

Vasbeton szerkezetek károsodásának vizsgálata

Nem megfelelő betontechnológiák alkalmazása (esettanulmányok)

1. **Agyagtartalmú adalékanyag alkalmazása és nem megfelelő dilatálás.**
 - Vasbeton támfalszerkezet repedezése (Csokonyavisonta, Visnye)
 - Betonút és térburkolat repedezése (Hárserdő, Iharosberény)
 - Ipari csarnok alaplemezőnek repedezése (Balatonszentgyörgy)
2. **Nem megfelelő betonösszetétel és betontechnológia alkalmazása**
 - Vasbeton víztározó medence károsodása (Pét)
 - Monolit vasbeton gerendák zsugorodási repedezése (Csepel)
3. **Vízkezelő medencék és szerkezetének károsodása**
 - Kommunális szennyvíz betonkorróziós hatása (Bicske)
 - Hűtővíz kezelő vegyszerek korróziós hatása (Ajka)
4. **Nem megfelelő betontechnológia és korrózióvédelem alkalmazása**
 - Műtrágya alapanyag tároló tönkremenetele (Barcs)
 - Közúti híd károsodása és megerősítése (Pécs)
 - Víztorony károsodása és megerősítése (Dombóvár)
5. **Vasbeton vázszerkezet Cl⁻ ion okozta korróziós károsodása**
 - „Magasház” korróziós károsodása és bontása (Pécs)
 - Klórt előállító üzem vázszerkezetének károsodása (Kazincbarcika)
6. **Betonszerkezet martinsalak okozta tönkremenetele (Miskolc)**
7. **Bauxitbeton épületszerkezetek károsodása (Budapest)**

1

Vasbeton siló támfalszerkezetének károsodása

A nem megfelelő adalékanyag- és betontechnológia alkalmazása a támfalak nem megfelelő dilatálása



2

A beton repedéseit előidéző okok:

- az adalékanyag magas **agyagtartalma** és nem megfelelő húzószilárdság
- a betonozást követő magas hőmérséklet, **korai kiszaluzás**, takarás hiány
- nem megfelelő utókezelést követő **zsugorodási** jelenségek
- támfalak **nem megfelelő dilatálása**, repedéseket kiváltó feszültségek

A zsugorodást befolyásoló tényezők:

- a beton víztartalma, V/C, vízleadás sebessége és mértéke
- egyenlőtlen hőeloszlás, környezet °C, Ψ%, utókezelés mértéke

Vasbeton szerkezetek **dilatáció képzésének** távolsága:

- a keresztmetszet és hosszúság függvényében kb. 25 ÷ 40 m² - ként
h = 3,0 m; vtg. = 25 cm vasbetonfal esetében. kb. H_{max} = 14 m



- 1 Plasztikus zsugorodás
- gyors vízvesztés
- töppedés,
- 2 Termikus zsugorodás
- hőmérséklet különbség
- alakváltozás 10 ó ÷ 1 hét
- 3 Száradási zsugorodás
- víz eltávoztása
- térfogat csökkenés

A beton kötése- és szilárdulása közötti zsugorodási jelenségek

3

A feltáró vizsgálat megállapításai:

A kavicszemcsék nem kötődtek a cementkőhöz.

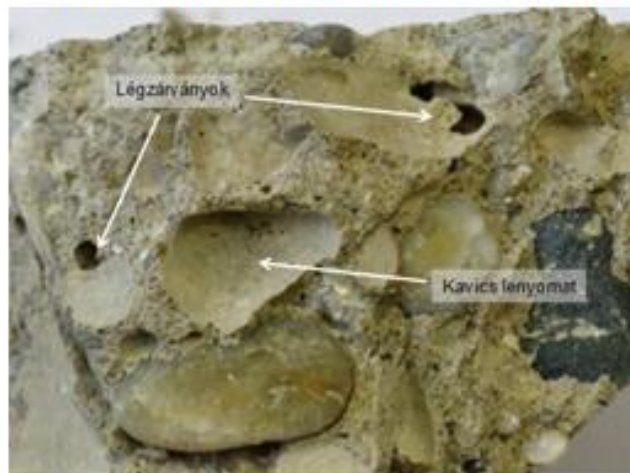
- az adalékanyagnak magas volt az **agyagtartalma**

A betonban igen sok volt a légzárvány és légpórus.

- a betont **nem tömörítették** megfelelően
- **magas víz/cement** tényezőt alkalmaztak

A betonszerkezet szakaszosan megrepedt.

- **száradási zsugorodás**, **alacsony húzószilárdság**



A beton töretképe a kavicszemcsék lenyomataival



4

Vasbeton siló támfalszerkezetének károsodása

Visnyei tehenészeti telep, silótér (2013)



5

A vasbeton siló állapota

A 33 m hosszúságú, 3 m magasságú, vtg. = 25 cm vasbeton támfalakon 0,2 ÷ 0,6 mm vastagságú és a falszerkezeten áthatoló repedések vannak, melyek a betonszerkezet szilárdulás közbeni zsugorodásakor keletkeztek.

- a dilatációs hézag nélküli (33 m) támfalon 6 db. repedés
- a dilatált 21 méteres falszakaszon 2 darab repedés
- a 12 méteres szakaszon repedés nem volt látható

Igazolódik, hogy a dilatáció képzés ajánlott hossza kb. 14 m



Furatminta vétel a vasbeton siló támfalszerkezetéből

6



A támfalból fúrt hengerminta

A cementkő pórusossága és a homokszemcsék alapján, a betonkeveréket sok vízzel készítették, vagy utólagosan felvizezve átkeverték.



