct. 3.9.

O altă influenţă a lungimii traiectoriei se manifestă în domeniul distanţelor mari, atunci când este folosită tehnica de măsurare la amplitudinea maximă. În acest caz pe măsură ce distanţa emiţător-receptor, creşte scade amplitudinea semnalului recepţionat şi deci sosirea lui este apreciată mai tîrziu.

În vederea evitării acestui neajuns se recomandă măsurătorile la amplitudinea constantă (standard).

Influenţa dimensiunilor transversale „a" şi „b" ale epruvetei rămîne destul de mică încă pînă la limita

a şi b $\geq \lambda$ (pentru 50 khz de cca 8 cm) (2.14)

astfel, încât, dacă se admit erori de viteză pînă la 3% corecţiile pot fi neglijate. Se atrage atenţia că asemenea erori antrenează totuşi erori de estimare a rezistenţei, datorate numai acestui factor, pînă la 12%.

Dacă se coboară sub limitele relaţiei (2.14) se intră într-un domeniu de tranziţie între condiţiile de propagare în mediu infinit şi cele în plăci sau bare.

Întrucît atingerea condiţiilor ideale de propagare în bare sau plăci presupune:

a şi b $\leq 0,2 \lambda$ (pentru 50 khz de cca 8 cm) (2.15)ea nu se realizează practic niciodată, în cazul betonului. Singura soluţie ce se impune este evitarea domeniului mărginit superior de relaţia (2.14).

5.6. Frecvenţa proprie a transductorilor exercită două tipuri de influenţe. Una indirectă prin modificarea limitei rezultate din relaţia (2.14) în cadrul dispersiei geometrice şi a condiţiilor de câmp îndepărtat, şi alta directă datorită dispersiei fizice.

În scopul limitării influenţei dispersiei fizice se recomandă pentru betoane utilizarea domeniului de frecvenţă al transductoarelor între 40 -100 kHz.

5.7. Viteza de propagare măsurată în beton, în vecinătatea barelor de armătură, poate fi influenţată de existenţa acestora, ca urmare a propagării parţiale a impulsului prin armătură. Această preferinţă îşi are originea în viteza de propagare superioară în armătură faţă de cea din beton (în mod obişnuit de 1,2 - 1,8 mai mare).

5.8. Armăturile transversale pe direcţia de măsurare reprezintă cazurile cele mai frecvente întîlnite, în încercările pe stâlpi şi grinzi.

În cazul unei măsurători axate faţă de planul barelor de armătură ca în fig. 2.4, viteza de propagare adevărată în beton (V_B) rezultă în funcţie de viteza aparent măsurată, neţinînd seama de existenţa armăturilor (V), din relaţia (2.16).

(2.16)

relaţie în care:

V_a — este viteza de propagare în armătură;

$L_a = \Sigma \Phi_i$—reprezintă lungimea traseului impulsului parcurs prin armătură;

L- distanţa emiţător-receptor.

5.9. Încercările au arătat că formula (2.15) deşi teoretic corectă nu se verifică integral în practică între cauzele acestor neconcordanţe putând fi citate: stratul de beton ce înconjoară armătura înglobată, alinierea barelor, efectul dispersiei fizice, etc. Pe baza încercărilor efectuate, valorile factorilor de corecţie k_T, din relaţia (2.17):

$V_B = k_T V$ (2.17)

în care: V_B - este adevărata viteză de propagare în beton;

V - viteza de propagare măsurată.

sunt date în tabelele 2.2 - 2.4 pentru betoane caracterizate prin diferite viteze de propagare.

Pentru betoane ce au viteze de propagare intermediare se va interpola liniar.

Se remarcă că aceste valori sunt totdeauna mai apropiate de unitate, decât cele prevăzute de relaţia teoretică (2.16), iar corecţii semnificative nu apar decât de la bare cu diametrul mai mare de 20 mm şi pentru trasee cumulate în armături mai mari de 1/4 din parcursul total al impulsului.

5.10. Armătura paralelă cu direcţia de propagare a impulsului are o influenţă asupra rezultatului măsurătorii numai dacă distanţa „a" între dreapta emiţător-receptor şi axa armăturii (fig. 2.5 a) îndeplineşte-condiţia (2.18):

(2.18)

inegalitate în care:

L — este distanţa emiţător-receptor;

V_a — viteza de propagare în armătură;

V_B — viteza de propagare în beton.

Dacă armătura are o influenţă asupra rezultatului măsurătorii, adevărata viteză de propagare în beton V_B se calculează cu relaţia (2.19):

$V_B = k_L V$ (2.19)

în care: k_L — este coeficientul de corecţie datorat influenţei armăturilor longitudinale;

V — viteza de propagare a impulsurilor ultrasonice măsurată.

Tabelul 2.2

VALORI k_T – V_B = 3500 m/s

L_a / L	Φ mm					
	6	10	16	20	25	30
0	1	1	1	1	1	1
0,10	1	1	1	0,99	0,98	0,97
0,25	1	1	1	0,97	0,96	0,95
0,50	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92

Tabelul 2.3

VALORI k_T – V_B = 4000 m/s

L_a / L	Φ mm					
	6	10	16	20	25	30
0	1	1	1	1	1	1
0,10	1	1	1	1	0,99	0,98
0,25	1	1	1	1	0,98	0,96
0,50	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95	0,94

Tabelul 2.4

VALORI k_T – V_B = 4500 m/s

L_a / L	Φ mm					
	6	10	16	20	25	30
0	1	1	1	1	1	1
0,10	1	1	1	1		0,99

0,25	1	1	1	1	1	0,98
0,50	1	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95

Valorile coeficientului de corecţie k_L pentru betoane caracterizate prin diferite viteze de propagare sînt date în tabelele 2.5 - 2.7. Pentru betoane caracterizate prin viteze intermediare se va interpola liniar.

Corecţiile sunt neglijabile de la distanţa „a" în general mai mari de 0,2 L.

5.11. La elemente armate pe două sau trei direcţii, dacă încercările se fac cu una din direcţiile de armătură, influenţa la 45° faţă de cele două direcţii de armare rectangulare. În acest caz pentru betoane caracterizate prin viteze de propagare longitudinale superioare valorii de 3700 m/s, armătura nu influenţează rezultatul măsurătorii.

Tabelul 2.5

VALORI k_L – V_B = 3500 m/s

L_a / L	Φ mm					
	6	10	16	20	25	30
0	0,69	0,68	0,66	0,64	0,63	0,61
0,05	0,76	0,75	0,73	0,72	0,70	0,69
0,10	0,83	0,82	0,80	0,79	0,78	0,77
0,15	0,91	0,90	0,88	0,87	0,86	0,85
0,20	0,98	0,97	0,95	0,94	0,93	0,93
0,25	1	1	1	1	1	1

Tabelul 2.6

VALORI k_L – V_B = 4000 m/s

L_a / L	Φ mm					
	6	10	16	20	25	30
0	0,80	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69
0,05	0,86	0,84	0,82	0,80	0,78	0,76
0,10	0,92	0,91	0,89	0,87	0,85	0,83
0,15	0,98	0,97	0,96	0,95	0,93	0,91
0,20	1	1	1	1	0,99	0,98

Tabelul 2.7

VALORI k_L – V_B = 4500 m/s

L_a / L	Φ mm					
	6	10	16	20	25	30

0	0,89	0,87	0,84	0,82	0,80	0,78
0,05	0,93	0,92	0,90	0,88	0,86	0,84
0,10	0,98	0,97	0,96	0,94	0,92	0,90
0,15	1	1	1	0,99	0,98	0,97
0,20	1	1	1	1	1	1
0,25	1	1	1	1	1	1

6. Determinarea proprietăţilor elasto-dinamice ale betonului

6.1. Proprietăţile betonului ce pot fi măsurate cu ajutorul metodei ultrasonice de impuls, în exclusivitate sau în combinaţie cu alte metode nedistructive, sunt: modulul de elasticitate dinamic (E_d) şi coeficientul Poisson dinamic (ν_d).

6.2. Măsurătoarea timpului de propagare a impulsurilor ultrasonice prin beton, pentru aceste aplicaţii, trebuie făcută prin folosirea amplificării semnalului recepţionat la amplitudinea maximă şi estimarea pe ecranul tubului catodic a momentului sosirii primului front de unde (punctual de tangenţă al semnalului cu linia orientată de referinţă).

6.3. Dimensiunile probelor pe care se fac încercările este recomandabil să îndeplinească să toate direcţiile condiţia:

a, b sau c $\geq 2\lambda$ (2.20)

Nu se admit pentru încercare probe ce nu îndeplinesc condiţia:

a, b sau c $\geq \lambda$ (2.21)

6.4. Modulul de elasticitate dynamic se calculează cu formula:

(2.22)

în care: ν_d – este coeficientul Poisson dinamic

γ - greutatea specifică aparentă

g – acceleraţia gravităţii

V_L – viteza de propagare longitudinală măsurată la amplitudinea maximă

6.5. Dacă nu există valori experimentale pentru coeficientul Poisson dinamic la betoane întărite (t > 14 zile) se pot adopta următoarele valori orientative:

betoane păstrate în aer: $\nu_d \approx 0{,}25$

betoane păstrate în aer: $\nu_d \approx 0{,}28$

În aceste condiţii valorile factorului ce depinde de ν_d din relaţia (2.22):

(2.23)

devin pentru:

- betoane păstrate în aer: $f(\nu_d) = 0{,}83$

- betoane păstrate în apă $f(\nu_d) = 0,78$

Variaţia factorului $f(\nu_d)$ în funcţie de ν_d este dată în fig.(2.6).

6.6 Betoanele tinere de vârstă sub 7 zile sunt caracterizate prin valori mai mari ale coeficientului Poisson dinamic decât cele indicate la punctul 6.5, valori ce pot ajunge până la 0,30 - 0,35.

6.7. Modulul de elasticitate dinamic este echivalent modulului de elasticitate static al corpurilor ideal elastice. În cazul betonului, el este echivalent modulului de elasticitate static, dedus prin încărcări foarte mici, aplicate un timp foarte scurt, încercări ce suprimă deformaţiile plastice şi vâscoase ale betonului.

Între modulul de elasticitate static E_{st} dedus în condiţiile standard de încercare (la 0,3 R_{pr}) şi modulul de elasticitate dinamic E_d există o relaţie de forma:

(2.24)

în care coeficientul de echivalare are valori cuprinse între 0,85 - 0,95, în funcţie de compoziţia betonului încercat.

6.8. Determinarea, modulului de elasticitate dinamic prin metode ultrasonice de impuls prezintă avantajul principal de a pune în evidenţă proprietăţile betonului din lucrare, fiind singura metodă capabilă să facă acest lucru.

6.9. Coeficientul Poisson dinamic poate fi calculat cu ajutorul unor măsurători combinate de viteză longitudinală de propagare (V_L) şi frecvenţă proprie de vibrare longitudinală (f_L). Dacă frecvenţa proprie longitudinală, măsurată cu ajutorul unei metode de rezonanţă, este frecvenţa fundamentală a epruvetei, factorul $f(\nu_d)$ definit prin relaţia (2.23) poate fi calculat cu ajutorul relaţiei:

(2.25)

în care : L – este lungimea epruvetei încercate ce trebuie să îndeplinească condiţia :

(2.26)

“a” fiind latura secţiunii transversale.

Dacă valoarea lui $f(\nu_d)$ este cunoscută, deducerea lui ν_d se reduce la rezolvarea unei ecuaţii de gradul 2. Această rezolvare poate fi simplificată de graficul din fig. 2.6 sau de Tabelul 2.8.

Tabelul 2.8

RELAŢIA ÎNTRE $f(\nu_d)$ ŞI ν_d

ν_d	$f(\nu_d)$
0	1
0,05	0,995
0,10	0,975
0,15	0,950
0,18	0,922
0,20	0,900

0,22	0,877
0,25	0,833
0,27	0,800
0,30	0,742
0,32	0,698
0,35	0,625
0,37	0,566
0,40	0,467
0,45	0,264
0,50	0

6.10. Între coeficientul Poisson dinamic şi coeficientul Poisson static există o relaţie de forma generală:

(2.27)

unde coeficientul de corelaţie depinde de efortul la care se determină coeficientul Poisson static. Pentru R_{pr} în cazul betonului, valoarea lui este cuprinsă între 0,75 şi 0,85.

7. Omogenitatea betonului din lucrare

7.1. Informaţiile furnizate de metodele ultrasonice sunt reprezentative îndeosebi pentru variaţiile de omogenitate, datorate compactării betonului, raportul a/c, prin variaţiile apei de amestecare şi granulozităţii agregatului. Ele nu sunt suficient de sensibile la variaţiile de calitate datorate dozajului şi calităţii cimentului şi sunt prea sensibile pentru variaţiile de umiditate ale betonului de la zonă la zonă.

7.2. Elementul mulţimii, supus prelucrării statistice, în vederea aprecierii omogenităţii betonului din lucrare, este rezultatul individual al măsurătorilor de viteză de propagare.

Acest rezultat reprezintă media proprietăţilor elasto-dinamice ale betonului, în lungul traiectoriei impulsului.

7.3. Prelucrarea statistică a rezultatelor măsurătorilor vitezei de propagare, presupune gruparea preliminară a tuturor măsurătorilor, efectuate pe aceeaşi bază de măsură (cu variaţii admise de ±5 cm).

7.4. Rezultatele măsurătorilor pe aceeaşi bază de măsură se prelucrează statistic conform metodologiei clasice :

- Calculul vitezei medii de propagare conform relaţiei :

(2.28)

unde „k" - reprezintă numărul măsurătorilor efectuate, iar V_i viteza de propagare măsurată între perechea de puncte „i".

- Calculul abaterii relative a fiecărei măsurători conform relaţiei:

(2.29)

- Calculul abaterii medii pătratice S_v a tuturor măsurătorilor efectuate pe aceeaşi bază conform relaţiei:

(2.30)

- Calculul coeficientului de variaţie C_v al măsurătorilor, efectuate pe aceeaşi bază, conform relaţiei:

(2.31)

7.5. Rezultatele măsurătorilor efectuate pe diferite baze se însumează pentru a da omogenitatea totală a betonului din lucrare conform regulei:

(2.32)

în care „p" reprezintă numărul bazelor de dimensiuni diferite, pe care s-a făcut măsurătoarea, iar „m" sunt coeficienţi de echivalare pentru baza comună.

7.6. Dacă se adoptă ca referinţă baza de 20 cm atunci măsurători făcute pe alte baze trebuie multiplicate cu următorii coeficienţi “m”.

Tabelul 2.9

Baza (cm)	Factor m
10	0,7
20	1,0
30	1,3
≥ 40	1,5

7.7. Aprecierea directă, pe baza măsurătorilor vitezei de propagare, a omogenităţii betonului din lucrare (din punct de vedere al compactării, constanţei raportului a/c şi a granulozităţii agregatului) se poate face conform următoarei clasificări:

Clasa I: omogenitatea foarte bună:

Clasa II: Omogenitatea corespunzătoare

Clasa III: omogenitate slabă:

7.8. Pentru obţinerea unei echivalenţe între coeficienţii de variaţie ai rezistenţelor şi cei ai vitezelor de propagare , se poate folosi relaţia:

(2.33)

în care coeficientul γ ia valoarea:

(2.34)

Echivalarea permite mai degrabă definirea unui interval în care, în mod probabil, se află valoarea coeficientului γ de variaţie al rezistenţelor. Mărimea acestui interval creşte pe măsură ce coeficientul de variaţie al vitezelor creşte.

