

PROPUNERI DE INTERVENTII PENTRU DIVERSE DEFECTE ALE BETONULUI

Asist. drd. ing. Ovidiu Deaconu*
 Asist. drd. ing. Alexandru Dimulescu**
 drd. ing. Emil Litră***

Prestandardul European ENV 1504 definește principiile de intervenție pentru diverse defecte ale betonului și anume: protecție împotriva infiltrării, controlul umidității prin ajustarea și menținerea umidității în beton într-o rată specificată, repararea betonului original până la forma și funcția sa originală, consolidarea structurii, creșterea rezistenței la atac fizic sau mecanic, creșterea rezistenței suprafeței betonului la diverse deteriorări prin atac chimic.

În prezenta lucrare se propun a serie de metode de intervenție pentru remedierea defectelor mai sus menționate și anume: reparațiile petelor; injectarea fisurilor și umplerea lor; protecția catodică; re-alkalinizarea; îndepărtarea clorurii; învelisuri protectoare și membrane.

1. REPARATIILE PETELOR

Se pot folosi diferite metode pentru repararea petelor, acestea includ tencuirea manuală cu mortar, camăsuieii de beton și torcretare cu beton în cazul structurilor sau elemente mari. Aceste intervenții cer îndepărtarea betonului distrus, carbonat sau contaminat în acord cu principiile folosite și natura deteriorării. În funcție de mărimea și profunzimea coroziunii armaturii, uneori este necesar să introducem armatura suplimentară pentru ca structura de rezistență să poată prelua integral solicitările la care este supusă.

Înlăturarea betonului se poate face printr-o serie de metode ca: demolarea hidraulică, macinarea materialului cu diverse mașini, cu mijloace percusive, cu ciocane pneumatice, prin improscare cu apă, etc. Demolarea hidraulică, cu mașinile de macinat și alte asemenea metode sunt cele mai economice atunci când suprafețe petelor sunt mari. Metodele cu hidrojet sunt tehnicile ce trebuie alese atunci când se dorește înlăturarea betonului deteriorat cu minime stricături, sau atunci când se dorește curățarea barelor de armatură și înlăturarea stratului de acoperire până la o anumită adâncime. Aceste metode au dezavantaje în ceea ce privesc: scurgerea apei, producerea de praf și de zgomet, etc.

Reparațiile petelor duc adesea la alte deteriorări în perimetrul de reparație, mai ales în betonul contaminat cu cloruri, unde se pot forma anozii.

În zonele cu suprafețe deteriorate mari se folosesc ca materiale și metode de reparații mortar torcretat sau beton torcretat. Aplicarea se poate face prin metode folosind mixtura uscată sau umedă. La aplicarea torcretării se cere o atenție sporită pentru a evita ramanerea de goluri în spațiile armaturii, mai ales acolo unde există armatura dispusă pe mai multe straturi.

* Universitatea Transilvania Brașov, Facultatea de Construcții E-mail: ovideaconu@yahoo.com

** Universitatea Transilvania Brașov, Facultatea de Construcții, E-mail:

***CANAM engineering service, E-mail:

În orice structură unde procesul de reparație impune îndepărtarea unei proporții semnificative a betonului original, trebuie dată o atenție deosebită capacității portante rămase a elementelor despre care este vorba, și asta înainte, în timpul și după executarea lucrărilor de reparație.

Datorită unor caracteristici diferite între betonul original și materialul de reparație cum ar fi: modulul de elasticitate, caracteristicile termice, tensionale și de cedare ale materialului nou, nu se poate conta integral pe noul material ca va putea prelua sarcinile la fel de bine ca și materialul original.

2. INJECTIA FISURILOR SI UMLEREA LOR

Fisurile iau forme multe și variate. Când se iau în considerare acțiunile cu potențial remedial este necesar să se stabilească dacă o fisură rămâne "activă" sau "inactivă" și ce magnitudine seismică se așteaptă să aibă loc.

Injectarea fisurilor se poate face urmărind mai multe scopuri și anume: de minimizare a infiltrațiilor (etansare superficială), de protecție împotriva coroziunii (umplere completă a fisurilor) sau ca un mijloc de rigidizare și întărire a elementelor fisurate. Alegerea materialului care trebuie injectat va depinde de asemenea de gradul de umiditate al fisurii.

