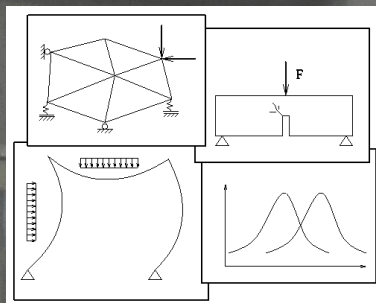


15. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE
MODELOVÁNÍ V MECHANICE 2017

SBORNÍK ROZŠÍŘENÝCH ABSTRAKTŮ

15TH INTERNATIONAL CONFERENCE
MODELLING IN MECHANICS 2017

PROCEEDINGS OF EXTENDED ABSTRACTS



19. – 20. LEDEN 2017 / JANUARY 19-20, 2017

Název publikace: Sborník rozšířených abstraktů vědecké konference
Modelování v mechanice 2017
Vydala: VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební
Autor: Kolektiv autorů
Datum vydání: leden 2017

Plné znění příspěvků obsahuje CD-ROM (ISBN 978-80-248-4010-9)

Recenzenti příspěvků publikovaných ve sborníku konference:

Brožovský Jiří
Janas Petr
Kološ Ivan
Konečný Petr
Krejsa Martin
Michalcová Vladimíra

Title of the publication:

Proceedings of extended abstracts of scientific conferences
Modelling in Mechanics 2017

Issued by: VŠB-Technical University of Ostrava, Faculty of Civil Engineering
Author: Team of authors
Date of issue: January 2017

The full text of the articles includes CD-ROM (ISBN 978-80-248-4010-9)

Reviewers of the articles published in the conference proceedings:

Brožovský Jiří
Janas Petr
Kološ Ivan
Konečný Petr
Krejsa Martin
Michalcová Vladimíra

TABLE OF CONTENTS / OBSAH

Eliáš Jan On Relation between Elastic Homogenized Continua and Discrete System of Interconnected Rigid Bodies	1
Frantík Petr Plocha ligamentu válce s chervonovým vrubem	3
Frantík Petr, Bušina Pavel Náhradní tuhost podloží	5
Gołaszewski Jacek, Ponikiewski Tomasz, Cygan Grzegorz Influence of Temperature on Workability and Compressive Strength of Ordinary Concrete with High Calcium Fly Ash	7
Grzywiński Maksym Optimization of Single-Layer Braced Domes	9
Janas Petr, Brožovský Jiří, Gabrysz Radim Příspěvek k modelování vlivu dobývacích prací na důlní díla i povrchové objekty	11
Jung Karel, Marková Jana, Sýkora Miroslav Stanovení návrhových charakteristik nosníku ze svárkového železa	13
Kalina Martin, Frantík Petr Mapování statických rovnovážných stavů obloukové konstrukce	15
Kipiani Gela, Todua Mikhail, Paresishvili Akaki, Chachkhiani Nodar, Sulashvili Vazha Seismic Impact and Antiseismic Measures of Buildings	17
Klon Jiří, Sobek Jakub Modelování zkoušky štípání klínem válcových těles	19
Konečný Petr, Lehner Petr, Pustka David Reinforced Concrete Bridge Deck Model Considering Delayed Exposure to Chlorides	21
Kormaníková Eva Delamination Sliding Load Mode of Laminate Plate	23
Kotrasová Kamila Elevated Tank – Horizontal Seismic Excitation	25
Králik Juraj Probabilistic Nonlinear Analysis of the Hermetic Cover of Main Shut-off Valve under Extreme Pressure and Temperature	27
Králik Juraj, Králik Juraj, jr. Experimental and Numerical Analysis of the Seismic Resistance of Cable Way Support Frame in NPP	29
Křivý Vít, Kubzová Monika Statická analýza a numerické modelování korozně oslabených válcových ocelových nádrží	31

Kucharzyzková Barbara, Šimonová Hana, Kocáb Dalibor, Keršner Zbyněk Vývoj smrštění, hmotnostních úbytků a lomových parametrů vybraných polymer-cementových malt	33
Lokaj Antonin, Vavrusova Kristyna, Mikolasek David Glued Timber Joints Loaded with Bending Moment	35
Major Maciej, Kosiń Mariusz, Major Izabela Numerical Static Strength Analysis of the Curtain Wall with Light Steel Structure	37
Major Maciej, Minda Izabela, Kuliński Krzysztof, Major Izabela Comparative Numerical Analysis of a Steel Footbridge in FEM Programs - Robot Structural Analysis and Adina	39
Malíková Lucie, Klusák Jan Vzájemné působení trhliny a zrna kameniva v kompozitu na silikátové bázi	41
Marková Jana Analysis of Reliability Elements for Revision of EN 1990	43
Mašek Jan, Vořechovský Miroslav On influence of interaction laws of dynamical particle system for sample optimization	45
Matečková Pavlína, Šmiřáková Martina, Sucharda Oldřich Cílené vyhřívání kluzné spáry	47
Melcer Jozef, Kuchárová Daniela, Kúdelčíková Mária Identifikácia charakteristik popisujúcich vlastnosti dynamických systémov	49
Mlčoch Jan, Marková Jana, Sýkora Miroslav Crack Width Verification by Fib Model Code 2010	51
Moravčík Milan, Moravčík Martin Dynamic Response of Railway Bridges Subjected to Passing Vehicles	53
Ponikiewski Tomasz, Gołaszewski Jacek The CHosen Properties of Fresh and Hardened Self-Compacting Concrete with High-Calcium Fly Ash	55
Salajka Vlastislav, Čada Zdeněk, Hradil Petr Numerická simulace zkoušek smykové únosnosti zděných stěn z pórobetonu s užitím podrobného konečně prvkového modelu	57
Salajka Vlastislav, Čada Zdeněk, Hradil Petr Numerická simulace seizmické zkoušky experimentálního modelu dvoupodlažního domu ze zděných stěn z pórobetonu	59
Salamak Marek, Żuchowski Rafał Selection, Maintenance and Acoustic Diagnostics of Expansion Joints in Bridges Located in Areas with Ground Deformations	61
Seitl Stanislav, Miarka Petr Quantification of Influence of Material Interface Steel-Concrete on Calibration Curves for Modified Compact Tension Test	63

Shatskyi Ivan, Makoviichuk Mykola, Ropyak Lubomyr Analytical Estimations of Strength of Two-Layer Coating Loaded along a Line	65
Shatskyi Ivan, Perepichka Vasyl Shock Wave in a Pile Immersed into Viscoplastic Medium	67
Shatskyi Ivan, Struk Andrii, Vaskovskyi Maksym Static and Dynamic Stresses in Pipeline Built on Damaged Ground	69
Shvangiraze Merab, Shilakadze Vazha Reinforcement of the Composite Materials by Basalt Fiber	71
Sobek Jakub, Seidl Stanislav Pilotní studie určení hodnoty SIF pro tělesa s V-vrubem	73
Šmídová Magdalena, Vořechovský Miroslav Odhad pravděpodobnosti poruchy metodou asymptotického vzorkování a závislost tohoto odhadu na použité vzorkovací metodě	75
Šnirc Ľuboš, Grmanová Alžbeta, Ravinger Ján Dynamické pokritické pôsobenie	77
Valašková Veronika, Melcer Jozef Mutual Comparison Between the two Computational Models of Interaction System Vehicle- Pavement	79
Vašková Jana, Čajka Radim 3D numerický model nehomogenního nelineárního poloprostoru v interakci s nelineárním modelem drátkobetonové desky	81
Vokál Marek, Drahorád Michal Nelineární analýza štíhlého tlačeneho zděného sloupu	83
Vořechovský Miroslav, Václav Sadílek, Magdalena Šmídová Analýza vzdáleností ortogonálního návrhu	85

ON RELATION BETWEEN ELASTIC HOMOGENIZED CONTINUA AND DISCRETE SYSTEM OF INTERCONNECTED RIGID BODIES

Jan Eliáš¹

Abstract

The contribution derives analytical relations between elastic constants of homogenized isotropic elastic continua and meso-scale elastic discrete model. The derivation is based on the following assumptions about the discrete model: (i) no directional bias; (ii) contact facets are perpendicular to the elements, (iii) the discrete units fill the domain completely, no gap occurs. The analytical formulas are derived for three-dimensional model and two-dimensional models of plane stress and plane strain.

Keywords

Young's modulus, Poisson's ratio, homogenization, elasticity, discrete model.

1 Introduction

The discrete modelling has attracted worldwide attention in last decades. It has been mostly applied to heterogeneous quasibrittle materials because of the ability of the model to simulate transversal tension under compressive load and strain discontinuity during fracture. Under certain additional geometrical conditions, direct analytical relations between the discrete model elastic behavior and the isotropic elastic continua can be found. These conditions are met for example for models based on Voronoi tessellation and similar tessellation derived from it by using weighted distance metric.

The contribution presents derivation of elastic properties of the discrete model with random geometry based on Voronoi tessellation for three-dimensional assemblies as well as two-dimensional under assumption of plane stress and strain. The formulas for 3D case have been already published e.g. in [1,3,5]. The derivation is based on the principle of virtual work.

2 Results

Elastic behavior of discrete model is governed by two parameters, E_0 and α , with E_0 being elastic modulus of inter-particle contact in normal direction and α the ratio between elastic moduli of the contact in shear and tension. A set of simple equations relating these parameters to elastic constants of homogenized isotropic continua, E and ν (Young's modulus and Poisson's ratio) are developed (Eq. (1)).

Verification of these formulae is done via simulating large prism loaded by stress σ_{xx} only. The homogenized elastic parameters E and ν are found by fitting the displacements of the rigid bodies; see e.g. [2,4]. Fig. 2 shows a comparison of the analytical formulas from Eq. (1) and numerical results. An exact match only happens in case of $\alpha = 1$.

¹ Ing. Jan Eliáš, Ph.D., Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, elias.j@fce.vutbr.cz

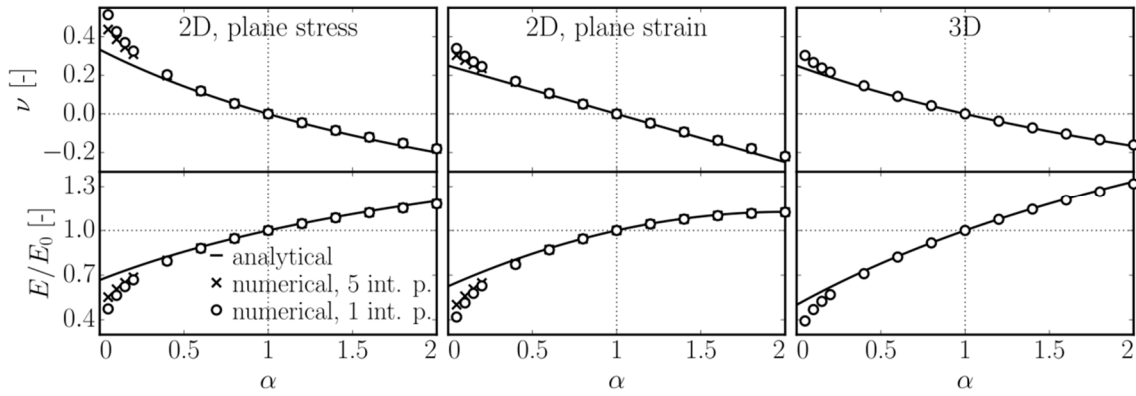


Fig. 1: Comparison of macroscopic elastic modulus and Poisson's ratio estimated analytically and computed numerically on a large discrete system.

$$\begin{aligned}
 \alpha &= \frac{1-3\nu}{1+\nu} & E_0 &= \frac{E}{1-\nu} & \Leftrightarrow \nu &= \frac{1-\alpha}{3+\alpha} & E &= E_0 \frac{2+2\alpha}{3+\alpha} & \text{2D, plain stress} \\
 \alpha &= 1-4\nu & E_0 &= \frac{E}{(1-2\nu)(1+\nu)} & \Leftrightarrow \nu &= \frac{1-\alpha}{4} & E &= E_0 \frac{(1+\alpha)(5-\alpha)}{8} & \text{2D, plain strain} \\
 \alpha &= \frac{1-4\nu}{1+\nu} & E_0 &= \frac{E}{1-2\nu} & \Leftrightarrow \nu &= \frac{1-\alpha}{4+\alpha} & E &= E_0 \frac{2+3\alpha}{4+\alpha} & \text{3D} \quad (1)
 \end{aligned}$$

Acknowledgement

The financial support provided by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic under the project LO1408 ‘‘AdMaS UP - advanced Materials, Structures and Technologies’’ under ‘‘National Sustainability Programme I’’ is gratefully acknowledged.

References

- [1] CAROL, I. and Z.P. BAŽANT. Damage and plasticity in microplane theory. *International Journal of Solids and Structures*. 1997, roč. 34, s. 3807–3835. ISSN 0020-7683.
- [2] CUSATIS, G., A. MENCARELLI, D. PELESSONE and J. BAYLOT. Lattice discrete particle model (LDPM) for failure behavior of concrete. II: calibration and validation. *Cement and Concrete Composites*. 2011, roč. 33, s. 891–905. ISSN 0958-9465.
- [3] CUSATIS, G., D. PELESSONE and A. MENCARELLI. Lattice Discrete Particle Model (LDPM) for failure behavior of concrete. I: Theory. *Cement and Concrete Composites*. 2011, roč. 33, s. 881–890. ISSN 0958-9465.
- [4] ELIÁŠ, J. Adaptive technique for discrete models of fracture. *International Journal of Solids and Structures*. 2016, roč. 100-101, s. 376–387. ISSN 0020-7683.
- [5] KUHLE., G.A.D’ADDETTA, H.J. HERRMANN and E. RAMM. A comparison of discrete granular material models with continuous microplane formulations. *Granular Matter*. 2000, roč. 2, s. 113–121. ISSN 1434-5021.

PLOCHA LIGAMENTU VÁLCE S CHERVONOVÝM VRUBEM

AREA OF LIGAMENT OF CYLINDER WITH CHEVRON NOTCH

Petr Frantík¹

Abstrakt

V článku je odvozeno několik výrazů pro plochu ligamentu válce se symetrickým a nesymetrickým chevronovým vrubem. Jsou popsány dva přístupy a dva různé způsoby určení geometrie vrubu.

Klíčová slova

Chevronový vrub, Ligament.

Abstract

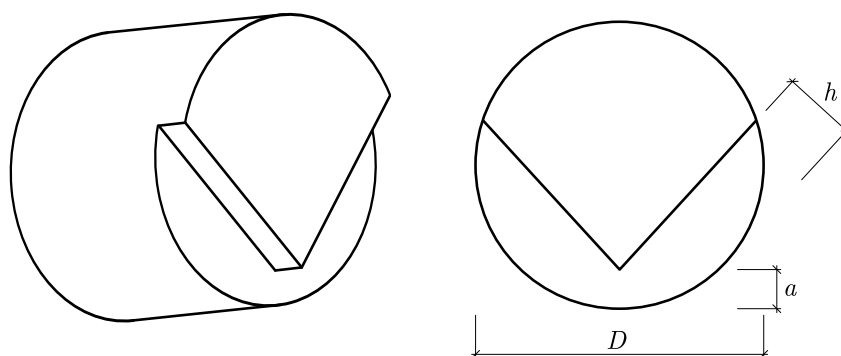
The contribution is focused on derivation of several relationships for area of ligament of a cylinder with symmetrical and unsymmetrical chevron notch. Two approaches are applied and two different specifications of the notch geometry are used.

Keywords

Chevron notch, Ligament.

1 Úvod

Příspěvek je věnován odvození výrazů pro plochu A ligamentu válce opatřeného chevronovým zářezem, viz obr. 1, určeného průměrem válce $D = 2R$, největší hloubkou zářezu h a hloubkou zářezu v jeho vrcholu a . Takto upravený válec se užívá pro laboratorní stanovení lomových charakteristik materiálu nacházejícího se in situ, jehož vzorky se odebírají pomocí vývrtu, viz také [1].



Obr. 1: Válec opatřený chevronovým zářezem

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

Prezentované odvození bylo motivováno snahou ověřit výraz A_1 publikovaný v práci [2] a případně jej zjednodušit. Dále se ukázalo, že nový přístup k odvození umožňuje stanovit plochu ligamentu i pro nesymetrický chevronový zářez.

Dodejme, že zvolená definice geometrie zářezu má kritický bod $a = R$ při které se zvolené zadání stává neurčitým, jelikož nelze definovat úhel zářezu δ .

První výraz z alternativního řešení byl získán stanovením úhlů pomocí kosinové věty:

$$A_2 = z(R-h) + R^2 \cos^{-1} \left(\frac{z^2 - R^2 - (R-a)^2}{2R(R-a)} \right), \quad (1)$$

$$z = \sqrt{(h-a)(2R-a-h)} + s\sqrt{h(2R-h)}, \quad s = \begin{cases} 1, & a < R, \\ -1, & a > R. \end{cases}$$

Druhý výraz pro plochu obdržíme díky řešení přilehlých pravoúhlých trojúhelníků:

$$A_3 = z(R-h) + R^2 \begin{cases} \left(\pi - \cos^{-1} \left(\frac{R-h}{R-a} \right) - \cos^{-1} \left(\frac{R-h}{R} \right) \right), & a < R, \\ \left(\sin^{-1} \left(\frac{h-R}{a-R} \right) - \sin^{-1} \left(\frac{h-R}{R} \right) \right), & a > R. \end{cases} \quad (2)$$

Třetí výraz vypočítá potřebný úhel z jiného pravoúhlého trojúhelníka:

$$A_4 = z(R-h) + R^2 \begin{cases} \pi - \sin^{-1} \left(\frac{z(R-h)}{R(R-a)} \right), & h \leq h_{cr} \wedge a < R, \\ \sin^{-1} \left(\frac{z(R-h)}{R(R-a)} \right), & \text{jinak,} \end{cases} \quad (3)$$

$$h_{cr} = R \left(\frac{2R^2 - a(2R-a) - (R-a)\sqrt{R^2 + (R-a)^2}}{R^2 + (R-a)^2} \right).$$

2 Platnost řešení

Výše popsaná řešení existují za následujících podmínek:

$$\begin{aligned} \text{je-li } a < R, & \text{ pak } a \leq h \leq R, \\ \text{je-li } a > R, & \text{ pak } R \leq h \leq a, \\ 0 \leq a \leq D & \wedge a \neq R. \end{aligned} \quad (4)$$

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] VAVRO, L. *Lomová houževnatost hornin a její zjišťování pro geomechanické hodnocení hornin a horninového masivu*, dizertační práce, VŠB-TU Ostrava, 2014.
- [2] KUBEŠ, P. *Pokročilé vyhodnocení lomových testů vybraných horninových těles*, bakalářská práce, VUT FAST v Brně, 2016.

NÁHRADNÍ TUHOST PODLOŽÍ

EFFECTIVE SUBSOIL STIFFNESS

Petr Frantík¹, Pavel Bušina²

Abstrakt

V článku je shrnuto stanovení a ověření náhradní tuhosti podloží pro praktické účely. Stanovení je založeno na výpočtu deformace pružného vrstevnatého poloprostoru. Ověření je provedeno pomocí dvou analytických řešení.

Klíčová slova

Náhradní tuhost, Podloží, Poloprostor.

Abstract

The paper deals with determination and verification of effective stiffness of a subsoil for practical application. The determination is based on solving of displacement of elastic layer half space. Verification is made by two analytical solutions.

Keywords

Effective stiffness, Subsoil, Half space.

1 Úvod

Pro technické účely vyvstává potřeba přiměřeně odhadnout reálnou tuhost základové půdy. Jelikož je základová půda ve směru pod úrovní základové spáry prakticky neomezená, není výpočet náhradní tuhosti snadný a v inženýrské praxi se často různým způsobem zjednodušuje. Při uvažování lineárního působení materiálu podloží je jeho nejvýstižnějším modelem zřejmě tzv. pružný poloprostor, respektive v případě nehomogenního podloží tzv. vrstevnatý poloprostor, viz [1,2].

2 Modely

Mějme tuhý čtvercový základ o šířce $b = 2$ m, pro který potřebujeme určit tuhost základové půdy tvořené vrstvami dle tabulky 1 s koeficientem příčné kontrakce $\nu = 0.3$.

vrstva	hloubka h [m]	tloušťka t [m]	E [MPa]
0	1.5	1.5	15
1	5	3.5	5
2	8	3	30

Tab. 1: Vrstvy podloží

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

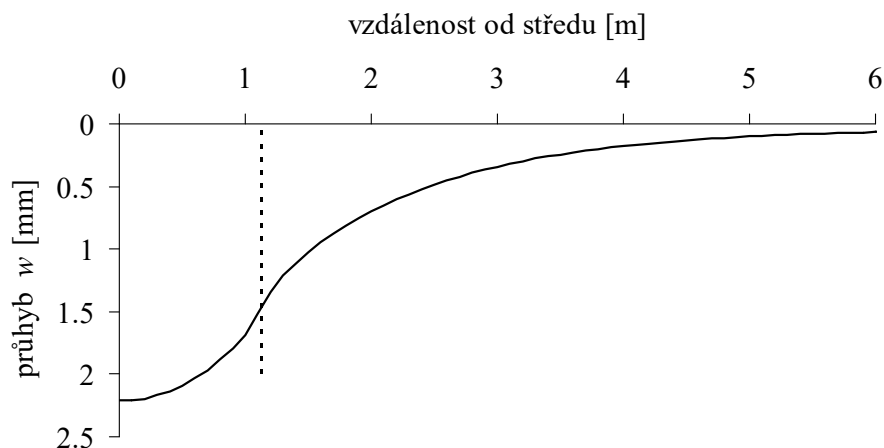
² Ing. Pavel Bušina, Bochořákova 3076/11a, 61600 Brno, e-mail: info@busina.cz

Dle parametrů uvedených v tabulce 1 známe podloží jen do hloubky 8 metrů. Uvažujme, že nejhlubší naměřená vrstva má teoreticky neomezenou mocnost.

Pro výpočet deformace pružného vrstevnatého poloprostoru byla vytvořena počítačová aplikace ELaS [3] dle postupu podrobně popsáno v příloze publikace [2]. Čtvercový základ je zde nahrazen konstantním tlakem na kruhu s poloměrem R takovým, aby byla dosedací plocha základu stejná.

Průhyb poloprostoru na jeho povrchu ve středu kruhu vyšel $w = 2.21$ mm při tlaku $p = 10$ kPa, viz obr. 1, což odpovídá náhradní tuhosti $k = p/w = 4.53$ MN/m³.

Z průběhu deformace povrchu poloprostoru na obr. 1 je patrné, že řešení neodpovídá deformaci od tuhého základu z důvodu zatěžování konstantním tlakem. Tedy lze očekávat mírně nižší průhyb o velikosti zhruba 2 mm, což dává tuhost $k_{ELaS} = 5$ MN/m³.



Obr. 1: Průhyb vrstevnatého poloprostoru na jeho povrchu od tlaku $p = 10$ kPa

Výše uvedený výsledek ověříme užitím silové metody. Snadno odvodíme deformaci w náhradního nehomogenního komolého jehlanu se čtvercovou podstavou složeného z homogenních vrstev o výšce t_i a tangentě úhlu jehlanu c_i :

$$w = \sum_{i=1}^n w_i = pb^2 \left(\sum_{i=1}^{n-1} \frac{t_i}{E_i b_i b_{i+1}} + \frac{1}{E_n b_n c_n} \right), \quad b_{i+1} = b_i + c_i t_i, \quad b_1 = b. \quad (1)$$

Odvozený výraz dává pro tangentu $c_i = c = 1$, tj. pro úhel jehlanu 45°, deformaci $w = 1.905$ mm, což odpovídá tuhosti $k_{\text{jehlan}} = 5.25$ MN/m³.

Poděkování

Děkuji váženému kolegovi doc. Ing. Petru Holcnerovi, Ph.D za podnět k vytvoření aplikace ELaS. 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] MAINA, J. and K. MATSUI. Elastic Multi-layered Analysis Using DE-Integration *Publ. RIMS*, Kyoto University, 41 (2005), 853–867, 2005.
- [2] HUANG, Y. H., *Pavement analysis and design*, Pearson Prentice Hall, second edition, 2004.
- [3] FRANTÍK, P., Java aplikace ELaS, FAST VUT v Brně, 2016.

INFLUENCE OF TEMPERATURE ON WORKABILITY AND COMPRESSIVE STRENGTH OF ORDINARY CONCRETE WITH HIGH CALCIUM FLY ASH

Jacek Gołaszewski ¹, Tomasz Ponikiewski ², Grzegorz Cygan ³

Abstract

The rheological properties of fresh ordinary concrete are closely affected by temperature and time. The paper presents the study of consistency of fresh concrete mixtures made with Portland cement and cement with calcareous fly ash. Two types of admixtures were used. It was proven that the temperature has a clear effect on workability and compressive strength concrete. Influence on workability can be reduced by selecting the appropriate superplasticizer and cement.

Keywords

Temperature, workability, concrete mixture, high calcium fly ash.

Temperature is a factor inextricably linked to the processes of mixing and casting of concrete. The final temperature of the fresh concrete is influenced by a temperature of the component, ambient temperature, and the heat generated by the mixing. Under real conditions ensuring the same temperature of the mixture is very problematic and in fact this can be done only in the case of the precast production.

The mechanism of effect of temperature on workability of ordinary concrete without chemical admixtures is connected to the cement hydration process, which speeds up with the raise of temperature. The factor which additionally hastens the loss of workability in higher temperatures is the loss of water due to its evaporation. When chemical admixtures are introduced to the concrete mixture, the effect of influence of temperature on workability becomes more complex. This is due to the mechanism of action of chemical admixtures, in particular the process of adsorption of the admixtures on the grains and products of cement hydration. Process of adsorption itself is dependent on the temperature in which the hydration occurs. Additionally, the change of temperature in which the process of cement hydration occurs leads to quantitative and qualitative change in the structure of cement paste, what in turn results in the differentiation of the hydration products, each of which adsorbs the admixtures differently. The higher its adsorption degree on the grains and hydration products, the higher is the effectiveness of the admixture.

The influence of temperature on the mechanical properties in case of presented strength research is dependent on two mechanisms. First is connected to the influence of temperature on the workability – worse workability will result in lower strength. The second mechanism is connected to the influence of temperature on the speed of hydration

¹ Prof. dr hab inż. Silesian University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Building Materials and Processes Engineering

² Dr hab.inż. Silesian University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Building Materials and Processes Engineering

³ Mgr inż. Silesian University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Building Materials and Processes Engineering

and the structure of the cement paste. It is common knowledge, that the higher temperatures cause the faster increase of strength, especially in the initial phase of hardening. Lower temperatures, in turn, have opposite effect, however, it is common for the late strength to be higher for concretes made and hardening in lower temperatures.

Concrete mixtures without chemical admixtures are nowadays a rarity, if they are even used at all. In their case the lowering of the susceptibility for temperature can be obtained by appropriate selection of cement. In concrete mixtures with admixtures it is necessary to choose the right cement and appropriate admixture. There are more possibilities, but the amount of phenomena affecting the influence of temperature increases. This causes ensuring the resistance to changes in temperature to be more difficult, but not impossible [1].

Concrete mixtures were made from preheated or pre-cooled constituents, so that the temperature of mixture would be 10, 20 and 30°C. The consistency of the concrete mixtures was determined by the flow table test according to standard EN 12350-5. Consistency tests were conducted after 5 and 60 minutes from the moment of adding the water to the concrete mixtures. The compressive strength was tested after 2, 7, 28 and 90 days of hardening. Concrete mixtures were made on the creek rock aggregate with fractions up to 8 mm. The concrete mixtures were made with Portland cement CEM I 42,5R and cements with an addition of calcareous fly ashes.

The increase of temperature causes the reduction of the flow diameter of the concrete mixtures. In some cases the changes are significant and lead to changing the classification of the concrete mixtures in terms of consistency.

The significant influence of the temperature of the concrete mixture on compressive strength can be observed. It is more pronounced in the early stages of hardening. During the hardening, differences between the compressive strength of concrete mixtures in temperatures 10, 20 and 30°C are becoming smaller. However, after 28 days of hardening the differences between compressive strength can be high enough to place the concretes in different strength classes. Lower compressive strengths characteristic for lower temperatures require formworks for construction for a longer time.

Due to the labour intensity and material consumption of the laboratory work connected with the research into the influence of temperature on concrete workability (necessity of cooling or heating up the large quantity of materials), it is convenient to conduct this type of research on mortars, which composition can be determined according to the procedure presented in [2]. A mortar designed according to that method exhibits a compatibility with the behaviour of concrete mixture in the system of variable technological factors. Temperature of the concrete mixture influences the compressive strength of concrete. Its influence is so pronounced, that it can require the different classification of the concrete in terms of strength.

References

- [1] SCHMIDT, W. *Design concepts for the robustness improvement of self-compacting concrete*. Eindhoven University of Technology. Eindhoven 2014. ISBN 978-90-386-3598-9.
- [2] GOLASZEWSKI J., A. KOSTRZANOWSKA, G. CYGAN and M. DREWNIOK. *Mortar as a model to predict self-compacting concrete rheological properties as a function time*. In: *Construction and building materials 2016* vol.124, s. 1100-1108 e-ISSN 1879-0526

OPTIMIZATION OF SINGLE-LAYER BRACED DOMES

Maksym Grzywiński¹

Abstract

The paper deals with discussion of optimization problem in civil engineering structural space design. Minimization of mass should satisfy the limit state capacity and serviceability conditions. The cross-sectional areas of bars and structural dimensions are taken as design variables. Variables are used in the form of continuous and discrete. The analysis is done using the Structural and Design of Experiments modules of Ansys Workbench v17.2. As result of the method a mass reduction of 46,6 % is achieved.

Keywords

Structural optimization, space truss, braced dome, single-layer.

1 Introduction

In this paper, a Goal Driven Optimization [1] is proposed to evolve the configuration design of domes aiming at the mass minimization of the structure. Discrete and continuous design variables are considered corresponding to the sizing of the cross-sectional areas of the bars, joint coordinates of the dome.

Braced domes formed of a single-layer network of slender members are widely accepted as effective lightweight solutions to large span applications. Earlier structures such as the 213 m span New Orleans Superdome and the 200 m span Texas Astrodome only weigh 0.24 and 0.22 kN/m², respectively [3]. Hundreds of successful braced dome applications now exist all over the world covering public halls, places of worship and many other buildings [4].

