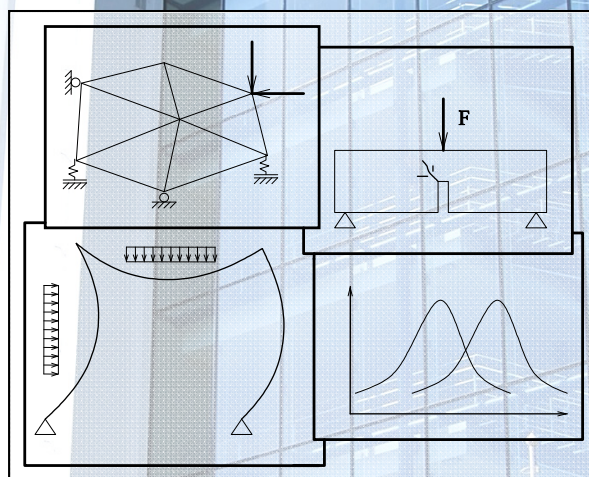


MEZINÁRODNÍ KONFERENCE
MODELOVÁNÍ V MECHANICE



SBORNÍK ROZŠÍŘENÝCH ABSTRAKTŮ

2. – 3. ÚNOR 2011

Název publikace: Sborník rozšířených abstraktů vědecké konference
Modelování v mechanice 2011
Vydala: VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky
Autor: Kolektiv autorů
Datum vydání: únor 2011

Plné znění příspěvků obsahuje CD-ROM (ISBN 978-80-248-2384-3)

Recenzenti příspěvků publikovaných ve sborníku konference:

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

OBSAH

Ďuriš Lukáš, Aldorf Josef, Géryk Jiří	
Vliv letních klimatických změn na vnitřní síly v sekundárním ostění tunelu	1
Markopoulos Alexandros, Janas Petr, Podešva Jiří	
Řešení důlních výztuží rozšířenou nosníkovou metodou	3
Podešva Jiří, Markopoulos Alexandros	
Nelineární ohyb důlní výztuže s vlivem kroucení	5
Randýsková Lenka, Janas Petr	
Nelineární řešení ocelové obloukové výztuže při existenci pasivních sil	7
Šejnoha Jiří, Novotná Eva, Špačková Olga	
Pragmatické modely selhání staveb v nadloží tunelů	9
Melcer Jozef	
Riešenie dynamických úloh vo frekvenčnej oblasti	11
Moravčík Milan	
Účinky kolesových síl vozidiel ako nestacionárne impulzové zaťaženie konštrukcie trate	13
Králik Juraj	
Project of the Seismic Upgrading of the SPARTEK Technology Verified with Real Earthquake in Chile	15
Králik Juraj, Hukel Dušan	
Nelineárna analýza odolnosti železobetónovej steny za extrémneho pôsobenia teploty a tlaku	17
Králik Juraj, Králik Juraj ml.	
Deterministic and Probability Analysis of the Steel Frame Fire Resistance	19
Konečný Petr, Brožovský Jiří, Ghosh Pratnu	
Využití programu Korozeeneck k modelování vlivu chloridů na vznik trhlin v železobetonu	21
Horyl Petr	
Počítačové modelování explozní odolnosti zásobníku uhlí	23

Brdečko Luděk, Zídek Rostislav	
Dotvarování spřaženého dřevobetonového nosníku	25
Veselý Václav, Frantík Petr, Vodák Ondřej	
Verifikace lokalizace a průběhu porušení v betonových vzorcích stanovených pomocí AE a EME: Numerické simulace	27
Plášek Jan, Kytýr Jiří, Gratza Roman	
Vliv relaxace na těsnost přírubového spoje	29
Ficker Tomáš	
Charakteristika lomových povrchů a pevnost v tlaku cementové pasty	31
Frantík Petr, Macur Jiří	
Implementace stěnového konečného prvku pro výpočet velkých deformací	33
Šimonová Hana, Keršner Zbyněk	
Jednoduché aproximační křivky hodnot lomově-mechanických parametrů betonu v čase	35
Seitl Stanislav	
WEDGE SPLITTING TEST: Numerická studie vlivu šířky drážky pro aplikaci zatížení na chování iniciační trhliny ve válcovém tělese	37
Krejsa Martin, Tomica Vladimír	
Šíření únavových trhlin z okraje a povrchu s ohledem na překročení meze pevnosti	39
Brožovský Jiří	
Příspěvek k výpočetní analýze napjatosti horninového masivu	41
Krejsa Martin, Konečný Petr, Lausová Lenka, Michalcová Vladimíra	
Tvorba moderních učebních materiálů na katedře stavební mechaniky	43
Valihrač Jakub, Brožovský Jiří	
Pravděpodobnostní přístup k optimalizaci konstrukcí s využitím podmínky předčasného ukončení simulace Monte Carlo	45
Brožovský Jiří	
Kombinace simulačního řešení a MKP: některé možnosti zrychlení výpočtů	47
Lausová Lenka	
Mezní plastická únosnost nosníku za požáru	49
Mikolášek David	
Zkouška průrazem	51

VLIV LETNÍCH KLIMATICKÝCH ZMĚN NA VNITŘNÍ SÍLY V SEKUNDÁRNÍM OSTĚNÍ TUNELU

THE INFLUENCE OF SUMMER CLIMATE CHANGE ON THE INTERNAL FORCES
IN THE SECONDARY LINING

Lukáš Ďuriš¹, Josef Aldorf², Jiří Géryk³

Abstract

Modern tunnel structures are presently implemented primarily by conventional excavation, using the New Austrian Tunnelling Method. Two linings are usually used to support the excavated area. The primary tunnel lining serves for consolidation of the extracting during tunnelling and the secondary tunnel lining ensures the safe use of the structure during its life time. The design and evaluation of the tunnel lining is a comprehensive process that involves a lot of input conditions. We are not always able to define these inputs exactly.

1 Úvod

Statické působení tunelového ostění závisí na interakci s horninovým masivem a jeho zatížení je závislé na mnoha faktorech: tuhosti ostění, velikosti výrubu, geotechnických podmínkách, postupu výstavby a v neposlední řadě na klimatických podmínkách. Posuzovaná konstrukce je obvykle mnohokrát staticky neurčitá a nelze také přímo aplikovat metody navrhování podle mezních stavů ve formě běžné u pozemních konstrukcí nebo mostů. Zkušenosti s dlouhodobou funkcí a skutečným namáháním jsou ve světě různé, s ohledem na dobu po jakou jsou využívány současné metody výstavby, ale i tam nelze zcela objektivně vyhodnotit reálné působení. Navíc Česká republika má jistá specifika navrhování a výstavby a proto je třeba ověřit tyto skutečnosti i v našich podmínkách.

Definitivní ostění je tvořeno zpravidla betonovou nebo železobetonovou monolitickou konstrukcí, skládající se v příčném řezu z horní klenby uložené na bočních opěrách a případně spodní klenby. Vyztužení spodní a horní klenby tvoří obvykle vrstvy svařovaných ocelových sítí u obou povrchů ostění, ke kterým se přidávají příložky z betonářské výztuže podle výsledků statických výpočtů. Doposud, bohužel jen výjimečně, bylo u našich moderních tunelů využito definitivní ostění pouze z betonu prostého.

Při návrhu definitivního ostění je dnes již zcela standardně využíváno prostředků moderní výpočetní techniky. Vnitřní síly a deformace ostění se stanovují pomocí numerických modelů metodou konečných prvků, kde je simulováno celé horninové prostředí včetně postupu ražeb a

¹ Ing. Lukáš Ďuriš., Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 948, e-mail: lukas.duris@vsb.cz.

² Prof. Ing. Josef Aldorf., Katedra geotechniky a podzemního stavitelství, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 944, e-mail: josef.aldorf@vsb.cz

³ Ing. Jiří Géryk, Inset s.r.o., Divize Ostrava, Rudná 21 Ostrava 700 30, ostrava@inset.com

etapy vložení jak primárního, tak i sekundárního ostění. Statické výpočty se provádějí především v místech nejnepříznivěji zatížených profilů se zohledněním mnoha zatěžovacích stavů a jejich kombinací, zejména:

- vlastní tíha
- geostatické zatížení horninovým prostředím
- hydrostatický tlak podzemní vody (v případě uzavřené izolace)
- smršťování a dotvarování betonu definitivního ostění
- vliv teploty (ochlazení/oteplení)
- technologická zatížení, atd.

Na základě výše uvedených skutečností bylo rozhodnuto o vhodnosti zjištění, jak jsou opravdu existující tunely namáhány, resp. zatíženy a zda jejich skutečné působení odpovídá předpokladům ve statických výpočtech. Proto byly v rámci geotechnického monitoringu, umístěny do definitivních, případně dočasných ostění vybraných tunelů zařízení ke sledování poměrných deformací a teploty, strunové vibrační tenzometry. Pomocí tenzometrického a odporového měření jsou získávány hodnoty poměrných deformací a teploty v daném místě betonového ostění v průběhu času. Konstrukce tenzometrů je velice robustní a spolehlivá a umožňuje jejich funkci po dobu mnoha let. Naše nejstarší zkušenosti s uvedenými tenzometry trvají již 20 let. Předpokládá se, že změny v zatěžování definitivního ostění horninovým masivem jsou pomalé, a proto po uklidnění deformací postačí odečítání hodnot ve větších intervalech. Tenzometry jsou umístěny ve vybraných příčných řezech, které jsou pokud možno významně namáhány. Jde o místa s vysokým nadložím, v nepříznivých geologických poměrech, případně s vysokou hladinou podzemní vody apod. Na základě návrhu byly proto v roce 2006 v sekundárním ostění tunelu Klimkovice osazeny 2 měřící profily v tunelových pásech. Odečítané hodnoty teplot a deformací jsou shromažďovány datalogerem v jeho paměti a odečítány buď manuálně, nebo formou dálkového odečtu shromážděných dat pomocí internetového přenosu.

Zhodnocením průběhu teplot lze uvést následující zobecněné závěry. Relativně vysoké hodnoty teplot vzduchu (28-29°C) uvnitř tunelu vcelku nepodstatně ovlivňují velikosti teplot v horninovém masivu za ostěním. Maximální rozdíl teplot na vnitřním a vnějším povrchu ostění dosáhl velikosti 2,5-3°C, přičemž nižší hodnoty byly dosaženy ve stropě a horní části klenby. Rovněž tak bylo potvrzeno, že maximální rozdíl teplot v boku ostění ve velikosti 3°C byl dosažen se zpožděním cca 2-2,5 dne. Chladnutí ostění probíhalo relativně rychleji než jeho oteplování.

Literatura

- [1] Klepsatel & Kusý & Mařík, *Výstavba tunelů ve skalních horninách*, Jaga group, Bratislava 2003, ISBN 80-88905-43-5.

ŘEŠENÍ DŮLNÍCH VÝZTUŽÍ ROZŠÍŘENÍM NOSNÍKOVÉ TEORIE

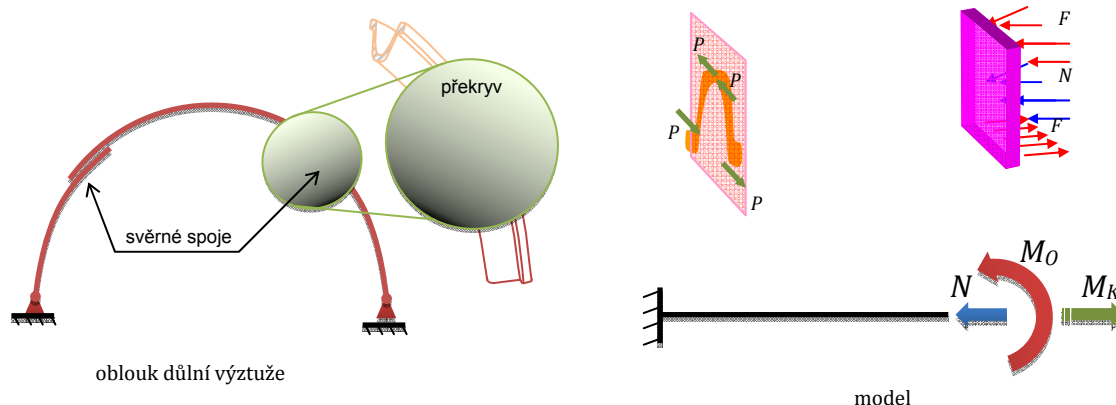
SOLVING OF MINE SUPPORTS WITH AN EXTENDED BEAM THEORY

Alexandros Markopoulos¹, Petr Janas² a Jiří Podešva³

Abstract

This paper is about special method based on linear beam theory. Basic difference is in so called flexural rigidity given by multiplication of Young modulus of elasticity and quadratic moment of area (EI). In linear theory it is supposed, that both of parameters are invariable. In this extended approach we are able to find method for relation between flexural rigidity and bending moment (or rotation of cross-sections). Using this improving it is possible to solve material and geometrical nonlinear problems discretized by beam elements with relatively small numbers of unknown.

1 Úvod



Obr. 1: Důlní výztuž

Článek popisuje problematiku důlních výztuží s přihlédnutím k možné materiálové a geometrické nelinearitě. Důlní výztuže se objevují v ražených chodbách po určitých úsecích ve formě oblouků (obr. 1 vlevo) a velké deformace jsou zde naprosto běžně se vyskytující jevem. V popisovaném přístupu se zohledňují nejzásadnější vlivy, které se na deformacích výztuže podílejí. Zásadním přínosem práce je rozšíření nosníkové teorie a to tak, že součin mezi Youngovým modulem pružnosti a kvadratickým momentem plochy se zde uvažuje obecně proměnný. V článku je popsán způsob konstrukcí křivek ohybové tuhosti závislé na ohybovém momentu (resp. na natočení dvou řezů výztuže) pro zvolené profily.

¹ Ing. Alexandros Markopoulos Ph.D., VŠB TU Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechaniky, Ostrava – Poruba, 17. listopadu, alexandros.markopoulos.st@vsb.cz.

² Doc. Ing. Petr Janas, CSc., VŠB TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ostrava – Poruba, L. Poděště 1875, petr.janas@vsb.cz.

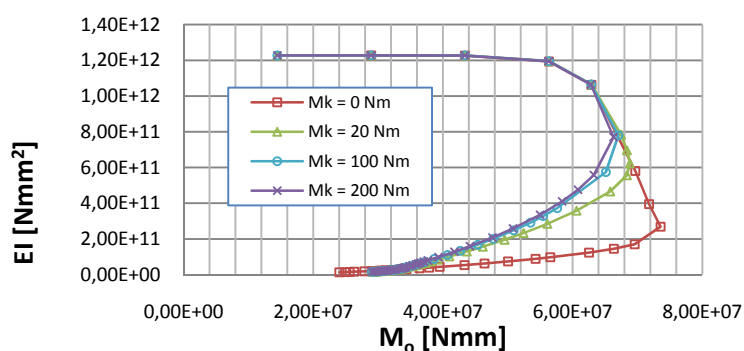
³ Doc. Ing. Jiří Podešva, Ph.D., VŠB TU Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechaniky, Ostrava – Poruba, 17. listopadu, jiri.podesva@vsb.cz.

2 Ohybová tuhost

Na obr. 1 vpravo je schéma náhradního modelu důlní výztuže ve tvaru přímé konzoly. V prostředí programu ANSYS se provádějí výpočty simulovaných ohybových zkoušek a výsledná data se zpracovávají v programu MATLAB.

$$(EI)_i = \frac{M_i \Delta L_i}{\Delta \varphi_i} \quad (1)$$

Upravená data se doplňují do rovnice (1), která vrací ohybovou tuhost pro konkrétní zadání. Obvyklý způsob je takový, že konzola je v krocích přitěžována silami vyvolující ohybový moment. Pro každý krok se zapíše a spočtou potřebné deformační a silové parametry, které postupně definují křivku v souřadném systému EI-M₀ (nebo také EI-φ'). Další zobecnění je realizováno zahrnutím osové síly. Postup se opakuje s přitěžováním sil tvořících ohybový moment, pro celou sérii se navíc konzola zatíží konstantní osovou silou (různých hodnot tlakových i tahových). Nově se v analýze a výpočtech zavedl krouticí moment, jehož vliv (nyní bez osové síly) je dobře patrný z obr. 2.



Obr. 2: Ohybová tuhost v závislosti na ohybovém a krouticím momentu.

Poděkování

Projekt byl realizován za podpory Grantové agentury České republiky s číslem GA105/08/1562 a názvem Ocelová výztuž dlouhých důlních a podzemních děl při mimořádných zatíženích.

Literatura

- [1] Janas, P., *Spolehlivost ocelových výztuží dlouhých důlních děl při rázovém zatížení*, závěrečná zpráva projektu GA ČR 105/01/0458, FAST VŠB TU Ostrava, leden 2007.
- [2] Markopoulos, A., Janas, P., Podešva, J. *Náhradní ohybová tuhost profilu TH-29*. Nové trendy v statice a dynamice stavebních konstrukcí, Bratislava, 2010, 8 stran
- [3] Markopoulos, A., Janas, P., Podešva, J. *Náhradní ohybová tuhost profilu P-28*. Nové trendy v statice a dynamice stavebních konstrukcí, Bratislava, 2009, 8 stran, ISBN 978-80-227-3170-6
- [4] Markopoulos, A., Janas, P., Podešva, J. *Náhradní ohybová tuhost profilu K24*. Modelování v mechanice, Ostrava, 2009, 11 stran. ISBN 978-80-248-2016-3.
- [5] Podešva, J., Markopoulos, A. – The Methodology of the beam stiffness substitution calculation, Ansys users' meeting 2009, Darmstadt

NELINEÁRNÍ OHYB DŮLNÍ VÝZTUŽE S VLIVEM KROUCENÍ

THE NON-LINEAR BENDING OF THE MINE OPENING STEEL SUPPORT INCLUDING TORSION

Jiří Podešva¹, Alexandros Markopoulos²

Abstract

The non-linear bending of the horizontal mine opening steel support is the subject of the calculation analysis using the finite element method. The non-linear static analysis, which includes large deformation, material non-linearity and buckling effect, was performed for clear bending (constant bending moment along the beam length), for bending under axial force and for bending including torsion.

1 Úvod

Rozsáhlý výzkum mechanických vlastností pevné důlní výztuže vodorovných důlních děl, jež v uplynulých letech probíhal na katedře stavební mechaniky FAST, VŠB-TUO, se zaměřoval na nelineární deformační chování výztuže, zatížené ohybovým momentem a normálovou silou. Primárním výsledkem byla vždy ohybová charakteristika. Z této charakteristiky byla následně vypočtena tzv. „náhradní ohybová tuhost“ výztuže $E \cdot J$.

2 Nonlinearity

Při ohybu ocelové důlní výztuže se však objevuje několik typů nelinearit.

Geometrická nelinearita. Při ohybu dochází ke značné deformaci geometrie oblouku. Tím se nezanedbatelně mění silové poměry na myšleném řezu.

Materiálová nelinearita. Ohyb výztuže může být tak masivní že dochází ke značné plastické deformaci materiálu.

Změna profilu. Při ohybu dochází ke změně profilu. V závislosti na ohybovém momentu se otevřený profil otevírá stále více a jeho parametry - moment setrvačnosti - se mění. Tento efekt nelze zahrnout do výpočtového modelu. Všechny tyto nelinearity se mohou v provozu objevit a je třeba s nimi počítat.

3 Modelování metodou konečných prvků

Nelineární ohyb profilu výztuže byl předmětem počítačového modelování na bázi metody konečných prvků, zahrnující všechny typy nelinearit.

4 Ohybová charakteristika nosníku a náhradní tuhost

Pro analýzu ohybové tuhosti byl zvolen jednostranně vetknutý nosník, zatížený na volném konci silovou dvojicí. Průběh ohybového momentu je po celé délce nosníku konstantní.

¹ doc. Ing. Jiří Podešva, Ph.D., VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, katedra mechaniky, 17. listopadu 15, Ostrava - Poruba, tel.: +420 59 732 4350, e-mail : jiri.podesva@vsb.cz .