7.9. Omogenitatea betonului în lucrare poate fi calculată, în funcţie de necesitate pe element, pe ansamblul elementelor de acelaşi tip, sau pe un întreg obiectiv.

8. Determinarea defectelor ascunse ale betonului

Defectele ascunse ale betonului, ce pot fi identificate cu ajutorul ultrasunetelor, sunt:

a) goluri;

b) fisuri sau rosturi de turnare;

c) adâncimea stratului de beton degradat prin incendiu îngheţ sau acţiuni agresive;

d) cuiburi de segregare sau betoane poroase.

8.1. Goluri

Existenţa golurilor mari (peste 10 cm diametru) este pusă în evidenţă, în măsurătorile cu ultrasunete, printr-o variaţie bruscă a timpului de propagare citit la aparat, fără ca aceasta să fie justificată de obicei, de aspectul exterior al suprafeţei. Această variaţie este urmarea faptului că impulsul întâlnim un gol îl ocoleşte, pe drum fizic minim.

Dimensiunea minimă a golului „m", în sens transversal pe direcţia de încercare (diametrul), conform schemei din fig. 2.7 se poate determina în mod orientativ cu formula (2.35):

(2.35)

în care : l este distanţa între punctele de aplicare a transductorilor pe beton, măsurată în linie dreaptă şi exprimată în cm;

t_1 - timpul citit la aparat pentru secţiunea din dreptul golului, în μs;

t_0 - timpul mediu al citirilor la aparat între punctele situate la aceeaşi distanţă între ele, pentru secţiunile fără goluri ale elementului, în μs

În vederea precizării formei şi mărimii golului se recomandă să se folosească încercările pe mai multe direcţii, ca şi suprapunerea peste reţeaua primară a unei reţele secundare, mai amănunţite.

8.2. Fisuri sau rosturi de turnare

Determinarea fisurilor, a poziţiei şi adâncimii lor, ca şi a rosturilor de turnare se face admiţând, ca şi în cazul golurilor, că impulsul ocoleşte fisura sau rostul, pe drumul fizic cel mai scurt.

Încercările trebuie orientate perpendicular pe planul de fisurare. Se recomandă ca emiţătorul şi receptorul să fie aplicate la distanţe relativ mici între ele (20-30 cm) pentru a mări precizia determinării. Adâncimea rostului sau fisurii “h" (fig. 2.8) se determină cu formula (2.36):

(2.36)

în care “h_f” rezultă în cm, dacă “l” este exprimată tot în cm, iar notaţiile din formulă l, t_1, t_0 au aceeaşi semnificaţie ca în relaţia (2.35).

În cazul în care planul fisurii este paralel cu feţele opuse accesibile ale elementului încercat (fig. 2.9) se poate face determinarea adâncimii fisurii, efectuând o serie succesivă de măsurători într-un plan perpendicular pe planul fisurii (fig. 2.9) pornind de la faţa fisurată spre cea opusă (de la punctele 1 la 4).

Adîncimea fisurii este egală, în acest caz, cu distanţa de la faţa fisurată, la punctele în care, prezenţa fisurii nu se mai face simţită în propagarea impulsului ultrasonic. Această metodă va fi preferată celei descrise în fig. 2.8 ori de câte ori există condiţii pentru aplicarea ei.

8.3. Adâncimea stratului de beton degradat.

Adâncimile „a" ale straturilor de beton degradat de foc, îngheţ, sau acţiuni agresive (fig. 2.10) se determină orientativ cu forrnula (2.37).

,în cm (2.37)

în care: v_1 - este viteza de propagare în betonul degradat, în m/s;

v_2 - viteza de propagare în betonul nedegradat, în m/s;

l_0 - distanţa emiţător-recepior, la care propagarea indirectă a impulsului între emiţător şi receptor prin betonul degradat şi nedegradat începe să fie mai rapida, decât propagarea pe drumul direct de la suprafaţa betonului numai prin beton degradat (fig.2.11). în cm.

Determinarea mărimilor l_0, v_1, v_2 se face cu ajutorul unui grafic (fig.2.12), în care sunt înscrişi timpii de propagare măsuraţi la diferite distanţe emiţător-receptor. Graficul este format dintr-o linie frântă al cărei punct de frângere determină pe abscisă distanţa „l", iar înclinarea faţă de axa ordonatelor determină vitezele “v_1” şi “v_2”.

(2.38)

Determinarea adâncimii straturilor degradate de o acţiune superficială, în grinzi şi mai ales în stâlpi, se poate face şi prin folosirea unei metode mixte, compusă din elemente distructive şi nedistructive. Se execută pe suprafaţa elementului, la o distanţă suficientă de mare de muchii, pe două feţe opuse, o serie de goluri, de adâncimi variabile, din 2 în 2 cm şi având un diametru suficient de mare pentru a introduce cu uşurinţă vârful emiţătorului electromagnetic sau al receptorului magnetostrictiv până la fundul găurii. Se efectuează apoi măsurători succesive ale timpului de propagare între perechile de găuri, de adâncime crescătoare din 2 în 2 cm (fig.2.12). În momentul în care timpul de propagare măsurat corespunde betonului nedegradat, adâncimea stratului degradat „a" rezultă din formula:

a = (b-l)/2, [cm] (2.39)

în care: b - este dimensiunea elementului încercat în lungul direcţiei de propagare, în cm ;

l - distanţa între emiţător şi receptor la care viteza este corespunzătoare betonului nedegradat, în cm.

Formula 2.39 presupune o degradare a betonului prin îngheţ egală pe ambele feţe pe care se fac măsurătorile (fig.2.12). Dacă numai o faţă este degradată, găurile se execută numai la acea faţă şi adâncimea stratului degradat este dată în relaţia:

a = b-l (2.40)

În cazul betonului degradat prin îngheţ, toate metodele pentru determinarea adâncimii stratului degradat se vor aplica numai după dezgheţarea betonului.

8.4. Cuiburi de segregare

Cuiburile de segregare sunt regiunile în care betonul prezintă un aspect evident macroporos, ca rezultat, fie al unei slabe compactări, fie al separării fracţiunilor de agregate ce intră în compoziţia betonului, fie al acţiunii simultane a ambilor factori.

Adâncimea “a” a stratului de beton segregat se determină cu formula :

, în m (2.41)

în care : t – este timpul de propagare măsurat în dreptul zonei segregate, în secunde,

v_1 – viteza de propagare în betonul segregat, determinată printr-o măsurătoare de suprafaţă cu o distanţă între emiţător şi receptor suficient de mică pentru ca propagarea să se facă direct, în m/s,

v_2 – viteza de propagare în betonul nesegregat, determinată în zonele în care betonul nu prezintă fenomene de segregare, în m/s,

b – distanţa emiţător-receptor, în m.

Formula presupune o viteză în betonul nedegradat v_1, net diferită de viteza în betonul degradat v_2 .

9. Determinarea degradărilor structurale, produse de solicitările seismice, în elementele construcţiilor de beton armat

9.1. Seismele produc în elementele structurilor de beton armat încovoieri pe două direcţii, torsiune, forţă tăietoare, forţe axiale deci practic toate tipurile de solicitări. Toate aceste solicitări pot produce degradări structurale ale betonului.

9.2. Determinarea zonelor degradate structural presupune:

- determinarea extinderii acestor zone;

- determinarea intensităţii degradărilor structurale;

- determinarea orientării degradărilor.

9.3. Prin zone degradate structural se înţeleg acele zone ale elementelor de beton armat în care, ca urmare a solicitărilor seismice, s-au produs deformaţii ireversibile de tipul microfisurilor sau fisurilor, deformaţii ce influenţează capacitatea portantă ulterioară a elementului. Aceste zone se întâlnesc la elementele în care solicitările de compresiune au atins un nivel atât de ridicat încât se produce o microfisurare urmată de o fisurare în masă a zonei respective. Unii cercetători consideră aceste zone ca fiind în domeniul post-elastic al betonului.

9.4. Elementele în care apar zone degradate structural şi pentru care este importantă localizarea acestor zone, la solicitări seismice, sunt în ordinea frecvenţei:

a) grinzi,

b) diafragme:

c) grinzi.

9.5. Din punct de vedere al orientăriii fisurilor şi microfisurilor în zonele degradate, există două situaţii:

a) cu orientare haotică (după toate direcţiile);

b) cu orientare ordonată preferenţial (după o direcţie).

9.6. Identificarea zonelor degradate în elementele de beton se face cu metoda ultrasonică de impuls.

9.7. Principiul determinării, constă în măsurarea timpului de propagare între emiţător şi receptor folosind tehnica transmisiei directe sau diagonale în zone presupuse degradate şi nedegradate ale unui element de beton armat investigat.

9.8. Cu ajutorul timpului de propagare măsurat şi a distanţei emiţător-receptor (L) se calculează o viteză de propagare longitudinală (V_L).

9.9. În cazul zonelor degradate, viteza calculată are un caracter convenţional întrucât în realitate timpul de propagare crescut, măsurat în aceste zone, rezultă din creşterea drumului parcurs de impuls prin ocolirea fisurilor şi microfisurilor (fig. 2.13).

9.10. Ori de câte ori este posibil se recomandă alegerea punctelor de încercare pe două direcţii rectangulare, în secţiunea transversală a elementului. Acest lucru este de regula posibil pentru stâlpi (fig. 2.14 a) şi practic imposibil pentru diafragme (fig.2. 14b).

Grinzile se încearcă şi ele, de regulă, pe o direcţie din cauza prezenţei plăcilor, dar încercarea poate avea loc prin transmisie diagonală dacă planul degradărilor o cere (fig. 2.14 c).

Încercarea pe două direcţii are avantajul determinării zonei degradate, indiferent de orientarea fisurilor şi microfisurilor şi permite precizarea direcţiei preferenţiale de microfisurare şi fisurare în element.

9.11.Numărul punctelor de încercare pentru determinarea zonelor degradate într-un element este în general peste 20. El poate fi limitat, într-o anumită măsură, de examinarea vizuală a elementului, dacă această examinare oferă indicii privind existenţa unei zone degradate structural. În acest caz examinarea va fi concentrată în zona cu degradări vizibile precum şi în zonele adiacente.

9.12. Punctele pentru stabilirea extinderii zonei degradate într-o secţiune se aleg cu o echidistanţă de 10...15 cm, pe ambele direcţii de încercare din secţiune, cu grija necesara pentru evitarea influenţei armăturilor şi a efectului de perete.

9.13. Distanţele între secţiuni pe lungimea (înălţimea) elementului pot fi variabile, fiind mai mici în zona presupusă a degradărilor structurale şi mărindu-se pe măsura îndepărtării de aceste zone. Distanţele minime între secţiuni sunt de ordinul 15…20 cm.

9.14. Palpatorii se amplasează astfel încât traiectoria impulsului să fie perpendiculară pe direcţia preferenţială de microfisurare.

9.15. Precizia măsurătorii timpului de propagare, ce trebuie asigurată, este de minimum ± 1% .

Precizia măsurătorii distanţei în linie dreaptă între emiţător şi receptor este de minimum ±1%.

9.16. Mediul cuplant folosit la măsurători va fi adecvat stării, în particular rugozităţii, suprafeţei fiind preferată vasilina sau, pe suprafeţe rugoase, plastilina.

9.17. Suprafeţele de încercare vor fi prelucrate prin frecare cu piatră de polizor pentru asigurarea unui bun contract acustic între palpator şi beton.

9.18. Punctele de încercare vor fi alese în afara zonei de influenţă a armăturilor, care este mai extinsă în zonele cu beton degradat decât în zonele cu beton nedegradat.

9.19. Există posibilităţi de determinare a zonelor degradate structural şi folosind tehnici de suprafaţă dar acestea cer o experienţă mult mai îndelungată din parte a operatorului, pentru a interpreta corect rezultatele măsurătorilor decât tehnicile bazate pe transmisie directă, ca cele prevăzute mai sus.

9.20. Pentru zonele puternic degradate, cu planuri preferenţiale de fisurare, există posibilitatea folosirii şi altor tehnici nedistructive cum ar fi metodele radiografice.

9.21. Mărimile ce se compară în vederea stabilirii extinderii în suprafaţă şi adâncime a zonelor degradate sunt vitezele de propagare longitudinale ale impulsurilor ultrasonice.

9.22. Măsurătorile pe o direcţie, permit aprecierea cu suficientă precizie a extinderii degradărilor, într-un plan normal pe direcţia de propagare a ultrasunetelor (direcţia emiţător-receptor). Aceste măsurători mai permit o apreciere orientativă a dezvoltării degradărilor structurale în profunzime (paralel cu direcţia emiţător-receptor) prin amplitudinea saltului pe care îl realizează viteza de propagare, în zona respectivă.

9.23. Măsurătorile pe două direcţii, permit aprecierea zonelor cu degradări structurale, în ambele planuri perendiculare pe direcţia de propagare deci pe ambele direcţii ale secţiunii, atât extinderea cât şi profunzimea acestor zone.

9.24. Criteriul fundamental de delimitare a zonelor ce includ degradări structurale este bazat pe compararea vitezelor de propagare măsurate înăuntru şi în afara zonelor degradate.

Premizele unei interpretări corecte a rezultatelor încercărilor presupun:

a) eliminarea măsurătorilor în zone influenţate de defecte de turnare;

b) eliminarea măsurătorilor influenţate de prezenţa armăturii.

9.25. Eliminarea măsurătorilor în zone influenţate de defectele de turnare se face prin examinarea vizuală a elementului încercat, pe toate feţele accesibile şi marcarea defectelor identificate pe schiţa elementului.

9.26. Eliminarea măsurătorilor influenţate de armături se face prin evitarea zonelor cu mare concentraţie de armături, evitarea încercărilor paralele cu direcţia de armare şi examinarea critică a rezultatelor încercării, în vederea eliminării valorilor neobişnuit de ridicate.

9.27. Prima etapă a procesului presupune calculul unei medii a celor mai mari 6 valori ale vitezei de propagare măsurare conform relaţiei:

, [m/s] (2.42)

9.28. A doua etapă a procesului presupune delimitarea zonelor în care vitezele de propagare măsurate îndeplinesc condiţia:

, [m/s] (2.43)

Rezultă astfel o primă aproximare a zonelor în care ar putea fi prezentate degradări structurale în urma solicitării seismice.

9.29. A treia etapă presupune o recalculare a valorii vitezei medii de propagare, ce caracterizează elementul în zonele nedegradate, pe baza rezultatelor etapei preliminare adică luând în considerare toate măsurătorile efectuate în afara zonei degradate structural, conform relaţiei:

, [m/s] (2.44)

în care: N - numărul punctelor situate pe întreg elementul în afara zonelor degradate şi care îndeplineşte condiţia:

$N \geq 6$ (2.45)

În cazul când pe un anumit element nu se găsesc cele 6 puncte în zone nedegradate se admite completarea cu puncte pe elemente din acelaşi lot de turnare.

