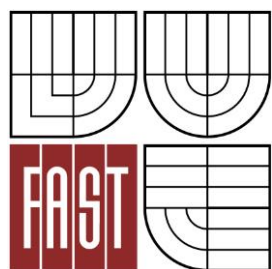




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

ŽELEZOBETONOVÝ MONTOVANÝ OBJEKT

PRECAST CONCRETE BUILDING

P1.2 – KONTROLA VNITŘNÍCH SIL ZJEDNODUŠENOU METODOU

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

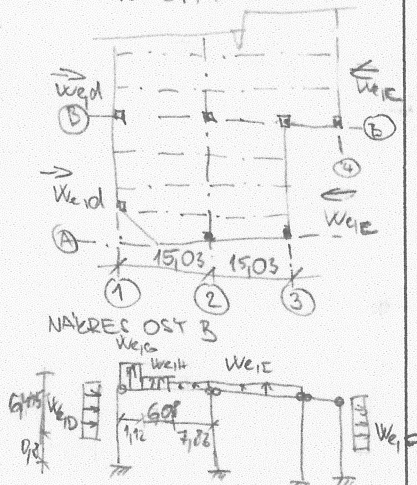
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

RADIM HUBENÝ

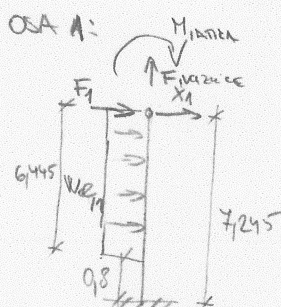
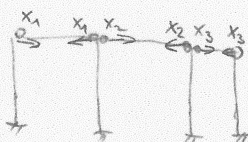
VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JAN PERLA

SCHEMA ZATÍŽENÍ



JEDNOTKOVÉ SILY



$$W_{e,1} = 1,13 \text{ kN/m}$$

$$F_{\text{vaznice}} = 10,53 \text{ kN}$$

$$M_{\text{hanka}} = 0,82 \text{ kN/m}$$

$$F_{\text{hanka}} = 1,01 \text{ kN}$$

$$W_{e,1} \text{ na } 7,245 \text{ m}$$

$$\frac{0,4 \cdot 1,13}{7,245} = 0,0356 \text{ kN/m}$$

$$M_{\text{hanka}} = 0,27 \text{ kN/m}$$

$$F_3 = 0,6 \text{ kN}$$

$$I = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = 0,0021 \text{ m}^4$$

$$E = 33 \text{ GPa (30/34)}$$

$$EI = 70,4 \cdot 10^6$$

RUČNÍ VÝPOČET - SILOVÁ METODA

OVĚŘENÍ ZS12: VÍTR VÝCHODNÍ - FAKUL NA STŘECHU

$$W_{e,1D} = 0,419 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{e,1E} = -0,299 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{e,1I} = -0,12 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{e,1G} = -0,62 \text{ kN/m}^2$$

$$W_{e,1H} = -0,419 \text{ kN/m}^2$$

OVĚŘENÍ PRO OSU B.

POSUNY V HLAVNÍ SOUPRÁVĚ ROVNANÍ

$$u_1 = u_2 = u_3 = u_4$$

$$\text{Pro posun: } u_1 = u_{1,zat} + x_1 \cdot u_{1,1}$$

$$u_2 = u_{2,zat} + (x_2 - x_1) \cdot u_{2,1}$$

$$u_3 = u_{3,zat} + (x_3 - x_2) \cdot u_{3,1}$$

$$u_4 = u_{4,zat} + x_3 \cdot u_{4,1}$$

podmínky pro rovnice

$$1) u_1 = u_2$$

$$2) u_2 = u_3$$

$$3) u_3 = u_4$$

3 rovnice o 3 neznámých

OSA 11

ZATÍŽENÍ VÍTR VÝPOČET STR 64.

VÍTR ZATÍŽENÍ OD NEHLAVNÍCH SOUPRÁV - PŘENÁŠENÍ DOPŘÍKLA NA SOU-
BERU Z PROGRAMU RFEM.

