

DETERMINAREA DURABILITĂȚII BETONULUI ARMAT PRIN METODE NEDISTRUCTIVE

Autori: Doina-Cezara ALBU, conf. univ. dr. Ion ALBU

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: *Determining the location and size of damages by measurements of vibration engineering structures has seen a proliferation. The research was initiated due to a need for use of non-destructive methods with greater precision. Determination of damage by measuring the change in the dynamic behavior of the inverse question, namely, how to obtain information on the location and size of the damage, by some dynamic measurement. The research purpose is to analyze the efficiency of data non-destructive methods to determine the quality and durability of reinforced concrete.*

Cuvinte cheie: *examinare tehnică, beton, element din beton armat, rezistență, durabilitate, metode distructive, metode nedistructive, deformație.*

Eficiența controlului de calitate a elementelor de construcție din beton armat, în scopul evaluării tehnice a caracteristicilor dorite, depinde în mare măsură de alegerea judicioasă a metodei de examinare. Aceste metode se pot clasifica în: **metode semidistructive** sau **metode parțial distructive**, care cauzează mici degradări locale de suprafață, putându-se realiza cu mijloace mecanice, termice sau chimice și **metode nedistructive** care permite obținerea de informații sub formă de cifre sau de altă natură asupra defectelor, anomaliilor, deformațiilor geometrice sau a stărilor fizice ale obiectului de controlat (materiale componente, ansambluri etc.), prin mijloace care nu cauzează nici o degradare elementului studiat.

Metoda de examinare tehnică se stabilește în funcție de o serie de factori precum: specificul lucrării, volumul lucrărilor de control, accesibilitate, performanțele aparatului, precizia de examinare, caracteristicile materialului și dimensiunile elementului examinat precum și gradul de calificare a inginerului.

Metodele de examinare tehnică nedistructivă pot fi grupate în: magnetice, electrice, termice, cu curenți turbionari, cu unde radio, cu radiații penetrate, cu substanțe penetrate, optice și acustice.

În practică prezintă interes următoarele metode de determinare a durabilității betonului armat:

Examinarea cu ultrasunete se bazează pe analiza undelor elastice excitate apărute în elementul studiat și pe monitorizarea fie a semnalului transmis fie a semnalului reflectat sau de difracție provenit de la orice suprafață.

Defectoscopia cu ultrasunete presupune utilizarea unor vibrații mecanice cu frecvențe superioare frecvenței sunetelor, cuprinse între 20 KHz și 20 MHz. O proprietate importantă a lor, utilizată în defectoscopie, este capacitatea de a fi reflectate puternic de suprafețele de separare dintre două medii cu densității diferite. Pentru ca defectele să fie puse în evidență este necesar ca dimensiunea lor să fie mai mare decât lungimea de undă a ultrasunetelor folosite. Calitatea materialului se stabilește folosind scări etalon, ce au indicate numărul maxim de defecte admisibile sau clase de calitate cu mărimi și frecvențe de defecte admisibile.

Metoda nedistructivă de vibrații proprii (*metoda de rezonanță*) se bazează pe măsurarea frecvenței proprii de vibrație a epruvetelor cu ajutorul fenomenului de rezonanță și apoi deducerea modulului de elasticitate dinamic. Metoda dată se bazează pe punerea în vibrație a unei epruvete de formă prismatică și pe identificarea frecvenței proprii de vibrație, cu ajutorul fenomenului de rezonanță, realizat prin variația frecvenței excitației exterioare până la coincidența cu frecvența proprie de oscilație a epruvetei.

Principiul de funcționare a aparatului constă în introducerea piesei de examinat într-un fascicul de ultrasunete produs de un vibrator piezoelectric sau magnetostrictiv; varierea frecvenței acestora până când apare fenomenul de rezonanță; notarea frecvenței; varierea în continuare a frecvenței până la următoarea rezonanță. Cunoscând cele două frecvențe succesive, rezultă lungimea parcursă. Dacă această lungime corespunde cu grosimea piesei înseamnă că nu există defecte pe direcția în care s-au proiectat ultrasunetele.