It is possible to consider the structure as a three-dimensional truss and the bars presenting joints non-rigidly interconnected. The normal and buckling stresses arising from the axial forces in the bars, and the displacements at the nodes, are the values that affect the sizes of the members and the final cost of the structure. For such structures it is interesting to carry out a non-linear analysis to obtain the axial forces and displacements. Moreover, to best explore the advantages of the structural behavior, joints must be considered as rigidly interconnected and the structure modeled as a space frame. Usually it leads to a lighter structure. In this case, the interaction between axial forces and bending moments in members with a high slenderness coefficient requires a non-linear analysis in order to check the stability of the structure [5, 6].

2 Numerical example

In this paper, in order to demonstrate the proposed solution method a braced dome structure is presented as a simple sizing problem with discrete design variables and second solution as a shape optimization with continuous design variables.

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

The dome is subjected to a downward vertical equipment loading of 60 kN at in crown (node 33) and simply supported at nodes 1-8.

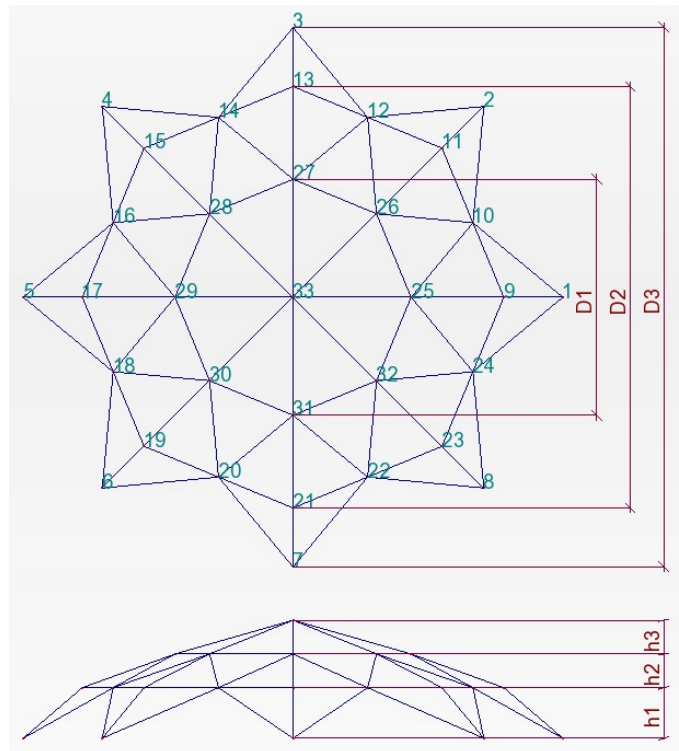


Fig. 1: The layout of the 80-bars shallow truss dome

References

- [1] *ANSYS Workbench User's Guide*. 2009. SAP IP, Inc. 120 p.
- [2] GRZYWIŃSKI, M. Optimization of Double-Layer Braced Barrel Vaults, *Transaction of the VŠB – Technical University of Ostrava, Civil Engineering Series*, 2015, vol. 15, issue 2, paper #6, (6 p). ISSN 1804-4824.
- [3] MAKOWSKI, Z.S. *Analysis, Design and Construction of Braced Domes*. 1984. Nichols Pub. Co. ISBN 0-89397-191-X. 701 p.
- [4] NARAYANAN, S. *Space Structures: Principles and Practice*, 2006. Multi-Science Publishing Co. Ltd. ISBN 0-906522-42-0. 844 p.
- [5] SAKA, M.P. and M. ULKER. Optimum design of geometrically non-linear space trusses. *Computers and Structures*, 1991, vol. 41, pp. 1387-1396 (10 p). ISSN 0045-7949.
- [6] SAKA, M.P. and E.S. KAMESHKI. Optimum design of nonlinear elastic framed domes. *Advances in Engineering Software*, 1997, vol. 29, issue 7–9, pp. 519-528 (10 p). ISSN 0965-9978.

PŘÍSPĚVEK K MODELOVÁNÍ Vlivu DOBÝVACÍCH PRACÍ NA DŮLNÍ DÍLA I POVRCHOVÉ OBJEKTY

CONTRIBUTION TO MODELLING OF MINING WORKS EFFECTS ON UNDERGROUND AND SURFACE OBJECTS

Janas Petr¹, Brožovský Jiří, Gabrysz Radimⁱⁱ

Abstrakt

Příklad aplikace metody konečných prvků pro modelování vlivu dobývacích prací na jámy a na jámové objekty na povrchu. Horninové prostředí bylo modelováno jako pružné, transversálně izotropní. Voleny deformační podmínky vyplývající z mocnosti dobývané sloje. Prezentovány očekávané deformace v okolí jámy a těžní věže.

Klíčová slova

Vlivy dobývacích prací, metoda konečných prvků, mezní úhel, okrajové podmínky.

Abstract

An example application of the finite element method for modelling of mining works effects on underground and surface objects is presented.

Keywords

Mining works effects, finite element method, limit angle, boundary conditions.

1 Úvod

V současné době se vliv dobývání uhelných slojí na povrch a zpravidla také na důlní díla posuzuje tradičními postupy [4]. Pomocí tzv. mezního úhlu vlivu se na povrchu i pod povrchem vymezuje oblast, v níž se důlní vlivy projevují a na oblast důlními vlivy nedotčenou. Hranicí těchto oblastí je plocha, která je od okraje porubu vedena pod tzv. mezním úhlem vlivu. Pro výpočet složek posunutí povrchu, se používají různé výpočetní postupy, které mají empirický charakter a odvíjejí se často z poznatků získanými měřeními na povrchu. Tyto postupy prognózování deformace povrchu se osvědčují, a zřejmě proto se nevěnuje pozornost sofistikovanějším postupům, které by složité procesy, které při hlubinném dobývání slojí stěnováním nastávají, věrohodněji popisovaly. Doposud realizovaný postup má však svá úskalí, zejména pokud se aplikuje pro posuzování vlivu dobývací na důlní díla, jako jsou např. jámy. Z výše uvedených důvodů byla v minulosti ve VVUÚ rozpracována Berryho metoda [1], [3]. Tato metoda modelovala horninový masiv jako pružné příčně izotropní prostředí. Pro její aplikaci byl v minulosti zpracován software, který dnes již není dostupný.

¹ Doc. Ing. Petr Janas, CSc., VŠB TUO, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Podéště 1875, 708 00 Ostrava Poruba, petr.janas@vsb.cz

² Doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D., VŠB TUO, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Podéště 1875, 708 00 Ostrava Poruba, jiri.brozovsky@vsb.cz

³ Ing. Jiří Gabrysz, OKD a.s., Důlní závod I lokality Karviná, vedoucí ODMG, Stonavská 2179, 735 06 Karviná Dolý, Radim.Gabrysz@okd.cz

Při modelování horninového masivu ovlivněného dobývacími pracemi (např. MKP) by se mělo aplikovat prostorové modelování, jedná-li o prognózování pohybu (posunutí) horninového masivu zasahující rozsáhlé celky včetně povrchu a důlních objektů (jámy, překopy atd.). V některých případech, které jsou rozsahově omezenější a mají do značné míry detailnější charakter, lze ve zdůvodněných případech aplikovat i rovinné modelování.

Při vlastním modelování změn, které vyvolává stěnové dobývání, lze v zásadě postupovat dvěma cestami, které se liší volbou okrajových podmínek na hraniční ploše (plochách) dobývané sloje. Lze zde volit okrajové podmínky:

- 1) silové, odpovídající rovnováze sil na této ploše,
- 2) deformační podmínky, odpovídající vydobyté mocnosti sloje a posunutí hornin do vydobytého prostoru.

Postup modelování je v obou případech odlišný. V předloženém příspěvku je aplikován, obdobně jako u Berryho metody, postup s deformačními podmínkami opět pro pružné příčně izotropní prostředí. Je prezentováno modelování vlivu dobývání porubů v 38. a v 39. sloji v jámovém ohradníku Dolu Lazy v OKR na deformační projevy v jámách a zejména na betonovou těžní věž jámy č. 6 vysoké 83,47 m, která je citlivá zejména na naklonění. Výpočty jsou realizovány metodou konečných prvků při aplikaci software Jiřího Brožovského. Informace o programu je možné najít na adrese: <http://fast10.vsb.cz/brozovsky/ufem.html>.

2 Závěr

Prognózování vlivu dobývacích prací v jámových pilířích na povrchové objekty a zejména na jámy je obtížná geotechnická úloha. Při jejich řešení je vhodné aplikovat sofistikovanější postupy než ty, které se opírají pouze o postupy aplikované pro výpočet deformací povrchu. Ani tyto postupy se však neobejdou bez monitorování deformací horninového masivu na povrchu a v důlních dílech. Vyžaduje to vždy omezená znalost o stavbě a vlastnostech horninového masivu. Proto byla při zpracování odborného posudku k navrhovanému postupu dobývání v ochranném pilíři Dolu Lazy [2] formulována celá řada opatření, která měla minimalizovat vznik kritických situací posuzovaných objektů, tj. jam a těžní věže jámy č. 6.

Poděkování

Práce byly podporovány z prostředků koncepčního rozvoje vědy, výzkumu a inovací pro rok 2016 a 2017 přidělených VŠB-TUO Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy ČR.

Literatura

- [1] BERRY, D. S. *Ground Movement Considered as an Elastic Phenomenon*. The Min. Eng., Vol. 123 (1963-1964), No. 37.
- [2] JANAS, P. and J. BROŽOVSKÝ. *Posouzení vlivu dobývání porubů 138000, 138002, 138004 a 138006 v 38. sloji a 139000, 139002, 139004 a 139006 v 39. sloji na jámy č. 2, 5 a 6 Dolu Lazy*, Znalecký posudek, květen 2015.
- [3] LOSERT, Č. and M. ŽENČ. *Aplikace pružného příčně, příčně izotropního modelu horského masivu při výpočtu vlivu dobývání v podmínkách ostravsko-karvinském revíru*, Uhlí (XXIV/1976) č. 4.
- [4] NESET, K. *Vlivy poddolování*. SNTL Praha 1984.

STANOVENÍ NÁVRHOVÝCH CHARAKTERISTIK NOSNÍKU ZE SVÁŘKOVÉHO ŽELEZA

ESTIMATING OF DESIGN CHARACTERISTICS OF WROUGHT STEEL GIRDER

Karel Jung¹, Jana Marková², Miroslav Sýkora³

Abstrakt

Příspěvek ukazuje stanovení návrhových charakteristik balkonového nosníku Stavovského divadla. Nedestruktivní zkoušky založené na tvrdoměrné metodě byly použity pro ověření homogenity historického materiálu. Z důvodů památkové ochrany byl umožněn odběr pouze jednoho vzorku pro destruktivní tahovou zkoušku. Na základě výsledku této zkoušky, chemické analýzy a zkušeností s historickými kovovými materiály se předpokládá, že se jedná o svářkové železo. V souladu s ČSN EN 1990, ČSN ISO 13822 a ČSN 73 0038 jsou následně stanoveny návrhové hodnoty meze kluzu, pevnosti a modulu pružnosti materiálu.

Klíčová slova

Návrhová hodnota, existující konstrukce, památkově chráněná konstrukce, hodnocení na základě zkoušek.

Abstract

The submitted contribution illustrates the application of theoretical procedures by means of a case study focused on reliability assessment of balcony girders of the Estates Theatre in Prague, listed as a Czech national heritage monument. Preliminary reliability assessment, based on conservative recommendations of standards for existing structures, reveals that the resistance of the wrought steel girders from the 19th century is insufficient. Brinell hardness tests were used to verify the homogeneity of historic steel of other girders. Design characteristics of wrought iron are then estimated following the principles of EN 1990 and ISO 13822.

Keywords

Brinell hardness test; heritage structure; material properties; reliability assessment; standard; statistical approach; wrought steel.

1 Úvod

V případě hodnocení existujících konstrukcí, a zejména těch památkově chráněných, existuje řada nejistot o materiálových vlastnostech nutných při jejich ověřování, a proto je nezbytné provedení zkoušek. Počet destruktivních zkoušek se však obvykle

¹ Karel Jung, ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Oddělení spolehlivosti, Šolínova 7, karel.jung@cvut.cz

² Jana Marková, ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Oddělení spolehlivosti, Šolínova 7, jana.markova@cvut.cz

³ Miroslav Sýkora, ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Oddělení spolehlivosti, Šolínova 7, miroslav.sykora@cvut.cz

minimalizuje s ohledem na zachování kulturní hodnoty a provádějí se dodatečné nedestruktivní zkoušky.

Minimální počet zkoušek lze stanovit s přihlédnutím k tabulce D.1 v příloze D ČSN EN 1990 [1]. Pro „ V_X známý“ se uvažuje, že variační koeficient (nebo jeho konzervativní odhad) je plně známý a k odhadu stačí jedna zkouška. V případě neexistuje apriorní znalost variačního koeficientu a je potřeba minimálně odběr tří vzorků.

Příspěvek ukazuje hodnocení materiálových vlastností na základě jedné tahové zkoušky vzorku z balkonu Stavovského divadla v Praze podle ČSN EN ISO 6892-1.



Obr. 1: Balkon Stavovského divadla a nosník se zkorodovaným povrchem

2 Závěry

Posouzení návrhových hodnot materiálových vlastností a ověření geometrie ocelového nosníku bočního balkonu Stavovského divadla bylo provedené v souladu s ČSN EN 1990 pro zásady navrhování a ČSN ISO 13822 a ČSN 73 0038 pro hodnocení existujících konstrukcí. Nejdůležitější poznatky jsou shrnuty v následujících bodech:

- 1) Pro ověření spolehlivosti konstrukce balkonu lze uvážit:
 - charakteristickou hodnotu meze kluzu odpovídající protažení 0,2 % - $f_{yk} \approx 206$ MPa
 - dílčí součinitel materiálu pro ověření únosnosti v ohybu, smyku a tlaku - $\gamma_M \approx 1,26$.
- 2) Na základě ověření tvrdoměrnou metodou podle Brinella lze považovat materiál nosníků za stejný a homogenní.
- 3) Nedestruktivní zkoušky jsou vhodné pro ověření homogenity materiálů nebo nosných prvků, ale mají řadu nejistot, takže je potřebné je vždy kalibrovat na základě dostatečného počtu destruktivních zkoušek.

Poděkování

Příspěvek byl vypracován v Kloknerově ústavu, ČVUT v Praze, v rámci řešení projektu DG16P02M050 Optimalizace sledování a hodnocení informací o památkových stavbách podporovaném Ministerstvem kultury ČR.

MAPOVÁNÍ STATICKÝCH ROVNOVÁŽNÝCH STAVŮ OBLOUKOVÉ KONSTRUKCE

MAPPING OF STATIC EQUILIBRIUM STATES OF ARCHED STRUCTURE

Martin Kalina¹, Petr Frantík²

Abstrakt

Příspěvek se věnuje výzkumu mapování potenciální energie se zaměřením na obloukové konstrukce. Pro vybraný oboustranně kloubově uložený oblouk, zatížený posunutím v prostředním bodě, je pomocí dynamické relaxace a navržených mapovacích metod prohledávána oblast, kde se současně vyskytují dva pokritické statické rovnovážné stavy.

Klíčová slova

Bifurkace, oblouková konstrukce, statický rovnovážný stav.

Abstract

The article is focused on research of mapping of potential energy of elastic structures with aim on arches. For selected hinged arch loaded by displacement in the midpoint, the area of two concurrently existing postcritical statical equilibrium states is scanned using dynamical relaxation and with help of a set of designed mapping methods.

Keywords

Bifurcation, arched structure, static equilibrium state.

1 Úvod

V návaznosti na výsledky mapování potenciální energie vzpěradla [1, 2] a možnosti vytvořené počítačové aplikace MapPoEng [3] bylo rozhodnuto tuto aplikaci rozšířit o možnost modelování obecných rovinných prutových konstrukcí a zmapovat jejich energetické plochy. Vybrány byly relativně ploché obloukové konstrukce (rozpětí 10 m a vzepětí 2 m). Ukázalo se, že i u takto plochých konstrukcí tohoto typu existují současně alespoň dva postkritické statické rovnovážné stavy. Konstrukce zatěžována řízeným posunem náhle přejde z jednoho statického rovnovážného stavu do druhého. Tyto stavy hledá aplikace MapPoEng [3] pomocí dynamické simulace Symplektickou Eulerovou metodou [4].

Zachytit, jak se konstrukce chová v bifurkační oblasti není jednoduchým úkolem. Při mapování energetické plochy není snadné rozhodnout v jakém stavu se konstrukce nachází, jelikož dochází náhle k přechodům mezi oběma stavy. Tento příspěvek se věnuje mapovacím metodám, které pomohly vybranou oblast prozkoumat.

¹ Martin Kalina, Ing., Vysoké učení technické v Brně – FAST, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00, Brno, email: kalina.ml@fce.vutbr.cz

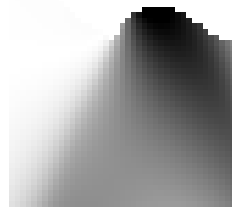
² Petr Frantík, doc., Ing., Ph.D., Vysoké učení technické v Brně – FAST, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00, Brno, email: kitnarf@centrum.cz

2 Sestavení a zobrazení výsledků

Po každém kroku řídicího uzlu se zapíše potenciální energie modelu oblouku pro příslušné souřadnice. Potenciální energie prvního stavu bude jiná než potenciální energie stavu druhého (jeden ze stavů bude mít potenciální energii výrazně nižší než stav druhý). Proto ze všech dat použité mapovací metody budeme hledat pro každou souřadnici minimální a maximální hodnotu potenciální energie. Tyto hodnoty $H_{(i,j)}$ můžeme pro každou souřadnici procentuálně vyjádřit:

$$H_{(i,j)} = \frac{\min E_{p(i,j)} - \max E_{p(i,j)}}{\max E_{p(i,j)}} \cdot 100, \quad (1)$$

kde i představuje i -tý řádek vertikální souřadnice, j představuje j -tý sloupec horizontální souřadnice, $\min E_{p(i,j)}$ je hodnota minimální potenciální energie pro i -tý řádek a j -tý sloupec a $\max E_{p(i,j)}$ je maximální potenciální energie pro i -tý řádek a j -tý sloupec. Takto získaná data zobrazíme pomocí aplikace FuVis [5] obr. 1.



Obr. 1: Zobrazení hodnot $H_{(i,j)}$ aplikací FuVis [5] pro metodu DiagonalBaseComb_40x40

3 Závěr

Príspevek se zabýval studiem chování prutové konstrukce pomocí představeného modelu řešeného jako dynamický systém. Statické rovnovážné stavy modelu jsou vyhledány pomocí dynamické relaxace. Bylo zjištěno, že studovaný oblouk s geometrickou imperfekcí, vykazuje v určitých místech existenci dvou statických rovnovážných stavů. Ukázalo se, že metoda DiagonalBaseComb tyto místa nalézá.

Poděkování

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

Literatura

- [1] FRANTÍK, P. Simulation of the stability loss of the von Mises truss in an unsymmetrical stress state. *Journal Engineering Mechanics*, 2007. Vol. 14. No. 3. s. 155-162.
- [2] FRANTÍK, P. <http://mappoeng.kitnarf.cz>. MapPoEng. [Online] říjen 2015.
- [3] KALA, Z. a M. KALINA. Static Equilibrium states of von Mises Trusses. *International Journal of Mechanics*. London: North Atlantic University Union NAUN, 2016, ISSN 1998-4448.
- [4] HAIRER, E., CH. LUBICH a G. WANNER. *Geometric numerical integration illustrated by the Störmer/Verlet method*. 12. 2003. Acta Numerica.
- [5] FRANTÍK, P. <http://fuvis.kitnarf.cz>. FuVis. [Online] říjen 2015.

SEISMIC IMPACT AND ANTISEISMIC MEASURES OF BUILDINGS

Gela Kipiani¹, Mikhail Todua², Akaki Paresishvili³, Nodar Chachkhiani⁴,
Vazha Sulashvili⁵

Abstract

In the report are stated compression supports of seismic protection that represents rubber-metal and rubber-plastic elements. Such supports are manufacturing and applied at new construction, especially in tower buildings. Also are considered analysis of frame building on seismic resistance with application of seismic insulation.

Keywords

Basalt, fiber, composite, cylinder, wind rotor, blade.

1 Introduction

Georgia is located in high seismic activity area. Due action of earthquakes during centuries was ruined and still are damaging lot of buildings. History keeps many references on devastating earthquakes and based on the above mentioned all issues of seismic resistance are rather actual.

It is known that after the design earthquake in building are originates various size cracks. After further repeatedly earthquakes number of cracks, will be increased, at the same time is reducing stiffness of building and as result is reducing value of seismic impact. If we know that due decreasing of stiffness of building is possible to reduce seismic impact on it, therefore would be found, how survive in this way the building.

Quite this circumstance pushes the scientists to start the search of protection systems from seismic impact. Recently were created several implemented in practice design methods, seismic insulation systems that are widely used. Such are active and passive seismic insulation and seismic damping systems.

2 Conclusion

- Application of seismic insulation system causes reducing of acting on building seismic loadings up to 1.9-2 times, due that decreases the frequency of oscillations of structural components at earthquakes.
- The reduction of impact of seismic force causes lowering of inertia forces in structures that in turn decreases displacements of load bearing structure of buildings. This is rather significant at buildings analysis on seismic resistance.

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

² Professor Mikhail Todua, Georgian Technical University, 77, M. Kostava str., Tbilisi, 0175, Georgia, vshilakadze@mail.ru

³ PhD Student Akaki Paresishvili, Georgian Aviation University, 16, K. Tsamebui str., Tbilisi, 0144, Georgia, gelakip@gmail.com

⁴ PhD Student Nodar Chachkhiani, Georgian Aviation University, 16, K. Tsamebui str., Tbilisi, 0144, Georgia, gelakip@gmail.com

⁵ PhD Student Vazha Sulashvili, Georgian Aviation University, 16, K. Tsamebui str., Tbilisi, 0144, Georgia, gelakip@gmail.com

References

- [1] KHACHIAN, E. *Seismic impact and forecasting of building's behavior*. Erevan: Publishing Gitutium National Academy of Rapublic of Armenia. 2015. 555 p.
- [2] GABRICHIDZE, G. *Order and disorder*. Tbilisi: Metsniereba, 2014. 80 p.
- [3] *Expanding and using knowledge to reduce earthquake losses: the national earthquake hazards reduction program. Strategic plan. 2001-2005*.
- [4] ZAVRIEV, K.R., G.N. KARTSIVADZE, et al. *Fundamentals os seismic resistance buildings*. Tbilisi: Gaantleba, 1979. 237 p.
- [5] MIKHAILOV, B.K. and G.O KIPIANI. *Deformability and stability of spatial plate systems with discontinuous parameters*. Saint Petersburg: Stroyizda, SpB, 1996. 442 p.
- [6] KIPIANI, G.O. Stability and oscillations of three-layere panels at seismic impacts. Materials of conference Quality and reliability of building materials and structures in seismic resistance construction. Batumi: 1988, Tbilisi: Mtesniereba. 1988. 15 p.
- [7] KIPIANI, G.O. Definition of critical loading on three-layered plates with cuts by transition from static problem to stability problem//Contemporary Problems of Architect and Construction. Selected peer reviewed papers the 6th International Conference on Contemporary Problems in Architect and Construction. June 24-27, 2014, Ostrava, Czech Republic. Edited by Darja Kubeckova. Trans. Tech. Publications LTD. Switzerland. 2014, pp. 146-150.
- [8] KIPIANI, G., M. KALABEGISHVILI and D. TABATADZE. Study of non-linear oscillations of tower buildings caused by ground displacement with taking into account the physical non-linearity of material. *International Conference Seismics 2014 "Seismic resistance and rehabilitation of buildings"*, transactions. 29-30 May, 2014, Tbilisi, Georgia. Publishing House "Universal", Tbilisi, 2014, pp. 49-57.

MODELOVÁNÍ ZKOUŠKY ŠTÍPÁNÍ KLÍNEM VÁLCOVÝCH TĚLES

SPATIAL MODELING OF WEDGE-SPLITTING TEST SUBJECTED TO CYLINDRICAL SPECIMENS

Jiří Klon¹, Jakub Sobek²

Abstrakt

Příspěvek popisuje numerický model zkoušky štípaní klínem na válcových tělesech vyrobených z kvazikřehkých materiálů. Tyto modely jsou používány pro predikci šíření trhlin (poškození) a jsou stěžejní pro vyhodnocení lomových parametrů materiálu. K sestavení těchto modelů byl použit program ATENA, na bázi metody konečných prvků. Analýza je zaměřena na porovnání 2D a 3D variant modelu vytvořených s použitím reálných materiálových parametrů získaných z laboratorních zkoušek.

Klíčová slova

Zkouška štípaní klínem, kvazikřehký materiál, MKP, numerický model, šíření trhliny.

Abstract

This paper discusses numerical models of the wedge-splitting test subjected to cylindrical specimens made of quasi-brittle material. These models are used for predictions of crack/failure propagation and are crucial for the further evaluation of fracture parameters. To assemble the numerical models, ATENA FEM software was used. The analysis is focused on comparison of the 2D and 3D numerical models created with real material properties obtained from experimental data measurement.

Keywords

Wedge-splitting test, quasi-brittle material, fracture propagation, FEM, numerical simulation.

1 Úvod

Konfigurace zkoušky štípaní klínem [1] přináší mnoho výhod, jako je zkoušení na tělesech válcového tvaru (odebraných ze stávající konstrukce pomocí jádrového vývrtu), kompaktní rozměry umožňují výrobu většího množství zkušebních těles (ze stejného množství materiálu jako trámce pro test tříbodového ohybu), volba vhodného úhlu a velikosti štípacího klínu (různý poměr přitlačné a štípací síly).

Zkušební konfigurace, která je předmětem tohoto výzkumu a jejíž forma odpovídá skutečnému experimentu, standardně prováděnému na Ústavu stavební mechaniky, Fakulty stavební, Vysokého učení technického v Brně, je založena na štípaní zkušebního

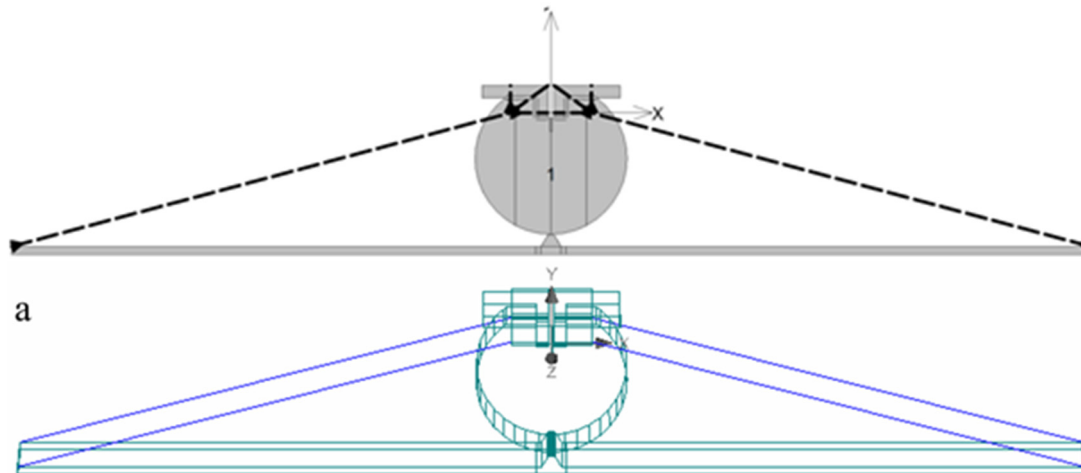
¹ Ing. Jiří Klon, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, tel.: (+420) 541 148 209, e-mail: klon.j@fce.vutbr.cz

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

tělesa klínem vloženým mezi ocelové příložky, které jsou opatřeny čepy nesoucími ložiska, přes které je přenášeno zatížení z klínu na těleso (obr. 1).

Tento příspěvek je zaměřen na porovnání dvoudimenzionálních a třídimenzionálních numerických modelů zkoušky štípání klínem na válcových tělesech z kvazikřehkého materiálu. Pro sestavení těchto modelů a analýzu jejich odezvy metodou konečných prvků (MKP) byl použit programový nástroj ATENA [2] ve variantě 2D, resp. 3D. Tento program byl vyvinut k provádění nelineárních analýz konstrukcí na bázi MKP a obsahuje nástroje speciálně navržené pro simulaci kvazikřehkého lomu.

Hlavním cílem tohoto srovnání je určit nejvhodnější způsob numerického modelování přenosu zatížení ze zkušebního lisu na vzorek.



Obr. 1: Příklady variant numerického modelu válcového tělesa určeného pro test štípání klínem

2 Závěr

Z důkladné analýzy je zřejmé, že rozvoj trhlin pro jednotlivé varianty je velmi odlišný. Pro rovinný model dochází k šíření trhlin způsobem, který odpovídá šíření poškození sledovanému při reálné zkoušce.

U prostorových variant modelů dochází k odlišnému způsobu šíření trhlin pro jednotlivé modely. Dokonce i mezi dvěma velmi podobnými variantami A a B jsou značné rozdíly. Toto je patrně způsobeno efektivnějším způsobem vnášení zatížení u varianty B, kde jsou táhla svedena na spodním konci do jednoho bodu, což znemožňuje kroucení rozšířeného podkladního bloku. Z tohoto důvodu se jako nejefektivnější jeví varianta C, kde je tento jev zcela potlačen jiným způsobem zatěžování. Proto se tato varianta jeví jako nejvhodnější pro další optimalizaci, která bude zaměřena na úpravu přenosu zatížení ze štípacího klínu na ocelové příložky.

Poděkování

Výzkum byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky, projekt č. 15-07210S.

Literatura

- [1] 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.
- [2] ČERVENKA V., L. JENDELE, a J. ČERVENKA. *ATENA Program documentation – Part 1: Theory*. Praha: Červenka Consulting, 2007.

REINFORCED CONCRETE BRIDGE DECK MODEL CONSIDERING DELAYED EXPOSURE TO CHLORIDES

Petr Konečný¹, Petr Lehner², David Pustka³

Abstract

The paper is focused on the model of the effect of delayed chloride exposure on the chloride induced corrosion initiation on ideal reinforced concrete bridge. The Finite Element-based numerical model is applied. The effect of concrete quality is expressed in the form of time dependent diffusion coefficient in order to evaluate the effect of concrete type as well as the effect of aging. The influence of extended chloride exposure on the corrosion initiation is introduced.

Keywords

Concrete, steel reinforcement, bridge deck, chlorides, chloride ingress, delayed exposure, aging, corrosion initiation, finite element analysis.

1 Introduction

The durability of the public infrastructure is of great interest nowadays. Many structures requires early repairs, reconstructions or replacement as a result of durability related issues such as corrosion of steel reinforcement in case of reinforced concrete bridges.

