

Stav nábrežní zdi Janáčkova nábreží před zahájením opravy

Oprava nábrežních zdí Janáčkova nábreží – PROJEKT

V článku jsou popsány opravy nábrežních zdí na levém břehu Vltavy, bezprostředně před Smíchovskou plavební komorou (Smíchovská p. k.), v délce 137,5 m, v říčním km cca 53,96–53,82. V zadání projekčních prací požadoval zadavatel a investor, Povodí Vltavy, s. p., celkovou opravu zdí, včetně zlepšení parametrů jejich stability. Projekt zpracoval METROPROJEKT Praha, a. s. Opravu nábrežních zdí realizovalo Zakládání staveb, a. s., na přelomu roku 2003/2004.

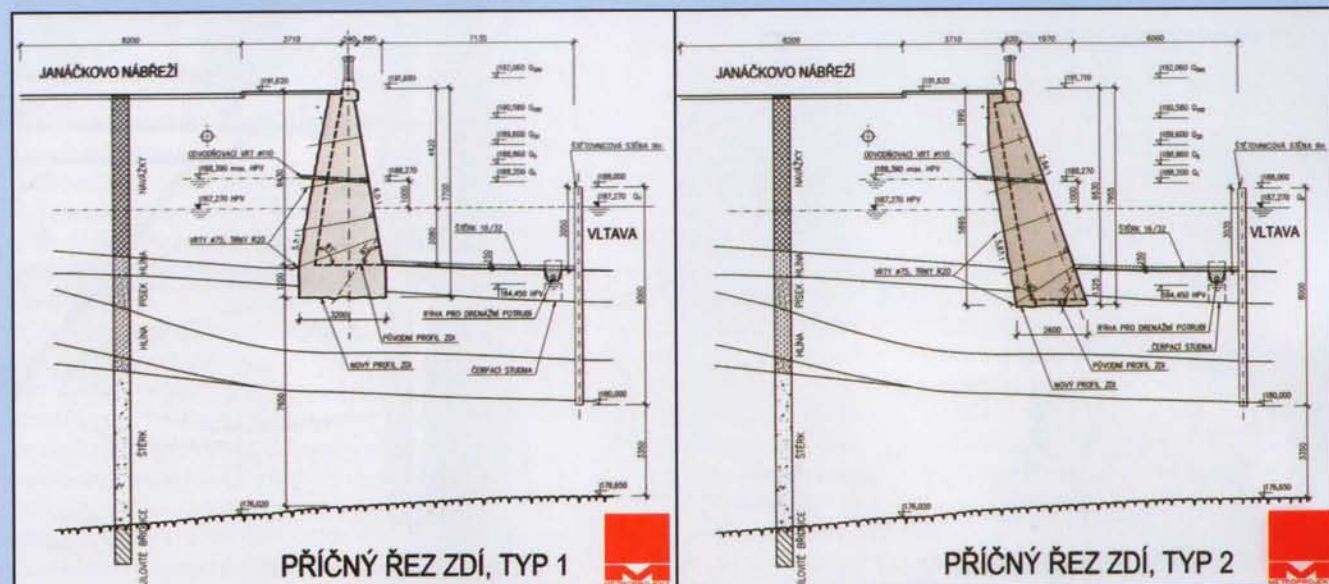
Původní stav – léta 1890–2002

Kamenné nábrežní zdi v dotčeném úseku byly stavěny pravděpodobně bezprostředně po povodni v roce 1890. V době stavby ještě neexistovala

Smíchovská p. k. a hladina Vltavy zde odpovídala dolní hladině Štítkovského jezů, to znamená, že byla o cca 2,0 m níže než je dnes.

