

13. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE MODELOVÁNÍ V MECHANICE 2015

13th INTERNATIONAL CONFERENCE MODELLING IN MECHANICS 2015



Sborník rozšířených abstraktů • 28. - 29. 5. 2015 • Proceedings of the extended abstracts

OBSAH / TABLE OF CONTENTS

| | |
|---|----|
| Balogh Bence, Lógó János Optimization of curved plated structures with the finite strip and finite element methods | 1 |
| Brožovský Jiří, Maluchová Markéta Možnosti využití metody tenzorových měřítek k popisu anizotropie zdiva | 3 |
| Brych Ivan, Sýkora Miroslav Hodnocení litinových sloupů | 5 |
| Cichocki Krzysztof, Domski Jacek, Katzer Jacek, Ruchwa Mariusz Static and Dynamic Characteristics of Waste Ceramic Aggregate Fiber Reinforced Concrete | 7 |
| Drahorád Michal Přesypané železobetonové klenbové mosty - analýza konstrukce s vlivem interakce se zeminou | 9 |
| Eliáš Jan Volumetric contact law between convex polyhedral particles | 11 |
| Flodr Jakub, Krejsa Martin, Mikolášek David, Brožovský Jiří, Pařenica Přemysl Numerické modelování tenkostěnného profilu s vlivem redistribuce ohybových momentů | 13 |
| Fojtík Roman, Novotný Tomáš, Rumlová Jana Diagnostika specificky namáhané konstrukce | 15 |
| Frantík Petr Model zatlačovaného hřebíku | 17 |
| Frantík Petr, Havlíková Ivana, Veselý Václav, Láník Jaromír, Šimonová Hana, Keršner Zbyněk Vyhodnocení lomových testů betonových těles z vývrtů z nosné konstrukce | 19 |
| Frantík Petr, Zídek Rostislav, Brdečko Luděk Model vrstevnatého nosníku pro deformační metodu | 21 |
| Grzywiński Maksym Optimization of Double-Layer Braced Barrel Vaults | 23 |
| Grzywiński Maksym, Pokorska Iwona, Poński Mariusz Vibrations and Deformations of Moderately Thick Plates in Stochastic Finite Element Method | 25 |
| Györgyi Jozsef Dynamic calculation of the dropping of reinforced container | 27 |
| Havran Jozef, Psotný Martin Postbuckling Analysis of Rectangular Plate Loaded in Compression | 29 |
| Hokeš Filip Vybrané aspekty modelování nelineárního chování betonu s pomocí knihovny multiPlas | 31 |
| Holušová Táňa, Lozano Miguel, Komárková Tereza, Kocáb Dalibor, Seitl Stanislav Modifikovaná zkouška excentrickým tahem: Vyhodnocení experimentálních testů válcových těles z cementového kompozitu | 33 |

| | |
|---|----|
| Jendželovský Norbert, Baláž Lubomír | |
| Modelovanie dynamického zaťaženia valcových nádrží | 35 |
| Jurčíková Anežka, Rosmanit Miroslav | |
| Numerické modely montážních spojů CHS a L-profilů s čelní deskou a jejich experimentální ověření | 37 |
| Kabeláč Jaromír, Wald František, Šabatka Lubomír, Kolaja Drahoš | |
| Principy modelování ocelových styčnicků | 39 |
| Kala Zdeněk | |
| Spolehlivostní analýza svařovaných nádrží | 41 |
| Kalina Martin | |
| Numerická analýza vybočení von Misesova nosníku | 43 |
| Klabník Maroš, Leitnerová Soňa | |
| Priebeh teplôt v betónovom priereze za požiaru | 45 |
| Klajmonová Kristýna, Lokaj Antonín | |
| Způsoby zesilování svorníkových spojů kulatiny | 47 |
| Klon Jiří, Sobek Jakub, Veselý Václav | |
| Numerické simulace biaxiálního ohybového testu na křížovém tělese z kvazikřehkého materiálu | 49 |
| Konečný Petr, Lehner Petr, Turicová Martina | |
| Difuzní součinitel pro pronikání chloridů v betonu - vyhodnocení a využití | 51 |
| Kormaníková Eva | |
| Sizing optimization of sandwich panels | 53 |
| Kotrasová Kamila | |
| Influence of Slenderness Ratio on Response of Fluid Filling | 55 |
| Králík Juraj | |
| Probabilistic Nonlinear Analysis of the NPP Hermetic Cover Failure due to Extreme Pressure and Temperature | 57 |
| Králík Juraj jr., Hubová Olga, Konečná Lenka | |
| CFD simulation of experimental measurement of pressures on „quarter-circular” object | 59 |
| Králík Juraj, Králík Juraj, jr., Klabník Maroš | |
| Nonlinear Analysis of the Failure Temperature of NPP Hermetic Structures | 61 |
| Krejsa Jan, Sýkora Miroslav | |
| Updating Partial Factors for Assessment of Historic Reinforced Concrete Bridge | 63 |
| Krňávek Ondřej, Hokeš Filip, Hrubý Pavel, Nevařil Aleš | |
| Analýza vlivu postupné výstavby mostu na stav napjatosti v konstrukčních detailech | 65 |
| Křivý Vít, Urban Viktor, Kreislová Kateřina, Vavrušová Kristýna | |
| Experimentální atmosférické korozní zkoušky na konstrukcích z patinujících ocelí | 67 |
| Květoň Josef, Eliáš Jan | |
| Simulation of fracture experiments on concrete using nonlocal damage model | 69 |
| Labudková Jana, Čajka Radim | |
| Interakce základ-podloží řešena aplikací nehomogenního poloprostoru | 71 |

| | |
|---|-----|
| Lehner Petr, Brožovský Jiří | |
| Optimalizace časového kroku a konečných prvků u modelu popisujícího difuzi chloridů | 73 |
| Lehner Petr, Konečný Petr, Krejsa Martin, Brožovský Jiří | |
| Víceúrovňová analýza železobetonové mostovky zatížené chloridy | 75 |
| Luu Nguyen Nam Hai, Do Tam Hien | |
| Simplify Models Of The Key Elements In The Frame Further To An Impact Leading To The Loss Of A Column | 77 |
| Major Maciej, Kuliński Krzysztof | |
| Comparative Numerical Analysis of Advertising Board Tower Using Adina and Autodesk Robot Structural Analysis | 79 |
| Major Maciej, Major Izabela | |
| Comparative Analysis of Stress in Hyperelastic Mooney-Rivlin and Zahorski Materials Using ADINA Software | 81 |
| Marková Jana | |
| Probabilistic Models of Thermal Actions | 83 |
| Melcer Jozef | |
| Vplyv tlmenia na FFP výpočtového modelu vozidla | 85 |
| Michalcová Vladimíra, Lausová Lenka | |
| Numerický výpočet odporového součinitele komína válcového tvaru opláštěného vlnitým plechem | 87 |
| Mikolášek David, Pařenica Přemysl | |
| Vzpěr podle EC5 v porovnání s numerickými modely | 89 |
| Minárová Mária, Sumec Jozef | |
| Application of more complex rheological models in continuum mechanics | 91 |
| Moravčík Milan, Moravčík Martin | |
| Track dynamic response at low frequencies – Dominant frequencies | 93 |
| Mynarčík Petr, Labudková Jana | |
| Experimentální a numerická analýza interakce podloží a modelu předpjaté průmyslové podlahy | 95 |
| Nagy Róbert, Györgyi József | |
| Blast channeling and attenuation in urban street geometry with glazing | 97 |
| Navrátil Jaroslav | |
| Structural Analysis of Prestressed Concrete Structures | 99 |
| Novák Lukáš, Řoutil Ladislav, Novák Drahomír | |
| Implementace databáze lomově-mechanických parametrů vybraných betonů do softwaru Freet | 101 |
| Novotná Eva, Šejnoha Jiří | |
| Převod diagramu $F - \delta_v$ na diagram $\sigma_x - \epsilon_x$ | 103 |
| Pažma Peter, Brondoš Jakub, Halvoník Jaroslav | |
| Experimentálne overovanie sekundárnych účinkov od predpätia | 105 |
| Ponikiewski Tomasz, Golaszewski Jacek | |
| X-Ray Investigation and Modelling of Steel Fibres in Self-Compacting Concrete | 107 |
| Pospíšil Stanislav, Górski Piotr, Kuznetsov Sergej | |
| Influence of Ice Accretion At Bridge Rope On Strouhal Number | 109 |

| | |
|---|-----|
| Prekop Lubomír, Lettrich Marek | |
| Modelovanie priestorovej štruktúry zastrešenia | 111 |
| Protivínský Jiří, Krejsa Martin | |
| Využití modelové podobnosti ke stanovení poměrného útlumu konstrukce průmyslového kotle | 113 |
| Psočný Martin | |
| Buckling & Postbuckling of an Imperfect Plate Subjected to the Shearing Load | 115 |
| Rovnaníková Markéta, Vyšvařil Martin, Havlíková Ivana, Šimonová Hana, Schmid Pavel, Topolář Libor, Keršner Zbyněk | |
| Studium jemnozrnných kompozitů degradovaných kyselinou sírovou s využitím lomových experimentů | 117 |
| Rózsás Árpád, Sýkora Miroslav | |
| Effect of Parameter Estimation Uncertainty on Structural Reliability | 119 |
| Rumlová Jana, Fojtík Roman, Karas Jan | |
| Konstrukce těžkého dřevěného skeletu | 121 |
| Seitl Stanislav, Vizslay Viliam | |
| Stress analysis of modified compact tension specimens: K-calibration curves | 123 |
| Sobek Jakub, Veselý Václav | |
| Vliv přesnosti polynomů tvarových funkcí na rekonstrukci pole napětí v tělese s trhlinou | 125 |
| Sucharda Oldřich, Konečný Petr, Ponikiewski Tomasz, Doné Petra | |
| Modelování a experimenty třibodové ohybové zkoušky s trámky z drátkobetonu | 127 |
| Sukhorukova Tetiana, Čajka Radim | |
| Numerical Model of Vertically Loaded Foundation Slab | 129 |
| Šeda Pavel, Řoutil Ladislav | |
| Nelineární analýza mechanické odezvy mostu č. 2-2043-15, E4 Kristineberg, Stockholm | 131 |
| Šejnoha Jiří, Jarušková Daniela, Sýkora Jan | |
| Analýza rizika požáru v silničních tunelech | 133 |
| Šnirc Luboš, Ravinger Ján | |
| Stabilita a kmitanie spojitého nosníka s imperfekciou | 135 |
| Štefek Libor, Michalík Pavel | |
| Modelování stavebních ocelových konstrukcí v praxi | 137 |
| Tvrdá Katarína | |
| Optimization and safety design of the foundation plate | 139 |
| Valeš Jan | |
| Zautomatizování tvorby výpočetních modelů s využitím jazyku visual basic | 141 |
| Veselý Václav, Konečný Petr, Pieszka Daniel, Lehner Petr, Židek Libor | |
| Sledování změn elektrické rezistivity a ultrazvukových vlastností betonu během lomu | 143 |
| Vořechovská Dita, Teplý Břetislav, Šomodíková Martina, Lehký David | |
| Modelling of service life of concrete structures under combined mechanical and environmental actions | 145 |
| Walentyński Ryszard | |
| Generalized Functions and Calculus Operators of Mathematica Applied to Evaluation of Influence Lines and Envelopes of Statically Indeterminate Beams | 147 |

OPTIMIZATION OF CURVED PLATED STRUCTURES WITH THE FINITE STRIP AND FINITE ELEMENT METHODS

Bence Balogh ¹, János Lógó ²

Abstract

The need for economical design have been increased during the past decades. In case of structures, optimization means selecting the type of the structure, which fits best the requirements.

The theoretical background of topology optimization was laid down by the Australian scientist Michell, who derived optimality conditions for the optimal topology of lightweight structures in 1904 [1]. The so called optimality criteria methods became popular only in the seventies [6]. This is the period, when the first article in the topic of topology optimization was published by Rossow and Taylor [7].

Folded plated structures play a significant role in structural engineering practice, whose cost-effective design can reduce the total costs significantly. A few examples of this type is illustrated on Figure 1.

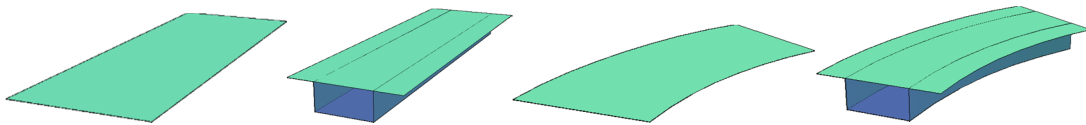


Figure 1. Examples of folded plated structures

The aim of this study is to compare two available numerical tool for solving PDEs for the optimal design of structures. In the past years numerous methods were developed for topology optimization, from these we have adopted the optimality criteria (OC) approach. The main idea is that we state the optimal conditions which the minimizer has to fulfill at the end of an iterative process. This method however is not a general one, only advantageous in the case of separable problems, but comes with fast speed, easy programming, and a relative insensitivity of computational time to the number of variables. In the paper we suggest a new method for the elimination of a numerical error, the so called ‘checkerboard pattern’. In the presented examples we applied one loading case and an elastic material behavior. The cost function is the net weight of the structure and upper bound of the compliance is set as the optimality constraint.

Keywords

Topology, optimization, optimality criteria, finite element method, finite strip method, FEM, FSM.

¹ Bence Balogh, PhD student, Budapest University of Technology and Economics; Hungary, Budapest, Műegyetem rkp. 3.; bbence@eik.bme.hu.

² János Lógó, Associate professor, Budapest University of Technology and Economics; Hungary, Budapest, Műegyetem rkp. 3.; logo@ep-mech.me.bme.hu.

References

- [1] MICHELL, A.G.M.: „The limits of economy of material in frame structures”, *Philos.Mag.* Volume 8, 1904. pp. 589-597.
- [2] J. BARTA, “On the Minimum Weight of Certain Redundant Structures”, *Acta Tech. Acad. Sci. Hung.*; 18, 67-76, 1957.
- [3] C. NAGTEGAAL and W. PRAGER, “Optimal layout of a truss for alternative loads”, *International Journal of Mechanical Sciences*,15, 7, 583-592, 1973.
- [4] G. SVED, “The Minimum Weight of Certain Redundant Structures”, *Australian Journal of Applied Sciences*, 5, 1-9, 1954.
- [5] M.A. SAVE, “Remarks on Minimum-Volume Designs of a Three-bar Truss”, *Journal of Structural Mechanics*, 11,1,, 101-110, 1983.
- [6] GELLATLY, R.A.; BERKE, L. (1973): *Optimality Criterion Based Algorithms*, In: *Optimum Structural Design: Theory and Applications*, (eds.) Gallagher, R.H.; Zienkiewicz, O.C.;Wiley, London, 33-49.
- [7] ROSSOW, M.P.; TAYLOR, J.E. (1973): *A Finite Element Method for the Optimal Design of Variable Thickness Sheets*. *J. AIAA*, 11, 1566-1569.

MOŽNOSTI VYUŽITÍ METODY TENZOROVÝCH MĚŘÍTEK K POPISU ANIZOTROPIE ZDIVA

TENSOR SCALE AND POSSIBILITIES OF ITS USE FOR DESCRIPTION OF MASONRY ANISOTROPY

Jiří Brožovský¹, Markéta Maluchová²

Abstrakt

Metoda tenzorových měřítek je využívána k popisu anizotropie materiálů (především biomateriálů, jako je kostní hmota) a pro řadu další účelů. Předkládaný příspěvek se věnuje, kromě popisu principů metody, zejména možnostem jejího využití ke stanovení vlastností ortotropních materiálových parametrů pro modely zděných konstrukcí.

Klíčová slova

Anizotropní materiál, tenzorová měřítka, zdivo, metoda konečných prvků.

Abstract

The tensor scale is parameter which can be used to describe anisotropy of materials. It is also used for other various purposes. The proposed paper discusses its principles and also its possible use for description of orthotropic material properties for numerical models of masonry.

Keywords

Anisotropic material, tensor scale, masonry, finite element method.

1 Úvod

Numerické modelování složitějších zděných konstrukcí zpravidla vyžaduje zavedení významných zjednodušení. Jde například modelování struktury zdiva jediným, tzv. „homogenizovaným“ materiálem. Existuje celá řada přístupů, jak na základě znalosti materiálových a geometrických parametrů zděných prvků, malty stanovit homogenizované materiálové vlastnosti modelu zdiva.

Jistou nevýhodou těchto přístupů je skutečnost, že i u zdiva sestaveného z pravidelných zděných prvků (cihly, tvarovky, pravidelné kamenné bloky) často nastávají případy, kdy je orientace jednotlivých prvků poměrně složitá

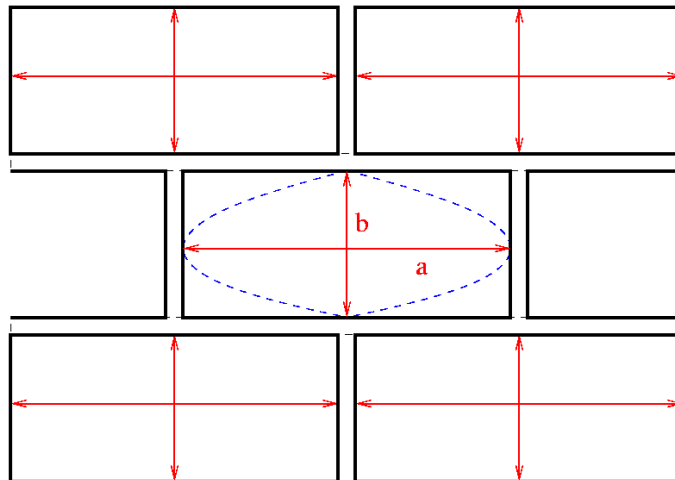
Jedním z možných řešení uvedeného problému je použití některého z postupů pro kvantifikace míry anizotropie materiálu a využití získaných výsledků k odhadu mechanických parametrů tohoto materiálu. V biomechanice je využívána například tzv. metoda tenzorových měřítek, které je primárně používána ve 2D úlohách.

¹ Doc. Ing. Jiří Brožovský, VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděšť 1875/17, 708 33 Ostrava, e-mail: jiri.brozovsky@vsb.cz

² Ing. Markéta Maluchová, VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, L. Poděšť 1875/17, 708 33 Ostrava, e-mail: marketa.maluchova@vsb.cz

2 Tenzorová měřítka

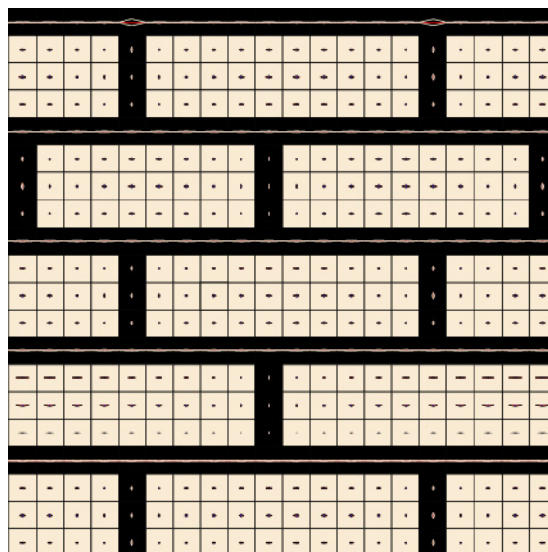
Základním principem stanovení tenzorového měřítka je nalezení největší možné elipsy, kterou je možné vepsat do oblasti tvořené jedním materiálem.



Obr. 1: Metoda tenzorových měřítok

3 Software

Pro ověření použitelnosti metody tenzorových měřítok byl využíván jednak interní výpočetní nástroj zabudovaný v software *uFEM*, jednak speciálně vytvořený výpočetní nástroj *Tensor*.



Obr. 6: Mapa tenzorových měřítok

Program *Tensor* umožňuje přímý převod sítě využívané pro výpočet tenzorových měřítok na síť konečných prvků využitelnou v konečně-prvkovém software *uFEM*, ve kterém je pak možné realizovat další výpočty.

HODNOCENÍ LITINOVÝCH SLOUPŮ

ASSESSMENT OF CAST-IRON COLUMNS

Ivan Brych a Miroslav Sýkora¹

Abstrakt

Únosnost litinových sloupů závisí na pevnosti v tlaku a tahu litiny, štíhlosti i na excentricitě průřezů a dalších imperfekcích v důsledku metalurgického zpracování materiálu. Největším problémem litinových konstrukcí je jejich náchylnost ke křehkosti v tahu při vyšších štíhlostech. V příspěvku se pomocí modelových nejistot porovnávají tři modely pro únosnost litinových sloupů s rozsáhlou databází experimentálních měření.

Klíčová slova

Litinové sloupy, materiálové vlastnosti, imperfekce, pevnost v tlaku, štíhlost, pevnost v tahu, křehkost v tahu, modelové nejistoty.

Abstract

Resistance of cast-iron columns depends on tensile and compressive strength of cast iron, slenderness ratio, and eccentricity of cross-sections and lack of straightness affected by casting and type of cast iron. The crucial issue is brittle fracture in tension of slender columns. In this paper model uncertainties are considered to compare three analytical models for resistance of cast-iron columns with a large database of experimental measurements.

Keywords

Cast-iron columns, material characteristics, cross-section eccentricity, imperfections, ultimate strength, slenderness, brittleness in tension, model uncertainty.

1 Úvod

Studie je zaměřena na hodnocení spolehlivosti litinových sloupů, které byly využívány v 19. a 20. století. V současné době patří například zmíněné textilní továrny, železniční nástupiště a haly mezi industriální dědictví a některé jsou památkově chráněné. To klade značné nároky na jejich modernizaci a obnovu.

Eurokódy neposkytují postupy, které přímo zohledňují specifické vlastnosti litiny při stanovení - nelineární pracovní diagram bez meze kluzu a významné rozdíly mezi tlakovou a tahovou pevností. Litina má svým chováním mnohem blíže k hliníku nebo nerezavějící oceli. Zjednodušený postup uvedený v ČSN 73 0038: 2014 se v příspěvku porovnává s dvěma modely navrženými v odborné literatuře.

¹ Ivan Brych, Ing., Miroslav Sýkora, doc., Ing., Ph.D., Kloknerův ústav, ČVUT v Praze, oddělení spolehlivosti konstrukcí, Šolínova 7, 166 08, Praha 6, email: ivan.brych@klok.cvut.cz, miroslav.sykora@klok.cvut.cz

2 Modely a databáze testů

U litin je obtížné ověřit metalurgické složení a technologie zpracování, které přímo souvisí s imperfekcemi. Hlavním problémem při určení únosnosti litinových konstrukcí je jejich náchylnost ke křehkosti v tahu při vyšších štíhlostech. Stabilita společně s tlakovou a tahovou pevností významně ovlivňují únosnost sloupů. Pro hodnocení litinových sloupů jsou uvažovány tři modely a výsledky každého se porovnávají s databází experimentálních měření.

Model 1 je založen na minimální hodnotě pevnosti sloupu v tlaku nebo tahu. Jako jediný uvažuje i s pevností v tahu při velkých štíhlostech centricky tlačенých sloupů. Pro tento model je k dispozici rozsáhlá databáze pro různé typy průřezů a štíhlosti $26 < \lambda < 242$. *Model 2* vychází z pevnosti v tlaku a excentricit průřezu. K dispozici je pouze jeden výsledek experimentálního měření s velmi malou štíhlostí $\lambda = 43$. *Model 3* vychází z doporučení modifikace výpočtu součinitele vzpěru χ_c podle ČSN 73 0038. K tomuto modelu je k dispozici experimentální výsledek ze zatěžovací zkoušky členěného sloupu s různými štíhlostmi $\lambda = 76, 109$ a 113 , avšak bez dosažení poruchy sloupu.

3 Modelové nejistoty

K vyhodnocení modelů je použito modelové nejistoty $\theta = \sigma_{\text{test}} / \sigma_{\text{model}}$. Pro *model 1* jsou výsledky modelových nejistot uvedeny v tab. 1. Pro *model 2* vychází pro jediný experimentální výsledek - dutý kruhový průřez - $\theta = 1,18$. *Model 3* se ukazuje jako konzervativní (vychází i $\theta > 1,47$ pro čtvercový průřez), ale je potřebné dosavadní výsledky zpřesnit v rámci navazujících studií.

| Průřez | Rozsah | Štíhlost | Průměr μ_θ | Variační koeficient V_θ |
|--------------|--------|-----------|---------------------|--------------------------------|
| plný kruhový | 50 | 26 - 242 | 1,18 | 0,14 |
| dutý kruhový | 18 | 50 - 242 | 1,12 | 0,11 |
| čtvercový | 4 | 154 - 204 | 1,43 | 0,08 |

Tab. 1: Testová databáze a charakteristiky modelové nejistoty pro *model 1*

4 Závěry

Únosnost litinových sloupů závisí na štíhlosti a pevnostech litiny. Uvažovaný *model 1* dosahuje dobré shody s výsledky testů, pro *modely 2 a 3* je k dispozici málo experimentálních údajů.

Poděkování

Příspěvek byl připraven v Kloknerově ústavu, ČVUT v Praze, v rámci řešení projektu NAKI DF12P01OVV040 Hodnocení bezpečnosti a životnosti staveb industriálního dědictví podporovaného Ministerstvem kultury ČR.

STATIC AND DYNAMIC CHARACTERISTICS OF WASTE CERAMIC AGGREGATE FIBRE REINFORCED CONCRETE

Krzysztof Cichocki¹, Jacek Domski², Jacek Katzer³, Mariusz Ruchwa⁴

There are multiple obstacles associated both with technology and properties of waste ceramic aggregate concrete preventing its wide production and application. In the research programme these limitations were addressed through utilizing steel fibre reinforcement and the phenomenon of internal curing. After laboratory tests of mechanical properties a numerical analysis of composites in question was conducted.

| L [mm] | d [mm] | L/d [-] | $FIER$ [mm] | Hook geometry | R_m [MPa] | Ductility [-] | Steel [-] |
|---------------------|-------------|--------------|----------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|
| EN 14889-1: 2006 | - | - | $(\Psi \cdot L)/A$ [13] | $l + (a^2 + h^2)^{0.5}$ | EN ISO 6892-1: 2009 | EN 10218-1: 1994 | EN 14889-1: 2006 |
| 50 | 1.00 | 50 | 12.279 | 6.228 | 935 | 9 | Group I |

Tab. 1: Mechanical properties and geometrical characteristic of used fibres

| Residual flexural tensile strength [MPa] | Volume fraction of fibres | | |
|--|--|------------|------------|
| | 0.5 [%] | 1.0 [%] | 1.5 [%] |
| f_{LOP} | 3.1 | 2.6 | 2.7 |
| $f_{R,1} > 1.5$ | 3.7 | 5.1 | 6.5 |
| $f_{R,2}$ | 3.4 | 5.4 | 7.2 |
| $f_{R,3}$ | 3.3 | 5.4 | 6.9 |
| $f_{R,4} > 1.0$ | 3.3 | 5.1 | 6.5 |
| $f_{R,3} / f_{R,1} > 0.5$ | 0.89 | 1.06 | 1.06 |
| $f_{R,1} / f_{LOP} > 0.4$ | 1.2 | 2.0 | 2.4 |
| Strength Class | 3b | 5c | 6c |
| - | Conventional reinforcement substitution is enabled | | |

Tab. 2: Residual strengths and strength class of tested WCA composites

¹ Krzysztof Cichocki D.Sc. Ph.D. M.Sc. B.Sc, Koszalin University of Technology, Faculty of Civil Engineering Environmental and Geodetic Sciences, Department of Structural Mechanics, ul. Śniadeckich 2, 75-453 Koszalin, Poland, krzysztof.cichocki@tu.koszalin.pl

² Jacek Domski Ph.D. M.Sc. B.Sc, Koszalin University of Technology, Faculty of Civil Engineering Environmental and Geodetic Sciences, Department of Concrete Structures and Technology of Concrete, ul. Śniadeckich 2, 75-453 Koszalin, Poland, domski@wilsig.tu.koszalin.pl

³ Jacek Katzer D.Sc. Ph.D. M.Sc. B.Sc, Koszalin University of Technology, Faculty of Civil Engineering Environmental and Geodetic Sciences, Department of Housing Engineering and Construction Materials, ul. Śniadeckich 2, 75-453 Koszalin, Poland, jacek.katzer@tu.koszalin.pl

⁴ Mariusz Ruchwa Ph.D. M.Sc. B.Sc, Koszalin University of Technology, Faculty of Civil Engineering Environmental and Geodetic Sciences, Department of Structural Mechanics, ul. Śniadeckich 2, 75-453 Koszalin, Poland, mariusz.ruchwa@tu.koszalin.pl

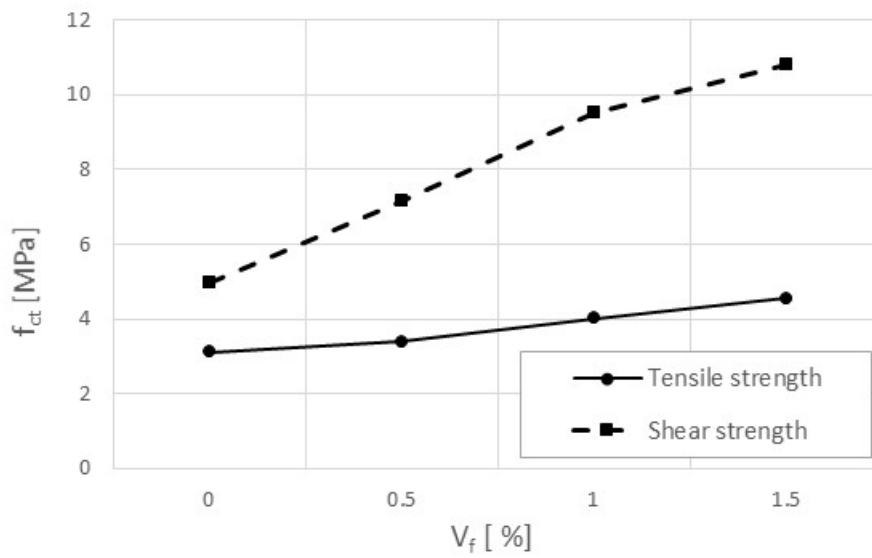
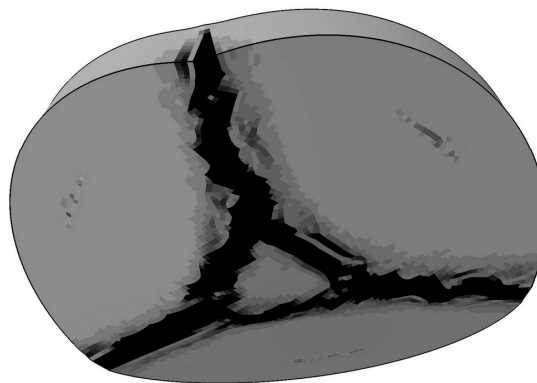
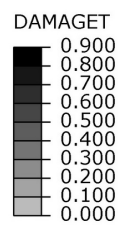


Fig. 6: Tensile and shear strength of WCA fibre reinforced concrete

a)



b)

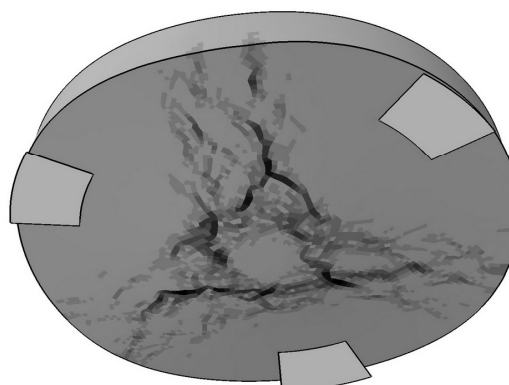
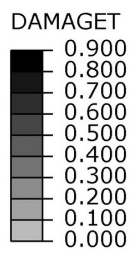


Fig. 9: Distribution of damages: a) for plate without reinforcement after first impact – bottom view, b) for reinforced plate after first impact – bottom view

PŘESYPANÉ ŽELEZOBETONOVÉ KLENBOVÉ MOSTY - ANALÝZA KONSTRUKCE S VLIVEM INTERAKCE SE ZEMINOU

BURIED ARCH REINFORCED CONCRETE BRIDGES – SUPERSTRUCTURE
ANALYSIS WITH RESPECT TO THE SOIL-STRUCTURE INTERACTION

Michal Drahorád¹

Abstrakt

Tato práce se zabývá modelováním a statickou analýzou přesypaných železobetonových klenbových mostních konstrukcí v praktických aplikacích. Hlavním cílem práce je vývoj numerického modelu konstrukce vystihujícího s dostatečnou přesností skutečné chování mostu na úrovni použitelné v inženýrské praxi. V článku jsou uvedeny základní předpoklady, definice modelu konstrukce včetně interakce se zeminou a rozbor dosažených výsledků.

Klíčová slova

Klenbový most, interakce se zeminou, zemní tlak

Abstract

The paper deals with modeling and static analysis of buried reinforced concrete arch bridge in practical applications. The main scope of this work is to develop a numerical model with sufficient accuracy for engineering applications. Basic assumptions, analysis model definition and analyses of results are introduced in the paper.

Keywords

RC arch bridge, soil-structure interaction, earth pressure

1 Úvod

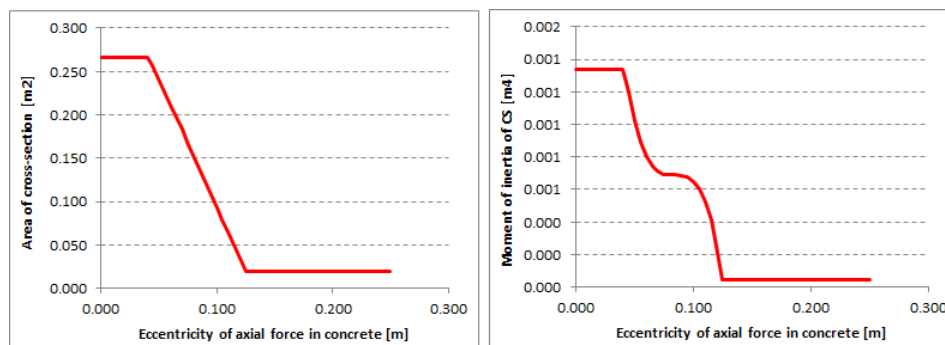
Železobetonové klenbové mosty s přesypávkou jsou jedním z progresivních typů mostů, které se v posledních letech stále více uplatňují ve výstavbě. Mezi jejich hlavní výhody patří malá spotřeba stavebních hmot a vysoká účinnost a trvanlivost výsledné stavby, kterých je dosaženo zejména interakcí se zasypaním a absencí ložisek a mostních závěrů. Výrazného zvýšení efektivity těchto konstrukcí bylo dále dosaženo používáním betonů vyšších pevnostních tříd (běžně C50/60) a s tím související prefabrikací konstrukce.

Je proto s podivem, že podrobná analýza tohoto typu konstrukcí je běžně prováděna s použitím velmi hrubých okrajových podmínek a nezahrnuje často ani nelineární charakter úlohy plynoucí jednak z materiálové nelinearity železobetonu a jednak z interakce konstrukce se zeminou. Těmito postupy lze totiž dále optimalizovat celý návrh nosné konstrukce mostu.

¹ Ing. Michal Drahorád, Ph.D., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra betonových a zděných konstrukcí, E-mail : michal.drahorad@fsv.cvut.cz

2 Model nosné konstrukce

Model nosné konstrukce je uvažován materiálově nelineární. Při sestavení modelu se s výhodou využívá skutečnosti, že konstrukce je vždy tlačena a její deformace jsou malé. Na základě těchto předpokladů jsou stanoveny závislosti průřezových charakteristik na excentricitě normálové síly v betonové části průřezu (viz obr. 1), které jsou v jednotlivých krocích výpočtu použity pro stanovení vlastností konstrukce.



Obr. 1: Průběh průřezových charakteristik v závislosti na excentricitě normálové síly v betonu

Podepření konstrukce je modelováno jednak v místě skutečného uložení (paty oblouku) a jednak v místech, kde jsou v zemině mobilizovány větší než klidové vodorovné tlaky. Tyto podpory jsou potom modelovány jako bodové, s tuhostí odpovídající příslušnému zatlačení betonové konstrukce do zeminy (viz dále).

3 Interakce konstrukce se zeminou

Protože nosná konstrukce je tuhá, je pro účely statické analýzy zásyp modelován jako kombinace silového deformačně závislého zatížení a nelineárně pružných podpor. Velikost působícího zatížení a tuhost podepření se v každém kroku nelineární analýzy stanovují na základě vlastností materiálu zásypu a zatlačení konstrukce do zeminy. S výhodou se přitom využívá závislost zemního tlaku na zatlačení do zeminy stanovená podle zásad mechaniky zemin s vlivem hutnění materiálu při výstavbě.

4 Závěr

Uvedený model nosné konstrukce byl implementován v programu MS Excel a byl použit pro praktické výpočty. Další výzkum je zaměřen na analýzu konstrukcí s významnými deformacemi od zatížení (vlivem geometrické nelinearity).

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Technologické agentury České republiky. Registrační číslo projektu je TA03031099.

Literatura

- [1] DRAHORÁD, M. Load-Bearing Capacity of Masonry Arch bridges, Proceedings of the 19th International Conference Engineering Mechanics 2013, pp 33-34.
- [2] DRAHORÁD, M., Buried Masonry Arch Bridges - Modelling of the Soil-structure Interaction in Engineering Applications, Sborník příspěvků konference Modelování v mechnice 2013, pp 9-10.

VOLUMETRIC CONTACT LAW BETWEEN CONVEX POLYHEDRAL PARTICLES

Jan Eliáš¹

Abstract

Simulation of granular material can advantageously be performed using Discrete Element Method (DEM). Every grain is treated as an ideally rigid body that interacts with surrounding bodies whenever their volumes protrude. There are several algorithms that estimate forces between polyhedrons in contact. The contribution presents another intuitive way that is based on calculation of intersecting volume. Model is used for simulation of railway ballast oedometric test.

Keywords

Discrete element method, polyhedron, intersection, contact, railway ballast.

1 Introduction

The power of modern computers is being utilized to help engineers in designing and understanding their technological solutions more frequently than ever. The need to deal with various types of problems has led to the development of many different methods, among which the Discrete Element Method (DEM) is especially suitable when granular media under highly dynamic loading is studied. The DEM treats every grain as an ideally rigid body which interacts with other particles through forces at their common contacts. An extensive effort has also been made to use polyhedral particle shapes.

This contribution starts with description of a method to generate random convex polyhedral particle shapes via Voronoi tessellation. Then, new method of estimating the contact force between two polyhedrons based on calculation of the intersecting volume is presented. Finally, we present a simulation of a large-scale oedometric test on railway ballast performed at the University of Nottingham [1,2] using randomly-shaped polyhedral particle. The contribution is short version of recently published paper [3].

2 Randomly shaped polyhedrons

Initially, a volume $5 \times 5 \times 5$ units in size is filled by nuclei with the minimal mutual distance l_{\min} . Starting with the central nucleus in the center of the volume, other nuclei with random coordinates are accepted if their distance to all previously placed nuclei exceeds l_{\min} . This is repeated until no nucleus is accepted for 500 subsequent trials. Voronoi tessellation is performed and the Voronoi cell associated with the central nucleus with vertices is extracted and used as a basic particle shape. This Voronoi cell is further rescaled in all three directions and also randomly rotated to prevent directional bias.

¹ Jan Eliáš, Ing. Ph.D., Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Institute of Structural Mechanics, Veveří 331/95, Brno, 602 00, elias.j@fce.vutbr.cz.

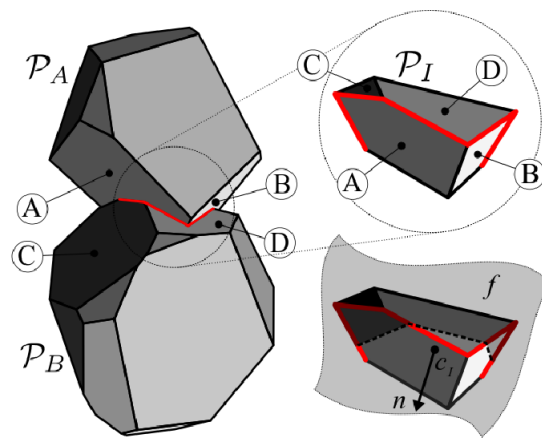


Figure 3: Two polyhedral particles in contact, intersecting polyhedron with the centroid and normal direction of the intersection shown as well.

3 Contact algorithm

When two particles come into contact, repulsive force arises. In DEM simplification, the particles are ideally rigid and the contact between them is accompanied by overlapping of particles. In the case of convex polyhedrons, the intersection is a convex polyhedron as well. It is assumed that constant repulsive volume force acts throughout the whole overlapping volume. Integrating this volume force over the intersecting volume gives us the total normal force and moment, which should be applied to both particles. Since the volume force is constant, the magnitude of the normal force is linearly proportional to the intersecting volume.

4 Conclusions

Contribution is a short version of paper [8]. It presented simple method to generate randomly shaped polyhedrons to represent grains of ballast. Furthermore, contact detection algorithm and volumetric contact constitutive law between these polyhedrons were developed. These approaches were then used to simulate oedometric test performed on railway ballast by [20, 21].

Acknowledgement

This outcome has been achieved with the financial support from the Czech Science Foundation under project No. 15-19865Y and the Technology Agency of the Czech Republic under project Competence Centres program, project Centre for Effective and Sustainable Transport Infrastructure (no. TE01020168).

References

- [1] Eliáš, J., Simulation of railway ballast using crushable polyhedral particles. *Powder Technology*, 2014, 246, p. 458-465.
- [2] Lim, W.L., Mechanics of Railway Ballast Behaviour, (PhD thesis) University of Nottingham, 2004.
- [3] Lim, W.L., McDowell, G.R., Discrete element modelling of railway ballast, *Granular Matter*, 2005, 7 (1), p. 19-29.

NUMERICKÉ MODELOVÁNÍ TENKOSTĚNNÉHO PROFILU S VLVEM REDISTRIBUCE OHYBOVÝCH MOMENT

NUMERICAL MODELING OF THIN-WALLED PROFILE WITH RESPECT TO THE REDISTRIBUTION OF BENDING MOMENTS

Jakub Flodr¹, Martin Krejsa², David Mikolášek³, Jiří Brožovský⁴, Přemysl Pařenica⁵

Abstrakt

Příspěvek se zabývá podrobným stanovením únosnosti diagonály a jejich přípojů, které jsou hlavním nosným prvkem ocelové haly z tenkostěnných profilů. U tohoto typu konstrukcí je kladen velký důraz na stabilitní chování konstrukce z globálního i lokálního hlediska. Příspěvek se zaměřuje na modelování diagonály a tvorbu podrobných numerických modelů, které by mohly odhalit potenciální rezervy, ale i kritická místa v konstrukci.

Klíčová slova

Numerické modelování, fyzikální test, tenkostěnné profily, rámový roh, MKP, ANSYS.

Abstract

The paper deals with the detailed determination of resistance of diagonal and its connections, which is the main supporting element of the steel halls system built from thin-walled cross-section profiles. For this type of structures it is emphasized the stability behavior of the structure from the global and local points of view. The paper is focused on solving the common beam model and its confrontation by detailed numerical models, which aim to detect potential reserves, but also the critical points in the design solution.

Klíčová slova

Numerical modeling, experiment, thin-walled profile, frame corner, FEM, ANSYS.

1 Úvod

Příspěvek se zabývá podrobným stanovením únosnosti diagonály a jejich přípojů, která je hlavním nosným prvkem systémového řešení ocelové haly z tenkostěnných profilů. Diagonála zajišťuje prostorovou tuhost rámové konstrukce, vytváří rámový roh. Návrh tenkostěnných profilů má svá úskalí ve stanovení efektivních průřezových charakteristik, které vstupují do posudků profilů a spojů. Efektivní průřezové charakteristiky se záměrně

¹ Ing. Jakub Flodr, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Poděště 1875/17, 70833 Ostrava – Poruba, jakub.flodr@gmail.com

² Doc. Ing. Martin Krejsa, Ph.D., Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Poděště 1875/17, 70833 Ostrava – Poruba, martin.krejsa@vsb.cz

³ Ing. David Mikolášek, Ph.D., Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Poděště 1875/17, 70833 Ostrava – Poruba, david.mikolasek@vsb.cz

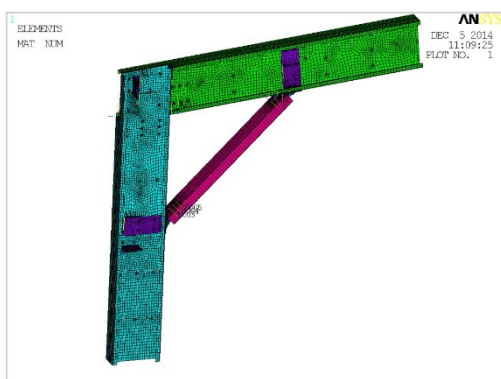
⁴ Doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D., Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Poděště 1875/17, 70833 Ostrava – Poruba, jiri.brozovsky@vsb.cz

⁵ Ing. Přemysl Pařenica, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Poděště 1875/17, 70833 Ostrava – Poruba, premysl.parenica@vsb.cz

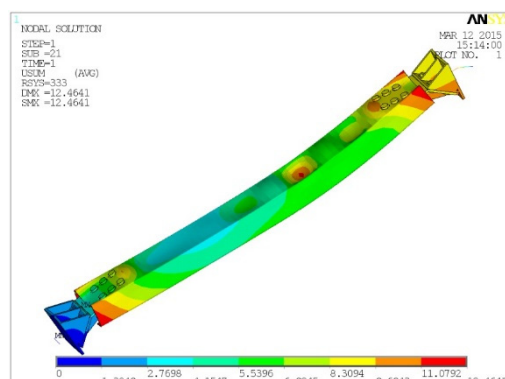
stanovují proto, aby se předcházelo stabilitním problémům tenkostěnných průřezů. Pomocí efektivních průřezů se dá postihnout chování průřezu s vlivem lokální ztráty stability a tím se redukuje únosnost daného průřezu.

2 Popis modelu

Pro globální analýzu konstrukce byl využit MKP software Scia Engineer 2014, který dokáže tenkostěnné průřezy posoudit podle normy EN 1993 - 1- 3 (Eurokód 3 – Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-3 – Obecná pravidla – Doplnující pravidla pro za studena tvarované prvky a plošné profily). Analytický model byl vytvořen jako čistě prutový model. Konstrukce byla navržena tak, aby vyhověla pro konkrétní zatížení. V této studii maximální únosnosti byla konstrukce ocelové haly záměrně situována do oblasti s většími hodnotami vnějšího zatížení. Kritickým místem v konstrukci se prokázala diagonála, která rozhoduje o globální únosnosti konstrukce. Podrobnějšími numerickými modely byla snaha stanovit přesnější hodnotu únosnosti diagonály. Dalším cílem bylo vystihnout možné stabilitní problémy konstrukce jak celku, tak i jednotlivých jejích komponent a výsledky aplikovat zpět do prutového modelu.



Obr. 1: Model rámového rohu



Obr. 2: Model diagonály pro verifikaci experimentu

3 Závěr

Práce byla zaměřena na podrobné stanovení únosnosti tlačené diagonály. Podrobným rozbořem se zjišťovalo skutečné chování konstrukce a možnost, jak v základním prutovém modelu lépe vystihnout chování diagonály a její vliv na globální tuhost a únosnost. Podrobné numerické modely byly verifikovány pomocí navrženého fyzikálního experimentu.

Poděkování

Práce byly podporovány z prostředků koncepčního rozvoje vědy, výzkumu a inovací pro rok 2015 přidělených VŠB-TUO Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy ČR a European Safety and Reliability Association v rámci finanční podpory doktorandů na konferenci Modelování v mechanice 2015.

Literatura

- [1] Bakker, M.C.M., Rosmanit, M., Hofmeyer, H., Prediction of the elastoplastic post-buckling strength of uniformly compressed plates from the fictitious elastic strain at failure. *Thin-Walled Structures*. 47(1), 1-13, 2009. DOI: 10.1016/j.tws.2008.04.004.

DIAGNOSTIKA SPECIFICKY NAMÁHANÉ KONSTRUKCE

SPECIFIC DIAGNOSTICS STRESSED STRUCTURES

Roman Fojtík¹, Tomáš Novotný², Jana Rumlová³

Abstrakt

Stavební konstrukce plní různou funkci, a také zatížení na ně je někdy těžko specifikovatelné. Především se jedná o stavby vymykající se běžným normovým situacím. V tu chvíli patří stanovení zatížení na konstrukci k obtížným úkolům projektanta. Po návrhu takové konstrukce je většinou nutné provést kontrolu stavu pomocí zkoušek. Na základě diagnostiky stavu konstrukce je potřeba navrhnout opatření pro zajištění bezpečného provozu.

Klíčová slova

Diagnostika, dynamika, letadla, dynamické zatížení.

Abstract

Building construction performs a different function, and the load on them is sometimes difficult specifiable. Above all, the construction of a standard outside normal situations. In that moment belongs to determine the load on the structure for difficult tasks a designer. After designing such a structure it is often necessary to check the condition by testing. Based on the diagnostic status of the structure should propose measures to ensure safe operation.

Keywords

Diagnosis, dynamics, aircraft, dynamic loads.

1 Úvod

Normy, jako kuchařka pro návrh konstrukcí, jsou dostatečně široké pro běžné stavby. Občas se však objeví požadavek, který nelze přímo nalézt v těchto podkladech. V tu chvíli je projektant postaven před nelehký úkol. Navrhnout konstrukci, kterou ještě nikdo před nimi nenavrhl. Toto prvenství s sebou nese mnoho komplikací. Pokud se nejedná o opravdu významnou stavbu, většinou není ekonomicky ani časově možné provést zkoušky na zmenšených modelech, které by ukázaly právě ta kritická místa a chování konstrukce při simulovaném zatížení. Obdobné je to se softwarovou podporou. Pro běžné konstrukce jsou komerční produkty pracující na základě MKP více než

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

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

³ Ing. Jana Rumlová, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava – Poruba, 708 33, Česká Republika, jana.rumlova.st@vsb.cz

dostatečné, ale ve chvíli, kdy přichází netradiční zadání, u kterého nejsou známy všechny vstupy, může být software sebedokonalejší a ke zdárnému výsledku nepovede.

V průběhu realizace nebo po uvedení takové konstrukce do provozu, mohou nastat komplikace, které se obtížně realizují. V tu chvíli je nutné provést diagnostiku konstrukce a stanovit, k jakým potížím dochází a posléze navrhnout dodatečné úpravy.

2 Závěr

Projektant si ne vždy vystačí u specifických staveb s normovými podklady. Jedná se především o ojedinělé případy, které jsou doprovázeny mnoha neznámými a úskalími pro optimální návrh. Po realizaci těchto konstrukcí někdy nastávají problémy, které jsou většinou způsobeny nedostatkem vstupních dat jak pro návrh konstrukce, tak pro stanovení zatížení.

V případě vzniklých potíží je nutné provést diagnostiku takové konstrukce, a následně provést návrh opatření tak, aby konstrukce mohla plnit svou funkci bez větších potíží. I diagnostika v některých případech vyžaduje nové přístupy, metody nebo zařízení, tak aby bylo dosaženo požadovaného výsledku.

Poděkování

Práce byly podporovány z prostředků Studentské grantové soutěže VŠB-TUO. Registrační číslo projektu je SP2015/185.

Literatura

- [1] FOJTÍK, R., NOVOTNÝ, T., SKOTNICOVÁ, I., STOLÁRIK, M., ZDRAŽILOVÁ, N., PINKA, M., Dynamic Experimental Analysis of a Steel Bridge. 6th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction. VŠB-Technical University of Ostrava, Ostrava, 1st edition, 6 s, 2014. ISBN 978-80-248-3147-3.
- [2] PINKA, M., STOLÁRIK, M., FOJTÍK, R., NOVOTNÝ, T., Seismic load analysis around the temporary bridge construction before and after vibration mats installation. 6th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction. VŠB Technical University of Ostrava, Ostrava, 1st edition, s. (6 s), 2014. ISBN 978-80-248-3147-3.
- [3] FOJTÍK, R., NOVOTNÝ, T.: THE NEW CONCEPTION CIRCULAR SYSTEM OF STEEL STRUCTURE, BRACING. Proceedings of the 1st WSEAS International Conference on High-Performance, Concrete Structures and Materials, Hungary, Budapest, December 10-12, 2013, st. 145-149, ISBN 978-960-474-352-0, ISSN 2227-4359.
- [4] CAJKA, R., FOJTÍK, R., Development of Temperature and Stress during Foundation Slab Concreting of National Supercomputer Centre IT4, Procedia Engineering, Volume 65, 2013, Pages 230-235, ISSN 1877-7058, doi: 10.1016/j.proeng.2013.09.035.
- [5] JANAS, P., KOLOŠ, I., FOJTÍK, R., Classification of steel mine support sections as per EC3 classification, 2nd International Conference on Structural and Physical Aspects of Civil Engineering, SPACE 2013, ISSN: 10226680, ISBN: 978-303835147-4, DOI:10.4028/www.scientific.net/AMR.969.63.

MODEL ZATLAČOVANÉHO HŘEBÍKU

MODEL OF DRIVEN NAIL

Petr Frantík¹

Abstrakt

Článek pojednává o dynamickém nelineárním modelu hřebíku zatlačovaného do dřeva a studii závislosti výsledku simulace na rychlosti zatlačování. Chování modelu je znázorněno pomocí bazénů přitažlivosti.

Klíčová slova

hřebík, vzpěr prutu, plasticita, bazény přitažlivosti, nelineární dynamický systém

Abstract

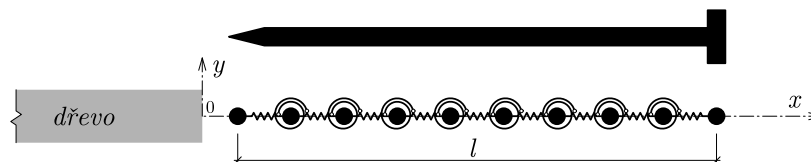
The paper is focused on a nonlinear dynamical model of a nail driven into a wood and on a study of dependency of results on speed of driving. Behavior of the model is illustrated by basin boundaries.

Keywords

nail, beam buckling, plasticity, basin boundaries, nonlinear dynamical system

1 Úvod

Tento příspěvek je inspirován jedním z témat, které nadnesl profesor Ján Ravinger ve své přednášce na FAST VUT v Brně v únoru 2015. Konkrétně se věnuje závislosti výsledku zatlučení ocelového hřebíku do dřeva na rychlosti zatlučení. Zatlučení hřebíku do dřeva je ovlivněno mnoha dílčími podmínkami: druhem dřeva, jeho místní strukturou, fyzikálním stavem, vlhkostí, mocností, orientací jeho vláken. Vlastnostmi hřebíku: jeho tvaru, špičatosti, druhem materiálu a jeho stavu, hladkostí, přítomností maziva, tvarem a úpravou jeho hlavičky. Dále rovněž vlastnostmi kladiva: jeho hmotností, tvarem a úpravou kontaktní plochy a v neposlední řadě jeho vedením lidskou rukou. Z důvodu mnohotvárnosti úlohy je model předem zjednodušen odstraněním kladiva i podrobnějšího modelu dřeva. Samotný hřebík je modelován jako štíhlý ocelový prut množinou hmotných bodů, spojených lineárními translačními pružinami a nelineárními rotačními pružinami, viz obr. 1.

