

Oprava Karlova mostu aneb inženýrská odyssea

Vít MLÁZOVSKÝ



1



2

Patřím do tábora kritiků probíhající opravy Karlova mostu. Jako projektant s dlouholetou praxí při obnově památek mohu uvést celou řadu odborných důvodů, které mne k takovému postoji vedou. Pro širokou veřejnost jsou však tyto důvody z větší části nesrozumitelné a v případě, že jsou odborníci rozděleni na dva nesmiřitelné tábory, ztrácí o ně zájem. Zdá se, že pro postoj citlivější části laické veřejnosti jsou rozhodující zcela jiné aspekty prováděné opravy. Tento postoj nemůže odborná veřejnost ignorovat, protože definuje společenskou objednávku, která u veřejných staveb je, nebo by měla být východiskem zadání projektu. Pokusím se tyto aspekty definovat tak, jak jsem je vyzoomel z několika rozhovorů.

Karlův most má mezi ostatními stavbami postavení zcela výjimečné. Stal se součástí národní identity. Toto postavení si vysloužil díky odkazu na období vlády posledních Lucemburků na českém trůně. Americký velvyslanec v Praze L. A. Steinhardt k tomu v roce 1948 velmi příznačně napsal: „Češi jsou ‚malý‘ národ... Vrcholný okamžik jejich dějin nastal v období 1346–1378, a to díky trojí shodě náhod: silné a konstruktivní osobnosti Karla IV., objevu rozsáhlých nálezů stříbra a dočasně absenci jiných mocných politických sil v Evropě. Taková situace se znovu neopakovala, až v roce 1918...“¹ Nezní to příliš lichotivě, ale velmi výstižně to popisuje podvědomí české společnosti. Abych si ujasnil, do jak rozsáhlé skupiny

takto vnímaných staveb Karlův most patří, položil jsem si následující otázku: Které stavby by v případě zničení dokázaly vyvolat rozsáhlou aktivitu české společnosti vedoucí k jejich znovuoobnově, třeba i formou národní sbírky? Napočítal jsem takové stavby maximálně tři. V tomto seznamu je dle mého názoru Karlův most na prvním místě. Zdá se, že existence českého národa je bez Karlova mostu nemyslitelná. Je nesporné, že v případě zničení by byl obnoven za cenu jakýchkoliv prostředků, a to jako replika původního stavu. Představa novostavby na tomto místě je absurdní. Zní to velmi pateticky a jak známo, Češi patos nesnášejí a nejsou ho schopni. Zdá se však, že Karlův most je výjimka. Myslím, že nejlépe jeho postavení vystihuje pojem kultovní stavba, tedy stavba, která je předmětem národního kultu.

Co tedy vadí oné citlivější části veřejnosti na probíhající opravě naší kultovní stavby? Předně se jedná o industriální přístup realizátorů a technologické postupy moderního stavebnictví, na honu vzdálené řemeslné tradici našich předků. Jednoznačná preference strojní práce před prací ruční je patrná na každém kroku. Jak je tato skutečnost vzdálená od obecné představy o opravě národního pokladu symbolizované vousatým kameníkem s koženou zástěrou a fajfkou, který za zvuku úderů dřeva přímo na místě opracovává kamenný blok vylomený ze skály! Celá řada laiků považuje současnou opravu za zásah globálního

Obr. 1. Karlův most, Praha, betonáž podkladních vrstev pod izolaci, stav z června 2009. (Foto Filip Chmel)

Obr. 2. Karlův most, Praha, aplikace stříkané izolace Eliminátor. (Foto převzato ze zdroje cit. v pozn. 12)

stavebnictví do oblasti, která mu nepřísluší. Očekávali by, že na stavbě uvidí výkvět naší řemeslné školy, který s úctou a pokorou „před zraky celého světa“ opraví „náš“ most. Očekávali by, že se oprava mostu stane vrcholným okamžikem památkové péče, která zde bude prezentovat výsledky své dlouholeté práce. Namísto toho vidí aplikaci zahraniční technologie prováděnou průmyslovým postupem globálního stavebnictví.

Dalším problémem je používání novodobých materiálů (stříkaná izolace, polystyrén, beton, kari sítě, trvale pružné tmely), nikoliv z důvodů jejich technických vlastností, ale protože tyto materiály v kontrastu s majestátností mostu působí dojmem naprosté nepatřičnosti. Tento dojem nevyvolávají pouze materiály samy, ale i jejich barvy (růžový polystyrén, bledě žlutá izolace), pachy (stříkaná izolace), hluky (sbíječky, roz-

■ Poznámky

1 Dopis amerického velvyslance v Praze L. A. Steinhardta z 30. 4. 1948 adresovaný americkému státnímu tajemníkovi G. Marshallovi. Český překlad vyšel poprvé v roce 1991 v časopise Dějiny a současnost.

Obr. 3. V. Morstadt: *Malostranské mostecké věže, kresba perem lavírovaná sépií, před 1835. V obrubě chodníků zhotovených pravděpodobně ze sliveneckého vápence jsou patrné odvodňovací otvory. Zábradlí je v dnešní výšce, chodník je cca dva bloky nad chrlíčem. (Reprofoto z knihy O. Šefců a kol., *Karlův most, Praha 2007*)*

Obr. 4. A. Pucherna: *Pohled z Karlova mostu na jih, lept s akvatintou, 1810. Na linii chodníku je zřetelné spádování vozovky k odpadnímu otvoru odvádějícímu vodu pravděpodobně do krytého kamenného žlabu a dále přepadem do chrlíče. (Reprofoto z knihy O. Šefců a kol., *Karlův most, Praha 2007*)*

brušovací pily) a podobně. Nic na tom nezmění skutečnost, že cizorodé hmoty budou posléze skryty.

