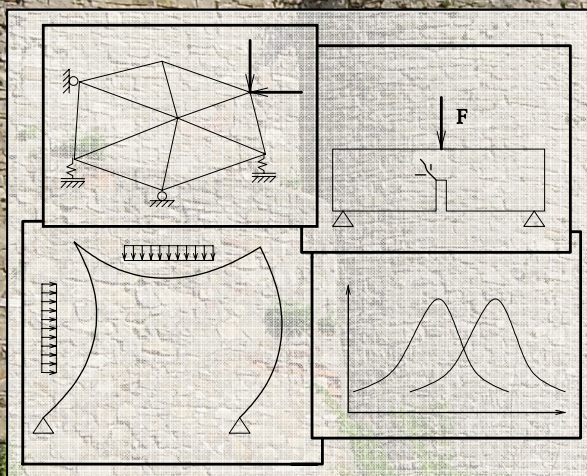


VYSOKÁ ŠKOLA BAŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA STAVEBNÍ MECHANIKY

MEZINÁRODNÍ KONFERENCE
MODELOVÁNÍ V MECHANICE



SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ

19. – 20. KVĚTNA 2009

Název publikace: Sborník příspěvků vědecké konference
Modelování v mechanice 2009
Vydala: VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební
Autor: Kolektiv autorů
Datum vydání: květen 2009

Plné znění příspěvků obsahuje CD-ROM (ISBN 978-80-248-2016-3)

Recenzenti příspěvků publikovaných ve sborníku konference:

Brožovský Jiří
Janas Petr
Kološ Ivan
Krejsa Martin
Michalcová Vladimíra

OBSAH

Markopoulos Alexandros, Janas Petr, Posešva Jiří	
Náhradní ohybová tuhost profilu K24	1
Janas Petr, Šňupárek Richard, Krejsa Vlastimil, Krejsa Martin	
Pravděpodobnostní posudek spolehlivosti kotevní výztuže dlouhých důlních a podzemních děl	3
Brožovský Jiří, Konečný Petr	
Paralelizace stavebně-mechanických výpočtů	5
Michalcová Vladimíra, Kozubková Milada	
Vliv numerické difúze na přesnost výpočtu ve fluentu	7
Martinická Ivana, Melcer Jozef	
Vzájomné porovnanie 1D a 2D výpočtových modelov vozidiel	9
Moravčík Milan	
Dynamická interakcia koľajové vozidlo - trať	11
Posch Marek, Řeřicha Petr, Černá Eva	
Výpočtový model krovu věží kostela sv. Mikuláše v Chebu na zemětřesení a dynamické namáhání	13
Frantík Petr	
Diskrétní model FyDiK2D	15
Zídek Rostislav, Brdečko Luděk	
Geometricky nelineární analýza železobetonových konstrukcí po vzniku trhlin ...	17
Seitl Stanislav, Keršner Zbyněk, Veselý Václav, Juřinová Eva, Bílek Vlastimil	
Vybrané únavové parametry betonu předpjatých prvků	19
Seitl Stanislav, Klusák Jan, Dymáček Petr, Řoutil Ladislav, Veselý Václav	
Vliv vertikální tlačné síly na úroveň constraintu v krychlovém vzorku pro klínové štípání	21
Veselý Václav, Frantík Petr, Keršner Zbyněk	
Vliv kritéria porušení na odhad tvaru a velikosti lomové procesní zóny u cementových kompozitů	23
Wala Lukáš	
Polymerní kompozitní materiály	25
Králik Juraj	
Deterministická a pravdepodobnostná analýza seizmickej odolnosti stužiacieho systému oceľového rámu	27
Králik Juraj, Rozsár Peter	
Nelineárna analýza železobetónového rámu vystaveného explózií	29
Mistríková Zora, Jendželovský Norbert	
Vplyv rôznych modelov podložia na napätosť a deformáciu základovej dosky	31
Jendželovský Norbert, Murárik René Meravý	
Vplyv dopravy na konštrukcie a človeka	33
Psočný Martin	
Nelineárna analýza plochých oblúkov	35

Nagyová Monika, Ravinger Ján	
Samonosná forma na výrobu prefabrikátov	37
Sumec Jozef, Véghová Ivana	
Diferenciální model velkých průhybů vazkopružných anizotropních desek	39
Špánik Peter, Ravinger Ján	
Stabilita sendvičových panelov	41
Gratza Roman, Kytýr Jiří	
Statické řešení termoplastové nádrže	43
Pěňčík Jan, Šedivý Zbyněk	
Faktory ovlivňující vytvoření výpočtového modelu ekoduktů se zaměřením na modelování pilotového založení	45
Pěňčík Jan, Miča Lumír	
Využití systému ANSYS při FEA analýzách původních lidských tkání - zubů	47
Lausová Lenka	
Výpočet momentové únosnosti staticky neurčité ocelové rámové konstrukce za požáru	49
Randýsková Lenka	
Numerické řešení nosníku na pružném podkladu	51
Mynarz Miroslav	
Statické řešení ocelové obloukové výztuže	53
Karel Frydryšek, Marek Pavel	
Aplikace metody konečných prvků a metody SBRA při řešení procesu rozpojování hornin	55
Konečný Petr	
Vliv počtu histogramů na přesnost odhadu pravděpodobnosti poruchy	57
Fojtík Roman, Sucharda Oldřich	
Rozhraní převodu dat při návrhu konstrukcí	59
Sucharda Oldřich	
Příprava výpočetního modelu a zpracování výsledků u úloh řešených metodou konečných prvků	61
Kala Zdeněk	
Spolehlivostní analýza: Teorie a aplikace	63
Kotrasová Kamila, Kormaníková Eva	
Základová doska na Winklerovom podklade	65
Tomko Michal, Demjan Ivo	
Modelovanie kĺbového pripojenia väzníkov priehradovej konštrukcie	67

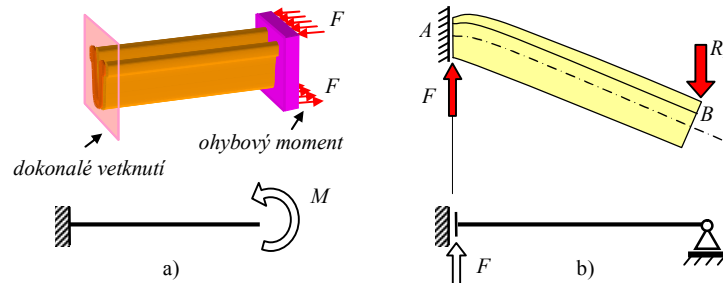
NÁHRADNÍ OHYBOVÁ TUHOST PROFILU K24

ALTERNATIVE FLEXURAL RIGIDITY OF THE PROFILE K24

Alexandros Markopoulos¹, Petr Janas², Jiří Podešva³,

Abstract

This paper is focused on characteristics of mine steel supports. Spatial problem is converted on simplified which is based on beam theory. Flexural rigidity (thereinafter FR) is parameter of each profile and necessary input for our special software (developed on Department of structural mechanics - VSB-TU Ostrava). FR is obtained from spatial model (in ANSYS) and it is subsequently available for computing. In this approach it will be used the same configuration like at bending test, which is prescribed norm.



Obr. 1: Způsoby zatížení vzorku.

1 Popis problému

Na Katedře stavební mechaniky Fakulty stavební je vyvíjen software určený k posuzování důlních výztuží. Prostorový problém je zjednodušen, výztuž je po částech nahrazena nosníkovými prvky. Z povahy důlního prostředí nastávají zatěžovací stavy, které mohou na výztužích vyvolat trvalé deformace. Program je schopen tyto skutečnosti postihnout. Ke každému počítanému profilu je však nutné dodat specifickou vlastnost – náhradní ohybovou tuhost (dále NOT). Jedná se o součin Youngova modulu pružnosti a kvadratického momentu plochy. V lineární pružnosti je NOT konstantní. Při velkých deformacích se však mění modul pružnosti, při dalším zatěžování dochází ke změnám geometrie (a s tím související změně tvaru průřezu). V minulosti se potřebná data napočítávaly na konečnoprvkovém modelu jednostranně vetknutého vzorku. obr. 1 a). Tato práce zkoumá možnosti získání NOT z konfigurace na obr. 1 b), která odpovídá tříbodové ohybové zkoušce. Ta se provádí v souladu s nařízenou normou, mimo data z konečnoprvkové analýzy by tedy bylo možné použít i hodnoty reálných ohybových zkoušek.

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

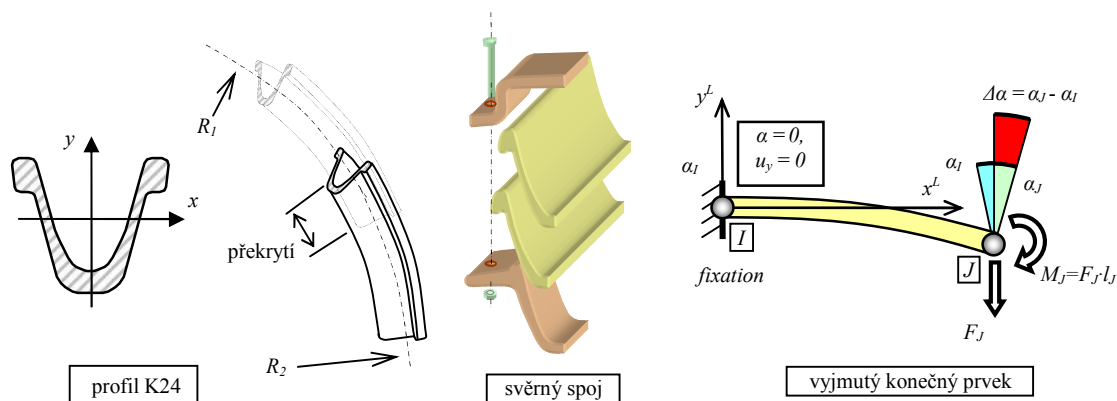
² Doc. Ing. Petr Janas, CSc., VŠB TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ostrava – Poruba, L. Poděště 1875, petr.janas@vsb.cz

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

2 Náhradní ohybová tuhost

Ze znalosti deformačních a silových parametrů lze dopočítat neznámou NOT. Lze použít maticovou rovnici $K^{el} \cdot r = f$, kde K^{el} je lokální matice tuhosti části vzorku (jinak konečného „nosíkového“ prvku), r vektor zobecněných posuvů a f vektor pravé strany. V pootočeném souřadném systému lze postupnými úpravami dojít ke tvaru (1), kde EJ je hledaná NOT.

$$EJ = \left(\frac{1}{2} \Delta l^2 F_J + \Delta l M_J \right) / \Delta \alpha \quad (1)$$



Obr. 2: Profil K24, propojení segmentů, schéma počítaného modelu.

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] Markopoulos, A., Podešva, J., Brzobohatý, T. ANALÝZA DŮLNÍ VÝZTUŽE S OHLEDEM NA GEOMETRICKOU A MATERIÁLOVOU NELINEARITU, Aplikovaná mechanika 2007, Malenovice
- [2] Markopoulos, A., Podešva, VYUŽITÍ METODY KONEČNÝCH PRVKŮ V PROBLEMATICE DŮLNÍCH VÝZTUŽÍ, Modelování v mechanice 2008, Ostrava
- [3] Podešva, J. NELINEÁRNÍ OHYB DŮLNÍ VÝZTUŽE, Ansys users' meeting 2007, Tábor
- [4] Criesfield, M. NON-LINEAR FINITE ELEMENT ANALYSIS OF SOLIDS AND STRUCTURES, John Wiley & Sons Ltd, Baffins Lane, Chichester, 1997
- [5] Podešva, J., Markopoulos, A. – THE METHODOLOGY OF THE BEAM STIFFNESS SUBSTITUTION CALCULATION, Ansys users' meeting 2009, Darmstadt
- [6] ANSYS – STRUCTURAL NONLINEARITIES, Users's Guide. SAS IP, Inc. 1999

PARALELIZACE STAVEBNĚ-MECHANICKÝCH VÝPOČTŮ

PARALLEL PROCESSING OF STRUCTURAL MECHANICS COMPUTATIONS

Jiří Brožovský¹, Petr Konečný²

Abstract

Current personal computers often have two or more processors or processing cores. It allows to speedup some of computations. Unfortunately, this possibility is still not widely used in structural mechanics computations. The article gives some information about these possibilities and shows some practical examples.

1 Úvod

V současné době je celkem běžné, že i obyčejné „kancelářské“ osobní počítače disponují vícejádrovými procesory. Pracovní stanice potom často disponují i několika (nejčastěji dvěma) procesory (a to i vícejádrovými). To potom teoreticky znamená, že uživatel by mohl pro svoje výpočty disponovat oproti „klasickému“ jednoprocesorovému počítači až několikanásobným výpočetním výkonem. Bohužel běžně tomu tak zatím není.

Předložený článek se zabývá několika případy, jak by bylo možné snadno a rychle paralelizovat některé úlohy z oblasti stavební mechaniky a uvádí i příklady, kdy se to opravdu povedlo. V žádném případě si neklade za cíl seznámit čtenáře s problematikou jakkoli do hloubky a jeho ambicí je jen podat základní, spíše populárně naučné informace.

2 Paralelní provádění úloh v moderních počítačích

Nejprve uvedme některé technické detaily. Má-li počítač (omezíme se jen na ty osobní, které jsou asi většině čtenářů nejbližší) k dispozici více procesorů, pak každý z nich může přirozeně a „sám od sebe“ použít pro běh jedné úlohy (používá-li k tomu vhodný operační systém, ale z těch modernějších jsou to prakticky všechny). Takže je možné bez dalšího úsilí na mít současně spuštěn třeba textový editor a nějaký výpočetní program, přičemž každý z nich může využívat plný výkon „svého“ procesoru a vzájemně se nezdržují. Ovšem pokud se stane, že by byla potřeba zrychlit výpočet, tak vzniká problém, protože výpočetní program sám od sebe nedokáže druhý procesor využít. Existence dalších procesorů nebo procesorových jader tak je pro něj zcela nepodstatná a je zcela jedno, kolik jich je.

Protože víceprocesorové počítače existují již desítky let (byť donedávna šlo převážně o drahé pracovní stanice nebo servery), existuje řada standardních postupů, jak napsat program využívající výhod běhu na více procesorech současně.

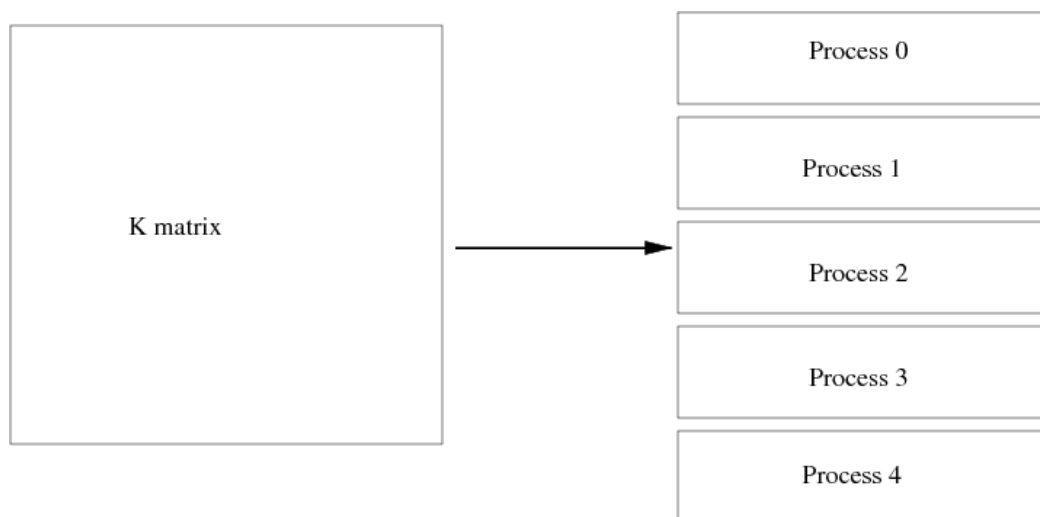
Nejběžnějším způsobem je rozdělení programu do tzv. vláken, která mohou být provozována současně, mohou pracovat nad společnými daty a mohou spolu určitým způsobem komunikovat. Některé novější překladače (nástroje, které převádí zdrojový

¹ Doc. Ing. Jiří Brožovský, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděšť 1875, Ostrava - Poruba, e-mail: jiri.brozovsky@vsb.cz

² Ing. Petr Konečný, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděšť 1875, Ostrava, e-mail: petr.konecny@vsb.cz

kód programu, zapsaný programátorem, na spustitelný program) dokáží najít vhodné části kódu a ty při překladu automaticky upravit pro paralelní provádění, v řadě případů je ovšem potřebné, aby tuto činnost vykonal přímo autor programu.

Například na Obr. 1 je příklad jak může být mezi jednotlivá vlákna rozdělena matice materiálu. Každé vlákno pak bude při vhodných matematických operacích (například násobení matice vektorem) pracovat jen s jemu přidělenou částí, čímž se prováděné výpočty nepochybně urychlí.



Obr. 1: Rozdělení matice mezi procesy nebo programová vlákna

K dalším možným přístupům patří spuštění vhodně upraveného programu vícekrát současně. V takovém případě se komunikace jednotlivých spuštěných kopií programu uskutečňuje přes nějaké standardizované rozhraní (což obvykle znamená další program, který přijímá od jednotlivých kopií programu data a posílá je dál), například MPI (Message Passing Interface).

3 Závěr

V článku bylo uvedeno několik jednoduchých případů možného zrychlení výpočtů při stavebně-mechanických úlohách využitím potenciálu současných víceprocesorových a vícejádrových počítačů. Článek opomíjí řadu sofistikovanějších přístupů a věnuje se především snadno paralelizovatelným úlohám.

Poděkování

Příklady programů a výsledky uváděné v textu vznikly za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační čísla projektů byla zejména 103/06/1801 a 103/06/P389. Projekt byl rovněž realizován za finančního přispění MŠMT ČR, projekt IM0579, v rámci činnosti Centra integrovaného navrhování progresivních stavebních konstrukcí CIDEAS.

Literatura

- [1] Program uFEM: [HTTP://FAST10.VSB.CZ/BROZOVSKY/ARTICLES/UFEM/INDEX.HTML](http://FAST10.VSB.CZ/BROZOVSKY/ARTICLES/UFEM/INDEX.HTML)
 [2] Stránky sdružení MPI Forum <http://www.mpi-forum.org>

VLIV NUMERICKÉ DIFÚZE NA PŘESNOST VÝPOČTU VE FLUENTU

EFFECT OF NUMERICAL DIFFUSION ON ACCURACY OF CALCULATION IN FLUENT

Vladimíra Michalcová¹, Milada Kozubková²

Abstract

Numerical diffusion impairs the accuracy of discrete solutions of the equations governing the convective transport of a scalar when the flow is not aligned with grid lines. Numerical diffusion leads to unintentional smoothing of advected gradients. This work presents an assessment of numerical diffusion in CFD code FLUENT 6.3 and available means of reducing impairment.

1 Úvod

Řešení transportních rovnic ve Fluentu využívá diskretizačního procesu, ve kterém je základním problémem přesný výpočet transportní veličiny Φ přes stěny konkrétního objemu a jeho konvektivní tok přes tyto hranice. Při výpočtu je nutno počítat jednak s výskytem tzv. numerické difúze a také s výskytem hodnot Φ , které jsou mimo rozsah správného řešení. Tato práce porovnává fyzikální přesnost výpočtu při použití nabízených diskretizačních výpočtových schémat navržených v CFD kódu ve Fluentu 6.3 a možnosti, jak tyto numerické chyby zredukovat.

Diskretizace rovnic je v této práci ukázána na zákonu zachování transportu veličiny Φ při stacionárním proudění, které lze popsat rovnicí v integrální formě ve tvaru (1), jež prezentuje rovnováhu toku v konstantním objemu:

$$\int_A \rho \vec{v} \cdot d\vec{A} = \int_A \Gamma_\Phi \nabla \Phi \cdot d\vec{A} + \int_V S_\Phi dV \quad (1)$$

Rovnice (1) se aplikuje na všechny kontrolní objemy (buňky) výpočtové oblasti. Po diskretizaci rovnic (1) v dané buňce dostaneme:

$$\sum_f^{N_{faces}} \rho_f \vec{v}_f \cdot \Phi_f \vec{A}_f = \sum_f^{N_{faces}} \Gamma_\Phi \nabla \Phi_f \cdot \vec{A}_f + S_\Phi V \quad (2)$$

Levá strana v obou rovnicích představuje konvektivní přenos veličiny Φ , pravá strana pak difúzní přenos a zdrojový člen transportní veličiny Φ . Základním problémem při diskretizaci konvektivního členu je přesný výpočet transportní veličiny Φ_f na stěně konkrétního objemu a její gradient Φ_f . Difúzní proces ovlivňuje přenos transportní veličiny podél jejího gradientu ve všech směrech, zatímco konvektivní přenos se šíří pouze ve směru proudění. Fluent umožňuje výběr z pěti „upwind“ schémat pro výpočet konvektivního členu: First-order upwind, Power-law, Second-order upwind, Quick, Third-order Muscl a tři metody výpočtu gradientů: Green-Gauss Cell-Based, Green-Gauss Node-Based a Least Squares Cell-Based.

¹ Ing. Vladimíra Michalcová, PhD., VŠB-TU, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Poděště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, vladimira.michalцова@vsb.cz

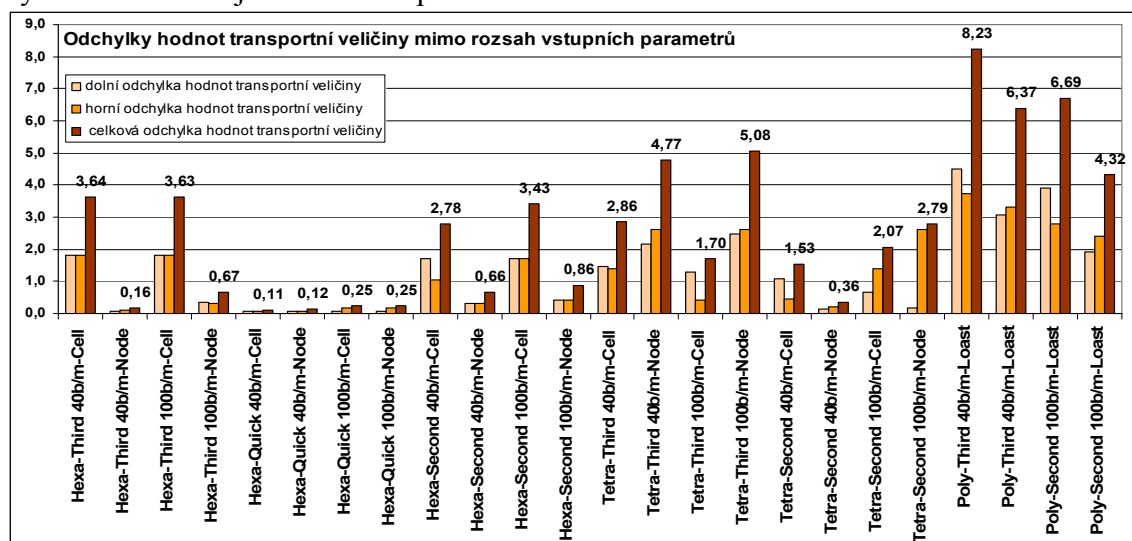
² doc. RNDr. Milada Kozubková, CSc., VŠB-TU, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 17.listopadu15, 70833 Ostrava-Poruba, milada.kozubkova@vsb.cz

2 Popis testovacích úloh

Cílem testovacích úloh bylo vyhodnocení stupně fyzikální přesnosti numerického výpočtu v závislosti nejen na hustotě a tvaru mřížky, ale i na volbě výpočtových schémat a přístupů k výpočtu gradientů transportní veličiny.

Bylo simulováno 3D stacionární proudění fiktivního plynu při hustotě $\rho=1\text{kgm}^{-3}$ ve výpočtové oblasti o rozměrech $1 \times 1 \times 0,2$ metrů (délka x výška x šířka). Hodnoty tepelné vodivosti λ [$\text{Wm}^{-1} \text{K}^{-1}$] a dynamické viskozity μ [$\text{Pa}\cdot\text{s}$] plynu se blížily nule. Vstupní parametry byly zadány na dvou stěnách jako konstantní vertikální profily rychlosti dané vektory $v_x=v_y=5\text{m/s}$, jedna stěna byla o teplotě 300K a druhá 400K.

Předmětem sledování bylo stanovení úrovně rozptylu (numerické difúze) teplotního pole a vyhodnocení hodnot teploty, které jsou mimo rozsah zadaných okrajových podmínek při různě nastavených faktorech výpočtů. Obr.1 transparentně porovnává výsledky většiny variant výpočtů, které byly předmětem testování. Na podrobnější vysvětlení odkazují čtenáři na úplné znění článku na CD.



Obr. 1: Vliv typologie i hustoty mřížky, výpočtového schématu i způsobu výpočtu gradientu na hodnoty odchylek ve výpočtu

3 Závěr

- Při aplikaci výpočtových schémat First-order a Power-law schémat nevznikají teplotní pole mimo rozmezí vstupních podmínek, ovšem velká numerická difúze značně snižuje přesnost výpočtu.
- Nejlepších výsledků se docílí při použití hexa mřížky a Quick upwind výpočtového schématu.
- Při využití výpočtových schémat Second-order a Third-order je pro hexa buňky přesnější výpočet s nastavením gradientu na Node-Based metodu, naopak pro tetra buňky je přesnější metoda Cell-Based.
- Poměrně vysoké hodnoty odchylek transportní veličiny u polyhedra mřížky zatím neumožňují provádět výpočty s uspokojivou fyzikální přesností.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je GAČR 105/08/1414.

VZÁJOMNÉ POROVNANIE 1D A 2D VÝPOČTOVÝCH MODELOV VOZIDIEL

MUTUAL COMPARISON OF 1D AND 2D COMPUTING MODELS OF VEHICLES

Ivana Martinická¹, Jozef Melcer²

Abstract

There is possible to use the computing models of vehicles on various level of complicity for the purpose of solution of vehicle roadway interaction problems. Individual computing model can follow the effects only on the certain level. In suggest paper the plane computing models of vehicles are mutually compared. The goal is to clarify the influence of pitch effect on the magnitude of kinematical quantities of computing model and on the magnitude of interacting forces.

1 Úvod

Interakcia vozidlo – jazdná dráha je aktuálny inžiniersky problém, ktorému sa inžinieri venujú z pohľadu rôznych praktických aspektov [1], [2], [3], [4]. Jedna z možností riešenia určitej škály problémov je numerická simulácia. Pre účely použitia metód numerickej simulácie je potrebné vytvárať výpočtové modely vozidiel. Výpočtové modely je možné vytvárať na rôznej kvalitatívnej úrovni v závislosti od povahy riešeného problému. Princiipiálne je možné vytvárať priestorové – trojdimenzionálne (3D), rovinné – dvojdimenzionálne (2D) alebo jednodimenzionálne (1D) výpočtové modely vozidiel.

2 Výpočtové modely vozidiel

Štvrtinový model dopravného prostriedku môže byť použitý pre modelovaniu účinkov polovice jednej nápravy dopraveného prostriedku na dopravnú cestu. Nevýhodou tohto modelu je, že môže modelovať len vplyv vertikálneho pohybu hornej hmoty, tzv. *odpruženej hmoty*, na vznik kontaktných síl medzi kolesom a jazdnou dráhou a na vznik kinematických veličín modelu (*heave effect*).

