

Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební
VŠB-Technical University of Ostrava, Faculty of Civil Engineering



12. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE MODELOVÁNÍ V MECHANICE 2014

12th INTERNATIONAL CONFERENCE MODELLING IN MECHANICS 2014



Sborník rozšířených abstraktů • 5. - 6. 2. 2014 • Proceedings of the extended abstracts

OBSAH / TABLE OF CONTENTS

Bedáň Jan, Frantík Petr Dynamický model Charpyho kladiva	1
Brdečková Helena Matematické modelování procesu progresivního porušování svahu v Růžďce – Dušné ...	3
Brožovský Jiří Studie vlivu vlastností materiálu v modelu historické zděné konstrukce ve 2D	5
Daniel Luboš, Kortiš Ján Numerické modelovanie interakcie vozidla a mostnej konštrukcie	7
Drahorád Michal Svislá napětí od hutnění v zásypu a jejich vliv na chování zasypané konstrukce	9
Flodr Jakub, Krejsa Martin, Mikolášek David, Sucharda Oldřich, Žídek Libor Matematické modelování statického chování tenkostěnného za studena válcovaného průřezu	11
Fojtík Roman, Novotný Tomáš, Skotnicová Iveta, Stolárik Martin, Zdražilová Nad'a, Pinka Miroslav Nepříznivé jevy dočasných mostů	13
Frantík Petr Identifikace průřezu z dynamických vlastností prutu	15
Grzywiński Maksym, Pokorska Iwona Stochastic Analysis of Cylindrical Shell	17
Holický Milan, Marková Jana, Sýkora Miroslav Overview of target reliability levels in present standards	19
Jurčíková Anežka, Rosmanit Miroslav Numerický model montážního spoje CHS profilů s čelní deskou	21
Králik Juraj Optimal Design of Damping Devices Under Nuclear Fuel Container Using Simulation Methods	23
Králik Juraj, Králik Juraj, jr. Deterministic and Probabilistic Analysis of NPP Communication Bridge Resistance Due to Extreme Loads	25
Krejsa Jan, Holický Milan, Sýkora Miroslav Uncertainty in shear resistance of reinforced concrete beams with stirrups – comparison of EN 1992-1-1 and MC 2010 models	27
Křivý Vít, Vašek Zdeněk, Urban Viktor, Kubzová Monika Použití rovnoramenných úhelníků z ocelí S450J0 a S460M v ocelových příhradových konstrukcích	29
Lausová Lenka, Matečková Pavlína, Brožovský Jiří, Kološ Ivan Experimentální a numerická analýza vlivu teploty na ocelovou konstrukci	31
Lehner Petr, Veselý Václav, Konečný Petr, Pařenica Přemysl, Pieszka Daniel, Hurta Jan, Žídek Libor Fyzikální parametry cementového kompozitu při sekvenčním lomovém testu	33

Machačová Denisa, Havlíková Ivana, Šimonová Hana, Láník Jaromír, Keršner Zbyněk Pokročilé určení lomových parametrů lehkého betonu s polypropylenovými vlákny	35
Major Maciej, Major Izabela, Rózycka Judyta Coefficients of Reflection and Transmission of Transverse and Longitudinal acoustic Wave in the Blatz-Ko Material	37
Major Maciej, Major Izabela Computer Aided Design – Comparative Analysis of Widely Available Software with Analytical Method	39
Melcer Jozef, Martinická Ivana Porovnanie FFP pre rôzne výpočtové modely vozidla	41
Michalcová Vladimíra, Kuznetsov Sergej, Pospíšil Stanislav Numerické a experimentální modely zatížení objektu od účinků proudového pole v mezní vrstvě atmosféry	43
Mikolášek David, Lokaj Antonín, Brožovský Jiří, Sucharda Oldřich Optimalizace numerického modelu ocelového spoje dřevěné kulatiny	45
Odrobiňák Jaroslav Verification and applicable modelling of continuous steel-concrete composite bridge	47
Pařenica Přemysl, Rosmanit Miroslav Detail napojení hlavního podélného nosníku a cfst oblouku ocelobetonového spřaženého mostu	49
Protivínský Jiří, Krejsa Martin Experimentální ověření použitelnosti oceli S235 a DD11 pro anti-seizmické konstrukční úpravy	51
Seitl Stanislav, Bermejo Carlos Sanchez Crack under biaxial loading: two-parameter description	53
Slowik Ondřej, Novák Drahomír Algoritizace spolehlivostní optimalizace	55
Sobek Jakub Analýza tvarových funkcí pro tělesa s trhlinou pro varianty rovinné úlohy	57
Sucharda Oldřich, Vašek Jakub Analýza a posudek vybraných stavebních konstrukcí s využitím programového vybavení	59
Sýkora Miroslav, Drahorád Michal Stanovení dílčích součinitelů pro hodnocení zatížitelnosti existujících mostů	61
Valeš Jan Klopení nosníku s počátečními imperfekcemi	63
Vašek Jakub, Krejsa Martin Pravděpodobnostní posouzení spolehlivosti příhradové konstrukce v prostředí programového systému MATLAB	65
Zídek Rostislav, Brdečko Luděk Tradiční krov – havarijní stav, modelování a příčiny.	67

DYNAMICKÝ MODEL CHARPYHO KLADIVA

DYNAMIC MODEL OF CHARPY'S HAMMER

Jan Bedáň¹, Petr Frantík²

Abstrakt

Tento článek se zabývá popisem modelu zkoušky Charpyho kladivem. Model se skládá z kladiva a nosníku a jejich vzájemné interakce. Nosník je reprezentován hmotným bodem, který má danou hmotnost a tuhost, kladivo je reprezentováno kyvadlem. Byla provedena studie chování takového systému pro různé hodnoty tuhosti nosníku.

Klíčová slova

Charpyho kladivo, dynamický model

Abstract

This paper is about dynamic model of Charpy's hammer. Model consists of the pendulum and the beam and interaction between them. The beam is represented by masspoint, which has attributes mass and toughness, the hammer is represented by pendulum. This system was subjected to study of the behavior for different values of beam's toughness.

Keywords

Charpy's hammer, dynamic model

1 Úloha

Zkouška Charpyho kladivem slouží k určení dynamických lomových parametrů materiálu. Jelikož se nejedná o běžné vlastnosti používané při dimenzování konstrukcí, může být obtížné je v případě potřeby získat. Model této zkoušky se snaží co nejlépe vystihnout její průběh a chování materiálů, ze kterých by se následně daly stanovit dynamické lomové parametry.

Charpyho kladivo představuje závaží určité hmotnosti pohybující se po kružnici. Ve spodní poloze je umístěn zkušební vzorek s vrubem na opačné straně než naráží závaží. Model je tedy rozdělen na dvě úlohy – kladivo a nosník. Jednoduchý dvoustupňový model je znázorněn na obr. 2.

Kladivo je převedeno na kyvadlo znázorněné na obr. 1. Jeho parametry jsou hmotnost m , délka l a počáteční úhel φ_0 . Poté je také definováno tlumení prostředí a tuhost kontaktní pružiny. Sestavením Lagrangianu byla získána pohybová rovnice

$$a_{(t)} = -\frac{g}{l} \sin(\varphi_{(t)}), \quad (1)$$

¹ Ing. Jan Bedáň, VUT v Brně, fakulta stavební, katedra STM, Veveří 331/95, BedanJ@fce.vutbr.cz

² Ing. Petr Frantík Ph.D., VUT v Brně, fakulta stavební, katedra STM, Veveří 331/95, kitmarf@centrum.cz

ze které jsou vypočítávány hodnoty úhlové rychlosti ω a úhlu φ pomocí symplektické Eulerovy metody [1] s krokem h :

$$\omega_{(t+h)} = \omega_{(t)} + h a_{(t)} \tag{2}$$

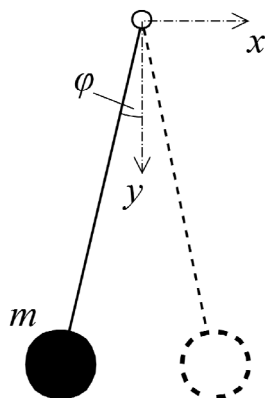
$$\varphi_{(t+h)} = \varphi_{(t)} + h \omega_{(t+h)}. \tag{3}$$

Nosník reprezentuje hmotný bod s vlastnostmi hmotnost m_n , tuhost k_n a tlumení c . Podobně jako u kyvadla i v případě hmotného jsou počítány pohybové rovnice pro rychlost v a polohu x :

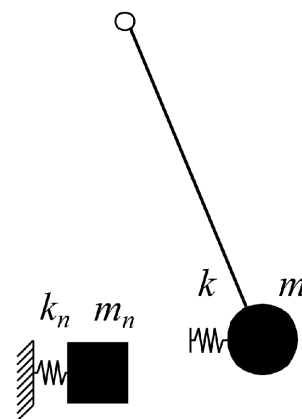
$$a_{n(t)} = k_n (x_0 - x_{(t)}) / m_n \tag{4}$$

$$v_{(t+h)} = v_{(t)} + h a_{n(t)} \tag{5}$$

$$x_{(t+h)} = x_{(t)} + h v_{(t+h)}. \tag{6}$$



Obr. 1: Kyvadlo



Obr. 2: Model Charpyho kladiva

Interakce mezi kyvadlem a nosníkem se modeluje pomocí kontaktní pružiny – pružiny kyvadla. Pokud nastane situace, kdy souřadnice x kyvadla bude menší jak souřadnice x_n nosníku, vznikne síla

$$F = k(x_{n(t)} - x_{(t)}) \tag{7}$$

představující interakci mezi kyvadlem a nosníkem.

Z této síly je možné dopočítat patřičné zrychlení, které se přičte ke zrychlení v pohybových rovnicích:

$$a_{(t)} = k(x_{n(t)} - x_{(t)}) / m \tag{8}$$

$$a_{n(t)} = -k(x_{n(t)} - x_{(t)}) / m_n \tag{9}$$

kde x_n je aktuální poloha nosníku, x aktuální poloha kyvadla, m hmotnost kyvadla a m_n hmotnost nosníku.

Poděkování

Výsledek byl vytvořen za finanční podpory Grantové agentury v rámci projektu FRAPA, registrační číslo GA13-03662S.

MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ PROCESU PROGRESIVNÍHO PORUŠOVÁNÍ SVAHU V RŮŽĎCE – DUŠNÉ

MODELING OF THE PROGRESSIVE SLOPE FAILURE
ON SLIDE AREA RŮŽĎKA - DUŠNÁ

Helena Brdečková¹

Abstrakt

Článek předkládá výpočtový model svahové deformace v pramenné oblasti říčky Růžďky na úbočí vrchu Dušná v k. ú. Růžďka. Studovaný sesuv postihuje povrchová deluvia, která se sesouvají po poloskalním podloží. Proces je modelován programem Plaxis 2D za použití Mohr-Coulombova ideálně plastického materiálového modelu, studuje vliv snížení parametrů smykové pevnosti na zhoršení stability svahu.

Klíčová slova

Matematické modelování, progresivní porušení, stabilita svahu, sesuv, flyš.

Abstract

The paper presents a computational model of a landslide in the spring area of the Růžďka river on a hillside of Dušná hill. The weather mantle soils of a studied mass movement slide on an impermeable bedrock. The process is modeled using PLAXIS 2D program by Mohr-Coulomb ideally plastic material model. The impact of a shear strength parameters reduction to slope stability decrease is studied.

Keywords

Mathematic modelling, progressive failure, slope stability, landslide, flysch.

1 Úvod

Článek se věnuje problematice progresivního porušování svahu, které je dlouhodobě pozorováno na sesuvném území Růžďka – Dušná. Jedná se o aktivní sesuv, jehož pohyby se obnovují v době vysoké srážkové činnosti.

2 Geologické podmínky lokality a popis sesuvného procesu

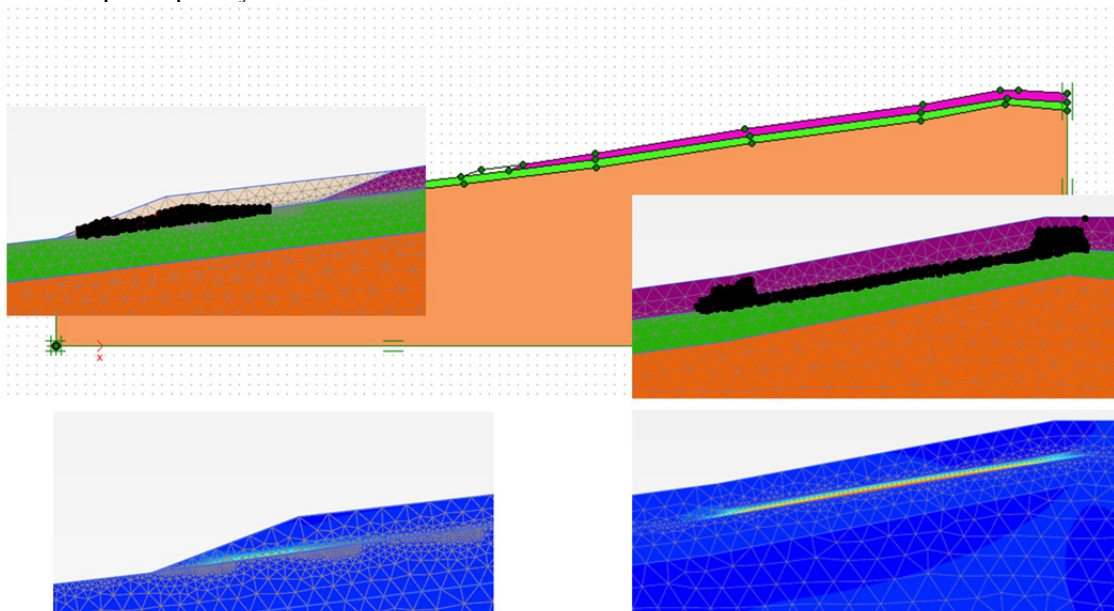
Geologické prostředí řešené sesuvné oblasti je budováno horninami újezdských vrstev svrchního zlínského souvrství račanské jednotky magurského flyše. Jde o flyšový sled sedimentů s převahou pelitických sedimentů (jílovce) nad psamitickými (pískovce), ve zvětralinové zóně jsou podložní poloskalní horniny silně rozvětralé, nabývají charakteru převážně jílovitých, jílovitopísčitých až hlinito-kamenitých zemin. Tato deluvia se sesouvají po poloskalním podloží. V obdobích aktivizace sesuvu v době extrémních

¹Ing. Helena Brdečková, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geotechniky, Veveří 95, 602 00 Brno, brdeckova.h@fce.vutbr.cz

srážek se v tělese sesuvu tvoří trhliny, stupně a suťové valy, terén bývá silně zamokřený, v odlučné zóně dochází k poklesům (v roce 1997 – pokles cca 1 m). Čelo sesuvu zasahuje do pramenné oblasti říčky Růžďky. Konzistence deluviálních zemin se v době zvýšených srážkových úhrnů snižuje a deluvia se především v odlučné oblasti a v oblasti paty sesuvu nakypřují.

3 Výpočtový model sesuvného procesu

Během sesuvného procesu dochází k vývoji dílčích sesuvů. Předkládaná studie modeluje postupný vývoj těchto poruch. Obr. 1 ukazuje vývoj dílčích smykových ploch vznikajících v odlučné oblasti a v blízkosti paty sesuvu. Na rozhraní poloskalního podloží a nezpevněných zemin se výrazně zvyšují úhlová přetvoření. Parametry smykové pevnosti klesají ve smykových zónách vlivem velkého smykového namáhání z vrcholových hodnot na reziduální a dochází k dílčím pohybům podél oslabených smykových ploch. Oblast dílčích odlučných zón je namáhána tahem, vytvářejí se tahové trhliny umožňující snadnější zatékání vody do tělesa sesuvu a tak kromě jiného také rychlé snižování konzistence a zhoršování deformačních a pevnostních parametrů deluvií zpřístupněných vodě.



Obr. 1: Model sesuvu Dušná – Růžďka: body porušení a vývoj smykových ploch v oblasti velkých zkosů v odlučné oblasti a v patě sesuvu)

4 Závěr

Prezentovaný článek modeluje progresivní rozvoj sesuvného procesu v řešené lokalitě. Tento proces, ve kterém se deluvia sesouvají po poloskalním podloží, je typickým deformačním procesem postihujícím sesuvné oblasti ve flyšových územích.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl díky podpoře projektu OP VK OKTAEDR – partnerství a síť stavebnictví, registrační číslo projektu: CZ.1.07/2.4.00/31.0012.

STUDIE VLIVU VLASTNOSTÍ MATERIÁLU V MODELU HISTORICKÉ ZDĚNÉ KONSTRUKCE VE 2D

NUMERICAL STUDY OF MATERIAL PROPERTIES INFLUENCE ON BEHAVIOUR OF HISTORICAL MASONRY BUILDING MODEL IN 2D

Jiří Brožovský¹

Abstrakt

Příspěvek se zabývá některými otázkami numerického modelování historických zděných konstrukcí. Konkrétně se věnuje vlivu uvažovaných mechanických vlastností zásypů nad klenbami na výsledné hodnoty deformací a napětí v nosné zděné konstrukci. K výpočtům byl použit model části kláštera v České republice.

Klíčová slova

Zdivo, metoda konečných prvků, rovinná deformace, tuhost, numerická studie.

Abstract

This paper discussed a numerical modelling of historical masonry building. A part of monastery in Bohemia is modelled. The purpose of this paper is to show that an approach to a modelling of some non-essential structures can have important influence on computed behaviour of main bearing structures.

Keywords

Masonry, finite element method, plane strain, stiffness, numerical modelling.

1 Úvod

V dnešní době se často přikládá velký význam uchování historického dědictví evropských národů. Děje se tak z mnoha důvodů, nejprozaičtější je zřejmě hledisko ekonomické, protože turistický průmysl dnes tvoří nezanedbatelnou část příjmů států Evropské unie. I proto jsou dnes často kladeny požadavky na zachování a co nejšetrnější obnovu historických stavebních objektů. Vzhledem k tomu, že řada historických objektů v České republice nebyla v minulosti příliš dobře udržována, případně sloužila k účelům, pro které původně nebyla budována, je často nezbytné provést řadu průzkumných prací k poznání jejich skutečného stavu. Teprve poté je možné navrhnout vhodné způsoby sanací těchto konstrukcí.

Určitou komplikací je obvykle okolnost, že z řady důvodů není možné provést stavebně-technický průzkum v požadovaném rozsahu (konstrukce jsou fyzicky nedostupné nebo do nich není možné zasahovat z důvodů památkové ochrany nebo nemožnosti přerušit jejich užívání a podobně). Potom je vhodné doplnit fyzická měření také numerickými simulacemi studované konstrukce a snažit se najít potřebné informace srovnáváním statických nebo dynamických výpočtů s poznatky získanými při měřeních

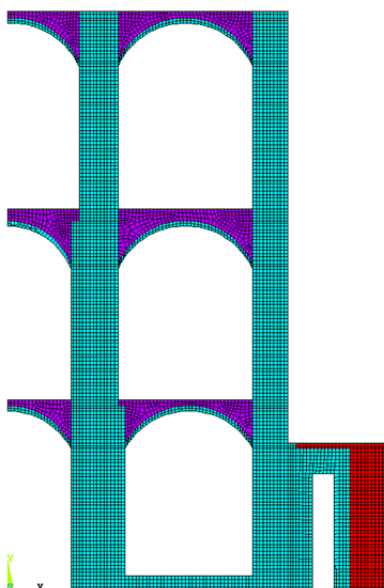
¹ Doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D., Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděště 1875, 70800, Ostrava, e-mail: jiri.brozovsky@vsb.cz

in situ. Častým problémem je při numerických simulacích omezená znalost výchozích vlastností použitých materiálů, v některých případech také nepřesné informace o geometrii jednotlivých konstrukčních prvků.

Předkládaný článek prezentuje dílčí výsledky jedné takové úlohy. Na příkladu zděné konstrukce kláštera jsou provedeny numerické analýzy s rozdílnými vlastnostmi materiálu, který je použit jako násyp nad klenbami.

2 Popis modelované konstrukce

Studovaná konstrukce je součástí zděné stavby historického kláštera v Čechách. Modelována byla jen vybraná část zděné konstrukce, která je uvedena na Obrázku 1. Byl vytvořen jen rovinný řez konstrukcí a její levá část byla nahrazena symetrickými okrajovými podmínkami. Vzhledem k charakteru zděné konstrukce byly numerické modely sestaveny pro stav rovinné deformace.



Obr. 1: Schéma modelované části historické zděné konstrukce

3 Závěr

V příspěvku jsou prezentovány výsledky srovnávací studie historické zděné konstrukce, které ukazují, že nezanedbatelný vliv na chování numerických modelů může mít také způsob modelování i těch prvků, jejichž mechanickým vlastnostem není při většině průzkumů věnována velká pozornost – v tomto případě zásypů kleneb. Uvedeno je srovnání čtyř variant tuhostí tohoto prvku, přičemž je možné sledovat poměrně velké rozdíly v deformacích a v rozložení napětí v ostatních konstrukcích.

Výstižnost prezentovaných výsledků je ovšem ovlivněna uplatněnými zjednodušujícími předpoklady při modelování a také skutečností, že ne všechny vstupní parametry (včetně některých geometrických údajů) byly k dispozici v potřebné kvalitě.

Poděkování

Práce byly podporovány z prostředků na koncepční rozvoj vědy a výzkumu, které byly VŠB-TU Ostrava přiděleny Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

NUMERICKÉ MODELOVANIE INTERAKCIE VOZIDLA A MOSTNEJ KONŠTRUKCIE

THE NUMERICAL MODELING OF INTERACTION VEHICLE AND BRIDGE

Luboš Daniel¹, Ján Kortiš²

Abstrakt

Dynamická interakcia vozidlo – most predstavuje aktuálnu problematiku, ktorej sa venujú ľudia na viacerých pracoviskách. Článok sa zaoberá numerickým modelovaním interakcie vozidlo – most v tomto systéme. Porovnáva rozdiely v presnosti pri použití MKP a inej numerickej metódy, zobrazuje vplyv rýchlosti vozidla na priehyb mosta v strede rozpätia.

Kľúčové slová

ANSYS, metóda konečných prvkov, kmitanie, dynamická analýza, náhodný profil

Abstract

Vehicle – bridge dynamic interaction represents the actual problem which is solved on many work places. The submitted article is dedicated to the numerical modeling of vehicle – bridge interaction problem in the environment of this system. It compares the numerical accuracy of FEM with other numerical method and illustrates the influence of the speed of vehicle motion on the bridge mid-span deflection.

Keywords

ANSYS, finite element method, vibration, dynamic analysis, random profile

1 Úvod

Článok sa zaoberá tvorbou výpočtových modelov vozidla, mosta a ich vzájomnej interakcie v programovom systéme ANSYS. Vozidlo je v tomto prípade modelované ako štvrtinový model tvorený pomocou pružinových prvkov s predpísanými tuhostnými a tlmiacimi vlastnosťami a prvkov charakterizujúcich koncentrovanú hmotu v uzloch. Model mostnej konštrukcie je tvorený rovinnými nosníkovými prvkami.

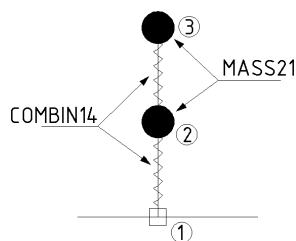
2 Popis modelu

Pre potreby numerickej simulácie prejazdu vozidla po moste je vygenerovaný náhodný profil jazdnej dráhy, ktorý sa podľa normy zaraďuje do triedy cesty B. To znamená, že hodnota výkonovej spektrálnej hustoty v referenčnom bode je $4 \cdot 10^{-6}$. Úsek je vektor

¹ Luboš Daniel, Ing., Žilinská univerzita v Žiline, Katedra stavebnej mechaniky, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, lubos.daniel@fstav.uniza.sk

² Ján Kortiš, Ing. PhD., Žilinská univerzita v Žiline, Katedra stavebnej mechaniky, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, jan.kortis@fstav.uniza.sk

o veľkosti 1 x 2900, čo pri vzorkovaní 0,01 m predstavuje profil o dĺžke 29 m (rozpätie mosta).



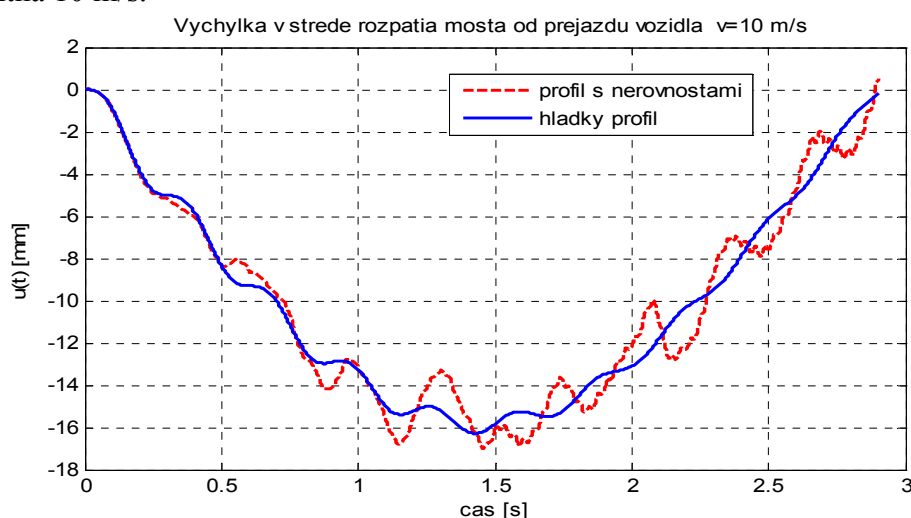
Diagonálna matica hmotnosti vozidla
 $\{m\}_D = \{m_1, m_2\}_D = \{17400, 2140\}_D$ [kg]

Diagonálna matica tuhostí spojovacích členov vozidla
 $\{k\}_D = \{k_1, k_2\}_D = \{3739448, 10045440\}_D$ [N/m]

Diagonálna matica tlmenia spojovacích členov vozidla
 $\{b\}_D = \{b_1, b_2\}_D = \{260197, 10988\}_D$ [kg/s]

Obr. 2.2 Model vozidla v systéme ANSYS

Porovnanie priebehov výchyliek v strede mosta od prejazdu vozidla po hladkom a nerovnom profile jazdnej dráhy je zobrazené na Obr. 5.2. Rýchlosť vozidla je konštantná 10 m/s.