The development of more durable concrete structures goes hand in hand with the advanced design as well as advanced modeling. The models for the corrosion related durability estimation are currently under extensive development. There are also codification attempts [1] even though reliable prediction is not still achieved. However the models are suitable for comparative and parametric studies that are investigating influence of particular issues or technological solutions with respect to extension of the reinforced construction lifespan.

For such comparative studies may be used simplified 1D or 2D model such as [2]. This particular model is capable of corrosion initiation estimation of ideal bridge deck as well as bridge deck with crack or water proof membrane considering the time-dependent effect of concrete maturity.

One of the aspect that might influence the extension of corrosion in case of reinforced concrete bridge deck exposed to chlorides is the delay between the construction and chloride exposure. It means, how long will be bridge deck without deicing after construction.

The paper is focusing on the introduction of the numerical solution of reinforced concrete that is able to model delayed exposure of chlorides on reinforced concrete bridge deck.

¹ Petr Konečný, Assoc. Prof., M.Sc., Ph.D., VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Civil Engineering, Department of Structural Mechanics, L. Podašť 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, Czech Republic, petr.konecny@vsb.cz

² Petr Lehner, M.Sc., VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Civil Engineering, Department of Structural Mechanics, L. Podašť 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, Czech Republic, petr.lehner@vsb.cz

³ David Pustka, Assoc. Prof., M.Sc., Ph.D., VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Civil Engineering, Department of Structures, L. Podašť 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, Czech Republic, david.pustka@vsb.cz

The ideal bridge deck without crack and the aging effect on the improvement of diffusion coefficient related to concrete time dependent maturing is considered. The variants with immediate exposure are compared with delayed exposure from one up to five years. The full application of chlorides after the delay is considered herein. Two concrete mixtures are compared. The output from the simulation of relative of corrosion initiation time is shown on the Fig. 1 with no chloride exposure delay alternative as the reference one.

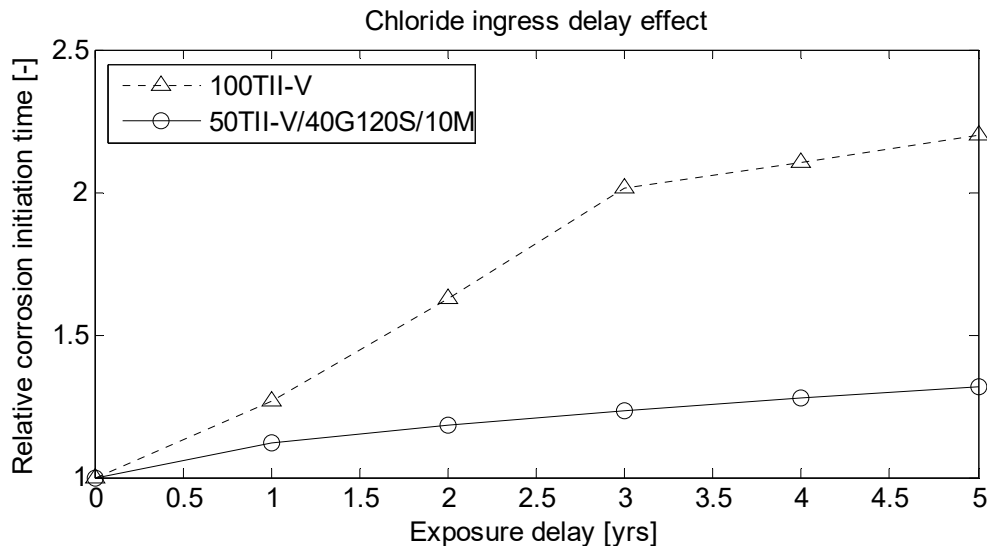


Fig. 1: The effect of delayed exposure of chlorides on relative increase of corrosion initiation time in case of ideal bridge deck without cracks for two selected concrete mixtures (ordinary concrete mix 100TII-V and high performance concrete mixture 50TII-V/40G120S/10M).

2 Conclusion

The improvement of the model of reinforced concrete bridge deck corrosion initiation time is discussed. The delayed chloride surface concentration boundary condition is introduced and results of sample simulation are discussed.

Acknowledgements

Financial support from VŠB-Technical University of Ostrava by means of the Czech Ministry of Education, Youth and Sports through the Institutional support for conceptual development of science, research and innovations for the year 2017 is gratefully acknowledged.

References

- [1] *fib* bulletin No. 65 and 66, *fib* Draft Model Code 2010. International Federation for Structural Concrete (*fib*), Lausanne, Switzerland: 2012.
- [2] KONEČNÝ, P. and P. LEHNER. Effect of cracking and randomness of inputs on corrosion initiation of reinforced concrete bridge decks exposed to chlorides. *Frattura ed Integrità Strutturale*. 2017, vol.11, issue 39, pp. 29-37.

DELAMINATION SLIDING LOAD MODE OF LAMINATE PLATE

Eva Kormaníková¹

Abstract

The paper presents the mixed-mode delamination response of laminate plate made of two sublaminates. To this purpose a sliding load mode of delamination is proposed as failure model. A quasistatic rate-independent delamination problem of laminate plates with a finite thickness is considered. A rate-independent delamination model for a laminated Kirchhoff-Love plate is obtained as limit of quasistatic process. The failure model is implemented in ANSYS code to calculate the mixed-mode delamination response as energy release rates, spring reaction forces and relative displacements along the lamination front.

Keywords

Delamination, sliding load mode, mixed response mode, laminate, plate.

1 Introduction

In fracture mechanics the behavior of cracks in bodies is described from a macroscopic point of view in the context of continuum mechanics. The crack is considered in a geometrically idealized form as a mathematical cut or slit in the body. This means that a purely plane separation of the body is assumed, which leads to either two crack faces (2D) or to two crack surfaces (3D). Then, an ideal sharp crack tip is assumed. Actually, the tips of physical cracks always have of course a finite radius of curvature. However, in comparison to the crack length and the body dimensions, it can be regarded as infinitely small. Therefore, the shape of the crack tip is clearly defined. In this point fracture mechanics differs from the theory of notch stresses. Regarding the deformation of a crack, a distinction is drawn between three independent movements of the two crack faces relative to each other.

2 Sublaminates modeling

The delamination plane separates the delaminated structure into two sublaminates of thickness h_1 , h_2 , both of which are assumed to the in-plane dimensions. Each sublaminates is presented by an assemblage of first order shear deformable plate elements bonded by zero-thickness interfaces in the transverse direction. Each plate element represents one or several physical fiber reinforced plies with their material axes arbitrarily oriented. Adhesion between the plates inside each sublaminates is enforced by using constraint equations implemented through Lagrangian multipliers [1, 2]. The first order shear deformation finite plate elements are joined at the interfaces inside each sublaminates using constraint equations or rigid links characterized by two nodes and three degrees of freedom at each node.

¹ Doc. Ing. Eva Kormaníková, Technical University of Košice, Civil Engineering Faculty, Department of Structural Mechanics, Vysokoškolská 4, eva.kormanikova@tuke.sk

The theory of crack growth may be developed by using the Griffith energetic approach introduces the concept of energy release rate G as the energy available for fracture on the one hand, and the critical surface energy G_C as the energy necessary for fracture on the other hand [1]. The ERR can be written as a function of stress resultants acting upon sections adjoining the crack border [3, 4].

3 Conclusion

A square plate comprising two subplates with thicknesses $h_1 = 0.5$ mm, $h_2 = 1$ mm is investigated. The subplates are uniform loaded in sliding mode. The mechanical characteristics of the upper sublaminates (AS4D/9310 – two layers) are: $E_x = 134$ GPa, $E_y = 7.7$ GPa, $E_z = 7.7$ GPa, $G_{yz} = 2.76$ GPa, $G_{xy} = G_{xz} = 4.3$ GPa, $\nu_{xy} = \nu_{xz} = 0.3$, $\nu_{yz} = 0.4$. The mechanical characteristics of the lower subplate (T300/5208 – four layers) are: $E_x = 136$ GPa, $E_y = 9.8$ GPa, $E_z = 9.8$ GPa, $G_{yz} = 5.2$ GPa, $G_{xy} = G_{xz} = 4.7$ GPa, $\nu_{xy} = \nu_{xz} = 0.28$, $\nu_{yz} = 0.15$. The response mode components of displacements and energy release rate along the delamination front are calculated.

A (1-1)-subplate orthotropic model [5] loaded by mode II was proposed as failure model. The material characteristics of the sublaminates were calculated by homogenization [6]. Subplates were modeled by using shear deformable elements in program ANSYS. The contour plots of individual components of displacements are calculated. The individual components of ERR for loading mode II and response modes I, II and III, respectively along the delamination front are plotted. The ERR results have maximum values on the free edges of the model, therefore it is expected that the delamination proceeds from the free edges. Results have shown that response mode II of ERR is predominant and the response mode III is negligible.

Acknowledgements

This work was supported by the Scientific Grant Agency of the Ministry of Education of Slovak Republic and the Slovak Academy of Sciences under Projects VEGA 1/0477/15 and 1/0078/16.

References

- [1] SZÁVA, I., M. ŠEJNOHA, E. KORMANÍKOVÁ, et al. *Selected Chapters of Mechanics of Composite Materials III*. Derc Publishing House, 2013.
- [2] BARBERO, E. J. *Finite element analysis of composite materials*. CRC Press, USA, 2008.
- [3] MIHALIKOVÁ, M. et al. Influence of strain rate on automotive steel sheet breaking. *Chemické listy*, Vol. 105, no. 17, 2011.
- [4] KRÁLIK, J. Nonlinear Probabilistic Analysis of the Reinforced Concrete Structure Failure of Nuclear Power Plant Considering Degradation Effects. *Applied Mechanics and Materials*, Vols. 249-250, pp. 1087-1098, 2013.
- [5] ŽMINDÁK, M. and M. DUDINSKÝ. Finite Element Implementation of Failure and Damage Simulation in Composite Plates. Eds, Ning HU: *Composites and their Properties*. InTEch, 2012.
- [6] SÝKORA, J., M. ŠEJNOHA and ŠEJNOHA. Homogenization of coupled heat and moisture transport in masonry structures including interfaces. *Applied Mathematics and Computation*, 219 (13), 7275-7285, 2013.

ELEVATED TANK – HORIZONTAL SEISMIC EXCITATION

Kamila Kotrasová¹

Abstract

Elevated reservoirs are used to store a variety of liquids. During earthquake activity the liquid exerts impulsive and convective effects (sloshing) on the walls, bottom and roof of tank. This paper provides theoretical background for analytical calculating of elevated tanks during an earthquake and deals with simplified seismic design procedures for elevated tanks.

Keywords

elevated tank, seismic excitation

1 Introduction

Seismic event is certainly one of the most critical external events regarding safety of industrial plants, as demonstrated by recent earthquakes. If industrial facilities store large amount of hazardous materials, accidental scenarios as fire, explosion or toxic dispersion may be triggered, thus possibly involving working people within the installation, population living in close surrounding or in urban area where the industrial installation is located. Liquid storage tanks are considered essential lifeline structures.

2 Seismic design of liquid storage tanks

When a tank containing liquid vibrates, the liquid exerts impulsive and convective hydrodynamic pressure on the tank wall and the tank base, in addition to the hydrostatic pressure. The dynamic analysis of a liquid – filled tank may be carried out using the concept of generalized single – degree – of freedom (SDOF) systems representing the impulsive and convective modes of vibration of the tank – liquid system. For practical applications, only the first convective mode of vibration needs to be considered in the analysis (Fig. 1). The impulsive mass of liquid m_i is rigidly attached to tank wall at height h_i (or h_i^*). Similarly convective mass m_c is attached to the tank wall at height h_c (or h_c^*) by a spring of stiffness k_c . The mass, height and natural period of each SDOF system are obtained by the methods described in [4, 8, 10]. For a horizontal earthquake ground motion, the response of various SDOF systems may be calculated independently and then combined to give the net base shear and overturning moment. The most tanks have slimness of tank γ , whereby $0,3 < \gamma < 3$. Tank's slimness is given by relation $\gamma = H/R$, where H is the height of filling of fluid in the tank and R the tank radius [6 - 10].

¹ doc. Ing. Kamila Kotrasová, PhD., Department of Structural Mechanics, Institute of Structural Engineering, The Technical University of Kosice, Faculty of Civil Engineering, Vysokoskolska 4, 042 00 Kosice, Slovak Republic, e-mail: kamila.kotrasova@tuke.sk

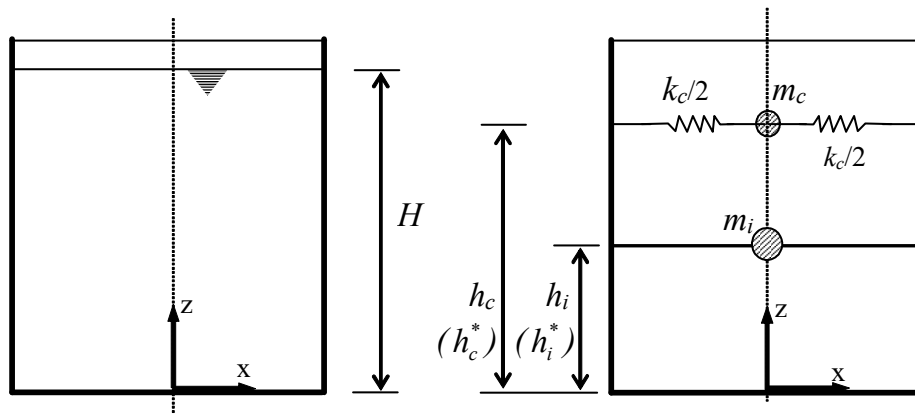


Fig. 1: Two single – degree – of freedom systems for ground supported cylindrical tank

3 Solution, results and discussion

The reinforced concrete elevated tank given EC8 with a container capacity of 255 m³ is considered in seismic analyses (Fig. 3, 4). The elevated tank has frame supporting system in which six columns (ϕ 0.65 m) are connected by the horizontal bracing at regular interval at 4 m 8 m and 12 m elevations. Young’s modulus and the weight of concrete per unit volume are selected as 32000 MPa and 25 kN/m³, respectively. The container is also filled with the water density of 1000 kg/m³ as seen from Fig. 6. Tank is located on hard soil in seismic zone 1, it is height seismic zone in Slovakia.

The damping values for the reinforced concrete elevated tank are taken as 5% for the impulsive mode and 0.5% for convective mode, as recommended in most literature. [9,10].

For seismic analyses for the selected elevated tanks are using the dynamic characteristic: similar equivalent masses and heights of two-mass model suggested by [10]. Total base shear at the bottom of staging tank and total overturning moment at base of staging are obtained by combining part of impulsive and convective modes through absolute summation rule. The dynamic characteristic of fully reinforced concrete elevated tank: periods, equivalent masses and heights are: $T_i = 0.86$ s, $T_c = 3.15$ s, $m_i = 140100.58$ kg, $m_c = 115557.16$ kg, $h_i^* = 3.17$ m, $h_c^* = 3.45$ m. Time period of impulsive mode of empty elevated tank is $T_i = 0.66$ s.

Total base shear at the bottom of staging tank and total overturning moment at base of staging are obtained by combining part of impulsive and convective modes through absolute summation rule. Total base shear at the bottom of staging empty tank is 356.57 kN and total overturning moment at base of staging empty tank is 6823.28 kNm. Total base shear at the bottom of staging fluid filled tank is 495.69 kN and total overturning moment at base of staging fluid filled tank is 9802.57 kNm.

Acknowledgements

This work was supported by the Scientific Grant Agency of the Ministry of Education of Slovak Republic and the Slovak Academy of Sciences under Project VEGA 1/0477/15.

PROBABILISTIC NONLINEAR ANALYSIS OF THE HERMETIC COVER OF MAIN SHUT-OFF VALVE UNDER EXTREME PRESSURE AND TEMPERATURE

PRAVDEPODOBNOŠTNÁ NELINEÁRNA ANALÝZA HERMETICKÉHO POKLOPU HLAVNÉHO UZÁVERU ARMATÚRY OD EXTRÉMNEHO TLAKU A TEPLoty

Juraj Králik¹

Abstract

This paper describes the probabilistic nonlinear analysis of the containment hermetic cover of main shut-off valve (MSV) under an extreme internal overpressure and temperature. The scenario of the hard accident in NPP and the methodology of the calculation of the fragility curve of the failure overpressure using the probabilistic safety assessment PSA 2 level are presented.

Keywords

Nuclear Power Plant, MSV cover, Nonlinearity, Fragility curve, PSA, RSM, ANSYS.

Abstrakt

Článok sa zaoberá pravdepodobnostnou nelineárnou analýzou hermetického krytu hlavného uzáveru armatúry (HUA) kontajmentu za pôsobenia extrémneho tlaku a teploty. Prezentuje sa scenár ťažkej havárie v JE a metodológia výpočtu pravdepodobnostnej krivky poruchového tlaku na báze stochastických prostriedkov hodnotenia bezpečnosti PSA 2. úrovne.

Kľúčové slová

Jadrová elektrárňa, HUA kryt, nelinearita, krivka poruchy, PSA, RSM, ANSYS.

1 Introduction

After the accident of nuclear power plant (NPP) in Fukushima the IAEA in Vienna adopted a large-scale project "Stress Tests of NPP", which defines the new requirements for the verification of the safety and reliability of NPP under extreme effects of internal and external environments and the technology accidents [1]. The experience from these activities will be used to develop a methodology in the frame of the project ALLEGRO, which is focused to the experimental research reactor of 4th generation with a fast neutron core. This project is a regional (V4 Group) project of European interest. The new IAEA safety documents initiate the requirements to verify the hermetic structures of NPP loaded by two combinations of the extreme actions. A first extreme load is considered for the probability of exceedance 10^{-4} by year and second for 10^{-2} by year. Other action effects are considered as the characteristic loads during the accident. In the case of the loss-of-coolant accident (LOCA) the steam pressure expand from the reactor

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

hall to the bubble condenser [2]. The reactor and the bubble condenser reinforced structures with steel liner are the critical structures of the NPP hermetic zone [3]. Next, one from the critical technology structures is the MSV hermetic cover. In the case of the hard accident the overpressure can be increased linearly and the internal and external temperature are constant. Three types of the scenarios were considered. The critical was the accident during 7 days with the overpressure 250kPa, internal temperature 150°C and external temperature -28°C.

2 Probabilistic nonlinear analysis

The probability analysis of the loss of the reactor cover integrity was made for the overpressure loads from 500 kPa to 1000 kPa using the nonlinear solution of the static equilibrium considering the geometric and material nonlinearities of the steel shell layered elements. The nonlinear analysis based on HILL potential theory considering the variable material properties. The approximation based on the response surface method (RSM) was used to determine the probability of failure. The uncertainties of the input data were thinking in accordance with the standard requirements.

3 Evaluation of the fragility curve

The PSA approach to the evaluation of probabilistic pressure capacity involves limit state analyses [2]. The fragility curve of the failure pressure was determined using 45 probabilistic simulations using the RSM approximation method with the experimental design CCD for 10^6 Monte Carlo simulations for each model and 5 level of the overpressure. The various probabilistic calculations for 5 constant level of overpressure next for the variable overpressure for gauss and uniform distribution were taken out.

4 Conclusions

The uncertainties of the loads level (temperature, dead and live loads) and the material model were taken into account in the simulations [2]. One from the critical technology segments of the containment is the MSV hermetic cover with the failure pressure $p_{u,0,05}=7803,8\text{kPa}$. The mean value of pressure capacity of the reactor protective hood is $p_{u,0,50}=9043,0\text{kPa}$, the 95% upper bound is $p_{u,0,95}=9878,2\text{kPa}$.

Acknowledgements

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

References

- [1] ENSREG, *Post-Fukushima accident. Action Plan. Follow-up of the peer review of the stress tests performed on European nuclear power plants*, 2012.
- [2] KRÁLIK, J. *Safety and Reliability of Nuclear Power Buildings in Slovakia. Earthquake-Impact-Explosion*. Ed. STU Bratislava, 2009, 307pp.
- [3] KRÁLIK, J. et al. Structural Reliability for Containment of VVER 440/213 Type, In *Safety and Reliability: Methodology and Applications - Nowakowski et al.* (Eds) © 2015 Taylor & Francis Group, London, p.2279-2286.

EXPERIMENTAL AND NUMERICAL ANALYSIS OF THE SEISMIC RESISTANCE OF CABLE WAY SUPPORT FRAME IN NPP

EXPERIMENTÁLNA A NUMERICKÁ ANALÝZA SEIZMICKEJ ODOLNOSTI RÁMOVÝCH KONŠTRUKCIÍ KÁBLOVÝCH VEDENÍ V JE

Juraj Králik¹, Juraj Králik, jr.²

Abstract

This paper describes the experimental and numerical investigation of the seismic resistance of the cable way support frame in the nuclear power plants (NPP). The methodology of the calculation of the floor response spectra (FRS) on base of the probabilistic assessment is presented. The deterministic and probabilistic analysis of the seismic resistance of the cable way support frame is presented.

Keywords

Earthquake, Seismic Design, Floor Response Spectrum, Nuclear Power Plants, ANSYS.

Abstrakt

Článok sa zaoberá experimentálnou a numerickou analýzou seizmickej odolnosti podporných rámov káblových vedení v jadrovej elektrárni (JE). Je tu uvedená metodológia výpočtu podlažných spektier odozvy (PSO) založenej na princípoch pravdepodobnostnej analýzy. Výsledky deterministickej a pravdepodobnostnej analýzy seizmickej odolnosti nosných rámov káblových vedení sú prezentované.

Kľúčové slová

Zemetrasenie, seizmický návrh, podlažné spektrá odozvy, jadrová elektrárňa, ANSYS.

1 Introduction

The equipment and interior structures of NPP are designed using FRS as seismic loads. This spectrum is calculated from the time-history motions resulting from the dynamic analysis of the supporting structures in accordance of requirements of nuclear guide RG 1.122. The values of FRS are determined with the uncertainties of calculation methods and soil and structure properties. To provide input excitations to structural models for sites with no strong ground motion data it is necessary to generate synthetic accelerogram. The program COMPACEL was created by J.Králik [1] to generate synthetic accelerograms. There are two principal methodology available for seismic design of NPP structures - deterministic (SMA- seismic margin assessment) and probabilistic (SPRA – seismic probabilistic risk assessments). The objective of seismic margin assessment (SMA) is to determine for a nuclear power plant the high-confidence-

¹ Prof.Ing.Juraj Králik,CSc, Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Civil Engineering, Department of Structural Mechanics, Radlinského 11, Bratislava 813 68, SR, e-mail: juraj.kralik@stuba.sk

² Ing.Juraj Králik,PhD, Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Architecture, Department of Structures, Námestie Slobody19, Bratislava 812 45, SR, e-mail: kralik@fa.stuba.sk

of-a-low-probability-of-failure (HCLPF) capacity for a pre-selected seismic margin earthquake (SME), which is always chosen higher than the design basis input. In probabilistic terms, the HCLPF is expressed as approximately a 95% confidence of about a 5% or less probability of failure.

2 Experimental testing

The static and dynamic resistance of the typical connections of the cable trays structures were tested in the certified laboratory VOP-026 Šternberk, s.p., division VTÚPV Vyškov. Three segments were tested. Dynamic resistance of the tested segments was determined for the cyclic loads in horizontal and vertical direction. All tested segments were satisfied for the static and dynamic loads defined.

3 Numerical analysis

The seismic resistance of the various typical cable support structures based on OBO Bettermann segments were numerically analysed in software ANSYS [1]. The principal structures were made from the columns 5xI8/3680, beams 6xUS7/1500, consoles 60xAS30/41/410 and the cable segments. These structures were used with the cable trays 48xWKS140/1500 (OBO1Z) and the cable ladders 44xLG640N/1500 (OBO1R). The seismic response was solved by the method of the seismic response spectra from the floor spectra envelope in the horizontal direction as well as vertical direction at the level of the ceiling +5.4 m; upon considering 7% damping [1]. The seismic resistance of these support structures is determined by the lowest resistance of the structure segments. The minimal HCLPF parameter of the structure OBO1Z is 0.31g and the structure OBO1R is 0.18g.

4 Conclusions

This paper presented the methodology of the seismic reevaluation of NPP in Mochovce due to new results from the geological and seismic-tectonic monitoring of this site. The deterministic methodology of seismic design based on CFDM methodology was presented. The synthetic spectrum compatible accelerograms generated in program COMPACEL were presented in comparison with requirements ASCE4/98 standard [1]. The methodology of the seismic resistance of the cable support structures was described. This methodology was used for the optimal design of the cable support systems from the structural elements of OBO Bettermann experimentally tested.

Acknowledgements

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

References

- [1] KRÁLIK, J. *Safety and Reliability of Nuclear Power Buildings in Slovakia. Earthquake-Impact-Explosion*. Ed. STU Bratislava, 2009, 307pp.
- [2] KRÁLIK, J. Risk Assessment of Safety Analysis of NPP Structures due to Earthquake Events, *Applied Mechanics and Materials* Vol 769, 2015, pp 235-240, TTP, Switzerland, doi:10.4028/www.scientific.net/AMM.769.235.

STATICKÁ ANALÝZA A NUMERICKÉ MODELOVÁNÍ KOROZNĚ OSLABENÝCH VÁLCOVÝCH OCELOVÝCH NÁDRŽÍ

STATIC ANALYSIS AND NUMERICAL MODELING OF STEEL CYLINDRICAL TANKS WEAKENED BY CORROSION

Vít Křivý¹, Monika Kubzová²

Abstrakt

Článek se zabývá problematikou posuzování spolehlivosti ocelových válcových nádrží vystavených účinkům korozního oslabování. Pozornost je věnována měření reálných zbytkových tloušťek nosné konstrukce nádrže a následnému zavedení naměřených údajů do statické analýzy. V příspěvku jsou rovněž uvedena praktická doporučení pro posouzení korozně oslabených válcových nádrží s využitím numerického modelování. Součástí příspěvku je zjednodušený analytický postup pro vyhodnocení vlivu zjištěného korozního oslabení na spolehlivé fungování nosné ocelové konstrukce válcové nádrže.

Klíčová slova

Ocelové nádrže, statická analýza, koroze, ocelové skořepiny, numerické modelování.

Abstract

The article deals with the reliability assessment of steel cylindrical tanks weakened by corrosion. Attention is paid to the measurement of the real residual thicknesses of the structure and also to the introduction of the measured data to the static analysis. The paper also introduces practical recommendations for the assessment of steel cylindrical tanks using numerical modeling. Simplified analytical model that have been developed to evaluate the influence of the measured corrosion weakening on the reliability of steel tank structures is introduced in this paper as well.

Keywords

Steel tanks, static analysis, corrosion, steel shells, numerical modelling.

1 Úvod

Mezi tradiční skladované kapaliny různých průmyslových odvětví (energetika, hutní průmysl, chemický průmysl, cukrovary atd.) patří ropné produkty, vápencové či sádrovcové suspenze, roztoky NaOH, demineralizovaná voda a mnoho dalších. Pro skladování těchto kapalin se obvykle využívají ocelové nádrže různých velikostí.

Aby bylo možno spolehlivě provozovat nádrže po celou dobu jejich plánované životnosti, je nutné provádět jejich pravidelnou kontrolu a údržbu [1]. Při kontrolních prohlídkách

¹doc. Ing. Vít Křivý, Ph.D., VŠB - TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, L. Poděště 1875/17, Ostrava-Poruba, vit.krivy@vsb.cz

²Ing. Monika Kubzová, VŠB - TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí 221, L. Poděště 1875/17, Ostrava-Poruba, monika.kubzova.st@vsb.cz

je nutno věnovat zvýšenou pozornost problematice možného korozního oslabování nosné konstrukce nádrže. Stěny nádrží jsou dimenzovány jako tenkostěnné skořepiny a mohou být proto velmi citlivé na snížení původní tloušťky v důsledku koroze. Korozní napadení stěny nádrže může nastat jak na vnějším povrchu, především působením atmosférické koroze [2, 3], tak také na vnitřních površích v závislosti na typu skladované tekutiny, provozních podmínkách a otevřenosti vnitřního prostoru nádrže vnějším atmosférickým vlivům.

Podrobný rozbor statického působení válcových skořepin při tahovém či tlakovém namáhání je nad rámec tohoto článku, podrobnosti lze nalézt například v [4-6]. Je však nutno alespoň zjednodušeně poznamenat, že válcové skořepiny jsou velmi citlivé na účinky tlakových namáhání a tato napětí nesmí být při hodnocení spolehlivosti provozovaných konstrukcí podceněna.

2 Závěr

Hlavním záměrem autorů článku bylo poskytnout informace a doporučení, která lze prakticky použít při hodnocení spolehlivosti provozovaných nádrží vystavených účinkům korozního oslabování. Základní vstupní informací jsou údaje o míře korozního poškození nosné konstrukce nádrže. Měření reálných (zbytkových) tloušťek je potřeba provádět takovým způsobem, aby bylo možno výsledky měření využít při statickém posouzení konstrukce.

Při posuzování spolehlivosti korozně oslabených nádrží se uplatní analytické i numerické metody. Analytické posudky se uplatní především v případech, kdy je potřeba rozhodnout o závažnosti zjištěného korozního oslabení nádrže. Hlavní výhodou numerického modelování je možnost získání podrobnějších a přesnějších informací o statickém působení hodnocené konstrukce.

Poděkování

Príspevek byl vypracován za finanční podpory MŠMT v rámci programu koncepčního rozvoje VaV na Fakultě stavební, VŠB-TU Ostrava.

Literatura

- [1] ČSN 73 2604 *Ocelové konstrukce - Kontrola a údržba ocelových konstrukcí pozemních a inženýrských staveb*. ÚNMZ, 2012.
- [2] KREISLOVÁ, K., D. KNOTKOVÁ a H. GEIPOVÁ. *Korozní chování kovů a kovových povlaků v atmosférickém prostředí*. Praha: SVUOM Praha, 2014, ISBN 978-80-87444-08-5.
- [3] KREISLOVÁ, K. a D. KNOTKOVÁ. *Korozní agresivita atmosfér a metody predikce atmosférické koroze*. SVUOM Praha, 2014, ISBN 978-80-87444-11-5.
- [4] ROTTER, J. M. and H. SCHMIDT (ed.) *Buckling of Steel Shells - European Design Recommendations, 5th Edition, Revised Second Impression*. ECCS, 2013, ISBN 978-92-9147-116-4.
- [5] ČSN EN 1993-1-6 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-6: Pevnost a stabilita skořepinových konstrukcí*. Praha, ČNI, 2008.
- [6] ČSN EN 1993-4-2 *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 4-2: Nádrže*. Praha, ČNI 2008.

