

SPECIÁLNĚ FORMULOVANÉ RYCHLOVAZNÉ MATERIÁLY PRO OPRAVY STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ V NEPŘÍZNIVÝCH PODMÍNKÁCH

SPECIALLY FORMULATED FAST-BINDING MATERIALS FOR REPAIRS OF BUILDING STRUCTURES IN UNFAVOURABLE CONDITIONS

VÁCLAV PUMPR, ZDENĚK VÁVRA,
JAROSLAV CHABR

Rozhodujícím kritériem pro volbu materiálu a technologického postupu při opravě betonových konstrukcí je často rychlost provedení opravy a doba, za kterou může být konstrukce opět provozně zatížena. Sanační materiály na bázi klasických rychlovažných cementů mají dlouhou dobu tuhnutí a tvrdnutí, zatížitelnost vodou v řádu hodin a mechanickým zatížením v řádu dnů. Snaha řešit problém urychlovači nevedla k žádanému cíli. Vývoj „rychlých“ sanačních materiálů proto užívá pojiv na bázi směsí čistých slinkových minerálů portlandského typu, které jsou jednoznačně definovány chemickým i fázovým složením a umožňují za využití chemických aditiv nastavit požadovanou dobu tuhnutí relativně přesně. V článku je popsáno i použití uvedeného sanačního materiálu pro opravu stoky P v Praze.

Tab. 1 Fyzikální a mechanické parametry „rychlé“ sanační malty pro opravy betonu a železobetonu [1]

Tab. 1 Physical and mechanical parameters of „fast“ reconstruction mortar for repairs of concrete and reinforced concrete [1]

Fyzikální a mechanické parametry		Hodnota
Barva		nestandardní šedá
Sypná hmotnost [kg/m ³]		1600 ± 40
Pevnost v tahu za ohybu [MPa]	6 h	> 2,5
	24 h	> 6
	14 d	> 8,5
	28 d	> 10,5
Pevnost v tlaku [MPa]	6 h	> 10
	24 h	> 27
	14 d	> 55
	28 d	> 58
Statický E-modul [GPa]		max. 28
Koefficient teplotní roztažnosti [K ⁻¹]		11 ± 0,5 · 10 ⁻⁶
Mrazuvzdornost		> T100
Odolnost proti CHRL dle ČSN 73 1326 metoda A		> 75
Přidržnost k podkladu [MPa]		> 1,5

The speed of the repair and the period after which the service load may be applied on the structure again have become major criteria for the choice of the material and technological procedure during the repairs of concrete structures. Reconstruction materials on the basis of classic fast-binding cement have a long setting and hardening time, their water loadability is in the order of hours, and their mechanical loadability in the order of days. The effort to solve the problem by means of accelerating agents has not led to the required goal. Therefore, the development of „fast“ reconstruction materials makes use of binders on the basis of pure clinker minerals of portland type, which are clearly defined by their chemical and phase composition, and make it possible to use chemical additives and set the required setting time relatively exactly. The article also describes the employment of this reconstruction material for the repair of the sewer P in Prague.

Při opravách a sanačních betonových a železobetonových konstrukcí bývá velmi často rozhodujícím kritériem pro volbu materiálu a technologický postup rychlost opravy. Jinými slovy řečeno rozhoduje to, za jak dlouho po dokončení reprofilace či převrstvení je možné opravené plochy vystavit působení vody či jiných provozních médií, resp. za jak dlouho je možné mechanické zatížení opravených povrchů. Typickými příklady jsou podlahové konstrukce ve skladech, výrobnách, jímky, úkapové kanálky v průmyslových provozech a v neposlední řadě mezi konstrukce, které není obvykle možné vyřadit z provozu na delší dobu patří i kanalizační a vodovodní objekty.

Nejrozšířenější sanační materiály na bázi klasických rychlovažných portlandských cementů mají přes veškerý pokrok ve formulaci hmot obvykle nepřijatelně dlouhou dobu tuhnutí a tvrdnutí, zatížitelnost vodou obvykle bývá v řádu hodin, mechanickému zatížení mohou být obvykle vystaveny v řádu dnů.

