



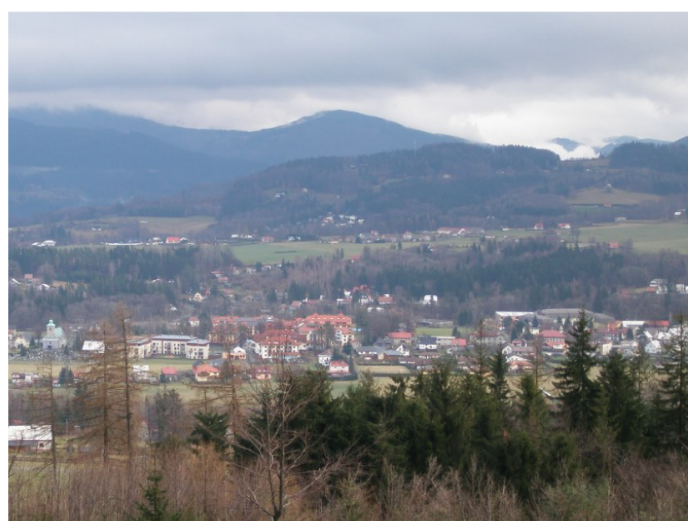
1. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE SPOLEHLIVOST KONSTRUKCÍ 2016

1st INTERNATIONAL CONFERENCE
STRUCTURAL RELIABILITY 2016



14. MEZINÁRODNÍ KONFERENCE MODELOVÁNÍ V MECHANICE 2016

14th INTERNATIONAL CONFERENCE
MODELLING IN MECHANICS 2016



Sborník rozšířených abstraktů • 26. - 27. 5. 2015 • Proceedings of the extended abstracts



TABLE OF CONTENTS / OBSAH

Diamantidis Dimitris, Holický Milan, Sýkora Miroslav	
Risk and Reliability Acceptance Criteria for Civil Engineering Structures	1
Dubina Radek, Eliáš Jan	
Importance of Rolling Resistance in DEM Models with Spherical Bodies	3
Eliáš Jan	
On Adaptive Refinements in Discrete Probabilistic Fracture Models	5
Fojtík Roman, Vašková Veronika	
Porucha jeřábové dráhy	7
Frantík Petr	
Model luku s jedním stupněm volnosti	9
Frantík Petr	
Rotační model luku	11
Gołaszewski Jacek, Ponikiewski Tomasz, Cygan Grzegorz, Gołaszewska Małgorzata	
Laser System for Testing Early Shrinkage of Concrete Elements in Conjunction with the Determination of the Setting Time	13
Grzywiński Maksym	
Stochastic Sensitivity Analysis of Cylindrical Shell	15
Havlíková Ivana, Šimonová Hana, Keršner Zbyněk	
Resistance to Initiation of Stable Crack Propagation and Fracture in Selected Building Composites	17
Havran Jozef, Psotný Martin	
Snap-Through of the Shallow Shell with Initial Imperfection	19
Hokeš Filip, Kala Jiří	
Volba účelové funkce při inverzní identifikaci parametrů materiálového modelu betonu	21
Kabeláč Jaromír	
Třída MKP nosíkových elementů pro modelování materiálové nonlinearity na masivních průřezích	23
Kabele Petr, Šmídová Eliška, Havlásek Petr	
Implementation of Minimum Crack Spacing Model in Finite Element Calculations	25
Kipiani Gela, Botchorishvili Nika	
Analysis of Lamellar Structures with Application of Generalized Functions	27
Klon Jiří, Veselý Václav	
Modelování rozsahu a tvaru lomové procesní zóny kvazikřehkých materiálů ze zatěžovacích křivek	29
Konečný Petr, Lehner Petr	
Effect of Cracking and Random Input Variation on Corrosion Initiation of Selected Reinforced Concrete Bridge Decks Exposed to Chlorides	31
Kormaníková Eva	
Analysis of Ground Supported Short Fiber Reinforced Concrete Plate	33
Kotrasová Kamila	
Tank-fluid-soil-seismic Analysis	35

Král Petr, Hradil Petr, Kala Jiří Inverzní identifikace materiálových parametrů konstitutivního modelu určeného pro modelování betonu	37
Králik Juraj CFD Simulation of Air Flow over an Object With Gable Roof, Revised with y^+ Approach	39
Králik Juraj Nonlinear Analysis of the NPP Postament Safety due to Extreme Pressure and Temperature	41
Králik Juraj Probabilistic Nonlinear Analysis of the Circular Cover safety of the Hermetic confinement due to Extreme Pressure and Temperature	43
Králik Juraj, Klabník Maroš Šírenie tepla v spriahnutom priereze	45
Krejsa Jan, Sýkora Miroslav Vliv délky měření dopravního proudu na odhad životnosti mostu	47
Křivý Vít, Urban Viktor Vývoj korozních procesů na železničním mostě z patinující oceli v Praze	49
Kubzová Monika, Křivý Vít Statická analýza ocelových nádrží vystavených koroznímu oslabování	51
Květoň Josef, Eliáš Jan Study of Dynamic Response of Discrete Model	53
Labudková Jana, Čajka Radim Numerické modelování interakce modelu drátkobetonové základové konstrukce s podloží	55
Lehner Petr, Konečný Petr Měření elektrického odporu betonu ve vztahu k difuzi chloridů	57
Lokaj Antonín, Klajmonová Kristýna Comparison of behavior of round timber bolted joints under tension load	59
Major Maciej, Major Izabela Numerical Analysis of Dynamic Force Acting Perpendicularly on a Wall Made of Concrete Blocks with Rubber Inserts	61
Marková Jana, Jung Karel Probabilistic Assessment of Hydroelectric Power Plant Components	63
Marton Pavol Zaťaženie snehom pri sklze zo strechy	65
Mašek Jan, Frantík Petr, Vořechovský Miroslav Návrh experimentu pomocí simulace diskrétního dynamického systému	67
Melcer Jozef, Kuchárová Daniela Identifikácia vlastných frekvencií	69
Michalcová Vladimíra, Pospíšil Stanislav, Lausová Lenka, Kuznetsov Sergey Numerické a experimentální modely teplotně stratifikované mezní vrstvy	71
Mikolášek David, Flodr Jakub, Pařenica Přemysl, Sucharda Oldřich, Mec Pavel Vývoj ocelového zavěšeného pohledu	73
Mlčoch Jan, Sýkora Miroslav Popis karbonatace průmyslových komínů a optimalizace oprav	75

Navrátil Jaroslav, Kabeláč Jaromír, Číhal Michal, Štefan Radek	
Nonlinear Analysis of Reinforced and Composite Columns in Fire	77
Pařenica Přemysl, Rosmanit Miroslav	
Měření vybraných materiálových charakteristik stavební oceli pro numerické modelování .79	
Ponikiewski Tomasz, Golaszewski Jacek	
X-Ray Investigation and Strength Modelling of Steel Fibre Reinforced Self-Compacting Concrete Beams	81
Rózsás Árpád, Mogyorósi Zsuzsa	
The Effect of Copulas on Time-variant Reliability with Continuous Stochastic Processes . .83	
Salajka Vlastislav, Klouda Jaromír, Hradil Petr	
Numerické simulace zkoušek stěn z keramických tvárnic s užitím podrobného konečně prvkového modelu	85
Salajka Vlastislav, Smolka Marek, Kala Jiří	
Numerická analýza vlivu zpružnění na dynamickou odezvu výhybky při pojezdu vozidla .87	
Seitl Stanislav, Liedo Ruben F. Diego, Holušová Táňa	
Numerical Support for Specimen Loaded by Bending and Wedge Splitting Forces for Measurement of Concrete Properties	89
Seitl Stanislav, Thienpont Thomas	
Numerical Support for Study of Stress Ratio Effect on Fatigue Crack Behaviour in Three Point Bend Specimen Made from Vibrated Concrete	91
Seitl Stanislav, Vizslay Viliam	
Modified Compact Tension Specimen for Experiments on Cement Based Materials: Comparison of 2D and 3D Solutions.	93
Sobek Jakub, Frantík Petr, Veselý Václav	
Analýza rozsahu vhodné aproximace pole napětí v tělese s trhlinou pomocí Williamsovy řady	95
Sosdean Corina, Marsavina Liviu, De Schutter Geert	
Experimental and Numerical Investigations of the Influence of Real Cracks on Chloride Ingress in Concrete	97
Šimonová Hana, Schmid Pavel, Daněk Petr, Rovnaník Pavel, Topolář Libor, Frantík Petr, Keršner Zbyněk, Veselý Václav	
Vliv tuhosti zkušebního zařízení na stanovení lomových parametrů kompozitu na bázi alkalicky aktivované strusky	99
Šnirc Luboš, Ravinger Ján	
Vplyv tvaru začiatocnej deformácie na stabilitu a kmitanie prúta	101
Štekbauer Hynek	
The Pulley Element	103
Vašek Jakub	
Numerický model přesýpaného mostu	105
Vazagashvili Mamuka, Gogoladze Irma, Churchelauri Badri, Churchelauri Zviad	
Algorithm and Program of Analysis of Task of Definition of Dynamic Characteristics of Structurally Inhomogeneous Prismatic Structures	107
Voldřich Jan, Drahorád Michal	
Nelineární analýza štíhlého tlačného zděného prutu	109

RISK AND RELIABILITY ACCEPTANCE CRITERIA FOR CIVIL ENGINEERING STRUCTURES

Dimitris Diamantidis¹, Milan Holický², Miroslav Sýkora³

Abstract

The specification of risk and reliability acceptance criteria is a key issue of structural design and verification of existing structures. Current target reliability levels in standards appear to have considerable scatter. The critical review of risk acceptance approaches to societal, economic and environmental risk indicates that an optimal design strategy is mostly dominated by economic aspects while human safety aspects need to be verified only in special cases. It is recommended to specify the target levels considering economic optimisation and the marginal life-saving costs principle, as both these approaches take into account the failure consequences and costs of safety measures.

Keywords

Reliability, risk, risk acceptance, standards, structures, target reliability.

1 Introduction

The specification of target reliability levels is one of the key issues of structural design. The target values recommended in various prescriptive documents need further feedback and should be further analysed. *ISO 2394:2015* indicates procedures for estimating target reliability levels by optimisation of the total cost related to an assumed remaining working life of a structure. These approaches are critically compared with individual and societal risk acceptance criteria [1-3], with target levels based on a marginal life-saving costs principle [4-7], and with recommendations of present standards. Considerations regarding risk acceptance criteria for existing structures are included [7, 8]. Conclusions for future developments are drawn.

2 Conclusions

The parameters of risk acceptance criteria reviewed herein and used in industrial applications appear to have considerable scatter. A comparison of selected approaches, i.e.:

- a) human risk represented by F-N curves
- b) cost optimization
- c) marginal life-saving costs principle based on Life Quality Index (LQI)

indicates that:

¹ Dimitris Diamantidis, Prof., OTH Regensburg, Faculty of Civil Engineering, Prüfeningstrasse 58, 93049 Regensburg, Germany, e-mail: dimitris.diamantidis@oth-regensburg.de

² Milan Holický, Prof., Czech Technical University in Prague, Klokner Institute, Department of Structural Reliability, Solinova 7, 166 08 Prague, Czech Republic, e-mail: milan.holicky@cvut.cz

³ Miroslav Sýkora, Assoc. Prof., Czech Technical University in Prague, Klokner Institute, Department of Structural Reliability, Solinova 7, 166 08 Prague, Czech Republic, e-mail: miroslav.sykora@cvut.cz

- Rational risk acceptance criteria are needed for human safety, economic and environment consequences of structural failure.
- The target reliability levels recommended in current documents are inconsistent in terms of the criteria and their parameters.
- In general the optimum reliability levels should be specified considering both the relative costs of safety measures and failure consequences over the design working life under the constraints imposed by human safety.
- An overall design strategy is mostly dominated by economic aspects while human safety aspects need to be verified only in special cases.
- It is recommended to specify the target reliability levels considering economic optimisation and the marginal life-saving costs principle, as both these approaches take into account the failure consequences and the costs of safety measures.

Acknowledgements

The study is a part of the research projects 16-11378S supported by the Czech Science Foundation and TE01020068 supported by the Technology Agency of the Czech Republic. This work has been also supported by the Regensburg Centre of Energy and Resources (RCER) of the Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg (OTH Regensburg) and the Technology- and Science Network Oberpfalz (TWO).

References

- [1] DIAMANTIDIS, D. A Critical View on Environmental and Human Risk Acceptance Criteria. *Proc. Int. Conf. on Environment and Renewable Energy, Ho Chi Minh City, Vietnam, 24-25 Feb 2016.*
- [2] CIB TG 32, *Risk assessment and risk communication in civil engineering (report 259)*, Rotterdam: CIB, 2001.
- [3] JONKMAN, N., P. H. A. J. M VAN GELDER, and J. K. VRIJLING. "An overview of quantitative risk measures for loss of life and economic damage," *Journal of Hazardous Materials*, A99, pp. 1-30, 2003.
- [4] HOLICKY, M. Optimisation of the target reliability for temporary structures," *Civ Eng Environ Syst*, vol. 30, pp. 87-96, 11/08; 2013/01, 2013.
- [5] RACKWITZ, R. Optimization and risk acceptability based on the Life Quality Index, *Struct. Saf.*, vol. 24, pp. 297-331, 0, 2002.
- [6] JCSS. *JCSS Probabilistic Model Code*. Joint Committee on Structural Safety, 2001 (periodically updated online publication).
- [7] R.D.J.M. STEENBERGEN, M. SYKORA, D. DIAMANTIDIS, M. HOLICKY, A.C.W.M. VROUWENVELDER. Economic and Human Safety Reliability levels for Existing Structures; *Structural Concrete – Journal of fib* 16(September 2015): 323-332, 2015.
- [8] DIAMANTIDIS D, BAZZURRO P. Safety acceptance criteria for existing structures, In *Special Workshop on Risk Acceptance and Risk Communication*, 2007.

IMPORTANCE OF ROLLING RESISTANCE IN DEM MODELS WITH SPHERICAL BODIES

Radek Dubina¹, Jan Eliáš²

Abstract

The rolling resistance is an artificial moment arising on the contact of two discrete elements which mimics resistance of two grains of complex shape in contact rolling relatively to each other. The paper investigates the influence of rolling resistance on behaviour of an assembly of spherical discrete elements. Besides resistance to rolling, the contacts between spherical particles obey the Hertzian law in normal straining and Coulomb model of friction in shear.

Keywords

Discrete element method (DEM), contact law, rolling resistance, experimental results.

1 Introduction

Many different methods have been developed for solution of various engineering problems, among which the Discrete Element Method (DEM) is suitable for modelling of granular media. In the DEM, every grain of the assembly is represented by an ideally rigid and independent body which can interact with the other bodies through forces and moments at their contacts. It has been reported, that shape of the grains is of extreme importance. Therefore, complex and realistic shapes are often used in simulation, for example discrete ellipsoids, tetrahedrons, polyhedrons or clumps of smaller spherical particles.

However, the complex shapes of the bodies require much longer computational time to detect and characterize the contact between them. In order to speed up significantly the simulation that involves many bodies, spherical shapes are typically used instead. The shape simplification can be phenomenologically compensated by adding rolling resistance on the contact of spherical particles [1, 2].

This contribution focuses on the parameters of the rolling resistance. It presents simulation of the shear test, oedometric test and composite element test. All the calculations are performed in the open-source software Yade using spherical elements with the Hertz-Mindlin contact type.

2 Simulations of laboratory experiments

The influence of coefficients α_R and μ_R is studied in the DEM simulations of laboratory experiments. The aim is to identify suitable values of these coefficients. The contribution presents simulation of (i) large scale oedometric test, (ii) composite element test and (iii) two series of shear test with different vertical pressure applied.

¹ Ing. Radek Dubina, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, dubina.r@fce.vutbr.cz

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

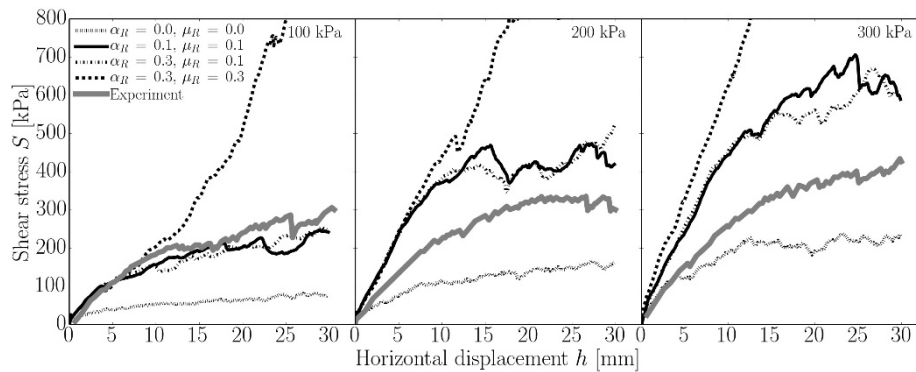


Figure 1: The average responses from 10 realizations of a shear test. The dependence of shear stress on horizontal displacement of lower box is shown for four vertical pressure values.

Results of one shear test series are plotted in Fig. 1. The experimental data are taken from [3]. Similar graphs are presented for each of the experimental type mentioned.

3 Conclusions

Three different experimental tests were simulated using discrete element method. The main aim of research was to find reasonable rolling parameters usable for simulations of railway ballast. The oedometric test report independence on rolling coefficients, while the next two studied simulations, composite element test and shear test, showed contradictory results. The shear test showed that suitable value of μ_R coefficient should be lower than 0.1. This value is unusable for Composite element test simulation, since it leads to excessive deformations. The second rolling coefficient α_R does not play a significant role. This conclusion is supported by all simulated experiments.

The contradiction might be caused by several factors. For example it might be due to wrong compaction, which is extremely important for granular systems. The experiments were also done with different material, so the rolling coefficients might slightly differ from experiment to experiment.

Acknowledgement

This outcome has been achieved with the financial support of Brno University of Technology under project No. FAST-J-16-3558. The support is gratefully acknowledged.

References

- [1] JIANG, M. J., Z. SHEN and J. WANG. A novel three-dimensional contact model for granulates incorporating rolling and twisting resistances. *Computers and Geotechnics*. 2015, Vol. 65, pp. 147-163.
- [2] LIM, W. L. And G. R. McDOWELL. Discrete element modelling of railway ballast. *Granular Matter*. 2005, Vol. 7, pp. 19-29.
- [3] WANG, X. L. and J. C. LI. Simulation of triaxial response of granular materials by modified DEM. *Science China Physics, Mechanics & Astronomy*. 2014, Vol. 57, pp. 2297-2308.

ON ADAPTIVE REFINEMENTS IN DISCRETE PROBABILISTIC FRACTURE MODELS

Jan Eliáš¹

Abstract

The possibility to adaptively change discretization density is a well acknowledged and used feature of many continuum models. It is employed to save computational time and increase solution accuracy. Recently, the adaptivity has been introduced also for discrete models. This contribution applies adaptive technique in probabilistic discrete modelling where material properties are varying in space according to a random field. The random field discretization is adaptively refined hand in hand with the model geometry.

Keywords

Adaptivity, discrete model, probability, random field.

1 Introduction

The fine discretization of the discrete model leads to extreme computational demands, but it is necessary when it is related to meso-scale structure of the simulated material. The conference paper [1] developed a technique to adaptively refine model discretization. Availability of adaptive refinement allows starting simulation with coarse discretization and refining it adaptively during the simulation run.

In some applications of fracture simulations, it might be important to consider additional material randomness (besides the one covered by the random location of nodes in the discrete model) usually represented by a random field. An extension of the discrete model by fluctuation of material parameters according to a random field was developed in [2]. In this contribution, the adaptive concept is extended for probabilistic discrete fracture models.

2 Adaptivity

The intuitive refinement criterion is based on an average stress in the rigid bodies. The fabric stress tensor can be utilized to evaluate average stress tensor. The Mazar's equivalent stress serves as measure of the stress level, σ_{eq} . After every solution step, stress tensors in all rigid bodies belonging to coarse discretization are evaluated. Then, Mazar's equivalent stresses are calculated. Whenever

$$\sigma_{eq} / f_t > \gamma \quad (1)$$

the discretization is refined and the node associated with the rigid body satisfying Eq. (1) serves as a center of the refinement sphere. The safe value of parameter γ was determined as 0.7, i.e. whenever equivalent stress reaches 70 % of the tensile strength, the refinement takes place.

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

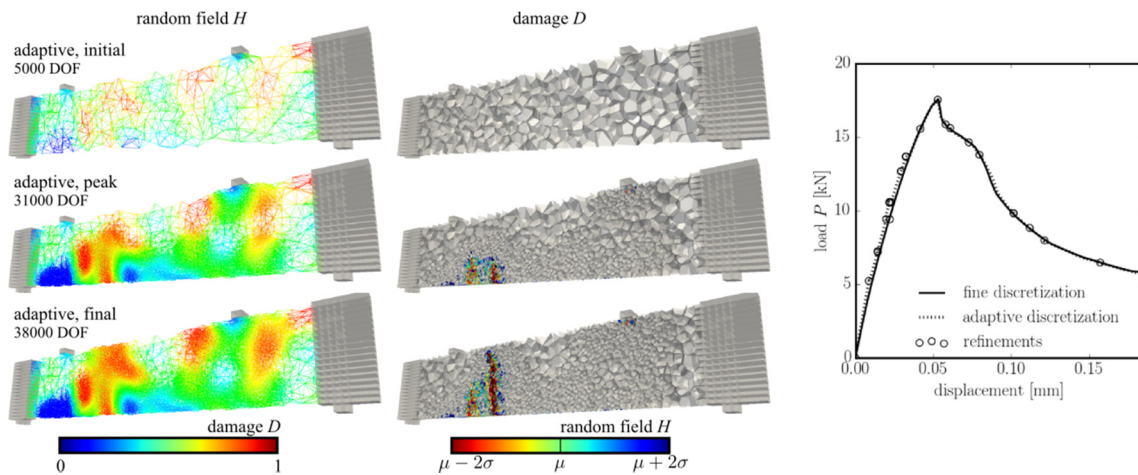


Fig 1: Left: Damage patterns and random field discretizations developed during the simulation of four-point bending test in adaptive model. Right: Response of the fine and adaptive models.

3 Numerical Example

Performance of the proposed adaptive algorithm is demonstrated on simulation of four-point bending test with incorporated material randomness. Three model types are used: (i) the fine model, that uses fine discretization everywhere from the beginning, (ii) the coarse model, that uses coarse discretization all the time, and (iii) the adaptive model, that starts with coarse discretization and adaptively refines it.

Fig. 1 shows response and damage patterns from one simulation of the adaptive model with the same refined meso-structure and also the same random field realization as the fine model. It can be seen that the responses are identical. The full contribution also shows damage patterns from the fine model identical to those from the adaptive model. All three model types were also compared statistically. For more details, see the full contribution text.

4 Conclusions

The probabilistic discrete model has been extended by an adaptive technique that allows significant reduction of the computational time with no effect on the obtained results. The probabilistic model had both fracture energy and tensile strength assigned according to the random field. The adaptive algorithm was verified by simulating four-point bending test.

Acknowledgement

This outcome has been achieved with the financial support of Brno University of Technology under project No. FAST-J-16-3558. The support is gratefully acknowledged.

References

- [1] ELIÁŠ, J. Adaptive refinement technique for discrete static models of fracture. In: Proceedings of Particle-based Methods IV, Barcelona, Spain, 2015, p. 320–332. ISBN 978-84-944244-7-2.
- [2] ELIÁŠ, J., VOŘECHOVSKÝ, M., SKOČEK, J. and BAŽANT, Z.P. Stochastic discrete meso-scale simulations of concrete fracture: comparison to experimental data. *Engineering Fracture Mechanics*, 2015, vol. 135, p. 1-16, ISSN 0013-7944.

PORUCHA JEŘÁBOVÉ DRÁHY

FAILURE OF A CRANE RUNWAY

Roman Fojtík¹, Veronika Vašková²

Abstrakt

V průmyslových zónách se nachází mnoho halových objektů, ve kterých jsou umístěny mostové jeřáby. Při realizaci ocelových průmyslových staveb je vždy kladen důraz na ekonomiku výstavby. Ve snaze zajistit co nejnižší náklady na výstavbu jsou konstrukce mnohdy navrhovány na mezní hodnoty. U těchto konstrukcí může pak při jakékoli změně vstupních parametrů navazujících technologií dojít ke vzniku poruch. Příkladem takovýchto poruch je průmyslová hala, ve které se nachází čtyři mostové jeřáby, při jejichž provozu dochází k poruchám spojů na jeřábové dráze.

Klíčová slova

Jeřábová dráha, porucha, analýza.

Abstract

In the industrial zones there are a lot of structures, which are located overhead cranes. When realization of steel industrial buildings is always an emphasis on the economy of construction. In order to ensure the lowest possible cost for the construction of structures are often designed to limit values. These structures can then at any change of input parameters related technologies cause disturbances. Examples of such disorders is industrial building, which houses four gantries, whose operation leads to disorders of joints on the crane track.

Keywords

Crane runway, failure, analysis.

1 Úvod

Předmětem tohoto článku je analýza dvoulodní haly s jeřábovou dráhou, při které byla prováděna její diagnostika. Výsledky těchto měření by měly osvětlit příčinu poruchy jeřábové dráhy, která spočívá v opakovaném porušování nosných šroubových spojů na hlavních nosnících jeřábové dráhy.

2 Popis konstrukce

Jedná se o dvoulodní halový objekt se sedlovou střechou, jehož nosnou část tvoří rámy s vetknutými sloupy a částečně příhradovými vazníky, které jsou kloubově uchyceny k vrchům středních sloupů. Rozpon jednotlivých lodí je 36 m a 24 m. Osová vzdálenost rámu je 6 m. Příčnou tuhost těchto štítových stěn zajišťují tři vetknuté sloupy

¹ Ing. Roman Fojtík, Ph.D., VŠB-TUO, Fakulta stavební, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava Poruba, 708 33, roman.fojtik@vsb.cz

² Ing. Veronika Vašková, VŠB-TUO, Fakulta stavební, Ludvíka Podéště 1875, Ostrava Poruba, 708 33, veronika.vaskova.st@vsb.cz

podepírající nosníky jeřábové dráhy. Nosníky jeřábových drah jsou navrženy jako spojitě nosníky o dvou polích. Hlavní podpurné nosníky kolejnice jsou tvořeny profilem HEA 450.

3 Diagnostika

Diagnostika této konstrukce spočívala v provedení statické i dynamické zatěžovací zkoušky. Během statické zatěžovací zkoušky byly sledován úsek, který obsahoval dva spojitě nosníky o dvou polích. V každém poli byl sledován průhyb uprostřed, kde se předpokládají maximální deformace. Dynamická zatěžovací zkouška pak měla za cíl získat údaje o velikosti akcelerace a sil vznikajících od jeřábu při jeho rozjíždění a brzdění.



Obr. 1: Schéma umístění dynamických čidel

4 Závěr

Při realizaci moderních průmyslových objektů je kladen velký důraz na ekonomiku výstavby, a proto jsou projektanti tlačeni do navrhování subtilních konstrukcí. Příkladem je halový dvoulodní objekt s mostovými jeřáby, kde od uvedení do provozu vznikají poruchy. Hledání příčin těchto poruch bylo hlavním cílem diagnostiky. Po vyhodnocení všech naměřených dat bylo zjištěno, že vstupní hodnoty statického výpočtu se odlišují od naměřených dat. Následná rekonstrukce této stavby bude realizována na základě zjištěných skutečností.

Poděkování

Práce byla podporována z prostředků Studentské grantové soutěže VŠB-TUO. Registrační číslo projektu je SP2016/136.

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, s. (6 s), 2014. ISBN 978-80-248-3147-3.
- [2] 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.

MODEL LUKU S JEDNÍM STUPNĚM VOLNOSTI

SDOF MODEL OF A BOW

Petr Frantík¹

Abstrakt

Příspěvek je věnován odvození modelu luku s jedním stupněm volnosti včetně aproximace funkce napětí pružiny nahrazující ohýbané lučiště. Lučiště je zde uvažováno jako prizmatický prut z lineárně se chovajícího materiálu. Odvození modelu luku je provedeno s uvážením geometrické nelinearity.

Klíčová slova

Luk, model s jedním stupněm volnosti, geometrická nelinearita, vzpěr prutu.

Abstract

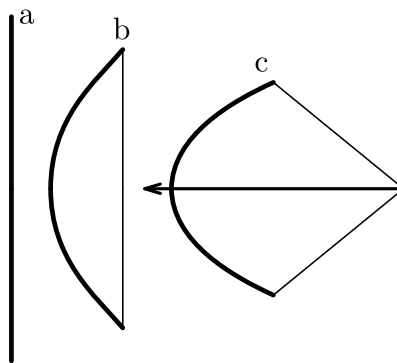
The paper is focused on derivation of a model of a bow with single degree of freedom including an approximation of a stress function of a spring which represents bended limbs. The bow is considered here as straight with prismatic limbs of linear material. In the derivation of the model of the bow the geometrical nonlinearity is assumed.

Keywords

Bow, single-degree-of-freedom model, geometrical nonlinearity, beam buckling.

1 Úvod

Luk je nejvýznamnější projektilovou zbraní lidské historie, viz [1]. Lučiště, na které se napíná tětíva, slouží jako zásobník potenciální energie, která je po vypuštění šípu transformována do kinetické energie šípu, viz Obr. 1.



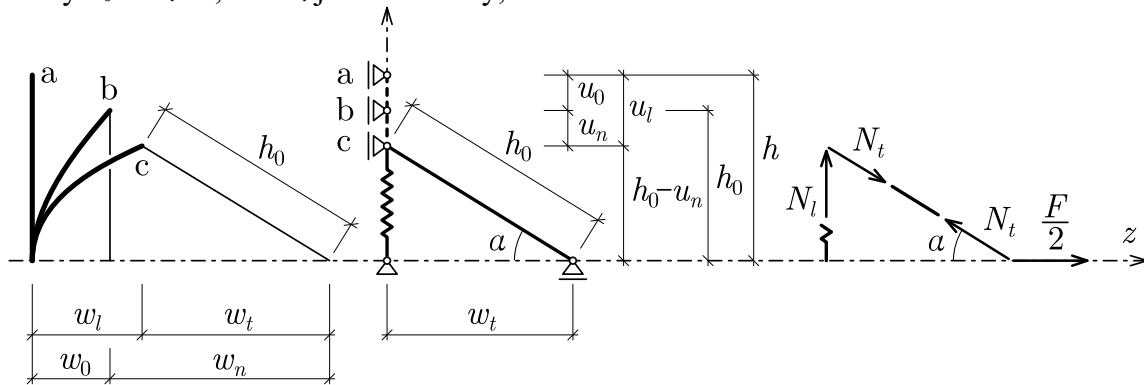
Obr. 1: Jednoduchý luk a jeho tři stavy: a) lučiště s nenapnutou tětívou, b) s napnutou tětívou a c) natažený luk se založeným šípem před vypuštěním

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

Efektivita luku je ovlivněna mnoha faktory. Tětiva by měla být co nejtužší a nejlehčí, aby nepojmala mnoho energie z nátahu. Lučičtě by mělo být pružné se schopností rychle a opakovaně vydat akumulovanou energii. Jeho tvar značně ovlivňuje průběh náťahové síly, kterou lučičtník táhne tětivu v místě náťahového bodu se založeným šípem.

2 Model

Model luku s jedním stupněm volnosti je tvořen svislou, předpjatou, obecně nelineární pružinou, na jejíž pohyblivý konec je upevněna tětiva ve formě dokonale tuhého táhla délky $h_0 = L_t/2$, kde L_t je délka tětivy, viz Obr. 2.



Obr. 2: Schéma jednostupňového modelu luku a působících sil

Luk se napíná prostřednictvím táhla (poloviny tětivy) silou F , pro kterou platí:

$$\frac{F}{2} = N_t \cos \alpha = N_t \frac{w_t}{h_0}, \quad (1)$$

$$N_l = N_t \sin \alpha = N_t \frac{h_0 - u_n}{h_0},$$

kde N_t je normálová síla v tětivě, w_t aktuální délka vodorovného průmětu tětivy (vzdálenost napínacího bodu tětivy od spojnice upevňovacích bodů tětivy), N_l je síla v náhradní pružině alias svislá složka síly ohýbající lučičtě, u_n je polovina přírůstku přiblížení upevňovacích bodů tětivy při nátahu luku, u_l je polovina celkového přiblížení upevňovacích bodů tětivy při nátahu.

3 Závěr

V článku byl popsán jednostupňový model luku včetně odvození potřebných výrazů. Dále byly odvozeny dvě aproximace svislé složky síly v tětivě. Grafické srovnání získaných závislostí s výsledkem numerické simulace ovšem ukázalo nutnost zahrnout do modelu přerozdělení ohybových deformací lučičtě vlivem změny směru tětivy.

Poděkování

Výsledek byl vytvořen za finanční podpory v rámci projektu reg. č. FAST-S-16-3803.

Literatura

- [1] ADAM, L. *Luk u Mongolů, historie a reflexe ve folklóru*. Bakalářská práce. Filosofická fakulta Univerzity Karlovy, Praha 2009.

ROTAČNÍ MODEL LUKU

ROTATIONAL MODEL OF A BOW

Petr Frantík¹

Abstrakt

Příspěvek je věnován odvození modelu luku s jedním stupněm volnosti, ve kterém je lučiště nahrazeno dvojicí tuhých rotujících dílců s rotační pružinou. Lučiště je zde uvažováno jako prizmatický prut z lineárně se chovajícího materiálu. Odvození modelu luku je provedeno s uvážením geometrické nelinearity.

Klíčová slova

Luk, model s jedním stupněm volnosti, geometrická nelinearita, vzpěr prutu.

Abstract

The paper is focused on derivation of a model of a bow with single degree of freedom in which are bended limbs represented by rotating arms with rotational spring. The bow is considered here as straight with prismatic limbs of linear material. In the derivation of the model of the bow the geometrical nonlinearity is assumed.

Keywords

Bow, single-degree-of-freedom model, geometrical nonlinearity, beam buckling.

1 Úvod

Příspěvek navazuje na článek [1], prezentovaný na této konferenci, ve kterém je odvozen model s jedním stupněm volnosti s lučištěm nahrazeným svislou translační pružinou. Srovnání s přesnějším numerickým modelem však ukázalo, že (za daných předpokladů) takový model nedostatečně vystihuje vývoj deformace celého luku zejména kvůli značné rotaci táhla reprezentujícího tětivy. Výsledek byl neuspokojivý a vedl k motivaci nalézt výstižnější model, jenž je představen zde.

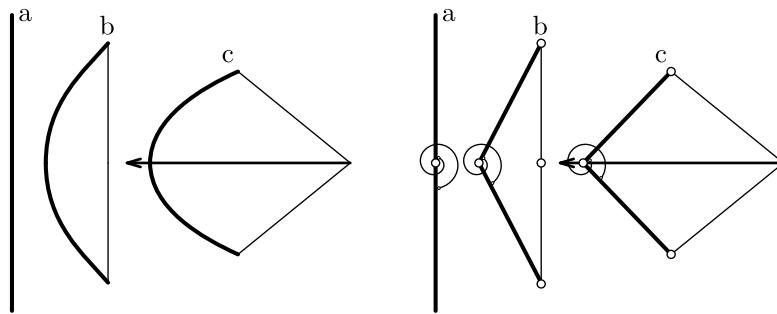
Lučiště je v nově navrženém modelu nahrazeno dvojicí rotujících tuhých dílců spojených na ose symetrie rotační pružinou, viz obr. 1. Jsou zde znázorněny tři stavy luku. První, označený jako a) odpovídá volnému lučišti bez tětivy. Stav b) je luk s napnutou tětivou (bez nátahu) a stav c) odpovídá luku při nátahu se založeným šípem.

2 Odvození náťahové síly

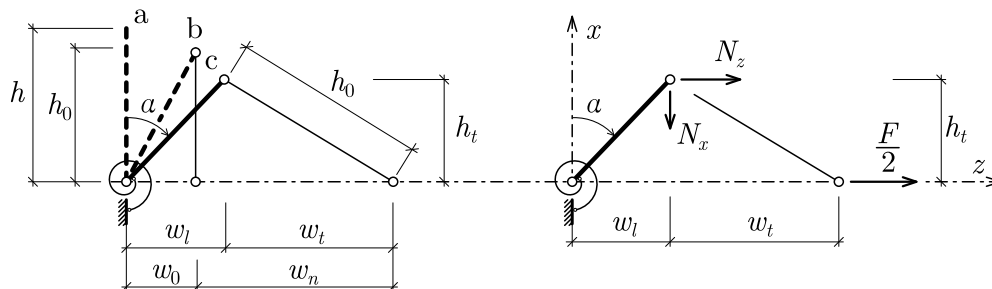
Na rozdíl od modelu s translační pružinou [1], je u modelu s rotační pružinou snadné vyjádřit závislost náťahové síly F na délce nátahu w_n , viz obr. 2. Původní model má

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

závislost náhové síly F vyjádřenu pouze vůči délce průmětu tětivy w_l , jelikož snaha o doplnění závislosti na délce náhahu w_n nebyla z analytického hlediska úspěšná.



Obr. 1: Jednoduchý luk (vlevo) a jeho model z kyvných dílců (vpravo) včetně jejich tří stavů: a) lučiště s nenapnutou tětivou, b) s napnutou tětivou a c) natažený luk se založeným šípem před vypuštěním



Obr. 2: Schéma rotačního modelu luku a působících sil

Odvození začneme momentovou podmínkou rovnováhy ke kloubu s rotační pružinou:

$$M(\alpha) = N_x \cdot w_l + N_z \cdot h_t, \quad (1)$$

kde M je moment, kterým rotační pružina působí na tuhý dílec nahrazující polovinu lučiště, α je pootočení dílce vůči svislé ose (nenapjatému lučišti), N_x je svislá složka normálové síly v tětivě, $N_z = F/2$ je vodorovná složka normálové síly v tětivě, w_l je vodorovné posunutí koncového bodu tuhého dílce a h_t je vzdálenost koncového bodu tuhého dílce od osy symetrie. Jelikož výslednice složek normálové síly v tětivě musí působit ve směru tětivy, tak platí:

$$\frac{N_x}{N_z} = \frac{h_t}{w_l}. \quad (2)$$

Dosazením do vztahu (1) a úpravou dostaneme výraz pro vodorovnou složku N_z :

$$N_z = \frac{M(\alpha)}{h_t \left(1 + \frac{w_l}{w_l}\right)} = \frac{F}{2}. \quad (3)$$

Poděkování

Výsledek byl vytvořen za finanční podpory v rámci projektu reg. č. FAST-S-16-3803.

