

Vasbeton szerkezetek állapotellenőrzése korrózióra

Borosnyói Adorján*

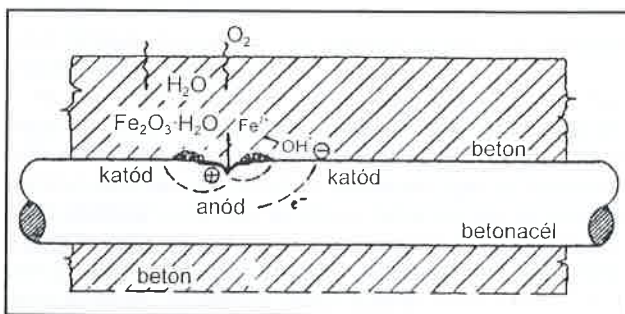
Bevezetés

A környezeti szennyező és időjárás hatásoknak kitétt, nagy felületű vasbeton szerkezetek (pl. közúti hídszerkezetek, vízellátási műtárgyak) károsodásának egyik folyamata a betonba ágyazott és a teherviselésben meghatározó szerepet betöltő acélbetétek korróziója. Ez alapvetően elektrokémiai folyamat, hiszen az acélbetét szilárd elektrolitba (a betonba) van ágyazva, amely kapilláris pórusain és esetleges repedésein keresztül át is nedvesedhet. Az acélbetétek korróziós állapotának ismerete ezért mind a teherviselő szerkezet biztonsága, mind az állapotellenőrzésen alapuló karbantartás szempontjából fontos.

Az acélbetétek korróziós károsodása a szerkezet szabad felülete mentén nem egyenletesen megy végbe, mivel a folyamat szempontjából kedvező zónák helyzetét nem csak a szerkezet betonjának jellemzői és igénybevétele, hanem a kivitelezési helytől függő minősége is befolyásolja. Ezért az időszakonkénti állapotellenőrzést a szerkezet egész szabad felületére célszerű kiterjeszteni, hogy időben felismerjük a korrózió szempontjából veszélyeztetett részeket. A korrózióra veszélyes területeken szükség szerint elvégzett kiegészítő vizsgálatokat – pl. ultrahangos repedésvizsgálat, a felületi betonréteg szilárdságvizsgálata – követően a további károsodást lassító javítások végezhetők. A korróziós zónák korai felismeréshez az egyszerű szemrevételezés nem elegendő, általában műszeres vizsgálatra van szükség.

Az elektrokémiai feszültségmérés alapelvei

A fémkorrózió alapvető jellemzője, hogy hatására a fémes jelleg megszűnik. Ez úgy következik be, hogy a fémes rácsból vasion és elektron lép ki (egymástól akár több méteres távolságban) elektrolit (víz) jelenlétében. A korrózió két lépésben, az acélbetét két, térben elválasztott helyén, az anód- és a katód felületen megy végbe (1. ábra). A korrózióhoz a két pólust elektromosan vezetőképes betonnak (elektrolit) kell összekötnie és fémesen is kapcsolatban kell lenniük. Utóbbi a betonacél által adott. Ezen kívül a katódnál elegendő mennyiségű oxigénnek és víznek is kell lennie. Az anód és a katód között feszültségkülönbség van. Az anódos reakció következtében a keletkezett töltésmennyiség jól definiálható áramfolyamatot létesít. A potenciálkülönbség mérhető, nagyságából a korróziós folyamat előrehaladottsága megállapítható. Különböző előírások szerint a bebetonozott acélbetétek korróziójának valószínűsége -25 és -210 mV értékhatárok között $0 - 50\%$, míg e felett ($-210 \dots -460$ mV) a korrózió valószínűsége $50 - 100\%$ [1].



