

ZŘÍCENÍ NÁBŘEŽNÍ ZDI A HAVÁRIE ODVOZNÍ SOUPRAVY

Miloš Lavický¹, Jan Pěncík²

Abstrakt

Příspěvek obsahuje posouzení příčin zřícení nábrežní opěrné zdi Pulčinského potoka a poškození místní komunikace. Nábrežní opěrná zeď byla provedena z betonu tak velmi nízké kvality, že nebylo možné provést žádnou z normových zkoušek pro stanovení pevnosti betonu. Ke kolapsu došlo v okamžiku, kdy zde projížděla dřevem naložená odvozní souprava sestávající z automobilu T 815 a oplenového přívěsu, která se v důsledku havárie zdi a následného uvolnění krajnice převrátila do potoka. Při havárii byl zraněn řidič a došlo k poškození odvozní soupravy.

KDE A JAK?

Okolnosti havárie

Místní komunikace z Pulčína před křižovatkou se silnicí 57 mezi obcemi Lužná a Lidečko vede pod kamenným železničním mostem. Vozovka se z obou stran před ním zužuje, neboť oba jízdní pruhy vozovky procházejí jedním obloukem mostu. Je ohraničena z jedné strany skalnatým svahem a z druhé strany ji lemuje nábrežní zeď Pulčinského potoka. Dne 6. 9. 2006 směrem od Pulčína k mostu přijížděla dřevem naložená odvozní souprava sestávající



Foto č. 1 – Havárie odvozní soupravy

z nákladního automobilu Tatra T 815 a oplenového přívěsu. Řidič odvozní soupravy tento úsek dobře znal a věděl, jakou má volit jízdní dráhu, aby bez potíží projel mostním obloukem. Pomalu najížděl do mírné zatáčky před železničním mostem, když najednou se stalo něco nečekávaného. Automobil se prudce smýkl na pravou stranu a převrátil do Pulčinského potoka. Při projíždění odvozní soupravy totiž došlo k utržení krajnice vozovky v důsledku porušení nábrežní zdi, která se náhle zřítila v délce cca 12,70 m (Foto č. 1).

Popis konstrukce

Šířka vozovky v místě, kde došlo k havárii, je 3 až 3,5 m. Výška nábrežní zdi měřená ode dna Pulčinského potoka ke koruně zdi činí na začátku zříceného úseku (ve směru toku potoka) cca 2,3 m a na jeho konci cca 2,6 m. V koruně zdi je betonová obruba široká 460 mm a vysoká 250 mm, do které byly zabetonovány ocelové sloupky svodidla. Obruba v tl. 145 mm vyčnívá 90 mm před líc zdi. Tloušťka stěny pod

¹ Lavický, Miloš, Ing., Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství, Veveří 95, 662 37 Brno, 541147 406, lavicky.m@fce.vutbr.cz

² Pěncík, Jan, Ing., Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 95, 662 37 Brno, 541147 363, pencik.j@fce.vutbr.cz

**XVII. Mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství
Brno, 25. – 26. 1. 2008**

obrúbou je konstantní 380 – 400 mm, avšak u paty je na výšce 500 mm ode dna potoka rozšířena o cca 85 mm. Hloubka potoka v době místního šetření na začátku zříceného úseku u paty zdi byla cca 100 mm.

Zjištěný stav konstrukce

Nábřežní zeď byla zřetelně vykloněna (Foto č. 2 a 3). Hodnota odklonu od svislé roviny měřená v nezřícené části zdi bližší k železničnímu mostu činila cca 110 mm. Beton zdi vykazoval značně nízkou kvalitu a svým charakterem nesplňoval kritéria konstrukčního betonu. Byl tvořen hrubým kamenivem spojeným pojivem velmi malé pevnosti.



Foto č. 2 – Na fotografii je patrné značné naklonění nábřežní zdi



Foto č. 3 – Detailní pohled na korunu nábřežní zdi

Normalizované zkoušky betonu za účelem zjištění jeho pevnosti nemohly být provedeny. Struktura materiálu nábřežní zdi neumožňovala připravit zkušební místa tak, aby splňovaly podmínky předepsané pro tvrdoměrné zkoušky Schmidtovým kladívkem. Rovněž odvrtání vzorků pro zkoušku pevnosti betonu ve zkušební laboratoři nebylo možné uskutečnit v důsledku jeho malé pevnosti a rozdrolování. Proto pro vytvoření představy o pevnosti betonu zdi byla použita pouze orientační zkouška špičákem (Foto č. 4). Na okraji zříceného úseku zdi, kde se nacházel v době havárie opleňový přívěs, byl vnik špičáku menší (cca 70 mm) než na opačné straně (80 až 100 mm). Tato zkouška, která je již svým charakterem orientační a navíc byla ovlivněna tím, že materiál nábřežní zdi byl jakýmsi slepencem hrubého kameniva neodpovídajícím charakteru běžného betonu, pro který je zkouška betonu koncipována, a odpor proti vnikání hrotu špičáku bylo



Foto č. 4 – Orientační zkouška špičákem

**XVII. Mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství
Brno, 25. – 26. 1. 2008**

možné přisoudit spíše sevření hrubého kameniva než jeho pojivu, ukázala, že beton nábrežní zdi nelze zařadit ani do třídy betonu B5, která je jako nejnižší třída uvedena v ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí [4].

