

## **POUŽITÍ SUCHÉ SMĚSI STŘÍKANÉHO BETONU PŘI OPRAVĚ VD VRANOV NAD DYJÍ**

Milan Myška

### **1 Úvod**

Stříkané betony mají v betonářské praxi velmi široké uplatnění, jako např. při zpevňování stěn stavebních jam nebo zpevňování skalního podloží, při sanaci a zesilování nejrůznějších stavebních konstrukcí, a nebo zejména při vytváření vnitřního pláště ražených staveb (jako jsou tunely, kolektory apod.).

Podle metody nástřiku, lze stříkané betony rozdělit na mokrý a suchý způsob stříkání, kdy každá metoda vyžaduje specifickou materiálovou a technologickou přípravu a vhodné strojní zařízení a samozřejmě odborné zkušenosti obsluhy na trysce. Širší uplatnění v betonářské praxi bezesporu zejména v případech realizace velkých denních objemů stříkání i při zohlednění cenových relací nachází mokrý způsob nástřiku. Nezpopochybnitelnou předností suché metody nástřiku s prefabrikovanou suchou směsí stříkaného betonu je její téměř okamžitá příprava k aplikaci např. podle postupu ražby před nasazením štítu, či podle přípravy plochy v náročném prostředí. Taková situace nastala právě při opravě vzdušného líce přehrady vodního díla Vranov nad Dyjí, s ohledem na její geometrický tvar a obtížnou přístupnost k sanované ploše.

Pro představu jsou zde uvedena jen některá základní data o přehradě Vranov nad Dyjí. Přehrada byla uvedena do provozu v roce 1934 a na svou dobu je hodnocena jako moderní dílo s mnohostranným využitím (vodárenské, rekreační i protipovodňové). Výška hráze je 47 m nade dnem přehrady, délka hráze v koruně je 290,4 m a šířka 7,0 m. Hráz je betonová gravitační, dělená na 17 bloků s bezpečnostním korunovým přelivem o 9 polích. Pohled na vzdušný líc přehrady v průběhu realizace prací ukazuje **Obr. 1**.



**Obr. 1** Pohled na vzdušný líc přehrady VD Vranov nad Dyjí

Kromě oprav kaskády pod částí bezpečnostního přelivu (původní betonové stupně byly v letech 1951 – 1952 a pak v roce 1965 obloženy kamenem) se dosud na tomto vodním díle neprováděly žádné větší zásahy srovnatelné s opravami dokončovanými v současné době. Rozhodnutí o zahájení oprav bylo uspíšeno povodní v srpnu roku 2002, která byla svým rozsahem označena jako 500 letá voda [2]. Tehdy došlo ke značnému poškození povrchů betonových konstrukcí hráze na vzdušném líci a částečně i na návodním líci a k narušení kamenného obkladu kaskády bezpečnostního přelivu [3]. Tyto škody spolu s rozhodnutím o maximálně možném zabezpečení ochrany osob a jejich majetku se staly impulsem k zahájení oprav s cílem udržet toto významné vodní dílo v dobrém stavu a zajistit tak jeho další bezpečnou funkci.

## **2 Projekt sanace přehrady, specifikace sanace a stav prací**

Sanace povrchu vzdušného líce je nejrozsáhlejší částí opravy VD Vranov nad Dyjí, s kterou souvisí i neméně náročné opravy konstrukcí kaskády bezpečnostního přelivu a souběžné opěrné zdi u levostranného zavázání hráze do terénu, oprava betonových konstrukcí spodní stavby vodní elektrárny a oprava stavební a technologické části strojovny spodních výpustí.

Stavební práce na opravách byly zahájeny v září roku 2004 (již jako 2. etapa sanace přehrady) společným úsilím pracovníků firem EREBOS – podpovrchová výstavba, s. r. o. a SASTA CZ – sanace staveb, a. s., které úspěšně prošly výběrovým řízením. V podzimních měsících se prováděly především přípravné práce, spočívající v odstraňování narušených povrchových vrstev betonu pneumatickými ručními kladivy. Také byly provedeny investorem vyžádané předvýrobní zkoušky sanační hmoty na referenčních plochách, pro kterou byly specifikovány požadavky na pevnost v tlaku v rozmezí hodnot 30 až 50 MPa, pevnost v tahu za ohybu větší než 5,5 MPa, přídržnost k podkladu více než 1,1 MPa a odolnost mrazu pro 100 cyklů. V této fázi přípravy byla přizvána k účasti naše akreditovaná OL 123, která zajišťovala průběh a provedení všech požadovaných zkoušek v uvedeném rozsahu specifikace generálního projektanta VDTBD – Vodní díla Technicko bezpečnostní dohled, a. s.