Literatura

- [1] FRANTÍK, P. Model luku s jedním stupněm volnosti. Mezinárodní konference *Modelování v mechanice 2016*, VŠB–TU Ostrava 2016.

LASER SYSTEM FOR TESTING EARLY SHRINKAGE OF CONCRETE ELEMENTS IN CONJUNCTION WITH THE DETERMINATION OF THE SETTING TIME

Jacek Gołaszewski¹, Tomasz Ponikiewski², Grzegorz Cygan³, Małgorzata Gołaszewska⁴

Abstract

The paper presents a method for testing the shrinkage of concrete beams with dimensions of 10 x 10 x 50 cm. Measurements followed from setting into the form until 24 hours after setting. It was used modified TLS system, which originally was meant for the determination of changes in the length of thin-mortar. Simultaneously measured were the changes of speed propagation of sound waves by Vikasonic, what allows to specify the setting time of binders. It could be a base for determining the scratch resistance of the concrete in the first 24 hours after casting.

Keywords

Early shrinkage, setting time.

1 Introduction

Shrinkage of composite materials in which cement paste is the matrix is connected to several processes which are often simultaneous. From the moment of combining the constituents of the cement paste, autogenous shrinkage occurs, due to the fact that the volume of the paste constituents is smaller than the volume of the hydration products of the reaction. Chemical shrinkage lasts more or less until the end of the setting time of the cement. Progressing hydration causes the process of self-drying; the solution which fills the capillaries is "consumed" by the ongoing hydration, causing tensile stress and, as a result, shrinkage. Capillary action is also responsible for shrinkage occurring during drying. The water in the capillary pores, while migrating to the surface of the element, produces negative pressure which causes stress. If the resulting stress is higher than the tensile strength of concrete, cracks and micro-fractures of concrete will appear. Cracks may propagate further because of the loads, thereby the properties of concrete can be further degraded. Cracks caused by shrinkage reduce the value of mechanical properties, in particular tensile strength. In cracked concrete lagging ceases to be a barrier protecting the reinforcement, which in turn becomes susceptible to corrosion. Cracked concrete is also a cause for impaired water tightness and frost resistance. In pre-stressed constructions great drying shrinkage causes a significant loss of pre-stressing force.

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

² Tomasz Ponikiewski, Dr hab.inż. Silesian University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Building Materials and Processes Engineering, e-mail: tomasz.ponikiewski@polsl.pl

³ Mgr. Grzegorz Cygan, inż. Silesian University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Building Materials and Processes Engineering, e-mail: grzegorz.cygan@polsl.pl

⁴ Mgr. Małgorzata Gołaszewska, inż. Silesian University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Building Materials and Processes Engineering

The mechanism of shrinkage is well known, but is still the subject of research [1,2,3,4,5]. These works include both the phenomenon of shrinkage, the impact of technological factors [6], research methodology [7] as well as computer modeling using eg. FEM [8].

2 Conclusion

The developed procedure of sample preparation allows to measure the changes in length of concrete beams from the moment of their casting. On the basis of the setting time determined by ultrasonic method, or rather a moment in which the stiffness of the composite begins to increase, we can estimate the susceptibility of concrete to cracking during the first 24 hours. During this period, the strength of concrete is only starting to form, and shrinkage-induced stress can exceed its tensile strength. Changes in the length of the elements during the first 24 hours are characterized by a high growth rate, what is typical of the next generation concrete. The developed methodology of research allows to determine the effect of technological factors on the early shrinkage. Due to that, it is possible to obtain sufficiently reliable information which can be used to validate numerical models for estimating the size of shrinkage deformation

References

- [1] BOSHOFF W. P., COMBRINCK R. *Modeling the severity of plastic shrinkage cracking in concrete*. Cement and Concrete Research 48 (2013) 34-39.
- [2] LEEMANN A., NYGAARD P., LURA P. *Impact of admixtures on the plastic shrinkage cracking of self-compacting concrete*. Cement and Concrete Composites 46 (2014) 1-7.
- [3] LI Y., LI J. *Capillary tension theory for prediction of early autogenous shrinkage of self-compacting concrete*. Construction and Building Materials 53 (2014) 511-516.
- [4] GAO P., ZHANG T., LUO R., WEI J., YU Q. *Improvement of shrinkage measurement for cement paste at very early age: Corugated tube method using non-contact sensors*. Construction and Building Materials 55 (2014) 57-62.
- [5] YOO D., PARK J., KIM S., YOON Y. *Early age setting, shrinkage and tensile characteristics of ultra high performance fiber reinforced concrete*. Construction and Building Materials 41 (2013) 427.
- [6] DEJIAN S. , JINLIANG J. JIAXIN S., PANPAN Y., GUOQING J. *Influence of curing temperature on autogenous shrinkage and cracking resistance of high-performance concrete at an early age*. Construction and Building Materials 103 (2016) 67-76.
- [7] JASICZAK. J, SZYMAŃSKI P. NOWOTARSKI P. *Computerised evaluation of the early age of shrinkage in concrete*. Automation in Construction 49 (2015) 40-50.
- [8] BAKHSHI, M., MOBASHER, B., SORANAKOM, C. *Moisture loss characteristics of cement-based materials under early-age drying and shrinkage conditions*. Construction and Building Materials 30 (2012) 413-425.

STOCHASTIC SENSITIVITY ANALYSIS OF CYLINDRICAL SHELL

Maksym Grzywiński¹

Abstract

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

Keywords

Sensitivity, stochastic perturbation technique, finite element method, shell structure.

1 Introduction

It is known that the most effective computational tool in civil engineering nowadays is the finite element method [1, 2], as the basis of almost all structural analysis computer codes. On the other hand, in modern design, sensitivity analysis cannot be avoided, since it makes it possible to determine the so-called starting point (or design point), leading to the optimal solution. Recently, the sensitivity issues are discussed extensively in the literature. Background of the design sensitivity analysis is presented in [3], for instance. The sensitivity analysis can be carried out with respect to local design variables, such as cross-sectional area, element thickness, Young's modulus, Poisson's ratio, loading [4].

In accordance with developments of the computational technique, uncertainties of the design variables appear to be necessarily needed in the state-of-the-art methodologies in computer terms. Besides the traditional Monte Carlo simulation, we may mention the spectral approach [5] and, seeming more effective, perturbation approach [6, 7]. In the latter, all the functions of random variables are expanded exponentially. By using the first two probabilistic moments for random variables on input, the first two probabilistic moments of the structural response are obtained on output; the expectations are second-order accurate, while the cross-covariances are first-order accurate [8-10].

2 Numerical results

This example the response of a thin shell structure is considered. Fig. 1 shows the half of a cylindrical shell clamped at boundaries under uniformly distributed pressure $p = 100 \text{ kN} / \text{m}^2$. The remaining input data are: radius $R = 2,5 \text{ m}$, length $L = 12 \text{ m}$, Young modulus $E = 30 \text{ MPa}$, Poisson ratio $\nu = 0,2$. The expectation, correlation function and coefficient of variation of the shell thickness is assumed as:

$$\begin{aligned} E(t) = t_0 = 0,06 & & R(t_r, t_s) = \mathcal{G} \exp\{-abs[(x_r - x_0)(y_r - y_0)] / \lambda\} \\ \mathcal{G} = 1,5 / RL, & & \lambda = 2,5RL, & & \alpha = 0,05; 0,10; 0,15. \end{aligned}$$

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

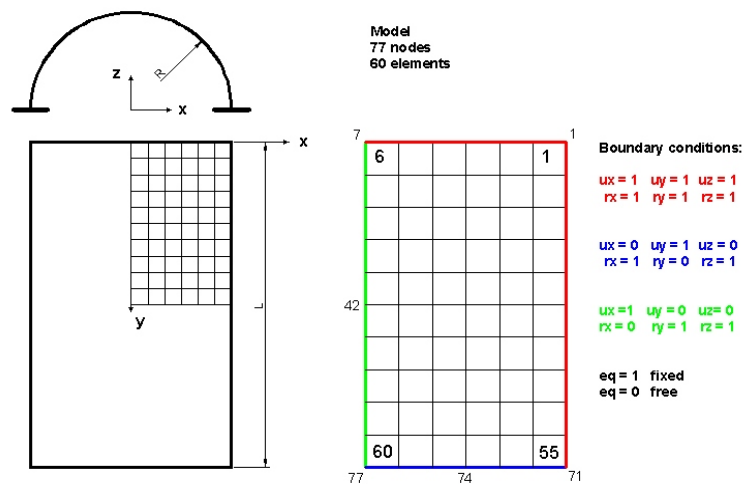


Fig. 1: Cylindrical shell with mesh grid

References

- [1] ZIENKIEWICZ, O.C., TAYLOR, R.L., ZHU, J.Z. *The Finite Element Method: Its Basis and Fundamentals*. vol. 1, Butterworth-Heinemann, 2013. ISBN 978-1-85617-633-0, 714 p.
- [2] ZIENKIEWICZ, O.C., TAYLOR, R.L., FOX, D.D. *The Finite Element Method for Solid and Structural Mechanics*. vol. 2, Butterworth-Heinemann, 2014. ISBN 978-1-85617-634-7, 624 p.
- [3] HAUG, E.J., CHOI, K.K., KOMKOV, V. *Design Sensitivity Analysis of Structural Systems*. Academic Press, 1986. ISBN 0-12-332920-5, 381 p.
- [4] CHOI, K.K., KIM, N.H. *Structural Sensitivity Analysis and Optimization*. vol. 1, Springer, 2005. ISBN 0-387-23232-X, 446 p.
- [5] GHANEM, R.G., SPANOS, P.D. *Stochastic Finite Elements: A Spectral Approach*. Springer, 1991. ISBN 978-1-4612-7795-8, 214 p.
- [6] HISADA, T., NAKAGIRI, S. Stochastic finite element method developed for structural safety and reliability, In: *Proc. 3rd Int. Conf. on Struct. Safety and Reliability*, Trondheim, Norway, 1981. ISBN 0-444-41994-2, 820 p.
- [7] 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
- [8] KLEIBER, M., HIEN, T.D. *The Stochastic Finite Element Method*. Wiley, 1992. ISBN 0-471-93626-X. 322 p.
- [9] KLEIBER, M., HIEN, T.D. Stochastic structural design sensitivity of static response. *Int. J. Comput. Struct.*, 1991, vol. 38, pp. 659–667 (9 p), ISSN 0045-7949.
- [10] GRZYWIŃSKI, M., HIEN, T.D. Stochastic sensitivity of truss system (in Polish: Stochastyczna wrażliwość konstrukcji kratowych). In: TARNOWSKI, W., KICZKOWIAK, T. (red.) *Poliptymalizacja i Komputerowe Wspomaganie Projektowania*, 2008, pp. 35-40 (6 p). ISBN 83-7365-152-7.
- [11] GRZYWIŃSKI, M., POKORSKA, I. Sensitivity analysis of cylindrical shell, *Transactions of the VŠB–Technical University of Ostrava, Civil Engineering Series*, 2013, vol. 13, issue 2, pp. 115-118 (4 p). ISSN 1213-1962.
- [12] GRZYWIŃSKI, M., POKORSKA, I. Stochastic analysis of cylindrical shell, *Transactions of the VŠB–Technical University of Ostrava, Civil Engineering Series*, 2014, vol. 14, issue 1, pp. 73-76 (4 p). ISSN 1213-1962.

RESISTANCE TO INITIATION OF STABLE CRACK PROPAGATION AND FRACTURE IN SELECTED BUILDING COMPOSITES

Ivana Havlíková¹, Hana Šimonová², Zbyněk Keršner³

Abstract

This paper collates and compares Double- K fracture model parameter values obtained for two selected composites by evaluating a series of fracture tests performed on specimens with stress concentrators. The comparison was focused on the evaluation of the initial response of specimens under quasi-static loading. It was possible to quantify, in addition to the specific fracture energy, the relative resistance against the initiation of stable crack propagation as a not inconsiderable parameter quantifying the initiation of material response on the brittleness–toughness scale.

Keywords

Three-Point Bending Fracture Test, Double- K Fracture Model, Fracture Energy, Fracture Toughness, Stress Intensity Factor.

1 Introduction

Concrete (along with other brittle matrix composites) is the most commonly used material in civil engineering structures. Its resistance to stable crack propagation is usually quantified via mechanical fracture parameters such as effective fracture toughness, specific fracture energy, etc., and is determined through the evaluation of fracture tests carried out on specimens with stress concentrators – in this paper the three-point bending test was used. The outputs from this experiment in the form of load versus crack mouth opening displacement diagrams were evaluated using the Double- K fracture model [1–3]. The advantage of the model is that it describes different levels of crack propagation: an initiation stage which corresponds to the beginning of stable crack growth (at the level where the stress intensity factor, K_{Ic}^{ini} , is reached), and a stage featuring unstable crack propagation (after the unstable fracture toughness, K_{Ic}^{un} , has been reached).

To determine the fracture parameters (unstable fracture toughness K_{Ic}^{un} , fracture energy G_F , etc.), were used measured and corrected load versus crack mouth opening displacement (P – $CMOD$) and load versus deflection (P – d) diagrams from three-point bending tests performed on beams with a central edge notch.

For the purpose of this paper, fracture parameters were obtained and compared for two different building composites:

- Concrete modified by zeolite (REF – without modification; Z10, Z20, Z40 and Z60 – with the replacement of 10 %, 20 %, 40 % and 60 % of the cement by weight, respectively; [4] – in Czech), 3 specimens from each mixture.

¹ Ing. Ivana Havlíková, Ph.D., Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Institute of Structural Mechanics, Veveří 331/95, 602 00 Brno, Czech Republic, havlikova.i@fce.vutbr.cz

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

³ prof. Ing. Zbyněk Keršner, CSc., ditto, kersner.z@fce.vutbr.cz

- Lime mortars modified by burnt clays (*REF* – without modification; *CP025*, *CP050* and *CP100* – enhanced by brick powder in amounts of 25, 50 and 100 % of the weight of hydrated lime; *MK050* and *MK100* – enhanced by metakaolin in amounts of 50 and 100 % of the weight of hydrated lime; [5]). Two specimens from each mixture. The specimen's age was 90 and 150 days.

2 Conclusions

This paper collates and compares Double-*K* fracture model parameter values for two selected building composites obtained by evaluating a series of fracture test specimens with stress concentrators. The comparison was focused on the evaluation of the initial response of specimens under quasi-static loading – the part of a loading diagram before the maximum load is reached. It was possible to quantify, in addition to the specific fracture energy, the relative resistance against the initiation of stable crack propagation. It became apparent that materials with higher fracture energy may be less resistant to the initiation of stable crack propagation, and vice versa. It can be concluded that the mentioned parameters seem to be independent, and it can be recommended for building materials that, besides fracture energy, other parameters also be determined that quantify the initiation of material response on the brittleness–toughness scale.

Acknowledgement

This outcome was achieved with the financial support of FRAPA project No. P104-13-03662S, provided by the Czech Science Foundation, and project No. LO1408 "AdMaS UP – Advanced Materials, Structures and Technologies", supported by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic under "National Sustainability Programme I".

References

- [1] XU, S., REINHARDT, H. W. Determination of double-*K* criterion for crack propagation in quasibrittle fracture, Part I: Experimental investigation of crack propagation. *International Journal of Fracture*. 1999a, Vol. 98, No. 2, pp. 111–149. ISSN 1573-2673.
- [2] KUMAR, S. a BARAI, S.V. *Concrete Fracture Models and Applications*. Berlin: Springer, 2011. 262 s. ISBN 978-3-642-16763-8.
- [3] PETERSSON, P. E. Crack growth and development of fracture zone in plain concrete and similar materials. Report No. TVBM-1006, Lund Institute of Technology, 1981.
- [4] HAVLÍKOVÁ, I., BEDÁŇ, J., ROVNANÍKOVÁ, P., KERŠNER, Z. Iniciace stabilního šíření trhliny v tělesech z betonů s náhradou cementu zeolitem. In: *Sborník 17. mezinárodní konference Ekologie a nové stavební hmoty a výrobky*. Telč: Výzkumný ústav stavebních hmot, a. s. (VUSTAH), 2013, s. 65–68. ISBN 978-80-87397-14-5. (in Czech).
- [5] ŠIMONOVÁ, H., HAVLÍKOVÁ, I., NAVRÁTILOVÁ, E., SCHMID, P., ROVNANÍKOVÁ, P., KERŠNER, Z. Effect of Admixture Dosage and Specimens Age on Mechanical Fracture Parameters of Lime Mortars Enhanced by Burnt Clays. *Advanced Materials Research: Ecology and New Building Materials and Products* [online]. 2014, Vol. 1000, s. 356–359. ISSN: 1662-8985. <http://www.scientific.net/AMR.1000.356>.

SNAP-THROUGH OF THE SHALLOW SHELL WITH INITIAL IMPERFECTION

Jozef Havran¹, Martin Psotný²

Abstract

Elastic shallow shell of translation subjected to the external pressure is analysed in the paper numerically by FEM. Nonlinear equilibrium paths are calculated for the different boundary conditions. Special attention is paid to the influence of initial imperfection on the limit load level of fundamental load-displacement path of nonlinear analysis. ANSYS system was used for analysis, arc-length method was chosen for obtain fundamental load-displacement path of solution.

Keywords

Shell of translation, nonlinear stability, initial imperfection, incremental solution, arc-length method.

1 Introduction

Shells of translation are structural elements very often encountered in the engineering practice. Their middle surface is generated by a vertical curve sliding along another vertical curve. The curves can be circles, ellipses, or parabolas. They occur as parts of aircraft and marine structures in mechanical engineering, create covers of large span structures in civil engineering.

2 Finite Element Analysis

Illustrative example of steel shallow shell loaded by the external pressure (Fig. 1) is presented. The arc-length method was chosen for analysis, the reference arc-length radius is calculated from the load increment.

In Fig. 2 one can observe analysis of shell simply supported along the edges. Fundamental load-displacement path for apex node is plotted, values of the load at the limit points are assigned. The difference between the critical load (1st eigenvalue) from eigenvalue buckling analysis (2.426 N/mm²) and load level in the upper limit point of the load-displacement path of non-linear analysis (1.356 N/mm²) is significant. Non-conservative results offered from first approach are not applicable to practice.

Analysis of imperfect shell follows. The shape of initial displacements was created identical to the shape of the 1st eigenmode. Multiplier of the (dimensionless) mode α_0 was assumed 0.5mm and 1mm respectively. Including the effects of imperfections we can see a further decline of load in the upper limit point in comparison with the perfect shell.

¹ Ing. Jozef Havran, Slovak University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Structural Mechanics, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, Slovakia, jozef.havran@stuba.sk

² Assoc. Prof. Ing. Martin Psotný PhD., Slovak University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Department of Structural Mechanics, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, Slovakia, martin.psotny@stuba.sk

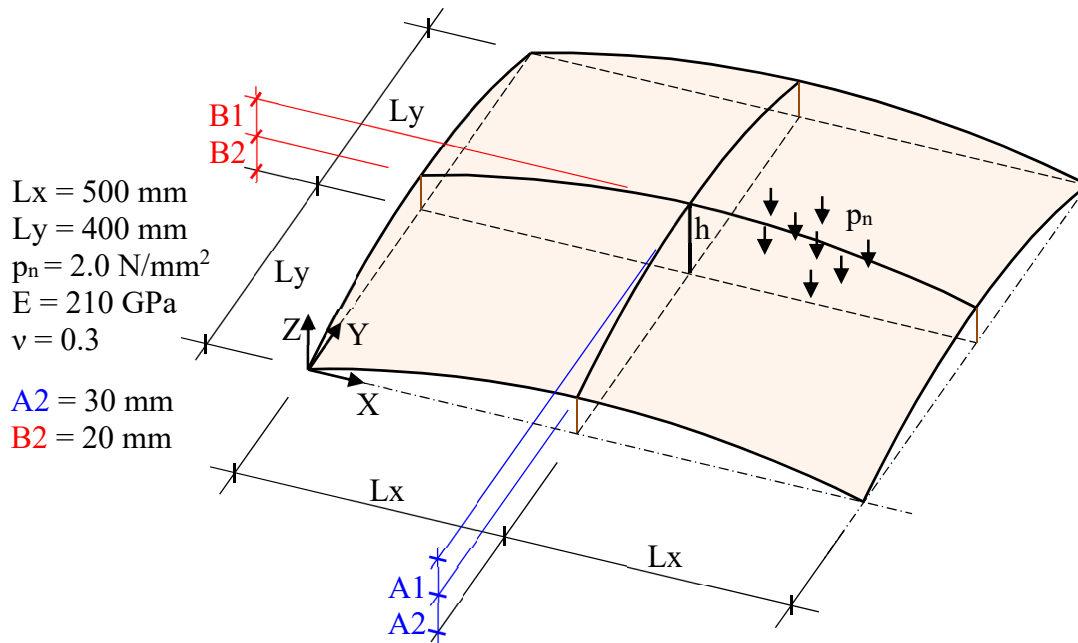


Fig. 1: Shallow shell of translation: dimensions and material properties

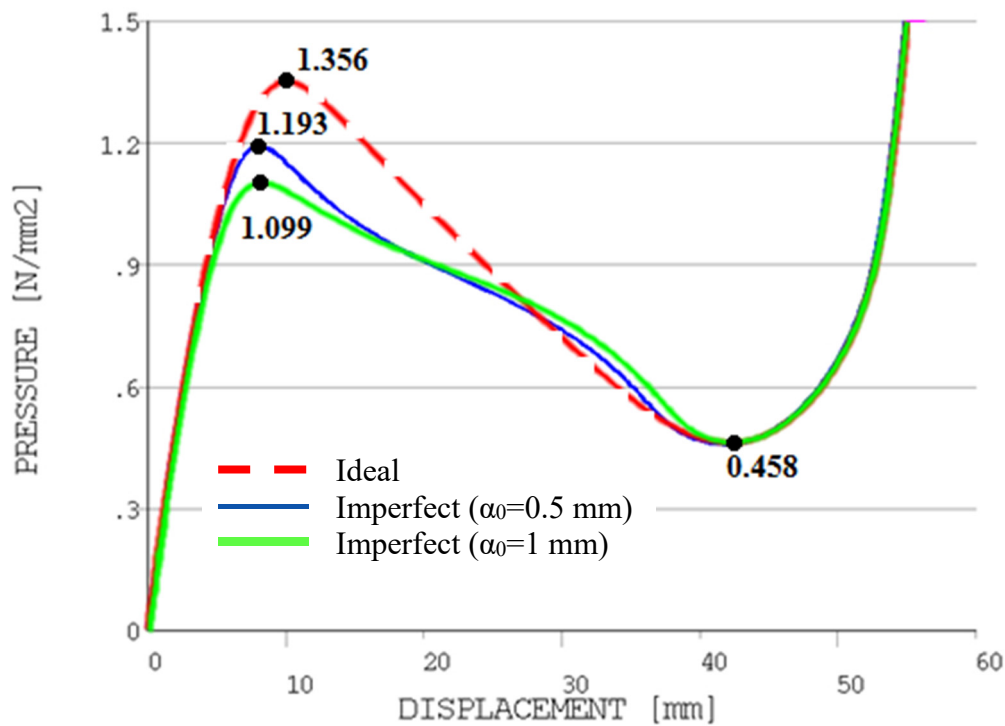


Fig. 2: Fundamental load-displacement path from nonlinear buckling analysis

Acknowledgement

Presented results have been arranged due to the research supported by the Slovak Scientific Grant Agency, project No. 1/0272/15.

The authors would like to thank for financial contribution from the STU Grant scheme for Support of Young Researchers.

VOLBA ÚČELOVÉ FUNKCE PŘI INVERZNÍ IDENTIFIKACI PARAMETRŮ MATERIÁLOVÉHO MODELU BETONU

CHOICE OF OBJECTIVE FUNCTION DURING INVERSE IDENTIFICATION OF PARAMETERS OF MATERIAL MODEL OF CONCRETE

Filip Hokeš¹, Jiří Kala²

Abstrakt

Rozhodujícím předpokladem pro provedení úspěšné optimalizace je volba korektní účelové funkce. Platnost uvedeného předpokladu je vyžadována také při inverzní identifikaci neznámých parametrů nelineárních modelů betonu s pomocí optimalizačních algoritmů, při kterých lze výhodně využít experimentálně naměřených zatěžovacích křivek. Výrazy pro účelovou funkci mohou být v takovém případě formulovány ve smyslu rozdílu funkčních hodnot křivek či pomocí porovnání charakteristických znaků, mezi které lze zařadit plochu pod křivkou a maximální funkční hodnotu.

Klíčová slova

Identifikace, účelová funkce, RMSE, optimalizace, analýza citlivosti.

Abstract

The choice of correct objective function is the critical assumption for performance of successful optimization task. The validity of the above mentioned assumption is also demanded at utilization of optimization algorithms during the inverse identification of unknown parameters of nonlinear material models of concrete where experimental load-displacement curves might be conveniently used. Expressions for objective function might be, in that case, formulated in the form of difference between the function values or by comparison of characteristic features, where the area below the curve and the maximum function value belonged.

Keywords

Identification, objective function, RMSE, optimization, sensitivity analysis.

1 Úvod

Jedna z možností použití optimalizačních metod spočívá v inverzní identifikaci neznámých parametrů nelineárních materiálových modelů, využívaných při numerických analýzách metodou konečných prvků. Rozhodujícím faktorem pro provedení úspěšné optimalizace je volba správného algoritmu a korektní formulace příslušné účelové funkce. Podstata úlohy inverzní identifikace neznámých materiálových parametrů spočívá v minimalizaci míry podobnosti mezi experimentálně naměřenými křivkami závislosti zatížení L a posunu d a křivkami pocházejícími z nelineárních

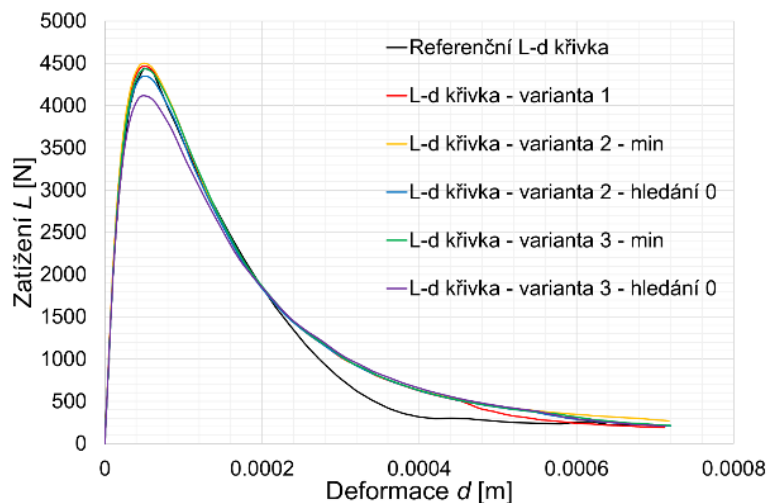
¹ Ing. Filip Hokeš, VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95 Brno 60200, hokes.f@fce.vutbr.cz

² Doc. Ing. Jiří Kala, Ph.D., VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95 Brno 60200, kala.j@fce.vutbr.cz

numerických simulací odpovídajícího experimentu. Tato míra podobnosti je tedy předpisem účelové funkce. Pro daný účel se nabízí využití RMSE (Root-Mean-Squared error) míry. K porovnání lze dále využít hodnoty plochy pod zatěžovací křivkou a hodnoty maximálního zatížení. Důsledkem použití druhé z popisovaných variant je však potřeba volby správného a robustního algoritmu umožňujícího optimalizaci s více účelovými funkcemi. Předkládaný článek se s ohledem na uvedené skutečnosti věnuje studii vlivu odlišné formulace účelové funkce v identifikační úloze, pro jejíž výpočet byly vytvořeny skripty v programovacím jazyce Python.

2 Výsledky identifikace s odlišnými účelovými funkcemi

Problematika volby účelové funkce byla řešena pro variantu jedné účelové funkce definovanou jako RMSE míra přes celou délku L - d křivek, dále pro variantu pěti účelových funkcí definovaných jako RMSE míry na pěti rovnoměrně rozdělených částech křivky a nakonec pro dvě účelové funkce definované jako rozdíl ploch pod křivkami ΔA_{Ld} a rozdíl maximálních hodnot zatížení ΔL_{max} . Jak ukazuje Obr. 1, ve všech variantách bylo dosaženo dobré shody s referenční L - d křivkou.



Obr. 1: Porovnání výsledných L - d křivek s referenční křivkou

3 Závěr

Výsledky předkládané studie ukazují, že pro provedení úspěšné identifikace lze použít jak účelovou funkci definovanou jako RMSE míru, tak účelové funkce formulované jako rozdíly ΔA_{Ld} a ΔL_{max} .

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory projektu GAČR 14-25320S „Aspekty použití komplexních nelineárních materiálových modelů“ poskytnutého Grantovou agenturou České republiky.

Literatura

- [1] FEDORIK, F., KALA, J., HAAPALA, A., MALASKA, M. Use of design optimization techniques in solving typical structural engineering related design optimization problems. *Structural Engineering and Mechanics*. Techno Press, roč. 55, č. 6, s, ISSN 1121-1137.

TŘÍDA MKP NOSNÍKOVÝCH ELEMENTŮ PRO MODELOVÁNÍ MATERIÁLOVÉ NELINEARITY NA MASIVNÍCH PRŮŘEZECH

FAMILY OF FEM BEAM ELEMENTS FOR MATERIAL NONLINEARITY MODELING
ON ARBITRARY CROSS SECTION

Jaromír Kabeláč¹

Abstrakt

Na masivním průřezu nosníku lze identifikovat několik významných módů deformace. Především módy od axiálního a ohybového namáhání, módy deplanace od smyku a torze a módy od vázané deplanace. Tyto módy lze uvažovat lineární a nelineární. Lze uvážit několik formulací básových funkcí po nosníkovém elementu. Různou kombinací deformačních módů a básových funkcí vzniká rodina MKP elementů méně či více vhodných pro zahrnutí materiálové nelinearity.

Klíčová slova

MKP, nosníkový element, materiálová nelinearita, obecný průřez.

Abstract

Group of deformation modes can be identified on the solid cross section. Especially modes form axial and bending loading, warping modes from shear and torsion and non-uniform warping effects. This modes can be modelled as linear or nonlinear. Some different base function can be chosen along beam FEM elements. Family of beam elements can created by combinations of different deformation modes and base function. Each combinations are more or less suitable for material nonlinearity including.

Keywords

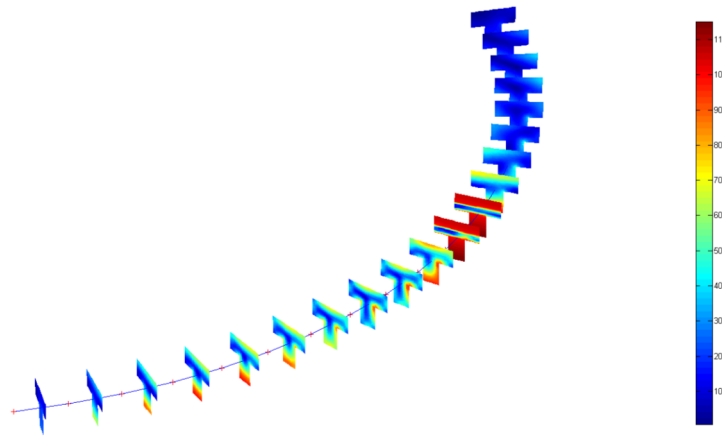
FEM, beam elements, material nonlinearity, arbitrary cross section.

1 Úvod

Nosníkové elementy umožňují významnou redukci úlohy a výrazně jednodušší modelování geometrie nosníkové konstrukce. Ve stavební praxi je nutné uvažovat vliv materiálové nelinearity jak ocelových tak železobetonových konstrukcí. Cílem článku není rozbor jednotlivých materiálových nelinearit ale vytipování vhodných formulací nosníkového elementu pro zahrnutí efektu materiálové nelinearity na nosníkových konstrukcích (viz příklad na obr. 1).

Formulaci nosníkového elementu lze rozdělit do dvou částí. Je třeba stanovit, které jevy se budou uvažovat při stanovení průběhu napětí po průřezu. Z tohoto hlediska, lze identifikovat devět základních deformačních módů po průřezu, mezi které patří:

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



Obr 1: Příklad distribuce napětí na obecném nosníku s uvážením materiálové nelinearity

- *křivost a protažení osy nosníku* a tomu odpovídající axiální napětí od zatížení od ohybu a tahu,
- *zkosení a zkroucení osy nosníku* a jemu odpovídající deplanace průřezu, tomu odpovídající složky smykových napětí, od smyku a krutu,
- *vázané deplanace průřezu* a jemu odpovídající složky axiálních napětí především od vázaného krutu.

Tímto výčtem dostáváme 9 stupňů volnosti pro každý průřez. Silovou odezvu průřezu na deformace těchto 9 módů lze řešit plně nelineárně včetně nelineárních deplančních funkcí jako samostatnou nelineární úlohu. Výrazným zjednodušením je uvažování lineární deplanace a potom se úloha redukuje na prostou integraci po průřezu. Je třeba zdůraznit, že výčet možných deformačních módů po průřezu není konečný, viz například General Beam theory [1]. Z praktického hlediska je však upotřebitelných na masivních průřezích prvních 7 stupňů volnosti – tah, ohyb, smyk, krut, vázaný krut.

Druhou částí je formulace samotného nosníkového elementu z hlediska básových funkcí použitých elementů použité numerické integrace. Byli zkoumány následující formulace:

- *Euler beam* – kubický průběh průhybu lineární průběh protažení. Dvoubodová integrace. Vznikají pouze axiální složky napětí od tahu a ohybu.
- *Timosheno beam* – Přidání lineární průběh natočení a zkosení průřezu dvoubodová integrace. Zahrnutí smykových složek a krutových složek.
- *Redukovaná integrace* – použití parabolických náhrad a jednobodové integrace.
- *Přidání vázaného krutu.*

2 Závěr

Kombinací jednotlivých deformačních módů a básových funkcí vzniká celé portfolio nosníkových elementů s uvážením materiálové nelinearity. V článku jsou uvedeny výhody a nevýhody jednotlivých formulací. Rozdíly jsou především v časové náročnosti a stabilitě numerického řešení. Je třeba si uvědomit jaký typ efektu je potřeba zahrnout do řešení úlohy. Ukazuje se, že z praktického hlediska jsou upotřebitelné pouze nejjednodušší formulace.

Literatura

- [1] DAVIES, J. M., PHILIP, L. Second-Order Generalised Beam Theory, *Journal of Constructional Steel Research*, vol. 31, pp. 221-241, 1994.

IMPLEMENTATION OF MINIMUM CRACK SPACING MODEL IN FINITE ELEMENT CALCULATIONS

Petr Kabele¹, Eliška Šmídová², Petr Havlásek³

Abstract

An algorithm for implementation of minimum crack spacing in finite element simulations of multiple cracking in strain hardening cementitious composites is presented and verified.

Keywords

Strain hardening cementitious composites (SHCC), multiple cracking, cohesive crack model, crack spacing.

1 Introduction

Strain hardening cementitious composites (SHCC) are brittle-matrix composites reinforced by short fibers, which, by definition, exhibit multiple cracking behavior. Under increasing tensile stress, multiple cracking demonstrates itself by formation of a large number of distributed sub-parallel matrix cracks bridged by fibers. Crack spacing in SHCC is not constant during the loading process, but gradually decreases until crack saturation is attained. The primary condition for a crack to occur is the satisfaction of the fracture condition: the maximum principal tensile stress in the matrix attains the matrix strength. In general, both the matrix strength and the tensile stress may not be uniform in the analyzed structure. The former non-uniformity may result from various material imperfections and flaws. The latter is usually associated with the overall shape and loading conditions of the structure. Additionally, in a vicinity of an existing crack, it is necessary to consider that the load, which is carried across the crack by bridging fibers, is gradually transferred from the

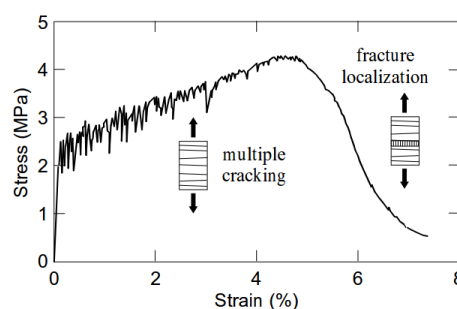


Fig. 1: Typical tensile stress-strain curve of a strain hardening fiber reinforced cementitious composite (SHCC)

¹ prof. Ing. Petr Kabele, Ph.D., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra mechaniky, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, petr.kabele@fsv.cvut.cz

² Ing. Eliška Šmídová, M.Sc., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra mechaniky, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, eliska.smidova@fsv.cvut.cz

³ Ing. Petr Havlásek, Ph.D., ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra mechaniky, Thákurova 7, 166 29 Praha 6, petr.havlassek@fsv.cvut.cz

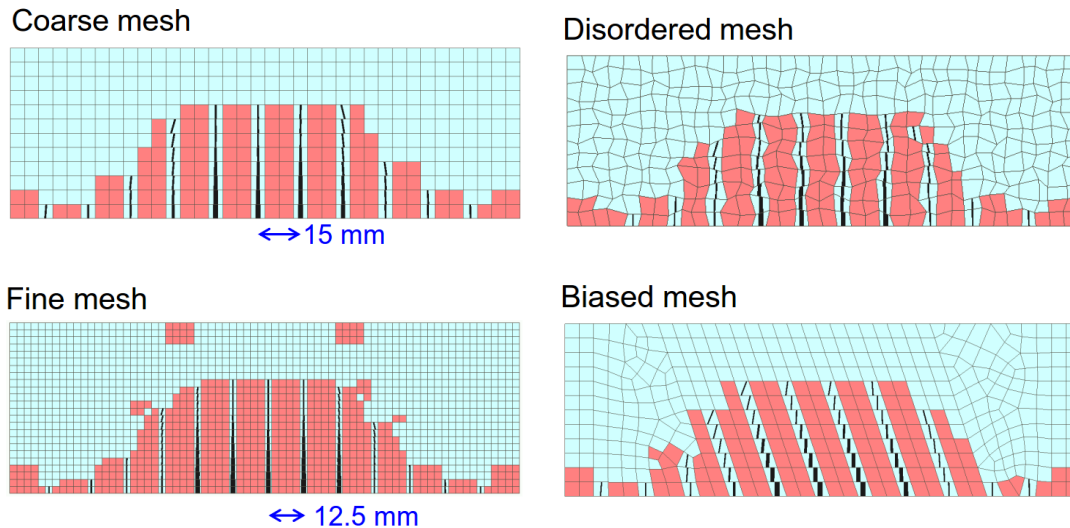


Fig. 2: Results of simulations of 4-point bending test. Calculated crack patterns with different meshes respect the prescribed minimum crack spacing of 12.5 mm.

fibers back to the matrix through friction on the fiber-matrix interface. As a result, there is a region in the crack neighborhood, where the matrix stress may never reach its strength. Size of this region then determines the minimum crack spacing χ_d .

