

Využití antivibračních a protihlukových rohoží u ČD

Petr JASANSKÝ

Ing. Petr JASANSKÝ, České dráhy s.o., Technická ústředna dopravní cesty, Oddělení železničního svršku a spodku, Bělehradská 22, 120 00 Praha 2

Abstrakt

V souvislosti s modernizací koridorových tratí Českých drah (dále jen ČD) se dostala do popředí otázka snižování úrovně hluku a vibrací vznikajících od železniční dopravy. Pro splnění nejvyšších přípustných imisních hodnot (hygienických limitů) pro výše uvedené jevy je potřeba v některých úsecích železničních tratí provést patřičná stavební a konstrukční opatření. Tento příspěvek se zabývá především použitím pružných rohoží vkládaných do konstrukce pražcového podloží za účelem snížení vibrací šířících se z konstrukce tělesa dráhy do okolního prostředí a dále působících na člověka. Tyto rohože jsou testovány na zřízených zkušebních úsecích na tratích Českých drah. V současné době jsou ve fázi tvorby Obecné technické podmínky pro antivibrační rohože u ČD.

Úvod

Problematikou imisí hluku a vibrací, tj. jejich dopadem na okolí železniční trati, se ČD před modernizací koridorových tratí nijak rozsáhleji systematicky nezabývaly. V rámci úkolu technického rozvoje byla na vybraných místech provedena měření úrovně hluku a vibrací před a po modernizaci tratí na vybraných místech pro možnost porovnání vlivu provedených stavebních prací (technických úprav) na jejich snížení.

Při modernizačních pracích byly použity moderní konstrukční prvky na železničním svršku tj. především upevnění kolejnic pomocí pružných spon a svěrek, použití podložek pod patou kolejnice při bezpodkladnicovém uložení, zřízení bezstykové koleje, které mají rovněž svůj podíl na snižování emisí hluku a především vibrací, které se šíří zemí.

Přesto se však na tratích vyskytla místa, kde po provedeném měření vibrací bylo nutno přistoupit k přijetí technického opatření, protože z dosažených výsledků bylo nutno konstatovat, že pouhá vlastní modernizace ke splnění hygienických limitů nepostačí. Toto technické opatření bylo nutné zapracovat do prováděcích dokumentací staveb a v rámci těchto případů byly zřízeny zkušební úseky s vloženými antivibračními rohožemi, o kterých bude pojednáno později.

Návrh antivibračního opatření

Konkrétnímu návrhu antivibračního opatření předchází několik nezbytných činností. V první řadě je to měření stávajících úrovní vibrací na exponovaných místech (v budovách). Tato místa jsou zvolena po dohodě s hygienickou službou. Měření se řídí platnou legislativou, což pro tuto oblast představuje především nařízení vlády ČR č. 502/2000 Sb. "o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací (dříve vyhláška MZ ČSR č. 13/1977 Sb.), dále norma ČSN ISO 2631 1-3/1994 "Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím. Nepřerušované vibrace a rázy v budovách (1-80 Hz)" a příslušného metodického návodu MZ ČR.

Vibrace mohou být z provedených měření popisovány následujícími fyzikálními veličinami. Lze je vyjádřit v hladinách zrychlení vibrací L_{at} v třetinooktávových kmitočtových pásmech vztažených k referenčnímu zrychlení $a_0 = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m.s}^{-2}$ v rozsahu 1 až 80 Hz vyjádřených v dB nebo efektivními hodnotami zrychlení vibrací a_{et} v třetinooktávových pásmech v m.s^{-2} . Možné je rovněž vyjádření formou vážené hladiny zrychlení vibrací L_{aw} v dB nebo váženou efektivní hodnotou zrychlení vibrací a_{ew} v m.s^{-2} .

Vztahy pro výpočet a definice výše uvedených veličin jsou podrobně uvedeny v nařízení vlády ČR č. 502/2000 Sb. a příloze č.1 tohoto nařízení, a proto zde nejsou, z důvodu zaměření tohoto příspěvku na konkrétní případy, podrobněji uváděny.