Kamenná zeď celkové délky 137,5 m se skládá ze

dvou částí, které mají rozdílný sklon pohledového líce. Úsek o délce 58,5 m se sklonem pohledového líce 81° je dále uvažován jako zeď typu 1. Úsek zárubní zdi délky 79,0 m se sklonem líce 71° je dále uvažován jako zeď typu 2. Oba typy zdí mají v současnosti spodní část (cca 2,0 m) trvale pod hladinou. U zdi typu 2 byla po dokončení provedena dostavba přístupové rampy k náplavce. Stopa horní hrany rampy je viditelná dodnes. Rampa byla zbourána pravděpodobně při stavbě Smíchovské p. k. a při úpravě zatrubnění nátoky do Čertovky. Naši předkové založili zeď na propustné údolní terase sedimentů o mocnosti cca 7,5–8,8 m. V kolísavé mocnosti do 4,7 m pod základovou spárou





Štětová stěna jímky po doberanění před vyčerpáním vody



Těsnící komůrka napojení štětové stěny jímky na nábrežní zed

jsou akumulovány povodňové hlíny s jemně písčitou a především humózní příměsí, obsahující čoučkovitá tělesa jílovitých hlín a písků s hlinitou příměsí.

V podloží se dále nachází souvislá vrstva středně hrubých štěrků s hlinitopísčitou výplní. Nepropustné skalní podloží tvoří dobrotivské břidlice.

Při stavbě zdi typu 1 bylo v základové spáře pravděpodobně odkryto nevhodné podloží, proto stavitel nahradil vrstvu neúnosných naplavenin polštářem štěrku. Tyto práce byly prováděny pod hladinou, což se potvrdilo odhalením původního dřevěného pažení po vyčerpání jímky (viz dále).

Tělesa zdi jsou vyzděna z více či méně opracovaných úlomků a bloků kamene, spojených vápenocementovou maltou. Pohledový líc zdi tvoří kyklopské zdvo z mnohostěnných opracovaných bloků kamene. Historické navážky za rubem zdi byly postupně vyrovnávány až do současné úrovně terénu, u zdi typu 2 byl násep stavěn pravděpodobně současně se zděním tělesa zdi. Mocnost těchto

nehomogenních a nesterjnoměrně zhutněných navážek je 6,5–7,0 m. Opravy zdi během minulých 110 let spočívaly pouze v přespárování pohledového líce, případně v provedení opravy kotevnických pacholat.

Stav po povodni v srpnu 2002

Impulsem k zahájení opravy nábrežních zdi bylo jednorázové zatížení způsobené průchodem povodňové vlny v roce 2002. V rámci IG průzkumu, který byl proveden již před povodní, byl zjištěn špatný až velmi špatný technický stav zdi. Zdi byly prostoupeny hustou sítí více či méně rozevřených trhlin, na mnoha místech zcela zvětralou a rozpadlou záhlivkovou směsí s volnými, nevyplněnými dutinami o objemu několik cm^3 až dm^3 . Součástí projekčních prací bylo statické posouzení obou profilů zdi. Výpočtem byly oba stávající profily tížných zdi shledány jako nestabilní. Havarijní stav zdi byl umocněn jednorázovým zavodněním navážek za rubem zdi při povodni v srpnu 2002.

Navržené a dnes již provedené řešení

Po statickém prověření stavu zdi bylo rozhodnuto o nutnosti provedení důkladné generální opravy zdi, spočívající ve zlepšení jejich stability a celkového technického stavu.

Při vypuštění zdrže mezi protipovodňovými vraty a Smíchovskou p. k. by došlo k odhalení základové spáry zdi. To by však vyžadovalo plavební odstávku, která může trvat max. 14 dní v roce. Vzhledem k předpokládané době opravy 3–4 měsíce byla tato možnost zamítnuta a bylo rozhodnuto vytvořit jímku ze štětovnic. Vzdálenost štětovnic od paty zdi byla zvolena v rozmezí 6,0–7,1 m dle typu zdi, aby byl zajištěn dostatečný prostor pro pojezd vrtné soupravy na dně jímky, jejíž celková délka byla 137,5 m (pro oba typy zdi). V místech napojení štětovnic k nábrežním zdem bylo provedeno jejich zdvojení a prostor mezi nimi byl vyplněn jílovou zeminou jako těsnění. Před nátokem na Čertovku byl upraven tvar jímky tak, aby nedošlo k zahrazení vtokového potrubí. Po zaberanění štětovnic byly drapákem

Trysková injektáž podzákladí nábrežní zdi



Zařízení pro tryskovou injektáž bylo umístěno na lodě



umístěným na lodi odstraněny naplaveniny na dně jímky v rozsahu cca 750 m³.

