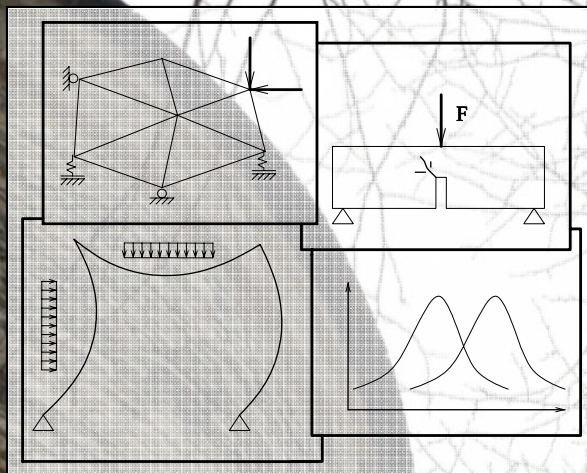


VYSOKÁ ŠKOLA BAŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
FAKULTA STAVEBNÍ
KATEDRA STAVEBNÍ MECHANIKY



MEZINÁRODNÍ KONFERENCE

MODELOVÁNÍ V MECHANICE

SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ

14. – 15. ÚNORA 2007

Název publikace: Sborník příspěvků konference Modelování v mechanice 2007
Vydala: VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební
Autor: Kolektiv autorů
Datum vydání: únor 2007
ISBN: 978-80-248-1330-1

Materiály neprošly jazykovou úpravou a jsou přetištěny v původním znění

OBSAH

Mikolášek David a Čábi Lukáš	
Modelování sloupu z formovaného dřeva metodou konečných prvků	1
Mikolášek David	
Modelování momentového spoje dřevěné konstrukce	3
Pěňčík Jan	
Využití MKP při návrhu prototypu přímého dřevěného třmenového schodiště	5
Pěňčík Jan a Florian Aleš	
3D analýza zavěšeného mostu přes řeku Odru a Antošovické jezero	7
Zídek Rostislav	
Modelování částečného spřažení v prutovém modelu programu Asteres	9
Veselý Václav, Frantík Petr a Keršner Zbyněk	
Analýza napjatosti a šíření trhlin ve zkušebních vzorcích pro měření poškození kvazikřehkého materiálu pomocí elektromagnetické emise	11
Teplý Břetislav	
Může investor využít modelování?	13
Králik Juraj a Ivánková Oľga	
Analýza hraničnej seizmickej odolnosti ventilačného komína jadrovej elektrárne podľa metodológie SMA	15
Melcer Jozef	
Frekvenčné charakteristiky výpočtového modelu vozidla	17
Moravčík Milan	
Životnosť betonových konštrukcií jadrových elektrární	19
Sýkora Miroslav	
Pravděpodobnostní modely při ověřování spolehlivosti existujících konstrukcí	21
Králik Juraj a Králik Juraj ml.	
Analýza spoľahlivosti združeného ocelového rámu haly na výrobné nepresnosti	23
Králik Juraj	
Deterministická a pravdepodobnostná analýza seizmickej odolnosti jadrovej elektrárne v Mochovciach	25
Řoutil Ladislav, Štancel Patrik, Veselý Václav a Keršner Zbyněk	
Experimentální a numerická analýza chování železničních pražců při kontrolních zkouškách pro průřez uprostřed rozpětí	27
Pudil Martin a Krejsa Martin	
Posouzení návrhu železobetonové klenby pomocí stochastického nelineárního modelování	29
Randýsková Lenka	
Symetrické řešení vzpěradla pomocí principu jednotkových momentů	31
Kubečka Karel a Krejsa Martin	
Statický model ocelového technologického mostu a jeho uplatnění v praxi	33
Janas Petr	
Statické řešení ocelové obloukové výztuže při velkých deformacích	35
Janas Petr a Kološ Ivan	
Modelování ohybové zkoušky průřezu K-24	37
Podešva a Jiří	
Charakteristika nelineárního ohybu nosníku	39
Janas Petr a Krejsa Martin	
Pravděpodobnostní výpočet únosnosti a pružné deformační energie důlní obloukové výztuže	41

Brdečko Luděk, Zídek Rostislav a Fiala Ctislav	
Nelineární analýza prutového modelu komůrkového panelu	43
Drahorád Michal a Posch Marek	
Stanovení maximálního provozního zatížení zděných klenbových mostů pozemních komunikací s přesypávkou	45
Drahorád Michal a Posch Marek	
Modelování zděných klenbových mostů - porovnání výsledků meze zatížitelnosti lineárního a nelineárního řešení	47
Posch Marek	
Modelování zděných klenbových mostů – ověření nelineárního modelu malty	49
Posch Marek a Drahorád Michal	
Modelování zděných klenbových mostů - metoda určení mezní zatížitelnosti zděných klenbových mostů	51
Frantík Petr	
Modelování ztráty stability štíhlé desky kroucením při osovém tlaku	53
Juriček Tomáš	
Optimalizace stavebních konstrukcí	55
Tvrdá Katarína a Dický Jozef	
Optimalizácia dosky uloženej na winklerovom podloží	57
Brožovský Jiří, Veselý Václav a Keršner Zbyněk	
K modelování lomu pokročilých stavebních materiálů	59
Podroužek Jan a Novák Drahomír	
Modelování degradace betonových konstrukcí pomocí celulárních automat	61
Jonov David	
Ohyb štíhlých tlačených betonových prutů - nelineární analýza	63
Michalcová Vladimíra a Kozubková Milada	
Numerická simulace tlakového zatížení obvodových pláštů budov v reálné atmosféře ve stacionární a nestacionární úloze	65
Michalcová Vladimíra a Michalec Zdeněk	
Numerická simulace tlakového zatížení dlouhého domu se sedlovou střechou v reálné atmosféře	67
Konečný Petr, Tikalsky Paul J. a Tepke David G.	
Posudek trvanlivosti ŽB mostovky s ohledem na působení chloridů s využitím MKP a metody SBRA	69
Frydrýšek Karel	
Pravděpodobnostní přístup při řešení jednoduché lávky uložené na pružném podloží	71
Demjan Ivo	
Využitie experimentálne získaných výsledkov pre aplikáciu pravděpodobnostných přístupov pri hodnotení stavebných konstrukcií	73
Đuraj Ján, Tóthová Dagmar a Mojdis Marek	
Numerické riešenie interakcie základového pásu s podložíom za predpokladu lineárnej aproximácie kontaktných napätí	75
Kotrasová Kamila	
Prúdiace hydrodynamické tlaky pôsobiace na pravouhlú nádrž v dôsledku zemetrasenia	77
Kotrasová Kamila a Grajciar Ivan	
Tlaky pôsobiace na pravouhlú nádrž v dôsledku zemetrasenia	79

MODELOVÁNÍ SLOUPU Z FORMOVANÉHO DŘEVA METODOU KONEČNÝCH PRVKŮ

THE SIMULATION OF THE FORMED WOOD PILLAR WITH THE FINITE ELEMENT METHOD

Lukáš Čábi¹, David Mikolášek²

Abstract

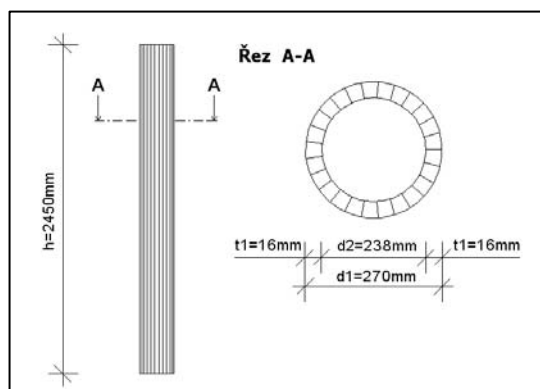
The main project's aim was to compare the outcomes of compression tests of the formed wood pillars with the outcomes of the computer programme ANSYS using Finite element method.

1 Úvod

Předmětem výzkumu je dřevěný sloup kruhového průřezu, který je zatěžován tlakovou silou v podélném směru. Dřevěný sloup je vyroben z formovaného dřeva (smrk/Picea abies), který je stlačovaný a formovaný do kruhového průřezu s průměrem $d_1 = 270$ mm. Délka sloupu je 2450 mm. Tloušťka stěny sloupu je 16 mm.



Obr. 1.1 Kruhový průřez sloupu z formovaného dřeva



Obr. 1.2 Sloup z formovaného dřeva

2 Tlakové zkoušky sloupu z formovaného dřeva

Cílem tlakových zkoušek bylo stanovení únosnosti sloupu z formovaného dřeva, který je namáhán tlakovou silou rovnoběžně s výškou sloupu.

Pro tlakové zkoušky jsou použity sloupy z formovaného smrkového dřeva (Picea abies). Tlakové zkoušky sloupu z formovaného dřeva se prováděly v Otto-Mohr zkušební hale, která je využívána pro vědeckou činnost na Technické univerzitě Drážďany (Německo). Měřicí přístroj DB 6000 a zkušební těleso jsou zobrazeny na obr. 2.3.

¹ Ing.Lukáš Čábi, VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra pozemního stavitelství, Ludvíka Podéště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, tel: 597 321 375, e-mail: lukas.cabi.fast@vsb.cz

² Ing.David Mikolášek, VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Podéště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, tel: 597 321 391, e-mail: david.mikolasek.fast@vsb.cz



Obr. 2.1 Tlaková zkouška sloupu výšky 500 mm

Výsledkem tlakových zkoušek se zjištění tlakových sil při porušení jednotlivých zkušebních těles. Z naměřených hodnot je vytvořena křivka určující vztah mezi tlakovou silou při porušení sloupu a štíhlostí sloupu.

3 Výpočtový model sloupu z formovaného dřeva

Cílem modelování sloupu v počítačovém softwaru ANSYS [1] je zjištění závislosti mezi tlakovou silou při porušení sloupu a posunutí. Z předepsaných posunutí sloupu u je vypočtena výsledná tlaková síla, která zatěžuje kruhový průřez sloupu.

Konstrukce byla při výpočtu zatěžována předepsaným posunutím u , ze kterého byla vypočtena výsledná tlaková síla F . Pro tvorbu výpočtových modelů sloupů byl použit osmiuzlový prostorový konečný prvek SOLID 45. Ve dřívku sloupu jsou namodelovány suky, které jsou rovněž vytvořeny z konečného prvku SOLID 45. Modely sloupů jsou vymodelovány pro výšku 200, 500 a 2450 mm. Ve výpočtu byla zohledněna geometrická nelinearita. Z vypočtených hodnot se provede křivka, která určuje závislost mezi posunem U_Z a výškou sloupu. Zjištěná odchylka mezi křivkou z tlakových pokusů a křivkou získanou modelováním metodou konečných prvků činí 5 %.

4 Závěr

Vzhledem k nízké hodnotě odchylky obou křivek můžeme předpokládat výpočet sloupu metodou konečných prvků jako věrohodný.

Ve výpočtu však nebyla zohledněna ortotropie formovaného dřeva, která může ovlivnit výsledky. Dalším důležitým faktorem pro modelování sloupu je rozdílná hodnota elastického modulu jednotlivých dřevěných segmentů, které tvoří dřív dřevěného sloupu.

Z tohoto důvodu se bude muset přihlížet k výše uvedeným faktorům při následujícím modelování sloupu v počítačovém softwaru.

Literatura

[1] Ansys 10. ANSYS Inc.. Výpočtový program pro PC

MODELOVÁNÍ MOMENTOVÉHO SPOJE DŘEVĚNÉ KONSTRUKCE

MODELING OF CONNECTION OF TIMBER ELEMENTS

David Mikolášek¹

Abstract

The paper discusses a detail of connection of timber elements. The connection is done by steel plate. The modelling is based on the 3D brick finite elements. A linear analysis has been done.

1 Úvod

Článek má za cíl porovnat výpočet tuhého spoje v dřevěné konstrukci podle EUROKÓDU 5 s modelem vytvořeným v programu ANSYS 10.0. Konstrukce byla modelována jako 3D těleso z konečných prvků SOLID 45 a SHELL 63, prvky typu SHELL 63 byly použity pouze pro provedení sítě konečných prvků. Jedná se o konzolu připojenou kolíkovým spojem přes vnitřním ocelovou plotnou ke sloupu. Jako srovnání mezi oběma uvedenými postupy výpočtu bude bráno napětí v dřevěné části konstrukce a jeho výsledný směr, spolu s napětím na ocelových částech přípoje.

2 Řešení

Dřevěná konstrukce byla uvažována jako ortotropní, zatížená vlastní vahou a silovým zatížením. Uložení konstrukce bylo navrženo ve dvou místech dřevěného sloupu (v patě a v 2/3 jeho výšky) jako dokonale neposuvné. Úloha byla počítána geometricky lineárně a nelineárně, fyzikálně lineárně. Vnější zatížení bylo vneseno do konstrukce přes momentově připojenou konzolu, na kterou působí osamělá břemena (trámové zatížení). Ocelový spoj se skládá z ocelové plotny tl. 8mm, ocelových kolíků $\phi 16\text{mm}$, ocel je třídy S235. Dřevěná část konstrukce se skládá z lepeného lamelového dřeva SA .

2.1 Okrajové podmínky

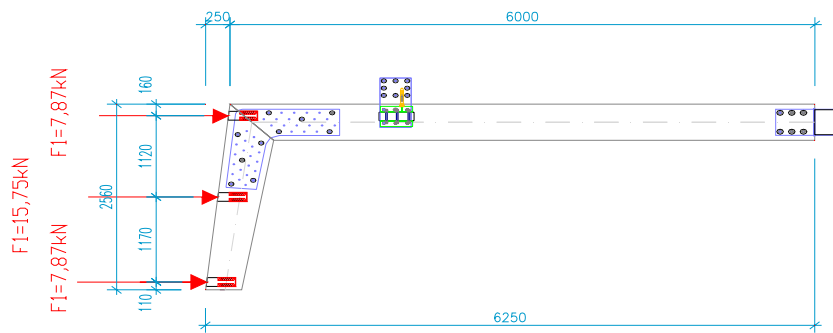
Dřevěná část konstrukce

- třída vlhkosti 3
- zatížení stálé + střednědobé
- lepené lamelové dřevo SA

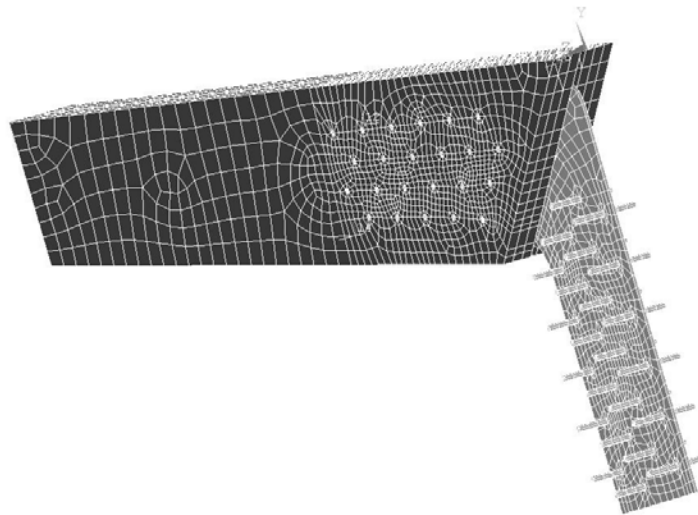
Ocelová část konstrukce

- ocel S235
- ocelová plotna tl. 8mm
- ocelové kolíky $\phi 16\text{mm}$

¹ David Mikolášek, Ing., VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděště 1875, 708 33, david.mikolasek.fast@vsb.cz



Obr. 1: Geometrie modelované konstrukce spolu se zatížením



Obr. 2: Spojení ocelové plotny s kolíky a konzoly se sloupem

3 Závěr

Po zhodnocení výsledků numerického modelu a výpočtu podle EUROKÓDU 5, bylo dosaženo poměrně dobré shody pro přepočtené zatížení a jeho výsledný směr .

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je 103/05/H036.

VYUŽITÍ MKP PŘI NÁVRHU PROTOTYPU PŘÍMÉHO DŘEVĚNÉHO TŘMENOVÉHO SCHODIŠTĚ

USAGE OF FEM AT DESIGN OF THE PROTOTYPE OF WOODEN STIRRUP
STAIRCASE

Jan Pěničik¹

Abstract

At present, modern highly discharged and airy stairways are used to interconnect the heights of distant floors. By one of those types, which comply the mentioned criteria is straight or cranked wooden stirrup staircase. The attached paper describes usage of FEM at design of the prototype of this staircase. For preliminary and detailed analysis were used analysis systems NEXIS32 and ANSYS.

1 Úvod

Trendem poslední doby, při řešení vzájemného výškového propojení dvou podlaží, je využití maximálně odlehčených a vzdušných schodišť. Jedním z typů schodišť, které tyto požadavky splňují jsou moderní dřevěná třmenová schodiště (obr. 1a a 1b).



Obr. 1: Příklady realizací dřevěných třmenových schodišť (a), (b), detail kotvení stupňů do zdi pomocí třmenů (c) a vynesení stupňů pomocí soustavy šprdlínek kotvených do masivního madla (d)

Dřevěná třmenová schodiště jsou tvořena stupni, madlem, nástupním a výstupním sloupkem. Standardně jsou stupně na vnitřní straně, tj. na straně u nosné stěny, uloženy do stěny pomocí ocelových trnů (*třmenů*), vložených do gumových pouzder (obr. 1c). V některých případech jsou ocelové trny ukotveny do dřevěné schodnice, která kopíruje tvar nosné stěny. Na vnější straně jsou stupně vynášeny pomocí soustavy táhel (*šprdlínek*), kotvených do masivního madla (obr. 1d). Výšková poloha jednotlivých stupňů je zajištěna distančními válečky, které současně zajišťují prostorovou polohu schodiště.

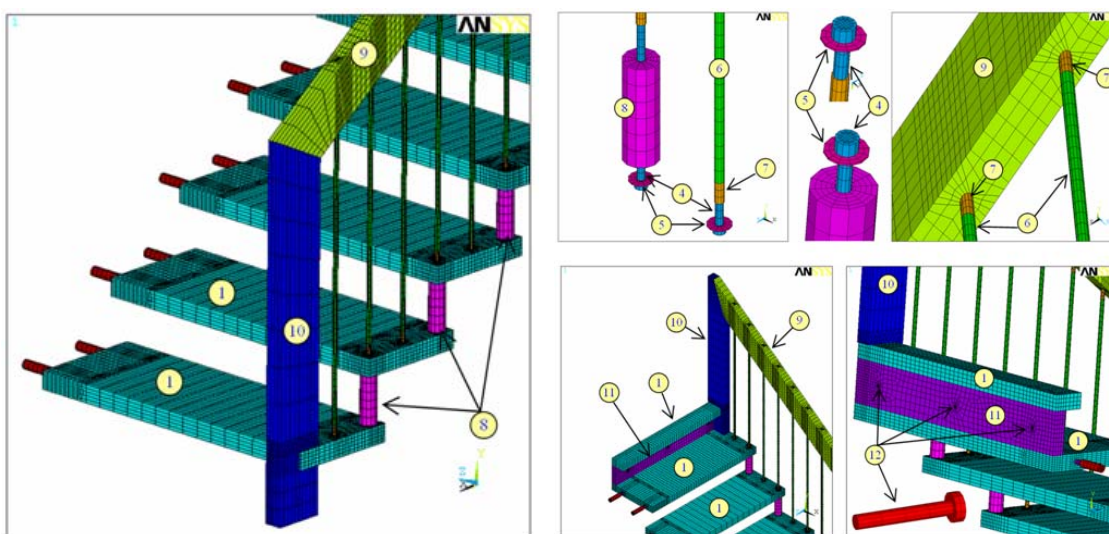
¹ Ing. Jan Pěničik, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 95, 602 00 Brno, e-mail: pencik.j@fce.vutbr.cz

V rámci inovace výrobního programu firmy JEMA Svitavy a.s. bylo přistoupeno k modernizaci konstrukce dřevěných třmenových schodišť. Výstupem modernizace byl návrh prototypu nového dřevěného třmenového schodiště.

2 Analýza stávajícího přímého dřevěného třmenového schodiště

V první fázi návrhu prototypu nového dřevěného třmenového schodiště byla provedena analýza pomocí MKP programy NEXIS32 a ANSYS (obr. 2) stávajícího přímého schodiště výšky 3,000 m tvořeného 16 stupni. Zjištěné výsledky byly vyhodnoceny a byly pomocí nich vytipovány kritická místa konstrukce. Tyto místa byly detailně numericky analyzovány a současně experimentálně testovány.

V druhé fázi byly shrnuty výsledky z numerických analýz provedených v první fázi a výsledky experimentálních testů. Na základě těchto výsledků byl navržen prototyp dřevěného třmenového schodiště (obr. 3), který byl rovněž experimentálně testován.

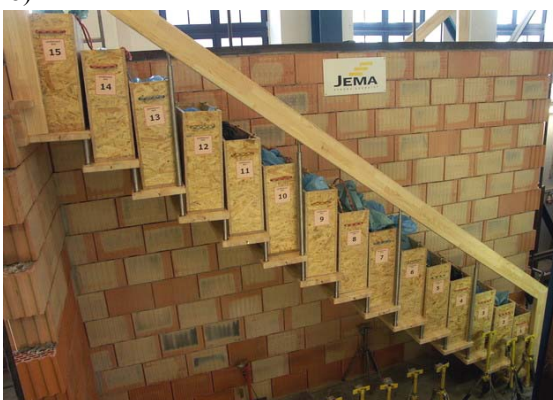


Obr. 2: Globální výpočtový model – konstrukční části

a)



b)



Obr. 3: Prototyp přímého dřevěného třmenového schodiště před (a) a v průběhu zatěžovací zkoušky (b)

Poděkování

Príspevek vznikl s pomocí výzkumného záměru MSM0021630511 "Progresivní stavební materiály s využitím druhotných surovin a jejich vliv na životnost konstrukcí" řešeného na fakultě stavební VUT v Brně a programu IMPULS "Výzkum a vývoj nové generace schodišť do bytových a občanských objektů".

3D ANALÝZA ZAVĚŠENÉHO MOSTU PŘES ŘEKU ODRU A ANTOŠOVICKÉ JEZERO

3D ANALYSIS OF THE CABLE-STAYED BRIDGE OVER ODRA RIVER AND ANTOSOVICE LAKE

Jan Pěňčík¹, Aleš Florian²

Abstract

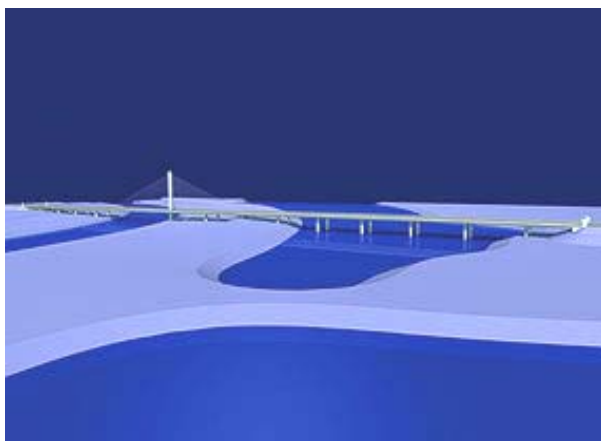
The construction of D47 motorway, section 4791/2, includes a cable-stayed bridge over the Odra River and the Antosovice Lake in km 160,000. The article describes the 3D analysis models of this bridge made in the ANSYS program. Designers used results obtained with these models within the designing process to prove the behavior of the bridge supporting structure and some structure details.

1 Stavba 4791/2

Jedním z úseků nově budované dálnice D47, která propojí ostravský region se stávající dálniční sítí ČR je stavba 4791/2 o délce 4,2 km. Součástí této stavby jsou, kromě přeložek silnic, železniční tratě, dálniční odpočívky i dva mostní objekty, které převádí dálnici přes řeku Odru – (i) zavěšený most přes řeku Odru a Antošovické jezero v km 160,000 a (ii) mostní estakáda přes řeku Odru v km 163,000.

Projektantem nosné konstrukce zavěšeného mostu je projekční kancelář Stráský, Hustý a partneři (SHP), Brno, jmenovitě prof. Ing. Jiří Stráský, CSc. a Ing. Libor Konečný.

2 Popis konstrukce zavěšeného mostu přes řeku Odru a Antošovické jezero v km 160,000



Obr. 1: Konstrukce zavěšeného mostu přes řeku Odru a Antošovické jezero (zdroj vizualizace [1])

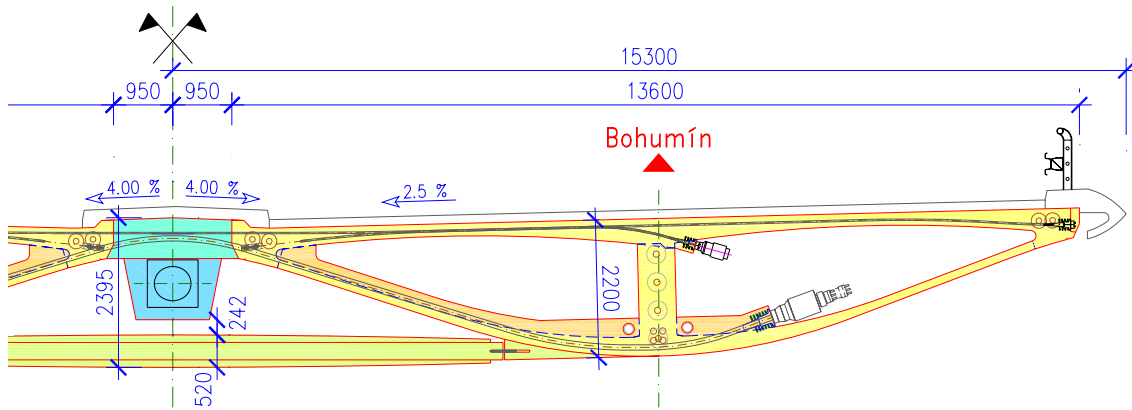
Konstrukce mostu je v estakádní části tvořena dvěma souběžnými vzájemně oddělenými mosty, které převádí pravý a levý pás dálnice D47. V zavěšené části jsou oba mosty v ose dálnice spojeny římsou v jeden celek a zavěšeny prostřednictvím mnohonásobných závěsů na ocelobetonový pylon výšky 48,6 m (obr. 1).

Mosty jsou navrženy jako dvoukomorové segmentové monolitické nosníky se spráženou mostovkou výšky 2,20 m z předpjatého betonu se zakřiveným pohledem (obr. 2). Nosníky

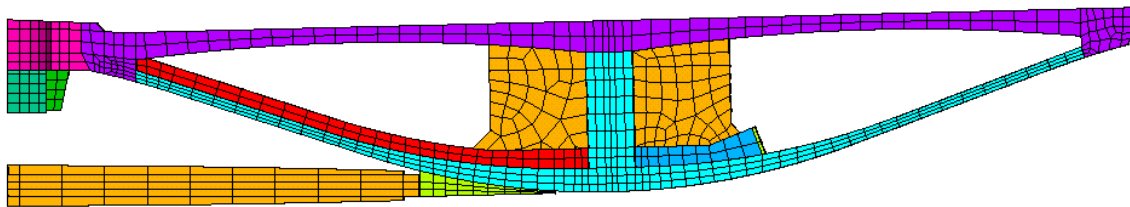
¹ Ing. Jan Pěňčík, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 95, 602 00 Brno, e-mail: pencik.j@fce.vutbr.cz

² Doc. Ing. Aleš Florian, CSc., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 95, 602 00 Brno, e-mail: florian.a@fce.vutbr.cz

jsou předepnuty v podélném směru pomocí vnitřních kabelů se soudržností a vnějšími volnými kabely. V příčném směru jsou nosníky předepnuty pomocí vnitřních kabelů se soudržností. Šířka nosníků v estakádni části je 2x14,6 m a v zavěšené části 30,6 m. Celková délka mostu je 606 m.



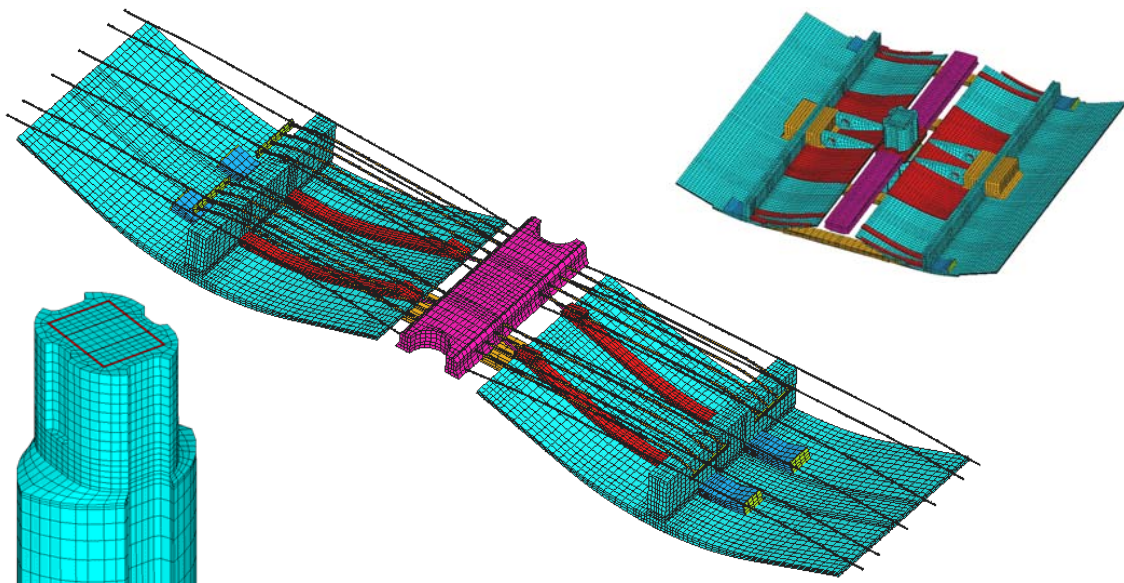
Obr. 2: Symetrická polovina příčného řezu v zavěšené části (převzato z výkresové dokumentace SHP)



Obr. 3: Příčný řez nosné konstrukce v programu ANSYS

V rámci projekční činnosti byly pro projekční kancelář SHP autory příspěvku vytvořeny prostorové (3D) výpočtové modely v programu ANSYS, pomocí kterých projektanti získali podrobnější informace o prostorovém chování konstrukce a ověřili si chování některých detailů.

Výpočtové modely byly vytvořeny pomocí prutových (LINK, BEAM), plošných (SHELL, SURF) a objemových (SOLID) konečných prvků. Vybrané detaily výpočtových modelů jsou zobrazeny na obrázku 3 a 4.



Obr. 4: Vybrané detaily výpočtových modelů

MODELOVÁNÍ ČÁSTEČNÉHO SPŘAŽENÍ V PRUTOVÉM MODELU PROGRAMU ASTERES

MODELLING OF PARTIALLY COMPOSITE BEAMS IN ASTERES PROGRAM

Rostislav Zídek¹

Abstract

The aim of this paper is to describe a numerical method for analysis of a partial interaction in composite beams implemented in Asteres program. The composite beam is simulated by using beam elements on eccentricity for both parts of the composite section. The partial longitudinal connection is realized via elastic springs situated at the nodes. The method is compared to the analytical approach proposed by Seracino et al. [2].

1 Úvod

Spřažené konstrukce jsou v konstrukční praxi hojně používány. Vyskytují se v různých materiálových variantách, např. ocel – beton, beton - beton, dřevo – beton, ale i nosníky dřevo - dřevo. Spřažené nosníky se dají charakterizovat jako pruty z různých nebo stejných materiálů podélně spojené tak, aby bylo dosaženo co nejlepšího využití materiálu obou částí.

Spojení spolupůsobících částí nosníku může být buď dokonalé, to znamená, že nedochází k prokluzu mezi spojovanými částmi, nebo částečné. V reálných hybridních konstrukcích dochází ke vzájemnému posunu spojovaných částí. Velikost posunu je závislá na materiálu spojovaných částí, na druhu a množství spojovacích prostředků a na tvaru styčné spáry. Předpokládáme-li pružné chování materiálů i spojovacích prostředků, můžeme pro smykové napětí ve spáře psát

$$q = -k \cdot s, \quad (1)$$

kde q [N/m] označuje podélný smykový tok (longitudinal shear flow), tj. smykovou sílu, vztaženou na jednotku délky, k [N/m²] je smyková tuhost spřažení a s [m] je smykový posun v podélné spáře.