Při prováděném měření v terénu je rovněž sledována projatá zátěž, jejíž účinky jsou měřeny. Znamená to, že se zachycují další doplňující informace pro interpretaci měření jako jsou zejména druh vlaku (osobní – případně kategorie EC, IC, R, Os; nákladní – vozy s cisternami, uzavřené vozy, otevřené vozy; ložený nebo prázdný;

lokomotivní; pracovní; atp.), dále průběh jízdy v úrovni místa měření, zda vlak například brzdil nebo se rozjížděl, čas a směr ve kterém vlak projížděl, případně nějaké další podstatné okolnosti, které mohou mít vliv na výsledek měření.

Po posouzení naměřených hodnot, kdy je konstatováno, že pro splnění hygienických limitů je potřebné provést antivibrační opatření, se určí jeho rozsah, který je zpracován do dokumentace. Prakticky se jedná o vložení antivibračních rohoží do konstrukce pražcového podloží jako pružného elementu, který absorbcí části energie snižuje hodnotu vibrací, která se pak dále šíří pevným okolním prostředím. Naměřené hodnoty v budovách jsou určitou výslednicí jak dopravního provozu (rychlost vlaků, tonáž,...), tak i ostatních faktorů (statický stav budov, geologické poměry, ...)

Rohože jako prostředek pro snižování hladin vibrací

Antivibrační rohože jsou praktickým prostředkem pro redukci hladin vibrací ve stavitelství. V případě železničního stavitelství jsou tyto rohože používány v konstrukci pražcového podloží.

Rohože jsou kladeny buď přímo pod kolejové lože nebo na rovnou upravenou zemní pláň a mezi rohoží a kolejovým ložem je zřízena konstrukční vrstva. První případ se většinou používá při použití rohoží na umělých objektech jako jsou mosty, tunely, podchody apod. Druhá varianta je zpravidla volena při aplikaci na širé trati nebo v dopravnách.

Rohože tvoří souvislý pás zpravidla na šíři zemní pláně nebo konstrukce umělých staveb. Zde může být rohoží pokryta i část konstrukce svislé. Pro přechod z vodorovného uložení do uložení svislého se obvykle používá přechodových profilů. Jelikož položená rohož je nepropustná, je kladen velký důraz na kvalitní úpravu podkladu a vyspádování směrem k odvodňovacímu zařízení. U umělých staveb je velice důležité vložení rohoží neovlivnit funkčnost odvodnění, a proto jsou nezbytné některé drobné úpravy na rohožích (např. vyvrtání otvorů v rohožích uložených na mostě v úrovni odvodňovacích kanálků mostu, apod.).

V souvislosti s použitím antivibračních rohoží ve skladbě pražcového podloží se objevuje jedna závažná otázka, kterou bude potřeba do budoucna řešit. Jedná se o problém modulů přetvárnosti dosažených na vrstvách situovaných nad rohožemi. Jelikož položené rohože se chovají jako pružný prvek, předepsané měřené hodnoty modulů přetvárnosti nedosahují minimálních hodnot stanovených předpisem ČD S4, příloha č.4.

Zkušební úseky s antivibračními rohožemi na ČD

České dráhy provozně ověřují antivibrační rohože od května roku 2000, kdy byl zřízen první zkušební úsek (dále jen ZÚ) v rámci modernizace trati Praha – Děčín, úsek Vraňany – Hněvice, u železniční zastávky Horní Počaply v koleji č.2 na délce 200 m.

