



A BETONKORRÓZIÓ ÉS A SZULFÁTÁLLÓ BETONOK ALKALMAZÁSI TERÜLETEI

TDK DOLGOZAT

Készítette:

KOVÁCS SZABINA

építésmérnök hallgató

SZIE-YMÉK

Konzulens:

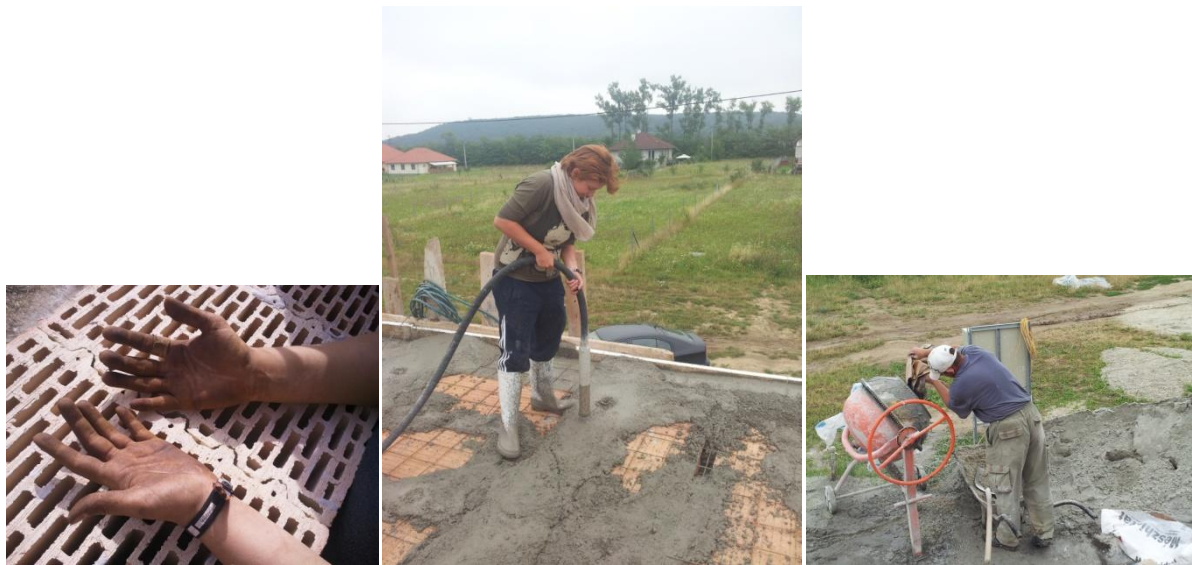
SUGÁR VIKTÓRIA

SZIE-YMÉK

Műszaki Alaptárgyi Tanszék

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	3.
2. A BETON TÖRTÉNELME – HOGYAN IS KEZDŐDÖTT?	4.
3. A BETONRÓL ÉS A KORRÓZIÓRÓL	8.
3.1 A KORRÓZIÓ	8.
3.1.1 A KORRÓZIÓ MEGHATÁROZÁSA	
3.1.2 FÉMEK	
3.1.3. FA	
4. A BETON KORRÓZIÓVÉDELME	11.
4.1.1 TARTÓS–E A BETON?	
4.1.2. A BETON KÁROSODÁS OKAI	
4.1.2.1. A BELSŐ BETONKORRÓZIÓ	
4.1.2.2. A KÜLSŐ BETONKORRÓZIÓ	
4.2.2. A BETONFELÜLET SZENNYEZŐDÉSEI ÉS A TISZTÍTÁS MÓDSZEREI	
4.2.1. A BETON KORRÓZIÓ ELLENI VÉDELME	
4.3. A BETON SZULFÁTKORRÓZIÓJA	17.
4.3.1. MIÉRT FONTOS A SZULFÁTKORRÓZIÓVAL FOGLALKOZNI?	
4.3.2. RÖVIDEN A SZULFÁTOKRÓL	
4.3.3. A SZULFÁT OKOZTA KORRÓZIÓ KIALAKULÁSA ÉS HATÁSA	
4.3.4. A SZULFÁT OKOZTA KORRÓZIÓ ELLENI VÉDELEM	
4.3.5. A SZULFÁTÁLLÓ CEMENT ALKAMAZÁSÁNAK ELŐNYEI	
4.3.6. A SZULFÁTÁLLÓ CEMENT ALKAMAZÁSÁNAK CSOPORTOSÍTÁSA:	
4.3.7. PÉLDÁK SZULFÁTÁLLÓ CEMENT ALKAMAZÁSÁRA	
4.3.8. A SZULFÁTÁLLÓ CEMENT ALKALMAZÁSÁNAK BETONTECHNOLÓGIAI VONATKOZÁSAI	
5. 5. ÖSSZEFOGLALÁS	32.
A MODERN BETON	33.
6. IRODALOMJEGYZÉK	34.



1. ábra: Saját fotók - nyári gyakorlat

1. BEVEZETÉS

Kb. Kr.e. 3000-ben Kínában a Nagy Fal építésekor cementszerű anyagot használtak, tehát már több ezer éve léteznek a beton különböző fajtái.

Azonban magáról a beton korrózió elleni védelméről már nem beszélhetünk évezredes távlatból. Ezzel szemben az anyag - főleg a mai környezeti viszonyok között - rengeteg hatásnak van kitéve. Ezért is választottam ezt a témát, hogy feltárhassam a korróziók különböző fajtáit, azon belül részletesen a szulfátkorróziót és ennek kivédésére alkalmas technológiákat.

Emellett saját tapasztalataim is vannak (1. ábra), a gyakorlatom során sikerült közelebbről megismerkednem a beton mindennapi használatával egy családi ház építkezésén, ahol nem csak nézelődtem, de a munkában is nagy segítség voltam.

2. A BETON TÖRTÉNELME – HOGYAN IS KEZDŐDÖTT?

Kr. e. 3000 körül Egyiptomban a piramisokhoz szalmával kevert sarat, gipsz-, ill. mészhabarcot használtak a téglák összekötéséhez. Ugyanekkor Kínában már a Nagy Fal (2. ábra) építésékor cementszerű anyagot használtak.

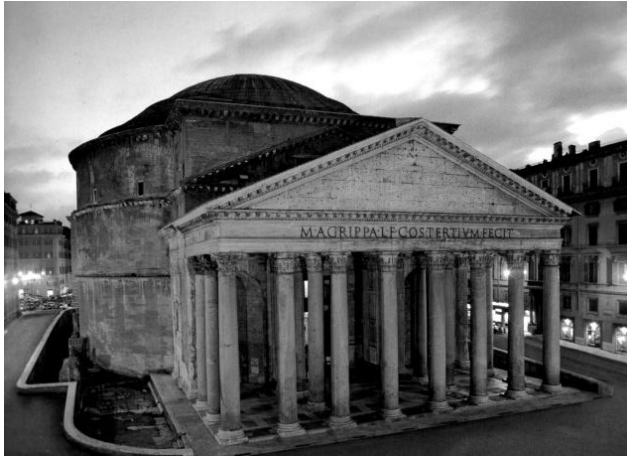


2. ábra: Kínai nagyfal [1.]

Kr. e. 800-ban a görögöknél, Krétán és Cipruson olyan mészből kevert habarcs volt elterjedve, ami keményebb volt, mint később a rómaiaké.

Kr. e. 299 – Kr. u. 476 - Római utak (hossza 8500 km) Pozzolanai cement felhasználásával készültek, melynek összetétele a következő volt: téglazúzalék, mész, téglapor, vagy vulkáni hamu, más néven „rózsaszín homok”. Ezt római cementnek is nevezik, és azért használhatták kötőanyagnak a rómaiak laikusként is, mert a cementpor egy Vezúv melletti bányából fejtve eredetileg is tartalmazott alumínium, és szilícium ásványokat úgy, mint a mai mesterségesen előállított cementpor is.

