

Beton-adalékanyagok alkáli reakciója

(szabatosabban: alkálifém-oxid reakciója)

Fogalom meghatározás

Alkáli reakció: Egyes beton-adalékanyagok és az alkálifém-oxid dús cementek hidratációs termékében levő alkálifém-hidroxidok beépülési, vagy cserebomlásának a megnevezése. Az alkáli reakció kedvezőtlen körülmények hatására lép fel, térfogat-növekedéssel jár, a reakció jellegétől függően a beton felületén reakció-termékek jelenhetnek meg. Az alkáli reakció a beton összeropadásához, szilárdság-csökkenéséhez vezet. Kialakulásához hosszú évek kellenek. Az ilyen betont javítani nem lehet.

Az "alkáli reakció" nem alkáliák, hanem alkálifém-oxidok illetve alkálifém-hidroxidok hatására lép fel, ezért a jelenség szokásosnál talán szabatosabb megnevezése az "**alkálifém-oxid reakció**". Az "alkáliák" megnevezést ugyanis sokkal tágabban értelmezik, a vizes oldatban lúgos reakciót eredményező anyagok általános megjelölésére használják, így az alkáli jelző szigorúan véve nem fejezi ki a szóban forgó reakció lényegét.

Az alkálifém-oxid reakciónak két alapvetően különböző változata van [1], úgymint az **alkálifém-oxid - szilikát reakció** és **alkálifém-oxid - karbonát (alkálifém-oxid - dolomit) reakció**.

Az alkálifém-oxid reakció kialakulása szempontjából kedvezőtlen, ha:

- a cement alkálifém-oxid tartalma nagy;
- a beton cement-tartalma több mint 400 kg/m^3 , és ebből kifolyólag a beton nyomószilárdsági osztálya nagyobb, mint az MSZ EN 206-1:2001 szabvány szerinti C 16/20 érték;
- a kovasav kőzetekből (magmás, laza és összeálló törmelékes, átalakult kőzetekből) gyártott adalékanyag alkáli-érzékeny kovasavtartalmú részecskéket tartalmaz. Ilyen kőzet lehet például az opál-homokkő, a grauwacke, a flint, a kovás mészkő, stb;
- az adalékanyagul szolgáló dolomit kőzet dolomit-ásvány tartalma kevesebb, mint 90 tömeg%;
- a környezet nedves, azaz a beton illetve a vasbetonszerkezet az időjárásnak ki van téve, továbbá, ha a környezeti hőmérséklet magas.

Magyarországon külsőségeiben az alkálifém-oxid reakcióhoz hasonló beton-tönkremenetek már szórványosan előfordultak, de nem lehet határozottan kijelenteni, hogy az észlelt károsodások oka valóban alkálifém-oxid reakció volt.

Alkálifémek, alkálifém-oxidok, alkálifém-hidroxidok: Az alkálifémek a periódusos rendszer I. oszlopának főcsoportjába tartozó elemek, mint a lítium (Li), a nátrium (Na), a kálium (K), a rubídium (Rb), a cézium (Cs), és a francium (Fr) összefoglaló megnevezése. Alkálifémek a természetben sohasem fordulnak elő, levegőn azonnal oxidálódnak, vízzel pedig heves hidrogénfejlődés közben egyesülnek. Alkálifém-hidroxidok sincsenek a természetben, csak alkálifém-ionok vannak vizes oldatban. Az alkálifém-oxidok közül a cementben a nátrium-oxid (Na_2O) és a kálium-oxid (K_2O) fordulnak elő figyelemre méltó mennyiségben. Az alkálifém-oxid reakció tárgyalása során a kémiai egyenletekben a nátriumot (Na) és a káliumot (K) szokás "M" betűjellel, ezek hidroxidjait $\text{M}(\text{OH})$ szimbólummal jelölni.

Kovasavak: A szilícium ásványai, amelyek **sóit szilikátoknak nevezzük**. A szilikátok (amfibolok, piroxének, földpátok, csillámok, agyagásványok, stb.) fontos kőzetalkotó ásványok. A kovasavak egyike a metakovasav, más néven hidrogén-metaszilikát (H_2SiO_3), amelyből vízvesztéssel szilícium-dioxid (SiO_2) keletkezik. Meg kell jegyezni, hogy a kovasavak nem olyan konkrét savak, mint például a kénsav vagy a sósav, hanem virtuális savak, és ezért a cementkémikusok inkább meta-, orto-, stb. szilikátokról beszélnek. (Dr. Révay Miklós kandidátus úrnak e helyen mondok köszönetet tanácsaiért.)

Kvarc: A kovasav ásványa (SiO_2). A szilícium-dioxid oldatból hatszöges, vagy trigonális rendszerben kikristályosuló ásvány, a kőzetek legelterjedtebb elegyrésze.