V průběhu letošního roku probíhaly stavební práce po dílčích úsecích vertikálně rozdělených podle jednotlivých bloků hráze a v horizontálních pásech v úrovni plošin postaveného lešení. Předpokládaný termín dokončení prací je 30. 11. 2005.

Nyní již souběžně pokračuje oprava přehrady přípravou a částečnou realizací sanace betonu na návodní straně.

## **3 Suchá směs pro stříkaný beton maxit SB 80 M**

Protože poškození betonové konstrukce přehrady zasahovalo ve velkém rozsahu do hloubky 5 až 10 cm pod povrch, předpokládal návrh opravy výměnu kompletní povrchové vrstvy betonu ve stejné tloušťce včetně jejího vyztužením svařovanou sítí KARI-DIN AQ 50 lokálně kotvenou lepenými kotvami do původního nenarušeného betonu. Výběr sanačního materiálu pro uvažovanou tloušťku opravy jednoznačně ukazoval na potřebu hrubozrnější směsi aplikovatelnou stříkáním. Mezi oslovenými výrobci prefabrikovaných malt a směsí byla i firma Franken Maxit, s. r. o., která se specializuje na dodávky kvalitních prefabrikovaných směsí a pro daný účel byla jejich specialisty vybrána suchá směs

maxit SB 80M, která je určena pro stříkané betony. Směs je složena z kameniva o vyvážené křivce zrnitosti do velikosti max. zrna 8 mm, z portlandského cementu, modifikačních přísad a urychlovače s příměsí mikrosiliky. Na přání projektanta byla směs pro danou akci doplněna o polypropylénová vlákna Fibrin. Podle ČSN EN 206-1 je základní směs klasifikována třídou pevnosti v tlaku C30/37 a odolností vlivům prostředí XC4, XD1, XS1, XF1 XA1. Na stavbu je dodávána ve speciálních firemních silech o objemu 19 m<sup>3</sup>, případně ji lze objednat i v papírových pytlicích v balení po 40 kg.

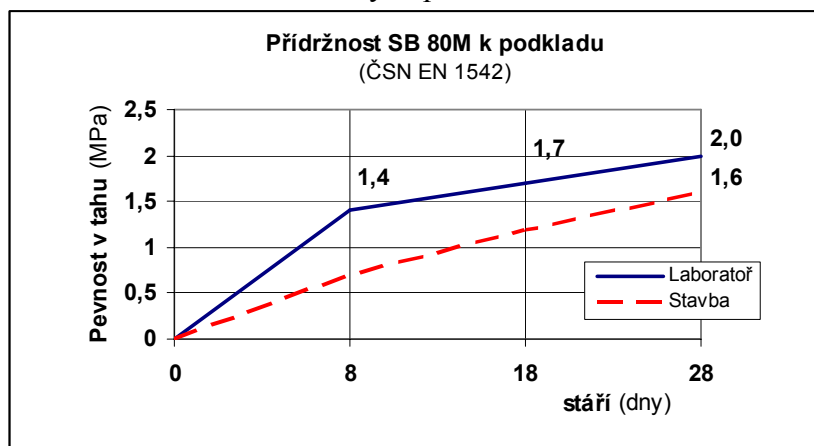
Při stříkání je tato suchá směs dopravována ze zásobníku přes speciální kontinuální míchač do stříkacího stroje, odkud je dále hnána stlačeným vzduchem hadicí ke trysce, kde dochází k míšení s optimální dávkou vody a poté k nanášení vysokou tryskací rychlostí na připravenou plochu, čímž dochází k potřebnému zhutnění stříkaného betonu.

Nezanedbatelný podíl na vytvoření homogenní vrstvy stříkaného betonu má vždy obsluha trysky, v tomto případě při dávkování správného poměru vody a pak již standardně při nanášení betonu rovnoměrnými pohyby po vrstvách bez přerušení spojitosti toku proudící směsi. Proškolená obsluha je zde opravdu více než při mokřím způsobu stříkání nezbytnou součástí kvality odvedené práce.

#### 4 Předvýrobní a kontrolní zkoušky směsi SB 80M

První etapa zkoušek suché směsi stříkaného betonu SB 80M proběhla s předstihem všech činností na stavbě v akreditované laboratoři OL 123 na FSv. ČVUT v Praze, za účelem požadavku projektanta na ověření přídržnosti této ztvrdlé směsi k betonovému podkladu bez nutnosti použití adhezního můstku; tedy ještě před předvýrobní zkouškou v místě stavby.