A furatminta töretfelületének betonstruktúrája

7

Betonút és térburkolat károsodása

Hárserdő szarvasmarha telep etetőtéri betonútja (2013)



Nem megfelelő adalékanyag és betontechnológia alkalmazása

8

A helyszíni szemle tapasztalatai:

Az út betonozását követően, a térburkolaton **zsugorodási repedések** jelentek meg 6-10 méterenként.

A túl mélyre helyezett acélháló nem akadályozta meg a repedezést.



Henger minták kifúrása a betonlemezről

9



kavicszemosók
lenyomatai



agyag szennyezettség

A fúrás közben széttöredezett hengerminta

10

A helyszíni feltáró vizsgálatok tapasztalatai:

1. Nem megfelelő minőségű beton lett betervezve
C16/20 – XC1 – XA1 – 24 – F3 – S54 (MSZ 4798?)
C30/37 – XC3 – XA2 – XF3 – 24 – F2 – CEM II/B-S32,5N-S
2. A beton előállításához **bányahomokot** is használtak.
 - a magas agyagtartalmú bányahomok sárgára színezte betont
 - az **agyaggal bevont kavicszemek** nem tapadtak a cementkőhöz
 - csökkent a húzószilárdság és nőtt a beton **repedésérzékenysége**
 - az agyag szennyezettőségű betonút **nem fagyálló**
3. A **térburkolat vasalása** nem megfelelő (a felső háló mélyen van)
nem akadályozza meg a beton felszíni repedezését.
4. Az alsó betonacél hálónál elvált a betonlemez,
a háló elhelyezése után túl **hosszú technológiai szünetet** tartottak.
5. A betonút **repedések kiinjektálása** csak ideiglenes megoldás,
mivel az agyagtartalom miatt további repedések keletkezhetnek.

11

Ipari csarnok alaplemezének zsugorodási repedezése



Nem megfelelő adalékanyag és
betontechnológia alkalmazása

12

A vizsgálatok tapasztalatai:

A hengerminták fúrásakor a beton különböző színűnek mutatkozott.

- A betonhoz **különböző cementfajtákat** használtak (pernye, kohósalak)
- **Nagy agyagtartalmú** bányahomokot használtak.

A frissbeton repedését az adalékanyag nagy agyagtartalma okozta:

- az agyagtartalom növelte a **péptartalmat és a korai zsugorodást**
- az agyagrészecskék bevonták az adalékanyagot és megakadályozták a **cementszemcséknek a kavics**hoz való kötődését



Az alkalmazott homokagyag-iszap tartalmának vizsgálata ($i = 6,4\%$)