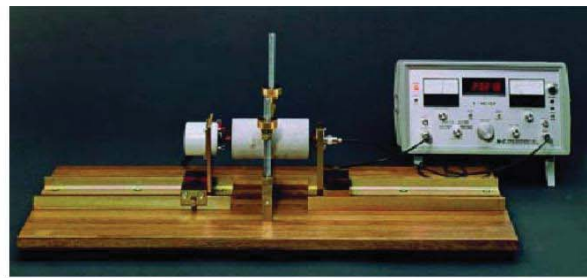
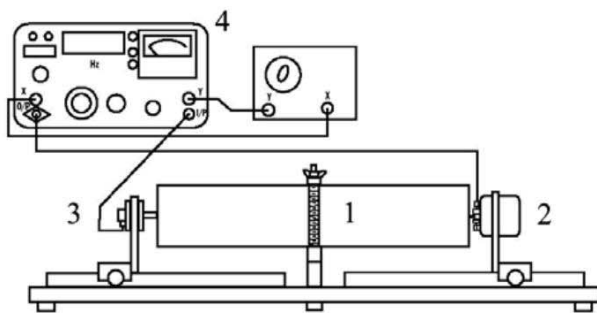


Figura 1. Schemă principiu aparat pentru determinarea frecvenței de rezonanță

1. Probă de beton, 2. Excitator electromagnetic, 3. Receptor, 4. Monitor și amplificator.

Tipurile principale de vibrații sunt longitudinale, de încovoiere și de torsiune, iar frecvența proprie de vibrație depinde de proprietățile sale elastice, inerțiale și constructive.

Metoda prin șoc se bazează pe punerea în vibrație a unei epruvete, a unui element sau a unei structuri cu ajutorul unui șoc de mică intensitate, și pe măsurarea perioadei sau frecvenței proprii de oscilație și eventual a decrementului logaritm de amortizare a oscilațiilor epruvetei sau elementului, în vederea determinării calității betonului din element.

Șocul poate fi exercitat longitudinal, transversal centric sau transversal excentric, obținându-se frecvența proprie longitudinală de încovoiere sau de torsiune a epruvetei ori elementului, sau decrementului corespunzător.

Metode elastice cu impuls ultrasonic se bazează pe măsurarea tipului sau vitezei de propagare și eventual a atenuării impulsurilor ultrasonice în beton. Undele transmise fiind afectate de discontinuitățile și neomogenitățile materialului. Defectul fiind înregistrat printr-o anulare sau atenuare a energiei transmise.

Metoda vitezei de propagare constă în producerea unor impulsuri alcătuite din oscilații neamortizate de frecvență relativ joasă (40...150 Hz), ce se aplică betonului cu ajutorul unui palpator – emițător simultan cu deschiderea bazei de timp și al căror timp sau viteză de propagare prin beton este determinată cu ajutorul unui palpator – receptor care aplică semnalul recepționat pentru încheierea bazei de timp.

Metoda atenuării impulsurilor ultrasonice se bazează fie pe ridicarea curbei de atenuare a unui impuls ultrasonic reflectat succesiv de fețele opuse ale epruvetei sau elementului de beton fie pe măsurarea amplitudinii semnalului recepționat la primul său front de undă prin înregistrarea amplificării necesare pentru a aduce semnalul la o amplitudine standard.

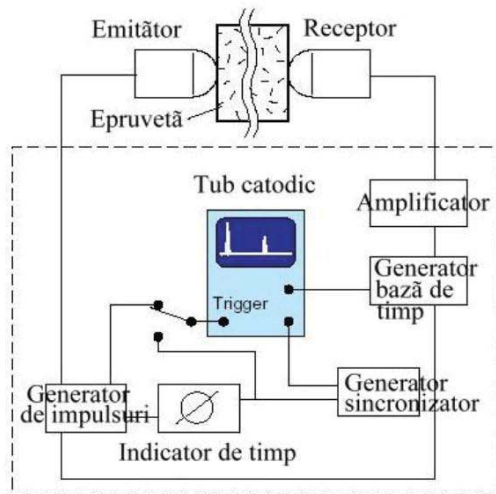


Figura 2. Principiul de lucru a aparatului piezoelectric

Metoda carotajului sonic se bazează pe glisarea în lungul unor canale circulare umplute cu apă a unor palpatori ultrasonici, cu polarizare radială, rezistenți la imersie și pe măsurarea timpului de propagare și eventual a amplitudinii semnalului ultrasonic, după propagarea sa prin beton, între emițător și receptor, în vederea determinării calității betonului.

