

Tomáš PETŘÍK¹, Eva HRUBEŠOVÁ²

SNÍŽENÍ VIBRACÍ POMOCÍ PODZEMNÍCH BARIÉR

REDUCING GROUND VIBRATION USING UNDERGROUND BARRIER

Abstrakt

Tento příspěvek se zabývá využitím podzemních bariér jako prevencí proti šíření vlivů technické seizmicity v horninovém prostředí. Tyto podzemní bariéry mohou být využity jako ochrana stavebních konstrukcí od nepříznivých vibrací šířících se od silnic, železničních tratí nebo v okolí hal s těžkou průmyslovou činností.

Vliv bariéry na maximální amplitudu rychlosti kmitání je zde sledován v matematických modelech vytvořených ve výpočetním programu MIDAS GTS. Podzemní bariéry jsou navrženy z materiálů s různými vstupními parametry, o různých tloušťkách bariér a v různých vzdálenostech od zdroje vibrací tak, aby mohla být posouzena optimální varianta.

Klíčová slova

Technická seizmicita, bariéra, matematický model, maximální amplituda rychlosti kmitání.

Abstract

This paper deals with model study of underground barriers utilized as a protection against the spread of ground vibrations in geological environment. These underground barriers maybe used in the vicinity of roads or railway lines or in urban areas around the halls with heavy industrial activity.

The impact of barriers to the peak oscillation velocity is explained in mathematical models created in software MIDAS GTS. Material of underground barriers will be designed from material with different parameters, so that it could be assessed the best variant in terms of absorption of seismic waves. The different variations of the thickness of underground barriers and different distances from the source of vibration will be designed in the analysis.

Keywords

Ground vibration, barrier, mathematical models, peak oscillation velocity.

1 ÚVOD

Konstrukce budov jsou kromě vlastního zatížení vystaveny i vlivům okolního prostředí. Mezi tyto vlivy lze zahrnout i vibrace vyvolané průmyslovou či stavební činností, dopravou a dalšími vlivy vyvolanými antropogenní jevy. Všechny tyto vibrace lze zahrnout pod název technická seizmicita. Toto zatížení může mít nepříznivý vliv na konstrukce budov, na citlivé zařízení v těchto budovách nebo na pohodlí či zdraví osob. Předějit těmto nepříznivým účinkům se snaží inženýři již při návrhu budov. Ne vždy však lze dopředu uvažovat s nepříznivým zatížením konstrukce. Pak je

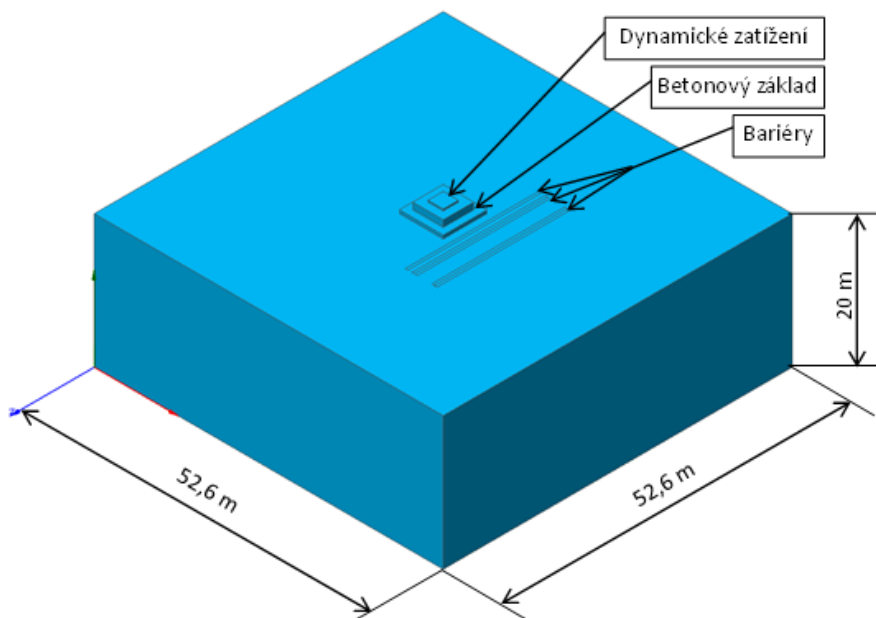
¹ Ing. Tomáš Petřík, Ph.D., Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 362, e-mail: tomas.petrik@vsb.cz.