2 Program Asteres

Program Asteres je akademický software pro řešení rovinných prutových konstrukcí. Implementován je prutový prvek na excentricitě odvozený autorem. Element má dva uzly a byl odvozen pomocí teorie přenosových matic. Výsledný typ prvku je kompatibilní s deformační variantou metody konečných prvků.

Pro koncepci spřažení byly s malými změnami přijaty předpoklady uvedené v [1]:

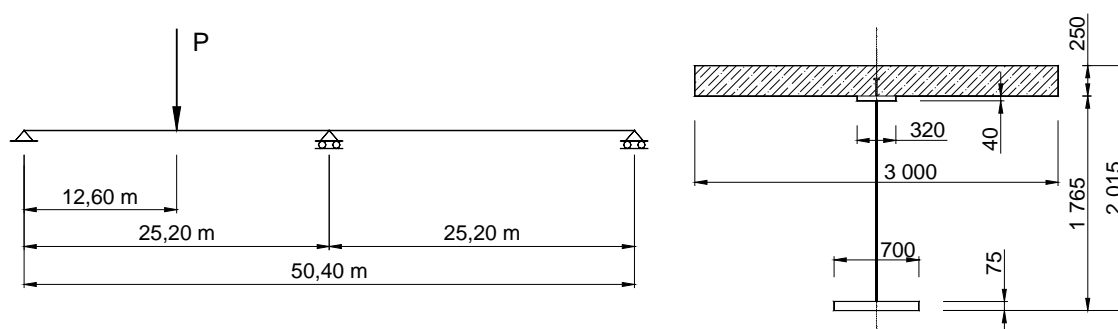
- Shodné posuny kolmé na osy prutů obou částí, tzn. nedochází k oddělení spřažených částí.
- Shodná pootočení v počátečním a koncovém uzlu.
- Zachování rovinnosti průřezu obou částí.

¹ Ing. Rostislav Zídek, Ph.D., Ústav stavební mechaniky, FAST VUT v Brně, Veveří 95, 60200 Brno, email: zidek.r@fce.vutbr.cz

Obě části spřaženého průřezu jsou modelovány zvláštními prvky. Referenční osa obou je v podélné spáře, kde dochází k překrytí uzlů obou prvků. Spřažené uzly jsou spojeny pružným spojením, které je realizováno zvláštním typem prvku. Ten má nenulovou tuhost pouze ve směru os spojovaných prvků. Shodnost pootočení a posunů kolmých na osu prutu je zajištěna úpravou matice tuhosti konstrukce.

3 Ověření modelu

Ve [2] byla publikována metoda analytického řešení spojitého nosníku o dvou polích (obr. 1). Zatížení nosníku je osamělou silou v prvním poli o velikosti $P = 320$ kN. Modul pružnosti oceli byl uvažován hodnotou 200 GPa, modul pružnosti betonu byl doložen ze zadané pevnosti betonu $f_c = 35$ MPa. Spřahovací prostředky mají jednotlivě tuhost $k_s = 54,72$ MN/m, jejich vzájemná vzdálenost je 0,6 m, tuhost spřažení k je 91,2 MN/m².



Obr. 1: Schema řešené konstrukce

Řešení bylo ve [2] provedeno analyticky. Porovnání výsledků analýzy programem Asteres s výsledky zveřejněnými ve [2] prokázalo dobrou shodu průběhů smykových toků ve spáře.

4 Závěr

Byl odvozen model pružného spřažení a implementován do MKP programu. První výpočty ukazují dobrou shodu s teoretickým řešením. V současné době se připravuje spojení tohoto modelu pružného spřažení s analýzou reologie betonové části průřezu.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je 103/06/P252.

Literatura

- [1] Fragiaco, M., Ceccotti, A., LONG-TERM BEHAVIOR OF TIMBER-CONCRETE COMPOSITE BEAMS. I: FINITE ELEMENT MODELING AND VALIDATION, JOURNAL OF STRUCTURAL ENGINEERING © ASCE, January 2006, str. 13 – 22.
- [2] Seracino, R., Lee, C. T., Tan, Z., PARTIAL INTERACTION SHEAR FLOW FORCES IN CONTINUOUS COMPOSITE STEEL-CONCRETE BEAMS, JOURNAL OF STRUCTURAL ENGINEERING © ASCE, February 2006, str. 227 – 236.

ANALÝZA NAPJATOSTI A ŠÍŘENÍ TRHLIN VE ZKUŠEBNÍCH VZORCÍCH PRO MĚŘENÍ POŠKOZENÍ KVAZIKŘEHKÉHO MATERIÁLU POMOCÍ ELEKTROMAGNETICKÉ EMISE

ANALYSIS OF STRESS STATE AND CRACK PROPAGATION IN SPECIMENS USED FOR QUASI-BRITTLE MATERIAL FAILURE MEASUREMENT BY ELECTROMAGNETIC EMISION

Václav Veselý¹, Petr Frantík², Zbyněk Keršner³

Abstract

This paper presents a pilot study of the stress distribution and crack propagation in specimens used in tests in which the quasi-brittle material failure is investigated by means of electromagnetic emission. The main attention is paid to testing configurations in which the failure is caused by lateral tension induced in the specimen by compressive loading in the testing machine.

1 Úvod

V tomto článku je prezentována pilotní studie napjatosti a šíření trhlin ve zkušebních tělesech používaných při měření poškození kvazikřehkých materiálů pomocí elektromagnetické emise (EME). Pozornost se zaměřuje na takové zkušební konfigurace, při nichž tlakové zatížení vnášené do zkušebních těles z čelistí zkušebního zařízení vyvolává příčné tahové namáhání vzorků způsobující vznik a šíření trhlin.

Lom je v pevných látkách doprovázen vznikem fononů a elektrického náboje na lících vznikající trhliny, jež je důsledkem přetržení atomových a iontových vazeb. Tyto jevy jsou označovány jako akustická resp. elektromagnetická emise a lze je s výhodou použít při měření mechanické degradace široké skupiny konstrukčních materiálů. Signály elektromagnetické emise se detekují kapacitními či indukčními senzory (kondenzátory či indukční cívky) [1]. Při nevhodné orientaci těchto snímačů vzhledem k rovině trhliny dochází ke zkreslení měřeného EME signálu, případně k jeho nezachycení. Zkreslení EME signálu lze jednoduše eliminovat v případě, kdy směr šíření trhlín/y je vzhledem k orientaci snímačů konstantní. Tato eliminace je však problematická, když se poloha čela trhliny a směr jejího šíření během lomového procesu výrazně mění, případně pole napětí ve zkušebním tělese determinuje vznik a šíření trhlin v několika výrazně jiných směrech současně.

Při vývoji metodologie měření a vyhodnocování vzniku a šíření trhlin/y pomocí EME je proto žádoucí, aby při experimentech byly používány zkušební konfigurace (neboli geometrie) charakterizované takovou napjatostí ve zkušebních tělesech, která způsobuje „jednoduchý“ lomový proces. A to zejména co se týče lokalizace vzniku trhliny, postupu lomového procesu a jeho izolovanosti od jiných porušovaných (event. i jinak porušovaných) částí konstrukce.

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

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

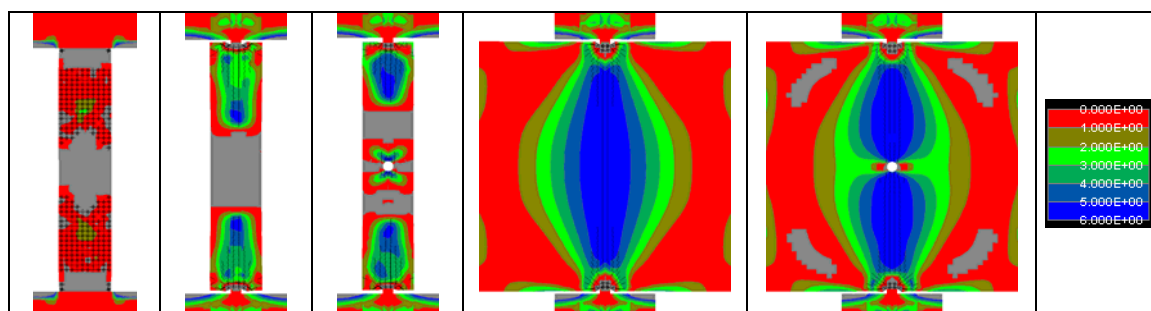
³ doc. Ing. Zbyněk Keršner, CSc., dtto, kersner.z@fce.vutbr.cz

2 Numerické simulace

Byly provedeny numerické simulace zatěžovacích testů ve vybraných zkušebních konfiguracích. Pro analýzy byl použit MKP program ATENA [1]. Pro materiál zkušebních těles byly použity tři vybrané materiálové modely, které reprezentují tři skupiny modelů vhodných pro predikci porušení cementových kompozitů.

Primárně byla analyzována zkušební konfigurace používaná při měření porušení materiálu pomocí EME, při níž je těleso namáháno prostým tlakem mezi čelistmi lisu. Následně byly analyzovány další geometrie, které vycházely ze stejného zkušebního tělesa a byl upraven jejich tvar či přenos zatížení. Všechny geometrie však byly voleny tak, aby se zachovala jednoduchost tlakového zatěžování a aby tvar tělesa bylo možné změnit jednoduchými úpravami. Použité varianty obsahuje příloha 1 plné verze článku.

Příloha 2 tohoto článku shrnuje vybrané výsledky provedených numerických simulací. Pro každou geometrii a materiálový model jsou zde uvedeny simulované zatěžovací diagramy. Pro vybraná stádia zkoušky jsou zobrazeny deformované tvary zkušebních těles s vykreslením vzoru trhlin a izoploch hlavního tahového napětí, které v použitém výpočetním modelu řídí vznik a šíření trhlin (pro příklady viz obr. 1).



Obr. 1 Izoplochy hlavních tahových napětí (viz škála vpravo) a zobrazení trhlin pro různé geometrie a jeden z použitých materiálových modelů (3D Non Linear Cementitious)

3 Závěr

Z analýzy výsledků vyplývá, že obvykle používaná geometrie není pro měření vzniku a šíření trhlin/y pomocí EME vhodná. Použité materiálové modely predikují u této geometrie do značné míry tlakové poškození materiálu, které je navíc relativně dosti rovnoměrně rozložené. Z dalších analyzovaných variant byly vybrány a doporučeny vhodné zkušební konfigurace pro tuto techniku měření porušení materiálů.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je 103/06/0708.

Literatura

- [1] Koktavý, P., Koktavý, B. EXPERIMENTAL STUDY OF ELECTROMAGNETIC EMISSION SIGNALS GENERATED BY CRACK GENERATION IN A COMPOSITE MATERIAL EXTREN, příspěvek na konferenci *New Trends in Statics and Dynamics of Buildings*, ISBN 80-227-2479-3, Bratislava, 2006
- [2] Červenka, V. et al. ATENA PROGRAM DOCUMENTATION, THEORY AND USERS MANUAL FOR ATENA 2D, Červenka Consulting, Praha, 2003

MŮŽE INVESTOR VYUŽÍT MODELOVÁNÍ?

CAN A CLIENT UTILIZE MODELLING?

Břetislav Teplý

Abstract

The durability issue has gained considerable attention recently. The level of reliability in the context of durability should be left to the client's decision as well as the appropriate limit states criteria. The mutual impact of these values, as well as their impact on the cost of the project, may be crucial. Two examples of user-friendly tools based on the probabilistic approach and well verified models are briefly mentioned.

1 Úvod

V posledních letech postupně narůstá význam hodnocení stavebních konstrukcí z hlediska kritérií udržitelného rozvoje. Stávající (tradiční) přístupy vychází ale z principu maximálního - obvykle jen krátkodobého ekonomického efektu - bez ohledu na dlouhodobé hodnocení. Nové pojetí zdůrazňuje vliv životnosti a úrovně spolehlivosti. A to jsou mj. veličiny, o kterých může rozhodnout investor - v úzké spolupráci s projektantem, který použije nástroje výpočetního modelování.

2 Mezní stavy, trvanlivost a modelování

V příspěvku je krátce pojednáno o trvanlivosti a životnosti stavebního prvku, konstrukce, objektu, o významu a určování míry spolehlivosti a současných doporučeních, opírajících se o hodnocení mezních stavů [1], [2]. Zdůrazňuje se nutnost posuzování nových typů mezních stavů – tzv. mezních stavů trvanlivosti, které vnášejí do metodiky jako proměnnou též čas. Při jejich hodnocení se musí používat vhodné výpočetní modely odpovídajících degradačních jevů a musí být postupováno pravděpodobnostně; obvykle se také používají simulační techniky.

3 Koncept celkových nákladů stavby v jejím životním cyklu

Cílová životnost (a spolehlivost, se kterou by tato byla dosažena při zvoleném materiálu, technologii a dalších okolnostech) má ale značné důsledky pro celkové náklady, jejichž některé části jsou přímo z délky životnosti odvozeny – viz následující vztah a tabulka.

$$N_{tot} = \sum_i p_i \cdot N_i \tag{1}$$

č. sčítance (i)	1	2	3	4	5	6
Druh nákladů	N_{in}	N_m	N_p	N_o	N_r	N_d
Pravděpodobnost	$p_1 = 1,0$	$P_2 = 1,0$	$P_3 = 1,0$	p_4	p_5	p_6
Časový úsek	<i>minimální</i>	t_D	t_D	t_D	<i>minimální</i>	<i>minimální</i>

Tab. 1 Jednotlivé členy celkových nákladů s údaji o pravděpodobnosti, se kterou mohou nastat a v jakém časovém intervalu

Pro jevy související s životností, které obvykle neohrožují přímo bezpečnost lidí, ale mají pro klienta výrazný ekonomický dopad, je nutno rozhodnutí ponechat jemu! Připravované dokumenty [3] a [4] již zdůrazňují možnost investora volit příslušné hodnoty.

4 Důsledky pro rozhodování investora

Investor by tedy měl zodpovědně rozhodnout také o cílové životnosti objektu/konstrukce, o volbě a definici mezního stavu trvanlivosti a o relevantní návrhové hodnotě indexu spolehlivosti pro nosné konstrukce, dále o limitech dalších užitných vlastností. Pohled celkových nákladů může být též významný při přípravě projektů PPP, kde správné vyvážení nákladů a rizik mezi subjekty vstupujícími do takové aktivity je nezbytné.

5 Dostupné softwarové nástroje

Pro posuzování mezních stavů trvanlivosti je možno využít softwarové nástroje RC-LifeTime a FReET-D; jejich krátký popis je v příspěvku uveden.

Oba tyto nástroje umožňují výše zdůrazňované pravděpodobnostní pojetí návrhu a/nebo posouzení betonových konstrukcí z hledisek mezních stavů trvanlivosti.

6 Závěr

Novou a doposud zřejmě málo využívanou možností integrovaného navrhování je ovlivnění ekonomických výsledků (z dlouhodobého pohledu) prostřednictvím volby vhodné úrovně spolehlivosti ve vazbě na trvanlivost/životnost konstrukce.

Laskavý čtenář jistě pochopí, že otázka položená v nadpisu tohoto příspěvku není míněna doslovně – investora pravděpodobně ani v budoucnu nenapadne, aby sám používal nástroje matematického modelování degradace stavebních materiálů. Přesto, odpověď by měla být kladná, protože projektant ve službách investora, na základě jeho představ a rozhodnutí bude muset výpočetní modelování jistým způsobem využívat v souvislosti s hodnocením životnosti, spolehlivosti a nákladů, jak je naznačeno v textu příspěvku.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím MŠMT ČR v rámci činnosti centra CIDEAS – projekt IM0579 a Grantové agentury České republiky, projekt 103/06/1562.

Literatura

- [1] ČSN EN 1990 ZÁSADY NAVRHOVÁNÍ. ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA, ČNI, 2003
- [2] TEPLÝ, B.: MEZNÍ STAVY VČERA, DNES A ZÍTRA. STAVEBNÍ OBZOR, 7/2005, s. 193-6
- [3] ISO WD 13823 GENERAL PRINCIPLES ON THE DESIGN OF STRUCTURES FOR DURABILITY (technická komise ISO/TC 98, *Bases for Design of Structures*, subkomise SC 2, WG 10, dokument v prvním stupni schvalovacího procesu)
- [4] FIB MODEL CODE 2008, PART: SERVICE LIFE DESIGN (vyšlo v r.2006 jako *fib Bulletin No 34*).

ANALÝZA HRANIČNEJ SEIZMICKEJ ODOLNOSTI VENTILAČNÉHO KOMÍNA JADROVEJ ELEKTRÁRNE PODĽA METODOLÓGIE SMA

THE LIMIT SEISMIC RESISTANCE OF THE VENTILATION CHIMNEY OF THE NUCLEAR POWER PLANT BY SMA METHODOLOGY

Juraj Králik¹, Oľga Ivánková²

Abstract

This paper presents the analysis of the seismic resistance of the reinforced concrete chimney of the nuclear power plant. Various models for beam or shell elements were considered. The dynamic analysis using spectrum response method was realized. The seismic resistance of the structure was defined by parameter HCLPF in accordance with the SMA methodology. The comparison of the numerical results from the programs NEXIS 3.40 and ANSYS 8.0 is presented.

1 Úvod

Článok sa zaoberá seizmickou analýzou železobetónovej konštrukcie ventilačného komína jadrovej elektrárne metódou odozvy spektier zrýchlení. Metodológia seizmického výpočtu a posúdenia vychádza z odporúčaní [1]. Vychádzajúc z metodológie SMA (Seismic Margin Assessment) odolnosť konštrukcie sa definuje parametrom HCLPF (High Confidence Low Probability Failure), ktorý vyjadruje kapacitu konštrukcie v závislosti na ZPA (Zero Period Acceleration) pre danú lokalitu. Vzhľadom k viacerým neurčitostiam vo výpočte seizmickej odozvy a odolnosti konštrukcie je článok zameraný na analýzu týchto neurčitostí čo sa týka použitých konečných prvkov a vplyvu interakcie s podlažím. Porovnanie riešení týchto modelov je ukázané na staticko-dynamickej analýze parametrov HCLPF.

Ventilačný komín je tvorený z dvoch základných častí:

- z mohutnej spodnej základovej časti stavby, ktorú tvorí stupňovitá kruhová základová doska priemerom \varnothing 12,0m a 20,5m s hrúbkami 4,50m,
- horného telesa komína prstencovitého pôdorysu s hrúbkou prstenca meniacou sa po výške komína od 0,60m až po 0,23m a vonkajším priemerom meniacim sa po výške komína od \varnothing 12,0m až po \varnothing 5,95m.

Výška komína nad terénom je 150m, pod terénom 11,5m.

2 Modelovanie konštrukcie komína

Výpočtové modely ventilačného komína boli vypracované v dvoch programoch: Ansys 8.0 a Nexis 3.40. Uvažovali sa viaceré typy prvkov a varianty uloženia a ich vplyv na odozvu.

¹ Juraj Králik, Doc. Ing. PhD., Stavebná fakulta STU Bratislava, Katedra stavebnej mechaniky, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, email: Juraj.kralik@stuba.sk

² Oľga Ivánková, Ing., PhD., Stavebná fakulta STU Bratislava, Katedra stavebnej mechaniky, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, e-mail: olga.ivankova@stuba.sk

Modelovanie v programe Ansys 8.0:

- **Model 1:** Nosný systém železobetónovej prstencovej časti ventilačného komína (plášťa) a stropov bol modelovaný z doskostenových prvkov typu SHELL43 a konštrukcia základov z priestorových prvkov typu SOLID45. Podopretie komína bolo uvažované tuhé votknutie a poddajné uloženie.
- **Model 2a:** Nosný systém železobetónovej prstencovej časti ventilačného komína (plášťa) a stropov bol modelovaný z doskostenových prvkov typu SHELL43. Vzhľadom na veľkú mohutnosť základov bola táto časť odseparovaná a do výpočtu bola uvažovaná len prstencovitá časť (od základového bloku komína) s tuhým votknutím.
- **Model 2b:** Nosný systém železobetónovej prstencovej časti ventilačného komína (plášťa) a stropov bol modelovaný z vrstevnatých prvkov typu SHELL91, bez uváženia základov s tuhým votknutím.
- **Model 3:** Nosný systém železobetónovej prstencovej časti ventilačného komína (plášťa) a stropov bol modelovaný z nosníkových prvkov typu PIPE16 s tuhým votknutím.

Modelovanie v programe Nexis 3.40:

- **Model 4:** Nosný systém železobetónovej prstencovej časti ventilačného komína (plášťa) a stropov bol modelovaný z doskostenových prvkov bez uváženia základov s tuhým votknutím.

3 Záver

Cieľom práce bolo porovnať výsledky riešení seizmickej odolnosti konštrukcie ventilačného komína v závislosti na voľbe prvku, uloženia a metódy výpočtu v programoch Ansys 8.0 a Nexis 3.40. Seizmická odolnosť komína je stanovená parametrom HCLPF zo statickej a seizmickej odozvy podľa metodológie SMA. Seizmická odozva bola vypočítaná pre kombináciu tvarov metódou SRSS a kombináciu smerov budenia ($R_x+0,4R_y+0,4R_z$, $0,4R_x+R_y+0,4R_z$, $0,4R_x+0,4R_y+R_z$) podľa [1].

Seizmická odolnosť konštrukcie je determinovaná únosnosťou prierezu na úrovni 100 až 120m a dosahuje hodnotu parametra spoľahlivosti $HCLPF = 0,497g$ (min. hodnota HCLPF je $0,143g$).

Záverom môžeme konštatovať, že ventilačný komín vyhovuje najnepriaznivejším účinkom zaťaženia pri posudzovaní medznej únosnosti celého prierezu komína.

Podakovanie

Projekt bol realizovaný za finančnej podpory zo štátnych prostriedkov prostredníctvom Grantovej agentúry SR. Registračné číslo projektu je 1/2136/05.

Literatúra

- [1] ASCE 4-1998, ASCE STANDARD: SEISMIC ANALYSIS OF SAFETY - RELATED NUCLEAR STRUCTURES AND COMMENTARY ON STANDARD FOR SASRNS - APPROVED 1986, NEW YORK, ASCE, 1998.
- [2] ANSYS USERS MANUAL FOR REVISION 10.0, VOLUME I-IV, SWANSON ANALYSIS SYSTEM, INC., HOUSTON 2003.
- [3] GYÖRGI, J. – RADNAY, L.: CHIMNEYS BETWEEN THE EARTHQUAKE AND WIND, BETWEEN THE DIFFERENT REGULATIONS, IN PROC.: NEW TRENDS IN STATICS AND DYNAMICS OF BUILDINGS, OCTOBER 20 - 21, 2005, SVF STU BRATISLAVA, PP. 99 - 102. ISBN 80-227-2116-6.

FREKVENČNÉ CHARAKTÉRISTIKY VÝPOČTOVÉHO MODELU VOZIDLA

FREQUENCY CHARACTERISTICS OF A COMPUTING MODEL OF VEHICLE

Jozef Melcer¹

Abstract

This paper is dedicated to the solution of frequency characteristics of the quarter computing model of vehicle. The one-dimensional so-called quarter model of vehicle is considered. Frequency response functions as functions of angular frequency ω of individual kinematical and power quantities are derived. The amplitude-frequency and phase-frequency characteristics of frequency response functions are calculated by numerical way in frequency range of ω from 0 to 100 rad/s. The expressions for critical speeds or critical lengths of periodically repeated waves of road unevenness are tested with respect to occurring of possible resonance states.

1 Úvod

Funkcie frekvenčného prenosu predstavujú dôležité charakteristiky popisujúce dynamickú individualitu mechanického systému vo frekvenčnej oblasti. Dajú sa získať transformáciou pohybových rovníc z časovej do frekvenčnej oblasti a následným riešením sústavy algebrických rovníc v komplexnom tvare. Často sa prezentujú formou amplitúdovo – frekvenčných a fázovo – frekvenčných charakteristík, čo sú už funkcie reálne premennej. Tieto charakteristiky sa používajú pri citlivostnej analýze ohlasu mechanických systémov na zaťaženie s premennou frekvenčnou skladbou, pri analýze antivibračných alebo hlukových javov [1], [2]. Výhodné je ich použitie vtedy, ak vstupnú veličinu – budenie - vieme charakterizovať cez výkonovú spektrálnu hustotu.

2 Predmet analýzy

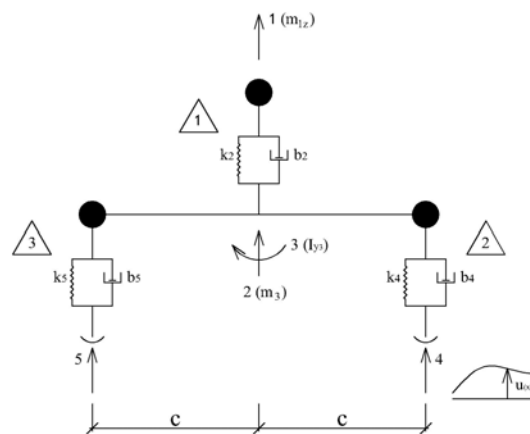
Predmetom analýzy je tzv. štvrtinový výpočtový model vozidla reprezentujúci jednu polovicu zadnej dvojnápravy ťažkého nákladného vozidla Tatra T148 podľa obr. 1. Výpočtový model je popísaný sústavou pohybových diferenciálnych rovníc, ktoré sa s pomocou Laplaceovej transformácie transformujú do frekvenčnej oblasti. Frekvenčné funkcie jednotlivých sledovaných veličín sa zavedú ako pomer ohlasu k ustálenému harmonickému budeniu podľa vzťahu

$$\bar{r}_i = \frac{r_i}{u}. \quad (1)$$

Pre výpočet neznámych funkcií komplexne premennej \bar{r}_i je možné zostaviť sústavu algebrických rovníc v tvare

$$[a] \cdot \{\bar{r}_i\} = \{p\}. \quad (2)$$

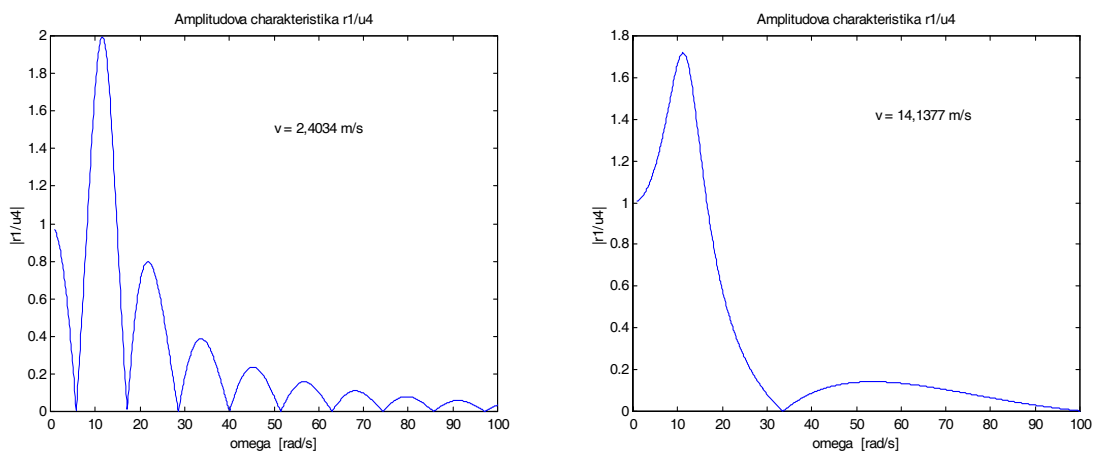
¹ Jozef Melcer, prof. Ing. DrSc., Žilinská univerzita, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, Komenského 52, 010 26 Žilina, Slovenská republika, jozef.melcer@sftav.uniza.sk



Obr. 1: Výpočtový model vozidla

3 Výsledky výpočtu

Výsledky výpočtu sú zobrazené formou amplitúdovo – frekvenčných charakteristík a sú závislé od rýchlosti pohybu vozidla, obr. 2. Z praktického hľadiska sú zaujímavé rezonančné rýchlosti, kedy dochádza k zhode medzi niektorou vlastnou frekvenciou modelu vozidla a frekvenciou výskytu sínusových vln nerovnosti vozovky.



Obr. 2: AFCH korešpondujúce 1. a 2. rezonančnej rýchlosti vozidla

Literatura

- [1] Marton, P., Ivánková, O. NÁVRH ANTIVIBRAČNÉHO SYSTÉMU, VYHNE, DYN-WIND 2000, EDIS ŽU ŽILINA, 2000, s. 167-171
- [2] Panulinová, E. VPLYV ROVNOSTI POVRCHU VOZOVKY NA HLADINU HLUKU Z AUTOMOBILOVEJ DOPRAVY, Horizonty dopravy, roč. XI, č. 1/2003, s. 38-40.

ŽIVOTNOST BETONOVÝCH KONŠTRUKCÍ JADROVÝCH ELEKTRÁRNI

DURABILITY OF THE CONCRETE STRUCTURE IN NUCLEAR POWER PLANTS

Milan Moravčík¹

Abstract

This paper gives a short review of some observation of the massive containment concrete structure of the Nuclear Power Plants (NPP) in J. Bohunice (project APVT – Ministry of Educations SR), in order to appreciate the durability and structural changes in concrete, detected eventual damage processes in concrete and their effect on the reliability of the structure. The objective of this study is to define the probable processes responsible for the premature reduction service life of concrete containment structure in specific service time. In order to determine the representative concrete structure in given time of the exploited containment structure, the representative microstructure was study using the light microscopy with image analysis and the mechanical and chemical tests on the representative concrete samples were performed. The cylindrical cores from the outside containment concrete structure have been performed to be study the condition of concrete and to identify the major changes and eventual degradation processes in concrete after 30 years operation OPP J. Bohunice .

1 Betónová konštrukcia kontainmentu JE

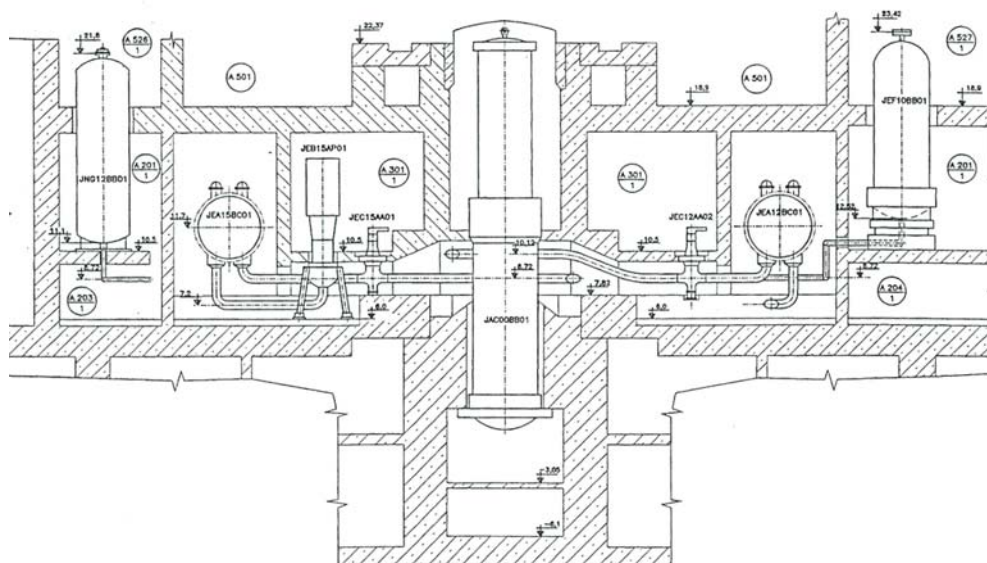
Hodnotenie spoľahlivosti betónovej konštrukcie kontainmentu jadrových elektrární (JE) v špecifických environmentálnych podmienkach prevádzky JE - premenné tepelné namáhanie, radiácia, chemické zmeny starnutia betónu sú v popredí záujmu nielen u nás, ale v celom svete. V prvej fáze riešenia projektu s predmetnou problematikou sa začalo s experimentálnym skúmaním štrukturálnych zmien betónu konštrukcie kontainmentu v JE J. Bohunice - blok 2, ktorý je pred koncom svojej životnosti (prevádzkovaný 1980-2008). Vykonali sa prvé inšpekčné prehliadky betónovej konštrukcie, obr.1, vykonali sa vývrty betónov, ktoré sa následne skúšali v laboratóriách ŽU v Žiline:

- Základné skúšky pevnosti betónu (valcové vzorky vývrtov priemeru $\Phi=100$ mm), chemické rozbory betónu.
- Hodnotenie mikroštruktúry betónu (válcové vzorky vývrtov priemeru $\Phi=35$ mm) – petrografické skúmanie optickými svetelnými mikroskopami – Optický mikroskop Neophot 32 so zväčšením do 400x a stereo-mikroskop Cais AXIO-Imager A1m zväčšujúci do 2000x s automatickým digitálnym spracovaním snímaného obrazu.