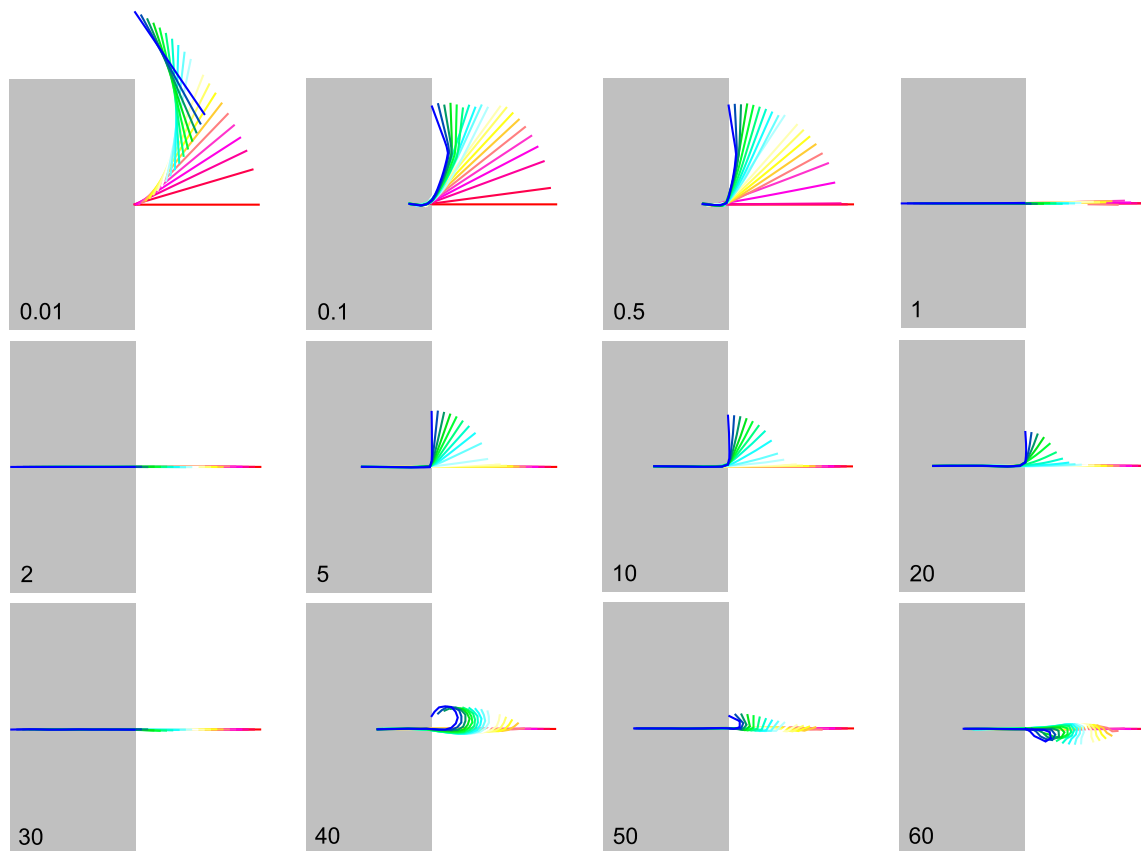


Obr. 1: Hřebík a jeho model

¹ Ing. Petr Frantík, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, e-mail: kitnarf@centrum.cz

Kladivo je vzato pouze svým účinkem, který udržuje předem danou rychlost hlavičky v_h hřebíku posouvané ve směru kolmém na přilehlou plochu dřevěného prvku, (proti směru osy x). Dřevo je uvažováno pouze svým působením na hmotné body hřebíku a to pomocí dvou sil. Silou působící v ose zatlačování hřebíku, odpovídající odporu špičky hřebíku a tření na jeho plášti a silou působící kolmo na osu zatlačování, mající funkci odporu dřeva vůči příčnému posunutí hřebíku ve dřevě. Jedinou okrajovou podmínkou je zamezení změny vodorovné složky rychlosti jediného hmotného bodu na hlavičce hřebíku: $v_x = v_h$.

Proměnlivým parametrem je rychlost zatlačování v_h , uvažovaná v intervalu 0.1 až 100 m/s a parametr křivosti κ_a , uvažovaný v intervalu 0 až 0.001/l rad/m. Simulace pro jednu dvojici řídicích parametrů probíhá následovně: Hřebík je umístěn v přímém tvaru tak, že se špičkou dotýká dřeva. Následně je tlačěn svou hlavičkou (mající konstantní rychlost v_h) proti dřevu, přičemž se zároveň mírně ohýbá v důsledku nastavené křivosti κ_a . Výpočet je ukončen v okamžiku, kdy se hlavička posune na úroveň dřeva. Zaznamenávána je extrémní příčná deformace hřebíku y_{ext} , viz obr. 2.



Obr. 2: Vybrané kinogramy pro parametr křivosti $\kappa_a l = 0.0001$ rad v závislosti na rychlosti zatlačování (uvedené číslem v metrech za sekundu)

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory Grantové agentury České republiky, projekt GAČR 14-17997S, a projektu LO1408 AdMaS UP – Pokročilé materiály, konstrukce a technologie, podporovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v rámci Národního programu udržitelnosti I.

VYHODNOCENÍ LOMOVÝCH TESTŮ BETONOVÝCH TĚLES Z VÝVRTŮ Z NOSNÉ KONSTRUKCE

EVALUATION OF FRACTURE EXPERIMENTS ON CONCRETE SPECIMENS MADE
FROM DRILLED CORES EXTRACTED FROM LOAD-BEARING STRUCTURE

Petr Frantík¹, Ivana Havlíková², Václav Veselý³,
Jaromír Láník⁴, Hana Šimonová⁵, Zbyněk Keršner⁶

Abstrakt

Beton patří k rozšířeným konstrukčním materiálům. Pro účely zesilování a dalších úprav stávajících konstrukcí je nezbytné získat aktuální hodnoty řady jeho parametrů. Příspěvek ilustruje cestu k získání hodnot základních lomově-mechanických parametrů betonu nosné konstrukce na tělesech odebraných pomocí jádrových vývrtů.

Klíčová slova

Beton, jádrový vývrt, lomový test, modul pružnosti, lomová houževnatost, lomová energie, pevnost v tlaku.

Abstract

Concrete belongs to widely used structural materials. For the purpose of strengthening and further modifications of existing structures is necessary to obtain the current values of many of its parameters. The paper illustrates the way how to obtain basic fracture parameters' values of concrete of load-bearing structure from core drilled specimens.

Keywords

Concrete, drill core specimen, fracture test, modulus of elasticity, fracture toughness, fracture energy, compressive strength.

1 Úvod

Beton patří k rozšířeným konstrukčním materiálům. Pro účely zesilování a dalších úprav stávajících konstrukcí je často nezbytné získat aktuální hodnoty řady jeho parametrů – pro následné numerické modelování, zatřídění materiálů apod. Příspěvek je primárně zaměřen k vyhodnocení lomových experimentů (Obr. 1) šesti betonových těles získaných řezou pilou s diamantovým kotoučem vždy po dvou z válcových vývrtů odebraných z vyšetřovaného stávajícího objektu, přičemž lomově-mechanické parametry byly určovány z diagramů zatížení vs. posun (průhyb uprostřed rozpětí vzorku).

¹ Petr Frantík, Ing., Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Veveří 331/95, 602 00 Brno, CZ, email: kitnarf@centrum.cz

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

³ Václav Veselý, Ing., Ph.D., dtto, email: vesely.vl@fce.vutbr.cz

⁴ Jaromír Láník, Ing., Ph.D., dtto, email: lanik.j@fce.vutbr.cz

⁵ Hana Šimonová, Ing., Ph.D., dtto, email: simonova.h@fce.vutbr.cz

⁶ Zbyněk Keršner, prof. Ing., CSc., dtto, email: kersner.z@fce.vutbr.cz



Obr. 1: Ilustrace lomového experimentu – třibodový ohyb tělesa s centrálním zářezem

2 Závěr

Příspěvek ilustroval cestu k získání základních lomově-mechanických parametrů betonu nosné konstrukce na tělesech z vývrtů. Vyhodnocení testů přineslo tyto informace:

- Beton těles měl prakticky shodné kontrolní hodnoty objemové hmotnosti, a to kolem 2300 kg/m^3 .
- Zkoumaný beton vykázal hodnotu informativní tlakové pevnosti zhruba 54 MPa , přičemž proměnlivost tohoto parametru byla přibližně 10% .
- Hodnota modulu pružnosti studovaného betonu vyšla přibližně 14 GPa s proměnlivostí zhruba 16% .
- Efektivní lomová houževnatost, která zohledňuje křehkost/houževnatost materiálů pomocí rozsahu nelinearity $F-d$ diagramu před dosažením vrcholu zatížení, byla stanovena o hodnotě $0,6 \text{ MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ s proměnlivostí kolem 16% .
- Specifická lomová energie kvantifikuje křehkost/houževnatost materiálu skrze hodnocení celého $F-d$ diagramu. Hodnota tohoto parametru vyšla 123 J/m^2 s proměnlivostí asi 13% .

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory Grantové agentury České republiky, projekt FRAPA P104-13-03662S, a projektu LO1408 AdMaS UP – Pokročilé materiály, konstrukce a technologie, podporovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v rámci Národního programu udržitelnosti I.

MODEL VRSTEVNATÉHO NOSNÍKU PRO DEFORMAČNÍ METODU

MODEL OF LAYERED BEAM FOR DIRECT STIFFNESS METHOD

Petr Frantík¹, Rostislav Zídek², Luděk Brdečko³

Abstrakt

Článek se věnuje odvození, implementaci a ověření statického modelu vrstevnatého prutu pro obecnou deformační metodu. Jeho účelem je modelování zejména kolíkových spojů nosníků s více vrstvami.

Klíčová slova

vrstevnatý prut, obecná deformační metoda

Abstract

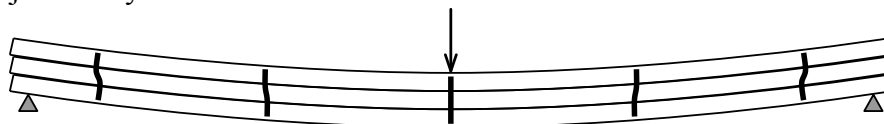
The paper is focused on derivation, implementation and verification of static model of layered beam for direct stiffness method. Its purpose is mainly to model the pinned joints of layered beams.

Keywords

layered beam, pinned joints, direct stiffness method

1 Model

Nosníky složené z vrstev vzájemně provázaných pružnými kolíky jsou ve stavebnictví běžné zejména u dřevěných a ocelobetonových konstrukcí. Kolíky mají funkci zajištění částečného (ideálně úplného) přenosu smyku mezi přilehlými vrstvami, viz obr. 1. Bez kolíků by vrstevnatý nosník s oddělenými vrstvami unesl jen zatížení dané sumou únosností jednotlivých vrstev.



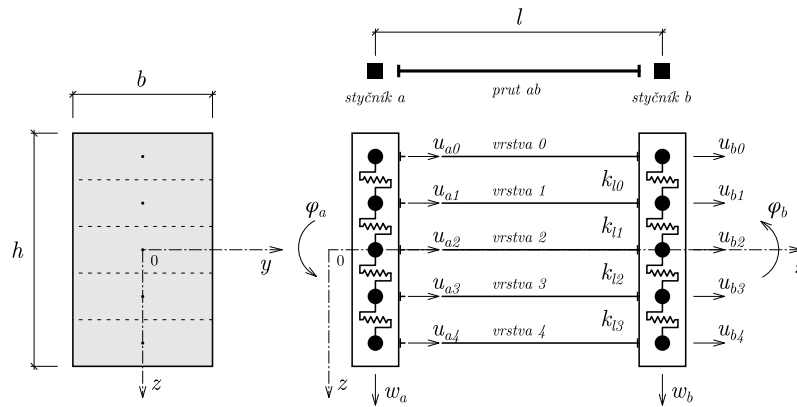
Obr. 1: Vrstevnatý prostě uložený nosník s pružnými kolíky

Model prutu je koncipován jako statický, lineární a rovinný, fungující v rámci obecné deformační metody. Rozšíření je provedeno pomocí obohacení styčnicků o $m - 1$ horizontálních posunů, kde m je počet vrstev prutu, viz obr. 2. Každý styčnick tak má $m + 2$ stupňů volnosti, což odpovídá tzv. neurčitým posuvům $u_{a0}, u_{a1}, \dots, u_{am-1}, w_a, \varphi_a$. Tj. styčnick je uvažován jako vrstevnatý, mající společný svislý posun a pootočení, přičemž u každé vrstvy může docházet k různým horizontálním posunům u .

¹ Ing. Petr Frantík, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, e-mail: kitnarf@centrum.cz

² Ing. Rostislav Zídek, Ph.D., dtto, e-mail: zidek.r@fce.vutbr.cz

³ Ing. Luděk Brdečko, Ph.D., dtto, e-mail: brdecko.l@fce.vutbr.cz



Obr. 2: Styčnick a prut pro nosník s pěti vrstvami

Vrstvy jsou ve styčnicku provázány horizontálními pružinami s tuhostmi k_l , reprezentujícími tuhost kolíkového spoje pro danou dvojici přilehlých vrstev. Pro vrstevnatý styčnick tedy lze sestavit matici tuhosti K_a uvedenou ve výrazu:

$$K_a r_a = \begin{bmatrix} k_{l0} & -k_{l0} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -k_{l0} & k_{l0} + k_{l1} & -k_{l1} & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & & \ddots & & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & -k_{lm-2} & k_{lm-2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_{a0} \\ u_{a1} \\ \vdots \\ u_{am-1} \\ w_a \\ \varphi_a \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} X_{a0} \\ X_{a1} \\ \vdots \\ X_{am-1} \\ Z_a \\ M_a \end{Bmatrix} = R_a, \quad (1)$$

kde r_a je vektor posuvů styčnicku a , R_a je vektor styčnickových sil.

Každý vrstevnatý prut si lze představit jako skupinu m (nevrstevnatých) prutů respektive vrstev na dané excentricitě e . Pro matici tuhosti tohoto prutu vzhledem k těžištní ose vrstevnatého prutu platí:

$$K_{abi} r_{abi} = (K_{c,abi} + e_i K_{e,abi}) r_{abi} = \hat{R}_{abi}, \quad (2)$$

kde K_c je matice tuhosti náhradního prutu vrstvy a K_e je složka matice tuhosti vzniklá díky jednotkové (kladné) excentricitě, pro kterou platí:

$$e_i \cdot K_{e,abi} \cdot r_{abi} = e_i \begin{bmatrix} 0 & 0 & k_{ni} & 0 & 0 & -k_{ni} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ k_{ni} & 0 & e_i k_{ni} & -k_{ni} & 0 & -e_i k_{ni} \\ 0 & 0 & -k_{ni} & 0 & 0 & k_{ni} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -k_{ni} & 0 & -e_i k_{ni} & k_{ni} & 0 & e_i k_{ni} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} u_{ai} \\ w_a \\ \varphi_a \\ u_{bi} \\ w_b \\ \varphi_b \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} X_{abi} \\ Z_{abi} \\ M_{abi} \\ X_{bai} \\ Z_{bai} \\ M_{bai} \end{Bmatrix} = \hat{R}_{abi}, \quad (3)$$

kde $k_{ni} = EA_i / l$ je normálová tuhost náhradního prutu vrstvy, E je modul pružnosti vrstvy a symbolem A_i je označena její průřezová plocha.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory Grantové agentury České republiky, projekt GAČR 15-07210S, a projektu LO1408 AdMaS UP – Pokročilé materiály, konstrukce a technologie, podporovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v rámci Národního programu udržitelnosti I.

OPTIMIZATION OF DOUBLE-LAYER BRACED BARREL VAULTS

Maksym GRZYWIŃSKI ¹

Abstract

The paper deals with discussion of discrete 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 truss bars are taken as design variables. Optimization constraints concern stresses, displacements and stability, as well as technological and computational requirements.

Keywords

Optimization, space truss, braced barrel vaults, double-layer, formex algebra.

1 Introduction

Barrel vault is one of the oldest type of space structure used since antiquity. This type of structures has lightweight and is cost effective structures which are used to cover large areas such as exhibition halls, stadium, markets, and concert halls. The earlier types of braced barrel vaults were constructed as single-layer structures. Nowadays, double-layer systems are utilized for covering large spans [1 - 6]. Double layer barrel vaults are generally indeterminate from static point of view. In such systems, due to the rigidity, the risk of instability can almost be eliminated. The use of this type of barrel vaults enhances the stiffness of the vault structure and provides structural systems of great potential, capable of having spans in excess of 100 m.

2 Optimal design of structure

Minimizing the structural weight W requires the selection of the optimum values of number cross-section D_i while satisfying the design constraints. The discrete optimal design problem of truss structure may be expressed as

$$\text{find: } X = [x_1, x_2, \dots, x_{ng}] \quad (1)$$

$$\text{to minimize: } W(X) = \sum_{i=1}^{nm} \gamma_i x_i L_i \quad (2)$$

subject to:

$$x_i \in D_i \quad D_i = \{d_{i,1}, d_{i,2}, \dots, d_{i,r}\} \quad (3)$$

$$\delta_{min} \leq \delta_i \leq \delta_{max} \quad i = 1, 2, \dots, nn \quad (4)$$

$$\sigma_{min} \leq \sigma_i \leq \sigma_{max} \quad i = 1, 2, \dots, nm \quad (5)$$

$$\sigma_i^b \leq \sigma_i \leq 0 \quad i = 1, 2, \dots, nc \quad (6)$$

where X is a vector containing the design variables; D_i is an allowable set of discrete values for the design variable x_i ; ng is the number of design variables or the number of member groups; r is the number of available discrete values for the i -th design variable; $W(X)$ is the cost function which is taken as the weight of the structure; nn is the number of nodes; nm is the number of members forming the structure, nc is the numbers of compression elements, γ_i is the material density; L_i is the length of the member i ; σ_i and

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

δ_i are the stress and nodal displacement, respectively; min and max mean the lower and upper bounds of constraints, respectively, σ_i^b is the allowable buckling stress in member i when it is compression.

3 Example

The double-layer barrel vault has span $S = 48 \text{ m}$, length $L = 48 \text{ m}$ and supported on columns of height $H = 10 \text{ m}$. The orthogonal space truss is pin-supported at the corner and 3 middle point of boundary line (all number is 16). Cylindrical pipes made from hot-rolled steel with yield stress 235 MPa. The series of types for cross-sectional areas of truss bars containing 12 group (4 for top-, 4 for web- and 4 for bottom-layer).

Loading condition: dead load=0,20 kN/m², snow load=0,74 kN/m², wind load=0,62 kN/m².

Solution was obtained in Autodesk Robot Structural Analysis Professional [8] with optimization module. Table 1 give solution for six models, where change depth (2, 3 or 4 m) and rise of structure (6 or 12 m).

| Model | Modules M | Modules N | Depth [m] | Rise [m] | Weight [kN] | Deflection [cm] |
|----------|--------------|--------------|--------------|-------------|----------------|--------------------|
| 1 | 24 | 24 | 2 | 6 | 1025 | 4,0 |
| 2 | 16 | 16 | 3 | 6 | 432 | 4,4 |
| 3 | 12 | 12 | 4 | 6 | 641 | 4,6 |
| 4 | 24 | 24 | 2 | 12 | 990 | 3,1 |
| 5 | 16 | 16 | 3 | 12 | 836 | 2,8 |
| 6 | 12 | 12 | 4 | 12 | 777 | 2,6 |
| | | | | | L/250= | 19,2 |

Tab. 1: Weight for six models barrel vault

References

- [1] JENDO, S., PACZKOWSKI, W.M. *Multicriteria discrete optimization of large scale truss systems*, Structural Optimization, 1993, Vol. 6, Issue 4, pp. 238-249 (12 p). ISSN 1615-1488
- [2] CHILTON, J. *Space Grid Structures*. Architectural Press, 2000. ISBN 0-7506-3275-5. 180 p.
- [3] RAMASWAMY, G.S., EEKHOUT, M., SURESH, G.R. *Analysis, Design and Construction of Steel Space Frames*, Thomas Telford Publishing, 2002. ISBN 0727730142. 350 p.
- [4] MAKOWSKI, Z.S. *Analysis, Design and Construction of Braced Barrel Vaults*. Elsevier, 1985. ISBN 0-85334-377-2. 477 p.
- [5] GUTKOWSKI, W. (red.) *Obliczenia statyczne przekryć strukturalnych*, Arkady, 1980. ISBN 83-2132-994-2. 194 p.
- [6] NARAYANAN, S. *Space Structures: Principles and Practice*, Multi-Science Publishing Co. Ltd, 2006, ISBN 0-906522-42-0. 844 p.
- [7] NOOSHIN H. *Formex Configuration Processing in Structural Engineering*, Elsevier Applied Science, 1984, ISBN 0853343152. 273 p.
- [8] *Autodesk Robot Structural Analysis. Podręcznik użytkownika*, Autodesk Inc., 2010

VIBRATIONS AND DEFORMATIONS OF MODERATELY THICK PLATES IN STOCHASTIC FINITE ELEMENT METHOD

Maksym GRZYWIŃSKI ¹, Iwona POKORSKA ², Mariusz POŃSKI ³

Abstract

The paper deals with some chosen aspects of stochastic dynamical analysis of moderately thick plates. The discretisation of the governing equations is described by the finite element method. The main aim of the study is to provide the generalized stochastic perturbation technique based on classical Taylor expansion with a single random variable.

Keywords

Stochastic perturbation technique, finite element method, plates, dynamics.

1 Introduction

In the paper the finite element method has been applied to quantify the effects of random inputs on plates deflection with taking into account sheering forces. Dynamic equation of motion and free vibration equation has been introduced [6, 7]. The so-called stochastic finite element method has been used on the basic of the 2nd-order perturbation method [1-5].

2 Formulation of the problem

Hierarchical system for the multidegree-of-freedom system describing **structural dynamic response** with system mass \mathbf{M} , damping \mathbf{C} , stiffness matrix \mathbf{K} , displacement $\mathbf{q} = \{\mathbf{v}_i, w_i\}$ and load vector \mathbf{F} is

$$\mathbf{M}^0 \ddot{\mathbf{q}}^0 + \mathbf{C}^0 \dot{\mathbf{q}}^0 + \mathbf{K}^0 \mathbf{q}^0 = \mathbf{F}^0 \quad (1)$$

$$\mathbf{M}^0 \ddot{\mathbf{q}}^{,r} + \mathbf{C}^0 \dot{\mathbf{q}}^{,r} + \mathbf{K}^0 \mathbf{q}^{,r} = \mathbf{F}^{,r} - [\mathbf{M}^{,r} \ddot{\mathbf{q}}^0 + \mathbf{C}^{,r} \dot{\mathbf{q}}^0 + \mathbf{K}^{,r} \mathbf{q}^0] \quad r = 1, 2, \dots, \hat{r} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \mathbf{M}^0 \ddot{\mathbf{q}}^{(2)} + \mathbf{C}^0 \dot{\mathbf{q}}^{(2)} + \mathbf{K}^0 \mathbf{q}^{(2)} = & \sum_{r,s=1}^{\hat{r}} (\mathbf{F}^{,rs} + \\ & -2(\mathbf{M}^{,r} \ddot{\mathbf{q}}^{,s} + \mathbf{C}^{,r} \dot{\mathbf{q}}^{,s} + \mathbf{K}^{,r} \mathbf{q}^{,s}) - (\mathbf{M}^{,rs} \ddot{\mathbf{q}}^0 + \mathbf{C}^{,rs} \dot{\mathbf{q}}^0 + \mathbf{K}^{,rs} \mathbf{q}^0)) \text{Cov}(a_r, a_s) \end{aligned} \quad (3)$$

where $\mathbf{q}^{(2)} = \sum_{r,s=1}^{\hat{r}} (\mathbf{q}^{,rs} \text{Cov}(a_r, a_s))$.

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

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

³ Mariusz Poński, BEng, MSc, Czestochowa University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Theory of Structures, Poland, 42-200 Czestochowa, ul. Akademicka 3, tel.: (+48) 343 250 924, e-mail: mponski@bud.pcz.czest.pl

3 Example

In this example the deflection of simply supported square plate and clamped square plate with random thickness subjected to a concentrated center load are examined.

The finite element mesh includes 100 rectangular elements (100 random design variables), and the total number of degrees of freedom is 606 to simply supported plate (489 to clamped plate). Deterministic input data are: length $L = 6m$, Young modulus $E = 30GPa$ (concrete 25/30), Poisson ratio $\nu = 0.2$, load $F = 50 kN$, mass density $\rho = 0.24$.

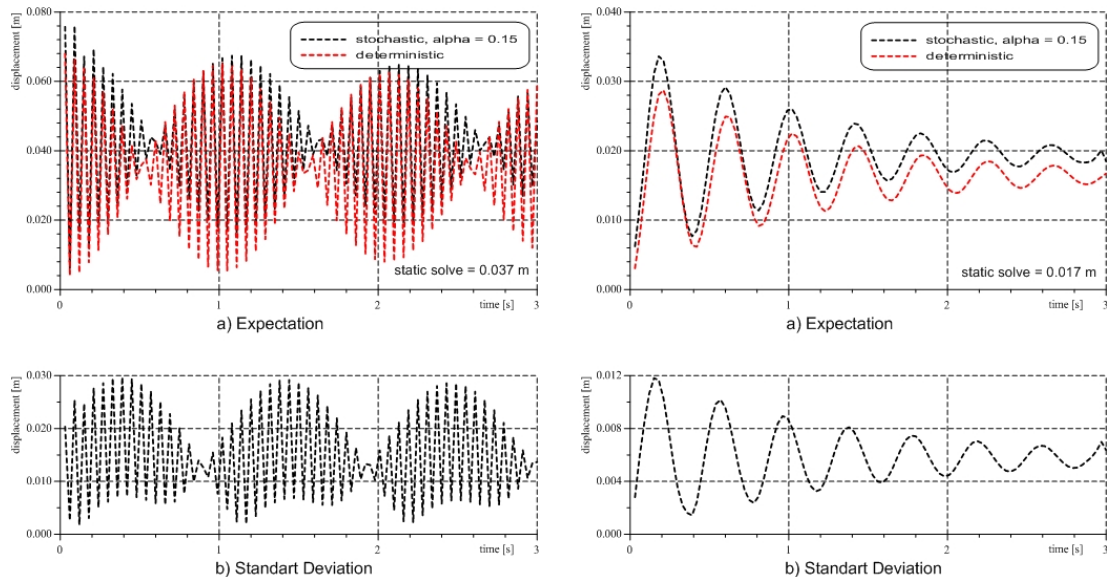


Fig.1 100-element plate. Time response of stochastic displacement (left) for simply supported, (right) clamped plate

References

- [1] LIU, W.K., BELYTSCHKO, T., MANI, A. *Random field finite elements*, Int. J. Num. Meth. Eng., 1986, Vol. 23, Issue 10, pp. 1831-1845 (15 p). ISSN 1097-0207
- [2] KLEIBER, M., HIEN, T.D. *The Stochastic Finite Element Method*. Wiley, 1992. ISBN 047193626X. 322 p.
- [3] GRZYWIŃSKI, M., HIEN, T.D. Stochastyczna analiza dynamiczna wrażliwości układu belkowo-kratowego. *Pomiary, Automatyka, Kontrola*, 2009, Vol. 6, pp. 330-333 (4 p). ISSN 0032-4140.
- [4] GRZYWIŃSKI, M., HIEN, T.D. Niektóre aspekty komputerowe we współczesnej dynamice konstrukcji. *Pomiary, Automatyka, Kontrola*, 2012, Vol. 8, pp. 754-757 (4 p). ISSN 0032-4140.
- [5] POKORSKA I., A sensitivity analysis of powder forging processes, *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 2008, 37, 1, pp. 77-89 (13 p). ISSN 16151488
- [6] POŃSKI M., The application of Mikusiński operators method in certain problems of dynamics of structures, *Bulletin of the Czestochowa University of Technology, Civil Engineering Series*, 2012; Vol. 18, pp. 211-217 (7 p), ISSN 0526-5916.
- [7] POŃSKI M., Response analysis of structural systems excited by force with any time function, *Bulletin of the Czestochowa University of Technology, Civil Engineering Series*, 2014; Vol. 20, pp. 182-190 (9 p), ISSN 0526-5916.

DYNAMIC CALCULATION OF THE DROPPING OF REINFORCED CONTAINER

J. Györgyi¹

Abstract

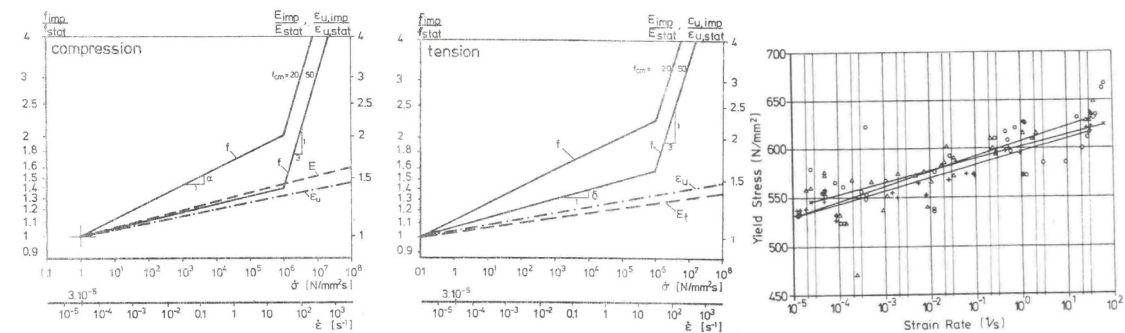
In the 2 250*2 250*1 380 mm large reinforced container was travelling a dangerous material. The weight of the container was 70 kN. During the loading in case of mistake the body can dropping from 0,5 m height to the concrete plate. There is the possibility of dropping to plate, the line and the point. We calculated of the internal forces in these different cases with nonlinear method.

Keywords

Dropping of concrete body, nonlinear analysis.

1 Effect of strain velocity in different type of dropping

In case of dropping the strain velocity at pressing, and tension of concrete and steal increasing too. We calculated the different material parameters from CEB Bulletin [1].



$C = 1,31 - 1,41$ $Q = 1,48 - 1,59$ Yield point = 1,08, Tensile stress = 1,10, Tensile strength = 1,02

Fig. 1: Increasing of material parameters

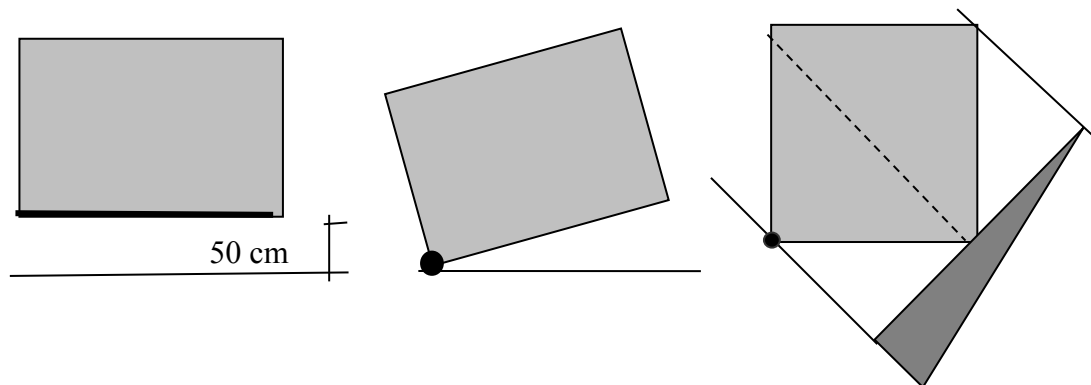


Fig. 2: Dropping to plate, the line and the point

¹ Private Prof. CSc. Dr. Habil J. Györgyi, Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Civil Engineering, Department of Structural Mechanics, H-1521 Budapest, Műegyetem rkp., jgyorgyi@enternet.hu

2 Calculation method, mechanical models and time steps

Application was of Drucker-Prager theory for concrete. Huber-Mises- Hencky theory for steel. For calculation the MSC.Marc 2007r1 program was used.

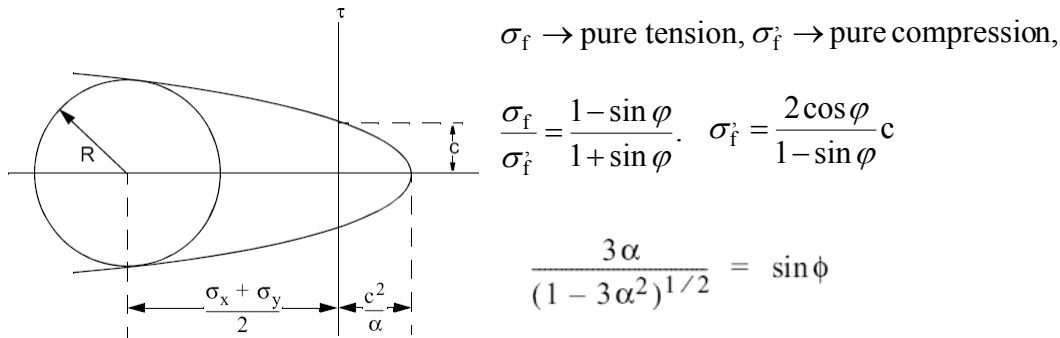


Fig. 3: The generalized Mohr-Coulomb model developed by Drucker-Prager is implemented in MSC. Marc 2007r1

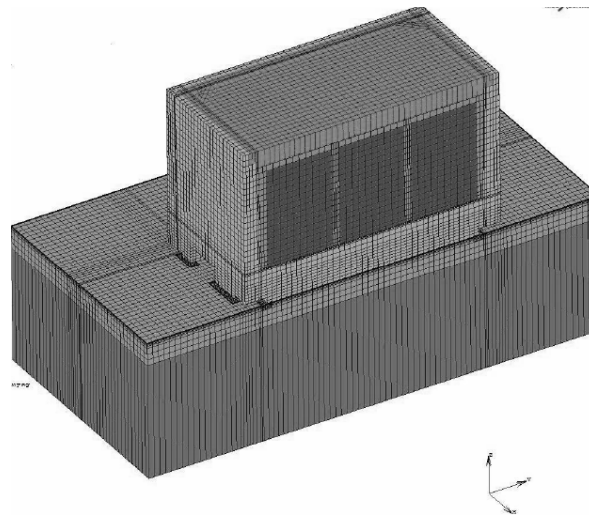


Fig. 4: The model of half part of the system (soil, concrete plate, dropping body) in MSC. Marc 2007r1

The number of time steps of maximum stresses depends from the dropping type (Tab 1.) We can see, that the dropping to the need the longer calculation time.

| Type of dropping | Number of time steps | Time of the maximum stresses |
|-----------------------|----------------------|------------------------------|
| Dropping on the plate | 25 | 0,0006 s |
| Dropping on the line | 273 | 0,0136 s |
| Dropping on the point | 468 | 0,0212 s |

Tab. 1: Number of time steps and time of the maximum stresses

Acknowledgements

Thanks to Prof. P. Lenkei for dynamic material parameters from „CEB Bulletin N^o 187 (1988) Concrete structures under impact and impulsive loading, Synthesis”, T. Szabó civil engineer (Etv-Erőterv Rt.) for the planning of the container, T. Kocsis mechanical engineer (Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft) for calculations with MSC. Marc 2007r1 program.

POSTBUCKLING ANALYSIS OF RECTANGULAR PLATE LOADED IN COMPRESSION

Jozef Havran¹, Martin Psotný²

Abstract

The stability analysis of a thin rectangular plate loaded in compression is presented. The non-linear FEM equations are derived from the variational principle of minimum of total potential energy. The peculiarities of the effects of the initial imperfections are investigated using user program. Special attention is paid to the influence of imperfections on the post-critical buckling mode. The FEM computer program using a 48 DOF element has been used for analysis. Full Newton-Raphson procedure has been applied.

Keywords

Stability, post-buckling, initial imperfection, finite element method.

1 Introduction

In the presented paper we try to explain the behaviour of thin plate loaded in compression. The geometrically nonlinear theory represents a basis for the reliable description of the postbuckling behaviour of the plate. Influence of initial imperfection on the load-displacement path is investigated.

The result of the numerical solution represents a lot of the load versus displacement paths. Solution from the user program is compared with results gained using ANSYS system. More details in full text.

2 Theory

From the condition of the minimum of the increment of the total potential energy $\delta \Delta U = 0$ can be obtained the system of conditional equations in the form

$$\mathbf{K}_{inc} \Delta \boldsymbol{\alpha} + \mathbf{F}_{int} - \mathbf{F}_{ext} - \Delta \mathbf{F}_{ext} = \mathbf{0} \quad (1)$$

where \mathbf{K}_{inc} is the incremental stiffness matrix of the plate, \mathbf{F}_{int} is the internal force (plate), \mathbf{F}_{ext} - the external load (plate), $\Delta \mathbf{F}_{ext}$ - the increment of the external load (plate).

Isotropic elastic material is considered. Initial geometric imperfection is chosen in the form

$$w_0 = \alpha_{01} \sin \frac{\pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b} + \alpha_{02} \sin \frac{2 \pi x}{a} \sin \frac{\pi y}{b} \quad (2)$$

where α_{01} and α_{02} are the initial displacement parameters.

¹ Ing. Jozef Havran, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, jozef.havran@stuba.sk

² doc. Ing. Martin Psotný PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, martin.psotny@stuba.sk

3 FEM nonlinear analysis

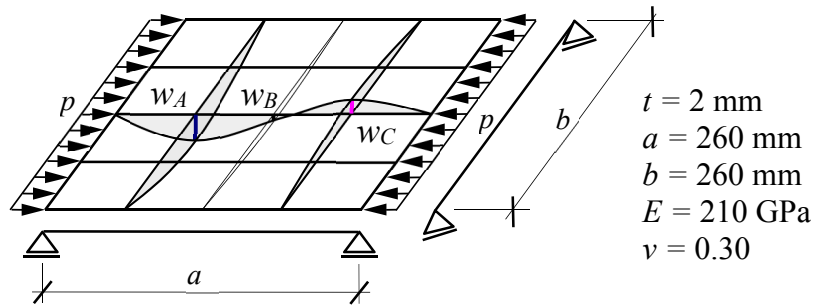


Fig. 1: Notation of the quantities of the plate loaded in compression

Illustrative examples of steel plate from Fig. 1 are presented as load - displacement paths in Fig. 2 and Fig.3. It is obvious that two almost identical modes of initial imperfection at the beginning of the loading process offer two different solutions in postbuckling.

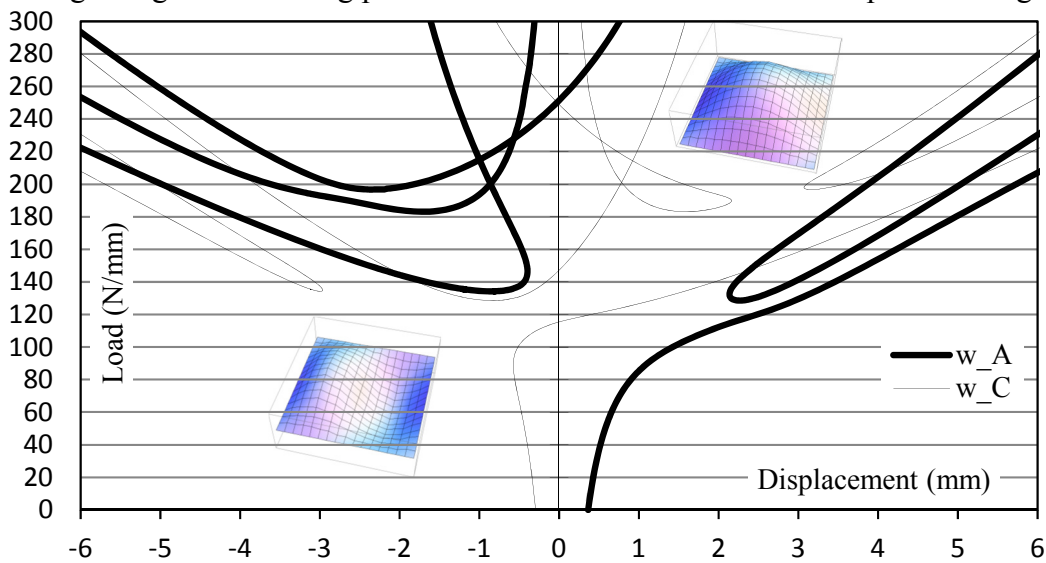


Fig. 2: Plate with initial imperfection ($\alpha_{01} = 0.05$ and $\alpha_{02} = 0.33$)

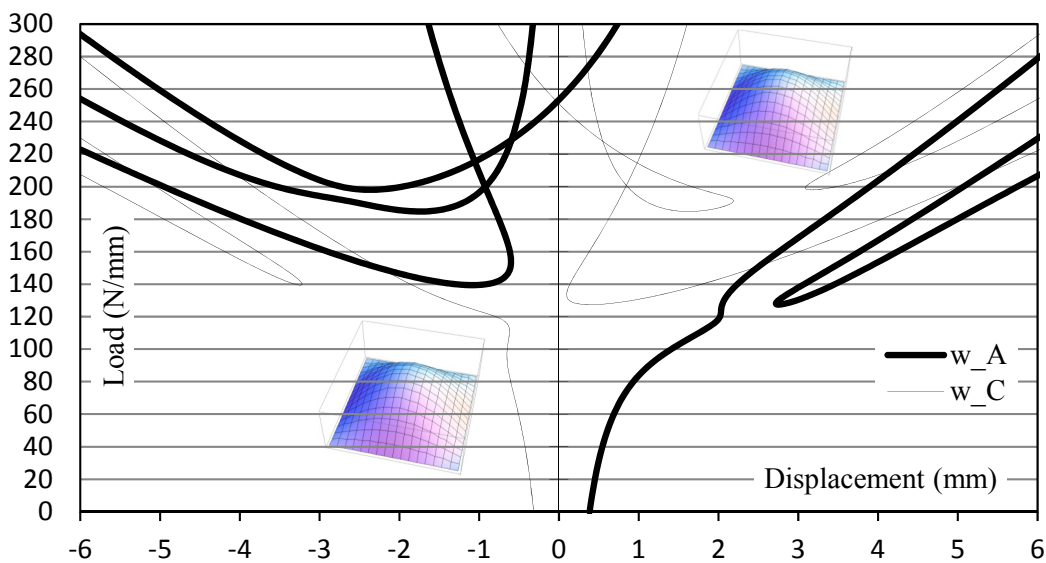


Fig. 3: Plate with initial imperfection ($\alpha_{01} = 0.05$ and $\alpha_{02} = 0.35$)

VYBRANÉ ASPEKTY MODELOVÁNÍ NELINEÁRNÍHO CHOVÁNÍ BETONU S POMOCÍ KNIHOVNY MULTIPLAS

SELECTED ASPECTS OF MODELLING OF NON-LINEAR
BEHAVIOR OF CONCRETE USING MULTIPLAS LIBRARY

Filip Hokeš¹

Abstrakt

Předmětem předkládaného článku je popis některých aspektů projevujících se při použití knihovny elasto-plastických materiálových modelů multiPlas, jenž byla vyvinuta pro podporu nelineárních výpočtů v systému ANSYS. Text se v rámci několika případových studií věnuje rozboru numerických simulací virtuální tahové zkoušky betonového zkušební tělesa, čímž usiluje o postižení problémů spojených s modelováním nelineárního chování betonu v tahové oblasti.

Klíčová slova

Beton, lomová mechanika, teorie porušení, materiálová nelinearita, Menétrey-Willam, MKP, ANSYS, multiPlas.

Abstract

Subject of this paper is to describe some of aspects manifesting in the use of elasto-plastic material model library MultiPlas, which was developed for support of nonlinear computations in system ANSYS. The text focuses on analysis of numerical simulations of virtual tension test in several case studies, whereby the text endeavors description of problems connected with modelling non-linear behavior of concrete in tensile area.

Keywords

Concrete, fracture mechanics, damage theory, material non-linearity, Menétrey-Willam, FEM, ANSYS, multiPlas.

1 Úvod

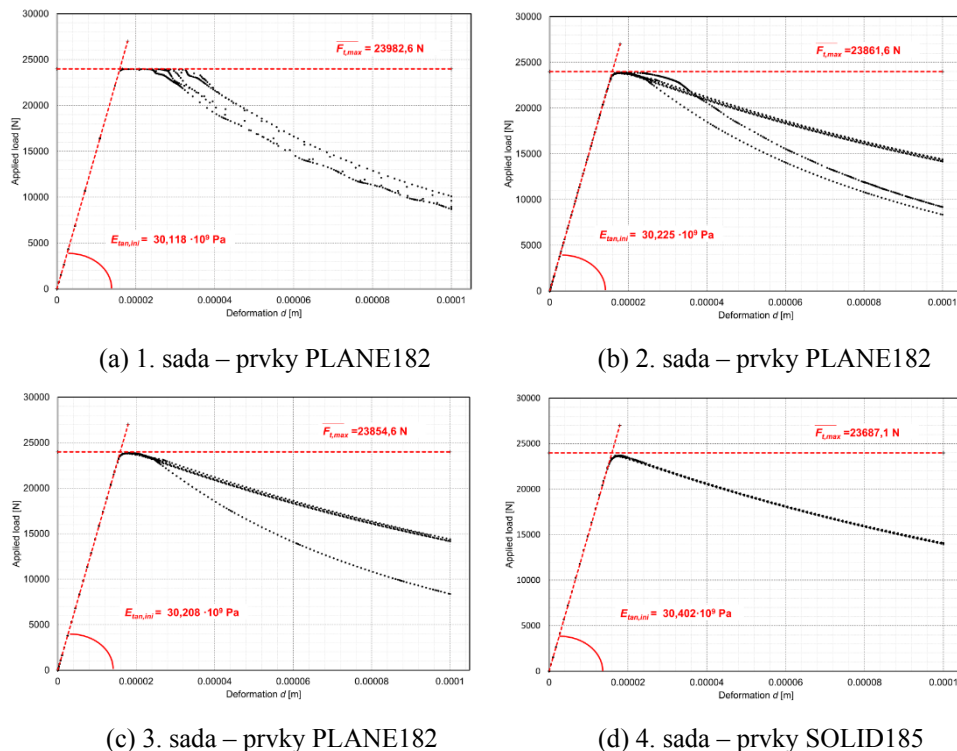
Využití nelineárního popisu chování stavebních materiálů při numerických simulacích představuje přiblížení metod matematického modelování k reálnému působení konstrukcí. Z hlediska podpory materiálově nelineárních výpočtů ve výpočtovém systému ANSYS existuje databáze elasto-plastických materiálových modelů multiPlas [1]. Při použití uvedeného nástroje však může docházet ke vzniku některých specifických důsledků, vyvolaných použitím MKP a teoretickými předpoklady. Mezi tyto negativní aspekty lze zařadit závislost na velikosti konečných prvků, problémy lokalizace přetvoření a idealizace okrajových podmínek. Pro demonstraci vybraných aspektů vyskytujících se při numerickém vyšetřování nelineárního chování betonu byla zvolena jednoduchá úloha prostého tahu představující virtuální tahovou zkoušku na

¹ Ing. Filip Hokeš, VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95 Brno 60200, hokes.f@fce.vutbr.cz

betonovém vzorku. Pro tyto účely byl uvažován betonový vzorek třídy C20/25 ve tvaru trámce o rozměrech: délka $l = 200$ mm; výška $h = 100$ mm; šířka $b = 100$ mm, zatížený tahem na stěnách o velikostech 100×100 mm.

2 Nelineární numerická analýza a její specifické aspekty

Popisovaná úloha byla provedena celkem ve 4 sadách numerických simulací, přičemž u všech bylo využito nelineárního materiálového modelu Menétrey-Willam z knihovny multiPlas. V rámci těchto případových studií provedených ve 2D (3 sady) a ve 3D prostředí (1 sada), byl sledován vliv výše zmíněných negativních aspektů na výpočetních modelech se sítí o velikosti: 1 mm, 2 mm, 5 mm, 10 mm a 20 mm.



Obr. 8: Srovnání výsledků

3 Závěr

Publikované výsledky numerických studií mapující použití knihovny multiPlas dokazují použitelnost tohoto výpočetního nástroje. Je však třeba podotknout, že významnou roli při řešení úloh metodou konečných prvků hraje korektní idealizace úlohy.

Poděkování

Příspěvek byl vytvořen za finanční podpory projektu specifického vysokoškolského výzkumu Vysokého učení technického v Brně FAST-J-15-2875 „Vliv rychlosti deformace na parametry nelineárních materiálových modelů betonu“.

Literatura

- [1] Multiplas, *User's Manual Release 5.1.0 for 15.0*, Weimar Germany: Dynardo, 2014.

MODIFIKOVANÁ ZKOUŠKA EXCENTRICKÝM TAHEM: VYHODNOCENÍ EXPERIMENTÁLNÍCH TESTŮ VÁLCOVÝCH TĚLES Z CEMENTOVÉHO KOMPOZITU

MODIFIED COMPACT TENSION TEST: EVALUATION OF THE EXPERIMENTS
OF CYLINDRICAL SPECIMENS FROM CEMENTITIOUS COMPOSITES

Táňa Holušová¹, Miguel Lozano², Tereza Komárková³, Dalibor Kocáb⁴, Stanislav Seitl⁵

Abstrakt

Modifikovaná zkouška excentrickým tahem (MCT) by mohla v budoucnu představovat stabilní zkoušku pro vyhodnocování lomově-mechanických parametrů nebo také únavového chování kompozitních materiálů jako je beton. Těleso pro MCT zkoušku s kruhovým průměrem může být snadno odebráno z jádrového vývrtu se zvolenou tloušťkou a velikostí průměru. Tato práce je zaměřena na vyhodnocení lomového chování MCT těles při statickém zatěžování a porovnání dvou různých uchycení do čelistí testovacího zařízení. Výsledky jsou prezentovány formou L-COD zatěžovacích digramů, tj. závislosti zatížení (L) měřeného v ose ocelových tyčí na velikosti otevření trhliny (COD).

Klíčová slova

Modifikovaná zkouška excentrickým tahem, Lomové parametry, Cementové kompozity, ARAMIS měření.

Abstract

The modified compact tension test (MCT) might be in the future a stable test configuration for the evaluation of fracture-mechanics parameter or also a fatigue behavior of the composites materials such the concrete is. Core drilling can be employed to obtain specimens which are cylindrical in shape with the chosen thickness. This contribution focuses on the evaluation of MCT specimen fracture behavior during static tests and the comparison of two different fixing system of the test machine. The results are represented as L-COD diagrams (i.e. load vs. crack opening displacement measured on the loading axis).

Keywords

Modified Compact Tension Test, Fracture Parameters, Cementitious Composites, ARAMIS measurement.

¹ Ing. Táňa Holušová, VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, Brno 602 00, ČR, holusova.t@fce.vutbr.cz

² MSc. Miguel Lozano, University of Oviedo, Dpt. of Construction and Manufacturing Engineering, Gijón, labresuniovi@gmail.com

³ Ing. Tereza Komárková, VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví, Brno, komarkova.t@fce.vutbr.cz

⁴ Ing. Dalibor Kocáb, VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví, Brno, kocab.d@fce.vutbr.cz

⁵ Ing. Stanislav Seitl, Ph.D, Akademie věd České republiky, Ústav fyziky materiálů, Brno, seitl@ipm.cz

1 Úvod

Cílem příspěvku je pilotní vyhodnocení dat naměřených experimentálně v laboratoři University Oviedo na kruhových tělesech s průměrem 150 mm a tloušťkou 60 mm. Na těchto tělesech jsou zkoumány výhody využití matic s okem umístěných na koncích ocelových tyčí oproti současnému způsobu uchycení ocelových tyčí do čelistí testovacího lisu, viz obr. 1. Výsledky jsou prezentovány formou zatěžovacích diagramů závislosti síly na otevření trhliny měřené na ose ocelových tyčí.

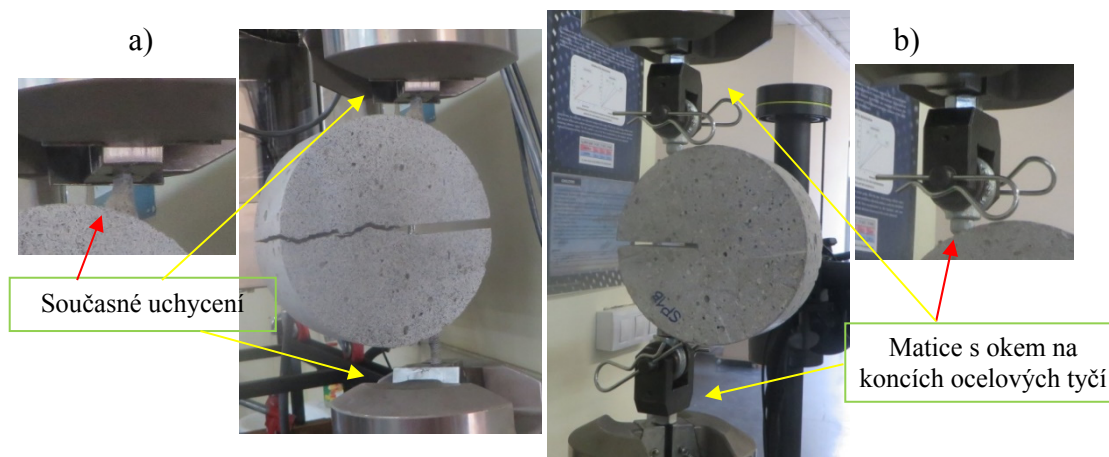
2 Experiment

Pro experiment bylo zhotoveno 12 standardních válců pro tlakovou zkoušku o průměru 150 mm a výšce 300 mm firmou BETOTECH, s.r.o. v betonové třídě pevnosti C 30/37 s maximální frakcí kameniva do 4 mm. Šest válců bylo po 28 dnech od výroby podrobena tlakové zkoušce pro vyhodnocení tlakové pevnosti, jako vstupního parametru pro materiálový model betonu pro numerickou studii MCT zkoušky. Z toho tři válce byly využity pro vyhodnocení statického modul pružnosti.

Zbylých šest válců bylo posláno do laboratoře University Oviedo, kde z každého válce byly odebrány 4 tělesa pro MCT zkoušku o tloušťce 60 mm. Vzniklo tak 24 zkušebních těles, z nichž deset jich bylo použito pro statické testy.