Na tomto zkušebním úseku jsou položeny antivibrační rohože Belar výrobce Bohemiaelast a.s. Hovorčovice. Tyto rohože jsou na bázi recyklované pryžové drti pojené polybutadien-polyuretanovým pojivem. Recyklovaná pryžová drť je získána jako druhotná surovina z použitých automobilových pneumatik a použité pojivo je Krasol z produkce firmy Kaučuk a.s., Kralupy nad Vltavou. Rohože jsou vyráběny a byly dodány o rozměrech 1500 x 500 x 25 mm. Na ZÚ byly položeny v podélném směru v osmi řadách na upravenou zemní pláň. Ta byla zlepšena vápennou stabilizací a nerovnosti byly vyrovnány zaválcováním výsivky. Pokládka probíhala ručně ve vytyčeném směru s vzájemným přesahem podélných řad o cca 30 cm. Vzájemná držebnost spojení jednotlivých rohoží v obou směrech je zvýšena zámkami, kterými jsou rohože opatřeny. Jedná se o úpravu (výřezy na polovičku tloušťky rohože) na okrajích o rozměrech 12,5 x 20 mm, která umožňuje vzájemné spojení sousedních rohoží. Na rohož je zřízena konstrukční vrstva šterkodrti frakce 0-32 mm tloušťky 24 cm a poté následuje kolejové lože tloušťky 35 cm.

Na podzim loňského roku při kontrolním měření, zhruba po jednom roce provozu, byl vyjmut vzorek rohože Belar pro provedení kontrolních laboratorních testů pro srovnání s vlastnostmi rohože nepoužité. Při vyjmutí vzorek nevykazoval žádné zjevné známky poškození nebo změny tvaru, vizuálně odpovídal materiálu použitého v daném prostředí. Tato odebraná část byla nahrazena rohoží novou.

Vlastní laboratorní zkoušky na vyjmutém vzorku provedla akreditovaná laboratoř Institutu pro testování a certifikaci ve Zlíně. Dosažené výsledky prokázaly, že u odebraného vzorku nedošlo k žádné významné změně sledovaných vlastností a tím pádem ke ztrátě požadované funkčnosti rohože v konstrukci pražcového podloží.

Dosažené moduly přetvárnosti na pláni tělesa železničního spodku a kolejovém loži při zřízení pochopitelně nedosáhly hodnot požadovaných předpisem ČD S4. Při opakovaném měření po roce provozu lze sledovat nárůst hodnot modulů přetvárnosti. Pro ilustraci jsou hodnoty a jejich procentuální nárůst uvedeny v následující tabulce.

Staničení km	Místo měření	Modul přetvárnosti 2000 /MPa/	Modul přetvárnosti 2001 /MPa/	Nárůst modulu přetvárnosti /%/
463,300	Kolejové lože	42,90	58,40	36,13
463,350	Pláň tělesa žel. spodku	20,60	32,10	55,83
463,350	Kolejové lože	44,60	63,40	42,15
463,400	Kolejové lože	55,60	88,20	58,63
463,450	Pláň tělesa žel. spodku	23,70	31,30	32,07
463,450	Kolejové lože	52,30	78,90	50,86

Druhý zkušební úsek, který v této oblasti ČD mají, je situován při železniční zastávce Starý Kolín na trati Praha - Česká Třebová, úsek Kolín - Záboří nad Labem v koleji č. 1 a 2. Tento ZÚ byl zřízen v roce 2001 v rámci modernizace části úseku této trati.

Zde je položena antivibrační rohož USM 700 dodavatele Sedra Praha, s. r. o. a výrobcem je firma Pragoelast a. s. Praha. Z hlediska materiálového složení jsou tyto rohože obdobou rohoží Belar, jedná se tedy druhotný pryžový granulát a syntetické pojivo.

Rohože v obou traťových kolejích jsou položeny opět na stabilizované zemní pláni, na nich je zřízena konstrukční vrstva šterkodrti frakce 0-32 mm tloušťky 20 cm a kolejové lože tloušťky 40 cm.

Výjimkou je oblast nově zřízeného mimoúrovňového podchodu, kde je vlastní rohož uložena na izolace konstrukce podchodu a na ní je zřízeno přímo kolejové lože. Z důvodu výškového řešení podchodu zde nebylo možno zřídit konstrukční vrstvu jako u přilehlých traťových úsecích.