2 Finite element modeling of SHCC fracture

Generally, there exist two approaches to finite element simulation of fracture in SHCC materials: homogenization-based models and individual-crack-based models (see review in [1]). In the latter approach, whose advantages include, e.g., better performance under complex loading conditions and ability to provide information on crack width distribution, the concept of cohesive crack is used to represent each crack individually. In this case, it is necessary ensure that the crack to crack distance is never less than χ_d , regardless of finite element size. In the present paper, an algorithm, which implements the minimum spacing distance in irregular finite element meshes is proposed and verified. Fig. 2 shows some representative results.

Acknowledgments

The presented research has been supported by the Technology Agency of the Czech Republic, project no. TA03011564.

Literature

- [1] KABELE, P. Finite element fracture analysis of reinforced SHCC members. In: G.P.A.G VAN ZIJL a W. P. BOSHOFF, ed. *International Conference on Advanced Concrete Materials: Advances in Cement-Based Materials*. Stellenbosch, South Africa: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2009, s. 237–244.

ANALYSIS OF LAMELLAR STRUCTURES WITH APPLICATION OF GENERALIZED FUNCTIONS

Gela Kipiani ¹, Nika Botchorishvili ²

Abstract

Requirement on analysis of construction production at reducing of it's prime cost leads to necessity of widely application of advanced scientific and technical achievements and new methods of calculation for purpose of creation design diagrams, having lowered material consumption, required strength indicators, reliability, durability, high manufacturability.

Keywords

List of keywords in English language, separated by commas.

1 Introduction

Thin-walled lamellar shell structures are applied in various fields of engineering. Implementation in structural mechanics of modern large-span structures of having high strength characteristics low-modulus materials leads to necessity to taking into account of large deformations in comparison with thickness at analysis of thin-walled structures. Improvements of strength of lamellar structures most naturally are carried out by arrangement of ribs. At acting along the walls with apertures of local loadings is advisable reinforcement of spatial structures by proper length ribs. The arrangements and type of attachments of these ribs make impact on behavior of structure at deformation.

Irregularity of geometrical and physical parameters of thin-walled structures causes the significant stress concentration and makes dangerous areas for propagation of cracks and plastic deformations. In most cases, their load bearing capability is determined due strength conditions or buckling in stress concentration areas.

In places of regularity break stress concentration zones makes essential influence on load bearing capability and stability of thin-walled structures. At this, known traditional analysis and numerical methods are less effective. Thus is necessary development of new effective methods for analysis of mentioned class of structures.

Currently theory of generalized, in particular, discontinuity impulse functions significantly extend possibilities of analysis of various having regularity breaks lamellar structures.

In structural mechanics the sandwich systems would be considered by having regularity breaks systems by thickness. The sandwich plate with lightweight filler and two external load bearing layer would be widely applied in structural mechanics as typical element, in that would be various structural singularities as additional links, breaks and so on.

¹ prof. Dr. Gela Kipiani, Georgian Aviation University, 16, Ketevan Tsamebuli str., Tbilisi, 0144, Georgia, gelakip@gmail.com

² Nika Botchorishvili, Georgian Aviation University, 16, Ketevan Tsamebuli str., Tbilisi, 0144, Georgia, zodeli@yahoo.com

In addition by application of generalized functions analysis of including single layered as well as in composite materials lamellar structures is rather complex, topical and requires the development of special methods of analysis [1-8].

2 Conclusion

Will be developed and studied the simultaneous differential equations that gives the possibility in conditions of non-linear deformations to research mode of deformation for class of having ribs, breaks, concentrated supports lamellar structures. Are developed various simplified variants of these equations by application of generalized functions. The design model reflects the applied in engineering elements.

Will be developed analysis method for having irregularities lamellar structures in conditions of linear and non-linear deformations that gives the possibility to determine with equal accuracy stresses and moment in continual areas as well as in adjacent of ribs.

References

- [1] MIKHAILOV B.K., KIPIANI G.O. *Deformability and stability of spatial lamellar systems with discontinuous parameters*. Saint Petersburg: Stroyzdat SPB, 1996. - 442 p.
- [2] KIPIANI G. Definition of critical loading on three-layered plate with cuts by transition from static problem to stability problem. *Contemporary Problems in Architecture and Construction*. Selected, peer reviewed papers the 6th International Conference on Contemporary Problems of Architecture and Construction, June 24-27, 2014, Ostrava, Czech Republic. Edited by Darja Kubeckova. Trans Tech publications LTD, Switzerland, 2014, pp. 143-150.
- [3] KIPIANI G. Application of generalized functions for analysis of plates with ribs, cuts. *XI Conference of Mathematical HEI of GSSR*. Theses of reports – Kutaisi, 1986. Tbilisi, Tbilisi State University, 1986. p. 201.
- [4] KIPIANI G., RAJCZYK M., LAUSOVA L. Non-linear boundary value problem modeling elastic equilibrium of shells. *4th International Scientific and Technical Conference "Modern Problems of water management" Environmental Protection, Architect and Construction*, September 27-30, 2014. Dedicated to the 85 anniversary of the Water Management Institute, Tbilisi, 2014. pp. 150-152.
- [5] KIPIANI G., RAJCZYK M., LAUSOVA L. Influence of rectangular holes on stability of three-layer plates. *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 711 (2015) pp. 397-401. Trans Tech Publications Inc., Switzerland. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.711.397 .
- [6] ELISHAKOV I. Resolution of the twentieth century conundrum in elastic stability. Florida Atlantic University, USA, 2014. by World Scientific Publishing Co. Pte, Ltd. -333 p.
- [7] ELISHAKOV I., PENTARAS D., EGTNTILINI C. Mechanics of functionally graded material structures. 2016. by World Scientific Publishing Co. Pte, Ltd.-333p.
- [8] KIPIANI G. Deformability and stability of rectangular sandwich panels with cuts under in-plane loading. *Architect and Engineering*. Vol. 1. Issue 1, March, Saint Petersburg, 2016. SPSUACE, pp.26-30. aej.spbgasu.ru/index.php/AE/issue/view/3.

MODELOVÁNÍ ROZSAHU A TVARU LOMOVÉ PROCESNÍ ZÓNY KVAZIKŘEHKÝCH MATERIÁLŮ ZE ZATĚŽOVACÍCH KŘIVEK

MODELING OF SIZE AND SHAPE OF THE FRACTURE PROCESS ZONE
OF QUASI-BRITTLE MATERIALS FROM LOADING CURVES.

Jiří Klon¹, Václav Veselý²

Abstrakt

Príspevek je zaměřen na vyhodnocení vybraných lomových parametrů kvazikřehkého materiálu, získaných ze zatěžovacích křivek, a posouzení jejich závislosti na velikosti a tvaru zkušebního tělesa. Hlavní pozornost byla věnována lomové procesní zóně vyvíjející se během lomu v okolí vrcholu makroskopické trhliny a efektivní délce této trhliny. V práci byly využity experimentálně získané zatěžovací diagramy testů tříbodového ohybu trámů různých velikostí se zářezem publikované v literatuře.

Klíčová slova

Lomová procesní zóna, disipace energie, kvazikřehký materiál, efektivní trhlina.

Abstract

The paper is focused on the evaluation of selected fracture parameters of quasi-brittle material, obtained from the loading diagrams, and an assessment of their dependence on the size and shape of the test specimen. Main attention was given to fracture process zone developing at the tip of the macroscopic crack during fracture and the effective length of the crack. Experimentally obtained loading curves from the three-point bending notched beams of several sizes published in the literature have been utilized.

Keywords

Fracture process zone, energy dissipation, quasi-brittle material, effective crack.

1 Úvod

U kvazikřehkých materiálů vzniká v blízkosti čela šířící se trhliny zóna nelineárně se chovajícího materiálu. Převážnou část této zóny tvoří tzv. *lomová procesní zóna* (LPZ), v níž probíhají mechanismy zhouževnatění materiálu. Tyto mechanismy jsou příčinou takzvaného tahového změkčení. Existence LPZ začíná být v poslední době zohledňována v rámci lomových modelů pro popis kvazikřehkého lomu, k čemuž směřuje i tato studie.

K určení vlastností LPZ je výhodné použití kombinace nástrojů klasické *lineární elastické lomové mechaniky* (LELM), jejímž užitím se vyjádří množství energie

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

² doc. 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

přeměněné na vznik nových povrchů (efektivní) trhliny (bez uvažování existence LPZ) a nelineárních lomových modelů pro beton a další kvazikřehké materiály.

Publikovaná experimentální data ukazují na značnou závislost hodnoty lomové energie G_f , stanovené standardizovanou metodou lomové práce na velikosti a geometrii zkušebního tělesa a jeho volných okrajích. Tento jev je způsoben změnou tvaru a rozměru LPZ během šíření trhliny, s čímž souvisí změna množství energie v této oblasti disipované. Tato změna je determinována vzdáleností a polohou čela trhliny a s ní související LPZ vzhledem k volnému okraji tělesa.

Cílem této práce je návrh alternativní metody pro vyhodnocení výsledků (především $P-d$ křivek), a to pomocí přesnějšího odhadu rozsahu LPZ a energie, která je v ní disipována. Pro studii byla použita experimentální data publikovaná v [1]. Aby bylo možno vyjádřit celkové množství energie disipované při lomu během růstu efektivní trhliny W_f (a zároveň určit jaká část připadá na vznik nových povrchů trhliny, tj. na křehký lom $W_{f,b}$, a jaká část se disipuje v lomové procesní zóně $W_{f,fpz}$) je pro každou $P-d$ křivku sestavena odpovídající R -křivka. Z těchto rezistenčních křivek se dále vyjádří kumulativní množství disipované energie rozdělené na část připadající na křehký lom a procesy zhouževnatění v LPZ. Množství energie, připadající na křehký lom, je přímo závislé na určené (odhadnuté) hodnotě odporu proti šíření trhliny R .

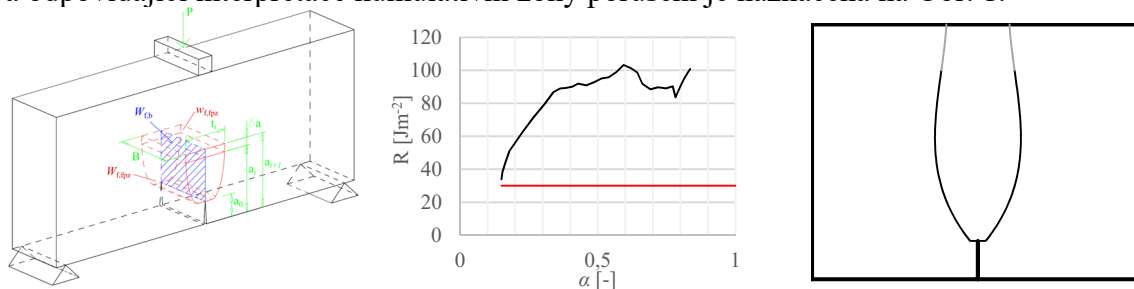
Pro křivku vyjadřující kumulativní množství energie disipované při kvazikřehkém lomu je nalezena vhodná rovnice regrese a pak dle vztahu:

$$w_{f,fpz} = \frac{dW_{f,fpz}}{da}, \quad (1)$$

zderivována podle délky trhliny. Touto úpravou se získá energie disipovaná v přírůstku objemu LPZ při prodloužení trhliny o δa , označená jako $w_{f,fpz}$. Za předpokladu konstantní hodnoty hustoty disipované energie H_f v objemu celé LPZ je možno její šířku t pro přírůstek trhliny δa určit ze vztahu:

$$t_i = \frac{w_{f,fpz,i}}{BH_f}, \quad (2)$$

kde B značí tloušťku tělesa. Schéma použitého modelu, R -křivky určené z $P-d$ diagramů a odpovídající interpretace kumulativní zóny porušení je naznačena na Obr. 1.



Obr. 1: a) Naznačení disipace energie při lomu trámce; b) R -křivka, c) odhad šířky LPZ

Poděkování

Výzkum byl realizován za finanční podpory VUT v Brně (projekt standardního specifického vysokoškolského výzkumu FAST-S-16-3475).

Literatura

- [1] HOOVER, CH.G., BAŽANT, Z.P., VOREL, J., WENDNER, R., HUBLER M.H. *Comprehensive concrete fracture tests: Description and results*. Engng. Fract. Mech. 2013, 114, 92–103.

EFFECT OF CRACKING AND RANDOM INPUT VARIATION ON CORROSION INITIATION OF SELECTED REINFORCED CONCRETE BRIDGE DECKS EXPOSED TO CHLORIDES

Petr Konečný¹, Petr Lehner²

Abstract

The paper is aimed at the evaluation of the effect of random scatter of input parameters in case of durability of reinforced concrete bridge deck. The time to onset of corrosion of steel reinforcement of concrete bridge deck exposed to chloride is evaluated. The effect of cracking in concrete onto chloride ingress is considered. The selected steel reinforcement protection strategies are: unprotected steel reinforcement, epoxy-coated steel reinforcement and water-proof barrier bellow asphalt overlay. 2-D finite element chloride ingress model combined with Monte Carlo simulation technique is applied. Deterministic and probabilistic calculations are compared.

Keywords

Concrete, crack, steel reinforcement, bridge deck, epoxy-coating, waterproof membrane, chlorides, chloride ingress, aging, corrosion initiation, finite element analysis, deterministic, probabilistic, Monte Carlo simulation.

1 Introduction

The random scatter of input parameters is important feature of many engineering tasks. Thus considering randomness in the numerical modelling via distribution functions of significant parameters is appropriate approach in probabilistic reliability assessment even in case of important civil engineering structures such as public infrastructure.

Typical example is reliability of reinforced concrete bridge structures that is, in many cases, predetermined by durability as proven by many structures requiring premature repairs or replacement. Need for repairs results from defects caused by e.g. the effect of environment or the long term actions of loads including chemical actions. Shortened lifespan leads to increased life cycle costs of the structure thus contributing indirectly to higher burden on public budgets.

The production of higher quality concrete mixes and more durable construction systems can contribute to reduce the overall costs of the structure. Higher durability increases better knowledge of the progress of the degradation process caused by the long term actions of environmental and structural loading.

This paper aims to compare the results of deterministic [1] and probabilistic assessment [2]. The work aims in particular on the utilization of tools to compare variants of directly exposed bridge decks and bridge decks protected by waterproof insulation. The protection strategies are given in Figure 1.

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

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

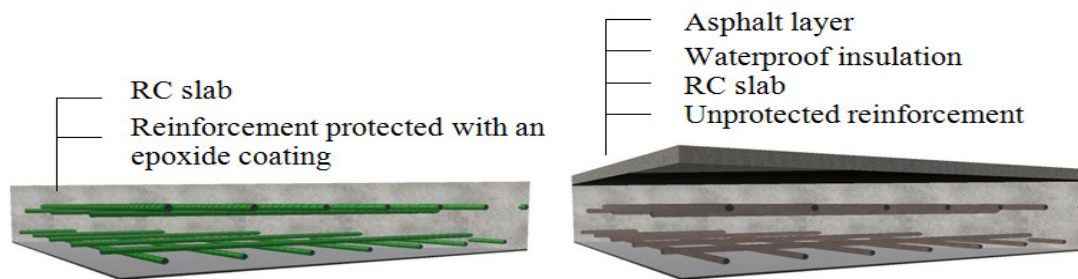


Figure 1: The RC bridge deck scheme with epoxide protection of reinforcement typical for the North East of the USA (left) and waterproof insulation typical for Central Europe (right)

2 Conclusions

The paper compares the deterministic and probabilistic assessment of chloride ingress related durability of selected bridge decks. The effect of two protection strategies with respect to durability of reinforced concrete bridge deck is discussed, namely waterproof membrane and steel reinforcement protection. The durability assessment of reinforced concrete bridge deck exposed to chloride ingress is applied considering 2D finite element model of chloride ion ingress with crack and simplified ability to describe the waterproof membrane effect. Moreover, the implementation of a continuous model of crack effect is applied. The Monte Carlo simulation is utilized for probabilistic evaluation.

It is believed that the application of random input parameters variation increases time to onset of corrosion on selected probability levels due to less likelihood of simultaneous encountering of following phenomena: crack in bridge deck, problem in waterproof membrane and/or defect in epoxy-coating. It needs to be noted that the selection of probability distribution significantly affects the time to onset of corrosion so the results reflects considered simplifications and assumptions. The further research is necessary in order to improve the input parameters description and model assumptions.

Acknowledgements

Financial support from VŠB-Technical University of Ostrava by means of the Czech Ministry of Education, Youth and Sports through the Institutional support for conceptual development of science, research and innovations for the year 2016 is gratefully acknowledged.

References

- [1] KONEČNÝ, P., LEHNER, P. Durability assessment of concrete bridge deck considering waterproof membrane and epoxy-coated reinforcement. *Perspectives in Science*, 2016, vol. 7, issue March 2016, pp. 222-227, doi:10.1016/j.pisc.2015.11.036.
- [2] KONEČNÝ, P., LEHNER, P. Probabilistic evaluation of concrete bridge performance considering waterproof membrane and epoxy-coated reinforcement, In: proceedings of *The 13th International Probabilistic Workshop*, available online: <http://rpsonline.com.sg/rps2prod/ipw2015/pdf/089.pdf>.

ANALYSIS OF GROUND SUPPORTED SHORT FIBER REINFORCED CONCRETE PLATE

Eva Kormaníková¹

Abstract

The present paper describes the elastic theory of finite element method for modeling of fiber reinforced concrete plates placed on Winkler foundation. There is presented Tsai and Pagano model within micromechanics of composite materials with short fibers. As the application problem it was used example of fiber-reinforced concrete industry plate.

Keywords

Short fiber composite, concrete, steel fibers, micromechanics, foundation plate.

1 Introduction

The present paper describes the elastic theory of finite element method for modeling of fiber-reinforced concrete plates placed on Winkler foundation. There is presented Tsai and Pagano model within micromechanics of composite materials with short fibers. As the application problem it was used example of fiber-reinforced concrete industry plate.

Several methods are used for analysis of interaction the concrete plate on soil-subgrade. Also the finite element method can be used for solution of the Winkler formulation of interaction foundation plate and soil-subgrade.

2 Example of application

Let us have a foundation plate on the Winkler formulation, dimension of 24 m x 36 m and thickness of 0.2m. Soil modulus is given $K = 1 \cdot 10^5 \text{ kNm}^{-3}$. Distances of dilatations are made of 6 x 6 m. The concrete foundation plate on soil-subgrade is solved by application of Finite Element Method and Losberg Yield Line model. The loads on the plate were made according with STN EN 1991-1-1. The fiber-reinforced concrete consists of C 25/30 and Dramix RC-65/60-BN fibers.

Loads: dead weight of the plate, weight of the shelves with maximum reaction of one strut 100 kN at the place 0.2 m x 0.2 m. Dimensions of one shelf are 1.1 m x 2.8 m, distance between shelves is 0.3 m. It was taken into account vehicle FL6 and uniform distributed load caused by weight of materials of 100 kN/m² at the place 5 m x 15 m. The maximum load combination is location of vehicle between edge of the plate and set of shelves. The ultimate limit state was use for design of short fiber - reinforced concrete plate.

σ_{\max} [MPa] - Linear analysis, Winkler	σ_{\max} [MPa] - Losberg Yield Line model
4.033	3.26

Tab. 1: Normal stresses of the ground plate

¹ doc. Ing. Eva Kormaníková, PhD., TU v Košiciach, Stavebná fakulta, Ústav inžinierskeho staviteľ'stva, Katedra stavebnej mechaniky, Vysokoškolská 4, 04200 Košice, +421 55 602 4168, eva.kormanikova@tuke.sk

3 Conclusion

There were compared the results obtained from linear FEM analysis and Losberg Yield Line model in the paper. For given industry plate (see example of application) it was designed the amount of fibers 39 kg/m^3 by Losberg Yield Line model. From linear analysis (39 kg/m^3) the maximum normal stress is 4.033 MPa (Tab. 1). The value 3.26 MPa was obtained with the help of Losberg Yield Line model (Tab. 1). The smaller value of stress was obtained by Losberg Yield Line model with plastic approach. The linear solution causes the overdesigned and uneconomical design of industrial plates that is not suitable for design of industrial floor.

Acknowledgements

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

References

- [1] KAME, G.,S., UKARANDE, S.,K., BORGAONKAR, K. and SAWANT, V.,A. A parametric study on raft foundation, In: *The 12th international conference International Association for computer methods and advances in geomechanics (IACMAC)*, 2008, Goa, India.
- [2] KRÁLIK, J. and KRÁLIK, J.,jr. Deterministic and probabilistic analysis of compressor foundation and soil interaction. In: *Zborník z přednášek ze II. konference s mezinárodní účastí Dynamicky namáhané konstrukce Dyna 2008*, Brno 2008, ISBN 978-80-7204-593-8.
- [3] KUKLÍK, P. Vliv smykové kotliny na interakci deskového základu s podloží In: *Zborník prednášok, 9.sekcia: Stavebná mechanika*. Košice: Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, 2002, s. 162-165.
- [4] MELCER, J. Amplitude and frequency composition of seismic load due to transport around transport ways. In: *Zborník DYN-WIND'2003*, SvF ŽU Tále, 19.-22. mája 2003, ISBN 80-8070-066-4.
- [5] SUMEC, J. and JENDŽELOVSKÝ, N. Seismic analysis of reinforced concrete water tank. In: *Proceedings of the 4th International Conference on Dynamics of Civil Engineering and Transport Structures and Wind Engineering DYN-WIND 2008*. SvF ŽU, Papradno-Podjavorník, May 26-29, 2008, pp. 63-66. ISBN 978-80-8070-827-6.
- [6] QU, J. and CHEREKAOIU, M. *Fundamentals of Micromechanics of Solids*. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2006.
- [7] LUCIANO, R., BARBERO, E. J. Formulas for the Stiffness of Composites with Periodic Microstructure, *Int. Journal of Solids and Structures*, 31 (21) (1995) pp. 2933-2944.
- [8] DRAMIX Guideline *Design of Concrete Structures*, Nr. 4, 1995.
- [9] BARBERO, E.J. *Finite Element Analysis of Composite Materials*, CRC Press, Taylor & Francis Group, 2008.
- [10] FALKNER, H., TEUTSCH, M. and KLINKERT, H. *Power Class of Iron Fibre-Concrete*, Braunschweig, booklet 143, 1999.

TANK-FLUID-SOIL-SEISMIC ANALYSIS

Kamila Kotrasová¹

Abstract

Ground-supported tanks are used to store a variety of liquids. During the earthquake activity the liquid exerts impulsive and convective effect. This paper provides theoretical background for hydrodynamic pressure that is being developing during an earthquake in the liquid storage ground-supported rectangular container – the endlessly long shipping channel, is grounded on hard soil or sub-soil.

Keywords

Tank, fluid, earthquake, fluid-structure interaction.

1 Introduction

Large-capacity ground-supported tanks are used to store a variety of liquids, e.g. water for drinking and fire fighting, petroleum, chemicals, and liquefied natural gas. Satisfactory performance of tanks during strong ground shaking is crucial for modern facilities. Tanks that were inadequately designed or detailed have suffered extensive damage during past earthquakes [1 - 2].

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. Those belong to wide range of so called fluid structure interactions (FSI). Tank-soil interaction could under specific conditions have a significant effect on seismic response of the tank.

The knowledge of forces and pressure acting onto walls and the bottom of containers during an earthquake plays essential role in reliable and durable design of earthquake resistance structure/facility - tanks.

2 Hydrodynamic pressures

The complete solution of the Laplace equation for the motion of fluid contained in a rigid containers can be expressed as the sum of two separate contributions, called "rigid impulsive", and "convective", respectively. The "rigid impulsive" component of the solution satisfies exactly the boundary conditions at the walls and at the bottom of the tank (compatibility between the velocities of the fluid and of the tank), but gives (incorrectly, due to the presence of the waves in the dynamic response) zero pressure at the original position of the free surface of the fluid in the static situation. The

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

“convective” term does not alter those boundary conditions that are already satisfied, while fulfilling the correct equilibrium condition at the free surface [1,10-12].

Let us to consider a rectangular ground supported container, having the width $2L$ as shown in Figure 4. Walls have uniform thickness. Rectangular container is filled with fluid to the height H and the container is exerted by a horizontal acceleration \ddot{u}_o in the x - direction, [14]. For rectangular container whose walls can be considered as rigid, a solution of the Laplace equation due to the horizontal excitation, can be obtained in the form (12). The total pressure is given by the sum of an impulsive and a convective contribution using the absolute summation rule [14]:

$$p(z,t) = p_i(z,t) + p_c(z,t) \quad (1)$$

3 Solution, results and discussion

As an example case we will assume the ground supported rectangular endlessly long shipping channel, with the length $L = 5$ m and the height $H_w = 3$ m. Channel surrounding walls have the uniform thickness of 0.25 m. The base slab of the channel is $h = 0.4$ m thick. Shipping channel is filled with water up to the height of 2.5 m. There is no roof slab structure covering the channel. This water filled tank is grounded on hard soil or sub-soil 30 MNm^{-3} .

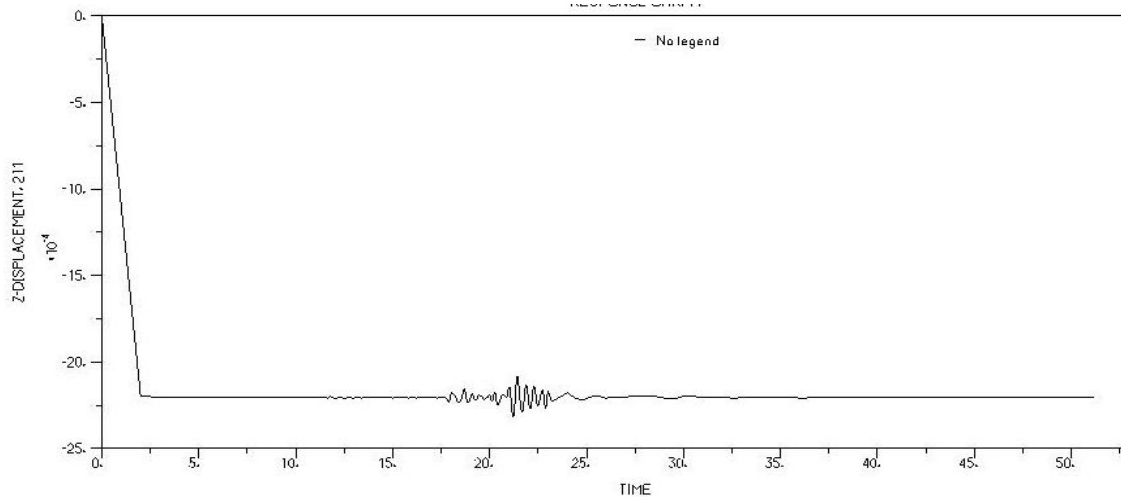


Fig. 21: Time dependent response of the vertical displacement in the “RBET” point of the shipping channel on sub-soil 30 MNm^{-3}

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. Project VEGA 1/0477/15.

References

- [1] *Manual ADINA*. 71 Elton Ave, Watertown, MA 02472, USA, ADINA R&D, Inc., October 2005.
- [2] EN 1998-4: 2006 *Eurocode 8*, Design of structures for earthquake resistance, Part 4: Silos, Tanks and Pipelines, CEN, Brussels, 2006.

INVERZNÍ IDENTIFIKACE MATERIÁLOVÝCH PARAMETRŮ KONSTITUTIVNÍHO MODELU URČENÉHO PRO MODELOVÁNÍ BETONU

INVERSE IDENTIFICATION OF THE MATERIAL PARAMETERS
OF A CONSTITUTIVE MODEL INTENDED FOR A CONCRETE MODELING

Petr Král¹, Petr Hradil², Jiří Kala³

Abstrakt

Cílem příspěvku je provedení inverzní identifikace materiálových parametrů nelineárního konstitutivního modelu určeného pro modelování betonu. Inverzní analýza je v současnosti velmi využívána, jelikož umožňuje nalezení optimálních hodnot parametrů nelineárních materiálových modelů, při jejichž aplikaci je výsledná odezva konstrukce získaná z počítačové simulace velmi blízká reálné odezvě konstrukce získané na základě experimentálního měření. Tato skutečnost představuje bezpochyby jeden z dalších kroků vedoucích ke zpřesňování numerických přístupů.

Klíčová slova

Inverzní analýza, optimalizace, objektivní funkce, nelineární numerická simulace, zatěžovací křivka, materiálový model betonu, experimentální data.

Abstract

The aim of this paper is to perform the inverse identification of the material parameters of a nonlinear constitutive model intended for a concrete modeling. The inverse analysis is currently heavily used because it allows to find the optimum parameter values of nonlinear material models. When applying such parameters the resulting response of the structure obtained from a computer simulation is very similar to the real response of the structure obtained on the basis of the experimental measurement. This constitutes without doubt one of the further steps to refine the numerical approaches.

Keywords

Inverse analysis, optimization, objective function, nonlinear numerical simulation, load-displacement curve, concrete material model, experimental data.

1 Úvod

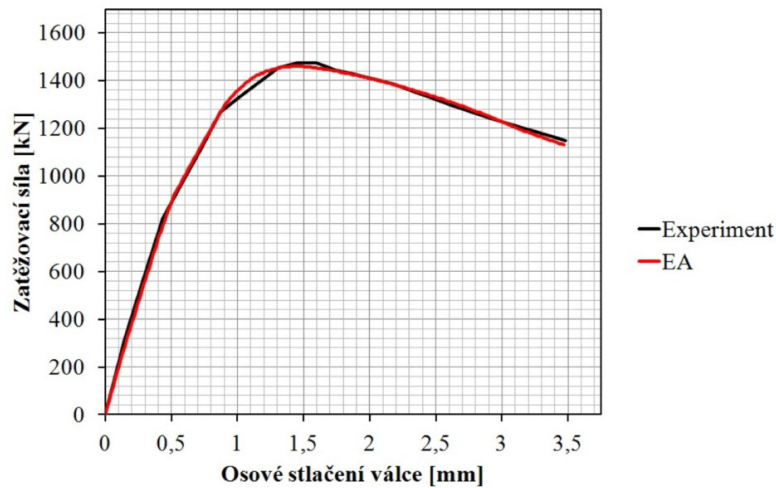
Cílem tohoto příspěvku je provedení inverzní identifikace materiálových parametrů nelineárního konstitutivního modelu s názvem Karagozian & Case (K & C) Concrete

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

² Ing. Petr Hradil, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, hradil.p@fce.vutbr.cz

³ doc. Ing. Jiří Kala, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, kala.j@fce.vutbr.cz

model [1]. Inverzní analýza je provedena na základě zatěžovací l-d křivky experimentálně naměřené ze zkoušek válcové pevnosti betonu v třísém tlaku [2]. V rámci procesu inverzní analýzy je využita interakce nelineárních numerických simulací provedených v programu LS-Dyna (explicitní řešič metody konečných prvků) [3] s optimalizačními procedurami implementovanými v programu optiSLang [4].



Obr. 1: Srovnání l-d křivky pro optimalizované hodnoty parametrů s experimentální l-d křivkou

2 Závěr

Výsledky inverzní analýzy ukázaly, že K & C Concrete model je vhodným modelem pro popis nelineárního chování betonu v třísém tlaku a že při vhodně zadaných hodnotách svých parametrů může tento model aproximovat experimentální data velmi dobře, čehož byly důkazem výsledky numerické simulace provedené s použitím výsledných naidentifikovaných hodnot parametrů materiálového modelu z Evolučního Algoritmu (EA). Tyto výsledky aproximovaly použitá experimentální data velmi přesně (Obr. 1).

Poděkování

Příspěvek byl vytvořen za finanční podpory projektu GA14-25320S "Aspekty použití komplexních nelineárních materiálových modelů" poskytovaného Grantovou agenturou České republiky a za finanční podpory projektu vysokoškolského specifického výzkumu VUT v Brně FAST-J-16-3744 "Optimalizace parametrů nelineárních materiálových modelů betonu určených pro explicitní dynamiku".

Literatura

- [1] MALVAR, L. J., J. E. CRAWFORD, J. W. WESEVICH a D. SIMONS. A plasticity concrete material model for Dyna3d. *International Journal of Impact*. Vol. 19, Nos. 9-10, pp. 847-873, Elsevier, 1997.
- [2] JOY, S. a R. MOXLEY. Material characterization, WSMR-5 3/4-inch concrete. *Report to the Defense Special Weapons Agency*. USAE Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS, 1993 (limited distribution).
- [3] LS-DYNA, Theory Manual, Livemore Software Technology Corporation, Livemore, California, 2016.
- [4] OptiSLang. *Methods for multi-disciplinary optimization and robustness analysis*. Dynardo GmbH, Weimar, Germany, 2014.

CFD SIMULATION OF AIR FLOW OVER AN OBJECT WITH GABLE ROOF, REVISED WITH y^+ APPROACH

Juraj Králik¹

Abstract

Aim of this contribution is to provide insight view into analysis focused on obtaining external pressure coefficients on isolated two storey low-rise building with 15° elevation gable roof using Computer Fluid Dynamics simulation and these are compared to values that offering Eurocodes. Final Volume Model consisting of polyhedral mesh will be used for analysis with two different turbulence models. Mesh was created with respect to y^+ parameter, where desired value was below one which leads us to fine mesh type. Secondary aim of this contribution is to compare performance of selected turbulence models. For this purpose were chosen Detached Eddy Simulation and Large Eddy Simulation which are part of the Scale Resolving Simulation turbulence models.

Keywords

Ansys, fluent, airflow, turbulence, pressure coefficients, polyhedral mesh.

1 Introduction

As Computer Fluid Dynamic (CFD) software develops, problems of fluid dynamics becoming interesting for more engineers. CFD is a handy tool capable of reasonable predicting of air-flows. In this article will be used to predict external pressure coefficients on simple rectangular low-rise building with gable roof.

Several commercial and non-commercial software packages offering CFD simulations. For the purpose of this analysis was used commercial software package ANSYS Fluent R16.2.

2 y^+ approach

The y^+ value is a non-dimensional distance (based on local cell fluid velocity) from the wall to the first mesh node, and is determining whether the influences in the wall adjacent cells are laminar or turbulent. In CFD often used to describe if mesh is fine or coarse.

There are three subdivisions of the near wall region in turbulent boundary layer (see Fig. 2): viscous sub layer region with $y^+ < 5$ (velocity profiles assumed to be laminar and dominate the wall shear); buffer region with $5 < y^+ < 30$ (dominates both viscous and turbulent shear); fully turbulent portion or log-law region with $30 < y^+ < 300$ (turbulent shear dominates). Values of y^+ close to the lower bound $y^+ \approx 30$ are most desirable for wall function and $y^+ \approx 1$ for near wall modelling, [1]. So we can say that y^+ is a suitable selection criterion for determining the appropriate mesh configuration and turbulence model.

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

3 Results

CFD analysis is focused on obtaining external pressure coefficients (EPC) on simple shaped building and these are compared to EPC which provide Eurocodes.

Comparison between both cases can be seen on Fig. 1 and 2, starting with velocity profiles in longitudinal axis plane. Both cases used the same UDF file with inputs. While in Case 1 were as turbulence inputs turbulent kinetic energy k and specific turbulent dissipation rate ω , in Case 2 was turbulence modelled also using spectral synthesizer, which had influence on velocity profiles, this can be seen on Figure 1 B).

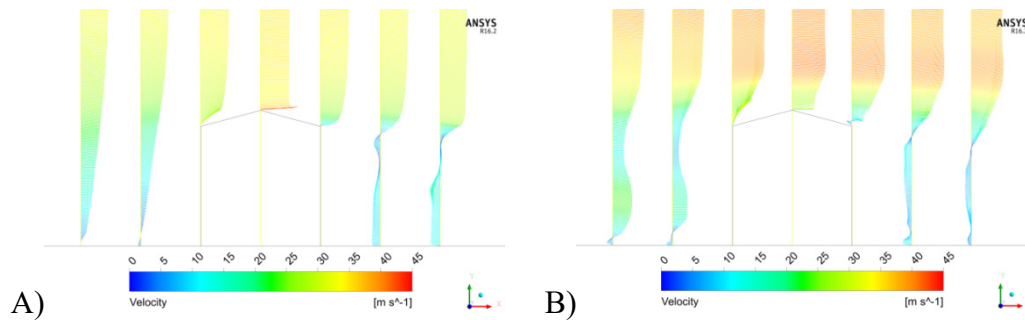


Fig. 1 Velocity profiles in middle vertical plane: A) Case 1, B) Case 2

Figure 2 is showing detailed view at roof ridge, where the separation zones were under predicted in Case 1 (windward roof and leeward roof). Notable differences were found in windward and mainly leeward recirculation, see Figure 10.

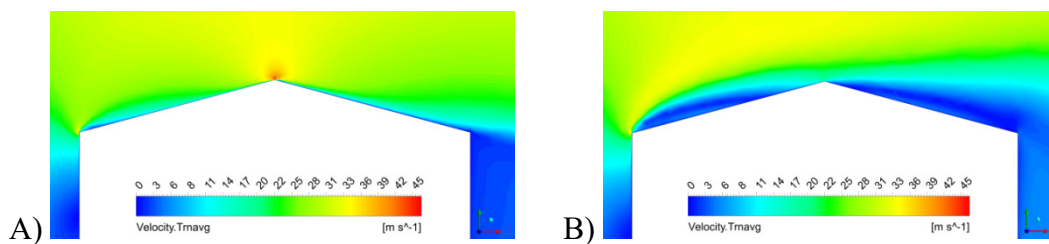


Fig. 2 Contours of mean velocity in middle vertical plane, ridge detail: A) Case 1, B) Case 2

In Case 1, simulation took 3 days to end and in Case 2 it took app. 30 days to complete.