Snaha řešit tento problém různými urychlovači, zvyšováním jemnosti mletí apod. nevedla bohužel k žádaným výsledkům z řady důvodů. Sem patří především nežádoucí dopady na pevnosti hmot v pozdějších stádiích, nežádoucí dopady na objemové chování, korozní ohrožení výtuzže a v neposlední řadě je závažnou komplikací vysoká citlivost většiny použitelných urychlovačů na odchylky v chemickém či mineralogickém složení portlandských cementů. Snaha řešit tento problém používáním jiné pojivové báze vedla k pokusům používat bezsádrovcové cementy, hořčičnato-fosfátové cementy, hlinitanové cementy či jiné typy materiálů. Největšího uplatnění, právě díky rychlosti vytvrzení a možnosti zatížit opravené plochy záhy po dokončení, doznaly hmoty na bázi organických pryskyřic, zejména na bázi pryskyřic epoxidových. Jejich širšímu uplatnění ovšem brání vedle cenových důvodů především omezená kompatibilita fyzikálně-mechanických vlastností s betonem (odlišná teplotní roztažnost, teplotní závislost řady parametrů aj.).

Posledním vývojovým trendem při formulaci „rychlých“ sanačních materiálů je využívání pojiv na bázi směsí čistých (tj. chemicky a mineralogicky jednoznačných) slinkových minerálů portlandského typu. Je všeobecně známo, že klasický portlandských cement obsahuje velmi pestrou směs slinkových minerálů, různé sklené fáze a tzv. tuhé mezifázové roztoky, které reagují s vodou různou rychlostí. Celá reagující soustava u portlandského cementu je neobyčejně složitá a u průmyslově vyráběných slinků resp. cementů jsou naše možnosti regulovat rychlost tuhnutí a tvrdnutí velmi omezené, jak již bylo řečeno výše. Oproti tomu směs syntetických slinkových minerálů, které jsou jednoznačně definovány jak chemickým složením, tak složením fázovým, umožňuje za využití chemických aditiv nastavit požadovanou dobu tuhnutí (dobu zpracovatelnosti) relativně velmi přesně. V tomto ohledu se tyto materiály na bázi syntetických cementů

Obr. 1 Mechanické vlastnosti trámečků 40 x 40 x 160 mm vystavených působení síranů

Fig. 1 Mechanical characteristics of balks 40 x 40 x 160 mm exposed to the effect of sulphates

Obr. 2 Dilatometrické změny těles 40 x 40 x 160 mm vystavených působení síranů

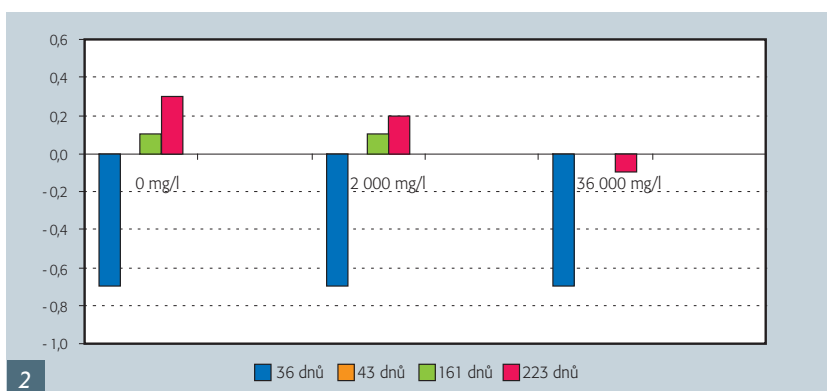
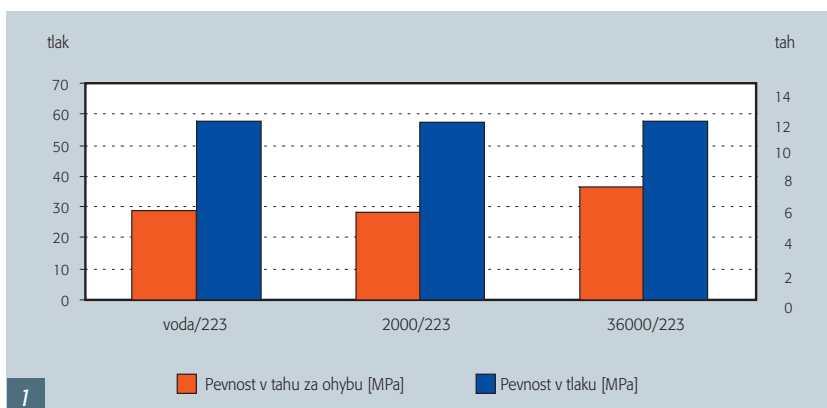
Fig. 2 Dilatometric changes of bodies 40 x 40 x 160 mm exposed to the effect of sulphates

chovají obdobně jako epoxidové pryskyřice. To samé platí i pro rychlost zpevňování, kterou lze přesně regulovat a jejíž závislost na většině vnějších faktorů s výjimkou teploty je prakticky nevýznamná. Přitom si tyto materiály zachovávají většinu výhod sanačních hmot na bázi portlandského cementu, především naprostou kompatibilitu s betonem a to jak ve smyslu chemickém, tak fyzikálně-mechanickém.