V rámci experimentu bylo testováno různé uchycení ocelových tyčí do testovacího lisu. Umístění matic s okem (viz obr. 1b)) na konce ocelových tyčí má zabránit vzniku nežádoucího momentu a zároveň co nejvíc napodobit tvar MCT tělesa tělesům pro standardní CT test.

Experimenty byly provedeny na servo-hydraulickém testovacím lisu MTS Bionix 25 kN zátěžové kapacity, zatímco byly povrchové deformace tělesa zachyceny 3D optickým kamerovým systémem ARAMIS. Rychlost zatěžování byla 0,2 mm/min.



Obr. 1: Uchycení MCT tělesa do testovacího lisu: a) Současné uchycení;
b) Matice s okem na koncích ocelových tyčí

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory juniorského specifického výzkumu. Registrační číslo projektu je FAST-J-15-2760.

MODELOVANIE DYNAMICKÉHO ZATAŽENIA VALCOVÝCH NÁDRŽÍ

MODELING OF THE DYNAMIC LOAD OF CYLINDRICAL TANKS

Norbert Jendželovský¹, Lubomír Baláz²

Abstrakt

V tomto príspevku budeme prezentovať výpočet vnútorných síl a deformácií valcovej nádrže od účinkov dynamického namáhania, ktoré je reprezentované seizmickým zaťažením. Zaťaženie bolo modelované dvomi metódami a to pomocou spektra odozvy - model M1 a v druhom prípade podľa normy STN EN 1998-4 -model M2.

Kľúčová slova

valcová nádrž, seizmické zaťaženie, metóda konečných prvkov, vnútorné sily, deformácie

Abstract

In this paper two types of calculating methods of internal forces and deformations of cylindrical tank due to seismic load are presented. The loading was modelled by two different methods: either by means the seismic response spectrum (Model M1), or according to the standard STN EN 1998-4 (Model M2).

Keywords

cylindrical tank, seismic load, finite element method, internal forces, deformation

1 Seizmické zaťaženie

Seizmické účinky na stavebné konštrukcie sú vyvolané kmitaním podložia a tým aj základov konštrukcie, ktoré je spôsobené uvoľnením veľkého množstva energie pri náhlom posune dvoch litosférických dosiek na tektonickom zlome.

2 Výpočtový model valcovej nádrže

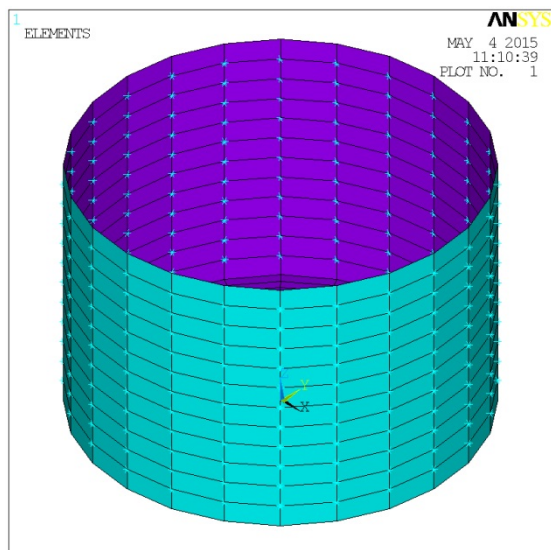
Ako podklad pre výpočtový model bola použitá reálna valcová nádrž s vnútorným priemerom 8,32m, hrúbkou steny a dna 0,4m a výškou 6,0m.

Pre model M1 bola valcová nádrž zaťažená pomocou spektra odozvy. Metóda seizmického výpočtu zo spektra odozvy je jedna z možných metód výpočtu. Spektrum použité vo výpočte je definované pre návrhové zrýchlenie $a_g = 1,0 \text{ m/s}^2$ a kategóriu podložia B. Podrobný popis ako zadefinovať spektrum odozvy je uvedený v literatúre [1,2].

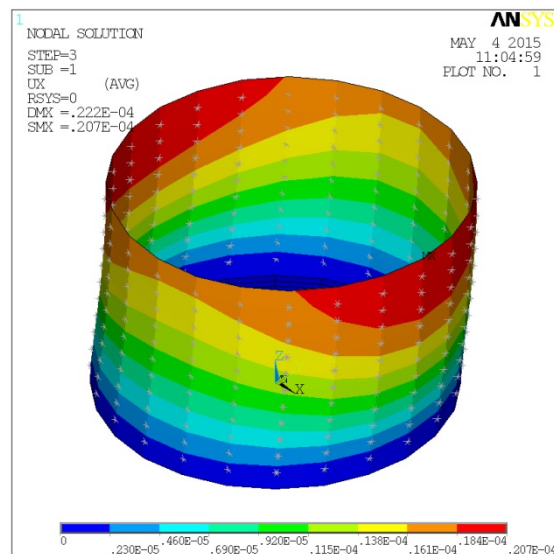
¹ Prof. Ing. Norbert Jendželovský, PhD., Slovenská technická univerzita, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, Slovenská republika, e-mail: norbert.jendzelovsky@stuba.sk

² Ing. Lubomír Baláz, Slovenská technická univerzita, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, Slovenská republika, e-mail: lubomir.balaz@stuba.sk

Pre model M2 bolo hydrodynamické zaťaženie vypočítané podľa postupu, ktorý je bližšie uvedený v norme STN EN 1998-4, príloha A – Postupy seizmického výpočtu nádrží.



Obr. 1: Model valcovej nádrže



Obr. 2: Deformácia steny valcovej nádrže

3 Záver

Pri porovnávaní výsledkov si je potrebné uvedomiť, že zaťaženie nie je osovo symetrické. Z predložených výsledkov môžeme usúdiť, že minimálne a maximálne hodnoty vnútorných síl a deformácií sú celkom vyrovnané. Model M2 je konzervatívnejší preto sú aj hodnoty vnútorných síl väčšie oproti modelu M1.

PodĎakovanie

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

Prepojenie vedeckého výskumu a stavebnej praxe umožnila spoločnosť Bioplyn Budča spol. s.r.o. Elektrárenská 1 Bratislava 831 04.

Zodpovedný: Ing. Viliam Bendel, Šípová 3/A, Bratislava, t.č. +421 903900654, e-mail : bendel@europea.sk

Literatúra

- [1] SOKOL, M., TVRDÁ, K.: *Dynamics of building structures*, Bratislava 2011. STU Publishing, 212 pages. ISBN 978-80-227-3587-2 (in Slovak).
- [2] STN EN 1998 – 1, *Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť*, časť 1: Všeobecné pravidlá, seizmické zaťaženia a pravidlá pre budovy. Bratislava, SÚTN, 2005.
- [3] STN EN 1998 – 4, *Navrhovanie konštrukcií na seizmickú odolnosť*, časť 4: Silá, nádrže a potrubia. Bratislava, SÚTN, 2010.

NUMERICKÉ MODEL Y MONTÁŽNÍCH SPOJŮ CHS A L-PROFILŮ S ČELNÍ DESKOU A JEJICH EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ

NUMERICAL MODELS OF END-PLATE ASSEMBLING CONNECTIONS OF CHS AND L-PROFILES AND THEIR EXPERIMENTAL VERIFICATION

Anežka Jurčíková¹, Miroslav Rosmanit²

Abstrakt

Cílem této práce bylo vytvoření numerických modelů montážních spojů CHS, resp. L-profilů a jejich následné ověření na základě provedených laboratorních experimentů. Výsledky prokázaly, že numerické modely dobře vystihují chování styčnicků, avšak pro srovnání s experimenty musely být ve výsledcích z těchto modelů zohledněny skutečné laboratorní podmínky v podobě tuhosti zkušebního lisu v prokluzu.

Klíčová slova

ANSYS, montážní spoj, numerické modelování, páčení šroubů.

Abstract

The aim of this work was to create numerical models of assembling connections of CHS or L-profiles respectively and their subsequent verification on the basis of laboratory experiments. The results proved that numerical models describe the behavior of those joints well. However, for comparison with the experiments the actual conditions in the laboratory had to be taken into account in the results from these numerical models, in the form of the test press stiffness in traction.

Keywords

ANSYS, assembling connection, numerical modeling, prying of bolts.

1 Úvod

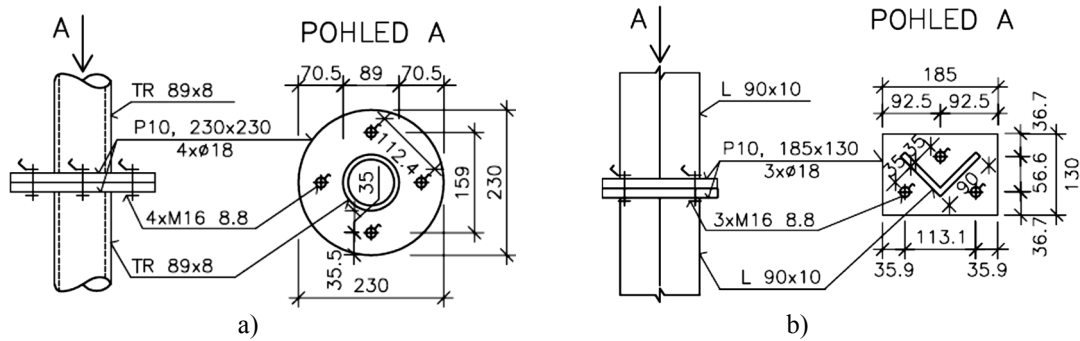
U velkorozponových ocelových konstrukcí z dutých i otevřených průřezů je zapotřebí propojit jednotlivé dílce, k čemuž se často využívá montážních spojů s čelní deskou. Takovéto spoje, v případě, že jsou namáhány tahem, je třeba posuzovat také s uvážením případného vlivu páčení. Postupy dle současné normy jsou dosti komplikované a u spojů některých typů průřezů nejsou ani přesně popsány.

Tato práce je zaměřena na vytvoření numerických modelů montážních spojů CHS, resp. L-profilů s čelní deskou, které budou vystihovat skutečné chování spoje, a následné porovnání výsledků numerického modelování s výsledky provedených fyzikálních testů.

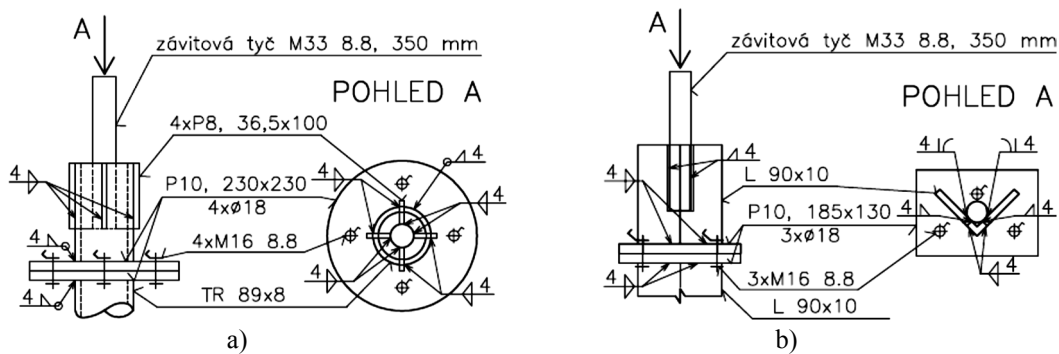
¹ Ing. Anežka Jurčíková, Katedra stavební mechaniky, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 391, e-mail: anezka.jurcikova@vsb.cz.

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

2 Geometrie řešených spojů

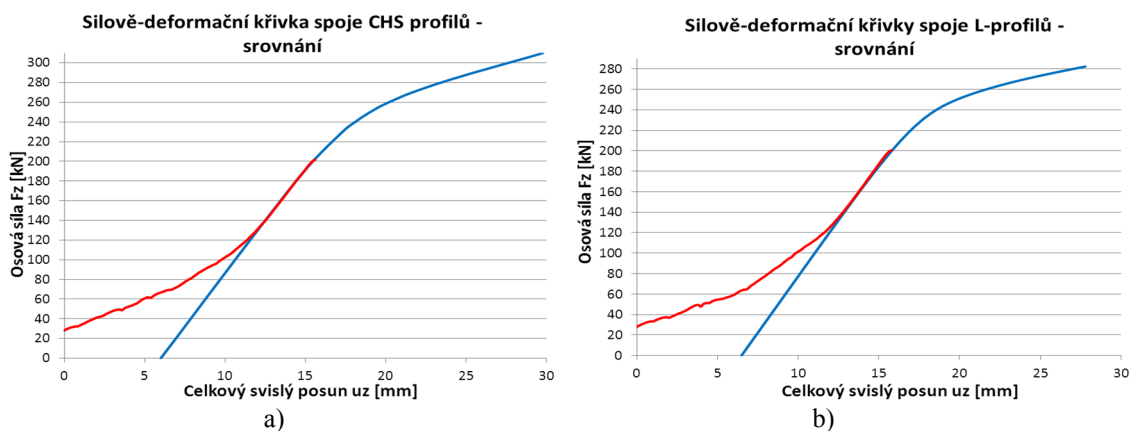


Obr. 1: Základní geometrie řešených styčniců – a) Spoj CHS profilů; b) Spoj L-profilů



Obr. 2: Schémata zkušebních vzorků – a) Spoj CHS profilů; b) Spoj L-profilů

3 Výsledky experimentů a jejich porovnání s numerickými modely



Obr. 3: Porovnání silově-deformačních křivek – a) Spoj CHS profilů; b) Spoj L profilů

4 Závěr

Byly vytvořeny numerické modely montážních spojů CHS a L-profilů s čelní deskou, které vystihovaly chování jednotlivých styčniců. Numerické modely byly porovnávány s výsledky tahových zkoušek, které byly u řešených styčniců provedeny. Porovnáním silově-deformačních křivek bylo zjištěno, že numerické modely dobře vystihují chování styčniců, avšak pro přesné vystižení fyzikálních testů bylo třeba ve výsledcích numerických modelů zohlednit skutečnou tuhost zkušebního lisu v prokluzu.

Pro následný výzkum by bylo vhodné provést další experimenty s větším počtem zkušebních vzorků. Cílem celého výzkumu je pak návrh případných úprav stávajících analytických vztahů, které jsou uvedeny v normě a nejsou dostatečně obecné.

PRINCIPY MODELOVÁNÍ OCELOVÝCH STYČNÍKŮ

PRINCIPLES OF MODELING STEEL CONNECTIONS

Jaromír Kabeláč¹, František Wald², Lubomír Šabatka³, Drahoš Kolaja⁴

Abstrakt

Ocelové styčníky jsou kontrolovány metodou komponent (EN 1993-1-8). Metoda komponent má některá omezení. To vedlo na vývoj nové metody CBFEM (Component based finite element method), která vznikla spojením metody komponent a metody konečných prvků. V článku je popsáno využití metody konečných prvků pro výpočet ocelových styčníků pomocí metody CBFEM.

Klíčová slova

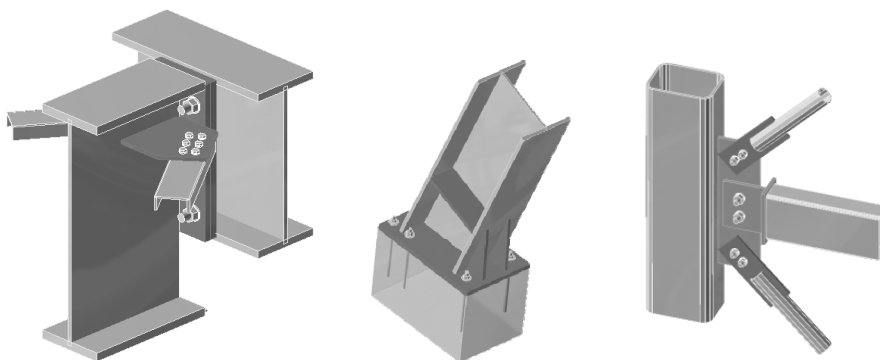
Ocelové konstrukce, Návrh styčníků, Metoda komponent, Metoda konečných prvků

Abstract

Steel joints are checked by components method (EN 1993-1-8). Component method has some limitations. This led to the development of new method CBFEM (Component based finite element method), resulting from the merger of component method and finite elements method. The article describes the use of finite elements method for steel connection analysis by CBFEM.

Keywords

Steel structures, Connection design, Component method, Finite element method



Obr. 1: Několik příkladů tvarů styčníků, které lze řešit metodou CBFEM

1 CBFEM

Většina poruch a havárií ocelových konstrukcí je způsobena chybným návrhem detailu, proto je nutné věnovat zvýšenou pozornost kontrole ocelových styčníků. Při praktickém návrhu styčníků se v praxi vzchází z normy [1]. Přípoj je nutné rozložit na jednotlivé

¹ Ing. Jaromír Kabeláč, Hypatia Solutions s.r.o., jaromir.kabelac@hypatiasolutions.com

² Prof. Ing. František Wald CSc., Katedra ocelových konstrukcí, FSv ČVUT Praha, frantisek.wald@fsv.cvut.cz

³ Ing. Luboš Šabatka CSc., IDEA RS s.r.o., sabatka@idea-rs.com

⁴ Ing. Drahoš Kolaja, IDEA RS s.r.o., kolaja@idea-rs.com

komponenty (desky, svary, šrouby, kotvy atd.). Zjistí se namáhání jednotlivých komponent a na toto namáhání se jednotlivé komponenty posoudí.

S rostoucí složitostí přípoje je zjištění namáhání jednotlivých komponent standartní metodou komponent problematické a málo vypovídající. To vedlo k myšlence použití metody konečných prvků k zjištění namáhání jednotlivých komponent. Detailní posouzení komponent pomocí metody konečných prvků je však velmi problematické a vzhledem k časové náročnosti prakticky nepoužitelné. Například modelování šroubu pomocí objemových elementů. Pro únosnost jednotlivých komponent se s výhodou použije standartního výpočtu pomocí metody komponent v návaznosti na [1]. Fúzí těchto dvou přístupů byla vyvinuta nová metoda CBFEM (Component based finite element method). Se základními principy CBFEM je odborná veřejnost postupně seznamována (viz. vybrané příspěvky [2] až [5]).

Předmětem tohoto příspěvku je detailnější popis technik, nároků na metodu a úskalí použití metody konečných prvků pro návrh ocelových styčnicků pomocí CBFEM.

2 Shrnutí

Nově vyvinutá metoda CBFEM umožňuje optimální a bezpečný návrh styčnicků ocelových konstrukcí. Výsledky poskytují statikovi jasnou informaci, na kolik jednotlivé části styčnicku a styčnick jako celek vyhovují, jakých deformací a vnitřních sil bylo při daném namáhání dosaženo. Statik snadno pochopí, co se ve styčnicku přesně děje. Implementace metody do software IDEA Connection zaručila, že rychlost a pracnost jsou srovnatelné se stávajícími metodami, např. metodou komponent pro otevřené průřezy a návrhovými vzorci na únosnost styčnicků uzavřených průřezů. Metodou lze vedle pevnostních výpočtů provádět také vyhodnocení tuhosti připojení jednotlivých prvků i stabilitní analýzu celého styčnicku.

Poděkování

Výzkum je podpořen grantem Technologické agentury České republiky „Pokročilý software pro optimální návrh obecných styčnicků stavebních ocelových konstrukcí“ č. TA03010680.

Literatura

- [1] EN1993-1-8, Eurocode 3, Design of steel structures, Part 1-8, Design of joints, CEN, Brussels, 2006.
- [2] Šabatka L., Wald F., Bajer M.: Praktické navrhování styčnicků ocelových konstrukcí, 52. Celostátní konference o ocelových konstrukcích, 2014, Hustopeče
- [3] Wald, F., Gödrich, L., Šabatka L., Kabeláč, J., Navrátil, J., Component Based Finite Element Model of Structural Connections. In Steel, Space and Composite Structures. Singapore, 2014, 337-344, ISBN 978-981-09-0077-9.
- [4] Wald F., Šabatka L., Kabeláč J., Kolaja D., Pospíšil M., Structural Analysis and Design of Steel Connections Using Component Based Finite Element Model (CBFEM), Journal of Civil Engineering and Architecture, 10/2015.
- [5] Wald, F., M. Kurejková, Gödrich, L., Martínek K., Šabatka L., Kabeláč, J., Simple and advanced models for connection design in steel structures, International Conference on Advances in Civil and Environmental Engineering, Faculty of Civil Engineering, Universiti Teknologi MARA Pulau Pinang, 2015

SPOLEHLIVOSTNÍ ANALÝZA SVAŘOVANÝCH NÁDRŽÍ

THE RELIABILITY ANALYSIS OF WELDED TANKS

Zdeněk Kala¹

Abstrakt

Článek je zaměřen na spolehlivostní a citlivostní analýzu odolnosti svařovaných válcových nádrží. Skladovací nádrž je spolehlivá v případě, že tloušťka stěny je vyšší než minimální tloušťka dle normy. Cílem tohoto článku je určit pravděpodobnost poruchy tenkostěnné ocelové nádrže. Materiálové a geometrické vlastnosti skladovací nádoby z oceli se považují za náhodné veličiny. Pravděpodobnost poruchy je vypočtena metodou typu Monte Carlo. Metody standardů EEMUA 159 a API 653 jsou verifikovány pomocí pravděpodobnostních přístupů.

Klíčová slova

Spolehlivost, bezpečnost, ocel, nádrž, lub, napítí, tlouška

Abstract

The article is aimed at the reliability and sensitivity analyses of the resistance of circular cylindrical storage welded tanks. The storage tank is considered reliable if the wall thickness is higher than minimum thickness from standards. This article aims at determining the failure probability of the thin-walled steel tank. The material and geometrical characteristics of the steel storage tank are considered as random quantities. The Monte Carlo type simulation method is used for probability evaluation. Methods of standards EEMUA 159 and API 653 are verified using probabilistic approaches.

Keywords

Reliability, safety, steel, plate, tank, course, stress, thickness

1 Úvod

Zásoby ropy se v České republice skladují ve svařovaných ocelových nádržích s objemem až 125 tisíc m³. Válcové nádrže na ropu společnosti Mero ČR, a.s., jsou tvořeny ze štíhlých plechů a mají rotačně symetrický kruhový válcový tvar. Bezpečnost je zajištěna dvojitým ocelovým pláštěm. Uvnitř nádrže je plovoucí komorová střecha, která se pohybuje zároveň s hladinou média v nádrži. Dominantním zatěžovacím stavem válcové nádrže je zatížení vnitřního pláště hydrostatickým tlakem ropy. Cílem článku je analýza pravděpodobnosti poruchy vnitřního pláště s ohledem na náhodné geometrické a materiálové imperfekce. Článek navazuje na publikované pravděpodobnostní studie spolehlivosti [1-3].

¹Zdeněk Kala, Prof. Ing. Ph.D., Adresa: Vysoké Učení Technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00, Brno, email: kala.z@fce.vutbr.cz

2 Rotačně symetrické skořepiny v membránovém stavu

Pro spolehlivý návrh a provoz nádrže musí platit, že rezerva odolnosti G je vyšší než nula, tj. že zatěžovací síla F (akce) je menší nebo rovna odolnosti lubu:

$$G = R - F > 0, \quad (1)$$

kde R je odolnost, kterou lze vypočítat jako

$$R = f_y \cdot t \cdot dC_\alpha, \quad (2)$$

kde f_y je mez kluzu, t je tloušťka plechu lubu a dC_α je diferenciál výšky lubu. Podmínku spolehlivosti (1) lze zapsat ve tvaru

$$G = f_y \cdot t - \rho \cdot g \cdot h \cdot r \geq 0, \quad (3)$$

kde ρ je hustota média, g je tíhové zrychlení, h je výška nádrže a r je poloměr nádrže. Rovnice (3) je výchozím vztahem pro posouzení spolehlivosti návrhu nebo provozní spolehlivosti kruhových válcových nádrží podle řady norem, např. EEMUA 159 nebo API653. Spolehlivost dle norem je dána především nízkou (bezpečnou) hodnotou dovoleného namáhání, nicméně vždy však existuje nenulová pravděpodobnost, že k poruše dojde.

3 Závěr

V článku byla ukázána metodika výpočtu spolehlivosti nádrže svařované ze štíhlých lubů. Spolehlivost byla analyzována s pomocí indexu spolehlivosti β indexu spolehlivosti β dle Cornella simulační metodou Latin Hypercube Sampling [4]. S klesající hodnotou tloušťky plechu t klesá hodnota indexu spolehlivosti β . Snížení tloušťky t bývá nejčastěji způsobeno korozí. Pro bezpečný provoz musí být $\beta > \beta_i$, kde cílová hodnota β_i je normová hodnota odpovídající spolehlivému provozu nádrže. Je zřejmé, že pro hodnoty odpovídající skutečné nádrži je spolehlivost dostačující.

Poděkování

Projekt byl realizován za podpory projektu VG20132015109.

Literatura

- [1] KALA, Z. Reliability and sensitivity analysis of welded shell tanks for crude oil storage. In: SIMOS, E. *Proc. of Int. Conf. Numerical Analysis and Applied Mathematics-2014*. Melville, NY, 2014. AIP Conference proceedings, American institute of Physics, vol. 1648. ISBN 978-0-7354-1287-3.
- [2] KALA, Z., GOTTVALLD, J., STONIŠ, J. VEJVODA, S., OMISHORE, A. Sensitivity analysis of stress state of welded tanks. In: *International Conference on New Trends in Statics and Dynamics of Buildings*, Bratislava, Slovenská republika, 2014. ISBN 978-80-227-4259-7.
- [3] KALA, Z. The reliability analysis of welded tanks for oil storage. In: *International Conference on European Safety and Reliability Conference - Safety and Reliability: Methodology and Applications, ESREL 2014*, Wroclaw, Poland, 2014, pp. 2249-2254, ISBN: 978-113802681-0.
- [4] McKEY, M., CONOVER, W. & BECKMAN, R. A comparison of the three methods of selecting values of input variables in the analysis of output from a computer code, *Technometrics* 1979; 21(2): 239-245.

NUMERICKÁ ANALÝZA VYBOČENÍ VON MISESOVA NOSNÍKU

NUMERICAL ANALYSIS OF BUCKLING OF VON MISES PLANAR TRUSS

Martin Kalina¹

Abstrakt

V práci je představen počítačový algoritmus pro diskrétní model ocelového vzpěradla. Konstrukční deformace jsou vyhodnoceny hledáním minimální potenciální energie. Pomocí matematického řešení byla porovnána nalezená kritická síla s výstupem z počítačového algoritmu. V modelu jsou zahrnuty vlivy symetrické a nesymetrické počáteční tvarové geometrické imperfekce os prutů. Toto vybočení bylo zobrazeno při vybraných svislých posunutích vrcholového kloubu.

Klíčová slova

Potenciální energie, von Misesův nosník, počítačový algoritmus, diskrétní model, normálové řešení, ohybové řešení, počáteční tvarová imperfekce

Abstract

A computational algorithm of discrete model of steel von Mises planar truss is presented. The structure deformation is evaluated by seeking the minimal potential energy. The critical force invented by mathematical solution was compared with solution by computer algorithm. Symmetric and asymmetric effects of initial shape of geometric imperfection of axis of struts are used in model. The shapes of buckling of von Mises planar truss of selected vertical displacement of top joint are shown.

Keywords

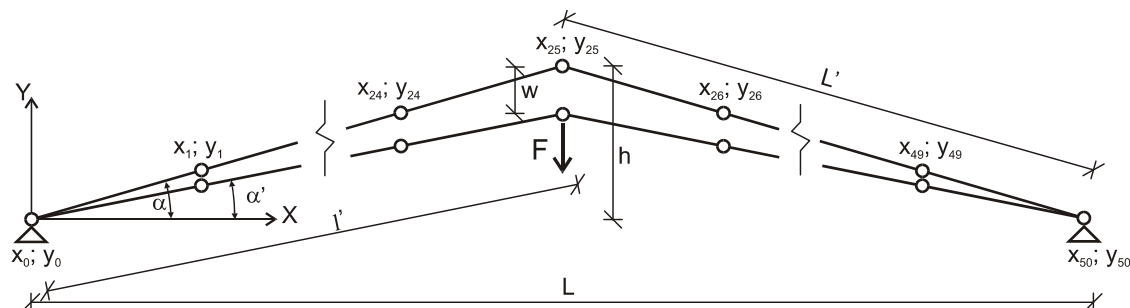
Potential energy, von Mises planar truss, computer algorithm, discrete model, normal solution, bending solution, initial geometric imperfection

1 Úvod

Von Misesův nosník je staticky určitá rovinná úloha. Budeme-li konstrukci tohoto rovinného nosníku zatěžovat tak, že vnutíme vrcholovému kloubu svislý posun, budou nám výstupem jednotlivé tvary vybočení vzpěradla [1]. Pro reálnou konstrukci nastane jenom jeden správný způsob deformace, ale výpočetní programy nemusí být schopny tyto tvary rozlišit. Tento článek popisuje algoritmus, který simuluje zatěžování vrcholového kloubu vzpěradla deformací – posunem, vypočítává velikost síly, která v místě vrcholového kloubu působí a vykresluje tvary vybočení vzpěradla při jednotlivých deformačních krocích. Program počítá i s vlivem geometrických imperfekcí tak, jak to může ve stavební praxi nastat.

¹Martin Kalina, Ing. Adresa: Vysoké Učení Technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veverí 331/95, 602 00, Brno, email: kalina.m1@fce.vutbr.cz

2 Stručný popis výpočetního algoritmu



Obr. 1: Výpočetní model von Misesova nosníku

Vytvořený model zatížíme ve vrcholovém kloubu svislým posunem w . Tento posun bude narůstat o každý iterační krok k . V počátečním kroku je hodnota $w=0$. Prvnímu uzlu (nikoliv nultému) vnutíme malou deformaci d ($d=1e-06$ m), ostatní uzly zahrnujeme do výpočtu bez deformace. Malou deformaci d přičítáme (horní index U) a odčítáme (horní index L) od souřadnice počítaného uzlu. Pro takto upravené modely můžeme spočítat jejich potenciální energie pro příslušné souřadnice upravené o malou deformaci d (1)

$$Ep_x^U = \frac{1}{2} \cdot \left(K_u \cdot \sum (u_x^U)^2 + K_\varphi \cdot \sum (\varphi_x^U)^2 \right), Ep_y^U = \frac{1}{2} \cdot \left(K_u \cdot \sum (u_y^U)^2 + K_\varphi \cdot \sum (\varphi_y^U)^2 \right) \quad (1)$$

$$Ep_x^L = \frac{1}{2} \cdot \left(K_u \cdot \sum (u_x^L)^2 + K_\varphi \cdot \sum (\varphi_x^L)^2 \right), Ep_y^L = \frac{1}{2} \cdot \left(K_u \cdot \sum (u_y^L)^2 + K_\varphi \cdot \sum (\varphi_y^L)^2 \right)$$

Pro nalezení extrémů těchto potenciálních energií bylo použito Newtonovy iterační metody (2).

$$J(x_i^k) \cdot v(x_i^k) = -f(x_i^k), J(y_i^k) \cdot v(y_i^k) = -f(y_i^k) \quad (2)$$

Za předpokladu že je matice $J(x_i^k), J(y_i^k)$ regulární, získává vektor neznámých posunutí $v(x_i^k), v(y_i^k)$ právě jedno řešení. Výsledné hodnoty můžeme obdržet například metodou Gaussovy eliminace a určit tak nové polohy jednotlivých uzlů modelu. Takto se vypočítají nové souřadnice pro přemístění uzlů, model se zatíží o přírůstek w a v dalším iteračním kroku k se pokračuje ve výpočtu. Výstupem je diagram závislosti síly na svislém posunutí vrcholového kloubu a tvary vybočení vzpěradla při jednotlivých iteračních krocích. Tento postup byl publikován v [2].

Poděkování

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

Literatura

- [1] FRANTÍK, P. Rozbor existence řešení dokonalého symetrického vzpěradla. Vydání. VŠB-TU Ostrava, 2004. *Mezinárodní konference Modelování v mechanice 2004*. ISBN 80-248-0546-4.
- [2] KALINA, M. Static task of von Mises planar truss analyzed using potential energy. In: SIMOS, E. *Proc. of Int. Conf Numerical Analysis and applied Mathematics-2013*. Melville, NY, 2013. AIP Conference proceedings 1558, pp. 2107-2110, American institute of Physics, vol. 1558. ISBN 978-0-7354-1185-2.

PRIEBEH TEPLÔT V BETÓNOVOM PRIEREZE ZA POŽIARU

TEMPERATURE DISTRIBUTIONS OF FIRE EXPOSED IN CONCRETE CROSS-SECTION

Maroš Klabník¹, Soňa Leitnerová²

Abstrakt

Príspevok sa venuje problematike priebehu teplôt v nechránenom betónovom priereze rozmeru 300 x 160mm za požiaru. Teploty boli stanovené tromi rôznymi prístupmi, a to pomocou teplotných profilov z eurokódu, nelineárnou teplotnou analýzou v programe ANSYS a výsledkami z praktického experimentu.

Kľúčové slová

požiar, betónový prierez, teplotné profily, prestup tepla, normová teplotná krivka, eurokód, nelineárna teplotná analýza

Abstract

The paper investigates temperature distributions of unprotected concrete cross-section (300 x 160 mm) during fire. Temperatures were determined by three different approaches - by using temperature profiles of the euro-code, by nonlinear thermal analysis in ANSYS and the end by results of practical experiment.

Keywords

fire, concrete cross-section, temperature profiles, temperature distributions, standard fire curve, euro-code, nonlinear transient analysis

1 Úvod

Z pohľadu eurokódov možno požiaru bezpečnosť vyšetovať viacerými možnými spôsobmi. K dispozícii sú návrhové postupy overujúce odolnosť pomocou tabuľkových hodnôt, zjednodušenými výpočtovými modelmi prvkov, komplexnými modelmi celých konštrukcií. Ďalšou z možností je overenie požiarnej odolnosti pomocou experimentov. Cieľ tohto článku je overenie správnosti modelovania požiarov v MKP na základe porovnania teplôt v betónovom priereze rozmerov 300 x 160 získaných pomocou teplotných profilov podľa EN1992-1-2, numerickej simulácie v programe ANSYS a požiarnej skúšky v požiarom laboratóriu [1][2].

2 Teplotné profily podľa EN 1992-1-2

Teplotné profily a tabuľkové hodnoty vychádzajú z hodnôt dolnej medze tepelnej vodivosti a merného tepla pre betón s vlhkosťou 1,5%. Profily sú konzervatívne pre vlhkosť väčšiu ako 1,5%. Súčiniteľ vedenia tepla je 25 W/m²k a emisivita betónového povrchu je uvažovaná s hodnotou 0,7 [2].

¹ Maroš Klabník Ing., Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, xklabník@stuba.sk

² Soňa Leitnerová Ing., Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra konštrukcií pozemných stavieb, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, sona.leitnerova@stuba.sk

3 Simulácia priebehu teplôt betónového prierezu v ANSYSe

V modely pre nelineárnu časovo závislú teplotnú analýzu bol pre betón využitý dvojrozmerný prvok PLANE55. Ide o štvoruholový prvok s jedným stupňom voľnosti v každom uzle -teplotou. Prvok je možné použiť pre stacionárne i nestacionárne teplotné úlohy. Modelovaný betónový prierez má veľkosť 300 x 160 mm a pozostáva z 480 elementov.

4 Záver

Najkonzervatívnejší priebeh teplôt v betónovom priereze je stanovený na základe eurokódu. Rozdiel medzi priebehom teplôt stanovenom v ANSYSe a prostredníctvom experimentu je v prvých etapách požiaru cca do 30 °C a to je z hľadiska statického pôsobenia a následnej degradácie pevnostných vlastností jednotlivých materiálov zanedbateľná hodnota.

| ČAS [min] | EC – TEP. PROF. | | ANSYS | | EXPERIMENT | |
|-----------|-----------------|---------|---------|---------|------------|----------|
| | 20/20 mm | 40/40mm | 20/20mm | 40/40mm | 25/25mm | 55/55 mm |
| 30 | 550 | 270 | 547 | 266 | 516 | 117 |
| 60 | 760 | 500 | 739 | 513 | 725 | 302 |

Tab. 1: Zhodnotenie výsledkov

Aj napriek rozdielom v teplotách, možno konštatovať, že modelovanie prestupu tepla v MKP pri vyššie zadaných okrajových podmienkach je na strane bezpečnosti a spoľahlivo, s takto získanými hodnotami, môžeme vstupovať do štrukturálnych analýz.

Pod'akovanie.

Tento článok bol vypracovaný za podpory grantovej agentúry VEGA, číslo projektu 1/1039/12.

Literatúra

- [1] CHLADNÁ M.: *Požiarne odolnosť spriahnutých ocel'obetónových stropných konštrukcií*, Vydavateľstvo STU, Bratislava, 2006, ISBN 978-80-227-2617-7
- [2] STN EN 1992-1-2 :. *Eurokód 2:Navrhovanie betónových konštrukcií Časť 1-2 :Navrhovanie konštrukcií na účinky požiaru*, Vydavateľstvo: Slovenský ústav technickej normalizácie, Bratislava, 2007
- [3] BENČA Š.: *Výpočtové postupy MKP pri riešení lineárnych úloh mechaniky*, Vydavateľstvo STU, Bratislava, 2006 , ISBN 80-227-2404-1
- [4] STN P ENV 13381 - 3 :. *Skúšobné metódy na zisťovanie zvýšenia požiarnej odolnosti konštrukčných prvkov. Časť 3: Ochrana aplikovaná na betónové prvky*, Vydavateľstvo: Slovenský ústav technickej normalizácie, Bratislava, 2007
- [5] LAUSOVÁ L. a MATEČKOVÁ P.: *Zkoušení staticky neurčité rámové konstrukce za požáru. Modelování v mechanice – Sborník rozšířených abstraktů*. VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky. ISBN 978-80-248-2694-3

ZPŮSOBY ZESILOVÁNÍ SVORNÍKOVÝCH SPOJŮ KULATINY

REINFORCEMENT METHODS OF ROUND TIMBER BOLTED JOINTS

Kristýna Klajmonová¹, Antonín Lokaj²

Abstrakt

V příspěvku jsou prezentovány výsledky statických testů svorníkových spojů dřevěné kulatiny s vloženými ocelovými styčnickovými plechy v tahu rovnoběžně s vlákny. Statické testy byly prováděny v lisu EU100 v laboratoři FAST VŠB-TU Ostrava. Na základě testů nezesílených vzorků bylo navrženo a otestováno několik způsobů zesílení dřevěného prvku. Výsledky testů byly statisticky vyhodnoceny, doplněny o grafické záznamy deformační odezvy spoje na zatížení.

Klíčová slova

Svorníkový spoj, dřevěná kulatina, zesílení, únosnost v tahu.

Abstract

In this article the results of round timber bolted joints with inserted steel plates tests are presented. First, unreinforced round timber specimens were tested. Reinforcement design of round timber samples was based on unreinforced samples test results. Tests were carried out on EU100 pressure machine in Faculty of Civil Engineering of VŠB-TUO Ostrava. Test results were statistically analyzed, supplemented by graphic records strain response of the joint load.

Keywords

Bolted joint, round timber, reinforcement, carrying capacity.

1 Úvod

Dřevo, materiály na bázi dřeva a jeho kompozitní materiály jsou ve stavebnictví ceněny pro své výhodné konstrukční vlastnosti, jako je pevnost, nízká hmotnost, snadná opracovatelnost a dobré izolační vlastnosti. Velkou výhodou je skutečnost, že dřevo patří mezi obnovitelné zdroje. Dřevostavby se v posledních letech rozvíjejí se stále větší intenzitou. V současných evropských normách pro navrhování dřevěných konstrukcí [1] je řešena problematika spojů typu dřevo-dřevo, resp. ocel-dřevo pomocí svorníků, ale dřevem se myslí výhradně hraněné řezivo.

2 Metody testování

Testování probíhalo v lisu EU100, kdy tahová síla postupně narůstala. K destrukci všech testovaných vzorků došlo v časovém rozmezí 300 ± 120 s, což odpovídá časovému

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

² doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D., Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 302, e-mail: antonin.lokaj@vsb.cz.

rozmezí laboratorních zkoušek krátkodobé pevnosti. K porušení nezesílených spojů došlo rozštípnutím kulatiny v oblasti spojovacího prostředku v důsledku překročení pevnosti dřeva v tahu kolmo k vláknům [2]. Ani v jednom případě nedošlo ke zlomení svorníku. Zesílené vzorky byly testovány za stejných podmínek.

3 Návrh zesílení

Na základě výsledků zkoušek nezesílených vzorků, zejména způsobu porušení dřevěného prvku v okolí svorníku bylo navrženo zesílení dřevěného prvku. Prostředek zesílení je navržen jako prvek působící ve dřevě v okolí svorníku ve směru kolmo k vláknům prvku a způsobující zpevnění a sevření dřeva a tedy zvýšení odolnosti proti vzniku trhliny a rozštípnutí. Dřevo v tahu vykazuje malou plasticitu a porušuje se křehkým lomem. V případě porušení nezesílených spojů docházelo k rozštípnutí dřeva pod svorníkem velmi brzy a rychle po iniciaci první trhliny, při které je překročena pevnost dřeva v tahu kolmo k vláknům a dojde k porušení příčných vazeb mezi vlákny.



Obr. 1: Způsoby zesílení dřevěného prvku: speciální podložka, perforovaný plech, jeden vrut/samovrtný vrut, dva vruty, pásek (zleva)

4 Závěr

Výsledky statických testů nezesílených i zesílených svorníkových spojů kulatiny s vloženými styčnickovými plechy v tahu rovnoběžně s vlákny naznačily poměrně značný přínos zesílení spoje v oblasti namáhání dřeva v tahu kolmo k vláknům pro únosnost a zejména bezpečnost spoje, kdy nedochází k tak náhlému kolapsu spoje.

Poděkování

Příspěvek byl realizován z prostředků koncepčního rozvoje vědy, výzkumu a inovací pro rok 2015 přidělených VŠB-TU Ostrava Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

Literatura

- [1] ČSN EN 1995-1-1, *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí- Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*, ČNI, Praha, 2006.
- [2] LOKAJ, A., KLAJMONOVÁ, K., Round Timber Bolted Joints Exposed to Static and Dynamic Loading. In *WOOD RESEARCH*, Slovenský drevársky výskumný ústav, Bratislava, 2014, vol. 59, pp. 439-448, ISSN 1336-4561.

NUMERICKÉ SIMULACE BIAXIÁLNÍHO OHYBOVÉHO TESTU NA KŘÍŽOVÉM TĚLESE Z KVAZIKŘEHKÉHO MATERIÁLU

NUMERICAL SIMULATIONS OF BIAXIAL BENDING TEST ON
CRUCIFORM SPECIMEN MADE OF QUASI-BRITTLE MATERIAL

Jiří Klon¹, Jakub Sobek² a Václav Veselý³

Abstrakt

Příspěvek je zaměřen na numerickou studii vlivu některých vstupních parametrů materiálového modelu na průběh testu ve zkušební konfiguraci biaxiálního ohybu křížového tělesa z kvazikřehkého materiálu. Jde konkrétně o tzv. Gilsocarbon grafit používaný jako moderátor jaderné reakce v reaktorech jaderných elektráren ve Velké Británii.

Klíčová slova

Biaxiální ohyb, křížové zkušební těleso, kvazikřehký lom, numerická simulace, model kohezivní trhliny.

Abstract

The paper is focused on numerical study of the influence of some input parameters of material model on the progress of a test in configuration of biaxial bending of cruciform specimen made of quasi-brittle material. In particular, the tested material is Gilsocarbon graphite that is used as a moderator of nuclear reaction in gas-cooled nuclear reactors in UK.

Keywords

Biaxial bending, cruciform test specimen, quasi-brittle fracture, numerical simulation, cohesive crack model.

Úvod

Univerzální použitelnost kvazikřehkých materiálů (např. cementových kompozitů jako je beton, různých druhů keramiky, aj.) v různých prvcích stavebních konstrukcí z nich dělá kandidáty vhodné pro detailní analýzu a optimalizaci (množství/cena/kvalita apod.). Jejich porušení souvisí s rozvojem trhlin. Důležitost respektování prostorového zatížení při studiu porušování kvazikřehkých materiálů je trendem posledních let světového výzkumu. Důvodem je totiž existence vhodných zkušebních zařízení a výpočtových nástrojů, umožňujících podrobnou analýzu z hlediska vyhodnocování a predikce porušení. Různé stupně náhledu na bezpečnost a funkčnost, potažmo budoucnost,

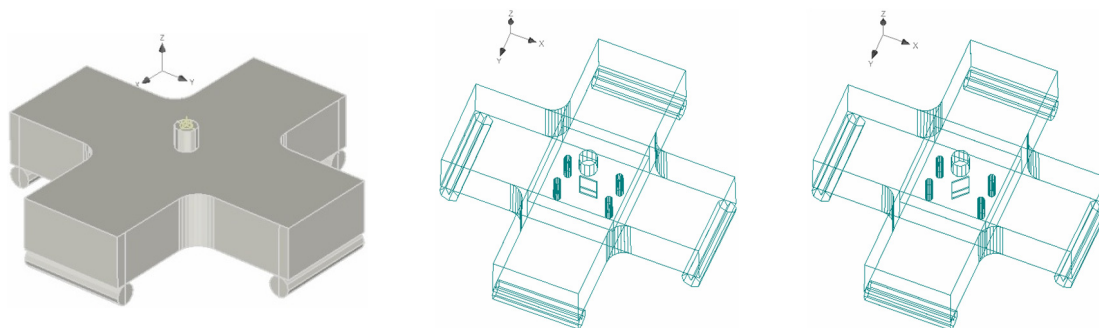
¹ Bc. Jiří Klon, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, e-mail: KlonJ@study.fce.vutbr.cz

² Ing. Jakub Sobek, 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

³ Ing. Václav Veselý, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, tel.: (+420) 541 147 362, e-mail: vesely.v1@fce.vutbr.cz

pokročilých jaderných elektráren (jaderná energie je neodmyslitelně součástí dnešní energetické situace a jistě jí v blízké budoucnosti nadále zůstane) nového typu jsou předmětem výzkumu týmů vědeckých pracovníků na území Spojeného království Velké Británie a Severního Irska (dále jen VB). Ty se, mimo jiné, zaměřují na pro nás zajímavý výzkum degradace tzv. Gilsocarbon grafitu, což je kvazikřehký materiál užívaný v reaktorech již zmíněných pokročilých jaderných elektráren, označovaných zkratkou AGRs (Advanced Gas-cooled nuclear Reactors, ve VB je jich čtrnáct). Odlišnost oproti běžným jaderným reaktorům spočívá v chladicím médiu, které odvádí teplo jaderné reakce. Gilsocarbon grafit (ve formě bloků pro obložení válců) zde plní funkci moderátoru jaderné reakce (látka sloužící ke zpomalení neutronů) a je vystaven množství okolních vlivů (velká teplota a tlak; radiolitická oxidace; apod.), které mají nezanedbatelný impakt na rozložení napětí po celé struktuře grafitových bloků a následné degradaci/porušení. Vědci z anglické University of Bristol a Oxford v minulém roce uveřejnili článek zabývající se biaxiální zkouškou Gilsocarbon grafitu [1] novátorským způsobem. Vyhodnocení zkoušky bohužel postrádá lomový přístup.

Příspěvek se zaměřuje na pilotní studii ohybového testu na křížovém tělese za pomoci výpočetního nástroje na bázi kohezivní trhliny, umožňujícímu simulaci prostorového lomového chování konstrukcí (či prvků). Ve studii jsou v úvahu brány různé aspekty modelu i vlastní zkoušky: vstupní materiálové charakteristiky dostupné z literatury i referenčních testů; možnosti snímání odezvy konstrukce na její zatížení; vliv otvorů po upevňovacích šroubech pro snímání otevření trhliny apod. Numerický model umožní odhadnout správná místa pro tenzometrická měření a provést tak následnou lomovou analýzu. Pokusy se snímáním akustické emise (AE) na anglickém pracovišti během experimentů by mohly, díky lokalizaci poškození, přinést významné srovnání s výpočtovým modelem a lokalizace by tak mohla být výrazně upřesněna – včetně vlivu okrajových podmínek, kterými je řízen biaxiální stav napětí zkušebního tělesa. Podobně jako je tomu uvnitř reaktoru při jaderné reakci.



Numerický model křížového tělesa pro biaxiální ohybový test

Poděkování

Výzkum byl realizován za finanční podpory VUT v Brně (projekt juniorského specifického vysokoškolského výzkumu FAST-J-15-2727).

Literatura

- [1] LIU, D., M. MOSTAFAVI, P.E.J. FLEWITT, T.J. MARROW a D. SMITH. Fracture characterisation of reactor core graphite under biaxial loading. *Key Engineering Materials*. 2014, č. 577–578, s. 485–488.

DIFUZNÍ SOUČINTEL PRO PRONIKÁNÍ CHLORIDŮ V BETONU - VYHODNOCENÍ A VYUŽITÍ

CHLORIDE ION DIFFUSION COEFFICIENT
OF CONCRETE - EVALUATION AND APPLICATION

Petr Konečný¹, Petr Lehner², Martina Turicová³

Abstrakt

Příspěvek porovnává výpočet difuzního součinitele na bázi analýzy chloridového profilu a elektrické resistivity. Pro popis difuzního součinitele v čase je využit koeficient zrání betonu.

Klíčová slova

Beton, difuzní součinitel, chloridy, modelování, trvanlivost.

Abstract

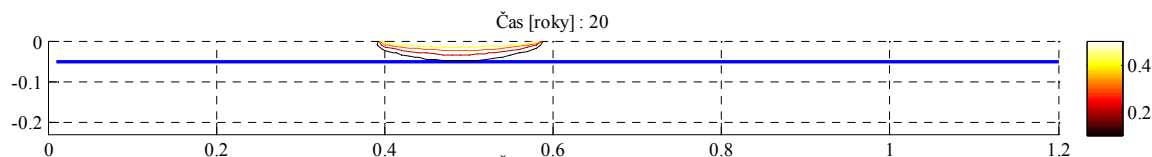
The paper is aimed at the comparison of diffusion coefficient based on the chloride profiling and electrical resistivity measurements. The concrete maturity coefficient is used for the time dependent behaviour description of concrete.

Keywords

Concrete, diffusion coefficient, chlorides, modelling, durability.

1 Úvod

Schopnost betonů odolávat pronikání agresivních látek včetně chloridů lze popsat rozličnými způsoby. Jedna z možností je použití difuzního součinitele chloridů D_c . Difuzní součinitel je parametr popisující penetraci chloridů s ohledem na 2. Fickovův zákon difuze. Znalost difuzního součinitele umožňuje popsat pronikání chloridů betonem k ocelové výztuži, a následně za pomoci numerického modelování provádět odhady trvanlivosti betonové konstrukce. Je tedy žádoucí tento parametr betonu získat, a to jak dostatečně přesně, tak efektivně. Ilustrační výstup izolinií koncentrace chloridů v mostovce získaný modelem na bázi konečných prvků [3] uvádí obr. 1.



Obr. 1: Ilustrační grafický výstup koncentrace chloridů v betonové mostovce.

¹ Ing. Petr Konečný, Ph.D., VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděšť 1875, CZ70833, Ostrava, petr.konecny@vsb.cz

² Ing. Petr Lehner, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděšť 1875, CZ70833, Ostrava, petr.lehner@vsb.cz

³ Ing. Martina Turicová, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Laboratoř stavebních hmot, L. Poděšť 1875, CZ70833, Ostrava, martina.turicova@vsb.cz

Příspěvek porovnává výpočet difuzního součinitele na bázi analýzy chloridového profilu [1] a elektrické resistivity [2], přičemž je zohledněn vliv zrání betonu [4].

2 Výsledky

Difuzní součinitel vybrané vysokohodnotné betonové směsi, včetně jeho průběhu v čase uvádí v porovnání s referenčním betonem tab.1.

| | | | | | | |
|-----------------|--|-------|--|------|------|------|
| t [dny] | 28 | | 356 | 1780 | 3560 | 7120 |
| t [roky] | 0.08 | | 1 | 5 | 10 | 20 |
| | $D_{c,ref}$ [10^{-12} ms^{-2}] | m [-] | $D_{c(t)}$ [$10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$] | | | |
| FN | 8.80 | 0.39 | 3.28 | 1.76 | 1.34 | 1.03 |
| C30/37 | 10.58 | 0.28 | 5.19 | 3.31 | 2.72 | 2.24 |

Tab. 1: Vliv zrání na časový průběh difuzního součinitele z analýzy chloridového profilu - porovnání vzorků z vysokohodnotného betonu označeného jako FN a běžného betonu C30/37.

3 Souhrn a závěr

Článek se zabývá problematikou určení materiálových vlastností popisujících pronikání chloridů betonem v čase, které jsou aplikovatelné při numerické analýze iniciace a propagace koroze vyvolané chloridy u železobetonu.

Jsou popsány postupy pro výpočet difuzního součinitele na základě analýzy chloridového profilu a měření povrchové elektrické resistivity. Za pomoci koeficientu stárnutí získaného z měření resistivity je difuzní součinitel přepočten na 28 denní stáří betonu. Jsou porovnány výsledky difuzního součinitele vypočteného z elektrické resistivity a analýzou chloridového profilu. Výsledné parametry propustnosti betonu vůči chloridům získané za pomoci elektrické resistivity mají nižší hodnotu než u výsledků z chloridových profilů, což v numerickém modelu povede k odhadu delší životnosti.

Poděkování

Tento projekt vznikl za podpory International Visegrad Fund. Registrační číslo projektu je 11440031.

Literatura

- [1] AASHTO T259-02. *Standard Method of Test for Resistance of Concrete to Chloride Ion Penetration*. Washington, DC: American Association of State and Highway Transportation Officials, 2002.
- [2] AASHTO TP95-11. *Standard Method of Test for Surface Resistivity Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration*. Washington, DC: American Association of State and Highway Transportation Officials, 2011.
- [3] LEHNER, P., P. KONEČNÝ, P. GHOSH, Q. TRAN, Numerical Analysis of Chloride Diffusion Considering Time-dependent Diffusion Coefficient. *International Journal of Mathematics and Computers in Simulation*. 2014, vol. 8, issue 1, s. 103-106, ISSN: 1998-0159.
- [4] TANG, L., L.O. NILSSON. Rapid Determination of the Chloride Diffusivity in Concrete by Applying an Electrical Field. *ACI Materials Journal*. 1992, vol. 89, issue 1, s. 40-53.

SIZING OPTIMIZATION OF SANDWICH PANELS

Eva Kormaníková¹

Abstract

The paper is aimed on sandwich optimization subjected to maximum displacement criterion. The optimization problem is based on the use of continuous design variables. The thicknesses of layers with the known orientation are used as design variables. The optimization problem with displacement constraints is formulated to minimize the sandwich weight. The design of the final thickness have be rounded off to integer multiples of the commercially available layer thickness.

Keywords

Optimization, sandwich panel, maximum displacement criterion, thickness design variable, weight objective function.