Obr. 5.2 Porovnanie výchylky v strede rozpätia mosta od prejazdu vozidla po hladkom a nerovnom profile, rýchlosť vozidla $v=10\text{m/s}$

3 Záver

V rámci numerických analýz bol sledovaný vplyv náhodných nerovností na dynamickú odozvu mosta. Presnosť výsledkov získaných pomocou MKP bola overená z výsledkov experimentu. Vplyvom nerovností pri simulácii prejazdu vozidla sa maximálny priehyb v strede rozpätia zvýšil o 4,01 %. Pri zvolenej triede cesty „B“ však tento nárast nie je významný a bolo by skôr zaujímavé sa sústrediť na kategórie ciest s nižšou kvalitou povrchu vozovky.

Literatúra

- [1] ANSYS, Inc.: ANSYS 8.0 Documentation
- [2] STN ISO 8608 Mechanické kmitanie, profily povrchu cesty. Zaznamenávanie nameraných údajov, SÚTN, Bratislava, 2000.
- [3] Daniel, Ľ., Interakcia v sústave vozidlo – jazdná dráha, Práca ŠVOČ, SvF, ŽU, Žilina, 2012
- [4] Melcer, J., Dynamické výpočty mostov na pozemných komunikáciách. EDIS, Žilinská univerzita v Žiline, 1997

Tento príspevok vznikol s podporou GA M VVa SR VEGA, grant č. 1/0259/12.

SVISLÁ NAPĚTÍ OD HUTNĚNÍ V ZÁSYPU A JEJICH VLIV NA CHOVÁNÍ ZASYPANÉ KONSTRUKCE

VERTICAL STRESSES DUE TO COMPACTION OF BACKFILL
AND ITS INFLUENCE ON BEHAVIOR OF BURRIED STRUCTURES

Michal Drahorád¹

Abstrakt

V souvislosti s rozvojem a vývojem mostních konstrukcí spolupůsobících s materiálem zásypu (mosty integrované a přesypané) roste význam stanovení skutečného působení hutněného zásypu na konstrukci mostu. Kromě vlastností zásypového materiálu má klíčový vliv zejména jeho hutnění. Předmětem tohoto článku je popis experimentálního stanovení maximálních svislých napětí od hutnění a jejich vliv na chování zásypu konstrukce, respektive jeho vodorovnou tuhost.

Klíčová slova

Zásyp konstrukce, hutnění, vodorovná tuhost, chování zasypané konstrukce, zemní tlak.

Abstract

In relation with the development of bridge structures interacting with backfill material (integrated and burried bridges) the importance of determining the actual behavior of compacted backfill of the bridge structure is increasing. In addition to the properties of the backfill material plays a critical role its compaction. This article deals with the experimental determination of the maximum vertical stress due to compaction and its influence on the behavior of backfill of the burried structure, or its horizontal stiffness.

Keywords

Backfill of structure, compaction, horizontal stiffness, behavior of burried structure, earth pressure.

1 Úvod

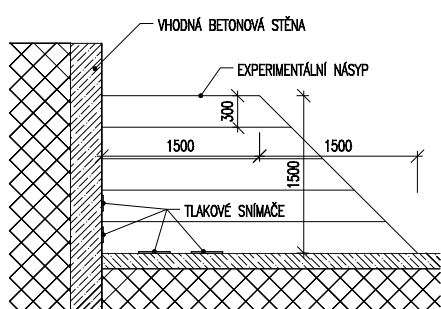
Rozvoj mostních konstrukcí spolupůsobících s materiálem zásypu (přechodových oblastí), zejména tenkostěnných přesypaných mostů a integrovaných mostů, s sebou přináší stále větší nároky na chování jejich zásypu. Tyto nároky souvisí zejména s nutností zavedení vlastností zásypu do návrhu konstrukce, přičemž významné odchylky od skutečnosti se zásadním způsobem promítají do návrhu a spolehlivosti mostní konstrukce. Stěžejní roli hraje přitom míra zhutnění zásypu. Tento článek popisuje experimentální stanovení maximálních svislých napětí od hutnění zásypu a jejich vliv na chování (vodorovnou tuhost) zásypu konstrukce.

¹ Ing. Michal Drahorád, Ph.D., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra betonových a zděných konstrukcí, Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6, michal.drahorad@fsv.cvut.cz

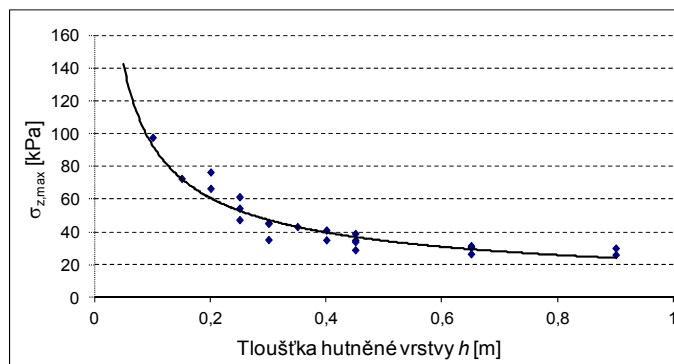
2 Experimentální program

Experimentální program byl zaměřen na výzkum a stanovení charakteristik hutněného zásypu při použití běžných lehkých hutnících mechanismů (vibrační pěch, vibrační deska). Cílem experimentálního měření bylo stanovení maximálního náhradního svislého napětí $\sigma_{z,\max}$ dosaženého při hutnění materiálu zásypu a následně stanovení stupně překonsolidace OCR, který významně ovlivňuje chování zásypového materiálu.

Uspořádání experimentu je uvedeno na Obr. 1, pro měření tlaků byly použity absolutní tlakové snímače napojené na tlakové podušky. Při hutnění byl použit vibrační pěch BOMAG BT 60/4 s náhradním kontaktním napětím pod patkou cca 145 kPa. Experimentální zásyp byl zhotoven z nesoudržné nenamrzavé zeminy (třída S3/S-F).



Obr. 1: Uspořádání experimentu



Obr. 2: Závislost maximálního svislého napětí $\sigma_{z,\max}$ od hutnění vibračním pěchem na tloušťce hutněné vrstvy h

V rámci experimentu byla stanovena závislost maximálního svislého napětí $\sigma_{z,\max}$ na tloušťce hutněné vrstvy h (viz Obr. 2). V rámci měření byly dále stanoveny i vodorovná napětí $\sigma_{x,\max}$, která byla následně použita k ověření používaných teoretických postupů. Ověření prokázalo dobrou shodu s použitým teoretickým modelem. Drobné rozdíly (cca 20%) jsou způsobeny nepřesnostmi měření a vlivem tření mezi nepoddajnou betonovou stěnou a materiálem experimentálního zásypu v blízkosti snímačů.

3 Závěr

V rámci provedeného experimentu byly stanoveny skutečné hodnoty maximálních napětí od hutnění vyskytující se v konstrukcích přesypaných a zasypaných objektů inženýrských staveb při použití lehké hutnící techniky. Takto stanovené hodnoty svislých tlaků jsou přímo využitelné v projekční praxi pro návrh inženýrských konstrukcí, zejména přesypaných a integrovaných mostů a opěrných konstrukcí. Jejich využití v kombinaci s metodikou zavedení do působení konstrukce při jejím návrhu (viz např. [1]) vede k efektivnějšímu návrhu konstrukce a tím k úsporám na konstrukčních materiálech při zachování požadované bezpečnosti konstrukce.

Poděkování

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu TA03031099 podporovaného TA ČR.

Literatura

- [1] DRAHORÁD, M., Přesypané zděné klenbové mosty - interakce zeminy a konstrukce v inženýrských aplikacích, 11. mezinárodní konference Modelování v mechanice 2013, 2013, pp. 9-10.

MATEMATICKÉ MODELOVÁNÍ STATICKÉHO CHOVÁNÍ TENKOSTĚNNÉHO ZA STUDENA VÁLCOVANÉHO PRŮŘEZU

Jakub Flodr¹, Martin Krejsa², David Mikolášek³, Oldřich Sucharda⁴, Libor Židek⁵

Abstrakt

Příspěvek si klade za cíl provedení statické analýzy za studena tvarovaného tenkostěnného ocelového průřezu trapézového plechu s využitím komerčního softwaru ANSYS. V rámci řešení byl proveden fyzikální test tahovou zkouškou, s jehož výsledky byla provedena verifikace výpočetního matematického modelu. Výsledky statické analýzy chování nosné konstrukce tvořené tenkostěnným profilem byly ověřeny experimentem.

Klíčová slova

Numerická analýza, kontaktní úloha, statická analýza, napětí, fyzikální experiment.

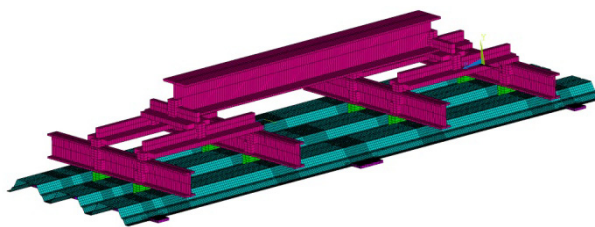
1 Úvod

Tenkostěnné profily různých výrobců jsou mnohdy vyráběny ve stejných nebo alespoň podobných konstrukčních výškách. Jednotlivé profily se liší tvarem - např. v uspořádání a velikosti vnitřních výztuh, geometrií jednotlivých částí a poloměry zakřivení mezi nimi.

Na základě těchto skutečností vyvstala otázka, jak velký vliv má umístění výztuhy ve stojině průřezu na únosnost průřezu. Autorský kolektiv se proto zaměřil zejména na hledání optimálních pozice výztuhy ve stojině tenkostěnného průřezu z hlediska pozitivní a negativní orientace profilu. Předmětem této publikace bylo vytvoření numerického modelu, který by v maximální možné míře odpovídal skutečnému chování tenkostěnného profilu. Verifikovaný numerický model by pak bylo možno použít i k prvotnímu ověření optimalizovaných profilů.

2 Tvorba matematického výpočetního modelu

Tvorba matematických výpočetních modelů byla rozdělena do dvou částí. V první etapě byl proveden fyzikální experiment tahové zkoušky tenkostěnného ocelového průřezu, při němž byly získány skutečné materiálové charakteristiky zkoušených profilů, které jsou nezbytné pro definování korektního



Obr. 1: Schéma zatěžovacího roštu v ANSYS

¹ Ing. Jakub Flodr, VŠB-TU Ostrava, FAST, Katedra stavební mechaniky, Fakulta stavební, e-mail: jakub.flodr@gmail.com

² doc. Ing. Martin Krejsa Ph.D., VŠB-TU Ostrava, FAST, Katedra stavební mechaniky, e-mail: martin.krejsa@vsb.cz

³ Ing. David Mikolášek Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, e-mail: dm2@email.cz

⁴ Ing. Bc. Oldřich Sucharda Ph.D., VŠB-TU Ostrava, FAST, Katedra stavební mechaniky, e-mail: oldrich.sucharda@vsb.cz

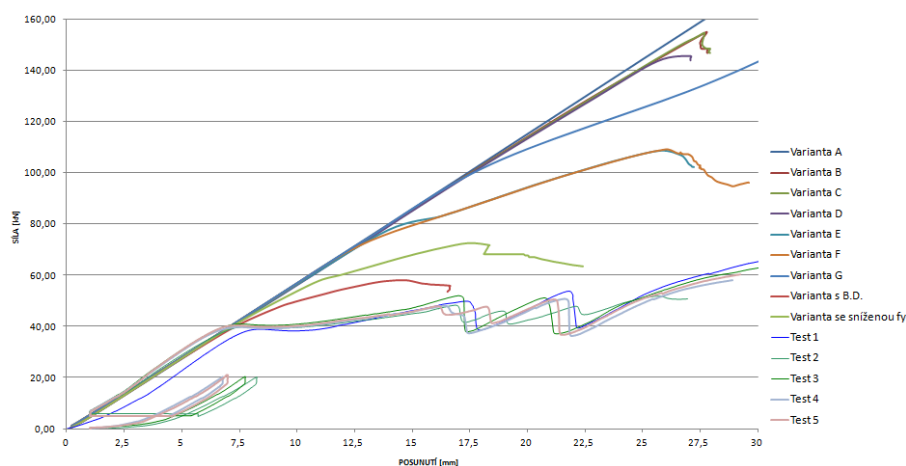
⁵ Ing. Libor Židek, VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavebních hmot, e-mail: libor.zidek@vsb.cz

numerického modelu. V druhé etapě pak byly výsledky tahové zkoušky aplikovány na komplexním numerickém modelu, který byl vytvořen pro verifikaci s fyzikálním experimentem. Pro tvorbu výpočetních numerických modelů byl zvolen konečně-prvkový software ANSYS 12.

3 Rozbor výsledků výpočtu s využitím verifikovaného výpočetního modelu

V současné době bylo provedeno již 5 testů trapézového profilu SATJAM T60/235, tloušťky 1 mm. Po kalibraci výpočetního modelu byly dosaženy výsledky srovnatelné s fyzikálním experimentem. Trapézové profily se shodně chovaly lineárně až do zatížení silou o velikosti cca 40 kN, kdy se u profilů začínalo projevovat lokální boulení a u jednotlivých částí zkušebních vzorků začínalo postupně docházet ke kolapsu, zejména v místech podepření. Shodně také docházelo k obdobným deformacím v místech podpor a k boulení tlačných pásnic, což se projevilo v numerickém modelu i při prováděném experimentu.

ZÁVISLOSTI SÍLY NA POSUNUTÍ U JEDNOTLIVÝCH VARIANT A POROVNÁNÍ S FYZIKÁLNÍM EXPERIMENTEM



Obr. 2: Výsledné závislosti zatěžovací síly na posunutí při výpočtu jednotlivých variant numerických modelů a jejich porovnání s experimentem.

4 Závěry

Příspěvek byl zaměřen na tvorbu matematického modelu, který by dostatečně výstižně popisoval statické chování tenkostěnného profilu za ohybu.

Vytvořený matematický model lze při srovnání s výsledky experimentu považovat při uvažování pružného chování materiálu za dostatečně přesný a lze jej využít pro prvotní ověření optimalizovaných tenkostěnných za studena tvarovaných profilů.

V dalším období budou otestovány a následně porovnány s numerickým modelem i dvě další skupiny vzorků trapézových plechů v tloušťkách 0,80 mm a 1,25 mm.

Poděkování

Tvorba článku byla realizována za finanční podpory z prostředků koncepčního rozvoje vědy, výzkumu a inovací pro rok 2013 přidělených VŠB-TU Ostrava Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky a z prostředků na prorůstové opatření FAST VŠB-TUO.

NEPŘÍZNIVÉ JEVY DOČASNÝCH MOSTŮ

ADVERSE EFFECTS OF TEMPORARY BRIDGE

Roman Fojtík¹, Tomáš Novotný², Iveta Skotnicová³,
Martin Stolárik⁴, Nad'a Zdražilová⁵, Miroslav Pinka⁶

Abstrakt

Pro překlenutí především vodních toků se často využívá provizorních ocelových mostů a lávek. Mostních provizorních systémů existuje v ČR celá řada. Optimální volba vhodného mostu nezávisí jen na rozpětí, ale z důvodu aktuálního boje za snižování hluku z dopravy, také na hluku vznikajícím při provozu. Odhalení kritických míst, kde vzniká nežádoucí hluk, může vést ke správné volbě vhodného mostního systému a také k návrhu detailů, které by tento problém řešily při návrhu nových mostů.

Klíčová slova

ocelový most, vibrace, hluk, seismické měření.

Abstract

To overcome primarily watercourses is often used temporary steel bridges and footbridges. Makeshift bridge system exists in the Czech Republic are numerous. The optimal choice of a suitable bridge does not only depend on the range, but due to the current struggle for the reduction of traffic noise, also the noise produced during operation. Revealing the critical points where there is unwanted noise, may lead to the correct selection of a suitable bridge system, and the details of the proposal, which would tackle this problem in the design of new bridges.

Keywords

steel bridge, vibration, noise, seismic measurements.

1 Úvod

Od chvíle kdy byl postaven první most, musel být řešen i problém, jak jej nahradit v případě zničení nebo poškození přírodními katastrofami (bouře, povodně, zemětřesení, atd.) či válečnými konflikty nebo terorismem.

¹ Ing. Roman Fojtík, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava – Poruba, roman.fojtik@vsb.cz

² Dr. Ing. Tomáš Novotný, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava – Poruba, tomas.novotny@vsb.cz

³ Ing. Iveta Skotnicová Ph.D., VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra prostředí staveb a TZB, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava – Poruba, iveta.skotnicova@vsb.cz

⁴ Ing. Martin Stolárik Ph.D., VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava – Poruba, martin.stolarik@vsb.cz

⁵ Ing. Nad'a Zdražilová, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra prostředí staveb a TZB, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava – Poruba, nada.zdrzilova.st@vsb.cz

⁶ Ing. Miroslav Pinka, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava – Poruba, miroslav.pinka@vsb.cz

Jeden z prvních systémů dočasných mostů byl Beiley Bridge užívaný za 2. sv. války. Tento systém je dnes nahrazen typem s označením „Mabey Bridge“, kromě tohoto mostu je v ČR používána také: MS, TMS, MMT, ŽM16, (ŽM16M), ŽM60 a další.

Moderní Mabey Bridge byl v roce 1975 v Australii postaven na rozpětí 788 m, ale rozpětí těchto mostů se pohybuje okolo 100 m. V české republice jsou tyto dočasné mostní systémy využívány především po povodních, kdy je nutné rychle nahradit poškozené nebo zničené mosty. Dočasnost se bohužel někdy protáhne až na desítky let. Dle zkušeností ŘSD jsou po povodni „dočasné“ mosty vítány, ale po čase vznikají problémy spojené především s hlučností, ale i nadměrným klikáním.

2 Cíle experimentálního měření

Pro sledování byl vybrán ocelový dočasný most MABEY UNIVERSAL, který překlenuje řeku Bečvu nedaleko obce Hustopeče n. B. Rozpětí tohoto mostu je cca 61 m.



Obr. 1: sledovaná mostní konstrukce MABEY UNIVERSAL

Cíle vyplívají ze skutečností uvedených výše. Jedná se především o odhalení zdrojů nepříznivého hluku a také o sledování dynamického chování dočasného ocelového mostu.

3 Závěr

Problematika hluku od dopravy je v současnosti velice aktuální. Množství stojících dočasných mostů je velké a vidina jejich odstranění je v nedohlednu. Hledání slabín těchto mostů může přispět k návrhu nových konstrukcí a také k úpravám těch stávajících tak, aby se při dlouhodobé instalaci, která je v ČR běžná, snížila například hlučnost.

Již jsme provedli mnohá měření sledující hlučnost, dynamické charakteristiky a také šíření vibrací do okolí, na jejichž základě jsou hledány cesty ke zlepšení aktuální situace. Jednou z cest může být instalace anti-vibračních rohoží ze sortimentu firmy PATREM PIPE TECHNOLOGIES s.r.o.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory Konceptního rozvoje vědy, výzkumu a inovací pro rok 2013, přidělený VŠB-TU Ostrava, Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky a ve spolupráci se společností PATREM PIPE TECHNOLOGIES s.r.o.

Literatura

- [1] REZAC, M., SKOTNICOVA, I. Noise attenuation from tramway traffic. *Komunikace*. Volume 14, Issue 4, 2012, Pages 73-78. ISSN 13354205.

IDENTIFIKACE PRŮŘEZU Z DYNAMICKÝCH VLASTNOSTÍ PRUTU

CROSS-SECTION IDENTIFICATION FROM DYNAMICAL PROPERTIES OF BEAM

Petr Frantík¹

Abstrakt

Článek se věnuje problematice analytické i numerické inverzní analýzy průřezu prutu při známých dynamických vlastnostech. Je ukázáno úplné analytické řešení kubického problému pro dutý obdélníkový průřez.

Klíčová slova

Prut konstantního průřezu, identifikace, inverzní analýza.

Abstract

The paper deals with analytical and numerical inverse analysis of a beam of uniform cross-section from known dynamical properties. Full analytical solution of the cubic problem of a rectangular hollow cross-section is shown.

Keywords

Beam of uniform cross-section, identification, inverse analysis.

1 Úloha

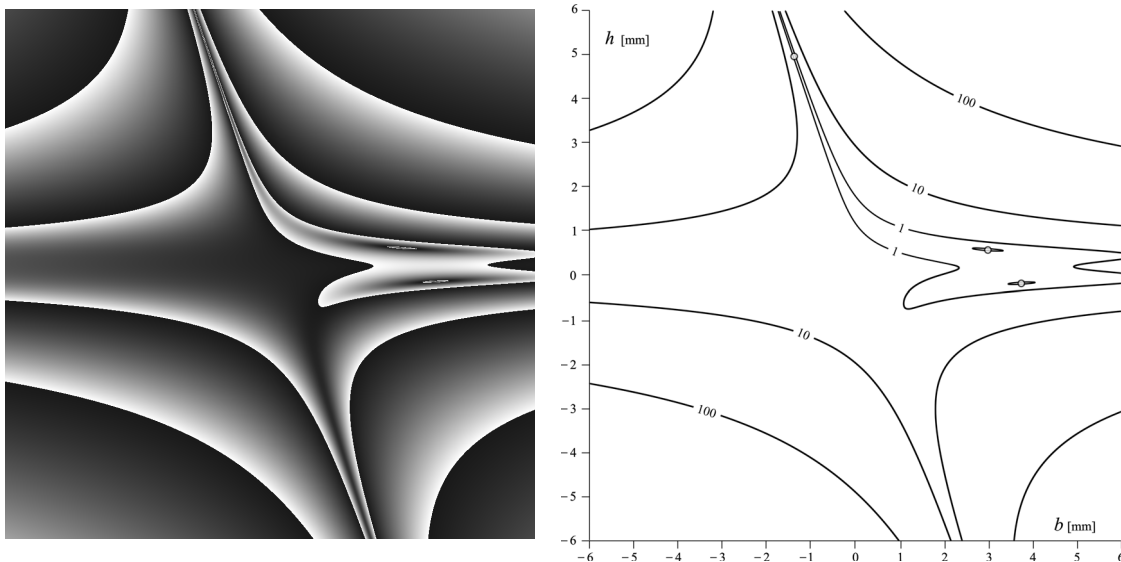
Mějme prut konstantního průřezu, dané hmotnosti m , délky L , tvořeného materiálem s hustotou ρ a modulem pružnosti E . Dále necht' známe jeho ohybovou tuhost EI (uvažujme velmi štíhlý prut), čímž snadno určíme nutnou velikost momentu setrvačnosti I (v anglické literatuře vhodněji označovaném jako druhý moment plochy). Úkolem je najít geometrické parametry průřezu splňující výše uvedené hodnoty.

Takto definovaná úloha je stále příliš nejednoznačná, proto se omezíme na zvolené geometrické tvary průřezu. Pro dutý obdélníkový průřez šířky b a výšky h a tloušťky stěn t platí:

$$\begin{aligned} m &= \rho L(bh - (b - 2t)(h - 2t)), \\ I &= \frac{1}{12}(bh^3 - (b - 2t)(h - 2t)^3). \end{aligned} \quad (1)$$

Nejprve zkusíme nalézt numerické řešení pro parametry: hmotnost $m = 0.05$ kg, délka $L = 5$ m, hustota materiálu $\rho = 7850$ kg/m³, moment setrvačnosti $I = 5 \cdot 10^{-14}$ m⁴ a tloušťka $t = 0.2$ mm. Vzhledem k tomu, že je druhá rovnice kubická, lze očekávat existenci tří řešení. Na obr. 1 je vidět zobrazení průběhu odchylky δ včetně polohy tří nalezených řešení zvýrazněných pomocí kroužků.

¹ Ing. Petr Frantík, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno
e-mail: kitnarf@centrum.cz



Obr. 1: Zobrazení průběhu odchylky δ pomocí logaritmické monochromatické stupnice a vrstevnic. Řešení jsou vyznačena na vrstevnicovém zobrazení pomocí kroužků.

S použitím některého ze současně i volně dostupných analytických strojů, jakým je např. Wolfram Alpha [2], lze nalézt obecné řešení soustavy (1). Obdržené řešení je naneštěstí ve tvaru, který pouhým dosazením neumožňuje v oboru reálných čísel hodnoty vyčíslit. Ukažme si jeden z kořenů pro šířku průřezu:

$$b = \frac{m}{4L\rho t} + t - \frac{1}{2L\rho t} \left(\frac{\sqrt[3]{d}}{6\sqrt[3]{2}} + \frac{1}{\sqrt[3]{d}} \left(\frac{3m^2}{2^{\frac{2}{3}}} + 8\sqrt[3]{2} L^2 \rho^2 t^4 \right) \right),$$

$$d = a + \sqrt{a^2 - 4(48L^2 \rho^2 t^4 + 9m^2)^3}, \quad (2)$$

$$a = 864L^2 m \rho^2 t^4 - 5184L^3 \rho^3 t^2 + 54m^3,$$

kde a, d jsou pomocné konstanty.

Jelikož je (pro dané parametry) výraz pod druhou odmocninou záporný, musíme pro získání použitelného tvaru přejít do oboru komplexních čísel s očekáváním vymizení imaginární složky čísla po provedení obou odmocnin. Dostaneme výrazy:

$$b_{1,2,3} = \frac{m}{4L\rho t} + t - \frac{\sqrt[3]{r} \cos \theta_{1,2,3}}{6\sqrt[3]{2}L\rho t}, \quad r = |d| = 2\sqrt{(48L^2 \rho^2 t^4 + 9m^2)^3},$$

$$\theta_1 = \frac{\theta}{3}, \quad \theta_{2,3} = \frac{\theta}{3} \pm \frac{2}{3}\pi, \quad \theta = \arccos\left(\frac{a}{r}\right), \quad (3)$$

$$h_{1,2,3} = \frac{m}{2L\rho t} + 2t - b_{1,2,3},$$

kde r je absolutní hodnota komplexního čísla d a θ je jeho úhel v komplexní rovině.

Poděkování

Výsledek byl vytvořen za finanční podpory Grantové agentury v rámci projektu FRAPA, registrační číslo GA13-03662S.