VÝSLEDNÍ POSOUVACÍ SILA OD PŘÍKLA

$$1,5257 \cdot 5,1875 = 7,3$$

VÝSLEDNÍ SILA NA HLAVNÍ SOUPRÁV

$$F_1 = 7,3 + F_{\text{hanka}} = 7,3 + 1,01 = 8,1 \text{ kN}$$

POSUN PRO OSU 1.

$$u_1 = u_{1,wed} + u_{1,F} + u_{1,M} + u_{1,1} \cdot x_1$$

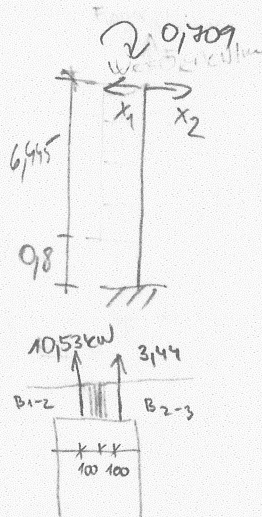
$$u_{1,wed} = W_{e,1} \cdot \frac{h^4}{8EI} = 1,005 \cdot \frac{7,245^4}{8 \cdot 70,4 \cdot 10^6} = 5,424 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$u_{1,F} = F_1 \cdot \frac{h^3}{3EI} = 8,1 \cdot \frac{7,245^3}{3 \cdot 70,4 \cdot 10^6} = 1,639 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

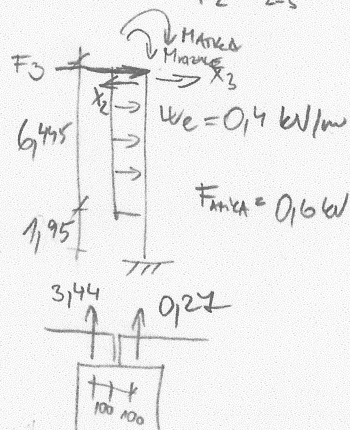
$$u_{1,M} = M_{\text{hanka}} \cdot \frac{h^2}{2EI} = 0,27 \cdot \frac{7,245^2}{2 \cdot 70,4 \cdot 10^6} = 1,007 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$u_{1,1} = x_1 \cdot \frac{h^3}{3EI} = x_1 \cdot \frac{7,245^3}{3 \cdot 70,4 \cdot 10^6} = 1,180 \cdot 10^{-6} \cdot x_1$$

$$u_1 = \sum u_{i,zat} + x_1 \cdot u_{1,1} = 2,19147 \cdot 10^{-5} + x_1 \cdot 1,18 \cdot 10^{-6}$$



HODNOTY - STATICKÝ VÝPOČET
REAKCE PRO B1-2 B2-3



Vzd na 8,395m:

$$\frac{0.709 \cdot 6.445}{8.395} = 0.307 \text{ kN/m}$$

OSA 2

Moment zra sloup:

$$10.53 \cdot 0.1 - 3.44 \cdot 0.1 = 0.709 \text{ kNm}$$

Pouhice pro OSA 2

$$U_2 = U_{2,M} + U_{2,11} \cdot (x_2 - x_1)$$

$$U_{2,M} = 0.709 \cdot \frac{7.245^2}{2 \cdot 70.4 \cdot 10^6} = 2.643 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$U_{2,11} = (x_2 - x_1) \cdot \frac{7.245^3}{3 \cdot 70.4 \cdot 10^6} = 1.8 \cdot 10^{-6} \cdot (x_1 - x_2)$$

$$U_2 = 2.643 \cdot 10^{-7} + 1.8 \cdot 10^{-6} (x_2 - x_1)$$

OSA 3

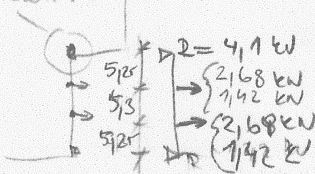
$$M_{\text{reakta}} = 0.27 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{vaznice}} = 0.1 \cdot 3.44 - 0.27 \cdot 0.1 = 0.317 \text{ kNm}$$

$$M_3 = 0.27 + 0.317 = 0.587 \text{ kNm}$$

ZATÍŽENÍ OD LÍČNÍKŮ Z PRŮVLAKŮ

SLoup V OSA 3



$$R = 4.1 \text{ kN}$$

$$F_3 = F_{\text{reakta}} + R = 0.6 + 4.1 = 4.7 \text{ kN}$$

POSOVN PRO OSA 3

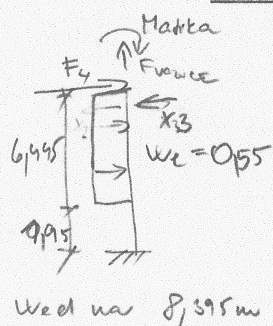
$$U_{3,11} = 0.307 \cdot \frac{8.395^4}{8 \cdot 70.4 \cdot 10^6} = 2.707 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$U_{3,1F} = 4.7 \cdot \frac{8.395^3}{3 \cdot 70.4 \cdot 10^6} = 1.312 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$U_{3,1M} = 0.587 \cdot \frac{8.395^2}{2 \cdot 70.4 \cdot 10^6} = 2.938 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$U_{3,11} = (x_3 - x_2) \cdot \frac{8.395^3}{3 \cdot 70.4 \cdot 10^6} = 2.801 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$U_3 = 1.617 \cdot 10^{-5} + (x_3 - x_2) \cdot 2.801 \cdot 10^{-6}$$