Schéma konštrukcie kontainmentu JE J. Bohunice (s reaktorom typu WWER 440/V230) je ukázaná na obr.1. Vzhľadom na absenciu hodnotenia mikroštruktúry betónu po vybudovaní JE, resp. v predchádzajúcich štádiách jeho exploatacie, sú získané výsledky mikro-štruktúry betónu prvými výsledkami, ktoré sa budú porovnávať s

¹ Milan Moravčík, prof., Žilinská univerzita, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, e-mail: mimo@fstav.uniza.sk

mikro-štruktúrnymi analýzami na v budúcnosti. Hlavná pozornosť sa sústredila na štruktúru betónu vzhľadom na chemické reakcie a zmeny prebiehajúce v betóne, pórovitosť, tvorbu a rozvoj mikrotrhlín, trhlín a dutín na vonkajšej – prístupnej strane betónu konštrukcie kontajneru.



Obr.. 1 Schéma konštrukcie kontajneru JE J. Bohunice

2 Mikroskopické vyšetovanie vzoriek – vývrtov betónovej konštrukcie a ich analýza

Vzhľadom na ciele projektu volil sa prístup hodnotenia mikroštruktúry betónu na troch úrovniach: mikro, mezo a makro-úrovni, ktoré majú svoje charakteristické črty a mierky a vyžadujú rozdielny prístup mikroskopického vyšetovania. Charakteristickým vývojovým štádiám betónu (čerstvý, zatvrdnutý, vysušený, zaťažený betón) a najmä starnutiu betónu v konštrukcii odpovedajú rôzne typy poškodenia, najmä stav pórovej štruktúry, tvorba mikrotrhlín a trhlín, chemické zmeny štruktúry a pod., ktoré sa identifikujú a zhodnotia.

Výskumom štruktúry betónu a najmä vzt'ahom mikroštruktúry na tvorbu mikrotrhlín a trhlín v JE sa venuje mimoriadna pozornosť. Pre takéto skúmanie sú charakteristické mierky od *nm*, cez *μm* až po *mm*, tvary štruktúry betónu ako vicfázového materiálu s charakteristickými diskontinuitami a poruchami. Meranie a získané hodnoty všetkých mechanických parametrov betónu by sa malo spájať práve s so stavom mikroštruktúry (pórovitosťou, chemickými zmenami, rozvojom mikrotrhlín a pod.) a so základnou závislosťou napätie – pretvorenie materiálu.

Mikroskopické vyšetovanie štruktúry 30 rokov starého exploatovaného betónu v JE J. Bohunice poskytlo rad dôležitých poznatkov o stave tejto dôležitej konštrukcie JE. Mikroskopická analýza snímok na rôznych hladinách štruktúry betónu poskytla dobrý obraz o stave betónu, charakteristike štruktúry a vplyvov špecifického prostredia JE na túto konštrukciu (intenzívne vysušovanie betónu, vplyv žiarenia). Získané poznatky v korelácii s skúškami pevnosti betónu vytvárajú podkladový materiál pre hodnotenie životnosti a bezpečného prevádzkovania jadrových elektrární.

PRAVDĚPODOBNOSTNÍ MODELY PŘI OVĚŘOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI EXISTUJÍCÍCH KONSTRUKCÍ

PROBABILISTIC MODELS IN RELIABILITY ASSESSMENT OF EXISTING STRUCTURES

Miroslav Sýkora¹

Abstract

Existing structures can be assessed using principles recommended by ISO 13822 Basis of structural design – Assessment of existing structures [1]. Informative Annex E includes methods for probabilistic analysis provided that resistance and actions are time-variant. The submitted paper is aimed at description of the methods and generalization considering combination of Durability and Ultimate limit states. Numerical examples indicate application of the methods.

1 Úvod

Hodnocení časově závislé spolehlivosti existujících konstrukcí využívá metodiku nově zavedené ČSN ISO 13822 [1] Hodnocení existujících konstrukcí. Informativní příloha E Hodnocení časově závislé spolehlivosti uvádí postupy pravděpodobnostního ověřování spolehlivosti existujících konstrukcí za předpokladu, že vlastnosti materiálu i zatížení jsou proměnné v čase.

2 Mezní stav trvanlivosti

Ověřuje se spolehlivost železobetonového prvku vystaveného obvyklým typům zatížení a dále nepříznivým vlivům okolí, které mohou způsobit karbonataci krycí vrstvy, depasivaci betonářské výztuže a následně její korozi. Při uvedení konstrukce (prvku) do provozu v čase $t = 0$ se popisuje odolnost vyšetřovaného prvku náhodnou veličinou R_0 a krycí vrstva náhodnou veličinou C . Hloubka karbonatace se dále popisuje časově závislou náhodnou veličinou $D(t)$. Pravděpodobnost, že v čase t je hloubka karbonatace $D(t)$ větší než krycí vrstva C , se stanoví z konvolučního integrálu

$$P\{D(t) > C\} = \int_D f_D(\xi, t) F_C(\xi) d\xi \quad (1)$$

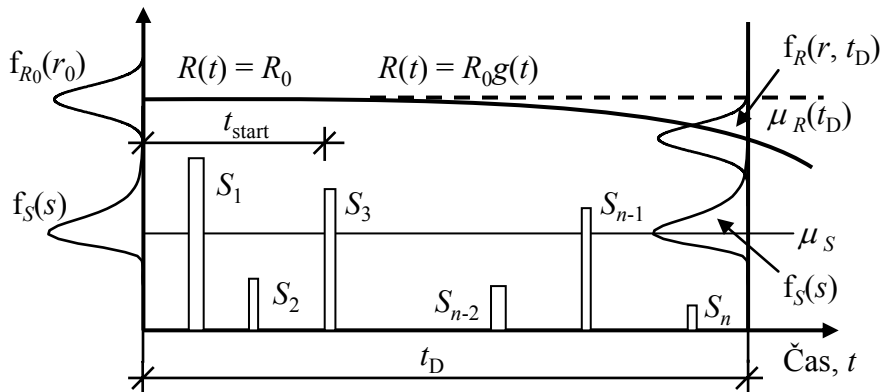
kde $f_D(\bullet, t)$ označuje časově závislou hustotu pravděpodobnosti hloubky karbonatace $D(t)$ a $F_C(\bullet)$ časově nezávislou distribuční funkci krycí vrstvy C . Vztah (1) popisuje překročení mezního stavu trvanlivosti. Čas t_{start} , kdy hloubka karbonatace $D(t)$ překročí tloušťku krycí vrstvy C , se dále uvažuje jako náhodná veličina.

3 Časově závislá spolehlivost existujících konstrukcí podle ČSN ISO 13822 [1]

Překročení mezního stavu trvanlivosti (1) však nemusí znamenat změnu odolnosti konstrukce $R(t)$, pokles $R(t)$ může způsobit až koroze výztuže. Dále se analyzuje případ,

¹ Ing. Miroslav Sýkora, Ph.D., ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, Oddělení spolehlivosti konstrukcí, Šolínova 7, 166 08 Praha 6, sykora@klok.cvut.cz

kdy odolnost $R(t) = R_0 g(t)$ ($g(t)$ - funkce degradace) i zatížení $S(t)$ jsou proměnné v čase. Průběh intenzity zatížení se popisuje stacionárním a ergodickým stupňovitým procesem – viz Obr. 1.



Obr. 1: Odolnost a zatížení konstrukce v závislosti na čase

Pro tento případ uvádí ČSN ISO 13822 [1] následující výraz pro pravděpodobnost poruchy $P_f(0, t_D)$ vztažené k návrhové životnosti t_D

$$P_f(0, t_D) = 1 - E_R \left[\exp \left\langle -\lambda t_D \left\{ 1 - \frac{1}{t_D} \int_0^{t_D} F_S[r \cdot g(t)] dt \right\} \right\rangle \right] \quad (2)$$

kde λ značí průměrnou četnost výskytu zatěžovacích pulzů a $E_R(\cdot)$ průměr veličiny.

4 Numerický příklad: rozbor spolehlivosti konstrukčního prvku s uvážením vlivu karbonatace a koroze

Aplikaci vztahu (2) naznačuje příklad rozboru spolehlivosti železobetonového prvku. Z numerické studie vyplývá, že degradace materiálu může významně ovlivnit spolehlivost. Ukazuje se, že na odhad úrovně spolehlivosti mají vliv pravděpodobnostní modely krycí vrstvy C , hloubky karbonatace $D(t)$, počáteční odolnosti R , účinku zatížení $S(t)$ a model koroze.

5 Závěry

Při hodnocení časově závislé spolehlivosti existujících konstrukcí je obvykle nezbytné provést četná zjednodušení. Základní informace pro pravděpodobnostní rozbor spolehlivosti poskytuje příloha E ISO 13822 [1], která však neřeší důležitou otázku kombinace zatížení.

Poděkování

Příspěvek byl vypracován v Kloknerově ústavu, České vysoké učení technické v Praze, v rámci řešení projektu Pravděpodobnostní rozbor časově závislé spolehlivosti konstrukcí č. 103/06/P237 podporovaného Grantovou agenturou České republiky.

LITERATURA

[1] ČSN ISO 13822 ZÁSADY NAVRHOVÁNÍ KONSTRUKCÍ – HODNOCENÍ EXISTUJÍCÍCH KONSTRUKCÍ, ČNI, 2005

ANALÝZA SPOLAHLIVOSTI ZDRUŽENÉHO OCEĽOVÉHO RÁMU HALY NA VÝROBNÉ NEPRESNOSTI

RELIABILITY ANALYSIS OF HALL STEEL PORTABLE FRAME ON THE PRODUCTION INACCURACY

Juraj Králik¹, Juraj Králik²

Abstract

This paper presents the results of numerical analysis of static and stability resistance of the hall steel portable frame. This analysis were realized on the ground of design the optimal system of structural elements in consideration of production inaccuracy. The imperfections were measured during the building-up. The influence of the bolt joint stiffness was considered. The results of the numerical analysis under program ANSYS are presented.

1 Úvod

V článku sa zaoberáme vplyvom nepresností výroby (geometrické imperfekcie) na bezpečnosť a spoľahlivosť oceľovej konštrukcie haly zo združených portálových rámov.



Obr. 1: Nosná konštrukcia oceľovej haly

Nosný systém objektu haly bol navrhnutý z ôsmich dvojpolových priečných portálových oceľových rámov s rozponom 2x19,65m a modulom 6m v pozdĺžnom smere. Stĺpy konštrukcie sú z valcovaných I profilov, zosilnené (nábehom) v krajných radách 4 a 6. Montážne styky (skrutkové na styčnickový plech) boli navrhované na stĺpoch (vodorovný) vo výške 4,7m nad terénom a na priečli vo vzdialenosti 1m od osi 4 a 6, ďalej v strede rozponu a vo vzdialenosti 2,5m od osi stredného stĺpa na obidve strany. Stuzenie konštrukcie na vodorovné účinky od vetra a prípadnej seizmicity je navrhované v úrovni strechy v dvoch moduloch, vo zvislých rovinách v tvare ondrejových krížov v rade 4 a 6 v moduloch M-N. V priečnom smere sú vodorovné účinky preberané tuhými priečnymi rámmi.

¹ Doc.Ing.Juraj Králik,PhD., STU, Faculty of Civil Engineering, Department of Structural Mechanics, Bratislava 813 68, Radlinského 11, e-mail : juraj.kralik@stuba.sk

² Ing.Juraj Králik, STU, Faculty of Civil Engineering, Department of Structural Mechanics, Bratislava 813 68, Radlinského 11, e-mail : juraj_kralik@stuba.sk

2 Výrobné nepresnosti

Montáž haly bola navrhnutá z viacerých dielov spojených skrutkovým spojom z 8 skrutiek M24-8.8 na styčnickový plech 20mm hrubý. Posledné štádium montáže bol zvolený osadením zmontovanej časti priečle (cca 19m), včítane segmentu hornej časti krajných stĺpov na zhotovené stĺpy. Pri tomto postupe pri daných rozmeroch, tuhosti sústavy a možnej výrobnej nepresnosti vznikli problémy v stykoch hornej časti rámu a krajných stĺpov. Geometrické nepresnosti boli zamerané a ich vplyv na únosnosť zhodnotený.



Obr. 2: Roztvorenie spojov na stĺpe

3 Výpočtové modely objektu haly

Vzhľadom k vzniknutým nedostatkom boli zostavené 4 alternatívy výpočtových modelov (Hala1, Hala2, Hala3 a Hala4), ktoré sa líšili v modelovaní tuhosti montážnych spojov ocelevej konštrukcie (od dokonale tuhých až po kĺbové väzby). Na týchto modeloch boli uskutočnené statické a stabilitné analýzy. Pre všetky nepriaznivé kombinácie zaťaženia bola preverená únosnosť ocelových prierezov rámu podľa STN 731401 a ENV 1993.

4 Záver

Statické a stabilitné analýzy boli realizované na 4 modeloch s variabilnými tuhosťami spojov a experimentálne overenými hodnotami imperfekcií na systéme ANSYS. Najhoršie hodnoty kritických dĺžok sú na modeli s predpokladanými kĺbovými väzbami na krajných stĺpoch (model Hala4). Kritické sily vychádzali až 9-násobné oproti pôvodným.

Nosný systém ocelových rámov by nevyhovoval len v prípade uvoľnenia montážnych spojov (ideálny kĺb) v hornej časti krajných stĺpov. Na základe výsledkov analýz bola navrhnutá sanácia rámu a jeho opätovné preverenie meraním po roku.

PodĎakovanie

Projekt bol realizovaný za finančnej podpory zo štátnych prostriedkov prostredníctvom Grantovej agentúry Slovenskej republiky. Registračné číslo projektu je VEGA No1/2136/05.

Literatúra

- [1] Bittnar,Z.-Šejnoha,J.: Numericke metody v mechanike, Vyd. ČVUT Praha, 1992.
- [2] Eurocode 3, EN 1993 Eurocode 1: Design of steel structures – Part 1.1: General structural rules, CEN Brussels, 2001.
- [3] Králik,J.: Statický posudok nosného systému objektu haly OBO Bettermann v Pezinku, správa P&C Bratislava, jún 2006.
- [4] Wald,F.-Sokol,Z.: Navrhování styčnicku. ČVUT Praha, 1999.
- [5] Žmind'ák,M. a kol.: Modelovanie a výpočty v MKP. Diel I – Modelovanie v ANSYS. VTS pri ŽU, Žilina, 2004.

DETERMINISTICKÁ A PRAVDEPODOBNOSTNÁ ANALÝZA SEIZMICKEJ ODOLNOSTI JADROVEJ ELEKTRÁRNE V MOCHOVCIACH

DETERMINISTIC AND PROBABILISTIC ANALYSIS OF SEISMIC SAFETY OF NUCLEAR POWER PLANTS IN MOCHOVCE

Juraj Králik¹

Abstract

This paper gives the results of the probabilistic seismic analysis of the site Mochovce. On the base of the geophysical and seismological monitoring of locality the peak ground acceleration and the uniform hazard spectrum of the acceleration was defined for the return period 10 000 years using the Monte Carlo simulations. The methodology of the seismic probabilistic risk assessment and seismic margin assessment is presented.

1 Introduction

The earthquake resistance analysis of NPP buildings in Mochovce were based on the recommends of international organization IAEA in Vienna to get international safety level of nuclear power plants. The seismic load for the Mochovce site was firstly defined at 1994 ($PGA_{RLE}=0,1g$), follow in accordance of the results of seismological monitoring this locality at 2003 ($PGA_{UHS}=0,142g$ and $PGA_{GRS}=0,143g$).

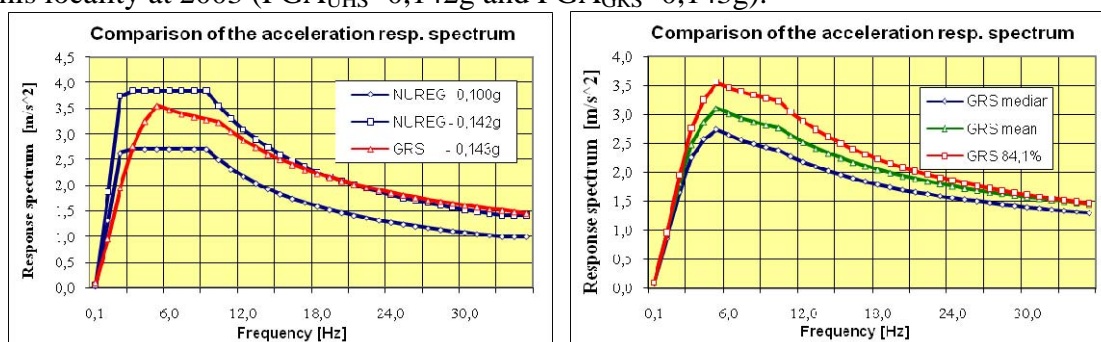


Figure 1: Comparison of the horizontal acceleration response spectrum

The seismic response can be calculated in the frequency (spectrum response analysis) or time domain (transient analysis). The earthquake input must be specified in terms of free-field ground motion accelerograms for time-history dynamic analyses. The synthetic ground motion accelerograms were generated in accordance with the ASCE 4-98 requirements.

In Figure 2 the comparison of the synthetic acceleration spectrum with GRS - spectrum is presented.

The NPP (Power Block) building was discretized [Králik,J. et al., 2001] by the 3D finite elements model to obtain realistic behavior of structure. The model consists of 21 791 elements with 62 977 degrees of freedom

¹ Assoc.prof.Ing. Juraj Králik, PhD., Faculty of Civil Engineering STU Bratislava, Radlinského 11, Bratislava 813 68, e-mail: juraj.kralik@stuba.sk.

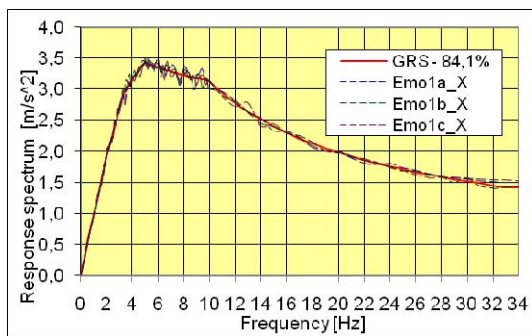


Figure 2: Comparison of the synthetic acceleration spectrum according to standard ASCE 4-98

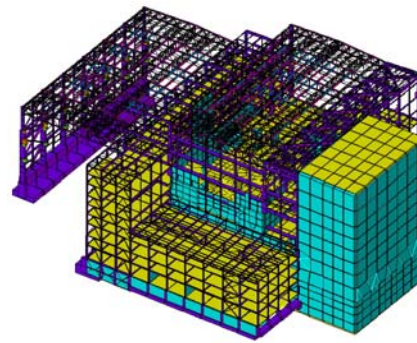


Figure 3: FEM model of NPP

2 Conclusion

Two principal methodologies are proposed in ASCE 4-98 for seismic reevaluation of NPP structures. One method has evolved that provides a probabilistic assessment of risk due to the potential effects of earthquake. This methodology is called seismic probabilistic risk assessment (SPRA). The SPRA is an integrated process that includes consideration of the uncertainty and randomness of seismic hazard, structural response, and material capacity parameters to give a probabilistic assessment of risk.

Another methodology was specifically developed to assess the seismic margin of nuclear power plants. It is called the seismic margin assessment (SMA) methodology. It was designed to avoid frequency-of-occurrence arguments associated with the seismic hazard that have often proved highly contentious and unresolvable.

Thus for SMA, the elastic computed seismic response of structures and components is defined at the 84% nonexceedance probability (NEP) level. Seismic Response Analysis – the development of models (i.e., masses, stiffness and general model arrangement) is the same for the Standard and for SMA.

These methods were compared in this paper. The seismic load in the form of UHS and GRS acceleration spectrum was defined by GFU SAV. The synthetic spectrum compatible accelerogram was generated in program BUDACEL created by Kralik. The seismic reevaluation of the NPP structures was realized on the base of the SMA methodology. The results from this analysis present the level of the seismic resistance of the structures.

Acknowledgements

This work was supported by the Slovak Grant Agency VEGA No1/2136/05.

REFERENCES

- [1] ASCE 4-98 : SEISMIC ANALYSIS OF SAFETY - RELATED NUCLEAR STRUCTURES AND COMMENTARY ON STANDARD FOR SASRNS - APPROVED 1986, NEW YORK, ASCE, 1998.
- [2] IAEA,1994 "TECHNICAL SPECIFICATIONS FOR THE SEISMIC REEVALUATION PROGRAMME OF MOCHOVCE NPP", SLR/9/002 IAEA, 1994.
- [3] Králik,J. et al : ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE PROBABILISTIC SEISMIC HAZARD LOADS WITH DEAGREGATION TO SAFETY AND RELIABILITY OF THE STRUCTURES AND TECHNOLOGY NPP EMO, REP. ZOD 04-196-04/EMO-HS, SvF STU BRATISLAVA, JANUARY 2004.

EXPERIMENTÁLNÍ A NUMERICKÁ ANALÝZA CHOVÁNÍ ŽELEZNIČNÍCH PRAŽCŮ PŘI KONTROLNÍCH ZKOUŠKÁCH PRO PRŮŘEZ UPROSTŘED ROZPĚTÍ

EXPERIMENTAL AND NUMERICAL ANALYSES OF THE RAILWAY SLEEPER'S
BEHAVIOUR DURING CHECK TESTS FOR THE PROFILE
IN THE MIDDLE OF THE SLEEPER

Ladislav Řoutil¹, Patrik Štancl², Václav Veselý³, Zbyněk Keršner⁴

Abstract

The paper presents the experiments (standardized three-point bending check tests) focused on the determining of the load–deflection curve (as well as on the load–crack width curve) for the profile in the middle of the sleeper. Also numerical model of this test and comparison between experimental and numerical results are presented. The aim of this work is to contribute to ensuring of the sleeper's sufficient reliability.

1 Úvod

Jakost vyráběných předpjatých železničních pražců se prokazuje při normových kontrolních zkouškách prováděných na standardních hydraulických lisech. Množství vyráběných pražců a předepsaný počet kontrolních zkoušek kladou vysoké nároky na zkušební laboratoř. Výstižný numerický model může vhodně doplnit a rozšířit data získaná při kontrolních zkouškách a přispět tak k zajištění potřebné spolehlivosti předpjatých pražců. Umožňuje také provádět další analýzy, např. vlivu změn v konstrukci a materiálovém složení na výsledné chování studovaného prvku či stanovení pravděpodobnosti poruchy pražce. K odladění numerického modelu je ovšem třeba získat z kontrolních zkoušek více údajů, než bývá standardně sledováno, např. celý průběh závislosti zatížení–průhyb ve sledované části pražce, resp. závislost zatížení–šířka propagujících se trhlin. Příspěvek představuje postupy a výsledky sady experimentů na předpjatých pražcích zaměřených na získání zmíněných závislostí v průřezu uprostřed rozpětí a následně numerický model sledovaného problému.

2 Experimentální analýza

Experimenty zaměřené na získání závislosti zatížení–průhyb, resp. zatížení–šířka trhlin v průřezu uprostřed rozpětí pražce proběhly ve zkušební laboratoři ŽPSV Uherský Ostroh, a. s., výrobní závod Nové Hrady (poděkování Ing. T. Moslerovi, Ing. V. Bílkovi, Ph.D. a Ing. P. Frantíkovi, Ph.D.). Vycházely z normového uspořádání kontrolní zkoušky na tříbodový ohyb a tvořily součást rozsáhlejší experimentální studie; další testy byly soustředěny na konfiguraci pro průřez pod kolejnicí.

¹ Ladislav Řoutil, Ing., VUT v Brně, FAST, STM, Veveří 331/95, 602 00 Brno, routil.l@fce.vutbr.cz.

² Patrik Štancl, Ing., VUT v Brně, FAST, STM (externí doktorand), Veveří 331/95, 602 00 Brno, patrik.stancl@tiscali.cz.

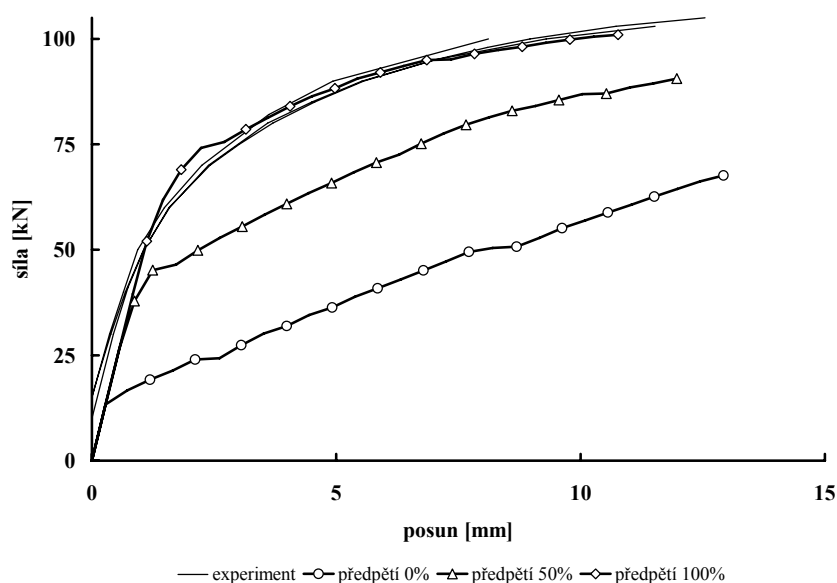
³ Václav Veselý, Ing. Ph.D., VUT v Brně, FAST, STM, Veveří 331/95, 602 00 Brno, vesely.v1@fce.vutbr.cz.

⁴ Zbyněk Keršner, doc. Ing. CSc., VUT v Brně, FAST, STM, Veveří 331/95, 602 00 Brno, kersner.z@fce.vutbr.cz.

3 Numerická analýza

Numerické simulace chování předpjatého monoblokového pražce při prototypové zkoušce v průřezu uprostřed pražce byly provedeny v programu ATENA 2D. Model studované zkoušky respektoval prostorově složitou geometrii železničního pražce. Zatížení bylo realizováno nuceným přírůstkem průhybu ve středu pražce. Na odladěném numerickém modelu byla provedena studie vlivu velikosti předpětí na průběh závislosti zatížení–průhyb uprostřed rozpětí pražce.

Srovnání výsledků experimentů s numerickými modely představuje obr. 1. Po prokázání dostatečné shody pro pražec s plným předpětím proběhla studie vlivu úrovně předpětí na průběh závislosti zatížení–průhyb uprostřed rozpětí. Poznamenejme, že tento vliv byl podrobně sledován experimentálně při kontrolních zkouškách na třibodový ohyb pražce v průřezu pod kolejnicí. Z kapacitních důvodů již tato experimentální studie nemohla být provedena pro průřez uprostřed rozpětí.



Obr. 1: Srovnání závislosti zatížení–průhyb uprostřed předpjatého pražce získaných experimentálně a numericky; numerická studie vlivu velikosti předpínací síly na sledovanou závislost.

4 Závěr

Příspěvek představuje část rozsáhlejší experimentální studie chování předpjatého železničního pražce při kontrolní zkoušce na třibodový ohyb pro průřez uprostřed rozpětí a následnou numerickou analýzu téhož problému. Pozornost je věnována záznamu závislosti zatížení–průhyb ve středu pražce. Spolu se souběžně pořizovaným záznamem závislosti zatížení–šířka trhlin(-y) představují důležité (a během rutinního testování vyráběných pražců ne zcela standardně zaznamenávané) výstupy pro charakteristiku materiálu/konstrukčního prvku a pro následnou verifikaci numerických modelů chování pražce při kontrolní prototypové zkoušce.

Poděkování

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

POSOUZENÍ NÁVRHU ŽELEZOBETONOVÉ KLENBY POMOCÍ STOCHASTICKÉHO NELINEÁRNÍHO MODELOVÁNÍ

STOCHASTIC NONLINEAR SAFETY ASSESSMENT OF REINFORCE CONCRETE ARCH

Martin Pudil¹, Martin Krejsa²

Abstract

This paper aims on showing the potential of current computers when modeling and solving non-linear tasks in the field of structural mechanics. Emphasis is placed on stochastic solution, i.e. on feasible expression of probabilistic construction characteristics and loads, and consequently on fully probabilistic analysis. This potential is shown on the finite-element model of reinforced concrete-tunnel arch. In the conclusions, there are indicated some possibilities how to use such-a-way obtained results in the framework of integrated design, especially regarding resistance.

1. Úvod

Poznatky o statických a přetvárných vlastnostech nosných systémů lze získat na základě nákladných a časově náročných experimentálních zkoušek na zkušebních zařízeních nebo pomocí numerického modelování. V některých případech je experimentální přístup složitě realizovatelný, a tehdy se nabízí možnost využít ke zkoumání chování konstrukcí kvalitní programový systém pro matematické modelování dané problematiky, který využívá materiálové modely zohledňující změny geometrie a mechanických vlastností konstrukce. Tyto možnosti jsou předvedeny na numerickém modelu železobetonové konstrukce klenby silničního tunelu (obr. 1).

K výpočtům byl využit programový systém SARA (Structural Analysis and Reliability Assessment), který je integrací nelineárního výpočtového programu ATENA a pravděpodobnostního modulu FREET pro statistické zpracování vstupů a odezvy konstrukce. MKP program ATENA je speciálně vyvinutý k modelování nelineárních úloh z oblasti betonových a železobetonových konstrukcí a prvků. Účelem tohoto příspěvku je posouzení únosnosti betonového tunelu tvaru klenby v jeho vrcholu.

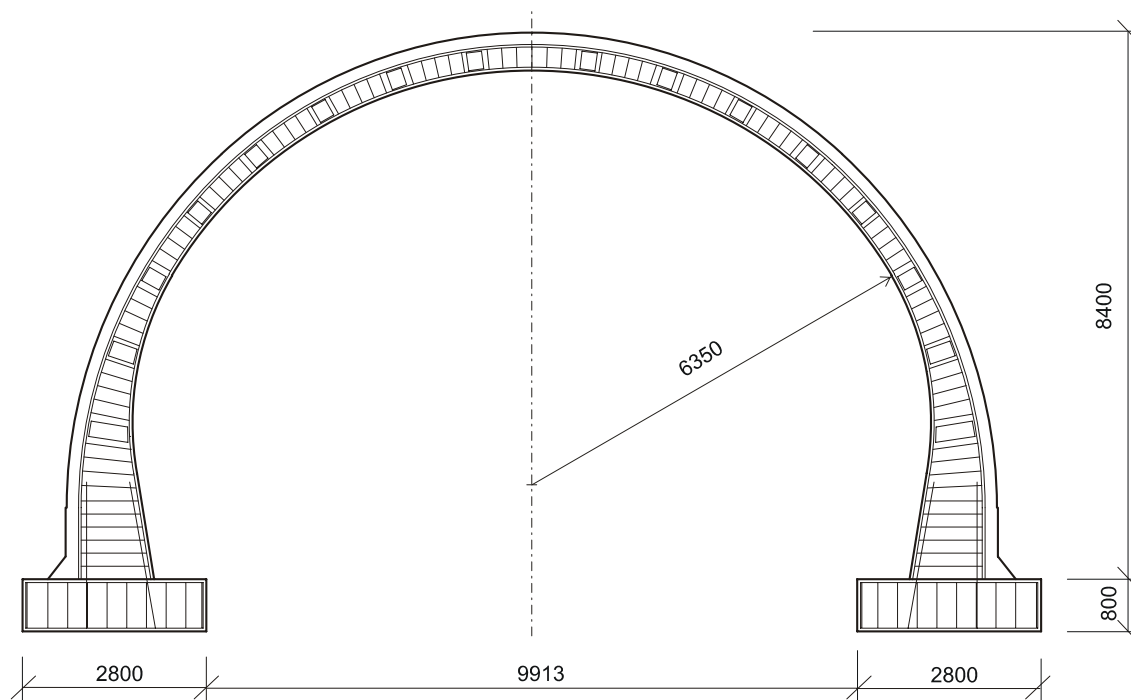
2. Analýza konstrukce

Pomocí použitého výpočetního systému byly z jednotlivých náhodných veličin, metodou LHS (Latin Hypercube Sampling), vygenerovány náhodné realizace řešené konstrukce. Pro vystižení stochastické závislosti mezi náhodnými veličinami byla užitá korelační matice s použitím metody simulovaného žíhání, která statisticko-iteračním

¹ Martin Pudil, Ing., VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Podéště 1875, 708 33, Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 59 732 1384, fax: 59 732 1358, e-mail: martin.pudil@vsb.cz

² Martin Krejsa, Ing. Ph.D., VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Podéště 1875, 708 33, Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 59 732 1303, fax: 59 732 1358, e-mail: martin.krejsa@vsb.cz

způsobem optimalizuje generování realizací LHS. Klenba tunelu byla zatěžována ve 30 přírůstkových krocích. Pro stochastickou simulaci bylo uvažováno 19 základních náhodných veličin (parametrů betonu, výztuže, kontaktních pružin a 2D kontaktu).