9.30. A patra etapa presupune o reverificare a extinderii zonelor degradate structural, definite de data aceasta de mulţimea punctelor de măsurare care îndeplinesc condiţia:

, [m/s] (2.46)

9.31. Procesul ar putea continua în aproximaţia a doua ce implică o recalculare a valorii medii 2.44 pe baza noilor zone şi o redefinire a zonei degradate structural conform relaţiei (2.46) dar rareori acest lucru se dovedeşte necesar.

9.32. Rezultatele se prezintă sub forma unor zone haşurate sau poşate pe suprafaţa desfăşurată a elementului sau în secţiunea sa transversală (fig. 2.15). Extinderea lor împreună cu saltul vitezei oferă o imagine a efectului solicitării asupra soluţiei de remediere ce trebuie adoptată.

9.33. În vederea determinării zonelor degradate structural se poate folosi în cazul fisurilor cu orientare preferenţială şi metoda radiografică, alegând direcţia de iradiere paralelă cu planul fisurilor. Această soluţie nu este însă competitivă nici tehnic, nici economic.

10. Determinarea rezistenţei mecanice a betonului

10.1. Determinarea rezistenţei la compresiune a betonului, prin metode ultrasonice de impuls, este indicată în cazurile în care variaţiile de rezistenţă sunt provocate de o compactare neuniformă sau insuficientă a betonului, de nerespectarea raportului A/C prin variaţia apei de amestecare, de condiţii neobişnuite de întărire (temperaturi scăzute beton îngheţat sau tratamente termice) şi în buna măsură de granulozitatea agregatului şi calitatea cimentului.

10.2. Determinarea rezistenţei la compresiune a betonului prin metoda ultrasonică are la bază măsurarea vitezei longitudinale de propagare a ultrasunetelor. În acest scop este necesar ca dimensiunile piesei, într-o secţiune perpendiculară pe direcţia de încercare, să fie cele descrise la pct. 3.10.

10.3. Măsurile prin care se asigură o precizie mai mare a determinării rezistenţei betonului prin metode nedistructive de impuls sunt:

a) cunoaşterea datelor tehnologice reale cerute de metodă privind compoziţia (dozaj, granulozitate, adaosuri etc) şi păstrarea (umiditate, vârstă) betonului încercat, precum şi cunoaşterea cauzelor care au condus la nerealizarea mărcii de proiect; în cazul când există dubii privind corectitudinea acestor date, se va apela la metodele descrise la pct. c - extrageri de carote;

b) existenţa unor epruvete turnate o dată cu betonul din lucrare şi păstrate în aceleaşi condiţiuni, pe care să fie făcute încercările distructive şi nedistructive pentru verificarea şi corectarea poziţiei curbei de transformare „viteză-rezistenţă" ;

c) folosirea metodelor de încercare nedistructivă combinate între ele, sau combinate cu metode distructive prin extrageri de carote, al căror diametru îndeplineşte condiţiile punctului 9.2, pe care să fie făcute încercările de etalonare a curbei de transformare „viteză — rezistenţă".

10.4. Încercările pentru determinarea rezistenţei betonului cu ajutorul ultrasunetelor nu vor fi făcute pe:

- elemente comprimate, în care eforturile unitare ( ) au depăşit limita de 0,65 R_c;

- elemente întinse, în lungul direcţiei eforturilor de tensiune, dacă eforturile unitare în beton ( ) au depăşit limita R_t, chiar după suprimarea cauzei care a provocat solicitările.

Restricţiile de mai sus sunt necesare pentru ca rezultatele măsurătorilor să nu fie influenţate de microfisurile sau fisurile apărute în beton.

10.5. La încercarea elementelor de beton armat pe şantiere, se vor avea în vedere recomandările cuprinse în capitolul 5 „Influenţe ale condiţiilor de încercare" din prezentul normativ.

10.6. Determinarea rezistenţei betonului cu ajutorul metodei ultrasonice de impuls se bazează pe faptul că, dependenţa între viteza de propagare longitudinală a ultrasunetelor „v" şi rezistenta la compresiune a betonului „ R_c ", se poate aproxima cu o relaţie de tip exponenţial de forma:

(2.47)

în care „a" exprimat în daN/cm^2 şi „b" în s/km, sunt factor ce urmează a fi determinaţi, ţinând seama de faptul că relaţia „viteză-rezistenţă" nu este în general univocă (unei aceeaşi rezistenţe pot să-i corespundă viteze de propagare diferite, dacă anumiţi factori din compoziţia betonului ce se încearcă sunt diferiţi).

10.7. Curba caracteristică (2.47), necesară pentru transformarea vitezei longitudinale de propagare măsurate în rezistenţă la compresiune, depinde de o serie de date ce privesc compoziţia, sau păstrarea betonului încercat. Ea se determină cu ajutorul următoarelor mijloace:

- prin datele cuprinse în registrul de turnări al lucrării;

- prin informaţii, scrise sau verbale, furnizate de executant sau dirigintele lucrării;

- prin examinarea betonului ca aspect exterior şi în spărturi.

10.8. Pentru determinarea curbei de transformare „viteză-rezistenţă" a unui beton dat, se consideră un anumit beton standard de referinţă definit prin următoarele elemente:

- dozajul de ciment 300 kg/m^3;

- tipul cimentului Pa 35; SR 35;

- natura agregatelor silico-calcare de râu;

- granulozitatea agregatelor tip C (fig. 2.16);

- umiditatea betonului: corespunzătoare păstrării conform STAS 1275-70 la 28 zile (7 zile sub apă + 21 zile în aer),

- maturitatea betonului 900^oC x zile

- adaosuri fără

Corectarea curbei de transformare, necesară pentru îmbunătăţirea preciziei, se face cu ajutorul:

- Încercărilor de etalonare nedistructive şi distructive, pe corpuri de probă (cuburi de probă de 20 cm latura) turnate şi păstrate în aceleaşi condiţii cu betonul din lucrare.

- Extragerilor de carote şi încercărilor lor prin metode nedistructive şi distructive. Carotele trebuie să respecte condiţia (2.14). Daca această condiţie nu e respectată se va încerca betonul din lucrare, în locul în care urmează a fi extrasă carota.

Dacă pe şantier există posibilitatea ca în paralel cu desfăşurarea lucrărilor să se toarne un număr mare de cuburi (peste 20) confecţionate cu diferite rapoarte A/C sau diferit compactate, atunci curba de transformare viteză-rezistenţă se obţine în conformitate cu prevederile capitolului 11.

10.9. Ecuaţia de transformare (2.47) a betonului standard este perfect determinată prin poziţia a două puncte caracteristice, corespunzătoare la două viteze de propagare, una mai mică, de 3200 m/s şi una mai mare de 4200 m/s, plasate în planul de coordonate R_c - V şi caracterizate prin următoarele valori:

V_1 = 3200 m/s V_L = 4200 m/s

daN/cm^2 daN/cm^2 (2.48)

Relaţia de transformare a betonului standard este dată prin valorile rezistenţelor corespunzătoare diferitelor viteze de propagare în tabelul 2.10, pe coloana 6, având indicativul C_t = 1,00.

Tabelul 2.10

TRANSFORMAREA VITEZEI DE PROPAGARE ÎN REZISTENŢĂ LA COMPRESIUNE

Viteza de propagare "V" [m/s]	Rezistenţa la compresiune "R_c" în daN/cm^2									
	Pentru valorile coeficientului de influenţă C_t total									
	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
3000	38	45	51	58	64	70	77	83	90	96
3050	40	47	54	60	76	74	80	87	94	101
3100	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105

3150	44	52	59	67	74	81	89	96	104	111
3200	47	55	62	70	78	86	94	101	109	117
3250	49	57	68	74	82	90	98	107	115	123
3300	52	61	70	78	87	96	104	113	128	131
3350	55	64	74	83	92	101	110	120	139	138
3400	58	68	78	87	97	107	116	126	136	146
3450	61	71	82	92	102	112	122	122	143	153
3500	65	76	86	97	108	118	130	140	151	162
3550	68	80	91	103	114	125	137	148	160	171
3600	72	84	96	108	120	132	144	156	168	180
3650	76	89	102	114	127	140	152	165	178	191
3700	81	95	108	122	135	149	162	176	189	203
3750	85	99	114	128	142	156	170	185	199	213
3800	90	105	120	135	150	165	180	195	210	225
3850	95	111	126	142	158	174	190	205	221	237
3900	100	117	134	150	167	183	200	217	234	251
3950	106	124	142	159	177	195	212	230	248	266
4000	113	132	150	169	188	207	226	244	263	282
4050	119	139	159	179	199	219	230	259	279	299
4100	126	147	168	189	210	231	252	273	294	315
4150	133	155	178	200	222	244	266	289	311	333
4200	140	164	187	211	234	257	281	304	328	351
4250	148	172	197	221	246	271	295	320	344	369
4300	155	181	206	232	258	284	310	335	361	387
4350	162	189	216	243	270	297	324	351	378	405
4400	169	197	226	254	282	310	338	367	395	423
4450	178	207	237	266	296	326	355	385	414	444
4500	187	218	245	280	311	342	373	404	435	467
4550	196	229	262	294	327	360	392	425	458	491

4600	206	241	275	310	344	378	413	447	481	516
4650	217	253	290	326	263	398	434	471	507	453
4700	229	267	305	343	381	419	457	495	533	572
4750	241	281	322	362	402	442	482	523	563	603
4800	255	298	340	383	425	468	510	553	595	638
4850	269	314	358	403	448	493	538	582	627	672
4900	283	330	378	425	472	519	566	614	661	708
4950	298	348	398	447	497	547	596	646	696	746
5000	314	366	418	471	523	575	628	680	732	785

10.10. Pentru toate betoanele confecţionate cu agregate silico-calcare de râu, se admite coeficientul „b" al relaţiei (2,47) constant şi egal, cu 1,06 s/km.

În acest fel, pentru definitivarea curbei de transformare „viteză-rezistenţă" a acestor betoane, este suficient un punct al curbei.

10.11. Pentru betoanele cu elemente caracteristice diferite de cele ale betonului standard relaţia de transformare se calculează astfel:

- se determină valoarea coeficientului de influenţă C_t, total cu formula:

, (2.49)

unde:

C_d - este coeficientul de influenţă al dozajului;

C_c - este coeficientul de influenţă al tipului de ciment;

C_a - este coeficientul de influenţă al naturii agregatului;

C_g - este coeficientul de influenţă al fracţiunii fine a agregatului ;

CØ - este coeficientul de influenþă al dimensiunii maxime a agregatului;

C_u - este coeficientul de influenţă al umidităţii betonului

C_m - este coeficientul de influenţă al maturităţii betonului;

C_p - este coeficientul de influenţă al adaosurilor.

Valorile coeficienţilor de influenţă C_d – C_p sunt date în tabelele 2.11 - 1.18.

Pentru adaosul plastifiant lignosulfonat de calciu:

$C_p = 1,00$ (2.50)

Coeficientul de influenţă al naturii agregatelor se ia egal cu unitatea :

$C_a = 1,00$ (2.51)

pentru agregatele de râu silico-calcare neconcasate.

Tabelul 2.11

COEFICIENTUL DE INFLUENŢĂ AL DOZAJULUI

Dozaj Kg/m^3	Coeficientul de influenţă C_d
100	0,46
150	0,61
200	0,75
250	0,88
300	1,00
350	1,10
400*	1,20
450*	1,29
500*	1,38
550*	1,46
600*	1,53
700*	1,63

*) La dozajele notate cu asteriscuri, folosirea metodelor ultrasonice nu este indicată, ca urmare a erorilor mari ce pot interveni în determinarea rezistenţei betonului. Utilizarea lor în asemenea cazuri are caracter de excepţie

Tabelul 2.12

COEFICIENTUL DE INFLUENŢĂ AL TIPULUI DE CIMENT

Tipul de ciment	Coeficientul de influenţă C_c
P 50	1,14*
P 400	1,07
Pa 35, ST 35	1,00
M 30	0,92
F 25	0,85

*) Valoarea este valabilă pentru vârsta de 28 zile. La vârsta de 3 zile valoarea este 1,40. Pentru vârste intermediare se va interpola. La vârste mai mari de 28 zile, coeficientul continua să scadă tinzând către valoarea limită 1,10.

Tabelul 2.13

COEFICIENTUL DE INFLUENŢĂ AL FRACŢIUNII FINE

Procentul de fracţiuni 0-1 mm	Coeficientul de influenţă C_g
6	0,96
12	1,00
18	1,04
30	1,12
42	1,20
54	1,28

Tabelul 2.14

COEFICIENTUL DE INFLUENŢĂ AL DIMENSIUNII MAXIME A AGREGATULUI

Dimensiunea maximă Ø mm	Coeficientul de influenţă $C_{ø}$
70-80	0,94
30	1,00
15	1,05
7	1,12
3	1,25
1	1,71

Tabelul 2.15

COEFICIENTUL DE INFLUENŢĂ AL UMIDITĂŢII BETONULUI

Modul de păstrare	Coeficientul de influenţă C_u
Păstrare în aer Păstrare conform STAS 1275-70 (7 zile în apă + 21 zile în aer)	1,04

Păstrare în apă	1,00 0,80

Tabelul 2.16

COEFICIENTUL DE INFLUENŢĂ AL MATURITĂŢII BETONULUI

Factor de maturitate f	Coeficientul de influenţă C_m
100	0,73
250	0,87
500	0,95
900	1,00
3000	1,08
6000	1,14
15000	1,18
≥ 20000	1,20

NOTĂ :

Prin factor de maturitate “f” se înţelege produsul , în grad centigrad X zile, în care “t” este vârsta betonului în zile ºi “Ø” temperatura de întărire în grade Celsius.

Tabelul 2.16

COEFICIENTUL DE INFLUENŢĂ AL ADAOSULUI DE CLORURĂ DE CALCIU ($CaCl_2$)

Procent de adaos %	Coeficientul de influenţă C_p
0	1,00
2	1,19
4	1,40

NOTĂ :

În toate tabelele, pentru valorile intermediare, se interpolează.

În cazul în care betonul este confecţionat cu agregate concasate sau agregatele nu sunt de tip silico-calcar, determinarea coeficientului “C„ se face pe cale experimentală prin ridicarea unei curbe de transformare „viteză-rezistenţă", pe baza datelor obţinute prin încercări distructive şi nedistructive efectuate pe aceleaşi epruvete (pentru detaliu vezi capitolul 11).

Cu titlu orientativ se dau valori deduse pentru agregate concasate de diferite provenienţe în tabelul 2.18.

Tabelul 2.18

COEFICIENŢI DE INFLUENŢĂ Ai NATURII AGREGATULUI

Tip agregat	Proporţie %	Coeficientul de influenţă C_a
Cuarţ de râu	100	1,00
Andezit concasat	75	1,06
Andezit concasat	100	1,10
Granit concasat	100	1,09
Calcar concasat	100	0,82
Baritină concasată	100	1,70
Balast concasat	100	0,91

10.12. Valoarea factorului „a" al relaţiei (2.47), pentru beton oarecare, este dată de relaţia:

$a = a_s \times C_t$ (2.52)

în care a_s = 2,65 daN/cm^2 este valoarea coeficientului pentru betonul standard.