Zkouška přídržnosti k podkladu byla provedena podle ČSN EN 1542 na dlaždicích z referenčního betonu MC (0,40) podle ČSN EN 1766, které byly po 3 roky uloženy v běžném laboratorním prostředí (z rezervy pro zkoušky ŘSD), vlhkost desek před aplikací činila 0,9 % hmot. Směs byla připravena v laboratorní míchačce ČSN EN 196-1 s pomalým cyklem nuceného míchání s podílem vody 100 litrů/tunu suché směsi. Čerstvý beton byl nanášen zednickou lžicí v tloušťce cca 30 mm. Výsledky odtrhových zkoušek v různém čase zrání směsi jsou ukázány na **Obr. 2** společně i s průměrným výsledkem přídržnosti, dosaženým při předvýrobní zkoušce v místě stavby při nanesení směsi na desku stříkáním včetně vlivu klimatických podmínek v čase zrání betonu (11/2004).



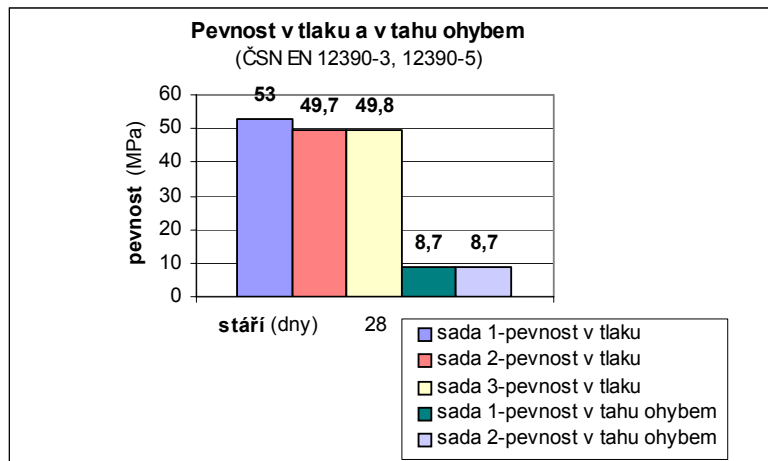
**Obr. 2** Průběh nárůstu pevnosti v tahu (přídržnosti k podkladu)

Při předvýrobní zkoušce v místě stavby, byly pracovníky firmy SASTA CZ, a. s. s použitím stříkacího zařízení SSB vyrobeny zkušební desky podle prEN 14487-1 (**Obr. 3**), z kterých byla v naší laboratoři vyřezána normová tělesa podle ČSN EN 14488-1 s tím, že byly pro zkoušku odolnosti povrchu betonu použity i části z tzv. nedokonalé zóny (100 mm po obvodu desky) a byly provedeny požadované průkazní zkoušky ztvrdlého stříkaného betonu, na základě kterých byla ověřovaná směs přijata k použití. Vhodnost vyloučení rizikové zóny ze zkušebních desek se potvrdila především při zkoušce odolnosti povrchu betonu vodě a mrazu (CHRL), kdy zkušební povrch z formované strany desek bedněním vykazoval vždy vyšší hodnoty odpadu.

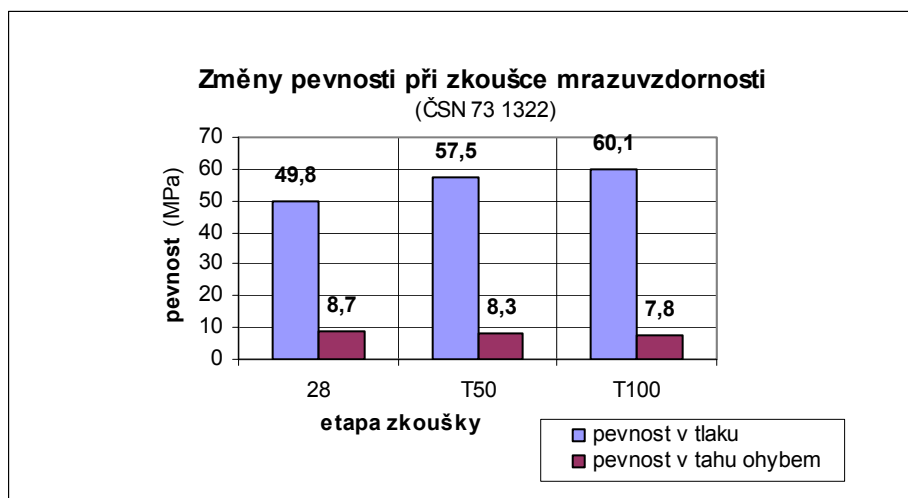
V průběhu realizace sanačních prací byly potom za přítomnosti naší OL 123 provedeny ještě kontrolní zkoušky (05/2005). Stanovené výsledky [1] jsou uvedeny souhrnně v následujících grafech. Další běžné kontrolní zkoušky z průběhu realizace a dodávek směsi v investorem požadované četnosti si zajišťovaly obě realizační firmy ve spolupráci s jinými laboratořemi.