Posledním dojmem je pak pocit naprostého selhání odborné veřejnosti, která má přece hájit veřejný zájem ve svém oboru. Jak je to možné? Odpověď je jednoduchá. Naše technické univerzity za posledních několik desítek let nevychovaly ani jediného odborníka, který by byl schopen se tohoto úkolu ujmout. Absolventi stavebních oborů nemají po ukončení školy vědomosti o historických materiálech a jim odpovídajících stavebních postupech klasického stavitelství, natož pak o špičkových technologiích lucemburské gotiky. Všichni technicky vzdělaní odborníci, kteří se opravami památek živí, nabyli svých vědomostí pouze praxí. Tato skupina je vzhledem k velikosti trhu malá, pracovním přetížena a nedostatečně dravá. Tak se stalo, že v případě Karlova mostu byla převládána odborníky globálního stavebnictví. Zadávací podmínky investora,² které předem vyloučily možnost účasti menších firem a jednotlivých odborníků, pak dokonaly dílo. Vítězné firmy neměly dostatek soudnosti, aby si odpovídající odborníky najaly. Dnešní stav je tedy takový, že v realizačním týmu stavby³ – počínaje projektanty, managementem a posledním pomocným dělníkem konče – není nikdo, kdo by patřil k elitě opravující naše významné památky.⁴ Skutečnost, že realizační tým nepovažuje Karlův most za architektonickou památku, ale pouze za technické dílo, lze dokumentovat tím, že v jeho řadách není architekt ani restaurátor. Oprava je tedy zcela v režii inženýrů s praxí na betonových mostech. Ti dle svého přesvědčení navrhnou pro Karlův most to nejlepší, co jejich obor nabízí, a kritikou se cítí dotčeni. Představa, že postupy a materiály současného stavebnictví vyvinuté na základě vědeckých poznatků konečně a jednou provždy vyřeší letité problémy empiricky navržené historické konstrukce, je hluboko zakořeněná. Dohoda kritiků z řad opozice s realizátory opravy je velmi obtížná, protože nehovoří stejnou řečí a jejich zkušenost formovaly zcela



3



4

odlišné podmínky. Snaha o dohodu je však patrná na obou stranách a dává podnět k mírnému optimismu. Otázkou je, co se dá ještě zachránit.

Pokud se týče kamenických prací, máme velice dobrou, stále živou tradici a kvalitní řemeslníky. Totéž lze říci o restaurátorech. Záleží tedy pouze na vůli investora a zhotovitele, zda ke změně přístupu dojde. Jiná situace je v oblasti historických mostních izolací. Naše vědomosti o fungování těchto hydroizolačních systémů jsou omezené a alternativ k současným izolacím je málo. Z tohoto důvodu zaměřím další část svého příspěvku na tyto konstrukce.

Pokud je mi známo, nebyl dosud realizován žádný reprezentativní výzkum zaměřený na problematiku historických mostních izolací. Přitom stále

■ Poznámky

2 Objednatel stavby je Hlavní město Praha, Magistrát hlavního města Prahy, Odbor městského investora, Vyšehradská 51, Praha 2, zastoupený firmou Mott MacDonald Praha, spol. s r. o., Národní 15, Praha 1.

3 Generálním dodavatelem stavby je společnost Stavby mostů Praha (SMP CZ, a. s.), Evropská 1692/37, Praha 6. Zpracováním projektu byl pověřen PUDIS, a. s., Nad Vodovodem 2/3258, Praha 10, hlavním inženýrem projektu byl Ing. Václav Krch.

4 Srovnej probíhající opravy ostatních významných staveb lucemburské gotiky, jako je například katedrála sv. Víta na Pražském hradě, chrám sv. Barbory v Kutné Hoře, hrad Karlštejn a další.

VÝVOJ HYDROIZOLAČNÍHO SYSTÉMU KARLOVA MOSTU

před rokem 1966

ASFALT S PODKLADEM 18cm
HLINITÁ VRSTVA 8cm
LITÁ VRSTVA NEZNAMÉHO SLOŽENÍ 1cm
PEVNÁ MAZANINA S ÚLOMKY OPUKY
KŘEMENE A PŘEPÁLENÝCH CIHEL 19cm
HLINITÝ NÁSPY S ČERVENOU OPUKOU cca 30cm
OPUKOVÁ VYZDÍVKA NAD KLENBOU MOSTU

po roce 1966

ZULOVÁ DLAŽBA
MALTOVÉ LOŽE
OCHRANNÁ BETONOVÁ MAZANINA 10–60mm
ŽIVČNÁ HYDROIZOLACE (SKLOBIT)
VYROVNÁVACÍ BETONOVÁ MAZANINA
KERAMZIT BETON 150–500mm
BETONOVÁ DESKA 200mm
OPUKOVÁ VYZDÍVKA NAD KLENBOU MOSTU

po roce 2007

ZULOVÁ DLAŽBA DO VÁPENOPÍSKOVÉHO LOŽE
KRYCÍ VRSTVA Z BETONU C30/37–XF3, 80mm
STRKANÁ METAKRYLÁTOVÁ IZOLACE ELIMINÁTOR
KRYTÁ DRENAŽNÍ ROHOŽI
SPÁDOVÝ BETON C30/37–XF1, 150mm
VYROVNÁVACÍ BETON, 50–400mm
SEPARAČNÍ GEOTEXTILIE
BETONOVÁ DESKA Z OPRAVY 1985–75
OPUKOVÁ VYZDÍVKA NAD KLENBOU MOSTU

5

Obr. 5. Vývoj hydroizolačních systémů Karlova mostu. (Kresba V. Mláčovský a F. Chmel s použitím zdrojů cit. v pozn. 5 a 12)

existují kamenné mostní stavby, na kterých byl s velkou pravděpodobností původní hydroizolační systém zachován, a lze ho tedy prozkoumat, provést laboratorní zkoušky, navrhnout a odzkoušet jeho repliku. Jako vhodného kandidáta lze uvést například most přes mlýnské rameno v Brandýse nad Labem (1600–1604). Je nepochybné, že tento výzkum měl být proveden v rámci přípravných prací opravy Karlova mostu.

