

# MATERIÁLOVÁ BÁZE OPRAV ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ

## MATERIAL BASE OF REPAIRS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

VÁCLAV PUMPR

*V příspěvku jsou uvedeny obecné zásady formulace reprofilačních materiálů používaných v současnosti při opravách poškozených železobetonových prvků a konstrukcí, rovněž jsou uvedeny výhody a nevýhody používání jednotlivých typů hmot. U rozhodujících typů reprofilačních materiálů je ukázáno jakým způsobem může přídavek modifikujících složek ovlivňovat vlastnosti výsledné kompozice.*

*This paper outlines general principles of description of reprofiling materials currently in use in repairs of damaged RC elements and structures. Also, it is aimed to list pros and cons of employment of individual types of materials. Finally, it seeks to show how additives of modifying components can affect properties of the resulting compositions of the major types of reprofiling materials.*

Výroba stavebních hmot, i stavebnictví jako takové, byla ve druhé polovině 20. století nesporně a zásadním způsobem ovlivněna pestrou škálou výrobků chemického průmyslu a to jak na organické, tak anorganické bázi. Jejich posláním bylo a je v nejobecnějším slova smyslu, buď poskytnout klasickým stavebním materiálům takové užité vlastnosti, které nemají, resp. mít nemohou, nebo tradiční či klasické stavební materiály nahradit zcela.

Oblast sanací a oprav železobetonových konstrukcí patří právě mezi ty oblasti stavebnictví, jejichž rozvoj byl zcela jednoznačně využíváním netradičních materiálů a hmot podmíněn. Přípravky pro předúpravu povrchu, antikoroziní nátěry, adhezni můstky, reprofilační hmoty, prostředky sekundární ochrany, curing agents atd., to všechno jsou skupiny produktů, jejichž výrobní základnou jsou především materiály dodávané chemickým průmyslem. Není schůdné se celou pestrou paletou těchto hmot zabývat v příspěvku detailněji, a proto se příspěvek bude věnovat pouze skupině tzv. reprofilačních malt, jejich složení, zásadám formulace a možnostem zlepšení a modifikace jejich vlastností.

### VLASTNOSTI A ZÁSADY FORMULACE REPROFILAČNÍCH HMOT

Opravu poškozené železobetonové konstrukce, pokud je prováděna v době, kdy ještě není ohrožena její statická únosnost, tj. konstrukce není zesilována, ale zabráňuje se koroznímu oslabování výztuže popř. se jedná o uchování či obnovení estetiky přijatelného vzhledu konstrukce, pak takovou opravu můžeme v souladu s Plummem nazvat **opravou kosmetickou** [1].

Praktická realizace takovéto opravy spočívá v odstranění nesoudržného a „nezdravého“ betonu, odřezání výztuže, v následné antikoroziní ochraně výztuže a doplnění odstraněných míst novým materiálem, tzv. **reprofilací**.

Na vlastnosti reprofilačních malt jsou kladeny rozmanité požadavky, které mají v obecném slova smyslu zajistit především dlouhodobou trvanlivost opravy, zjednodušeně řečeno nesmí dojít k oddělení nanesené malty od podkladu a nesmí dojít k atmosférickému či koroznímu poškození reprofilační malty ani podkladního (opravovaného) betonu.

Z faktorů, které trvanlivost opravy rozhodujícím způsobem ovlivňují, se jako dominantní ukázala být tzv. přídržnost (adheze) k podkladu, jejíž hodnota byla víceméně uzančně stanovena na minimální hodnotu 1,5 MPa v prostém tahu. Kromě přídržnosti jako takové, dlouhodobou kompatibilitu reprofilační malty s podkladem příznivě ovlivňuje modul pružnosti malty, který by měl být u reprofilačních hmot vždy nižší než u opravovaného betonu.