Obr. 1: Konstrukce klenby tu

V rámci pravděpodobnostní analýzy bylo vyhodnocováno přetvoření betonu v tlačené oblasti, dále přetvoření oceli v tlačené i tažené oblasti a byl také monitorován průhyb ve vrcholu klenby. Tyto přetvoření byly porovnány s limitními přetvořeními.

3. Závěr

Pravděpodobnostní nelineární analýzy konstrukce bylo užito k ověření spolehlivosti klenby silničního tunelu. V rámci této analýzy byla sledována a vyhodnocována přetvoření konstrukce. K výpočtům byl využit programový systém SARA, který umožňuje použít nelineární materiálové modely. U vybraných vstupních parametrů je pak možno přikročit ke statistickému znáhodnění.

Poděkování

Príspevek byl vypracován za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M6840770001, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS.

Literatura

- [1] Mynarz, M., Krejsa, M. MOŽNOSTI STOCHASTICKÉHO NELINEÁRNÍHO MODELOVÁNÍ ŽELEZOBETONOVÉ KONSTRUKCE, sborník II.celostátní konference PPK2006 – Pravděpodobnost porušování konstrukcí, 3. a 4. října 2006, Fakulta stavební, VUT v Brně, sborník str.227-232 (6 stran), ISBN 80-214-3251-9.
- [2] Červenka, V. et al. ATENA PROGRAM DOCUMENTATION, THEORY AND USERS MANUAL FOR ATENA 2D, Červenka Consulting, Praha, 2003.
- [3] NOVÁK, D., VOŘECHOVSKÝ, M., RUSINA, R., LEHKÝ, D., 2004: FREET Programová dokumentace, Červenka Consulting, Brno, 2004, str. 5-21.

SYMETRICKÉ ŘEŠENÍ VZPĚRADLA POMOCÍ PRINCIPU JEDNOTKOVÝCH MOMENTŮ

SYMMETRICAL SOLUTION OF STRUT-FRAME THROUGH THE USE OF UNIT
MOMENTS PRINCIPLE

Lenka Randýsková¹

Abstract

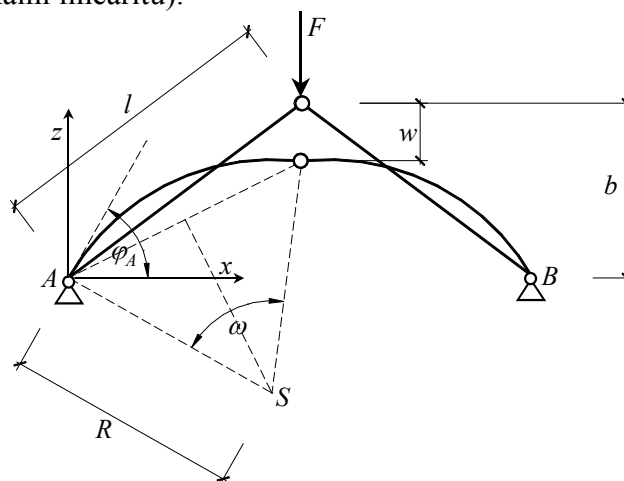
Symmetrical solution of strut-frame through the use of unit moments principle is described in this paper. We search the critical force inductive of buckling. This force depends on the middle juncture displacement w . This solution is also compared with the other solutions.

1 Úvod

Vzpěradlo je jednoduchá symetrická staticky určitá konstrukce. Je složená ze dvou přímých prutů spojených kloubem a uložených kloubově neposuvně, pruty mají stejnou délku a fyzikálně-mechanické vlastnosti. Jeho geometrie umožňuje nelineární jevy i při malém zatížení.

2 Řešení

Vzpěradlo je zatíženo svislou silou v prostředním kloubu. Uvažujeme, že pruty po zatížení vybočí. Předpokládejme, že při vybočení vzpěradla se bude střední kloub pohybovat pouze po svislé přímce. Zanedbejme práci posouvajících sil a normálových sil. Bude nás zajímat velikost kritické síly, při které vzpěr nastane, v závislosti na svislé deformaci (posunutí) středního kloubu w . Pro určení této kritické síly použijeme princip jednotkových momentů a iteračního postupu výpočtu. Předpokládáme lineární chování materiálu (tzv. fyzikální linearitu).



Obr. 1: Vzpěradlo s vyznačenými počátečními parametry: l délka prutů, b výška středního kloubu vzpěradla, w posun středního kloubu, R počáteční poloměr zakřivení, F počáteční síla

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

Na počátku řešení udělíme oběma prutům vzpěradla stejný počáteční poloměr zakřivení R (obr. 1). Díky zakřivení se střední kloub posune o hodnotu w . Každý prut rozdělíme na n dílků (oblouků). Určíme souřadnice středů dílků vzpěradla. Pro výpočet nám postačí souřadnice pouze levé části vzpěradla, jelikož vycházíme z předpokladu, že střední kloub se bude pohybovat pouze po svislé přímce. Úloha je tedy symetrická.

Určíme v každém bodě i moment M_i od zadaného zatížení síly F , kterou si na počátku libovolně zvolíme, a dále pak moment M_{ij} od jednotkového momentu, který postupně umístíme do každého j -tého bodu vzpěradla.

Numerickou integrací pak získáme hledané natočení j -tého dílku φ_j

$$\varphi_j = \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^{n+1} \frac{\overline{M}_{ij} M_i}{EI} ds_i + \frac{1 \cdot M_j}{EI} \frac{ds_j}{2}, \quad (1)$$

kteří připočteme k původnímu natočení a tak získáme nová natočení všech dílků a dále pak i novou geometrii vzpěradla. Pomocí nových souřadnic určíme posunutí všech bodů vzpěradla, včetně svislého posunutí středního kloubu w . Pomocí posunutí w_k vypočteného v k -té iteraci určíme upřesněnou hodnotu síly F_k .

$$F_k = F_{k-1} \frac{w_{k-1}}{w_k} \quad (2)$$

Indexem $k-1$ jsou označeny hodnoty vypočtené v minulé iteraci.

Poté se opakuje postup popsany výše, tzn. v každé iteraci určíme momenty od daného zatížení F a jednotkových momentů, určíme natočení, nové souřadnice, posun w , sílu F . Celý postup opakujeme tak dlouho, dokud nedosáhneme požadované přesnosti ε .

$$\varepsilon = \left| \frac{F_k - F_{k-1}}{F_k} \right|. \quad (3)$$

Hodnotu síly F vypočtenou v poslední iteraci pak pokládáme za výsledek celého výpočtu. Z podmínky rovnováhy ve středním kloubu určíme kritickou normálovou sílu N_{cr} , která působí na prut vzpěradla.

$$N_{cr} = \frac{F}{2} \frac{\sqrt{(b-w)^2 + (l^2 - b^2)}}{(b-w)} \quad (4)$$

3 Závěr

Výsledné hodnoty kritické normálové síly N_{cr} získané za použití metody jednotkových momentů byly srovnány jednak s řešením uvedeným v [1] a dále pak s řešením vyplývajícím z Eulerova klasického řešení. Hodnoty N_{cr} získané pomocí metody jednotkových momentů se pohybují v rozmezí mezi těmito dvěma srovnávanými hodnotami. Dále je možné sledovat, že hodnoty námi získané a hodnoty dle [1] se zvyšujícím se pohybem kloubu w rostou, zatímco hodnota získaná z klasického Eulerova řešení je konstantní, nezávisí tedy na deformaci w prostředního kloubu.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je 103/05/H036.

Literatura

- [1] Frantík, P. JEDNOSTUPŇOVÝ MODEL VZPĚRADLA: ZPŘESNĚNÉ POKRITICKÉ ŘEŠENÍ, SEMINÁŘ MODELOVÁNÍ V MECHANICE 2003, VŠB-TU OSTRAVA, LEDEN 2003

STATICKÝ MODEL OCELOVÉHO TECHNOLOGICKÉHO MOSTU A JEHO UPLATNĚNÍ V PRAXI

STATICAL MODEL OF STEEL TECHNOLOGICAL BRIDGE AND HIS USEFUL IN PRACTISE

Karel Kubečka¹, Martin Krejsa²

Abstract

The paper reviews steel technological bridge in the Dukla colliery area, on load newly by waste rock in consequence of liquidation coal mining and mine fields conservation. The structure was stress checked and the reliability assessment was done.

1 Úvod

V souladu s vývojovým trendem v České republice, došlo k podstatnému útlumu těžkého průmyslu také v regionu severní Moravy a Slezska. Jedním z likvidovaných hlubinných dolů ostravsko-karvinské černouhelné pánve (OKD a.s.) je Důl Paskov – závod Dukla. Snahou investora je využít pro likvidaci svislého komunikačního prostoru pod vlastní těžní věží zasypáním kdysi vytěženým materiálem (hlušinou) stávajícího technologického dopravního mostu pásové dopravy, který v minulosti sloužil pro dopravu vytěženého uhlí (viz obr.1).



Obr.1: Stávající technologický most pásové dopravy, vlevo těžní věž z litého betonu

2 Posouzení nosné konstrukce

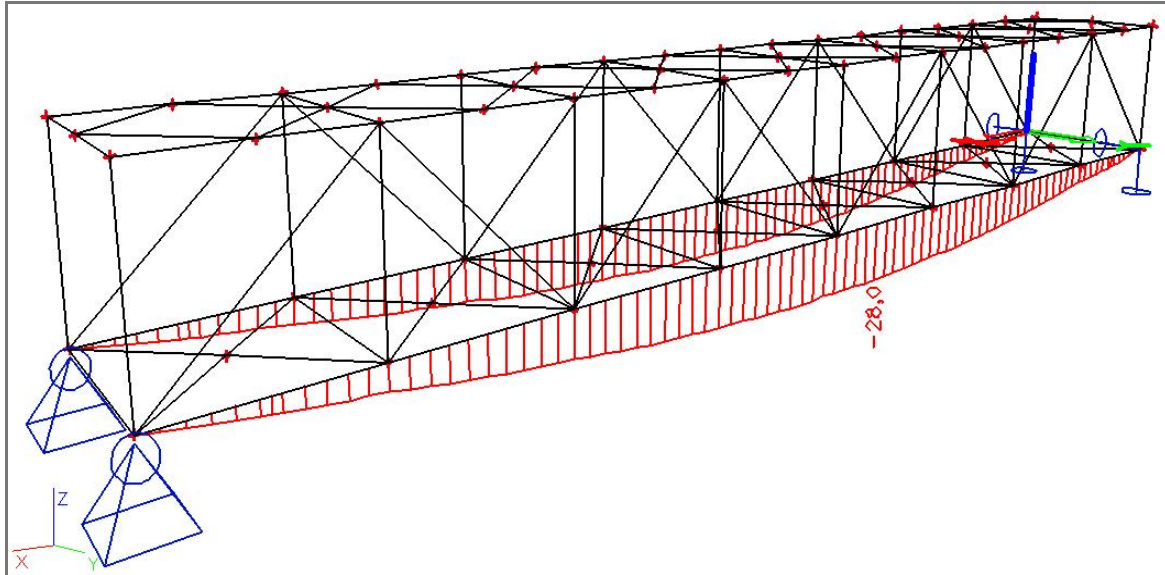
Konstrukce technologického pásového dopravního mostu byla vyrobena na přelomu padesátých a šedesátých let jako ocelová příhradová konstrukce. Investor poskytnul k provedení statického přepočtu ocelové konstrukce stávající projektovou dokumentaci z roku 1958. Byla vznesena pochybnost o jejím souladu se skutečností, a proto bylo provedeno podrobné zaměření konstrukce jako celku i jednotlivých prvků ocelové

¹ Kubečka Karel, Ing. Ph.D., VŠB Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, katedra konstrukcí, Ludvíka Podéště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, tel: +420 596 991 343, e-mail: karel.kubecka@vsb.cz

² Krejsa Martin, Ing. Ph.D., VŠB Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, katedra stavební mechaniky, Ludvíka Podéště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, tel: +420 596 991 303, e-mail: martin.krejsa@vsb.cz

konstrukce. Bylo zjištěno, že při realizaci konstrukce byly použity zcela jiné tažené i tlačené průřezy a změněn byl i způsob zavětrování horní i dolní roviny mostu.

Pro statické vyšetření konstrukce bylo použito programu SCIA.ESA PT verze 5.2.. Konstrukce byla modelována jako prostorová s veškerým působícím zatížením do samostatných zatěžovacích stavů - byla zatížena dle prohlídkou zjištěných skutečností a dále předpokládaným technologickým zatížením určeného investorem. Z těchto zatěžovacích stavů byly sestaveny kombinace zatěžovacích stavů. Výpočet byl proveden pro I. i II. mezní stav (viz obr.2).



Obr.2: Výsledky výpočtu (II. mezní stav – průhyb konstrukce).

3 Závěr

Ve všech případech posouzení prutů konstrukce je konstatováno, že konstrukce je ve vyhovujícím stavu pro nově navrženou technologii dopravy – nový pásový dopravník s tím omezením, že současně nesmí být konstrukce zatížena sněhem.

Napětí v šikmém dilatačním celku jsou vesměs menší než je tomu u konstrukce vodorovné a tedy rovněž vyhovuje. II. mezní stav je v rozsahu vyhovujících hodnot.

Celkově je tedy konstatováno, že **konstrukce vyhovuje novému zatížení s podmínkou, že nesmí být současně při provozu zatížena sněhem.**

Poděkování

Tento výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M6840770001, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS.

Literatura

- [1] Kubečka, K. Krejsa, M. ODBORNÝ POSUDEK OP-702/2007 – POSOUZENÍ OCELOVÉHO TECHNOLOGICKÉHO MOSTU, únor 2007.

STATICKÉ ŘEŠENÍ OCELOVÉ OBLOUKOVÉ VÝZTUŽE PŘI VELKÝCH DEFORMACÍCH

STATICAL ANALYSIS OF HIGHLY DEFORMED STEEL ARCH REINFORCEMENT

Petr Janas¹

Abstract

The steel arch reinforcements in the mines are often highly deformed. The statical analysis of highly deformed steel arches have to include a geometric non-linearity of the structure, non-linear constitutive equations and also a geometrically non-linear behaviour of the cross-sections. The solution strategies and the results are presented in the article.

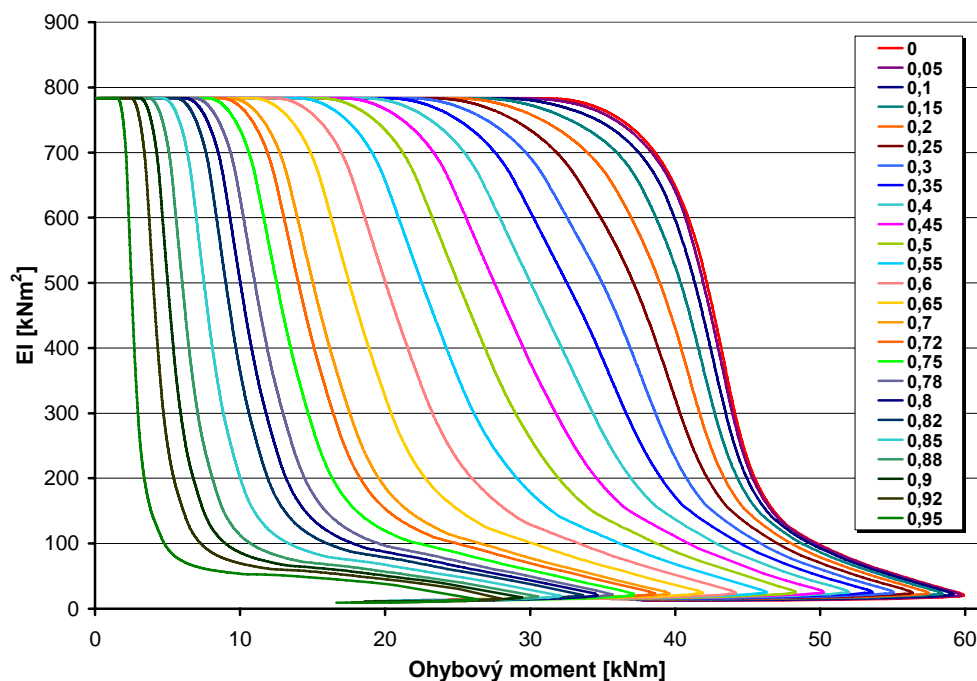
Rozšířený abstrakt

Ocelová oblouková výztuž je v důlních podmínkách nezděná vystavena značným deformačním změnám. Mění se přitom podstatně geometrie konstrukce, vztah mezi napětím a deformací v oceli není jen lineární a mnohdy dochází také ke změně tvaru průřezu aplikovaného válcovaného profilu a průřezových charakteristik. Předpokládá-li se o výztuži, že je dvojklobově uložená, je jedenkrát staticky neurčitá. Má však celou řadu zpravidla jednostranných vazeb na horninu přenášejících převážně tlak. Při aktivním silovém nebo deformačním zatížení se výztuž deformuje a opírá se spojitě či bodově o horninu nebo jiný materiál, které se stlačují a indukují pasivní síly působící na výztuž. Aktivní zatížení výztuže tedy indukuje pasivní zatížení působící jednostranně. Pasivní síly mají velmi příznivý vliv na únosnost a deformaci ocelové obloukové výztuže. Statické řešení ocelové obloukové výztuže při velkých deformacích předpokládá zvládnutí následujících problémů:

- geometrickou nelinearitu tvaru výztuže,
- fyzikální nelinearitu materiálu,
- změnu tvaru profilu (geometrickou nelinearitu tvaru profilu),
- interakci výztuže s horninou,
- deformační zatížení výztuže.

Pro řešení geometrické nelinearity tvaru výztuže se rozpracovala metoda jednotkových momentů, umožňující korektně řešit i přetvoření srovnatelná s rozměry konstrukce [4]. Fyzikální nelinearitu materiálu lze řešit s využitím křivek náhradní ohybové tuhosti. Na obr.1 jsou idealizované křivky náhradní ohybové tuhosti pro otevřený profil K24 odvozené z analytického řešení, výsledků modelování metodou konečných prvků a z analýz ohybových zkoušek zahrnující i změnu tvaru profilu v procesu zatěžování. Změna ohybové tuhosti je funkcí složek vnitřních sil (ohybového momentu a normálové síly). Při interakci výztuže s horninou je aplikován Winklerův model.

¹ Doc. Ing. Petr Janas, CSc., VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, email: petr.janas@vsb.cz



Obr. 1 Idealizované křivky ohybové tuhosti pro profil K 24 jako funkce ohybového momentu a relativní normálové síly N/N_m .

S využitím originálních analýz byly zpracovány v prostředí Microsoft Excesu původní výpočetní programy umožňující na běžně dostupné výpočetní technice pro zvolený válcovaný profil, při různých zatíženích, se zadanou kvalitou kontaktu mezi horninou a výztuží pro 3 až 5 dílnou výztuž určovat deformační práci, únosnost a případně síly působící na výztuž. Dosažené výsledky a vyvinuté programy umožňují vzájemně porovnávat v úvahu přicházející konstrukce ocelových obloukových výztuží v různých důlně geologických podmínkách a navrhnout jejich případné úpravy. Ukazuje se však, že v oblasti „velkých deformací“ je stále velmi široká oblast pro řešení obtížných a zatím nevyřešených úloh.

Literatura

- [1] **JANAS, P.** SPOLEHLIVOST OCELOVÝCH VÝZTUŽÍ DLOUHÝCH DŮLNÍCH DĚL PŘI RÁZOVÉM ZATÍŽENÍ, ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA GRANTOVÉHO PROJEKTU 105/04/0458, FAKULTA STAVEBNÍ, VŠB-TU OSTRAVA, LEDEN 2007.
- [2] **JANAS, P., KOLOŠ I.**, MODELOVÁNÍ OHYBOVÉ ZKOUŠKY PRŮŘEZU K 24, SBORNÍK KONFERENCE MODELOVÁNÍ V MECHANICE, FAST VŠB TU OSTRAVA, 14. A 15. 2. 2007.
- [3] **PODEŠVA, J.** CHARAKTERISTIKA NELINEÁRNÍHO OHYBUNOSNÍKU, SBORNÍK KONFERENCE MODELOVÁNÍ V MECHANICE, FAST VŠB TU OSTRAVA, 14. A 15. 2. 2007.
- [4] **RANDÝSKOVÁ, L., JANAS, P.**, VYUŽITÍ PRINCIPU VIRTUÁLNÍCH PRACÍ (JEDNOTKOVÝCH MOMENTŮ) PRO VÝPOČET KONEČNÝCH DEFORMACÍ. IN *STATICKO-KONŠTRUKČNÉ A STAVEBNO-FYZIKÁLNE PROBLÉMY STAVEBNÍCH KONŠTRUKCIÍ 2006*. SBORNÍK PŘÍSPĚVKŮ VIII. KONFERENCE, ŠTRBSKÉ PLESO, VYSOKÉ TATRY 29.11-1.12.2006. pp.107-108. ISBN 80-8073-677-4 A TEXT CD, ISBN 80-8073-678-2.

MODELOVÁNÍ OHYBOVÉ ZKOUŠKY PRŮŘEZU K-24 BEND TEST MODELLING OF K-24 CROSS-SECTION

Petr Janas¹, Ivan Kološ²

Abstract

The paper deals with modeling of a bend test of the “K-24 cross-section” steel beam. The method employed to model the test is based on stress analysis of the cross-section. The substitutive bending stiffness of the cross-section is used to transform the solution of an elasto-plastic task to the elastic one. Then the numerical form of the virtual work method is applied to determine deflection of the tested beam. It is taken into account the change of the cross-section shape during bending. Finally the results of computations are compared with the test results obtained in laboratory.

Rozšířený abstrakt

Príspevek sa zaoberá problematikou pružnoplastického pôsobení ocelového průřezu při ohybu. Motivací k řešení tohoto tématu je snaha navrhnout metodiku a vytvořit relativně jednoduchý, operativně použitelný software pro posuzování ocelové obloukové výztuže podzemních děl při velkých deformacích, ke kterým dochází při vzniku důlních otřesů a při jiných anomálních geomechanických jevech.

Ocelové profily obloukových výztuží podzemních děl jsou vystaveny značnému zatížení, které má často za následek namáhání konstrukce za mezí kluzu oceli, provázené



Obr. 1: Deformace obloukové výztuže po důlním otřesu

nevratnými plastickými deformacemi (obr. 1). Kromě zatížení výztuže okolní horninou, se na statickém působení oblouků podílí významnou měrou celá řada dalších faktorů (např. vzájemné tření mezi spoji jednotlivých obloukových tyčí, kontakt oblouků s horninou, geometrie konstrukce, výrobní imperfekce a další). Cílem statického výpočtu obloukové výztuže je navrhnout výztuž tak, aby spolehlivě přenesla uvažované zatížení (často i rázové) a po očekávané době umožnila zachování funkčně potřebného průřezu důlního díla (tj. pro přepravu materiálu, osob, větrání). Klíčový je přitom kvalifikovaný odhad velikosti možného zatížení výztuže, přičemž rozhodující roli hraje zatížení při mimořádných událostech – důlních otřesech. Při nich se uvolňuje v horninovém masivu značné množství energie a dochází i k výrazné deformaci výztuže provázené plastickým přetvořením.

Z hlediska efektivního návrhu výztuže důlního díla je zajímavý právě výsledný stav jejího zatěžování – oblouková výztuž vykazující známky globální i lokální deformace – neboť z tvaru výztuže po pružnoplastické deformaci je možno určit velikost energie,

¹ Doc. Ing. Petr Janas, CSc., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Poděště 1875, 708 33 Ostrava – Poruba, ✉ petr.janas@vsb.cz, ☎ (+420) 59 732 1308

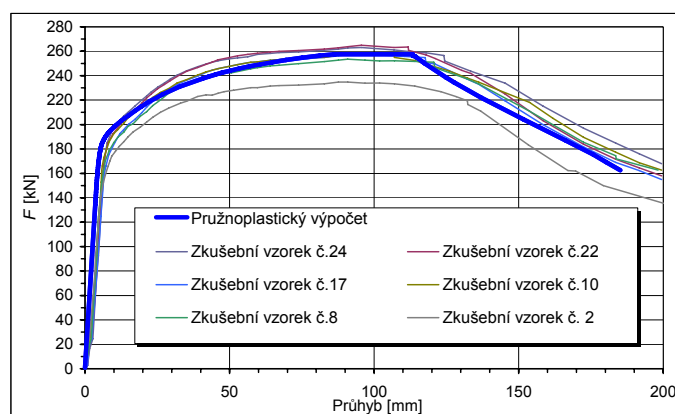
² Ing. Ivan Kološ, Ph.D., VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Poděště 1875, 708 33 Ostrava – Poruba, ✉ ivan.kolos@vsb.cz, ☎ (+420) 59 732 1340

která byla na deformaci vynaložena a usuzovat tak na velikost zatížení, které na obloukovou výztuž působilo.

Problematika deformační energie otevřených korýtkových profilů byla řešena v rámci grantového projektu [2], přičemž metodika řešení navazuje na projekt [1]. Podstatou řešení je převod pružnoplastické úlohy na úlohu pružnou zavedením tzv. náhradní ohybové tuhosti, která vyjadřuje změnu přetvárných vlastností průřezu v důsledku namáhání za mezí kluzu materiálu. Tento postup je aplikován na prutový model konstrukce. Oprávněnost navrženého postupu řešení [3] byla ověřována na jednoduchém příkladu prostého nosníku zatíženého uprostřed rozpětí osamělým břemenem (standardní normová ohybová zkouška výztužných profilů).

Výsledky numerických výpočtů vykazovaly velmi dobrou shodu s výsledky experimentů (viz např. [1], [3]), ale rozsah použití výpočtového modelu byl limitován výchozími předpoklady, zejm. předpokladem neměnnosti tvaru průřezu v průběhu zatěžování. Ze záznamů zkoušek i z fotografií reálné obloukové výztuže (obr. 1) je zřejmé, že ve fázi extrémního namáhání konstrukce, se tento předpoklad silně odchyluje od reality. Vznik plastických oblastí v nejnamáhanějších průřezích je provázen i změnou tvaru (rozeviráním korýtkového profilu), čímž dochází k dalšímu zmenšení odolnosti průřezu vůči ohybu (změna momentu setrvačnosti).

Při uvažování neměnného tvaru profilu bylo možno analyzovat chování plastizujícího se prutu pouze do zatížení blízkého se maximálnímu zatížení. Případné odlehčování zatížené konstrukce mělo za následek zmenšování celkové deformace, což bylo v rozporu s výsledky ohybových zkoušek. Při deformačním zatížení, kterému totiž ohybová zkouška odpovídá, dochází k růstu průhybu nosníku při klesající zatěžovací síle.



Obr. 2: Srovnání vypočtených a změřených hodnot průhybu nosníku

Postup řešení, prezentovaný v tomto příspěvku, postihuje i fázi odlehčování pružnoplasticky deformovaného nosníku, kdy je na něm vytvořen pseudoplastický kloub (s nenulovou ohybovou tuhostí) spolu se změnou tvaru průřezu (obr. 2). Přitom je průhyb nosníku určován metodou jednotkových sil, na prutovém modelu (tzn. relativně nenáročným a rychlým výpočtem). Vytvořil se tím i nástroj pro konfrontaci výsledků dosažených experimentálně s výsledky získanými modelováním metodou konečných prvků.

Literatura

- [1] Janas, P., Krejsa, M., Kološ, I., SPOLEHLIVOST OCELOVÝCH VÝZTUŽÍ DLOUHÝCH DŮLNÍCH DĚL, ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA GRANTOVÉHO PROJEKTU 105/01/0783, FAKULTA STAVEBNÍ VŠB-TU OSTRAVA, 2004
- [2] Janas, P., SPOLEHLIVOST OCELOVÝCH VÝZTUŽÍ DLOUHÝCH DŮLNÍCH DĚL PŘI RÁZOVÉM ZATÍŽENÍ, ZÁVĚREČNÁ ZPRÁVA GRANTOVÉHO PROJEKTU 105/04/0458, FAKULTA STAVEBNÍ VŠB-TU OSTRAVA, 2006
- [3] KOLOŠ, I. STATICKY NEURČITÉ PRUTOVÉ KONSTRUKCE V PRUŽNOPLASTICKÉM STAVU, DISERTAČNÍ PRÁCE. VŠB – TU OSTRAVA, 2005

CHARAKTERISTIKA NELINEÁRNÍHO OHYBU NOSNÍKU

THE CHARACTERISTICS OF THE NON-LINEAR BENDING OF THE BEAM

Jiří Podešva¹

Abstract

The calculation of the horizontal mine opening steel support can be performed by the special program, developed on the Department of civil mechanics (Faculty of Civil Engineering, VSB - Technical University of Ostrava). It can take into account the geometrical non-linearity but other effects, like plasticity and stiffness decrease due to change of the cross section are not able to include into calculation. The paper describes the possibility to express these effects like the change of the beam stiffness $E \cdot J$.

1 Úvod

Projekce a zejména údržba ocelové výztuže vodorovných důlních děl vyžaduje opakované provádění pevnostních výpočtů a výpočtů deformace. Jejich řešení je běžnými prostředky poměrně pracné a vyžaduje speciální vzdělání v oblasti výpočtových metod. Software pro provádění náročnějších výpočtů, např. na bázi MKP, je v provozních podmínkách nedostupný.

Na katedře stavební mechaniky Fakulty stavební VŠB - Technické univerzity Ostrava byl vyvinut výpočtový program v prostředí MS Excel, umožňující provádění těchto výpočtů silovou metodou.

Program však neumožňuje zahrnout materiálovou nelinearitu (plasticita) ani pokles ohybové tuhosti vlivem změny nosného profilu, vedoucí až ke ztrátě stability tvaru.

Tento příspěvek se zabývá definováním a výpočtem náhradní ohybové tuhosti ($E \cdot J$), nahrazující zmíněné efekty.

2 Nelinearity

Lineární teorie nosníků vychází z předpokladu malých deformací, předpokladu zachování rovinnosti průřezu a z předpokladu platnosti Hookova zákona a vede k lineárnímu rozložení napětí po ploše průřezu. Ohybová tuhost je pak vyjádřena součinem $E \cdot J$ (E je modul pružnosti v tahu, J je plošný moment setrvačnosti průřezu). Tato hodnota je chápána jako konstanta, charakterizující odpor profilu proti ohybu.

