

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



2. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE SPOLEHLIVOST KONSTRUKCÍ 2018

2nd INTERNATIONAL CONFERENCE
STRUCTURAL RELIABILITY 2018



16. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE MODELOVÁNÍ V MECHANICE 2018

16th INTERNATIONAL CONFERENCE
MODELLING IN MECHANICS 2018



Sborník rozšířených abstraktů • 24. - 25. 5. 2018 • Proceedings of the extended abstracts

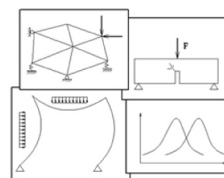


TABLE OF CONTENTS / OBSAH

| | |
|---|----|
| Bejček Michal, Šimonová Hana, Rozsypalová Iva, Daněk Petr, Keršner Zbyněk | |
| Numerical simulations of temperature in concrete panels during fire experiments | 1 |
| Fernández-Canteli Alfonso, Blasón Sergio, Muñiz-Calvente Miguel, Castillo Enrique | |
| Phenomenological models for fatigue and static fracture prediction | 3 |
| Drahorád Michal | |
| Modelling of damaged structures and structural elements | 5 |
| Frantík Petr | |
| Beam buckling: solution dependency on iteration method | 7 |
| Frantík Petr | |
| Interaction between point poles | 9 |
| Frantík Petr | |
| Optimal height of symmetrical I-profile | 11 |
| Halfar Petr, Frantík Petr, Šimonová Hana, Daněk Petr, Keršner Zbyněk, Vavro Leona, Vavro Martin | |
| Effective crack model application for analysis of chevron-notched cylindrical specimens fracture response | 13 |
| Harabinová Slávka, Kotrasová Kamila, Panulinová Eva | |
| Stochastic sensitivity analysis of cylindrical shell | 15 |
| Hornáková Marie, Lehner Petr, Konečný Petr | |
| Probabilistic assessment of corrosion initiation on reinforced concrete deck | 17 |
| Jung Karel, Holický Milan | |
| Assessment methods for reliability verification of an existing reinforced concrete slab . . . | 19 |
| Kika Ondřej, Pail Tomáš | |
| Non-linear analysis of concrete slabs with conventional and/or steel fibre reinforcement . . | 21 |
| Kipiani Gela, Abesadze B., Okropiridze G., Sulashvili Vazha | |
| Analysis of lamellar structures with ribs due finite elements | 23 |
| Klon Jiří, Sobek Jakub | |
| Comparison of numerical models of modified compact tension test and wedge-splitting test | 25 |
| Kološ Ivan, Lausová Lenka, Michalcová Vladimíra | |
| Flow over rough-walled circular cylinder in the critical area | 27 |
| Král Petr, Kala Jiří, Hradil Petr | |
| Study of the efficiency and accuracy of optimization algorithms within inverse identification of the parameter values of nonlinear concrete material model | 29 |
| Králík Juraj, Králík Juraj, jr. | |
| Analysis of SSI effects to NPP VVER 1200 using 1D and 3D FE model of nonhomogeneous subsoil | 31 |
| Králík Juraj, Králík Juraj, jr. | |
| Deterministic and probability analysis of the paper machine vibration impact to the structure safety and human comfort | 33 |
| Kubzová Monika, Křivý Vít, Krejsa Martin, Kreislová Kateřina | |
| Probabilistic approach to prediction models of c.orrosion loses | 35 |

| | |
|---|----|
| Lazić Vukić, Arsić Dušan, Sedmak Aleksandar, Nikolić Ružica, Opacic Mirjana Accuracy assessment of formulas for cooling time ($t_{8/5}$) calculation during the welding of carbon steels | 37 |
| Major Maciej, Kalinowski Jarosław, Kosiń Mariusz, Major Izabela Analysis of a selected node of a truss made of cold-rolled sections based on the finite element method | 39 |
| Medvecká Soňa, Ivánková Oľga, Macák Marek External pressure coefficient of a building with an atypical cross-section | 41 |
| Melcer Jozef, Kúdelčíková Mária Some features of longitudinal unevenness of asphalt pavements | 43 |
| Mlcoch Jan, Sykora Miroslav Decision-making about monitoring of deteriorating industrial chimneys using VoI analysis | 45 |
| Moravčík Milan, Moravčík Martin Acceleration response of the railway bridges –verification of the limit state | 47 |
| Navrátil Jaroslav, Bao Tran Dang Stress field and strut-and-tie analyses of RC deep beam | 49 |
| Novák Lukáš, Vořechovský Miroslav Generalization of coloring linear transformation | 51 |
| Okánik Michal, Sobek Jakub Analysis of construction of Black bridge in Hodonín city | 53 |
| Panulinová Eva, Harabinová Slávka, Kormaníková Eva Stability calculation of earth dam body | 55 |
| Ponikiewski Tomasz, Gołaszewski Jacek Rheological, mechanical and X-ray investigation of self-compacting concrete with steel fibres | 57 |
| Ravinger Ján, Grmanová Alžbeta Snap-through of slender web | 59 |
| Seitl Stanislav, Miarka Petr Calibration functions for edge cracks under selected bending loads | 61 |
| Shvangiradze Merab Outdoor lighting wind generators with basalt fiber composite blades | 63 |
| Sýkora Miroslav, Diamantidis Dimitris Snow load monitoring – measure to control reliability of the roof of a stadium | 65 |
| Tadić Srdjan, Alkateb Mohamed, Sedmak Aleksandar Mechanical aspects of stress corrosion cracking | 67 |
| Valašková Veronika, Lajčáková Gabriela Modelling of vehicle movement along a road | 69 |
| Vokál Marek, Drahorád Michal The load bearing capacity of railway masonry arch bridges | 71 |
| Vyhlídal Michal, Keršner Zbyněk Modelling of three-point bending test of beams with a steel inclusion situated in the middle of the span | 73 |
| Seitl Stanislav, Růžička Vladimír, Miarka Petr, Sobek Jakub Pilot analysis of chevron notch ligament area for application on quasi-brittle materials | 75 |

NUMERICKÉ SIMULACE TEPLOT V BETONOVÝCH PANELECH BĚHEM POŽÁRNÍCH EXPERIMENTŮ

NUMERICAL SIMULATIONS OF TEMPERATURE IN CONCRETE PANELS DURING
FIRE EXPERIMENTS

Michal Bejček¹, Hana Šimonová², Iva Rozsypalová³, Petr Daněk⁴, Zbyněk Keršner⁵

Abstrakt

Příspěvek se zabývá pilotními numerickými simulacemi teplot v betonových panelech jednostranně požárně zatěžovaných v peci Centra AdMaS FAST VUT v Brně. Simulace byly provedeny v programu ATENA-GiD. Získané výsledky byly porovnány s hodnotami teplot naměřenými během experimentů pomocí termočlánků umístěných uvnitř panelů.

Klíčová slova

Beton, požární experiment, teplota, numerická simulace, software ATENA-GiD.

Abstract

This paper presents pilot results of numerical simulations of temperature in concrete panels exposed to high temperatures using the fire test furnace at the AdMaS Science Centre of Faculty of Civil Engineering, Brno University of Technology. Numerical simulations were performed via the ATENA-GiD software. Obtained results were compared with temperature values measured during the fire experiments by temperature sensors placed inside the concrete panels.

Keywords

Concrete, fire experiment, temperature, numerical simulation, ATENA-GiD software.

1 Úvod

Beton se řadí k nejpoužívanějším stavebním materiálům se širokou škálou aplikací. Pokud na tento materiál působí vysoké teploty (například v souvislosti s požárem), vyvolávají v kompozitu řadu fyzikálních a chemických procesů, které mají za následek změnu struktury a ovlivňují hodnoty jeho mechanických vlastností.

V rámci disertačního tématu Ing. Ivy Rozsypalové byly vyrobeny série betonových panelů o nominálních rozměrech $2300 \times 1300 \times 150$ mm, které se jednostranně vystavovaly působení vysokých teplot v peci na požární zkoušky stavebních materiálů a malorozměrových dílců, jež je součástí Centra AdMaS FAST VUT v Brně. Následně se řada měřených dat na těchto panelech a na sadách z panelů odebraných těles podrobovala

¹ Ing. Michal Bejček, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Veveří 331/95, 602 00 Brno, bejckem1@study.fce.vutbr.cz

² Ing. Hana Šimonová, Ph.D., dtto, simonova.h@vutbr.cz

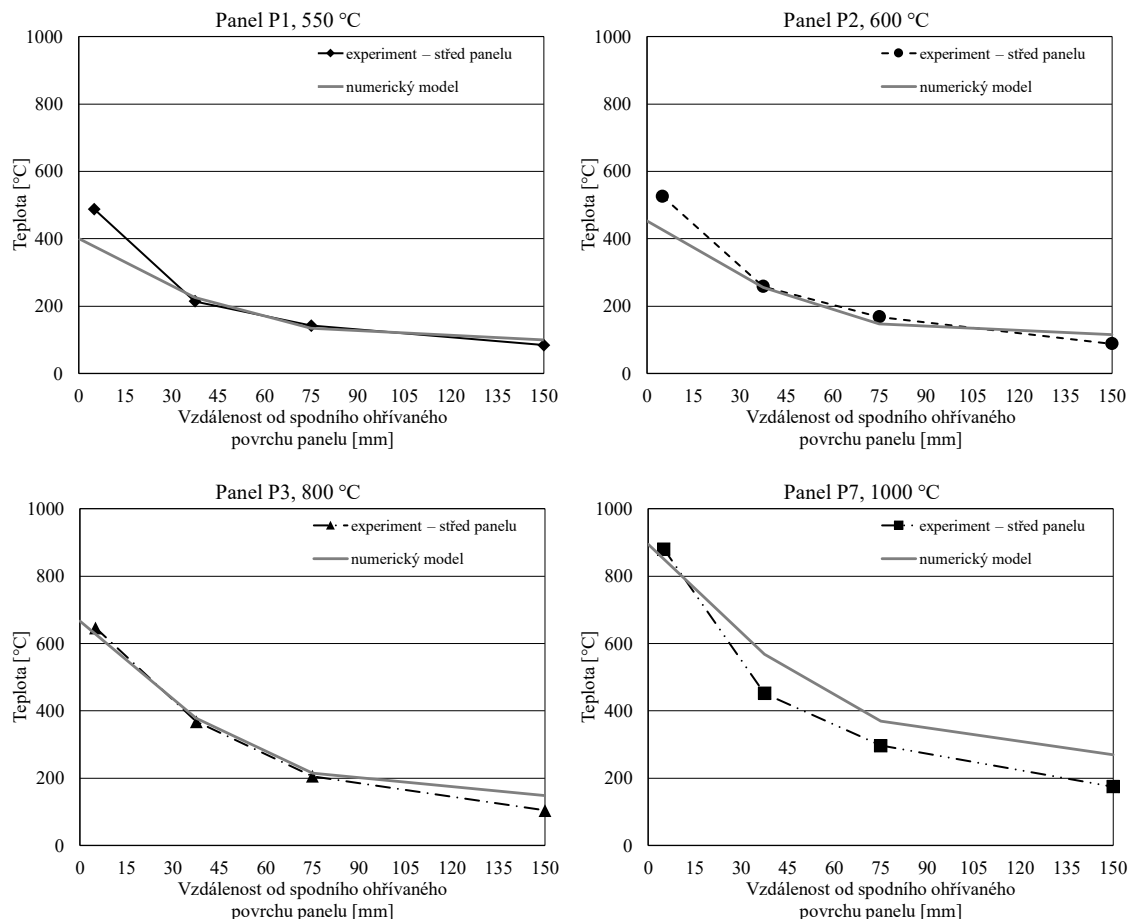
³ Ing. Iva Rozsypalová, dtto, iva.rozsypalova@vutbr.cz

⁴ Ing. Petr Daněk, Ph.D., dtto, petr.danek@vutbr.cz

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

rozsáhlé vyhodnocovací kampani; vybrané výsledky lze využít také jako hodnoty vstupních parametrů materiálových modelů pro realistické numerické modelování odezvy betonových konstrukcí zatížených/poškozených požárem.

Předmětem předkládaného příspěvku jsou výsledky pilotních numerických simulací teplot v uvedených panelech při požárních zkouškách, které byly získány v programu ATENA-GiD. Porovnání obdržených výsledků s hodnotami teplot naměřenými během experimentů pomocí termočlánků umístěných uvnitř panelů ukazuje Obr. 1.



Obr. 1: Porovnání teplot po tloušťce panelu získaných z experimentů a numerických simulací

2 Závěr

V softwaru ATENA-GiD byl sestaven 2D model betonového panelu, který sloužil k simulaci teplot uvnitř panelu během provedených požárních experimentů. Získané výsledky byly porovnány s teplotami naměřenými při reálných testech. Nejvyšší shody s naměřenými teplotami bylo dosaženo v případě panelu P3, kdy byla maximální nominální teplota v peci 800 °C.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Technologické agentury České republiky – Centra kompetence v rámci řešení projektu Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI), registrační číslo projektu TE01020168.

PHENOMENOLOGICAL MODELS FOR FATIGUE AND STATIC FRACTURE PREDICTION

Alfonso Fernández-Canteli¹, Sergio Blasón¹, Miguel Muñoz-Calvente¹, Enrique Castillo²

¹Dep. of Construction and Manufacturing Engineering, University of Oviedo, Spain

²Spanish Royal Academy of Engineering and Spanish Royal Academy of Sciences, Spain

Abstract

Phenomenological models, in particular those based on extreme value statistics and compatibility, may be advantageously applied to fracture and fatigue failure predictions in the design of components. Some examples of derivation of such models are presented aiming at illustrating the usefulness of this methodology, particularly when combined with the generalized local model in order to guarantee transferability from the laboratory results to practical design.

Keywords

Phenomenological models, probabilistic design, fracture, fatigue, generalized local model

1 Introduction

Phenomenological models, in particular those based on extreme value statistics and compatibility, prove to be useful providing reliability in predicting fracture and fatigue in practical design [1]. Their application can be transcendental in the development and interpretation of other fracture and fatigue models as cumulative damage calculation [2], assessment of VHCF lifetime results, failure of quasi-brittle materials, but also in the analysis of the Kitagawa-Takahashi model. Finally, they serve as the basis for the development of the generalized local model (GLM) [3] that allows transferability to be ensured by objective assessment of experimental results for subsequent application to practical design.

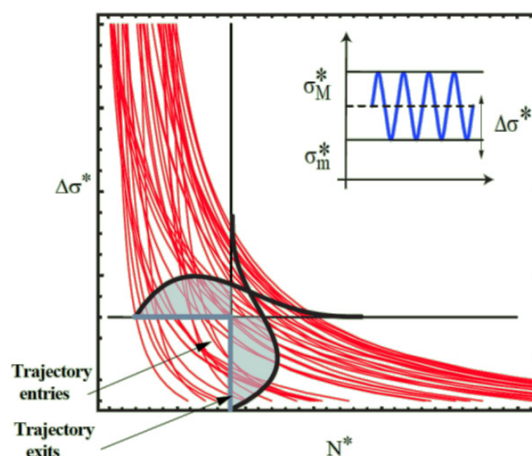


Fig. 1: Illustration of the compatibility condition in the S-N field between the cdfs $F(\Delta\sigma;N)=F(N; \Delta\sigma)$.

Phenomenological models, though reviled, usually implies sophisticated approaches rather than plain empirical proposals, just applied for results fitting, since generally their derivation arises not only from simple statistical observations but also from complex scientific requirements and high demanding mathematics techniques. For instance, after proving the need of considering extreme value statistics and establishing the necessary compatibility condition between the cumulative distribution functions $F(\Delta\sigma;N)=F(N;\Delta\sigma)$ in the S-N field, see Fig. 1, a functional equation is used in the derivation of the probabilistic S-N field model of Castillo-Canteli, see Fig. 2. Also, the generalized local model implies conceptually complex knowledge in its derivation application to fracture and fatigue models. All this proves that phenomenological models represent a valid alternative to justify fundamental approaches other than the micromechanical or structural models.

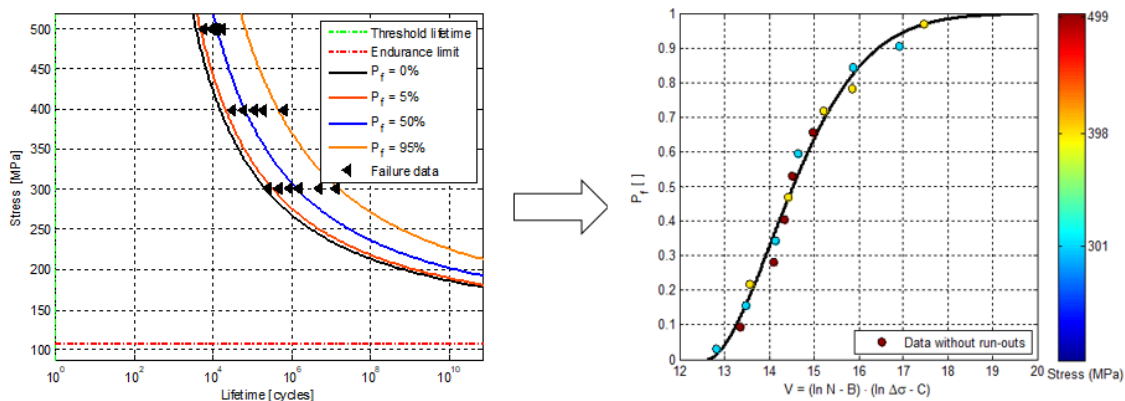


Fig. 2: S-N field assessment using the Weibull regression model proposed by Castillo and Canteli [1] as an example of phenomenological model for fatigue lifetime prediction.

2 Conclusion

Despite their limitations, phenomenological models prove to be extremely useful to glimpse the fundamental laws of the fracture and fatigue phenomenon under study and to understand the underlying micromechanical laws as well as the relations beneath, thus contributing as a basis to establish the conditions under which a scientific derivation of the phenomenon becomes possible.

References

- [1] CASTILLO E., FERNÁNDEZ-CANTELIA., A unified statistical methodology for modeling fatigue damage, Springer, 2009. ISBN 978-1-4020-9181-0, 232 p.
- [2] BLASÓN S., CORREIA J., DE JESUS A., CALÇADA R., FERNÁNDEZ-CANTELI A. A probabilistic analysis of Miner's law for different loading conditions, *Struct. Eng. and Mechanics*, 2016, vol. 60, Nr. 1, pp. 0-20.
- [3] MUNIZ-CALVENTE M., FERNÁNDEZ-CANTELI A., SHLYANNIKOV V, CASTILLO E. Hazard maps and global probability as a way to transfer standard fracture results to reliable design of real components, *Eng. Failure Analysis*, 2016, vol. 69, pp 135-146.

MODELOVÁNÍ KONSTRUKCÍ A PRVKŮ S POŠKOZENÍM

MODELLING OF DAMAGED STRUCTURES AND STRUCTURAL ELEMENTS

Michal Drahorád¹

Abstrakt

Článek je zaměřen na modelování konstrukcí a konstrukčních prvků s poškozením. V článku jsou uvedeny základní principy modelování konstrukcí s poškozením, vyhodnocen vliv materiálu, statické působení a uspořádání konstrukce na její hodnocení.

Klíčová slova

Modelování konstrukcí s poškozením, hodnocení konstrukcí

Abstract

The article deals with modelling of damaged structures and structural members. There are basis of structural modelling, influence of structural materials and structural arrangement on assessment stated in the article.

Keywords

Modelling of damaged structures, structural rating, structural assessment

1 Úvod

Zvyšování významu hodnocení existujících konstrukcí, jehož jsme v poslední době svědky ve stavební praxi, s sebou přináší řadu výzev i z hlediska modelování a analýzy těchto konstrukcí. Na výsledcích modelování a následné numerické analýzy konstrukce (zejména na stanovených účincích zatížení) totiž významně závisí hodnocení konstrukce prováděné na základě postupů pro navrhování konstrukcí, tj. porovnání odolnosti konstrukce, prvku nebo rozhodujícího průřezu s návrhovými účinky zatížení.

Obecně lze konstatovat, že nevhodně modelovaná konstrukce může vykazovat až řádově jiné účinky zatížení (napětí, deformace, apod.), což může významně ovlivnit její hodnocení, resp. bezpečnost při užívání a následný návrh opravy. V době, kdy je většina konstrukcí modelována numericky na stále složitějších modelech je proto nesmírně důležité správně vyhodnotit a do analýzy zavést i poškození zastižená prohlídkou/průzkumem na hodnocené konstrukci.

2 Základní principy modelování

Při modelování konstrukcí s poškozením je nutné v první řadě rozhodnout, jakým způsobem bude konstrukce modelována a následně hodnocena. Z hlediska modelování a výstižné analýzy nosné konstrukce nebo prvku je totiž zásadní, zda zastižené poškození

¹Ing. Michal Drahorád, Ph.D., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra betonových a zděných konstrukcí, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, e-mail: michal.drahorad@fsv.cvut.cz

konstrukce ovlivňuje účinky zatížení či nikoliv. To záleží na statickém uspořádání konstrukce, materiálu a typu poškození konstrukce.

Některé druhy poškození je možné v analýze konstrukce zanedbat a zohlednit je až ve fázi hodnocení odolnosti konstrukce. To se týká zejména konstrukcí staticky určitých a konstrukcí s poškozením, která významněji neovlivňují účinky zatížení a tuhost konstrukce, příp. ovlivňují tuhost konstrukce přibližně stejně na celé konstrukci (např. plošné oslabení betonářské výztuže nebo degradace betonu - viz Obrázek 1 vlevo).



Obrázek 1 - Typické poškození betonové (vlevo) a ocelové (vpravo) konstrukce

Naopak u konstrukcí, u nichž jsou účinky zatížení významně ovlivněny zjištěnými poruchami, je nutno tyto poruchy při modelování a analýze zohlednit. Jedná se zejména o staticky neurčité konstrukce s významnými změnami tuhosti (viz Obrázek 1 vpravo),



Obrázek 2 - Poškození klenby s vlivem na geometrii konstrukce

konstrukce s významnými změnami geometrie (viz Obrázek 2) a podobně.

Rozsah poškození zaváděného do modelu konstrukce se rovněž liší podle typu a materiálu konstrukce, případně jejího statického působení (viz výše). U zděných a betonových konstrukcí se jedná zejména o změnu geometrie konstrukce, rozměry průřezu a zavedené hloubky vydrolení spár zdiva. U ocelových konstrukcí zejména o lokální imperfekce prvků, korozní oslabení, lokální zvýšení napětí v důsledku vrypů a korozních důlků.

3 Závěr

Modelování konstrukcí a prvků s poškozením se stává významným tématem v rámci hodnocení konstrukcí. Praxe ukazuje, že vyhodnocení a vhodné modelování poškození významně ovlivňuje stanovení bezpečnosti stavebních konstrukcí.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Technologické agentury České republiky. Registrační číslo projektu je TE01020168.

VZPĚR PRUTU: ZÁVISLOST ŘEŠENÍ NA ITERAČNÍ METODĚ

BEAM BUCKLING: SOLUTION DEPENDENCY ON ITERATION METHOD

Petr Frantík¹

Abstrakt

V článku je prezentována studie závislosti řešení vzpěru prutu s geometrickou imperfekcí na použité iterační metodě. Je ukázáno, že nejpoužívanější iterační metody často vedou na řešení, kterého by nebylo dosaženo při reálném zatěžování.

Klíčová slova

vzpěr prutu, velké deformace, iterační metoda, bifurkační bod

Abstract

The paper presents a study of the dependence of a beam buckling solution with geometric imperfection on the iteration method used. It is shown that the most frequently used iterative methods often lead to a solution that would not be achieved in real loading.

Keywords

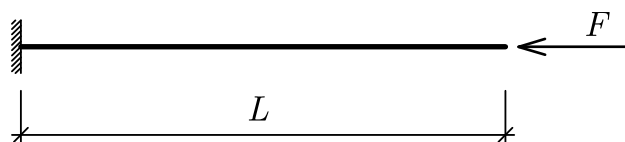
beam buckling, large displacements, iteration method, bifurcation point

1 Úvod

Pro řešení statických nelineárních úloh užíváme iterační metody, které dosahují výsledku bez ohledu na reálný průběh zatěžování. Pokud pro dané zatížení existuje více než jedno možné řešení, pak užití iterační metody může způsobit nalezení stavu, kterého nelze dosáhnout kvazistatickým zatěžováním z počátečního stavu, případně je výsledný stav dokonce nestabilním řešením úlohy.

2 Úloha

Mějme velmi štíhlý konzolový nosník délky $L = 1$ m s ohybovou tuhostí $EI = 1$ Nm² zatížený silou F působící v ose ideálního prutu, viz obr. 1.

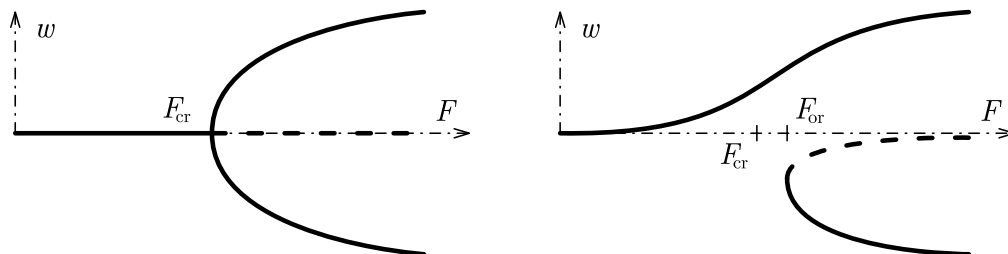


Obr. 1: Vzpěr ideálního konzolového nosníku

Tento nosník ztratí stabilitu při dosažení kritické síly $F_{cr} = EI \pi^2/4L^2$, která při daných parametrech vychází s hodnotou přibližně 2.4674 N. Uvažujme dále modifikovaný prut

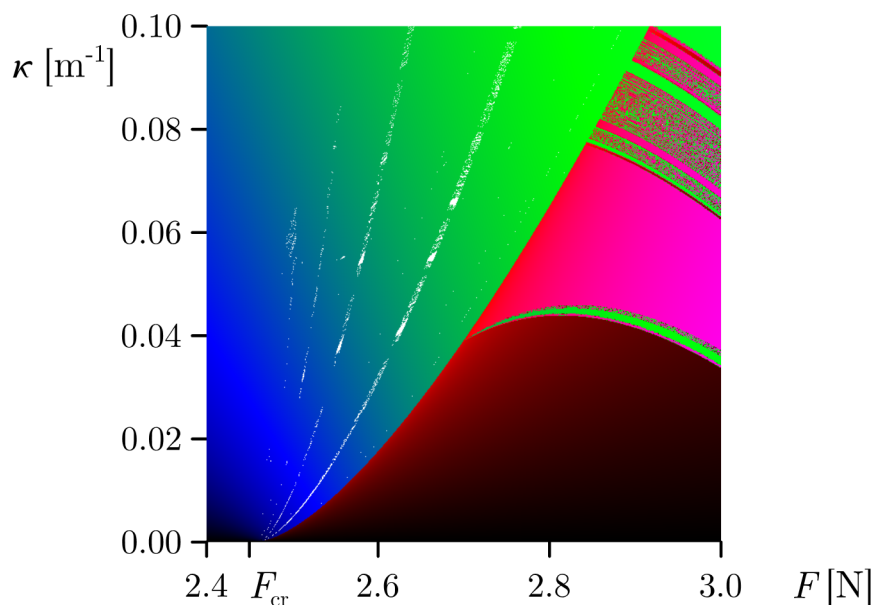
¹ doc. Ing. Petr Frantík, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, e-mail: kitnarf@centrum.cz

s geometrickou imperfekcí ve tvaru kružnicového oblouku, tj. s konstantní křivostí κ , resp. s konstantním poloměrem křivosti $R = 1/\kappa$. Zvýšením síly F na její kritickou hodnotu dosáhneme tzv. superkritické vidličkové bifurkace, při které vznikají dva nové rovnovážné stabilní statické stavy (plná čára), přičemž původně stabilní přímý tvar prutu se stane nestabilním, viz obr. 2.



Obr. 2: Superkritická vidličková bifurkace pro ideální prut (vlevo) a pro prut s imperfekcí (vpravo)

Na obr. 3 jsou zobrazeny bazény přitažlivosti s barevným kódováním zohledňujícím příčnou výchylku volného konce prutu. Jedná se o výsledek užití přírůstkové modifikace Newtonovy metody s pěti ekvidistantními kroky. Zelenomodrý bazén odpovídá přirozenému stavu, černočervený nestabilnímu stavu a růžový bazén stabilnímu stavu na straně prutu odvrácené od imperfekce.