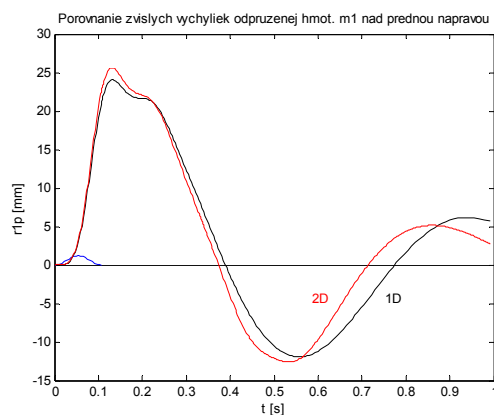
Polovičný výpočtový model je vlastne rovinný výpočtový model dopravného prostriedku. Je možné ho použiť pre modelovanie účinkov ľavej alebo pravej polovice dopravného prostriedku na dopravnú cestu. Výhodou tohto modelu je, že modeluje vplyv vertikálneho pohybu odpruženej hmoty (*heave effect*) a vplyv kolísania odpruženej hmoty v pozdĺžnom smere (*pitch effect*) na vznik kontaktných síl medzi kolesom a jazdnou dráhou a na vznik kinematických veličín modelu. Nemôže modelovať vplyv nakláňania odpruženej hmoty v priečnom smere (*roll effect*) na vznik kontaktných síl a na vznik kinematických veličín modelu.

¹ Ing. Ivana Martinická, Žilinská univerzita, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, Komenského52, 010 26 Žilina, telefón: +421-41-5135648, ivana.martinicka@fstav.uniza.sk

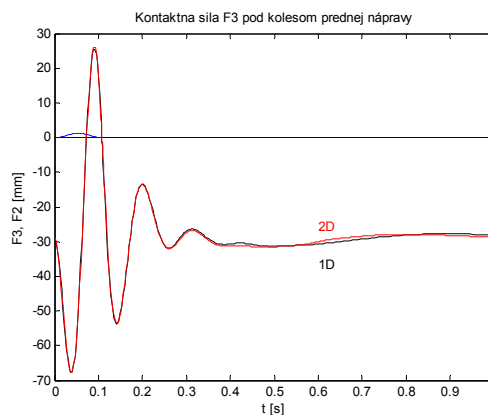
² Prof. Ing. Jozef Melcer, DrSc., Žilinská univerzita, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, Komenského52, 010 26 Žilina, telefón: +421-41-5135612, jozef.melcer@fstav.uniza.sk

3 Vzájomné porovnanie výpočtových modelov

Predmetom porovnania sú časové priebehy kinematických a silových veličín vypočítané pomocou 1D a 2D modelu pri prejazde tohto modelu ponad umelú nerovnosť v tvare jednej kosínusovej vlny s výškou 2 cm a dĺžkou 120 cm, *obr. 1 a 2*.



Obr. 1: Pitch effect, kmitanie odpruženej hmoty



Obr. 2: Pitch effect, kontaktné sily, predná náprava

4 Závery

Na základe výsledkov porovnávacích štúdií je možné konštatovať, že v prípade jazdy vozidla po jednej osamelej nerovnosti je vplyv kolísania odpruženej hmoty vozidla v pozdĺžnom smere (*pitch effect*) na časové priebehy kinematických veličín a kontaktných síl veľmi malý. Rozdiely v extrémoch vertikálnych výchýliek odpruženej hmoty sú cca 6 %. Rozdiely v extrémoch vertikálnych výchýliek neodpružených hmôt nepresahujú hodnotu 1,5 %. Rozdiely v extrémoch kontaktných síl nepresahujú hodnotu 2 %

Pod'akovanie

Príspevok vznikol za finančnej podpory Grantovej agentúry VEGA SR. Registračné číslo projektu je G1/0031/09.

Literatura

- [1] Záhorec, O. CONTRIBUTION TO THE ANALYSIS OF LINEAR DYNAMICS SYSTEMS WITH STATIONARY RANDOM EXCITATION, PROCEEDINGS OF THE 1ST CONFERENCE ON MECHANICS, TOM 2, p. 204-207, Praha, 1987
- [2] Molach, P. MULTIBODY MODELY NÍZKOPODLAŽNÍHO TROLEJBUSU ŠKODA 21 TR – MODIFIKACE S NÁPRAVAMI RÁBA A KOMPOZITOVOU PŘEDNÍ STENOU, VÝZKUMNÁ SPRÁVA Škoda výzkum, s.r.o VYZ 0577/2002, Plzeň, 2002
- [3] Králik, J., Ivánková, O., Šimonovič, M. RIEŠENIE PROBLÉMU ODOLNOSTI KONŠTRUKCIE PODZEMNÝCH KANÁLOV ZA UVÁŽENIA INTERAKCIE S PODLOŽÍM A SEIZMICKÉHO ZAŤAŽENIA, 8. ANSYS – USER MEETING 2000, s. 1-6, Lednice na Morave, ČR, 2000
- [4] Melcer, J. DYNAMICKÉ VÝPOČTY MOSTOV NA POZEMNÝCH KOMUNIKÁCIÁCH, EDIS Edičné stredisko ŽU, Žilina, 1997

DYNAMICKÁ INTERAKCIA KOĽAJOVÉ VOZIDLO - TRÁŤ

VEHICLE – TRACK DYNAMIC INTERACTION

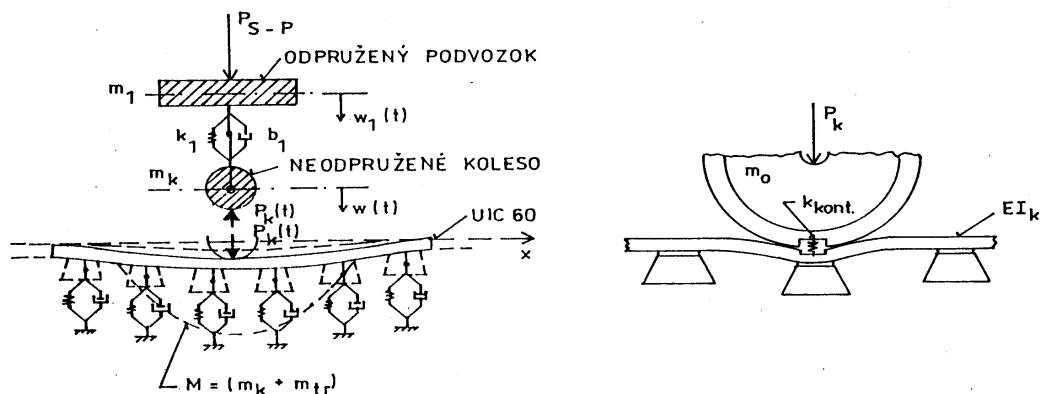
Moravčík Milan¹

Abstract

The paper is devoted the dynamic interaction problems of the railway vehicle and the track structure. Briefly is presented the theoretical analyse and some experimental measurement approaches in order to appreciate the dynamic behaviour of the interaction system vehicle/track. Dynamic measurements on unsprung wheelsets of the locomotive and corresponding in situ measurements on the track structure are compared.

1 Dynamická interakcia koleso/koľajnica vo vertikálnom smere

Neodpružené kolesa koľajových vozidiel pri pohybe po trati sledujú pružne pretváranú jazdnú dráhu, ktorá zahŕňa okamžité pružné pretvorenie trate, nerovnosti koľajníc aj povrchu kolies, ale aj trvale pretvorenia kumulované v trati v dôsledku vysokocyklického zaťažovania a trvalých zmien v konštrukcii trate, obr. 1.



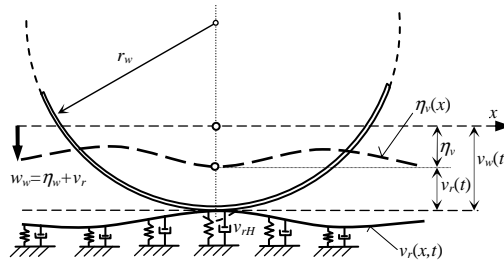
Obr. 1 Schéma dynamickej interakcia pohybujúceho sa kolesa koľajového vozidla po deformovanej jazdnej dráhe

Vertikálne posunutia koľajového pásu $v_r(x,t)$ sú viazané s vertikálnym kmitaním neodpruženého kolesa koľajového vozidla $v_w(x,t)$, ale aj nerovnosťami koľajníc $\eta_r(x=ct)$, resp. kolies vozidiel v zmysle obr.2:

$$v_w(x,t) = v_r(x,t) + \eta_r(x,t) + v_{rH}(t) \quad (1)$$

kde: $v_{rH}(t)$ je kontaktná deformácia – stlačenie Hertzovej linearizovanej kontaktnej pružiny modelujúcej kontaktné spojenie koleso/koľajnica s tuhosťou k_H .

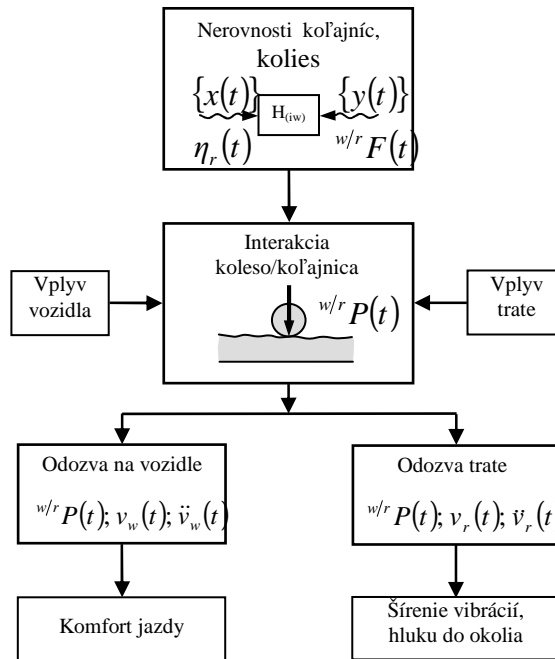
¹ Milan Moravčík, Prof., Ing., CSc, Žilinská univerzita v Žiline, Stavebná fakulta, Katedra stavebném mechaniky, Komenského 52, 010 26 Žilina, e-mail: mimo@fstav.uniza.sk



Obr.2. Kinematické zložky vertikálneho posunutia pohybujúceho sa kolesa a trate.

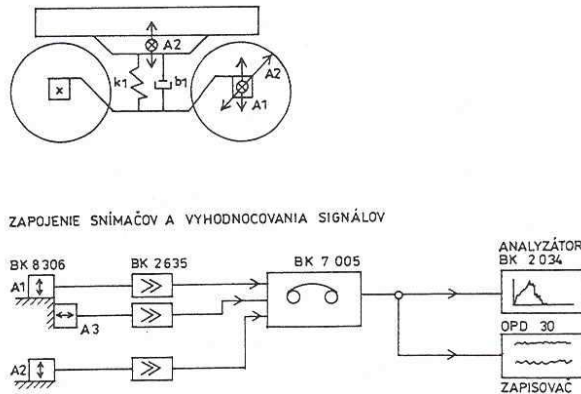
2 Hodnotenie kmitania neodpruženého kolesa merané na lokomotíve

Na obr. 3 sú schematicky znázornené vplyvy ovplyvňujúce dynamickú interakciu koleso/koľajnica.



Obr.14 Schéma problematiky dynamickej interakcie koľajové vozidlo/trať

Experimentálne sa merala a analyzovala trajektória zrýchlenia vertikálneho pohybu $\ddot{v}_w(t)$ neodpruženého kolesa elektrickej lokomotívy Škoda 162 / 85 t, obr.3



Obr.3 Zapojenie snímačov zrýchlenia na meranej lokomotíve

VÝPOČTOVÝ MODEL KROVU VĚŽÍ KOSTELA SV. MIKULÁŠE V CHEBU NA ZEMĚTŘESENÍ A DYNAMICKÉ NAMÁHÁNÍ

COMPUTATIONAL MODEL OF THE WOODEN FRAME FOR DYNAMIC AND
EARTHQUAKE LOADING FOR ST. NICHOLAS CHURCH IN CHEB

Marek Posch¹, Petr Řeřicha¹, Eva Černá¹

Abstract

The article deals with the design of computational model for wooden frame of high tower. The more complicated wooden structures modeling with taking into account of the exact distribution of inner forces is not practically possible. The model of half-stiffness joints, among bearing members which would describes the exact stiffness at the whole structure, is not possible to do due to the time intensity.

It would have to be taken into account very hard model phenomena as a pressing of wooden fibers, the weakening of sections of bearing members due to binders, the eccentricity of positions of binders etc. These phenomena is able to model in case the one joint or at simply structures, but the work difficulty is economic unacceptable for more complicate structures. The taking over of simplifying conclusions, flows from laboratory examinations, is not possible for their unique geometry and the unique binder connections. Except that, two-member contacts are usually described in literature stream but three-member contacts there are at the wooden frame tower, where the position in each of member is different. The authors find simplified, economic usable model, whose time demand factor is acceptable in practice and which simulates the distribution of inner forces and the stiffness of joints with enough reliability. Such model makes possible the design structure for static loading, aero-elastic oscillation and earthquake.

The model, which is described in article, was used in 2007 for design and checking of new towers at st. Nicolas in Cheb (Czech Republic), where provisional roof was replaced by these. The towers are placed up on high 30meters up ground and these towers are 23,5m high. The object of st. Nicolas inheres in the 3rd category of landscape in accordance to ENV 1995 and its position is in 7° M.C.S. The model of wooden tower which was used for designed has been checked by another more detailed model, which is not suitable for using in practice for its time demand factor.

¹ Czech Technical University in Pratur Fakulty of Civil Engineering, Department of Mechanics. Thákurova 7, Prague 6, 166 29



Obr. 1: The church of st. Nicolas in 2007.



Obr. 1: The church of st. Nicolas in 2009.

Acknowledgment

The support of grant 1F82C/001/910 by Ministry of Transport is gratefully acknowledged.

DISKRÉTNÍ MODEL FYDiK2D

DISCRETE MODEL FYDiK2D

Petr Frantík¹

Abstract

The paper is focused on detailed description of implementation of discrete dynamical model based on the physical discretization used in the application FyDiK2D. This model is capable to effectively calculate large deformations, chaotic behavior, fracture of various materials and other demanding problems in engineering mechanics.

1 Úvod

Silně nelineární problémy spjaté se strukturální nestabilitou systému patří bezesporu k náročným úlohám. Jedná se zejména o výpočet velkých deformací, přetváření a lomu materiálu, simulace kontaktu částí konstrukce, interakce s hmotou či tekutinami, apod. Ukazuje se, že tyto problémy lze efektivněji řešit pomocí simulací nelineárních dynamických systémů, které se s modelovanou úlohou shodují spíše kvalitativně. Tím se tento přístup výrazně liší od klasických metod zaměřených na kvantitativní výstižnost modelu.

Článek se věnuje detailnímu popisu implementace diskrétního dvourozměrného modelu vzniklého fyzikální diskretizací, tj. náhradou „spojitého“ materiálu diskrétními objekty majícími pouze nepřímý vztah k modelovanému problému. Aplikace modelu je velmi rozmanitá. Byl úspěšně použit pro analýzu stability a velkých deformací prutových konstrukcí, pro studium deterministického chaosu dynamicky zatížené konstrukce, plnění membrány tekutinou, pro výpočet lomu křehkých popř. kvazikřehkých materiálů.

Tato implementace je veřejně k dispozici ve dvou podobách: volně šířená Java aplikace FyDiK2D s grafickým uživatelským rozhraním a Java balík FyDiK2D vhodný pro integraci do vlastních programů, šířený pod licencí GNU GPL.

2 Základní objekty a funkční jednotky modelu

Model včetně objektů, ze kterých je složen, byl vytvořen tak, aby o něm existoval jasný a jednoduchý fyzikální obraz. Tato koncepce vychází z představy, že je možné tento model v určitém přiblížení reálně vyrobit a ověřit tak přímo jeho vlastnosti či chování. Teprve následně je o takovém modelu uvažováno jako o možné fyzikální diskretizaci spojitého problému. Výhodou tohoto přístupu je zejména jednoduchost a průhlednost výpočtu jeho stavu, čímž odpadá nutnost použití složitého matematického, potažmo programového, aparátu. V konečném důsledku tento přístup vede k jednoduchému a efektivnímu algoritmu, který lze dokonce – s výhodou vzhledem k dnešním trendům – snadno paralelizovat.

Na obr. 1 jsou v souladu s jejich fyzikální představou znázorněny dvě základní funkční jednotky: *normálová jednotka* a *ohybová jednotka*, složené ze tří základních

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

objektů modelu. Normálová jednotka vznikla spojením dvou *hmotných bodů* pomocí *translační pružiny*. Ohybová jednotka vznikla spojením dvou translačních pružin pomocí *rotační pružiny*. Lze říci, že translační pružina dovoluje vázané normálové přetvoření celku a rotační pružina dovoluje vázané ohybové přetvoření celku.

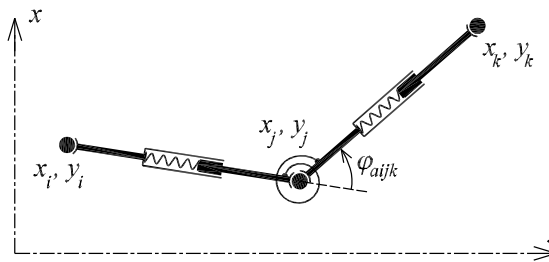


Obr. 1: Základní funkční jednotky modelu

Rotační pružina (třída RotationalSpring)

Rotační pružina zajišťuje ohybové spojení dvou translačních pružin. Fyzikální představa rotační pružiny je lehký svinutý pásek kovu (pružina v hodinovém stroji) popř. určitá objímka kloubu, který spojuje translační pružiny, viz obr. 2. Na translační pružiny působí interakčním momentem M_{rijk} , jehož velikost je dána zvolenou funkcí a pootočením rotační pružiny $\Delta\varphi_{ijk}$. Moment M_{rijk} se rozkládá na dvě dvojice sil F_{rij} a F_{rjk} , působící na hmotné body i, j respektive j, k . Tyto síly působí kolmo na translační pružiny.

Rotační pružina má následující atributy: úhel φ_{ijk} , reference na dvě translační pružiny a funkci interakčního momentu $M_{rijk}(\Delta\varphi_{ijk})$.



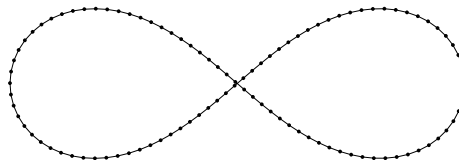
Obr. 2: Rotační pružina

Pro pootočení pružiny $\Delta\varphi_{ijk}$ platí:

$$\Delta\varphi_{ijk} = \varphi_{aijk} - \varphi_{ijk}, \quad \varphi_{aijk} = \varphi_{ajk} - \varphi_{aij}, \quad (4)$$

kde φ_{aijk} je vzájemné pootočení translačních pružin, tj. rozdíl pootočení φ_{aij} , φ_{ajk} .

U rotační pružiny existuje problém, který lze vysvětlit na cyklické struktuře, jakou je například prut stočený do kružnice, jehož konce jsou spojeny (obruč). Přímočarý model tohoto prvku vede ke vzniku „singularity“, která má za výsledek ustálení modelu do tvaru podobného lemniskátě (osmička), viz obr. 3.



Obr. 3: Deformace kružnice vlivem existence singularity při definici rotační pružiny

Výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT, projekt 1M0579, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS a s využitím výsledků při řešení projektu GA ČR 103/07/1276.

GEOMETRICKY NELINEÁRNÍ ANALÝZA ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ PO VZNIKU TRHLIN

GEOMETRICALLY NONLINEAR ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES AFTER CRACK OCCURRENCE

Rostislav Zídek¹, Luděk Brdečko²

Abstract

Displacement of reinforcement concrete beam structures is significantly influenced by the rheology of concrete and by the development of cracks. For a member in compression it is necessary to also take into account geometrically non-linear behaviour. The paper is mainly focused on a geometrically non-linear solution and its connection to the previously mentioned problems. An example that verifies the geometrically nonlinear solution and an example of the connection of all analyses are shown.

1 Úvod

Pro analýzu železobetonových konstrukcí je vyvíjen výpočetní program, který umožní komplexnější analýzu železobetonových prutových konstrukcí – spojení geometricky i fyzikálně nelineárního výpočtu s řešením dotvarování a smršťování. Tento příspěvek je zaměřen na popis geometricky nelineárního výpočtu zatímco podrobnější popis analýzy dotvarování je uveden např. v [2] a popis fyzikálně nelineární analýzy v [1].

2 Geometricky nelineární výpočet

V geometricky lineárním výpočtu se hledá rovnováha na nepřetvořené konstrukci. Tento typ výpočtu obvykle nepřináší žádné potíže, pokud se model konstrukce neblíží mechanismu. Geometricky nelineární výpočet můžeme rozdělit na dva typy. Jednodušší předpokládá, že poměrná přetvoření zůstávají malá, posuny a rotace jsou obecné. Obecnější typ geometrické nelinearity předpokládá obecná přemístění i poměrná přetvoření. Pro oba druhy geometrické nelinearity platí, že se hledá rovnováha na přetvořené konstrukci. Obecná poměrná přetvoření se však ve stavebních konstrukcích nevyskytují. Pro stavební konstrukce je vyhovující, pokud se uvažují pouze velké posuny a rotace. V geometricky nelineárním výpočtu, který je aplikován v programu Asteres, se hledá rovnováha na přetvořené konstrukci pomocí iteračního procesu. Dále se předpokládá, že prut i po deformaci zůstává přímý a zatížení se přikládá v zatěžovacích krocích.

3 Uspořádání programu

Analýza dotvarování, fyzikálně nelineární analýza i geometricky nelineární analýza v uvažovaném pojetí vyžadují přírůstkový výpočet. První dvě analýzy na rozdíl od třetí

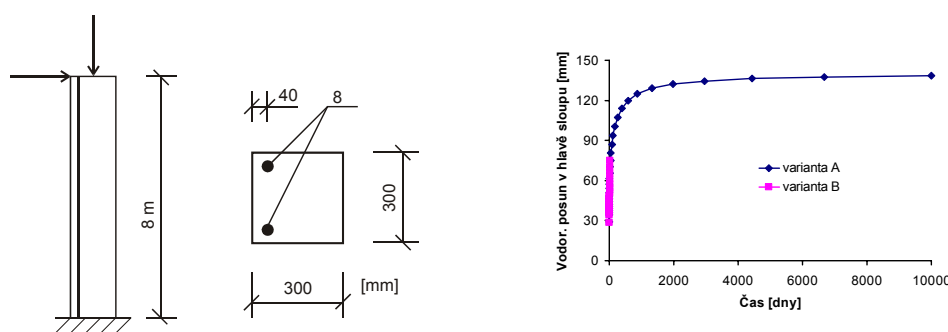
¹ Ing. Rostislav Zídek, Ph.D., VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veverí 95, 602 00 Brno, e-mail: zidek.r@fce.vutbr.cz, tel.: +420 541 147 368.

² Ing. Luděk Brdečko, Ph.D., VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veverí 95, 602 00 Brno, e-mail: brdecko.l@fce.vutbr.cz, tel.: +420 541 147 368.

potřebují sledovat historii namáhání materiálu. Dotvarování je tedy řešeno v časových uzlech, které představují skutečný čas. Tyto časové uzly korespondují s přírůstky fyzikálně nelineární analýzy. Je možné kvůli zjemnění fyzikálně nelineární analýzy k jednomu skutečnému času přiřadit více časových uzlů. V rámci jednoho časového uzlu je iteračním postupem nalezena rovnováha na konstrukci porušené trhlinami. V rámci každé z těchto iterací je provedena geometricky nelineární analýza, která je automaticky rozčleněna na potřebný počet kroků.

4 Řešený příklad

Vyvíjený program byl použit na analýzu tlačené a ohýbané železobetonové konzoly průřezu 300/300 mm, vyztužené dvěma pruty podle obrázku 1. Konzola byla zatěžována vodorovnou a svislou silou. Pro variantu *A* se uvažovala konečná vodorovná síla o velikosti 3,5 kN a svislá tlaková síla 385 kN. Pro variantu *B* byla vodorovná síla 3,65 kN, svislé tlakové zatížení 392,4 kN. Pro variantu *B* přerostlo zatížení kritickou mez. Geometricky nelineární analýza zkolabovala v časovém uzlu pro čas 51,33 dne. Konstrukce ztratila stabilitu díky nárůstu deformací vlivem reologie betonu.



Obr. 1: Tlačený sloup, vlevo uspořádání modelu, vpravo vodorovný posun v hlavě sloupu

5 Závěr

Vyvíjená metoda odpovídá požadavkům na nelineární metodu podle EC2 [2] článek 5.7 a 5.8.6. Dosažené výsledky ukazují na teoretickou správnost použitých metod a na oprávněnost požadavků na analýzu dotvarování betonu v kombinaci s geometrickou a materiálovou nelinearitou při predikci chování železobetonových konstrukcí.

Poděkování

Práce autorů, jejímž výsledkem je tento příspěvek je podporována prostřednictvím výzkumného záměru MŠMT MSM0021630519 a grantu Grantové agentury České republiky číslo 103/06/P252.

Literatura

- [1] Zídek, R., Brdečko, L. VLIV DOTVAROVÁNÍ NA PRŮHYB ŽELEZOBETONOVÝCH NOSNÍKŮ: METODY ŘEŠENÍ, XII. MEZINÁRODNÍ VĚDECKÁ KONFERENCE KE 110. VÝROČÍ ZALOŽENÍ FAST VUT A K XIV. VÝROČÍ STAVEBNÍCH VELETRHŮ BRNO, BRNO, 2009.
- [2] Zídek, R., Brdečko, L. MATERIÁLOVĚ NELINEÁRNÍ MODEL PRO ANALÝZU REOLOGIE ŽELEZOBETONOVÝCH KONSTRUKCÍ, INTERNATIONAL CONFERENCE 70 YEARS OF FCE STU, BRATISLAVA, SLOVAKIA, 2008.

VYBRANÉ ÚNAVOVÉ PARAMETRY BETONU PŘEDPJATÝCH PRVKŮ

SELECTED FATIGUE PARAMETERS OF CONCRETE FOR PRE-STRESSED ELEMENTS

Stanislav Seitl¹, Zbyněk Keršner², Václav Veselý³, Eva Juřinová⁴, Vlastimil Bílek⁵

Abstract

The paper presents selected values of basic fatigue parameters measured on three-point bending specimens of concrete for pre-stressed elements. These specimens are the most frequently used for fracture laboratory testing, especially of quasi-brittle cement-based composites. According to the regression technique, the Wöhler curves for predicting the fatigue life of pre-stressed concrete element is suggested. Parameters of two similar mixes are compared.

1 Úvod

Beton předpjatých prvků se typicky navrhuje na základě výsledků statických zkoušek mechanických vlastností a únavovému chování nebývá věnována pozornost. Přitom je zřejmé, že tento materiál se primárně používá ve stavebních konstrukcích, které jsou vystaveny cyklickému namáhání. V předkládaném příspěvku autoři představují sadu vybraných hodnot základních únavových parametrů – Wöhlerovy křivky – vzorků betonu pro předpjaté mostní dílce, které byly zjištěny ze zkoušek tříbodovým ohybem trámů s centrálním zářezem, namáhaných cyklicky.

Pro sledování únavových parametrů betonu předpjatých prvků byl použit materiál, který můžeme hodnotit jako vysokohodnotný. Krychelná pevnost v tlaku po 24 hodinách dosahovala 50 MPa a po 28 dnech 92 MPa. Receptura byla navržena tak, aby bylo mj. dosaženo co nejmenšího vodního součinitele. Byl použit cement CEM 42,5 R, superplastifikátor na bázi polykarboxylátů, vodní součinitel byl 0,33. Použité kamenivo se skládalo ze tří frakcí, a to z písku 0/4 mm a z drti 4/8 mm a 8/16 mm. Konzistence čerstvého betonu byla zjištěna pomocí metody rozlití (ČSN EN 12350-5) a dosáhla hodnoty 450 mm, tedy zařazení do stupně F3.

2 Únavové experimenty

Testy byly prováděny na vzorcích pro tříbodový ohyb se zářezem. Rozměry zkušebních trámů (resp. rozpětí) byly 100×100×400 (300) mm. Relativní hloubka zářezu (ku výšce vzorku) byla $a/W=0,1$. Byla zkoušena betonová tělesa dvou sad (1, 2), vyrobených v jiných dnech podle stejné receptury v laboratoři ŽPSV, a.s.