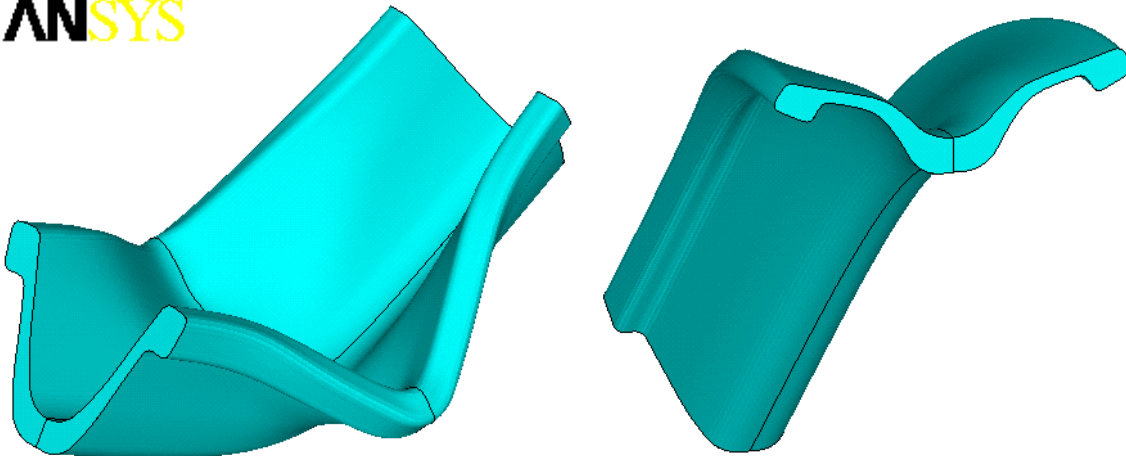
Při ohybu ocelové důlní výztuže se však objevuje několik typů nelinearity.

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

Materiálová nelinearita. Ohyb výztuže může být tak masivní že dochází ke značné plastické deformaci materiálu. Plasticitu lze do výpočtu zahrnout třeba metodou vrstev. Profil je rozdělen na tenké vrstvy. V závislosti na lineárně narůstající deformaci (zachování rovinnosti průřezu bylo ověřeno modelováním metodou konečných prvků) je každé vrstvě přiřazeno napětí a následně síla a její moment k neutrální ose.

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

Změna profilu. Při ohybu dochází ke změně profilu. V závislosti na ohybovém momentu se otevřený profil otevírá stále více a jeho parametry - moment setrvačnosti - se mění. Tento efekt nelze zahrnout do výpočtového modelu.



Deformace profilu při ohybu.

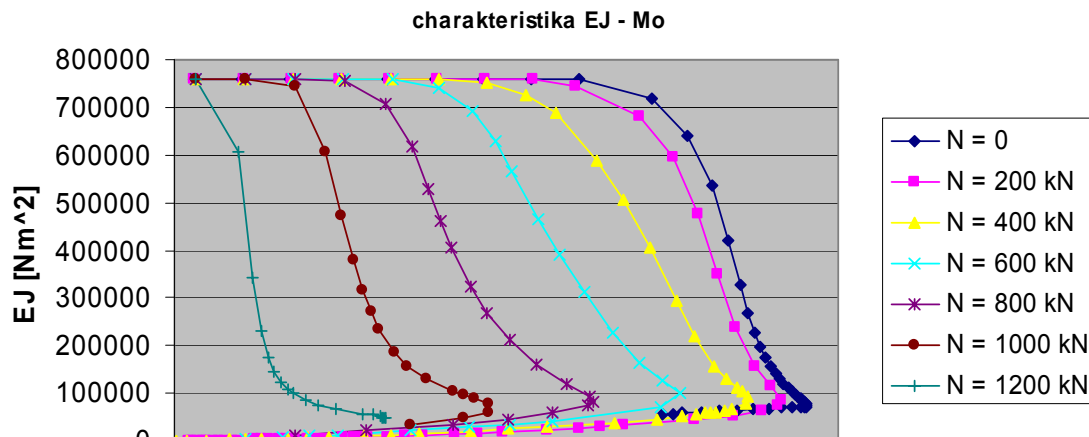
Všechny tyto nelinearity se mohou v provozu objevit a je třeba s nimi počítat.

3 Ohybová charakteristika nosníku a náhradní tuhost

Výstupem výpočtu je postupně narůstající úhel ohnutí ϕ a odpovídající ohybový moment M_o . Závislost ohybového momentu M_o na úhlu ohnutí ϕ představuje ohybovou charakteristiku. Lze na ní pozorovat počáteční lineární úsek (odpovídající lineární teorii nosníků), pak však, zejména v důsledku zplastizování, později též v důsledku změny profilu, zaznamenáváme podstatně zpomalený nárůst ohybového momentu, resp. výrazně zrychlený ohyb (v závislosti na momentu). V závěru pak dochází k výraznému otevření profilu a tím ke snížení tuhosti. K ohybu pak je již zapotřebí menšího momentu. Tento bod představuje ztrátu stability tvaru. Při zachování zatížení následuje zhroucení konstrukce. Ze vztahu

$$E \cdot J_{(M)} = \frac{M \cdot \ell}{\phi}$$

vycházejícího z lineární teorie nosníků, lze pro každý stav ohnutí ($M-\phi$) určit náhradní ohybovou tuhost $E \cdot J$. Ta je rovněž závislá na normálové síle.



PRAVDĚPODOBNOSTNÍ VÝPOČET ÚNOSNOSTI A PRUŽNÉ DEFORMAČNÍ ENERGIE DŮLNÍ OBLOUKOVÉ VÝZTUŽE

PROBABILISTIC SOLUTION OF ARCH SUPORTS CARRYING-CAPACITY AND ELASTIC STRAIN ENERGY

Petr Janas¹, Martin Krejsa²

Abstract

The paper reviews briefly one of the proposed method of solution statically indeterminate steel arches, used in mining industry. Application of this concept was developed on Borland Delphi platform and allowed to explore carrying-capacity and strain energy of supports with taking account to variability of input variables.

1 Úvod

Ocelová oblouková výztuž je využívána zejména při zajišťování dlouhých důlních děl v hornictví. Podrobné statické řešení s využitím deterministicky zadávaných vstupních údajů bylo v minulosti aplikováno formou programu „Oblouky“, vytvořeném v prostředí Microsoft Excel s využitím programovacího jazyka Visual Basic, a je dále rozvíjeno. V průběhu řešení [2] byla rozvíjena metodika přímého determinovaného pravděpodobnostního výpočtu (dále jen PDPV, např. [1]), s jejíž využitím lze provádět i výpočty statických veličin uvažující náhodnost výskytu některých vstupních veličin. V příspěvku je zpracován stochastický způsob výpočtu únosnosti a přetvárné energie nepoddajné obloukové výztuže s uvažováním pružného chování materiálu a variability průřezu a pevnostních charakteristik.

2 Pravděpodobnostní výpočet únosnosti nepoddajné výztuže

Pravděpodobnostní výpočet únosnosti nepoddajné výztuže se opírá o vztah:

$$\kappa_{var} = \frac{\sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot W_{x,pl,var} \cdot f_{yd,var} \cdot N_{cli}}{M_{cli} \cdot A_{var} \cdot f_{yd,var}} \right)^2} - 1}{\frac{W_{x,pl,var} \cdot f_{yd,var}}{M_{cli}} \cdot \left(\frac{N_{cli}}{A_{var} \cdot f_{yd,var}} \right)^2} \quad (1)$$

kde κ_{var} charakterizuje únosnost výztuže a představuje násobek jednotkového zatížení výztuže. Ve výpočtu se objevují deterministické a variabilní veličiny. K deterministickým hodnotám patří parametry charakterizující geometrii oblouku, normové průřezové charakteristiky ocelových profilů a velikost vnitřních sil v kritickém průřezu. K uvažovaným variabilním hodnotám patří průřezové charakteristiky a pevnostní charakteristiky oceli.

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

² Ing. Martin Krejsa, Ph.D., VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Podéště 1875, 708 00 Ostrava – Poruba, martin.krejsa@vsb.cz.

3 Pravděpodobnostní výpočet pružné deformační energie

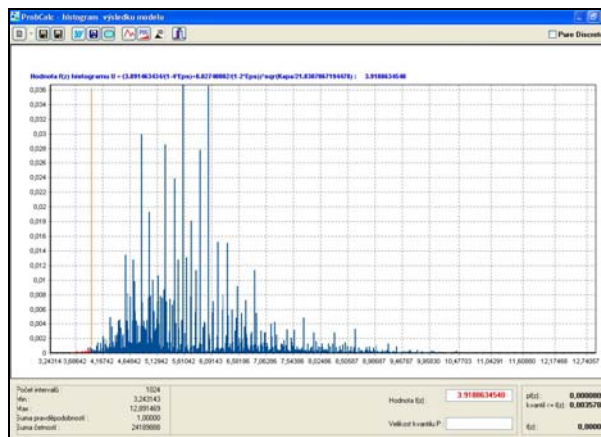
Pravděpodobnostní výpočet se opírá o vztah pro určení pružné deformační energie výztuže:

$$U_{\text{var}} = \left[\left(\sum_{i=1}^m \frac{M_i^2 \cdot \Delta s_i}{2 \cdot E \cdot J_i} \right) \cdot \frac{1}{(1-4 \cdot \varepsilon)} + \left(\sum_{i=1}^m \frac{N_i^2 \cdot \Delta s_i}{2 \cdot E \cdot A_i} \right) \cdot \frac{1}{(1-2 \cdot \varepsilon)} \right] \cdot \left(\frac{\kappa_{\text{var}}}{\kappa_{\text{det}}} \right)^2 \quad (2)$$

kde U_{var} charakterizuje přetvárnou energii výztuže jako variabilní hodnotu. Ve výpočtu je uvažováno s proměnlivou hodnotou průřezových a pevnostních charakteristik použitých ocelových profilů.

Výpočet byl proveden např. na obloukové výztuži v nepoddajném provedení, složené ze 4 kruhových segmentů s přeplátováním 400 mm (výztuž 00-0-16) z válcovaného profilu K-24 s poměrem bočního a svislého zatížení $\varepsilon = 0.0$ a 1.0.

Na obr.1 je zobrazen výsledný histogram přetvárné energie pro poměr $\varepsilon = 0,0$ s vyznačením deterministicky určené hodnoty. Pravděpodobnost, že přetvárná energie bude menší nebo rovna deterministicky určené hodnotě $U = 3,918863454$ kJ byla stanovena na 0,00357888.



Obr.1 Histogram přetvárné energie profilu 00-0-16/K-24 pro poměr bočního a svislého zatížení $\varepsilon = 0,0$.

4 Závěr

Aplikaci zpracované a popsané metodiky výpočtu lze analyzovat a studovat vlastnosti výztuží různých tvarů a velikostí při zvolených zatíženích. Pozornost byla věnována pravděpodobnostnímu přístupu k řešení spolehlivosti ocelové výztuže dlouhých důlních děl a k rozvoji metody přímého determinovaného pravděpodobnostního výpočtu. Poznání i praxe si tento přístup zaslouhují, neboť celá řada vstupních veličin má nahodilý charakter a určovat je deterministicky není proto vždy optimální.

Poděkování

Příspěvek byl vypracován v rámci řešení projektu 105/04/0458, realizovaného za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím GA ČR, a za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M6840770001, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS.

Literatura

- [1] Janas, P., Krejsa, M. a Krejsa, V. OPTIMALIZACE VÝPOČTU V PROGRAMOVÉM SYSTÉMU PROBCALC, sborník příspěvků konference Modelování v mechanice 2006 (abstrakt str.47 a 48, plné znění na příloženém CD), VŠB-TU Ostrava, Fakulta stavební, únor 2006, 80-248-1035-2.
- [2] Janas, P. SPOLEHLIVOST OCELOVÝCH VÝZTUŽÍ DLOUHÝCH DŮLNÍCH DĚL PŘI RÁZOVÉM ZATÍŽENÍ, závěrečná zpráva grantového projektu 105/04/0458, Fakulta stavební, VŠB-TU Ostrava, leden 2007.

NELINEÁRNÍ ANALÝZA PRUTOVÉHO MODELU KOMŮRKOVÉHO PANELU

NONLINEAR ANALYSIS OF BOX PANEL BY BEAM MODEL

Luděk Brdečko¹, Rostislav Zídek², Ctislav Fiala³

Abstract

The results of an experimentally tested box panel are used for verification of a numerical model. The modified model with mesh adjusted softening modulus is used for a solution of a problem of a damage localization in nonlinear finite element analysis of a reinforced concrete beam. The attention is also paid to determination of material properties of the model.

1 Úvod

Na ČVUT v Praze byly prováděny experimentální zkoušky komůrkových stropních panelů. Panely byly navrženy s cílem optimalizace využití surovin, a to jak materiálů konstrukčních, tak také recyklovaných (viz [1]). Naskytla se možnost využít údajů z jedné z těchto zkoušek na verifikaci programu ASTERES vyvíjeného na VUT v Brně.

2 Program ASTERES a lokalizace poškození

Program ASTERES řeší prutové konstrukce pomocí dvouuzlových konečných prvků na excentricitě. Jeho fyzikálně nelineární modul, určený pro železobetonové prvky, umožňuje modelovat reálné chování betonu a oceli. Pro modelování trhlin je použit model fiktivní trhliny, při kterém je diskretní porucha rozprostřena do oblasti konečného prvku. Lokalizace poškození betonu v tahu je řešena pomocí modelu se závislým modulem změkčení.

Při přímém použití modelu se závislým modulem změkčení v modelech ohýbaných konstrukcí byla pro různě velké konečné prvky dosahována různá přemístění ve fázi výpočtu, kdy se rozvíjí první trhliny. Proto byla navržena úprava implementace tohoto modelu tím způsobem, že v první fázi vývoje drobných trhlin se použije modul změkčení nezávislý na velikosti prvku a závislý modul změkčení se použije, až ve druhé fázi, kdy dochází k prudkému rozvoji několika dominantních trhlin.

V první fázi porušování je tedy třeba stanovit hodnotu modulu změkčení jiným způsobem. Místo velikosti prvku se uvažuje vzdálenost drobných trhlin, založená na konceptu přesouvání tahového napětí z betonu do oceli (v trhlíně) a zpět. Za rozmezí mezi oběma fázemi porušování se považuje počátek plastizace oceli v daném průřezu.

Studie chování upraveného modelu byla publikována v [2]. V tomto příspěvku je předloženo srovnání výsledků z programu s výše uvedeným experimentem.

¹ Ing. Luděk Brdečko, Ph.D., VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331, 602 00, Brno, brdecko.l@fce.vutbr.cz,

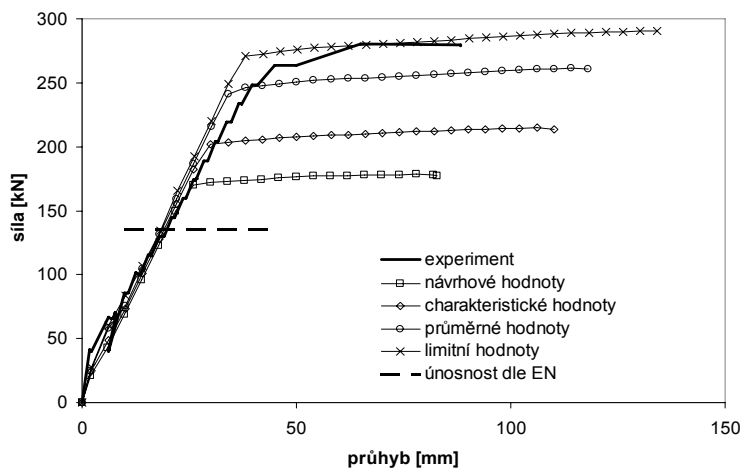
² Ing. Rostislav Zídek, Ph.D., VUT v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331, 602 00, Brno, zidek.r@fce.vutbr.cz,

³ Ing. Ctislav Fiala, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra pozemních komunikací, Tháškova 7, 166 29, Praha 6, ctislav.fiala@fsv.cvut.cz

3 Výpočet

Numerický výpočet byl proveden pro čtyři varianty vstupních dat a to pro parametry výpočtové, charakteristické a průměrné odvozenými ze zatřídění materiálu a tzv. limitní, které vychází ze změřených parametrů betonu a limitního vztahu pro mez kluzu oceli.

Při experimentu se celková síla z lisu přenášela pomocí tuhých nosníků do dvou liniových zatížení ve třetinách rozpětí panelu. Statické schéma výpočtového modelu tvořil prostě podepřený nosník o rozpětí 4,2 m namáhaný čtyřbodovým ohybem. Při výpočtu stejně jako při experimentálním zkoušení byl sledován průhyb ve třetině rozpětí. Obrázek 1 ukazuje zatěžovací křivky (celková síla versus průhyb) pro jednotlivé varianty výpočtu a experimentální data. Graf je doplněn úrovní únosnosti založené na posouzení průřezu podle EN.



Obr. 1: Zatěžovací křivky

4 Závěr

Zatěžovací křivky získané výpočtem ukázaly dobrou shodu s experimentem v oblasti první fáze porušování, kde užití standardního modelu se závislým modulem změkčení obvykle přináší problémy. Chování experimentu se ve druhé fázi porušování se podle předpokladu přiblížily varianty výpočtu založené na průměrných a tzv. limitních materiálových parametrech. Pro přesnější analýzu této fáze by bylo třeba znát výsledky tahové zkoušky použité oceli.

Poděkování

Tento výsledek byl získán za finančního přispění MŠMT, projekt IM0579, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS. Při řešení byly částečně využity teoretické výsledky dosažené v projektu GA ČR 103/07/1276

Literatura

- [1] Fiala, C., Hájek, P., Bílek, V. KOMŮRKOVÝ ŽELEZOBETONOVÝ PANEL S VLOŽKAMI Z RECYKLOVANÉHO PLASTU, sborník konference 13. Betonářské dny 2006, Hradec Králové, 2006
- [2] Brdečko, L., Zídek, R. NĚKTERÉ MODIFIKACE FYZIKÁLNĚ NELINEÁRNÍHO PRUTU. Proceedings of the 5th International Conference on New Trends in Statics and Dynamics of Buildings, Bratislava, Slovakia, 2006

STANOVENÍ MAXIMÁLNÍHO PROVOZNIHO ZATÍŽENÍ ZDĚNÝCH KLENBOVÝCH MOSTŮ POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ S PŘESYPÁVKOU

ESTIMATION OF MAXIMUM SERVICE LOADING OF ROADWAY MASONRY ARCH
BRIDGES WITH EMBANKMENT

Michal Drahorád¹, Marek Posch²

Abstract

This work is focused on development and verification of a "simple" and credible method for evaluation of maximum service loading of masonry arch bridges with embankment. Method is based on a simple software, which is usually used to design structures.

1 Úvod

Tento příspěvek se zabývá vyvinutím a ověřením jednoduché a v praxi snadno použitelné metody výpočtu maximálního provozního zatížení zděných klenbových mostů.

2 Předpoklady

Při sestavování výpočetního modelu, zatížení a při vlastním výpočtu byly použity následující předpoklady :

- nadnásyp (přesypávka) konstrukce je pouze pasivní částí konstrukce jako celku. Slouží k roznesení zatížení do horního líce nosné konstrukce a působí vlastní vahou. Působení vlastní vahou je rozděleno na působení svislé (vlastní váha nadnásypu) a vodorovné, které je uvažováno jako zemní tlak v klidu
- Zatížení dopravou je uvažováno pouze jedním seskupením zatížení. Zatížení je roznášeno vozovkou, resp.nadnásypem, pod úhlem 45°, resp. 30°. Tímto způsobem je zahrnuto působení nadnásypu a vozovky .
- materiál klenby (kameny klenby) jsou uvažovány jako pružný materiál s lineárním pracovním diagramem. Modul pružnosti je uvažován normovými hodnotami. Působení malty v tahu je vyloučeno.

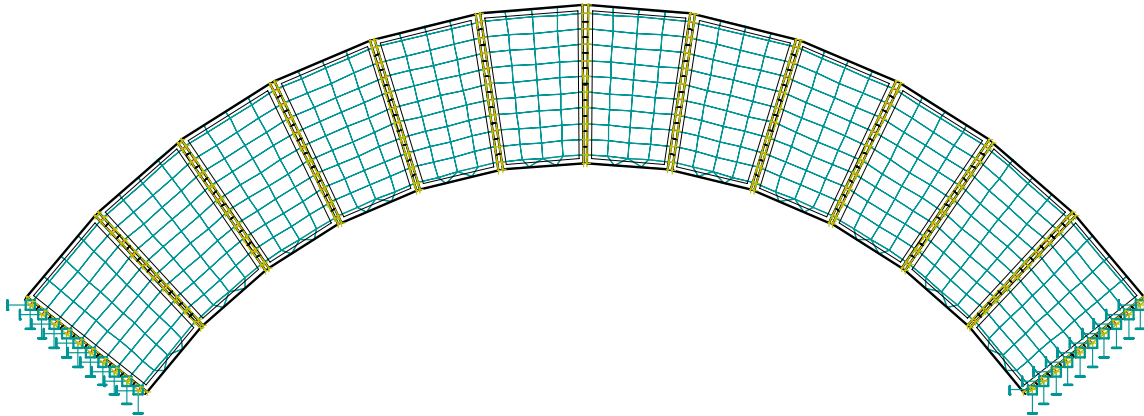
3 Výpočetní model

Model konstrukce byl sestaven z lineárních izoparametrických 2D prvků (kameny klenby) v kombinaci s prutovými prvky (malta), u nichž bylo vyloučeno působení v tahu. Výpočet byl proveden programem IDA NEXIS 32 za použití nelineárních prutových prvků pro vyloučení tahového působení malty. Dělení spáry mezi jednotlivými kamennými bloky bylo zvoleno po 1/10 výšky spáry.

¹ Michal Drahorád, Ing, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, katedra betonových konstrukcí, ČVUT FS Thákurova 7, 166 29 Praha 6 Dejvice, michal.drahorad@fsv.cvut.cz

² Marek Posch, Ing, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, katedra mechaniky, ČVUT FS Thákurova 7, 166 29 Praha 6 Dejvice, posch.marek@seznam.cz

Pro porovnání výsledků byl stejný problém analyzován na lineárním prutovém modelu s uvažováním předpokladů stávajících norem pro výpočet zděných klenbových mostů. Hlavním omezením je v tomto případě podmínka, že excentricita normálové síly nesmí být mimo jádro průřezu.



Obr.1 – Výpočetní model konstrukce

4 Kritéria pro posouzení maximálního provozního zatížení

Pro určení maximálního provozního zatížení byla na základě podrobného rozboru problematiky určena následující kritéria :

- maximální napětí v maltě
- maximální šířka trhliny v maltě nesmí překročit 2/3 výšky průřezu
- maximální hlavní napětí v tahu nepřekročí maximální povolenou hodnotu

5 Výpočet zatížitelnosti

Z hodnot maximálního provozního zatížení se určí zatížitelnost konstrukce, a to s ohledem na možnosti roznášení zatížení.

6 Závěr

Z výsledků je patrné, že použitím výpočtu podle uvedené metodiky je možné dosáhnout značně vyšších zatížitelností konstrukce než použitím standardních postupů používaných v praxi. Na druhou stranu je metodika a sestavený model natolik jednoduchý, že umožňuje výpočet pomocí běžných, v praxi používaných výpočetních programů.

Poděkování

Projekt byl realizován za podpory interního grantu ČVUT číslo CTU0601711.

MODELOVÁNÍ ZDĚNÝCH KLENBOVÝCH MOSTŮ- POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ MEZE ZATÍŽITELNOSTI LINEÁRNÍHO A NELINEÁRNÍHO ŘEŠENÍ

MODELING OF MASONRY ARCH BRIDGES - COMPARISON OF LOAD BEARING
CAPACITY CALCULATED BY LINEAR AND NONLINEAR SOLUTION

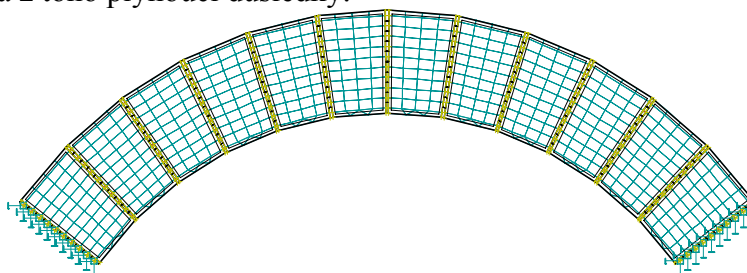
Michal Drahorád¹, Marek Posch²

Abstract

This article compares results of solutions from two methods for determination of load capacity of masonry arch bridges which are described in articles- Method of and Estimation of maximum service loading of roadway masonry arch bridges with embankment and method of modeling of masonry arch bridges- method of determination of load capacity of masonry arch bridges. Here are explained and prescribed reasons of differences both presented methods.

1 Úvod

Tento článek porovnává hodnoty zatížitelnosti určené dvěma různými metodami. Jednotlivé metody určení zatížitelnosti mostů, resp.mezní únosnosti, zděných klenbových mostů jsou popsány v [1] a [2]. V článku jsou popsány a vysvětleny rozdíly mezi metodami a z toho plynoucí důsledky.



Obr.1 – Zjednodušený výpočetní model konstrukce

Druhá metoda simuluje mostní konstrukci nelineárními materiály z programového komerčního balíku ADINA. Byly použity takové materiály, které co nejvěrohodněji vystihují nejdůležitější vlastnosti skutečných materiálů viz kapitola [2]. Konstrukce je řešena v rovinné deformaci.

2 Roznos zatížení v náspu

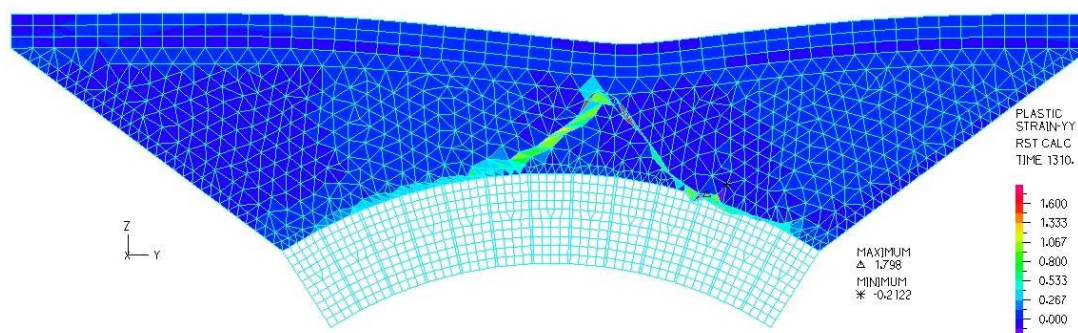
Roznášení nahodilého zatížení v náspu je jednou z rozhodujících vlastností modelu, která určuje zatížení vlastního nosného prvku celého mostu. Roznos zatížení tak zásadně ovlivňuje distribuci zatížení na konstrukci a tím i únosnost klenby jako takové.

¹ Michal Drahorád, Ing, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, katedra betonových konstrukcí, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 Dejvice, michal.drahorad@fsv.cvut.cz

² Marek Posch, Ing, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, katedra mechaniky, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 Dejvice, posch.marek@seznam.cz

Zjednodušená metoda uvažuje roznos zatížení v souladu s normovými předpisy (ČSN 73 6203 – Zatížení mostů)

Metoda uvažující nelineární materiál modeluje násep pomocí modelu s Mohr-Coloumbovou podmínkou plasticity, lze využít i Drucker-Pragerovy podmínky, ale výsledky jsou prakticky totožné. V těchto materiálových modelech lze měnit podle druhu zeminy roznášecí úhel. Způsoby roznášení zatížení v zemině jsou ukázány na následujících obrázcích, přičemž pro porovnání obou metod hrají velkou roli geometrické rozměry mostu, neboť ty především určují, zda se výsledek obou metod shodují. Na obrázcích mostů jsou vykreslena vždy hlavní napětí.



Obr.6- Most 2-0,3-0,4-0,55 plastická deformace y-y – kolaps v materiálu zeminy

3 Určení maximálního provozního zatížení a únosnost klenbové konstrukce

Maximální provozní zatížení, resp. únosnost, zděné klenbové konstrukce je omezeno podmínkami použitelnosti, resp. únosnosti, konstrukce, které byly definovány zvláště pro jednotlivé modely. Maximální zatížení se stanoví pro klenbový pas šířky 1m.

V modelech byly, vzhledem k výpočtu podle mezních stavů použitelnosti, definovány následující podmínky pro stanovení maximálního provozního zatížení :

- maximální napětí v maltě nesmí překročit hodnotu maximálního „dovoleného“ namáhání materiálu
- maximální šířka trhliny v maltě nesmí překročit 2/3 výšky průřezu.
- maximální hlavní napětí v tahu nesmí překročit maximální „dovolenou“ hodnotu

4 Závěr

Z výsledků je patrné, že použitím výpočtu podle uvedené metodiky je možné dosáhnout značně vyšších zatížitelností konstrukce než použitím standardních postupů používaných v praxi. Na druhou stranu je metodika a sestavený model natolik jednoduchý, že umožňuje výpočet pomocí běžných, v praxi používaných výpočetních programů.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je 1F55A/005/120
Projekt byl realizován za podpory interního grantu ČVUT číslo CTU0601711.

MODELOVÁNÍ ZDĚNÝCH KLENBOVÝCH MOSTŮ-OVĚŘENÍ NELINEÁRNÍHO MODELU MALTY.

MODELING OF MASONRY ARCH BRIDGES-CHECKING NONLINEAR MODEL MORTAR ON MASONRY ARCS.

Marek Posch¹

Abstract

In our country and in the other parts of the world exists number of masonry bridges. Their limit loading capacity is not known today. It is very important to make simulations of these, verifying model of mortar bridges is necessary before. The article deals with nonlinear material model mortar which is used in software package ADINA and compares its solutions against results of examinations that has done in Czech Technical University of Civil Engineering.

1 Úvod

Článek se zabývá popisem modelu malty v softwarovém balíku ADINA. Uvádí porovnání řešení ze simulací mostu z programu ADINA s dosaženými výsledky jež byly získány ze vzorků odzkoušených na ČVUT fakultě stavební a dává je v souvislost k nové řešící metodě zatížitelnosti mostů.

2 Materiálový model malty programu ADINA

V zásadě jde o pružnoplastický materiál se změkčením. Po porušení v tahu je materiál uvažován jako ortotropní se směrem ortotropie i určeným směrem hlavního napětí ${}^t\sigma_{pi}$ v okamžiku porušení. Tento směr ortotropie si ponechává stále stejnou orientaci po celý další výpočet. Ke zjištění, zda je materiál porušen, jsou užitá hlavní napětí, tj. modifikovaná Rankinova podmínka. Předpokládáme-li, že první hlavní napětí ${}^t\sigma_{p1}$ dosáhne hodnoty mezního tahového napětí, nová tečná materiálová matice tuhosti má tvar

$$C = \begin{bmatrix} E_0\eta_n & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & \frac{1}{1-\nu^2}E_0 & \frac{\nu}{1-\nu^2}E_0 & 0 & 0 & 0 \\ & & \frac{1}{1-\nu^2}E_0 & 0 & 0 & 0 \\ & & & \frac{E_0\eta_s}{2(1+\nu)} & 0 & 0 \\ SYM & & & & \frac{E_0\eta_s}{2(1+\nu)} & 0 \\ & & & & & \frac{E_0}{2(1+\nu)} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

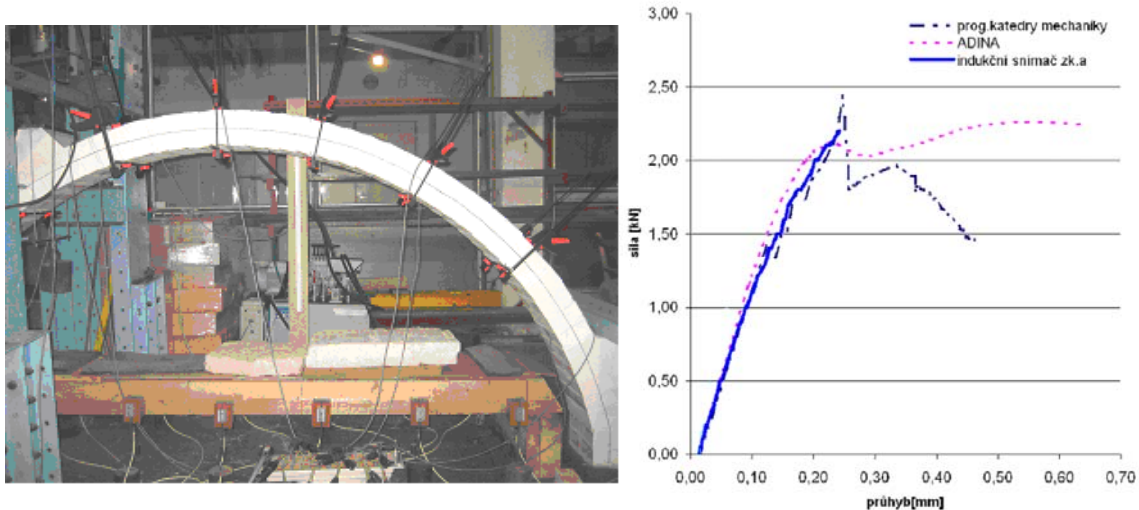
¹Marek Posch, Ing, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, katedra mechaniky, ČVUT FS Thákurova 7, 166 29 Praha 6 Dejvice, posch.marek@seznam.cz

kde ν je Poissonova konstanta, E_0 je modul pružnosti materiálu. Konstanty η_n a η_s jsou redukční faktory matice tuhosti. Ideálně je $\eta_n = 0$, tj. tuhost ve směru kolmém k rovině trhliny vymizí. Obvykle $\eta_n = 0,0001$ a $\eta_s = 0,5$. Pro výpočet tahového normálového napětí k rovině porušení ${}^t\sigma_l$ a pro výpočet smykových napětí ${}^t\sigma_{12}$, ${}^t\sigma_{13}$ v této rovině se použije totálních deformací ${}^t\varepsilon_{ij}$ podle rov. (2)

$$\{ {}^t\sigma \} = \begin{bmatrix} E_f & 0 & 0 \\ & \eta_s \frac{E_0}{2(1+\nu)} & 0 \\ sym & & \eta_s \frac{E_0}{2(1+\nu)} \end{bmatrix} \cdot \{ {}^t\varepsilon \}, \quad \{ {}^t\varepsilon \} = \begin{Bmatrix} {}^t\varepsilon_1 \\ {}^t\varepsilon_{12} \\ {}^t\varepsilon_{13} \end{Bmatrix} \quad (2)$$

3 Ověření materiálu malty programu ADINA

Výjimečnou příležitostí k částečnému ověření malty byly s pokusy klenbovými pasy rozpětí 3 m a vzepětí 0,75 m, 1 m a 1,2 m, provedené na Stavební fakultě v letech 2004/2005 v rámci doktorandského grantu [5].



