

Martina JANULÍKOVÁ¹, Marie STARÁ²

VÍCEVRSTVÉ REOLOGICKÉ KLUZNÉ SPÁRY V ZÁKLADOVÝCH KONSTRUKCÍCH

MULTI-LAYER RHEOLOGICAL SLIDING JOINT IN THE FOUNDATION STRUCTURES

Abstrakt

Kluzné spáry jsou v praxi využívány pro zmírnění účinků smykových napětí v základové spáře. Tato napětí mohou mít svůj původ v podloží (vlivy poddolování) nebo mohou vznikat přímo v konstrukci (smršťování a dotvarování betonu, předpínání), přičemž kluzné spáry lze využít u obou těchto skupin. Pro vytvoření kluzné vrstvy mezi podložím a stavbou jsou ve většině případů využívány asfaltové pásy. Na stavební fakultě na VŠB TUO jsou již řadu let prováděny laboratorní zkoušky pro ověřování jejich chování při smykovém zatížení. Tento příspěvek se zabývá zkoušením vícevrstevných kluzných spár a vlivem zvýšení počtu pásů na snížení smykového odporu v kluzné spáře.

Klíčová slova

Kluzné spáry, asfaltový pás, poddolování.

Abstract

Sliding joints are often used to reduce effects of shear stresses in footing bottom. These stresses can be rooted in subsoil (effect of undermining) or they can arise in structure directly (shrinkage and creep of concrete, pre-stressing) and sliding joint can be used for both of them. The asphalt belts are used to create sliding layer between subsoil and construction in most of cases. The laboratory tests are carried out to verify their behavior by shear loads at the Faculty of Civil Engineering VSB TUO. This paper deals with testing multi-layer sliding joint and how the increasing number of belts influences reducing shear resistance in the sliding joint.

Keywords

Sliding joint, asphalt belt, undermining.

1 ÚVOD

Aby bylo možné v praxi co nejlépe využívat potenciál této metody, je nutné znát smykový odpor asfaltového pásu při známé rychlosti deformace (podloží či samotné konstrukce). Z tohoto důvodu je prováděna řada zkoušek pro ověření vlastností asfaltových pásů při horizontálním zatížení. Zajistit konstantní rychlost deformace asfaltového pásu by bylo problematické, a proto je při měření sledována rychlost deformace pro dané smykové napětí. S využitím naměřených hodnot pak lze u konkrétní konstrukce, kde bude kluzná spára aplikována, určit smykové napětí v kluzné spáře v závislosti na rychlosti deformace. Rychlost deformace stavby lze získat z báňských podmínek či modelů dotvarování a smršťování.

¹ Ing. Martina Janulíková, Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 925, e-mail: martina.janulikova@vsb.cz.

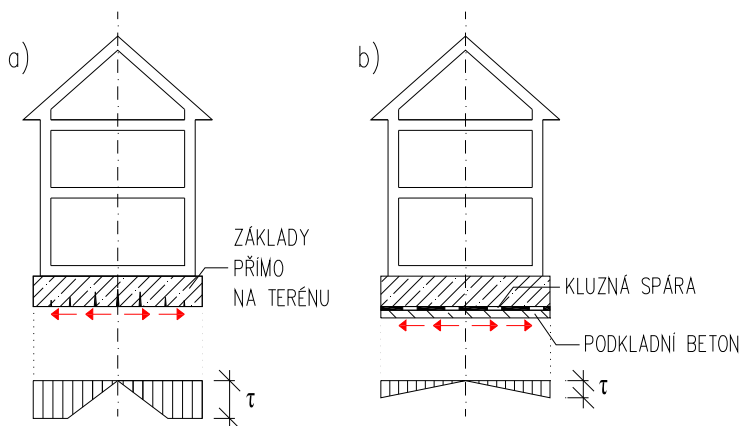
² Ing. Marie Stará, Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 394, e-mail: marie.stara@vsb.cz.

Základním předpokladem pro použití vícevrstvé reologické kluzné spáry je to, že kluzná spára pak může přenášet větší deformace v kluzné spáře a tím i větší snížení nepříznivých účinků třecích sil na konstrukci než v případě jednovrstvé kluzné spáry. V následující kapitole je obecně popsán základní princip zkoušek a prezentovány některé konkrétní výsledky z dosavadního měření vícevrstvé kluzné spáry.

