

Betonové a ocelové konstrukce

Ing. Josef Novák, Ph.D.
Katedra betonových a zděných konstrukcí

Ing. Břetislav Židlický, Ph.D.
Katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

České vysoké učení technické v Praze



Seznam přednášek

- Spoje: kloubové, tuhé a polotuhé; klasifikace styčníků, čepové spoje
- Kroucení, kombinace namáhání, únava ocelových konstrukcí
- **Ocelové haly s jeřábovou dráhou – nosník dráhy, ztužení, detaily**
- Požární odolnost ocelových a ocelobetonových konstrukcí
- Zásobníky, nádrže, lanové a membránové konstrukce
- Lešení, korozivzdorná ocel

Dělení jeřábů

- Podle konstrukce
 - **Kladkostroje**
 - Mostové
 - Uložené shora
 - Podvěsné
 - Jednonosníkové
 - Dvounosníkové
 - Sloupové otočné
 - Konzolové
 - Otočné
 - Pojízdné
 - Portálové
 - Poloportálové



Dělení jeřábů

- Podle konstrukce
 - Kladkostroje
 - **Mostové**
 - **Uložené shora**
 - Podvěsné
 - **Jednonosníkové**
 - Dvounosníkové
 - Sloupové otočné
 - Konzolové
 - Otočné
 - Pojízdné
 - Portálové
 - Poloportálové



Dělení jeřábů

- Podle konstrukce
 - Kladkostroje
 - **Mostové**
 - **Uložené shora**
 - Podvěsné
 - Jednonosníkové
 - **Dvounosníkové**
 - Sloupové otočné
 - Konzolové
 - Otočné
 - Pojízdné
 - Portálové
 - Poloportálové



Dělení jeřábů

- Podle konstrukce
 - Kladkostroje
 - **Mostové**
 - Uložené shora
 - **Podvěsné**
 - **Jednonosníkové**
 - Dvounosníkové
 - Sloupové otočné
 - Konzolové
 - Otočné
 - Pojízdné
 - Portálové
 - Poloportálové



Dělení jeřábů

- Podle konstrukce
 - Kladkostroje
 - Mostové
 - Uložené shora
 - Podvěsné
 - Jednonosníkové
 - Dvounosníkové
 - **Sloupové otočné**
 - Konzolové
 - Otočné
 - Pojízdné
 - Portálové
 - Poloportálové



Dělení jeřábů

- Podle konstrukce
 - Kladkostroje
 - Mostové
 - Uložené shora
 - Podvěsné
 - Jednonosníkové
 - Dvounosníkové
 - Sloupové otočné
 - **Konzolové**
 - **Otočné**
 - Pojízdné
 - Portálové
 - Poloportálové



Dělení jeřábů

- Podle konstrukce
 - Kladkostroje
 - Mostové
 - Uložené shora
 - Podvěsné
 - Jednonosníkové
 - Dvounosníkové
 - Sloupové otočné
 - **Konzolové**
 - Otočné
 - **Pojízdné**
 - Portálové
 - Poloportálové



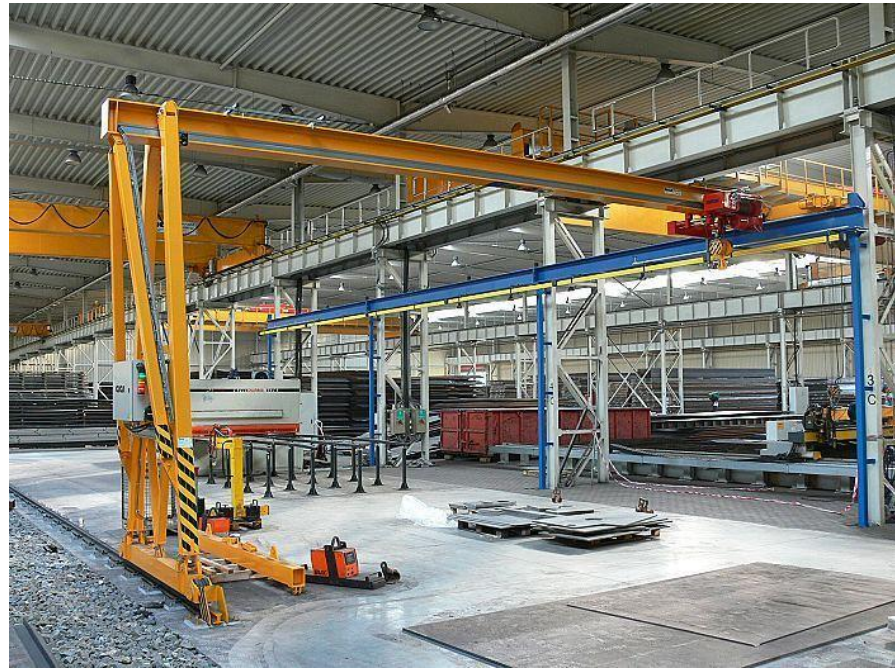
Dělení jeřábů

- Podle konstrukce
 - Kladkostroje
 - Mostové
 - Uložené shora
 - Podvěsné
 - Jednonosníkové
 - Dvounosníkové
 - Sloupové otočné
 - Konzolové
 - Otočné
 - Pojízdné
 - **Portálové**
 - Poloportálové



Dělení jeřábů

- Podle konstrukce
 - Kladkostroje
 - Mostové
 - Uložené shora
 - Podvěsné
 - Jednonosníkové
 - Dvounosníkové
 - Sloupové otočné
 - Konzolové
 - Otočné
 - Pojízdné
 - Portálové
 - **Poloportálové**



Dělení jeřábů

- Z hlediska nosnosti
 - Lehké < 10 (12,5) t
 - Střední 10 (12,5) až 50 t
 - Těžké nad 50 t

Nosnost 6 300 kg (6,3 t)



Nosnost 80 000 kg (80 t)