În cazul fisurilor active, materialul folosit la etansare trebuie să rămână flexibil. Există o varietate de materiale flexibile care se pot folosi la umplerea acestor fisuri ca de exemplu: rasini poliuretanică, polisulfuri, rasini epoxidice, polimeri modificați, mortari cimentoși. O procedură alternativă este aceea de bandajare a fisurilor. Trebuie avute în vedere efectele de tensiune asupra etansării, adică măsura mișcărilor relative anticipate în funcție de lățimea fisurii și de aici grosimea materialului folosit la umplere. Fisurile sunt de obicei deschise la suprafață (rămân în formă de U). Pentru a reduce valoarea tensiunii potențiale până la un nivel suportat de material.

Datorită flexibilității, materialului folosit pentru etansarea fisurilor, acesta nu va contribui semnificativ la preluarea sarcinilor sau la sporirea rigidității elementului respectiv.

Acolo unde materialele flexibile nu dau rezultate satisfăcătoare, se poate apela la metode bazate pe presiune sau pe tehnici de vacuumare care se folosesc în general pentru a introduce în fisuri rasini vascoase sau mortar de ciment. Rasinile cu vascozitate scăzută au fost folosite la injectarea fisurilor cuprinse între 0,1 și 0,2 mm. Aceste injectări în fisuri au ca efect sporirea rigidității în elementele afectate (cel puțin teoretic). Dar datorită faptului că nu există efectiv posibilitatea de verificare in-situ dacă fisurile au fost sau nu complet umplute sau cât de bine a aderat materialul de marginile fisurii, rezultatele rămân de obicei incerte. Acest lucru se datorează și faptului că este dificil de curățat aceste fisuri în vederea îmbunătățirii aderenței.

Injectările care au adus un spor de rigiditate la elementele afectate au fost folosite cu succes în general numai la fisurile proaspete și curate, cum ar fi acelea formate de la primele contractii termice sau cele din fisurarea plastică. Gradul de întărire și de rigidizare a depins de cauza fisurii, locația ei, vârsta, deschiderea, adâncimea ei, etc.

3. PROTECTIE CATODICA

Există două tipuri de sisteme de protecție catodică (PC), acelea care utilizează anodi prin coroziune lor și acelea care utilizează impregnarea curentă.

Protecția catodică constă în capacitatea de a opri coroziunea de-a lungul întregii structuri, chiar și atunci când betonul este atacat cu cloruri. Tehnica cere îndepărtarea unei zone de beton deteriorat mai mici decât ca în cazul altor proceduri alternative cum

ar fi repararea petelor. PC cere indepartarea cauzei coroziunii si a betonului exfoliat. Obiectivul reparatiei consta in asigurarea continuitatii ionice intre armatura si anod. Acest lucru este diferit fata de continuitatea electrica care ar putea cauza o scurtcircuitare intre anod si catod. Conductivitatea materialului folosit la reparat trebuie controlata, pentru a obtine o calitate buna si durabila a reparatiei petelor, cu o tensiune cat mai scazuta.

Instalatiile de protectie catodica sunt utilizate si la vapoarele metalice, la tevine subterane sau la oricare piese mari de metal pe care dorim sa le protejam, sacrificand anozii prin coroziune catodica.

Ca si mod de functionare al sistemului de protectie catodic, elementele metalice devin catodul reactiei, care va fi protejat de coroziunea anodului. Anozii sunt plasati la intervale bine determinate in functie de viteza de consumare. Metalele cele mai folosite pentru a proteja otelul sunt zincul, aluminiul si magneziul. Ele sunt in general folosite in forma de aliaje.

De multi ani sistemele cu coroziune catodica au oferit o protectie efectiva structurilor de otel, ca si structurilor de beton din mediile marine. Totusi, in structurile de beton expuse atmosferic rezistivitatea ridicata a betonului cere folosirea anozilor cu distante mici intre ei. In aceste conditii formarea oxizilor ca si coroziunea anozilor pot creste rezistenta sistemului. Un numar important de astfel de sisteme experimentale au fost instalate pe cateva poduri din SUA.

In general protectia efectiva la coroziune a armaturii in structuri de beton expuse atmosferic poate doar sa fie prevazuta cu un sistem PC pe baza de curent continuu. Conceptul de baza este acela de introducere a unui anod in suprafata betonului. Aplicarea unui voltaj intre anod si catod creaza un curent in beton prin apa din pori care actioneaza ca un electrolit. Reactia electrochimica apare la suprafata otelului (catodul) si anod.