VÝVOJ SMRŠTĚNÍ, HMOTNOSTNÍCH ÚBYTKŮ A LOMOVÝCH PARAMETRŮ VYBRANÝCH POLYMER-CEMENTOVÝCH MALT SHRINKAGE, WEIGHT LOSS AND FRACTURE PARAMETERS OF SELECTED POLYMER CEMENT MORTARS DURING AGEING

Barbara Kucharczyková¹, Hana Šimonová², Dalibor Kocáb³, Zbyněk Keršner⁴

Abstrakt

V článku jsou prezentovány pilotní výsledky vyhodnocení experimentů zaměřených na sledování vývoje smrštění, hmotnostních úbytků a lomových parametrů dvou vybraných polymer-cementových malt v průběhu jejich zrání. Porovnání výsledků měření bylo provedeno ve stáří zkušebních těles 3, 28 a 90 dní.

Klíčová slova

Polymer-cementová malta, smrštění, hmotnostní úbytek, modul pružnosti, lomová houževnatost, lomová energie.

Abstract

Results of pilot experiments focused on monitoring of shrinkage, weight loss and fracture properties of two selected polymer cement mortars during their aging are presented in the paper. Comparison of the measurement results was carried out at the test specimens age of 3, 28, and 90 days.

Keywords

Polymer cement mortar, shrinkage, weight loss, modulus of elasticity, fracture toughness, fracture energy.

1 Úvod

Polymer-cementové malty/betony (PCM/C) se ve stavební praxi často používají pro ochranu a sanaci betonových konstrukcí [1], vyznačují se zejména vysokou přílnavostí k podkladu, tixotropními vlastnostmi, vysokými pevnostními charakteristikami [2] a často je u nich deklarována také nesmršlivost. Konkrétní použití a technologický postup aplikace se pak řídí předpisy a technickými listy jednotlivých produktů a dodavatelů. Specifikace některých postupů v těchto dokumentech, např. saturace podkladu či způsob ošetřování povrchu po aplikaci, je v některých případech poměrně neurčitá, což může ovlivnit vývoj fyzikálních a mechanických vlastností materiálu a ve výsledku ohrozit funkčnost sanačního systému.

¹ Ing. Barbara Kucharczyková, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Veveří 331/95, 602 00 Brno, barbara.kucharczykova@vutbr.cz

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

³ Ing. Dalibor Kocáb, Ph.D., dtto, dalibor.kocab@vutbr.cz

⁴ prof. Ing. Zbyněk Keršner, CSc., dtto, kersner.z@fce.vutbr.cz

2 Experimenty

Pro experimenty byly vybrány dvě jemnozrnné polymerové zálivkové hmoty na bázi portlandského cementu (sady „V“ a „VII“). Z každé zálivkové hmoty byla vyrobena 3 zkušební tělesa o délce 1000 mm a příčných rozměrech 60×100 mm určená pro sledování vývoje smrštění a 18 těles o rozměrech $40 \times 40 \times 160$ mm pro stanovení lomových parametrů a informativních pevností v tlaku na zlomcích ve stáří 3, 28 a 90 dní.

3 Závěr

V článku jsou prezentovány výsledky pilotních experimentů zaměřených na sledování vývoje smrštění, hmotnostních úbytků a lomově-mechanických parametrů dvou vybraných PCM v průběhu jejich zrání. Je důležité poznamenat, že všechna zkušební tělesa byla po celou dobu zrání uložena v laboratorním prostředí s teplotou (21 ± 2) °C a relativní vlhkostí (60 ± 10) %, a to tak, že po dobu prvních 72 hodin byly všechny vzorky uloženy ve formě (vysychání byl vystaven pouze horní povrch těles) a poté odformovány a uloženy do připravených regálů bez dalšího ošetřování. Pro účely vyhodnocení byly vzájemně porovnány výsledky získané pro zkušební sady malt „V“ a „VII“. Výsledky získané pro jednotlivé zkušební sady byly dále porovnávány z hlediska vývoje hodnot sledovaných parametrů v čase a způsobu přípravy zkušebních těles – viz Tab. 1 (R označuje výsledky pro tělesa vyřezaná z velkých zkušebních těles). Z výsledků vyplývá, že i tělesa z malt s deklarovanou nesmrštlivostí za jistých podmínek zřejmě nezanedbatelně smršťují a vývoj hodnot jejich lomově-mechanických parametrů během zrání těchto materiálů může být překvapivý a lze doporučit jeho sledování.

Parametr	Označení	Stáří těles [dny]			
		3	28	90	90 R
Smrštění [-]	V	0,22	1,00	1,16	–
	VII	0,21	1,00	1,02	–
Hmotnostní úbytek [-]	V	0,66	1,00	1,16	–
	VII	0,56	1,00	1,11	–
Modul pružnosti [-]	V	1,07	1,00	1,05	0,97
	VII	0,73	1,00	0,32	0,15
Efektivní lomová houževnatost [-]	V	0,81	1,00	0,93	0,84
	VII	0,65	1,00	0,28	0,18
Specifická lomová energie [-]	V	0,62	1,00	0,94	0,80
	VII	0,66	1,00	0,31	0,30

Tab. 1: Relativní hodnoty sledovaných parametrů (1 = parametry pro stáří vzorků 28 dní)

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] FICENEC, J. a R. CUPAL, Sanace betonových konstrukcí. *Povrchové úpravy: Odborný časopis pro průmysl, stavebnictví a řemeslníky*. Praha: Vydavatelství Press Agency – časopis Povrchové úpravy, 2009, č. 3. ISSN 0551-7354
- [2] ŁUKOWSKI, P. Polymer-Cement Composites Containing Waste Perlite Powder. *Materials*. Switzerland: MDPI, 2016, Vol. 9, Issue 10, p. 839. ISSN 1996-1944.

GLUED TIMBER JOINTS LOADED WITH BENDING MOMENT

Antonin Lokaj¹, Kristyna Vavrusova², David Mikolasek³

Abstract

The growth of timber use in building industry brings new trends, not only into the field of innovative wood-based materials but also into joining of the timber structures elements. Besides the already well normatively described joints with glued-in steel rods it is possible to design longitudinal joints of these structures with internal or external glued wood-based panels. For testing were chosen longitudinal joints of structural dimensions with external glued panels in beams stressed with bending moment. The content of this article is description of typical deformation of tested joints and determination of their carrying capacity and its dependence on the glued line thickness.

Keywords

Glued joint, plywood, timber, carrying capacity.

1 Introduction

The growth of timber use in the building industry brings new trends, not only to the field of innovative wood-based materials, but also to the joining of the timber structure elements. Besides already well normatively described and laboratory tested joints with steel glued-in elements, most commonly rods or plates, glued timber-timber joints, used in furniture or the building industry are created as well. In the building industry it is possible to use glued joints especially for the reconstruction of timber structure elements – for its strengthening or for the replacement of damaged sections of wood. The stiffness and load bearing capacity of glued joints is influenced by several aspects (type of wood species, moisture, thickness of glued line, quality of gluing process, etc.).

Glued wood-steel joints, mainly in the form of threaded rods, are already an established practice in the construction industry with normative described values of bearing capacity [1, 2] long with and perpendicular to grains supported by many laboratory experiments and scientific works. Some specialists from all around the world [3, 4 and 5] and also from the Czech Republic [6, 7] are dedicated to the issue of carrying capacity and the performance of joints of timber structures with glued-in steel rods and plates.

2 Conclusions

The loading capacity is greatly influenced by the quality of gluing which cannot always guarantee a perfect contact of connected surfaces. Values obtained from calculation according to standard values are based on the characteristic values, which can be several

¹ assoc. prof. Antonin Lokaj, Ph.D., VŠB-TUO, Faculty of Civil Engineering, Department of Building Structures, Ludvíka Podestě 1 875, Ostrava Poruba, 708 33, antonin.lokaj@vsb.cz

² Kristyna Vavrusova, Ph.D., VŠB-TUO, Faculty of Civil Engineering, Department of Building Structures, Ludvíka Podestě 1 875, Ostrava Poruba, 708 33, kristyna.vavrusova@vsb.cz

³ David Mikolasek, Ph.D., VŠB-TUO, Faculty of Civil Engineering, Department of Mechanics, Ludvíka Podestě 1 875, Ostrava Poruba, 708 33, david.mikolasek@vsb.cz

times lower than the physical ones. These glued joints are very sensitive to the quality of manufacturing. In case of the poor quality of the gluing line (discontinuities in gluing line) the bearing capacity decreased to 60 - 70%. These values have been approved by our laboratory tests.

Acknowledgements

This outcome has been achieved with funds of Conceptual development of science, research and innovation assigned to VSB - Technical University of Ostrava by Ministry of Education Youth and Sports of the Czech Republic in 2017.

References

- [1] Eurocode 5, *Design of timber structures – Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings*, 2006.
- [2] CSN 73 1702, *Design of timber structures – General rules for buildings*, 2007.
- [3] GUSTAFSSON J., E. SERRANO, S. AICHER and C. J. JOHANSSON. Strength design equation for glued-in rods, *International RILEM Symposium Joints in timber structures*, Stuttgart, 2001, pp. 323-332.
- [4] AICHER, S., P. J. GUSTAFSSON and M. WOLF. Load displacement and bond strength of glued-in rods in timber influenced by adhesive, wood density, rod slenderness and diameter, In *Proceedings 1st RILEM Symposium on timber engineering*, Stockholm, 1999, pp. 369-378.
- [5] GUAN, Z. W. *Structural behavior of glued bolt joints using FRP*, WCTE 98(1): 265-272. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lousanne, 1998.
- [6] VAŠEK, M. and K. MIKEŠ. The metal joints for the space timber structures, the non-linear behavior, In *5th World Conference on Timber Engineering*, Montreux, 1998, pp. 822-823.
- [7] LOKAJ, A. and K. KLAJMONOVÁ. Round timber joints exposed to static and dynamic loading, *Wood research*, 59 (3): 439-448.
- [8] SERRANO, E. 2002: On the mechanical behavior of test specimens for wood-adhesive bonds, *Report TVSM-3063*. Division of Structural Mechanics, Lund University, Sweden, 2014.
- [9] NOGUCHI M. and K. KOMATSU. Estimation of stiffness and strength in timber knee joints with adhesive and verification by experiment. *J Wood Sci*, 2006, pp. 411-421.
- [10] CAMERON, F. A. and A. PIZZI. Effects of excessive pretreatment of pine timber with CCA wood preservatives on the bond quality of PRF and TRF wood adhesives, In *Holz als Roh- und Werkstoff*, vol. 43, 1985, pp. 149-151.
- [11] STOECKEL, F., J. KONNERTH and W. GINDL-ALTMUTTER. Mechanical properties of adhesives for bonding wood-A review, In *International Journal of Adhesion & Adhesives*, vol. 45, 2013, pp. 32-41.
- [12] PIZZIO, B., P. LAVISCI, C. MISANI and P. TRIBOULOT. The compatibility of structural adhesives with wood, In *Holz als Roh- und Werkstoff*, vol. 61, 2003, pp. 288-290.
- [13] VAVRUSOVA, K., D. MIKOLASEK, A. LOKAJ, K. KLAJMONOVA, O. SUCHARDA and P. PARENICA. Determination of carrying capacity of steel-timber joints with steel rods glued-in parallel to grain, *Wood research*, 61 (5): 733-740.

NUMERICAL STATIC STRENGTH ANALYSIS OF THE CURTAIN WALL WITH LIGHT STEEL STRUCTURE

Maciej Major ¹, Mariusz Kosiń ², Izabela Major ³

Abstract

This paper presents a numerical analysis of the effect of wind on the curtain wall in a high building. Two types of curtain wall were adopted: made of thin-wall C sections with nominal dimensions and the section that takes into consideration lower limits specified by the manufacturer.

Keywords

Thin-walled construction, curtain wall, FEM, wind pressure.

1 Introduction

The role of curtain walls is to protect the building from climatic and acoustic effects. The connected panels of a curtain wall with the load-bearing structure form a light and continuous sheathing that closes the space. They perform the function of the external wall while not bearing its whole role but only its own weight and wind pressure. The values of geometric characteristics tend to be overestimated for thin-wall steel sections and the studies contain mistakes that point to their improper assembly. Since the curtain walls have been used in increasingly high buildings, the pressure should be on elimination of this type of mistakes.

2 Assumptions to analysis

The analysis concerned the curtain wall with height of 3.06 m made as a light steel structure (see Fig.1).

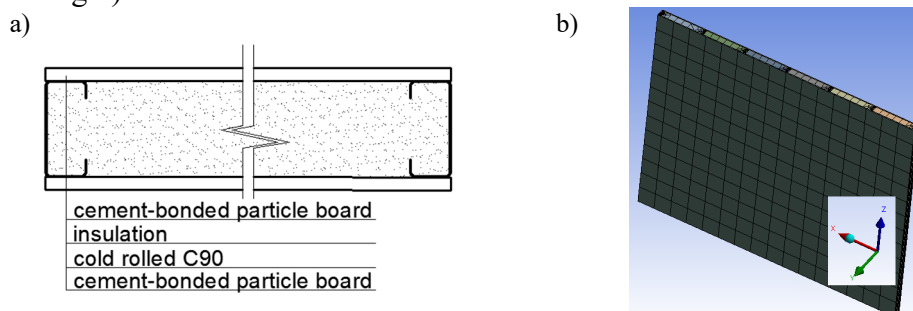


Fig. 1: The scheme and Numerical model of curtain wall analysed in ANSYS software

It was assumed that the building is located in the first zone of wind load in a city centre at the altitude of 200 metres above sea level with the category 4 land development. The

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

² MSc. Eng. Mariusz Kosiń, Częstochowa University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Organization and Building Technology, Akademicka 3 street, 42-200 Częstochowa, Poland, mariuszkosa@vp.pl

³ 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.czyst.pl

calculations were based on the wind load, wall cover weight, the weight of thin-wall section and filling (mineral wool). The static strength analysis adopted the wind pressure $w_e(A) = -1.012 \text{ kN/m}^2$ calculated for small components and connectors with the surface area of components of 1 square metre or smaller.

3 Numerical results

Numerical simulation of deformation of the curtain wall was performed using the ANSYS software. The Fig. 2 presents the maps of displacements for the analysed curtain wall.

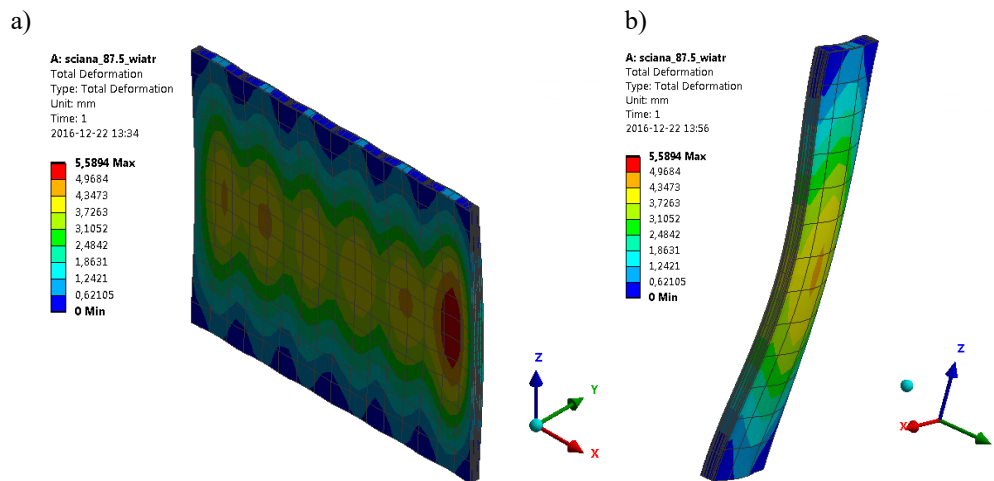


Fig. 2: Deflection map (scale of 1:43) for the curtain wall made of thin-wall sections with the cross-section area of $A = 1.620 \text{ cm}^2$ for the rod according to the scheme II: a) curtain wall panel, b) cross-sectional view of the steel section present in the half of the wall

4 Conclusion

The static strength analysis shows clearly the static designs, steel sections and structural steel grades which fulfil the requirements concerning section strength and stability of the analysed curtain wall. The differences in dimensions of the sections that results from the deviations from the nominal dimension and catalogue errors may lead to a substantial reduction in the rigidity and load-bearing capacity of the component and causing the structure of the curtain wall to locally fail to meet the requirements concerning the limits of load-bearing capacity. The FEM method can be employed in the analysis of thin-wall profiles to verify calculations [1] and assumptions of the study for the adopted model [2].

References

- [1] FLODR, J, M. KREJSA, D. MIKOLÁŠEK, O. SUCHARDA and L. ŽÍDEK. 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.
- [2] BALÁZS, I. and J. MELCHER. Stability of Thin-Walled Beams with Lateral Continuous Restraint, *Transactions of the VŠB – Technical University of Ostrava, Civil Engineering Series*, 2015, vol. 15, issue 1, pp. 1–10 (10 p). ISSN (Online) 1804-4824.

COMPARATIVE NUMERICAL ANALYSIS OF A STEEL FOOTBRIDGE IN FEM PROGRAMS - ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS AND ADINA

Maciej Major¹, Izabela Minda², Krzysztof Kuliński³, Izabela Major⁴

Abstract

In this paper the comparative analysis of obtained stress and displacements results from two different FEM programs – Robot Structural Analysis and ADINA was performed. As a subject of the analysis, the numerical model of the arch footbridge in steel construction was adopted.

Keywords

Steel footbridge, arch footbridge, statics analysis, ADINA, Autodesk ROBOT

1 Introduction

Basic footbridges form of design includes: single span or multi-span beam bridge, truss bridge, suspended bridge and arch bridge [1]. Selection of appropriate type of construction depends on planned span dimension, its function, time of realization, project economics, etc. The subject of the analysis - freely supported footbridge in steel construction was presented in Fig. 1. As a material, S355 steel was assumed. Functional width dimension was planned to give opportunity in free two directions movement.

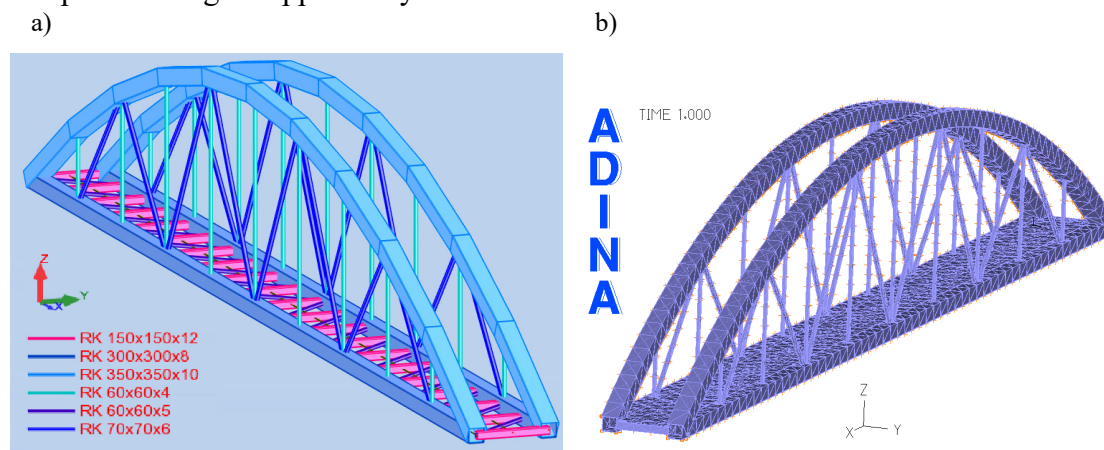


Fig. 1: Footbridge numerical model in a) Robot Structural Analysis and b) ADINA software

Analyzed construction comprise steel arch footbridge with span length equal 24 m and width between longitudinal external axes equal 1.4 m. The geometry of the arc was created

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

² Eng. Izabela Minda, Częstochowa University of Technology, Faculty of Civil Engineering (student), Akademicka 3 street, 42-200 Częstochowa, Poland, izabela.minda@wp.pl

³ MSc. Eng. Krzysztof Kuliński, Częstochowa University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Concrete Constructions and Geotechnics, Akademicka 3 street, 42-200 Częstochowa, Poland, kkulinski@bud.pcz.czyst.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.czyst.pl

as a segment of circle with radius $R = 20$ m cut off via chord equal to unsupported length of the girder beams.

In Robot Structural Analysis software 15 different groups of loads were assumed. The surface of the footbridge was made of grid deck 40×3 mm with 25.5 mm thickness, while the security elements – pedestrians traffic railings were made of flat bars. Live loads, assemblage and the crowd of pedestrians were divided into four different cases. Mentioned loads were applied on each of the $\frac{1}{4}$ footbridge surface area separately.

Second statics numerical analysis was carried out in Adina software. Adopted Boundary conditions, material properties and geometry was exactly the same as in analyzed model in Autodesk Robot.

2 Results and conclusion

List of the maximum stress values in whole construction for both computational models was shown in Tab. 1.

Type of stress	Autodesk Robot [MPa]	ADINA [MPa]
σ_{xx}	5.45	7.49
σ_{yy}	3.17	3.45
σ_{zz}	5.46	6.51
τ_{xy}	0.77	1.25
τ_{xz}	0.90	1.32
$\sigma_{\text{effective (von Misses)}}$	6.51	6.06

Tab. 1: Stress maximum values from dead load acting in construction both in Autodesk Robot and ADINA

Differences in obtained results from both FEM programs were connected mainly with the simplifications used during the object modeling process. Autodesk Robot Structural Analysis is a program specially designed for the purpose of engineering (see also [2]). It allows design a calculation model from beginning, starting from construction geometry, applying loads, creating combinations between them, ending with the computations and cross-sections dimensions calculation of construction element according to the national standards. In the case of ADINA program there is no possibility to make cross-section dimensions calculation in accordance with national standards and creating the model geometry is far more complex than in Robot software.

Selection of software to perform assumed analysis of the civil engineering structure depends mainly on the size/complexity of the object and expected form of obtained results. If it is known that the problem is little and complex, and the conditions for the Ultimate Limit State are met, but more accurate calculations are required - ADINA program should be chosen, whereas for analyzes of large/complex structures the utilization of Autodesk Robot Structural analysis should have been considered.

References

- [1] BUJNÁK, J., R. HLINKA, J. ODROBINÁK and J. VIČAN. Diagnostics and evaluation of footbridges, *Procedia Engineering*, 2012, vol. 40, pp. 56-61. doi:10.1016/j.proeng.2012.07.055
- [2] MAJOR, M. and I. MAJOR. Computer Aided Design – Comparative Analysis of Widely Available Software with Analytical Method, *Transactions of the VŠB - Technical University of Ostrava, Civil Engineering Series*, 2014, vol. 14, issue 2, (6 p.). ISSN: 1213- 1962.

VZÁJEMNÉ PŮSOBENÍ TRHLINY A ZRNA KAMENIVA V KOMPOZITU NA SILIKÁTOVÉ BÁZI

INTERACTION BETWEEN EDGE-CRACK AND AGGREGATE IN SILICATE-BASED COMPOSITE

Lucie Malíková¹, Jan Klusák²

Abstrakt

Příspěvek se zabývá analýzou vzájemného působení trhliny a zrna kameniva v kompozitu na silikátové bázi. Pomocí metody konečných prvků je modelována zkouška třibodovým ohybem a určovány hodnoty lomových parametrů v závislosti na změně materiálových a geometrických parametrů kameniva a přechodové zóny, která se tvoří na povrchu zrna kameniva. Výsledky jsou podrobně prodiskutovány.

Klíčová slova

Kompozit na silikátové bázi, trhlina, zrno kameniva, přechodová zóna, metoda konečných prvků.

Abstract

The paper deals with investigation of the interaction between an edge-crack and an aggregate in a silicate-based composite. The three-point-bending test is modelled by means of the finite element method and the dependences of fracture parameters on various material and geometrical parameters of aggregate and interfacial transition zone are studied. The results are discussed thoroughly.

Keywords

Silicate-based composite, crack, aggregate, interfacial transition zone, finite element method.

1 Úvod

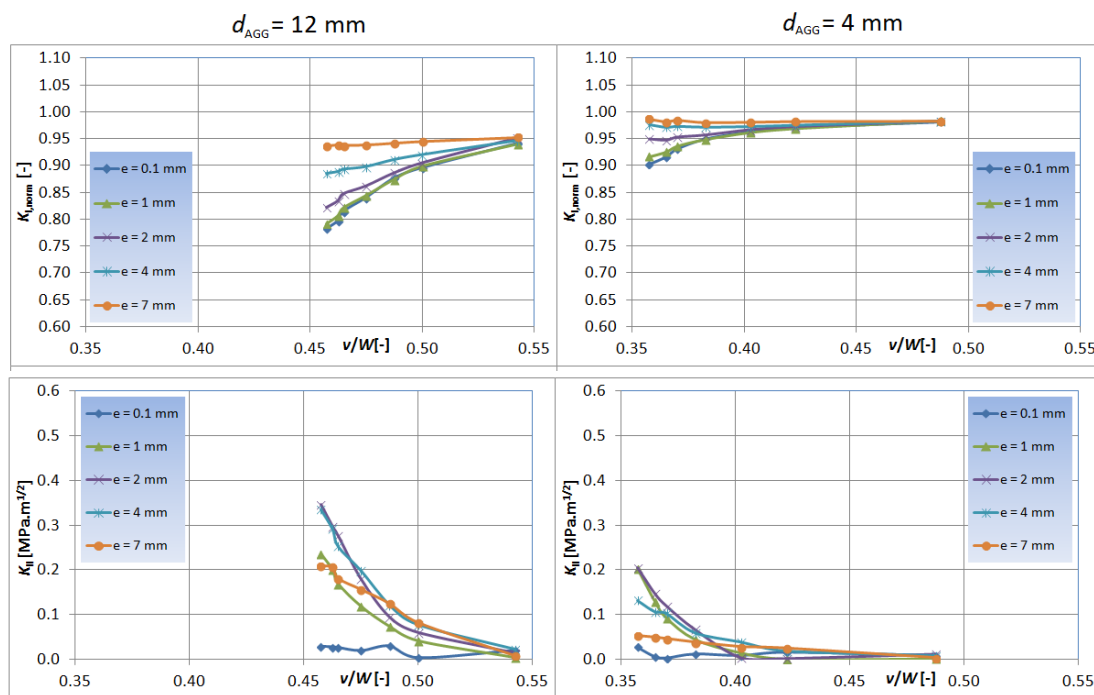
Článek prezentuje parametrickou studii, přičemž je sledován a diskutován vliv vybraných parametrů kameniva a přechodové zóny na možné šíření počáteční trhliny vzorkem zatíženým třibodovým ohybem. Volba parametrů navazuje na nedávno provedenou pilotní studii [1]. Pro analýzu je využita koncepce klasické lineárně elastické lomové mechaniky (LELM) [2,3], která zavádí tzv. součinitel intenzity napětí charakterizující singulární pole napětí před vrcholem trhliny. Jeho hodnoty byly určovány pomocí metody konečných prvků, konkrétně s využitím posunutých středových uzlů v prvcích v nejbližším okolí vrcholu trhliny.

¹ Ing. Lucie Malíková, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, Česká republika, malikova.l@fce.vutbr.cz

² doc. Ing. Jan Klusák, Ph.D., Ústav fyziky materiálů Akademie věd České republiky, v.v.i., Žitkova 22, 616 62 Brno, Česká republika, klusak@ipm.cz

2 Výsledky, jejich diskuze, závěry

V grafech na obr. 1 jsou vynášeny jednak hodnoty normovaného součinitele intenzity napětí $K_{I, \text{norm}}$ (nahore) a jednak hodnoty součinitele intenzity napětí K_{II} (dole), a to pro průměry zrna kameniva 12 a 4 mm a přechodovou zónu s modulem pružnosti 10 GPa. Studie ukazuje závislosti hodnot $K_{I, \text{norm}}$ a K_{II} na relativní vzdálenosti zrna kameniva od povrchu vzorku, a to za předpokladu různé excentricity zrna vůči ose symetrie vzorku.



Obr. 1: Průběhy normovaných součinitelů intenzity napětí $K_{I, \text{norm}}$ (nahore) a součinitelů intenzity napětí K_{II} (dole) v závislosti na relativní hloubce zrna kameniva od povrchu vzorku pro přechodovou zónu s modulem pružnosti 10 GPa. Jednotlivé barevné křivky odpovídají konfiguracím s odlišnými excentricitami zrna kameniva; graf nalevo je pro zrno s průměrem 12 mm, napravo 4 mm

Ze zjištěných závislostí je možné konstatovat různé konkrétní závěry, přičemž jako zásadní pro interakci trhliny a kameniva se jeví jejich vzájemná poloha, tj. vrchol trhliny musí být dostatečně blízko zrna kameniva, aby se dal pozorovat jeho vliv na lomové chování trhliny, ať už stabilitu, rychlost šíření či její trajektorii.

Poděkování

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

Literatura

- [1] MALÍKOVÁ, L., J. KLUSÁK and Z. KERŠNER. Assessment of crack stability in a quasi-brittle particle composite. *Procedia Engineering*. 2017, v tisku.
- [2] ANDERSON, T.L. *Fracture Mechanics: Fundamentals and Applications*, Boca Raton: CRC Press, 2004. ISBN 978-084931656-2. 640 p.
- [3] ERDOGAN, F. and G.C. SIH. On the crack extension in plates under plane loading and transversal shear. *International Journal of Basic Engineering*. 1963, 85, pp. 519–527.

ANALYSIS OF RELIABILITY ELEMENTS FOR REVISION OF EN 1990

Jana Marková¹

Abstract

Presently the new generation of Eurocodes is under development. It is expected that the basis of structural design given in current EN 1990 will be considerably revised including the format for load combinations in the Ultimate Limit States and new categorisation of consequence classes. The partial factors and other reliability elements are intended to be recalibrated. It appears that the partial factors for self-weight of structural members could be reduced and for some variable loads differentiated. Calibration of partial factors should be performed for actions and materials considering also new materials such as structural glass and structures with FRP polymers.

Keywords

Partial factors, target reliability level, calibration, probabilistic models, model uncertainty

1 Introduction

A new format for verification of structures in the Ultimate limit states (ULS) is proposed in EN 1990. It is expected that the fundamental load combination, exp. (6.10), for the verification of ULS will be recommended as a National Determined Parameter (NDP) and partial factors for actions will be differentiated. Partial factor for self-weight of structural members with low variability is expected to be lower (1,2) than for other permanent actions where the presently given value (1,35) will remain. The partial factors for imposed loads and climatic actions will be calibrated. Presently the unique partial factor (1,5) is recommended in Eurocodes for all imposed loads, however, in some CEN countries the reduced unique value of partial factor for variable loads is selected (1,3).