1 Introduction

The optimization of a composite plate is important analysis for design of structures ranging from aircrafts to civil engineering structures.

The design optimization problem of current interest is the minimization of the weight function for a sandwich composite plate. This is a design optimization problem which optimizes the thickness of the sandwich layers to give the minimum weight. Of greater interest to current study are the works on the design optimization of composite sandwich plates where the thickness of outer layers and the core are taken as the design variables.

2 Solution of sandwich plate

For the numerical solution the simply supported panel with laminate facings was used. Panel length is $L = 3750$ mm, nominal width is $B = 1000$ mm. Thickness of the facings is $h_1 = h_3$ and core is h_2 . On the panel affects uniform static wind load with intensity of 2 kPa in the bending plane. The laminate Carbon/epoxy facings are composed of eight identical thickness layers of a symmetric laminate $[0/\pm 45/90]_s$.

It was considered the carbon fibres in epoxy matrix, while unidirectional laminate layer has characteristics:

$E_f = 230$ GPa; $E_m = 3$ GPa; $\nu_f = 0.2$; $\nu_m = 0.3$; $V_f = 0.6$; $\rho_k = 1580$ kg/m³.

Sandwich core, consisting of polystyrene, has material constants: $E_P = 16$ MPa; $\nu_P = 0.3$; $\rho_P = 150$ kg/m³.

Laminate properties were determined by homogenization techniques. Computational program MATLAB was used to calculate the effective material properties of laminate facings. Numerical solutions were conducted through the COSMOS/M program. STAR module for solving linear static was used for calculations. There were used finite

¹ Doc. Ing. Eva Kormaníková, PhD., The Technical University of Kosice, Faculty of Civil Engineering, Department of Structural Mechanics, Institute of Structural Engineering, Vysokoskolska 4, 042 00 Kosice, Slovak Republic (e-mail: eva.kormanikova@tuke.sk).

elements of the type SHELL4L. These are the 4-node multi-layer quadrilateral elements with membrane and bending response and can be enter up to fifty layers.

Two design optimization problems can be written as follows:

Optimization problem 1:

$$F(\mathbf{X}) = G(h_1) \rightarrow \min \quad [\text{N}]$$

$$1 \cdot 10^{-4} \leq h_1 \leq 0.01$$

$$h_2 = 0.1 \quad [\text{m}]$$

$$0 \leq w \leq 0.0375 \quad [\text{m}]$$

Optimization problem 2:

$$F(\mathbf{X}) = G(h_2) \rightarrow \min \quad [\text{N}]$$

$$1 \cdot 10^{-2} \leq h_2 \leq 0.2$$

$$h_1 = 0.001 \quad [\text{m}]$$

$$0 \leq w \leq 0.0375 \quad [\text{m}]$$

| Optimization parameters | | Initial values | Final values | Tolerance τ |
|-------------------------|-----------|----------------|-----------------------|----------------------|
| Design variable | h_1 [m] | 0.001 | $5.683 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-5}$ |
| Objective function | G [N] | 573.75 | 568.983 | $1 \cdot 10^{-3}$ |
| Constraint | w [m] | 0.02378 | 0.0375 | $3.75 \cdot 10^{-4}$ |

Tab. 1: Summary of results of the optimization problem 1

| Optimization parameters | | Initial values | Final values | Tolerance τ |
|-------------------------|-----------|----------------|-----------------------|----------------------|
| Design variable | h_2 [m] | 0.1 | $7.755 \cdot 10^{-2}$ | $1 \cdot 10^{-5}$ |
| Objective function | G [N] | 573.75 | 447.445 | $1 \cdot 10^{-3}$ |
| Constraint | w [m] | 0.02378 | 0.0375 | $3.75 \cdot 10^{-4}$ |

Tab. 2: Summary of results of the optimization problem 2

3 Discussion and conclusion

The first order shear laminate theory was used by the FEM analysis of the problem. The problem was formulated as a minimum weight of simply supported rectangular sandwich plate subject to deflection constraint in the middle of the plate. Design variable were thicknesses h_1 and h_2 of sandwich layers. The optimal problem was solved using SLP and MFD method with maximum 70 iterations in each own optimization loop. Initial and final values of optimization process 1 and 2 are shown in the Tables 1 and 2, respectively. The better result is obtained from optimization process 1, the thickness of polystyrene is 0.1 m (be up to standard for thermal insulation) and the thickness of outer layers is 0.0006 m. There was not taken into account a hygrothermal effect.

Acknowledgment

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.

References

- [1] GÜRDAL, Z., HAFTKA, R.T. and HAJELA, P. *Design and Optimization of Laminated Composite Materials*, J. Wiley & Sons, 1999.
- [2] BARBERO, E. J. *Finite element analysis of composite materials*, CRC Press, USA, ISBN-13: 978-1-4200-5433-0, 2007.
- [3] KORMANIKOVA, E. and MAMUZIC, I. Optimization of laminates subjected to failure criterion, *Metalurgija*, vol. 50 (1), pp. 41-44, 2011.

INFLUENCE OF SLENDERNESS RATIO ON RESPONSE OF FLUID FILLING

VPLYV PARAMETRA ŠTÍHLOSTI NA ODOZVU KVAPALINOVEJ NÁPLNE

Kamila Kotrasová¹

Abstract

Liquid-containing tanks are used to store variety of liquids. This paper provides theoretic background for specification of impulsive and convective action of fluid in liquid storage rectangular container. Numerical model of tank seismic response - the endlessly long shipping channel was obtained by using of Finite Element Method (FEM) in software ADINA. It was considered the horizontal ground motion of the earthquake in Loma Prieta.

Keywords

Tank, fluid, earthquake.

1 Introduction

Liquid-containing rectangular tanks are used to store variety of liquids, e.g. water for drinking and fire fighting, petroleum, oil, liquefied natural gas, chemical fluids, and wastes of different forms. The seismic analysis and design of liquid storage tanks is, due to the high complexity of the problem, in fact, really complicated task. Number of particular problems should be taken into account, for example: dynamic interaction between contained fluid and tank, sloshing motion of the contained fluid; and dynamic interaction between tank and sub-soil. In particular, the analysis of problems that involve fluid flows interacting with solids or structures is increasingly needed in diverse applications including ground-supported tanks used to store a variety of liquids. The knowledge of pressures acting onto walls and the bottom of containers, pressures in solid of tanks, liquid surface sloshing process and maximal height of liquid's wave during an earthquake plays essential role in reliable and durable design of earthquake resistance structure/facility - tanks.

2 Mechanical model

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 as shown in Fig. 1. For practical applications, only the first convective modes of vibration need to be considered in the analysis, mechanical model. The impulsive mass of liquid m_i is rigidly attached to tank wall at height h_i . Similarly convective mass m_{cn} is attached to the tank wall at height

¹ In g. 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, kamila.kotrasova@tuke.sk. e-mail: kamila.kotrasova@tuke.sk

h_{cn} by a spring of stiffness k_{cn} . The mass, height and natural period of each SDOF system are obtained by the methods described in [5].

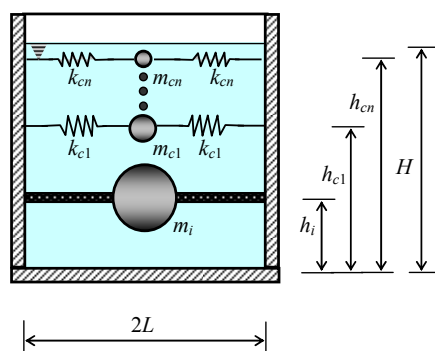


Fig. 1 liquid-filled tank modeled by generalized single degree of freedom systems

3 Numeric example

In this study, the ground supported cylindrical rigid tank. The geometrical characteristics of fluid filling are $R = 1$ m, $H = 2$ m and tank slenderness $\gamma = 1$. The material characteristics of fluid filling (H₂O) are: bulk modulus $B = 2.1 \cdot 10^9$ N/m², density $\rho_w = 1\,000$ kg/m³. As the excitation input we consider horizontal earthquake load given by the accelerogram of the earthquake in Loma Prieta, California (18.10.1989). In the analysis we use just the accelerogram for the seismic excitation in y - direction.

Dynamic time-history response of liquid storage tanks was performed by application of Finite Element Method (FEM) utilizing software ADINA. The fluid inside the shipping channel was modeled by using 3D FLUID finite elements. As the excitation input was considered the load of input time dependent horizontal displacement measured during the earthquake Loma Prieta in California.

| γ | $2R$ [m] | The peak hydrodynamic pressures [kPa] (time) | The peak hydrodynamic vertical displacements [s] (time) |
|----------|----------|--|---|
| 0.3 | 13.333 | 23.933 (21.36 s) | 4.262 (21.36 s) |
| 0.5 | 8 | 23.647 (21.36 s) | 2.478 (21.56 s) |
| 1 | 4 | 22.946 (21.36 s) | 3.436 (21.12 s) |
| 2 | 2 | 21.670 (21.36 s) | 3.234 (21.04 s) |
| 3 | 1.333 | 21.000 (21.36 s) | 4.216 (21.32 s) |

Tab. 1 Comparison of the peak hydrodynamic pressures and the peak hydrodynamic vertical displacements [s] for different slenderness

4 Conclusion

The ground supported cylindrical tank was excited by ground motion of Loma Prieta in California. Basic responses of the interest were: pressure in the fluid, displacement of the free fluid surface. The peak hydrodynamic pressures and the peak vertical displacements of fluid surface were shown in Tab. 1.

PROBABILISTIC NONLINEAR ANALYSIS OF THE NPP HERMETIC COVER FAILURE DUE TO EXTREME PRESSURE AND TEMPERATURE

PRAVDEPODOBNOŠTNÁ NELINEÁRNA ANALÝZA PORUŠENIA HERMETICKEJ
OCHRANNEJ OBÁLKY REAKTORA OD EXTRÉMNEHO TLAKU A TEPLoty

Juraj Králik¹

Abstract

This paper describes the probabilistic nonlinear analysis of the reactor cover under a high 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 is presented. The model and resistance uncertainties were taken into account in the response surface method (RSM)..

Keywords

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

Abstrakt

Článok sa zaoberá pravdepodobnostnou nelineárnou analýzou ochranného krytu reaktora za pôsobenia extrémneho tlaku a teploty. Prezentuje sa scenár ťažkej havárie v JE a metodológia výpočtu pravdepodobnostnej krivky poruchového tlaku na báze prostriedkov pravdepodobnostného hodnotenia bezpečnosti PSA 2. úrovne. Neurčitosti modelu a odolnosti sú zohľadnené v aproximačnej metóde odozvy (RSM).

Kľúčové slová

Jadrová elektrárňa, kryt reaktora, 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 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. First extreme loads 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

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

case of the loss-of-coolant accident (LOCA) the steam pressure expand from the reactor 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 reactor 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 method RSM (Response surface method) were 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]. The critical technology segment of the containment is the reactor protective hood with the failure pressure $p_{u,0,05}=766,9\text{kPa}$. The mean value of pressure capacity of the reactor protective hood is $p_{u,0,50}=891,8\text{kPa}$, the 95% upper bound is $p_{u,0,95}=973,6\text{kPa}$.

Acknowledgements

The project was performed with the financial support of the Grant Agency of the Slovak Republic (VEGA 1/1039/12) and 7.R&D EU project ALLEGRO (No. 26220220198).

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.

CFD SIMULATION OF EXPERIMENTAL MEASUREMENT OF PRESSURES ON „QUARTER-CIRCULAR” OBJECT

CFD SIMULACE EXPERIMENTÁLNÍHO MĚŘENÍ TLAKŮ
NA „ČTVRTKRUHOVÉM“ OBJEKTU

Juraj Králik jr.¹, Oľga Hubová², Lenka Konečná³

Abstract

A Computer-Fluid-Dynamic (CFD) simulation of air-flow around quarter-circular object using commercial software ANSYS Fluent was used to study iteration of building to air-flow. Several, well know transient turbulence models were used and results were compared to experimental measurement of this object in Boundary Layer Wind Tunnel (BLWT) of Slovak University of Technology in Bratislava. Polyhedral mesh was used.

Keywords

ANSYS, CFD, turbulence, pressure, experiment.

1 Introduction

In this paper are CFD simulations of air-flow over an obstacle in shape of quarter-circular object is presented and compared to data from experimental measurement. Two models were created with different grid sensitivity. Polyhedral mesh type was used to create a domain with low computer demands.

Modelling of turbulence or air flow around an obstacle can be done by many commercial and non-commercial programs. For purpose of this article was used Fluent R15 which is part of ANSYS commercial package. All simulations were ran as transient. Time step size, number of time steps and maximum iteration per time step were according to convergence criteria, grid and turbulence model. Absolute convergence criteria were set for residual to 10^{-4} .

2 Experiment

Experimental measurement was carry out in Boundary Layer Wind Tunnel (BLWT) of Slovak University of Technology in Bratislava.

Examined object was quarter-circle shape that was 273 mm high and the quarter-circle radius was 80 mm with 30 mm rectangle part at the ends of quarter-circle. During this experiment were measured pressures in 16 points in three different elevations 15, 136 and 258 mm above the wind tunnel floor level. From previous measurements was found out that the most unpleasant direction of wind was when the model was rotated by

¹ Ing. Juraj Králik jr., PhD., Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Architecture, Slovak Republic, kralik@fa.stuba.sk

² Doc. Ing. Oľga Hubová, PhD., Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Civil Engineering, Slovak Republic, olga.hubova@stuba.sk

³ Ing. Lenka Konečná, PhD., Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Civil Engineering, Slovak Republic, lenka.konecna@stuba.sk

approximately 112° from its original position (when wind direction was perpendicular to the one of the rectangle face of the model), [1].

3 Results

Averaged absolute errors between experiment measurement and CFD simulations can be seen in Tab.3. Here the errors represent the percentage differences between experiment value and CFD value in each point, which have been averaged for objects windward face (points 13 to 16), leeward face (points 1 to 4) and quarter-circle face (points 5 to 12).

| Location/Model | k-ε STD1 T | k-ω SST1 | SST1 SAS | SAS2 | LES1 | LES2 |
|---------------------|------------|----------|----------|-------|-------|-------|
| Windward Face | 54,26 | 17,16 | 15,24 | 9,32 | 7,71 | 9,46 |
| Leeward Face | 20,15 | 17,89 | 34,67 | 15,91 | 38,07 | 30,19 |
| Quarter-Circle Face | 26,48 | 10,52 | 10,57 | 12,93 | 20,99 | 34,99 |
| All Points | 31,84 | 15,68 | 18,93 | 12,77 | 21,94 | 27,40 |
| Location/Model | k-ε STD2 T | k-ω SST2 | SST2 SAS | SAS1 | SAS3 | LES3 |
| Windward Face | 53,20 | 16,52 | 10,43 | 15,54 | 11,62 | 13,65 |
| Leeward Face | 21,11 | 25,53 | 19,34 | 57,50 | 26,16 | 31,86 |
| Quarter-Circle Face | 23,17 | 20,75 | 15,27 | 37,71 | 16,94 | 30,14 |
| All Points | 30,16 | 20,89 | 15,08 | 37,11 | 17,92 | 26,45 |

Tab. 3: Averaged errors [%] in pressure values

4 Conclusions

Transient CFD analysis predicted quite similar flows as obtained from experiment. Unfortunately due to high CPU requirements were simulations ran with small amount of iterations, what had influence on transient results, [2]. It can be seen on curves of graphs that the influence of turbulence was still present. Results from model M2 with dense mesh were more accurate, for the cost of more time needed for analyse. Best performed SST turbulence model with dense grid (M2), but SAS turbulence model with no perturbations using grid M1 predicted pressures with less errors. Looks like, that the spectral synthesiser, which is producing turbulent environment inside the whole domain is the reason of higher errors compared to model without it.

Acknowledgment

This contribution is the result of the research supported by Slovak Grant Agency VEGA. Registration number of the project is 1/1039/12.

References

- [1] Hubova, O., Konecna, L., Oleksakova I. *Experimental and Numerical Determination of Wind Pressure Distribution on an Object with Atypical Form.* In: Applied Mechanics and Materials, Vol. 769, pp. 185-192, 2015. ISBN: 978-3-03835-485-7.
- [2] Taraba, B., Michalec, Z., Michalcova, V., Bojko, M., Kozubkova, M. *CFD simulations of the effect of wind on the spontaneous heating of coal stockpiles.* In: Fuel, Vol. 118, 2014, pp. 107-112. DOI:10.1016/j.fuel.2013.10.064.

NONLINEAR ANALYSIS OF THE FAILURE TEMPERATURE OF NPP HERMETIC STRUCTURES

NELINEÁRNA ANALÝZA PORUCHOVEJ TEPLoty
KONŠTRUKCIÍ HERMETICKEJ ZÓNY JE

Juraj Králik¹, Juraj Králik, jr.² and Maroš Klabník³

Abstract

This paper describes the nonlinear analysis of the reinforced concrete hermetic containment under a accidental temperature. The scenario of the hard accident in NPP and the methodology of the calculation of the failure temperature using the safety assessment is presented. The experimental and project material properties are taken into account in the safety assessment.

Keywords

Nuclear Power Plant, Containment, Nonlinearity, Fragility curve, PSA, LHS, 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 a 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. The new IAEA safety documents initiate the requirements to verify the hermetic structures of NPP loaded by two combinations of the extreme actions. First extreme loads 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 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

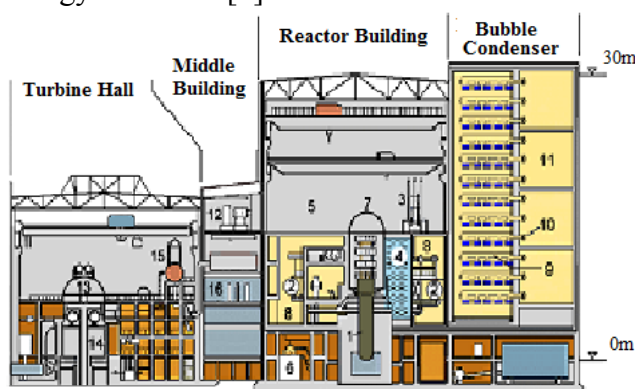


Fig.1 : Section plane of the NPP

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

² Ing.Juraj Králik,PhD, STU Bratislava, Faculty of Architecture, Institute of Constructions in Architecture and Engineering Structures, Námestie slobody 19, 812 45 Bratislava, kralik@fa.stuba.sk

³ Ing.Maroš Klabník, STU Bratislava, Faculty of Civil Engineering, Department of Structural mechanics, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, maros.klabnik@stuba.sk

[3]. Three types of the scenarios were considered. One from the critical was the accident during 1 year with the internal temperature 150°C and external temperature -30°C. The aim of the probabilistic nonlinear analysis was to determine the failure temperature.

2 Non-linear model of reinforced concrete structure

The nonlinear analysis of the loss of the containment integrity was made for the temperature from 100 to 300 °C using the nonlinear solution of the static equilibrium considering the geometric and material nonlinearities of the reinforced concrete shell layered elements. The nonlinear analysis based on Kupfer failure function and Kolmar cracking model based on CEB FIP failure energy in program CRACK considering the variable material properties. The smeared crack model, used in this work, results from the assumption, that the field of more micro cracks (not one local failure) brought to the concrete element will be created. The validity of this assumption is determined by the size of the finite element, hence its characteristic dimension $L_c = \sqrt{A}$, where A is the element area (versus integrated point area of the element).

3 Reinforced concrete under high temperature impact

On the base of the research results in domain of the concrete and steel behaviour of the reinforced concrete structures under the temperature effect the US standards, ENV standards and IAEA recommendations determine the basic material characteristics for the numerical analysis and design of the RC structural element. The Eurocode EN1992-1-2 define the stress-strain relationship for concrete and steel materials dependent on temperature for heating rates between 2 and 50K/min.

4 Conclusions

The nonlinear analysis of the reinforced concrete containment was made in FEM model with 20 681 layered shell elements SHELL181 in software ANSYS and CRACK considering the temperature material properties of CEB FIP Model Code for each shell layer. This analysis of reinforced concrete wall/plate structures showed that the hermetic zone will be resistant and safe for long-term accident temperature indoor of containment. The maximum intensity of strain in the middle plane is $\varepsilon_{\text{int.max}} = 0.00148$ of shell is and on the surface $\varepsilon_{\text{int.max}} = 0.00364$.

Acknowledgements

The project was performed with the financial support of the Grant Agency of the Slovak Republic (VEGA 1/1039/12) and 7.R&D EU project ALLEGRO (No. 26220220198).

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.

UPDATING PARTIAL FACTORS FOR ASSESSMENT OF HISTORIC REINFORCED CONCRETE BRIDGE

Jan Krejsa¹, Miroslav Sýkora²

Abstract

This paper is aimed on the reliability analysis of an existing reinforced concrete girder bridge from 1908. The load bearing capacity is assessed in accordance with valid standards using updated partial factors and the partial factors for structural design. Estimated load bearing capacities are critically compared. It appears that application of the updated partial factors increases load bearing capacity by about 15 %.

Keywords

Concrete bridge, load bearing capacity, partial factors, target reliability.

1 Introduction

More than 50 % of investments in bridge engineering are related to existing bridges due to continuous degradation, ever increasing traffic intensities and general lack of financial resources for rehabilitations. That is why effective assessment of the load bearing capacity of existing bridges is becoming a crucial issue. In regard to this the present study is aimed at the updating of partial factors for the assessment of load bearing capacity and at the comparison with results obtained by the partial factor method for structural design.

2 Assessment of existing bridges

At present existing bridges are mostly assessed by the partial factor method for new structures. It may lead to inadequate cost on maintenance, repairing or replacement of the bridge. Partial factors can be updated in order to reflect bridge-specific conditions in reliability analysis. Values of the target reliability index β recommended in ČSN EN 1990:2010 and ČSN ISO 13 822:2015 should be taken into account.

In the Czech Republic the assessment of an existing road bridge is commonly based on determining load bearing capacity V_i in accordance with ČSN 73 6222:2013. Three different types of crossing conditions are assumed:

- V_1 is determined for the crossing of a predefined two-axle vehicle with a uniform loading representing normal traffic,
- V_2 is determined for the crossing of single three-axle or, alternatively single six-axle vehicle with restricted access of other vehicles (a more unfavourable vehicle is taken into account) and
- V_3 is determined for the crossing of a nine-axle vehicle with controlled position on a bridge and prescribed speed.

¹ Ing. Jan Krejsa, CTU in Prague, Klokner Institute, Department of Structural Reliability, Solinova 7, Prague 6, 166 08, jan.krejsa@klok.cvut.cz

² Assoc. Prof. Ing. Miroslav Sykora, Ph.D., CTU in Prague, Klokner Institute, Department of Structural Reliability, Solinova 7, Prague 6, 166 08, miroslav.sykora@klok.cvut.cz

The most unfavourable transversal position of the vehicles for V_1 and V_2 and of the uniform load for V_1 is considered.

3 Assessment of load bearing capacities

The case study is aimed on a single span girder bridge built in 1908. The partial factors are updated considering actual bridge conditions and different values of β . Tab. 1 provides the load bearing capacities V_i for partial factors for bridge design and updated partial factors depended on β . It appears that V_i decreases with increasing β .

| | Load bearing capacity of the bridge [t] | | | | |
|-------|---|-------------------------|---------------|---------------|---------------|
| | Partial factors for bridge design | Updated partial factors | | | |
| | | $\beta = 2.3$ | $\beta = 3.1$ | $\beta = 3.8$ | $\beta = 4.3$ |
| V_1 | 40 | 51 | 48 | 45 | 43 |
| V_2 | 56 | 72 | 68 | 64 | 61 |
| V_3 | 106 | 136 | 128 | 121 | 115 |

Tab. 1: Load bearing capacities V_i

4 Comparison of results

Updated partial factors leads to 15 % higher values of the load bearing capacities V_i for a commonly accepted $\beta = 3.8$ (middle failure consequences). However, this may be different in case of severe conditions of a bridge. It is foreseen that the updated partial factors provides more accurate estimates of load bearing capacities than the partial factors for structural design. Comparison of load bearing capacities V_2 for the different target reliabilities β is shown in Fig. 1.

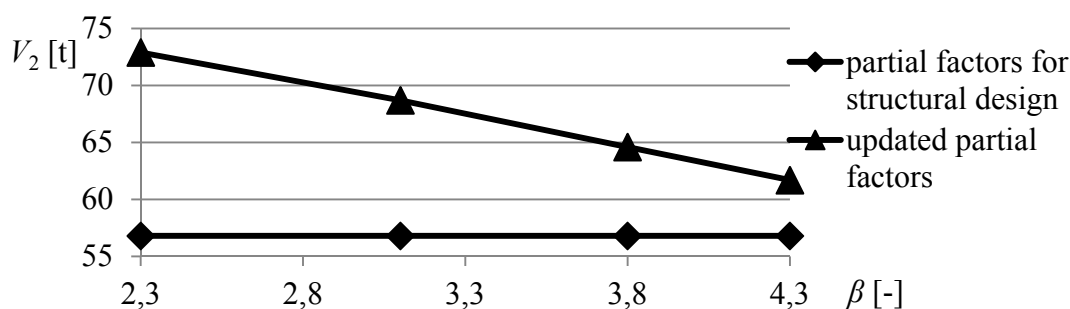


Fig. 1: Load bearing capacities V_2 for different reliability indices β

5 Conclusions

The assessment of the load bearing capacities of the historic bridge indicates that:

- Analysis using partial factors for structural design requires lower computational efforts, but it may be overly conservative,
- Updating partial factors facilitates straightforward consideration of the different target reliability indices,
- Load bearing capacities assessed by updated partial factors are about 15 % higher for the most common target reliability index 3.8.

Acknowledgement

The study is a part of the research project NAKI DF12P01OVV040 supported by the Ministry of Culture of the Czech Republic.

ANALÝZA VLIVU POSTUPNÉ VÝSTAVBY MOSTU NA STAV NAPJATOSTI V KONSTRUKČNÍCH DETAILECH

ANALYSIS OF INFLUENCE OF PROGRESSIVE BRIDGE ASSEMBLY ON THE STRESS STATE IN STRUCTURAL DETAILS

Ondřej Krňávek¹, Filip Hokeš², Pavel Hrubý³, Aleš Nevařil⁴

Abstrakt

Předmětem předkládaného článku je analýza vlivu postupné výstavby ocelobetonového spřaženého mostu na stav napjatosti v montážních svarech lamelových pásnic. Text se věnuje samotnému postupu výstavby, globální analýze mostu s ohledem na vybrané fáze výstavby a vlivu signifikantních fází stavby mostu na napjatost ve svarech lamelových pásnic. Výpočty byly provedeny za pomoci výpočetního systému ANSYS s využitím metody submodelů.

Klíčová slova

Postupná výstavba, MKP, ANSYS, ocelobetonový spřažený most, lamelová pásnice, svar, napjatost

Abstract

The subject of proposed article is to analyze the influence of steel-concrete coupled bridge assembly to stress state in site weld of lamellar flanges. Text is devoted to progressive assembly itself, global structural analysis of the bridge with respect to selected phases and to influence of significant assembly phases on stress state in welds of lamellar flanges. Analysis was performed with computational system ANSYS and with utilization of submodelling technique.

Keywords

Progressive assembly, FEM, ANSYS, steel-concrete coupled bridge, lamellar flange, weld, stress state.

1 Úvod

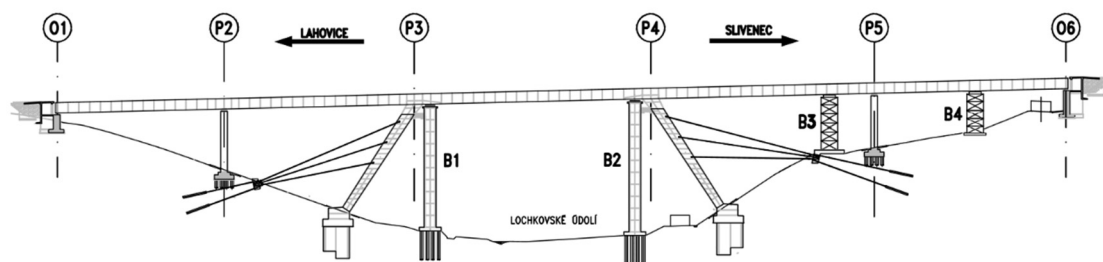
Výstavba velkých mostních konstrukcí bývá ve většině případů rozčleněna do mnoha různých fází. V tomto důsledku je třeba analýze těchto konstrukcí věnovat zvláštní pozornost, a daný postup výstavby v jejím rámci zohlednit. Zmíněný přístup přitom neplatí pouze z pohledu globální analýzy konstrukce, ale přímo váže rovněž na návrh konstrukčních detailů. V oblasti mostního stavitelství jsou typickým příkladem například ocelobetonové spřažené mosty. Předkládaný článek se věnuje analýze vlivu výstavby mostu přes Lochkovské údolí na napjatost ve svarech lamelových pásnic.

¹ Ing. Ondřej Krňávek, VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, krmavek.o@fce.vutbr.cz

² Ing. Filip Hokeš, VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, hokes.f@fce.vutbr.cz

³ Ing. Pavel Hrubý, VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, hruby.p@fce.vutbr.cz

⁴ Ing. Aleš Nevařil, Ph.D., VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, nevaril.a@fce.vutbr.cz



Obr. 1: Schéma výstavby mostu přes Lochkovské údolí [1]

2 Charakteristika úlohy a výpočtové modely

Analýza postupné výstavby mostu byla prováděna v softwarovém prostředí systému ANSYS jako statická geometricky a materiálově lineární úloha. Z důvodu snížení časové a technické náročnosti výpočtu byla přitom využita metoda submodelů. Na místě globálního modelu byl používán detailní konečně-prvkový výpočetní model mostu, původně sestavený v rámci projektové přípravy stavby, upravený pro řešení dané úlohy [2]. Pro detailní analýzu napjatosti v montážních svarech lamelových pásnic pak byly vytvořeny velmi podrobné submodely postihující zájmovou oblast a její bezprostřední okolí. Pro verifikaci získaných výsledků byly vypočtené hodnoty napětí porovnány s výsledky měření prováděných na mostě v době jeho výstavby [3].

3 Závěr

V průběhu numerických simulací chování mostu přes Lochkovské údolí byl zjištěn výrazný vliv výstavby na vznikající napjatost. Na základě těchto zjištění byla podrobně simulována významná část výstavby mostu, přičemž největší důraz byl kladen na postupnou betonáž mostovky a změny v podepření mostu v průběhu jeho montáže. Za použití metody submodelů byl následně zkoumán vliv signifikantních fází výstavby mostu na napjatost v montážních svarových spojích lamelových pásnic. V rámci analýzy získaných výsledků byla potvrzena vhodnost použité metodiky. Dále byla též zjištěna nutnost dalšího zpřesňování prováděných výpočtů, a to především zahrnutím dalších vlivů montáže na straně analýzy globálního chování mostní konstrukce.

Poděkování

Tento článek byl vypracován v rámci projektu FR-TI4/430 za finanční podpory Ministerstva průmyslu a obchodu České republiky.

Literatura

- [1] JUCHELKOVÁ, P. a J. MUSIL. Postup výstavby: Most přes Lochkovské údolí [Mimeo]. Brno: Stráský, Husty a partneři s.r.o., 2013.
- [2] NEVAŘIL, A., O. KRŇÁVEK, P. HRUBÝ a L. TOTKOVÁ. Matematická simulace namáhání svarového spoje: Modely postupu výstavby ocelobetonového mostu [Mimeo]. Brno: VUT v Brně, Fakulta stavební, 2013.
- [3] MACKERLE, Z. a S. VEJVODA. Matematická simulace namáhání svarového spoje: Změřená napětí v oblasti svarů lamelových pásnic [Mimeo]. Brno: Vítkovice ÚAM a.s., 2012

EXPERIMENTÁLNÍ ATMOSFÉRICKÉ KOROZNÍ ZKOUŠKY NA KONSTRUKCÍCH Z PATINUJÍCÍCH OCELÍ

EXPERIMENTAL ATMOSPHERIC CORROSION TESTS ON WEATHERING STEEL STRUCTURES

Vít Křivý¹, Viktor Urban², Kateřina Kreislová³, Kristýna Vavrušová⁴

Abstrakt

Článek se zabývá problematikou atmosférických korozních zkoušek na vybraných konstrukcích vyrobených z patinujících ocelí. Tento výzkumný program byl navržen jako dlouhodobý projekt zaměřující se na vývoj korozních procesů na různých konstrukčních prvcích nosných konstrukcí. V rámci experimentálního projektu jsou sledovány a měřeny korozní úbytky a průměrné tloušťky korozních produktů na vybraných částech konstrukcí z patinujících ocelí. V článku jsou rovněž uvedeny výsledky měření po prvním roce expozice. Z dosažených výsledků vyplývá významná korelační závislost mezi průměrnou hodnotou tloušťky korozních produktů a korozními úbytky a zároveň korozní úbytky patinujících ocelí jsou významně podmíněny umístěním exponované plochy v rámci konstrukce.

Klíčová slova

patinující ocel, koroze, patina, mostní konstrukce, predikční model

Abstract

This article presents the program of experimental atmospheric corrosion test of weathering steels. This program is designed as a long-term project. Attention is paid to study of corrosion processes at different structural elements of supporting structures. Measurements of corrosion losses and average thicknesses of corrosion products are carried out within this experimental program. The article presents results of corrosion tests after one year of exposure of corrosion specimens. It results from the tests that corrosion losses of weathering steels are significantly conditioned by position and location of exposed surface within the structure.

Keywords

weathering steel, corrosion, patina, bridge, prediction model

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

² Ing. Viktor Urban, VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, L. Poděšť 1875, Ostrava-Poruba, viktor.urban.st@vsb.cz

³ Ing. Kateřina Kreislová, Ph.D., SVUOM Ltd., U měšťanského pivovaru 934/4, Praha, kreislova@svuom.cz

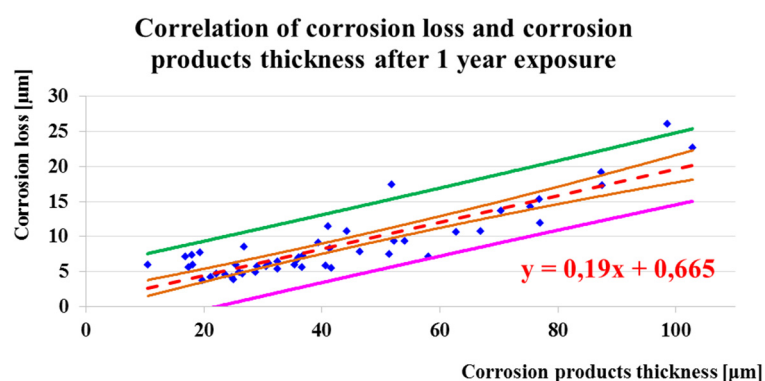
⁴ Ing. Kristýna Vavrušová, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, L. Poděšť 1875, Ostrava-Poruba, kristyna.vavrusova@vsb.cz

1 Úvod

Patinující oceli jsou speciálním druhem oceli se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi. Jedná se o nízkolegované oceli, které obsahují malé množství chromu, mědi, niklu, fosforu a dalších legujících prvků. Za vhodných atmosférických podmínek se na povrchu prvku navrženého z patinující oceli vytváří ochranná vrstva korozních produktů, tzv. patina, která významně zpomaluje rychlost koroze. Hlavní ekonomickou výhodou použití patinujících ocelí je eliminace nákladů spojených s opravami či obnovou systému protikorozi ochrany. V rámci experimentálního programu se testují vlivy různých konstrukčních parametrů na korozní rychlosti patinujících ocelí.

2 Experimentální část

Program experimentálních atmosférických korozních zkoušek byl připraven především za účelem zpřesnění predikčního modelu. Ke konci roku 2014 byly korozní vzorky instalovány na 10 konstrukcích, na kterých je testováno celkem 97 specifických povrchů. Vzorky byly umístěny na konstrukci tak, aby co nejdříve simulovaly skutečné podmínky konkrétního povrchu mostní konstrukce. V předem definovaných časových intervalech jsou monitorovány tloušťky korozních produktů zkoumaného povrchu magneticko-indukční metodou. Odběr korozních vzorků pro stanovení korozních úbytků je plánován po 1, 3 a 10 letech expozice. Z experimentálně zjištěných výsledků vyplývá významná korelační závislost mezi průměrnou hodnotou tloušťky korozních produktů a korozními úbytky po jednom roce expozice vzorků.



Obr. 1: Závislost mezi tloušťkou korozních produktů a korozními úbytky po 1 roce expozice

3 Závěr

Hlavním cílem programu je upřesnění analytického predikčního modelu pro výpočet návrhové hodnoty korozních úbytků. Komplexní výsledky programu budou k dispozici až po 10 letech. Z výsledků experimentálních korozních zkoušek vyplývá, že korozní úbytky patinujících ocelí jsou významně podmíněny umístěním exponované plochy, a dále že mezi průměrnou hodnotou tloušťky korozních produktů a korozními úbytky existuje významná korelační závislost.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory Grantové agentury České republiky (registrační číslo projektu 13-16124P) a programu Studentské grantové soutěže (registrační číslo projektu SP2015/191).

SIMULATION OF FRACTURE EXPERIMENTS ON CONCRETE USING NONLOCAL DAMAGE MODEL

Josef Květoň¹, Jan Eliáš²

Abstract

This contribution presents numerical simulations of experimental series tested at Northwestern University. Material parameters of the nonlocal model are identified on the part of the experimental data and the rest is left for comparison with model predictions. Radius of the nonlocal weight function is estimated according to discrete meso-level simulations of the same experimental series.

Keywords

Nonlocal model, concrete fracture, three-point bending, experimental data, identification

1 Model description

In this contribution, isotropic damage model [1] (plane stress simplification) with nonlocal averaging is used to avoid the spurious mesh sensitivity. Nonlocal strain in considered integrating point \mathbf{x} is calculated as a weighted average of the local strains in surrounding points ξ according to the normalized weight function α .

$$\bar{\epsilon}(\mathbf{x}) = \int_V \alpha(\mathbf{x}, \xi) \bar{\epsilon}(\xi) \quad (1)$$

Geometry of the modeled three-point-bent beams corresponds to the experimental series from [2], details are listed in Tab. 1. In agreement with the experiments, the load-crack opening response is calculated. All simulations presented in this paper are calculated with the Oofem solver [3].

| Dimensions length x depth (span) | relative notch depth | | | | |
|-------------------------------------|----------------------|--------|--------|-------|-------|
| | 0.3 | 0.15 | 0.075 | 0.025 | 0 |
| 1200 x 500 (1088) | 6, Aa | 6, Ab | 6, Ac | 6, Ad | 6, Ae |
| 516 x 215 (467.84) | 6, Ba | 6, Bb | 6, Bc | 6, Bd | 6, Be |
| 223.2 x 93 (202.368) | 8, Ca | 8, Cb | 8, Cc | 0, Cd | 8, Ce |
| 96 x 40 (87.04) | 8, Da | 10, Db | 11, Dc | 0, Dd | 7, De |

Tab. 1 Code-names of tested beams with their dimensions and number of experiments [2].

2 Model parameters identification

The material parameters responsible for the damage model behavior are tensile strength f_t , value of equivalent strain ϵ_f defining the initial slope of the softening curve and the radius R of the weight function.

Five characteristic values of the nonlocal model response were chosen for comparison with both the experimental data [2] and energy profiles obtained from the discere model simulations of the same experimental series [4]: maximum load P_{\max} , area under the load-crack opening curve $A_{0.15}$ and three values defining the shape of the energy profile e_{0-2} . Relative error ϵ_i is calculated for each one and global error is given by

¹ Ing. Josef Květoň, VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, kveton.j@fce.vutbr.cz

² Ing. Jan Eliáš, Ph.D., VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, elias.j@fce.vutbr.cz

$$\varepsilon_{\text{sum}} = \sqrt{\sum_{c \in \{Aa, Ba, Ca, Da\}} \left(\varepsilon_{P_{\text{max}}}^2 + \varepsilon_{A_{0.15}}^2 + \lambda^2 \sum_{j=0}^2 \varepsilon_{e_j}^2 \right)^2} \quad (2)$$

Since the information about energy dissipation is obtained by the model only, the difference in energy profiles contributes to the global error only partially, defined by the weight parameter λ . Furthermore it appeared that the profiles obtained from the discrete simulation exhibit size dependent behavior but those calculated by the nonlocal model does not exhibit such dependency.

The identification is performed automatically using simple python script. After every trial calculation, new set of parameters is generated according to Nelder-Mead algorithm until the error minimization. The identification process was performed multiple times, each time with different consideration of the energy contribution to the global error.

At first, we considered the contribution of difference in the energy profiles by 25%, in the second identification process we did not consider the energy profiles at all ($\lambda=0$). In this case, the identification lacks any information about the material internal length on input, so the weight function radius is chosen almost randomly by the identification algorithm. Therefore one more identification was performed, this time the energy profiles also had no influence ($\lambda=0$), but the radius R of the weight function was constant, $R=8$ mm, and only two remaining parameters were identified.

3 Comparison with experimental data

The response of the nonlocal model with identified parameters is in a good agreement with the experimental response on the beams with relatively deep notch. With decreasing notch depth, the numerical model provides lower peak force than the experiment. In the case of unnotched beams, the peak load from experiments is much higher than what the model predicts. It is most probably caused by the behavior of the nonlocal continuum close to the boundaries. Responses obtained with three different sets of identified parameters are very close and none of them seems to provide better results than the other.

Acknowledgement

The financial support provided by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic under project LO1408 ‘‘AdMaS UP - advanced Materials, Structures and Technologies’’ under the ‘‘National Sustainability Programme I’’ and the Czech Science Foundation under project 15-19865Y is gratefully acknowledged.

References

- [1] M. Jirásek, Nonlocal models for damage and fracture: Comparison of approaches, *International Journal of Solids and Structures*, 35(31-32): 4133–4145, 1998, ISSN 0020-7683.
- [2] C.G. Hoover, Z.P. Bažant, J. Vorel, R. Wendner, M.H. Hubler, Comprehensive concrete fracture tests: Description and results, *Engineering Fracture Mechanics*, 114(0): 92–103, 2013, ISSN 0013-7944.
- [3] B. Patzák, OOFEM – an object-oriented simulation tool for advanced modeling of materials and structures, *Acta polytechnica*, 52(6): 59–66, 2012, ISSN 1210-2709.
- [4] J. Eliáš, M. Vořechovský, J. Skoček, Z.P. Bažant, Stochastic discrete meso-scale simulations of concrete fracture: comparison to experimental data, *Engineering Fracture Mechanics*, 135: 1–15, 2015, ISSN 0013-7944.

INTERAKCE ZÁKLAD-PODLOŽÍ ŘEŠENA APLIKACÍ NEHOMOGENNÍHO POLOPROSTORU

SUBSOIL-STRUCTURE INTERACTION DEALT WITH APPLICATION
OF INHOMOGENEOUS HALF-SPACE

Jana Labudková¹, Radim Čajka²

Abstract

Inhomogeneous half-space was used for the solution of interaction of steel-fibre reinforced concrete foundation slab and subsoil in the analysis based on the finite element method. Inhomogeneous half-space aptly describes stress-strain relationship in the subsoil. It is heterogeneous substance. The parametric study shows comparison of resulting deformations obtained by analysis of homogeneous and inhomogeneous half-space.

1 Úvod

Výstižnost řešení interakce základových konstrukcí s podložím je značně ovlivněna fyzikálně-nelineárním chováním konstrukce, spolupůsobením horní stavby se základovou konstrukcí i volbou interakčního modelu. Pro získání spolehlivých výsledků je optimální využití kombinace experimentálního měření, laboratorních zkoušek i zkoušek in-situ a modelování numerickými metodami. Taková experimentální měření se provádí v České republice i v zahraničí, v minulosti i v současnosti.

2 Prostorový numerický model

Interakce základové desky s podložím byla řešena s využitím numerického modelování v programovém systému ANSYS 15.0. Hodnoty řešeného příkladu byly převzaty z experimentálního měření probíhajícího během zatěžovací zkoušky. Zkušebním vzorkem řešeného příkladu, u kterého byla sledována vzájemná interakce základu s podložím, byla drátkobetonová deska zatížená uprostřed. Deska se porušila při zatížení 250kN.

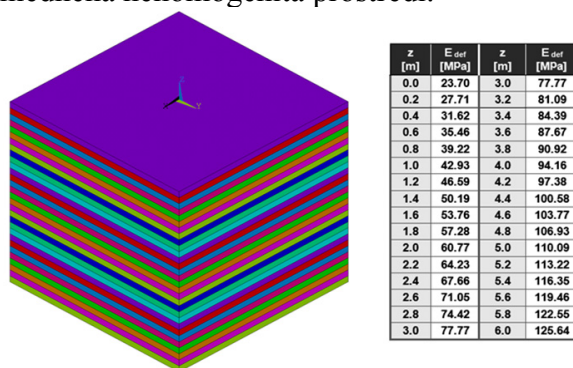
2.1 Prostorový numerický model nehomogenního poloprostoru

Nejjednodušší idealizací poloprostoru je pružné, homogenní a izotropní těleso. Vzhledem k tomu, že zemina je látka nestejnorodá a její vlastnosti se liší od idealizace lineárně pružné, izotropní a homogenní látky, vypočtené hodnoty sedání nekorespondují s hodnotami skutečnými, naměřenými u konkrétních staveb, nebo během experimentů [1]. Pro analýzu interakce zatěžované drátkobetonové desky s podložím byl využit nehomogenní poloprostor. V nehomogenním poloprostoru je jiná koncentrace svislého napětí v ose základu než v poloprostoru homogenním. Modul přetvárnosti se mění

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

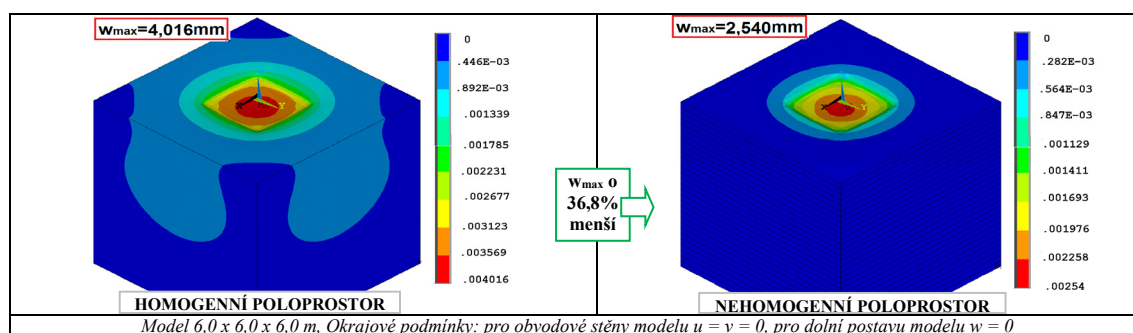
plynule s hloubkou. V podloží rozděleném na 30 vrstev (Obr. 1) byla pomocí narůstajícího $E_{def,2}$ zohledněna nehomogenita prostředí.



Obr. 1: Vrstvy numerického modelu nehomogenního poloprostoru

2.2 Srovnání deformací homogenního a nehomogenního poloprostoru

Byla vytvořena parametrická studie (část zobrazena v Tab. 1), ve které byl sledován vliv svislých deformací na různě měnících se hloubkách modelu podloží a různých typech okrajových podmínek. Závislost deformací byla sledována na homogenních i nehomogenních modelech podloží při zachování stejné půdorysné plochy modelu.



Tab. 1: Srovnání svislých deformací homogenního a nehomogenního poloprostoru

3 Závěr

Parametrickou studií bylo dokázáno, že model nehomogenního kontinua poskytuje menší svislé deformace než model homogenního kontinua. To je důsledkem rostoucího modulu přetvárnosti s hloubkou. Bylo také dokázáno, že ve srovnání s modelem homogenního kontinua není model nehomogenního kontinua tak silně závislý na náhodně volených geometrických parametrech modelu podloží, kterým byla pro tento případ rostoucí hloubka.

Poděkování

Práce potřebné k vytvoření článku byly podporovány z prostředků Studentské grantové soutěže VŠB-TUO. Registrační číslo projektu je SP2015/108.

Literatura

- [1] CAJKA, R. & LABUDKOVA, J. 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, 2014, ISSN: 1998-4448.

OPTIMALIZACE ČASOVÉHO KROKU A KONEČNÝCH PRVKŮ U MODELU POPISUJÍCÍHO DIFUZI CHLORIDŮ

OPTIMIZATION OF TIME STEP AND FINITE ELEMENT
ON THE MODEL DESCRIBING DIFFUSION OF CHLORIDES

Petr Lehner¹ Jiří Brožovský²

Abstrakt

Práce se zaměřuje na konkrétní příklad 2D výřezu železobetonové mostovky zatížené působením posypových solí z hlediska optimalizace sítě konečných prvků a časového kroku. Model využívá metodu konečných prvků s izoparametrickými prvky a teplotně-difuzní analogií. Algoritmus je implementován do programovacího prostředí MatLab. Původní algoritmus je rozšířen o optimalizační kritéria, která jsou využita pro zhodnocení výstupů.

Klíčová slova

Beton, posouzení trvanlivosti, koroze, výztuž, iniciace, propagace, chloridy, pravděpodobnost, Monte, Carlo

Abstract

The paper is focused on specific example of the 2D model of reinforced concrete bridge deck exposed to chlorides with respect the optimization of finite element mesh and a time step. The model is based on finite element method with isoparametric finite elements and thermal-diffusion analogy. The algorithm is implemented in Matlab software. To the original version is added optimization criteria that are used to evaluation outputs.

Keywords

Concrete, durability assessment, corrosion, reinforcement, initiation, propagation, chlorides, probability, Monte Carlo.

1 Úvod

Výhodnost využití metody konečných prvků v případě modelování difuze chloridových iontů byla již rozebrána v mnoha pracích [1, 2]. Prezentovaný výzkum se zabývá optimalizací dříve představeného funkčního modelu pro výpočet prostupu chloridových iontů na železobetonové mostovce [2, 3]. Model využívá časovou diskretizaci a popisuje nestacionární difuzi. Jeho algoritmus je implementován v prostředí MatLab, kde je na optimalizaci nahlíženo z pohledu časových kroků a velikosti konečných prvků. Práce obsahuje několik příkladů s různými parametry a pohledy na optimalizaci. Součástí je popis využití metodiky a algoritmu, díky kterému lze určit koncentraci chloridů v konkrétním čase a místě na konstrukci.

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

² doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Katedra stavební mechaniky, Ostrava, jiri.brozovsky@vsb.cz

2 Využitá metodika

V rámci představovaných příkladů jsou využity již dříve publikované výpočetní modely. Základem je výpočet prostupu chloridových iontů. Jedná se o nestacionární transportní proces, při kterém se chloridy snaží dosáhnout rovnovážného stavu. Použité postupy jsou stručně popsány.

3 Počáteční zhodnocení velikostí prvků a časového kroku

První výstupy představují výsledky z modelu výřezu ŽB mostovky se stejnou šířkou i výškou. Tento model byl rozdělen pravidelnou sítí konečných prvků v několika rozměrech a v několika alternativních velikostech časového kroku. Bylo porovnáváno 15 variant s ohledem na výslednou přesnost v poměru k referenční variantě, a také s ohledem na časovou náročnost výpočtu.

4 Interpolace velikosti prvků

Pro druhou sadu výpočtů byl zvolen po zhodnocení první sady poněkud jiný postup. Velikost sítě vycházela z menšího počtu prvků a hodnotícím kritériem byl rozdíl výsledků dané a následující sítě. Tento fakt vycházel z jakéhosi hledání konvergenčního kritéria pro velikost prvků, kdy se již rozdíly výsledků blíží k minimu. I zde byla použita pravidelná síť. Sada v konečném hodnocení obsahuje 7 variant od počtu 5 prvků v jednom rozměru až po hodnotu 35 prvků v jednom rozměru.

5 Asymetricky zatížený výřez

První dvě sady byly zatěžovány po celé šířce horního okraje výřezu, což simulovalo 1D difuzní proces. Vzhledem k tomu, že se však jedná o 2D model, bylo vhodné zhodnotit i optimalizaci různých poměrů stran konečných prvků u asymetricky zatížené konstrukce. Zhodnocení výsledků ze všech sad následuje v závěru článku.

Poděkování

Článek byl realizován v rámci programu: „Podpora vědy a výzkumu v Moravskoslezském kraji 2014 - Dotační titul 3 Podpora talentovaných studentů a absolventů doktorského studia“ č.: MK9214517.

Literatura

- [1] KONEČNÝ, P., BROŽOVSKÝ, J., GHOSH, P. (2011) „Evaluation of Chloride Influence on the Cracking in Reinforced Concrete Using Korozeeneck Software“. Transactions of the VŠB – Technical University of Ostrava, Civil Engineering Series. Volume 11, Issue 1, Pages 1–7, ISSN (Online) 1804-4824, ISSN (Print) 1213-1962, DOI: 10.2478/v10160-011-0006-y, June 2011
- [2] LEHNER, P. Pravděpodobnostní analýza s využitím izoparametrických konečných prvků. Ostrava : Diplomová práce, Fakulta Stavební, VŠB-TUO, 2013.
- [3] BENTZ, E. a THOMAS, M.D.A. Life-365 Service Life Prediction Model. Computer Program for Predicting the Service Life and Live-Cycle Costs of Reinforced Concrete Exposed of Chlorides, 2001.

VÍCEÚROVŇOVÁ ANALÝZA ŽELEZOBETONOVÉ MOSTOVKY ZATÍŽENÉ CHLORIDY

MULTILEVEL ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE
BRIDGE DECKS EXPOSED TO CHLORIDES

Petr Lehner¹, Petr Konečný², Martin Krejsa³, Jiří Brožovský⁴

Abstrakt

Článek představuje analýzu železobetonové mostovky vystavené působením chloridů na několika úrovních spolehlivostního posudku. První úroveň se soustředí na iniciační fázi, při které procházejí chloridy krytím výztuže. Druhá úroveň posudku hodnotí období propagace koroze a vznik nepřiměřeně velkých trhlin v krytí z důvodu narůstajícího objemu korozního materiálu. S pokračující propagační fází koroze výztuže je sledován mezní stav únosnosti. Odolnost mostovky je kombinována s výpočtem vnitřních sil pomocí Ritzovy metody.

Klíčová slova

Beton, posouzení trvanlivosti, koroze, výztuž, iniciace, propagace, chloridy, pravděpodobnost, Monte Carlo

Abstract

The paper introduces analysis of reinforced concrete bridge deck exposed to chlorides with respect to several levels of reliability assessment. The first level is focused on the initiation phase. The second level of assessment focuses on the development of a disproportionately large cracks in the concrete cover due to corrosive products growth. Third stage of reliability assessment addresses ultimate limit state. The bending carrying capacity is combined with Ritz method, which is used for calculation of internal force.

Keywords

Concrete, durability assessment, corrosion, reinforcement, initiation, propagation, chlorides, probability, Monte Carlo.