2 STRUČNÝ POPIS LABORATORNÍCH ZKOUŠEK

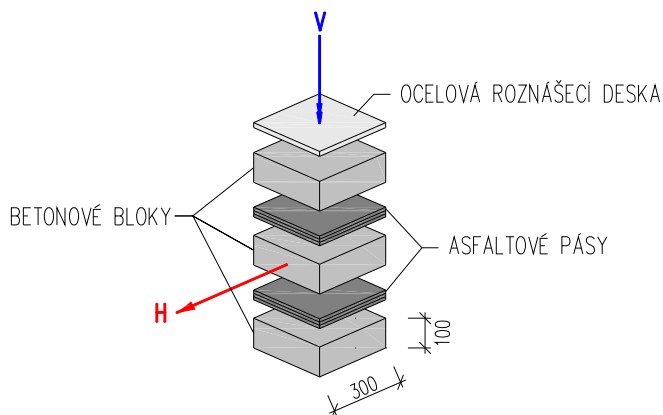
Cílem těchto zkoušek je simulovat chování asfaltových pásů, které tvoří kluznou spáru v základové konstrukci. Princip fungování kluzné spáry v konstrukci je znázorněn na obrázku 1.

Zkušební vzorek se skládá ze tří betonových bloků 300x300x100 mm a dvou kluzných spár mezi nimi (obrázek 2). Tyto kluzné spáry jsou vyplněny zkoušeným materiálem (ve většině případů byl zkoušen jeden volně ložený asfaltový pás; v tomto příspěvku však jsou prezentovány i první výsledky měření vícevrstvé kluzné spáry).



Obr. 1: Princip kluzné spáry v konstrukci

V první fázi je do zkušební vzorku (obrázek 2) vneseno svislé zatížení V představující zatížení horní stavbou a po 24 hodinách je prostřední blok zkušební vzorku zatížen horizontální silou H , jež vyvozuje konstantní smykové napětí v kluzných spárách mezi bloky a způsobuje vodorovnou deformaci prostředního betonového bloku. Právě tato deformace je při zkouškách sledována. Zkouška je většinou ukončena po 6 dnech od okamžiku vnesení horizontálního zatížení, kdy je také zpravidla dosažena konstantní rychlost posuvu.



Obr. 2: Zkušební vzorek

Pro vnášení svislých a vodorovných zatížení do zkušebního vzorku byla použita ocelová konstrukce, která je zobrazena na obrázku 3.

Svislé zatížení je vyvozeno pomocí hydraulického lisu přes ocelovou roznášecí desku a vodorovné zatížení se vnáší pomocí koše se závažím, který je upevněn na prostřední betonový blok, přičemž dolní a horní betonový blok jsou pevně fixovány. Z důvodu zavedení vlivu teploty okolního prostředí bylo celé měřicí zařízení umístěno do klimatizační komory. Další informace k průběhu zkoušky a výsledky z dosavadních měření lze nalézt například v [1, 2, 3, 4].

Svislá napětí, která obvykle mohou vzniknout v základové spáře, jsou uvažovány v intervalu 100 až 500 kPa, přičemž s ohledem na časovou náročnost měření jsou zkoušeny mezní hodnoty 100 a 500 kPa. Vodorovná zatížení jsou zpravidla uvažována tak, aby rychlost deformace měřená na prostředním betonovém bloku řádově odpovídala rychlostem deformace na skutečné konstrukci, konkrétně byly zvoleny hodnoty smykových napětí 5,28 kPa a 11,1 kPa.

Každá sada měření se provádí nejméně pro dvě teploty (zpravidla 10°C a 20°C), celkem tedy minimálně 8 měření pro každý druh asfaltového pásu. Výsledky zkoušek lze také využít pro numerické modelování pomocí MKP [5-17]. Konkrétní příklad aplikace kluzné spáry v praxi lze pak nalézt například v [18,19].