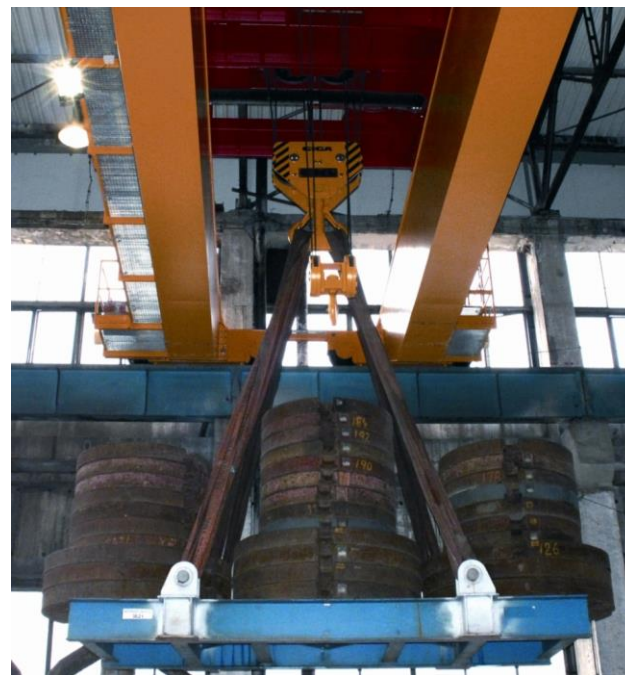
Těžký jeřáb – Nosnost 80 t



Těžký jeřáb – Nosnost 80 t



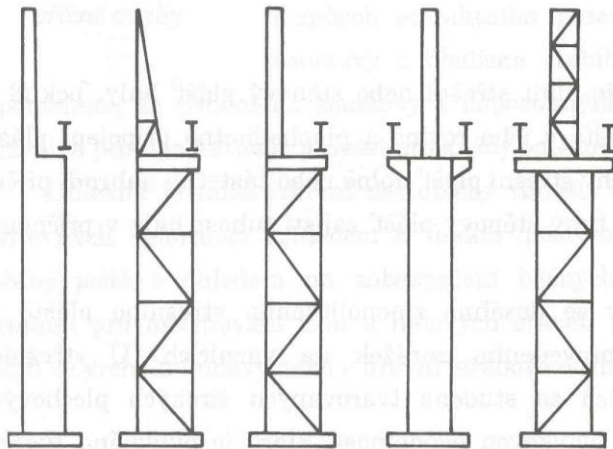
Těžký jeřáb – Nosnost 80 t



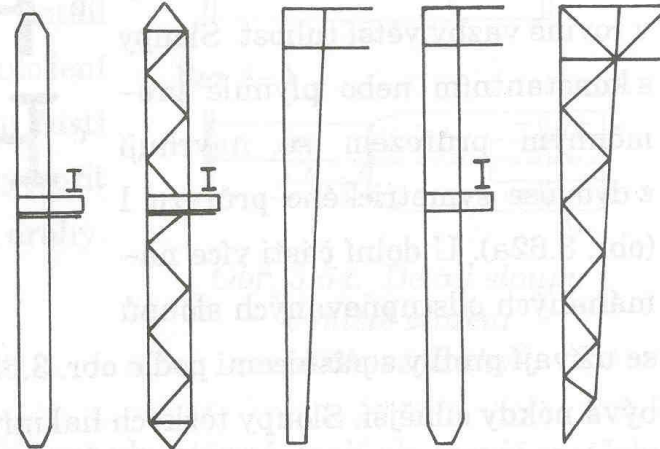
Sloupy

■ Tuhost základové patky

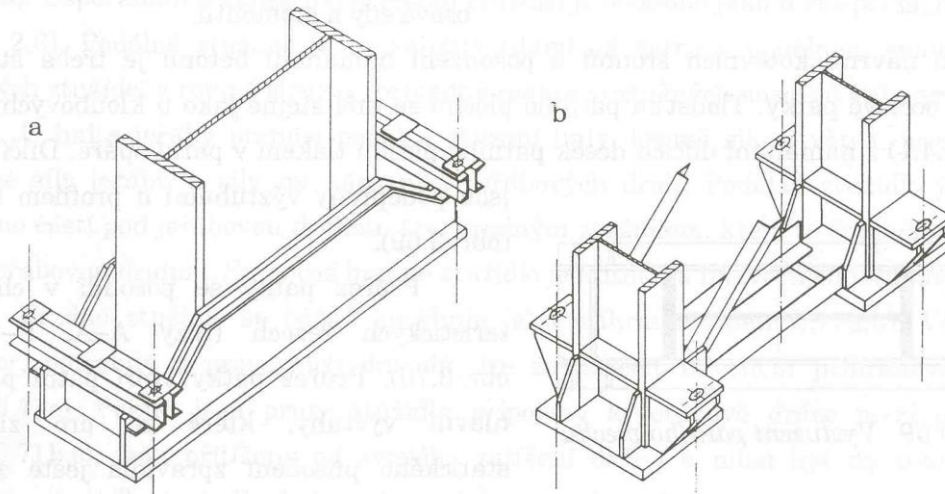
Vetknutí



Kloubová patka

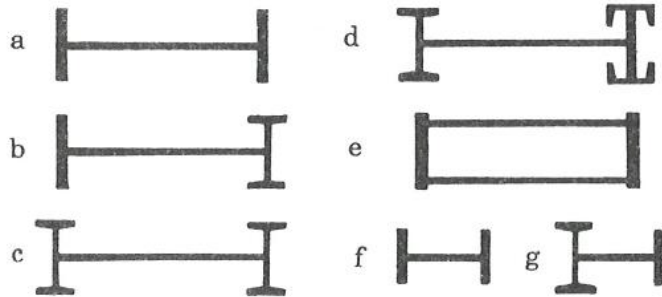


Vetknutá patka plnostěnného a příhradového sloupu



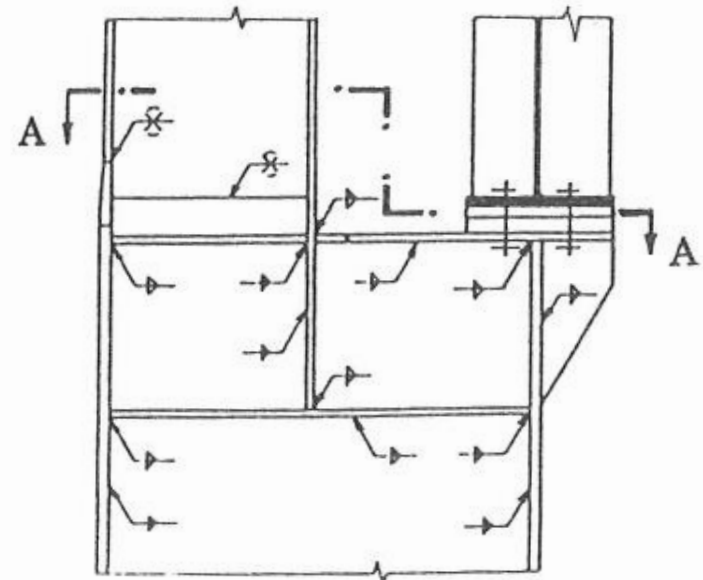
Sloupy

- Sloupy plnostěnného průřezu

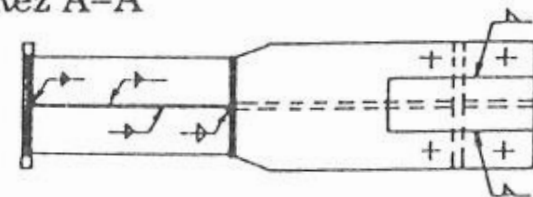


Zdroj: higeo.cz

Převázka v místě uložení JD

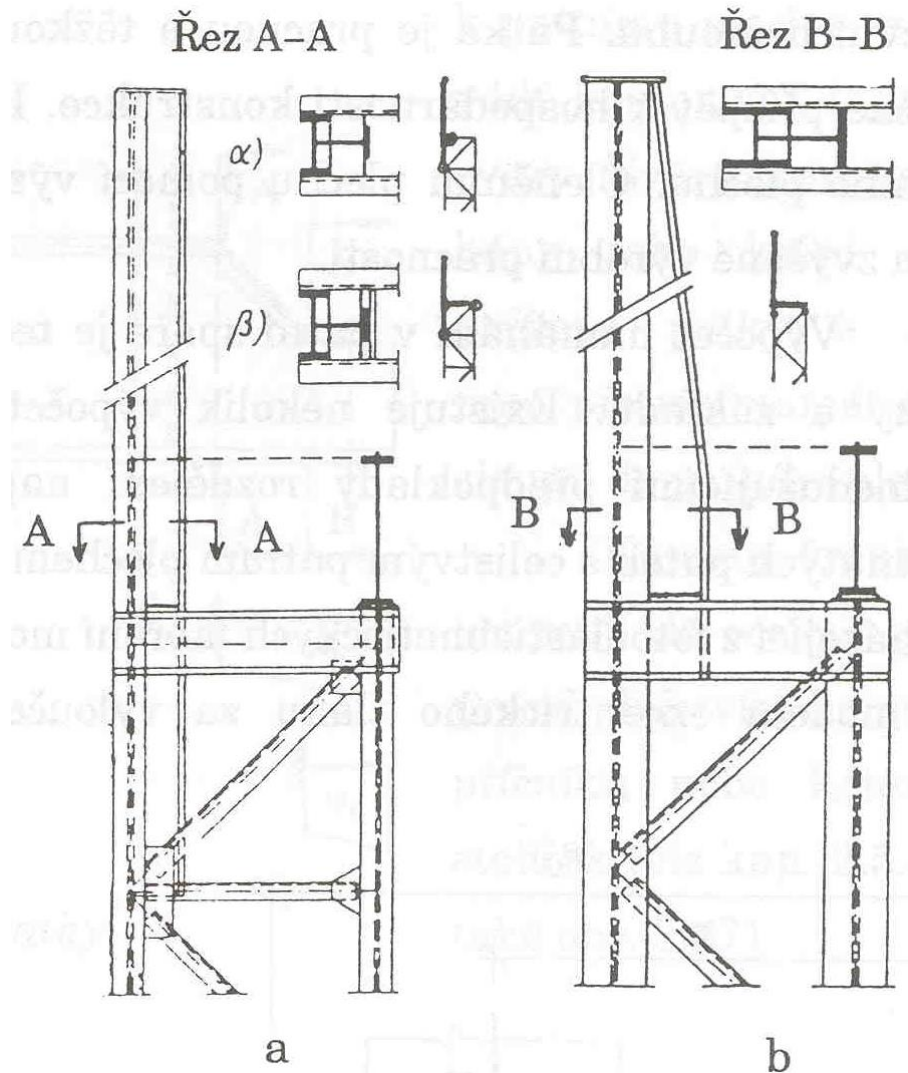
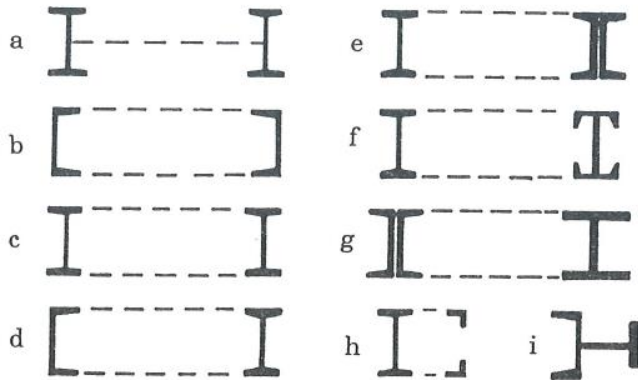


Řez A-A



Sloupy

