KONCENTRACE OXIDU UHLIČITÉHO – KARBONATACE BETONU – KOROZE VÝZTUŽE

CONCRENTATION OF CARBON DIOXIDE – CARBONATION OF CONCRETE – CORROSION OF REINFORCEMENT

HELENA KRÁLOVÁ, BŘETISLAV TEPLÝ

Karbonatace betonu v důsledku účinků oxidu uhličitého na železobeton přispívá ke korozi výztuže. Meteorologická stanice stavební fakulty Technické univerzity Brno provádí měření oxidu uhličitého.

Carbonation of concrete, as a result of carbon dioxide influence on reinforced concrete contributes to corrosion of the reinforcement. The mesurement of CO_2 is carried out at the Meteorological Station of the Faculty of Civil Engineering, Technical University in Brno.

KARBONATACE BETONU

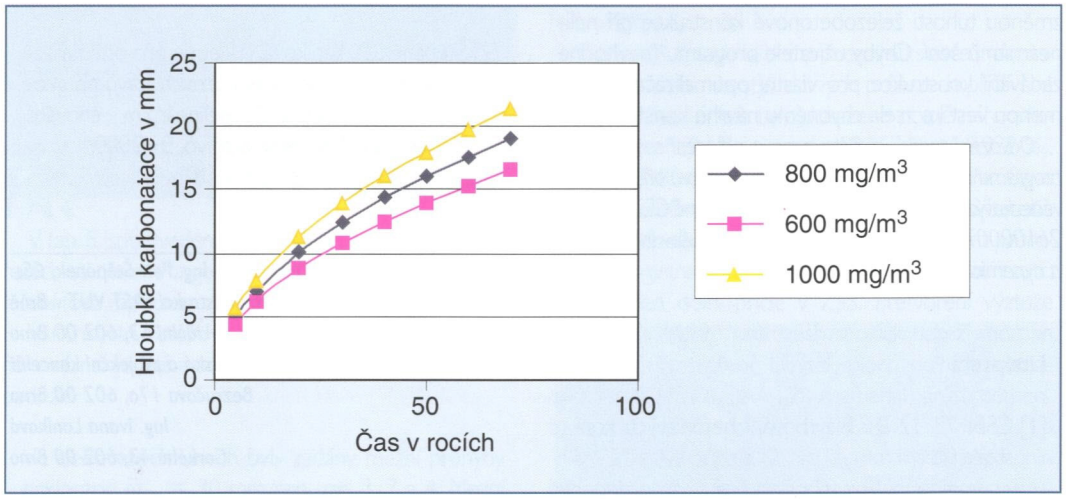
Nejčastějším případem ohrožení železobetonových konstrukcí kyselými plyny je působení oxidu uhličitého. Ten je v atmosféře přítomen prakticky vždy, přičemž jeho koncentrace je nepochybně vyšší v blízkosti jeho zdrojů (zejména průmyslových, komunálních apod.) a vzhledem k tomu, že je těžší než vzduch, také ve vrstvách těsně u terénu lze očekávat jeho zvýšenou koncentraci. Jelikož měření koncentrací CO_2 je prováděno z různých důvodů jen zřídka, je cílem tohoto článku informovat o aktuální situaci alespoň v jedné lokalitě v Brně, která může být i pro většinu jiných městských stanovišť typická.

Nejprve však alespoň stručně připomeneme důsledky působení CO_2 na beton. Jeho chemická reakce s některými součástmi betonu, **karbonatace betonu**, postupně vede ke snížení *pH* až na hodnotu 8,3. Postoupí-li hloubka takto zkarbonatované povrchové vrstvy betonu až k výztuži (tj. zasáhne celou krycí vrstvu), dojde k narušení tzv. pasivní ochranné vrstvy na výztuži. O časovém úseku, který k této situaci vede od vybetonování konstrukce, hovoříme jako o **iniciačním čase**. Za určitých (leč v realitě běžných) vlhkostních poměrů pak totiž výztuž koroduje, její efektivní průřezová plocha se snižuje, korozní zplodiny postupně zvyšují objem, způsobují vznik trhlin v okolním betonu a později i jeho odlučování. Spolehlivost konstrukce se snižuje – blíže o těchto procesech a jejich analýze viz např. [1].