Obr. 3: Ocelové zkušební zařízení

3 ZKOUŠENÍ VÍCEVRSTVÝCH KLUZNÝCH SPÁR

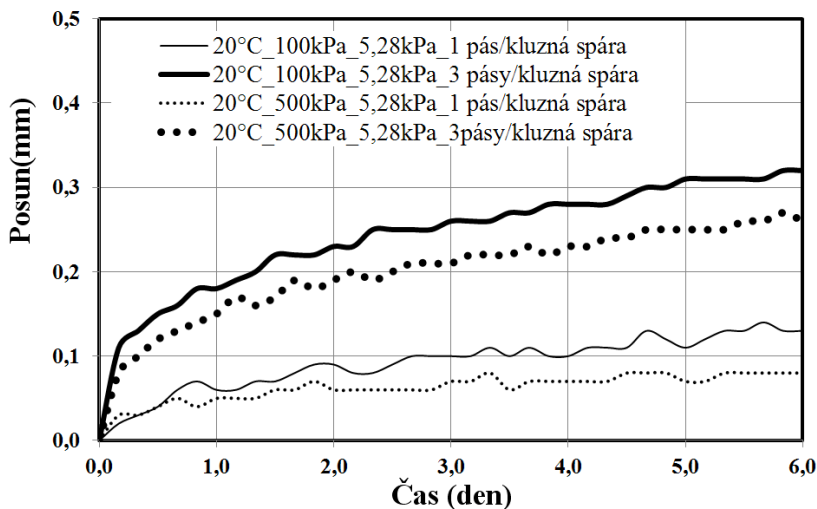
Myšlenka zkoušení vícevrstevných kluzných spár vychází z předpokladu násobně větších deformací v kluzné spáře při stejných hodnotách zkoušeného smykového napětí. To pak znamená i menší výsledné smykové napětí na kontaktních plochách konstrukce, kde bude vícevrstvá kluzná spára aplikována.

Princip samotné zkoušky je téměř totožný s klasicou zkouškou popisovanou v přechozích odstavcích. Betonové bloky mají sníženou výšku (90mm), aby se celý zkušební vzorek vešel do zkušebního zařízení. Další rozdíl je v počtu pásů umístěných mezi betonové bloky.

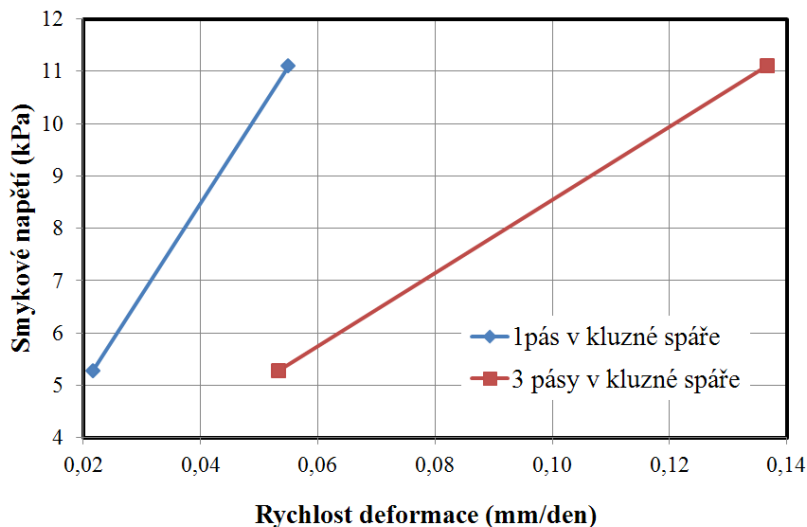
Pro první měření vícevrstvé kluzné spáry byl vybrán elastomerický modifikovaný asfaltový pás bez posypu s tloušťkou 3,4mm a hmotností 4,0kg/m², ke kterému již byla k dispozici základní sada měření s jednovrstvou kluznou spárou. V níže uváděných výsledcích byla každá kluzná spára vytvořena pomocí tří na sebe volně ložených čtverců daného asfaltového pásu o rozměrech 300x300mm.

3.1 Srovnání výsledků jednovrstvých a vícevrstvých kluzných spár

V grafu na obrázku 4 je zachyceno srovnání výsledných deformací v případě použití jednoho a tří stejných asfaltových pásů. V tomto případě se jedná o elastomerický modifikovaný asfaltový pás bez posypu s tloušťkou 3,4 mm a hmotností 4,0 kg/m². Z grafu je patrné, že předpoklad násobně větších deformací při použití více vrstev pásů byl logicky správný a více pásů v kluzné spáře má za následek i větší deformace a tím i menší smykový odpor.