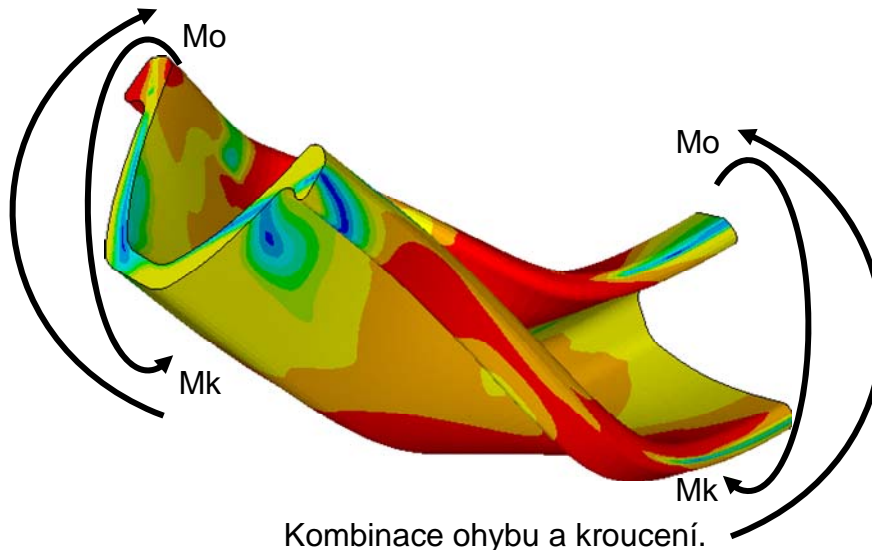
² Ing. Alexandros Markopoulos, Ph.D., VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, katedra mechaniky, 17. listopadu 15, Ostrava - Poruba, tel.: +420 59 732 9402, e-mail : alexandros.markopoulos@vsb.cz .

5 Vliv normálové síly

Výpočet, uvedený v předchozí kapitole, se týká nosníku, namáhaného čistým ohybovým momentem. Ve skutečnosti však je ohybový moment kombinován normálovou silou, obvykle tlakovou.

6 Ohyb se současným kroucením

Dále byl do výpočtového modelu zahrnut kroutící moment k podélné ose nosníku.



7 Závěr

Závěrem lze konstatovat:

- Výpočtový program pro analýzu únosnosti obloukové důlní výztuže, vypracovaný na katedře stavební mechaniky, je dobrým nástrojem jak pro návrh, tak pro údržbu výztuže. Program umožňuje zahrnout geometrickou nelinearitu - změnu geometrie výztuže při zatěžování.
- Na bázi modelování ohybu výztuže metodou konečných prvků lze stanovit nelineární charakteristiku ohýbané výztuže, z ní pak tabelárně (a graficky) přiřadit každému ohybovému momentu náhradní ohybovou tuhost $E \cdot J$, která v rámci lineární teorie nosníků dává stejný úhel natočení.
- Jak ohybová charakteristika, tak z ní odvozená závislost náhradní tuhosti na ohybovém momentu, vykazují bod zvratu. Tento bod představuje ztrátu stability tvaru, kdy při konstantním zatížení dojde ke zhroucení konstrukce.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je GAČR 105 / 04 / 0458.

Literatura

- [1] Crisfield M. A. : NON-LINEAR FINITE ELEMENT ANALYSIS OF SOLIDS AND STRUCTURES. John Wiley & Sons Ltd, Baffins Lane, Chichester, 1997.

NELINEÁRNÍ ŘEŠENÍ OCELOVÉ OBLOUKOVÉ VÝZTUŽE PŘI EXISTENCI PASIVNÍCH SIL

NON-LINEAR SOLUTION OF STEEL ARC REINFORCEMENT WITH INFLUENCE
OF PASSIVE FORCES

Lenka Randýsková¹, Petr Janas²

Abstract

Geometrically and physically non-linear solution of steel arc reinforcement with influence of passive forces is presented in this paper. We search size of load, which causes the given value of deformation. The Winkler foundation model is used to solution. It is an elastic one-parametrical model, which is characterized by the only one constant C . A displacement method is utilized along with an iterative procedure.

1 Úvod

Zatížení ocelové výztuže dlouhých důlních děl může být v zásadě aktivní nebo pasivní. Aktivní zatížení je vyvoláno tíhou horniny, tíhou technologického zařízení či deformujícím se horninovým masivem. Aktivním zatížením se ovšem ocelová oblouková výztuž deformuje a v případě, že má kontakt s horninou a deformace výztuže má směr "do horniny", dochází k silovému působení horniny na výztuž, jež je vyvoláno deformující se výztuží. Takto indukovaným silám říkáme pasivní síly a zatížení pak pasivní zatížení. Pasivní zatížení je tedy deformační zatížení vyvolané aktivním zatížením ocelové obloukové výztuže [1].

2 Řešení

Předpokládejme nejprve, že pasivní síly budou vznikat po celém obvodu výztuže. Celou délku oblouku rozdělíme na n dílků o délce ds_i . Předpokládejme, že v každém vzniklém styčniku působí pasivní síla kolmo na střednici oblouku v příslušném místě. Každá pasivní síla představuje další jednoduchou vazbu, jakýsi pružný poddajný kyvný prut. Pozn. Při řešení je použit Winklerův model pružného podkladu.

Celkem tedy obdržíme n přímkových dílků, které tvoří oblouk a $n+1$ kyvných prutů, které představují vznikající pasivní síly. Tímto rozdělením vznikne celkem n_p neznámých parametrů vektoru deformace r . Tyto neznámé deformace lze získat pomocí obecné deformační metody [2] řešením soustavy rovnic

$$[K] \cdot \{r\} = \{F\}, \quad (1)$$

kde K je celková matice soustavy a získáme ji lokalizací globálních matic tuhosti jednotlivých dílků oblouku a matic tuhosti kyvných prutů představujících pasivní síly. Matice K je při nelineárním řešení funkcí zatěžovacího vektoru F , který je dán zatížením oblouku.

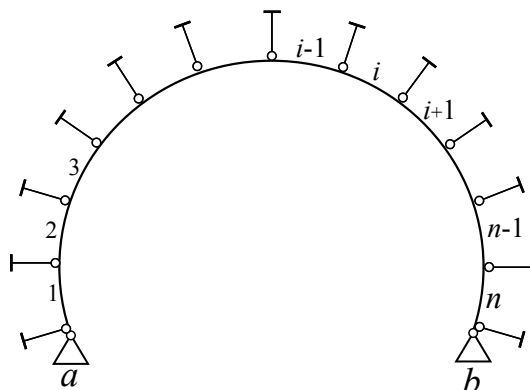
Deformace $\{r\}$ nelze při velkých deformacích a při respektování fyzikální nelinearity získat explicitně řešením (1). Lze ale postupovat tak, že volíme deformaci vhodného

¹ Ing. Lenka Randýsková, VŠB – TUO, FAST, Katedra 228, L. Poděšť 1875, 708 33 Ostrava, email: lenka.randyskova@vsb.cz.

² Doc. Ing. Petr Janas, CSc., VŠB-TUO, FAST, Katedra 228, L. Poděšť 1875, 708 33 Ostrava, email: petr.janas@vsb.cz.

bodů konstrukce a hledáme odpovídající hodnotu zatížení a zbývající hodnoty deformací. Získáváme tedy smíšenou úlohu popsanou rovnicemi uvedenými v [3].

Výpočet pro danou deformaci probíhá iteračně, dokud neobdržíme požadovanou přesnost ε , která je dána hodnotami zatížení ve dvou následujících k -tých iteracích. V každém iteračním kroku přepočítáváme prvky matice tuhosti K . Nové hodnoty jsou závislé nejen na změně geometrie konstrukce, ale i na změně ohybové tuhosti jednotlivých dílků EI [3].



Obr. 1: Schéma oblouku při existenci pasivních sil

3 Příklady

Popsaným postupem je řešena ocelová oblouková výztuž 00-0-16/P28 při alternacích volby zatížení a interakce s okolním horninovým prostředím. Výztuž je tvořena třemi ocelovými oblouky, které jsou vzájemně přeplátovány. Vždy je pro srovnání uvedeno řešení nejdříve bez existence pasivních sil a pak s existencí pasivních sil.

4 Závěr

Zpracovaný SW umožňuje při alternativním zatěžování ocelové obloukové výztuže počítat s geometrickou a fyzikální nelinearitou a modelovat interakci horniny s výztuží. Uvedené příklady ukazují, že únosnost stejné výztuže se pohybuje ve velmi širokých mezích ovlivněných zejména rozložením aktivních sil působících na výztuž a podmínkami, které se vytvoří pro interakci horniny s výztuží.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je 105/08/1562.

Literatura

- [1] JANAS, P. *Spolehlivost ocelových výztuží dlouhých důlních děl při rázovém zatížení*. Závěrečná zpráva projektu GA ČR 105/04/0458. Ostrava, 2007.
- [2] KADLČÁK, J., KYTÝR, J. *Statika stavebních konstrukcí II*. Brno, 2001. ISBN 80-214-1648-3.
- [3] RANDÝSKOVÁ, L., JANAS, P. Geometricky a fyzikálně nelineární řešení ocelových oblouků. In *Structural and Physical Aspects of Civil Engineering 2010, Štrbské Pleso 24. - 26. 11. 2010*. Mezinárodní konference. Sborník příspěvků, Košice 2010, s. 1-8. ISBN 978-80-553-0527-1.

PRAGMATICKÉ MODELY SELHÁNÍ STAVEB V NADLOŽÍ TUNELŮ

PRAGMATIC PROBABILISTIC MODELS FOR QUANTIFICATION OF TUNNEL EXCAVATION RISK

Jiří Šejnoha¹, Eva Novotná², Olga Špačková³

Abstract

Every construction project faces uncertainties and it applies even more to tunnels as they are highly affected by hardly predictable geotechnical conditions. This paper is focused on the prediction of risks ensued from these uncertainties during the construction phase of the tunnel. It suggests a variety of probability-based models applicable in tunnel engineering.

1 Souhrn

Rizika všeho druhu jsou většinou analyzována s použitím různých klasifikačních a ratingových systémů. Metody kvantifikace rizik pomocí spolehlivostního přístupu lze nalézt v např. [1]. V uceleném dokumentu [2] se používá metoda FTA (Failure Tree Analysis) k určení intenzity jednotlivých typů selhání a vytipování nejzávažnější příčiny. Následně je použita metoda ETA (Event Tree Analysis) k získání souvisejících rizik. Pro obě metody, FTA i ETA, je třeba předpovědět pravděpodobnost výskytu jednotlivých jevů na větvích vyhodnocovacích stromů. Toto lze provést dvěma způsoby: *a)* pomocí expertního odhadu, viz [3], a *b)* přijetím vhodného pravděpodobnostního modelu.

Kategorizace poruch s ohledem na jejich povahu a důsledky je prvním krokem k analýze rizika. Za zdroje selhání jsou považovány následující typy poruch:

- Rozsáhlé deformace tubusu tunelu
- Překročení přípustných deformací poklesové kotliny
- Nadvylom popř. zával
- Výskyt puklin v únosném nadloží tunelu
- Náhodný pokles tloušťky únosného nadloží

Narušení vodního režimu v okolí tunelu je také velmi nebezpečným zdrojem selhání, není však tématem tohoto příspěvku.

Základním předpokladem kategorizace poruch je výlučnost jednotlivých událostí. Výsledné riziko je poté součtem jednotlivých rizik. Z toho vyplývá, že nadměrné deformace tunelové trouby a následující závaly nelze posuzovat odděleně, ale musíme k nim přistupovat společně jako ke dvěma neoddelitelným složkám závalu.

Pro každou událost je riziko vyjádřeno jako součin pravděpodobnosti výskytu $P[Event]$ a očekávané ztráty D

$$R = P[Event] \times D. \quad (1)$$

Tento vztah může být zobecněn na

¹ prof. Ing. Jiří Šejnoha, DrSc., České vysoké učení technické v Praze, fakulta stavební, CIDEAS, Thákurova 7, Praha 6 166 29, sejnoha@fsv.cvut.cz.

² Ing. Eva Novotná, Ph.D., České vysoké učení technické v Praze, fakulta stavební, katedra mechaniky, Thákurova 7, Praha 6 166 29, novotnae@fsv.cvut.cz.

³ Ing. Olga Špačková, České vysoké učení technické v Praze, fakulta stavební, CIDEAS, Thákurova 7, Praha 6 166 29.

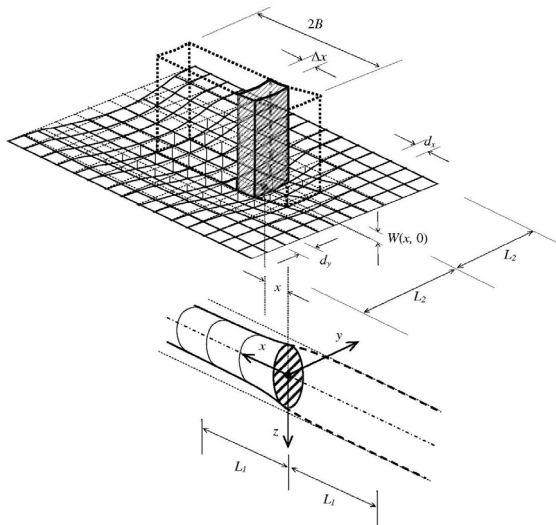
$$R = \sum_i P[Event] \times P[Consequence(i)|Event] \times D(i), \quad (2)$$

kde $P[Consequence(i)|Event]$ je podmíněná pravděpodobnost, že dojde k selhání (důsledku [Consequence]), pokud nastane událost [Event]. $D(i)$ je potom opět očekávaná ztráta. Úplnou pravděpodobnost dostaneme součinem podmíněné pravděpodobnosti a pravděpodobností, že k události dojde.

V prvé řadě je věnována pozornost návrhu metodiky, která umožní popsat vliv poklesové kotliny na stavby v nadloží. Její tvar lze aproximovat pomocí stochastické funkce ve tvaru (viz obr),

$$W(x, y) = \overline{W}(x, y) + w^*(x, y) \quad (3)$$

kde \overline{W} je deterministická funkce vystihující globální tvar poklesové kotliny a w^* popisuje náhodné fluktuace povrchu.



Následuje predikce pravděpodobné škody způsobené nadvýlomek, popř. závalem a jednoduché vyjádření odhadu rizika (pravděpodobné škody) jako funkce zakřivení povrchu způsobeného ražbou a souvisejícími jevy (zával apod.). Pravděpodobnostně založené přístupy jsou efektivní alternativou k expertním metodám. Je možné odhadnout riziko přímo pomocí těchto metod nebo je využít jako pomocný nástroj, který umožňuje stanovit pravděpodobnosti přiřazené k jednotlivým větvím příslušného stromu (FTA, ETA).

V příspěvku jsou uvedeny výpočetní modely založené na použití vztahů z teorie pravděpodobnosti ve spojení s metodami používanými v počítačové mechanice. To naznačuje, že teoretické nástroje umožňují analyzovat ty nejzávažnější problémy, kterým musíme čelit při stavbě tunelů. Všechny jevy, které byly popsány v rámci tohoto příspěvku, se nedávno objevily při ražbě tunelu Blanka v Praze [4].

Podrobnější informace lze nalézt v úplné verzi příspěvku.

Poděkování

Tento výsledek byl získán za dílčí finanční podpory projektu MŠMT ČR, projekt 1M0579 v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS.

Literatura

- [1] SOUSA, R.L., *Risk analysis for tunneling projects*. Dissertation, MIT, 2010.
- [2] ŠPACOVÁ, O. et al., *Expert estimate of probability of failure on tunnel excavation*, Tunel (4), 2010, pp. 15-23.
- [3] ŠEJNOHA, J., JARUŠKOVÁ, D., ŠPACOVÁ, O., NOVOTNÁ, E., *Risk quantification for tunnel excavation process*, Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology (58), 2009, pp. 101- 109.
- [4] BUTOVIČ, A., DVOŘÁK, J., ŠOUREK, P., *The Blanka tunnel on the city circle road in Prague*, Tunel (1), 2006, pp. 38-45.

RIEŠENIE DYNAMICKÝCH ÚLOH VO FREKVENČNEJ OBLASTI

SOLUTION OF DYNAMIC TASKS IF FREQUENCY DOMAIN

Jozef Melcer¹

Abstract

The dynamic tasks can be solved in time or in frequency domain. From the practical aspect the spectral analysis represents the important area. The submitted paper wants to notice on some aspects which should be correctly applied within spectral analysis.

1 Úvod

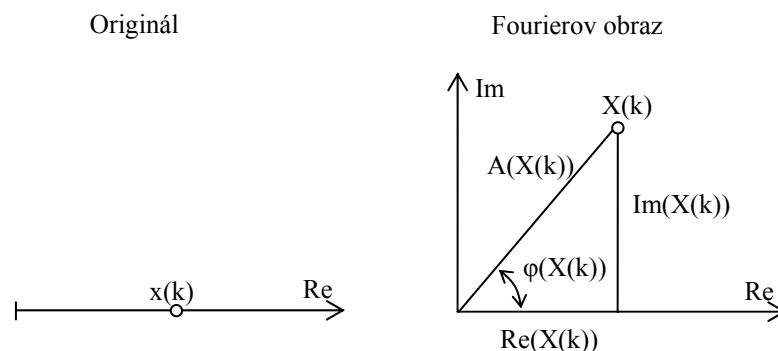
Dynamické úlohy je možné riešiť v časovej alebo vo frekvenčnej oblasti. Frekvenčná analýza signálov predstavuje významnú a z praktického hľadiska dôležitú oblasť možných riešení vo frekvenčnej oblasti. V dnešnej dobe sa realizuje prakticky len numerickou cestou. Aj prístroje (frekvenčné analyzátory), ktoré sa pre tento cieľ používajú sú účelovo programované výpočtové jednotky. Podrobný prehľad o frekvenčnej analýze signálov je možné nájsť napríklad v [1], [2]. Pre prechod z časového do frekvenčného priestoru sa s výhodou používa rýchla Fourierova transformácia (RFT).

2 Frekvenčná analýza signálu

Pre prechod z časového do frekvenčného priestoru sa z výhodou používa RFT. Pomocou RFT sa ku každému reálnemu číslu $x(k)$ priradí Fourierov obraz $X(k)$. Fourierov obraz $X(k)$ je komplexné číslo. Je to teda usporiadaná dvojica čísiel obsahujúca reálnu $\text{Re}(X(k))$ a imaginárnu $\text{Im}(X(k))$ zložku, obr. 1. Pre každé komplexné číslo je možné potom vypočítať jeho modul alebo absolútnu hodnotu $A(X(k))$ a fázu (fázový uhol) $\varphi(X(k))$.

$$A(X(k)) = \sqrt{\text{Re}(X(k))^2 + \text{Im}(X(k))^2}, \quad (1)$$

$$\varphi(X(k)) = \text{arctag}(\text{Im}(X(k)) / \text{Re}(X(k))). \quad (2)$$



Obr. 1 Originál a Fourierov obraz jedného vzorku časového signálu

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

Rýchla Fourierova transformácia je použiteľná pre stacionárne signály (ich stredná hodnota je rovná nule) a signál musí obsahovať $N = 2^n$ vzoriek, kde n je celé kladné číslo ($N = 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 16384, \dots$). Frekvenčné analyzátory majú obvykle nastavenú základnú hodnotu $N = 1024$ vzoriek. Dôležitá je frekvencia vzorkovania signálu f_{VZ} . Podľa Shannon – Kotelnikovho teorému [2] by mala byť minimálne 2,5 násobkom najvyššej významnej frekvenčnej zložky obsiahnutej vo frekvenčnom spektre.

Pri analýzach vo frekvenčnej oblasti nás v prvom rade zaujíma frekvenčné spektrum sledovanej veličiny. Frekvenčné spektrum môže byť amplitúdové alebo fázové. Spektrum nad Nyquistovou frekvenciou ($f_N = f_{VZ}/2$) je zrkadlovým obrazom spektra pod Nyquistovou frekvenciou. Preto sa spektrum zobrazuje ako jednostranné s dĺžkou spektra rovnou polovici dĺžky analyzovaného intervalu $N/2$. Ku každému číslu vzorku I ($I = 0 \div (N/2)-1$) sa priradí hodnota frekvencie f_I podľa vzťahu

$$f_I = I \cdot f_{VZ} / N. \quad (3)$$

Frekvenčné spektrá sú rôzne a počítajú sa podľa rôznych vzťahov. Systém DAS16 používa nasledovné vzťahy [3]:

Amplitúdové spektrum

$$A^2(I) = (\text{Re}(X(I)) \cdot \text{Re}(X(I)) + \text{Im}(X(I)) \cdot \text{Im}(X(I))) / N^2, \quad \text{pre } I = 0 \div (N/2)-1. \quad (4)$$

Fázové spektrum

$$FS(I) = \text{arctg}(\text{Im}(X(I)) / \text{Re}(X(I))), \quad \text{pre } I = 0 \div (N/2)-1. \quad (5)$$

Výkonové spektrum

$$VS(I) = A^2(I) / 2, \quad \text{pre } I = 0 \div (N/2)-1. \quad (6)$$

Výkonová spektrálna hustota

$$VSH(I) = A^2(I) \cdot N / (2f_{VZ}), \quad \text{pre } I = 0 \div (N/2)-1. \quad (7)$$

Signál sa ešte pred samotnou Fourierovou transformáciou zvykne upravovať tak, že vzorky analyzovaného signálu sa vynásobia váhovou funkciou tzv. váhového okna.

