

**Vodotěsnost betonových konstrukcí – nová výstavba a opravy – pracovní a dilatační spáry – dodatečné těsnění injektážemi – makromolekulární pryskyřice**

Na vodotěsnost betonových konstrukcí především u podzemních částí staveb jsou kladeny stále přísnější požadavky. To se projevuje i zaváděním nových kritérií pro vodotěsnost konstrukcí. Například kritéria STUVA (viz tab. 1) ve srovnání s dosavadními předpisy pro vodotěsnost tunelů pražského metra vyžadují *snížení největších průsaků vody až stonásobně*.

Tab. 1 – Třídy vodotěsnosti podzemních objektů podle STUVA

Třída	Charakteristika	Využití	Max. průsak l/m <sup>2</sup> /24 h na délce	
			10 m	100 m
1	zcela suché, žádné vlhké skvrny	sklady, místnosti pro pobyt osob, spec.prostory	0,02	0,01
2	v podstatě suché, pouze mírně zavlhle izolované skvrny	staniční a eskalátorové tunely, úseky tunelů ohrožené mrazem	0,10	0,05
3	kapilární průnik vlhkosti	dopravní tunely	0,20	0,10
4	slabé pramínky proudící vody	komunální tunely	0,50	0,20
5	pramínky vody	kanalizační štoly, vodní přívaděče	1,00	0,50

Zajištění vodotěsnosti betonových konstrukcí, ať už monolitických či prefabrikovaných, lze dosáhnout ve dvou stádiích:

- 1) zajištěním vodotěsnosti během výstavby,
- 2) dodatečnou sanací netěsných míst.

## Zajištění vodotěsnosti při výstavbě

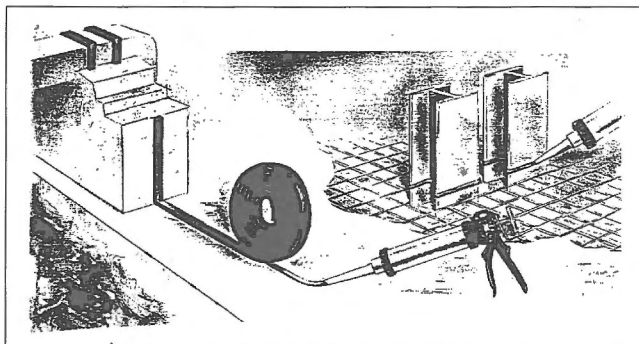
V tomto případě u monolitických konstrukcí lze jistého stupně vodotěsnosti docílit použitím vodostavebního betonu, úplnou vodotěsnost jen celopološnou izolací. U podzemních částí staveb se na vodotěsné izolace používají dnes nejčastěji hladké či profilované fólie z měkčeného PVC nebo vysokotlakého polyetylenu (PE). V poslední době se u nás začínají objevovat i folie na bázi kaučuku.

Není-li vlastní izolace, jsou nejohroženějším místem všechny druhy spar v betonové konstrukci. Pro jejich těsnost se v poslední době objevila řada nových materiálů a konstrukčních řešení. Může to být například:

- a) vkládání rozpínavých pásků do spar,
- b) používání rozpínavých tmelů,
- c) kombinace obou způsobů (obr. 1),
- d) vkládání gumového těsnění v kombinaci s rozpínavým tmelem a případnou injektážemi (obr. 2),
- e) vtláčování gumového těsnění do hotové spáry.

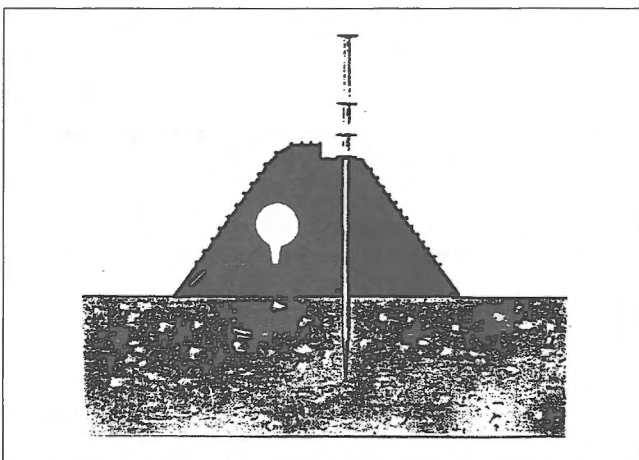
Rozpínavé pásky a tmelý jsou většinou založeny na materiálové kombinaci *sodného bentonitu a butylkaučuku*. U prefabrikovaných konstrukcí jsou hlavním problémem spáry mezi dílci. Nejspolehlivější, ne však vždy použitelné, je vložení gumového nebo rozpína-

vého těsnění do drážky v dílcích před jejich montáží. Těsnění křehkými cementovými tmely je účinné jen u konstrukcí bez výraznějších deformací a pohybů. Pokud v konstrukci nastanou deformace, těsnění spar praskají, a po čase dochází k průsakům.