Opál-homokkő (Opalsandstein): A homokkő összeálló, törmelékes üledékes kőzet. Homokszemekből és kötőanyagból áll. A kötőanyag lehet kovasav (opál, kalcedon, kvarc), kalcit, dolomit, limonit, stb. Az opál-homokkő kötőanyaga opál ($\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, a kovasav ásványa, amorf, víztartalma 3 - 13 tömeg%), de tágabb értelemben kovasav, ezért a kőzet típusát **kovasavas homokkőnek** nevezik. Keletkezésekor a homok rétegbe a felette elhelyezkedő magmás (= eruptív) kőzet vagy agyag mállásából származó kovasav leszivárgott, és a homokszemeket összekötötte. A kovasav legnagyobb része kalcedon vagy kvarc alakjában kikristályosodott, kis része opál alakjában maradt vissza. A budai hegyekben eléggé elterjedt, kedvelt építőkö. [2]

Grauwacke (lithischer Sandstein, grauwacke, greywacke): Homokkő, amelynek a meghatározása nem szabatos. A grauwacke jellegzetesen sarkos alakú, földpát, kvarc, kőzettörmelék szemekből áll, kötőanyaga agyagos kovasav. Általában sötétszínű, kellő szilárdságú, összeálló, törmelékes üledékes kőzet [3].

Szemnagysága a durva homok és a finom kavics tartományába esik. A lankás tengerfenéken felhalmozódott laza, vízdús üledék már kis fenéklejtés mellett is instabillá válhat. A tengerrengés gyakran válhat ki testsűrűség különbség okozta kiegyenlítő áramlást. (Ezt németül Dichteströmung-nak nevezik. Dichteströmung = Ausgleichsströmung infolge von Dichteunterschieden). Ilyenkor víz-üledék-lavina

csúszik a tengerfenéken lefelé. Ha ez többször megismétlődik, akkor mély, tenger alatti kanyon keletkezhet a lejtős tengerfenéken. Az üledék-víz-emulzió sűrűsége nagyobb, mint a környező vízé, ezért csúszik örvénylő mozgással lefelé. Eközben a már kissé megszilárdult rétegeket, mint sűrű iszapot, feldarabolva magával ragadja. Az örvénylő emulzióban a törmelék nem osztályozódik szét, a finom és durva szemek keverednek. Ahol a lavinaszerű mozgás lassul, ott a szétosztályozódás megindul. Az örvényből való lerakódás (Turbiditablagerung) lehet lejtő közeli és lejtő távoli. Egy lavina mindig egy réteget képez, de a folyamat gyakran százszor is megismétlődik, úgy, hogy a grauwacke sokszor különálló, a kiegyenlítő áramlásoknak megfelelő rétegeket képez. A különálló rétegeket mindig határozott rétegződés jellemzi (a durva szemek gyorsan, a finom szemek lassan ülepsznek), és a hegységképződés tekintetében lehet a fenn/lenn jelzöt használni. Az altalaj üledékben élő organizmusok átjárják a fedőrétegeket. A grauwacke magán viseli a tengerfenék vízmozgásait. A szemcsés törmeléket harmada vagy annál is több agyagméretű (nem feltétlenül agyagásványokból álló) mátrix veszi körül. Az üledék rétegekre újabb rétegek kerülnek, azok egyre mélyebbre süllyednek, a hegyképző erők hatása alá kerülnek, és kisebb-nagyobb metamorfózison esnek át. Például az Alpokban vagy Skóciában a grauwacke erős metamorfózis hatására alakult ki. A Harz-hegységben igen gyakori kőanyag, és így érthető, hogy Németországban a grauwacke beton-adalékanyag alkálifém-oxid érzékenységevel fokozott mértékben foglalkoznak.[4]

Magyarországon a Balaton-felvidék mélyfekvőjében, különálló rétegtani egységként települ grauwacke ösztlet [5]. A Pallas Nagy Lexikona [6] szerint grauwacke található a Kis-Kárpátokban, a Központi Kárpátokban, a Fruska Gora hegységben.

A mai magyar nevezéktanban “grauwacke”-nak hívjuk, bár régebben említették “szürke vakke”-ként is [6].

Dr. Kertész Pál kandidátus, tanár úr elbeszéléséből tudjuk, hogy a grauwacke-t a régi erdélyi kőbányászok (akik zömükben betelepült szászok voltak) “savanyú keselykő”-nek nevezték, de a kőanyag erdélyi előfordulásáról nincs tudomásunk. Ugyanezt a szép kifejezést találjuk *Halász Előd* Német-magyar nagyszótárában (die Wacke, ~, ~n = 1. agyagos keselykő, 2. kavics), amelyet harmadik kiadásban, 1970-ben jelentetett meg az Akadémiai Kiadó.

A Pallas Nagy Lexikona [6] továbbá ezt írja: “Grauwacke (ásv.), quarc, kovapala, agyagpala alkotta konglomerát, mely majd erősen csillámos, majd igen finomszemű és sokszor palás. Németország szilur, devon és némileg karbon szisztémájában is fontos szerepet játszik roppant kiterjedésénél fogva.”

A Révai Nagy Lexikonában [7] ez olvasható: “A grauwacke földpát, kvarc, kovapala, diabáz, gránit stb. kőzetek törmelékéből álló paleozoi korú konglomerát; színe piszkosszürke. Majd nagyszemű (grauwacke-konglomerát), majd aprószemű

és palás (grauwacke-pala), a törmelékszemeket agyag- vagy kova cementálja össze. Nagyon elterjedt kőzet.”