Širší dostupnost těchto pojiv vedla k postupnému komerčnímu rozšíření rychlovazných sanačních materiálů i na českém trhu. Bývají obvykle dodávány jako jednosložkové hmoty, které se k vlastnímu zpracování smíchávají pouze s předepsaným množstvím vody.

Typické vlastnosti ukazuje tab. 1. Hmoty obvykle vynikají velmi krátkou dobou tuhnutí a následným rychlým zpevňováním.

Zpracovatelnost směsi při 20 °C je 10 až 15 min od smíchání s vodou, poté směs počíná tuhnout a následuje rychlé zpevňování. Po 6 h jsou opravené plochy zatížitelné lehkým či středně těžkým provozem. Materiály se proto uplatňují především v oblasti oprav nášlapných vrstev, schodů, manipulačních a skladových ploch apod. Vhodné jsou k podlévání či fixaci kanalizačních poklopů a všude tam, kde se uplatní rychlost zpevňování, konečné vysoké pevnosti i další významné parametry obou materiálů. Významnou oblastí, kde nacházejí tyto rychlovazné typy materiálů uplatnění, je oblast zesilování konstrukcí pomocí kompozitních materiálů systému [2]. Zde se těchto materiálů využívá pro tmelení podkladu a vyrovnání geometrických nepřesností zesilovaných prvků. Další z významných oblastí uplatnění, je oblast oprav kanalizačních a vodovodních sítí. Zde, kromě odpovídajících technologických vlastností a mechanických pevností, hraje významnou roli i otázka chemické resp. korozní odolnosti, a to zejména odolnosti vůči síranům.



LABORATORNÍ OVĚŘOVÁNÍ SÍRANOVÉ ODLNOSTI

Ověření korozní odolnosti vůči síranové korozi, a tím i praktické využitelnosti komerčně nabízeného materiálu Monokrete rapid bylo s ohledem na možnou expozici v oblasti oprav kanalizací předmětem detailních laboratorních zkoušek.

Jedná se o vysoce ztekucený materiál určený pro opravy vodorovných ploch, zálivky, podlévání rámu aj.

Korozní testy probíhaly standardním postupem, který zahrnoval měření změn objemové hmotnosti těles, délkových změn a mechanických pevností u zkušebních trámečků 40 x 40 x 160 mm.

Zkušební tělesa byla vystavena stacionárnímu působení dvou úrovní koncentrace síranových iontů a to roztoku obsahujícímu 2000 mg SO₄²⁻ a 36 000 mg SO₄²⁻. Expozice zkušebních těles probíhala za normální laboratorní teploty po dobu šesti měsíců. Srovnávací tělesa byla paralelně uložena v pitné vodě.

Dilatometrická měření byla prováděna v dotykovém stojánku za pomoci „hodinek“ s přesností odečtu ±0,001 mm, objemová hmotnost a mechanické pevnosti byly stanoveny postupem dle ČSN 72 2449, resp. 72 2450. Vybrané výsledky měření jsou zpracovány jednak tabelárně (tab. 1 a2), jednak graficky (obr. 1 a 2).

Z výsledků měření vyplývá, že zjištěné délkové změny jsou u vzorků vystavených síranovému prostředí po 6 měsících expozice srovnatelné, popř. nižší než u vzorků srovnávacích.

Obdobné výsledky poskytují měření mechanických pevností. Tlakové pevnosti zkušebních těles jsou prakticky identické u srovnávacích i exponovaných těles, u pevností tahových dochází po 6 měsících k určitému nárůstu pevnosti v tahu za ohybu u těles uložených v extrémně vysoké koncentraci síranových iontů.

Měření korozní odolnosti komerčně dostupného produktu Monokrete rapid prokázalo vcelku jednoznačně, že rychlovazné sanační materiály na bázi pojiv ze syntetických slíkových minerálů vykazují velmi vysokou odolnost vůči působení síranových iontů. Důvodem této odolnosti může být především nízký obsah kalciumaluminátových fází v použitém pojivu, tedy té složky, která u klasických portlandských cementů je zodpovědná za tvorbu ettringitu, následně rozpínání provázené poklesem pevností a následně úplným rozpadem zkušebních těles.