3 Záver

Riešenie úloh vo frekvenčnej oblasti a spektrálna analýza signálov sú integrálnou súčasťou dynamických analýz. Prinášajú so sebou aj určité úskalía o ktorých by mal byť riešiteľ informovaný. Predkladaný príspevok chce upozorniť na niektoré skutočnosti, ktoré majú vplyv na kvalitu dosahovaných výsledkov frekvenčných analýz.

Pod'akovanie

Táto práca je podporovaná Slovenskou grantovou agentúrou VEGA, projekt G1/0031/09

Literatúra

- [1] OTNES, J. K.; ENOCHSON, L. 1978. *Applied Time Series Analysis, Vol. 1, Basic techniques*. New York: John Wilea and Sons, 1978. ISBN 0-471-24235-7.
- [2] ELIOT, D. F.; RAO, K. R. 1982. *Fast Transforms Algorithms, Analyses, Applications*. Florida, Orlando, USA: Academic Press, 1982.
- [3] KRÁL, J.; VAŠÍČEK, M. 1990. *Interaktivní integrální systém pro sběr a analýzu dat využívající modul analogově digitálního převodníku DAS16 příručka uživatele*, Brno 1990.

ÚČINKY KOLESOVÝCH SÍL VOZIDIEL AKO NESTACIONÁRNE IMPULZOVÉ ZAŤAŽENIE KONŠTRUKCIE TRATE

EFFECT OF VEHICLE WHEELS AS A NON-STATIONARY IMPULSE LOAD
OF THE TRACK STRUCTURE

Moravčík Milan¹

Abstract

The paper is devoted the dynamic interaction problems of moving railway vehicle and track structure. Experimental measurement signals – vertical accelerations and displacements of the track structure elements – rails, sleepers, and ballast bed are analysed as the nonstationary random signals in order to appreciate the dynamic behaviour of the interaction system vehicle/track in the frequency domain.

1 Úvod

Neodpružené dvojkolesia koľajových vozidiel pri pohybe po trati sledujú pružne deformovanú jazdnú dráhu a pohybujú po všeobecne zakrivenej jazdnej dráhe popísanej nerovnosťami $\{\eta_r(x = ct)\}$, ktoré majú výrazne stochastický charakter v priestorovej aj časovej oblasti. Práve faktor nerovnosti jazdnej dráhy, ale aj nerovnosti na kolesách vozidiel, spolu so skladbou podvozkov vozidiel (dvojkolesí vozidiel) pohybujúcich sa rýchlosťou c , sa považujú za hlavné zdroje interakčných dynamických síl $P_{dyn}^{w/r}(x, t)$ vznikajúcich na styku koleso koľajnica pri pohybe koľajových vozidiel po trati pôsobiacich na vozidlo aj trať.

Príspevok nadväzuje na práce autora v oblasti riešenia problematiky dynamického namáhania trate, ktorá sa rieši v rámci projektu VEGA č. 1/1/0037/09 a je venovaný hodnoteniu prejavov dynamických interakčných síl $P_{dyn}^{w/r}(x, t)$ na konštrukciu trate, najmä na frekvenčnú skladbu kmitania komponentov trate pri prejazde dvojkolesí koľajových vozidiel, resp. podvozkov vozidiel, ktoré v meranom mieste trate „ x “ pôsobia ako periodicky opakované impulzové zaťaženie. Takéto účinky vyvolávajú charakteristickú dynamickú odozvu trate $w_{dyn}(x, t)$ všeobecne náhodného charakteru – predstavujú nestacionárne náhodné procesy a musia byť aj odpovedajúco analyzované.

- Kmitanie komponentov trate – koľajových pásov, podvalov, štrkového lôžka a podložia trate vo vertikálnom smere, ktoré spôsobujú najmä nízkofrekvenčné zložky interakčných síl.
- Šírenie pružných deformačných vln konštrukciou trate aj zeminovým podložíom (povrchové Rayleighove vlny, pozdĺžne a priečne vlny), ktoré spôsobujú stredné a vysokofrekvenčné zložky interakčných síl.
- Zvukom prenášané zvukové emisie šíriace sa v okolí trate, ktoré spôsobujú vysokofrekvenčné zložky interakčných síl.

¹ Milan Moravčík, Prof., Ing., CSc., Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta, Katedra stavebném mechaniky, Komenského 52, 010 26 Žilina, e-mail: mimo@fstav.uniza.sk.

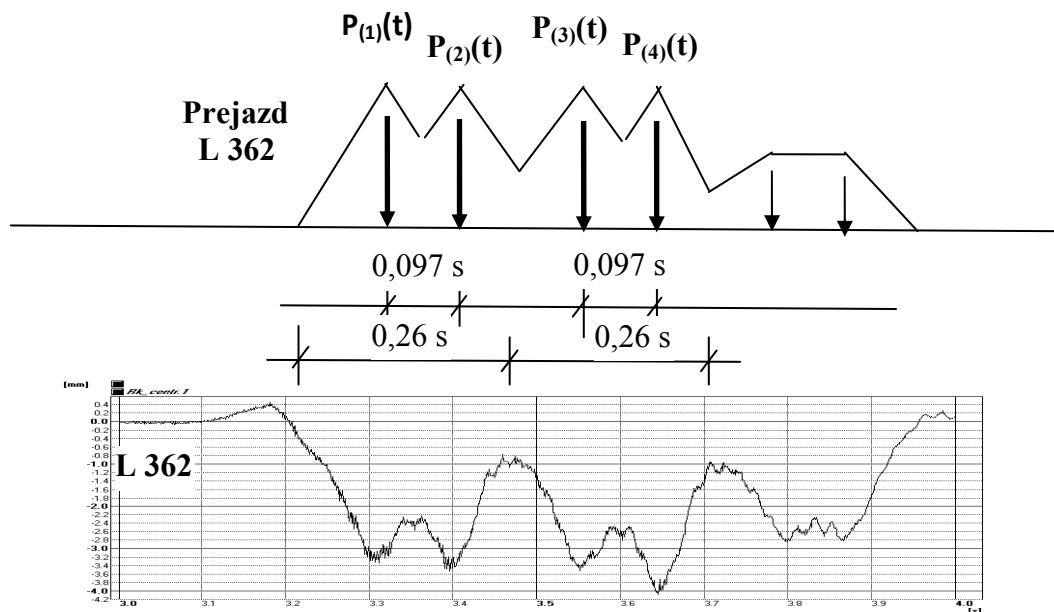
2 Dynamické účinky kolesových síl - opakované impulzové zat'azenie trate

Vertikálne zrýchlenia $w_Y''(t)$, merané na komponentoch trate ukazujú charakter $P_{dyn}(t)$, resp. $w_{dyn}(t)$, ale aj dĺžku účinku vertikálneho zat'azenia dvojkolesiami, resp. podvozkami koľajových vozidiel. Maximálne hodnoty dynamických účinkov sa dosahujú vždy kolesom vozidla v mieste „x“, resp. v jeho tesnom okolí na tzv. „zat'azovacích dĺžkach“, podobne ako pri kvázistatických účinkov.

Namerané signály sa môžu analyzovať rôznymi prístupmi:

1/ **Ako stacionárne náhodné signály** – analýza celých prejazdov vlakov sledovaným miestom. Výsledkom tejto analýzy sa získa celkový výkon kmitania trate (obyčajne vyhodnocovaný v amplitúdovej oblasti ako PWR^2). Je to priemerovaný výkon kmitania trate so širokospektrálnou skladbou, z ktorého nemožno hodnotiť účinky prejazdu ťažkých alebo ľahkých vozidiel.

2/ **Ako nestacionárne náhodné signály s premennou stredne kvadratickou hodnotou** – prejazdy podvozkov jednotlivých vozidiel meraného vlaku. Táto analýza však vyžaduje špecifický prístup, nakoľko sa jedná o krátke časové pôsobenie relatívne veľkých interakčných síl $P_{dyn}^{w/r}(x,t)$, ktoré majú charakter opakovaných periodických impulzov, uvažované napríklad ako impulzy na obr. 1 (korešponduje s ohybovou čiarou od daného premenného zat'azenia).



Obr. 1 Tvar silových impulzov a odpovedajúci tvar vertikálneho posunu koľajového pásu

V analýze dynamických účinkov pôsobiacich na konštrukciu trate prakticky najčastejšie sa stretávame s opakovaným zat'azením periodicky opakovaných silových impulzov vytváraných prejazdom podvozkov koľajových vozidiel vyšetrovaným miestom, ktoré je potrebné analyzovať ako *nestacionárny náhodný proces*. Príklady analýzy meraných signálov – záznamov nestacionárnych náhodných procesov sú prezentované v príspevku.

PROJECT OF THE SEISMIC UPGRADING OF THE SPARTEK TECHNOLOGY VERIFIED WITH REAL EARTHQUAKE IN CHILE.

PROJEKT SEIZMICKÉHO ZODOLNENIA TECHNOLOGIE SPARTEK OVERENÝ SKUTOČNÝM ZEMETRASENÍM V ČILE

Juraj Králik¹

Abstract

This paper gives the summary of earthquake response analysis of the technology equipments for ITATA project in city of Concepcion-Chile (300km near Santiago de Chile) in accordance with structural design criteria for ITATA project, methodology, recommendation of ASCE and AISC. In the case of the rigid equipments the static analysis of its seismic resistance is acceptable. The results of the spectral analysis of the equipments are presented. These technology equipments were verified by really earthquake with the intensity M8.3 in Chile at February 27 2010.

1 Introduction

The project of the seismic upgrading of the technology of the SPARTEK Industries, a.s. in the Plywood factory in city Concepcion-Chile was solved at 2004. The factory is made from the simple hall construct from the steel portal frame. Four following items were defined for recalculations as principal - Hot Press Charger, Pre Press Line, Steel Frame Weldment, Frame of Final Assembly.



Fig.1: ITATA PLYWOOD MILL in city Concepcion-Chile before and after real earthquake

This analysis will be realized in accordance of the information from ITATA project and the owner structural design criteria, methodology and recommendation of the Chilean standard NCh 2369-2003 and US standards AISC, provisions for seismic regulations for new buildings and other structures. The technology devices are anchored in the reinforced concrete foundation plate and in foundation below this plate.

¹ Prof. Ing. Juraj Králik, CSc., STU v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, 813 68 Bratislava, Radlinského 11 (juraj.kralik@stuba.sk).

2 Technology devices

The aim of this seismic analysis was the verification of the seismic resistance of the technology segments and proposes the seismic upgrading design of these devices. Four heaviest devices were analysed

1. Hot press charger based on the reinforced concrete block foundation
2. Pre press line anchored in the reinforced concrete plate at level of the free field
3. Steel welded frame of the hot press charger anchored in the reinforced concrete plate at level of the free field
4. Steel welded frame of the plywood container at level of the free field

3 Seismic load and load combinations

D. Giardini and others (1999) defined the global map of the seismic risk in accordance with the global program of the seismic risk (GSHAP) and the international project of the UN-International Natural Disaster Reduction and the international program of the lithosphere research (see fig.3). On the base of the combination of the probabilistic and deterministic study of

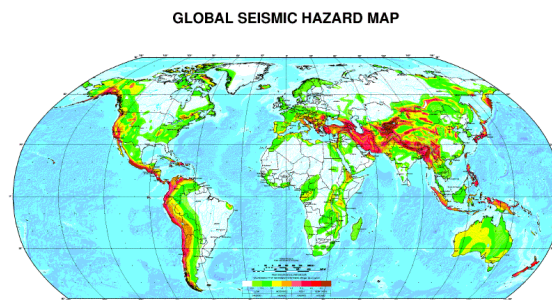


Fig.2 : Map of the world seismic risk

the seismic risk by Kausela (1978, 1981, and 1984), Kausel and Saragoni (1986) the Chile map of the seismic risk was defined in the three risk region with the base acceleration PGA 0,2g, 0,3g and 0,4g.

4 Real earthquake in Chile

This factory and the technology segments were tested by the really earthquake in Chile. At 3:34 am local time, February 27th, 2010 a devastating magnitude 8.8 earthquake struck Chile, one of the strongest earthquakes ever recorded. According to Chilean authorities, over 400 people are now known to have been killed. The earthquake also triggered a Tsunami which was right now propagating across the Pacific Ocean, due to arrive in Hawaii in hours (around 11:00 am local time).

5 Conclusion

The methodology of the seismic upgrading of the technology segments of the SPARTEK Industries, a.s. in the Plywood factory in city Concepcion-Chile was presented. The seismic resistance of the structure was demonstrated in accordance with the FEMA recommendations and Chile standard. The really earthquake in Chile with the magnitude 8.8 tested these structures. After this earthquake even the Plywood factory was running of the enterprise after one day. The earthquake losses were minimal.

Acknowledgement

This survey was solved with support of the Ministry of Education in the Slovak Republic within the grant task VEGA 1/0740/11.

NELINEÁRNA ANALÝZA ODOLNOSTI ŽELEZOBETÓNOVEJ STENY ZA EXTRÉMNEHO PÔSOBENIA TEPLoty A TLAKU

NONLINEAR ANALYSIS OF THE REINFORCED CONCRETE WALL RESISTANCE
UNDER TEMPERATURE AND PRESSURE EXTREME LOADS

Juraj Králik¹, Dušan Hukel²

Abstract

This paper describes the nonlinear analysis of the reinforced concrete wall of the bubbler tower (BT) due to the extreme pressure and the temperature loading. The behaviour of the pressure and the temperature in the hermetic zone was simulated by the program MELCOR. The interaction of the steel liner and the reinforced concrete wall during the loss of coolant accident (LOCA) is considered. The new space calculation model of the reinforced concrete wall was developed. On the base of the experimental results and the nonlinear analysis of the structure were considered the safety and reliability of the hermetic structure. The numerical simulations were realized in the system ANSYS.

1 Úvod

Práca sa zaoberá tepelno-napätostnou analýzou steny prvého plynojemu šachty lokalizácie havárie (barbotážnej veži) s uvažovaním nelineárneho chovania železobetónu a so zohľadnením porušovania materiálu, meniacich sa materiálových charakteristík v dôsledku extrémneho tlaku a teploty. Skúma sa interakcia oceľovej výstelky a železobetónovej steny hermetickej zóny jadrovej elektrárne (JE).

Iniciačnou udalosťou pre haváriu analyzovanú v tejto práci je neizolovaný únik chladiva z primárneho okruhu (LOCA) dvoma otvormi (roztrhnutie hlavnej cirkulačnej slučky s obojstranným výtokom), každý s ekvivalentným priemerom 500 mm, nachádzajúcimi sa na studenej vetve. Vo všetkých analyzovaných scenároch havárie L2x500mm sa predpokladá, že reaktor pred iniciačnou udalosťou pracoval v stabilnej prevádzke na nominálnom výkone. Ďalej sa predpokladá zlyhanie vysokotlakového a nízkotlakového doplnovania do primárneho okruhu počas celej doby havárie.

Cieľom práce je analyzovať bezpečnosť a spoľahlivosť železobetónovej konštrukcie za extrémneho namáhania vysokými teplotami a tlakom. Úlohou je spracovať modelovanie zaťaženia a materiálových charakteristík konštrukcie pri haváriách podľa Eurokódov, zahraničných štandardov a výsledkov experimentov v zahraničí.

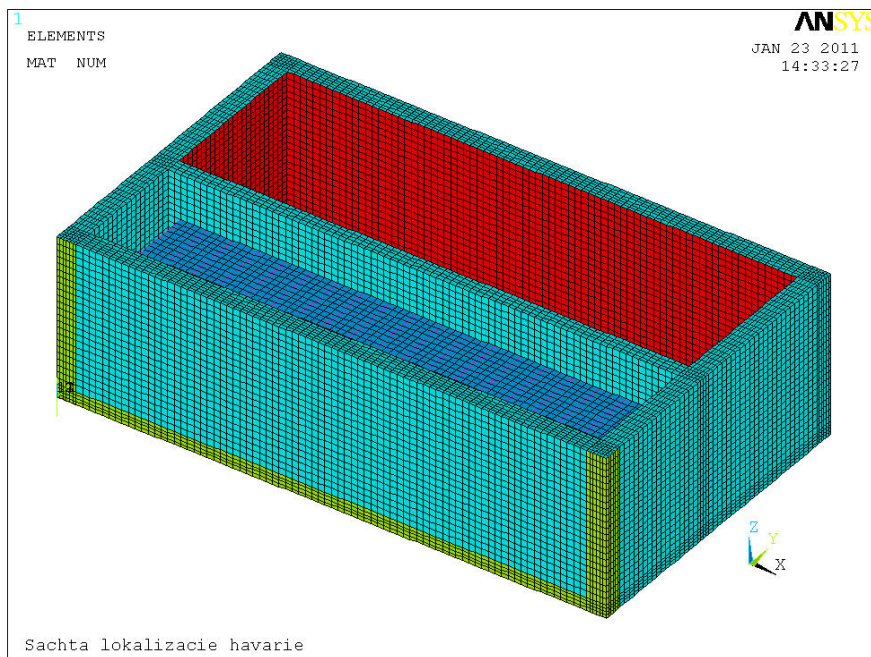
2 Numerická analýza železobetónovej steny

Na základe odporúčaní IAEA [13] sa konštrukcie hermetickej zóny posudzujú na projektový (BDA) a nad projektový stav (BDBA) v prípade havárie LOCA. Nadprojektovú haváriu uvažujeme v dvoch fázach. V prvej fáze pôsobia pretlaky a

¹ Prof. Ing. Juraj Králik, PhD., STU v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, 813 68 Bratislava, Radlinského 11, juraj.kralik@stuba.sk.

² Dušan Hukel, Ing., STU v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, 813 68 Bratislava, Radlinského 11, dusan.hukel@stuba.sk.

začína sa šíriť teplota v prostredí a s fázovým posunom v konštrukcii. V druhej fáze pretlaky klesnú na nulu a konštrukcia je namáhaná na extrémnu teplotu.



Obr. 1: MKP Model

3 Záver

Konštrukcia hermetickej zóny JE bola experimentálne overená na účinky projektového tlaku 100kPa za pôsobenia prevádzkovej teploty. Výsledky potvrdili bezpečnosť a spoľahlivosť konštrukcií JE. Na základe experimentálne nameraných výsledkov sa otestoval vytvorený výpočtový model konštrukcie v MKP. Tu sa ukázal problém vystihnúť reálneho vplyvu teploty na konštrukciu.

Problémom je teda odhad chovania sa skutočnej konštrukcie od extrémnych teplôt a tlakov v prípade predpokladanej havárie. Tu je kritériom bezpečnosti konštrukcie zaručenie jej integrity a zabezpečenie funkcie tesnosti hermetickej zóny. Vplyvom nerovnomerného ohriatia konštrukcie a rozdielnou vodivosťou medzi železobetónovou stenou a oceľovou oblicovkou vznikajú výrazné pnutia, ktoré prekračujú lokálne pevnosť betónu v ťahu. To má za následok vznik trhlín v betónovej vrstve a ich následný rozvoj. Významný výskyt trhlín sa na základe numerickej simulácie objavuje na obvodových stenách v kratšom smere a v styku steny so stropnou doskou.

Veľmi dôležité pre numerickejšiu analýzu je správne nadefinovať problém šírenia tepla v závislosti na čase podľa scenára havárie. Stacionárna analýza na špičky teplôt vedie k skresleným výsledkom neodpovedajúcim skutočnému chovaniu konštrukcie.

PodĎakovanie

Projekt bol realizovaný za finančnej podpory zo štátnych prostriedkov prostredníctvom Grantovej agentúry Slovenskej republiky. Registračné číslo projektu je VEGA 1/0740/11.

DETERMINISTIC AND PROBABILITY ANALYSIS OF THE STEEL FRAME FIRE RESISTANCE

DETERMINISTICKÁ A PRAVDEPODOBNOŠTNÁ ANALÝZA POŽIARNEJ ODOLNOSTI OCELOVÉHO RÁMU

Juraj Králik¹, Juraj Králik,jr.²

Abstract

This paper deals with an elastic and plastic solution of the steel frame under fire loads. The deterministic and probability analysis of the fire resistance of the steel frame is considered. The Simulation-Based Reliability Assessment concept (SBRA) is applied for probabilistic analysis. The MONTE CARLO simulation using AntHILL program is realized for 10^6 samples of input data. The stiffness analysis of the steel frame fire resistance is calculated in ANSYS.