Reactia catodului genereaza ionii de hidroxil, facand sa creasca alcalinitatea betonului in jurul otelului si sa ajute astfel la refacerea oxidului pasiv al stratului de suprafata (care ar fi putut fi rupt de atacul de clorura). Ionii de clorura sunt incarcati negativ si vor fi reflectati de catod. Ei vor avea tendinta de a se muta spre anod.

Un voltaj excesiv negativ poate duce la reactia hidrogenului cu armatura, existand pericolul transformarii otelului intr-unul casant. Aceasta nu este o problema semnificativa pentru o armatura din otel normala, dar poate deveni o problema considerabila atunci cand avem nevoie de un otel cu elasticitate ridicata de exemplu la structurile pretensionare. Din acest motiv protectia catodica nu se aplica in mod normal la structurile de beton pretensionat.

Reactiile anodice cu anozii pe baza de carbon includ formarea oxigenului si gazului de clor. Alcalinitatea formata la catod este consumata la anod, conducand la un atac acid si de carbonatare in vecinatatea anodului.

Stratul conductor de la suprafata betonului cu rol de anod poate fi creat in mai multe feluri. Acestea includ:

- Sisteme de invelisuri conductoare: se aplica un strat de carbon la suprafata betonului. Totusi aplicatii ale acestor sisteme pe betoane prea tinere au avut nereusite (nu fac priza sau se exfoliaza invelisul). In urma dezvoltarii materialelor si a aparitiei unor tehnici noi de aplicare au dus la sisteme mai durabile. Invelisurile au o mica rezistenta la abraziune si stricaciune decat sistemele cu captusire dar acestea sunt mai ieftine, mai usor de aplicat si pot fi reparate si mentinute mai usor. Invelisuri care au o rezistenta scazuta atat la difuziunea gazului de clor cat si a vaporilor de apa s-au dovedit a fi cele mai eficiente. Conexiunea electrica este realizata printr-o serie de fire care trec prin invelis la distante de aproximativ 0,5-1,0 m.

- Zincul termal spreiat: spay-ul de zinc electric si flamat este folosit pentru a crea un invelis poros deschis format din picaturi mici de metal. Zincul adera bine la beton si

invelisul rezultat arata la fel ca betonul. Nu este nevoie de protectie suplimentara sau de invelisuri cosmetice. Multe sisteme de zinc spreiate au fost aplicate in S.U.A., mai ales la pilele podurilor in mediile marine. Zincul este consumat de reactia anodica. Toxicitatea zincului creste insa pericolul legat de mediu si este necesar sa se ia masuri suplimentare de siguranta pe timpul aplicarii tratamentului pe baza de zinc pentru a evita contaminarea aerului si a apei freatiche.

- Anozii fixati: in mod normal anozii sunt confectionati din materiale pe baza de granule de titan sau carbon, fixate la suprafata betonului si apoi acoperit fie cu un alt strat de beton, fie cu beton torcretat (la suprafetele verticale si intrados) pana la o grosime de aprox. 50 mm. In anumite situatii stratul de beton poate fi turnat pe suprafete verticale.

Toate aceste sisteme cer conexiuni electrice pentru a distribui curentul in anod, de la o sursa de alimentare. Printr-un sistem de control asociat conexiunii sunt monitorizate niste probe incastrate in beton care ofera date privind ajustarea voltajului ce trebuie aplicat la curentii aplicati.

O instalatie va fi in mod normal impartita pe un numar de zone, fiecare cu propria ei retea electrica. Proiectul zonelor trebuie sa tina cont de un numar de factori cum ar fi:

- Variatiunea de umiditate si continutul de clor (si de aici conductivitatea betonului) pe intreaga structura;
- Continuitatea armaturii in diferite zone;
- Prezenta legaturilor in structura;
- Cerinte pentru diferite tipuri de anod;
- Variatiunea in armatura de rezerva.

Darea in exploatare este un studiu foarte important in evaluarea unui sistem efectiv si durabil al protectiei catodice. Acest lucru ofera posibilitatea unei varietati de teste si verificari care sa stabileasca comportamentul initial al sistemului PC, care sa faca ajustari la cuplarile in retea si la voltaj si sa verifice criteriile de control.

