



Znalecký posudek

**Příčin porušení vnitřního nátěru betonových vod-
ních jímk demistanice stavby „“
**

13 stran

5. 8. 1975

Ing. G3c Richard B e r e š

**c/o Ústav teoretické a aplikované mechaniky
Československé akademie věd**

Vyšehradská 49, 128 49 Praha 2

Z n e l e c k ý p o s u d e k

příčin porušení vnitřního nátěru betonových vodních

Čj. 214/112/75

Vyhotovení č. 4

V Praze dne 5. srpna 1975

Dne 21. 7. 1975 mne s. stav. Lad. Šadek, hlavní stavbyvedoucí závodu 01 np. Armabeton předběžně požádal o posouzení stavu a možnosti dalšího využití epoxidového nátěru na stěných a dnech vodních jímek J2 a J3 v objektu 212 b - demistanice na stavbě Sezonního zdroje svítiplynu střední Čechy I.

Vzhledem k naléhavosti řešení sděleného stavebního neúspěchu, dané zároveň uvést jmenovaný zdroj do provozu začátkem měsíce srpna 1975 (závazný úkol státního plánu), jsem

předběžné žádosti vyhověl a dne 23. 7. 1975 provedl v přítomnosti Ing. M. Chadimy, vedoucího výstavby np. Střešického plynárny, U plynárny 500, Praha 4 - Michle, a P. Suchého, stavbyvedoucího závodu 01 np. Armabeton prohlídku předmětných objektů.

Při této příležitosti jsem obdržel fotokopie

- Projektová dokumentace Sezonní zdroj Střední Čechy I, obj. 212 b - demistanice, stavební část, archivní číslo PNP 6-24054 (technická zpráva), listy č. 1 a 5;
- Konečné projektové řešení Sezonní zdroj Střední Čechy I, obj. 212 b - demistanice, rozpočtová část, archivní číslo PNP 7-20599 (rozpočet), list č. 1 a list s pol. 5-78-1/59119 - 1293.

Na listu PNP 6-24054/5 je uvedeno:

"Ostatní konstrukce, jako jímký, kanály, šachty jsou provedeny železobetonové z betonu B 170 nebo z hutného betonu dle požadavku Armabetonu.

Isolace je převážně (všechna) vodotěsná, a to u jímek 1x sklobit, vodorovně v podlaže pak 2x sklobit. Jímky na vodu budou pak opatřeny vnitřním epoxidovým nátěrem dvojnásobným, dvousložkovým."

Prohlídkou zbytků použitých nátěrových hmot na místě ukázala, že

- jako nátěrová hmota podle projektu byl použit emal epo-

xidový dvousložkový tepaný S 2323 v šedé barvě, s tužidlem do nátěrových hmot epoxidových dvousložkových S 7300;

- vzhledem k neúspěchu provedeného nátěru - odlupování nátěrového filmu - byl po očištění porušených míst nátěr opakován, a to emalem epoxidovým dvousložkovým lesklým Epolex S 2321 v zelené barvě, s prve uvedeným tužidlem.

Pro ředění bylo použito v obou případech (podle údaje stavbyvedoucího) nitroředidla.

Dne 24. 7. 1975 mi byla pod číslem 59/00.062/75 z téhož dne od np. Středočeské plynárny doručena objednávka na tento posudek, obsahující tyto další podklady:

V jínce J2 se skladuje čířená průmyslová voda a v jínce J3 tzv. demivoda (tvrdost max. 0,01 mevl/l, celk. CO_2 max. 20 mg/l, pH při 20°C 7 + 9,5, manganistonové číslo max. 5 mg KMnO_4 /l, SiO_2 max. 0,1 mg/l, chlor max. 0,02 mg/l, síra max. 0,2 mg/l, vodivost při 20°C 1,0 mS/cm, olej max. 0,5 mg/l, měď Cu max. 0,01 mg/l, železo Fe max. 0,05 mg/l, kyslík max. 0,02 mg/l).

V návrhu je možné počítat i s vhodným nátěrem z dovozu, pokud by bylo možné jej nanášet na částečně vysušený podklad a bude splňovat i další požadavky vůči skladované demivodě.

Dne 31. 7. 1975 mi Ing. M. Chadima telefonicky sdělil opravené hodnoty některých údajů o tzv. demivodě, zahrnutých

do uvedené objednávky, a to

- pH 5,8 + 6,3
- vodivost 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$
- SiO_2 5 mg/l
- kyslík 9 mg/l .

