

# PORUCHY BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ V TUNELOVÝCH STAVBÁCH

## ■ FAILURES OF CONCRETE STRUCTURES IN TUNNELS

Jiří Svoboda, Vojtěch Sedmidubský

Betonové konstrukce v tunelových stavbách jsou vystaveny velmi agresivnímu prostředí a snadno zde dochází k rozvoji celé řady poruch. Jedná se jednak o poruchy zvyšující náklady na provoz a ztěžující údržbu celého díla, ale také i o poruchy mající přímý dopad na bezpečnost provozu v tunelech. Nejčastěji pozorovanou závadou je odpadávání až několik kilogramů těžkých kusů betonu z vrcholu klenby na vozovku. ■ **Concrete structures in tunnels are exposed to a very aggressive environment which causes various types of failures. These failures have impact either on maintenance of the tunnel structure and its costs or on the safety in the tunnel itself. The most common and very dangerous type of failure is release of several kilograms heavy pieces of concrete falling from the top of the vault down on the road.**

S rostoucím počtem provozovaných tunelů na pozemních komunikacích roste také výskyt různých poruch a závad.

Tyto závady lze rozdělit na dvě skupiny. Na poruchy, které bezprostředně ohrožují bezpečnost dopravního provozu, např. pád uvolněných částí betonového ostění na vozovku, a na poruchy či poškození, která ztěžují údržbu, provoz, anebo snižují životnost díla, např. vznik děr ve vozovce, poruchy celistvosti chodníků, nedostatečné krytí výztuže apod.

Práce vedoucí k odstranění nedostatků lze také rozdělit na dvě skupiny.

Zabezpečovací práce, jejichž cílem je rychle odstranit závady bránící standardnímu provozu (uvedení do provozu) nebo vedou k zamezení rozsáhlejšího poškození či havárii. Tyto práce je nutno provést prakticky ihned. Jedná

se např. o odstranění uvolněných částí ostění nebo opravu zvednutého betonového chodníku apod.

Druhá skupina prací jsou práce sanační, které slouží k definitivnímu odstranění závad nebránících provozu, ale ohrožujících životnost díla nebo výrazně zvyšujících provozní náklady. Závady lze odstranit plánovitě i během zvláštního provozu za předpokladu vypracování a odsouhlasení realizační dokumentace oprav, příslušného TePř (technologického předpisu) a to za účasti pověřeného technického dozoru. Po dokončení prací následuje klasické přejímání řízení včetně předání příslušných dokladů, které se následně založí do správních dokumentace tunelu, která je uložena u majetkového správce díla.

### PORUCHY BRÁNÍCÍ BEZPEČNÉMU PROVOZU

Jedná se zejména o poruchy definitivního betonového ostění a to jak vyztuženého, tak nevyztuženého. Dochází k odlamování, zejména ve vrcholové partii ostění, relativně velkých kusů betonu (o váze i několika kg, obr. 1 a 2). Nejdříve vznikne vedle kontaktní spáry mezi bloky trhlina, která se postupně rozšiřuje, až dojde k uvolnění betonu. Tento uvolněný kus je třeba včas odhalit.

Příčiny jsou různé – špatný pohyb betonářské formy při odbedňování, tepelná roztažnost či smrštění betonu, pohyb bloků mezi sebou. Přesné příčiny zatím nejsou známy. V současné době je problematika předmětem zkoumání specialistů vysoké školy VUT Brno. Tato poškození byla zaznamenána již ve čtyřech silničních dálničních tunelech v České republice. Častější poško-

zení tohoto typu bylo nalezeno v hloubených částech tunelů. Za předpokládanou příčinu vzniku těchto poruch se považují pohyby jednotlivých bloků definitivního ostění a to převážně vlivem změny teploty konstrukce. Běžně je v tunelech během roku naměřena teplota vnitřní obezdívky +/-15 °C. Při změně teploty o 5 °C dochází k pohybu bloku délky 12m ve spáře cca o 1,4mm. U hloubených částí tunelu pravděpodobně navíc dochází k dotváření ostění a ke konsolidaci zásypů.

Základní koncepční ochranou tohoto poškození je realizovat všechny kontaktní spáry jako dilatační s vložkou anebo je dodatečně prořezávat, podobně jako u betonových vozovek. U spár, které byly provedeny jako dilatační, nebylo dosud opadávání úlomků pozorováno.

Poškození lze snadno odhalit poklepením na obezdívku. V rámci hlavních prohlídek je třeba kontrolovat ostění zejména nad dopravními pruhy z vysokozdvíhací plošiny. Proto se doporučuje nenatírat horní část profilu tunelu žádným sjednocujícím nátěrem, aby bylo možno kritické místo snadno odhalit a uvolněný beton ihned odstranit.