Jímka byla navržena jako hydraulicky nevetknutá do nepropustného podloží. Čerpání průsaků po dobu 4 měsíců bylo v tomto případě prokazatelně levnější než beranění delších štětovnic vetknutých až do nepropustného podloží. Na dně jímky byl proveden dvouúrovňový systém odvodnění. Dolní úroveň byla tvořena drenážním potrubím, zaústěným do čerpacích studní. Horní úroveň tvořil štěrkový polštář mocnosti 0,15 m, který zároveň sloužil jako zpevněná plocha pro pojezd vrtné soupravy. Přítok do jímky (2400 l/min.) tvořil průsak pod patou štětovnicové stěny, průsak pod patou nábrežní zdi a průsak vlastním tělesem zdi a štětovnicovou stěnou.

Po odčerpání jímky byl zjištěn havarijní stav tělesa zdi pod úrovní hladiny. Šlo zejména o lokální výrony vody vlastním tělesem zdi a o plošné vyplavení spojovacího materiálu ze spár.

Pro vlastní opravu zdi byl zvolen následující technologický postup. Pomocí injektáží byly zvětšeny profily těles zdi, aby vyhovely novým statickým požadavkům. Před 110 lety byl maximálním nahodilým zatížením nábrežní komunikace koňský povoz, dnes je nábrežní komunikace zatížena podle mostní normy jako komunikace třídy A. Zpevnění zdi s vyplněním dutin bylo provedeno plošnou injektáží jílocementovou směsí v kombinaci s kořevními ocelovými trny, zasahujícími až do zeminy za rubem zdi. Pro vylepšení základových poměrů byla použita

trysková injektáž podloží zdi spolu s kotevními trny. Vrty ve zdivu byly umísťovány do spár mezi kameny tak, aby nebyl narušen pohledový líc zdi. Geometrie nového profilu a technologie provádění byla v horní partii zdi upravena s ohledem na průběh stávajících inženýrských sítí. Při provádění injektáží v horní partii zdi byl zjištěn výskyt kaveren a potvrzen tak předpoklad pohybu navážek za rubem zdi. Při povodni pravděpodobně došlo k propadu materiálu navážek po šikmém rubu zdi.

Po zainjektování paty zdi a vlastního tělesa pod čarou ponoru došlo ke snížení přítoku průsaků do jímky o cca 40 %. (Obecně: při odstraňování povodňových škod bylo v krátké době realizováno několik štětovnicových jímek. U jímek s nezpevněným břehem se objevily problémy s nezvladatelnými přítoky. Při návrhu jímky je totiž nutné uvažovat nejenom s přítokem vody pod patou štětovnic, ale také s přítokem z břehové části. Doporučení se týká hlavně části břehů s geologickým profilem, umožňujícím průlinový pohyb poříční vlny proudění podzemní vody směrem do jímky).

Po dokončení injektáží byly provedeny odvodňovací vrty až za rub zdi s roztečí po 2,5 m. Nově provedený profil zdi byl v podélném směru dilatován na dvě části tak, aby nový profil zdi vyhověl na délkovou roztažnost vlivem změny teploty. Dilatační spára šířky 40 mm byla příržnuta až za rub zdi nově vytvořeného tělesa v místě přechodu obou profilů i s ohledem na skutečnost, že zeď typu 1 byla

původně kryta rampou k náplavce. Dilatační spára byla vyplněna trvale elastickým tmelem.

