

Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs Kht.
1113 Budapest, Diószegi út 37.
e-mail: info@emi.hu



Dr. Kovács Károly
ÉMI Kht. divízióvezető
okl. vegyészmérnök 1966
műszaki doktor, 1980

NEHÉZBETONOK TARTÓSSÁGA

ÖSSZEFOGLALÁS

Elemeztem a nehézbetonok tartósságával összefüggő alkalmazási és korróziós körülményeket.

Megállapítottam, hogy a megkívánt üzemelési körülmények között a hematit adalékos beton tartóssága érzékenyebb, mint a normál kvarckavicsos betoné.

Megállapítottam, hogy a tartósság megítéléséhez a 70°C-os üzemi hőmérsékletet és a bórsav jelenlétét figyelembe kell venni.

A hematit és egyéb oxidok ilyenkor valamilyen csekély mértékben bomolhatnak, és oxigénforrásként belülről szállítják a korróziós közeget. Ezért fontos, hogy a betonszerkezetet szárazon tartsuk és az acélbetétek fedettsége, a beton tömörsége megfelelő legyen.

1. BEVEZETÉS

A beton-vasbeton szerkezetépítés gyakorlatában sok esetben előfordul, hogy a beton testsűrűségét célszerűen szabályozni kell. Gyakrabban és általánosabban a kisebb testsűrűségek felé alakítják a rendszereket, mert a kis testsűrűségű betonok hőszigetelési képessége sokszor fontos szempont.

Néhány esetben azonban a nagyobb testsűrűségek előnyeit is ki lehet használni. Ilyen esetekre példa, ha a beton tömegével kívánjuk a szerkezet stabilitását befolyásolni.

A szokásosnál nagyobb testsűrűségű betonokat mégis inkább a nagyenergiájú sugárzások lefékezésére, a környezet biológiai védelmére használják.

A betonok általános készítési elveinek figyelembe vétele mellett ezekben a szerkezetekben sok egyéb feltételt is ki kell elégíteni a következők mérlegelésével.

A nagy fajlagos tömeg kialakításához nagy testsűrűségű adalékanyagokat kell alkalmazni. Ezek betonban alkalmazhatóságáról meg kell győződni. Elsősorban a cementkötéssel kapcsolatos stabilitásukat kell ismerni. Vasbeton szerkezeteknél az acél melletti viselkedésük is érdekes, ezért olyan anyagok jöhetnek számításban, amelyek stabilitása acél és cementhidrátok jelenlétében bizonyított. A stabilitást természetesen a cementhidrátok és az acélbetét oldaláról is bizonyítani kell. Ilyen okok miatt nem jöhetnek számításba az acélnál „nemesebb” fémek, mert ekkor az acélbetét galvánelemes korróziója folytán tönkre megy.

A nukleáris ipari nehézbeton készítésekor figyelembe veendő igényeket, valamint a korróziós kérdéseket célszerű összefoglalni.

2. SUGÁRGÁTLO BETONOK

Azokon a helyeken, ahol nagy energiájú, elsősorban nukleáris eredetű sugárzások jönnek létre gondoskodni kell arról, hogy a sugárzás csak arra a térre terjedjen ki, ahol azt

hasznosítani akarják, és azokat a tereket ne szennyezze, ahol ez bármiféle kárt, vagy nem kívánt elváltozásokat okozna. A nem kívánt elváltozásokon elsősorban a biológiai rendszerekben okozott roncsolódásokat, vagy éppen ellenkezőleg szabályozatlan és mértéktelen túlburjánzásokat értünk, emellett azonban sok egyéb elváltozást is meg kell akadályozni. Ilyenek pl. a kémiai rendszerekben bekövetkező elváltozások, bomlások, vagy éppen polimerizációk, amit összefoglalóan öregedésnek nevezünk. Sok esetben a folyamatirányító műszerek, rendszerek működését is megzavarják a sugárterhelések. Bizonyos esetekben a technológiai berendezések sugáraktíválódnak, azaz önálló sugárforrássá válnak, s így a működtetésük az emberi környezetre nézve veszélyessé válik.

Mivel a sugárzások fajtái és hatásuk is sokfélék, így gátlásuk is különféle berendezéseket igényelnek, célszerű összefoglalni a hatásaikat.

Minden mechanikus, mágneses, vagy elektromágneses hullámrezgés okozhat egy adott mechanikai, kémiai, de főleg biológiai rendszerben elváltozásokat. Ezért a környezetünket le kell határolni ezektől a hatásoktól. A beton-vasbeton önmaga is, mint mechanikai-kémiai rendszer elváltozik e hatások miatt, ha azok intenzitása, rezgésszáma arra alkalmas.

A természetben jól ismert az interferencia jelensége. Tudjuk, hogy a rezgésszám és a tárgyak, így a betontárgyak alakja, tömege bizonyos esetekben kiemelkedően érzékenyen hatnak egymásra és sokszor ez vezethet egy műtárgy tönkremeneteléhez.

Ilyen értelemben tehát nem szabad egyes frekvenciákat veszélytelennek tekinteni. A beton műtárgyak tervezésénél tehát már az anyag megválasztásánál arra kell törekedni, hogy az adott igénybevételek egyike sem, de összességében se közelítse az un. saját frekvencia veszélyes együtthatásait.

Vegyük sorra a rezgések fajtáit. (Tompa, 2003)

Zaj

Elsősorban a membránszerű szerkezetekre hat, sok esetben a membránok felerősítik és erős mechanikai rezgéssé alakítják át a zajokat.