Obr. 3: Bazény přitažlivosti pro přírůstkovou Newtonovu metodu s přirozeným počátečním stavem a pěti ekvidistantními kroky (640×640 , tj. celkem 409 600 vzorků); bílá barva indikuje nekonvergující iterační proces

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory projektu LO1408 AdMaS UP – Pokročilé materiály, konstrukce a technologie, podporovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v rámci Národního programu udržitelnosti I.

Velmi děkuji doc. Petru Janasovi za vždy vřelé přijetí, podnětné diskuze a motivaci k vytvoření tohoto příspěvku.

INTERAKCE MEZI BODOVÝMI PÓLY

INTERACTION BETWEEN POINT POLES

Petr Frantík¹

Abstrakt

Článek pojednává o idealizované interakci mezi objekty s póly, jež lze považovat za bodové. Je ukázáno, že za daných předpokladů, nabývá interakční závislost inverzní kvartické funkce.

Klíčová slova

polární interakce, bodové póly

Abstract

The article deals with the idealized interaction between objects with poles, which can be considered as points. It is shown that under given assumptions, the interaction dependency can take inverse quartic function.

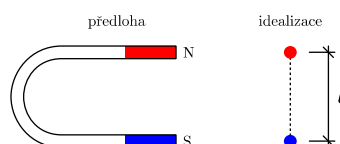
Keywords

polar interaction, point poles

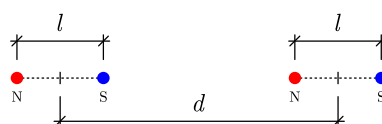
1 Úloha

Pro hledání optimálního vzorkování prostoru se řeší interakce mezi hmotnými body mající inverzní kubickou závislost na vzdálenosti těchto objektů, tj. $F(d) = k/d^3$, viz [1], kde F je interakční síla mezi objekty o vzdálenosti d a k je daná konstanta. Jelikož typická interakce v trojrozměrném prostoru má kvadratickou závislost, jsou hledány podmínky, které mohou stupeň takové interakce zvýšit na kubickou.

Mějme objekt polarizovaný tak, že lze jeho póly uvažovat jako bodové, viz obr. 1.



Obr. 1: Objekt s bodovými póly a jeho magnetická předloha



Obr. 2: Interakce dvou objektů

¹ doc. 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

Uspořádejme dva takové objekty souose, viz obr. 2, a stanovme jejich interakční funkci. Mezi každou dvojicí pólů působí vzájemná síla F_p mající inverzní kvadratickou závislost na jejich vzdálenosti d_p (danou povrchem koule se středem v pólu) se zohledněním znaménka, které je kladné pro interakci opačných pólů (přitažlivost) a záporné pro póly stejné (odpudivost):

$$F_p(d_p) = \pm \frac{k}{d_p^2}, \quad (1)$$

Stanovme nyní sílu F_N představující výslednici působení mezi severním pólem levého objektu a oběma póly pravého objektu (dle obrázku 2):

$$F_N(d) = \frac{k}{(d+l)^2} - \frac{k}{d^2}, \quad (2)$$

a obdobně sílu F_S představující výslednici působení mezi jižním pólem levého objektu a oběma póly pravého objektu:

$$F_S(d) = \frac{k}{(d-l)^2} - \frac{k}{d^2}. \quad (3)$$

Výslednice sil působících na levý objekt je poté součtem:

$$F(d) = F_N + F_S = \frac{k}{(d+l)^2} + \frac{k}{(d-l)^2} - \frac{2k}{d^2} = \frac{2kl^2(3d^2 - l^2)}{d^2(l^4 - 2ld^2 + d^4)}. \quad (4)$$

Odvozený výraz odpovídá přibližnému výrazu uvedenému v [2] a představuje inverzní kvartickou závislost pro větší vzdálenosti aproximovanou výrazem:

$$F(d) \approx \frac{6kl^2}{d^4}. \quad (5)$$

2 Závěr

Článek prezentoval neúspěšný pokus najít fyzikální systém vykazující inverzní kubickou interakci při vzájemném působení dvou polárních objektů s bodovými póly. Ukázalo se, že za daných předpokladů je působení závislé na obrácené čtvrté mocnině vzdálenosti objektů, což odpovídá známým závislostem, viz např. [2].

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory Grantové agentury České republiky v rámci projektu GA16-22230.

Literatura

- [1] MAŠEK, J.; FRANTÍK, P.; VOŘECHOVSKÝ, M. Design of Experiment Using Simulation of a Discrete Dynamical System. Sborník vědeckých prací VŠB – TUO, řada stavební, čísla 2/2016. Ostrava, Česká republika: 2016. vol 16, no 2, strana 125-134, ISSN 1804-4824, doi 10.1515/tvsb-2016-0023.
- [2] VOKOUN D., BELEGGIA M., HELLER L., ŠITTNER P. Magnetostatic interactions and forces between cylindrical permanent magnets, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, vol 321, pp 3758–3763, 2009.

OPTIMÁLNÍ VÝŠKA SYMETRICKÉHO I-PROFILU

OPTIMAL HEIGHT OF SYMMETRICAL I-PROFILE

Petr Frantík¹

Abstrakt

Článek uvádí odvození výrazu pro optimální výšku dvouose symetrického průřezu tvaru I namáhaného ohybem.

Klíčová slova

I-profil, kubická rovnice.

Abstract

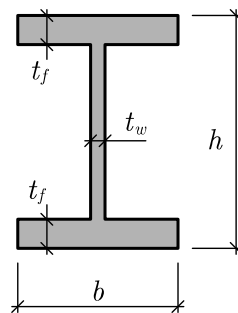
The article introduces the derivation of the expression for the optimal height of symmetrical I-shaped cross-section capable to withstand bending stress.

Keywords

I-profile, cubic equation.

1 Úloha

Mějme dvouose symetrický průřez tvaru I složený z obdélníkových pásnic a stojiny namáhaný ohybovým momentem M , viz obr. 1. Necht' je dána šířka průřezu b , tloušťka stojiny t_w , tloušťka pásnic t_f . Hledáme výraz pro výšku průřezu h takovou, aby na krajních vláknech profilu bylo právě dosaženo extrémní normálové napětí σ .



Obr. 1: Dvouose symetrický I-profil

Pro druhý moment plochy průřezu I (moment setrvačnosti) platí výraz:

$$I(h) = \frac{1}{12} (bh^3 - (b - t_w)(h - 2t_f)^3). \quad (1)$$

¹ doc. Ing. Petr Frantík, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veverí 331/95, 602 00 Brno, kitmarf@centrum.cz

Pro normálové napětí $\sigma(z)$ uvažujeme v platnosti Navierovu hypotézu zachování rovinnosti průřezu po deformaci a lineární materiál:

$$\sigma(z) = \frac{M}{I} z, \quad (2)$$

kde z je svislá souřadnice s počátkem v těžišti průřezu. Svého extrému dosahuje normálové napětí na okraji průřezu se souřadnicí $z = h/2$, což vede na podmínku:

$$\sigma = \frac{Mh}{2I}, \quad (3)$$

kterou upravíme do tvaru:

$$2\sigma I - Mh = 0. \quad (4)$$

Do podmínky dosadíme výraz (1) a upravíme, čímž obdržíme kubickou rovnici:

$$\sigma(bh^3 - (b - t_w)(h - 2t_f)^3) - 6Mh = 0. \quad (5)$$

2 Obecné trigonometrické řešení

Pro řešení kubické rovnice (5) uijeme trigonometrické řešení, viz [1,2], založené na úpravě kubické rovnice:

$$cx^3 + dx^2 + ex + f = 0. \quad (6)$$

Pro koeficienty kubické rovnice (6) dle výrazu (5) platí:

$$c = t_w, \quad d = 6t_f(b - t_w), \quad e = -\frac{6M}{\sigma} - 12t_f^2(b - t_w), \quad f = 8t_f^3(b - t_w). \quad (7)$$

Dosazením do výrazů dle [2] pak dostáváme:

$$p = -\frac{12bt_f^2(b - t_w) + st_w}{t_w^2}, \quad q = \frac{2t_f(b - t_w)(t_f^2(8b^2 - 4bt_w) + st_w)}{t_w^3}, \quad s = \frac{6M}{\sigma}. \quad (8)$$

Po úpravě výrazů a s uvážením reálného řešení má konečný vztah pro výšku průřezu h tvar:

$$h = 2\sqrt{-\frac{p}{3}} \cos\left(\frac{1}{3} \arccos\left(\frac{3q}{2p} \sqrt{-\frac{3}{p}}\right)\right) - \frac{2t_f(b - t_w)}{t_w}. \quad (9)$$

3 Závěr

Článek uvedl odvození výrazu pro optimální výšku dvouose symetrického I-profilu s využitím trigonometrického řešení. Použitý postup je univerzální pro hledání reálných kořenů kubických rovnic.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory projektu LO1408 AdMaS UP – Pokročilé materiály, konstrukce a technologie, podporovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v rámci Národního programu udržitelnosti I.

Literatura

- [1] NICKALLS R. W. D. *Viète, Descartes and the cubic equation*, Mathematical Gazette, 90: 203–208, 2006.
- [2] WIKIPEDIA. *The free encyclopedia*, Cubic function, https://en.wikipedia.org/wiki/Cubic_function

POUŽITÍ MODELU EFEKTIVNÍ TRHLINY K ANALÝZE ODEZVY VÁLCOVÝCH TĚLES SE ŠÍPOVÝM ZÁŘEZEM

EFFECTIVE CRACK MODEL APPLICATION FOR ANALYSIS OF CHEVRON- NOTCHED CYLINDRICAL SPECIMENS FRACTURE RESPONSE

Petr Halfar¹, Petr Frantík², Hana Šimonová³, Petr Daněk⁴, Zbyněk Keršner⁵,
Leona Vavro⁶, Martin Vavro⁷

Abstrakt

Príspevek uvádí aplikaci modelu efektivní trhliny k analýze odezvy válcových těles se šíповým zářezem namáhaných v tříbodovém ohybu. Jednalo se o testy tří zkušebních těles z pískovce z lokality Javorka a tří betonových těles z nosné konstrukce nádražní budovy v Ostravě-Vítkovicích. K výpočtům byl použit akademický software *chevroncylinder* na bázi metody konečných prvků.

Klíčová slova

Lomový test, model efektivní trhliny, program *chevroncylinder*, pískovec, beton.

Abstract

This paper introduces the application of an effective crack model to analyse the response of chevron-notched cylindrical specimens loaded in three-point bending. There were analysed the three sandstone specimens from the Javorka locality and three concrete specimens from the building structure of the Ostrava-Vítkovice railway station. The *chevroncylinder* software based on the finite element method was used for the calculations.

Keywords

Fracture test, effective crack model, *chevroncylinder* software, sandstone, concrete.

1 Úvod

Horniny a beton patří mezi materiály s kvazikřehkým chováním [1]. V lomových testech vykazují tyto materiály před dosažením mezního zatížení silně nelineární odezvu, proto jsou místo lomové houževnatosti výstižněji charakterizovány hodnotou efektivní lomové houževnatosti, stanovovanou například metodou efektivní délky trhliny.

Príspevek se zabývá využitím modelu efektivní trhliny na tělesech specifického tvaru – válcích se šíповým vrubem. Model efektivní trhliny je zde aplikován pomocí

¹ Ing. Petr Halfar, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, 157083@vutbr.cz

² doc. Ing. Petr Frantík, Ph.D., dtto, kitnarf@centrum.cz

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

⁴ Ing. Petr Daněk, Ph.D., dtto, Ústav stavebního zkušebnictví, petr.danek@vutbr.cz

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

⁶ Ing. Leona Vavro, Ph.D., Ústav geoniky AV ČR, v.v.i., Studentská 1768, 708 00 Ostrava-Poruba, leona.vavro@ugn.cas.cz

⁷ Ing. Martin Vavro, Ph.D., dtto, martin.vavro@ugn.cas.cz

parametrické studie numerického modelu lomového experimentu v metodě konečných prvků [2]. Touto metodou byly simulovány vybrané zatěžovací zkoušky – jednalo se o tři pískovcová tělesa [3] a tři betonová tělesa odebraná ze stávající nosné konstrukce [4].

2 Výsledky

Výsledkem výpočtů z aplikace modelu efektivní trhliny na lomové zkoušky těles jsou hodnoty efektivních délek trhlin a_e a následně efektivních lomových houževnatostí K_{Ic} . V Tab. 1 lze nalézt pro vybraná betonová zkušební tělesa porovnání těchto hodnot délek trhlin a lomových houževnatostí vzhledem k výpočtům pomocí LELM (a_0 , K_{Ic}).

| | a_e mm | a_e/a_0 % | K_{Ic} MPa·m ^{1/2} | $K_{Ic,e}$ MPa·m ^{1/2} | $K_{Ic,e}/K_{Ic}$ % |
|--------------------------------|-------------|----------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------|
| V7 | 22,90 | 203,0 | 1,150 | 1,624 | 141,2 |
| V15 | 19,16 | 162,8 | 0,730 | 0,974 | 133,5 |
| V18 | 21,13 | 168,4 | 1,060 | 1,484 | 140,0 |
| Aritmetický průměr | 21,06 | 178,1 | 0,980 | 1,361 | 138,2 |
| Variační koeficient [%] | 8,9 | 8,9 | 22,6 | 25,1 | 25,1 |

Tab. 1: Porovnání lineárně elastických a efektivních lomových parametrů pro vybraná betonová tělesa

3 Závěr

V příspěvku byl aplikován postup modelu efektivní trhliny na válcová tělesa se šípovým vrubem. K výpočtům posloužil akademický software *chevroncylinder* – byly simulovány lomové zkoušky na vybraných reálných tělesech, a to postupným odřezáváním ligamentu z vrubu (modelováním šířící se trhliny). Tyto hodnoty se následně použily pro výpočet efektivních lomových parametrů vybraných těles. Hodnoty efektivní lomové houževnatosti se porovnaly s hodnotami získanými na základě předpokladů lineárně elastické lomové mechaniky – vyšly o zhruba 150 % vyšší v případě pískovcových těles a o přibližně 40 % vyšší u betonových těles.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky – registrační číslo projektu je 16-18702S.

Literatura

- [1] KARIHALOO, B. L. *Fracture Mechanics and Structural Concrete*. Essex: Longman Scientific and Technical, 1995. ISBN 0-582-21582-X. 330 s.
- [2] HALFAR, P. *Vyhodnocení lomových testů materiálu těles z vývrtu*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, 2018. Diplomová práce. 64 s.
- [3] VAVRO, L. *Lomová houževnatost a její zjišťování pro geomechanické hodnocení hornin a horninového masívu*. Vysoká škola báňská–Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, 2014. Disertační práce. 132 s.
- [4] ŠIMONOVÁ, H., P. DANĚK, P. FRANTÍK, Z. KERŠNER a V. VESELÝ. Tentative Characterization of Old Structural Concrete through Mechanical Fracture Parameters. *Procedia Engineering*. Elsevier, 2017, Vol. 190, s. 414–418. ISSN 1877-7058.

INTERACTION OF FLUID – STRUCTURE – SOIL

Slávka Harabinová¹, Kamila Kotrasová², Eva Panulinová³

Abstract

Ground-supported tanks are critical and strategic structures which are used to store a variety of kind of liquids. The fluid develops hydrodynamic pressure on walls and bottom of tank during an earthquake. This paper provides numerical model on seismic response of fluid - structure - soil interaction. Numerical model was obtained by using of Finite Element Method (FEM).

Keywords

Container, fluid, soil, interaction.

1 Introduction

Liquid-containing structures are important components in the commercial and industrial applications as they are used for storage water and other products. The seismic analysis and design of liquid storage tanks is, due to the high complexity of the problem, in fact, really complicated task. The knowledge of fluid effects acting onto walls and the bottom of containers during an earthquake plays essential role in reliable and durable design of earthquake resistance structure/facility - tanks. Seismic design of liquid storage tanks has been adopted in [1].

2 Interaction of Fluid - Structure

The ground supported cylindrical storage container, without a roof, with inner diameter $2R = 14$ m, and height $H_w = 7.25$ m is analysed in this study. The walls have the uniform thicknes 0.25 m and the base slab of the tanks is 0.4 m.

Two way Fluid-Structure Interaction (FSI) techniques were used for simulation of the interaction between the structure and the fluid at the common boundary.

The maximum value $p_{max} = 80368$ Pa measured at node "RD" (right down edge of fluid region) in time 21.36 s.

Peak Von Mises stress measured at the inside circumference of the solid wall. The peak 1.963 MPa measured at the time point 21.44 s.

3 Interaction of Structure - Soil

The cylindrical tank is founded at depth of 0.5 m below the surface on the circular base with diameter of 7.5 m with a thickness of 0.5 m. The subsoil was modeled using 4 various types of subsoil - soil group G5 and S5 and cohesive subsoil – soil group F2 and F4. The three load conditions were considered for modeling of this problem: I. empty tank - static analysis, II. water filled tank - static analysis, and III. water filled tank - seismic analysis.

¹ Slávka Harabinová, Ing. PhD., ÚIS, SvF TUKE, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Slovakia, slavka.harabinova@tuke.sk

² Kamila Kotrasová, Ing. PhD., ÚIS, SvF TUKE, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Slovakia, kamila.kotrasova@tuke.sk

³ Eva Panulinová, Ing. PhD., ÚIS, SvF TUKE, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, Slovakia, eva.panulinova@tuke.sk

The tank was verified according to theories of Limit States I. - the ultimate limit state (ULS) and II. - the serviceability limit state (SLS) under EC 7 [2]. It was computed vertical and horizontal bearing capacity, settlement and rotation of a footing. The results of I. the ultimate limit state (ULS) are presented in Tab.1.

| The ultimate limit state | Load condition | | |
|--|----------------|---------|---------|
| | I. | II. | III. |
| Subsoil formed of clayey gravel (GC) – soil group G5 | | | |
| Design bearing capacity of foundation soil R_d (kPa) | 971.24 | 971.24 | 796.21 |
| Extreme contact stress σ (kPa) | 34.40 | 91.10 | 96.11 |
| Horizontal bearing capacity R_{dh} (kN) | 3509.35 | 8396.43 | 8368.81 |
| Extreme horizontal force H (kN) | 0.0 | 0.0 | 1327.0 |
| Subsoil formed of clayey sand (SC) – soil group S5 | | | |
| Design bearing capacity of foundation soil R_d (kPa) | 621.44 | 621.44 | 510.32 |
| Extreme contact stress σ (kPa) | 34.40 | 91.10 | 96.11 |
| Horizontal bearing capacity R_{dh} (kN) | 3302.00 | 7555.23 | 7518.41 |
| Extreme horizontal force H (kN) | 0.0 | 0.0 | 1327.0 |
| Subsoil formed of gravelly clay (CG) – soil group F2 | | | |
| Design bearing capacity of foundation soil R_d (kPa) | 672.33 | 672.33 | 552.35 |
| Extreme contact stress σ (kPa) | 34.40 | 91.10 | 96.11 |
| Horizontal bearing capacity R_{dh} (kN) | 3479.50 | 7732.74 | 7686.71 |
| Extreme horizontal force H (kN) | 0.0 | 0.0 | 1327.0 |
| Subsoil formed of sandy clay (CS) – soil group F4 | | | |
| Design bearing capacity of foundation soil R_d (kPa) | 492.82 | 492.86 | 405.92 |
| Extreme contact stress σ (kPa) | 34.40 | 91.10 | 96.11 |
| Horizontal bearing capacity R_{dh} (kN) | 3252.63 | 7271.95 | 7207.52 |
| Extreme horizontal force H (kN) | 0.0 | 0.0 | 1327.0 |

Tab. 1: Results of I. the ultimate limit state (ULS)

4 Conclusion

Ground-supported tank has been verified according to theories of I. Limit States - the ultimate limit state (ULS) and II. Limit States - the serviceability limit state (SLS) under EC 7 [2]. It was computed vertical and horizontal bearing capacity, settlement and rotation of a footing. The resulting vertical and horizontal bearing capacity (Tab.1) depends on the deformation properties (φ_{ef} , c_{ef}) of the subsoil.

Acknowledgements

Preparation of the paper was supported by the Scientific Grant Agency of the Ministry of Education of Slovak Republic and the Slovak Academy of Sciences under Project I/0477/15.

References

- [1] K. Kotrasova, I. Grajciar, E. Kormanikova, Dynamic Time-History Response of cylindrical tank considering fluid - structure interaction due to earthquake. *Applied Mechanics and Materials*. No. 617, 2014, pp. 66-69. ISSN 1660-9336.
- [2] STN EN 1997-1. Eurocode 7: Geotechnical design. Part 1: General rules. 2004.

PRAVDĚPODOBNOSTNÍ POSOUZENÍ INICIACE KOROZE NA ŽELEZOBETONOVÉ MOSTOVCE

PROBABILISTIC ASSESSMENT OF CORROSION INITIATION ON REINFORCED CONCRETE DECK

Marie Horňáková¹, Petr Lehner², Petr Konečný³

Abstrakt

V článku je pravděpodobnostně posouzena iniciace koroze v železobetonové konstrukci s ohledem na působení chloridů. Jsou porovnány hodnoty chloridového prahu, při které může začít výztuž korodovat, a to s vypočtenou hodnotou koncentrace chloridů na úrovni výztuže. Výsledkem je porovnání pravděpodobnosti poruchy modelu s časově nezávislým difuzním koeficientem a modelu s časově závislým difuzním koeficientem.

Klíčová slova

Pravděpodobnostní posudek, iniciace koroze, chloridy, železobeton.

Abstract

This article is aimed at the probability assessment of the initiation of corrosion in a reinforced concrete slab, which is affected by chloride penetration. The chloride concentration and chloride threshold (sufficient content to initiate the corrosion) are compared and the reliability function is determined. The result is a comparison of model using time independent and time dependent diffusion coefficient

Keywords

Probability assessment, corrosion initiation, chlorides, reinforced concrete.

1 Úvod

Spolehlivost a trvanlivost železobetonových konstrukcí je významně ovlivňována prostředím, ve kterém se tyto konstrukce nachází. Například při použití posypových solí na mostovkách jsou železobetonové konstrukce vystaveny pronikání chloridů do krycí vrstvy výztuže a následné korozi výztuže, která vede ke zmenšování průřezové plochy výztuže a může způsobit kolaps celé konstrukce [1] [2].

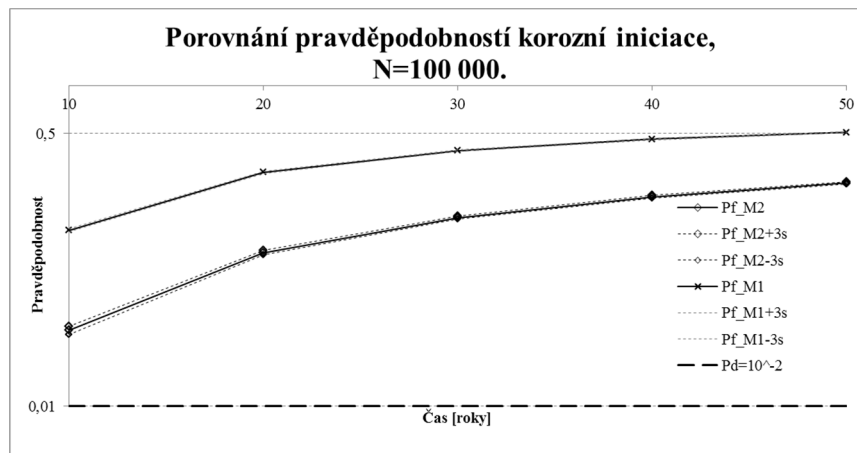
Předmětem analýzy je přímopojížděná ideální mostovka bez trhlin z železobetonu z Portlandského cementu. Pravděpodobnostní výpočet je v této práci proveden pomocí elementární metody Monte Carlo. K pravděpodobnostní analýze je použita metoda SBRA, která využívá přímou metodu Monte Carlo při charakterizaci náhodně proměnných useknutými histogramy [3].

¹ Ing. Marie Horňáková, VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděšť 1875/17 Ostrava-Poruba, marie.hornakova.st@vsb.cz

² Ing. Petr Lehner, VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděšť 1875/17 Ostrava-Poruba, petr.lehner@vsb.cz

³ doc. Ing. Petr Konečný, Ph.D., VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděšť 1875/17 Ostrava-Poruba, petr.konecny@vsb.cz

K výpočtu množství chloridových iontů v úrovni výztuže je použit druhý Fickův zákon difuze, který lze vyjádřit dvěma modely uvažujícími s časově nezávislým (M1) a závislým difuzním koeficientem (M2). Hodnoty pravděpodobnosti poruchy modelu M1 a modelu M2 jsou porovnány s návrhovou hodnotou pravděpodobnosti pro mezní stav použitelnosti.



obr. 1. Porovnání pravděpodobností korozní iniciace modelu 1, modelu 2 a návrhové hodnoty pravděpodobnosti poruchy pro mezní stav použitelnosti.

2 Závěr

Pro pravděpodobnostní posudek bylo vytvořeno 900 simulací prostupu chloridů železobetonovou mostovkou pomocí metody Monte Carlo s 1 000, 10 000 a 100 000 výpočetních kroků. Pravděpodobnostní analýza byla provedena pro 10., 20., 30., 40. a 50. rok života konstrukce. Po porovnání spočtené pravděpodobnosti poruchy s návrhovou pravděpodobností poruchy vyplývá, že za výše uvedených předpokladů a zvolených vstupních parametrů není mostovka dostatečně trvanlivá a bylo by potřeba zvolit vhodnou ochranu proti pronikání chloridů k výztuži.

Poděkování

Práce byly podporovány z prostředků Studentské grantové soutěže VŠB – TUO. Registrační číslo projektu je SP2018/108.

Literatura

- [1] ŠMERDA, Z., J. ADÁMEK, Z. KERŠNER, V. MELOUN, V. MENCL, D. NOVÁK, P. ROVNANÍKOVÁ a B. TEPLÝ. Trvanlivost betonových konstrukcí. Praha: Informační centrum ČKAIT, 1999. ISBN-8090269788.
- [2] GHOSH, P. Computation of Diffusion Coefficients and Prediction of Corrosion Initiation of Concrete Structures. Salt Lake City, UT [USA], 2011. Doktorská disertační práce. University of Utah. Vedoucí práce P.J. Tikalsky.
- [3] MAREK, P., BROZZETTI, J. GUŠTAR, M., TIKALSKY P.J. Probabilistic Assessment of Structures using Monte Carlo simulation. Basics, Exercises, Software. Praha: ÚTAM Akademie věd ČR. 2003.

ASSESSMENT METHODS FOR RELIABILITY VERIFICATION OF AN EXISTING REINFORCED CONCRETE SLAB

Karel Jung¹, Milan Holický²

Abstract

The submitted contribution illustrates the application of theoretical procedures for verification of existing reinforced concrete panel. The aim of this study is to compare the results obtained by various assessment approaches: the partial factor method given in Eurocodes EN 1990 and EN 1991, the adjusted partial factors, the assessment value method and the probabilistic method.

Keywords

Existing structures, partial factors, assessment values, probabilistic assessment

1 Introduction

An existing building constructed in 1970 is to be renovated and a new assessment is required. The following example is limited to a simply supported reinforced concrete panel (a prefabricated hollow core floor panel) of the span $L = 6$ m. The panel should be exposed to additional permanent load due to newly designed floor surface. The following requirements are specified: the remaining working life is 50 years, the target reliability index related to the reference period of 50 years is $\beta_t = 3,8$. The target reliability can be adjusted to the actual economic and societal conditions.

Tab. 1 indicates expected characteristic values of actions specified in accordance with EN 1991, of the load effect E (the mid-span point bending moment) and of the corresponding current capacity of the panel R .

| | Permanent load g [kN/m ²] | Imposed load q [kN/m ²] | Panel resistance R [kNm] |
|---------------------------------------|--|--|-------------------------------|
| Characteristic values | 6.264 | 1.50 | 43.23 |
| Characteristic total actions | 7.464 | | - |
| Characteristic values E_k and R_k | 34.94 | | 43,23 |

Tab. 1: Characteristic values of actions and resistance

It follows from Tab. 1 that the characteristic load effect E_k is less than the characteristic resistance R_k . However, the characteristic values of the actions E_k and resistance R_k alone can't be used to assess structural safety. The inequality $E_k < R_k$ indicates only a possible safety margin. Submitted study shows that the panel that does not comply with the requirements given in EN 1990 [1, 2], which are however valid for design of new structures. More sophisticated verification approaches indicated in the following text seem to be effective.