² Doc. RNDr. Eva Hruběšová, Ph.D., Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 373, e-mail: eva.hrubesova@vsb.cz.

nutné využít dodatečných opatření, která umožní snížit účinek seizmického vlnění na dotčené objekty. Snížit účinek tak lze například úpravou frekvence buzení [1], změnou místa a směru působení zdroje vibrací, rozptylem vln změnou vlastností zeminy [2], instalací některých tlumících zařízení [3] či vytvořením vhodné bariéry ve směru šíření seizmické vlny od zdroje vibrací ke konstrukcím, které mají být chráněny [4, 5, 6]. Tento příspěvek se zabývá modelovou analýzou posledního zmíněného opatření, tedy využitím podzemní bariéry jako tlumícího prvku seizmického vlnění.

2 CHARAKTERISTIKA MODELŮ

Matematické modely ve 3D rozhraní jsou vytvořeny ve výpočetním programu Midas GTS, který je produktem společností TNO DIANA BV (Nizozemí) a MIDAS IT (Jižní Korea). Tento výpočetní program je určen pro řešení geotechnických úloh pomocí metody konečných prvků.



Obr. 1: Ukázka základního modelu

Geometrie modelu v rozsahu $52,6 \times 52,6 \times 20$ m (délka \times šířka \times hloubka) je patrná z Obr 1. Pro modelování horninového prostředí je využito Mohr-Coulombova konstitutivního materiálového modelu implementovaného přímo v softwaru. Pro dynamické zatížení využívá tzv. „Time history analysis“. Dynamické zatížení je simulováno spojitým plošným zatížením na betonovou základovou desku umístěnou ve středu modelu (viz Obr. 1). Je zvoleno extrémní dynamické zatížení, které přibližně odpovídá úderům bucharu pro obrábění kovů o hmotnosti 14,5 tun s počtem až 45 úderů za minutu. Parametry bucharu podle výrobce jsou uvedeny v Tab. 1. Vstupní parametry základové konstrukce a horninového prostředí jsou uvedeny v Tab. 2. Materiálové tlumení prostředí bylo stanoveno obdobně jako v Tutoriálu Midas GTS [7], tedy na základě analýzy vlastních kmitů. Z této analýzy jsou určeny 2 periody (popř. frekvence) vibrování pro 2 poměrná tlumení, na základě kterých jsou stanoveny koeficienty materiálového tlumení prostředí. Pro zabránění odrazu napětíových vln zpět do modelu jsou na hranicích modelu využity absorpční podmínky v podobě povrchových pružin (surface spring).

Tab. 1: Charakteristika hydraulického bucharu [8]

Zařízení	C66-490 (14T)	Jednotky
Úderová energie	490	KJ
Váha kladiva	14500	kg
maximální výška	2500	mm
Úderová frekvence	42-45	min ⁻¹

Tab. 2: Charakteristika prostředí modelu

Parametr	Symbol	Základová konstrukce	Horninové prostředí	Jednotky
Typ modelu		Elastický	Mohr–Coulombův	
Modul pružnosti	E	22000	30	MPa
Poissonovo číslo	ν	0,3	0,35	-
Objemová tíha	γ	25	19	kN.m ⁻³
Objemová tíha satur.	γ_{SAT}	25	20	kN.m ⁻³
Soudržnost	C	-	18	kPa
Úhel vnitřního tření	φ	-	30	°

