

Téma 7 Rovinný kloubový příhradový nosník

- Obecná a zjednodušená styčnicková metoda
- Průsečná metoda
- Mimostyčnickové zatížení



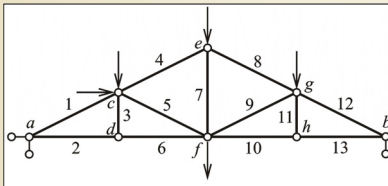
Katedra stavební mechaniky
Fakulta stavební, VŠB - Technická univerzita Ostrava

Rovinný kloubový příhradový nosník

Rovinný kloubový příhradový nosník vznikne kloubovým spojením konců přímých prutů.

Osy všech prutů, vazby i zatížení (zpravidla jen **styčnickové**) leží ve svíslé souřadnicové rovině „xz“.

V prutech vznikají zpravidla jen normálové (**osové**) síly.



Rovinný kloubový příhradový nosník
Obr. 10.1. / str. 158

Pojem rovinného kloubového příhradového nosníku

2 / 131

Uspořádání prutů a styčníků příhradového nosníku

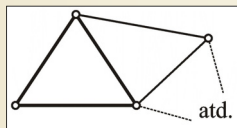
Základní skladebný prvek – tzv. **příhrada** (tři pruty kloubově spojené ve třech vrcholech trojúhelníku).

Trojúhelníková soustava, platí vztah:
(p – počet prutů, s – počet styčníků)

$$p + 3 = 2 \cdot s$$

Použití:

Nosné konstrukce střech větších rozpětí a nosné konstrukce mostů



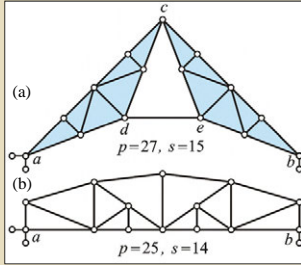
Vytváření trojúhelníkové soustavy
Obr. 10.2. / str. 158

Pojem rovinného kloubového příhradového nosníku

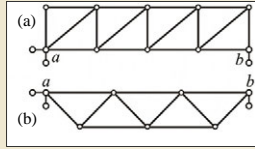
3 / 131

Uspořádání prutů a styčníků příhradového nosníku

Příklady trojúhelníkových soustav a soustav, které nejsou trojúhelníkové.



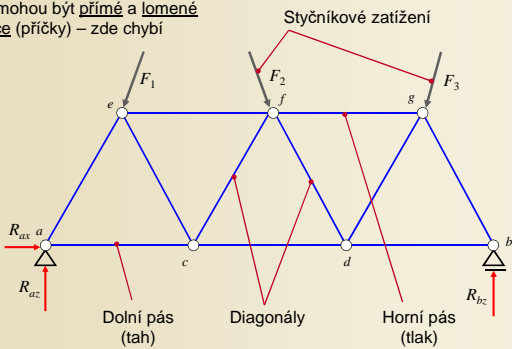
Netrojúhelníkové soustavy prutů
Obr. 10.3. / str. 159



Příklady trojúhelníkových soustav prutů
Obr. 10.4. / str. 159

Skladba rovinného kloubového příhradového nosníku

- Pásky mohou být přímé a lomené
- Svislice (příčky) – zde chybí



Zajištění nehybnosti rovinné kloubové prutové soustavy

Viz téma č. 3

$$2b + 3p = a_1 + 2a_2 + 3a_3 + 2 \cdot \sum_{n=3,4,\dots} (n-1)k_n$$

počet statických podmínek rovnováhy,
počet stupňů volnosti n_v

počet vnějších a vnitřních vazeb
 $v = v_e + v_i$

b ... počet hmotných bodů (s , styčníků)

$n_v = v$ kinematicky určitá soustava

p ... počet tuhých prutů (desek)

$n_v < v$ kinematicky přeuročitá soustava

a_1 ... počet jednonásobných vazeb

$n_v > v$ kinematicky neurčitá soustava

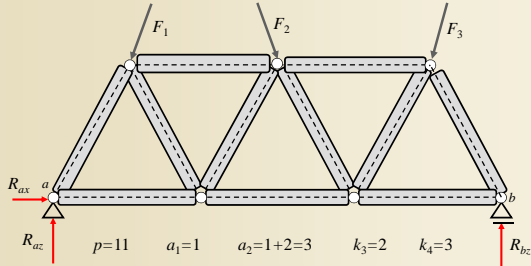
a_2 ... počet dvojnásobných vazeb

(i vnitřní kloub spojující 2 tuhé pruty - desky)

a_3 ... počet trojnásobných vazeb

k_n ... počet vnitřních kloubů, spojujících $n > 2$ tuhých prutů (desek)

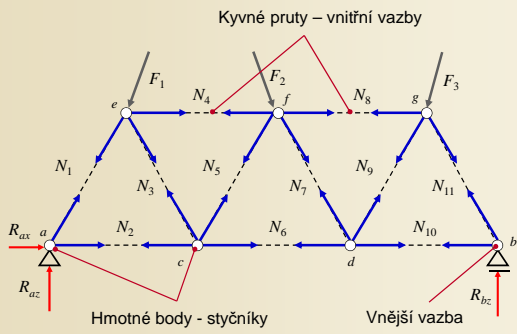
Kinematická a statická určitost



$$3 \cdot p = a_1 + 2 \cdot a_2 + 2 \cdot (3-1) \cdot k_3 + 2 \cdot (4-1) \cdot k_4$$

$$3 \cdot 11 = 1 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 2 \cdot 2 + 2 \cdot 3 \cdot 3 = 1 + 6 + 8 + 18 = 33$$

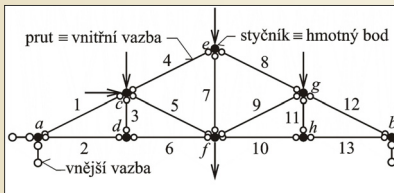
Skladba rovinného kloubového příhradového nosníku



Kinematická a statická určitost

Praktičtější pojetí – výpočtový model tvořen hmotnými body (ve styčnicích) a vnitřními vazbami (pruty), které brání vzájemnému posunutí obou spojujancých styčniců.

Podmínka kinematické (statické) určitosti: $2 \cdot s = p + v_e$



Rovinný kloubový příhradový nosník jako soustava hmotných bodů, vnitřních a vnějších vazeb
Obr. 10.5. / str. 159

Kinematická a statická určitost

$2.s = p + a_1 + 2.a_2 = 14$

$s=7$ počet styčníků (v každém z nich 2 podmínky rovnováhy)
 $p=11$ počet vnitřních prutů (v každém z nich 1 neznámá osová síla)
 $a_1=1$ počet jedno a dvojnásobných vazeb
 $a_2=1$ (1 nebo 2 neznámé složky reakcí)

Pojem rovinného kloubového příhradového nosníku 10 / 131

Kinematická a statická určitost

$s=4$
 $p=5$
 $a_1=1$
 $a_2=1$

$2.s = 8 = p + a_1 + 2.a_2 = 8$ Staticky i kinematicky určitý rovinný kloubový příhradový nosník
 $2.s > p + a_1 + 2.a_2$ Staticky přeúčtý, kinematicky neurčitý rovinný kloubový prutový nosník

Pojem rovinného kloubového příhradového nosníku 11 / 131

Kinematická a statická určitost

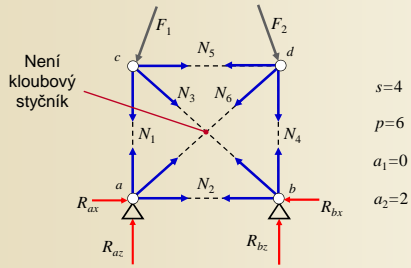
$s=4$
 $p=6$
 $a_1=1$
 $a_2=1$

$2.s = 8 < p + a_1 + 2.a_2 = 9$ 1x staticky (vnitřně) neurčitý rovinný kloubový příhradový nosník (kinematicky přeúčtý)

Není kloubový styčník

Pojem rovinného kloubového příhradového nosníku 12 / 131

Kinematická a statická určitost

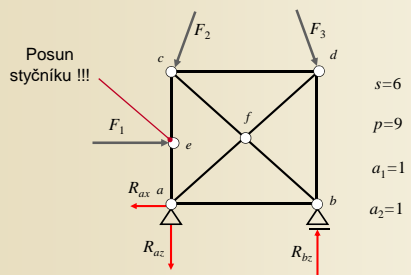


$s=4$
 $p=6$
 $a_1=0$
 $a_2=2$

$2.s = 8 < p + a_1 + 2.a_2 = 10$

2x staticky (vnitřně i zevně) neurčitý
 rovinný kloubový příhradový nosník
 (kinematically přeurtčitý)

Výjimečné případy

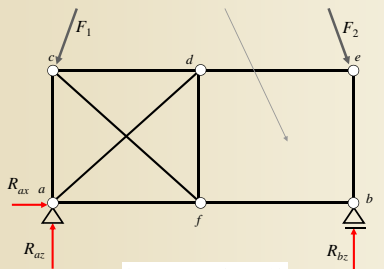


$s=6$
 $p=9$
 $a_1=1$
 $a_2=1$

$2.s = p + a_1 + 2.a_2 = 12$

Výjimečné případy

Není diagonála – tvarově neurčitý
 kloubový čtyřúhelník !!!