Római cementet használtak még az utak mellett többek között a fürdők, a Bazilika, a Colosseum, a Pantheon és vízvezetékek építésére is (3., 4. ábra). A Pantheon egy nagyon konstruktív betonozási technológiával épült, mert a kupola alja/széle vastag normál betonból készült, és a közepe felé haladva egyre vékonyodik a szerkezet, és egyre kisebb sűrűségű betont is alkalmaztak, a kedvezőbb terhelés, ellenállás szerint.



3. ábra: Pantheon [9.]



4. ábra: Colosseum [10.]

Kr. u. 27-ben Pollio Vitruvius építészeti könyvében a beton tulajdonságait is tárgyalja. (A könyvet 1414-ben, egy svájci kolostorban találják meg.)

Kr. u. 65-ben Néró betont használ Róma újjáépítésére.

A középkorban nem folytatódott, ami az ókorban elkezdődött, hanem ahogy az szinte minden, ez a technológia is a sötétség homályába süllyedt. Az előbb említett könyvvel fedezik fel ismét a betonban rejlő lehetőségeket

1499 Párizs: Fra Giocondo pozzolani habarcsot használ a Notre Dame oszlop kapcsolatainál.

1678-ban Josef Moxon írt az égetett mész hidratációja során jelentkező hő fejlődéséről.

1779 - Bry Higgins szabadalma: hidratált cement (stukkó) külső vakolat használatára; egy év múlva publikálta tapasztalatait: "Experiments and Observations Made With the View of Improving the Art of Composing and Applying Calcareous Cements and of Preparing Quicklime".

1793-ban John Smeaton megfigyelte, hogy agyagot tartalmazó mészkő égetésekor keletkező mész víz alatt szilárdul. Korábban azt is megfigyelte, hogy meszet más anyagokkal kombinálva sokkal szilárdabb anyagot kap. Ezen ismereteire hagyatkozva újjáépítette az 1756-ban épült Cornwall-i világítótornyot Eddystone-ban.

1800 - A West Indian Dokk, egy brit kikötő építésénél használtak először nagy tömegben betont William Jessop tervei alapján.

1812-1816 között épült Franciaországban a Souillac-i híd, az első betonhíd. Ennek a hídnak az építése során semmiféle vasalást nem használtak. Ezek az építmények ma is állnak.

1822-ig több próbálkozás, és szabadalom is született elsősorban angolok, franciák, amerikaiak részéről többféle cementről, mészről, betonról. Ezek többé-kevésbé ugyanarról szólnak: felfedezték, hogy agyagot és meszet keverve, azt kiégetve, víz alatt kötő építőanyagot találtak. Ezt egymástól függetlenül is, vagy egymással párhuzamosan felfedezték, és sok szabadalom is született ezekből.

Lássuk ezeket a találmányokat felsorolás szinten, a felfedezésüket néhány szóban megemlítve:

James Parker – Parker cement vagy római cement (1820-as évek)

Edgar Dobbs – habarcs, gipsz

Louis Vicat – mesterségesen keverte a meszet agyaggal

Canvass White – természetes cement (1818)

Maurice St. Leger – víz alatt kötő természetes cement

Ralph Dodd – kovácsolt vas rudakat tett a betonba

John Tickell – víz alatt kötő cement

Abraham Chambers – cement

James Frost – mesterséges brit cement (19.sz. vége)

A beton tehát egy több ezer éves történelmi múltra visszatekintő építőanyag, mely ma a világ a legnagyobb mennyiségben felhasznált, mesterségesen előállított anyaga. Évente összesen kb. 11 milliárd tonna beton kerül beépítésre belőle.

Az építőanyag elnevezése még a római korból származik: a latin concretus szóból (jelentése: összekevert) ered az angol név: concrete. [1.]

Az évszázadok során a technológia többször feledésbe merült, majd újra feltűnt az építészetben. Minden kor hozzáadta a saját újításait, de olyan nagy népszerűsége még sosem volt az anyagnak, mint napjainkban. Ennek több oka is van: az építészet fejlődése, az új, még sosem alkalmazott formák keresése, a számítógépes modellezés mind hozzájárul a beton iránti megnövekedett igényhez. A térben többször hajlított, csavart, perforált, karcsú felületek nemcsak a szerkezettervezőknek adják fel a leckét, hanem megkövetelik a kivitelezéshez közvetlenül

kapcsolódó anyagtan fejlődését is, hiszen ezeknek a futurisztikus formák elkészítéséhez mindig egy-egy anyagtudományi, szerkezettervezési innováció adja az alapot. [5.]

A beton így korunk egyik legfontosabb építőanyaga, és az előrejelzések szerint az elkövetkezendő években is az marad.



5. ábra: Pont du Diale - R. Riciotti - a szálerősített betonból készült híd [5.]

3. A BETONRÓL ÉS A KORRÓZIÓRÓL

Az elmúlt évszázad jellemző, mondhatni korszakalkotó építőanyaga a beton, amelynek építőipari felhasználása jelenleg is töretlen. A beton fő alkotóanyagait tekintve adalékanyagokból (általában homokos kavics), kötőanyagból (jellemzően cement), vízből (kötött- és kötetlen vízből) és nem utolsósorban levegőből (közbezárt pórusok) áll. Szakszerűen megfogalmazva: „a beton voltaképpen egy négyfázisú, heterogén, durva diszperz rendszer, amely friss állapotában inkoherens, durva szuszpenzió (szilárd részek folyékony közegben), megszilárdult állapotában pedig koherens, kvázi-viszkózus fázissal (cementkő) és rugalmas fázissal (adalékanyag) rendelkező viszkoelasztikus anyag” [16.]. Esetleg felhasználhatóak még különböző adalékszerek (pl: kötésslassító) és kiegészítő anyagok (pl: szilikapor) – ezek ismertetésére a dolgozatom keretei nem adnak lehetőséget.

A beton tulajdonságai nagy részben a cementkő és az adalékanyag minőségétől, ezen részek tömegarányától, továbbá a víz-cement tényezőtől függ. A beton- és vasbeton szerkezetek élettartamuk folyamán környezetükkel aktív kapcsolatban állnak; ez idő alatt pedig számos fizikai és korrozív vegyi hatás éri, érheti ezeket a szerkezeteket, amely hatások során bizonyos károsodást szenvednek. Ezek káros hatások általában előre ismerhetőek, ezáltal az ezek elleni védelem előre tervezhető. A környezeti hatások messzemenő figyelembe vételével a károsodás jelentős mértékben csökkenthető, illetve kiküszöbölhető.

3.1 A KORRÓZIÓ

3.1.1 A korrózió meghatározása

A korróziót az anyagok azon elértéktelenedésének tartjuk, amely kémiai vagy elektrokémiai reakció révén következik be, amikor azokat az időjárás, a nedvesség, a környezetben lévő vegyi anyagok, vagy más közeg hatásának tesszük ki.

A korrózió kifejezéssel először 19. század közepén találkozunk, és egészen az utóbbi néhány évtizedig kizárólag a fémek tönkremenetelét jelentette. Időközben nyilvánvaló lett, hogy a nem fém szerkezeti anyagok, pl: a beton, vagy a műanyag is korrodálódhatnak. [4.]

Mind fémeket, de ezek közül is elsőként az acélt, mind a betont széleskörűen használják építési célokra.

Igaz, hogy jelen dolgozat fő témája a betonkorrózió, de fontosnak tartom megemlíteni emellett néhány egyéb anyag viselkedését, mert nem csak a betonnál, hanem más anyagoknál nagy károkat tudnak okozni a korrózió különböző fajtái.