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

² doc. Ing. Zbyněk Keršner, CSc., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, kersner.z@fce.vutbr.cz

³ Ing. Václav Veselý, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, vesely.vl@fce.vutbr.cz

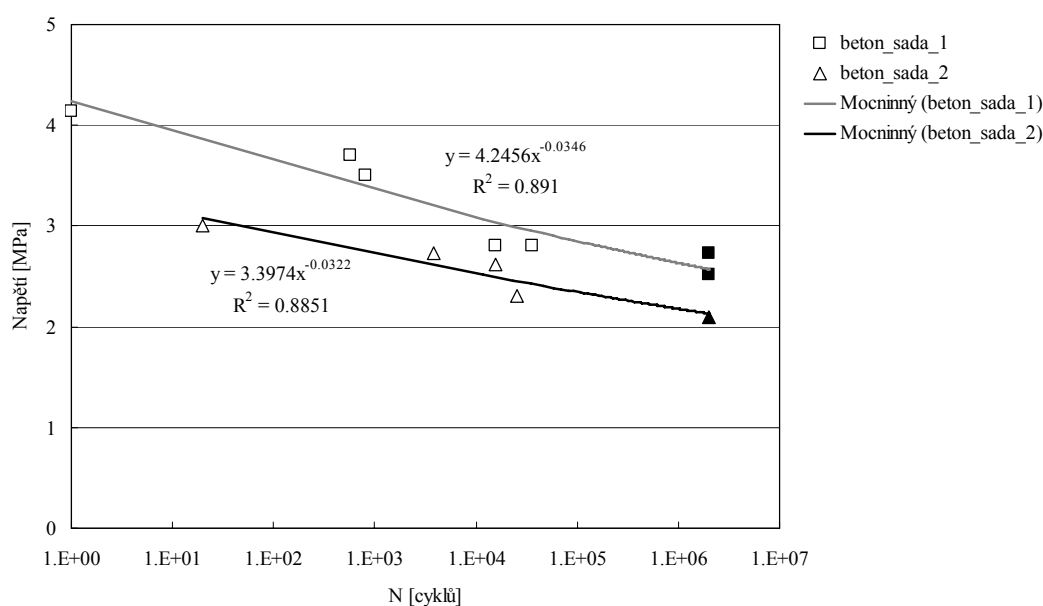
⁴ Bc. Eva Juřinová, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, majko2@centrum.cz

⁵ Ing. Vlastimil Bílek, Ph.D., ŽPSV, a.s., Křížkova 68, Brno 660 90, bilek@zpsv

Experimentální měření probíhala v laboratořích na FAST VUT v Brně, kde je umístěn servohydraulický stroj značky INOVA, při pokojové teplotě $22^{\circ}\text{C}\pm 2$. Parametr asymetrie cyklu byl $R=0,1$, pro zajištění stability vzorku při měření tříbodovým ohybem. Pro měření únavy betou byla použita frekvence 10 Hz.

Při vysokocyklovém namáhání jsou materiálové vlastnosti interpretovány pomocí $S-N$ křivky, někdy v literatuře označované též jako Wöhlerovy křivky. $S-N$ křivka zobrazuje závislost mezi konstantní amplitudou napětí aplikovanou na měřený vzorek a počtem cyklů, než při daném zatížení dojde k porušení vzorku. Analytický popis únavové křivky lze v oblasti šikmé větve aproximovat mocninným vztahem $S=a \times N^b$, kde S je amplituda napětí, N je počet cyklů a a , b jsou materiálové parametry.

Výsledky únavových experimentů jsou uvedeny v Obr. 1; lze tu pro každou sadu vyšetřovaných vzorků nalézt výše přiblíženou $S-N$ křivku: hodnoty amplitudy zatěžujícího napětí vs. počet cyklů. U obou Wöhlerových křivek jsou také výsledky regresní analýzy, tzn. hodnoty materiálových parametrů a , b , jakož i koeficienty determinace R^2 .



Obr. 1: Wöhlerovy křivky dvou sad vyšetřovaného betonu pro předpjaté prvky (plné body značí vzorky bez porušení)

3 Závěr

U dvou sad betonu předpjatých prvků byly určovány hodnoty základních únavových parametrů. Zkušební vzorky s centrálním zářezem (dvojitým V-vrubem) se podrobovaly testům na tříbodový ohyb pro cyklické zatěžování. Přestože šlo u obou sad o beton stejného složení, Wöhlerovy křivky pro studovaný materiál – vztahy mezi hodnotou napětí S a počtem únavových cyklů N – vyšly při obdobném koeficientu determinace (asi 0,89) s podstatně jinými hodnotami regresních koeficientů: pro sadu 1 to bylo $S_1 = 4,2456 \times S_n^{-0,0346}$, kdežto pro sadu 2 $S_2 = 3,3974 \times S_n^{-0,0322}$.

Poděkování

Prezentované výsledky byly získány za finanční podpory MŠMT, projekt MSM0021630519, a částečně za finančního příspěví grantu GA ČR 103/08/0963.

VLIV VERTIKÁLNÍ TLAČNÉ SÍLY NA ÚROVEŇ CONSTRAINTU V KRYCHLOVÉM VZORKU PRO KLÍNOVÉ ŠTÍPÁNÍ

INFLUENCE OF VERTICAL COMPRESIVE FORCE ON LEVEL OF CONSTRAINT IN CUBICAL SPECIMEN FOR WEDGE SPLITTING TEST

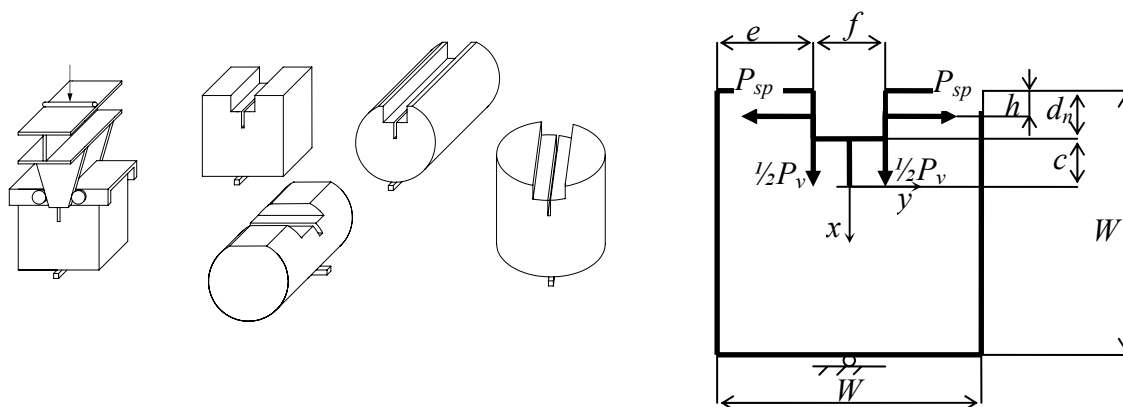
Stanislav Seitl¹, Jan Klusák², Petr Dymáček³, Ladislav Řoutil⁴, Václav Veselý⁵

Abstract

The subject of the contribution is to gain new aspects of knowledge about the fracture behaviour of cementitious building materials by the wedge splitting test (WST). The particularly, the paper investigates the influence of the vertical compressive force P_v , that represents a reaction of the bottom support of the specimen, on the fracture parameters via tools of the two-parameter fracture mechanics. The effects of the vertical compressive force, P_v , on the plastic and fracture process zones are examined.

1 Úvod

Příspěvek se zabývá zkouškou v konfiguraci *WST*, při které je zkušební těleso namáháno v podobném módu jako centrální oblast trámce se zářezem při zkoušce na tříbodový (čtyřbodový) ohyb. Při *WST* se ovšem pracuje s menšími vzorky než při tříbodovém či čtyřbodovém ohybu (jejich velikost odpovídá přibližně zmíněné centrální oblasti trámce zkoušených na *3PB* či *4PB*), navíc lze princip studovaného *WST* uplatnit při stanovování lomově-mechanických parametrů na jádrových vývrtech ze stávajících stavebních konstrukcí (viz obr. 1).



Obr. 1: Konfigurace zkoušky WST – vlevo axonometrické schéma zkoušky, vpravo detaily kubického WST vzorku

Cílem příspěvku je za použití metody konečných prvků ukázat vliv vertikální tlačné síly na hodnotu constraintu (charakterizovaného hodnotou T-napětí) v krychlovém vzorku pro klínové štípní. Vliv constraintu je běžně ukazován pomocí kritérií pro stanovení

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

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

³ Dymáček Petr Ing. Ph.D., Ústav fyziky materiálů Akademie věd České republiky, v.v.i., Žitkova 22, 616 62 Brno, pdymacek@ipm.cz

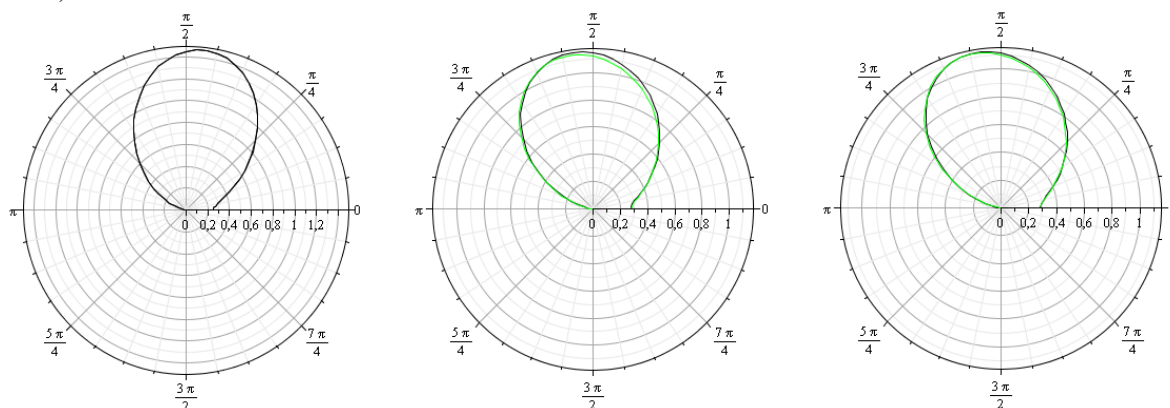
⁴ Řoutil Ladislav Ing. Ústav stavební mechaniky, FAST VUT v Brně, Veveří 331/95, 602 00 Brno, routil.l@fce.vutbr.cz

⁵ Václav Veselý Ing. Ph.D., Ústav stavební mechaniky, FAST VUT v Brně, Veveří 331/95, 602 00 Brno, vesely.v1@fce.vutbr.cz

velikosti a tvaru plastické zóny u kovových materiálů a pomocí kritérií pro velikost a tvar lomové procesní zóny u kvazikřehkých materiálů.

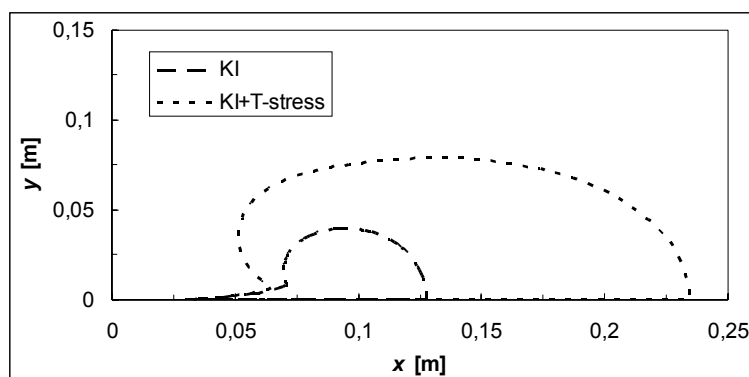
2 Diskuse vlivu constraintu

a) Plastická zóna



Obr. 2. Vliv constraintu na velikost a tvar plastické zóny pro stejnou hodnotu součinitele intenzity napětí $K_I = 1 \text{ MPa m}^{1/2}$ (rovinná deformace) postupně $a/W = 0,2; 0,6; 0,8$. Tvar plastické zóny se zahrnutím přítláčné síly je černě bez přítláčné síly zeleně

b) Lomová procesní zóna



Obr. 3. Odhad velikosti a tvaru lomové procesní zóny ve WST tělese o velikosti $W = 100 \text{ mm}$ vyrobeném z běžného betonu o tlakové pevnosti cca 50 MPa a $a/W = 0,8$ při uvažování jednoho, dvou a čtyř členů Williamsova rozvoje

3 Závěr

Pro dva odlišné materiálové popisy je v příspěvku analyzován vliv vertikální tlačné síly působící na krychlový vzorek pro klínové štípání na úroveň constraintu. K analýze byl použit výpočet pomocí MKP a následně dosazené parametry do kritérií pro zóny (plastickou a lomovou procesní). Uvažováním vyššího počtu členů Williamsova rozvoje pro WST bylo zjištěno, že plastická i procesní zóna zvětšuje svůj tvar a tedy dochází ke ztrátě constraintu.

Je zde také ilustrován vliv počtu členů Williamsova rozvoje pro odhad FPZ u kvazikřehkých materiálů. Obecně lze říci, že pro popis pole napětí v kvazikřehkých tělese s trhlinou je nutno vzít v úvahu výrazně více členů tohoto rozvoje, než je tomu u kovových materiálů.

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím projektů 101/08/1623 a KJB200410901.

VLIV KRITÉRIA PORUŠENÍ NA ODHAD TVARU A VELIKOSTI LOMOVÉ PROCESNÍ ZÓNY U CEMENTOVÝCH KOMPOZITŮ

INFLUENCE OF FAILURE CRITERION ON ESTIMATION OF SHAPE AND SIZE OF FRACTURE PROCESS ZONE IN CEMENTITIOUS COMPOSITES

Václav Veselý¹, Petr Frantík², Zbyněk Keršner³

Abstract

The paper is focused on selected aspects of estimation of the extent and shape of the fracture process zone accompanying the quasi-brittle fracture in cementitious materials. The zone is determined based on an amalgamation of multi-parameter fracture mechanics, equivalent elastic crack approach and cohesive crack approach. An influence of the failure criterion chosen for the fracture process zone evaluation and an influence of the accuracy of the stress field approximation in the cracked body are also investigated in the paper. Some recommendations for the procedure of determination of the fracture process zone in application to cementitious composites are proposed.

1 Úvod

Stěžejním lomově-mechanickým parametrem nelineárních lomových modelů pro silikátové kompozity je specifická lomová energie, a to zejména proto, že pro její experimentální určování existují standardizované metody a v rámci dostupných softwarových prostředků pracujících s těmito modely (např. ATENA) bývá obvykle jako vstup explicitně požadována. A to na rozdíl od dalších parametrů kohezivních modelů ovlivňujících kvazikřehkou lomovou odezvu (pevnost v tahu, funkce tahového změkčení), jejichž přímé měření je technicky značně problematické.

Určování lomové energie je ovšem spojeno s mnoha zdroji nepřesností; nejdůležitějšími jsou vlivy velikosti a geometrie zkušebních těles. Tato problematika je autory článku zkoumána již delší dobu. V současnosti se zabývají možnostmi eliminovat tyto efekty prostřednictvím vztažení energie disipované během lomu v lomové procesní zóně (LPZ) vyvíjející se u čela makroskopické trhliny k objemu této zóny. Tento článek se soustředí na některé aspekty určování rozsahu a tvaru LPZ.

2 Lomová procesní zóna

Pod pojmem lomová procesní zóna bývá míněna oblast před čelem makroskopické trhliny v kvazikřehkých materiálech, ve které dochází k různým procesům porušování vedoucím k tzv. tahovému změkčení, tj. postupnému snižování napětí v této zóně směrem k otevíraným lícům trhliny. V těchto mechanismech je disipována energie dostupná pro lomový proces. LPZ je tvořena sjednocením plastické zóny pro aktuální vrchol trhliny a plastických zón vytvořených pro vrcholy trhliny odpovídající předcházejícím stádiím lomu (v tomto stádiu se jedná již o body na lících trhliny), pro které kohezivní napětí nabývá nenulových hodnot.

¹ Ing. Václav Veselý, Ph.D., VUT v Brně, FAST, Ústav stavební mechaniky, tel.: 541 147 362, e-mail: vesely.v1@fce.vutbr.cz

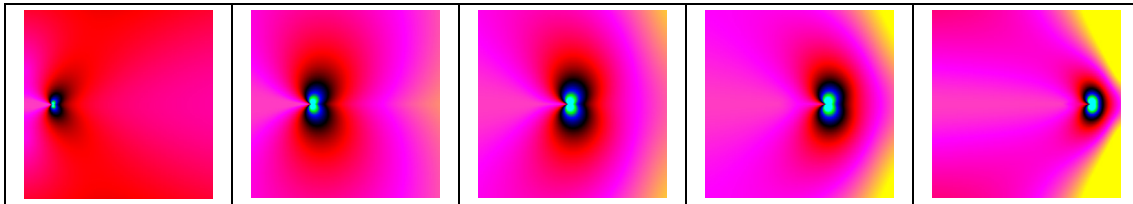
² Ing. Petr Frantík, Ph.D., VUT v Brně, FAST, Ústav stavební mechaniky, tel.: 541 147 376, e-mail: kitnarf@centrum.cz

³ doc. Ing. Zbyněk Keršner, CSc., VUT v Brně, FAST, Ústav stavební mechaniky, tel.: 541 147 362, e-mail: kersner.z@fce.vutbr.cz

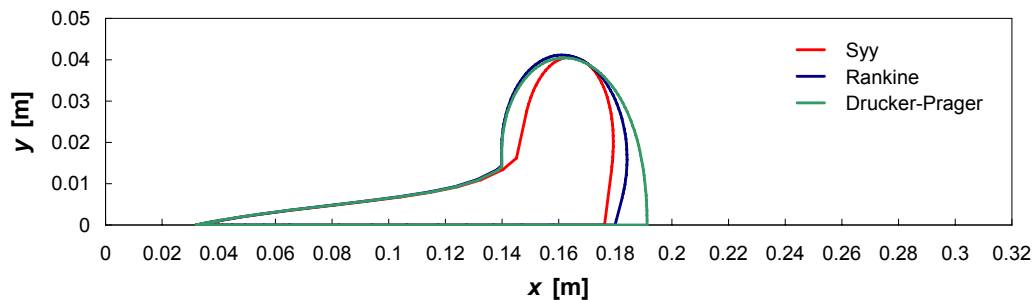
Plastická zóna pro libovolný vrchol trhliny je určována z podmínky porovnání charakteristické (srovnávací, ekvivalentní) hodnoty pole napětí v okolí vrcholu trhliny s tahovou pevností materiálu. Toto ekvivalentní napětí je určováno z aproximace pole napětí v tělese s trhlinou pomocí Williamsova mocninného rozvoje.

3 Numerická studie

Byla provedena numerická studie, která mapovala vhodnost použití různých podmínek porušení a vliv počtu členů Williamsova rozvoje použitého pro aproximaci pole napětí v tělese s trhlinou na tvar a velikost FPZ. Vybrané výsledky je možné si prohlédnout na obr. 1 a 2.



Obr. 1: Zobrazení postupu plastické zóny (černě) během lomového procesu přes ligament kvazikřehkého tělesa při použití Rankinovy podmínky porušení a čtyř členů Williamsova rozvoje pro aproximaci pole napětí v tělese s trhlinou



Obr. 2: Porovnání lomových procesních zón pro tři kritéria porušení s uvažováním čtyř členů Williamsova rozvoje

4 Závěr

V příspěvku byla představena studie použití kritéria porušení a přesnosti aproximace pole napětí v tělese s trhlinou na odhad tvaru a velikosti lomové procesní zóny vyvíjející se u čela trhliny při porušování/lomu kvazikřehkých materiálů. Ukazuje se, že vhodnými podmínkami porušení pro použití v rámci metody určování LPZ jsou například Rankinovo či Druckerovo-Pragerovo kritérium. Pro aproximaci pole napětí v tělese s trhlinou, rovněž vstupující do procedury určování LPZ, je nutné používat větší počet členů Williamsova rozvoje, než bývá běžné u klasické a dvouparametrové lomové mechaniky aplikované na kovové materiály. Jejich potřebný počet závisí na vzájemných relacích rozsahu LPZ a okrajů tělesa. Provedená studie ukázala použití 4 členů jako dostatečné.

Poděkování

Výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT, projekt IM0579, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS, a částečně za finančního přispění grantu GA ČR 103/07/1276.

POLYMERNÍ KOMPOZITNÍ MATERIÁLY

POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS

Lukáš Wala¹

Abstract

The objective of this paper is to present main features of fibre reinforced polymer composites (FRP), that have been increasingly substituting common constructional materials like concrete, steel and timber. Part of this work is focused on a classification of microcomposite materials, types of matrix and fibres and their characteristics. Furthermore, there are introduced basic methods of production technology and applications in building industry.

1 Úvod

Kompozitní materiály jsou složeny ze dvou nebo více chemicky a fyzikálně odlišných složek (fází). Tvrdší, tužší a pevnější nespojitá složka se nazývá výztuž, spojitá a obvykle poddajnější složka, která zastává funkci pojiva výztuže, se nazývá matrice. Kompozitní materiály mohou obsahovat vyztužující fáze různých rozměrů. V průmyslu mají největší význam mikrokompozitní materiály, u kterých největší příčné rozměry výztuže jsou v rozmezí 10^0 až 10^2 μm . Makrokompozity obsahují výztuž o velikosti příčného rozměru 10^0 až 10^2 mm a jsou používány především ve stavebnictví. Nanokompozity jsou kompozitní materiály, které mají rozměr výztuže (délka částice nebo průměr vlákna) v jednotkách nm.

2 Matrice

Z hlediska mikrokompozitů může být matrice polymerní (reaktoplastická nebo termoplastická), kovová, keramická, skleněná, sklokeramická nebo uhlíková. Nejpoužívanější polymerní matrice jsou nenasycené polyestery (UP), vinylestery (VE) a epoxidy (EP). Ve stavebnictví zvětšené nároky na bezpečnost si vynucují používání nehořlavých matric s malým vývinem netoxického kouře, což splňují především levné fenolické pryskyřice (PF).

3 Výztuž (vlákna)

Vlákna mikrokompozitních materiálů mohou být skleněná, uhlíková, polymerní, proteinová, bórová, keramická nebo kovová. Nejčastěji používaná vlákna ve stavebnictví jsou skleněná vlákna ze skloviny typu E a S, dále uhlíková vlákna, jež se vyznačují svou vysokou tahovou pevností a především díky své vysoké tepelné odolnosti vlákna čedičová.

¹ Lukáš Wala, Ing., VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Poděště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, e-mail: lukas.w@email.cz

4 Technologie výroby

Kompozitní materiály lze vyrábět řadou různých technologií. Nejstarší, nejjednodušší a dosud nejvíce rozšířenou technologií je kontaktní laminování, jenž spočívá v ručním kladení výztuže do otevřené formy, ve které dochází k prosycení tekutou pryskyřicí pomocí štětce nebo válečku. Z hlediska výroby kompozitních profilů, jde především o kontinuální metodu, tzv. „pultruzi“ – tažení výztuže pryskyřičnou lázní, následné vytvarování, vytvrzení a konečné řezání profilů na požadovanou délku. Výrobu dutých těles (trubek, potrubních dílců, ale i nádrží) umožňují technologie navíjení. Dále se využívají technologie kontinuálního lisování, kontinuálního laminování, lití, vakuoinjekčního prosycování, stříkání směsi tekuté pryskyřice a sekaných skleněných vláken a další.



Obr. 4.1: Nosná konstrukce lávky, Chabařovice 2000 (realizována firmou Prefa Kompozity, a.s.)

5 Závěr

Polymerní kompozity se vyznačují vlastnostmi (jako je především odolnost vůči mnoha chemikáliím, elektrická nevodivost, hygienická nezávadnost, nízká měrná hmotnost, dobrá rázová odolnost a další..), které tyto materiály oproti běžným stavebním materiálům předurčují ke stavbě konstrukcí vystavených agresivnímu prostředí, nejčastěji ve vodním hospodářství, energetice, chemickém a dopravním průmyslu.

Literatura

- [1] Lenert, J. MECHANIKA KOMPOZITNÍCH MATERIÁLŮ, VYSOKÁ ŠKOLA BAŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, OSTRAVA 2002
- [2] Adámek, J., Novotný, B., Koukal, J. STAVEBNÍ MATERIÁLY, FAKULTA STAVEBNÍ – VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, BRNO 1997

Elektronické zdroje

- Prefa Kompozity, a.s., <<http://www.prefa-kompozity.cz>>
- GDP Koral, s.r.o., <<http://www.gdpkoral.cz>>
- Kompotech, s.r.o., <<http://www.compotech.com>>
- A.A.R. plast, s.r.o., <<http://www.aarplast.cz>>
- Havel Composites CZ, s.r.o., <<http://www.havel-composites.com>>
- Kořínek, Z. – Kompozity, <<http://www.volny.cz/zkorinek>>

DETERMINISTIC AND PROBABILISTIC ANALYSIS OF SEISMIC RESISTANCE OF STEEL FRAME BRACING SYSTEM

DETERMINISTICKÁ A PRAVDEPODOBNOŠTNÁ ANALÝZA SEIZMICKEJ ODOLNOSTI STUŽIACEHO SYSTÉMU OCELOVÉHO RÁMU

Juraj Králik¹

Abstract

The present lecture is conceived so as to give a general image of the problems concerning the passive response-control structures. An attempt to organize the different aspects of the passive control of seismic structural vibrations in a rational way is made. Choice of optimal bracing system was tested on 10-storey administrative building steel frame structure in Mochovce. Dynamic and strength characteristic classical bracing system in form V and X and system with TPEA devices are presented. Analytical stress-strain relation for refined plasticity model and stiffness matrix for TPEA devices are presented in good agreement with experimental results. The element COMBIN39 from ANSYS library using to nonlinear model is very effective. Bracing system with TPEA device show that the energy-dissipation capacity of the structure increases and then the seismic effects are maximal reduced using it.

1. INTRODUCTION

In case of optimal design of the administrative building structure in nuclear power plants (NPP) area we analyzed many more bracing systems. Some structures are on all NPP with reactor VVER 440. Studies found in the literature [1,2] about the structural behavior of frames with energy dissipating devices concentrate on problems related to the global response of these systems. In this paper, the influence of the seismic loads on the force distribution in the columns and bracing elements is evaluated with some detail. The earthquake resistance analysis of NPP buildings was based on the recommendations of international organization IAEA in Vienna [2] to get international safety level of nuclear power plants.

A refined plasticity model, in good agreement with experimental results conducted recently at the Department of Civil Engineering, National Taiwan University [2] is proposed. To predict the behavior of the plate energy absorber subjected to wind and earthquake loading accurately, two surface models, based on plasticity theory, for the device are proposed.

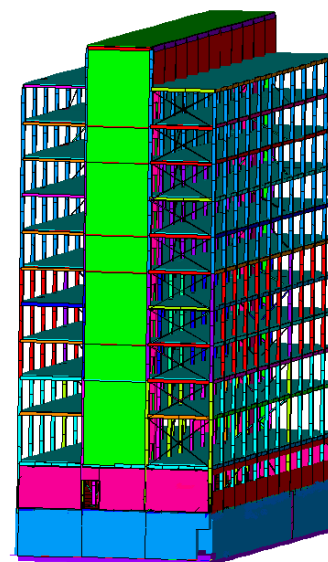


Fig.1: FEM model of building

¹Juraj Králik, Assoc.prof.Ing.PhD., Slovak University of Technology in Bratislava, Faculty of Civil Engineering, Department of Structural mechanics, 813 68 Bratislava, Radlinského 11, tel. +421 (2) 59274690 (e-mail:juraj.kralik@stuba.sk)

2. DETERMINISTIC AND PROBABILISTIC ANALYSIS

The input quantities was considered as the variable parameters (Tab.1)

Name	Quantity	Charact. value	Variable factor	Histogram	Mean	Stand. deviation	Min. value	Max. value
Material	Young's modulus	E_k	e_{var}	Normal	1	0,120	0,868	1,149
Load	Dead	G_k	g_{var}	Normal	1	0,100	0,719	1,281
	Live	Q_k	q_{var}	Beta	1	0,250	0,100	1,500
	Accel	A_k	a_{var}	Beta	0,7	0,14	0,400	1,200
Model	Model uncertainty	θ_E	Te_{var}	Normal	1	0,100	0,719	1,281
	Resistance uncertainty	θ_R	Tr_{var}	Normal	1	0,100	0,719	1,281

Tab.1: Probabilistic model of input parameters

The probability and sensitivity analysis of the reliability of the frame-bracing system during the seismic event was realized using the approximation method RSM [9]. The comparison of deterministic and probabilistic solution of the normal forces in the columns and braces is documented in the Table 2.

