

DIAGNOSTICAREA REACTIEI ALCALII-AGREGATE IN STRUCTURI DE BETON

Constantin Voinitchi

Universitatea Tehnica de Construcții București

ABSTRACT

Degradation caused by alkali-aggregate reactions pose challenges to both old concrete structures and those made recently. The paper presents several methods for diagnosing the effects of alkali-aggregate reactions.

The paper proposes a method for evaluating the potential expansion of concrete structures in a reasonably short time.

1.Introducere

Reacțiile alcalii-agregate se produc prin dizolvarea silicei reactive (din agregatul silicios) în mediul înalt alcalin din beton – $\text{pH} \approx 13.5$ și formarea unui gel alcalino-silicatic conținând și Ca, gel care are o mare capacitate de umflare în prezența apei, creând astfel tensiuni interne, ce pot duce la expansiunea, fisurarea și deci, distrugerea pietrei de ciment și implicit a structurii betonului.

Constituenții reactivi ai rocilor capabili să genereze geluri hidro-alcalino-silicatică cu capacitate de umflare în prezența umidității sunt [1]:

- cuarțul criptocristalin;
- cuarțul microcristalin;
- cuarțul tensionat;
- cristobalitul;
- tridimitul;
- calcedonia;
- feldspatii;
- montmorillonitul;
- sticla vulcanică.

Diagnosticarea existenței reacțiilor alcalii-agregate nu este simplă și presupune investigații în situ și în laborator.

2.Metode de diagnostic

Deoarece efectele expansive pot fi provocate și de alte cauze, sunt necesare investigații prin mai multe metode complementare, prezentate în continuare.

În cadrul investigațiilor în situ sunt urmărite mai multe aspecte, precum:

- prezenta unei **rețele de crăpături** pe suprafața betonului. Existența unei rețele de crăpături este unul din indicii privind posibila prezenta a reacțiilor alcalii agregate; din păcate, există și alte mecanisme de degradare a betonului care se manifestă la fel.



Fig. 1

Rețea de crăpături vizibilă la analiza in situ într-un baraj din România; rețeaua de crăpături continuă și în adâncime

- existența **expansiunilor**. Prezenta unor expansiuni manifestate prin exfolieri sau deformări ale suprafețelor sunt semnul unor degradări provocate de procese fizico-chimice însoțite de mărire de volum, printre care se află și reacțiile alcalii-agregate;



Fig. 2

Expansiuni vizibile la analiza in situ la un baraj din România

- existența unor "**împușcături**". Particulele reactive aflate în apropierea suprafeței generează prin reacția cu alcaliile un gel expansiv ce îndepărtează stratul subțire de mortar de deasupra, craterul format având forma unei urme de glonț în beton; particulele reactive aflate la suprafață sunt ușor scoase în exterior.
- prezenta **gelurilor**. Exudațiile prezente pe suprafața betonului pot avea o natură integral calcaroasă, pot fi preponderent calcaroase cu conținut și de alți produși specifici unor reacții ce se petrec în beton și cu calcar minoritar sau absent.



Fig.3

Împușcături și exudații la un baraj din România

Prezența unor exudații din categoriile a doua și a treia poate fi o dovadă a existenței unei reacții alcalii-agregate.

Investigațiile în laborator utilizează probe recoltate din structura și pot avea diferite obiective.

Una dintre investigații prevede analiza petrografică care să permită punerea în evidență a rocilor cu potențial reactiv.

Alte metode prevăd punerea în evidență a produșilor reacției alcalii-silice și anume a unor geluri alcalino-silicatică hidratate precum și probarea reactivității potențiale a agregatului folosit.

Pe parcursul cercetărilor pot fi folosite:

- punerea în evidență a locațiilor cu conținut ridicat de alcalii, utilizând metoda americană AASHTO T299-93 [2].

- analizele de microscopie electronica SEM însoțită de analiza EDAX pentru determinări cantitative ale compoziției fazelor identificate în locurile în care au fost sesizate acumulări alcaline prin metoda prezentată anterior.