1 Introduction

Experiences from fire cases and their consequences are the main reasons for the fire safety solutions at the projecting level. Thus, the human lives and property could be effectively protected. This paper particularly shows the possibility of solution the fire resistance problem. The fire resistance of the structure could be verified by simplified or exact computational model. From the structural behaviour point of view we consider elastic or a plastic computational model. While using the elastic model, the static consideration is made of the linear elastic model and the critical intersection is tested with bending moment. Usage of the plastic model investigates the fire safety resistance of the structure until collapse. Fire safety of the structures can be solved by the deterministic or probabilistic method.

2 FEM Model and Load Combinations

The following geometry shows the model, which was picked up for the application of the task. The model was taken from the Profile Plus Company catalogue (Fig.1).

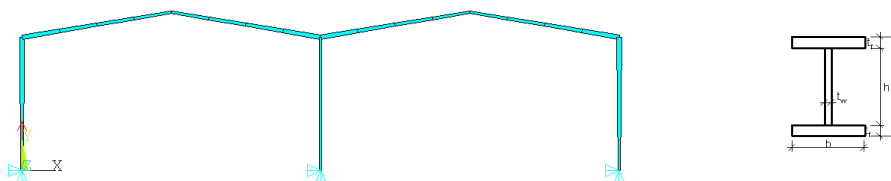


Fig. 1: FEM model of double-span portal frame

Double-span portal frame consists of three beam-column elements and 16 beam elements. The portal frame is exposed to next loading inputs acting on the portal frame: dead load (G), live load (Q) involves the load of the insulated panels, short lasting load

¹ Prof. Ing. Juraj Králik, CSc., STU v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, 813 68 Bratislava, Radlinského 11 (juraj.kralik@stuba.sk)

² Ing. Juraj Králik, PhD., STU v Bratislave, Fakulta architektúry, Ústav konštrukcií v architektúre a inžinierskych stavieb, 812 45 Bratislava, Námestie Slobody 19, (juraj_kralik@stuba.sk)

represented by the wind value (W), the uniform value of the temperature (T) and the characteristic value of the material properties. In the deterministic analysis there is the design value of effect of actions E_d defined in accordance with the Eurocode (EN 1991-1-1. 2002) follow

$$E_d = \gamma_G \cdot G_k + \gamma_Q \cdot Q_k + \gamma_W \cdot \psi_W \cdot W_k + \gamma_T \cdot T_k \quad (1)$$

where γ_G , γ_Q , γ_W , γ_T are the partial factors of actions and ψ_W is a factor of combination value of a variable action.

In the probabilistic analysis there is the value of effect of actions E defined in accordance with the JCSS code (EN 1991-1-1. 2002) follow

$$E = g_{var} \cdot G_m + q_{var} \cdot Q_m + w_{var} \cdot W_m + t_{var} \cdot T_m \quad (2)$$

where g_{var} , q_{var} , w_{var} , t_{var} are the variable defined by histograms, G_m , Q_m , W_m , T_m , are the mean values of the defined actions.

3 Temperature Loading – Elastic and Plastic Method

Steel structures under fire expand when heated and contract on cooling. Subject to fire steel loses both its strength and stiffness. The effect of restrained to thermal movement introduces high strains in both the steel member and the associated connections.

The temperature loading method, in conjunction with the use of empirical formulas, is widely used because of its simplicity in calculating the limiting temperature of structure. This is analogous to an elastic design method where the application of the design load will not cause the ultimate capacity of any one of the members to be exceeded while the plastic state of members is not considered. However, this model may not appropriately reflect the realistic and restraining conditions.

The plastic method is based on the formulation of virtual work equation of the internal and external influences (forces). Although a plastic hinge may have been formed in a statically indeterminate structure, the load can still be increased without causing any failure if the geometry of the structure permits.

4 Probability analysis

The probabilistic part of the assessment is performed by the AntHILL and ANSYS. The task is to consider the members of the portal frame exposed to dead, long-lasting axial force and calculate the risk of the failure for the persistent design simulation (i.e. fire does not occur, in the case of fire and for an accidental fire situation. Probability of fire is $P_{fire} = 0.001$). Those load cases are expressed by the equation that is described in the probability codes. Variable values are generated by the random number generator system - MONTE CARLO. Next there is the computer processing cycle performed by ANSYS.

5 Conclusion

The analysis of the fire resistance of the steel portal frame by deterministic as well as probabilistic calculation is shown in the full paper. The probabilistic method shows that in 8,254 % of all cases the bearing capacity of the critical cross section is exceeded, but it does not cause the collapse.

Acknowledgement

This survey was solved with support of the Ministry of Education in the Slovak Republic within the grant task VEGA 1/0740/11.

VYUŽITÍ PROGRAMU KOROZEENECK K MODELOVÁNÍ Vlivu CHLORIDŮ NA VZNIK TRHLIN V ŽELEZOBETONU

CHLORIDE INFLUENCE ON THE CRACKS IN REINFORCED CONCRETE EVALUATION USING KOROZEENECK SOFTWARE

Petr Konečný¹, Jiří Brožovský², Pratanu Ghosh³

Abstract

Korozeeneck software allows for deterministic as well as stochastic modeling of chloride induced degradation of reinforced concrete structures. Korozeeneck describes both stages (initiation as well as propagation). It helps to estimate time to initiation of corrosion in reinforced concrete structure. It helps to address time to uniform corrosion induced unaccepted cracking. The Monte reliability tool is necessary in order to perform stochastic analysis.

Paper consists of description of analytical model used in program Korozeeneck as well example of a deterministic application.

1 Účel programu Korozeeneck

Program Korozeeneck [3] umožňuje provádět deterministické a stochastické modelování degradace železobetonové konstrukce s ohledem na působení chloridů. Umožňuje tedy získání lepší představy o chování konstrukce vystavené agresivnímu prostředí.

Korozeeneck modeluje jak iniciační, tak propagační fázi koroze. Umožňuje odhadnout dobu do vzniku koroze ocelové výztuže v železobetonové konstrukci, a také dobu do vzniku rovnoměrnou korozi vyvolaných trhlin. Ke stochastické aplikaci je nutné použít spolehlivostní nastavbu Monte [1].

Plný text obsahuje popis transformačních vztahů aplikovaných v programu Korozeeneck a příklad deterministické aplikace.

2 Modelování koroze vyvolané působením chloridů

2.1 Iniciace koroze

Postup pronikání chloridů betonem jako funkce hloubky a času lze modelovat za pomoci 2. Fickova zákona difuze. Řešení příslušné diferenciální rovnice, obvykle popisované jako Crankovo [2], je uvedeno v plném textu vztahu

Funkce spolehlivosti je vyjádřena jako časově závislé překročení korozního prahu C_{th} koncentrací chloridů $C_{xy,t}$ v hloubce výztuže $RF_t = C_{th} - C_{xy,t}$.

2.2 Propagace koroze

Během procesu koroze vznikají korozní produkty, které mají větší rozdílné fyzikálně chemické vlastnosti než původní materiál. Dochází k nárůstu objemu výztuže a zároveň poklesu efektivní průřezové plochy. Díky čemuž dochází i k poklesu únosnosti.

¹ Petr Konečný, Ing., Ph.D., VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, petr.konecny@vsb.cz ;

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

³ Pratanu Ghosh, M.A.Sc., University of Utah, Civil and Environmental Engineering Department, pratanug@gmail.com ;

Program se zabývá odhadem času do vzniku trhlin v krytí betonu v důsledku objemových změn výztuže pro rovnoměrnou korozi vyvolanou působením chloridových iontů. Postup umožňuje zohlednit působení důlkové koroze.

Výpočet doby do vzniku trhlin je založen na vztazích odvozených v [LIU and WEYERS [4] and VIDAL et. all [6]. Hustota korozního proudu [$\mu\text{A}/\text{cm}^2$] je funkcí odporu betonu ρ (resistivity [$\text{Ohm}\cdot\text{cm}$]) (Fig. 12, MORRIS et. all [5]).

Limitní velikost trhliny je uvažována jako $w_{\text{cr,lim}}=0.1$ mm. Celková doba do vzniku nepřipustných trhlin je v programu označena jako t_{service} a je součtem doby iniciace s dobou propagace koroze.

3 Závěr

V plném textu je předvedena ukázka využití programu Korozeeneck [3] k odhadu vlivu chloridů na trvanlivost železobetonových konstrukcí. Modelována je doba do vzniku koroze a následná doba do nepřipustného rozvoje trhlin, které jsou vyvolány objemovými změnami výztuže.

Zvolený model řeší jednorozměrný problém železobetonové desky vystavené působení chloridů. Iniciační fáze je modelována za pomoci difuze. Propagační fáze koroze je popsána s využitím modelu pro rovnoměrnou korozi [6]. Tento postup byl zvolen proto, neboť umožňuje v budoucnu modelovat i důlkovou korozi, která je typická pro působení chloridů.

Vzhledem k velkému rozptylu vstupních parametrů je vhodné pravděpodobnostní řešení dané problematiky. Naznačený postup sice obsahuje pouze deterministické řešení, ale pravděpodobnostní aplikace je možná, a to s využitím software Monte [1].

Literatura

- [1] BROŽOVSKÝ, J., (2006) The home page of the “Monte” simulation software: <<http://fast10.vsb.cz/brozovsky/monte>>
- [2] COLLEPARDI, M., MARCIALIS, A., and TURRIZUANI, R. (1972). “Penetration of Chloride Ions into Cement Pastes and Concretes,” *Journal of American Ceramic Research Society*, V55, No. 10, pp 534-535.
- [3] KONEČNÝ, P., BROŽOVSKÝ, J. GHOSH, P. (2010) The home page of the „KOROZEENECK“ software: <<http://fast10.vsb.cz/konecny/korozeeneck.php>>
- [4] Liu, Y and Weyers, R.E. (1998) *Modelling the Time-to-Corrosion Cracking in Chloride Contaminated Reinforced Concrete Structures, in ACI Materials Journal, V.95, No.6. ,November-decemebr 1998.*
- [5] MORRIS, W, VICO, A., VAYQUEZ, M., DE SANCHEZ, S.R. (2002) Corrosion of reinforcing steel evaluated by means of concrete resistivity measurements, *Corrosion Science* 44 (2002) 81-99.
- [6] VIDAL, T. CASTEL, A and FRANCOIS, R. (2004) Cement and Concrete Research 34 (2004) 165-174.

POČÍTAČOVÉ MODELOVÁNÍ EXPLOZNÍ ODOLNOSTI ZÁSObNÍKU UHLÍ

COMPUTER MODELLING OF COAL BUNKER EXPLOATION RESISTANCE

Petr Horyl¹

Abstract

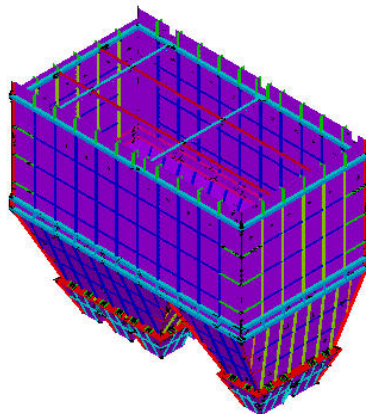
In case of silo truss collapse due to internal explosion there could be a serious and dangerous effect. Because of it, it is necessary to analyse this dynamics problem by computer modelling. The problem is nonlinear from the two reasons – geometrical and material properties. Numerical solution resulted in design recommendation.

1 Úvod

Podle [1] byla zařazena posuzovaná konstrukce do třídy CC3, což znamená, že v případě poruchy konstrukce od vnitřního výbuchu skladovaného materiálu mohou nastat „velké následky poruchy“. Řešení průběhu výbuchu a jeho odezvy bylo realizováno pomocí metody počítačového modelování, za použití konečnoprvkového programu ANSYS. Tato ryze dynamická úloha je geometricky a materiálově nelineární. Byl použit bilineární materiálový model OK zásobníku s izotropním a kinematickým zpevněním. Materiálové konstanty byly převzaty z práce [2].

2 Realizace dynamického výpočtu

Výpočtový model včetně dělení na konečné prvky je na obr. 1. Celkem obsahuje cca 50 tisíc prvků typu skořepina a nosník, řád úlohy je 17 tisíc stupňů volnosti.



Obr. 1: Diskretizovaný výpočtový model

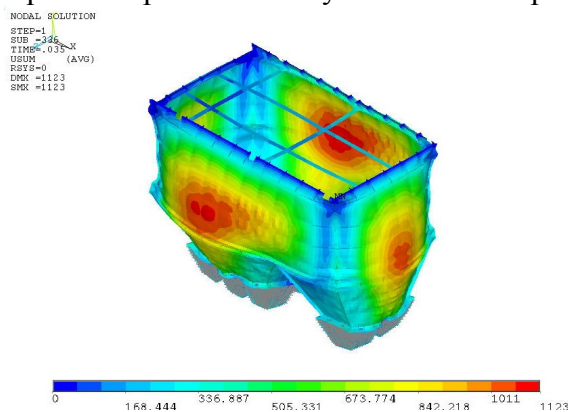
Klíčovým parametrem výbuchového materiálu je deflagrační index oblaku prachu K_{st} udávaný v $[(kN/m^2) m/s]$. Pro rozmezí uvedeného parametru jsou v příloze D normy [1] uvedeny hodnoty maximálního tlaku od výbuchu prachu a předpokládaný časový průběh. Výpočet byl rozdělen na tři časové kroky (lineární nárůst tlaku, lineární pokles a dokmitávání po odlehčení). bylo nutné stanovit nejnepríznivější kombinaci zatížení od

¹ Petr Horyl, prof. Ing. CSc., VŠB - TUO, Fakulta strojní, Katedra mechaniky, petr.horyl@vsb.cz.

vlastní tíhy, tlakového zatížení od výbuchu prachu a technologické zatížení od náplně hnědého uhlí. Odezva systému byla řešena Newmarkovou implicitní metodou. Poměrný útlum byl volen podle doporučení literatury [3].

2.1 Výpočet pro plný tlak vnitřního výbuchu

Při uvážení plného tlaku vnitřního tlaku je plášť zásobníku natolik plasticky zdeformován, že silo nemůže být provozováno. Nejnepříznivějším jevem je skutečnost nepřipustné celkové poměrné deformace v místech přivaření konstrukce na nosnou OK vnějšího díla, která by způsobila porušení nosných svarů a kolaps konstrukce.



Obr. 1: Trvalá deformace konstrukce po výbuchu

2.2 Výpočet pro nastavený tlak výfukového systému

Pokud nosná OK není schopna bez destrukce přenést zatížení od vnitřního výbuchu, nabízí se řešení bezpečnostního výfukového zařízení s definovaným průřezem A_{vyf} . Zásobník se v podstatě bude počítat na tlakové zatížení, na něž je nastaven výfukový systém. V našem případě bylo maximum tohoto zatížení dvacetinásobně menší.

Výsledkem výpočtu je zjištění, že nebyla překročena mez kluzu s dostatečnou rezervou ani v jednom místě OK zásobníku.

3 Závěr

Plnou hodnotu dynamického účinku tlaku od vnitřního výbuchu prachu skladovaného materiálu nosný systém není schopen přenést. Kritickým nosným místem je nejbližší okolí svaru připojující horní stěnu zásobníku na vnější OK. Řešením je zásobník shora uzavřít a vybavit výfukovým zařízením s definovanými parametry.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Ministerstva školství České republiky. Výzkumný záměr číslo MSM 6198910027.

Literatura

- [1] ČSN EN 1991-1-7, Eurokód 1: zatížení konstrukcí – Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení, Český normalizační institut Praha, 2007, 64 s.
- [2] Poruba Z. Neproporcionální namáhání materiálu. Doktorská disertační práce, VŠB-TU Ostrava, 2006. 138 s.
- [3] Clough R.W., Penzien J. Dynamics of Structures. 3rd edition, Computers & Structures Inc. 1995. 752 pp.

DOTVAROVÁNÍ SPŘAŽENÉHO DŘEVOBETONOVÉHO NOSNÍKU

CREEP OF WOOD-CONCRETE COMPOSITE BEAM

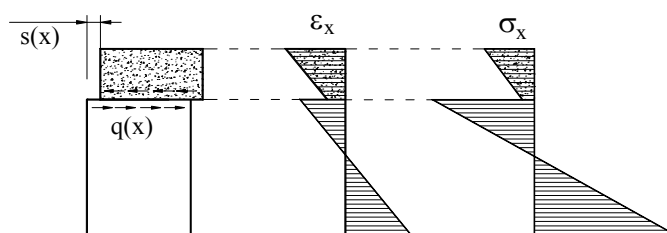
Luděk Brdečko¹, Rostislav Zídek²

Abstract

The main phenomena, which complicate analysis of composite wood-concrete beams are the elastic-compliant connection of wood girder and concrete slab and also time dependent behavior of both materials. The paper presents the studies of behavior of composite beams with varied stiffness of connection with respect the phenomena mentioned above. The studies are calculated by simplified methods according Eurocode [2,3] and by more advanced methods used in authors' program Asteres.

1 Úvod

Dřevo betonové spřažené nosníky využívají poměrně dobrého chování betonové desky v tlaku a dřevěného nosníku v tahu. Přenesení smykového napětí z jedné části průřezu do druhé je ovlivněno nemožností zajistit nepoddajné spojení především mezi spojovacími prostředky a dřevěnou částí. Nepoddajné spojení způsobuje vzájemný posun jednotlivých částí průřezu ve směru mezi nimi. Toto poddajné spojení způsobuje, že se jednotlivé části průřezu částečně působí jako jeden průřez a částečně jako průřezy dva. Výsledkem je průběh deformací a napětí uvedený na obrázku 1.



Obr. 1: Princip pružného spřažení

2 Metodika s použitím Eurokódů

Eurokód 5 nabízí v příloze B metodiku pro výpočet průřezů s pružně poddajným spojením jednotlivých částí průřezu prostého nosníku. Tuto metodiku lze využít i pro průřez složený ze dřevěné a železobetonové části [1]. Tuhost spřahovacích prostředků je možno uvažovat dvojnásobně z důvodu tuhého zakotvení těchto prvků v betonové části průřezu.

Pro posouzení konečných přemístění konstrukce se redukují moduly pružnosti betonu a dřeva pomocí součinitelů dotvarování ϕ a k_{def} .

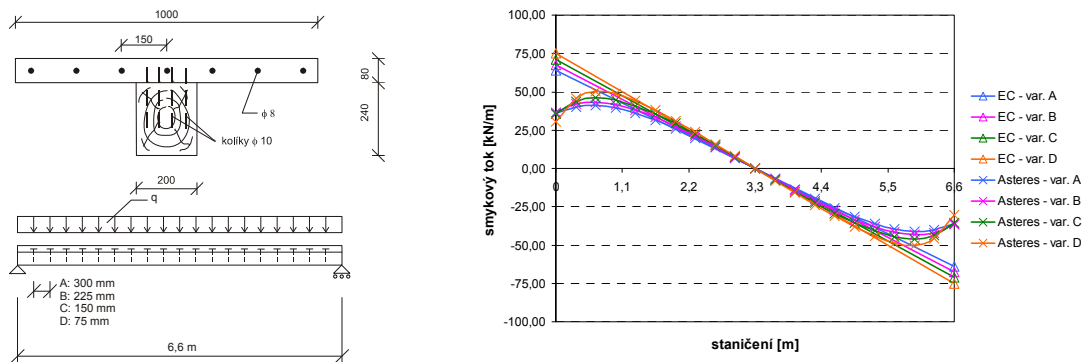
¹ Ing. Luděk Brdečko, Ph.D., VUT v Brně, fakulta stavební, ústav stavební mechaniky, Veveří 95, Brno, 60200, brdecko.l@fce.vutbr.cz.

² Ing. Rostislav Zídek, Ph.D., VUT v Brně, fakulta stavební, ústav stavební mechaniky, Veveří 95, Brno, 60200, zidek.r@fce.vutbr.cz.

3 Metodika v programu Asteres

V programu Asteres jsou betonová i dřevěná část průřezu modelovány oddělenými prvky na excentricitě. Důvodem je možnost zavedení pružného spojení mezi těmito částmi pomocí konečného prvku se speciálními vlastnostmi. Oddělení betonové části umožňuje lépe modelovat časové změny betonu a dřeva. Smršťování betonu je zaváděno jako počáteční přetvoření. Pro dotvarování betonu je použita metoda časové diskretizace, která umožňuje sledovat změny napětí v jednotlivých prvcích modelu konstrukce. Její přesnost závisí na hustotě dělení zájmového času. V program Asteres je také zahrnuto modelování skutečného chování betonu pomocí vrstvičkového modelu. Pro beton v tahu se uvažuje rozmazaný model kohezivní trhliny.

Na obr. 2 je uveden jeden z výsledků – srovnání smykového toku ve spáře nosníků s různými tuhostmi ve spřažení v konečném čase, vypočtených oběma metodikami.