Historické izolace Karlova mostu byly bohužel zcela odstraněny v průběhu opravy v letech 1965–1975, a to bez jakýchkoliv rozborů. Ve studii SÚRPMO z roku 1987 je uveden popis sond provedených v roce 1966, tj. před zahájením zmíněné opravy.⁵ Složení vrstev s hliněnými izolacemi, odhalených v sondě č. 3 nad 3. pilířem, je znázorněno na obr. 5 vlevo.

Je těžké interpretovat toto složení pouze z dochovaného popisu, bez laboratorních zkoušek a podrobného zaměření. Uvedu alespoň úvahy, které mne v této souvislosti napadají. Ve středověku byla mostovka pravděpodobně krytá kamennou dlažbou uloženou o něco níže než dnes a srážková voda byla svedena přímo do chrlíčů. Dále lze předpokládat, že v této době mostovka neměla chodníky a měla větší spád, než je dnes obvyklé. Představu o tom, jak vypadalo odvodnění mostovky s chodníky zřízenými v pozdější době, si můžeme udělat z ikonografických pramenů první

poloviny 19. století. Tehdy byl jistě funkční i izolační systém nalezený v sondě z roku 1966. Pro správnou interpretaci je třeba si uvědomit, že dno chrlíčů, s výjimkou části mostu poškozené povodní 1890, je usazeno na úrovni vrstvy opukové vyzdívky nacházející se nad rubem klenby. Dlažba tedy nemohla být uložena přímo na úrovni chrlíčů, ale výše. Následující vrstvou je „hlinitý náspy s červenou opukou cca 30 cm“. Možnost uložení dlažby na tuto vrstvu považuji za velmi nepravděpodobnou, protože při rozbřednutí jílu vlivem srážkové vody by došlo k porušení dlažby provozem. Domnívám se, že dlažba byla uložena nad následující vrstvou popsanou jako „pevná mazanina s úlomky opuky, křemene a přepálených cihel 19 cm“. Velmi zajímavá je „litá vrstva neznámého složení“ popsaná ve všech sondách z roku 1966, bohužel bez jakékoliv bližší specifikace. Vzhledem k její tloušťce 1 cm šlo však pravděpodobně o mladší vrstvu (konec 19. až začátek 20. století?). Hlinitá vrstva nalezená pod asfaltovou vrstvou je zřejmě pozůstatek hlinopísčitého násypu, do kterého byla uložena dlažba některé z mladších etap.

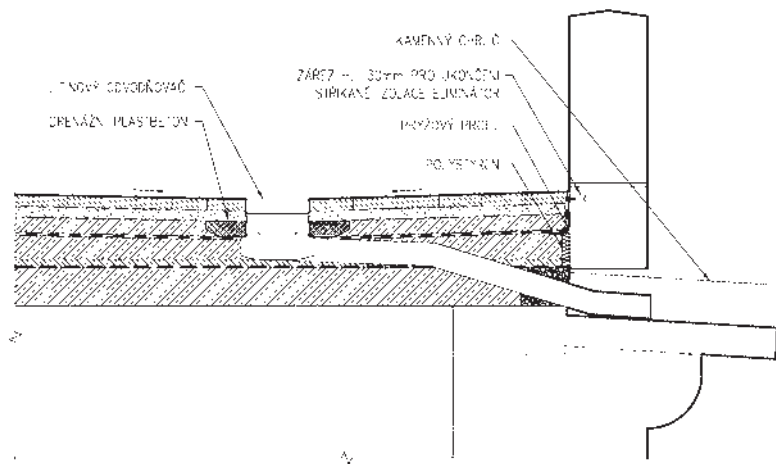
Je třeba si uvědomit, že hliněné mostní izolace nejsou totožné s jílovými izolacemi spodních staveb, tj. základů a klenb podzemních prostor, a to proto, že nejsou umístěny v trvale vlhkém prostředí. V období déletrvajícího sucha dojde k jejich vyschnutí. Pokud by konstrukce mostních izolací byla obdobná jako u podzemních staveb, došlo by při vysušení jílu k vytvoření širokých smršťovacích trhlin a následně poruše funkce. To lze dokumentovat několika neúspěšnými realizacemi

jílových izolací klenb zřícenin.⁶ Mostní izolace musí tedy pracovat s jinými materiály nežli konstrukce podzemní. Smršťování hliněné vrstvy při vysychání musí být omezeno na minimum, čehož lze dosáhnout kromě vhodného výběru hlíny též její stabilizací. Jde o přidání pojiva, například vápna, které se spojí s většími zrny v hlinité směsi a vytvoří strukturu (kostru) odolávající objemovým změnám jílu při absorpci vody. Pokud by hliněná vrstva uložena pod mostovkou měla fungovat jako izolační v dnešním pojetí, musela by být spádovaná a odvodněná. Tento problém je dnes řešen dvoustupňovou gulou. Uplatnění tohoto řešení ve středověku mi nepřipadá pravděpodob-

■ Poznámky

5 ŠANTAVÝ, MATĚJŮ: *Studie, přípravný materiál pro plánovanou celkovou opravu Karlova mostu v Praze*, Státní ústav pro rekonstrukce památkových měst a objektů, duben 1987.