Obr. 8, 9. Pohled na zkušební oblouky, Graf závislosti zatěžovací síly na deformaci ve svislém směru v místě zatěžování

4 Závěr

Ze srovnání výpočtů a měření vyplývá, že výpočtové programy jsou použitelné ke zjišťování materiálových parametrů oblouků a lze jimi případně i určit únosnost neporušených oblouků, pokud budou známy jejich materiálové parametry.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je 1F55A/005/120

MODELOVÁNÍ ZDĚNÝCH KLENBOVÝCH MOSTŮ- METODA URČENÍ MEZNÍ ZATÍŽITELNOSTI ZDĚNÝCH KLENBOVÝCH MOSTŮ.

Modeling of Masonry Arch Bridges- Method of Determination of Load Capacity of Masonry Arch Bridges

Marek Posch¹, Michal Drahorád²

Abstract

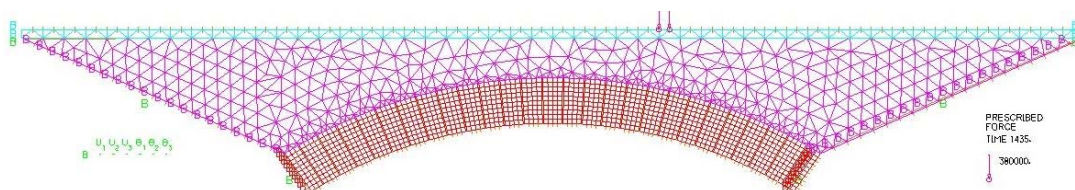
The article deals with modeling of masonry arch bridges. Describes determination of load capacity of masonry bridges. Describes new method based on nonlinear computations models and compares results against actual methods used in practice. The article deals with load capacity of masonry bridges. It describes new method based on nonlinear computation of models and compares results against actual methods used in practice.

1 Úvod

V naší zemi i jinde ve světě se nachází značné množství zděných klenbových mostů různého rozměru, stáří, využití i stavu. Velice důležitou a neoddelitelnou složkou pro určení nadálého způsobu využití mostů, popřípadě určení rozsahu rekonstrukce a údržby a označení mostů, je zjištění jejich maximálního zatížení. Z toho plyne, že určení maximálního zatížení a tedy i způsob určení maximálního zatížení, má velký ekonomický význam. Článek popisuje novou metodu zatížitelnosti zděných klenbových mostů.

2 Model simulací mostů.

Výpočtový model mostu se skládá ze čtyř základních materiálů, charakteristické pro všechny simulované mosty - materiál silnice, náspu (zeminy), cihly (kamene) a malty (viz obr. 1), kde jsou barevně odlišeny použité materiály.



Obr. 1 Znáornění použitých materiálů v modelu.

¹ Marek Posch, Ing, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, katedra mechaniky, ČVUT FS Thákurova 7, 166 29 Praha 6 Dejvice, posch.marek@seznam.cz

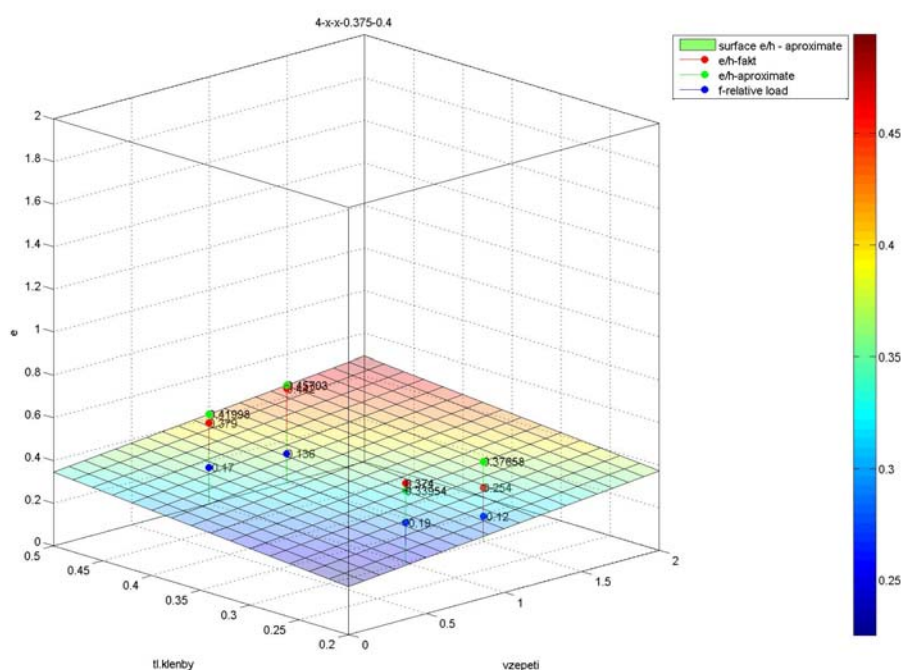
² Michal Drahorád, Ing, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, katedra betonových konstrukcí, ČVUT FS Thákurova 7, 166 29 Praha 6 Dejvice, michal.drahorad@fsv.cvut.cz

3 Metoda zjištění zatížitelnosti mostu

Nejprve se vypočte z tabulek a geometrie mostu přípustná relativní excentricita e_{lim} normálové síly ve směru klenby při lineárním výpočtu. Poté se provede vlastní lineární výpočet tak, aby se vnějším zatížením mostu dosáhlo právě zjištěné hodnoty e_{lim} . a toto vnější zatížení působící na most při e_{lim} se stanoví jako mezní zatížitelnost mostu.

4 Závěr

Předpokládejme, že bychom následující postup aplikovali na mosty o rozpětí 4m, světlé výšky oblouku od 0.5 do 2m, tl. klenby od 0.2 m do 0.5 m a tloušťce násypu 0.375 m. V grafu, kde na ose x je světlá výška oblouku, na ose y je tl. klenby a na ose z bychom si vynesli relativní excentricitu pro $c_0 = 0.4$. Dostali bychom rovinu která je znázorněna (viz. obr. 6).



Obr. 2 závislost e pro most s rozpětím 4m s násypem $s = 0.375$ $c_0 = 0.4$ na h a d .

Známe čtyři hodnoty ze simulací mostů, které můžeme do grafu zakreslit (čtyři červeně označené body), známe čtyři hodnoty získané přibližnou metodou (zeleně označené body). Dále jsou v obrázku vyznačeny modře body zobrazující relativní zatížení mostu. U žádné ze čtyř simulací nepřekročí relativní zatížení hodnotu 0.2. Lze tedy říci, že pokud budeme považovat jako vhodné kritérium pro mezní stav únosnosti relativní hloubku trhlin $c_0 = 0.4$, podstatně se zvýší zatížitelnost mostu aniž by hrozil kolaps mostu.

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím Grantové agentury České republiky. Registrační číslo projektu je 1F55A/005/120

MODELOVÁNÍ ZTRÁTY STABILITY ŠTÍHLÉ DESKY KROUCENÍM PŘI OSOVÉM TLAKU

MODELLING OF AXIAL-TORSIONAL STABILITY LOSS OF A SLENDER PLATE

Petr Frantík¹

Abstract

An analysed postcritical behaviour of a long plate is described in this paper. Postcritical state is obtained by axial-torsional buckling of ideal symmetrical slender plate of elastic material. Its postcritical behaviour is fruitful in number of possible states. Also bifurcation diagrams are shown here. Analyses were provided by numerical simulations with special model created by physical discretization.

1 Úvod

Ztráta stability konstrukcí se řadí k nejnáročnějším úlohám jak z hlediska teoretického popisu, tak i při numerickém řešení. Ztráta stability znamená dosažení kritického bodu (často se jedná o tzv. bifurkaci) v němž konstrukce přechází na nový stav prudkým přechodovým jevem, který nazýváme katastrofou, viz Arnold (1983) [1]. Pro výpočet deformací pružných konstrukcí při dosažení ztráty stability si již nevystačíme s lineárním modelem a to i v případě, uvažujeme-li lineární chování materiálu. Zvláště při sledování pokritického působení je třeba užít model, který nezanedbává změny geometrie konstrukce. I s tímto požadavkem může být model co do podstaty jednoduchý a vystihující klíčové aspekty úlohy. Analytická řešitelnost takového modelu je ale zpravidla velmi obtížná, jelikož jeho popis obsahuje silně nelineární členy.

Jak je dále uvedeno, vybraná úloha vykazuje typické rysy silně nelineárního systému. Dochází ke katastrofám, objevují se bifurkační body, existuje zde současně více než jeden výsledný statický stav.

2 Úloha

Přímý prut konstantního průřezu zatížený osovým tlakem může ztratit stabilitu díky vybočení kroucením. Zde se pozornost věnuje prutu ve tvaru tenkého pásu – desce o rozměru 1.0 krát 0.2 metru, viz obr. 1.

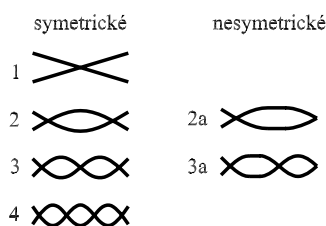


Obr. 1: Centricky tlačенý deskový prut

2.1 Pokritické stavy

Nalezené stavy lze rozdělit do dvou kategorií: na symetrické a nesymetrické. V každé kategorii se stavy dále odlišují podle počtu vln, které se po vybočení vytvoří. Stavy byly hledány v rozsahu síly $F = 3$ až 14 kN. Přehled je vidět na obr. 2, jejich výskyt v tab. 1.

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



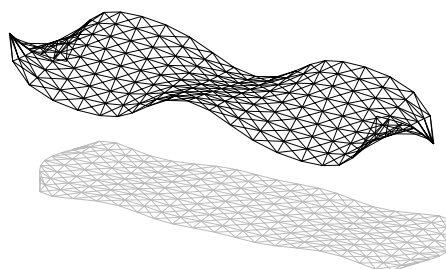
Obr. 2: Rozdělení pokritických tvarů

Z tabulky 1 je patrné, že index dosaženého tvaru stoupá s velikostí síly F . Nicméně např. pro sílu $F = 13$ kN se prut ustálil do tvaru s indexem 1. V tomto smyslu bude zřejmě obtížné popř. nemožné předvídat do jakého tvaru se systém za daných podmínek ustálí.

Síla F [kN]	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Tvar	1	2	2	3	3	2a	2a	4	4	3	1	3a

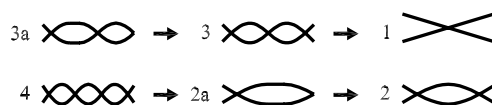
Tab. 1: Dosažené pokritické tvary pro různou sílu F

Pro upřesnění uvedme, že schémata tvarů na obr. 2 jsou přibližná v tom smyslu, že při zvětšování síly F budou vypadat v průmětu jinak. Doplňme, že tvary s více vlnami nejsou spirálovitě zatočené, jak se z průmětu zdá. Pro lepší představu je na obr. 3 zobrazen symetrický tvar s indexem 4 dosažený při síle $F = 10$ kN.



Obr. 3: Symetrický tvar s indexem 4 při síle $F = 10$ kN (včetně půdorysu)

Výsledkem simulací je zjištění, že jednotlivé liché tvary při ztrátě stability preferují přechod na nižší liché tvary a sudé naopak. Zmapované přechody jsou znázorněny na obr. 9. Příslušné bifurkační diagramy je možno vidět v plné verzi příspěvku.



Obr. 9: Přechody mezi pokritickými tvary při snižování síly F

Poděkování

Tento výsledek byl získán za finančního příspěví MŠMT, projekt 1M6840770001, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS. Při řešení byly částečně využity teoretické výsledky dosažené v projektu GAČR 103/07/0760.

Literatura

[1] Arnold, V., I., TEÓRIA KATASTROF (orig. TEORIJA KATASTROF, vydavatelstvo Moskevské univerzity 1983), vydavatel'stvo Alfa, Bratislava, 1983

OPTIMALIZACE STAVEBNÝCH KONŠTRUKCÍ

OPTIMIZATION OF STRUCTURES

Ing. Tomáš Juríček¹

Abstract

This paper presents some methods which may be used in a structural optimization design. Some of the constrained and unconstrained methods as a part of the mathematical optimization followed by some results of an example of the rotary symmetric plate analyzed by the gradient projection method are present in the first section. The second section of the paper deals with the technical optimization, presented with an example of the concrete core by using ANSYS 8.1.

1 Introduction

Optimization could be divided by my opinion to the two groups:

The mathematical optimization, which is concerned the optimization of structures based on the mathematical methods.

The technical optimization is a process, optimizing basically a parameter or groups of parameters.

2 Mathematical optimization

An example of *The Gradient Projection Method (GPM)* is concerned to the mathematical optimization procedure, where the topic of optimization was a rotary symmetric circular plate, loaded by dead load. For necessity I have developed my own program in MathCAD. It consists of two parts. First of them deals with a structural analysis of a rotary symmetric plate, its results are functions $w, \varphi, m_r, m_\varphi, t_{rz}$, which represent static and deformation state of the plate. The second part is concerned to an optimization process in step by step procedure, whereby a gradient projection method has been used the optimization.

The result of optimization of the rotary symmetric circular plate is representing in the *Fig. 1*. The result given in the *Fig. 1* doesn't means a final shape of the rotation symmetric plate, but it means actually equivalent stiffness of parts of the rotation symmetric plate.

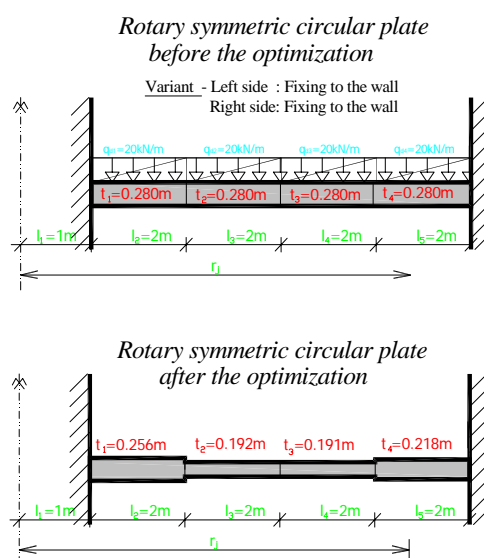


Fig.1 Rotary symmetric circular plate

¹ STU, Stavebná fakulta, Radlinského 11, 813 68 Bratislava, Slovenská Republika, email: tomas.juricek@stuba.sk.

3 Technical optimization

This example is a parametrical optimization of concrete wall thickness, which is a part of the core of building, situated in the corner of administration building. The optimization was done by ANSYS 8.1.

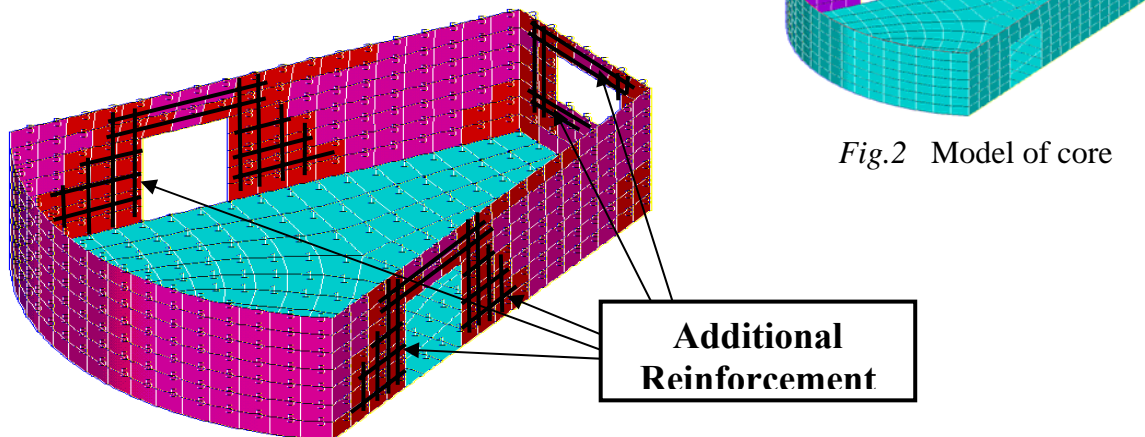


Fig.3 The core with different thickness of the wall

At the end of the optimization procedure, comparing the equivalent stresses from step by step, one may see, that it will be necessary to keep the wall of $h = 250 \text{ mm}$ (red color in the Fig.3) around the doors and the window, while in another parts the wall needs just the thickness of $h = 180 \text{ mm}$ (violet color in the Fig.3).

4 Conclusion

General target of this paper was to approach few methods used to the optimization of structures. As the procedure of computation is really demanding, we mainly concentrated to explain the basis of these methods. There are two possibilities to get some optimal dimensions of structures. First of them is a way of a mathematical optimization, second one is a way, met very often in practice, where we may achieve satisfied dimensions with a parameterization of design. We usually make the parameterization of design intuitively, because in practice there is no time for the long computation, whereby we try to keep a convenient topology of material to get the best outcome utilized by the existent conditions of loads

Acknowledgement

Author expresses his thanks to Grant Agency VEGA for support the grant project VEGA 1/3312/06 as well as works on problems presented in this paper.

References

- [1] R. T. Haftka, M. P. Kamat: *Elements structural Optimization*, 1985
- [2] R. Fox: *Optimization methods for engineering design*, (1964)
- [3] Rosen J. B.: *The gradient projection method for nonlinear programming*, (1970)

OPTIMALIZÁCIA DOSKY ULOŽENEJ NA WINKLEROVOM PODLOŽÍ

OPTIMIZATION OF A PLATE RESTING ON WINKLER'S FOUNDATION

Katarína Tvrdá¹, Jozef Dický²

Abstract

This paper deals with an optimal design of a plate resting on Winkler's foundation, regarding an optimization procedure of the plate thickness. The procedure consists of two parts: both static and optimization analysis. As a constraint in this part we have chosen a maximum deflection in some nodes and the maximum of iterations. Some results are presented as well ($c_1 = 20\ 000\ \text{kN/m}^3$ and $c_1 = 90\ 000\ \text{kN/m}^3$).

1 Introduction

In general, the optimization is concerned with an achieving the best outcome of a given objective while satisfying certain restrictions. This paper deals with some engineering techniques used in optimization process, well-known as structural optimization. That gives a relatively simple and easy answer on the question, how designed components obtain their shape and dimensions.

2 Reduction of the element thickness due to the sensitivity coefficient

An optimal design of a structure is obviously done in respect to some predefined parameters, which must be fulfilled in the designed structure.

The constraint in each of points may be written as follows

$$|uj| \leq |uj^*| \quad (j = 1, m) \quad (1)$$

where m - is the total number of prescribed deflections.

$$iter_k \leq iter^* \quad (k = 1, n) \quad (2)$$

where n - it the total number of prescribed iterations.

For this constraint we have chosen 23 iterations as a maximum.

2.1 Static analysis of a plate resting on the elastic foundation

The equation of a plate resting on Winkler's foundation, which describes the deflection of the plate neutral plane, may be written as follows

$$D \left[\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} \right] + c_1 w = p \quad (3)$$

where D - is the plate stiffness constant, depending on E , ν as well as on the plate thickness h ,
 c_1 - is the coefficient of the foundation elasticity.

2.2 Optimization analysis

The optimization analysis consists of several steps. Each of them starts with new set of the different thickness of elements. To specify, which element will reduce its thickness, we use weighted average sensitivity coefficient described as follows

¹ Katarína Tvrdá, Ing., STU Bratislava, Stavebná fakulta, Katedra Stavebnej mechaniky, Radlinského 11, (katarina.tvrda@stuba.sk)

² Jozef Dický, Doc. Ing. PhD., STU Bratislava, Stavebná fakulta, Katedra Stavebnej mechaniky, Radlinského 11, (jozef.dicky@stuba.sk)

$$\alpha_i = \sum_{j=1}^m \lambda_j |\alpha_{ij}| \quad \lambda_j = |u_j|/u_j^* \quad \alpha_{ij} = |-\{u^{ij}\}^T \Delta[K^i] \{u^i\}| \quad (4)$$

The sensitivity coefficient indicates the change of an energy of structure as a result of decrease of depth of j-th element. In real, α_i is a deformation energy of the element and may be determined very easily using the element stiffness matrix and the particular displacement vector.

3 Numerical analysis of a plate resting on the elastic foundation

Let us consider a plate of 12 x 12 m, resting on an elastic foundation. The optimality constraint are the maximum deflections and the maximal number of iteration 23.

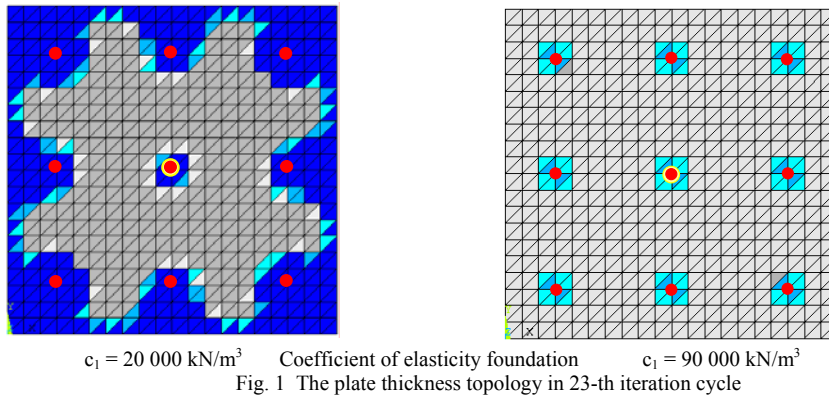


Fig. 1 The plate thickness topology in 23-th iteration cycle

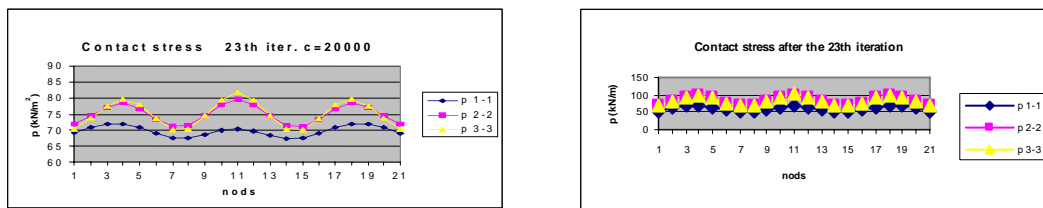


Fig.10 The contact stress after the 23-th iteration

4 Conclusion

In this paper authors present some results of optimal design of a plate resting on elastic foundation loaded by a set of forces as reactions of the building using their own programs for computer. As a result of the study of two cases depending on different elasticity properties of foundation may be seen, that deflections of the plate as well as the reduction of the thickness of elements strongly depends on the foundation resistance.

Acknowledgement

Authors express their thanks to VEGA Grant Agency for support the grant project VEGA 1/3312/06 as well as works on problems presented in this paper.

References

- [1] Xie, Y. M. - Steven, G. P.: Evolutionary Structural Optimization. Springer, London, 1997.
- [2] Tvrďá, K.: Optimalizácia hrúbky dosky, písomná práca k dizertačnej skúške, Bratislava, 2004.
- [3] Tvrďá, K. - Dický, J.: Optimal Design of Thickness of Plate Rested on Elastic Foundation, New Trends in Statics and Dynamics of Building, Bratislava, 2005.

K MODELOVÁNÍ LOMU POKROČILÝCH STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ

ABOUT COMPLEX MODELLING OF FRACTURE OF ADVANCED BUILDING MATERIALS

Jiří Brožovský¹, Václav Veselý², Zbyněk Keršner³

Abstract

Appropriate structural design is conditioned by the ability of prediction of real structural response. This aim can be obtained by robust computational tools with implementation of proper failure models. In case of advanced building materials, these models are based on non-linear fracture mechanics. The efficient and reliable application of the models depends on successful tuning of corresponding material parameters. Although experimental techniques for determination of these characteristics are principally simple, the direct use of them in the material model is usually impossible due to specimen geometry influence and size effect. The problem of determination of material model parameters can be overcome by sophisticated methods of inverse analysis based on load–displacement curves of performed tests. However for common user of relevant computational systems the routine utilization of this procedure is demanding and time consuming, which complicates the effective design of structure. The paper is therefore focused on ideas about development of efficient technique for material model calibration according to experimental tests.

1 Úvod

Týmy pracovišť autorů – Katedra stavební mechaniky FAST VŠB–TU Ostrava a Ústav stavební mechaniky FAST VUT v Brně – dlouhodobě kooperují např. v rámci projektu *Centrum integrovaného navrhování progresivních stavebních konstrukcí (CIDEAS)*, při organizaci odborných konferencí, seminářů apod. Od počátku roku 2007 začínají vybraní odborníci ze zmíněných pracovišť rozvíjet činnost v projektu Grantové agentury České republiky *Modelování lomu pokročilých stavebních materiálů*. Plný text předkládaného příspěvku si klade za cíl seznámit laskavé čtenáře se základními východisky tohoto projektu.

2 Lom v pokročilých stavebních materiálech

Při zatěžování konstrukcí vyrobených z pokročilých cementových kompozitů dochází k velkým koncentracím napětí v okolí mikroporuch v materiálu (mikrotrhliny, póry a jiné nehomogenity), jež jsou pro pokročilé kompozity charakteristické (zapříčiněné reologickými jevy v materiálu), a tyto mikroporuchy se dále spojují ve větší zóny narušené trhlinami. Porušení konstrukcí z cementových kompozitů pak probíhá tak, že vytvoření velkých trhlin a lomů po vyčerpání únosnosti je předcházeno formováním

¹ Ing. Jiří Brožovský, Ph.D., VŠB–TU Ostrava, FAST, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Poděště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, jiri.brozovsky@vsb.cz

² Ing. Václav Veselý, Ph.D., VUT v Brně, FAST, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, vesely.v1@fce.vutbr.cz

³ doc. Ing. Zbyněk Keršner, CSc., dtto, kersner.z@fce.vutbr.cz

a postupným růstem a rozšiřováním těchto procesních zón. Proto se při návrhu a posouzení únosnosti a použitelnosti těchto konstrukcí, stejně jako při ocenění jejich životnosti, nelze obejít bez informací o odolnosti materiálu těchto konstrukcí proti šíření trhlin.

3 Ke koncepčním a metodickým postupům projektu

Koncepce řešení projektu vychází z kombinace experimentálních, teoretických a počítačových postupů. Projekt se opírá o následující stěžejní oblasti zkoumání daných materiálů:

- určování lomových charakteristik z kvazistatických zkoušek;
- numerické modelování lomového chování vzorků a inverzní analýza;
- numerické simulace vybraných konstrukcí či konstrukčních prvků a jejich srovnání se skutečnou odezvou prostřednictvím zatěžovacích zkoušek.

V jednotlivých fázích řešení budou používány následující konkrétní postupy a metody:

- lomová mechanika kvazikřehkých materiálů;
- identifikace parametrů;
- pokročilé modelování MKP.

4 Závěr

V rámci projektu *Modelování lomu pokročilých stavebních materiálů* bude analyzován málo vyšetřovaný vztah mezi materiálovými parametry zkoumaných kompozitů a hodnotami jejich lomových charakteristik. Řešením projektu bude možno získat informace, které usnadní rozhodování projektantů i investorů při volbě materiálů pro prvky a konstrukce s požadavky na odolnost proti šíření trhlin, resp. životnost. Projekt by měl poskytnout postupy pro racionální uplatnění metod určování lomových parametrů pokročilých stavebních materiálů a umožnit využít tyto parametry při modelování porušování konstrukcí z těchto materiálů vyrobených.

Lze předpokládat, že se v projektu prokáže důležitost znalosti lomového chování studovaných pokročilých materiálů, zvláště pro použití v konstrukcích s požadavkem velké trvanlivosti. U těchto materiálů je třeba komplexně sledovat vznik a rozvoj mikrotrhlin, aby z těchto často ekologicky velmi výhodných kompozitů mohly být vyráběny spolehlivé a trvanlivé konstrukce či konstrukční prvky.

Poděkování

Práce vznikla díky podpoře projektu MŠMT 1M0579 výzkumného centra CIDEAS (1M0579) a projektu GA ČR 103/07/1276. Speciální poděkování patří Ing. Vlastimilu Bílkovi, Ph.D. z ŽPSV Uherský Ostroh, a.s. za jeho permanentní motivaci.

MODELOVÁNÍ DEGRADACE BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ POMOCÍ CELULÁRNÍCH AUTOMAT

DEGRADATION MODELLING OF CONCRETE STRUCTURES USING CELLULAR AUTOMATA

Jan Podroužek¹, Drahomír Novák²

Abstract

This paper presents cellular automata approach to the problem of lifetime assessment of concrete structures under diffusive attack from external aggressive agents. The diffusion process is modeled by cellular automata. The effectiveness is supposed in the combination with nonlinear analysis of concrete structures. Cellular automata can simulate degradation of material along the structure.

1 Úvod

Agresivní vlivy prostředí, jako je průnik chloridů či karbonatace betonu, vedou k degradaci betonu a k následné korozi výztuže. Takové procesy zahrnují řadu faktorů, včetně vlivu teploty a vlhkosti. Vývoj těchto složitých procesů je obecně složitým kombinovaným difusním procesem (teplotním, vlhkostním apod.). Na úrovni obecného makroskopického přístupu k Fickovým zákonům je rovnice difuze parciální diferenciální rovnicí druhého řádu parabolického typu:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \nabla^2 C \quad (1)$$

V rovnici (1) je C koncentrace komponentů difuze a rovnice je a navzdory tomu, že je lineární, analytické řešení existuje v současné době pouze pro několik základních typů úloh. Tento článek naznačuje využití nového přístupu k modelování degradace betonových konstrukcí na základě celulárních automat [1].

2 Simulace pomocí celulárních automat

Pod pojmem celulární automat (CA) se obvykle rozumí nekonečně mnoho prvků nějakého konečného automatu propojených určitým uniformním způsobem. Jednotlivé automaty s konečným počtem stavů se nazývají buňkami. Každá buňka CA je propojena s několika buňkami sousedními, které tvoří okolí dané buňky. Všechny buňky pracují synchronně, což znamená, že změny stavu, k nimž dochází v diskrétních časových krocích, nastávají vždy ve všech buňkách současně, stav kterékoli buňky v následujícím kroku je určen současným stavem buňky a bezprostředním okolím této buňky.