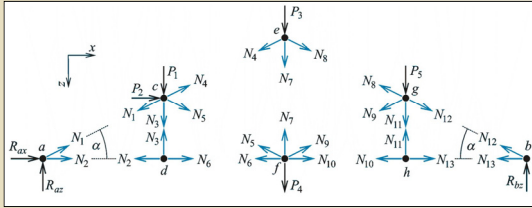
$s=6$
 $p=9$
 $a_1=1$
 $a_2=1$

$2.s = p + a_1 + 2.a_2 = 12$

Styčnicková metoda

Postup:

- Odstranit všechny vnější vazby a nahradit složkami reakcí
- Odstranit všechny vnitřní vazby a nahradit interakcemi (osovými silami)
- Sestrojit pro každý hmotný bod (styčnick) a jeho rovinný svazek sil 2 podmínky rovnováhy
- Vyřešit soustavu 2.s lineárních algebraických rovnic



Styčnicková metoda
Obr. 10.6. / str. 160

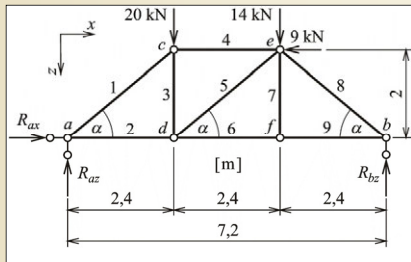
Obecná styčnicková metoda

16 / 131

Příklad 7.1

Zadání:

Vyřešit složky reakcí a osové síly rovinného kloubového příhradového nosníku s uspořádáním prutů podle trojúhelníkové soustavy.



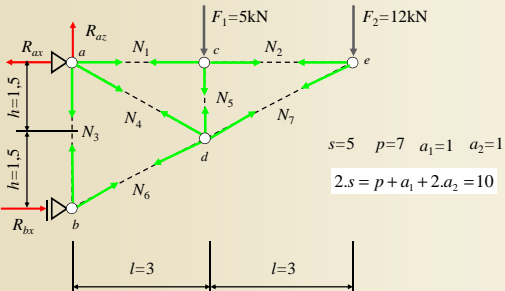
Zadání příkladu 7.1
Obr. 10.7. / str. 161

Obecná styčnicková metoda

17 / 131

Příklad – obecná styčnicková metoda

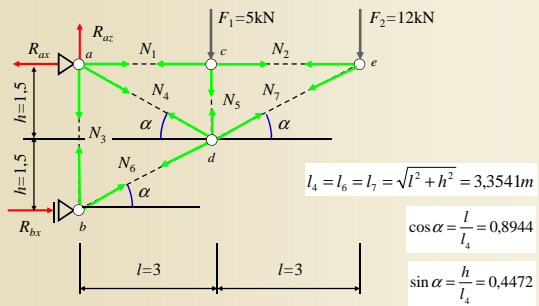
Zadání:



Obecná styčnicková metoda

18 / 131

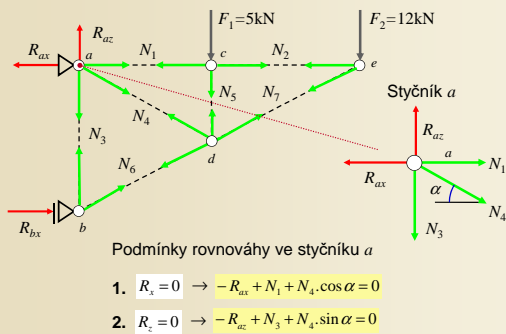
Tvar konstrukce, délky a sklony prutů



Obecná styčnicková metoda

19 / 131

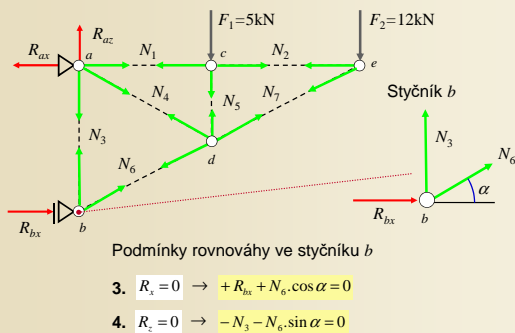
Styčnickové rovnice



Obecná styčnicková metoda

20 / 131

Styčnickové rovnice



Obecná styčnicková metoda

21 / 131

Styčnické rovnice

Podmínky rovnováhy ve styčnicku c

- $R_x = 0 \rightarrow -N_1 + N_2 = 0$
- $R_y = 0 \rightarrow +F_1 + N_5 = 0 \rightarrow N_5 = -F_1$

Obecná styčnicková metoda 22 / 131

Styčnické rovnice

Podmínky rovnováhy ve styčnicku d

- $R_x = 0 \rightarrow -N_4 \cdot \cos \alpha - N_6 \cdot \cos \alpha + N_7 \cdot \cos \alpha = 0$
- $R_y = 0 \rightarrow -N_4 \cdot \sin \alpha - N_5 + N_6 \cdot \sin \alpha - N_7 \cdot \sin \alpha = 0$

Obecná styčnicková metoda 23 / 131

Styčnické rovnice

Podmínky rovnováhy ve styčnicku e

- $R_x = 0 \rightarrow -N_2 - N_7 \cdot \cos \alpha = 0$
- $R_y = 0 \rightarrow +F_2 + N_7 \cdot \sin \alpha = 0 \rightarrow +N_7 \cdot \sin \alpha = -F_2$

Obecná styčnicková metoda 24 / 131

Sestavení soustavy lineárních rovnic

1. $-R_{ax} + N_1 + N_4 \cdot \cos \alpha = 0$

2. $-R_{az} + N_3 + N_4 \cdot \sin \alpha = 0$

Styčnick *a*

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & +1 & 0 & 0 & +\cos \alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & +1 & +\sin \alpha & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} R_{ax} \\ R_{az} \\ R_{bx} \\ N_1 \\ N_2 \\ N_3 \\ N_4 \\ N_5 \\ N_6 \\ N_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Obecná styčnicková metoda

25 / 131

Sestavení soustavy lineárních rovnic

3. $+R_{bx} + N_6 \cdot \cos \alpha = 0$

4. $-N_3 - N_6 \cdot \sin \alpha = 0$

Styčnick *b*

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & +1 & 0 & 0 & +\cos \alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & +1 & +\sin \alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & +\cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -\sin \alpha & 0 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} R_{ax} \\ R_{az} \\ R_{bx} \\ N_1 \\ N_2 \\ N_3 \\ N_4 \\ N_5 \\ N_6 \\ N_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Obecná styčnicková metoda

26 / 131

Sestavení soustavy lineárních rovnic

5. $-N_1 + N_2 = 0$

6. $+F_1 + N_5 = 0 \rightarrow N_5 = -F_1$

Styčnick *c*

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & +1 & 0 & 0 & +\cos \alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & +1 & +\sin \alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & +\cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -\sin \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} R_{ax} \\ R_{az} \\ R_{bx} \\ N_1 \\ N_2 \\ N_3 \\ N_4 \\ N_5 \\ N_6 \\ N_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -F_1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Obecná styčnicková metoda