1 Úvod

Optimalizace strategie oprav u železobetonových konstrukcí může vycházet ze zhodnocení jejich trvanlivosti. Do popředí zájmu veřejného i soukromého sektoru se dostávají nové postupy při navrhování konstrukcí, mezi které je možno zařadit Performance-based design, tedy zhodnocení vlivu funkčně orientovaných parametrů návrhu [1]. Stále sílí poptávka po nástrojích využívajících trvanlivost a spolehlivost

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

² Ing. Petr Konečný, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Katedra stavební mechaniky, Ostrava, petr.konecny@vsb.cz

³ doc. Ing. Martin Krejsa, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Katedra stavební mechaniky, Ostrava, martin.krejsa@vsb.cz

⁴ doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Katedra stavební mechaniky, Ostrava, jiri.brozovsky@vsb.cz

při optimalizaci celkových nákladů. I když je trvanlivost a spolehlivost železobetonové mostovky ovlivněna mnoha faktory, práce se soustředí na korozi výztuže v důsledku působení solí. Ty pronikají do konstrukce a následně ovlivňují započetí i průběh koroze.

2 Iniciační fáze koroze

V iniciační fázi pronikají chloridy obsažené v posypových solích přes krycí betonovou vrstvu. Ve chvíli, kdy koncentrace chloridů přesáhne určitou hranici, započne propagační fáze koroze. Difuzní proces je možno popisovat modely založenými na 2. Fickově zákonu při využití metody konečných prvků [1].

3 Využití Ritzovy metody

Pro výpočet vnitřních sil na železobetonové desce je využita Ritzova metoda. Jedná se o přímou metodu, která je založena na zvolení aproximační funkce a následném výpočtu jejího průběhu pomocí okrajových podmínek. Pro desku podepřenou prostě na všech okrajích byly odvozeny rovnice průhybu a vnitřních sil. Ty byly pomocí principu mezní rovnováhy mezi ocelí a betonem využity pro výpočet minimální plochy výztuže.

4 Propagační fáze koroze

Plocha výztuže je společně s dalšími parametry výchozím kritériem pro určení propagačního času koroze. Při jeho překročení je konstrukce uvažována jako neúnosná. Další úroveň hodnocení spolehlivosti se zabývá vlivem narůstajícího objemu korozního materiálu na velikost trhliny v betonovém krytí. Je využit vztah, který určuje čas, kdy je dosaženo mezní šířky trhliny [1, 2, 3].

5 Deterministický a pravděpodobnostní posudek

V práci je představena deterministická varianta, která slouží k bližšímu pochopení výpočtu. Je předložen i pravděpodobnostní posudek umožňující vyčíslení hodnoty spolehlivosti na všech uvažovaných úrovních.

Poděkování

Článek byl realizován díky European Safety and Reliability Association v rámci finanční podpory doktorandů na konferenci Modelování v mechanice 2015.

Literatura

- [1] KONEČNÝ, P., BROŽOVSKÝ, J., GHOSH, P. (2011) „Evaluation of Chloride Influence on the Cracking in Reinforced Concrete Using Korozeeneck Software“. Transactions of the VŠB – Technical University of Ostrava, Civil Engineering Series. Volume 11, Issue 1, Pages 1–7, ISSN (Online) 1804-4824, ISSN (Print) 1213-1962, DOI: 10.2478/v10160-011-0006-y, June 2011
- [2] LIU, Y a WEYERS, R.E. (1998) *Modelling the Time-to-Corrosion Cracking in Chloride Contaminated Reinforced Concrete Structures*, in *ACI Materials Journal*, V.95, No.6. ,November-decembebr 1998.
- [3] MORRIS, W, VICO, A., VAYQUEZ, M., de Sanchez, S.R. (2002) Corrosion of reinforcing steel evaluated by means of concrete resistivity measurements, *Corrosion Science* 44 (2002) 81-99

SIMPLIFY MODELS OF THE KEY ELEMENTS IN THE FRAME FURTHER TO AN IMPACT LEADING TO THE LOSS OF A COLUMN

Do. H. T.¹, Luu. H. N. N.²

Abstract

The present document is dedicated to global behavior of a frame further to the loss of a column, taking account of the redistribution of the internal forces. In particular, the loading sequence, applied on the specific point, is divided in order to highlight the major response of the building's frame along the exceptional event. Structural elements, transfer the load to the foundation, are isolated as key elements. These elements reform the alternative load paths, which keep the important role on the building robustness. Two possible load paths in the investigated event are described. The proposal on the assessment on the sub structure instead of global frame in order to easily receive the internal forces distribution along the alternative load path is demonstrated. The full details substructure extraction is provided associate to the frame configuration.

Keywords

Progressive collapse, multi-storey building, loading sequence, alternative load path, key elements, catenary action.

1 Column loss simulation and assumptions

Accordingly, the column is assumed to be progressively removed from the frame and the normal load within this column varies progressively from the one appearing under the “normal” design loads to 0 (when the column is completely removed from the frame). This simulation, trying to repeat the true action of real frame, translates the physical manner to the progressively exceptional removal of column.

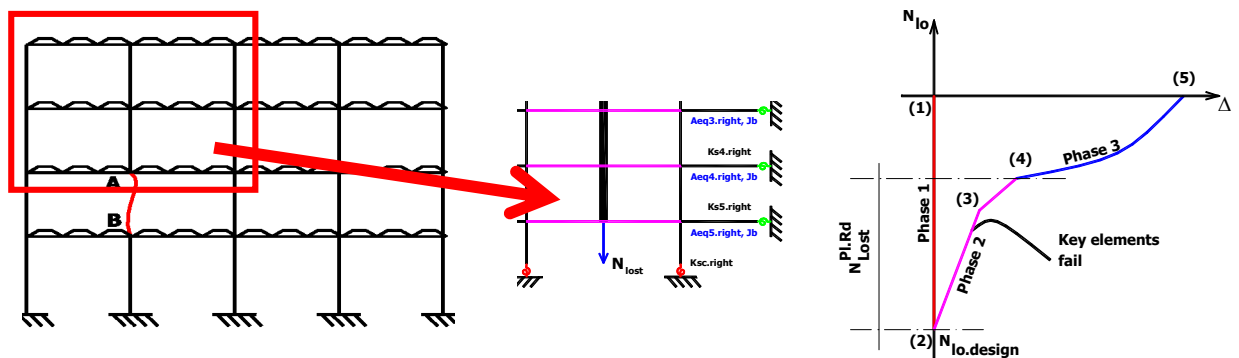


Fig. 1: Column axial force N_{AB} and Y displacement of the top of a collapsed column

¹ MSc. Do Tam Hien, Ton Duc Thang university, Civil Engineering faculty, dotamhien.qng@gmail.com

² PhD. Luu Nguyen Nam Hai, Ton Duc Thang university, Civil Engineering faculty, Engineering Foundation department, 19-Nguyen Huu Tho, Tan Phong ward, district 7, Ho Chi Minh city, Vietnam, luunguyennamhai@tdt.edu.vn

2 Development of the substructure model - Adjacent column's key element and resistance

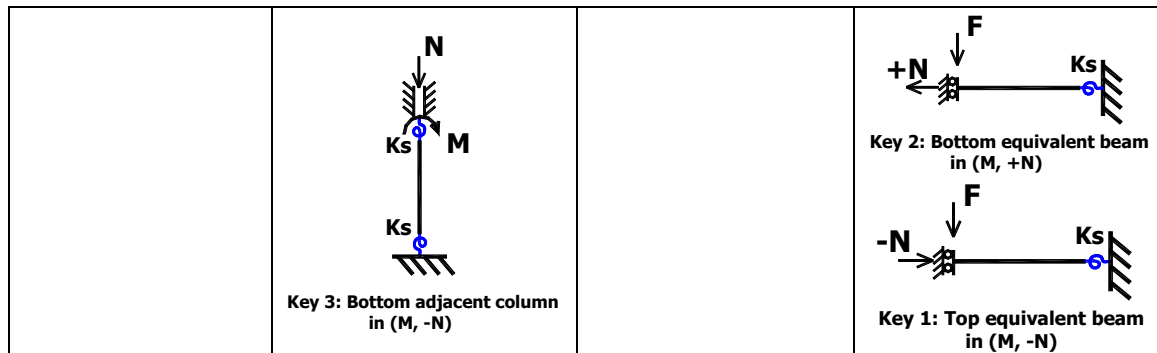


Fig. 2. Models to simulate the key elements

3 Validations

The frame has 7 spans and 6 floors, where the span length and the floor height are uniform. The column sections are HE360A and the beam sections are IPE400v. For this building, twelve positions of the lost column were investigated. The other types of frames were modeled like the previous frames: 11 spans x 4 floors, 11 spans x 15 floors and 4 spans x 20 floors, respectively.

1st hinge
Frame: 4 storey x 11 spans
Position: 0-4
IPE400V

| Section | Top beam | | | | | Bottom beam | | | | |
|---------|----------|----------|-----------|---------|---------|-------------|--------|-----------|---------|---------|
| | OSSAD | Model | Fixed mod | % model | % fixed | OSSAD | Model | Fixed mod | % model | % fixed |
| HE 100A | -22.280 | -25.960 | -23.570 | -16.52 | -5.79 | 10.840 | 12.780 | 11.560 | -17.90 | -6.64 |
| HE 160A | -79.720 | -94.770 | -87.430 | -18.88 | -9.67 | 37.300 | 44.290 | 40.960 | -18.74 | -9.81 |
| HE 200A | -133.430 | -157.250 | -148.230 | -17.85 | -11.09 | 59.040 | 68.830 | 65.290 | -16.58 | -10.59 |
| HE 240A | -193.740 | -223.590 | -215.410 | -15.41 | -11.19 | 78.300 | 88.500 | 85.990 | -13.03 | -9.82 |
| HE 300A | -261.450 | -291.540 | -286.380 | -11.51 | -9.54 | 90.570 | 97.600 | 96.580 | -7.76 | -6.64 |
| HE 340A | -289.120 | -316.660 | -313.040 | -9.53 | -8.27 | 91.410 | 95.830 | 95.280 | -4.84 | -4.23 |
| HE 360A | -299.430 | -325.400 | -322.360 | -8.67 | -7.66 | 90.780 | 93.960 | 93.550 | -3.50 | -3.05 |
| HE 400A | -314.900 | -337.490 | -335.330 | -7.17 | -6.49 | 88.450 | 89.350 | 89.120 | -1.02 | -0.76 |
| HE 450A | -328.410 | -316.190 | -344.790 | 3.72 | -4.99 | 84.200 | 82.540 | 82.430 | 1.97 | 2.10 |
| HE 500A | -337.060 | -349.510 | -348.600 | -3.69 | -3.42 | 79.200 | 75.420 | 75.370 | 4.77 | 4.84 |

4 Main achievements related to the global behavior of the frame following the loss of a column

Prediction of the two alternative load paths activated within the frame: When a column is damaged within the frame, the frame goes from its initial state to a residual state. Due to the change in the frame's physical character, the forces flowing within the frame must change their path to reach the foundation. Thus, these paths appear in the frame because of the additional load. Each alternative load path has been defined herein in order to identify the chain of structural members which must support the additional load.

Investigation on the redistribution of the internal forces within the frame after the accidental event through the simplified analytical model: In the process of investigating the alternative load path, the distribution of internal forces was obtained. Through the simulation of the directly affected part in the real frame by the simplified analytical model, the fundamental behavior of the part was portrayed. The results obtained were then compared to the FEM analysis. In the end, the validation proved the substructure's ability to accurately represent the real frame's behavior at the specific point selected at the top of the damaged column.

COMPARATIVE NUMERICAL ANALYSIS OF ADVERTISING BOARD TOWER USING ADINA AND AUTODESK ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS

Maciej Major ¹, Krzysztof Kuliński ²

Abstract

In this paper the subject of comparative stress and displacement analysis for different computer aided design program environments is discussed. For the purposes of analysis ADINA and Autodesk ROBOT program were used. In both programs an advertising steel board was modeled. Static analysis was adopted for the computations. Obtained results showed small differences and limitations between those two environments.

Keywords

Finite element method, static analysis, ADINA, Autodesk Robot Structural Analysis.

1 Introduction

In this paper the comparative analysis of obtained displacement and stress results between two different finite element method based programs – ADINA and Autodesk ROBOT Structural Analysis is discussed (see also [1]). Model adopted to the comparative analysis has the following dimensions: column made of steel pipe 813x12, 6.00m height, board supporting beams made of steel pipes 219.1x6, board 6.00m x 3.00m. Board bottom line is elevated 3.00m above the ground. There are two loads acting in model - dead load covering the whole construction and pressure of wind load acting on the board.

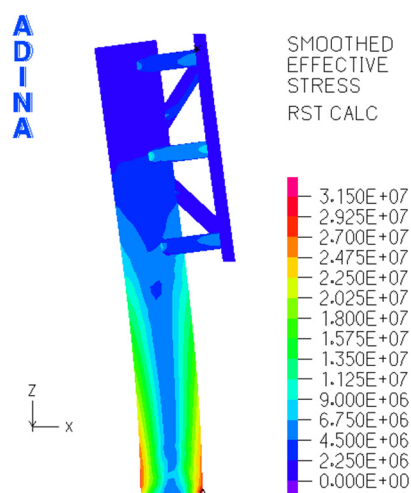


Fig. 1: Effective stress (Huber and Mises) band plot with deformation for the whole three-dimensional model in ADINA. XZ plane view

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

²Krzysztof Kuliński, M.Sc. eng., Czestochowa University of Technology, Faculty of Mechanics Engineering and Computer Science, Poland, e-mail: krzysztku@gmail.com

In ROBOT only the advertising board was meshed with finite elements, whereas the other part of construction was created with ROBOT fundamental rod elements. In ADINA the whole model was meshed with volumetric finite elements [2].

Those two different ways of building model result in certain differences in obtained stress and displacement values. Autodesk ROBOT is an engineering program, which allow besides obtained forces in form of stresses also calculating structure connections, rod strength, wall, slabs reinforcement etc. all in accordance with national standards. It should be noted that ADINA program gives definitely wider spectrum of numerical analysis. There are possibilities of making thermal radiation analysis, gas and liquid flowing etc. There is also possibility to connect two analyzes into one, for example effect of liquid flow in pipe on its stress.

2 Numerical analysis results

Comparing results of displacements perpendicular to board plane in ROBOT to ADINA the difference was ~0.96%, whereas comparing Huber and Mises effective stress in the clamped end of column had 7.07% difference.

Other results have higher values of differences what is connected with mentioned adopted method of modelling structure in programs - finite element method in ADINA, rod elements in ROBOT. Example of effective stress band plot in ADINA numerical model was shown in Fig. 1. Obtained results for the column both in ADINA and ROBOT were shown in Tab. 1.

| | | Unit | ADINA | ROBOT | Percentage difference |
|--------------|-----------|------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| Displacement | X | mm | -3.738 0 | -2.814 0 | 32.83% 0.00% |
| | Y | mm | -0.022 0.019 | -0.010 0.010 | 120.00% 90.00% |
| | Z | mm | 0.331 0.788 | 0.261 0.497 | 26.81% 58.55% |
| Stress | Effective | MPa | 0 | 0 | 0.00% |
| | | | 31.200 | 29.140 | 7.07% |

Tab. 1: Stress and displacement results for the main column pipe

To sum up both programs are good assistance for engineers, reducing required time of calculations and allowing solve complex problems without excessive amount of simplifications. It should also be noted that ROBOT is primarily designed for civil engineering to solve mechanical problems, while ADINA covers almost all research areas.

References

- [1] MAJOR M., MAJOR I., Computer Aided Design – Comparative Analysis of Widely Available Software with Analytical Method. *TRANSACTIONS of the VŠB - Technical University of Ostrava, Civil Engineering Series.* Ostrava: 2014, vol. 14, Issue 2, (6 p). ISSN: 1213-1962.
- [2] BATHE K. J. Nonlinear Finite Element Analysis and ADINA. In: *Proceedings of the 9th ADINA Conference.* Cambridge, MA, 1993. Vol. 47, pp. 511-891 (381 p), source edition. ISSN: 0045-7949

COMPARATIVE ANALYSIS OF STRESS IN HYPERELASTIC MOONEY-RIVLIN AND ZAHORSKI MATERIALS USING ADINA SOFTWARE

Maciej Major ¹, Izabela Major ²

Abstract

The paper presents a comparative analysis of stress in hyperelastic Mooney-Rivlin and Zahorski materials. The comparison was performed in ADINA software with the example of a cube loaded with linear displacement of side walls in y and z directions with coefficient of strain $\lambda = 2$.

Keywords

Mooney-Rivlin, Zahorski, FEM, Adina, nonlinear hyperelastic material.

1 Introduction

Analysis of behaviour of non-linear hyperelastic materials can be supported with the use of numerical software which utilizes finite elements method (FEM). The most of numerical programs that are based on the FEM methodology feature libraries of selected models of materials, including hyperelastic material models. Choosing one of them allows for a detailed numerical analysis of non-linear behaviour of the components designed. This study compares this incompressible hyperelastic material, using the author's solution for the ADINA software [1], with the commonly used Mooney-Rivlin material in the range of stress distribution.

The constitutive relationship for hyperelastic Zahorski material (see [2]) is described by the following formula

$$W(I_1, I_2) = C_1(I_1 - 3) + C_2(I_2 - 3) + C_3(I_1^2 - 9) \quad (1)$$

where C_1, C_2, C_3 are material constants while I_1, I_2 denote deformation tensor invariants.

The non-linear term in the equation $C_3(I_1^2 - 9)$ allows for a more precise analysis and obtaining individual qualitative components useful in the description of wave processes. If $C_3 = 0$, Mooney-Rivlin material is obtained, commonly used for modelling rubber and rubber-like materials [3].

A cube with side length equal 10 cm was adopted in the study, with load represented by linear forced displacement of side walls along the directions of y and z (Fig. 1). Coefficients of strain were adopted as $\lambda = 2$. This strain is obtained for the model analysed in the study during static analysis in time equal 10 using the automated time step (ATS). The constraints were added to the model adopted at the directions of x, y. Discretization of the object analysed was obtained using 8-node components (cubes), adopting 20 linear components on each consecutive direction.

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

² Izabela Major, Assoc. Prof. Ph.D. Eng., Czestochowa University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Poland, e-mail: imajor@bud.pcz.czest.pl

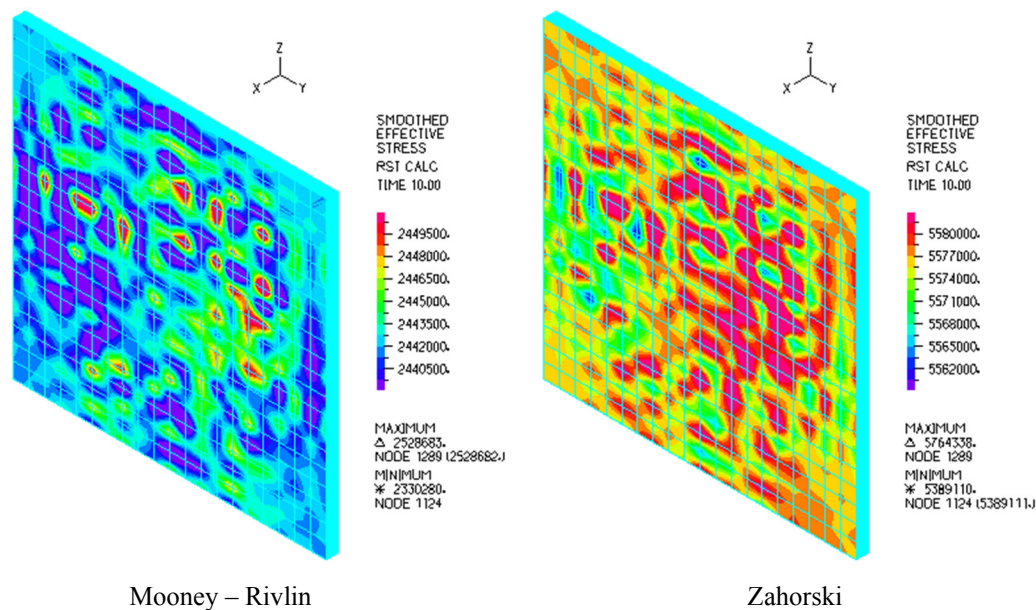


Fig. 1: Discrete model of the layer and comparison of the effective stress distribution [Pa]

Comparison of the results obtained is presented in Fig. 1. These comparisons offer opportunities for demonstrating the differences in the distribution of stress generated in Mooney-Rivlin and Zahorski materials. Fig. 1 shows that maximum effective stress for Zahorski material was 5.764338 MPa, whereas for Mooney-Rivlin material, maximum effective stress is 2.528638 MPa.

2 Conclusion

Detailed knowledge about behaviour of the rubber modelled as a hyperelastic incompressible Zahorski material i.e. material continuum described with hyperelastic Zahorski potential, is conducive to the development of technology and design of rubber products in the contemporary industry, where such products are a precondition for development of modern technical and technological solutions. With the example presented in this study, one can notice that adoption of Zahorski material for numerical modelling of rubber and rubber products allows for identification of detailed relationships between laboratory examinations and the process of extrusion, calandring and preparation of the mixtures.

This might substantially contribute to supplementation of the methods of evaluation of technological processes and determination of the parameters for development of new technologies. Rubber and rubber-like materials have been commonly used for reduction of the dynamic load that act on building structures.

References

- [1] MAJOR, M. *Modelowanie zjawisk falowych w hipersprężystym materiale Zahorskiego*, Wyd. Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2013. ISBN 978-83-7193-600-5. 188p.
- [2] ZAHORSKI, S. A form of elastic potential for rubber-like materials. *Arch. of Mechanics*, 5, 1959.
- [3] MOONEY, M. A theory of large deformations. *J. Appl. Phys.* 11, 1940.

PROBABILISTIC MODELS OF THERMAL ACTIONS

Jana Marková¹

Abstract

Analyses of temperatures based on the monitoring of selected bridges in the recent years in the Czech Republic confirm that the Weibull distribution or lognormal distribution may be used for the probabilistic modelling of thermal actions. The skewness of the temperature components determined from measurements is considerably less than the skewness of the Gumbel distribution which is recommended in EN 1991-1-5.

Keywords

Monitoring, temperature components, probabilistic models, partial factors.

1 Introduction

The bridge temperature components are specified on the basis of shade air temperature and solar radiation. For modelling of the uniform and temperature difference components, the extreme value probabilistic distribution may be applied.

The background document [1] to EN 1991-1-5 [2] introduces an estimated upper bound of extreme temperatures on the basis of bridge measurements in UK and Germany. However, the upper bound of temperatures depends on the national climatic conditions of each country. It is influenced by the number of days per year in which the extreme temperature may occur. In some European countries less or more days per year should be considered. The upper bound of values of temperatures in the document [1] may be not suitable for some countries and should be based on statistically evaluated national conditions. That is why selected bridges were instrumented and monitored in the last two decades in the Czech Republic.

2 Monitoring of temperatures

The results of experimental measurements in Koberovice bridge (prestressed concrete box girder, period of monitoring from 1999 to 2002 year), in the Doksany bridge (prestressed concrete two beam bridge, monitored from 2011 to 2013 year) and in Slavici bridge (three span composite steel concrete, monitored from 2011 to 2013 year) and the document [1] were applied for the verification of national conditions of the Czech Republic and preparation of the National Annex to EN 1991-1-5 [2].

The characteristic values of temperature components based on measurements in Koberovice bridge are in a good agreement with the characteristic values of temperature components based on EN 1991-1-5 [2] and Czech national map of isotherms.

Statistical parameters of one-year maxima for uniform bridge temperature based on bridge monitoring in the Czech Republic are given in Tab. 1.

¹ Doc. Ing. Jana Marková, Ph.D., Czech Technical University in Prague, Klokner Institute, Department of Structural Reliability, jana.markova@klok.cvut.cz

| Bridge | Mean | Standard deviation | Skewness |
|------------|------|--------------------|----------|
| Koberovice | 25,3 | 1,1 | -0,04 |
| Doksany | 22,3 | 2,5 | 0,60 |
| Slavici | 26,8 | 3,3 | 0,55 |

Tab. 1: Statistical parameters of one-year maxima for uniform bridge temperature $T_{N,m}$, in °C

The value of γ factor significantly depends on the applied probabilistic distribution, coefficient of variation and the reliability class of a structure. In case when the relevant probabilistic distribution and statistical parameters of climatic data may be assessed known then the partial factors might be specified.

3 Concluding remarks

It appears that despite the Eurocodes recommend the application of the Gumbel distribution for modelling of thermal actions, the temperature components in bridges may be better represented by Weibull distribution. The skewness of the statistically evaluated data of temperatures is in a range from 0,1 to 0,6 what is considerably less than the skewness of the Gumbel distribution.

The results of analysis of temperatures based on the experimental bridge measurements in the recent years in the Czech Republic confirm that the Weibull distribution or lognormal distribution may be used for probabilistic modelling of thermal actions.

The partial factors of the temperature components may be reduced to 1,3 for bridges in the Czech Republic. It appears that the application of the unique value of the partial factor for most variable actions in the ultimate limit states should be reconsidered during the period of the further evolution and maintenance of Eurocodes.

Acknowledgement

This study is the part of the project P105/12/G059 Cumulative Time-dependent Processes in Building Materials and Structures.

Bibliography

- [1] Background document. *New European Code for Thermal Actions*. University of Pisa. 1999.
- [2] EN 1991-1-5 Eurocode 1. Actions on structures. Part 1-5: General actions – Thermal actions. CEN. 2005.
- [3] Marková, J. Models of thermal actions for bridges. In: *Advances in Safety, Reliability and Risk Management*. Leiden: Taylor & Francis/Balkema, 2011, p.1917-1922. ISBN 978-0-415-68379-1.
- [4] Marková, J.- Holický M., Calibration of thermal actions on bridges. In: *Safety, Reliability, Risk and Life-Cycle Performance of Structures and Infrastructures*. Leiden: CRC Press/Balkema, 2013, p. 3755-3760. ISBN 978-1-138-00086-5
- [5] Research Report. *Models of thermal and accidental actions according to Eurocodes*, No. 803/120/110. CTU in Prague, KI. Czech Republic, 2009.
- [6] Research Report. *Optimization of reliability and working life of existing bridges*, TA01031314, CTU in Prague, KI. Czech Republic, 2013

VPLYV TLMENIA NA FFP VÝPOČTOVÉHO MODELU VOZIDLA

INFLUENCE OF DAMPING ON FRF OF VEHICLE COMPUTING MODEL

Jozef Melcer¹

Abstrakt

Funkcie frekvenčného prenosu (FFP) charakterizujú odozvu dynamického systému vo frekvenčnej oblasti. Ich tvar je závislý od vlastností analyzovaného systému. Predkladaný príspevok sleduje vplyv tlmenia na tvar FFP rovinného výpočtového modelu vozidla.

Kľúčové slová

Výpočtový model vozidla, funkcie frekvenčného prenosu, vplyv tlmenia.

Abstract

Frequency response functions (FRF) characterize the response of dynamic system in frequency domain. The shape of there is dependant on the property of analyzed system. The submitted paper follows the influence of damping on the shape of FRF of plane vehicle computing model.

Keywords

Vehicle computing model, frequency response functions, influence of damping.

1 Predmet riešenia

T tomto príspevku sa analyzuje rovinný 2D výpočtový model vozidla. Výpočtový model má 5 hmotných stupňov voľnosti. Vlastné frekvencie netlmeného kmitania tohto výpočtového modelu vzťahované k plne naloženému vozidlu Tatra 815 majú nasledovné hodnoty: $\{f\} = \{f_{(1)}; f_{(2)}; f_{(3)}; f_{(4)}; f_{(5)}\} = \{1,13; 1,45; 8,89; 10,91; 11,71\}$ [Hz]. Sledujú sa funkcie frekvenčného prenosu, respektíve výkonové prenosové faktory vybraných veličín v závislosti na rôznych spôsoboch tlmenia vozidla. Frekvenčný prenos lineárnej sústavy (funkcia frekvenčného prenosu $FP(p)$, kde $p = i \cdot \omega$ je komplexné číslo) sa zavádza ako pomer ustálenej odozvy k harmonickému budeniu. Druhú mocninu absolútnej hodnoty funkcie frekvenčného prenosu $|FP(p)|^2$ nazývame výkonový prenosový faktor (VPF). Hodnoty súčiniteľov tlmenia výpočtového modelu vozidla sú nasledovné: $b_1 = 9614$ kg/s, $b_2 = 130098,5$ kg/s, $b_3 = 1373$ kg/s, $b_4 = 2747$ kg/s, $b_5 = 2747$ kg/s.

2 Výsledky numerickej analýzy

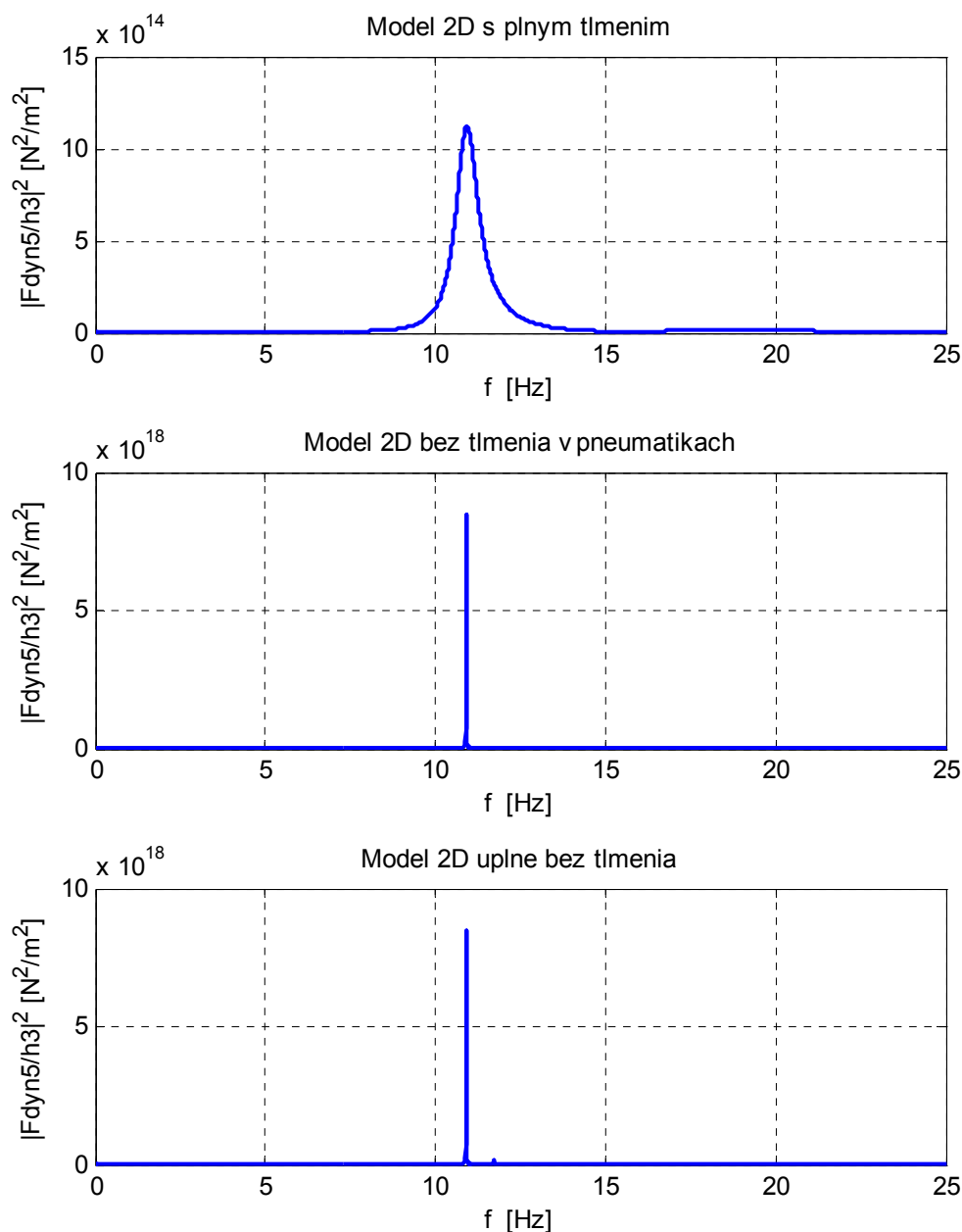
Numerické riešenie funkcií frekvenčného prenosu sa vykonalo pre 2D výpočtový model vozidla. Všetky FFP sú vzťahované ku kinematickému budeniu nerovnosťou vozovky

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

pod pravým predným kolesom vozidla. Uvažuje sa s rýchlosťou pohybu vozidla $v = 10$ m/s. Sledujú sa výkonové prenosové faktory (VPF) dynamickej zložky kontaktnej sily pod každým kolesom vozidla pre nasledovné 3 varianty:

1. Útlm sa uvažuje plnou hodnotou pre všetky spojovacie členy vozidla, $b_1 \div b_5 \neq 0$.
2. Neuvažuje sa s tlmením v pneumatikách, hodnoty $b_3 \div b_5 = 0$.
3. Neuvažuje sa s tlmením v celom vozidle $b_1 \div b_5 = 0$.

Na obr. 1 sú zobrazené VPF dynamickej zložky kontaktnej sily $F_{dyn,5}$ pre 3 hore uvedené varianty.



Obr. 1: VPF dynamickej zložky kontaktnej sily $F_{dyn,5}$ pod zadným kolesom zadnej nápravy vozidla pre tri rôzne varianty tlmenia vozidla

NUMERICKÝ VÝPOČET ODPOROVÉHO SOUČINITELE KOMÍNA VÁLCOVÉHO TVARU OPLÁŠTĚNÉHO VLNITÝM PLECHEM

NUMERICAL CALCULATION OF DRAG COEFFICIENT FOR CYLINDRICAL SHAPE SMOKESTACK COVERED WITH CORRUGATED IRON

Vladimíra Michalcová¹, Lenka Lausová²

Abstrakt

Článek se zabývá vlivem tvaru opláštění komína na jeho výsledné zatížení od účinků větru. Výpočet podle platné normy zohledňuje pouze velikost výšky vlny profilovaného plechu bez ohledu na tvar vln, což v některých případech vede k vysokému nárůstu součinitele síly. Cílem práce je stanovení ekvivalentního součinitele síly pro komín válcového tvaru, který je opláštěn vlnitým plechem. Proudění kolem komína je řešeno pomocí software Ansys Fluent s využitím DES modelu.

Klíčová slova

Kruhový válec, odporový součinitel, aerodynamická drsnost, CFD, DES model.

Abstract

The paper deals with the influence of the shape of the sheathing of a smokestack to the resultant of load from wind effects. Calculation according current standard only takes into account the size of the wave-height of trapezoidal sheet regardless of the shape of the waves, which in some cases leads to a substantial increase of the coefficient of force. The aim is to determine the equivalent coefficient of force for a cylindrical shape smokestack, which is covered with corrugated iron. The flow around the smokestack is designed in software Ansys Fluent using the DES model.

Keywords

Circular cylinder, drag coefficient, aerodynamic roughness, CFD, DES model.

1 Úvod

Výpočet zatížení výškových komínů od účinků větru závisí na Reynoldsovém čísle Re popisujícím proudění, na geometrii konstrukce a drsnosti povrchu. Platná norma rozlišuje druh i tvar drsnosti do 3 mm. Při vyšších hodnotách se ekvivalentní drsnost stanoví z empirického vztahu, který zohledňuje pouze výšku nerovnosti, nikoli její tvar. Toto vede v některých případech k vysokému nárůstu součinitele síly. V mezní vrstvě kolem stěny komína opláštěného vlnitým plechem lze předpokládat plně rozvinutou turbulenci. Z důvodu vysokého Re , je tento děj velice složitý na fyzikální experiment. Při numerickém modelování skutečného tvaru opláštění jsou kladeny vysoké nároky

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

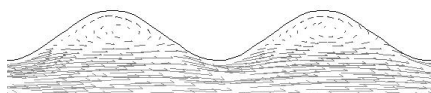
² Ing. Lenka Lausová, Ph.D., VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Poděště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, e-mail: lenka.lausova@vsb.cz

na počet buněk ve výpočtové oblasti, v současné době zatím nereálné pro stolní PC. Článek se zabývá možnostmi stanovení náhradní ekvivalentní aerodynamické drsnosti vlnitého plechu a definování aerodynamického odporového koeficientu obtékaného opláštěného válce. Úloha je řešena metodou konečných objemů s využitím CFD kódů v software Ansys Fluent.

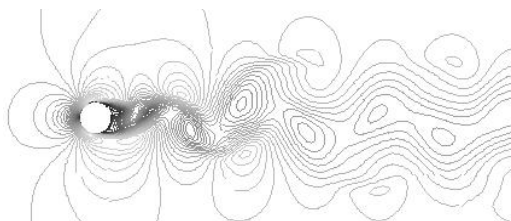
Simulováno je proudění větru kolem reálného komína kruhového průřezu o průměru 3,36 m. Opláštění tvoří vlnitý plech SP18/76 s výškou vlny 18 mm. Základní rychlost větru je předpokládána 22 m/s. Proudění vzduchu s $Re = 4.5 \cdot 10^6$ je daleko v nadkritické oblasti.

Řešení je rozděleno do dvou fází. V první fázi je úloha modelována jako turbulentní proudění v drsném potrubí o průměru jeden metr a délce 20 metrů. Geometrie stěn jsou shodné s geometrií plechu (Obr. 1). Jedná se o 2D osově symetrickou úlohu řešenou stacionárně pomocí SST $k-\omega$ modelu. Tato simulace byla zvolena proto, že umožňuje zpětnou kontrolu s publikovanými naměřenými hodnotami tlakových ztrát. Hledaná ekvivalentní aerodynamická drsnost, kterou nabízí software Ansys Fluent je stanovena na základě vyhodnocených tlakových ztrát a rychlosti proudění.

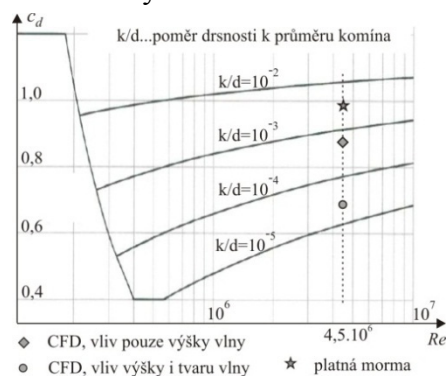
V druhé fázi úkolu je ve 3D úloze modelováno obtékání komína (Obr. 2) za účelem definování požadovaného aerodynamického odporového koeficientu potřebného pro výpočet účinků větru na zatížení konstrukce. Model komína je opláštěný neprofilovaným plechem, geometrie vlnitého plechu je nahrazena námi stanovenou ekvivalentní aerodynamickou drsností. První buňky u stěny komína jsou tvořeny pomocí mezní vrstvy tak, aby výška aerodynamické drsnosti dosahovala maximálně do poloviny výšky první buňky u stěny. Úlohy jsou řešeny nestacionárně s využitím DES modelu.



Obr. 1: Vektory rychlosti v okolí vlnitého plechu



Obr. 2: Tvorba vírů za obtékaným komínem



Obr. 3: Hodnota odporového součinitele

2 Závěr

Z výsledků vyplývá, že výpočet účinků větru na vlnitým plechem opláštěný komín je v normě nadhodnocen (Obr. 3). Hodnota odporového součinitele spočítaná pomocí CFD kódů je pouze informativní. Pro potvrzení výsledků numerických je nutné srovnání s fyzikálním experimentem nebo případným numerickým výpočtem na výkonném superpočítači, např. v Národním superpočítačovém centru <http://www.it4i.cz/>, který umožní přímou simulaci daného děje se skutečnou geometrií opláštěného komína.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory z prostředků koncepčního rozvoje vědy, výzkumu a inovací pro rok 2015 přidělených VŠB-TU Ostrava Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky a dotačního programu Podpora vědy a výzkumu v Moravskoslezském kraji 2014.

VZPĚR PODLE EC5 V POROVNÁNÍ S NUMERICKÝMI MODELY

BUCKLING BY EC5 IN COMPARISON WITH NUMERICAL MODELS

David Mikolášek¹, Přemysl Pařenica²

Abstrakt

Téma vzpěru prutových konstrukcí je do značné míry již prodiskutované téma. Jsou k dispozici jak analytické, tak i numerické řešení včetně fyzikálních zkoušek. Tento článek má za cíl porovnat vzpěr podle normových řešení a numerických modelů se zohledněním imperfekcí a geometrických a materiálových nelinearit dřeva. Výstupem je numericky zjištěná rezerva únosnosti a pracovní křivky tlakem namáhaného prvku.

Klíčová slova

Rostlé dřevo, fyzikální nelinearita, imperfekce, geometrická nelinearita, vzpěr.

Abstract

Buckling of beam structures is largely already discussed topic. Available analytical and numerical solutions including physical experiments. This article aims to compare the buckling solution according to eurocodes and numerical models, taking into account imperfections and geometric and material nonlinearities of timber. The outcome will be determined numerically reserve and working diagrams of uniaxial loaded members.

Keywords

Solid wood, physical nonlinearity, imperfection, geometric nonlinearity, buckling.

1 Úvod

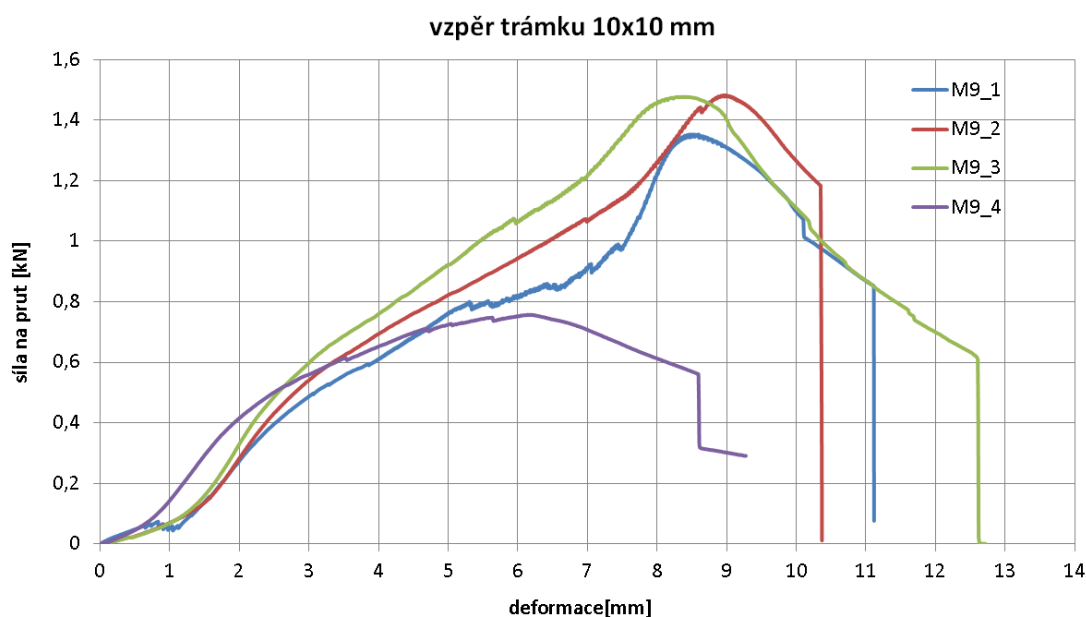
Se vzpěrem se setkáváme ve stavební praxi velmi často. Je to jeden ze základních způsobů namáhání konstrukce nebo jejím části při výskytu vlivu teorie druhého řádu na přerozdělení vnitřních sil na konstrukci nebo její prvek. Při vzpěru vzniká mimo tlaková namáhání v průřezu také dodatečné napětí od ohybu. Ohyb je způsoben vlivem imperfekce, které má každá reálná konstrukce.

1.1 Zatížení studované konstrukce

Zatížení je simulováno prostřednictvím tlakové síly do horní části sloupu. V ručním výpočtu a numerickém prutovém modelu a ve skořepině SCIA je zatížení zvoleno jako silové. V modelu ANSYS 3D objemové prvky je zatížení zvoleno jako deformační ve vstupní hodnotě 70 mm. Deformační varianta zatížení je numericky stabilnější a dovoluje získat také sestupné větve pracovního diagramu blíže Graf 2.

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

² Ing. P. Pařenica., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Poděště 1875, CZ 708 33, Ostrava-Poruba tel. (+420) 597 321 391, e-mail premysl.parenica@vsb.cz



Graf 1: Výsledné hodnoty validované fyzikálním testem

2 Závěr

Všechny modely a postupy vedly při stejných okrajových podmínkách ke stejným výsledkům. Toto není nijak překvapující, ale je nutné si uvědomit, z jakých principů vychází normový posudek a tím si ujasnit výhody a nevýhody při používání numerických modelů.

Normový postup v tomto případě vede na jednoduchý soubor rovnic s výstižným řešením na bezpečné straně. Ale ve složitějších případech nemusí norma dávat jasný návod na řešení atypických problémů, ať už jde o spoje nebo tuhost složitějších systémů sestavených z jednodušších navzájem se ovlivňujících prvků.

Poděkování

Práce byly podporovány z prostředků MSDK a za pomoci katedry 228 a laboratoří fakulty stavební Ostrava.

Literatura

- [1] ČSN 73 1702 mod DIN 1052:2004 Navrhování, výpočet a posouzení dřevěných stavebních konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: ČNI 2007. 174 s.
- [2] ČSN EN 1995-1-1 73 1701 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1 1:Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: ČNI. 2006. 114 s.
- [3] RELEASE 11 DOCUMENTATION FOR ANSYS, SAS IP, INC., 2007.
- [4] SCIA ENGINEER [online]. 2012 [cit. 2012-01-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.scia-online.com>>.

APPLICATION OF MORE COMPLEX RHEOLOGICAL MODELS IN CONTINUUM MECHANICS

APLIKÁCIA KOMPLEXNEJŠÍCH REOLOGICKÝCH MODELOV
V MECHANIKE KONTINUA

Mária Minárová¹, Jozef Sumec²

Abstract

The paper deals with mathematical modeling of the structural materials representing inter alia the biomaterials' rheological properties. The materials to be investigated are modeled by more complex models (enhancement of the base two-element Voigt and Maxwell models). The constitutive equations of the several element models are derived. The dependence stress on strain and strain on stress are explicitly stated while using the appropriate initial conditions. These relationships within the creep and relaxation process are developed.

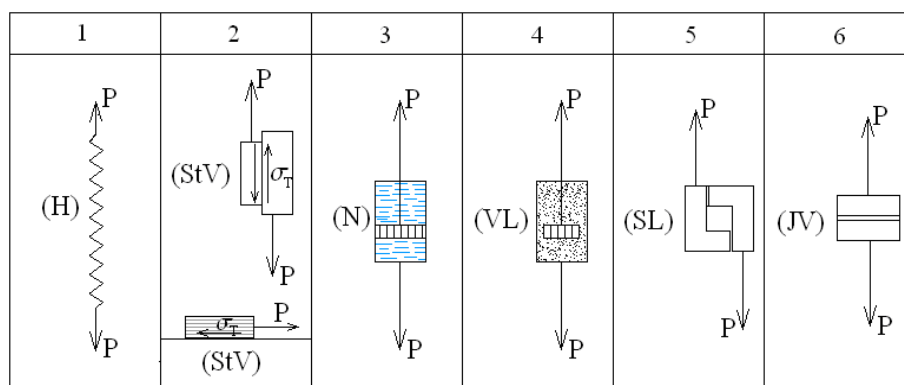


Fig. 1: Elementary rheological matters [sob]

For simulating of the viscoelastic and viscoplastic materials the rheological models can be exploited that are comprised from the basic matters – Hook elastic matter (**H**) and Newton viscous matter (**N**), etc. (see Fig.1) [1, 2, 5, 6]. As we deal with viscoelastic response to the force field within the isothermal conditions, in the process of constitutive equations derivation the stress – strain and stress – strain rate relations comes into consideration for the mentioned two types of (**H**) and (**N**). In [3, 5] the two types of drawbacks are pointed out (theoretical and real behavior does not match properly), that disables the utilization of the two element model in practice. This problem can be overcome by subjoining additional (or several) matter in the entire model. That is why we investigate the three element models, derive the corresponding constitutive equation, track the behavior of them and look for the utilization of them.

¹RNDr. Mária Minárová, PhD., Slovak University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Mathematics and Descriptive Geometry, Radlinského 11, 81005 Bratislava, (maria.minarova@stuba.sk)

² Prof. Ing. RNDr. Jozef Sumec, DrSc. Slovak University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Mechanical Engineering, Radlinského 11, 81005 Bratislava, (jozef.sumec@stuba.sk)

For the sake of better regard of matching the models with biorheological reality, the two effective and figurative tools were used – creep and relaxation tests. Examples of biomechanical exploitation are involved.

Regarding the cumbersomeness while deriving the constitutive relation, we use mathematically more convenient attempt – the differential operator form.

Moreover, the analytical properties of relative stiffness $E(D)$ are seized. The attempts and relations for the relaxation and retardation time spectra computations are introduced.

Acknowledgement

This paper is supported by the grant APVV-0184-10

References

- [1] CHRISTENSEN, R. M.: *Theory of Viscoelasticity. An Introduction*. N.Y. London Academic Press, 1971
- [2] MAXWELL, J. C.: On the dynamical theory of Gasses. Phil. Trans. Roy. Soc. A157, London 1857.
- [3] MINÁROVÁ, M.: Mathematical Modeling of Phenomenological Material Properties – Differential Operator Forms of Constitutive Equations, *Slovak Journal of Civil Engineering*. Vol. 22, 2014, no. 4, 19-24, ISSN 1210-3896
- [4] NOWACKI, W.: *Theory of Creep*. Publishing House Arkady, Warsaw, 1963
- [5] RABOTNOV, N. J.: *Creep of Structural Elements*. Moscow, Nauka 1966 (in Russian)
- [6] SOBOTKA, Z. *Reologie hmot a konstrukcí*. Praha, Academia publishing house 1981 (in Czech)

TRACK DYNAMIC RESPONSE AT LOW FREQUENCIES – DOMINANT FREQUENCIES

Milan Moravčík¹, Martin Moravčík²

Abstract

The paper is devoted dynamic effects in the track structure - the quasi-static excitation as the important source for the response of track components in the low frequency area ($0 \text{ Hz} < f < 40 \text{ Hz}$). The low-frequency track (rail) response is associated with periodicity of wheel sets, bogies, and carriages of passage trains, The periodicity of track loading is determined by so called dominant frequencies $f_{(d)}$ at a position x of the track.

Keywords

The quasi-static excitation, the low-frequency track (rail) response, the influence factor, dominant frequencies.

1 Introduction

The track response is practically accounts in the low-frequency range ($0 \text{ Hz} < f < 40 \text{ Hz}$), the medium- frequency range ($40 \text{ Hz} < f < 400 \text{ Hz}$), and the high- frequency range ($f > 400 \text{ Hz}$). Each frequency range has its characteristic frequencies that influence the dynamic behaviour of the track.

The next main track excitation mechanism are distinguished:

1. Quasi-static excitation due to moving axle load.
2. Dynamic excitation due to track irregularities and wheel out of roundness.

This paper is devoted the first group dynamic effects - the quasi-static excitation as the important source for the response of track components in the low frequency area ($0 \text{ Hz} < f < 40 \text{ Hz}$). The low-frequent behaviour of tracks is determine by the substructure and with periodicity of wheel sets and requires a specific access of solution. The numerical analyses are applied to provide a right picture on the track vibration and they are compared with experimental results.

2 Load distribution due to a train passage using a sequence of constat axle load

A simple plain track-foundation model – Euler-Bernoulli elastic beam laying on Winkler foundation is applied. This approach is satisfactory for low-frequency excitation up to 100 Hz. This statement has been confirmed in comparing this theoretical approach to a track FEM model and experimental results.

To predict the railway track vibration $w_T(x, t)$ in a place x of the track due to the passage of a all train (N_c carriages) the moving train load can be estimated as a series of point loads P_w at different locations and different instances of time. Apply such track

¹ Milan Moravčík, Prof., University of Žilina, Faculty of Civil Engineering, Department of Structural Mechanics, e-mail: mimo@fstav.uniza.sk,

² Martin Moravčík, Doc., University of Žilina, Faculty of Civil Engineering, Department of Structures and Bridges, e-mail: martin.moravcik@fstav.uniza.sk.

loading on the track deflection $w_{P_w}(t - T_j)$ - the number of similar events with certain delay times T_j - the passage of car wheels.

$$w_T(x, t) = \sum_{j=1}^{N_c} w_{P_w}(t - T_j) \quad (1)$$

If every moving wheel load P_w generates the same vertical displacement response $w_{P_w} \delta(t - T_j)$, the total track response $w_{T(N_c)}(t)$ due to the train passage with N_c identical carriages and with N_w wheels in the each carriage gets superposition

$$w_{T(N_c)}(t) = \sum_{j=1}^{N_c} \sum_{k=1}^{N_w} w_{P_w} [\delta(t - T_k - jT_c)] \quad (2)$$

2.1 Spectral composition of a sequence of axle loads

The Fourier transform of Eq. (2) is

$$F.T. \{w_{T(N_c)}(x, t)\} \equiv \tilde{w}_{T(N_c)}(if) = \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{j=1}^{N_c} \sum_{k=1}^{N_w} w_{P_w}(t) [\delta(t - T_k - jT_c)] e^{-i2\pi f t} dt \quad (3)$$

Eq. (3) can be arranged as

$$\tilde{w}_{T(N_c)}(if) = \tilde{w}_{P_w}(if) \left((1 + e^{-i2\pi f \frac{L_a}{c_T}}) (1 + e^{-i2\pi f \frac{L_b}{c_T}}) \left(1 + \sum_{j=1}^{N_c} e^{-i2\pi f j \frac{L_c}{c_T}} \right) \right) \quad (4)$$

The amplitude spectrum - the module $S_{w(T)}(f)$ of the track (rail) deflection $w_T(\xi = c_T t, N_c)$ for the passage of the train with N_c carriages can be expressed from Eq. (4):

$$S_{w(T)}(f) = |\tilde{w}_{P_w}(if) \tilde{W}_{T(N_c)}(if)| = S_{w(P_w)}(f) \cdot R_{T(N_c)}(f) \quad (5)$$

where: $R_{T(N_c)}(f)$ is the influence factor which characterizes the sequence of the wheels:

$$R_{T(N_c)}(f) = \left| \tilde{W}_{T(N_c)}(if) \right| = \left| \left((1 + e^{-i2\pi f \frac{L_a}{c_T}}) (1 + e^{-i2\pi f \frac{L_b}{c_T}}) \left(1 + e^{-i2\pi f \frac{L_c}{c_T}} \left(\frac{1 - e^{-i2\pi f N_c \frac{L_c}{c_T}}}{1 - e^{-i2\pi f \frac{L_c}{c_T}}} \right) \right) \right) \right| \quad (6)$$

The dominant frequencies $f_{(d)}$ of the vertical displacements $w_{T(N_c)}(x, t)$ corresponding to passage of the train with N_c carriage and the wheel loads P_w are defined as the relative largest values of the amplitude spectra $S_{w(N_c)}(f)$ from Eq. (5).

