

133PSBZ

Požární spolehlivost betonových a zděných konstrukcí

Přednáška A9

ČVUT v Praze, Fakulta stavební
katedra betonových a zděných konstrukcí

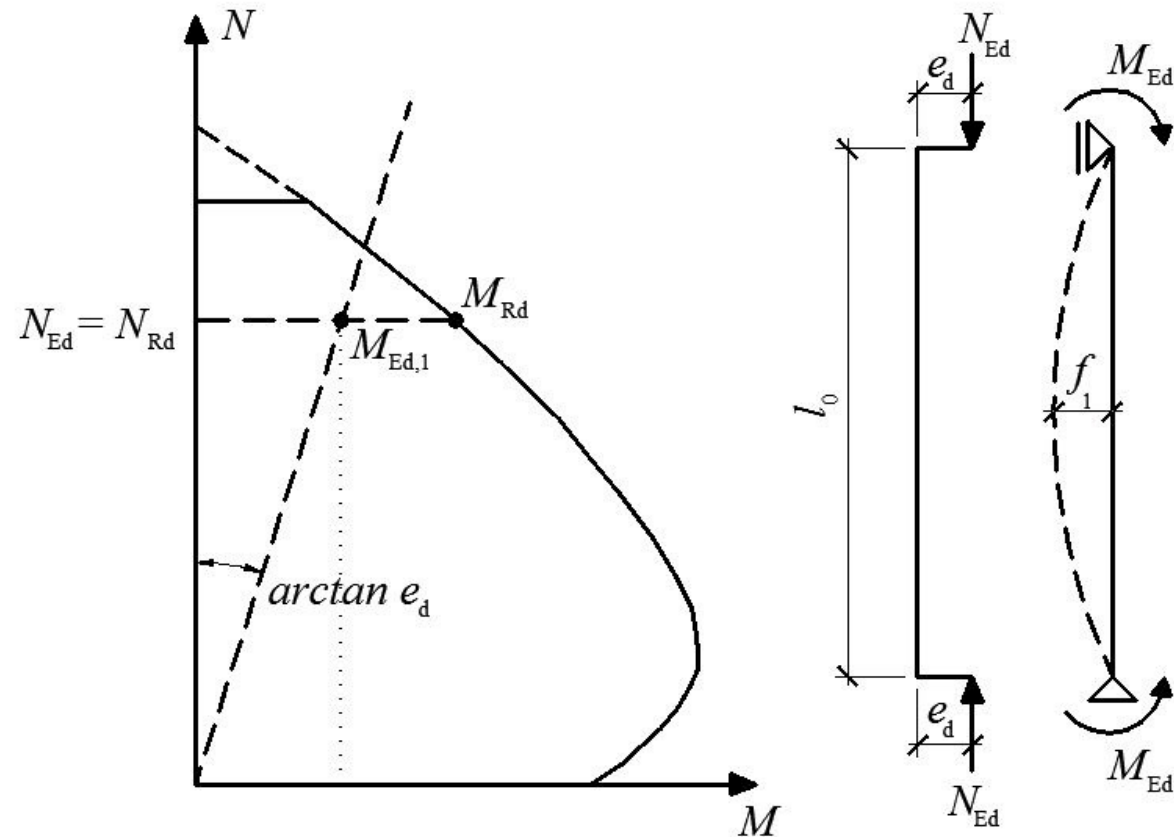
Obsah přednášky

Posuzování betonových sloupů

- Masivní sloupy za běžné teploty
- Štíhlé sloupy za běžné teploty
- Zjednodušená metoda výpočtu založená na jmenovité křivosti
- Betonové sloupy při požáru
- Příklad výpočtu

Masivní betonové sloupy za běžné teploty

- Interakční diagram

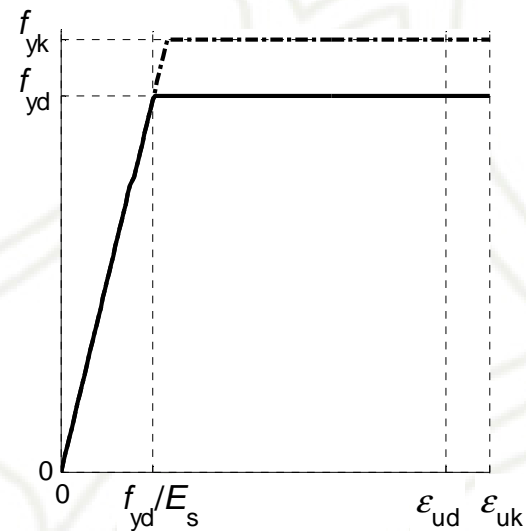
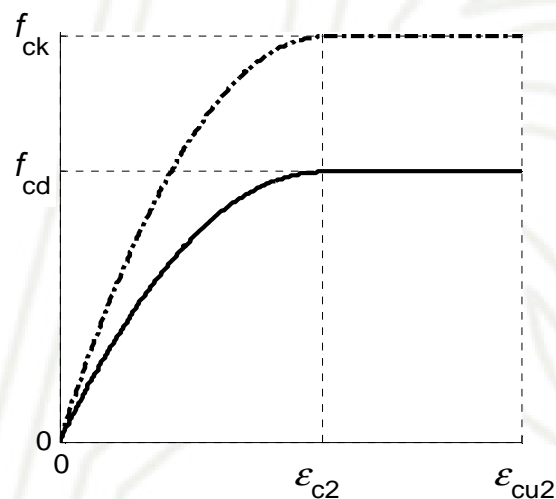


$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

Masivní betonové sloupy za běžné teploty

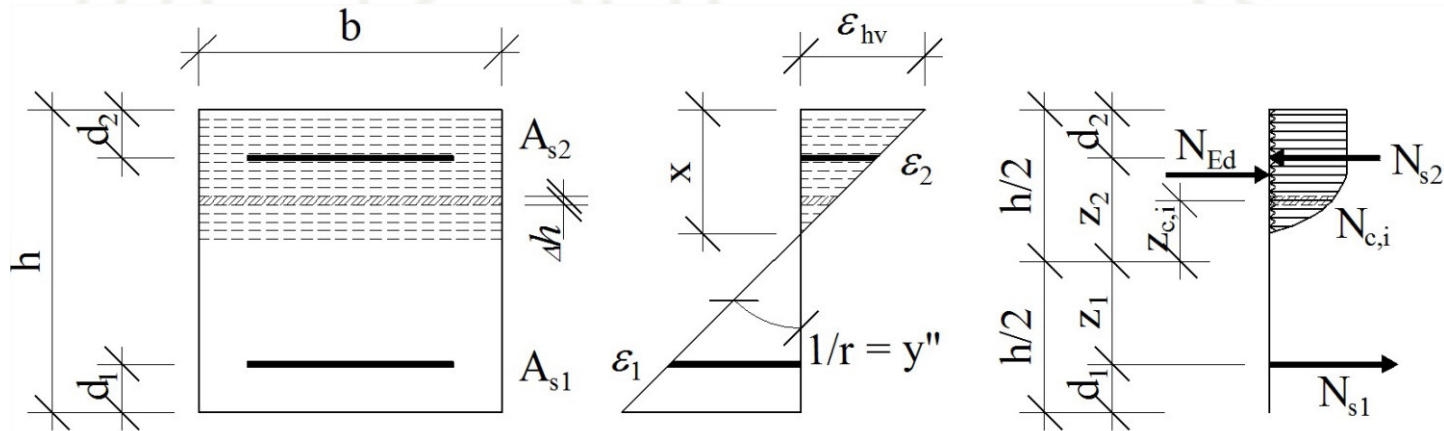
Výchozí předpoklady:

- zachování rovinnosti průřezu (Bernoulli-Navierova hypotéza)
- stejné přetvoření betonu a výztuže ve stejném místě
- dané pracovní diagramy betonu a výztuže
- beton v tahu nepůsobí



Masivní betonové sloupy za běžné teploty

- Výpočet pro konkrétní kombinaci M_{Ed} a N_{Ed}



[3]

Poloha N.O. se stanoví ze součtové podmínky rovnováhy

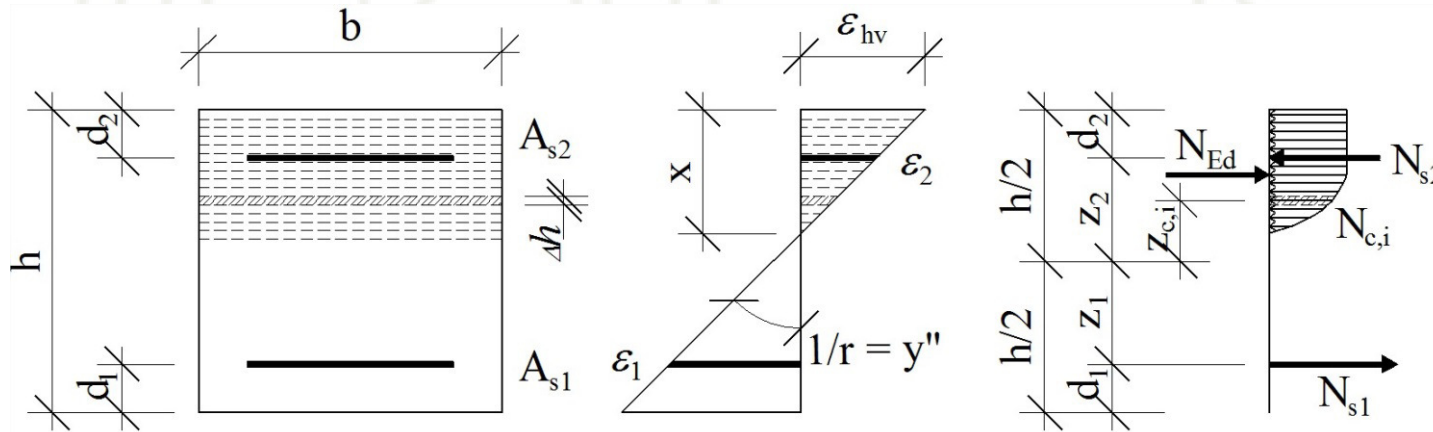
$$N_{Ed} = N_{s2} - N_{s1} + \sum_{i=1}^n N_{c,i}$$