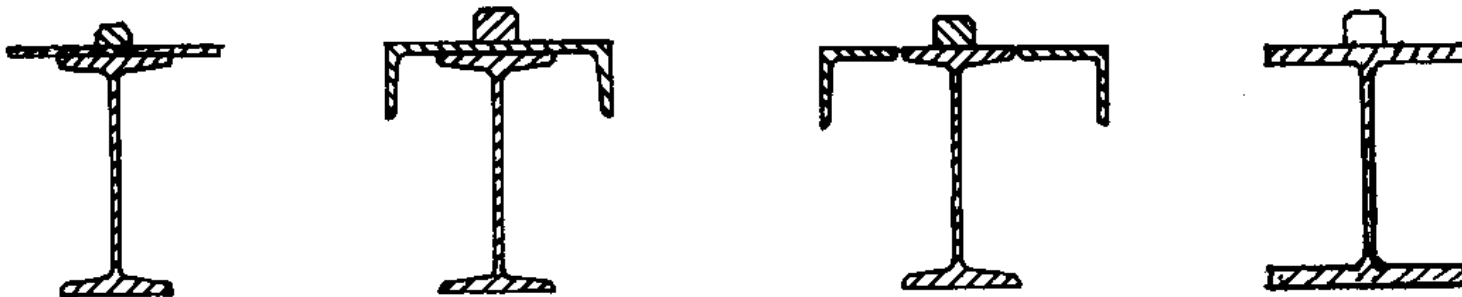
■ Sloupy příhradového průřezu



Jeřábový nosník

- Lehké jeřáby
 - Rozpon cca 6 m
 - Horní pásnice zesílena pro přenesení horizontálních namáhání
 - Válcované plnostěnné průřezy
 - Prolamovaný nosník

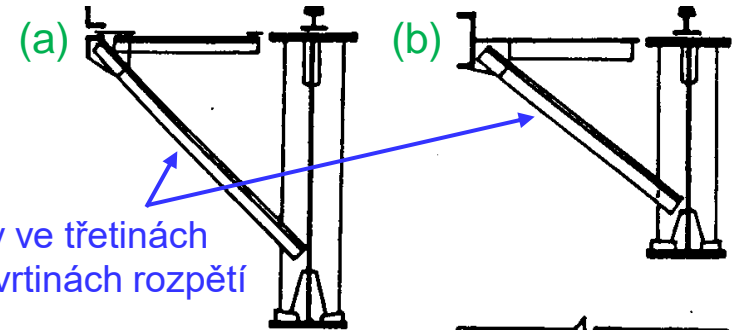
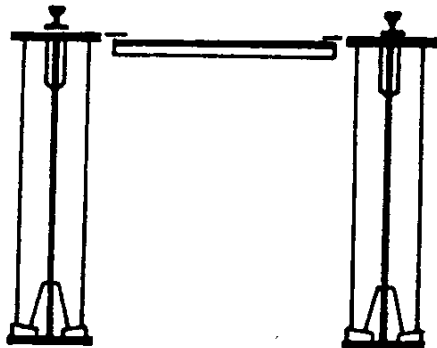
Průřezy nosníku JD pro lehké jeřáby



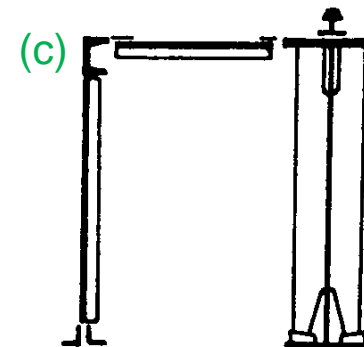
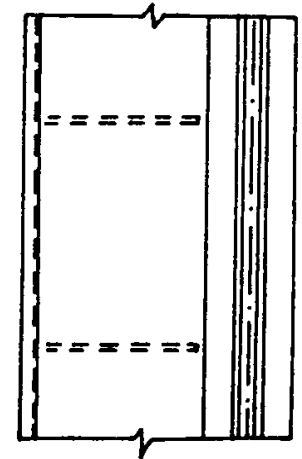
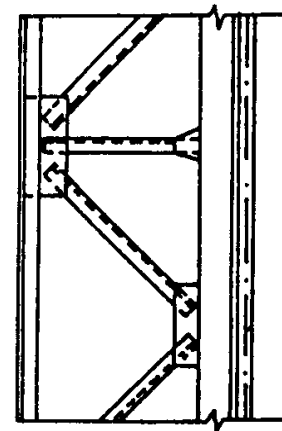
Jeřábový nosník

- Střední jeřáby
 - Rozpon cca 6 – 12 m
 - Svařovaný průřez
 - Horizontální výztužný nosník
 - Může sloužit i jako revizní lávka
 - Příhradový (a)
 - Plnostěnný (b)
 - Galeriový (c)