O data ce a fost stabilit un sistem de PC, acesta va oferi protectie intregii armaturi, cu conditia ca operatiile sistemului sa fie monitorizate si mentinute asa cum trebuie. Schimbari pot apare in beton inca din timpul primelor cateva luni de operare (cresterea in rezistivitate datorita indepartarii ionilor de clor si uscarii betonului). Obiectivul monitorizarii este acela de a proteja efectiv intreaga armatura.

4. RE-ALCALINIZARE

Aceasta tehnica electrochimica patentata ofera mijloace de restabilire a alcalinitatii la carbonatare, ce caracterizeaza un beton solid. Acest lucru implica trecerea unui curent direct intre armatura (catodul) si un anod aplicat temporar la suprafata betonului. Acest proces genereaza ioni de hidroxil la suprafata betonului, ceea ce regenereaza local alcalinitatea betonului crescandu-i pH-ul pana la aprox. 12. Acest lucru ajuta la restaurarea pasivitatii stratului de oxid de la suprafata armaturii.

Sub voltajul aplicat ionii alcalini sunt dirijati din anod in beton. Folosirea unui electrolit din carbonat de sodiu este util pentru a face betonul mai rezistent la alte carbonatari. Pot fi folosite diferite forme de anozii: ochiuri din titan sau otel (care se consuma in timpul tratamentului), rezervoare electrolitice (pentru suprafete verticale), bai cu diverse substante (pentru tablierele podurilor). Celuloza spreziata impregnata cu electrolit este un sistem de anod inelar.

Introducerea ionilor de sodiu, cand se foloseste carbonatul de sodiu ca electrolit, poate agrava orice potential pe care betonul il are fata de carbonatare. In aceste cazuri a fost folosita apa distilata drept electrolit. A fost propus si un electrolit de litiu, dar acest sistem este inca in cercetare.

Re-alkalinizarea tine in mod normal intre trei si cinci zile, dar uneori poate tine mai multe saptamani. Succesul tratamentului poate fi stabilit cu ajutorul unei solutii care indica alcalinitatea. Totusi trebuie stiut ca fenolftaleina isi schimba culoarea la un pH de aproximativ 9,5. Aceasta nu este o conditie de pasivizare si pentru a demonstra ca s-au indeplinit conditiile de pasivizare, poate fi folosit un indicator Universal cu o schimbare de culoare apropiata de pH 12.

Ca si in cazul desalinizarii si protectiei catodice, trebuie data mare atentie si evolutiei hidrogenului in structura. Procesul de re-alkalinizare se aplica intre 20-50V intre anod si otel, ceea ce este de asteptat sa realizeze potentialul de otel la care evolutia hidrogenului ar putea avea loc. De regula re-alkalinizarea nu este folosita la structurile de beton pretensionat, din cauza calitatii bune a betonului ceruta in general in astfel de aplicatii. Totusi astfel de aplicatii sunt experimentate in anumite circumstante.

Re-alkalinizarea cere continuitate electrica a otelului in zonele care trebuie tratate, un nivel rezonabil si uniform in ceea ce priveste conductivitatea betonului astfel incat sa nu se produca scurt-circuite intre catod si anod sau intre stratul izolator electric si zona de acoperire. Procesul cere mai putine reparatii ale betonului decat in metoda reparatiilor de pete. Este posibil sa trebuiasca tratata intreaga suprafata a zonei investigate. In ultimii ani metoda re-alkalinizarii a cunoscut o utilizare larga, din cauza usurintei mai mari de monatre si a avantajului de cost scazut fata de reparatiile prin pete.

5. INDEPARTAREA CLORURII

Ioni de clor incarcati negativ (Cl^-) pot fi respinsi de armatura si mutati spre un anod extern transformand otelul in catod prin trecerea unui curent prin beton. Acest proces este cunoscut sub diferite nume cum ar fi extractia electrochimica de clor, de salinizare sau de indepartarea clorurii. Este similar cu protectia catodica, dar foloseste un anod temporar si o densitate electrica mult mai ridicata. Reactia catodului genereaza ioni de hidroxil care intensifica local alcalinitatea betonului in apropierea barelor de armatura si incurajeaza repasivizarea lor. Perioadele de tratament dureaza intre 3-6 saptamani. Electrolitii folositi includ apa si hidroxidul de calciu saturat.

Tipurile de anod folosite sunt in esenta aceleasi ca si cele folosite la protejarea re-alkalinizarii, mai precis, sunt sisteme cu ochiuri sau sisteme de electrolit lichid continute in rezervoare, bazine sau cuve.

