

Diplomová práce



České
vysoké
učení technické
v Praze

F1

Fakulta stavební
Katedra betonových a zděných konstrukcí

Výpočetní nástroje pro analýzu keramobetonových stropních a střešních systémů z trámů a vložek s využitím pokročilých numerických metod

Bc. Daniel Beránek

Vedoucí práce: Ing. Radek Štefan, Ph.D.
Studijní program: Stavební inženýrství
Specializace: Konstrukce pozemních staveb
Květen 2024

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Beránek**

Jméno: **Daniel**

Osobní číslo: **484656**

Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**

Zadávací katedra/ústav: **Katedra betonových a zděných konstrukcí**

Studijní program: **Stavební inženýrství**

Studijní obor: **Konstrukce pozemních staveb**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Výpočetní nástroje pro analýzu keramobetonových stropních a střešních systémů z trámů a vložek s využitím pokročilých numerických metod

Název diplomové práce anglicky:

Computational tools for analysis of clay beam-and-block floor and roof systems using advanced numerical methods

Pokyny pro vypracování:

Rešerše literatury
Popis výpočetních modelů a metod
Popis výpočetních nástrojů
Verifikace a validace výpočetních nástrojů
Vzorové příklady
Závěr

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí
ČSN EN 1992 Navrhování betonových konstrukcí
ČSN EN 1994 Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí
ČSN EN 1995 Navrhování dřevěných konstrukcí
ČSN EN 15037-1 Betonové prefabrikáty - Stropní systémy z trámů a vložek - Část 1: Trámy

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Radek Štefan, Ph.D. katedra betonových a zděných konstrukcí FSV

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: _____ Termín odevzdání diplomové práce: _____

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Radek Štefan, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Poděkování

TODO: Mamko a Tatko, jste nejlepší fakt
dobry jjj

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 20.5.2024

Bc. Daniel Beránek

Abstrakt

Rozvíjíme test ...

Klíčová slova: TODO Klíčová slova

Vedoucí práce: Ing. Radek Štefan,
Ph.D.

Abstract

We develop ...

Keywords: TODO Keywords

Title translation: Computational tools
for analysis of clay beam-and-block floor
and roof systems using advanced
numerical methods

Obsah

Seznam použitých symbolů	1	7 Nelineární odezva konstrukce	23
Úvod	3	7.1 Algoritmus.....	23
Motivace.....	3	7.2 Příklady	23
Cíle	3	Shrnutí a diskuze	25
		Závěr	27
Část I		Přílohy	
Rešerše		A Komplexní software pro	
1 Historie a vývoj stropních systémů	7	optimalizaci návrhu a posouzení	
2 Předchozí práce	9	střešních a stropních konstrukcí	31
Část II			
Teoretická část			
3 Materiálové modely	13		
3.1 Pracovní diagramy betonu	13		
3.1.1 Nelineární PD	13		
3.1.2 Parabolicko-rektangulární PD	13		
3.1.3 Bilineární PD	13		
3.1.4 Obdélníkové rozdělení	13		
3.1.5 Lineární PD	13		
3.1.6 Lineární tah	13		
3.1.7 Lineární tah se zpevněním ..	13		
3.2 Pracovní diagramy betonářské			
výztuže	13		
3.2.1 Bez omezení.....	13		
3.2.2 Se stoupající horní větví	13		
3.3 Pracovní diagramy pro konstrukční			
výztuž.....	13		
4 Pracovní diagram průřezu	15		
4.1 Prostý ohyb	15		
4.2 Kombinace ohybu a normálové			
síly	15		
5 Metoda konečných prvků	17		
5.1 Deformační metoda	17		
5.1.1 Lineární výpočet	17		
5.2 MKP	17		
5.2.1 Nelineární výpočet	17		
5.2.2 Iterační výpočet průhybu ...	17		
Část III			
Praktická část			
6 Pracovní diagram průřezu	21		
6.1 Algoritmus	21		
6.2 Příklady	21		

Obrázky

Tabulky





Seznam použitých symbolů

f_{ck} charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku



Úvod



Motivace

Uplatnění výstupů diplomové práce v aplikaci. . .

Zrychlení procesu předběžného návrhu a posouzení stropních a střešních konstrukcí. . .



Cíle

Sjednocení a popsání problematiky. . .

Popsání algoritmů pro výpočet interakčního diagramu průřezu. . .