13



A betonaljzatból kifűrt hengerminta töretfelülete

14



A repedezett betonajzat utólagos javítása

15

Betonút károsodása és repedéseinek vizsgálata



Az állattartási telephely károsodott betonútja

A betonút repedezettsége

16

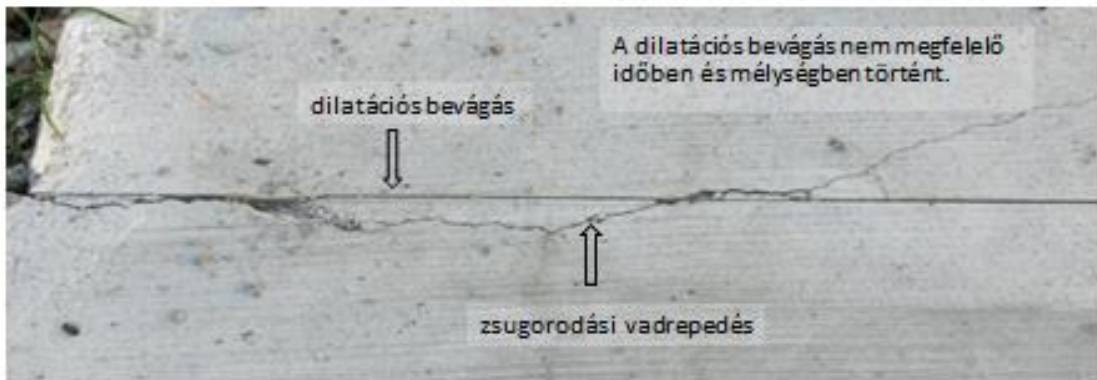


Zsugorodási (száradási) repedések és a fuga vizsgálata

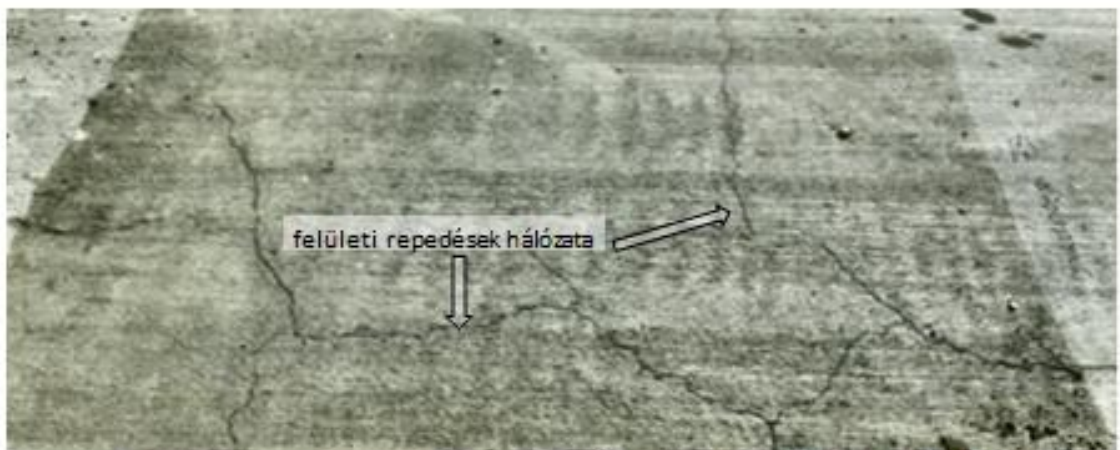


Plasztikus állapotban keletkezett repedések vizsgálata

Betonút károsodása és repedéseinek vizsgálata



19



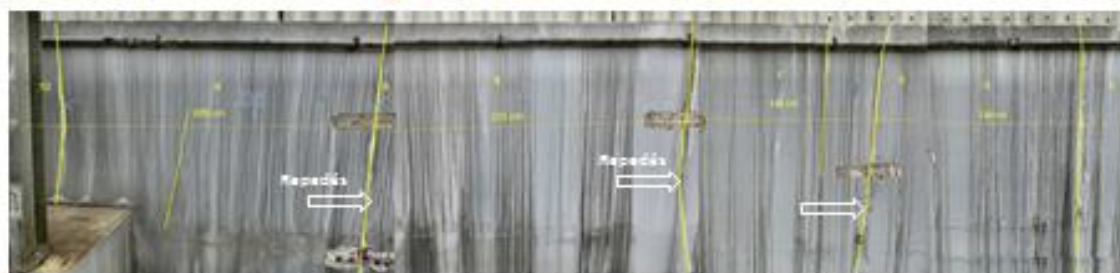
20

Monolit vasbeton szerkezetek repedésvizsgálata



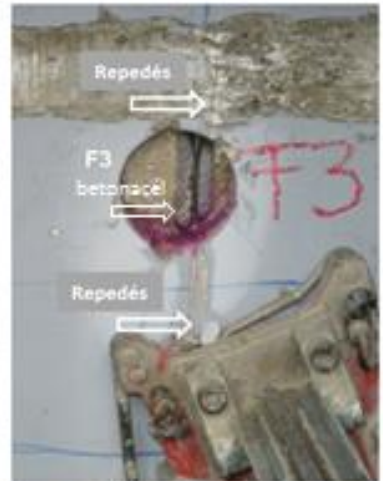
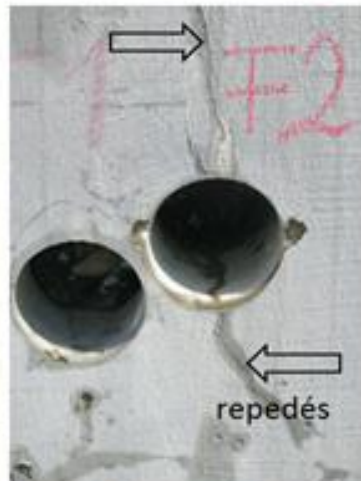
Borsodi Vegyi-kombinát Hűtőtorony épülete, Kazincbarcika

21



A víztározó vasbetonszerkezet repedés-térképe

22



Vasbeton víztározó medence károsodása



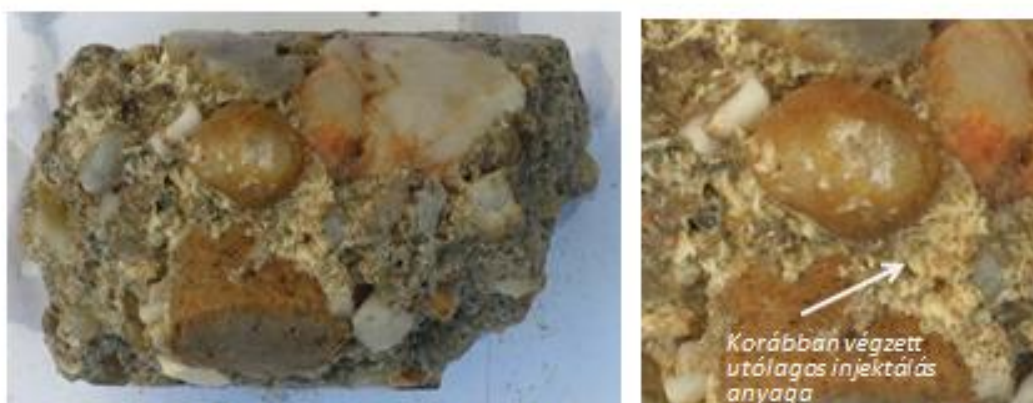
A nem megfelelő adalékanyag-
és betontechnológia alkalmazása

Diagnosztikai vizsgálatok a medence állapotának felmérésére:

1. Betonszilárdság vizsgálata Schmidt kalapáccsal
2. Repedezettség és repedésmélység vizsgálata ultrahanggal
3. Vasalás és a betonfedés meghatározása mágneses készülékkel
4. A betonfalak tapadó szilárdságának meghatározása
5. A betonszerkezet üregeinek vizsgálata endoszkóppal



25



5. sz. A falból kifűrt szétmálló magminta egyben maradt darabja



6. sz. A medence oldalfalából kifűrt töredezett magminta

26

Monolit vasbeton gerendák repedésvizsgálata



27



A frissen begyártott gerendafelület plasztikus repedései

A betervezett és előállított beton:

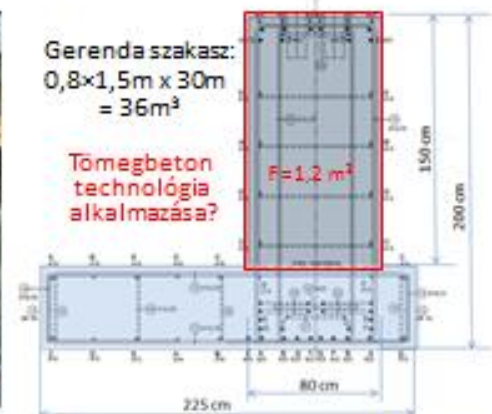
C30/37 – XC4 – XA1 – XV2 – 16 – F2
Alkalmazott cement: CEM II/A – S 42,5N
340 kg/m³

A beton repedésérzékenységet növelte:

- magas V/C, híg beton alkalmazása
- nem kis kötőhőjű cement, pl. CEM II/A – S 32,5L - LH alkalmazása
- a beton nem megfelelő tömörítettsége
- 24 óra után, megengedett kiszaluzhatóság !

Gerenda szakasz:
0,8x1,5m x 30m
= 36m³

Tömegbeton technológia alkalmazása?



A begyártott gerenda keresztmetszete

Javasolt felület javítási eljárás (Sika):

1. Csiszolásos felület előkészítés
2. Repedések kiszélesítése, fugavágás gyémánttárcsa, V= 1cm d= 0,5cm
3. Fugatisztítás, porszívózással
4. Tömítés alapozása: Primer-3
5. Rugalmas fugatömítés Sikaflex Construction + poliuretán
6. A teljes felület impregnálása Sikagard-73 epoxi gyantával

28

Pécsi Árpád Híd felhajtó ágának károsodása

Nem megfelelő betontechnológia
és korrózió védelem.



29

Az előzetes helyszíni szemle és feltáró vizsgálat

A híd műszaki állapotának vizsgálata és a megállapítások:

- A híd **pályalemezének** betonanyaga tömör, minimális a károsodás.
A pályaszerkezet felszíni **csapadékvíz** elvezetése nem volt megoldva.
- A **szegély gerendák** dilatációs illesztési hézagai nem voltak vízzáróak.
A szegélygerendák igen súlyos korróziós károsodást szenvedtek.
- A **csapadékvíz** (sós hólé) a pályalemezről a tartópillérekre csorgott.
A tartópillérek konzolos szerkezetei **korróziós károsodást** szenvedtek.



A szegélygerendák helyszíni szemléje



A korróziós károsodás mértéke

30



A alaptest feltárása és tartópillérek szilárdságvizsgálata

31

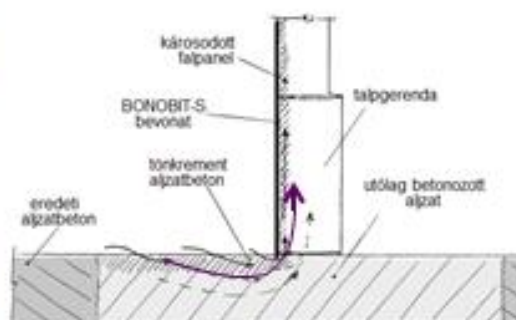
A hídszerkezet diagnosztikai vizsgálatának megállapításai

1. A feltáró vizsgálataink alapján, a **csapadékvíz elvezető** rendszer működőképes, eredeti állapotnak megfelelően helyreállítható.
2. **Szegélyelemek** a jelenlegi korróziós állapotuk miatt már nem javíthatók, teljes mértékű **cseréjükre** van szükség.
3. A **pillérek** és azok konzolos szerkezetének korróziós károsodása és műszaki állapota kritikus, azonnali **beavatkozást igényel**, a tartószerkezet teherviselő alátámasztása érdekében.
4. A **dilatációs hézagok** endoszkópos vizsgálata alapján megállapítottuk, hogy a híd **belső tartószerkezeti részei csak kis mértékben** károsodtak.
5. A **pályalemezek** teljes alsó felületén vékony habarcsréteg felhordása (**lövése**) szükséges, a nem megfelelő betonacél takarás növelése céljából.
6. Már a felújítási munkálatok elvégzése előtt is, **korlátozni kell** a 20 t. feletti gépjárműforgalmat a hídon.

32

Vasbeton épület korróziós károsodása

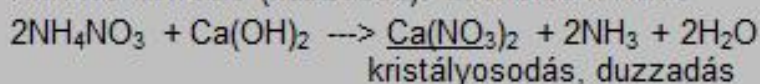
AGROKÉMIA Barcs (1992)



Szabadtéri műtrágya tároló, vasbeton csarnokkal való lefedése.
Avíz záró térburkolat felvágása, sávalap betonzása C10-32/KK.

Betonvédelem: BONOBIT-S bitumenes korrózióvédő bevonat.
Ammónium nitrát beszivárgása a falszerkezetbe (alulról)

Nitrátos korrózió (duzzadás): ammónium-nitrát



33



A károsodott falszerkezet és az összeomlott tetőszerkezet

34

A károsodás mértéke:

- A korrózió hatására a falpanel **felületi rétege lehámlott**.
- A **tartópillérek** betonanyaga felpuhult (faraghatóvá vált).
- A **tetőszerkezet** sem megfelelő szilárdságú fa anyagból készült.
- A hóteher hatására a **pillérek kihajoltak** és a tetőszerkezet leszakadt.