Some countries were considered lower target reliability level to which their partial factors were calibrated [1]. Presently for common buildings the target reliability value 3,8 is recommended for 50 years return period in EN 1990, however, for bridges this value is given for 100 years return period.

New categorisation of structures is proposed in EN 1990 distinguishing 5 categories and also lower and upper subcategories in the consequence classes CC1 to CC3. However, the recommendation on target reliability values for these subcategories has been not specified yet. Another issue should be more refined new provisions for structural robustness with the consequence classes.

2 Reliability analysis

An effect of selection of alternative load combination rule for a reinforced concrete beam is illustrated in Fig. 1 considering the design according to Eurocodes and verification by

¹ doc. Ing. Jana Marková, Ph.D., ČTU in Prague, Klokner Institute, Šolínova 7, 166 08 Prague 6, jana.markova@cvut.cz)

probabilistic methods. Obviously the combination given by twin exps. (6.10a,b) leads to a better balanced reliability level of a beam for load ratio χ between the characteristic values of variable loads to total loads than the combination rule (6.10). The application of combination (6.10a_{mod},b) with the recommended values of partial factors according to EN 1990 lead to a rather unsatisfactory reliability level of structural member for prevailing permanent loads. Combination (6.10a_{mod},b)-NA illustrated also in Fig. 1 applied with NDPs selected by some CEN countries is better calibrated for load and material partial factors $\gamma_G = 1.2$, $\gamma_Q = 1.5$, $\gamma_c = 1.45$ and $\gamma_s = 1.2$.

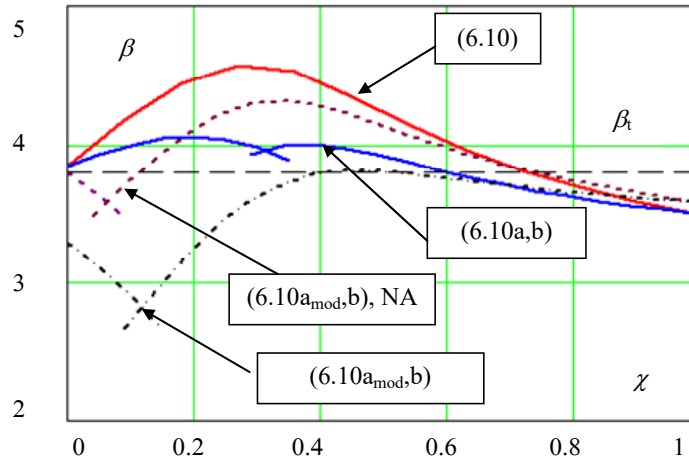


Fig. 1: Variation of the reliability index β of the reinforced concrete beam with the load ratio χ between the characteristic value of variable loads to total loads for the alternative load combinations

3 Concluding remarks

The reliability of structures designed according to the alternative combination rules provided in current EN 1990 might considerably vary in various CEN Member states. Combination (6.10a,b) yields a lower but a more uniform reliability level. In case that the combination (6.10) should be selected as it is presently recommended in drafts of new EN 1990, the partial factors for actions and materials, and other safety elements should be recalibrated to optimize the deviation of the structural reliability level from the recommended target reliability level.

Acknowledgement

This is the partial outcome of the project TE01020068 Center of research and experimental development of reliable energetics supported by TA ČR.

Bibliography

- [1] HOLICKY, M. and J. MARKOVA. Reliability of structures in national codes to Eurocodes, In: Esrel 2014. Wroclaw, 2015, p. 2207-2212.

ON INFLUENCE OF INTERACTION LAWS OF DYNAMICAL PARTICLE SYSTEM FOR SAMPLE OPTIMIZATION

Jan Mašek¹, Miroslav Vořechovský²

Abstract

The presented paper investigates the effect of formulation of energy potential of a dynamical particle system as used for optimization of statistical point sampling. The dynamical particle system, originally developed as a physical analogy of the Audze-Eglajs (AE) optimization criterion and its periodical modification (PAE), effectively demonstrated that the originally proposed potential performs well only in poorly applicable scenarios of design spaces of low dimension filled with rather high number of design points. A remedy lying in a refined formulation of energy potential as well as its derivation and reasoning are presented.

Keywords

Particle dynamical system, statistical sampling optimization, periodic space, particle interaction laws, short- and long-range interactions, self-similar designs.

1 Introduction

Numerical integration of Monte-Carlo type requires sampling of integration points that are uniformly distributed the design domain. The layout of design points crucially affects the performance of such a numerical integration. The problem of using an ideally distributed set of integration points is also of interest of many other engineering and research fields. While sampling from a random vector or integrating an unknown function, using a uniform layout of integration points is the only possible way for minimization of the lower bound of the resulting error.

However, the “uniformity” itself is not a recognized property. Many criteria have been proposed during the recent years for evaluation of the uniformity of point layouts containing N_{sim} points within a design space of the dimension of N_{var} . Typically, these criteria investigate point layouts with a tendency to prefer designs with points distributed equally distant from each other. Certain criteria are derived from analogies with physical problems.

Namely, the Audze-Eglajs (AE) criterion [1] may be considered as an elegant instance of these. The objective of the AE criterion is in minimization of potential energy of a system of mutually repelling particles. With their positions, these particles represent positions of sampling points within a unit hypercube design domain. During the recent years, it has been shown that the original Audze-Eglajs criterion does suffer from the existence of boundaries of the design space [2, 3]. A remedy of this behavior was also proposed [2, 3] assuming a periodically extended design hypercube in case of

¹ Jan Mašek, Ing., Ústav stavební mechaniky, Fakulta stavební VUT v Brně, Veveří 331/95, 602 00 Brno, Česká republika, email: jan.masek1@vut.cz

² Miroslav Vořechovský, prof. Ing., Ph.D., Ústav stavební mechaniky, Fakulta stavební VUT v Brně, Veveří 331/95, 602 00 Brno, Česká republika, email: vorechovsky.m@vut.cz

which the boundaries naturally disappear. Building on such a refined Periodic Audze-Eglajs criterion (PAE), it has been proved that usage of the PAE criterion leads to statistically uniform designs (from design to design) and to well distributed set of points for every single point layout. However, designs with well distributed points (performing well used as integration points) are produced only in poorly applicable scenarios of design spaces of low dimension filled with rather high number of design points.

A remedy based on a refined potential formulation is proposed and its clear positive effect demonstrated.

2 Conclusion

The paper investigates the formulation of the energetic potential of the Audze-Eglajs optimization criterion and its periodical modification PAE. Remedies of incorrect behavior of systems of low number of particles and high dimension are proposed.

An indirect solution leading for appropriate layouts of few-body systems lies in simulating a greater scenario: considering additional envelopes of the periodically repeated system. That way, a richer information about the pattern is provided and the optimal point layout can be obtained. However, such a scenario mimics simulation of a system of higher number of particles and does not lead to a correction of the malfunctioning energy potential.

An overarching remedy was therefore pursued, leading to a potential which takes into account the dimension of the problem, N_{var} . First, a generalization of the potential based on the ϕ -criterion is provided so the crucial parameters of the potential, the metric $d(\square)$ and the exponent λ , can become subject of refinement.

Further derivation was based on the desire for an ability of creating self-similar designs. With the proposed value of the exponent λ , convergence of the potential energy of the criterion towards infinity for a uniform distribution of points is a power law. Such a convergence signalizes self-similarity of the problem or absence of a length scale. Using such a refined interaction, optimal (self-similar) designs are produced even for scenarios of arbitrary dimension, N_{var} , or few-body systems, as was shown.

Acknowledgement

This work has been supported by the Grant agency of the Czech Republic under project No. GA16-22230S. Specific University research project MSMT No. FAST-J-16-3486. This support is gratefully acknowledged.

The authors would like to thank Dr. Godehard Sutmann for valuable discussions about physics of interacting particles.

References

- [1] AUDZE, P.; EGLAIS, V. New approach for planning out of experiments. *Problems of Dynamics and Strengths*, 1977, 35: 104-107.
- [2] ELIÁŠ, J.; VOŘECHOVSKÝ, M. Modification of the Audze–Eglājs criterion to achieve a uniform distribution of sampling points. *Advances in Engineering Software*, 2016, 100: 82-96.
- ELIÁŠ, J; M. VOŘECHOVSKÝ M. Improved formulation of MaxiMin Criterion for Space-Filling Designs. In: *ICOSSAR 2017*, Vienna, in press.

CÍLENÉ VYHŘÍVÁNÍ KLUZNÉ SPÁRY

TARGET HEATING OF SLIDING JOINT

Pavlna Matečková¹, Martina Šmiřáková², Oldřich Sucharda³

Abstrakt

Autoři se dlouhodobě zabývají smykovými vlastnostmi kluzných spár vyrobených z asfaltových pásů, které se používají pro snížení tření v základové spáře při působícím horizontálním deformačním zatížení, např. při předpínání či smršťování konstrukce nebo při vystavení základové konstrukce účinkům poddolování. V tomto článku se představuje možnost cíleného vyhřívání kluzné spáry pomocí elektrického odporového drátu, jsou uvedeny dílčí výsledky měření, diskutují se také ale problémy, které nastávají při aplikaci vyhřívání kluzné spáry v technické praxi.

Klíčová slova

Deformační zatížení, kluzná spára, asfaltový pás.

Abstract

Authors are interested in shear characteristics of sliding joints made of asphalt belt which are used to decrease the shrinkage in footing bottom when the foundation structure is exposed to horizontal deformation load, e.g. in case of pre-stressing, shrinkage or affection with undermining. In this paper target heating of sliding joint is presented. The heating is provided with electric resistance wire. Particular test results are presented. Problems expected with target heating in engineering practise are also mentioned.

Keywords

Deformation load, sliding joint, asphalt belt.

1 Úvod

Autoři se dlouhodobě zabývají testováním smykových vlastností kluzných spár vyrobených z asfaltových pásů, které se používají pro snížení tření v základové spáře při působícím horizontálním deformačním zatížení, např. při předpínání či smršťování konstrukce nebo při vystavení účinkům poddolování [1], [2].

V průběhu delšího časového úseku byly testovány smykové vlastnosti různých druhů asfaltových pásů a výsledky byly průběžně publikovány [3], [4], [5]. Při četných měřeních bylo prokázáno, že při vyšší teplotě klesá smykový odpor kluzné spáry a smykové

¹ Ing. Pavlna Matečková, Ph.D., Vysoká škola báňská, fakulta stavební, katedra konstrukcí, L. Poděšť 1875, Ostrava, pavlina.mateckova@vsb.cz

² Ing. Martina Šmiřáková, Ph.D., Vysoká škola báňská, fakulta stavební, katedra konstrukcí, L. Poděšť 1875, Ostrava, martina.smirakova@vsb.cz

³ Ing. Oldřich Sucharda, Ph.D., Vysoká škola báňská, fakulta stavební, katedra stavební mechaniky, L. Poděšť 1875, Ostrava, oldrich.sucharda@vsb.cz

vlastnosti jsou pak pro přenos horizontálních zatížení příznivější. Tento fakt vedl k myšlence cíleného vyhřívání kluzné spáry v době působení deformačního horizontálního zatížení.

V článku se prezentuje ohřev kluzné spáry pomocí odporového drátu elektrické mřížky s nízkým napětím. Jedna z možností technického provedení je uvedena na obr. 1.



Obr. 1: Odporová mřížka mezi asfaltovými vrstvami

2 Závěr

V článku je prezentována myšlenka cíleného vyhřívání kluzné spáry, vyrobené z asfaltového pásu. Jsou uvedeny technické možnosti vyhřívání kluzné spáry pomocí elektrického odporového drátu na úrovni vzorků pro měření smykových vlastností. Podle očekávání při zahřívání kluzné spáry dojde ke zmenšení smykového odporu v kluzné spáře. Při opakovaném zahřívání se ale rychlost deformace v základové spáře snižuje. Při měřeních byla prokázána reálná možnost vyhřívání asfaltového pásu na úrovni vzorků, efektivní využití v technické praxi je předmětem diskuse.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím projektu koncepčního rozvoje VŠB-TUO v roce 2017.

Literatura

- [1] ČSN 730039 Navrhování objektů na poddolovaném území. ČSNI 1990.
- [2] BALCÁREK, V. a J. BRADÁČ. Použití asfaltových izolačních pásů jako kluzné spáry staveb na poddolovaném území. *Pozemní stavby*, 1982, 63-69.
- [3] ČAJKA, R., M. JANULÍKOVÁ et al. Laboratorní testování asfaltových pásů s vlivem teploty. *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické Univerzity Ostrava, řada stavební*. Ostrava: VŠB - TU, 2011, roč. 11, č. 2, s. 15-20. ISSN 1213-1962
- [4] JANULÍKOVÁ, M., R. ČAJKA et al. Laboratorní měření reologických vlastností asfaltových pásů při smykovém zatížení. *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické Univerzity Ostrava, řada stavební*. Ostrava: VŠB - TU, 2012, roč. 12, č. 2, s. 15-22. ISSN 1213-1962
- [5] JANULÍKOVÁ, M. and M. STARÁ. Vícevrstvé reologické kluzné spáry v základových konstrukcích. *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické Univerzity Ostrava, řada stavební*. Ostrava: VŠB - TU, 2013, roč. 13, č. 2, s. 27-32. ISSN 1213-1962

IDENTIFIKÁCIA CHARAKTERISTÍK POPISUJÚCICH VLASTNOSTI DYNAMICKÝCH SYSTÉMOV

IDENTIFICATION OF CHARACTERISTICS DESCRIBING THE PROPERTIES OF DYNAMICAL SYSTEMS

Jozef Melcer¹, Daniela Kucharová², Mária Kúdelčíková³

Abstrakt

Sú charakteristiky jednoznačne popisujúce vlastnosti dynamických systémov z hľadiska ich dynamického správania. K takýmto charakteristikám môžeme radiť napríklad vlastné frekvencie a im zodpovedajúce tvary vlastného kmitania alebo funkcie frekvenčného prenosu. Stanovenie týchto charakteristík je viazané na voľbu výpočtového modelu a spôsob budenia konštrukcie. O analýze niektorých takýchto charakteristík pojednáva pripravovaný príspevok.

Kľúčové slova

Dynamické charakteristiky, vlastné frekvencie a tvary vlastného kmitania, funkcie frekvenčného prenosu, silové budenie, Fourierova transformácia.

Abstract

There are the characteristics uniquely characterized the properties of dynamical systems from the point of its dynamical behaviour. For example natural frequencies and natural modes or frequency response functions can be assigned to these characteristics. Determination of these characteristics is fixed on the selection of computing model and on the means of structure excitation. This contribution discusses about analysis of such characteristics.

Keywords

Dynamic characteristics, natural frequencies and natural modes, frequency response functions, Fourier transform.

1 Úvod

Dynamická analýza konštrukcie je závislá od voľby výpočtového modelu a od spôsobu dynamického budenia. V praxi sa veľmi často pristupuje k voľbe diskretného výpočtového modelu, nakoľko pohybové rovnice pre takýto výpočtový model majú charakter obyčajných diferenciálnych rovníc. Výpočtový model môže byť volený v duchu zásad klasickej dynamiky alebo v duchu metódy konečných prvkov. Budenie

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. Daniela Kucharová, PhD., Žilinská univerzita, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky a aplikovanej matematiky, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovenská republika, daniela.kucharova@fstav.uniza.sk

³ Ing. Mária Kúdelčíková, PhD., Žilinská univerzita, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky a aplikovanej matematiky, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovenská republika, maria.kudelcikova@fstav.uniza.sk

konštrukcie môže byť silové alebo kinematické. Pri voľbe diskretného výpočtového modelu a pri silovom buzení s premennou frekvenčnou skladbou je výhodné ako charakteristiky popisujúce vlastnosti dynamického systému použiť funkcie frekvenčného prenosu. Práve analýze takýchto charakteristík je venovaný predkladaný príspevok.

2 Funkcie frekvenčného prenosu pri silovom buzení

Predpokladajme diskretný výpočtový model s n stupňami voľnosti buzený diskretnými silami v mieste sústredených hmôt. Pohybovú rovnicu popisujúcu vynútené netlmené kmitanie systému je možné zapísať v tvare

$$[m]_D \cdot \{\ddot{v}(t)\} + [k] \cdot \{v(t)\} = \{F(t)\}. \quad (1)$$

V predchádzajúcej rovnici $[m]_D$ je diagonálna matica hmotnosti, $[k]$ je matica tuhosti, $\{v(t)\}$ je vektor neznámych výchyliek hmotných bodov a $\{F(t)\}$ je vektor budiacich síl. Derivácie podľa času sa označujú bodkou nad znakom závisle premennej [1].

Aplikujme na rovnicu (1) Fourierovu transformáciu. Fourierov obraz funkcií $\{v(t)\}$ a $\{F(t)\}$ označme $\{V(q)\}$ a $\{F(q)\}$, kde $q = \omega$. Rovnica (1) sa zmení na tvar

$$-q^2 \cdot [m]_D \cdot \{V(q)\} + [k] \cdot \{V(q)\} = \{F(q)\}. \quad (2)$$

Predpokladajme, že len k -ta funkcia z vektora $\{F(q)\}$ je nenulová a všetky ostatné sú nulové. Teraz je možné definovať n^2 frekvenčných prenosov, pre $i = 1 \div n$ a $k = 1 \div n$. Pre frekvenčný prenos $\bar{v}_{i,k} \equiv \bar{v}_{i,k}(q)$ platí

$$\bar{v}_{i,k} \equiv \bar{v}_{i,k}(q) = \frac{V_i(q)}{F_k(q)}. \quad (3)$$

Takýmto spôsobom získame n sústav rovníc pre $k = 1 \div n$, pre výpočet n frekvenčných prenosov $\bar{v}_{i,k}$ v každom kroku riešenia, pri $i = 1 \div n$

$$\begin{aligned} -\omega^2 \cdot [m]_D \cdot \{\bar{v}\} + [k] \cdot \{\bar{v}\} &= \{F_k\}, \\ ([k] - \omega^2 \cdot [m]_D) \cdot \{\bar{v}\} &= \{F_k\}. \end{aligned} \quad (4)$$

Vektor $\{F_k\}$ pre k -tu sústavu rovníc obsahuje nuly, iba v k -tom riadku je číslo jedna.

Numerické výpočty sa aplikovali na diskretný výpočtový model reálnej mostnej konštrukcie s jedným poľom zhotovenej z mostných prefabrikátov I73.

Pod'akovanie

Príspevok vznikol s finančnou podporou grantovej agentúry SR VEGA. Registračné číslo projektu G1/0005/16.

Literatúra

- [1] MELCER, J., G. LAJČÁKOVÁ, I. MARTINICKÁ a J. KRÁLIK. *Dynamika dopravných staveb*. Žilina: EDIS, 2016. ISBN 978-80-554-1178-1. 374 s.

CRACK WIDTH VERIFICATION BY FIB MODEL CODE 2010

Jan Mlčoch¹, Jana Marková², Miroslav Sýkora³

Abstract

Paper is focused on quantifying model uncertainty of crack width estimates for reinforced concrete beams. Predictions obtained by the model provided by the *fib* Model Code 2010 are compared with results of tests of beams with different longitudinal and shear reinforcement ratios and concrete cover. Trends of model uncertainty with basic variables are investigated.

Keywords

Crack width, model uncertainty, concrete cover, reinforcement ratio.

1 Introduction

Actual state of cracking of concrete plays an important role in the assessment of service life of reinforced concrete structures. Cracks are directly affecting stiffness and consequently deflections and they may increase proneness to reinforcement corrosion.

The study is based on a limited database of 12 crack tests of reinforced concrete beams with different concrete covers, reinforcement ratios and stirrup spacing. Test data are obtained from the study by Caldentey [1]. The test results are critically compared with the predictions obtained by the simplified analytical model provided in the *fib* MC2010 [2]. The aim is to provide insights into quantification of model uncertainty in crack width predictions that is considered to be the key issue in reliability analysis with respect to cracking. The trends of model uncertainty with selected basic variables are investigated for crack widths of practical interest – 0.2-1.0 mm. Model uncertainty θ is treated here as a random variable. Sample characteristics of the model uncertainty (mean μ_θ and coefficient of variation V_θ) for the whole database are given in Tab. 1 for a reference value of crack width of 0.4 mm.

Description of the sample	μ_θ	V_θ
Whole database, $n = 12$	2.24	0.36
Lightly reinforced beams ($\rho_l \leq 0.5 \%$), $n = 6$	1.50	0.21
Moderately reinforced beams ($\rho_l \approx 1.5 \%$), $n = 6$	2.99	0.06
Beams without stirrups, $n = 4$	2.16	0.36
Beams with stirrups, $n = 8$	2.28	0.34
Beams with concrete cover 20 mm, $n = 6$	2.25	0.40
Beams with concrete cover 70 mm, $n = 6$	2.24	0.36

Tab. 1 Sample characteristics of the model uncertainty.

¹ Ing. Jan Mlčoch, jan.mlcoch@cvut.cz

² doc. Ing. Jana Marková, Ph.D., jana.markova@cvut.cz

³ doc. Ing. Miroslav Sýkora, Ph.D., miroslav.sykora@cvut.cz

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

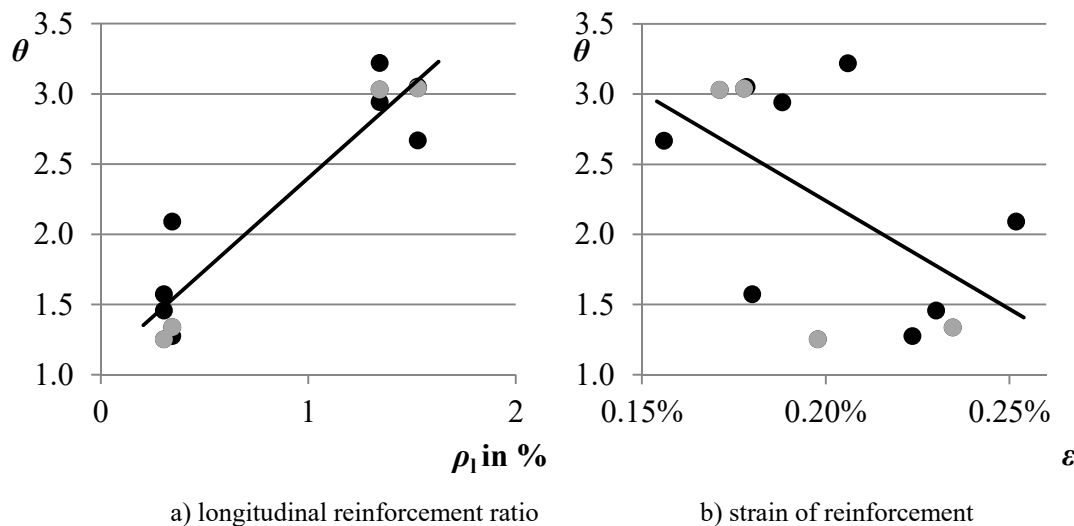


Fig. 1 Variation of model uncertainty values with selected basic variables for MC2010 model (grey points - beams without stirrups).

2 Conclusions

It follows from Tab. 1 that the MC2010 predictions tend to excessively overestimate crack widths – with bias between two and three – and significant dispersion of model results is observed – coefficients of variation up to 0.4. The values provided in Tab. 1 suggest that model uncertainty will likely dominate reliability of RC beams with respect to crack width as its coefficient of variation exceeds typical values of other basic variables.

The study is based on a limited test database and the conclusions with general validity can thus hardly be drawn. It seems that longitudinal reinforcement ratio or, similarly, strain of reinforcement (Fig. 1) is found to have significant effect on model uncertainty characteristics while the influence of other variables such as shear reinforcement ratio, concrete cover and stirrup spacing is marginal.

Acknowledgements

This work has been supported by the Czech Science Foundation under Grant 16-04132S and by the CTU in Prague under Grant SGS16/195/OHK1/2T/31.

Literature

- [1] PÉREZ CALDENTEY, A., H. CORRES PEIRETTI, J. PESET IRIBARREN and A. GIRALDO SOTO. Cracking of RC members revisited: influence of cover, ϕ/ρ_s , e_f and stirrup spacing - an experimental and theoretical study. *Structural Concrete* 14(1): 69-78. 2013.
- [2] *fib. fib Model Code for Concrete Structures 2010*. Lausanne: fib, 2013.

DYNAMIC RESPONSE OF RAILWAY BRIDGES SUBJECTED TO PASSING VEHICLES

Milan Moravčík¹, Martin Moravčík²

Abstract

This paper discusses some issues related to dynamic effects in railway bridges focussed on the dynamic behaviour of the small and medium span simply supported railway bridges subjected to a series of moving vehicle forces. Presented parametric study is focused on the dynamic deflection of bridge $w(x,t)$ for the simply supported railway bridge of the span $L_b = 38$ m, due to the series moving loads representing a conventional train with the IC-coaches, with the impact to the speed up to 300 km/h.

Keywords

Dynamic response, railway bride deflections, the modal superposition method.

1 Introduction

The dynamic response of railway bridges subjected to moving trains is influenced by a number of factors such as the speed of the load, the bridge span, the natural frequencies of the bridge and railways vehicles, the inertia and damping of the two interaction systems (vehicles and the bridge), the distance between the vehicles and arranging axles of vehicles.

At present, the important question for bridge loading follows from high speed trains, which may consist of a number of identical cars connected together. In these cases a resonance caused by configuration of the moving train consisting of a number of vehicles similar types (Fig.1) may occur, especially at high speed ranges.

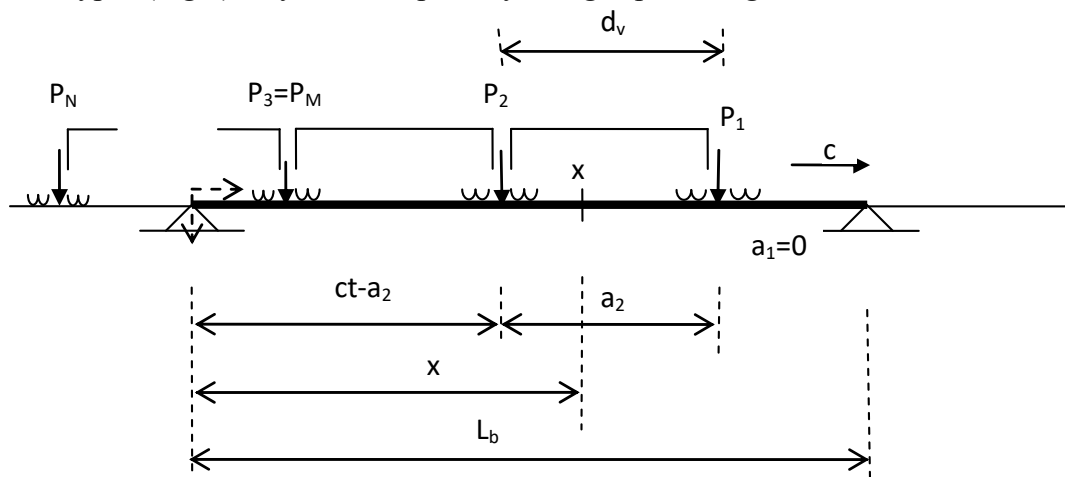


Fig. 1. The loading of the bridge by a series of identical IC-vehicles.

¹ Milan Moravčík, Prof. Ing. CSc, University of Žilina, Faculty of Civil Engineering, Univerzitná 8215/1 010 26 Žilina, e-mail: mimo@fstav.uniza.sk.

² Martin Moravčík, Doc. Ing. PhD, University of Žilina, Faculty of Civil Engineering, Univerzitná 8215/1 010 26 Žilina, e-mail: martin.moravcik@fstav.uniza.sk.

2 Bridge response induced by moving load series

The plane interaction model for the bridge load by conventional trains and the bridge was applied - a series of concentrated constant loads $\sum_{(n)} P_n$, $i = 1, 2, \dots, M$ for M vehicles moving on the bridge. The motion equation for the beam subjected periodically loading of moving load series is describe as

$$EI \frac{\partial^4 w(x,t)}{\partial x^4} + m_1 \frac{\partial^2 w(x,t)}{\partial t^2} = \sum_{n=0}^{M-1} P \delta(x - c(t - \frac{nd_v}{c})), n=1, 2, \dots, M. \quad (1)$$

The particular solution $w(x,t)$ for a simply supported beam can be expressed in term of modal time coordinates $q_{(j)}(t)$ for the beam vibration and the modal shapes $\phi_j(x)$ as

$$w(x,t) = \sum_j q_{(j)}(t) \phi_j(x) = \sum_j q_{(j)}(t) \sin(\frac{j\pi x}{L_b}), j=1, 2, 3. \quad (2)$$

2.3 The displacement response at the mid-span of the beam

The important practical significance is the dynamic deflection $w_{(1)}(L_b/2, t)$ at the mid-span $x = L_b/2$ for given speed c and for $j = 1$ was applied in this studies. The displacement can be expressed from Eq. (2) as

$$\begin{aligned} {}^{(c)}w_{(1)}(L_b/2, t) &= {}^{(c)}q_{(1)}(t) \sin(\frac{\pi L_b}{2L_b}) = \\ &= \frac{\hat{w}_{(1)st}(L_b/2)}{(1 - {}^{(c)}\alpha_1^2)} (1, 0) \left\{ \begin{aligned} &\sum_{n=0}^{M-1} \sin\left(\omega_{(1)dr}\left(t - \frac{nd_v}{c}\right)\right) \left(\theta\left(t - \frac{nd_v}{c}\right) - \theta\left(t - \left(\frac{nd_v}{c} + \frac{L_b}{c}\right)\right) \right) - \\ &- {}^{(c)}\alpha_{(1)} \sum_{n=0}^{M-1} \sin\left(\omega_{(1)}\left(t - \frac{nd_v}{c}\right)\right) \left(\theta\left(t - \frac{nd_v}{c}\right) - \theta\left(t - \left(\frac{nd_v}{c} + \frac{L_b}{c}\right)\right) \right) \end{aligned} \right\} \quad (3) \end{aligned}$$

$$\text{where: } H_n = \theta\left(t - \frac{nd_v}{c}\right) - \theta\left(t - \left(\frac{nd_v}{c} + \frac{L_b}{c}\right)\right) \quad (4)$$

is the Heaviside function determining whether the load P_n is on the bridge or not.

3. Parametric study for the bridge $L_b=38$ m, induced by a moving load series

In presented parametric study the simply supported railway bridge of the span $L_b = 38$ m, subjected to the successive identical moving load - loading of conventional train with the n -IC-coaches:

$$\sum_n P_n = \begin{cases} (P_1, P_2) = 2 \times 528 \text{ kN} \\ (P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6) = 6 \times 528 \text{ kN} \end{cases}, \text{ and for the speeds: } c = \begin{cases} c_2 = 33, 0 \text{ m/s} \\ c_3 = 77, 2 \text{ m/s} \\ c_4 = 130 \text{ m/s} \end{cases}$$

is analyzed.