Model	Normal forces in columns [kN]			Normal forces in braces [kN]		
	5%kvantil	Mean	95%kvantil	5%kvantil	Mean	95%kvantil
Linear Deterministic Analysis – Modal method (SRSS)						
T03_02d	-	-	3368,6	-	-	461,1
Linear Probabilistic Analysis – Modal method (SRSS)						
T03_02p	610,5	1763,5	3093,0	165,7	465,8	810,5
Nonlinear Deterministic Analysis - Transient Method						
T03_02dn	-	-	7144,3	-	-	387,4
Nonlinear Probabilistic Analysis – Transient Method						
T03_02pn	1424,4	4153,0	7744,1	205,4	300,4	422,3

Tab.2: Comparison of deterministic and probabilistic solution

3. CONCLUSION

There was considered the possibility of the sensitivity and probabilistic analysis of the reliability of the bracing system of the steel frames using nonlinear transient dynamic solution. The sensitivity of the resistance of the frame on the live loads and model uncertainties is considered by Spearman method. The approximation method RSM based on the Monte Carlo simulations was used in program ANSYS. The 45 simulations for six variable input parameters were calculated in the real time on PC (CPU=31451sec).

Acknowledgement

This project was realized with the financial support of the Grant Agency of the Slovak Republic (VEGA). The project registration number is *VEGA 1/0849/08*.

REFERENCES

- [1] KRÁLIK, J.: SAFETY AND RELIABILITY OF NUCLEAR POWER BUILDINGS IN SLOVAKIA. EARTHQUAKE-IMPACT-EXPLOSION. ED. STU BRATISLAVA, 2009, PP.305
- [2] TSAI, C.S.-TSAI, K.C., 1995 : TPEA DEVICE AS SEISMIC DAMPER FOR HIGH-RISE BUILDINGS. JOURNAL OF ENG.MECH. , OCTOBER 1995, PP.1075-1081.

NELINEÁRNA ANALÝZA ŽELEZOBETÓNOVÉHO RÁMU VYSTAVENÉHO EXPLÓZII

NONLINEAR ANALYSIS OF REINFORCED CONCRETE FRAME STRUCTURE
SUBJECTED TO THE BLAST LOAD

Juraj Králik¹, Peter Rozsár²

Abstract

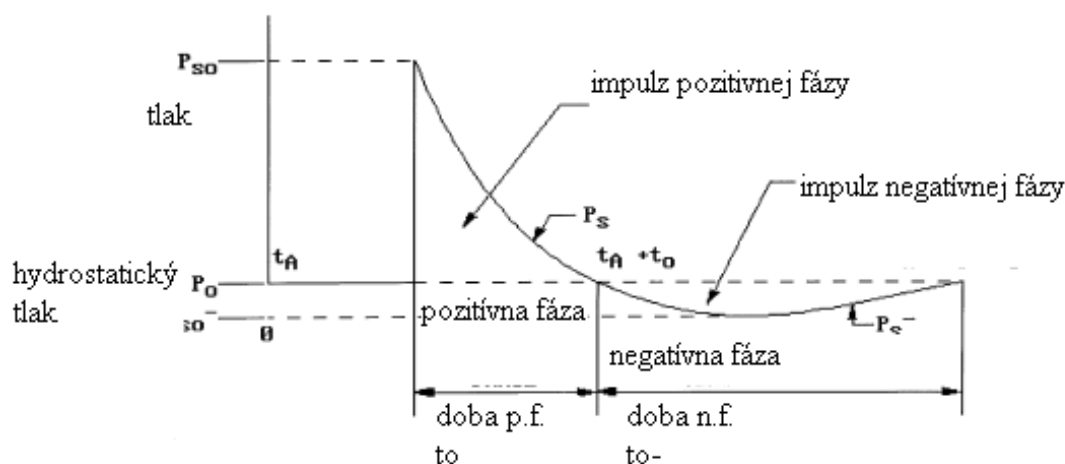
This paper deals with the resistance of reinforced concrete structures under influence of extreme load from above-ground explosion. There is considered shock wave from explosion of 1000kg TNT distanced 30m from structure. The response of concrete under shock load is complex nonlinear and rate-depend process. For this problem is considered William-Warnke failure criterion for concrete and smeared approach for crack and reinforcement modeling.

1 Úvod

Potenciálna možnosť explózie v blízkosti stavebných objektov a numerické riešenie odozvy konštrukcií sú v súčasnosti predmetom štúdií v celom s svete. V tomto článku je prezentovaná odolnosť rámovej konštrukcie pri zaťažení tlakovou vlnou od explózie 1000kg TNT vo vzdialenosti 30m od konštrukcie.

2 Zaťaženie od explózie

Typické zaťaženie od výbuchu je zobrazené na obrázku 1.



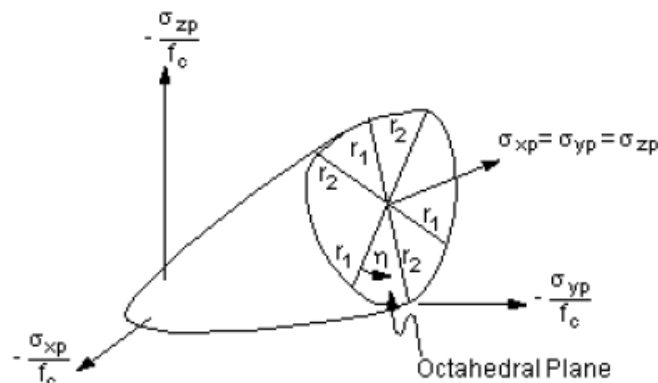
Obr. 1: Zaťaženie od explózie

¹ Doc. Ing. Juraj Králik, PhD., STU v Bratislave, Stavebná fakulta, katedra stavebnej mechaniky, 81368 Bratislava, Radlinského 11, juraj.kralik@stuba.sk

² Ing. Peter Rozsár, STU v Bratislave, Stavebná fakulta, katedra stavebnej mechaniky, 81368 Bratislava, Radlinského 11, peter.rozsar@stuba.sk

3 Materiálový model železobetónu

V tejto práci budeme používať William – Warnke podmienky porušenia materiálu pre priestorový stav napätosti.



Obr. 2: Plocha porušenia vyjadrená v priestore hlavných napätí

Pri modelovaní trhlín a výstuže je v práci použitý model rozmazanej výstuže a rozmazaných trhlín.

4 Výsledky analýzy

V prvom aj v druhom prípade podľa výsledkov analýzy príde ku kolapsu rámovej konštrukcie.

5 Záver

V článku sme sa zaoberali analýzou rámovej konštrukcie pri zaťažení od explózie 1000kg TNT vo vzdialenosti 30m od budovy s uvažovaním nelineárneho chovania železobetónu a so zohľadnením porušovania materiálu. Z výsledkov analýz vyplýva, že rámová konštrukcia nie je vhodná na prenos tohto zaťaženia a dochádza ku kolapsu rámovej konštrukcie.

PodĎakovanie

Tento projekt bol realizovaný za finančnej podpory grantovej agentúry MŠ SR VEGA s registračným číslom 1/0849/08 a 1/4197/07.

Literatúra

- [1] BANGASH, M.Y.H. IMPACT AND EXPLOSION: OXFORD: BLACKWELL SCIENTIFIC PUBLICATIONS, 1990.
- [2] FEMA 310, REFERENCE MANUAL TO MITIGATE POTENTIAL TERRORIST ATTACK AGAINST BUILDINGS, USA, 2003.
- [3] KRÁLIK, J. SAFETY AND RELIABILITY OF NUCLEAR POWER BUILDINGS IN SLOVAKIA, EARTHQUAKE-IMPACT-EXPLOSION, MONOGRAPH, ED.STU BRATISLAVA, 305PP.
- [4] KRÁLIK, J., ROZSÁR, P. SAFETY ANALYSIS OF STRUCTURAL SYSTEMS OF HIGH RISE BUILDINGS TO THE EXTERIOR EXPLOSION EFFECT. IN: INTERNACIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE VSU 2008, MAY 29-30, SOFIA. PP. 1/142-147.

VPLYV RÔZNYCH MODELOV PODLOŽIA NA NAPÄTOŠĀ A DEFORMÁCIU ZÁKLADOVEJ DOSKY

INFLUNCE OF SUBGRADE MODELS ON STREESS AND STRAIN OF THE FOUNDATION PLATE

Zora Mistríková¹, Norbert Jendželovský²

Abstract

In this paper there are presented some results and comparisons obtained from the solution of the foundation plate under the office building. Three various subgrade models are analyzed: one-parametric Winkler model, two-parametric model and elastic half-space model. Solution was made using Nexis software with Soilin module, ANSYS software system, and software created by authors of paper.

1 Úvod

V príspevku uvádzame akým spôsobom výber výpočtového modelu a výber prípustných fyzikálno materiálových konštánt ovplyvňujú základné statické veličiny riešenej konštrukcie a to: zvislé premiestnenia základovej dosky a z nich vyplývajúcej ohybovej plochy dosky, kontaktné napätia a ohybové momenty v najviac namáhanej časti základovej dosky. Pri vyhodnotení rozdielov v jednotlivých statických ukazovateľoch sme sa zamerali na tri rôzne fyzikálne modely a to jednoparametrický Winklerov model podložia, dvojparametrický model podložia a model pružného polpriestoru

2 Základová doska

Porovnávať budeme vplyv výpočtových modelov podložia na základovú dosku pod administratívnu budovu, ktorá má 14 nadzemných a 2 podzemné podlažia. (Obr.1) Riešená základová doska je rozmerov 52,65 x 47,30 m. Fyzikálno materiálové konštanty základovej dosky sú v $E_d = 32,5$ GPa, $\nu = 0,15$.

3 Výber výpočtových modelov

Pri porovnaní riešenia základovej dosky sme využili vlastné a dostupné komerčné programy:

- 1) Doska riešená na dvojparametrickom modeli podložia softwarom Nexis – modul SOILIN
- 2) Jednoparametrický Winklerov model podložia modelovaný softwarom Nexis.
- 3) Model polpriestoru modelovaný priestorovými prvkami v softwari Ansys
- 4) Model pružného polpriestoru, vychádza z Boussinesquovho riešenia homogénneho polpriestoru je riešený vlastným programom.

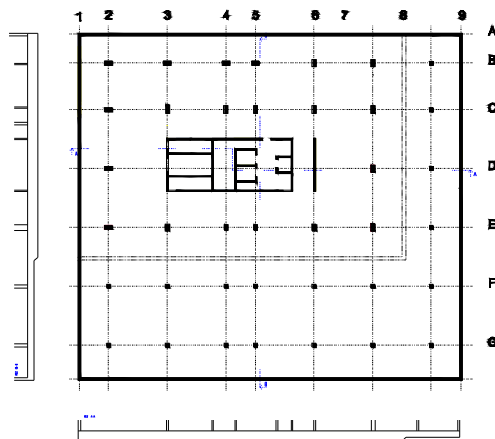
Pri prvom type výpočtového modelu sme uvažovali riešenie

- a) s vplyvom roznosu zaťaženia do podložia aj za okraj dosky - modelovaním makroprvkov s nulovou tuhosťou

¹Doc. Ing. Zora Mistríková, PhD, SvF, STU, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, e-mail zora.mistikova@stuba.sk

²Doc. Ing. Norbert Jendželovský, PhD, SvF, STU, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, e-mail norbert.jendzelovsky@stuba.sk

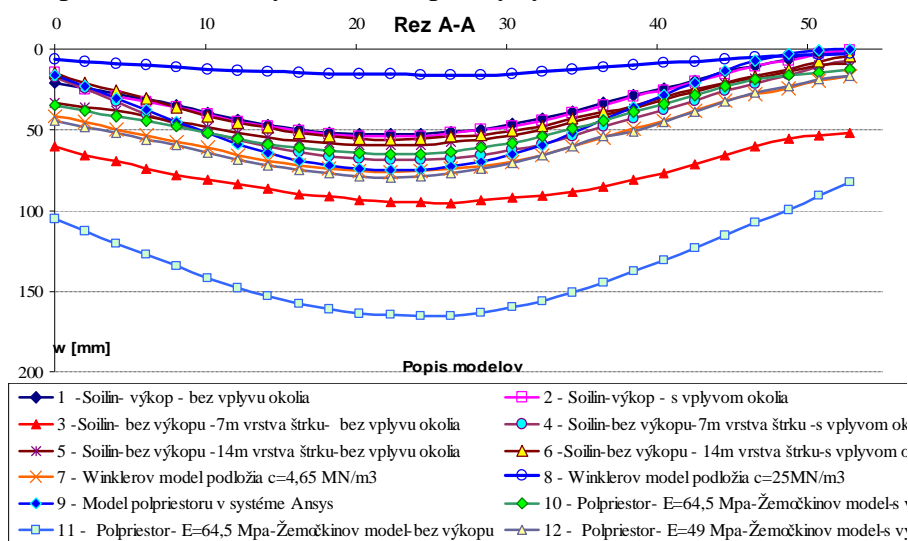
- b) bez vplyvu roznosu zařazení za okraj dosky.
- c) vplyv založení vo výkope o predpísanej hĺbke 7m.



Obr.1 Model základové dosky

4 Vyhodnotenie výsledkov z jednotlivých modelov a riešení.

Výsledky z riešení jednotlivých modelov sú vyhodnotené a graficky znázornené na obrázkách. Napr. na obr.2 sú vyhodnotené priehyby v reze A-A.



Obr. 2 Priehyby základovej dosky v reze A-A

Pod'akovanie

Príspevok vznikol s podporou Slovenskej grantovej agentúry (VEGA No.1/0567/08)

Literatura

- [1] Bittnar, Z., Šejnoha, J.: NUMERICKÉ METÓDY V MECHANIKE, ČVUT, PRAHA 1992
- [2] Feda, J.: NAPJATOST PODZÁKLADÍ A METÓDY VÝPOČTU KONEČNÉHO SEDNUTÍ, STUDIE ČSA V,č.5, 1974, PRAHA
- [3] Gorbunov - Posadov, M., I.: VÝPOČET KONSTRUKCÍ NA PRUŽNEM PODKLADU, SNTL, PRAHA 1957
- [4] Kolář, V., Němec I.: STUDIE NOVÉHO MODELU PODLOŽÍ STA VEŘ ACADEMIA PRAHA, 1986

VPLYV DOPRAVY NA KONŠTRUKCIE A ČLOVEKA

EFFECTS OF TRAFFIC UPON STRUCTURES AND HUMANS

Norbert Jendželovský¹, René Meravý Murárik²

Abstract

At present era of dynamic and expanding building construction activities, interactions between residential districts and traffic have become more significant. In the article the basics of forecasting the wave propagation via subsoil were introduced. Basic details of calculation model and sources of dynamic loading were described. Criteria for evaluating the impact of vibrations upon humans and their health according to STN ISO 2631 were mentioned.

Úvod

V súčasnosti sa neustále silnejšie presadzuje potreba ochrany osôb a objektov pred imisiami spôsobenými dopravou, alebo stavebnou činnosťou. V dnešnej dobe, dynamicky sa rozvíjajúcej stavebnej činnosti, sa stretávame s neustále užším priestorovým prepojením medzi obytnými zónami a dopravou. V týchto prípadoch sa nejedná len o rušenie nadmerným hlukom, ale aj o vlnenie šíriace sa podloží, ktoré je obyvateľmi pociťované ako rušivé mechanické vibrácie. Prognóza šírenia sa vlnenia už vo fáze projektovania je dôležitá pre návrh opatrení na redukciiu nepriaznivých vibrácií.

Presné matematické spracovanie problému šírenia sa vibrácií je zložité. Je k tomu potrebné poznať dostatočne presne materiálové vlastnosti a rozmery konštrukcie a podložia. Potrebné údaje sú v požadovanom rozsahu v praxi k dispozícii len zriedkavo. Z týchto dôvodov sa presadil výpočtový model ktorý rozlišuje tri oblasti:

Zdroj
Prenášacie médium – podložie
Príjemca

Seizmické zaťaženie (pohyb podložia) zapríčiňuje vynútené kmitanie stavebných konštrukcií. Seizmická odozva konštrukcie je v čase premenná a závisí od charakteru budenia, vlastností konštrukcie a vlastností podložia. Seizmické zaťaženie delíme na technickú seizmicitu a prírodnú seizmicitu – zemetrasenia.

Skutočnou príčinou vibrácií sú dynamické sily pôsobiace na prenášacie médium. Príkladom sú zotrvačné sily, odstredivé sily od nevyvážených strojov, explózie, údery pneumatických kladív, ako aj dynamické účinky od dopravy, či už cestnej alebo železničnej. Miesto vzniku takýchto síl je označené ako zdroj. Presné určenie zdroja nie je vždy jednoznačne možné, predsa však môžeme najčastejšie uvažovať prechod do

¹ Norbert Jendželovský, doc., Ing., PhD., Stavebná fakulta STU Bratislava, Katedra stavebnej mechaniky, e-mail: norbert.jendzelovsky@stuba.sk

² René Meravý Murárik, Ing., De Bondt s.r.o., Pod Juhom 6477, 91101 Trenčín, rmeravy@debondt.sk

podložia ako ohraničený. Na charakterizáciu zdroja väčšinou stačia typické znaky impulzov (rázový, periodický atď.).

Šírenie vlnenia cez podložie je ovplyvňované množstvom faktorov. Fyzikálne procesy sú mimoriadne komplexné.

Charakteristické faktory ovplyvňujúce šírenie vlnenia v podloží sú :

- vzdialenosť medzi zdrojom a prijímačom
- druhy zemín v podloží
- úroveň hladiny spodnej vody
- vrstevnatosť podložia
- druh vln
- frekvencia budenia

Druh vln (povrchové vlnenie, priestorové vlnenie) a frekvencia budenia majú významný vplyv na šírenie otrasov. Pri šírení vlnenia, vo všeobecnosti, v závislosti od narastajúcej vzdialenosti klesá sila vlnenia. Následkom toho, že správanie sa vlnenia v podloží je závislé od frekvencie, mení sa so vzdialenosťou aj frekvenčné spektrum vlnenia.

Reakcie rôznych bodov konštrukcie na vibrácie vyvolané príslušnými budiacimi silami sú ovplyvnené množstvom faktorov :

- frekvenciou budenia
- tuhosťou podložia
- tuhosťou budovy ako celku a jednotlivých dielov
- hmotnosťou budovy vrátane základov
- tlmiacimi vlastnosťami budovy

Prenos vibrácií závisí hlavne od vlastnej frekvencie kmitania budovy a jej dielcov. Obyčajne sú vibrácie pri prenose do budovy zreteľne obmedzené, avšak ak sa ich frekvencia nachádza v rozmedzí rezonančných frekvencií, môžu sa tieto zosilniť a stať citelnými. Obzvlášť kritické sú v tomto vzťahu vibrácie spôsobené prevádzkou strojov.

Ohodnotenie účinkov vibrácií je smerodajne určené citlivosťou prijímača na dynamické namáhanie. Na základe dynamického správania sa a citlivosti musia byť rozlišované v zásade tri druhy prijímačov:

- stavebné objekty,
- prístroje a zariadenia,
- ľudia.

Citlivosť na vibrácie je pri každom type určovaná inými faktormi. Kritériom pre ohodnotenie účinku vibrácií môžu byť poškodenia, rušenia, alebo obťažovanie. Pri stavebných objektoch sú rozhodujúcim kritériom poškodenia. Pri prístrojoch a zariadeniach citlivých na vibrácie je rozhodujúce rušenie. Najcitlivejšie na vibrácie reagujú ľudia, ktorých zdravie a pocit spokojnosti môžu byť pôsobením vibrácií rušené. Pri silnom a dlhotrvajúcom zaťažení vibráciami je pozorovateľné znižovanie výkonnosti, niekedy je dokonca zistiteľné poškodenie zdravia.

Za účelom definovania metód na kvantifikáciu kmitania pôsobiaceho na celé telo človeka bola vypracovaná norma STN ISO 2631 – Hodnotenie expozície človeka vystaveného celkovým vibráciám. Norma sa skladá z dvoch častí. STN ISO 2631-1 sa zaoberá mechanickými kmitmi a otrasmi, STN ISO 2631-2 sa zaoberá neprerušovanými vibráciami a rázmi v budovách (1 až 80 Hz).

NELINEÁRNA ANALÝZA PLOCHÝCH OBLÚKOV

NONLINEAR ANALYSIS OF SHALLOW ARCHES

Martin Psotný¹

Abstract

Geometrically nonlinear solution of selected shallow arches is analyzed and snap-through effect is presented in this article. Basic assumptions are specified and incremental conditional equations are derived. Newton-Raphson iteration is used.

First part of the paper studies the importance of nonlinear members in geometric equation and their effect upon the result of the solution. The solved examples of arches are presented and different approaches to the solution are compared.

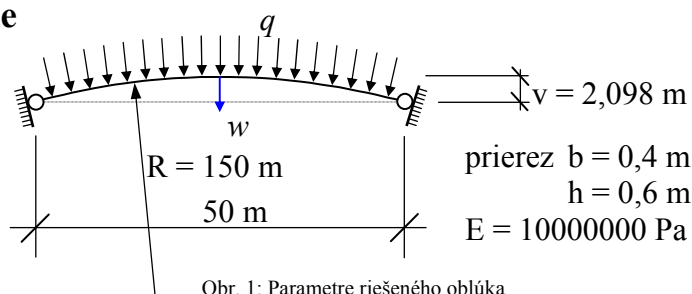
Numerical results of specific shallow arch are presented in second part of paper. Ideal shape of arch was solved first, individual loading paths are investigated and their total potential energy values are compared. Arch with different values of the initial geometrical imperfections was solved later, and influence of these imperfections on load-carrying capacity is presented.

1 Popis problematiky

Geometricky nelineárne riešenie plochého oblúka, vrátane efektu prelomenia, je náplňou tohto príspevku. V prvej časti je venovaná pozornosť rozvoju geometrickej rovnice do Taylorovho radu. Všimame si, kedy je možné vykonať zaužívané zjednodušenie a zanedbať člen druhého rádu pri premiestnení v smere osi prvku a naopak, kedy tento zohráva dôležitú úlohu pri správnom vystihnutí správania sa konštrukcie. Odvodené sú podmienkové rovnice pre oba prípady a na riešených príkladoch plochého oblúka sú tieto výsledky navzájom konfrontované.

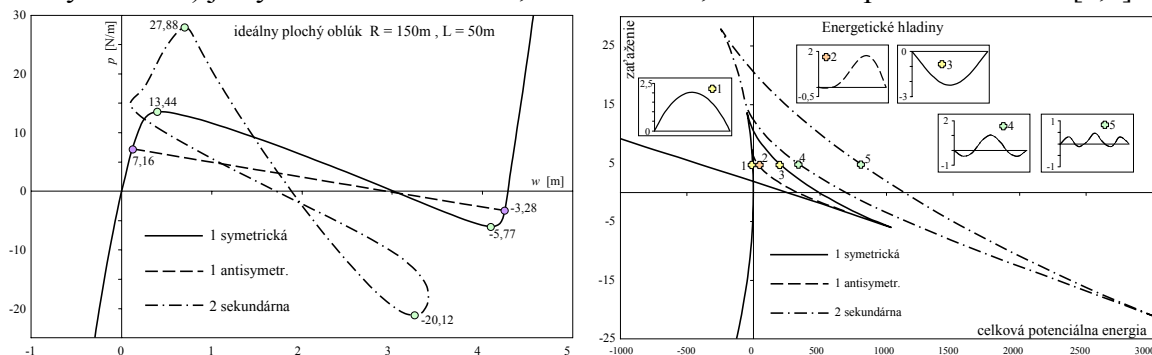
V druhej časti príspevku je geometricky nelineárne riešenie plochého oblúka podrobené hlbšej analýze. Najskôr je riešený oblúk ideálneho tvaru. Okrem primárnej vetvy riešenia sú prezentované aj ďalšie zaťažovacie dráhy a im zodpovedajúce hladiny celkovej potenciálnej energie. Na záver je prezentované geometricky nelineárne riešenie oblúka s konkrétnym tvarom geometrickej imperfekcie. Znázornená je únosnosť oblúka pre rôzne amplitúdy tejto imperfekcie, ako aj limitné a bifurkačné body. Takisto sú vyhodnotené vlastnosti zaťažovacích dráh.

2 Riešenie



¹ Ing. Martin Psotný, PhD., Katedra stavebnej mechaniky, Stavebná fakulta STU, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, Slovensko, martin.psotny@stuba.sk

V rozšírenom abstrakte je priestor len na prezentáciu nelineárneho riešenia plochého oblúka podľa obr. 1. V riešení bolo uvažované delenie po dĺžke oblúka na 16 konečných prvkov s kubickou aproximáciou premiestnenia v smere strednice oblúka. Riešený je ideálny oblúk, pričom výsledok je spracovaný do závislosti priehybu vo vrchole w na zaťažení p . Okrem často uvádzanej primárnej vetvy riešenia **1** (symetrická + antisymetrická) je vynesená ďalšia vetva, sekundárna **2**, ktorá nemá počiatok v bode $[0,0]$.



Obr. 2: Vľavo závislosť' premiestnenie vrcholu oblúka-zaťaženie, vpravo príslušajúce hodnoty celkovej potenciálnej energie

Na primárnej vetve vrchol krivky $p - w$ pri symetrickom prelomení oblúka je na úrovni $p = 13,44$ N/m. Podstatné je, že prelomenie v tomto tvare nenastane, čo je zrejmé z pravej časti obrázku 2. Tu sú uvedené príslušné hodnoty celkovej potenciálnej energie pre dané vetvy. Vidíme, že najnižšia hodnota celkovej potenciálnej energie U pri prelamaní oblúka je pre príslušnú hodnotu zaťaženia p na primárnej vetve v antisymetrickom tvare. Vrchol tejto $p - w$ krivky predstavuje bifurkačný bod na hodnote $7,16$ N/m. Pre hodnotu $p = 5$ N/m sú vynesené aj príslušné tvary, v ktorých konštrukcia práve vybočuje.

3 Záver

V príspevku je známa potreba riešiť plochý oblúk ako geometricky nelineárnu úlohu doložená konkrétnym príkladom. Na tomto je ukázané riešenie ideálneho, ako aj imperfektného oblúka. Linearizovaný prístup dáva v prípade ideálneho oblúka nekonzervatívne výsledky, imperfektný tvar je možné riešiť len ako nelineárnu úlohu. Taktiež mechanizmus prelomenia konštrukcie môžeme skúmať len pri nelineárnom riešení.

Malým prínosom prezentovaného riešenia je zobrazenie energetických hladín jednotlivých zaťažovacích dráh, ktoré dotvára obraz o pôsobení konštrukcie vo fáze prelomenia. Takisto podrobný rozbor sekundárnej vetvy riešenia, ani vplyv počiatočných tvarových imperfekcií na správanie sa konštrukcie nie je súčasťou komerčných balíkov programov na analýzu konštrukcií.

Poděkování

Prezentovaný článok bol spracovaný s podporou Grantovej agentúry VEGA Slovenskej republiky v rámci projektu č. 1/0666/08.

Literatura

- [1] Bažant, Z. P., Cedolin, L. STABILITY OF STRUCTURES – ELASTIC, INELASTIC, FRACTURE AND DAMAGE THEORIES. OXFORD UNIVERSITY PRESS, NEW YORK, OXFORD, 1991
- [2] VOEMIR, A. S. USTOJČIVOSŤ DEFORMIRUEMYCH SISTEM. NAUKA, MOSKVA, 1967

SAMONOSNÁ FORMA NA VÝROBU PREFABRIKÁTŮV

SELF-CARRING FORM FOR THE PRODUCTION OF PREFABRICATES

M. Nagyová¹, J. Ravinger²

Abstract

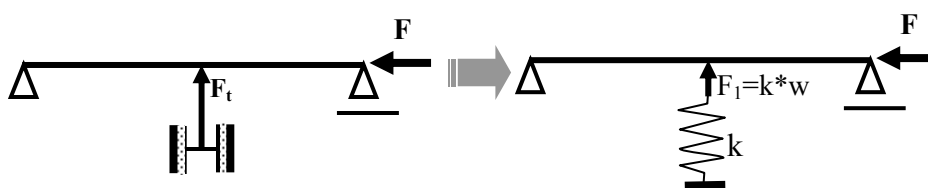
In this article is work out an actual problem of production of prestressed concrete prefabricated elements. The steel form could be more than 100 m long. Putting the polystyrene plates we can produce ten or more prefabricates in one step. The special problems are the horizontal deformations. The simplification of the elastic support as the friction effect is used. The non-linear solution has been used.