Sousední nosníky JD na vnitřních sloupech vícelodních hal

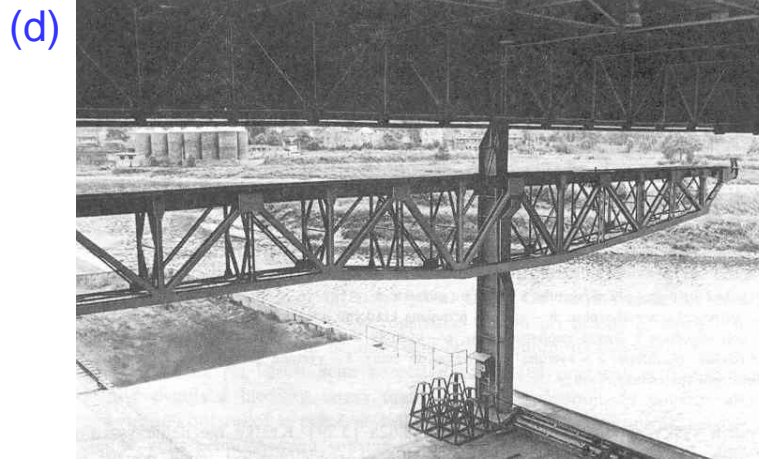
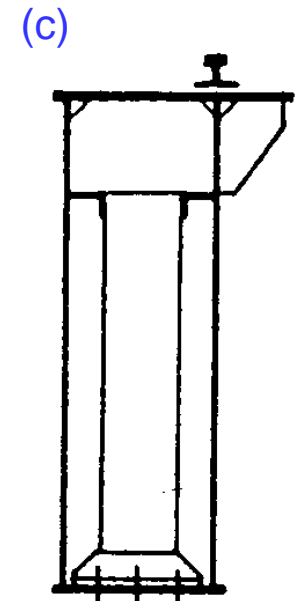
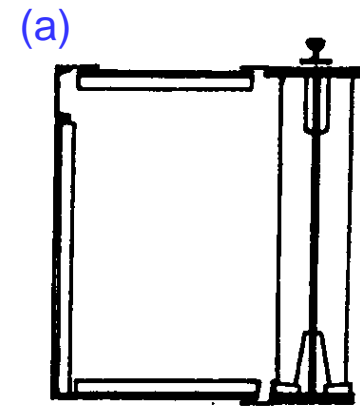


Vzpěrky ve třetinách
nebo čtvrtinách rozpětí



Jeřábový nosník

- Těžké jeřáby
 - Plnostěnný nosník (a)
 - Horizontální ztužení ve dvou úrovních
 - Dvojstěnný nosník (b, c)
 - Uzavřený průřez
 - Není nutný horizontální nosník
 - Příhradový nosník (d)
 - Na velká rozpětí
 - Nižší hmotnost
 - Větší pracnost



Statické schéma nosníku JD

- Prostý nosník
 - Jednoduché konstrukční řešení, uložení, montážní styky
 - Necitlivý na pokles podpor
 - Snadná rektifikace
 - Jednodušší výpočet (bez klopení)

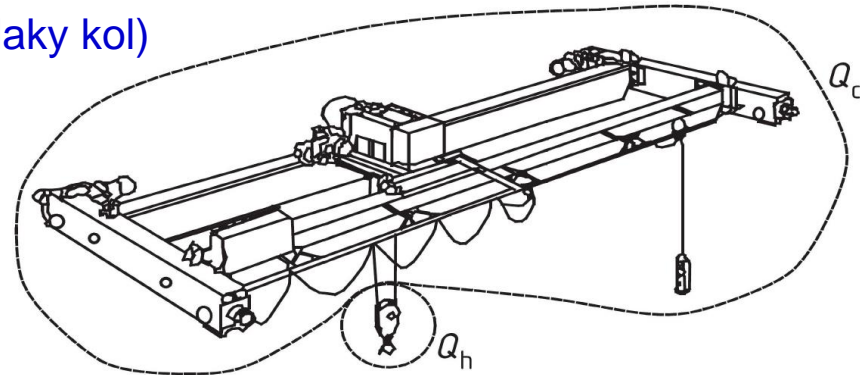
- Spojitý nosník
 - Menší spotřeba oceli
 - Menší průhyby
 - Nižší výška
 - Lepší provozní poměry



Zatížení od jeřábu – ČSN EN 1991-3

- Vlastní tíha jeřábu Q_C
- Zatížení kladkostroje (kočky) Q_H
- Zrychlení jeřábového mostu H_L, H_T
- Příčení jeřábového mostu H_S
- Zrychlení a brždění kočky H_{T3}
- Vítr při provozu F_W
 - Pouze u jeřábů v exteriéru
 - Příloha A normy ČSN EN 1991-3
 - Zatížení se stanoví dle ČSN EN 1991-1-4

Svislá zatížení
(tlaky kol)



Horizontální zatížení
(působí v temeni kolejnice)

Zatížení od jeřábu – 1991-3

- Zkušební zatížení Q_T
 - Zatížení při zkoušce únosnosti jeřábu
- Síly na nárazník H_B
 - Vztažené k pohybu jeřábu $H_{B,1}$
 - Vztažené k pohybu kočky $H_{B,2}$
- Klopné síly H_{TA}
 - Pokud se jeřáb může převrhnout v důsledku kolize břemene s nějakou překážkou

Zatížení od jeřábu – 1991-3

- Skupiny charakteristického zatížení a dynamických součinitelů

		Značka	Kapitola	Skupina zatížení									
				Mezní stav únosnosti							Zkušební zatížení	Mimořádná	
				1	2	3	4	5	6	7			
1	Vlastní tíha jeřábu	Q_C	2.6	φ_1	φ_1	1	φ_4	φ_4	φ_4	1	φ_1	1	1
2	Zatížení kladkostroje	Q_H	2.6	φ_2	φ_3	-	φ_4	φ_4	φ_4	$\eta^{1)}$	-	1	1
3	Zrychlení mostu jeřábu	H_L, H_T	2.7	φ_5	φ_5	φ_5	φ_5	-	-	-	φ_5	-	-
4	Příčzení mostu jeřábu	H_S	2.7	-	-	-	-	1		-	-	-	-
5	Zrychlení nebo brzdění kočky nebo pojízdného kladkostroje	H_{T3}	2.7	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
6	Vítr při provozu	F_W^*	Příloha A	1	1	1	1	1	-	-	1	-	-
7	Zkušební zatížení	Q_T	2.10	-	-	-	-	-	-	-	φ_6	-	-
8	Síly na nárazník	H_B	2.11	-	-	-	-	-	-	-	-	φ_7	-
9	Klopné síly	H_{TA}	2.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

POZNÁMKA Vítr při provozu – viz příloha A.

¹⁾ η je část zatížení kladkostroje, která zůstává, když je odstraněno užitečné zatížení, ale není zahrnuta do vlastní tíhy jeřábu.