Implementace (refactor stávajícího) algoritmu. . .



Část I

Rešerše



Kapitola 1

Historie a vývoj stropních systémů

V téhle kapitole bych zmínil nějakou omáčku okolo, dal pár obrázků stropů/střech od různých výrobců, zmínil současný stav (posuzování podle tabulek pro prosté nosníky)



Kapitola 2

Předchozí práce

Tady bych rád navázal na bakalářku, vysvětlil, co budu řešit (pracovní diagram průřezu pro kombinaci ohyb + normálová síla, nelineární odezvu nosníku na zatížení ohybem + normálovou silou).



Část II

Teoretická část

Kapitola 3

Materiálové modely

Tady se budu hodně opakovat s bakalářkou (v podstatě to bude úplně to samé), mám tuhle část vypustit a odkázat se na bakalářku?

■ 3.1 Pracovní diagramy betonu

■ 3.1.1 Nelineární PD

■ 3.1.2 Parabolicko-rektangulární PD

■ 3.1.3 Bilineární PD

■ 3.1.4 Obdélníkové rozdělení

■ 3.1.5 Lineární PD

■ 3.1.6 Lineární tah

■ 3.1.7 Lineární tah se zpevněním

(Tohle v bakalářce nemám)

■ 3.2 Pracovní diagramy betonářské výztuže

■ 3.2.1 Bez omezení

■ 3.2.2 Se stoupající horní větví

■ 3.3 Pracovní diagramy pro konstrukční výztuž

V přihlášce k projektu byli slíbené i ocelobetonové prvky, `concrete-properties` zvládá i ocelobetonové průřezy, možná bych to sem taky přidal?



Kapitola 4

Pracovní diagram průřezu

K čemu je to dobrý, proč to potřebujeme ...



4.1 Prostý ohyb

Krátké shrnutí z bakálářky.



4.2 Kombinace ohybu a normálové síly

Odvození vztahů na obecném průřezu ...

Kapitola 5

Metoda konečných prvků

5.1 Deformační metoda

5.1.1 Lineární výpočet

Krátce shrnout deformační metodu (odkázat na bakalářku)

5.2 MKP

5.2.1 Nelineární výpočet

5.2.2 Iterační výpočet průhybu

V bakalářce (kap. 2.4) mám celkem odbytý popis iteračních metod, tady bych je líp shrnul. . .



Část III

Praktická část

Kapitola 6

Pracovní diagram průřezu

6.1 Algoritmus

Algoritmus, který používají `concrete-properties` je hodně pomalý (výpočet jedné křivky z příkladu v odkazu u mě trval cca 40 vteřin).

Algoritmus, který jsem používal v bakalářce na tom byl podobně, možná byl ještě pomalejší, což byl problém, protože ve WB aplikaci se musí výpočítat PD pro více různých průřezů → velká výpočetní náročnost.

Nakonec v aplikaci používáme "zjednodušený" pracovní diagram, kde spojujím jen pár bodů, kde se něco děje (viz kap. 2.3.3)

Možnosti

- **Refactor zdrojového kódu `concrete-properties`** trochu jsem se jím v tom hrabal a sundal jsem výpočetní čas na polovinu, šlo by to určitě ještě mnohem více (zároveň bych to mohl uvést jako jeden z výstupů diplomky)
- **Refactor mého kódu** na výpočet moment-křivost.

6.2 Příklady

Porovnat různé materiálové modely, případně porovnat výstup mého výpočtu s výstupem z `concrete-properties`,
porovnat různé stupně vyztužení, třídy betonu apd.

Kapitola 7

Nelineární odezva konstrukce

Implementace výpočtu nelineárního průhybu pro konstrukce zatížené momentem + normálovou silou...

7.1 Algoritmus

7.2 Příklady

Nějaké příklady...

Porovnat rozdíly výpočtů stejné konstrukce jinými přístupy (postupné zatěžování, napálení celého zatížení od kroku 0...)



Shrnutí a diskuze

Shrnutí celé diplomky, problémy/zajímavosti apd., diskuze příkladů . .



Závěr

Znova popis toho, co jsem udělal, vyhodnocení stanovených cílů ...



Přílohy



Příloha A

Komplexní software pro optimalizaci návrhu a posouzení střešních a stropních konstrukcí

Rozepsat se o aplikacewb, dát sem nějaký obrázky z GUI, popsat, jak to funguje...