1 Úvod

Pri výrobe predpätých prefabrikátov sa môže použiť postup, že predpínacia sila je kotvená priamo do ocelej formy. Forma môže byť i viac ako 100 m dlhá a vkladáním polystyrénových dosiek sa jedným predpätím môže vyrobiť i viac ako 10 kusov prefabrikátov. Keďže výslednica predpínacej sily zvyčajne neleží v ťažisku formy dochádza k jej deformácii. Pri vertikálnych deformáciách vlastná váha formy pôsobí stabilizujúco. Z hľadiska teoreticko-numerickej analýzy sa problém rieši lineárnym výpočtovým modelom ale s postupným pridávaním resp. uberaním podpôr. Ak ale sledujeme horizontálne deformácie formy, tak vybočovaniu formy bráni trecia sila. Dostávame problém stability s trením. Predložený článok sleduje tento problém. Pre teoreticko-numericnú analýzu je nutné akceptovať geometricky nelineárne výpočty.

2 Prút s jednou pružnou oporou

V bežných teoretických modeloch a ani následných výpočtových programoch neriešime efekt trecej sily. Jednou z možností ako približne zohľadniť účinok trecej sily na vzper prúta je využiť model prúta s pružnými oporami.



Obr. 1 Zjednodušenie efektu trecej sily na pružnú oporu

Analýza s využitím výpočtového modelu lineárnej stability vedie na problém vlastných hodnôt a vlastných vektorov. Pri takomto riešení si vieme určiť kritickú tuhosť opory, a tvary začiatkových deformácie sú do hodnoty kritickej tuhosti prvého tvaru kmitania, a po dosiahnutí tejto hodnoty, sa prút už vybočuje v tzv. druhom tvare. Pri nelineárnom

¹ Monika Nagyová, Ing., STU v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, 813 68 Bratislava, monika.nagyova@stuba.sk

² Ján Ravinger, Prof. Ing. DrSc, STU v Bratislave, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, 813 68 Bratislava, jan.ravinger@stuba.sk

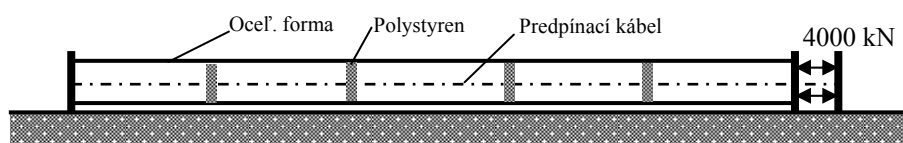
riešení už to nemusí byť takéto jednoznačné. Pri nelineárnom riešení je nutné zadať začiatočnú deformáciu, ktorú sme si zvolili kombináciou prvého a druhého tvaru.

$$w_0 = w_{01} + w_{02}, \quad w_{01} = \alpha_{01} \sin \frac{\pi x}{2l}, \quad w_{02} = \alpha_{02} \sin \frac{\pi x}{l}, \quad \bar{w} = \frac{w}{i}, \quad \bar{w}_0 = \frac{w_0}{i}, \quad i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (1)$$

Nelineárna analýza môže byť použitá i pre približné riešenie vplyvu trenia na stabilitu prúta nasledovným postupom, ktorý je uvedený podrobne v článku. Odhadneme tuhosť pružnej opory, čím bude známe „ k “. Zo závislosti medzi tlakovou silou a vybočením prúta vieme určiť i silu v pružine, ktorá je priamoúmerná tuhosti opory a premiestneniu. Ak táto sila je menšia než trecia sila môžeme zostavu považovať za stabilnú.

3 Predpínacia forma ako model s kontinuálnym podoprením

Problém, ktorému bola venovaná pozornosť, a bola aplikovaná predošlá úvaha je príklad samonosnej oceľovej formy na výrobu predpätých prefabrikátov.



Obr. 2 Schéma samonosnej formy pre výrobu prefabrikátu

Predpínacia forma je vlastnou váhou prítlačaná k podlahe. Váha formy je 900 kg/m, je vyrobená z plechu hrúbky 8 mm. Na vystihnutie tohto javu nám stačí riešenie viazané na lineárnu analýzu. V prípade horizontálnych deformácií sa dostaneme k stabilnému problému pre prút s trecími silami po celej dĺžke prúta.

Výrobca predpätých prefabrikátov plánuje predĺžiť formu až na 120 m. Pri takejto dĺžke formy Eulerova kritická sila je už nižšia ako je predpínacia sila. Trecie sily môžu byť použité ako transverzné sily, pričom nemôžu zvýšiť kritickú silu. Použili sme zjednodušený výpočtový model nosníka na pružných podporách, ktorým zohľadníme trecie sily.

Z výsledkov vidíme v rozšírenom článku že trecia sila je výrazne nižšia než sila v pružine. Toto tvrdenie nás oprávňuje prehlásiť, že forma bude stabilná.

Výsledok je silne závislý na amplitúde začiatočného zakrivenia formy.

4 Záver

Realizovaná analýza ukazuje na zložitosť problematiky stability. Ak realizujeme geometricky nelineárnu analýzu, tak do riešenia vstupuje začiatočná deformácia konštrukcie. Aby sme mohli zodpovedne posúdiť konštrukciu je nutné realizovať veľké množstvo príkladov.

PodĎkování

Projekt byl realizován za finanční podpory VEGA číslo 1/0666/08.

Literatura

- [1] BAŽANT, Z. P. – CEDOLIN, L.: STABILITY OF STRUCTURES. OXFORD UNIVERSITY PRESS. NEW YORK-OXFORD. 1991.
- [2] RAVINGER, J. – KLEIMAN, P.: NATURAL VIBRATIONS OF IMPERFECT COLUMNS AND FRAMES. BUILDING RESEARCH JOURNAL, 2002, VOL. 50, 49-67.

DIFERENCIÁLNÍ MODEL VELKÝCH PRŮHYBŮ VAZKOPRUŽNÝCH ANIZOTROPNÝCH DESEK

DIFFERENTIAL MODEL OF THE LARGE DEFLECTIONS OF THE VISCOELASTIC ANISOTROPIC PLATES

Jozef Sumec^{1,2}, Ivana Véghová²

Abstract

Assumptions of the solved problem. Design of the rheological model for viscoelastic thin plate [1,2]. Constitutive equations of the linear viscoelastic boundary value problem [3]. Material of the plate is modeled as a linearly viscoelastic homogeneous, generally anisotropic medium. Magnitudes of the vertical displacements (deflections) are comparable with the plate thickness. Tensor calculus for derivation of the governing equations is used.

In boundary value problems of linear elasticity where Hook's law is supposed the stresses are a linear function of deformations but at the same time independent on the rate of deformation i.e., on the time, too.

Structural elements and systems produced from the real materials under loading (external forces, temperature, etc.) yielding of creep and relaxation effects.

The real stresses are not only functions of deformations but on the derivative of deformations according to the time, too. Theory of materials, where occurs the combination of properties of elastic bodies and liquids is devoted theory of viscoelasticity.

We shall deal with the stress-strain analysis of thin viscoelastic anisotropic plate of constant thickness, while we suppose that

- plate is straight forward anisotropic
- the elastic properties of the plate are symmetric with respect to the middle plane
- the vertical deflections of the plate are the same order as a thickness h
- the displacements with their derivatives according to coordinate axes of middle plane points are negligible
- the position of plate in non-deformable state is determined with respect to the Cartesian coordinate system (the plane $x_3=0$ is a middle plane of plate), Fig.1

For derivation of necessary relation besides coordinate system x_i binding on the non-deformable state of plate, the new coordinate system y_i with respect to the deformed state of plate is introduced with respect to the assumptions for displacements u_1 and u_2 we have

$$x_1 = y_1, \quad x_2 = y_2, \quad x_3 = y_3 + w \quad (1)$$

Equation of body equilibrium after neglecting of the body forces has a form

$$\sigma_{,i}^{ij} = 0 \quad (2)$$

¹ Jozef Sumec, Prof. RNDr. Ing. Mgr. DrSc. Slovak University of Technology, Bratislava, Faculty of Civil Engng, Dept. of Structural Mechanics, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, Slovakia and University of Saint Cyril and Methodius, Faculty of Natural Sciences, Nam. J. Herdu 2, 917 01 Trnava, Slovakia, jozef.sumec@stuba.sk

² Ivana Véghová, Ing., PhD., Slovak University of Technology, Bratislava, Faculty of Civil Engng, Dept. of Structural Mechanics, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, Slovakia, ivana.veghova@stuba.sk

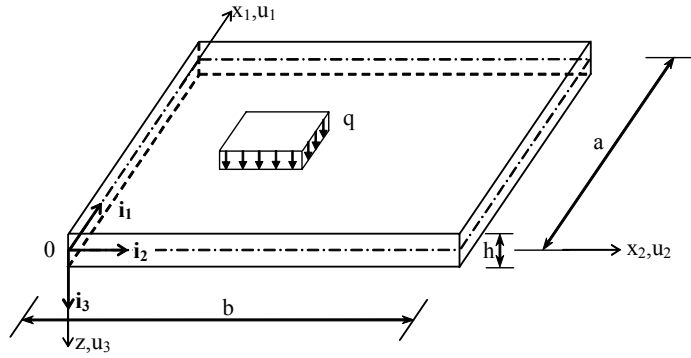


Fig.1 Scheme of the analyzed viscoelastic anisotropic plate

or in the “new“ coordinate system e.g. [2] as follows

$$\sigma_{,i}^{ij} + \Gamma_{ki}^j \sigma^{kj} + \Gamma_{ki}^j \sigma^{ik} = 0 \quad (3)$$

Internal forces in a generalized sense we may express in a form

$$M^{\alpha\beta} = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma^{\alpha\beta} y_3 dy_3, \quad V^\alpha = \int_{-h/2}^{h/2} \sigma^{3\alpha} dy_3 \quad (4)$$

Constitutive equations of modeled materials considering the infinitesimal deformation are as follows

$$\sigma^{ij} = H^{ijkl} \varepsilon_{kl} \quad (5)$$

or rewriting for Voigt rheological model [3]

$$\sigma^{\alpha\beta} = \left(E^{\alpha\beta\gamma\delta} + \eta^{\alpha\beta\gamma\delta} \frac{\partial}{\partial t} \right) \varepsilon_{\gamma\delta} \quad (6)$$

After some rather complicated mathematical operations the resultant system of partial differential equations of the large deflections of anisotropic plates was derived

$$\sum_{n=1}^3 \varepsilon_{\alpha\kappa} \varepsilon_{\beta\rho} A_{\alpha\beta\gamma\delta}(\lambda_n) \varepsilon_{\gamma\mu} \varepsilon_{\delta\nu} \int_0^t \Phi_{,\mu\nu\kappa\rho} e^{-\lambda_n(t-\tau)} d\tau = \frac{1}{2} \varepsilon_{\alpha\gamma} \varepsilon_{\beta\delta} w_{,\alpha\delta} w_{,\beta\gamma} \quad (7)$$

$$\left(L_{\alpha\beta\gamma\delta} + \Omega_{\alpha\beta\gamma\delta} \frac{\partial}{\partial t} \right) w_{,\alpha\beta\gamma\delta} = q + h w_{,\alpha\beta} \varepsilon_{\alpha\gamma} \varepsilon_{\beta\delta} \Phi_{,\gamma\delta} \quad (8)$$

Acknowledgement

This work supported by the Grant Agency VEGA, Project No.1/0578/08 is devoted to memory of Prof. J. Brilla, who was colleague, friend and teacher of the first author of this contribution. Fifty percent of this work was created in the University of Saint Cyril and Methodius in Trnava.

References

- [1] ARZOUMANIDIS, G. A.-LIECHTI, K.M. LINEAR VISCOELASTIC PROPERTY MEASUREMENT AND SIGNIFICANCE FOR SOME NONLINEAR VISCOELASTIC MODELS. MECHANICS OF TIME-DEPENDENT MATERIALS, 7, 2004, No 3-4, 2003, pp. 209-250.
- [2] BRILLA, J. LINEAR VISCOELASTIC BENDING OF ANISOTROPIC PLATES. ZAMM, SONDERHEFT XLVIII, 1968.
- [3] CHRISTENSEN, R. M. THEORY OF VISCOELASTICITY. AN INTRODUCTION NEW YORK, LONDON: ACADEMIC PRESS, 1971.

STABILITA SENDVIČOVÝCH PANELOV

THE STABILITY OF SANDWICH PANELS

Peter Špánik¹, Ján Raviger²

Abstract

Description of the Finite Strip Method for layered structures. The elastic critical load of sandwich panels and results of experiment are presented.

1 Úvod

Účinný návrh sendvičových konštrukcií si vyžaduje dostupnosť vhodného doskového alebo škrupinového modelu. Vďaka veľkým rozdielom v hrúbke a v mechanických vlastnostiach základných vrstiev, správanie sa sendvičových panelov môže byť úplne odlišné od správania sa zodpovedajúceho štandardným laminátovým a jednovrstvovým konštrukciám (Navier-Bernoulli, Kirchhoff). Výrazný je i vplyv šmyku.

Vďaka rozvíjajúcej sa kapacite výpočtovej techniky, sú pri dnešných analýzach najviac využívané diskretizujúce numerické procesy (Metóda konečných prvkov, Metóda konečných pásov). Práve v prípade sendvičových nosníkov, dosiek i stien sa ukazuje ako veľmi vhodná Metóda konečných pásov (MKPa).

2 Metóda konečných pásov

Metóda konečných pásov (MKPa) sa v literatúre uvádza ako semianalytická metóda. Jedná sa o postup, kde tzv. Galerkinovým spôsobom použijeme rozvoj do goniometrického radu v jednom smere.

Názornejšia a v súčasnej dobe viac používaná definícia MKPa vychádza z Ritzovej variačnej metódy s tým, že v jednom (pozdĺžnom) smere sú použité goniometrické funkcie a v druhom (pričnom) smere polynomicke funkcie. Pričom ortogonalita goniometrických funkcií sa v MKPa zachováva pre riešenie dosiek i stien.

3 Kritické zaťaženie sendvičových panelov namáhaných tlakom

Pre riešenie kritických zaťažení vychádzame z tzv. linearizovanej úlohy stability. V tomto zjednodušení akceptujeme geometricky nelineárne predpoklady pre funkciu priehybu dosky a zároveň predpokladáme, že sily v rovine dosky (stieny) nie sú funkciou tejto plochy.

Dôsledkom separácie tuhostnej i geometrickej matice riešime úlohu oddelene pre každé m resp. n . Tým sa nám priestorová úloha redukuje na dvojrozmernú úlohu riešenia priečného rezu analogicky ako je to i v úlohách statiky.

Pri príprave obecného programu MKPa pre riešenie stability prizmatických prútov musíme započítať i potenciálnu energiu práce osových síl na geometricky nelineárnych členoch pomerného predĺženia v rovine štíhlej stieny.

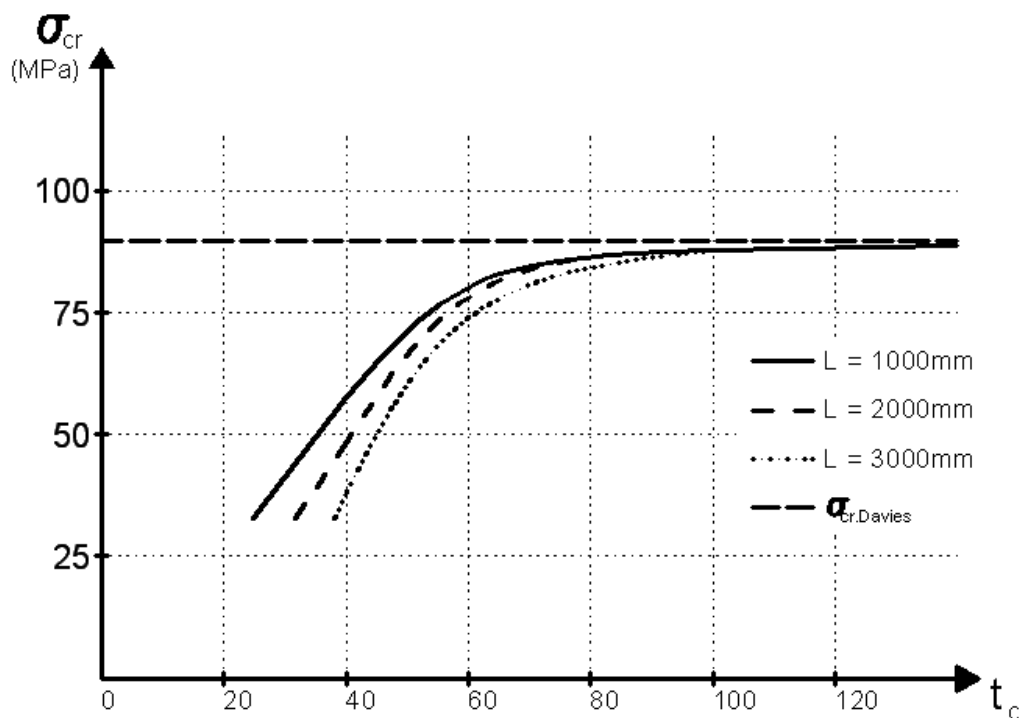
¹ Ing. Peter Špánik, Katedra stavebnej mechaniky, Stavebná fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, 02/59274247, peter.spanik@stuba.sk

² Prof. Ing. Ján Raviger, DrSc., Katedra stavebnej mechaniky, Stavebná fakulta, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, 02/59274532, jan.raviger@stuba.sk

4 Stabilita sendvičových panelov

Opierajúc sa o pripravené teoretické zákonitosti bol pripravený program pre počítač v programovacom jazyku FORTRAN.

Analýza bola venovaná správaniu sa sendvičových panelov pri namáhaní tlakom pri rôznych hrúbkach jadra s perspektívou využitia ako nosný a nie nesený prvok. Bol použitý sendvičový panel vytvorený z rovných oceľových plechov s hrúbkou 0,5 mm, medzi ktorými je umiestnená PUR pena s modulom pružnosti $E_{PUR}=4.0 \text{ MPa}$. Prítom sa predpokladá ich dokonalé spojenie.



Obr. 1: Príklad závislosti kritického napätia od dĺžky panela a hrúbky jadra

5 Záver

Linearizovaná úloha stability je schopná určovať kritické napätia. Tie sú úvodom pre výpočty pokritického pôsobenia a zároveň sú to hodnoty, ktoré vstupujú do rôznych teórií ako i normatívnych vzťahov. Prezentovaná MKPa je schopná určovať kritické napätia pre prút kĺbovo podopretý na koncoch s ľubovoľným priečnym rezom. Prúty ako celok nemajú pokritické rezervy a potom získané výsledky môžu byť využité pri štúdiách pre určovanie optimálneho tvaru prierezu.

Literatúra

- [1] RAVINGER, J.: PROGRAMY – STATIKA STABILITA A DYNAMIKA STAVEBNÝCH KONŠTRUKCIÍ, ALFA, BRATISLAVA, 1990.
- [2] CHEUNG, Y. K.: FINITE STRIP METHOD IN STRUCTURAL ANALYSIS, PERGAMON PRESS, OXFORD, 1976.
- [3] ZIENKIEWICZ, O.C.: THE FINITE ELEMENT METHOD, MCGRAW HILL, NEW YORK, 1967
- [4] DAVIES, J.M.: SANDWICH PANELS, THIN-WALLED STRUCTURES 16 (1993) 179-198

STATICKÉ ŘEŠENÍ TERMOPLASTOVÉ NÁDRŽE

STATIC SOLUTION OF THERMOPLASTIC RESERVOIR

Roman Gratza¹, Jiří Kytýr²

Abstract

Temperature change and time are evidently dominant influences for design and evaluation of thermoplastic structures. This paper deals with a solution of the thermoplastic reservoir made from PE-HD for water. It is solved one load state considering hydrostatic pressure and temperature change influence in time. The thermal-static analysis was used for the solution. The problem was solved by the ANSYS program system.

1 Úvod

Komplexní řešení úlohy přenosu tepla a statické analýzy v čase lze v některých programech založených na MKP provést dvěma způsoby. V prvním způsobu se nejčastěji výsledky teplotního pole získané z analýzy přenosu tepla uplatní jako teplotní zatížení působící na konstrukci a následně se řeší statická analýza v čase. Druhou možností je přímé použití tzv. sdružené tepelně statické analýzy v čase, přičemž jsou výsledky obou analýz vzájemně ovlivňovány.

Z bilance energie pro pevnou látku při současném uplatnění Fourierova zákona pro konduktivní mechanismus sdílení tepla a při zanedbání či neuvažování některých jiných forem energie získáme rovnici pro přenos tepla [3], [4]

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) + \bar{q}, \quad (2)$$

kde ρ značí hustotu materiálu, c_p měrnou tepelnou kapacitu, T teplotu, t čas, x, y, z prostorové souřadnice, k_x, k_y, k_z měrné tepelné vodivosti a \bar{q} měrný objemový tepelný zdroj. Aplikace této rovnice slouží především k výpočtu teplotních polí.

Pro vystižení reologického chování termoplastů při statické analýze se často používá materiálový model označovaný jako Prony série. Funkce napětí jsou obvykle dány pro tento vazkopružný materiálový model v integrálním tvaru

$$[\sigma] = [E] \int_0^t K (t_1 - t_0) \dot{\varepsilon}_{\text{vol}} dt + \int_0^t 2 G (t_1 - t_0) [\dot{\varepsilon}] dt, \quad (1)$$

kde $[\sigma]$ je matice tenzoru napětí, t_1 aktuální čas, t_0 předchozí čas, $\dot{\varepsilon}_{\text{vol}}$ rychlost objemového přetvoření a $[\dot{\varepsilon}]$ matice deviátoru rychlosti přetvoření.

Pro modelování teplotní závislosti se u materiálového modelu Prony série často využívá poznatku [4], že odezva chování materiálu při zatížení je při působení vyšší teploty po kratší čas stejná jako při působení nižší teploty po delší čas. Na tomto

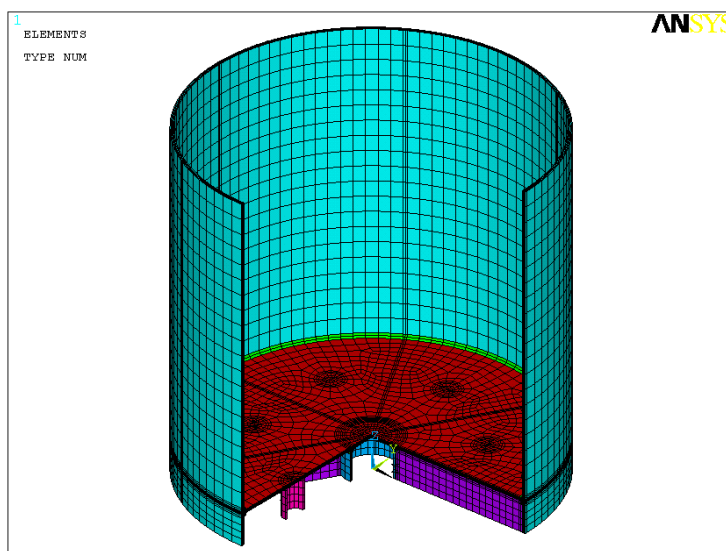
¹ Ing. Roman Gratza, Ph.D., Ústav stavební mechaniky, Fakulta stavební VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno, ČR, tel.: +420 541 147 132, E-mail: gratza.r@fce.vutbr.cz

² Ing. Jiří Kytýr, CSc., Ústav stavební mechaniky, Fakulta stavební VUT v Brně, Veveří 95, 602 00 Brno, ČR, tel. +420 541 147 380, E-mail: kytjr.j@fce.vutbr.cz

poznatku jsou založeny např. funkce William-Landel-Ferry (WFL) nebo Tool-Narayanaswamy (TN).

2 Řešený příklad

Jako ukázka možnosti komplexního tepelně statického řešení je uveden výpočet stojaté válcové nádrže (obr. 1) z polyetylénu (PE-HD) pro vodu s objemem cca 2,5 m³. Voda v nádrži má stálou teplotu 50 °C, teplota okolního vzduchu je 20 °C a montážní teplota byla uvažována 15 °C. Zatížení je dáno hydrostatickým tlakem při plné nádrži s uvedenými teplotami po dobu 10000 hodin.



Obr. 1: Část modelu konstrukce

3 Závěr

Postup výpočtu realizovaný pomocí teplotní analýzy s následným převedením výsledků rozdělení teplot po konstrukci do statické analýzy řešené v čase se ukazuje jako vhodný pro aplikaci na termoplastové konstrukce [1]. Přitom lze ve výpočtech uvažovat materiály, jejichž vlastnosti jsou závislé na teplotě, čase i napětí. Zkušební model nadzemní nádrže z PE-HD umožnil analyzovat konstrukci včetně detailů pomocí objemových prvků při zatížení hydrostatickým tlakem i změnou teploty.

Poděkování

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

Literatura

- [1] Gratza, R. ANALÝZA ÚNOSNOSTI KONSTRUKCÍ A PRVKŮ Z TERMOPLASTŮ. DISERTAČNÍ PRÁCE, FAST VUT V BRNĚ, BRNO: 2007.
- [2] Osswald, T. A., Baur E., Brinkmann S., Oberbach K., Schmachtenberg E. INTERNATIONAL PLASTICS HANDBOOK. CARL HANSER VERLAG, MUNICH: 2006.
- [3] Šesták, J., Rieger, F. PŘENOS HYBNOSTI, TEPLA A HMOTY. Vydavatelství ČVUT v Praze, Praha: 2004.
- [4] Theory Reference – ANSYS, RELEASE 11.0.

FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ VYTVOŘENÍ VÝPOČTOVÉHO MODELU EKODUKTŮ SE ZAMĚŘENÍM NA MODELOVÁNÍ PILOTOVÉHO ZALOŽENÍ

FACTORS INFLUENCING THE CREATION OF ANALYSIS MODELS OF ECODUCTS WITH FOCUS ON MODELLING OF PILE FOUNDATION

Jan Pěňčík¹, Lumír Miča²

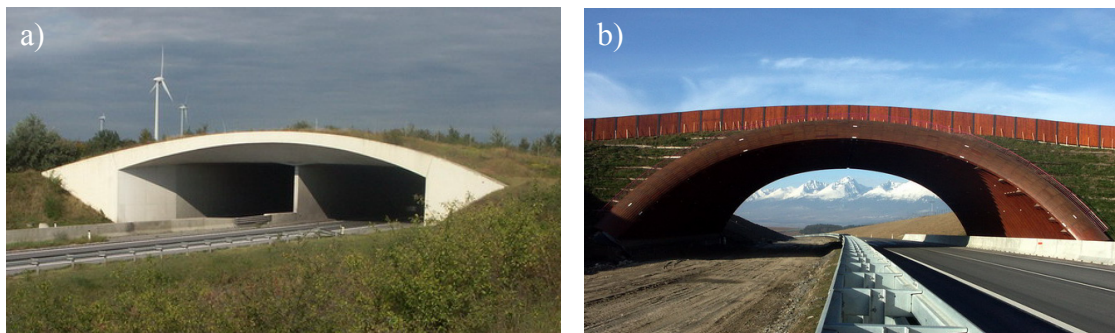
Abstract

To remove a barrier effect cause by roads and additional steps are at present design on new roads at point of habitat corridor special structures called ecodeucts. Design of this structures is impressed with series factors, among which belongs to load, shape of supporting structure, width, material and technology build-up, foundation etc. Especially foundation and their modelling and design can affect resultant behaviour of structure.