1. ábra. Bebetonozott acélbetét korróziójának elvi ábrája

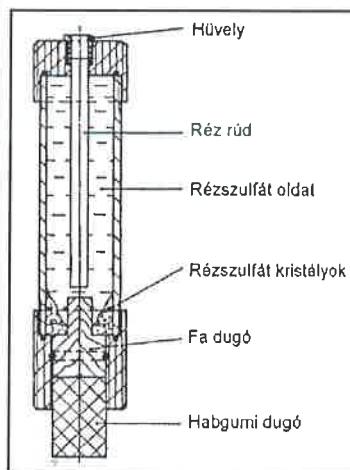
A Canin korrózióelemző műszer (2)

A svájci Poceq SA cégnél kifejlesztett Canin (corrosion analysing instrument) műszer (2. ábra) egy intelligens, digitális millivolt-mérő, mellyel megmérhető az elektrokémiai korróziós folyamat intenzitására, sebességére jellemző villamos potenciál, azaz a betonba ágyazott korrodáló acélbetét felülete és a felszíni betonfelületre helyezett összehasonlító elektróda közötti feszültség. Segítségével nagy felületeken gyorsan és roncsolásmentesen végezhetünk méréseket, és feltérképezhetjük a bebetonozott acélbetétek korróziós állapotát, még azelőtt, hogy a korróziós károsodás nyomai a betonfelületen megjelenjenek.

Az összehasonlító elektróda rézszulfát (CuSO_4) telített vizes oldatába merülő réz. A kézi rúdelektrod felépí-



2. ábra. A Canin korrózióelemző műszer



3. ábra. A rúdelektroda felépítése

tését vázlatosan a 3. ábra szemlélteti. Mérés során a megfelelő kontaktus érdekében a betonfelületet nedvesíteni kell. Ezt a mérés előtt vízzel telített fa- és habgumi dugóban végződő elektróda biztosítja. A műszerhez csatlakoztatható kerékelektrodával folyamatos mérés hajtható végre. A felület nedvesítéséről – a vízzel telített dugókon kívül – az ún. nedvesítő kerék is gondoskodik. A műszerhez egy, de legfeljebb nyolc darab rúd- vagy kerékelektroda csatlakoztatható (4. ábra). A vizsgálandó felület alakjától és helyzetétől függően az elektródák mozgását, illetve a jó érintkezést cserélhető, teleszkópos rudazat segíti (5. ábra). A rúdelektrodával a szerkezet felületén előre megválasztott osztásközü hálópontokon, míg a kerékelektrodával az előre kijelölt nyomvonalon végezhetünk méréseket. A mérés-helyek, a hálópontok, illetve a nyomvonal geometriai adatai, valamint kiinduló pont-hoz viszonyítva a mérés megkezdése előtt betáplálhatók az egyszerű menütechnikával kezelhető műszer memóriájába. A kerékelektrodára sze-

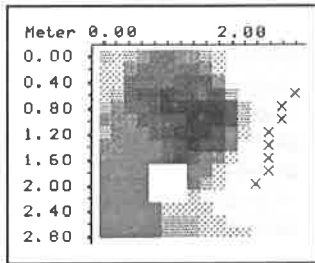


4. ábra. Mérés kerékelektrodával

*BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, adorian@vbt.bme.hu



5. ábra. Mérés rúdelektórával



6. ábra. A Canin műszer kijelzőjének grafikus felülete

relt útmérő a kerék mérési helyzetbe fordulásának a kiindulási ponttól mért távolságát (felbontás 3 mm) folyamatosan továbbítja a memóriába. A mérés sebessége 1, 2, 4, illetve 8 kérekelektroda alkalmazásakor rendre 1,0; 0,6; 0,3; 0,15 m/s, míg a rúdelektórával egy-egy mérés legfeljebb fél másodpercig tart.

A műszer méréstartománya ± 999 mV egyenfeszültség, a mérés pontossága: ± 3 mV. Az adott mérési feladatkor az előzetes tájékoztató mérések figyelembevételével célszerűen kijelölhető az a kilenc szűrkeségi fokra, illetve kilenc színre felosztható mérési tartomány, amelyen belül az egyes fokozatok az egyenértékű potenciálú területeket jellemzik (6. ábra).