Moment vnitřních sil se stanoví z momentové výminky

$$M_{Rd} = N_{s2} \cdot z_2 + N_{s1} \cdot z_1 + \sum_{i=1}^n N_{c,i} \cdot z_{c,i}$$

Masivní betonové sloupy za běžné teploty

- Výpočet pro konkrétní kombinaci M_{Ed} a N_{Ed}



[3]

Podmínka spolehlivosti

$$M_{Ed} \leq M_{Rd}$$

Účinky druhého řádu (*second order effects*)

„přídavné účinky zatížení vyvolané deformacemi konstrukce“ - dle ČSN EN 1992-1-1

Nutno ověřit rovnováhu a únosnost na **deformované** konstrukci. Deformace se stanoví s uvážením vlivu trhlin, nelineárních vlastností a dotvarování.

Příklady typických konstrukcí ovlivněných účinky 2.řádu:

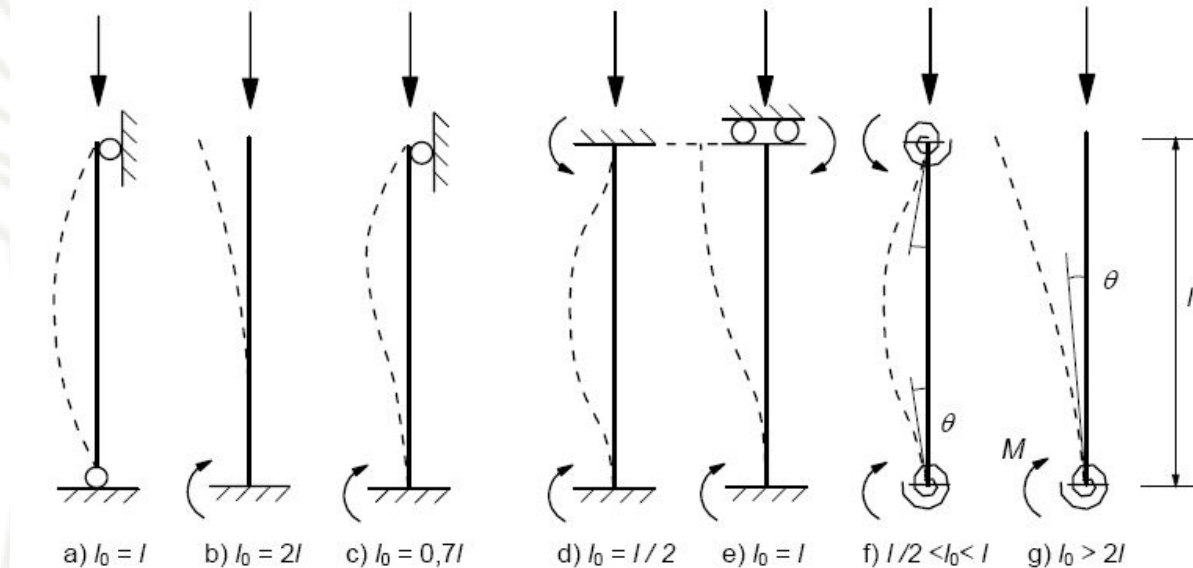
➤ sloupy, stěny, piloty, oblouky, skořepiny

Druhý řád lze zanedbat, jestliže jeho účinky jsou nižší než 10% odpovídajících účinků prvního řádu

Štíhlostní kritérium pro osamělé prvky

Účinky druhého řádu lze také zanedbat, jestliže je štíhlost λ menší než hodnota λ_{lim}

$$\lambda = \frac{l_0}{i}$$



[5]

$$\lambda_{\text{lim}} = 20 \cdot \frac{A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} \leq 75$$

A - vliv dotvarování

B - vliv vyztužení

C - vliv zatížení

n - poměrná normálová síla

Účinky druhého řádu (*second order effects*)

Metody analýzy

1. Obecná metoda založená na nelineární analýze druhého řádu
2. Metoda založená na jmenovité tuhosti
3. Metoda založená na jmenovité křivosti

1. Obecná metoda založená na nelineární analýze druhého řádu

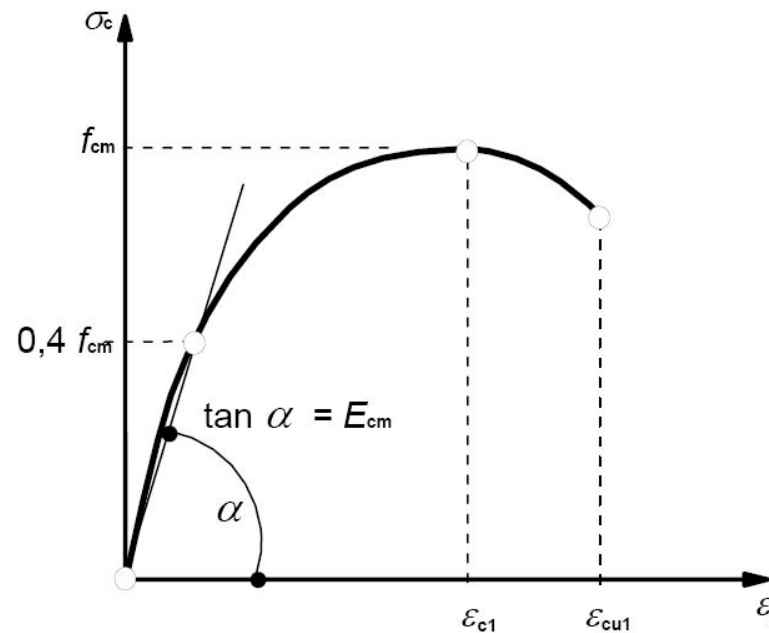
- Uvažuje geometrickou nelinearitu
- Nutno zohlednit dotvarování
- Musí se použít vhodné pracovní diagramy materiálů

Beton:

$$\frac{\sigma_c}{f_{cm}} = \frac{k\eta - \eta^2}{1 + (k - 2)\eta};$$

$$\eta = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{c1}};$$

$$k = 1,05 \cdot E_{cm} \cdot \frac{|\varepsilon_{c1}|}{f_{cm}}$$



- Ověřuje se rovnováha a kompatibilita přetvoření v kritických průřezích

2. Metoda založená na jmenovité tuhosti

Použití: pro osamělé prvky a celé konstrukce, pokud jsou vhodně odhadnuty hodnoty jmenovitých tuhostí

Jmenovité ohybové tuhosti zohledňují účinky:

- trhlin
- materiálových nelinearit
- dotvarování

Nutno uvažovat i pro připojené prvky (trámy, desky, základy). Uvážit spolupůsobení mezi konstrukcí a podložím.

Jmenovitá tuhost

$$EI = K_c E_{cd} I_c + K_s E_s I_s$$

Zvětšovací momentový součinitel

$$M_{Ed} = M_{0Ed} \left[1 + \frac{\beta}{(N_B / N_{Ed}) - 1} \right]$$

3. Metoda založená na jmenovité křivosti

Použití: pro osamělé prvky; s reálnými předpoklady
rozdělení křivostí také pro celé konstrukce

Výsledkem je jmenovitý moment druhého řádu na základě
průhybu stanoveného postupně z účinné délky a odhadnuté
maximální křivosti.

$$M_{Ed} = M_{0Ed} + M_2$$

M_{0Ed} - pro skutečné okrajové podmínky
 M_2 - pro okrajové podmínky účinné délky

$$M_2 = N_{Ed} \cdot e_2; \quad e_2 = (1/r) l_0^2 / c$$

Pro prvky s konstantním symetrickým průřezem

$$1/r = K_r \cdot K_\varphi \cdot 1/r_0$$

$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45 \cdot d)$$

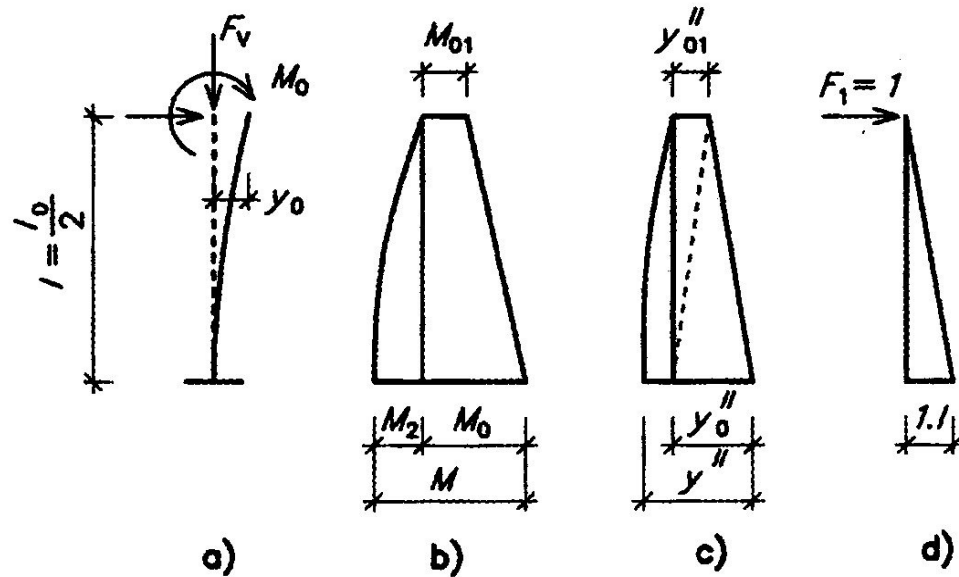
Metoda náhradního štíhlého prutu

Předpoklady metody

- Zachování rovinnosti přetvoření (B-N hypotéza)
- Stejně přetvoření betonu a výztuže ve stejném místě
- Dané pracovní diagramy betonu a výztuže
- Beton v tahu nepůsobí
- Uvažování nehmotného přímého prutu
- Přetvoření ve vrcholu y_0 je lineární funkcí křivosti ve vetknutí y''