1 Úvod

Kapacitní a intenzivně zatížené komunikace vytvářejí v krajině, zvláště pro velké savce, velmi obtížně překonatelné bariéry, které způsobují fragmentaci prostředí i populací. Aby tento efekt byl minimalizován, tak při výstavbě nových kapacitních komunikací jsou v současné době navrhovány na nových úsecích komunikací v místě biokoridorů speciální konstrukce – *ekodukty* (Obr. 1) v kombinaci s doplňkovým opatřením.

Ekodukty jsou „multidisciplinární“ konstrukce, jelikož její správný návrh je ovlivněn stavebními, ekologickými a zoologickými faktory. Konstrukce ekoduktů lze rozdělit v závislosti na poloze nivelety komunikace na ekologické podchody a nadchody.



Obr. 1: Příklady vybraných realizací ekoduktů na dálnicích a rychlostních komunikacích v Rakousku (a) a Slovenku (b)

2 Výpočtové modely ekologických nadchodů

Návrh konstrukcí ekoduktů resp. ekologických nadchodů je ovlivněn řadou faktorů, mezi které patří zejména zatížení, volba tvaru nosné konstrukce, příčné uspořádání, šířkové uspořádání, materiál a technologie výstavby, základové poměry atp. Návrh je

¹ Pěňčík Jan, Ing., Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 95, 602 00 Brno, tel.: 541 147 363, E-mail: pencik.j@centrum.cz

² Miča Lumír, Ing., Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geotechniky, Veveří 95, 602 00 Brno, tel.: 541 147 264, E-mail: mica.l@fce.vutbr.cz

nutné provést tak, aby konstrukce byla spolehlivá, což lze vyjádřit bezporuchovostí, životností, udržitelností a možnostmi opravy.

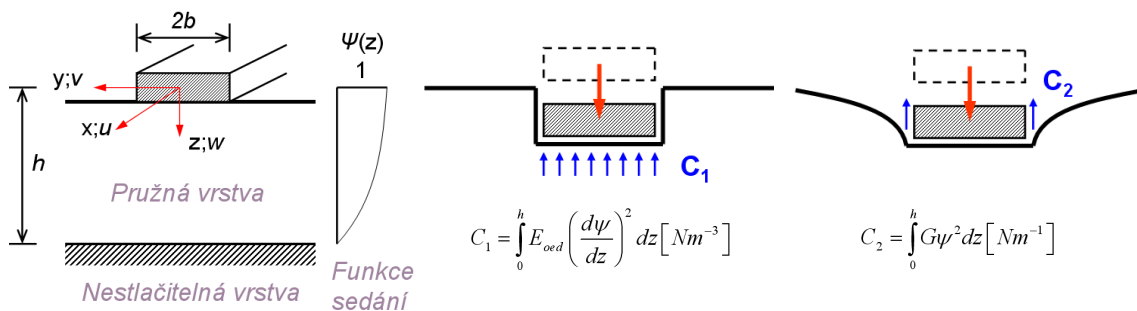
Z důvodu zajištění spolehlivosti je potřebné vytvářet výpočtové modely takovým způsobem, aby zahrnovaly všechny faktory, které by mohly nepříznivě ovlivnit chování konstrukcí popř. snížit jejich životnost.

Mezi faktory, které by měly být zahrnuty do výpočtových modelů patří:

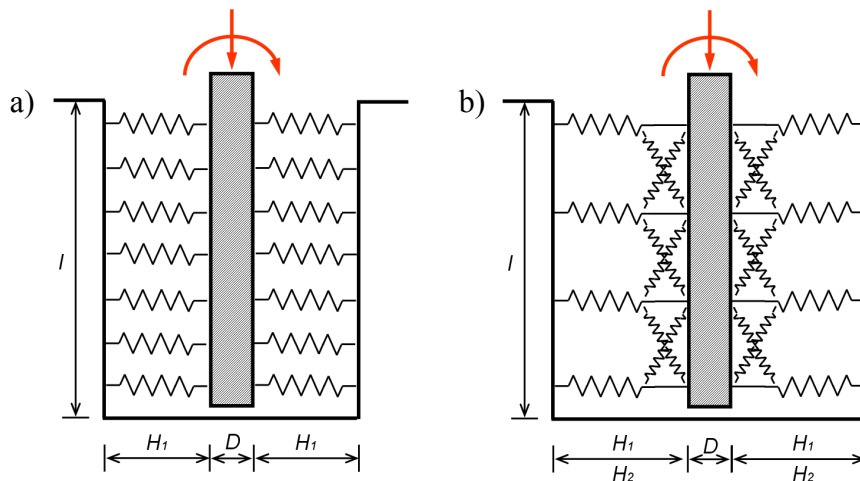
- respektování všech jevů související s použitým materiálem, např. u betonu resp. železobetonu se jedná o rozdílné chování materiálu v tahu a tlaku a dlouhodobě probíhající objemové změny,
- uvažování vlivu násypu v zjednodušené formě vnějšího zatížení nebo jeho přímým modelováním,
- uvažování vlivu deformačního zatížení např. vliv teplotních změn,
- uvažování vlivu založení v závislosti na jeho typu (plošné nebo hlubinné), tj. modelování konstrukce v interakci se zemním prostředím.

3 Modelování založení ekologických nadchodů

V rámci příspěvku jsou představeny možné způsoby modelování plošného (Obr. 2) nebo hlubinného založení (Obr. 3) konstrukcí ekoduktů resp. ekologických nadchodů se zaměřením na použití výpočtového systému ANSYS.



Obr. 2: Modelování plošného založení pomocí Winkler-Pasternakova modelu



Obr. 3: Modelování hlubinného založení pomocí Winklerova (a) a Winkler-Pasternakova modelu (b)

V příspěvku je postup možnosti modelování segmentu založení na velkopřůměrových vrtaných pilotách prezentován na praktickém příkladu zpracovaném v programu ANSYS za využití reálného průběhu mezní zatěžovací křivky.

VYUŽITÍ SYSTÉMU ANSYS PŘI FEA ANALÝZÁCH PŮVODNÍCH LIDSKÝCH TKÁNÍ - ZUBŮ

USING OF ANSYS SYSTEM FOR FEA ANALYSIS OF ORIGINAL TISSUES - TEETH

Jan Pěňčík¹, Zbyněk Šedivý²

Abstract

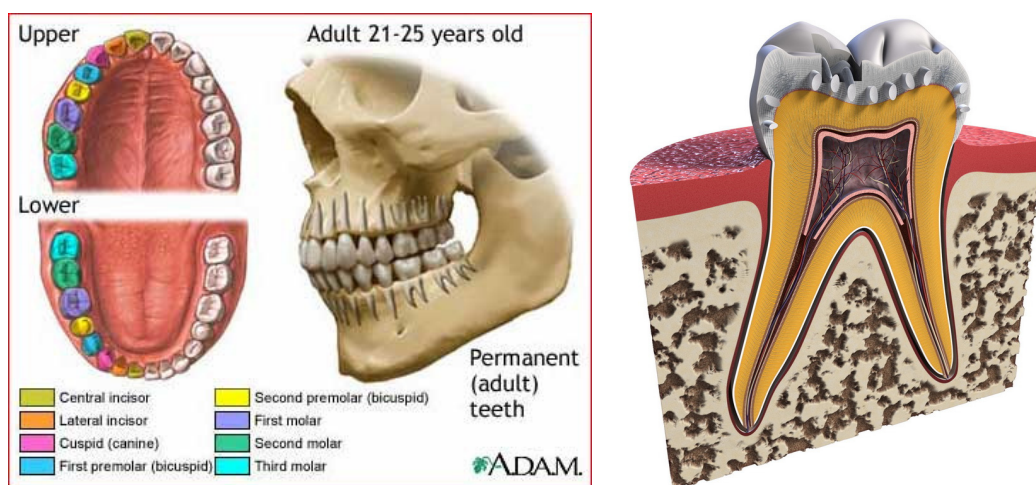
Improvements in the area of material sciences open up new possibilities also in medicine e.g. in the dentistry. Study of behavior of a new materials can be carry out by computer simulation. But it is also necessary to describe original tissues, i.e. teeth. In the article is described usage of ANSYS system for FEA analyses of man upper incisor.

1 Úvod

Současný rychlý vývoj nových materiálů otevírá možnost jejich uplatnění ne pouze v dříve základních oblastech např. stavebnictví, strojírenství atp., ale i v oblasti medicíny. V tomto oboru se nové materiály zejména využívají v ortopedii a stomatologii.

2 Struktury zubu

Lidské tkáně - zuby (Obr. 1a) jsou komplexní systémy s jedinečnou geometrií, vnitřní strukturou (Obr. 1b) a vlastnostmi, které se mohou v celém systému měnit.



Obr. 1: Lidské zuby - označení zubů v horní a dolní čelisti (a) [1], vnitřní struktura zubu (© ADM a.s.) (b)

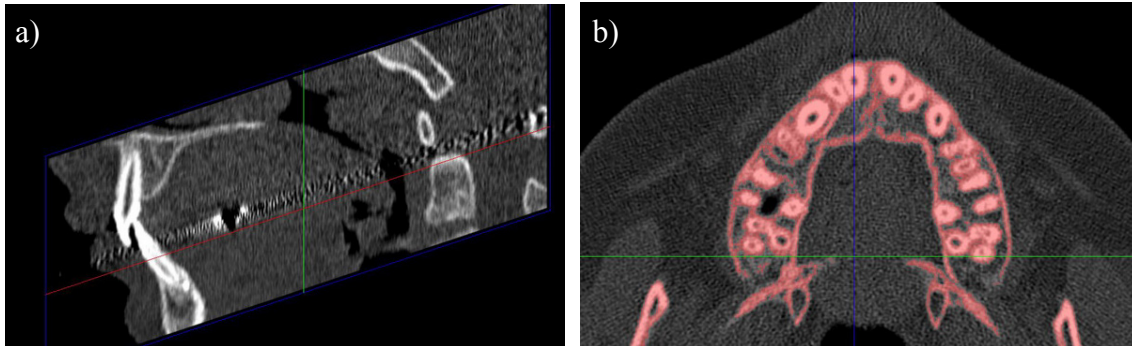
Vzhledem k možnosti využívání nových materiálů v klinické praxi je nutné popsat chování těchto materiálů např. pomocí experimentálních testů nebo numerickým modelováním pomocí MKP systémů popř. kombinací obou uvedených postupů. V případě použití numerického modelování je potřebné pro relevanci získaných výstupů provádět analýzy pomocí výpočtových modelů, které zohledňují kromě chování nových materiálů rovněž i vlastní chování tkání včetně zahrnutí vlivu vnějšího tvaru tkáně.

¹ Pěňčík Jan, Ing., Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 95, 602 00 Brno, tel.: 541 147 363, E-mail: pencik.j@fce.vutbr.cz

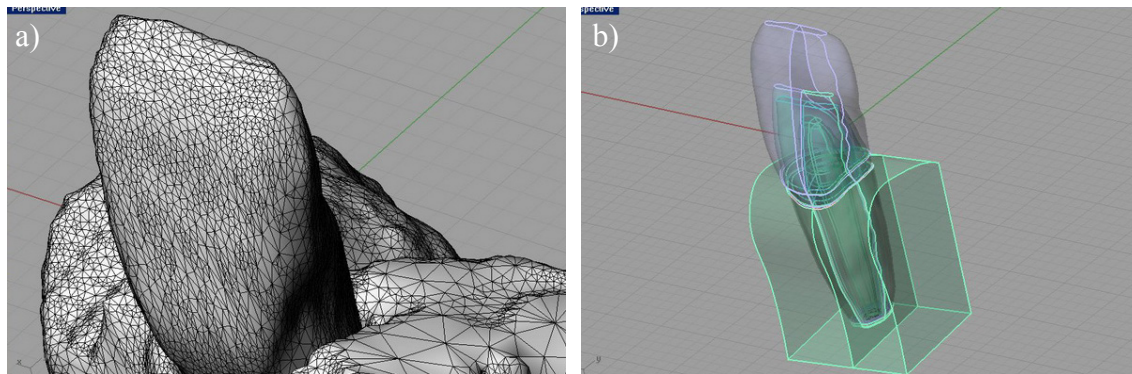
² Šedivý Zbyněk, Ing., ADM a.s., U vodárny 1, 616 00 Brno, tel.: 542 211 025, E-mail: sedivy@dentapreg.com

3 Modelování struktur zubu

Proces vytváření geometrie výpočtového modelu zubu včetně jeho vnitřních struktur je značně náročný a komplikovaný. Při vytváření vnější geometrie zubů (Obr. 3) pomocí metody objemového modelování je možné použít např. 3D scanner nebo výstupů z vyšetření počítačovou tomografií (Obr. 2).

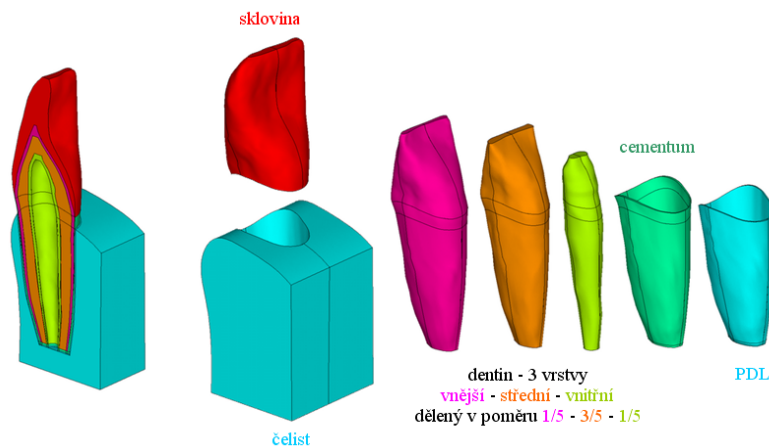


Obr. 2: Příklad výstupu z dentálního CT scanneru; zdroj [3]



Obr. 3: Příklad možnosti vytvoření modelu pro import do MKP systému - (a) trojúhelníková polygonální síť a (b) NURBS plochy; v obou případech se jedná o výstup z programu Transfer 3.0.1. [7], [8] a import do programu RhinoCeros 4.0

Geometrii výpočtového modelu lze importovat do libovolného MKP systému např. do systému ANSYS (Obr. 4). Na základě výsledků testování konečných prvků, které jsou obsaženy v knihovně konečných prvků systému ANSYS byly pro modelování komplikované geometrie zubu vytypovány a otestovány pro výpočet zubů konečné prvky typu SOLID92 a SOLID95 (SOLID186 a SOLID187), SOLSH190, TARGE170, CONTAC174 a SURF154.



Obr. 4: Model řezáku s viditelnou vnitřní strukturou a částí čelisti jako importovaný solid model v systému ANSYS

VÝPOČET MOMENTOVÉ ÚNOSNOSTI STATICKY NEURČITÉ OCELOVÉ RÁMOVÉ KONSTRUKCE ZA POŽÁRU

BEHAVIOUR OF INDETERMINATE STEEL FRAME DURING FIRE

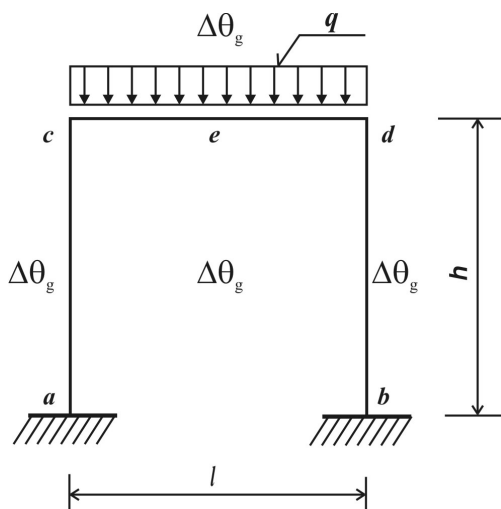
Lenka Lausová¹

Abstract

This paper describes possible behavior of a symmetric statically indeterminate steel frame during fire. There are shown advantages of steel constructions especially use of plastic joints. Bending moments and load carrying capacity are reduced in time and they depend on increasing temperature, which reduces material characteristics.

1 Úvod

V této práci je ukázáno možné chování jednoduchého symetrického třikrát staticky neurčitého ocelového rámu během požáru. Je počítáno s možností vzniku plastických kloubů. Předmětem výpočtu jsou momenty v rámových rozích a v uložení. Ohybové momenty a momentová únosnost za požáru jsou počítány v programu Excel a jsou redukovány vlivem změn materiálových charakteristik od rostoucí teploty.



Obr. 1: Schéma řešené rámové konstrukce

¹ Ing. Lenka Lausová, VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L.Poděšť 1875, 708 33, Ostrava-Poruba, e-mail: lenka.lausova@vsb.cz.

2 Předpoklady

Při výpočetních operacích bylo uvažováno s následujícími výchozími předpoklady:

- rám bude zatížen rovnoměrnou změnou teploty po výšce průřezu i délce prutu
- je počítáno s plastickou rezervou materiálu
- je počítáno s charakteristickou hodnotou zatížení, není provedena redukce zatížení pro zvýšenou teplotu podle [2]
- není řešena kombinace napětí a změna normálových sil
- odvozené vztahy pro výpočet momentů platí pro konstantní průřez ($I = \text{konstanta}$)

3 Popis výpočtu

Rozvoj požáru je počítán podle [2] a přestup tepla do ocelové konstrukce podle [1] iterační přírůstkovou metodou v programu Excel v krocích po 30 sekundách. Nárůst teploty plynů $\Delta\theta_g$ v čase t se řídí nominální teplotní křivkou podle funkce:

$$\theta_g = 20 + 345 \log(8t + 1) \quad (1)$$

Ohybové momenty a momentová únosnost za požáru jsou také počítány v programu Excel. Do vzorců pro výpočet ohybových momentů jsou dosazovány redukované materiálové charakteristiky vlivem rostoucí teploty, celkový moment je výsledkem superpozice momentů od obou zatížení - vnějšího q a zatížení teplotou θ - a je porovnáván s redukovanou momentovou únosností za požáru $M_{fi, Rd, plast}$.

Jsou ukázány dvě varianty možného vzniku plastických kloubů na konstrukci a to jak v uložení, tak i v rámových rozích. K oběma variantám může dojít na stejné konstrukci při různé hodnotě vnějšího zatížení q .

4 Závěr

V této práci byla ukázána možnost využití plastických rezerv u oceli, hlavně využití plastických kloubů u staticky neurčitých konstrukcí a přerozdělení vnitřních sil na změněné konstrukci z hlediska statického systému.

Literatura

- [1] ČSN P ENV 1993-1-2, NAVRHOVÁNÍ OCELOVÝCH KONSTRUKCÍ, OBECNÁ PRAVIDLA, NAVRHOVÁNÍ KONSTRUKCÍ NA ÚČINKY POŽÁRU
- [2] ČSN P ENV 1991-2-2, ZÁSADY NAVRHOVÁNÍ A ZATÍŽENÍ KONSTRUKCÍ, ZATÍŽENÍ KONSTRUKCÍ, ZATÍŽENÍ KONSTRUKCÍ NAMÁHANÝCH POŽÁREM

NUMERICKÉ ŘEŠENÍ NOSNÍKU NA PRUŽNÉM PODKLADU

THE NUMERICAL SOLUTION OF BEAM ON ELASTIC GROUND

Lenka Randýsková¹

Abstract

The solution of beam on elastic ground is often occurred in technical practices. This paper is engaged with solution of “ending beam”, which is embedded on the elastic ground. This elastic (Winkler) ground is one-parametrical model, which is characterized by the only one constant C . The numerical solution of beam on elastic ground is described in this paper. This solution basic is deformation method. The results obtained by numerical solution are compared with analytical solution, which is published in [1].

1 Úvod

Úlohy řešení nosníků na pružném podkladu se vyskytují v technické praxi velmi často. Tento příspěvek se zabývá řešením „konečného nosníku“, tzn. nosníku konečné délky, který je uložen částečně nebo po celé své délce na pružném podkladu.

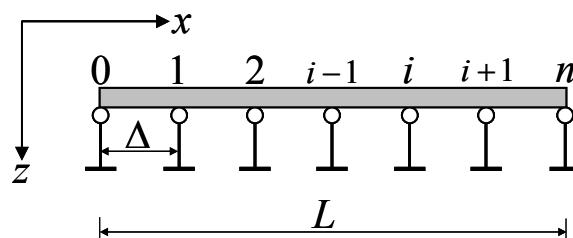
Pružný (Winklerův) podklad je nejstarším a nejjednodušším modelem podloží. Tento model předpokládá, že spojitá reakce podloží je přímo úměrná průhybu. Winklerův model pružného podloží je charakterizován konstantou úměrnosti C nazvanou koeficient stlačitelnosti podloží. Patří tedy mezi tzv. jednoparametrické modely.

Nosníky uložené na různých typech podkladů se často řeší pomocí diferenciálních nebo integrálních rovnic, které využívají základních poznatků z teorie nosníků [1]. Lze je však řešit i pomocí různých numerických metod. V příspěvku je popsáno numerické řešení nosníku, jehož základem je obecná deformační metoda. Při tomto řešení se neuvažuje vliv normálových a posouvajících sil na výpočet deformací.

2 Princip řešení

Základem řešení je obecná deformační metoda, což je metoda nepřímá, která nejdříve řeší deformační stav a z něj pak odvozuje stav statický.

Prvním krokem je vytvoření výpočtového modelu. Nosník délky L rozdělíme na n dílků a tím obdržíme n vodorovných prutů uložených oboustranně monoliticky a $(n+1)$ svislých prutů uložených jednostranně kloubově, které představují podloží.



Obr. 1: Výpočtový model nosníku

¹ Ing. Lenka Randýsková, VŠB – TU Ostrava, FAST, katedra stavební mechaniky 228, L. Poděště 1875, 708 33 Ostrava - Poruba, email: lenka.randyskova@vsb.cz

Řešení má celkem $n_p=2(n+1)$ neznámých parametrů deformace r . V každém z $(n+1)$ styčniců je neznámý svislý posun w a natočení φ . Pro jejich určení je potřeba sestavit nejprve zatěžovací vektor F soustavy a poté její matici tuhosti K .

$$K \cdot r = F \Rightarrow r = K^{-1} \cdot F \quad (1)$$

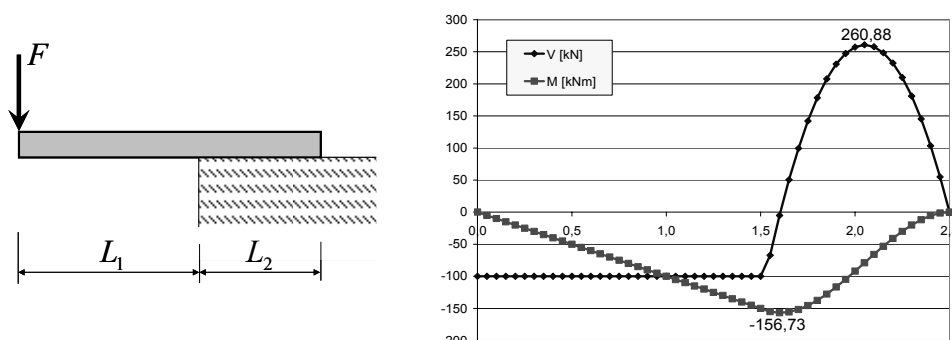
Výsledkem řešení této soustavy rovnic je vektor parametrů deformace r . V pořadí liché hodnoty udávají svislé posuny jednotlivých bodů w_i a sudé hodnoty pak hodnoty natočení φ_i jednotlivých bodů.

Ze získaných hodnot svislých posunů pak lze vypočítat reakce podloží R_i .

$$R_i = C \cdot A_i \cdot w_i \quad (2)$$

3 Řešené příklady

Popsaným způsobem bylo vyřešeno celkem 6 příkladů, které jsou různě zatíženy i uloženy. V příspěvku jsou uvedeny příklady, kdy je nosník zatížen spojitým zatížením, osamělou silou, popř. momentem. Nosič je uložen po celé své délce nebo jen části. Dále pak je zde uveden příklad, kdy je nosník na obou koncích vetknut. Výsledné hodnoty byly porovnány s analytickým řešením uvedeným v [1]. Z výsledků uvedených v plném znění příspěvku je patrné, že řešení jsou téměř totožná.



Obr. 2: Zástupce řešených příkladů, částečně uložený nosník zatížený silou F na volném konci

4 Závěr

Tento příspěvek se zabývá řešením nosníku na pružném podkladu. Je zde uvedeno numerické řešení, jehož základem je obecná deformační metoda. Tímto způsobem bylo vyřešeno celkem šest příkladů. Závěrem můžeme říci, že toto jednoduché řešení lze použít pro řešení nosníků na pružném podkladu, přičemž tento nosník může být uložen po celé délce či jen její části a může být různě zatížen i podepřen. Nosič také může mít různý tvar. Nemusí být tedy pouze přímkový, ale může mít i tvar oblouku, popř. jiné křivky.

Poděkování

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

Literatura

- [1] Frydryšek, K. NOSNÍKY A RÁMY NA PRUŽNÉM PODKLADĚ 1, OSTRAVA, 2006, ISBN 80-248-1244-4

STATICKE ŘEŠENÍ OCELOVÉ OBLOUKOVÉ VÝZTUŽE

STATICAL ANALYSIS OF STEEL ARCH SUPPORT

Miroslav Mynarz¹

Abstract

This contribution is focused on static analysis of planar frame structures of underground constructions with application of relatively simple and operatively usable software for design and assessment of steel arch supports in underground and mining structures. Considering static analysis, these problems are very often several times statically indeterminate. Using common instruments, their solution is rather difficult and demands large knowledge of calculating methods.

1 Úvod

Účel statického výpočtu obloukové výztuže je evidentní – navrhnout výztuž tak, aby spolehlivě přenesla uvažované zatížení, a především u důlních děl aby umožňovala po očekávanou dobu zachovávat funkčně nezbytný průřez díla (tj. pro přepravu materiálu, osob, větrání).

Ve snaze o zefektivnění návrhu nosné ocelové konstrukce podzemních staveb je nezbytné zdokonalovat, případně hledat nové postupy, které umožní zohlednit všechny důležité parametry ovlivňující chování nosných podzemních konstrukcí. Simulace skutečného chování podzemní konstrukce představuje poměrně složitý proces, který se vyplatí absolvovat pouze v případě, kdy jednoduché metody nevystihují skutečné chování konstrukce.

Praktická aplikace řešené problematiky je realizována v podobě navrženého počítačového programu, jehož používání usnadňuje a zjednodušuje výpočetní práce a urychluje všechny automatické stále se opakující činnosti. Nově navržená programová aplikace byla použita pro výpočet ocelových obloukových výztuží popisovaných v tomto příspěvku.

2 Geometrická analýza konstrukce

Kvalitní geometrická analýza tvoří základ celého řešení. Geometrie oblouku je charakterizována střednicí, která může být tvořena buď hladkou rovinnou křivkou, lomenou rovinnou čarou nebo kombinací rovinných hladkých křivek a lomených čar. Programová aplikace umožňuje zadávat geometrii oblouku po jednotlivých kruhových dílech, a to tak, že se nadefinuje střed, poloměr zakřivení a sevřený úhel příslušného dílu. Přeplátování oblouků je definováno jako samostatný kruhový díl. Každý kruhový díl obloukové výztuže je tedy určen svým poloměrem zakřivení, délkou, a profilem průřezu.

