

Spolehlivost konstrukcí

CVIČENÍ 9: INDIVIDUÁLNÍ PROJEKT

Úvod do individuálního projektu



- podmínkou pro udělení zápočtu je korektní vypracování individuálního projektu
- cílem je využít znalosti získané z kurzu CD004 (pravděpodobnost poruchy, citlivostní analýza apod.); možno využít software (FREeT, Excel, Matlab...)
- zpracování ve dvojicích (popřípadě samostatně)
- povinnost 2 konzultací se cvičícím
- čas pro vypracování: do 13. týdne semestru
- výsledek ve formě seminární práce – cca 6-10 A4, odevzdané cvičícímu v elektronické podobě (pdf)
- prezentace projektu je součástí ústní zkoušky předmětu CD004

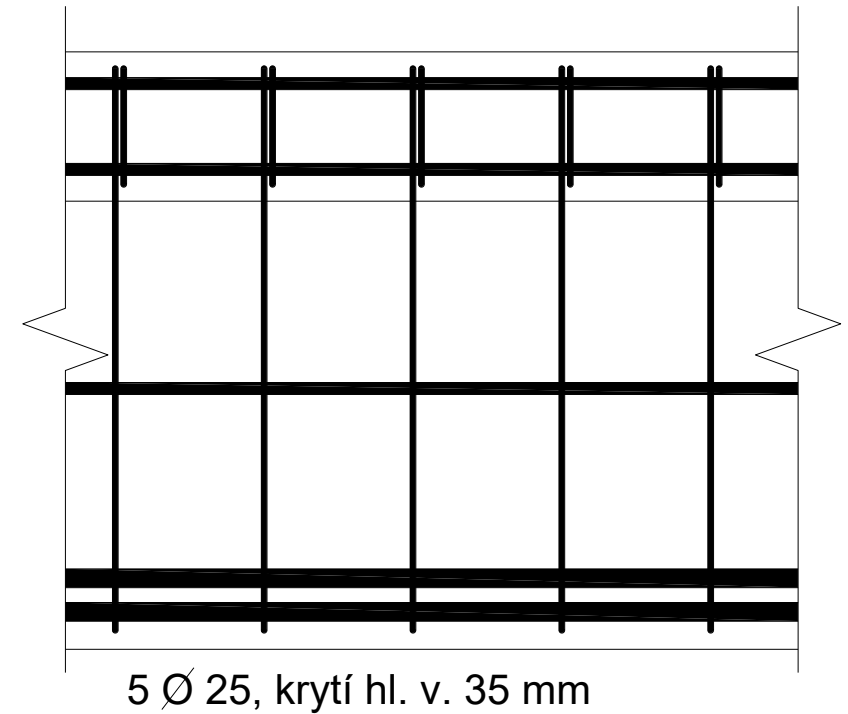
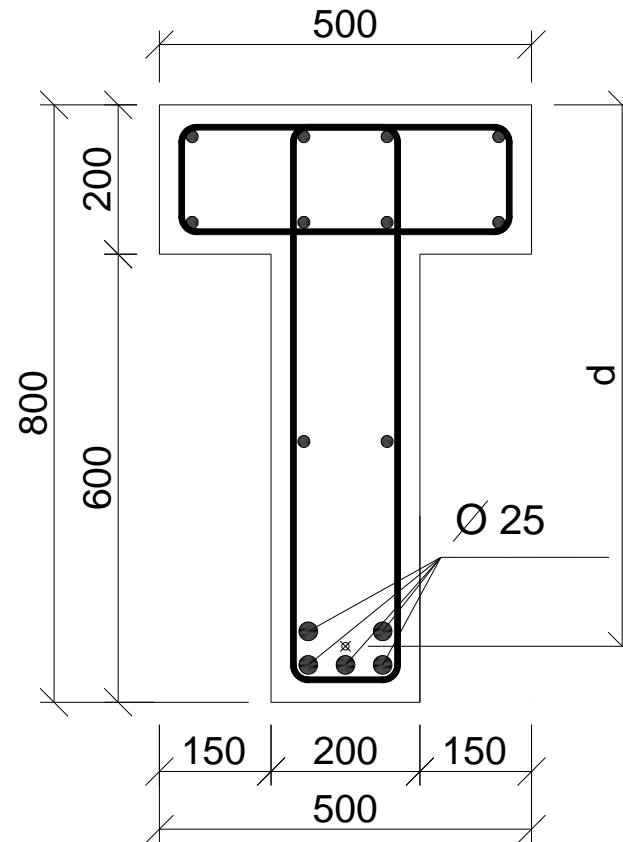
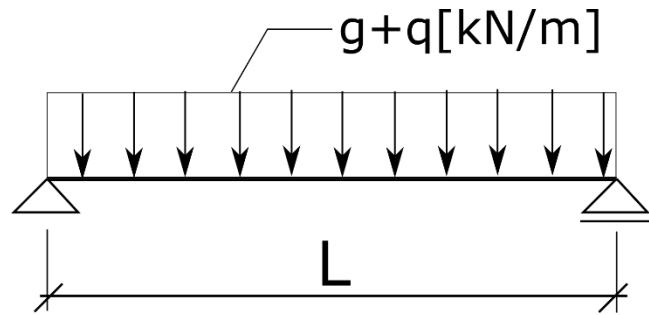