V koleji č. 1 nebyly rohože položeny kontinuálně, bylo zde 50 m vynecháno, neboť v této části se nenachází obytná zástavba, ale sportovní hřiště. V této koleji nejsou rohože vybaveny zámky pro zaklesnutí, byly kladeny pouze na sraz. V koleji č. 2 už rohože zámky měly a napojení obou druhů rohoží bylo provedeno doměrkem zřízeným z bezzámkových rohoží v oblasti osy os. Rozměry rohoží USM 700 jsou 1000 x 2000 x 25 mm.

Tento ZÚ bohužel není dokončen v plném rozsahu. Důvodem je umístění dočasné výhybny ve Starém Kolíně, takže dokončení pokládky rohoží bude provedeno v následující etapě modernizace po zrušení dočasné výhybny.

Posledním úsekem s vloženou antivibrační rohoží je ZÚ, který byl zřízen v rámci stavby rekonstrukce mostu nad ulicí Bělehradská v Praze 2. Ocelový most byl rekonstruován do podoby mostu s průběžným kolejovým ložem a jelikož se tento objekt nachází v občanské zástavbě, bylo rozhodnuto položit na ocelové vany mostů (jedná se o dva samostatné objekty) antivibrační rohož do obou kolejí.

Zde byla vložena antivibrační rohož německého výrobce PHOENIX AG Hamburg, konkrétně typ S22-02. Jedná se o rohož vyrobenou z nové pryže, která má komorový profil a je dodávána v pasech délky 15 m a o rozměrech 625 x 22 mm. Pasy jsou položeny v podélném směru na podlaze a bočnicích vany, vzájemné spojení sousedních pasů je provedeno zaklesnutím krajních profilů, kterými jsou vybaveny. Pro snadné spojení rohoží je potřeba potřít spojované konce mýdlovou vodou. Aby byla dodržena

podmínka nepropustnosti, jsou spoje rohoží přelepovány rezistentní páskou pomocí lepidla Phoenix G 2000, které se rovněž používá při fixování rohoží na vertikální konstrukce, jako tomu bylo v případě bočních stěn vany, kde byly pasy rovněž nalepovány. Vkládané pasy rohoží je pochopitelně možné upravovat na potřebné rozměry seřezáváním pomocí speciálního nože na pryž, což zde bylo nutné, neboť oba mosty se nacházejí v obloucích s převýšením. V závěru pokládky byly ještě speciálním vrtákem vyvrtány otvory v místech odvodňovacích kanálků v konstrukci mostu, které slouží k odvedení srážkové vody ze železničního svršku na mostě. Na položenou antivibrační rohož bylo zřízeno přímo kolejové lože z hrubého drceného kameniva frakce 32-63 mm.

Vyhodnocení antivibračního opatření

Při průběžném sledování ZÚ s vloženými antivibračními rohožemi je sledováno jejich chování, prováděny a vyhodnocovány vybrané zkoušky a měření, odebírají se vzorky pro provádění laboratorních zkoušek. Jde především o provádění statických zatěžovacích zkoušek na pláni tělesa železničního spodku a kolejovém loži, zpravidla v rozsahu menším než bylo provedeno při zřizování, provádí se vizuální kontrola stavu rohože na zvoleném místě a po určité době expozice rohože v provozu se odebírá vzorek pro provedení laboratorních zkoušek a porovnání změn vlastností rohože. Jako doplňující se provádí nivelace úseku a sledování výsledků jízd měřících prostředků (měřícího vozu), a to zejména výškových parametrů koleje.

Ke komplexnímu vyhodnocení účinnosti vložených rohoží je potřeba především provést opakované měření úrovně hladin vibrací a to za stejných podmínek, jako bylo provedeno měření prvotní, aby bylo možné co nejpřesněji stanovit efektivnost antivibračního opatření.