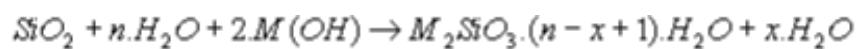
Flint: Más néven tűzkő, amely közeli rokona a szarukőnek. Színe a felületen fehér, szürkés-sárga, a kőanyag belsejében szürke, barna. Vegyi üledékes, kovasavkőzet. A kovasav maga tengeri szervezetek (például kovasavas szivacsok) kovasavas vázából származik. A kovasav bekerült a tenger fenekén a mészszipapba, vagy azzal egyidejűleg rakódott le. A mészkő kiemelkedése után a felszínről beszivárgó víz a kovasavat feloldotta, elszállította, majd a kovasav a koncentráció növekedésével a vízből kicsapódott. Tűzkő a neve, ha krétakori mészkőbe ülepedett, szarukő a neve, ha egyéb mészkőbe vagy dolomitba ülepedett. Szarukő található a budai hegyekben, a dunántúli mészkövekben, nagy vastagságban a Spitzbergákon. Tűzkő nagyobb mennyiségben fordul elő a szenon időszak krétában Angliában, Dániában, Németországban (Rügen szigetén). **“Flint ist ein Kieselsäuregestein in der Kreide”** olvasható az **EN 932-3:1996** illetve **MSZ EN 932-3:1998** szabványban [3]. A tűzkő a kréta mállása után visszamaradt, alakja szemcsés, átmérője néhány cm, ezért tűzkőgumónak nevezik. Gömbölyű alakja, nagy keménysége, kopásállósága folytán külföldön beton-adalékanyagként is használják. Használják továbbá golyósmalmokban őrlőtestként, flintüveg készítés alapanyagául, útépitéshez, stb. A kőkorszak embere főleg tűzkőből és szarukőből készítette szerszámain. [2]

Kovás mészkő (Kieselkreide): A kovás mészkő megnevezés a magyar szakirodalomban nem igen vagy ritkán fordul elő. Jelentésének a német irodalomban bukkantunk nyomára, ahol a “Kieselkreide” megnevezést a “neuburger Kreide” vagy “neuburger Weiß” szinonimájaként használják [8]. E könyvben azt írják, hogy a kovás mészkő tulajdonképpen nem mészkő, mert mintegy 90%-ban kovasavból (Kieselsäure) áll, és ezért inkább lisztszerű finomhomoknak kell tekinteni. Többnyire durvább homokokból képződött, amelybe a jura idején a durva mészkő fészekszerűen betelepedett. A német homokvidékeken számos ilyen “krétafészek” (Kreidenest) fordul elő. Ha a homokszemek a mészkőbe gazdagon beágyazódtak, akkor a kőzet a mészkő kioldódása után is szilárd marad, míg csekély beágyazódottság esetén szétesik, és a kovasav, mint oldhatatlan maradék vándorútra indul. A “neuburgi fehér”-et fémtisztítószerként és festék, különösen ultramarinkék előállítására használják. A francia Alpokban található kovás mészkő kálilúgban oldódó kovasav tartalma 0,6 tömeg%, a kálilúgban oldhatatlan kovasav tartalma 89,1 tömeg%, víz és szerves tartalma 3,8 tömeg%, agyag és vas-oxid tartalma 6,5 tömeg%. Természetesen kérdés, hogy a fent leírtak mennyiben fedik az MSZ CR 1901:2000 CEN jelentés német fejezetében [9] illetve a DAfStb Alkali-Richtlinie [10] német vasbeton irányelvben szereplő, mint alkálifém-oxid - szilikát reakcióra hajlamos kovás mészkő fogalmát.

Alkálifém-oxid - szilikát reakció

Utólagos megjegyzés

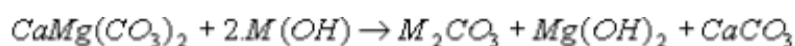
Az alkálifém-oxid - szilikát reakció kovasav kőzetek (magma, laza és összeálló törmelékes, átalakult kőzetek) esetén léphet fel, ha az azokban levő alkáliérzékeny kovasavtartalmú részecskék - például az opál, vagy esetleg a kalcedon ásványokban lévő oldható kovasavalkotók (nem kristályos, amorf szilikátok ún. hidrogélek) - a cementkő alkálifém-hidroxidjaival alkálifém-szilikátoldatok képződése mellett reagálnak. Ekkor meg nem szilárduló, gélszerű, vízfelvétele és duzzadásra hajlamos alkálifém-metaszilikát (nátrium esetén vízüveg) keletkezik [1], és jelenik meg a repedések mentén a felületen, ahol M az alkálifém, nevezetesen Na, ill. K:



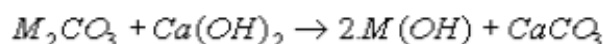
Alkálifém-oxid - karbonát (alkálifém-oxid - dolomit) reakció