Simulace difusních procesů obecně patří mezi jedny z nejefektivnějších aplikací celulárních automat. Výše zmíněné difusní zákony lze při použití von Neumannova schéma okolí modelovat v d dimenzích ($d=1,2,3$) pomocí přechodové funkce [1]:

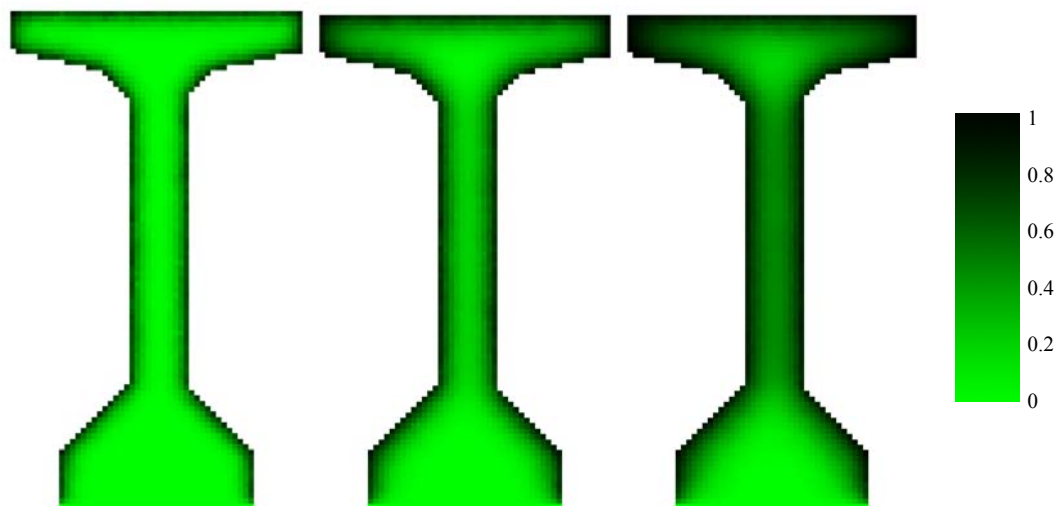
¹ Jan Podroužek, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, Česká republika, limajuliet@seznam.cz

² Prof. Ing. Drahomír Novák, DrSc., Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební mechaniky, Veveří 331/95, 602 00 Brno, Česká republika, novak.d@fce.vutbr.cz

$$C_i^{k+1} = \phi_0 C_i^k + \sum_{j=1}^d (\phi_j^- C_{i-1,j}^k + \phi_j^+ C_{i+1,j}^k) \quad (2)$$

kde diskrétní proměnná $C_i^k = C(x_i, t_k)$ reprezentuje koncentraci komponentů difuze v buňce i v čase t_k .

Simulace průniku agresivních činitelů je ukázána pro reálný průřez (AASHTO Typ VI, 711.2/1828.8 mm). Síť celulárních automat zde představuje 1871 buněk, každá o rozměru 20x20 mm. Časový krok Δt odpovídá zhruba 60 dnům. Působení agresivních činitelů uvažujeme po obvodě s výjimkou spodní části. Oblasti koncentrace agresivních činitelů $C(x,t)/C_0$ jsou patrné z obr. 1.



Obr. 1: Oblasti koncentrace agresivních činitelů $C(x,t)/C_0$ pro $t = 20, 50, 100$; odpovídá přibližně 3, 8 a 16 rokům pro $\Delta t = 60$;

3 Závěr

Článek popisuje netradiční metodu modelování degradace pomocí celulárních automat. Vytvořený software je koncipován jako doplňkový nástroj pro nelineární analýzu betonových konstrukcí včetně modelování degradačních účinků [2,3].

Poděkování

Projekt byl realizován za finanční podpory ze státních prostředků prostřednictvím GAČR, reg. číslo GA 103/07/0760. Tento výsledek byl získán i za finančního přispění MŠMT ČR, projekt 1M6840770001, v rámci činnosti výzkumného centra CIDEAS.

Literatura

- [1] Biondini, F., Bontempi, F., Frangopol, D. M., Malerba, P. G. CELLULAR AUTOMATA APPROACH TO DURABILITY ANALYSIS OF CONCRETE STRUCTURES IN AGGRESSIVE ENVIRONMENTS, JOURNAL OF STRUCTURAL ENGINEERING ASCE, VOL. 130, No. 11, 2004, pp. 1724-1737
- [2] ČERVENKA, V., PUKL, R. ATENA PROGRAM DOCUMENTATION, ČERVENKA CONSULTING, PRAGUE, [HTTP://WWW.CERVENKA.CZ](http://www.cervenka.cz), 2005
- [3] Teplý, B., Chromá, M., Matesová, D., Rovnaník, M. FREET- D DETERIORATION MODULE PROGRAM DOCUMENTATION, BRNO/ČERVENKA CONSULTING, 2006

OHYB ŠTÍHLÝCH TLAČENÝCH BETONOVÝCH PRUTŮ – NELINEÁRNÍ ANALÝZA

DEFLECTION OF SLENDER COMPRESSION CONCRETE COLUMNS – NON-LINEAR ANALYSIS

David Jonov¹

Abstract

The paper describes simple stress-strain diagram for design of slender compression reinforced concrete columns and it compares this model with models used in Eurocode 2. The simplifying material models that are shown in European norms cannot be used for most effective design of construction. This paper presents more exact model which is able to be used without software based on FEM.

1 Úvod

Štíhlé tlačené železobetonové pruty se dnes používají zejména v mostním stavitelství jako pilíře mostů, kde mohou dosahovat výšek přes 100 m. V pozemním stavitelství se štíhlé pruty vyskytují zejména jako součást patrových ráků nebo v podobě sdružených pilířových soustav hal. Je u nich třeba přihlížet k rovnováze vnitřních a vnějších sil na přetvořené konstrukci, neboli uvažovat účinky teorie II.řádu. Bezpečný návrh takových prvků klade zvýšené nároky na přesnost dodržení projekčních předpokladů, tzn. jejich tvaru, vlastností materiálů, statického působení a zatížení. Zároveň však je nutné při výpočtu použít co nejuvýstižnějších postupů a modelů konstrukce.

Pro nejefektivnější návrh konstrukcí tedy nelze aplikovat zjednodušující modely uvedené v normách, které nahrazují zejména složitou závislost materiálových vlastností konstrukce na vnějších vlivech jednoduchými, často lineárními funkcemi. Výpočet s použitím těchto modelů je sice jednoduchý, rychlý a je možno jej provést bez využití výpočetní techniky, ale navržené konstrukce jsou pak předimenzovány, což při požadavku na štíhlost konstrukcí ve smyslu estetiky a hospodárnost je nežádoucí.

2 Pracovní diagramy

Při řešení štíhlých tlačených prvků je třeba počítat s rovnováhou vnitřních a vnějších sil na přetvořené konstrukci. Je tedy důležité vyjádřit závislost vnitřních ohybových momentů M v daném průřezu ve vzdálenosti x od počátku vyšetřování prutu na křivosti

$$\text{ohybové čáry } \frac{1}{r} = \frac{d^2 w(x)}{dx^2} = w''(x), \quad (1)$$

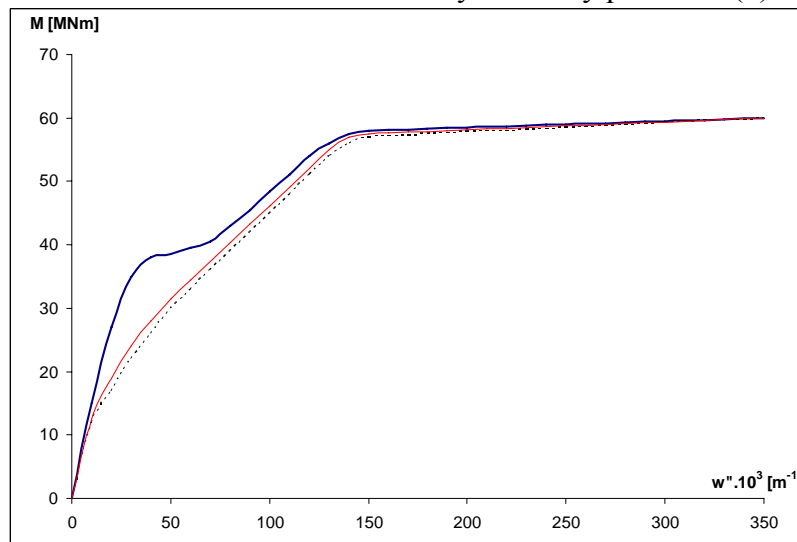
při určité normálové síle N . Ve vzorci (1) označuje r křivost prutu a $w(x)$ rovnici ohybové čáry.

Pro zjištění co nejuvýstižnějších vztahů charakteristických pro tuto závislost je třeba vycházet z takových pracovních diagramů oceli a betonu které se co nejvíce přibližují skutečnosti.

¹ Ing. David Jonov, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděště 1875, 708 33 Ostrava, e-mail: david.jonov@vsb.cz

2.1 Pracovní diagram železobetonového průřezu

U štíhlých tlačných ŽB prutů závisí únosnost stejně jako u jiných konstrukcí namáhaných excentrickým tlakem na kombinaci ohybového momentu a normálové síly. Primární ohybový moment a normálová síla (účinek zatížení I.řádu) jsou pro statické zatěžování v určitém zatěžovacím stavu konstantní, ale vlivem průhybu roste výstřednost tlakové síly a tím také ohybový moment. Normálová síla tedy zůstává v konstrukci stejná a porušení nastane nárůstem ohybového momentu. Pracovní diagram je proto u štíhlých železobetonových průřezů vyjádřen jako závislost ohybového momentu M na křivosti dané druhou derivací ohybové čáry prutu w'' (1).



Obr. 1: Pracovní diagram průřezu

3 Závěr

Z výsledků výpočtu je patrné, že volba modelu pracovního diagramu průřezu má velký vliv zvláště v první fázi zatěžování. Křivky stanovené na základě bilineárního a parabolicko-rektangulárního modelu mají v počátku diagramu menší sklon, což je dáno menším sklonem pracovního diagramu betonu použitých u těchto modelů a zanedbáním působení betonu v tahu. Po překročení meze kluzu oceli se křivky pracovních diagramů, stanovené pro různé tvary pracovních diagramů betonu, k sobě přibližují.

Při statickém řešení štíhlých konstrukcí je fyzikální nelinearita železobetonu velice důležitá a přesnost výsledků je podmíněna použitím výstižných modelů nejen tvaru konstrukce, ale také jejího materiálu. Model popsáný v tomto příspěvku je ve srovnání s modely použitými v normách přesnější a lépe vystihuje skutečné chování ohýbaného železobetonového průřezu. Jeho nevýhodou je ale pracnost výpočtu v případě tvarově složitějšího průřezu.

Literatura

- [1] EUROKÓD 2: NAVRHOVÁNÍ BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ.
- [2] JANDA, L.-KŘÍSTEK, V.-KVASNIČKA, M.-PROCHÁZKA, J.: ŠTÍHLÉ BETONOVÉ TLAČENÉ PRUTY. SNTL-NAKLADATELSTVÍ TECHNICKÉ LITERATURY, PRAHA 1983
- [3] PROCHÁZKA A KOL.: BETONOVÉ KONSTRUKCE, PŘÍKLADY NAVRHOVÁNÍ PODLE EUROCODE 2. ČESKÁ BETONÁŘSKÁ SPOLEČNOST ČSSI, PRAHA 2003

NUMERICKÁ SIMULACE TLAKOVÉHO ZATÍŽENÍ OBVODOVÝCH PLÁŠŤŮ BUDOV V REÁLNÉ ATMOSFÉŘE VE STACIONÁRNÍ A NESTACIONÁRNÍ ÚLOZE

NUMERICAL SIMULATION OF PRESSURE LOAD ON SIDING IN REAL ATMOSPHERE
IN STATIONARY AND NON-STATIONARY TASKS

Vladimíra Michalcová¹, Milada Kozubková²

Abstract

The paper concerns with numerical simulation of steady state flow round action on the building in real atmosphere. There is evaluated quasi-static wind pressure load in 3D stationary and non-stationary tasks. There results of numerical simulation are compared with selected examples measured in situ.

1 Úvod

Článek se zabývá numerickou simulací obtékání budovy tvaru krychle v reálné atmosféře ve zjednodušeném ustáleném stavu. Problematika je řešena v programu Fluent 6.2 jako 3D stacionární i nestacionární izotermní úloha pomocí všech matematických modelů založených na časovém středování základních rovnic proudění vhodných k simulaci proudění v MVA a LES a DES modely. Jsou posouzeny přednosti i nedostatky obou úloh. Byl proveden výpočet tlakového zatížení objektu při kvazistatickém působení větru ve dvou směrech. Tlakové zatížení bylo vypočteno také při různých Reynoldsových číslech proudového pole. Na konkrétních příkladech jsou porovnány výsledky numerické simulace proudění kolem objektu s měřením in situ i výpočtem dle norem.

2 Popis úlohy v reálné atmosféře

Reálné měření bylo provedeno v Silsoe Research Institute na univerzitě [1]. Předmětem sledovaného objektu byla tzv. Silsoe krychle, která je vybavena pro základní studie interakcí větru a stavby. Je umístěna ve volné krajině na nechráněném místě u Silsoe Research Institute v UK. Jedná se o krychli o hraně 6m, která má hladký povrch. Na povrchu jsou otvory pro snímání tlaku ve vodorovném a svislém středovém úseku. Zařízení je konstruováno s možností otáčení kolem svislé osy o 360°. Jako výstup ze zpracování měření je uvedeno rozložení aerodynamického součinitele tlaku c_p pro měřená místa po obvodu budovy, viz obr.1 [1].



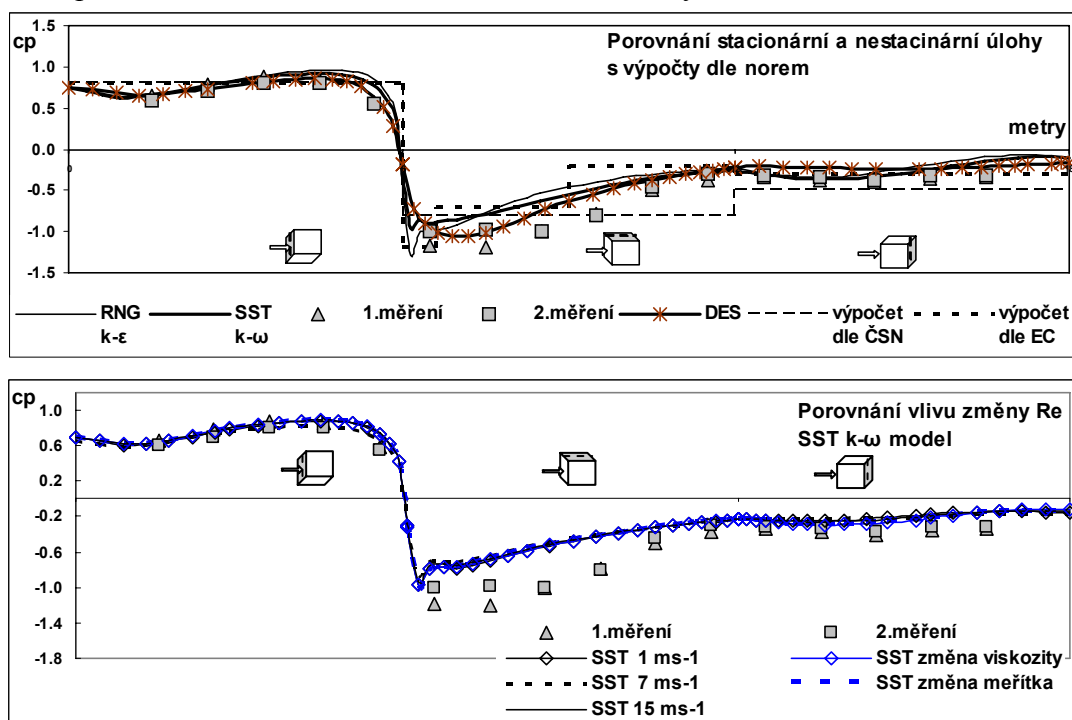
Obr. 1: Silsoe krychle s odběrovými místy

¹ Ing. Vladimíra Michalcová, VŠB-TU, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Podestě 1875, Ostrava-Poruba, vladimira.michalcova@vsb.cz

² Doc. Milada Kozubková, RNDr., CSc., VŠB-TU, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 17.listopadu 15/2172, Ostrava-Poruba, milada.kozubkova@vsb.cz

3 Numerická simulace

Na základě pokladů z měření in situ [1], [2] byly provedeny numerické simulace pro oba typy úloh. Mřížky jsou tvořeny pravoúhlými šestistěny za dodržení všech podmínek modelování u stěny. Vyjádření tlakového zatížení budovy tlakovým součinitelem c_p není v podmínkách atmosférického proudění závislé na Reynoldsově čísle [3], proto byl testovací výpočet proveden pro různá proudová pole při zachování vlastností proudění in situ. Konkrétně se jedná o změny referenčních rychlostí, změny viskozity proudícího média (vzduchu) a rovněž o změnu měřítka výpočtové oblasti. Právě změna měřítka byla využita při testování časově náročné nestacionární úlohy. Více v článku.



Obr. 2: Průběhy koeficientu c_p při různých testovacích úlohách

4 Závěr

Numerické modelování dějů v mezní vrstvě atmosféry je významným nástrojem poznání. Důležitým poznatkem této práce je, že aplikace obecných CFD kódů k tomuto účelu je možná. Na základě porovnání výsledků numerického experimentu a z hlediska časové náročnosti nestacionární úlohy je v současné době výhodnější řešit úkoly ve 3D stacionární úloze. Nadále se věnujeme problematice možnosti řešení zatížení konstrukcí působením větru numerickým modelováním za účelem získání přesnějších výsledků, podrobnějšího vyšetření proudového pole a zkoumání vlivu modifikací úloh.

Literatura

- [1] Hoxey, R. P. HAW HAVE FULL-SCALE MEASUREMENTS IMPROVED THE RELIABILITY OF WIND-LOADING CODES: W. ENGINEERING 2003: LUBBOCK, TEXAS, USA, 2003
- [2] KNAPP, G. COMPARISON OF FULL-SCALE AND CFD RESULTS FOR THE SILSOE 6M CUBE: WIND ENGINEERING 2003: LUBBOCK, TEXAS, USA, 2003
- [3] MICHALCOVÁ, V. NUMERICKÉ MODELOVÁNÍ ZATÍŽENÍ BUDOV PŘI KVAZISTATICKÉM PŮSOBENÍ VĚTRU: TEZE DISERTAČNÍ PRÁCE, OSTRAVA 2005

NUMERICKÁ SIMULACE TLAKOVÉHO ZATÍŽENÍ DLOUHÉHO DOMU SE SEDLOVOU STŘECHOU V REÁLNÉ ATMOSFÉŘE

NUMERICAL SIMULATION OF PRESSURE LOAD ON A LONG HOUSE WITH A SADDLE ROOF IN REAL ATMOSPHERE

Vladimíra Michalcová¹, Zdeněk Michalec²

Abstract

The paper concerns with numerical simulation of steady state flow round action on a long house with a saddle roof in real atmosphere. There is evaluated quasi-static wind pressure load in two directions of wind. There results of numerical simulation are compared with selected examples measured in situ.

1 Úvod

Článek se zabývá numerickou simulací obtékání dlouhé budovy se sedlovou střechou v reálné atmosféře ve zjednodušeném ustáleném stavu. Problematika je řešena v programu Fluent 6.2 jako 3D stacionární izotermní úloha pomocí všech matematických modelů založených na časovém středování základních rovnic proudění vhodných k simulaci proudění v MVA. Výpočet tlakového zatížení objektu při kvazistatickém působení větru byl proveden ve dvou vzájemně kolmých směrech. Výsledky numerické simulace proudění kolem objektu jsou porovnány s měřením in situ i výpočtem dle norem.

2 Popis úlohy v reálné atmosféře

Reálné měření bylo provedeno opět v Silsoe Research Institute [1], [2]. Předmětem sledovaného je tzv. Silsoe strukturovaná stavba (SSB). Představuje budovu o půdorysných rozměrech 24x12.9 metrů se sedlovou střechou se sklonem 10°, v nejvyšším místě vysokou 5,3 metrů. Je umístěna ve volné krajině na nechráněném místě u Silsoe Research Institute v UK. Stejně jako u Silsoe krychle je jako výstup z měření uvedeno rozložení c_p koeficientu pro měřená místa v příčných řezeh po obvodu budovy, viz obr.1.



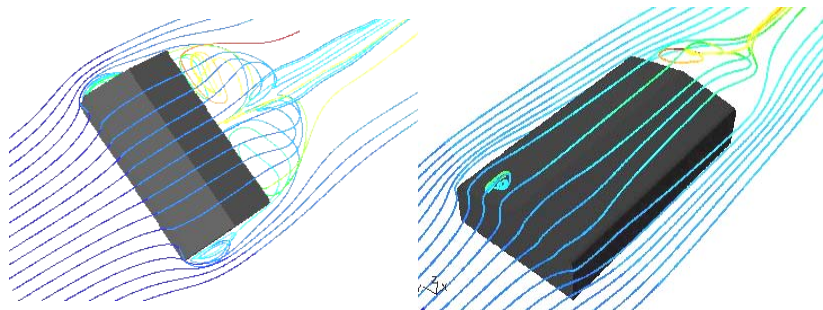
Obr. 1: Silsoe strukturovaná stavba s odběrovými místy

¹ Ing. Vladimíra Michalcová, VŠB-TU, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, Ludvíka Podestě 1875, Ostrava-Poruba, vladimira.michalcova@vsb.cz

² Ing. Zdeněk Michalec, Ústav geoniky AVČR, Studentská 1768, Ostrava-Poruba, tel.:+420 59 697 9228, mail:michalec@ugn.cas..cz

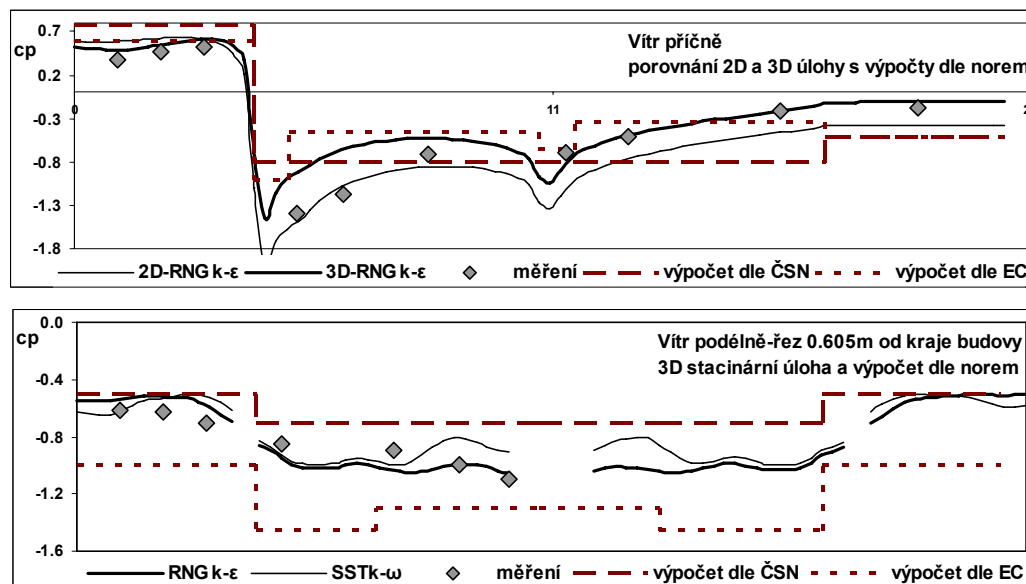
3 Numerická simulace

Na základě pokladů z měření in situ byla provedena numerická simulace pro dva směry působení větru-kolmo na delší stěnu objektu (příčná úloha) a kolmo na kratší stěnu objektu (podélná úloha). Mřížky jsou v obou případech nestrukturované za dodržení všech podmínek modelování u stěny. Vzhledem k délce objektu byla v příčné úloze testována možnost zjednodušení výpočtu ve 2D úloze. Porovnání c_p koeficientu



Obr. 2: Proudové pole v příčné (vlevo) a podélné úloze (vpravo)

v příčném řezu uprostřed budovy (obr.3) znázorňuje malé rozdíly v obou přístupech. V podélné úloze byly hodnoty c_p měřeny i počítány ve 3 příčných řezech. Více opět v článku.



Obr. 3: Průběhy koeficientu c_p v příčné a podélné úloze

4 Závěr

Měření zatížení SSB stavby od účinků větru včetně zkoumání proudového pole v jejím okolí nebylo provedeno tak podrobně jako u Silsoe krychle. Hodnoty c_p koeficientu byly vyhodnoceny na základě jednoho měření. I v této úloze platí nutnost jednak správného výběru vhodného matematického modelu a tvorby výpočetní mřížky, tak i přesnosti zadaných vstupních dat.

Literatura

- [1] RICHARDSON, G.M. ET AL. THE SILSOE BUILDING-THE COMPLETED EXPERIMENT PART 1. IN WIND ENGINEERING 1995. NEW DELHI, INDIA, 1995
- [2] HOXEY, R.P. ET AL. THE SILSOE BUILDING-THE COMPLETED EXPERIMENT PART 2. IN WIND ENGINEERING 1995. NEW DELHI, INDIA, 1995

POSUDEK TRVANLIVOSTI ŽB MOSTOVKY S OHLEDEM NA PŮSOBENÍ CHLORIDŮ S VYUŽITÍM MKP A METODY SBRA

PERFORMANCE ASSESSMENT OF CONCRETE BRIDGES APPLYING COMBINATION OF FEM AND SBRA METHOD

Petr Konečný¹, Paul J. Tikalsky², David G. Tepke³

Abstract

The effect of binary and ternary blends of fly ash, and silica fume with portland cement on the chloride ingress into bridge decks with epoxy-coated reinforcing steel is studied. This paper is focused on a reinforced concrete bridge deck 2-D chloride ingress model that accounts for the true distribution of input random variables with regards to cementitious systems, surface cracks and reinforcing steel epoxy-coating containing damage. The model combines a finite element model and a Monte Carlo simulation technique for application with chloride ingress in concrete with cracks. The effects of binary and ternary cementitious system with pozzolans is shown to substantially reduce the onset of early corrosion.

1 Úvod

Koroze výztuže v důsledku vnikání posypových solí je jedním z dominantních činitelů ovlivňujících životnost železobetonových mostů na severovýchodě Spojených Států. Chloridy vyvolaná koroze může vyvolat pokles užitnosti konstrukce nejen s ohledem na mezní stav použitelnosti, ale i na mezní stav únosnosti, a ve svém důsledku může vézt ke zvýšeným nákladům životního cyklu mostu.

Příspěvek navazující mj. na práce [1], [2] je zaměřen na vznik koroze běžné železobetonové mostovky v Pensylvánii vystavené působení chloridů s ohledem na vliv vstupních parametrů. Stochastický 2D model umožňuje zohlednit náhodnou interakci trhlin v mostovce a nedostatky epoxidové ochrany ocelové výztuže. 2D model popsany např. v [2] je založen na bázi konečných prvků a metodiky SBRA [3].

2 Modelování degradace vyvolané působením chloridů

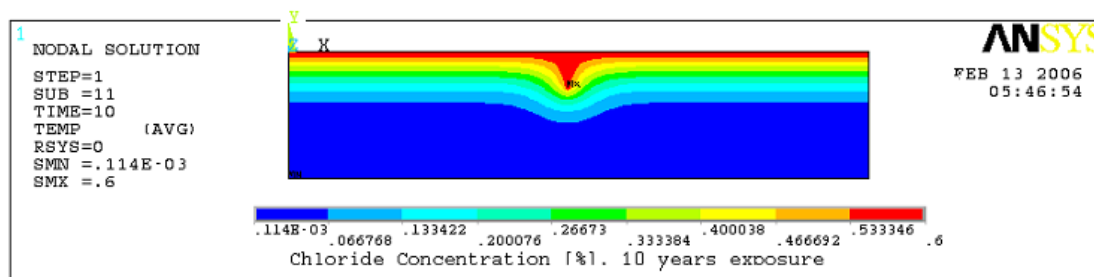
Je-li koroze vyvolaná vniknutím chloridů k ocelové výztuži uvažována jako dominantní parametr ovlivňující degradaci a pokles užitnosti, pak lze život konstrukce rozdělit na fázi iniciační (před započítáním koroze) a fázi propagační (koroze probíhá).

2D MKP model založen na 2. Fickově zákoně difuze je vytvořen v systému ANSYS a je zaměřen na iniciační období koroze, tedy období kdy je koncentrace chloridů v nejexponovanějších místech výztuže nižší než tzv. chloridový práh. Na Obr. 1 je typický grafický výstup programu pro deterministické řešení

¹ Petr Konečný, Ing., VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavební, Katedra stavební mechaniky, L. Poděště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, (+420) 59 732 1384, petr.konecny@vsb.cz;

² Paul J. Tikalsky, Dr., P.E., F.A.C.I., Chairman and Professor, The University of Utah, Department of Civil and Environmental Engineering University of Utah, 122 South Central Campus Drive, Suite 104, Salt Lake City, Utah 84112-0561, USA, (+001) 801-581-6931 tikalsky@civil.utah.edu;

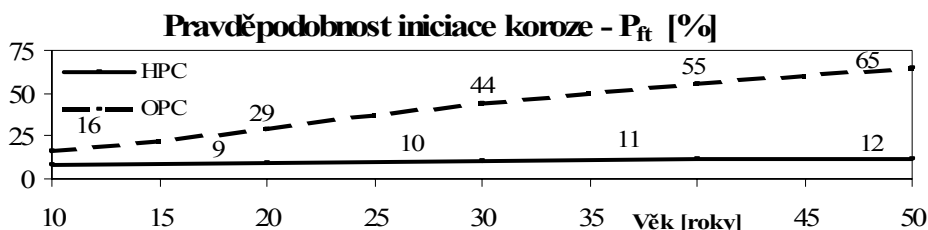
³ David G. Tepke, M.S., Research Assistant, Pennsylvania State University, Pennsylvania Transportation Institute, 3127 Research Drive, State College, PA 16801, USA, (+001) 814-865-4856, dgt110@psu.edu.



Obr. 1: Koncentrace chloridů v ŽB desce s trhlinou (působení solí po dobu deseti let)

3 Aplikace metody SBRA

Pravděpodobnostní přístup je užit ke studiu citlivosti modelu na náhodné vstupní parametry. Histogramy difuzního koeficientu, a hloubky výztuže jsou založeny na výsledcích studie [4], zatímco frekvence porušení epoxidové ochrany výztuže, vzdálenost trhlin, hloubka trhliny, chloridový práh a další jsou odhadnuty dle předpokládaného chování. Náhodně proměnné jsou charakterizovány, jak histogramy, tak spojitými rozděleními. MKP model je kombinován s přístupem SBRA při využití simulačního nástroje Monte Carlo. Úroveň spolehlivosti systému je odhadnuta za pomoci časově závislé pravděpodobnosti iniciace koroze. Obr. 2, uvádí dvě varianty řešení, (vysokohodnotný beton HPC a běžný beton OPC) ilustruje vliv cementové směsi na trvanlivost ŽB mostovky. Cementy s příměsí popílku, strusky a křemičitého úletu (varianta HPC) vedou k podstatnému prodloužení životnosti.



Obr. 2: Časově závislá pravděpodobnost iniciace koroze P_{ft} pro vysokohodnotný beton (HPC) a běžný beton (OPC)

Poděkování

Príspevek byl vypracovaná v rámci grantového projektu GAČR 103/07/0557. Další podpora vyplynula z prostředků Pennsylvania Department of Transportation.