Na ZÚ ve Starém Kolíně bylo toto měření provedeno v listopadu loňského roku. Z výsledků měření vyplynulo, že pro vibrace ve vertikálním směru, které jsou zde dominantní a rozhodující, byla zjištěna hodnota 68,6 dB, která splňuje nejvyšší přípustnou váženou hladinu zrychlení vibrací pro obytné místnosti, která činí 74 dB pro dobu od 22.00-6.00 hodin. Původní nejvyšší naměřená vážená hladina vibrací ve vertikálním směru byla 81,9 dB. Vložené rohože tedy splnily svůj účel a byla dosažena hodnota splňující limity stanovené v nařízení vlády ČR č. 502/2000 Sb.

V případě ZÚ na Bělehradské ulici bylo měření vibrací po rekonstrukci mostu, také provedeno, žel dosažené výsledky bylo možno pouze porovnat s předepsanými hygienickými limity, neboť měření před provedením stavby nebylo realizováno, byly měřeny pouze hlukové emise. Z naměřených hodnot vážených hladin vibrací vyplynulo, že až na jednu drobnou výjimku (překročení stanoveného limitu o 1 dB v prostorech, které nejsou obytné (restaurace) a u bytových jednotek umístěných v horních podlažích budovy lze předpokládat útlum a tudíž splnění předepsaných limitů.

Budoucnost použití antivibračních rohoží u ČD

Do budoucna lze předpokládat širší použití těchto prvků v konstrukci pražcového podloží na tratích Českých drah. Z tohoto důvodu jsou v současné době zpracovávány Obecné technické podmínky pro antivibrační rohože pro použití na ČD. Při jejich tvorbě se opíráme především o zkušenosti DB, které již podobný materiál mají zpracovaný a který je již i novelizován.

Důležitým faktorem pro použití těchto materiálů je i jejich pořizovací cena, která není zanedbatelná, a proto je nutné racionální uvážení, jaký typ a v jakém nezbytném rozsahu je použít. Právě výsledky z těchto zkušebních úseků by měly být pro ČD jedním z podkladů při schvalování o jejich umístění.

Z hlediska vlastní pokládky a montáže se rohože, jako zabudovávaný materiál, nejeví problematické. Při zřizování všech tří ZÚ probíhaly práce bezproblémově a poměrně rychle. Bylo nutno rovněž brát v úvahu, že pro zhotovitele to rovněž nebyly běžné záležitosti a lze konstatovat, že se s nimi vypořádali na profesionální úrovni a kvalita provedené práce byla výborná. Při pokládkách vždy byli přítomni zástupci výrobců nebo dodavatelů coby odborní poradci.

Čas a finanční prostředky ukáží v jaké míře se tyto materiály uplatní. České dráhy jsou však připraveny provozovat na svých tratích dopravu, která je nejen rychlá,

bezpečná a spolehlivá, ale i ohleduplná ke svému okolí, a proto nelze otázky jejího možného negativního působení na člověka neřešit.

Literatura

- [1] Nařízení vlády ČR č. 502/2000 Sb. "o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací" ze dne 27. listopadu 2000
- [2] ČSN ISO 2631 1-3/1994 Hodnocení expozice člověka celkovým vibracím, 1999
- [3] URBÁNEK, J. Hluk a vibrace v železničním provozu. Seminář "Železniční spodek 2000, Ústí nad Labem, říjen 2000
- [4] HLAVÁČEK, J. Měření hluku a vibrací na koridorových tratích před a po modernizaci. Praha: Vědeckotechnický sborník ČD č. 12, srpen 2001
- [5] JANDÁK, Z. ČD DDC, Modernizace trati Kolín – Přelouč. Kontrolní měření ve Starém Kolíně. Praha, listopad 2001
- [6] MERTL, M. Akustický posudek, Železniční most v km 1,707 trati Praha hl.n. – Praha Smíchov, hladiny hluku a vibrací po provedené rekonstrukci žel. mostu. Praha, říjen 2001
- [7] JANDÁK, Z. Akustická studie, Vibrace v obytných budovách od železniční dopravy. Praha 1996