Acknowledgment

This work was supported by the projects of Slovak Science Agency VEGA No.1/0336/15 and No. 2/0033/15 of the Slovak republic.

THE CHOSEN PROPERTIES OF FRESH AND HARDENED SELF-COMPACTING CONCRETE WITH HIGH-CALCIUM FLY ASH

Tomasz Ponikiewski¹, Jacek Golaszewski²

Abstract

This paper investigates the basic influential trends of varying compositions and properties of High Calcium Fly Ash (HCFA) waste on rheological properties of Self-Compacting Concrete (SCC). HCFA was implemented as either a replacement component within a cement mixture (HCFA also activated by grinding) or as an additive to cement (also in combination with other additives as F-class ash and ground granulated blast furnace). A discussion of the results encompasses the influence of HCFA (C-class) on the effectiveness of admixtures. The current findings are not sufficient in effectively controlling for SCC mixtures with HCFA. The paper presents test results for the self-compacting concrete SCC as it is modified by HCFA and SCC mixes with cement modified by HCFA. The results include an investigation of samples as they belong to classes of slump flow SF, classes of viscosity T_{500} , rheological properties: yield value g and plastic viscosity h and the compressive strength tests: $f_{cm,7d}$ and $f_{cm,28d}$. The concrete mix was tested with a varying amount of HCFA (10-20-30%), as equivalent to cement.

Keywords

Calcareous fly ash, self-compacting concrete, steel fibers, rheometers, rheological properties.

1 Introduction

Previous publications have indicated a problem of worsening of the workability of concrete mixtures containing lime fly ash. Therefore, as workability is the key to the new generation of concretes, a series of tests were carried out to verify the possibility of achieving it with SCC concrete containing lime fly ash. Tests were performed on plain self-compacting concrete (SCC), high performance self-compacting concrete (HPSCC), and fiber reinforced self-compacting concrete (FRSCC). The current open issue is the use of lime fly ash in new generation concrete technology.

2 Research significance

The studies have confirmed the feasibility of using HCFA in cements and new generation concretes while maintaining the implicit technological parameters, especially workability, for concrete mixtures. Further research is required and the impact of the variability of the physical and chemical properties of HCFA and cement type must be taken into consideration. The paper presents the methodology and results of the research on rheological properties of SCC with a calcium fly ash addition at varying degrees of

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.

milling. Additionally, the authors verified the effect of the amount of fly ash on the rheological properties of SCC with cement CEM I.

3 The assumptions and methodology of research

The study was performed considering the effect of the following factors: (1) supply of lime fly ash: batch (delivery) A and B; (2) the degree of grinding of the lime fly ash; (3) content of lime fly ash as cement equivalent: 10-20-30% mass of cement; (4) mass ratio of steel fibers: 0 - 100 kg/m³; (5) mass ratio of synthetic fibers: 0 - 6 kg/m³.

4 The results and discussion

Figure 1 shows the effect of content of lime fly ash (supply A) and its degree of milling on the diameter of the SF propagation and on the propagation time T_{500} of self-compacting mixtures. Based on the study carried out, it can be concluded that an increase in the content of lime fly ash in the mixture reduces the diameter of the SF propagation and prolongs the propagation T_{500} . The greater content of HCFA in the mix, the greater is scope of change. However, if the ash is subjected to mechanical activation (HCFA A1), the effect is smaller.

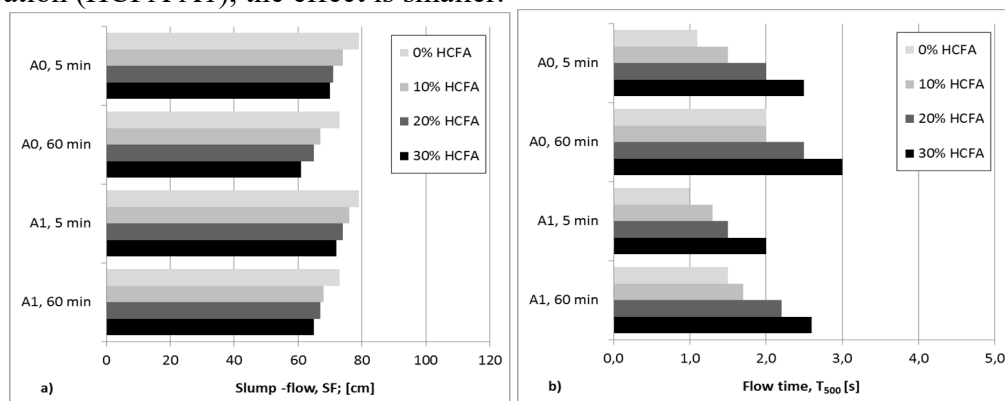


Fig.: The influence of calcareous fly ash content and its fineness on flow diameter SF (a) and flow time T_{500} (b) of SCC mixture, including the effect of time

5 Summary and conclusions

The presented study confirmed the possibility for use of HCFA in concretes of the next generation when maintaining the required parameters of concrete mix technology, and above all, their workability. A deterioration in workability was observed with the increase of the content of lime fly ash in concrete SCC and HPSCC. A decline in workability of concrete mixtures occurs, but to an extent that preserves the properties of self-compatibility. The study showed no significant influence of activation of lime fly ash to improve the workability and mechanical parameters of concrete SCC and HPSCC with their addition. Activation of the ashes (the milling) certainly improves their properties, but studies have shown a similar effect of HCFA, both milled and not milled, on the tested properties of concrete mixes SCC and HPSCC. The use of selected cements with lime fly ash in their composition showed poorer, but sufficient workability of concrete with the addition of SCC. The self-compatibility and mechanical properties of concretes with lime fly ash modified cement were satisfactory and met the established standards.

NUMERICKÁ SIMULACE ZKOUŠEK SMYKOVÉ ÚNOSNOSTI ZDĚNÝCH STĚN Z PÓROBETONU S UŽITÍM PODROBNÉHO KONEČNĚ PRVKOVÉHO MODELU

NUMERICAL SIMULATIONS OF SHEAR CAPACITY TESTS OF POROUS CONCRETE
BLOCKS WALLS USING DETAILED FINITE ELEMENT MODEL

Vlastislav Salajka¹, Zdeněk Čada², Petr Hradil³

Abstrakt

Příspěvek je věnován analýze chování zděných stěn z pórobetonu. Chování stěn bylo zjišťováno experimentálně na únosnost při statickém zatížení a na seizmickou odolnost. Souběžně byly provedeny numerické simulace experimentů pro získání doplňujících informací o chování zděných stěn z pórobetonových bloků. Výsledky geometricky a materiálově nelineárních výpočtů byly porovnány s výsledky realizovaných zkoušek.

Klíčová slova

Pórobetonové tvárnice, matematický model stěny, metoda konečných prvků, nelineární výpočty.

Abstract

This article deals with an analysis of the behaviour of walls made of porous concrete blocks. The behaviour of the walls was analysed experimentally in order to define the bearing capacity under static loading and the seismic resistance. Simultaneously, numerical simulations of the experiments were carried out in order to obtain additional information on the behaviour of the walls made of porous concrete blocks. The results of geometrically and materially nonlinear computations were compared to the results of the performed tests.

Keywords

Porous concrete blocks, mathematical model of a wall, finite element method, nonlinear computations

1 Úvod

Smykové zkoušky zděných stěn jsou prováděny za účelem zjištění nebo ověření smykové cyklické pevnosti a ductility pro konkrétně užitý typy zdících prvků a spojovacího materiálu. V tomto příspěvku je zvolen přístup detailního matematického modelování experimentů stěn z pórobetonových zdících prvků s pevnostní třídou P1,8

¹ Doc. Ing. Vlastislav Salajka, CSc., VUT v Brně, fakulta stavební, ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, (salajka.v@fce.vutbr.cz)

² Ing. Zdeněk Čada, Ph.D., SVS FEM s.r.o., Škrochova 3886/42, 615 00 Brno (zcada@svsfem.cz)

³ Ing. Petr Hradil, Ph.D., VUT v Brně, fakulta stavební, ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, (hradil.p@fce.vutbr.cz)

a P2. Detailní matematický popis umožňuje lépe pochopit procesy během cyklického smykového porušování stěn.

2 Matematický model stěn a zdícího prvku

Výpočtové modely stěn byly sestaveny metodou konečných prvků. Mezi jednotlivými tvárnici bylo definováno kontaktní rozhraní, které modeluje interakci jednotlivých zdících prvků. Svislé spáry byly modelovány pouze jednostrannou vazbou se součinitelem tření. Vodorovné spáry byly modelovány komplexněji, zahrnuta byla i smyková a tahová soudržnost zdící malty.

Úroveň poškození konstrukce stěny při cyklické zatěžování je charakterizována hysterezní křivkou. Tvar křivky určuje způsob porušování. Zakřivení hysterezní křivky je ovlivněno vlastnostmi materiálu zdícího prvku a také tuhostí, pevností kontaktního rozhraní. Zavedení tahové soudržnosti s porušením zpomaluje rozevírání kontaktů. Po dosažení tahové pevnosti nastává kvazi-křehké změkčení.

Pro modelování porušování pórobetonu byla použita kombinace materiálového modelu pro modelování betonu zohledňující křehké porušení a materiálový model bilineárního izotropního zpevnění, který umožňuje plastické zpevnění při jednoosých tlakových zatížení, které nastává nejčastěji ve spodních rozích stěn. Lineární a nelineární parametry materiálových modelů byly odladěny tak, aby chování odpovídalo zkouškám zdících prvků.

3 Výpočty a výsledky výpočtů

Numerické simulace byly provedeny s deformačním zatížením a silovým přitížením odpovídajícím experimentu. Byla použita přímá integrace pohybových rovnic.

Pomocí výpočtů se podařilo postihnout hysterezní chování stěn, stanovit rozvoj trhlin až do úrovně porušení.

4 Závěry

Srovnání výpočtů a měření ukázalo se, že výpočty dobře vystihují silně nelineární chování stěn během experimentu. Vhodně použité materiálové modely vystihují nelineární chování pórobetonu při porušování a použité nelineárními kontaktní algoritmy dovolují zohlednit ve výpočtech delaminaci chování spojovací malty. Kombinací materiálových modelů a kontaktních algoritmů je možné simulovat hysterezní chování pórobetonových stěn při smykovém experimentu.

Získané poznatky v oblasti porušování pórobetonových stěn jsou velmi cenné při navrhování a posuzování zděných staveb zatížených seizmickým zatížením.

5 Poděkování

Tento příspěvek vznikl s finanční podporou projektu GAČR 17-23578S „Identifikace míry poškození vyztuženého betonu při extrémním zatížení“.

6 Literatura

- [1] KLOUDA, J. K. & kol. Experimentální a teoretické ověření a stanovení návrhových parametrů zdiva z přesných zdících prvků YTONG Lambda a YTONG Theta výrobce XELLA CZ. Závěrečná zpráva, červen 2012, 212 stran, TZÚS 0090-VVI Brno.

NUMERICKÁ SIMULACE SEIZMICKÉ ZKOUŠKY EXPERIMENTÁLNÍHO MODELU DVOUPODLAŽNÍHO DOMU ZE ZDĚNÝCH STĚN Z PÓROBETONU

NUMERICAL SIMULATION OF SEISMIC TESTS OF EXPERIMENTAL MODEL OF
TWO-STOREY HOUSE WITH POROUS CONCRETE BLOCK WALLS

Vlastislav Salajka¹, Zdeněk Čada², Petr Hradil³

Abstrakt

Byl modelován experiment seismicky zatěžovaného modelu 1:3 dvoupodlažního domu. Model buzení odpovídá zemětřesení odvozeného ze spektra odezvy. Numerické simulace byly provedeny metodou konečných prvků. Dynamická odezva byla řešena přímou integrací. Výsledky výpočtů byly porovnány s experimentálně stanovenými záznamy posunů a zrychlení. Nakonec byl proveden výpočet seismické odezvy na modelu domu s reálnými rozměry.

Klíčová slova

Pórobetonové tvárnice, matematický model stěny, metoda konečných prvků, nelineární výpočty

Abstract

An experiment of the seismic loaded model 1:3 of two-storey house was modelled. The model of excitation corresponds with the earthquake derived from the response spectra. Numerical simulations were performed using finite element method. Dynamic response was solved by direct integration. The calculation results were compared with experimentally determined records of displacement and acceleration. Finally, a calculation of the seismic response of a model house with real dimensions was performed.

Keywords

Seismic excitation, mathematical model of a house, finite element method, nonlinear computations, porous concrete blocks

1 Experimentální zkouška objektu v modelovém měřítku

Pro experimentální ověření chování objektu při seismickém zatížení byl vyzděn modelový dům v rozměrovém měřítku 1:3. Nestandardní rozměr prvků byl dosažen řezáním. Zdění bylo provedeno přesně podle předem předepsané vazby. Snahou bylo vynutit reálnou napjatost ve zdivu (1:1) během dynamického děje. Jako zdroj buzení byl

¹ Doc. Ing. Vlastislav Salajka, CSc., VUT v Brně, fakulta stavební, ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, (salajka.v@fce.vutbr.cz)

² Ing. Zdeněk Čada, Ph.D., SVS FEM s.r.o., Škrochova 3886/42, 615 00 Brno (zcada@svsfem.cz)

³ Ing. Petr Hradil, Ph.D., VUT v Brně, fakulta stavební, ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, (hradil.p@fce.vutbr.cz)

použit vibrační stůl Schenk PL 160N. Celkem bylo na modelu provedeno 10 zkoušek s různou úrovní zatížení. Ve vybraných místech byly sledovány absolutní horizontální zrychlení a horizontální posunutí vztažená k podlaze haly.

2 Výpočtové modely domu

K vystižení dynamického chování provedeného experimentu rodinného domu v měřítku 1:3 byly sestaveny 3 globální výpočtové matematické modely v programu ANSYS. Modely se liší mírou zjednodušení. Dále byly vytvořeny výpočtové modely reálného domu (v měřítku 1:1) včetně bloku zeminy.

3 Výpočty a výsledky výpočtů

Nejprve byly vyčísleny vlastní frekvence a tvary kmitů pro kontrolu uložení modelu v porovnání s experimentem. Pro určení tuhosti uložení byla provedena analýza záznamu čidel ze všech měření.

Provedené výpočty dynamických odezev odpovídající buzení na vibračním stole. Výpočty byly materiálově nelineární s kontakty provedeny přímou integrací pohybových rovnic. Výsledky výpočtů byly porovnány s experimenty. Získané hodnoty odezvy v posunutích byly použity pro generaci spekter odezvy pro porovnání se spektrem odezvy podle EN 1998 pro oblast ČR.

Dále na modelech reálného domu (v měřítku 1:1) byly vyčísleny vlastní frekvence a tvary kmitu domu a vypočtena dynamická odezva pomocí spekter odezvy pro stanovení celkové odezvy včetně statické odezvy. Budicí elastická spektra odezvy byla sestavena dle ČSN EC8 za stejných předpokladů jako u měření a výpočtů na zmenšeném modelu. Nakonec byly provedeny výpočty odezvy odpovídající prostorovému buzení. Z výsledků výpočtů byla určena úroveň poškození domu.

4 Závěry

Na základě srovnání výsledků extrapolace s výsledky simulací experimentu lze usuzovat, jak se bude chovat reálný objekt při seizmickém ději na horní hranici zatížení definované pro naše území v platné normě ČSN EN 1998. Výsledky uvedeného výzkumu a analýzy jsou využitelné pro stanovení použitelnosti pórobetonových zdících prvků pevnostních tříd P2 a P1,8 pro nosné stěny u zděných objektů v seizmických oblastech na území ČR.

5 Poděkování

Tento příspěvek vznikl s finanční podporou projektu GAČR 17-23578S „Identifikace míry poškození vyztuženého betonu při extrémním zatížení“.

6 Literatura

- [1] KLOUDA, J. K. & kol., Experimentální a teoretické ověření a stanovení návrhových parametrů zdiva z přesných zdících prvků YTONG Lambda a YTONG Theta výrobce XELLA CZ. Závěrečná zpráva, červen 2012, 212 stran, TZÚS 0090-VVI Brno.
- [2] CADA, Z. & kol., The Probabilistic Approach to Modification of Seismic Linear Response Spectra. In Future Communication, Computing, Control and Management. Berlin Heidelberg: 2011. s. 365-371. ISBN: 978-3-642-27310-0.

SELECTION, MAINTENANCE AND ACOUSTIC DIAGNOSTICS OF EXPANSION JOINTS IN BRIDGES LOCATED IN AREAS WITH GROUND DEFORMATIONS

Marek Salamak ¹, Rafał Żuchowski ²

Abstract

In the paper are presented general rules of the assortment of expansion joints in bridges located in areas being under the mining impacts. The maintenance problems associated with ground deformations are also mentioned. The special attention is given to the noise emitted by expansion joint devices. A legal status in the protection from noise and factors affecting this noise are discussed.

Keywords

expansion joints, bridges, acoustic diagnostics, ground deformations.

1 Introduction

The construction of bridges in the Silesian urban agglomeration, in the operation area of a number of coal mines, is a specific task. This is mainly because of the need to take into account in the design the necessity of protection against strong ground surface deformation. The reasons of such deformations can come also from shallow tunnelling, groundwater withdrawal or post-seismic phenomena. Bridges with their heavy and rigid solids are sensitive to the irregular subsidence, the horizontal strain in a subsoil and the inclination of the previously horizontal surface. The safety assessment of bridges located on areas with ground deformations should first start with the initial analysis of rigid solids kinematics. This is due to multi solid and freedom of mutual displacements of solids as well as much bigger bridge structures elements stiffness compared with flexible buildings. One of the protection methods recently used was providing a low sensitivity of the structure to deformation effects and, consequently, minimisation of activities of restoring the proper condition.

2 Specificity of bridge structures in areas with ground deformations

Relatively simple kinematics of a single building solid is possible to be described in an easy way by using not complicated trigonometric formulas based on earlier mentioned mining deformation indicators. Both designing and maintenance of buildings in areas with ground deformations tend almost routine ways of their protection and the basis of this analyses is categorization of the mining area due to the above indicators. In the case of compact structures they can be taken as point models and thanks to that, the impacts specified by the indicators are clearly estimated.

¹ Assoc. Prof. Marek Salamak DSc CEng, Silesian University of Technology, Faculty of Civil Engineering, ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice, marek.salamak@polsl.pl

² Rafał Żuchowski PhD, Silesian University of Technology, Faculty of Civil Engineering, ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice, rafal.zuchowski@polsl.pl

3 Acoustic diagnosis of expansion joints

Proper diagnosis of the expansion joints devices leads to the specified service life of a bridge structure. In addition to standard inspection, prior to maintenance or rectification of the bridge structure, an important element seems to be the acoustic diagnostics of the expansion joints. The measurements were performed on a railroad bridge built over the water reservoir located on the A1 motorway (section Gliwice – Ostrava). Research carried out on a railroad bridge has a pilot character and can be used for the diagnostics of the built expansion joints. The results confirm diagnosed damage during the inspection depending on their degree of use.

4 Conclusion

In the paper, the problem of noise generated by the expansion joints is discussed. Attention was paid to mining terrain deformation, as a factor that can have a significant impact on the increase of noise emitted by the expansion hole and reduce driving comfort through it. The article presents a collection of information on the measurements, acoustic diagnostics and acoustic modelling of the expansion joints. The factors affecting the increase in noise, rules and methods for noise measurements, principles and objectives of acoustic analysis were collected and discussed. Attention was also drawn to the shortcomings of technical knowledge in the field of noise generated by the expansion joints, the consequences of these gaps and directions for further research.

References

- [1] KWIAATEK, J. Building structures on mining areas (in Polish), GIG, Katowice 2007.
- [2] MACIEJCZYK, J. and P. BECZEK. Noise from the bridge expansion joints (in Polish), XXXVII ZSZZW, 2008.
- [3] SALAMAK, M. Typical damages and protections of concrete bridges located on areas with ground deformations, Proceedings of international conference 7th Central European Congress on Concrete Engineering CCC2011, 22-23 Sept., Balatonfured, pp. 323-326.
- [4] SALAMAK, M. Bridge solids kinematics in linear structures located on mining areas, Proceedings of international conference 13th International Multidisciplinary Scientific Conference SGEM 2013, Albena, 2013, Vol.1, pp. 265-272.
- [5] SALAMAK, M., J. WESELI and R. RADZIECKI. Monitoring of highway bridges in areas under mining influence. Proceedings of international conference 5th International Conference on Current and Future Trends in Bridge Design, Construction and Maintenance, 17-18 Sept., Beijing, p. 469-478, 2007.
- [6] SALAMAK, M., L. DULAK, P. BĘDKOWSKI and R. ŻUCHOWSKI. Selection, maintenance and acoustic diagnostics of the bridge dilatations on mining areas. Proceedings of 7th Polish National Bridge Conference. 28-29 May, Wisła, p. 279-290, 2015.
- [7] DIRECTIVE 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council of 25 June 2002 relating to the assessment and management of environmental noise.
- [8] RVS 15.4.52: Schalltechnische beurteilung von fahrbahnübergangen, Juli 2010.
- [9] Recommendations for selection of bridge expansion joints and their incorporation and acceptance (in Polish). Annex to the order No. 4 GDDKiA of 24 January 2007.

QUANTIFICATION OF INFLUENCE OF MATERIAL INTERFACE STEEL-CONCRETE ON CALIBRATION CURVES FOR MODIFIED COMPACT TENSION TEST

Stanislav Seitl¹, Petr Miarka²

Abstract

Fracture properties of quasi-brittle cementitious composites are typically determined from the load–displacement or load crack open displacement response recorded during a fracture. Our contribution is focused on a numerical study prepared for a set of experimental tests, which are used to study the fracture behaviour on notched dog-bone-shaped specimens made of cementitious materials. These specimens are subjected to modified compact tension (ModCT) test under a specific range of eccentricity of the tensile load. The aim is to introduced the K -calibration, T -stress and COD curves for ModCT specimens and their accuracy for various ratio of interface steel/concrete is discussed.

Keywords

Modified compact tension test, Fracture, Constraint, Load eccentricity, T-stress, Stress intensity factor, calibration curves.

1 Introduction

In this paper, a numerical study of stress fields in specially shaped test specimens under combination of tensile and bending loading (see Fig. 1) is introduced. The framework of two-parameter fracture mechanics is kept for the study. In order to provide a proper fracture mechanical evaluation of experimental data, it is necessary to known values of COD (crack opening at the load-line), the K -calibration curve (stress intensity factor), and constraint-calibration curve (values of T -stress) for each crack length. The error of calibration curves is discussed.

2 Materials

Concrete: $E \in <5; 50>$ GPa and $\nu = 0.2$,

Steel part: $E = 210$ GPa and $\nu = 0.3$.

3 Conclusions

In the contribution, the two-dimensional finite element analyses were conducted to investigate the influence of material interface on the stress intensity factor and T -stress

¹ Stanislav Seitl, Assoc. professor, Ing. Ph.D., Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Veverí 331/95, Brno 602 00, Czech Republic, seitl.s@fce.vutbr.cz

² Petr Miarka, Bc. Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Veverí 331/95, Brno 602 00, Czech Republic, p.miarka11@gmail.com

functions for the test geometry based on CT test specimen, particularly for modification of the specimen shape and the load-point eccentricity. The influence of the material interface (steel-concrete) on the calibration curves for the studied variants of the ModCT specimens (A, B, C) is analysed using linear elastic fracture analysis. The specimen geometry allows to the user to obtain efficiently crack data under a displacement-controlled test. Finite element analysis was used to obtain the stress-intensity factors, T -stress and displacements over a wide range of concrete/steel ratios (E_c/E_s).

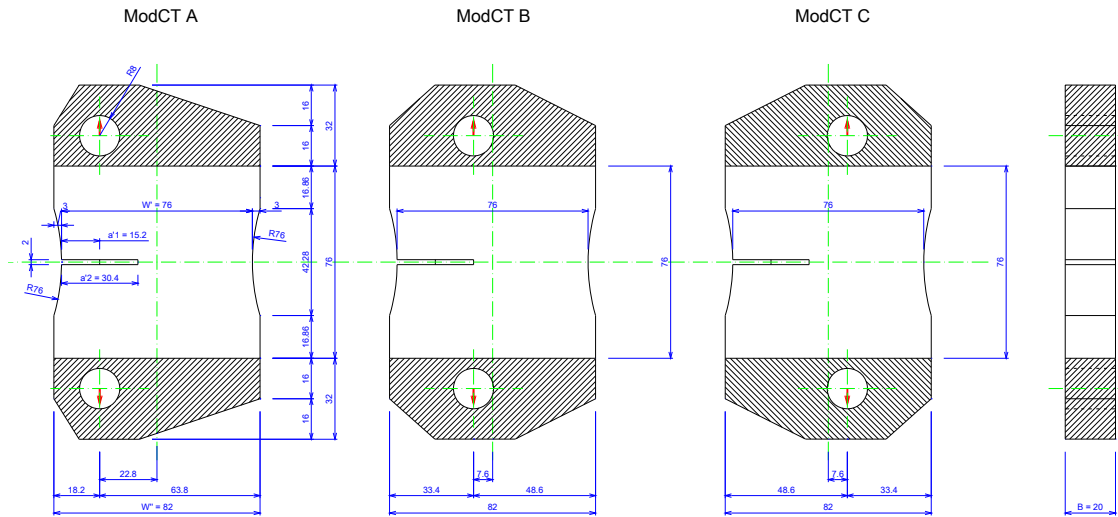


Fig. 1: Studied configuration of ModCT test with glued loading plates and smooth curve dog-bone shaped specimen with various position of load P and change of the stress on the y axis direction in front of the crack tip as a result of various configurations.

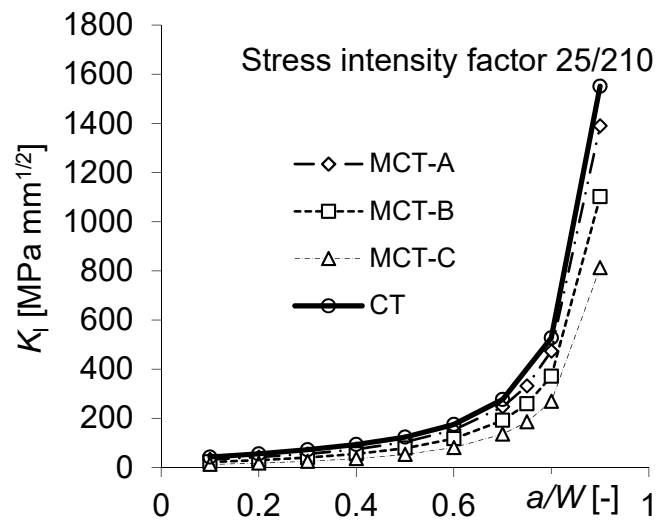


Fig. 3 The K -calibration curves of ModCT in variants A, B, and C (see Fig. 1) for stress intensity factor corresponding to load $P = 100$ N and ratio $E_c/E_s = 25/210$.

Acknowledgment

This paper has been worked out under the “National Sustainability Programme I” project “AdMaS UP – Advanced Materials, Structures and Technologies” (No. LO1408) supported by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic.

ANALYTICAL ESTIMATIONS OF STRENGTH OF TWO LAYER COATING LOADED ALONG A LINE

Ivan Shatskyi ¹, Mykola Makoviichuk ², Lubomyr Ropyak ³

Abstract

The engineering calculation procedure of the stress-strain state of the two-layer coating under the load localized along a line is proposed. The plane connected problem of the plate equilibrium has been formulated. The analytical solutions of the problem have been obtained and compared to previous results for the unconnected problem. The analytical estimations of strength of the composite coating have been given.

Keywords

Two-layer coating, Winkler foundation, local load, stress distribution, strength

1 Introduction

Workability of machines, mechanisms and equipment subjected to contact loads and to interaction with aggressive or abrasive media is mainly controlled by the state and structure of the surface layers of their critical components. Conventional procedure of surface hardening of machine parts implies deposition of functionally gradient coatings whose integral parts have different functions. Such heterogeneous structures include, in particular, two-layered coatings of the ceramics-aluminum system, which cover the surface of steel parts [1]. Similar problems rise also in civil engineering within interaction of building walls and base plates on soil bodies. The available literature in this domain [2, 3] provides insufficient insight into the effect of structure and mechanical properties of the two-layer coating components on the limit load values. Study [4, 5] describes the approach to analytical calculation of local stresses in a two-layer coating treated as a plate lying on the Winkler bed.

The aim of the present study is elaboration of the technique [4, 5] in the case of taking into consideration interconnection of the membrane and bending fields in coating.

2 Problem formulation and strength criterion

We consider a flat rigid foundation with deposited two-layer coating consisting of a quite stiff surface layer of thickness $2h_c$ and of a quite compliant subsurface layer of thickness h_o . The external layer is modeled by a plate subjected to tensile and bending loads, while the lower (substrate) layer is treated as an interlayer, whose behavior is controlled by the Winkler hypotheses. The composite is loaded by distributed force, which is uniformly distributed along the straight line and is represented as two components X and Y . The

¹ Ivan Shatskyi, Prof., DSc, Ivano-Frankivsk Branch of Pidstryhach-Institute for Applied Problems in Mechanics and Mathematics, NAS of Ukraine, Mykytynecka Str., 3, Ivano-Frankivsk, 76002, Ukraine, e-mail: ipshatsky@gmail.com

² Mykola Makoviichuk, Assoc. Prof., PhD, Ivano-Frankivsk Branch of Pidstryhach-Institute for Applied Problems in Mechanics and Mathematics, NAS of Ukraine, Mykytynecka Str., 3, Ivano-Frankivsk, 76002, Ukraine, e-mail: makoviy@ua.fm

³ Lubomyr Ropyak, Assoc. Prof., PhD, Ivano-Frankivsk National Technical University Oil and Gas, Karpatska Str., 15, Ivano-Frankivsk, 76019, Ukraine, e-mail: l_ropjak@ukr.net

stress distribution in the connected two-layer composite and the strength values are to be derived.