Obr. 4: Srovnání celkových deformací pro jednovrstvou a třívrstvou kluznou spáru.



Obr. 5: Srovnání rychlostí deformace pro jednovrstvou a trojvrstvou kluznou spáru

Skutečný smykový odpor v základové spáře pro daný pás (popř. dané souvrství) lze pak pro konkrétní případy v praxi určit z grafu na obrázku 5 (pro elastomerický modifikovaný asfaltový pás s tloušťkou 3,4 mm a hmotností 4,0 kg/m², teplotu 20 °C a svislý tlak 100 kPa) a to v závislosti na

očekávané rychlosti přetváření terénu či očekávané rychlosti přetváření konstrukce, což jsou veličiny známé z báňských podmínek (v případě poddolování) či z modelových výpočtů smršťování či dotvarování betonu. Z grafu na obrázku 5 je rovněž zřejmé, jak je při stejném rozsahu smykového napětí (5,28 až 11,11 kPa) rozdílný rozsah vzniklých rychlostí deformace.

4 ZÁVĚR

Byly provedeny první měření kluzných spár vytvořených třemi asfaltovými pásy v jedné kluzné spáře. Dosavadní výsledky z měření ukazují, že zvětšením počtu pásů v kluzné spáře lze dosáhnout větších deformací a tím i menšího smykového napětí v kluzné spáře než při použití pouze jedné vrstvy asfaltového pásu. To by mohlo přispět ke snížení nežádoucích napětí mnohem výrazněji a tato metoda by mohla být využita i pro větší vodorovná namáhání než v případě jedné vrstvy. Aby bylo možno učinit další závěry o výhodách či nevýhodách použití vícevrstvých kluzných spár, je nutné provést další měření jak pro další druhy pásů, tak pro různé počty vrstev.

Vytvoření reologické kluzné spáry ve vícevrstvé variantě tak představuje možnost k ještě většímu snížení nepříjemných projevů horizontálních účinků zatížení (poddolování; dotvarování, smršťování betonu) než v případě klasické reologické kluzné spáry vytvořené z jedné vrstvy asfaltového pásu.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek byl realizován za finanční podpory Ministerstva průmyslu a obchodu, program TIP projekt číslo FR-TI2/746 - Reologická kluzná spára s teplotně řízenými viskoelastickými vlastnostmi.

LITERATURA

- [1] ČAJKA, R. & JANULÍKOVÁ, M. & MATEČKOVÁ, P. & STARÁ, M.: Laboratorní testování asfaltových pásů s vlivem teploty. In *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava*, rok 2011, ročník XI, číslo 2, řada stavební, s. 15-21, ISSN 1213-1962.
- [2] JANULÍKOVÁ, M. & ČAJKA, R. & MATEČKOVÁ, P. & BUCHTA, V.: Laboratorní měření reologických vlastností asfaltových pásů při smykovém zatížení. In *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava*, rok 2012, ročník XII, číslo 2, řada stavební, s. 15-21, ISSN 1213-1962.
- [3] MAŇÁSEK, P.: *Základové konstrukce s kluznou spárou*. Disertační práce na Fakultě stavební VŠB-TU, Ostrava, 2008.
- [4] ČAJKA, R. & MATEČKOVÁ, P. & JANULÍKOVÁ, M. & STARÁ, M. & BURKOVIČ, K.: Time and temperature dependant behaviour of bituminous slide joints. In *Global Thinking in Structural Engineering: Recent Achievements*, Sharm El Sheikh, Egypt: International Assotiation for Bridge and Structural Engineering (IABSE), 2012.
- [5] ČAJKA, R. & JANULÍKOVÁ, M. & MATEČKOVÁ, P. & STARÁ, M.: Modelování základových konstrukcí s kluznou spárou s využitím výsledků laboratorních zkoušek asfaltových pásů. In *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava*, rok 2012, ročník XII, číslo 1, řada stavební, s. 1-6, ISSN 1213-1962.
- [6] ČAJKA, R. & MAŇÁSEK, P. Finite Element Analysis of a structure with a sliding joint affected by deformation loading. In *The eleventh International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing*. 18-21.9. 2007, St. Julians, Malta, ISBN 978-1-905088-17-1.
- [7] ČAJKA, R. & MAŇÁSEK, P.: Numerical analysis of the foundation structures with sliding joint. In *Eleventh East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering & Construction - Building a Sustainable Environment*, Taipei, Taiwan, 19. - 21.11. 2008. S. 716-717. Sborník příspěvků X. konference a CD, ISBN 978-986-80222-4-9.

