

6. Skelety: Sloupy, patky, kotvení, ztužidla.

Sloupy: klasifikace z hlediska stability, namáhání sloupů, průřezy, montážní styky.

Kloubové patky nevyztužené a vyztužené, dimenzování patek, konstrukční detaily.

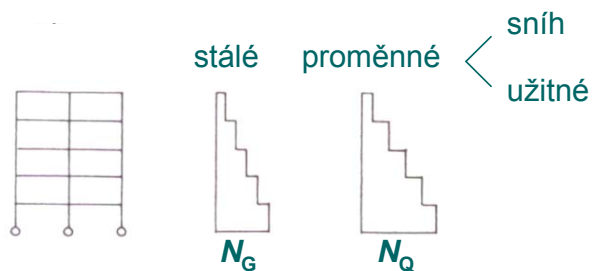
Kotvení do betonu (nenosné a nosné).

Druhy vazeb, ztužidla budov: rozdělení sil do svislých ztužidel, konstrukční detaily.

Sloupy

Namáhání sloupů odpovídá typu vazeb:

a) Sloup netuhé vazby (zejména namáhání N , ohyb jen od excentricit reakcí nosníků)

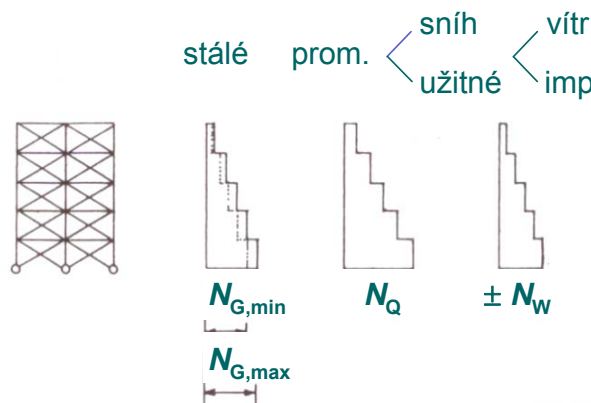


$$N = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Pozn.:

Pro více pater ($n > 2$) lze redukovat užité zatížení součinitelem α_n .

b) Sloup příhradového ztužidla (opět zejména namáhání N , ohyb jen od excentricit)



$$N_{\max} = \gamma_G G_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Minimální (pozor na tah, pokud možno vyloučit):

$$N_{\min} = \gamma_{G,\text{inf}} G_k - \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

c) Sloup rámu (namáhání od N , M , V)

Pro posouzení na vzpěr je nutné soustavu klasifikovat, nejlépe pomocí α_{cr} (podrobně viz přednáška č. 1).

Klasifikace patrových konstrukcí

1. Konstrukce řešené podle teorie
1. řádu:

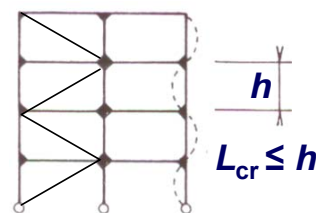
$$\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} \geq 10$$

→ lineární výpočet:
Posudek se vzpěrnou délkou
mezi styčníky je velmi bezpečný.

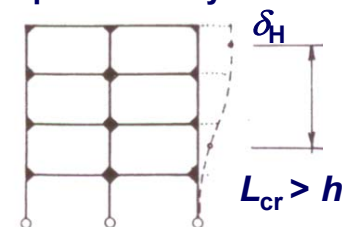
2. Konstrukce řešené podle teorie
2. řádu:

$$\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} < 10$$

bez posunu styčnicků



nebo s posunem styčnicků



Výhodný je přímý posudek pro poměrnou štíhlost (platí jen pro dané zatížení):

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{Af_y}{\alpha_{cr} N_{Ed}}} \rightarrow \chi \quad (\text{nebo stanovit } L_{cr} \text{ z grafů, vzorců apod.)}$$

Průřezy sloupů

1. Namáhání N

(snaha aby $i_y \approx i_z$)



2. Namáhání N, M_y

N, M_y, M_z



Montážní styky sloupů - umístění:

Umístění určuje:

- a) Výrobní délka : po 2 ÷ 3 patrech (válcovní délka 12, max. 15 m).
- b) Snadná montáž: asi 80 cm nad stropem.
- c) Statické důvody: ve vnější čtvrtině délky (kde $\chi \approx 1$).
- d) Změna průřezu (může však být řešeno jinde, dílenským stykem).

Posudek montážních styků

1) Obvykle se jedná o "kontaktní styk" (přenos tlaku kontaktem). Podmínky:

a) umístění ve vnějších čtvrtinách délky:

b) štíhlost je malá ($\lambda < 80$),

c) malá výstřednost: $e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} < \frac{j}{2}$