10.13. Calculul rezistenţelor corespunzătoare diferitelor viteze de propagare, măsurate la un beton caracterizat printr-o valoare dată a coeficientului C_t, se efectuează pe baza relaţiei (2.47) sau a tabelului 2.10.

10.14. Dacă pe şantier se dispune de epruvete turnate o dată cu betonul pus în operă şi păstrate în aceleaşi condiţii, sau de carote care satisfac condiţia (2.14), aceste se încearcă atât nedistructiv cu ultrasunete, cât şi distructiv la presă.

Se calculează pentru fiecare epruvetă „i" raportul:

(2.53)

în care, este rezistenţa dedusă din încercarea la presă a epruvetei „i", iar este rezistenţă cubică dedusă din încercarea cu ultrasunete a epruvetei „i" obţinută considerând compoziţia betonului standard (C_t = 1,00). Raportul are semnificaţia unui coeficient de influenţă total experimental pentru epruveta „i".

Se calculează valoarea medie:

(2.54)

pentru toate cele „n" epruvete disponibile. Pentru îmbunătăţirea valorii acestei medii se pot folosi criterii de eliminare selectivă.

Se compară valoarea experimentală cu valoarea coeficientului de influenţă total dedusă prin calculul, pe baza compoziţiei cunoscute a betonului. Una din următoarele situaţii poate avea loc:

a) (2.55)

În acest caz se apreciază că datele experimentale verifică datele de calcul şi nu sunt necesare corecţii.

b) (2.56)

În acest caz se apreciază că o corectură a datelor de calcul este necesară şi că drept coeficient final de transformare se poate adopta valoarea :

(2.57)

c) (2.58)

În acest caz se apreciază că există o discordanţă flagrantă între datele de calcul şi cale experimentale şi trebuie căutate cauzele acestei discordanţe. După cum ele se identifică în partea experimentală sau în partea de calcul, se elimină una din cele două valori suspectate. Dacă nu se identifică în nici o parte, se renunţă la coeficientul de calcul.

Asemenea verificări sunt necesare şi dacă corectitudinea datelor privind prepararea betonului, folosite în calculele de transformare este îndoielnică.

10.15. Precizia determinărilor.

10.15.1. Prin precizia determinărilor, în sensul prezentelor instrucţiuni tehnice, se înţelege intervalul în care sunt cuprinse cel puţin 90% din abaterile rezistenţelor calculate pe baza măsurătorilor de viteză de propagare, faţă de rezistenţele reale ale betonului, determinate prin încercarea la presă.

10.15.2. În cazul când se dispune de toate datele referitoare la compoziţia şi condiţiile de păstrare ale betonului încercat, cerute de metodă, precum şi de cuburi de contraprobă sau de carote pentru efectuarea încercărilor şi determinărilor arătate la pct. 10.3, precizia metodei trebuie considerată ca fiind cuprinsă, între +15 - 20%.

10.15.3. În cazul existenţei tuturor datelor exacte referitoare la compoziţia şi condiţiile de păstrare ale betonului încercat, cerute de metodă, însă a lipsei cuburilor de contraprobă sau carotelor, precizia metodei este cuprinsă între +20 – 30%.

10.15.4. În cazul lipsei tuturor informaţiilor privind condiţiile de preparare şi păstrare ale betonului încercat, precum şi a cuburilor de contraprobă, sau a carotelor, precizia este cuprinsă între + 30 - 40% şi chiar peste aceste limite, în funcţie de posibilităţile conducătorului încercării de a suplini lipsa informaţiilor prin interpretarea pe baza experienţei proprii a datelor, pe care le poate culege de la locul încercării. În această situaţie se va alege, drept curbă de transformare viteză-rezistenţă, curba ce corespunde valorilor medii posibile ale parametrilor necunoscuţi din compoziţia betonului (tip şi dozaj de ciment, granulozitatea şi natura agregatelor etc).

11. Determinarea rezistenţei la compresiune a betonului în fabricile de prefabricate

11.1. La determinarea rezistenţei betonului cu ajutorul metodelor ultrasonice de impuls în fabricile de prefabricate, vor fi avute în vedere recomandările cuprinse în capitolul 10, punctele 1-4 şi capitolul 5 „Influenţe ale condiţiilor de încercare".

11.2. Determinarea relaţiei de transformare „viteză de propagare - rezistenţă la compresiune" se va face separat pentru fiecare tip de beton produs în fabrică.

În acest scop, pe corpuri de probă, vor fi făcute succesiv încercări nedistructive cu ultrasunete şi apoi încercări distructive (ruperi la presă), conform STAS 1275-70.

Corpurile de probă, necesare acestor încercări, vor fi confecţionate dintr-un beton similar celui turnat în elementele prefabricate şi vor fi păstrate în aceleaşi condiţii de întărire ca şi elementele prefabricate ce urmează a fi încercate.

11.3. La confecţionarea corpurilor de probă necesare pentru obţinerea curbei de transformare „viteză-rezistenţă" se variază între limite extreme acei factori care dau în mod obişnuit, în procesul tehnologic al fabricii, variaţii de rezistenţă ale elementelor prefabricate şi anume: raportul A/C prin variaţia apei de amestecare, gradul de compactare al betonului turnat, regimul de tratare termică. Dacă sunt posibile eventuale variaţii de dozaj de ciment sau de granulozitate a agregatelor, ele se vor accepta numai între limitele în care ele au loc efectiv în procesul tehnologic. Ele nu pot să depăşească +20 din valorile nominale.

11.4. Pe lângă corpurile de probă menţionate la punctul 11.3, se vor putea face încercări de verificare pe cuburile rezultate din producţia curentă a fabricii, pentru a se obţine informaţii suplimentare asupra preciziei metodei şi a factorilor care provoacă în mod curent variabilitatea calităţii betonului în producţie.

11.5. Încercarea cu ultrasunete a corpurilor de probă (cuburi de 20 cm latură), se va face conform prevederilor generale cuprinse în capitolul 3, în cel puţin 3 puncte pe ambele direcţii normale pe direcţia de turnare. Alegerea punctelor de măsurare trebuie să permită obţinerea unor informaţii reprezentative pentru întregul beton cuprins în corpul de probă. Se vor evita încercările, pe faţa de turnare. Pe baza rezultatelor, obţinute se calculează, viteza de propagare medie corespunzătoare betonului din corpul de, probă.

Încercările distructive se fac prin ruperea cubului la presă, ca o viteză de încărcare care să asigure ruperea cubului în timp mai mare de un minut.

11.6. Rezultatele astfel obţinute se înscriu într-o diagramă având în ordonată rezistenţa la compresiune şi în abscisă viteza de propagare. Punctele experimentale trebuie să fie suficient de numeroase şi destul de bine răspândite pe un interval larg de măsurare pentru a permite trasarea sigură a curbei de transformare „viteză de propagare - rezistenţă la compresiune". Se recomanda ca numărul epruvetelor folosite la trasarea unei curbe de transformare să nu fie mai mic de 30—40, iar diferenţele maxime între vitezele de propagare măsurate să depăşească 800 m/s. Curba de transformare astfel stabilită se consideră curbă definitivă pentru calculul rezistenţei la compresiune a betonului, pe baza măsurătorilor de viteză de propagare a ultrasunetelor, pentru categoria de betoane pe care o reprezintă.

11.7. Dacă punctele reprezentative deduse cu ajutorul încercărilor nu sunt destul de numeroase, sau nu sunt răspândite suficient de uniform pe întregul interval, se trasează curba de tranformare „viteză de propagare -rezistenţă la compresiune" pentru betonul încercat în conformitate cu prevederile capitolului 10. Pe aceeaşi diagramă se reprezintă valorile obţinute experimental.

Se adoptă drept curbă definitivă de transformare „viteză-rezistenţă" curba ce trece prin centrul de greutate al punctelor experimentale menţionate şi are o ecuaţie exponenţială de tipul relaţiei (2.46).

11.8. În timpul aplicării metodelor, ultrasonice de impuls la controlul calităţii producţiei în fabrici, este obligatorie verificarea, de cel puţin odată pe lună, pe un set de cel puţin 6 epruvete, a constanţei factorilor care au dos la stabilirea relaţiei „viteză de propagare - rezistenţă la compresiune" şi ori de câte ori se schimbă reţeta de preparare sau tratament termic.

În cazul în care se constată abateri sistematice ce depăşesc în plus sau în minus valoarea de 15%, este necesară refacerea curbei de transformare.

11..9. Precizia determinării rezistenţei betonului cu ajutorul încercărilor ultrasonice de impuls, la elementele executate în fabricile de prefabricate, trebuie considerată în general cuprinsă între +15 - 20%.

Această precizie poate fi mai mică atunci când sunt de aşteptat variaţii necontrolate importante ale dozajului sau când obiectul producţiei îl formează betoane confecţionate cu dozaje de peste 400 kg/m^3.

12. Prelucrarea statistică a rezultatelor

12.1. Prelucrarea statistică a rezultatelor încercărilor nedistructive cu ultrasunete are un caracter informativ şi nu poate fi folosită decât drept criteriu orientativ de calitate al betonului încercat.

12.2. Mărimea care constituie obiectul prelucrării statistice este rezultatul individual al unei măsurători de viteză de propagare.

12.3. Prelucrarea statistică se poate referi la rezultatele încercărilor pe un element de construcţie, pe o structură sau pe un grup de structuri. Pentru o mai justă apreciere a rezervelor de capacitate portantă a ansamblului structurii, este recomandabil ca prelucrările statistice să se facă pe elemente de construcţie şi numai în final rezultatele să fie însumate şi comparate pe întreaga structură.

12.4. Numărul minim al secţiunilor sau al zonelor încercate pentru o prelucrare statistică pe element este de 3, iar numărul minim al punctelor de încercare 9. Aceste secţiuni trebuie să fie distribuite în mod cât mai uniform în lungul elementului încercat, cuprinzând în orice caz zonele susceptibile de a prezenta deficienţe locale de execuţie, precum şi zonele cu solicitări maxime.

12.5. Prelucrarea statistică a rezultatelor încercărilor prin metoda ultrasonică de impuls, presupunând curbe de distribuţie gaussiană (simetrice), se face în următoarele etape :

a) Calculul vitezei de propagare medii pe element ( )

(2.59)

în care: V_i - este viteza de propagare măsurată în punctul i în m/s;

n - numărul punctelor de încercare pe element,

b) Calculul abaterii absolute a fiecărei viteze:

(2.60)

c) Calculul abaterii medii pătratice a vitezelor S_v

(2.61)

d) Calculul coeficientului de variaţie al vitezelor C_v:

(2.62)

Aceasta reprezintă mărimea statistică finală a prelucrării măsurătorilor directe. Dacă se doreşte transformarea ei în valori echivalente ale coeficientului de variaţie al rezistenţelor betonului se va utiliza relaţia:

(2.63)

relaţie în care valorile experimentale deduse pentru au variat între 3,2-4,8, în funcţie de neomogenitatea betonului, fiind mai ridicate pentru betoanele neomogene. Când această neomogenitate nu este cunoscută apriori, se recomandă adoptarea valorii medii a intervalului de variaţie:

(2.64)

12.6. Aprecierea pe baze statistice a omogenităţii betonului din lucrare, din punct de vedere al măsurătorilor cu ultrasunete, se poate face orientativ pe baza Tabelului 2.19.

12.7. Calculul rezistenţelor caracteristice R_K a unei mulţimi de măsurători cu ultrasunete se poate face conform relaţiei:

(2.65)

Tabelul 2.19

OMOGENITATEA BUTONULUI

Valori C_R	Omogenitatea betonului
$C_R > 12\%$	Foarte bună
$12\% \leq C_R \leq 20\%$	Satisfăcătoare
$C_R > 20\%$	Slabă

în care:

- este rezistenţa medie a betonului pentru punctele examinate;

C_R - coeficientul de variaţie al rezistenţelor calculat fie conform relaţiei (2.63) fie din transformările directe ale vitezei de propagare în rezistenţe;

t - coeficient ce depinde de nivelul de încredere cerut şi de numărul de puncte examinat şi este dat în tabelul 2.20.

Tabelul 2.20

VALORI ALE COEFICIENTULUI “t”

Numărul punctelor n	Nivelul de încredere	
	95%	90%
9	1,823	1,383
10	1,812	1,372
15	1,753	1,341
20	1,725	1,325
25	1,708	1,316
30	1,687	1,300
40	1,645	1,282

13. Interpretarea rezultatelor încercărilor cu ultrasunete

1. Încercări pe stâlpi şi diafragme

13.1.1. Elementul supus interpretării este rezistenţa medie a betonului într-o secţiune orizontală în stâlp sau diafragmă.

13.1.2. Pe baza datelor experimentale se calculează rezistenţa medie a tuturor secţiunilor încercate pe un stâlp şi rezistenţa medie pe secţiune din stâlp ce are valoarea minimă R_{min}.

13.1.3. Dacă ambele condiţii (2.66) sunt îndeplinite

(2.66)

în care R_b - este rezistenţa prescrisă de proiectant, rezultatele încercărilor nedistructive, cu acordul proiectantului sunt considerate corespunzătoare.

13.1.4. Dacă ambele condiţii (2.67) sunt îndeplinite

(2.67)

rezultatele încercărilor nedistructive sunt considerate necorespunzătoare. În acest caz proiectantul va decide asupra caracterului şi oportunităţii măsurilor de remediere.

13.1.5. Pentru situaţiile intermediare, inclusiv cazurile când una din condiţiile prevăzute de relaţiile (2.66) sau (2.67) nu sunt îndeplinite, se recomandă expertizarea lucrării.

2. Încercări pe grinzi

13.2.1. Elementul supus interpretării statistice este rezistenţa medie a betonului în zona comprimată, într-o secţiune normala pe axul grinzii.

13.2.2. Pe baza datelor experimentale se calculează rezistenţa medie a tuturor secţiunilor încercate într-o grindă şi rezistenţa minimă pe secţiune din grindă R_{min}.

13.2.3. Dacă ambele condiţii (2.68) sunt îndeplinite:

a) Pentru elementele sub procentul maxim de armare, cu placă comprimată şi axa neutră în placă.

(2.68)

b) Pentru restul grinzilor:

(2.69)

rezultatele încercărilor nedistructive, cu acordul proiectantului, pot fi considerate corespunzătoare.

13.2.4. Dacă ambele condiţii (2.70) sunt îndeplinite:

(2.70)

rezultatele încercărilor nedistructive se declară necorespunzătoare, în acest caz proiectantul va decide asupra oportunităţii şi caracterului masurilor de remediere.

13.2.5. Pentru situaţiile intermediare, inclusiv cazurile când una din condiţiile prevăzute de relaţiile (2.68); (2.69) sau (2.70) nu sunt îndeplinite, se recomandă expertizarca lucrării.

3. Încercări pe plăci

13.3.1. Elementul supus interpretării este rezistenţa medie a betonului într-o secţiune normală a plăcii, paralelă cu liniile de rupere.