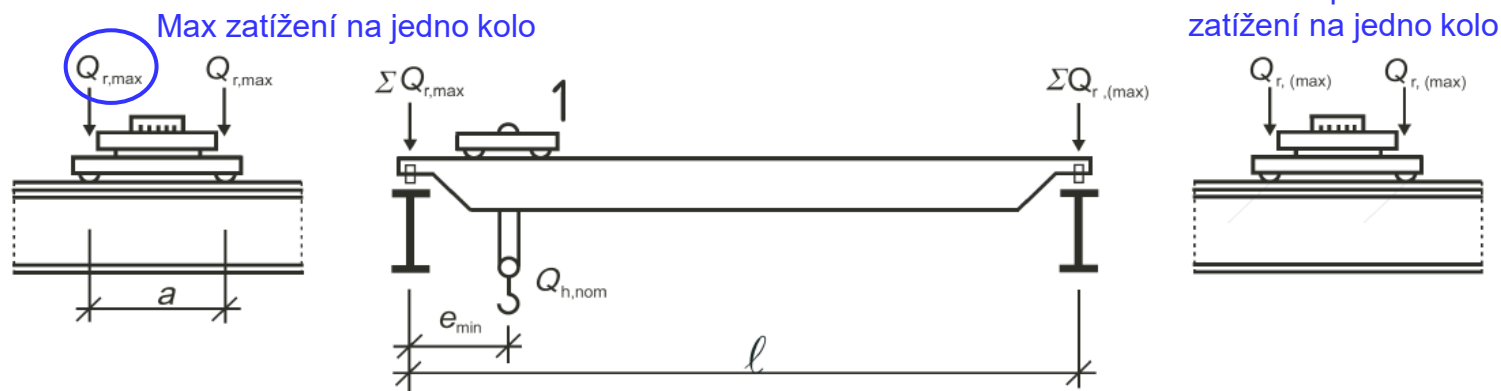
Zatížení od jeřábu – 1991-3

- Skupiny charakteristického zatížení a dynamických součinitelů
 - Kvazistatický přístup
 - Zohlednění dynamických účinků zvětšením statického zatížení
 - Stanovení součinitelů φ_i je uvedeno v normě
 - Obecně $\varphi_i > 1,0$

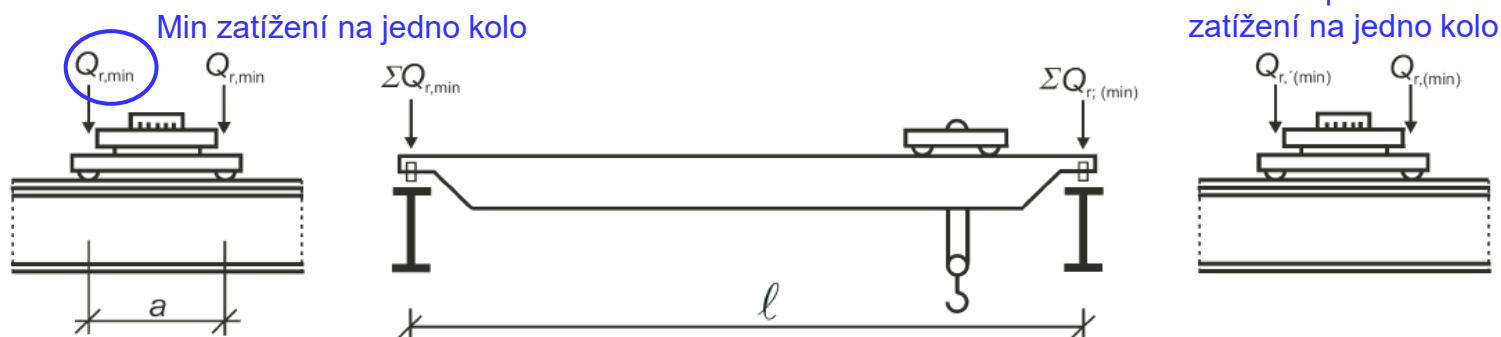
		Značka	Kapitola	Skupina zatížení										
				Mezní stav únosnosti								Zkušební zatížení	Mimořádná	
				1	2	3	4	5	6	7	8			
1	Vlastní tíha jeřábu	Q_C	2.6	φ_1	φ_1	1	φ_4	φ_4	φ_4	1	φ_1	1	1	
2	Zatížení kladkostroje	Q_H	2.6	φ_2	φ_3	-	φ_4	φ_4	φ_4	$\eta^{1)}$	-	1	1	
3	Zrychlení mostu jeřábu	H_L, H_T	2.7	φ_5	φ_5	φ_5	φ_5	-	-	-	φ_5	-	-	
4	Příčení mostu jeřábu	H_S	2.7	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	
5	Zrychlení nebo brzdění kočky nebo pojízdného kladkostroje	H_{T3}	2.7	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	
6	Vítr při provozu	F_W^*	Příloha A	1	1	1	1	1	-	-	1	-	-	
7	Zkušební zatížení	Q_T	2.10	-	-	-	-	-	-	-	φ_6	-	-	
8	Síly na nárazník	H_B	2.11	-	-	-	-	-	-	-	-	φ_7	-	
9	Klopné síly	H_{TA}	2.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
POZNÁMKA Vítr při provozu – viz příloha A.														
¹⁾ η je část zatížení kladkostroje, která zůstává, když je odstraněno užitečné zatížení, ale není zahrnuta do vlastní tíhy jeřábu.														

Zatížení od jeřábu – 1991-3 – MSÚ

- Svislé zatížení nosníku JD od kol jeřábu
 - Uspořádání pro maximální zatížení JD



- Uspořádání pro minimální zatížení JD



Zatížení od jeřábu – 1991-3 – MSÚ

- Vodorovné síly od zrychlení nebo zpomalení jeřábu

- Síly v podélném směru $H_{L,i}$

$$H_{L,i} = \varphi_5 K \frac{1}{n_f}$$

K hnací síla

n_f počet nosníků JD

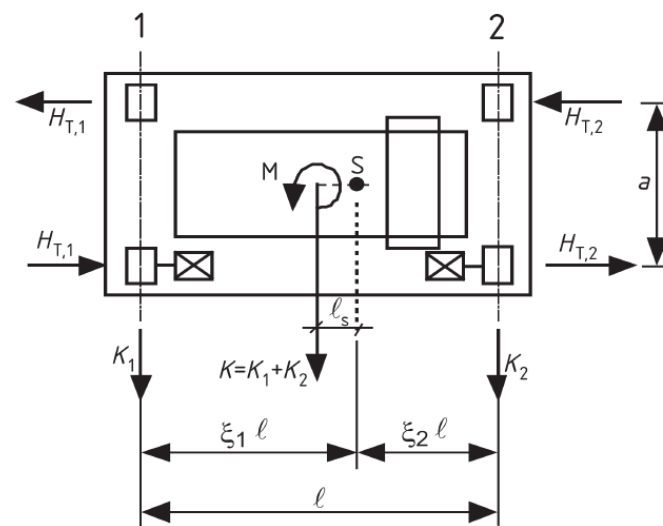
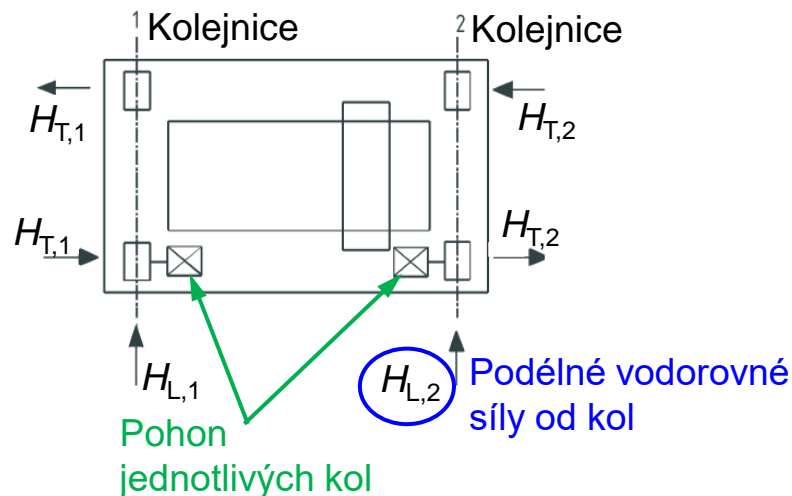
- Síly v příčném směru $H_{T,i}$