Vzorové zadání projektu

- Cílem práce je ověření spolehlivosti daného nosného prvku pomocí plně-pravděpodobnostní analýzy s využitím numerických simulačních metod typu **Monte Carlo (MC)** a **Latin Hypercube Sampling (LHS)**.
- Ze stanovené hustoty pravděpodobnosti odolnosti R se **odhadne 5% kvantil** a **kvantil odpovídající návrhové pravděpodobnosti poruchy**. Za předpokladu přibližné znalosti rozdělení psti účinků zatížení E se následně stanoví **rezerva spolehlivosti Z** , **index spolehlivosti β** a odpovídající **pravděpodobnost poruchy**.
- Analyzovaným nosným prvkem je **ŽB průvlak T průřezu**, který je součástí skeletového systému výrobní haly. Daný průvlak působí jako **prostý nosník** o efektivní **délce $L=15\text{m}$** , který je zatížen vlastní tíhou, konstrukcí střechy a užitným zatížením v podobě sněhu. Při návrhu dle ČSN EN 1992-1-1 byl stanoven ohybový moment na mezi únosnosti pro beton třídy C35/45 a výztuž B500 na hodnotu **$M_{Rd}=726,4\text{ kN}$** .



Schéma ŽB nosného prvku





Postup řešení

- ověření spolehlivosti pro ohybové namáhání pomocí SW FREeT
 1. Definice stochastického modelu (náhodných veličin vstupujících do výpočtu)
 2. Stanovení hustoty pravděpodobnosti odolnosti R , odhad kvantilů
 3. Stanovení hustoty pravděpodobnosti rezervy spolehlivosti Z , odhad indexu spolehlivosti a pravděpodobnosti poruchy
- volba materiálových charakteristik:
 1. Zpracování dat z experimentu
 2. Známe pouze třídu betonu a oceli
 - Využití literatury JCSS: PMC 2001
 - Hledání odpovídajícího kvantilu pomocí SW



1. Zpracování dat z experimentů

- Výsledky laboratorních experimentů krychelné pevnosti betonu a meze kluzu betonářské výztuže:

<http://www.fce.vutbr.cz/STM/novak.l/CD004/cv9data.txt>

- Využití SW FREeT pro stanovení statistických parametrů a nejvhodnějšího rozdělení.
 - Random variables-new variable-Distribution support calculation-Raw Data
 - Apply best fit distribution