A biológiai rendszerekre hatnak, 24-40dB-nél már jelentős pszichés terhelést jelent, 60-65dB-nél már vegetatív idegrendszeri zavarokat okoz, 85dB felett halláskárosodást. Elsősorban a könnyűbeton szerkezetek izolálják.

Vibráció

Lokális neurotikus zavarokat okoz, melyek súlyosbodva az arteriolák beszűkülését, csonttritkulást, mozgásszervi panaszokat képeznek. A műtárgyakban kifáradásos jellegű korróziót okoz. A nagyobb tömegű betonok, így nehézbetonok is izolálhatják.

UV sugárzás

Hullámhosszak: (A320-420 nm; B280-320 nm; C<280 nm). Szemen szürkehályog, bőrrák hatású. Munkahelyeken ívhegesztésnél, higanygőz lámpák, ívkemencék okozhatják. Beton védőfalak izolálják.

Szokványos elektromágneses terek

A nagyfeszültségű vezetékekből származó elektromágneses sugárzás biológiai szerepe nem teljesen tisztázott, de egyes adatok szerint erőművek, transzformátorállomások, nagy teljesítményű villanymozdonyok erőtere daganatos betegségeket okoz. Izolálni nagy tömegű, sűrűn vasalt betonnal lehetséges.

Mikrohullámú sugárzások

(1 m-1 mm hullámhosszúságú sugárzások).

A mobiltelefonokkal kapcsolatos adatok szerint nem is annyira a daganatos megbetegedés a fő veszélyforrás, hanem az idegrendszeri károsodás. Állatkísérletek alapján a sugárzás ronthatja a memóriát.

A károsodás mértéke természetesen a közölt energia nagyságától függ.

Hőhatásuk mellett gátolja a spermiumok mozgását, fokozza a szürkehályog képződését, bénítja az idegrendszer koordinációs készségét.

A frekvencia növekedésével a hatások fokozódnak.

Nagy frekvenciát bocsátanak ki a radar készülékek (és nagy térerőt is), a rádiótelefonok, mikrohullámú kemencék, sütők, hegesztő berendezések, orvosi radioterápiás készülékek. Izolálni sűrűszövésű fémhálókkal, ill. fémhálóval szerelt nehézbetonnal lehet.

Röntgensugárzás

(10 nm-100 pm hullámhossz, 30 PHz-3EHZ frekvencia).

A 0,1 nm-nél hosszabb hullámhosszú sugárzást lágy röntgensugárzásnak nevezzük (orvosi alkalmazások), az ennél rövidebbek a kemény röntgensugarak. A kemény röntgensugarak a γ sugárzásba torkollnak, de amíg a röntgensugarakat elektronok hozzák létre, a γ sugarak atommag eredetűek. Izolálhatóak normál és nehézbetonnal.

Ionizáló sugárzások

Már a röntgensugarak is okozhatnak ionizációt, ha elég nagy energiájúak.

A kozmikus és a nukleáris eredetű sugárzások jellegzetesen ionizáló hatásúak. Ez elsősorban biológiai veszélyességet jelent, de közrejátszik az anyagok, szerkezetek öregedésében is.

Az ionizációs sugárzások mintegy 10%- a kozmikus eredetű, a többi a földi természetes radioaktív izotópok és a mesterségesen előállított izotópokból (pl. plutónium) ered. Jellegzetessége a jelenlegi időkben a szóródás, ezáltal a háttér sugárzás növekedése, amely a spontán mutációs arányt növeli. A mutáció és karcinogenitás között 90%-os közvetlen összefüggés található.

Az ionizáló sugárzások izolálása különböző anyagokkal lehetséges attól függően, hogy milyen fajtájúak.

Az izolálás módja attól is függ, hogy milyen rendezettségű sugárzásokról beszélünk.

A szórt sugárzások megfogásához nagy kiterjedésű, sugárforrást körülölelő szerkezetek szükségesek.

Az irányított sugárzás nagyobb energiájú, lefékezéséhez vastagabb szerkezet szükséges. Vannak azonban olyan sugárformák, amik gyakorlatilag nem fékezhetőek le reális szerkezetekkel. A koherens sugarak energiája óriási, ezeket gyakorlatilag a szokásosnál többszörös vastagságú szerkezetekkel lehet lefékezni. Így pl. ha a röntgensugarat koherens nyalábbá fogjuk össze, úgy az bármely vastag beton-nehézbeton szerkezetet is átéget. (Lásd csillagháborús röntgenlézerek „National Missile Defense”) (Wikipédia, 2008).

Az ionizáló sugárzások közül legfontosabbként a nukleáris eredetűeket kell megemlíteni. Ezek a sugárzásformák az atommagok aktivitásából származnak, így intenzitásuk, nem függ a hőmérséklettől, csak a jelenlévő atommagok számától és a sugárzási alapfolyamattól.

Az α és β sugarak anyagba hatoló képessége csekély, ezért ezek leárnyékolása közönséges beton elemekkel megoldható.

A γ sugárzás lefékezésére nagy testsűrűségű és nagy atomtömegű anyagokat kell alkalmazni. Nagyon megfelelne a platina, az arany, ám a gyakorlatban az ólom jöhet számításba az ára és megmunkálhatósága miatt azokban az esetekben, ha a sugárforrás koncentrált és ezért viszonylag kis teret kell körülburkolni. A gyakorlatban azonban nagy terek elhatárolása jelenti a feladatot.

Különösen igaz ez az energiatermelő iparban, az atomerőművekben, ahol a sugárzó anyagok a technológiai rendszerekben nagy térfogatra elrendezve működnek, és maguk a technológiai berendezések is aktívvá válnak.