$$y_0 = f(y''_0)$$

Metoda náhradního štíhlého prutu



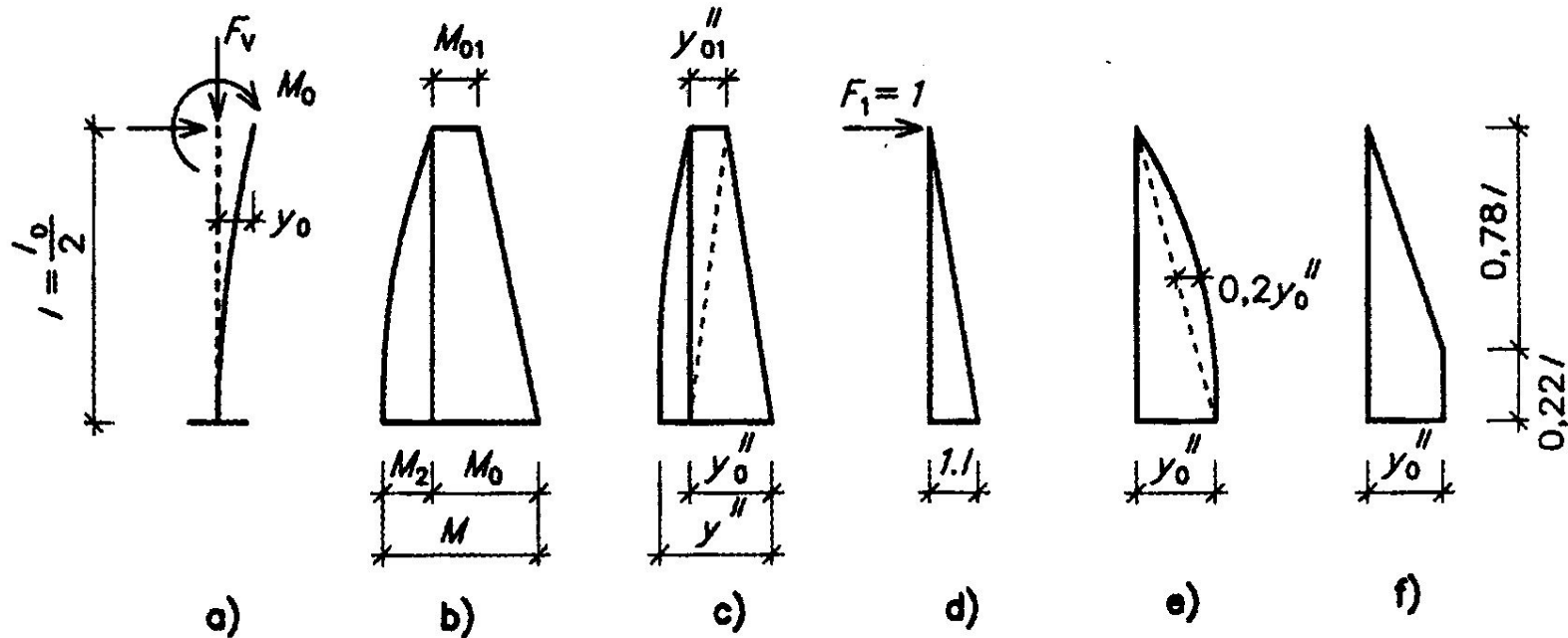
$$y_0 = \int_0^l y''(x) \cdot M_1(x) \cdot l \cdot dx = \int_0^l \left[\frac{5}{12} (y'' - y''_0) + \frac{1}{3} y''_0 + \frac{1}{6} y''_{01} \right] \cdot l \cdot dx \quad [1]$$

$$y_0 = l^2 \cdot (0,416 \cdot y'' - 0,083 \cdot y''_0 + 0,166 \cdot y''_{01})$$

$$y_0 \cong \frac{l^2}{10} (4 \cdot y'' - y''_0 + 2 \cdot y''_{01}); \text{ předpoklad: } y''_{01} = 0,5 \cdot y''_0 \text{ (uvážení } l = \frac{l_0}{2} \text{)}$$

$$y_0 = y'' \cdot \frac{l_0^2}{10}$$

Metoda náhradního štíhlého prutu



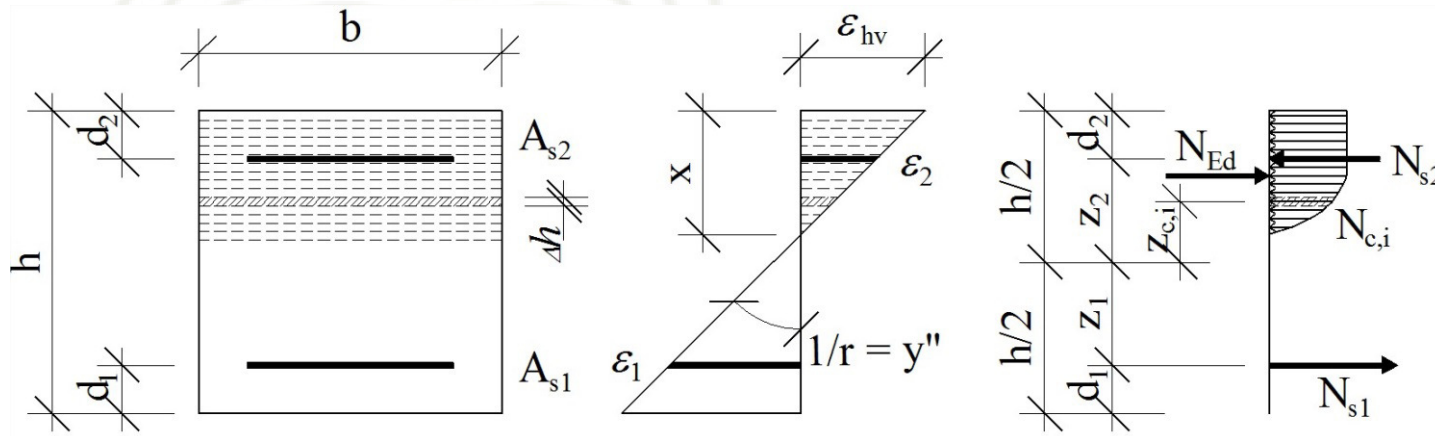
[1]

$$y_0 = y'' \cdot \frac{l_0^2}{10}$$

$$y_0 = y'' \cdot \frac{l_0^2}{c}$$

třeba stanovit závislost mezi M a y''

Metoda náhradního štíhlého prutu



[3]

Poloha N.O. se stanoví ze součtové podmínky rovnováhy

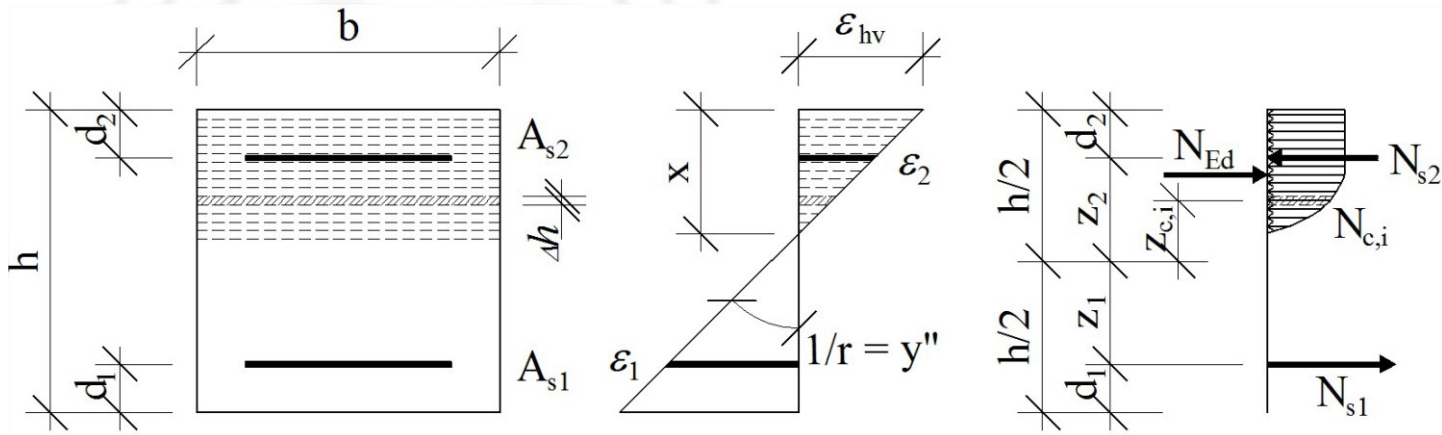
$$N_{Ed} = N_{s2} - N_{s1} + \sum_{i=1}^n N_{c,i}$$