6 V 90. letech 20. století byla dle mého návrhu provedena oprava nefunkční jílové izolace klenby strážnice na hrádi Točnicku. Jednalo se o izolaci provedenou v 80. letech z hutněného kusového jílu tloušťky asi 100 mm, krytou geotextilií a zatravněným zemním násypem. Poruchy byly způsobeny chybným napojením na chrlíče a též lokálními průsaky v ploše izolace. Navrhl jsem doplnění vrstvy o dalších 150 mm čistého jílu(!) a nově vyřešil odvodnění do chrlíčů pomocí klempířských prvků z měděného plechu. Po třech bezproblémových letech přestala izolace po období extrémního sucha fungovat. Sondy odhalily výsušné trhliny v celé ploše izolace šířky až 15 mm. Detaily napojení na chrlíče fungovaly bezchybně.



6



7

Obr. 6. Karlův most, Praha, detail odvodnění mostovky. Lze předpokládat, že poloha chrličů byla zachována. (Kresba V. Mláčovský a F. Chmel)

Obr. 7. Karlův most, Praha, detail napojení izolace Eliminátor na parapet zadržlí. V horní části je patrné poškození kamenů parapetu zářezem pro ukončení izolace, níže nevratně znehodnocení povrchu kamene nástřikovou izolací a asfaltovým tmelem. (Foto F. Chmel)

né z důvodů vyplavování hlíny a téměř nemožného funkčního napojení hlíněné vrstvy na chrlič. Zajímavá je úvaha, že by hlinitý násyp s červenou opukou mohl mít funkci akumulaci ve smyslu zadržování proniknuvší vody. Výborná schopnost vázat vodu a rovněž hygroskopické vlastnosti by hlínu pro tento účel předurčovaly. Sorpční schopnost hlíněných materiálů je totiž vyšší, než je tomu u ostatních klasických stavebních materiálů, například vápenné malty. Proces přijímání vlhkosti je přitom výrazně rychlejší než její zpětné vydávání.⁷ Tato schopnost postupného uvolňování vlhkosti by podstatně napomáhala ochraně zděných konstrukcí mostu před nasycením vodou a s tím spojenými negativními vlivy, jako jsou poruchy mrazem, vyplavování pojiva apod. Další pro tento případ použití velmi důležitou vlastností hlíněných izolací je jejich schopnost přizpůsobit se deformacím nosné konstrukce bez vytváření trhlin. Opomenout nelze ani samohojivou schopnost hlíněných izolací při jejich hutnění, například provozem.

Shrme-li výše uvedené, lze vyslovit následující hypotézu platnou alespoň pro počátek 19. století. V případě Karlova mostu mohlo jít o dvoustupňový až trojstupňový systém odvodu vody. V prvním stupni byla převážná část srážkové vody zachycena dlažbou a odvedena do kamenných žlabů procházejících pod chodníky a dále přepadem do chrličů. Voda proniknuvší

spárami byla ve druhém stupni zadržena spádovanou „pevnou mazaninou s úlomky opuky, křemene a přepálených cihel“ a svedena drenážní vrstvou do chrličů. Voda, která překonala i tuto překážku, byla pohlcena akumulací hlíněnou vrstvou a postupně uvolňována do okolních konstrukcí.

Porovnáme-li historický a současný přístup, vidíme zásadní rozdíl. Historické řešení odvádí vodu z mostu v rovině dlažby kamenným žlabem, řešení moderní doby zavádí vysoce rizikovou kanalizační vpust'. Zatímco současné systémy usilují o absolutní zaizolování mostovky, historický systém připouští proniknutí omezeného množství vody do těla mostu. Důležité je rozptýlení lokálních průsaků do celé akumulací vrstvy a následné pomalé uvolňování vody do povrchových vrstev. Spoléhá se přitom na vysokou odolnost použitých zděných materiálů vůči vlhkosti. Hlavní odpařovací plochou zůstává mostovka. Obětovanou částí konstrukce je zděné zábradlí, které je odkázáno na pravidelnou údržbu. Historický systém lze považovat za relativně úspěšný, protože fungoval stovky let a byl definitivně odstraněn až v 60. letech 20. století. První pokus o novodobou izolaci z let 1966–1975 zcela ztroskotal. Jako důvod je uváděno nekalitní provedení izolační vrstvy (SKLOBIT), tj. závady ve spojích, napojení na guly a okolní konstrukce. V současnosti probíhá pokus druhý. Má výhrady směřují kromě nerespektování materiálové pravdivosti též k difuzní uzavřenosti systému, nemožnosti jeho revize a řadě vynucených necitlivých zásahů do historických konstrukcí mostu. Pomineme-li vliv kondenzace vodních par v systému a její negativní důsledky (viz nesmiřitelné odborné diskuse), zbývá zdravá skepse vůči dlouhodobé životnosti a dokonalému provedení izolační vrstvy především v místě napojení na guly. Bezezbytku zde platí zlatá pravidla praxe: 1) Každá izolace jednou selže. 2)

Lokálně porušená paronepropustná izolace kontaktně kryjící nasávkový materiál je horší než žádná izolace. Pokud už jednou voda pod izolaci pronikne, možnost jejího odpaření je značně omezena, protože most byl zbaven své dominantní odpařovací plochy. Po celou dobu mezi lokálními porušením izolace a odstraněním poruchy (vzhledem k nemožnosti revize lze předpokládat roky až desítky let) působí paronepropustný systém zcela zhoubně, a to velmi progresivním způsobem.