4 Conclusions

From presented results it's hard to talk about any accuracy, both models performed very well (no problems with convergence). Some differences were found in predicted EPC between used turbulence models. Reached time averaged mean values of EPC were generally smaller compared to those that are provided by Eurocode except leeward roof zones. Some lone peak values were observed around edges of building. Future plan is to perform an experiment in Boundary Layer Wind Tunnel for better comparison.

Acknowledgement

This contribution is the result of the researches supported by Slovak Grant Agency VEGA. Registration numbers of the projects are 1/0256/16 and 1/0951/16.

References

- [1] ANSYS Fluent 14.0 Theory Guide.

NONLINEAR ANALYSIS OF THE NPP POSTAMENT SAFETY DUE TO EXTREME PRESSURE AND TEMPERATURE

NELINEÁRNA ANALÝZA BEZPEČNOSTI POSTAMENTU JE NA ÚČINKY
EXTRÉMNEHO PRETLAKU A TEPLoty

Juraj Králik¹

Abstract

This paper describes the nonlinear analysis of the nuclear power plant (NPP) postament safety under a high internal overpressure and temperature. The scenario of the hard accident in NPP and the methodology of the calculation of the safety of the technology segments are presented. The safety analysis of the original and upgraded postament structure is described here.

Keywords

Nuclear Power Plant, Postament, Nonlinearity, Safety, ANSYS.

Abstrakt

Článok sa zaoberá nelineárnou analýzou postamentu jadrovej elektrárne (JE) na účinky extrémneho tlaku a teploty. Prezентuje sa tu scenár ťažkej havárie v JE a metodológia výpočtu bezpečnosti technologického prvku. Analýza bezpečnosti originálnej a spevnenej konštrukcie postamentu je tu uvedená.

Kľúčové slová

Jadrová elektrárň, postament, nelinearita, bezpečnosť, 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 was used to develop a methodology to check the safety and reliability of the NPP technology segments in Slovakia. 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 [3]. The uncertainties of the input data can

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

be considered in the probabilistic analysis [4]. Next, one from the critical technology structures is the reactor postament. 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 250 kPa, internal temperature 150 °C and external temperature -28 °C.

2 FE model of original and upgraded postament

The duct system O-141 is the part of the hermetic zone for the system 3KLA11, 3KLA11BR cooling system for the reactor shaft. The critical structure is the steel rectangular box 1000 x 1000 x 1200 mm from the steel plates with the thickness 4 mm between the steel pipes $\varnothing 710$ coincident with this box. The original structure of postament was not satisfied under extreme overpressure and temperature. Two alternatives of the upgrading were proposed:

1. Using the steel plate 1220x1220x50mm at top of box and anchored to the concrete.
2. Changing the original steel plate at top of box by the steel plate.

The FE model from the shell element SHELL181 considering membrane, bending and shear stiffness was taken for the mechanical analysis in software ANSYS. The reduced stiffness of the shaft concrete structure was modelled using SURF154.

3 Nonlinear analysis

The nonlinear analysis of the technology segments is based on HILL potential theory considering the temperature depended nonlinear material properties. The model of concrete structures of the hermetic zone was investigated for the smeared crack model of the layered reinforced concrete shell element in the software CRACK and ANSYS.

4 Conclusions

The safety level of the original structure was exceeded more than 17,87 time in linear model 4WL and 7,92 time in nonlinear model 4W too. On the contrary, the stiffening models 5WF and 6WF, which are embedded in the concrete structures, those models present the high resistance of these structures from the point of the damage of the steel structure in case of the extreme loads.

Acknowledgements

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

References

- [1] ENSREG, *Post-Fukushima accident. Action Plan. Follow-up of the peer review of the stress tests performed on European nuclear power plants*, 2012.
- [2] KRÁLIK, J. *Safety and Reliability of Nuclear Power Buildings in Slovakia. Earthquake-Impact-Explosion*. Ed. STU Bratislava, 2009, 307pp.
- [3] KRÁLIK, J. et al. *Structural Reliability for Containment of VVER 440/213 Type, In Safety and Reliability: Methodology and Applications - Nowakowski et al. (Eds) © 2015 Taylor & Francis Group, London, p.2279-2286.*
- [4] KREJSA, M. KRÁLIK, J. *Probabilistic Computational Methods in Structural Failure Analysis, Journal of Multiscale Modelling*, pp.5, Vol. 6, No. 2 (2015), ICP.

PROBABILISTIC NONLINEAR ANALYSIS OF THE CIRCULAR COVER SAFETY OF THE HERMETIC CONFINEMENT DUE TO EXTREME PRESSURE AND TEMPERATURE

PRAVDEPODOBNOŠTNÁ NELINEÁRNA ANALÝZA BEZPEČNOSTI KRHOVÉHO POKLOPU HERMETICKEJ OCHRANY NA ÚČINKY EXTRÉMNEHO PRETLAKU A TEPLoty

Juraj Králik¹

Abstract

This paper describes the probabilistic nonlinear analysis of the hermetic circular cover safety of the hermetic confinement due to extreme pressure and temperature after the hard accident in nuclear power plant (NPP). 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, Hermetic cover, Nonlinearity, Fragility curve, ANSYS.

Abstrakt

Článok sa zaoberá pravdepodobnostnou nelineárnou analýzou hermetického kruhového poklopu hermetickej ochrany na účinky extrémneho tlaku a teploty po ťažkej havárii jadrovej elektrárne (JE). Uvádza sa tu metodológia výpočtu krivky poruchového pretlaku za uváženia prostriedkov pravdepodobnostnej analýzy bezpečnosti PSA 2. Úrovne. Neurčitosti modelu a odolnosti boli uvážené v aproximačnej metóde odozvy (RSM).

Kľúčové slová

Jadrová elektrárňa, hermetický poklop, nelinearita, krivka poruchy, 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 [1]. 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 [3]. The uncertainties of the input data can be considered in the probabilistic analysis [4]. Next, one from the critical technology structures is the reactor postament. In the case of the hard accident 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

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 250 kPa, internal temperature 150 °C and external temperature -28 °C.

2 Calculation model of MSV circular steel covering

The MSV steel covering structure is located at top level of the hermetic confinement. The technology segments of the NPP hermetic zone are made from the steel. The steel cover is fitted in the frame cast in concrete and sealed to the frame with double rubber packing of 15 mm in width. The MSV cover is provided with 12 mechanical closures along the circumference. The FEM model contains 44.440 solid and surface elements with 9.400 nodes.

3 Fragility curves of failure pressure

The PSA approach to the evaluation of probabilistic pressure capacity involves limit state analyses [2]. The limit states should represent possible failure modes of the confinement functions. The failure of the steel structure is limited with the max. strain values or with the stability of the nonlinear solution [3]. The nonlinear analysis of the technology segments is based on HILL potential theory considering the temperature depended nonlinear material properties. Huber-Mises-Hencky model (HMH) of the elastic - plastic steel material properties for MCP steel covering was used.

4 Conclusions

This paper is based on the methodology of the probabilistic analysis of structures of the hermetic zone of NPP with reactor VVER44/213 [2, 3]. The uncertainties of the input data were taken into account in the approximation RSM method for CCD experimental design and 10^6 Monte Carlo simulations [2]. One from the critical technology segments of the containment is MSV steel covering with the failure pressure $p_{u,0,05} = 7803.8$ kPa. The mean value of pressure capacity of MSV steel covering is $p_{u,0,50} = 9043.0$ kPa, the upper bound of 95 % is $p_{u,0,95} = 9878.2$ kPa. The fragility curves are the input data for the following risk analysis of the NPP safety.

Acknowledgements

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

References

- [1] ENSREG, *Post-Fukushima accident. Action Plan. Follow-up of the peer review of the stress tests performed on European nuclear power plants*, 2012.
- [2] KRÁLIK, J. *Safety and Reliability of Nuclear Power Buildings in Slovakia. Earthquake-Impact-Explosion*. Ed. STU Bratislava, 2009, 307pp.
- [3] KRÁLIK, J. et al. *Structural Reliability for Containment of VVER 440/213 Type, In Safety and Reliability: Methodology and Applications - Nowakowski et al. (Eds) © 2015 Taylor & Francis Group, London, p.2279-2286.*
- [4] KREJSA, M. KRÁLIK, J. Probabilistic Computational Methods in Structural Failure Analysis, *Journal of Multiscale Modelling*, pp.5, Vol. 6, No. 2 (2015), ICP.

ŠÍRENIE TEPLA V SPRIAHNUTOM PRIEREZE

HEAT TRANSFER IN CONCRETE COMPOSITE CROSS-SECTION

Juraj Králik¹, Maroš Klabník²

Abstrakt

Práca sa venuje problematike 2D šírenia tepla v spriahnutom priereze v závislosti od materiálových charakteristík a okrajových podmienok. Šírenie tepla bolo simulované v programe ANSYS v čase do 180 minút. V simulácii sa skúmala veľkosť vplyvu zmeny teplotných materiálových charakteristík, ako je merná tepelná kapacita alebo súčiniteľ teplotnej vodivosti na priebeh a rozdiel teplôt v betónovom priereze, ako i porovnanie výsledkov pri použití konštantných a nelineárnych hodnôt daných veličín.

Kľúčové slova

Požiar, prestup tepla, nelineárne tepelné vlastnosti, ANSYS.

Abstract

The work is concerned about the spread of heat in 2D coupled cross section depending on the material characteristics and boundary conditions of calculation. Heat transfer was simulated in the program ANSYS in time to 180 minutes. The size of influence of the changes in thermal material characteristics, such as the specific heat capacity coefficient and thermal conductivity was studied in the course of a temperature difference in the concrete cross-section. In simulation was also use too the non-linear and constant comparison of the values of the variables.

Keywords

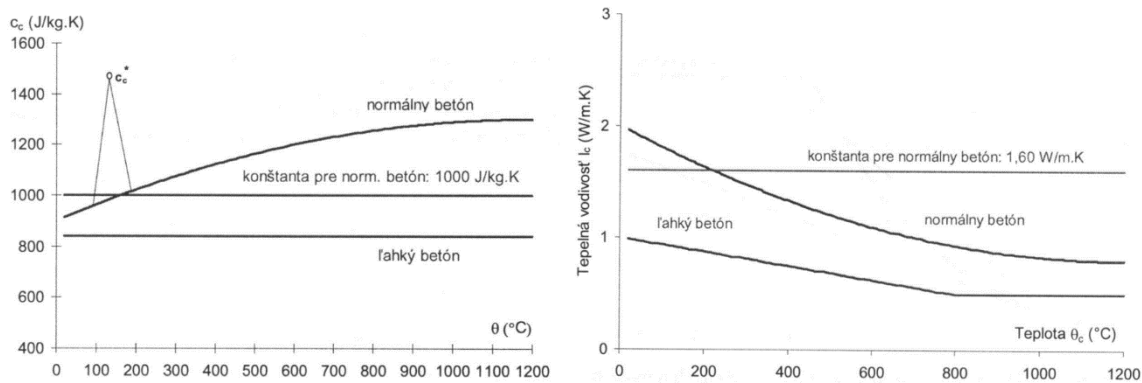
Fire, heat transfer, nonlinear thermal properties, ANSYS.

1 Úvod

Pri návrhu konštrukcií na účinky požiaru treba vziať na vedomie, že vplyvom vysokých teplôt dochádza k zmene tepelných a mechanických vlastností stavebných materiálov. Zvlášť nepriaznivý vplyv vysokých teplôt je pri oceľových a hliníkových konštrukciách. Vzhľadom na ich vysokú teplotnú vodivosť a subtílnosť prierezov, dochádza k degradácii mechanických vlastností v krátkom časovom intervale. Masívnejšie betónové prierezy sa ohrievajú pomalšie, preto sa z hľadiska požiarnej odolnosti javí kombinácia oboch materiálov ako veľmi výhodná v spojení v spriahnutých oceľobetónových konštrukciách [1] [2].

¹ Juraj Králik Prof. Ing. PhD., Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, xklabník@stuba.sk

² Maroš Klabník Ing., Slovenská Technická Univerzita v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, Radlinského 11, 810 05 Bratislava, xklabník@stuba.sk



Obr. 1. Nelineárne zadanie teplotných materiálových charakteristík pre betón použité vo výpočte: merná tepelná kapacita a súčiniteľ tepelnej vodivosti

Rýchlosť nárastu teplôt v prvku závisí od tepelných vlastností jednotlivých materiálov. Tieto vlastnosti sú interpretované koeficientom tepelnej vodivosti materiálu λ [W/mK], koeficientom teplotnej vodivosti α [m²/s], objemovou hmotnosťou ρ [kg/m³] a mernou tepelnou kapacitou c [J/kgK].

Vzájomná závislosť medzi nimi môže byť vyjadrená nasledovne:

$$\alpha = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad (1)$$

Tepelná vodivosť vyjadruje schopnosť látky viesť teplo a jej závislosť na teplote je nasledovná:

$$\lambda = \lambda_0 (1 \pm A\theta \pm B\theta^2 \pm \dots) \quad (2)$$

Pod'akovanie

Tento článok bol vypracovaný za podpory grantovej agentúry VEGA, číslo projektu 1/0265/16.

Literatúra

- [1] ANTAL Š. *Termodynamika*, Vydavateľstvo STU, Bratislava, 2009, ISBN 978-80-227-3212-3.
- [2] CHLADNÁ M. *Požiarne odolnosť spriahnutých oceľobetónových stropných konštrukcií*, Vydavateľstvo STU, Bratislava, 2006, ISBN 978-80-227-2617-7.
- [3] 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.
- [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.

VLIV DÉLKY MĚŘENÍ DOPRAVNÍHO PROUDU NA ODHAD ŽIVOTNOSTI MOSTU

EFFECT OF LENGTH OF TRAFFIC FLOW RECORD ON ESTIMATE OF BRIDGE SERVICE LIFE

Jan Krejsa¹, Miroslav Sýkora²

Abstrakt

V případě dopravních konstrukcí je hodnocení únavy závislé na těžké dopravě. Proto je velmi důležité umět přesně stanovit hmotnosti vozidel. Z tohoto důvodu se příspěvek zaměřuje na vliv délky měření dopravního proudu na přesnost výpočtu únavy. Data jsou získána z měření dopravy na mostě, který se nachází na Pražském okruhu. Analýza dat je provedena pro různé časové úseky a z ní vyplývá, že optimální délka pozorování je 30 dní.

Klíčová slova

Délka měření, únava, těžká doprava, dopravní proud, Palmgren-Minerovo pravidlo.

Abstract

Service life of bridges is commonly affected by fatigue dominated by heavy traffic. This paper is aimed at the influence of duration of traffic flow recordings on predicted fatigue service life. Data are obtained from the bridge on the Prague Highway Ring. The analysis reveals that the optimal duration of recordings is about 30 days.

Keywords

Duration of recordings, fatigue, heavy traffic, traffic flow, Palmgren-Miner rule.

1 Úvod

V Eurokódech, jsou uvedeny mezní stavy, na které se má konstrukce posoudit. Mezi tyto mezní stavy patří mezní stav únosnosti, který zahrnuje posouzení na únavu. Aby bylo možné konstrukci správně posoudit na únavu, je nutné mít co nejpřesnější data o zatížení konstrukce.

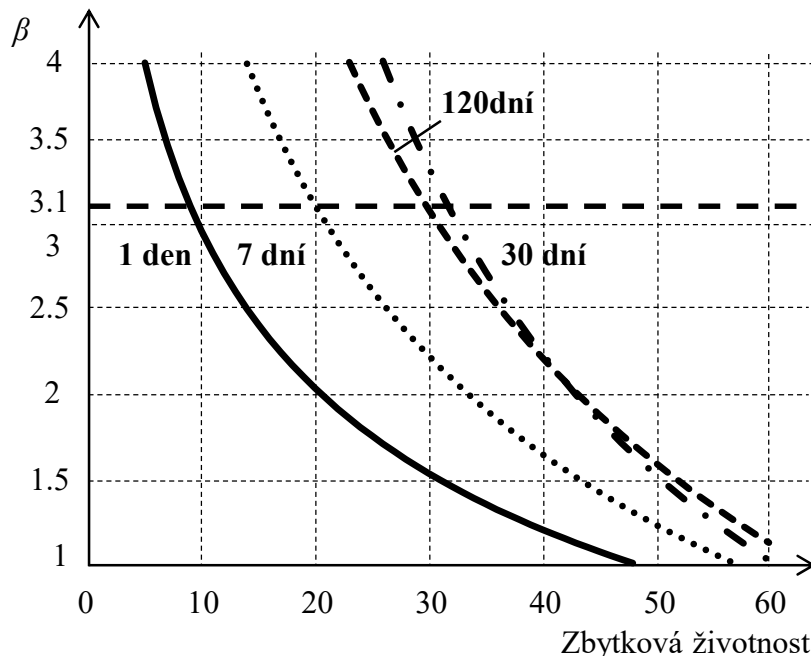
Únavové poškození se týká především konstrukcí, které jsou výrazně dynamicky namáhané, což jsou v podmínkách ČR především dopravní stavby, kde je poškození konstrukce závislé na hmotnosti a počtu vozidel. Právě z těchto důvodů se práce zabývá analýzou a statistickým vyhodnocením dat z měření dopravního proudu na mostě na Pražském okruhu.

¹ Ing. Jan Krejsa, ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, oddělení spolehlivosti konstrukcí, Šolínova 7, Praha 6, 166 08, jan.krejsa@cvut.cz

² doc. Ing. Miroslav Sýkora Ph.D., ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, oddělení spolehlivosti konstrukcí, Šolínova 7, Praha 6, 166 08, miroslav.sykora@cvut.cz

2 Analýza životnosti

Cílem této studie je statisticky vyhodnotit vliv délky měření skutečné intenzity dopravy na přesnost výpočtu únavy, nikoliv ukázat hodnocení konkrétního mostu. Materiálové vlastnosti a rozkmit napětí vyvolaný dopravou byly zvoleny tak, aby výsledná průměrná hodnota kumulativního poškození podle Palmgren-Minerova pravidla byla přibližně rovna jedné během zbytkové životnosti 100 let.



Obr. 1: Index spolehlivosti β pro jednotlivé délky pozorování v závislosti na zbytkové životnosti

3 Závěr

Studie je zaměřena na vliv délky měření dopravního proudu na přesnost výpočtu únavy. Z rozboru databáze obsahující 628 denních měření vyplývá, že:

- se zvyšující se délkou pozorování klesá variační koeficient únavového poškození, zatímco průměrná hodnota se nemění,
- mez únavy Wöhlerovy křivky výrazně ovlivňuje únavové poškození, tj. se zvyšujícím se počtem cyklů na mezi únavy se zvyšuje i únavové poškození, které pak může ovlivnit i přejezd lehčích vozidel,
- optimální délka měření pro odhad životnosti mostu je 30 dní,
- při zvětšení délky pozorování nad 30 dní již nedochází k významnému zpřesnění odhadu; naopak pokud se odhad zbytkové životnosti založí na týdenních pozorováních, odhad zbytkové životnosti klesne v uvažovaném případě z 30 let na 20 let.

V rámci zpřesňování výsledků se plánuje podrobná analýza dopravního proudu a ověření nejistot souvisejících s únavovým poškozením materiálu.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory z prostředků poskytnutých studentskou grantovou soutěží ČVUT. Registrační číslo projektu je SGS16/195/OHK1/2T/31. Zvláštní poděkování patří prof. Ing. Michalu Polákovi, CSc. za poskytnutí dat.

VÝVOJ KOROZNÍCH PROCESŮ NA ŽELEZNIČNÍM MOSTĚ Z PATINUJÍCÍ OCELI V PRAZE

DEVELOPMENT OF CORROSION PROCESSES ON WEATHERING
STEEL RAILWAY BRIDGE IN PRAGUE

Vít Křivý¹, Viktor Urban²

Abstrakt

Tento článek se zabývá zhodnocením vývoje korozních produktů a výsledků atmosférických korozních zkoušek na nosných konstrukcích železničního mostu v Praze-Motole navrženého z patinující oceli. Mostní konstrukce je sledována v rámci dlouhodobého výzkumného projektu zaměřujícího se na vývoj korozních procesů na různých konstrukčních prvcích nosných konstrukcí. Na vybraných površích konstrukcí z patinující oceli jsou sledovány a měřeny korozní úbytky a průměrné tloušťky korozních produktů. V článku jsou rovněž uvedeny výsledky měření po prvním a třetím roku expozice. Mezi průměrnou hodnotou tloušťky korozních produktů a korozními úbytky vyplývá významná korelační závislost.

Klíčová slova

Patinující ocel, mosty, ocelové konstrukce, patina, koroze, atmosférické korozní zkoušky.

Abstract

This article presents the development of corrosion products and results of experimental atmospheric corrosion test on bearing structures of weathering steel railway bridge in Prague-Motol. This bridge structure is a part of long-term research project focussed on development of corrosion processes at different structural elements of supporting structures. Measurements of corrosion losses and average thicknesses of corrosion products are carried out on selected surfaces of weathering steel structures. The article presents results of corrosion tests after one and three years of exposure of corrosion specimens. The results indicate a high degree of correlation dependence between measured average thickness of corrosion products and corrosion loss.

Keywords

Weathering steel, bridges, steel structures, patina, corrosion, atmospheric corrosion tests.

1 Úvod

Tento článek popisuje experimentální atmosférické zkoušky na ocelobetonovém trámovém železničním mostu v Praze-Motole přes ulici Jeremiášovu, který je součástí

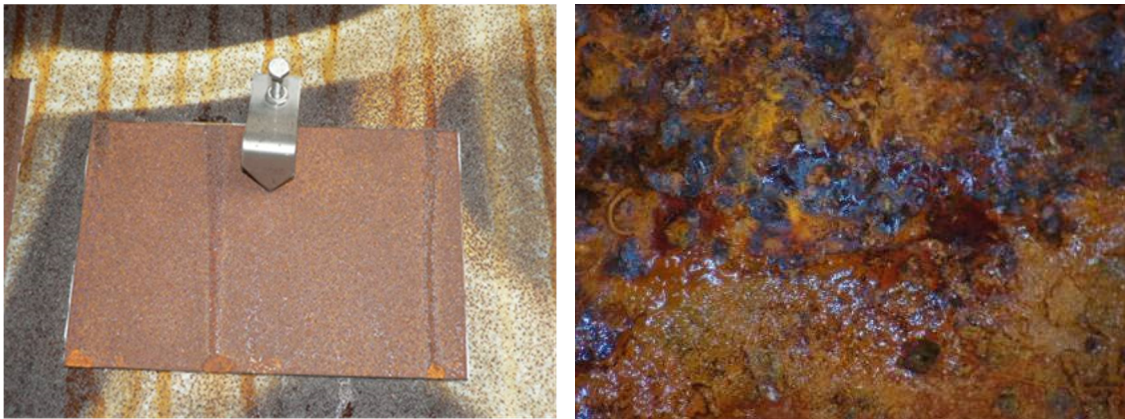
¹ doc. Ing. Vít Křivý, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, L. Poděštné 1875, Ostrava-Poruba, vit.krivy@vsb.cz

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

dlouhodobého programu atmosférických zkoušek na konstrukcích z patinující oceli. Ocelová nosná konstrukce mostu je navržena z nízkolegované patinující oceli Atmosfix B. Patinující oceli jsou speciální nízkolegované oceli, které obsahují malé množství chromu, mědi, niklu, fosforu a dalších legujících prvků. 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.

2 Experimentální atmosférické zkoušky

Z každého povrchu byl po 1 a 3 letech přímé expozice odebrán jeden vzorek a následně analyzován. Magneticko-indukční metodou byla změřena tloušťka korozních produktů vytvořené vrstvy patiny a laboratorně určen korozní úbytek každého vzorku.



Obr. 1: Korozní vzorky na stěně vnějšího nosníku včetně zvětšeného detailu struktury

Mezi změřenou průměrnou tloušťkou korozních produktů a zjištěnými hodnotami korozních úbytků po jednom a třech letech expozice vyplývá významná korelační závislost mezi oběma měřenými veličinami ($\rho = 0,92$).

3 Závěr

Výsledky na mostě v Praze-Motole vykazují po 1 i 3 letech přímé expozice významnou korelační závislost mezi korozními úbytky a tloušťkou vrstvy korozních produktů. Z výsledků atmosférických korozních zkoušek rovněž vyplývá, že korozní úbytky patinujících ocelí jsou významně podmíněny umístěním exponované plochy v rámci konstrukce. Ke konci roku 2015 bylo nasazeno přes 100 korozních vzorků na specifické povrchy ocelových konstrukcí z patinujících ocelí. Komplexní výsledky programu budou k dispozici až po 10 letech expozice korozních vzorků. Cílem experimentálního programu je upřesnění analytického predikčního modelu pro výpočet návrhové hodnoty korozních úbytků.

Poděkování

Článek byl realizován za finanční podpory katedry konstrukcí 221 Fakulty stavební Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava) a programu Studentské grantové soutěže (registrační číslo projektu SP2016/141).

STATICKÁ ANALÝZA OCELOVÝCH NÁDRŽÍ VYSTAVENÝCH KOROZNÍMU OSLABOVÁNÍ

STATIC ANALYSIS OF STEEL TANKS EXPOSED TO CORROSION WEAKENING

Monika Kubzová¹, Vít Křivý²

Abstrakt

Článek se zabývá problematikou posuzování ocelových nádrží používaných ke skladování různých druhů materiálů. Podnětem k vypracování studie, jak tyto korozně oslabené nádrže posuzovat, byl požadavek firmy ČEZ, a.s. pro zpracování metodického postupu, který slouží k vyhodnocení naměřených zbytkových tloušťek stěn provozovaných nádrží.

Klíčová slova

Ocelové nádrže, statická analýza, koroze, boulení, plasticita, statický software Scia Engineer.

Abstract

The article deals with the assessment of steel tanks, which are used to store different types of materials. The initiative for the study of how these reservoirs assess with regard to decreasing thickness was the requirement of the company ČEZ, Inc. To processing methodical procedure that is used to evaluate the measured residual thickness of walls of tanks in operation.

Keywords

Steel tanks, static analysis, corrosion, buckling effects, plasticity, static software Scia Engineer.

1 Úvod

Ocelové nádrže jsou nedílnou součástí klasických tepelných elektráren. Umožňují skladovat různé druhy tekutých materiálů, jako je například mazut, LTO, vápencové suspenze, sádrovcové suspenze, demineralizovaná voda a ostatní materiály potřebné k výrobě elektrické energie. Tyto nádrže jsou vystaveny atmosférickému působení na vnějším povrchu konstrukce a koroznímu působení látky uvnitř nádrže, a to může způsobit značné korozní úbytky stěn.

Nádrže jsou obvykle navrženy jako válcové, tenkostěnné, různých průměrů, tloušťek stěn, s možností odstupňovaných tloušťek stěn po výšce nádrže. Mohou být také vyztuženy prstencovými výztuhami či výztuhami ve směru meridiánu, které příznivě

¹Ing. Monika Kubzová, VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, L. Podéště 1875, Ostrava-Poruba, monika.kubzova.st@vsb.cz

²doc. Ing. Vít Křivý, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, L. Podéště 1875, Ostrava-Poruba, vit.krivy@vsb.cz

ovlivňují boulení stěnových panelů. Je zapotřebí pravidelně provádět kontroly těchto nádrží a mapovat změny s ohledem na jejich korozní oslabení (jelikož jsou tloušťky stěn velmi malé) a případné porušení (trhliny, prohlubně) ve stěnách. Ocelové nádrže je nutné posoudit s ohledem na možnou plasticitu stěny, která vzniká v důsledku působení náplně na stěny konstrukce a s ohledem na boulení tenkých stěn. V rámci požadavku firmy ČEZ, a.s. byla provedena studie nádrží různých průměrů, výšek a tloušťek stěn. V této studii se numerickému modelu nádrže vytvořenému v software Scia Engineer předepsala korozně oslabená oblast, která se postupně zvětšovala spolu se zvětšováním korozních úbytků. Z výsledků analýzy byl vypracován software v Microsoft Office Excel, který je určený k rychlému vyhodnocení zbytkových tloušťek stěn nádrží.



Obr. 1: Nádrž na vápencovou suspenzi – ČEZ, a.s. (vlevo), zkorodovaný vnitřní povrch nádrže v místě prstencové výztuhy (vpravo)

2 Závěr

Hlavním výstupem studie bylo vytvoření rychlého nástroje, který umožní pracovníkům ČEZ, a.s. po naměření a lokalizace plochy napadené korozí stanovit hodnotu a přírůstek napětí na stěně konstrukce a danou nádrž posoudit. Z analýzy vyplývá, že velikost oslabené plochy ve směru vertikálním ovlivňuje především napětí obvodové, naopak ve směru horizontálním napětí osová. U těchto konstrukcí nelze zanedbat vznik mezního stavu boulení. Proto byly do aplikace zavedeny analytické vztahy pro výpočet únosnosti v boulení v osovém i obvodovém směru. Maximální korozní úbytek je stanoven na 90 % tloušťky, v případě korozního úbytku většího se nedoporučuje řešit konstrukci v dané aplikaci, ale je doporučeno provést další měření případně okamžité ošetření konstrukce, jelikož nárůst napětí při tomto korozním úbytku může mít velice rychlý a strmý charakter. Vytvořená aplikace může být použita pouze pro ty části stěny, které nejsou ovlivněny výztuhami. V případě nádrží vyztužených prstencovými či svislými výztuhami je vhodné posuzovat konstrukci s použitím statického software pomocí podrobného numerického skořepinového 3D modelu.

Poděkování

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

STUDY OF DYNAMIC RESPONSE OF DISCRETE MODEL

Josef Květoň¹, Jan Eliáš²

Abstract

The contribution presents simulation of a concrete cantilever beam loaded by force at the free end. The beam is modeled by a discrete meso-scale model with random geometry based on Voronoi tessellation. The purpose is to verify the ability of the discrete model to simulate the dynamic behavior of a simple linear elastic material in regime of small deformations. The equations of motion are solved with a help of the implicit Newmark method. Results computed with different time discretization and model settings are compared.

Keywords

Discrete model, cantilever beam, dynamic response, Newmark method.

1 Elastic discrete model

Individual rigid particles in the discrete model are connected via common facets, the model can be understood as a very dense lattice structure. The material model (in general inelastic) applied at the contact of the facets was developed by Gianluca Cusatis [1] and it was verified to be capable of simulating complex concrete behavior. In this contribution we focus on its elastic dynamic response only. The construction of the model geometry and its elastic behavior is described in detail in [2].

2 Dynamics

The methods for time discretization are divided into the explicit and implicit schemes. The explicit methods are conditionally stable depending on the time step length and the smallest natural frequency. We decided to use implicit Newmark method [3] which is unconditionally stable. We are solving equations of motion assembled at time $t + \Delta t$.

In general, equations of motion take into account damping matrix, however, for the purpose of this contribution we neglect it. Later when nonlinear material behavior will be applied, the model will be damped by dissipation of energy at the contact facets.

Lumped mass matrix is commonly used in dynamic simulations. Here, we consider the influence of the moments of inertia and the mass matrix is not diagonal. To calculate the inertia moments of the rigid bodies, which are convex polyhedrons, these polyhedrons are decomposed into simplexes (tetrahedrons) for which analytical formula for inertia tensor exists [4]. These tensors are combined using the Steiner's (parallel axis) theorem.

¹ Josef Květoň, Ing., VUT Brno, Faculty of Civil Engineering , Veveří 95, kveton.j@fce.vutbr.cz

² Jan Eliáš, Ing., Ph.D., VUT Brno, Faculty of Civil Engineering , Veveří 95, elias.j@fce.vutbr.cz

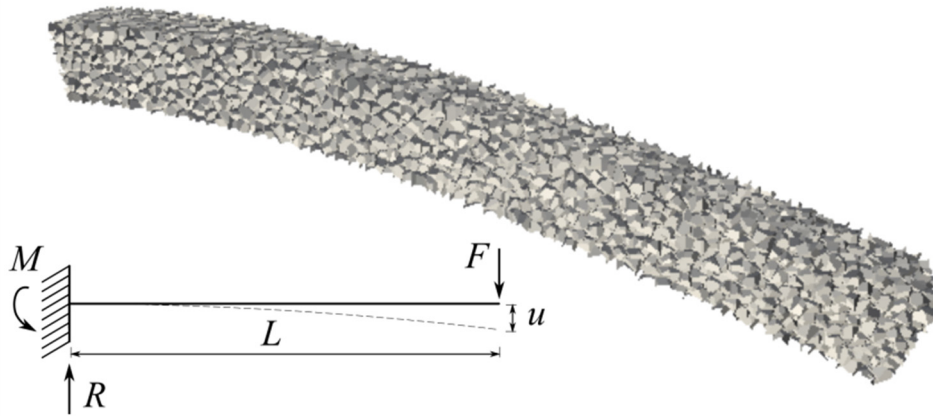


Fig. 1 Settings of the cantilever beam and deformed shape showing the model structure (deformation magnified 250 times)

3 Numerical Example

The model is tested on a cantilever beam loaded by a force $F = 1\text{N}$ at the free end (Fig. 1). Particle radii, parameters of the Newmark method and the time step length are various for various calculation, because we would like to investigate the influence of their change on the model behavior. We also compared the simulations from the particle model with continuous FEM model of the beam under the same boundary conditions.

4 Conclusion

The discrete model for concrete fracture has been extended by implicit dynamic solver, so far only for linear material behavior. The functionality of this enhancement was presented in a simple study of time dependent response of elastic cantilever beam. The sensitivity of the model to change of input parameters was shown. In a short time, the dynamic solver would hopefully be extended also for nonlinear material behavior.

Acknowledgement

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

References

- [1] CUSATIS, G., CEDOLIN, L. Two-scale study of concrete fracturing behavior, *Engineering Fracture Mechanics*, 74(12): 3–17, 2007, ISSN 0013-7944.
- [2] ELIÁŠ, J. Adaptive refinement technique for discrete static models of fracture. In: *Proceedings of Particle-based Methods IV – Fundamentals and Applications*, Barcelona, Spain, September 28-30, 2015. E. Oñate, M. Bischoff, D.R.J. Owen, ISBN 978-84-944244-7-2.
- [3] NEWMARK, N. *A method of computation for structural dynamics*. Urbana: University of Illinois, 1959.
- [4] TONON, F. Explicit exact formulas for the 3-d tetrahedron inertia tensor in terms of its vertex coordinates. *Journal of Mathematics and Statistics*, vol. 1(1):8–11, 2005-1-1. ISSN 15493644. doi: 10.3844/jmssp.2005.8.11.

NUMERICKÉ MODELOVÁNÍ INTERAKCE MODELU DRÁTKOBETONOVÉ ZÁKLADOVÉ KONSTRUKCE S PODLOŽÍM

NUMERICAL ANALYSES OF INTERACTION OF STEEL-FIBRE REINFORCED
CONCRETE SLAB MODEL WITH SUBSOIL

Jana Labudková ¹, Radim Čajka ²

Abstrakt

S využitím metody konečných prvků byla provedena analýza vzájemné interakce podloží a drátkobetonové desky, která byla zatěžována během experimentální zatěžovací zkoušky. Pro analýzu byl využit nehomogenní poloprostor. Výsledky analýz jsou rovněž srovnány s hodnotami naměřenými během experimentální zatěžovací zkoušky železobetonové desky.

Klíčová slova

Interakce základ-podloží, MKP, experimentální měření.

Abstract

Numerical analyses of contact task were made with FEM. The test sample for the task was a steel-fibre reinforced concrete foundation slab model loaded during experimental loading test. Application of inhomogeneous half-space was used in FEM analyses. Results of FEM analyses were also confronted with the values measured during the experiment.

Keywords

Foundation structure, soil – structure interaction, FEM.

1 Úvod

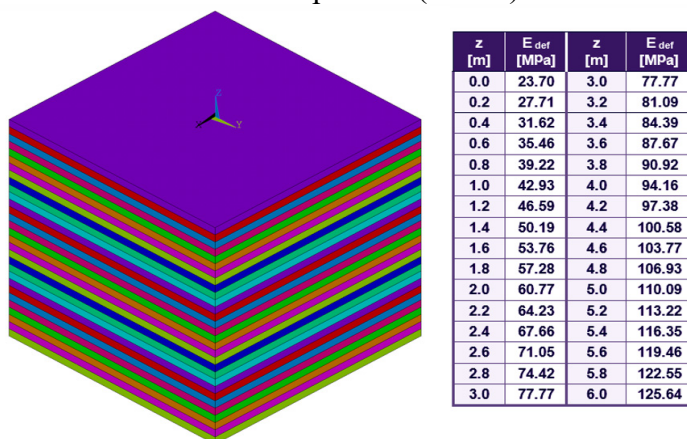
Základová konstrukce a podloží se vzájemně ovlivňují, a proto nelze zanedbat účinek základové půdy zatížené horní stavbou. Při analýze je tedy nutné zohlednit interakci základové konstrukce s podložím. Hlavní snahou řešení interakce základ-podloží je nalézt takový výpočtový model, který by reprezentoval skutečné základové poměry. Charakteristika vzájemného působení základové konstrukce s podložím představuje aktuální problém, který zahrnuje řadu různorodých determinujících faktorů (typ základové konstrukce, její rozměry a materiál, charakter podloží, atd.). Zemina je materiálem přirozeným a není jednoduché jednoznačně popsat její vlastnosti. V současnosti neexistuje obecně platný model pro zohlednění interakce základové konstrukce s podložím a i výsledky řešení liší v závislosti na volbě modelu podloží.

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.

2 Prostorový numerický model – MKP

Koncem roku 2014 byla realizována experimentální zatěžovací zkouška drátkobetonové desky. Během experimentální zatěžovací zkoušky jsou sledovány napěťově-deformační vztahy základové konstrukce a podloží při jejich vzájemné interakci. Pro řešení interakce základových konstrukcí s podložím byla využita teorie pružného poloprostoru. Vytvořený model podloží představuje prostorový numerický model pružného poloprostoru s využitím prostorových konečných prvků. Model podloží byl vytvořen jako homogenní poloprostor a jako nehomogenní poloprostor, v němž narůstá modul přetvárnosti s rostoucí hloubkou modelu podloží (Obr. 1).