Moment vnitřních sil se stanoví z momentové výminky

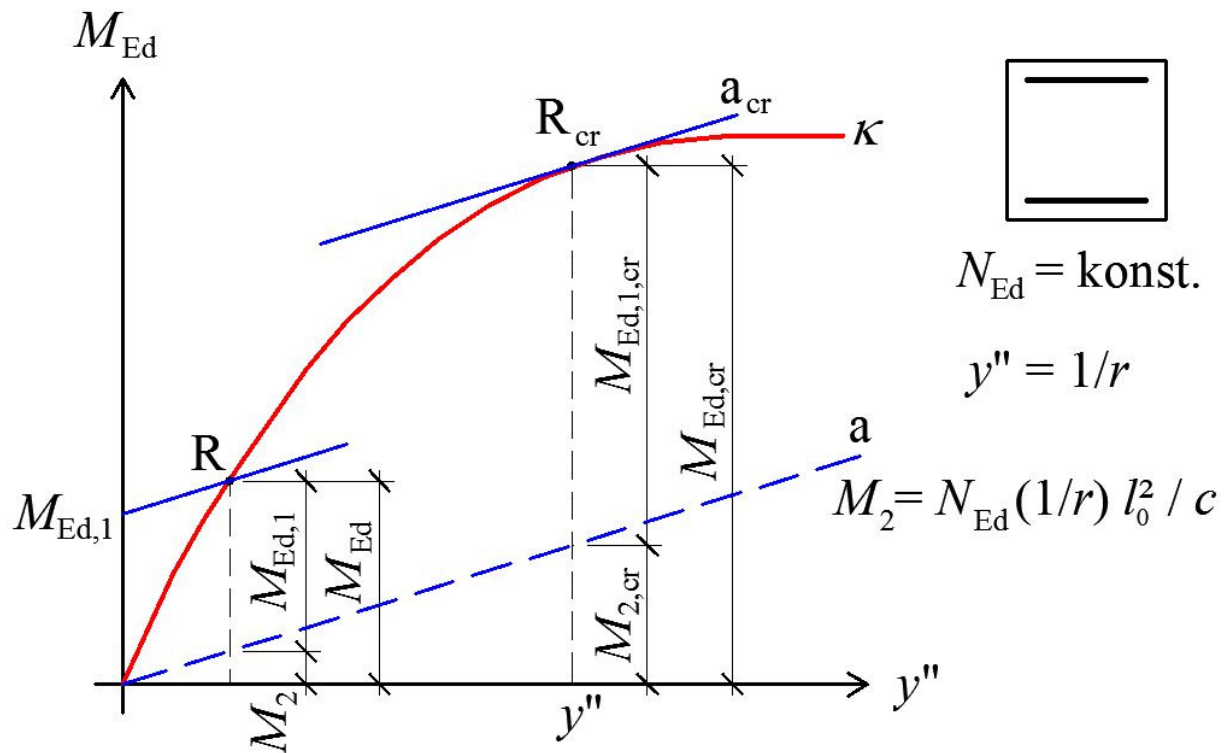
$$M_{Rd} = N_{s2} \cdot z_2 + N_{s1} \cdot z_1 + \sum_{i=1}^n N_{c,i} \cdot z_{c,i}$$

Momentu M_{Rd} odpovídá y''

Metoda náhradního štíhlého prutu



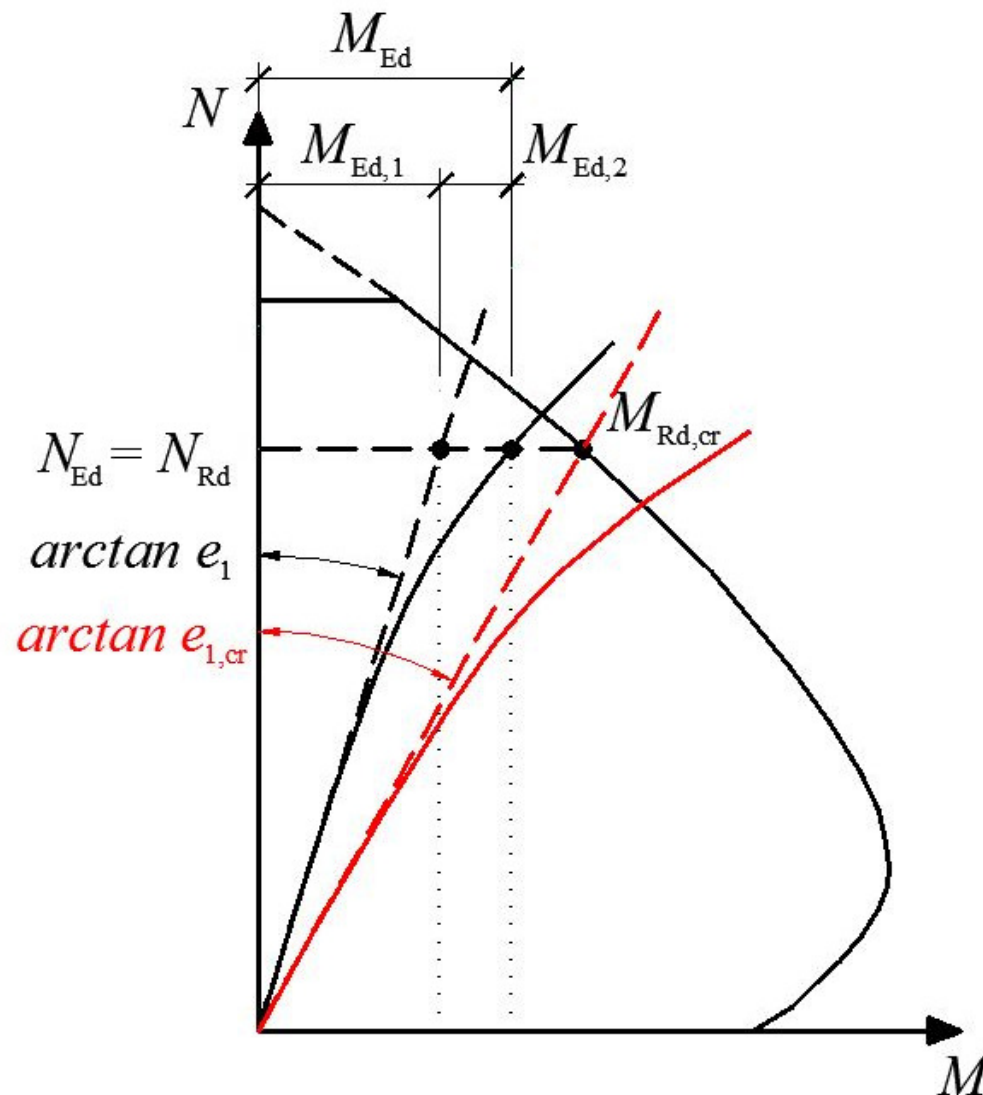
[3]