The boundary values problem is the following:

$$B \frac{d^2 u_x}{dx^2} - k_x \left(u_x + h_c \frac{du_y}{dx} \right) = -X \delta(x),$$

$$D \frac{d^4 u_y}{dx^4} + k_y u_y - h_c k_x \frac{d}{dx} \left(u_x + h_c \frac{du_y}{dx} \right) = Y \delta(x) + h_c X \frac{d}{dx} \delta(x), \quad x \in \mathbf{R}, \quad (1)$$

$$B \frac{du_x}{dx}(\pm\infty) = 0, \quad D \frac{d^2 u_y}{dx^2}(\pm\infty) = 0, \quad D \frac{d^3 u_y}{dx^3}(\pm\infty) = 0, \quad (2)$$

where u_x and u_y are components of the displacement of the plate midsection, $\delta(x)$ is the Dirac function, $B = 2E_c h_c / (1 - \nu_c^2)$, $D = 2E_c h_c^3 / (3(1 - \nu_c^2))$, $k_x = E_o / (2(1 + \nu_o)h_o)$, $k_y = E_o / h_o$, E_c , ν_c , E_o and ν_o are elastic moduli and Poisson's ratios of the coating and substrate, respectively.

The underlined members in equations (1) characterize interconnection of membrane and bending fields and distinguish this statement from the previously considered decoupled problem [4, 5].

The von Mises criterion is used for the strength assessment of each layer and for the Winkler bed-type substrate.

3 Conclusion

The principal issue of the proposed calculation scheme is application of the strength criteria to both components of the piecewise-uniform body.

The comparison of presented here model that takes into account the connectivity of membrane and bending fields and previously developed model [4, 5] shows that at small ε the simplified theory is worth to use.

References

- [1] SAAKIYAN, L. S., A. P. EFREMOV, L. Ya. ROPYAK and A. V. EPELFELD, *Application of surface strengthening of aluminum alloys and coatings for improving corrosion and mechanical resistance of oil-and-gas industrial equipment components*. Moscow: VNII OENG, 1986. 61 p. (in Russian).
- [2] DOLGOV, N. A. Analytical methods to determine the stress state in the substrate–coating system under mechanical loads. *Strength of materials*. 2016, vol. 48, issue 5, pp. 658–667.
- [3] GORYACHEVA, I. G., E. V. TORSKAYA, Yu. V. KORNEV, I. N. KOVALEVA and N. K. MYSHKIN. Theoretical and experimental study of the mechanical properties of bicomponent metal vapor deposited coatings. *Journal of Friction and Wear*, 2015, vol. 36, issue 3, pp. 262–265.
- [4] ROPYAK, L. Ya., I. P. SHATSKYI and M. V. MAKOVIIICHUK. Strength assessment of two-layer coating subjected to the local loading. *Scientific notes*. Lutsk. 2015, issue 50, pp. 148–152 (in Ukrainian).
- [5] SHATSKYI, I. P., L. Ya. ROPYAK and M. V. MAKOVIIICHUK, Strength optimization of a two-layer coating for the particular local loading conditions. *Strength of Materials*. 2016, vol. 48, issue 5, pp. 726–730.

SHOCK WAVE IN A PILE IMMERSSED INTO VISCOPLASTIC MEDIUM

Ivan Shatskyi ¹, Vasyl Perepichka ²

Abstract

The wave problem of perturbation propagation along an elastic pile interacting with the medium is investigated using the model of viscoplastic friction. An exact solution of the problem is obtained using the Laplace transforms for an arbitrary time of the loading period. The diagrams for velocity and stresses have been constructed.

Keywords

shock wave, elastic pile, viscoplastic resistance.

1 Introduction

Analysis of energy dissipation due to the frictional interaction of deformable contacting bodies is of great importance in the research of applied problems of the structural dynamics. In this proceeding the nonstationary dynamics of an elastic pile with viscoplastic external resistance under shock loading has been studied. The obtained results generalize the cases of purely dry [1] and purely viscous [2] frictions and complement the papers [3, 4].

2 Formulation of the problem

We consider the propagation of longitudinal shock wave in immersed into the viscoplastic medium semi-infinite elastic rod with constant cross section induced by sudden loading of the end. The classical theory of rods dynamics has been used. The friction forces on the lateral surface are modeled by Voigt parallel connection of Saint-Venant and Newton elements (the model of interaction through a thin Bingham layer). We study the process of wave attenuation due to action of this viscoplastic resistance.

The initial-boundary-value problem is the following:

$$\frac{u''}{L} + \frac{\tau_x}{E} = \frac{\ddot{u}}{L}, \quad x > 0, \quad t > 0; \tag{1}$$

$$\tau_x = -\left(\tau_c \operatorname{sgn} \dot{u} + 2BE \frac{\dot{u}}{L}\right), \quad \dot{u} \neq 0 \quad \text{or} \quad \dot{u} = 0, \quad |\tau_x| < \tau_c; \tag{2}$$

$$u(x, 0) = \dot{u}(x, 0) = 0, \quad x > 0; \tag{3}$$

$$\frac{u'(0, t)}{L} = -\frac{\sigma_0}{E} H(t), \quad u(\infty, t) = 0, \quad t > 0. \tag{4}$$

Here u is the axial displacement, τ_x is the shear stress, $x = X/L$, $t = cT/L$ are dimensionless coordinate and time, $L = F/II$ is the characteristic size, F is the area and

¹ Ivan Shatskyi, Prof., DSc, Ivano-Frankivsk Branch of Pidstryhach-Institute for Applied Problems in Mechanics and Mathematics, NAS of Ukraine, Myktyynetska Str., 3, Ivano-Frankivsk, 76002, Ukraine, e-mail: ipshatsky@gmail.com

² Vasyl Perepichka, Assoc. Prof., PhD, Ivano-Frankivsk Branch of Pidstryhach-Institute for Applied Problems in Mechanics and Mathematics, NAS of Ukraine, Myktyynetska Str., 3, Ivano-Frankivsk, 76002, Ukraine, e-mail: an_w@i.ua

Π is the perimeter of cross-section, $c = \sqrt{E/\rho}$ is the wave velocity, E is Young's modulus and ρ is density of the rod material, τ_c is the threshold friction, $2B = \beta/\sqrt{E\rho}$, β is the dynamic viscosity, σ_0 is the stress at the rod end and $H(t)$ is a Heaviside function. The primes and the dots denote the partial derivate with respect to the dimensionless coordinate and to the dimensionless time respectively.

3 Analytical solution

Divining the sign of the velocity, we linearize the nonlinear problem (1)–(4) and construct the solution using the Laplace transforms over the time coordinate. In particular, analytical expressions for the axial displacement and its derivations are the following [3]:

$$\begin{aligned} \frac{u(x,t)}{L} &= \frac{\sigma_0}{E} \int_x^t \left[(1+\kappa)e^{-Bt} I_0(B\sqrt{\tau^2-x^2}) - \kappa \right] d\tau H(t-x), \\ \frac{\dot{u}(x,t)}{L} &= \frac{\sigma_0}{E} \left[(1+\kappa)e^{-Bt} I_0(B\sqrt{\tau^2-x^2}) - \kappa \right] H(t-x), \\ \frac{u'(x,t)}{L} &= -\frac{\sigma_0}{E} \left[(1+\kappa) \left(e^{-Bx} + Bx \int_x^t e^{-B\tau} \frac{I_1(B\sqrt{\tau^2-x^2})}{\sqrt{\tau^2-x^2}} d\tau \right) - \kappa \right] H(t-x). \end{aligned} \quad (5)$$

Here $\kappa = (\tau_c / \sigma_0)/(2B)$, while $I_0(z)$ and $I_1(z)$ are modified cylindrical Bessel functions of the first kind.

4 Analysis of the results

The solution (5) is valid in area where the velocity is positive.

Wave pattern of nonstationary perturbation in the pile including the prefrontal zone of rest, the area of motion and the domain of stationary residual stresses has been built. The three-dimensional diagrams for nonstationary fields of velocity and stresses in the pile have been constructed too.

Intent analysis of results designate the sphere of correctness of solution (5) in the form of inequality: $\kappa \geq 1/(e-1) \approx 0.577$. Under such condition the line of cessation of the motion does not advance the characteristic of reflected wave and the residual shear stress is smaller than the threshold value.

References

- [1] NIKITIN, L. V. *Statics and dynamics of solids with external dry friction*. Moscow: Mosc. Litsei, 1998. 272 p. (in Russian).
- [2] VEKLICH, N. A. and B. M. MALYSHEV. Longitudinal waves propagation in an elastic rod placed in viscous liquid. *Mechanics of Solids*. 1967, issue 5, pp. 174–178 (in Russian).
- [3] SHATSKII, I. P. and V. V. PEREPICHKA. Shock wave propagation in an elastic rod with a viscoplastic external resistance. *J. Appl. Mech. and Techn. Phys.* 2013, vol. 54, issue 6, pp. 1016–1020.
- [4] SHATSKYI, I. P. and V. V. PEREPICHKA. Non-stationary twisting of an elastic bar with viscoplastic external resistance. *Proc. Nat. Acad. Sci. of Ukraine*. 2014, issue 10, pp. 63–69 (in Ukrainian).

STATIC AND DYNAMIC STRESSES IN PIPELINE BUILT ON DAMAGED GROUND

Ivan Shatskyi ¹, Andrii Struk ², Maksym Vaskovskyi ³

Abstract

A deformation model of underground pipeline under complicated geotechnical conditions of soil local fracture is proposed. The effect of displacement discontinuities in damaged ground on the stressed state and limit equilibrium of pressurized pipe has been studied.

Keywords

Buried pipeline, damage ground, cinematic perturbation, static and dynamic stress.

1 Introduction

The service of underground pipelines in the areas of anomalous behavior of the foundation (waterlogged and marshy terrains, karst cavities or temporary workings, regions of freezing-thawing, soil settlement and slip, zones of tectonic faults, neotectonics or bench formation, earthquake and mudflow hazardous regions) involves nonstandard working conditions and requires an additional analysis together with engineering-geological monitoring and the use of rheological soil mechanics models. In spite of the diversity of these models [1–7], it is difficult to foresee the mechanical load on the pipeline in anomalous areas. To increase the safety of pipeline systems laid in mountainous regions, it is necessary to develop engineering methods and models of the calculation of stress state and deformation of buried pipelines in the zones of local destruction of the bedrock foundation.

In this paper we develop the analytical approach offered in article [8].

2 Problem Formulation

The investigations were carried out in a geometrically and physically linear formulation. The buried pipeline was modeled by an infinite straight tubular rod (Fig. 1) interacting with the bedrock through a backfill layer, which is described by the linearly elastic Winkler model. In more detailed consideration of strength issues, the pipe was taken as a membrane shell. Reciprocal displacement of bedrock blocks along the pipe axis were described by discontinuous or piecewise differential function. This approach allows one to determine pipeline stresses not from the distribution of earth load, which is usually difficult to estimate, but from the kinematic parameters of bedrock displacements. To quantitatively realize this concept, an initially boundary problem has been formulated:

¹ Ivan Shatskyi, Prof., DSc, Ivano-Frankivsk Branch of Pidstryhach-Institute for Applied Problems in Mechanics and Mathematics, NAS of Ukraine, Mykytynecka Str., 3, Ivano-Frankivsk, 76002, Ukraine, e-mail: ipshatsky@gmail.com

² Andrii Struk, Ing., Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Karpatska Str., 15, Ivano-Frankivsk, 76019, Ukraine, e-mail: andrij_struk@ukr.net

³ Maksym Vaskovskyi, Ing., Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Karpatska Str., 15, Ivano-Frankivsk, 76019, Ukraine, e-mail: ktg5@meta.ua

$$EF \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} - \pi D k_\tau (u_z - u_z^0) = \rho F \frac{\partial^2 u_z}{\partial t^2}, \quad z \in (-\infty, \infty), \quad t > 0;$$

$$u_z(z, 0) = \frac{\partial u_z}{\partial t}(z, 0) = 0, \quad z \in (-\infty, \infty);$$

$$\frac{\partial u_z}{\partial z}(\pm\infty, t) = 0, \quad t > 0.$$

where z is the coordinates, u_z is the axial displacement of the pipeline, EF is the longitudinal rigidity of the pipe, ρ is the density of its material, D and h are the outside diameter and wall thickness of pipe, k_τ is the tangential coefficient of the elastic bed,

$u_z^0(z, t) = \frac{1}{2} \Delta(t) \operatorname{sgn} z$ is given reciprocal displacement of blocks.

To analyze the limiting state of the pipe, it is expedient to make use of the energetic concept of strength.

The analytical expresses for the tube displacement and stress tensor components have been constructed in cases of the static and harmonic regime of loading. The examples of simulation have been representing.

3 Conclusion

The model developed of the deformation of buried pipeline at places of local destruction of the foundation makes it possible to evaluate the stressed and limiting states of the pipe by the kinematic parameters of ground cracking.

In the static and dynamic regimes, the moving closer together of the foundations blocks is more dangerous than the fault opening.

References

- [1] AINBINDER, A. B., *Strength and stability design of main and field pipelines*. A handbook, Moscow: Nedra, 1992 (in Russian).
- [2] BORODAVKIN, P. P. *Underground main pipelines. Design and construction*. Moscow: Nedra, 1982 (in Russian).
- [3] MAZUR, I. I. and O. M. IVANTSOV. *Safety of pipeline systems*. Moscow: ITs ELIMA, 2004 (in Russian).
- [4] KHARIONOVSKII, V. V. *Reliability and life of gas pipeline structures*. Moscow: Nedra, 2000 (in Russian).
- [5] VAZOURAS, P., S. A. KARAMANOS and P. DAKOULAS. Mechanical behavior of buried pipes crossing active strike-slip faults. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 2012, vol. 41, pp. 164–180.
- [6] TRIFONOV, O. V. and V. P. CHERNIY. Elastoplastic stress-strain analysis of buried steel pipelines subjected to fault displacements with account for service loads. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 2012, vol. 33, issue 1, pp. 54–62.
- [7] ZHANG, J., Z. LIANG and C. J. HAN. Finite element analysis of wrinkling of buried pressure pipeline under strike-slip fault. *Mechanika*. 2015, vol. 21, pp. 31–36.
- [8] SHATS'KYI, I. P. and A. B. STRUK. Stressed state of pipeline in zones of soil local fracture. *Strength of Materials*. 2009, vol. 41, issue 5, pp. 548–553.

REINFORCEMENT OF THE COMPOSITE MATERIALS BY BASALT FIBER

Merab Shvangiraze ¹, Vazha Shilakadze ²

Abstract

Currently in many countries are conducting the studies on the basalt fiber that is one of the most interesting reinforcement materials for polymeric composite materials. In the article are stated the results of a study of the mechanical properties of produced in Georgia basalt fiber and the results of studies conducted to determine the effectiveness of its application as a reinforcing agent in the manufacturing. The experiments to determine the strength are conducted for single fiber as well as for webbed from it cloth. Are developed the technologies for the manufacture of two types of products - high-pressure cylinders and rotor blades for wind power installations. In the first case, at reinforcement of polymer composite is applied bunch of threads and in the second case as a reinforcing material is applied webbed from the basalt fiber fabric.

Keywords

Basalt, fiber, composite, cylinder, wind rotor, blade.

1 Introduction

The development of mechanical engineering is always accompanied by the tendency to reduce the density of products without decreasing of their physical and mechanical properties. Are applied different methods to achieve this goal, by development of structures that combine strength and lightweight materials, development of alloys with low density, etc., but this trend has exhausted its capacity as technology advances, and nowadays is a need for a significant reduction of ratios of density and strength of materials. There is a need to create alternative to metals materials and as it turned out, to such requirements most effectively would respond the polymer composite materials that really began to be developed from the middle of the 20th century.

The polymeric composite materials represents the heterogeneous solid material that mainly includes two components - the reinforcing elements and bonding part (matrix). The reinforcing component provides the necessary mechanical characteristics of the material, and binding portion stipulates the joint work of reinforcing elements. Mechanical properties of the composite properties are determined by the ratio of reinforcing and matrix elements properties, as well as bond strength between them. The efficiency of the material depends on the correct choice of the initial components and their alignment technology. This is a prerequisite for a strength of bond between the components at maintaining their initial characteristics. The combination of the reinforcing elements and matrix creates a complex of composite's properties, in that are reflected not only the initial properties of the components, and also the properties that do not have the taken separately components. As it is above mentioned as main component

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

² Professor Vazha Shilakadze, Georgian Technical University, 77, M. Kostava str., Tbilisi, 0175, Georgia, vshilakadze@mail.ru

determining the strength characteristics of polymer composites is a reinforcing fiber. Currently, are known many fiber materials, used as a reinforcing component. These are - carbon, glass, basalt, aramid, asbestos, silica, ceramic fibers that are used in industry for different purposes. The basalt fiber is relatively less used in the manufacture due to lack of knowledge on it. It is gratifying that this fiber is produced in Georgia. This fact encourages us to carry out studies to determine the possibilities of basalt fiber application in manufacturing. We were conducted a studies to determine the effectiveness of the application of basalt fiber as a reinforcing agent in the manufacture of pressure vessels and wind rotor blades. The prototypes of these products are made.

2 Conclusion

Development of engineering mechanics is always accompanied by the search of new materials, from that are required more perfect satisfaction of the constantly increased industry requirements to the properties of used materials. To these tasks naturally are engaged scientists working in the field of engineering sciences. Our goal is the development of industrial processes for the production of pressure vessels and blades of wind power plants from polymeric basalt fiber composite materials. We are carried out a specific phase of the research work in this direction.

The carried our studies confirm that by use of basalt fiber would be produced such products. By strength parameters this fiber fully complies with the relevant requirements. However, should take into account certain difficulties of technological plan. In particular, in the process of basalt fiber winding on the surface of the cylinder at thread entering in its support head on cylinder the on thread is dispersing and accumulates as wool that would be removed periodically. This leads to a stop of the winding machine at winding that greatly reduces the productivity.

In the manufacture of wind rotor blades is checked and tested only one type of knitted (cloth) basalt filaments of the fabric. The behavior more finely knitted fabrics remains unknown. In the future, researches will continue up to industrial level of considered processes.

References

- [1] LUBIN, J. *Reference book in composite materials*. Vol I. Moscow: Mashinostroenie, 1988. ISBN 5-217-00225-5. 447 p.
- [2] LUBIN, J. *Reference book in composite materials*. Vol II. Moscow: Mashinostroenie, 1988. ISBN 5-217-00000-0. 579 p.
- [3] VASILEV, V.V. *Mechanics of structures from composite materials*. Moscow: Mashinostroenie, 1988. ISBN 5-217-00038-4. 271 p.
- [4] IKRIN, V.A. *Strength of materials with elements of theory of elasticity*. Moscow: Publishing ACB, 2004. ISBN 5-696-01677-4. 423 p.
- [5] SHVANGIRADZE, M. and T. GERKEULI. *Efficiency of application of basalt fiber composite materials: Loladze international conference*. Tbilisi: Saur, 2011. Vol.1, pp. 63-70 (7p), Edition. ISBN 978-9941-20-011-3.
- [6] SHVANGIRADZE, M. and V. SHILAKADZE. *Strength analysis of wind power plant blade. Proceeding of Georgian Technical University*. Tbilisi: 2016, #2(500), pp. 126-132 (7 p). ISSN 1512-0996.

PILOTNÍ STUDIE URČENÍ HODNOTY SIF PRO TĚLESA S V-VRUBEM

PILOT STUDY ABOUT DETERMINATION OF SIF FOR CHEVRON NOTCH SPECIMENS

Jakub Sobek¹, Stanislav Seitl²

Abstrakt

Příspěvek seznamuje s přístupem numerického modelování zkušebních těles opatřených V-vrubem (chevron notch) jako iniciátorem napětí na vrcholu trhliny. Pro simulaci je vybrána konfigurace testu v třibodovém ohybu a výstupem je úspěšně spočtená hodnota součinitele intenzity napětí K_I pro tahový mód namáhání.

Klíčová slova

V-vrub, lomový test, součinitel intenzity napětí, třibodový ohyb.

Abstract

The paper is aimed on the numerical modelling of the test specimens with a chevron notch serving as initiator of stress distribution at the crack tip. The three-point bending test configuration is used for the simulation and output is given by the value of the stress intensity factor K_I for tension loading mode.

Keywords

Chevron notch, fracture test, stress intensity factor, three-point bending.

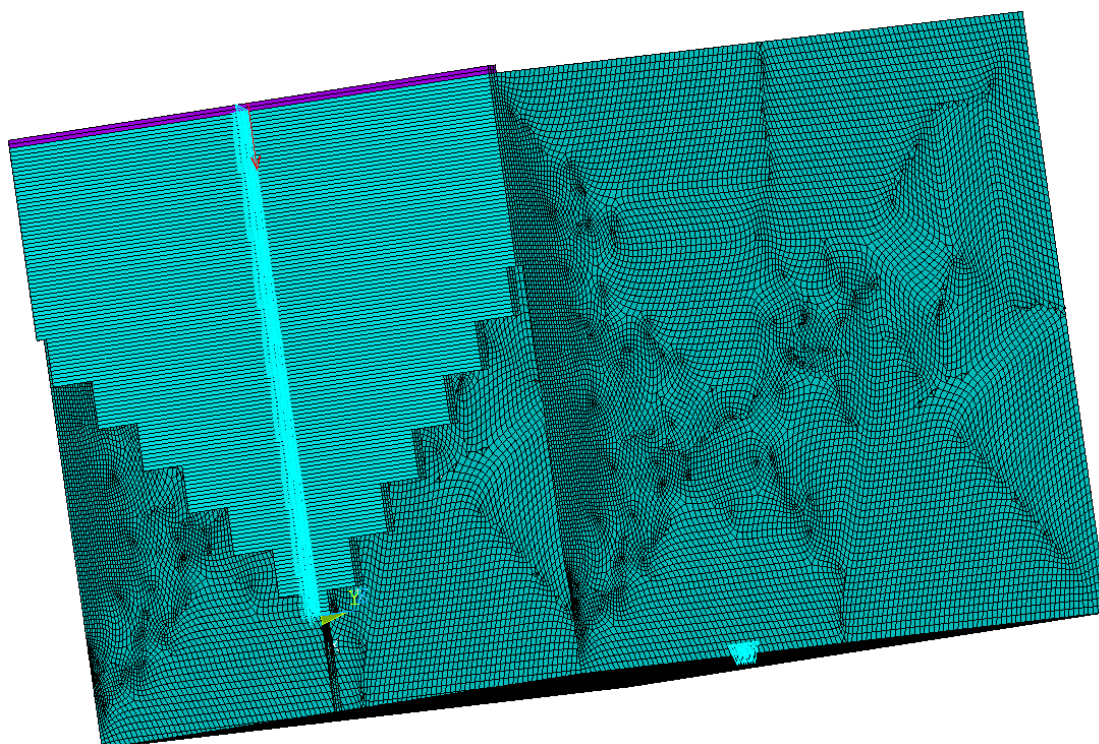
1 Úvod

Destruktivní testování na tělesech z kvazikřehkých materiálů prostřednictvím třibodového ohybu (*three-point bending* – 3PB) [1] je postup testování prvků rozličných stavebních konstrukcí. Lomové testy jsou navíc opatřeny koncentrátory napětí ve formě zářezů. Často vedených ve vodorovné úrovni na spodní straně zkušebního tělesa normalizovaných rozměrů, vyrobených nebo odebraných ve formě jádrových vývrtů. Pro duktilní materiály je zažitý zářez ve formě takzvaného V-vrubu (šípový, anglicky prezentovaný jako *chevron notch* od roku 1964 [2,3]), který umožňuje šíření trhliny v centrální rovině zářezu díky iniciaci porušení z ostrého konce. Použitelný je jak na válcový tak i krychelní profil tělesa. Pozdější aplikace na horniny z něj činí vhodný prostředek pro určení lomové houževnatosti K_{IC} .

Předmětem tohoto článku je pilotní studie určení hodnoty faktoru intenzity napětí K (SIF – stress intensity factor) pro tělesa určená pro 3PB s iniciačním zářezem ve formě V-vrubu [4]. A to prostřednictvím rovinného výpočtového modelu.

¹ 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

² doc. Ing. Stanislav Seitl, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, tel.: (+420) 532 290 361, e-mail: seitl@ipm.cz



Obr. 1: Celkový výpočtový model v systému ANSYS, včetně okrajových podmínek s označením jednotlivých vrstev tvořících iniciační zářez v podobě V-vrubu

2 Závěr

Byla ukázána úspěšná implementace možnosti využití V-vrubu pro systém ANSYS, která otevírá nové možnosti na zodpovězení otázek ohledně další lomové analýzy zkušebních těles opatřených iniciátorem napětí v podobě zmíněného V-vrubu.

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] 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, Issue. 4, pp. 285–290.
- [2] NAKAYAMA, J. A Bending Method for Direct Measurement of Fracture Energy of Brittle Material. *Japan Journal of Applied Physics*. 1964, Vol. 3, pp. 422–423.
- [3] UNDERWOOD, J. H., S. W. FREIMAN and F. I. BARATTA. Chevron-notched Specimens, Testing and Stress Analysis: A Symposium. Baltimore, 1984. ISBN 0-8031-0401-4.
- [4] ŠIMONOVÁ, H., P. DANĚK, P. FRANTÍK, Z. KERŠNER a V. VESELÝ. Tentative Characterization of Old Structural Concrete through Mechanical Fracture Parameters. *Procedia Engineering*. 2017.

ODHAD PRAVDĚPODOBNOTI PORUCHY METODOU ASYMPTOTICKÉHO VZORKOVÁNÍ A ZÁVISLOST TOHOTO ODHADU NA POUŽITÉ VZORKOVACÍ METODĚ

FAILURE PROBABILITY ESTIMATION USING ASYMPTOTIC SAMPLING
AND ITS DEPENDENCE UPON THE SELECTION OF SAMPLING SCHEME

Magdalena Šmídová¹, Miroslav Vořechovský²

Abstrakt

Článek zkoumá použití Asymptotického vzorkování (AS) pro odhad pravděpodobnosti poruchy. Algoritmus AS vyžaduje výběr z mnohazměrného Gaussovského rozdělení, který lze získat různými způsoby, jež ovlivňují kvalitu výsledného odhadu. Několik spolehlivostních problémů (testovacích funkcí) bylo řešeno metodou AS v kombinaci s návrhy připravenými metodou (i) Monte Carlo, (ii) LHS optimalizované PAE kritériem, (iii) quasi-Monte Carlo (QMC) návrhy získané Sobolovými sekvencemi. Všechny výsledky jsou porovnány s přesnou hodnotou pravděpodobnosti poruchy.

Klíčová slova

Asymptotické vzorkování, pravděpodobnost poruchy, quasi-Monte Carlo, LHS návrhy.

Abstract

The article examines the use of Asymptotic Sampling (AS) for estimation of failure probability. The AS algorithm requires samples of multidimensional Gaussian random vectors, which may be obtained by many alternative means that influence the performance of the AS method. Several reliability problems (testing functions) have been selected in order to test AS with various sampling schemes: (i) Monte Carlo designs, (ii) LHS designs optimized using the Periodic Audze-Eglājs (PAE) criterion, (iii) designs prepared using Sobol sequences. All results are compared with the exact failure probability value.

Keywords

Asymptotic Sampling, failure probability, quasi-Monte Carlo, LHS designs.

1 Úvod

Základním úkolem inženýra při návrhu konstrukce je zajištění určité míry spolehlivosti, tedy dostatečně malé pravděpodobnosti poruchy (P_f) navrhované konstrukce. Kromě běžného přístupu zajištění těchto hodnot použitím dílčích součinitelů spolehlivosti se připouští využití plně pravděpodobnostního přístupu, který je výhodný zejména u mimořádných konstrukcí/konstrukčních systémů/materiálů.

¹ Ing. Magdalena Šmídová, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, smidova.m@fce.vutbr.cz

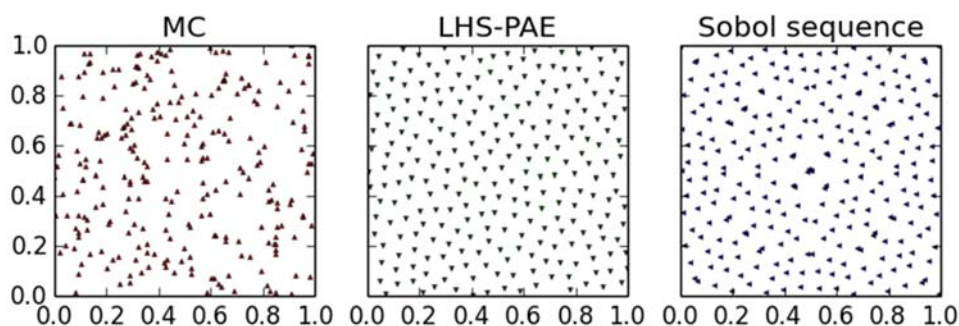
² prof. Ing. Miroslav Vořechovský, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, vorechovsky.m@vut.cz

Z řady možných metod určení P_f bude v článku zkoumána metoda asymptotického vzorkování (Asymptotic Sampling – AS; [1]), která umožňuje při poměrně malém počtu simulací odhadovat i nízké pravděpodobnosti poruchy.

Vzhledem k tomu, že procedura AS vyžaduje plánovaný experiment, nabízí se otázka, zda je přesnost AS ovlivněna způsobem přípravy experimentu, což zjišťuje právě tento článek.

2 Analýza dat, výsledky

Byly zvoleny tři testovací funkce blíže popsané v samotném článku, jejichž P_f byla odhadována pomocí AS. Dále byly generovány souřadnice vzorků pro plánovaný experiment, a to metodami Monte Carlo (MC), Latin Hypercube Sampling (LHS), přičemž rozložení těchto vzorků bylo dále optimalizováno pomocí kritéria Periodic Audze-Eglajs (PAE), a quasi-Monte Carlo (QMC), konkrétně Sobolovými sekvencemi (viz obr. 1). Následně bylo provedeno AS a odhadnuto P_f . Výše uvedený postup byl několikrát zopakován získané odhady byly statisticky zpracovány pro porovnání kvality výsledků.



Obr. 1: Rozdílné návrhy experimentů využitě v metodě asymptotického vzorkování vedoucí k různě kvalitním odhadům P_f .

Vzájemným porovnáním výsledků byly zjištěny značné rozdíly v kvalitě odhadů při použití různých způsobů přípravy plánovaného experimentu, přičemž v případě MC experimentu je třeba konstatovat nepoužitelnost této metody pro nízké pravděpodobnosti poruchy a nevhodnost u případů, v nichž je P_f vysoká.

Na druhou stranu při použití sofistikovanějších metod přípravy experimentu lze docílit značného snížení potřebného počtu simulací a odhadnout přinejmenším orientační hodnotu P_f řešeného problému.