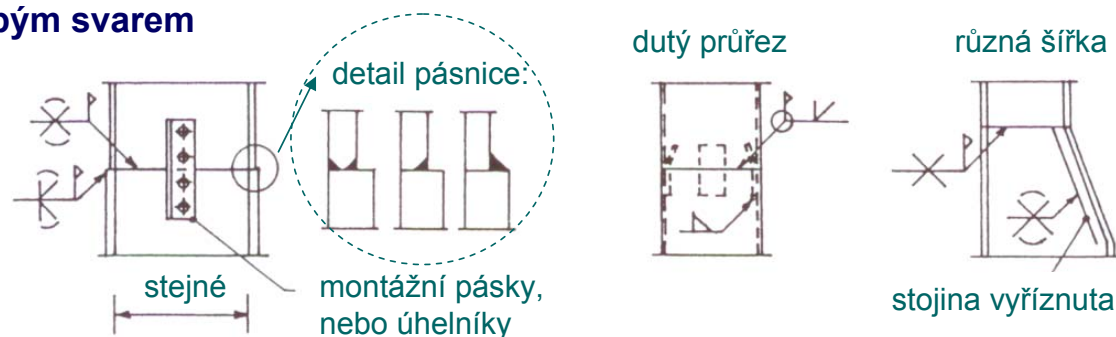
Kontaktní styk (např. svar) se posuzuje pouze na smyk, je-li v místě styku!

2) Styky na tah nebo moment nejsou kontaktní, spoj je nutné dimenzovat !!!

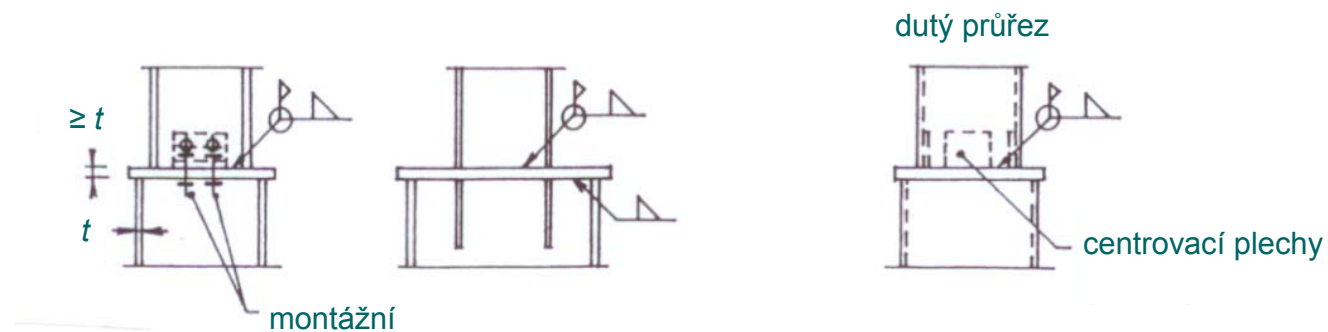
Detaily styků sloupů

Styky svařované (řezy kolmé, event. čela sloupů frézovat)

1. Tupým svarem

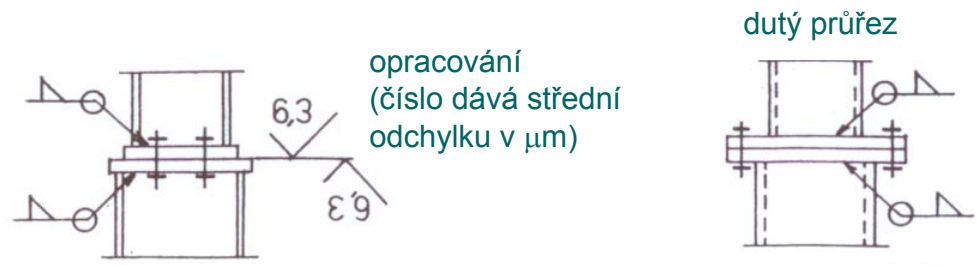


2. Koutovým svarem, styk s čelní deskou (nehodí se pro tažené sloupy - zdvojení desky)



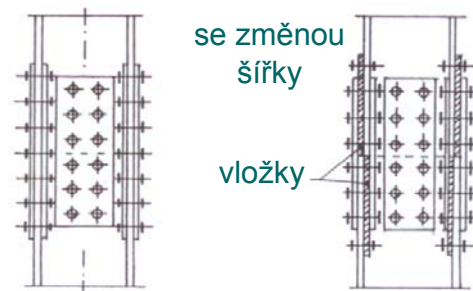
Styky šroubované

1. Šroubovaný styk s čelními deskami (opět řezy kolmé, event. čela desek frézovat)



2. Příložkový styk zcela výjimečně:

(Je drahý, spojovací prostředky nutno dimenzovat, používá se zejména v zámoří).



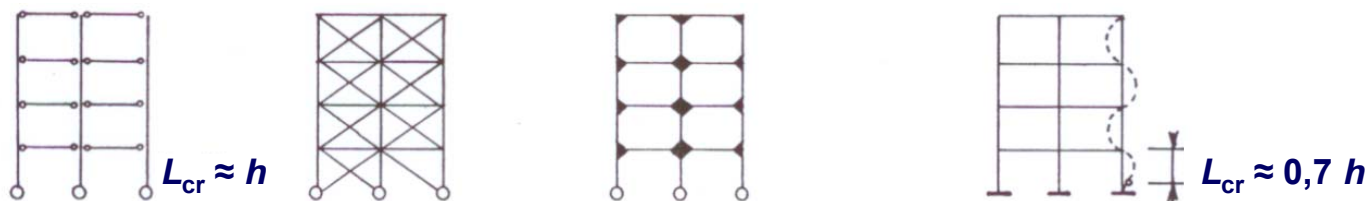
OK01 – Ocelové konstrukce (6)

7

Patky sloupů

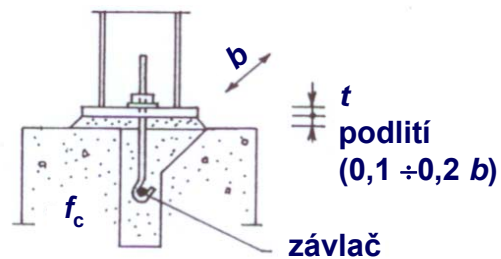
Patka vytváří přechod sloupu na betonový základ.