3.1.2 Fémek

A korrózió a természetben önmagától végbemenő folyamat, a fémek visszaalakulnak olyan vegyületekké, oxidokká, sókká stb., mint amilyen alakban a természetben előfordulnak, és amilyenből azokat energia-befektetéssel előállítottunk. A korrózió felfogható úgy is, mint a kohászat fordított folyamata. Fémek korróziójakor az elsődleges termékek nemfémes jellegűek, tehát megszűnik a fémes állapot, a fém elveszti a felhasználás szempontjából kedvező eredeti tulajdonságait. Tehát igen a fémek korróziója bonyolultabb, de ismerete kiemelkedő fontosságú, tekintve az igen széleskörű felhasználásukat, főleg az acél esetében. A fémek tisztított állapotukban kémiaiilag instabilak, s ez eredményezi a korróziót. A szabadenergia minimumra való törekvés a finomított fémeket a természetben történő előfordulásuk formájába igyekszik visszajuttatni. Ha a rozsdát (6.-7. ábra) elemezzük, akkor azt találjuk, hogy az valójában vasoxid. Ha a kibányászott vasércet elemezzük, akkor arról is azt fogjuk megállapítani, hogy az is vasoxid! A korrózió tehát az ember által végzett fémgyártásnak a természeti erők révén megfordított, ellentétes irányú folyamata.

A korrózió megjelenési formáin a fém anyagában okozott elváltozások fajtáit értjük: Ezeket az alábbi főbb csoportokba soroljuk:

- egyenletes korrózió
- lyukkorrózió
- kristályszerkezeti korrózió
- korróziós kifáradás
- egyéb korrózió fajták (hólyagosodás, lemezes, szálas-filiform-korrózió) [2.]



5-7. ábra: Példák a fém korrózióra [7.]

3.1.3. Fa

A fa hibák legnagyobb része a fa növekedése alatt keletkezik, kisebb részük a kitermelés, szállítás és bedolgozás közben. A törzs alaki hibái a fűrészáruban ferdeszálúságot, okoznak és ezzel rontják a mechanikai tulajdonságokat, csökkentik a kitermelhető fűrészáru mennyiségét. Fajtái a görbe növény, a gyökérkinövések okozta bodros növény, a törzs aljának rendellenes megvastagodása, és a sudarlósság, azaz a törzs keresztmetszetének túlzott mérvű csökkenése a csúcs felé. A faanyag szerkezeti hibái megbontják a faanyag egységét, rontják a mechanikai tulajdonságokat, és megnehezítik a megmunkálást. Egy-két fajtája: az évgűrű eltorzulása, rovarrágás, hullámos és fodros növény, göcs...stb.

A beépített faanyag károsítói: Országsszerte valamennyi leromlott állapotú épületünk beépített faanyaga ki van téve az átnedvesedés veszélyének, hiszen a tönkrement tetőhéjazat vagy az elavult épületgépészeti vezetékek és szerelvények, valamint a megrongálódott vízszigetelések okozzák a faszerkezetek tartós átnedvesedését (7.-8. ábra). A faszerkezetek jellemző károsítói a farontó gombák és a farontó rovarok.

A faanyagvédelem komplex feladat, amely a rovarok, a gombák és a tűz elleni védelemből tevődik össze. A faanyagvédelem lehet:

- megelőző és
- megszüntető védelem [2.]



8-9. ábra: Példák a fa károsodására [7.]

4. A BETON KORRÓZIÓVÉDELME

4.1.1 Tartós-e a beton ?

A vasbeton, korunk legjelentősebb építőanyaga magas műszaki, és gazdasági követelmények teljesítésére képes. Ezért sokoldalúan, nagy tömegben alkalmazzák építőanyagként. A beton hosszú időn át a külső hatások ellen korlátlan ellenálló képességű anyagnak tartották. Az előírászerűen készített vasbeton valóban hosszú élettartamú és nehezen elpusztítható. A beton erős lúgos kémhatásra (kb. pH 13) megfelelő védelmet biztosít a betonacél korrózióvédelméhez. Persze technológiai hibák, a hiányos betonfedés, a túlterhelés és külső hatások igen komoly betonkárosodásokat okozhatnak. [4.]

A betonkárosodásnak, betonkorrózióknak számos fajtája ismert, amelyeket a legkülönbözőbb hatások idéznek elő, és amelyek a legkülönbözőbb módokon jelentkezhetnek. Gyakori jelenség, hogy egy szerkezeten többféle károsodás is mutatkozik, valamint, hogy a hatások összeadódva egy komplex problémaként jelentkeznek. (Okozók sokfélék: pl.: sokszor csak az általános avulás és a karbantartási feladatok elvégzésének elmulasztása miatt, néha tervezési hiányosságok miatt, máskor megváltozott talajviszonyok következtében jön létre). Ezek a problémák két csoportba sorolhatók: külső és belső korrózió.

4.1.2. A beton károsodás okai

Ahogy már említettem, a beton korróziója alatt a külső vagy belső, kémiai, fizikai-kémiai, ill. biológiai hatásokra bekövetkező károsodását értjük. Természetesen a kivitelezés hiányosságaiból is adódhat a beton sérülése (túl vékony betonréteg, a vasalat korróziója, stb.).

4.1.2.1. A belső betonkorrózió

Független a környezeti hatásoktól. Okozói:

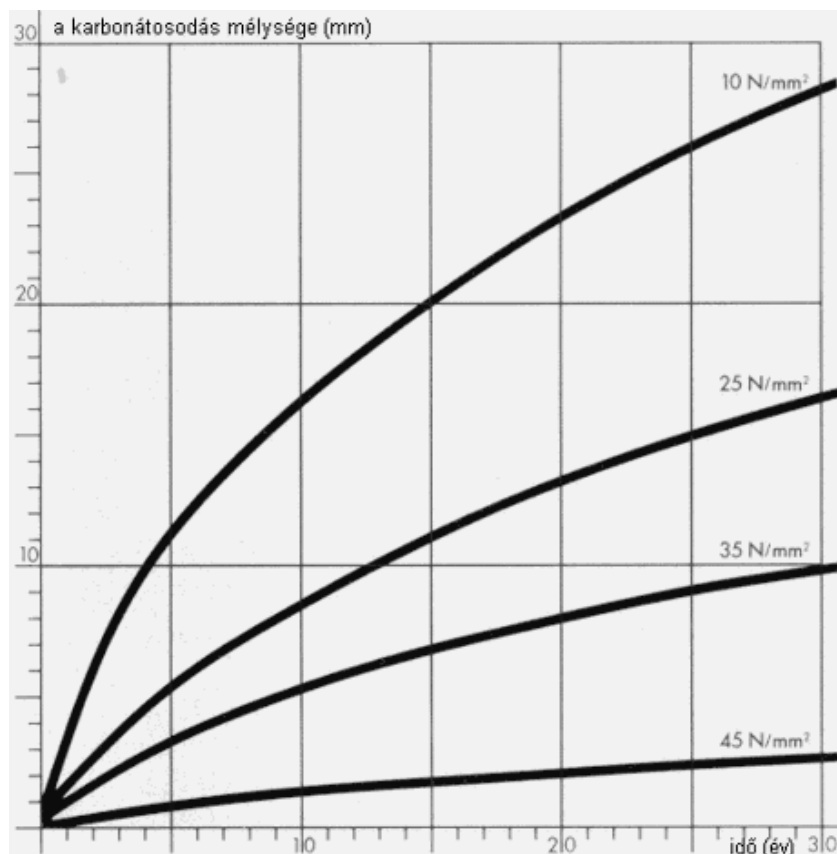
- a cement és az adalékanyag, azaz a cement alkália tartalma (Na_2O , K_2O) és bizonyos adalékanyagok közti reakció (alkáli-adalék reakció),
- az instabil cementkő átkristályosodása (pl. bauxitcement)
- a cementkő és az adalékszerek (például kloridok) egymásra hatása

4.1.2.2. A külső betonkorrózió

A külső betonkorrózió a betonra kívülről ható anyagok, elektromos áram, vagy biológiai hatások okozta károsodás. A külső károsodás mértéke a beton alkotóitól, a beton szerkezetétől (tömörség, póruseloszlás stb.), az agresszív közegtől, hatásmódjától, intenzitásától és a környezeti tényezőktől (hőmérséklet stb.) függ.