Zapojení zdi do povodňové ochrany

Zajímavý je pohled na chování nábrežních zdi při extrémní povodni. Nábrežní zdi jsou jako tížná tělesa ve většině případů zapojeny do povodňové ochrany. Jejich založení v rámci povodňové ochrany je ovšem z hydraulického hlediska neporovnatelné s nově budovanou povodňovou ochranou v místech, kde nábrežní zdi nejsou – zde se většinou budují podzemní stěny, založené až do nepropustného podloží (např. Kosárkovo nábreží, Rohanské nábreží). Nábrežní zdi jsou založené na propustných terasách naplavenin o mocnosti 5,0 – 8,0 m. Hladina podzemní vody za rubem zdi odpovídá hladině v řece. Je možné konstatovat, že chráněné území za nábrežními zdmi bude při povodni zaplaveno stoupající hladinou podzemní vody do úrovně terénu. Nelze také vyloučit vztlakové účinky na vzdušní patě nově budovaných mobilních hradiček, projevující se jako „pochodující chodníky“. Při povodni v srpnu 2002 byly proto takto ohrožené chodníky na Starém městě přitěžovány pytli s pískem. S povodňovou ochranou tohoto území lze uvažovat pouze jako s ochranou proti povrchovému zaplavení na výšku odpovídající výšce mobilních hradiček.

Ing. Martin Jakoubek,
METROPROJEKT Praha, a. s.

... REALIZACE

Vlastní práce na opravě nábrežní zdi na Janáčkově nábreží byly zahájeny v září 2003, a to **zabraněním štětovnic jímky z lodi**. Dalším krokem bylo vytěžení bahnitých náplavů z prostoru jímky, které dosahovaly místy tloušťky až 2,5 m a celková kubatura vytěžená drapákem na nosiči LBH 863 byla zhruba 750 m³. V průběhu těžby bylo současně budováno zařízení staveniště, které bylo umístěno na ploše zpevněné náplavky na částečném záboru chodníku přímo nad zajišťovanou zdí a částečně i na lodi. Po vytěžení náplavů byla napojena štětová stěna na kamennou nábrežní zeď těsnicemi

Injektční vrty pro plošnou injektáž nábrežní zdi

komůrkami, které byly po vyplnění hlinitojílovitým materiálem dotěsněny jílocementovou směsí. Následně bylo zahájeno odčerpávání vody z prostoru jímky, zřizování čerpacích studní a jejich propojení drenážním potrubím. Po dokončení drenážního systému jímky jsme začali sypat drenážní a pojezdovou vrstvu kameniva, sestávající z vrstvy makadamu 32/63 v tloušťce 30 až 60 cm. Tato pojezdová vrstva, provedená z jedné zrnitosti frakce kamene, nebyla zpočátku dostatečně stabilní, ale po realizaci tryskové injektáže podzákladí a částečném prosycení kameniva vyplaveným materiálem došlo k jejímu

Vrtná souprava Böhler TC 110 při hloubení vrtů pro plošnou injektáž

zpevnění, takže sloužila jako výborná pojezdová plocha pro vrtnou soupravu i při následných pracích. Hlavní náplní prací společnosti Zakládání staveb, a. s., byly tryskové injektáže v podzákladí nábrežní zdi, plošná injektáž zdi, zabudování kotevních trnů a odvodnění rubu nábrežní zdi. Jako subdodávka bylo provedeno spárování zdiva v celé lícové ploše a rozdělení zdi na dilatační celky dle projektu.

Trysková injektáž podzákladí zdi byla uskutečněna v navrženém rastru vrtů, které byly přes základové zdivo zdi vyhloubeny rotačně-přiklepovým vrtním na plnou čelbu pomocí vrtné soupravy MSV se spodovým klavidem. Do podzákladí pak byly vrty prohloubeny opět ploščelbovým vrtním, ale vrtnou soupravou Hütte, přes kterou byla již





Napojení injekční hadice při plošné injektáži zdi

provedena vlastní trysková injektáž. Kontrola účinku tryskové injektáže v podzákladí zdi byla provedena klasickou usměrněnou injektáží z manžetových trubek osazených ve sloupech tryskové injektáže. Kritériem zpevnění byly protrhávací tlaky, nutné k průniku směsi do zpevněného prostředí vytryskaných sloupů. Ve všech případech bylo prokázáno podstatné zvýšení protrhávacích tlaků, a tedy dobrá účinnost provedené tryskové injektáže.

