

## K ČLÁNKU „ALKALITA, DOTVAROVÁNÍ A SMRŠŤOVÁNÍ PŘEDPJATÉHO BETONU“ PROF. ING. BOHUMÍRA VOVSA, DR.Sc.

Dovolují si uvést několik poznámek ke kapitole Alkalita betonu, kterou uvádí Prof. Voves ve svém článku [1]. Chtěla bych těmito poznámkami upřesnit pohled na uvedenou problematiku, případně předejít chybnému chápání této problematiky, neboť se jedná o obecný vztah ocelová výztuž – cementový tmel.

Portlandský cement je hydraulický pojivo, které obsahuje čtyři základní slídkové minerály  $C_3S$ ,  $\beta$ - $C_2S$ ,  $C_3A$  a  $C_4AF$  ( $C=CaO$ ,  $S=SiO_2$ ,  $A=Al_2O_3$  a  $F=Fe_2O_3$ ). Dále obsahuje do max. 1 % volného  $CaO$  (je v cementu nežádoucí), alkálie do 1,5 % ( $Na_2O$  a  $K_2O$ ), sádrovec jako regulátor tuhnutí a některé další minoritní složky. Při reakci s vodou dochází k hydrataci, kterou vznikají hydratované křemičitany a hlinitaný vápenatý a ettringit, který se později mění na monosulfát. Při hydrataci silikátových slídkových minerálů, tj.  $C_3S$  a  $\beta$ - $C_2S$  vzniká rovněž hydroxid vápenatý, který je významným zdrojem hydroxidových iontů v pórovém roztoku cementového tmelu. Tyto reakce lze velmi zjednodušeně popsat chemickými rovnicemi



Kationy alkalických kovů,  $Na^+$  a  $K^+$ , jsou přítomny v portlandském cementu v kombinaci se síranovými ionty a vytvářejí obvykle tuhý roztok síranu sodno-draselného [2]. V případě, že je alkálií více, než odpovídá ekvivalentnímu množství síranových iontů, pak vznikají slídkové minerály typu  $Na_2O \cdot 8CaO \cdot 3Al_2O_3$  a  $K_2O \cdot CaO \cdot SiO_2$ .

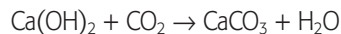
Okamžitě po smísení cementu s vodou  $Na^+$  a  $K^+$  ionty a odpovídající množství síranových iontů přecházejí velmi rychle do roztoku v důsledku vysoké rozpustnosti alkalických síranů. Koncentrace  $Na^+$  a  $K^+$  iontů v roztoku, který vznikne ze záměsové vody, je závislá na obsahu alkalických síranů v cementu a na vodním součiniteli čerstvého betonu. V další fázi hydratace také alkálie vázané ve slídkových minerálech typu  $Na_2O \cdot 8CaO \cdot 3Al_2O_3$  a  $K_2O \cdot CaO \cdot SiO_2$  vstupují do kapalné fáze, tedy do roztoku [3].

Hodnota pH záměsové vody vzroste během prvních několika minut z původní hodnoty 7 na hodnotu 12,4 a do tří hodin od počátku smísení cementu s vodou vzroste pH na maximální hodnotu okolo 12,9. Z počátku hydratace odpovídá hodnota pH koncentraci hydroxidových iontů ( $OH^-$ ) nasyceného roztoku  $Ca(OH)_2$  ( $pH = 12,4$ ), později se na zvýšení koncentrace  $OH^-$  iontů podílí vznik hydroxidů sodného a draselného [4].

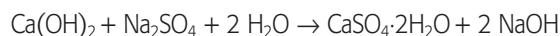
Hydroxidové ionty, které jsou v tzv. pórovém roztoku v betonu, vytvářejí vhodné prostředí pro ocelovou výztuž. Při koncentraci hydroxidových iontů, která odpovídá hodnotě  $pH > 9$ , je ocelová výztuž pasivována. Prostředí cementového tmelu je tedy výhodné pro uložení výztužných ocelových prvků, protože rychlost koroze je v tomto prostředí zanedbatelná ( $v_k = 0,1 \mu m/rok$ ).