Metoda americana AASHTO T299-93 prevede stropirea suprafeței "proaspete" a betonului (secțiune prelucrată prin tăiere, spărtura) cu un reactiv specific pentru ionii alcalini-acetatul de uraniu. Compusul complex format înglobând și ionii alcalini din gelurile alcalino-silicatică hidratate se fixează pe acesta și rezistă unei spălări ulterioare cu apă, care îndepărtează soluția de pe beton.

Compusul complex are o fluorescență verzuie în lumina ultravioletă, aceasta fiind folosită pentru punerea în evidență a posibilelor locații conținând gel alcalino-silicatic hidratat.

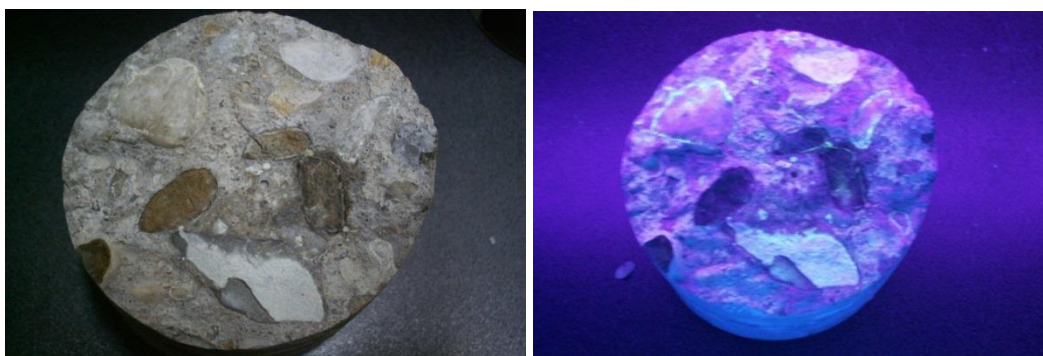


Fig. 4

Imagini ale probei tratate conform AASHTO T299-93 în lumina vizibilă și ultravioletă

Utilizarea microscopiei electronice SEM se face în scopul punerii în evidență a zonelor gelice și a compoziției acestora. Investigațiile se desfășoară în zonele care au prezentat fluorescență. Prin analiza energiei electronilor emiși de material se poate aprecia cantitativ prezenta unei specii atomice în acesta. Rezultatele sunt prezentate ca imagini digitale ale suprafeței, pe care se pot alege zone pentru investigații cantitative.

În continuare, în figura 5 este prezentată o imagine de microscopie electronica în care s-au identificat geluri în alveole din betonul extras dintr-o pilă de pod.

Datele arată un gel preponderent alcalin în care proporția de K nu este specifică unui gel de hidrosilicați de calciu, principalul produs al hidratării cimentului (în gelurile CSH proporția K poate fi doar la nivel de procent).

Aprecierea dezvoltării în continuare a reacției alcalii-agregate pe elementele existente (în acest caz, traverse de cale ferată crăpate în depozit înainte de utilizare) poate fi efectuată prin extragerea unor carote "gemene" cu lungimea de aproximativ 16-20cm și urmărirea expansiunii acestora, în condiții de saturare cu apă, la două temperaturi – la 0°C (viteza reacției ar fi foarte redusă - notate cu

F) și 37°C (care favorizează puternic reacția) – figura 6. Diferențele rezultate între probe de beton foarte apropiate (practic identice) pot fi atribuite expansiunii datorate reacțiilor alcalii-agregate figura 7. Avantajul metodei propuse este că saturarea se face profund prin introducerea apei în probele aflate în vid, expansiuni importante apărând chiar la termene scurte.

