

# **KONSTRUKCE PEVNÉ JÍZDNÍ DRÁHY SYSTÉMU „ÖBB-PORR“**

## **POUŽITÍ V TUNELECH**

**Dipl. Ing. Jörg FENSKE, (FH)**

**Angela KUO, BE. BA,**

**PORR, Technobau und Umwelt AG, Railway Division, Vídeň, Rakousko**

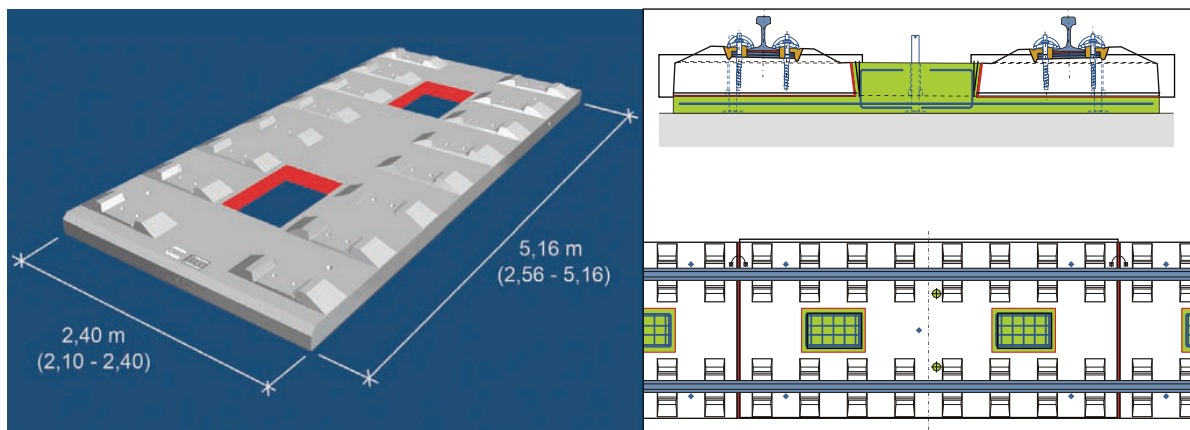
### **1. Úvod**

Moderní železniční trať musí plnit široké spektrum technologických požadavků tak, aby zajišťovala bezpečnost a jízdní komfort cestujících i zboží. Železniční dopravci požadují takové řešení dopravní cesty, které zvýší dostupnost (propustnost) tratě a zároveň za předpokladu úspěšného provozování s dobrou návratností investice. Návrh konstrukce koleje musí zohledňovat adekvátní statické a dynamické zatížení konstrukce tělesa železničního spodku, charakteristický průběh deformace koleje pod zatížením, nízké emise hluku a vibrací, a to při minimální údržbě. Tradičně byly tyto funkce implementovány do jednotlivých komponentů koleje se šterkovým ložem s dřevěnými pražci v mechanicky stabilizovaném kolejovém loži. Nicméně po mnoha aplikacích tohoto klasického systému, speciálně v tunelech, byly zjištěny nevýhody jako relativně vysoká konstrukční výška, stejně tak jako potřeba periodických úprav geometrické polohy koleje a její stabilizace. Strojní podbíječky jsou používány ke směrové a výškové úpravě koleje a také k homogenizaci šterku. Takové provozní úkony vyžadují přístup těžké techniky do tunelu a na pozemek dráhy, což bývá velmi obtížně dosažitelné a nákladné. V případě Rakouska, byl jako trvalý alternativní systém vyvinut a podrobně zkoumán (resp. provozně ověřován), aby splňoval požadavky na dynamiku, geometrii, bezpečnost a ekonomičnost. Systém pevné jízdní dráhy „ÖBB-PORR“ - Elasticky podporované základní kolejové desky (TBP) byl vyvinut ve spolupráci firem „PORR“ a „Rakouských spolkových drah“ (ÖBB) a systém byl poprvé zabudován do koleje v roce 1989. Po testování několika dalších systémů PJD se od roku 1995 stal systém „ÖBB-PORR“ v Rakousku standardem pro jeho výhody oproti koleji ve šterkovém loži s cílem snížit frekvenci údržby, zvýšit stabilitu koleje, snížit časovou návratnost investice a také v některých případech zlepšit přístupnost tratě. Vývoj systému je kontinuální proces kombinující různé kroky k optimalizaci speciální betonové směsi, ocelového vyztužení, pružného uložení a systému upevnění kolejnic. Mimo nepřetržitého vývoje a výzkumu, může být tento systém redukcí vibrací „ÖBB-PORR“ jednoduše opravitelný a také kombinován s „mass-spring“ systémem (systém hmota-pružina) k dosažení dalších výhod k potlačení hluku a vibrací.