Dále je zřejmé, a mnohaleté empirické zkušenosti to jednoznačně potvrzují, že soudržnost s podkladem bude tím lepší, čím bližší bude koeficient teplotní a vlhkostní roztažnosti reprofilační hmoty a podkladního betonu.

Vedle těchto aspektů musí reprofilační materiál splňovat i další požadavky:

- podle okolností povětrnostní odolnost (malá nasákovost, mrazuvzdornost, odpovídající parotěsnost popř. vodotěsnost), resp. obecně odolnost vůči danému prostředí,
- jeho aplikace musí být technicky schůd-

ná a v neposlední řadě jeho cena i cena aplikace musí být přijatelná,

- minimální či žádné smršťování po aplikaci.

Splnění všech těchto požadavků (snad s výjimkou cenových aspektů) s klasickými cementovápennými či cementovými maltami není snadné. Trvanlivost oprav provedených těmito tradičními materiály nebyla valná a zejména dosažení přídržnosti vyšší než 1,5 MPa se ukázalo z praktického hlediska jako velmi obtížné. Proto se pro opravy a formulace reprofilačních hmot počala hledat alternativní řešení.

### POLYMERBETONY/MALTY (PC)

Při hledání materiálů vhodných pro opravy byla již koncem padesátých a počátkem šedesátých let upřena pozornost stavebního výzkumu k organickým pryskyřicím.

Kompozitní materiály tvořené polymerní maticí a plnivem jsou označovány jako **polymerbetony/malty** (zkráceně PC). V závislosti na složení vykazují polymerbetony řadu mimořádných vlastností, z nichž bývá především uváděno [2]:

- rychlé vytvrzení při teplotách v závislosti na složení od -18 do +40 °C
- velmi dobrá adheze k většině silikátových povrchů
- výborná mrazuvzdornost
- nízká permeabilita pro vodu a agresivní roztoky
- dobrá chemická odolnost
- vysoké mechanické pevnosti

Jako materiály pro opravy našly polymerbetony nejprve uplatnění při opravách letištních ploch, betonových vozovek na dálnicích a všude tam, kde se rozhodujícím způsobem uplatnila rychlost tvrdnutí a vysoké pevnosti. Jako pojivo bylo u polymerbetonů využíváno různých pryskyřic, např. na bázi metylmetakrylátu, styrenu a nenasyčených polyesterových pryskyřic. Nicméně zcela dominantní uplatnění našly ve stavební praxi polymerbetony na epoxidové bázi. Jako plnivo se do polymerbetonů používá především křemenného písku vhodné granulometrie, dále vápenec, žula aj. Velikost zrna je volena v závislosti na tloušťce pokládané vrstvy. Typické složení

epoxidových polymermalt uvádí tabulka 1. Plnění epoxidových pryskyřic je mimo jiné dáno potřebou eliminovat relativně vysoké smrštění, které vytvrzování epoxidových pryskyřic provází a které se v závislosti na typu pryskyřice obvykle pohybuje mezi 0,2 až 0,4 % lineárně (objemové smrštění činí 3 až 5 %).

V závislosti na složení, stupni naplnění, modifikaci pryskyřice apod. se mohou fyzikálně-mechanické i chemické vlastnosti epoxidových kompozic dosti měnit (tab. 2 a 3).

Z tabulek je patrné, že vlastnosti pryskyřic lze ovlivňovat ve značném rozsahu a zejména stupeň naplnění pryskyřic má velký význam na fyzikálně mechanické parametry kompozic.