Poděkování

Příspěvek 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] BUCHER, C. Asymptotic sampling for high-dimensional reliability analysis. *Probabilistic Engineering Mechanics*. 2009, roč. 24, č. 4, s. 504-510. ISSN 0266-8920

DYNAMICKÉ POKRITICKÉ PÔSOBENIE

DYNAMIC POST-BUCKLING BEHAVIOUR

Luboš Šnirc¹, Alžbeta Grmanová², Ján Ravinger³

Abstrakt

Použitím geometricky nelineárnej teórie bolo rozpracované pokritické pôsobenie štíhlej steny. Pre úlohy dynamiky bol použitý Hamiltonov princíp. Ukázané sú príklady dynamického pokritického pôsobenia štíhlej steny namáhanej tlakom. Vplyv reziduálnych napätí na frekvenciu štíhlej steny tvorí základ pre nedeštruktívne metódy vyšetovania vlastností konštrukcií.

Kľúčové slová

Geometricky nelineárna teória, stabilita, dynamické pokritické pôsobenie, kmitanie.

Abstract

Geometric non-linear theory has been used to describe the post-buckling behavior of slender web. Hamilton's principle in increments has been used. Examples of dynamic post-buckling behavior of slender web loaded in compression are presented. Influence of residual stresses to frequency of slender web is a base for non-destructive method of investigation of structures.

Keywords

Geometric non-linear theory, stability, dynamic post-buckling, vibration.

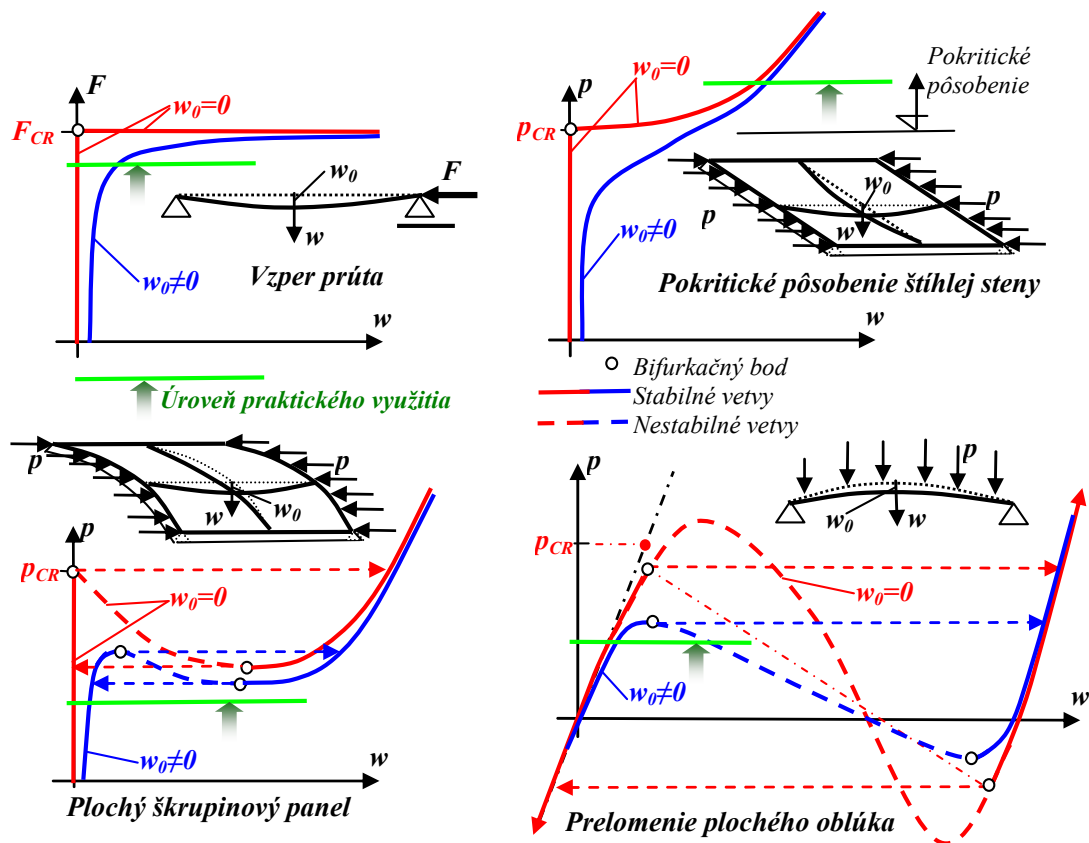
Dynamické pokritické pôsobenie

Prezentovaný úvodný obrázok ukazuje výber základných príkladov stability pri statickom namáhaní. Pri extrapolovaní problémov do dynamiky sa objavuje množstvo nových javov ako sú dynamické vybočenie, parametrická rezonancia, flater štíhlej steny a iné. Pre opis stabilitných javov je nutné použiť geometricky nelineárnu teóriu. V obecnom prípade statiky úloha vedie na systém kubických algebrických rovníc. Použitím prírastkovej formulácie riešime daný systém Newton-Raphsonovou iteráciou. Pre úlohy dynamiky typu dynamického vybočenia je možné použiť Newmarkovu metódu priamo v prírastkovej formulácii. Pre úlohy typu parametrickej rezonancie sa ukazuje ako možný postup využiť transformáciu do vlastných tvarov, zostaviť systém podmienkových rovníc a následne zvoliť Newmarkovu metódu. Tento postup si ale vyžaduje realizovať operácie s priestorovými maticami. Autori realizovali množstvo teoreticko-numerických analýz, ktoré boli konfrontované experimentálnymi meraniami.

¹ Ing. Luboš Šnirc, STU Bratislava, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, Radlinského 11 810 05 Bratislava SK (lubos.snirc@stuba.sk)

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

³ Dr.h.c. prof. Ing. Ján Ravinger, DrSc. (jan.ravinger@stuba.sk)



Literatura

[1] BAŽANT, Z. P. and L. CEDOLIN. *Stability of Structures: Elastic, Inelastic, Fracture and Damage Theories*. Oxford University Press, New York, Oxford, 1991.

[2] BOLOTIN, V. V. *The Dynamic Stability of Elastic System*. CITL. Moscow, 1956 (In Russian. English translation by Holden Day. San Francisco, 1994.)

[3] BURGREN, D. Free Vibration of Pined Column with Constant Distance Between Pin-ends. *J. Appl. Mechan.*, 18, 1951. 135-139.

[4] KOLAKOWSKI, K. and K. KOWAL-MICHALSKA. *Statics, Dynamics and Stability of Structures*, Vol. 2. Statics, Dynamics and Stability of Structural Elements and Systems. Quick-Druck, Lodz, 2012.

[5] KROLAK, M. and R.J. MANIA. *Statics, Dynamics and Stability of Structures*, Vol. 1. Stability of Thin-Walled Plate Structures. Quick-Druck, Lodz, 2011.

[6] RAVINGER, J. Vibration of an Imperfect Thin-walled Panel. Part 1 : Theory and Illustrative Examples. Part 2: Numerical Results and Experiment. *Thin-Walled Structures*, Vol. 19, No 1., 1994, 1-36.

[7] RAVINGER, J. and J. ŠVOLÍK. Parametric Resonance of Geometrically Imperfect Slender Web. *Acta Technica CSAV*, 3, 1993, 343-356.

[8] RAVINGER, J. Dynamic Post-Buckling Behaviour of Plate Girders. *Journal of Constructional Steel research*. Vol. 21, No 1-3., 1992, 175-194.

[9] RAVINGER, J. *Stability & Vibration*. STU Bratislava , 2012.

[10] VOĽMIR, A.S. *Nelinejnaja dinamika plastinok i oboloček. (Non-Linear Dynamic of Plates and Shells)* . Nauka, Moskva, 1972.

MUTUAL COMPARISON BETWEEN THE TWO COMPUTATIONAL MODELS OF INTERACTION SYSTEM VEHICLE-PAVEMENT

Veronika Valášková¹, Jozef Melcer²

Abstract

Dynamic interaction between vehicle and pavement is a current problem which is solving in many workplaces around the world. This article is focused on the interaction model creation and principles of the solution for two numerical models. Numerical models of the interaction system vehicle-pavement were constructed in the computer software ADINA, which is based on the Finite Element Method. Bathe calculation method was adopted in the numerical solver. The article presents the results, which were obtained during the modelling of the vehicle-pavement interaction system.

Keywords

Vehicle-Pavement Interaction, Finite Element Method, Half-Part Model, Lorry Tatra 815, Numerical Model.

1 Introduction

Pavements are structures that are exposed to the direct dynamic effect of the moving vehicles. Unevenness of the pavement surface is the main source of the kinematic excitation for the vehicle. They have significant influence on the magnitude of the contact forces between the pavement surface and the vehicle tires. The amplitude is the variable of the time and the frequency domain. There are two approaches how to obtain a required data – computational or experimental methods. The verification of the reliability of the transport structures loaded by the heavy traffic needs a detailed analysis using vehicle-pavement interaction simulations [1, 2].

2 Numerical Simulation

The whole interaction model of vehicle-pavement consists of 719 points and 782 lines. The lines were meshed in the pavement with specific material characteristics. The relevant degree of freedom and boundary conditions were set in the model.

After start of the simulation, the vehicle moves on the pavement with constant speed of $40 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. The simulation took 14 seconds. In the first 10 seconds, the gravity is activated and whole model is numerically stabilizing. In the last 4 seconds, the vehicle is moving along the pavement with constant speed. In this simulation, the time step was constant 0.001 s. The scheme of the model is shown in Fig. 1. The pavement with smooth surface was modelled as a Winkler elastic foundation. The vehicle-pavement interaction model consists of 26 points. The scheme of the model is shown in Fig. 2.

¹ Veronika Valášková, Ing., Žilinská Univerzita v Žiline, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky a aplikovanej matematiky, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, 00421 41 513 5616, (veronika.valaskova@fstav.uniza.sk)

² Jozef Melcer, prof. Ing. DrSc., Žilinská Univerzita v Žiline, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky a aplikovanej matematiky, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, 00421 41 513 5612, (jozef.melcer@fstav.uniza.sk)

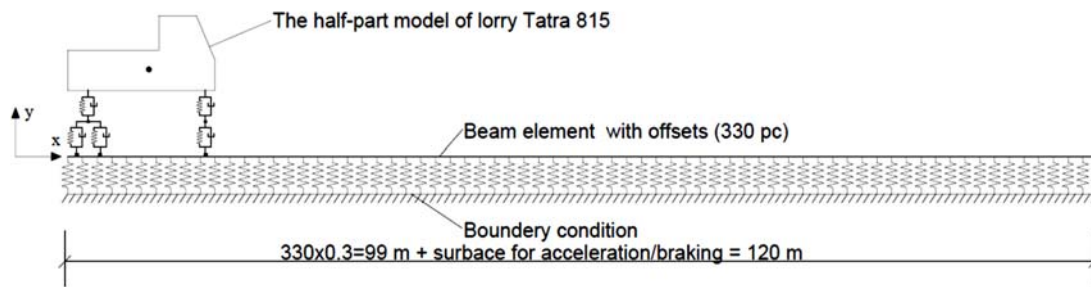


Fig. 1: Scheme of the computational model with offsets contacts

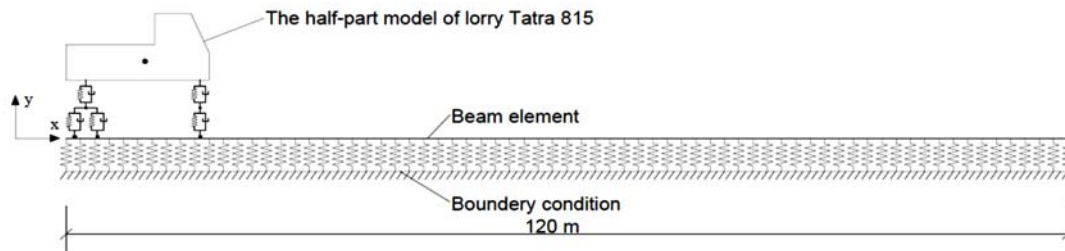


Fig. 2: Scheme of the computational model with Winkler Elastic half-space

3 Conclusion

Vertical displacement (z-direction) and vertical acceleration in selected points are presented. Point nr.1 was selected in the front vehicle axle, nr.2 in the rear axle and nr.3 in the centre of gravity of the lorry Tatra 815. Results are presented for quantities in vertical axis and have been obtained in 2D simulations in XZ plane. Presented results from numerical simulation were obtained for road pavement with unevenness (offsets) and for the smooth pavement surface. For the smooth surface, there is a leading wave caused by the acceleration for whole model. Using of FEM methods can give useful results of modelling of the phenomenon of the vehicle-pavement interaction.

Acknowledgement

This paper was supported by the Grant National Agency VEGA of the Slovak Republic (grant No. 1/0005/16).

Literatura

- [1] FRYBA, L. *Vibration of Solids and Structures under Moving Loads*. ACADEMIA, Praha, Nordhoff International Publishing, Groningen, 1972.
- [2] MARTINICKA, I. Calculation of Natural Frequencies and Vibration Shapes its own Computational Models of Vehicles. *Land Communications and Tracks*, 6 (1-2) 41–50.

3D NUMERICKÝ MODEL NEHOMOGENNÍHO NELINEÁRNÍHO POLOPROSTORU V INTERAKCI S NELINEÁRNÍM MODELEM DRÁTKOBETONOVÉ DESKY

3D NUMERICAL MODEL OF INHOMOGENEOUS NONLINEAR HALF-SPACE IN INTERACT WITH NONLINEAR MODEL OF SFRC SLAB

Jana Vašková¹, Radim Čajka²

Abstrakt

S využitím experimentálního zařízení vybudovaného na FAST VŠB – TU Ostrava v České republice byla v roce 2016 realizována sada experimentálních zatěžovacích zkoušek drátkobetonových desek v interakci s podložím. Pro tuto sadu experimentálních zkoušek byla v programovém systému ANSYS provedena numerická analýza na bázi metody konečných prvků (MKP), jejíž výsledky byly srovnány s hodnotami naměřenými během experiment.

Klíčová slova

Interakce základ-podloží, 3D konečné prvky MKP, základové konstrukce.

Abstract

Set of experimental loading tests of steel-fibre reinforced concrete slabs was realized using the experimental facility built in campus of Faculty of Civil Engineering, VŠB - Technical University of Ostrava in the Czech Republic in 2016. For this set of experimental tests, numerical analysis have been done in the program ANSYS - based on the finite element method (FEM). Results of numerical analyses were compared with the values measured during the experiment.

Keywords

Subsoil-structure interaction, 3D finite elements, foundation structures, FEM analyses.

1 Úvod

Navzdory tomu, že řešením interakce základů s podložím se zabývá mnoho autorů po celém světě více než století a za tu dobu vznikl nespočet výpočetních postupů, teoretických i numerických modelů, stále neexistuje žádný obecně platný model podloží. Výsledky řešení se mohou lišit právě v závislosti na volbě modelu podloží. Za tímto účelem se dodnes provádí výzkumy a experimentální měření zaměřené na sedání základové půdy pod stavbami a deformace základových desek. V červnu roku 2016 byla na FAST VŠB-TU Ostrava experimentálně zatěžovaná drátkobetonová deska. Jednalo se o drátkobeton vytvořený přidáním ocelových drátků do betonové směsi v množství 25 kg/m^3 (3D DRAMIX 65/60B6–25 kg/m^3).

¹ Ing. Jana Vašková, Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 925, e-mail: jana.vaskova@vsb.cz.

² prof. Ing. Radim Čajka, CSc., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 344, e-mail: radim.cajka@vsb.cz.

2 Numerický model s využitím prostorových konečných prvků

Numerickými analýzami [1] bylo prokázáno, že při tvorbě prostorového modelu s využitím 3D konečných prvků, jsou výsledky značně závislé na volených parametrech vstupujících do výpočtu. Zemina je látka nestejnoroďa a její vlastnosti se liší od idealizace lineárně pružné izotropní a homogenní látky. To bylo částečně řešeno využitím nehomogenního pružného poloprostoru. Jedná o poloprostor, jehož modul přetvárnosti s hloubkou lineárně roste. Tuto závislost v obecném tvaru dále rozpracoval Ohde [2]:

$$E = E_0 (z + d_0)^m \quad (1)$$

kde je E_0 modul přetvárnosti na povrchu, z je z -ová souřadnice (hloubka), m je koeficient závislý na Poissonově součiniteli μ a d_0 je taková hloubka v podloží, která není rovna hloubce založení, ale jedná se o konstantu, která co nejlépe vystihuje závislost modulu přetvárnosti na hloubce podloží (dle Ohdeho v [2]) s ohledem na Poissonův součinitel. V případě, kdy $m \neq 0$, E_0 je rovno velikosti E za předpokladu, že pro z -souřadnici na povrchu platí $z = 0$, byla za d_0 dosazena hodnota 1,0.

Vzhledem k tomu, že experimentálně zatěžovaná deska byla drátkobetonová, byly provedeny numerické modely desky se zohledněním vlivu drátků v betonové směsi i oslabením průřezu desky vlivem trhlin vznikajících při zatěžování. Proto byl využit konečný prvek SOLID 65, který umožňuje nelineární výpočet betonových konstrukcí, simulaci plastického chování (vznik plastických deformací) i porušení tahem ve třech vzájemně kolmých směrech (vznik trhlin) a porušení tlakem (drcení materiálu).

3 Závěr

Pro analýzu interakce podloží s drátkobetonovou deskou zatěžovanou během experimentální zatěžovací zkoušky byly vytvořeny numerické modely s využitím prostorových konečných prvků. Model podloží byl vytvořen jako nelineární nehomogenní kontinuum. Numerické modely drátkobetonové desky byly vytvořeny s využitím konečného prvku, který umožňuje nelineární výpočet betonových konstrukcí, simulaci plastického chování (vznik plastických deformací) i porušení tahem (vznik trhlin) ve třech vzájemně kolmých směrech a porušení tlakem (drcení materiálu).

Srovnáním maximální deformace ve středu desky získané numerickým modelem 21,937 mm a deformace desky ve středu desky získané aproximací průhybové plochy z naměřených dat 20,50 mm, lze považovat výsledky numerické analýzy za velmi výstižné a samozřejmě především na straně bezpečné.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je SP2017/139.

Literatura

- [1] CAJKA, R. and J. LABUDKOVA. Dependence of deformation of a plate on the subsoil in relation to the parameters of the 3D model, *International Journal of Mechanics*, Volume 8, Pages 208-215, ISSN: 1998-4448, 2014
- [2] OHDE, J. Zur Theorie der Druckverteilung im Baugrund, *Bauingenieur*: 451 – 459, 1939.

NELINEÁRNÍ ANALÝZA ŠTÍHLÉHO TLAČENÉHO ZDĚNÉHO SLOUPU

NON-LINEAR ANALYSIS OF SLENDER MASONRY BEAM

Marek Vokál¹, Michal Drahorád²

Abstrakt

Tato práce se zabývá numerickou analýzou a ověřením štíhlých tlačených zděných prvků konstantního průřezu zatížených normálovou silou a ohybovým momentem v rovině hlavního momentu setrvačnosti průřezu. S ohledem na materiálovou nelinearitu zdiva není pro řešení této úlohy možné použít klasickou matematickou teorii štíhlých prutů, a proto je vyvinuta metoda využívající iterativní výpočet s vlivem materiálové i geometrické nelinearity.

Klíčová slova

Materiálová nelinearita, geometrická nelinearita, druhý řád.

Abstract

This paper deals with numerical analysis and design of slender prismatic masonry beams loaded predominantly by axial force and bending moment in plane of the principal moment of inertia. Because of the material non-linearity, classical mathematical theory of slender columns cannot be applied for masonry elements, therefore the proposed method use iterative non-linear calculation considering both material and geometrical non-linearity.

Keywords

Material non-linearity, geometric non-linearity, second order analysis.

1 Úvod

Stabilitní analýza je jedním z nejčastějších problémů zkoumaných v oboru stavebních konstrukcí. Jedním z důvodů je, že analýza je poměrně složitá vzhledem k množství jevů, které musí zahrnout. V poslední době navrhované zděné konstrukce jsou s ohledem na používané zdící prvky, jejich uspořádání a odolnost zpravidla řešeny jako stěnové, což silně akcentují i stávající návrhové předpisy (zejména [2]). Pokud jsou však navrženy významně zatížené štíhlé sloupové prvky, metody uvedené v [2] selhávají a dochází k podcenění vlivu vzpěru.

Cílem současného výzkumu autorů je proto analýza skutečného působení zděných štíhlých tlačených konstrukcí a následný vývoj zjednodušených metod pro jejich návrh a ověření použitelný v kombinaci s platnými technickými předpisy. Předmětem tohoto článku je popis algoritmu vytvořeného v programu MATLAB[®], který zohledňuje výše

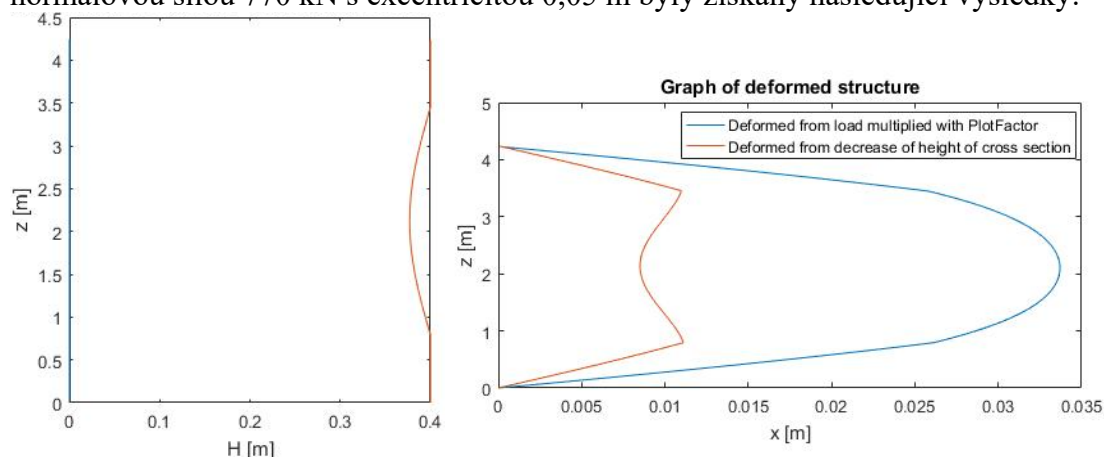
¹ Ing. Marek Vokál, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra betonových a zděných konstrukcí, E-mail : marek.vokal@fsv.cvut.cz

² Ing. Michal Drahorád, Ph.D., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra betonových a zděných konstrukcí, E-mail : michal.drahorad@fsv.cvut.cz

uvedené jevy, tj. materiálovou a geometrickou nelinearitu, včetně změny polohy těžiště vlivem rozevírání trhlin.

2 Modelování zděných sloupů - příklad

V rámci práce na vývoji algoritmu jsou prováděny ověřovací studie. Uvažuje se zděný sloup s počáteční imperfekcí danou vztahem $w_0 = e_0 \cdot \sin(\pi x/L)$, uložený oboustranně kloubově. Pro příklad sloupu o výšce 4.2 m a rozměrech $B \times H = 0.4 \times 0.4$ m zatížený normálovou silou 770 kN s excentricitou 0,05 m byly získány následující výsledky:



Obr. 1 – Vlevo výsledná tloušťka průřezu na konci výpočtu, vpravo výsledná geometrie konstrukce

3 Závěr

Byl vyvinut algoritmus implementovaný v programu MATLAB®, kterým lze řešit nelineární stabilitní analýzu zděných sloupů zatížených v rovině hlavního momentu setrvačnosti. Program umožňuje analýzu těchto konstrukcí až do meze únosnosti. Do budoucna se počítá s rozšířením algoritmu na sloupy zatížené v obecné rovině. Současně se počítá s rozšířením algoritmu na obecné konstrukce, ne jen tlačené sloupy.

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] MINAFO, G., C. GIACCHINO and M. FOSSETTI. Stability analysis of clay brick masonry columns: numerical aspects and modelling strategies. *Materials and structures*. London : E. & F.N. Spon, 2014, č. 28, ISSN 1359-5997
- [4] AUGENTI, N. and F. PARISI. (2010) Constitutive models for tuff masonry under uniaxial compression. *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 22, Issue 11 (November 2010) J Mater ASCE 22:1102–1111
- [5] HENDRY, A. W. and KHALAF. Masonry wall construction, Spon press, USA and Canada, 2001, ISBN 0-203-46772-8
- [6] SARGIN, M., *Stress-strain relationships for concrete and the analysis of structural concrete sections*, Vydání 4, University of Waterloo Solid Mechanics Division. ISBN: 9780994152008, 167 s.
- [7] Lineární stabilita a teorie II. Řádu - Mech.fsv.cvut.cz [online]. [cit. 2017-01-09]. Dostupné z: http://mech.fsv.cvut.cz/~leps/teaching/ankc/cviceni_08.pdf

ANALÝZA VZDÁLENOSTÍ ORTOGONÁLNÍHO NÁVRHU

ANALYSIS OF DISTANCES IN AN ORTHOGONAL GRID

Miroslav Vořechovský¹, Václav Sadílek², Magdalena Šmídová³

Abstrakt

Příspěvek se zabývá analýzou vzdáleností mezi všemi dvojicemi bodů v průsečících pravidelné ortogonální mřížky umístěné do jednotkové hyperkrychle. Porovnává počty délek vyčíslované pomocí přímočaré implementace a zjednodušeného postupu využívajícího pravidelnosti tohoto uspořádání bodů a jejich výpočetní náročnosti. Dále popisuje histogramy délek a zabývá se vývojem jejich středních hodnot v závislosti na počtu bodů návrhu.

Klíčová slova

Ortogonální rastr bodů, vzdálenost mezi dvěma body, statistiky.

Abstract

The article presents analysis of pairwise distances between all pairs of points arranged into a regular orthogonal grid in a unit hypercube. Two methods for evaluation of pairwise distances are compared with respect to the computational demands depending on the number of points in a grid. Histograms and evolution of the mean values of pairwise distances are shown.

Keywords

Orthogonal grid, pairwise distance, statistics.

1 Úvod

V metodice plánovaného experimentu (Design of Experiment [1]), jakož i v jiných oblastech bádání a inženýrství je potřeba zkoumanou doménu vhodně pokrýt návrhovými body. To lze provést dvěma způsoby: a) deterministický návrh (body jsou uspořádány v pravidelně se opakujících vzorech) nebo b) stochastický návrh, pro který se používají metody typu Monte Carlo (např. Latin Hypercube Sampling).

Tento článek se proto zabývá analýzou vlastností návrhů tvořených pravidelně uspořádanými body v ortogonální mřížce umístěné v jednotkové hyperkrychli: počty vzdáleností mezi dvěma body a výpočetní náročnost, histogramy (hustoty pravděpodobnosti) vzdáleností a vývoj jejich středních hodnot s rostoucím počtem bodů v návrhu.

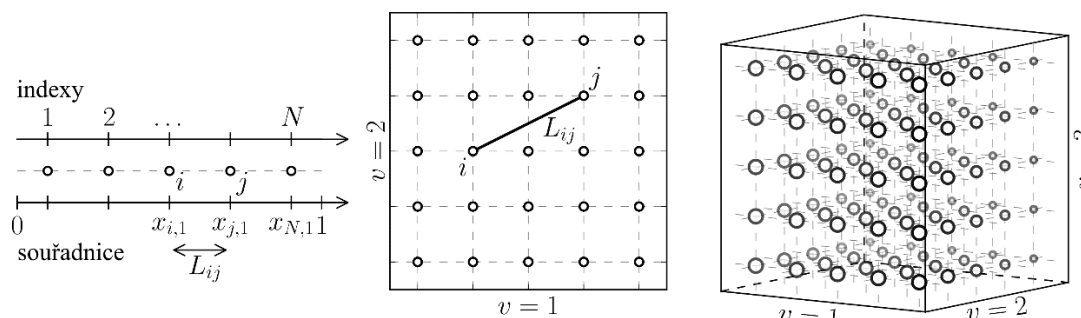
¹ prof. Ing. Miroslav Vořechovský, Ph.D., Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně, Veveří 331/95, Brno, email: vorechovsky.m@vut.cz

² Ing. Václav Sadílek, Ph.D., Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně, Veveří 331/95, Brno, email: sadilek.v@fce.vutbr.cz

³ Ing. Magdalena Šmídová, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně, Veveří 331/95, Brno, email: smidova.m@fce.vutbr.cz

2 Ortogonální návrh bodů

Ortogonalní návrh je tvořen rastrem bodů umístěných v průsečících pravoúhlé mřížky (obr. 1). Počet veličin N_v , ze kterých je návrh tvořen, je roven dimenzi hyperkrychle. Doménu každé veličiny (průmět oblasti do jedné dimenze) je možné rozdělit na N_i ekvidistantních bodů. V následujícím textu budeme uvažovat stejné dělení N pro všechny veličiny a počet bodů (počet simulací) v takto vzniklém návrhu je $N_s = N^{N_v}$.



Obr. 1: Ukázky ortogonálních návrhů s $N=5$ bodů podél jednotlivých dimenzí ($N_v=1, 2$ a 3).

3 Závěr

Článek potvrzuje předpoklad uvedený v dřívějším článku [1], totiž že aplikací zjednodušeného výpočtu délek a jejich četností se dosáhne snížení časové náročnosti, což je doloženo předloženými grafy. Dále zkoumá vzdálenosti mezi dvojicemi bodů v popisovaném návrhu a uvádí analytické vztahy pro výpočet hustoty pravděpodobnosti těchto vzdáleností a jejich druhých mocnin pro malé počty N_v . Těch lze dále využít pro výpočet střední hodnoty těchto veličin.

Dalším důležitým výsledkem je zjištění, že při vysokých počtech N_s druhé mocniny vzdáleností vyskytujících se v návrhu konvergují k předem vyčíslitelné hodnotě. Tento fakt (současně s tím, že paralelně zkoumané PAE kritérium obsahuje právě druhé mocniny vzdáleností) vede k úvaze o nutnosti úpravy kritéria tak, aby při rostoucím počtu bodů návrhu jeho hodnota stále rostla, neboť v případě navyšování počtu bodů v návrhové oblasti dochází ke změně charakteru AE kritéria (akcentace vlivu dlouhých vzdáleností), a tudíž dochází k necitlivosti kritéria na lokální poruchy v rovnoměrnosti pokrytí (shluky bodů, apod.). Důsledkem je výrazné zpomalování a snížení účinnosti procesu kombinatorické optimalizace návrhu záměny souřadnic.

Poděkování

Príspevek 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] MONTGOMERY, D. C. *Design and Analysis of Experiments*. 8th Edition. 2012.
- [2] ŠMÍDOVÁ, M., SADÍLEK, V. a M. VOŘECHOVSKÝ. Audze-Eglajs kritérium optimality návrhu pro ortogonální grid. In: Juniorstav 2015. ISBN 978-80-214-5091-2.