Obr. 2: Smykový tok ve spáře nosníků s různou tuhostí spřažení

4 Závěr

Srovnání výsledků dosažených programem Asteres s výsledky dosaženými postupem uvedeným ve [2] ukazuje dobrou shodu. Rozdíly v predikovaném chování jsou vysvětlitelné použitými modely. Chování analyzované spřažené dřevobetonové konstrukce vychází při použití programu Asteres oproti [3] méně příznivě. Jako příčina se jeví průběh napětí ve spřažení po délce nosníku a tahové trhliny v železobetonové spřažené desce. Prezentované výpočty společně s již dříve provedenými srovnáními opravňují používat program Asteres pro analýzu spřažených konstrukcí.

Poděkování

Príspevek vznikl v rámci výzkumného záměru MŠMT MSM0021630519 a za přispění projektu GAČR P104/10/2359.

Literatura

- [1] KOŽELOUH, B. (překlad a redakce) *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5, Step 2: Navrhování detailů a nosných systémů*, KODR, Zlín, 2004, s. 217-227, ISBN 80-86 769-13-5.
- [2] EN 1992-1-1 *Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*, ČNI, Praha 2006.
- [3] EN 1995-1-1 *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*, ČNI, Praha 2006.

VERIFIKACE LOKALIZACE A PRŮBĚHU PORUŠENÍ V BETONOVÝCH VZORCÍCH STANOVENÝCH POMOCÍ AE A EME: NUMERICKÉ SIMULACE

VERIFICATION OF LOCALIZATION AND PROGRESS OF FAILURE IN CONCRETE
SPECIMENS DETERMINED USING AE AND EME: NUMERICAL SIMULATIONS

Václav Veselý¹, Petr Frantík², Ondřej Vodák³

Abstract

This paper presents a numerical analysis aimed at verification of monitoring of failure – its progress and the locations of the individual failure events – in quasi-brittle cement-based materials performed using a technique based on utilization of (combination of) acoustic emission (AE) and electromagnetic emission (EME) phenomena. The analysis is conducted on concrete laboratory specimens and helps to reveal the type and intensity of failure which can be captured by this experimental technique. Numerical tools ATENA and FyDiK based on continuum mechanics with implemented cohesive crack model and physical discretization of continuum, respectively, are employed in the analysis.

1 Úvod a motivace

Iniciaci a šíření trhlin v pevných látkách lze detekovat pomocí akustických a elektromagnetických jevů [4]. Tyto jevy jsou označovány jako akustická resp. elektromagnetická emise (AE/EME). Při vývoji metodologie měření a vyhodnocování vzniku a šíření trhlin/y pomocí těchto jevů lze výhodou použít výpočetních nástrojů schopných numericky simulovat procesy porušování materiálu. Tento článek je věnován právě simulacím procesu porušování vybraných stavebních materiálů, a to cementových kompozitů, při lomových zkouškách.

2 Numerické simulace

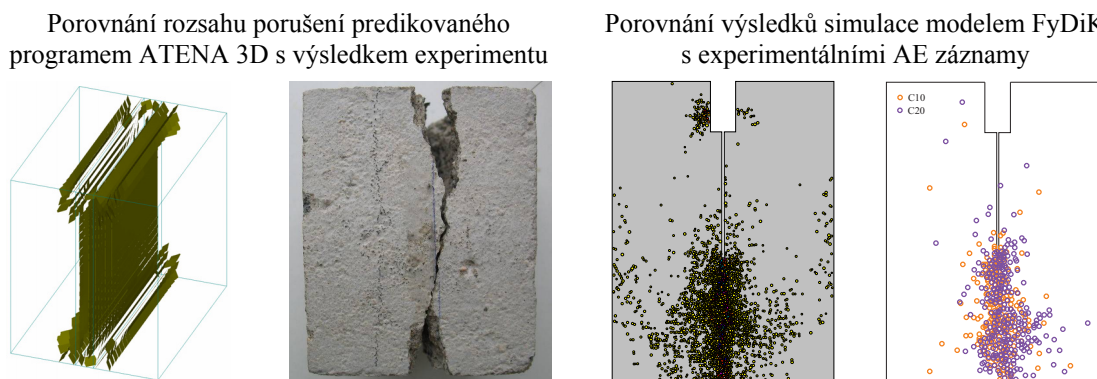
MKP simulace prezentované v předchozích pracích autorů (např. [2]) ověřily možnosti modelování procesů porušování ve zkušebních tělesech podrobených testům ve vhodných zkušebních geometriích. V souvislosti se zkoumanou experimentální technikou využívající jevy AE a EME však ukázalo jako žádoucí provést také detailnější analýzu charakteristik simulovaného porušení, např. velikost (otevření) a orientace vznikajících trhlin resp. odpovídajícího neelastického poměrného přetvoření, příp. jeho energetické náročnosti. Na základě jejich porovnání s charakteristikami záznamů AE/EME měření by pak bylo možné usuzovat na možnosti a citlivost této experimentální techniky v oblasti monitorování porušení kvazikřehkých materiálů ve stavebnictví (zejména např. silikátové kompozity a skalní horniny).

¹ Ing. Václav Veselý, Ph.D., VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, vesely.v1@fce.vutbr.cz.

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

³ Bc. Ondřej Vodák, dtto, Vodak.O@study.fce.vutbr.cz.

Druhá metoda, kterou je možno využít pro zkoumání charakteru procesů porušování vyvolávajících akustickou emisi, je metoda založená na fyzikální diskretizaci kontinua. Umožňuje snadno řešit nelineární úlohy a zároveň nevyžaduje komplikované modely porušování materiálu. Zde použitý model je implementován v aplikaci FyDiK [1]. Možnosti této metody a její využití jsou zde ilustrovány skrze simulace experimentu publikovaného v [3].



Obr. 6. Vlevo: Rozložení porušení po objemu tělesa při testu v příčném tahu predikované programem ATENA 3D a fotografie porušeného tělesa [2]. Vpravo: Porovnání výsledků dynamické simulace modelem FyDiK a záznamů AE pro dvě WST tělesa (ozn. C10 a C20) [3]

3 Závěr

Článek prezentuje dva přístupy k modelování procesů porušování těles/konstrukcí z cementových kompozitů, jež lze detekovat pomocí experimentálních technik založených na akustické a elektromagnetické emisi, resp. jejich kombinaci. Tyto techniky mají velký potenciál zodpovědět klíčové otázky související se vznikem a šířením porušení v kvazikřehkých materiálech, které je spojeno s vývojem tzv. lomové procesní zóny u vrcholu makroskopické trhliny, což jsou témata, jimž se autorský kolektiv dlouhodobě zabývá [5].

Poděkování

Tento výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT, projekt 1M0579 (CIDEAS), a GA ČR, projekt P104/11/0734.

Literatura

- [1] FRANTÍK, P. FyDiK application, <http://www.kitnarf.cz/fydik>, 2007–2011.
- [2] KOKTAVÝ, P., VESELÝ, V., KERŠNER, Z., FRANTÍK, P., KOKTAVÝ, B. 2011. Utilization of electromagnetic and acoustic emission in monitoring of fracture of cementitious composites. *Key Eng. Mat.*, 465, 503–506, 2011.
- [3] MIHASHI, H., NOMURA, N. 1996. Correlation between characteristics of fracture process zone and tension-softening properties of concrete. *Nuclear Engineering and Design*, 165, 359–376, 1996.
- [4] SKLARCZYK, CH., ALPETR, I. 2001. The electric emission from mortar and concrete subjected to mechanical impact. *Scripta mater.*, 44, 2537–2541, 2001.
- [5] VESELÝ, V., FRANTÍK, P. 2011. Reconstruction of a fracture process zone during tensile failure of quasi-brittle materials. *Applied and Computational Mechanics* (in print), 2011.

VLIV RELAXACE NA TĚSNOST PŘÍRUBOVÉHO SPOJE

RELAXATION INFLUENCE ON TIGHTNESS OF FLANGE JOINT

Jan Plášek¹, Jiří Kytýr², Roman Gratza³

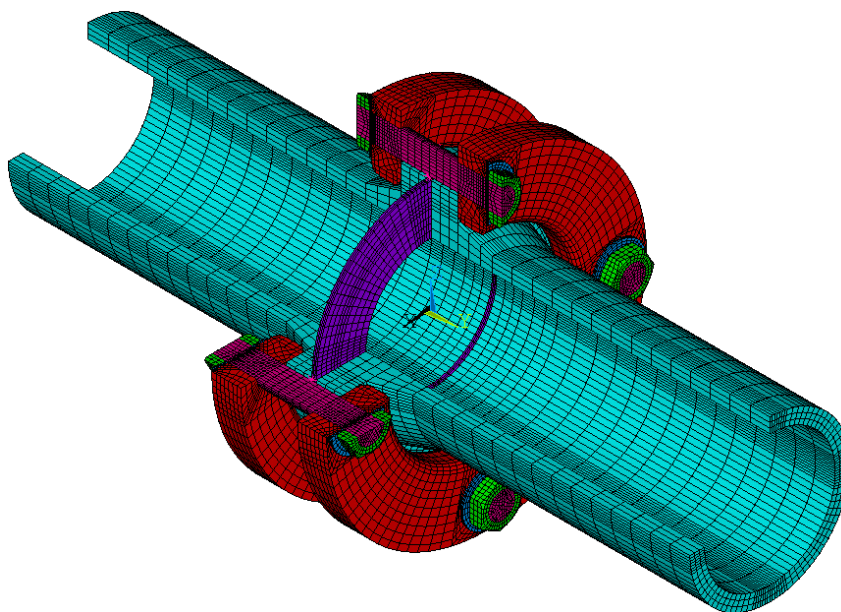
Abstract

This paper deals with the flange joint with the steal loose flanges and the plate gasket of the thermoplastic pipe system. The aim is to observe the relaxation influence on the tightness of the flange joint. The tightening sequence and the rheological behaviour of the stub flanges and the gasket are considered in the solution. Problem was solved by the ANSYS program system.

1 Úvod

U přírubového spoje termoplastového potrubí s volnými točivými ocelovými přírubami a deskovým těsněním (obr. 1) je sledován vliv relaxace na těsnost přírubového spoje.

Model tohoto spoje je převzat z [1]. Tento model byl zpřesněn o kontaktní prvky a prvky vnášející předpětí. U modelu bylo již uvažováno zatížení vnitřním přetlakem, ohyb potrubí a vliv změny teploty [2].



Obr. 1: Model přírubového spoje

¹ Ing. Jan Plášek, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95 602 00 Brno, e-mail: plasek.j1@fce.vutbr.cz.

² Ing. Jiří Kytýr, CSc., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95 602 00 Brno, e-mail: kytyr.j@fce.vutbr.cz.

³ Ing. Roman Gratza, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95 602 00 Brno, e-mail: gratza.r@fce.vutbr.cz.

2 Závěr

Ze srovnání výsledků je patrné, že umístění utahovacích šroubů přírubového spoje způsobuje větší stlačení vnějšího obvodu těsnění oproti vnitřnímu obvodu.

Potvrdilo se, že relaxace v těsnění a lemovém nákrůžku, která se projevuje po utažení šroubů při montáži přírubového spoje, výrazně snižuje síly ve šroubech, což může mít podstatný vliv na těsnost přírubového spoje.

Poděkování

Tento výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT, projekt IM0579, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS.

Literatura

- [1] Plášek, J., Kytýr, J., Gratza, R. 2010. Statická analýza přírubového spoje termoplastového potrubí. *Proceedings of the 8th International Conference New Trends in Static and Dynamics of Buildings*. Slovak University of Technology in Bratislava: 2010, s. 157-158, ISBN 978-80-227-3373-1.
- [2] Gratza, R., Kytýr, J., Plášek, J. 2010. Studie statického řešení přírubového spoje termoplastového potrubí. *CIDEAS – dílčí výzkumná zpráva 2.5.1.2-P18*: 2010, 15 s.
- [3] ČSN EN 12573-4:2000 E. *Svařované stabilní beztlakové termoplastické nádoby – část 4. Návrh a výpočet přírubových spojení*, 2000.
- [4] ČSN EN 1591-1:2009. *Příruby a přírubové spoje – Pravidla pro navrhování těsněných kruhových přírubových spojů - Část 1: Výpočtová metoda*, 2009.
- [5] <http://www.simona.de>
- [6] Theory reference ANSYS 12.0.

CHARAKTERISTIKA LOMOVÝCH POVRCHŮ A PEVNOST V TLAKU CEMENTOVÉ PASTY

CHARACTERISTICS OF FRACTURE SURFACES AND COMPRESSIVE STRENGTH OF CEMENT PASTE

Tomáš Ficker¹

Abstract

This contribution deals with the relationship between the compressive strength of hydrated Portland cement paste and the topology of the fracture surfaces of this material. Experiments showed that fractal dimensions and profile parameters of fracture surfaces are sensitive indicators of the compressive strength of hydrated cement materials.

1 Lomové povrchy a tlaková pevnost

Lomové povrchy materiálů jsou předmětem zájmu výzkumných pracovníků již několik desetiletí. U stavebních materiálů jde především o lomové povrchy betonových materiálů. V tomto příspěvku jsou zkoumány topologické vlastnosti lomových povrchů ztvrdlé pasty portlandského cementu a jejich vztah k pevnosti v tlaku tohoto materiálu. K charakterizaci lomových povrchů byly vybrány fraktální dimenze a profilové parametry. Dřívější výzkum [1-2] ukázal, že existují souvislosti mezi těmito povrchovými charakteristikami a materiálovou pevností v tlaku. Experimenty provedené v současnosti potvrdily tyto indicie. Výsledkem provedených experimentů jsou grafy závislosti mezi pevností v tlaku a povrchovými parametry.

Aby bylo možno početně určit povrchové parametry lomových ploch, bylo třeba v první řadě získat co nejpřesnější digitální repliky těchto povrchů. Existuje více technik pro jejich vytvoření. Jeden z velmi vhodných postupů lze uskutečnit pomocí konfokální mikroskopie. Konfokální mikroskop patří do třídy optických mikroskopů, ale od běžných mikroskopů se liší velmi malou hloubkou ostrosti, takže produkuje téměř ploché (rovinné) obrazy, které jsou ostré pouze ve velmi úzkém pásu, a tím napodobují tvar „rozšířených“ vrstevnic. Z těchto digitálních horizontálních řezů lze softwarově složit repliku povrchového reliéfu lomových ploch a z této digitální repliky počítat pomocí speciálního softwaru hodnoty fraktálních dimenzí. Podrobněji je tento postup zmíněn v hlavním konferenčním příspěvku.

Fraktální dimenze je vlastně jakousi „mírou zaplnění“ euklidovského prostoru fraktálním objektem. Pokusme se to ozřejmit na jednoduchém příkladu euklidovské roviny s topologickou dimenzí 2, kterou začneme členit stále více do trojrozměrného Euklidova prostoru. Členění roviny můžeme uskutečnit např. tak, že ji „zkrabatíme“, tj. vytvoříme laloky směrem vzhůru (vrcholky) a dolů (prohlubně) a na těchto lalocích vytvoříme další menší laloky druhé generace a na nic opět další ještě menší laloky třetí generace atd. až do nekonečné jemnosti. Takto členěná plocha již nemá dimenzi rovnou dvěma, nýbrž je vyšší a blíží se ke třem. Pokud dokonale zaplní trojrozměrný prostor, její dimenze bude právě rovna třem. Většinou ale k dokonalému zaplnění euklidovského

¹ Prof. RNDr. Tomáš Ficker, DrSc., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav fyziky, Veveří 95, 602 00 Brno, ficker.t@fce.vutbr.cz.

prostoru fraktálem nedojde a hodnota dimenze se zastaví na mezihodnotě mezi dvěma a třemi, což je necelé číslo. Čím vyšší je tedy hodnota fraktální dimenze takto členěné roviny, tím kompaktnější je její výsledná struktura a tím menší je „pórovitost“ a tím bude i větší její pevnost v tlaku. Lomový povrchový reliéf je příkladem takto členěné roviny, a proto i jeho fraktální dimenze by měla být ukazatelem tlakové pevnosti pórovitého materiálu, ze kterého je profil složen.

Určování fraktálních dimenzí lomových ploch není triviální záležitostí. Nejde o klasický „sobě-podobný“ fraktál. Lomový reliéf má totiž jinou hodnotu dimenze v horizontálních (vrstevnicových) řezech a jinou hodnotu ve vertikálních řezech. Pokud by se např. volila metoda pokrývání reliéfu plošnými měrkami, pak dojde k „promíchání“ hodnotových příspěvků z horizontálních a vertikálních směrů a takto vypočtené dimenze nejeví citlivost k hodnotám materiálové pevnosti v tlaku, což jsme si ověřili konkrétními experimenty. Je třeba se rozhodnout pro jeden ze směrů a v této orientaci určovat hodnoty dimenzí. V této práci byly analyzovány dimenze v horizontálním směru (vrstevnicová metoda) a skutečně bylo potvrzeno, že takto vypočítané hodnoty dimenzí jsou citlivé k hodnotám tlakové pevnosti – konkrétně naměřené závislosti pevností na hodnotách dimenzí se manifestují jako monotónně rostoucí funkce.

Pokud jde o druhou skupinu povrchových parametrů, tzv. třídu trojrozměrných profilových parametrů, i u nich byla zjištěna značná citlivost k tlakové pevnosti. Je to dáno jejich provázaností s materiálovou pórovitostí. Experimenty ukazují úměru mezi výškou lomového profilu a pórovitostí materiálu. Čím větší pórovitost, tím „hrubší“ lomový povrch a tím větší výškové rozdíly lomového reliéfu a tím také větší hodnota jeho trojrozměrných profilových parametrů. Větší hodnota pórovitosti znamená na druhé straně menší tlakovou pevnost, což navzájem skloubeno dává monotónně klesající závislost mezi tlakovou pevností a hodnotou trojrozměrného povrchového profilového parametru. Tato monotónně klesající funkce byla experimenty potvrzena. Příslušné grafické výstupy jsou k dispozici v hlavním konferenčním příspěvku.

2 Závěr

Na experimentálních výsledcích je ilustrována funkční závislost tlakové pevnosti na hodnotách fraktálních dimenzí a na hodnotách trojrozměrných profilových parametrů lomových povrchů. Funkční závislost pevnosti na dimenzích je monotónně rostoucí, zatímco závislost pevnosti na profilových parametrech je monotónně klesající. Hlavním podmiňujícím faktorem obou studovaných funkčních typů je pórovitost materiálu.

Poděkování

Práce byla podpořena MŠMT ČR v rámci programu KONTAKT – Grant č. ME 09046.

Literatura

- [1] FICKER, T. 2008. Fractal strength of cement gels and universal dimension of fracture surfaces. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*. 2008, 50, 167-17.
- [2] FICKER, T.; MARTIŠEK, D.; JENNINGS, H.M. 2010. Roughness of fracture surfaces and compressive strength of hydrated cement pastes. *Cement and Concrete Research* 40, 2010, 947-955.

IMPLEMENTACE STĚNOVÉHO KONEČNÉHO PRVKU PRO VÝPOČET VELKÝCH DEFORMACÍ

IMPLEMENTATION OF WALL FINITE ELEMENT FOR A LARGE DISPLACEMENTS PROBLEM

Petr Frantík¹, Jiří Macur²

Abstract

This paper is focused on implementation of common quadrilateral finite element adapted for solving of large displacements problems in structural mechanics. There are some discovered issues which had to be solved.

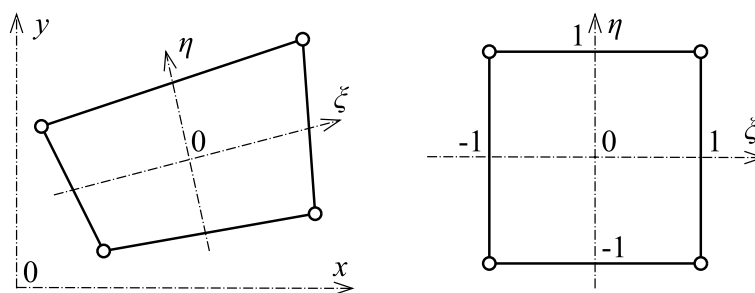
1 Úvod

Článek se zabývá podrobným popisem implementace tradičního lineárního lagrangeovského stěnového konečného prvku pro potřeby výpočtu velkých deformací. Upřesněme, že deformacemi máme na mysli velká posunutí uzlů popř. velké pootočení prvku jako celku, nikoliv velká poměrná přetvoření materiálu prvku.

Popsanou techniku lze pravděpodobně s úspěchem použít rovněž pro analogické případy, například prostorové konečné prvky.