Vrty pro plošnou injektáž v líčové ploše zdi byly ve spodních řadách vyhloubeny vrtnou soupravou Böhler TC 110 a ve vyšších řadách byly tyto vrty vyhloubeny vrtným kladivem Permon VK 15 z lešení. V omezeném manévrovacím prostoru uzavřené jímky se vrtná souprava Böhler TC 110 velmi dobře uplatnila kinematikou vrtné lafety a rychlým vrtným postupem. Při hloubení vrtů v pravidelném rastru na líčové ploše zdi byl odhalen skutečný technický stav nábržeňní zdi, kde počet kaveren, nespojitostí a rozvolněných míst byl větší, než předpokládal projekt. Tak také došlo k nadspotřebě injekčních směsí o zhruba 21 % oproti projektovanému množství.

Vrty pro kotevní trny byly vyhloubeny opět příklepným ploščelbovým vrtáním a zasahovaly až

Opravená zed typu I; spáry byly vysekány do hloubky 70 mm a nově přespárovány



Pohled z chodníku dolů na nově proříznutou dilatační spáru.

za rub zdi, aby trny propojily zed s rostlou horninou za rubem.

Současně s osazováním a injektáží trnů byly zahájeny **práce na odvodnění za rubem zdi** a hloubkovém spárování zdiva líce zdi. Subdodavatelem na spárování zdi byla společnost Ave-Servis. Její práce ale zasáhly do zimního období, a proto musely být prováděny s ohledem na denní i noční teploty, které pro vlastní spárování nesměly být nižší než +5 °C. (Vysekávání a čištění spár i povrchové čištění zdi bylo možno provádět souvisle, bez omezení venkovními teplotami.)

Technickým problémem se stalo **provedení dilatační spáry na celou tloušťku zdi** – až 2,5 m, jejíž provedení v šířce 40 mm bylo oprávněným požadavkem projektanta. Na proříznutí zdi souvislým řezem nebyly nalezeny vhodné prostředky, ani použití prořezávacího lana nebylo možné s ohledem na síť uloženou v chodníku. Byly proto provedeny dva rovnoběžné řezy diamantovou pilou v líci zdi o vzájemné vzdálenosti 40 mm a na hloubku 650 mm. Zbývající tloušťka zdi byla rozrušena vrty vyhloubenými ve svislém vějíři z úrovně chodníku. Po vyčištění byla dilatační spára vyplněna trvale pružným tmelem dle projektu.



Celkový pohled na pracoviště při opravě zdi

Celková délka opravované zdi 137,5 m napomohla k rychlejšímu sledu navazujících operací, které bylo možno provádět v souběhu, takže na stavbě probíhaly dvě až tři navazující operace současně. Přes veškerou snahu se nepodařilo práce provést najednou a jednorázově ukončit, protože prostor u trubního vtoku do Čertovky bude přístupný až po snížení hladiny vody v řece, které je možné pouze v plavební odstávce, plánované na říjen 2004. Je zřejmé, že práce na opravách stávajících konstrukcí jsou vždy komplikovány skutečnostími, které se projeví teprve při vlastní realizaci. Proto je nutná úzká spolupráce projektanta i investora, která v případě popisované stavby fungovala velmi dobře. Veškeré vynucené změny oproti projektu byly velmi operativně a fundovaně řešeny projektantem ing. Jakoubkem (Metroprojekt Praha, a. s.) za aktivní účasti zástupce investora ing. Nejedlého (Povodí Vltavy, s. p.).

Jaroslav Lehoučka, Zakládání staveb, a. s.
Foto u článků: Ing. Martin Čejka, Ing. Martin Jakoubek, Ing. Libor Štěrba
Repro projektové dokumentace: Metroprojekt Praha, a. s.



Reconstruction of riverbank walls of the Janáčkov Embankment

The article describes reconstruction works on the riverbank walls on the left bank of the Vltava River, directly before the Smíchov navigation lock in the length of 137,5 m on approx. 53,96 to 53,82 river kilometres. In the reconstruction project the commissioner and investor, the Povodí Vltavy, State Enterprise, ordered a complex reconstruction of walls, including improvements regarding their stability parameters. The design was elaborated by the Metroprojekt Praha, Co. The reconstruction of the riverbank walls was carried out by the Zakládání staveb, Co., at the turn of the years 2003 and 2004.