- Hnací síla K nemusí působit v těžišti jeřábu, viz l_s

$$H_{T,1} = \varphi_5 \xi_2 \frac{M}{a}$$

$$H_{T,2} = \varphi_5 \xi_1 \frac{M}{a}$$

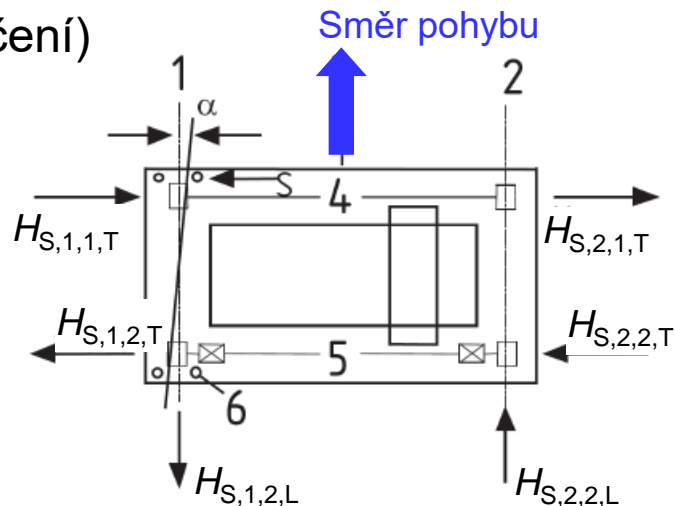
$$M = K l_s$$



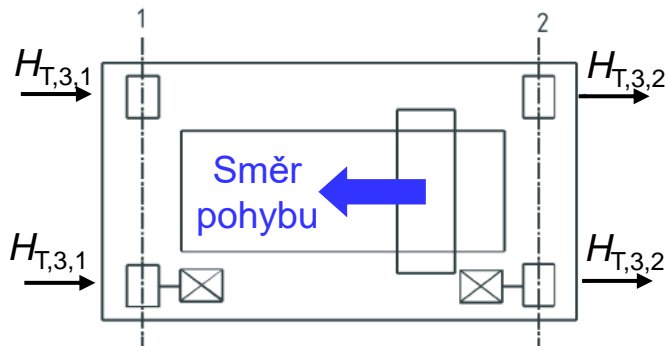
Zatížení od jeřábu – 1991-3 – MSÚ

- Vodorovné síly způsobené přičením jeřábu

- Směr dráhy s odchylkou α (úhel přičení)
- Závisí na způsobu vedení
 - Nákolky
 - Oddělené vodící prostředky



- Vodorovné síly od zrychlení nebo zpomalení kočky

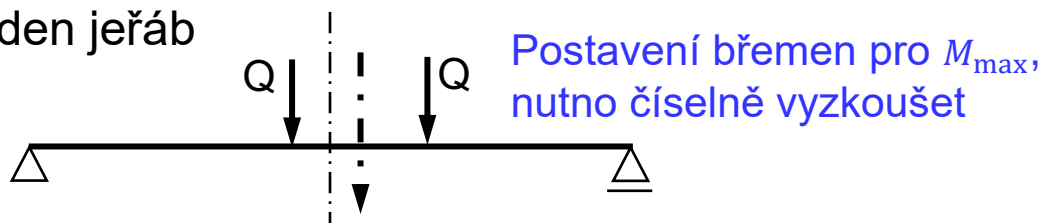


Globální analýza

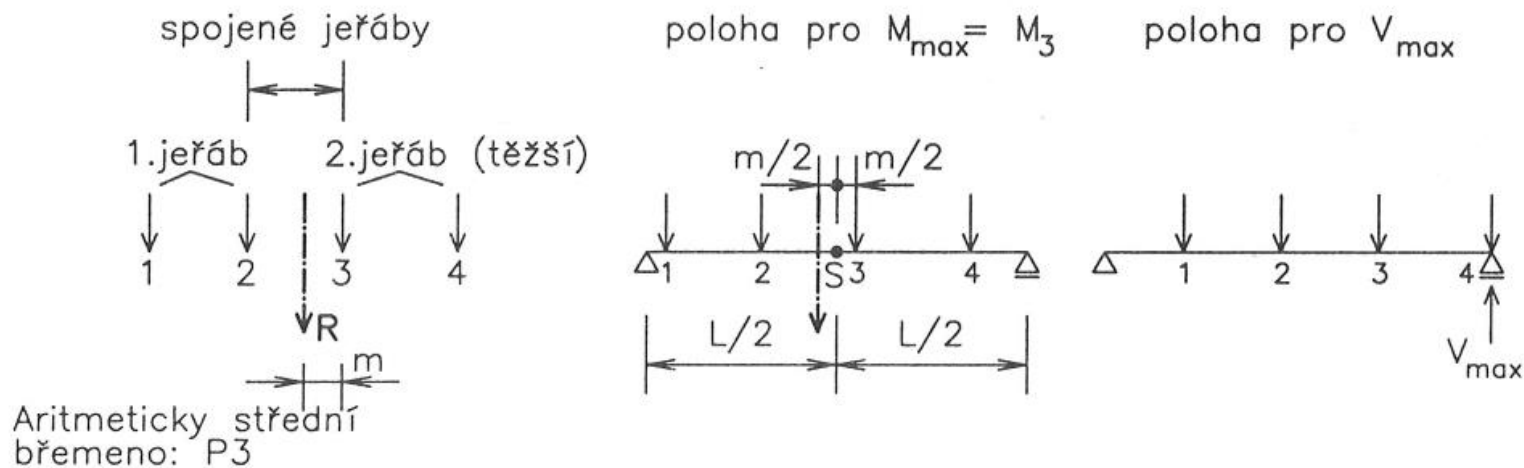
- Stanovení vnitřních sil na nosníku JD pro pohyblivé zatížení

- Obecně lze použít příčnickové čáry
- Běžně lze stanovit pouze M_{\max} na V_{\max} celém nosníku

- Jeden jeřáb



- Dva spojené jeřáby



Posudek nosníku JD – MSÚ

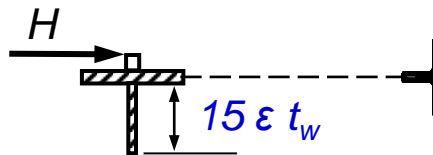
■ Přesný výpočet

- Prostorový výpočet včetně kroucení
- Vnitřní síly: N , M_y , M_z , B , V_y , V_z , T_y , T_z

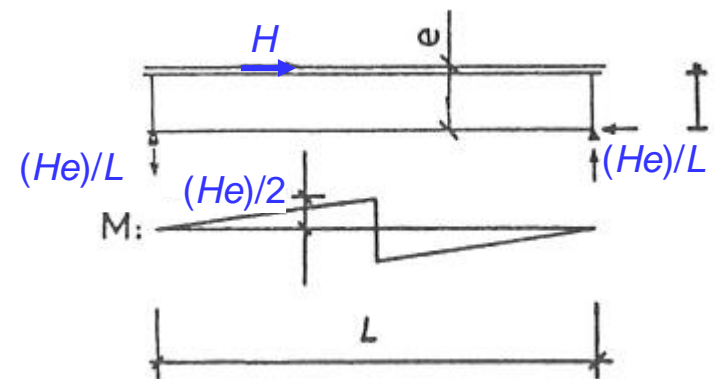
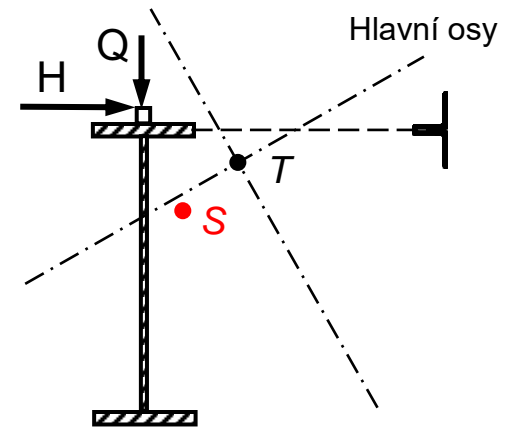
$$\sigma = \frac{N_{Ed}}{\chi A} + \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} W_y} + \frac{M_{z,Ed}}{W_z} + \frac{Bw}{I_w} \leq f_{yd}$$