Tanulságok:

- A **tervező nem tudta**, hogy a műtrágya alapanyag levét enged és a betonajzatot nem ennek megfelelően tervezte.
- A BONOBIT-S bevonat nem adott megfelelő **korrózió védelmet**.



35

Szennyvízkezelő medence vasbeton falszerkezetének károsodása Kommunális szennyvíz korróziós hatására



Szennyvízkezelő medence, Bicske (2019)

36



A károsodott falszerkezet



Mintavétel a károsodott betonból



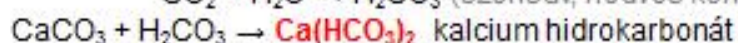
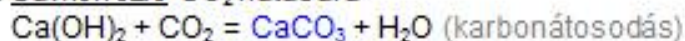
A furatpor mintavételi helyei

A korróziós károsodást szenvedett falszerkezet és vizsgálata

37

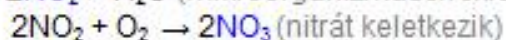
A kommunális szennyvíz betonkárosító hatásai

1. Savkorrózió CO_2 hatására



könnyen oldódik, a betonfelület morzsolódik

2. Ammónia NH_3 hatására



kristályosodva, roncsoló hatású duzzadás

3. Biogén kénsav H_2S korrózió

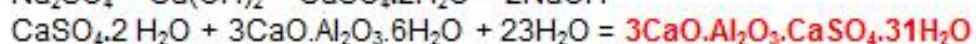
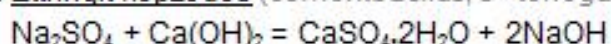
Biobacilusok S és C tartalmú anyagokkal (fehérjék) táplálkoznak melléktermékként H_2S kénhidrogént termelnek.



hidratált formában: $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ kristályosodik

Glauber-só, 3× térfogat növelés, roncsoló duzzadás

4. Ettringit képződés (cementbacilus, 3× térfogat növelés)

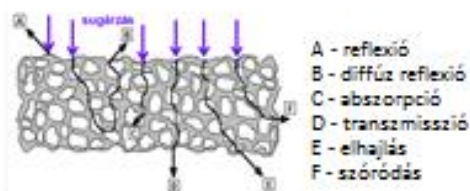


38

Infravörös (IR) spektroszkópia

A vizsgálandó anyagot besugározzák infravörös tartományába eső elektromágneses sugárral. A sugárzás hatására, a molekulák rezgési állapotai gerjesztődnek.

A mintáról visszaverődő, az anyag molekuláris tulajdonságai által módosított sugárzás változását mérik. Abból, hogy milyen hullámhosszak nyelődtek el, következtethetünk az anyag összetételére.



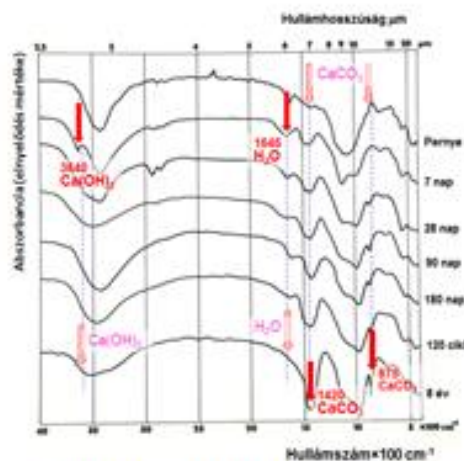
IR sugárzás és az anyag kölcsönhatásai



Infravörös tartomány: 780 nm + 100 μ m

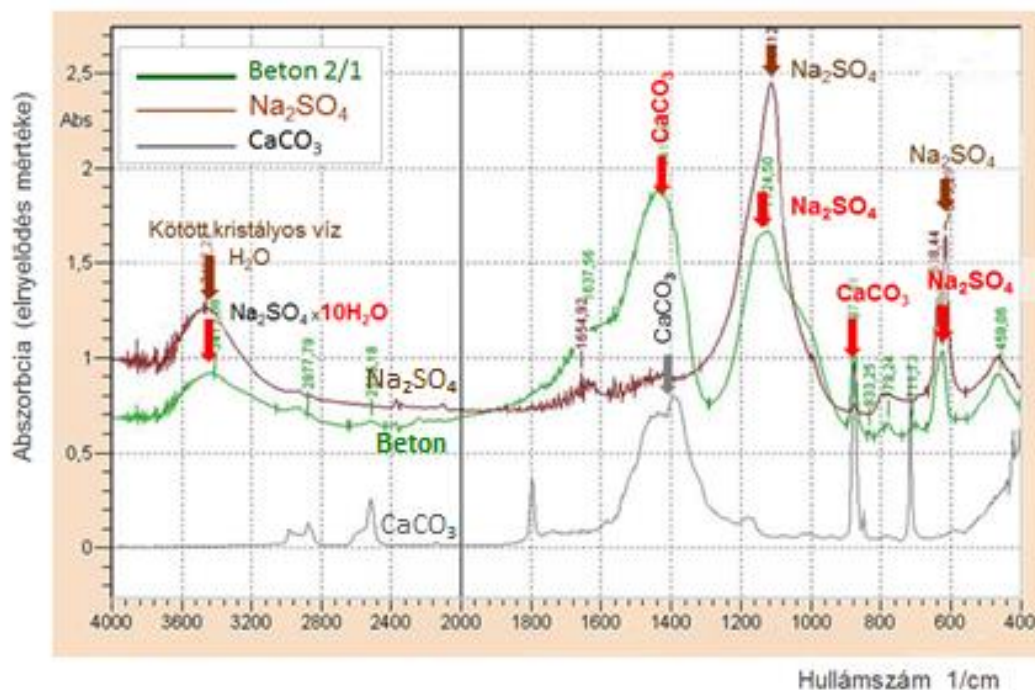


Spektrofotométer



Pernyebeton infravörös színepei

Építőanyagok infravörös spektrográfias analízise



A beton spektrográfias analízisének infravörös színepei

A szennyvízkezelő medence falainak korróziós károsodását, a nátriumszulfát okozta.