A nyakba akasztható műszer nagyméretű LCD megjelenítőjén

mérés közben is könnyen leolvashatók a kijelzések. A műszer memóriája 120 ezer mérési adat befogadására alkalmas, amelyből a kijelzőn – a beépített szoftverrel – 240 mérési adatblokkokként megjeleníthető a potenciáltérkép, amely a műszerhez csatlakoztatható fekete-fehér, illetve színes nyomtatóval közvetlenül kinyomtatható. Mód van a mért adatok számértékeinek térpékszerű megjelenítésére is. Egy adott mérési mezőben a mérés helye a szabadon eltolható kurzorral jelezhető. A műszer folyamatosan ellenőrzi az objektum méretét, így a kinyomtatás mindig lehetséges. Az objektumon a mérések vegyesen, finom és durva négyzögháló mentén elvégezhetők. Az egyes mérési eredmények feliratozhatók, törölhetők és megjeleníthetők.

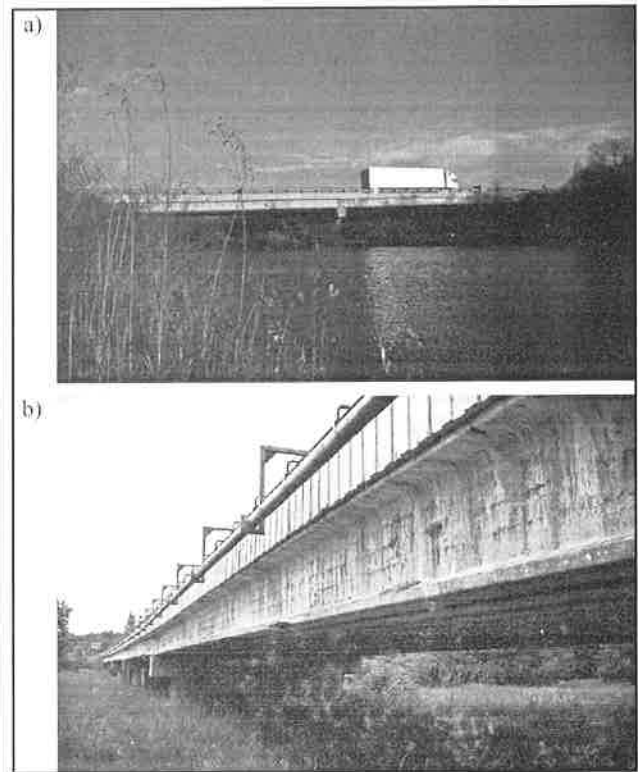
A mérőműszer elemmel működik, amely 60 óra kapacitású. A műszer -10 és $+60$ °C környezeti hőmérséklet-tartományban üzembiztos. A műszerben tárolt adatok RS 232 C kimeneten át PC-re átvihetők, feldolgozhatók, archiválhatók. Így, többek között mód van arra is, hogy a következő időszakos ellenőrzés adataival összevetve a vasbeton szerkezet állapotváltozását, vagy a korábban alkalmazott javítási technológia hatékonyságát tárgyilagosan megítéljük.

Esettanulmány: feszítettbeton közúti hídgerenda károsodása

A Vas Megyei Állami Közútkezelő Közhasznú Társaság megbízta a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékét, hogy készítse el a körmendi 86/49 + 092 km sz. Csörnőc-patak híd károsult szélső tartóinak állapotfelmérését [3]. A Csörnőc-patak híd ortotrop pályalemez vasbeton híd. A hosszirányú főtartókat EHGT 30,80-110-A előregyártott, előfeszített gerendák alkotják, amelyeket átlagosan 200 mm vastag monolit vasbeton pályalemez kapcsol össze. A teljes pályaszélesség 11,0 m. A monolit pályalemez teljes szélessége 11,95 m. A híd 1979-ben épült. A híd távlati és közeli képét a 7. ábra mutatja.

