

**Betonová výztuž – koroze – železový beton jeho elektrické napětí – železový beton jeho elektrický odpor – propustnost betonu – nedestruktivní zkoušky železového betonu**

Koroze betonářské výztuže je největší hrozbou životnosti železobetonových konstrukcí. Vyžádala si již nemálo oprav a rekonstrukcí. Příčinou koroze bývají jen zřídka konstrukční chyby. Zpravidla to jsou vlivy vnější, zejména ionty chlóru a kyslíčnick uhlíčitý, jejichž působením se mění složení vody v pórech betonu. To vede ke tvorbě elektrochemických potenciálů uvnitř betonu, což je nezbytným předpokladem aktivní koroze. Tu tvoří elektrochemický proces, který probíhá mezi korodujícími (anodovými) a pasivními (katodovými) plochami kovu. Relativně nízká vodivost betonu umožňuje měřit potenciály elektrod na povrchu betonu, čehož se využívá k lokalizaci zabudované korodující výztuže.

Metoda, jejímž průkopníkem byl Stratfull někdy v roce 1973 a popsal ji v Highway Research Record USA No 433 1973, str. 12, zahrnovala vložení poločlánku do galvanického okruhu koroze. Tok elektrického proudu v betonu je vytvořen mezi pozitivní (korodující) a negativní (katodovou) plochou oceli, které mají různé potenciály. Elektrickou aktivitu betonu lze považovat za polovinu článku slabé baterie, kde ocel je elektrodou a beton elektrolytem. Odtud se odvozuje název měření technikou poločlánku. Měřením potenciálů sítě bodů na povrchu betonu a jejich porovnání s potenciálem referenční elektrody (Cu/CuSO<sub>4</sub> nebo Ag/AgCl) umístěné na povrchu betonu je možno vyhodnotit existenci a polohu korodujících míst. K měření se používá voltmetr s vysokou impedancí. Tato metoda se stala postupně běžnou praxí a byla začleněna do britské normy BS 1881 – part 1 a americké normy ASTM C 876.

Technici společnosti CMT Instruments Ltd. z Derby ve Velké Británii ocenili a využili výhod uplatnění techniky poločlánku a před pěti lety zavedli tuto metodu do svého programu nedestruktivních zkoušek. Jejich zařízení SCRIBE napájené baterií ovládá měřič napětí spojený s mini-záznamníkem. Obsluha jedním pracovníkem umožňuje provádět rychlá měření na mnoha místech konstrukce. Nyní v CTM sestavili novou komplexní sestavu SCRIBE pro diagnózu koroze. Tato souprava obsahuje měřič s upravenou rukojetí, na nějž je možno napojit zásobník dat s tiskárnou a do soupravy začlenit i ohmetr DRAM, kterým se určuje stupeň koroze a kterým se kontroluje spojitost výztuže. Veškerá tato zařízení jsou napájena nabíjecími bateriemi a jsou uložena v koženém pouzdře.

Je užitečné zmínit se o způsobu měření potenciálu poločlánku a nutnosti současně měřit odpor. Měření potenciálů se zpravidla uskutečňuje na pravouhlé síti bodů na povrchu konstrukce. Naměřené hodnoty potenciálu se poté srovnávají s hodnotami pravděpodobného výskytu koroze podle ASTM C 876 uvedenými v tab. 1 (hodnoty v mV vůči referenční elektrodě).

**Tab. 1 – Pravděpodobnost koroze a odpovídající potenciál (mV) podle ASTM C876**

Ref. elektroda Cu/CuSO <sub>4</sub>	Ref. elektroda Ag/AgCl	Možnost výskytu aktivní koroze
-350 až -500	-260 až -410	95 %
-200 až -350	-110 až -260	50 %
méně než -200	méně než -110	5 %

Poměrně názorný a rozšířený způsob vyhodnocení výsledků měření je zobrazení naměřených hodnot do diagramu, v němž jsou vyneseny obrysy, t.j. spojnice bodů stejných potenciálů (obr. 1). Aktivní koroze tak může být lokalizována rychle a spolehlivě. Tvar obrysu může naznačit druh koroze (např. postupující plošnou korozi, důlkovou korozi apod.). Mírné gradienty napětí mohou signalizovat počínající korozi. Zatímco elektrické potenciály se využívají k určení existence koroze, míru koroze nám udává intenzita proudu ve smyslu Faradayova zákona  $M = k I$ , kde míra koroze se rovná součinu elektrochemické konstanty  $k$  a proudu  $I$ . P. Vassie ve zprávě TRRL Laboratory report N<sup>o</sup> 953 udává, že stupeň koroze je nepřímo úměrný naměřenému odporu a přímo úměrný gradientu potenciálů. Také udává pravděpodobnost koroze při určitých hodnotách odporu (tab.2).