Přes veškeré zajímavé a unikátní vlastnosti mají však polymerkompozice z hlediska využití jako reprofilační malty některé nevýhody, mezi něž zejména náleží:

- snížená tolerance k vlhkosti podkladu při aplikaci
- vysoký koeficient teplotní roztažnosti
- modul pružnosti je významně závislý na teplotě
- vytvářejí parotěsnou zábranu
- mají odlišnou elektrickou vodivost
- aplikace vyžaduje zvláštní kvalifikaci pracovníků i zvláštní technické prostředky
- cena
- hygienické aspekty

Dnes jsou proto epoxidové (obecně pryskyřičné) kompozice používány především tam, kde se plně uplatní jejich přednosti (zejména chemické provozy, sklady apod.) a kde má opodstatnění použití těchto relativně drahých materiálů. Pro rozsáhlejší opravy at' již v exteriérech či interiérech a především pak u svislých ploch a podhledů nejsou polymermalty používány a byly prakticky zcela vytlačeny jinou skupinou hmot, které jsou označovány jako polymercementové kompozice.

### **POLYMER Y MODIFIKOVANÉ CEMENTOVÉ MALTY/BETONY (PPCC)**

Polymery modifikované cementové malty/betony jsou normální cementové malty, k nimž se obvykle během procesu míchání přidává vodný roztok či vodná disperze polymeru. Během tuhnutí a tvrdnutí cementu dochází rovněž k tvrdnutí polymeru, který vytváří souvislou polymerní matici prostupující maltou/betonem. Vyjimečně může proces tvrdnutí vyžadovat působení vnějšího činitele, např. ohřev.

Material	Thoušťka vrstvy [mm]	Mísící poměr <sup>*)</sup>	Max. zmo [mm]	Koeficient tepelné roztažnosti [10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> ]
Stěrková hmota	< 5	1 : 2 až 1 : 5	0,5	30
	< 20	1 : 8 až 1 : 10	2	20
Malta	> 20	1 : 14 až 1 : 16	8	15

<sup>\*) Poměr je hmotnostní, vztaženo (pryskyřice+tvrdidlo) : plnivu</sup>

Tab. 1 Složení a stupeň naplnění běžných EP kompozic [3]

Tab. 1 Composition and degree of filling of common EP compositions [3]

Prvé pokusy s těmito kompozicemi z konce padesátých let nebyly příliš úspěšné, především proto, že prvé komerčně dostupné typy disperzí (PVAC) nebyly dlouhodobě odolné alkalickému prostředí a postupně se ve vlhkém prostředí rozkládaly [5]. Z široké škály prověřovaných polymerů našly posléze největšího uplatnění především disperze styren-butadienové, akrylátové, styren-akrylátové, v menší míře pak i epoxidové emulze. Jsou přidávány ve formě tzv. latexů, tj. ve vodě dispergovaných kulových částic vyšemolekulárního polymeru o průměru 0,05 až 0,1 μm.

Typické složení těchto kompozic pro opravy uvádí tabulka 4 [2]. Uváděný obsah disperze (vyjádřený jako množství sušiny) kolísá obvykle v poměrně širokém intervalu, v tabulce udaná hodnota reprezentuje obsah průměrný nebo obvyklý. V tabulce 5 jsou pro srovnání uvedeny charakteristické parametry těchto kompo-

zic společně s nemodifikovaným betonem a polymerní kompozicí.

Z tabulek je patrné, že polymercementové kompozice vykazují oproti nemodifikovaným cementovým betonům mírný nárůst ohybových pevností, tlakové pevnosti bývají do určité míry sníženy. Markantní je snížení modulu pružnosti, koeficient teplotní roztažnosti se blíží koeficientu teplotní roztažnosti betonu. Obecně přispívají disperze k jistému zvýšení smršťování kompozic během tuhnutí i následného vysychání. Tyto skutečnosti byly ostatně potvrzeny i celou řadou publikovaných prací s tuzemskými disperzemi SOKRAT. Primárním účelem modifikace bylo zlepšení adheze, přidržitosti, správkových kompozic. Přestože se s největší pravděpodobností na dlouhodobé trvanlivosti oprav pozitivně projevuje spíše výrazné snížení modulu pružnosti, je skutečností, že v závislosti na konkrétním složení a zpracování polymercementové

Tab. 2 Vliv stupně naplnění na vlastnosti polymermalt na epoxidové bazi [4]