2 Konečný prvek

Jedná se o izoparametrický prvek se čtyřmi uzly v rozích obecného konvexního čtyřúhelníka, viz obr. 1. Jak již napovídá obrázek, prvek je transformován do lokálního souřadného systému $\xi \eta$ pomocí tzv. tvarových funkcí N , které zároveň slouží pro aproximaci neznámého řešení, zde konkrétně funkcí posunutí bodů u a v .



Obr. 1: Čtyřúhelníkový prvek v globálním (vlevo) a lokálním (vpravo) souřadném systému

Problémem velkých deformací při současných malých poměrných přetvořeních materiálu prvku je především pootočení prvku. Postup, který je zde navržen, vychází ze dvou předpokladů:

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

² doc. RNDr. Jiří Macur, CSc., dtto., Ústav automatizace inženýrských úloh a informatiky, e-mail: macur.j@fce.vutbr.cz.

- 1) Pro nenapjatý prvek musí vycházet nulové uzlové síly při jeho libovolném posunutí a pootočení jako celku.
- 2) Pro napjatý prvek nesmí být velikost uzlových sil závislá na jeho pootočení (směr sil je pochopitelně závislý).

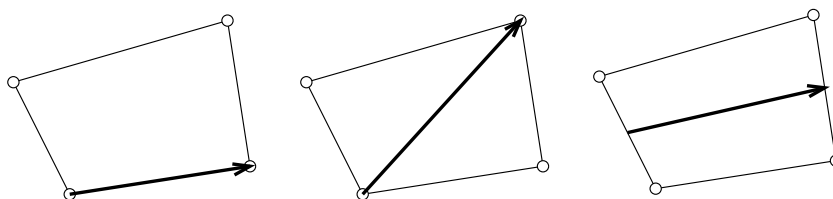
Po implementaci prvku se ukázala nutnost formulovat další dva předpoklady, které musí být splněny, aby se prvek choval konzistentně: velikost uzlových sil nesmí být závislá na definici prvku ve smyslu zvolení prvního uzlu. A dále prvek musí být zatížen momentem sil, který odpovídá záporně vzatému celkovému momentu uzlových sil nanesených na uzly deformovaného prvku (korekce nesplnění podmínky rovnováhy). Řešení těchto předpokladů bude popsáno v následujících samostatných kapitolách.

První dva předpoklady lze snadno vyřešit tak, že se na prvku určí dva „pevné“ body, které budou definovat směrový vektor. Tato dvojice bodů musí být jednoznačně dána polohou uzlů, jelikož jejich poloha je jediná informace o deformaci prvku, kterou dostáváme od objektu, který řeší úlohu (iterační nebo dynamický řešící mechanismus). Nejjednodušeji se nabízí následující dvojice bodů, viz obr. 2:

- koncové uzly některé strany prvku,
- jedna ze dvou diagonál prvku,
- jeden ze dvou tzv. bimedíánů prvku.

Dodejme, že bimedíán je úsečka spojující středy protilehlých stran čtyřúhelníku.

Zvolení některé strany pro definici směrového vektoru má oproti ostatním řešením nevýhodu v dvojnásobném počtu možností. Zbylá dvě řešení mají rovněž čtyři možnosti, ale vždy dvě z nich jsou vzájemně zaměnitelné.



Obr. 2: Triviální možnosti jak definovat směrový vektor prvku (zleva doprava: strana, diagonála, bimedíán)

Máme-li takto definované směrové vektory, můžeme provést transformaci nedeformovaného i deformovaného prvku. Poznamenejme, že transformaci nedeformovaného prvku provádíme pouze jednou. Souřadnice nedeformovaného prvku tak plní roli referenčního stavu. Transformací v tomto případě myslíme pootočení prvku tak, aby směrový vektor byl rovnoběžný s osou x .

Implementací výše popsaného postupu lze snadno zjistit, že výsledné uzlové síly deformovaného prvku budou záviset na zvoleném směrovém vektoru. Odchylna mezi silami bude úměrná deformaci prvku, přesněji velikosti jeho zkosení. Tato závislost se negativně projevuje při změně prvního uzlu.

Poděkování

Výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT, projekt IM0579, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS.

JEDNODUCHÉ APROXIMAČNÍ KŘIVKY HODNOT LOMOVĚ-MECHANICKÝCH PARAMETRŮ BETONU V ČASE

SIMPLE APPROXIMATION CURVES OF MECHANICAL-FRACTURE PARAMETERS
VALUES OF CONCRETE IN TIME

Hana Šimonová¹, Zbyněk Keršner²

Abstract

Selected resulting values of basic mechanical-fracture parameters (compressive cube strength, splitting tensile strength, modulus of elasticity, effective fracture toughness, specific fracture energy) of concrete specimens (strength class C30/37) are used in this paper. Age of specimens was 28, 98 and 159 days. The aim is determination of simple approximation (best-fit) curves of mechanical-fracture parameters values of concrete in time. The values of mentioned parameters obtained from the approximation curves will be used as a correct starting point to evaluate fatigue parameters of concrete.

1 Úvod

Na sadě zkušebních těles z obyčejného betonu třídy C30/37 byl realizován experiment zaměřený na určení hodnot základních lomových a souvisejících únavových parametrů. Dílčí výsledky experimentu lze nalézt v [1, 2]. Cílem příspěvku je využití výsledných hodnot základních lomových/mechanických parametrů zkoumaného betonu (statický modul pružnosti, efektivní lomová houževnatost, specifická lomová energie, pevnost v tlaku a pevnost v příčném tahu) ve vztahu ke stáří vzorků (28, 98 a 159 dní) k získání jednoduchých aproximačních křivek hodnot těchto parametrů v čase.

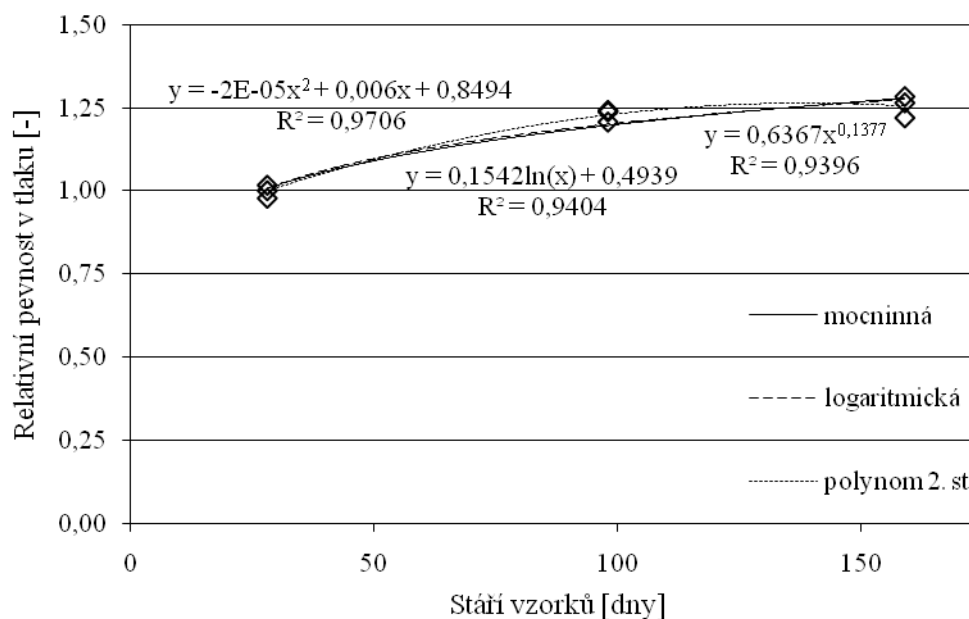
Stanovování únavových parametrů betonu totiž může být problematické také z důvodu doby trvání dynamických zkoušek těles pro vyšší počty cyklů. Předpokládá se, že vybrané aproximace naměřených hodnot jednotlivých parametrů v čase umožní co nejpřesnější určení hodnot únavových parametrů pro stáří vzorků, kdy byla prováděna dynamická zkouška.

2 Jednoduché aproximace hodnot základních parametrů betonu

Naměřené hodnoty parametrů byly nejprve poděleny příslušnými aritmetickými průměry pro stáří vzorků 28 dní, čímž se získaly jejich relativní hodnoty pro všechna zkoumaná stáří. Takto upravená data odpovídající jednotlivým sledovaným parametrům byla vynesena do grafů v závislosti na stáří vzorků a byly jimi proloženy jednoduché aproximační (regresní) křivky – mocninná, logaritmická a polynom 2. stupně (program EXCEL). Na obr. 1 jsou pro ilustraci uvedeny aproximační křivky pro relativní pevnost betonu v tlaku – x v rovnicích označuje čas ve dnech, y bezrozměrné relativní hodnoty příslušného parametru a R^2 bezrozměrný disperzní koeficient.

¹ Ing. Hana Šimonová, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, simonova.h@fce.vutbr.cz.

² doc. Ing. Zbyněk Keršner, CSc., dtto, kersner.z@fce.vutbr.cz.



Obr. 1: Aproximační křivky pro relativní krychelnou pevnost v tlaku

3 Závěr

V plném textu příspěvku byly pro uvedené hodnoty základních lomově-mechanických parametrů obyčejného betonu v závislosti na stáří vzorků (28, 98 a 159 dní) vyneseny jednoduché aproximační křivky – mocninná, logaritmická a polynom 2. stupně – relativních hodnot těchto parametrů v čase. Plánuje se použití vybraných aproximací za účelem co nejpřesnějšího určení hodnot těchto parametrů pro stáří vzorků, ve kterém byla prováděna dynamická (únavová) zkouška.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky – registrační číslo projektu je P104/11/0833 – a částečně za finančního přispění MŠMT, projekt 1M0579, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS. Osobní poděkování za významný podíl nejenom na precizním provedení statických experimentů patří Ing. Barbaře Kucharczykové, Ph.D.

Literatura

- [1] ŠIMONOVÁ, H.; KUCHARCZYKOVÁ, B.; KERŠNER, Z. *Vliv hloubky zářezu na hodnoty základních lomově-mechanických vlastností betonu : Sborník anotací 13. odborné konference doktorského studia JUNIORSTAV 2011, Brno 4. únor 2011.* Brno : Vysoké učení technické v Brně. 2011. 440 s. ISBN 978-80-214-4232-0.
- [2] ŠIMONOVÁ, H.; KUCHARCZYKOVÁ, B.; KERŠNER, Z. *Effect of concrete specimens' age to the values of basic mechanical fracture parameters: Proc. of Conf. on Material Problems in Civil Engineering (MATBUD'2011), Cracow 20th – 22th June 2011.* Cracow : Cracow University of Technology. 2011. V tisku.

WEDGE SPLITTING TEST: NUMERICKÁ STUDIE VLIVU ŠÍŘKY DRÁŽKY PRO APLIKACI ZATÍŽENÍ NA CHOVÁNÍ INICIAČNÍ TRHLINY VE VÁLCOVÉM TĚLESE

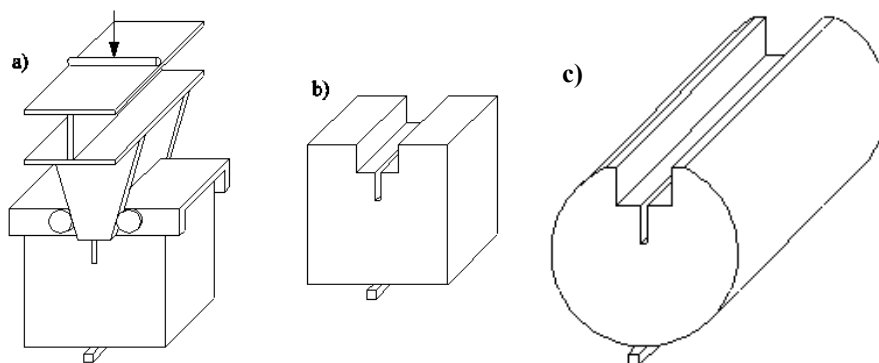
WEDGE SPLITTING TEST: NUMERICAL STUDY OF INFLUENCE OF THE GROOVE
WIDTH FOR THE LOAD APPLICATION ON THE BEHAVIOUR OF INITIATION CRACK
IN CYLINDRICAL SPECIMEN

Stanislav Seitl¹

Abstract

Wedge splitting test (WST) presents a useful experimental test for the determination of fracture parameters for civil materials e.g. cement based composites. In this paper cylindrical-shaped WST specimens (e.g. testing configuration using the core drilled specimen) are studied in framework of linear elastic fracture mechanics. The main aim of the presented contribution is focused at the influence of the groove corner (an additional singular stress concentrator to the initial crack) in the load-imposing area of the specimen on the stress field around the crack tip (the principal stress concentrator).

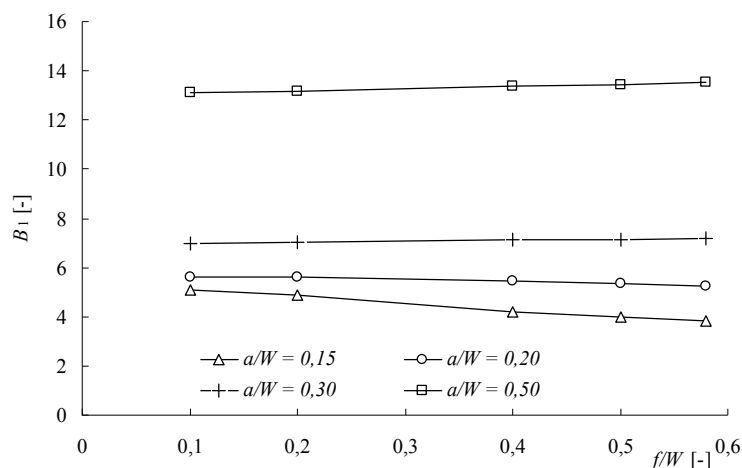
Jednu z možností stanovení lomově-mechanických parametrů kvazikřehkých kompozitů (např. kompozitů na bázi cementu) představuje zkouška používající k šíření trhliny rozevírání vzorku pomocí klínu (wedge splitting test – WST) představená v práci [2] dále rozvinutá v [1]. Připomeňme, že WST představuje test se stabilním růstem trhliny a jeho výhodou může být použití relativně malého množství materiálu na rozdíl od standardně užívaných testů, jako jsou např. třibodový nebo čtyřbodový ohyb trámce se zářezem – při WST odpovídá velikost zkušebního tělesa přibližně centrální oblasti trámce zkoušených na třibodový, příp. čtyřbodový ohyb. Nespornou výhodou je uplatnění WST při stanovování lomově-mechanických parametrů na jádrových (válcových) vývrtech odebraných ze stávajících stavebních konstrukcí.



Obr. 1. a) Konfigurace WST b) kubický vzorek a c) válcový vzorek

¹ Stanislav Seitl, Ing., Ph.D., Ústav fyziky materiálů, Akademie věd České republiky, v.v.i., Žižkova 22, 616 62 (seitl@ipm.cz)

Přes již rozsáhlé použití WST doposud nebyla provedena podrobná analýza vlivu okrajových podmínek WST, zahrnující koncentrátor napětí (pravoúhlý V-vrub) tvořený drážkou pro vložení čelistí rozevírajících těleso, na pole napětí v okolí kořene šířící se trhliny. Cílem příspěvku je za použití metody konečných prvků (MKP) analyzovat uvedený vliv – vlivu šířky drážky pro aplikaci zatížení na chování iniciační trhliny ve válcovém vzorku. Poznamenejme, že příspěvek uceluje analýzu šíření trhliny ve vzorcích pro WST, a tedy navazuje na předchozí práce spoluautorů, ve kterých postupně numericky analyzovali jednotlivé možné okrajové podmínky zejména pro vzorek tvaru krychle.



Obr. 4. Závislost součinitele intenzity napětí, vyjádřeného pomocí B_1 , na poměru f/W pro jednotlivé rozměry $a/W = 0,15; 0,2; 0,3; 0,5$.

V příspěvku je provedena numerická analýza WST vzorku používaná při experimentálním stanovování lomové mechanických parametrů, zejména vzorků pro jádrové vývrty. Vyšetřoval se vliv blízkosti druhého možného singulárního koncentrátoru napětí na pole napětí v okolí kořene trhliny.

- Vliv poměru a/W vzorku na hodnotu součinitele intenzity napětí je zcela zanedbatelný, křivky bez výrazné změny.
- Vliv poměru a/W vzorku na hodnotu T-napětí se projevuje zejména u krátkých trhlín, kdy hraje svoji roli i blízký koncentrátor napětí od čelistní drážky.

Poznamenejme, že při provádění WST na vzorcích s krátkým počátečním zářezem je třeba upozornit na nebezpečí vlivu koncentrátoru napětí způsobeného koutem v drážce pro rozevírající čelisti. Pro tyto vzorky z grafu plyne, že by bylo vhodné použít poměr f/W alespoň 0,5, ale je zde nebezpečí fraktury vzorku z vrubu pod čelistí.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je KJB200410901.

Literatura

- [1] BRÜHWILER, E., WITTMANN, F. H. The wedge splitting test, a new method of performing stable fracture mechanics test, *Engineering Fracture Mechanics* 35 (1990) 117–125.
- [2] LINSBAUER, H. N., TSCHEGG, E. K. Fracture energy determination of concrete with cube-shaped specimens, *Zement und Beton* 31 (1986), 38–40

ŠÍŘENÍ ÚNAVOVÝCH TRHLIN Z OKRAJE A POVRCHU S OHLEDEM NA PŘEKROČENÍ MEZE PEVNOSTI

FATIGUE CRACKING FROM THE EDGE AND SURFACE CONSIDERING TO STRENGTH LIMIT OVER-RANGE

Martin Krejsa¹, Vladimír Tomica²

Abstract

The Direct Optimized Probabilistic Calculation (DOProC), which uses a purely numerical approach without any simulation techniques, can be used now to solve efficiently a number of probabilistic computations. DoPRoC has proved to be a good solution, among others, in fatigue crack progression in constructions subject to cyclical loads. Paper describes in detail and gives examples of the probabilistic assessment of a construction subject to fatigue load, particular attention being paid to cracks from the edge and those from surface. This information is used as a basis for proposing a system of inspections.

1 Úvod

Metodou Přímého Optimalizovaného Pravděpodobnostního Výpočtu – POPV [2], která pracuje ryze numerickým způsobem bez aplikace některé ze simulačních technik, lze v současnosti efektivně řešit řadu pravděpodobnostních úloh. Jednou z oblastí, kde je pravděpodobnostní postup výpočtu POPV s úspěchem aplikován, je i problematika šíření únavových trhlin cyklicky namáhaných konstrukcí, vycházející z lineární lomové mechaniky [1]. Metodika pravděpodobnostního posouzení konstrukce namáhané únavou je s využitím metody POPV, která pracuje ryze numerickým způsobem bez aplikace některé ze simulačních technik, vyvíjena od roku 2006. Řada publikací byla zaměřena na dílčí problematiku, spojenou se vznikem únavových trhlin z okraje (např. [3]) i povrchu s ohledem na překročení meze pevnosti základního materiálu (např. [4]).

2 Zpracovaná problematika

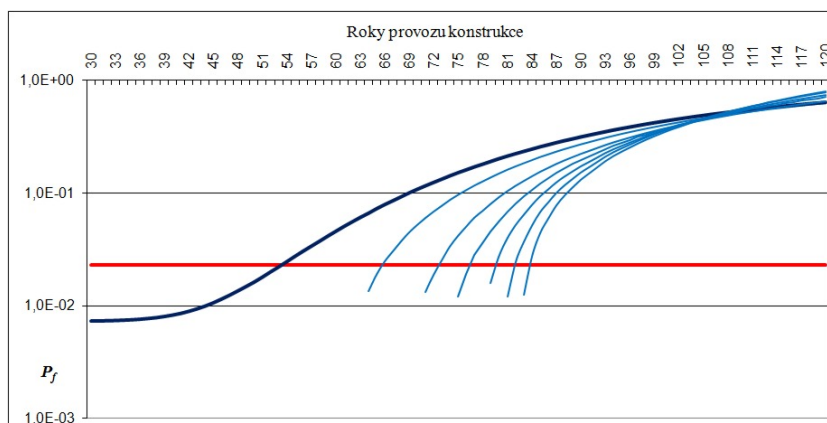
Na základě pravděpodobnostního výpočtu metodou POPV lze u ocelových konstrukcí a mostů namáhaných únavou stanovit přípustný rozměr únavových trhlin i pravděpodobnosti základních jevů, souvisejících s jejich růstem, které mohou nastat v libovolném čase t životnosti konstrukce. Tyto pravděpodobnosti určené na základě analýzy funkce spolehlivosti pro každý rok provozu konstrukce jsou výchozím podkladem pro stanovení času prohlídek cyklicky namáhané ocelové konstrukce nebo mostu s využitím podmíněné pravděpodobnosti.