STOCHASTIC ANALYSIS OF CYLINDRICAL SHELL

Maksym Grzywiński¹, Iwona Pokorska²

Abstract

The paper deals with some chosen aspects of stochastic structural analysis and its application in the engineering practice. The main aim of the study is to provide the generalized stochastic perturbation technique based on classical Taylor expansion with a single random variable. The study is illustrated by numerical results concerning an industrial thin shell structure modeled as a 3-D structure.

Keywords

Stochastic perturbation technique, finite element method, shell structure.

1 Introduction

The finite element method has been weak in dealing with variation of structural parameters due to uncertainties of these parameters. An analytical way enabling the stochastic finite element method to copy with uncertain parameter systems has been devised on the basic of the 2nd-order perturbation method [1-5]. This nonstastical approach is numerically much more efficient than a statistical approach, such the Monte Carlo simulations. A major advantage of the statistical finite element approach is that only the first two moments need to be known; and not the multivariate distribution function and a large number of samples required in statistical approach.

2 Hierarchical equations

Hierarchical system for the multidegree-of-fredom system describing structural static response with stiffness matrix \mathbf{K} , displacement vector \mathbf{q} and load vector \mathbf{Q} is:

$$\begin{aligned} \mathbf{K}^0 \mathbf{q}^0 &= \mathbf{Q}^0 \\ \mathbf{K}^0 \mathbf{q}^{,r} &= \mathbf{Q}^{,r} - \mathbf{K}^{,r} \mathbf{q}^0, \quad r = 1, 2, \dots, \hat{r} \\ \mathbf{K}^0 \mathbf{q}^{(2)} &= \sum_{r,s=1}^{\hat{r}} (\mathbf{Q}^{,rs} - 2\mathbf{K}^{,r} \mathbf{q}^{,s} - \mathbf{K}^{,rs} \mathbf{q}^0) \text{Cov}(a_r, a_s) \end{aligned}$$

where in first, second and third matrix equation above respective derivatives are indicated.

3 Example

This example the response of a thin shell structure is considered. Fig. 1 shows the half of a cylindrical shell clamped at boundaries under uniformly distributed pressure $p = 15kN/m^2$. The remaining input data are: radius $R = 2,5m$, length $L = 12m$, Young

¹ Maksym Grzywiński, Ph.D., Czestochowa University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Building, Construction and Engineering, Poland, 42-200 Czestochowa, ul. Akademicka 3, tel.: (+48) 343 250 924, e-mail: mgrzywin@bud.pcz.czest.pl

² Iwona Pokorska, Ph.D., Czestochowa University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Civil Constructions and Building Physics, Poland, 42-200 Czestochowa, ul. Akademicka 3, tel.: (+48) 343 250 920, e-mail: pokorska@bud.pcz.czest.pl

modulus $E = 30MPa$, Poisson ratio $\nu = 0,2$. The expectation, correlation function and coefficient of variation of the shell thickness is assumed as:

$$E(t) = t_0 = 0,10 \quad R(t_r, t_s) = \mathcal{G} \exp[-|x_r - x_0|/\lambda] \exp[-|y_r - y_0|/\lambda]$$

$$\mathcal{G} = 1,5/RL, \quad \lambda = 2,5/RL, \quad \alpha = 0,1.$$

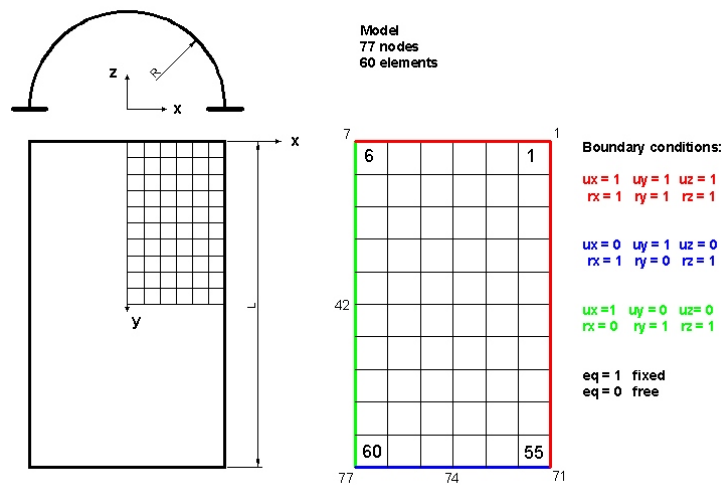


Fig. 1: 60-element shell with mesh grid

4 Conclusion

In the stochastic perturbational analysis we deal with one system of the zeroth-order equations, one system of the first-order equations for each of the random variables and one system of the second-order equations. This nonstatistical approach does not restrict the analysis to some limits of random fields as in the statistical techniques; it is applicable to both the homogeneous and nonhomogeneous random fields and a normal approximation is not necessarily needed. The restriction of small uncertainties in random variables, being inherent of the mean-point perturbation procedure, is seemingly eliminated by the check-point perturbation scheme in which the point of the system is perturbed around its parameterized variables.

References

- [1] LIU, W.K., BELYTSCHKO, T., MANI, A. *Random field finite elements*, Int. J. Num. Meth. Eng., 1986, vol. 23, issue 10, pp. 1831-1845 (5 p). ISSN 1097-0207
- [2] KLEIBER, M., HIEN, T.D. *The Stochastic Finite Element Method*. Wiley, 1992. ISBN 047193626X. 322 p.
- [3] GRZYWIŃSKI, M., SŁUŻALEC, A. *Stochastic equations of rigid-thermo-viscoplasticity in metal forming process*, Int. J. Eng. Science, 2002, vol. 40, issue 4, pp. 367-383 (7 p). ISSN 0020-7225
- [4] GRZYWIŃSKI, M., HIEN, T.D. Stochastyczna wrażliwość konstrukcji kratowych. In: TARNOWSKI, W., KICZKOWIAK, T. (red.) *Poliptymalizacja i Komputerowe Wspomaganie Projektowania*, 2008, pp. 35-40 (6 p). ISBN 8373651527.
- [5] POKORSKA I., A sensitivity analysis of powder forging processes, *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 2008, 37, 1, pp.77-89. ISSN 16151488

OVERVIEW OF TARGET RELIABILITY LEVELS IN PRESENT STANDARDS

Milan Holický, Jana Marková, Miroslav Sýkora¹

Abstract

The target reliability levels recommended in national and international documents vary within a broad range. The target reliability index is indicated for different reference periods (1 or 50 years, life-time) without appropriate links to the design working life. This contribution attempts to clarify the relationship between the target reliability levels, construction costs, failure consequences, reference periods and the design working life.

Keywords

Target reliability, failure consequences, reference period, design working life.

1 Introduction

The target reliability levels recommended in normative documents for new structures are inconsistent in terms of the values and the criteria according to which the appropriate values are to be selected. This contribution clarifies the link between the design working life and reliability index and provides guidance for specification of the target reliability level for a given design working life. The considered normative documents include *EN 1990:2002*, *ISO 2394:1998* and its revised draft *ISO/DIS 2394:2013*, and the Probabilistic Model Code of the Joint Committee on Structural Safety (JCSS PMC).

2 Comparison of target reliabilities

The target reliability indices β recommended in the considered documents are compared in Fig. 1 (ultimate limit states ULS) and Fig. 2 (serviceability limit states SLS).

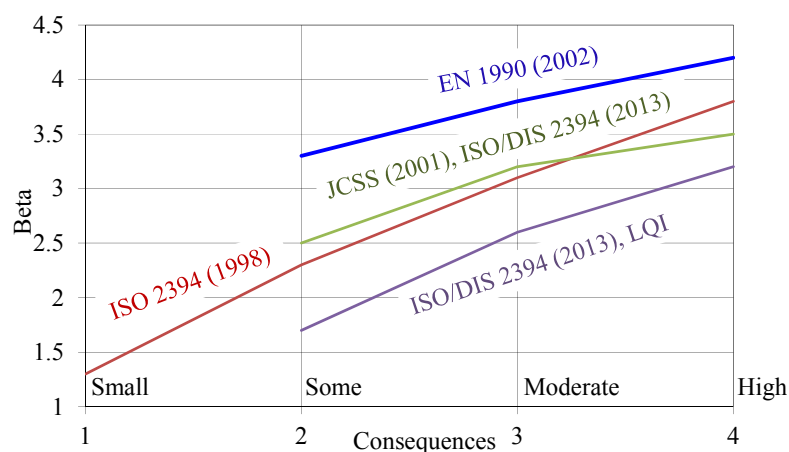


Fig. 1: Variation of β for ULS with failure consequences (for life-time)

¹ Prof. Ing. Milan Holický, PhD., DrSc., doc. Ing. Jana Marková, Ph.D., Ing. Miroslav Sýkora, Ph.D., Czech Technical University in Prague, Klokner Institute, Department of Structural Reliability, Solinova 7, 16608 Prague, Czech Republic, milan.holicky@klok.cvut.cz, jana.markova@klok.cvut.cz, miroslav.sykora@klok.cvut.cz

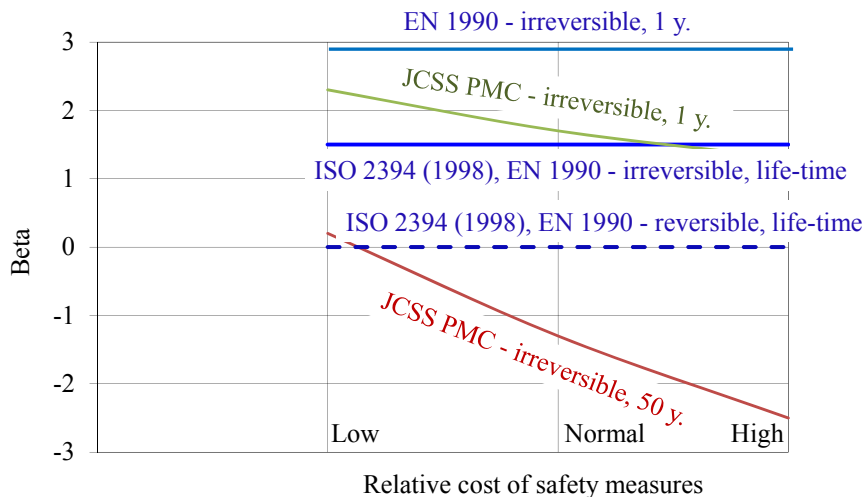


Fig. 2: Variation of β for SLS with a degree of relative costs of safety measures

In the full paper the differences amongst recommendations in the considered documents are discussed in detail. Moreover, effects of possible correlations between failure events in the basic reference periods are numerically analysed and recommendations for engineering practice are suggested.

3 Conclusions

The following concluding remarks are drawn from the present study:

- In the present normative documents the target reliabilities levels are specified for different reference periods - typically one year, fifty years and life-time.
- Recalculation of targets to uniform reference period (say 50 years) is complicated by mutual dependence of failure events.
- With increasing mutual dependence the target reliabilities approach values related to one year (basic) reference period.
- The target reliabilities indicated in available documents are within a broad range and should be carefully revised.
- Target reliabilities in standards should be supplemented by clear recommendation on how to use them in practice.
- For ultimate limit states of common buildings and bridges (RC2), reliability index 3.8 can be considered for a reference period equal to the design working life (50-100 years).

Acknowledgements

The study is based on outcomes of the research projects VG20122015089 supported by the Ministry of the Interior of the Czech Republic and P105/12/0589 supported by the Czech Science Foundation.

NUMERICKÝ MODEL MONTÁŽNÍHO SPOJE CHS PROFILŮ S ČELNÍ DESKOU

NUMERICAL MODEL OF END PLATE MOUNTING JOINT CONSISTING CHS PROFILES

Anežka Jurčíková¹, Miroslav Rosmanit²

Abstrakt

Cílem této práce bylo vytvořit numerický model běžného montážního spoje ocelové příhradové konstrukce z CHS (kruhových dutých profilů). Řešeny byly dva modely s různými tloušťkami čelní desky a v důsledku toho také s různými způsoby porušení. Výsledky získané numerickým modelováním pak byly porovnávány s analytickým řešením takového spoje dle platného Eurokódu ČSN EN 1993-1-8 a navíc s řešením dle starší ČSN 731401 (jednodušší postup, ale dnes již neplatná).

Klíčová slova

ANSYS, MKP, montážní spoj, ocelová příhradová konstrukce, páčení šroubů.

Abstract

The aim of this work was to create a numerical model of the common mounting joint of steel truss structure consisting CHS (circular hollow sections). Two models with different endplate thicknesses and consequently with different failure modes were solved. The results obtained by numerical modeling were then compared with the analytical solution of such joint using the current Eurocode EN 1993-1-8 and also using the solution according to older ČSN 731401 (simpler procedure, but no longer valid).

Keywords

ANSYS, FEM, mounting joint, steel lattice structure, prying of bolts.

1 Úvod

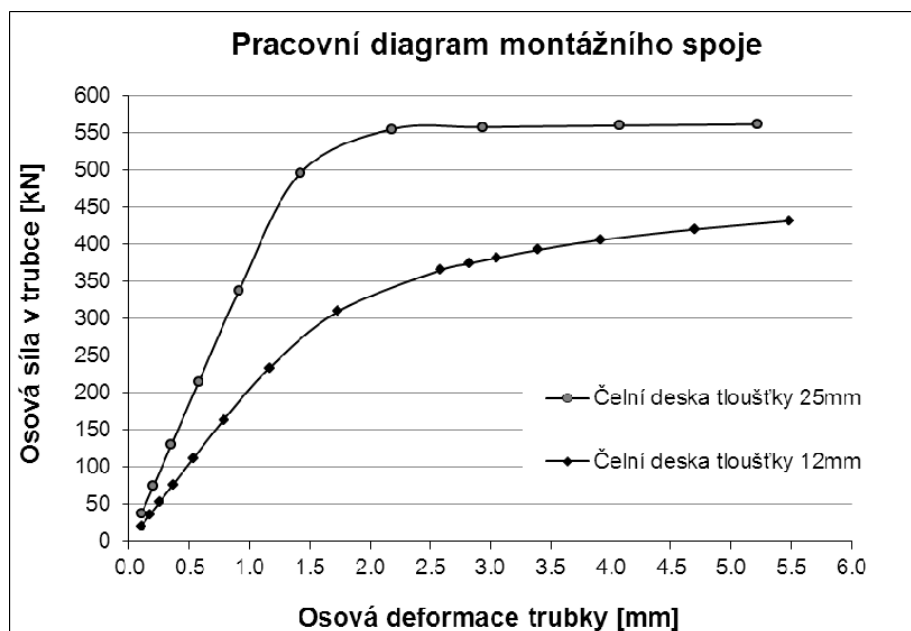
V praxi se pro výstavbu halových objektů a pro překlenutí velkých rozponů často s výhodou využívají příhradové vazníky i příhradové rámové konstrukce z dutých průřezů. Především pro jejich příznivé statické působení (dvojose symetrický průřez, zkrácení vzpěrných délek, dosažení požadované únosnosti při zachování subtilnosti konstrukce), ale také pro estetický vzhled těchto konstrukcí. U velkorozponových konstrukcí je však zapotřebí propojit jednotlivé dílce, k čemuž se často využívá montážních spojů s čelní deskou.

¹ Ing. Anežka Jurčíková, Katedra stavební mechaniky, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 391, e-mail: anezka.jurcikova@vsb.cz.

² Ing. Miroslav Rosmanit, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 398, e-mail: miroslav.rosmanit@vsb.cz.

U takovýchto spojů namáhaných tahem je třeba posoudit šrouby také s uvážením případného vlivu páčení. Postupy dle současné normy jsou dosti komplikované a u spojů dutých průřezů nejsou přesně popsány. Proto je tato práce zaměřena na vytvoření numerického modelu montážního spoje CHS profilů s čelní deskou, který bude vystihovat předpokládané chování spoje.

2 Výsledky numerického modelování



Obr. 1: Pracovní diagramy montážních spojů s tloušťkou čelní desky 12 mm a 25 mm.



Obr. 2: a) Numerický model s čelní deskou 12 mm s výrazným vlivem páčení.
b) Numerický model s čelní deskou 25 mm bez vlivu páčení.

3 Závěr.

Podařilo se vytvořit numerické modely montážních spojů CHS profilů s čelní deskou, které vystihují předpokládané chování jednotlivých styčnicků s různými tloušťkami čelní desky. Tyto předpoklady vycházely s analytického výpočtu dle platného Eurokódu, na základě kterého u modelu s deskou tloušťky 12 mm mělo být rozhodující porušení s vlivem páčení a u modelu s deskou tloušťky 25 mm mělo být rozhodující porušení šroubů v tahu. Numerické modely tyto předpoklady potvrdily.

Poděkování

Příspěvek byl realizován za finanční podpory projektů Studentské grantové soutěže VŠB - TUO financované Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky číslo SP2013/169, SP2014/168.

OPTIMAL DESIGN OF DAMPING DEVICES UNDER NUCLEAR FUEL CONTAINER USING SIMULATION METHODS

OPTIMÁLNY NÁVRH TLMIČA POD KONTAJNEROM NUKLEÁRNEHO PALIVA S VYUŽITÍM SIMULAČNÝCH METÓD

Juraj Králik¹

Abstract

This paper presents the probabilistic and sensitivity analysis of the reliability of the damping devices cover of nuclear power plant under impact of the container of nuclear fuel of type TK C30 drop. The finite element idealization of nuclear power plant structure is used in space. The steel pipe damper system is proposed for dissipation of the kinetic energy of the container free fall in comparison with the experimental results.

Keywords

Probability, sensitivity, container drop, damping devices, FEM, AntHill, ANSYS

1 Introduction

In recent time of permanent demands for increasing of active and passive nuclear power plants safety is very actual [1, 2 and 3]. One from interesting accidents is the container drop on the ceiling of the steam generator box during the exchange of nuclear fuel. The response of the impact load was calculated considering various scenarios of container drop during the transfer on the FEM model in the software ANSYS.

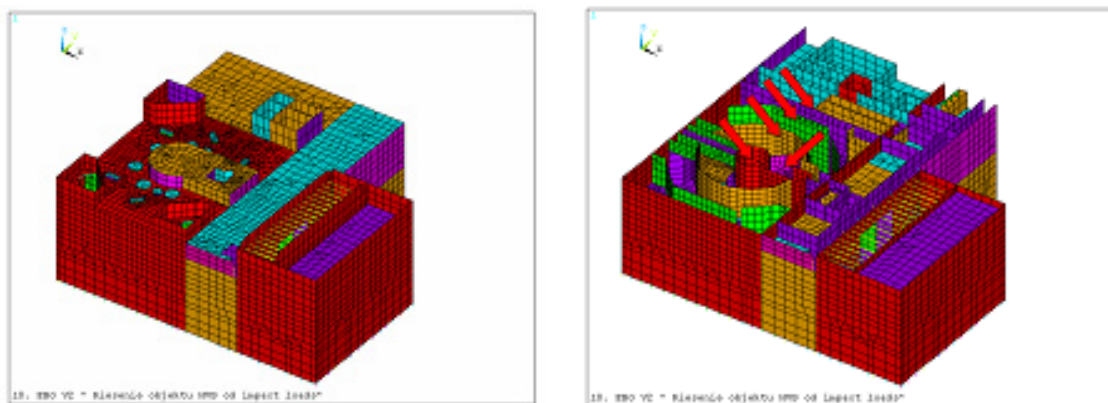


Fig.1: Calculation model of NPP building

2 Container drop

The hall crane transports the nuclear fuel in the steel container TK - C30 under ceiling plate at +18,90m. The cylinder container has diameter 2285mm, height 4367mm and weight 89,5t. In the case of accident the container can fall to the containment plate. The

¹ Juraj Králik, prof. Ing. CSc., FCE STU Bratislava, FCE, Department of structural mechanics, Radlinského 11, Bratislava 813 68, SR (e-mail: juraj.kralik@stuba.sk)

accident scenario was defined by the technologic engineer [2]. We proposed three levels of container fall on the plate from height 200 mm and 3670 mm. The impact loads can be defined from equality of kinetic energy E_k of container weight m_0 before impact and potential energy E_p of the plate deformation in moment of maximal impact effect. The response forces were calculated on the base of the direct transient method in program ANSYS.

3 Probability analysis of damping devices

Kinetic energy of the container drop can be dissipated with the plastic energy of damping devices from the pipes in one or two layers both. This type of damping devices was tested in Germany. Three types of the damping devices with various geometry of steel pipes in one and two layers were analyzed. The methodology of the probabilistic analysis of the damping devices efficiency results from the requirements [2 and 3] and experiences from their applications. The probabilistic analysis of the accident due the transport way of the container above containment plate results from uncertainty of material and geometry properties, load level, non linear deformation and design condition. The discrete histograms of the AntHill program were used. The calculation of the impact response and sensitivity analysis of the damping devices affectivity was considered in the ANSYS program.

4 Conclusion

This paper deals with the problem of the analysis of the buildings of nuclear power plants in the case of their resistance to the possible accident during the transport of container C30 [2] with the nuclear fuel. The dynamic transient analyses from the container falling during the accident simulation were realized using the system ANSYS. The probability and sensitivity analysis of the effectivity of the damping devices were realized in the program AntHill and ANSYS on the base of the results of attests of Bundesanstalt für Materialprüfung. The uncertainties of the loads level (container mass, height of free fall), the geometric and material properties (steel strength, geometric characteristic of pipe segments) and other influences following the inaccuracy of the calculated model and numerical methods were taken in the account in the 10^6 direct MONTE CARLO simulations. In accordance with the probability and sensitivity analysis the reconstruction project of the protection of the NPP building before the crane accident due to transport of the container C30 was proposed.

Acknowledgement

The project was realized with the financial support of the Grant Agency of the Slovak Republic (VEGA). The project registration number is VEGA 1/1039/12..

References

- [1] BANKASH, M., Y., H. *Impact and Explosion. Analysis and Design*. Oxford London, 1993.
- [2] KRÁLIK, J. *Safety and Reliability of Nuclear Power Buildings in Slovakia. Earthquake – Impact - Explosion*. Ed. STU Bratislava, 2009, 295pp.
- [3] KRÁLIK, J. *Reliability Analysis of Structures Using Stochastic Finite Element Method*, Edition STU Bratislava, 2009, pp.138.

DETERMINISTIC AND PROBABILISTIC ANALYSIS OF NPP COMMUNICATION BRIDGE RESISTANCE DUE TO EXTREME LOADS

DETERMINISTICKÁ A PRAVDEPODOBNOŠTNÁ ANALÝZA
KOMUNIKAČNÉHO MOSTA JE ZA EXTRÉMNEHO ZAŤAŽENIA

Juraj Králik¹, Juraj Králik, jr.²

Abstract

This paper presents the experiences from the deterministic and probability analysis of the reliability of communication bridge structure resistance due to extreme loads - wind and earthquake. On the example of the steel bridge between two NPP buildings is considered the efficiency of the bracing systems. The advantages and disadvantages of the deterministic and probabilistic analysis of the structure resistance are discussed.

Keywords

Probability, extreme loads, steel bridge, bracing, FEM, LHS, ANSYS

1 Introduction

This paper deals with the resistance of the steel bracing systems of the bridge between two buildings in the nuclear power plants (NPP) [2]. The international organization IAEA in Vienna [1] set up the design requirements for the safety and reliability of the NPP structures. The characteristic values of the loads are determined by mean return period of the extreme loads which is equal to one per 10^4 years. The deterministic and probabilistic analysis of the structure reliability is proposed in this paper [3]. The probability of the failure P_f is determined using simulation method LHS.

2 Load and Load Combination

The load combination of the **deterministic calculation** is considered according to ENV 1990 and IAEA [1] for the ultimate limit state of the structure as follows:

➤ *Deterministic method – extreme design situation*

$$E_d = G_k + Q_k + A_{Ed} \quad (1)$$

where G_k is the characteristic value of the permanent dead loads, Q_k - the characteristic value of the permanent live loads, A_{Ed} - the design value of the extreme loads, $A_{Ed,k}$ - the characteristic design value of the extreme loads.

In the case of **probabilistic calculation** and the ultimate limit state of the structure the load combination [6] we take following:

➤ *Probabilistic method – extreme design situation*

$$E = G + Q + A_E = g_{\text{var}} G_k + q_{\text{var}} Q_k + a_{\text{var}} A_{E,k} \quad (2)$$

¹ Juraj Králik, prof. Ing. CSc., FCE STU Bratislava, FCE, Department of structural mechanics, Radlinského 11, Bratislava 813 68, SR (e-mail: juraj.kralik@stuba.sk)

² Juraj Králik, Ing. PhD., FA STU in Bratislava, Námestie slobody 19, Bratislava 811 06 (kralik@fa.stuba.sk)

where g_{var} , q_{var} , a_{var} are the variable parameters defined in the form of the histogram calibrated to the load combination in compliance with Eurocode and JCSS requirements.

3 Uncertainties of Input Data

The uncertainties of the input data – action effect and resistance are for the case of the probabilistic calculation of the structure reliability defined in JCSS and Eurocode 1990.

Name	Quantity	Charact. value	Variable paramet.	Histogram	Mean	Stand. deviation	Min. value	Max. value
Material	Young's modulus	E_k	e_{var}	Normal	1	0,120	0,645	1,293
Load	Dead	G_k	g_{var}	Normal	1	0,010	0,755	1,282
	Live	Q_k	q_{var}	Gumbel	0,60	0,200	0	1
	Earthquake	$A_{E,k}$	a_{var}	Gama(T.II)	0,67	0,142	0,419	1,032
	Wind extrem	$A_{W,k}$	w_{var}	Gumbel	0,30	0,150	0,500	1,032
Resistance	Steel strength f_{sk}	F_k	f_{var}	Lognormal	1	0,100	0,726	1,325
Model	Action uncertaint	θ_E	Te_{var}	Normal	1	0,100	0,875	1,135
	Resistance uncert.	θ_R	Tr_{var}	Normal	1	0,100	0,875	1,135

Tab. 1: Probabilistic model of input parameters

The stiffness of the structure is determined with the characteristic value of Young's modulus E_k and variable factor e_{var} (tab.1). A load is taken with characteristic values G_k , Q_k , $A_{E,k}$, $A_{W,k}$ and variable factors g_{var} , q_{var} , a_{var} and w_{var} (tab.1).

4 Conclusion

This paper presents the reliability analysis of the steel bridge support resistance due to extreme loads – wind and earthquake. The extreme loads were defined for mean return period equal to one per 10^4 years in accordance of the IAEA requirements for NPP structures. The reliability of the original and upgraded FEM model of bridge was calculated using the deterministic and probabilistic analysis. The uncertainties of the input data – action effect and resistance were considered by the partial factors in the case of deterministic analysis and in the form of the histograms on the base of the Eurocode and JCSS.