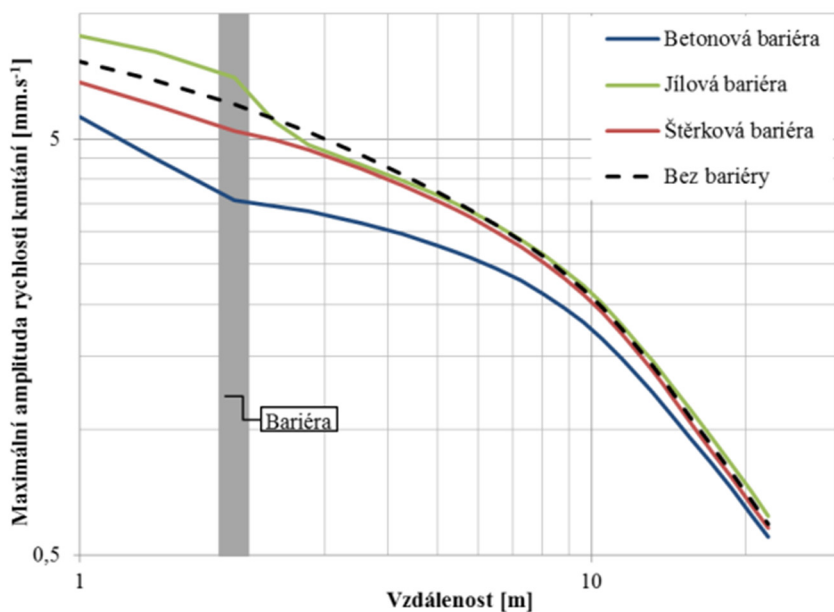
Podzemní bariéry jsou pro tuto modelovou studii navrženy ze tří různých materiálů, pro dvě tloušťky bariéry a pro tři různé vzdálenosti od hrany základu, na který působí dynamické zatížení. Délka a hloubka podzemní bariéry je v modelech vždy stejná (10 m délka, 5 m hloubka). Tloušťka bariéry je v modelech buď 40 cm, nebo 80 cm. Vzdálenost bariéry od hrany betonového základu je 1 m, 2 m, nebo 3 m. Bariéra je tvořena buď jako betonová podzemní stěna, nebo ze zeminového materiálu (Štěrka nebo Jíl), který již byl využit v předchozích parametrických modelových studiích autorů např. [9]. Vstupní materiálové charakteristiky bariéry jsou uvedeny v Tab. 3.

Tab. 3: Charakteristika podzemních bariér

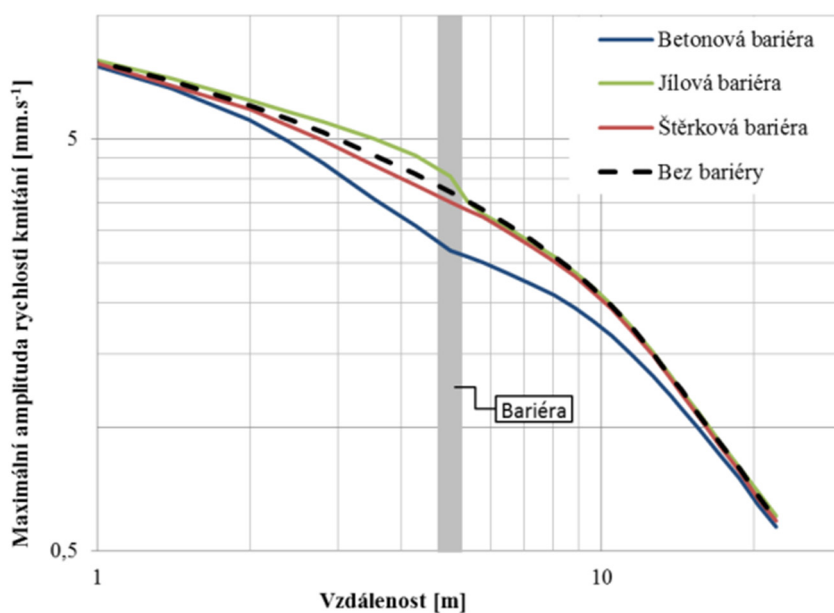
Parametr	Symbol	Beton	Jíl (F6)	Štěrka (G1)	Jednotky
Typ modelu		Elastický	Mohr–Coulombův	Mohr–Coulombův	
Modul pružnosti	E	22000	4,5	375	MPa
Poissonovo číslo	ν	0,3	0,4	0,2	-
Objemová tíha	γ	25	21	21	kN.m ⁻³
Objemová tíha satur.	γ_{SAT}	25	21	21	kN.m ⁻³
Soudržnost	C	-	12	0	kPa
Úhel vnitřního tření	φ	-	19	40	°