Statically jsou patky $\left\{ \begin{array}{l} \text{kloubové,} \\ \text{vetknuté (u skeletů výjimečně, jsou uvedeny u hal).} \end{array} \right.$

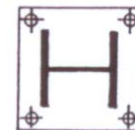


Kloubové patky

Konstrukčně obvykle vytvoří skutečný kloub (natočení jsou malá, $\phi \leq H/500$).



„montážně tuhá“ patka



Dimenzování



Přibližný postup podle Eurokódu:

Účinná plocha A_{eff} odpovídá návrhové pevnosti betonu v uložení pod patkou f_{jd} .

Nutná účinná plocha: $A_{\text{eff}} \geq \frac{N_{\text{Ed}}}{f_{\text{jd}}}$

kde návrhová pevnost betonu pod patkou:

$$f_{\text{jd}} = \beta_j f_{\text{Rdu}}$$

návrhová pevnost betonu
v uložení (ČSN EN 1992) – viz dále

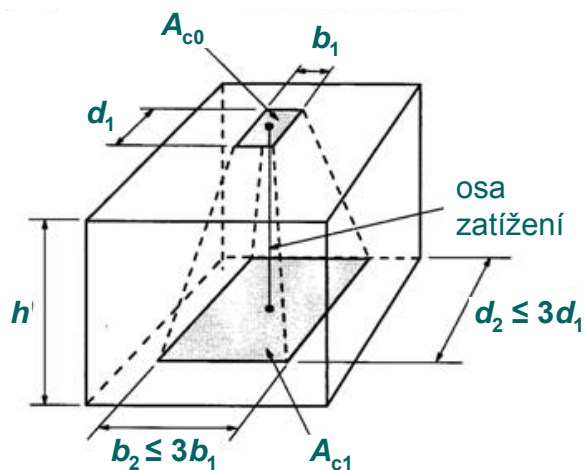
šířka patky

součinitel vlivu podlití $\beta_j = 2/3$, pokud platí:

tloušťka podlití $\leq 0,2 b$

$f_{\text{ck}} \text{ malty} \geq 0,2 f_{\text{ck}} \text{ betonu}$

Návrhová pevnost betonu v uložení f_{Rdu} (podle ČSN EN 1992-1-1):



$$f_{Rdu} = f_{cd} \sqrt{A_{c1} / A_{c0}} \leq 3,0 f_{cd}$$

A_{c0} - zatížená plocha (A_{eff} , ale lze brát jako rozměr patního plechu),

A_{c1} - největší návrhová roznášecí plocha podobného tvaru jako A_{c0} v hloubce h ,

$$h \geq (b_2 - b_1),$$

$$h \geq (d_2 - d_1).$$

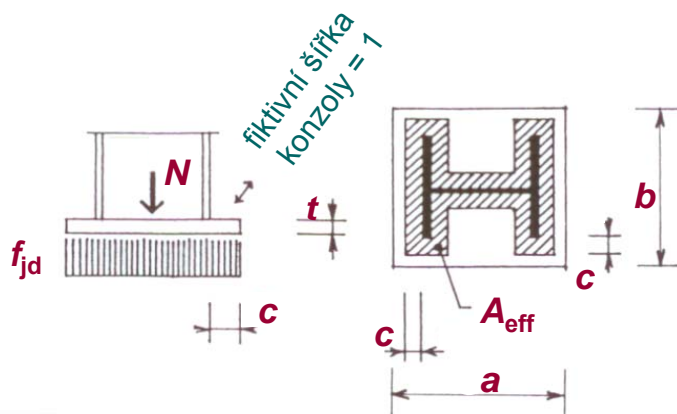
Odtud při rozměrech betonové základové patky $b_c \times d_c \times h_c$ a centrickém umístění sloupu plyne pro roznášecí plochu:

$$b_2 = \min (3b_1; b_1 + h_c; b_c)$$

$$d_2 = \min (3d_1; d_1 + h_c; d_c)$$

$$A_{c1} = b_2 d_2$$

Účinná plocha patky:



Ve vetknutí „konzoly“ patního plechu:

statický moment: $m = \frac{1}{2} f_{jd} c^2$

pružná únosnost: $m = W f_y / \gamma_{M0} = \frac{t^2}{6} f_{yd}$

(modul průřezu desky: $W = \frac{1 \cdot t^2}{6}$)

Odtud:

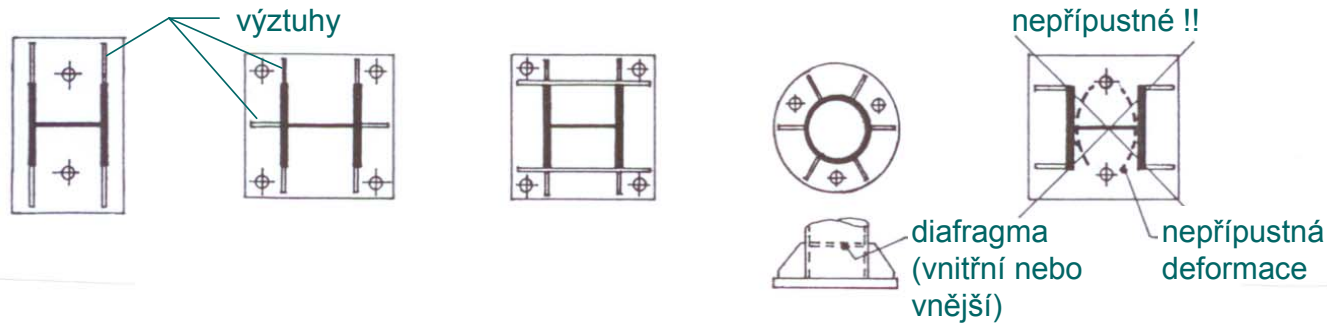
$$c = t \sqrt{\frac{f_{yd}}{3 f_{jd}}}$$

Postup posouzení patního plechu je iterační:

1. volit rozměr patního plechu $a \times b$ (např. ze vztahu $A \approx N_{Ed}/f_{cd}$),
2. stanovit návrhovou pevnost betonu pod patkou f_{jd} ,
3. volit tloušťku patního plechu $t \rightarrow$ odtud určit c (opsat kolem sloupu),
4. posoudit velikost účinné plochy: $A_{eff} \geq N_{Ed}/f_{jd}$,
5. korekce rozměrů $a \times b$ nebo tloušťky t , opakovat.

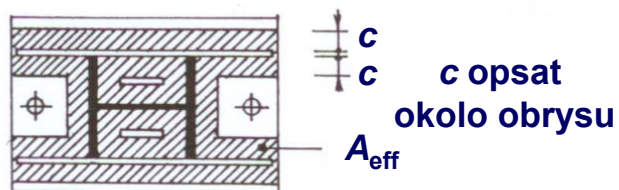
Vyztužené patky sloupů

Obvykle se volí tloušťka patního plechu $t \leq 50$ mm. Pokud nevyhovuje, navrhuje se vyztužená patka:



Návrh patního plechu vyztužené patky:

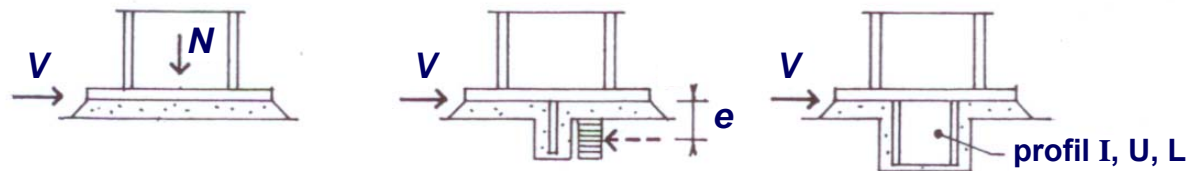
- jako u nevyztužené patky (výztuhy vlastně "zvětší průřez sloupu"),
tj. iterací, hodnota c se „opíše“ kolem průřezu i výztuh:



Pozn.:
Posouzení výztuh jako konzol se provede v líci sloupu na příslušné M , V od zatížení f_{jd} .

Přenos vodorovných sil v patce

- třením: $V \leq C_{f,d} N_{c,Ed}$ (součinitel tření $C_{f,d} = 0,2$)
- smykem ve šroubech (zejména u tažených sloupů):
ČSN EN 1993-1-8 umožňuje uvažovat pro n šroubů $n F_{vb,Rd}$
(kde $F_{vb,Rd}$ je snížená únosnost ve střihu a v otláčení, viz Eurokód,
neboť šroub prochází podlitím).
Běžně se však tento příspěvek neuvažuje.
- nevyhovuje-li tření, volit zarážku: tu lze posoudit na ohyb ($V, M = Ve$)



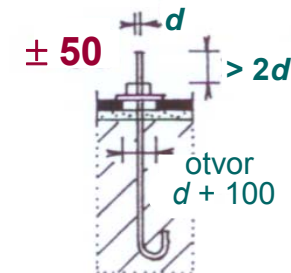
Kotvení do základů

- a) **Lehké (nenosné, konstrukční):** Běžné patky skeletů, nepřenáší tah.
- b) **Nosné:** Přenáší tah, pro sloupy tažené, nebo namáhané těž momentem.