### **2. Popis systému**

Hlavním prvkem konstrukce pevné jízdní dráhy ÖBB-PORR je elasticky uložená deska, kterou představuje nepředpjatá vyztužená betonová deska, prefabrikovaná ve výrobním závodě, kde podléhá kontrole kvality. Tyto desky mají standardní délku 5,16 m, šířku 2,40 m (2,10 m) a hmotnost přibližně 5 tun. Takto

mohou být ve vagonech dopraveny na staveniště. Desky obsahují 8 párů integrovaných kolejových podpor v osové vzdálenosti 0,65 m. V podélné ose mají desky dva otvory trapézového průřezu, které slouží k zalití samozhutitelným betonem „SCC“ při jejich fixaci do předepsané polohy. Spodní plocha desky a stěny otvorů jsou pokryty elastickou vrstvou, která společně s pružnými podložkami pod patou kolejnice zajišťuje nezbytnou „deformaci“ pod zatížením a tlumí vznikající hluk i vibrace přenášené do podkladních vrstev (viz obrázek č. 1).



**Obr. 1** Systém ÖBB-PORR, základní deska a schéma konstrukčního systému

Prefabrikovaná deska se ukládá na dřevěné distanční bloky nad betonový základ. Metoda pokládky byla vyvinuta pro uložení a umístění na betonový základ s velkou přesností a příp. opětovném vyrovnání při instalaci tak, aby ušetřila nezbytný čas. K této přesné rektifikaci desky slouží trny M 36, kterými se nastaví přesná vertikální i horizontální pozice desky před jejím zabetonováním (tj. postupné vyplnění betonem „SCC“ pomocí otvorů v desce).

Požadované převýšení koleje je zajištěno různou mocností podlévaného SCC, jehož tloušťka je největší pod převýšeným kolejnicovým pasem a minimální pak pod pasem vnitřním. Výzkum a vývoj postupně optimalizoval samozhutnitelnou betonovou směs a také konstrukční metody k dosažení jednoduššího a kompletního vyplňování tak, aby se eliminoval vznik dutin a byla tak zajištěna maximální vazba mezi deskou a betonovým základem. Vlastnosti SCC směsi deklarují minimální obsah vzduchu při jejím míchání, transportu a pokládce. Z ekonomických důvodů je výhodné situovat výrobu betonové směsi SCC v blízkosti staveniště, tj. s místními přísadami v běžné betonárce.

### 3. Vývoj pružnosti jízdní dráhy

Pružnost jízdní dráhy je velmi důležitým faktorem pro zajištění bezpečného a pohodlného cestování. Pevná jízdní dráha systému ÖBB-PORR je navržena tak, aby dynamické chování konstrukce korespondovalo s požadavky evropských standardů. Tento systém PJD je pravděpodobně jediný, který se svou vícevrstvou pružností blíží koleji se štěrkovým kolejovým ložem. Toto bylo dosaženo kombinací pružných podložek v upevnění koleje a elastickou vrstvou na ložné ploše desky (tl. 3 mm) a také na vnitřních stěnách otvorů v desce (6 mm). Mechanické vlastnosti materiálů, konstrukce elastických vrstev a volba podložek pod patu kolejnice k jsou důležitým faktorem k dosažení správné pružnosti systému. Za účelem optimalizace

pružnosti byla provedena řada dynamických zkoušek, aby byly získána nezbytná data pro numerické simulování chování dráhy pod zatížením. Výsledky těchto simulací ukázaly, že daný systém pevné jízdní dráhy je vhodný pro rychlosti až do 330 km/h a nevykazuje žádné problémy ohledně rezonance (vibrací) či posunů desek v rámci testovacích podmínek.

Pro tunelové úseky trasované pod citlivými místy jako jsou obydlené čtvrti, může být z důvodu redukce hluku a vibrací tento systém integrován s „mass-spring“ systémem a hlukovými absorbéry. V závislosti na požadavcích může být úroveň tlumení systému navržena dle úrovně (limitů) okolního prostředí.