27 / 131

Sestavení soustavy lineárních rovnic

7. $-N_4 \cdot \cos \alpha - N_6 \cdot \cos \alpha + N_7 \cdot \cos \alpha = 0$

8. $-N_4 \cdot \sin \alpha - N_5 + N_6 \cdot \sin \alpha - N_7 \cdot \sin \alpha = 0$

Styčnick d

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & +1 & 0 & 0 & +\cos \alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & +1 & +\sin \alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & +\cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -\sin \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\cos \alpha & 0 & -\cos \alpha & +\cos \alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\sin \alpha & -1 & +\sin \alpha & -\sin \alpha \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} R_{ax} \\ R_{az} \\ R_{bx} \\ N_1 \\ N_2 \\ N_3 \\ N_4 \\ N_5 \\ N_6 \\ N_7 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -F_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$$

Obecná styčnicková metoda

28 / 131

Sestavení soustavy lineárních rovnic

9. $-N_2 - N_7 \cdot \cos \alpha = 0$

10. $+F_2 + N_7 \cdot \sin \alpha = 0 \rightarrow +N_7 \cdot \sin \alpha = -F_2$

Styčnick e

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & +1 & 0 & 0 & +\cos \alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & +1 & +\sin \alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & +\cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -\sin \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\cos \alpha & 0 & -\cos \alpha & +\cos \alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\sin \alpha & -1 & +\sin \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\cos \alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sin \alpha \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} R_{ax} \\ R_{az} \\ R_{bx} \\ N_1 \\ N_2 \\ N_3 \\ N_4 \\ N_5 \\ N_6 \\ N_7 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -F_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -F_2 \end{Bmatrix}$$

Obecná styčnicková metoda

29 / 131

Sestavení soustavy lineárních rovnic

Maticový zápis soustavy: $[A]\{x\}=\{F\}$

Vektor neznámých kořenů
(vnitřní síly a reakce) $\{x\}$

Matice levých stran
(geometrie konstrukce,
determinant nesmí být roven 0)

[A]

Vektor pravých stran
(uzlová zatížení konstrukce) $\{F\}$

$$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & +1 & 0 & 0 & +\cos \alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & +1 & +\sin \alpha & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & +\cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & -\sin \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\cos \alpha & 0 & -\cos \alpha & +\cos \alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\sin \alpha & -1 & +\sin \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\cos \alpha \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sin \alpha \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} R_{ax} \\ R_{az} \\ R_{bx} \\ N_1 \\ N_2 \\ N_3 \\ N_4 \\ N_5 \\ N_6 \\ N_7 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -F_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -F_2 \end{Bmatrix}$$

Obecná styčnicková metoda

30 / 131

Řešení soustavy lineárních rovnic

Matice levých stran $[A]$
(geometrie konstrukce, determinant nesmí být roven 0)

Vektor pravých stran $\{F\}$
(uzlová zatížení konstrukce)

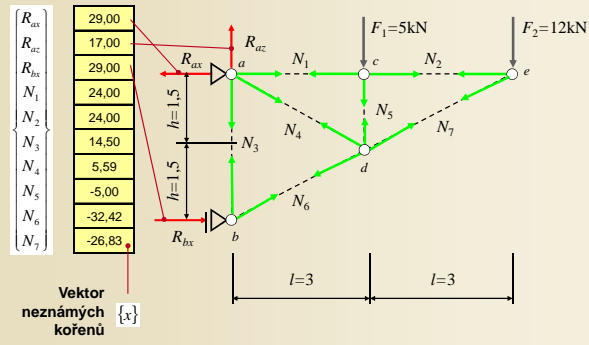
Vektor neznámých kořenů $\{x\}$
(vnitřní síly a reakce)

1.	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	29,00	0
2.	0	-1	0	0	0	0	1	0,4472	0	0	0	17,00	0
3.	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,8944	0	29,00	0
4.	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	-0,4472	0	24,00	0
5.	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	24,00	0
6.	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	14,50	-5
7.	0	0	0	0	0	0	0	-0,8944	0	-0,8944	0,8944	5,59	0
8.	0	0	0	0	0	0	0	-0,4472	-1	0,4472	-0,4472	-5,00	0
9.	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	-0,8944	-32,42	0
10.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4472	0	-26,83	-12

Obecná styčnicková metoda

31 / 131

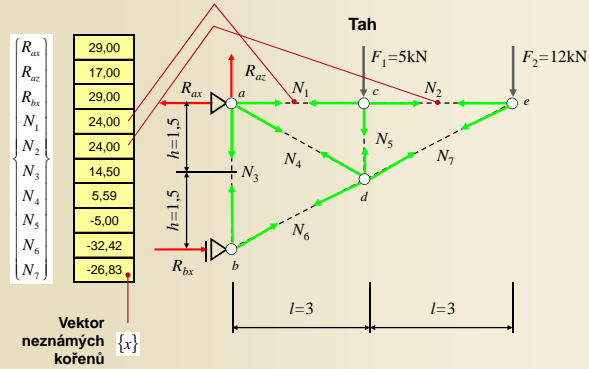
Rozbor výsledků – reakce v podporách



Obecná styčnicková metoda

32 / 131

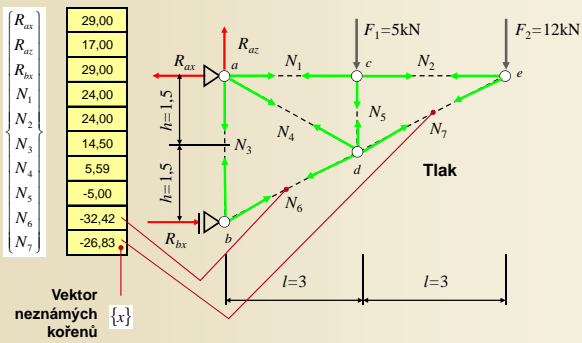
Rozbor výsledků – vnitřní síly v horním pásu



Obecná styčnicková metoda

33 / 131

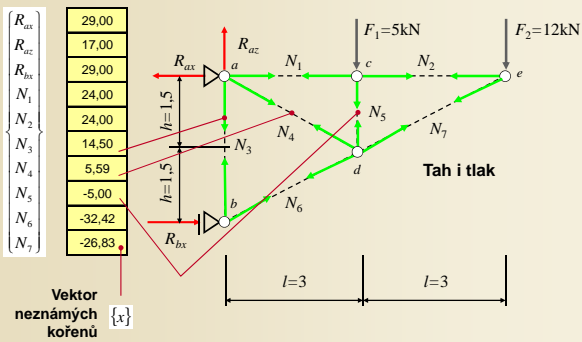
Rozbor výsledků – vnitřní síly v dolním pásu



Obecná styčnicková metoda

34 / 131

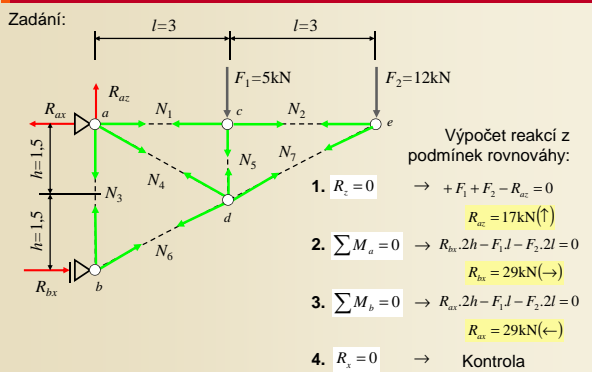
Rozbor výsledků – vnitřní síly ve stojnách a diagonále