¹ Karel Jung, CTU in Prague, Klokner Insitute, Department of Structural Reliability, Šolínova 7, karel.jung@cvut.cz

² Milan Holický, CTU in Prague, Klokner Insitute, Department of Structural Reliability, Šolínova 7, milan.holicky@cvut.cz

2 Conclusions

The results of the panel assessment including recommended decisions based on the applied verification methods are indicated in the following Tab. 2.

| Assessment method | Load effect [kNm] | Resistance [kNm] | Reliability index β | Results |
|--------------------------|-------------------|------------------|---------------------------|----------|
| Partial factors of EN | 48.30 | 37.59 | - | Negative |
| Adjusted partial factors | 41.87 | 39.30 | Assumed 3.8 | Negative |
| Assessment values | 40.32 | 41.00 | Assumed 3.8 | Positive |
| Probabilistic method | - | - | Assessed 4.2 | Positive |

Tab. 2: Results of the applied assessment methods

It follows that the partial factor methods lead to negative results when both the partial factors recommended in Eurocodes and the adjusted partial factors obtained considering the index $\beta = 3.8$ are applied. The assessment value method (when index $\beta = 3.8$ is assumed to determine the assessment values) leads to a positive result. The probabilistic method indicates also a positive result as the resulting reliability index $\beta = 4.2$ is greater than the required reliability level corresponding to the index $\beta = 3.8$. Therefore, for the remaining working life of 50 years the considered panel seems to be sufficiently reliable.

This illustrative example of a floor panel may provide guidance to the assessment of a one-off structure, for example of a column or bridge elements. It should be emphasized that the actual conditions and available data concerning action and resistance variables should be always taken into account. When limited data are available only, then advanced statistical methods including data updating can provide valuable techniques. In general, the relevant target reliability level (index β) and sensitivity factors α_E and α_R should be re-examined. In some significant cases the risk assessment method indicated in Clause 6 of TS [4] may be advisable. When possible structural or operational interventions are considered (to increase the current reliability level even when it seems to be acceptable), then the cost optimization of possible interventions may be applied

Acknowledgement

This contribution has been developed at the Klokner Institute of the Czech Technical University in Prague, Czech Republic, as a part of the research project GAČR 16-11378S, "Risk based decision making in construction" and 16-04132S "Epistemic uncertainty of crack models in reinforced concrete structures" supported by the Czech Grant Agency.

References

- [1] EN 1990 2002 Eurocode – Basis of structural design
- [2] prEN 1990 2017 Eurocode – Basis of structural design
- [3] JCSS 2001 Joint Committee for Structural Safety. "Probabilistic Model Code", <http://www.jcss.ethz.ch/>
- [4] WG2.T1 Assessment of Existing Structures, Final Document TS, April 2018
- [5] Holický M 2013 *Introduction to Probability and Statistics for Engineers*, Springer, Heidelberg, New York, London
- [6] ISO 2394 2015 General Principles on Reliability for Structures

NELINEÁRNÍ ANALÝZA BETONOVÝCH DESEK S KONVENČNÍ A/NEBO ROZPTÝLENOU VÝZTUŽÍ Z OCELOVÝCH DRÁTKŮ

NON-LINEAR ANALYSIS OF CONCRETE SLABS WITH
CONVENTIONAL AND/OR STEEL FIBRE REINFORCEMENT

Ondřej Kika¹, Tomáš Pail²

Abstrakt

V příspěvku je představeno několik variantních postupů, které lze aplikovat pro nelineární analýzu betonových stropních desek s konvenční a/nebo rozptýlenou výztuží z ocelových drátků v programu SCIA Engineer. Prostřednictvím numerické studie jsou jednotlivé postupy srovnány s výsledky experimentu za účelem ověření výstižnosti a použitelnosti uvedených metod v praxi.

Klíčová slova

Železobeton, drátkobeton, stropní deska, nelineární analýza, SCIA Engineer.

Abstract

The paper describes various approaches which can be applied for a non-linear analysis of concrete slabs with conventional and/or steel fibre reinforcement using SCIA Engineer software. Each approach is evaluated using a numerical study and the numerical results are compared with experimental results to confirm its accuracy and applicability in practice.

Keywords

Reinforced concrete, steel fibre concrete, flat slab, non-linear analysis, SCIA Engineer.

1 Úvod

Přidáním rozptýlené výztuže ve formě ocelových drátků do betonové směsi (samostatně či jako doplněk ke konvenční výztuži) lze dosáhnout výrazného tahového zpevnění a vyšší houževnatosti výsledného materiálu. Jako velmi aktuální se však jeví potřeba definovat pro tento druh materiálu dostatečně výstižné výpočetní postupy a materiálové modely, které by byly dále použitelné v praxi v rámci běžných výpočetních programů na bázi metody konečných prvků. Prvním kompletním řešením na tomto poli lze zmínit výsledek spolupráce mezi předním světovým výrobcem ocelových drátků, firmou Bekaert, a společností SCIA, která je dodavatelem softwaru SCIA Engineer.

2 Možnosti nelineární analýzy ve SCIA Engineer

Předmětem tohoto příspěvku, jsou možnosti nelineární analýzy betonových (tj. železobetonových, drátkobetonových či vzájemně kombinovaných) konstrukcí po vzniku a šíření trhlin v cementové matici v daném programu. Pro uvedený typ výpočtu

¹ Ing. Ondřej Kika Ph.D., SCIA CZ s.r.o., Slavičkova 827/1A, 638 00 Brno, o.kika@scia.net

² Ing. Tomáš Pail., SCIA CZ s.r.o., Slavičkova 827/1A, 638 00 Brno, t.pail@scia.net

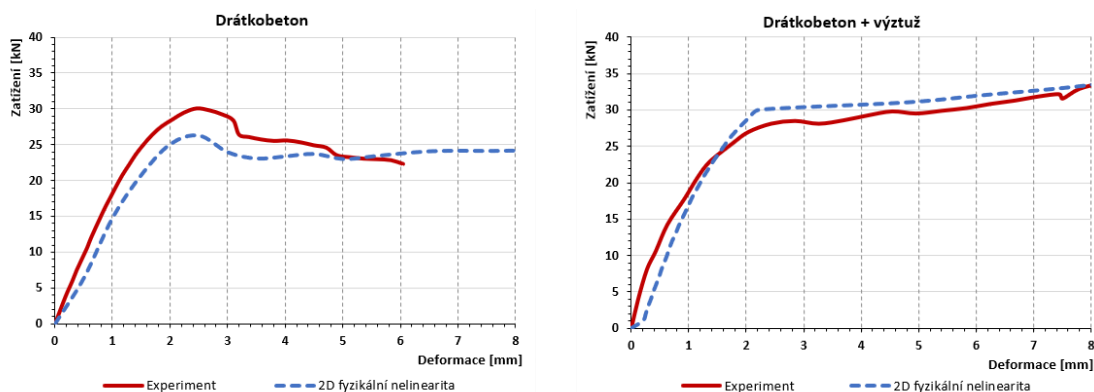
lze aplikovat jednu následujících metod: normově závislé průhyby (zjednodušená metoda podle [1]) a nebo některý z fyzikálně-nelineární modelů implementovaný v rámci MKP řešiče, např. modifikovaný Mazarsův model poškození betonu, případně elasto-plastický model Drucker-Prager či Mohr-Coulomb.

3 Srovnávací studie

Za účelem porovnání výše uvedených metod pro nelineární analýzu železobetonových a drátkobetonových desek byla provedena srovnávací numerická studie. Za referenční úlohu byl pro tuto studii vybrán experiment realizovaný na Chalmers University of Technology, viz [2,3]. V rámci tohoto experimentu byla vyšetřována sada kloubově podepřených obousměrně pnutých desek ve tvaru pravidelného osmiúhelníku, které byly zatěžovány bodově řízeným posunem uprostřed rozpětí. Jednotlivé desky se mezi sebou lišily typem použité výztuže v následujících třech konfiguracích: a) železobeton s konvenční nesymetrickou výztuží; b) drátkobeton s typem rozptýlené výztuže DRAMIX-5D; c) kombinace obou předchozích typů výztuže.

4 Závěr

Na základě porovnání experimentálně získaných L-d diagramů s výsledky numerických simulací provedených v rámci programu SCIA Engineer pro betonové desky s různou formou výztuže se podařilo prokázat vhodnost nasazení fyzikálně-nelineárního výpočtu pro analýzu chování tohoto typu konstrukcí. Jako nejpřesnější metoda se jeví modifikovaný Mazarsův model poškození, který je možné zavést do modelu prostřednictvím 2D fyzikální nelinearity.



Obr. 1: Porovnání L-d diagramů získaných experimentem a numerickou simulací pro: a) drátkobeton (vlevo), b) drátkobeton s konvenční výztuží (vpravo)

Literatura

- [1] ČSN EN 1992-1-1, Eurokód 2: *Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1, Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*, ČNI, 2006.
- [2] FALL, D, REMPLING, R. and K. LUNGREN, Experiments on fibre reinforced concrete two-way slabs. *7th International Conference Fibre Concrete*. 2013, Prague, ISBN 978-80-01-05240-2.
- [3] LEVIN, K. and T. NILSSON, Evaluation of analysis methods for conventional and steel fibre reinforced concrete slabs. Master's Thesis 2013:74. Chalmers University of Technology, Göteborg 2013.

ANALYSIS OF LAMELLAR STRUCTURES WITH RIBS DUE FINITE ELEMENTS METHOD

Gela Kipiani¹, B. Abesadze², G. Okropiridze³, Vazha Sulashvili⁴

Abstract

This article, the development of the stages of calculating plates and shells with stiffeners is described. It is noted that the theory of ribbed shells is one of the most controversial and incomplete sections of the general theory of shells. We consider shell calculations with longitudinal and transverse stiffeners by the finite element method. In the first embodiment, the stiffener is considered as a beam end element, in the second case, the edges are approximated as thin-walled plates and, finally, in the third case, the edge is represented as a three-dimensional finite element. A comparative analysis of the theoretical and experimental results is given.

Keywords

Tension, plate, shell, stiffener, deflection.

1 Introduction

The theory of ribbed shells is, apparently, one of the most controversial and incomplete sections of the general theory of shells. If we turn to the history of the development of the theory of ribbed shells, then three stages are clearly visible.

At the first stage of development, individual problems of the theory of ribbed shells. Characteristic here is the consideration of the ribbed shell (plate) as a composite shell-rib structure. In this case, the equilibrium equations were derived separately for the shell and edges, and then the problem of their conjugation was solved.

It should be emphasized that at the first stage the theory of ribbed shells is not essentially considered. The very term "ribbed shell" appeared much later. The consideration of the ribbed shell as a composite construction not only limited the possibilities of the theory, but also excluded a whole series of important problems from consideration.

The second stage is characterized by consideration of the ribbed shell on the basis of the constructive anisotropy scheme. At this stage, a large number of important tasks were solved. However, a number of fundamental problems remained unresolved until now. For example, the limits of applicability of the constructive anisotropy scheme remain extremely unclear, moreover, it is not clear what quantities and in what cases are determined by this scheme reliably and which are not. It is clear that the necessary condition for the applicability of this scheme will be the consideration of edge effects. On the other hand, the formulation of sufficient conditions for the applicability of the constructive anisotropy scheme is largely determined by the very design and conditions of its operation, so it does not make sense to obtain formal sufficient conditions.

¹ Prof. Gela Kipiani, Georgian Aviation University, 16, K. Tsamebuli str., Tbilisi, 0144, Georgia. gelakip@gmail.com

² Ph.D. student B. Abesadze, Georgian Aviation University, 16, K. Tsamebuli str., Tbilisi, 0144, Georgia

³ Ph.D. student G. Okropiridze, Georgian Aviation University, 16, K. Tsamebuli str., Tbilisi, 0144, Georgia

⁴ Ph.D. student Vazha Sulashvili, Georgian Aviation University, 16, K. Tsamebuli str., Tbilisi, 0144, Georgia

2 Conclusion

The results of the analysis allow us to say that the calculation of the ribbed shell is possible with all four models. In this case, the calculation error with the experimental data is sufficiently small. (<5%)

References

- [1] MIKHAILOV B.K., KIPIANI G.O., MOSKALEVA V.G.. *Fundamentals of theory and methods of analysis on stability of three-layered plates with cuts*. Tbilisi: Metsniereba, 1991. 189 p.
- [2] MIKHAILOV B.K., KIPIANI G.O. *Deformability and stability of spatial lamellar systems with discontinuous parameters*. Saint Peterburg: Stroyizdat SPb, 1996. 442 p.
- [3] MIKHAILOV B.K., KIPIANI G.O. Stability of sandwich ribbed plates. *Transactions of HEI. Structural Mechanics*. Karaganda: Karaganda Polytechnic Institute, 1988, pp. 64-68 (5 p).
- [4] KIPIANI G. Analyzing of sandwich orthotropy plates on hoganboardings. In: *Proceedings of 9th International Conference contemporary problems of architecture and construction*. Batumi-Georgia 1992. Vol.1, pp. 429-432 (3 p), September 13-18, 2017. Publishing House "UNIVERSAL" Tbilisi Edited by Gela Kipiani.
- [5] KIPIANI G., KIPIANI D., NIKOLADZE M., CHURCHELAURI Z. Application of critical loading determination method on plate with cut for solution of practical tasks. *Problems of Mechanics*. Special issue of scientific journal of IFToMM "problems of mechanics" № 2(55), 2014 dedicated to the international conference "Mechanics 2014", Problems of Mechanics, June 19-21, 2014, Tbilisi, Georgia, № 2(55), 2014, pp. 125-129
- [6] KIPIANI G., RAJCZYK M., LAUSOVA L.. Non-linear boundary value problem modeling elastic equilibrium of shells. 4th International Scientific and Technical Conference "Modern Problems of water management< Environmental Protection, Architect and Construction", September 27-30, 2014. Dedicated to the 85 anniversary of the Water Management Institute, Tbilisi, 2014. pp. 150-152.
- [7] KIPIANI G. Definition of critical loading on three-layered plate with cuts by transition from static problem to stability problem. *Contemporary Problems in Architecture and Construction*. Selected, peer reviewed papers the 6th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, June 24-27, 2014, Ostrava, Czech Republic. Edited by Darja Kubeckova. Trans Tech. publications LTD, Switzerland, 2014, pp. 143-150.

POROVNÁNÍ NUMERICKÝCH MODELŮ ZKOUŠKY MODIFIKOVANÉHO LOMOVÉHO TESTU EXCENTRICKÝM TAHEM A ZKOUŠKY ŠTÍPÁNÍ KLÍNEM

COMPARISON OF NUMERICAL MODELS OF MODIFIED COMPACT TENSION TEST
AND WEDGE-SPLITTING TEST

Jiří Klon¹, Jakub Sobek²

Abstrakt

Príspevek je zaměřen na porovnání numerických modelů zkoušky modifikovaného lomového testu excentrickým tahem a zkoušky štípaní klínem. Modely byly vytvořeny v programovém nástroji ATENA Science, pracujícím na bázi metody konečných prvků. Porovnání je zaměřeno na vyhodnocení odezvy těles (zatěžovacích křivek) vytvořených s použitím reálných materiálových parametrů získaných z laboratorních zkoušek.

Klíčová slova

Numerický model, zkouška modifikovaného lomového testu excentrickým tahem, zkouška štípaní klínem, kvazikřehký materiál.

Abstract

This paper is focused on comparison of modified compact tension test and wedge-splitting test numerical models. To assemble the numerical models, ATENA Science software based on finite element method was used. The aim is to compare loading diagrams (loading force vs. crack mouth opening displacement) obtained from these numerical models, created with real material properties.

Keywords

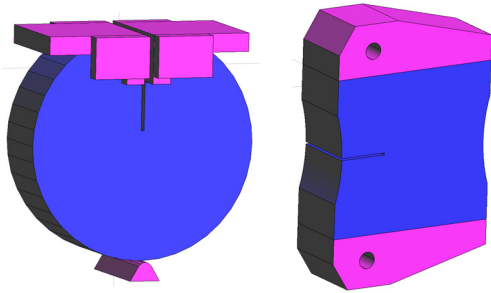
Numerical model, modified compact tension test, wedge-splitting test, quasi-brittle material.

1 Úvod

Odpovídající vyhodnocení zatěžovacích zkoušek všech možných konfigurací je zásadní pro výstižné určení lomových parametrů zkoušeného materiálu. Z hlediska stanovení hodnot lomových parametrů záleží zejména na velikosti a tvaru tělesa a také na okrajových podmínkách zkoušky. Tyto vlivy se u kvazikřehkých materiálů snaží postihnout například modifikovaný lomový test excentrickým tahem (modified compact tension test – modCT) [1], viz Obr. 1, nebo zkouška štípaní klínem (wedge splitting test – WST) [2], viz Obr. 2.

¹ Ing. Jiří Klon, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, tel.: (+420) 541 148 209, e-mail: klon.j@fce.vutbr.cz

² Ing. Jakub Sobek, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, tel.: (+420) 541 147 116, e-mail: sobek.j@fce.vutbr.cz

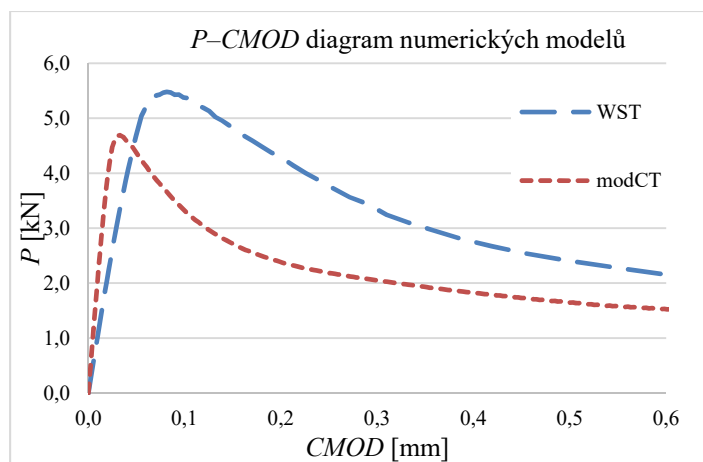


Obr. 1: Model zkoušky štípání klínem

Obr. 2: Model modifikovaného lomového testu excentrickým tahem

Tento příspěvek se zaměřuje na porovnání numerických modelů modCT a WST, jejichž vstupní parametry pro materiálový model byly určeny z laboratorních zkoušek. Pro sestavení numerických modelů zkoušek a analýzu jejich odezvy byl použit programový nástroj ATENA Science [3]. Tento program byl vyvinut k provádění nelineárních analýz konstrukcí na bázi metody konečných prvků a obsahuje nástroje speciálně navržené pro simulaci kvazikřehkého lomu. Jelikož oba modely mají rozdílný tvar a různé způsoby zatěžování, bylo třeba vybrat vhodný způsob,

jakým bude možno porovnat odezvu těles pro zkoušku WST a také modCT. Jako nejvhodnější způsob vyhodnocení odezvy obou modelů na zatěžování bylo zvoleno porovnání určených zatěžovacích diagramů, v tomto případě závislost zatěžující síly P na rozevření líců trhliny $CMOD$. Zatěžovací diagramy identifikované z obou modelů jsou zobrazeny v Obr. 3.



Obr. 3: Zatěžovací diagram zkoušek WST a modCT

2 Závěr

Ze zobrazených zatěžovacích diagramů je zřejmé, že odezva těles pro obě zkušební konfigurace je velmi podobná. Velice podobná je i velikost nejvyšší dosažené zatěžující síly. Dle názoru autorů příspěvku bylo lépe dosaženo kvazikřehké odezvy u konfigurace modifikovaného lomového testu excentrickým tahem.

Poděkování

Vznik příspěvku byl podporován projektem standardního specifického vysokoškolského výzkumu FAST-S-18-5614.

Literatura

- [1] KLON, J., SOBEK, J., KERŠNER, Z. Modelling of modified compact tension test of fine-grained cement based concrete specimens using FEM software, *Key Engineering Materials*, roč. 2017, č. 754, s. 329–332. doi:10.4028/www.scientific.net/KEM.754.329
- [2] LINSBAUER, H. N. a E. K. TSCHEGG. Fracture energy determination of concrete with cube-shaped specimens. *Zement und Beton*. 1986, č. 31, s. 38–40
- [3] ČERVENKA, V., JENDELE, L. a ČERVENKA, J. *ATENA Program Documentation Part 1 – Theory*. Prague: Červenka consulting, 2016.

FLOW OVER ROUGH-WALLED CIRCULAR CYLINDER IN THE CRITICAL AREA

Ivan Kološ¹, Lenka Lausová² and Vladimíra Michalcová³

Abstract

The article deals with the flow over a rough-walled circular cylinder in the critical area at high Re numbers to compare the standard calculation of the drag coefficient c_d with the numerical modeling in ANSYS Fluent software. Numerical problems are solved by the simplified geometry of the smooth cylinder, where the influence of the rough surface is expressed by the equivalent aerodynamic roughness, and also by the model with the real geometry of the rough casing of the cylinder.

Keywords

CFD, SST k-omega, circular cylinder, high Reynolds number, boundary layer, wall function, aerodynamic roughness, near-wall modeling, drag coefficient.

1 Introduction

The article is based on a practical task to determine the effect of the load (drag coefficient c_d) of the flow over a smokestack, the casing of which is formed by a shaped sheet. Calculation of the drag coefficient c_d according to the currently valid standard depends on the value of the Reynolds number (Re) and takes into account the roughness of the surface of the overflowed body.

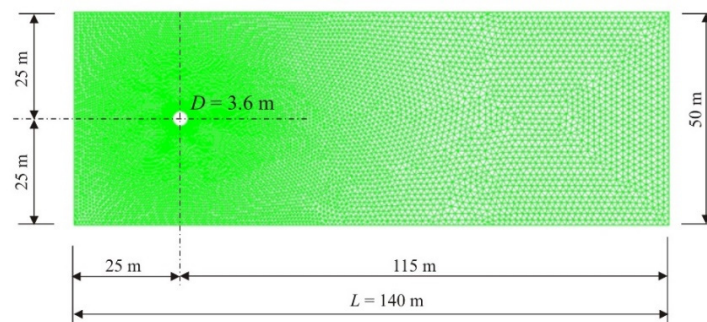


Fig.1: Computational area of the solved task

2 Method of solution

The study presents the possibility to solve the effects of loads on corrugated sheet metal casing of the smokestack with a numerical solution by finite volume method. A numerical SST k-omega model was chosen for the solution, because it is suitable for modeling of flow in near-wall region. Computational area is showed in Fig. 1.

¹ Ing. Ivan Kolos, Ph.D., Department of Structural Mechanics, Faculty of Civil Engineering, VŠB – TU Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, Czech Republic, phone: (+420) 597 321 340, e-mail: ivan.kolos@vsb.cz.

² Ing. Lenka Lausova, Ph.D., Department of Structural Mechanics, Faculty of Civil Engineering, VŠB – TU Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, Czech Republic, phone: (+420) 597 321 326, e-mail: lenka.lausova@vsb.cz.

³ Ing. Vladimíra Michalcova Ph.D., Department of Structural Mechanics, Faculty of Civil Engineering, VŠB – TU Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, Czech Republic, phone: (+420) 597 321 348, e-mail: vladimira.michalcova@vsb.cz.

Numerical tasks are solved by two approaches. One task solves the effects of load on the simplified model, when the geometry of the chimney is formed by a smooth sheet and the influence of the rough casing is expressed in the calculation by the so-called equivalent aerodynamic roughness. In the second task, the geometry of the model is made up of the real shape of the casing by two different grids, a tetrahedral and a hexahedral grid. All models are in 2D (Fig.2).

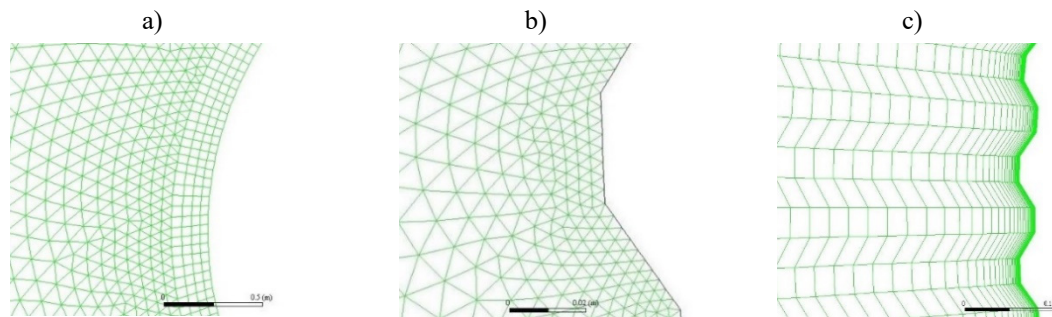


Fig. 2: Meshing of solved models: a) simplified geometry – hexa/tetra mesh, b) real geometry – tetrahedral mesh, c) real geometry – hexahedral mesh

3 Results

The result obtained by calculating with the real geometry modeled by the tetrahedral mesh almost matches with the standard results and it can be evaluated as the best one.

However, the results obtained in the two other variants differ from the standard calculation. In the case of the real hexa-shaped geometry task, it is problematic to create a grid just close to the wall (the shaped metal sheet), by adjusting the ratio of sides in the grid may be achieved a more relevant result.

In the case of simplified smooth geometry using the aerodynamic roughness it is a relatively complex problem of correct setting the physical roughness height coefficient K_s , because in the numerical solution K_s was given only by the height of the wave and the shape of the chimney casing could not be taken into account. This issue will be the subject of further research.

Acknowledgement

The paper has been supported by the project of “Conceptual development of science and research activities 2018” on the Faculty of Civil Engineering, VŠB-TU Ostrava and also by the Ministry of Education, Youth and Sports from the Large Infrastructures for Research, Experimental Development and Innovations project „IT4Innovations National Supercomputing Center – LM2015070“.

Literature

- [1] MERRICK, R. a G. BITSUAMLAK. Control of flow around a circular cylinder by the use of surface roughness: A computational and experimental approach, In *Proceeding of the 4th International Conference Advances on Wind and Structures (AWAS08)*. Jeju, Korea, 2008.
- [2] MICHALCOVA, V. a L. LAUSOVA. Numerical approach to determination of equivalent aerodynamic roughness of Industrial chimneys, *Computers & Structures*. 2017, ISSN 0045-7949, DOI: [10.1016/j.compstruc.2017.03.013](https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2017.03.013).

STUDIE EFEKTIVITY A PŘESNOSTI OPTIMALIZAČNÍCH ALGORITMŮ PŘI INVERZNÍ IDENTIFIKACI HODNOT PARAMETRŮ NELINEÁRNÍHO MATERIÁLOVÉHO MODELU BETONU

STUDY OF THE EFFICIENCY AND ACCURACY OF OPTIMIZATION ALGORITHMS WITHIN INVERSE IDENTIFICATION OF THE PARAMETER VALUES OF NONLINEAR CONCRETE MATERIAL MODEL

Petr Král¹, Jiří Kala², Petr Hradil³

Abstrakt

Inverzní identifikace hodnot parametrů nelineárních materiálových modelů, určených nejen pro modelování betonu, tvoří v současnosti proces, který je v oblasti výzkumu a vývoje hojně využíván a zkoumán. V dnešní době existuje již několik přístupů, které lze za účelem procesu inverzní identifikace využít. Jedním z klíčových přístupů je využití optimalizačních algoritmů, které se nicméně mnohdy vyznačují různou přesností a efektivitou v rámci konkrétních úloh, což jsou aspekty, které jsou předmětem výzkumu uvedeného v rámci tohoto příspěvku.

Klíčová slova

Optimalizační algoritmy, globální optimalizace, účelová funkce, beton, materiálový model, výpočtový model, experimentální data, čtyřbodový ohyb.

Abstract

The inverse identification of parameter values of nonlinear material models, not only for concrete modeling, is currently a process that is widely used and investigated in the field of research and development. Nowadays, there are several approaches that can be used for the inverse identification process. One of the key approaches is the use of optimization algorithms which are, however, often characterized by varying precision and efficiency within the specific tasks. These are the aspects that are the subject of the research presented in this contribution.

Keywords

Optimization algorithms, global optimization, objective function, concrete, material model, computational model, experimental data, four-point bend.