Obr. 1 – Vkládání rozpínavého pásku a tmelu do pracovní spáry

Pozornost budoucí vodotěsnosti je třeba věnovat již v projektové přípravě. Při použití fóliových izolací chráněných netkanými textiliemi působí tato textilie jako drenážní vrstva, která rozvádí prosakující vodu od místa poškozené izolace do vzdálených míst, kde pak dochází k průsakům. Vyhledání místa poruchy izolace je prakticky vyloučené. Při dodatečné injektáži poruch pak nekontrolovatelně stoupá množství drahých injektážních směsí. Zvláště nebezpečné jsou dilatační spáry bez navrženého zvláštního těsnění proti průsakům. Zde při posunech dilatačních celků dochází nejčastěji k poruchám fóliové izolace a silnému zatékání.



Obr. 2 – Kombinace gumového těsnění s rozpínavým tmelem a injektážní hadičkou

Pro zlepšení vodotěsnosti dilatačních spar v běžných případech (např. u podlahových konstrukcí) se doporučuje místo vkládání heraklitu ap. vkládání profilovaných dilatačních lišt. Dilatační lišta, kromě omezení průniku vlhkosti, slouží i jako nivelační podklad při následné úpravě rovinnosti podlah. Do více namáhaných spar s většími tlaky vody se vkládají před betonáží pružné profilované pásy na bázi měkčeného PVC nebo kaučuků. Ty mohou v zásadě být uloženy uvnitř spáry v betonové konstrukci (bývají opatřeny oboustrannými "žebry") nebo při jednom z povrchů ("žebra" jen jednostranně). Je možná i dodatečná úprava spáry páskem z plastu (PVC) přilepeným speciální epoxidovou pryskyřicí.

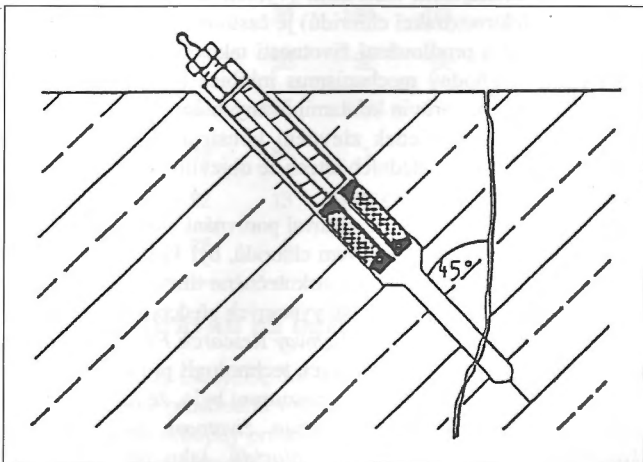
Rovněž pracovní spáry konstrukce, pokud není dokonalá sekundární izolace, je vhodné předem upravit pro případné dodatečné dotěsnění (např. vložení injektážní perforované hadice), i když dojde k zvýšení ceny konstrukce. Totéž platí pro velkoplošná systémová bednění, kde je nutné ucpávkami, případně spojenými s injektáží, uzavřít průchozí distanční trubky. Vkládané distanční trubky by neměly mít hladký vnější povrch, který při nedostatečné soudržnosti s obklopujícím betonem působí průsaky vzniklou trhlinou, což pak vyžaduje další injektáž.

## Dodatečné sanace betonových konstrukcí

Pokud při výstavbě nebylo pamatováno na patřičnou těsnost nebo opatření nebyla provedena důkladně, lze vodotěsnost hmoty betonu i spar a trhlin zlepšit:

- a) povrchovými izolačními nátěry či vrstvami,
- b) sanací dvousložkovými tekutými foliemi,
- c) injektáží pracovních spár a trhlin,
- d) vtlačováním gumového těsnění do spár prefabrikovaných konstrukcí (jako v předchozím).

K dobrému vyplnění trhlin či spár jsou vhodné materiály expandující během aplikace či dodatečně účinkem vlhkosti. U dopravních staveb (železniční tunely, metro ap.) je volba sanačních metod omezena vzhledem k dynamickým účinkům, které postupně způsobí narušení všech křehkých výplní. Zde se osvědčují především hmoty trvale pružné s dobrou soudržností k základnímu těsněnému materiálu. Na bázi cementů s mikrovláknitou výztuží a modifikovanými polymery tohoto typu je např. nátěrová hmota CEM-KOTE FLEX. Ještě větší pružnost dosahují těsnící hmoty na bázi polyuretanů a akrylátů.