Mezi negativní zásahy vyvolané volbou systému lze zařadit betonáž podkladní a krycí vrstvy izolace, požadovanou příslušnými normami a záručními podmínkami výrobce, a zásahy do parapetní zdi v místě napojení izolační vrstvy. Jde o zářez do kamenných bloků pro ukončení izolace, odsekávání kamenů parapetu zasahujících pod mostovku a neúměrnou výměnu kamenných bloků v místě ukončení izolace, odúvodněnou požadavkem na kvalitní podkladní konstrukci.

Z uvedených důvodů považuji za vhodnější izolační systémy paronepropustné nebo odvětrané, složené z materiálů tradičních, tj. mostu důstojných, které uvádím dále.

Hlíněná izolace

Příkladem respektujícím původní hlíněný hydroizolační systém je oprava kamenného mostu ve Stříbře (1555–1560) provedená v letech 2002–2003. Pod novodobou vozovkou z dlažebních kostek na štěrkovém podsypu byla na úrovni původních chrličů nalezena valounová dlažba z nestejně

■ Poznámky

7 Podrobně ŽABIČKOVÁ Ivana: *Hlíněné stavby*, ERA, Brno 2002, a též sborník z odborného semináře Jíly v tradičním stavitelství, STOP, 2001.



8



9



10



11

velkých kamenů do velikosti 100 mm, zasazená do hrubého říčního písku. Pod ní se objevila konstrukce tělesa mostu z litého zdiva a hlouběji až 200 mm silná těsnící vrstva. Podle chemické analýzy této vrstvy ve vysušeném stavu se jednalo o směs asi 60 % písku a stavební sutě a 40 % čistého jílu. V rámci opravy stavby byla mostovka snížena na původní úroveň, jílová izolace byla doplněna a nová dlažba svedena přímo do chrlíčů. Jiný izolační systém nebyl realizován.⁸

Bentonitová izolace

Mezi odborníky je často zmiňována možnost použití bentonitových izolací pro Karlův most. K tomu bych byl skeptický. Zdá se, že zásadní podmínkou pro použití bentonitu jako izolační vrstvy je jeho umístění v trvale vlhkém prostředí. Bentonit sodný se vyznačuje vyšší bobtnavostí než domácí jíly (přibližně patnáctinásobek suchého stavu) a tomu odpovídají i poruchy izolační vrstvy při jejím vyschnutí. Je pravdou, že bentonit má díky své rozpínavosti schopnost samozhojení, která se pravděpodobně vztahuje i na postupné uzavření výsušných trhlin při opětovném zavodnění. Po dobu tohoto samohojivého procesu však izolační vrstva protéká. Nevýhodou pro tento případ je mírně zpožděná reakce bentonitu na vodu vlivem uměle dodaných přísad, umožňujících aplikaci těchto izolací za deštivého počasí.⁹ Funkční skladba by tedy musela zajistit velmi pomalé zavodnění bentonitové vrstvy. Takový požadavek by mohl splnit hlinitý akumulací násep nad bentonitovou vrstvou. Podmínkou pro správnou funkci bentonitové

izolace je její dokonalé uzavření mezi dvě pevné vrstvy, z nichž ta horní musí mít dostatečnou hmotnost. Udává se 400 až 500 mm hutněné zeminy nebo hmotnostní ekvivalent jiných materiálů. Je zřejmé, že použití plošné bentonitové izolace odvodněné do chrlíčů je velmi problematické mimo jiné z důvodu nedostatečné výšky krycí vrstvy. V úvahu by přicházelo použití bentonitu při zhotovení volné repliky historického jílového systému, a to jako nejnižší neodvodněné vrstvy obklopující vrstvu akumulací.

Maltová mazanina

Další možností je použití hydroizolační maltové mazaniny. Aplikaci této mazaniny na hradebním ochozu nad 3. bránou hradu Karlštejna znázorňují obr. 10 a 11. Jedná se o volnou repliku systému použitého zde architektem Josefem Mockerem na konci 19. století. V 70. letech 20. století byla mockerovská mazanina nahrazena řezanou pískovcovou dlažbou uloženou do cementové malty na izolaci z těžké asfaltové lepenky. Z důvodů obdobných jako na Karlově mostě došlo k nasycení koruny stěny na výšku asi 2 m pod izolací vodou se všemi negativními důsledky jako opadávání omítek, výkvěty solí, biotické napadení zdiva, destrukce zdící malty a vypadávání kamenů. Po odstranění všech vrstev až na původní zdivo zůstal takto odhalený ochoz bez zakrytí a údržby po dobu 12 let. Návštěvníký provoz probíhal po hrubé a nevyspádané koruně stěny. Přesto se stav stěny zlepšil, zastavilo se opadávání omítek, za celou dobu nebyla pozorována významná destrukce zdiva. Po provedení no-

Obr. 8. Test izolačního systému z granulovaného bentonitu Volclay, navrženého k ochraně stropu nad kaplí sv. Kříže na hradě Karlštejně. Na zkušebním stole byla navržena skladba podlahy zatížena vodním sloupcem výšky 100 mm nad úrovní dlažby po dobu 4 dnů. (Návrh Mlázovský, Adámek, realizace ALVA s. r. o., foto Z. Rieger)

Obr. 9. Test izolačního systému stropu nad kaplí sv. Kříže na hradě Karlštejně. Sonda provedená po ukončení testu odhalila zatékání na styku bentonitové vrstvy tloušťky 20 mm s lemováním. Ve druhém pokusu se tento problém podařilo vyřešit vytvořením L profilu ze sypaného bentonitu podél lemování. Další testy byly již bezchybné. (Foto Z. Rieger)

Obr. 10. Hrad Karlštejn (okres Beroun), ochoz nad 3. bránou krytý hydroizolační mazaninou, stav po dokončení, léto 2007. (Návrh Adámek, Mlázovský, realizace DIS, a. s., foto J. Fiala)

Obr. 11. Hrad Karlštejn (okres Beroun), ochoz nad 3. bránou, hydroizolační mazanina v tloušťce 50–120 mm byla uložena přímo na odhalenou korunu stěny. (Foto J. Fiala)

vé mazaniny stěna prokazatelně vyschla a nyní je připravována pro aplikaci omítek.