Obecná styčnicková metoda

35 / 131

Zjednodušená styčnicková metoda - reakce

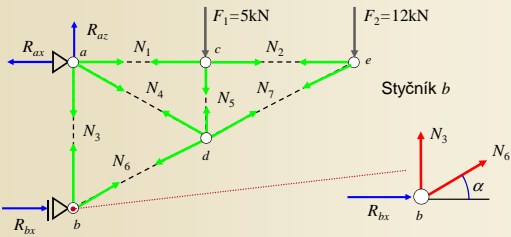


Zjednodušená styčnicková metoda

36 / 131

Zjednodušená styčnicková metoda – vnitřní síly

Volba styčnicku spojujícího 2 pruty (b nebo e) - jsou pouze 2 neznámé



Podmínky rovnováhy ve styčnicku b

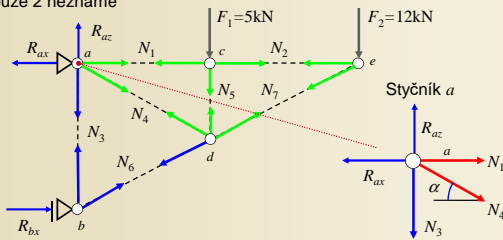
- $R_x = 0 \rightarrow +R_{bx} + N_6 \cdot \cos \alpha = 0 \rightarrow N_6 = -\frac{R_{bx}}{\cos \alpha} = -32,4230 \text{kN (tlak)}$
- $R_y = 0 \rightarrow -N_3 - N_6 \cdot \sin \alpha = 0 \rightarrow N_3 = -N_6 \cdot \sin \alpha = 14,5 \text{kN (tah)}$

Zjednodušená styčnicková metoda

37 / 131

Zjednodušená styčnicková metoda – vnitřní síly

Volba dalšího styčnicku tak, aby další 2 sestavené rovnice obsahovaly pouze 2 neznámé



Podmínky rovnováhy ve styčnicku a

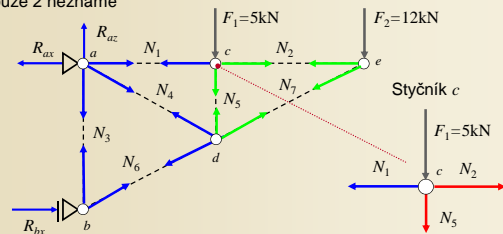
- $R_z = 0 \rightarrow -R_{az} + N_3 + N_4 \cdot \sin \alpha = 0 \rightarrow N_4 = \frac{R_{az} - N_3}{\sin \alpha} = 5,5902 \text{kN (tah)}$
- $R_x = 0 \rightarrow -R_{ax} + N_1 + N_4 \cdot \cos \alpha = 0 \rightarrow N_1 = R_{ax} - N_4 \cdot \cos \alpha = 24 \text{kN (tah)}$

Zjednodušená styčnicková metoda

38 / 131

Zjednodušená styčnicková metoda – vnitřní síly

Volba dalšího styčnicku tak, aby další 2 sestavené rovnice obsahovaly pouze 2 neznámé



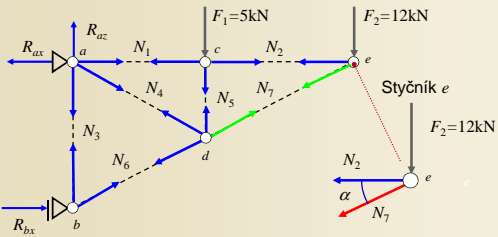
Podmínky rovnováhy ve styčnicku c

- $R_x = 0 \rightarrow -N_1 + N_2 = 0 \rightarrow N_2 = N_1 = 24 \text{kN (tah)}$
- $R_y = 0 \rightarrow +F_1 + N_5 = 0 \rightarrow N_5 = -5 \text{kN (tlak)}$

Zjednodušená styčnicková metoda

39 / 131

Zjednodušená styčnicková metoda – vnitřní síly



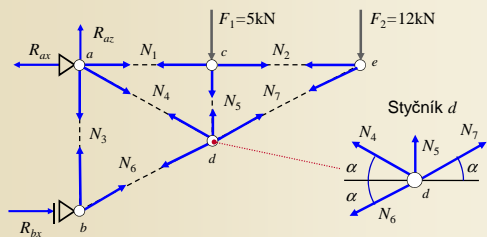
Podmínky rovnováhy ve styčnicku e

- $R_x = 0 \rightarrow -N_2 - N_7 \cdot \cos \alpha = 0 \rightarrow N_7 = -\frac{N_2}{\cos \alpha} = -26,8328 \text{ kN (tlak)}$
- $R_z = 0 \rightarrow +F_2 + N_7 \cdot \sin \alpha = 0 \rightarrow N_7 = -\frac{F_2}{\sin \alpha} = -26,8328 \text{ kN (tlak)}$ Kontrola

Zjednodušená styčnicková metoda

40 / 131

Zjednodušená styčnicková metoda – vnitřní síly



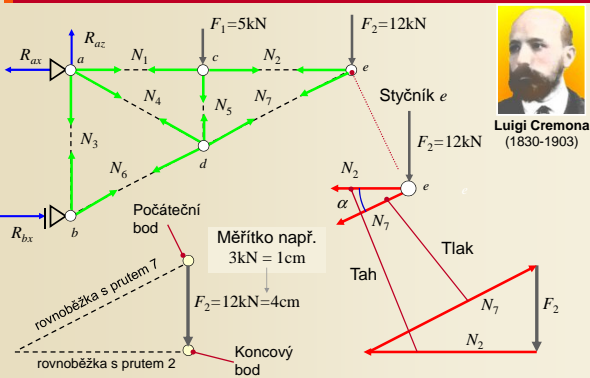
Podmínky rovnováhy ve styčnicku d

- $R_x = 0 \rightarrow -N_4 \cdot \cos \alpha - N_6 \cdot \cos \alpha + N_7 \cdot \cos \alpha = 0$ Kontrola
- $R_z = 0 \rightarrow -N_4 \cdot \sin \alpha - N_5 + N_6 \cdot \sin \alpha - N_7 \cdot \sin \alpha = 0$ Kontrola

Zjednodušená styčnicková metoda

41 / 131

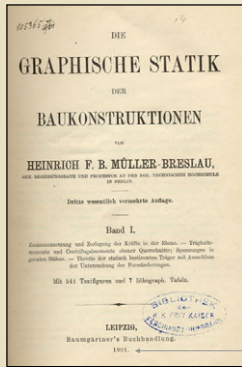
Grafické řešení – Cremony obrazce



Zjednodušená styčnicková metoda

42 / 131

Ukázky dobových výpočtů grafickým řešením



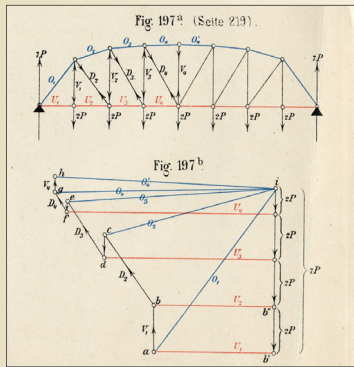
Heinrich Müller-Breslau
(1851-1925)

Rok 1901

Zjednodušená styčnicková metoda

43 / 131

Ukázky dobových výpočtů grafickým řešením



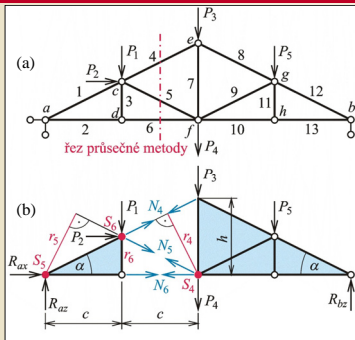
Zjednodušená styčnicková metoda

44 / 131

Průsečná metoda

Princip:

Myšleným řezem lze nosník rozdělit na dvě části tak, že se přerouší 3 pruty neprotínající se v témže bodě. Pro každou část lze sestavit 3 podmínky rovnováhy, ve kterých figuruje zatížení, složky reakcí vnějších vazeb a interakce v přerušených prutech.