Az alkálifém-oxid - karbonát (alkálifém-oxid - dolomit) reakció egyes meszes vagy agyagos-kovás-meszes dolomitok esetén fordulhat elő [11], [12]. Erre hajlamos kőzetek például az USA-ban, Kanadában, Irakban, Németországban, Lengyelországban fordulnak elő. A reakciónak két változata ismert:

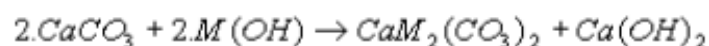
A duzzadásos alkálifém-oxid - dolomit reakció során a dolomit adalékanyag kalcium-magnézium-karbonátja és a cementkő alkálifém-hidroxidja egymásra hatásából alkálifém-karbonát, magnézium-hidroxid (brucit) és kalcium-karbonát keletkezik:



A keletkezett alkálifém-karbonát a cementkő kalcium-hidroxidjával reagálva cserebomlás útján kalcium-karbonát keletkezése mellett alkálifém-hidroxiddá alakulhat vissza [1]:



A kalcium-karbonát a cementkő alkálifém-hidroxidjának és víznek a jelenlétében kalcium-alkálifém-karbonáttá alakul, amit az előbbi reakciót tápláló kalcium-hidroxid keletkezése kísér:



Ezáltal kedvezőtlen esetben az alkálifém-oxid - dolomit reakció a teljes átalakulásig folytatódhat.

Más nézetek (*Gillott*) szerint a dolomit magnézium-vesztése nem oka a duzzadásnak, hanem csak a reakció kezdeményezője és gyorsítója, a duzzadásért az alkálifém-hidroxidokkal reakcióba lépő agyagos komponens felelős. A kőzet duzzadásos alkálifém-oxid - dolomit reakció veszélyét a modellhatásnak kitett beton vagy kőanyag próbatest duzzadásával vizsgálják [12]. Az utóbbi eljárás leírása például az ASTM C 586 [13] és az egykori CSN 72 1160 csehszlovák szabványokban található meg, minőségi követelményt az egykori CSN 72 1511 szabvány tartalmaz [11].

A szilárdság-csökkenéses alkálifém-oxid - dolomit reakció oka *Lemish* feltevése szerint az agyagos komponensben lévő szilícium-dioxid vándorlása a szemcse közepéről annak peremére, ahol lecsapódik. A szemcsék peremén kovásodott réteg csökkenti a cementkőhöz való tapadást és ezáltal a beton szilárdságát. A jelenség vizsgálatára *Hadley* fejlesztett ki módszert [12].

Az alkálifém-oxid - dolomit reakció változatai esetén reakció termékek a felületen nem jelennek meg.

Az alkáli reakció kialakulásának feltételei

A cement minőségének hatása az alkálifém-oxid reakció kialakulására

Az alkálifém-oxid reakció az alkálifém-oxid dús cementekkel készített betonok esetén jöhet létre. A cementek alkálifém-oxid tartalmát nátrium-oxid egyenértékben szokták kifejezni:

$$\begin{aligned} \text{Nátrium-oxid egyenérték} &= \\ &= \text{Na}_2\text{O tartalom [tömeg\%]} + 0,658 * \text{K}_2\text{O tartalom [tömeg\%]} \end{aligned}$$

A kálium-oxid tartalom 0,658 értékű szorzója a nátrium-oxid és a kálium-oxid molekulasúlyainak hányadosaként adódik: $61,979/94,203 = 0,658$.

Irodalmi adatok szerint külföldi szerzők elsősorban az alkálifém-oxid - szilikát reakció vizsgálata során arra az eredményre jutottak, hogy a kis alkálifém-oxid tartalmú cementek még az alkálifém-oxid reakcióra hajlamos adalékanyagokkal sem okoznak duzzadást. Kis alkálifém-oxid tartalmúaknak azokat a tiszta portlandcementeket és 50 tömeg %-nál kevesebb kiegészítő anyagot tartalmazó heterogén portlandcementeket tekintik, amelyek nátrium-oxid egyenértéke a 0,6 tömeg%-ot nem haladja meg [11]. Ezzel a követelménnyel lényegében összhangban van a MÉASZ ME-04.19:1995 "Beton és vasbeton készítése" című műszaki előírás 11. fejezete ("Alkáli-kovásav és alkáli-karbonát reakciónak ellenálló betonok") is, amely azonban például 35-65 tömeg% kohósalak-tartalmú portlandcement esetén 1,2 tömeg% nátrium-oxid egyenértéket enged meg [14].

Hazai tiszta, kohósalak- és pernye-portlandcementjeink (450 pc, 350 kspc, 350 ppc) nátrium-oxid egyenértéke a [SZIKKTI](#) 15 cementféleségen végzett vizsgálatait szerint az 1970-1980 években 0,35-0,80 tömeg% volt [11]. Abban az időben cementjeinket nedves eljárással gyártották (a nyersanyagok őrlése víz jelenlétében, nedves őrléssel történt, és a klinkerégető forgókemencébe meghatározott összetételű nyersanyagkeveréket, ún. nyersiszapot adagoltak).