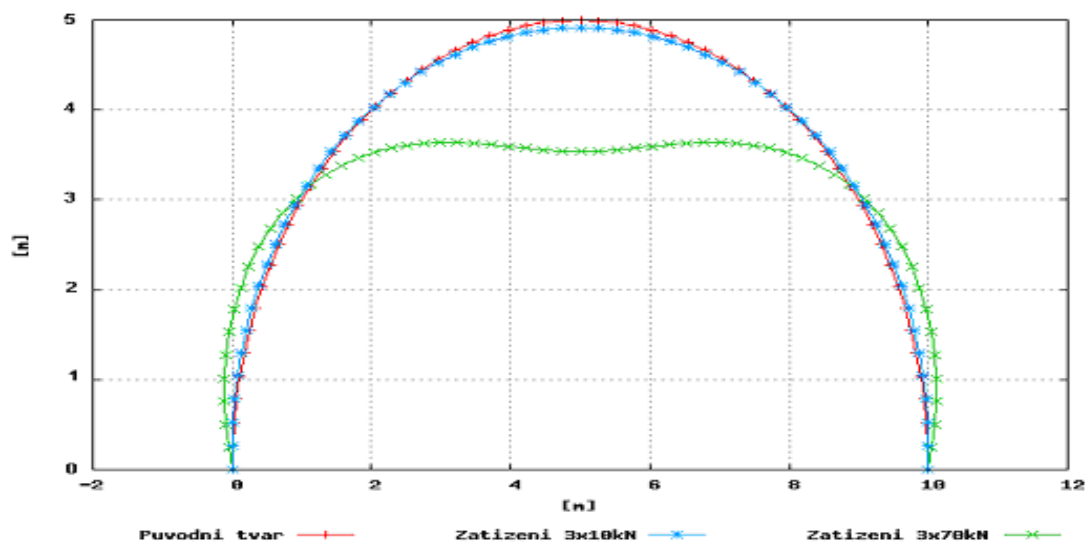
¹ Ing. Miroslav Mynarz, VŠB – TU Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství, Katedra požární ochrany a ochrany obyvatelstva, Lumírová 13, 708 30 Ostrava - Výchkovice, email: miroslav.mynarz@vsb.cz

3 Statické řešení konstrukce

K statickému řešení konstrukce byla zvolena obecná deformační metoda (prutová varianta MKP). Celá konstrukce je rozdělena na dostatečně malé dílky (elementy). Každý obloukový díl může mít rozdílnou hustotu dělení, včetně překrývajících se dílků. Každý dílek má svou délku, geometrickou polohu definovanou svými souřadnicemi a své statické a fyzikální parametry. Jednotlivé dílky jsou vzájemně spojeny uzly. Koncovým uzlům oblouku je přiřazen typ uložení (kloub, vetknutí). Hodnoty vnitřních sil a požadovaných deformací prutů jsou počítány pro jednotlivé uzly konstrukce.

4 Numerický příklad

Byl řešen ocelový 1x staticky neurčitý kruhový oblouk ve vrcholu zatížený třemi osamělými silami. Pro numerickou analýzu byl výpočtový model rozdělen na 60 dílků a 61 uzlů. Okrajové podmínky byly zavedeny v koncových průřezech. Zatížení bylo aplikováno do uzlů ve vrcholu modelu oblouku. Model byl vyřešen jak lineárně, tak dle teorie II. řádu. Nelineární výpočet (dle II. řádu) byl proveden Newton-Raphsonovou metodou s počtem 60 přírůstkových kroků. Na obr. 1 je zobrazen tvar oblouku před a po deformaci.



Obr. 1: Změna tvaru oblouku

Závěr

Pro ověření správnosti získaných výsledků deformační metodou byl proveden výpočet dle teorie II. řádu rovněž komerčním MKP softwarem. Lze konstatovat, že došlo k dobré shodě výsledků výše popsaných numerických experimentů.

Na základě těchto výsledků lze předpokládat, že snaha o rozšíření programové aplikace o další nelineární účinky (fyzikální, konstrukční) umožní získat lepší představu o odezvě konstrukce na zatížení překračující předpoklad lineárního chování materiálu a přetváření konstrukce.

Poděkování

Děkuji doc. Ing. Jiřímu Brožovskému, Ph.D. za jeho vstřícnost, ochotu, poskytnutí cenných informací a odbornou pomoc při tvorbě programové aplikace.

APLIKACE METODY KONEČNÝCH PRVKŮ A METODY SIMULATION-BASED RELIABILITY ASSESSMENT PŘI ŘEŠENÍ PROCESU ROZPOJOVÁNÍ HORNIN

APPLICATIONS OF FINITE ELEMENT METHOD AND SIMULATION-BASED RELIABILITY ASSESSMENT METHOD FOR SOLUTIONS OF THE HARD ROCK DISINTEGRATION PROCESS

Karel Frydryšek¹, Pavel Marek²

Abstract

This paper focuses on a numerical analysis of the hard rock (ore) disintegration process. The bit moves into the ore (i.e. mechanical contact with friction) and subsequently disintegrates it. The disintegration (i.e. stress-strain relationship, reaction forces and fracture of the ore etc.) is solved via the FEM in combination with SBRA (Simulation-Based Reliability Assessment) Method (i.e. Monte Carlo simulations). The ore is disintegrated by deactivating the finite elements which satisfy the fracture condition. Material of the ore (i.e. yield stress, fracture limit, etc.), is given by bounded histograms (i.e. stochastic inputs). The results are compared with experiments. Application of the SBRA method in this area is a new and innovative trend. However, it takes a long time to solve this problem (due to material and structural nonlinearities, the large number of elements, many Monte Carlo simulations, etc.). Hence, parallel computers were used to handle the large computational needs. Finally, the probabilistic reliability assessment is proposed.

Extended Abstract



Figure 1 Typical Example of Mechanical Interaction between Bits and Hard Rock (Ore Disintegration Process).

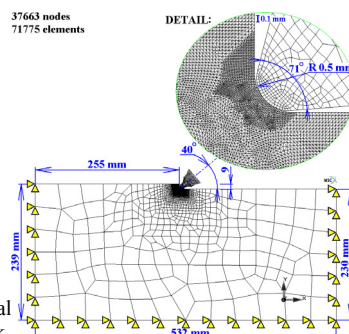


Figure 2 Finite Element Model.

The provision of sufficient quantities of raw materials for the processing industry is the main limiting factor of development. It is therefore very important to understand the ore disintegration process, including an analysis of the bit (i.e. excavation tool) used in mining operations. The main focus is on modelling of the mechanical

contact between the bit and the ore and its evaluation (i.e. practical application in the mining technology), see Figures 1 and 2. FEM (i.e. MSC.Marc/Mentat software) and Simulation-Based Reliability Assessment Method (i.e. probabilistic Monte Carlo (MC) approach - Anthill and Mathcad software) was used in modelling the ore disintegration

¹ Karel FRYDRÝŠEK, Ing., Ph.D., ING-PAED IGIP, VŠB-TU Ostrava, Fakulta strojní, katedra pružnosti a pevnosti, 17. listopadu 15, 70833 Ostrava, ČR, e-mail: karel.frydrysek@vsb.cz

² Pavel MAREK, prof., Ing., DrSc., Ústav teoretické a aplikované mechaniky AV ČR, Prosecká 76, Praha 9, ČR, e-mail: marekp@itam.cas.cz

process. When the bit moves into the ore (i.e. a mechanical contact occurs between the bit and the ore) the stresses σ_{HMH} (i.e. the equivalent von Mises stresses) in the ore increase. When the situation $\sigma_{HMH} \geq R_m$ occurs in some elements of the ore, then these elements break off (i.e. these elements are dead). Hence, a part of the ore disintegrates.

The material properties (i.e. isotropic and homogeneous elasto-plastic materials) of the whole system are described in Figure 3, where E is Young's modulus of elasticity and μ is Poisson's ratio.

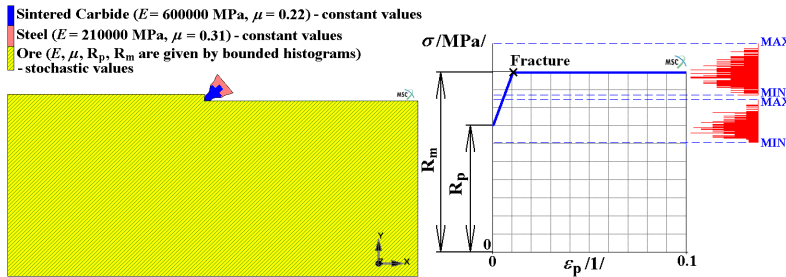


Figure 3 Material Properties (Whole Model and Stress σ vs. Plastic Strain ϵ_p of the Ore).

The whole solution time for the non-linear solution was divided into 370 steps of variable length. Solution of 500 MC simulations (calculated simultaneously on four

different parallel computers with 26 CPU) takes 70.4 hours. Figure 4 shows some results. The movement of the bit and also the subsequent disintegration of the ore caused by the cutting are shown.

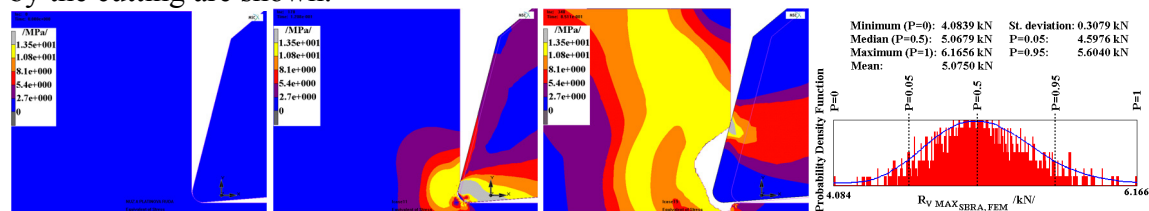


Figure 4 (Equivalent von Mises Stress Distribution and Stochastic Evaluation of Maximal Reaction Forces in the Bit).

The error 4.02% of the SBRA-FEM results (i.e. in comparison with the experiments) is acceptable. Hence, SBRA and FEM can be a useful tool for simulating the ore disintegration process. Hence, the fully probabilistic assessment was proposed according to the acceptable probability of overloading of the whole cutting-loader system. The SBRA Method, which is based on Monte Carlo simulations, can include all stochastic (real) inputs and then all results are also of stochastic quantities. However, for better application of the SBRA method (for simulating this large problem of mechanics), it is necessary to use superfast parallel computers. Instead of 500 Monte Carlo simulations (wall time cca 70.4 hours, as presented in this article), it is necessary to calculate $>10^4$ simulations (wall time cca 58 days or more). All the results presented here were applied for optimizing and redesigning of the cutting bit (excavation tool). In the future, 3D FE models (instead of 2D plane strain formulation) will be applied for greater accuracy.

For more information and references see full version of this text (10 pages).

This work has been supported by the Czech project GAČR 103/07/0557 "Probabilistic Engineering Reliability Assessment of Structures".

References

- [1] Frydříšek, K.: APLIKACE PRAVDĚPODOBNOSTNÍ METODY SBRA VE VĚDECKO-TECHNICKÉ PRAXI (APPLICATION OF PROBABILISTIC SBRA METHOD IN THE SCIENTIFIC AND TECHNICAL PRACTICE), inaugural dissertation in the branch of Applied Mechanics, written in Czech language, Department of Mechanics of Materials, FME VŠB-TU Ostrava, Ostrava, Czech Republic, 2009, pp.144.

VLIV POČTU HISTOGRAMŮ NA PŘESNOST ODHADU PRAVDĚPODOBNOСТИ PORUCHY

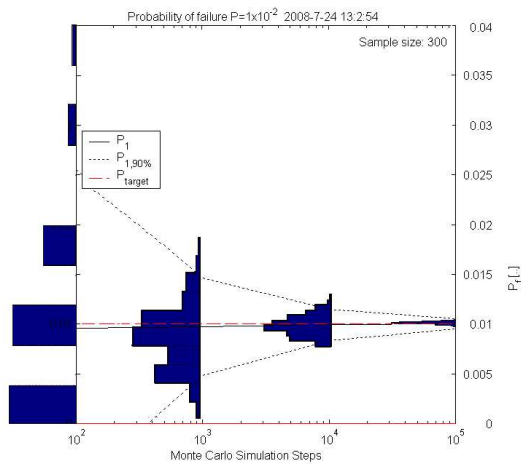
RELATION BETWEEN THE NUMBER OF HISTOGRAMS AND THE ESTIMATED PRECISION OF THE PROBABILITY OF FAILURE

Petr Konečný¹

Abstract

The paper points out the stochastic character of probability of failure. There is shown procedure to estimate necessary number of Monte Carlo simulation steps. It recommends number of simulation steps depending on the selected limit states. Results obtained by Monte Carlo simulation are compared with Direct Determined Probabilistic solution.

1 Úvod - pravděpodobnost poruchy jako náhodná veličina



Obr. 1: Pravděpodobnost poruchy P_f (svíslá osa) jako nahodile proměnná veličina v závislosti na počtu simulací Monte Carlo (vodorovná osa), exaktní pravděpodobnost poruchy P_f je 1/100

Analyzujeme-li inženýrskou spolehlivost simulačními nástroji typu Monte Carlo, užívanými např. v metodě SBRA, které užívají pro odhad pravděpodobnosti poruchy generátory náhodných čísel, je nutné i na výslednou pravděpodobnost pohlížet jako na náhodnou veličinu (viz např. [3], [4], [1]). Stochastický charakter pravděpodobnosti poruchy naznačuje Obr. 1, zobrazující rozdělení pravděpodobnosti poruchy v závislosti na počtu simulačních kroků.

2 Nutný počet simulačních kroků

Odhad nutného počtu simulací přímou metodou Monte Carlo je možno dle [3], [4] a [1] odvodit na základě předpokladu, že pravděpodobnost poruchy P_f je rovněž náhodná veličina o normálním rozdělení. Nutný počet simulačních kroků N_n lze získat [4]:

$$N_n = P_f \left(1 - P_f \right) \left[\frac{t}{\varepsilon} \right]^2, \quad (1)$$

kde je P_f hledaná pravděpodobnost, t je násobek směrodatné odchylky (na 90% úrovni spolehlivosti odhadu P_f je $t = 1.64485$), ε konfidenční interval (při toleranci ± 20 procent je to $0.2 \times P_d$).

¹ Ing. Petr Konečný, Ph.D., Katedra stavební mechaniky, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Poděště 1875, Ostrava-Poruba, tel.: +420 597 321 384, e-mail: petr.konecny@vsb.cz.

Platnost vztahu (1) byla ověřena v práci [2] za pomoci simulace na příkladech součinu binárních histogramů se známou exaktně vypočitatelnou pravděpodobností. Příklad součinu dvou histogramů uvádí následující Obr. 2 na CD-ROM. V plném textu je rovněž zobrazena závislost mezi počtem simulačních kroků a chybou odhadu pravděpodobnosti $P = 1 \times 10^{-4}$.

Nutný počet simulačních kroků pro posudky únosnosti $P_d = 7 \times 10^{-5}$ a použitelnosti $P_d = 7 \times 10^{-5}$ získaný dle (1) uvádí Tab. 1.

	P_d	0.00007	0.07
Tolerance	$\varepsilon (\pm 20\%)$	± 0.000014	± 0.014
Úroveň spolehlivosti	90%	966 194	899
	95%	1 371 848	1 276

Tab. 1: Nutný počet simulačních kroků v závislosti na P_d

3 Závěr

V příspěvku je připomenuto, že pravděpodobnost poruchy je při užití přímé metody Monte Carlo rovněž náhodná veličina. Tato pravděpodobnost závisí na cílové pravděpodobnosti a na počtu simulačních kroků. Výpočty metodou Monte Carlo a jejich statistické vyhodnocení potvrzují oprávněnost užití vztahu (1) pro výpočet nutného počtu simulačních kroků. Výpočet pravděpodobnosti poruchy metodou PDPV je proveden za účelem ověření přesnosti této metody. Výpočet vede ve zvolených úlohách k přesnému řešení, a to v minimálním čase, neboť výpočet metodou PDPV potřebuje k řešení vybrané úlohy velmi malý počet kombinací. Další práce by bylo vhodné zaměřit na otestování výpočtu pravděpodobnosti poruchy při užití většího počtu histogramů obecnějších tvarů tak, aby do funkce poruchy vstupovalo více tříd použitých histogramů.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je GA ČR 105/07/1265.

LITERATURA

- [1] Fegan, G. Chapter: „PRECISION OF SIMULATION RESULTS“ in Marek P., Brozzetti J., Guštar M., Tikalsky P., Editors. (2003). *Probabilistic Assessment of Structures using Monte Carlo Simulation. Basics, Exercises, Software*, 2003.
- [2] Konečný, P. Přesnost odhadu pravděpodobnosti poruchy, In SBORNÍK VĚDECKÝCH PRACÍ VYSOKÉ ŠKOLY BÁŇSKÉ – TECHNICKÉ UNIVERZITY OSTRAVA. Číslo 1, rok 2008, ročník VIII, řada stavební, článek č. 33, pp. 333-344, 2008, ISBN 978-80-248-1883-2, ISSN 1213-1962.
- [3] Shooman, M.L. *PROBABILISTIC RELIABILITY: AN ENGINEERING APPROACH*, MCGRAW-HILL, New York, 1968.
- [4] Schuëller, G. Past, present & Future os Simulation-based Structural Analysis In. Brozzetti, J., Marek, P. (2002). *Teaching Reliability. Proceedings: INTERNATIONAL COLLOQUIUM EURO-SIBRAM'2002. Volume II*. ITAM, Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague, June 2002. ISBN 80-86246-17-5.

ROZHRANÍ PŘEVODU DAT PŘI NÁVRHU KONSTRUKCÍ

INTERFACE OF THE DATA-TRANSFER IN THE CONSTRUCTIONAL DESIGN

Roman Fojtík¹, Oldřich Sucharda²

Abstract

The data-transfer between programs used by the civil engineers is needed. Such data-transfers can easily increase the productivity and reduce the risk of the errors at the design. The main problem is many used programs and data formats. Absolute data-transfer is still not possible generally. This paper is concentrated mainly on possible data-transfers between the CAD and structural analysis and design programs.

1 Úvod

Trendem současnosti je „rychle a levně“ stavebnictví nevyjímaje. Pro realizaci složitějších konstrukcí je naprostou nutností využití výpočetní techniky. Softwarové společnosti, zabývající se vývojem stavebních programů, musí kromě primární funkce zajistit také možnost převodu dat mezi jinými stavebními programy.

Pro výstavbu objektu je nutné zpracování dokumentace, na které se podílí mnoho různých profesí počínaje architekty, projektanty pozemních staveb a TZB a konče statiky a konstruktéry. Převod dat mezi těmito profesemi napomáhá při tvorbě výkresové dokumentace a také při realizaci díla. První skupina profesí, využívající CAD systémy, pracuje s podobnými informacemi, proto převod dat mezi těmito softwary není velkým problémem. Potíže nastávají při převodu informací mezi CAD systémy a statickými programy, které pracují na odlišném principu. Cest, jakými se mohou účastníci tvorby dokumentace ubírat, je několik.

2 Výměna informací

Při návrhu konstrukce pomocí moderních programů se vytváří model budoucí stavby, který obsahuje mnoho dat. Jedná se především o geometrii tvaru konstrukce a popisné informace jako jsou materiály, profily, zatížení a další.

Pro návrh konstrukce se většinou provádí dva geometricky a materiálově shodné modely objektu. Jedná se o model konstrukční, ze kterého se generuje výrobní dokumentace a model výpočtový, sloužící pro statický posudek navrhované konstrukce. Oba tyto modely je nutné stále aktualizovat.

Časově nejnáročnějším a nejpracnějším řešením převodu nebo aktualizace konstrukce je ruční překreslování jednotlivých modelů. Kromě časové náročnosti může docházet také ke vzniku chyb.

Většina softwarů nabízí možnost importu a exportu různých datových formátů. Nevýhodou tohoto řešení je ořezání modelu při exportu. Nejčastěji se podaří převést jen

¹ Ing. Roman Fojtík, VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra konstrukcí, L. Poděšť 1875/17, CZ 708 33 Ostrava - Poruba, roman.fojtik.st@vsb.cz

² Ing. Oldřich Sucharda, VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděšť 1875/17, CZ 708 33 Ostrava - Poruba, oldrich.sucharda@vsb.cz

geometrie a některé popisné informace například profily. Záleží na formátu, ve kterém jsou data exportována a na schopnosti importu programu.

Některé moderní výpočtové a konstrukční softwary začaly praktikovat velmi progresivní metodu převodu dat, která umožňuje převod informací s minimální redukcí dat. Navíc je možné provádět aktualizace modelu konstrukce mezi softwary.

Ideálem a vysněným řešením pro všechny uživatele je virtuální model konstrukce, na kterém mohou pracovat všichni účastníci projektu. Takovéto řešení by jistě snížilo dobu tvorby dokumentace.

3 Datové formáty

Mezi nejzákladnější formáty pro převod dat patří formáty DWG a DXF. Tyto formáty jsou značně rozšířeny, ale vzhledem ke své obecnosti se příliš nehodí pro přenos stavebních prvků.

Pro převod dat mezi programy, specializovanými na ocelové konstrukce, byl v 90. letech minulého století vytvořen formát DStV (Deutscher Stahlbau-Verband). Cílem bylo vytvoření nezávislého formátu na výrobci softwaru a zajištění přenosu veškerých informací o ocelových prvcích a konstrukcích.

Datový formát DStV, byl v roce 2000 začleněn do standardního formátu IFC (Industry Foundation Classes), jehož vývoj je garantován sdružením IAI (International Alliance for Interoperability). Formát IFC je nezávislý na výrobci a umožňuje výměnu dat v oblasti stavebnictví. Všechny stavební dílce v rámci formátu IFC jsou definovány jako objekty [1].

Kromě výše uvedených formátů je možné exportovat data například prostřednictvím formátů: XML, VRML, PDF 3D atd. Tendencí každého z výrobců softwaru je poskytnutí, pokud možno, co nejrozmanitějších možností exportu a importu dat.

4 Závěr

Pokrok v uživatelském prostředí programů specializovaných na statiku je za posledních 10 let velký a také tvorba výpočtových modelů se přiblížila CAD systémům.

Výměna dat mezi programy je stále důležitější, jak z hlediska úspory času, tak i z důvodu omezení chyb. Převádění dat mezi jednotlivými programy je stále dokonalejší a progresivnější. Softwarové společnosti stále zlepšují a zdokonalují exportní a importní schopnosti svých programů, nicméně vždy je nutná kontrola převáděných dat.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Fondu rozvoje vysokých škol. Registrační číslo projektu je 2092/2009, kategorie G1.

Literatura

- [1] Míchal, P. VÝMĚNA DAT PŘI NÁVRHU OCELOVÝCH A BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ. KONSTRUKCE, ZÁŘÍ-ŘÍJEN 2006, ROČ. 5, s.16-17. ISSN 1213-8762.
- [2] Ing. Software Dlubal [online]. <<http://www.dlubal.cz>>.
- [3] Ing. Software Dlubal [online]. <<http://www.dlubal.cz/RSTAB.aspx>>.
- [4] NEMETSCHKE Scia [online]. <<http://www.scia-online.com/cs/home.html>> .
- [5] NEMETSCHKE Scia [online]. <<http://www.scia-online.com/cs/scia-engineer.html>> .

PŘÍPRAVA VÝPOČETNÍHO MODELU A ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ U ÚLOH ŘEŠENÝCH METODU KONEČNÝCH PRVKŮ

PREPAREDNESS OF COMPUTER MODEL AND PROCESSING OF RESULTS CALCULATED BY FINITE ELEMENT METHOD

Oldřich Sucharda¹

Abstract

Currently a wide range of procedures exists within the design, the analysis and the survey of building structures. One of the most known numerical methods which are used for the analysis of the building structures, Finite element method has become. This method is suitable for a processing in the computer technology. A possibility to solve the analysis of the building structures by the Finite element method resulted in the extremely increasing of the input information volume and the results volume. The paper deals with the possible way of solutions how to process the big volume of input and output information.

1 Úvod

V současné době existuje celá řada postupů při návrhu, analýze a posudku stavebních konstrukcí. Metody analýzy stavebních konstrukcí se vyvíjely souběžně s vývojem matematických metod a znalostmi o stavebních materiálech.

Vývoj metod analýzy stavebních konstrukcí velmi výrazně ovlivnil rozvoj výpočetní techniky, což umožnilo překonat celou řadu do té doby neřešitelných problémů. Před rozšířením počítačů bylo velmi obtížné vyřešit soustavy o více než sto neznámých. Jednou z nejznámějších numerických metod používaných pro analýzu stavebních konstrukcí se stala metoda konečných prvků [1], která je právě vhodná pro zpracování na výpočetní technice.

Možnost řešit analýzu stavebních konstrukcí metodou konečných prvků, ale mělo za důsledek, že objem vstupních informací a výsledků se velmi výrazně zvýšil. Problematika přípravy a zpracování výsledků z analýzy metodou konečných prvků se nazývá preprocessing a postprocessing. Samotná implementace přípravy a zpracování výsledků se v jednotlivých výpočetních systémech liší.

Příspěvek seznamuje s jednotlivými variantami implementace v současných nejrozšířenějších výpočetních systémech a zabývá se implementací preprocessingu ve vyvíjeném výpočetním systému BS FEM.

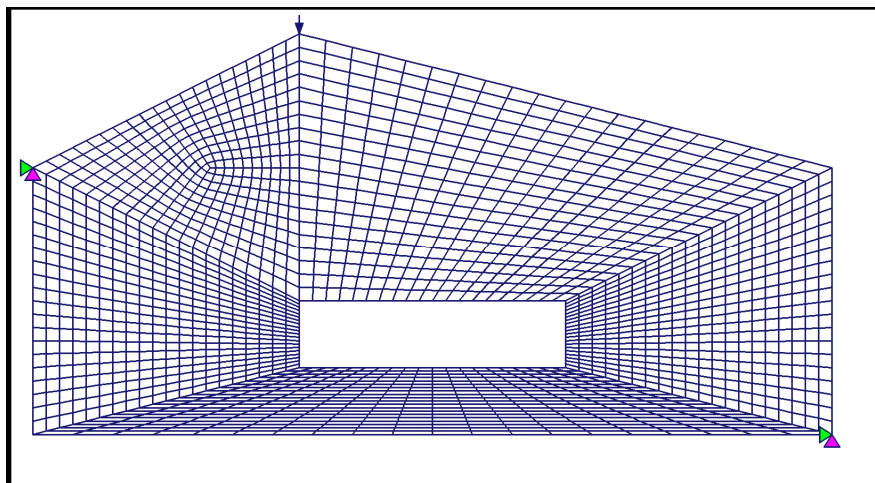
2 Implementace pre / postprocessingu v BS FEM

Vyvíjený výpočetní systém BS FEM je určen pro nelineární analýzu betonových konstrukcí. Pomocí tohoto systému se budou moci řešit úlohy rovinné napjatosti. Při vývoji se zvolila architektura, která je zobrazena na Obr. 4. Výpočetní systém má

¹ Ing. Oldřich Sucharda, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděštné 1875, CZ70833, Ostrava, e-mail: oldrich.sucharda@vsb.cz

rozhraní pro import výpočetního modelu ze systému ANSYS. Pro vyhodnocení výsledku již bude existovat vlastní modul postprocessing.

Pro ověření funkčnosti rozhraní byla připravena testovací úloha. Při testu se ověřovala správnost importu geometrie jednotlivých uzlů, parametrů konečných prvků, okrajových podmínek a zatížení. Vytvořený výpočetní model testovací úlohy ve výpočetním systému BS FEM zobrazuje Obr. 6. Výsledek testu proběhl pozitivně. Přenášaná data byla úspěšně přenesena v celém rozsahu.



Obr. 6: Výpočetní model – BS FEM

3 Závěr

Metoda konečných prvků patří v současné době k nejrozšířenějším numerickým metodám ve stavební mechanice. Rozšíření metody konečných prvků, ale mělo za důsledek, že objem vstupních informací a výsledků se velmi výrazně zvýšil. Příspěvek uvádí možné způsoby řešení zpracování velkého objemu vstupních a výstupních informací. V článku jsou uvedeny implementace pre / postprocessingu v současných výpočetních systémech. Pro vyvíjený výpočetní systém BS FEM navrhuje implementaci preprocessingu do jeho architektury. Implementace je ověřena na testovací úloze.

Poděkování

Tento výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M0579, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS. (This outcome has been achieved with the financial support of the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic, project No. 1M0579, within activities of the CIDEAS research centre.)