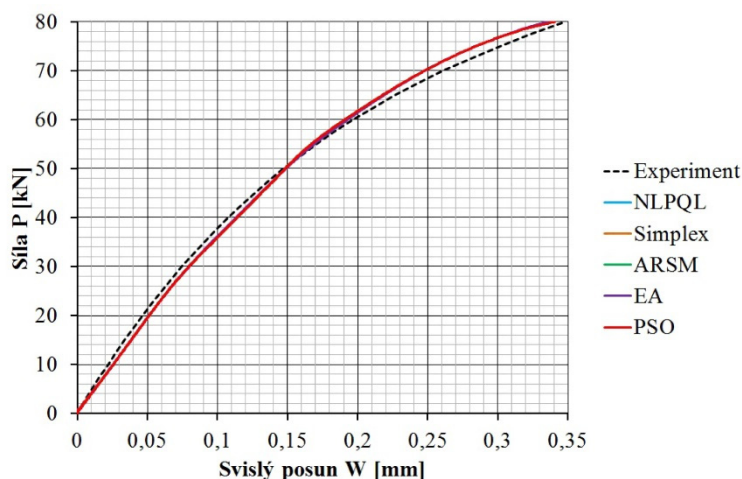
¹ Ing. Petr Král, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, kral.p@fce.vutbr.cz

² doc. Ing. Jiří Kala, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, kala.j@fce.vutbr.cz

³ Ing. Petr Hradil, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, hradil.p@fce.vutbr.cz

1 Úvod

Cílem tohoto příspěvku je provést studii efektivity a přesnosti optimalizačních algoritmů programu optiSLang při inverzní identifikaci hodnot malého množství parametrů modifikované verze nelineárního materiálového modelu betonu známého pod názvem Continuous surface cap model, který je implementován v explicitním konečnoprvkovém výpočetním systému LS-Dyna. Za tímto účelem je použita úloha čtyřbodové ohybové zkoušky provedené na vysokém, betonářskou ocelí vyztuženém, betonovém nosníku. Dosažení vytyčeného cíle vyžaduje aplikaci zmíněného modelu betonu a dalších materiálových modelů v rámci výpočtového modelu zkoušky vytvořeného v programu LS-Dyna a použití experimentálních dat získaných z reálné čtyřbodové ohybové zkoušky [1].



Obr. 1: Grafické srovnání výsledků.

2 Závěr

Z výsledků inverzní identifikace provedené v rámci tohoto příspěvku (obr. 1) lze vidět, že přesnost všech pěti použitých optimalizačních algoritmů je velmi uspokojivá, přičemž rozdíly v přesnosti mezi jednotlivými algoritmy jsou zanedbatelné (křivky se prakticky překrývají). Nejefektivnějším algoritmem pro danou úlohu byl gradientní algoritmus založený na nelineárním programování (NLPQL), který potřeboval pro nalezení globálního minima účelové funkce pouze 21 iterací. Nejméně efektivními algoritmy byly naopak Evoluční algoritmus (EA) a Optimalizace hejnem částic (PSO), které potřebovaly pro nalezení globálního minima účelové funkce celkem 400 generací.

Poděkování

Příspěvek byl vytvořen za finanční podpory projektu GAČR 17-23578S poskytovaného Grantovou agenturou České republiky a za finanční podpory projektu vysokoškolského specifického výzkumu FAST-J-18-5604 poskytovaného VUT v Brně.

Literatura

- [1] DAMJANIC, F. and D. R. J. OWEN. Practical consideration for modelling of post-cracking concrete behaviour for finite element analysis of reinforced concrete structures. In: *Proceedings of the International Conference on Computer Aided Analysis and Design of Concrete Structures*. 1984.

ANALYSIS OF SSI EFFECTS TO NPP VVER 1200 USING 1D AND 3D FE MODEL OF NONHOMOGENEOUS SUBSOIL

ANALÝZA SSI VPLYVU NA JE VVER 1200 VYUŽITÍM 1D A 3D FE MODELU NEHOMOGENÉNEHO PODLOŽIA

Juraj Králik¹, Juraj Králik, jr.²

Abstract

This paper describes the soil-structure interaction (SSI) effects to the Nuclear Power Plant (NPP) structure with reactor VVER-1200. The simplified 1D and numerical 3D FE models of the nonhomogeneous subsoil are investigated. The methodology of the calculation of the frequency dependent complex functions of the soil stiffness and damping is presented.

Keywords

Nuclear Power Plant, Impedance functions, SSI, FEM, ANSYS.

Abstrakt

Článok sa venuje problémom interakcie konštrukcie – podložie na objekt jadrovej elektrárne s reaktorom VVER-1200. Zjednodušený 1D a numerický 3D konečno-prvkový model nehomogénneho podložia je skúmaný. Metodológia výpočtu frekvenčne závislých komplexných funkcií tuhosti a útlmu podložia sa uvádza.

Kľúčové slová

Jadrová elektrárňa, impedančné funkcie, Interakcia SSI, MKP, ANSYS.

1 Introduction

During the last couple of decades, it has been well recognized that the soil on which a structure is constructed may interact dynamically with the structure during earthquakes, especially when the soil is relatively soft and the structure is stiff [1-3]. The following problems should be considered:

1. Radiation of dynamic energy into the unbounded soil;
2. The hysteretic nature of soil damping;
3. Separation of the soil from the structure;
4. Possibility of soil Liquefaction under seismic loads; and
5. Other inherent nonlinearities of the soil and the structure.

The investigation of the SSI effects to the resistance of structures is especially important from the point to arrange the safety of nuclear power plants (NPP).

¹ Prof. Ing. Juraj Králik, CSc. Faculty of Civil Engineering, STU Bratislava, Radlinského 11, 810 05, Bratislava, (juraj.kralik@stuba.sk)

² Ing. Juraj Králik, PhD. Free Civil Engineer, Vígfašská 12, 851 07, Bratislava, (ing.kralikj@hotmail.com)

2 Impedance of foundation using FE Model

For most common structures, the SSI effect will be more advantageous as it reduces the effect of bending moments and shear forces on individual structural elements. In soil dynamics, it is customary to express the complex dynamic impedance. The real and imaginary parts of the dynamic impedance are associated, by analogy, with a dynamic (frequency dependent) spring and dashpot as shown in following equations:

$$K(\omega) = k_1 + i\omega k_2, \quad (1)$$

$$k_1(\omega) = \text{Re}(K(\omega)) = (P_o/U_o) \cos(\phi), \quad k_2(\omega) = \text{Im}(K(\omega))/\omega = -(P_o/U_o) \sin(\phi)/\omega$$

On the base of this methodology the impedance functions for the NPP main building VVER-1200/491 PWR considering the real layered subsoil properties determined by experimental testing of the subsoil were calculated on FE model in software ANSYS.

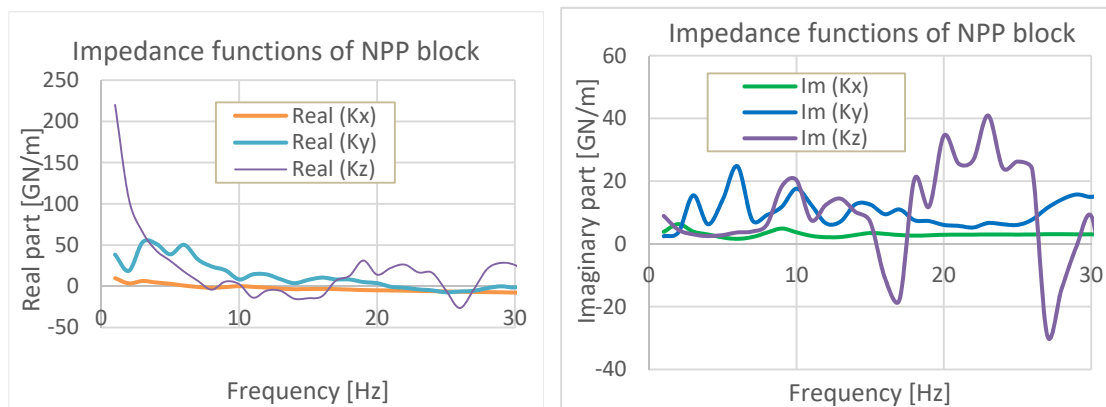


Fig. 1: Real and imaginary part of the impedance functions for translation.

3 Conclusions

This paper describes the soil-structure interaction effects in the case of the NPP main buildings with reactor VVER-1200/491 PWR during earthquake excitation. The methodology of the calculation of the impedance functions is considered. The dynamic impedance is defined as the ratio between the harmonic force acting on the foundation and its vibration amplitude. The results from the 3D FE analysis show as that the impedance functions are not smooth functions in case of the layered subsoil with various material properties as in case of the homogeneous subsoil.

Acknowledgement

The project was performed with the financial support of the Grant Agency SR (VEGA 1/0265/16).

References

- [1] ASCE 4-98, *Seismic Analysis of Safety Related Nuclear Structures*, ASCE Standard, 2000, ISBN 0-7844-0433-X.
- [2] KRÁLIK, J. (2009) *Safety and Reliability of Nuclear Power Buildings in Slovakia. Earthquake-Impact-Explosion*, Ed. STU Bratislava, 2009, 307pp. ISBN 978-80-227-3112-6.
- [3] SIEFFERT, J. G. CEVAER. F. *Handbook of Impedance Functions*. ECN Nantes, 1991.

DETERMINISTIC AND PROBABILITY ANALYSIS OF THE PAPER MACHINE VIBRATION IMPACT TO THE STRUCTURE SAFETY AND HUMAN COMFORT

DETERMINISTICKÁ A PRAVDEPODOBNOŠŤNÁ ANALÝZA VPLYVU PAPIERENSKÉHO STROJA NA SPOĽAHLIVOSŤ KONŠTRUKCIE A NA POHODU ČLOVEKA

Juraj Králik¹, Juraj Králik, jr.²

Abstract

This paper describes the probability and sensitivity analysis of the concrete frame and paper machine interaction. On the base of the experimental results the calculation FEM model was verified. The uncertainties of the loads level, the material properties and other influences following the inaccuracy of the calculated model and numerical methods were considered in the approximation method RSM.

Keywords

ANSYS, Machine Vibration, Probability, Safety, Human Comfort, FEM, RSM.

Abstrakt

V článku sa uvádzajú výsledky pravdepodobnostnej a citlivostnej analýzy interakcie železobetónového rámu a papierenského stroja. Výpočtový konečno prvkový model bol verifikovaný experimentálnym meraním skutočného stavu. Neurčitosti zaťaženia, materiálových vlastností a ostatných vplyvov sledujúc neurčitosti výpočtového modelu a numerických metód boli zohľadnené v aproximačnej metóde RSM.

Kľúčové slová

ANSYS, kmitanie stroja, pravdepodobnosť, bezpečnosť, pohoda človeka, MKP, RSM.

1 Introduction

The paper presents solutions of the problems that have arisen after installing a new technology of a higher-end paper machine into the original factory building. After the start of the operation, there were problems with the interaction of the machine with the load-bearing structure, which threatened both the load-bearing structure and the impact on the human comfort of the person working in the hall. Due to the problems of interaction between the paper machine and the existing industrial hall structure, it was necessary to experimentally measure these effects and to modify a computational model and analyse the effect of interaction on the structures and human comfort of the workers, and to propose of the reconstruction of the existing structure or design of dampers to

¹ Prof. Ing. Juraj Králik, CSc. Faculty of Civil Engineering, STU Bratislava, Radlinského 11, 810 05, Bratislava, (juraj.kralik@stuba.sk)

² Ing. Juraj Králik, PhD. Free Civil Engineer, Vígfašská 12, 851 07, Bratislava, (ing.kralikj@hotmail.com)

maximally eliminate the effects of machine and structure interaction. On base of the problems with the paper machine and hall structure interaction, it was necessary to analyse the effect of the dynamic interaction by the experimental measurements of the vibrations of the stool-technology-hall system to eliminate the adverse resonant effects of the proposed technology on the hall structure. The hall reconstruction involved the exchange of part of the technology in the screen, winding and upstream part of the machine. The design solution has been implemented in such a way that the frame itself under the paper machine stand is not separated from the building's structure, thus rendering the dynamic effects of the technology impractical to the structure. The supporting structure of the hall consists of a reinforced concrete frame and masonry walls.

2 Comparison of deterministic and probabilistic analysis

Comparison of deterministic and probabilistic solution of the safety and reliability of the design of the building is documented in the full paper. The values of maximum displacements, velocities and acceleration at the level of the foundations does not exceed the limit values given in the standards STN 730032 and DIN 4150. Maximum vertical displacements of the structure indicate a possibility of failures in accordance with the criteria STN 730036.

3 Conclusion

In the article was presented sensitivity analysis of the safety and reliability of the hall structure with the paper machine, depending on the variability of the stiffness of the sub-soil, mechanical characteristics of materials, and the operation of the machine, as well as the uncertainty of the model and the resistance. The principles of optimal design and assessment of the base of the machine are presented in the full paper. The analytical model was tested by experimental measurement on a real structure. The probabilistic analysis was carried out with the approximated method RHS under software ANSYS. The probabilistic analysis gives to the engineer-designers a more complex informations about the interaction of the system soil-structure-machine as deterministic.

Acknowledgement

The project was performed with the financial support of the Grant Agency SR (VEGA 1/0265/16).

References

- [1] BACHMAN et al. *Vibration Problems in Structures, Practical Guidelines*, BVB Berlin, 1997, ISBN 3-7643-5148-9.
- [2] DRŽÍK, M. et al. Harmonize the stool-technology-hall interaction system on a paper machine PM-8 in SCP Ružomberok, *Engineering Buildings*, 1993, 41(10), pp.337-341. (in Slovak)
- [3] GAZETAS, G. *Foundation vibrations, Foundation Engineering Handbook*, 1991, (H.Y. Fang, editor), Van Nostrand Reinhold, New York.
- [4] KRÁLIK, J. *Reliability Analysis of Structures Using Stochastic Finite Element Method*. Ed. STU Bratislava, 2009, 143 pp.
- [5] MELCER, J. et al. *Dynamics of Transport Structures*, EDIS ŽU Žilina, 2016, ISBN 978-80-554-1178-1. (in Slovak)

PRAVDĚPODOBNOSTNÍ PŘÍSTUP K PREDIKČNÍM MODELŮM PRO ODHAD KOROZNÍCH ÚBYTKŮ

PROBABILISTIC APPROACH TO PREDICTION MODELS OF CORROSION LOSSES

Monika Kubzová¹, Vít Křivý², Martin Krejsa³, Kateřina Kreislová⁴

Abstrakt

Článek se zabývá predikcí korozních úbytků patinujících ocelí pomocí analytických predikčních modelů. Environmentální data vstupující do predikčních modelů – relativní vlhkost, teplota, koncentrace oxidu siřičitého SO₂ a koncentrace chloridů Cl⁻ jsou analyzovány s využitím statistických a pravděpodobnostních metod. Zvolený postup umožňuje predikovat očekávaný rozsah korozního úbytku a analyzovat tak vliv jednotlivých environmentálních charakteristik na korozní procesy.

Klíčová slova

Zde uveďte výčet klíčových slov vašeho příspěvku, oddělených čárkou.

Abstract

The article deals with prediction of corrosion losses based on application of dose-response functions. Environmental parameters - relative air humidity, temperature, concentration of sulphur dioxide SO₂ and concentration of chlorides Cl⁻ are analysed using statistical and probabilistic methods. Using the probabilistic analysis it is possible to predict the expected range of corrosion losses and analyse impact of environmental characteristic on corrosion processes.

Keywords

Corrosion losses, weathering steel, dose-response function, environmental parameters.

1 Úvod

Mezi rozhodující činitele atmosférické koroze patří relativní vlhkost vzduchu (*RH*); teplota vzduchu (*T*); depoziční rychlosti korozních stimulátorů v ovzduší – oxidu siřičitého (*P_a*) a chloridů (*S_a*); množství prašných částic v ovzduší, množství srážek, *pH* srážek a další [1, 2]. Významný vliv na korozní chování a vývoj korozních produktů na povrchu oceli má také umístění povrchu v rámci konstrukce [3].

Vhodným materiálem pro návrh konstrukcí umístěných ve vnějším prostředí jsou oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi, tzv. patinující oceli. Tyto nízkolegované oceli obsahují max. 2 % hm. legujících prvků jako jsou Cu, Cr, Ni a P, které pozitivně

¹ Ing. Monika Kubzová, VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí 221, L. Poděšť 1875/17, Ostrava-Poruba, Česká Republika, monika.kubzova@vsb.cz

² doc. Ing. Vít Křivý, Ph.D., VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí 221, L. Poděšť 1875/17, Ostrava-Poruba, Česká Republika, vit.krivy@vsb.cz

³ doc. Ing. Martin Krejsa, Ph.D., VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra mechaniky 228, L. Poděšť 1875/17, Ostrava-Poruba, Česká Republika, martin.krejsa@vsb.cz

⁴ Ing. Kateřina Kreislová, Ph.D., SVÚOM s.r.o., U měšťanského pivovaru 934/4, Praha, Česká Republika, kreislova@svuom.cz

ovlivňují korozní vlastnosti kovu a jeho korozní chování v atmosféře [4, 5]. Na povrchu oceli se při expozici ve vhodných podmínkách vytváří vrstva korozních produktů s ochrannými vlastnostmi, tzv. patina. Průběh korozních procesů na povrchu konstrukčních prvků závisí na konkrétních environmentálních podmínkách. Dostatečně ochranná vrstva patiny vzniká obvykle po 3 až 5 letech přímé expozice, u částečně chráněných povrchů je vývoj patiny pomalejší. Pro odhad korozních úbytků se využívají predikční modely [4]. Tyto predikční modely umožňují odhadnout hodnotu korozních úbytků s ohledem na známé nebo předpokládané hodnoty environmentálních parametrů konkrétní lokality. Environmentální parametry prostředí jsou náhodně proměnné veličiny, proto je vhodné při aplikaci predikčních modelů využít pravděpodobnostní metody.

2 Závěr

V úvodu článku jsou popsány vstupní veličiny vybraných predikčních modelů. Pro pravděpodobnostní výpočet byly vybrány tři predikční modely pro odhad korozního úbytku v 1 roce expozice - analytický vztah dle ČSN EN ISO 9223, dále analytické vztahy z experimentálních programů UN/ECE ICP a Multi – Assess. Predikční model Multi – Assess obsahuje největší množství vstupních environmentálních parametrů. Dále jsou v článku uvedeny metody měření a dlouhodobě sledované environmentální parametry ve vybraných lokalitách Kopisty a Ostrava – Poruba. U daných dat je provedena statistická analýza a je jim přiřazeno vhodné rozdělení hustoty pravděpodobnosti.

Druhá část článku představuje software pro pravděpodobnostní výpočty s využitím softwaru ProbCalc. Získané hodnoty korozních úbytků poukazují na to, že vybrané predikční modely udávají téměř stejné hodnoty při vyšších depozičních rychlostí SO₂. Proto je potřeba predikčním modelům věnovat patřičnou pozornost a upravit je pro současné hodnoty environmentálních parametrů.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím projektu s identifikačním číslem MSMT 8X17039.

Literatura

- [1] MORCILLO, M., CHICO, B., DÍAZ, H., CANO, H. a D. de la Fuente. Atmospheric corrosion data of weathering steels. A review. *Corrosion Science*, 2013, 77, 6-24.
- [2] LEYGRAF, Ch., WALLINDER, O., TIDBLAD, J. a GRAEDEL, T. *Atmospheric Corrosion*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2016. ISBN 9781118762134.
- [3] KUBZOVA, M., KRIVY, V. a KREISLOVA, K. Influence of chloride deposition on corrosion products. In: *Procedia Engineering-2017: 12th International Scientific Conference of Young Scientists on Sustainable, Modern and Safe Transport*. High Tatrans, Slovakia, Vol. 192, pp. 504-509. ISSN 1877-7058
- [4] MORCILLO, M., DÍAZ, I., CHICO, B., CANO, H. a D. de la Fuente, Weathering steels: From empirical development to scientific design. A review. *Corrosion Science*, 2014, 83, 6–31.
- [5] KRIVY, V. a KONECNY, P. Real material properties of weathering steels used in bridge structures. *Procedia Engineering*, 2013, 57, 624–633.

ACCURACY ASSESSMENT OF FORMULAS FOR COOLING TIME ($t_{8/5}$) CALCULATION DURING THE WELDING OF CARBON STEELS

Vukić Lazić¹, Dušan Arsić², Aleksandar Sedmak³, Ružica Nikolić⁴, Mirjana Opacic⁵

Abstract

During the welding and weldability assessment of certain materials, the cooling time in the temperature range 800 to 500°C is a very important parameter, based on which one can predict characteristics of the welded joint. Today, for calculating the $t_{8/5}$ time there is an increase of use of analytical and empirical formulas. The aim of this paper is to compare results of those formulas to experimental results (measured by thermocouples).

Keywords

Cooling time, empirical formulas, carbon steel, model plates

1 Introduction

Execution of the adequate welded joint is, in majority of cases, accompanied by voluminous experimental or numerical investigations. However, today exist ways to predict the weldability and expected properties of the welded joint by application of the analytical and empirical expressions [1, 2]. If the satisfying results of those calculations are obtained, the process can be significantly shortened by eliminating the expensive and tedious experimental research. The objective of this paper is to point to possibilities to predict weldability of material, as well as to accuracy of empirical formulas. Research presented in this paper was conducted on examples of hard-facing of the carbon and tempered steels, while the formulas of Rikalin, Ito and Bessyo and formula based on limiting thickness [1, 2] were analyzed and their results were compared to experimental ones. Samples for experiments (measurements of temperature) were actually the plates made of carbon steels (one structural and four tempering steels): S355J2G3, C15, C35, C45 and C45E, with various thicknesses ($s = 7.4, 8, 10, 20$ and 30 mm). The thermocouples were placed and fixed in drilled holes of diameter $1.7^{\pm 0.05}$ mm. For that purpose, experiments were performed with various electrode diameters ($\varnothing 3.25$ - PIVA 430 B (ISO, E1-300), $\varnothing 4.0$ - PIVA 440 B (ISO, E1-400) and $\varnothing 5.0$ - PIVA 460 B (ISO, E2-60) [3].

¹Vukić Lazić, PhD, Professor, University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, Serbia, E-mail: vlazic@kg.ac.rs

²Dušan Arsić, MSc, Research associate, University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac, Serbia, E-mail: dusan.arsic@fink.rs

³Aleksandar Sedmak, PhD, Professor, University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering, Kraljice Marije 16, 11000 Belgrade, Serbia, E-mail: asedmak@mas.bg.ac.rs

⁴Ružica Nikolić, PhD, Professor, University of Žilina, Research Center, Univerzitna 8215/1, 010 26 Žilina, Slovakia and University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Kragujevac, Serbia, E-mail: ruzicarnikolic@yahoo.com

⁵Mirjana Opacic, MSc, Innovation Center of the Faculty of Mechanical Engineering, Kraljice Marije 16, 11000 Belgrade, Serbia

Table 1. Comparative values of the cooling time $t_{8/5}$ ($s = 10$ mm)

| Electrode diameter d_e , mm | Hard-facing driving energy q_i , J/cm | Preheating temperature T_o/T_p , °C | Cooling time $t_{8/5}$, s | | | | Base metal |
|----------------------------------|--|--|----------------------------|-------------------|-------------------|---------------|-----------------------|
| | | | $(t_{8/5})^J$ | $(t_{8/5})^{Sgr}$ | $(t_{8/5})^{EXP}$ | $(t_{8/5})^R$ | |
| 4.00 | 20082 | 20 | 19.6 | 57.7 | 20.5 | 31.0 | C15 |
| 4.00 | 17650 | 20 | 16.1 | 44.6 | 18.5 | 25.5 | |
| 5.00 | 29400 | 138 | 54.6 | 245.4 | 44.5 | 79.0 | |
| 5.00 | 24758 | 36 | 28.3 | 95.3 | 29.0 | 44.0 | |
| 4.00 | 18200 | 20 | 16.9 | 47.4 | 15.5 | 26.8 | C45E |
| 4.00 | 19413 | 36 | 19.6 | 58.6 | 20.0 | 31.5 | |
| 5.00 | 16736 | 96 | 19.7 | 61.1 | 20.5 | 34.0 | S355J2G3 |
| 5.00 | 40551 | 80 | 69.8 | 326.3 | 57.5 | 84.0 | |
| 5.00 | 34087 | 62 | 50.3 | 208.2 | 47.5 | 68.0 | |
| 5.00 | 34588 | 20 | 44.2 | 171.2 | 40.0 | 60.0 | |
| 4.00 | 19809 | 20 | 7.6 | 14.0 | 8.5 | 10.0 | C45 ($s = 20$ mm) |
| 4.00 | 17975 | 50 | 7.3 | 13.5 | 7.5 | 10.1 | |
| 4.00 | 21101 | 20 | 8.4 | 15.9 | 9.5 | 12.1 | |
| 5.00 | 28356 | 71 | 13.1 | 16.1 | 12.5 | 11.5 | C35 |
| 5.00 | 38667 | 97 | 23.0 | 36.4 | 19.0 | 16.2 | |
| 5.00 | 34027 | 20 | 14.3 | 18.4 | 14.7 | 11.2 | |
| 5.00 | 34255 | 20 | 14.4 | 18.7 | 17.5 | 11.5 | |
| 5.00 | 26863 | 20 | 10.0 | 11.5 | 10.3 | 9.0 | |

$(t_{8/5})^J$ – Ito-Bessyo formula; $(t_{8/5})^{Sgr}$ – Limiting thickness formula; $(t_{8/5})^{EXP}$ – experiment; $(t_{8/5})^R$ – Rikalin's formula.

2 Conclusion

In calculating the cooling time $t_{8/5}$ a dilemma arises which formula to choose. In other words, until now it was not known which formula gives results that are the closest to the experimental cycle, or the curve of temperature cycle obtained by other methods. By analyzing results from table 1 one can notice the unacceptable differences between the cooling time calculated from the formula $t_{8/5} = f(s_{gr})$ and experimental results. The best agreement with experimental results was obtained by the Ito-Bessyo formula. This conclusion is valid for hard-facing of the flat plates, while results for hard-facing of other surfaces were not considered.

Acknowledgements

This research was financially supported by the Ministry of Education, Science and Technological Development of Republic of Serbia through project TR 35024.

References

- [1] ARSIĆ, D., LAZIĆ, V., SAMARDŽIĆ, I., NIKOLIĆ, R., ALEKSANDROVIĆ, S., DJORDJEVIĆ, M., HADZIMA B. Impact of the hard facing technology and the filler metal on tribological characteristics of the hard faced forging dies. *Technical Gazette*. Osijek, Croatia: Editor Pero Raos, 2015, vol. 22, no. 5, pp. 1353-1358. ISSN 1330-3651
- [2] LAZIĆ, V., SEDMAK, A., ŽIVKOVIĆ, M., ALEKSANDROVIĆ, S., ČUKIĆ, R., JOVIČIĆ, R., IVANOVIĆ, I. Theoretical-experimental determining of cooling time ($t_{8/5}$) in hard facing of steels for forging dies. *Thermal Science*. Belgrade, Serbia, Editor: Simeon Oka, 2010, vol.14, no.1, pp. 235-246. ISSN 0354-9836.
- [3] Catalogue of Filler Materials (in Serbian), SŽ Fiprom, Jesenice, Slovenia, 2015.

ANALYSIS OF A SELECTED NODE OF A TRUSS MADE OF COLD-ROLLED SECTIONS BASED ON THE FINITE ELEMENT METHOD

Maciej Major¹, Jarosław Kalinowski², Mariusz Kosiń³, Izabela Major⁴

Abstract

The study presents a comparative analysis of displacements and reduced stresses that occur in the selected node of a truss made of cold-rolled sections. Computations were based on the finite element method using the Autodesk ROBOT Structural Analysis and ANSYS Academic Research Mechanical software. Analysis of the status of the selected node was performed for constant and variable loads.

Keywords

Numerical analysis, FEM, cold-rolled sections, light steel framing technology.

1 Introduction

At the stage of the choice of materials, designers aim to reduce the mass of the components while maintaining or improving their strength properties. One of the groups of systems that are characterized by such features is the structures made of cold-rolled sections. In the construction sector, cold-rolled products have been used as construction materials (spans, pillars, trusses) and wall and roof claddings (e.g. components of shell walls). The study analysed the static state of stress of a selected none of the truss subjected to constant (specific weight of roof structure) and variable (wind and snow) load. This was achieved by the analysis of the truss of a detached house built using the light steel framing technology.

2 Object of analysis and solutions

Case study presents the structure of a detached house construed using the light steel framing technology (Sunday System) [1]. Node connections, varied in terms of the number of screws, were separated from the building. Building height in the roof ridge beam was 8.62 m and the roof pitch for the roof covered with the asphalt shingle 58%. The beam span was 8.226 m at the height of 2.373 m (Fig. 1a).

Values of von Mises reduced stresses and changes in displacements were determined during the analyses. A linear static analysis was used for the description of the above node connection. Figure 2 presents the behaviour of the node with respect to vertical displacements.