The example of the influence factor $R_T(f, N_c)$ and dominant frequencies for the geometrical configuration of IC carriages ($L_a = 2,5$, $L_b = 17,2$, $L_c = 24,6$) and for the train speed $c_T = 33,3$ m/s on the bases of Eq. (6) are solved in the full text.

Acknowledgement

This work was supported by the Slovak Science agency VEGA No.1/0336/15.

EXPERIMENTÁLNÍ A NUMERICKÁ ANALÝZA INTERAKCE PODLOŽÍ A MODELU PŘEDPJATÉ PRŮMYSLOVÉ PODLAHY

EXPERIMENTAL AND NUMERICAL ANALYSIS OF INTERACTION BETWEEN
SUBSOIL AND POST-TENSIONED INDUSTRIAL FLOOR MODEL

Petr Mynarčík¹, Jana Labudková²

Abstrakt

Tento příspěvek ve své první části popisuje proces experimentální statické zatěžovací zkoušky modelu předpjaté průmyslové podlahy. Druhá část článku je pak zaměřena na zpracování numerického modelu tohoto experimentálního zadání. Experimentální model byl navržen jako část předpjaté průmyslové podlahy, která byla zatížena způsobem, simulující zatížení stojkou skladového regálu. Popisovaný experiment je jedním z řady statických zatěžovacích zkoušek, které jsou zaměřeny na interakci mezi betonovou konstrukcí a podložím. Experiment byl realizován na Fakultě stavební, VŠB - Technické univerzity Ostrava.

Klíčová slova

Předpjatý beton, Průmyslové betonové podlahy, Interakce mezi základem a podložím, Kluzná spára, Předpínací tyč

Abstract

The paper presented the process of static load test on post-tensioned concrete industrial floor model in first part and numerical model of this task in the second part. The experimental model was designed as a cutout of post-tensioned concrete industrial floor and static load test was conceived as a simulation of loading by base plate of heavy rack. Described static load test was part of a series of experiments focused on problematic of interaction between concrete structures and subsoil and was realized at the Faculty of Civil Engineering, VŠB –Technical university of Ostrava.

Keywords

Post-tensioned concrete, Industrial concrete floors, Interaction between foundation slab and subsoil, Sliding joint, Prestressing bar

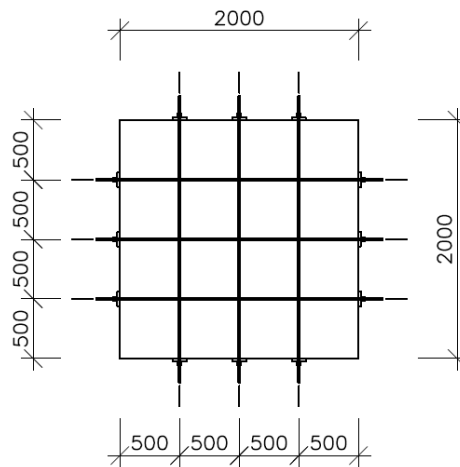
1 Úvod

Experimentální model pro statickou zatěžovací zkoušku byl navržen jako část předpjaté průmyslové podlahy, která byla zatížena způsobem simulující působení stojky skladovacího regálu. Model byl vybetonován přímo pod zkušebním zařízením "STAND". Půdorysný rozměr modelu byly 2000 x 2000, jednalo se tedy o betonovou

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

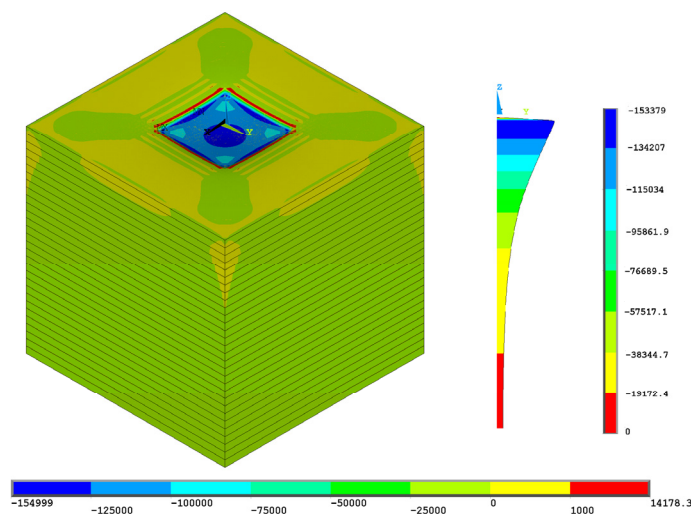
² Ing. Jana Labudková, Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 925, e-mail: jana.labudkova@vsb.cz.

desku čtvercového tvaru o tloušťce 150 mm. Pro betonáž desky byla zvolena třída betonu C35/45 XF1. Předpětí do modelu bylo vneseno pomocí 6 kusů předpínací výztuže třídy Y 1050 a průměru 18 mm, které byly půdorysně rozmístěny viz Obr. 1.



Obr. 1: Půdorysné schéma experimentálního modelu

Experimentální model byl před samotným provedením zatěžovací zkoušky osazen řadou senzorů, které snímaly svislé deformace desky, napětí na kontaktu s podložím, uvnitř a na povrchu desky. Samotné zatěžování probíhalo pomocí hydraulického lisu kotveného o rám zkušebního “STANDu“. Po realizaci experimentu bylo provedeno vyhodnocení dat, které následně posloužily pro tvorbu numerického modelu této úlohy.



Obr. 2: Průběh svislých deformací σ_z , svislý řez středem modelu podloží [Pa]

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků Ministerstva školství, přes studentskou grantovou soutěž VŠB - TU Ostrava s identifikačním číslem SGS SP2015/52.

BLAST CHANNELING AND ATTENUATION IN URBAN STREET GEOMETRY WITH GLAZING

Róbert Nagy¹, József Györgyi²

Abstract

In recent years, a few studies have been carried out to determine formulae describing parameters of explosions taken place in street canyons. We quantify the magnifying effect resulting from the multiple reflections of the shock front and the complex interaction of the reflected waves with respect to the street width and façade height. When windows shatter, air leaks through them attenuating the confinement effect, that is, decreasing the parameters of the amplified shock wave. A 3D computational fluid dynamics (CFD) aided analysis was carried out for a general street arrangement to capture this phenomenon, and present a modification factor to account for it.

Keywords

Blast parameters, channeling, glazing, attenuation,

1 Introduction

In recent years, a few studies have been carried out to determine formulae describing parameters of explosions taken place in street canyons. We quantify the magnifying effect resulting from the multiple reflections of the shock front and the complex interaction of the reflected waves with respect to the street width and façade height. When windows shatter, air leaks through them attenuating the confinement effect, that is, decreasing the parameters of the amplified shock wave. A 3D computational fluid dynamics (CFD) aided analysis was carried out for a general street arrangement to capture this phenomenon, and present a modification factor to account for it.

2 Methodology

We compare the results of three types of explosion scenarios [1] (1) a hemispherical surface burst. (2) are explosions in a narrow street canyon without the attenuating effect of the shattering windows and (3) the same with attenuation, where parameterized numerical analyses were carried out concerning different street widths, façade heights and window sizes shown in presented in Figure 1 and summarized in Table 1 and 2. The present study was carried out using the ProSAir explicit hydrocode, developed at Cranfield University [2][2].

¹ Róbert Nagy, Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Civil Engineering, Department of Structural Mechanics, H-1111 Budapest Műegyetem rkp. 3 K.mf. 63, robert.nagy@mail.bme.hu.

² József Györgyi, Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Civil Engineering, Department of Structural Mechanics, H-1111 Budapest Műegyetem rkp. 3 K.mf. 63, gyorgyi@ep-mech.me.bme.hu

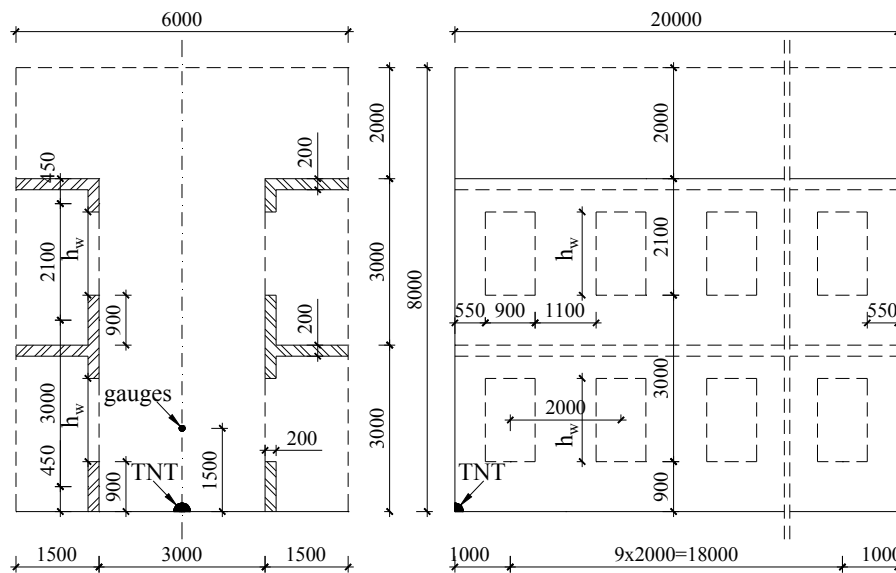


Figure 1. Cross section (left) and side view (right) of the analysed geometry with the dimensions of the model measured in mm.

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| window width | [m] | 0.9 | | | | | | | | | | |
| window height | [m] | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 1.8 | 1.9 |
| window area | [m ²] | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 |
| corresp. facade area | [m ²] | 6.0 | | | | | | | | | | |
| area ratio | [-] | 0.135 | 0.150 | 0.165 | 0.180 | 0.195 | 0.210 | 0.225 | 0.240 | 0.255 | 0.270 | 0.285 |

Table 1. Parameters of the window geometry

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------------|------|------|
| street width | [m] | 2 | 2.4 | 2.8 | 3.2 | 3.6 | 4 | 4.4 | 4.8 | 5.2 | 5.6 | 6 | Charge mass 10kg | | |
| scaled street width | [m/kg ^{1/3}] | 0.93 | 1.11 | 1.30 | 1.49 | 1.67 | 1.86 | 2.04 | 2.23 | 2.41 | 2.60 | 2.78 | | | |
| facade height | [m] | 1 | 1.5 | 2 | 2.5 | 3 | 3.5 | 4 | 4.5 | 5 | 5.5 | 6 | 6.5 | 7 | 7.5 |
| scaled facade height | [m/kg ^{1/3}] | 0.46 | 0.70 | 0.93 | 1.16 | 1.39 | 1.62 | 1.86 | 2.09 | 2.32 | 2.55 | 2.78 | 3.02 | 3.25 | 3.48 |

Table 2. Parameters of the street geometry

3 Conclusion

The complex reflection of the blast waves on tall buildings surrounding narrow street canyons result in magnified parameters of the shock front reaching 4.5 times the values of free-field hemispherical wave. The shattering of the windows decrease them by 15% and 25% for the peak positive overpressure and positive phase impulse respectively.

References

- [1] NAGY, R. Channelling and attenuating effects of blast parameters in urban street geometry with glazing, *Műszaki Katonai Közlöny*: (2) pp. 38-46. (2013)
- [2] TIMOTHY, A.R., *A computational tool for airblast calculations: Air3d version 9 users' guide*, User guide, Cranfield University, Engineering Systems Department, Defence College of Management & Technology, Defence Academy of the United Kingdom, Shrivenham, Swindon SN6 8LA, UK, 2006.

STRUCTURAL ANALYSIS OF PRESTRESSED CONCRETE STRUCTURES

Jaroslav Navrátil¹

Abstract

Structural analysis of concrete, steel or timber structures is usually understood as a task well separated from design of members and cross-sections. But it is not so in the case of prestressed concrete structures. Structural model is conditioned by (1) active role of prestressing in the force action on the structure, (2) the changes of cross-sectional stiffness after anchoring, and (3) prestressing losses. The requirements for specific features of the model are even enhanced in the case of structures with composite concrete sections. These facts are frequently appreciated neither by developers of Finite Element Method systems nor by engineers in practice.

Keywords

Analysis, structure, concrete, prestressing, model, finite element, design.

1 Introduction

The demands of modern design standards increase to prove safety and serviceability of prestressed and composite structures of buildings and bridges.



Fig. 1 Examples of prestressed and composite concrete structures

Disquietingly, the analysis and design methods established in the practice frequently do not respect all distinctive features of these structures and do not reflect current level of knowledge. One of the main features of modern load bearing structures is their step-by-step construction during which the structure passes through a large number of production stages in which the structural scheme changes. Often, the main load bearing element is constructed first and it then forms a supporting system for other parts of the

¹ Doc. Ing. Jaroslav Navrátil, CSc., VSB–Technical University of Ostrava, Faculty of Civil Engineering, Department of Building Structures, L. Poděštné 1875, 708 33 Ostrava, Czech Republic, jaroslav.navratil@vsb.cz
IDEA RS Ltd, U Vodárny 2a, 616 00 Brno, Czech Republic, navratil@idea-rs.com

structure or cross-section. Consequently, the models for the analysis of segmentally constructed structures must respect the rheological properties of concrete and take into account their impact on long-term behaviour and ultimate resistance of the structures.

2 Analysis and Design of Prestressed Concrete Structures

The analysis and the assessment of such structures consist of four closely related parts:

- modelling of changes of structural system and loads based on a gradual modification of the structure and its stiffness,
- analysis of rheological effects on the structure,
- the structural analysis,
- member and sectional design to ensure structural strength and serviceability.

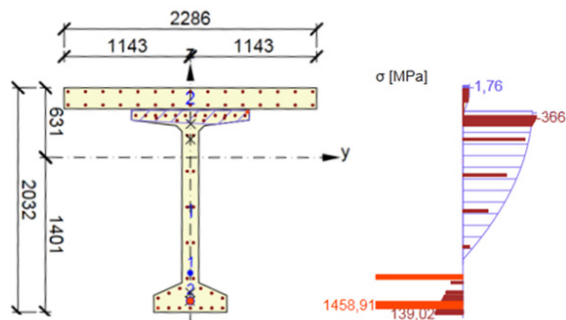


Fig. 2 Stress distribution of prestressed composite section at ULS, IDEA StatiCa

The principles of the analysis of construction stages, **Time Dependent Analysis** (TDA), and sectional design are described in the paper. Specific features of the structural model are explained. **Initial state method** (ISM) has been developed for the calculation of ultimate resistance in flexure, fatigue check and the serviceability checks (stress limitation, crack width, decompression condition, brittle failure, stiffness) of the cross-section.

Considering construction stages, and gradual casting of cross-sectional phases, also calculation model of cross-section for shear, torsion, and interaction strength assessments has been adapted, and new method has been proposed for the calculation of shear stress in the joint of composite members from the difference of normal forces acting on sectional components in two neighbouring sections of the element.

3 Conclusion

Structural modelling of prestressed concrete and composite concrete structures requires specific features of the model, which would reflect construction stages, rheological effects, load equivalent to the effects of prestressing, the changes of the stiffness due to tendon anchoring, the changes of composite cross-section, and initial stress state of the cross-section for sectional design and code assessment. Therefore the development of appropriate solution involves both the knowledge of structural mechanics, Finite Element Method, and prestressed concrete design.

Literature

- [1] EN 1992-1-1 *Eurocode 2, Design of Concrete Structures – Part 1: General rules and rules for buildings*, European Committee for Standardization, December 2004, incl. corrigenda 2008-2010.
- [2] IDEA StatiCa Prestressing, *User guide and tutorials*, IDEA RS s.r.o., U Vodarny 2a, 616 00 BRNO, Czech Republic, 2015, www.idea-rs.com.
- [3] NAVRÁTIL, J. *Prestressed Concrete Structures*. VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of Civil Engineering. 2014. Second edition. ISBN 978-80-248-3625-6. 220 pp.

IMPLEMENTACE DATABÁZE LOMOVĚ-MECHANICKÝCH PARAMETRŮ VYBRANÝCH BETONŮ DO SOFTWARE FREET

DATABASE OF FRACTURE-MECHANICAL CONCRETE PARAMETERS
AND ITS IMPLEMENTATION INTO SOFTWARE FREET

Lukáš Novák¹, Ladislav Řoutil², Drahomír Novák³

Abstrakt

Příspěvek přibližuje tvorbu databáze lomově-mechanických parametrů betonů vybraných pevnostních tříd a její implementaci do pravděpodobnostního softwaru FReET. Podklad databáze představují výsledky dříve provedených lomových zkoušek trámů se zářezem, při jejichž realizaci spolupracovali širší týmy pracovníků Ústavu stavební mechaniky a Ústavu stavebního zkušebnictví fakulty stavební VUT v Brně. Implementovaná databáze bude využita pro potřeby pravděpodobnostních výpočtů betonových konstrukcí.

Klíčová slova

Beton, databáze lomově-mechanických parametrů.

Abstract

The paper shows the creation of the database of fracture-mechanical parameters of selected concrete strength classes and its implementation into probabilistic software FReET. A basis for database were results of earlier performed fracture tests of notched beams, at realization of tests cooperated teams of workers from Institute of Structural Mechanics and Institute of Testing, Faculty of Civil Engineering BUT in Brno. The implemented database will be used for reliability calculations in mentioned software.

Keywords

Concrete, database of mechanical fracture parameters.

1 Úvod, experimentální pozadí zpracovávaných dat

Při analýze mechanické odezvy/poškození kvazikřehkých materiálů/konstrukcí nelze zanedbat lomovou procesní zónu před čelem trhliny, která způsobuje charakteristické nelineární chování. Přitom je klíčová znalost lomově-mechanických parametrů. Stanovené parametry mohou sloužit pro kvantifikaci odolnosti proti vzniku/šíření trhliny či křehkosti/houževnatosti kompozitu, dále jako srovnávací parametr kompozitů a zároveň jako součást vstupních dat do modelů chování konstrukcí z kvazikřehkých materiálů, a to na deterministické či stochastické úrovni. Podporu nastíněnému postupu má představovat databáze lomově-mechanických parametrů betonů vybraných pevnostních tříd, zpracovaná a implementovaná do prostředí softwaru FReET.

¹ Lukáš Novák, VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, NovakL2@study.fce.vutbr.cz

² Ing. Ladislav Řoutil, Ph.D., VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, routil.l@fce.vutbr.cz

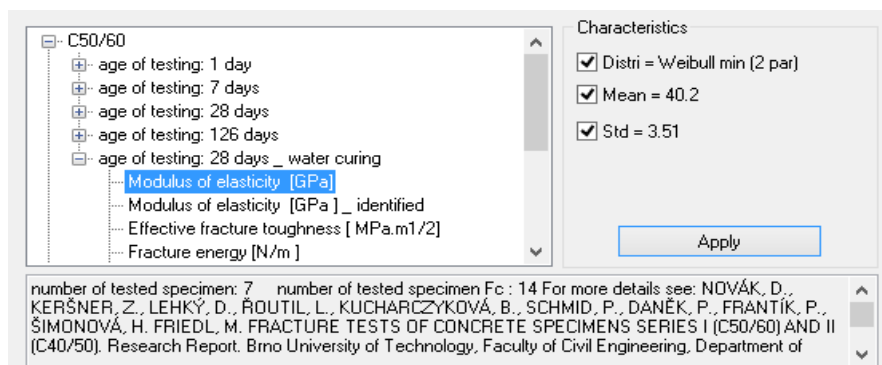
³ Prof. Ing. Drahomír Novák, DrSc., VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, novak.d@fce.vutbr.cz

2 Struktura databáze

Údaje zahrnuté v databázi představují výsledky rozsáhlých experimentů [1]. Ze záznamů závislosti zatížení–posun uprostřed rozpětí trámce se zářezem byly stanoveny hodnoty lomově-mechanických parametrů [1]. Pro stanovení vybraných parametrů (modul pružnosti, pevnost v tahu, lomová energie) byly využity i identifikační metody – v těchto případech jsou uživatelé databáze nabídnuty výsledky experimentů i identifikace. Databáze je zpracována hierarchicky ve třech úrovních:

- Úroveň 1 – **Třída betonu.**
 - Úroveň 2 – **Stáří betonu.**
 - Úroveň 3 – **Jednotlivé parametry.**

Pro každý parametr je definován vhodný model rozdělení pravděpodobnosti a základní statistické parametry, což představuje podporu při tvorbě pravděpodobnostních modelů. Vybraný náhled databáze v prostředí programu FReET ukazuje Obr. 1.



Obr. 1: Náhled databáze v programu FReET

3 Závěr

Příspěvek představuje implementaci databáze lomově-mechanických parametrů betonů vybraných pevnostních tříd do prostředí softwaru FReET. Nastihuje zvolenou strukturu databáze, která je takto připravena na další rozšiřování a doplňování. Uživatelům přináší v přehledné podobě možnost definovat lomově-mechanické parametry pro potřeby numerických simulací chování studovaných kvazikřehkých kompozitů.

Poděkování

Příspěvek byl realizován za finanční podpory projektu GAČR 13-03662S (FRAPA) a CZ.1.07/2.3.00/30.0005 – “Podpora tvorby excelentních týmů mezipodoborového výzkumu na VUT” a 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] NOVÁK, D., KERŠNER, Z., LEHKÝ, D., ŘOUTIL, L., KUCHARCZYKOVÁ, B., SCHMID, P., DANĚK, P., FRANTÍK, P., ŠIMONOVÁ, H., FRIEDL M. *Fracture tests of concrete specimens series I (C50/60) and II (C40/50)*. Research Report. Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Institute of Structural Mechanics & Institute of Building Testing, 2014. 248 p.

PŘEVOD DIAGRAMU $F - \delta_v$ NA DIAGRAM $\sigma_x - \varepsilon_x$

TRANSFORMATION OF DIAGRAMS FROM $F - \delta_v$ INTO $\sigma_x - \varepsilon_x$

Eva Novotná¹, Jiří Šejnoha²

Abstrakt

Cílem příspěvku je analytický popis přechodu z diagramu závislosti průhybu vzorku na velikosti zatěžovací síly při tříbodovém ohybu na pracovní diagram $\sigma_x - \varepsilon_x$ v tahu za ohybu betonu s příměsí polypropylenových vláken. Transformace je založena na kinematickém popisu chování testovaného vzorku. Navržený postup je ukázán při aproximaci funkce napětí kombinací exponenciálních funkcí (Dirichletova řada).

Klíčová slova

vláknobeton, pracovní diagram, zkouška tříbodovým ohybem, kinematický popis chování konstrukce

Abstract

The aim of this paper is an analytical form of the transformation from the $F - \delta_v$ diagram obtained under the three-point bending into the stress-strain diagram in bending tension of concrete with polypropylene fibers. The transformation is based on the description of the kinematic behavior of the test sample. The proposed method is demonstrated by approximating the stress function using a combination of exponential functions (Dirichlet series).

Keywords

fiber reinforced concrete, stress-strain diagram, three-point bending test, kinematic model of structure

Na trámci o velikosti 150x150x700 mm se zářezem zdola uprostřed rozpětí (hloubka 25 mm) byla provedena zkouška tříbodovým ohybem. Zkušební vzorek byl vyroben z betonu s obsahem 4,5 kg na m³ betonu polypropylenových vláken.

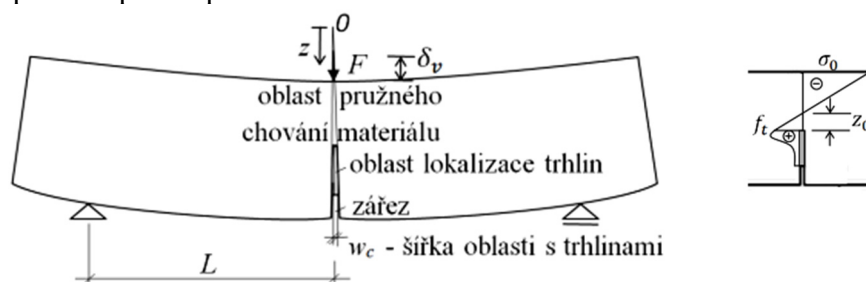
Výsledná závislost průhybu konstrukce na zatěžovací síle je v grafu na Obr. 2. Další podrobnosti o experimentu a složení betonové směsi jsou uvedeny v [1 a 2].

Při transformaci výsledků vycházíme z kinematického popisu chování konstrukce při porušení. Jednoduché schéma modelu je na Obr. 1. Dále je zde uveden předpokládaný tvar funkce napětí po výšce vzorku. Při přechodu z grafu $F - \delta_v$ na $\sigma_x - \varepsilon_x$ je třeba dosáhnout co nejpřesnější aproximace normálového napětí v části s trhlinami. V plné verzi příspěvku jsou uvedeny odpovídající matematické formule.

¹ Ing. Eva Novotná, Ph.D., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra mechaniky, Thákurova 7, Praha 6, 166 29, eva.novotna@fsv.cvut.cz, +420 224 354 401

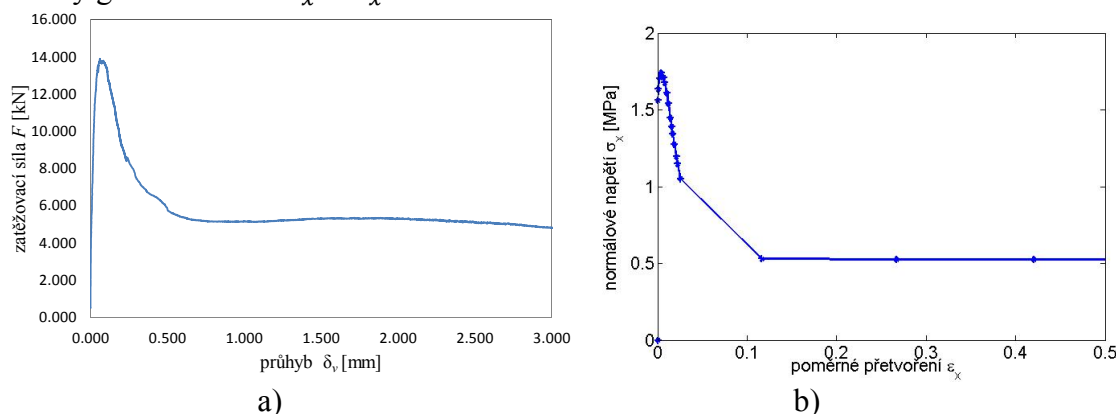
² prof. Ing. Jiří Šejnoha, DrSc., FEng., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, katedra mechaniky, Thákurova 7, Praha 6, 166 29, sejnoha@fsv.cvut.cz

Při popisu deformace vzorku vycházíme z Bernoulli-Navierovy hypotézy o zachování rovinnosti průřezu před a po deformaci.



Obr. 1: Schéma deformovaného vzorku a předpokládaný průběh napětí po výšce průřezu.

Na Obr. 2 jsou znázorněny oba grafy: výchozí - výsledek experimentu $F - \delta_v$, a hledaný graf závislosti $\sigma_x - \epsilon_x$.



Obr. 2a) graf $F - \delta_v$; 2b) graf závislosti $\sigma_x - \epsilon_x$

V předloženém příspěvku je nastíněn jeden z možných postupů k získání pracovního diagramu vláknobetonu v tahu za ohybu z výsledků zatěžovací zkoušky třibodovým ohybem. Již z experimentu bylo patrné, že prvky z vláknobetonu si uchovávají reziduální napětí i po vzniku prvních trhlin, kdy tah v průřezu přebírají zatím neporušená vlákna. Postup vychází z kinematického popisu modelu. Průběh napětí je určen z podmínek rovnováhy. V porušené části je průběh napětí aproximován exponenciálními funkcemi. Parametry těchto funkcí byly stanoveny simulací ve spojení s metodou nejmenších čtverců.

Poděkování

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou programu Centra kompetence TA ČR, projekt č. TE01020168 a projektu studentské grantové soutěže ČVUT v Praze, registrační číslo projektu je SGS14/122/OHK1/2T/11.

Literatura

- [1] M. BROUČEK, M. ŠEJNOHA, Receptury použité pro návrh betonových a alkalicky aktivovaných směsí. Technický list projektu TAČR TL105, 2011.
- [2] ŠEJNOHA, M., BROUČEK M., NOVOTNÁ, E., KERŠNER Z., LEHKÝ F., FRANTÍK P.: Probabilistic models for tunnel risk assessment, Advances in Engineering Software, 2013, 62-63: 61-71

EXPERIMENTÁLNE OVEROVANIE SEKUNDÁRNYCH ÚČINKOV OD PREDPÄTIA

EXPERIMENTAL VERIFICATION OF THE SECONDARY EFFECT DUE TO PRESTRESSING

Peter Pažma¹, Jakub Brondoš², Jaroslav Halvoník³

Abstrakt

Cieľom tohoto príspevku je bližšie informovanie čitateľa o experimentálnom programe prebiehajúcom na katedre betónových konštrukcií a mostov STU v Bratislave a o jeho doterajších výsledkoch. Experiment bol zameraný na dva hlavné ciele. Jedným z nich bola analýza sekundárnych účinkov spôsobených dodatočným predpätím na staticky neurčitej sústave, ktorému sa budem v tomto príspevku aj bližšie venovať. Druhým cieľom bolo overenie vplyvu súdržnosti predpínacej výstuže a okolitého materiálu.

Kľúčové slová

dodatočné predpätie, sekundárne účinky, staticky neurčitá sústava

Abstract

This article describes an experimental program at Slovak university of technology, department of concrete structures and bridges. The experimental program consisted of two main parts. The first one was an analysis of prestressing effects on the statically indeterminate structures, which is the main topic of this article. The second one was an analysis of bond behaviour due to prestressing.

Keywords

Post-tensioning, secondary effect, statically indeterminate structural

1 Úvod

Predpätie je v súčasnej dobe najefektívnejší spôsob vystužovania betónových konštrukcií. Najmä v oblasti mostného staviteľstva, kde sa snažíme o vytváranie konštrukcií s čo najväčším rozpätím, ale aj pri mnohých iných typoch inžinierskych stavieb či rekonštrukciách. Práve vplyvom predpätia sa do betónového prierezu aktívna vnáša tlakové napätie, čo vedie k zvýšeniu ohybovej odolnosti prierezu.

Vplyv predpätia na konštrukciu závisí od viacerých faktorov, pričom sa dá rozdeliť na dve skupiny. Prvá skupina sú primárne účinky vyvolané od predpätia, ktoré závisia od veľkosti predpínacej sily a polohy predpínacej jednotky vzhľadom na ťažisko prierezu. Druhá skupina sú sekundárne účinky spôsobené vplyvom statickej schémy

¹ Ing. Peter Pažma, Stavebná fakulta, katedra betónových konštrukcií a mostov, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, Tel: +421 259274386, Fax: +421 252926213, Email: peter.pazma@stuba.sk

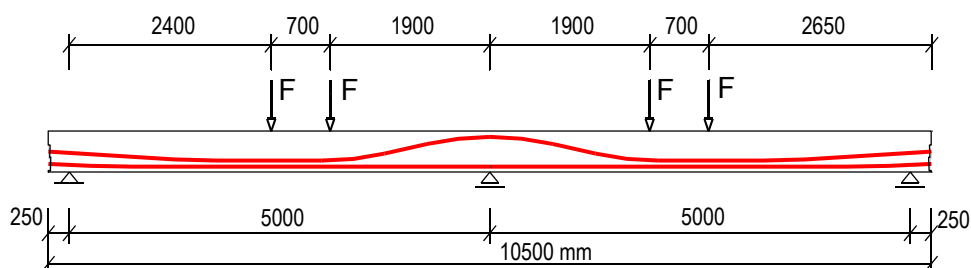
² Ing. Jakub Brondoš, PhD., Stavebná fakulta, katedra betónových konštrukcií a mostov, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, Tel: +421 259274380, Fax: +421 252926213, jakub.brondos@stuba.sk

³ prof. Ing. Jaroslav Halvoník, PhD., STU v Bratislave, Stavebná fakulta, katedra betónových konštrukcií a mostov, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, Tel: +421 259274555, Fax: +421 252926213, Email: jaroslav.halvonik@stuba.sk

konštrukcie. Pri staticky neurčitých konštrukciách je prítomnosťou staticky neurčitej väzby bránené voľnej deformácii konštrukcie spôsobenej predpätím, čo vedie ku vzniku sekundárnych účinkov. Na analýzu sekundárnych účinkov od predpätia bol aj zameraný experiment na katedre betónových konštrukcií a mostov.

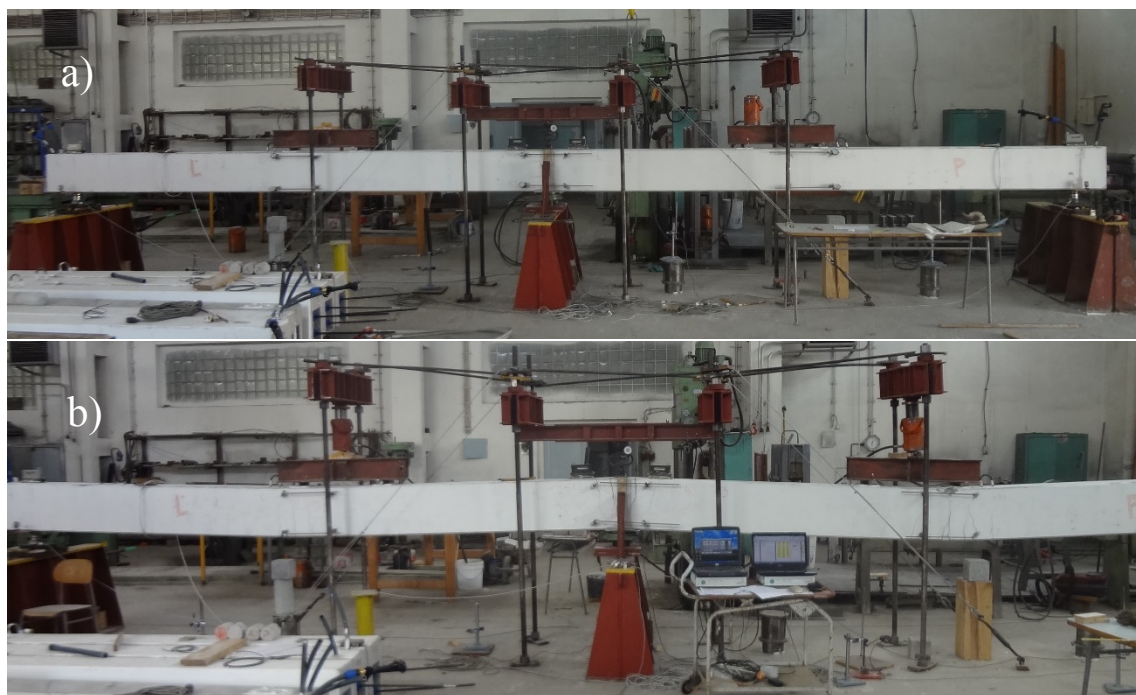
2 Experimentálny program

Pre podrobnejšiu analýzu sekundárnych účinkov predpätia bolo vyrobených 7 nosníkov prierezu 0,25x0,4m s dĺžkou 10,5m. Nosníky boli okrem betonárskej výstuže vystužené dvoma dodatočne predpätými lanami Ø15,7 1660/1860 MPa s rozdielnou geometriou. Geometria prvého lana bola navrhnutá tak, aby lano po napnutí nevyvolávalo žiadne, príp. minimálne, sekundárne účinky. Takéto lano sa zvykne označovať ako konkordantné. Druhé lano bolo navrhnuté naopak tak, aby po napnutí vyvodzovalo maximálne sekundárne účinky.



Obr. 1: Schéma vedenia predpínacej výstuže

Popri analýze účinkov predpätia sa počas experimentu sledoval aj vplyv súdržnosti predpínacích lán opatrených rôznym typom protikorózných prostriedkov. Preto bolo vyrobených 7 nosníkov z čoho tri boli vystužené súdržnými lanami, dva lanami ošetrenými protikoróznym prostriedkom – t.j. so zníženou súdržnosťou a dva nosníky vystužené s lanami obalenými v HDPE obale, laná bez súdržnosti – tzv. monostrand.



Obr. 2: a) nosník osadení v zaťažovacej zostave; b) zdeformovaný tvar nosníka na konci skúšky

X-RAY INVESTIGATION AND MODELLING OF STEEL FIBRES IN SELF-COMPACTING CONCRETE

Tomasz Ponikiewski¹, Jacek Golaszewski²

Abstract

The paper presents an analysis of cross-sections of beams made of Steel Fiber Reinforced High Performance Self-Compacting Concrete (SFRHPSCC). The analysis was performed by two methods, using our own computer program (destructive method), and computed tomography (non-destructive method). The studies showed the characteristic dispersion of steel fibres in the moulded concrete elements, and the usefulness of the methods for diagnostic research. These proposed research methods enable one to determine partially (destructive method) or fully (non-destructive method) the distribution of steel fibres in the tested concrete. The paper presents a preliminary study aimed to automatically determine the position and orientation of steel fibers in fiber reinforced concrete as well. This is required for assessment of the relation between the methods of forming and resulting concentration, position and orientation of steel fibers. Concrete beams with various types of fibers and method of forming were scanned using Computed Tomography and the resulting volumetric images were subjected to image segmentation. From the obtained label map the position and orientation in 3D of each steel fiber were calculated. This enabled generating 4D histograms visualizing in compact form the overall orientation of the fibers. Statistical analysis showed that the orientation of the fibers exhibit exponential distribution. The tests confirmed the correct formation of concrete, maintaining the uniformity of steel fibre distribution.

Keywords

Steel fibre, high-performance self-compacting concrete, fibre orientation, rheology, workability, Bingham model, X-ray Computed Tomography

1 Introduction

The effect of steel fibres content on the self-compatibility of concrete mixture as well as on the mechanical properties of hardened concrete has already been investigated. Previous studies on SFRHPSCC have not provided systematic, validated experimental data to enable their design for their assumed mechanical parameters as well as the distribution and orientation of the dispersed reinforcement. The formation effect on the orientation and uniformity of distribution of fibres must be considered in designing of such structures.

2 Research significance

The main aim of this study was to determine the distribution and orientation of reinforcement in SFRHPSCC by X-ray Computed Tomography system. This will allow the design of concrete structures with anticipated deployment of the dispersed

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

reinforcement, specific to the structural elements and method of its formation. The core of the problem is to determine how in various structures the deployment of the dispersed reinforcement is dependent on the laying of the mixture, taking into account its rheological properties, the volume ratio and geometric parameters of the steel fibres. The paper also presents the results of the computer tomography. The CT scanner applied for this research was equipped with 64 rows of detectors, and the thickness of a series of reconstructed native CT scan was 0.625 mm, i.e. the width of a single detector. The penetration factor in the study was an X-ray beam. The dimension of the surface of each layer of concrete was 150x150 mm. For each beam the result consisted of a native series written in DICOM format with at least 950 images, and reconstructed series with at least 1500 images taking into account the interval in the range 50 ÷ 80% of the thickness of the native layer.

3 Experimental results and discussion

In general, increasing fibre content causes linear increase of yield value g of SFRHPSCC. Nature and range of influence of fibres content on plastic viscosity h of SFRHPSCC also depends on the matrix properties and on the fibre length. A 2D and 3D cross-section of the concrete beam with used fibres is shown in Figures 1.

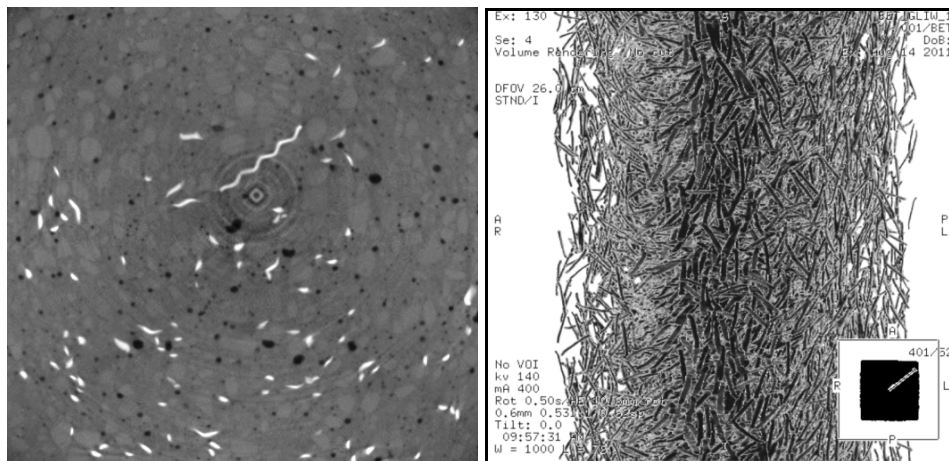


Fig. 1: The X-ray sections of concrete beams with used steel fibres SW 35/1.0 (2D) and KE 20/1.7 (3D) for the sections of 400 ÷ 500 mm from the edge of concrete

4 Conclusions

The computed tomography shows the inner space of concrete with steel fibers in 2D and 3D formats without any limitations. Both of the applied methods of identifying the deployment of fibre in the concrete SFRHPSCC fibres revealed no tendency for the fibres to stick to the walls of the form, no effects of the wall. It has been observed that there were fewer steel fibres in the immediate proximity of the form walls. The number of fibers positioned in most cases parallel to the longitudinal walls of the form leads to the conclusion that such behavior results from the direction of concrete dispersing in the form. Confirmed was the orientation of fibres consistent with the direction of the formation of a mixture SFRHPSCC. Proved as well was the uniform distribution of fibers in the tested concrete.

INFLUENCE OF ICE ACCRETION AT BRIDGE ROPE ON STROUHAL NUMBER

VLIV NÁMRAZY NA MOSTNÍM LANĚ NA STROUHALOVO ČÍSLO

Stanislav Pospíšil¹, Piotr Górski², Sergej Kuznetsov³

Abstract

The paper is concerned with the method and results of wind tunnel investigations of the *Strouhal* number (St) of a stationary iced cable model of cable-supported bridges with respect to different angles of wind attack. The methodology leading to the experimental icing of the inclined cable model was prepared in a climatic section of the laboratory. The St values were determined within the range of the *Reynolds* number (Re) between $2.4 \cdot 10^4$ and $16.5 \cdot 10^4$, based on the dominant vortex shedding frequencies measured in the wake of the model.

Keywords

Bridge cable, ice accretion, *Strouhal* number, angle of attack, vortex shedding frequency

1 Introduction

The change of the cross-section of the cable due to the ice accretion has a significant influence on the flow field around the cables and its aerodynamic see [1]. In this case, an asymmetric airflow around the cable appears, thus, an asymmetric distribution of the wind pressure on its surface exists. For this reason, three aerodynamic coefficients, i.e. drag, lift and moment coefficients depending on the angle of the wind attack should be taken into account. Moreover, in such conditions, an aero-elastic instability of an iced cable known as galloping instability may occur if the specific criteria are met. It is well documented, that the amplitude of galloping of ice accreted cables or transmission lines could be very large, see [2]. The analysis of the vortex excitation response of the iced cables requires, among others, knowledge of the *Strouhal* number, which characterizes the vortex shedding frequency. The paper presents the method and the results of wind tunnel investigations of St of stationary iced cable model with respect to different angles of wind attack. St number was determined within the range of the Re between $2,4 \cdot 10^4$ and $16,4 \cdot 10^4$, based on dominant vortex shedding frequency measured in the flow behind the model. The model was oriented at three principal angles of wind attack for selected values of the Re . The characteristic ice ribs (frozen rivulets on the bottom side of the model) were created and used for further examination. On the upper part of the model the ice shape was similar to the circular shape. The cross-section of the cable with an ice became strongly non-symmetrical with the dimensions 0,192 m in high and 0,181 m in width. The cooling and icing procedure was carried out on a scale of 1:1. Surface

¹ Stanislav Pospíšil, Institute of Theoretical and Applied Mechanics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Czech Republic, pospasil@itam.cas.cz

² Piotr Gorski, Department of Road and Bridges, Faculty of Civil Engineering, Opole University of Technology, Opole, Katowicka 48, 45-061 Poland, p.gorski@po.opole.pl

³ Sergej Kuznetsov, Institute of Theoretical and Applied Mechanics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Czech Republic, kuznetsov@itam.cas.cz

(roughness, material) effect on the flow around the cable during icing procedure is negligible because of low wind velocity, also relatively big drops were simulated and effect of the flow deflection near the surface of the cable on drop trajectory is negligible. Three configuration were selected with respect to the wind angle attack on the cable, see Fig. 1

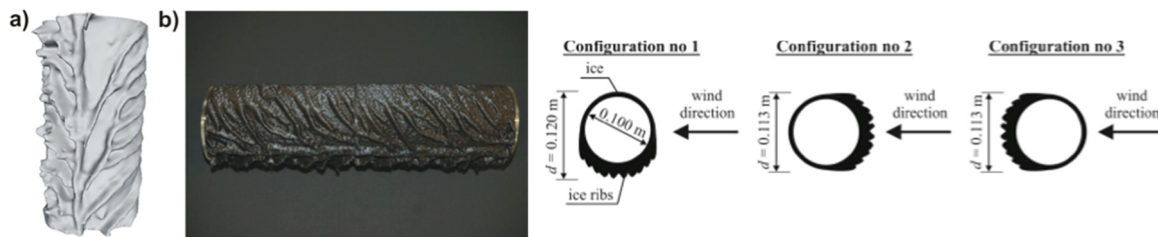


Fig. 1: Left: Ice on the cable segment - a) digital model, - b) printed section; Right: Ice configurations.

2 Conclusion, results

The St was investigated for the stationary iced cable model with respect to three principal angles of wind attack. The ice accretion process produced the asymmetrical and irregular iced cross-section of the cable model with rounded edges of the ice ribs accreted on the bottom side of the model (with maximal surface roughness of 18%) and with the quasi-circular shape on its upper part (with minimal surface roughness of 0.73%). At first configuration initially, in the range of $Re=2,5 \cdot 10^4 \div 6,1 \cdot 10^4$, the St values linearly decrease from $St=0.199$ to 0.189 . In the range of $Re = 6,1 \cdot 10^4 \div 9,9 \cdot 10^4$, St suddenly increases to $St=0,206$ and for $Re > 9,9 \cdot 10^4$, St again decreases to $St=0.198$. As for the second configuration the St number is changing in the range of $St=0.201 \div 0.205$ and seems to be independent of Re . All obtained St values are 12% to 14% higher than $St=0.18$ used as reference. The variability of the St for these configurations can be incidental and may be caused by the randomness of the vortex excitation. The St number determined for the third configuration strictly depends on Re . Its values were initially in the range of $St=0.186 \div 0.187$ for $Re=2,4 \cdot 10^4 \div 4,6 \cdot 10^4$, while in the range of $Re=4,6 \cdot 10^4 \div 9,5 \cdot 10^4$, St number suddenly increased to maximum value $St = 0.215$. In the range of $Re=9,5 \cdot 10^4 \div 15,8 \cdot 10^4$, St number remain in the range of $St=0,205 \div 0,215$. Effect of the change of wind direction on the iced cylinder can thus be attributed to the experimental data by [3] obtained at different surface roughness of the cylinder.

Acknowledgement

This work was created with support from project No. LO1219 under the MEYS National sustainability program I and with the support from project No. GAČR 13-34405J.

References

- [1] DEMARTINO, C., KOSS, H.H., GEORGAKIS, C.T., RICCIARDELLI, F. Effects of ice accretion on the aerodynamics of bridge cables. *J. Wind Eng. Ind. Aerod.* 138, 98–119. 2015.
- [2] ZHITAO, Y., ZHENG-LIANG, L., ERIC, S., WILLIAM, E.L. Galloping of a single iced conductor based on curved-beam theory. *J. Wind Eng. Ind. Aerod.* 123 (2013) 77–87.
- [3] ZDRAVKOVICH, M.M. *Flow around circular cylinders*, Volume 1: Fundamentals. Oxford University Press, USA, 1997.

MODELOVANIE PRIESTOROVEJ ŠTRUKTÚRY ZASTREŠENIA

MODELING SPATIAL STRUCTURE ROOFING

Eubomír Prekop¹ Marek Lettrich²

Abstrakt

Príspevok sa zaoberá modelovaním priestorovej štruktúry zastrešenia športového objektu a jeho následnou analýzou. Bol vytvorený priestorový model konštrukcie zastrešenia vo viacerých variantoch. Výsledkom je statická, hmotnostná a ekonomická analýza týchto variant konštrukcie.

Klíčová slova

Modelovanie, 3D model, RFEM, analýza konštrukcie.

Abstract

This paper deals with modeling and analysis of a spatial roofing structure of the sports facilities. Several variants of the spatial model of a roofing structure were created. Static, mass and economic analyses have been performed for these variants.

Keywords

Modeling, 3D Model, RFEM, structural analysis.

1 Úvod

V súčasnej dobe aj v súvislosti s využitím nových materiálov a technológií, zohráva dôležitú úlohu statický výpočet a posúdenie nosných prvkov konštrukcií, čo v konečnom dôsledku znamená návrh optimálnych rozmerov nosných prvkov, pri ktorých sa pomer užitočného zaťaženia a ich vlastnej tiaže zväčšuje.

Priestorové priehradové konštrukcie sa najčastejšie používajú na zastrešenie objektov, kde je potrebný veľký priestor bez vnútorných podpier (ako sú napríklad výrobné haly, športové haly alebo supermarkety). Takýto typ zastrešenia je vhodný najmä z hľadiska rýchlosti a efektivity pri výstavbe a ekonomickej náročnosti. Keďže priehradové konštrukcie sa skladajú zo subtilných prvkov, spotreba materiálu je nižšia ako pri klasických konštrukciách.

2 Model konštrukcie

Bol vytvorený model priestorovej priehradovej sústavy zastrešenia telovýchovného objektu so štvorcovým pôdorysom s rozmermi 32x32 m. Hlavným nosným prvkom zastrešenia je priestorová priehradová štruktúra, ktorá má v jednom smere tvoriace

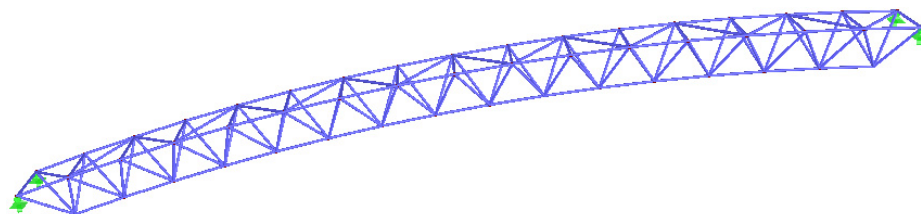
¹ Ing. Eubomír Prekop, PhD., Slovenská technická univerzita, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, lubomir.prekop@stuba.sk

² Marek Lettrich, študent 3. ročníka, Slovenská technická univerzita, Stavebná fakulta, marek.lettrich1@gmail.com

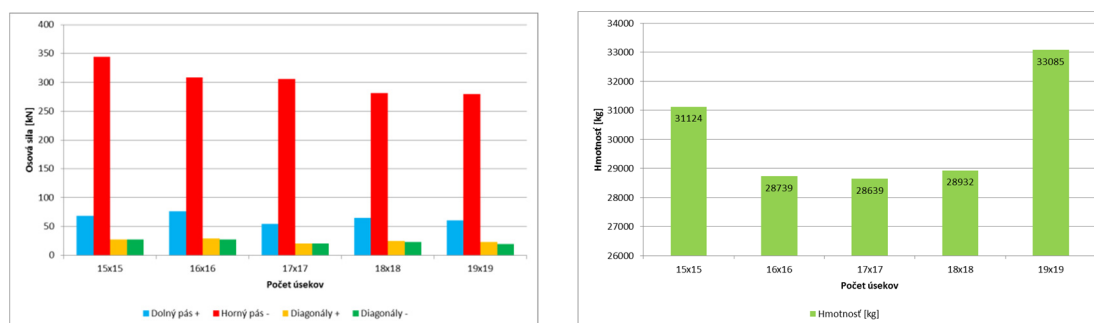
priamky a v druhom smere tvoriace kružnice s polomerom 89,294 m. Konštrukcia strechy je podopretá nosnými stenami na obidvoch koncoch oblúka.

Bolo vytvorených viacero variant rozdelenia konštrukcie. Počet úsekov na priestorovom oblúku začínal na 15tich a končil na 19tich úsekoch, pričom výška nosníka ostala zachovaná. Podľa počtu úsekov oblúka bol volený aj počet polí štruktúry tak, aby bol vyplnený požadovaný pôdorys.

Model konštrukcie bol vytvorený v programe RFEM 5 firmy Dlubal Software s.r.o.



Obr. 1: Hlavný nosný prvok – axonometria



Obr. 2: Porovnanie maximálnych hodnôt osových síl a celkovej hmotnosti

3 Záver

Zastrešenie bolo v tvare valcovej škrupiny, tvorenej priestorovo usporiadanou prútovou štruktúrou, podopretou na obidvoch stranách oblúka. Aj keď ide o relatívne zložitú štruktúru, podarilo sa reatívne jednoduchým spôsobom modelovať jednotlivé prvky a ich súbory tak, aby si modelovanie nevyžadovalo veľa času užívateľa programu. To bolo neskôr využité na pokus o akúsi optimalizáciu formou parametrickej štúdie. Výsledky ukázali, že za optimálny návrh z hľadiska hmotnosti možno považovať konštrukciu s delením na 17x17 úsekov, ktoré má najmenšiu hmotnosť.

Optimalizácia je však proces ďaleko zložitejší, obvykle sa v ňom musia uplatniť komplexnejšie typy a kombinácie zaťažení, väčšia variabilita dimenzií nosných prvkov a podopretia danej štruktúry.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol vďaka podpore Grantovej agentúry SR v rámci projektu VEGA 1/0544/15.

Literatúra

- [1] Dlubal Software s.r.o., program RFEM 5. Priestorové konštrukcie metódou konečných prvkov. *Popis programu*. 2012. 593 s.

VYUŽITÍ MODELOVÉ PODOBNOSTI KE STANOVENÍ POMĚRNÉHO ÚTLUMU KONSTRUKCE PRŮMYSLOVÉHO KOTLE

APPLICATION OF SCALING LAWS FOR ESTIMATING THE DUMPING RATIO OF INDUSTRIAL BOILER STRUCTURE

Jiří Protivínský¹, Martin Krejsa²

Abstrakt

Stanovení útlumu soustavy je nezbytným krokem při jakékoli dynamické úloze. Analytické řešení není možné, proto je pro atypické konstrukce nezbytný experiment. Průmyslový kotel atypickou konstrukcí je. Měření na realizovaném díle nepřichází v úvahu, proto byla experimentální modální analýza realizována na zmenšeném modelu z materiálu PMMA. Předběžné výsledky potvrzují vstupní předpoklad, že konstrukce kotle vykazuje výrazně vyšší tlumení než běžná ocelová konstrukce.