V objednávce bylo dále konstatováno, že jde o posudek pro případné arbitrážní řízení a že objednatel souhlasí s přizváním konzultanta (specialisty-chemika).

N á l o z

Obě zahlebané betonové jámy jsou kvádrového tvaru, obsahu přibližně 100 m^3 , avšak kryty stropem opatřeným průlezným otvorem.

Stěny a dna jámek nesoú na ploše přibližně 200² m^2 zelené barvy. Na části takto upraveného vnitřního povrchu jámek lze po lokálním mechanickém porušení sejmout (odloupnout) nátěrový film jako souvislou folii. Špatě folie je z rubové (ke stěně přivrácené) strany šedě zbarvena, takže zřejmě představuje nátěrový systém vrstev obou postupně aplikovaných epoxidových emalů.

Folie je shebná a rubem převážně replikuje povrch natřeného betonu až na výskyt puchýpků o základně milimetrových

rozměrá v celé tloušťce folie; pechem se prozrazuje z folie se uvolňující ředidlo nátěrové hmoty (předevšímně esterové povahy - např. acylacetát, případně aromatický uhlovodík - např. toluen).

Povrch betonu po snění nátěrové folie je hladký a odpovídá oceli hlazené cementové smítce. Na části vnitřního povrchu jámek, odkud nelze nátěrový film sejmout popsáním způsobem, ukazuje mechanické porušení lepícího nátěru (vrypem) nepřítomnost šedé vrstvy na rubové straně.

P o s u d e k

1. Působení nátěru a příčiny poruchy

Nátěr stěn a dna betonové jámky na demineralizovanou vodu epoxidovou pryskyřicí dobře vyhovuje požadavkům zabránění vyluhování rozpustných složek betonu do vody, tedy

- minerálnímu znečištění vody, a neopak
- porušení betonu tzv. hladovou vodou.

Aplikace takového nátěru však vyžaduje přihlídnutí ke konkrétním skutečnostem.

Epoxidové nátěry lze zpravidla bez potíží použít na suchých čistých betonových površích. V posuzovaném případě

nelze vnitřní povrchy jínek považovat za suché; vzhledem k masivní vnější izolaci prakticky uzavřených jínek je zde vlastní vlhkost betonu nezbytně v rovnováze s téměř stoprocentní relativní vlhkostí vnitřního vzdušného prostředí.

Standardní tužidla epoxidových pryskyřic (např. na bázi silicových amínů) se působením vlhkosti deaktivují, takže za těchto okolností dochází k nevytvrzení nebo nedotvrzení pryskyřičné směsi, podle míry deaktivace tužidla. Omezení aktivity tužidla v každém případě vede ke zpomalení vytvrzování, tudíž k jeho časovému prodloužení.

Vedle toho podléhají v přítomnosti vlhkosti hydrolyze i samy nezatuhlé epoxidové pryskyřice, a to zejména tehdy, nepůsobí-li vlhkost neutrální. V betonu obsažená voda je roztokem se značným obsahem vápenatých iontů, tedy silně zásaditým; její působení na nezatuhlou epoxidovou pryskyřici nelze zanedbávat, zvláště je-li vytvrzování zpomalené zmíněnou deaktivací tužidla. Rozložená pryskyřice je přirozeně za běžných aplikačních podmínek nevytvrzitelná. Z uvedeného je patrné, že adhezi nedotvrzeného epoxidového nátěru k vlhkému betonu nelze zaručit.

Popsaný efekt je podporován přítomností ředidel a změkčovačů (řediv a měkčiv) ve většině komerčních epoxidových pryskyřic. Těmito přísadami bývají látky nepolární resp.

slabě polární povahy, v podstatě hydrofobní, které brání dokonalému smočení vlhkého betonu nátěrovou hmotou; takové smočení je však přirozeně podmínkou úspěšného nátěru.

Jako další faktor nelze v posuzovaném případě vyloučit tzv. sparaci betonového povrchu. Za jiných okolností není při konečné úpravě cementové omítky ocelovým hledítkem na závadu vznik tenké krystalizující vrstvičky vhodných zásaditých karbonátů vápenatých na povrchu betonu. Jako podklad epoxidového nátěru je však taková vrstvička naprosto nevhodná, a to nejen pro její silnou zásaditost a hydrofilnost (ve smyslu předešlého), ale zejména pro její nevalné mechanické vlastnosti - včetně soudržnosti s vlastním betonem. Existence zmíněné vrstvičky je proto vždy v rozporu s požadavkem čistoty betonového povrchu pro nanášení epoxidového nátěru.