3 VÝSLEDKY

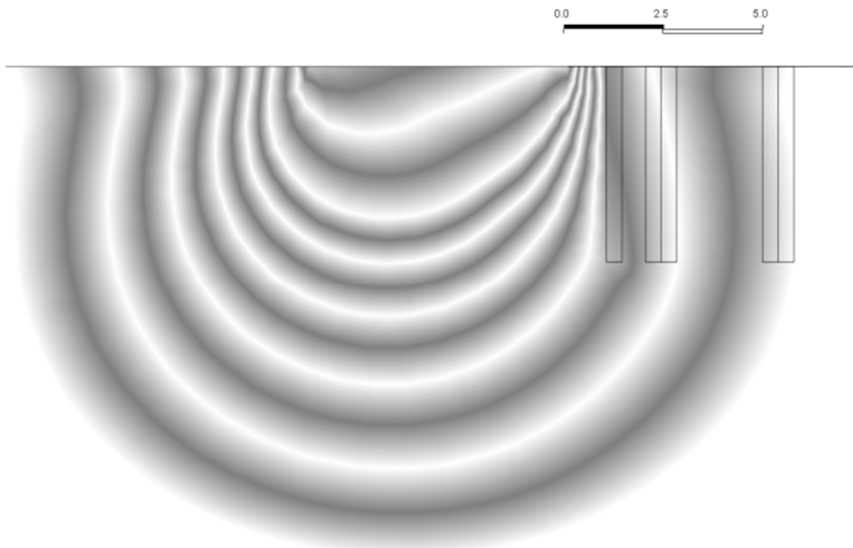
Výsledky modelů jsou sledovány v prostorové složce maximální amplitudy rychlosti kmitání, která je složená ze složek v radiálním, příčném a svislém směru. Na Obr. 2 a Obr. 3 jsou znázorněné útlumové křivky pro 7 matematických modelů. Černě čárkovaná útlumová křivka je pro model bez použití podzemní bariéry. Ostatní útlumové křivky jsou pro bariéry z různých materiálů o tloušťce 80 cm (vlevo) resp. 40 cm (vpravo) a vzdálenost 2 m (vlevo) resp. 5 m (vpravo) od hrany základu. Z křivek je patrné, že k největším útlumům dochází před a za betonovou bariérou. U jílové bariéry naopak dochází k nárůstu maximální amplitudy rychlosti kmitání před touto bariérou. Rozdíl mezi betonovou a jílovou bariérou je patrný i z průběhu šíření maximální amplitudy rychlosti kmitání na Obr. 4 a Obr. 5.



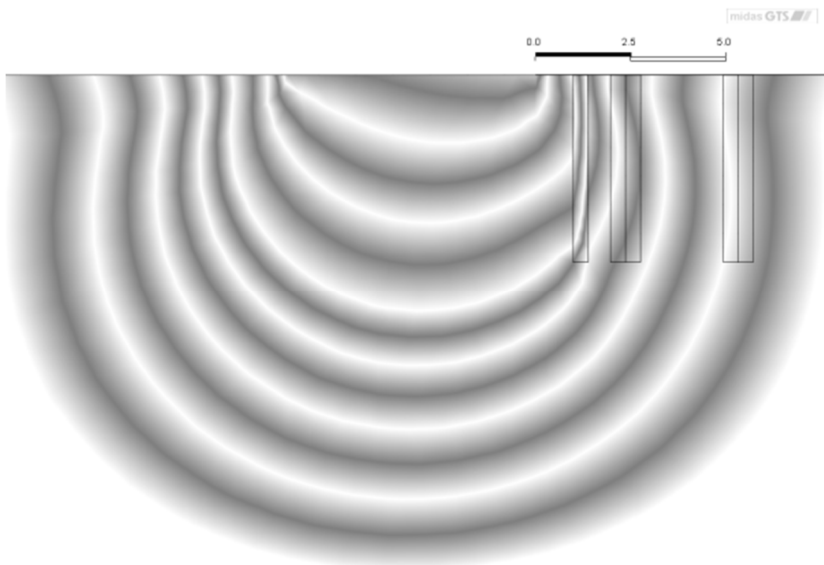
Obr. 2: Útlumové křivky pro bariéry ve vzdálenosti 2 m a tl. 80 cm



Obr. 3: Útlumové křivky pro bariéry ve vzdálenosti 5 m a tl. 40 cm



Obr. 4: Průběhu šíření maximální amplitudy rychlosti kmitání pro betonovou bariéru tl. 40 cm ve vzdálenosti 1 m



Obr. 5: Průběhu šíření maximální amplitudy rychlosti kmitání pro jílovou bariéru tl. 40 cm ve vzdálenosti 1 m