13.3.2. Pe baza rezultatelor experimentale se calculează rezistenţa medie a tuturor secţiunilor din placă încercate şi rezistenţa minimă a anei secţiuni din placa R_{min}.

1.3.3.3. Dacă ambele condiţii (2.71) sunt îndeplinite:

(2.71)

rezultatele încercărilor, cu acordul proiectantului, pot fi considerate corespunzătoare.

13.3.4. Dacă ambele condiţii (2.72) sunt îndeplinite

(2.72)

rezultatele nedistructive se declară necorespunzătoare. în acest caz proiectantul va decide asupra oportunităţii şi caracterul măsurilor de remediere.

13.3.5. Pentru situaţiile intermediare, inclusiv cazurile când una din relaţiile (2.71) sau (2.72) nu sunt îndeplinite, se recomandă expertizarea structurii.

[top]

III — ÎNCERCAREA BETONULUI PRIN METODA NEDISTRUCTIVĂ COMBINATĂ

1. Prevederi generale

1.1. Obiectul prezentelor norme îl constituie, determinarea prin folosirea unei combinaţii de metode nedistructive a rezistenţei la compresiune a betonului din lucrările de beton simplu, beton armat, sau beton precomprimat.

1.2. Metoda se bazează pe legătura care există între combinaţia celor două mărimi fizice măsurate: viteza longitudinală a ultrasunetelor şi indicele de recul pe de o parte, şi rezistenţa betonului la compresiune, pe de altă parte. Această corelaţie ţine seama de unele date ale compoziţiei betonului încercat.

1.3. Folosirea metodei nedistructive combinate prezintă următoarele avantaje:

- în raport cu alte metode nedistructive:

● precizia determinării rezistenţei este de regulă superioară metodelor nedistructive simple;

● nu obligă la cunoaşterea maturităţii betonului;

● este mai puţin influenţată de variaţiile necontrolate ale dozajului şi tipului de ciment sau ale granulozităţii agregatului decât metoda ultrasonică.

1.4. Metoda nedistructivă combinată se recomandă a fi folosită în următoarele cazuri:

- determinarea rezistenţei betonului în structuri şi elemente de construcţii pe şantiere sau în fabrici de prefabricate;

- determinarea omogenităţii betonului precum şi a zonelor în care s-a turnat un beton necorespunzător în elemente de construcţie

- determinarea gradului de compactare, prin determinarea rezistenţei betonului;

- urmărirea întăririi betonului în condiţii normale, accelerate sau întârziate.

1.5. Metoda nedistructivă combinată prezintă o egală eficienţă în determinarea rezistenţelor betonului indiferent de marca betonului examinat.

1.6. Metoda nedistructivă combinată nu se recomandă a fi aplicată în următoarele cazuri:

- în zonele cu defecte locale de turnare, ascunse sau aparente (segregări, rosturi, goluri);

- în zonele fisurate sau microfisurate;

- în zonele în care nu există o concordanţă între calitatea betonului din stratul de suprafaţă şi cel de adâncime (exemplu turnări în mai multe straturi de betoane cu calităţi diferite, betoane degradate superficiale etc);

- în zonele cu aglomerări de armături, îndeosebi când acestea sunt paralele cu direcţia de încercare cu direcţia de încercare cu ultrasunete sau foarte apropiate de aria pe care au loc încercările cu sclerometrul;

- la mai puţin de 6-8 cm de muchia elementului de construcţie ;

- la betoane de marcă sub B 50.

2. Aparatura de încercare

2.1. Aparatura de încercare pentru metoda nedistructivă combinată este compusă din:

- aparatura pentru măsurarea vitezei de propagare a impulsurilor ultrasonice în beton;

- aparatura pentru măsurarea durităţii superficiale a betonului cu ajutorul indicelui de recul.

2.2. Aparatura pentru măsurarea vitezei de propagare a impulsurilor ultrasonice în beton trebuie să fie caracterizată prin: performanţele prezentate în Partea a II-a a prezentelor norme.

2.3. Aparatura pentru determinarea durităţii superficiale a betonului este un sclerometru Schmitd, de tip normal (N), bazat pe estimarea durităţii, prin măsurarea reculului liniar al unui sistem de resoarte.

Indicaţiile aparatului şi modului de funcţionare trebuie verificate conform celor prevăzute în Partea a I-a capitolul 2 a prezentelor norme.

3. Modul de lucru

3.1. Alegerea elementelor şi zonelor de încercat se face pe baza indicaţiilor proiectantului lucrării sau ale beneficiarului încercării, sau ale unei comisii alcătuite în acest scop.

3.2. În elementul de încercat se aleg cel puţin 3 secţiuni diferite pentru examinare. În fiecare secţiune trebuie să existe cel puţin 3 perechi de puncte de încercare cu ultrasunete şi o zonă de 20 X 20 cm cu ce! puţin 6 puncte de încercare cu sclerometrul. Rezultatele obţinute într-o secţiune sunt reprezentative pentru volumul de beton cuprins între 2 secţiuni paralele cu cea de încercare, situate Ia ±10 cm de aceasta.

Dacă betonul pe înălţimea stâlpuiui apare ca neomogen, numărul secţiunilor de încercare va fi mărit în mod corespunzător.

3.3. Alegerea perechilor de puncte în secţiune pentru încercările cu ultrasunete şi prelucrarea suprafeţei betonului în dreptul acestor puncte trebuie să se facă în conformitate cu prevederile Părţii a II-a a prezentului normativ.

3.4. Alegerea zonei şi a punctelor de încercare în secţiune pentru măsurătorile cu sclerometrul, precum şi prelucrarea suprafeţei betonului în aceste zone se vor face în conformitate cu prevederile Părţii a I-a a prezentului normativ.

3.5. La determinarea timpului de propagare (T_p) al impulsului din beton se va ţine seama de corelaţia de zero (T_o) a aparatului (timpul de propagare al impulsurilor de la emiţător la receptor în poziţia vârf la vârf) şi de corelaţia de etalonare (T_{et}) conform relaţiei:

, (3.1)

relaţie în care: T_m - este timpul de propagare efectiv măsurat.

3.6. Măsurarea timpului de propagare (T_m) se va face în conformitate cu prevederile punctului 4.11 din Partea a II-a.

3.7. Determinarea vitezei de propagare longitudinală a impulsului (V) se face cu relaţia:

(3.2)

în care: L - este distanţa între emiţător şi receptor măsurată cu o precizie de 1%. Dacă L este introdus în cm, iar T_p în microsecunde pentru ca rezultatul să fie exprimat în m/s, trebuie multiplicat cu 10^4.

3.8. Măsurarea indicelui de recul inclusiv aplicarea corecţiilor de unghi se va face în conformitate cu prevederile capitolului 3 din Partea a I-a a prezentului normativ.

3.9. Prelucrarea selectivă a rezultatelor încercărilor se face în conformitate cu prevederile capitolului 4 din Partea a I-a, a prezentului normativ.

3.10. Atât încercările cu ultrasunete, cât şi cele cu sclerometrul vor evita să folosească ca suprafaţă de încercare suprafaţa de turnare a betonului. Dacă acest lucru nu este posibil este de aşteptat ca valorile rezistenţelor la compresiune, determinate pe baza încercărilor nedistructive combinate, să fie cu cca. 20% mai mică decât cele reale.

3.11. Rezultatul unei singure măsurători cu sclerometrul sau cu ultrasunete, nu poate constitui un element de calcul direct în metoda combinată.

Pentru măsurătorile cu ultrasunete, valoarea de calcul o constituie de regulă media a cel puţin 3 măsurători apropiate, situate în aceeaşi secţiune, şi în mod excepţional o singură măsurătoare din secţiune.

Pentru măsurătorile cu sclerometrul, valoarea de calcul o constituie media a cel puţin şase măsurători reprezentative pentru aceeaşi zonă, care întrunesc criteriile impuse de capitolul 4 din Partea a I-a a prezentului normativ.

3.12. Atât măsurătorile de viteză de propagare în beton cât şi cele de indice de recul pe beton se corectează în raport cu rezultatele încercărilor de etalonare pe bare, nicovale, sau alte dispozitive etalon.

3.13. Lucrul în afara intervalelor de temperatură +5°C … +30°C, impune corecţii de temperatură pentru măsurătorile nedistructive, în conformitate cu prevederile punctului 5.4 din Partea a II-a.

3.14. Vor fi evitate încercările pe epruvete ale căror dimensiuni transversale „b" sau „h" nu îndeplinesc condiţiile prevăzute de punctele 3.9. şi 3.10 din Partea a II-a a prezentului normativ.

4. Determinarea rezistenţei betonuloi

4.1. Determinarea rezistenţei betonului prin metoda nedistructivă combinată este de o acurateţa ridicată, îndeosebi când variaţiile de rezistenţă sunt provocate de o compactare inegală sau insuficientă a betonului, de nerespectarea raportului A/C prin variaţia apei de amestecare, de o maturizare în condiţii necorespunzătoare, sau de variaţii ale umidităţii betonului.

Metoda nedistmetivă combinată este de asemenea suficient de eficientă în cazurile când calitatea cimentului sau a agregatelor, inclusiv granulozitatea lor, au fost necorespunzătoare. Metoda este mai puţin eficientă în cazul unor variaţii mari, necontrolate ale calităţii de ciment, ea fiind totuşi, şi în acest caz, superioară metodelor nedistructive simple.

4.2. Determinarea rezistenţei betonului la compresiune prin metoda nedistmetivă combinată pretinde cunoaşterea următoarelor date în legătură cu prepararea betonului:

- tipul şi dozajul de ciment (kg/m^3);

- natura şi granulozitatea agregatului folosit.

4.3. Tipul de ciment este luat în considerare la determinarea rezistenţei betonului cu ajutorul coeficientului de influenţă al cimentului (C_c). Valorile acestui coeficient sunt date în tabelul 3.1.

4.4. Dozajul de ciment folosit la preparare este luat în considerare, la determinarea rezistenţei betonului, cu ajutorul coeficientului de influenţă al dozajului (C_d). Valorile acestui coeficient sunt date în tabelul 3.2.

Pentru dozaje intermediare se interpolează liniar.

4.5. Natura agregatului folosit la prepararea betonului este luata în considerare la determinarea rezistenţei betonului cu ajutorul coeficientului de influenţă al naturii agregatului (C_a).

Pentru betoanele cu următoarele agregate se recomanda valorile:

- agregat de râu de tip silico calcar $C_a = 1,00$

- agregat uşor de granulit simplu sau amestecat cu agregat de râu $C_a = 1,00$

- agregat greu de baritină sau amestecat cu agregat de râu

$C_a = 1,00 + 0,9p$ (3.3)

în care ,,p" este procentul în volume din volumul total al agregatului, ocupat de agregatul greu.

Tabelul 3.1

VALORI ALE COEFICIENTULUI DE INFLUENŢĂ AL CIMENTULUI

Tipul de ciment	C_c
P 50	1,09
P 40	1,04
Pa 35, ST 35	1,00
M 30	0,96
F 25	0,90

Tabelul 3.2

VALORI ALE COEFICIENTULUI DE INFLUENŢĂ AL DOZAJULUI

Dozaj kg/m^3	C_d
200	0,88
300	1,00
400	1,13
500	1,25
600	1,31
700	1,35

Pentru betoanele cu alte agregate coeficientul C_a se va determina experimental.

4.6. Granulozitatea agregatului este luată în considerare cu ajutorul a doi parametrii:

a) dimensiunea maximă a agregatului căruia îi corespunde coeficientul de influenţă al dimensiunii maxime ($C_{Ø}$), dat în tabelul 3.3.

Tabelul 3.3

VALORI ALE COEFICIENTULUI DE INFLUENŢĂ AL DIMENSIUNII MAXIME

Dimensiunea maximă mm	$C_{Ø}$
7	1,09
15	1,03
30	1,00
70-80	0,96

b) fracţiunea fină a agregatului (0—1 mm) căruia îi corespunde coeficientul de influenţă al fracţiunii fine (C_g) dat în tabelul 3.4.

Tabelul 3.4

VALORILE COEFICIENTULUI DE INFLUENŢĂ AL FRACŢIUNII FINE

Fracţiunea 0-1 mm %	C_g
6	0,97
12	1,00
18	1,03
24	1,06
30	1,09
36	1,11
42	1,13
48	1.15

Tabelul 3.5

REZISTENŢELE BETONULUI DE REFERINŢĂ (R_{ref})

n V_L	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52

3000	40	47	53	59	65	78												
3100	45	52	58	65	72	84	93											
3200	50	57	65	72	78	92	98	106										
3300	56	63	71	77	84	98	106	115	125									
3400	62	69	76	83	92	102	110	120	131									
3450	65	73	80	87	95	105	114	124	136	146								
3500	68	76	83	91	98	109	119	129	141	151								
3550	71	79	87	93	102	113	123	134	146	156	167							
3600	74	82	90	97	105	117	128	139	151	162	174							
3650		85	93	100	109	121	132	144	156	167	181	196						
3700		87	96	103	112	126	138	150	162	175	189	206						
3750		91	100	107	116	131	143	155	168	182	197	215						
3800		94	102	110	120	136	149	161	175	189	206	226	259	280	304	328	350	373	397
3850		98	105	114	125	141	154	167	182	196	214	237	268	290	314	338	360	383	407
3900		101	107	117	129	157	159	172	189	205	224	247	277	301	325	347	370	394	418
3950		103	111	121	134	152	164	178	196	214	234	257	288	311	324	357	380	404	428
4000		106	115	125	138	157	170	186	205	224	245	267	298	322	344	367	391	415	438
4050			119	130	144	162	176	193	214	233	255	277	308	332	354	377	401	425	448
4100			122	135	149	167	182	201	224	243	265	288	318	341	364	388	412	435	457
4150				140	154	172	188	209	233	253	274	298							
4200				145	159														

Tabelul 3.5 continuare

n V_L	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	
4250	164	179	196	218	243	263	284	308	328	351	374	398	412	445	467	
4300	169	185	205	227	253	273	294	317	338	360	484	408	431	453	478	
4350			215	236	263	283	306	326	347	369	393	417	440	463	488	
4400			224	245	273	292	312	334	355	378	403	426	450	474	498	
4450					282	300	321	343	364	386	410	435	461	485		

4500					290	308	330	352	373	399	423	447	472	496		
4550						318	339	362	384	406	434	458	482	507		
4600							348	372	396	420	445	470	493	520		
4650								382	406	431	456	480	505	530		
4700								393	416	440	468	490	518	542		
4750									425	450	477	501	554	554		
4800									435	460	486	513	538	565		
4850										470	497	522	549	575		
4900										480	508	532	560	585		
4950											518	543	569	596		
5000											528	555	579	607		

4.7. Luarea în considerare a tuturor parametrilor de compoziţie a betonului, care pot influenţa corelaţia dintre mărimile nedistructive măsurate şi rezistenţa betonului, se face cu ajutorul coeficientului de influenţă total C_t, dat de relaţia:

(3.4)

relaţie ce presupune valabilitatea principiului suprapunerii efectelor sau al independenţei acţiunii celor cinci parametri.