¹ Assoc. Prof. Eng. Maciej Major, Ph.D., Częstochowa University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Metal Structures and Building Materials, Akademicka 3 street, 42-200 Częstochowa, Poland, mmajor@bud.pcz.czest.pl

² Eng. Jarosław Kalinowski, Ph.D., Częstochowa University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Civil Engineering and Architecture, Akademicka 3 street, 42-200 Częstochowa, Poland, jkal@bud.pcz.czest.pl

³ Msc. Eng. Mariusz Kosiń, Częstochowa University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Construction Organization and Technology, Akademicka 3 street, 42-200 Częstochowa, Poland, mariuszkosa@vp.pl

⁴ Assoc. Prof. Eng. Izabela Major, Ph.D., Częstochowa University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Technical Mechanics and Engineering Graphics, Akademicka 3 street, 42-200 Częstochowa, Poland, imajor@bud.pcz.czest.pl

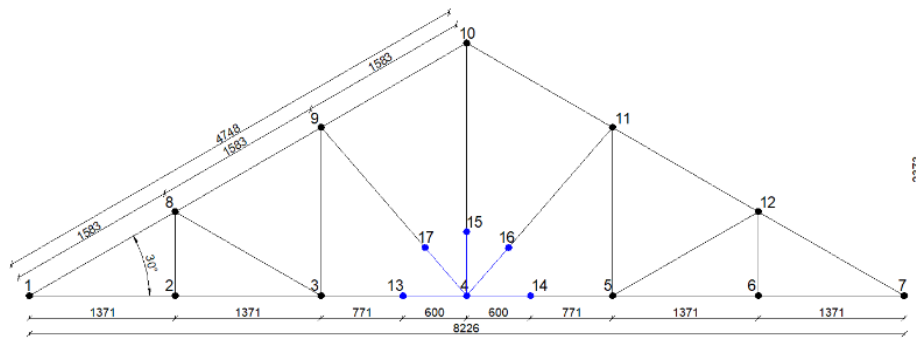


Fig. 1: The computational model for a truss made of cold-rolled sections. Truss with area denoted for further analysis of stresses that occur in the analysed node

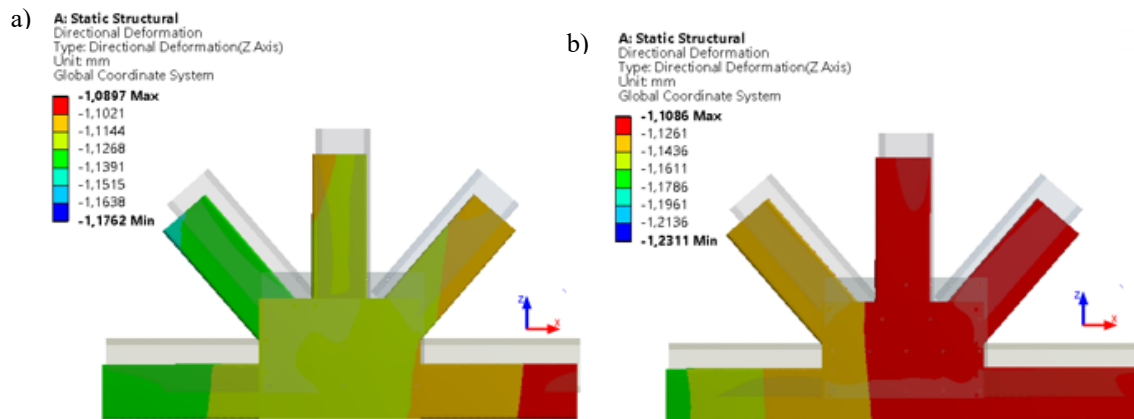


Fig. 2: The vertical displacements UZ of the analysed node, front view: (a) with lower number of screws, (b) with higher number of screws

3 Conclusion

Displacements and stresses are the basic values which have to be verified at the stage of design of nearly any structure. According to standard guidelines, boundary states have to be met in order for a design element to be considered as safe.

This study presents the analysis of the behaviour of the selected node of the truss made of cold-rolled sections. The FEM analysis was used to predict the behaviour of connections and describing the results computed depending on the number of screws. Based on the computations one can conclude that the changes in the number of screws used for gusset plate connection with the truss did not lead to substantial differences. However, this does not mean that the number of screws should be minimized. Similar studies with the use FEM method to the analysis of thin-wall profiles to verify calculations was made in [2].

References

- [1] <http://www.amtech.com.pl/>
- [2] FLODR, J, KREJSA, M., MIKOLÁŠEK, D., SUCHARDA, O. and ŽÍDEK, L. Mathematical Modelling of Thin-Walled Cold-Rolled Cross-Section. *Applied Mechanics and Materials*, Trans Tech Publications, 2014, vol. 617, pp. 171-174 (4 p). ISSN 1662-7482.

SÚČINITEĽ VONKAJŠIEHO TLAKU BUDOVY S ATYPICKÝM PÔDORYSOM

EXTERNAL PRESSURE COEFFICIENT OF A BUILDING
WITH AN ATYPICAL CROSS-SECTION

Soňa Medvecká¹, Oľga Ivánková², Marek Macák³

Abstrakt

V článku je vyjadrený súčiniteľ vonkajšieho tlaku c_{pe} pre výškovú budovu atypického pôdorysu. Pôdorys budovy je v tvare písmena „S“. Pre vyjadrenie súčiniteľa sme použili CFD počítačovú simuláciu v programe Ansys Fluent. Výpočet bol realizovaný pre 4 smery prúdenia vetra.

Kľúčová slova

Vietor, Ansys Fluent, súčiniteľ vonkajšieho tlaku.

Abstract

In this article an external pressure coefficient of a high-rise building with an atypical cross-section plan is calculated. The building's plan is in shape of letter „S“. The computer fluid simulation in Ansys Fluent was used to determine the coefficient. The calculation was performed for four wind flow directions.

Keywords

Wind, Ansys Fluent, external pressure coefficient.

1 Úvod

V súčasnosti preto pri návrhu budovy pri zaťažení od vetra postupujeme v zmysle platnej európskej normy [1], v ktorej sa nachádzajú hodnoty súčiniteľov vonkajšieho tlaku c_{pe} pre objekty s pravouhlým pôdorysom a tvaru valca. Tieto hodnoty boli stanovené na základe experimentálnych a empirických postupov. Pri budovách s atypickým pôdorysom môžeme určiť účinok vetra pomocou počítačovej simulácie CFD, experimentálnym meraním vo veternom tuneli alebo meraním in situ [2].

2 Charakteristika modelu

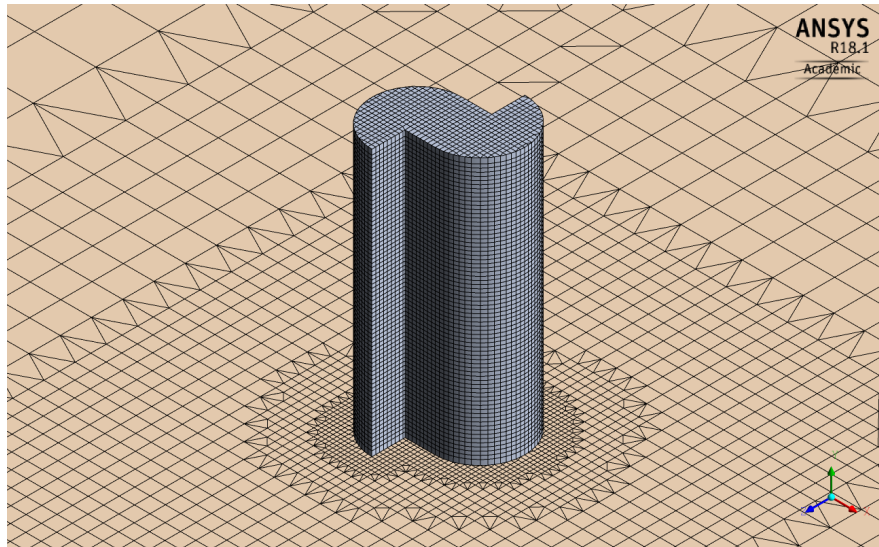
Pri počítačovej simulácii sme namodelovali model (obr. 1) v tvare „S“ pre štyri smery prúdenia vetra: 0°, 45°, 90° a 135°. Pôdorysné rozmery modelu sú 150x150 mm a výška 300 mm. Účinky vetra sme analyzovali pomocou 24 bodov nachádzajúcich sa v štyroch úrovniach: A (horný okraj), B (referenčná výška – 2/3H), C (stred) a D (dolný okraj). Pre počítačovú simuláciu sme použili ANSYS Fluent 18.2 [3], kde sme uvažovali

¹ Ing. Soňa Medvecká, STU Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, Radlinského 11, Bratislava, sona.medveckea@stuba.sk

² Doc. Ing. Oľga Ivánková, PhD. dtto, olga.ivankova@stuba.sk

³ Ing. Marek Macák, PhD., STU Stavebná fakulta, Katedra matematiky a deskriptívnej geometrie, Radlinského 11, Bratislava, marek.macak@stuba.sk

s turbulentným prúdením (RANS) pri referenčnej rýchlosti 13,54 m/s. Metódu sieťovania sme zvolili Cutcell. Pri počítačovej simulácii sme realizovali aj konvergenciu siete pre tri typy hustoty siete: hrubá, stredná a jemná.



Obr. 1: Pohľad na výpočtový model s jemnou hustotou výpočtovou sieťou

3 Záver

Pre budovu s pôdorysom v tvare písmena „S“ sme vyjadrili hodnoty súčiniteľov vonkajšieho tlaku pre štyri úrovne po výške modelu pri prúdení v štyroch smeroch. Extrémne hodnoty z CFD simulácií pre jednotlivé úrovne sa nachádzajú v tab. 1, kde maximálny tlak bol v úrovni A (pri hornom povrchu) s hodnotu 0,85 a pre sanie -1,79.

| Extrémne hodnoty | | Úroveň A | | Úroveň B | | Úroveň C | | Úroveň D | |
|------------------|-------|-------------|----|--------------|-----|----------|-----|----------|-----|
| CFD | Tlak | 0,85 | 0° | 0,82 | 45° | 0,76 | 45° | 0,61 | 45° |
| Simulácia | Sanie | -1,33 | 0° | -1,79 | 45° | -1,73 | 45° | -1,29 | 45° |

Tab. 1: Extrémne hodnoty c_{pe} pre jednotlivé analyzované úrovne.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol za finančnej podpory grantovej agentúry MŠ SR prostredníctvom VEGA 01/0544/15.

Literatúra

- [1] STN EN 1991-1-4: Zaťaženie konštrukcií. Časť 1-4: Zaťaženie vetrom.
- [2] HUBOVÁ, O., KONEČNÁ, L.: The Influence of the Wind Flow Around the Free Ends of High-Rise Building on the Values of External Wind Pressure Coefficients. In: *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 837, 2016, p. 203-208., ISSN 1660-9336
- [3] ANSYS Inc.: ANSYS Fluent User's Guide, Release 18.1, 2017.

NIEKTORÉ VLASTNOSTI POZDĹŽNYCH NEROVNOSTÍ ASFALTOVÝCH VOZOVIEK

SOME FEATURES OF LONGITUDINAL UNEVENNESS OF ASPHALT PAVEMENTS

Jozef Melcer¹, Mária Kúdelčíková²

Abstrakt

Nerovnosti vozovky predstavujú hlavný zdroj kinematického budenia vozidla. Nerovnosť musí byť nejakým spôsobom zmapovaná a matematicky opísaná. Pretože nerovnosť je náhodná veličina, na jej opis sa používajú metódy matematickej štatistiky. Štatistické súbory slúžia ako vstupy pre numerické výpočty. Predložený príspevok analyzuje štatistické charakteristiky dvoch pozdĺžnych profilov v ľavej a pravej stope vozidla.

Kľúčové slová

Nerovnosti vozoviek, kinematické budenie, štatistické charakteristiky.

Abstract

Road unevenness represents the main source of kinematical excitation of vehicle. Unevenness must be mapped in some way and mathematically described. Because the unevenness is random variable, for their description the methods of mathematical statistics are used. Statistical files serve as inputs for numerical computations. The submitted paper analyses the statistical characteristics of two longitudinal profiles in left and right tracks of vehicle.

Keywords

Road unevenness, kinematical excitation, statistical characteristics.

1 Profily vozovky a ich charakteristiky

Pre potreby tohto príspevku boli pozdĺžne profily asfaltovej vozovky v ľavej a pravej stope vozidla získané zariadením typu vibrograf [1]. Hodnoty boli zaznamenané na úseku dlhom 105,9 m s krokom 0,3 m. Každý súbor obsahoval 354 vzoriek. Pre potreby ďalších štatistických analýz bol každý súbor prevzorkovaný tak, aby obsahoval $N = 2^{13} = 8192$ vzoriek. Pre výpočet medzilahlých hodnôt sa použila lineárna aproximácia. Všetky ďalšie analýzy sa vykonali z týchto nových súborov. Vo všeobecnosti sa tvrdí, že hustoty rozdelenia výšok nerovností sa riadia Gaussovým zákonom normálneho rozdelenia [2].

V ďalšom kroku sa vypočítali základné číselné charakteristiky pozdĺžnych profilov. Ich hodnoty sú usporiadané v tab. 1.

¹ Prof. Ing. Jozef Melcer, DrSc., Žilinská univerzita, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky a aplikovanej matematiky, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovenská republika, jozef.melcer@fstav.uniza.sk

² Doc. Ing. Mária Kúdelčíková, PhD., Žilinská univerzita, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky a aplikovanej matematiky, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovenská republika, jozef.melcer@fstav.uniza.sk

| | ul | ur |
|------------------------------------|------------------------|------------------------|
| Stredná hodnota \bar{u} | 0,19e-10 mm | 8,04e-10 mm |
| Stredná aritmetická odchýlka R_a | 2,679 mm | 5,166 mm |
| Stredná kvadratická odchýlka R_q | 3,325 mm | 6,158 mm |
| Rozptyl - disperzia σ^2 | 11,056 mm ² | 37,931 mm ² |
| Efektívna hodnota RMS | 3,325 mm | 6,158 mm |
| Koeficient asymetrie R_{sk} | -0,051 | -0,042 |
| Koeficient špicatosti R_{ku} | 2,796 | 2,162 |
| Hĺbka najhlbšej priehlbiny | -9,281 mm | -15,192 mm |
| Výška najvyššieho výstupku | 8,564 mm | 12,994 mm |
| Celková výška profilu | 17,845 mm | 28,186 mm |

Tab. 1: Číselné charakteristiky ľavého a pravého pozdĺžneho profilu

Kvalitu povrchu vozovky je možné posudzovať pomocou viacerých kritérií. V zmysle normy ISO 8608 [3] je možné vozovky zaradiť do 8 kategórií A – H na základe výkonových spektrálnych hustôt nerovností. Ak sa výkonová spektrálna hustota zobrazí v logaritmickej mierke, jej obrazom je priamka. Pri numerických simuláciách pohybu vozidla po vozovke je potrebné realizovať opačný proces ako pri meraní náhodných nerovností na vozovke. Je potrebné na základe známej výkonovej spektrálnej hustoty nerovností generovať náhodný pozdĺžny profil vozovky.

2 Záver

Nerovnosti povrchu vozoviek predstavujú hlavný zdroj kinematického budenia vozidla. Pri numerických simuláciách pohybu vozidla po vozovke predstavujú dôležitú vstupnú veličinu. Preto je potrebné nerovnosti mapovať, matematicky ich popísať v duchu teórie štatistiky a následne ich spracovať do podoby potrebnej pre realizáciu rôznych druhov dynamických výpočtov. Možnosti využitia takto získaných údajov sú rôzne [4].

Podakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou Grantovej agentúry VEGA (grant č. 1/0005/16).

Literatúra

- [1] DECKÝ, M., KOVÁČ, M.: *Pozdĺžna rovnosť vozoviek pozemných komunikácií*. EDIS vydavateľstvo ŽU, 2014, 222 s.
- [2] RILL, G.: *Road vehicle dynamics*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, 2012, 331 p.
- [3] STN ISO 8608 Mechanické kmitanie. Profily povrchu cesty. Zaznamenávanie nameraných údajov. Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo SR, december, 2000
- [4] MIKUŠOVÁ, M.: Joint efforts needed to prevent traffic accidents, injuries and fatalities. *WIT Transactions on the Built Environment*, 2013, 134, pp. 503-514.

DECISION-MAKING ABOUT MONITORING OF DETERIORATING INDUSTRIAL CHIMNEYS USING VOI ANALYSIS

Jan Mlčoch¹, Miroslav Sykora²

Abstract

An industrial chimney serves as an example where the corrosion of the reinforcement caused by the carbonation of the concrete cover is a factor dominating time-dependent reliability. All essential decision alternatives for chimney affected by degradation are compared using a value-of-conditional-information analysis - posterior analysis that evaluates whether monitoring costs are outweighed by the gain of new information. The results of the analysis should support decisions about reliability of other existing reinforced concrete structures.

Keywords

Carbonation, concrete cover, reliability, industrial chimney, monitoring

1 Introduction

Industrial reinforced concrete chimneys were commonly designed for service life of 40 years using deemed-to-satisfy rules. However, many of these structures are in operation for longer periods and their durability seems to be insufficient. In the case study the service life of a 40-year old industrial chimney should be extended for the next ten years. Volume of information (VoI) analysis allows comparing all essential decision alternatives - repair, monitoring, or no action.

2 Reliability analysis

Reliability analysis is focused on structural resistance affected by deterioration, loads are not considered for the sake of simplification. The resistance model assumes that the structural strength is directly proportional to the area of vertical reinforcement A_s . More information on the case study is provided in [1]. It is assumed that the structure was designed to achieve the target reliability index $\beta_0 = 3.8$, EN 1990. Time-dependent reliability index β_t is obtained from equation:

$$R_d = E_d = \mu_{R0} \exp(\alpha \beta_0 V_{R0}) = \mu_{R(t)} \exp(\alpha \beta_t V_{R(t)}) \quad (1)$$

where R_d denotes the design resistance, E_d design load effect, α sensitivity factor of a random variable, and $\mu_{R(t)}$ and $V_{R(t)}$ are the mean and coefficient of variation of resistance, respectively, affected by corrosion in time t . The Monte Carlo method has been used to estimate structural reliability.

The prior information of carbonation depth is based on the model described in [2]. To improve information about carbonation rate, 10 measurements of depth of carbonation

¹ Ing. Jan Mlčoch, jan.mlcoch@cvut.cz

² doc. Ing. Miroslav Sýkora, Ph.D., miroslav.sykora@cvut.cz

CTU in Prague, Klokner institute, Department of Structural Reliability, Solinova 7, Prague 6, 16608

were obtained. The prior information and information obtained from the measurement were combined using Bayesian updating.

3 VoI analysis

Volume of Information (VoI) is described by equation:

$$V = B_1 - B_0 \quad (2)$$

Where B_0/ B_1 are maximized expected benefits without/with additional information (10 measurements of carbonation depth in this case). B_0/ B_1 are described as follows:

$$B_0 = \min [P_F \cdot C_F; P_{F,UP} \cdot (C_F + C_{UP}) + P_{NF,UP} \cdot C_{UP}]$$

$$B_1 = \min [P'_F \cdot (C_F + C_T) + P'_{NF} \cdot C_T; P'_{F,UP} \cdot (C_F + C_{UP} + C_T) + P'_{NF,UP} \cdot (C_{UP} + C_T)]$$

where the following probabilities and costs are defined for $t = 50$ y.:

- P_F / P_{NF} : probability of Failure/Not failure of the non-upgraded structure,
- $P_{F,UP} / P_{NF,UP}$: probability of Failure/Not failure of the upgraded structure,
- P'_F / P'_{NF} : updated probability of Failure/Not failure of the non-upgraded structure,
- $P'_{F,UP} / P'_{NF,UP}$: updated probability of Failure/Not failure of the upgraded structure.
- C_F - Cost of failure - Costs associated with downtime + costs of eliminating the consequences of failure
- C_{UP} - Cost of upgrade - Concrete cover is replaced in severally deteriorated areas, structural surface is cleaned and coating is applied on the surface.
- C_T - Cost of testing - 10 carbonation depth measurements

4 Conclusions

The case study of an industrial chimney illustrates the application of a procedure for reliability analysis of reinforced concrete structures and decision making based on the VoI analysis. Posterior analysis based on updated carbonation depth shows that the best option for maximum benefits is not to upgrade the chimney. A positive value of VoI indicates that measurements used to update the probabilistic model are economically beneficial. It appears that VoI analysis can support optimisation of monitoring and maintenance strategies.

Acknowledgements

This work has been supported by the CTU in Prague under Grant SGS18/164/OHK1/2T/31 and by the Technology Agency of the Czech Republic under Grant TE01020068.

Publications

- [1] SYKORA M., MARKOVA J., MLCOCH J., MOLNAR J. AND PRESL K.. Predicting Service Life of Chimneys and Cooling Towers based on Monitoring. In Proc. *fib* Symposium 2017, 12-14 June 2017, Maastricht. Lausanne : fib, p. 1671-1679
- [2] HOLICKÝ M, HOLICKÁ N. Probabilistic optimisation of concrete cover exposed to carbonation, In Proc. ConcreteLife'06, : RILEM Publications SARL, 2006, p. 384-93.

ACCELERATION RESPONSE OF THE RAILWAY BRIDGES – VERIFICATION OF THE LIMIT STATE

Milan Moravčík¹, Martin Moravčík²

Abstract

The vertical mid-point acceleration of the simply supported railway bridge of the length $L_b=38$ m subjected to bogie forces of the conventional IC train is analysed in this paper. The closed-form solution of the bridge response with the intention to resonance and cancellation effects is applied. The acceleration response is investigated for modes of vibration $j=1$ and $j=1+3$ because higher modes can have significant influence on the acceleration amplitude.

Keywords

Dynamic response of the railway bridges, acceleration, resonant speed, modal superposition method.

1 Introduction

Dynamic response of railway bridges subjected to the real trains moving at the speed c most often evaluates as the dynamic displacement ${}^{(c)}w(x,t)$ and the acceleration ${}^{(c)}\ddot{w}(x,t)$. In this direction the most analyses is formed for the load considered as a single point load (the axle loads P_{ax} or the bogie loads P_{bg}), but the practical case of the response is a bridge subjected to the passage of the whole of trains. At present time, the actual question becomes vibration of railway bridges due to train moving at speeds above 200 km/h. It poses dynamic problems of higher order, due to the possibility of resonance effects and their possible limitation, considering the typical distances between concentrated loads P with a characteristic interval $d_{ch} = d_v, d_{c1}, d_{c2}$ and the natural vibrations $\omega_{(j)}$ of the bridge and his length L_b . The presented numeric study is focused to the loads by conventional IC passenger trains running on the Slovak railways lines, Fig. 1.

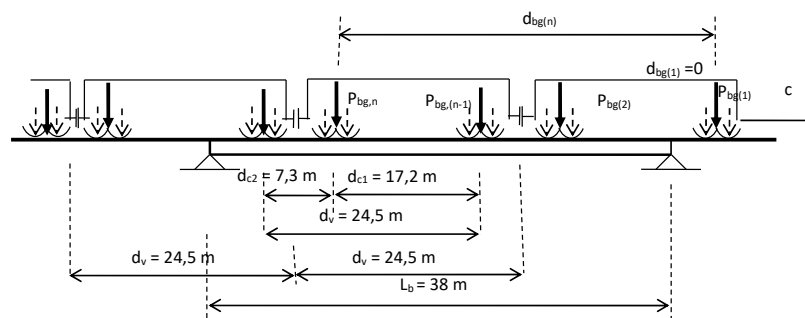


Fig. 1. Simply supported bridge subjected to series moving loads – bogie loads of IC-cars.

¹ Milan Moravčík, Emeritus professor, University of Žilina, Faculty of Civil Engineering, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, (milan.moravcik@fstav.uniza.sk)

² Martin Moravčík, Doc. Ing. PhD, University of Žilina, Faculty of Civil Engineering, (martin.moravcik@fstav.uniza.sk)

In this study, the acceleration response of the small and medium weakly damped bridges ($\xi_d < 0,05$) modelled as a simply supported 2D beam, subjected to a row of bogie forces $P_{bg,n} n=1, 2, \dots, N$ IC-cars is presented. The acceleration response is focussed on the mid-point response ${}^{(c)}\ddot{w}_{(j),(P_{bg11}+\dots+P_{bgm2})}(L_b/2, t)$ considering $j=1$ and $j=1+3$ modes of vibration and to evaluate the impact of individual components on the acceleration. The acceleration response of the bridge is investigated for (1) the resonance train speed $c=65$ m/s=234 km/h, and (2) for the speed $c=57$ m/s = 207 km/h making a cancellation phenomenon on the response. For these cases modes of the vibration $j=1$ and $j=1+3$ are taken into account because higher modes can have significant influence on the acceleration amplitude.

2. Complex acceleration due to the loads moving over the beam and the loads moving out the beam for the resonant speed $c=65$ m/s=234 km/h, for the modes $j=1+3$

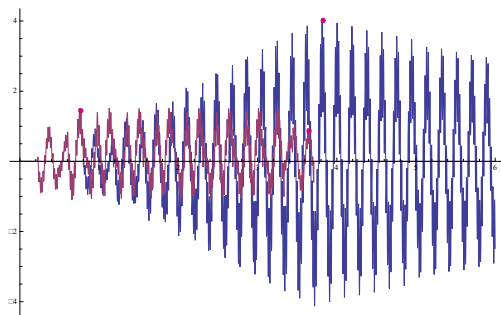
The complex response ${}^{(c=65)}\ddot{w}_{(j=1+3),(P_{bg11}+\dots+P_{bg82})}(L_b/2, t)$ for the modes $j=1+3$ is obtained by the superposition: (1) For the loads moving over the beam and (2) For the loads moving out the beam, Fig. 2.

$${}^{(c=65)}\ddot{w}_{(j=1+3),(P_{bg11}+\dots+P_{bg82})}(L_b/2, t) = {}^{(c=65)}\ddot{w}_{(j=1+3),(P_{bg11}+\dots+P_{bg82})}^{(A)}(L_b/2, t) + {}^{(c=65)}\ddot{w}_{(j=1+3),(P_{bg11}+\dots+P_{bg82})}^{(2)*}(L_b/2, t)$$

a/ Components

$${}^{(c=65)}\ddot{w}_{(j=1+3),(P_{bg11}+\dots+P_{bg82})}^{(A)}(L_b/2, t)$$

$${}^{(c=65)}\ddot{w}_{(j=1+3),(P_{bg11}+\dots+P_{bg82})}^{(2)*}(L_b/2, t)$$



b/ Total acceleration

$${}^{(c=65)}\ddot{w}_{(j=1+3),(P_{bg11}+\dots+P_{bg82})}^{(C)}(L_b/2, t)$$

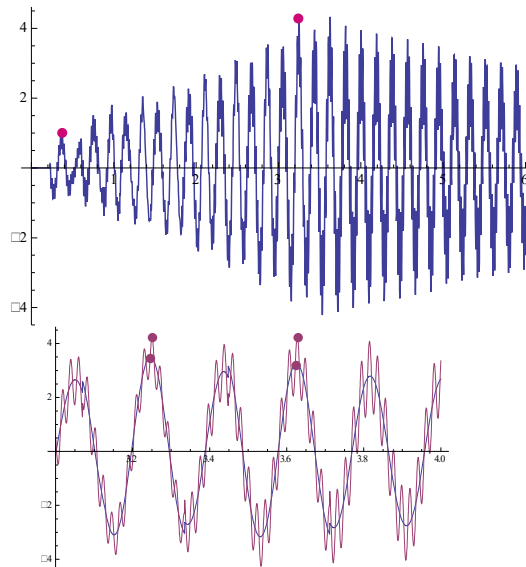


Fig. 2. The complex acceleration response ${}^{(c=65)}\ddot{w}_{(j=1+3),(P_{bg11}+\dots+P_{bg82})}^{(C)}(L_b/2, t)$ of the bridge due to loads $16xP_{bg}(8 \text{ IC-cars}) = 16x256 \text{ kN}$ for the time $t=6 \text{ s}$ and $t=3 \div 4 \text{ s}$.

3 Acknowledgment

This study was supported by the Grant VEGA No. 1/0336/15 and No. 2/0033/15 of the Grant Agency of the Slovak Republic.

STRESS FIELD AND STRUT-AND-TIE ANALYSES OF RC DEEP BEAM

Jaroslav Navrátil¹, Tran Dang Bao²

Abstract

Reinforced concrete deep beams are widely used structural elements in building construction. The Strut and Tie Method, which is recommended by the Eurocode and by the code of American Concrete Institute, is used to calculate the internal forces and to design the deep beams for the ultimate limit state. Stress Field Method can provide more visualized results of deep beams, walls and details for both ultimate and serviceability limit states. The objective of his paper is to compare the design of RC deep beam using both methods.

Keywords

Concrete, Deep Beam, Wall, Discontinuity Region, Strut, Tie, Stress Field.