Obr. 1: Nehomogenní poloprostor

Pro interakční úlohu drátkobetonové desky s podložím, pro niž byl proveden také experiment, bylo vytvořeno 72 různých prostorových numerických modelů v programu ANSYS. Tyto modely se lišily v homogenitě, resp. nehomogenitě modelu podloží, ve velikosti namodelované oblasti představující podloží a v okrajových podmínkách.

3 Závěr

V parametrické studii byl sledován a graficky vyhodnocen vliv jednotlivých parametrů 3D numerického modelu interakce základové drátkobetonové desky s podložím v souvislosti se svislými deformacemi. Ze všech grafů je zřejmé, že model nehomogenního kontinua poskytuje menší svislé deformace než model homogenního kontinua. To je důsledkem rostoucího modulu přetvárnosti s hloubkou. Z grafu je také patrné, že ve srovnání s modelem homogenního kontinua není model nehomogenního kontinua tak silně závislý na volených geometrických parametrech modelu podloží. Nehomogenní kontinuum poskytuje stabilnější výsledky méně ovlivněné volbou geometrie a rozměrů oblasti představující podloží [1].

Poděkování

Práce potřebné k vytvoření článku byly podporovány z prostředků Studentské grantové soutěže VŠB-TUO. Registrační číslo projektu je SP2016/140.

Literatura

- [1] LABUDKOVA, J., CAJKA, R. Numerical modeling of the subsoil-structure interaction, *STV: Reliability aspects in the design and execution of concrete structures*, Key Engineering Materials, Vol. 691, 2016, pp. 333-343, 2016.

MĚŘENÍ ELEKTRICKÉHO ODPORU BETONU VE VZTAHU K DIFUZI CHLORIDŮ

MEASUREMENT OF ELECTRICAL RESISTIVITY OF CONCRETE IN RELATIONSHIP WITH DIFFUSION OF CHLORIDES

Petr Lehner¹, Petr Konečný²

Abstrakt

Příspěvek představuje možnosti experimentálního měření elektrického odporu v betonu a jeho využití při určení materiálových charakteristik spjatých s difuzí chloridových iontů. Jsou diskutovány metody povrchového měření pomocí Wennerovy sondy a jednoosého měření pomocí dvou nerezových desek. Cílem je získání vstupních dat pro konečný prvkový numerický model zaměřený na pravděpodobnostní výpočet trvanlivosti železobetonové mostovky vystavené penetraci chloridových iontů.

Klíčová slova

Elektrický odpor, difuze chloridů, Wennerova sonda, experimentální testování, trvanlivost železobetonu.

Abstract

The paper presents the possibility of experimental measurement of electrical resistance of concrete and its use in determination of the material characteristics associated with diffusion of chloride ions. There are method of surface measurement using Wenner probe and uniaxial method using two stainless steel plate electrodes. The aim is to obtain input data for a finite element numerical model for probabilistic calculation durability of reinforced concrete deck exposed to the penetration of chloride ions.

Keywords

Electrical resistivity, diffusion of chlorides, Wenner probe, experimental testing, durability of reinforcement concrete.

1 Úvod

Správný popis degračních procesů, produkce kvalitnějších betonových směsí nebo trvanlivějších konstrukčních systémů může přispět ke snížení celkových nákladů konkrétní železobetonové konstrukce. Transportní procesy v porézních materiálech mohou mít významný vliv na jejich trvanlivost a spolehlivost. U betonu souvisí pronikání látek přímo s pórovitostí v cementové matici. Samotná difuze agresivních látek, mezi které řadíme oxid uhličitý nebo chloridové ionty, může vést k zvýšenému riziku koroze betonové výztuže a snížení únosnosti konstrukce.

¹ Ing. Petr Lehner, VŠB-TU Ostrava, Katedra stavební mechaniky, Ostrava, petr.lehner@vsb.cz

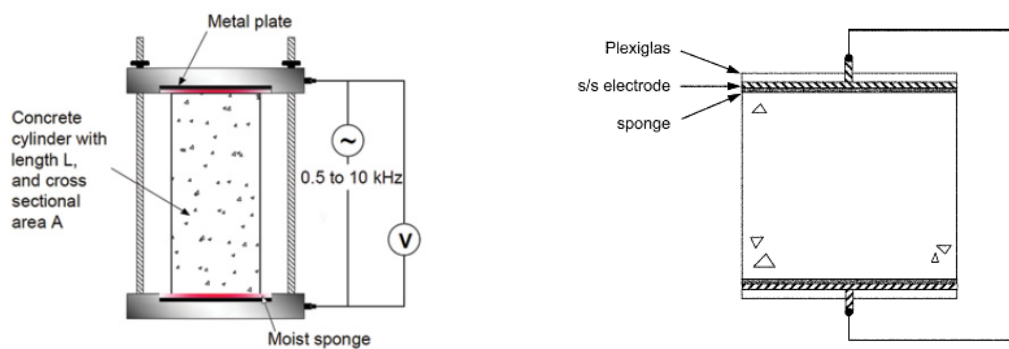
² doc. Ing. Petr Konečný, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Katedra stavební mechaniky, Ostrava, petr.konecny@vsb.cz

2 Elektrický odpor betonu

Měření resistivity umožňuje v porovnání s penetračními metodami operativnější ověření odolnosti betonu vůči pronikání chloridů. Článek popisuje dva způsoby získání elektrického odporu a uvádí o nich základní informace. Jedná se o čtyřbodovou metodu za pomoci Wennerovy sondy (Obr. 1) a jednoosou zkoušku s dvěma nerezovými deskami (Obr. 2). První jmenovaná metoda je již využívána v rámci výzkumu na VŠB-TUO, naopak druhý způsob je zatím ve fázi přípravy.



Obr. 1: Použití měřicí sondy na betonovém válci a samotný měřicí přístroj zobrazující elektrický odpor



Obr. 3: Schéma měření pomocí jednoosé metody. Vlevo je příklad systému pro válcový vzorek [1], vpravo je systém pro krychlený vzorek betonu [2].

3 Materiálové charakteristiky betonu

Současně jsou v práci popsány přepočty resistivity na difuzní součinitel a koeficient stárnutí, které se využívají jako vstupní hodnoty do pravděpodobnostní analýzy odolnosti betonu vůči pronikání chloridů.

Poděkování

Práce byla realizována z prostředků Studentské grantové soutěže VŠB-TUO. Registrační číslo projektu je SP2016/134.

Literatura

- [1] LAYSSI, H., GHODS, P., ALIZADEH, A.R. Mustafa Salehi, Electrical Resistivity of Concrete, *Concrete International*, Vol. 37, 2015, pp. 41-46.
- [2] MCCARTER, W. J., STARRS, G., KANDASAMI, S., JONES, M. R., CHRISP, M. Electrode configurations for resistivity measurements on concrete. In: *ACI Materials Journal*, Vol. 106, No. 3, 2009, p. 258-264.

COMPARISON OF BEHAVIOR OF ROUND TIMBER BOLTED JOINTS UNDER TENSION LOAD

Antonín Lokaj¹, Kristýna Klajmonová²

Abstract

In the current European standards for the design of timber structures, the issue of timber-to-timber joint type is addressed only to squared timber. There have been made series of tests of round timber joints in different inclinations tensile load to the grain and also the reference tests of squared timber joints to compare the behaviour of this type of joints. This paper presents results of static tests in tension at an angle of 0°, 90° and 60° to the grain of squared and round timber bolted joints. Carrying capacity was determined according to the applicable standards and theories of fracture mechanics.

Keywords

Round timber, bolt, joint, carrying capacity.

1 Introduction

The strength of wood varies depending on the force direction relative to the orientation of the grains. The highest value reaches the tensile strength parallel to the grain. This high strength is mainly due to the shape of cells and fibrous cell wall structure [1]. Tensile strength perpendicular to the grain is hand the smallest strength of wood at all. This paper focuses on the behavior of round timber bolted joints in tension at an angle of 0°, 90° and 60°. To compare the behavior of this type of connections have been made series of laboratory static tests in different inclinations tensile load to the grain. The reference tests of squared timber joints were also carried out. Mechanical behavior of round and squared timber bolted joints were tested in the laboratory of the Faculty of Civil Engineering in Ostrava.

2 Material and test method

As spruce wood is the most common type of timber, it was used as samples for testing. Dimensions of the test samples were adjusted to the equipment possibilities of the laboratory at the Faculty of Civil Engineering. Thus, element length was 450 mm (for tests in tension at an angle of 0°) and 560 mm (for tests in tension at an angle of 60° and 90°) and diameter was 120 mm.

3 Calculation of load carrying capacity of joint

For comparison with applicable European standards [2] there was carried out numerical calculation of resistance of the joint. The investigated joint is double-shear dowel type

¹ 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

² 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

with an embedded steel sheet, which forms the central element of the joint. Fracture mechanisms for the investigated type of joint are shown in Fig. 1.

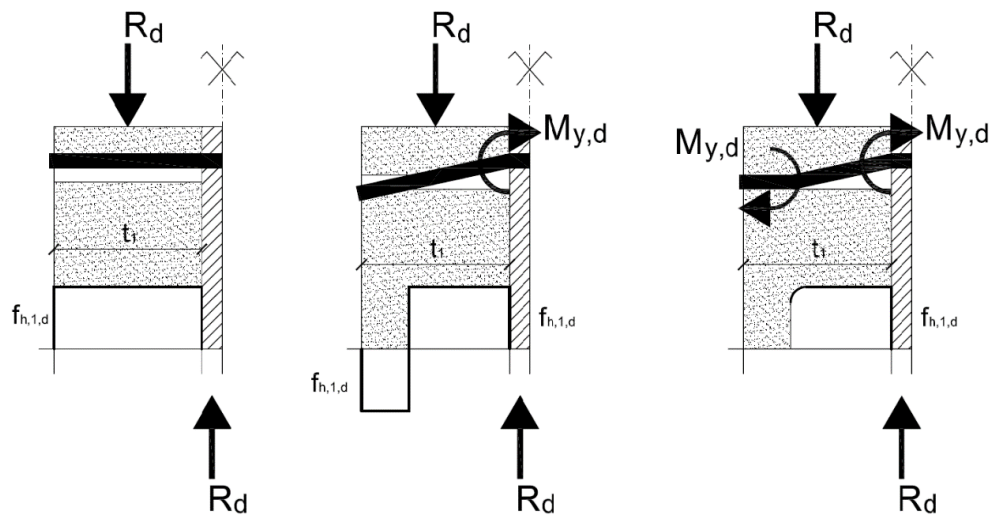


Fig. 1: Fracture mechanisms of double-shear dowel type steel to timber joint

4 Results

From the course of deformation of the round timber joints and squared timber joints is evident that resistance and stiffness at different angles reaches comparable values. Only squared timber joints samples exposed to tension parallel to the grain exhibit less deformation than the similar round timber joints. Connections with squared timber also have significant plastic deformations prior to the collapse of the joints, in contrast to round timber joints.

5 Conclusions

The test results of bolt connections of squared and round timber with embedded steel plates in tension at different angles to the grain suggest similar values of resistance, which is higher than the load capacity determined according to the Eurocode 5. It means that the equations for determining the resistance of joints according to Eurocode 5, which were derived for squared timber, can be applied to the joints of round timber. Fracture destruction is principal especially for wood joints with higher density. That fact was confirmed in the static tests.

Acknowledgement

This outcome has been achieved with funds of Conceptual development of science, research and innovation assigned to VŠB - Technical University of Ostrava by Ministry of Education Youth and Sports of the Czech Republic in 2016.

References

- [1] GANDELOVÁ, L., HORÁČEK, P., ŠLEZINGEROVÁ, J. *Wood Science* (in Czech), Brno, 2009, ISBN 978-80-7375-312-2.
- [2] Eurocode 5- 2004: Design of timber structures - Part 1-1: General – Common rules and rules for buildings.

NUMERICAL ANALYSIS OF DYNAMIC FORCE ACTING PERPENDICULARLY ON A WALL MADE OF CONCRETE BLOCKS WITH RUBBER INSERTS

Maciej Major ¹, Izabela Major ²

Abstract

In this paper numerical analysis considering the influence of dynamical force acting on wall made of concrete blocks with rubber inserts is presented. By examining the stress values on front and back surface of the analysed wall structure model, the effectiveness of proposed solution can be measured comparing to the wall made of concrete blocks without rubber inserts. Complete numerical analysis was performed in ADINA program.

Keywords

Mooney-Rivlin, FEM, Adina, nonlinear hyperelastic material, composite wall, damping.

1 Introduction

The numerical analysis concerning wall made of composite elements – concrete blocks with rubber inserts, which were connected via mortar is presented. Concrete blocks which transfer mainly compressive loads in a wall, during production technology process have embedded rubber inserts with properly adapted shape. According to that, wall properties allow to reduce the perpendicularly acting to the wall surface dynamic force impulse. The numerical analysis was performed to estimate the range of damping of transverse propagating mechanical wave in the wall made of concrete-rubber composites in relation to the wall made of solid concrete blocks. In order to perform numerical analysis the ADINA program which is fully based on the finite element method was utilized (see [1]). Rubber was defined as Mooney-Rivlin hyperelastic material model [2], concrete blocks were made of C20/25 concrete defined as ADINA Concrete material and mortars were defined as DF-Concrete, respectively.

2 The numerical model of the analyzed wall and results of analysis

For the numerical analysis purposes, model of a wall with length equal 153 cm, height 129 cm and thickness 22 cm was adopted. Presented wall consists of concrete blocks, where each of them have the following dimensions: 50 cm length, 25 cm height and 22 cm thickness. Vertical and horizontal mortars in considered wall were assumed as 1 cm thick. Mentioned force reach its destined maximum value at $t = 1 \times 10^{-5}$ s and after that acting load is removed – its value is equal 0.

In the adopted model following boundary conditions were applied: bottom surface of the wall located on “XY” plane was fixed in the direction of “Z” axis, whereas side wall surfaces laying in the “YZ” plane were fixed both in the “X” and “Y” axis direction.

¹ Maciej Major, Assoc. Prof. 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

Comparison of the effective stress results obtained in the measurement points in the wall made of composites with relation to the wall made of concrete blocks without rubber inserts is presented in Fig. 1.

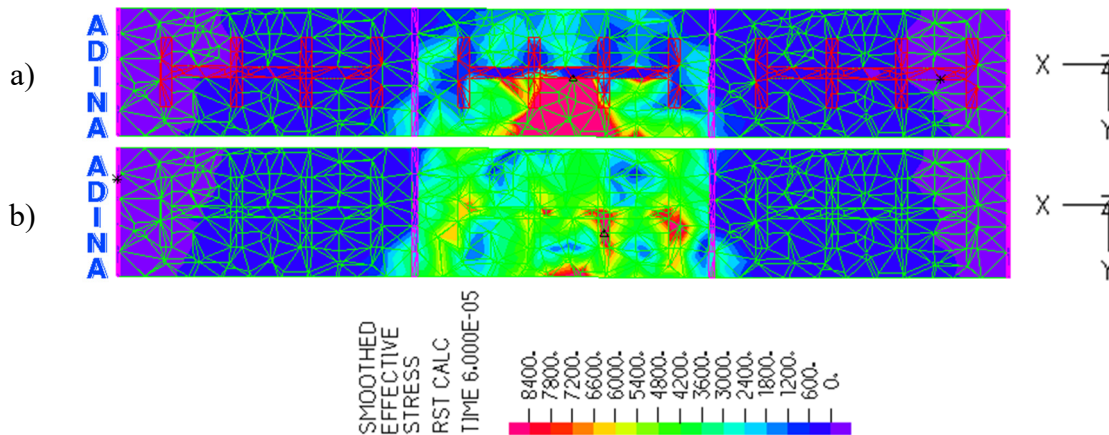


Fig. 1: Effective stress [Pa] at $t = 0.00006$ s in the horizontal plane section, (a) composite wall made of concrete blocks and rubber material, (b) wall made of concrete blocks

In Fig. 1 it is clearly visible that in the wall made of composites i.e. concrete blocks – rubber inserts the effective stress values corresponding to the propagation of mechanical wave were significantly reduced on the outer wall side (opposite side of applied impulse force) than in the wall made of solid concrete blocks (compare Fig. 1a, b).

Comparing all obtained results it should be noted that despite the increase of effective stress in specified points of analysed structure, the composite wall which was made of the concrete blocks with rubber inserts allow to significantly reduce mechanical wave propagation up to 53% on the rest surface of this wall.

3 Conclusion

Nowadays, as an acoustic insulation of building the most common material used are polystyrene and mineral wool, whereas composites made of a concrete blocks with the rubber pad could be treated as innovative material, which would allow both – transferring the compressive loads in construction and in addition could be used as a barrier from external sources of vibrations. The wall load bearing capacity would be slightly reduced as a result of applied in concrete blocks rubber inserts, while benefits would be much stronger. The connection of concrete and rubber material provides possibility to use these elements in places exposed to the mechanical vibrations.

Production, exploitation and then disassembly of construction made of presented composites would not affect negatively on the natural environment. Both rubber and concrete are materials which can be recycled. It is also worth to notice that currently performed numerical analyses allow to reduce costs of designing the innovative materials than with the use of traditional laboratory experimental test.

References

- [1] MAJOR, I. and M. MAJOR. Comparative analysis of the distribution of effective stress in Mooney and Zahorski materials using ADINA software, *Advanced Material Research*, Trans Tech Publications, Switzerland 2014, 1020, pp. 165-170, ISBN-13: 978-3-03835-237-2, ISSN: 1662-8985.
- [2] MOONEY M. A theory of large deformations. *J. Appl. Phys.* 11, 1940.

PROBABILISTIC ASSESSMENT OF HYDROELECTRIC POWER PLANT COMPONENTS

Jana Marková¹, Karel Jung²

Abstract

Assessment of existing components of power producing facilities is based on probabilistic methods of the theory of reliability given in Eurocodes and ISO standards. An example of quick-closing valves in a selected hydroelectric power plant indicates the assessment of reliability and prediction of remaining working life of structural component for the considered model of corrosion.

Keywords

Probabilistic assessment, remaining working life, reliability index.

1 Introduction

The paper is focused on the probabilistic durability assessment of existing structural components of power producing facilities in hydroelectric power plant and estimation of their remaining working life.

Presently hydrotechnical construction works are not given in the scope of current generation of Eurocodes and supplementary national provisions are needed including their reliability classification.

Application of probabilistic methods for specification of working life of an existing structure is illustrated in Fig. 1. It is assumed that the assessment (inspection) of an existing component of a power producing facility is performed in time t_{pr} from the beginning of the structure completion. In case that the time-dependent resistance $R(t)$ of a component and load effects $E(t)$ are known, the remaining working life of the component may be specified.

For estimation of the residual working life t_{res} of the component, the following expression is given as

$$P_f(t_{res}) = P\{R(t_{res}) - E(t_{res}) < 0\} \approx P_{f,t} \quad (1)$$

facilitating decision about its repair or replacing.

General requirements for the probabilistic assessment of structural serviceability are applied for the reliability analysis of quick-closing valves. The steel components having age of about 50 years are gradually deteriorating due to non-uniform corrosion.

Initial reliability of the cover plate non-affected by corrosion (reliability index $\beta = 5,2$) satisfies the target reliability level for considered reference period of 80 years.

It appears that the working life of the component may be estimated to approximately 70 years when the reliability index $\beta(t)$ decreases to the target reliability level. Thus, the remaining working life of a structural component may be estimated to be about further 20 years.

¹ doc. Ing. Jana Marková, Ph.D., ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 16608 Praha 6, jana.markova@cvut.cz

² Ing. Karel Jung, Ph.D., ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Šolínova 7, 16608 Praha 6, karel.jung@cvut.cz

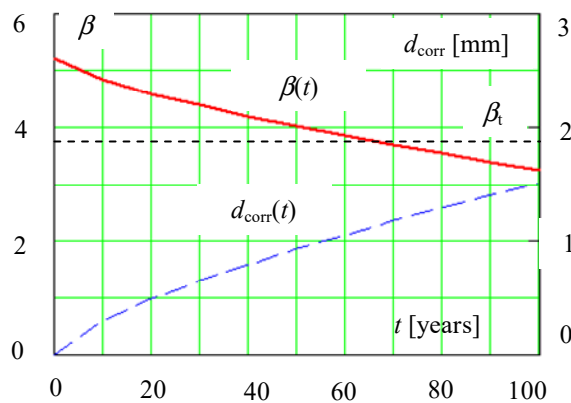


Fig. 1: Time-dependent reliability index $\beta(t)$ and one-side corrosion depth $d_{\text{corr}}(t)$

When the reliability index approaches the target reliability level, a new reliability assessment of the component should be made on the basis of updated material characteristics and corrosion models to decide about repair or replacement [2].

In case that a more effective protection level of cover-plate is provided then lower rate of corrosion may be considered. New estimation of the residual working life is leading to extended residual working life from 70 to 90 years.

The probabilistic assessment of existing structures makes it possible to effectively estimate remaining working life of structures and to plan their maintenance and required economic resources [1-3].

2 Conclusions

It is shown that application of partial factor method for the assessment of existing structures may lead in some cases to rather conservative estimations.

The probabilistic assessment of existing structures makes it possible to effectively estimate remaining working life of structures and to plan their maintenance and required economic resources.

The assessment of the quick-closing valves has shown that their remaining life-time is about additional 20 years provided that regular maintenance will be made. Protective layers of steel components should be renovated and regularly inspected. When the reliability index would decrease below the target reliability index 3,7 (estimated to 20 years), a new reliability assessment of cover plates should be made on the basis of updated material characteristic.

Acknowledgement.

This study has been developed within the research project TE01020068 Centre of Research and Experimental Development of Reliable Energy Production supported by the Technological Agency of the Czech Republic.

Literature

- [1] HOLICKÝ, M. Reliability Analysis for Structural Design. Stellenbosch. 2009. pp. 199.
- [2] HOLICKÝ, M. AND J MARKOVÁ, J. Probabilistic Design of Structures for Durability. In: ESREL 07. 2007. pp. 1757-1762.
- [3] fib Bulletin 34. Model Code for Service Life Design. 2005.

ZAŤAŽENIE SNEHOM PRI SKLZE ZO STRECHY

SNOWLOAD IN CASES OF SLIDES OF THE ROOF

Marton Pavol¹

Abstrakt

V článku sa analyzuje pohyb masy snehu po streche a pri páde z nej. Na základe Newtonových zákonov boli stanovené vzťahy pre výpočet vzdialenosti dopadu snehovej masy pri sklze zo strechy na inú. Úloha bola riešená pre štyri typy strešných krytín.

Kľúčová slova

Spad snehu, pohyb po naklonenej rovine, koeficient trenia, šikmé strechy, trajektória.

Abstract

The work deals with problems of movement of snow on the roof and in the fall from the roof. The calculation methodology for trajectory of zone of falling snow off the roof based on Newton's laws of motion using the specified friction coefficients. These were also determined static and kinetic friction coefficients between snow and the four most commonly types of roofing used for pitched roofs.

Keywords

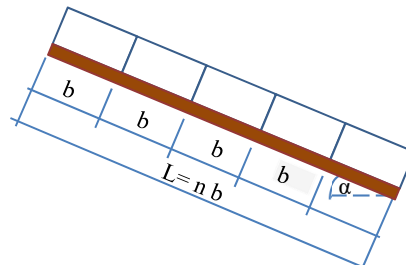
Snowfall, motion on an inclined plane, friction coefficients, pitched roofs, trajectory.

1 Úvod

V prípade stavieb s kaskádovým strešným systémom vo viacerých horizontálnych úrovniach dochádza pri spade snehu zo strechy vo vyššej úrovni k dodatočnému zaťaženiu strechy v nižšej úrovni.

2 Teoretická analýza

Výpočtový model je vytvorený ako sústava n - segmentov, obr. 1.

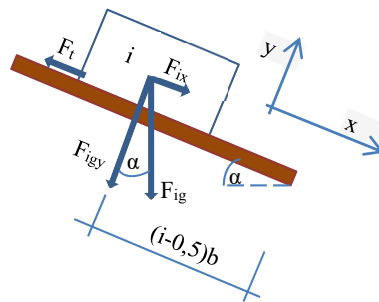


Obr. 1 Model segmentov snehovej pokrývky

¹ Marton Pavol, doc., Ing., CSc., katedra stavebnej mechaniky, STU, SvF, Radlinského 11, pavol.marton@stuba.sk

2.1 Pohyb snehu po naklonenej rovine

Na segment i pri pohybe po naklonenej rovine pôsobí systém síl podľa obr. 2, tlaková sila podkladu, sila tiaže a trecia sila.



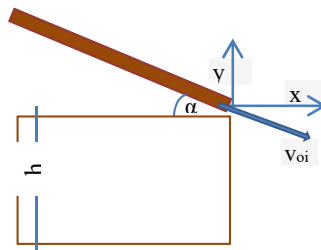
Obr. 2 Sústava síl pôsobiacich na segment v pohybe

Pre začiatočnú rýchlosť i -tého segmentu v_{oi} platí vzťah:

$$v_{oi} = \sqrt{2g(i-0,5)b(\sin\alpha - f_d \cos\alpha)} \quad (10)$$

2.2 Určenie zóny dopadu snehu

Predpoklady: Rýchlosť segmentu i v momente opustenia strechy je začiatočnou rýchlosťou v_{oi} pre druhú etapu pohybu segmentu. Následný pohyb sa skladá z rovnomerného priamočiareho pohybu a z voľného pádu z výšky h , Obr. 3.



Obr. 3 Začiatočné podmienky a okrajové podmienky

Zóna dopadu segmentov snehovej pokrývky je určená dvojicou funkcií

$$x_i = v_{oi} t \cos\alpha \quad (11)$$

$$y_i = -v_{oi} t \sin\alpha - \frac{1}{2} g t^2 \quad (12)$$

pre čas dopadu jednotlivých segmentov

$$t_{di} = -\frac{v_{oi}}{g} \sin\alpha + \sqrt{\frac{v_{oi}^2}{g^2} \sin^2\alpha + 2\frac{h}{g}} \quad (13)$$

3 Záver

Odvođené vzťahy majú praktické využitie pri riešení špecifických úloh dodatočného zaťaženia strešných konštrukcií pri sklze snehu z vyššie položených striech na nižšie.

Literatura

- [1] KOLLÁR, P. Equilibrium and movement of snow mass in and beyond the zone of translational roof structures. *Building research journal.*, 2005, vol. 53, p. 547-555.

NÁVRH EXPERIMENTU POMOCÍ SIMULACE DISKRÉTNÍHO DYNAMICKÉHO SYSTÉMU

DESIGN OF EXPERIMENT USING A DISCRETE DYNAMICAL SYSTEM SIMULATION

Jan Mašek¹, Petr Frantík², Miroslav Vořechovský³

Abstrakt

Tématem příspěvku je perspektivní metoda optimalizace návrhu experimentu (Design of Experiment – DoE) pomocí simulace diskrétního dynamického systému interagujících částic v n -rozměrném návrhovém prostoru. Systém odpuzujících se částic je fyzikální analogií optimalizačního kritéria Audze-Eglājs (AE), respektive jeho periodické modifikace (PAE). Příspěvek porovnává výpočetní výkonnost dvou provedených způsobů implementace: řešení v prostředí jazyka JAVA pomocí jednovláknového procesu a využití masivní paralelizace na platformě nVidia CUDA.

Klíčová slova

Plánovaný experiment, DoE, návrhový prostor, diskrétní dynamický systém, pseudo-částice, masivní paralelizace.

Abstract

The topic of the presented paper is a promising approach to optimization of Design of Experiment (DoE) using a discrete dynamical simulation of interacting particle system within an n -dimensional design space. The system of mutually repelling particles represents a physical analogy of the Audze-Eglājs (AE) optimization criterion and its periodical modification (PAE), respectively. The paper compares the performance of two performed approaches of implementation: a single-thread process using the JAVA language environment and a massively parallel solution employing the nVidia CUDA platform.

Keywords

Design of Experiment (DoE), design space, discrete dynamical system, pseudo-particles, massive parallelization.

1 Úvod

V současnosti platné normy pro navrhování stavebních konstrukcí umožňují různé přístupy k návrhu konstrukcí. Běžně používaným přístupem je metoda dílčích součinitelů spolehlivosti. Pro mnoho druhů často navrhovaných konstrukcí lze tuto metodu s úspěchem použít. Stále častější jsou však problémy, které vyžadují specifický, plně pravděpodobnostní přístup.

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

² Ing. Petr Frantík, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95 602 00 Brno, Česká republika, kitnarf@centrum.cz

³ prof. Ing. Miroslav Vořechovský, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95 602 00 Brno, Česká republika, vorechovsky.m@fce.vutbr.cz

Pro velkou většinu modelů reálných konstrukcí je zapotřebí odhadovat charakteristiky výstupního náhodného vektoru provedením statistické analýzy výsledků provedených simulací v množství N_{sim} . Nejpoužívanějšími metodami pro odhad statistických charakteristik odezvy konstrukce jsou metody typu Monte-Carlo [1]. Jedná se především o základní metodu Monte-Carlo (MC), metody Latin Hypercube Sampling (LHS) [2], Importance Sampling (IS) a další.

V případě numerické integrace pomocí metody typu Monte-Carlo lze odhadnout horní hranici chyby numerického integrálu například pomocí nerovnosti Koksma-Hlawka:

$$\left| N^{-1} \sum_{i=1}^N f(x_i) - \int_0^1 f(x) dx \right| \leq D(x_i) V(f), \quad (1)$$

kde $D(x_i)$ je diskrepance, tedy míra rovnoměrnosti rozdělení integračních bodů, a $V(f)$ je variace integrované funkce. Z uvedeného je zřejmé, že pokud je cílem robustní návrh pozic integračních bodů pro obecnou, po částech hladkou funkci, horní hranici chyby lze s jistotou minimalizovat pouze dosažením maximálně rovnoměrného rozmístění integračních bodů v návrhovém prostoru.

Řešený problém rovnoměrného pokrytí návrhového prostoru konečným počtem bodů se vyznačuje širokým mezioborovým přesahem. Problematika není relevantní pouze pro navrhování stavebních konstrukcí, neboť plánování experimentů je zásadní součástí operačního výzkumu, počítačového modelování i reálné experimentální činnosti v mnoha odvětvích inženýrské činnosti.

2 Shrnutí

Příspěvek se zabývá způsobem optimalizace návrhu experimentu pomocí řešení diskrétního dynamického systému interagujících částic, který je fyzikální analogií optimalizačního kritéria Audze-Eglājs a jeho periodické modifikace.

V druhé části příspěvku jsou diskutovány dva rozdílné přístupy provedené implementace řešení problému – objektově orientovaná implementace jednovláknového procesu pomocí jazyka JAVA a implementace masivně paralelizovaného řešení využívajícího platformu nVidia CUDA. Je ukázáno, že přístup masivní paralelizace je pro řešení podobných úloh velmi vhodný díky nízké citlivosti na složitost úlohy. Stávající implementace v jazyce CUDA C/C++ bude proto dále optimalizována a použita v rámci dlouhodobé výzkumné činnosti autorů.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím projektu juniorského specifického výzkumu FAST-J-16-3486 a Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je GA16-22230S.

Literatura

- [1] METROPOLIS, N., S. ULAM .(1949). The Monte Carlo method. Journal of the American Statistical Association. Volume 44, Issue 247, s. 335-341. DOI: 10.2307/2280232.
- [2] IMAN, R. L., DAVENPORT, J. M., ZEIGLER, D. K. (1980). Latin Hypercube Sampling (A Program User's Guide): Technical Report SAND79-1473, Sandia Laboratories, Albuquerque.

IDENTIFIKÁCIA VLASTNÝCH FREKVENCIÍ

IDENTIFICATION OF NATURAL FREQUENCIES

Jozef Melcer¹, Daniela Kuchárová²

Abstrakt

Existujú charakteristiky, ktoré jednoznačne charakterizujú vlastnosti dynamického systému. Patria k nim vlastné frekvencie a im zodpovedajúce tvary vlastného kmitania, funkcie frekvenčného prenosu a útlm. Tieto charakteristiky sa dajú získať rôznymi spôsobmi. Niektoré z možných postupov sú popísané v tomto článku.

Kľúčové slová

Vlastné frekvencie a tvary vlastného kmitania, funkcie frekvenčného prenosu, kinematické budenie, Fourierova transformácia, Laplaceova transformácia.

Abstract

There are the characteristics which uniquely characterized the properties of a dynamical system. They are natural frequencies and corresponding natural modes, frequency response functions and damping. These characteristics can be obtained by various ways. Some possible advances are described in this paper.

Keywords

Natural frequencies and natural modes, frequency response functions, kinematic excitation, Fourier transform, Laplace transform.

1 Problém vlastných čísel a vlastných vektorov matíc

Problém vlastných čísel a vlastných vektorov matíc popisuje rovnica

$$([k_r] - \lambda_{(j)} \cdot [E]_D) \cdot \{v_{(j)}\} = \{0\}. \quad (1)$$

Jedná sa o špeciálny problém vlastných čísel. Kvadráty vlastných uhlových frekvencií sa vypočítajú ako vlastné čísla $\lambda_{(j)}$ matice $[k_r]$ a tvary vlastného kmitania $\{v_{(j)}\}$ sa vypočítajú ako vlastné vektory matice $[k_r]$.

2 Kinematické budenie v podpernom bode

Uvažujme diskretný nosníkový výpočtový model s n stupňami voľnosti budený kinematickým budením v pravej podpere [1].

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

² Doc. Ing. Daniela Kuchárová, PhD., Žilinská univerzita, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina, Slovenská republika, daniela.kucharova@fstav.uniza.sk

Kinematické budenie je harmonické s jednotkovou amplitúdou. Sústava rovníc pre výpočet amplitúd ustáleného vynúteného kmitania sa dá zapísať v maticovom tvare:

$$([k] - \omega^2 \cdot [m]_D) \cdot \{v\} = [k] \cdot \{v_s\}. \quad (2)$$

Prvok v i -tom riadku v matici $\{v_s\}$ sa vypočíta podľa vzťahu $v_{is} = i/(n+1)$.

3 Fourierova transformácia a FFP

Na prechod z časovej do frekvenčnej oblasti je možné použiť Fourierovu transformáciu [2]. Fourierov obraz časovej funkcie $v(t)$ označme $V(q) = F\{v(t)\}$, kde $q = \omega$ má význam uhlovej frekvencie v rad/s. Funkcia frekvenčného prenosu sa zavádza ako pomer ustálenej odozvy k harmonickému budeniu:

$$\bar{v}_i \equiv \bar{v}_i(q) = \frac{V_i(q)}{V_{bk}(q)}. \quad (3)$$

Sústavu rovníc pre výpočet amplitúd výchyliek \bar{v}_i je identická so sústavou rovníc (2) odvodenou pri riešení kinematického budenia v podpernom bode.

4 Laplaceova transformácia a FFP

Na prechod z časovej do frekvenčnej oblasti je možné tiež použiť Laplaceovu transformáciu [2]. Laplaceov obraz časovej funkcie $v(t)$ označme $V(p) = L\{v(t)\}$, kde $p = i \cdot \omega$ je komplexné číslo. Zavedme frekvenčné prenosy

$$\bar{v}_i \equiv \bar{v}_i(p) = \frac{V_i(p)}{V_{bk}(p)}. \quad (4)$$

Sústava rovníc výpočet amplitúd výchyliek \bar{v}_i odvodená pri použití Laplaceovej transformácie je identická so sústavou rovníc odvodenou pri použití Fourierovej transformácie a je tiež identická s rovnicou (2) odvodenou pri riešení kinematického budenia v podpernom bode.

5 Záver

Identifikácia vlastných frekvencií je teda nutným predpokladom všetkých dynamických analýz. Hodnoty vlastných frekvencií je možné získať numerickou alebo experimentálnou cestou. Ak sa sústredíme len na numerické výpočty, tak najbežnejšia metodika riešenia je analýza problému vlastných hodnôt matíc. Vlastné frekvencie však môžeme identifikovať aj z funkcií frekvenčného prenosu. Spôsobov, ako odvodiť funkcie frekvenčného prenosu, je niekoľko. Niektoré sú popísané v predkladanom príspevku.

Podakovanie

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

Literatúra

- [1] KUCHÁROVÁ, D. a MELCER, J. *Dynamika stavebných konštrukcií*. Žilina: EDIS, 1981. ISBN 80-7100-779-X. 197 s.
- [2] MELCER, J., LAJČÁKOVÁ, G., MARTINICKÁ, I. a KRÁLIK, J. *Dynamika dopravných staveb*. Žilina: EDIS, 2016. ISBN 978-80-554-1178-1. 374 s.

NUMERICKÉ A EXPERIMENTÁLNÍ MODELY TEPLOTNĚ STRATIFIKOVANÉ MEZNÍ VRSTVY

NUMERICAL AND EXPERIMENTAL MODELS OF THE THERMALLY STRATIFIED BOUNDARY LAYER

Vladimíra Michalcová¹, Stanislav Pospíšil², Lenka Lausová³, Sergey Kuznetsov⁴

Abstrakt

Článek popisuje změnu vybraných turbulentních veličin v okolí obtékaného teplotně zatíženého objektu. Úloha je řešena numericky pomocí software Ansys Fluent s využitím Transition SST modelu, který je schopen zohlednit rozdíl mezi vysokou a nízkou turbulencí na rozhraní mezi úplavem za překážkou a volným proudem. Výsledky jsou verifikovány s experimentálním měřením v aerodynamickém tunelu.

Klíčová slova

Teplotní stratifikace, turbulence, vlnitý terén, CFD, aerodynamický tunel.

Abstract

The article describes a change of selected turbulent variables in the surroundings of flow around thermally loaded object. The problem is solved numerically in the software Ansys Fluent using Transition SST model that is able to take into account the difference between high and low turbulence at the interface between the wake behind an obstacle and the free stream. The results are verified with experimental measurements in the wind tunnel.

Keywords

Thermal stratification, turbulence, complex terrain, CFD, climatic wind tunnel.

1 Popis úlohy

Modelována je úloha odpovídající experimentálnímu měření v aerodynamickém klimatickém tunelu CET v Telči. Jedná se o obtékání vytápěného modelu kopce o výšce $h = 200$ mm (Obr. 1) při různých rychlostech vzduchu i teplot povrchu objektu. Cílem je definování změny proudového pole ve stratifikované mezní vrstvě.

Úloha je řešena pomocí software Ansys Fluent. V článku jsou prezentovány výsledky pro rychlosti vzduchu $v_0 = 0,5$ m/s a $v_0 = 1,5$ m/s, v obou případech s teplotou povrchu kopce $T = 20$ °C a $T = 150$ °C.