Z několika zkoumaných variant byla autory receptur¹⁰ doporučena k realizaci vápenná malta modifikovaná metakaolinem a cementem. Cement jako dílčí přísada byl použit, aby se vyhovělo požadavku vysoké otěruvzdornosti mazaniny, namáhané návštěvníckým provozem. Poměry jednotlivých složek byly navrženy na základě laboratorních zkoušek zachovaných částí mockerovské mazaniny, a to tak, aby mazanina kromě vysoké životnosti splňovala další náročné požadavky, jako je vodoodpudivost, paropropustnost, pružnost a otěruvzdornost. Nová mazanina odvodněná do chrlíčů byla uložena přímo na korunu stěny vzděnou z lomového vápence. Mazanina není dilatována. Povrch mazaniny byl hydrofobizován organokřemičitým roztokem. Konstrukce funguje bez poruch dvě zimní sezóny.

Je zřejmé, že použije-li se mazanina jako odvodněný záchytný systém pod dlažbou, požadavky na její vlastnosti nebudou tak extrémní (ochrana před přímým působením povětrnosti, vyloučeno namáhání otěrem). Bylo by tedy možné cement

■ Poznámky

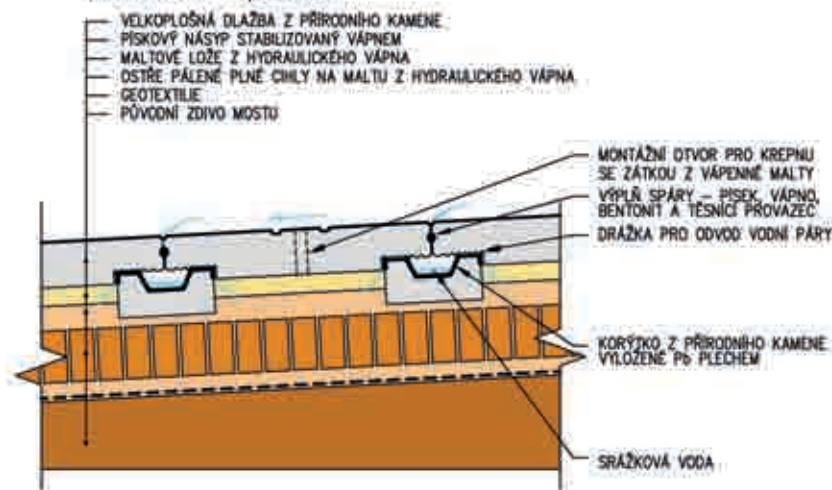
8 HANZLÍKOVÁ Hana: *Informace o obnově historického mostu přes řeku Mži ve Střibře*, Dějiny staveb, 2004.

9 Například LEBR Pavel: *Plošné bentonitové hydroizolace*, in: sborník z odborného semináře Křivoklát 2001, Jíly pro památky v praxi, STOP, 2001.

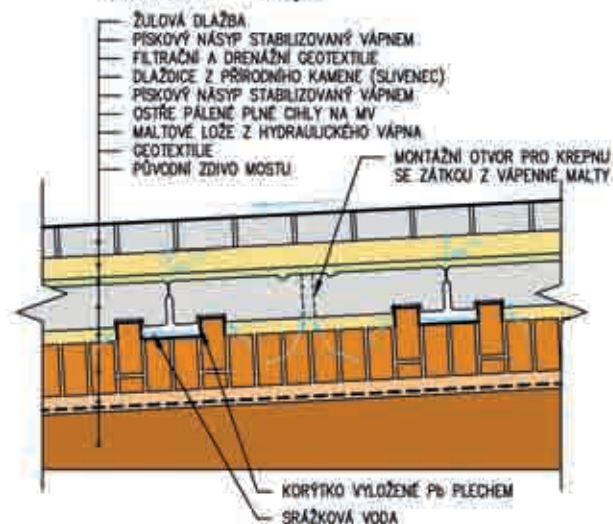
10 SLÍŽKOVÁ Zuzana, DRDÁČKÝ Miloš: *Návrh náhrady mazaniny na hradebním ochozu Státního hradu Karlštejn z modifikovaných vápenných směsí*, ÚTAM AV ČR, Praha, červen 2006.

KORÝTKOVÁ IZOLAČNÍ DLAŽBA Z PŘÍRODNÍHO KAMENE

varianta A – pochozí

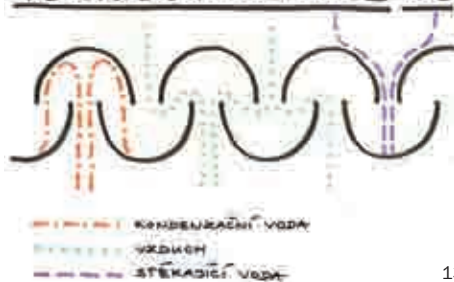


varianta B – skrytá



12

HYDROIZOLAČNÍ KONSTRUKCE - ŘEZ



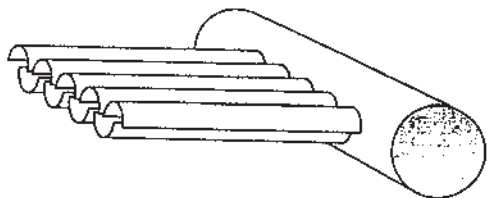
13

Obr. 12. Korýtková izolační dlažba z přírodního kamene, detail skladby. (Autor návrhu V. Mláčovský, kresba F. Chmel)