Acknowledgement

This article was created with the support of the Ministry of Education, Science, Research and Sport of the Slovak Republic within the Research and Development Operational Programme for the project "University Science Park of STU Bratislava", ITMS 26240220084, co-funded by the European Regional Development Fund.

References

- [1] IAEA Safety Standards, Extreme external events in the design and assessment of nuclear power plants, No. IAEA-TECDOC-1341, Vienna, March 2003.
- [2] KRÁLIK, J. *Safety and Reliability of Nuclear Power Buildings in Slovakia. Earthquake – Impact - Explosion*. Ed. STU Bratislava, 2009, 295pp.
- [3] KRÁLIK, J. *Reliability Analysis of Structures Using Stochastic Finite Element Method*, Edition STU Bratislava, 2009, pp.138.

UNCERTAINTY IN SHEAR RESISTANCE OF REINFORCED CONCRETE BEAMS WITH STIRRUPS – COMPARISON OF EN 1992-1-1 AND MC 2010 MODELS

Jan Krejsa, Milan Holický, Miroslav Sýkora¹

Abstract

The submitted contribution is focused on the model uncertainty related to shear resistance of reinforced concrete beams with stirrups. Considering available test and model results, effects of basic variables on the model uncertainty are analysed. Uncertainties related to the section-oriented formulas provided in EN 1992-1-1 and in the new *fib* Model Code MC 2010 are critically compared.

Keywords

Model uncertainty, shear resistance, reinforced concrete.

1 Introduction

The presented study is focused on the model uncertainties of the shear resistance of beams with stirrups. Model uncertainty in the shear resistance according to the new *fib* Model Code [1] which provides three levels of approximation is analysed. The results are then critically compared to those obtained for the model in EN 1992-1-1 [2] in a previous study [3]. Beams not affected by degradation are taken into account.

2 Statistical evaluation and comparison of the model uncertainty

For each experiment the model outcome is evaluated and compared with a test result. Sample characteristics of the model uncertainty are then determined. It appears that MC 2010 Level 3 provides the most appropriate model – it is not overly conservative (mean of the model uncertainty $\mu_\theta \approx 1.1$) and the variability of model outcomes is acceptable (coefficient of variation $V_\theta \approx 0.2$). For the other models both μ_θ and V_θ are greater (see Fig. 1).

To verify influence of basic variables on the model uncertainty θ , a simple sensitivity analysis is conducted. The results reveal strong correlations between θ and shear reinforcement ratio ρ_w or strength of shear reinforcement $\rho_w f_{yw}$ for EN 1992-1-1 and MC 2010 Levels 1 and 2. Influence of ρ_w or $\rho_w f_{yw}$ on θ for MC 2010 Level 3 is considerably reduced which is the key improvement of this model.

¹Bc. Jan Krejsa, Prof. Ing. Milan Holický, PhD., DrSc., Ing. Miroslav Sýkora, Ph.D., Czech Technical University in Prague, Klokner Institute, Department of Structural Reliability, Solinova 7, 16608 Prague, Czech Republic, jan.krejsa@klok.cvut.cz, milan.holicky@klok.cvut.cz, miroslav.sykora@klok.cvut.cz

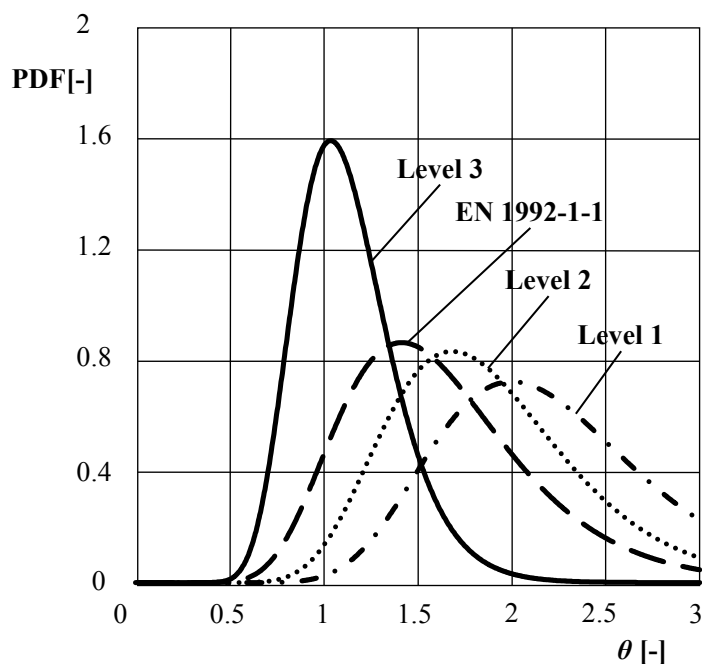


Fig. 1: Probability density functions of θ associated with the EN 1992-1-1 and MC 2010 models

Computational demands for all the considered models are similar – all the models are based on analytical relationships which are easy to evaluate. Therefore, it is recommended to use the Level 3 model while assessing the shear resistance beams with stirrups.

3 Concluding remarks

The present paper is particularly focused on the comparison uncertainties in shear resistance of beams with stirrups considering the models in EN 1992-1-1 and MC 2010. It appears that the model uncertainty related to MC 2010 Level 3 can be described by the lognormal distribution with a mean $\mu_\theta \approx 1.1$ and coefficient of variation $V_\theta \approx 0.2$; μ_θ and V_θ are greater for the other models (EN 1992-1-1 and MC 2010 Levels 1 and 2) and it is thus recommended to use the Level 3.

Acknowledgements

This study is an outcome of the research project P105/12/2051 Model uncertainties in resistance assessment of concrete structures, supported by the Czech Science Foundation.

References

- [1] *fib. fib Model Code for Concrete Structures 2010*. Lausanne : fib, 2013. 402 pp. ISBN 978-3-433-03061-5.
- [2] EN 1992-1-1. *Design of concrete structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings*. Brussels : CEN, 2004. 225 pp.
- [3] SYKORA, M., HOLICKY, M. & KREJSA, J. Model Uncertainty for Shear Resistance of Reinforced Concrete Beams with Shear Reinforcement According to EN 1992-1-1. *Transactions of the VSB - Technical University of Ostrava, Civil Engineering Series*. 2013, Vol. 23, Nr. 2, pp. 150-159. ISSN 1213-1962.

POUŽITÍ ROVNORAMENNÝCH ÚHELNÍKŮ Z OCELÍ S450J0 A S460M V OCELOVÝCH PŘÍHRADOVÝCH KONSTRUKCÍCH

EQUAL ANGLES FROM STEEL GRADES S450J0 AND S460M IN LATTICE STEEL TOWERS

Vít Křivý¹, Zdeněk Vašek², Viktor Urban³ a Monika Kubzová⁴

Abstrakt

Článek se zabývá problematikou navrhování a posuzování tlacených prvků ocelových příhradových konstrukcí. Pozornost je zaměřena především na návrh nárožníků z rovnoramenných úhelníků u ocelových příhradových stožárů. V článku jsou vyhodnoceny možnosti uplatnitelnosti oceli jakostních tříd S450J0 a S460M.

Klíčová slova

ocelové konstrukce, stožáry, vzpěr, rovnoramenný úhelník, nárožník

Abstract

The article deals with the problems of design and assessment of compression members in lattice steel structures. The attention is mainly paid to the design of leg members from equal angles in lattice steel towers. Applicability of steels grade S450J0 and S460M is discussed and evaluated in this article.

Keywords

steel structures, lattice steel towers, buckling, equal angle, leg members

1 Úvod

Rovnoramenné úhelníky se používají jako běžný konstrukční prvek při návrhu ocelových příhradových stožárů. Tento typ konstrukcí se uplatňuje především v energetice jako stožáry přenosových soustav či nosné konstrukce větrných elektráren, viz obrázek 1. Většina realizovaných konstrukcí je navržena z tradičních ocelí pevnostních tříd S235 či S355.

Vývoj v oblasti hutních technologií umožňuje výrobcům hutního materiálu zavádět produkci dalších typů konstrukčních ocelí se zvýšenou přidanou hodnotou oproti tradičním ocelím pevnostních tříd S235 a S355. Jedním z nově zaváděných výrobků společnosti ArcelorMittal jsou rovnoramenné úhelníky z ocelí S450J0 a S460M.

Výhody použití výšepevných ocelí S450J0 a S460M při návrhu příhradových konstrukcí se nejvíce projeví při návrhu prvků namáhaných na tah. Pro návrh nárožníků a často také prvků ztužení je však obvykle rozhodující posudek tlaceného prutu na vzpěr.

¹ Ing. Vít Křivý, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, L. Poděšť 1875, Ostrava-Poruba, vit.krivy@vsb.cz

² Ing. Zdeněk Vašek, Ph.D., ArcelorMittal Ostrava, a.s., Vratimovská 689, 707 02 Ostrava-Kunčice, Zdenek.Vasek@arcelormittal.com

³ Ing. Viktor Urban, VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, L. Poděšť 1875, Ostrava-Poruba, viktor.urban.st@vsb.cz

⁴ Monika Kubzová, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, L. Poděšť 1875, Ostrava-Poruba, Monika.Kubzova@seznam.cz

Do výpočtu návrhové vzpěrné únosnosti tláčeného prutu z rovnoramenného úhelníku vstupuje větší množství veličin, jako například vzpěrné délky, průřezové charakteristiky úhelníků a hodnota meze kluzu oceli.



Obr. 1: Ocelové příhradové stožáry z rovnoramenných úhelníků

2 Studie uplatnitelnosti ocelí S450J0 a S460M

Aby bylo možno vyhodnotit ekonomickou efektivitu použití ocelí S450J0 a S460M, bylo potřebné provést srovnávací parametrickou studii, v rámci které byly pro různé návrhové situace (definované návrhovou hodnotou normálové síly v nárožníku N_{Ed} a vzpěrnou délkou pro příslušný způsob vybočení) navrženy ekonomicky nejvýhodnější profily z různých pevnostních tříd ocelí. Pro návrh ekonomicky nejvýhodnějších profilů byla vytvořena jednoduchá softwarová aplikace.

3 Závěr

Hlavním výstupem článku jsou zjištění ohledně ekonomické efektivnosti použití rovnoramenných úhelníků z výšepevných ocelí. Z výsledků provedené parametrické studie vyplývá, že při současném nastavení cen lze při použití rovnoramenných úhelníků z ocelí S450J0 či S460M dosáhnout maximálně 15% úspory v porovnání s nárožníky navrženy z tradiční oceli S355J0. Této úspory je dosaženo v případech, kdy tláčené prvky nejsou významně ovlivňovány účinky vzpěru. Se zvyšující se štíhlostí prvků klesá ekonomická efektivita použití výšepevných ocelí. Ekonomicky zajímavé 5% úspory vztahované k použití oceli S355J0 lze však dosáhnout u mnoha typických konstrukčních řešení příhradových stožárů v energetických přenosových soustavách.

Poděkování

Příspěvek byl realizován za finančního přispění projektu „Tvorba a internacionalizace špičkových vědeckých týmů a zvyšování jejich excelence na Fakultě stavební VŠB-TUO“, reg. č. CZ.1.07/2.3.00/20.0013.

EXPERIMENTÁLNÍ A NUMERICKÁ ANALÝZA VLIVU TEPLoty NA OCELOVOU KONSTRUKCI

EXPERIMENTAL AND NUMERICAL ANALYSIS OF THE THERMAL EFFECT TO THE STEEL STRUCTURE

Lenka Lausová¹, Pavlína Matečková², Jiří Brožovský³, Ivan Kološ⁴

Abstrakt

V příspěvku jsou zpracovány výsledky experimentu zaměřeného na ověření chování staticky neurčité ocelové rámové konstrukce vystavené vysoké teplotě uskutečněného v tepelně-technické komoře na FBI VŠB-TU Ostrava. Výsledky teplotních měření a měření poměrných deformací v čase požáru jsou vyhodnoceny a porovnány numerickou analýzou metodou konečných prvků v programu ANSYS.

Klíčová slova

Ocelová rámová konstrukce, požár, požární odolnost, experiment, numerické modelování

Abstract

This paper describes experimental and numerical analysis of the effect of high temperature to the steel frame structure. There are compared results from the experiment realised in the thermal technical chamber of VŠB-TU Ostrava and numerical modelling using the finite element method in the ANSYS software. There are evaluated thermal and strain measurements in time of fire.

Keywords

Steel structure, fire, fire resistance, experiment, numerical modelling

1 Rámová konstrukce vystavená teplotním účinkům

V příspěvku jsou vyhodnoceny výsledky experimentu zaměřeného na ověření chování staticky neurčité rámové ocelové nechráněné konstrukce vystavené vysoké teplotě uskutečněného v tepelně-technické komoře na FBI VŠB-TU Ostrava. Výsledky teplotních měření a měření poměrných deformací v čase požáru jsou porovnány numerickým modelováním metodou konečných prvků v programu ANSYS.

Je-li u staticky neurčitých konstrukcí vazbami v podporách zabráněno teplotní dilataci, vznikají vlivem teplotního zatížení v konstrukci vnitřní síly a napětí. V těchto případech nelze použít zjednodušené výpočetní postupy podle Eurokódů. Staticky

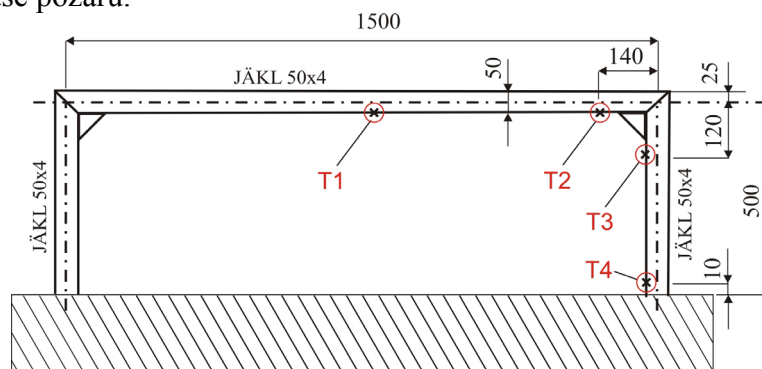
¹ Ing. Lenka Lausová, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L.Poděště 1875, 708 33, Ostrava-Poruba, lenka.lausova@vsb.cz

² Ing. Pavlína Matečková, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, L.Poděště 1875, 708 33, Ostrava-Poruba, pavlina.mateckova@vsb.cz

³ doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L.Poděště 1875, 708 33, Ostrava-Poruba, jiri.brozovsky@vsb.cz

⁴ Ing. Ivan Kološ, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L.Poděště 1875, 708 33, Ostrava-Poruba, ivan.kolos@vsb.cz

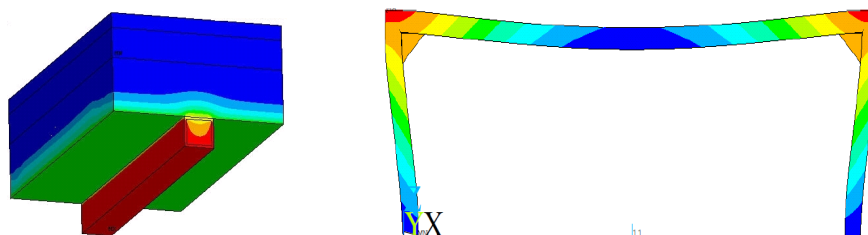
neurčité konstrukce (např. řešený rám viz Obr. 1) zatížené vysokou teplotou je třeba počítat podle základních zásad mechaniky při respektování vlivu rostoucí teploty na konstrukci a také jejího vlivu na proměnné hodnoty mechanických vlastností materiálu v čase požáru.



Obr. 1: Schéma ocelové rámové konstrukce

Na rozdíl od prvků nelze zanedbat nerovnoměrné rozložení teploty po výšce průřezu, neboť nerovnoměrná teplota způsobí přídavné ohybové momenty na konstrukci [1], [2].

Na obr. 2 je znázorněno teplotní pole v průřezu rámové příčle ochlazované shora stropní konstrukcí ve 33. minutě experimentu a deformační stav rámové konstrukce (teplota plynu je 765 °C, na spodní hraně příčle je 670 °C, na horní hraně příčle 550 °C).



Obr. 2: Teplotní pole stropní konstrukce a deformační stav ocelové konstrukce ve 33. minutě experimentu

2 Závěr

Analýzou ocelové staticky neurčité rámové konstrukce zatížené vysokou teplotou se prokázal vliv nerovnoměrného teplotního zatížení na napěťově-deformační stav konstrukce v počátcích požáru. Srovnáním výsledků z experimentu a z programu ANSYS bylo ověřeno, že numerické modelování metodou konečných prvků je vhodný nástroj pro určení analýzy teplotního pole a statickou analýzu konstrukcí.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků v rámci schváleného Specifického výzkumu SP2012/100 a finančního příspěví projektu Koncepčního rozvoje vědy a výzkumu Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava 2013.

Literatura

- [1] BUCHANAN, A., H. *Structural design for fire safety*. John Wiley a Sons Ltd, England, 2003, ISBN 0-471-89060-X.
- [2] Handbook 5. *Design of buildings for the fire situation*. Book by Leonardo da Vinci Pilot Project CZ/02/B/F/PP-134007.

FYZIKÁLNÍ PARAMETRY CEMENTOVÉHO KOMPOZITU PŘI SEKVENČNÍM LOMOVÉM TESTU

PHYSICAL PARAMETERS OF CEMENTITIOUS COMPOSITE
DURING SEQUENTIAL FRACTURE TEST

Petr Lehner¹, Václav Veselý², Petr Konečný³, Přemysl Pařenica⁴,
Daniel Pieszka⁵, Jan Hurta⁶, Libor Židek⁷

Abstrakt

Článek představuje metodu určování změn vybraných fyzikálních vlastností souvisejících s integritou materiálu. Jedná se o dobu průchodu ultrazvukových vln a elektrickou rezistivitu. Zkoumané veličiny byly měřeny napříč propagujícím se poškozením ve zkušebních tělesech z cementového kompozitu, které byly v opakujících se cyklech zatěžovány třibodovým ohybem. Výsledky v podobě závislosti doby průchodu ultrazvuku a elektrické rezistivity na délce trhliny lze aplikovat při analýze trvanlivosti železobetonových konstrukcí.

Klíčová slova

Cementový kompozit, třibodový ohyb, lom, efektivní trhlina, změna poddajnosti, lomová procesní zóna, doba průchodu ultrazvuku, elektrická rezistivita.

Abstract

The paper introduces a method for determination of changes of selected physical properties associated with the material integrity. It is the passing time of the ultrasonic waves and the electrical resistivity. The investigated parameters were measured across the propagating damage in test specimens made of cementitious composites which were loaded under three-point bending in repeating cycles. The dependence of the transit time of ultrasound wave and the electrical resistivity on the crack length can be applied in the durability analysis of reinforced concrete structures.

Keywords

Cementitious composites, three-point bending, fracture, effective crack, change in compliance, fracture process zone, ultrasound transit time, electrical resistivity.

¹ Ing. Petr Lehner, VŠB-TU Ostrava, Katedra stavební mechaniky, Ostrava, petrlehner@gmail.com

² Ing. Václav Veselý, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Katedra stavební mechaniky, Ostrava, vesely.v1@fce.vutbr.cz

³ Ing. Petr Konečný, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Katedra stavební mechaniky, Ostrava, petr.konecny@vsb.cz

⁴ Ing. Přemysl Pařenica, VŠB-TU Ostrava, Katedra konstrukcí, Ostrava, premysl.parenica@vsb.cz

⁵ Ing. Daniel Pieszka, VŠB-TU Ostrava, Katedra stavebních hmot a hornického stavitelství, Ostrava, daniel.pieszka@ips-konstrukta.cz

⁶ Ing. Jan Hurta, VŠB-TU Ostrava, Laboratoř stavebních hmot, Ostrava, jan.hurta@vsb.cz

⁷ Ing. Libor Židek, VŠB-TU Ostrava, Laboratoř stavebních hmot, Ostrava, libor.zidek@vsb.cz

1 Úvod

Moderní stavebnictví se snaží o efektivní využívání materiálů v souvislosti se spolehlivými a ekonomickými návrhy staveb. Z tohoto pohledu je velice aktuálním tématem výzkum v oblasti odhadu životnosti železobetonových konstrukcí. Dostupné metody zkoumající toto téma (např. [1], [2]) by měly brát v úvahu existenci trhlin v betonu. Ty mohou mít vliv na pronikání agresivních látek do konstrukce a na následnou korozi výztuže. Je důležité určit relevantní parametry trhliny a zkoumat její chování, což je hlavním zaměřením této práce.

2 Laboratorní měření

Článek popisuje postupy laboratorní zkoušky v případě sekvenčního lomového testu tříbodově ohýbaného trámce o nominálních rozměrech 100×25×400 mm se zářezem. Z výsledků laboratorních měření byly odečteny poddajnosti materiálu. Následně se pomocí modelu ekvivalentní elastické trhliny [3] určila délka efektivní trhliny.

Tělesa byla zatěžována v elektromechanickém lisu přírůstkem posunu příčnicku. Po dosažení maximální zatěžovací síly se lis přepnul do odtěžovacího režimu až na hodnotu 80% hodnoty maxima. Po následném úplném odtížení byla tělesa vyjmuta z lisu a bylo na nich provedeno měření dále popisovaných parametrů. V dalším kroku se tělesa opět vložila do zařízení, zatížila a odtížila a provedlo se nové měření.

3 Měření doby průchodu ultrazvuku a elektrické resistivity

Pro určení doby průchodu ultrazvuku laboratorními vzorky byl využit přístroj Tico (fa. Proceq). V rámci studie bylo sledováno, jak se zvyšuje doba průchodu zvukových pulsů t [μ s] s ohledem na šíření trhliny. Článek popisuje postup měření a ukazuje grafické porovnání výsledků. Měření resistivity probíhalo stejně jako měření doby průchodu ultrazvukových vln při každém zatěžovacím cyklu.

Článek obsahuje shrnutí, závěry a doporučení k oběma zkoumaným parametrům.

Poděkování

Tento článek vznikl při řešení projektu VŠB–Technické univerzity Ostrava podporovaného Ministerstvem školství mládeže a tělovýchovy ČR v rámci Institucionální podpory pro koncepční rozvoj vědy, výzkumu a inovací pro rok 2013.

Literatura

- [1] KONEČNÝ, P., TIKALSKY, P.J. a TEPKE, D.G. *Performance Assessment of a Concrete Bridge Deck Applying Simulation-Base Reliability Assessment and Finite Element Modeling with regards of Chloride Ingress*. Transportation Research Record. vol. 2028/2007, 3–8. ISSN: 0361–1981.
- [2] TEPLÝ, B., CHROMÁ, M., VOŘECHOVSKÁ, D. a ROVNANÍK, P. *FReET Deterioration Module version 1.3 (FReET-D) Program Documentation*. Theory, Revision, 09/2012.
- [3] KARIHALOO, B.L. *Fracture mechanics and structural concrete*. Longman Sci. & Techn., New York, 1995.

POKROČILÉ URČENÍ LOMOVÝCH PARAMETRŮ LEHKÉHO BETONU S POLYPROPYLENOVÝMI VLÁKNY

ADVANCED FRACTURE PARAMETERS ASSESSMENT OF
LIGHTWEIGHT CONCRETE WITH POLYPROPYLENE FIBRES

Denisa Macháčová¹, Ivana Havlíková², Hana Šimonová³, Jaromír Láník⁴, Zbyněk Keršner⁵

Abstrakt

V příspěvku je ukázán postup pokročilého určení lomových parametrů kompozitů s rozptýlenou výztuží pomocí opakované aplikace metody efektivní délky trhliny. Postup byl ilustrován vyhodnocením lomových experimentů na tělesech z lehkého betonu s polypropylenovými vlákny.

Klíčová slova

Lomový test v tříbodovém ohybu, lehký beton, polypropylenové vlákno, lomová práce, prodloužení efektivní trhliny, lomová energie.

Abstract

The paper shows the procedure for determining the fracture properties of advanced building composites via repeated application of the effective crack length method. The procedure was illustrated by evaluating fracture experiments on specimens of lightweight concrete with polypropylene fibres.

Keywords

Three-point bending fracture test, lightweight concrete, polypropylene fibre, work of fracture, effective crack elongation, fracture energy.

1 Úvod

Beton patří k nejpoužívanějším stavebním materiálům a jeho aplikační možnosti lze dále rozšířit přidávkou vybraných vláken, která mohou pozitivně ovlivnit v budoucím kompozitu zejména odolnost proti šíření trhlin. Výsledky vyhodnocení přínosu polypropylenových vláken v prvotním stádiu porušování těles ze studovaných kompozitů pomocí modelu „dvoji- K “ lze nalézt v článku [1]. Předkládaný příspěvek navazuje na zmíněný článek, přičemž tentokrát si autorský kolektiv kladl za cíl představit pokročilé možnosti vyhodnocení výstupů z lomových experimentů v tříbodovém ohybu ve formě $F-d$ diagramů s využitím metody efektivní délky trhliny. Pozornost byla zaměřena především na stanovení hodnot přetvárné/lomové práce,

¹ Bc. Denisa Macháčová, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, MachacovaD@study.fce.vutbr.cz

² Ing. Ivana Havlíková, dtto, havlikova.i@fce.vutbr.cz

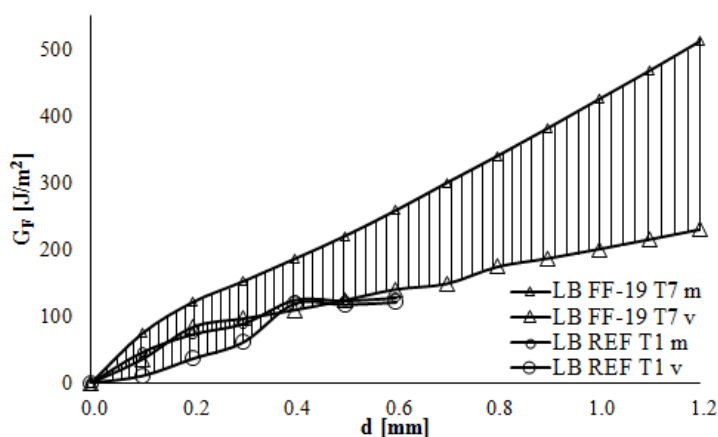
³ Ing. Hana Šimonová, Ph.D., dtto, simonova.h@fce.vutbr.cz

⁴ Ing. Jaromír Láník, dtto, Ústav stavebního zkušebnictví, lanik.j@fce.vutbr.cz

⁵ prof. Ing. Zbyněk Keršner, CSc., dtto, Ústav stavební mechaniky, kersner.z@fce.vutbr.cz

výpočet délky trhliny šířící se zatěžovaným tělesem, která odpovídá danému posunu d , a z nich určené hodnoty specifické lomové energie [2].