E berendezések körülhatárolása csak vasbeton szerkezetekkel lehetséges, ezért olyan beton anyagokat kell készíteni, amelyek testsűrűsége nagy és így viszonylag elfogadható falvastagságú szerkezetekkel meggátolható a γ sugárzás szétszóródása Davis, 1957.

Közönséges testsűrűségű (2200-2500 kg/m³) betonokból is megoldható a γ sugárgátlás, de ez óriási szerkezeti méreteket jelentene, ahol a szerkezet önsúlya is problémás, ill. a nagy tömegek miatt a beton homogenitásával is problémák lennének (pl. repedések képződése).

Mivel a beton fő feladata a γ sugárgátlás, nagyon fontos a repedésmentes állapot, mert ez nem csupán statikai, vagy korróziós kérdés.

Jó megoldásokat csak olyan betonokkal lehet elérni, ahol a testsűrűség 3200-5000 kg/m³ között mozog (Budai, 1977), (Tihanyi, 1979).

Még ezekkel a megoldásokkal is igen nagy falméreteket kell kialakítani.

A gyakorlatban azonban ennél bonyolultabb a helyzet.

A sugárzás a reaktor környezetében nem különíthető el sugárfajták szerint, hanem vegyesen jelentkeznek.

A γ sugárzás mellett a reaktor környezetében nagyon jelentős a neutronsugárzás.

Ennek meggátlására olyan közegek képesek, amelyeknek nagy a hidrogéntartalmuk. Természetesen csak kötött hidrogéntartalomról lehet szó, amely legközönségesebben nagy víztartalommal érhető el.

Az ilyen fajta betonok készítésénél tehát megfordul a betonkészítési logika, mert nem okvetlen célunk a víz-cement tényező csökkentése, sőt a bedolgozhatóságot, a szedimentációs készséget és a tartósságot is figyelembe véve a lehető legmagasabb értéken kell tartani. (Víz-tartalom legalább 200 kg/m³)

További problémát az emelkedett hőmérséklet jelenti. A reaktor üzemben a berendezések forró vizet, ill. gőzt állítanak elő, tehát nem csak a reaktor közvetlen környéke, hanem a gyakorlatilag a teljes ún. primerkör magas hőmérsékleten dolgozik.

A megengedett üzemi hőmérséklet 70°C (GALL, 2005), de meg kell jegyezni, hogy ezt a hőmérsékleti határt helyenként a berendezések túllépjék.

A probléma ilyenkor a betonban lévő viszonylag nagy szabad és adszorpciós víztartalom vándorlása, amely helyenként nagy gőznyomásokat, torlódásokat eredményez, sőt a hidegebb pontokon kondenzálódva állandó nedvesedések jönnek létre.

A kiugróan magas hőmérsékleten pedig a beton természetes állapota bomlik meg, ami repedések képződéséhez, szilárdságsökkenésekhez vezet. A repedések, viszont ahogy azt már rögzítettük nagyon lerontják a beton sugárgátló képességét.

Látható tehát, hogy a nukleáris iparban alkalmazott betonoknál az egyik legfontosabb feladat annak a problémának a megoldása, hogy a lehető legjobban tartsuk be a betonkészítési alapszabályokat, de emellett a betonösszetételt úgy válasszuk meg, hogy az komplexen legyen sugárgátló. Természetesen a sugárgátlási készség megválasztása helyi jellegű feladat, azaz azokon a részeken, ahol a γ sugárzás dominál, ott a nehézbeton a megoldás, ahol inkább a neutronsugárzás ott az ún. hidrátbeton.

A két sugárzás azonban nem választható el egymástól, mivel a gyors neutronok lefékezésekor, ún. szekunder γ sugárzás is keletkezik, tehát magában a fékező közegben keletkezik a γ sugárzás.

(A gyors neutronoknak az 1MeV-nál nagyobb, lassú neutronoknak az 1MeV-nál kisebb energiájúakat nevezzük, a 0,3 eV-nál kisebb energiájúak a termikus neutronok.)

A magas hőmérséklet miatt tehát láthatjuk, hogy a szabad, ill. adszorpciós vízmennyiséget nem növelhetjük tetszés szerint. Ezért inkább olyan anyagokat kell adalékanyagként alkalmazni, amelyekbe kémiaiilag beépítve van sok hidrogén, ill. víz és viszonylag nagy hőmérsékletig hőálló.

Ezért a neutron megkötéshez olyan ásványi anyagokat adagolnak a betonhoz, amelyek nagy kristályvíz tartalommal rendelkeznek. Ilyen ásvány a szerpentit vagy teljes nevén szerpentinit.

Visszatérve a γ sugárzás gátlására tehát a nagy testsűrűségű adalékanyagok alkalmasak a készítéséhez.

A neutron megkötő képesség fokozására emellett lehet adagolni a nagy víztartalmú ásványokat is.

Hogy a helyzet még jobban bonyolódjék, törekedni kell arra, hogy a szekunder γ sugárzás csak kismértékben következzen be. Ezért célszerű a betonhoz bórvegyületeket is adagolni.

A bórvegyületek a vasbeton szerkezetekkel később is érintkezhetnek.

Az üzemeltetés során a térben lévő gépekről a kopások miatt finom porok szabadulnak el, ill. a berendezésekből is mikroszkópikus méretű anyagszemcsék szabadulnak ki. (Pl. hőszigetelő szálak.) Ezek a zárt térben mindenütt kiülepednek.