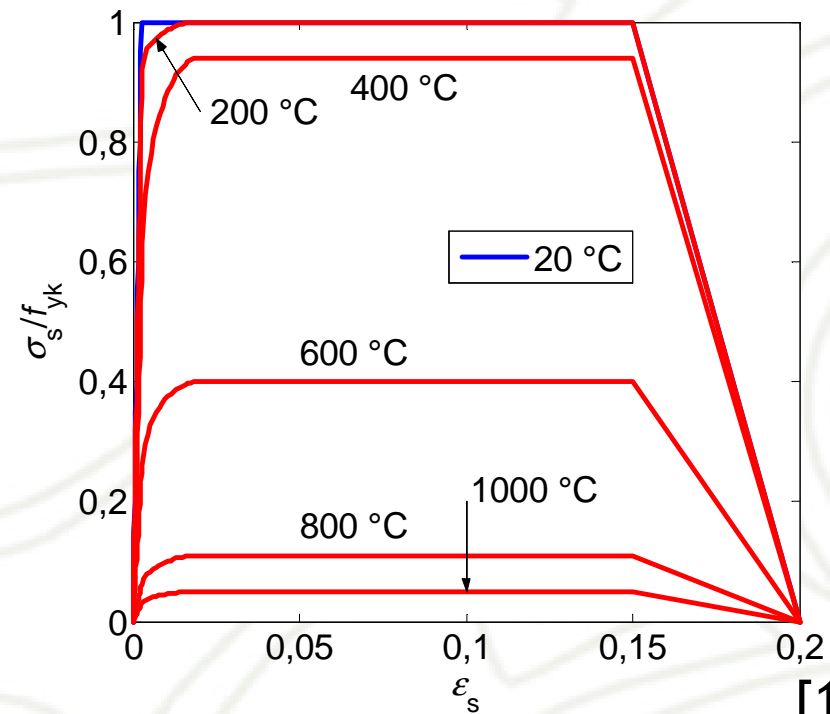
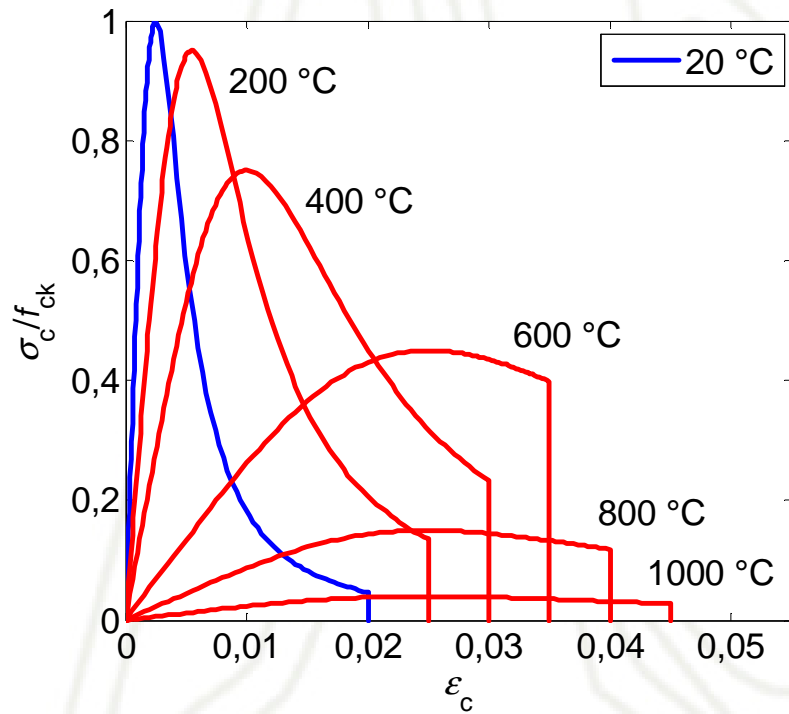
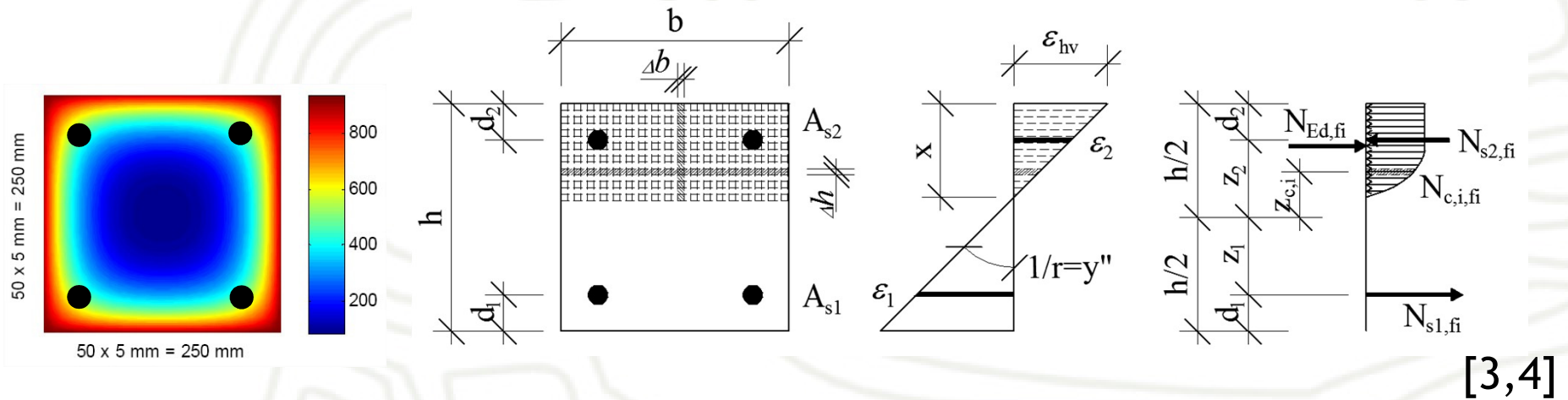
[1]

Štíhlé betonové sloupy za běžné teploty

- Interakční diagram

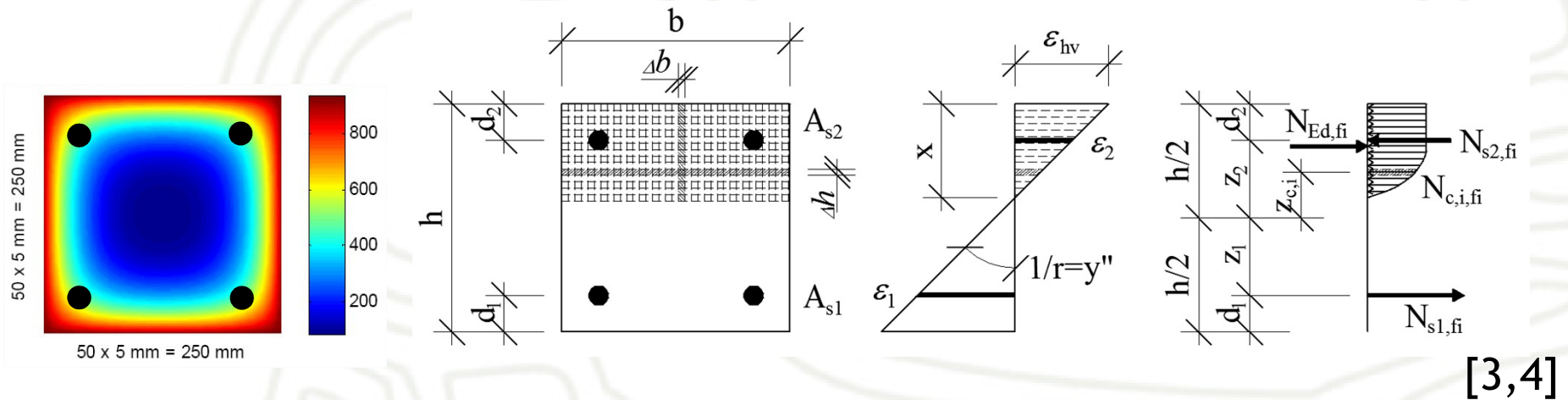


Štíhlé betonové sloupy při požáru



[1,2]

Štíhlé betonové sloupy při požáru



Poloha N.O. se stanoví ze součtové podmínky rovnováhy

$$N_{Ed,fi} = N_{s2,fi} - N_{s1,fi} + \sum_{i=1}^n N_{c,i,fi}$$

Moment vnitřních sil se stanoví z momentové výminky

$$M_{Rd,fi} = N_{s2,fi} \cdot z_2 + N_{s1,fi} \cdot z_1 + \sum_{i=1}^n N_{c,i,fi} \cdot z_{c,i}$$

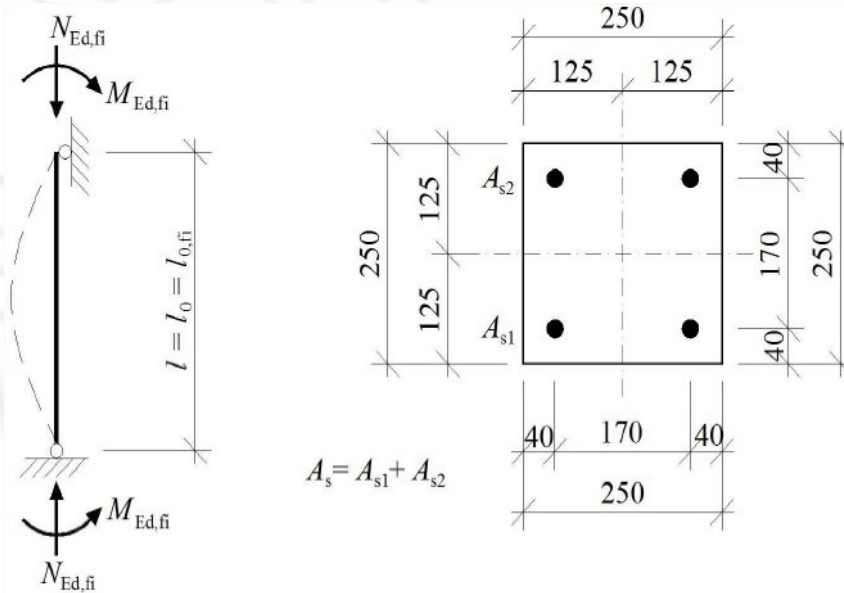
Podmínka spolehlivosti

$$M_{Ed,fi} \leq M_{Rd,fi}$$

Příklad výpočtu

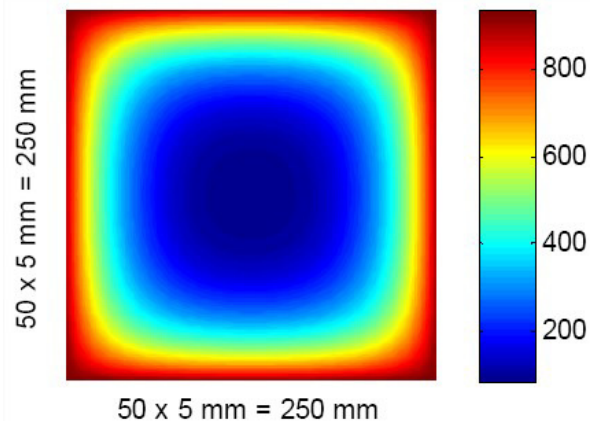
[3]

- statické schéma a schéma průřezu (ztužená konstrukce)



- teplotní profil stanovený programem TempAnalysis

[4]