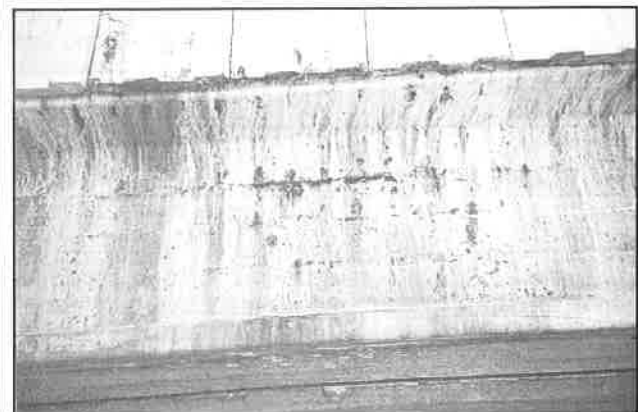
A kifolyási oldalon lévő szélső tartók külső és alsó felülete a szegély átázása miatt folyamatosan nedves volt. A korrodáló acélbetét a betonfedést kisebb-nagyobb szakaszokon lefeszítette. A gerinc jelentős része rozsdafoltos volt. A gerincen elsősorban a felülethez legközelebb álló, hosszanti szerelővasak rajzolódtak ki (8. ábra). A tartós átázás határozott veszélyt jelentett a feszítőbetétekre is. A Körmend felőli két nyílásban a duzzadó rozsdá három helyen, több méteres hosszban ledobta a betonfedést (9. ábra). További feszítőbetét korrózióra utaltak az alsó

övön látható, hosszirányú repedések. A 9. ábrán tisztán kivehető, hogy a legszélső, valamint a mellette lévő három feszítőpászma teljesen elkorrodált. A levált betonfedésnél a kengyelek is elszakadtak.

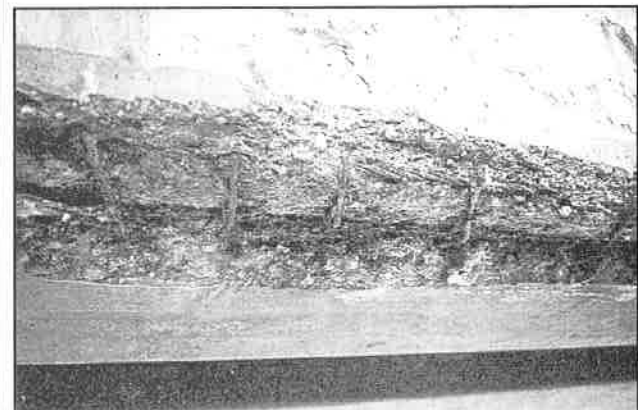


7. ábra. A Csörnőc-patak híd (86. sz. főút 49 + 092 km szelvény)

- a) Felvízi oldal Körmend felől (2000. nov. 13.)
- b) Kifolyási oldal Körmend felől (2000. júl. 7.)



8. ábra. A gerincen kirajzolódó szerelővasak (2000. nov. 13.)



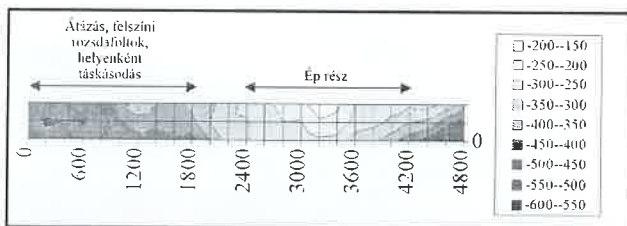
9. ábra. Az alsó övben szabadba került feszítőbetétek (2000. nov. 13.)

ÁLLAPOTELLENŐRZÉS

A Lenti felőli 1., 2. és 3. hídnylás szélső tartóinak hozzáférhető részein a betonacél korróziós állapotának meghatározására potenciálmérést végeztünk Canin korrózióvizsgáló készülékkel. A vizsgálathoz olyan szakaszokat választottunk ki, amelyek egy részén a vasalás szemmel láthatóan károsodott, egyéb részén viszont még kívülről nem észleltük a betonacél korrózióját. A vizsgált szakasz egy pontján kibontottunk egy betonacélt, tökéletesen megtisztítottuk a rozsdától, majd ezen keresztül fémes összeköttetést létesítettünk a betonacél armatúra és a készülék között.