1 Introduction

Strut-and-Tie (STM) and Stress Field Methods (SFM) can be used for the design of discontinuity regions of reinforced concrete members such as deep beams, diaphragms, walls, brackets, areas around opening, anchorage zones, etc. STM is widely used in today's practice for hand calculations or it is frequently implemented in single-purpose programs or Excel design sheets. It is simple to use with clear link-up with contemporary national standards, but it is limited to the verification of Ultimate Limit State (ULS). Above that, the author's experience is that even professionals have inadequate knowledge of the main principles for the creation of the models in cases of atypical details. Simplified assumptions of SFM are similar to the ones used in hand calculations, but the method is improved to allow ductility and Serviceability Limit State (SLS) verifications. SFM can be seen as a generalized Strut-and-Tie Method, in which 2D members with stresses instead of force resultants are considered. The method is based on clear material properties and strength criteria corresponding with the ones used in national codes and regulations, [3]. Despite the obvious benefits, the method is not as widely used in common practice as STM.

2 Objectives

To demonstrate the potential of SFM, the assessment of well-known example of deep beam with a large opening [5] was performed using both methods in Eurocode context [1]. The results of both analyses were compared. The influence of (i) detailing - impact of anchorage, transverse reinforcement in concrete strut, and (ii) model parameters was

¹ Doc. Ing. Jaroslav Navrátil, CSc., VSB–Technical University of Ostrava, Department of Building Structures, Ostrava, Czech Republic, jaroslav.navratil@vsb.cz

² Ing. Tran Dang Bao, Faculty of Civil Engineering of Thu Dau Mot University, PhD Candidate of Ton Duc Thang University, Ho Chi Minh City, Viet Nam, baotd@tdmu.edu.vn

investigated with respect to ultimate load and mode of failure. SLS verifications were performed by SFM in order to examine to which extent the ULS assessment by STM is sufficient for deep beam design. The efficiency of topological optimization [2] for the design of the positions and directions of reinforcement bars was studied.

3 Conclusion

The study has shown (i) wider possibilities to prove structural safety and reliability by SFM than the STM would allow, (ii) an excellent agreement of the results in ULS checks viable by both methods, (iii) ability of SFM to perform SLS verifications (iv) possibility to optimize the positions and directions of reinforcement bars.

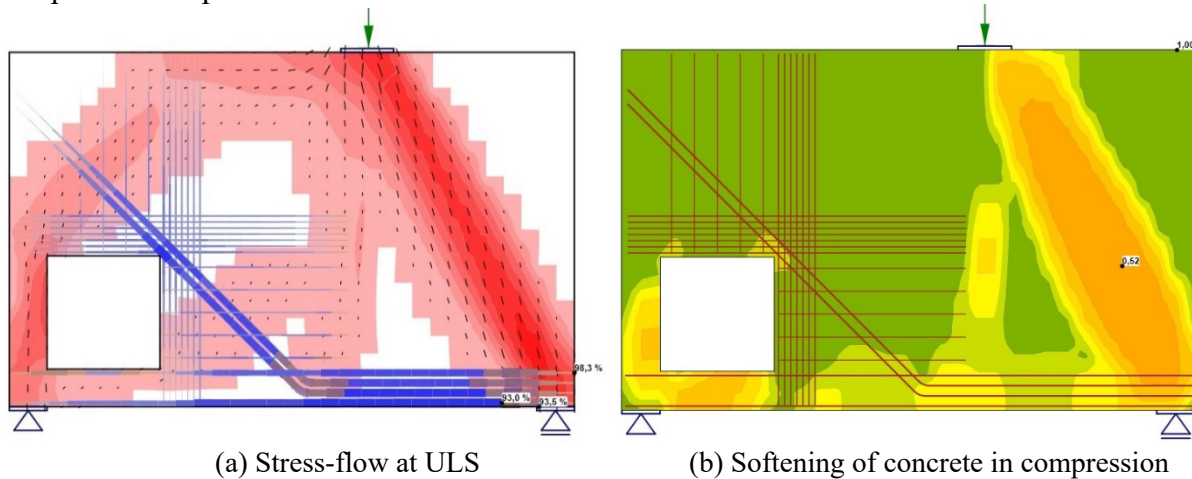


Fig. 1 ULS verification using Stress Field Method in IDEA StatiCa [4]

Acknowledgement

This outcome has been achieved with the financial support of the project GACR No. 16-08937S “State of stress and strain of fibre reinforced composites in interaction with the soil environment. Computer program for Stress Field Method was developed jointly by ETH Zürich and Idea StatiCa as a part of the DR-Design Eurostars-10571 project and has received partial funding from the Eurostars-2 joint programme with co-funding from the European Union Horizon 2020 research and innovation programme.

Literature

- [1] EN 1992-1-1 *Eurocode 2, Design of Concrete Structures – Part 1: General rules and rules for buildings*, European Committee for Standardization, 2015.
- [2] KONEČNÝ, M., KABELÁČ, J., NAVRÁTIL, J. Use of topology optimization in concrete reinforcement design, In: *Sborník ke konferenci 24. BETONÁŘSKÉ DNY 2017*, Czech Republic, 2017
- [3] MATA-FALCÓN, J., TRAN, D., T., KAUFMANN, W., NAVRÁTIL, J. Computer-aided stress field analysis of discontinuity concrete regions, In: *Proceedings of EURO-C 2018 Computational Modelling of Concrete Structures*, CRC Press, Austria, 2018, pp. 641-650.
- [4] NAVRÁTIL, J., ŠEVČÍK, P., KABELÁČ, J. Návrh, výpočet a posouzení stěn a detailů betonových konstrukcí, *Materiály pro stavbu*, No. 3, 2018
- [5] SCHLAICH, J; SCHAEFER, K, JENNEWEIN, M Towards a Consistent Design of Structural Concrete, *PCI Journal*, V.32, No.3, 1987, pp. 74-150.

GENERALIZATION OF COLORING LINEAR TRANSFORMATION

Lukáš Novák¹, Miroslav Vořechovský²

Abstract

The paper is focused on linear transformations between correlated and uncorrelated Gaussian random vectors. Two well-known linear transformation techniques, namely the Cholesky decomposition and Eigen-decomposition (principal component analysis), are shown to be special cases of the generalized transformation presented in the paper. Conclusions presented herein may be useful for structural reliability analysis with correlated random variables/fields.

Keywords

Linear transformation, correlation, Cholesky decomposition, Eigen-decomposition.

1 Motivation

Probabilistic engineering analyses such as statistical, sensitivity and reliability analyses, often must consider statistical dependencies among random variables. Most of the methods for generation and analysis of correlated random variables is based on linear transformations between uncorrelated and correlated Gaussian random vectors. One of the simplest applications of the linear transformation is the generation of realizations from correlated random vector using Monte Carlo type simulation techniques [1,2].

Let $\mathbf{Z} \sim N(0, \mathbf{I})$ be the Gaussian random column vector for which expected value $E[Z_i Z_j] = \delta_{ij}$, i.e. columns of \mathbf{Z} are uncorrelated. We would like to transform \mathbf{Z} to Gaussian random vector $\mathbf{X} \sim N(0, \mathbf{\Sigma})$, where $\mathbf{\Sigma} = E[\mathbf{X}\mathbf{X}^T]$ is target covariance matrix (symmetric and positive definite). A linear transformation of \mathbf{Z} to \mathbf{X} (coloring) by using square transformation matrix \mathbf{A} then reads:

$$\mathbf{X} = \mathbf{A}\mathbf{Z} \quad (1)$$

There are two well-known choices for \mathbf{A} : \mathbf{A}_{chol} from the Cholesky decomposition of $\mathbf{\Sigma}$ and \mathbf{A}_{eig} from the Eigen-decomposition of $\mathbf{\Sigma}$ [3]. Illustration of linear transformation based on the Cholesky and Eigen decomposition for two-dimensional case is depicted in Figure 1, where $\boldsymbol{\lambda}$ is a diagonal matrix of eigenvalues of $\mathbf{\Sigma}$ and $\boldsymbol{\Phi}$ is the matrix of eigenvectors associated with the eigenvalues.

2 Generalization of linear transformation

The equivalence of both methods is proved in the full paper. However, the position of transformed realizations of random vectors is dependent on the utilized method. It can be shown easily that the transformed realizations have different positions on the same ellipsis representing points at the same Mahalanobis distance. This is because \mathbf{A}_{chol} is a lower triangular matrix while \mathbf{A}_{eig} is not. Cholesky decomposition is commonly utilized in structural reliability analysis and it is easy to use. On the other hand, Eigen-

¹ Ing. Lukáš Novák, Brno University of Technology, Faculty of civil engineering, Institute of Structural Mechanics, Veveri 331/95, Brno, Czech Republic, novak.l@fee.vutbr.cz

² Prof. Ing. Miroslav Vořechovský, Ph.D., Brno University of Technology, Faculty of civil engineering, Institute of Structural Mechanics, Veveri 331/95, Brno, Czech Republic, vorechovsky.m@vut.cz

decomposition has several advantages, e.g. transformed realizations to correlated space \mathbf{X} keep the original pattern from uncorrelated space \mathbf{Z} and the significant advantage is the possibility of dimensional reduction using the transformation for computational purposes.

The generalized transformation matrix is obtained using \mathbf{A}_{eig} by post-multiplication by an arbitrary orthogonal matrix. There is an infinite number of possible linear transformations corresponding to the target covariance matrix. It can be shown that Cholesky decomposition and Eigenvalue decomposition are special cases of the generalized linear transformation, which is derived in the full paper.

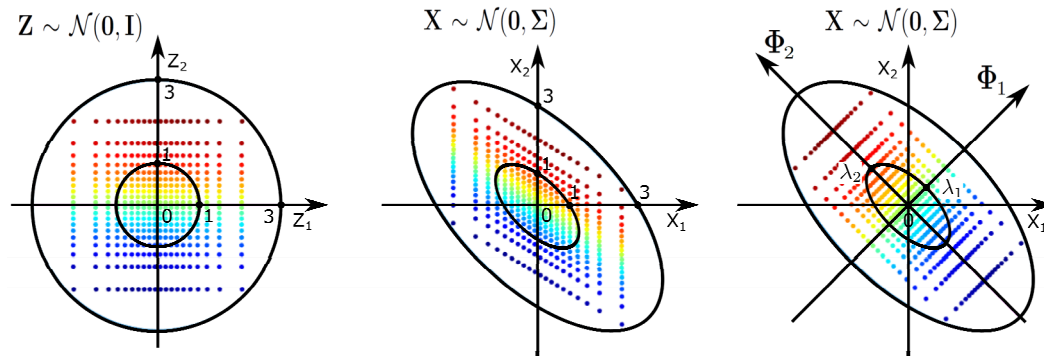


Figure 1 Linear transformations of the original sample from \mathbf{Z} (left), selected as an orthogonal grid of points. The sample of \mathbf{X} is obtained from \mathbf{Z} using: Cholesky decomposition (middle) and Eigen-decomposition (right).

3 Conclusion

In this paper, two well-known linear transformations of Gaussian random vectors are reviewed and their relationship clarified. It is shown that the Cholesky and Eigen-decomposition are special cases of the generalized transformation presented in the full paper. The linear coloring transformations find many applications in probabilistic modeling involving correlated random variables. One can name e.g. Nataf transformation to build a general non-Gaussian joint distribution function, FORM and SORM, generation of random fields and many others.

Acknowledgement

The work of the first author has been supported by the Czech Ministry of Education, Youth and Sports under project No. FAST-J-18-5309. The second author was supported by the Czech Science Foundation under project No. GA16-22230S. This support is gratefully acknowledged.

References

- [1] VOŘECHOVSKÝ, M. a D. NOVÁK. Correlation control in small sample Monte Carlo type simulations I: A Simulated Annealing approach. *Probabilistic Engineering Mechanics. Elsevier*, 2009, vol. 24, i. 3, p. 452-462. ISSN 0266-8920.
- [2] DER KIUREGHIAN, A. a P.-L. LIU. Structural Reliability under Incomplete Probability Information. *Journal of Engineering Mechanics. ASCE*, 1986, vol. 112, i. 1, ISSN 0733-9399.
- [3] JAMES E. GENTLE. *Computational statistics*. New York: Springer Verlag, 2009. Statistics and Computing Series. ISBN 978-0-387-98143-7. 727 p.

ANALÝZA KONSTRUKCE ČERNÉHO MOSTU V HODONÍNĚ

ANALYSIS OF CONSTRUCTION OF BLACK BRIDGE IN HODONÍN CITY

Michal Okánik¹, Jakub Sobek²

Abstrakt

Článek se zabývá statickou analýzou Černého mostu ve městě Hodonín. Výpočtový model konstrukce je vytvořen v systému ANSYS dle stávající projektové dokumentace, následně aplikovány okrajové podmínky (včetně řešení základové konstrukce umístěné na pilotách). Součástí je ověření nosných částí konstrukce dle platných norem ČSN EN, včetně ověření únosnosti konstrukce na současné dopravní omezení.

Klíčová slova

ANSYS, ČSN EN, mostní konstrukce, MKP, piloty, základová půda.

Abstract

Paper deals with static analysis of the Black bridge in Hodonín city. The numerical model of its construction is created in ANSYS sw. according to the current project documentation, followed by the application of all boundary conditions (including the solution of foundation soil placed on the piles). Verification of the main construction parts is done according the ČSN EN standards, accompanied by the verification of the load carrying capacity of the structure (respecting the current traffic limitation).

Keywords

ANSYS, bridge construction, ČSN EN, FEM, foundations, piles.

1 Úvod

Konstrukce stávajícího Černého mostu ve městě Hodonín je navržena jako náhrada původní dřevěné konstrukce mostu vedoucího přes frekventovanou železniční trať Břeclav – Přerov. Samotná původní konstrukce mostu byla shledána jako nevyhovující z důvodu šířkového uspořádání dřevěné mostovky, dále nízké únosnosti opěr ze smíšeného zdiva, ale především kvůli nevyhovujícímu stavu dřevěných pilot. Z uvedených důvodů byla v roce 1961 provedena generální oprava na současný stav [1].

Stávající konstrukcí mostu vede Silnice II/432 propojující okresy Hodonín a Kroměříž s délkou 79 km. Je to jedna z hlavních komunikací vedoucích Středomoravskými Karpaty. V úseku mezi Kroměříží a Hulínem plní funkci objízdne trasy pro případ uzavření dálnice D1. Neslouží pro poježdění speciálních vozidel či nadměrných nákladů, z toho důvodu,

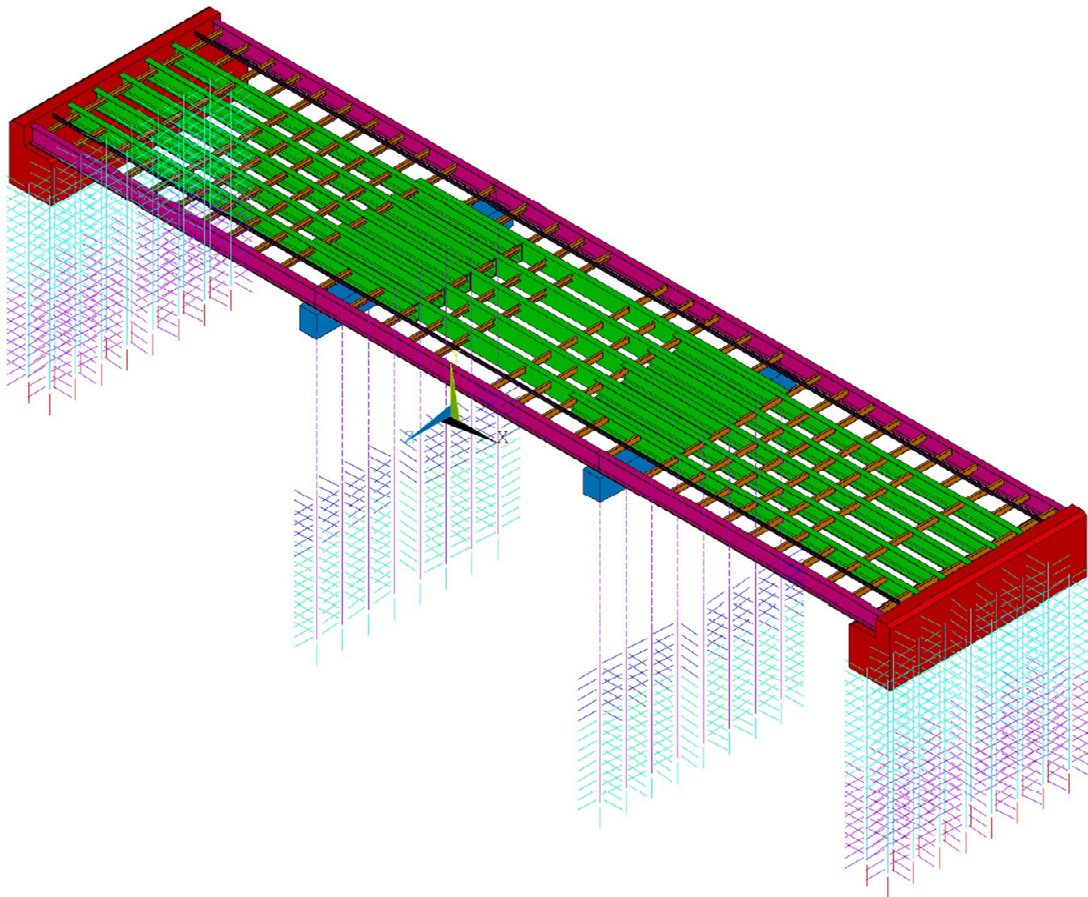
¹ Ing. Michal Okánik, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, e-mail: okanik.michal@gmail.com

² Ing. Jakub Sobek, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, tel.: (+420) 541 147 116, e-mail: jakub.sobek@vut.cz

a také z důvodů malých poloměrů zakružovacích oblouků komunikace před a za mostem, se neuvažuje zatížení speciálními vozidly.

Mostní prohlídka z roku 2015 [2] zjistila řadu nedostatků a část z nich vyřešila částečná rekonstrukce společně se stanovením omezení dopravy pro těžká vozidla na jedno samostatné vozidlo o maximální hmotnosti 24 t.

Zjištění, zda konstrukce mostu vyhovuje dle aktuálních normativních požadavků (zejména na zatížitelnost konstrukce) bylo zcela na místě. K účelu statické analýzy bylo přikročeno k vytvoření výpočtového prostorového modelu, respektujícímu vliv okrajových podmínek v podobě založení konstrukce, zatížení dle ČSN EN [3,4,5].



Obr. 1: Prostorový výpočtový model konstrukce – nosná část roštu bez žb. mostovky

Poděkování

Článek byl vytvořen v rámci řešení projektu č. LO1408 "AdMaS UP – Pokročilé stavební materiály, konstrukce a technologie" podporovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy v rámci účelové podpory programu „Národní program udržitelnosti I“.

Literatura

- [1] Technický projekt Rekonstrukce mostu ev. č. 12-110-011 přes dráhu Břeclav – Přerov u Hodonína, 1958.
- [2] Most 432-040 Hlavní prohlídka, most ve městě Hodonín, 2015.
- [3] ČSN EN 1991-2 Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou, 2005.

STABILITNÝ VÝPOČET ZEMNÉHO TELESÁ HRÁDZE

STABILITY CALCULATION OF EARTH DAM BODY

Eva Panulinová¹, Slávka Harabinová², Eva Kormaníková³

Abstrakt

V článku je analyzovaná stabilita svahu vodnej stavby v štyroch priečných profiloch. Na simuláciu a výpočet stability svahu zemnej hrádze bol použitý softvérový balík GEO 5. Výpočet bol vykonaný v konkrétnych profiloch vzdušný a návodný svah priehrady Domaša. Na stanovenie kritických faktorov bezpečnosti boli použité metódy Bishop, Petterson a Sarma.

Klíčová slova

Stabilita svahu, stupeň stability, Pettersonova, Bishopova, Sarmova metóda, GEO5.

Abstract

The slope stability of a water construction in four cross-profiles is analyzed in the article and the factors of safety reviewed. The GEO 5 software package for slope stability calculations is an essential component of work. The computer software was employed to simulate and calculate the stability in the particular profiles of the downstream and upstream slopes of the Domaša Dam. Bishop, Petterson and Sarma methods were applied to determine the critical factors of safety.

Keywords

Slope stability, safety factor, Petterson, Bishop, Sarma method, software GEO5.

Úvod

Stabilita a bezpečnosť vodných diel je jedným zo základných činiteľov pre ich spoľahlivú a bezporuchovú prevádzku. Priehrady sú vzdúvacie stavby vybudované naprieč údolím, za účelom vytvorenia vodnej nádrže. Pozostávajú z priehradnej hrádze a funkčných zariadení. Aby bolo možné predchádzať nepriaznivým situáciám, vykonáva sa ich technicko-bezpečnostný dohľad. Dôležitou oblasťou sledovania je stabilitná analýza svahu telesa hrádze [1].

Cieľom príspevku je analyzovať modely na výpočet stability, prostredníctvom zistenia stupňa stability F_s , ktorý sa definuje ako pomer pasívnych síl brániacim zosuvu k aktívnym silám, ktoré zosuv vyvolávajú.

¹ Ing. Eva Panulinová, PhD., Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, Ústav inžinierskeho staviteľstva, Vysokoškolská 4, 040 02 Košice, eva.panulinova@tuke.sk

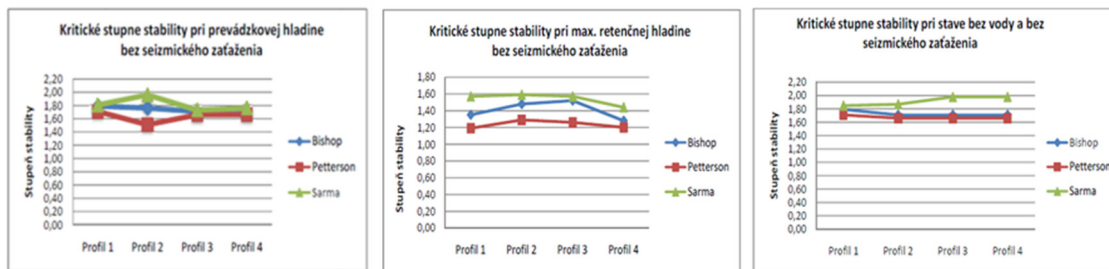
² Ing. Slávka Harabinová, PhD., Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, Ústav inžinierskeho staviteľstva, Vysokoškolská 4, 040 02 Košice, slavka.harabinova@tuke.sk

³ doc. Ing. Eva Kormaníková, PhD., Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, Ústav inžinierskeho staviteľstva, Vysokoškolská 4, 040 02 Košice, eva.kormanikova@tuke.sk

Modelový výpočet stability svahov

Podklady pre výpočet stability boli získané z pravidelných meraní od Vodohospodárskej výstavby š.p. Košice. Modelový výpočet bol vykonaný pre zemnú hrádzu na priehrade Domaša v 4 profiloch pre stav bez seizmického zaťaženia.

Výpočty stability svahu boli urobené pre vzdušný a návodný svah hrádzy. V modelovom výpočte bol stupeň stability svahov zisťovaný Bishopovou, Pettersonovou a Sarmovou metódou [2,3,4]. Poloha šmykovej plochy bola optimalizovaná programom GEO5 [5]. Optimalizovaním sa získal najnepriaznivejší stupeň stability svahu. Výpočty boli realizované pre rôzne hladiny vody v nádrži, a to prevádzkovú hladinu, maximálnu retenčnú hladinu a stav bez vody - Obr. 1.



Obr. 1 Porovnanie výpočtom získaných hodnôt kritického stupňa stability

Záver

Najnepriaznivejšie výsledky boli dosiahnuté Pettersonovou metódou, ktorá však nezohľadňuje spolupôsobenie susedných prúžkov, čo znamená určité nepresnosti vo výpočte. Najvyššie stupne stability boli získané výpočtom podľa Sarmu. V profile 2, pri prevádzkovej hladine, sa dosiahol vysoký stupeň stability, aj keď, vzhľadom na zloženie podložia a veľkosť prísypu by sa očakávali výrazne nižšie hodnoty. Preto za najoptimálnejšiu metódu pre výpočet stability svahov pre zemné heterogénne hrádzy priehrad, akou hrádza priehrady Domaša bezpochyby je, je možné považovať Bishopovu metódu.

PodĎakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou projektu. VEGA 1/0477/15 Numerická analýza a modelovanie interakčných úloh viacvrstvových kompozitných konštrukčných prvkov.

Literatúra

- [1] BEDNÁROVÁ, E., LUKÁČ, M. Navrhovanie a prevádzka vodných stavieb. Bratislava, JAGA, 2006.
- [2] BULATOV, G., VATIN, N., NEMOVA, D., IBRAEVA, Y., TARASEVSKII, P. Computing Values of Crack Characteristics in Earth Dam. Applied Mechanics and Materials, pp 725–726, 2014.
- [3] PANULINOVÁ, E., HARABINOVÁ, S. Methods for Analyzing the Stability of an Earthen Dam Slope. Advanced Materials Research, Vol. 969, pp. 245-248, 2014.
- [4] K. DUNČÁKOVÁ, Posúdenie zemného telesa vodnej stavby, Diplomová práca, 2013.
- [5] <http://www.fine.cz/geotechnickysoftware/napoveda/stabilita-svahu/>(cit. 30.4.2018)

RHEOLOGICAL, MECHANICAL AND X-RAY INVESTIGATION OF SELF-COMPACTING CONCRETE WITH STEEL FIBRES

Tomasz Ponikiewski¹, Jacek Golaszewski²

Abstract

The paper presents results of tests on self-compacting mixtures with the addition of steel fibres (Steel Fibre Reinforced Self-Compacting Concrete). Four types of steel fibres at 3 levels of the volume ratio are considered. The results include studies on samples belonging to classes of slump flow SF , classes of viscosity T_{500} , and rheological tests. The studies were based on application of two rheometers for rheological properties of concrete mixtures - BT2 Rheometer and Viskomat XL. Additionally, a study of compressive strength $f_{cm,28}$ and flexural strength f_l was carried out on concrete SFRSCC. These studies have confirmed the possibility of using steel fibres in concrete SCC while maintaining the assumed technological parameters for concrete mixtures and, above all, their workability.

Keywords

steel fibres, self-compacting concrete, workability, rheometers, rheological properties, X-ray

1 Introduction

The analysis of the influence of fibres on the self-compacting and mechanical properties of concrete is one of the new tendencies in investigations of cement composites. The general improvement in the hardened self-compacting concrete properties with increased fibre volume is accompanied by lowered workability on casting. Other problems present themselves while dealing with the production of steel fibre modified SCC and their application. Therefore, the workability of SFRSCC as well as the effect of fibres on the properties of fresh and hardened concrete mixture should be well recognized. The SCC mixture design is not a simple task; every modification in precise dosage of components, variable materials and curing conditions can result in manufacturing of material without assumed properties: fluidity, ability to flow between the reinforcing bars as well as the resistance to segregation.

2 Research significance

Previous studies have shown the impact that the dimensions of a formed element have on the direction of fibres in the concrete mixture. Uneven and directional deployment of reinforcements in the technological process brings some problems tied to the randomness of fibre distribution in the volume of concrete. The analysis of mutually exclusive factors occurring with the addition of steel fibres to self-compacting concrete, namely the deterioration of workability, or even a complete loss of self-compatibility from one side to an increase in compressive concrete strength on the other, is discussed in this paper.

3 The assumptions and methodology of research

¹ Silesian University of Technology, Akademicka 5, 44-100 Gliwice, Poland, Tomasz.Ponikiewski@polsl.pl.

² Silesian University of Technology, Akademicka 5, 44-100 Gliwice, Poland, Jacek.Golaszewski@polsl.pl.

The results of workability tests of self-compacting cement mixtures modified with steel fibres in rheological context are presented in this paper. The research was carried out with the rheometrical workability test (RWT) conducted with a rheometer for mortars and concrete mixtures - Rheometer BT2 and Viskomat XL. An approximation of measurement results conducted by two-parameter Bingham rheological model and three-parameter Hershell-Bulkey model was done. It allowed two basic rheological parameters - yield value g and plastic viscosity h to be determined by the use of a two-parameter model. The obtained results are presented for samples with the fibre content 0.5 to 2.25% (40 to 180 kg/m³). The self-compacting behaviour was verified by the time and flow diameter measurements with Abrams cone as well as by the measured rheological parameters.

4 The results and discussion

Figure shows the effect of the type and volume ratio of steel fibres on the rheological properties of SFRSCC according to Viskomat XL research. It has been found that rheological parameters yield value g and plastic viscosity h of self-compacting mixtures increase along with increasing fibre content in the mixture. This effect is the greatest for SCC mixtures with DM 6/0.17 fibres. Increasing the content of KE 20/1.7 fibres showed no major changes in the values of h of SFRSCC with their addition.