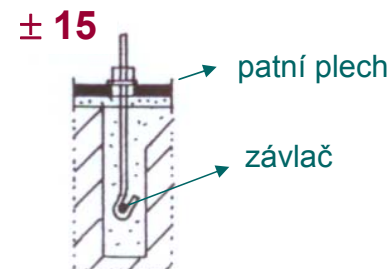
Lehké (nenosné) kotvení: kotevní šrouby volit M16 ÷ M30

Nejdůležitější druhy:

- a) Předem zabetonované šrouby s hákem
- tolerance ± 50 mm (použijí-li se šablony ± 15 mm)



- b) Dodatečně osazené šrouby do závlače
- tolerance ± 15 mm



Další druhy lehkého kotvení (popř. pro menší tahové síly):

± 15

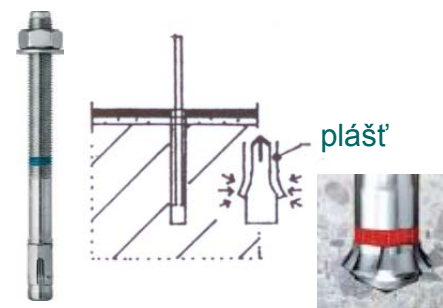
- c) Lepené do vrtaných děr (chemické kotvy)
 (nevhodné pro trvalý tah – nastává relaxace):
 Dvě složky lepidla: pryskyřice (epoxidové, polyesterové epoxy-akryláty, metakryláty) + katalyzátor, odtud vzniká chemická reakce pro tvrdnutí.

APLIKACE:

- obvykle po vyčistění otvoru se vytlačují pistolí z dvoukazety,
- nebo se použije chemická patrona (např. HILTI)



- d) Ocelové mechanické kotvy: průvlekové (skrz plech), převlečné (před osazením plechu) - např. HILTI (až do Ø M24), zarážecí.
 Princip: plášť se zaražením nebo utahováním vnitřního dřívku roztahuje okolo jeho kuželové hlavy a rozpírá o beton.

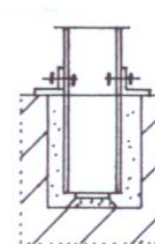
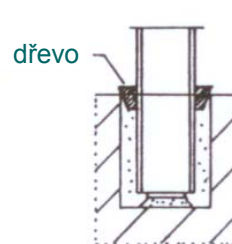
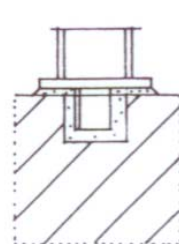
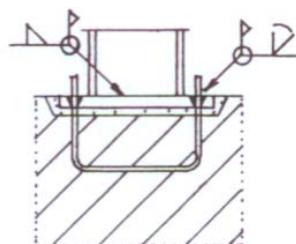


- e) Další možnosti kotvení:

přivaření k výztuži do
betonového suterénu

bez svislého kotvení

do prohlubní (pro OK výjimečně)



OK01 – Ocelové konstrukce (6)

Nosné kotvení:

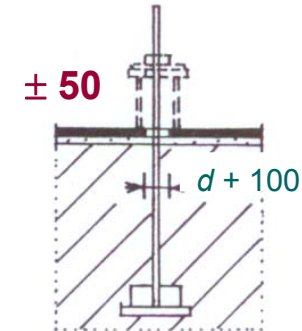
kotevní šrouby výpočtem, M30 ÷ M100

Nejdůležitější analogicky:

- a) Předem zabetonované šrouby s kotevní hlavou
- tolerance ± 50 mm
(použijí-li se šablony ± 15 mm)

Pozn.:

- kotevní hlavu může tvořit deska, držaná v pozici maticemi na závitu kotevní tyče,
- skelet osazovaný na železobetonový suterén se obdobně kotví na vyčnívající výztuž (s přiměřenou tolerancí).

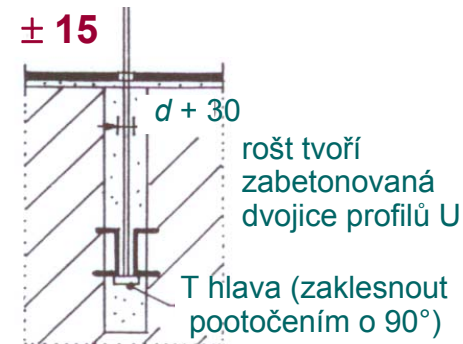


navařená „hlava“

- b) Dodatečně osazené šrouby s T hlavou do roštu
- tolerance ± 15 mm

Pozn.:

Pro menší síly lze nadimenzovat i výše uvedené druhy lehkého kotvení (např. lepené nebo mechanické kotvy HILTI až 150 kN/jednu kotvu).