Stochastický model na základě experimentů

i	Veličina	Jednotka	Rozdělení	μ	σ	ν
1	Tlak. pevnost betonu $f_{c,cube}$	[MPa]	Beta	49,8	5,215	0,105
2	Mez kluzu výztuže f_y	[MPa]	LN (3 par.)	566,5	19,20	0,03
3	Účinná výška d	[mm]	N	726.5	14,50	0,02
4	Šířka b	[mm]	DET	500	-	-
5	Teoretické rozpětí prvku L	[m]	N	12,0	0,12	0,01
6	Plocha výztuže A_s	[mm ²]	DET	2454	-	-
7	Model. nejistoty odolnosti x_R	[-]	LN (2 par.)	1.2	0,24	0,2
8	Model. nejistoty zatížení x_E	[-]	LN (2 par.)	1	0,05	0,05
9	Zatížení g + q	[kN/m]	N	29,5	5,9	0,20



Funkce odolnosti R a účinků zatížení E

- Funkce odolnosti R – moment na mezi únosnosti

$$R(X) = \xi_R \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - 0,5 \cdot \frac{A_s \cdot f_y}{f_c \cdot b} \right)$$

- Účinky zatížení E – moment od rovnoměrného zatížení na prostém nosníku

$$E(X) = \xi_E \cdot \frac{1}{8} (g + q) L^2$$

- Rezerva spolehlivosti Z= R-E (Simulation results-LSF definition)

$$Z(X) = \xi_R \cdot A_s \cdot f_y \cdot \left(d - 0,5 \cdot \frac{A_s \cdot f_y}{f_c \cdot b} \right) - \xi_E \cdot \frac{1}{8} \cdot (g + q) \cdot L^2$$



Funkce odolnosti R a účinků zatížení E

- Funkce odolnosti R

Metoda	N simulací	Rozdělení	Mean	CoV	Kvantil 0.05	Kvantil 0.001
MC	10^3	LN (3 par)				
MC	10^6	LN (3 par)				
LHS-Mean	10^3	LN (3par)				

- Účinky zatížení E

Metoda	N simulací	Rozdělení	Mean	CoV	Kvantil 0.05	Kvantil 0.001
MC	10^3	LN (3 par)				
MC	10^6	LN (3 par)				
LHS-Mean	10^3	LN (3par)				

- Rezerva spolehlivosti
 - FORM Pf=

Metoda	N simulací	Rozdělení	Mean	CoV	Beta-Cornell	Pf-Cornell
MC	10^3	LN (3 par)				
MC	10^6	LN (3 par)				
LHS-Mean	10^3	LN (3par)				

Parametrická studie – množství výztuže



Parametrická studie= studie vlivu deterministické změny jednoho vstupního parametru na sledovaný výsledek matematického modelu

Proveďte parametrickou studii vlivu počtu prutů betonářské výztuže ($n=3-8$) na index spolehlivosti a pravděpodobnost poruchy. Vytvořte graf závislosti $n-\beta$

1. Nastavit parametr v záložce random variables pro deterministickou veličinu n
2. Generace vzorků pomocí LHS/MC
3. Simulation results - Parametric analysis



Citlivostní analýza

Citlivostní analýza= vliv vstupní náhodně veličiny na sledovaný výsledek matematického modelu (bere v potaz rozdělení NV)

Proveďte citlivostní analýzu ve formě korelačních koeficientů mezi vstupními veličinami a sledovaným výsledkem matematického modelu

1. Generování vzorků pomocí LHS/MC
2. Výpočet korelace (Simulation results-Sensitivity analysis)
3. Interpretace výsledků



Další varianty stochastického modelu

1. Data z experimentu nejsou k dispozici – vím pouze třídy betonu a oceli
 - Využití JCSS: PMC 2001 nebo jiné literatury
 - Přepočítání pomocí analytických vzorců s doporučeným rozptylem

2. Data z experimentu nejsou k dispozici – vím pouze třídy betonu a oceli
 - Využití JCSS: PMC 2001 nebo jiné literatury
 - Využití doporučených rozdělání
 - Odhad odpovídajících kvantilů

<http://www.fce.vutbr.cz/STM/novak.I/CD004/tabulky.pdf>