Metoda undelor de suprafață se bazează pe măsurarea vitezei de fază a undelor de încovoiere excitate în plăci la diverse frecvențe, în vederea trasării curbei de dispersie corespunzătoare, curbă ce poate fi folosită ulterior la determinarea vitezei undelor de suprafață sau grosimii plăcii.

Metoda analizei spectrale a undelor de suprafață (SASW) este utilizată la suprafețe cu o singură față vizibilă (pavaje, drumuri etc.) fiind o variantă a metodei impact-ecou. Metoda a fost dezvoltată în scopul determinării proprietăților elementelor de construcții realizate în straturi.

Principiul de funcționare constă în lovirea suprafeței și înregistrarea prin două receptoare, a vitezei undelor de suprafață și a lungimii de undă. Viteze mari corespund unui modul de elasticitate mare, deci a unei calități superioare a materialului.

Metoda emisiei acustice se bazează pe măsurarea variației numărului impulsurilor acustice emise de betonul unei epruvete, în unitatea de timp, la diferite trepte de solicitare, ca urmare a degradărilor structurale produse de eforturile din materiale.

Metodele atomice se bazează pe evidențierea și analiza densității fluxului de energie a radiației după interacțiunea cu elementul studiat cu ajutorul radiațiilor nucleare (X , β , γ sau fluxuri de neutroni).

Metodele nedistructive electrice și magnetice se bazează pe măsurarea unor proprietăți electrice ale betonului sau pe propagarea undelor electromagnetice în beton. Principalul scop fiind analiza interacțiunii unui câmp electromagnetic exterior cu câmpul electromagnetic al curenților turbionari induși de acesta în elementul studiat.

Metodele electrice sau electromagnetice se bazează pe analiza interacțiunii unui câmp electromagnetic exterior cu câmpul electromagnetic al curenților turbionari induși de acesta în elementul studiat, din ele fac parte:

1. **Metoda rezistivă** (denumită și metoda conductivității) se bazează pe variația rezistenței sau conductibilității electrice a betonului în curent alternativ sub influența modificării umidității sale.

2. **Metoda capacitivă** se bazează pe modificarea constantei dielectrice și a capacității electrice a betonului, datorită variațiilor de umiditate ale betonului, constanta dielectrică a apei fiind net deosebită de cea a celorlalte materiale.

3. **Metoda absorbției microundelor** (denumită și metoda neutronilor) se bazează pe capacitatea betonului de a atenua în mod diferit undele electromagnetice de foarte înaltă frecvență (225 MHz la 100 GHz), în funcție de umiditatea betonului.

Microundele pot fi folosite în scopul verificării omogenității betonului prin dispersia componentelor în masa lui, a determinării umidității, a porozității și conținutului de aer înglobat, precum și la măsurarea grosimilor și planeității.

Metodele termice se bazează pe analiza variației câmpurilor termice sau de temperatură, datorate defectelor din obiectul de controlat, din această categorie fac parte: **metoda radiografică** (radiometrică) și **metoda radioscopică** (termovizuală).

Metoda radioscopică (denumită și metoda termovizuală) constă în întocmirea unei hărți termice a elementului de examinat, bazându-se pe posibilitatea detectării fluxului de radiații infraroșii, ce străbate betonul, prin transformarea lui într-un semnal electric, cu ajutorul unui detector corespunzător și pe vizualizarea acestui semnal într-un circuit de televiziune cu frecvență mare de linii. Prin termografiere se evidențiază anizotropia structurală a materialului, precum și cele mai importante defecte specifice.

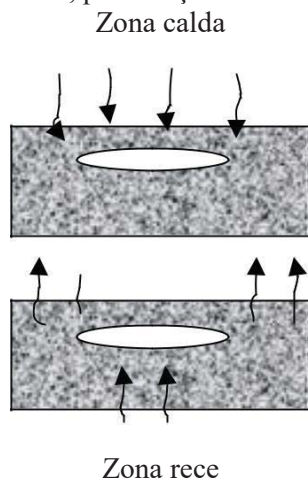


Figura 3. Efectul discontinuității fluxului termic în materialul supus controlului
a. Flux termic interior spre exterior creează puncte “calde”, b. Flux termic exterior spre interior creează puncte “rece” pe imagini.