V plném textu tohoto příspěvku je postup ilustrován na vybraných výsledcích lomových experimentů se zkušebními tělesy z lehkého betonu. Jednalo se o trávce s nominálními rozměry $100 \times 100 \times 400$ mm a délkou počátečního centrálního zářezu do $1/3$ výšky vzorku, rozpětí podpor činilo 300 mm; stáří vzorků bylo 28 dní. Referenční tělesa (LB_REF) vlákna neobsahovala. Další betonová tělesa se lišila délkou použitých polypropylenových vláken FORTA FERRO – 19, 38 a 54 mm (LB_FF19 , LB_FF38 a LB_FF54). Pro každou sadu byla odzkoušena 3 zkušební tělesa. Možné výstupy postupu ukazuje Obr. 1, kde jsou aktuální hodnoty příslušných odhadů lomové energie vyneseny v závislosti na svislém posunu pro vybraná zkušební tělesa: T7 ze sady LB_FF19 a T1 z referenční sady LB_REF .



Obr. 1: Odhad aktuální hodnoty dolní (v) a horní (m) meze lomové energie betonu těles vs. posun d

2 Závěr

V plném textu článku byl naznačen možný postup pokročilého vyhodnocení lomových experimentů těles z kompozitních materiálů s obsahem vláken s využitím metody efektivní délky trhliny. Z výstupů testů v podobě upravených diagramů zatížení vs. posun byly pro vybraná zkušební tělesa určeny hodnoty lomové práce a metodou efektivní délky trhliny hodnoty prodloužení efektivní trhliny. Pro zvolené hodnoty posunu bylo možno vyčíslovat dolní a horní meze aktuálně disipované lomové energie.

Poděkování

Projekt byl realizován za podpory ze státních prostředků prostřednictvím Technologické agentury České republiky. Registrační číslo projektu je TA01011019 (SimSoft).

Literatura

- [1] HAVLÍKOVÁ, I., MAJTÁNOVÁ, R. V., ŠIMONOVÁ, H., LÁNÍK, J., KERŠNER, Z. Evaluation of Three-point Bending Fracture Tests of Concrete Specimens with Polypropylene Fibres via Double-K Model. *Key Engineering Materials: Materials Structure & Micromechanics of Fracture VII* [online]. 2014, Vols. 592-593 [cit. 2013-11-15]. ISSN: 1662-9795.
- [2] MACHAČOVÁ, D. *Víceúrovňové hodnocení křehkosti vybraných stavebních kompozitů*. Brno, 2014. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky.

COEFFICIENTS OF REFLECTION AND TRANSMISSION OF TRANSVERSE AND LONGITUDINAL ACOUSTIC WAVE IN THE BLATZ-KO MATERIAL

Major Maciej¹, Major Izabela², Różycka Judyta³

Abstract

The purpose of this paper is to analyze the propagation of transverse and longitudinal acoustic wave in a composite made of hyperelastic Blatz-Ko material. Composite consists of a homogeneous layer of predetermined thickness d separating two infinite homogeneous material areas. The analysis was based on the work in [3], assuming value of Poisson's ratio $\nu=0,493$. for homogeneous rubber.

Keywords

Acoustic wave, the layer composite, Blatz-Ko material, hyperelastic material.

1 Introduction

In the paper is considered longitudinal and lateral acoustic wave propagated in the layer composite. The composite is made from the transition layer of a thickness d filled with a homogeneous rubber ($f=1$) and extreme homogeneous material areas 0 and 2, filled with foam rubber ($f=0$). In the paper, in the final effect are graphs of coefficients of transmission and reflection of transverse and longitudinal acoustic wave dependent on the parameter of initial deformation λ for the selected frequency ω . The analysis discussed harmonic wave are based on the work [3], assuming the extreme higher value in the range of Poisson's ratio according to work [2] $\nu = 0,493$. For foam rubber assumed constant value of Poisson's ratio for infinitesimal deformation of $\nu = 0,25$.

2 Coefficients of Reflection and Transmission

At the same extreme infinite materials (0 and 2), in the present case are identical $\kappa_2 = \kappa_1^{-1}$, κ'_k – where quotient of the impedance layer k . According to the paper [4], in addition to appearing symmetry of reflection coefficients $r^{(0)} = r^{(2)}$, thanks to the symmetry of the placement of the materials in composition is introduced symmetry of transmission coefficient $t^{(0)} = t^{(2)}$. Coefficients of reflection $r^{(0)}$ and transmission $t^{(0)}$ for the transverse wave takes the form [3]:

$$r^{(0)} = \sqrt{\frac{(\kappa'_1 - \kappa_1^{-1})^2 (1 - \cos 2\alpha_1)}{8 + (\kappa'_1 - \kappa_1^{-1})^2 (1 - \cos 2\alpha_1)}} \quad (1)$$

¹ Dr inż. Maciej Major, Technical University of Czestochowa, Faculty of Civil Engineering, ul. J.H. Dąbrowskiego 69 42-201 Czestochowa, mmajor@bud.pcz.czest.pl

² Dr inż. Izabela Major, Technical University of Czestochowa, Faculty of Civil Engineering, ul. J.H. Dąbrowskiego 69 42-201 Czestochowa, izamajor@myopera.com

³ Mgr inż. Judyta Różycka, Technical University of Czestochowa, Faculty of Civil Engineering, ul. J.H. Dąbrowskiego 69 42-201 Czestochowa, judyta.niemiro@wp.pl

$$t'(0) = \frac{2\sqrt{2}}{\sqrt{8+(\kappa'_{11}-\kappa'_{11}^{-1})^2(1-\cos 2\alpha'_2)}} \quad (2)$$

After inserting the two extreme values of quotient of impedance $\max \kappa'_k = 21,529$ and $\min \kappa'_k = 0,226$ calculated for proportion of density 0.3 for foam rubber and $\max \kappa'_k = 37,289$ and $\min \kappa'_k = 0,391$ for proportion of density 0.9 to formula (1) and (2) obtained the following graph:

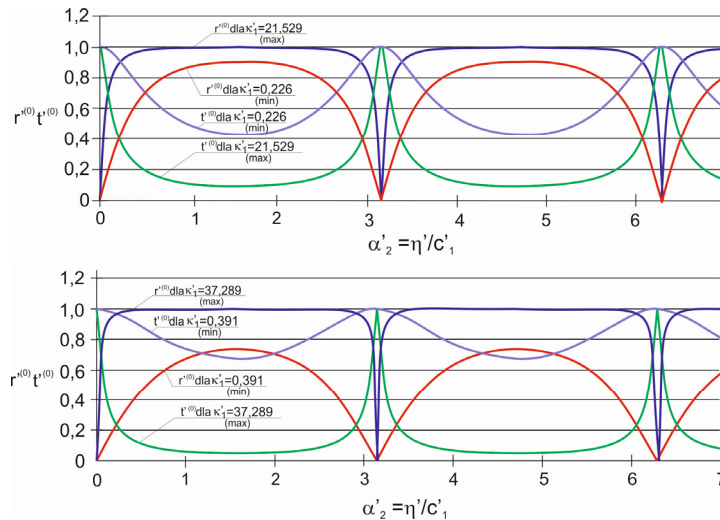


Fig 1. Graphs of coefficients of reflection and transmission for calculated min and max values of the quotient of impedance for the proportion of the density of 0.3 and 0.9

3 Conclusion

Graphs (Fig. 1) are coefficients of reflection and transmission of the transverse wave as a function dependent from variable parameter $\alpha'_2 = \frac{\eta'}{c'_1}$ ($\eta' = \omega'd$). In both cases for the proportion of density 0,3 or 0,9 for $\alpha'_2 = \pi$ or $\alpha'_2 = 2\pi$, $r'(0) = 0$ i $t'(0) = 0$ according to the formula (1) and (2). From the above equations it follows that in the general case when the transverse acoustic wave of any physically permissible frequency is transmitted by the discussed composite discussed, coefficients of reflection and transmission are periodic functions of the frequency of the incident wave and depend also upon the initial deformations. As shown in the graph (Fig1) the impact of the initial deformation on the values of the coefficients of reflection and transmission increases with decreasing density for areas filled foam rubber while keeping them constant values of shear modulus and Poisson's ratio.

References

- [1] Blatz P.J.,Ko W.L., Application of finite elastic theory to the deformation of rubbery materials, Trans. Soc. Rheol., 6 (1962) 223-251.
- [2] Beatty M.F. Stalnaker D.O., The Poisson function of finite elasticity, Journal of App. Mech.,53 (1986) 807-813
- [3] Kosiński S., Fale sprężyste w gumopodobnych kompozytach warstwowych; Monografie Politechniki Łódzkiej, Łódź 2007
- [4] Wesołowski Z., On the dynamics of the transition region between two homogenous materials, J. TechnPhys 32 (1991) 293-312

COMPUTER AIDED DESIGN – COMPARATIVE ANALYSIS OF WIDELY AVAILABLE SOFTWARE WITH ANALYTICAL METHOD

Maciej Major¹, Izabela Major²

Abstract

In this article a comparative analysis was performed between analytical method and widely available computer programs intended for rod structures design like: ADINA, Robot Structural Analysis, Intersoft R2D2 and RM-WIN. In analysis assumed a simple case of simply supported beam and uniformly distributed load at full length of the span. The conclusions from analysis were contained at the end of the study.

Keywords

aided design, rod structures, computer applications.

1 Introduction

Computer structures design is an element which makes structures designing easier and faster. Nowadays engineer doesn't need to do laborious calculations with help of calculator because computer software can be used. In this article is shown the vertical displacement problem as comparison between analytical method and widely used and available rod structure design software. The comparison concern simple case of simply supported beam with constant distributed line load at full span length. Programs used for two dimension analysis: ADINA, Autodesk Robot Structural Analysis, Intersoft R2D2 and RM-WIN. For the first two applications which gives possibility of three dimensional analyze (3D) there are additional calculations carried out.

2 Calculation assumption and computer aided design

For comparative analysis adopted simply supported steel beam with square cross-section. At full span length adopted constant distributed line load written as q (Fig. 1).

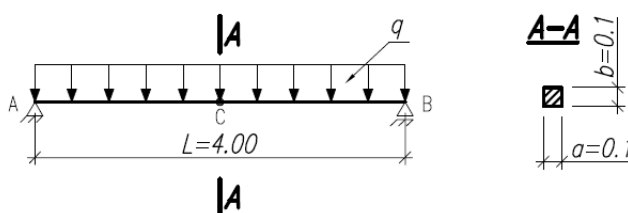


Fig. 1: Geometry of analyzed beam. All lengths in [m]

At Fig. 2 final results for ADINA program in 3D has been shown. Extreme value of vertical displacement obtained equal to 0.003472m. For comparison, for the beam in 2D extreme value of vertical displacement for mentioned beam is at 0,003810m. The same result was obtained from the analytical method.

¹Maciej Major, Ph.D., Czestochowa University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Poland, e-mail: mmajor@pcz.czest.pl

²Izabela Major, Ph.D., Czestochowa University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Poland, e-mail: admin@major.strefa.pl

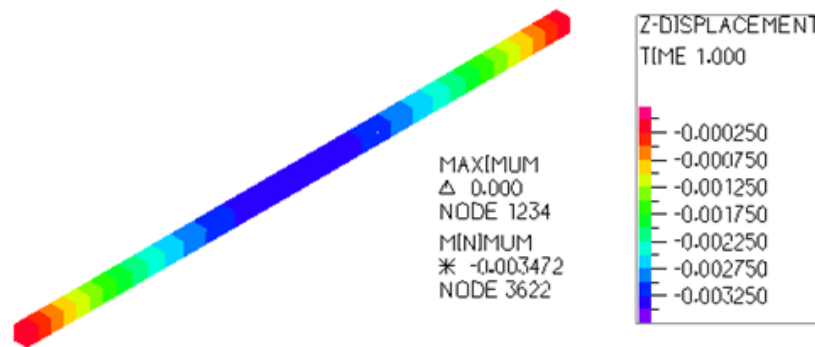


Fig. 2: Spatially modeled beam with distributed line load (surface divided in half at length dimension) – ADINA program

3 Conclusion

Based on analysis carried out in above mentioned computer programs for simply supported beam with constant distributed line load at full span length can be seen that rod structures modeled in two dimensional environment have same results – vertical displacement corresponds the analytical method. In case of finite element method used to calculate two dimension rod in ADINA program also obtained results of vertical displacement equal to analytical method. In this case rod was divided into 2cm sections each. In summary it can be stated that in case of two dimension (2D) analysis of vertical displacement in all four programs results are the same and are equal to the analytical method. In case of three dimension analysis in ADINA program differences are at tenth of millimeter.

While obtained results of design rod structures in two dimensions (2D) environment are full compatibility with analytical calculations then in three dimensions environment (3D) some divergence has occurred. The most common errors in results are: net set not properly or simplify used in finite element method where given objects (solid blocks) are divided into smaller parts. Those smaller parts result in errors because of carried out approximation between them. Finite element method is currently the most common used and with it help complex design problems can be solved when use of other methods makes getting results impossible, time-consuming or causing the risk of making an error. At basis of carried out comparison analysis it can be seen, that Autodesk ROBOT Structural Analysis has coped slightly better than ADINA despite net in both examples was same (cubes with each edge 2cm length).

References

- [1] MAJOR, M. *Modelowanie zjawisk falowych w hipersprężystym materiale Zahorskiego*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2013, ISBN 978-83-7193-600-5. 188 p.
- [2] KURZAK, L., M. MAJOR and I. MAJOR. Computer-Aided Design Using Programs ROBOT and ADINA - Comparison. LEHOCKA, D., CARACH J., KNAPCIKOVA L., HLOCH S. In: *5th International Scientific and Expert Conference of the International TEAM Society*. Presov: 2013, pp. 146-149 (4 p), ISSN 1847-9065.
- [3] MAJOR, M. and I. MAJOR. *Zagadnienia z mechaniki ogólnej rozwiązywane MATHCAD-em. Cz. I. Statyka.*, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2005, ISBN 83-7193-281-2. 109 p.

POROVNANIE FFP PRE RÔZNE VÝPOČTOVÉ MODELÝ VOZIDLA

COMPARISON OF FRF FOR VARIOUS VEHICLE COMPUTING MODELS

Jozef Melcer, Ivana Martinická¹

Abstrakt

Funkcie frekvenčného prenosu (FFP) charakterizujú odozvu dynamického systému vo frekvenčnej oblasti. Predkladaný príspevok porovnáva funkcie frekvenčného prenosu pre rôzne výpočtové modely vozidla. Ukazuje, že pokiaľ sú výpočtové modely dynamicky ekvivalentné, tak zodpovedajúce FFP sú prakticky zhodné.

Kľúčové slova

Výpočtové modely vozidla, nerovnosti cesty, funkcie frekvenčného prenosu.

Abstract

Frequency response functions (FRF) characterize the response of dynamical system in frequency domain. The submitted paper compares the frequency response functions for various vehicle computing models. It shows that while the computing models are dynamically equivalent than the FRF are practically identical.

Keywords

Vehicle computing models, road unevenness, frequency response functions.

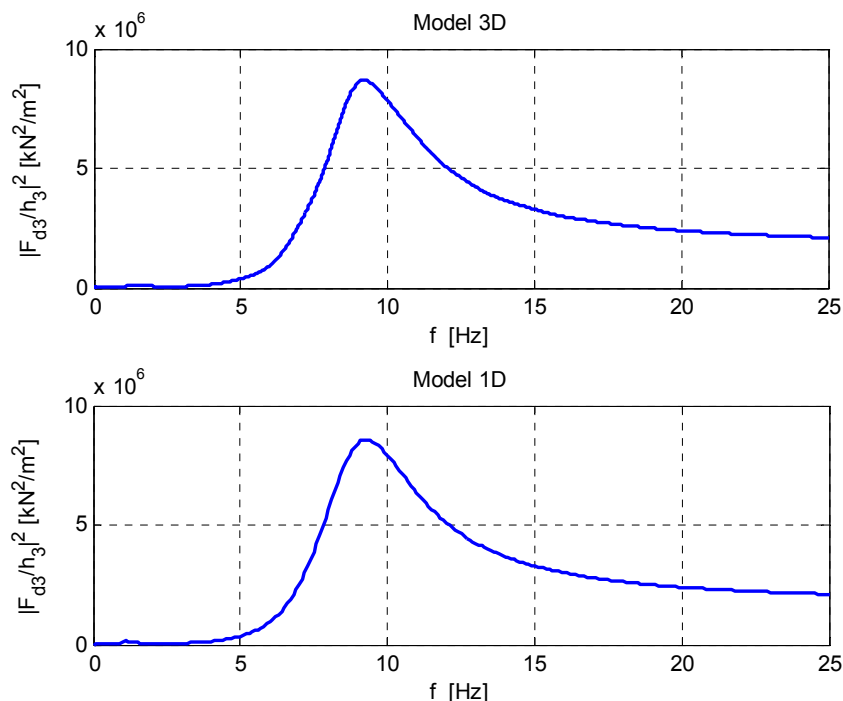
1 Úvod

Funkcie frekvenčného prenosu charakterizujú vzťah budenia a odozvy v závislosti na zmene budiacej frekvencie. V prípade interakcie vozidla s jazdnou dráhou sú nerovnosti povrchu jazdnej dráhy zdrojom kinematického budenia vozidla. Pre riešenie problémov interakcie vozidla s jazdnou dráhou je možné vytvárať rôzne výpočtové modely vozidla, napríklad modely štvrtinové – 1D, polovičné rovinné modely – 2D, respektíve celé priestorové modely – 3D. Stavebných inžinierov zaujíma v prvom rade zaťaženie vozovky, teda funkcie frekvenčného prenosu kontaktných síl medzi kolesami vozidla a jazdnou dráhou. Pre rôzne výpočtové modely vozidla je vhodné sledovať a vzájomne porovnávať takzvané výkonové prenosové faktory (VPF), čo sú druhé mocniny absolútnych hodnôt funkcií frekvenčného prenosu. Dá sa ukázať, že pokiaľ sú výpočtové modely vzájomne dynamicky ekvivalentné, tak funkcie frekvenčného prenosu pre vzájomne si korešpondujúce zložky, sú prakticky identické. Možností, ako takéto údaje ich získať, je viac. V zásade sa takéto charakteristiky dajú získať experimentálnou alebo numerickou cestou. V predkladanom príspevku sú prezentované a vzájomne porovnávané FFP získané numerickou cestou. Využitie získaných výsledkov je rôznorodé [1], [2], [3], [4].

¹ Prof. Ing. Jozef Melcer, DrSc., Ing. Ivana Martinická, PhD., Žilinská univerzita, Stavebná fakulta, Katedra stavebném mechaniky, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovenská republika, e-mail: jozef.melcer@fstav.uniza.sk, ivana.martinicka@fstav.uniza.sk

2 Funkcie frekvenčného prenosu

Funkcie frekvenčného prenosu získané numerickou cestou pre dynamické zložky kontaktných síl medzi kolesami vozidla a jazdnou dráhou pre rôzne výpočtové modely vozidla T815 sú prezentované v ďalšom texte. Pre porovnanie sú uvedené VPF kontaktnej sily pod pravým kolesom prednej nápravy pre výpočtové modely 3D a 1D.



Obr. 1: VPF kontaktnej sily F_{d3} pre 3D a 1D model vozidla T815

3 Záver

Pokiaľ sú výpočtové modely vzájomne dynamicky ekvivalentné, tak funkcie frekvenčného prenosu, pre vzájomne si korešpondujúce zložky, sú prakticky identické.

Podakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou GA MŠSR VEGA, grant č. 1/0259/12.

Literatura

- [1] PANULINOVÁ, E. Vplyv rovnosti povrchu vozovky na hladinu hluku z automobilovej dopravy. *Silniční obzor*. Praha, 2001, roč. 62, č. 11/12, s. 275 – 279, ISSN 0322-7154.
- [2] KOTRASOVÁ, K. a KORMANÍKOVÁ, E. Seismic design of liquid storage tank made from composite material. *World Journal of Engineering*. 2008, Vol. 5, No. 3, p. 445-446. ISSN 1708-5284.
- [3] IVÁNKOVÁ, O. Vplyv seizmicity na konštrukčné systémy výškových budov. Medzinárodná konferencia: *Vývoj a aplikácie MKP systémů pro analýzu stavebních konstrukcí*. VÚT Brno, 2003, s. 17.1 – 17.6
- [4] LAJČÁKOVÁ, G. Interaction in the system vehicle – Roadway. 2nd International Conference: *New Trends in Statics and Dynamics of Buildings*. STU Bratislava, 2003, October 16 – 17, 2003, p.27-30, ISBN 80-227-1958-7.

NUMERICKÉ A EXPERIMENTÁLNÍ MODEL Y ZATÍŽENÍ OBJEKTU OD ÚČINKŮ PROUDOVÉHO POLE V MEZNÍ VRSTVĚ ATMOSFÉRY

NUMERICAL AND EXPERIMENTAL MODELS OF LOAD ON BUILDINGS FROM THE EFFECTS OF THE FLOW FIELD IN THE ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER

Vladimíra Michalcová¹, Sergej Kuznetsov², Stanislav Pospíšil³

Abstrakt

Článek popisuje vzájemné porovnání dvou rozdílných řešení úlohy stavební aerodynamiky, konkrétně zatížení objektu tvaru krychle vystaveného účinkům proudového pole v simulované mezní vrstvě atmosféry. Fyzikální experiment probíhá v aerodynamickém klimatickém tunelu Ústavu teoretické a aplikované mechaniky AVČR, v.v.i. v Telči, numerické modelování je řešeno na Stavební fakultě VŠB TU pomocí software Ansys Fluent.

Klíčová slova

Mezní vrstva atmosféry (MVA), bluff body, CFD, ELES, větrný tunel.

Abstract

This paper describes a comparison of two different solutions of a problem in building aerodynamics, i.e. the load of a cube-shaped object exposed to the effects of a flow field in the simulated atmospheric boundary layer. Physical modelling takes place in the climatic wind tunnel of the Institute of Theoretic and Applied Mechanics AS CR, v.v.i. in Telč and numerical modelling is solved using the Ansys Fluent software at the Faculty of Civil Engineering of VŠB – Technical University of Ostrava.

Keywords

Atmospheric boundary layer (ABL), bluff body, CFD, ELES, wind tunnel.

1 Úvod

Modelování proudění větru v mezní vrstvě atmosféry (MVA), zvláště pak kolem nízkých objektů neaerodynamických tvarů přináší řadu problémů a platí to jak pro numerické tak i fyzikální simulace. Práce popisována v článku bezprostředně navazuje na publikované výsledky v Modelování v mechanice v roce 2013 a využívá tamních získaných poznatků. Obtékaný objekt tvaru krychle o hraně 0,24 m představuje tzv. Silsoe krychli v měřítku 1:25, která se postupně stala standardizovaným experimentálním prvkem v oboru stavební aerodynamiky. Na Obr. 1 je pohled do aerodynamické sekce větrného tunelu v čase měření, Obr. 2 znázorňuje schéma modelu s odběrovými místy.

¹Ing. Vladimíra Michalcová, Ph.D., VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, e-mail: vladimira.michalcova@vsb.cz

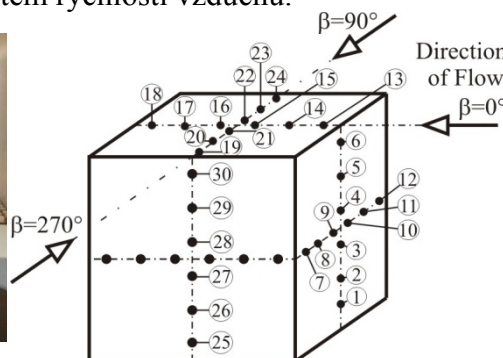
²prof. Ing. Sergej Kuznetsov, Ph.D., ÚTAM AV ČR, v.v.i. Centrum excelence Telč, Batelovská 485, e-mail: kuznetsov@itam.cas.cz

³doc. Ing. Stanislav Pospíšil, Ph.D., ÚTAM AV ČR, v.v.i. Prosecká 809/76, 190 00 Praha 9, e-mail: pospisil@itam.cas.cz

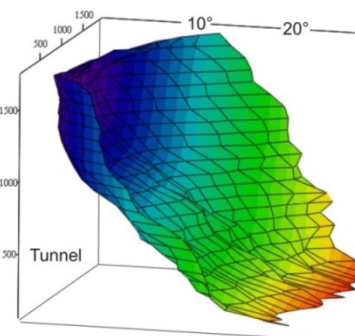
V této úloze byl model vystaven účinkům proudového pole v simulované mezní vrstvě atmosféry, tedy účinkům proudového pole s vysokou intenzitou turbulence (Obr. 3) a s gradientem rychlosti vzduchu.



Obr. 1:
Aerodynamická část



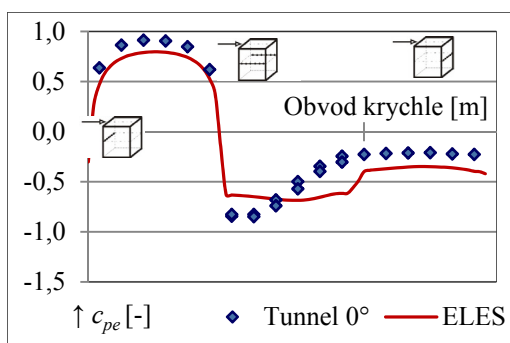
Obr. 2:
Schéma modelu s odběrovými místy



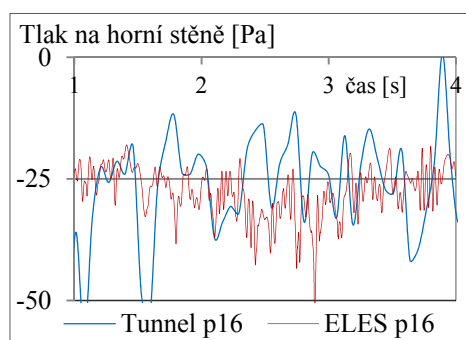
Obr. 3:
Profil intenzity turbulence

Předmětem vyhodnocení je tlakové zatížení modelu od účinků proudového pole, které je zde definováno na rychlosti nezávislým bezrozměrným součinitelem vnějšího tlaku c_{pe} (Obr. 4) a sledování jeho flukuačních složek (Obr. 5).