(Kontaminációk) Az esetleges havariák, apróbb üzemzavarok miatt is keletkezhetnek ilyen szemcsék. Ezeket időnként el kell távolítani a felületről, amit híg bórsav oldattal végeznek. (Dekontaminálás)

A dekontaminálhatóság céljából a vasbeton felületeket úgy kell kiképezni, hogy az vizes-bórsavas oldattal lemosható legyen. Ezért a vasbetont jó mechanikai ellenállású, hőálló, penészálló (lásd radiofil gombák) sima felületet adó műgyantával burkolják. Azokon a helyeken, ahol a szerkezet hermetikus zártsága is fontos (határoló falak) acéllemezzel burkolják, majd ezt látják el mosható műgyanta felülettel.

Mindezeket azért kellett itt összefoglalni, hogy észlelhető legyen az a bonyolult anyag és szerkezeti rendszer, amelynek évtizedekig hibamentesen kell üzemelnie.

Az. 1 táblázatban foglaltam össze azoknak az ásványi anyagoknak a tulajdonságait, amelyeknek különböző célból a nukleáris berendezések vasbeton szerkezeteibe alkalmaznak [Gmelin, 1954].

Anyagnév	Kémiai képlet	Testsűrűség, g/cm ³	Keménység, Mohs skála
Barit/súlypát	BaSO ₄	4,48	2,5-3,5
Hematit (vörös vasérc)	Fe ₂ O ₃	4,9-5,3	6,5
Limonit (barna vasérc) Amorf vashidroxid gél	Fe ₂ O ₃ +nH ₂ O	3,3-4,0	1-5
Ilmenit (titánvasérc) hematit kísérelce	48%Fe ₂ O ₃ 52%Ti ₂ O ₃	4,5-5	5
Sziderit vaspát	FeCO ₃	3,7-3,9	3,5-4,5
Kolemanit	Ca ₂ B ₆ O ₁₁ .5H ₂ O	2,42	4,5
Szerpentinit Antigorit (pikkelyes) Krizotil (szálas)	Mg ₃ [Si ₂ O ₅](OH) ₄ Mg ₆ [Si ₄ O ₁₀](OH) ₈		
Bórkarbid	B ₄ C	2,52	14
Rézsalakok	Különbféle rézoxidok és meddőanyagok	4-6	3-5

1. táblázat: A kereskedelmi minőségű hematitban előforduló ásványok, ill. adalékolások

Az alkalmazott adalékanyagok ásványtani jellemzői jól meghatározottak.

A gyakorlatban azonban ezek nem tisztán a leírtak szerint előforduló ásványok, hanem keverékek.

Pl. a kohósításra beszállított hematitnak nevezett érc, bár fő tömegében hematit, emellett azonban tartalmazza a többi vasoxid fészeségek néhány százalékát is. (Változó mennyiségben a lelőhelytől függően.)

A felhasznált ásványi anyagok keverésének más szempontból is van értelme. Az energiatermelő berendezésekben keletkező sugárzások többfélék (α, β, γ és neutron), ezért a lefékezésükhöz is többféle anyag szükséges.

Előnyös, ahogy azt láttuk a nagy testsűrűség mellett a nagy víz, azaz a kötött hidrogéntartalom is, ill. az egyéb anyagok, mint pl. a börtartalmú vegyületek

Sok berendezés betonjába belekeverik a bőrvegyületeket is.

Ez a hazai gyakorlatban csak bizonyos helyeken szokásos (szárazvédelem). A testsűrűségek növelése céljából szükséges azonban még további nagysűrűségű adalékanyagokat is a betonkeverékbe adagolni.

Legtöbbször ezt acélsöréttel oldják meg.

Az így előálló beton testsűrűsége viszonylag nagy.

Egy ilyen keverék összetételét példaként a 2. táblázatban mutatok be.

Felhasznált anyagok	Testsűrűség, kg/m ³	Adagolása, kg/m ³
Hematit	3800	1650
Acélsörét	7100-720	1750
Portland cement 450-es	3000	320
Víz	1000	210
Képlékenyítő+kötésslassító	1180	3
Összesen		3933

2. táblázat: Egy a gyakorlatban használt nehézbeton receptúra

A nehézbetonok készítésénél természetesen ugyanazokat az elveket kell érvényesíteni, mint az egyéb betonoknál.

Legfontosabb kérdés, hogy a szemszerkezet megfelelő-e?

Rögzíteni kell, hogy ideális szemszerkezetet csak ritkán lehet alkalmazni. A hematit adalékanyag szemmegoszlása befolyásolja leginkább a keverék betontechnológiai alkalmasságát.

Legfontosabb tényező a hematit szemalakja. Az ércek kitermelési-törtállapotában érkeznek, ezért szemszerkezete sarkos jellegű. Ez a bedolgozást nem segíti elő. Szerencsére eléggé sok poralakú részt is tartalmaz, tehát eléggé alkalmas arra, hogy a végtermék tömör legyen.

A helyszíni mérésekkel ellenőrizni kell a beérkezett anyagok szennyezettségét, testsűrűségét, szemalakját, szemmegoszlását és nedvességtartalmát.

A hematit nedvességtartalmát figyelembe kell venni a bekevert összes víz mennyiségben.

Az acélsörét jellemzőit is ellenőrizni kell, mert a felülete olyan szennyezőket tartalmazhat, ami a tapadást, ágyazódást csökkentheti. (oxidok) Az acélsörét gyártásánál ugyan törekednek a gömbalakra, de ez csak részben valósítható meg. Sok szemcse megnyúlt alakú, ami kedvezőtlen a bedolgozásnál. Ugyancsak ellenőrizni kell a szemmegoszlást is.

A betontechnológia tulajdonképpen ún. tömegbeton gyártást jelent, hiszen vastag, nagytömegű szerkezeteket kell repedésmentesen elkészíteni.