Obecné platnou příčinou oddělování nátěrových filmů epoxidové pryskyřice od vlhkého betonového podkladu (a ostetně téměř všech paronepropustných nátěrů od všech průlinčitých materiálů s afinitou vnitřního povrchu k vodě) je pak zadržování výměny vody s okolím, vytvoření překážky vstupu a výstupu vlhkosti do a z betonu. I nevelkými změnami teploty dochází k objemovým změnám vody a zejména vodních par obažených v betonu; zvýšení teploty provázené roztážením vlhkosti ve volném vnitřním objemu betonu vede (k ner-

nákladu) namáhání epoxidového nátěru co do jeho soudržnosti s podkladem a vesměs k porušení.

Sluší konečně připomenout, že tahnutí a tvrdnutí všech nátěrových hmot je prováděno (resp. působeno) vysycháním nebo sítivací reakcí (nebo obojím dějem), v každém případě však spjatá se sarsšíváním. Na průběhu procesu a vlastnostech nátěrového filmu záleží, do jaké míry přitom dojde ke rozhraní nátěru a podkladu ke vzniku (tangenciálních) napětí, které přirozeně negativně ovlivňují soudržnost.

2. Možnosti zajištění funkce nátěru

Účinnost a životnost nátěru epoxidovou pryskyřicí na vlhký betonový podklad vyžaduje v posuzovaném případě zejména zabezpečení

- soudržnosti nepropustného nátěrového filmu s betonovým podkladem, a
- dotvrzení (dokonalého sesíťení) epoxidové nátěrové hmoty.

Lze předpokládat, že v daném případě buďto na soudržnost nátěru s podkladem kladeny zvýšené nároky (viz kap. 1 posuáku). Vyhovět těmto nárokům lze pouze při sekotvení

nátěrového filmu do povrchové zóny betonu prostřednictvím její penetrace.

Prvou technologickou operací při vytváření epoxidového nátěru na vnitřní povrch předmětných betonových jámek tedy musí být proniknutí pryskyřičné záměsi do určité hloubky vlastního (čistého) betonu. Je patrné, že k tomu účelu musí být kapalině obsahující epoxidovou pryskyřici nejprve poskytnut ve volném vnitřním objemu vlastního betonu prostor, do něhož by mohla proniknout, a to alespoň dílčím uprázdněním tohoto volného vnitřního objemu odebráním obsažené vlhkosti (povrchovým vysušením). Při povrchovém vysušení je ovšem třeba mít na paměti, že patřičnou hnačí sílu pro žádoucí migraci vlhkosti nevytváří teplotní spád (gradient), ale spád vlhkostní, tedy rozdíl obsahu vody v betonu a v okolním prostředí.

Požadovaného proniknutí záměsi epoxidové pryskyřice do uvolněné povrchové zóny betonu lze bez využití tlakového spádu přirozeně dosáhnout pouze tehdy, vykazuje-li kapalina tuto záměs neseoucí jednak nízkou viskozitu, jednak afinitu k ostatní vlhkosti betonu. Obou vlastností penetrační kapaliny je možno dosáhnout dvojím způsobem; první způsob je reprezentován dispergováním epoxidové pryskyřice ve vodném nosném prostředí, druhý způsob je představován rozpuštěním této pryskyřice v silně polárním ředidle (např. alkoholu).

Záměr epoxidové pryskyřice musí v povrchové zóně betonu zatuhnout a zatvrdnout. Tím je vyvolána nutnost zvolit pro daný účel tužidlo, které vyvolává síťovací reakci epoxidových pryskyřic i v přítomnosti vlhkosti. Při formulaci záměsi ovšem nelze odhlédnout od toho, že k do-
tvrzení epoxidových pryskyřic zpravidla dochází až po od-
choedu (odtékání) nosného prostředí disperze resp. rozpouš-
tědla roztoku příslušné pryskyřice. Tato skutečnost si vy-
nučuje opakování vysoušecího postupu po aplikaci penetra-
ce. Vedle toho dlužno pro roztokovou (rozpouštědlovou)
variantu připomenout nezbytnost přísného zachování pří-
slušných hygienických a obecně bezpečnostních (včetně
požárních) předpisů po celou dobu trvání naznačených tech-
nologických kroků.