Průsečná metoda
Obr. 10.8. / str. 165

Průsečná metoda

45 / 131

Průsečná metoda - příklad

Zadání:

Geometrie konstrukce

$$l_1 = l_3 = l_5 = l_7 = \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + h^2} = \sqrt{13}$$

$$\cos \alpha = \frac{b/2}{l_5} = \frac{2\sqrt{13}}{13}$$

$$\sin \alpha = \frac{h}{l_5} = \frac{3\sqrt{13}}{13}$$

Analýza:

$$2.s = p + a_1 + 2.a_2 = 10 \quad \text{Statically určitá konstrukce}$$

Průsečná metoda 46 / 131

Průsečná metoda - reakce

Výpočet reakcí:

- $R_x = 0$
 $R_{ax} = F_2 = 3\text{kN}(\leftarrow)$
- $\sum M_a = 0 \quad R_{bc} = \frac{1}{2b} [F_1 \cdot b/2 + F_2 \cdot h + F_3 \cdot b] = \frac{59}{8} = 7,375\text{kN}(\uparrow)$
- $\sum M_b = 0 \quad R_{ac} = \frac{1}{2b} [F_1 \cdot 3/2 \cdot b - F_2 \cdot h + F_3 \cdot b] = \frac{61}{8} = 7,625\text{kN}(\uparrow)$
- $R_c = 0$

Kontrola

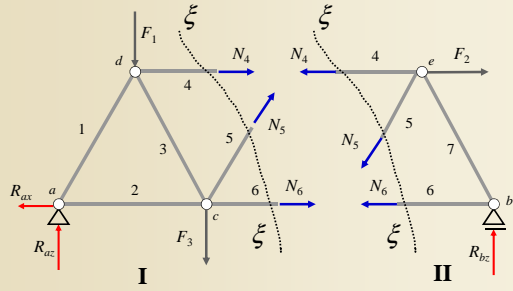
Průsečná metoda 47 / 131

Průsečná metoda - princip

Prutovou soustavou je veden řez $\xi - \xi$, který rozdělí soustavu na dvě části: I a II

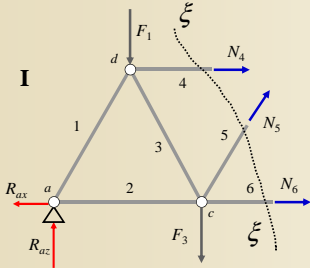
Průsečná metoda 48 / 131

Průsečná metoda – princip



Obě části: I a II tvoří obecné rovinné rovnovážné soustavy sil, pro které lze napsat tři statické podmínky rovnováhy.

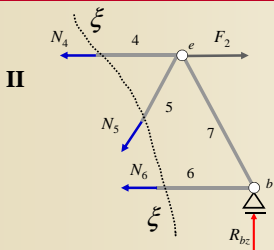
Průsečná metoda – levá část



Část I
Neznámé N_4 , N_5 a N_6

1. $R_x = 0$ $N_4 + N_5 \cdot \cos \alpha + N_6 - R_{ax} = 0$
2. $R_z = 0$ $-N_5 \cdot \sin \alpha - R_{az} + F_1 + F_3 = 0$
3. $\sum M_a = 0$ $-F_1 \cdot \frac{b}{2} - F_3 \cdot b - N_4 \cdot h + N_5 \cdot \sin \alpha \cdot b = 0$

Průsečná metoda – pravá část



Část II
Neznámé N_4 , N_5 a N_6

1. $R_x = 0$ $-N_4 - N_5 \cdot \cos \alpha - N_6 + F_2 = 0$
2. $R_z = 0$ $+N_5 \cdot \sin \alpha - R_{bz} = 0$
3. $\sum M_b = 0$ $-F_2 \cdot h + N_4 \cdot h + N_5 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{b}{2} = 0$

Výhody a nevýhody průsečné metody

Výhody průsečné metody:

- Každou neznámou osovou sílu vnitřního prutu kloubové prutové konstrukce lze určit přímo z jedné rovnice.
- K výpočtu osové síly prutu soustavy není nutno znát osové síly jiných prutů



August Ritter
(1826-1908)

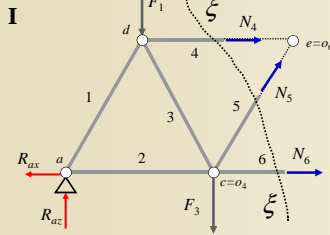
Nevýhody průsečné metody:

- Při obecném geometrickém tvaru a zatížení konstrukce představují 3 podmínky rovnováhy soustavu 3 rovnic o 3 neznámých
- Nevýhodu lze odstranit použitím Ritterovy úpravy průsečné metody

Průsečná metoda

52 / 131

Ritterova úprava průsečné metody – levá část



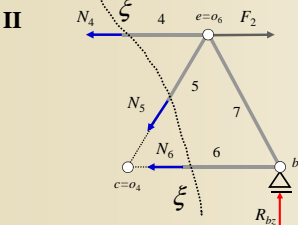
Část I
Neznámé N_4 , N_5 a N_6

1. $\sum M_{o_4} = 0$ $-N_4 \cdot h + F_1 \cdot \frac{b}{2} - R_{ac} \cdot b = 0 \rightarrow N_4 = \frac{F_1 \cdot \frac{b}{2} - R_{ac} \cdot b}{h} = \frac{20,5}{3} = -6,8\bar{3} \text{ kN (tlak)}$
2. $\sum M_{o_5} = 0$ $N_6 \cdot h + F_1 \cdot b + F_3 \cdot \frac{b}{2} - R_{ac} \cdot \frac{3}{2} \cdot b - R_{ax} \cdot h = 0 \rightarrow N_6 = \frac{14,75}{3} = 4,91\bar{6} \text{ kN (tah)}$
3. $R_x = 0$ $-R_{ac} + F_1 + F_3 - N_5 \cdot \sin \alpha = 0 \rightarrow N_5 = \frac{7,375}{3 \cdot \frac{\sqrt{13}}{13}} = 8,8636 \text{ kN (tah)}$
 o_5 leží v ∞

Průsečná metoda

53 / 131

Ritterova úprava průsečné metody – pravá část



Část II
Neznámé N_4 , N_5 a N_6

1. $\sum M_{o_4} = 0$ $N_4 \cdot h - F_2 \cdot h + R_{bc} \cdot b = 0 \rightarrow N_4 = \frac{F_2 \cdot h - R_{bc} \cdot b}{h} = \frac{20,5}{3} = -6,8\bar{3} \text{ kN (tlak)}$
2. $\sum M_{o_5} = 0$ $-N_6 \cdot h + R_{bc} \cdot \frac{b}{2} = 0 \rightarrow N_6 = \frac{R_{bc} \cdot \frac{b}{2}}{h} = \frac{14,75}{3} = 4,91\bar{6} \text{ kN (tah)}$
3. $R_x = 0$ $-R_{bc} + N_5 \cdot \sin \alpha = 0 \rightarrow N_5 = \frac{R_{bc}}{\sin \alpha} = \frac{7,375}{3 \cdot \frac{\sqrt{13}}{13}} = 8,8636 \text{ kN (tah)}$
 o_5 leží v ∞

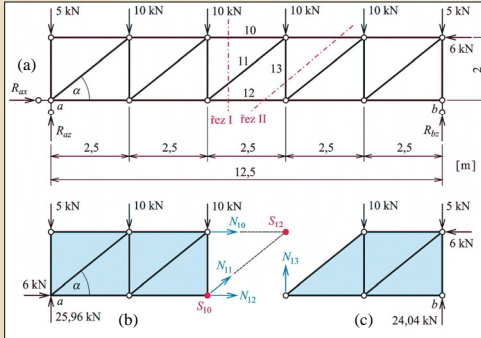
Průsečná metoda

54 / 131

Příklad 7.3

Zadání:

Průsečnou metodou v úpravě Ritterově určit osové síly v prutech 10, 11, 12 a 13.