Ca si in cazul altor sisteme electrochimice este necesar sa avem continuitate electrica in zona care urmeaza sa fie tratata, sa nu se produca scurt circuite electrice intre anod si catod, după cum este necesar si un nivel de uniformitate in conductivitatea prin beton. Aprecierea corecta minimizeaza munca depusa pentru repararea cantitatii de beton. Se cere ca aceasta tehnica sa poata fi folosita in tratarea intregii suprafete de beton si pe baza costurilor ciclului de viata sa poata fi aplicata unui numar cat mai mare de structuri.

6. INVELISURI PROTECTOARE SI MEMBRANE

Exista un mare numar de invelisuri protectoare si produse de etansare care pot fi aplicate pe beton pentru a oferi protectie impotriva chimicalelor, impotriva infiltrarii agentilor distrugatori sau impotriva umezelii. Acestea sunt in general aplicate pe straturi nivelate folosite pentru a oferi o suprafata densa, fara basici de aer sau alte neregularitati minore. Invelisurile de anticarbonatare de calitate superioara se aplica dupa ce reparatiile au fost executate. Astfel de invelisuri asigura rezistenta marita la o viitoare carbonatare a betonului, dar in acelasi timp reduce patrunderea umezelii si a altor substante cum ar fi clorurile. Unele invelisuri au fost considerate eficiente ca mijloc

de a reduce continutul de umezeala din beton, prin aceasta minimizand viitoarea coroziune a barelor de armatura depasivate in betonul carbonatat.

Cercetari recente au demonstrat ca invelisurile de inalta performanta previn mai bine infiltrarea ionilor de clor din saruri dezghetate sau cele din mediul marin etc. decat impregnarea de suprafata cu o pelicula hidrofuga de silan.

Performanta invelisurilor, grundurile si membranele vor depinde de formula lor, dar si de adeziunea la substrat. Prepararea eficienta a substantelor este o cerinta fundamentala. Acest lucru poate fi facut prin improscare cu pietris fin sau nisip grosier sau cu jeturi de apa pentru a inlatura toate materialele suplimentare si contaminările de suprafata, infoierile organice.

Invelisurile de inalta calitate au in general capacitati de antifisurare datorita proprietatilor lor elastice. Sunt des folosite la poduri. Acolo unde fisurile sunt active trebuie asigurata mentinerea efectiva protectiei stratului, prin bandajarea lor. Trebuie sa ne asiguram ca zona activa a bandajului nu este legata de substrat adica ea trebuie sa ramane libera fata de miscarile dorite.

Invelisurile la elementele de beton care contin cloruri nu au condus la rezultate satisfacatoare privind intarzierea procesului de coroziune al armaturii. Acestea au actionat ca un catalizator si datorita umezii suficiente si a existentei oxigenului in beton au permis continuarea coroziunii in armatura. De asemenea clorurile formeaza saruri higroscopice care pot atrage umezeala din atmosfera in elemente, pot dezvolta presiuni ridicate de vapori de apa si pot conduce la formarea de basici si in consecinta la o distrugere prematura a invelisului.

De cativa ani incoace grunduire cu putere de patrundere au fost aplicate inca din momentul construirii pe suprafetele structurilor de beton ale unor poduri din Anglia si Germania. Totusi raman o serie de incertitudini legate de eficienta penetrării acestor materiale in betoanele de inalta performanta.

Membranele rezistente la apa au fost aplicate pe scara larga pe tablierele podurilor si pe alte structuri cum ar fi pe platformele unor utilaje. In mod normal ele au o perioada de serviciu de 10-15 ani. Distrugerea sau inteparea membranei poate conduce la patrunderea apei, apa adesea incarcata cu cloruri. In aceste conditii are loc o concoroziune severa si o disolutie de ioni localizata putand sa conduca la pierderea capacitatii barelor de armatura.

In situatia in care apa incarcata cu cloruri curge peste parti ale structurii, nivelul de clorura va creste si de aici aparand deteriorarea acelor parti ale structurii. Acest inconvenient poate fi redus sau eliminat prin colectarea si dirijarea apei cu ajutorul jgheaburilor, burlanelor de scurgere si a altor metode asemanatoare. Aceasta actiune va ajuta la marirea perioadei de viata a invelisurilor, in zonele afectate.