A károsodás mértéke és megjelenési formája a kiváló októl és az előrehaladottság fokától függ. Emellett a betonoknak a környezeti hatásoknak is meg kell felelniük. A környezeti hatások és károsodások a következők lehetnek:

- kloridok által okozott korrózió: amikor a vasbeton vagy más beágyazott fémet tartalmazó beton klorid tartalmú vízzel érintkezik, beleértve a jégolvasztó sózást
- tengervízből származó klorid okozta korrózió: amikor a vasbeton vagy más beágyazott fémet tartalmazó beton tengervízből származó kloridnak vagy tengervízből származó só tartalmú levegőnek van kitéve
- fagyás/olvadás okozta korrózió jégolvasztó anyaggal vagy anélkül: amikor a beton a fagyási/olvadási ciklusok által okozott jelentős igénybevételnek van kitéve nedves állapotban, esetleg jégolvasztó anyaggal együtt
- kémiai korrózió: amikor a beton ki van téve a természetes talajból és talajvízből származó anyagok kémiai korróziójának
- koptatóhatás okozta károsodás: amikor a beton csiszoló, csúszó, gördülő, súrlódó igénybevételnek, ütésnek vagy vízáramlás által mozgatott hordalék koptató hatásának van kitéve
- igénybevétel víznyomás hatására: amikor a beton ki van téve víznyomás hatásának
- karbonátosodás okozta korrózió: ahol a vasalást vagy más beágyazott fémet tartalmazó beton ki van téve levegőnek és nedvességnek. A szén-dioxid természetes betonba jutása révén a beton szabad mésztartalma kalcium-karbonáttá alakul át, ami az erős lúgosság, s ezzel a korrózióvédő hatás megszűnését eredményezi. A karbonátosodás mélyülése nagymértékben függ a beton minőségétől és az időtől. Túl vékony betonfedés, vagy gyenge betonminőség esetén az úgynevezett karbonátosodási front viszonylag rövid idő alatt eléri a betonacél mélységét. Ekkor oxigén és nedvesség jelenlétében megindul a betonacél korróziója és a képződő rozsda lefeszíti a betonfedést (10. ábra).



10. ábra: A karbonátosodás mélyülése a betonminőség és az idő függvényében [4.]

A betonra kívülről ható vegyi anyagok által okozott korróziót kémiai korrózióknak nevezik. A korróziót okozó vegyületek hatása alapján négy korrózió típust különböztetnek meg: a lágyvizek és a sóoldatok, a savak, a lúgok, **a szulfátok**, valamint a szerves vegyületek által okozott korrózió. [3.]

- A sóoldatok közül a talajvizeinkben található magnéziumsók általában veszélyesek a betonra. A főleg ipari szennyvizekben, trágyalében, műtrágyában, gázgyárában előforduló ammóniumsók veszélyesebbek a magnéziumsóknál.
- A betont a szervetlen és szerves savak egyformán megtámadják és tönkreteszik. Betonkorróziót okozó leggyakoribb szervetlen savak a kénsav, sósav, salétromsav, szerves savak pedig ecetsav, tejsav, hangyasav (11-12-13. ábra). Ugyancsak károsodást okoz a szénsav, (H_2CO_3)

- A lúgok korróziós hatása jóval kisebb mértékű a savakénál. A kis koncentrációjú lúgos oldatok nem károsak, maximum az olyan erős lúgoldat ártalmas, mint pl a tömény NaOH-oldat.
- A **szulfátok** okozta jelentős térfogat-növekedés roncsoló hatást fejt ki a már megszilárdult betonban. Az ipari szennyvizekben főleg az ammóniumsulfát $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; a rézszulfát CuSO_4 ; a cinkszulfát ZnSO_4 ; az alumíniumsulfát $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$; és a vassulfát fordul elő.
- A szerves vegyületek közül a lenolaj, ricinusolaj, vaj, állati zsírok károsan hatnak a betonra. Az ásványi olajok, zsírok (pl: kenőolajok), akkor károsak, ha a beton porózus és így átítatják. [3.]



11-12-13. ábra: Példa a beton korrózióra [7.]

4.2.1. A BETONFELÜLET SZENNYEZŐDÉSEI ÉS A TISZTÍTÁS MÓDSZEREI

A betonfelületek szennyeződéseit a levegőben lévő szennyező anyagok (az ipari üzemek égéstermékei, a lakások fűtésénél keletkező égéstermékek, a járművek által kibocsátott széndioxid) valamint a különböző mikroorganizmusok (a baktériumok, gombák, algák, zuzmók és mohák) okozzák.

A mikroorganizmusok megtelepedését elősegíti a betonfelületek karbonátosodása, a nedvesség, a 25-40 °C hőmérséklet és a fény. A szennyeződések kialakulásában szerepe van a szélnek és az esőnek, valamint a felület kialakításának.

A felületek tisztításának módszerei a vizes eljárások (14. ábra), amelyek során vízzel, nyomás alatti vízzel, meleg vízzel illetve gőzzel tisztítják meg a felületet, illetve a száraz eljárások, a csiszolás és a homokfúvás.

A korróziós problémák csökkenthetők, vagy kiküszöbölhetők még a tervezés fázisában történő jó műszaki megoldások alkalmazásával, vagy jó karbantartási módszerekkel azt követően, hogy a létesítményt üzembe helyezték. [3.]



14. ábra: A beton tisztítása vízszugárral [6.]

4.2.2. A BETON KORRÓZIÓ ELLENI VÉDELME

Alapelvei, megoldásai

A korrozív hatások elleni védekezésnek több módja ismert. Ezek alapvetően két csoportra oszthatók: passzív és aktív védelemre. Passzív védelem esetén a szerkezet saját anyagát „készítjük fel” úgymond a támadó hatások ellen (primer) vagy egy másik szerkezeti réteget építünk a védendő szerkezet és az agresszív közeg közé, mely biztosítja a védett oldal korrózióval szembeni biztonságát (szekunder). Aktív az a védelem, amikor valamilyen tervezett, kívülről működtetett és szabályozott módon (rendszerrel) elvezetjük vagy közömbösítjük a támadó hatásokat

Tehát passzív védelem biztosítható:

Primer védelem alkalmazása esetén

A primer védelem a szerkezet készítéséhez kapcsolódik, és minden olyan összetételi, kiviteli és technológiai előírást tartalmaz, amely a korrózióállóságot növelheti. Primer védelem alkalmazása szükséges gyengén agresszív környezetben.

A beton korrózióállósága primer védelemmel az alábbiak betartásával valósítható meg:

- a cementfajta megfelelő megválasztása. Általában a kohósalak és pernyetartalmú cementek korrózióállósága jobb. **Szulfátkorrózió esetén szulfátálló cementet kell alkalmazni;**
- a betonszilárdság növelése, a porozitás csökkentése képlékenyítő szerekkel;
- a beton vízzáróságának növelése;
- a szerkezet vastagságának a növelése;
- a beton maximális légpórus tartalmának előírása;
- enyhén túltelített betonok alkalmazása (jobb bedolgozhatóság, kis v/c, kis porozitás).

Szekunder védelem alkalmazása esetén

- vízhatlanságot nem biztosító felületi réteg kialakítása: felületkezelés, gázkezelés;
- az impregnálás;
- a vízhatlanságot biztosító védőréteg kialakítása: festékbevonat, vastagbevonat, korrózióálló burkolat, hézagmentes burkolat. [3.]

4.3. A BETON SZULFÁTKORRÓZIÓJA

4.3.1. MIÉRT FONTOS A SZULFÁTKORRÓZIÓVAL FOGLALKOZNI?

A cement az építőipar számára az egyik legfontosabb alapanyag. A belőle készült beton napjainkban a világ leggyakrabban, legszélesebb körben alkalmazott építőanyaga. A széleskörű felhasználásából adódóan sokszor különleges cementtípusokra van szükség, hogy a fellépő környezeti hatásoknak, korrózióknak a betonszerkezet ellen tudjon állni (primer védelemmel).