Reference

- [1] TIKALSKY, P., J. and PUSTKA, D., MAREK, P., "Statistical Variations in Chloride Diffusion in Concrete", *ACI Structural Journal*, vol. 102, is. 3, 2005.
- [2] KONEČNÝ P., TIKALSKY, P. J., TEPKE, D. G. Performance Assessment of Concrete Bridges applying SBRA approach. In *Report of IABSE symposium on „Responding to Tomorrow’s Challenges in Structural Engineering”*, September 13-15, 2006, Budapest, Hungary, 2006. ISBN 3-85748-114-5.
- [3] MAREK, P., GUŠTAR, M. and ANAGNOS, T., *Simulation-Based Reliability Assessment for Structural Engineers*. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, 1995.
- [4] SOHANGHPURWALA and SCANNELL, W.T., "Verification of Effectiveness of Epoxy-Coated Rebars", Final Report to Pennsylvania Department of Transportation, Project No. 94-005, 1994.

PRAVDĚPODOBNOSTNÍ PŘÍSTUP PŘI ŘEŠENÍ JEDNODUCHÉHO MOSTU ULOŽENÉHO NA PRUŽNÉM PODLOŽÍ

PROBABILISTIC APPROACH USED FOR SOLUTION OF SIMPLE BRIDGE ON ELASTIC FOUNDATION

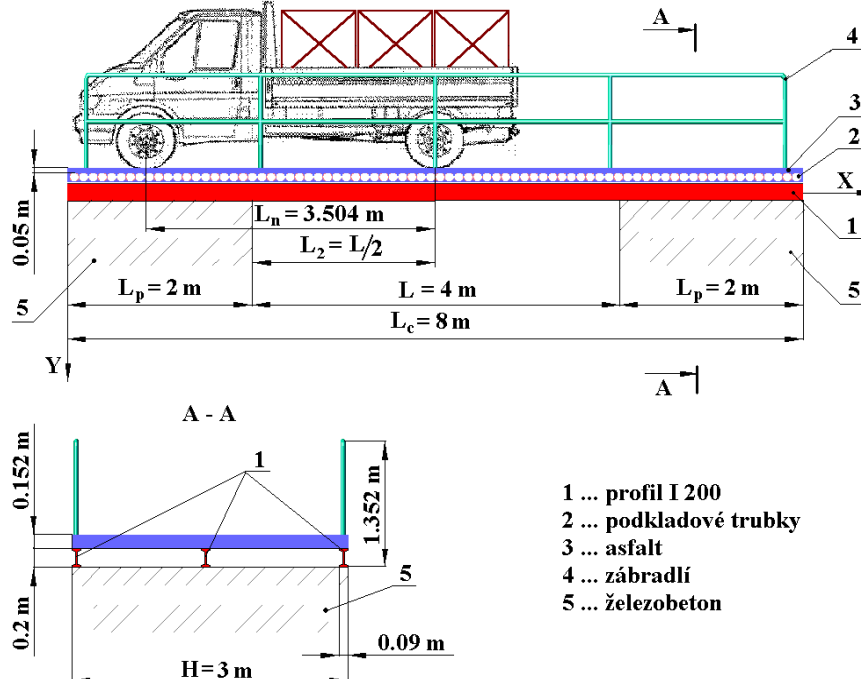
Karel Frydryšek¹

Abstract

This paper is focused on the solution of simple bridge. The bridge is supported by two elastic foundations (Winkler's subsoils) on its right and left ends. The bridge is exposed to dead, seismic and wind loads. on the bridge there is also "Ford Transit" car passing through the roadway (dynamic load). For the calculation of maximal stresses and deflections are used analytical methods, deterministic approaches, probabilistic approaches (SBRA method, Anthill software) and also czech standards ČSN 73 0035 and ČSN 73 6203.

1 Úvod

Na obr.1 je znázorněna řešená konstrukce jednoduchého krátkého mostu, jehož oba konce jsou uloženy po délce L_p na železobetonovém (pružném) podloží, viz obr.1.



Obr.1 Schéma geometrie a zatížení jednoduchého mostu uložení na pružném podkladu.

Teorie nosníku na pružném podkladu je dostatečně vysvětlena v publikacích [1] a [2]. Z rozboru zatížení, viz [1] až [5], je zřejmé, že nosné I-profilové jsou nejvíce namáhané jestliže jedna náprava plně naloženého automobilu (Ford Transit model MWB 425 N2)

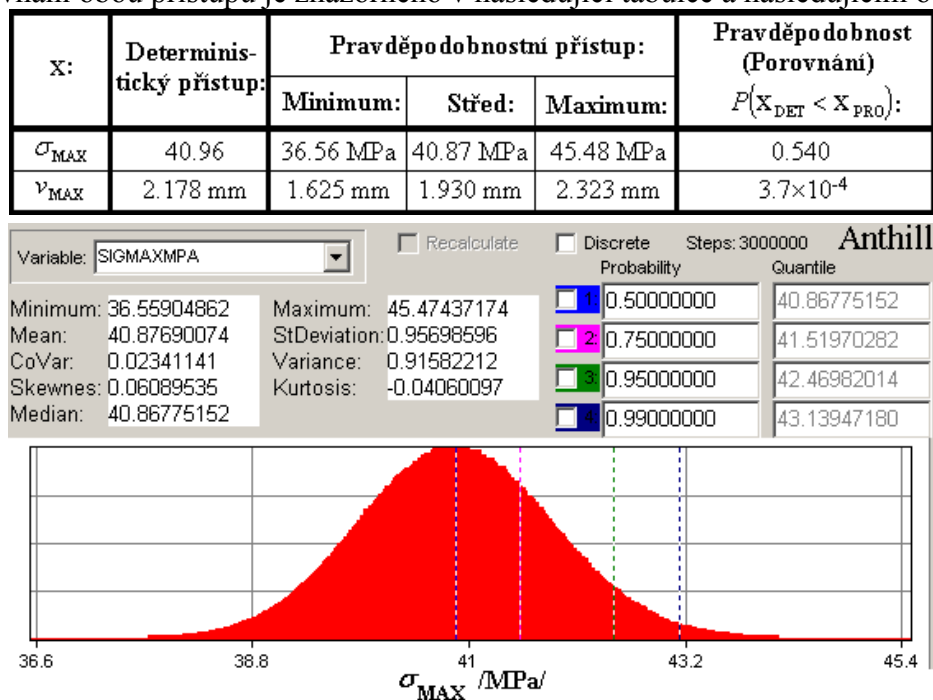
¹ Ing. Karel FRYDRÝŠEK, Ph.D., ING-PAED IGIP, VŠB-TU Ostrava, Fakulta strojní, katedra pružnosti a pevnosti, 17. listopadu 15, Ostrava, 708 33, ČR, e-mail: karel.frydrysek@vsb.cz, tel.: +420 597324552.

je v polovině délky mostu (tj. když $L_2 = L/2$). Obecné řešení nosníku (tj. vztahy pro maximální průhyb v_{MAX} a maximální ohybové napětí σ_{MAX}), ve kterém figurují síly F_1 , F_2 a spojitě zatížení q , je uvedeno v plné verzi tohoto článku.

2 Řešení

Deterministický přístup k řešení vychází z provozního zatížení a norem [3] a [4]. Pravděpodobnostní přístup k řešení, viz [6], který lépe zohledňuje vliv variability dynamických účinků (pojezd automobilu, vliv větru a zemětřesení), geometrických rozměrů a materiálových parametrů, umožňuje lepší posouzení z hlediska spolehlivosti.

Porovnání obou přístupů je znázorněno v následující tabulce a následujícím obrázku.



Obr. 2: histogram maximálního ohybového napětí.

Poděkování

Článek je publikován v rámci řešení projektu GAČR 103/07/0557.

Literatura

- [1] Frydrýšek, K.: Nosníky a rámy na pružném podkladu 1, VŠB-TU Ostrava, ISBN 80-248-1244-4, Ostrava, 2006, pp.463
- [2] Frydrýšek, K.: Nosníky a rámy na pružném podkladu 2 (v tisku)
- [3] ČSN 73 0035 – 1986, Zatížení stavebních konstrukcí, včetně změny a) (1991) a změny 2) (1994)
- [4] ČSN 73 6203 – 1986, Zatížení mostů, včetně změny a) (1988) a změny b) (1989).
- [5] Štěpán, V.: Jednoduchý most na pružném podkladu (bakalář. práce, obor Aplikovaná mechanika), katedra pružnosti a pevnosti, FS VŠB-TU Ostrava, 2006, pp.58.
- [6] Marek, P., Brozzetti, J., Guštar, M.: Probabilistic Assessment of Structures Using Monte Carlo Simulation Background, Exercises and Software, ISBN 80-86246-08-6, ITAM CAS, Prague, Czech Republic, pp.471.

ŠTATISTICKÉ SPRACOVANIE EXPERIMENTÁLNE ZÍSKANÝCH VÝSLEDKOV OD ÚČINKOV VOZIDIEL CESTNEJ DOPRAVY

STATISTICAL ANALYSIS OF EXPERIMENTAL RESULTS TO EFFECTS VEHICLE ON
THE ROUNDS

Ivo Demjan¹

Abstract

Analysis of transfer phenomena, as well as stationary stochastic processes, to obtain standard characteristics of stochastic analysis of subsoil vibrations due to effects of moving vehicles on the roads.

1 Úvod

Pokiaľ je nevyhnutné stavať budovy v blízkosti dopravných ciest, musí byť preukázaná ich adekvátna odolnosť proti mikroseizmickým účinkom. Na tento účel slúžia analýzy vlastností mikroseizmických zaťažovacích pohybov, rôzne metódy riešenia odozvy budov, ale aj poznatky o dynamických charakteristikách zdroja budenia a tiež navrhovaných budov.

Vzhľadom na skutočnosť, že nie sú známe vstupné charakteristiky budenia stavebnej konštrukcie od účinkov dopravy, v technickej praxi je potrebné tieto zisťovať na základe experimentálnych meraní.

2 Experimentálne merania

V článku sú uvedené niektoré výsledky z experimentálneho merania v, ktorého účelom bolo analyzovať fenomén budenia a šírenia sa otrasov zemným prostredím vyvolaných cestnou dopravou.

Uvedené sú niektoré spracované štatistické výsledky z experimentálneho merania, t.j. časové záznamy kmitania zrýchlenia na referenčnom stanovisku a k nim zistená VSH, vypočítaný histogram početnosti amplitúd kmitania, distribučná funkcia a náhodný výber z distribučnej funkcie pomocou metódy Monte Carlo. Uvedené sú aj prislúchajúce základné charakteristiky sledovaných časových záznamov kmitania zrýchlenia.

3 Záver

Uvedené výsledky sú prípravou na posúdenie spoľahlivosti a citlivostnej analýzy stavebných objektov podľa metódy Monte Carlo a ďalších modifikovaných metód.

PodĎakovanie

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia vedeckých projektov VEGA 1/4197/07 a VEGA 1/3345/06 podporovaných MŠ SR.

¹ Ing. Ivo Demjan, PhD., Katedra stavebnej mechaniky, Stavebná fakulta, Technická univerzita v Košiciach, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, ivo.demjan@tuke.sk

NUMERICKÉ RIEŠENIE INTERAKCIE ZÁKLADOVÉHO PÁSU S PODLOŽÍM ZA PREDPOKALDU LINEÁRNEJ APROXIMÁCIE KONTAKTNÝCH NAPÄTÍ

NUMERICAL SOLUTION OF FOUNDATION STRIP – SUBSOIL INTERACTION
PROVIDED LINEAR APPROXIMATION OF CONTACT STRESSES

Ján Ďuraj¹, Dagmar Tóthová², Marek Mojdis³

Abstract

This paper deals with the numerical solution of the beam – elastic half-space interaction based on hybrid variational principle for the coupled structural systems. In the system of conditional equations the Lagrange multipliers represent the unknown nodal magnitudes of contact stress distribution over common interface.

1 Úvod

Východiskom riešenia spolupôsobenia základovej konštrukcie s podložíom je definovanie výpočtového modelu, ktorý popisuje predpokladané správanie sa zemného prostredia, základovej konštrukcie a zohľadňuje kontaktné a okrajové podmienky. V tomto príspevku sa budeme zaoberať numerickým riešením interakcie základového pásu strednej hrúbky, pre ktorý platí Bernoulliho – Eulerova teória ohybu nosníka. Podložie zohľadníme modelom pružného izotropného polpriestoru v zmysle Boussinesqovho riešenia. Väzbu medzi základom budeme považovať za obojstrannú.

Známe sú riešenia Borovičku a Gorbunova-Posadova, ktorí hľadali riešenia diferenciálnej rovnice ohybu nosníka uloženého na povrchu polpriestoru rozvojom funkcií priehybu, reakcií podložia a vonkajšieho zaťaženia do mocninových radov. Žemočkinova metóda spočíva v náhrade spojitého kontaktu singulárnymi väzbami a riešenie sa hľadá zo systému zmiešaných silovo-deformačných podmienok. Variačná modifikácia Žemočkinovej metódy navrhnutá autormi v prácach [1], [2] predpokladá, že rozdelenie kontaktných napätí je po úsekoch konštantné a systém rovníc odvodený z minima rozšíreného modifikovaného funkcionálu potenciálnej energie deformácie je symetrický aj pre nerovnaké diskkrétne delenie.

2 Metódy a postupy riešenia

Globálnu sústavu základ-podložie analyzujeme ako dve samostatné subkonštrukcie vzájomne spojené prostredníctvom kontaktných napätí, ktoré reprezentuje globálne pole Lagrangeových multiplikátorov λ aproximované na úsekoch diskkrétneho delenia lineárnym priebehom.

¹ doc. Ing. Ján Ďuraj, CSc., Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, jan.duraj@tuke.sk

² Ing. Dagmar Tóthová, PhD., Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, dagmar.tothova@tuke.sk

³ Ing. Marek Mojdis, Technická univerzita v Košiciach, Stavebná fakulta, Katedra stavebnej mechaniky, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice

Variačná formulácia riešenia pre subkonštrukciu základový pás je odvodená z modifikovaného funkcionálu [3]

$$\Pi_{\text{PEM}} = \Pi_{\text{PE}} - \pi_{\lambda}. \quad (1)$$

V zmysle deformačnej varianty MKP aplikovanej na základový pás s rešpektovaním podmienky kompatibility premiestnení na rozhraní sa riešenie transformuje na systém rovníc

$$\begin{bmatrix} \mathbf{K}^+ + \mathbf{F} & -\mathbf{R} \\ -\mathbf{R}^T & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \boldsymbol{\lambda} \\ \mathbf{a} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{K}^+ \mathbf{f} \\ -\mathbf{R}^T \mathbf{f} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

kde \mathbf{K}^+ predstavuje zovšeobecnenú inverziu matice tuhosti nosníka, \mathbf{f} je vektor vonkajšieho zaťaženia transformovaného do uzlov, $\boldsymbol{\lambda}$ reprezentuje hodnoty aproximovaného priebehu kontaktných napätí v uzloch, \mathbf{R} je matica koeficientov súvisiaca s premiestnením základu ako tuhého celku a \mathbf{a} je vektor ich hodnôt, matica \mathbf{F} predstavuje poddajnosť subkonštrukcie pružný polpriestor.

3 Odvodenie prvkov matice poddajnosti podložia

Pre zvolenú lineárne spojitú náhradu rozdelenia priebehu kontaktných napätí po úsekoch diskrétného delenia sa príspevky poddajnosti pružného polpriestoru do systému podmienkových rovníc na úrovni konečného prvku určia podľa vzťahu

$$\begin{bmatrix} {}^{1,1}F_{k,i} & {}^{1,2}F_{k,i} \\ {}^{2,1}F_{k,i} & {}^{2,2}F_{k,i} \end{bmatrix} = \frac{1-\nu_0^2}{\pi E_0} \iint_{\Omega_k} \left[\iint_{\Omega_i} \begin{Bmatrix} {}^1N_i(\xi) \\ {}^2N_i(\xi) \end{Bmatrix} \frac{1}{\sqrt{(x-\xi)^2 + (y-\eta)^2}} \begin{Bmatrix} {}^1N_k(x) \\ {}^2N_k(x) \end{Bmatrix}^T d\Omega_i \right] d\Omega_k. \quad (3)$$

Zodpovedajúce hodnoty je možné vyčísliť numerickou integráciou pomocou Legendrovho-Gaussovho kvadratúrneho vzorca [4].

Z hľadiska programového spracovania je výhodnejšie vyčíslenie prvkov matice poddajnosti polpriestoru pomocou analytických výrazov. Postup odvodu a výsledky sú uvedené v plnom texte príspevku spolu s numerickou analýzou konkrétnych problémov.

Pod'akovanie

Príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia vedeckého projektu č. 1/4202/07, ktorý finančne podporila VEGA MŠ a SAV SR.

Literatura

- [1] Mistríkova, Z., Složka, V.: VARIATIONAL MODIFICATION OF ZEMOCKIN CONTACT PROBLEMS SOLUTION METHOD, ENGINEERING TRANSACTION, VOL. 43, NO. 4, 1995
- [2] Mistríková, Z., Složka, V.: APLIKÁCIA VARIÁČNEJ MODIFIKÁCIE ŽEMOČKINOVEJ KONTAKTNEJ ÚLOHY, ZBORNÍK Z VEDECKEJ KONFERENCIE: „VYBRANÉ PROBLÉMY STAVEBNEJ MECHANIKY“, Bratislava, september 1996
- [3] Park, K.C., Felippa, C.A.: A VARIATIONAL PRINCIPLE FOR THE FORMULATION OF PARTITIONED STRUCTURAL SYSTEMS, UNIVERSITY OF COLORADO, BOULDER, 1999
- [4] Ralston A.: ZÁKLADY NUMERICKÉ MATEMATIKY, ACADEMIA, Praha, 1978

PRÚDIACE HYDRODYNAMICKÉ TLAKY PÔSOBIACE NA PRAVOUHLÚ NÁDRŽ V DÔSLEDKU ZEMETRASENIA

CONVECTIVE DYNAMIC FLUID PRESSURES AFFECTING RECTANGULAR TANK
DURING AN EARTHQUAKE

Kamila Kotrasová¹

Abstract

The dynamic fluid pressures developed during an earthquake are of great importance in the design of structures such as rectangular tanks. This article introduces schemes of the convective dynamic fluid pressures on the wall and bottom of the container, equivalent convective mass and distances of pressure above the bottom of the tank.

1 Úvod

Zemetrasenie neohrozuje priamo človeka, jeho pôsobenie však spôsobuje pohyb zemského povrchu, ktorý spôsobuje rozsiahle následky na stavebných konštrukciách, ich porušenie až zrušenie. Aj vo väčšej vzdialenosti od epicentra môžu seizmické vlny spôsobiť veľké škody. [3,4]

Zemetrasenia síce nevedú len k bezprostredným škodám, ako je strata ľudských životov, ničenie infraštruktúry a majetku. Ale obmedzenie priemyselnej produkcie v dôsledku zničenia zásobovania energiou vedie k rozsiahlym následkom. Hospodárska hodnota nádrže aj s obsahom pritom nie je rozhodujúca pre bezpečnostné požiadavky. Následné škody sú často oveľa závažnejšie, pretože poškodenie stavebného diela, slúžiaceho na uskladňovanie, môže spôsobiť vysoké ohrozenie človeka ako aj životné prostredie.

2 Prúdiace hydrodynamické tlaky pôsobiace na pravouhlú nádrž

Pri pravouhlých nádržiach úplné riešenie Laplaceovej rovnice pohybu kvapaliny v tuhej nádrži možno vyjadriť ako súčet dvoch príspevkov: „tuhý impulz“ a „účinnok prúdenia“. Impulzný účinok kvapaliny na stenu nádrže je popísaný v [4]. Účinnok impulzového tlaku vyvoláva súčasne aj kmitanie (kývanie, kolísanie) kvapaliny, resp. prúdenie.

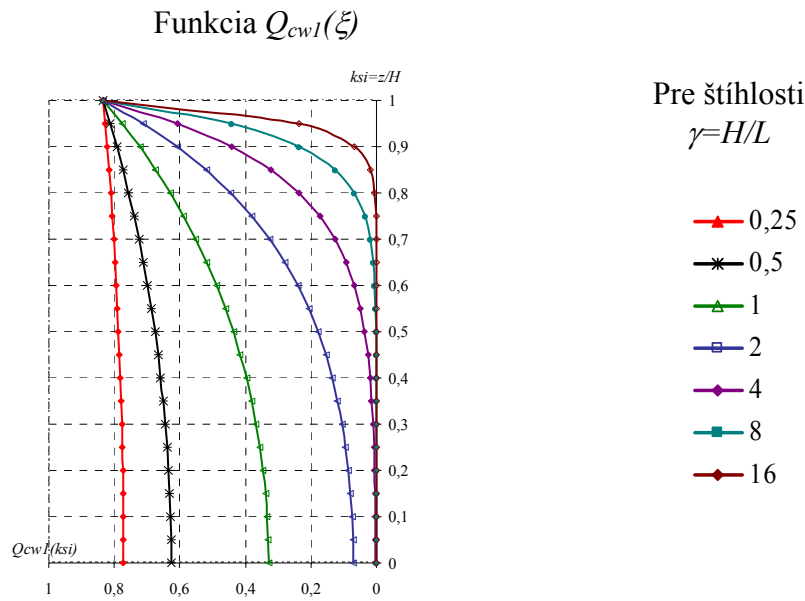
Uvažujeme pravouhlú nádrž, s konštantnou hrúbkou steny, naplnenú kvapalinou, na ktorú pôsobí horizontálne zrýchlenie \ddot{u}_0 v smere osi x . Kvapalina má výšku H , šírku $2L$. Predpokladáme, že kvapalina je ideálna, nevírivá, nestlačiteľná a neväzká [1,2,10-12].

Tlak vyjadríme na stenu nádrže v závislosti od $\xi = z/H$, uvažujeme z - parameter s počiatkom od dna nádrže po vyšetrované miesto, teda $z = y$. Hlavný príspevok tlaku na stenu nádrže je od základného tvaru

$$p_{HDCw1}(\xi) = Q_{cw1}(\xi) \rho L \eta \gamma_I a_g S_a(f_{c1}) \quad (1)$$

¹ Ing. Kamila Kotrasová, Katedra stavebnej mechaniky, Stavebná fakulta, Technická univerzita, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, tel. 055/602 4320, (e-mail: kamila.kotrasova@tuke.sk)

Kde funkcia $Q_{cwI}(\xi)$ vyjadruje rozdelenie tlaku po výške steny pre jednotlivé štíhlosti $\gamma = H / L$.

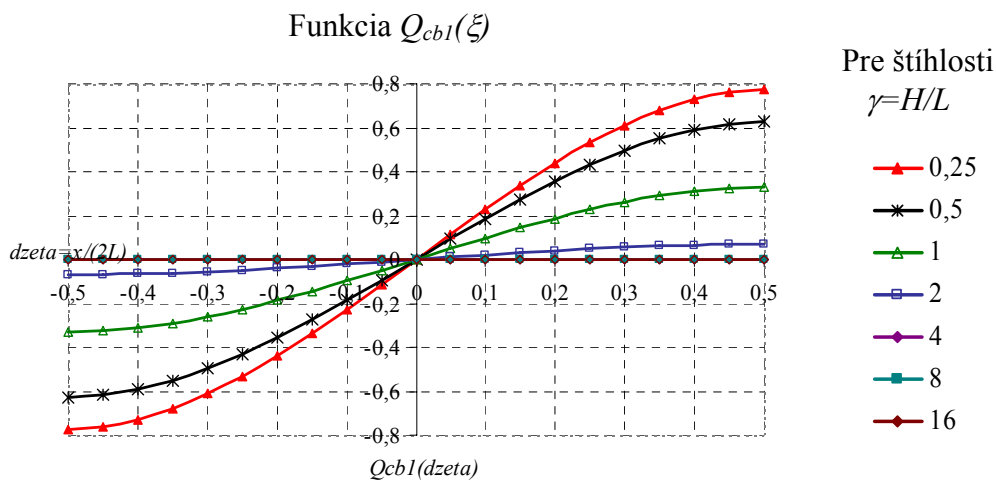


Obr. 1 Rozdelenie tlakov od impulzu a prúdenia na stenu pravouhlej nádrže

Prúdiaci tlak na dno pravouhlej nádrže

$$p_{HDCb1}(\xi) = \rho L \eta \gamma_l \sum_{n=1}^{\infty} Q_{cb1}(\xi) a_g S_a(f_n) \tag{3}$$

Funkcia $Q_{cb1}(\xi)$ vyjadruje rozdelenie prúdiaceho tlaku na dne nádrže, pre základný prvý tvar kmitania.



Obr. 1 Rozdelenie tlakov od impulzu a prúdenia na stenu pravouhlej nádrže

Pod'akovanie

Projekt bol realizovaný za finančnej podpory zo štátnych prostriedkov prostredníctvom Grantovej agentúry Slovenskej republiky VEGA č. 1/4197/07.

TLAKY PÔSOBIACE NA PRAVOUHLÚ NÁDRŽ V DÔSLEDKU ZEMETRASENIA

PRESSURES AFFECTING RECTANGULAR TANK DURING AN EARTHQUAKE

Kamila Kotrasová¹, Ivan Grajciar²

Abstract

The paper contains description of some methods for solution of response of vertical rectangular containment with fluid which is subject to horizontal seismic loads. First part of present article considers impulsive and convective components of the fluid with various dynamic behaviours. The special method of calculation of response of containment is described in further part of the paper. Computer-program ADINA was used.

1 Úvod

Zemetrasenie samo o sebe nepredstavuje priame nebezpečenstvo pre človeka a životné prostredie. Je to skôr pôsobenie pohybu zemského povrchu na stavby, ktorých porušenie a zrútenie spôsobuje rozsiahle následky. Aj vo väčšej vzdialenosti od epicentra môžu ešte seizmické vlny spôsobiť značné škody.

Dôsledná teoretická analýza dynamickej interakcie kvapaliny s nádržou pri seizmickom buzení vyžaduje riešiť systém vzájomne zviazaných pohybových rovníc popisujúcich kvapalinu i nádrž a súčasne zohľadniť okrajové a počiatkové podmienky pohybu. Často sa bežné úlohy dynamickej interakcie kvapaliny s nádržou pri seizmickom buzení zjednodušujú a riešia pomocou poloempirických, analytických, poloanalytických metód a pod. [1,2,6-9]. Spravidla zjednodušujeme hydrodynamickú stránku problému. V súčasnosti je najvýhodnejšie problém riešiť metódou konečných prvkov [3,5,6].

2 Dynamická interakci kapaliny s nádržou

Predpokladáme, že nádrž je zvislá, pravouhlá, tuhá a nekonečne dlhá (kanál, plavebná komora) a uvažujeme s ideálnou, nestlačiteľnou a nevírivou kvapalinou. Predpokladáme horizontálny seizmický pohyb podložia (v smere osi y). Pohyb kvapaliny v nádrži možno vyjadriť ako tuhý impulz a účinok prúdenia. Tlak je súčtom impulzového a prúdiaceho príspevku [1, 2, 10-12].

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

Impulzová zložka pôsobiaca na stenu nádrže má veľkosť

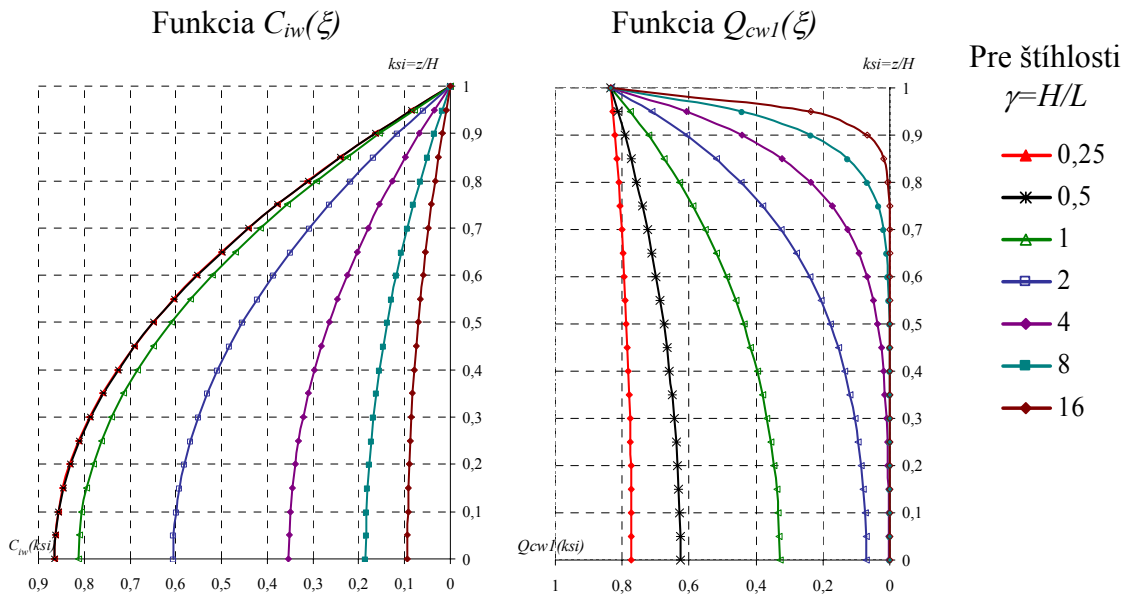
$$p_{HDW}(\xi) = C_{iw}(\xi) \rho H \eta \gamma_1 a_g S_a(f) \quad (2)$$

Prúdiaca zložka pôsobiaca na stenu nádrže, jej hlavný príspevok je od základného tvaru má veľkosť

¹ Ing. Kamila Kotrasová, Katedra stavebnej mechaniky, Stavebná fakulta, Technická univerzita, Vysokoškolská 4, 042 00 Košice, tel. 055/602 4320, (e-mail: kamila.kotrasova@tuke.sk)

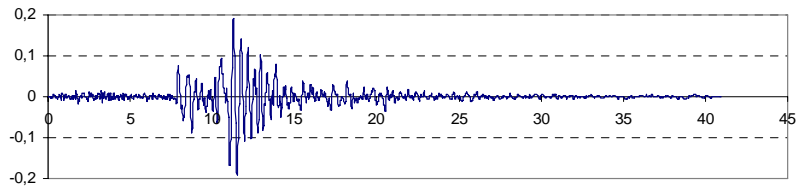
² Ing. Ivan Grajciar, Ph.D., Ricardo Praha s.r.o., (e-mail: wanawan@centrum.sk)

$$p_{HDCwl}(\xi) = Q_{cwl}(\xi) \rho L \eta \gamma_1 a_g S_a(f_{c1}) \quad (3)$$

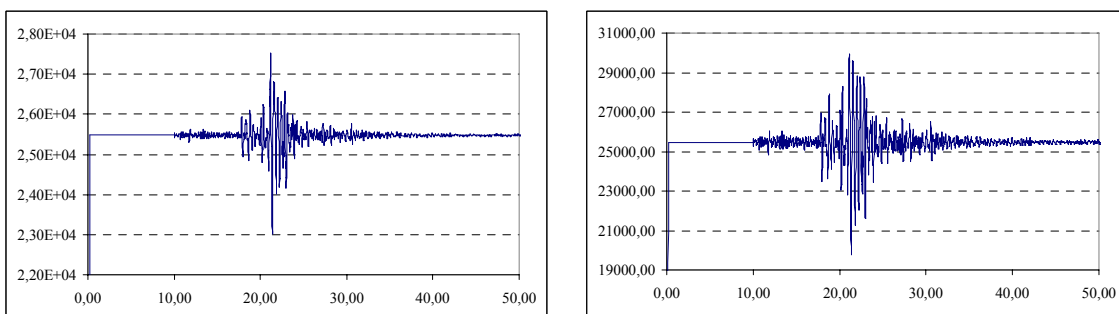


Obr. 1 Rozdelenie tlakov od impulzu a prúdenia na stenu pravouhlej nádrže

Nádrž je rozkmitaná
v horizontálnom smere
akcelerogramom
Loma Prieta (obr. 2),
California, 18.10.1989.



Obr. 2 Akcelerogram Loma Prieta, California (18.10.1989)



Obr. 3 Tlaky (Pa) kvapalinovej náplne v ľavom a v pravom dolnom vnútornom rohu nádrže v čase 51,2 s

Pod'akovanie

Projekt byl realizovaný za finančnej podpory zo štátnych prostriedkov prostredníctvom Grantovej agentúry Slovenskej republiky VEGA č. 1/4197/07.