Tab. 2 The effect of the degree of filling on the characteristics of epoxy-based polymer mortars [4]

Stupeň naplnění (hmotnostní poměr)	Neplněný epoxid	1 : 3	1 : 9	1 : 12	Beton B 35
Obsah pryskyřice [%]	100	25	10	6,25	
Pevnost v tlaku [Mpa]	69	72	101	97	35 až 55
Pevnost v tahu za ohybu [MPa]	29	33	43	29	5 až 6
Modul pružnosti E [MPa]	2900	9700	25000	33500	34000 až 39000
Koeficient tepelné roztažnosti [10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> ]	69	29	19	15	10 až 12
E <sub>α</sub> [N/mm <sup>2</sup> K]	0,21	0,28	0,48	0,5	0,4

Tab. 3 Vliv teploty na dynamický modul pružnosti [MPa] epoxidových pryskyřic a polymermalt na epoxidové bazi [4]

Tab. 3 The effect of temperature on the instantaneous modulus of elasticity [MPa] of epoxy resins and epoxy-based polymer mortars [4]

Material	Teplota [°C]				
	-20	0	20	40	60
EP-kompozice pro injektáž	4800	4400	3900	3000	-
EP-malta 1 : 9	31400	30000	28600	26000	21000
EP-malta 1 : 15	40000	38000	36500	33500	27000
Měkčená EP-malta 1 : 15	26000	22000	19000	12000	4500
Pružná EP-kompozice	2100	510	160	50	-

Cement PC [kg/m <sup>3</sup> ]	400 až 420
Písek : kamenivo	55 : 45 až 65 : 35
Obsah polymeru [%] <sup>*)</sup> vztaženo na cement	15 : 20
v / c	0,25 až 0,40
Obsah vzduchu [%]	< 6
Ostatní přísady	odpěňovač, thixotropní retenční přísady aj.

Tab. 4 Polymercementové malty/betony – směrné složení [2]

Tab. 4 Polymer cement mortars/concretes – composition by the code of practice [2]

kompozice je reálné u těchto reprofilačních malt dosáhnout přídržnosti cca 2 až 2,5 MPa.

Polymercementové kompozice byly a jsou v tradiční podobě dodávány jako dvousložkové hmoty a to prakticky bez výjimky již od výrobce v přesně stanovených poměrech suché a kapalné složky. Manipulace s dvousložkovými hmotami však přináší určité problémy ve stavební praxi (doprava, skladování, likvidace obalů apod.) a proto byly intenzivně hledány možnosti eliminace kapalných disperzí.

Takovou možnost nabízí používání tzv. redispergovatelných polymerů. Jedná se o redispergovatelné kopolymery VAC/Etylen nebo VAC/VeoVa resp. VAC/VeoVa/Akrylát. Zejména posledně jmenované vykazují mimořádnou odolnost vůči alkalickému prostředí.

Hlavní výhody používání těchto „suchých“ disperzí spočívají v možnosti připravovat jednosložkové suché směsi požadovaných vlastností, které se pouze přímo na stavbě smísí v potřebném množství s předepsanou dávkou vody. Odpadají problémy s nebezpečím zmraznutí vodných disperzí, navíc se prodlužuje doba skladovatelnosti (uvádí se obvykle minimálně 12 měsíců oproti cca 6 měsícům u vodných disperzí). Optimální obsah „suchého“ polymeru závisí pochopitelně na celé řadě okolností, bývá uváděno množství 5 až 10 % vztaženo na množství cementu, u adhezních můstků

či antikorozních kompozic může být toto množství i vyšší. Vlastnosti těchto polymercementových kompozic jsou obdobné jako u kompozic dvousložkových, uvádí se zlepšení přídržnosti, zlepšuje se zpracovatelnost čerstvých směsí, mrazuvzdornost, snižuje se nasákavost apod.