Předmětný příspěvek představuje první souhrnně zpracovanou a na příkladech demonstrovanou publikaci, která detailně přibližuje metodiku pravděpodobnostního řešení šíření únavových trhlin konstrukcí namáhaných cyklicky s využitím metody POPV. Vůbec poprvé je zde proveden pravděpodobnostní výpočet šíření únavové trhliny

¹ Martin Krejsa, Ing., Ph.D., VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Poděště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, tel: +420 596 991 303, e-mail: martin.krejsa@vsb.cz.

² Vladimír Tomica, Prof. Ing., CSc., VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, Ludvíka Poděště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, tel: +420 596 991 357, e-mail: vladimir.tomica@vsb.cz.

s ohledem na plochu oslabení a překročení meze pevnosti základního materiálu i vzájemné srovnání obou typů šíření únavových trhlin z hlediska stanovených časů prohlídek.



Obr.1: Závislost pravděpodobnosti poruchy p_f na letech provozu mostu (30 až 120 let) pro stanovení doby prohlídek mostu pro únavovou trhlinu, šířící se z okraje

3 Závěr

Příklady aplikace pravděpodobnostní metody POPV ukazují, že tento pravděpodobnostní přístup je vhodný nejenom k řešení úloh vedoucích k posouzení spolehlivosti, ale také k jiným pravděpodobnostním výpočtům, jako např. souhrnně teoreticky i prakticky zpracovaná metodika pravděpodobnostního přístupu k řešení šíření únavových trhlin z okraje i povrchu se zaměřením na návrh pravidelného systému prohlídek konstrukce.

Poděkování

Projekt byl realizován za finančního přispění MŠMT ČR, projekt IM0579, v rámci činnosti Centra integrovaného navrhování progresivních stavebních konstrukcí CIDEAS.

Literatura

- [1] ANDERSON, T.L., *Fracture mechanics: fundamentals and applications*. Third edition, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, Florida, 2005. (621 s) ISBN 0-8493-1656-1.
- [2] JANAS, P., KREJSA, M., KREJSA, V., *ProbCalc software a publikace věnované metodě POPV*. Webové stránky. [on-line]. <<http://www.fast.vsb.cz/popv>>. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2004-2010.
- [3] TOMICA, V., KREJSA, M., *Optimal Safety Level of Acceptable Fatigue Crack*. 5th International Probabilistic Workshop, sborník referátů. Ghent, Belgie, 28. až 29. listopad 2007. Editori L.Taerwe a D.Proske. (12 s). ISBN 978-3-00-022030-2.
- [4] KREJSA, M., TOMICA, V., *Probabilistic Approach to the Propagation of Fatigue Crack Using Direct Optimized Fully Probabilistic Calculation*. International Conference on Civil Engineering Design and Construction (Eurocodes - Science and Practice), sborník referátů. Varna, Bulharsko, 9. až 11. září 2010. s 346-353 (8 s). Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, 2010. ISBN 978-954-322-310-7.

PŘÍSPĚVEK K VÝPOČETNÍ ANALÝZE NAPJATOSTI HORNINOVÉHO MASIVU

A CONTRIBUTION TO COMPUTATIONAL ANALYSIS OF ROCK MASS STRESS STATE

Jiří Brožovský¹

Abstract

The article discusses an approach for computational analysis of large volumes of rock. This approach can be used as a basis for analysis of rock around mining and geotechnical works. The proposed solution uses finite element method and computational homogenization of materials.

1 Úvod

Určení napjatosti a deformačního stavu horninového masivu patří k nezbytným podmínkám posudků a bezpečnostních analýz podzemních děl. Současně jde o úkol poměrně náročný, protože horninový masiv samotný je silně nehomogenním anizotropním prostředím, jehož vlastnosti je poměrně obtížné dostatečně přesně stanovit (geofyzikálními metodami a podobně). Vzhledem k rozměrům řešených oblastí (řádově stovky až tisíce metrů) a proměnlivosti vlastností materiálu není možné uplatňovat požadavky na přesnost dat ani další předpoklady a postupy běžné například ve stavební mechanice.

Proto je i při výpočtech možné (a potřebné) používat poměrně značných zjednodušení, protože podrobné modelování sice může (s ohledem na přesnost vstupních dat a na možnosti jejich zohlednění v modelu) výrazně zvýšit výpočetní náročnost problému, avšak bez záruky vyšší výstižnosti řešení.

Provázání s podrobnějšími modely může být ovšem užitečné v případech, kdy jsou modelována například podzemní díla. Model rozsáhlého okolí pak může posloužit jako zdroj vstupních informací o chování dílem nenarušeného masivu a v interakci s podrobným modelem může být využit ke sledování vlivu podzemního díla na napjatost a deformaci horninového masivu. Tato oblast je však již mimo rámec předloženého článku.

2 Principy výpočtu

V minulosti byla uvedená úloha řešena například Janasem [1]. Citovaný postup by bylo možné výhodně použít i v současnosti, nicméně s ohledem na další potenciální aplikace (interakce s podrobnými modely) se jeví jako vhodné ověřit možnost efektivního řešení pomocí metody konečných prvků.

Navrhovaný postup proto předpokládá využívání osmiuzlových konečných prvků tvaru kvádrů s rozměry stan v řádu metrů až desítek metrů. Vzhledem k možnostem určování materiálových dat se uvažuje lineární chování materiálů.

¹ Doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděšť 1875, Ostrava, jiří.brozovsky@vsb.cz.

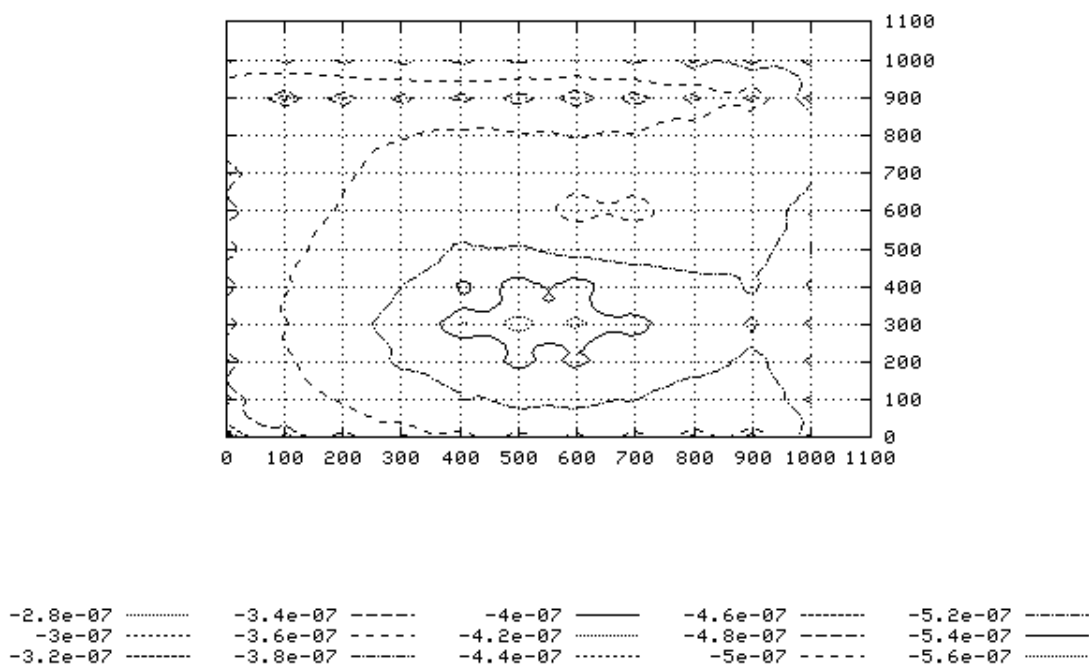
Vzhledem k rozměrům jednotlivých konečných prvků lze očekávat, že v některých případech bude v objemu odpovídajícím jednoho konečnému prvku zahrnuto více geologických vrstev nebo jiných objektů s různými mechanickými vlastnostmi. To je v modelu možné postihnout buď lokálním zahuštěním sítě konečných prvků nebo výpočetní homogenizací vlastností příslušného konečného prvku.

3 Výpočetní homogenizace

Pokud nastane výše uvedený případ a v objemu konečného prvku má být zahrnut vliv více oblastí s různými materiálovými vlastnostmi, je možné jejich vliv modelovat pomocí tzv. ekvivalentního homogenního materiálu. K tomu by bylo možné využít analytických řešení, jako operativnější se však jeví výpočetní homogenizace.

Pro potřeby homogenizace se předpokládá, že materiál je buď ortotropní nebo transversálně izotropní. Pro účely metody je potřebné sestavit podrobnější výpočtový model daného výseku oblasti (odpovídající objemu studovaného konečného prvku).

Jednotlivé neznámé veličiny (moduly pružnosti v jednotlivých směrech a součinitele příčné kontrakce) jsou stanovovány z výpočtů simulujících jednoduché materiálové testy. Takto získané parametry ekvivalentního homogenního materiálu se pak použijí pro kontrolní výpočet. Ten simuluje tytéž elementární materiálové testy, avšak všechny konečné prvky mají stejné materiálové vlastnosti.



Obr. 1: Příklad rovinného řezu modelem

4 Závěr

V článku byl stručně představen přístup k modelování napěťových a deformačních stavů horninového masivu v okolí podzemních děl. Uvedený přístup pracuje s oblastmi v řádech stovek až tisíců metrů s obtížně postihnutelnými vlastnostmi materiálů, a proto je v něm využita řada zjednodušení (lineární vlastnosti materiálů, homogenizace).

Praktické využití uvedeného výpočetního postupu je vázáno na ověřování výsledků (a na upřesňování vstupních dat) na základě měření ve skutečném horninovém masivu.

TVORBA MODERNÍCH UČEBNÍCH MATERIÁLŮ NA KATEDŘE STAVEBNÍ MECHANIKY

PREPARATION OF MODERN LEARNING SOURCES AT THE DEPARTMENT OF STRUCTURAL MECHANICS

Martin Krejsa¹, Petr Konečný², Lenka Lausová³ a Vladimíra Michalcová⁴

Abstract

The paper presents preparation of modern learning sources created under the project “Mathematics for Engineers of the 21. th Century – Innovation of Teaching Mathematics at the Engineering Colleges in Rapidly Developing Information and Technical Society”. Preparation of up-to-date learning sources is aimed at utilization of new information technologies for the electronic learning materials. Attention is paid to precise selection of topics with consistent application of introduced terminology throughout the course. Modern mathematic apparatus is elaborately integrated into selected engineering modules. Overall output of the project is 13 basic mathematic modules, 13 specialized mathematic modules, and 13 interdisciplinary modules. The project outcomes will be accompanied with 20 modules for pedagogues.

1 Úvod

Katedra stavební mechaniky FAST VŠB-TU Ostrava se zapojila do projektu „Matematika pro inženýry 21. století - inovace výuky matematiky na technických školách v nových podmínkách rychle se vyvíjející informační a technické společnosti“.

Během realizace klíčových aktivit bude v rámci celého projektu vytvořeno 39 výukových modulů, které se stanou základem pro inovaci matematických a odborných kurzů prezenčního i kombinovaného studia. Záměrem tvorby moderních výukových materiálů je zaměřit se na využití nových informačních technologií přípravy elektronických studijních materiálů po stránce formální i po stránce věcné, na pečlivý výběr vyučované látky s důsledným využíváním zavedených pojmů v celém kurzu a na promyšlenou integraci moderního matematického aparátu do vybraných inženýrských předmětů.

Výstupem projektu bude vytvoření 13-ti základních matematických modulů, 13-ti specializovaných matematických modulů a 13-ti mezioborových modulů. Výukové moduly budou vytvořeny jednak ve formě určené pro tisk, jednak v elektronické formě vhodné pro prohlížení na monitoru (ty budou doplněny řadou multimediálních prvků, jako jsou animace, videa – budou vytvořena ve spolupráci s Audiovizuálním centrem VŠB - TUO, 3D grafika či interaktivní testy).

Během realizace projektu bude rovněž vytvořeno 20 modulů pro pedagogy. Tyto moduly se zaměřují na obtížnější aplikace a mezioborové a mezipředmětové vazby.

¹ Martin Krejsa, Ing., Ph.D., VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, martin.krejsa@vsb.cz.

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

³ Lenka Lausová, Ing., VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, lenka.lausova@vsb.cz.

⁴ Vladimíra Michalcová, Ing., Ph.D., VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, vladimira.michalcova@vsb.cz.

Učitelé matematiky i odborných předmětů tím získají možnost lépe pochopit možnosti využití moderní matematiky v odborných předmětech, což nepochybně přispěje ke zvýšení jejich kvalifikace. Moduly pro pedagogy budou ve formě určené pro tisk či připravené multimediální přednášky.

2 Zapojení Katedry stavební mechaniky do projektu

V rámci projektu Katedra stavební mechaniky FAST VŠB-TU Ostrava připravuje učební materiály v elektronické podobě mezioborových modulů pro výuku předmětů „Pružnost a plasticita“ a „Spolehlivost a bezpečnost staveb“, určené pro studenty, i „Aplikace diferenciálního a integrálního počtu ve stavební statice a teorii pružnosti“ a „Variační metody ve stavební mechanice“, jež má sloužit pro prohlubování odborných znalostí pedagogů.

Výukové moduly budou aplikovány ve výuce během tzv. pilotních kurzů. Tyto pilotní kurzy proběhnou na VŠB-TU i na pracovišti partnera na ZČU Plzeň v letních semestrech školních roků 2010/2011 a 2011/2012 a v zimním semestru školního roku 2011/2012.

Dva z modulů, zajišťovaných Katedrou stavební mechaniky FAST VŠB-TU Ostrava, jsou již pro zavedení do učebního procesu připraveny. Vytvořené učební materiály obsahují řadu moderních multimediálních učebních prvků, jako jsou animace, videoklipy a interaktivní testy. Cílem tohoto příspěvku je seznámit účastníky konference Modelování v mechanice 2011 a pracovníky ostatních kateder stavební mechaniky s těmito výukovými pomůckami a názorně prezentovat ukázky z vytvořených učebních materiálů.

3 Přístupnost učebních materiálů

Vlastní běh pilotních kurzů předpokládá předání výukových materiálů pro tisk i výuku na obrazovce na CD-ROM všem účastníkům kurzu příslušnými pedagogy, kteří studenty rovněž informují o obsahu a práci s modulem.

Všechny hotové výukové materiály řešených modulů budou zpřístupněny studentům, pedagogům a veřejnosti na webových stránkách projektu <http://mi21.vsb.cz>.

Poděkování

Příspěvek byl realizován v rámci projektu „Matematika pro inženýry 21. století - inovace výuky matematiky na technických školách v nových podmínkách rychle se vyvíjející informační a technické společnosti“. Registrační číslo projektu je CZ.1.07/2.2.00/07.0332. Řešitelem projektu jsou Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava a Západočeská univerzita v Plzni.

Literatura

- [1] KREJSA, M., LAUSOVÁ, L. 2010. *Variační metody ve stavební mechanice*. Učební texty v elektronické podobě. [on-line]. < <http://mi21.vsb.cz/variacni-metody-ve-stavebni-mechanice-martin-krejsa-lenka-lausova>>. VŠB-TU Ostrava, 2010. 40 s.
- [2] KREJSA, M., KONEČNÝ, P. 2011. *Spolehlivost a bezpečnost staveb*. Učební texty v elektronické podobě. [on-line]. < <http://mi21.vsb.cz/modul/spolehlivost-bezpecnost-staveb>>. VŠB-TU Ostrava, 2011. 144 s.

PRAVDĚPODOBNOSTNÍ PŘÍSTUP K OPTIMALIZACI KONSTRUKCÍ S VYUŽITÍM PODMÍNKY PŘEDČASNÉHO UKONČENÍ SIMULACE MONTE CARLO

PROBABILISTIC APPROACH TO OPTIMIZATION OF STRUCTURES
WITH CONDITION TO EXIT MONTE CARLO SIMULATION

Jakub Valihrač¹, Jiří Brožovský²

Abstract

This paper presents a method of structural optimization which uses the Monte Carlo simulation technique. Effectiveness of the method is improved by implementation of exit condition based on fact that the method does not require to quantify the probability of failure. The method is presented on two examples of different axisymmetric shells. Obtained results indicate that the method can lead to significant computational time saving without affecting the accuracy of design procedure.

1 Úvod

Cílem projektanta je navrhnout stavební konstrukci tak, aby splňovala všechna požadovaná kritéria spolehlivosti, tj. z hlediska bezpečnosti (únosnosti) i použitelnosti, příp. také s přihlédnutím k trvanlivosti. Přitom má být výsledný návrh optimální (nejčastěji co nejekonomičtější). Kritéria spolehlivosti lze vyjádřit pomocí referenčních hodnot, které nemají být překročeny s požadovanou návrhovou pravděpodobností, a celý návrh a posudek konstrukce provést např. s využitím simulační metody Monte Carlo.

2 Metodika optimalizačního výpočtu

Proces výpočetní optimalizace vychází z předpokladu, že základní geometrie konstrukce je zpravidla dána předem, a že optimalizovány mohou být rozměrové parametry konstrukčních prvků a materiálové charakteristiky (popsatelné řadou diskrétních hodnot). Dále je zapotřebí, aby byl definován jak způsob výpočtu optimalizační funkce (zpravidla ceny konstrukce), tak i všechna aplikovaná kritéria spolehlivosti.

3 Podmínka ukončení simulace Monte Carlo

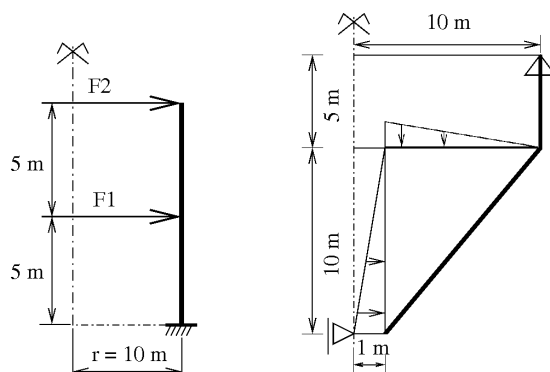
Nevýhodou metody Monte Carlo je vysoký počet simulačních kroků nutných k dostatečně přesnému odhadu pravděpodobnosti poruchy, zejména pro její velmi malé hodnoty. Ve třetí části příspěvku je představena podmínka, která byla podrobně popsána a ověřena v práci [2]. Tato podmínka slouží k předčasnému ukončení výpočtu prováděného metodou Monte Carlo a k jeho vyhodnocení z hlediska vztahu mezi vypočteným odhadem pravděpodobnosti poruchy a návrhovou pravděpodobností. S odhadem pravděpodobnosti poruchy je nakládáno jako s náhodnou veličinou.

¹ Ing. Jakub Valihrač, VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděšť 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, jakub.valihrach@vsb.cz

² Doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D., VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděšť 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, jiri.brozovsky@vsb.cz

4 Příklady aplikace metodiky

V příspěvku jsou představeny dva jednoduché příklady rotačně symetrických skořepin, na kterých je metodika optimalizačního výpočtu demonstrována (viz obr. 1). Při výpočtu byla uplatněna metoda konečných prvků využívající prvky odvozené v práci [1]. Simulační výpočet byl realizován programem Monte [3]. Popsaný optimalizační postup byl implementován pomocí softwarové nástavby Optimist [4].



Obr. 1: Schémata skořepin navrhovaných v jednotlivých příkladech

5 Závěr

Představená metoda optimalizačního návrhu konstrukcí využívající simulační metodu Monte Carlo vedla k optimálnímu návrhu konstrukce. Efektivita řešení byla výrazně zvýšena aplikací podmínky ukončení simulačního výpočtu, která využívá faktu, že není zapotřebí vyčíslit pravděpodobnost poruchy, ale postačí rozhodnout, zda je tato pravděpodobnost vyšší či nižší než zadaná hodnota návrhové pravděpodobnosti. Získané výsledky naznačují, že uvedený postup může vést k výrazné úspoře výpočetního času bez vlivu na správnost návrhu. Zvolený přístup bude ověřován při dalších optimalizačních výpočtech.

Poděkování

Příspěvek byl realizován za finanční podpory z veřejných prostředků prostřednictvím Studentské grantové soutěže v rámci specifického výzkumu na VŠB – Technické univerzitě Ostrava. Registrační číslo projektu je SP/2010151.