Ezért gondoskodni kell arról, hogy a beton minden sarzsija az előzőhöz hozzávibrálható legyen. A kötéseleltetést tehát adalékszerekkel kell megoldani.

A poralakú-finomszemcse rész viszonylagos nagy nedvességmegtartó képessége miatt képlékenyítésre is szükség van.

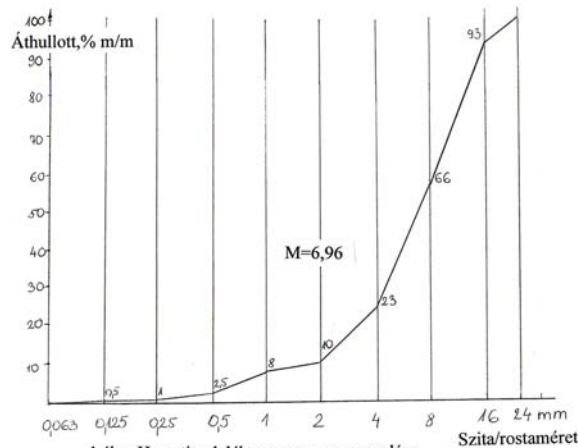
Látjuk tehát, hogy a nehézbetonok készítése eléggé különleges, speciális feladat.

Ehhez hozzá kell számítani a nehézadalék keverésekor előálló szegregációs hajlamot, ezért ezeket a keverékeket csak kényszerkeverővel lehet keverni.

A bedolgozást nehezíti a beton viszonylag sűrű vasalása is.

Mindezek ellenére a nehézbetonokból lehetséges nagy tömörségű, a feladatát jól ellátó sugárgátló falakat és tartószerkezeteket készíteni, amelyek minden tekintetben (szilárdság, kopásállóság, vízzáróság stb.) egyenértékűek a normál beton tulajdonságaival.

Egy jól felhasználható szemmegoszlású adalékanyag diagramját az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra Hematit adalékanyag szemmegoszlása, betonkészítésre finomrész pótlással használható

3. A TARTÓSSÁGGAL KAPCSOLATOS KÉRDÉSEK

Ha a sugárgátló betonok anyagtani összetételét szemügyre vesszük, akkor megállapítható, hogy ott különösebben korrózió anyagok nem szerepelnek. A komponensek külön-külön is stabilis, tartós anyagok, tehát az elkészült betonok is tartós kategóriájúak.

Ezekre a nehézbetonokra is vonatkoznak azok az általános korróziós szabályok és ismeretek, amelyeket a normál testsűrűségű betonoknál megismertünk.

Ezek összefoglalása a következő.

A betonok külső korrózió hatásra ugyanúgy reagálnak a cement kötőanyag oldalról, mint a normál betonok. Így pl. érzékenyek szulfátos anyagokra.

Különlegességként meg kell említeni, hogy a barit adalékos betonokat szulfátálló cementtel kell készíteni, mert a barit $BaSO_4$. Ennek az oldhatósága ugyan nagyon csekély, de azért oldódik és nem ismert az oldhatósága olyan esetekben, amikor sok egyéb ion is hat rá. Pl. lugok, bórsav stb. Vizsgálandó ilyen esetekben az oldhatósága, hiszen a Ba^{++} ionok mérgezőek.

A vasbetonoknál ugyanúgy fontos a karbonátosodás gátlása, mint a normál betonoknál.

Közismert, hogy a karbonátosodás következtében a pH érték 8,5–9 alá csökken, amikor az acél elveszíti a passivitását és korrodálódni, rozsdásodni kezd.

Ezt a jelenséget minden egyes nehézbetonnál alaposan nyomon kell kísérni a következők miatt.

Nagy kérdés az, hogy az alkalmazott hematit ásvány, illetve a társaságában lévő egyéb vasoxid származékok adnak-e le oxigént közönséges, vagy az üzemeléskor előforduló kb. 70°C-os hőmérsékleten? (Kovács K., 2007).

Tovább nehezíti az ítélkezést az a tény, hogy ezek a sugárvédő betonok vagy eredetileg, vagy üzem közbeni okok miatt bórsavas oldatokkal szennyeződnek.

A bórsavnak jó megkötőképessége van a radioaktív szemcsék ill. neutron sugárzás tekintetében, azonban akármilyen gyenge sav, kémhatása savas, azaz pH leszállító szerepe van. Ezzel máris felmerül a kérdés, hogy az érintkező szerkezeti acél részek és a beton acélmaturája korrodálódik-e?

A pH változásának hatását évek óta mértük hematitos-acélsörétes betonok esetében.

Megállapítható, hogy a bórsavval érintkező részek pH értéke 9 körülire süllyedt. (Kovács B., 2005).

Ez, figyelembe véve a kémiai hatást is pontosan elegendő az acél korróziójának beindulásához.

Ehhez természetesen még oxigén is szükséges. Az oxigén jelenlétének kérdése nagyon kényessé teszi a korróziós stabilitást.

Azokon a helyeken, ahol a szerkezetek levegővel érintkeznek, az oxigén jelenléte természetes.

A műgyantával kezelt felületű falak bizonyos helyei is átengedik a levegőt akár a pórusokon, akár a képződött repedéseken.

Kérdés az, hogy az acéllemezekkel lezárt felületek elegendően izolálják-e az oxigént. Feltehetően igen.

Kérdés azonban, hogy adnak-e le önmaguk oxigént.

Ebből a szempontból a hematit stabilisnak mondható, azonban a mellette lévő vasoxidok kevésbé.