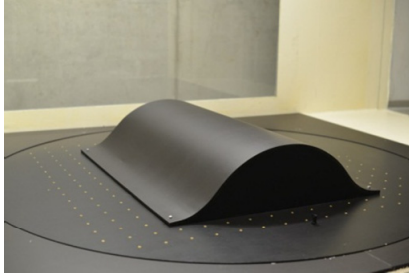
¹ Ing. Vladimíra Michalcová, Ph.D., VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, e-mail: vladimira.michalcova@vsb.cz

² doc.Ing. Stanislav Pospíšil, Ph.D., VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, e-mail: stanislav.pospisil@vsb.cz

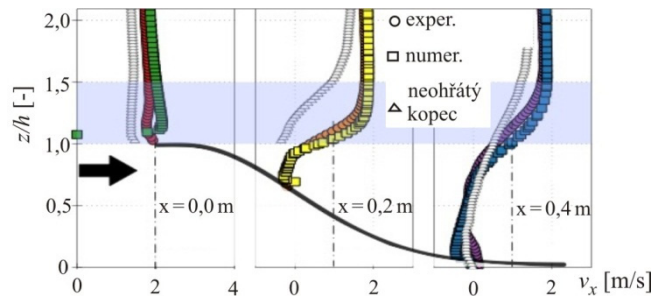
³ Ing. Lenka Lausová, Ph.D., VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, e-mail: lenka.lausova@vsb

⁴ Prof. Ing. Sergej Kuznetsov, Ph.D., ÚTAM AV ČR, v.v.i. Centrum excelence Telč, Batelovská 485, 588 56 Telč, e-mail: kuznetsov@itam.cas.cz

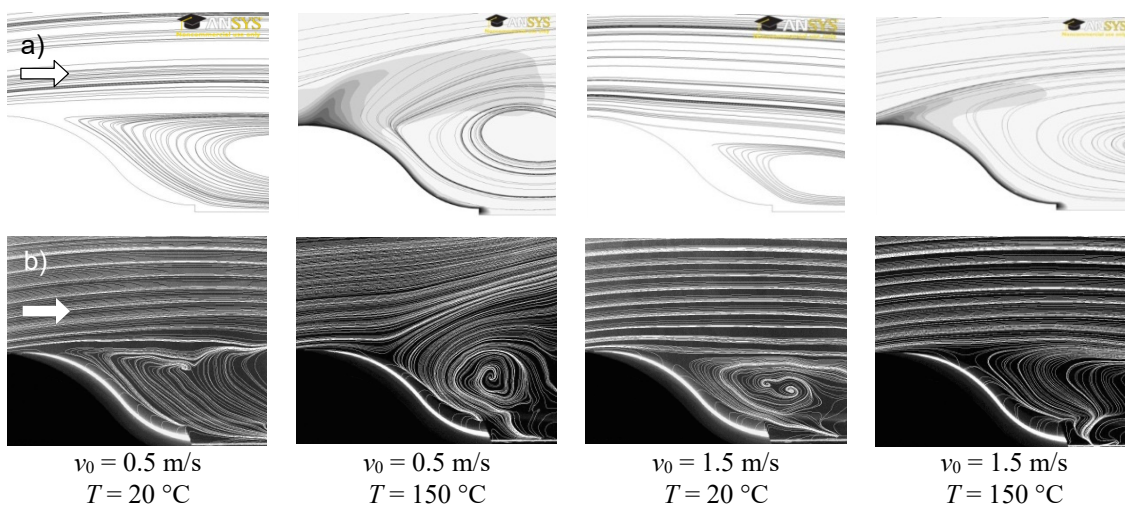
Z pohledu numerického modelování je problematika zajímavá z hlediska charakteristiky proudu. Jedná o proudění s přechodem z nízké turbulence na počátku v turbulenci plně rozvinutou za obtékanou překážkou. Pro řešení byl vybrán Transition SST model, který je vhodný pro popis změny hybnosti a Re čísla při změně vlastností proudu. Do rovnice přenosu tepla a je začleněn Boussinesq model, který popisuje přenos tepla přirozenou konvekcí a vztlakem.



Obr. 1: Model obtékaného objektu

Obr. 2: Profily rychlosti; $v_0 = 1.5 \text{ m/s}$; $T = 150 \text{ }^\circ\text{C}$

Sledovány jsou průběhy obou výše uvedených rychlostí i teplot. Na Obr. 2 jsou vertikální profily rychlosti při $v_0 = 1,5 \text{ m/s}$ ve třech řezech nad kopcem, kde pro osu kopce platí $x = 0 \text{ mm}$. Obr. 3 znázorňuje isolinie rychlostí v okolí obtékaného objektu pro dané rychlosti vzduchu v_0 a teploty povrchu kopce T .

Obr. 3: Isolinie rychlostí v okolí obtékaného objektu pro dané rychlosti vzduchu v_0 a teplotu povrchu T
a) numerický výpočet ; b) experimentální data

2 Závěr

Článek je zaměřen na popis změn turbulentních veličin v okolí teplotně zatíženého objektu. Prezentované výsledky numerických výpočtů v software Ansys Fluent odpovídají výsledkům z experimentálního měření s dostatečnou přesností. Další spolupráce obou přístupů bude zaměřena na proudění s nižšími referenčními rychlostmi.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory z prostředků koncepčního rozvoje vědy, výzkumu a inovací pro rok 2016 přidělených VŠB-TU Ostrava Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky a Grantové agentury ČR, projektu 14-12892S i CET projektu udržitelnosti LO12 (SaDeCET).

VÝVOJ OCELOVÉHO ZAVĚŠENÉHO PODHLEDU

DEVELOPMENT OF STEEL SUSPENDED CEILING

David Mikolášek¹, Jakub Flodr², Přemysl Pařenica³, Oldřich Sucharda⁴, Pavel Mec⁵

Abstrakt

Článek se zabývá deformační a napjatostní analýzou kazetového ocelového podhledu, který je předmětem vývoje a je určen do čistých prostor. Pro konkrétní použití podhledu je vyžadováno specifických vlastností. Mezi hlavní požadavky patří zvýšená nosná funkce pro servisní a technologické zatížení. Cílem článku je prezentace provedených numerických analýz vybrané části podhledu a zvolené postupy výpočtu. Konkrétní podhled byl experimentálně testován.

Klíčová slova

Metoda konečných prvků, podhled, ocel, analýza, výpočet, experiment.

Abstract

The article deals with the deformation and stress analysis of steel ceiling cassette, which is under development and cassettes are designed for areas with requesting for cleanliness. For this application of the ceiling is required specific properties. The main requirements include increased load capacity for service and technological loads. The aim of the paper is to present numerical analysis of selected parts of structure of the ceiling and the chosen calculation procedures. Ceiling cassettes were also experimentally tested.

Keywords

Finite element method, ceiling, steel, analysis, calculation, experiment.

1 Úvod

U návrhu stavebních konstrukcí se můžeme setkat s konstrukcemi, které jsou určeny pro použití ve farmaceutických a chemických laboratořích nebo lakoven v průmyslových areálech. Ve vybraném případě podhledu, byl určen speciální požadavek z hlediska servisního a technologického zatížení. Servisní zatížení vyžaduje, aby podhled byl

¹ Ing. David Mikolášek, Ph.D. VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděšť 1875, CZ70833, Ostrava, e-mail: david.mikolasek@vsb.cz.

² Ing. Jakub Flodr, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, L. Poděšť 1875, CZ70833, Ostrava, e-mail: jakub.flodr.st@vsb.cz.

³ Ing. David Mikolášek, Ph.D. VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděšť 1875, CZ70833, Ostrava, e-mail: david.mikolasek@vsb.cz.

⁴ 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.

⁵ Ing. Pavel Mec, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavebních hmot a diagnostiky staveb, L. Poděšť 1875, CZ70833, Ostrava, e-mail: pavel.mec@vsb.cz.

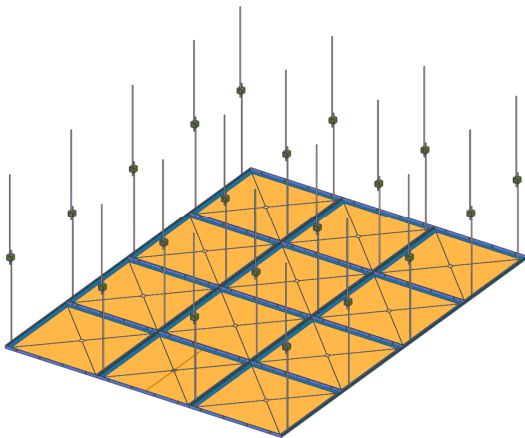
po chůzi a umožnil údržbu technologických rozvodů. Mezi technologie patří zejména vzduchotechnika a energovody v závislosti na provozu.

S ohledem na uvedený typ úlohy se pro návrh a výpočet využilo prostorového výpočetního modelu založeného z větší části na skořepinových konečných prvcích [1] a vyhodnocení bylo provedeno jako napětově-deformační posudek. Samotný výpočet byl proveden se zohledněním fyzikální a geometrické nelinearity.

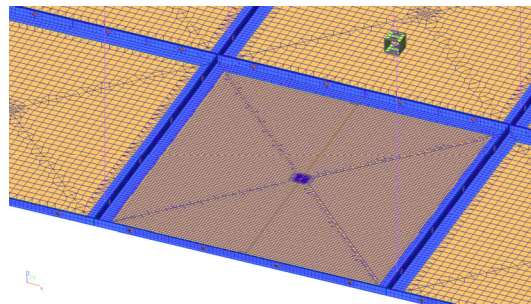
2 Statická analýza zavěšeného stropního podhledu

2.1 Výpočetní model

K statické analýze zavěšeného kazetového stropního podhledu byl vytvořen prostorový výpočetní model ze skořepinových a prutových konečných prvků. K výpočtům se využil software Scia Engineer 2015. U statické analýzy a návrhu se vycházelo z normových postupů pro ocelové konstrukce s ohledem, že norma Zavěšené podhledy neupravuje blíže řešený typ podhledu. Celková vizualizace výpočetního modelu stropního podhledu a vybrané kazety je na obr. 1 a 2.



Obr. 1 Prostorový výpočetní skořepinový model



Obr. 2 Detail sítě – vybraná kazeta KZ1

3 Závěr

Příspěvek prezentuje numerické výpočty u vyvíjeného ocelového podhledu, který je určen do čistých prostor jako speciální konstrukce. S ohledem na specifické funkční vlastnosti podhledu, které neumožňují využít specializovaný normový postup je zvolen obecnější postup návrhu založený na napětově-deformační analýze určené pro ocelové konstrukce.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Studentské grantové soutěže. Registrační číslo projektu je SP2016/168.

Literatura

- [1] KOLÁŘ V., KRATOCHVÍL J., LEITNER F., ŽENÍŠEK A. *Výpočet plošných a prostorových konstrukcí metodou konečných prvků*, Praha: SNTL, 1979.

POPIS KARBONATACE PRŮMYSLOVÝCH KOMÍNŮ A OPTIMALIZACE OPRAV

MODELLING OF CARBONATION OF INDUSTRIAL CHIMNEYS AND REPAIR OPTIMIZATION

Jan Mlčoch¹, Miroslav Sýkora²

Abstrakt

Příspěvek se zaměřuje na degradaci průmyslových železobetonových komínů způsobenou karbonací krycí vrstvy. Uvažuje se, že zásadní opravy je nutné provést, pokud je 30 % plochy železobetonového dřívku komínu viditelně poškozeno korozi výztuže. Cílem je dosažení tohoto stavu na konci uvažované životnosti stavby s nejmenšími možnými náklady na údržbu.

Klíčová slova

Karbonatace, krycí vrstva, komíny, životnost, optimalizace.

Abstract

Paper is focused on carbonation of industrial reinforced concrete chimneys. It is considered that a chimney has to be repaired when 30% of its surface of is visibly damaged by corrosion. The goal is to plan maintenance in such a way that this state is not reached within a service life of the chimney and maintenance and repair costs are minimised.

Keywords

Carbonation, concrete cover, chimneys, service life, optimization.

1 Úvod

Elektrárenské komíny stejně jako jiné železobetonové konstrukce podléhají dlouhodobým vlivům okolního prostředí. Jedním z hlavních vlivů je karbonatace krycí vrstvy výztuže. Průběh a rychlost karbonatace je popsán například ve *fib* Model Code 2010, nebo zvláště pro tento typ konstrukcí ve směrnici IAEA [1], kde je uvažován i ochranný nátěr komínu, který hraje značnou roli v rychlosti postupu karbonatace.

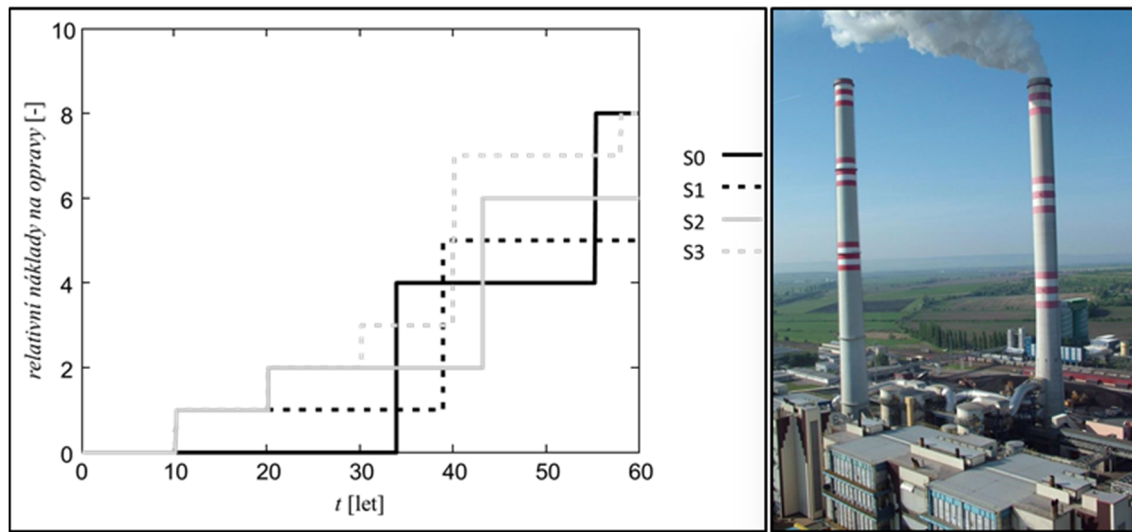
Z naměřených dat je zřejmé, že hodnoty karbonatace jsou často vyšší, než se předpokládalo při jejich návrhu s ohledem na životnost. Dle metodiky [2,3] je nutné provést zásadní a nákladné opravy konstrukce, pokud viditelně korodující výztuž zasahuje 30 % povrchu konstrukce.

Údržba železobetonových komínů se odvíjí od životnosti nátěru, který proces karbonatace zpomaluje. Dle studie [4] lze uvažovat životnost nátěru minimálně 10 let.

¹ Ing. Jan Mlčoch, ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Oddělení spolehlivosti konstrukcí, Šolínova 7, Praha 6, 16608, jan.mlcoch@cvut.cz

² doc. Ing. Miroslav Sýkora, Ph.D., ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Oddělení spolehlivosti konstrukcí, Šolínova 7, Praha 6, 16608, miroslav.sykora@cvut.cz

Scénáře aplikace náterů jsou v této studii zvoleny na základě diskuzí s provozovateli tepelných elektráren (obr. 1). V případě dosažení kritické hranice karbonatace 30 % se uvažuje nákladná oprava části konstrukce zasažené korozí.



Obr. 1 Relativní náklady na údržbu pro čtyři scénáře:
 S0 - bez aplikace během životnosti, S1 – obnovení nátěru po 10 letech od uvedení do provozu,
 S2 – nátěry po 10 a 20 letech, S3 – nátěry každých 10 let

2 Závěr

Studie popisuje postup pro optimalizaci nákladů údržby železobetonových komínů na základě měření hloubky karbonatace. Na základě výsledků uvedených v obr. 1 je možné stanovit optimální scénář údržby pro zvolenou životnost konstrukce. Například pro životnost 40 let, běžně uvažovanou pro průmyslové komíny a chladič věže, je optimální scénář 2. V rámci zpřesňování studie se plánuje ověřit modely karbonatace na větším počtu experimentálních dat pro různé stáří průmyslových komínů a chladičích věží.

Poděkování

Príspevek vznikl v rámci řešení projektu SGS16/195/OHK1/2T/31.

Literatura

- [1] Guidebook on non-destructive testing of concrete structures, International Atomic Energy Agency, Vienna, 2002.
- [2] MARKOVÁ J. A SÝKORA M. Metodické postupy pro odhad životnosti komínů a chladičích věží v ČEZ, a.s., zpráva Kloknerova ústavu č. 314120J000, 2014
- [3] HERGENRÖDER, M. Zur statistischen Instandhaltungsplanung für bestehende Bauwerke bei Karbonatisierung des Betons und möglicher Korrosion der Bewehrung. Berichte aus dem Konstruktiven Ingenieurbau, TU Munich 4/92, 1992.
- [4] MOZARYN, T. a KOKOWSKA, J. *The service life of coating systems applied on cooling towers – laboratory study and in-situ investigations*, RILEM Workshop on Long-Term Performance of Cementitious Barriers and Reinforced Concrete in Nuclear Power Plants and Waste Management, ISBN: 978-2-35158-072-1, 2009.

NONLINEAR ANALYSIS OF REINFORCED AND COMPOSITE COLUMNS IN FIRE

Jaroslav Navrátil¹, Jaromír Kabeláč², Michal Číhal³, Radek Štefan⁴

Abstract

The paper describes a customer project, the objective of which was to develop a software program for the calculation of reinforced concrete and steel/concrete composite columns subjected to various loadings and exposed to normal temperature or to fire conditions. Such analysis required the use of two Finite Element calculation cores (i) for thermal analysis and (ii) for geometrical and material non-linearity. Calculation cores were connected to graphical user interface via open interface – IDEA Open Model.

Keywords

Column, concrete, steel, composite, analysis, finite element, non-linear, fire.

1 Introduction

No single software tool exists so far for complete design of prefabricated concrete and prestressed concrete members. Specialized programs are currently used in combination with Excel design sheets. Due to the absence or unreliability of the links between the programs, the workflow is interrupted and manual data transfer is needed at the interfaces. This system is ineffective and highly vulnerable. That is why producers of prefabricated beams and columns tend to improve their pre-manufacturing processing and member design. Usually they prefer their own software tools customized for their specifics in the types of members, production, logistical and administrative processing. At the same time the pressure on cost-effectiveness of the structures is growing, and the tolerance for structural defects is zero. Therefore they need to improve the economy and the effectiveness of the design by using highly sophisticated analysis methods, which they cannot develop on their own.

This situation resulted in a collaboration of F.J. Aschwanden, Swiss prefab company with high technological competence and innovation, and IDEA RS, Czech Software Company, which develops software for structural analysis and design of civil engineering structures and their members. The objective of common development project was to develop a software program for the calculation of reinforced concrete, concrete/concrete and steel/concrete composite columns subjected to various loadings and exposed to normal temperature or to fire conditions. Graphical user interface was developed by F.J. Aschwanden together with HOST module, which controls the sequence of individual analyses, and which mediates data transfer between the input and calculation cores for thermal analysis (TA) and for geometrical and material non-

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

² Ing. Jaromír Kabeláč, Hypatia Solutions Ltd, jaromir.kabelac@hypatiasolutions.com

³ Ing. Michal Číhal, IDEA RS Ltd, U Vodárny 2a, 616 00 Brno, Czech Republic, cihal@idea-rs.com

⁴ Ing. Radek Štefan, Ph.D, Czech Technical University in Prague, Thákurova 7, 166 29 Praha, radek.stefan@fsv.cvut.cz

linearity (NLA) developed by IDEA RS. IDEA Open Model (IOM) has been created as an open interface to guarantee an effective interaction between HOST, TA and NLA.

2 Thermal analysis

Nonlinear 2-dimensional steady state and transient analysis for heat transfer across column cross-section has been developed. Quadrilateral and triangular finite elements are used. Each finite element may have different nonlinear material properties dependent on the temperature. Initial temperature is defined in each node of mesh. Ambient temperature is given as the function of the time on boundary of cross-section. Convection and radiation coefficients are constant.

No humidity transfer is taken into account, and no spalling of the surface is considered. The results are the temperatures across cross-section (in nodes of mesh) in selected time steps.

3 Geometrical and material non-linearity

Prismatic beam element with general eccentricity is used - Euler formulation (without shear deformations included). The load can be applied in nodes or may be uniformly distributed. Cross section of general shape can have material nonlinear properties dependent on current temperature in each point. Initial strain is considered across the cross-section for any beam element (strain, curvature). Nonlinear stress across the element is solved in two Gauss integration points. Reinforcement bars are modeled as the points for stress analysis, therefore different mesh appears for TA and NLA.

Corotational beam formulation is used. Deformation of beam element is split into the local deformation of beam and global deformation beam as rigid body. Multi load step iteration solver uses Finite Element Analysis in combination with Newton iteration, which can determine load carrying capacity without the possibility of post-critical behavior. This is not detrimental to the main objective – the column resistance.

4 Conclusion

The methods used for both TA and NLA have been verified in a number of benchmarks including the examples analyzed or tested in references [1], [2], [3], and [4]. The comparison proved excellent agreement for all types of analyses. Consistently with the assumptions no post-critical behavior was analyzed in case of NLA.

Both calculation cores are part of IDEA StatiCa software and can be used as non-linear solver by third party with the possibility to define input data using IDEA Open Model.

Literature

- [1] BRATINA, S., SAJE, M., PLANINC, I. *On materially and geometrically non-linear analysis of reinforced concrete planar frames*. Int. J. Solid Struct. 41 (2004) 7181-7207
- [2] TOKGOZ, S., DUNDAR, C. *Experimental tests on biaxially loaded concrete-encased composite columns*. Steel and Composite Structures 8 (5), 423-438, 2008
- [3] ZEGHLICHE, J., CHAOUI, K. *An experimental behaviour of concrete-filled steel tubular columns*. J. Constr. Steel Res., 61, 53-66, 2005
- [4] ZHAO, G., ZHANG, M., LI, Y. *Behavior of slender steel concrete composite columns in eccentric loading*. J. Shanghai Univ. 13 (6), 481-488, 2009

MĚŘENÍ VYBRANÝCH MATERIÁLOVÝCH CHARAKTERISTIK STAVEBNÍ OCELI PRO NUMERICKÉ MODELOVÁNÍ

MEASUREMENT OF SELECTED MATERIAL PROPERTIES
OF STRUCTURAL STEEL FOR NUMERICAL MODELLING

Přemysl Pařenica¹, Miroslav Rosmanit²

Abstrakt

Pro numerické modelování ocelových konstrukcí a jejich částí je potřeba znát co nejvíce vstupních dat, aby mohl být výsledný model co nejvýstižnější. V tomto příspěvku je rozebrán postup odvození skutečných materiálových diagramů konstrukční oceli jako vstupní parametr pro numerické modelování. Výsledky experimentálních měření jsou porovnány s pokročilým numerickým modelem vystihujícím skutečné chování vzorku během tahové zkoušky.

Klíčová slova

Materiálový model, pracovní diagram, multilineární, MKP.

Abstract

For numerical modelling of steel structures it is necessary to know as many relevant input data to ensure enough accuracy. Therefore the derivation of the real material diagrams of structural steel as an input parameter for numerical modelling is presented. The results of experimental tests are compared with advanced numerical models which describe actual behaviour of the specimen during the common tensile test.

Keywords

Material model, working diagram, multilinear, FEM.

1 Úvod

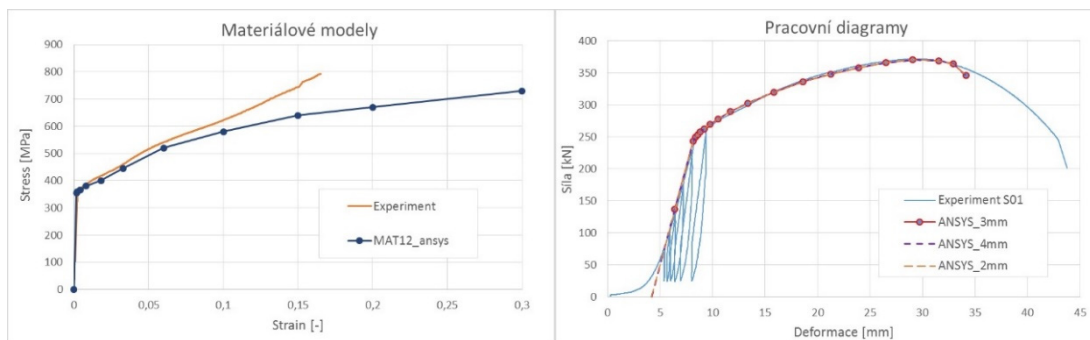
Pro zobrazení inženýrského pracovního diagramu oceli se uvažuje konstantní plocha průřezu, tím dochází k poklesu napětí v plastické oblasti. Vlivem krčkování však dochází, zejména za mezí kluzu, k významnému zmenšení průřezu, které má za následek neustálý nárůst napětí. Tento jev je zohledněn při reverzní analýze a úpravách výsledného multilineárního materiálového modelu.

V rámci fyzikálních experimentů bylo provedeno celkem 30 testů v trhacím lisu. Během testování byla sledováno vnášené zatížení, podélná a příčná deformace. Podélná deformace byla snímána extenzometry a také posunem hlavy samotného lisu. Dále byly použity extenzometry pro měření příčné deformace ve středu vzorku. Vyhodnocováno

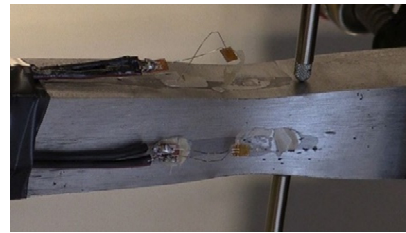
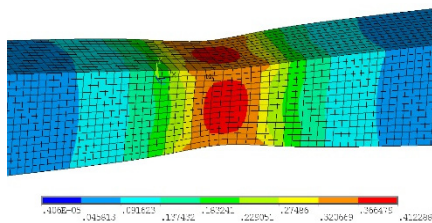
¹ Ing. Přemysl Pařenica, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Podéště 1875/17, 70833 Ostrava – Poruba, premysl.parenica@vsb.cz

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

bylo celkové chování numerického modelu. Byly porovnány pracovní diagramy numerického modelu a experimentů (Obr. 1) a také změny plochu průřezu.



Obr. 1: Materiálový model a pracovní diagramy trhačí zkoušky (experiment, ANSYS)



Obr. 2: Deformace v místě krčku (vlevo – ANSYS, vpravo – experiment)

2 Závěr

Byla provedena série třiceti trhačích zkoušek konstrukční oceli S355. Během experimentů bylo měřeno také příčné přetvoření v místě vzniku krčku. Takto získaná závislost vnášeného zatížení na změně průřezu sloužila k zpřesnění skutečného pracovního diagramu této oceli, který byl použit jako podklad pro tvorbu multilineárního materiálového modelu v programu ANSYS. Byl také vytvořen numerický model tahové zkoušky, na kterém byl tento materiálový model validován. Z výše uvedených výsledků vyplývá, že chování numerického modelu tahové zkoušky s použitým multilineárním materiálovým diagramem, se jak na úrovni tuhosti a napětí, tak i na úrovni podélné a příčné deformace významně blíží experimentu.

Poděkování

Práce byly podporovány z prostředků Studentské grantové soutěže VŠB-TUO. Registrační číslo projektu je SP2016/169.

Literatura

- [1] ČSN EN 1993-1-5, Eurocode 3, Navrhování ocelových konstrukcí, Část 1-5, Bolení stěn, ČNI, 2008.
- [2] JURČÍKOVÁ A., ROSMANIT M. Numerické modely montážních spojů chs a l-profilů s čelní deskou a jejich experimentální ověření, Modelování v mechanice 2015 – Sborník rozšířených abstraktů. VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky. ISBN 978-80-248-3756-7.
- [3] FLODR J., KREJSA M., MIKOLÁŠEK D., BROŽOVSKÝ J., PAŘENICA P. Numerické modelování tenkostěnného profilu s vlivem redistribuce ohybových moment, Modelování v mechanice 2015 – Sborník rozšířených abstraktů. VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky. ISBN 978-80-248-3756-7.

X-RAY INVESTIGATION AND STRENGTH MODELLING OF STEEL FIBRE REINFORCED SELF-COMPACTING CONCRETE BEAMS

Tomasz Ponikiewski¹, Jacek Gołaszewski²

Abstract

The paper presents a study on self-compacting concrete with selected types of steel fibres (SFRSCC). Under consideration was the effect the method of forming of beam elements has on the distribution of steel fibres. The tests focused on flexural strength in bending as a reliable indicator of the mechanical parameters of concrete with steel fibres. In addition, an analysis of the concrete structure containing steel fibres was carried out by computed tomography.

Keywords

Steel fibre, self-compacting concrete, fibre orientation, X-ray Computed Tomography.

Introduction

One of the little researched areas is the effect of forming methods of SFRSCC on maintaining the assumed design parameters of technological and mechanical properties of concrete. The essence of the problem is to determine what changes in fibre deployment occur in various structural elements when the method of their forming changes, taking into account the rheological properties of the mixture, as well as the volume ratio and the geometrical parameters of steel fibres. The main objective of this study was to determine the distribution and orientation of steel fibres in the tested SFRSCC for a chosen structural model.

1 Conclusion

The study confirms the technological problems with uniformity of distribution of steel fibres in the matrix of SCC. This phenomenon intensifies in case of the longer SW50 fibres added to SCC and with the increase of their volume content. Such orientation of fibres, however, resulted in the improvement of the strength in bending of the tested SCC with the longer SW50 added. The increase in flexural strength was greater even by 80 % in the case of 120 kg/m³ SW50 fibre content in the beam type II (farther from the point of forming) in comparison with the beam I (proximal), when beams were cut from a formed beam with dimensions 120 x 15 x 15 cm. Similar but somewhat smaller increases were found in the beam III in comparison with beam I (cut from a beam 180 x 15 x 15 cm). Based on the results of the deployment of steel fibres in concrete beams with the use of computed tomography, the possibility of analyzing the position of fibres in the whole volume of the SCC was proved. The obtained test results can be used to

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.

increase the accuracy of modeling the mechanical properties of selected structural elements made of SCC with distributed reinforcement.

References

- [1] AKCAY B., TASDEMIR M. A Mechanical behaviour and fibre dispersion of hybrid steel fibre reinforced self-compacting concrete, *Construction and Building Materials* 28 (2012) 287–293.
- [2] GRÜNEWALD S. Performance-based design of self-compacting fibre reinforced concrete, Doctor`s thesis, 2004.
- [3] DING Y., THOMASETH D., NIEDEREGGER CH., THOMAS A., LUKAS W. The investigation on the workability and flexural toughness of fibre cocktail reinforced self-compacting high performance concrete, *6th RILEM Symposium on Fibre-Reinforced Concretes (FRC) – BEFIB 2004*, Varenna, Italy, 467 – 478.
- [4] KHAYAT K.H., ROUSSEL Y. Testing and performance of fibre-reinforced self-consolidating concrete. In: *Proceedings of the First RILEM International Symposium on Self-compacting Concrete*, Stockholm, Sweden, September 1999, RILEM Publications, Bagneux, France, pp 509 - 521
- [5] KHAYAT K.H., GHODDOUSI P., KASSIMI F. Effect of fibre type on workability and mechanical properties of SCC, In: *Proceedings of the Third North American conference on the Design and Use of Self-consolidating Concrete SCC*, Chicago 2008.
- [6] STROBACH C-P., KURTH H., PETRIK V., GRUNERT J.P. Steel-fibre-reinforced prestressed concrete beams made of self-compacting concrete, *Concrete Engineering International*, Vol. 10, No.3, Autumn 2006, pp 37 – 40.
- [7] BUSTERUD L., JOHANSEN K., DOSSLAND A.L. Production of fibre reinforced SCC. In: *Proceedings of the Second North American conference on the Design and Use of Self-consolidating Concrete and the Fourth International RILEM Symposium on Self-compacting Concrete*, Chicago, IL, USA, October 2005, Hanley Wood, Minneapolis, MN, USA, pp 381 – 386.
- [8] DING Y., THOMASETH D., NIEDEREGGER CH., THOMAS A., LUKAS W. The investigation on the workability and flexural toughness of fibre cocktail reinforced self-compacting high performance concrete. *6th RILEM Symposium on Fibre-Reinforced Concretes (FRC) – BEFIB 2004*, Varenna, Italy 2004.
- [9] PONIKIEWSKI T., GOŁASZEWSKI J. Nowa metoda badania losowej dystrybucji włókien w wysokowartościowym betonie samozagęszczalnym, *Cement Wapno Beton* 79, 165 - 176 (2012).
- [10] RILEM TC162-TDF: Test and design methods for steel fibre reinforced concrete, Recommendations: Bending test, *Materials and Structures*, 33, Jan.-Feb., 2000.
- [11] GLINICKI M.A. Ocena i projektowanie fibrobetonów na podstawie wytrzymałości równoważonej, *IBDiM, Drogi i mosty*, 3, 5 – 36 (2002).
- [12] BRANDT A.M. Cement-based composites. *Materials, mechanical properties and performance*, Taylor & Francis, USA & Canada 2009.
- [13] PONIKIEWSKI T., CYGAN G., KMITA T. Ocena jednorodności rozmieszczenia włókien stalowych w drobnoziarnistym betonie samozagęszczalnym z wykorzystaniem testu L-box, *Cement Wapno Beton*, 78, 3 - 9 (2011).
- [14] PONIKIEWSKI T., CYGAN G. Wybrane właściwości samozagęszczających się fibrobetonów z włóknami stalowymi, *Cement Wapno Beton*, 78, 203-209 (2011).

THE EFFECT OF COPULAS ON TIME-VARIANT RELIABILITY WITH CONTINUOUS STOCHASTIC PROCESSES

Árpád Rózsás¹, Zsuzsa Mogyorósi²

Abstract

This paper investigates the effect of widespread Gauss copula function assumption on time-variant reliability. Two simple examples are studied considering bivariate Gauss, t , rotated Clayton, Gumbel, and rotated Gumbel copulas. The calculations show that the application of Gauss copula can 4 times underestimate or even 10 times overestimate the failure probabilities obtained by other copulas. The findings imply that the copula function should be inferred from observations or if not available, multiple copula functions should be used to explore this uncertainty.

Keywords

Time-variant reliability, copula, PHI2 method, structural reliability, dependence structure.

1 Problem statement

In structural reliability the dependence structure between random variables is almost exclusively modeled by Gauss copula, however this implicit assumption is typically not corroborated. Some studies – from various disciplines – indicate that the adopted copula function can have significant effect on the outcomes. This contribution is focusing on time-variant reliability problems with continuous stochastic processes that are collection of dependent random variables and to our knowledge are not modeled by other than Gauss copula in structural reliability. Therefore, the aim of this paper is to quantify the impact of this copula assumption on failure probability. Two simple examples are studied considering bivariate Gauss, t , rotated Clayton, Gumbel, and rotated Gumbel copulas. The time-variant actions are modeled as a stationary, ergodic, continuous stochastic processes, and the PHI2 method is adopted for the analyses.

2 Conclusions

The analysis of two simple examples reveal:

- The applied dependence structure has significant effect on time-variant reliability. The prevalently applied Gauss copula assumption can 4 times underestimate or even 10 times overestimate the failure probabilities obtained by other adopted copulas (Fig. 1).
- For a simple case (Example 1), it is demonstrated that by an appropriate choice of copula function arbitrary large error can be produced in time-dependent failure probability, compared with that of the Gauss copula.

¹ Árpád Rózsás, M.Sc., Department of Structural Engineering, Budapest University of Technology and Economics, 3-9. Műegyetem rkp. Kmf. 85, H-1111 Budapest, Hungary, e-mail: rozsas.arpad@epito.bme.hu

² Zsuzsa Mogyorósi, M.Sc., 61 Hopkins Ave, Keilor, VIC, Australia, 3036, e-mail: zsuzsa.mogyorosi@gmail.com

- The correlation length of stochastic process and initial failure probability have minor effect on the ratio of the Gauss and other copula results.
- The autocorrelation function has considerable effect on the time-dependent failure probability. The ratio of normalized time-dependent Cauchy and Gaussian failure probabilities is uniformly 1.41. It is solely influenced by the autocorrelation function.

To the authors knowledge the copula and autocorrelation effects have not yet been studied previously and the findings provide a novel insight into time-variant problems.

The results also give indication about whether a particular part of the mechanical or probabilistic model is worth of refinement, if the actual dependence structure is largely unknown. Efficient algorithms such as FORM, currently only available for elliptical copulas, additional research would be needed to extend existing or develop new methods for other copulas.

If observations are available, the actual dependence structure should be inferred, and in case of limited information, multiple copula functions should be used to quantify the related uncertainty. In reporting of reliability analyses, the dependence structures, namely, the adopted copulas should also be reported to give full description of the probabilistic model and to allow reproducibility.