Azóta a hazai cementgyárak többsége áttért a nedves gyártásnál korszerűbb száraz gyártási eljárásra (a nyersanyagokat körfolyamatos üzemű malmokban szárítva őrlik, és a klinkerégető forgókemencébe homogenizált nyerslisztet illetve granulátumot adagolnak), ami az így gyártott cementek alkálifém-oxid tartalmának növekedésével jár [15], [20]. Ez egyrészt a nyersiszap és a nyersliszt égetéskori eltérő viselkedésének, másrészt a megváltozott filter-technológiának a következménye. A mai magyar tiszta, kohósalak- és pernye-portlandcementek (CEM I 42,5; CEM II-S 32,5; CEM II-V 32,5) nátrium-oxid egyenértéke 0,55-1,05 tömeg% [1], más adatok szerint 0,62-1,11 tömeg% [20].

A cementek alkálifém-oxid tartalmát a cementgyárak a napi gyakorlat számára nem vizsgálják. Kutatási eredmények alapján az alkálifém-oxid reakciónak kitett szerkezetekhez kedvezőnek látszik a szulfátálló portlandcement (például a nedves eljárással gyártott lábatlani S-54 350 pc, azaz CEM I 32,5 S) és egyes kohósalak-portlandcementek (váci 350 kspc, azaz CEM II-S 32,5) alkalmazása [1], [11].

A beton cement-tartalmának hatása az alkálifém-oxid reakció kialakulására

Irodalmi közlések szerint az alkálifém-oxid reakció 400 kg/m^3 cement-tartalom alatt nem fejlődik ki [11]. A 400 kg/m^3 -nél kevesebb cementet tartalmazó betonok nyomószilárdsági osztálya csak ritkán haladja meg az MSZ EN 206-1:2001 szabvány [17] szerinti C 16/20 értéket. A C 16/20 vagy kisebb nyomószilárdsági osztályú betonban tehát az alkálifém-oxid reakció kialakulásának valószínűsége csekély.

Az adalékanyag minőségének hatása az alkálifém-oxid reakció kialakulására

Az **alkálifém-oxid - szilikát reakció** tekintetében az eddigi tapasztalatok és beton duzzadási kísérletek alapján úgy tűnik, hogy a hazánkban található, túlnyomórészt kvarcanyagú **homokos kavics adalékanyag** az alkálifém-oxid reakcióra nem, vagy csak kevésbé érzékeny. Újabban vannak olyan kísérleti eredmények, amelyek óvatosságra intenek, és ezért időjárásnak kitett vasbeton szerkezetek építése esetén a homokos kavics adalékanyagot alkálifém-oxid reakció szempontjából ellenőrizni célszerű [1]. Különösen a folyami homokos kavicsok érdemelnek figyelmet, mert azok ásványtani összetétele az idők folyamán változhat. A **mélyégi kőzetek** (például gránit) és a **kiömlési kőzetek** (például riolit, dácit, andezit, bazalt, diabáz, fonolit), mint zúzottkő adalékanyagok alkálifém-oxid - szilikát reakció veszélyéről csak ritkán szól az irodalom [20].

Az **alkálifém-oxid - dolomit reakció** tekintetében az egykori CSN 72 1511 csehszlovák szabvány szerint azok a dolomitok mutatnak csekély hajlamot az alkáli reakcióra, amelyek dolomit-ásvány $\{CaMg(CO_3)_2\}$ tartalma legalább 90 tömeg% és kalcit ($CaCO_3$) tartalma legfeljebb 10 tömeg%. Minthogy analitikai módszerekkel a dolomit-ásvány és a kalcit tartalom a kőzet izzítási maradékán meghatározott kalcium-oxid és magnézium-oxid tartalomból számítható, a CSN 72 1511 szabvány megjegyzésként közli, hogy az alkáli reakciónak ellenálló dolomit kalcium-oxid tartalma 30,4-32,9 tömeg%, a magnézium-oxid tartalma 19,6 - 21,9 tömeg% között kell, hogy legyen. A magnézium-oxid tartalom 19,67 tömeg %-os alsó határértéke a dolomit-ásvány tartalom 90 tömeg%-os alsó határértékéhez tartozik. Ha a dolomitot 100 tömeg %-ban dolomit-ásvány alkotja, akkor a magnézium-oxid tartalom 21,86 tömeg %. A kalcium-oxid tartalomra azért nem lehet követelményt megadni, mert a kalcit tartalom nemcsak a kalcium-oxid mennyiségének, hanem a magnézium-oxid mennyiségének is függvénye. A kalcium-oxid tartalom fenti számértékeit ezért nem lehet követelményként kezelni, míg a magnézium-oxid tartalomra vonatkozó számértékeket követelményként lehet kezelni. Helyen ezért, ha a dolomit alkáli reakció érzékenységének megítéléséhez csak a magnézium-oxid tartalomra vonatkozóan hozunk feltételüket [11].