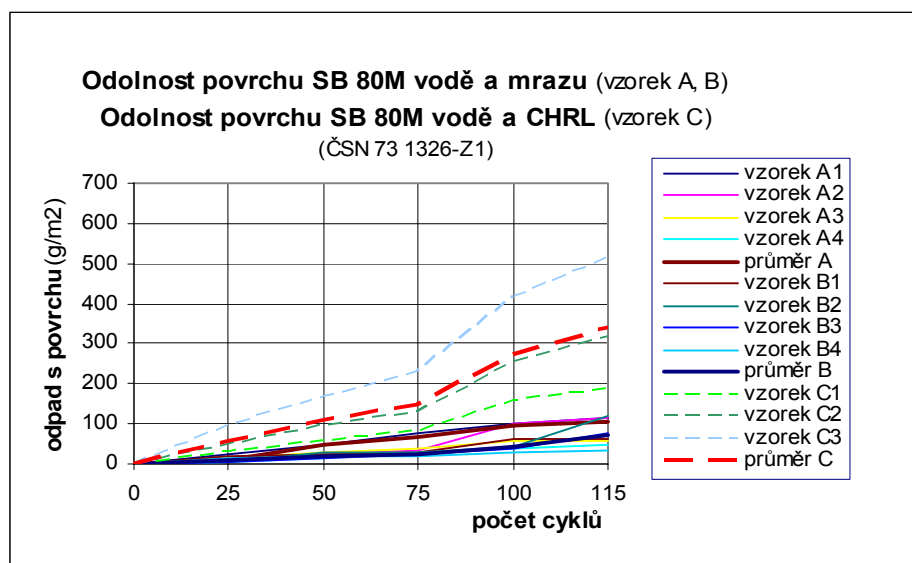
**Obr. 3** Výroba zkušební desky



**Obr. 4** Výsledky zkoušky pevnosti betonu v tlaku a v tahu ohybem



**Obr. 5** Výsledky zkoušky mrazuvzdornosti betonu



**Obr. 6** Výsledky zkoušky odolnosti povrchu betonu vodě a mrazu (CHRL)

## 5 Závěr

Při provádění sanace obtížně přístupného vzdušného líce přehrady s nutností rozdělení její plochy na dílčí záběry se ukázalo, že volba suché směsi stříkaného betonu byla technologicky správnou volbou a směs SB 80M dobrým výběrem. To potvrdily především provedené laboratorní zkoušky, které prokázaly ve všech parametrech požadavky specifikace projektu. Zejména velmi příznivé byly shledány hodnoty odpadu zlomků s povrchu stříkaného betonu při jeho zatížení vodou při mrazu a extrémně i při působení CHRL, které ale ve skutečnosti nelze v místě stavby předpokládat. Tyto skutečnosti dávají velmi pozitivní potvrzení, že sanace betonové konstrukce byla provedena úspěšně a jsou dobrým předpokladem pro dlouhou životnost opravy přehrad, pro kterou bude neméně důležitá i probíhající sanace návodního líce.

### 5.1.1 Literatura

- [1] Zkušební protokoly č. 123095, -101, -109, -, 119, -121/2004, 123006, -097, -120, -121, -122, -171/2005 ZL 1048-OL123 akreditované ČIA
- [2] <http://vranovak.ceskyweb.cz>
- [3] Pekárek, K.: Poškození vodních děl na Moravě způsobené, Beton 1/2003, str. 14

---

### Ing. Milan Myška, Ph.D.

✉ FSV ČVUT v Praze  
Thákurova 7  
166 29 Praha 6  
☎ 224 354 456  
📠 224 354 446  
☺ [myska@fsv.cvut.cz](mailto:myska@fsv.cvut.cz)  
URL <http://web.fsv.cvut.cz>