Vasbeton vázszerkezet Cl^- ion okozta korróziós károsodása



41



A vasbeton vázszerkezet korróziós károsodása

42



A vasbeton szerkezet betonanyagának vizsgálata.

43

- Megállapítás: 1. A betonacél környezetében lévő beton pH értéke > 9,0 és a mintavétel mélységével arányosan növekszik.
2. A vb. szerkezet korróziós károsodását nem a CO₂ okozta. A betont korróziós hatás nem érte, és **kémiaailag stabil**.
3. A betonba jutó **kloridion reakcióba lép a vassal**, majd disszociálódik:

$$2\text{Fe} + 3\text{Cl} = 2\text{Fe}\cdot\text{Cl}_3 \longrightarrow 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{Cl}^-$$
A felszabadult kloridion (Cl⁻) szabaddá válva újra reakcióba lép.
4. A beton felszínén a kloridion (Cl⁻) diffundál és kimosódik.
Kloridion (Cl⁻) tartalom > 0,20 m/m%, **agresszív betonacél korrózió!**



A vb. szerkezet jele	A mintavétel mélysége (mm)	A mért pH érték	Kloridtartalom (m/m%)
28a pillér	0 - 5	9,83	0,4
28a	5 - 10	10,73	0,42
28a	10 - 20	11,45	0,49
3 - 4 gerenda	0 - 10	9,1	0
3 - 4	10 - 20	10,91	0,32
3 - 4	20 - 30	11,47	1,27

A beton pH értékének és a karbonátosodás mélységének meghatározása

44

Vasbeton szerkezet sav- és klorid okozta korróziós károsodása



Ajkai Hőerőmű hűtőtorony épülete (2018)

A hűtővíz algásodásának megakadályozására Cl^- tartalmú vízlágyító- és vízkezelő vegyszereket adagolnak a vízbe:

- ezzel csökkentik a víz pH értékét (pl. hipo)
- kloridionokat (Cl^-) visznek a hűtővíz rendszerbe, mely állandó párolgással a vb. szerkezet felületére jut



Vízben álló szerkezet



Korrodált vb. vázszerkezet

45



Korrodált vb. vázszerkezet

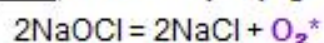


Korrodált vb. födémszerkezet

Adagolt vegyi anyagok:

- hipo, nátrium-hipoklorit (NaOCl)
- sósav HCl

A hipo, bomlékony anyag:

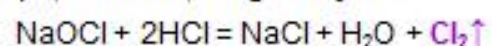


O_2^* - naszcens oxigén (oxidálószer)
reakcióképes és fertőtleníti
baktériumokat elroncsolja

Sósav (HCl):

Klór, hidrogénnel való reakálásakor
 $\text{Cl}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{HCl}$

A hipo, savakkal, klórgázt fejleszt:



Mérgező klórgáz az egész épületben

⇐ A hűtővíz sav- és klorid tartalmának korróziós hatása, a födémszerkezet alsó felületén mutatkozik a legintenzívebbnek

46



A vb. vázszerkezet tönkremenetelét okozó korróziós folyamatok:

1. Karbonátosodás CaCO_3
 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
2. Kalcium hidrokarbonát
 Az állandó nedves közegben
 $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
3. A hűtővíz sav- és klorid tartalma
 Az agresszív vegyi anyagok hatására a cementkő kioldódik és eltávozik a kavicsok közül.
 A betonacélok pedig, a sósav és a kloridionok korróziója következtében leveles formában szétmállanak és megsemmisülnek.
 $2\text{Fe} + 3\text{Cl} = 2\text{Fe}.\text{Cl}_3 \rightarrow 2\text{Fe}^{3+} + 3\text{Cl}^-$

A pécsi „Magasház” (korróziós károsodása és bontása)



Az épület adatai: 82 m magas; 25 emelet; 18.500 m²; 252 db. lakás
 Építés: 1974/76 Korrózió: 1983 Kilakoltatás: 1989 Megerősítés: 2003 Bontás: 2016



A pillér-födém kapcsolat kialakítása, összefeszítéssel



Feszítő huzalok korróziója és szakadása

Betonszerkezet, martinsalak okozta károsodása

Alagsori óvóhely repedezett falszerkezete (Miskolc 2018)



51



52



Martinsalak darabok a károsodott falszerkezetben

Anyagok szerkezetének atomi szintű vizsgálata, röntgen-sugárral

Az anyagok szerkezetébe behatoló röntgensugarak a kristálysíkokon visszaverődnek.

A visszaverődési szög (θ) függ az anyag atomi szerkezetétől, a rácssík távolságtól (d).

A visszavert (reflektálódott) elektromágneses hullámoknak a fáziskülönbsége: ($2d \times \sin\theta$).