Zadání a řešení příkladu 7.3
Obr. 10.9. / str. 166

Průsečná metoda

55 / 131

Eiffelova věž, Paříž

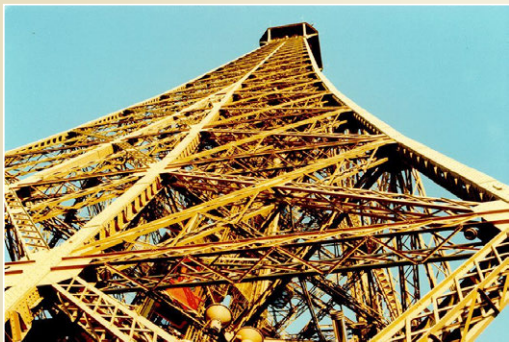


324 m vysoká ocelová věž z roku 1889, hloubka základů 14 m, 9 547 t oceli, 2,5 mil. nýtů, půdorys 1,6 ha, 1 792 schodů, 8 výtahů, projekt a stavba inženýr Gustav Eiffel (1832-1923)

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

56 / 131

Eiffelova věž, Paříž

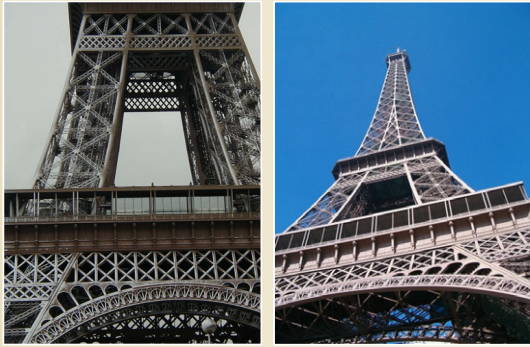


Ocelová výšková konstrukce z roku 1889, výška 324 m, projekt a stavba inženýr Gustav Eiffel

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

57 / 131

Eiffelova věž, Paříž



Ocelová výšková konstrukce z roku 1889, výška 324 m, projekt a stavba inženýr Gustav Eiffel

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

58 / 131

Eiffelova věž, Paříž



Ocelová výšková konstrukce z roku 1889, výška 324 m, projekt a stavba inženýr Gustav Eiffel

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

59 / 131

Eiffelova věž, Paříž

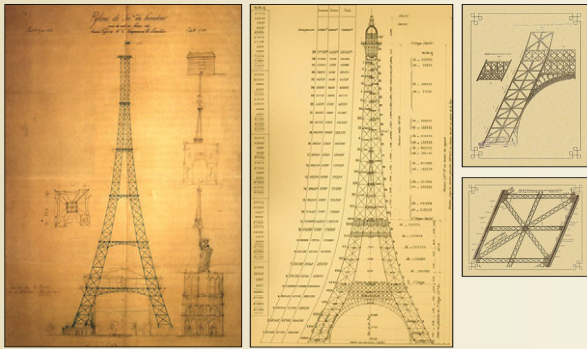


Ocelová výšková konstrukce z roku 1889, výška 324 m, projekt a stavba inženýr Gustav Eiffel

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

60 / 131

Eiffelova věž, Paříž

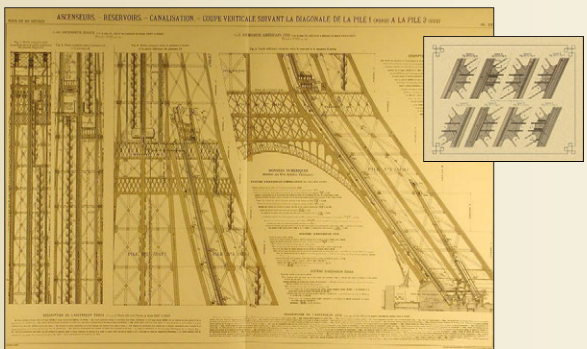


Původní projektová dokumentace Gustava Eiffela

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

61 / 131

Eiffelova věž, Paříž

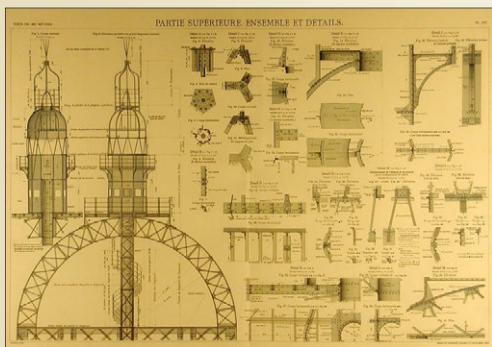


Původní projektová dokumentace Gustava Eiffela

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

62 / 131

Eiffelova věž, Paříž

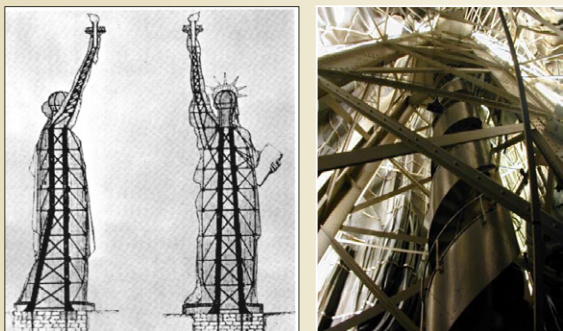


Původní projektová dokumentace Gustava Eiffela

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

63 / 131

Socha svobody, New York

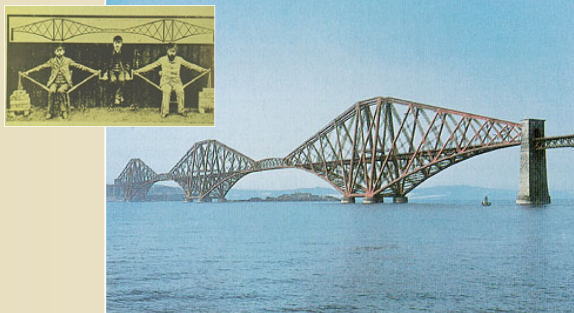


Ocelová nosná konstrukce sochy z roku 1886, výška sochy 46 m, vrchol pochodně 93 m nad zemí, hmotnost 205 t, povrch tvoří jen 2,4 mm silná měděná vrstva

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

64 / 131

Firth of Forth, Edinburgh, Skotsko

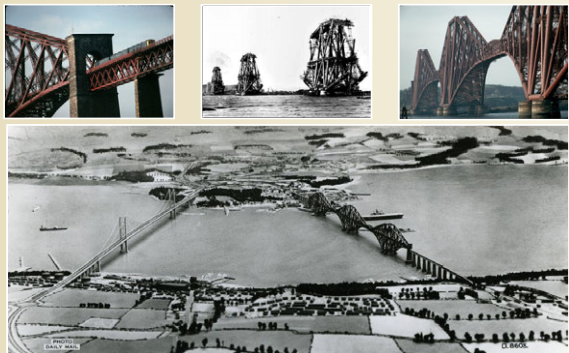


2 466 m dlouhý most z roku 1890, rozpětí nejdelšího pole 521 m. Patent německého inženýra H. Gerbera (průkopník výstavby ocelových mostů druhé poloviny 19. století), projekt a stavba inženýři John Fowler a Benjamin Baker

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

65 / 131

Firth of Forth, Edinburgh, Skotsko



2 466 m dlouhý most z roku 1890, rozpětí nejdelšího pole 521 m.

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

66 / 131

Firth of Forth, Edinburgh, Skotsko



2 466 m dlouhý most z roku 1890, rozpětí nejdelšího pole 521 m.

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

67 / 131

Firth of Forth, Edinburgh, Skotsko



2 466 m dlouhý most z roku 1890, rozpětí nejdelšího pole 521 m.

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

68 / 131

Firth of Forth, Edinburgh, Skotsko



2 466 m dlouhý most z roku 1890, rozpětí nejdelšího pole 521 m.

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

69 / 131

Firth of Forth, Edinburgh, Skotsko



2 466 m dlouhý most z roku 1890, rozpětí nejdelšího pole 521 m.

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

70 / 131

Museum Guggenheim, Bilbao, Španělsko



Futurologická ocelová konstrukce z roku 1997, titanové opláštění, výška 50 m, 32 000 m² plochy, architekt Frank Gehry

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

71 / 131

Museum Guggenheim, Bilbao, Španělsko



Futurologická ocelová konstrukce z roku 1997, titanové opláštění, výška 50 m, 32 000 m² plochy, architekt Frank Gehry

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

72 / 131

Museum Guggenheim, Bilbao, Španělsko

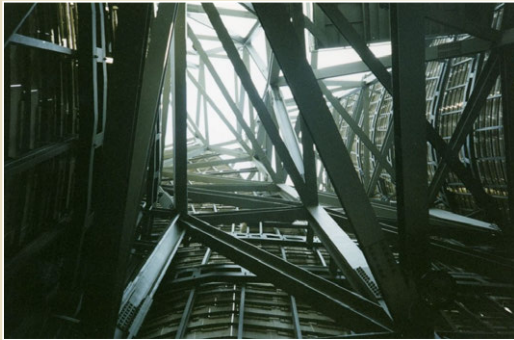


Futurologická ocelová konstrukce z roku 1997, titanové opláštění, výška 50 m, 32 000 m² plochy, architekt Frank Gehry

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

73 / 131

Museum Guggenheim, Bilbao, Španělsko



Futurologická ocelová konstrukce z roku 1997, titanové opláštění, výška 50 m, 32 000 m² plochy, architekt Frank Gehry

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

74 / 131

Museum Guggenheim, Bilbao, Španělsko



Futurologická ocelová konstrukce z roku 1997, titanové opláštění, výška 50 m, 32 000 m² plochy, architekt Frank Gehry

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

75 / 131

Budapešť, Maďarsko



Ocelový příhradový most

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

76 / 131

Dálničně-železniční most přes Dunaj v Bratislavě



Ocelový příhradový most rozpětí 460,8 m, 4 pole, modul příhrady 12,8 m.