- [8] JANULÍKOVÁ, M. & MATEČKOVÁ, P. & STARÁ, M.: Numerical modeling of foundation structures with sliding joints. In *The 9th fib International PhD Symposium in Civil Engineering*. Karlsruhe, Germany: Karlsruhe Institute of Technology (KIT), 2012.
- [9] ČAJKA, R.: Determination of Friction Parameters for Soil – Structure Interaction Tasks. Recent Researches in Environmental & Geological Sciences. Energy, Environmental and Structural Engineering Series No. 4, pp. 435-440. In *7th WSEAS International Conference on Continuum Mechanics (CM '12)*. Kos Island, Greece, July 14-17, 2012, ISSN 2227-4359, ISBN 978-1-61804-110-4.
- [10] ČAJKA, R. & MATEČKOVÁ, P.: Modelling of foundation structure with slide joint depending up the temperature. In *9th International Symposium on High Performance Concrete - Design, Verification & Utilization*. Rotorua, New Zealand, 2011, ISBN 978-0-473-19028-6.
- [11] CAJKA, R.: Accuracy of Stress Analysis Using Numerical Integration of Elastic Half-Space (2013), In *Applied Mechanics and Materials*, 300-301, pp. 1127-1135. Trans Tech Publications, Switzerland, ISSN: 16609336, ISBN: 978-303785651-2, DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.300-301.1127.
- [12] CAJKA, R. & FOJTIK, R.: Development of Temperature and Stress during Foundation Slab Concreting of National Supercomputer Centre IT4, In *Procedia Engineering*, Volume 65, 2013, Pages 230-235, ISSN 1877-7058, doi: 10.1016/j.proeng.2013.09.035.
- [13] CAJKA, R.: Horizontal Friction Parameters in Soil – Structure Interaction Tasks. In *Advanced Materials Research*, Vol. 818 (2013), pp 197-205, Trans Tech Publications, Switzerland, doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.818.197.
- [14] CAJKA, R.: Analysis of Stress in Half-space using Jacobian of Transformation and Gauss Numerical Integration. In *Advanced Materials Research*, Vol. 818 (2013), pp 178-186, Trans Tech Publications, Switzerland, doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.818.178.
- [15] CAJKA, R. & BURKOVIC, K. & BUCHTA, V.: Foundation Slab in Interaction with Subsoil. In *Advanced Materials Research*, Vols. 838-841, (2014), pp 375-380, Trans Tech Publications, Switzerland, doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.838-841.375.
- [16] HYZL, P. & STEHLIK, D. & VARAUS, M. & ZDRALEK, P.: Experience with triaxial loading systems for the testing of road construction materials. In *7th International RILEM Symposium on Advanced Testing and Characterisation of Bituminous Materials*, May 27-29, 2009 Rhodes, Greece, WOS:000280392100087.
- [17] HYZL, P. & VARAUS, M. & STEHLIK, D.: The use of bituminous membranes and geosynthetics in the pavement construction (2012) In *RILEM Bookseries*, 4, pp. 1181-1188, ISSN: 22110844 ISBN: 978-940074565-0.
- [18] ČAJKA, R. & BURKOVÍČ, K. & GRUNDĚL, V.: Založení železobetonové konstrukce budovy Ostravské Univerzity ve složitých základových podmínkách. In *Betonářské dni 2012*, Bratislava.
- [19] MATEČKOVÁ, P. & JANULÍKOVÁ, M. & STARÁ, M.: Aplikace reologické kluzné spáry v základové konstrukci na poddolovaném území. In *19. betonářské dny*. Hradec Králové: Česká betonářská společnost (ČBS), 2012. ISBN 978-80-87158-32-6.

Oponentní posudek vypracoval:

Doc. Ing. Václav Cepek, CSc., Ostrava.

Doc. Ing. Petr Bouška, CSc., Oddělení experimentálních a měřících metod, Kloknerův ústav, ČVUT v Praze.