



CHOVÁNÍ ERS SYSTÉMU V INTERAKCI S MOSTEM

Zpracovali: Ing. Vojtěch Staněk, doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D. (Fakulta stavební VUT v Praze)

Souhrn

V návaznosti na provedené experimenty na fyzikálních vzorcích v laboratorní proběhl v roce 2017 další etapa výzkumu chování systému ERS (embedded rail system) v interakci s mostní konstrukcí. Důležitými cíli této etapy byla tvorba a validace numerického modelu zkušební vzorku a také podrobné materiálové testy jednotlivých komponent upevnění, použitelných v rámci systému ERS. Při testech byl stanoven vliv teploty a rychlosti zatížení na chování jednotlivých komponent, obdobně jako v případě laboratorního experimentu na fyzikálním modelu s ERS. Vyhodnocené parametry byly použity pro nastavení materiálových parametrů numerického modelu, vytvoření programu Ansys mechanical apdl za použití standardních prvků SOLID 95 a kontaktních prvků. Jednotlivé komponenty systému ERS byly modelovány pomocí multilineární elastického materiálového modelu. Po odladění bylo dosaženo dobré shody vypočtených hodnot s výsledky experimentu a numerický model již mohl být prohlášen za validovaný.

Oblast použití

Systémy s ERS mohou být výhodně použity pro zlepšení vlastností stávajících mostních objektů, stejně tak jako pro realizaci nových mostních konstrukcí, včetně konstrukcí projektovaných v rámci vysokorychlostních tratí. Současné výsledky demonstrují vlastnosti systému upevnění ERS-HR firmy edilon (sedra). Nové poznatky mohou být již nyní využity projektanty při návrhu progresivních typů mostovek se systémem ERS-HR. V další etapě bude zpracována obecná metodika pro posouzení interakce jakéhokoli systému ERS s mostní konstrukcí. Tato metodika umožní optimalizovat práci systému ERS s ohledem na interakci s mostní konstrukcí. Předpokládá se zařazení metodiky do vznikajícího mostního vzorového listu.

Metodika a postup řešení

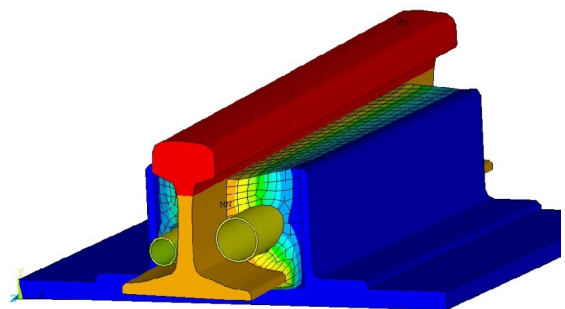
V letošním roce proběhly rozsáhlé materiálové testy jednotlivých komponent, které mohou být použity

v rámci systému ERS. Cílem zkoušení bylo zejména určit pracovní diagramy, moduly pružnosti a Poissonova čísla jednotlivých komponent, tak aby mohl být vytvořen korektní numerický model pro ověření výsledků dříve provedeného experimentu s fyzikálním modelem ERS-HR. Materiálové charakteristiky byly stanoveny při teplotách v intervalu -20 až 60 °C a rychlostech zatížení v intervalu 5×10^{-4} až 5 mm/s. Experiment probíhal na zkušební stroji MTS za využití optického extenzometru sledující poměrnou deformaci jak ve svislém tak ve vodorovném směru.



Obr. 1 Zkušební zařízení pro materiálové testy

Dalším krokem bylo vytvoření numerického modelu v programu Ansys mechanical apdl. Pro tvorbu modelu byl použit standardní dvacetizubový prvek Solid 95, umožňující nelineární analýzu. Pro modelování rozhraní mezi vylehovací komponentou a elastickým upevněním byly využity kontaktní prvky.



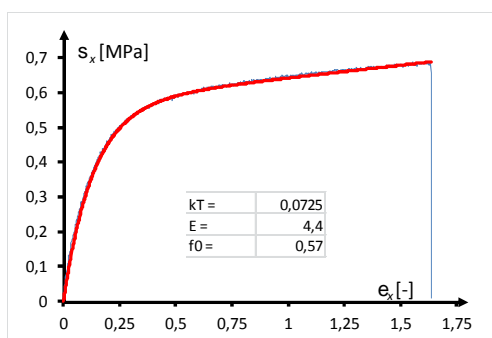
Obr. 2 Numerický model systému ERS

Materiálové charakteristiky byly nastaveny v souladu s výsledky dříve provedených

materiálových test , p i emž pro hyperelastické komponenty upevn ní byl použit multilineární elastický model. V první ásti analýzy byly iterativním postupem minimalizovány nejistoty modelu. Následn prob hla podrobná validace modelu porovnáním výsledk experimentu a numerických hodnot. Validovaný model bude v nadcházející etap výzkumu použit pro citlivostní parametrickou analýzu, která je základním podkladem pro tvorbu metody pro posouzení interakce ERS s mostní konstrukcí.