Následující operací pak může být pouze nanášení
svrchního epoxidového pryskyřičného nátěru na penetrova-
ný betonový podklad s požadavky

- dobrého spojení (pokud možno chemickou vazbou) pryskyřice nátěru s pryskyřicí penetrace; nanášením svrchního nátěru na "živou" penetraci;
- optimálního vytvrzení pryskyřice svrchního nátěru při jejím malém smrštění; použitím bezrozpouštědlové neměkče-
né pryskyřice s tužidlem aktivním ve vlhkém prostředí.

3. Jiné možnosti ochrany nádrží

Lze si ovšem představit i jiné způsoby, kterými lze účinně a trvale chránit povrch nádrží. Jedním z nich - protože snadno dostupný - je obklad deskami z PVC nebo polyethylenu. Tyto desky o tloušťce 5 - 6 mm se osadí nejříve na stěny přistřelením u horního okraje. Po osazení přesně rozměrových desek podlahy a jejich přistřelení uprostřed rozpětí ke dnu provede se ve všech svislých i vodorovných rozích přeplátování úhelníky ze stejného materiálu s jejich průběžným přivařením. Linie, v nichž jsou desky přistřeleny, stejně jako ostatní styky desek se přeplátují páskem, který se rovněž průběžně přivaří.

Přichycení desek lze rovněž provést prostřednictvím kotvních šroubů, předem osazených do vyvrtaných otvorů v betonu stěn a dna nádrží. Desky se přitáhnou maticemi ze stejného materiálu a nakonec po celém obvodu ovaří. Tento postup však vyžaduje velmi přesnou práci; kotvní šrouby je nutno osazovat pomocí šablon, podle nichž se též vyvrtají otvory do desek.

Z á v ě s t

Příčinami porušení epoxidového vnitřního nátěru betonových vodních jínek v závodě Plynárna Praha - východ (Sezonní zdroj ovítiplynu střední Čechy I) jsou

- nevhodná volba nátěrové hmoty, a
- nesprávná koncepce nátěrového systému pro dané podmínky aplikace nátěru.

Uvedení do žádoucího stavu může spočívat v (postupně)

- mechanickém sejmání porušených nátěrů a povrchové vrstvy cementové malty opískováním nebo obrokováním ;
- částečným vysušením betonu přiměřeným snížením relativní vlhkosti vzduchu v jínech (hlavně urychlením značného množství - 1 + 3 m³/min - suchého vzduchu ke dnu jínek diagonálně se vstupním otvorem ve stropě, po dobu 24 - 48 hod);
- povrchové penetrací částečně vysušeného betonu alternativně
 - vodnou disperzí epoxidové pryskyřice (pravděpodobně zahraniční proveniencí), nebo
 - řidkým, 10 - 20% alkoholickým roztokem neměkčené bez-rozpěštěčlové epoxidové pryskyřice s použitím tužidla do vlhkého prostředí (např. pryskyřice ChS Epoxi 15 s tužidlem Resanil PV konc. v množství odpovídajícím době vytvrzování 24 hod., příp. anglickým tužidlem do vlhka "Ankamin" v množství podle údaje výrobce);

penetrační roztok tedy bude např.:

ChS Epoxi 15	.....	10 v.d.
etanol (resp. lépe butylalkohol, nebo jejich směs) + toluen v poměru		
3 : 1 váh.	.....	75 v.d.
Resanil PV konc.	.....	3 v.d.

- odvětrání vody z aplikované disperze resp. rozpouštědlového ředidla z aplikovaného roztoku epoxidové pryskyřice (po dobu 24 hod. jako při částečném vysoušení betonu);
- v následném (po 24 - 36 hod. od penetrace) nanášení (nastříkání) bezrozpouštědlové směsi neměkčené epoxidové pryskyřice s použitím tužidla do vlhkého prostředí (jako pro penetraci) ve dvou vrstvách, nanášených s časovým odstupem 24 - 36 hod. odvětrávání (jako při částečném vysoušení betonu);

složení ochranného nátěru tedy bude např.:

ChS Epoxi 15	.....	100v.d.
Resanil PV konc.	.....	29v.d.

Jiný způsob ochrany obkladem PVC nebo PE deskami je zmíněn v kap. 3. posudku.

R. B a r e š