V klimatickém tunelu bylo modelováno obtékání objektu v proudovém poli s intenzitou turbulence i rychlostním profilem odpovídajícím MVA v předměstské oblasti Toto měření bylo provedeno při Re číslech $Re = 0,8 \cdot 10^5$, $1,1 \cdot 10^5$ a $1,4 \cdot 10^5$ [-], což odpovídá referenčním rychlostem proudění větru $u_{ref1} = 5,5 \text{ m.s}^{-1}$; $u_{ref2} = 7,65 \text{ m.s}^{-1}$ a $u_{ref3} = 10,2 \text{ m.s}^{-1}$ v prázdné měřicí sekci. Referenční výška $z_{ref} = 0,24 \text{ m}$ je totožná s výškou horní hrany krychle. Pro numerický výpočet byla zvolena referenční rychlost $u_{ref} = 10,2 \text{ m.s}^{-1}$.



Obr. 4: Podélný řez



Obr. 5: Flukuační tlak v bodu 16

2 Závěr

Řešení tohoto úkolu prokázalo, že obtékání objektu neaerodynamického tvaru je pro modelování, ať již experimentální či matematické, složitý děj a vzájemná spolupráce obou přístupů je nutná. Pro další řešení zatížení větrem v mezní vrstvě atmosféry se autoři zaměří na využití vysoce kvalitních experimentálních nástrojů (např. PIV, 3D anemometrie) pro přesné definování turbulence a na možnosti udržení vyšší turbulence při modelování RANS modely.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory z prostředků koncepčního rozvoje vědy, výzkumu a inovací pro rok 2013 přidělených VŠB-TU Ostrava Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

OPTIMALIZACE NUMERICKÉHO MODELU OCELOVÉHO SPOJE DŘEVĚNÉ KULATINY

NUMERICAL OPTIMIZATION OF STEEL CONNECTIONS WOODEN LOGS

David Mikolášek¹, Antonín Lokaj², Jiří Brožovský³, Oldřich Sucharda⁴

Abstrakt

Příspěvek se zabývá numerickým modelováním ocelového přípoje dřevěné kulatiny. Kulatina je připojena svorníkovým spojem s vnitřní ocelovou plotnou. Kulatina je fyzicky testována na míjivé dynamické zatížení a také statickým zatížením. Numerické modelování si klade za cíl nalézt nastavení materiálových vlastností modelu tak, aby výsledky z numerických modelů odpovídaly reálným testům.

Klíčová slova

Kulatina, numerický model, prokluz, 3D model, dynamika, blokový smyk, výztuhy.

Abstract

This paper deals with the numerical modeling of steel connections of timber members. The member is connected to a piston rod connection with internal steel plate. The connection was physically tested with use of oscillation dynamic loads and static loads. The numerical modelling aims to find a set of material properties of the model to make the results of numerical models to be comparable with the real laboratory tests.

Keywords

Wood, numerical model, slippage, 3D model, dynamics, block shear, the stiffener.

1 Úvod

V rámci spolupráce s katedrou konstrukcí byl sestaven numerický model dřevo-ocelového spoje dřevěné kulatiny obrázků 1. Důvod pro výběr tohoto spoje byla skutečnost, že tento typ spoje je používán u srubových staveb a vyskytuje se často na konstrukcích v lesním hospodářství a také u rozhleden a příhradových mostů. Právě použití těchto spojů v mostním stavitelství a rozhlednách vede k jeho dynamickému namáhání společně s vystavením přírodním vlivům (déšť, mráz + slunce, výkyvy teplot, nezanedbatelný je také vliv údržby ve formě pravidelné kontroly celé konstrukce a dotahování spojů a jejich kontroly).

Bylo provedeno několik fyzikálních testů kulatiny a ocelového spoje na dynamické míjivé zatížení a několik fyzikálních testů na statické zatížení.

¹ Ing. D. Mikolášek PhD., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Poděště 1875, CZ 708 33, Ostrava-Poruba tel. (+420) 597 321 391, e-mail david.mikolasek@vsb.cz

² doc. Ing. J. Brožovský PhD., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Poděště 1875, CZ 708 33, Ostrava-Poruba tel. (+420) 597 321 321, e-mail jiri.brozovsky@vsb.cz

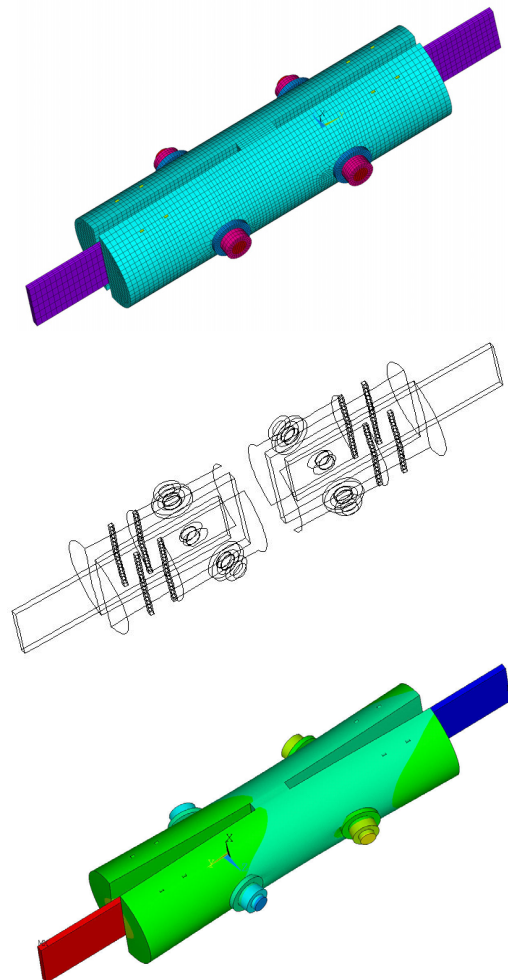
³ doc. Ing. A. Lokaj PhD., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, Ludvíka Poděště 1875, CZ 708 33, Ostrava-Poruba tel. (+420) 597 321 302, e-mail antonin.lokaj@vsb.cz

⁴ Ing. O. Sucharda PhD., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Poděště 1875, CZ 708 33, Ostrava-Poruba tel. (+420) 597 321 391, e-mail oldrich.sucharda@vsb.cz

2 Závěr

Po analýze fyzikálně a numericky získaných výsledků se dá konstatovat, že matematické modely se shodují s experimentálně získanými daty v maximu dosažené únosnosti pro jednotlivé druhy zesílení. V počáteční tuhosti je shoda také dobrá, ale je třeba vzít v úvahu různý prokluz u reálných spojů. Tento prokluz nebyl u numerických modelů uvažován z důvodu jeho různorodosti a velkému rozptylu pro jednotlivé kusy spojů dřevěné částí kulatiny.

Na závěr se dá konstatovat, že numerické modely se blíží k hodnotám získaným pomocí laboratorních testů. Díky numerickým modelům je možná přesnější předběžná optimalizace zesílení a určení kritických oblastí kumulující vysoká napětí, především v tahu kolmo na vlákna a smyková napětí.



Obr. 1: Testovaný vzorek a numerický model

Poděkování

Práce byly podporovány z prostředků koncepčního rozvoje vědy, výzkumu a inovací pro rok 2014, přidělených VŠB-TU Ostrava Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

VERIFICATION AND APPLICABLE MODELLING OF CONTINUOUS STEEL-CONCRETE COMPOSITE BRIDGE

Jaroslav Odrobiňák¹

Abstract

An experimental verification of actual flexural behaviour of composite steel-concrete girder-bridge is presented. The comparison of the experimentally obtained values with the values calculated using suitable computational model is also presented in the paper. Introduction of lower stiffness of concrete slab due to concrete cracking into the analysis are discussed, too.

Keywords

Steel-concrete bridge; experimental measurement; result comparison, real behaviour.

1 Introduction

The aim of the presented research, whose partial results are introduced in this paper, was to verify the actual flexural behaviour of a composite steel-concrete bridge.

The research dealt with the road bridge across a highway with four-span continuous composite steel and concrete superstructure, Fig. 1.

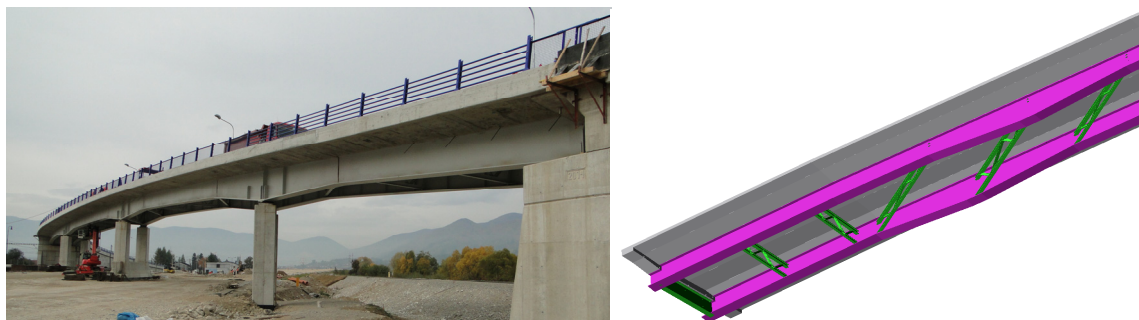


Fig. 1: Overall view on the bridge (left) and a part of FEM model of the superstructure (right)

2 Experimental investigation and global analysis

During testing, the main girder's span deflections as well as the bearing settlements were monitored. In addition, the extra experimental investigation using 20 strain gauges was carried out. The strains in the flanges of main girders and the strains in the concrete slab and in the bottom chord of bracing were observed at two selected cross-sections of the bridge, respectively.

Four load positions represented by the group of lorries Tatra 815 were applied.

For global analysis, the most common numerical finite element model was used with using plate-member combination. Four practical concepts of modelling the concrete in hogging regions are analyzed and compared.

¹ Ing. Jaroslav Odrobiňák, PhD., University of Žilina, Faculty of civil Engineering, Department of Structures and Bridges, Univezitná 1, 01026 Žilina, Slovakia, odrobinak@fstav.uniza.sk

3 Result comparison and discussion

Comparison of girders' deflections indicates that in the case of analysed bridge, the "uncracked" analysis can provide results close to the measured values.

The strain measurements proved the possibility of approximating the composite bridge by means of combined plate-member model providing sufficiently accurate prediction of its behaviour, especially the girders within span areas, Fig. 2.

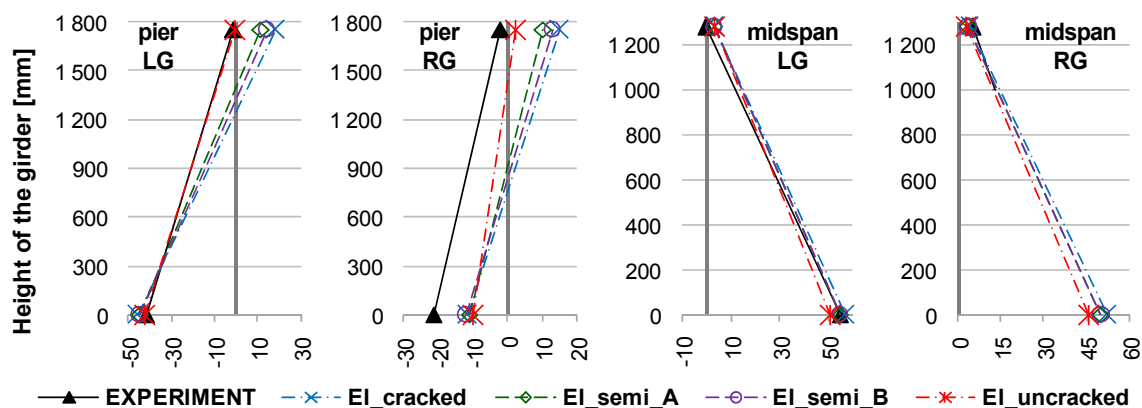


Fig. 2: Sample of the stresses through the girders height in the steel girders under load case LC_2

It could be states that within the four analysed models, the "uncracked" analysis with the constant stiffness of the reinforced bridge slab describes the actual composite bridge behaviour with the best accuracy, in general. However, in the phase of bridge design it is necessary to ensure the safe determination of the bridge response to action.

Acknowledgements

The paper presents results of works supported by the Slovak Research and Development Agency under the contract No. APVV-0106-11 and by the Scientific Grant Agency of the Slovak Republic under the project No. 1/0364/12.

References

- [1] Design documentation – general drawings and technical report. SO 207-00- Bridge on highway D1 „Hricovsky Channel“ in km. 7.974. Dopravoprojekt Bratislava, a.s., 2008.
- [2] Eurocode 4: EN 1994-2: Design of Composite Steel and Concrete Structures - Part 2: General Rules and Rules for Bridges. CEN, Brussels, 2005.
- [3] ODROBINAK, J. & VICAN, J. Behaviour analysis of composite motorway bridge during proof-load test. In: *Concrete and Concrete Structures*, Proc. of 5th International Conference, Zilina. University of Zilina 2009, p. 401-408. ISBN 978-80-554-0100-3.
- [4] ODROBINAK, J., VICAN, J. & BUJNAK, J. Verification of composite steel-concrete bridge behavior. *Procedia Engineering* (Concrete and Concrete Structures 2013, Slovakia). Elsevier, 2013, Vol. 65 (2013), p. 440-446. ISSN 1877-7058.
- [5] CECHAKOVA, V., ROSMANIT, M. & FOJTIK, R. FEM Modeling and Experimental Tests of Timber Bridge Structure. *Procedia Engineering* (Steel Structures and Bridges 2012, Slovakia). Elsevier, 2012, Vol. 40 (2012), p. 79–84. ISSN 1877-7058
- [6] BUJNAK, J. & ODROBINAK, J. Cracking Of Concrete Deck in Composite Structures. In: *Eurosteel 2005: Research-Eurocodes-Practise*, Proc. of 4th International Conference, Maastricht. Verlag-Mainz Aachen, 2005, volume B, p. 4.2-15 – 4.2-22. ISBN 3-86130-812-6.

DETAIL NAPOJENÍ HLAVNÍHO PODÉLNÉHO NOSNÍKU A CFST OBLOKU OCELOBETONOVÉHO SPŘAŽENÉHO MOSTU

DETAIL OF CONNECTION MAIN LONGITUDINAL BEAM
AND CFST ARC OF COMPOSITE STEEL AND CONCRETE BRIDGE

Přemysl Pařenica¹, Miroslav Rosmanit²

Abstrakt

Článek se zabývá tvorbou modelu napojení CFST oblouku mostu na hlavní podélný nosník. Tento detail je řešený v rámci celkového návrhu silničního obloukového mostu na rozpětí 100 m. Most byl navržen jako alternativní řešení ocelového mostu. Požadavek na tvorbu alternativního řešení vzešel od firmy PT Waagner Biro Indonesia.

Klíčová slova

Most, ocelobeton, CFST – betonem plněné ocelové trubky, oblouková konstrukce.

Abstract

The subject of paper is design model of connection between CFST arch and the main longitudinal beam. This is addressed in detail within the overall design of the road arc bridge on the span 100 m. Bridge was designed as an alternative proposal of the steel bridge. The topic of the thesis came from the company's requirements PT Waagner Biro Indonesia.

Keywords

Bridge, composite steel-concrete, CFST – Concrete Filled Steel Tubular, main carry arch.

1 Úvod

Ocelobetonové mosty jsou v posledních letech frekventovaným konstrukčním řešením zejména pro pozemní komunikace. Jedná se zejména o mosty se spřaženou ocelobetonovou mostovkou. Mosty tvořené pomocí CFST nosníků jsou převážně obloukové a jejich využití se díky duktilnímu chování využívá zejména v seizmicky aktivních oblastech.

Pro realizaci těchto typů konstrukcí je mimo jiné důležitý návrh detailů napojení a to zejména ocelových a betonových částí. V článku je věnována pozornost zejména napojení ocelobetonového oblouku k ocelové části mostovky.

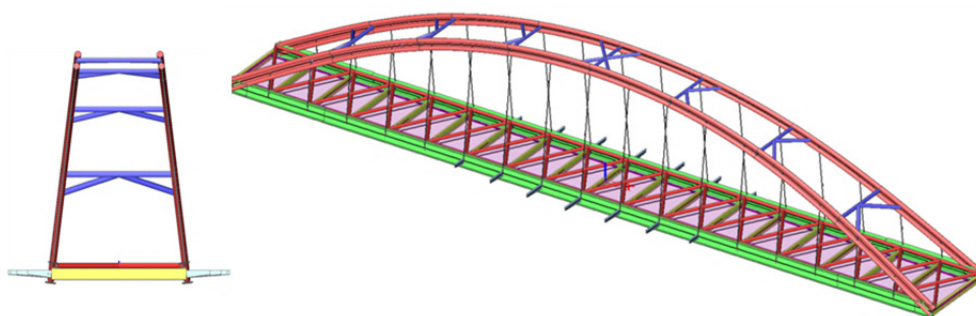
¹ Ing. Přemysl Pařenica, VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, 17. listopadu 15/2172, 708 33 Ostrava – Poruba, e-mail: premysl.parenica@vsb.cz

² Ing. Miroslav Rosmanit, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 398, e-mail: miroslav.rosmanit@vsb.cz.

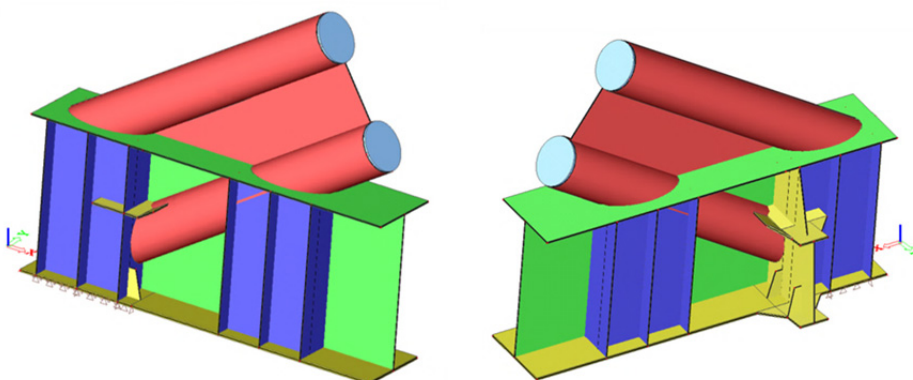
2 Modely mostní konstrukce a napojení oblouku

Mostní konstrukce je tvořena ŽB deskou spřaženou s ocelovými podélníky a příčnými, které jsou šroubově spojeny k hlavním podélníkům tvaru I. Ty jsou zpevněny obloukovými CFST nosníky, které jsou společně s hlavními podélníky ukloněny v příčném směru o $6,9^\circ$. Oblouky jsou tvořeny dvěma trubkami vyplněnými betonem a spojenými stojinou. Dále jsou podélníky spojeny pomocí ocelových táhel (Obr. 1).

Zatížení je realizováno dle indonéských standardů pro pozemní komunikace. Vnitřní síly získané z globálního modelu konstrukce jsou aplikovány na skořepinový model napojení v patě oblouku (Obr. 2). Uložení je v modelu realizováno jako plošné podloží, tím je docíleno realistického chování modelu. Pro výpočet obou modelů byl použit program SCIA Engineer 2013.



Obr. 1: Model mostní konstrukce



Obr. 2: Model napojení oblouku

3 Závěr

Takto navržený detail napojení oblouku vyhoví požadavkům na únosnost a lokální stabilitu. Vzniklé lokální špičky napětí jsou dány idealizovanou geometrií modelu. Z konstrukčního hlediska je tento typ řešení poněkud pracný a pro použití v praxi bude provedena jeho tvarová optimalizace, zejména volba tvaru a polohy výztuh.

Literatura

- [1] PAŘENICA, P.: Diplomová práce – Návrh obloukového spřaženého ocelobetonového mostu, Ostrava, VŠB – TUO, 2013
- [2] SCIA Engineer 2013 Manuals (uživatelská příručka): *Homepage*, [online], [cit.2013-11-20]. Dostupné WWW: <<http://www.nemetschek-scia.com>>

EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ POUŽITELNOSTI OCELI S235 A DD11 PRO ANTI-SEIZMICKÉ KONSTRUKČNÍ ÚPRAVY

EXPERIMENTAL VERIFICATION OF APPLICABILITY OF STEEL S235 AND DD11 FOR ANTI-SEISMIC DEVICES

Jiří Protivínský¹, Martin Krejsa²

Abstrakt

Návrh anti-seizmických úprav je v evropském prostředí definován v normě EN 15129. V této normě jsou také stanoveny požadavky na materiály použité pro konstrukce určené k pohlcování energie cyklickou plastickou deformací. Splnění daných kritérií je možné provést pouze na základě experimentu. Podle instrukcí normy EN15129 byly cyklicky zatěžovány vzorky z materiálu S235 a DD11. Z vyhodnocení výsledků vyplynulo, že konstrukční ocel S235 ani DD11 není použitelná pro anti-seizmické konstrukční úpravy.

Klíčová slova

Konstrukce, zemětřesení, cyklická plasticita, duktilita, disipace, rozptyl, ocel.

Abstract

Design of anti-seismic devices is in European environment defined by code EN1 15129. There is stated special material requirements imposed to devices working as energy absorbers. Material verification is possible only by experimental manner. In compliance with instructions of the code EN15129 were made several cyclic tests of the material S235 and DD11. The evaluating the test results show that neither structural steel S235 nor DD11 are applicable for anti-seismic devices.

Keywords

Steel structure, earthquake, cyclic plasticity, ductility, dissipation, energy absorber,

1 Úvod

Jednou z možností anti-seizmické úpravy konstrukce je zakomponování prvků do nosného systému, které budou během zemětřesení cyklicky plastizovat. Návrh anti-seizmických konstrukčních úprav se v evropském prostředí řídí pravidly specifikovanými v normě EN 15129 [1]. Zde je pro tento typ konstrukční úpravy zavedeno pojmenování "Nonlinear displacement dependent device (NLD), jelikož při kmitání soustavy dochází v těchto prvcích k cyklické deformaci o návrhem stanovené maximální amplitudě plastického poměrného přetvoření (d_{bd}).

Ačkoli tato norma obecně nevylučuje použití běžných konstrukčních ocelí, stanovuje dodatečné kritérium sledující chování materiálu při cyklickém přetížení. Z tohoto důvodu bylo rozhodnuto o provedení experimentu pro ocel S235 a materiál DD11. Ocel

¹ Ing. Jiří Protivínský, VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Poděště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, jiri.protivinsky@vsb.cz

² doc. Ing. Martin Krejsa Ph.D., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Poděště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, martin.krejsa@vsb.cz

pevnostní třídy S235 představuje nejběžnější typ konstrukční oceli. Výsledky stejného experimentu pro tento materiál byl publikován v [2]. Materiál DD11 je primárně určen pro výrobu hluboce tažných plechů karosérií, ale je válcován i v tloušťkách vhodných pro nosné konstrukce. Vyznačuje se vysokou tažností a tvárností, tedy vlastnostmi pro potřeby NLD nejdůležitější.

2 Experimentální ověření materiálů S235 a DD11 podle EN15129

Návrh experimentu byl proveden podle instrukcí normy EN 15129. Jeho cílem bylo stanovit rozptyl sečnové tuhosti při cyklickém zatěžování nad mezí kluzu materiálu. Experiment byl prováděn na šesti vzorcích z každého materiálu. Základním parametrem každé zkoušky bylo určení cílové amplitudy plastické deformace (d_{bd}), pro kterou by byl výsledný NLD navržen. Z každého materiálu byly zkoušeny tři vzorky na $d_{bd} = 2\%$ a tři na $d_{bd} = 4\%$. Postup zkoušky byl vždy následující: 4 cykly zatížení pod mezí kluzu, 5 cyklů na $1/4 \cdot d_{bd}$, 5 cyklů na $1/2 \cdot d_{bd}$ a 10 cyklů na úrovni d_{bd} . Materiály vhodné pro NLD pak musí splňovat následující kritérium:

$$\kappa = \frac{K_{2,3} - K_{2,i}}{K_{2,3}} \leq 0,1, \quad (1)$$

kde $K_{2,3}$ značí sečnovou tuhost druhé větve pracovního diagramu oceli při cyklickém zatěžování příslušnou pro třetí cyklus zatížení, $K_{2,i}$ pak vyjadřují sečnovou tuhost i -tého cyklu na úrovni d_{bd} vůči třetímu cyklu na $1/2 \cdot d_{bd}$.

Výsledky pak shrnuje tab.1.

Materiál - d_{bd}	S235 - 2%	S235 - 4%	DD11 - 2%	DD11 - 4%
κ_{\max}	0,07	-	0,125	0,24

Tab. 1: Výsledky κ_{\max} podle (1) pro jednotlivé materiály

3 Závěr

Výsledky experimentu se shodují s výsledky prezentovanými při testování materiálu S235 v [2]. Z uvedeného vyplývá, že kritéria nastavená v EN15129 vylučují použití konstrukční oceli pro anti-seizmické konstrukční úpravy. Navíc se ukázalo, že materiál DD11, který vykázal vyšší odolnost proti kvazistatickému porušení při nízkocyklovém plastickém namáhání, požadovaná kritéria výrazně nesplnil. Jelikož užití běžných konstrukčních ocelí pro prvky NLD provází od jejich vzniku [3], bylo by vhodné na základě zjištěných skutečností usilovat o korekci normy EN 15129.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím programu Studentské grantové soutěže. Registrační číslo projektu je SP2013/93.

Literatura

- [1] EN 15129. *Antiseismic Devices: European standard*. Brussels: Comité Européen de Normalisation (CEN), 2009. ISBN: 9780580550843.
- [2] ZSARNÓCZAY, Á., V. BUDAHÁZY, L. G. VIGH a L. DUNAI. Cyclic hardening criteria in EN 15129 for steel dissipative braces. *Journal of Constructional Steel Research*. 2013, Vol. 83, s. 1-9. DOI: 10.1016/j.jcsr.2012.12.013. Dostupné z: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcsr.2012.12.013>.