Možností sanace problémových spár je dodatečné proříznutí spáry diamantovým kotoučem rozbrušovací pily do hloubky cca 80 až 100mm (šířka kotouče v rozmezí 6 až 8 mm). Pro vyloučení možnosti pádu úlomků betonu na vozovku může být také použit pojistný zabezpečovací plech, který zakryje danou spáru. Jedná se o nerezový plech tloušťky cca 1mm, který je na jedné straně napevno uchyten pomocí kotev do vlastního ostění



1a



1b



2



3

a na druhé straně je použito uchycení umožňující dilatační pohyb.

## OSTATNÍ PORUCHY

### Poruchy chodníků

Druhotné trhliny vzniklé v chodníku (obr. 3) není třeba složitě sanovat. Stačí je pouze odborně uzavřít. Důležité ale je, aby chodník včetně kabelových poklopů měl příslušnou únosnost, neboť během mimořádných událostí po něm mohou přejet nákladní vozidla. Poruchy jsou často způsobeny nedostatečnými dilatačními spárami zejména na portálech, kde dochází i k jeho zvednutí. Pak chodník musí být vybourán a nově vybetonován.

### Poruchy vozovek

V dálničních tunelech se zpravidla navrhuje a provádí cementobetonová vozovka s vyztuženými spárami. Má dlouhou životnost a velkou odolnost proti deformacím. Obnova vozovky, s ohledem na vybavení tunelu, je velmi obtížná a nákladná. V městských tunelech, kde kamiony jezdí pouze minimálně, lze použít vozovku asfaltovou.

Obr. 1 Příklad uvolňování úlomků betonu z tunelového ostění ■ Fig. 1 Example of releasing fragments of concrete tunnel lining

Obr. 2 Množství odstraněných úlomků z betonového ostění v 2 km dlouhém tunelu ■ Fig. 2 Number of removed fragments of concrete tunnel lining in a 2 km long tunnel

Obr. 3 Trhлина v chodníku způsobená omezením dilatačních pohybů ■ Fig. 3 Crack in pavement caused by constraint of expansion moves

Obr. 4 Degradace vozovky v místě, kde bylo použito brokování, a) detail, b) koncentrace prohlubní v podélném pásu ■ Fig. 4 Degradation of the road surface where blasting was used, a) detail, b) concentration of hollows in the longitudinal belt

Ve vozovkách během provozu vznikají povrchové kaverny, jamky, mělké prohlubně a rýhy. To je pravděpodobně způsobeno technologickými nedostatky finišéru a taktéž nedostatky v účinnosti hutnění, případně dodatečného kropení vozovky v době zpracování husté provzdušněné betonové směsi. Tyto poruchy lze odstranit jen velmi obtížně.

Dalším parametrem, který je nutné u vozovek sledovat, jsou protismykové vlastnosti vozovky v tunelu, které se mění s časem k horšímu. Vozovka v tunelu není přirozeně omývána deštěm. Pokud vzniknou během krátké doby prakticky tři stejné dopravní nehody na jednom místě (jako se to stalo v tunelu Cholupice), je třeba hledat příčiny i v protismykových vlastnostech vozovky. Vozovky v tunelu, jak betonové, tak i živičné, je nutné pravidelně intenzivně mýt nejlépe kartáčem, tlakovou vodou s čisticím prostředkem, a to min. třikrát (tj. tři pojezdy mechanizace). Toto je třeba provádět při každém čištění tunelu, neboť nečistoty z naftových motorů jsou velmi masné.

### Úprava povrchu vozovek brokováním

V minulosti se provádělo zdrsnění povrchu betonové vozovky v tunelu pomocí brokování (obr. 4). Užívání této úpravy povrchu se však po vyhodnocení více než čtyřletého provozu v tunelu již nedoporučuje. Postupem času totiž dochází ke značné nehomogenitě povrchu, vzniká intenzivní rozsah povrchových kaveren a prohlubní, které se koncentrují do podélných pasů ve směru provádění brokování. Porušení povrchu brokováním způsobí rychlejší degradaci povrchu vozovek.

### Nedostatečné krytí výztuže

Nedostatečné krytí výztuže se vizuálně projevuje rezavými skvrnami (obr. 5). Malé otvory doporučujeme neopravovat. Jedná se o spadlé vázací dráty, různé hmoždinky apod. Případná nová plomba „malého rozsahu“ snadno rychle odpadne. Obdobně i stěrkováání daného místa je velmi problematické.