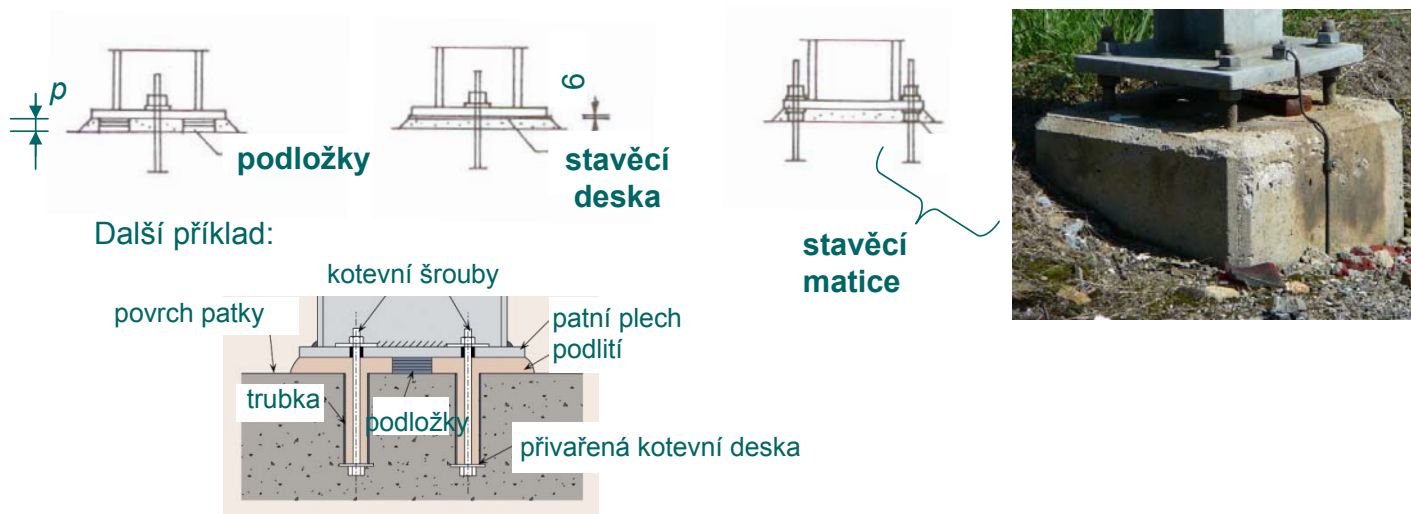
rošt tvoří zabetonovaná dvojice profilů U

T hlava (zaklesnout pootočením o 90°)

Montáž sloupů na základy:

- na montážní podložky (podložky s různými tloušťkami $\Sigma = p+10$, délka $b+100$),
- na stavěcí desku ($t \approx 6$ mm, pro patky do rozměru cca 500 mm, klade se v předstihu na zabetonované šrouby, vrtání $D+5$ mm; vlastní patka má potom větší vrtání),
- na stavěcí matice (pro patky menších rozměrů).

Podlití tloušťky $p \approx 0,1b$ (b je menší rozměr patky) se provádí na vlhký beton ze strany, u velkých patek i z otvoru uvnitř patního plechu (průměr min. 70 mm), který rovněž indikuje dostatečné podlití. Šrouby po zatvrdnutí utáhnout na 60% pevnosti v tahu.

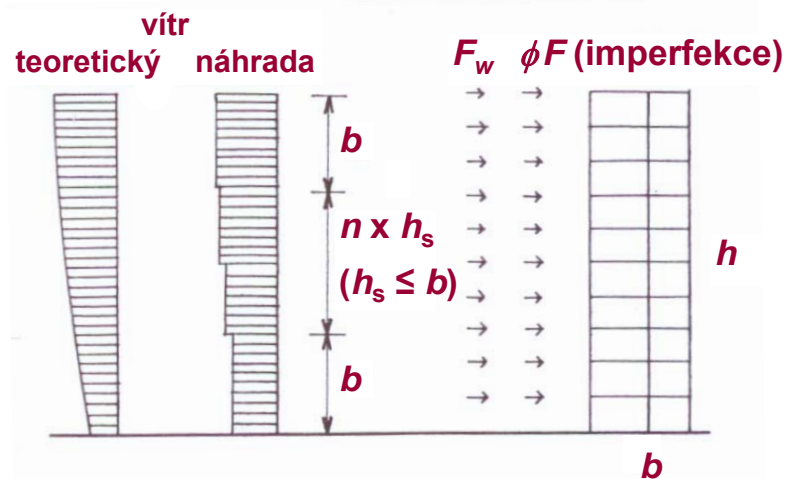


OK01 – Ocelové konstrukce (6)

17

Svislá ztužidla budov

- Zatížení:
- vítr,
 - imperfekce soustavy (při vybočení s posunem styčnicků),
 - eventuálně seizmické účinky.



Zatížení větrem na ploše A_{ref} :

$$F_w = \underbrace{c_s c_d}_{\text{součinitel konstrukce}} c_f q_{p(z)} A_{ref}$$