A [SZIKKTI](#)-ben az 1970-es években végzett kémiai elemzések szerint a Pilis (5 kőbánya), a Bakony (23 kőbánya), Vértes-Gerecse (17 kőbánya) hegységekbeli vizsgált, nem csak működő kőbányák dolomit előfordulásainak magnézium-oxid tartalma két alsó szélső értéket adó esettől elvonatkoztatva 17,67-21,82 tömeg% között változik. A 17,67 tömeg%-os magnézium-oxid tartalom 80,84 tömeg% dolomit-ásvány tartalomnak felel meg. Ez a körülmény arra figyelmeztet, hogy hazai dolomitjaink között is lehetnek olyanok, amelyek kémiai összetétele az alkálifém-oxid - dolomit reakció szempontjából kedvezőtlen [11]. Erre teljes bizonyossággal a későbbiekben végzett közvetlen dolomit-duzzadás vizsgálatok sem adtak egyértelmű választ.

A környezet hatása az alkálifém-oxid reakció kialakulására

Az alkálifém-oxid reakció évek során, nedves környezetben következhet be. A magasépítési, időjárástól védett betonok alkálifém-oxid reakciója valószínűtlen. A víznek, fagynak, esetleg sózásnak kitett mélyépítési, és egyes, időjárásnak kitett magasépítési vasbeton szerkezeteknél azonban nem lehet kizárni ezt a korróziós veszélyt, ha kialakulásának egyidejűleg az adalékanyag és a hidratált cement összetétele is kedvez [1]. Az alkálifém-oxid reakció meleg hatására felgyorsul.

Szabályozás

Az alkálifém-oxid reakcióra vonatkozó hazai szabályozás a **MÉASZ ME-04.19:1995** "Beton és vasbeton készítése" című műszaki előírásban található. Ennek 11. fejezete - mint már említettük - az alkálifém-oxid - kovásva és az alkálifém-oxid - karbonát reakciónak ellenálló betonokkal foglalkozik [14].

Az európai szabványok sorában az **EN 1744-2** “Kőanyaghalmozok kémiai tulajdonságainak vizsgálata. 2. rész: Alkáli reakcióval szembeni ellenállás vizsgálata” című szabvány tárgyalja a témakört a kőanyagok vizsgálata szempontjából [16]. A szabvány tartalma nem ismert, még előszabvány (prEN) formájában sem tették közzé, így honosítása is várat magára.

Az **MSZ EN 206-1:2001** “Beton. 1. rész: Feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés” című európai szabvány 5.1.3. fejezete [17] általában a prEN 12620:2000 európai előszabványnak megfelelő normál és nehéz adalékanyagokat tekinti alkalmasnak beton készítés céljára.

A prEN 12620:2000 európai előszabványnak jelenleg a **prEN 12620:1996** “Beton adalékanyagok, beleértve az útépitési és burkolati betonok adalékanyagát” című változata áll rendelkezésre, amely az F. mellékletben foglalkozik az alkálifém-oxid reakcióval [18]:

“Bizonyos kőanyagcsoportok képesek a beton pórusvizében lévő alkálifémekkel reagálni. Kedvezőtlen feltételek mellett és nedvesség jelenlétében ez duzzadáshoz, majd repedésképződéshez vagy a beton tönkremeneteléhez vezet. Ennek a reakciónak leggyakrabban formája az alkálifémek és bizonyos kóvasavak között lép fel (alkálifém-oxid - szilikát reakció). A reakció másik, ritkábban jelentkező formája az alkálifém-karbonát reakció.

A cement és az adalékanyag meghatározott kombinációjával, a duzzadási reakció megelőzése tekintetében szerzett hosszúidejű tapasztalat hiányában, szükséges lehet a következő óvintézkedések egyikét fogantatosítani:

- a betonkeverék összes alkálifém tartalmának korlátozása;
- (különleges) cement felhasználása, amelynek reakcióképes alkálifém tartalma csekély;
- inert (kémiai reakcióba nem lépő) adalékanyag alkalmazása;
- a beton nedvességtartalmának korlátozása.

Ha ezeknek a módszereknek egyike sem alkalmazható, akkor az adalékanyag és cement kombinációját a nemzeti szabványokban leírt eljárások szerint lehet megítélni.”

A prEN 12620:1996 európai előszabvány J. melléklete szerint a beton-adalékanyag jellemzéséhez, ha a körülmények és a felhasználási cél szükségessé teszi, akkor az igényeknek megfelelően meg kell adni az alkálifém-oxid reakcióval szembeni ellenállást is.

Visszatérve az **MSZ EN 206-1:2001** európai szabványra [17], annak 5.2.3.4. fejezete az alkálifém-oxid - szilikát reakcióval kapcsolatban azt írja, hogy “amikor az adalékanyag olyan kóvasav-változatokat tartalmaz, amelyek hajlamosak

lehetnek a cementből és más forrásokból származó alkáliakkal (Na_2O és K_2O) való reakcióra, és a beton nedves környezetnek van kitéve, akkor megfelelően bizonyult eljárások segítségével meg kell akadályozni a káros alkáli-kovász reakciót, ... óvintézkedéseket kell alkalmazni, figyelembe véve a cement és az adalékanyag adott kombinációjával szerzett, hosszú időtartamra terjedő tapasztalatokat. A különböző európai országokban érvényes ilyen óvintézkedéseket a CEN Report CR 1901 foglalja össze” (Dr. Ujhelyi János kandidátus úr fordítása alapján).