#### 4. Pevná jízdní dráha v tunelech

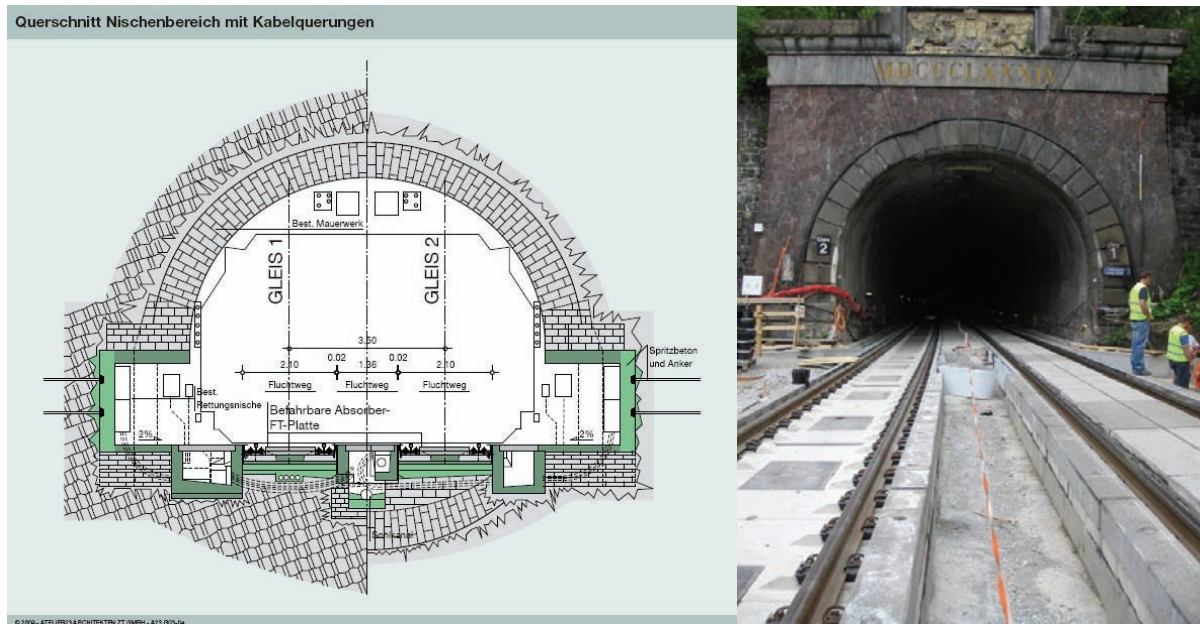
Pevná jízdní dráha systému ÖBB-PORR již byla také instalována v několika tunelech, a to jak pro kolej(e) v nově budovaných tunelech, tak při rekonstrukcích stávajících.

V roce 2002 byl systém instalován do Tauernského tunelu (délka 2,62km) pro traťovou rychlost 120 km/h a provozním zatížením 13 mil/hrt/rok. Zkoušky na rychlosti do 160 km/h byly provedeny po instalaci pevné jízdní dráhy se sledováním následujících parametrů:

- nápravové tlaky,
- poloha koleje vzhledem k desce „TBP“,
- naklápění kolejnic v upevnění,
- absolutní poloha desky „TBP“,
- poloha desky „TBP“ vzhledem výplňovému betonu SCC.

Výsledky ukazují, že naměřené hodnoty plně odpovídají požadavkům dráhy a konstrukční kvalitě [2]. Do dnešního dne se v tomto systému pevné jízdní dráhy neobjevily žádné trhliny.

Arlberský tunel, provozován cca 120 let, postaven mezi lety 1880 až 1884 musel být podroben úpravám tak, aby odpovídal současným požadavkům na dopravu a bezpečnost pasažérů. Proto se ÖBB rozhodly modernizovat bezpečnostní tunelový systém a prostorovou průchodnost přizpůsobit moderním nákladním vozidlům, a to sanací tunelu, rozšířením klenby a rekonstrukcí odvodnění. Druhou etapou stavby, která musí být dokončena začátkem roku 2010, je výměna stávajícího kolejového svršku se štěrkovým kolejovým ložem za konstrukci pevné jízdní dráhy systému ÖBB-PORR (v délce 19,27 km). Přínosem nízké konstrukční výšky tohoto systému bylo možné snížení nivelety koleje. Navíc šířka desky „TBP“ pouze 2,10 m umožnila zkonstruovat dvoukolejnou trať s osovou vzdáleností kolejí pouze 3,50 m. Na povrch desek „TBP“ byly instalovány panely - hlukové absorbéry, které navíc umožní v případě nehody pojezd trati v tunelu vozidly IZS (Integrovaný záchranný systém) a může tak sloužit i pro evakuaci.