4.8. Pe baza măsurătorilor nedistructive efectuate se calculează rezistenţa R_{ref} corespunzătoare unui beton a cărui compoziţie este data de valorile unitare ale coeficientului de influenţă din tabelele 3.1—3.4, deci preparat cu:

- ciment portland obişnuit Pa 35, dozaj 300 kg/m^3;

- agregat de râu silico-calcaros $Ø_{max}$ = 30 mm, fracţiune (0—1 mm) 12%.

Calculul rezistenţei R_{ref} se face cu ajutorul curbelor de egală rezistenţă din planul viteză de propagare - indice de recul, reprezentate în graficul din fig. 3.1. sau pe baza valorilor din tabelul 3.5.

Atât în grafic cât şi în tabel, se intră cu valorile măsurate ale vitezei de propagare şi ale indicelui de recul, iar la intersecţia lor se citeşte rezistenţa betonului de referinţă.

4.9. Se calculează rezistenta efectivă a betonului încercat cu relaţia:

(3.5)

4.10. Pe şantiere sau în fabricile de prefabricate se dispune uneori de un număr de corpuri de probă (cuburi de 20 cm latură) sau de carote. În acest caz, valoarea teoretică a coeficientului C_t din relaţia (3.4), poate fi verificată experimental, încercând distructiv şi nedistructiv, cu metede combinate, corpurile de probă (cuburi si carote) sau betonul, din care urmează a fi extrase carotele.

Cu ajutorul valorilor vitezei de propagare şi indicele de recul, astfel obţinute, se determină valoarea $(R_{ref})_i$ pentru fiecare epruvetă „i" încercată. Se determină prin încercare la presă, rezistenţa efectivă a epruvetei „i" la compresiune. Folosind

cele două valori ale rezistenţei se calculează coeficientul experimental de influenţi al epruvetei „i'" ( ).

(3.6)

în care: R_{exp-i} reprezintă rezultatul încercării distructive pe corpul de probă, „i".

Se calculează, media valorilor experimentale pentru toate epruvetele încercate, conform, relaţiei:

(3.7)

în care: „k" - reprezintă numărul epruvetelor de care s-a dispus.

4.11. Se compară valoarea cu valoarea calculată şi se pot ivi următoarele situaţii

Cazul a) (3.8.)

În acest caz se consideră că valorile experimentale verifică datele de calcul şi oricare din valorile de calcul sau experimentale pot fi adoptate drept valori definitive. În principiu o corectare a rezultatelor în acest caz nu este obligatorie.

Cazul b) 9; (3.9)

În acest caz există o diferenţa între valorile de calcul şi cele experimentale, care se încadrează în precizia specifică metodelor combinate şi dacă nu există nici un motiv special de a prefera una din cele două valori, valoarea cea mai sigură pentru calculul final este :

(3.10)

Cazul c) (3.11)

În acest caz există o evidenţă discordanţă între rezultatele de calcul şi cele experimentale şi este necesară o analiză amănunţită a cauzelor, care au dus la aceste diferenţe, în vederea eliminării rezultatului eronat. Dacă o asemenea analiză,

nu duce la nici o concluzie se recomandă eliminarea valorii .

Un exemplu de calcul este dat în Anexa 2.

4.12. Precizia metodelor nedistructive combinate (prin precizia se înţelege intervalul de abateri în care sunt cuprinse 9% din rezultatele experimentale), trebuie considerată, în cazul în care elementele necesare ale compoziţiei betonului sunt corect cunoscute, de ±(15-20)%.

În cazul în care pe lângă compoziţie se dispune de corpuri de probă sau carote, este de aşteptat ca precizia metodei să fie de ±(10-15) %. Încercările pe carote se prelucrează conform instrucţiunilor tehnice pentru încercarea betonului prin extrageri de carote C 54-78.

În cazul în care compoziţia betonului este necunoscută, sau greşit cunoscută şi nu există epruvete sau carote erorile pot atinge ±(25-35)%.

5. Determinarea rezistenţelor betonului la compresiuni în structurile de beton armat ce au fost supuse seismelor

5.1. Particularităţi în determinarea rezistenţelor betonului la structurile, avariate de seism

5.1.1. Determinarea rezistenţei betonului, în structurile ce au fost supuse seismelor, se face în zonele ce nu au fost degradate structural prin solicitare indiferent dacă se află în zona întinsă sau comprimată a unui element.

5.1.2. Metoda recomandată pentru determinarea rezistenţelor betonului din lucrare, în cazul obişnuit al structurilor supuse seismelor (mai vechi de 1 an) este metoda nedistructivă combinată, bazată pe măsurarea vitezei longitudinale de propagare şi a indicelui de recul (SONREB).

Se atrage atenţia că folosirea exclusivă a metodelor de duritate superficială, în asemenea cazuri, poate conduce la erori grosolane, de supraevaluare a rezistenţei reale a betonului.

5.1.3. În vederea aplicării corecte a metodei combinate este necesară curăţirea completă a tuturor straturilor de finisaje, aplicate peste beton, indiferent de grosimea lor, până se ajunge la suprafaţa vie a betonului. Suprafaţa de beton armat pentru încercare trebuie să fie perfect plană. În cazurile în care, ea rezultă rugoasă, după înlăturarea finisajelor, trebuie prelucrată prin frecare.

5.1.4. În vederea obţinerii unei precizii ridicate a rezultatelor, determinate prin metoda nedistructivă combinată, este recomandabil să se extragă 1-3 carote din lucrare care să fie încercate distructiv.

5.1.5. Diametrul minim al carotelor recomandate, este dependent de diametrul maxim al agregatelor utilizate, conform relaţiei :

, [mm] (3.12)

5.1.6. În structură, pe locul unde urmează să se extragă carotele, se fac încercări nedistructive prin metode combinate, înainte de extragerea carotelor.

5.1.7. Rezultatele încercărilor se reprezintă în planul viteză de propagare - indice de recul, pe care sunt reprezentate curbele de egală rezistenţă ale betonului de referinţă.

5.1.8. Se calculează pentru fiecare carotă „i" raportul:

(3.13)

în care: - rezistenţa cubică dedusă din încercarea nedistructivă a carotelor;

- rezistenţa betonului de referinţa, dedusă pe baza măsurătorilor nedistructive, cu ajutorul tabelului 5.

5.1.9. Se calculează.valoarea medie a carotelor extrase, conform relaţiei:

(3.14)

în care: „n" - numărul carotelor extrase.

5.1.10. Se calculează rezistenţa efectivă a betonului din lucrare ( ) cu ajutorul unei relaţii de forma:

(3.15)

in care: - rezistenţa betonului de referinţă, determinată pe baza măsurătorilor nedistructive efectuate conform tabelului 5.

5.1.11. Precizia determinării rezistenţei betonului din lucrare prin metode nedistructive combinate în cazul existenţei carotelor, depinde de numărul şi dimensiunea acestora şi de informaţiile suplimentare privind marca betonului de proiect şi eventual compoziţia şi maturitatea betonului încercat. Ea poate fi considerată cuprinsă în general între ± (12...16)%.

5.1.12. În cazul inexistenţei unor carote se vor culege maximum de informaţii privind marca proiectată şi eventual realizată pe epruvete, precum şi compoziţia şi maturitatea betonului încercat.

Cele mai importante date necesare pentru metoda combinată sunt:

- tip şi dozaj ciment;

- natură şi granulozitate agregate.

5.1.13. Pe baza informaţiilor culese, a destinaţiei structurii şi elementelor a perioadei de execuţie, se calculează un

coeficient total de influenţă teoretic al compoziţiei betonului. La aceasta se adaugă un coeficient de influenţă al vârstei, pentru construcţiile mai vechi de 1 an, care are drept scop diminuarea influenţei stratului carbonatat. Valoarea admisă pentru acest coefficient de vârstă, este:

$C_v = 0,9$ (3.16)

5.1.14. Rezistenţa betonului din lucrare, la construcţiile mai vechi de 1 an, se calculează cu relaţia:

(3.17)

5.1.15. Valoarea coeficientului C_v pentru construcţiile mai noi de 1 an, se ia astfel:

A < 6 luni: $C_v = 1,00$ (3.18)

6 luni < A< 1 an: Cv = 0,95 (3.19)

5.1.16. Valoarea coeficientului total de influenţă, pentru clădirile de locuinţe executate în perioada 1934—1940, se poate lua din experienţa INCERC, egală cu:

(3.20)

valoare ce poate fi, în rare cazuri, uşor acoperitoare.

Pentru perioade mai noi, asemenea precizări nu se mai pot face, din, cauza diversificării mărcilor de betoane.

5.1.17. Precizia determinării rezistenţei betonului în structurile avariate de seisme, prin metoda nedistructivă combinată atunci când nu există carote, dar se dispune de un număr substanţial de informaţii privind compoziţia betonului de încercat, este de ±(15...20)%.

Când aceste informaţii lipsesc creşterea erorilor este în funcţie de experienţa şi abilitatea conducătorului încercării, în aprecierea compoziţiei betonului de examinat, care constituie şi principala sursă de erori a rezultatelor obţinute.

Când se dispune atât de carote cât şi de informaţii asupra compoziţiei betonului precizia determinării rezistenţei betonului în lucrare este de ±(10...15)%.

5.1.18. În cazuri speciale când există dubii asupra corespondenţei între calitatea betonului din interiorul elementului şi duritatea stratului superficial este indicată folosirea metodei ultrasonice de impuls simple, în locul metodei combinate. Această metodă este de asemenea indicată la încercarea betoanelor de mărci foarte slabe sub B 100.

5.1.19. În cazurile în care vârsta construcţiei examinate este mai mică de 6 luni şi nu se dispune de aparatură pentru încercări cu ultrasunete se admite folosirea exclusivă a metodei de duritate superficială numai pentru determinarea rezistenţei betonului în lucrare.

6. Determinarea rezistenţei caracteristice a betonului

6.1. Se poate face numai în cazurile în care există corpuri de probă în număr suficient ($n \geq 15$) din betonul de încercat.

6.2. Se calculează rezistenţele medii pe secţiune ale elementelor încercate conform prevederilor cap.4.

6.3. Se calculează rezistenţa medie a tuturor secţiunilor încercate nedistructiv din acelaşi element sau din întreaga structură, după obiectul examinării, conform relaţiei (3.21):

(3.21)

în care „k" reprezintă numărul secţiunilor încercate.

6.4. Se calculează abaterea medie patratică a rezistenţelor medii pe secţiune determinate nedistructiv în lucrare, conform relaţiei:

(3.22)

6.5. Se calculează rezistenţa caracteristică a betonului din lucrare (R_{car}) cu relaţia :

(3.23)

în care : t – este un coeficient ce depinde de numărul secţiunilor încercate în element sau structură, după caz, şi de nivelul de încredere acceptat pentru calculul rezistenţei caracteristice egal în general cu 90%. În cazul unui număr mare de secţiuni (k ≥ 15) se adoptă valoarea t :

t = 1,66 (3.24)

α - este un coeficient ce reflectă corelaţia dintre câmpul de distribuţie al rezistenţelor determinate prin metode nedistructive şi cel al rezistenţelor determinate prin metode distructive. El trebuie determinat pentru fiecare caz în parte cu ajutorul încercărilor paralele nedistructive şi distructive pe corpuri de probă şi este dat de valoarea raportului:

(3.25)

în care :

$S_{D.P}$ - este abaterea medie patratică a rezistenţelor determinate distructiv pe corpuri de probă;

$S_{MC.P}$ - abaterea medie patratică a rezistenţelor determinate nedistructiv prin metode combinate pe aceleaşi corpuri de probă.

[top]

ANEXA 1

APARATE PENTRU ÎNCERCAREA BETONULUI PRIN METODA RECULULUI LINIAR ŞI UNGHIULAR EXISTENTE ÎN ROMÂNIA

1. Sclerometru Schmidt tip N

Felul reculului: liniar

Domeniu de folosire : betoane obijnuite în elemente obijnuite

Modul de măsurare : citire pe scală

Energia şocului : 2,2 J

Masa : ≈1 kg

Gabarit : Ø = 54 mm, L = 280 mm

2. Sclerometru Schmidt tip NR

Felul reculului: liniar

Domeniu de folosire : betoane obijnuite în elemente obijnuite

Modul de măsurare : înregistrare pe hârtie cerată

Energia şocului : 2,2 J

Masa : ≈1,4 kg

Gabarit : Ø = 136 mm, L = 280 mm

3. Sclerometru Schmidt tip L

Felul reculului: liniar

Domeniu de folosire : betoane obijnuite în elemente subţiri

Modul de măsurare : citire pe scală

Energia şocului : 0,7 J

Masa : ≈0,8 kg

Gabarit : Ø = 54 mm, L = 260 mm

4. Sclerometru Schmidt tip LR

Felul reculului: liniar

Domeniu de folosire : betoane obijnuite în elemente subţiri

Modul de măsurare : înregistrare pe hârtie cerată

Energia şocului : 0,7 J

Masa : ≈1,2 kg

Gabarit : Ø = 136 mm, L = 260 mm

5. Sclerometru Schmidt tip M

Felul reculului: liniar

Domeniu de folosire : betoane obijnuite în construcţii masive

Modul de măsurare : citire pe scală

Energia şocului : 29 J

Masa : ≈7,1 kg

Gabarit : Ø = 90 mm, L = 680 mm

6. Sclerometru Schmidt tip P

Felul reculului: unghiular

Domeniu de folosire : betoane de rezistenţe inferioare (5-20 MPa)

Modul de măsurare : citire pe scală

Energia şocului : 0,9 J

Masa : ≈2,1 kg

Gabarit : Ø = 230 mm, L = 65 mm

7. Sclerometru Schmidt tip PT

Felul reculului: unghiular

Domeniu de folosire : betoane şi materiale de rezistenţe foarte scăzute (0,5-5 MPa)

Modul de măsurare : citire pe scală

Energia şocului : 0,9 J (pe suprafaţa de impact mărită)

Masa : ≈2,4 kg

Gabarit : Ø = 230 mm, L = 100 mm

[top]

ANEXA 2

EXEMPLU DE CALCUL

Să se determine rezistenţa betonului în stâpii unui complex industrial, la care s-au obţinut prin încercări nedistructive rezultatele din tabelul 1.a.