Az **MSZ CR 1901:2000** “Regionális előírások és ajánlások a beton alkáli-kovász reakció okozta károsodásának elkerülésére” című CEN Report (Jelentés) jóváhagyó közleménnyel, angol nyelven honosításra került [9]. Ez a jelentés azon CEN tagtestületek vonatkozó nemzeti előírásainak gyűjteménye, amelyek ilyenek készítették. Tartalmazza a belga, dán, francia, német, izlandi, ír, olasz, holland, norvég, portugál, svéd, angol - egymástól olykor terjedelemben és tartalomban is eltérő - előírásokat. Nem készített előírást az osztrák, cseh, finn, görög, luxemburgi, spanyol, svájci tagtestület.

Példaként tekintsük át az MSZ CR 1901:2000 CEN jelentésben [9] lévő németországi fejezetet, amely lényegében egybevág a DAfStb Alkali-Richtlinie [10] német vasbeton alkáli reakció irányelvben foglaltakkal, amelyre a MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 11. fejezete [14] is utal.

Az MSZ CR 1901:2000 CEN jelentés [9] német fejezete és a DAfStb Alkali-Richtlinie német irányelv [10] az alkálifém-oxid - szilikát reakcióval foglalkozik, és Németország alkálifém-oxid érzékeny opál-homokkő, kovász mészkő, flint, grauwacke előfordulásainak zónáját a következő térképvázlaton jelöli meg:



A térképre kattintva az kinagyítható.

Az adalékanyagot alkálifém-oxid reakció szempontjából az alkálifém-oxid érzékeny kőzetalkotók mennyisége és a környezeti hatások (száraz, nedves, külső alkálifém-oldat terhelésű környezet) függvényében csoportokba sorolják. Az adalékanyag alkálifém-oxid - szilikát reakcióra nem veszélyes, ha egyidejűleg

- az 1 mm szemmagyság feletti opál-homokkő és egyéb opál tartalmú kőanyag tartalma, beleértve az 1-4 mm szemmagyság közötti reakcióképes flint tartalmat is < 0,5 tömeg%,
- a 4 mm szemmagyság feletti reakcióképes flint tartalma < 3,0 tömeg%,
- az opál-homokkő és egyéb opál tartalmú kőanyag tartalmának ötszöröse és a reakcióképes flint tartalma < 4,0 tömeg%.

Az opál-homokkő tartalom és a flint tartalom meghatározására a MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 11. fejezete [14] ismertet eljárást.

Ha az építmény környezete nedves és az opál tartalmú adalékanyag alkálifém-oxid - szilikát reakcióra érzékeny, akkor a német előírások [9], [10] ezek mértékének függvényében, a beton nyomószilárdsági osztályát (B35 [DIN 1045] = C 20/25 [EN 206-1] alatt vagy felett) és cement tartalmát (330 kg/m³ alatt vagy felett) is figyelembe véve, kis alkálifém-oxid tartalmú cementek (NA-Zement) alkalmazását javasolják. A DIN 1164-1:1994 német szabvány szerinti kis alkálifém-oxid tartalmú CEM I és CEM II jelű portlandcementek nátrium-oxid egyenértéke $\leq 0,6$ tömeg%, a CEM III jelű kohósalakcementeké a kohósalak tartalomtól függően legfeljebb $\leq 2,0$ tömeg%.

A grauwacke adalékanyaggal kapcsolatban a német előírásokban illetve irodalomban [19] az opál tartalmú adalékanyagoktól kissé eltérő határértékeket lehet találni. Grauwacke esetén az alkálifém-oxid reakció megelőző intézkedéseket például 300, 350, 380 kg/m³ cement tartalomhoz kötik.

Az alkálifém-oxid reakció kialakulására a keverővíz, az adalékszerek, a kiegészítőanyagok minősége is veszélytelen kell, hogy legyen.

Az ASTM C 227:1990, C 289:1987, C 441:1989, C 586:1992 amerikai szabványok alkálifém-oxid reakció vizsgálati módszereit a MÉASZ ME-04.19:1995 műszaki előírás 11. fejezete [14] kivonatossan ismerteti.

Befejezés

A beton-adalékanyagok alkálifém-oxid reakciója Magyarországon szerencsére eddig nem, vagy csak szórványosan tapasztalt, de külföldön ismert jelenség, amelynek kifejlődése igen lassú, ezért hazai kialakulásának veszélyét feltétlenül szükséges tanulmányoznunk [20], [21]. Kétségtelen, hogy környezetünk állandóan változik, és ha a hazai adalékanyagok zömének ásványtani összetétele várhatóan nem is változik, de a környezet állapota, egyes folyami homokos kavicsok összetétele, és cementek minősége módosulhat, ami bizonyos esetekben az alkálifém-oxid reakció szempontjából akár kedvezőtlen is lehet. Mégis reméljük, hogy a jövőbeni, esetleges környezeti és technológiai változások a magyar betontechnológusokat nem állítják nehéz próbatétel elé.

Irodalom

[1] *Balázs György*: Beton- és vasbeton szerkezetek diagnosztikája. I. kötet. Általános diagnosztikai vizsgálatok. Műegyetemi Kiadó. Budapest, 1997.