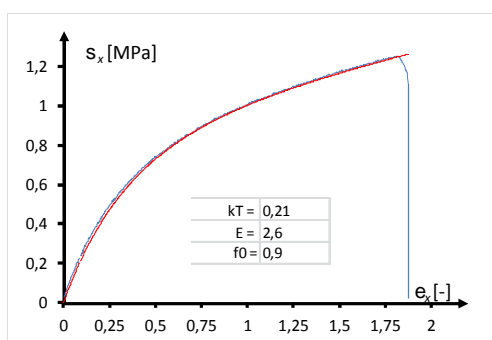
Výsledky

Vyhodnocením materiálových test byly získány pot ebné vlastnosti elastické upev ovací zálivky, elastické podložky pod patu kolejnice a vyleh ovacích prvk . Z pohledu interakce jsou zejména d ležitě první dv jmenované komponenty. V p ípad elastické zálivky lze konstatovat, že modul pružnosti E se pohybuje v intervalu od cca 2,6 do 6,1 MPa, p i emž p i rostoucí teplot klesá a p i rostoucí rychlosti zatížení roste. Poisson v pom r je na teplot nelineárn závislý. Maximální hodnoty $\epsilon = 0,43$ dosahuje cca p i teplot 20 °C.



Obr. 2 Pracovní diagram elastické zálivky ERS

Modul pružnosti elastické podložky se pohybuje v intervalu od 2,73 do 3,18 MPa. Jeho velikost mírn klesá s rostoucí teplotou, ale nezávisí na rychlosti zatížení. Poisson v pom r elastické podložky je cca $\epsilon = 0,4$. Pracovní diagramy jsou uvedeny na obrázcích 3 a 4.



Obr. 2 Pracovní diagram elastické zálivky ERS

Získané materiálové charakteristiky byly použity v rámci numerického modelu. Následn prob hla podrobná validace pro celkem deset zat žovacích stav . Byla ov ena shoda chování numerického modelu se skute ným vzorkem p i r zně teplot a rychlosti zatížení p i dosažení podélné deformace v upevn ní 7 mm a p i dosažení deformace 12 mm. Dále byla validována také svislá tuhost modelu. Experimentáln ur ené hodnoty byly porovnávány s numerickými hodnotami s uvážením nejistot m ení. P i porovnání hodnot lze konstatovat dobrou shodu numerického modelu se skute ným chováním systému ERS. Výsledky experimentu byly ov eny.

Tab. 1 Výsledky validace

| Typ validace | Rychlost zatížení v (mm/s) | Teplota T (°C) | Deformace experiment u_{exp} (mm) | Deformace MKP u_{MKP} (mm) |
|--------------|----------------------------|----------------|-------------------------------------|------------------------------|
| podélná | 0,500 | 20 | 7,0±0,4 | 6,9±0,5 |
| podélná | 0,005 | 20 | 7,0±0,4 | 6,9±1,5 |
| podélná | 0,150 | 20 | 10,8±0,5 | 11,2±2,2 |
| podélná | 0,500 | 60 | 7,0±0,4 | 7,1±1,5 |
| podélná | 0,005 | 60 | 7,0±0,4 | 6,5±1,4 |
| podélná | 0,500 | -20 | 6,6±0,4 | 7,1±1,4 |
| podélná | 0,005 | -20 | 7,0±0,4 | 6,8±1,7 |
| svislá | 0,200 | 20 | 2,8±0,3 | 2,7±0,2 |
| svislá | 0,200 | 60 | 3,2±0,3 | 3,5±0,8 |
| svislá | 0,100 | -20 | 1,4±0,3 | 1,6±0,3 |

Záv r

V rámci letošní etapy výzkumu bylo provedeno rozsáhlé materiálové testování komponent systému ERS. Experiment poskytl dobrou představu o vlastnostech jednotlivých ástí systému ERS a umožnil tvorbu korektního numerického modelu, simulujícího d íve provedený experiment v laborato i. Validaci ní proces prokázal dobrou shodu numerické simulace se skute ností, a proto lze vytvo ený model využít v nadcházející parametrické citlivostní analýze, která bude základním podkladem pro tvorbu metody pro posouzení interakce systému ERS s mostem.

Literatura

- [1] Ryjá ek, P., Howlader, M. M., Voká , M.: *The Behaviour of the Embedded Rail in Interaction with Bridges*. In 2nd International Conference on Innovative Materials, Structures and Technologies. IOP Publishing, 2015,
- [2] Ludvigh, E. *Elastic behavior of continuously embedded rail system*. Periodica Polytechnica Ser. Civ. Eng., 2002, vol. 1, no. 46, p. 103–114.