■ Obvyklé řešení

- Hlavní nosník přenáší $M_{y,Ed}$ od svislého zatížení a osovou sílu N_{Ed}
- Vodorovný nosník přenáší příčné vodorovné zatížení



- Bimoment od kroucení se zanedbává

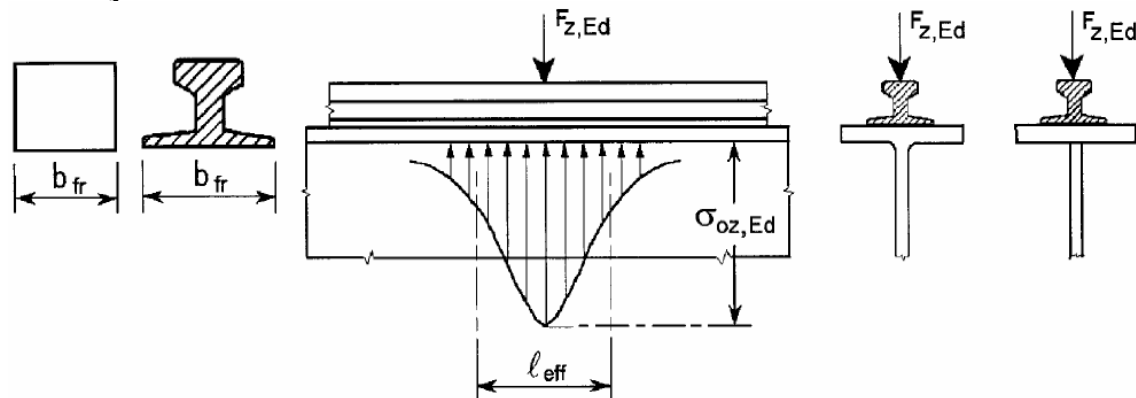


Moment od excentricity
vzhledem k uložení JD

Posudek nosníku JD – MSÚ

- Lokální napětí pod kolem
 - Svislé tlakové napětí ve stojině

$$\sigma_{oz,Ed} = \frac{F_{z,Ed}}{l_{eff} t_w} \leq f_{yd}$$



Účinná roznášecí šířka l_{eff}

Případ	Popis	Účinná roznášecí délka l_{eff}
(a)	Jeřábová kolejnice neposuvně připojená k pásnici	$l_{eff} = 3,25 [l_r / t_w]^{1/3}$
(b)	Jeřábová kolejnice nepřipojená neposuvně k pásnici	$l_{eff} = 3,25 [(l_r + l_{r,eff}) / t_w]^{1/3}$
(c)	Jeřábová kolejnice uložena na vhodné pružné elastomerické roznášecí podložce tlusté alespoň 6 mm	$l_{eff} = 4,25 [(l_r + l_{r,eff}) / t_w]^{1/3}$

$l_{r,eff}$ je moment setrvačnosti pásnice o účinné šířce b_{eff} k její vodorovné těžištové ose

l_r moment setrvačnosti kolejnice k její vodorovné těžištové ose

l_{rt} moment setrvačnosti průřezu složeného z kolejnice a pásnice o účinné šířce b_{eff}

t_w tloušťka stojiny

$b_{eff} = b_{fr} + h_r + t_t$ ale $b_{eff} \leq b$

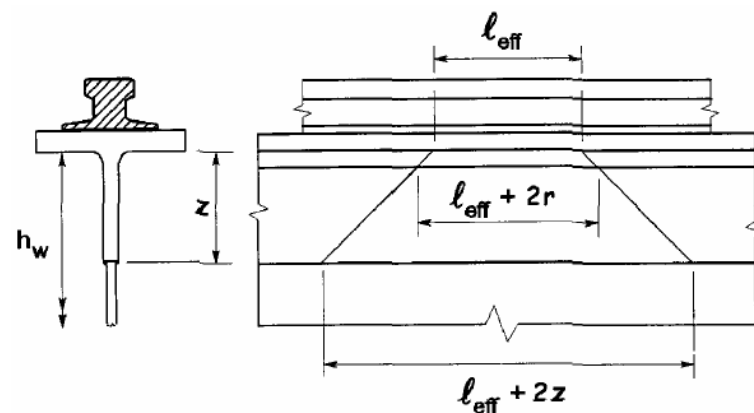
kde b je celková šířka horní pásnice

b_{fr} šířka paty kolejnice, viz obrázek 5.2

h_r výška kolejnice, viz obrázek 5.1

t_t tloušťka pásnice

POZNÁMKA Při určení l_r , l_{rt} a h_r se počítá s opotřebením kolejnice, viz 5.6.2(2) a 5.6.2(3).



r – Poloměr zaoblení

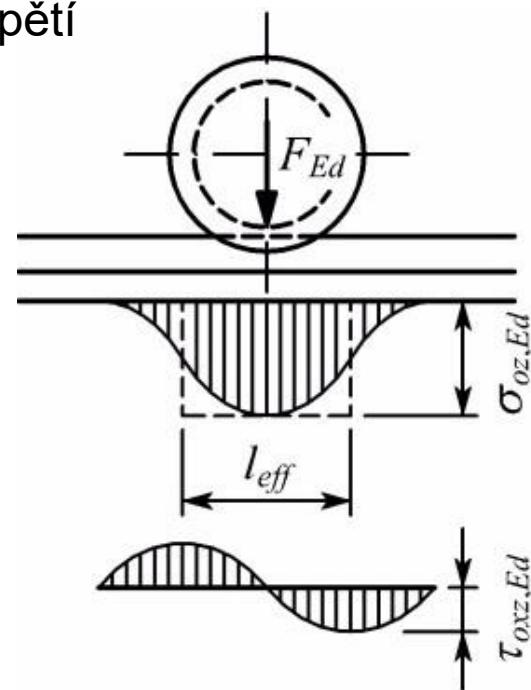
Posudek nosníku JD – MSÚ

- Lokální napětí pod kolem
 - Smykové napětí ve stojině
 - 20 % největšího svislého napětí $\sigma_{oz,Ed}$

$$\tau_{oxz,Ed} = 0,2\sigma_{oz,Ed} \leq \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