4. NÉHÁNY TARTÓSSÁGI KÉRDÉS LABORATÓRIUMI VIZSGÁLATA

Az irodalomban nem találtunk kielégítő magyarázatot a kérdésre. Ezért kísérletet végeztünk a következőképpen.

Hematit adalékos betont készítettünk.

A beton összetételét a 3. táblázatban adom meg.

Anyagféleség	Testsűrűség, kg/m ³	Szemcseméret	Mennyiség
Hematit	3850	2/8	2800
Kvarchomok	2600	0/1	150
pc 42,5	3000		380
Víz	1000		250

3. táblázat: A kísérleti beton összetétele

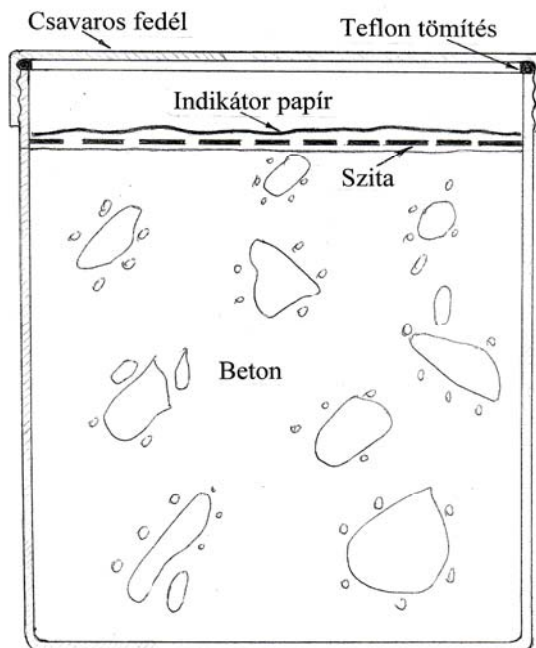
A keverékben nem alkalmaztunk képlékenyítőt, hogy minél egyszerűbb rendszer legyen.

A betonból kb. Ø100 átmérőjű 150 mm hengermagasságú próbatesteket készítettünk úgy, hogy azt alul befenekelt acélcsőbe tömörítettük. A henger tetejétől 2 cm-re légteret hagytunk. A 28 napos betont 50°C-on szárítottuk tömegállandóságig (1 hétig).

A hengert külső menettel láttuk el, és zárósapkával teflon tömítéssel zártuk le. A beton tetejére dróthálót fektettünk, erre metilvörös indikátorral átitatott szűrőpapírt fektettünk.

A metilvörös indikátor tulajdonképpen egyfajta azoszínézék, amely feldúsult szabad oxigén jelenlétében elveszíti a színét, tehát kijelzi az oxigén felszabadulását a betonban. [Erdei, 1966].

A vizsgálóedényt a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra. Az oxigénfejlődést vizsgáló edény

A kísérletet a következőképpen terveztük meg.

Etalonként normál kvarckavics adalékos betont használtunk.

A hematit adalékos betont normál hőmérsékleten és 70°C-os hőfokon tároltunk.

Az egyik mintát bórsav oldattal itattuk át, a pH értéke így csökkent.

A következő eredményre jutottunk. 4. táblázat

Sorszám	Anyagféleség	Kezelési mód	Tapasztalat	pH
1.	Kavicsbeton etalon	70°C	A szín csökkent, de még színes.	12,5
2.	Hematit beton	22–24°C	Erősen csökken szín	12,8
3.	Hematit beton	70°C	Szintelen, a drótháló rozsdás	12,3
4.	Hematit beton	bórsavval kezelt, 70°C	Szintelen, rozsdás foltok	8,9

4. táblázat. A betonok pH értékének változása

Az eredmények egyértelműen azt mutatják, hogy oxigénfejlődés feltételezhető. E jelenség valószínűségét a későbbiekben más módon is ellenőrizni fogom, amikor számszerűsíteni lehet az oxigénfejlődés mértékét.

Az 1%-os bórsavas kezelésnél megfigyelhető volt, hogy a hematit adalékos beton folyadékfelvétele igen nagy. Az oldatot mohón nyelte el.

Ez azt jelenti, hogy azokon a helyeken, ahol bórsav jut a rendszerbe, nagy területeken érvényesül a savanyító hatása.

(A savanyítás szó itt talán nem fedi a valóságot, mert ténylegesen nem tapasztaltunk 7-nél kisebb pH értéket, tehát inkább pH csökkentő hatásról kellene beszélni.)

A jelenség azonban ahogy azt korábban említettem, abból a szempontból lényeges, hogy a nehéz vasbetonok esetében, különösen emelt hőmérsékleteken belső oxigénfejlődés

van, s ha összejönnek az egyéb feltételek, akkor a pH csökkenés is bekövetkezik. Lásd bórsavas kezelés, vagy légköri karbonátosodás.

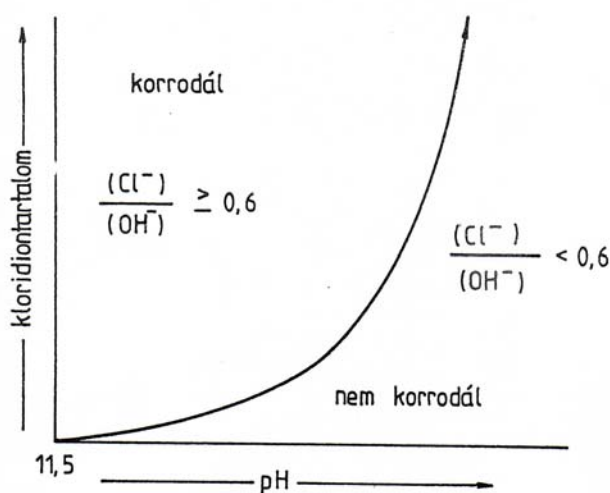
A csökkent pH-jú környezetben az acélbetétek rozsdásodnak, ha a hármass feltétel összeáll, azaz jelen van a nedvesség, az oxigén és a 9 alatti pH.