Metoda termografică în infraroșu este o metodă nedistructivă de control a pierderilor de căldură, a analizării degradărilor și a defectelor elementelor de construcții prin măsurare a temperaturii elementelor de construcții de la distanță, prin înregistrarea radiațiilor în IR.

Principiul de funcționare constă în emiterea și absorbția energiei (radiației) electromagnetice de către materiale supuse controlului. Fluxul emis este afectat de proprietățile izolatoare ale materialului și de gradul în care suprafața materialului radiază energie. Diferențele de temperatură, sub formă de imagini, sunt înregistrate de către aparate foto cu infraroșu speciale, care sunt stocate în calculatoare pentru prelucrare ulterioară.

Imaginile termografice prezintă suprafețele elementului controlat în care neregularitățile proprietăților materialului se traduc în variații ale temperaturii, vizualizate prin culori diferite (corespunzătoare unor anumite temperaturi). Scara de culori, variază în plajă, violet – albastru – verde – portocaliu – roșu – galben - alb. Culorile închise ca nuanță (albastru și verde) corespund unor temperaturi mai mici, iar cele cu culori deschise corespund unor temperaturi mai ridicate.

Metoda radiografică cu radiații infraroșii se bazează pe posibilitatea evidențierii defectelor ce există în masa elementului de studiat prin măsurarea fluxului prin măsurarea fluxului termic ce traversează obiectul examinat și pe posibilitatea vizualizării repartiției sale, cu ajutorul unei pelicule fotosensibile la radiații infraroșii.

Metoda optică în spectru vizibil se bazează pe examinarea optico-vizuală a suprafețelor elementului de beton în vederea detectării fisurilor

Metoda holografică se bazează pe urmărirea modificărilor care apar în holograma unui element de beton, iluminat cu un fascicul de raze laser, ca urmare a apariției unui defect (fisură, microfisură etc.) pe suprafața elementului, în timpul solicitărilor. Astfel, se analizează parametrii radiației optice aflate în interacțiune cu elementul studiat în interacțiune.

Metoda undelor radio se bazează pe evidențierea variației parametrilor undelor electromagnetice de frecvență radio, aflate în interacțiune cu obiectul de controlat.

În urma cercetărilor efectuate putem menționa că în Republica Moldova sunt puține laboratoare mobile de examinare tehnică a elementelor din beton și beton armat.

Echipamentele de testare nu pot fi verificate metrologic în Republica Moldova, ca rezultat utilizarea lor nu este posibilă fără o permisiune specială de acceptare a verificării metrologice în România sau altă țară din UE.

Majoritatea construcțiilor din Republica Moldova sunt învechite și necesită examinarea tehnică în vederea stabilirii gradului de uzură.

În lipsa concurenței, prețul la serviciile de examinare și expertiză tehnică cu laborator mobil este foarte costisitoare. Cea ce demonstrează importanța dezvoltării afaceriiilor de prestare a serviciilor de examinare tehnică cu utilaje performante.

Bibliografie:

1. *Normativ pentru încercarea betonului prin metode nedistructive*, indicativ: C 26-85
2. *Normativ privind evaluarea a rezistenței betonului din construcțiile existente*, indicativ NP 137
3. NCM A. 09.03-2014 *Examinarea elementelor de construcții portante și terenurilor de fundații a construcțiilor și edificiilor*
4. STAS 6652/1-82, *Încercări nedistructive ale betonului*
5. Octavian George Ilinoiu, *Controlul calității betoanelor*, Prima Ediție, București, 2004
6. *Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete*
Disponibil: <<http://www.astm.org/Standards/C597>> [Accesat 28 Octombrie 2016]
7. *Strength Testing*,
Disponibil: <<http://www.ndtjames.com/Strength-Testing-s/3.htm>> [Accesat 2 Noiembrie 2016]
8. *Metode de detectare a avariilor bazate pe analiza dinamica*
Disponibil: <<http://www.revistaconstrucțiilor.eu/index.php/2009/05/04/diagnosticarea-construcțiilor-i-metode-moderne/#.WDBmadKLTmw>> [Accesat 3 Noiembrie 2016]