Přídavek redispergovatelné disperze má obvykle za následek i vyšší retenci vody ve směsi, což na jednu stranu je vítané, protože to omezuje předčasné vysychání nanesených vrstev. Na druhé straně způsobuje přídavek disperze obecně známý jev a sice, že modifikované kompozice mají sklon k vyšším hodnotám smrštění, které dosahuje cca dvojnásobné hodnoty ve srovnání s cementovými nemodifikovanými maltami. To pochopitelně má nebo může mít za následek vznik smršťovacích trhlin a generaci tahových napětí ve styčné spáře. Potlačení tvorby trhlin nebo obecně smršťování je proto logickým požadavkem, který je na polymercementové kompozice kladen. Tvorbě trhlin i smršťování lze pochopitelně účinně předcházet náležitým ošetřováním opravených ploch, pokud k jejich vzniku dojde. Je možné aplikovat finální jemné stěrky, ovšem vznik trhlin je nutno v každém případě nutno považovat za jev nežádoucí, kterému lze úspěšně čelit a to buď přídavkem rozptýlené vláknové výztuže nebo objemovou kompenzací reprofilačních malt (přidáním tzv. SRA aditiv).

Tab. 5 Vlastnosti malt modifikovaných polymery ve srovnání s betonem [4]

Tab. 5 Properties of mortars modified by polymers compared with concrete [4]

Vlastnosti	Beton B35	Hydraulicky pojené disperzní polymercementové malty <sup>*)</sup>	EP – polymermalty (1 : 3)
Pevnost v tlaku [MPa]	35 až 55	35 až 40	90 až 120
Pevnost v tahu za ohybu [MPa]	5 až 6,29	12,5 až 16,33	40 až 50
Modul pružnosti E [MPa]	34000 až 39000	9000 až 11000	10000 až 12000
Koeficient tepelné roztažnosti [10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> ]	10 až 12	12 až 15	25 až 35
E <sub>α</sub> [N/mm <sup>2</sup> K]	0,4	0,15	0,3
Smrštění ε <sub>s</sub> [mm/m]	0,5 až 1,2 <sup>**)</sup>	1,2 až 2	0,6 až 0,8

<sup>\*)</sup> vodní součinitel v/c cca 0,44; obsah disperze (poměr sušiny disperze ku cementu) 0,06 až 0,15; LP cca 3,5 %  
<sup>\*\*)</sup> ε<sub>s</sub> = 0,2 – 0,5 mm/m

### ROZPTÝLENÁ VLÁKNOVÁ VÝZTUŽ

Používání kompozitních materiálů na bázi cementové matrice a různých typů vláken má ve stavebním průmyslu svoji letitou tradici. V oblasti mikrovyztužování maltových a betonových směsí vlákna, jsou v současné době ve větší míře užívána vlákna následujících tří typů:

- ocelová
  - alkalirezistentní skleněná (ARS)
  - plastová, především polypropylénová
- Jejich rozhodující vlastnosti jsou shrnuty v tabulce 6.

Obecně má přítomnost vláken v cementové matici, tedy i v maltové či betonové reprofilační směsi, za úkol odstranit některé její nepříznivé mechanicko-fyzikální vlastnosti, jako jsou objemové změny během tuhnutí a tvrdnutí, relativně malá pevnost v ohybu a především křehkost. Na zlepšení těchto charakteristik může dále navazovat zlepšení dalších vlastností, jako je zvýšená mrazuvzdornost, vodonepropustnost, odolnost vůči agresivnímu prostředí, zvýšená odolnost proti obrusu atd. Úkolem vláken a zejména obecně nízkomodulových vláken, není nahradit klasickou nosnou konstrukční výztuž z oceli. Z řady důvodů se u reprofilačních malt prosadila právě polypropylénová vlákna.