A vizsgálandó felületet a vasalás vélhető nyomvonalán 20x20 cm-es raszterben krétával megjelöltük, majd benedvesítettük. Ezután a csomópontokban réz/réz-szulfát referencia elektród felülethez érintésével (nedves szivacsérinthez közlően keresztül) mértük a potenciálértékeket.

Egy mérési szakaszra feldolgozott potenciál térképet a 10. ábrán mutatjuk be, ahol egyúttal a szemrevételezéssel nyert megfigyeléseket is feltüntettük. Az ábrán feltüntetett potenciálértékeket, ill. potenciáltérképet megfigyelve egyértelműen a szemmel láthatóan is rozsdásodó betonvasak mérőhelyein kaptuk a legnegatívabb (-400...-560 mV) potenciálértékeket. Ezek a helyeken a hídgerenda betonján tartós átázás nyomait észleltük, a tönkrement betonszegélyből kimosódott kalcium-hidroxidtól, illetve a karbonátosodásából keletkező kalcium-karbonáttól fehérre, továbbá a vasrozsdától barnára színezve.



10. ábra. Potenciáltérkép, Csörnőc-patak hídja (2000. nov. 13.)

Azokon a helyeken, ahol rozsdá még nem jelentkezett, de átázás nyomai már láthatók voltak, a potenciálérték érezhetően változott a nagyobb negatív értékek felé (-250...-400 mV).

A vizsgált helyek közül legkedvezőbb mérési eredményeket a Lenti

felőli első hídnyláson, a hídfőtől mért 12–15 m közötti szakaszon kaptunk, itt a potenciálértékek többnyire -200...-300 mV közöttiek voltak. A beton ezeken a helyeken szemrevételezéssel is „erintetlennek” tűnt.

Tekintettel arra, hogy a potenciálértékeket sok körülmény befolyásolhatja (a beton nedvesség- és sótartalma, pl. kloridion tartalma, betonminőség stb.), ellenőrzésképpen két viszonylag ép helyen feltártuk a betonacélt. Az egyik feltárást az első hídnylás első mérési szakaszának végén végeztük, ahol mind a mért potenciálértékek, mind a felület láthatóan gyakori átázása miatt az acél kezdődő rozsdásodását már feltételezni lehetett. A feltárt betonacélon csak vékony, könnyen eltávolítható revét találtunk és körülötte a beton – fenolftaleines oldattal mérve – lúgos volt. Megjegyezzük azonban, hogy utóbbit a felső szegélyből kioldódó mészsó okozhatta (a pillérről lecsapó víz is lúgos volt!), annál is inkább, mert a betonfedés rendkívül kicsi, 5–10 mm-es volt. Az acél korróziójának megindulását az is jelezte, hogy a körülötte lévő beton 0,5–1 mm vastagon barnára színeződött.

A másik feltárást száraz részen végeztük, a második hídnylás Lenti felőli hídfőtől mért 8,5 m-es részén, ahol -200 mV körüli potenciálértékeket kaptunk. A betonacél a felületi légrézsdá eltávolítása után fényes lett. Fenolftaleines vizsgálattal 2–5 mm-es karbonátosodási mélységet mértünk.

Jelen példa is szemlélteti a Canin korrózióelemző műszer egyszerű használhatóságát helyszíni vizsgálatokhoz. A műszer által szolgáltatott potenciálmérési eredmények összhangban vannak a szakirodalomban megadott veszélyes tartományokkal. A károsodott acélbetétek feltárása minden esetben igazolta a műszerrel mért eredmények megbízhatóságát.