Hydroxid vápenatý je složka cementového tmelu, která nejdříve podléhá neutralizační reakci, a to jak kyselými kapalnými prostředími, tak i kyselinotvornými plyny [5]. Z kyselinotvorných plynů je součástí běžné atmosféry oxid uhličitý ( $CO_2$ ). Oxid siřičitý ( $SO_2$ ) a další kyselinotvorné plyny (např.  $HCl$ ,  $HF$ ,  $NO_x$ ) jsou díky současné legislativě a z ní vyplývajících opatření v ovzduší výrazně omezovaly. Neutralizační reakci hydroxidu vápenatého, nazý-

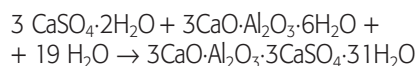
vanou karbonatací, lze popsat rovnicí



Sírany, např. obsažené v podzemních vodách, reagují rovněž hydroxidem vápenatým podle rovnice



Vzniklý produkt, sádrovec  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ , může reagovat s hlinitanovými složkami cementového tmelu za tvorby ettringitu



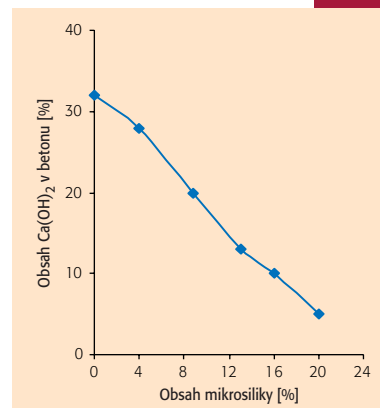
Je-li beton ukládán do prostředí, kde je nebezpečí degradačního napadení (zejména hydroxidů vápenatých), tj. styk s kyselinotvornými látkami nebo sírany, pak se velmi často používají příměsi, které reagují se vznikajícím hydroxidem vápenatým a vytvářejí produkty, které mají pojivové vlastnosti, mají obdobné složení jako produkty hydratace cementu a mají obdobnou korozní odolnost. Takové materiály jsou buď hydraulického charakteru, např. vysokopecní granulovaná struska, která sice obsahuje vápenaté sloučeniny, ale k reakci s vodou je třeba prostředí, které vytváří hydroxid vápenatý (struska je latentně hydraulická), nebo pucolánového charakteru, např. elektrárenské popílky, křemičité úlety, metakaolin, které vykazují tzv. pucolánovou aktivitu. Je to reakce reaktivního oxidu křemičitého, oxidu hlinitého nebo reaktivních hlinítkřemičtanů s hydroxidem vápenatým za běžných teplot za vzniku sloučenin, které mají podobné složení jako sloučeniny vzniklé hydratací portlandského cementu.

Všechny uvedené reakce, a to jak reakce degradační, tak i reakce hydraulických a pucolánových příměsí, snižují obsah hydroxidových iontů v pórovém roztoku a následně i obsah krystalického hydroxidu, tzv. portlanditu, uloženého v hydratačních produktech cementu. Na obr. 1 je uvedena závislost koncentrace hydroxidu vápenatého na množství křemičitých úletů (mikrosiliky) v cementovém tmelu [6]. Snižování obsahu hydroxidu vápenatého přidávkou reaktivních příměsí je závislé na druhu příměsí a velikosti jejich zm. Přídavek křemičitých úletů, vzhledem k velikosti částic, má nejvýraznější vliv na snížení obsahu hydroxidu vápenatého ze všech v úvahu připadajících příměsí.

V případě použití pucolánových příměsí s obsahem reaktivních hlinítkřemičtanů může být využita i přítomnost sodných nebo draselných iontů k tvorbě sloučenin zeolitického charakteru.

Z uvedených skutečností vyplývá, že přídavek příměsí hydraulického nebo pucolánového charakteru, snižuje obsah hydroxidových iontů, a tím vytváří podmínky pro průběh významného korozního napadení ocelové výztuže. Na

Obr. 1 Úbytek obsahu hydroxidu vápenatého v závislosti na množství mikrosiliky v cementové pastě



druhé straně je však nutno zdůraznit, že reaktivní příměsi, zvláště ty, které mají velikost zrna pod  $1 \mu\text{m}$  způsobí, že cementový tmel se stává nepropustný pro vodu a kyslík, které jsou nezbytné pro katodovou reakci při elektrochemické korozi ocelové výztuže.

Poněkud jiná situace je v případě předpjatého betonu, kdy je injektážní malta vpravována do kanálku s předpínací výztuží. Injektážní malta musí mít vhodnou konzistenci a nelze ji hutnit. Proto je zásadně používána cementová pasta připravená z jednosložkového portlandského cementu bez příměsí hydraulických nebo pucolánové reagujících látek.

