

Vasbeton szerkezetek 5, 50, 500 vagy 5000 évre?

Spránitz Ferenc - Laczkó László
Dolomit Kft. – SZIKKTI Labor Kft.

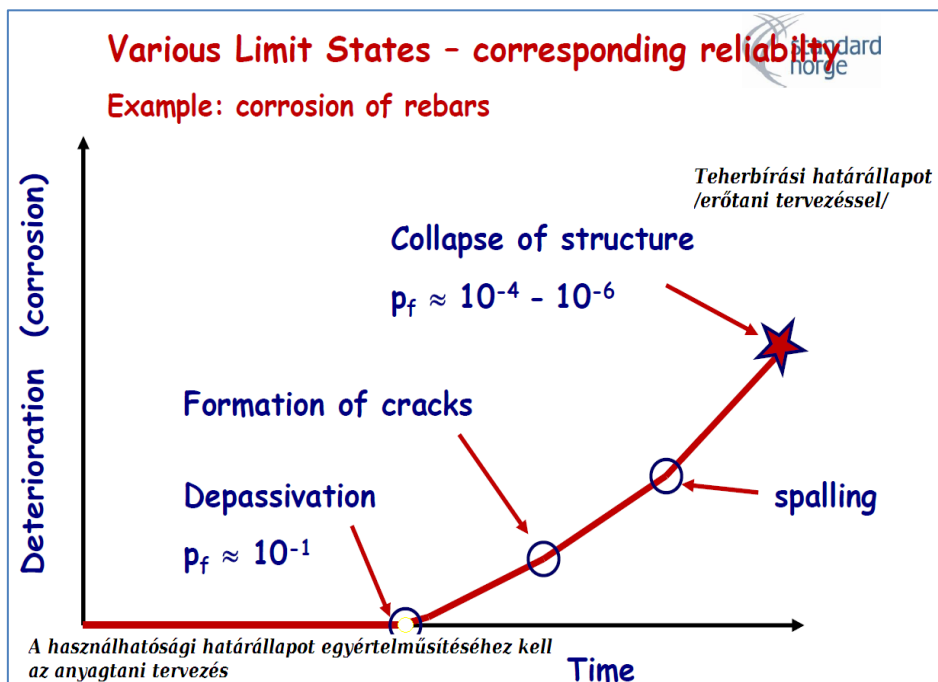
KULCSSZAVAK

betonok szövetszerkezete, áteresztőképessége, élettartama

ÖSZEFoglalás

A SZIKKTI Labor Kft-ben és elődeinél több mint 60 éve végeznek a betonok szövetszerkezetének vizsgálatára irányuló kutatásokat. Egy folyamatban lévő kutatás során a vasbeton szerkezetek használati élettartamát befolyásoló kloridkorrózióknak való ellenállás előzetes számszerűsítése, az új betonszabványok szerinti SLS-t („serviceability limit state”- használhatósági határállapotot) jelentő acélbetét-depassziválódás anyag-tani tervezésének elősegítése volt a kitűzött cél (1. ábra).

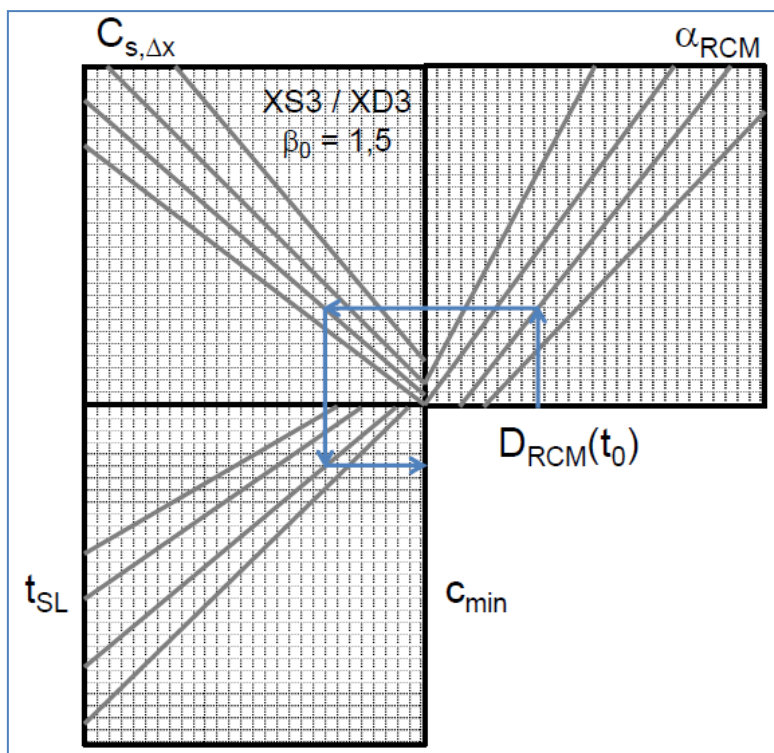
A kutatás során 15-féle (1, 2 és 3-összetevős) kötőanyaggal készített nagyszámú próbatesten elvégzett, esetenként megismételt mérésből határoztuk meg a 2. ábra szerinti $D_{RCM}(t_0)$ és α_{RCM} értékeit, majd a kloridtámadás mértékét $C_{S,\Delta x}=4\%$ -ra fölvéve kiszámítottuk az 5, 50, 500, 5000 év használati élettartamhoz szükséges c_{min} betonfedések mértékét.