Az egyik ilyen korróziót okozó anyag a szulfát. A szulfát egy sója kénsavat tartalmaz, ezek többsége igen jól oldódik vízben. Az esővíz így könnyen szállítja, bemosódik a talajba, valamint a talajvíz segítségével képes mozogni. Szulfátok széles körben megtalálhatóak a természetes környezetben, ezen kívül az ipari tevékenység során képződik nagy mennyiségben. (15. ábra)

A beton korróziója témakörén belül erre az alpontra külön azért szeretnék kitérni és bemutatni magát a szulfátot és a szulfátkorróziót, mert a még nem teljesen elterjedt szulfátálló cement alkalmazásával többek között időállóbbá tehetjük azokat az épületeinket, amik ki vannak téve szulfát támadásnak. Az ilyen hatásnak kitett építményeink élettartamára általában nem figyelünk oda eléggé a tervezés ideje alatt, pedig az érintett funkciók (élelmiszeripar, állattartás...) szempontjából nagyon fontos a megfelelő karbantartás.



15. ábra: Példa a szulfát támadásra vizes környezetben [7.]

4.3.2. RÖVIDEN A SZULFÁTOKRÓL

Szulfát (SO_4^{2-}) megtalálható szinte minden természetes vízben. A legtöbb szulfátvegyület a szulfit érc oxidációja során képződik, valamint jelen van például az ipari hulladékokban.

A szulfát az eső egyik fő oldott komponense. Ha az ivóvízben magas koncentrációban van jelen kalciummal és magnéziummal (a két vegyület a víz keménységének két meghatározó eleme) együtt, hashajtó hatású. Egyes baktériumok a szulfátokból hidrogén-szulfidot (H_2S) képeznek, ezzel csökkentve a víz szulfáttartalmát.

Egyes talajok és kőzetek szulfát ásványokat tartalmaznak. A különböző kőzetek mállása során kerül a talajvízbe. Jelentős szulfát tartalmú ásványok: nátrium-szulfátot (glaubersó), magnézium-szulfát (keserűsó), és kalcium-szulfát (gipsz) (16-17-18. ábra). [1.]



16. ábra: Nátrium-szulfát [1.]



17. ábra: Magnézium-szulfát [1.]



18. ábra: Kalcium-szulfát [1.]

Az előbb említett szulfát vegyületekkel gyakran találkozunk az építőiparban. Szulfátok széles körben megtalálhatóak a természetes környezetben, ezen kívül az ipari tevékenység (például: szennyvíztározókban, disznótelepeken) során képződik nagy mennyiségben.

Szulfát kémiaiilag: A szervetlen kémiában a szulfátok szulfátiont (SO_4^{2-}) tartalmazó vegyületek, a kénsav sói. A szulfátion egy kénatomból, és négy oxigénatomból épül fel, melyek a központi kénatom körül szabályos tetraédert formálva helyezkednek el. Az alkálifém-szulfátok vízben oldhatók. A kalcium-szulfát és az ezüst-szulfát nehezen oldódik, a stroncium-szulfát, a bárium-szulfát, a higany-szulfát és az ólom-szulfát gyakorlatilag nem oldódik vízben.

A hidroszulfátiont tartalmazó vegyületeket savanyú szulfátoknak is nevezzük, mivel oldatuk kémhatása savas. Savanyú szulfát például a nátrium-hidrogén-szulfát.

Hevítés hatására, magasabb hőmérsékleten bomlanak, ekkor fém-oxid, víz, és kén-oxid (kén-dioxid vagy kén-trioxid) keletkezik.

Néhány vízben oldódó szulfát régies, köznapi neve gálic, például CuSO_4 : rézgálic vagy kékgálic, ZnSO_4 : fehérgálic.

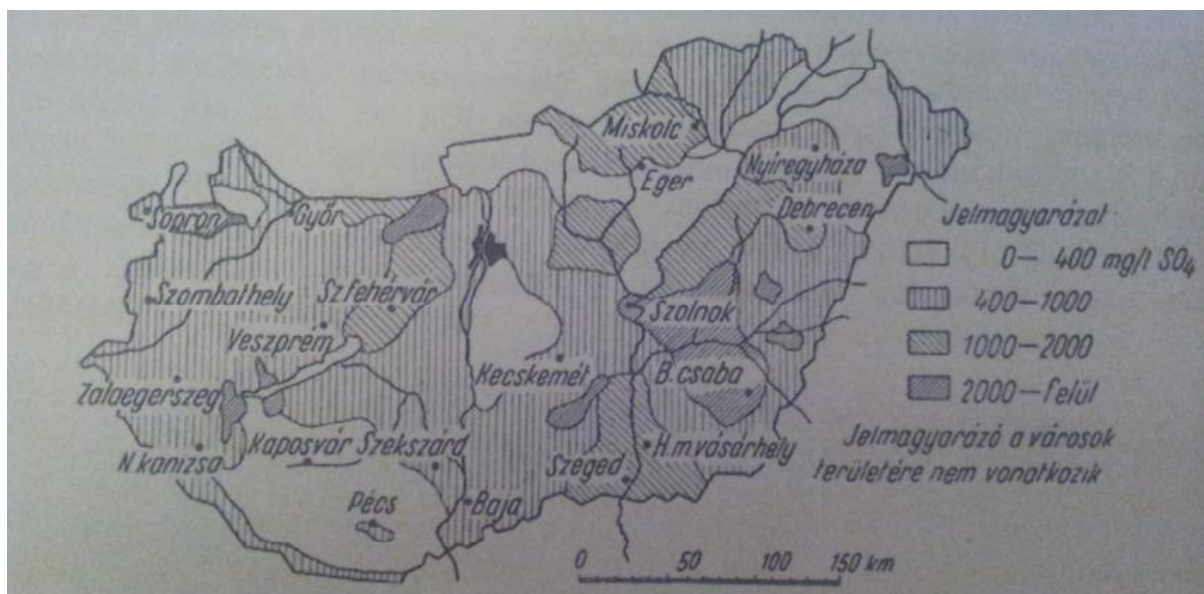
4.3.2.1 RÖVIDEN A SZULFÁTÁLLÓ CEMENT TÖRTÉNELMÉRŐL

Közismert tény, hogy hazánkban a talajvizek szulfáttartalma jelentős, a mérések nem egy esetben kiugróan magas értéket mutatnak. Egy kimutatás megállapítása szerint „talajvizeink mintegy 90%-a mérsékelten, vagy nagymértékben agresszív kémiai környezetet jelent a beton számára”. Ez különösen a talajban kerülő építmények és épületszerkezetek szempontjából lényeges (csatornavezetékek, aknák, alagutak...stb.), de jelentősége lehet a falak felázásánál is. A teljesség kedvéért megjegyzem: szulfáthatás üzemi körülmények között is előfordulhat (szennyvíztisztító telepeken, vegyipari technológia szerkezeteknél, tartályokban...stb.), melyek az építőipar különálló, és jelentős felvevőpiacai. A betonra gyakorolt szulfáthatás jelentősége, és specializáltsága abban is megmutatkozik, hogy a szakirodalom külön tárgyalja az egyéb vegyi hatásoktól. [17.]