Z tohoto pohledu lze říci, že se jedná o materiály vhodné pro použití v náročném prostředí chemického průmyslu a obecně všude tam, kde se může zvýšená síranová odolnost uplatnit. Současná



3a



4a



3b



4b

Obr. 3 Stoka před opravou s masivními průsaky a, b)
Fig. 3 Sewer prior to the repair with massive seepage a), b)

Obr. 4 Stoka po opravě a, b)
Fig. 4 Sewer after the repair a), b)

stavební výroba se neobejde bez progresivních materiálů, o oblasti oprav a sanací to platí dvojnásob. Rozvoj této oblasti je bez využívání produktů tzv. stavební chemie nemyslitelný. Použití syntetických slinokových minerálů jako pojiva vhodného pro oblast sanací v náročných korozních podmínkách je toho dobrým příkladem.

HAVARIJNÍ OPRAVA STOKY P

Mezi konstrukce se zvýšeným korozním namáháním, kde je vysoká odolnost vůči síranům standardně vyžadována, patří kanalizační sítě. Použití tradičních sanačních hmot a postupů naráží často na technologické problémy. Příkladem může být dále popsaná havarijní oprava stoky P v Praze.

Při budování rozpletu výjezdu z tunelu Mrázovka v Praze 5 došlopři ražbě v důsledku kolizní nivelity budovaného

tunelu k poškození vnějších vrstev páteřní stoky P. Přestože byl dotčený úsek stoky P již v rámci výstavby dopravního tunelu izolován vůči vodě i staticky zajištěn, začaly se v daném úseku krátce po dokončení a zprovoznění tunelu pro dopravu objevovat poruchy.

Provedené opravy a především těsnění stoky pomocí cementojílových injektáží v oblasti poškození nebyly bohužel úspěšné. Opakující se masivní průsaky vedly k postupnému vymývání betonu obezdívky stoky a ohrožení její statické stability (obr. 3a, b).

Bylo proto rozhodnuto havarijní situaci řešit, a to jednak ve smyslu utěsnění (hydroizolace) opláštění páteřní stoky, jednak ve smyslu statického zajištění především horních partií stoky, které jsou v kontaktu s tunelem a jsou vystaveny dynamickému zatížení. Prioritním cílem bylo především utěsnění stoky vůči zatékání agresivních spodních vod.

Návrh sanačního zásahu předpokládal utěsnění speciální injektážní hmotou Injektostop 2003 XPB s přísadou Xypex Admix C-1000, lokální utěsnění masivních průsaků materiálem Xypex Patch'n Plug a následné celoplošné tenkovrst-

vě převrstvení mikrobetonem kotveným mechanicky na výztužnou ocelovou síťku Armobet 40/40/2.

Provedením havarijní opravy byla pověřena firma Pragis, a. s., div. Podzemní stavby, která obdobným způsobem úspěšně realizovala již několik obdobných oprav.

V průběhu vlastní realizace opravy se ukázalo, že primární utěsnění injektáží za rubem obezdívky stoky je v oblasti bezprostředního kontaktu stoky s dopravním tunelem problematické a riskantní. Především bylo nezbytné předejít poškození hydroizolačního souvrství mezi stokou a revizními kanály, které probíhají pod vlastním dopravním tunelem a jsou v přímém kontaktu se stokou. V důsledku toho nebylo zcela průchodné vrtáním vytvořit injektážní otvory, do nichž by bylo možno fixovat injektážní jehly a následně provést injektáž.

Bylo proto rozhodnuto v daném úseku pouze povrchově osazením drenážních trubiček lokálně svést masivní průsaky spodních vod a daná místa těsnit výše uvedeným rychlovačným materiálem Xypex Patch'n Plug. Přestože byl zvolený postup relativně úspěšný, propustnost železobetonového ostění stoky byla zřejmě v důsled-

ku dlouhodobého vymývání vazných složek betonu natolik vysoká, že docházelo k plošnému prosakování ostěním a vyplavování aplikovaných vrstev nanášeného mikrobetonu. Jeho zpevňování probíhalo i s ohledem na snížené teploty ve vnitřním prostoru stoky tak pomalu, že došlo k vymytí pojiva a následnému rozplavení materiálu ve velkých plochách dřive, než mohl začít materiál reálně tvrdnout.

V duchu tradiční a dlouhodobé spolupráce s realizátorem byla firma Betosan požádána o doporučení vhodného alternativního materiálového řešení daného problému. Jako přijatelné se jevílo použití v úvodu uvedené sanační rychlovazné hmoty Monocrete TH rapid aplikované zednickým postupem na připravenou ocelovou sítku. S ohledem na propustnost ostění bylo však nezbytné zajistit trvale, resp. dlouhodobě nepropustnost souvrství vůči vodě.