Összefüggés: $n\lambda = 2d \times \sin\theta$

λ - röntgensugár hullámhossza

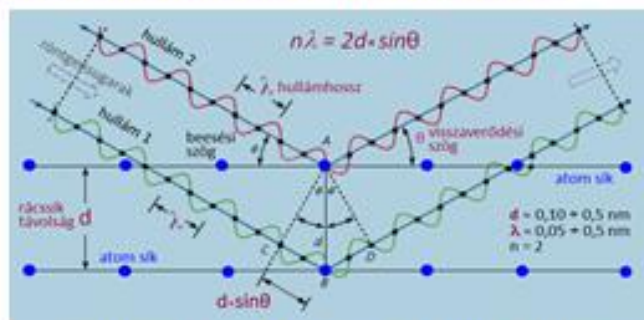
θ - a reflexió szöge

d - rácssíkok közötti távolság

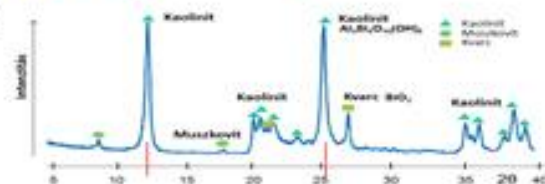
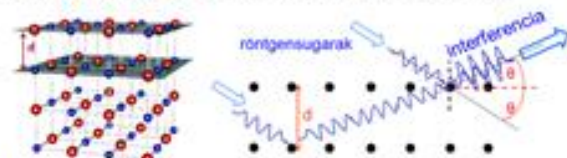
A röntgensugarak beesési szögét θ változtatják, és a visszaverődő hullámok találkozásával **interferencia** jelenség (max. intenzitás) következik be.

A θ értékekből meghatározható a d , mely az egyes ásványokra jellemző.

Az intenzitási maximumok csúcsai adják a diffrakciós mintázatot.



Röntgensugarak reflexiója a kristályrácson



Ásványi összetétel meghatározása röntgendiffrakció (XRD) vizsgálattal

Bauxitbeton épületszerkezetek károsodása

Református Gimnázium épülete, Budapest (2018)



Az 1928. évben épült épület bauxitbeton erkélyszerkezetének korróziós károsodása

55



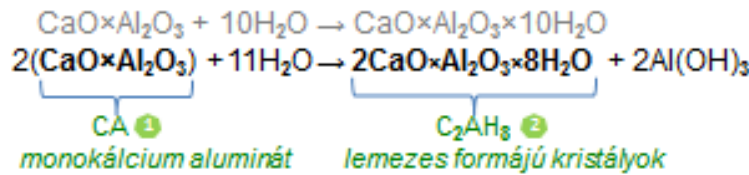
Megállapítások a bauxitbeton minták töretképeiből:

- A töretfelületen morzsalékos szemcsék láthatók.
- A cementkőnek már **nincs kristályos szerkezete**.
- A bauxitcement **nem rendelkezik** elegendő **kötőerővel**.
- A beton szerkeztája **alacsony cementadagolásra** utal.
- A bauxitbeton az idők folyamán, **tömörségét elveszítve**, már nem tud megfelelő korrózióvédelmet biztosítani a szerkezetben lévő betonacélok számára.
- A beton pH értéke alacsony a Ca(OH)_2 hiánya miatt.

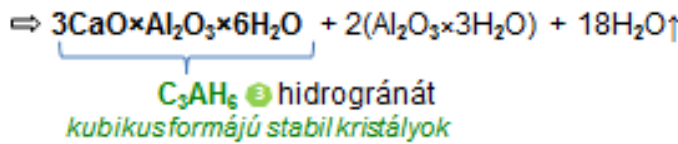
A furatminták vizsgálata és a bauxitbeton szerkeztája

56

A klinkerásványok hidratációja:



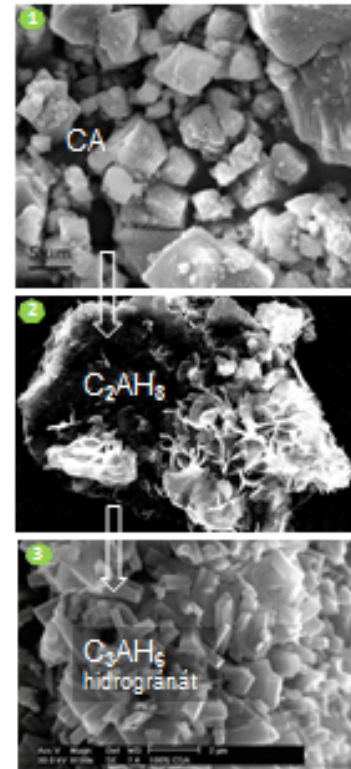
A keletkező CAH₁₀ és C₂AH₈ kalcium-alumináthidrátok instabil kristályok és idővel átalakulnak (°C; W%):



A megszilárdult anyagban történő kristályátalakulás feszültséget kelt, ami szilárdságcsökkenéssel jár.

A reakció következményei:

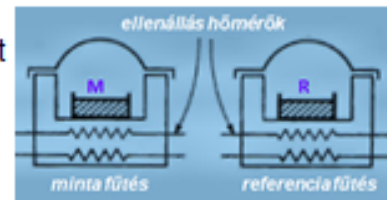
- ρ C₃AH₆ (2.500 kg/m³) > ρ C₂AH₈ (1.700 kg/m³)
vizeltávozással növekszik a porozitás
- CO₂ jut be a betonba, és szétbontja a hidrogránátot.
C₃AH₆ + CO₂ → 3CaCO₃ + 2Al(OH)₃ + 3H₂O
- A beton, fokozatosan elveszti a szilárdságát.