[2] *Vendl Aladár*: Geológia. I. kötet. Tankönyvkiadó. Budapest, 1953.

- [3] EN 932-3:1996 és MSZ EN 932-3:1998 Kőanyaghalmozok általános tulajdonságainak vizsgálata. 3. rész: Eljárás és nevezéktan az egyszerűsített közzétani leíráshoz
- [4] *Kleinschrodt, R.*: Polarisationsmikroskopie am Institut für Mineralogie und Geochemie. Universität Köln. Internet oldal: <http://peridot.min.uni-koeln.de/reinersworld/polmik/pmstart.htm>
- [5] *Vincze László*: Geolexikon 4.1; Földtani adatbázis. CD-ROM. Zalaegerszeg, 2000.
- [6] Pallas Nagy Lexikona. Pallas Rt. Budapest, 1893-1897.
- [7] Révai Nagy Lexikona. Révai Testvérek Rt. Budapest, 1911-1916.
- [8] *Dienemann, W. - Burre, O.*: Die nutzbaren Gesteine Deutschlands. I. Band. Verlag von Ferdinand Enke in Stuttgart, 1928.
- [9] MSZ CR 1901:2000 Regionális előírások és ajánlások a beton alkáli-kovavas reakció okozta károsodásának elkerülésére. CEN Jelentés. (Jóváhagyó közleménnyel bevezetve, angol nyelven.)
- [10] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: DAfStb-Richtlinie "Vorbeugende Maßnahmen gegen schädigende Alkali-reaktion im Beton (Alkali-Richtlinie)". 1997.
- [11] *Puskásné Hógyes Irén*: A dunántúli dolomitok alkalmassága építési célra. Építőanyag, XXX. évfolyam. 1978. 8. szám. p. 307-314.
- [12] *Kazimir, Julius*: Karbonátos betonadalékanyag kémiai állandóságának vizsgálata. Építőanyag, XXX. évfolyam. 1978. 8. szám. p. 304-306.
- [13] ASTM C 586:1975 Potential alkali reactivity of carbonate rocks for concrete aggregates (Rock cylinder method)
- [14] MÉASZ ME-04.19:1995 Beton és vasbeton készítése. Műszaki előírás. 11. fejezet. Alkáli-kovavas és alkáli-karbonát reakciónak ellenálló betonok.
- [15] *Riesz Lajos*: Cement- és mészgyártási kézikönyv. Építésügyi Tájékoztatási Központ. Budapest, 1989.
- [16] EN 1744-2 Prüfverfahren für chemische Eigenschaften von Gesteinskörnungen. Teil: 2. Bestimmung des Widerstands gegen alkalische Reaktion

[17] MSZ EN 206-1:2001 Beton. 1. rész: Feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés.

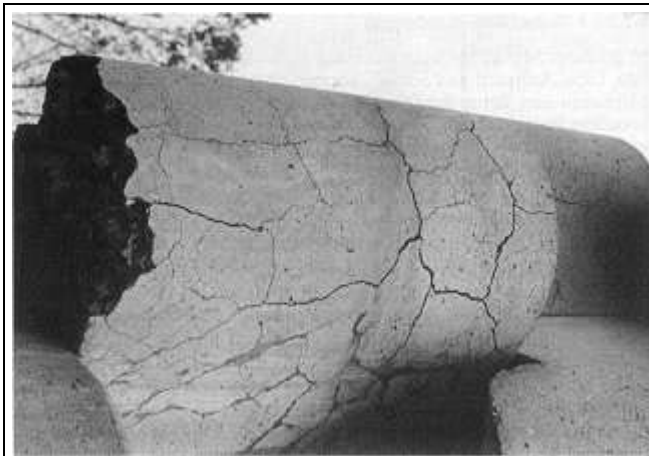
[18] prEN 12620:1996 Gesteinskörnungen für Beton einschließlich Beton für Straßen und Deckschichten

[19] *Knoblauch, H.*: Baustoffkenntnis. Werner Verlag GmbH. Düsseldorf, 1999.

[20] *Révay Miklós*: Az adalék-alkáli reakció, az adalék-alkáli korrózió valószínűsége hazánkban. Betonszerkezetek tartóssága. Konferencia kiadvány. Műegyetemi kiadvány. Budapest, 1996. p. 187-198.

[21] *Mádi András*: Alkáli korróziós vizsgálatok tapasztalatai a szegedi Északi Tisza-híd előregyártott vasbeton gerendáin. Beton. VI. évf. 1998. június. p. 18-21.

Repedések alkálifém-oxid - szilikát reakció következtében:



Forrás: Deutscher Beton-Verein E.V.: "Beton-Handbuch" (A kiadás éve ismeretlen). A <http://www.b-i-m.de/Lexikon/Inhalt/alkaliloe.htm> alapján.

Forrás: Durability of Concrete Construction. ACI Monograph No. 4. Woods, H, 1968.5.2. Az [1] irodalom alapján.

Vissza a

[Noteszlapok abc-ben](#)

[Noteszlapok tematikusan](#)



tartalomjegyzékhez