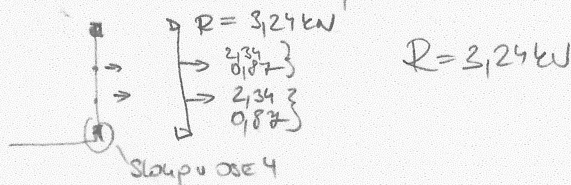


$$\frac{0,55 \cdot 8,395}{8,395} = 0,422 \text{ kN/m}$$

OSA 4

$$M_{manka} = 0,22 \text{ kNm}$$

Zatížení od účinků z pravoúhelníku



$$F_y = R + F_{manka} = 3,24 + 0,5 = 3,74 \text{ kN}$$

Posun přes OSA 3

$$u_1, u_2 = 0,422 \cdot \frac{8,395^4}{8 \cdot 704 \cdot 10^6} = 3,7216 \cdot 10^{-6} \text{ m}$$

$$u_1, F = 3,74 \cdot \frac{8,395^3}{3 \cdot 704 \cdot 10^6} = 1,048 \cdot 10^{-5} \text{ m}$$

$$u_1, M = 0,22 \cdot \frac{8,395^2}{2 \cdot 704 \cdot 10^6} = 1,101 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$

$$u_1, 1 = x_3 \cdot \frac{8,395^3}{3 \cdot 704 \cdot 10^6} = 2,801 \cdot 10^{-6} \cdot x_3$$

$$\text{Rovnice: } u_1 = 1,4312 \cdot 10^{-5} + 2,801 \cdot 10^{-6} \cdot x_3$$

$$u_1 = u_2$$

$$u_2 = u_3$$

$$u_3 = u_4$$

$$1) 2,1919 \cdot 10^{-5} + x_1 \cdot 1,8 \cdot 10^{-6} = 2,643 \cdot 10^{-5} + 1,8 \cdot 10^{-6} (x_2 - x_1)$$

$$2) 2,643 \cdot 10^{-5} + 1,8 \cdot 10^{-6} (x_2 - x_1) = 1,612 \cdot 10^{-5} + (x_3 - x_2) \cdot 2,801 \cdot 10^{-6}$$

$$3) 1,612 \cdot 10^{-5} + (x_3 - x_2) \cdot 2,801 \cdot 10^{-6} = 1,4312 \cdot 10^{-5} + 2,801 \cdot 10^{-6} x_3$$

$$2,16497 \cdot 10^{-5} = -x_1 \cdot 1,8 \cdot 10^{-6} - 3,6 \cdot 10^{-6} x_1 + x_2 \cdot 1,8 \cdot 10^{-6}$$

1)

$$x_1 = \frac{x_2 \cdot 1,8 \cdot 10^{-6} - 2,16497 \cdot 10^{-5}}{3,6 \cdot 10^{-6}}$$

$$2) 2,643 \cdot 10^{-5} + 1,8 \cdot 10^{-6} \left(x_2 - \frac{x_2 \cdot 1,8 \cdot 10^{-6} - 2,16497 \cdot 10^{-5}}{3,6 \cdot 10^{-6}} \right) = 1,612 \cdot 10^{-5} + (x_3 - x_2) \cdot 2,801 \cdot 10^{-6}$$

$$2,643 \cdot 10^{-5} + 1,8 \cdot 10^{-6} x_2 - \frac{x_2 \cdot 1,8 \cdot 10^{-6} - 2,16497 \cdot 10^{-5}}{3,6 \cdot 10^{-6}} \cdot 1,8 \cdot 10^{-6} = 1,612 \cdot 10^{-5} + 2,801 \cdot 10^{-6} x_3 - 2,801 \cdot 10^{-6} x_2$$

$$3,5198 \cdot 10^{-12} + 6,148 \cdot 10^{-12} x_2 - \left(x_2 \cdot 1,8 \cdot 10^{-6} - 2,16497 \cdot 10^{-5} \right) \cdot 1,8 \cdot 10^{-6} = 5,181 \cdot 10^{-11} + 1,01 \cdot 10^{-11} x_3 - 2,801 \cdot 10^{-12} x_2$$