Obr. 3 – Průřez osazenou injektážní trubičkou (packrem)

Polyuretanové dvousložkové pryskyřice vyrábí řada firem, známější jsou německé WEBAC, MC-BAUCHEMIE, BBZ, KOSTER, CARBOTECH, švýcarská SIKA, belgické DE NEEF a DENYS, francouzské RHONE POULENC a WEBER, britské TAM, COLEBRAND, švédská CODON a americká 3M. Pryskyřice mohou být dvousložkové, výjimečně též jednosložkové.

Podle chování při injektáži jsou trojího typu:

### Pěnové s napěněním až 40 násobným

Když namíchaná polyuretanová pryskyřice přijde do styku s vodou nebo vlhkostí, nastane chemická reakce, při níž se u pěnových hmot uvolňuje  $\text{CO}_2$ , který způsobí napěnění směsi. Po proběhnutí reakce se směs změní v tuhou nebo měkkou pěnu, která je dále stabilní. Hmoty jsou nerozpustné ve vodě a většinou běžných chemikálií, neutrální a netoxické, jsou proto většinou použitelné i pro pitnou vodu. Vzhledem k nízké viskozitě je možné injektovat i trhliny menší než 0,1 mm. Zpěňující hmoty s nastavitelnou reakční dobou 5 až 80 s se používají především k prvotnímu zastavení prudkých výronů.

### Pružné vytvářející s vodou gel při zhruba dvojnásobném zvětšení objemu

Připravené pryskyřice mají normálně dobu zpracování při 20°C asi 40 minut. Tu lze použitím urychlovačů (dávkování 0,5 – 2 %) zkrátit i pod 120 sekund. Při styku s vodou či vlhkostí vážou na sebe vodu a vytvářejí gel, který uzavře prosakující trhlinu. Vyschnutím se hmota smršťuje, ale při novém navlhčení se opět obnoví gelová struktura.

### Pružné tuhé s nepatrnou expanzí pouze 1–3 %

Injektáž pružnými relativně hutnými pryskyřicemi se užívá jako druhotná injektáž pro trvalé dotěsnění trhlin prvotně vyplněných pěnovou pryskyřicí. Tuto injektáž je možné provést již cca po 30 minutách do stejných injektážních trubiček. Reakční doba těchto směsí je 15 až 60 s a lze je použít i samostatně tam, kde není větší tlak a jejich vytvrzování nastane dříve, než dojde k vyplavení tekuté pryskyřice z trhliny. Při použití katalyzátorů lze tyto pryskyřice zpracovávat i při teplotách slabě pod 0 °C



Obr. 4 – Výron vody spárou konstrukce



Obr. 5 – Osazování injektážní trubičky (packeru) do předvrtaného otvoru

Podobně se chovají i dvousložkové akrylátové hmoty (např. RASCOFLEX) s programovatelnou dobou polymerace od 1 sekundy do 180 minut. Některé akrylátové hmoty během vytvrzovací reakce mění svou barvu. To umožňuje při vyplavování nezreagované pryskyřice z trhliny vizuální kontrolu správnosti nastavené reakční doby. Akryláty lze použít v širokém rozsahu teplot od -20°C do +50°C.

Vlastní utěsňování spočívá ve vyvrtání otvorů do betonu (profil 6 až 32 mm, nejčastěji mezi 8 až 14 mm), osazení injektážních trubiček (injektorů, packerů) se zpětnými ventily (obr. 3), a následně injektáží tekutou pryskyřicí (obr. 4, 5). Injektování konstrukce probíhá zdola směrem vzhůru u nízkoviskózních typů tlakem již od 20 barů. U rychle reagujících směsí je třeba použít dvouhadicové pumpy, aby k smísení složek došlo až v místě působení.

Vhodné pumpy jsou elektrické nebo pneumatické, pro více tekuté pryskyřice a menší tlaky se vystačí i s pumpou ruční. Po zatuhnutí injektážních hmot se osazené injektory vyjmou nebo odlomí a povrch se zatře cementovou maltou.

Provedené práce u a. s. Metrostav, jak s akrylátovými tak i polyuretanovými hmotami, ukazují, že dodatečnou injektáží lze celkem spolehlivě zabránit průsakům do dopravních tunelů. Je však třeba počítat s vysokou cenou těchto oprav. Při aplikaci těsnících materiálů již při betonáži pracovních spar či ukládání

prefabrikátů betonového ostění se odhadují náklady pouze na 40 až 50 % nákladů na dodatečnou sanaci. Rozhodně je tedy výhodnější v projektové a výrobní přípravě i při vlastním provádění věnovat pozornost místům možných průsaků a včas provést příslušné úpravy než nákladně sanovat prosakující konstrukce.