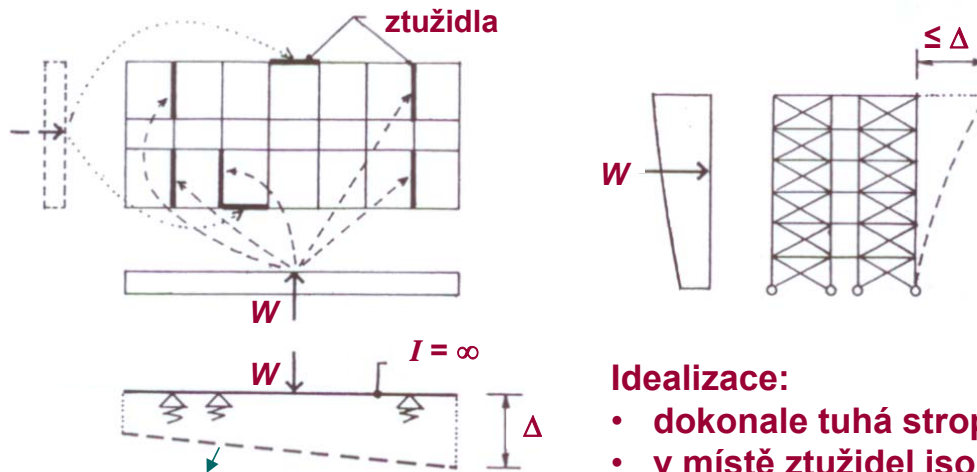
aerodyn. souč. dyn. tlak

Pro nízké budovy ($h \leq 15$ m) a budovy do výšky $h \leq 100$ m při $h \leq 4b$ lze uvažovat součinitel konstrukce $c_s c_d = 1$ (jinak použít podle ČSN EN 1991-1-4 „podrobný postup“ s dynamickými charakteristikami, popř. graf normy D).

Rozdělení zatížení na ztužidla

Platí pro ztužidla všech typů: příhradová, rámová, stěnová.

Přibližně lze předpokládat rozložení prostorových ztužidel (např. tvaru L) do směrů větru a uvažovat pro daný vítr jen části s větrem rovnoběžné:



průhyb všech vazeb leží v přímce

Idealizace:

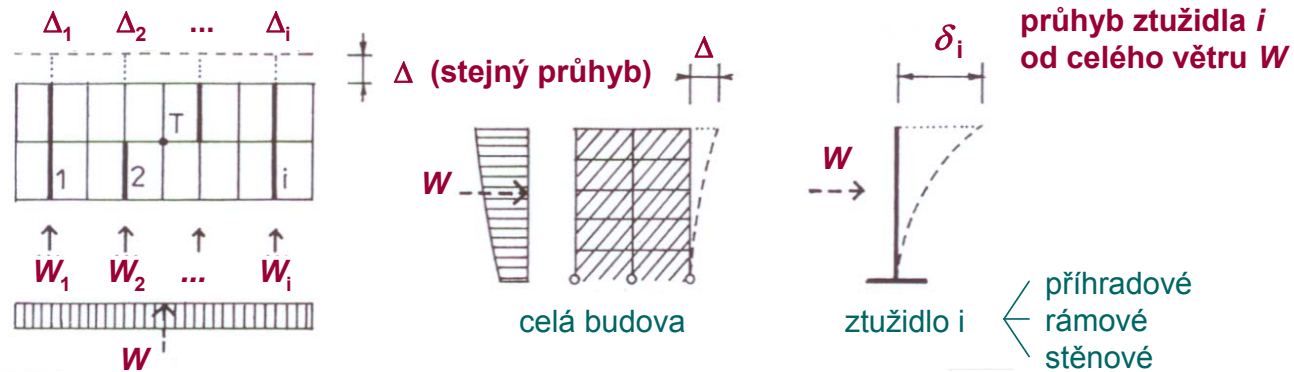
- dokonale tuhá stropní deska ($I = \infty$),
- v místě ztužidel jsou pružné podpory.

Tuhé stropní desky:

- monolitická betonová deska spřažená s ocelovou konstrukcí,
- prefa desky osazené do zářezů a zalité,
- trapezový plech přivařený nebo přišroubovaný (přestože má menší tuhost).

a) Souměrný případ

Kresleny jen části ztužidel || s větrem (obdobně postupovat pro druhý směr).



Pro průhyb v místě ztužidel platí: $\Delta_i = \frac{W_i}{W} \delta_i$

Podmínky rovnováhy: $W_1 + W_2 + \dots + W_i = W$

Z geometrie: $\Delta_1 = \Delta_2 = \dots = \Delta_i$ tj. $\frac{W_1}{W} \delta_1 = \frac{W_2}{W} \delta_2 = \dots = \frac{W_i}{W} \delta_i$

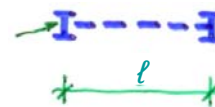
Odtud plyne zatížení i -tého ztužidla libovolného typu:
(tzn. ztužidla jsou namáhána v poměru svých tuhostí)

$$W_i = W \frac{\frac{1}{\delta_i}}{\sum \frac{1}{\delta_i}}$$

Pro příhradová ztužidla platí úměrnost: $\delta_i \rightarrow \frac{1}{I_i}$

kde moment setrvačnosti příhradového ztužidla lze počítat přibližně jako pro průřez složený pouze z pásů, např. v určitém patře:

plocha sloupu A_i

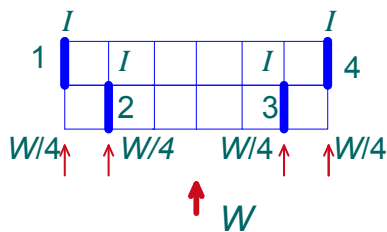


$$I_i \cong 2 A_i \left(\frac{l}{2} \right)^2 = \frac{1}{2} A_i l^2$$

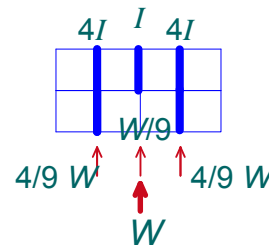
(Steinerova věta)