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

77 / 131

Dálničně-železniční most přes Dunaj v Bratislavě



Ocelový příhradový most rozpětí 460,8 m, 4 pole, modul příhrady 12,8 m.

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

78 / 131

Brněnské výstaviště



Příhradová konstrukce, Pávilon V z roku 2000, Brněnské výstaviště

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

79 / 131

Brněnské výstaviště

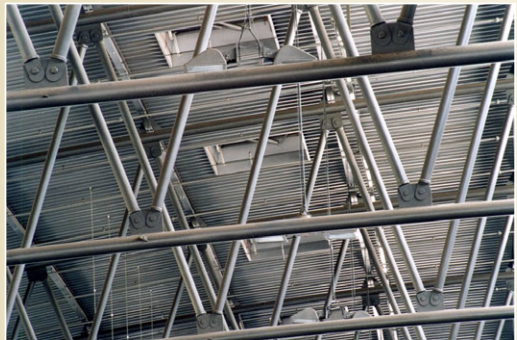


Příhradová konstrukce, Pávilon V z roku 2000, Brněnské výstaviště

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

80 / 131

Brněnské výstaviště

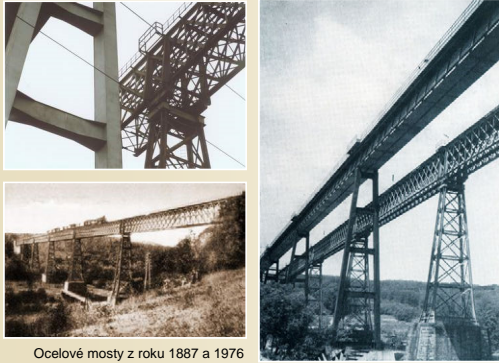


Příhradová konstrukce, Pávilon V z roku 2000, Brněnské výstaviště

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

81 / 131

Ivančický viadukt



Ocelové mosty z roku 1887 a 1976

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

82 / 131

Most Miloše Sýkory, Ostrava



Ocelový příhradový oblouk o rozpětí 60 m a vzepětí 7 m, celková délka 92 m, šířka 16 m, vyrobeno 1913.

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

83 / 131

Most Miloše Sýkory, Ostrava



Ocelový příhradový oblouk o rozpětí 60 m a vzepětí 7 m, celková délka 92 m, šířka 16 m, vyrobeno 1913.

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

84 / 131

Most Miloše Sýkory, Ostrava



Ocelový příhradový oblouk o rozpětí 60 m a vzepětí 7 m, celková délka 92 m, šířka 16 m, vyrobeno 1913.
Ukázky kloubových příhradových konstrukcí 85 / 131

Most Miloše Sýkory, Ostrava



Ocelový příhradový oblouk o rozpětí 60 m a vzepětí 7 m, celková délka 92 m, šířka 16 m, vyrobeno 1913.
Ukázky kloubových příhradových konstrukcí 86 / 131

Most Ostrava - Petřkovice



Ocelový příhradový oblouk o rozpětí 50 m, vyrobeno 1929.
Ukázky kloubových příhradových konstrukcí 87 / 131

Most Ostrava - Petřkovice



Ocelový příhradový oblouk o rozpětí 50 m, vyrobeno 1929.

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

88 / 131

Most Ostrava - Petřkovice



Ocelový příhradový oblouk o rozpětí 50 m, vyrobeno 1929.