Závěrem lze konstatovat, že:

- alkálie v betonu přispívají ke zvýšení koncentrace hydroxidových iontů v pórovém roztoku cementového tmelu,
- poskytují hydroxidové ionty, které vytvářejí vhodné prostředí pro pasivaci ocelové výztuže,
- způsobují alkaliové rozpínání kameniva v případě přítomnosti amorfních forem oxidu křemičitého, např. opály, chalcedony apod.,
- obsah alkálií v cementu lze snížit při výrobě výběrem suroviny s omezeným obsahem alkalických sloučenin,
- obsah alkálií se nesníží přidávkem hydraulických příměsí, např. vysokopecní strusky,
- obsah alkálií se v určitých případech může snížit použitím pucolánové reagujících látek, zvláště s obsahem hlinítokřemičitanů, kdy vznikají sloučeniny zeolitického charakteru,
- obsah hydroxidových iontů v cementovém tmelu v betonu není totožný s obsahem sodných a draselných iontů, tedy s obsahem alkálií; převážná část hydroxidových iontů je ekvivalentní vápenatým iontům,
- přítomnost kationů alkalických kovů,  $\text{Na}^+$  a  $\text{K}^+$  neznamená, že

Literatura:

- [1] *Voves B.*: Alkalita, dotvarování a smršťování předpjatého betonu, BETON TKS, č. 2, 2002, s. 60-61
- [2] *Lea F. M.*: The Chemistry of Cement and Concrete, New York: Chemical Publishing comp., INC., 1971
- [3] *Hewlett P. C.*: Lea's Chemistry of Cement and Concrete, Oxford: Butterworth-Heinemann, 1998
- [4] *Weidmann G., Lewis P., Reid N.*: Structural materials, Oxford: Butterworth-Heinemann Ltd., 1994
- [5] *Šmerda Z. a kol.*: Životnost betonových staveb, Praha ČKAIT, 1999
- [6] Silica Fume in Concrete, propagační materiál Silica Fume Association, 2001, CD

musí být přítomny hydroxidové ionty, tedy pH roztoku může být i neutrální,

- roztoky jsou z hlediska obsahu  $\text{H}^+$  a  $\text{OH}^-$  iontů kyselé a zásadité; zásadité mohou být i roztoky, které neobsahují kationy alkalických kovů, nelze tedy ztotožňovat pojem alkalita s pojmem zásaditost,
- hydroxidové ionty vytvářejí prostředí pro pasivitu ocelové výztuže bez ohledu na to, zda je odpovídající kation alkalický kov nebo vápník.

Doc. RNDr. Pavla Rovnaníková, CSc.  
Ústav chemie, Fakulta stavební VUT v Brně  
Žižkova 17, 662 37 Brno  
tel.: 541 147 633, fax: 541 147 667  
e-mail: rovnanikova.p@fce.vutbr.cz

## SEMINÁŘ PROGRAMY PODPORY PODNIKÁNÍ - VYUŽITÍ STRUKTURÁLNÍCH FONDŮ EU VE STAVEBNICTVÍ

Dne 1. května t.r. vstoupila Česká republika do Evropské unie. Tento historický krok měl, má a bude mít souvislosti v mnoha rovinách a dotkne se i našeho profesionálního života. Česká betonářská společnost ČSSI se rozhodla k lepší orientaci v aktuálních možnostech podpory podnikání v oblasti strukturálních fondů EU přispět uspořádáním semináře, který se konal 19. května v Masarykově koleji v Praze.

Na semináři přednášeli zástupci Ministerstva průmyslu a obchodu ČR a státní agentury CzechInvest, která je hlavním prostředníkem mezi EU a podnikateli při nakládání se strukturálními fondy EU a při čerpání prostředků státní podpory. Ing. Boris Halata, zástupce ředitele odboru podpory podnikání MPO, seznámil přítomné s programy podpory podnikání, které jsou financované ze státního rozpočtu, JUDr. Ing. Břetislav Grégr, ředitel odboru strukturálních fondů MPO, promluvil o Operačním programu průmysl a podnikání 2004 až 2006 (OPPP).

Zástupci implementační agentury DIREKTA GROUP seznámili posluchače s praktickými postupy, případnými úskalími a náležitostmi spjatými s podáváním vlastních projektů pro struk-

turální fondy EU. Program semináře doplnily informace o možnostech úvěrování projektů Českomoravskou záruční a rozvojovou bankou a komerčními bankami.

Celý seminář byl koncipován tak, aby se jeho posluchači jasně orientovali v široké škále aktuálních možností a programů podpory podnikání a aby získali maximum konkrétních informací použitelných ve stavebnictví a speciálně v oboru betonového stavitelství a výroby stavebních hmot. K semináři byl vydán sborník přednesených prezentací s aktuálně platnými podklady a pomůckami pro přípravu přihlášky k projektu.

Programy podpory byly vyhlášeny 12. května 2004 a příjem žádostí o dotace započne od července 2004. Aktuální informace hledejte na [www.mpo.cz](http://www.mpo.cz) a [www.czechinvest.org](http://www.czechinvest.org).

Závěry, které zdůraznil PhDr. Vladimír Kokoška ze společnosti DIREKTA GROUP:

- rozhoduje kvalita projektu a soulad se zadáním
- s přípravou je třeba začít hned
- nezaváhat v první fázi, nejnáslednější je získat peníze na začátku programu
- využít služeb odborných firem pro přípravu projektů