Beton: C 30/37

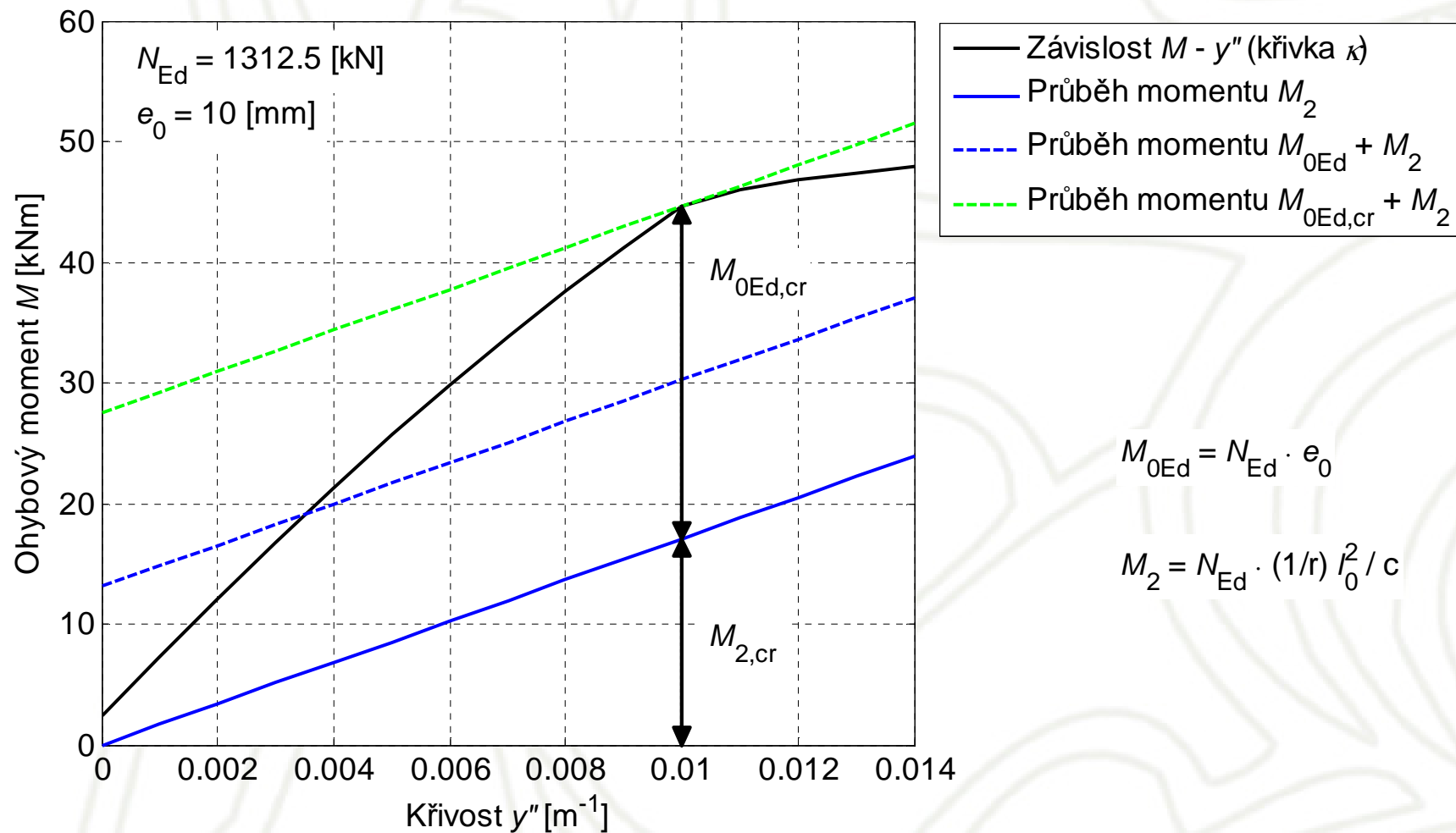
Ocel: B 500B

Požár ze čtyř stran průřezu

Příklad výpočtu

[3]

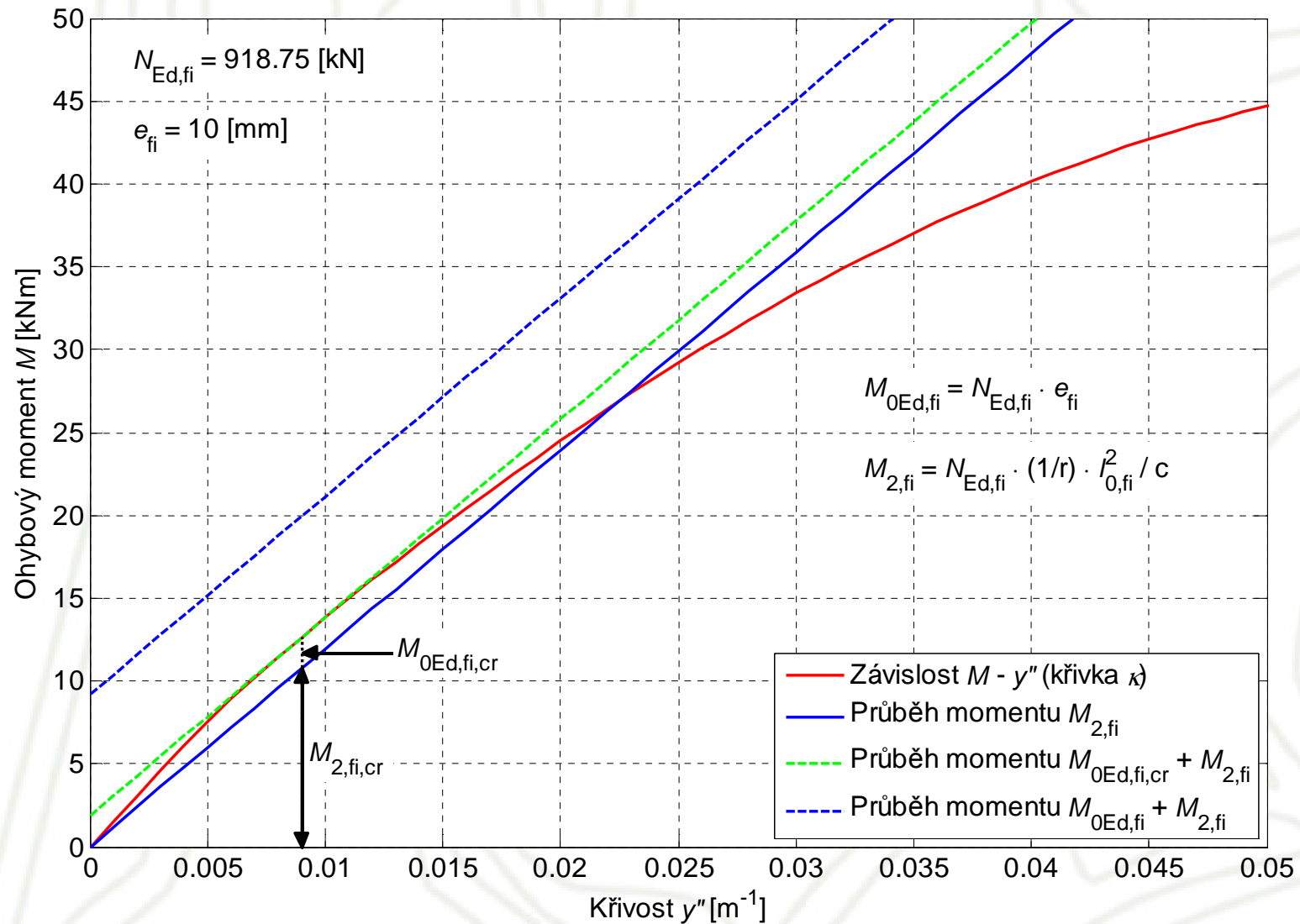
- posouzení za běžné teploty



Příklad výpočtu

[3]

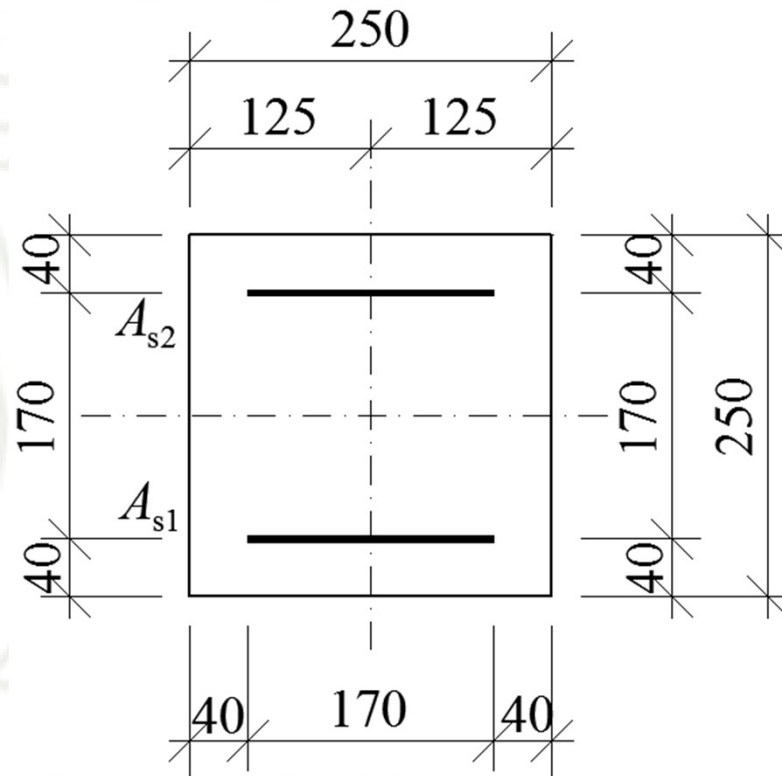
- posouzení při požáru ($t = 60$ min)



Příklad výpočtu

[3]