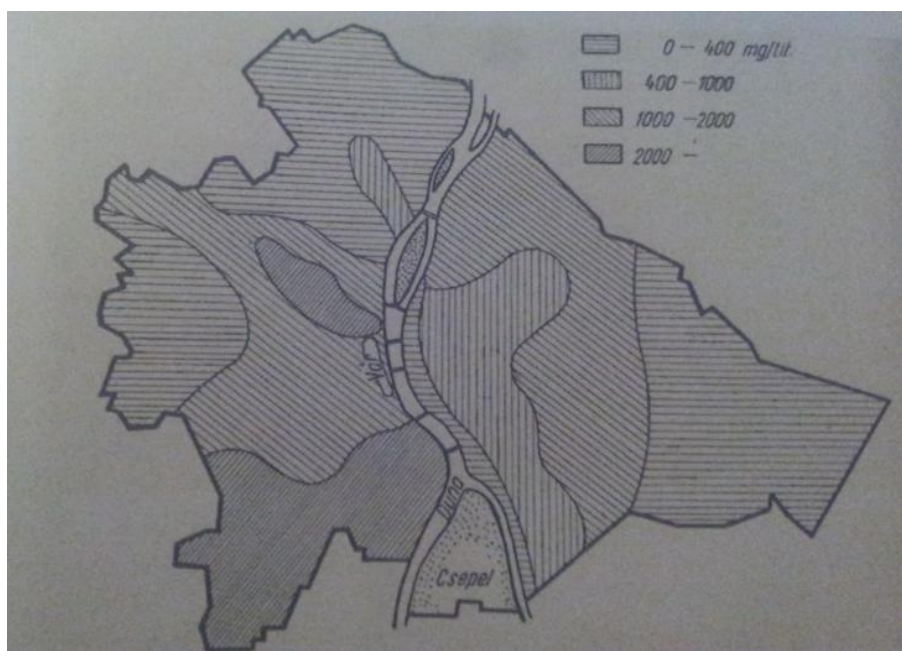
A szulfátálló cementminőség az olasz F.Ferrari nevéhez kötődik, ő dolgozta ki, és szabadalmaztatta 1919-ben. A szakirodalom a Ferrari szabadalma szerinti cementtípusra többféle elnevezést használ (pl.: Ferro-cement, Brownmillerit-cement, stb.), dolgozatomban szulfátálló cementként említem. A típus lényege, hogy csak igen kis mértékben tartalmaz trikálcium-szilikátot, azáltal a szulfátos talajvizekben sokkal időállóbb, mint a hagyományos portlandcement.

Magyarországon Jókuthy Gyula javaslatára kísérletezték ki, és 1937-ben kezdték meg a szulfátálló cement gyártását a lábatlani cementgyárban, és S54 jelzéssel hozták forgalomba. [15.]

A következő képeken Magyarország és Budapest 1956-ban közzétett, a hazai talajvizek szennyezettségét mutató, tájékoztató jellegű térképeit. A helyzet a fél évszázad távlatában is talajadottságainak miatt lényegileg változatlan. Ellenben helyi szinten, főleg bizonyos környezetszennyező ipari tevékenységek következtében lehetnek fokozódások.



19. ábra: Magyarország talajvizeinek szulfáttérképe az 1950-es évek közepén [14.]



20. ábra: Budapest talajvizeinek szulfáttérképe az 1950-es évek közepén [14.]

A Kárpát-medence üledékes taljai több olyan vegyületet is tartalmaznak (piritszármazékok, gipsz stb.), amelyek oldat formájában szulfátképződés alapanyagát képezik.

4.3.3. A SZULFÁT OKOZTA KORRÓZIÓ KIALAKULÁSA ÉS HATÁSA

Szulfát természetes forrásai:

- ásványi anyagok bomlása
- tengervízben - elsősorban a magnézium-szulfát vegyületek
- szerves anyag bomlása
- vulkáni régiókban

Szulfát mesterséges forrásai:

- a fosszilis tüzelőanyagok elégetése
- szennyvíz bomlása
- állati szennyvíz
- ipari hulladék

A szulfátáttámadásra akkor kerül sor, amikor a szulfátoldat behatol a bentonba, és kémiai reakcióba lép a beton összetevőivel, főként a cementtel. Így a beton szulfát-ellenállása nem csak a kémiai reakciónak való ellenállást jelenti, hanem nagyban függ a permeabilitástól és mindenekfölött a beton minőségétől. A permeabilitás kérdése az egyéb korróziós hatások (fagy- olvasztósó) is lényeges, mert a beton áteresztő-képessége így közvetlenül befolyásolja a tartósságot.

A szulfátos korrózió jelentős térfogat-növekedése roncsoló hatást fejt ki a már megszilárdult betonban. Az agresszív vegyületek a cementkő alkotóival reakcióba lépnek és ez által nagyobb térfogatú vegyület keletkezik, ami a cementkő szerkezetét roncsolja.

A szulfátos korrózió általában abban különbözik a lágú víz okozta és cserebomlásos korróziótól, hogy nem kilúgozást, hanem térfogat-növekedést okoz.

Bizonyos szerkezeteknél szulfátálló cementet kell alkalmazni, ilyenkor különleges klinkert használnak fel, valamint a granulált kohósalakot keverik a cementbe. A leggyakrabban a szulfátartalmú talajvizekben és talajokban lévő beton és vasbeton szerkezetek lehetnek kitéve agresszív hatásnak.

A beton szulfátáttámadásának súlyossága függ:

- Szulfát típusától: a magnézium és ammónium szulfátok a legveszélyesebbek a betonra nézve.
- A szulfát koncentrációjától: minél nagyobb a szulfát koncentrációja, annál nagyobb kárt okoz a betonban.
- A szulfátoldat stagnáló, vagy folyó: az áramló vizek növelik a támadás súlyosságát.
- Nyomástól: a nyomástól a támadás veszélye növekszik, mert arra kényszeríti a szulfátokat, hogy megtámadják a betont.
- Hőmérséklettől: ahogy bármely kémiai reakciónál, a reakciónövekedés aránya a hőmérséklettel együtt nő.
- Más ionok jelenlététől: más ionok jelenléte a szulfátoldatban növeli a támadás veszélyét. Tipikus példa a tengervíz, amibe jelen vannak a szulfátok és a kloridok. A kloridionok jelenléte megváltoztatja a kémiai reakció természetét és jellegét, ezért szulfátok alakulnak ki.

Ahogy látszik, a szulfátáttámadás intenzitás egy összetett kérdés, sok tényező befolyásolja. Gyakorlatban mindazonáltal nehéz minden tényezőt mérlegelni és a legtöbb esetben a támadás súlyosságát a szulfát koncentrációja és a leküzdésére szolgáló eszközök határozzák meg megfelelően meg.

3.3.4. A SZULFÁT OKOZTA KORRÓZIÓ ELLENI VÉDELEM

Általában a beton korróziója elleni védelem módszereit primer és szekunder csoportba tudjuk sorolni.

Ahogy már korábban említettem, a primer védelmet a betonszerkezet készítésének, a beton tervezésének szakaszában hozzuk létre. Ilyen módszer például a betonösszetétel helyes megválasztása, a megfelelő bedolgozás, és minden olyan technológiai lépés, ami a betonszerkezet korrózióállóságát elősegíti. A primer védelem önmagában megfelelő gyengén agresszív közeg esetén.

A szulfátkorrózióval kapcsolatban szulfátálló cement alkalmazása szükséges.

Szekunder védelem szükséges erősen agresszív környezetben. Használatakor egyéb intézkedéseket is teszünk a primer védelmen túl, mint például a betonszerkezet körbeszigetelése, védőréteg alkalmazása...

4.3.5. A SZULFÁTÁLLÓ CEMENT ALKAMAZÁSÁNAK ELŐNYEI

A szulfátálló cementek lehetnek tiszta portlandcementek (CEM I), de gyakran hidraulikus kiegészítő anyag tartalommal rendelkező összetett cementek (CEM II, CEM III). Ilyen kiegészítő anyag például a kohósalak.

A szulfátálló cementek előnyös tulajdonságaik általában:

- kedvező hőfejlődés,
- alacsony kötéhő és hidratációs hő,
- lassabb szilárdulás, ezzel párhuzamosan nagyobb utó- és végszilárdság,
- korróziónak ellenálló, hosszabb élettartamú beton készíthető.