4 ZÁVĚR

Příspěvek se zabývá modelovou studií využití podzemních bariér jako ochrany před šířením seizmických vln vyvolaných povrchovými antropogenními jevy. V příspěvku jsou použity konkrétní tři materiály pro podzemní bariéry. Z výsledných útlumových křivek je patrné, že k nejvyššímu snížení maximální amplitudy kmitání dochází při použití betonové bariéry. Naopak u jílovité bariéry je patrné, že před samotnou bariérou dochází i k nárůstu maximální amplitudy rychlosti kmitání oproti modelu bez bariéry. Významný vliv v těchto změnách může být způsoben především

rozdílnými tuhostmi materiálů. V bariéře s výrazně vyšším modulem pružnosti než má okolní horninové prostředí tak dochází výraznějšímu utlumení, zatímco u materiálu s nižším modulem pružnosti dokonce dochází před bariérou i k nárůstu maximální amplitudy rychlosti kmitání.

Pro dosažení objektivnějších závěrů, by bylo vhodné doplnit modelovou studii i experimentálním měřením in-situ. V modelech nemusí být patrný vliv rezonance samotné bariéry, který by své okolí mohl nepříznivě ovlivnit. Problematice rezonance se věnuje např. příspěvek [10], který upozorňuje, mimo jiné, i na nepříznivé účinky bariér v důsledku projevu rezonance.

PODĚKOVÁNÍ

Příspěvek byl zpracován za podpory programu Centra kompetence Technologické agentury České republiky (TAČR) v rámci projektu Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI), číslo projektu TE01020168.

LITERATURA

- [1] PETŘÍK, T.; HRUBEŠOVÁ, E. & LEDNICKÁ, M. A comparison of numerical models results with in-situ measurement of ground vibrations caused by sheet pile driving. *Acta Geodynamica Et Geomaterialia*, 9(2) (2012), pp. 165-171.
- [2] PETŘÍK, T.; HRUBEŠOVÁ, E.; STOLÁRIK, M. & PINKA, M. Parametric study on the effects of soil to oscillation velocity, *Transactions of the VŠB – Technical University of Ostrava, Civil Engineering Series. Volume XII, Issue 2, Pages 123–131, ISSN (Online) 1804-4824, ISSN (Print) 1213-1962, DOI: 10.2478/v10160-012-0026-2, January 2013.*
- [3] CHEHAB, A.G. & EL NAGGAR, M.H. Design of efficient base isolation for hammers and presses, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 23(2) (2003), pp. 127-141.
- [4] MURILLO, C.; THOREL, L. & CAICEDO, B. Ground vibration isolation with geofam barriers: Centrifuge modeling, *Geotextiles and Geomembranes*, 27(6) (2009), pp. 423-434.
- [5] ÇELEBI, E. & KIRTEL, O. Non-linear 2-D FE modeling for prediction of screening performance of thin-walled trench barriers in mitigation of train-induced ground vibrations, *Construction and Building Materials*, 42 (2013), pp. 122-131.
- [6] CONNOLLY, D.; GIANOPOULOS, A.; FAN, W.; WOODWARD, P.K. & FORDE, M.C. Optimising low acoustic impedance back-fill material wave barrier dimensions to shield structures from ground borne high speed rail vibrations, *Construction and Building Materials*, 44 (2013), pp. 557-564.
- [7] MIDAS/ GTS 2D Tutorial 14 on <http://midasuser.com>
- [8] Information on <http://www.chinesehammers.com>
- [9] PETŘÍK, T. & HRUBEŠOVÁ, E. Modelová analýza vlivu dílčích vlastností zeminy na hodnotu maximální amplitudy rychlosti kmitání. In *Nové poznatky v geotechnickom inžinierstve*. Kočovce, 21.-22. 1. 2013. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 2013, s. 148-153. ISBN: 978-80-227-4123-1
- [10] KRÁLIK, J.: Efficiency of Buildings Isolated from Transport Vibrations by Barriers. In: *Proceedings of 4th THESE '02 International Conference, Traffic Effects on Structures and the Environment*, Rajecské Teplice 2002, pp. 23-28, ISBN 80-7100-992-X

Oponentní posudek vypracoval:

Prof. Ing. Juraj Králik, PhD., Katedra stavebnej mechaniky, Stavebná fakulta, STU v Bratislave.

Doc. Ing. Jana Frankovská, PhD., Katedra geotechniky, Stavebná fakulta, STU v Bratislave.