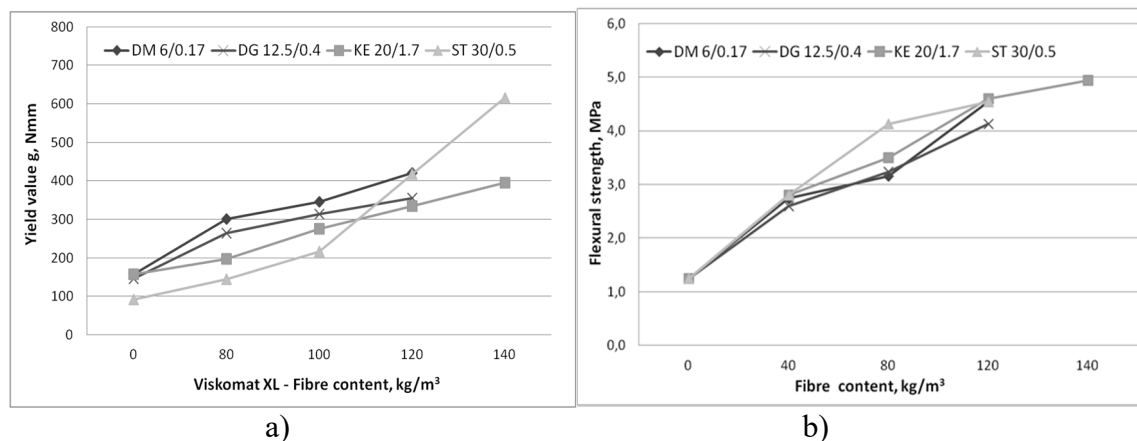


Fig. 6. The influence of steel fibres kind and volume on rheological and mechanical properties of SFRSCC; a) Yield value g ; b) Flexural strength

5. Summary and conclusions

Rheological properties, slump-flow workability, compressive strength and flexural strength of SFRSCC were investigated. Basing on experimental research, with application of the new rheological equipment and computed tomography, some preliminary results were obtained in the undertaken realm of investigation. Decline in workability of concrete mixtures occurs, but to a certain extent the properties of self-compatibility are maintained. The self-compatibility of concrete mixtures deteriorates with an increasing volume ratio of fibres in the mixture of self-compacting concrete. Despite the deterioration in the workability, it is possible to attain self-compatibility for mixtures with the addition of steel fibres and with good mechanical properties. The connection between orientation of fibres and the direction of the SFRSCC mixture flow during moulding was confirmed. The uniform distribution of fibres in the produced concrete element was proved. There was no evidence of fibre cluster formation.

PRELOMENIE ŠTÍHLEJ STENY

SNAP-THROUGH OF SLENDER WEB

Ján Ravinger¹, Alžbeta Grmanová²

Abstrakt

Použitím zvaraných nosníkov môžeme vytvoriť prierez s minimálnou spotrebou ocele. V dôsledku zvarových napätí tenká stena takéhoto nosníka má začiatočné deformácie. Rastom zaťaženia sa začiatočná deformácia steny pretvára do tvaru deformácie zodpovedajúcej danému vonkajšiemu zaťaženiu. Toto pretváranie tvaru vydúvania steny môže byť sprevádzané neprijemnou skokovitou zmenou – prelomením. Rozbor tohto javu prispieva ku kvalitnému návrhu tenkostennej ocelevej konštrukcie.

Kľúčové slová

Tenkostenné oceleové konštrukcie, zvarové napätia, začiatočné deformácie, stabilita steny, pokritické pôsobenie štíhlej steny.

Abstract

Using welding we can arrange girders with minimum consumption of steel. Due to welding stresses the slender web of plate girder has initial deformation different from buckling surface due to external load. Increasing of load the buckling mode of slender web could be accompanied with unpleasant sudden change – the snap-through effect. Investigation of this effect improves the quality design of a thin-walled steel structure.

Keywords

Thin-walled steel structure, welding stresses, initial deformations, web buckling, post-buckling behaviour of slender web.

1 Úvod

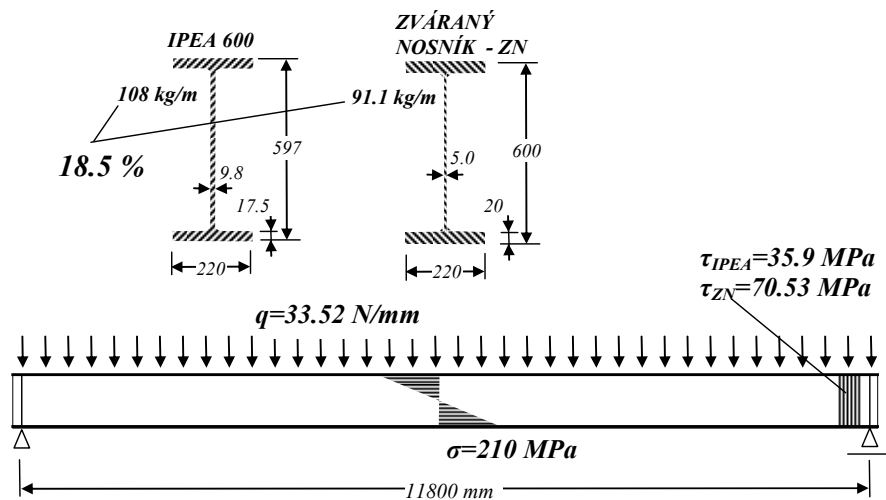
Každý projektant má za povinnosť navrhnuť konštrukciu tak, aby spoľahlivo plnila požadované ciele, ale zároveň boli minimalizované náklady. Pri navrhovaní oceleových konštrukcií je dilema v tom, že úspora ocele zvykne byť sprevádzaná so zvýšenými nákladmi pri výrobe a realizácii. Predložený článok je venovaný problematike oceleových zvaraných nosníkov so štíhlou stenou.

2 Oceleový nosník prierezu I

Ak navrhujeme nosník namáhaný ohybom a šmykom, tak kritérium minimálnej spotreby ocele nás dovedie ku prierezu tvaru I s veľmi štíhlou stenou (Obr. 1.). Technológia výroby oceleových nosníkov valcovaním neumožňuje realizovať tak extrémne tenkú stenu, akú môžeme vytvoriť pri zvaranom nosníku.

¹ Ján Ravinger, Dr.h.c. prof. Ing. DrSc. STU Bratislava, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, 810 05 Bratislava, Radlinského 11, (jan.ravinger@stuba.sk)

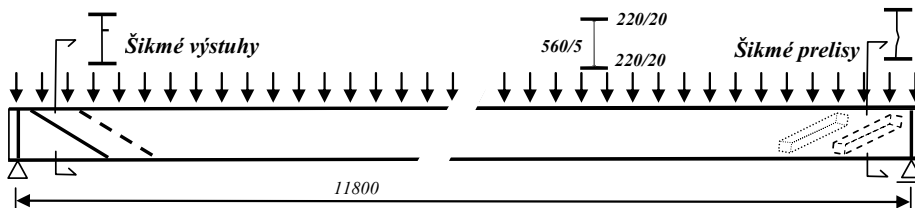
² Alžbeta Grmanová, Mgr. (alzbeta.grmanova@stuba.sk)



Obr. 1: Porovnanie nosníkov so zváraným a valcovaným profilom IPEA600

3 Konštrukčné úpravy nosníka so štíhlou stenou

Spôsob, ako konštrukčne upraviť zváraný oceľový nosník so štíhlou stenou, si ukážeme na príklade nosníka uvedeného na obrázku 1. Bežne sa výstuhy alebo prelisy orientujú tak, aby bránili vybočovaniu štíhlej steny. V navrhovanom príklade je to naopak. My chceme vybočovaniu pomôcť, aby nenastal efekt preskoku.



Obr. 12: Konštrukčné úpravy nosníka so štíhlou stenou

Pod'akovanie

Predložený článok bol spracovaný s podporou Slovenskej vedeckej grantovej agentúry, grant VEGA č. 1/0265/16.

Literatura

- [1] DOWLING, P. J. ed. *Constructional Steel Design, an International guide*. Elsevier Applied Science, London 1992.
- [2] CAMOTIM, D., DINIS, P. B. Coupled Instabilities with Distortional Buckling in Cold-Formed Steel Lipped Channel Columns, *Thin-Walled Structures*, 2011, Vol. 49, pp. 562-575
- [3] RAVINGER, J. Girders with Unstiffened Slender Web. *Journal of Constructional Steel Research*. 1983, Vol. 3, No. 2, pp. 14-22.
- [4] RAVINGER, J. Vibration of an Imperfect Thin-Walled Panel. Part 1: Theory and Illustrative Examples. Part 2: Numerical Results and Experiments. *Thin-Walled Structures*, 1994, Vol. 19, No. 1, pp 1-36
- [5] RAVINGER, J. *Stability & Vibration*. STU Bratislava, 2012.

CALIBRATION FUNCTIONS FOR EDGE CRACKS UNDER SELECTED BENDING LOADS

Stanislav Seitl¹, Petr Miarka²

Abstract

Fatigue cracks are found during the regular structural inspections. To precisely describe/suggest of fatigue cracks propagation throughout structure and for designed service life, the knowledge of calibration functions is important. The cracks usually propagate from the edge or the surface of the structural element. The theoretical model of fatigue crack propagation is based on linear fracture mechanics (Paris law). Steel structural elements are subjected to various bending load (three- and four-point bending, pure bending etc.). The calibration functions for the edge cracks are calculated for various load and appropriate polynomial function independent on the distance are proposed for 3PB and 4PB load.

Keywords

Fracture mechanics, calibration curve, stress intensity factor, Paris-Erdogan Law, edge crack.

In order to describe the crack the propagation, the linear elastic fracture mechanics [3][4] is typically applied. This method uses Paris-Erdogan's law [1] and defines relation between propagation rate of the crack size a , and range of the stress rate coefficient, ΔK , in the face of the crack:

$$\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^m, \quad (1)$$

where C , m are the material's constants, N is the number of loading cycles and ΔK is range of the stress intensity factor in front of the crack tip and it is defined as follow:

$$\Delta K = \Delta\sigma\sqrt{\pi a}f(a/W), \quad (2)$$

where $\Delta\sigma$ is constant stress range (the value of $\Delta\sigma$ corresponding to each way of loading is shown in Tab. 1.), a is crack length and $f(a/W)$ is the calibration curve which represents various boundary conditions.

| Load type | Pure bending | Three-point bending | Four-point bending |
|-------------------------|-------------------|---------------------|--------------------|
| Stress $\Delta\sigma =$ | $\frac{6M}{W^2B}$ | $\frac{3PS}{2W^2B}$ | $\frac{2PS}{W^2B}$ |

Tab. 1: Overview of calculation of the stress range $\Delta\sigma$.

Comparison of the results from this study and several of those extracted from the literature for pure and three-point bending shows Tab. 2. The data from presented study agrees very well and could be used in further structural analysis.

¹ Stanislav Seitl, doc. Ing. Ph.D., High Cycles Fatigue Group, Institute of Physics of Materials, Academy of Sciences of the Czech Republic, Zizkova 22, 616 62, Brno, Czech Republic (seitl@ipm.cz)

² Petr Miarka, Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Veverí 331/95, Brno 602 00 (Miarka.p@fce.vutbr.cz)

| a/W | Pure bending | | | Three-point bending | | |
|-------|--------------|-----------|--------------|---------------------|-----------|--------------|
| | Tada[4] | Bakker[6] | Present | Tada[4] | Bakker[6] | Present |
| 0.1 | 1.043 | 1.047 | 1.053 | 1.007 | 0.980 | 0.981 |
| 0.3 | 1.122 | 1.124 | 1.123 | 1.045 | 1.039 | 1.038 |
| 0.5 | 1.495 | 1.498 | 1.495 | 1.416 | 1.406 | 1.404 |

Tab. 2: Comparison of the presented calibration curve with data from the literature.

Fig. 1 compares the obtained calibration curves from FE analysis for various load types: pure, three- and four-point bending for edge crack propagation. The types of bending loads, mostly the ratio S/W shows, that with increasing value a curve is shifting towards to the pure bending load. This fact should be considered for the prediction and evaluation of the structural residual fatigue life.

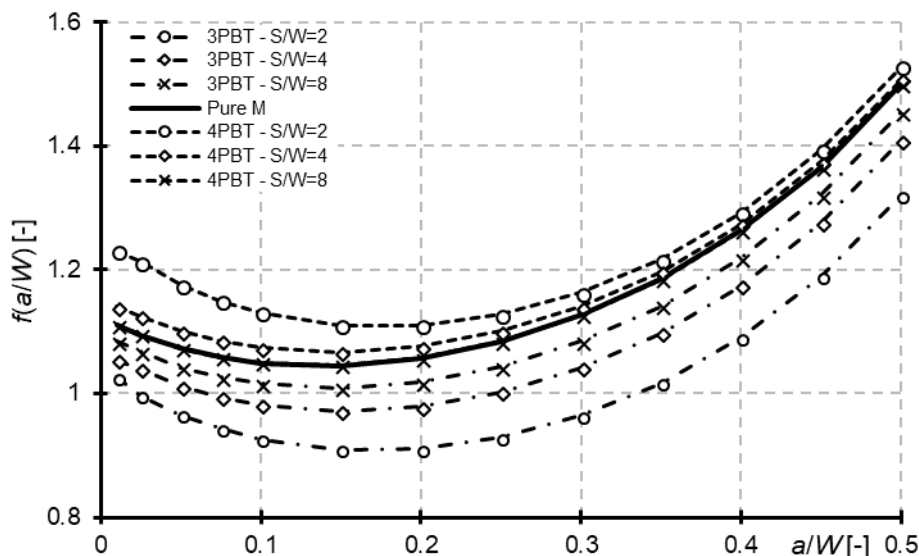


Fig. 1: Comparison of the values of the calibration curve under selected load s.

In this contribution a numerical study of the influence of the various bending types on the calibration curves is presented. The proposed calibration curves were studied for short edge cracks $a/W \in <0.01 \div 0.5>$ and for the various span to width ratios. The proposed values of the calibration curves show good agreement with literature [4] and [6]. This effect should be considered in further fatigue design of steel structures

Acknowledgements

The authors acknowledge the support of Czech Sciences foundation project No. 17-01589S.

References

- [1] Z. Kala: J. Constr. Steel Research Vol. 61 (2005), p. 415
- [2] P.C. Paris, F. Erdogan: J. Fluids Engng. Vol. 85(4) (1963), p. 528
- [3] N. Klesnil, P. Lukáš: *Fatigue of metallic materials* (Elsevier 1992)
- [4] H. Tada, P.C. Paris, G.R. Irwin: *The stress analysis of Cracks Handbook* (New York 2000)
- [5] ANSYS User's manual version 17.2, www.ansys.com
- [6] A.D. Bakker: Int. J. Fract. Vol 71 (1995), p. 323

OUTDOOR LIGHTING WIND GENERATORS WITH BASALT FIBER COMPOSITE BLADES

Merab Shvangiradze ¹

Abstract

Small wind generators are successfully applied for outdoor lighting on highways, parks, seaside boulevards. We developed technologies that gives an opportunity to manufacture wind rotor, the main element of this type of generators, using basalt fiber composite, and to manufacture generator itself. To manufacture the blades for the generators, it is necessary to solve the optimal compatibility equation of two opposite characteristics, weight and strength.

Keywords

Outdoor lighting, wind turbines, basalt fiber, polymer composite.

1 Introduction

The use of small wind generators as a source of power for outdoor lighting in seaside boulevards and highways is ecologically efficient and has substantial economic effect. In both cases, we need hundreds of kilometers of underground or air electrical cables and wires, which is related to significant costs. Since the highways and the seashores are mainly wide, open spaces, the movement of active wind currents occurs there systematically. Therefore, in such places the use of small wind generators for outdoor lighting is efficient in every way.



Fig. 1: Wind generator with basalt composite blades, 200 wt capacity (left); outdoor lighting wind generators on highways (right).

The wind rotor is an important part of the wind generator that accumulates wind energy, turns it into a mechanical energy on his axis as materialized rotating moment. The use of rotating moment given on the shaft to start an electric generator is a usual task of mechanical engineering the solution of which is not connected with special difficulties.

¹ Professor Merab Shvangiradze, Georgian Technical University, 77, M. Kostava str., Tbilisi, 0175, Georgia, shvango@gmail.com

The polymer composite materials are used in wind rotors' blades manufacturing, the main components of which are fiber materials. Mainly glass and carbon fibers are used. Recently, the basalt fiber is of great interest, that is manufactured in Georgia as well (Rustavi, factory "BASALT FIBER").

Based on the above we created manufacturing technology for wind generator blades and rotors with basalt fiber composites.



Fig. 2: Basalt composite blade products blade mold-shape (left);
Basalt composite blade products blade mold-shape $L=700\text{mm}$, $B=150\text{mm}$, $b=35\text{mm}$ (right).

2 Conclusion

Our studies show that the conditions in Georgia are absolutely realistic for applying small wind generators as a source of outdoor lighting on highways, and seaside boulevards. The fact that basalt fibers and basalt fibers woven materials are produced in Georgia, makes production of wind generators not only ecologically efficient but is also justified in economic terms. Based on research, we have established grounds for optimizing parameters of wind generators, as well as the basic aspects of their manufacturing technological processes.

Naturally, manufacturing based on local raw materials and labour, always gives a high economic effect. Using the basalt fibers woven from the polymer composite materials we will manufacture rotor blades and electric generator protective lids. The manufacturing of the remaining parts of the wind generators is not is not difficult as well. Only electric generators working on constant magnets with a low rotation number has to be purchased.

The research and experiments performed in GTU transportation and mechanical engineering faculty gives a base to manufacture wind electric generators for outdoor lighting, on highways, and seaside boulevards. This will be a good example in terms of stimulating the local industry.

References

- [1] LUBIN, J. *Hand book in composite materials*. Vol I. Moscow: Mashinostroenie, 1988. ISBN 5-217-00225-5.
- [2] SHEFTER, Y.I. *User of wind energy*. M. Mashinostroenie, 1998.
- [3] KAPANADZE, S. *Wind micro and small power plants*. Tbilisi, 2001.
- [4] BRONSHTEIN, I.N. a SEMENDYAEV, K.A. *Hand book of Mathematics*. "Toinbner" Leipzig. "Science" Moscow, 1981.
- [5] TIMOSHENKO S.P. *Strength of materials*. Vol. I. Mashinostroenie. 2003.
- [6] SHVANGIRADZE, M., GERKEULI, T. a D. BUCKRIKIDZE. Strength test of a basalt fiber composite. *Proceedings of the Georgian Technical University*. # 2(500) 2016.

SNOW LOAD MONITORING – MEASURE TO CONTROL RELIABILITY OF THE ROOF OF A STADIUM

Miroslav Sýkora¹, Dimitris Diamantidis²

Abstract

This contribution shows how monitoring can be used to control reliability of a structure not complying with the requirements of Eurocodes. A general methodology to obtain cost-optimal decisions using limit state design, probabilistic reliability analysis and cost estimates is utilised in the full-scale case study dealing with the roof of a stadium located in Northern Italy. The results demonstrate the potential of monitoring systems and probabilistic reliability analysis to support decisions regarding safety measures such as snow removal, or temporary closure of the stadium.

Keywords

cost optimisation; decision making criteria; Eurocodes; monitoring; reliability analysis; snow load; stadium roof; standard

1 Úvod

The EU COST TU1402 project deals with the quantification of the value of information of structural health monitoring by a novel utilization of applied decision analysis. Knowing the value of SHM, one can improve the decision basis for the design, operation and life-cycle integrity management of structures, while facilitating more cost efficient, reliable and safe strategies for maintaining and developing the built environment to the benefit of society. Therefore, it is essential to provide guidelines for practicing engineers and to illustrate their applications by comprehensible case studies.

The implementation of a draft guideline currently under development within COST Action TU1402 and of the related risk-based approach is illustrated in the full-scale case study of the roof of a stadium. As the roof fails to comply with the requirements of the Eurocodes, a permanent monitoring system has been designed utilising the experience of the industry and academia. The contribution focuses on the key steps of the case study:

- Reliability analysis
- Monitoring strategy and intervention actions
- Cost modelling
- Risk acceptance criterion for temporary situation and specification of the threshold for monitored roof snow loads using the total cost (risk) optimisation; see Fig. 1

¹ Miroslav Sýkora, CTU in Prague, Klokner Insitute, Department of Structural Reliability, Šolínova 7, (miroslav.sykora@cvut.cz)

² Dimitris Diamantidis, OTH Regensburg, Faculty of Civil Engineering, Galgenbergstrasse 30, 93053 Regensburg, Germany, (dimitris.diamantidis@oth-regensburg.de)

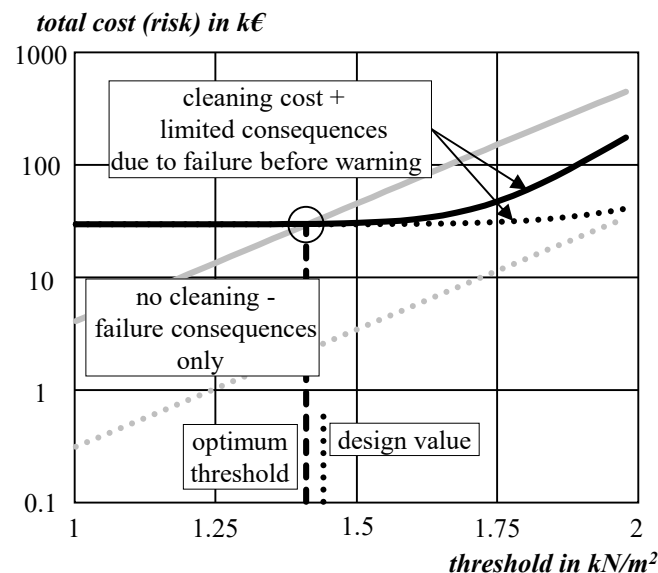


Fig. 1: Variation of the total cost (risk) in k€ with the threshold (dotted and solid curves – the lower and upper bound on failure consequences C_f , respectively)

2 Concluding remarks

The case study is focused on a roof that does not comply with the requirements in EN 1990. A continuous monitoring of snow loads helps to assess the risk of using the structure. When a specified limiting value of the monitored parameter is exceeded, either the snow on the roof can be removed or the stadium can be temporarily closed.

The case study shows that the design of SHM is a complex issue that may include component/ system structural reliability analysis, identification of possible monitoring strategies, specification of threshold values for observed variables, and selection of monitoring strategy based on total cost optimisation, considering also a ‘no monitoring’ alternative. The following findings are provided for snow-dominated structures:

- The fact that the safety-critical structure fails to comply with the requirements of standards might be disturbing. However, the detailed probabilistic analysis helps to better understand and control the associated risks – the return period for an excessive snow load can be as long as 190 years.
- An important aspect of SHM design is the feasibility analysis of the possible safety measures; in the case study a three-day weather forecast is thus taken into account to provide time to remove snow from the roof.
- Cost-benefit analysis helps derive more realistic case-specific target reliability for exceeding a limiting snow load. Particularly in regard to snow loads, the Eurocode target levels seem to be too high.
- The optimum alternative of SHM is affected by its acquisition and operational costs, and the expected cost of safety measures over a specified remaining working life.

Acknowledgements

This work was supported by Grants LTT18003 and 16-11378S, by the Regensburg Centre of Energy and Resources of OTH Regensburg and by the Technology and Science Network Oberpfalz. Outcomes of COST Action TU1402 have been utilized.

MECHANICAL ASPECTS OF STRESS CORROSION CRACKING

Srdjan Tadic¹, Mohamed Alkateb², Aleksandar Sedmak³

Abstract

Extended Finite Elements Analyses (X-FEM) were conducted in order to clarify mechanical aspects of Stress Corrosion Cracking (SCC). Sharp-V and round-U notched tensile specimens were investigated in terms of stress intensity factor (K_{eq}) and the thickness of the corrosion film. It was shown that the crack growth processes is largely affected by the initial location and the residual stress distributions in the material.

Keywords

Stress Corrosion Cracking, Finite Elements, Crack Growth Rate, Stress Intensity Factor.

1 Introduction

SCC is a failure of a metal simultaneously subjected to corrosive environment and applied loading. There are four factors required for SCC: (i) a material susceptible to SCC, (ii) corrosive environment, (iii) mechanical loading and, (iv) time. SCC is a concern of many engineering structures including gas pipelines, pressure vessels and turbines. Historically, the phenomenon has been noticed as apparently spontaneous cracks in military brass cartridges in India during the monsoon seasons and was given a pejorative name "seasonal cracking". The SCC is a brittle, or quasi-brittle failure, practically without material loss, and visible corrosion products. It is normally described as "river branched" with one primary crack, and multi-branched secondary and tertiary cracks. The cracking occur below the yield strength of the material, and can be inter granular or trans-granular. The SCC initiation and propagation is a complex degradation process, depending on microstructural, mechanical and environmental parameters [1].

The SCC mechanisms can be classified in two broad families: anodic and cathodic SCC. The first one is governed by anodic dissolution of metal and the second one by hydrogen absorption which provokes hydrogen embrittlement, and consequently referred as 'hydrogen induced cracking'. Representative example for the anodic mechanism are the stainless steels, while for the cathodic reaction are the high strength steels [2]. For an anodic mechanism, two models are widely accepted - 'slip-step dissolution' and 'film rupture model'. In the film rupture model, a passive surface film, usually an oxide, protects an underlying metal from a corrosive environment. An applied loading causes the film to rupture, exposing the underlying metal to corrosion. Film rupture will occur preferentially in regions of strain concentration such as a small crack or flaw. Crack growth rate depends on competitive sequences of rupture and re-passivation of oxide film.

¹Srdjan Tadic Innovation Center of the Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Serbia

²Mohamed Alkateb, PhD student, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Serbia

³Aleksandar Sedmak, Professor, Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade, Serbia

The mathematical expression for the crack growth rate (da/dt) is given as [3]

$$\frac{da}{dt} = \frac{M}{z\rho F} \frac{Q_f}{E_f} \frac{d\varepsilon}{dt} = \alpha K_{ef}^\beta \quad (1)$$

where M is the molecular weight of the material, z is the charge of metal, F is the Faraday constant, Q is the charge density per film rupture event and the $d\varepsilon/dt$ is the strain rate on the crack tip. The physical meaning of Eq.1 is that SCC is governed by corrosion (Faraday law), tensile stress (through stress intensity factor K_{ef}), and material interactions with the environment (constants α and β). The equivalent stress intensity factor was given as [4]

$$K_{eq} = \frac{K_I}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{K_I^2 + 4(1.155K_{II}^2) + 4K_{III}^2} \quad (2)$$

where K_I, II, III are related to the applied loading mode.

The open-source finite elements software Code-Aster was employed to analyze SCC crack tip zone. A 2-D and 3-D models were analyzed in order to investigate crack-tip stress field altered by the brittle oxide film. The thickness of the oxide film was 1-10 μ m. Contrary to the brittle oxide film, the bulk material was supposed to obey elastic-plastic behaviour described by Ramberg-Osgood relation.

2 Conclusion

Finite elements model has been developed in order to better understanding of mechanical parameters of the stress corrosion cracking.

In the front of the notch tip, stress field is affected by the thickness of the oxide film and the width and depth of the notch geometry. Localized plastic flow is facilitated by additive influence of applied loading and oxide film induced stress. As a consequence, localized plastic strain rate at the notch tip increases crack growth rate.

Acknowledgements

Financial support of the Serbian Ministry of Education, Sci. and Tech. Development, projects TP335024 and Multilateral 337-00-00136/2016-09/06 is gratefully acknowledged.

References

- [1] LOTO, C.A. Stress Corrosion Cracking. *Int. J. Adv. Technology*. 2017, 93. p.3567.
- [2] American Society of Metals. Stress-corrosion cracking. *ASM Metals, Handbook of Corrosion. Materials Park*. 2002, vol. 13, pp. 828-860.
- [3] SHINTAKU, Y., F. IWAMATSU, K. SUGA a M. KIKUCHI. Simulation of Stress Corrosion, Cracking in Housing of Nuclear Power Plant. *Journal of Pressure Vessel Technology*. 2015, vol.137.
- [4] SEDMAK, A., S. SEDMAK a L.J. MILOVIC. *Pressure Equipment Integrity Assessment by Elastic-Plastic Fracture Mechanics Methods*. 2011, DIVK, Belgrade.