A bauxitcement klinkerásványainak hidratációja és átalakulása

Anyagösszetétel meghatározása DSC termoanalitikai vizsgálattal

A hő hatására lejátszódó átalakulási folyamatok vizsgálatára alkalmas **DSC módszer**. Azt a hőáramot méri, ami ahhoz szükséges, hogy a **M** mintát és a **R** referencia anyagot, azonos hőmérsékleten tartsuk. A mért hő áram különbségből a minta összetételére és az anyagban végbemenő változásokra lehet következtetni, pl.: kristály átalakulás.

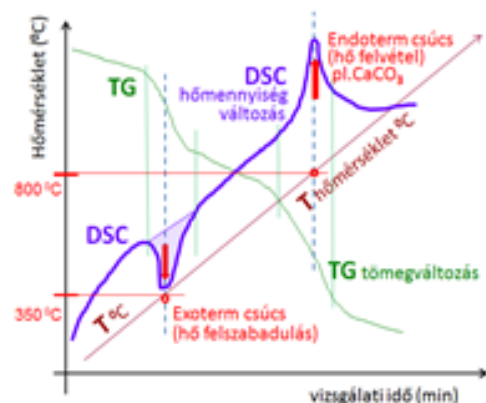


Változtatható °C kályha

DSC módszernél, a mintát és a referencia anyagot az egyenletes sebességű fűtés során, elektromos energia befektetéssel azonos hőmérsékleten tartják.

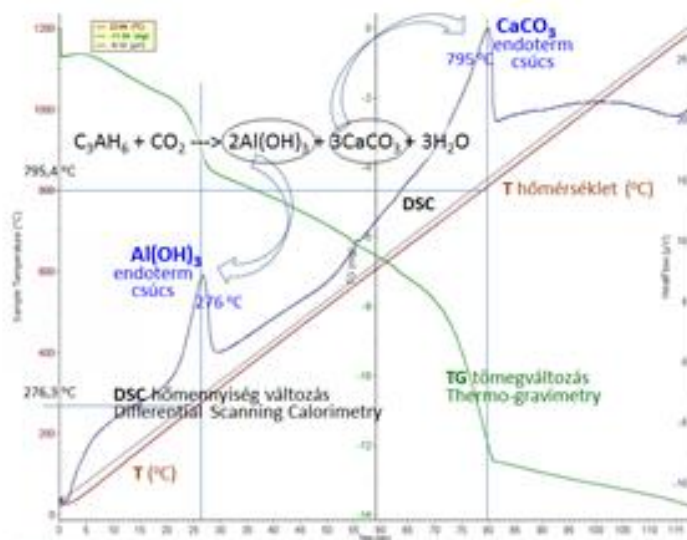
Endoterm effektus esetén a minta hőmérséklete elmarad a referencia anyagéhoz képest. Ekkor a berendezés, a reakcióban elhasznált hőmennyiséggel azonos mennyiségű hőenergiát bocsát a mintába. **Exoterm reakció** esetén a referencia anyag fűtésével biztosítható a hőmérséklet azonoság.

A **DSC görbék** szélső értékeinek helye (°C) az egyes alkotók kimutatására alkalmasak

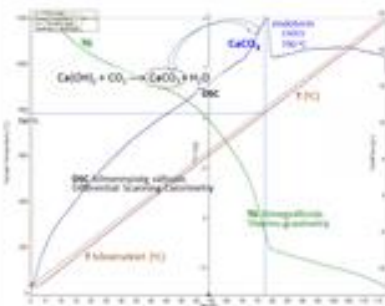


A termoanalitikai vizsgálat grafikonja

Differenciális pásztázó (scanning) kalorimetria DSC vizsgálat



A bauxitbeton termoanalitikai vizsgálatának grafikonja



Portlandcement beton grafikonja

Megállapítások:

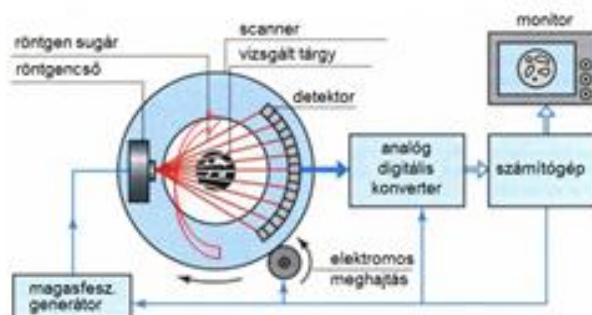
1. A már szétbomlott bauxitbetonra jellemző hő-effektusok mutatkoznak a 276°C-on, az Al(OH)_3 és a 795°C-on, a CaCO_3 helyén.
2. A C_3AH_6 kristályok már teljes leépülését jelzi, hogy hiányzik a hidrogránátra jellemző csúcs, az 540°C-on,
3. A bauxitcementek hidratációjakor nem keletkezik Ca(OH)_2

59

Betonstruktúra komputertomográfias (CT) vizsgálata

CT alkalmazása betonszerkezetek vizsgálatához:

- Betonszerkezetek három dimenziós állapot- és belső szerkezetvizsgálata.
- Szilárdságot befolyásoló anyag szerkezeti átalakulások nyomon követése.
- Betonszerkezet belső sűrűség eloszlásának és a pórusrendszerének vizsgálata.
- A betonstruktúra váltózásának követése a tönkremeneteli folyamatokban.
- Betonok porozítás váltózásának megállapítása pl. hő (tűz) terhelte betonok esetén.
- Acélbetétek korróziós állapotának megítélése, a betonfedés eltávolítása nélkül.



Komputertomográf (CT) működése

60