A kedvező tulajdonságaiból adódóan a szulfátálló cement felhasználásának területei általában:

- C12/15 – C40/50 szilárdsági jelű betonokhoz,
- szulfát által okozott korrózióknak kitett szerkezetek esetén, pl.: mély- és vízepítési műtárgyak vasbeton szerkezeteihez, ipari, mezőgazdasági épületekhez,
- magasabb környezeti hőmérsékleten, nyáron történő betonozásnál,
- vízepítési betonok és vízzáró szerkezetek esetén,
- tömegbetonoknál,
- fagy- és olvasztósó álló betonok készítésére,
- sugárvédő beton, előregyártott vasbeton szerkezetekhez,
- alacsony mértékű zsugorodás és kúszási követelmények esetén,
- vasbeton, utófesztett betonszerkezetekhez,
- C12/15 - C40/50 szilárdsági jelű betonokhoz,
- látszóbeton felületekhez,
- XF1 – XF2 környezeti osztályú fagyálló betonokhoz,
- XD3 környezeti osztályú klorid-ellenálló betonokhoz. [13.]

4.3.6. A SZULFÁTÁLLÓ CEMENT ALKAMAZÁSÁNAK CSOPORTOSÍTÁSA:

a.) **Valódi szulfát-probléma esetén**, amikor ténylegesen a szulfáttal szennyezett talajú területeken használják. Ilyenkor a betont közvetlenül károsító agresszív környezetben kell tartós betonszerkezetet kialakítani, ehhez használnak szulfátálló cementet: pl. alapozási munkáknál (19.ábra)



21. ábra: Példa a szulfátszennyezés okozta károsodásra

b.) **A kedvező hőfejlődés és szilárdulási tulajdonságokból** következő repedésmenteségből adódóan: vizes környezetben, vízepítési szerkezeteknél, vízzáró szerkezeteknél is alkalmazzák, ahol a repedésmentesség, mint követelmény, víz beszívargása, szennyezőanyagok bemosódása elleni védelem, ezzel párhuzamosan a fagy- és olvasztósó káros hatása elleni védelem a fontos. Pl.: rakpartok, gátak, hullámfalak, víztározók, hidak... (20.-21. ábra) A sugárvédő betonok kötőanyagául is kis hőfejlesztésű és zsugorodású cementet kell választani. Sugárvédő betont alapvetően úgy kell készíteni, mint egy vízzáró betont.



22.-23. ábra: Vizes környezetben [7.]

c.) Olyan ipari, mezőgazdasági épületeknél, mélyépítési szerkezeteknél, ahol **a használatból adódó szulfátszennyezés**, szennyvíz, trágya..stb. károsíthatja a betonszerkezeteket. Például vágóhidak, sertéshizlaldák esetén a hulladék és a trágya bemosódása károsítja a betont. Szennyvíz vezetékek építésekor, csatornázási munkáknál is használják, illetve élelmiszerfeldolgozó üzemekben is (22. ábra).



24. ábra: Példa a mezőgazdasági épületekre

d.) **Tömegbetonoknál**, nagy tömegű betonozáskor: a már említett alacsony hőfejlődés elősegíti a nagy tömegű betonszerkezetek kialakítását úgy, hogy közben az ilyenkor általában megjelenő repedések számát is csökkentjük (23.-24. ábra).



25.-26. ábra: Példa a tömegbetonokra [7.]

e.) **Nyári melegben történő betonozáskor:** szintén a kedvező hőfejlődésből és kötési időből adódóan nyári melegben alkalmazható, megelőzve a túl korai kötést és repedéseket. (25. ábra)



27. ábra: Nyári melegben

4.3.7. PÉLDÁK SZULFÁTÁLLÓ CEMENT ALKAMAZÁSÁRA

- Dunakeszi szennyvíztisztító:

CEM III/B 32,5 N-S típusú cementet alkalmaztak. (...) A kis hőfejlődés miatt, valamint a beton szulfátállósági követelménye miatt választották ezt a cementet. A cement kohósalak tartalma minél több, annál ellenállóbb lesz a végtermék, valamint csökken a repedési hajlam. A cement lassabban köt, de nem reped.

- Keserűvíz illetve keserű sós víz

Szulfátiont tartalmaznak illetve nátrium- és magnézium-szulfát tartalmúak. Ilyen helyek például: Órmezőn a „Hunyadi János” és a „Ferenc József”, a Nagyigmádon az „Igmándi”, vagy a Tiszajenőn a „Mira” keserűvíz.

- Németországban

Általában CEM I típusú cementet alkalmaznak, de például Németországban CEM III/B 42,5 NW/HS jelű kis hőfejllesztésű, szulfátálló kohósalak cementtel.

▪ A csepeli szennyvíztisztító telep:

Betonjai CEM III/B 32,5 N-S és CEM II/A-V 32,5 R-S szulfátálló cementekkel készültek. A magyar szennyvízkezelő telepek kapacitása már nem elegendő az EU által előírt követelmények szerint, így 2004-ben megkezdődtek a meglévő szennyvízkezelő telepek kapacitásnövelő beruházásai, illetve újak létesítése. A beruházásokhoz szükséges betonokat a tervezők a jelenleg érvényben lévő műszaki előírásoknak megfelelően tették közzé. Az összetétel, valamint a megfelelő cementfajta meghatározását a betontechnológusokra bízták. A betonozás, illetve a betonösszetétel tervezése szempontjából szakmai kihívás a szilárdsági követelmény mellett a jó víz- és gázzáróság, korrózió ellenállóság az MSZ EN 206-1:2002 és az MSZ 4798-1:2004 szabvány szerint, szulfátálló cementek alkalmazásával (26. ábra).



28. ábra

▪ M6 autópálya hidak alapozásához

Mivel a betonozások nagy része nyári időszakra esett, a technológiai követelményeket figyelembe véve a CEM III/A 32,5 N-MS cement került kiválasztásra.

A beton alkalmazói így vélekedtek a CEM III/A 32,5 N-MS típusú cementről:

„A CEM III/A 32,5 N-MS típusú szulfátálló kohósalakcement, mint hidraulikus kötőanyag alkalmas általános és speciális célú építőipari termékek előállítására, beton, vasbeton szerkezetek, habarcsok készítésére kül- és beltéren egyaránt. Mérsékelt kezdőszilárdság és jelentős utószilárdulás mellett a kis hőfejlésztés jellemzi. A nagy kiegészítő anyag (granulált kohósalak) tartalomnak köszönhetően a cement különböző, betonkorróziót okozó hatásokon túl mérsékelt agresszív szulfáthatásnak is képes ellenállni. Alkalmazása kifejezetten javasolt alapozási munkák mellett minden olyan betonszerkezet esetén, ahol a beton közvetlenül érintkezik szulfáttal szennyezett környezettel.”

- Turbina alaplemezének kivitelezése Gönyűn

“A beton szulfátállósági követelménye, illetve az alacsony hőfejlődési igény miatt választásunk a

CEM III/A 32,5 N M-S cementjére esett.” [12.]

- Nagy vegyi ellenállóságú kerámia-beton a csatornaépítésben

A szennyvíz mint közeg komoly vegyi igénybevételnek teszi ki a betonból készült szennyvízcsatornákat és szennyvízakkákat. Gyakori tapasztalat, hogy a korábban létesített betoncsövek és betonaknak viszonylag rövid időn belül helyreállításra szorultak. A vegyi ellenállóság növelésére a bevonatok és bélelések szulfátálló cementtel lettek ellátva. Egy cég a CEM I 42,5 NS (Holcim) szulfátálló cement alapú kötőanyag-rendszer kommunális szennyvizekkel szembeni ellenállóságát vizsgálta: hálózati vízben, modell szennyvízben, rothadó szennyvízben, áramló kommunális szennyvízben, üzemelő szennyvízakkákban.

Szulfátálló cement felhasználásával készült egyéb építmények:

- Dél-Pesti szennyvíztisztító
- IV. kerület Észak-Pesti szennyvíztisztító telep
- Bugyi szarvasmarha telep
- Csomád szarvasmarha telep
- Seregélyes szarvasmarha telep
- Kelenföld M4 járműtelep
- Kelenföldi átemelő telep
- Kelenföld M4 metróállomás
- XV. kerület Origó Filmstúdió
- Albertirsa távvezeték
- Áporka Biofungi Kft.
- Nagyszentjános gazdaság [13]

4.3.8. A SZULFÁTÁLLÓ CEMENT ALKALMAZÁSÁNAK BETONTECHNOLÓGIAI VONATKOZÁSAI

BETONTERVEZÉS: Amikor a beton ki van téve a természetes talajból és talajvízből származó anyagok kémiai korróziójának akkor az igénybevételt a kitéti osztályok szerint kell osztályozni:

- XA1 - enyhén agresszív kémiai környezet,
- XA2 - mérsékelten agresszív kémiai környezet,
- XA3 - nagymértékben agresszív kémiai környezet.