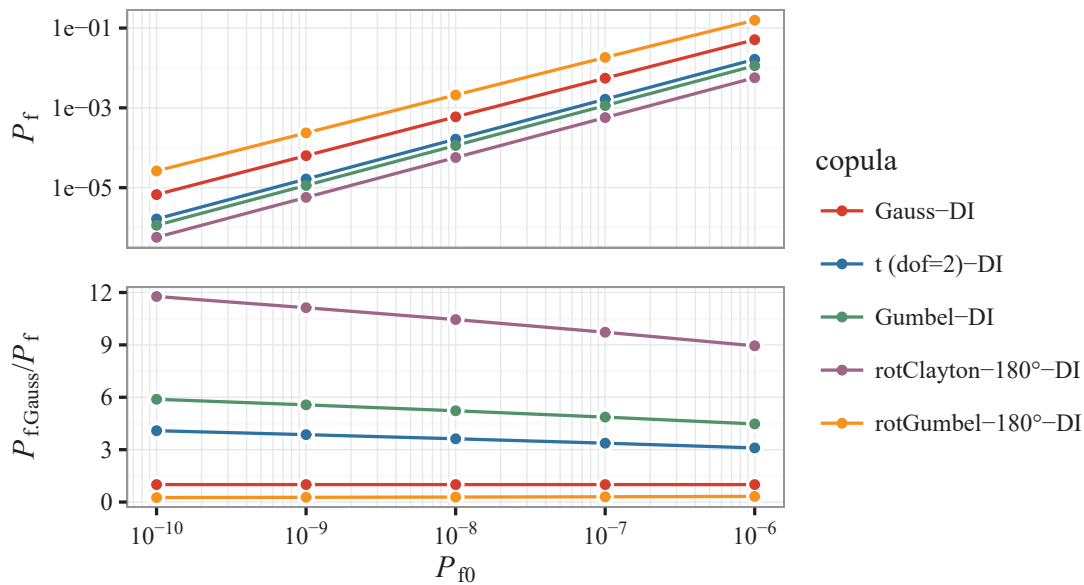


Fig. 1: Failure probabilities (P_f) and normalized failure probabilities vs initial failure probability for various copulas. DI is referring to direct integration

NUMERICKÉ SIMULACE ZKOUŠEK STĚN Z KERAMICKÝCH TVÁRNIC S UŽITÍM PODROBNÉHO KONEČNĚ PRVKOVÉHO MODELU

NUMERICAL SIMULATIONS OF THE TESTS OF CERAMIC BLOCK WALLS
USING A DETAILED FINITE ELEMENT MODEL

Vlastislav Salajka¹, Jaromír Klouda², Petr Hradil³

Abstrakt

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

Klíčová slova

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

Abstract

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

Keywords

Ceramic blocks, mathematical model of a wall, finite element method, nonlinear computations.

1 Úvod

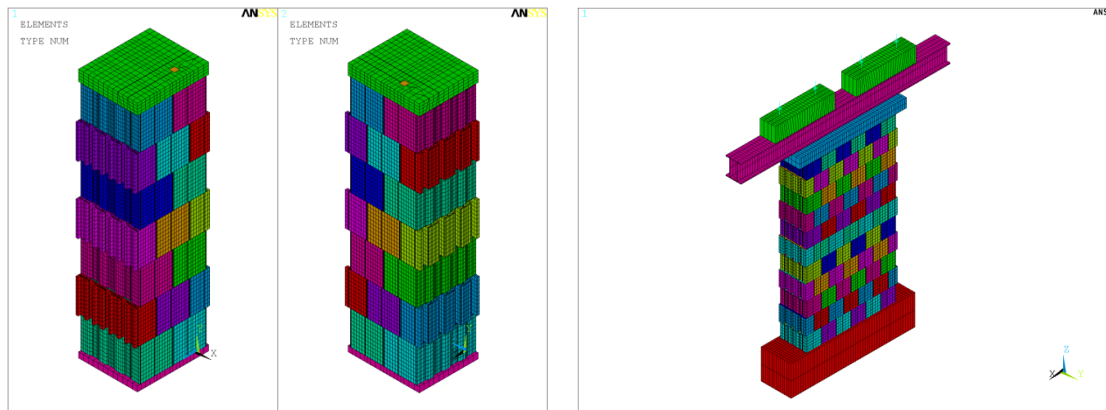
Zdivo z inovovaných keramických tvarovek je nutno před uvedením na trh odzkoušet z hlediska funkčnosti a dosažení shody s modely výpočtu podle Eurokódů 6, resp. 8, i při složitějších případech namáhání. Byly provedeny základní i rozšířené zkoušky včetně vyhodnocení. Zděné stěny z keramických tvarovek byly zkoušeny na únosnost při statickém zatížení na malých zděných stěnách, popřípadě i na stěnách a pilířích reálných

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

² Doc. Ing. Jaromír K. Klouda, CSc., EURING, Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p., Šumavská 31a, 612 54 Brno, (klouda@tzus.cz)

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

rozměrů, Obr 1a). Testování na seizmickou odolnost bylo realizováno na stěnách lišících se délkou a úrovní stálého přetížení. Stěny byly cyklicky zatěžovány až do celkového porušení. Numerické simulace experimentů posloužily pro získání doplňujících informací o chování zděných stěn z keramických bloků. Matematické analýzy byly provedeny metodou konečných prvků na detailních modelech stěn z objemových konečných prvků. Před provedením výpočtů byly určeny experimentálně vlastnosti materiálu tvarovek (moduly pružnosti, pevnosti v tahu, tlaku, tahu za ohybu apod.). Modely byly uvažovány jako geometricky a materiálově nelineární, se zahrnutím jednostranných vazeb. V případech stěn buzených cyklickým vnučeným vodorovným posuvem byly modely doplněny o model tlačného zařízení, viz Obr. 1b).



a) Model středně vysokého zděného pilíře

b) Model pro cyklické zatížení

Obr. 1 Ukázka použitých modelů

Řešením byly získány pole posunů, deformací a napětí v diskrétních bodech modelů, popřípadě reakce. Výsledky řešení byly porovnány s provedenými experimenty.

2 Závěr

Zvolený materiálový model odpovídající modelu „betonu“ s modifikovaným Drucker–Prager modelem se jeví jako vhodný pro modelování keramiky. Ukázalo se, že ve výpočtech je nutno zohlednit komplexně okrajové podmínky provedených zkoušek. Získané výsledky na výpočtových modelech velmi dobře vystihují chování zkušebních stěn nejen při statických zkouškách, ale i při experimentálním cyklickém zatížení.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl s finanční podporou projektu GAČR 14-25320S „Aspekty použití komplexních nelineárních materiálových modelů“.

Literatura

- [1] KLOUDA, J. K. Evaluation of the results of experimental research of masonry walls PTH 44 T Profi / TBM, STATIC (one- and both-sides eccentricity), *Supplement 5. Research report*, TZÚS Prague 0090-RDI, 270 pp., Unpublished, VI-2013.
- [2] KLOUDA, J. K. Evaluation of the results of experimental research of masonry walls PTH 44 T Profi / TBM, STATIC (in plane shear resistance by cyclic loading), *Supplement 6. Research report*, TZÚS Prague 0090-RDI, 294 + 82 pp., Unpublished, XI-2013.

NUMERICKÁ ANALÝZA VLIVU ZPRUŽNĚNÍ NA DYNAMICKOU ODEZVU VÝHYBKY PŘI POJEZDU VOZIDLA

NUMERICAL ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF INCREASING IN PLIABILITY
ON THE DYNAMIC RESPONSE OF TURNOUTS TO THE MOTION OF VEHICLES

Vlastislav Salajka¹, Marek Smolka², Jiří Kala³

Abstrakt

Příspěvek je věnován analýze chování výhybky při průjezdu vozidla. Analyzuje se konstrukční uspořádání uzlů upevnění při návrhu konstrukce výhybky se zpružením. Sleduje se vliv změn tuhostí upevnění na dynamické chování výhybky. Výběr zpružení realizovaný pomocí pružných podložek vychází ze statických a dynamických analýz metodou konečných prvků. Budící síly jsou určeny z interakce koleje a vozidla.

Klíčová slova

Železniční stavby, výhybky a uzly upevnění, matematický model, metoda konečných prvků, dynamické analýzy, upevnění kolejnice.

Abstract

This contribution is concerned with the analysis of the behaviour of turnouts as vehicles pass over them. The arrangement of fastening during design of flexible turnout support is analysed. The influence of changes in the stiffness of fastenings on the dynamic behaviour of turnouts is observed. The suitable choice of means of increasing flexibility via flexible pads is based on statics calculations and dynamic analyses using the finite element method. Excitation forces are determined from rail-vehicle interaction.

Keywords

Railway structures, turnouts and fastenings system, mathematical model, finite element method, dynamic analyses, rail fastenings.

1 Úvod

Při průjezdu vozidla výhybkou vzniká v oblasti výměny a v oblasti srdcovky zvýšené namáhání kolejového svršku od dynamických sil. Toto namáhání je silně ovlivněno změnou tuhostí uložení kolejnic v trati, popřípadě rázy od kol. Problematika nalezení vhodného návrhu konstrukčního uspořádání uzlů upevnění ve výhybce je základním tématem návrhu konstrukce výhybky. Při hledání optimálního návrhu uspořádání výhybek se vychází z numerických analýz zvolené výhybky včetně analýz jednotlivých uzlů upevnění výhybky s korekcemi vázanými na experiment. Pro výpočet je využita

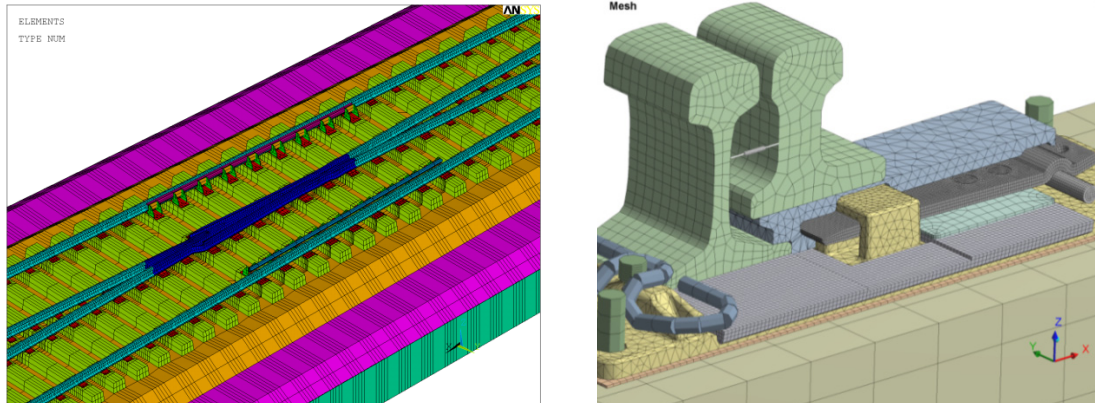
¹ Doc. Ing. Vlastislav Salajka, CSc., VUT v Brně, fakulta stavební, ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, salajka.v@fce.vutbr.cz

² Ing Marek Smolka, DT - Výhybkárna a strojírna, a.s., Dolní 3137/100, 796 01 Prostějov, smolka@dtvm.cz

³ Doc. Ing. Jiří Kala, Ph.D., VUT v Brně, fakulta stavební, ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, kala.j@fce.vutbr.cz

metoda konečných prvků (MKP), kdy jsou sestaveny podrobné globální numerické modely výhybky. Verifikované uzly upevnění s využitím dílčích MKP modelů jsou vloženy do globálních modelů výhybek, na kterých byla provedena dynamická analýza na účinky pojezdu vozidla. Variantní řešení odezev poskytlo možnost stanovit vhodného řešení konstrukčního uspořádání z hlediska pevnosti a dynamického chování s cílem prodloužení životnosti výhybek.

Pro řešení byly sestaveny globální matematické modely výhybky a dílčí modely simulující kontrolní experimenty (obr. 1). Úpravy změn tuhosti uzlů upevnění se týkají oblasti výměny a srdcovky.



a) Glob. model – oblast srdcovky a přídržnice

b) Dílčí model upevnění v oblasti výměny

Obr. 1 Výpočtové modely

Budící síly jsou určeny na základě předpokládané interakce mezi vozidlem a kolejí. Vypočtená tuhost uložení koleje ve výhybce slouží pro výpočet interaktivních kolových sil na speciálním modelu drážního vozidla. Takto získané budící síly se zpětně aplikují při výpočtu dynamických odezev. Dynamická odezva je provedena přímou integrací pohybových rovnic. Porovnávají se možnosti změn tuhosti upevnění ve výměně i pod srdcovkou a jejich vliv na odezvu. Variantní řešení odezev poskytlo možnost stanovit vhodného řešení konstrukčního uspořádání z hlediska pevnosti a dynamického chování.

2 Závěr

Lze konstatovat, že pomocí výpočtů nebylo sledováno, že zpružnění vytváří v konstrukci výhybky neočekávané změny v posunech a silovém působení. Na základě provedených výpočtů lze ukázat, že průjezd výhybkou se zpružněním je klidnější a vyrovnanější při průjezdu výměnou a srdcovkou ve srovnání s původní nezpružněnou variantou. Silové působení v konstrukci upevnění zpružněné výhybky je menší, a tedy lze očekávat menší opotřebení kolejnice a prvků upevnění a současně delší životnost výhybky jako celku.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl s finanční podporou projektu GAČR 14-25320S „Aspekty použití komplexních nelineárních materiálových modelů“.

Literatura

- [1] SALAJKA, V., SMOLKA, M. a KALA, J. Numerical Analysis of Dynamical Response in Railway Switches and Crossings. *International Conference on Applied System Innovation (ICASI 2015)*. Osaka, Japan: 2015.

NUMERICAL SUPPORT FOR SPECIMEN LOADED BY BENDING AND WEDGE SPLITTING FORCES FOR MEASUREMENT OF CONCRETE PROPERTIES

Stanislav Seitl¹, Ruben F. Diego Liedo², Táňa Holušová³

Abstract

Fracture mechanical properties of silicate based materials are performed from various fracture mechanical tests. For evaluation of parameters, the knowledge about calibration and compliance function is so important. Therefore, in contribution the compliance and calibration curves for a novel test based on combination wedge splitting test (WST) and three-point bend test (3PBT) are introduced. These selected variants exhibit significantly various stress state conditions at the crack tip, or, more generally, in the whole specimen ligament.

Keywords

Stress intensity factor, T-stress, constraint, wedge splitting test, three-point bend test, compliance function, *COD*.

1 Introduction

For evaluation of fracture mechanical properties of materials like concrete, standardized methodology is not published yet. There is only recommendation for measurement of properties RILEM.

Plot of variant of combined WST/3PBT geometry proposed for the experimental study and an example of numerical model with applied boundary conditions are shown in Fig. 1. The crack length to depth ratio a/W_{eff} varies from 0.1 to 0.9.

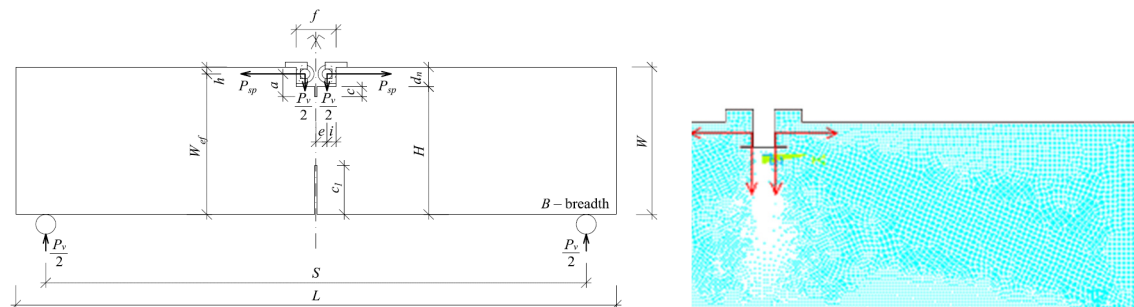


Fig. 1.: Variant of the component WST/3PBT configurations, retaken from [1].
Example of numerical model, where boundary conditions are shown.

¹ Stanislav Seitl, Assoc. prof., Ing. Ph.D., Academy of Science of the Czech Republic, Institute of Physics of Materials, Zizkova 22, 616 62 Brno and Faculty of Civil Engineering, Brno University of Technology, Veveří 331/95, Brno 602 00, Czech Republic, seitl@ipm.cz

² Ruben F. Diego Liedo, Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón, Campus de Gijón s/n, Gijon 33203, University of Oviedo, and Academy of Science of the Czech Republic, Institute of Physics of Materials, Zizkova 22, 616 62 Brno, Czech Republic, rubeliedo@hotmail.com

³ Táňa Holušová, Ing., Faculty of Civil Engineering, Brno University of Technology, Veveří 331/95, Brno 602 00, Czech Republic, holusova.t@fce.vutbr.cz

In the contribution, the numerical support for evaluation experimentally obtain data was prepared. The values of stress intensity factor and T -stress for selected load $P_{sp} = 1000 \text{ N} = 1 \text{ kN}$ are introduced (see Figs. 2 and 3). The changes of values of mentioned fracture properties are compared and discussed. These changes could be obtained modifying the specimen length to width and the span to length ratios (and/or simultaneously the wedge angle).

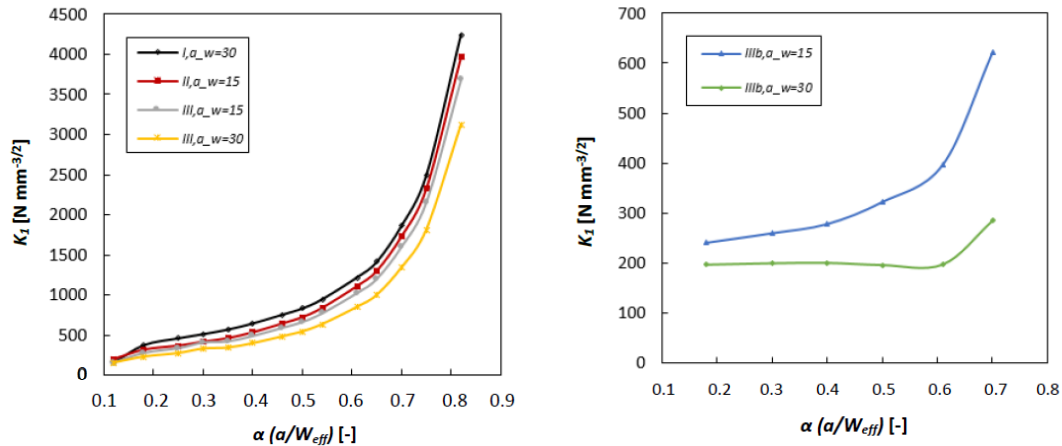


Fig. 2. SIF as function of the relative crack length α for various considered boundary conditions

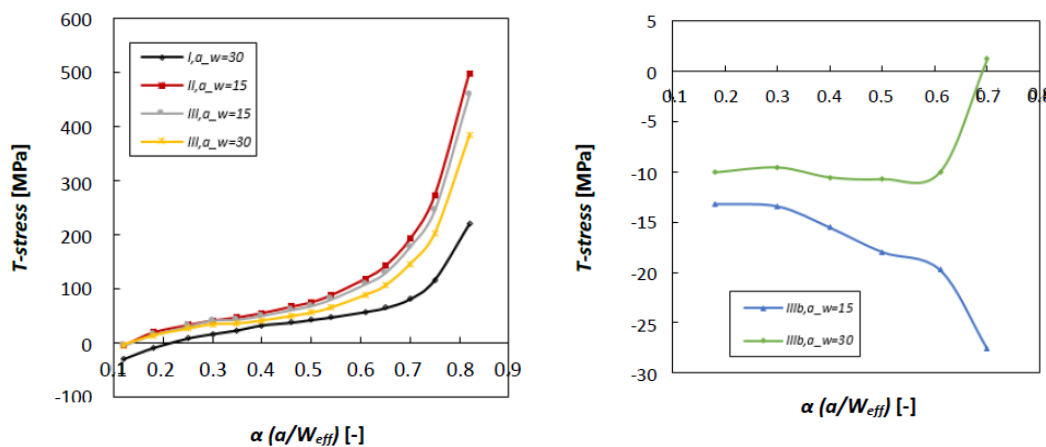


Fig. 3. T-stress as function of the relative crack length α for various considered boundary conditions.

2 Conclusion

In this paper, the combination of wedge splitting and three point bend load are numerically analyzed. Along the crack length to depth ratio shows the changes of constraint level around crack tip especial for IIIb.

Acknowledgement

The authors acknowledge the support of Czech Sciences foundation project No. 16-18702S and Brno University of Technology Project No. FAST-S-16-3475. The research was conducted in the frame of IPMinfra supported through project No. LM2015069 of MEYS.

References

- [1] VESELY, V., MERTA, I., SIMONOVA, H., SCHNEEMAYER, A., SEITL, S., KERSNER, Z. Component wedge-splitting/bending test of notched specimens with various crack/tip constraint conditions: Experiments and simulations, FraMCoS-9, 2016 (in press).

NUMERICAL SUPPORT FOR STUDY OF STRESS RATIO EFFECT ON FATIGUE CRACK BEHAVIOUR IN THREE POINT BEND SPECIMEN MADE FROM VIBRATED CONCRETE

Stanislav Seitl¹, Thomas Thienpont²

Abstract

The fatigue behaviour of concrete has become more important for the design of structures due to more slender/slim structures, which are more sensitive to fatigue loading, or due to wind turbines, which are typically exposed to high-fatigue loading. The fatigue behaviour of concrete was investigated with respect to the influence of various stress ratios. Pilot analysis of fatigue crack propagation rate in three-point bend specimens made from ordinary vibrated concrete was done.

Keywords

Stress intensity factor, fatigue crack, Paris-Erdogan law, concrete, FEM, stress ratio.

1 Introduction

The fatigue behaviour of concrete has become more important for the design of structures due to more slender/slim structures, which are more sensitive to fatigue loading, or due to wind turbines, which are typically exposed to high-fatigue loading.

This article aims to evaluate and compare the fatigue crack propagation rate in VC (vibrated concrete) for four different stress ratios using the Paris-Erdogan law, based on three-point bend test data, obtained by [1].

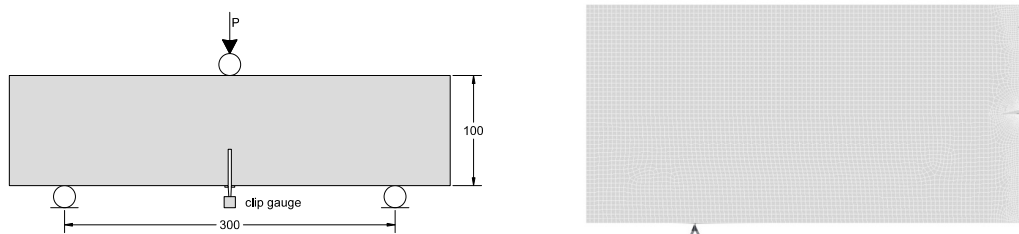


Figure 1: a) Three-point bend test setup,
b) right side of TPBT model in ANSYS: mesh and boundary conditions

The test data was obtained from static tests and by performing cyclic three-point bending tests on single edge notched specimens, while measuring the CMOD (crack mouth opening displacement) for each load cycle. In these tests, a standard value of $S/W=3$ was used, in which S is the span between the supports, and W the depth of the specimen (Figure 1.a). In the test setup, the specimens were loaded according to four stress ratios; the lower limit of the load was chosen 10 % of the average static ultimate load, for the upper limit the selected percentages were: 70 %, 75 %, 80 % and 90 %.

¹ Stanislav Seitl, Assoc. professor, Ing. Ph.D., ASCR, Institute of Physics of Materials, Zizkova 22, 616 62 Brno, and Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Veveří 331/95, Brno 602 00, Czech Republic, seitl@ipm.cz

² Thomas Thienpont, University of Ghent, Faculty of Engineering and Architecture, Belgium and Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Veveří 331/95, Brno 602 00, Czech Republic

Afterwards the data was correlated with the applied stress intensity range (da/dN - ΔK curve) corresponding to the Paris-Erdogan law. Neither the crack propagation rate da/dN or the stress intensity factor ΔK can be directly measured during a three-point bend test, therefore these values were calculated using finite element analysis software ANSYS, with a model as shown in Fig. 1.b.

In a final step, the crack propagation rate da/dN is plotted against the stress intensity ratio ΔK . As shown in Fig. 2.a, the data points with an according smaller value of ΔK don't fit the linear relationship described by the Paris-Erdogan law (grey colour). This is due to the fact that in concrete, two stages of crack growth can be observed: deceleration and acceleration. Concrete fatigue fracture in the acceleration stage follows the Paris-Erdogan law. Therefore, in order to obtain a fitting curve with a reasonable R^2 value, only the data points in the acceleration stage were used, while the grey data points were ignored. This method was used to determine the linear fitting curves for all tested stress ratios. The 10-70% and 10-75% graphs are shown in Fig. 2.b.

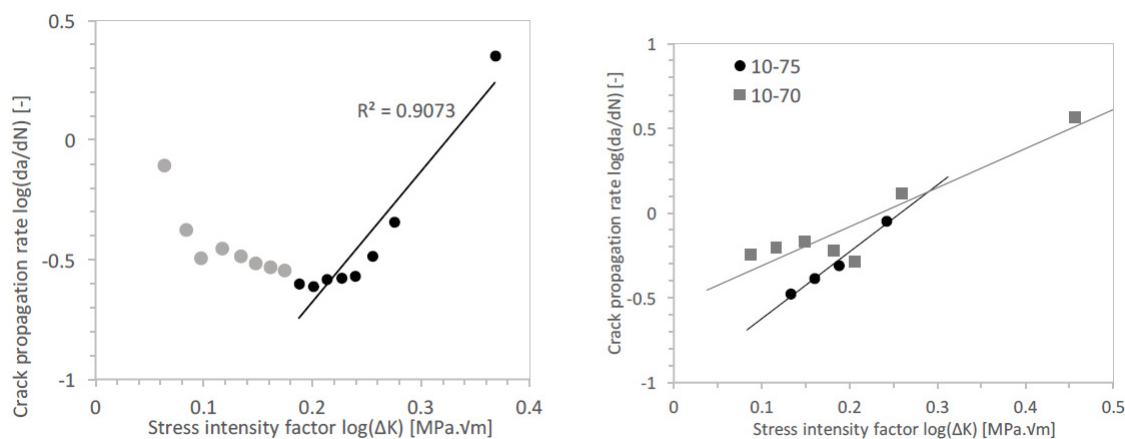


Fig. 2: a) data modified for linear curve fitting, b) fitting curves for 10-70% and 10-75%

2 Conclusion

In contribution, the effect of the stress ratios for VC was studied. The results of this study led to the following conclusion:

- The 10-75% stress ratio has a steeper linear fitting curve than the 10-70% stress ratio and therefore results in faster crack propagation, as shown in Figure 2.b.

Acknowledgement

The authors acknowledge the support of Czech Sciences foundation project No. 15-07210S and Brno University of Technology Project No. FAST-S-16-3475. The research was conducted in the frame of IPMinfra supported through project No. LM2015069 of MEYS.

References

- [1] KORTE, S., BOEL, V., DE CORTE, W. and DE SCHUTTER, G. (2014). Static and fatigue fracture mechanics properties of self-compacting concrete using three-point bending tests and wedge-splitting tests. *Construction and Building Materials*, 57, 1–8. ISSN: 0950-0618.

MODIFIED COMPACT TENSION SPECIMEN FOR EXPERIMENTS ON CEMENT BASED MATERIALS: COMPARISON OF 2D AND 3D SOLUTIONS

Stanislav Seitl¹, Viliam Vizlay²

Abstract

The evaluation of fracture mechanics parameters of materials has become very important part of considering the condition of older constructions as well as properties of newly developed materials. This paper is focused on a numerical simulation of modified compact tension test configuration that is possible to very easily prepare from drill core. The main focus is to compare outputs from 2D (plane strain conditions) and 3D solution. Finite element software ANSYS was used.

Keywords

Linear-elastic fracture mechanics, modified compact tension test, stress intensity factor, T -stress, biaxiality factors, constraint.

1 Introduction

The modified compact tension test [3] is a quite new test configuration to obtain fracture mechanics parameters of materials in laboratory conditions. A detailed research needs to be done before using the configuration widely. This test is derived from classic compact tension test [4][2], which is being used primarily to obtain fracture mechanics parameters of metallic materials.

The main advantage of modified compact tension test is a round shape of the specimens which makes it appropriate for testing cement based composites. Due to its shape it is easy to prepare specimens both ways: from the core drill as well as from the fresh concrete mixture. The geometry of the specimen is shown in Fig. 1.

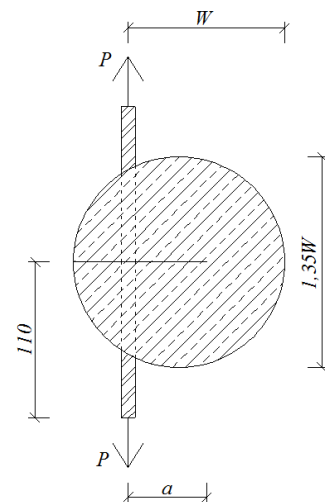


Fig. 1: Modified compact tension specimen

2 Numerical simulation

In this paper the 2D and 3D solution will be compared in a range of two-parameter fracture mechanics (see i.e.[2]). A diameter of specimen used for simulations was $D = 150$ mm, a length of the steel bars was 110 mm on each side of the specimen and a loading force $P=1500$ N. A relative crack length a/W varied from 0.1 to 0.9 in steps of 0.1. The finite element software ANSYS was used for numerical analysis [1].

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

² Viliam Vizlay, Ing., Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Veveří 331/95, Brno 602 00, Czech Republic, vizlay.v@fce.vutbr.cz

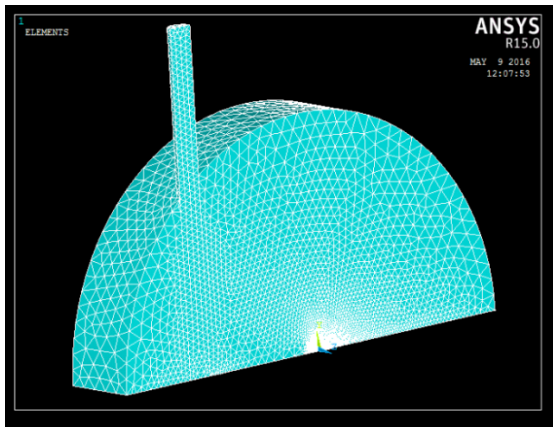


Fig. 2: Final model with finite element mesh

The density of the mesh was intensified near the crack tip, where average size of the element was 0.2 mm. The advantage of symmetric specimen was taken and so only 1/4 of model was built. The symmetric boundary conditions were applied along the vertical cross-section. A ready model is shown in Fig. 2.

3 Results and conclusions

The output of the simulations were calibration curves for 4 different fracture mechanic parameters: stress intensity factor (normalized as B_1 factor), T -stress (B_2 factor), compliance function for opening displacement under the loading force (COD) and for opening displacement at the crack mouth (CMOD). The selected output values were plotted onto graphs which are showed in Figs. 3-4.

The output of the simulations were calibration curves for 4 different fracture mechanic parameters: stress intensity factor (normalized as B_1 factor), T -stress (B_2 factor), compliance function for opening displacement under the loading force (COD) and for opening displacement at the crack mouth (CMOD). The selected output values were plotted onto graphs which are showed in Figs. 3-4.

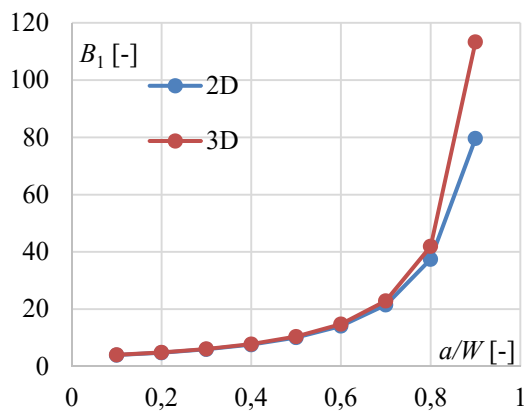


Fig. 3: Values of dimensionless B_1 factor (stress intensity factor)

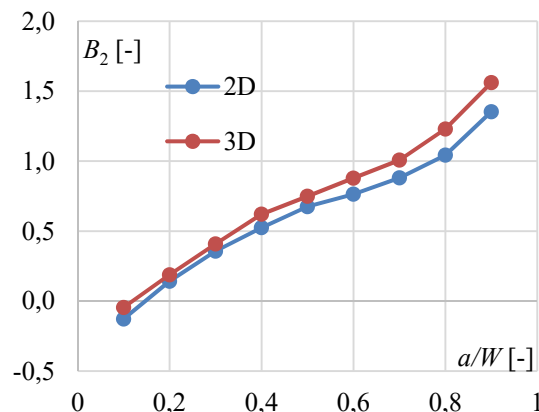


Fig. 4: Values of dimensionless B_2 factor (T -stress)

Acknowledgement

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

References

- [1] ANSYS Reference, www.ansys.com
- [2] KNÉSL, Z., and BEDNÁŘ, K. Two Parameter fracture mechanics: Calculation of parameters and their values, Institute of Physics of Materials Academy of Science of the Czech Republic, 1998
- [3] SEITL, S., VISZLAY, V., CIFUENTES, H., CANTELI, A., Effects of specimen size and crack depth ratio on calibration curves for modified compact tension specimens, Transactions of the VŠB – Technical University of Ostrava Civil Engineering Series, No. 2, Vol. 15, 2015, paper #23
- [4] TADA, H., PARIS, P. C., IRWIN, R. G. The Stress Analysis of Cracks Handbook (3rd Edition). New York: ASM International. 2000, 696 s.

ANALÝZA ROZSAHU VHODNÉ APROXIMACE POLE NAPĚTÍ V TĚLESE S TRHLINOU POMOCÍ WILLIAMSOVY ŘADY

ANALYSIS OF EXTENT PROPER APPROXIMATION OF STRESS FIELD IN CRACKED BODY USING WILLIAMS EXPANSION

Jakub Sobek¹, Petr Frantík², Václav Veselý³

Abstrakt

Příspěvek se zaměřuje na analýzu rekonstrukce pole napětí kolem existující trhliny. Samotná rekonstrukce je provedena pomocí teorie lineární elastické lomové mechaniky, konkrétně její víceparametrové podoby. Hledá se vhodný výběr uzlů elastického MKP řešení, z jejichž výsledků jsou prostřednictvím užitých regresních procedur získány tvarové funkce Williamsova řešení pro pole napětí a deformací v tělese s trhlinou. Klíčový význam výběru uzlů je ilustrován na vybraných variantách.

Klíčová slova

Multiparametrová lomová mechanika, Williamsova řada, přeurtitá metoda.

Abstract

The paper focuses on the analysis of the crack-tip stress field reconstruction. The reconstruction is performed using the linear elastic fracture mechanics theory, specially its multi-parameter formulation. Suitable nodal selection is searched from the elastic FE solution around the crack tip. From its results the higher order terms of Williams expansion for solution of stress and displacement field are obtained by using the regression procedure. The crucial nodal selection is illustrated by selected variants.

Keywords

Multi-parameter fracture mechanics, Williams expansion, over-deterministic method.

Úvod

Při využití prostředků, které nám poskytuje lineární elastická lomová mechanika (LELM) [1] rozšířená ve víceparametrovou variantu, se zákonitě dostáváme do bodu, kdy se určení parametrů, které tuto teorii doprovází, jako jsou zobecněné členy Williamsova řešení [2] v podobě tvarových funkcí, věnuje zvláštní pozornost. V literatuře prezentované hybridní trhlinové prvky (HCE [3]), stejně jako přeurtitá metoda (over-deterministic method, ODM [4]) či další výpočetní postupy, založené na extrapolaci uzlových posunů, uvažovali výběr uzlů, jejichž výsledky se dále zpracovávaly, z bezprostřední vzdálenosti u vrcholu trhliny. Pro určení klasických

¹ Ing. Jakub Sobek, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, tel.: (+420) 541 147 116, e-mail: sobek.j@fce.vutbr.cz

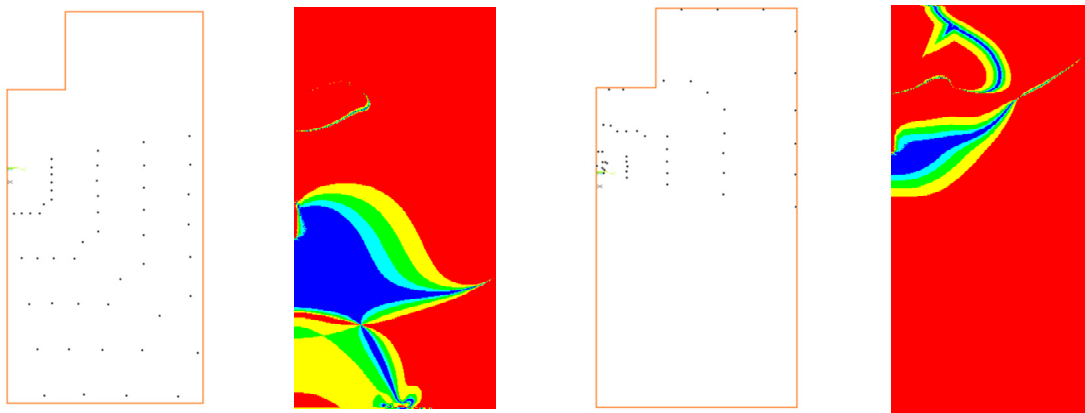
² Ing. Petr Frantík, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, tel.: (+420) 541 147 376, e-mail: kitnarf@centrum.cz

³ doc. 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.vl@fce.vutbr.cz

parametrů LELM (K -faktor, T -napětí) to je zcela dostačující. Co když ale přesuneme pozornost na odhad pole napětí či deformací ve větší vzdálenosti od vrcholu trhliny, kde už K či $K + T$ dominance neplatí? Tomu problému se věnuje tato práce; studuje se využití rozdílného uzlového výběru v porovnání s klasickým (běžným) přístupem, kdy jsou uvažovány uzly MKP sítě v bezprostředním okolí vrcholu trhliny, často v pravidelném vzoru.

Pro analýzu je vybráno zkušební těleso určené pro testování v konfiguraci štípáním klínem (těleso je porušováno tahem přes čepy ocelového klínu – odtud anglický název wedge-splitting test, WST), které již autoři článku analyzovali v předchozí práci [5]. Pro srovnání je vybrán prstenec uzlů kolem vrcholu trhliny ze vzdálenosti 5 mm a rozdíly mezi jednotlivými uzlovými výběry jsou analyzovány prostřednictvím vyvinuté Java aplikace, která umožňuje procentuálně zobrazovat odchylky od „přesného“ řešení průběhu napětí (MKP řešení).

Na Obr. 1 jsou naznačeny rozdíly v přesnosti aproximace pole napětí ve WST tělese pro vybrané selekce uzlů.



Obr. 1: Ukázka výběru uzlů a jejího vlivu na přesnost aproximaci pole napětí (modrá – chyba do 5 %, zelená – chyba do 20 %, červená – chyba nad 40 %)

Poděkování

Výzkum byl realizován za finanční podpory VUT v Brně (projekt standardního specifického vysokoškolského výzkumu FAST-S-16-3475).