PROČ?

Stanovení znaleckého úkolu

Havárie byla zdůvodňována jízdou dřevem přetížené soupravy. Za viníka byl označen provozovatel odvozní soupravy a byla od něj požadována úhrada na opravu nábrežní zdi a přílehlé komunikace. Protože zjevně nekvalitní provedení nábrežní zdi správnost takového názoru zpochybňovalo, byl provozovatelem odvozní soupravy objednán znalecký posudek [8], v kterém se požadovalo posouzení a zodpovězení následujících otázek:

- Jaké byly příčiny zřícení části nábrežní zdi Pulčinského potoka a následného utržení krajnice vozovky?
- Vyhovuje nábrežní zeď z hlediska statiky požadavkům, které jsou na tyto konstrukce kladeny platnými normami?
- Vyhovuje materiál nábrežní zdi obecně platným a normovým konstrukčním zásadám?
- Odpovídala havarovaná souprava svou hmotností ustanovením současně platných předpisů.

Řešení otázek

Pro potvrzení závěrů šetření a ověření, do jaké míry havarovaná zeď vyhovuje statickým požadavkům, které musí konstrukce tohoto typu splňovat, byl proveden statický výpočet.

Znaky porušení a statický rozbor nábrežní zdi ukázaly, že v první fázi havárie v oblasti přírůstku zemního tlaku od kolových tlaků nákladního automobilu Tatra T 815 došlo k selhání nejbližší části nábrežní zdi. V další fázi se v důsledku příčného roznosu zatížení zdi a ocelovým svodidlem porušila další část zdi směrem k místu, kde se nacházel oplenský přívěs. Pravá kola nákladního automobilu se ocitla na klínu zeminy, který se v důsledku porušení zdi sesunul do potoka. Nákladní automobil se naklonil, příčně posunul a pak převrátil pravým bokem do koryta potoka. V důsledku torzní tuhosti oje a nákladu byl převrženým automobilem převrácen i oplenský přívěs.



Foto č. 5 – Rýhy od pneumatik nákladního automobilu T 815

Ještě v době místního šetření, které se konalo téměř po dvou měsících od doby havárie, byly patrné stopy na vozovce po příčném posunu levých kol nákladního automobilu (Foto č. 5).

Statický výpočet byl proveden s uplatněním soustavy platných českých norem. Pro stanovení účinků od zatížení dopravou byla použita norma ČSN 73 6203 Zatížení mostů [5], která platí nejen pro stanovení zatížení na mostních objektech ale

**XVII. Mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství
Brno, 25. – 26. 1. 2008**

také pro určení zatížení inženýrských staveb, které jsou namáhány zatížením na komunikaci. Byl uvažován aktivní zemní tlak a pro jeho stanovení se ve statickém výpočtu vycházelo z ČSN 73 0037 Zemní tlak na stavební konstrukce [2]. Výpočtové charakteristiky zeminy byly stanoveny s uplatněním ČSN 73 1001 Základová půda pod plošnými základy [3], přičemž bylo uvažováno s třením mezi rubem zdi a zeminou. Posouzení stěny na účinky zemního tlaku bylo provedeno podle normy ČSN 72 1201 Navrhování betonových konstrukcí [4] pro charakteristiky betonu stanovené podle Tab. 1 pro třídu betonu B5 a pro charakteristiky určené extrapolací tabulkových hodnot pro fiktivní třídu betonu o jednu třídu nižší, než je v této tabulce normy uvedena.

S uvažováním uvedených materiálových charakteristik byl statický výpočet proveden na zatížení normového vozidla podle ČSN 73 6203 Zatížení mostů [5], které zkoumaná zeď měla spolehlivě přenést, a na zatížení předmětného automobilu, které je uvedeno v jeho technickém průkazu.

Rozhodující zatěžovací případ vznikl při uvažování přetížení osamělým břemenem, kterým bylo idealizováno zatížení od kolového tlaku vozidla. Kolový tlak normového vozidla byl uvažován podle Tab. 8 ČSN 73 6203 Zatížení mostů [5] jako polovina nápravových sil hodnotou $100/2 = 50$ kN. Kolový tlak předmětného automobilu byl uvažován jako polovina největší technicky přípustné (povolené) tíhy na nápravu podle technického průkazu hodnotou $71,6/2 = 35,8$ kN. Působíště břemene bylo uvažováno ve vzdálenosti od rubu zdi u normového vozidla 0,3 m, protože nebylo bráněno najetí vozidla do této blízkosti. Pro předmětné vozidlo byla vzdálenost působíště břemene do výpočtu zavedena hodnotou 0,6 m, což vyplývá z polohy pravých kol automobilu v okamžiku kolapsu nábrežní zdi.