S přihlédnutím k dlouhodobě pozitivním zkušenostem s hydroizolačními materiály uvedené firmy s obsahem krystalizačních přísad Xypex bylo rozhodnuto urychleně průkaznými zkouškami ověřit možnost dopování rychlovazných materiálů přísadou Xypex Admix C-1000. Zkoušky se orientovaly především na ověření, zda přísada neovlivní dobu zpracovatelnosti, tuhnutí, tvrdnutí a pochopitelně krátkodobě i konečné pevnosti materiálu. Současně byl prověřován vliv přísady na vodotěsnost rychlovazné kompozice a její korozní odolnost.

Laboratorní i provozní zkoušky prokázaly zcela jednoznačně, že rozhodující parametry rychlovazného materiálu jsou krystalizační přísadou nedotčeny. Z hlediska nepropustnosti, která byla ověřována přes tzv. koeficient filtrace, se ukázala být použitá krystalizační přísada účinná. Zjištěná hodnota koeficientu filtrace dosahovala hodnot nižších než $2,5 \cdot 10^{-12} \text{ ms}^{-1}$.

REALIZACE OPRAVY A ZÁVĚR

Oprava realizovaná následně v plném rozsahu hydroizolačním rychletvrdnoucím materiálem komerčního označení Monocrete XP TH rapid prokázala technologickou schůdnost tohoto postupu. Zpracovatelnost materiálu (tzv. otevřená doba) se při teplotách panujících uvnitř stoky pohybovala na úrovni 15 až 20 min., tedy na době dostatečné k řádné homogenizaci sanačního materiálu s vodou a k následnému zednickému nanesení na připravený podklad. Současně rychlost tuhnutí byla taková, že nedocházelo k rozplavování materiálu. Podařilo se tak beze zbytku splnit primární cíl opravy, tj. celoplošně havarijně postižený úsek utěsnit vůči nežádoucím průsakům.

Následně prováděné kontroly a revize opraveného úseku potvrdily, že použitá hydroizolační malta plní své poslání a v místě opravy je stoka P bez jakýchkoliv průsaků (obr. 4a, b).

Současně lze říci, že popisovaný průběh opravy potvrdil známou skutečnost, že v oblasti sanací je naprosto nezbytná

úzka spolupráce mezi všemi zainteresovanými subjekty, tj. mezi projektantem, zhotovitelem, dodavatelem materiálů a v neposlední řadě i investorem. Opravy mohou být vždy provázeny neočekávanými komplikacemi, velmi často je nezbytné navržené materiály či technologii opravy přizpůsobit konkrétním podmínkám, protože jedině takto lze splnit a zajistit očekávaný výsledek i dlouhodobou trvanlivost opravy.

Literatura:

- [1] Firemní materiály firmy BETOSAN, s. r. o.
- [2] *Dohnálek P.*: Kompozitní tkaniny od firmy BETOSAN® pro zesilování konstrukcí, Stavebnictví a interiéru, Vol.14, No.4, 2006, str.12–14

Ing. Václav Pumpr, CSc
e-mail: pumpr.v@betosan.cz

Ing. Zdeněk Vávra
e-mail: vavra.z@betosan.cz

oba: BETOSAN, s. r. o.
Na Dolinách 28, 147 00 Praha 4
tel: 241 431 212,

Ing. Jaroslav Chabr
PRAGIS, a. s., div. Podzemní stavby
U Elektry, 190 00 Praha 9–Hloubětín
e-mail: chabr.jaroslav@pragis.cz

BETOSAN®
alternativa, kterou oceníte

www.betosan.cz

MINERÁLNÍ VSYPY

s obsahem ohrusvudrných plniv na anorganické bázi
DENSOTOP Q
DENSOTOP S
DENSOTOP EH

METALICKÝ VSYP

s obsahem ohrusvudrných plniv na bázi neoxidujících slitin
DENSOTOP M

HYDROIZOLAČNÍ VSYP

se zvýšenou chemickou a mechanickou odolností s obsahem utěšňující přísady XYPEX® DS1
DENSOTOP XP

DRŽITEL CERTIFIKÁTU ČSN EN ISO 9001 A 14001



**CERTIFIKOVANÝ SYSTÉM
PRO ZHOTOVENÍ
A OPRAVY
PODLAHOVÝCH
KONSTRUKCÍ**

SAMOROZLIVNÉ OPRAVNÉ SMĚSI

jednosložkové na PCC bázi
MONOLITH S/EH
dvousložkové na PC bázi
BETOLIT EP 0-1 DC

SAMONIVELAČNÍ POTĚŘ
jednosložková na PCC bázi
NIVELITH F

NÁTĚROVÉ SYSTÉMY
chemická a mechanická odolnost
BETOFIX, EPOLIT W, BETOLIT PU

OBCHODNĚ-TECHNICKÁ KANCELÁŘ

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