Az osztályozott agresszív kémiai igénybevételek 5 °C és 25 °C közötti hőmérsékletű természetes talajokra, talajvizekre vonatkoznak, amikor a nyugalmi körülményeket megközelítő, elegendően lassú a vízáramlás. Minden egyes kémiai jellemzőre a legveszélyesebb érték határozza meg az osztályt. Ha két vagy több agresszív jellemző ugyanahhoz az osztályhoz vezet, akkor a környezeti hatást a következő magasabb osztályba kell sorolni, hacsak az adott esetre vonatkozó egyedi vizsgálat nem bizonyítja ezt szükségtelennek.

Ahol a cementet a szulfátállóság tekintetében osztályozzák, ott mérsékelt vagy jelentős szulfátállóságú cementet kell használni az XA2 kitéti osztályban (és az XA1 kitéti osztályban, ha ez indokolt; egyébként bármely MSZ EN 197-1:2000 szerinti CEM II kohósalak-portlandcementet), és jelentős szulfátállóságú cementet kell használni az XA3 kitéti osztályban.

Magyarországon az XA2 kitéti osztályban az MSZ 4737-1:2002 szerinti MS jelű, mérsékelten szulfátálló portlandcementet vagy mérsékelten szulfátálló kohósalakcementet, míg az XA3 kitéti osztályban az MSZ 4737-1:2002 szerinti S jelű, szulfátálló portlandcementet vagy szulfátálló kohósalakcementet kell alkalmazni. Megjegyzés: magasabb kitéti osztályban alkalmazható cement értelemszerűen az alacsonyabb osztályban bármikor használható.

Ezen követelményeknek megfelelő cementek (a szulfátduzzadási vizsgálatok alapján).

XA1 kitéti osztály esetén:

CEM II/A-S 42,5 N
CEM II/B-S 32,5 R
CEM III/A 32,5 N
CEM III/B 32,5 N-S
CEM I 42,5 R-S
CEM II/A-V 32,5 R-S

XA2 kitéti osztály esetén:

CEM III/A 32,5 N-MS

CEM III/B 32,5 N-S

CEM I 42,5 R-S

CEM II/A-V 32,5 R-S

XA3 kitéti osztály esetén:

CEM III/B 32,5 N-S

CEM I 42,5 R-S

CEM II/A-V 32,5 R-S [12.]

Megfelelően tervezett, részletezett szerkezeteknek és elemeknek biztosítaniuk kell a megfelelő megerősítést, elhelyezést hogy minimalizáljuk a hajszálrepedések kialakulását. A vízi vagy vízparti helyeken turbulencia van jelen ami fokozza a szulfátáttámadás intenzitását, ezért fontos hogy valahogy csökkentsük ezt.

ÉPÍTÉSI GYAKORLAT

A beton elhelyezése, tömörítése és utókezelése fontos szerepet játszik a termelt beton alacsony permabilitásában. További víz hozzáadása a helyszínen gyengíti a beton szulfát ellenállását a befejezés során. Ahhoz, hogy a beton sűrűsége és alacsony áteresztőképessége egyensúlyban legyen, fontos a megfelelő tömörítés és utókezelés. Gondoskodni kell róla, hogy sűrű, sima felület alakuljon ki, ami hézagoktól és hiányosságoktól mentes, hogy ezzel növeljük a beton szulfátellenállását.

A nagyobb szilárdság, kedvezőbb betonstruktúra elérése érdekében ügyelni kell a frissbeton megfelelő tömörítésére. A beton utókezelését a bedolgozást követően azonnal meg kell kezdeni, vízzel történő permetezéssel, elárasztással, fóliatakarással, zsaluban tartással, párazáró bevonat felhordásával.

A beton nedvesen tartását megszakítás nélkül 7-21 napon keresztül javasolt végezni a betonkeverék összetételétől, a betonszerkezet típusától, illetve a környezeti hőmérséklettől függően.

Alacsony környezeti hőmérséklet esetén gondoskodni kell a betonszerkezet fagyvédelméről, hőszigeteléséről, a betonfagyással szembeni ellenálláshoz szükséges kritikus szilárdság eléréséig. Javasolt bedolgozási hőmérséklet: +5 °C napi átlaghőmérséklet felett. Az így készült beton vizes utókezelésre érzékeny. A szilárdulás biztosítása miatt a betont kiszáradástól védeni kell, 7-10 napon át nedvesen kell tartani. [11.]

5. ÖSSZEFOGLALÁS

A mai építési gyakorlatot, a beton kiemelkedő felhasználási mennyiségét és alkalmazhatóságának sokszínűségét vizsgálva megállapítható, hogy a nagy mennyiségben épülő betonszerkezetek korrózió elleni védelméről mindenképpen gondoskodni kell - biztosítva az így készült építmények, épületek használhatóságát, időállóságát és esztétikai értékeit.

A dolgozatban összefoglalt példák alapján megállapítható, hogy a korróziós károsodások elleni védelemben nagy szerepet kap a primer védelem, illetve a betonszerkezet tervezésének szakaszában ezzel kapcsolatban hozott döntések kiemelt fontosságúak.

Az előbbiek alapján a betont érő hatások, korróziós formák és az ezek ellen való védekezés módszereinek ismerete elengedhetetlen a betonszerkezetek tervezésével és kivitelezésével foglalkozó szakemberek számára.

A modern beton



6. IRODALOMJEGYZÉK

- [1.] <http://wikipedia.org>
- [2.] Bálint Julianna: Építőanyagok II. SZIE-YMÉK jegyzet Budapest 2005
- [3.] Bálint Julianna: Építőanyagok I. SZIE-YMÉK jegyzet Budapest 2005
- [4.] <http://betonopus.hu>
- [5.] Sugár Viktória- Dr. Takács Márton - A betontechnológia fejlődése a kortárs építészet tükrében, ÉTE Konferencia 2011
- [6.] <http://www.edwardsenterprisescc.com/images/Pressure-Washing-Concrete-Asphalt-Driveway-Home-Residential-Small-Patios.JPG>
- [7.] <http://www.deviantart.com/>
- [8.] <http://beton.hu>
- [9.] <http://www.pantheon-institute.com/about-the-institute/administration-staff/at-a-glance/>
- [10.] <http://www.planetware.com/rome/colosseum-i-la-rcl.htm>
- [11.] http://www.heidelbergcement.com/NR/rdonlyres/52F2CC20-2790-4D3F-BD03-7887D2285A3A/0/CEMIIIA325NMSVac_12.pdf
- [12.] <http://www.betonujsag.hu/download/szamok/200902.pdf> - 20. oldaltól
- [13.] <http://www.betonujsag.hu/download/szamok/201006.pdf> - 8., 9. oldal
- [12.] <http://www.betonujsag.hu/download/szamok/201001.pdf> - 18. oldal
- [13.] <http://cementinfo.hu/cementek/holcim-labatlan-cem-i-325-r-s-szulfatallo-portlandcement>
- [14.] BICZÓK Imre: Betonkorrózió, betonvédelem. Műszaki könyvkiadó, Budapest 1956. 79-82.
- [15.] Bereczky Imre, Reichard Ernő: A magyar cementipar története. SZIKKT-CEMŰ-Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1970.
- [16.] Dr. Kausay Tibor: Betonadalékanyagként szolgáló kőanyagok tulajdonságai. Előadás: Dr Kertész Pál tiszteletére 70. születésnapján. BME 1998.6.
- [17.] Dr. Révay Miklós: Különleges cementek. In: Cement-beton kisokos. Holcim Hungária Zrt.