MODELOVANIE POHYBU VOZIDLA PO VOZOVKE

MODELLING OF VEHICLE MOVEMENT ALONG A ROAD

Veronika Valášková¹, Gabriela Lajčáková²

Abstrakt

Vplyv pohybujúcich sa dopravných prostriedkov na vozovky je možné modelovať numerickou cestou. K tomu je potrebné vytvoriť výpočtový model vozidla aj vozovky. Výpočtové modely je možné vytvárať v duchu klasickej mechaniky alebo v duchu metódy konečných prvkov. Dve takéto možnosti analyzuje a porovnáva predkladaný príspevok.

Kľúčová slova

Výpočtový model, vozidlo, vozovka, metóda konečných prvkov.

Abstract

The influence of moving vehicles on the pavements can be modelled numerically. To do this, you need to create a vehicle and road computational models. Computational models can be created in the spirit of classical mechanics or in the spirit of the finite element method. The submitted contribution analyse and compare two such possibilities.

Keywords

Computational model, vehicle, pavement, finite element method.

1 Úvod

Stav súčasného poznania umožňuje modelovať numerickou cestou pohyb dopravných prostriedkov po vozovkách, analyzovať stavy napätosti a stavy pretvorenia vo vozidlách i vo vozovke a analyzovať interakčné javy medzi vozidlom a jazdnou dráhou. Tento proces vyžaduje vytvárať výpočtové modely vozidiel aj vozoviek, numericky riešiť s tým spojený matematický aparát a inžiniersky analyzovať získané výsledky. Výpočtové modely je možné vytvárať v duchu klasickej mechaniky alebo v duchu metódy konečných prvkov. Predkladaný príspevok chce informovať o takýchto možnostiach tvorby výpočtových modelov a súčasne vzájomne porovnať takto získané výsledky.

2 Výpočtové modely vozidla a vozovky

Výpočtový model vozidla je možné vytvoriť v duchu klasickej mechaniky alebo v duchu metódy konečných prvkov. Aj keď filozofia prístupu k tvorbe modelu je odlišná,

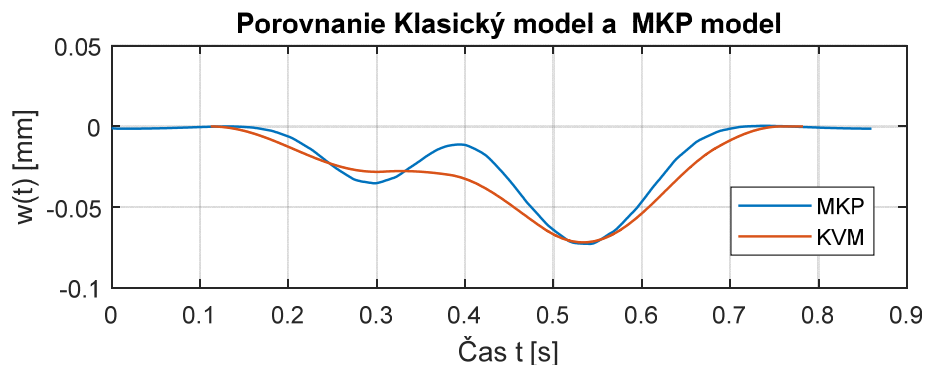
¹Ing. Veronika Valášková, PhD, Žilinská univerzita, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky a aplikovanej matematiky, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovenská republika, veronika.valaskova@fstav.uniza.sk

²doc. Ing. Gabriela Lajčáková, PhD, Žilinská univerzita, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky a aplikovanej matematiky, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovenská republika, gabriela.lajcakova@fstav.uniza.sk

výsledok je v konečnom dôsledku v podstate rovnaký. Predmetom modelovania je cementobetónová vozovka.

3 Výsledky výpočtu a vzájomné porovnanie

Časový priebeh vertikálnych výchýliek uprostred riešenej oblasti pre klasický výpočtový model (KVM) a MKP model je zobrazený na obr. 1.



Obr. 1: Porovnanie dynamických výchýliek uprostred dosky pre KVM a MKP model

4 Záver

Je logické, že ľudia v dnešnej dobe dajú prednosť vytváraniu výpočtového modelu v duchu MKP pred vytváraním modelu v duchu klasickej mechaniky. Ale aj klasický výpočtový model môže za určitých podmienok dať uspokojivé, inžiniersky akceptovateľné, výsledky. Maximálny priehyb z MKP modelu je $w_{MKP} = 0.07261$ mm, maximálny priehyb z klasického modelu je $w_{KVM} = 0.07164$ mm. Klasický model je o niečo tuhší ako MKP model. Maximálny priehyb v KVM je o 1,34 % menší ako v MKP modeli.

Poděkování

Tento příspěvek vznikol s podporou Grantovej agentúry VEGA (grant č. 1/0005/16).

Literatura

- [1] MELCER, J. Experimental Verification of Modal Characteristics of Vehicle Computing Model. *EAN 2016 - 54th International Conference on Experimental Stress Analysis*. Srní, Czech Republic, 2016, p. 1-6, ISBN 978-80-261-0624-1.
- [2] VALAŠKOVÁ, V. Dynamické účinky vozidla na dopravnú cestu. Dizertačná práca, Žilina, 2017.
- [3] LEVY, S. a J.P.D. WILKINSON. *The Component Element Method in Dynamics with Application to Earthquake and Vehicle Engineering*. GcGraw-Hill, New York, 1976.
- [4] NOVOTNÝ, B. a A. HANUŠKA. *Teória vrstevnatého polpriestoru*. VEDA, SAV, Bratislava, 1983.

ZATÍŽITELNOST ZDĚNÝCH KLENBOVÝCH ŽELEZNIČNÍCH MOSTŮ**THE LOAD BEARING CAPACITY OF RAILWAY MASONRY ARCH BRIDGES****Marek Vokál¹, Michal Drahorád²****Abstrakt**

Článek pojednává o způsobu výpočtu zatížitelnosti zděných klenbových železničních mostů. Shrnuje základní vlastnosti materiálu – popisuje základní materiálovou nelinearitu ovlivňující výpočet nejvíce, a násypu – popisuje chování zeminy a jejího tlaku na konstrukci. Soustřeďuje se zejména na výpočet podle mezního stavu použitelnosti a následné porovnání s výsledky podle mezního stavu únosnosti.

Klíčová slova

Klenba, zdivo, materiálová nelinearita, zatížitelnost.

Abstract

This paper deals with the way of calculating the load-bearing capacity of masonry arch railway bridges. It reviews the the basic aspects of structural behaviour of these bridges, such as material non-linearity of masonry and interaction with the soil. It remains the requirements of standards and shows, how to calculate the load-bearing capacity in accordance with these requirements with influence of mentioned non-linearities.

Keywords

Vault, masonry, material non-linearity, load-bearing capacity.

1 Úvod

U klenbových zděných konstrukcí je analýza a stanovení zatížitelnosti komplikováno statickým působením konstrukcí v kombinaci s typickými vlastnostmi použitého materiálu – velmi malá pevnost v tahu. Vlivem těchto skutečností vedou postupy stanovení zatížitelnosti a přechodnosti na nelineární analýzu, která musí zohlednit celou řadu často proměnných parametrů. V této práci se uvažuje, že materiál působí pouze v tlaku a při výskytu tahového namáhání dochází ke vzniku trhlin a jejich rozevírání.

2 Způsob modelování v této studii

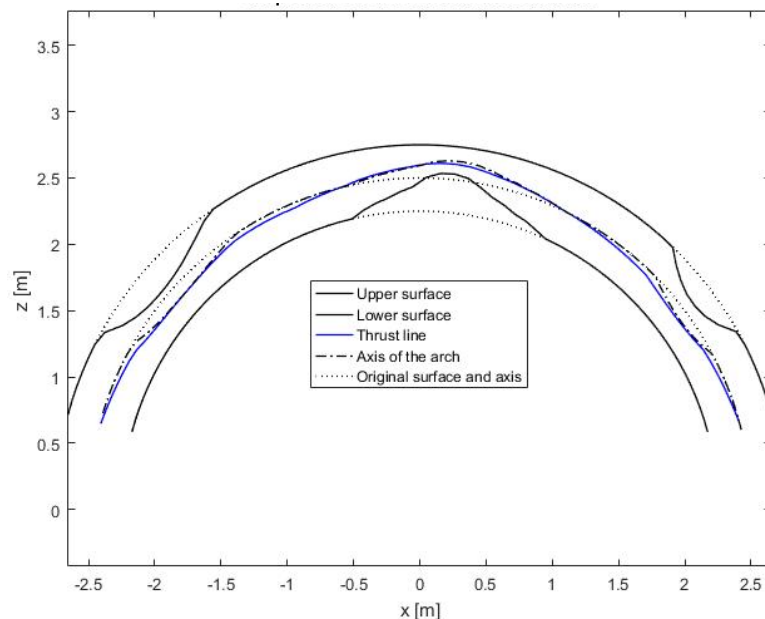
Vypočetla se zatížitelnost mostů o rozpětí od 2.5 do 10 m a to z hlediska uvedených posudků MSÚ a MSP. Byly uvaženy vždy tři různé relevantní tloušťky kleneb, pevnosti zdiva 2, 4, 6, 8 a 10 MPa a vzepětí $L/2$ a $L/4$. Pro MSÚ se konstrukce modelovala v programu LimitState:RING a pro MSP se konstrukce modelovala v programu Scia Engineer. Dále byl v programu Matlab sestaven skript, který vypočítá vnitřní síly na klenbové konstrukci s vlivem zmíněných nelinearit. Je určen pro výpočet v mezním

¹ Ing. Marek Vokál, ČVUT, Fakulta stavební, Katedra betonových a zděných konstrukcí, marek.vokal@fsv.cvut.cz

² Ing. Michal Drahorád, Ph.D., ČVUT, Fakulta stavební, Katedra betonových a zděných konstrukcí, maichal.drahorad@fsv.cvut.cz

stavu použitelnosti, kdy nedochází k rozvoji plastických kloubů a rozvoji velkých deformací.

Jako příklad byla skriptem v Matlabu provedena analýza jedné konkrétní klenby (Obr. 1):



Obr. 1: Výsledná tloušťka působící konstrukce při zatížení nápravou v levé polovině klenby

3 Závěr

Byla provedena studie, která ukázala, jakým způsobem se zděné klenbové konstrukce chovají a jakým způsobem by se měla provádět jejich analýza. Porovnává přísnost požadavků MSP a MSÚ na zatížitelnost zděných klenbových železničních mostů. Odhalila, že přísnější, než požadavky MSÚ jsou požadavky stanovené MSP. Dále stanovila obecná pravidla, jaký vliv má na zatížitelnost vzepětí, tloušťka zdiva a výška nadnásypu klenby.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky.

Literatura

- [1] DRAHORÁD, M. Load-Bearing Capacity of Masonry Arch bridges, *Sborník příspěvků konference International Conference Engineering Mechanics 2013*, pp 33–34.
- [2] ČSN EN 1996–1–1 – Navrhování zděných konstrukcí, ÚNMZ 2007
- [3] DRAHORÁD, M. *Pomůcka pro používání programu LimitState RING pracovníky SŽDC*
- [4] LimitState:RING Manual. Limitstate.com. [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: http://www.limitstate.com/files/pdf/ring/RING_User_Manual.pdf
- [5] Metodický pokyn pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů. szdc.cz. [online]. [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: www.szdc.cz/documentpublisher/download?documentId=1%3B%238c384b76

MODELOVÁNÍ ZKOUŠKY TŘÍBODOVÉHO OHYBU TRÁMCŮ S OCELOVOU INKLUZÍ UPROSTŘED ROZPĚTÍ

MODELLING OF THREE-POINT BENDING TEST OF BEAMS
WITH A STEEL INCLUSION SITUATED IN THE MIDDLE OF THE SPAN

Michal Vyhlídal¹, Zbyněk Keršner²

Abstrakt

Příspěvek seznamuje s přístupem numerického modelování zkušebních těles s ocelovou inkluzí ve tvaru hranolu probíhající přes celou tloušťku tělesa. Tato speciálně navržená tělesa o rozměrech 40×40×160 mm s ocelovou inkluzí 8×8×40 mm umístěnou uprostřed rozpětí slouží ke stanovení vlivu přechodové oblasti na efektivní lomově-mechanické vlastnosti výsledného kompozitu. Pro simulaci zkoušky je použit numerický model vytvořený v programu ATENA.

Klíčová slova

Tříbodový ohyb, přechodová oblast, numerický model, jemnozrný kompozit.

Abstract

The aim of this paper is to present the numerical model of the test specimens with a steel inclusion in the shape of the prisms which length is equal to the specimen's width. Specially designed specimens of the nominal dimension 40×40×160 mm with steel inclusion of 8×8×40 mm serves to determine of the influence of the interfacial transition zone on the effective mechanical fracture parameters of composite. The numerical model is created in ATENA software.

Keywords

Three-point bending, interfacial transition zone, numerical model, fine-grained composite.

1 Úvod

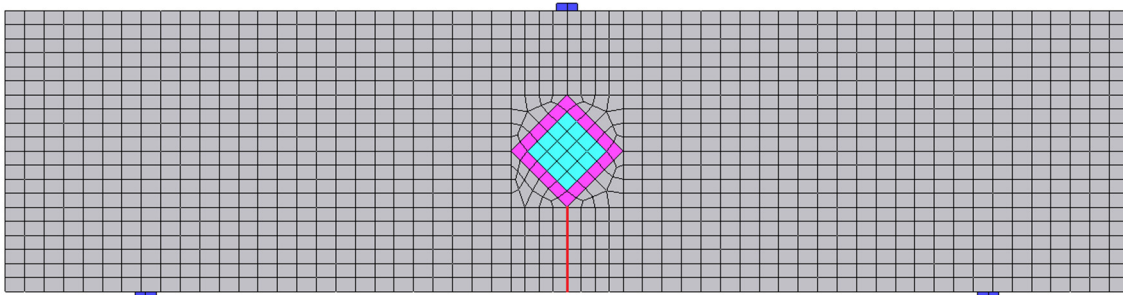
Konfigurace tříbodového ohybu [1] patří k nejrozšířenější destruktivní metodě testování těles z kvazikřehkých materiálů, mezi které bezesporu patří i zde studovaný jemnozrný cementový kompozit. V případě lomových testů jsou navíc zkušební tělesa opatřena koncentrátory napětí ve formě zářezů předepsané délky a_0 vedených ve vodorovné úrovni se spodní plochou tělesa. Zde zkoumaná zkušební konfigurace trámů o rozměrech 40×40×160 mm s ocelovou inkluzí 8×8×40 mm umístěnou uprostřed rozpětí (obr. 1) byla navržena z důvodu zjištění vlivu tzv. přechodové oblasti na celkové chování cementového kompozitu.

¹Ing. Michal Vyhlídal, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, e-mail: vyhlidal.m@fce.vutbr.cz

²prof. Ing. Zbyněk Keršner, CSc., dtto, e-mail: kersner.z@fce.vutbr.cz

Přechodová oblast (ITZ) v cementových kompozitech představuje oblast v blízkosti zrna kameniva/inkluze/výztuže, jejíž tloušťka se pohybuje okolo 50 μm a která je, vzhledem k nižším hodnotám lomově-mechanických parametrů, považována za nejslabší článek cementových kompozitů [2, 3]. Z výše uvedeného vyplývá, že ITZ může mít zásadní vliv na chování těchto kompozitů pod působícím zatížením.

Tento příspěvek je zaměřen na porovnání dvoudimenzionálních numerických modelů zkoušky třibodovým ohybem výše popsaných trámců se zářezem délky $a_0 = 12 \text{ mm}$ s/bez inkluze a s/bez ITZ.



Obr. 1: Schéma výpočetního modelu třibodově namáhaného trámce s trhlinou délky $a_0 = 12 \text{ mm}$ v systému ATENA, včetně barevného vyznačení jednotlivých vrstev – matrice, inkluze a ITZ

2 Závěr

Z podrobné numerické analýzy popsaného lomového testu vyplynulo, že vlivem existence ITZ v okolí inkluze dochází k redukci maximálního dosaženého zatížení. U varianty obsahující ITZ a uvažující dokonalou adhezi navíc dochází ke změně šíření trhliny oproti skutečnému/sledovanému šíření. Z toho vyplývá, že samotný problém oblasti s nižšími efektivními hodnotami lomově-mechanických parametrů je navíc ztížen i nedokonalou adhezí mezi ITZ a inkluzí.

Z výše uvedeného je zřejmé, že ITZ lze právem považovat za nejslabší článek cementových kompozitů a je tedy účelné se jí a její modifikací zabývat.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky, projekt 16-18702S AMIRI, a za finanční podpory VUT v Brně (projekt juniorského specifického vysokoškolského výzkumu FAST-J-18-5355).

Literatura

- [1] RILEM Technical Committee 50-FMC. Determination of the fracture energy of mortar and concrete by means of three-point bend test on notched beams. *Materials and Structures*. 1985, vol. 18, no. 4, pp. 285–290.
- [2] SCRIVENER, K. L., A. K. CRUMBIE and P. LAUGESSEN. The Interfacial Transition Zone (ITZ) Between Cement Paste and Aggregate in Concrete. *Interface Science*. 2004, vol. 12, no. 4, pp. 411–421. ISSN 1573-2746.
- [3] ZACHARDA, V., NĚMEČEK, J., ŠIMONOVÁ, H., KUCHARCZYKOVÁ, B., VYHLÍDAL, M. and KERŠNER, Z.. An Influence of Interfacial Transition Zone on Local and Overall Fracture Response of Cementitious Composites. *Book of abstracts 13th Conference on Local Mechanical Properties*. Košice: Institute of Materials Research of SAS, 2017. pp. 26–27.

PILOT ANALYSIS OF CHEVRON NOTCH LIGAMENT AREA FOR APPLICATION ON QUASI-BRITTLE MATERIALS

S. Seitl¹, V. Růžička², P. Miarka³, J. Sobek⁴

Abstract

Specimens for the bending tests with the chevron notch are standardized for the evaluation of the fracture toughness of various materials. The main advantage of this test set-up is that no sharp pre-crack has to be introduced, because a sharp crack is formed during loading at the beginning of the test. Furthermore, no crack length measurement is required, and a stable crack growth can be reached due to geometry of the notch. In this contribution a difference of the ligament area of the specimens with the straight through notch and the chevron notch was investigated.

Keywords

Fracture mechanics, chevron notch, ligament area, work of fracture.

The applied testing technique is the chevron-notched beam test (CNB), which is a standardized method to evaluate fracture toughness of ceramics [1], also used for brittle metals like bearing steel [2] or aluminium alloys [3]. The advantage of this test set-up is that no sharp pre-crack has to be introduced because a sharp crack is formed during loading at the beginning of the test [4]. Furthermore, no crack length measurement is required, and a stable crack growth can be reached due to the geometry of the notch [5].

The aim of this contribution is to quantify the difference of ligament area for the specimens with the straight through notches and chevron notches.

In the load-displacement relations, the area enclosed by the response curve represents the work done by the external load to fracture beam. In the present case, the work is consumed in breaking the unnotched part of the beam's cross-section – the ligament in front of the notch. According the RILEM [6], for three-point bending test (3PB), with initial notch the work of external force W_F , is obtained from the complete load – displacement diagram as follows:

$$W_F = \int F(d)dd, \quad (1)$$

The value of the specific fracture energy G_F (area) can be expressed as:

$$G_F = \frac{W_F}{A_{lig}}. \quad (2)$$

where A_{lig} is ligament area. Therefore, for the application of the chevron notch for quasi-brittle materials the knowledge of A_{lig} is crucial.

Specimens with the chevron notch have a smaller ligament area $A_{lig,chevron}$ compared to the standard specimens with the straight through notch A_{lig} , therefore more specific

¹ Stanislav Seitl, doc. Ing. Ph.D., Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Veveří 331/95, Brno 602 00 (seitl.s@fce.vutbr.cz)

² Vladimír Růžička, Ing., Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Veveří 331/95, Brno 602 00 (ruzicka@musicer.net)

³ Petr Miarka, Ing., Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Veveří 331/95, Brno 602 00 (miarka.p@fce.vutbr.cz)

⁴ Jakub Sobek, Ing. Ph.D., Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Veveří 331/95, Brno 602 00 (sobek.j@fce.vutbr.cz)

fracture energy is needed for the fracture process. The definition of the cross-section with the straight through, sharp and blunt chevron notches shows Fig. 1.

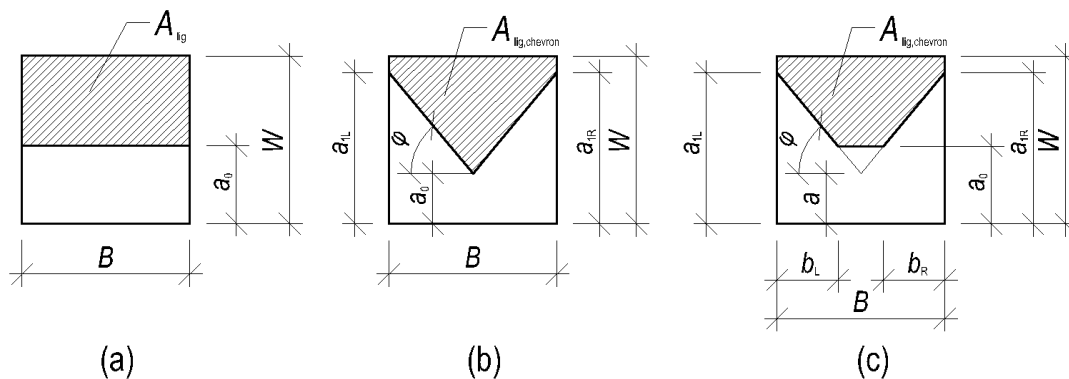


Fig. 1: Comparison of ligament area of straight through notch (a), chevron notch with constant angle (b) and chevron notch with blunt end (c)

In this contribution the influence of chevron notch shape on the total ligament area was studied. The study shows, that the specimens with chevron notch need half of the work (energy consumption) for the fracture process then the specimens with the straight through notch. This study will be applied for experimental measurement performed on specimen made from the C 50/60 concrete and high strength concretes with the chevron notches.

Acknowledgements

The authors acknowledge the support of Czech Sciences foundation project No. 16-18702S and support of Faculty of Civil Engineering, Brno University of Technology project No. FAST-S-18-5614.

References

- [1] DIN EN 14425-3 Advanced technical ceramics - Test methods for determination of fracture toughness of monolithic ceramics - Part 3: chevron notched beam (CNB) method, 2010.
- [2] DLOUHY, I., HOLZMANN, M., MAN, J., VALKA, L., The use of chevron notched specimen for fracture toughness determination of bearing steels, *Kov. Mater.-Met. Mater.* 1994, 32 (1), 3–13.
- [3] CALOMINO, A., BUBSEY, R., GHOSN, L. J.. Compliance Measurements of Chevron Notched Four Point Bend Specimen. NASA Technical Memorandum 106538, 1994.
- [4] MUNZ, D., SHANNON, J.L., BUBSEY, R.T., Fracture toughness calculation from maximum load in four point bend tests of chevron notch specimen, *Int. J. Fract.* 1980, 16 (R137- R141), 06.
- [5] SEITL, S., MIARKA, P., SOBEK, J., KLUSÁK, J., A numerical investigation of the stress intensity factor for a bent chevron notched specimen: Comparison of 2D and 3D solutions. *Procedia Structural Integrity*, 2017, 5, 737–744
- [6] RILEM TC-50 FMC Recommendation. Determination of the fracture energy of mortar and concrete by means of three-point bend test on notched beams, *Materials & Structures*. 1985, 18, 285–290.

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

2. mezinárodní konference / 2nd International conference
SPOLEHLIVOST KONSTRUKCÍ 2018 /
STRUCTURAL RELIABILITY 2018

ISBN 978-80-248-4174-8

16. mezinárodní konference / 16th International conference
MODELOVÁNÍ V MECHANICE 2018 /
MODELLING IN MECHANICS 2018

ISBN 978-80-248-4175-5

24. - 25. 5. 2018

Sborník rozšířených abstraktů / Proceedings of the extended abstracts

Tematické okruhy / Topics

Konference jsou zaměřeny na následující tematické okruhy /
The conferences are 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 materiálu / 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)

prof. Ing. Radim Briš, CSc., VŠB - Technical University of Ostrava, Czech Republic,
doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D., VŠB - Technical University of Ostrava, Czech Republic,
prof. Ing. Radim Čajka, CSc., VŠB - Technical University of Ostrava, Czech Republic,
prof. Dr.-Ing. Dimitris Diamantidis, Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg (OTH
Regensburg), Germany,
Ing. Michal Drahorád, Ph.D., Czech Technical University in Prague, Czech Republic,
prof. Ing. Drdácký Miloš, DrSc., dr. h. c., Institute of Theoretical and Applied Mechanics Academy of
Sciences of the Czech Republic,
prof. Alfonso Fernández-Canteli, University of Oviedo, Spain,
prof. Ing. Ludovít Fillo, Ph.D., Slovak University of Technology in Bratislava, Slovak Republic,
doc. Ing. Petr Frantík, Ph.D., Brno University of Technology, Czech Republic,
prof. Ing. Jaroslav Halvoník, PhD., Slovak University of Technology in Bratislava, Slovak Republic,
prof. Ing. Milan Holický, DrSc., Czech Technical University in Prague, Czech Republic,
doc. Ing. Petr Janas, CSc., VŠB - Technical University of Ostrava, Czech Republic,
prof. Ing. Norbert Jendželovský, Ph.D., Slovak University of Technology in Bratislava, Slovak
Republic,
prof. Ing. Petr Kabele, Ph.D., Czech Technical University in Prague, Czech Republic,
doc. Ing. Jiří Kala, Ph.D., Brno University of Technology, Czech Republic,
prof. Ing. Zdeněk Kala, Ph.D., Brno University of Technology, Czech Republic,
prof. Ing. Zbyněk Keršner, CSc., Brno University of Technology, Czech Republic,
doc. Ing. Petr Konečný, Ph.D., VŠB - Technical University of Ostrava, Czech Republic,
doc. Ing. Eva Kormaníková, Ph.D., Technical University of Košice, Slovak Republic,
doc. Ing. Kamila Kotrasová, Ph.D., Technical University of Košice, Slovak Republic,
prof. Ing. Juraj Králik, Ph.D., Slovak University of Technology in Bratislava, Slovak Republic,
doc. Ing. Martin Krejsa, Ph.D., VŠB - Technical University of Ostrava, Czech Republic,
doc. Ing. Vít Křivý, Ph.D., VŠB - Technical University of Ostrava, Czech Republic,
doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D., VŠB - Technical University of Ostrava, Czech Republic,
Assoc. Prof. Eng. Izabela Major, PhD., Czestochowa University of Technology, Poland,
Assoc. Prof. Eng. Maciej Major, PhD., Czestochowa University of Technology, Poland,
doc. Ing. Jana Marková, Ph.D., Czech Technical University in Prague, Czech Republic,
prof. Ing. Alois Materna, CSc. MBA, VŠB - Technical University of Ostrava, Czech Republic and
Czech Chamber of Authorized Engineers and Technicians in Construction,
prof. Ing. Jozef Melcer, DrSc., University of Žilina, Slovak Republic,
prof. Ing. Milan Moravčík, CSc., University of Žilina, Slovak Republic,
doc. Ing. Jaroslav Navrátil, CSc., VŠB - Technical University of Ostrava, Czech Republic,
prof. Ing. Drahomír Novák, DrSc., Brno University of Technology, Czech Republic,
Assoc. Prof. Eng. Tomasz Ponikiewski, PhD., Silesian University of Technology, Gliwice, Poland,
doc. Ing. Stanislav Pospíšil, Ph.D., Institute of Theoretical and Applied Mechanics Academy of
Sciences of the Czech Republic and VŠB - Technical University of Ostrava, Czech Republic,
doc. Ing. Martin Psotný, PhD., Slovak University of Technology in Bratislava, Slovak Republic,
Dr.h.c. prof. Ing. Ján Ravinger, DrSc., Slovak University of Technology in Bratislava, Slovak
Republic,
doc. Ing. Stanislav Seitl, Ph.D., Brno University of Technology and Institute of Physics of Material
Academy of Sciences of the Czech Republic,
doc. Ing. Miroslav Sýkora, Ph.D., Czech Technical University in Prague, Czech Republic,
prof. Ing. Jiří Šejnoha, DrSc., Czech Technical University in Prague, Czech Republic,
prof. Ing. Břetislav Teplý, CSc., Brno University of Technology, Czech Republic,
doc. Ing. Katarína Tvrďá, PhD., Slovak University of Technology in Bratislava, Slovak Republic,
prof. Ing. Josef Vičan, CSc., University of Žilina, Slovak Republic,
prof. Ing. Miroslav Vořechovský, Ph.D., Brno University of Technology, Czech Republic.