Meg kell jegyezni, hogy sok egyéb problémát kellene még ennek a jelenségnek a tisztázásához megvizsgálni.

Az egyik legfontosabb ilyen kérdés annak tisztázása, hogy bórsav jelenlétében valóban 9–8,5 pH érték-e a passzivitási határ. Ezt a határértéket a légkarbonátosodás esetére mérték ki. Bebizonyosodott, hogy ezt a különböző jelenlévő ún. rendszeridegen kémiai ionok elég erőteljesen tudják befolyásolni.

Legismertebb, jelentőségénél fogva a kloridion befolyásoló képessége.

A 3. ábrán látható, hogy a kloridion esetében a Cl^-/OH^- ion arányának függvényében ez a határérték meg is szűnik.



3. ábra. A kloridtartalom–pH arány és a passzivitás összefüggése

Ez a befolyásoló szerep más ionok esetében is bebizonyosodott.

Ezért a helyzet tisztázása érdekében ki kellene mérni a borátionok esetében a tényleges korróziós határértéket.

Az előzőekben láttuk, hogy a hematitos nehézbetonok vízfelvétele jelentősebb, mint a kavicsbetonoké.

Nem lehet megállapítani, hogy ez szemszerkezeti, szemalaki, vagy az anyagi tulajdonságoktól függő speciális kérdés, amely a jelenlévő hematitásvány felületaktív energiájából ered.

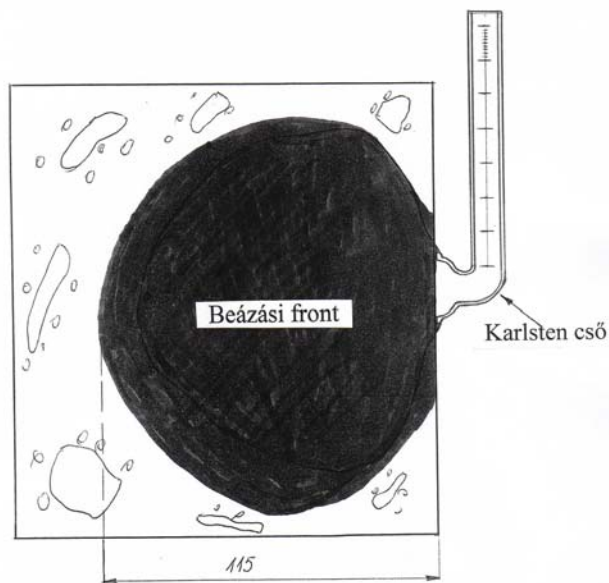
A helyzet jellemzésére az előzőekben ismertetett hematitadalékos összetételű betonkocka próbatestet készítettünk. Mérete 15x15x15 cm.

Az oldalára Carlsten csövet ragasztottunk akrilát műgyantával, amit vízzel töltöttünk fel. Mértük az 1 órás vízbeszívást.

Megállapítottuk, hogy a vízbeszívódás nagymértékű, a teljes vízbeszívás 83 cm³ volt. Ez a szokásos beton próbatestekhez mérten (hasonló tömörségi kategóriában) kb. kétszeres értékűnek ítéltető.

A beszívódás befejeztével a próbakockát elhasítottuk és megvizsgáltuk az átmedvesedés mértékét.

Az átmedvesedés mértékét a 4. ábra szemlélteti.



4. ábra. A hematit beton 24 órás átnedvesedése

Megállapítható, hogy a szerkezet mohón szívta be a nedvességet. A nedvességfront alakja kváziszimmetrikus, tehát ebből következtetni lehet arra, hogy a beszívódás kapilláraktivitás következménye és nem a hidrosztatikus nyomásé, tehát a beton a szokásosnál nagyobb mértékű kapillaritási aktivitást mutat. Ezt a szakirodalom is megerősíti. (Demir, 2006).

Ennek következménye tehát a fokozott átnedvesedés, amiből megállapítható, hogy

- nem lehet vízzáró a beton,
- nem lehet fagyálló a beton.

Amennyiben tehát ilyen követelményeket szabunk a betonnal szemben, úgy pótlólagos védelemmel (szekunder védelem) kell ellátni.

Ez vagy záró műgyanta, festék bevonatot, vagy lap, ill. lemezburkolatot jelent.

Megjegyezni kívánom, hogy a szekunder védelemmel ellátott rendszerek esetében külön tanulmány tárgyát képezi a betonokba zárt extra mennyiségű pára, ill. a védelem mögé kerülő idegen anyag és a beton alapanyagok közötti intenzív kapcsolat.

Különösen fontos ennek nagyobb hőmérsékleti körülmények közötti értelmezése.

Ehhez szükséges rögzíteni, hogy a 20–70°C közötti hőmérsékleti tartományban az általános reakciókinetikai elveket kell figyelembe venni, miszerint a reakciósebességek, ha csak speciálisan valamilyen gátló tényező nem befolyásolja a rendszer működését, exponenciális mértékben gyorsulnak. Ez rendkívül fontos tényező, és vonatkozik ez a cementkötés megbomlására, az acélbetét oxidációjára és az ezekből származó másodlagos reakciótermékek továbbalakulására is.