Hivatkozások

- [1] Balázs Gy – Tóth E. (1997): Beton- és vasbeton szerkezetek diagnosztikája, Műegyetemi Kiadó, 1997
- [2] Lehofer K. (2001): Vasbeton szerkezetek állapotellenőrzése korrózióra, Anyagvizsgálók Lapja, 2001/1, p. 16.
- [3] Balázs L. Gy – Borosnyói A. – Csányi E. (2000): Megerősítési terv a körmeneti 86/49 + 092 km sz. Csörnőc-patak hídhoz, BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, 2000

SZEMLE

Fényérzékeny mágnes

Fényérzékeny műanyag mágnest fejlesztettek ki az Ohio State University és az University of Utah munkatársai, utat nyitva a fényvel szabályozható mágneses anyagok alkalmazásának. Az új műanyag mágnes térerőssége kék fényben 1,5-ször nagyobb, mint zöld fényben. Kulcsfontosságú tény az új anyag széles körű alkalmazása szempontjából, hogy mágneses tulajdonságát megtartja 77 K hőmérsékletig, azaz megközelítve a szupravezetés napjainkban már elért hőmérsékletét, és így jelentős lépés a fényhangolású elektronika kifejlesztéséhez.

A műanyag mágnes mangánionokkal vegyített tetraciano-etilén (TCNE) tartalmú polimerből készül. A kutatók a Mn-TCNE port vékonyrétegbe ülepítették, majd az anyagot kék lézerténnel 6 órán át megvilágították. Az így mágnessé lett anyag a sötétben megtartja mágnességét, ám zöld lézertény hatására mágnessége az eredeti 60%-ára csökken. Ennek okát a kutatók abban látják, hogy a különböző hullámhosszúságú lézertény a TCNE molekulát eltérő alakváltozásra készíti.

A tudósok és a mérnökök világszerte dolgoznak a fényre és a mágnességre alapozott számítógépes adattárolás kifejlesztésén. Az ilyen magneto-optikai rendszerek a hagyományos elektronikánál elméletileg gyorsabban és hatékonyabban működnek. A fényvel hangolható mágnes egy ilyen új rendszernek fontos eleme lehet. A jövő memóriájába az információt az anyag erősebb és gyengébb mágneses tartományába kódolhatjuk a megfelelő lézertényt használva. Ez igen nagy sűrűségű információátvitelt tenné lehetővé. Am a szerves mágnes ilyen alkalmazása előtt még hosszú út áll.

(CERN Courier April 2002., p. 9.)

Rugalmas kerámia

A Cornell University kutatói az atomos önszerveződés technológiát alkalmazva egy sokat ígérő hibridanyagot állítottak elő, amely polimer-rugalmasságú, de kerámia-szilárdságú és -rendeltesű. Az anyagot az önszerveződő molekulaként ismert, ún. diblock kopolimer és kerámia keverékéből állították elő. Bár mindeddig csak kis darabokat készítettek, de ezek az anyag tulajdonságainak a vizsgálatához elegendők. Az anyag rugalmas, szilárd, áttetsző és a kerámiától eltérően, nem törékeny. Az egyik változata jól vezeti az ionokat, így a szárazelemek és az üzemanyagcellák kiváló elektrolitja lehet. Az anyag az élő proteinek kiválasztására is alkalmas lehet.

Az atomos önszerveződés technológiai alkalmazása számos új molekula-konfigurációjú anyag előállításának lehetséges útjait nyitja meg az anyagtudomány számára.

(CERN Courier May 2002., p.11.)

Térhatású röntgenmikroszkóp

Atom méretű háromdimenziós pillanatfelvételt is készíthetünk az új röntgeneszközzel, amelyet a Stanford University (USA) kutatói, Jianwei Miao és kollégái fejlesztettek ki. A Miao-technika a diffrakció és a mikroszkóp elemeit kombinálja. A koherens röntgensugárral megvilágított minta diffrakciós képe rögzíti – mintegy 8 nm tartományban – az anyag szerkezetét, amely háromdimenziós mikroszkópos képként szemléltethető.

(CERN Courier October 2002., p. 9.)