Právě popsaná doba iniciace závisí zejména na tloušťce krycí vrstvy, na kvalitě betonu, na vlhkosti prostředí a na obsahu oxidu uhličitého v obklopujícím vzduchu. Tyto veličiny zahrnují řadu nejistot, a proto predikci postupu karbonatace a koroze je vhodné provádět pomocí pravděpodobnostních metod, viz např. [1], [2], aplikace mj. též [3].

Abychom ukázali vliv koncentrace CO_2 na rychlost postupu karbonatace, využijeme závislost hloubky karbonatace x_c na čase vypočtené v [3] pro případ betonu přibližně třídy C30/37 a pro obsah CO_2 o velikosti 800 mg/m^3. Přitom byl využit model postupu karbonatace dle Papadakise – viz též [1]. Tuto křivku jsme doplnili ještě o podobné závislosti pro další dvě hodnoty koncentrací CO_2 (tj. 600 a 1000 mg/m^3), jak to ukazuje obrázek 1. Je vidět, jak významně se zvyšuje hloubka karbonatace při nárůstu koncentrace CO_2. Např. hloubka zkarbonatované vrstvy 15 mm by mohla být dosažena v rozmezí 36 až 60 let! Je tedy zřejmé, že informace o koncentraci oxidu uhličitého jsou pro posuzování degradace železobetonových konstrukcí nezbytné.

V minulosti, kdy většina dnes dosluhujících či vážněji narušených betonových konstrukcí byla navrhována, nebylo o karbonataci prakticky nic známo a kvalita betonu ani krytí výztuže nebyly navrhovány s ohledem



Obr. 1 Hloubka karbonatace v závislosti na čase

Fig 1 Depth of carbonation vs time

na tyto degradační jevy. Také obsah CO_2 v ovzduší byl tehdy jistě podstatně nižší. Dnešní situace, zejména v průmyslových oblastech, není dostatečně známa či publikována. Tento článek se proto alespoň částečně snaží o nápravu.

AKTUÁLNÍ MĚŘENÍ KONCENTRACE CO_2

Meteorologická stanice Stavební fakulty VUT Brno začala měřit CO_2 v dubnu 1999. Oxid uhličitý se měří přístrojem Multi-Gas Monitor typu 1302 firmy Brüel&Kjaer. Princip měření je založený na optico-akustické detekční metodě pomocí infračerveného světla. Do měřící komůrky se z jedné strany přivádí přes speciální optický filtr infračervené záření určité vlnové délky, z druhé strany analyzovaný plyn přefiltrovaný přes vzduchové filtry (jsou součástí měřícího přístroje). Infračervené záření způsobuje rozkmitání molekul zkoumaného plynu, jež je zachycováno citlivými mikrofony. Přes zesilovač se signál vede na rozhodovací jednotku, která podle intenzity zvuku zobrazí koncentraci měřeného plynu.

Oxid uhličitý se měřil od začátku na terase meteorologické stanice, ve výšce šestého nadzemního podlaží, nad rušnou ulicí Veveří. Z důvodu rekonstrukce meteorologické stanice byl v září 2000 přístroj instalován v přízemí, asi 2 m nad chodníkem, kde měří dosud.

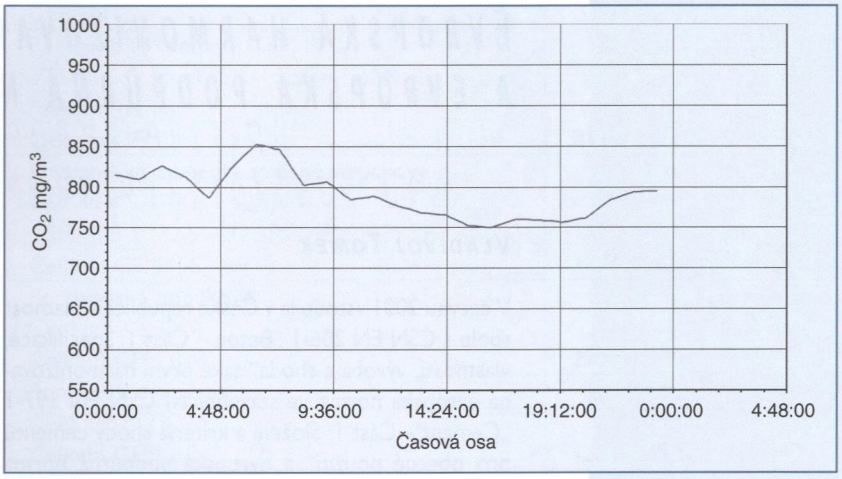
Pro ukázku uvádíme průběh hodnot oxidu uhličitého měřeného na terase meteorologické stanice (obr. 2) i ve výšce asi 2 m nad ulicí (obr. 3). Z dosud naměřených hodnot byla zaznamenána minimální hodnota 564 mg CO_2/m^3 a maximální hodnota 1130 mg CO_2/m^3.