Tabelul 1.a

Elementul	Secţiunea	V m/s		n		daN/cm^2	daN/cm^2
		ind.	med.	ind.	med.		
S_1	I	4020 4040 3960	4010	32;33 34;34 32;39	32	250	200

	II	4080 4100 4070	4080	32;31 32;33 34;34	31,5	230	188
	III	4120 4120 4060	4100	36;33 34;32 33;35	34	290	233

Compoziţia betonului încercat a fost:

- ciment P 50 dozaj 330 kg/m^3,

- agregat de râu fracţiunea 0-1 18 %, dimensiunea maximă 15 mm

De asemenea, la încercările efectuate pe corpuri de probă (cuburi de 20 cm latură) din acelaşi beton s-au obţinut următoarele rezultate :

Tabelul 2.a

Epruveta	V m/s		n			
	ind.	med.	ind.	med.	daN/cm^2	daN/cm^2
Cub 1	4020 4080 4060	4050	31;32 33;34 32;31	32	250	200
Cub 2	4010 4020 4000	4010	30;32 33;32 30;31	31,5	230	188
Cub 3	4100 4150 4090	4110	33;34 33;32 33;36	34	290	233

Rezolvare :

a) În conformitate cu prevederile prezentelor instrucţiuni tehnice partea a lll-a pct. 4 se calculează:

b) În conformitate cu aceleaşi prevederi se calculează rezistenţa betonului de referinţa corespunzător rezultatelor nedistructive pe cuburi folosind graficul din fig. 3.1. Se obţin rezultatele înscrise în coloana 7 a tabelului 2 a, a căror medie este :

c) Se calculează R_{ref} folosind datele din tabelul 2.a, coloana 6 cu relaţia

d) Se calculează coeficientul experimental mediu:

e) Se calculează abaterea coeficientului în raport cu datele experimentale:

Rezultatele se încadrează în clasa 4.11-a şi se consideră că datele experimentale au verificat premizele de calcul.

Conform instrucţiunilor, prelucrarea poate fi continuată cu oricare din valorile sau . Soluţia cea mai recomanilabilă este de a se folosi valoarea:

f) Se calculează rezistenţele betonului de referinţă corespunzător valorilor vitezei de propagare şi indicelui de recul mediu pe secţiune pentru betonul din lucrare (tabelul 1- coloana 7).

g) Se calculează rezistenţele reale ale betonului din lucrare cu relaţia:

şi se obţin rezultatele din tabelul 1 - coloana 8, care corespund unei rezistenţe medii a betonului încercat din stâlpi, de:

apropiată de cea obţinută pe corpurile de probă şi peste marca de proiect B 250 .

Precizia metodei în acest caz trebuie estimată la ± (10 - 15} %

[top]

ANEXA 3

COMPARAREA REZULTATELOR ÎNCERCĂRILOR NEDISTRUCTIVE CU PREVEDERILE DE PROIECT

1. Prevederile de proiect stabilesc clasele de betoane conform tabelului 1 coloana 1.

Clasa de beton	Rezistenţa caracteristică R_{car} [MPa]	Marca echivalentă (aprox.) R_c [MPa]
1	2	3
Bc 3,5	3,5	5,0
Bc 5,0	5,0	7,5
Bc 7,5	7,5	10,0
Bc 10	10,0	15,0
Bc 15	15,0	20,0
Bc 20	20,0	25,0-30,0
Bc 25	25,0	35,0
Bc 30	30,0	40,0
Bc 35	35,0	50,0
Bc 40	40,0	50,0
Bc 50	50,0	60,0-70,0
Bc 60	60,0	80

2. Încercările nedistructive permit fie calculul rezistenţei caracteristice (1.26; 2.65; 3.23) care se compară cu datele corespunzătoare din coloana 2 a Tabelului 1 fie calculul rezistenţei medii pe secţiune, pe zonă sau pe element, care se compară cu datele corespunzătoare din coloana 3.

[top]

COMPLETARE LA “NORMATIV PENTRU ÎNCERCAREA BETONULUI PRIN METODE NEDISTRUCTIVE” Indicativ: C 26-85

INTERPRETAREA REZULTATELOR ÎNCERCĂRILOR NEDISTRUCTIVE

Prezenta completare cuprinde regulile de interpretare a rezultatelor încercărilor nedistructive cu ultrasunete sau prin metoda combinată, pe elemente de beton armat. Încercările de duritate superficială cu sclerometrul Schmidt având caracter orientativ nu ridică probleme de interpretare. Prezentele reguli detaliază sau completează regulile cuprinse în cap. II pct. 13 din normativul C 26-85.

1. Generalităţi

1.1. Elementul supus interpretării este rezistenţa medie pe o secţiune normală într-un stâlp, rezistenţa medie pe o secţiune orizontală sau înclinată într-o diafragmă, rezistenţa medie pe secţiune normală într-o placă, rezistenţa medie în zona comprimată sau pe o secţiune într-o grindă.

1.2 Pe baza rezistenţei mediipe secţiune se va calcula şi rezistenţa medie pe element luând în considerare toate secţiunile

. De asemenea, la interpretarea rezultatelor se va lua în considerare valoarea minimă a rezistenţei medii pe secţiune, obţinută pe un element (R_{min}).

2. Interpretarea rezultatelor încercărilor cu ultrasunete

A. EXISTĂ NUMAI DATE DE TURNARE

2.1. Încercări pe stâlpi

2.1.1. Condiţiile pe care trebuie să le îndeplinească rezistenţele medii pe secţiune şi pe element pentru a fi declarate satisfăcătoare sunt:

(1.1)

(1.2)

în care: R_b este marca prescrisă prin proiect

R_k este clasa prescrisă prin proiect

2.1.2. În cazul îndeplinirii condiţiilor:

(1.3)

(1.4)

rezultatele sunt necorespunzătoare şi proiectantul urmează să se pronunţe pe baza avizului CTE – al instituţiei sale asupra oportnităţii şi caracterului măsurătorilor de consolidare.

2.1.3. Pentru situaţiile întermediare între cele prevăzute la pct. 2.1.1. şi 2.1.2., proiectantul va analiza situaţia concretă din şucrare şi va lua o hotărâre pe baza comparării nivelului eforturilor efective din element cu cel al rezistenţelor determinate, luând în considerare posibilităţile de conlucrare ale elementelor şi de redistribuire a eforturilor.

2.2. Încercări pe diafragme

2.2.1. Condiţiile pe care trebuie să le îndeplinească rezistenţele medii pe secţiune şi element pentru a fi declarate satisfăcătoate sunt:

(1.5)

(1.6)

2.2.2. În cazul îndeplinirii condiţiilor:

(1.7)

(1.8)

rezultatele sunt necorespunzătoare şi proiectantul pe baza avizului CTE – al instituţiei sale urmează să se pronunţe asupra oportnităţii şi caracterului măsurătorilor de consolidare.

2.2.3. Situaţiile intermediare între cele prevăzute la punctele 2.2.1 şi 2.2.2 implică din partea proiectantului o analiză a situaţiei concrete din lucrare şi va lua o hotărâre pe baza comparării nivelului solicitărilor efective din element pe cel al rezistenţelor determinate, luând în considerare şi posibilităţile de conlucrare a elementelor şi de redistribuire a eforturilor.

2.3. Încercări pe grinzi

2.3.1. Pentru grinzi sub procentul maxim de armare cu placă la partea comprimată şi axă neutră în placă, condiţiile de acceptare sunt:

(1.9)

(1.10)

2.3.2. Pentru restul grinzilor condiţiile de acceptare sunt:

(1.11)

(1.12)

2.3.3. Dacă sunt îndeplinite condiţiile:

(1.13)

(1.14)

rezultatele încercărilor sunt necorespunzătoare indiferent de tipul grinzii şi proiectantul urmează să se pronunţe pe baza avizului CTE – al instituţiei sale asupra oportunităţii şi caracterului măsurătorilor de consolidare.

2.3.4. Dacă rezultatele încercărilor se situează între limitele prevăzute la punctele 2.3.1. sau 2.3.2. pe de o parte şi cele prevăzute la punctual 2.3.3. pe de alta proiectantul va analiza situaţia concretă din lucrare şi va lua o hotărâre pe baza comparăriii nivelului eforturilor efetive din element cu cel al rezistenţelor determinate, luând în considerare şi posibilităţile de conlucrare a elementelor şi redistribuire a eforturilor.

2.4. Încercări pe plăci

2.4.1. Rezistenţele medii pe secţiune şi cele medii pe element trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:

(1.15)

(1.16)

pentru a fi declarate satisfăcătoare, R_b fiind rezistenţa prescrisă în proiect.

2.4.2. Dacă rezistenţele medii pe secţiune şi pe element îndeplinesc condiţiile:

(1.17)

(1.18)

atunci rezultatele se declară necorespunzătoare şi proiectantul pe baza avizului CTE – al instituţiei sale urmează să se pronunţe asupra oportnităţii şi caracterului măsurătorilor de consolidare.

2.4.3. Pentru situaţiile intermediare între cele prevăzute la punctele 2.4.1 şi 2.4.2 proiectantul va analiza situaţia concretă din lucrare şi va adopta o hotărâre pe baza comparării nivelului solicitărilor efective din element pe cel al rezsitenţelor determinate, luând în considerare şi posibilităţile de redistribuire a eforturilor.

2.5. Încercări pe fundaţii solicitate static

2.5.1. Rezistenţele medii pe secţiune şi rezistenţele medii pe fundaţie trebuie să îndeplinească următoarele condiţii pentru a fi declarate satisfăcătoare:

(1.19)

(1.20)

2.5.2. Dacă rezistenţele medii pe secţiune şi rezistenţele medii pe element îndeplinesc condiţiile:

(1.21)

(1.22)

rezultatele sunt necorespunzătoare şi proiectantul pe baza avizului CTE – al instituţiei sale urmează să se pronunţe asupra oportnităţii şi caracterului măsurătorilor de consolidare.

2.5.3. Pentru situaţiile intermediare între cele prevăzute la punctele 2.5.1 şi 2.5.2 proiectantul va analiza situaţia concretă din lucrare şi va adopta o hotărâre pe baza comparării nivelului solicitărilor efective din fundaţie cu cel al rezistenşelor determinate.

A. EXISTĂ ŞI CORPURI DE PROBĂ SAU CAROTE FOLOSITE LA VERIFICAREA RELAŢIEI DE TRANSFORMARE

2.6. Încercări pe stâlpi

2.6.1. Condiţiile pe care trebuie să le îndeplinească rezistenţele medii pe secţiune (R_{min}) şi cele pe element sunt următoarele:

(1.23)

(1.24)

în care: R_b este marca prescrisă prin proiect

R_k este clasa prescrisă prin proiect

2.6.2. În cazul în care rezistenţele medii pe secţiune şi element îndeplinesc condiţiile:

(1.25)

(1.26)

rezultatele se declară necorespunzătoare şi proiectantul urmează să se pronunţe conform avizului CTE – al instituţiei sale asupra oportunităţii şi caracterului măsurătorilor de consolidare.

2.6.3. Pentru situaţiile intermediare între cele prevăzute la punctele 2.6.1 şi 2.6.2 proiectantul va analiza situaţia concretă din lucrare şi va lua o hotărâre pe baza comparăriii nivelului solicitărilor efective din element cu cel al rezistenţelor determinate, luând în considerare şi posibilităţile de conlucrare şi de redistribuire a eforturilor.

2.7. Încercări pe diagrame

2.7.1. Dacă rezistenţele medii pe secţiune şi pe element îndeplinesc condiţiile:

(1.27)

(1.28)

rezultatele pot fi considerate satisfăcătoare.

2.7.2. Dacă rezistenţele medii pe secţiune şi pe element îndeplinesc condiţiile:

(1.29)

(1.30)

rezultatele se declară necorespunzătoare şi proiectantul urmează să se pronunţe conform avizului CTE – al instituţiei sale asupra oportunităţii şi caracterului măsurătorilor de consolidare.

2.7.3. Pentru situaţiile intermediare între cele prevăzute la punctele 2.7.1 şi 2.7.2 proiectantul va analiza situaţia concretă din lucrare şi va adopta o hotărâre pe baza comparării nivelului solicitărilor efective din element pe cel al rezisitenţelor determinate, luând în considerare şi posibilităţile de conlucrare ale elementelor şi de redistribuire a eforturilor.

2.8. Încercări pe grinzi

2.8.1. Pentru grinzi al căror procent de armare se află sub procentul maxim de armare şi care au placă la partea comprimată a secţiunii, iar axa neutră cade în placă, condiţiile de acceptare sunt:

(1.31)

(1.32)

2.8.2. Pentru restul grinziilor condiţiile de acceptare sunt:

(1.33)

(1.34)

2.8.3. Dacă sunt îndeplinite condiţiile:

(1.35)

(1.36)

rezultatele încercărilor se declară necorespunzătoare, indiferent de tipul grinzii şi proiectantul urmează să se pronunţe pe baza avizului CTE al instituţiei sale asupra oportunităţii măsurilor de consolidare.

2.8.4. Pentru situaţiile intermediare între prevederile punctelor 2.8.1 sau 2.8.2 pe de o parte şi 2.8.3 pe de alta proiectantul urmează să analizeze situaţia concretă din lucrare şi să adopte o hotărâre pe baza comparării nivelului solicitărilor efective din element cu cel al rezistenţelor determinate, luând în considerare şi posibilităţile de conlucrare ale elementelor şi de redistribuire a eforturilor.

2.9. Încercări pe plăci

2.9.1. Rezistenţele medii pe secţiune şi cele medii pe element trebuie să îndeplinească condiţiile :

(1.37)

(1.38)

pentru a fi declarate satisfăcătoare.

2.9.2. Dacă sunt îndeplinite condiţiile :

(1.39)

(1.40)

rezultatele se declară necorespunzătoare şi proiectantul urmează să se pronunţe pe baza avizului CTE al instituţiei sale asupra oportunităţii şi caracterului măsurilor de consolidare.

2.9.3. Pentru situaţiile intermediare între prevederile punctelor 2.9.1 şi .2.9.2, proiectantul va analiza situaţia concretă din lucrare şi va adopta o hotărâre pe baza comportării nivelului efortuilor efective din element cu cel al rezistenţelo admisibile determinate, luând în considerare şi posibilităţile de redistribuire a eforturilor.

2.10. Încercări pe fundaţii solicitate static

2.10.1. Rezistenţele medii pe secţiune şi rezistenţele medii pe fundaţie trebuie să îndeplinească următoarele condiţii pentru a fi declarate satisfăcătoare :

(1.41)

(1.42)

2.10.2. Dacă rezistenţele medii pe secţiune şi rezistenţele medii pe element îndeplinesc condiţiile :

(1.43)

(1.44)

rezultatele se declară necorespiinzătoarc iar proiectantul urmează să se pronunţe pe baza avizului CTE al instituţiei sale asupra oportunităţii şi caracterului măsurilor de consolidare.

2.10.3. Pentru situaţiile intermediare între prevederile pnuctelor 2.10.1 şi 2.10.2, proiectantul va analiza situaţia concretă din lucrare şi va lua o hotărîre pe baza comparării nivelului eforturilor efective din fundaţie cu cel al rezistenţelor determinate.

3. Interpretarea rezultatelor încercărilor prin metoda combinată

A. EXISTA NUMAI DATE DE TURNARE

3.1. Încercări pe stâlpi

3.1.1. Condiţiile ce trebuie să le îndeplinească rezistenţele medii pe secţiune (R_{min}) şi medii pe element sunt :

(1.45)

(1.46)

în acest caz rezultatele se declară satisfăcătoare.

3.1.2. Dacă rezistenţele medii pe secţiune (R_{min}) şi medii pe element , îndeplinesc condiţiile :

(1.47)

(1.48)

rezultatele se declară necorespunzătoare şi proiectantul urmează să se pronunţe pe baza avizului CTE al instituţiei sale asupra caracterului şi oportunităţii măsurilor de remediere.