Obr. 2 (PORR Report No.155-2009) Arlberský tunel, příčný profil a fotografie

## 5. Údržba a opravy

Železniční dopravci vyžadují nepřerušovanou provozuschopnost dráhy, což znamená použití trvanlivého a kvalitního systému, který vyžaduje jen minimální údržbu. V případě nehody na trati nebo jiné nepředvídanému poškození konstrukce, např. vykolejení, konstrukce PJD může být jednoduše opravitelná. Následkem vykolejení drážního vozidla se může vozidlo převrátit, což způsobí u většiny tratí se šterkovým kolejovým ložem vysoké poškození a v konečném důsledku je trať (kolej) neprovozuschopná. Tohle však není případ při použití PJD systému ÖBB-PORR. Kvalita povrchu desek „TBP“ zaručuje nízký odpor proti valení kol a vykolejenému kolu tak umožní pojezd (valení) na dlouhou vzdálenost, aniž by došlo k převrácení vozidel.

15. ledna roku 2001 se u Melku stala nehoda, kde vykolejil nákladní vlak. Po důkladném vyšetření nehody, byl úsek s pevnou jízdni dráhou během opravných prací vrácen zpět do provozu s rychlostí 60 km/h. V tomto případě byly částečně poškozeny jen vyvýšené betonové podpory s upevněním kolejnic. Samotné betonové desky „TBP“ byly neporušeny, a tak ani jedna deska nemusela být vyměněna. Pro rychlou opravu byl vinut sanační systém, který spočívá v opravě plastbetonem s použitím velmi přesných plastových forem (bedněním). Tato hmota dosahuje rychle požadované pevnosti i v nízkých teplotách, které jsou pro tunely typické a mají výbornou soudržnost s betonem původní desky (Obrázek č.5). Další nezbytná kritéria pro tuto sanační hmotu jsou například optimální životnost, odolnost proti UV záření i ohni a trvalá pevnost spoje.

Od prvního použití systému ÖBB-PORR se udály dvě nehody s následkem vykolejení kol vozidel v oblasti pevné jízdni dráhy s tímto systémem a v obou případech mohla být trať opravována bez přerušení provozu.

Koncept oprav počítá i s případy, kdy je nutno vyměnit celé desky „TBP“. Pružné vrstvy, kterými je deska pokryta (stěny zalitých otvorů a úložná plocha desky)



umožní pomocí speciálního přípravku po vyvinutí nezbytné síly vyzvednutí desky a tak oddělení od podkladního, resp. injektážního betonu SCC. Po opravě podkladního betonu je instalována a zainjektována nová deska a trať může být opět zprovozněna během několika málo hodin po opravných pracích.



**Obr. 3** Vykojení v tunelu Melk, stav před a po opravných pracích (fotodokumentace f. PORR)

## 6. Závěr

Systém ÖBB-PORR byl již použit v mnoha projektech (stavbách) v Rakousku i v zahraničí. Nejprve se systém používal k rekonstrukcím tratí v tunelech, dnes už je tímto systémem vystrojena více jak stovka kilometrů tratí. Díky nízké konstrukční výšce a malé šířce desky je možné snížení stávající nivelety koleje a tím i zvětšení průjezdného průřezu v tunelu, čímž dochází k úspoře nákladů na náročné rozšiřování tunelového profilu. Nejstarší úsek s pevnou jízdni dráhou je v provozu již 20 let bez udržovacích nákladů jako jsou podbíjení, čištění kolejového lože a směrového vyrovnání. Navíc je systém používán v nových tunelech moderních železničních tratí, poskytující ty stejné výhody.

### LITERATURA:

- [1] Breitsamter, N, „Gleis- und baudynamische Untersuchungen der Feste Fahrbahn System ÖBB-PORR bis 330 km/h“, Ing. -Büro Dr.-Ing. Müller-Boruttau, Beratende Ingenieure BYIK, Inning-Buch, February 2002
- [2] Kopp, E, „Gutachtliche Stellungnahme zum System „Feste Fahrbahn PORR“, Universität Innsbruck, září 1997
- [3] Schilder, R., Floh, J., „Sanierung der Feste Fahrbahn Umfahrung Melk“ Zement Beton, published 2002, č.2, str. 14-17

Přeložil a lektoroval: Ing. Vojtěch Langer, SŽDC, Praha