Dnes běžně komerčně dostupná polypropylenová vlákna o jemnosti až 2,5 denier jsou schopna především v plastickém stádiu cementových kompozic účinně zachycovat šíření (otvírání) mikrotrhlin. Pokud probíhá v dalších stádiích zrání cementových kompozic za normálních tj. přiměřených vlhkých podmínek, pak jsou tyto „zachycené“ mikrotrhliny schopny tzv. autogenního vyhojení. Přídavek PP vláken tak nepřímo omezuje vznik a rozvoj imperfekcí v cementové matici s následně příznivými dopady na ohybové pevnosti, mrazuvzdornost, vodotěsnost i další výše uvedené užité parametry cementových či polymercementových kompozic.

Běžná dávka kvalitních PP vláken se pohybuje od 0,6 do 1 kg/m<sup>3</sup> cementové kompozice, přičemž konkrétní dávka odvisí od typu cementu, dávky cementu v kompozici apod. Běžná délka vláken se pohybuje od 6 do 12 mm a je závislá mimo jiné na způsobu aplikace malty, u malt stříkaných suchým postupem se dává přednost vláknům kratším, u malt a betonů kladených na horizontální plochy či nanášených běžným zednickým způsobem se používá vláken delších.

Typ vláken	PP	Skleněná	Ocelová
Pevnost v tahu [MPa]	200 až 700 <sup>*)</sup>	1500 až 3600	1500 až 3800
Modul pružnosti [MPa]	3500 až 18000	60000 až 90000	170000 až 210000
Mez protažení [%]	5 až 40	2 až 4	1 až 2
Průměr vlákna [ $\mu$ m]	10 až 300	10 až 15	100 až 600
Specifická hmotnost [g/cm <sup>3</sup> ]	0,91	2,7	7,85

<sup>\*) U speciálních houževnatých PP vláken bývá uváděna pevnost v tahu až 1 600 MPa</sup>

Tab. 6 Vybrané vlastnosti nejvýznamnějších typů vláken [6]  
Tab. 6 Selected properties of major fibre types [6]

Mezi největší výhody PP vláken patří skutečnost, že PP vlákno je dlouhodobě odolné vůči působení různých typů agresivního prostředí, včetně prostředí alkalického.

Přídavek samotných vláken ať již polypropylénových či skleněných sám o sobě ovšem nepotlačuje tzv. volné smršťování malt a betonů, pouze u kompozic, které se smršťují vázaně (díky tření či adhezi k podkladu) eliminuje přídavek vláken vznik a šíření smršťovacích trhlin. To má samozřejmě příznivý vliv na trvanlivost a chemickou či atmosférickou odolnost reprofilačních malt a potažmo i oprav jako takových. Nicméně se ukazuje jako velmi užitečné doplnit receptury správkových malt na cementové bázi o složky, které smršťování cementových kompozic eliminují přímo. Takové kompozice označujeme jako objemově kompenzované.

#### PŘÍSAZY KOMPENZUJÍCÍ OBJEMOVÉ ZMĚNY

Podobně jako u polymerních disperzí či vláknové výztuže, zájem o tzv. **expanzivní přísady, resp. shrinkage-reducing admixtures** (SRA – aditiva omezující smršťování) sahá do konce padesátých či počátku šedesátých let, kdy se jako perspektivní směr výzkumu jevil vývoj tzv. expanzivních cementů. Přestože jejich

produkce nikde ve světě nedosáhla očekávané úrovně, poznatky získané při jejich vývoji našly rozmanité uplatnění, mezi které mimo jiné náleží i kompenzace nežádoucích objemových změn u reprofilačních hmot.

K potlačení nežádoucího smršťování cementových kompozic se v zásadě používá aditiv buď na anorganické či organické bázi.

Z anorganických aditiv se jedná především o přísadu do expanzivních cementů typu K, což je syntetický bezvodý kalciumsulfoaluminát sumárního vzorce  $C_4A_3S$ , méně populární jsou expanzivní přísady na bázi výše páleného oxidu hořečnatého MgO. Mechanismus jejich působení není do detailu do dnešních dnů prozkoumán. Má se za to, že expanzivní chování těchto přísad je dáno tzv. krystalizačním tlakem produktů jejich hydratace a jejich dávkování je proto závislé na celé řadě okolností od množství cementu v kompozici, mineralogickém a chemickém složení použitého p-slínku a dalších faktorech.