*Doc. Ing. Zdeněk Tobolka, CSc., Útvar materiálu a technologií, Metrostav a. s., 170 04 Praha 7, Dělnická 12, tel. 02-66793 262*

## Migrující inhibitory koroze

### Nový systém sanace železobetonových konstrukcí

**Petr Bezděk**

*Koroze výztuže – prevence – sanace – funkce migrujících inhibitorů koroze MCI – technologie oprav konstrukcí kontaminovaných chloridy – praktické ověření – porovnávací zkoušky – prodloužení životnosti vozovek*

O špatném stavu železobetonových konstrukcí bylo řečeno a napsáno již mnoho. Můžeme se zabývat vyhledáním a rozdělením druhů poruch, zmapováním všech negativních vlivů na konstrukce. My se však v našem příspěvku budeme věnovat pouze jediné, a to zásadní oblasti – korozi výztuže. Je obecně známo, že koroze výztuže je největším problémem při sanaci resp. prodloužení životnosti konstrukce. Korodující výztuž v konstrukci způsobuje nejen oslabení únosnosti konstrukce při oslabení samotného průřezu výztuže, ale zároveň výrazně napomáhá k dezintegraci betonu. Při tvorbě korozního produktu dochází často k narušení soudržnosti betonu, vzniku "dutých" míst, a po čase pak k uvolňování betonu zejména v krycí vrstvě.

### Možnosti ochrany výztuže

K zajištění uspokojivého stavu výztuže v konstrukci máme několik možností:

- dostatečné krytí výztuže zásaditým prostředím, které zajistí její pasivaci; to však neochrání výztuž dostatečně např. proti působení chloridových iontů,
- dostatečně odolný nátěr na výztuži či betonu k zamezení přístupu vlhkosti, která s sebou přináší i další negativní vlivy,
- katodická ochrana,
- ochrana výztuže pomocí inhibitorů koroze.

Je samozřejmé, že pro zvýšení efektu je možné tyto způsoby kombinovat. Jednou z velmi zajímavých a moderních možností je využití migrujících inhibitorů koroze MCI – migrating corrosion inhibitors.

### Migrující inhibitory koroze

Již po dvě desetiletí se objevují v odborných časopisech zprávy o úsilí vědců objevit vhodný způsob zajištění ochrany výztuže před korozi, a to i v betonu kontaminovaném chloridy. Důvodů k tomuto snažení je několik. Jednak existuje velké množství konstrukcí, které byly postaveny z betonu obsahujícího vyšší než

přípustné množství chloridových iontů (solí kontaminovaný písek, voda), jednak existuje velké množství konstrukcí, jejichž části byly dodatečně kontaminovány. Jsou to převážně konstrukce vystavené působení posypových solí, chemikáliím, působení mořské vody a přímořské povětrnosti. Rehabilitovat takto kontaminované konstrukce existujícími metodami (výměnou betonu, katodickou ochranou, elektroextrakcí chloridů) je často technicky nemožné či neekonomické a prodloužení životnosti takovýmto zásahem relativně krátké. Vhodný mechanismus inhibice koroze by zároveň umožnil stavět ze surovin kontaminovaných agresivními látkami, což by mělo za následek zlevnění konstrukcí zejména v odlehklých místech. V posledních letech se objevilo několik takových systémů inhibice koroze výztuže.

Jedním z prvních, kdo se věnoval porovnání vlivu těchto inhibitorů na ocel zkorodovanou vlivem chloridů, byl *Virginský polytechnický institut*. V roce 1991 bylo uskutečněno tímto institutem další rozsáhlé posouzení pěti přípravků vybraných předchozími zkouškami financované SHRP (*Strategic Highway Research Program* – orgán pro výzkum strategicky závažných technologií pro údržbu a provoz dálnic a silnic). Výsledkem posouzení bylo, že *užití inhibitorů jednoznačně a výrazně prodloužuje životnost železobetonové konstrukce vystavené působení chloridů*. Jako nejúčinnější se projevil přípravek firmy CORTEC, a to produkty MCI 2020 a MCI 2000.

### Nové možnosti technologie oprav i ochrany novostaveb

Produkty na bázi migrujících inhibitorů koroze otevírají celou škálu nových možností technologie oprav i konstrukce nových objektů se zabudovanými ochrannými mechanismy. Již není nutné se spoléhat pouze na ochrannou bariéru krytí výztuže, či ochranný nátěr. Největší přínos vidíme v sanaci konstrukcí částečně nebo úplně kontaminovaných chloridy, kde je možné účinně chránit výztuž, aniž by bylo nutné odstraňovat všechen kontaminovaný beton. V kombinaci s klasickou sanační metodou je možné zabránit tvorbě mikročlánků na ploše styku nového (vysoce alkalického) materiálu se "starým" (zkarbonatovaným) v okolí výztuže. Není tedy nutné odstraňovat všechen zkarbonatovaný beton. Při preventivním nebo sanačním preventivním opatření je pak možné oddálit počátek koroze, či zpomalit její průběh, a tím i oddálit počátek problémů s konstrukcí.