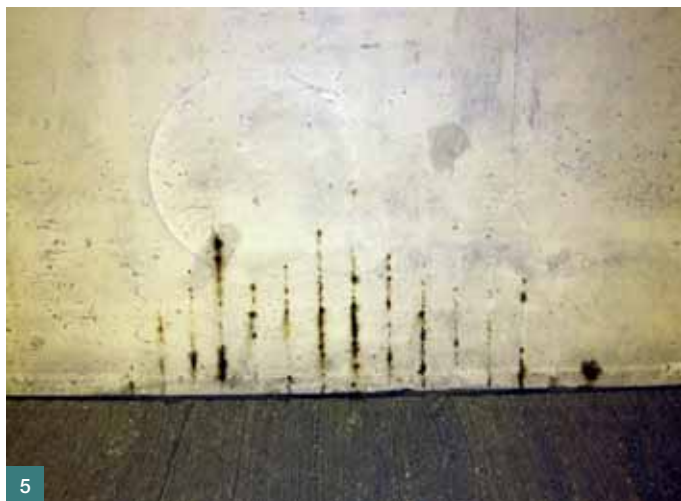
Sanovat se doporučují pouze větší místa a to tak, že okraje sanačních oprav jsou prováděny do zařutého definitivního betonového ostě-



4a



4b



Obr. 5 Nedostatečné krytí výztuže ■ Fig. 5 Insufficient cover of steel reinforcement

Obr. 6 Kaverny v betonovém ostění, a, b ■ Fig. 6 Caverns in the concrete tunnel lining, a, b

ní v tloušťce min. 10mm. Okraje plomby se nesmí provádět do „ztracena“. Vlastní sanace se smí provádět pouze schválenými sanačními hmotami, při větší tloušťce vyztužené příkotvenou nerezovou sítí. V předstihu musí proběhnout veškeré zkoušky materiálů, zejména odtrhové zkoušky. Na tyto opravy je nutné připravit podrobný TePř.

#### PORUCHY ZPŮSOBENÉ NEDOSTATEČNOU KONTROLOU ZHOTOVITELE A PRACOVNÍKŮ TDI

Pro kvalitu tunelového díla je rozhodující kvalita kontroly prováděná technickým dozorem investora (TDI) a nově také projektantem tunelu, který by měl být na stavbě prakticky každý den.

#### Špatné tvarové provedení spáry

Tvarové provedení spár často neodpovídá projektu.

Dochází k přebetonování od dalšího betonovaného bloku zejména při betonáži „do kopce“. Toto „přebetonování“ je následně, zejména vlivem tepelných

změn, utrženo a dochází k pádům kusů betonu na vozovku.

Dalším častým úkazem je „zdvojená“ spára. V tomto případě posléze dochází k vypadnutí kusu betonu ohraničeného spárami táhnoucími se po obou stranách.

#### Volné prostory v definitivním ostění ve vrchlíku klenby tunelu

Při realizaci betonového monolitického ostění tunelu, zejména při betonáži „z kopce“, dochází k tomu, že část vrchlíku se nepodaří řádně probetonovat a následně ani doinjektovat. Vznikají zde volné prostory, které se dají snadno zjistit poklepem tesařského kladiva na ostění. Prostory je nutné dodatečně vyplnit a přejektovat. Obdobné prostory vznikají při používání různých těsnících a sanačních pěn, jejichž přebytky nejsou včas neodstraněny. Tyto poruchy vznikají především nedostatečnou kontrolní činností všech účastníků výstavby.

V nejhorších případech dosahují kaverny vzniklé při betonáži „z kopce“ natolik velkých rozměrů, že dosahují až k výztuži (obr. 6). Ta by v agresivním

prostředí bez včasné provedené sanace rychle degradovala, což by mělo zásadní vliv na snížení trvanlivosti díla.

#### ZÁVĚR

Beton je univerzální konstrukční materiál pro tunelové stavby. Cílem článku je poukázat na chyby a nedostatky, které se projevují během provozu tunelů, a tak výrazně zvyšují náklady na jejich provoz, údržbu a případnou obnovu. Některé přímo ohrožují bezpečnost silničního provozu, a proto je třeba řádně provádět i následné provozní kontroly včetně sledování (zejména hlavní prohlídky), měření a vyhodnocování trvalého geodetického monitoringu tunelu. Je taktéž nutné se zaměřit na kontrolu velikosti koroze ocelových upevňovacích prvků.

Ing. Jiří Svoboda



Ing. Vojtěch Sedmidubský



oba: Pragoprojekt, a. s.

K Ryšánci 1668/16, 147 00 Praha

www.pragoprojekt.cz