**Tab. 2 – Stupeň odporu a pravděpodobnost koroze**

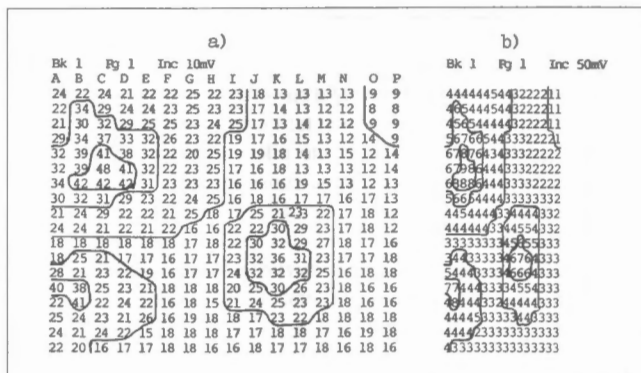
Stupeň odporu Kohm.cm <sup>-1</sup>	Pravděpodobnost koroze
méně než 5	jistá
5 - 12	možná
více než 12	téměř určitě není

R. D. Browne ve spise "Corrosion monitoring on site" z 07/84 tyto údaje také podpořil a usoudil, že k rychlé korozi může dojít jen tam, kde elektrický odpor betonu je 5 až 10 Kohm.cm<sup>-1</sup>. Jiní badatelé si ověřili, že ke korozi v betonech s větším odporem než 60 Kohm.cm<sup>-1</sup> nedochází.

Další hodnotou odporu je jeho propustnost, popř. odpor betonu proti pronikání agresivních látek. Ověřilo se, že snižováním propustnosti betonu se současně zvyšuje jeho elektrický odpor.

Nové CMT SCRIBE zařízení je určeno k přímému použití na stavbách. Umožní pracovníkovi v několika okamžicích vytvořit síť bodů a ekvipotenciální křivky (obr. 1).

Ostrý konec snímače obsahuje vyměnitelné referenční elektrody ve složení Ag/AgCl jako standartní. Je možné též použít dvě velikosti elektrod Cu/CuSO<sub>4</sub> a to jednak podle ASTM nebo miniaturní verzi podle výrobce CMT. Elektrody jsou jednoduše vyměnitelné a firemní literatura CMT obsahuje údaje pro použití



**Obr. 1 – Záznam ekvipotenciálních křivek korodujícího místa (a – v desetinné (dvoučíslicové) soustavě, odstupňování po 10 mV, b – v šedesátinné (jednočíslicové) soustavě, odstupňování po 50 mV)**

všech typů elektrod. Naměřené poločlánkové potenciály a jejich polaritu lze přečíst na ukazateli měřiče. Kde je přístup k vyšetřovaným místům obtížný, lze si zajistit držák snímače v délce 3,6 m.

Měření odporu je možné po akustickém signálu, přístroj reaguje plynule a rychle na instrukce. Do zásobníku dat (s kapacitou přes 16 000 údajů) se zapisují data z ukazatele. Výsledky lze zaregistrovat do dvou knih, každá o 16-ti stránkách a na každé straně je maximálně 512 údajů. Pracovník má měřicí zařízení včetně tiskárny uloženo v koženém pouzdře, zavěšeném na speciálním opas-ku s popruhy. Zařízení se napájí bateriemi, které nutno dobít asi po 100 hodinách provozu. Dodává se konektor pro dobíjení ze zapalovače v automobilu. Na trhu je dále nabíječka ze sítě a při naléhavé potřebě lze použít jednoduché 9V PP3 alkalické baterie.

Podobná zařízení jako CMT Instruments Ltd. vyrábějí ve Velké Británii také firmy COLEBRAND (London) a PROTOVALE (Oxford) Ltd.

Bohaté zkušenosti s těmito zařízeními má britská firma HAMMOND Concrete Testing Services, Dorking, Surrey. V USA podobné přístroje vyrábí NDT JAMES Instruments Inc. (Chicago). Měření rozsahu a míry koroze má význam při předpovědi životnosti železobetonových konstrukcí. Popisovaná diagnostická metoda je jedním z výsledků vývoje v oboru nedestruktivních zkoušek stavebních materiálů. Mnohé společnosti věnovaly odpovídající výzkumu a vývoji hodně času, úsilí a financí, a to za spolupráce odborníků mnoha profesí. Popsané technické zařízení napomáhá rozpoznat příznaky poruch, popř. i stanovit jejich příčiny.

Nezbytnou součástí průzkumu železobetonových konstrukcí je dále zjišťování polohy betonové výztuže a tloušťky její krycí

vrstvy pomocí lokátorů. Kvalitní lokátory vyrábí mnoho firem, např. PROCEQ, GERMANN, COLEBRAND atd. atd.