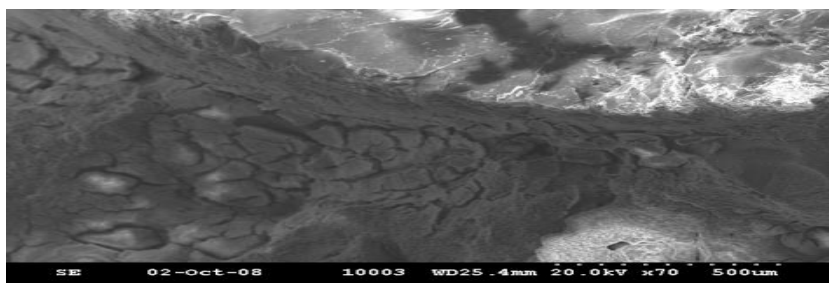


Fig. 5

Imagine de microscopie electronică a unor formațiuni gelice dintr-o alveolă

Tabel

Rezultatele analizelor cantitative a zonelor gelice

Element	Zona 1	
	Pondere masică (%)	Compoziție oxidică (%)
Ca	28,91	27,5
Fe	0,45	0,4
Na	10,73	9,8
Al	1,82	2,3
Si	19,15	27,9
K	38,94	31,9

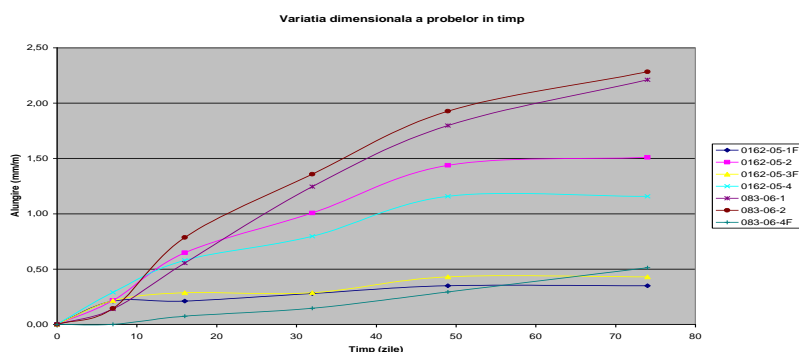


Fig. 6

Expansiunea betonului din carote extrase din traverse ce au fisurat înainte de folosire

Se observa diferențe de expansiune de 1-2 mm/m care pot fi atribuite unei reacții însoțite de expansiune.

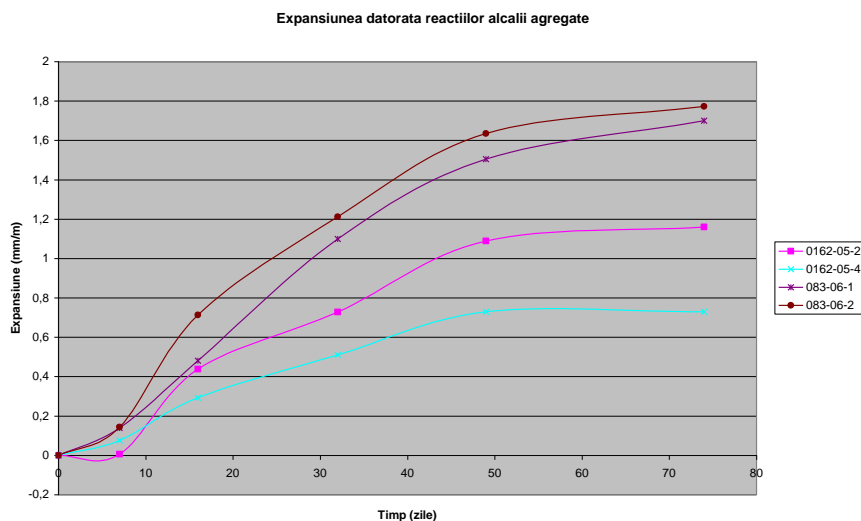


Fig. 7
Expansiunea datorată reacțiilor alcalii-agregate

Concluzii

Metoda propusă pentru evaluarea potențialului de expansiune a betonului—măsurarea diferențelor de expansiune între probe practic identice de beton, saturate profund în vid, prezintă avantajul obținerii de rezultate la termen scurt; rezultatele trebuie corelate și cu cele obținute prin celelalte metode.

BIBLIOGRAFIE

1. Survey of AAR test methods in use, 9th Edition, RILEM TC – 106, April 2000, document 8
2. AASHTO T299-93 "Standard Method of Test for Rapid Identification of Alkali-Silica Reaction Products in Concrete".