Literatura

- [1] SUCHARDA, O.; VALIHRACH, J. Modelování rotační skořepiny konečnými prvky pro pravděpodobnostní výpočet. In *Modelování v mechanice*. Ostrava: VŠB-TUO FAST, 2010, s. 75–76 a CD-ROM. ISBN 978-80-248-2234-1.
- [2] VALIHRACH, J.; KONEČNÝ, P. Podmínka ukončení pravděpodobnostního výpočtu prováděného metodou Monte Carlo. *Sborník vědeckých prací VŠB-TUO, řada stavební*, 2010, s. 157-164. ISSN 1213-1962
- [3] *Monte: Simple Monte Carlo Simulation Tool*. [online]. Dostupné z WWW: <<http://fast10.vsb.cz/brozovsky/monte/>>.
- [4] *OPTIMIST: Optimization of Axisymmetric Shells*. [online]. Dostupné z WWW: <<http://fast10.vsb.cz/brozovsky/optimist/>>.

KOMBINACE SIMULAČNÍHO ŘEŠENÍ A MKP: NĚKTERÉ MOŽNOSTI ZRYCHLENÍ VÝPOČTŮ

COMBINATION OF SIMULATION METHOD AND FEM: SELECTED POSSIBILITIES
OF SOLUTION SPEEDUP

Jiří Brožovský¹

Abstract

The article briefly discusses some possible abilities to speedup a Monte Carlo solution which incorporates finite element analysis. Aspect related to Monte Carlo - FEA interaction are discussed in the article. The discussed approaches are already incorporated in the Monte simulation software or in the uFEM finite element software.

1 Úvod

Předkládaný příspěvek vznikl na základě zkušeností s řešením úloh kombinujících simulační metodu Monte Carlo s výpočty na bázi metody konečných prvků (MKP). Zabývá se několika dílčími tématy, zejména propojením software pro Monte Carlo a pro MKP a paralelizací výpočtů. V příspěvku se předpokládá použití přímé metody Monte Carlo – volba této nebo jiné metody je otázkou celkové filozofie řešení a charakteru studovaného problému a přesahuje téma tohoto příspěvku.

Použití pravděpodobnostních metod při analýzách chování a spolehlivosti stavebních konstrukcí bývá odůvodňováno náhodným charakterem reálných vstupních dat (zatížení, vlastnosti materiálu, geometrické parametry konstrukcí) a potřebou stále vyšší přesnosti při řešení (zejména s ohledem na hospodárnost návrhu nebo na obtížnost využití klasických přístupů v některých úlohách). Protože zjevně není účelné používat výpočetně náročnější pravděpodobnostní přístup v kombinaci s výrazně zjednodušenými modely konstrukcí (např. náhrada složitých stěnodeskových konstrukcí jednoduchými rámy nebo analytickými modely typu prostého nosníku), je potřebné použít i výstižnější, a tedy náročnější, výpočetní modely studovaných konstrukcí. To často znamená použít k řešení metodu konečných prvků a tedy nezbytně i výpočetní techniku.

Samotné použití simulační metody Monte Carlo znamená oproti klasickému řešení (například metodou parciálních součinitelů, kdy je potřeba provést nejvýše řádově desítky výpočtů), 1000-krát až 1 000 000-krát delší čas potřebný pro výpočet. Je-li použit i výstižnější (složitější) model nebo je-li výpočet nelineární, může se čas potřebný pro provedení výpočtů ještě prodloužit. Proto je potřebné hledat cesty, jak zkrátit dobu výpočtu.

Kromě algoritmických změn v samotné simulační metodě (např. použití pokročilejších metod vycházejících z Monte Carlo, jako je Importance sampling nebo Latin Hypercube Sampling) je možné hledat možnosti, jak zrychlit samotný výpočet (nalezení zbytečně se opakujících kroků, paralelizace apod.).

¹ Doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D., VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, katedra stavební mechaniky, L. Poděště 1875, 708 33 Ostrava, Česká republika, e-mail: jiri.brozovsky@vsb.cz.

2 Použitý software

Pro řešení některých úkolů na Katedře stavební mechaniky byl v minulých letech vytvořen simulační software Monte (využívající přímou metodu Monte Carlo), konečně-prvkový program uFEM a některé další programové nástroje. Na těch byly prakticky ověřovány dále uváděné přístupy.

3 Organizace konečně-prvkového výpočtu

V případě, že řešený problém je velmi jednoduchý a obsahuje zanedbatelné množství operací, které se v jednotlivých simulacích nemění, je možné jej formulovat (a „naprogramovat“) velmi jednoduše. Praktické použití je pak prosté: program Monte v každé simulaci připraví realizace vstupních dat a předá je proceduře řešiče k zpracování, poté převezme výstup řešiče jako výsledky výpočtu v simulaci.

Pokud se ovšem řeší například větší úloha metodou konečných prvků, je výše uvedený přístup dosti neefektivní. Při řešení metodou konečných prvků se nejprve musí vytvořit datové struktury pro úlohu (např. vyhledat nenulové členy řídké matice tuhosti), stanovit počet neznámých a podobně, což může být relativně časově náročné (může jít až o 30% celkové doby běhu konečně-prvkového programu). Tyto kroky jsou navíc pro všechny simulace naprosto stejné a není tedy příliš účelné je opakovat ve všech simulacích. Podobně je vhodné provést uvolnění datových struktur nikoli na konci každé simulace, ale jen jednou na konci celého řešení.

Proto bylo v programu Monte vytvořeno složitější programové rozhraní, které konečně-prvkovému řešiči poskytuje možnost provést přípravné kroky před zahájením simulačních výpočtů a až po jejich úplném dokončení uvolnit datové struktury a ukončit.

Takovýto přístup sice komplikuje programování (a zejména ladění) programu, nicméně zajišťuje nezanedbatelnou úsporu výpočetního času (v řádu procent až desítek procent podle typu a velikosti úlohy).

4 Paralelizace výpočtu

V případě programu Monte je paralelizace výpočtu prováděna pomocí technologie Message Passing Interface (MPI). Proto je možné program používat jak na jednotlivých počítačích s vícejádrovými procesory (přestože z uživatelského hlediska je tento způsob komplikovanější než jiné možnosti), tak i na superpočítačích s distribuovanou architekturou. Výpočet je tedy rozložen na M nezávislých procesů, které spolu komunikují jen v nezbytně nutné míře (získávání vstupních dat, shromažďování výsledků). Korektní generování pseudonáhodných čísel je při paralelních výpočtech prováděno pomocí knihovny SPRNG.

5 Závěr

V příspěvku byly uvedeny některé možnosti způsoby zrychlení simulačních výpočtů pomocí metody Monte Carlo v kombinaci s konečně-prvkovým řešičem. Co největší zkrácení výpočetních časů je důležité především u rozsáhlejších modelů, které jsou potřebné pro výstižnější popis chování reálných konstrukcí.

Uvedené přístupy jsou využívány během prací na postupech a na software pro posuzování železobetonových konstrukcí využívajících mimo jiné konečně-prvkové a posudkové výpočetní jádro BSA (Sucharda et al).

MEZNÍ PLASTICKÁ ÚNOSNOST NOSNÍKU ZA POŽÁRU

MINIMUM FLEXULAR CAPACITY OF BEAM DURING FIRE

Lenka Lausová¹

Abstract

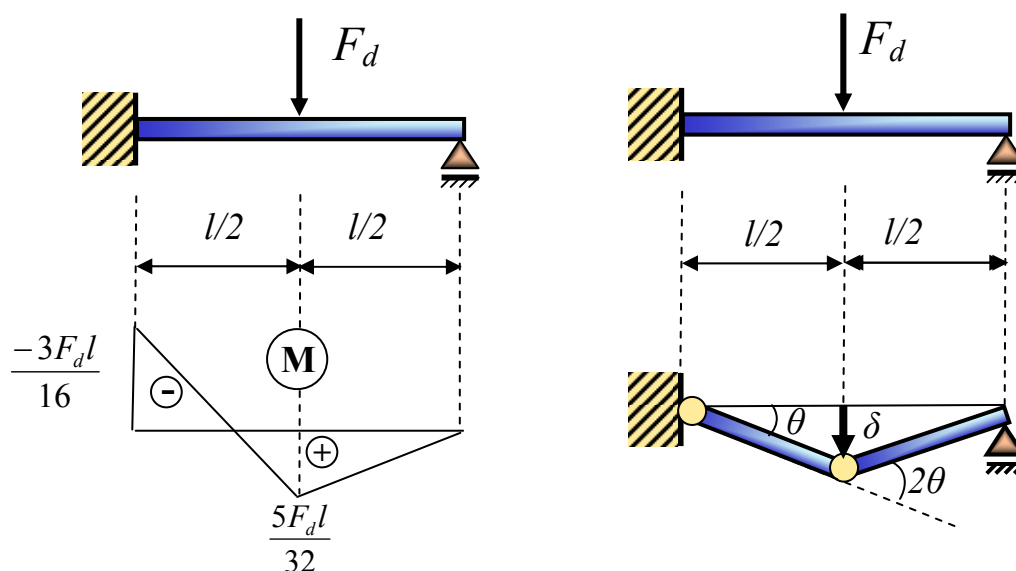
In the paper there is described a determination of minimum flexular capacity of a beam from ductile material under fire load. There is compared the beam without any protection against fire and protected beam in elastic state and in the plastic state. The result is a comparison of time of reaching flexular capacity for all examples.

1 Úvod

V příspěvku je řešena mezní plastická únosnost nosníku z tažného materiálu za požáru. V práci je řešen ocelový nosník (I profil) nechráněný a chráněný obkladem ze sádrovláknitých desek. Výsledkem je srovnání časů mezních únosností za požáru pro pružný stav a pro nosník po plastizaci. Ve výpočtech je zahrnut vliv nerovnoměrného rozdělení teploty po délce nosníku.

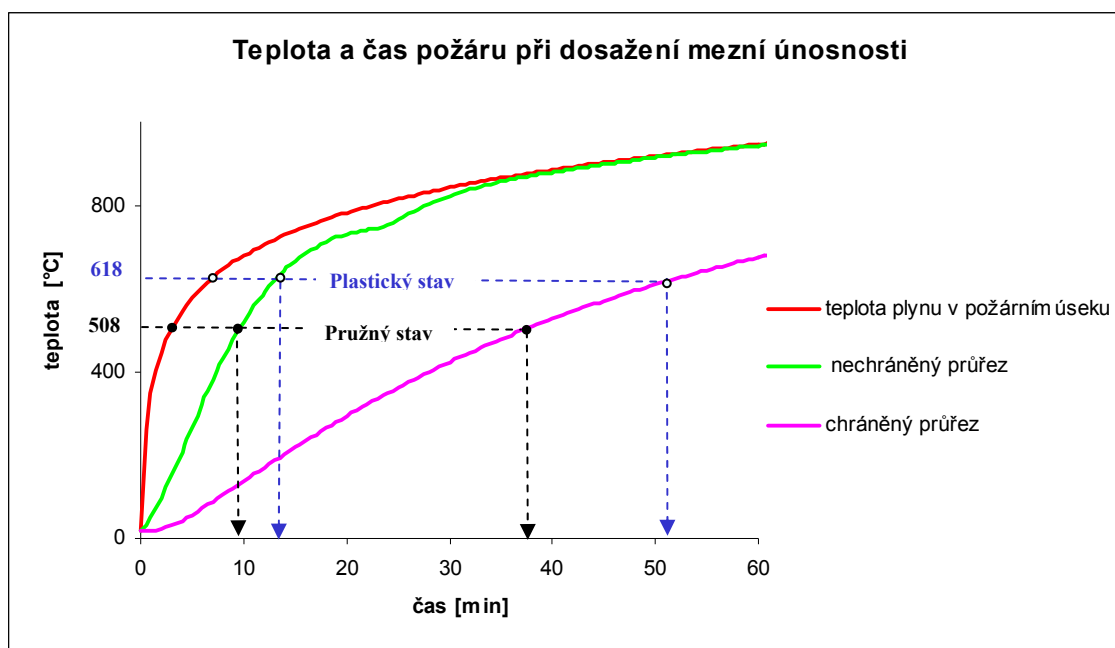
1.1 Pružný stav a plastický stav

Řešený nosník (viz obr. 1) je uprostřed zatížen silou F . Při konstantním zatížení, jehož účinek je redukován pro mimořádnou návrhovou situaci za požáru, a klesající pevnosti materiálu z důvodu rostoucí teploty se určí čas dosažení mezní únosnosti za požáru pro pružný stav a pro stav s využitím schopnosti materiálu plastizovat. Je uvažováno se zvýšením momentové únosnosti v podporách staticky neurčitého nosníku.



Obr. 1: Řešený nosník - pružný stav (vlevo), nosníkový mechanismus (vpravo)

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



Obr. 2: Teplota a čas požáru při dosažení mezní únosnosti nosníku

mezní únosnost	redukční součinitel meze kluzu	čas požáru t [min]	
	k_y [-]	nechráněný průřez	chráněný průřez
pružný stav	0,76	9,5	38
plastický stav	0,42	13	51

Tab. 1: Čas dosažení mezní únosnosti nosníku

2 Závěr

V příspěvku je vyhodnocen čas dosažení mezní únosnosti staticky neurčitého nosníku za požáru. V grafu na obr. 2 a v tabulce 1 jsou uvedeny hodnoty času probíhajícího požáru, kdy bude dosaženo mezní momentové únosnosti v pružném stavu a také mezní plasticke únosnosti pro průřez nechráněného i protipožárně chráněného nosníku. Z uvedených hodnot vyplývají časové rezervy získané plasticitním přístupem.

Literatura

- [1] TEPLÝ, B; ŠMIŘÁK, S. 2000. *Pružnost a plasticita II*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2000. 200 s. ISBN 80-214-0498-1
- [2] BUCHANAN, A. H., *Structural design for fire safety*, John Wiley&Sons Ltd, England, 2002
- [3] ČSN ENV 1993-1-2 *Navrhování ocelových konstrukcí, Obecná pravidla, Navrhování konstrukcí na účinky požáru*
- [4] ČSN EN 1991-1-2: *Zatížení konstrukcí, Obecná zatížení, Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru*, ČSNl, Praha 2004
- [5] WALD, F. a kolektiv, *Prokazování požární odolnosti statickým výpočtem*, České vysoké učení technické v Praze, 2010, ISBN 80-01-03157-8

ZKOUŠKA PRŮRAZEM

PUNCTURE TEST

David Mikolášek¹

Abstract

This article aims to map the behavior of rods with geometric nonlinearity. In this case, was elected to a wooden pole with metal fittings used for connections between timber elements and support. This is the geometric nonlinearity are significantly changing the rigidity of the structure as a whole. The numerical test is used to verify the ability of computer programs that take into account the type of construction and calculation of its stiffness.

1 Úvod

Tento článek má za cíl zmapovat chování prutů při geometrické nelinearitě. Pro tento případ byl zvolen dřevěný prut s ocelovým kováním použitým na přípoje mezi dřevěnými prvky a podporami. Jedná se o geometrickou nelinearitu při které se významně mění tuhost konstrukce jako celku. Tento numerický test se používá pro ověření schopnosti výpočtových programů zohlednit tento typ výpočtu konstrukce a jeho tuhost.

Cílem tohoto příspěvku je test běžných výpočtových programů pomocí zkoušky průrazem. Numerická zkouška je provedena na příkladu dvou dřevěných rozpěr spojených pomocí ocelových prvků. Jedná se o dva přímé čtvercové nosníky 100/100 ve vrcholu a v patách kloubově spojených pomocí čepu. Konstrukce má rozměry 2000mm vzdálenost neposuvných podpor. Vzepětí v ose vrcholové čepu od vodorovné osy probíhající v neposuvných podporách středy čepů je 40mm. Jedná se tedy staticky určitou úlohu – trojkloubový nosný systém. Ale při tak malém vzepětí je tuhost silně svázána s posunem vrcholového kloubu. Už při malém posunu směrem k linii spojující osy podporových čepů se z této konstrukce stává velmi měkký systém (vodorovná reakce silně vzrůstá). Pokud se vrcholový čep dostane do spojnice os v podporových čepích stává se z této staticky určité úlohy výjimečný případ. Nejsme schopni vyvážit svislou složku zatěžovací síly, protože ve vodorovné poloze osy vrcholového čepu máme teoreticky nulové rameno od patního čepu k vrcholovému kloubu, takže nám roste vodorovná reakce-síla v podpoře k nekonečnu.

2 Řešení

Zvolený typ konstrukce bude počítán ve dvou konečně prvkových programech a to SCIA 2008 a NEXIS 32. Oba zmíněné programy jsou vybaveny pro tento výpočet. SCIA a NEXIS jsou programy umožňující používat 3D prutové prvky a skořepinové prvky. Pro numerický model průrazové zkoušky byly zvoleny 2D prutové prvky. Zadání geometrie proběhlo pomocí importu souboru z programu AutoCAD. Úloha byla počítána geometricky nelineárně. Vnější vazby byly zadány jako neposuvné. Zatížení bylo vnášeno pro běžně používaný geometricky nelineární výpočet (Timoshenko) do

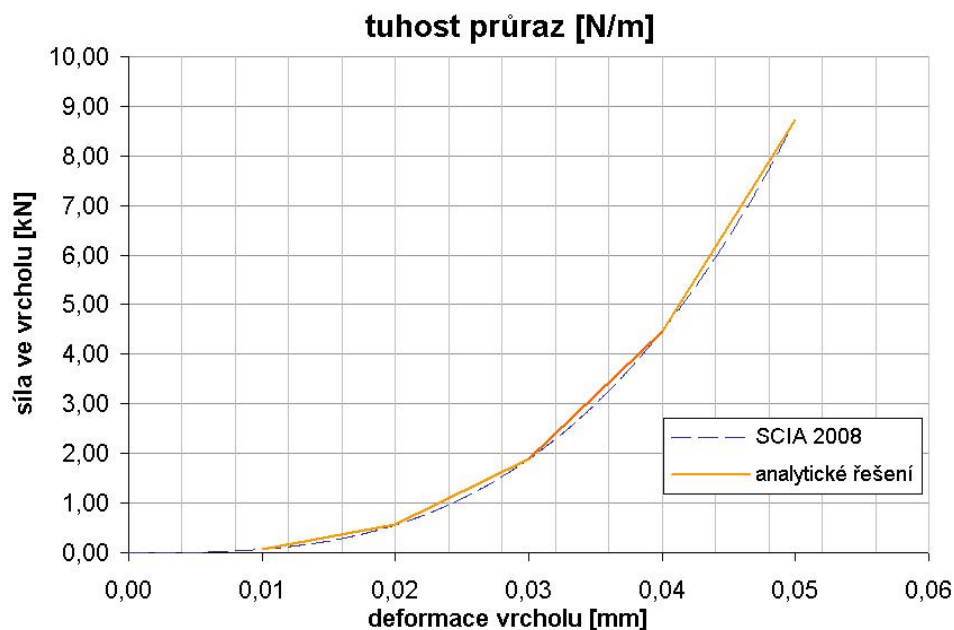
¹ Ing. D. Mikolášek, VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Podéště 1875, CZ708 33, Ostrava-Poruba tel. (+420) 597 321 391, e-mail david.mikolasek.fast@vsb.cz.

vrcholového kloubu v plné výši. Zatížení mělo charakter osamělé síly. Pro kontrolu byla úloha spočítána také analyticky s použitím vykreslení výsledků v EXCELU a pro doplnění byl užít také variační přístup výpočtu deformace na zadané konstrukci.

3 Závěr

Po zhodnocení výsledků na 2D konečně prvkových modelech ve SCIA 2008 a NEXIS 32 je patrné, že výpočet musí být proveden iterační metodou, modifikovaný Newton Raphson. U běžných stavebních konstrukcí postačuje provést geometricky nelineární výpočet pomocí Timoshenka. Newton Raphson samotný je na tento typ úlohy nevhodný zřejmě pro způsob jakým postupně získává tuhost na konstrukci jako celku. V tomto případě, ve fázi kdy dojde k průrazu, nemá Newton Raphson žádnou tuhost a výpočet je přerušeno. Modifikovaný Newton Raphson má v každé fázi výpočtu určitou tuhost a průraz s touto tuhostí zřejmě přeskočí a poté tuhost opět roste.

Analytické a variační řešení jsou v dobré shodě s výsledky získanými pomocí SCIA 2008. Nexis 32 v této verzi nedisponuje modifikovaným Newton Raphsonem, takže výpočet pro tuto geometrii nebyl dokončen. Tento typ konstrukce bude v nejbližší době testován také pro fyzikální nelinearitu a její vliv v programu ANSYS jako 3D úloha s objemovými prvky.



Obr. 1: Tuhost konstrukce

Poděkování

Tento výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M0579, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS

Literatura

- [1] ČSN 73 1702 mod DIN 1052:2004
- [2] Uživatelská dokumentace programu NEXIS32. SCIA, 2008.
- [3] ANSYS 11 Documentation. ANSYS Inc., 2005.