Poněkud jiným mechanismem působí SRA přísady na bázi organické, i když i u těchto látek na bázi alkoxyalkoholů je příčina redukce smrštění zatím zcela hypotetická (má se za to, že díky změně povrchového napětí záměsové vody do-

chází k rapidní změně v pórové struktuře pojiva a k zmenšení obsahu větších pórů v oblasti 50 nm až 10  $\mu$ m, což se může pozitivně projevit při migraci záměsové vody cementovou maticí).

Dávkování organických přísad omezujících smršťování musí stejně jako v předchozím případě být předmětem pečlivého experimentálního ověření.

#### ZÁVĚRY

Cílem příspěvku bylo na vybraných příkladech ukázat jakým způsobem se postupuje při formulaci moderních sanačních hmot a jakých produktů stavební chemie se přitom využívá. Současně bylo cílem ukázat, že produkce reprofilačních hmot, stejně jako ostatních typů sanačních výrobků je poměrně sofistikovanou interdisciplinární záležitostí, kde spolupráce chemického průmyslu a stavebnictví je základním předpokladem dotažení vývojových a poloprovozních hmot do podoby průmyslových a komerčně využitelných produktů. Příspěvek, přestože se jednalo z pochopitelných důvodů pouze o rámcový výčet některých přísad a výrobních postupů využívaných při formulaci reprofilačních malt, se snažil současně ukázat, že příprava sanačních hmot skládáním jednotlivých komponentů přímo na stavbě in situ je nereálná, a proto se při sanačních zásazích dnes jednoznačně využívá speciálně formulovaných a průmyslově vyráběných kompozic.

Ing. Václav Pumpr, CSc.  
BETOSAN, s. r. o.

Obchodně technická kancelář  
Na Dolinách 23, 147 00 Praha 4  
tel/fax: 241 431 212, 602 189 459  
e-mail: praha@betosan.cz, www.betosan.cz

#### Literatura:

- [1] The Structural Engineer, **68**, 1990, N°17, pp. 337–345
- [2] ACI Journal **83**, 1986, N°9–10, pp. 798–829
- [3] Concrete International: Design & Construction, **6**, N°6, 1984, pp. 36–44
- [4] Luley H. at al.: Instandsetzen von Stahlbetonoberflächen, Beton-Verlag GmbH, Düsseldorf, 4., geänderte Auflage 1989
- [5] Warson H.: The Application of Synthetic Resin Emulsions, E.Benn, London 1972
- [6] Kolisko J.: Vliv rozptýlených vláken na mechanické vlastnosti cementového kompozitu, Stavební ročenka 2003, pp 162–166, JAGA Group, Bratislava 2002

**BETOSAN®** sanační a speciální materiály pro stavebnictví

**sanace železobetonů**

**přísady do betonu, náhrada betonu**

**hydroizolace**

**sanace vlhkého a zasořeného zdiva**

**podlahové systémy**

**speciální maltoviny**

**materiály na bázi syntetických pryskyřic**

OBCHODNĚ-TECHNICKÁ KANCELÁŘ  
Na Dolinách 23  
147 00 Praha 4  
mobil: 602 121 617  
tel/fax: 241 431 212  
e-mail: praha@betosan.cz

prodejní sklad  
**PRAHA**  
mobil: 602 344 891

výrobní a prodejní sklad  
**BATELOV**  
mobil: 606 331 430

prodejní sklad  
**PLZEŇ**  
mobil: 603 294 091

prodejní sklad  
**BRNO**  
mobil: 603 711 464

**www.betosan.cz** Držitel certifikátu ČSN EN ISO 9001:2001