Klíčová slova

Kotel, ocelová konstrukce, tlumení, modální analýza, podobnost, zmenšený model

Abstract

Determination of the dumping ratio is a first stage of every dynamic task. Analytical solution is not available. Due to that an experiment might be reasonable for untypical structure. Industrial boiler represents such untypical structure. Dynamic test on existing equipment is very complicated. Due to that the dynamic test was performed on scaled structure from PMMA material. Preliminary results confirm presumption that the industrial boiler has significantly bigger dumping comparing to common steel structure.

Keywords

Boiler, steel structure, dumping, modal analysis, similarity, scaled model

1 Úvod

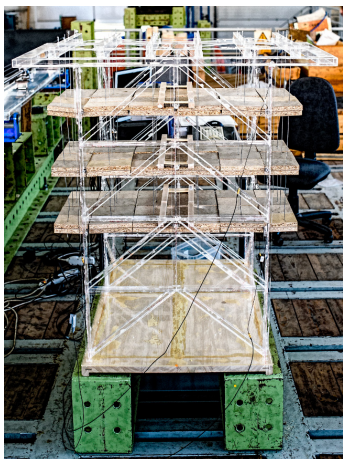
Konstrukce průmyslového kotle vertikálního typu se od běžných ocelových konstrukcí liší v celé řadě parametrů. Předpokládáme, že mechanický útlum této soustavy bude vyšší, než je obvyklé u běžných ocelových konstrukcí.

Stanovení útlumových charakteristik mechanických soustav je možno jen na základě experimentálního měření. Uspořádat měření na skutečném díle průmyslového kotle je ovšem velice organizačně komplikované. Z toho důvodu bylo rozhodnuto uspořádat sérii dynamických zkoušek na zmenšeném modelu konstrukce. Vypovídající hodnota takového měření je omezena nemožností naplnit všechny nezbytné zákony podobnosti, což je obecným úskalím teorie podobnosti a modelování [1]. Na druhou stranu fyzikální

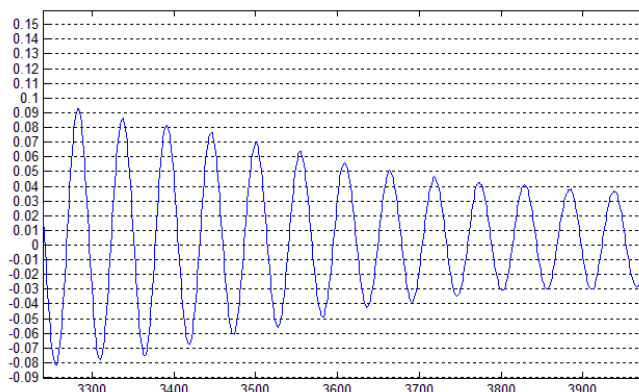
¹ Ing. Jiří Protivínský, VŠB TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, jiri.protivinsky@vsb.cz

² Doc. Ing. Martin Krejsa, Ph.D., VŠB TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, martin.krejsa@vsb.cz

model není limitován žádnou nelinearitou a sám sebe reprezentuje naprosto dokonale. Je tedy neocenitelným nástrojem pro verifikaci matematických modelů soustav stejného druhu [2].



Obr. 1: Fotografie fyzického modelu



Obr. 2: Záznam časového průběhu dokmitávání modelu

2 Závěr

Z naměřených výsledků je zřejmé, že stanovení součinitele poměrného tlumení konstrukce na zmenšeném modelu z materiálu PMMA je možné. Sledovaná konstrukce vykazovala ve všech sledovaných modifikacích útlum dostatečně malý na to, aby bylo možné vyhodnocení provádět.

Časový průběh dokmitávání konstrukce rozkmitané rezonančním kladívkem ukázal v první fázi dokmitávání výrazné vzájemné ovlivnění jednotlivých vlastních tvarů. Vyhodnocení tedy bylo prováděno ze závěrečné fáze dokmitávání, kde již konstrukce dokmitávala pouze na jednom vlastním tvaru.

Měření prokázala, že konstrukce průmyslového kotle vertikálního typu, má výrazně vyšší poměrný útlum než je obvyklé u běžných ocelových konstrukcí. Na základě předběžných výsledků docházíme k závěru, že se hodnota logaritmického dekrementu útlumu konstrukce kotle bude pohybovat blízko hodnoty 0,1. Jedná se tedy o více než dvojnásobnou hodnotu v porovnání s běžnou ocelovou rámovou konstrukcí. V dalších zkouškách se zaměříme na stanovení hodnoty tohoto součinitele příslušné konkrétním dominantním vlastním tvarům kmitání.

Poděkování

Práce byly podporovány z prostředků koncepčního rozvoje vědy, výzkumu a inovací pro rok 2015 přidělených VŠB-TUO Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy ČR a European Safety and Reliability Association v rámci finanční podpory doktorandů na konferenci Modelování v mechanice 2015.

Literatura

- [1] CARPINTERI, A., N. PUGNO a A. SAPORA. 2011. Dynamic response of damped von Koch antennas. *Journal of Vibration and Control*. 17(5): 733. DOI: 10.1177/1077546310375453. ISSN 1077.
- [2] LI, Xianhui. 2010. A scaling approach for the prediction of high-frequency mean responses of vibrating systems. *The Journal of the Acoustical Society of America*. (5): EL209-. DOI: 10.1121/1.3397257. ISSN 00014966.

BUCKLING & POSTBUCKLING OF AN IMPERFECT PLATE SUBJECTED TO THE SHEARING LOAD

Martin Psotný¹

Abstract

The stability analysis of thin plate subjected to shear is presented. To obtain the non-linear equilibrium paths, the Newton-Raphson iteration algorithm is used. Corresponding levels of the total potential energy are defined. The peculiarities of the effects of the initial imperfections are investigated using user program. Obtained results are compared with those gained using ANSYS system.

Keywords

Stability, buckling, postbuckling, geometric nonlinear theory, initial imperfection

1 FEM nonlinear analysis

Restricting to the isotropic elastic material and to the constant distribution of the residual stresses over the thickness, the total potential energy can be expressed as:

$$U = \int_A \frac{1}{2} (\boldsymbol{\varepsilon}_m - \boldsymbol{\varepsilon}_{0m})^T t \mathbf{D} (\boldsymbol{\varepsilon}_m - \boldsymbol{\varepsilon}_{0m}) dA + \int_A \frac{1}{2} (\mathbf{k} - \mathbf{k}_0)^T \frac{t^3}{12} \mathbf{D} (\mathbf{k} - \mathbf{k}_0) dA - \int_A \mathbf{q}^T \mathbf{p} dA. \quad (1)$$

The system of conditional equations one can get from the condition of the minimum of the increment of the total potential energy $\delta \Delta U = 0$. This system can be written as:

$$\mathbf{K}_{inc} \Delta \boldsymbol{\alpha} + \mathbf{F}_{int} - \mathbf{F}_{ext} - \Delta \mathbf{F}_{ext} = \mathbf{0}, \quad (2)$$

where \mathbf{K}_{inc} is the incremental stiffness matrix of the plate,

\mathbf{F}_{int} is the internal force of the plate,

\mathbf{F}_{ext} is the external load of the plate,

$\Delta \mathbf{F}_{ext}$ is the increment of the external load of the plate.

The FEM computer program using a 48 DOF element has been created for analysis. Used FEM model consists of 8x8 finite elements. Full Newton-Raphson procedure, in which the stiffness matrix is updated at every equilibrium iteration, has been applied. Obtained results are compared with results of the analysis using ANSYS system, where 32x32 elements model was created (Fig. 1b). Element type SHELL143 (4 nodes, 6 DOF at each node) is used. The arc-length method is chosen for analysis, the reference arc-length radius is calculated from the load increment.

2 Illustrative example

Illustrative example of steel plate loaded in shear (Fig. 1) is presented as load – displacement paths. The initial displacements are assumed as the out of plane displacements only as a combination of first three buckling modes $d_0 = \sum \alpha_i * MODE_i$.

¹ Martin Psotný, Assoc. Prof., Ing., PhD., Department of Structural Mechanics, Slovak University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, Slovakia, martin.psotny@stuba.sk

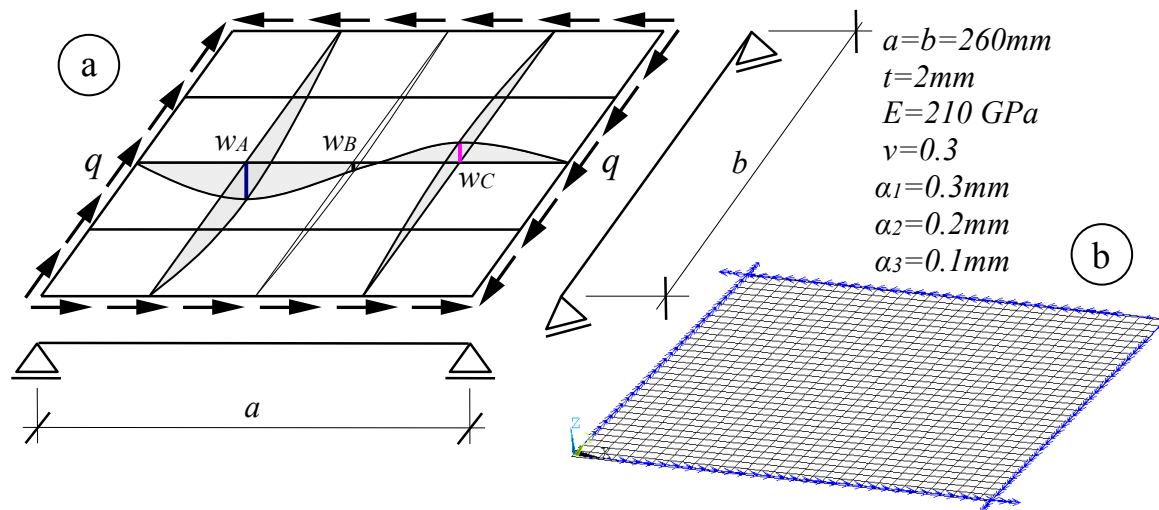


Fig. 1: a) Notation of the quantities of the plate loaded in shear, b) ANSYS FEM model

In order to better describe post-buckling shape of the web, nodal displacements w_A , w_C have been taken as the reference nodes.

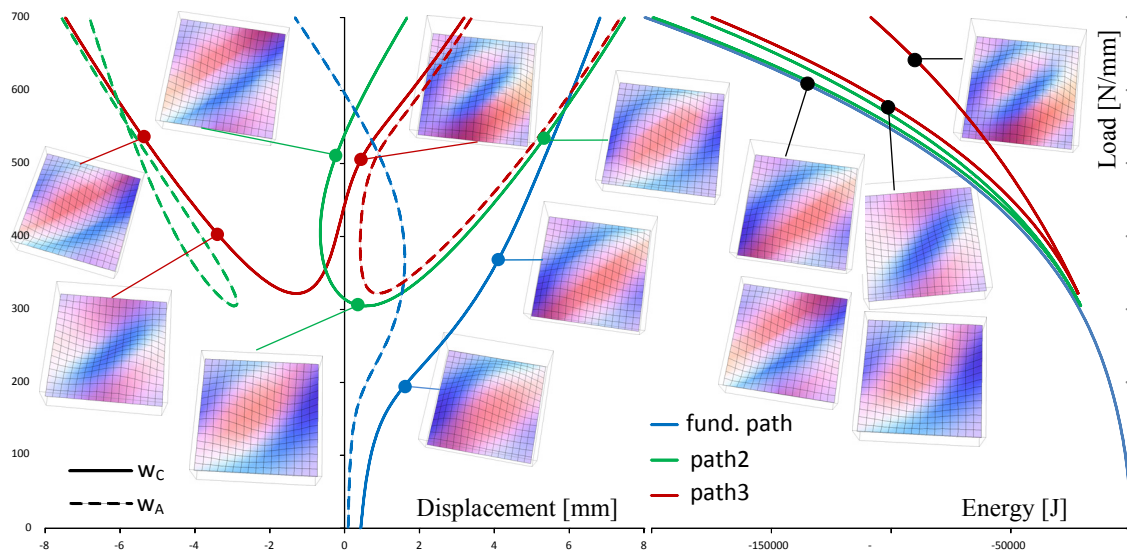


Fig. 2: Results for $\alpha_1 = 0.3 \text{ mm}$, $\alpha_2 = 0.2 \text{ mm}$, $\alpha_3 = 0.1 \text{ mm}$

Presented non-linear solution of the post-buckling behaviour of the plate is divided into two parts. On the left side load versus nodal displacement parameter relationships are presented, on the right side the relevant levels of the total potential energy are drawn.

In Fig. 2 there are presented first three loading paths representing various forms of change between buckling shapes. Fundamental path corresponds with the minimum value of the total potential energy, thus there is no presumption of a snap-through. However, for some different shapes of initial imperfection (see full text), the level of the total potential energy of the fundamental stable path can be higher than the total potential energy of the secondary stable path. This is the assumption for the change in the buckling mode of the slender web.

Acknowledgement

Presented results have been arranged due to the research supported by the Slovak Scientific Grant Agency, project No. 1/0272/15.

STUDIUM JEMNOZRNNÝCH KOMPOZITŮ DEGRADOVANÝCH Kyselínou sírovou s využitím lomových experimentů

STUDY OF FINE-GRAINED COMPOSITES DEGRADED BY
SULPHURIC ACID USING FRACTURE EXPERIMENTS

Markéta Rovnaníková¹, Martin Vyšvařil², Ivana Havlíková³,
Hana Šimonová⁴, Pavel Schmid⁵, Libor Topolář⁶, Zbyněk Keršner⁷

Abstrakt

Síranová korozie velmi snižuje životnost železobetonových konstrukcí a prvků, a to především v částečně zaplněných kanalizačních sítích, kde jsou betonové stěny trub vystaveny nejen síranům z odpadní vody, ale i kyselině sírové vznikající během biogenní síranové korozie činností bakterií. Příspěvek je zaměřen na studium jemnozrnných kompozitů degradovaných kyselinou sírovou s využitím lomových experimentů. Bylo zjištěno, že roční uložení těles v 0,5% kyselině sírové ovlivnilo hodnoty všech sledovaných parametrů, degradace kyselinou proběhla však zřejmě jen v povrchové vrstvě materiálu těles.

Klíčová slova

Lomový test, pevnost v tlaku, modul pružnosti, lomová houževnatost, síranová korozie.

Abstract

Sulphate attack is one of the major threats for durability of concrete constructions/structural members and it becomes a major destructor in sewage collection systems where concrete pipes are exposed to sulphates from wastewater as well as from biogenic activity of bacteria. This paper is focused on the study of fine-grained composites degraded by sulphuric acid using fracture experiments. It was found that storing specimens in 0.5% sulphuric acid for one year affecting values of all observed parameters, but acid degradation occurs apparently only in the surface layer of material specimens.

Keywords

Fracture test, compressive strength, elasticity modulus, fracture toughness, sulphate corrosion.

¹ Markéta Rovnaníková, RNDr., Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Veverí 331/95, 602 00 Brno, CZ, email: chroma.m@fce.vutbr.cz

² Martin Vyšvařil, Mgr., Ph.D., dtto, email: vysvaril.m@fce.vutbr.cz

³ Ivana Havlíková, Ing., dtto, email: havlikova.i@fce.vutbr.cz

⁴ Hana Šimonová, Ing., Ph.D., dtto, email: simonova.h@fce.vutbr.cz

⁵ Pavel Schmid, doc. Ing., Ph.D., dtto, email: schmid.p@fce.vutbr.cz

⁶ Libor Topolář, Mgr., Ph.D., dtto, email: topolar.l@fce.vutbr.cz

⁷ Zbyněk Keršner, prof. Ing., CSc., dtto, email: kersner.z@fce.vutbr.cz

1 Úvod

Mezi tradiční materiály, které jsou nejčastěji používané pro výrobu stokových sítí, patří kamenina a beton, či železobeton. Jeden z degračních procesů, probíhající při částečném plnění profilu kanalizačního potrubí z materiálu pojeného cementem, je biogenní síranová koroze. Jedná se o vnější síranovou korozi betonu, kdy síranové ionty pronikají do betonu z okolního prostředí. Vlivem této koroze totiž na stěny potrubí působí kyselina sírová, která nevniká do kanalizační sítě nedovoleným způsobem či při haváriích, ale za určitých podmínek v kanalizaci vzniká činností bakterií. Jakmile se stěny betonového potrubí dostanou do styku s kyselinou sírovou, či sírany, dochází ihned ke vzájemné interakci, při níž vzniká především dihydrát síranu vápenatého (sádrovec) a ettringit. To vede k postupnému rozrušení takto degradovaných stěn potrubí. Příspěvek je zaměřen na studium jemnozrnných kompozitů degradovaných kyselinou sírovou s využitím lomových experimentů.

2 Výsledky zkoumání

Vybrané výsledky stanovení vlastností kompozitů z testů vzorků před a po ročním působení 0,5% kyseliny sírové jsou shrnuty v tabulce 1: pevnost v tahu za ohybu (R_f), pevnost v tlaku (R_c), lomová houževnatost (K_{Ic}^{un}) a objemová hmotnost (ρ_v).

| Experiment | R_f [MPa] | R_c [MPa] | K_{Ic}^{un} [MPa(m) ^{1/2}] | ρ_v [kg·m ⁻³] |
|---|----------------|----------------|---|-----------------------------------|
| Před působením H ₂ SO ₄ | 7,78 (5,1) | 63,19 (6,1) | 0,825 (7,1) | 2210 (0,3) |
| Po ročním půs. H ₂ SO ₄ | 8,50 (3,9) | 25,26 (6,6) | 0,757 (5,1) | 2063 (1,5) |

Tab. 1: Vlastnosti kompozitů před a po ročním působení 0,5% kyseliny sírové: aritmetický průměr (variační koeficient v %)

3 Závěr

Na základě vyhodnocení provedených experimentů na vzorcích jemnozrnného betonu bylo možno uzavřít, že roční uložení těles v 0,5% kyselině sírové ovlivnilo hodnoty všech sledovaných materiálových parametrů:

- Objemová hmotnost – pokles o 7 %.
- Pevnost v tahu za ohybu – nárůst o 9 %.
- Pevnost v tlaku – pokles o 60 %.
- Lomová houževnatost – pokles o 5 až 8 %.

Z porovnání výsledků lomových zkoušek na tělesech opatřených zářezem před ponořením do 0,5% kyseliny sírové a těsně před lomovým testem lze usuzovat, že ovlivnění kyselinou zasahuje do poměrně malé hloubky materiálu zkušebních těles:

- Statický modul pružnosti – nižší o 29 %.
- Lomová houževnatost – vyšší o 3 %.
- Poměr iniciační a lomové houževnatosti – vyšší o 3 %.

Závěrem lze poznamenat, že doplňkově použitá metoda akustické emise se ukázala být zajímavou při sledování iniciace trhlin v materiálu vyšetřovaných těles.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory z prostředků GAČR, projekt 13-22899P, a projektu LO1408 AdMaS UP podporovaného MŠMT v rámci NPU I.

EFFECT OF PARAMETER ESTIMATION UNCERTAINTY ON STRUCTURAL RELIABILITY

Árpád Rózsás¹, Miroslav Sýkora²

Abstract

Parameter estimation uncertainty is often neglected in reliability analyses, i.e. point estimates of distribution parameters are used for representative fractiles, and in probabilistic models. This paper examines the effect of this uncertainty on structural reliability using Bayesian statistics and a simplified numerical example. The calculations reveal that the neglect of parameter estimation uncertainty might lead to an order of magnitude underestimation of failure probability.

Keywords

Structural reliability, Bayesian inference, parameter estimation uncertainty, posterior predictive distribution.

1 Problem statement

The scarcity of available information inevitably leads to uncertainty regarding the parameter estimates of probabilistic models. This uncertainty is often neglected in probabilistic analyses, e.g. in reliability case studies, and in deriving representative fractiles. Additionally, this uncertainty appears to be neglected or not adequately addressed in some standards and standardization processes as well. Thus, the aim of this paper is to analyse the effect of parameter estimation uncertainty on failure probability.

2 Conceptual approach

A simplified numerical example is selected and the underlying probabilistic models for resistance and action effects are assumed to be known. From each of these a random sample is generated and probabilistic models are inferred. Then probabilistic models with and without incorporating parameter estimation uncertainties are used to calculate and critically compare failure probabilities. Bayesian approach is promoted in this study as it can naturally cover parameter estimation uncertainties using the posterior predictive distribution (B.PP). As a point estimate without this uncertainty, the posterior mean is selected (B.PM).

3 Analysis results

To assess the effect of sampling variability the model fittings and reliability analyses are repeated for multiple samples from the underlying distributions. 600 simulations are used for each sample size, and the Bayesian models with and without parameter

¹ Árpád Rózsás, M.Sc., Department of Structural Engineering, Budapest University of Technology and Economics, 3-9. Műgyetem rkp., Km. 85, H-1111 Budapest, Hungary, e-mail: rozsas.arpad@epito.bme.hu.

² Miroslav Sýkora, Assoc. Prof., Ph.D., Department of Structural Reliability, Klokner Institute, Czech Technical University in Prague, Solinova 7, 166 08, Prague-Dejvice, Czech Republic, phone: (+420) 224 353 850, e-mail: miroslav.sykora@klok.cvut.cz.

estimation uncertainty are constructed. The results of simulation study are illustrated in Fig. 1. The coloured regions represent 90% confidence intervals while the solid line indicates the mean. The dashed line shows the reliability index obtained using models without parameter estimation uncertainty.

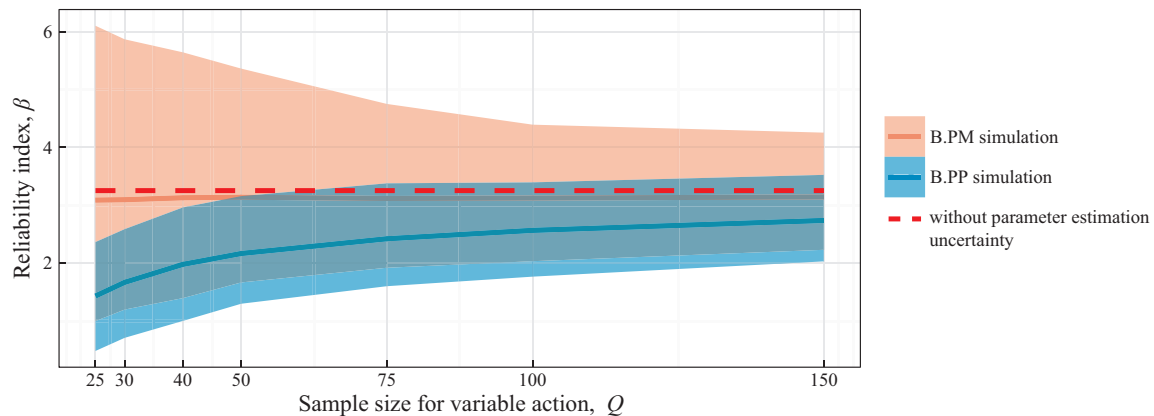


Fig. 1: Simulation based comparison of posterior mean (B.PM, red) and posterior predictive (B.PP, blue) probabilistic models in respect of reliability index and sample size of the variable action, Q

The B.PM results are fluctuating symmetrically around the reliability index without parameter uncertainty while the B.PP is predicting consistently lower reliability indices. All the models are converging to the reliability index without parameter uncertainty with increasing sample size.

Reliability indices for a particular set of samples are summarized in Tab. 1. Comparison of the Bayesian models shows that the failure probability increased by two order of magnitude by incorporating the parameter estimation uncertainty.

| | without parameter uncertainty B.PM | with parameter uncertainty, B.PP |
|--|---|---|
| Reliability index, β | 3.80 | 2.43 |
| Failure prob., P_f | $7.1 \cdot 10^{-5}$ | $7.6 \cdot 10^{-3}$ |

Tab. 1: Summary of reliability indices for a selected sample with 50 observations for the variable action, Q

4 Conclusions

The neglect of parameter estimation uncertainty could lead to several orders of magnitude underestimation of failure probability. Bayesian statistics proves to be a suitable tool for treating parameter estimation uncertainty. However, further research and consideration of practical examples are needed to generalize the conclusions. The consideration of this type of uncertainty could be especially important for critical facilities such as nuclear power plants where site-specific data are used to construct the probabilistic models.

Acknowledgements

This work was partly supported by the International Visegrad Fund Intra-Visegrad Scholarship (contract no. 51401089) and by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic (project no. LG14012).

KONSTRUKCE TĚŽKÉHO DŘEVĚNÉHO SKELETU

THE CONSTRUCTION OF HEAVY TIMBER FRAME

Jana Rumlová¹, Roman Fojtík², Jan Karas³

Abstrakt

Předmětem článku je popis konstrukce těžkého dřevěného skeletu, jehož hlavním rysem je vytvoření spojů s minimem ocelových spojovacích prostředků. Pro objekt o dvou nadzemních podlažích bylo nutné zajistit prostorovou tuhost objektu systémem ztužení svislých stěn, dřevo-betonovou konstrukcí stropu a prostorovým příhradovým vazníkem. Kombinací těchto částí vznikl jedinečný návrh nosné konstrukce objektu.

Klíčová slova

dřevo, skelet, dřevostavba, vazník, kolíkový spoj

Abstract

The issue of this paper is a description of heavy timber construction. The main feature of this was to create construction with a minimum steel bonding. This object has two floors, so important thing was to ensure spatial fixity of the construction by the vertical stiffening system, wood-concrete ceiling construction and spatial lattices truss. This unique supporting construction was created by combination of this solutions.

Keywords

wood, frame, timber building, girder, pin joint

1 Úvod

Předmětem této práce je návrh nosné konstrukce objektu administrativní budovy. Hlavním cílem pak bylo práce navrhnout konstrukci s použitím minimálního počtu ocelových spojovacích prostředků tak, aby vyhověla požadavkům ČSN EN 1995-1-1. Jako konstrukční systém byl zvolen těžký dřevěný skelet s tradičními tesařskými a kolíkovými spoji.

2 Popis konstrukce

Navrhovaný dvoupodlažní má tvar pravidelného osmiúhelníku a je zastřešen pultovou střechou. Jedná se o těžký dřevěný skelet z modřínového dřeva, jehož prostorová tuhost je zajištěna systémem ztužení ve svislé rovině, dřevo-betonovým stropem a prostorovým příhradovým vazníkem v úrovni střechy. Většina detailů v konstrukci je provedena pomocí tradičních tesařských spojů a pomocí dřevěných bukových kolíkových spojů.

¹ Ing. Jana Rumlová, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava – Poruba, 708 33, Česká Republika, jana.rumlova.st@vsb.cz

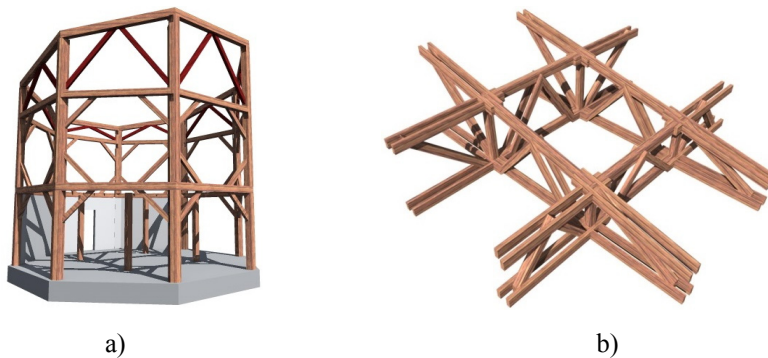
² Ing. Roman Fojtík, Ph.D., VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava – Poruba, 708 33, Česká Republika, roman.fojtik@vsb.cz

³ Ing. Jan Karas, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta prostředí staveb a TZB, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava – Poruba, 708 33, Česká Republika, karas@hamer.cz

Svislé ztužení konstrukce je tvořeno tlačnými tesařskými prvky, a to pásy vzpěrami a rozpěrami. Tyto prvky jsou připojeny pomocí tradičních tesařských spojů

Dřevo-betonový strop byl zvolen pro své příznivé hodnoty průhybu. Společně s betonovými stěnami působí v konstrukci jako tuhé diafragma.

Konstrukce vazníku je nejsložitější konstrukční prvek skeletu. Je to dáno právě konstrukčními detaily, rizikovým místem pak je místo křížení pásů vazníku, které nepůsobí jako typický kloubový přípoj.



Obr. 1: a) Svislá nosná konstrukce b) Konstrukce vazníku

3 Výpočetní model

Pro zjištění účinku zatížení byl vytvořen prostorový prutový MKP model celého objektu. Zatížení je vkládáno do MKP modelů pomocí zatěžovacích panelů a je rozděleno do jednotlivých zatěžovacích stavů. Vzhledem k tomu že některé prvky v konstrukci nejsou schopny přenášet tahová napětí, jsou v modelu zavedeny nelinearity a celá konstrukce tak počítána nelineárně.

4 Závěr

Návrh konstrukčního systému objektu byl ovlivněn druhem spojů. Díky tomu jsou konstrukční prvky značně masivní v porovnání s běžnými ocelovými spoji. Aby bylo dosaženo potřebné tuhosti objektu, vznikl jedinečný systém ztužení objektu, přičemž největší vliv měla konstrukce příhradového vazníku.

Poděkování

Práce byly podporovány z prostředků SP2015/185, pro rok 2015 přidělených VŠB –TUO Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy ČR.

Literatura

- [1] BÍLEK, Vladimír. *Dřevostavby. Navrhování dřevěných vícepodlažních budov.* Praha : ČVUT, 2006. ISBN 80-01-03159-4.
- [2] 1995-1-1, ČSN EN. Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí. místo neznámé : Český normalizační institut, 2006, Sv. Část 1-1: obecná pravidla - společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, 6.1.6, str. 44.
- [3] KOŽELOUH, Bohumil. *Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí.* Praha : ČKAIT, 2008. ISBN 978-80-87093-73-3.
- [4] GERNER, Alfred. *Tesařské spoje.* Praha : Grada Publishing a.s., 2003. ISBN 80-247-0076-X.

STRESS ANALYSIS OF MODIFIED COMPACT TENSION SPECIMENS: K-CALIBRATION CURVES

Stanislav Seitl¹, Viliam Vizslay²

Extended abstract

Compact tension (CT) test is in engineering frequently used test for metallic materials to determine fracture parameters/properties, e.g. fracture energy, fracture toughness, crack propagation rate, J-R curves etc. The modified compact tension (MCT) specimen for cement based composites has to be prepared due to negligible concentration around the holes for tenons. An accurate determination of fracture parameters requires the use of a valid calibration curves, there for in this contribution the stress analysis near the crack tip and calibration curve for modified compact tension test are introduced.

The present paper deals with the determination of critical values of stress intensity factor and Paris-Erdogan law parameters for modified compact tension test (MCT), see in Fig. 1. The dimensions of MTC specimens used for calibration are $D=150$ mm. $B=1$ mm (the parameter is 1 mm, because the 2D numerical study is performed) and the position of steel bars are characterized by ration: W/D to cover all theoretical imperfection during preparing of MTC specimens. α is defined as a/W ratio. $B_1(\alpha)$ is a dimensionless geometrical factor.

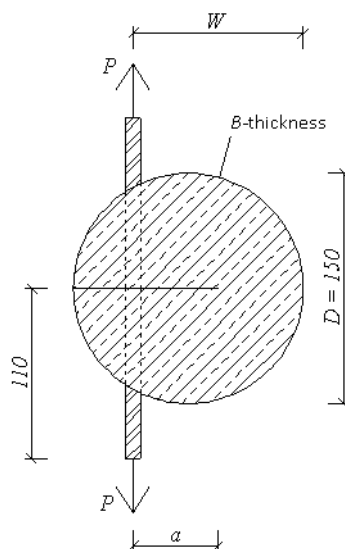


Fig. 1 Modified compact tension test (MCT) – 145/150, 112.5/150, 75/150, 37.5/150, 5/150.

Interpolation (calibration) functions for selected bars position are presented in Fig. 3. The trend of all curve are similar and when the ratio $\alpha=a/W$ approaches 1, the curves theoretically reach infinity. For practical point of view the interval of $W/D \in (0.5, 0.9)$, the interval which is thought to be wide enough for most practical purposes.

¹ Stanislav Seitl, Ing. Ph.D., Academy of Science of the Czech Republic, Institute of Physics of Materials Zizkova 22, 616 62 Brno, and Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Veverí 331/95, Brno 602 00, Czech Republic, seitl@ipm.cz

² Bc. Viliam Vizslay, Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Veverí 331/95, Brno 602 00, Czech Republic

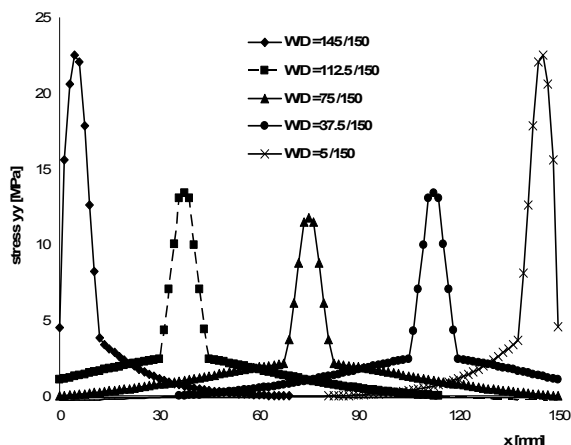


Fig. 2: Stress distribution at the centre ($y=0$) of uncracked specimen ($a=0$).

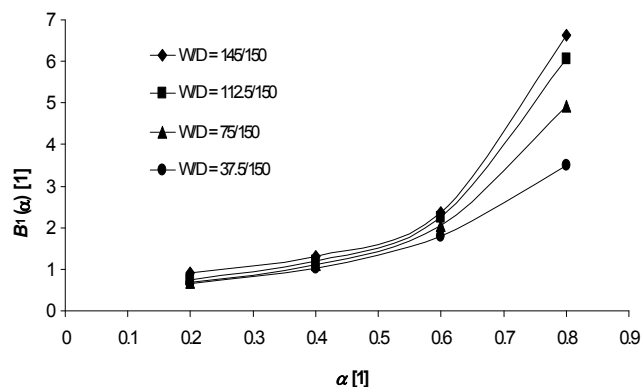


Fig. 3: The dimensional geometry function $f(a/W)$, for various crack lengths for different W/D .

The polynomials for $B_1(W/D = 0.75, \alpha)$ and $B_1(W/D = 0.25, \alpha)$ were determined by fitting to reference data in finite element results. They were found to be

$$B_1(W/D = 0.75, \alpha) = 0.1669 + 2.6042\alpha + 4.9598\alpha^2 - 25.111\alpha^3 + 29.205\alpha^4 + 4.6756\alpha^5$$

$$B_1(W/D = 0.25, \alpha) = 0.2049 + 1.2364\alpha + 3.0828\alpha^2 - 0.6278\alpha^3 + 5.6687\alpha^4 + 3.2404\alpha^5$$

The following conclusions can be drawn from the results obtained:

- A simple and general approximate closed-form expression is proposed for the stress intensity factor for a modified compact tension test. This result is valid for any position ($W/D \in (0.9, 0.5)$) of bars and width-to-depth ratios with differs up to 4 percent.
- To the authors' knowledge, equivalent expressions were only available for compact tension test $W/D = 1/1.35 = 0.74$, ASTM 647.
- All the aforementioned expressions were checked following different routes; the first one by comparison with direct finite element computations done for various crack lengths and with-to-depth ratios.
- The second route was by direct comparison with available expressions for compact pension specimens by other authors. The agreement was always good.

Acknowledgement

The authors acknowledge the support of Academy of Sciences of the Czech Republic project No. M100411204 and under FAST-S-15-2774

VLIV PŘESNOSTI POLYNOMŮ TVAROVÝCH FUNKCÍ NA REKONSTRUKCI POLE NAPĚTÍ V TĚLESE S TRHLINOU

INFLUENCE OF ACCURACY OF POLYNOMIAL SHAPE FUNCTIONS
FOR RECONSTRUCTION OF STRESS FIELD IN CRACKED BODY

Jakub Sobek¹ a Václav Veselý²

Abstrakt

Příspěvek představuje studii zaměřenou na zhodnocení přesnosti polynomů tvarových funkcí používaných pro popis polí napětí a deformací v tělese s trhlinou a určených z řešení těchto polí numerickými nástroji, nejčastěji metodou konečných prvků. Přesnost je hodnocena s ohledem na jejich použití pro tělesa z kvazikřehkých materiálů, které jsou charakteristické rozsáhlou nelineární zónou u čela trhliny. Analýza je provedena pomocí zpětné rekonstrukce pole napětí v tělese s trhlinou a je vybrána jedna vhodná varianta, splňující požadovanou přesnost.

Klíčová slova

Pole napětí, funkce geometrie, přeurtitá metoda, test štípáním klínem, Williamsův rozvoj, kvazikřehký lom.

Abstract

Paper presents a study focused on the evaluation of accuracy of polynomial shape functions utilized for description of the stress and deformation fields in cracked body and determined from solution of these fields using numerical tools, mainly using finite element method. The accuracy is quantified with regard to use in specimens made from quasi-brittle material characterized by large nonlinear zone at the crack tip. The analysis is performed as a reverse reconstruction of stress field in a cracked body and one suitable variant (which fulfills the required accuracy) is chosen.

Keywords

Stress field, geometry functions, over-deterministic method, wedge-splitting test, Williams power series, quasi-brittle fracture.

1 Úvod

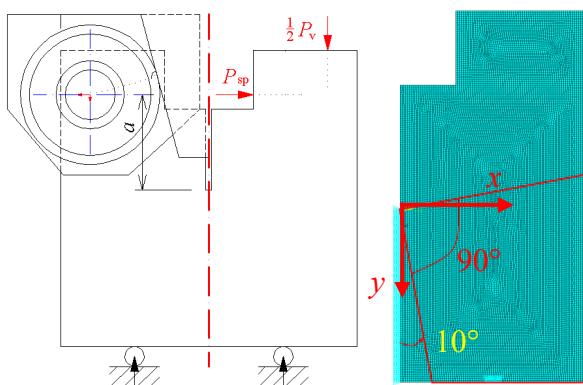
V předchozích studiích autorů byl prezentován přístup pro popis pole napětí (či deformací) pro tělesa s trhlinou z kvazikřehkých materiálů. Opírá se o nutnost zohlednění většího množství členů Williamsovy řady (či přepočtených tvarových funkcí) k vyjádření těchto polí, zejména ve vzdálenějším okolí od kořene trhliny. Víceparametrová lineární elastická lomová mechanika je v tomto případě obecnější než

¹ Ing. Jakub Sobek, 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

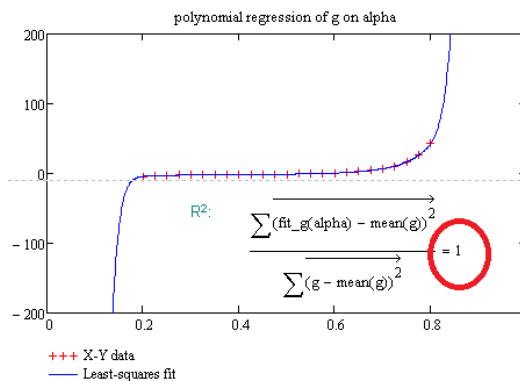
² Ing. Václav Veselý, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, tel.: (+420) 541 147 362, e-mail: vesely.v1@fce.vutbr.cz

dvouparametrová, protože dokáže za pomoci více členů řady vystihnout pole ve větší vzdálenosti, čehož lze využít pro odhad rozsáhlé lomové procesní zóny (LPZ), charakteristické zejména pro kvazikřehké materiály (jako je beton, keramika, grafit a podobně).

Výše zmíněné práce využívají k rekonstrukci pole napětí ve zkušebních tělesech nástroje ReFraPro, do kterého vstupují (mimo jiné) hodnoty koeficientů vyšších členů Williamsovy mocninné řady (resp. z nich přepočtené bezrozměrné, tzv. tvarové funkce), získané z numerických výpočtů polí deformací ve zkušebním tělese za pomoci tzv. přeureditě metody (over-deterministic method – ODM). V dosavadních pracích se autoři zaměřili hlavně na tzv. test štípnutím klínem (wedge-splitting test – WST), uvedený postup je však obecný a lze jej použít pro jakoukoliv zkušební geometrii (v módu I). Avšak zatím nebyla věnována dostatečná pozornost přesnostem samotných polynomů, vystihující tvarové funkce. Aproximace řady bodů spojitou funkcí pomocí regrese sebou nese jistá úskalí. Při použití běžných softwarových nástrojů, které regresi umožňují, může mít uživatelské nastavení (maximální stupeň použitého polynomu; hodnota relativní/absolutní chyby, koeficientu determinace; počet desetinných míst spočtených hodnot koeficientů, atd.) značný vliv na finální přesnost křivky tvarové funkce. MS Excel kupříkladu pro regresi polynomem uvažuje maximálně polynom šestého stupně. Zda je to málo, či zda tento počet zcela dostačující je jedním z předmětů tohoto příspěvku. Hlavní pozornost je zaměřena především na vliv stupně použitého polynomu (a jeho normování) na rekonstrukci pole napětí se srovnáním s FEM výpočtem.



Obr. 1: WST těleso s jeho numerickým modelem



Obr. 2: Regrese dat v sw Mathcad [13]

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" a projektu 15-07210S podporovaného ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky.

MODELOVÁNÍ A EXPERIMENTY TŘÍBODOVÉ OHYBOVÉ ZKOUŠKY S TRÁMKY Z DRÁTKOBETONU

MODELLING AND EXPERIMENTS WITH THREE-POINT BENDING TEST OF FIBRE
CONCRETE BEAMS

Oldřich Sucharda¹, Petr Konečný², Tomasz Ponikiewski³, Petra Doné⁴

Abstrakt

Příspěvek se zaměřuje na provedení a modelování tříbodového ohybového testu trámů z drátkobetonu. Účelem je zhodnocení a posouzení základních vlastností, které budou použity pro konstitutivní modely betonu u nelineární analýzy a tvorby výpočetního modelu. Zvolené konstitutivní modely betonu jsou založeny na lomové mechanice a teorii plasticity. Modelování a analýza se provádí v softwaru ATENA. Softwarová aplikace je založena na metodě konečných prvků.

Klíčová slova

Beton, drátky, experiment, modelování, metoda konečných prvků, nelineární analýza.

Abstract

This paper focuses on evaluation and modelling of three point flexural test of fibre concrete beams. The purpose is to evaluate the basic properties which will be used for constitutive models in non-linear analyses. It is assumed that the constitutive models of concrete are based on the fracture-plastic theory. The modelling and analyses are performed in software ATENA. The software application is based on the Finite Element Method.

Keywords

Concrete, fibre, experiment, modelling, finite element method, nonlinear analysis.

1 Úvod

U analýzy kompozitních materiálu je nutné kromě základních materiálových charakteristik respektovat specifické vlastnosti, kdy autoři se zaměřují na oblast samozhutnitelných drátkobetonů (SFRSCC). Pro tento typ kompozitu nejsou rozšířené vhodné kalibrace materiálových modelů pro nelineární analýzu [1] nebo se vychází pouze ze základních vlastností. Zvolený úvodní experimentální program zahrnuje sérii zkušebních vzorků: tři krychle a pět malých trámů se zářezem. Zkušební vzorky se

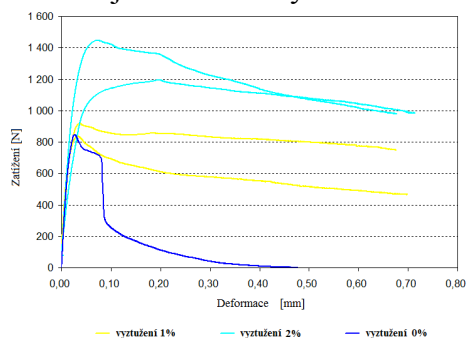
¹ Ing. Oldřich Sucharda, Ph.D. VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděšť 1875, CZ70833, Ostrava, e-mail: oldrich.sucharda@vsb.cz.

² Ing. Petr Konečný, Ph.D., VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděšť 1875, CZ70833, Ostrava, petr.konecny@vsb.cz

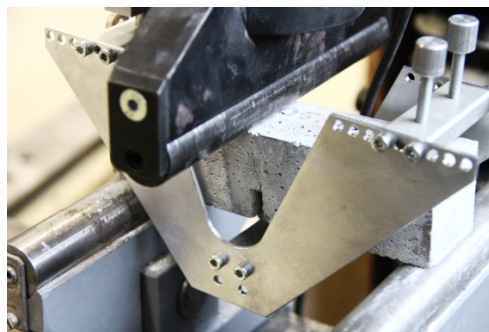
³ dr inż. Tomasz Ponikiewski, Silesian University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Building Materials and Processes Engineering, Akademicka 5, 44-100 Gliwice, Poland, Tomasz.Ponikiewski@polsl.pl

⁴ Ing. Petra Doné, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Laboratoř stavebních hmot, L. Poděšť 1875, CZ70833, Ostrava, petra.done@vsb.cz

odlišují stupněm vyztužení: 0%, 1% nebo 2%. Blíže je složení a vlastnosti drátkobetonu popsáno v [2]. U zkoušek se vyhodnocovala maximální únosnost a pracovní diagramy během zatěžování, které se následně numericky modelovaly. Pracovní diagramy ze zatěžování jsou zobrazeny na obr. 1.



Obr. 1: Pracovní diagramy ze zkoušek



Obr. 2: Tříbodová zkouška trámečku

2 Závěr

Článek se zabývá problematikou určení materiálových vlastností pro nelineární analýzu u cementového kompozitu a numerickými simulacemi, kdy předložený článek shrnuje úvodní výsledky z první série zkoušek nově navázané spolupráce s partnerským pracovištěm na Silesian University of Technology v Gliwicích. Širším záměrem výzkumu je využití informací z rentgenografie a výpočtové tomografie u těles z drátkobetonu, které se následně využijí při modelování chování trámek během zatěžování, modelování lomové procesní zóny a identifikaci specifických materiálových vlastností drátkobetonu (SFRSCC - steel fibre reinforced self-compacting concrete). Na základě provedených zkoušek a výpočtů se prokázalo, že zkušební vzorky a numerické modely 2D a také 3D mají u vzestupné větve velmi podobnou tuhost u tříbodové zkoušky na ohyb zobrazené na obr. 2. Vliv vyztužení na vzestupnou větev je malý. Zatímco u sestupné větve se projevuje zvýšená tuhost vlivem vyztužení drátky. Ze získaných hodnot maximálních únosností je rovněž možné shrnout, že numerické modely dobře vystihly únosnost pro prostý beton a s vyztužením 2%. Sestupnou větev nevyztuženého vzorku je možné také poměrně dobře modelovat. Rozdíl sestupných větví vyztužených a nevyztužených vzorků byl výrazný. Zohlednění tahového změkčení u drátkobetonu bude předmětem dalšího výzkumu, který bude zaměřen zejména na modelování lomové procesní zóny a využití pokročilých technik snímkování vzorků.

Poděkování

This project has been completed thanks to the financial support provided by the International Visegrad Fund. Registration number of the project is 11440031.

Literatura

- [1] ČERVENKA, V., ČERVENKA, J., PUKL, R., ATENA - A tool for engineering analysis of fracture in concrete," *Sadhana-Academy Proceedings In Engineering Sciences*, 2002, vol. 27, pp. 485-492. ISSN 0256-2499.
- [2] PONIKIEWSKI, T., GOLASZEWSKI, J., RUDZKI, M., BUGDOL, M., Determination of steel fibres distribution in self-compacting concrete beams using X-ray computed tomography. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*. 2015, vol. 15, iss. 2, pp. 558-568.

NUMERICAL MODEL OF VERTICALLY LOADED FOUNDATION SLAB

Tetiana Sukhorukova¹, Radim Čajka²

Abstract

This paper presents modeling of interaction of vertically loaded reinforced concrete foundation slab model with the subsoil for the definition of maximal deformations.

Keywords

Foundation, FEM, deformations, subsidence, displacements.

1 Introduction

The sample used for load testing was reinforced concrete foundation slab model. During exposure to vertical load vertical subsidence and slab deformations were measured together with stress. Test slab dimensions were 2000x1950x120 mm. Concrete C16/20 was used for concreting. Hand knotted reinforcing mesh Ø8/100 mm from steel B500B was inserted to the slab. Shear reinforcing was not performed. The slab was concreted on layer compacted gravel with thickness 0.3m which was stored on original subsoil without greensward. The subsoil characteristics were tested in cooperation with geotechnical specialists. The upper layer of subsoil consists of loess loam with F4 consistency. Thickness of that layer is about 5meters. During the test, the concrete slab was loaded in the centre by the pressure applied by a hydraulic press. The load area of vertical force was 200 x 200 mm, $V_{ED}=344$ kN.

Vertical displacements are shown in Fig.1

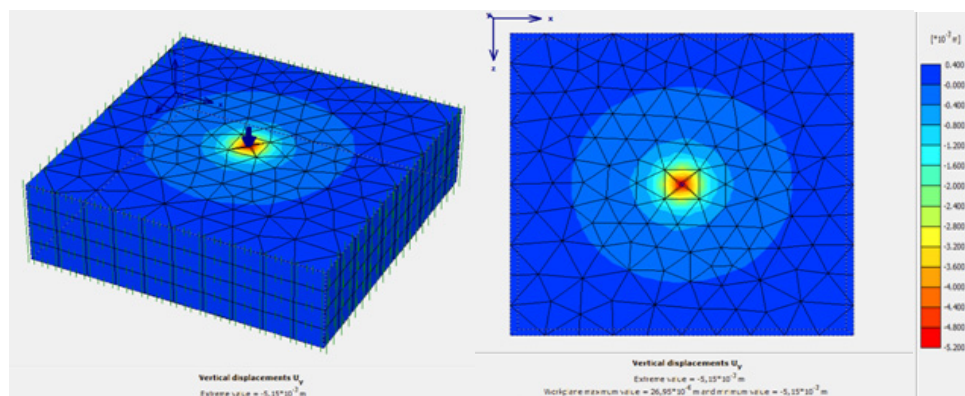


Fig. 1: Vertical displacements of reinforced concrete foundation slab model

¹ Ing. Tetiana Sukhorukova, Department of Technology of Building Production, Faculty of Civil Engineering, Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture, Sumska 40, 61002 Kharkiv, Ukraine, phone: (+420) 720 570993, e-mail: tati_girl@bk.ru.

² Prof. Ing. Radim Čajka, CSc., Department of Building Structures, Faculty of Civil Engineering, VŠB-Technical University Ostrava, Ludvíka Poděštil 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, Czech Republic, phone: (+420) 597 321344, e-mail: radim.cajka@vsb.cz.

Fig. 1 shows that the maximal displacements are in a place of load and it is 5.15 mm. More detailed consideration of vertical deformations is shown in Fig.2.

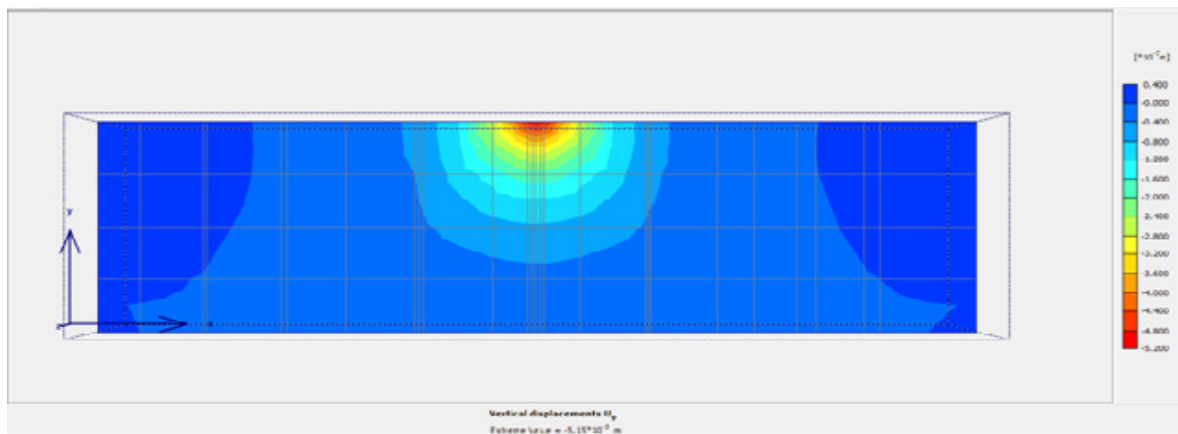


Fig.2: Detailed consideration of vertical deformations

When we consider vertical deformations of a slab we see that the maximal subsidence is 5.15 mm and minimum is 1.75 mm in the corners of a slab (Fig.3)

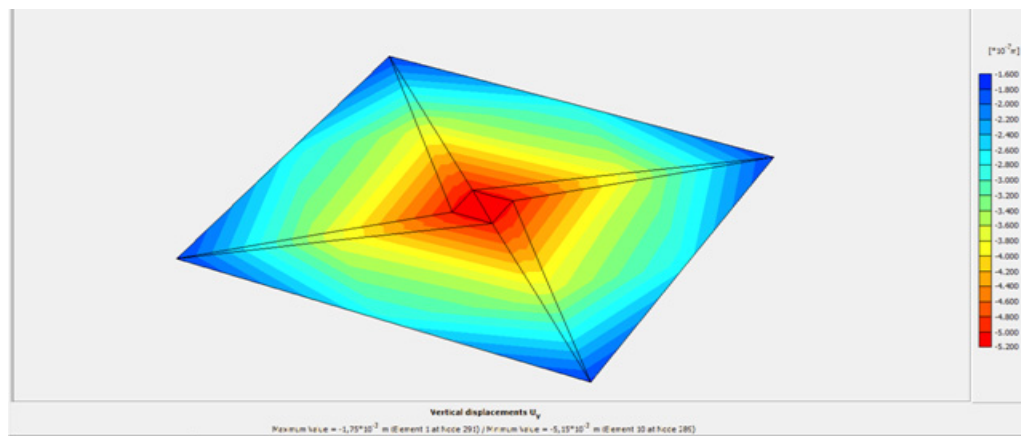


Fig.3: Maximum and minimum subsidence of reinforced concrete foundation slab model

2 Conclusion

Modeling of interaction of vertically loaded reinforced concrete foundation slab model with subsoil was used for the definition of maximal vertical deformations.

The results show that the maximal deformations of reinforced concrete foundation slab model are 5.15 mm.

Maximal deformations are in admissible sizes, that's why it's not necessary to minimize them up to the admissible sizes.

Acknowledgements

This article has been funded by INFINITY project in the framework of the EU Erasmus Mundus Action 2.