Literatura

- [1] ANDERSON, T. L. *Fracture mechanics. Fundamentals and Applications*. Boca Raton: CRC Press, 2005.
- [2] WILLIAMS, M. L. On the stress distribution at the base of a stationary crack. *ASME J Appl Mech.*, 1957, č. 24, s. 109–114.
- [3] KARIHALOO, B. L., H. ABDALLA a Q. Z XIAO. Coefficients of the crack tip asymptotic field for wedge splitting specimens. *Engineering Fracture Mechanics*, 2003, č. 70, s. 2407–2420.
- [4] AYATOLLAHI, M.R. a M. NEJATI. An over-deterministic method for calculation of coefficients of crack tip asymptotic field from finite element analysis. *Fatigue Fract Engng Mater Struct.*, 2010, č. 34, s. 159–176.
- [5] VESELÝ, V., J. SOBEK, P. FRANTÍK a S. SEITL. Multi-parameter approximation of the stress field in a cracked body in the more distant surroundings of the crack tip. *International Journal of Fatigue*, 2016.

EXPERIMENTAL AND NUMERICAL INVESTIGATIONS OF THE INFLUENCE OF REAL CRACKS ON CHLORIDE INGRESS IN CONCRETE

Corina Sosdean ¹, Liviu Marsavina ², Geert De Schutter ³

Abstract

This paper presents both the experimental and numerical results of a study conducted in order to determine the influence of real cracks on chloride ingress in concrete. A 3D model was developed based on the FEM. Chloride ingress was simulated in both uncracked and cracked concrete. Good agreement was found when comparing the numerical results with the experimental ones.

Keywords

Experimental program, numerical simulation, real cracks, chloride ingress.

1 Experimental program and numerical simulation

40 cores of 100 mm diameter and 50 mm thickness, obtained from various locations from a cracked RC slab of 140 mm thickness and 1800 mm wide, having the total length of 14.30 m exposed to an artificial failure of the central support and subsequent vertical loading until collapse [1], were used in this study. The obtained samples can be categorized in four main groups: samples without cracks and without rebars (S), samples with cracks and without rebars (SC), samples without cracks and with rebars (SR), samples with cracks and with rebars (SCR). For each particular sample, geometric characteristics such as crack width and crack orientation were determined. A non-steady state migration test was performed according to [2] on the obtained concrete samples and after the test, the samples were split and sprayed with 0.01N AgNO₃ solution and the chloride penetration profile was determined by using the colorimetric method [3]. The average chloride depth (x_d) and the chloride depth near the crack (x_c) were determined and the chloride migration coefficient (D_{nssm}) was calculated according to Equation 1:

$$D_{nssm} = \frac{RT}{z \cdot FE} \cdot \frac{x_d - \alpha \sqrt{x_d}}{t} \quad (1)$$

Also, the crack width of each sample was measured according to a three step procedure.

A 3D model was then developed using the Abaqus/Standard software based on the FEM, when in order to simulate chloride ingress, the following parameters: diffusion coefficient (D), initial chloride concentration (c) and the applied chloride concentration (C), determined experimentally were used as simulation parameters. Chloride ingress

¹ Dr.-Ing. Corina Sosdean, Politehnica University of Timisoara, Department Strength of Materials, Blvd. M. Viteazu, No. 1, Timisoara 300222, Romania, email: corina.sosdean@yahoo.com

² Dr.-Ing. Liviu Marsavina, Politehnica University of Timisoara, Department Strength of Materials, Blvd. M. Viteazu, no. 1, Timisoara 300222, Romania, email: msvina@mec.upt.ro

³ Dr.-Ing. Geert De Schutter, Ghent University, Magnel Laboratory for Concrete Research, Department of Structural Engineering, Technologiepark-Zwijnaarde 904, B-9052 Ghent, Belgium, email: Geert.DeSchutter@UGent.be

was simulated considering geometries consisting in a cylinder with 100 mm diameter and 50 mm thickness in accordance with the reference samples used in the experimental part. The mesh was realized using 3D 20- node quadratic elements, each element having the size of 2 mm x 2 mm x 2 mm. The chloride concentration was applied as a boundary condition. Chloride penetration was simulated in reference samples and on samples with cracks in which case half of cylinder was modeled in order to reduce the size of the model.

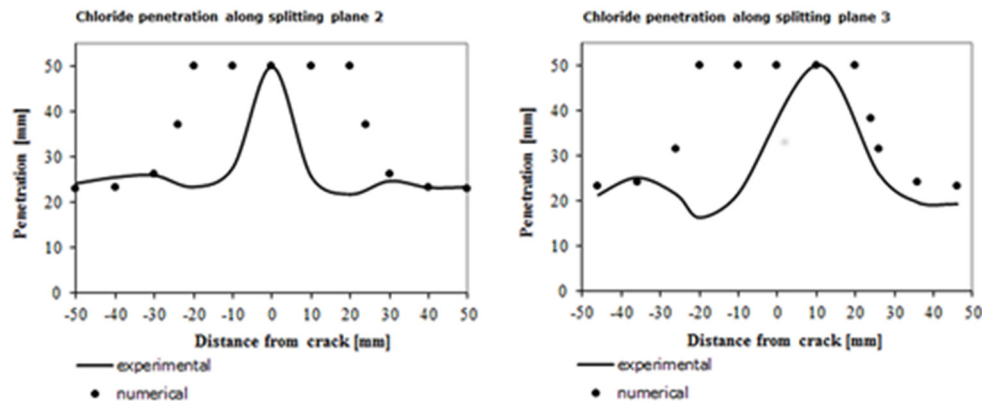


Fig. 1. Comparison between experimental and numerical results for sample with crack (in accordance with [4])

2 Conclusion

As a conclusion, based on the numerical results which agree fairly well with the experimental ones, it can be said that the proposed numerical model seems to be a good tool to simulate chloride ingress in uncracked and cracked concrete.

Acknowledgements

This work was done in the framework of Bilateral Scientific Agreement between Ghent University, Belgium and Politehnica University of Timisoara, Romania. Also, the financial support by the Special Research Fund (BOF) of Ghent University is gratefully acknowledged.

References

- [1] GOUVERNEUR, D. et al. Experimental investigation of the load-displacement behavior under catenary action in a restrained reinforced concrete slab strip. *Engineering Structures*, vol. 49, pp.1007-1016 (2013).
- [2] NT BUILD 492. *Concrete, Mortar and Cement-Based Repair Materials: Chloride Migration Coefficient from Non-steady-state Migration Experiments*. Nordtest, 1999.
- [3] OTSUKI, N. et al. Evaluation of AgNO₃ solution spray method for measurement of chloride penetration into hardened cementations matrix materials. *ACI Materials Journal*, 89 (6), pp. 587-592 (1992).
- [4] SOSDEAN, C. (2015). *Experimental and numerical investigations of the influence of cracks on mass diffusion in mortar and concrete* (PhD thesis), Politehnica University of Timisoara, Timisoara, Romania.

VLIV TUHOSTI ZKUŠEBNÍHO ZAŘÍZENÍ NA STANOVENÍ LOMOVÝCH PARAMETRŮ KOMPOZITU NA BÁZI ALKALICKY AKTIVOVANÉ STRUSKY

INFLUENCE OF TEST EQUIPMENT STIFFNESS ON DETERMINATION OF FRACTURE
PROPERTIES OF ALKALI-ACTIVATED SLAG COMPOSITE

Hana Šimonová¹, Pavel Schmid², Petr Daněk³, Pavel Rovnaník⁴, Libor Topolář⁵,
Petr Frantík⁶, Zbyněk Keršner⁷, Václav Veselý⁸

Abstrakt

V článku je demonstrován vliv tuhosti zkušebních zařízení na hodnoty lomově-mechanických parametrů stanovených ze záznamů na nich provedených zkoušek na tělesech z kompozitu na bázi alkalicky aktivované strusky.

Klíčová slova

Lomový test, třibodový ohyb, tuhost zkušebního stroje, lomová houževnatost, lomová energie, alkalicky aktivovaná struska.

Abstract

Main aim of this paper is to show an influence of the stiffness of testing machines on the values of mechanical fracture properties determined from records of tests conducted on these machines. The material under investigation is alkali-activated slag composite.

Keywords

Fracture test, three-point bending, testing machine stiffness, fracture toughness, fracture energy, alkali-activated slag.

1 Úvod

Lomové parametry materiálů se stanovují na základě vyhodnocení lomových testů na tělesech s koncentrátorem napětí. Pro zkoumání je v tomto příspěvku zvolen kompozitní materiál na bázi alkalicky aktivované strusky (AAS). Byly připraveny zkušební vzorky ve tvaru trámů s centrálním zářezem. Lomové testy třibodovým ohybem těles se prováděly na dvou různých zkušebních strojích: Heckert FP 10/1 (F) a LabTech 6.1000 (A). Diagramy zatížení vs. posun z testů byly vyhodnoceny pomocí modelu efektivní

¹ Ing. Hana Šimonová, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, Česká republika, simonova.h@fce.vutbr.cz

² doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D., dtto, Ústav stavebního zkušebnictví, schmid.p@fce.vutbr.cz

³ Ing. Petr Daněk, Ph.D., dtto, Ústav stavebního zkušebnictví, danek.p@fce.vutbr.cz

⁴ doc. Ing. Pavel Rovnaník, Ph.D., dtto, Ústav chemie, rovnanik.p@fce.vutbr.cz

⁵ Mgr. Libor Topolář, Ph.D., dtto, Ústav fyziky, topolar.l@fce.vutbr.cz

⁶ doc. Ing. Petr Frantík, Ph.D., dtto, Ústav stavební mechaniky, kitnarf@centrum.cz

⁷ prof. Ing. Zbyněk Keršner, CSc., dtto, Ústav stavební mechaniky, kersner.z@fce.vutbr.cz

⁸ doc. Ing. Václav Veselý, Ph.D., dtto, Ústav stavební mechaniky, vesely.v1@fce.vutbr.cz

trhliny a metody lomové práce; výsledky se porovnávaly s ohledem na použité zkušební zařízení. Hodnocené/naměřené základní lomově-mechanické parametry byly: modul pružnosti, efektivní lomová houževnatost a specifická lomová energie. Během prováděných zkoušek byly zaznamenávány také signály akustické emise.

2 Výsledky vyhodnocení lomových testů

Výsledky vyhodnocení provedených testů jsou uvedeny v Tab. 1 a 2 ve formě aritmetických průměrů a variačních koeficientů vždy ze tří měření sledovaného parametru. Tab. 1 shromažďuje sledované lomově-mechanické parametry – statický modul pružnosti E , efektivní hodnotu kritické délky trhliny a_{ec} , efektivní lomovou houževnatost K_{Ic} a specifickou lomovou energii G_F . V Tab. 2 jsou uvedeny vybrané parametry akustické emise ve dvou úrovních sledování procesu zatěžování, a sice do vrcholu F - d diagramu (F_{max}), respektive diagramu včetně sestupné větve; jde o počet událostí N_{AE} , dobu trvání signálů D_{AE} , amplitudu signálů A_{AE} , energii signálů E_{AE} .

Parametr	AAS F	AAS A
E [GPa]	12,9 (5,5)	14,9 (4,7)
a_{ec} [mm]	19,8 (6,3)	19,8 (8,6)
K_{Ic} [MPa(m) ^{1/2}]	0,756 (3,5)	0,825 (9,4)
G_F [J/m ²]	–	113,5 (17,3)

Tab. 1: Hodnoty aritmetických průměrů lomově-mechanických parametrů (variační koeficienty v %)

Parametr	AAS_F (do F_{max})	AAS_F	AAS_A (do F_{max})	AAS_A
N_{AE} [-]	10 (2,6)	48 (1,4)	8 (5,9)	264 (0,6)
D_{AE} [μs]	1276 (0,3)	1431 (0,4)	1301 (0,8)	1316 (0,1)
A_{AE} [mV]	2761 (0,8)	2744 (0,3)	2821 (2,4)	2861 (0,2)
E_{AE} [V·s]	$7,00 \cdot 10^{-3}$ (5,6)	$62,37 \cdot 10^{-3}$ (0,9)	$6,44 \cdot 10^{-3}$ (9,9)	$252,2 \cdot 10^{-3}$ (1,4)

Tab. 2: Hodnoty aritmetických průměrů sledovaných parametrů AE (variační koeficienty v %) z části zatěžování do zatížení F_{max} a s využitím celého F - d diagramu

3 Závěry

V příspěvku byl na příkladu lomových testů na zkušebních tělesech z kompozitu na bázi alkalicky aktivované strusky demonstrován vliv tuhosti zkušebních zařízení FP 10/1 a LabTech 6.1000 na stanovené hodnoty lomově-mechanických parametrů a měřené parametry akustické emise. Ukázalo se, že nedostatečná tuhost lisu FP 10/1 a jeho příslušenství ovlivní především možnost určení relevantní hodnoty specifické lomové energie.

Poděkování

Tento příspěvek vznikl za finanční podpory Grantové agentury České republiky, projekt 16-18702S AMIRI, a projektu LO1408 AdMaS UP – Pokročilé materiály, konstrukce a technologie, podporovaného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky v rámci Národního programu udržitelnosti I.

VPLYV TVARU ZAČIATOČNEJ DEFORMÁCIE NA STABILITU A KMITANIE PRÚTA

INFLUENCE OF MODE OF INITIAL DEFORMATION ON STABILITY AND VIBRATION OF BEAM

Luboš Šnirc¹, Ján Ravinger²

Abstrakt

Pri analýze únosnosti prútov namáhaných tlakom ako najnepriaznivejší tvar začiatočnej deformácie je tvar zodpovedajúci vybočeniu prúta pri minimálnej kritickej sile. Pri kĺbovo podopretom prúte je druhá kritická sila $n^2=4$ -krát vyššia než prvá. Štvorec druhej vlastnej kruhovej frekvencie je $n^4=16$ -krát vyšší. Vzniká otázka ako ovplyvňuje tvar začiatočného zakrivenia chovanie sa prútov z hľadiska stability a kmitania.

Kľúčové slová

Stabilita, kmitanie, geometricky nelineárna úloha, metóda konečných prvkov.

Abstract

Mode of buckling related to minimum elastic critical load is the unpleasant mode of initial deformation for evaluation of load bearing capacity of beam loaded in compression. In the example of simply supported beam the second elastic critical load is $n^2=4$ -times higher than the lowest elastic critical load. Second square of circular frequency is $n^4=16$ -times higher. We are standing in front of a question of influence of mode on initial imperfection for behaviour of stability and vibration of beams.

Keywords

Stability, vibration, geometric non-linear problem, finite element method.

1 Úvod

Začiatočná deformácia prúta patrí do kategórie začiatočných nedokonalostí konštrukcie (initial imperfections). Začiatočné nedokonalosti vystupujú do popredia v príkladoch stability prútov. Pre riešenie úloh stability musíme použiť geometricky nelineárnu analýzu. Ak ku problému stability pridáme zotrvačné sily hmoty, tak úlohu extrapolujeme do dynamiky a všetky problémy sa znásobujú.

2 Geometricky nelineárna úloha stability a dynamiky

Pri riešení nelineárnych úloh sa presadila tzv. prírastková formulácia, ktorá vedie na systém podmienkových rovníc v tvare

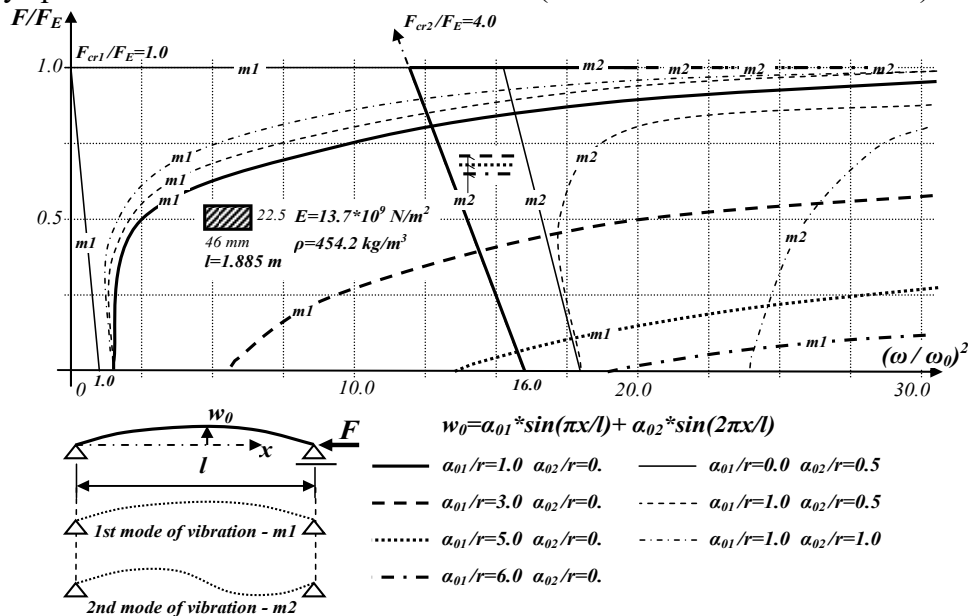
$$\mathbf{K}_M \Delta \dot{q} + \mathbf{K}_{INC} \Delta q + \mathbf{F}_{INT} - \mathbf{F}_{EXT} - \Delta \mathbf{F}_{EXT} = \mathbf{0} \quad (1)$$

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)

3 Stabilita a kmitanie prúta

Základným príkladom pre kombináciu stability a kmitania je prút kľbovo podopretý na koncoch zaťažený osovou silou. Obr. 1 ukazuje závislosť medzi zaťažením a štvorcem vlastnej kruhovej frekvencie. Vidíme, že aj keď prút má tvar začiatočnej deformácie v „tvare 2“ tak tvar kmitania je „tvar 1“ (tenké čiary). Na to, aby prút kmital v „tvare 2“ musí byť pomerne veľká začiatočná deformácia (hrubá bodkočiarkovaná čiara).



Obr. 1: Stabilita a kmitanie prúta pri rôznych tvaroch začiatočnej deformácie

4 Záver

Začiatočná deformácia predurčuje chovanie sa konštrukcie hlavne pri stabilnom type namáhania. Závažný jav je možnosť vzniku „preskokov“. Je to efekt prudkej zmeny tvaru deformácie. Toto je nežiaduci jav v mechanizme chovania sa konštrukcie. Práve rozbor tvaru začiatočnej deformácie v kontexte na tvary vybočenia umožňuje odhadnúť možnosť vzniku tohto javu.

Pod'akovanie

Predložený článok bol realizovaný vďaka podpore agentúra VEGA č.1/0272/15

Literatúra

- [1] BAŽANT, Z. P. – CEDOLIN, L. *Stability of Structures: Elastic, Inelastic, Fracture and Damage Theories*. Oxford University Press, New York, Oxford, 1991.
- [2] BOLOTIN, V. V. *The Dynamic Stability of Elastic System*. Holden Day. San Francisco, 1994.
- [3] VOLMIR, A.S. *Nelinejnaja dinamika plastinok i oboloček. (Non-Linear Dynamic of Plates and Shells)*. Nauka, Moskva, 1972. (V ruštine)
- [4] RAVINGER, J. – KLEIMAN, P. Natural Vibration of Imperfect Columns and Frames. *Building Research Journal*. Vol. 50, No 1., 2002, 49-67.
- [5] RAVINGER, J.: *Stability & Vibration*. STU Bratislava, 2012.

THE PULLEY ELEMENT

Hynek Štekbauer¹

Abstract

Pulley is used in number of structures for its mechanical advantage. This paper presents approach for calculation of pulley-cable system using special pulley element in finite element method. The Lagrange multipliers method and the Penalty method are used to definition of pulley element. Both approaches are easy to implement in general FEM codes and described in this paper.

Keywords

Pulley, Finite element method, Penalty stiffness, Lagrange multiplier.

1 Introduction

Pulleys are used in many buildings and machine structures for its structural simplicity and mechanical advantage due to transfer forces. The set of pulleys often creates complex and complicated systems therefore various pulley elements were proposed [1, 2, 3]. This paper presents other algorithm that do not need to work with stiffness of cables connected to pulley therefore the algorithm is easy to implement in general FEM codes. It is also possible to divide cable between pulleys to more finite elements.

2 Pulley element definition

Pulley element is defined by transformation matrixes of connected cables and three nodes (Fig.2). Two end nodes of cables (N1, N3) and one node interpreting pulley (N2). Radius of pulley is neglected and all three nodes are at the same place.

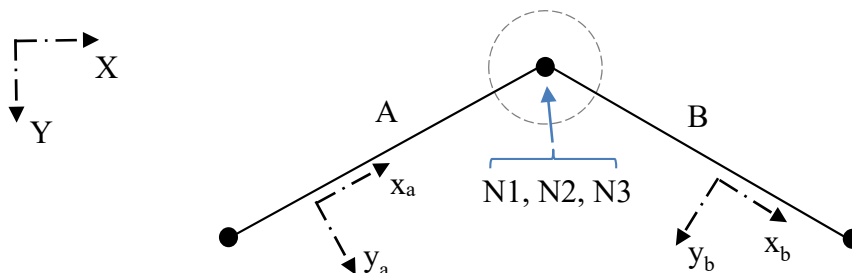


Fig. 2: Idealized pulley

3 Conclusion

New algorithm for calculation of pulleys is proposed using the finite element method. Radius of pulley is neglected and condition for three nodes on each pulley is defined

¹ Ing. Hynek Štekbauer, Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, Institute of Structural Mechanics, Veveří 331/95, Brno, 602 00, Czech Republic, e-mail: stekbauer.h@fce.vutbr.cz

(pulley node and two ends of connected cables). Two methods for pulley element formulation are described, the Lagrange multiplier method and the Penalty method, both with its advantages and disadvantages. The proposed element is used in example and found to be able to provide accurate results corresponding to analytical solution.

Acknowledgement

This outcome has been achieved with the financial support of Brno University of Technology under project No. FAST-J-16-3558. The support is gratefully acknowledged.

References

- [1] AUFAURE, M. A finite element of cable passing through a pulley. *Computers & Structures*. Elsevier, 1993, Vol. 46, no.5, pp. 807-812. ISSN 0045-7949
- [2] JU, F. & CHOO, Y. Dynamic Analysis of Tower Cranes. *Journal of Engineering Mechanics*. American Society of Civil Engineers, 2005, Vol. 131, no.1, pp. 88-96. ISSN 0733-9399
- [3] JU, F. & CHOO, Y. Super element approach to cable passing through multiple pulleys. *Mechanics International Journal of Solids and Structures*. Elsevier, 2005, Vol. 42, no.11-12, pp. 3533-3547. ISSN 0020-7683

NUMERICKÝ MODEL PŘESÝPANÉHO MOSTU

NUMERICAL MODEL OF MONIER ARC BRIDGE

Jakub Vašek¹

Abstrakt

Tématem tohoto článku je analýza železobetonové mostní konstrukce. Jedná se o realizovaný klenbový přesýpaný mostní objekt. Rozpětí mostu je 17,5 m a vzepětí 2,0 m. Unikátním parametrem konstrukce je malá tloušťka klenby, která ve vrcholu dosahuje 400 mm. V článku je uveden popis vytvořeného numerického modelu z programu Scia Engineer, který také zohledňuje účinky podloží.

Klíčová slova

Numerický model, model podloží, přesýpaný klenbový most, rekonstrukce.

Abstract

The theme of this article is to analyze the reinforced concrete bridge structure. This is constructed Monier arc bridge structure. The span of the bridge is 18.5 meters and a rise of 2.0 meters. The unique design parameter is small thickness of the arch, which was designed in a peak of arch 400 millimeters. The article gives a description of created a numerical model of Scia Engineer, which also takes into account the effects of subsoil.

Keywords

Numerical model, subsoil model, Monier arc bridge, reconstruction.

1 Úvod

Na mostních objektech probíhají v pravidelných intervalech mostní prohlídky, které mají za účel prověřit most z hlediska stavebně-technického stavu, zatížitelnosti a použitelnosti.

Předložený článek se zabývá statickou analýzou návrhu nové konstrukce mostu v obci Laškov. Hlavní mostní prohlídkou byl zařazen stav spodní stavby a nosné konstrukce do skupiny V-špatný. Most byl z hlediska použitelnosti zařazen do skupiny IV-omezeně použitelný. Na základě technického stavu konstrukce bylo přistoupeno k opravě nosné konstrukce. Projekční kancelář Dopravoprojekt Ostrava a.s., v jejíž spolupráci byl tento článek vyhotoven, zpracovávala projektovou realizační dokumentaci včetně statického posouzení nosné konstrukce.

2 Technické údaje modelovaného mostu

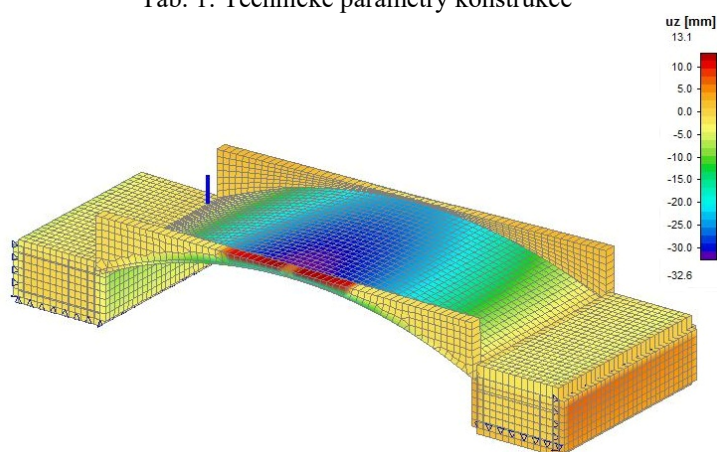
Zmíněný mostní objekt se nachází v Olomouckém kraji v obci Laškov. Most převádí silnici druhé třídy přes místní potok Šumice. Směrově je komunikace vedena v přímé

¹ Ing. Jakub Vašek, VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, student oboru Teorie konstrukcí, L. Poděště 1875/17, CZ 708 33 Ostrava Poruba, jakub.vasek@vsb.cz

a na mostě začíná přechodnice oblouku (o poloměru 40 m). Jedná se o železobetonovou přesýpanou klenbovou konstrukci. Základní parametry mostu, ze kterých vycházel i numerický model, jsou uvedeny v následující tabulce.

Délka přemostění	17,00 m
Délka mostu	31,06 m
Délka nosné konstrukce	17,00 m
Rozpětí jednotlivých polí	18,50 m
Šikmost mostu	levá (76,75°)
Šířka mostu	9,10 – 10,47 m
Stavební výška	1,01 m

Tab. 1: Technické parametry konstrukce



Obr. 1: Hodnoty svislých deformací u_z [mm] pro nejnepříznivější kombinaci zatížení

3 Závěr

Předložený článek se zabývá analýzou konstrukce přesýpaného klenbového mostu v Laškově. Statický výpočet byl proveden v programu Scia Engineer. V numerickém modelu byl zohledněn zejména vliv podloží včetně konkrétně modelované spodní stavby mostu. Tato analýza vedla k návrhu konstrukčního řešení mostu obdobného stavu před rekonstrukcí. Také bylo možno vytvořit subtilní tvar nosné konstrukce klenby.

Z numerické analýzy byly určeny návrhové vnitřní síly v podélném i příčném směru klenby. Rozhodujícím zatěžovacím stavem pro návrh byl stanoven model zatížení LM1. Svislé deformace pro vrchol klenby a nejnepříznivější kombinaci zatížení dosahovaly 32,6mm.

Poděkování

Článek vznikl za podpory společnosti Dopravoprojekt Ostrava a.s., která se podílela na tvorbě realizační dokumentace stavby.

Literatura

- [1] SCIA ENGINEER 2015. Komerční software. Verze 15.1.136. [on-line]. <<http://15.scia-engineer.com/>>. Nemetschek AG, München, Německo, 2015.
- [2] ČSN EN 1991-2. Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou*. Praha: Český normalizační institut, 2005.

ALGORITHM AND PROGRAM OF ANALYSIS OF TASK OF DEFINITION OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF STRUCTURALLY INHOMOGENEOUS PRISMATIC STRUCTURES

Mamuka Vazagashvili¹, Irma Gogoladze², Badri Churchelauri³, Zviad Churchelauri⁴

Abstract

Is developed the program complex that would be applied for solution of model tasks of dynamics of structurally inhomogeneous prismatic structures, for analysis of complex structures, for research of effects, originating in structurally inhomogeneous prismatic structures.

Keywords

Prismatic structure, dynamics, algorithm, rod, shell.

1 Introduction

Trends of development of the construction industry, aerospace engineering, shipbuilding, chemical and power engineering and many other branches of modern technology are characterized by the increasing complexity of design solutions at design of various objects, which are usually presented by thin-walled spatial structures and on one hand makes raise requirements for the reliability of these objects in operation, and on the other hand - to reduce its weight and material consumption.

At the design of complex structures, along with the traditional metallic materials increasingly are applied polymeric materials and composites on their basis. Manufactured from composite materials, modern machine building structures are composed of a set of elastic and viscoelastic damping elements with different rheological properties, various types of supporting and reinforcement, elastic and viscoelastic constraints with significantly different rheology.

Such mechanical systems are classified in the works [1, 2, 3] as structurally inhomogeneous and the task to develop reliable methods for their analysis, so far has not lost its relevance.

Request for practice requires the creation of more accurate methods for solving such problems, and should be focused on computer technology, widely implemented in the design, engineering, and research organizations, higher education institutions. These methods and based on them algorithms should be maximally taken into account the actual conditions of the structure behavior, carry our calculations without exceed geometric idealization, consider the real rheological properties of the structural elements,

¹ prof. Georgian Technical University, Civil Engineering faculty, 77. M. Kopstava str, Tbilisi, 0175, Georgia. E-mail: mamuka_vazagashvili@mail.ru

² Senior Teacher, 71th Public school, Gldani VIII m/d, 71-th Public School, Tbilisi, 0107, Georgia, E-mail: irmagogoladze950@yahoo.com

³ prof. Georgian Technical University, Civil Engineering faculty, 77. M. Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia. E-mail: smm@mail.ru

⁴ PhD Student, Georgian Technical University, Civil Engineering faculty, 77. M. Kostava str, Tbilisi, 0175, Georgia. E-mail: zchurchelauri@gmail.com

maximally approximate the design scheme to full-scale design and as a result of calculations to make science-based selection of its parameters.

The carrying out numerical experiments for complex structurally inhomogeneous structures gives the possibility to understand the qualitative picture of the influence of various parameters and provide sound recommendations, not only at the design stage, but also for the carrying out of model and natural experiment, significantly reduce the volume of experimental researches.

Development and implementation in practice of the finite element method makes possible to solve the problem of creating of a universal program for solving of statics and dynamics problems of arbitrary type and purpose structures. On the existence of such programs and software systems would make judgments by publications.

One of such narrower, but rather widely applied, classes is a class of thin prismatic shell structures that represents an arbitrary composition of the non-circular cross-section cylindrical shells and straight stringers. For the analysis of such structures more effective is the application of discrete-continuum model.

Currently are well developed methods, algorithms and programs for solving of statics and dynamics problems of thin prismatic structures made from an elastic material, as well as thin-walled structurally inhomogeneous structures consisting from shells of revolution and frames. The presented paper is dedicated to the development of methods, algorithms and software for determination of dynamic characteristics of thin-walled structural inhomogeneous prismatic shell structures.

2 Conclusion

Are formulated the decisive equation of task on determining the dynamic characteristics (frequencies and modes of oscillations, amplitude-frequency characteristics) of structurally inhomogeneous prismatic structures made from viscoelastic material, the design scheme of that would be represented in the form of an arbitrary composition of multi-layered non-circular cross-section cylindrical shells and rectilinear stringers.

Are developed the method and algorithm of numerical solution of the problem of determining the dynamic characteristics of structurally inhomogeneous prismatic structures, based on a combination of the displacement method and method of orthogonal marching of S.K. Godunov, are given the assessments of practical convergence and accuracy of the method and algorithm.

References

- [1] MAIBORODA V.P. Dynamics of inhomogeneous viscoelastic systems. *Transactions of Academy of Sciences of Uzbek SSR*, 1982, # 5. pp. 29-32. (In Russian).
- [2] MAIBORODA V.P., TROIANOVSKI I.E. Own oscillations of inhomogeneous viscoelastic systems. *Transactions of Academy of Sciences of Uzbek SSR*, 1982, # 5. pp. 29-32. (In Russian).
- [3] MIKHAILOV B.K., KIPANI G.O., MOSKALEVA O.V. *Fundamentals of theory and methods of analysis on stability of sandwich panels with cuts*. Tbilisi: Metsniereba, 1991, 189 p. (In Russian).
- [4] Maltsev V.P., Olshanskaia G.N. Free oscillations of multilink prismatic structures. *Transactions of Academy of Sciences of USSR*, MTT, Moscow, 1980, p. 187. (In Russian).

NELINEÁRNÍ ANALÝZA ŠTÍHLÉHO TLAČENÉHO ZDĚNÉHO PRUTU

NON-LINEAR ANALYSIS OF SLENDER MASONRY BEAM

Jan Voldřich¹, Michal Drahorád²

Abstrakt

Tato práce se zabývá numerickou analýzou a ověřením štíhlých tlačených zděných prvků konstantního průřezu zatížených normálovou silou a ohybovým momentem v rovině hlavního momentu setrvačnosti průřezu. S ohledem na materiálovou nelinearitu zdiva není pro řešení této úlohy možné použít klasickou matematickou teorii štíhlých prutů a je nutné provést plně nelineární výpočet. Výsledkem řešení je relativně jednoduchá a účinná metoda zahrnující geometrickou a materiálovou nelinearitu zděných prvků.

Klíčová slova

Slender masonry beam, non-linear analysis.

Abstract

This paper deals with numerical analysis and design of slender prismatic masonry beams loaded predominantly by axial force and bending moment in plane of the principal moment of inertia. Because of the material non-linearity, classical mathematical theory of slender columns cannot be applied for masonry elements and completely non-linear iterative calculation has to be used. Relatively simple and powerful numerical method for geometrically and materially non-linear analysis of masonry elements was developed.

Keywords

Slender masonry elements, non-linear analysis.

1 Úvod

Navrhování štíhlých tlačených zděných konstrukcí je s ohledem na v současnosti používané stavební materiály a typy nosných konstrukcí zatlačeno do pozadí. V poslední době navrhované konstrukce jsou vzhledem k používaným zděným prvkům, jejich uspořádání a odolnosti zpravidla řešeny jako stěnové, což se silně projevuje i ve stávajících návrhových předpisech (ČSN EN 1996-1). V silně zatížených konstrukcích, v nichž jsou navrženy štíhlé sloupové prvky (často provedené přes několik podlaží), potom hrozí při použití normových předpisů nebezpečí podcenění vlivu vzpěru a tím i snížení spolehlivosti navrhované konstrukce. Obdobná situace nastává, pokud jsou navrženy jiné než obdélníkové průřezy, které jsou jako jediné v platné návrhové normě zavedeny.

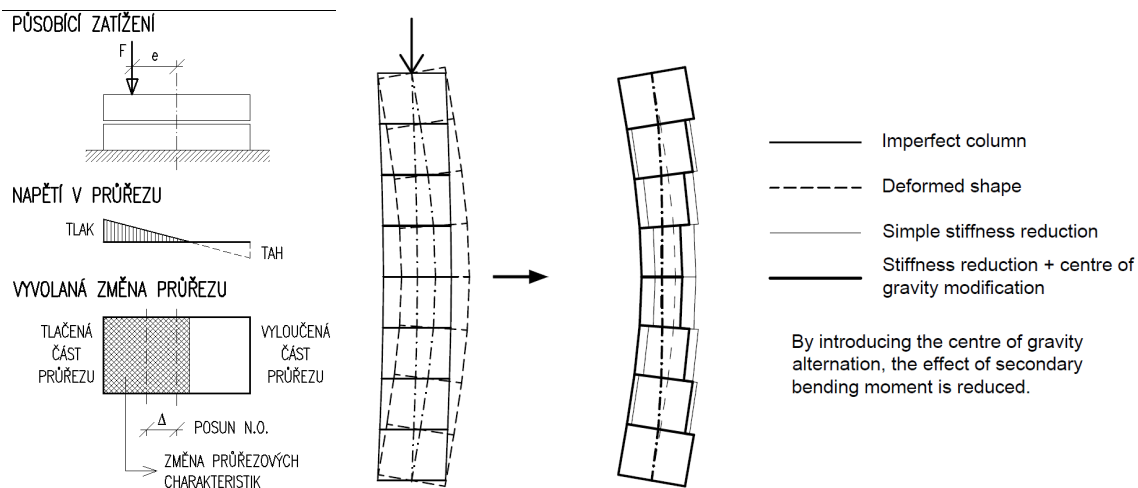
¹ Ing. Jan Voldřich, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra betonových a zděných konstrukcí, E-mail : jan.voldrich@fsv.cvut.cz

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

2 Specifika působení zděných konstrukcí

Zdivo jako stavební materiál působí díky nulové pevnosti v tahu ve spárách při zatížení silně nelineárně. Bez působení normálové síly přitom průřez, resp. konstrukce, rychle kolabuje. Vlivem působícího zatížení (M+N) se zároveň mění jak průřez konstrukce, tak i její tvar (viz Obr. 1), což je nutno ve výpočtu zohlednit.

Vlivem změn tuhosti průřezu a geometrie konstrukce potom dochází k přerozdělení vnitřních sil na celé konstrukci a částečné redukci vlivu počátečního imperfektního tvaru konstrukce (viz Obr. 1 vpravo).



Obr. 1: Mechanismus změn průřezových charakteristik a geometrie konstrukce vlivem zatížení (vlevo) a jeho vliv na konstrukci pro různé počáteční předpoklady (vpravo)

3 Model nosné konstrukce

Model nosné konstrukce je uvažován materiálově a geometricky nelineární, během výpočtu se vlivem vyloučení tažených částí průřezu mění jak tuhost a geometrie celé konstrukce, tak i tuhost jejího uložení. Imperfektní tvar konstrukce je modelován v závislosti na okrajových podmínkách, a to počáteční deformací konstrukce zvolenou podle předpokladů a požadavků platných návrhových norem (ČSN EN 1996-1).

4 Závěr

Uvedený model konstrukce je v současnosti implementován v programu MS Excel a je používán pro ověřování teoretických výpočtů směřujících k výstižnému popisu chování štíhlých tlacených zděných prvků konstantního průřezu v rámci upřesnění platných návrhových norem pro zděné konstrukce.

Poděkování

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

Literatura

- [1] DRAHORÁD, M. Load-Bearing Capacity of Masonry Arch bridges, Proceedings of the 19th International Conference Engineering Mechanics 2013, pp 33-34.