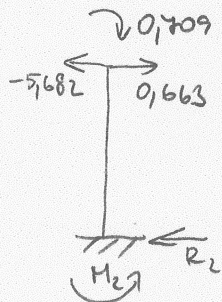
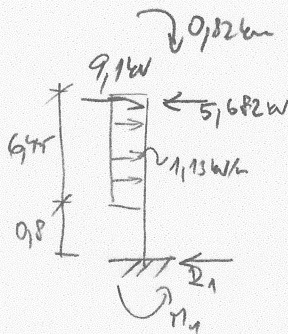
$$1,8289 \cdot 10^{-11} + 1,334 \cdot 10^{-11} x_2 = 1,01 \cdot 10^{-11} x_3$$

$$1,334 \cdot 10^{-11} x_2 = 1,01 \cdot 10^{-11} x_3 - 1,8289 \cdot 10^{-11}$$

$$x_2 = \frac{1,01 \cdot 10^{-11} x_3 - 1,8289 \cdot 10^{-11}}{1,334 \cdot 10^{-11}}$$

$$1,334 \cdot 10^{-11}$$

$$\begin{aligned}
 3) \quad & 1,647 \cdot 10^{-5} + (x_3 - x_2) \cdot 2,801 \cdot 10^{-6} = 1,4312 \cdot 10^{-5} + 2,801 \cdot 10^{-6} x_3 \\
 & 1,647 \cdot 10^{-5} + (x_3 - \frac{1,01 \cdot 10^{-11} x_3 - 1,8289 \cdot 10^{-11}}{1,334 \cdot 10^{-4}}) \cdot 2,801 \cdot 10^{-6} = 1,4312 \cdot 10^{-5} + 2,801 \cdot 10^{-6} x_3 \\
 & 1,647 \cdot 10^{-5} + 2,801 \cdot 10^{-6} x_3 - \frac{(1,01 \cdot 10^{-11} x_3 - 1,8289 \cdot 10^{-11}) \cdot 2,801 \cdot 10^{-6}}{1,334 \cdot 10^{-4}} = 1,4312 \cdot 10^{-5} + 2,801 \cdot 10^{-6} x_3 \\
 & \quad - \frac{2,829 \cdot 10^{-17} x_3 + 5,1227 \cdot 10^{-17}}{1,334 \cdot 10^{-4}} \\
 & 7,6027 \cdot 10^{-17} = 2,829 \cdot 10^{-17} x_3 \\
 & x_3 = 2,6877 \text{ kN} \\
 & x_2 = \frac{1,01 \cdot 10^{-11} \cdot 2,6877 - 1,8289 \cdot 10^{-11}}{1,334 \cdot 10^{-4}} = 0,663 \text{ kN} \\
 & x_1 = \frac{x_2 \cdot 1,8 \cdot 10^{-6} - 2,16497 \cdot 10^{-5}}{3,6 \cdot 10^{-6}} = -5,682 \text{ kN}
 \end{aligned}$$



VNITŘNÍ SILY - OVRĚNÍ Č. 1

- REAKCE NA SLOUP V OSE 1

$$R_1 = 9,1 - 5,682 + 6,445 \cdot 1,13 = 10,7 \text{ kN}$$

$$M_1 = 9,1 \cdot 9,4 + 9,1 \cdot 7,245 - 5,682 \cdot 7,245 + 6,445 \cdot 1,13 \cdot 4,023 = 54,88 \text{ kNm}$$

Z RFEMU

$$\begin{aligned}
 R_1 &= 9,36 \text{ kN} \\
 M_1 &= 48,8 \text{ kNm}
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} R_1 &= 9,36 \text{ kN} \\ M_1 &= 48,8 \text{ kNm} \end{aligned}} \right\} \text{hodnoty se přibližně shodují s ručn.}$$

OVĚŘENÍ Č. 2

- REAKCE NA SLOUP V OSE 2

$$R_2 = 5,682 + 0,663 = 6,345 \text{ kN}$$

$$M_2 = 6,345 \cdot 7,245 + 0,709 = 46,686 \text{ kNm}$$

Z RFEMU

$$\begin{aligned}
 R_2 &= 6,52 \text{ kN} \\
 M_2 &= 44,23 \text{ kNm}
 \end{aligned}
 \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} R_2 &= 6,52 \text{ kN} \\ M_2 &= 44,23 \text{ kNm} \end{aligned}} \right\} \text{hodnoty se přibližně shodují s ručn.}$$

HODNOTY SE V OBOU PŘÍPADECH PŘÍBLÍŽNĚ SHODUJÍ S VÝSTUPEM Z RFEMU.

ZATÍŽENÍ OD SLOUPŮ PŘENESENÉ DO ŽELEZABETONOVÝCH SLOUPŮ JEJICH KAPKOVÝM ŠKŮŽENOSTI PRO RUČNÍ VÝPOČET, BRAL ZE SOFTWARE.