NELINEÁRNÍ ANALÝZA MECHANICKÉ ODEZVY MOSTU Č. 2-2043-15, E4 KRISTINEBERG, STOCKHOLM

NONLINEAR ANALYSIS OF THE BRIDGE NR. 2-2043-15,
E4 KRISTINEBERG, STOCKHOLM

Pavel Šeda¹, Ladislav Řoutil²

Abstrakt

Příspěvek představuje výstavbu a nelineární analýzu mechanické odezvy mostu č. 2-2043-15 E4 Kristineberg ve Stockholmu. Simulované výsledky jsou srovnány s hodnotami naměřenými při zatěžovacím experimentu a jsou ukázána možná místa se zvýšeným rizikem poškození, vyžadující zvýšený monitoring v průběhu užívání stavby.

Klíčová slova

Most č. 2-2043-15 E4 Kristineberg Stockholm, nelineární analýza, zatěžovací experiment.

Abstract

The paper is focused on the construction and nonlinear analysis of the bridge 2-2043-15 E4 Kristineberg in Stockholm. Simulated results are compared with experiments. Locations with the enhanced risk of damage are pointed out – these places should be under monitoring during the life cycle of the bridge.

Keywords

Bridge 2-2043-15 E4 Kristineberg Stockholm, nonlinear analysis, loading test.

1 Konstrukce, výstavba a model mostu

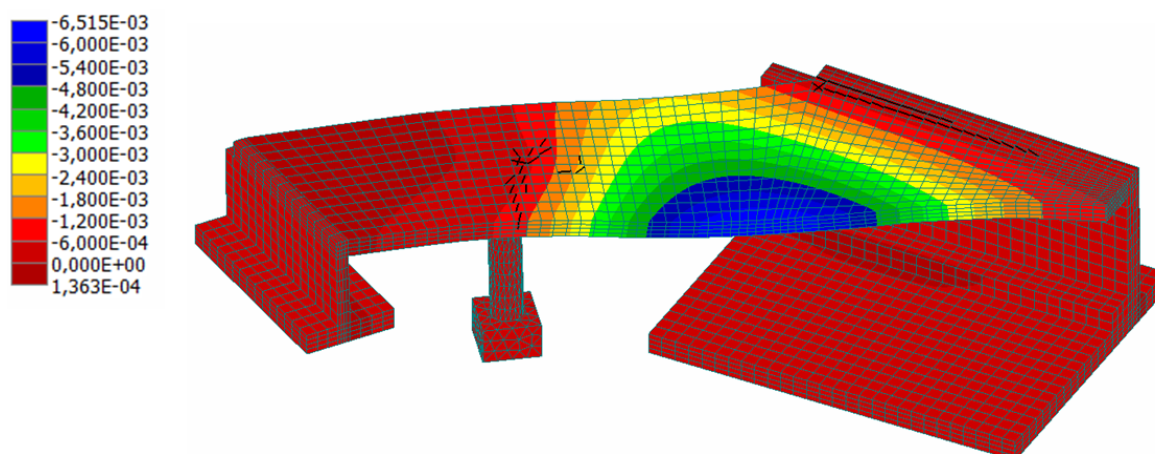
Mostní objekt č. 2-2043-15 dálnici E4, exit 161 (Trafikplats Kristineberg), ve Stockholmu je tvořen železobetonovou rámovou konstrukcí o 2 polích. Celková délka přemostění v ose komunikace činí 26,0 m a volná šířka na mostě je minimálně 7,0 m. Spodní stavbu tvoří dvě krajní opěry a jeden mezilehlý pilíř. Jižní opěra je 3,5 m vysoká stěna se základovým pasem zhotoveným na skalním podkladu, severní opěra je 0,9 m široká, 5,0 vysoká a 15,0 m dlouhá masivní stěna, která svírá úhel s mostovkou 152°. Severní opěra je založena na velké základové desce, která tvoří patu opěry a zároveň slouží jako část silniční komunikace vedoucí pod mostem. Pilíř o průměru 1,2 m je založen ve stejné úrovni jako severní opěra a je umístěn excentricky mimo osu mostu v 1/3 délky rozpětí [1], [2].

¹ Ing. Pavel Šeda, Habau Sverige AB, Lindhagensgatan 103, 112 51 Stockholm, Sweden, pavel.seda@habau.cz

² Ing. Ladislav Řoutil, Ph.D., VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, routil.l@fce.vutbr.cz

Hotová konstrukce byla podrobena zatěžovacímu experimentu, při kterém se měřily svislé posuny na nainstalovaných měřičských bodech. Tento experiment byl následně předmětem numerické simulace.

Mechanická odezva mostní konstrukce při provedeném zatěžovacím experimentu byla simulována v programu ATENA 3D. Hodnoty parametrů materiálového modelu betonu (CC3DNonLinCementitious) byly odvozeny od krychelných pevností získaných z výsledků laboratorních zkoušek prováděných na zkušebních tělesech vyrobených při betonážích jednotlivých částí konstrukce. Mezi sledované výstupy patřily např. svislé posuny či obrazy trhlin (Obr. 1).



Obr. 1: Simulované svislé posuny od 2. zatěžovacího stavu (zvětšeno 150×) vč. obrazu trhlin

2 Závěr

Příspěvek představuje výsledky nelineární analýzy mechanické odezvy mostu č. 2-2043-15 E4 Kristineberg ve Stockholmu. Ukazuje dobrou shodu výsledků simulací s daty ze zatěžovacího experimentu. Jsou ukázána místa se zvýšeným rizikem poškození, vyžadující sledování v průběhu užívání stavby. Odladěný model může být využit k parametrickým či pravděpodobnostním studiím chování konstrukce a tak přispět k optimálnímu návrhu a údržbě konstrukce.

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" a projektu CZ.1.07/2.3.00/30.0005 – "Podpora tvorby excelentních týmů mezioborového výzkumu na VUT".

Literatura

- [1] PEKÁR, M. *Projektová dokumentace stavby – Trafikplats Kristineberg, Stockholm*. Valbek s. r. o., 2014.
- [2] ŠEDA P. *Nelineární analýza mostu č. 2-2043-15, E4 Kristineberg, Stockholm*. Diplomová práce, Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra dopravního stavitelství, Pardubice, 2015, 70 s.

ANALÝZA RIZIKA POŽÁRU V SILNIČNÍCH TUNELECH

ANALYSIS OF FIRE RISK IN ROAD TUNNELS

Jiří Šejnoha, Daniela Jarušková, Jan Sýkora¹

Abstrakt

Riziko požáru v tunelu je v tomto příspěvku pojímáno jako pravděpodobná škoda. Východiskem jsou charakteristiky dopravního proudu, vystupující v Markovově modelu, popisujícím strukturu proudu, z níž vychází predikce pravděpodobnosti vzniku požáru. Fyzikální parametry pak určují tepelný výkon (*HRR*) a další vlastnosti požáru a vstupují do hygro-termo-mechanického modelu požáru pro odhad vzniklé škody.

Klíčová slova

Riziko, dopravní proud, Markovův model, pravděpodobnost vzniku požáru, transport tepla a vlhkosti za vysokých teplot, odprysk betonu, škoda

Abstract

In this paper, the risk of fire is interpreted as probable damage. The starting point is characteristics of the traffic flow entering the Markov chain model that demonstrates the structure of the flow and creates a basis for estimating the probability of fire. The physical parameters then specify the heat release rate (*HRR*) and other properties of fire inputting the hygro-thermal-mechanical model of fire to predict damage.

Keywords

Risk, traffic stream, Markov's model, probability of fire origination, heat and moisture transport under high temperatures, spalling, damage

V minulém desetiletí proběhl rozsáhlý výzkum vzniku požárů v tunelech v Rakousku [1], Itálii [2],[3], ale i jiných zemích. Ukazuje se, že pravděpodobnost vzniku požáru v tunelu je velmi nízká a dosahuje řádově desítek požárů na 1 mld. kilometrů ujetých v tunelu, při čemž četnost požárů nákladních automobilů a busů (*NAB*) je zhruba šestkrát vyšší než osobních automobilů (*OA*), viz [1]. Podle tohoto pramene je třeba rozlišovat požáry v horských oblastech, kde v důsledku přehřátí některých komponent vozidla, ať již při prudkém stoupání nebo klesání, převažuje samovznícení (u *NAB* cca 97%), a požáry v rovinných oblastech, kde dochází k následným požárům po předchozí havárii. Porovnáním vážných nehod/havárií v tunelech a přilehlých volných úsecích dálnic se ukázalo (viz [2]), že v tunelech byly vážná nehody ze dvou třetin četnější než na volných úsecích. Na četnost nehod má kromě chování řidičů a viditelnosti největší vliv hustota provozu (*AADT*) a geometrické a dopravní charakteristiky tunelu (zakřivení, stoupání, klesání apod.). Nepříznivý vliv na strukturu dopravního proudu má i počet pruhů (s jejich počtem roste intenzita přeježdění mezi pruhy s dopadem na frekvenci nehod).

¹ Prof. Ing. Jiří Šejnoha, DrSc., Feng., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Praha 6, Thákurova 7, 166 29, (sejnoha@fsv.cvut.cz)
Prof. RNDr. Daniela Jarušková, CSc., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Praha 6, Thákurova 7, 166 29, (jarus@mat.fsv.cvut.cz)
Ing. Jan Sýkora, Ph. D., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Praha 6, Thákurova 7, 166 29, (jan.sykora.1@fsv.cvut.cz)

Na základě informací o dopravním proudu byl vytvořen jednoduchý pravděpodobnostní model. Je složen z těchto čtyř komponent:

(i) Z pravděpodobnostního hlediska je možné počet vážných nehod (resp. požárů) odhadovat pomocí Poissonova modelu. Vzhledem k většímu rozptylu statisticky zjištěných počtů nehod je však doporučeno v [3] využít k tomuto účelu negativního binomického rozdělení.

(ii) Abychom mohli odhadnout dopad požáru na ostění tunelu, za podmínky, že k němu došlo, musíme predikovat tepelný výkon (HRR), který závisí na typu a počtu vozidel, u nichž došlo ke vzplanutí. Pro určitost předpokládejme dopravní proud ve dvou pruzích jednosměrného tunelu s tím, že ke vzplanutí může dojít ve čtyřech kombinacích vozidel jedoucích v sousedních pruzích, a to $NAB \cap NAB$, $NAB \cap OA$, $OA \cap NAB$, $OA \cap OA$. Na tyto kombinace můžeme nahlížet jako na čtyři stavy stacionárního Markovova řetězce a na základě intenzit přechodů mezi vozidly v témže pruhu a intenzit přejezdů mezi pruhy můžeme predikovat pravděpodobnosti těchto kombinací. Příklad požáru na dvou vozidlech v témže pruhu je z pravděpodobnostního hlediska jednodušší. Mohutný požár většího počtu vozidel je třeba hodnotit jako zvláštní případ ad hoc.

(iii) K posouzení dopadu požáru na ostění tunelu musíme znát rozdělení pravděpodobnosti tepelných výkonů připadajících na vymezené kombinace. V [1] jsou tato rozdělení konstruována expertně stromem případů (ETA). Stojí za zmínku, že ze všech 68 požárů, ke kterým došlo v Rakousku v období 2006-2012 v tunelech nebo v jejich bezprostředním okolí se pouze 38% plně rozvinulo v tunelu a spadá tudíž do oblasti této analýzy.

(iv) Výsledkem předchozích tří kroků je pravděpodobný tepelný výkon. Jeho dopad na poškození ostění je třeba analyzovat pomocí hygro-termo-mechanického modelu vycházejícího z [4]. Další nezbytné údaje o teplotním zatížení lze nalézt v [5]. Významným faktorem ovlivňujícím poškození ostění je nejen odprysk vrstvy v tloušťce cca 5 cm, ale i významný pokles pevnosti betonu v celé tloušťce ostění.

Je třeba zdůraznit, že pravděpodobnostní charakteristiky nehody/požáru se po délce tunelu mění. Proto je trasa tunelu obvykle rozdělena na zóny, a to dvě zóny 1 před a za tunelem (cca 2x100 m), dvě zóny 2 v tunelu poblíž obou portálů (cca 2x100 m). Následují dvě zóny 3 (cca 2x300 m) a střední zóna 4 uvnitř tunelu. Tyto faktory je třeba vzít v úvahu při výpočtu rizika (integraci) jako pravděpodobné škody.

Poděkování

Tento výsledek byl vytvořen s finanční podporou projektu č. TE01020168 Centrum pro efektivní a udržitelnou dopravní infrastrukturu (CESTI)

Literatura

- [1] TuRisMo. Auswertung der ASFING-Tunnelbrandstatistik, 2006-20012, ILF *BERATENDE INGENIEURE*, Linz 2013, 28 s..
- [2] CALIENDO, C. et al. Evaluation of Traffic and Fire Accidents in Road Tunnels, a Cost-Benefit Analysis. *Int. Journ. of Civ. Engng. Res.* 2012, Vol. 3, No 3
- [3] CALIENDO, C. et al. A crash-prediction model for road tunnels. *Accident Analysis Prediction*. 2013, 53, 107-115 [5]
- [4] BAŽANT, Z., THONGUTHAI, W. Pore pressure in heated concrete walls: theoretical prediction. *Magazine of Concrete Research*, 1979, 31(107), pp. 67-7
- [5] IGNASON, H. et al. Runehamar Tunnel Fire Tests, *SPReport*, 2011

STABILITA A KMITANIE SPOJITÉHO NOSNÍKA S IMPERFEKCIU

STABILITY AND VIBRATION OF IMPERFECT CONTINUES BEAM

Luboš Šnirc¹, Ján Ravinger²

1 Prírastková formulácia pre riešenie geometricky nelineárnych úloh

Príchodom metódy konečných prvkov sa objavila myšlienka aktívne využiť diskretizáciu metódy konečných prvkov pre riešenie geometricky nelineárnych úloh. Tak vznikol tzv. „up-dated“ model. Tento prístup nesie so sebou množstvo teoretických i numerických zložitostí a presadil sa iba v malej skupine problémov. Stále sa ukazuje za vhodné a postačujúce použiť tzv. “total description“ model, ktorý sa opiera o zásady výpočtu stanovené už Eulerom. Teóriu pre prírastkové i iteračné riešenie možno zjednotiť v prírastkovej formulácii.

Použitím Hamiltonovho princípu úloha vedie na systém podmienkových rovníc,

$$\mathbf{K}_M \Delta \dot{q} + \mathbf{K}_{INC} \Delta q + \mathbf{F}_{INT} - \mathbf{F}_{EXT} - \Delta \mathbf{F}_{EXT} = \mathbf{0}$$

kde \mathbf{K}_M je matica hmotnosti, \mathbf{K}_{INC} - prírastková tuhostná matica, ktorá je funkciou deformácií konštrukcie, \mathbf{f}_{INT} - vektor vnútorných síl, \mathbf{f}_{EXT} - vektor vonkajšieho zaťaženia, $\Delta \mathbf{f}_{EXT}$ - prírastok vektora vonkajšieho zaťaženia, $\Delta \dot{q}$ - prírastok vektora zrýchlenia premiestnení, Δq - prírastok vektora premiestnení.

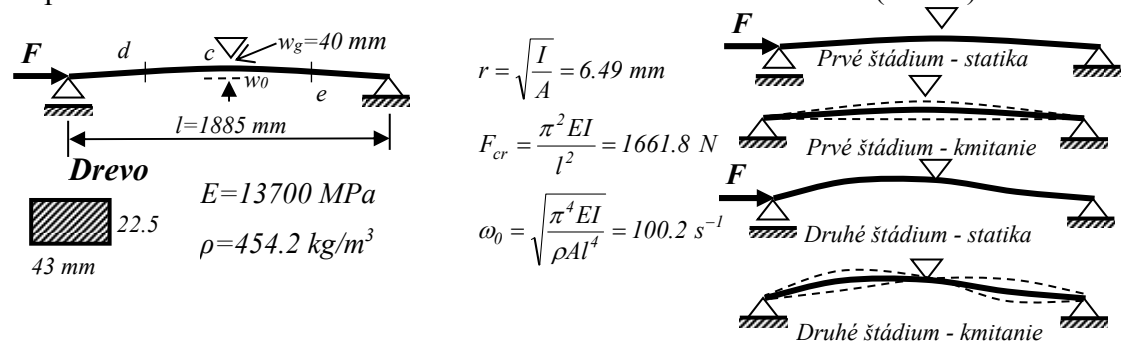
Vlastnú kruhovú frekvenciu ako i tvar kmitania dostaneme z rovnice

$$\left| \mathbf{K}_{INC} - \omega^2 \mathbf{K}_M \right|_{det} = 0$$

V prírastkovej tuhostnej matici je započítaná hladina zaťaženia, deformácie konštrukcie ako i počiatočné deformácie. Predložená rovnica udáva vlastnú kruhovú frekvenciu (vlastné hodnoty) ako i tvary kmitania (vlastné tvary).

2 Stabilita a kmitanie spojitého nosníka

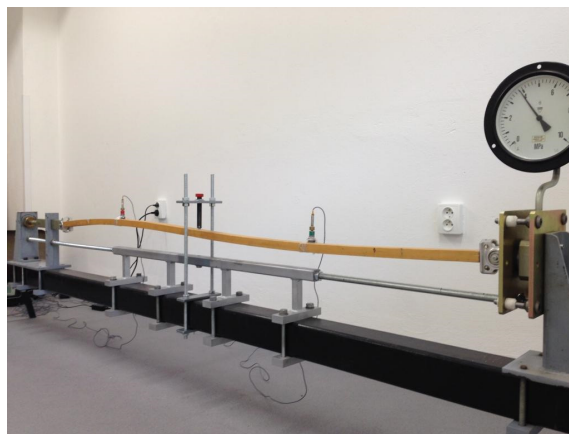
Experimentálne overovanie bolo realizované na drevenom nosníku (Obr. 1).



Obr. 1: Rozmery a mechanické vlastnosti experimentálne overovaného nosníka

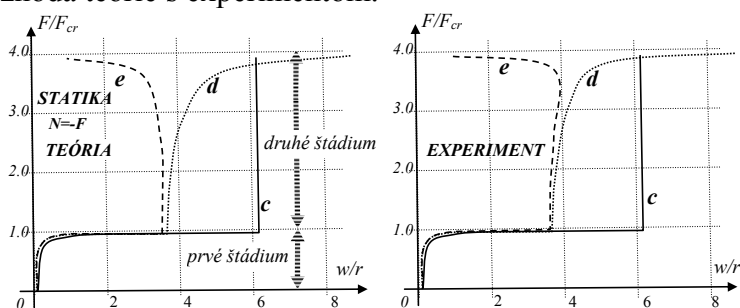
¹ Ing. Luboš Šnirc, STU Bratislava, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, Radlinského 11 810 05 Bratislava SK (lubos.snirc@stuba.sk)

² Dr.h.c. prof. Ing. Ján Ravinger, DrSc. (jan.ravinger@stuba.sk)

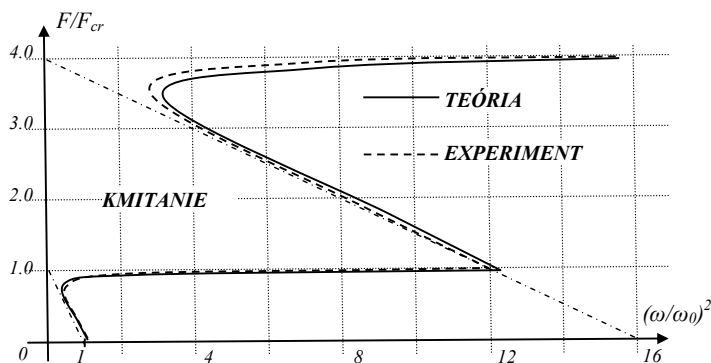


Obr. 2: Pohľad na skúšku nosníka

Získané výsledky sú spracované na obrázkoch 3 a 4. Pre prehľadnosť boli výsledky spracované do bezrozmerných pomerných tvarov. Pri tomto spracovaní ešte viac vynikne dobrá zhoda teórie s experimentom.



Obr. 2: Závislosť medzi zaťažením a deformáciou prúta



Obr. 3: Závislosť medzi zaťažením a štvorcem vlastnej kruhovej frekvencie prúta

3 Záver

Predložený výsledok dokumentuje výbornú zhodu medzi teóriou a experimentom. V prvom rade je to dôkaz, že Eulerova teória pre vzper prúta je správna. Porovnávať teoreticko-numericky vyhodnotenú frekvenciu s frekvenciou nameranou na reálnej konštrukcii je základom pre skupinu nedeštruktívnych metód identifikácie vlastností resp. kvality konštrukcií. Toto je mottom pre autorov pokračovať v danom výskume.

Predložený článok bol realizovaný vďaka podpore agentúra VEGA č.1/0272/15

MODELOVÁNÍ STAVEBNÍCH OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ V PRAXI

STRUCTURAL STEEL MODELLING IN PRACTICAL APPLICATIONS

Libor Štefek¹, Pavel Michalík²

Abstrakt

Pro modelování ocelových konstrukcí je určena aplikace Tekla Structures. Tato aplikace umožňuje tvorbu interaktivního 3D modelu, ve kterém jsou obsažena veškerá data potřebná pro výrobu a montáž ocelové konstrukce. Současně jsou k dispozici informace důležité pro řízení zakázky a spolupráci s dalšími odbornými útvary. Princip BIM umožňuje řízení stavby dle modelu a poskytování aktuálních informací investorovi. Výpočetní model a analýza je zpracována v softwaru Scia Engineer. V příspěvku jsou popsány výhody a úskalí práce s modelem poměrně velké konstrukce švédské elektrárny.

Klíčová slova

Ocel, Konstrukce, Model, Příklad, Kontrola, Tekla Structures, Výkres, Stavba, Výpočet, Scia Engineer, IDEArs

Abstract

Modelling of steel structures is determined by Tekla Structures. This application allows you to create interactive 3D model in which are contained all the data necessary for the production and assembly of steel structure. The same time available information relevant for contract management and coordination with other specialized departments. The principle of BIM enables construction management according to the model and providing current information to the investor. Calculating software for analysing of structural steel is Scia Engineer. There are described advantages and difficulties during work with model of large structure of Swedish power plant in this paper.

Keywords

Steel, Structures, Model, Component, Checking, Tekla, Drawing, Building, Analysis, Scia Engineer, IDEArs

1 Tvorba struktury modelu (Model structure)

Při tvorbě struktury modelu se vychází z projekční části zakázky. Do modelu je možno importovat strukturu z externích zdrojů. Následně se doplní jednotlivé prvky konstrukce.

Základní objekty modelu jsou dílce a položky. Ke každému dílci a položce jsme schopni v průběhu modelování zjistit aktuální informace. Tyto objekty jsou definovány svými vlastnostmi, které vkládáme přes dialogová okna. Mezi základní nástroje pro práci s modelem patří pohledy a jejich kombinace.

¹ Ing. Libor Štefek, Vítkovice Power Engineering a. s.; libor.stefek@vitkovice.com

² Pavel Michalík, Vítkovice Power Engineering a. s.; pavel.michalik.vpe@vitkovice.com

Další fází zpracování modelu je Detail design – návrh přípojí a Finalized connection – konečná úprava přípojí a optimalizace vlastností. Jednotlivé přípoje se modelují pomocí maker – soubor voleb a příkazů strukturovaných v záložkách dialogového okna.

Kontrolní funkce modelu je možno rozdělit na funkce pro globální kontrolu a optimalizaci modelu a na funkce pro kontrolu a optimalizaci na úrovni prvků. Výsledkem je protokol s detailními informacemi o zjištěných kolizích.

2 Tvorba výstupů (Export)

Pro komunikaci s investorem, projektantem, prováděcí firmou a montážní firmou Tekla structures nabízí řadu externích formátů.

Pro výrobu položek Tekla structures nabízí NC DATA, které je možno následně načíst do obráběcích strojů.

3 Základní údaje statického modelu

Globální analýza, statický a dynamický výpočet konstrukce švédské elektrárny je zpracován v prostředí softwaru Scia Engineer.

Statický model je tvořen jako prostorová prutová konstrukce, která je běžně bodově podepřena jednoduchými vazbami, které odebírají jednotlivé stupně volnosti. Plošné prvky nejsou využity.

Tím ovšem jednoduchost končí. V modelu jsou obsaženy všechny prvky, které tvoří konstrukci elektrárny. Kromě nosných prvků jsou do modelu zahrnuty rovněž prvky pomocné, které napomáhají přehlednosti.

Celkový počet prvků v modelu je větší než 13 tis.. Počet přiřazených průřezů přesahuje číslo 10 tis.. Obrovské množství jednotlivých zatížení, která vystupují v modelu jako osamělá břemena a spojitá zatížení, je v modelu rozděleno do 66 zatěžovacích stavů.

4 Vyskytující se problémy

Práce s takto velkým statickým modelem pochopitelně přináší některá úskalí. Je třeba zmínit, že model tohoto počtu prvků a zatěžovacích stavů je již hraničně velký, stává se nepřehledným a odhalení chyb je komplikované.

5 Návrh a posouzení přípojí

Návrh a posouzení přípojí je nedílnou součástí tvorby výrobní dokumentace. Je to činnost, která předchází samotnému kreslení výrobních výkresů a i k ní jsou pochopitelně využívány nejmodernější softwarové nástroje.

6 Závěr

Aplikace Tekla Structures umožňuje pracovat na 3D interaktivním modelu konstrukce ve sdíleném režimu. V rámci zpracování modelu je využit princip BIM.

Práce s globálním statickým modelem, ve kterém jsou zahrnuty všechny součásti, přináší bezesporu velký přínos. Dobře vystihne vzájemnou interakci jednotlivých složek, zkrátí čas návrhu a mnohdy konstrukci zekonomičtí. Na druhou stranu však při velkém objemu dat zneřehlední situaci a začne klást zvýšené nároky na pozornost projektantů. Každopádně bez využití těchto moderních softwarových nástrojů by v dnešní hektické době, kdy je kladen enormní tlak na zkrácení projekční části, nebylo možné smysluplně stavební ocelové konstrukce navrhovat.

OPTIMIZATION AND SAFETY DESIGN OF THE FOUNDATION PLATE

OPTIMALIZÁCIA A BEZPEČNOSŤ NÁVRHU ZÁKLADOVEJ DOSKY

Katarína Tvrdá¹

Abstract

In the first part this paper deals with the optimal design of thickness of a plate rested on Winkler's foundation. In the second part some probabilistic and safety analysis of the deflection of the foundation using LHS Monte Carlo method are presented.

Keywords

Optimization, thickness, foundation, plate, Winkler's theory, probability, reliability

1 Introduction

Many world leading universities deal with this problem, in particular when proposing the topic tasks for the practice, in particular in the air force industry as well as building and civil engineering structures. Thickness of the foundation plate rested on Winkler's foundation is reduced to the minimum prescribed thickness depending on the objective function and the optimization of parameters. In the design of structures or parts there is one of the most important tasks of assessing the reliability of the structure, and its ability to retain the confidence of the means required for the entire time of the technical properties of life.

2 Optimization of plate thickness in some points

This section deals with an example of optimizing plates using first-order method, which uses except unknown function and its first derivative.

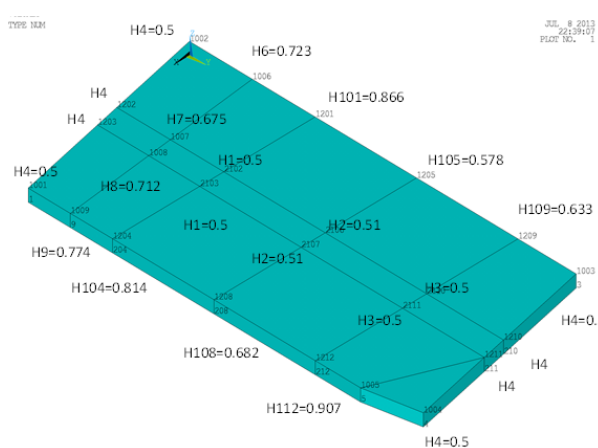


Fig. 1: Final thickness design in fourteen points

¹ doc. Ing. Katarína Tvrdá, PhD. Slovak University of Technology, Department of Structural Mechanics, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, +421259274291, (katarina.tvrda@stuba.sk)

3 Probability calculation

Five mutually independent random variables were used as the stochastic inputs: h_{var} , q_{var} , $EX1_{var}$, $EX2_{var}$, KK_{var} and w_{VAR} (see Tab. 1). During a probabilistic analysis, ANSYS executes multiple analysis loops to compute the random output parameters as a function of the set of random input variables. The values for the input variables are generated either randomly using Monte Carlo simulation with Latin Hypercube Sampling. The number of samples was set to 1000. The output shows (Fig. 2) the probability that max deflection is less than -0.006 m, representing that the design is at $3.47e^{-3}$ unreliable.

| Inputs | deterministic | Par1 | Par2 | type |
|---------------|---------------|-----------|------------|-----------|
| $H1 [m]$ | $H1 = 0.95$ | 0.94 | 0.96 | uniform |
| $q [kN/m]$ | q | 1 | 0.1 | lognormal |
| $EX1 [kPa]$ | $31 e6$ | $2.759e7$ | $1.3795e6$ | gauss |
| $EX2 [kPa]$ | $0.85*31e6$ | $2.759e7$ | $1.3795e6$ | gauss |
| $KK [kN/m^3]$ | 70000 | 70000 | 3500 | gauss |

Table 1: Tables of deterministic and stochastic inputs

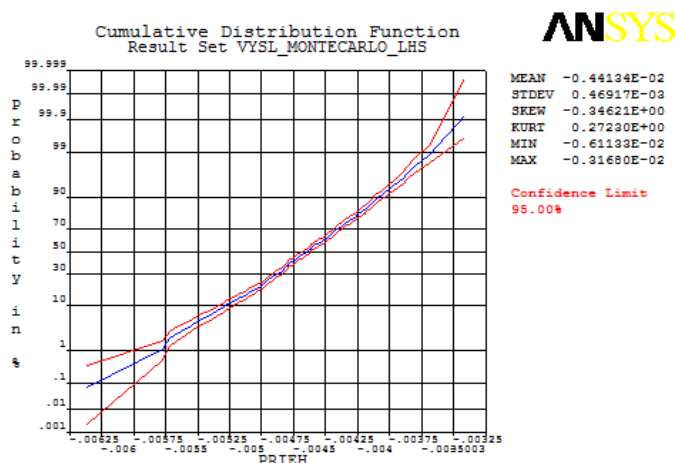


Fig. 2. Histogram of cumulative distribution function PRIEH - deflection

4 Conclusion

The aim of this analysis was to determine the probability of the failure of structure, and then to determine its reliability depending on the input parameters. In our case, there has been a failure ($3.47e^{-3}$), if we have exceeded the limit deflection -0.006 m.

Acknowledgement

The work has been supported by the grant from Grant Agency of VEGA in Slovak republic No. 1/0544/15.

References

- [1] M. J. Tomlinson, Foundation Design and Construction, Pearson Education Ltd, England, 2001.
- [2] A. Duan, J.-G. Duan, W.-L. Jin, Probabilistic approach for durability design of concrete structures in marine environments, Journal of Materials in Civil Engineering, Vol.27, Iss 2, 2015

ZAUTOMATIZOVÁNÍ TVORBY VÝPOČETNÍCH MODELŮ S VYUŽITÍM JAZYKU VISUAL BASIC

AUTOMATIZATION OF THE PROCESS OF CREATING COMPUTATIONAL
MODELS USING VISUAL BASIC PROGRAMMING LANGUAGE

Jan Valeš¹

Abstrakt

Článek se zabývá zautomatizováním tvorby 3D geometrie modelů nosníků, která bude sloužit jako základ konečněprvkostních výpočetních modelů a jejich analýzy. Proces zautomatizování přitom zahrnuje propojení softwaru *AutoCAD* a *Microsoft Excel* prostřednictvím programovacího jazyku *Visual Basic*. Článek se poté konkrétněji soustředí na sestavování geometrie válcovaných nosníků I-průřezu, jejichž počáteční geometrická imperfekce má 1. vlastní tvar vybočení při ztrátě stability klopením.

Klíčová slova

Výpočetní model, Visual Basic, nosník, imperfekce, klopení.

Abstract

The paper deals with the process of automatization of creating the 3D models. The geometry will serve as a basis of the final element models and their analysis. The process of automatization includes interfacing *AutoCAD* and *Microsoft Excel* software using *Visual Basic* programming language. The paper focuses on the creation of geometry of hot-rolled I-beams. Their initial imperfections are modelled so that they originate in the first eigenmode of lateral-beam buckling.

Keywords

Computational model, Visual Basic, beam, imperfection, lateral-torsional buckling.

1 Úvod

Proces zautomatizování výpočtu konstrukce nebo alespoň tvorba jejího výpočetního modelu se jeví jako naprostá nutnost v úlohách, kdy máme velký počet různých realizací dané konstrukce a cílem je z výpočtu každé takové realizace získat výsledky, které nás zajímají (únosnost, maximální deformace apod.). Zejména v případě simulačních metod typu Monte Carlo, kde se setkáváme s řádově tisíci až miliony náhodnými realizacemi [1], by byl nezautomatizovaný postup nemyslitelný.

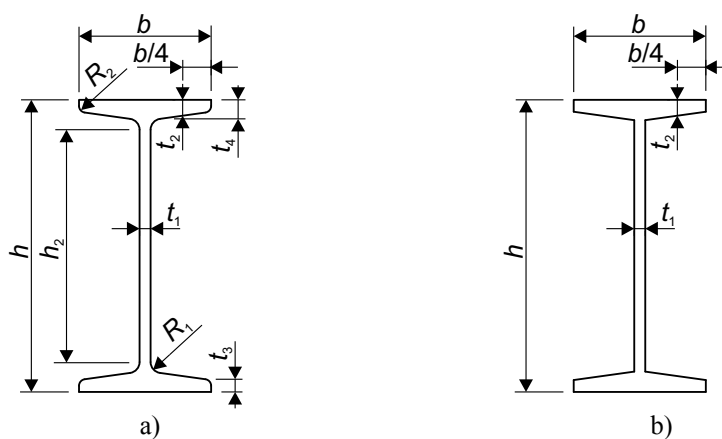
V této úloze je podstatou procesu automatizace načtení souboru dat s hodnotami realizací geometrických charakteristik průřezu a sestavení cyklu pro tvorbu a export výsledných modelů nosníku válcovaného I-průřezu. Ty budou sloužit jako základ konečněprvkostních výpočetních modelů v programu Ansys a jejich analýzy.

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

Těmto modelům je přisouzena počáteční geometrická imperfekce, která vychází z prvního vlastního tvaru vybočení při ztrátě stability klopením. Sestává z vybočení osy nosníku ve směru kolmém na měkčí osu průřezu a natočení průřezů podél osy nosníku. Zakřivení nosníku podle prvního vlastního tvaru vybočení předpokládá, že vybočení osy a natočení průřezů podél osy nosníku jsou funkčně závislé a je mezi nimi korelace 1. Takovéto modelování je z hlediska spolehlivosti návrhu konzervativní, protože vede na nejrychlejší pokles únosnosti [2].

2 Popis modelu

Výpočtové modely budou tvořit nosníky profilu I200. Jejich geometrie bude importována do konečněprvkového programu Ansys a model bude nameshován prostorovými konečnými prvky SOLID185. Jedná se o osmiuzlové prvky se třemi stupni volnosti v každém uzlu (posun ve směru osy x , y a z) [3]. Kvůli odstranění možných problémů se sítí konečných prvků byl profil zidealizován tak, že nebyla uvažována zaoblení R_1 a R_2 , viz Obr. 1a), a geometrii průřezu tak definovala pouze výška profilu h , šířka pásnice b , tloušťka stojiny t_1 a tloušťka pásnice v jedné čtvrtině její šířky t_2 , viz Obr. 1b).



Obr. 1: Profil I200: a) skutečný, b) idealizovaný

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory juniorského projektu specifického vysokoškolského výzkumu na Vysokém učení technickém v Brně č. FAST-J-15-2770.

Literatura

- [1] ELISHAKOFF, I. Essay on the Role of the Monte Carlo Method in Stochastic Mechanics, In *Proc. of Int. Conference on Monte Carlo Simulation*, Monte Carlo, 2000, pp.619–627, ISBN 90 5809 188 0.
- [2] KALA, Z. Elastic lateral-torsional buckling of simply supported hot-rolled steel I-beams with random imperfections. *Procedia Engineering* 2013; 57: 504-514.
- [3] ANSYS Element Reference, Release 12.1, ANSYS, Inc. 2009.
- [4] Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1 : General rules and rules for buildings.
- [5] TRAHAIR, N. S. The behaviour and design of steel structures. John Wiley and Sons, Ltd. 1977. 320 p.

SLEDOVÁNÍ ZMĚN ELEKTRICKÉ REZISTIVITY A ULTRAZVUKOVÝCH VLASTNOSTÍ BETONU BĚHEM LOMU

OBSERVATION OF CHANGES IN ELECTRICAL RESISTIVITY AND
ULTRASONIC PROPERTIES OF CONCRETE DURING FRACTURE PROCESS

Václav Veselý¹, Petr Konečný², Daniel Pieszka³, Petr Lehner⁴, Libor Žídek⁵

Abstrakt

Příspěvek prezentuje část studie sledující změny fyzikálních a mechanických vlastností cementového kompozitu, jimiž lze charakterizovat deteriorační procesy v železobetonových konstrukcích, během procesu rozvoje tahového porušení. Byly měřeny elektrické a akustické vlastnosti v oblasti betonových zkušebních těles, kterou byla řízeně šířena trhлина.

Klíčová slova

Beton, třibodový ohyb, kvazikřehký lom, sekvenční zatěžování, efektivní délka trhliny, elektrická rezistivita, doba průchodu ultrazvuku.

Abstract

The contribution presents a part of study aimed at investigation of physical and mechanical properties of cementitious composite, using which deterioration processes of reinforced concrete structures can be characterized, during tensile failure propagation. Electrical and acoustic properties were measured in the part of concrete specimens, though which a crack was propagated via fracture test.

Keywords

Normal concrete, three-point bending test, quasi-brittle fracture, sequential loading, effective crack length, electrical resistivity, ultrasound pulse passing time.

1 Úvod

Příspěvek je zaměřen do oblasti životnosti železobetonových konstrukcí, jež se stává velmi aktuálním tématem zejména v souvislosti s údržbou a opravami dopravní infrastruktury. Trvanlivost těchto konstrukcí přímo souvisí s korozí ocelové výztuže vyvolané nejčastěji působením chloridových iontů od posypových solí či mořské vody. Modely pro odhad životnosti založené na fyzikálním popisu difuze agresivních látek betonovou krycí vrstvou pracují s parametry (konkrétně např. součinitelem difuze),

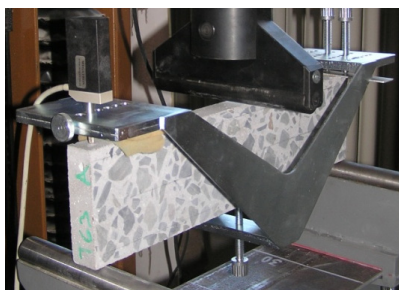
¹ Ing. Václav Veselý, Ph.D., VŠB–TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ostrava, vesely.v1@fce.vutbr.cz

² Ing. Petr Konečný, Ph.D., dtto, petr.konecny@vsb.cz

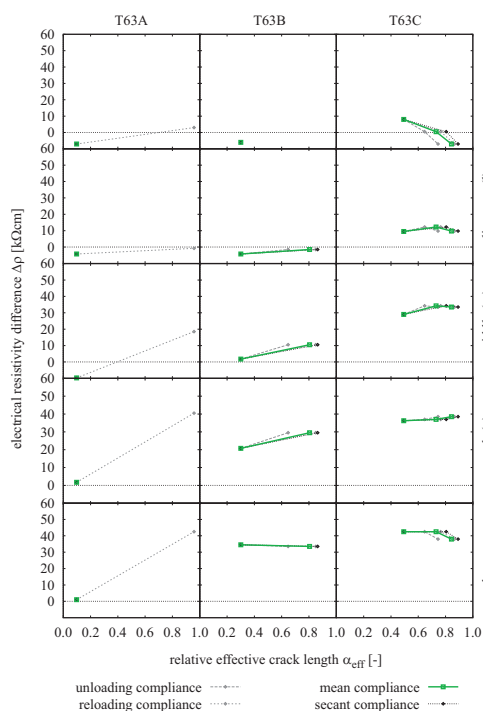
³ Ing. Daniel Pieszka, VŠB–TU Ostrava, Katedra konstrukcí, Ostrava, daniel.pieszka@ips-konstrukct.cz

⁴ Ing. Petr Lehner, VŠB–TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ostrava, petrlehner@gmail.com

⁵ Ing. Libor Žídek, VŠB–TU Ostrava, Fakulta stavební, Laboratoř stavebních hmot, Ostrava, libor.zidek@vsb.cz



Obr. 1: Zkušební konfigurace – třibodový ohyb tělesa s centrálním zářezem



Obr. 2: Závislost rozdílu elektrické rezistivity $\Delta\rho$ na relativní délce efektivní trhliny α_{eff}

shrnout do konstatování, že integrita materiálu je v lomové procesní zóně před čelem šířící se trhliny postupně narušována, což vede ke zvýšení pórovitosti materiálu projevujícího se snížením rychlosti průchodu mechanických vln. Zvýšení odporu proti průchodu elektrického proudu však procesní zóna způsobí pouze tehdy, když není dostatečně saturována vodou v pórech.

Výzkum v představené oblasti dále pokračuje a bude doplněn závěry z měření elektrické rezistivity a doby průchodu ultrazvukového pulsu na dalších sadách těles. V budoucí práci bude hlavní pozornost soustředěna na interpretaci výsledků v souvislosti s inženýrskými problémy, zejména odhadem životnosti konstrukcí.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl při řešení projektu VŠB – Technické univerzity Ostrava podporovaného Ministerstvem školství mládeže a tělovýchovy ČR v rámci Institucionální podpory pro koncepční rozvoj vědy, výzkumu a inovací pro rok 2015.

jejichž hodnoty bývají standardně určovány na nepoškozených tělesech. Při návrhu/posouzení únosnosti železobetonového průřezu se však uvažuje jeho tažená část porušená trhlinami, kde beton tahy nepřenáší. Disproporce fungování železobetonové konstrukce jako média porušeného trhlinami a popisu difuze agresivních látek jako jevu v homogenním prostředí bez diskontinuit patří mezi témata výzkumu, na něž se autorský kolektiv dlouhodobě zaměřuje. V plné verzi článku je prezentována část poměrně rozsáhlého experimentu, ve kterém jsou studovány změny elektrické rezistivity a doby průchodu ultrazvukové vlny přes část zkušebního tělesa, v níž bylo během sekvenčního lomového testu (ve zkušební konfiguraci třibodově ohýbaného trámce se zářezem, viz Obr. 1, s cykly zatížení–odtížení) kumulováno tahové porušení.

2 Diskuse výsledků a závěry

Naměřené hodnoty rozdílu elektrické rezistivity $\Delta\rho$ a doby průchodu ultrazvukového pulsu t jsou vyhodnocovány ve vztahu k aktuální délce efektivní trhliny α_{eff} . Rozdíly v průbězích pro různé odhady délky trhliny je možné vidět pro příklad jednoho tělesa na Obr. 2. V sadě grafů v horní řadě lze pozorovat změny v hodnotách $\Delta\rho$ také v závislosti na místě měření na vzorku – od horního povrchu (*top*), přes boční povrchy v úrovních nahoře (*ligament*), uprostřed (*middle*) a dole (*notch*) až po dolní povrch (*bottom*). Dílčí závěry lze

MODELLING OF SERVICE LIFE OF CONCRETE STRUCTURES UNDER COMBINED MECHANICAL AND ENVIRONMENTAL ACTIONS

Dita Vořechovská¹, Břetislav Teplý², Martina Šomodíková³, David Lehký⁴

Abstract

In order to make the service life design realistic it is necessary to take into consideration the synergy of mechanical and environmental load. An advanced modelling of concrete carbonation and chloride ingress into concrete is presented here. For both, carbonation and chloride ingress, widely agreed models are extended by correction factors to reflect the coupling effects. Comparisons of numerical results to real structure behaviour are shown on realistic examples.

Keywords

Service life, carbonation, chloride ingress, synergy effects, numerical simulation

1 Concrete carbonation/chloride ingress and mechanical load

To take into consideration the impact of an applied stress σ due to mechanical load at the *carbonation progress*, a correction factor, k_σ , is introduced [1] as determined on the basis of results obtained from four point bending test series. Any carbonation model can be extended simply by this factor and then the carbonation x_c depth in time t is defined as:

$$x_c(t) = k_\sigma A \sqrt{t} \quad (1)$$

To model the influence of mechanical load on *chloride penetration* into concrete the analytical model by Zhang et al. [2] can be applied. The penetration of chlorides is described here as a diffusion process reflecting the influence of load-induced cracks by the average diffusion coefficient D that is divided into two parts for sound and cracked concrete (Equation 2), where w_k is the crack width induced by service load and $s_{r,\max}$ is the maximum crack spacing. For D_0 and D_C see the full text of the paper.

$$D = \left(1 - \frac{w_k}{s_{r,\max}} \right) D_0 + \frac{w_k}{s_{r,\max}} D_C \quad (2)$$

2 Practical examples

The carbonation depth on a reinforced concrete cooling tower was analysed using four different models using the extension about coupling effects of mechanical and environmental loads (see Figure 1).

¹ Ing. Dita Vořechovská, Ph.D., Brno University of Technology (BUT), Faculty of Civil Engineering (FCE), Institute of Structural Mechanics (ISM), Veveří 95, 616 00 Brno, Czech Republic (CR), vorechovska.d@fce.vutbr.cz

² Prof. Ing. Břetislav Teplý, CSc., BUT, FCE, Institute of Chemistry, Žižkova 17, 602 00 Brno, CR, teplý.b@fce.vutbr.cz

³ Ing. Martina Šomodíková, BUT, FCE, ISM, Veveří 95, 616 00 Brno, CR, somodikova.m@fce.vutbr.cz

⁴ Ing. David Lehký, Ph.D., BUT, FCE, ISM, Veveří 95, 616 00 Brno, CR, lehky.d@fce.vutbr.cz

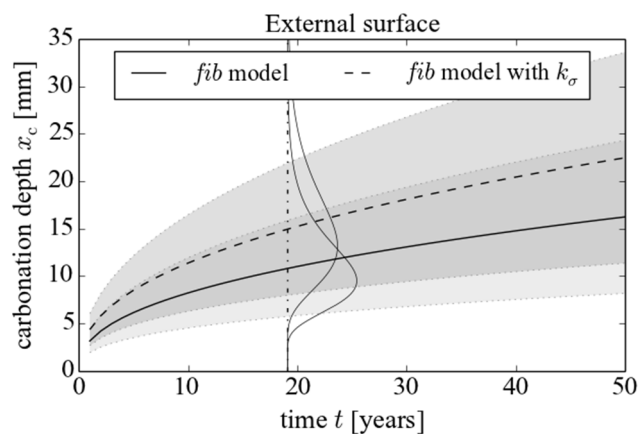


Fig. 1: Development of carbonation depth, x_c , of external surface of cooling tower over time.

Also, the penetration of chlorides into reinforced concrete beams was simulated and compared to experimental measurements (see Figure 2).

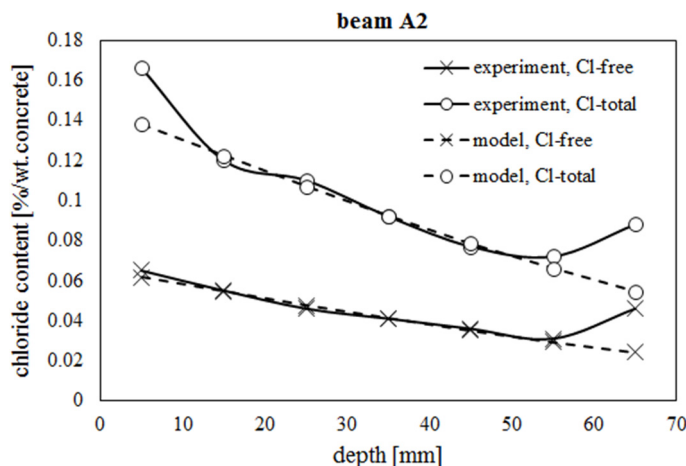


Fig. 2: The amount of Cl- ions in the various depths after 6 years of the simultaneous acting of load and salt fog – comparison of numerical simulation and experimental measurements.

Acknowledgement

This work has been supported by the project SPADD No. 14-10930S, awarded by the Grant agency of the Czech Republic (GACR), and the project No. LO1408 “AdMaS UP, supported by Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic under the “National Sustainability Programme I”. This support is gratefully acknowledged.

References

- [1] WITTMANN F.H., JIANG F., ZHAO T., WAN X. and ZHANG P. Durability of Concrete and Service Life of Reinforced Concrete Structures under Combined Mechanical and Environmental Actions. *7th Annual Concrete Conference (JST meeting)*, Qingdao, March 5–7, 2012, p. 20-25.
- [2] ZHANG X., ZHAO Y., XING F. and LU Z. Coupling effects of influence factors on probability of corrosion initiation time of reinforced concrete. *Journal of Central South University of Technology*. 2011, Vol. 18, p. 223-29.

GENERALIZED FUNCTIONS AND CALCULUS OPERATORS OF *MATHEMATICA* APPLIED TO EVALUATION OF INFLUENCE LINES AND ENVELOPES OF STATICALLY INDETERMINATE BEAMS

Ryszard Walentyński¹

Abstract

The paper presents an analytical method of finding functions of influence lines of statically indeterminate beams. There are presented solutions of a fourth order equation with a right hand side with second and third derivative of Dirac delta. There is shown that their solution are influence lines of moments and transverse forces. Moreover, thanks to *Mathematica*, analytical form of envelopes functions can be evaluated.

Keywords

Influence lines, fundamental solution, generalized functions, Dirac delta, Heaviside step function, structural mechanics, differential equations, envelopes, *Mathematica*.

1 Introduction

Influence lines play an important role in education of structural engineers [1] and engineering practice, especially designing of bridges [4]. They are functions and called by mathematicians Green functions or fundamental solution and have important application in many engineering fields, see for example [3].

The aim of this paper is to show that thanks to *Mathematica* [7] and implemented within it generalized functions and calculus operators it is possible to propose a new analytical approach for evaluation of influence lines and envelopes of internal forces in beams, especially statically indeterminate.

The generalized function Heaviside step function [2, 6] and Dirac delta [5], implemented in *Mathematica* [7], are applied. Thanks to numerical experiment with equations:

$$y^{(4)}(x) = \delta''(x-a),$$

$$y^{(4)}(x) = \delta^{(3)}(x-a),$$

it has been found that the obtained functions looked like influence lines of simply supported beam [1] for moments and transverse forces, respectively. It is a main motivation for the presented analyses, since it can be a chance to find more general analytic solution of the problem.

First the simply supported beam has been analyzed to show that the obtained experimentally solution has a physical interpretation. Next the statically indeterminate beam has been considered. There is shown that thanks to analytical tools of *Mathematica* it is possible to find a close form of influence lines and envelopes of internal forces. For example influence line of bending moments in clamped-clamped beam can be evaluated with following *Mathematica* function:

¹ Ryszard Walentyński MSc PhD DSc, Associate Professor at Silesian University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Chair of Building Structures Theory, ul. Akademicka 5, 44-100 Gliwice, Poland, Ryszard.Walentyński@polsl.pl

$$\begin{aligned} & \text{Assuming}[-1 < \alpha < 1 \ \& \ -1 < \xi < 1, \text{FullSimplify}[\text{DSolve}[\{y^{(4)}[\xi]= \\ & = \frac{1}{2} \text{DiracDelta}[\xi - \alpha], y[-1]==0, y[1]==0, y'[-1]= \\ & = 0, y'[1]==0\}, y[\xi], \xi]]] \\ & \left\{ \left\{ y[\xi] \rightarrow \frac{1}{8} l \left(-(1 + \alpha(-2 + \xi))(1 + \xi)^2 + 4(-\alpha + \xi) \text{HeavisideTheta}[-\alpha + \xi] \right) \right\} \right\} \end{aligned}$$

Graphical capabilities of Mathematica makes it possible to illustrate the problem. For example:

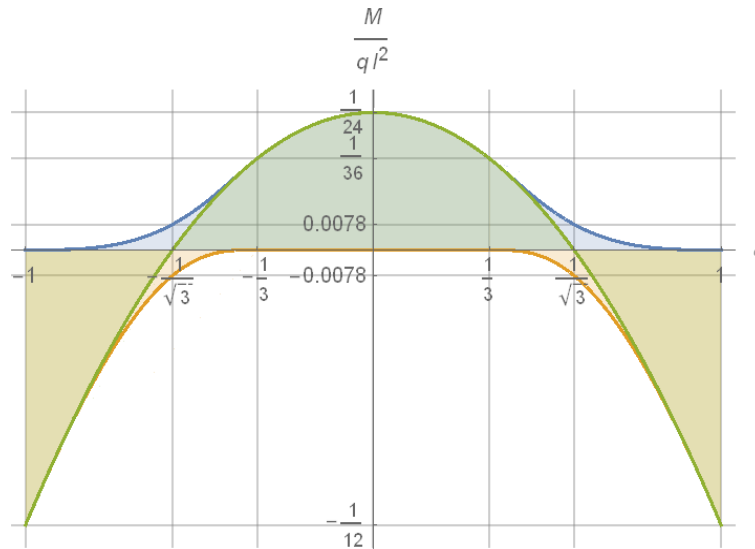


Fig. 1: $M_g(\xi)$, $M_{p+}(\xi)$, $M_{p-}(\xi)$ functions for clamped-clamped beam

References

- [1] KARNOVSKY, I.A., LEBED, O. *Advanced Methods of Structural Analysis*. New York: Springer Verlag, 2010. ISBN 978-1-4419-1046-2. 593 p.
- [2] ETTINGER, B., SARIG, N., YOMDIN, Y. Linear versus non-linear acquisition of step-functions. *Journal of Geometric Analysis*. New York: Springer, 2008, vol. 18, issue 2, pp. 369-399 (31 p). ISSN 1050-6926.
- [3] YAKHNO, V.G., YAKHNO, T.M. Computing the fundamental solutions for equations of electrodynamics. *Applied Mathematics and Computation*. London, Elsevier, 2015, vol. 255, issue 15, pp. 189-195 (7 p). ISSN 0096-3003.
- [4] ZHAO, H.; UDDIN, N.; SHAO, X.D., ZHU, P.; TAN, C.J. Field-calibrated influence lines for improved axle weight identification with a bridge weigh-in-motion system. *Structure And Infrastructure Engineering*, Abingdon, Taylor & Francis Ltd, 2015, vol. 11, issue 6, pp. 721-743 (23 p). ISSN 1573-2479
- [5] WEISSTEIN, E.W. Delta function. From *MathWorld* – A Wolfram Web Resource. <http://mathworld.wolfram.com/DeltaFunction.html>
- [6] WEISSTEIN, E.W. Heaviside step function. From *MathWorld* – A Wolfram Web Resource. <http://mathworld.wolfram.com/HeavisideStepFunction.html>
- [7] WOLFRAM INC. *Wolfram Mathematica. The world's definitive system for modern technical computing*. <http://www.wolfram.com/>