1. ábra: Az új betonszabványok szerint a használhatósági határállapot időpontját számításal kell meghatározni; a számítás eredménye az adott mélységben lévő acélbetétek depassziválódási időpontja, a számítás módja olyan modell alkalmazása, mely természeti törvényeken alapul
(forrás: JWG TC104/SC1-TC250/SC2 N26 - Steinar Leivestad, 2014)

Az anyagtani tervezés módszere követi a már jól ismert - a teherbírási határállapotra alkalmazott - félvalószínűségi módszert. Tehát a betonok tartóssági tervezése méretezéselméleti értelemben megegyező lesz a teherbírási és a használhatóságra vonatkozó erőtani tervezéssel.

A jelenlegi, szerkesztési szabály jellegű anyagtani tervezés helyett a valószínűségi megközelítéskor az átlagértékeket, valamint az ismert, vagy feltételezett szórásokat együtt használjuk a vonatkozó eloszlásfüggvényekkel. Utóbbi megközelítés nemcsak a takarás vastagságának a korrózió valószínűségével való összefüggését engedi meg, hanem a korrózió különböző választott kockázati következményeinek a számszerűsítését is. Ezek a következmények a takarás vastagsága mellett lényeges mértékben hatnak a gazdaságosságra is. Az új EN szabványokban és különböző nemzeti műszaki szabályozási dokumentumokban megfogalmazott teljesítmény alapú elvek követik a Nemzetközi Betonszövetség kiadványainak (pl. *fib* Bulletin 34 - Model Code for Service Life Design, Model Code 2010, *fib* Bulletin 76, stb.) gondolatmenetét, azaz: a környezeti hatások által a beton szövetében végbemenő transzportfolyamatok ismeretében legyen mérnökiileg számszerűsítve a vasbeton szerkezetek használati élettartama. Egy magyar útügyi előírás (Dr. Balázs L. György szakmai vezetésével az e-UT 07.01.21:2016) is már ezzel az igénnyel készült.



2. ábra: Anyagtani tervezést segítő nomogram (forrás: Dauerhaftigkeitsbemessung von Betonbauteilen unter Chlorideinwirkung, Bundesanstalt für Wasserbau, 2016)

A vasbeton szerkezetek tönkremenetele ritkán tulajdonítható egyetlen oknak: gyakran lehet a makrostruktúra szintjén (pl. nyomószilárdság) megfelelő a beton akkor is, ha néhány jellemzője (pl. áteresztőképesség) kedvezőtlen; de az ehhez hozzáadódó egyetlen újabb kedvezőtlen tényező már előidézhethet károsodást.

Ezért kell – többek között – a struktúra (szövetszerkezet) jellemzőinek a kölcsönhatásaival is foglalkozni. Ez az a szint, amelyen kevés még az egyértelműen megfogalmazható ajánlás, ezen a szinten van igen nagy jelentősége a felhasznált cement és kiegészítőanyag típusának, ásványi összetételének, a hidratációs folyamatnak. A mezostuktúrális szinten, a pórusméret-eloszlásra és a pórustartalomra kevesebb adat áll rendelkezésre, mint a beton makrostruktúrájának vizsgálatára, ezért ezen a szinten a becslések megbízhatóságát javítani kell; ill. meg kell ismerni a mezostuktúra jellemzőinek a beton teljesítményjellemzőire (pl. áteresztőképesség) gyakorolt hatását; az általunk elvégzett nagyszámú porozimetriai és kloridmigrációs mérés is ezt a célt szolgálta.