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

89 / 131

Železniční most, Polanecká spojka



Most přes řeku Odru z roku 1964, Polanecká spojka, Ostrava – Zábřeh

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

90 / 131

Železniční most, Polanecká spojka



Most přes řeku Odru z roku 1964, Polanecká spojka, Ostrava – Zábřeh

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

91 / 131

Železniční most, Polanecká spojka



Most přes řeku Odru z r.1964, Polanecká spojka, Ostrava – Zábřeh

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

92 / 131

Železniční most, Polanecká spojka



Most přes železniční trať v Polance z roku 1964

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

93 / 131

Železniční most, Polanecká spojka



Most přes železniční trať v Polance z roku 1964

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

94 / 131

Železniční most, Polanecká spojka



Most přes železniční trať v Polance z roku 1964

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

95 / 131

Železniční most, Polanecká spojka



Most přes železniční trať v Polance z roku 1964

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

96 / 131

Lávka přes Odru, Ostrava – Nová Ves



Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

97 / 131

Lávka přes Odru, Ostrava – Nová Ves



Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

98 / 131

Lávka přes Odru, Ostrava – Nová Ves



Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

99 / 131

Lávka přes Odru, Ostrava – Nová Ves



Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

100 / 131

Lávka přes Odru, Ostrava – Nová Ves



Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

101 / 131

Lávka přes Odru, Ostrava – Nová Ves



Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

102 / 131

Lávka přes Odru, Ostrava – Nová Ves



Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

103 / 131

Lávka přes Odru, Ostrava – Nová Ves



Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

104 / 131

Lávka pro pěší, Černá louka, Ostrava



Příhradová lávka přes řeku Ostravici

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

105 / 131

Lávka pro pěší, Černá louka, Ostrava



Přihradová lávka přes řeku Ostravici

Ukázky kloubových přihradových konstrukcí

106 / 131

Silniční most, Ostrava - Hrabová



Přihradový most přes řeku Ostravici

Ukázky kloubových přihradových konstrukcí

107 / 131

Silniční most, Ostrava - Hrabová



Přihradový most přes řeku Ostravici

Ukázky kloubových přihradových konstrukcí

108 / 131

Silniční most, Ostrava - Hrabová



Příhradový most přes řeku Ostravici

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

109 / 131

Ostravar Aréna, Ostrava - Vítkovice

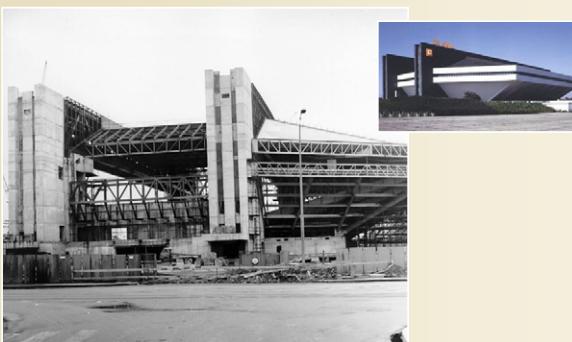


Ocelová konstrukce z roku 1980, půdorys 125x109 m, výška 31 m

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

110 / 131

Ostravar Aréna, Ostrava - Vítkovice



Ocelová konstrukce z roku 1980, půdorys 125x109 m, výška 31 m

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

111 / 131

Aula, VŠB-TU, Ostrava



Příhradová konstrukce zastřešení přednáškového sálu

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

112 / 131

Aula, VŠB-TU, Ostrava



Příhradová konstrukce zastřešení přednáškového sálu

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

113 / 131

Aula, VŠB-TU, Ostrava



Příhradová konstrukce zastřešení přednáškového sálu

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

114 / 131

Aula, VŠB-TU, Ostrava



Příhradová konstrukce zastřešení přednáškového sálu

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

115 / 131

Aula, VŠB-TU, Ostrava



Příhradová konstrukce zastřešení přednáškového sálu

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

116 / 131

Aula, VŠB-TU, Ostrava

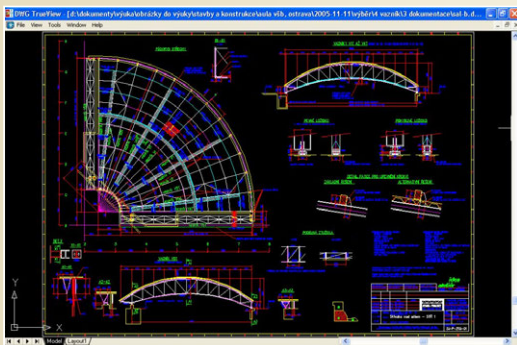


Příhradová konstrukce zastřešení přednáškového sálu

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

117 / 131

Aula, VŠB-TU, Ostrava

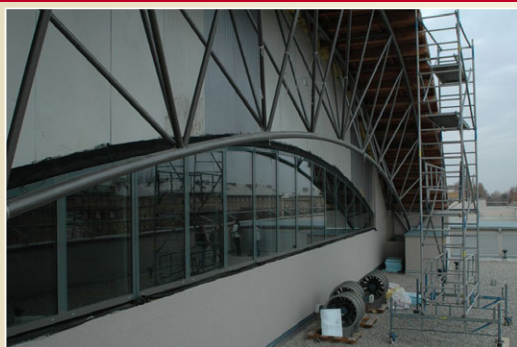


Projekční dokumentace zastřešení

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

118 / 131

Aula, VŠB-TU, Ostrava

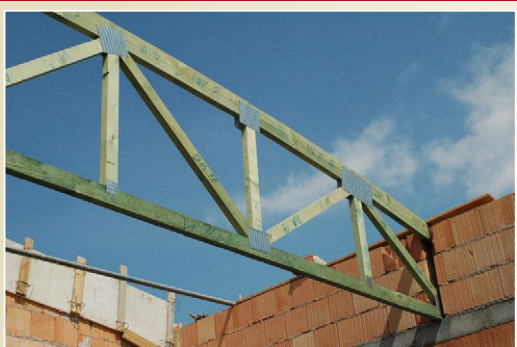


Ocelový příhradový vazník

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

119 / 131

Výzkumné energetické centrum, VŠB-TU, Ostrava



Dřevěný příhradový vazník konstrukce střechy

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

120 / 131

Výzkumné energetické centrum, VŠB-TU, Ostrava

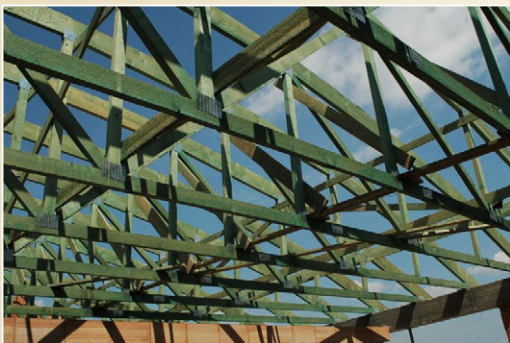


Dřevěný příhradový vazník konstrukce střechy

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

121 / 131

Výzkumné energetické centrum, VŠB-TU, Ostrava

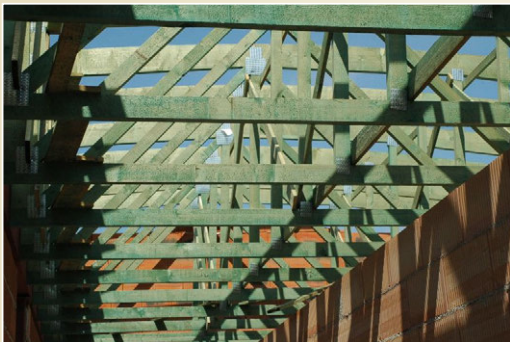


Soustava dřevěných příhradových vazníků konstrukce střechy

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

122 / 131

Výzkumné energetické centrum, VŠB-TU, Ostrava



Soustava dřevěných příhradových vazníků konstrukce střechy

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

123 / 131

Výzkumné energetické centrum, VŠB-TU, Ostrava



Soustava dřevěných příhradových vazníků konstrukce střechy

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

124 / 131

Katolický kostel, Ostrava - Zábřeh



Rotačně symetrická příhradová konstrukce střechy

Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

125 / 131

Katolický kostel, Ostrava - Zábřeh



Detail rotačně symetrické příhradové konstrukce střechy

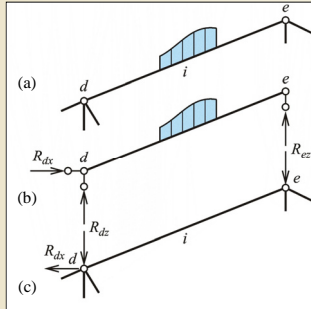
Ukázky kloubových příhradových konstrukcí

126 / 131

Mimostýčnickové zatížení prutů

Mimostýčnickové zatížení - např. vlastní tíha prutu.

Řešení:
Transformace mimostýčnickového zatížení na bodové síly působící na příhradový nosník ve styčných d a e .



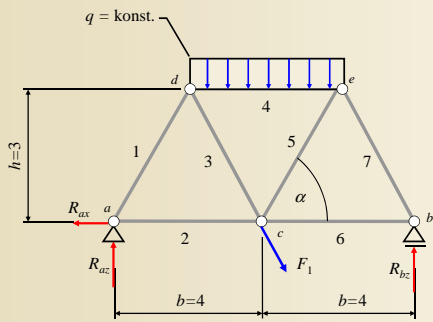
Transformace mimostýčnickového zatížení prutu na styčnickové
Obr. 10.10. / str. 167

Dodatky k výpočtu kloubových příhradových nosníků

127 / 131

Mimostýčnickové zatížení prutu 4

V prutu č. 4 vznikne v důsledku mimostýčnickového zatížení rovněž V a M .

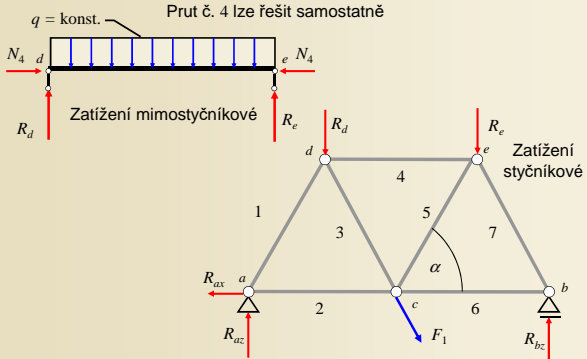


Dodatky k výpočtu kloubových příhradových nosníků

128 / 131

Mimostýčnickové zatížení prutu 4

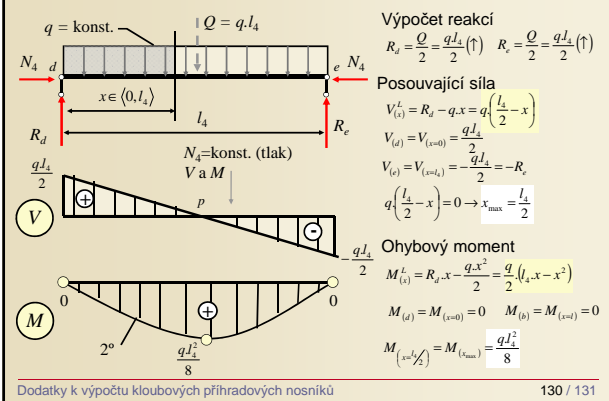
Prut č. 4 lze řešit samostatně



Dodatky k výpočtu kloubových příhradových nosníků

129 / 131

Mimostřednicové zatížení prutu 4



Okruhy problémů k ústní části zkoušky

1. Podmínka statické určitosti rovinného kloubového příhradového nosníku
2. Výjimečný případ rovinného kloubového příhradového nosníku
3. Výpočet osových sil v prutech rovinného kloubového příhradového nosníku obecnou styčnickovou metodou
4. Výpočet osových sil v prutech rovinného kloubového příhradového nosníku zjednodušenou styčnickovou metodou
5. Výpočet osových sil v prutech rovinného kloubového příhradového nosníku průsečnou metodou
6. Výpočet osových sil v prutech rovinného kloubového příhradového nosníku průsečnou metodou v Ritterově úpravě
7. Výpočet vnitřních sil v prutech rovinného kloubového příhradového nosníku namáhaného mimostřednicovým zatížením

Podklady ke zkoušce

131 / 131