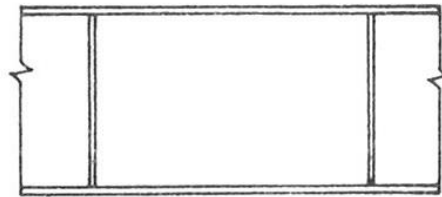
- Interakce normálového a smykového napětí

$$\sqrt{\sigma_{oz,Ed}^2 + 3\tau_{oxz,Ed}^2} \leq f_{yd}$$

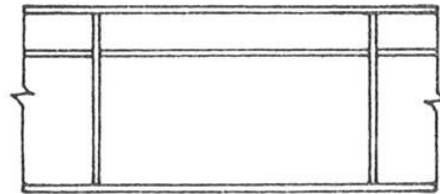


Posudek nosníku JD – MSÚ

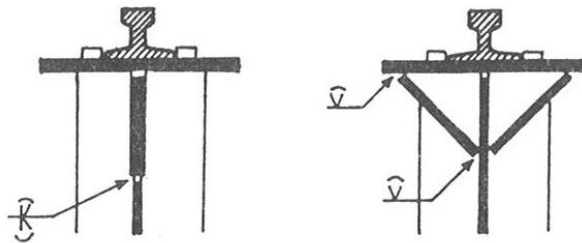
- Vyztužení stojiny proti lokálním účinkům
 - Příčné výztuhy



- Příčné a podélné výztuhy
 - U vysokých nosníků



- Zesílení horní části stojiny



Posudek nosníku JD – MSP a Únava

- Mezní stav použitelnosti
 - Svislý průhyb pro mostové jeřáby

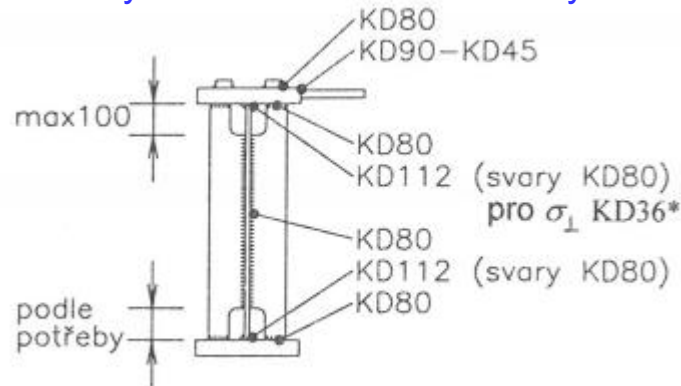
$$\delta \leq \frac{L}{600}$$

- Vodorovný posun sloupů v úrovni podepření jeřábu

$$\delta \leq \frac{h_c}{400}$$

- Únava

Příčný řez s výztuhou a klasifikací běžných detailů z hlediska únavy

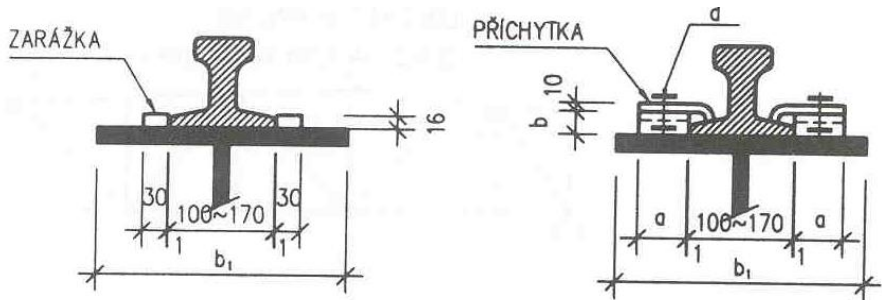


Funkční části jeřábových drah

■ Jeřábová kolejnice

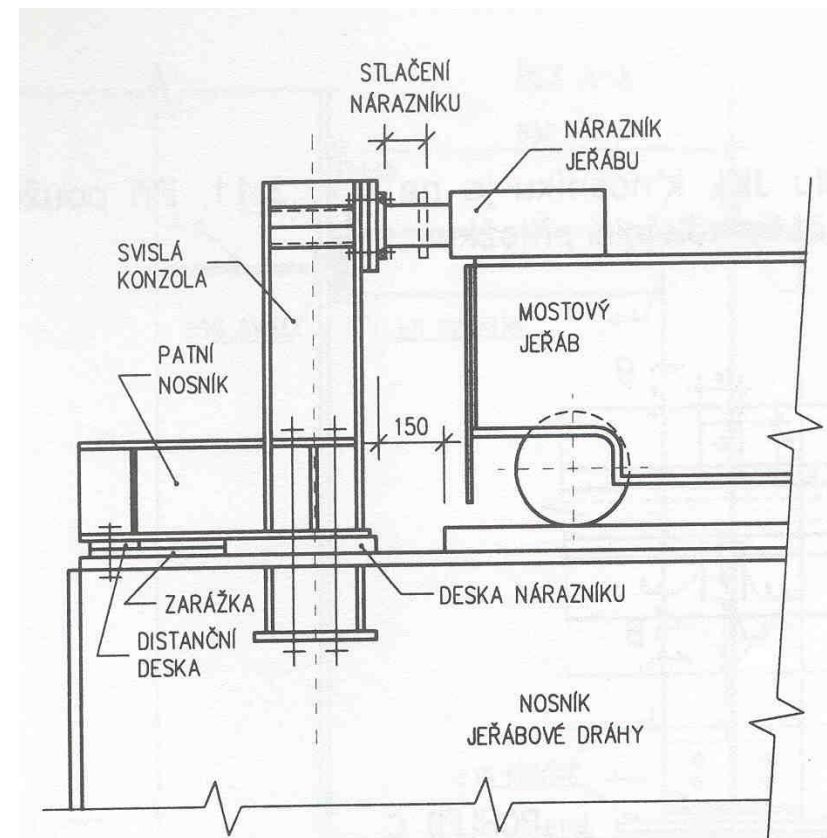
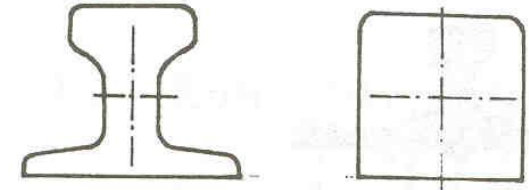
- Kvalitní ocel
- Speciální jeřábové kolejnice JKL
- Čtvercové kolejnice se zkosenými hranami

- Bezstykové kolejnice (svařeny na délku dilatačního celku)
- Stykované kolejnice (vzájemně nespojené díly)



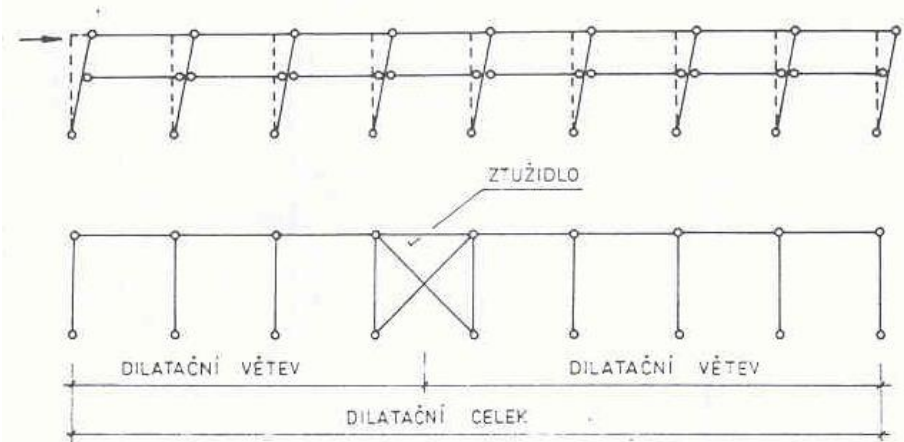
■ Nárazníky

■ Lávky, nástupní a revizní plošiny



Podélné ztužení haly

- Ztužení jako u běžných hal
 - Větší horizontální síly



Děkuji za pozornost

Ing. Břetislav Židlický, Ph.D.

České vysoké učení technické v Praze