Po získání většího množství dat bude zajímavé zkoumat vliv dopravy na hodnoty CO_2 v různých ročních obdobích, hledat souvislosti mezi oxidem uhličitým a vybranými meteorologickými veličinami. Kromě měření běžných meteorologických veličin (teplot, tlaku, srážek, radiace, vlhkosti, rychlosti a směru větru) se monitoruje také koncentrace oxidu dusného a vodní páry v ovzduší. Podrobnější informace a výsledky dalších měření lze získat na pracovišti prvního z autorů.

ZÁVĚR

Popsané průběžné měření koncentrace oxidu uhličitého je do značné míry unikátní a jeho výsledky bude možno využít při posuzování degradace betonových konstrukcí. Velmi cenné bude určení vývoje v čase, nicméně pro krátkou dobu měření nelze zatím činit závěry o trendu vývoje koncentrace CO_2 v uvedené lokalitě. Měření však budou pokračovat a v případě zájmu je možné je provádět i v jiných lokalitách.

Poděkování:
Tato práce vznikla za částečné podpory z prostředků grantu GAČR 103/97/K003.



Obr. 2 Měření CO_2 na terase během 1 dne

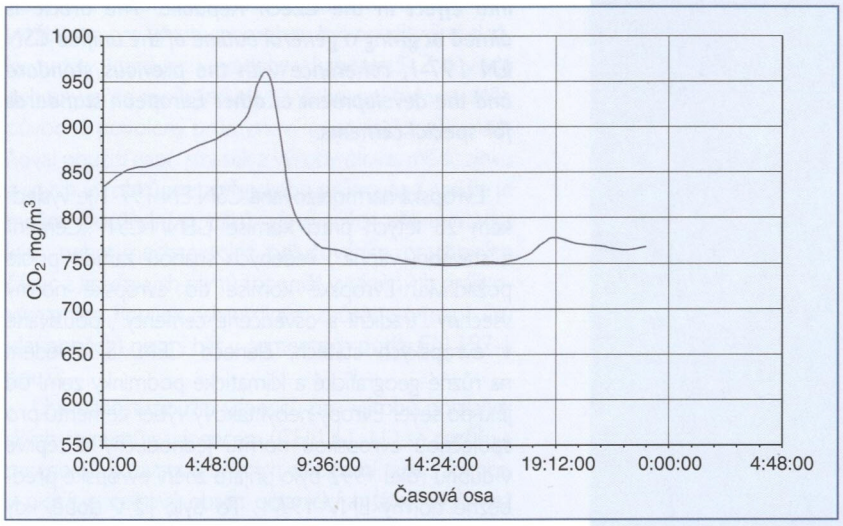
Fig 2. Measurement of CO_2 on the terrace during 1 day

Literatura

[1] Šmerda, Z. a kol.: Životnost betonových staveb. Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika – TK 4, ČKAIT Praha, 1999.

[2] Teplý, B., Rovnaníková, P. a Keršner, Z.: Probabilistic analysis of carbonation effect in RC cross sections, in Failures of Concrete Structures, edit. T. Jávor, Expertcentrum-Bratislava, 1993.

[3] Keršner, Z. a kol.: Karbonatace betonu, koroze výztuže a životnost chladící věže. Sanace, 4/1996, str. 21–23.



Obr. 3 Měření CO_2 nad ulicí během 1 dne

Fig 3. Measurement of CO_2 above the street during 1 day

Ing. Helena Králová, CSc.
Meteorologická stanice
Ústav vodního hospodářství krajiny FAST VUT Brno
Žižkova 17, 602 00 Brno
tel.: 05 4114 7776, fax: 05 4114 7771
e-mail: kralova.h@fce.vutbr.cz

Prof. Ing. Břetislav Teplý, CSc.
Ústav stavební mechaniky FAST VUT Brno
Veveří 95, 662 37 Brno
tel.: 05 4114 7360, fax: 05 4124 0994,
e-mail: teply.b@fce.vutbr.cz