Literatura

- [1] ZIENKIEWICZ, O. C. THE FINITE ELEMENT METHODE IN ENGINEERING SCIENCE. LONDON: MCGRAW-HILL. 1971.
- [2] PROGRAMOVÝ SYSTÉM ATENA 2D: THEORY MANUAL, ČERVENKA CONSULTING, PRAHA, 2000
- [3] [HTTP://GID.CIMNE.UPC.ES/](http://gid.cimne.upc.es/)
- [4] RELEASE 11 DOCUMENTATION FOR ANSYS, SAS IP, INC., 2007

SPOLEHLIVOSTNÍ ANALÝZA: TEORIE A APLIKACE

RELIABILITY ANALYSIS: THEORY AND APPLICATIONS

Zdeněk Kala¹

Abstract

A set of the most important results of long term research on the reliability of the real behaviour of steel structures is presented. It includes both basic information and summary on the present papers concerning the application of the limit states methods.

1 Úvod

Podstatnou součástí návrhu konstrukčních systémů stavebních objektů jsou zejména postupy a metody zabezpečující spolehlivost a efektivnost nezbytných dimenzí nosných prvků a dílců ve vztahu k účinkům působícího zatížení a namáhání konstrukce. Běžné návrhové postupy používané při dimenzování nosných konstrukcí stavebních objektů jsou v zásadě založeny na výpočetním postupu ověřujícím platná normativní kritéria vycházející ze statického, resp. dynamického řešení modelu reálného konstrukčního systému, v současné době dle metodiky mezních stavů.

2 Mezní stavy

Mezními stavy rozumíme takové stavy, při jejichž překročení ztrácí konstrukce schopnost plnit funkční požadavky na užité vlastnosti. U ocelových konstrukcí se dělí na dvě základní skupiny:

Mezní stavy únosnosti souvisejí se zřícením a podobnými poruchami: ztrátou únosnosti konstrukce nebo její části jako tuhého tělesa, transformací v mechanismus či poruchu nadměrným přetvořením, ztrátou stability podpor a základů, poruchou způsobenou únavou nebo jiným časově závislým účinkem.

Mezní stavy použitelnosti souvisejí se splněním provozních požadavků a jsou charakterizovány deformacemi, posuny, kmitáním a takovými jevy, které mohou nepříznivě ovlivnit vzhled, trvanlivost nebo funkci konstrukce. Kromě těchto základních druhů se v poslední době objevují i další mezní stavy např. trvanlivosti.

3 Spolehlivost konstrukce

Obecně bychom mohli spolehlivost konstrukce (nebo prvků konstrukce) definovat jako schopnost plnit požadavky, které jsou na konstrukci kladeny v daném časovém období a v daných provozních podmínkách. Konstrukce, prvek či průřez je spolehlivý, je-li splněna základní podmínka spolehlivosti ve tvaru:

$$g(X) = g(X_1, X_2, \dots, X_M) \geq 0 \quad (1)$$

kde X_1, X_2, \dots, X_M jsou veličiny pro její výpočet. Tyto veličiny představují zpravidla geometrické a materiálové charakteristiky, zatížení a případně další vlivy. Funkce g je

¹ Prof. Ing. Zdeněk Kala, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební (kala.z@fce.vutbr.cz)

přítom představována explicitně vyjádřitelnou funkcí (v jednoduchých případech), nebo složitějším výpočtovým algoritmem (ve většině případů modelů spolehlivosti systému).

Dosažení poruchy (mezního stavu) nelze absolutně vyloučit (z technických i ekonomických důvodů), a proto se konstrukce snažíme navrhovat tak, aby pravděpodobnost vzniku poruchy byla velmi malá. Pravděpodobnost poruchy je nejdůležitějším a objektivním ukazatelem spolehlivosti obvykle vztaženým k jisté referenční době, tj. k časovému úseku, ve kterém má být daná míra spolehlivosti zachována. Pro pravděpodobnostní analýzu spolehlivosti se základní vstupní údaje zjišťují experimentálním výzkumem [5, 7]. V poslední době se kromě klasických stochastických metod stále častěji uplatňují i alternativní přístupy reprezentace neurčitosti modelové predikce, jimiž jsou fuzzitivnost (vágnost), nespécifická (špatné vymezení) a spor (konflikt), které jsou vyšetřovány v rámci pěti teorií, v nichž je vybudován aparát pro jejich kvantifikaci (teorie klasických množin, teorie fuzzy množin, teorie pravděpodobnosti, teorie možnosti a Dempster–Shaferova teorie). Porovnání jednotlivých přístupů, výsledky a shrnutí obecných závěrů; viz např. [1-7].

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je GACR 103/07/1067 a GACR 103/07/0760.

Literatura

- [1] KALA, Z. SENSITIVITY ASSESSMENT OF STEEL MEMBERS UNDER COMPRESSION. ENGINEERING STRUCTURES (2008), DOI:10.1016/J.ENGSTRUCT.2008.04.001.
- [2] KALA, Z. FUZZY PROBABILITY ANALYSIS OF THE FATIGUE RESISTANCE OF STEEL STRUCTURAL MEMBERS UNDER BENDING, INTERNATIONAL JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND MANAGEMENT, VOL 14, ISSUE 1, 2008, PP.67-72, ISSN 1392–3730.
- [3] KALA, Z. STABILITY PROBLEMS OF STEEL STRUCTURES IN THE PRESENCE OF STOCHASTIC AND FUZZY UNCERTAINTY, JOURNAL OF THIN-WALLED STRUCTURES, VOL. 45, NO.10-11, 2007, PP.861-865, ISSN 0263-8231.
- [4] KALA, Z. INFLUENCE OF PARTIAL SAFETY FACTORS ON DESIGN RELIABILITY OF STEEL STRUCTURE –PROBABILITY AND FUZZY PROBABILITY ASSESSMENTS, INTERNATIONAL JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING AND MANAGEMENT, VOL 13, ISSUE 4, 2007, ISSN 1392–3730.
- [5] STRAUSS, A., KALA, Z., BERGMEISTER, K., HOFFMANN, S., NOVÁK, D. TECHNOLOGISCHE EIGENSCHAFTEN VON STÄHLEN IM EUROPÄISCHEN VERGLEICH, STAHLBAU, 75 (2006), JANUAR 2006, HEFT 1, ISSN 0038–9145.
- [6] KALA, Z. SENSITIVITY ANALYSIS OF THE STABILITY PROBLEMS OF THIN-WALLED STRUCTURES, JOURNAL OF CONSTRUCTIONAL STEEL RESEARCH 61 (2005), PP.415–422, ISSN 0143–974X.
- [7] MELCHER, J., KALA, Z., HOLICKÝ, M., FAJKUS, M. AND ROZLÍVKA, L. DESIGN CHARACTERISTICS OF STRUCTURAL STEELS BASED ON STATISTICAL ANALYSIS OF METALLURGICAL PRODUCTS, JOURNAL OF CONSTRUCTIONAL STEEL RESEARCH 60 (2004), PP.795–808, ISSN 0143–974X.

THE GROUND PLATE ON THE WINKLER FOUNDATION

ZÁKLADOVÁ DOSKA NA WINKLEROVOM PODKLADE

Kamila Kotrasová¹, Eva Kormaníková²

Abstract

The present paper describes the classical theory of finite element method for modeling of plates placed on Winkler foundation. The knowledge of natural frequency and mode shape of plates on Winkler foundation is important for solving the following dynamic problems.

1 Introduction

Several methods are used for analysis of interaction the concrete foundation plate on soil-subgrade. The theory of Winkler formulation is one of them. The Winkler theory assumes that the deflection at every point of the plate on elastic soil is proportional to the pressure applied at that point and it is independent of the pressure acting at nearby point of the plate. Also the finite element method can be used for solution of the Winkler formulation of interaction foundation plate and soil-subgrade.

2 Finite element formulation

The finite element method transforms the problem of plates on elastic foundation into a computer-oriented procedure of matrix structural analysis. The plate is idealized as a mesh of finite element interconnected only at the nodes and soil may be modeled as a set of isolated springs (Winkler foundation), [2-8].

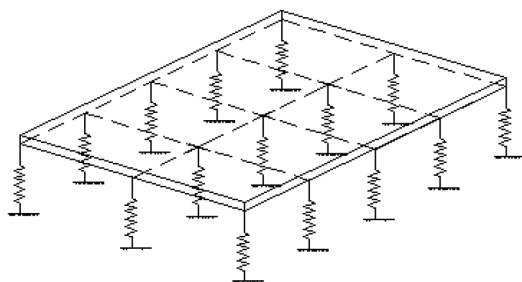


Fig. 1: Structural idealization of foundation plate and supporting soil

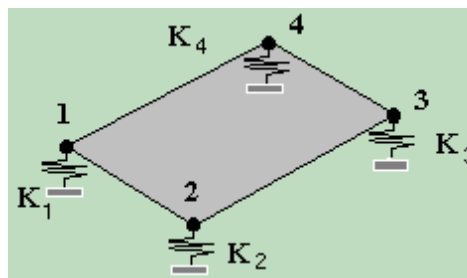


Fig. 2: Rectangular plate element SHELL4

The finite element analysis adopted for plate is based on the classical theory of thick plates resting on Winkler foundation (Figure 1) that accounts for the transverse shear deformation of the plate. The formulation is based on the assumptions that deflections are small compared with the thickness of plate, and that a normal to the middle surface of the undeformed plate remains straight, but not necessarily normal to the middle of deformed plate. The stresses normal to the middle surface are considered negligible.

¹ Ing. Kamila Kotrasová, PhD., TU v Košiciach, Stavebná fakulta, Ústav inžinierskeho staviteľstva, Katedra stavebnej mechaniky, Vysokoškolská 4, 04200 Košice, +421 55 602 4294, kamila.kotrasova@tuke.sk

² Ing. Eva Kormaníková, PhD., TU v Košiciach, Stavebná fakulta, Ústav inžinierskeho staviteľstva, Katedra stavebnej mechaniky, Vysokoškolská 4, 04200 Košice, +421 55 602 4168, eva.kormanikova@tuke.sk

The four noded, isoparametric rectangular elements SHELL4 in COSMOS/M, by using of Real Constant RC3: Foundation stiffness was used for our problem.

3 Example

Let us have a foundation plate on the Winkler formulation, dimension of 2.0 x 2.0 m. Young's modulus E is given $2.1 \cdot 10^{10}$ Pa, volume density $2,500 \text{ kgm}^{-3}$, the ν - the Poisson's ratio 0.2. Soil modulus K is given $0.5 \cdot 10^5 \text{ kNm}^{-3}$. The concrete foundation plate on soil-subgrade is solved in software COSMOS/M by application of Finite Element Method. The finite element SHELL4 with Real Constants RC3 = Foundation stiffness is used for meshing.

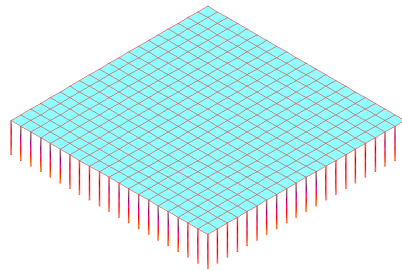


Fig. 3: Winkler formulation for interaction plate on the foundation

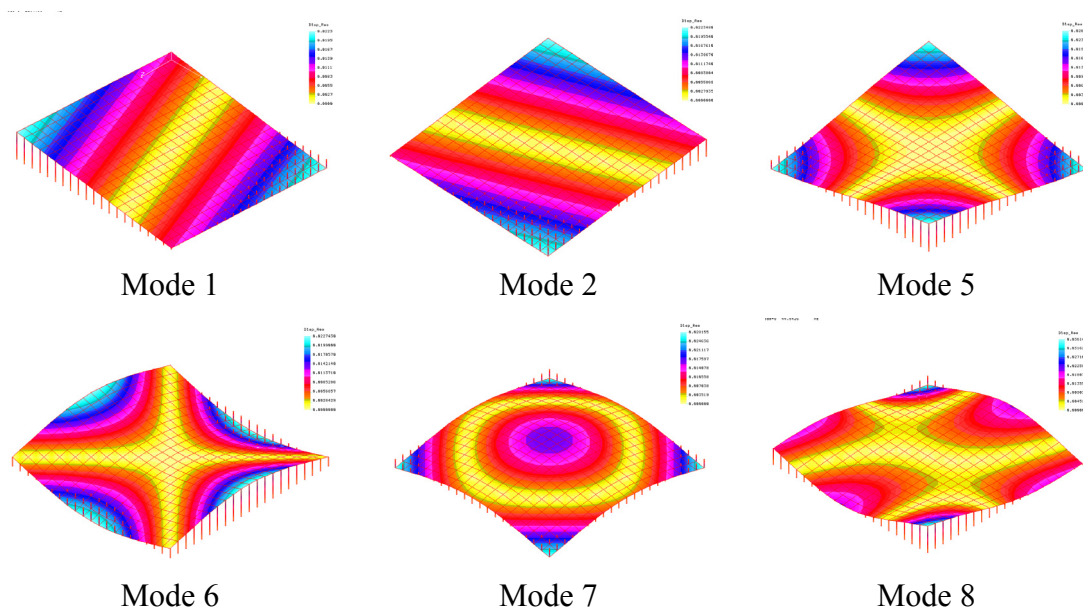


Fig. 4: Certain mode shapes of natural frequency of plate on Winkler foundation

4 Conclusion

The knowledge of mode shapes and natural frequency is important for solving the dynamic problems of design of plates resting on Winkler foundation.

Acknowledgements

This research has been supported by the Ministry of Education of the Slovak Republic under the Research Projects VEGA No.: 1/4202/07 and 1/0849/08.

MODELOVANIE KLBOVÉHO PRIPOJENIA VÄZNÍKOV PRIEHRADOVEJ KONŠTRUKCIE

MODELING OF HINGED CONNECTION OF ROOF STRUCTURE'S LATTICE- GIRDERS

Michal Tomko¹, Ivo Demjan²

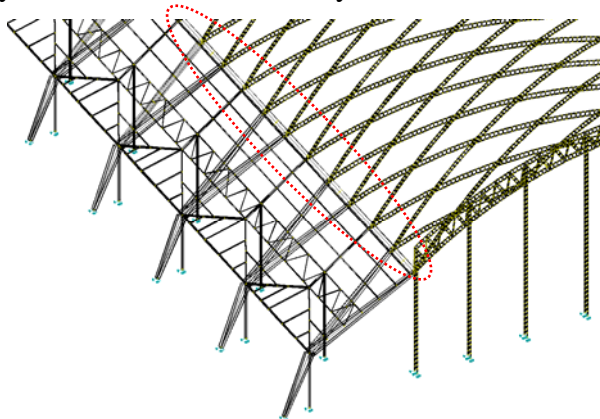
Abstract

The paper deals with static analysis of existing ice-ring bearing steel structure, also with static calculation of its roof structure loaded by new roof coat. According to the static analysis results, the repair of initial state was designed and realized, with designing of details, which must be modified. By means of software ANSYS, the detail of hinged joint support of laminated lattice-girders was 3D-modeled with volume elements. The deformation-stress analysis of mentioned detail was also done.

1 Výpočtový model zimného štadióna

Priestorový model obsahuje 14452 uzlov a 22357 prútov. Pri výpočte sa uvažovali 4 nelineárne kombinácie zaťažení a výpočtový model bol analyzovaný použitím geometricky nelineárneho výpočtu, kde bolo použitých 20 prírastkov zaťaženia.

Na základe výsledkov statickej analýzy zimného štadióna bola navrhnutá a zrealizovaná úprava pôvodného stavu s návrhom detailov, ktoré je potrebné upraviť, aby predmetný štadión vyhovoval na I. a II. medzný stav.



Obr. 1: Časť renderovaného výpočtového modelu zimného štadióna
Schematické zobrazenie nevyhovujúcich zvislíc a časti prvého poľa spodného a horného pásu oblúka nosnej konštrukcie strechy

2 Statická analýza klbového pripojenia väzníkov

V programe ANSYS bol vytvorený FEM 3D-model predmetného prvého poľa lamelového väzníka s čapovým uložením:

- 1) bez zosilnenia;
- 2) zo zosilnením.

¹ Ing. Michal Tomko, PhD., TU Stavebná fakulta, KSM ÚIS, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, michal.tomko@tuke.sk

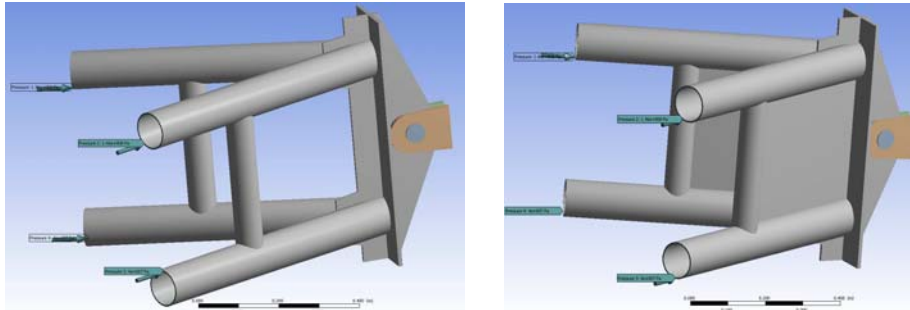
² Ing. Ivo Demjan, PhD., TU Stavebná fakulta, KSM ÚIS, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, ivo.demjan@tuke.sk

Kontakt čapových dosiek s čapom je uvažovaný len na tlak. Pri metóde plastických zón sa uvažoval pružno-plastický materiál so spevnením v ťahu charakterizovaný bilineárnou aproximáciou pracovného diagramu ocele S 235.

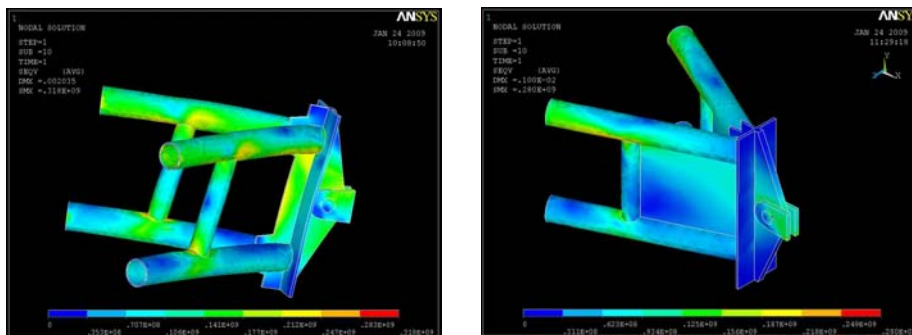
Výpočet sa realizoval prírastkovou Newton-Rapsonovou metódou. Boli sledované pomerné plastické deformácie a Von Mises napätia.

a) bez zosilnenia

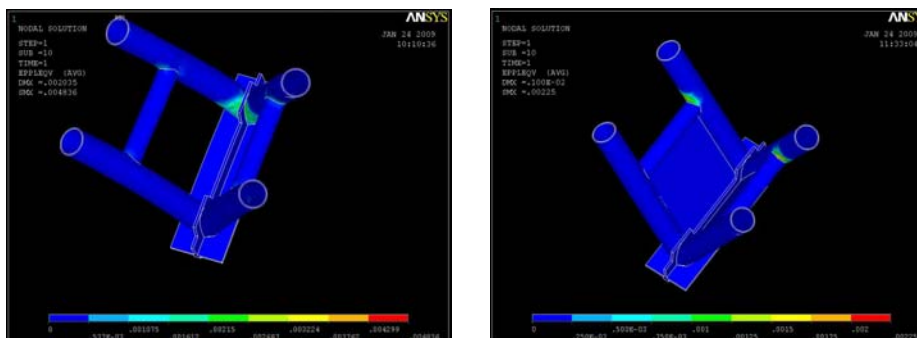
b) zosilnenie ocelovou platňou hr. 8mm



Obr. 2: Výpočtový model prvého poľa lamelového väzníka s čapovým uložením



Obr. 3: Von Mises napätia



Obr. 4: Pomerné plastické deformácie

3 Záver

Základným predpokladom dobrého statického zhodnotenia stavebnej konštrukcie je poznanie fyzikálno-mechanických vlastností jednotlivých prvkov konštrukcie a ich vzájomné statické pôsobenie v konštrukcii, t.j. parametrov, ktoré obsahuje aj teoretický výpočtový model, ak sa má dosiahnuť ekvivalencia medzi reálnym správaním sa stavebnej konštrukcie a teoretickou odozvou statického výpočtového modelu.

Pod'akovanie

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia projektu VEGA č. 1/4197/07.

PRÍSPEVOK K MODELOVANIU VÝŠKOVÝCH BUDOV

EFFECTS OF DILATATIONS UPON THE STRUCTURAL SYSTEMS OF THE HIGH-RISE BUILDINGS

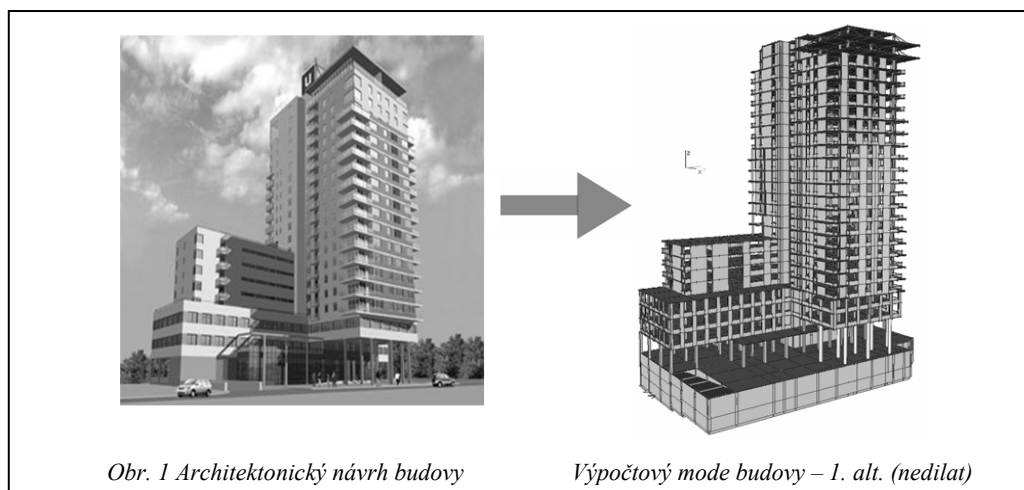
Olga Ivánková¹, Marián Štellmach²

Abstract

In this paper, the static and dynamic analysis of the high-rise building is presented. Effects of the subgrade, dilatations and the structural system upon the eigenfrequencies, displacements and seismic resistance of the building have been analyzed. For the purposes of the analysis, two 3D FEM models were created, with and without considering the dilatation. For the static and dynamic calculation and the analysis of the static and dynamic loading of the building (seismic effects) the software system NEXIS was used.

1 Úvod

V minulom období získať informácie o vlastných frekvenciách výškových budov bolo možné len pomocou náhradných modelov: konzol, rovinných rámov,... V súčasnosti nám výpočtová technika umožňuje tvoriť výpočtové priestorové modely, ktoré sú veľmi blízke reálnej konštrukcii, čo do jej zaťaženia, konštrukcie, materiálu, podlažia. Pre projektantov je stále aktuálna tiež otázka voľby konštrukčného systému pre daný objekt, jeho správania sa od vplyvu vetra, resp. seizmický účinkov. Predmetom príspevku je staticko-dynamická analýza výškovej budovy (Obr.1).



Seizmické zaťaženie v oblastiach s vyšším seizmickým rizikom ako je makroseizmická intenzita 6* MSK-64 stupnice, kam patrí aj Bratislava, začína mať rozhodujúci vplyv na návrh hlavných nosných prvkov a na konštrukcie zabezpečujúce horizontálnu tuhosť konštrukcie ako celku. Tuhosť podlažia vo výraznej miere

¹ Olga Ivánková, doc. Ing, PhD., Katedra stavebnej mechaniky, Stavebná fakulta, STU v Bratislave, Radlinského 11, Bratislava, e-mail: olga.ivankova@stuba.sk

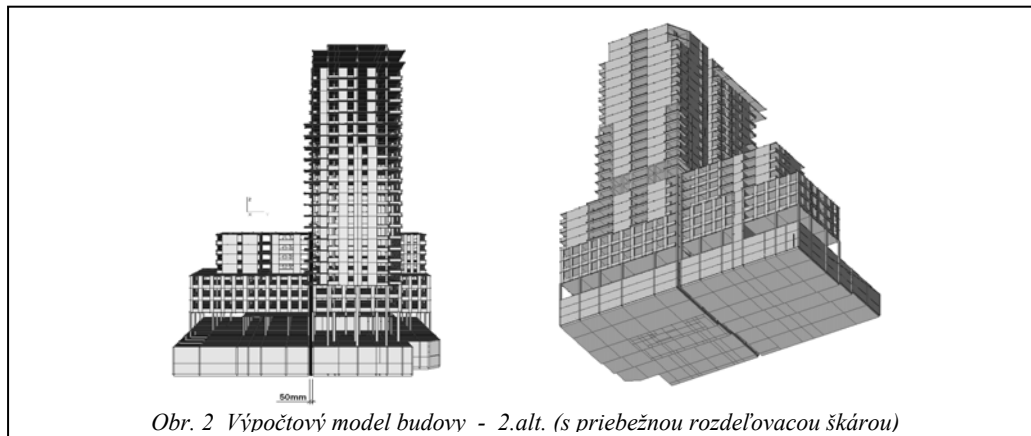
² Ing. Marián Štellmach, fi. ISA, s r.o., Bratislava, e-mail: marian.stellmach@pobox.sk

ovplyvňuje správanie sa systému konštrukcia – podložie, má vplyv na vlastné frekvencie budovy, ktoré sú vstupnými údajmi pre dynamický výpočet pri posudzovaní vplyvu seizmicity.

2 Modelovanie výškovej budovy

V programe NEXIS boli namodelované dva priestorové modely výškovej budovy. Jednalo sa o polyfunkčnú, 25-podlažnú budovu so suterénom v troch podzemných podlažiach, ktoré odstupňovaním po pôdoryse prechádzajú do dvoch podzemných podlaží. Objekt je asymetrický podľa obidvoch osí symetrie s pôdorysnými rozmermi podzemnej časti objektu 34,6*60,6m. Založenie objektu bolo na železobetónovej monolitckej doske (Obr.1).

V druhej alternatíve bola objekt upravený tak, aby mohol byť oddilatovaný rozdeľovacou škárou, t.j. zdvojením stĺpov na danom mieste (Obr. 2).



Obr. 2 Výpočtový model budovy - 2.alt. (s priebežnou rozdeľovacou škárou)

3 Záver

Tento príspevok vznikol pri hľadaní odpovede na otázku rozdeľovania stavby aj v základových doskách a akým spôsobom. Zo skúseností zo stavebnej praxe vieme, že i v súčasnosti pri použití kvalitných izolácií stavebné firmy nezvládnu dobre utiesniť rozdeľovacie škáry. Ako príklad uvádzame zábery z porúch tesnenia rozdeľovacích škár, ktoré boli vytvorená zdvojením stĺpov v jednej z podobných výškových stavieb (Foto v článku).

Pod'akovanie

Projekt bol realizovaný za finančnej podpory zo štátnych prostriedkov prostredníctvom Grantovej agentúry Slovenskej republiky. Registračné číslo projektu je 1/0666/08.

Literatura

- [1] Ivánková O., Javorek T.: PORONANIE VÝSLEDKOV STATICKO-DYNAMICKEJ ANALÝZY BUDOV POMOCOU VÝPOČTOVÝCH PROGRAMOV. KONSTRUKCE, PRO STAVEBNICTVÍ A STROJÍRENSTVÍ, 3. ROČ., 1/2004, STR.18-19.
- [2] Kala, J., Salajka, V.: POČÍTAČOVÁ SIMULACE POSTUPU VÝSTAVBY VISUTÉ MOSTNÍ KONSTRUKCE. IN: NEW TRENDS IN STATICS AND DYNAMICS OF BUILDINGS, OKTÓBER, 2007, BRATISLAVA, SVF STU BRATISLAVA, STR. 321–324.
- [3] Melcer, J.: DYNAMICKÉ CHARAKTERISTIKY DIAĽNIČNÉHO MOSTA PRE HORIZONTÁLNY SMER ZAŤAŽENIA. IN: KONFERENCIJA NAUKOVO–TECHNICZNA, AKTUALNE PROBLEMY NAUKOVO-BADAWCZE BUDOWNICTWA. POLAND, OLSZTYN-LAŃSK, 2002, P. 481 - 488.