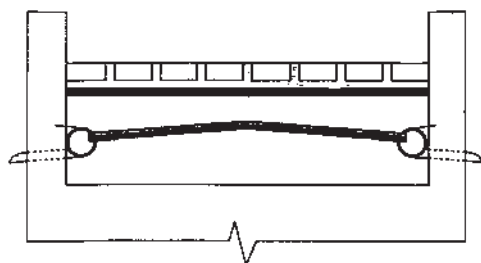
Obr. 13. Princip funkce horizontální hydroizolační konstrukce. (Kresba R. Moudrý)

Obr. 14. Horizontální hydroizolační konstrukce, detail, materiálové varianty dle autora: nerezová ocel, dural nebo další vhodné kovy, plast, laminát, recyklovaný plast, materiály na bázi uhlikových vláken. (Autor návrhu R. Moudrý)

Obr. 15. Horizontální hydroizolační konstrukce aplikovaná do skladby mostovky, schéma. (Autor návrhu R. Moudrý, kresby převzaty z přihlášky vynálezu Úřadu průmyslového vlastnictví č. PV 2003–2042)



14



15

z receptury zcela vypustit ve prospěch vyšší paropropustnosti systému. Odolnost mazaniny proti tvorbě trhlin je možné vylepšit přísadou živočišných nebo umělých vláken. V případě použití tohoto systému na objektu typu a velikosti Karlova mostu považují za nutné mazaninu dilatovat například klempířsky provedeným rozvodím a úžlabím (měď, olovo). Jako další vhodný způsob hydrofobizace mazaniny přichází v úvahu užití ušlechtilých rostlinných olejů nebo mýdla.

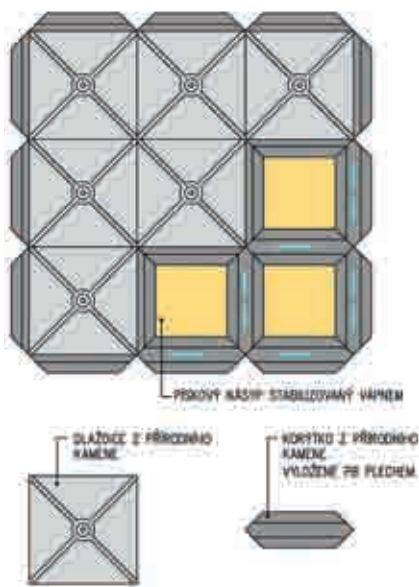
Plechové odvětrané hydroizolace

Jde o celoplošnou klempířsky provedenou izolační vrstvu z olověného nebo měděného plechu, uloženou na mazanině z hydraulického vápna. Izolace krytá drenážní geotextilií a dlažbou do vápenopískového lože může být odvodněna přímo do chrlíčů nebo do dvoustupňové guly. Dilatace je zajištěna spojováním jednotlivých pásů nebo tabulí plechu falcováním nebo letováním. Odvětrání je možné provést například svislými otvory ve stojaté drážce.

Jako nejvhodnější materiál se jeví olověný plech tloušťky 3–5 mm s výtuhami z měděného plechu. V případě potřeby povrchové úpravy olova z hygienických důvodů (odvod vody do řeky) je možné použít na trhu dostupné olověné plechy pokovené cínem nebo izolaci po dokončení našopovat zinkem.

Korýtkové izolace

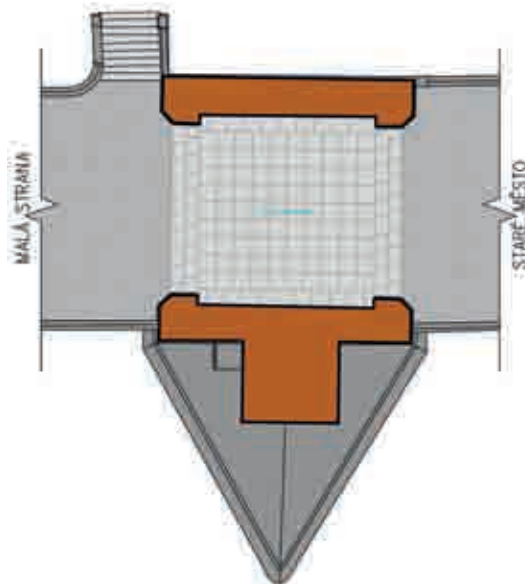
Systém připomíná prežovou krytinu. Chráněná plocha je vyložena korýtky, která svádějí vodu do sběrných žlabů napojených na chrlíče. Mezery mezi korýtky, které umožňují odvětrání vodních par, jsou proti zatékání kryty kůrkami svádějícími vodu do korýtek. Systém je možné navrhnout tak, že případná kondenzační voda srážející se na rubu kůrek je rovněž svedena do korýtek. S touto myšlenkou poprvé přišel restaurátor Roman Moudrý. Variantu z nerezového plechu dotáženou do fáze prototypu a podloženou statickým výpočtem a návrhem revize a čištění přihlásil k patentové ochraně. Tento systém prezentoval na konferenci pořádané ČSSI věnované izolacím Karlova mostu a rovněž s ním seznámil realizační tým opravy Karlova mostu, avšak bez úspěchu. Postojem celé řady odborníků na hydroizolace z ČSSI, WTA i ČVUT byl natolik znechucen, že patent nedotáhl a myšlenku nechal upadnout v zapomnění. Osobně považuji tuto myšlenku za velice nosnou a perspektivní. Inspirován tímto řešením jsem navrhl variantu korýtkové izolační dlažby z přírodního kamene. Návrh lze různě modifikovat a dlažbu tvarově i rozměrově upravovat. Dlažbu lze navrhnout na jakémkoliv představitelném zatížení, které se může na mostě vyskytnout. Je to jen otázka dimenzování tloušťky a rozponu dlaždic. Odvodňovací průřez korýtek lze upravit dle potřeby, v každém případě však bude několikanásobně