Ze statických výpočtů jednoznačně vyplývalo, že zeď neměla dodatečnou únosnost a nevyhověla na mez porušení ohybovým momentem a normálovou silou při uvažování zatížení jak normovým vozidlem tak i předmětným automobilem. Charakter skutečného porušení zdi a přilehlé části komunikace ukazoval na soulad s porušením plynoucím z výsledků statických výpočtů.



Foto č. 6 – Struktura materiálu nábrežní zdi

Materiál nábrežní zdi byl z hlediska kvality zjevně nevyhovující (Foto č. 6). I když podle platné české normy ČSN 73 1201 Navrhování betonových konstrukcí [4] se třída betonu pro prvky z prostého betonu neomezuje, lze charakterizovat materiál nábrežní zdi jako zcela nevhodný pro nosnou konstrukci, neboť neodpovídal ani nejnižší třídě betonu B5.

Odvozní souprava nebyla přetížena.

Náklad soupravy tvořilo $22,91 \text{ m}^3$ smrkového dřeva, což při objemové hmotnosti o dřeva 870 kg/m^3 činilo $19\,930 \text{ kg}$. Uplatněná hodnota objemové hmotnosti je uváděna v literatuře (např. [7]) jako průměrná objemová hmotnost syrového smrkového dřeva. Přepřavované dřevo bylo již poměrně vyschlé a skutečnou objemovou hmotnost bylo možné předpokládat i nižší. Provozní hmotnost nákladního automobilu podle technického průkazu je $13\,255 \text{ kg}$ a oplnového přívěsu $3\,900 \text{ kg}$. Celková hmotnost odvozní souprava a jejího nákladu byla cca $37\,085 \text{ kg}$ a byla tedy menší než technicky přípustná hmotnost odvozní soupravy $40\,000 \text{ kg}$. Hmotnost nákladního vozidla a části nákladu zatěžujícího nákladní vozidlo byla stanovena na $22\,225 \text{ kg}$, tedy méně než je jeho technicky přípustná hmotnost $23\,160 \text{ kg}$. Náhradní

**XVII. Mezinárodní vědecká konference soudního inženýrství
Brno, 25. – 26. 1. 2008**

rovnoměrné zatížení na půdorysnou plochu vozidla vycházelo $13,68 \text{ kN/m}^2$, což bylo méně než nejmenší limitní hodnota stanovená podle ČSN 73 6203 Zatížení mostů [5] $14,67 \text{ kN/m}^2$ pro normová vozidla pro zatěžovací třídu B – mosty převádějící místní komunikace funkční třídy C podle ČSN 73 6110. Odvozní souprava svou hmotností vyhovovala požadavkům na největší povolené hmotnosti silničních vozidel, zvláštních vozidel a jejich rozdělení na nápravy, které obsahuje Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů 341/2002 Sb. ze dne 11. července 2002 o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích [6].

ZÁVĚR

Znaky a charakter porušení nábrežní zdi ukazovaly, že příčinou jejímu kolapsu, který nastal v době, kdy zde projížděla dřevem naložená odvozní souprava sestávající z automobilu Tatra T 815 a oplenového přívěsu, která se v důsledku zřícení zdi převrátila do koryta Pulčinského potoka, byla její nedostatečná únosnost zapříčiněná velmi malou pevností materiálu. Potvrdily to i výsledky statických výpočtů.

Příspěvek vznikl s pomocí výzkumného záměru MSM0021630511 “Progresivní stavební materiály s využitím druhotných surovin a jejich vliv na životnost konstrukcí” na fakultě stavební VUT v Brně.

LITERATURA

- [1] ČSN 73 0035 *Zatížení stavebních konstrukcí*. ÚNM, 1988, Praha
- [2] ČSN 73 0037 *Zemní tlak na stavební konstrukce*. ÚNM, 1990, Praha
- [3] ČSN 73 1001 *Základová půda pod plošnými základy*. ÚNM, 1987, Praha
- [4] ČSN 73 1201 *Navrhování betonových konstrukcí*. ÚNM, 1986, Praha
- [5] ČSN 73 6203 *Zatížení mostů*. ÚNM, 1986, Praha
- [6] 341/2002 Sb. *Vyhláška Ministerstva dopravy a spojů ze dne 11. července 2002 o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích*. Změna: 100/2003 Sb.
- [7] DUTKO, Pavel, LEDERER, Ferdinand, FERJENČÍK, Pavel, ČÍŽEK, Ludvik: *Drevené konstrukce*. Alfa, Bratislava, 1976
- [8] LAVICKÝ, Miloš: *Znalecký posudek ve věci stanovení příčin zřícení nábrežní zdi Pulčinského potoka a poškození místní komunikace u železničního mostu u obce Lidečko*. Hrušovany u Brna, 2006