CRACK UNDER BIAXIAL LOADING: TWO-PARAMETER DESCRIPTION

Stanislav Seitl¹, Carlos Sanchez Bermejo²

Abstract

A two-parameter approach for description of stress field for isotropic materials under biaxial loading was proposed in this contribution. From the results, it was found that analysis using the two-parameter fracture mechanics is an effective way to evaluate stress fields under biaxial stress.

Keywords

Biaxial loading, T-stress, stress intensity factor, crack.

Most of the results reported in the literature pertain to uniaxial loading (tension and compression). Very few experimental results on the response of concrete subjected to repeated biaxial loading are available in the literature. All the results in the literature pertain to cyclic biaxial compression, where both principal stresses are Further, the fatigue strength of concrete for biaxial compression was shown to be greater than that for uniaxial compression for any given number of cycles. An experimental and analytical investigation into three-dimensional crack growth under biaxial compression is presented in [1, 2]

In this paper the two-parameter fracture mechanics is applied in the biaxial stress, where the principal tensile stress is applied on the crack together with another load which changes from tension to compression stress, see Fig. 1. The influence of biaxial loading on fracture parameters is quantified and discussed.

$$\begin{aligned} \sigma_{xx} &= \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \left[1 - \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \sin\left(\frac{3\theta}{2}\right)\right] + T \\ \sigma_{yy} &= \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \left[1 + \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \sin\left(\frac{3\theta}{2}\right)\right] \\ \tau_{xy} &= \frac{K_I}{\sqrt{2\pi r}} \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \cos\left(\frac{3\theta}{2}\right) \end{aligned} \quad , \quad (1)$$

where r and θ are the polar coordinates and x and y are the Cartesian coordinates, both with their origins at the crack tip. K_I is the stress intensity factor for mode I and T is the T-stress.

In this paper, the crack under biaxial loading was analyzed by using two-parameter fracture mechanics. Based on the results presented here, the following conclusions can be drawn:

- There is practically not effect of biaxial loading on the values of dimensionless stress intensity factor $B_1(K_I)$. The $B_1(K_I)$ values increase only with increase the crack length.

¹ Stanislav Seitl, Ing. Ph.D., Academy of Science of the Czech Republic, Institute of Physics of Materials Zizkova 22, 616 62 Brno, Czech Republic, seitl@ipm.cz

² Carlos Shancez Bermejo, University of Oviedo, Construction and Manufacturing Department, Campus de Gijón, 33203, Gijón (Spain), carloslasvegas89@yahoo.es

- Influence of the biaxial load ratio R is well catch by the second term of Williams expansion $B_2(T\text{-stress})$.

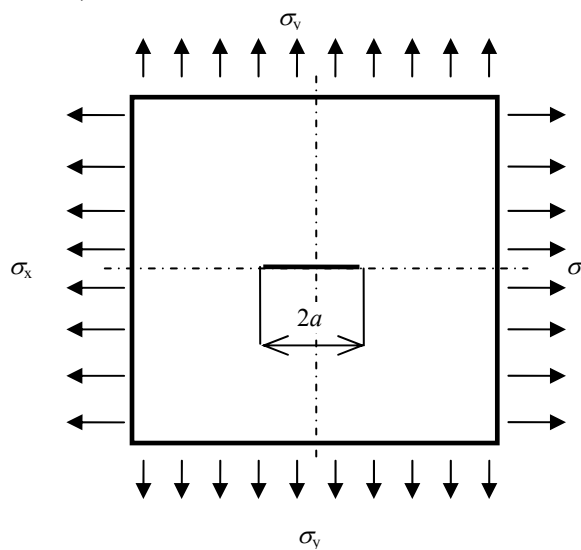


Fig. 1: Model of biaxial loading

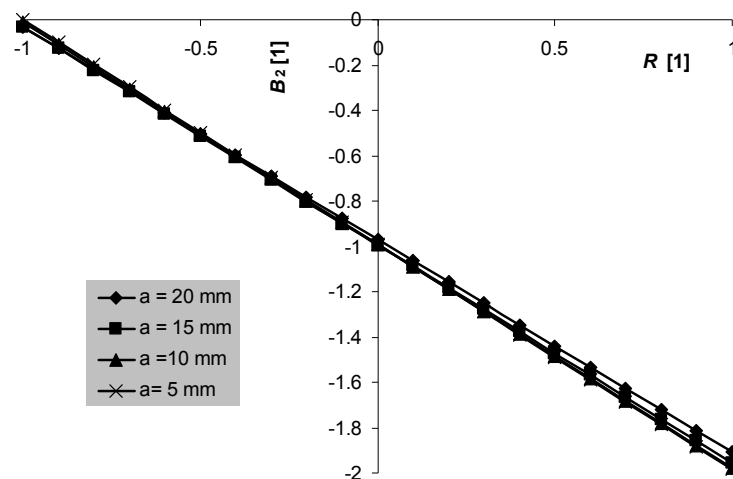


Fig. 4: The T-stress, expressed by B_2 , for various crack lengths for different biaxial loading ratios R .

Acknowledgement

The authors acknowledge the support of Czech Sciences foundation project No. P105/11/1551 and Academy of Science of the Czech Republic project No. M100411204.

References

- [1] SAHOURYEH, E., DYSKIN, A.V. and GERMANOVICH, L.N. Crack growth under biaxial compression, *Engineering Fracture Mechanics*, 2002, 69, 2187-2198, ISSN: 0013-7944
- [2] SU ECM and HSU TTC. Biaxial compression fatigue and discontinuity of concrete. *American Concrete Institute Material Journal*, 1988, 178-188, ISSN> 0889-325X

ALGORITMIZACE SPOLEHLIVOSTNÍ OPTIMALIZACE

ALGORITHMIZATION OF RELIABILITY-BASED OPTIMIZATION

Ondřej Slowik¹, Drahomír Novák²

Abstrakt

Článek představuje nově vyvinutý akademický software FNPO určený pro spolehlivostní optimalizaci. Program pracuje s nově navrženou optimalizační metodou nazvanou Aimed Multilevel Sampling (AMS) v optimalizačním cyklu procesu spolehlivostní optimalizace. Pro simulaci na jednotlivých úrovních algoritmu AMS a spolehlivostní výpočty program využívá cyklického spouštění programu FReET – tzv. double-loop přístup. Vyvinutý software umožňuje optimalizaci modelu obecné složitosti se zohledněním deterministické či spolehlivostní omezující podmínky.

Klíčová slova

Optimalizace, Spolehlivostní posouzení, Aimed Multilevel Sampling, Monte Carlo, Latin Hypercube Sampling, Pravděpodobnost poruchy, Spolehlivostní optimalizace, Analýza s malým počtem vzorků

Abstract

This paper presents an newly developed university software FNPO designed for reliability-based optimization. The program works with a newly proposed optimization method called Aimed Multilevel Sampling (AMS) in the optimization cycle of reliability-based optimization. For simulation at different levels of the algorithm AMS and reliability calculations program uses cyclic calls of program FReET – so called double-loop approach. The developed software enables to optimize model of general complexity with consideration of deterministic or reliability constraints.

Keywords

Optimization, Reliability assessment, Aimed Multilevel Sampling, Monte Carlo, Latin Hypercube Sampling, Probability of failure, Reliability-based design optimization, Small sample analysis

1 Úvod

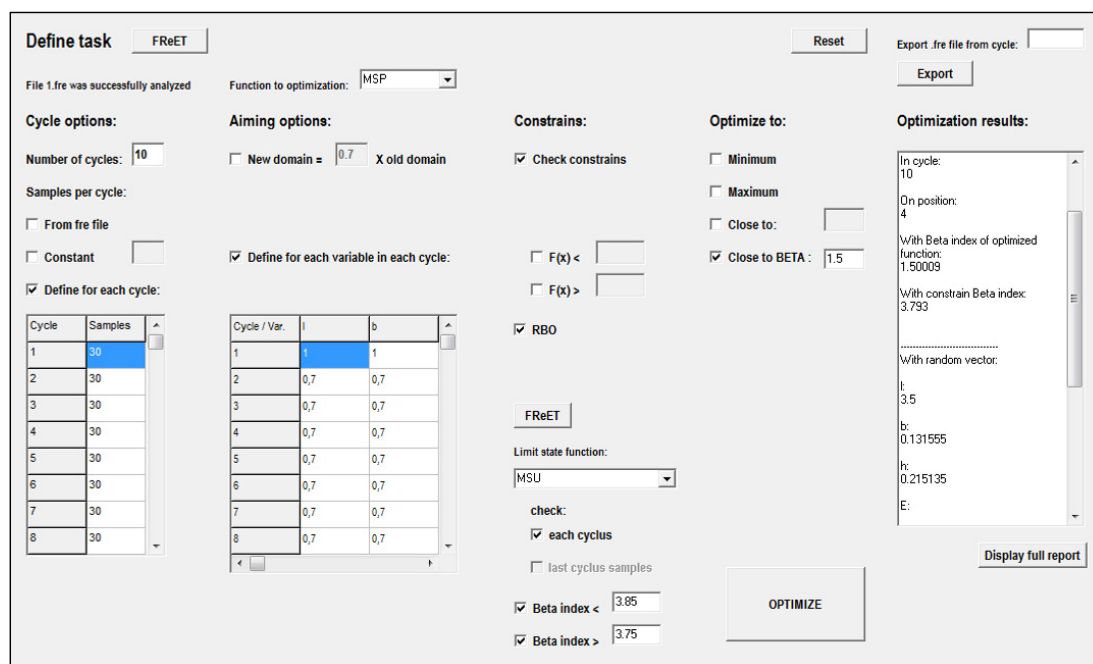
Spolehlivostní optimalizace je náročnou disciplínou, v níž je nutné kombinovat optimalizační postupy a spolehlivostní posuzování konstrukcí. Techniky výpočtu spolehlivosti využívají podobných simulačních postupů a stochastických metod jako

¹ Bc. Ondřej Slowik, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 60200 Brno, SlowikO@study.fce.vutbr.cz

² prof. Ing. Drahomír Novák, DrSc., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, vedoucí, Veveří 331/95, 60200 Brno, novak.d@fce.vutbr.cz

optimalizační procesy – jedná se také zpravidla o opakované řešení problému. Mnohé části spolehlivostních výpočtů je dokonce možné formulovat jako optimalizační úlohy (např. výpočet indexu spolehlivosti dle Hasofera a Linda nebo zavedení statistických závislostí mezi veličinami). Nabízí se proto spojení optimalizace modelu s jeho spolehlivostním posouzením ve formě omezující podmínky optimalizace. Z důvodu výpočetní náročnosti obou procedur bylo toto spojení v minulosti nemyslitelné, díky rozvoji výpočetní techniky a samotných stochastických, simulačních a aproximačních metod dnes již spojení spolehlivostního posouzení s optimalizačním procesem možné je.

Cílem tohoto článku je prezentovat nově vyvinutý akademický software určený pro spolehlivostní optimalizaci FReET Nested Probabilistic Optimizer (dále jen FNPO). Tento program využívá nově navržený optimalizační algoritmus nazvaný „Cílené víceúrovňové vzorkování“ (Aimed Multilevel Sampling, dále jen AMS) pro potřeby stochastické optimalizace. Ke spolehlivostním výpočtům a simulaci v rámci algoritmu AMS využívá software FNPO stávajícího spolehlivostního programu FReET. Software FNPO je možné použít k optimalizaci modelu obecné složitosti se zohledněním deterministických či spolehlivostních omezujících podmínek. Program také umožňuje vyhledávání vektorů vstupních hodnot v rámci návrhového prostoru úlohy, jímž odpovídá konkrétně zadaná výstupní úroveň spolehlivosti daná definovanou hodnotou indexu spolehlivosti. FNPO byl doposud využit pro testování účinnosti optimalizačního algoritmu AMS a k řešení několika úloh spolehlivostní optimalizace konstrukcí.



Obr. 1: Komunikační rozhraní programu FNPO

Poděkování

Prezentované výsledky byly získány za podpory projektu TAČR SIMSOFT, No.TA01011019.

ANALÝZA TVAROVÝCH FUNKCÍ PRO TĚLESA S TRHLINOU PRO VARIANTY ROVINNÉ ÚLOHY

SHAPE FUNCTIONS ANALYSIS OF CRACKED SPECIMENS FOR PLANE PROBLEM VARIANTS

Jakub Sobek¹

Abstrakt

Příspěvek se zaměřuje na analýzu pole napětí, jmenovitě tvarových funkcí pro aproximaci polí napětí a posunů v tělese s trhlinou, a to pro dvě varianty rovinné úlohy – rovinnou napjatost a rovinnou deformaci. Tvarové funkce, určované přepočtem z hodnot koeficientů členů Williamsova rozvoje, jsou uvažovány pro zkušební těleso pro test štípáním klínem (WST). Pro získání členů/funkcí je využito tzv. přeureditě metody (ODM).

Klíčová slova

Přeureditě metoda, rovinná napjatost, rovinná deformace, test štípáním klínem, tvarové funkce, Williamsův rozvoj.

Abstract

The paper is focused on stress field analysis (especially shape functions) for approximation of stress and displacement fields in cracked specimens with usage of two variants of plane condition – plane stress and plane strain condition. Shape functions are obtained from calculation of terms of Williams power series of Wedge-splitting test (WST) specimen. The so called Over-deterministic method (ODM) is used for gain of these shape functions.

Keywords

Over-deterministic method, plane stress, plane strain, wedge-splitting test, shape functions, Williams power series.

1 Úvod

Dosavadní výzkum analýzy polí napětí/deformací v tělesech s trhlinou prováděný autorem se odvíjel od předpokladu uvažování zkoumaného problému jako 2D úlohy ve stavu rovinné deformace (doporučené v mnoha odborných zdrojích pro numerické simulace různých zkušebních těles). Poznání autora dospělo do oblasti, kdy si pokládal otázku, zda by uvažování rovinné úlohy jako rovinné napjatosti (namísto zmíněné rovinné deformace) neposkytovalo odlišné výsledky.

Pro srovnání byl vybrán typický zkušební test štípáním klínem (wedge-splitting test, dále WST) ve variantě se dvěma podporami a roznášecími příložkami, umístěnými v drážce (pro roznášení zatížení do samotného tělesa, rozloženého na vodorovnou štípací

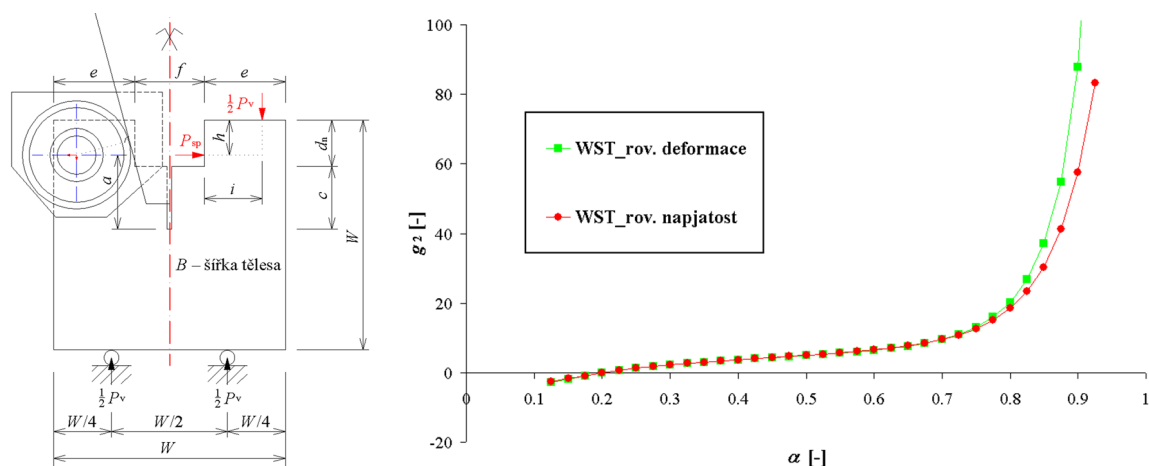
¹ Jakub Sobek, Ing., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, sobek.j@fce.vutbr.cz

sílu a svislou přítlačnou sílu), viz Obr. 1 nalevo. Relativní délka trhliny $\alpha = a/W_{ef}$, kde a je délka trhliny a W_{ef} je efektivní výška tělesa, se pohybovala od hodnoty 0,125 do 0,925 pro vystižení dostatečného rozsahu porušení. Délka i výška těles W je 100 mm (krychle)

Numerické simulace, vycházející z uvedeného testu byly realizovány výpočtem v rovinné úloze – rovinné napjatosti v systému ANSYS. Posuny sledovaných bodů kolem vrcholů trhlin sloužily jako vstupy pro tzv. přeurtčitou metodu (ODM) [1], využívající rovnic pro popis polí napětí/posunů těles s trhlinou dle Williamse [2]. Při ODM bylo sledováno, jak se budou jednotlivé bezrozměrné tvarové funkce (přepočítané ze členů Williamsova rozvoje) od sebe lišit v závislosti na použité šířce zkušebních těles (0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 m).

Pro srovnání celkového řešení při rovinné napjatosti sloužilo řešení na identickém zkušebním tělese, avšak při uvažování úlohy rovinné deformace. Obr. 1 napravo ukazuje graf průběhu druhé tvarové funkce g_2 v závislosti na relativní délce trhliny. Vidíme zde nepatrné odchylky v průběhu funkcí, získanými z řešení rovinných úloh rovinné napjatosti/deformace zejména v rozmezí relativní délky trhliny od 0,7 až po koncovou hodnotu.

Analýza tvarových funkcí přispěje k poznání v oblasti polí napětí a deformací v tělesech s trhlinami.



Obr. 1: Geometrie zkušebního tělesa pro test štípání klínem (nalevo), průběh druhé tvarové funkce g_2 v závislosti na relativní délce trhliny α

Poděkování

Výzkum byl realizován za finanční podpory Grantové agentury České republiky (P105/11/1551) a VUT v Brně v rámci projektu specifického vysokoškolského výzkumu FAST-J-13-2072.

Literatura

- [1] AYATOLLAHI, M.R., M. NEJATI. An over-deterministic method for calculation of coefficients of crack tip asymptotic field from finite element analysis. *Fatigue Fract Engng Mater Struct.* 2010, č. 34, s. 159-176.
- [2] WILLIAMS, M.L. On the stress distribution at the base of a stationary crack. *ASME J Appl Mech.* 1957, č. 24, s. 109-114.

ANALÝZA A POSUDEK VYBRANÝCH STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ S VYUŽITÍM PROGRAMOVÉHO VYBAVENÍ

ANALYSIS AND ASSESSMENT OF SOME BUILDING STRUCTURES IN SOFTWARE APPLICATIONS

Oldřich Sucharda¹, Jakub Vašek²

Abstrakt

Příspěvek se zabývá oblastí návrhu a posudků stavebních konstrukcí s využitím výpočetní techniky a specializovaného softwaru. Příspěvek rovněž prezentuje řešený projekt, který se právě zaměřuje na tvorbu pokročilých výpočetních modelů, které budou řešit úlohy z praxe. Použité výpočetní programy jsou založeny na metodě konečných prvků.

Klíčová slova

Analýza, posudek, výpočetní model, metoda konečných prvků.

Abstract

This paper deals with the analysis and assessment of building structures in specialised software applications. It presents the project under investigation, which focuses on creation of advanced computational models for practical tasks. The software applications are based on the Finite Element Method.

Keywords

Analysis, assessment, computer model, finite element method.

1 Úvod

Řešená oblast analýzy stavebních konstrukcí a použití rovinných a prostorových výpočetních modelů konstrukcí patří mezi rychle se rozvíjející oblasti. Samotná tvorba výpočetních modelů je spojena s použitím numerických metod a výpočetní techniky. Pro návrh a analýzu vybrané stavební konstrukce byl zvolen program Scia Engineer [4] a programové prostředí systému Matlab [3], kdy to je vhodné pro specializované úlohy, které je vhodné algoritmizovat. Vybrané algoritmy popisuje například [2].

2 Výukové materiály

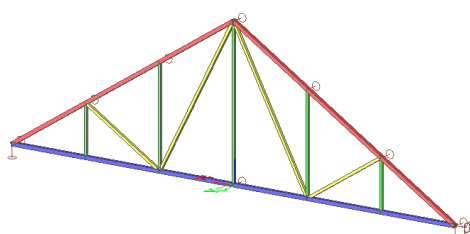
Připravované výukové materiály jsou určeny do předmětů Počítačová podpora statických výpočtu a Výpočetní modely konstrukcí, které jsou zaměřeny na návrh a analýzu stavebních konstrukcí s využitím výpočetních programů.

¹ Ing. Oldřich Sucharda, Ph.D. VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděštné 1875, CZ70833, Ostrava, e-mail: oldrich.sucharda@vsb.cz.

² Jakub Vašek, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděštné 1875, CZ70833, Ostrava, e-mail: jakub.vasek.st@vsb.cz.

3 Vzorový příklad

Jedním z řešených příkladů je návrh příhradového nosníku, který byl zvolen jako ilustrační příklad. Příhradový vazník je určen pro jednopodlažní budovu s vaznicovým systémem zastřešení. V návrhu vazníku se vycházelo z rozměrů stávající konstrukce, provedený návrh tvoří alternativní konstrukční řešení. Schéma řešeného nosníku je patrné na obr. 1. Pro uvedenou úlohu se zpracoval návrh a posudek jednotlivých částí dle současně platných norem [1] ve výpočetním programu Scia Engineer [4] a vytvořeném programu v Matlabu [3]. Vybrané algoritmy, které je možné použít, popisuje například [2].



Obr. 1: Prostorové zobrazení příhradového nosníku

-- Posudek prutů pro zatěžovací stav --

Prut [-]	Tah/Tlak [-]	Ned [kN]	Nrd [kN]	Vyuziti [%]	Posudek [-]
1	Tah	79.74	144.29	55.26	Vyhoví
2	Tah	79.74	144.29	55.26	Vyhoví
3	Tah	45.10	144.29	31.26	Vyhoví
4	Tah	45.10	144.29	31.26	Vyhoví
5	Tah	74.61	144.29	51.71	Vyhoví
6	Tah	74.61	144.29	51.71	Vyhoví
7	Tlak	90.57	101.32	89.39	Vyhoví
8	Tlak	73.07	101.32	72.12	Vyhoví

Obr. 2: Posudek jednotlivých prutů pro konkrétní kombinaci zatížení

Posudky provedené pro jednotlivé pruty příhradového nosníku u vybrané kombinace zatěžovacích stavů jsou zobrazeny na obr. 2. V konkrétně uvedené kombinaci se prováděl rozhodující posudek pro horní pás při vzpěrném tlaku. Výsledná únosnost průřezu byla 101,32 kN.

4 Závěr

Příspěvek se zabýval analýzou a posudkem vybrané stavební konstrukce s využitím moderního programového vybavení. Využilo se softwaru Scia Engineer [4] a vytvořeného programu v prostředí Matlab [3]. Uvedený příklad příhradového nosníku je jedním tématem řešeného projektu, který je zaměřen na tvorbu výpočetních modelů konstrukcí a jejich analýzu. Na uvedeném příkladu je možné ilustrovat, že výpočet vnitřních sil, algoritmy a posudky jsou založeny na stejných výpočetních postupech pro oba zvolené výpočetní programy. Úplné řešení zvoleného příhradového nosníku a dalších úloh bude zveřejněno na stránkách projektu <http://fast10.vsb.cz/sucharda/vmk/>.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava projektu FRVŠ 27/2014.

Literatura

- [1] ČSN EN 1993, *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*: Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [2] KREJSA, M. *Algoritmizace inženýrských výpočtů*[online]. 2013 [cit. 2013-3-1]. Dostupný z WWW: < <http://fast10.vsb.cz/krejsa/> >.
- [3] Program Matlab, Information the program: <<http://www.mathworks.com/products/matlab/>>
- [4] Scia Engineer [online]. 2012 [cit. 2012-01-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.scia-online.com>>.

STANOVENÍ DÍLČÍCH SOUČINITELŮ PRO HODNOCENÍ ZATÍŽITELNOSTI EXISTUJÍCÍCH MOSTŮ

PARTIAL FACTORS FOR THE ASSESSMENT OF
LOAD-BEARING CAPACITY OF EXISTING BRIDGES

Miroslav Sýkora¹, Michal Drahorád²

Abstrakt

Rostoucí zatížení dopravou, stárnutí existujících mostů a nákladnost jejich modernizací zvyšují význam metod hodnocení spolehlivosti, které umožní přihlídnout k různým faktorům specifickým pro existující most. Článek vysvětluje postupy úprav dílčích součinitelů v závislosti na znalostech o materiálech a zatížení, zvolené směrné úrovni spolehlivosti a plánované zbytkové životnosti mostu. Praktický příklad ilustruje aplikaci teoretických postupů.

Klíčová slova

Dílčí součinitele, zatížitelnost, hodnocení spolehlivosti, existující mosty, železobeton.

Abstract

Ever-increasing traffic actions, degradation of bridges and immense costs of their rehabilitations imply needs for the methods of reliability assessment that allow accounting for specific conditions of an existing bridge. The study clarifies the procedures of modifications of partial factors considering knowledge and uncertainties in materials and actions, selected target reliability and required remaining working life of the bridge. An example indicates the applications of theoretical procedures.

Keywords

Partial factors, load-bearing capacity, reliability assessment, existing bridges, reinforced concrete.

1 Úvod

Současně platné předpisy pro navrhování a posuzování stavebních konstrukcí (ČSN EN a ČSN ISO) jsou založeny na pravděpodobnostním přístupu jak ke stanovení zatížení, tak k odolnosti. Tento postup umožňuje zohlednit znalosti i nejistoty související s působením existující konstrukce. Základní metodou používanou pro ověřování spolehlivosti stavebních konstrukcí je metoda dílčích součinitelů implementovaná v soustavě norem ČSN EN. Je nutné si uvědomit, že hodnoty dílčích součinitelů (zatížení i odolnosti) uvedené v *ČSN EN 1990* jsou stanoveny pro nové konstrukce

¹ Ing. Miroslav Sýkora, Ph.D., ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, oddělení spolehlivosti konstrukcí, Šolínova 7, 16608 Praha 6, miroslav.sykora@klok.cvut.cz

² Ing. Michal Drahorád, Ph.D., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra betonových a zděných konstrukcí, Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6, michal.drahorad@fsv.cvut.cz

s předpokládanou životností 50 až 100 let (podle typu konstrukce), navíc se středními následky poruchy (CC2). Při posuzování existujících konstrukcí (např. při stanovení zatížitelnosti) je proto vhodné aktualizovat hodnoty všech dílčích součinitelů zaváděných do výpočtu na základě:

- skutečné geometrie mostu,
- skutečných vlastností použitých stavebních materiálů,
- plánované zbytkové životnosti mostu,
- požadované směrné úrovně spolehlivosti.