3.1.3. Pentru toate situaţiile intermediare între prevederile punctelor 3.1.1 şi 3.1.2 proiectantul va examina situaţia concretă din lucrare şi va adopta o hotârâre pe baza comparării nivelului eforturilor efective din element cu cel al rezistenţelor determinate, luând în considerare posibilităţile de conlucrare ale elementelor şi de redistribuire a eforturilor.

3.2. Încercări pe diafragme

3.2.1 Rezistenţele medii pe secţiune (R_{min}) şi medii pe element trebuie să îndeplinească următoarele condiţii pentru a putea fi declarate satisfăcătoare :

(1.49)

(1.50)

3.2.2. Dacă sunt îndeplinite condiţiile :

(1.51)

(1.52)

rezultatele se declară ne corespunzătoare şi proiectantul urmează să se pronunţe pe baza avizului CTE - al instituţiei sale asupra oportunităţii şi caracterului măsurilor de consolidare.

3.2.3. Pentru situaţiile intermediare între prevederile punctelor 3.2.1 şi 3.2.2 proiectantul va examina situaţia concretă din lucrare şi va adopta o hotărîre pe baza comparării nivelului eforturilor efective din element cu cel al rezistenţelor determinate, luând în considerare posibilităţile de conlucrare a elementelor şi de redistribuire a eforturilor.

3.3. Încercări pe grinzi

3.3.1. Pentru grinzi armato sub procentul maxim şi care au placă la partea comprimată, iar axa neutră cade în placă, condiţiile de acceptare sunt :

(1.53)

(1.54)

unde:

R_b este marca prescrisă prin proiect

R_k este clasa prescrisă prin proiect

3.3.2. Pentru rostul grinzilor condiţiile de acceptare sunt :

(1.55)

(1.56)

În cazul îndeplinirii condiţiilor :

(1.57)

(1.58)

rezultatele vor fi declarate necorespunzătoare indiferent de tipul de grindă, iar proiectantul urmează să se pronunţe .asupra oportunităţii şi caracterului măsurilor de consolidare pe baza avizului CTE al instituţiei sale.

3.3.4. Pentru situaţiile intermediare între prevederile punctelor 3.3.1 sau 3.3.2 pe de o parte şi 3.3.3 pe de alta, proiectantul va examina situaţia concretă din lucrare şi va adopta o hotârâre pe baza comparării nivelului. eforturilor efective din element cu cel al rezistenţelor determinate, luând în considerare posibilităţile de conlucrare a elementelor şi de redistribuire a eforturilor.

3.4. Încercări pe plăci

3.4.1. Dacă rezistenţele medii pe secţiune (R_{min}) şi pe element îndeplinesc condiţiile :

(1.59)

(1.60)

rezultatele se declară satisfăcătoare.

3.4.2. Dacă rezistenţele medii pe secţiune şi pe element îndeplinesc condiţiile :

(1.61)

(1.62)

rezultatele se declară necorespunzătoare şi proiectantul urmează ca pe baza avizului CTE al instituţiei sale să se pronunţe asupra oportunităţii şi caracterului măsurilor de consolidare.

3.4.3. Pentru situaţiile intermediare între prevederile punctelor 3.4.1 şi 3.4.2 proiectantul va examina situaţia concretă din lucrare şi va adopta o hotărâre pe baza comparării nivelului eforturilor efective din element cu cel al rezistenţelor determinate.

3.5. Încercări pe fundaţii solicitate static

3.5.1. Rezistenţele medii pe secţiune şi rezistenţele medii pe fundaţie trebuie să îndeplinească următoarele condiţii pentru a fi declarate satisfăcătoare:

(1.63)

(1.64)

3.5.2. Dacă rezistenţele medii pe secţiune şi medii pe fundaţie îndeplinesc condiţiile :

(1.65)

(1.66)

rezultatele se declară nesatisfăcătoare iar proiectantul urmează să se pronunţe, pe baza avizului CTE al instituţiei sale asupra oportunităţii şi caracterului măsurilor de consolidare.

3.5.3. Pentru situaţiile intermediare între prevederile punctelor 3.5.1 şi 3.5.2 proiectantul va analiza situaţia concretă din lucrare şi va lua o hotărîre pe baza comparării nivelului eforturilor .efective din fundaţie cu cel al rezistenţelor determinate.

B. EXISTĂ ŞI CORPURI DE PROBĂ SAU CAROTE PENTRU VERIFICAREA RELAŢIEI DE TRANSFORMARE

3.6. Încercări pe stâlpi

3.6.1. Condiţiile pe care trebuie sâ le îndeplinească, rezistenţele medii pe secţiune şi media pe element în acest caz sunt :

(1.67)

(1.68)

într-o asemenea situaţie „rezultatele se declară satisfăcătoare.

3.6.2. Dacă rezistenţele medii pe secţiune (R_{min}) şi rezistenţele medii pe element îndeplinesc condiţiile :

(1.69)

(1.70)

rezultatele se declară necorespunzătoare şi proiectantul urmează să se pronunţe pe baza avizului CTE al instituţiei sale, asupra oportunităţii şi caracterului măsurilor de consolidare.

3.6.3. Pentru situaţiile intermediare intre prevederile punctelor 3.6.1 şi 3.6.2 proiectantul va examina situaţia concretă din lucrare şi va adopta o hotărâre pe baza comparării nivelului eforturilor efective cu cel al rezistenţelor determinate, luând în considerare si posibilităţile de conlucrare ale elementelor şi redistribuire a eforturilor.

3.7. Încercări pe diafragme

3.7.1 Condiţiile ce trebuie îndeplinite de rezistenţele medii pe secţiune şi pe element sînt în acest caz :

(1.71)

(1.72)

în acest caz rezultatele se declară satisfăcătoare.

3.7.2. Dacă sînt îndeplinite condiţiile :

(1.73)

(1.74)

rezultatele se declară ne corespunzătoare, iar proiectantul urmează să se pronunţe pe baza avizului CTE al instituţiei sale asupra oportunităţii şi a caracterului măsurilor de consolidare.

3.7.3. Pentru situaţiile intermediare între prevederile punctelor 3.7.1 şi 3.7.2, proiectantul va examina situaţia concretă din lucrare şi va adopta o hotărâre pe baza comparării nivelului eforturilor efective din element cu cel al rezistenţelor determinate, luând în considerare şi posibilităţile de conlucrare a elementelor şi redistribuire a eforturilor.

3.8. Încercări pe grinzi.

3.8.1. Pentru grinzi armate sub procentul maxim de armare şi care au placa comprimată, iar axa neutră în placă condiţiile de acceptare sunt :

(1.75)

(1.76)

unde:

R_b – este marca prescrisă prin proiect

R_k – clasa prescrisă prin proiect

3.8.2. Pentru restul grinzilor condiţiile de acceptare sunt:

(1.77)

(1.78)

3.0.3. In cazul îndeplinirii condiţiilor

(1.79)

(1.80)

rezultatele se declară necorespunzătoare, iar proiectantul urmează să se pronunţe pe baza avizului CTE al instituţiei sale asupra oportunităţii şi caracterului măsurilor de consolidare.

3.8.4. Pentru situaţiile intermediare intre prevederile punctelor 3.8.1 şi 3.8.2 pe de o parte şi 3.8.3 pe de alta proiectantul va examina situaţia concretă din lucrare şi va adopta o hotărâre pe baza comparării nivelului eforturilor efective din element cu cel al rezistenţelor determinate luând în considerare şi posibilităţile de conlucrare ale elementelo redistribuire a eforturilor.

3.9. Încercări pe plăci

3.9.1. Dacă rezistenţele medii pe secţiune (R_{min}) şi pe element îndeplinesc condiţiile :

(1.81)

(1.82)

rezultatele se declară satisfăcătoare.

3.9.2. Dacă sunt îndeplinite condiţiile :

(1.69)

(1.70)

rezultatele se declară necorespunzătoare, iar proiectantaul urmează sa se pronunţe pe baza avizului CTE al instituţiei sale asupra oportunităţii şi caracterului măsurilor de consolidare.

3.9.3. Pentru situaţiile intermediare între prevederile punctelor 3.9.1 şi 3.9.2 proiectantul va examina situaţia concretă din lucrare şi va adopta o hotărîre pe baza comparării nivelului eforturilor efective din element cu cel al rezistenţelor determinate.

3.10. Încercări pe fundaţii solicitate static

3.10.1. Rezistenţele medii pe secţiune şi rezistenţele medii pe fundaţie trebuie să îndeplinească următoarele condiţii pentru a fi declarate satisfăcătoare:

(1.85)

(1.86)

Tabelul 1

TABEL CU VALORILE RAPOARTELOR

Element	Metoda ultrasonică						Metoda combinată					
	Compoziţie			Epruvete – Carote			Compoziţie			Epruvete – Carote		
	Satis.	Necor.	Indecis	Satis.	Necor.	Indecis	Satis.	Necor.	Indecis	Satis.	Necor.	Indecis
Stâlpi	≥ 0,85 (≥ 0,9)	<0,60 (<0,70)	între	≥ 0,80 (≥ 0,85)	<0,60 (<0,65)	între	≥ 0,82 (≥ 0,87)	<0,60 (<0,70)	între	≥ 0,77 (≥ 0,82)	<0,55 (<0,65)	între
Diafrag-me	≥ 0,80 (≥ 0,85)	<0,55 (<0,65)	între	≥ 0,75 (≥ 0,80)	<0,55 (<0,60)	între	≥ 0,77 (≥ 0,82)	<0,55 (<0,65)	între	≥ 0,72 (≥ 0,77)	<0,50 (<0,60)	între
Grinzi T	≥ 0,75 (≥ 0,8)	<0,55 (<0,65)	între	≥ 0,70 (≥ 0,75)	<0,50 (<0,60)	între	≥ 0,72 (≥ 0,77)	<0,55 (<0,60)	între	≥ 0,67 (≥ 0,72)	<0,50 (<0,60)	între
Grinzi I	≥ 0,85 (≥ 0,9)	<0,55 (<0,65)	între	≥ 0,75 (≥ 0,80)	<0,50 (<0,60)	între	≥ 0,77 (≥ 0,82)	<0,55 (<0,60)	între	≥ 0,72 (≥ 0,77)	<0,50 (<0,60)	între
Plăci	≥ 0,70 (≥ 0,75)	<0,50 (<0,60)	între	≥ 0,65 (≥ 0,70)	<0,45 (<0,55)	între	≥ 0,67 (≥ 0,72)	<0,50 (<0,55)	între	≥ 0,62 (≥ 0,68)	<0,45 (<0,50)	între
Fundaţii (solic. staticc)	≥ 0,75 (≥ 0,85)	<0,55 (<0,60)	între	≥ 0,70 (≥ 0,80)	<0,50 (<0,55)	între	≥ 0,72 (≥ 0,80)	<0,50 (<0,55)	între	≥ 0,67 (≥ 0,72)	<0,45 (<0,50)	între

Tabelul 2

TABEL CU VALORILE RAPOARTELOR

Element	Metoda ultrasonică						Metoda combinată					
	Compoziţie			Epruvete – Carote			Compoziţie			Epruvete – Carote		
	Satis.	Necor.	Indecis	Satis.	Necor.	Indecis	Satis.	Necor.	Indecis	Satis.	Necor.	Indecis

Stâlpi	≥ 1,13 (≥ 1,20)	<0,80 (<0,94)	între	≥ 1,06 (≥ 1,13)	<0,80 (<0,86)	între	≥ 1,09 (≥ 1,16)	<0,80 (<0,94)	între	≥ 1,02 (≥ 1,09)	<0,73 (<0,86)	între
Diafrag-me	≥ 1,06 (≥ 1,13)	<0,73 (<0,86)	între	≥ 1,00 (≥ 1,06)	<0,73 (<0,80)	între	≥ 1,02 (≥ 1,09)	<0,73 (<0,87)	între	≥ 0,96 (≥ 1,03)	<0,67 (<0,80)	între
Grinzi T	≥ 1,00 (≥ 1,06)	<0,73 (<0,86)	între	≥ 0,95 (≥ 1,00)	<0,67 (<0,80)	între	≥ 0,96 (≥ 1,00)	<0,73 (<0,80)	între	≥ 0,89 (≥ 0,96)	<0,67 (<0,80)	între
Grinzi I	≥ 1,06 (≥ 1,13)	<0,73 (<0,86)	între	≥ 1,00 (≥ 1,06)	<0,67 (<0,80)	între	≥ 1,02 (≥ 1,09)	<0,73 (<0,80)	între	≥ 0,96 (≥ 1,03)	<0,67 (<0,67)	între
Plăci	≥ 0,93 (≥ 1,00)	<0,67 (<0,86)	între	≥ 0,86 (≥ 0,93)	<0,60 (<0,73)	între	≥ 0,89 (≥ 0,96)	<0,67 (<0,73)	între	≥ 0,82 (≥ 0,89)	<0,60 (<0,67)	între
Fundaţii (solic. staticc)	≥ 1,00 (≥ 1,13)	<0,73 (<0,80)	între	≥ 0,93 (≥ 1,06)	<0,67 (<0,73)	între	≥ 0,96 (≥ 1,06)	<0,67 (<0,73)	între	≥ 0,89 (≥ 0,96)	<0,60 (<0,67)	între

3.10.2. Dacă rezistenţele medii pe secţiune şi rezistenţele medii pe fundaţie îndeplinesc condiţiile :

(1.87)

(1.88)

rezultatele se consideră nesatisfăcătoare iar proiectantul urmează să se pronunţe pe baza avizului CTE al instituţiei sale asupra oportunităţii şi caracterului măsurilor de consolidare.

3.10.3. Pentru situaţiile intermediare între prevederile punctelor 3.10.1 şi 3.10.2 proiectantul va analiza situaţia concretă din lucrare şi va lua o hotăr\re pe baza comparării nivelului eforturilor din fundaţie cu cel al rezistenţelor determinate.

O prezentare concentrată a tuturor condiţiilor formulate în prezenta completare a normativului C 26 - 85 este dată în tabelul 1 pentru referinţa marcă a betonului şi în tabelul 2 pentru referinţa clasă a betonului.

4. Alte completări sau modificări ale Normativului C 26 - 85

4.1. Temperaturile la care se fac toate tipurile de încercări nedistructive prezentate în normativ sînt temperaturi pozitive, iar ziua de încercare trebuie să fie precedată de cel puţin 3 zile cu temperaturi de asemenea pozitive.

4.2. Tabelul 1 din Anexa 3 a Normativului C 26 - 85 care stabileşte echivalenţa între mărcile şi clasele de betoane se înlocuieşte cu tabelul 3 dat mai jos.

Tabelul 3

ECHIVALAREA DINTRE MĂRCILE ŞI CLASELE DE BETON

Marca	Clasa	Marca	Clasa	Marca	Clasa
B 50	Bc 3,5	B 75	Bc 5	B 100	Bc 7,5
B 150	Bc 10	B 200	Bc 15	B 250	Bc 20
B 300	(Bc 22,5)	B 400	Bc 30	B 450	Bc 35
B 500	Bc 40	B 600	Bc 50	B 700	Bc 60

Notă: Cu avizul proiectantului B 350 se poate echivala cu Bc 25 căruia îi corespunde de fapt marca B 330.