Jedním z dalších přístrojů ke zjišťování koroze je přístroj POROSCOPE (od firmy NDT JAMES Instruments Inc, USA) pro měření propustnosti vzduchu a vody betonem. Propustnost plynů i vody se měří stejným přístrojem, je nedestruktivní, vyžaduje pouze malý otvor pro vložení speciální zátky. Zkouška může být kompletně provedena na staveništi a trvá pouze několik minut. Poskytuje spolehlivé výsledky použitelné pro odhad jeho životnosti a podle NDT JAMES Instruments je měření propustnosti betonu vhodnější než zjišťování jeho pevnosti. Propustnost totiž považují za nejdůležitější parametr při vyhodnocování trvanlivosti betonu.

Zkouška propustnosti zahrnuje měření času, který zabere proudění vzduchu betonem do utěsněné komory známého objemu a to při snížení vakua z -55 KPa na -50 KPa. Tento čas je měřítkem propustnosti vzduchu betonem. K vyhodnocení se používá tabulka, kde jednotlivým časům odpovídá hodnocení stavu betonu. Při zkoušce propustnosti vody se též využívá utěsněné komory, která je však zcela naplněna vodou. Propustnost se odvozuje z celkového času potřebného pro průnik 0,1 ml vody. Na propustnost betonu má vliv i jeho vlhkost. Např. plně nasycený beton je téměř nepropustný pro vzduch a prodlužuje dobu propustnosti vody. Při správném zkoušení by měl být beton suchý a vlhkost na jeho povrchu změřena.

Celková hmotnost přístroje je 2,7 kg, rozměry jsou 43 × 30 × 15 cm.

Ing. Vladimír Šimeček, Tlapáková 4, 700 30 Ostrava 3

## Demolice chladicí věže

Po sjednocení Německa se vyskytlo ve východních spolkových zemích mnoho technických problémů souvisejících buď se zchátralostí stavebních objektů anebo se změnami ekonomických a ekologických podmínek. Příkladem je **rozestavěná jaderná elektrárna v Arneburgu** nedaleko města Stendal. Akce byla zastavena především kvůli pochybnostem o bezpečnosti jaderných zařízení, a místo jaderné elektrárny zde bude vybudována elektrárna na klasická paliva. Změna koncepce si vyžádala demolici některých již postavených objektů, mezi jinými také chladicí věže o výšce 150 m. Její průměry byly v paice 120 m, ve vrcholu 74 m a ve zúžení 69 m. Šlo tedy o jednu z největších chladicích věží dosud postavených; tloušťka skořepiny byla 200 mm. Celková hmota věže činila 24 000 t železobetonu.

Po řadě studií bylo rozhodnuto demolici provést odstřelem předem oslabené věže. Přibližně v rozsahu dvou třetin obvodu se do stěny věže udělalo šest svislých, popřípadě šikmých "zářezů" širokých 4 m, a to až do výšky 50 m nad patu věže. Dále bylo do stěny umístěno celkem 250 kg trhavin, a to ve 2500 vrtaných otvorech. Několik vteřin po odpálení trhavin se věž zhroutil.

Při projektu demolice se uskutečnilo mnoho teoretických řešení, neboť bylo zapotřebí posoudit spolehlivost věže v průběhu přípravy akce. Během odstřelu se sledovalo chování tří sousedních věží stejného rozměru. (Darmstadt Concrete, 1994)

Tirelia

## BETON A ZDIVO

1995/2

## CONCRETE AND MASONRY

### Keywords

Pavel Čížek, Ivan Šemfk

*Precast concrete structure of a surgery center*  
reinforced concrete; precast concrete; health buildings; composite members; structural joints; concrete piles; software; construction costs; time for completion; concrete consumption

Petr Hájek, Jitka Filipová

*A reinforced concrete floor structure with ceramic fillers*  
hollow beam floor; ceramic fillers; tests; structural analysis; calculation models; two-way slabs

Jiří Stráský, Jaroslav Navrátil

*The Wisconsin Avenue Viaduct in Milwaukee, USA*  
viaduct; highway bridge; arch bridge; precast concrete; arch fill; progressive erection; prestressed concrete; structural analysis; composite concrete; slab

Vladimír Šimeček

*Non-destructive inspection of reinforcement corrosion*  
reinforcement; corrosion; electrical properties; concrete; permeability of concrete; non-destructive testing; concrete structures

Jaroslav Solař

*Rectification of buildings in mining areas*  
undermined area; inclination of buildings; settlement; rectification of buildings; alignment of buildings

Karel Myslivec, Vlastimil Šedo

*Safety of masonry during reconstruction*  
masonry; brickwork; reconstruction; structural design; codes; eurocodes; material properties