Aktualizaci hodnot dílčích součinitelů lze provádět podle zásad uvedených v ČSN ISO 13822 a TP 224.

2 Aktualizace dílčích součinitelů

Aktualizací hodnot se pro účely tohoto článku rozumí stanovení hodnot dílčích součinitelů zatížení γ_F a materiálu γ_M s ohledem na skutečný stav, požadovanou zbytkovou životnost mostu a zvolenou směrnou úroveň spolehlivosti. Možnosti aktualizace dílčích součinitelů vycházejí zejména z míry znalosti konstrukce mostu, tedy zejména z rozsahu diagnostického průzkumu nebo prohlídky. Podrobný postup aktualizace pro železobetonové a ocelové mosty je uveden v plném článku.

3 Aplikace získaných výsledků

Aktualizované součinitele materiálu a zatížení byly využity pro stanovení zatížitelnosti uvažovaného železobetonového trémového mostu o dvou polích (tab. 1).

Charakteristika vstupních dat	Dílčí součinitel					Zatížitelnost [t]		
	γ_S	γ_C	γ_G	γ_O	γ_T	V_n	V_r	V_e
Odolnost i zatížení podle ČSN EN pro navrhování, geometrie podle projektu	1,15	1,50	1,35	1,35	1,5	12	26	97
Vlastnosti materiálů získány experimentálními zkouškami	1,11	1,32	1,10	1,38	1,42	21	45	169

Tab. 1: Porovnání vlivu aktualizace dílčích součinitelů podle míry znalostí o konstrukci

4 Závěr

Z výsledků aplikace aktualizovaných dílčích součinitelů je patrný významný vliv znalostí vstupních parametrů na hodnoty dílčích součinitelů, a to především u materiálových vlastností a stálých zatížení. Vyšší míra znalostí konstrukce je však vyvážena vyšším rozsahem a cenou diagnostického průzkumu. Tím se ale jen potvrzuje zásadní význam vhodně navrženého, správně provedeného a kompetentně vyhodnoceného diagnostického průzkumu na zatížitelnost konstrukce.

Poděkování

Príspevek vznikl v rámci řešení projektu TA03031099 podporovaného TA ČR a projektu VG20122015089 podporovaného MV ČR.

KLOPENÍ NOSNÍKU S POČÁTEČNÍMI IMPERFEKCEMI

LATERAL BEAM BUCKLING OF THE BEAM WITH INITIAL IMPERFECTIONS

Jan Valeš¹

Abstrakt

Článek se zabývá statistickou analýzou únosnosti prostě uloženého ohýbaného nosníku průřezu IPE 220 řešeného geometricky nelineárním řešením s vlivem klopení. Prut byl modelován v programu ANSYS s pomocí prvku BEAM188. Imperfekce byly uvažovány jako náhodné veličiny. Počáteční zakřivení a rotace osy jsou uvažovány ve tvaru jedné půlvlny funkce sinus. Korelace mezi amplitudami počátečního zakřivení a počáteční rotace osy je uvažována jako parametr řešení na intervalu od -1 do 1. Je studován vliv této korelace na změnu střední hodnoty a směrodatné odchylky náhodné únosnosti.

Klíčová slova

Klopení, únosnost, imperfekce, nosník, štíhlost, ocel, korelace.

Abstract

The paper deals with a statistical analysis of a simply supported hot-rolled beam IPE 220 in bending which was analysed with respect to lateral-torsional buckling using geometric nonlinear solution. The beam was simulated in ANSYS program using beam element BEAM188. All initial imperfections were considered to be random variables. Initial curvature and rotation of the beam axis had a shape of half-wave sine function. Correlation between the amplitudes of initial curvature and initial rotation of the beam axis was a parameter of the solution within the interval from -1 to 1. Influence of this correlation upon the variance of the mean value and standard deviation of the load-carrying capacity was carried out.

Keywords

Lateral-torsional buckling, load-carrying capacity, imperfection, beam, slenderness, steel, correlation.

1 Úvod

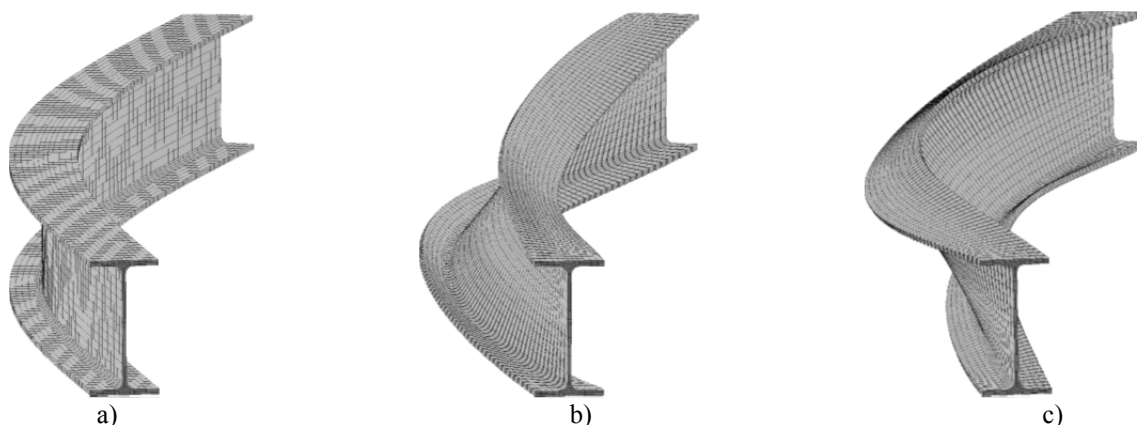
Předložený článek se zabývá stochastickou analýzou únosnosti prostě uloženého ohýbaného nosníku průřezu IPE 220. Je studován vliv klopení na únosnost prutu, jehož poměrná štíhlost je 1. Aby bylo možno zohlednit vliv počátečních imperfekcí na únosnost, byl nosník řešen geometricky nelineárním řešením. Počáteční imperfekce osy nosníku je modelována tak, že vychází z prvního vlastního tvaru vybočení při ztrátě stability klopením. Tato imperfekce sestává z vybočení osy nosníku ve směru kolmém na měkkčí osu průřezu a zkroucení osy (natočení průřezů) směrem do středu nosníku. Zakřivení nosníku podle prvního vlastního tvaru vybočení předpokládá, že vybočení a

¹ Jan Valeš, Ing., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95 602 00 Brno, vales.j@fce.vutbr.cz

zkroucení osy nosníku jsou funkčně závislé. Není jasné, jak dalece tento předpoklad odpovídá výsledkům, které bychom obdrželi z experimentů.

Většina laboratorních měření věnuje více pozornosti měření počátečního zakřivení osy nosníku než měření počátečních natočení průřezů. V případě klopení může však jít o důležitou imperfekci. Otázkou je, jakou uvažovat korelaci mezi těmito dvěma imperfekcemi. Uvažovat korelaci hodnotou 1 nemusí přesně odpovídat skutečnosti. Korelace mezi nimi je primárně dána výrobními procesy. Abychom získali představu, jak moc velký vliv může mít velikost korelace na statistické charakteristiky únosnosti, je v článku tato problematika studována.

Výpočtový model byl proveden v programu ANSYS, přičemž byl brán v úvahu náhodný vliv všech počátečních imperfekcí. Příklady samotného počátečního zakřivení osy prutu a počátečního zakřivení v kombinaci s natočením průřezů modelovaného v ANSYSu jsou schematicky znázorněny na Obr. 1.



Obr. 1: Schéma výpočetního modelu: a) samotné počátečního zakřivení osy prutu, b) počátečního zakřivení v kombinaci s natočením průřezů s korelací -1, c) počátečního zakřivení v kombinaci s natočením průřezů s korelací 1

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je GAČR 14-17997S.

Literatura

- [1] ANSYS Element Reference, Release 12.1, ANSYS, Inc. 2009.
- [2] IMAN, R. and W. CONOVER. Small sample sensitivity analysis techniques for computer models with an application to risk assessment. *Communications in Statistics – Theory and Methods* 1980; 9(17): 1749–1842.
- [3] McKEY, M., W. CONOVER and R. BECKMAN. A comparison of the three methods of selecting values of input variables in the analysis of output from a computer code, *Technometrics* 1979; 21(2): 239–245.
- [4] MELCHER, J. KALA Z. HOLICKÝ M. FAJKUS M. ROZLÍVKA L. Design Characteristics of Structural Steels Based on Statistical Analysis of Metallurgical Products, *Journal of Constructional Steel Research*, 60(3-5), 2004, s.795–808, ISSN 0141–0296.
- [5] KALA, Z. Elastic Lateral-Torsion Buckling of Simply Supported Hot-Rolled Steel I-Beams with Random Imperfections, *11th International Conference o Modern Building Materials, Structures and Techniques, MBMST 2013*, 2013, s. 504-514

PRAVDĚPODOBNOSTNÍ POSOUZENÍ SPOLEHLIVOSTI PŘÍHRADOVÉ KONSTRUKCE V PROGRAMOVÉM SYSTÉMU MATLAB

PROBABILISTIC RELIABILITY ASSESSMENT OF TRUSS CONSTRUCTION IN
MATLAB SOFTWARE

Jakub Vašek¹, Martin Krejsa²

Abstrakt

Příspěvek se zabývá využitím pravděpodobnostních postupů při posouzení spolehlivosti příhradové nosné konstrukce. K výpočtu pravděpodobnosti poruchy posuzovaných nosných prvků i celého nosného systému byla zvolena klasická simulační technika Monte Carlo, která byla aplikovaná v programovém systému Matlab s využitím daného generátoru pseudonáhodných čísel a možnosti paralelizace u vícejádrových procesorů. Cílem práce byla analýza využitelnosti Matlabu pro pravděpodobnostní výpočty a pravděpodobnostní posudky spolehlivosti nosných konstrukcí.

Klíčová slova

Matlab, posudek spolehlivosti, pravděpodobnostní metody, Monte Carlo, pravděpodobnost poruchy, funkce spolehlivosti, generátor pseudonáhodných čísel, paralelizace.

Abstract

This paper deals with the use of probabilistic methods in assessing the reliability of the truss support structure. Classical Monte Carlo simulation technique was chosen for calculation of probability of failure of assessed structural elements and the entire support system, which was applied in Matlab using the random number generator and parallelization using multi-core processors. The aim of the study was to analyze the usability of Matlab for probability calculations and probabilistic reliability assessment of load-bearing structures.

Keywords

Matlab, reliability assessment, probabilistic methods, Monte Carlo, probability of failure, reliability function, generator of pseudorandom numbers, parallelization.

1 Úvod

Práce si klade za cíl zmapovat možnosti pravděpodobnostních výpočtů v programovém systému Matlab se zaměřením na posouzení spolehlivosti vybrané příhradové konstrukce. Software Matlab představuje programovací prostředí s širokou mírou

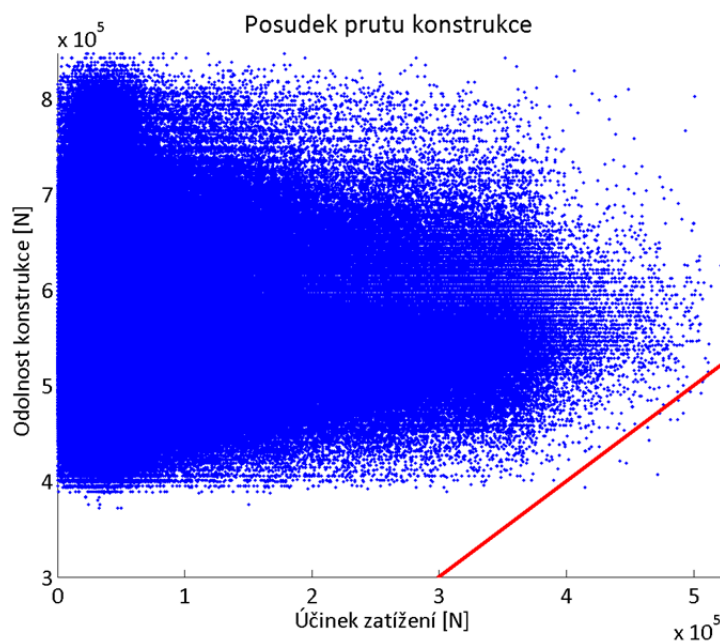
¹ Jakub Vašek, Katedra stavební mechaniky, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, student 4. ročníku bakalářského studia oboru Konstrukce staveb, e-mail: jakub.vasek.st@vsb.cz.

² doc. Ing. Martin Krejsa, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 303, e-mail: martin.krejsa@vsb.cz.

uplatnění. Primárně je tento software určen k maticovým výpočtům, díky rozsáhlé knihovně vestavěných funkcí jej však lze využít také například pro statistickou analýzu vstupních dat, simulaci s využitím metody Monte Carlo i paralelizaci simulačního výpočtu na vícejádrových procesorech.

2 Posouzení spolehlivosti vybrané ocelové příhradové konstrukce

V softwaru Matlab byl naprogramován výpočetní model pravděpodobnostního posouzení ocelového příhradového vazníku včetně celého výpočetního aparátu, založeném na simulační technice Monte Carlo a metodě konečných prvků. Pravděpodobnost poruchy byla zjišťována jak u jednotlivých nosných prvků - prutů (např. obr. 1), tak u konstrukce jako celku.



Obr. 1: Výstup z programu Matlab při posouzení spolehlivosti taženého prutu ve spodním pásu příhradové konstrukce: každá z teček grafu vyjadřuje výsledný účinek zatížení (horizontální osa) a odolnost konstrukce (vertikální osa) pro každý simulační krok. Červená přímka vyznačuje hranici poruchy, která odděluje oblast poruchovou od oblasti, kdy je spolehlivost konstrukce zachována.

Pravděpodobnostní posouzení bylo provedeno na úrovni jednotlivých prvků, ale také v celé konstrukci jako systému, kdy je za poruchu konstrukce považován stav, kdy dojde k poruše alespoň u jednoho z prutů. Z tohoto předpokladu lze usuzovat, že pravděpodobnost poruchy konstrukce jako celku bude značně větší, než pravděpodobnost poruchy jednotlivých prvků, což bylo potvrzeno i výpočtem dané úlohy.

3 Závěr

Príspevek poukázal na možnost využití programového systému Matlab pro pravděpodobnostní výpočty na základě pravděpodobnostního posouzení nosných prvků i systému ocelového příhradového vazníku. Ukázalo se, že programový systém umožňuje s výhodou řešit podobně formulované pravděpodobnostní úlohy. Vzhledem k možnosti relativně snadného programování lze Matlab využít i pro pravděpodobnostní úlohy se složitějším výpočetním modelem (definované např. s využitím metody konečných prvků).

TRADIČNÍ KROV – HAVARIJNÍ STAV, MODELOVÁNÍ A PŘÍČINY

TIMBER TRUSS – FAILURE, MODELING AND CAUSES

Rostislav Zídek¹, Luděk Brdečko²

Abstrakt

V příspěvku je prezentováno modelování postupné degradace havarujícího krovu zemědělského objektu. Autoři si nekladou za cíl pouze informovat o příčinách poruchy jedné konkrétní konstrukce, ale nabízejí některé obecnější zásady pro vytváření výpočtových modelů tohoto typu konstrukcí a pro pochopení jejich statického působení.

Klíčová slova

Dřevěný krov, výpočtový model, spoje, porucha.

Abstract

The paper presents the modeling of progressive failure of a farm building timber truss. Authors do not aim only to inform about causes of the failure of one specific structure, but they also offer some general principles for development of computational models of this type of structures and for understanding their static behavior.

Keywords

Timber truss, computational model, joints, failure.

1 Úvod

Je málo tak rozšířených konstrukcí jako jsou tradiční krovy. Jejich veliké rozšíření odpovídá dostupnosti základního materiálu, snadnosti opracování a celkové láci. Postupným empirickým vývojem se dospělo k souboru tesařských spojů a k několika základním typům funkčních nosných systémů. Ještě relativně v nedávné době se dřevěné krovy navrhovaly empiricky, bez statického výpočtu, a tato praxe byla obecně akceptována. Toto je možná jeden z důvodů, proč stávající konstrukce dřevěných krovů vykazují množství poruch, které jsou způsobeny chybami v návrhu a provedení konstrukce. Tyto chyby, pokud nejsou fatální, se projevují po dlouhá desetiletí především nadměrnými a stále se zvětšujícími deformacemi, které mohou postupně ztěžovat až znemožňovat užívání konstrukce. Jako typický představitel takové konstrukce je v příspěvku představena konkrétní zemědělská stavba. Je popsán způsob modelování střešní konstrukce, mechanismy selhání, typické chyby a možnost efektivní sanace.

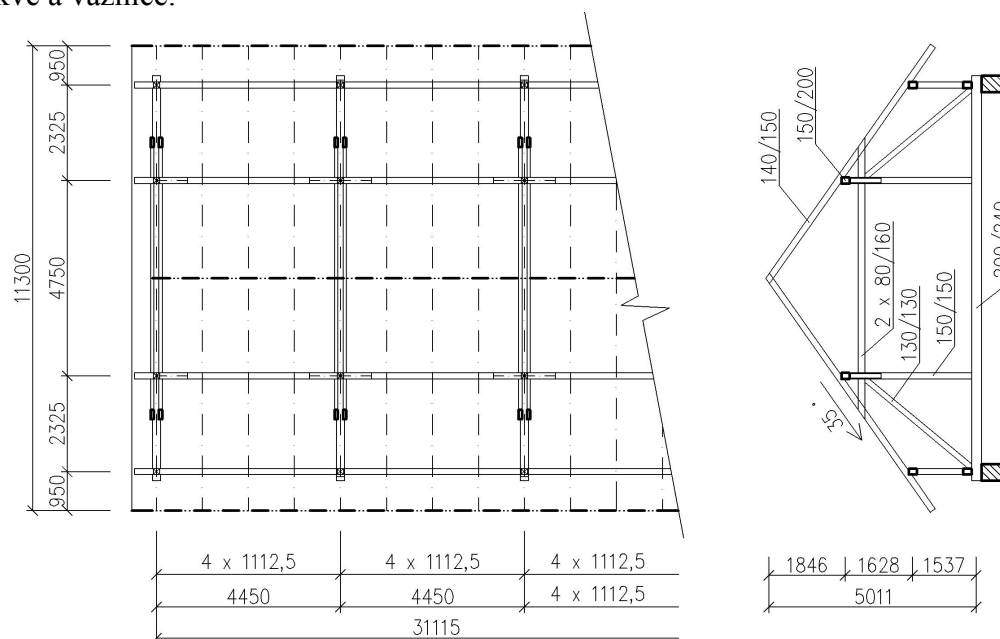
2 Konstrukce

Základní uspořádání konstrukce, neboli to, jak měla konstrukce vypadat podle záměru jejích tvůrců, ukazuje obrázek 1. Dnešní stav konstrukce je takový, že je značně

¹ Ing. Rostislav Zídek, Ph.D., FAST VUT v Brně, Ústav stavební mechaniky, Veveří 95, 602 00 Brno, zidek.r@fce.vutbr.cz

² Ing. Luděk Brdečko, Ph.D., FAST VUT v Brně, Ústav stavební mechaniky, Veveří 95, 602 00 Brno, brdecko.l@fce.vutbr.cz

znehodnocena nadměrnými deformacemi. Na obrázku 2 je detail deformované vaznice a zcela nefunkční styk kleštiny a krokve; na obrázku 3 je pak nadměrné posunutí styku krokve a vaznice.



Obr. 1: Základní uspořádání konstrukce



Obr. 2: Detail styku vaznice, sloupku, kleštin a krokve



Obr. 3: Poškozený styk vaznice a krokve

3 Závěr

Sanace takto poškozené konstrukce by byla v současné době neefektivní. Pokud by však byly deformace menší, sanace by byla překvapivě jednoduchá a levná. Zásady modelování, zkušenosti a závěry, popsané v hlavním článku na CD, se však netýkají pouze analyzované konstrukce, ale jsou obecněji platné ať už pro sanaci stávajících konstrukcí či pro návrh konstrukcí nových.

Poděkování

Tento příspěvek byl publikován díky podpoře projektu OP VK OKTAEDR – partnerství a sítě stavebnictví, registrační číslo projektu: CZ.1.07/2.4.00/31.0012.

Sborník rozšířených abstraktů / Proceedings of the extended abstracts

Mezinárodní konference Modelování v mechanice je dlouhodobě pořádané setkání výzkumných pracovníků z České republiky i zahraničí, které organizují Katedra stavební mechaniky a Katedra konstrukcí Fakulty stavební VŠB-TU Ostrava. Konference poskytuje prostor pro prezentování a publikování původních vědecko-výzkumných příspěvků, zaměřených na různé oblasti mechaniky a modelování nejen stavebních konstrukcí. Cílem konference je prohloubit spolupráci mezi vědeckými pracovníky a doktorandy z tuzemských i zahraničních vysokých škol a vědeckých pracovišť.

Tematické okruhy / Topics

Konference je zaměřena na následující tematické okruhy /

The conference is focused on the following topics:

- rozvoj a aplikace numerických metod v mechanice / development and application of numerical methods in mechanics,
- metody řešení rozsáhlých úloh mechaniky kontinua / methods used in extensive tasks dealing with mechanics of continuum,
- numerické modelování statického a dynamického chování betonových, zděných, ocelových, dřevěných a kompozitních stavebních konstrukcí / numerical modelling of static and dynamic behaviours of concrete, brick, steel, timber and composite building structures,
- interakce stavebních konstrukcí s podložím / interaction between subsoil and building structures,
- vliv poddolování na stavební objekty / influence of undermining on building structures,
- zatížení a odezva konstrukcí v extrémních podmínkách / loads and responses of structures in extreme conditions,
- sanace, rekonstrukce a zesilování nosných konstrukcí staveb / rehabilitation, reconstruction and reinforcement of load-carrying structures in buildings,
- statika a dynamika stavebních konstrukcí / statics and dynamics of building structures,
- automatizace inženýrských úloh / automation of engineering tasks,
- mechanika materiálů / mechanics of materials,
- nelineární mechanika / non-linear mechanics,
- lomová mechanika / fracture mechanics,
- experimentální ověřování konstrukcí / experimental verification of structures,
- modelování teplotně namáhaných konstrukcí včetně požární odolnosti / modelling of structures subject to heat, including fire resistance,
- spolehlivostní a pravděpodobnostní úlohy v mechanice / reliability and probability tasks in mechanics.

Vědecký výbor konference / Scientific committee

(v abecedním pořadí / in alphabetical order)

Ing. Luděk Brdečko, Ph.D., VUT v Brně
doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D., VŠB-TU Ostrava
prof. Ing. Radim Čajka, CSc., VŠB-TU Ostrava
Ing. Michal Drahorád, Ph.D., ČVUT v Praze
Ing. Petr Frantík, Ph.D., VUT v Brně
prof. Ing. Milan Holický, Ph.D., DrSc., ČVUT v Praze
doc. Ing. Petr Janas, CSc., VŠB-TU Ostrava
prof. Ing. Zbyněk Keršner, CSc., VUT v Brně
Ing. Ján Kortiš, Ph.D., Žilinská univerzita v Žiline, Slovensko
prof. Ing. Juraj Králik, Ph.D., STU v Bratislavě, Slovensko
doc. Ing. Martin Krejsa, Ph.D., VŠB-TU Ostrava
Ing. Vít Křivý, Ph.D., VŠB-TU Ostrava
prof. Ing. Sergej Kuznetsov, Ph.D., ÚTAM AV ČR, v.v.i.
doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D., VŠB-TU Ostrava
Dr. inż. Maciej Major, Technical University of Czestochowa, Polsko
doc. Ing. Jana Marková, Ph.D., ČVUT v Praze
prof. Ing. Jozef Melcer, DrSc., Žilinská univerzita v Žilině, Slovensko
prof. Ing. Drahomír Novák, DrSc., VUT v Brně
Ing. Jaroslav Odrobiňák, Ph.D., Žilinská univerzita v Žilině, Slovensko
doc. Ing. Stanislav Pospíšil, Ph.D., ÚTAM AV ČR a VŠB-TU Ostrava
Ing. Radomír Pukl, CSc., Červenka Consulting s.r.o.
Ing. Miroslav Rosmanit, Ph.D., VŠB-TU Ostrava
Ing. Stanislav Seitl, Ph.D., Ústav fyziky materiálů AV ČR a VUT v Brně
Ing. Miroslav Sýkora, Ph.D., ČVUT v Praze
Ing. Zdeněk Vašek, Ph.D., ArcelorMittal Ostrava, a.s.
Ing. Václav Veselý, Ph.D., VUT v Brně a VŠB-TU Ostrava
Ing. Rostislav Zídek, Ph.D., VUT v Brně

Recenzenti publikovaných příspěvků / The published articles are reviewed by:

doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D., VŠB-TU Ostrava
prof. Ing. Radim Čajka, CSc., VŠB-TU Ostrava
doc. Ing. Martin Krejsa, Ph.D., VŠB-TU Ostrava
Ing. Vít Křivý, Ph.D., VŠB-TU Ostrava
doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D., VŠB-TU Ostrava
doc. Ing. Stanislav Pospíšil, Ph.D., ÚTAM AV ČR a VŠB-TU Ostrava
Ing. Miroslav Rosmanit, Ph.D., VŠB-TU Ostrava

Za jazykovou správnost odpovídá autor.

web: <http://www.fast.vsb.cz/228/cs/okruhy/konference-a-seminare/modelovani-v-mechanice/>

© Vydala Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Tisk a vazba: in-PRESS CZ s.r.o., Opletalova 608/2, 736 01 Havířov
Náklad: 50 ks

Plné znění příspěvků obsahuje CD-ROM (ISBN 978-80-248-3320-0)

**Děkujeme tímto společnosti Červenka Consulting
za finanční podporu
na pořádání této mezinárodní konference.**