Ezzel összefüggő fontos kérdés a borátok speciális hatása cementkötésre vonatkozóan. Taylor, 1997. szerint a Zn- és Pb-borátok kötésgátló szerepűek. Ezek a kationok a betonban nyomokban előfordulhatnak. Szerepük abban áll, hogy a mikrorepedések öngyógyulása nem következik be.

5. EGYÉB PROBLÉMÁK

További kérdéseket vet fel a megváltozott beton védelmi képességének változása.

Ez változhat azért egyrészt, mert a szövetszerkezet a korrózió és az ezzel járó eluáció folytán ritkul (γ sugár gátlás gyengülése), másrészt pedig a neutron besugárzás hatására a

benne lévő ionok aktiválódhatnak. Naus, 1990 szerint a neutronfluencia egy adott szerkezeten az 5. táblázat adatai szerint változhat. (Zsotan Bt., 2007).

Expozíciós paraméter	Becsült effektív üzemidő		
	32 év	48 év	64 év
Neutronfluencia n/cm^2			
Lassú neutronok $E < 1,0 \text{ MeV}$	$2,0 \times 10^{19}$	$3,0 \times 10^{19}$	$4,0 \times 10^{19}$
Gyors neutronok $E > 1,0 \text{ MeV}$	$1,0 \times 10^{18}$	$1,5 \times 10^{18}$	$2,0 \times 10^{18}$
Integrált γ dózis Gy	$4,7 \times 10^{17}$	$7,0 \times 10^{17}$	$9,3 \times 10^{17}$

5. táblázat. Neutronfluencia változások a tényleges üzemidő alatt

Az értékek nagyságát persze nehéz értelmezni. Lényeges, hogy azokon a részeken, ahol erőteljes a neutronsugárzás, aktiválódhat a szerkezet, ami másodlagos γ sugárzással járhat.

6. MEGÁLLAPÍTÁSOK

A nehézbetonokat többféle célra alkalmazzák. Legfontosabb a nukleáris ipari alkalmazási terület.

A nehézbetonok önmagukban anyagtanilag tartósnak mondhatók.

Ha az alkalmazási körülményeket is figyelembe vesszük, akkor viszont több veszélyeztető tényezőt is találunk a következők szerint:

- Általában nagyobb hőmérsékleteken működnek, mint a szokványos szerkezetek, ami a korróziós hatásokat felgyorsítja.
- A barit betonok esetén szulfátálló cement szükséges, mert a barit bárium-szulfát, aminek az oldhatósága ugyan kicsi, de nem ismert ez kombinált korróziós közegekben (bórsavas közeg).
- A hematit kémiaiilag normál hőmérsékleten stabil, de az alkalmazott kereskedelmi minőségben vasoxid keverékek találhatóak, amelyek stabilitása különböző.
- A hematit és az egyéb oxidok 70°C körüli hőmérsékleten (ezt jelölik meg megengedett maximális hőmérsékletnek) már kismértékben elbomlanak.
- A bomlást elősegítheti a kis pH-jú bórsavas környezet.
- A bomlás szabad oxigént szolgáltat, ami a kis pH érték és a jelenlévő nedvesség mellett belső oxidációs forrásul szolgál. Így az acélbetét korróziója jól fedett helyeken is létrejöhet.

Egyéb tényezőként megállapítható, hogy a hematitbeton vízfelvétele általában jelentősebb a normál adalékos betonokénál.

Hivatkozások

- Balázs, Gy.–Tóth, E.: Beton- és vasbeton szerkezetek diagnosztikája I. Műegyetemi Kiadó 1997.
- Budai, T.: Beton, mint biológiai védelem. Magyar Építőipar 9. sz. 1977 Budapest.
- Davis: Schwebbeton im Reaktorbau. Zement-Kalk-Gips pp. 295.
- Demir–Keles: Radiation, transmission of Concrete including boron waste for 59 and 81kV γ rays, Elsevier, NIMB jelentés Physics Research B245 (2006).
- Draft: NUREG-1801. Rev. 1. Vol 1–2 Generic Aging Lesson Learned (GALL) Report Summary. 2005.
- Erdei, L.: Bevezetés a kémiai analízisbe. 1962 Egyetemi Tankönyv.
- Gmelin: Handbuch der Anorganischen Chemie Ergänzungsband 8. kiadás Heidelberg, 1954.
- Kovács, B.: ÉMI jelentés 2005, 2006.
- Kovács, K.: Környezetünk savanyodása. Konferenciaanyag, 1983, Sopron.
- Morioka at. Irradiation and penetration of boron-doped low aviation concrete using 2,45 and 14 MeV neutron sourced. Journal of Nuclear Materials, 2004 pp. 1619–1623.
- Nausetal: Management of the Aging of Critical Safety Related Concrete Structures in Light Water Reaktor Plants. Conf. 9010185-3 DE 91 001632 (1990)
- Omikron Kft.: Vizes bórsavoldattal érintkező betonok korróziós vizsgálata. Kutatási jelentés 1993.
- Scherbyna–Urusov: Concrete waterproofing in nuclear industry. Russian Federal Nuclear Center, Snezhinsk, 2006.
- Taylor, H.: Cement Chemistry, Thomas Telford, Aberdeen 2 Edition, 1997.
- Tihanyi, L.: Betonok sugárvédelmi méretezése. Mélyépítéstudományi Szemle, 1979. 4. sz.
- Tompa, A.: A környezeti ártalmak és a daganatos betegségek megelőzése. Magyar Tudomány 2003/11. pp. 1413.
- Wikipédia. Röntgensugárzás 2008. 05. 06.
- Zsotan Bt.: Betonszerkezetek biológiai védelmi funkciójának változása a neutron, ill. γ besugárzás hatására, 2007.