A kloridmigrációs vizsgálatokat a tavaly óta hatályos MSZ EN 12390-18 szabvány szerint végeztük. Az *Építményeink Védelme* konferenciasorozat egyik 2018. évi előadásában Dr. Kopecskó Katalin (BME) már részletesen ismertette ezt a módszert, valamint több más kloridállósági vizsgálatot.

Az aktuális kutatás során 15 fajta kötőanyaggal (különböző cement- és kiegészítőanyag-típusok kombinálásával), cementkő- és habarcs-próbatesteken végeztünk porozimetriás és kloridmigrációs vizsgálatokat. Az eddigi mérések egyértelműen utalnak arra, hogy a szokásos betontakarás (pl. $c_{nom}=40$ mm) és erős kloridtámadás (pl. $C_{S,\Delta x}=4\%$) egyaránt eredményezhet a kötőanyagrendszerrel függően mindössze $t_{SL}=5$ vagy 50 év, de akár $t_{SL}>500$ év használati élettartamot is egyazon víz-kötőanyag tényező, tehát közel azonos nyomószilárdság esetén.

Az előadásunkban prognosztizált használati élettartamok egyelőre tájékoztató jellegűek, mert:

- a kor-tényező megállapítása 28, 90, 180 és 365 napos eredmények alapján történt, tehát hiányoznak még a 2 és 3 éves vizsgálatok eredményei,
- a vizsgálatokat szabványhomokkal készített, $x=0,40$ víz-kötőanyag tényezőjű habarcs-próbatesteken végeztük, ill.

- nem vettük figyelembe a 2. generációs EC-2 szabványban bevezetésre kerülő anyagtani tervezés – vélhetően félvalószínűségi módszeren alapuló – biztonsági tényezőit.

Az $x=0,4$ víz-kötőanyag tényezővel készített próbatesteken mért eredményeket összehasonlítva a szakirodalmi adatokkal és élve a főntebb hivatkozott leegyszerűsítésekkel, az alábbi következtetések adódnak:

- a „tisztá” CEM I cementtípusokkal, habarcs-próbatesteken mért áteresztőképességi adatok (kloridmigrációs és kor-tényező) jó egyezést mutatnak mind a CEM I cementekkel készített, $x=0,40-0,45$ víz-cement tényezőjű betonokon általunk mért, mind pedig a szakirodalmakban közölt adatokkal;
- egyes 3-összetevős kötőanyagrendszereknél - jó utókezelés esetén - a kloridmigrációs tényező kezdeti (28 napos) értéke és a prognosztizált kor-tényező („ageing component”) elérte a szakirodalom szerinti legkedvezőbb értéket ($D_{RCM,t(0)} < 1$, $\alpha_{RCM} \gg 0,8$);
- a hidratáció folyamatát is jelző migrációs és kor-tényezők jó összefüggést mutatnak a cementkő átjárható pórusainak méreteloszlásával, különösen a 3-30 nm közötti pórusok részarányával; míg a teljes porozitás jelentősége kisebbnek tűnik a kloridtámadás esetében;
- a kloridbehatolás mérnöki számszerűsítéséhez alkalmazott fizikai modell (Fick II. módosított diffúziós törvénye) használatával a különlegesen kedvező kor-tényezőjű kötőanyagrendszerek esetében megvalósíthatónak tűnik az egyedileg - pl. teljes valószínűségi módszerrel - méretezett, akár igen csekély betontakarás mellett is hosszú használhatósági határállapot, vagy a monumentális szerkezetek szokványos betontakarása mellett több száz vagy akár több ezer évre prognosztizált használati élettartam.

Ezt a lehetőséget természetesen beton-próbatesteken elvégzett, hosszabb időtávú áteresztőképességi mérésekkel is igazolni kell; ill. kedvező eredmények esetén szoros szakmai együttműködés szükséges a szerkezet és az összetétel tervezésében, a beton gyártásában, a kivitelezésben és az ellenőrzésben résztvevők között.