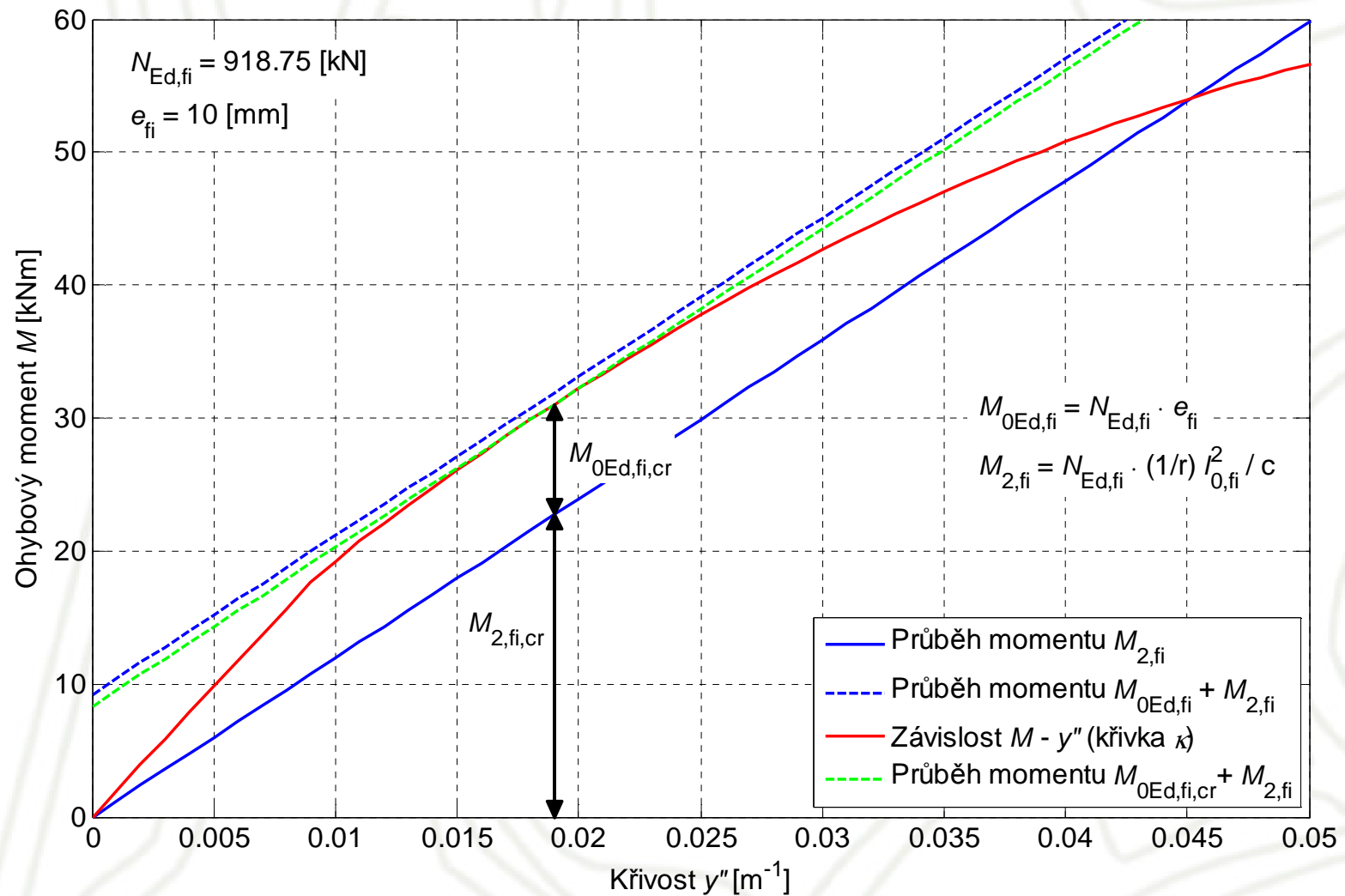
- uvažováno rovnoměrné rozmístění výztuže (teoretický případ)



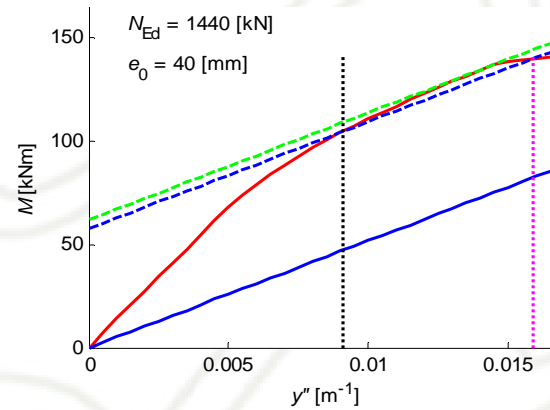
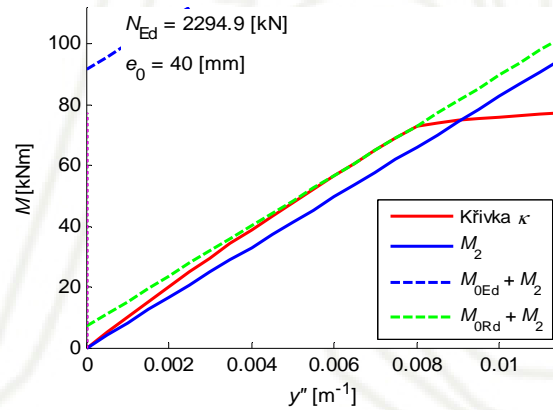
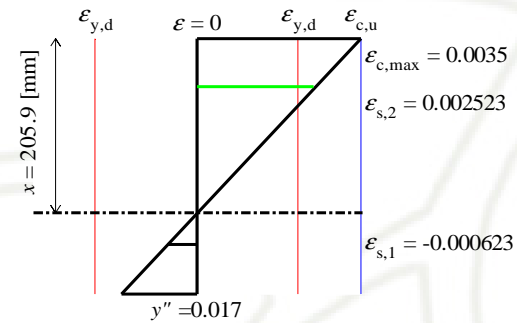
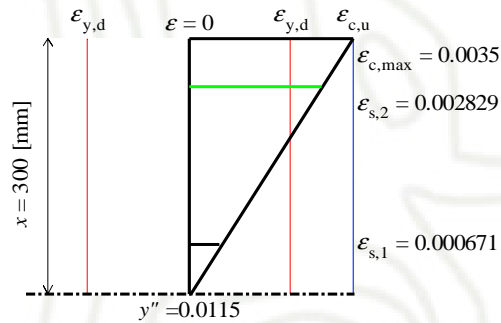
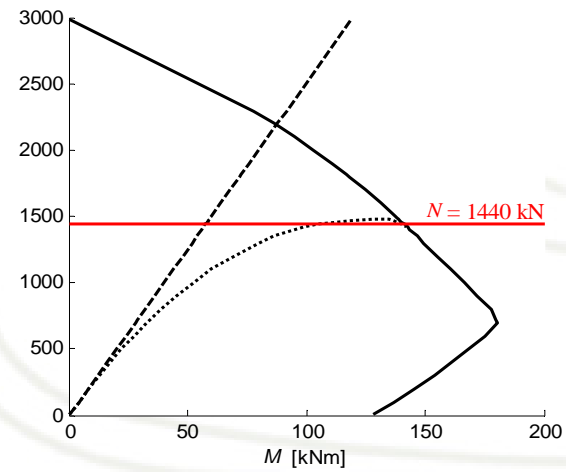
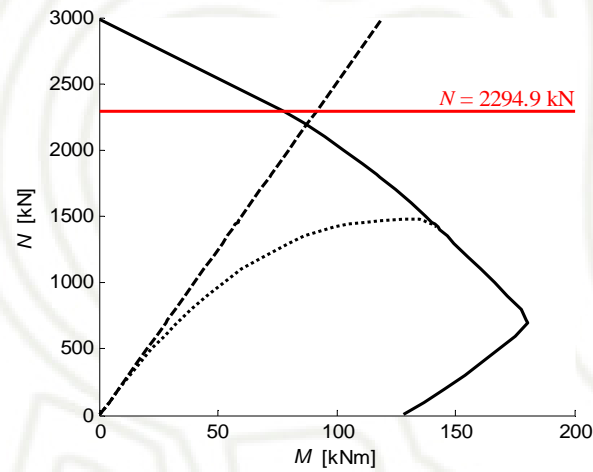
Příklad výpočtu

[3]