16

Obr. 16. Korytková izolační dlažba z přírodního kamene, výkres skladby. (Autor návrhu V. Mlážovský, kresba F. Chmel)

Obr. 17. Půdorys Staroměstské mostecké věže s nově navrženou velkoplošnou izolační dlažbou příjezdu. (Autor návrhu V. Mlážovský, kresba F. Chmel)



17

nologií včetně přijetí odpovědnosti za jejich použití je nedílnou součástí činnosti technické inteligence. Riziko spojené s fungováním plechových a korytkových izolací považují za podstatně menší, než je tomu u zvolené technologie stříkané izolace, nehledě na zásadní rozdíl v životnosti, možnosti kontroly a oprav a v negativních důsledcích vyvolaných již samotnou aplikací. Návrh systémů na bázi hliněných izolací není jednoduchá úloha a zcela jistě vyžaduje průzkum existujících konstrukcí, laboratorní rozbory a terénní zkoušky. Úspěšný vývoj takového systému je však reálný, a to v reálném čase a za přijatelné prostředky. Vhodná příležitost bohužel nebyla využita.

Stříkaná izolace již byla aplikována v celé délce severní poloviny mostu a stejný proces nezadržitelně pokračuje na polovině jižní. Změna systému je za těchto podmínek z technických i ekonomických důvodů nereálná. Dohoda mezi zastánci difúzně otevřeného či difúzně uzavřeného systému je v nedohlednu. Pravdu ukáže až čas. V dané situaci považují za rozumné dokončit stříkané izolace na již dotčených plochách a na dosud nedotčené části mostu aplikovat některý z výše popsanych difúzně otevřených systémů. Optimálním místem je prostor pod Staroměstskou mosteckou věží a případně též nultý oblouk mostu pod Křižovnickým náměstím. Další generaci tak připravíme podmínky pro kvalifikované rozhodnutí tohoto sporu.

Spor o železobetonovou desku a dnešní realita

Při opravě v letech 1965–1975 byla na výplňové opukové zdivo mostu vylita vrstva betonu tloušťky 150–300 mm, která kryje betonářskou výztuž spínající poprsní zdi. V rámci přípravy současné opravy mostovky proběhl spor dvou odborných skupin o výmětí, či ponechání této desky

v konstrukci mostu. Nakonec bylo rozhodnuto o jejím ponechání na místě. Z otevřených zdrojů lze k věci získat tyto informace: „Výpočtem na základě teorie nelineární mechaniky a znalostí teplotních polí naměřených přímo v konstrukci Karlova mostu bylo prokázáno, že funkce betonové vrstvy jako táhla nebo rozpěry je zanedbatelná, a proto je možné ji v konstrukci ponechat a není nutné sanovat její připojení k poprsním zdem. Tato betonová vrstva přispívá k určité stabilitě mostu. Její rozpojování by vyvolalo lokální otřesy kamenné konstrukce a navíc by znamenalo velký a zbytečný přesun hmot (odvoz rozpojeného betonu a dovoz lomového kamene).“¹¹ Zhotovitel se k těmto vyjadřuje následovně: „Zpevňující konstrukční deska byla provedena velice neprofesionálně a dá se říci až nedbale. Například v některých místech deska zcela chybí, v jiných místech byla položena pouze výztuž, která byla zakryta lehkým keramzitbetonem. Zakotvení konců desky do parapetních zdí bylo provedeno šikmo dolů vedenými kotvami z betonářské výztuže s téměř nahodilým rozmístěním. O nějakém zachycení vodorovných sil potřebných k zamezení vyklánění poprsních zdí se nedá vůbec hovořit... Proto oprava mostovky spočívá také v přerušení stávajících kotev a oddělení železobetonové desky podélnou spárou od parapetního zábradlí.“¹²

Je skutečně hlavním důvodem ponechání této nefunkční a ledabyly provedené desky v tělese mostu obava z otřesů kamenné konstrukce při její demontáži a náklady spojené s odvozem sutí? A jak je nahrazeno příčné sepětí poprsních zdí, jejichž vyklánění je místy patrné pouhým okem?

Zhotovitel dále uvádí, že spád nově provedené izolační vrstvy úžlabí je v kritických úsecích kvůli nedostatku místa pouze 0,6 %. Přímá úměra mezi spádem a životností izolace je dostatečně známá. Je příznačné, že většímu spádování brání ona železobetonová deska. Co k tomu dodat? Snad jen to, že beton do Karlova mostu nepatří, protože snižuje, případně úplně likviduje materiálovou pravdivost památky. Diskuse o technických aspektech věci jsou druhotné, zvláště když jakoukoliv představitelnou funkci této desky je možné nahradit tradičními konstrukcemi.

■ Poznámky

¹¹ ŠEFCŮ Ondřej a kol.: *Karlův most*, Ottovo nakladatelství, s. r. o., Praha 2007, citována je část Technický stav, jejímž autorem je doc. Ing. Karel Drozd, CSc.

¹² Dvuměsíční zpravodaj společnosti SMP CZ, a. s., ročník VII., květen–červen 2008, a též www.opravakarlovamostu.cz