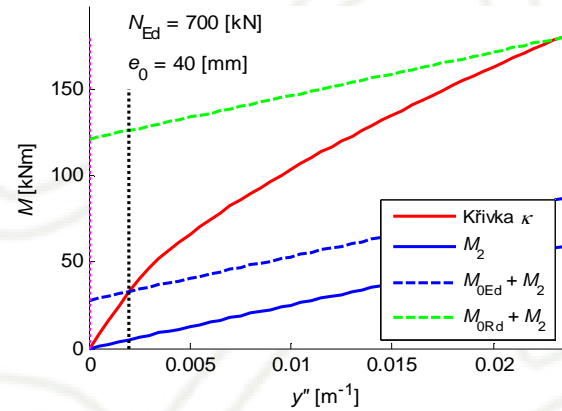
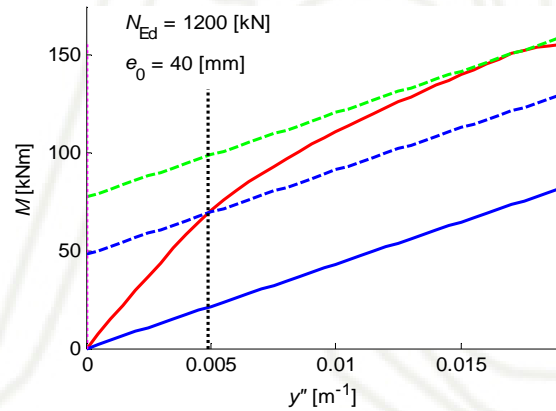
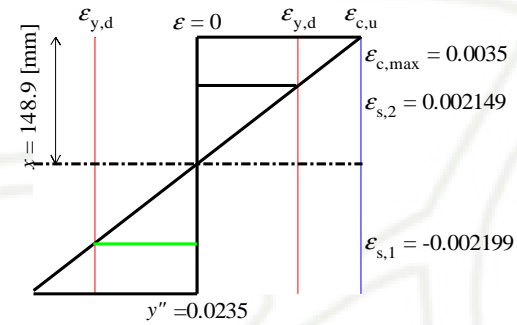
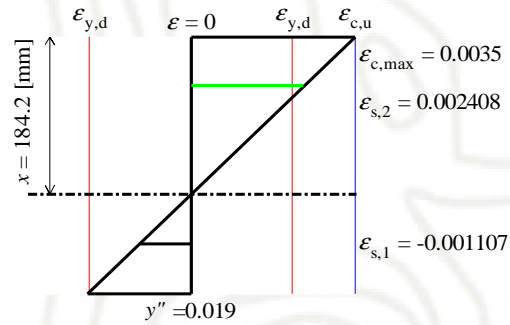
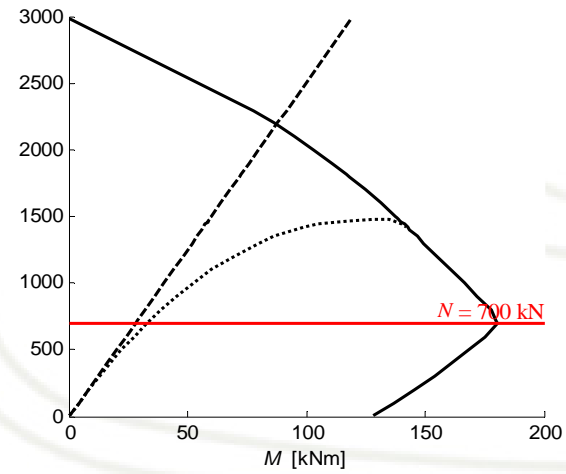
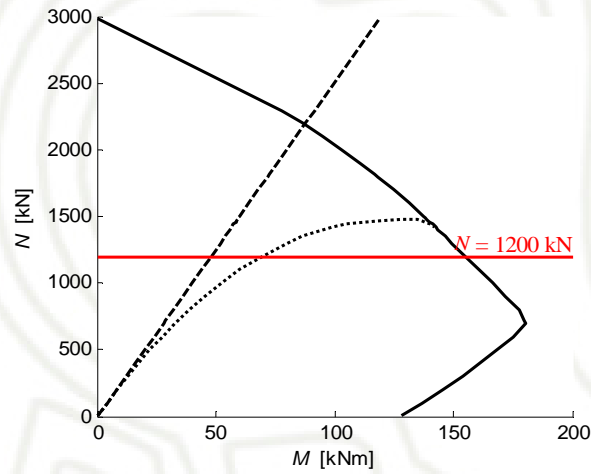
- posouzení při požáru ($t = 60$ min)



Štíhlé betonové sloupy



Štíhlé betonové sloupy



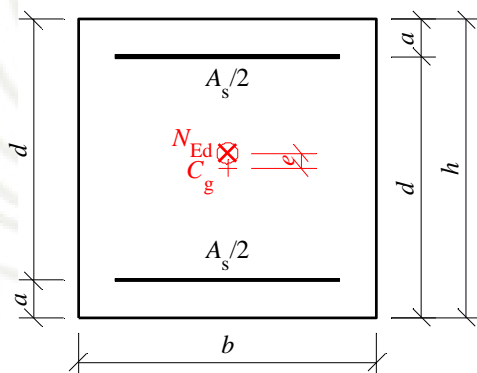
Štíhlé betonové sloupy

A_s

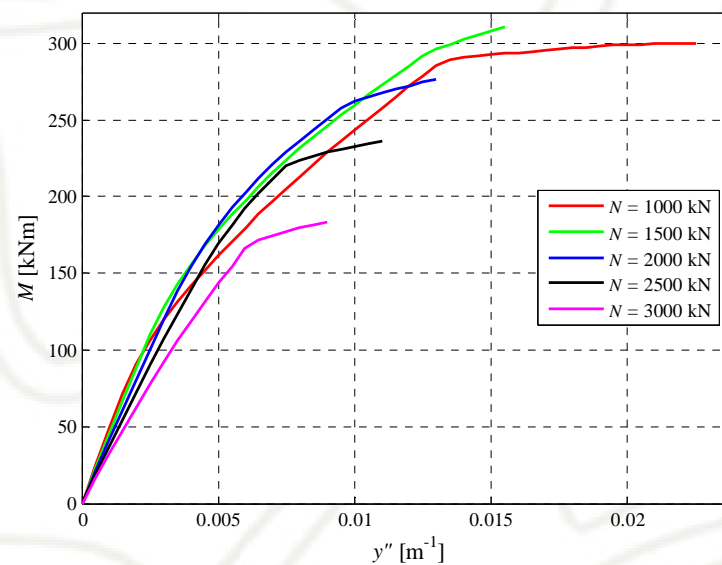
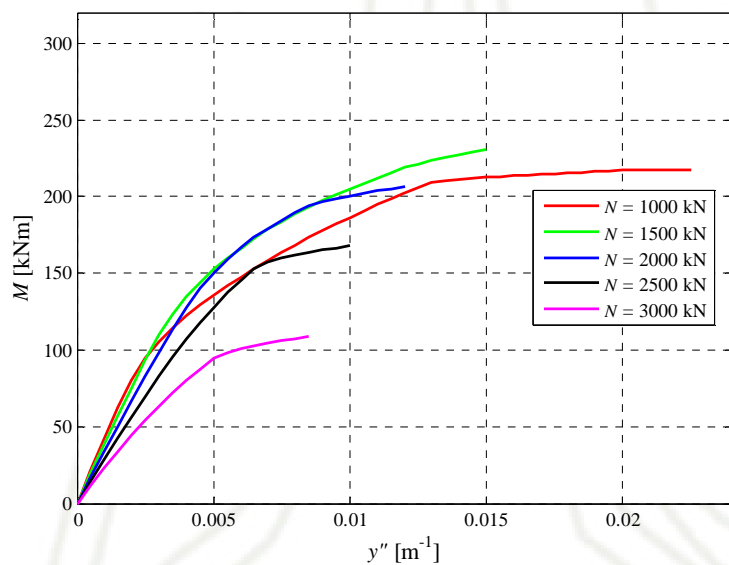
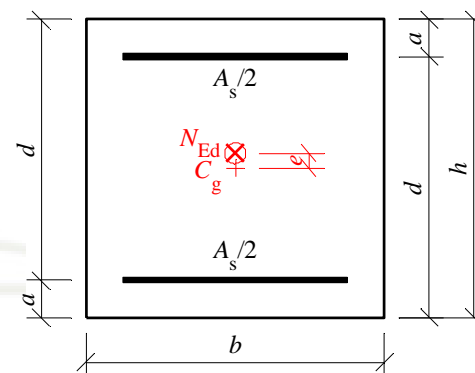
4 \varnothing 20mm

8 \varnothing 20mm

$b = 400 \text{ mm}$
 $h = 400 \text{ mm}$
 $d = 350 \text{ mm}$
 $a = 50 \text{ mm}$
 $A_s = 1256.6 \text{ mm}^2$
 $e_0 = 20 \text{ mm}$
 $A_c = 160000 \text{ mm}^2$
 $I_c = 2133.3 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 $i_c = 115.5 \text{ mm}$



$b = 400 \text{ mm}$
 $h = 400 \text{ mm}$
 $d = 350 \text{ mm}$
 $a = 50 \text{ mm}$
 $A_s = 2513.3 \text{ mm}^2$
 $e_0 = 20 \text{ mm}$
 $A_c = 160000 \text{ mm}^2$
 $I_c = 2133.3 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
 $i_c = 115.5 \text{ mm}$



A faint, light-colored line drawing of a person in a suit, possibly a scientist or researcher, holding a large circular object. The drawing is composed of simple, clean lines and is positioned in the background of the slide.

Děkuji za pozornost!

Seznam použitých zdrojů

- [1] Procházka, J. a kol. Navrhování betonových a zděných konstrukcí na účinky požáru. Praha: ČVUT, 2010. ISBN 978-80-01-04613-5.
- [2] ČSN EN 1992-1-2. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-2: Obecná pravidla - Navrhování konstrukcí na účinky požáru. Praha: ČNI, 2006.
- [3] Sura, J. Navrhování betonových sloupů na účinky požáru [Diplomová práce]. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra betonových a zděných konstrukcí, 2010.
- [4] Štefan, R. - Procházka, J. TempAnalysis - Výpočetní program pro teplotní analýzu průřezů vystavených účinkům požáru [software online]. Verze 1.1 (2010). Praha: ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra betonových a zděných konstrukcí.
URL <http://concrete.fsv.cvut.cz/~stefan/vyzkum.htm>
- [5] ČSN EN 1992-1-1. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. Praha: ČNI, 2006.

© Josef Sura, Radek Štefan, Jaroslav Procházka 2012-2016

Poslední úprava: 22.11.2016

Připomínky a návrhy na vylepšení prezentace zasílejte prosím na adresu radek.stefan@fsv.cvut.cz

Upozornění:

Materiál slouží pouze pro studijní a výukové účely v rámci předmětů vyučovaných na Fakultě stavební ČVUT v Praze!