Proto platí:
$$W_i = W \frac{I_i}{\sum I_i}$$

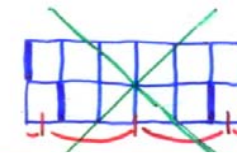
Příklady rozdělení u pravidelných skeletů:



zde:
$$W_i = W \frac{I_i}{\sum I_i} = \frac{W}{4}$$

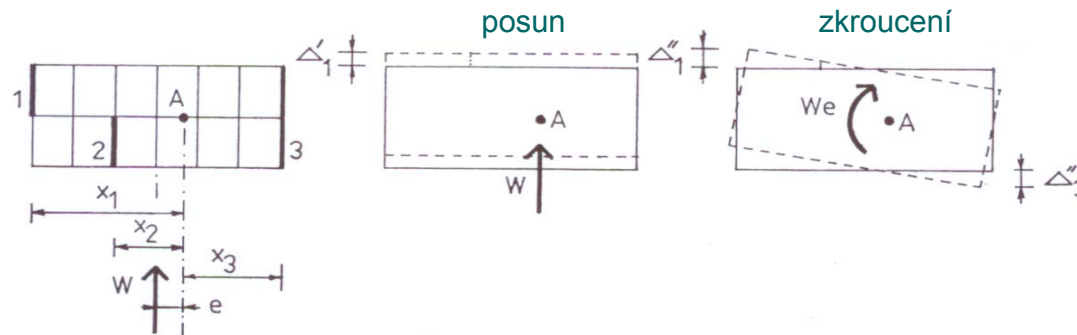


nikoliv ze "zatěž. šířek" !!!



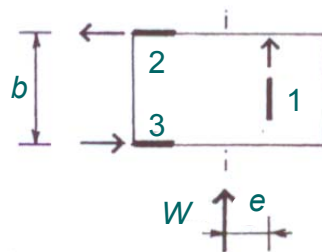
b) Nesouměrný případ

Řeší se analogicky po rozložení namáhání na namáhání posunem (jako pro symetrické namáhání) a zkroucením (více viz doplňující informace).



c) Speciální případ

Častý případ s jedním nesymetrickým ztužidlem:
(pozor na protnutí ztužidel v jednom bodě - nepřijatelné!!)

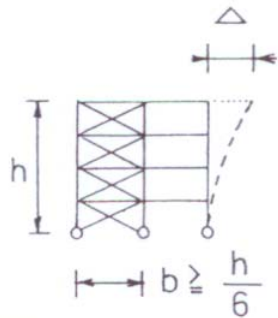


Rozdělení namáhání od větru W :

$$W_1 = W$$

$$W_2 = W_3 = \frac{W e}{b} \quad (\text{namáhána též ztužidla kolmá na vítr !!})$$

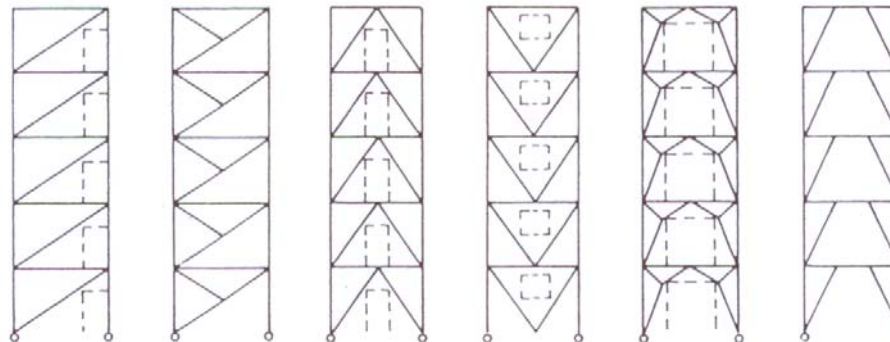
Návrh příhradových ztužidel



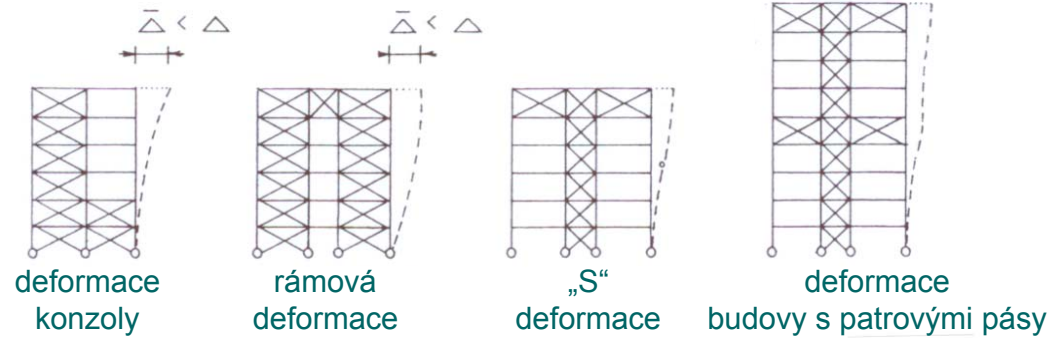
Návrh ztužidla:

- určit osově síly diagonal a sloupů
(příčky = stropy ... se obvykle neposuzují),
- dimenzovat diagonály a sloupy,
- dimenzovat přípoje,
- určit průhyb: $\Delta \leq \frac{h}{500}$

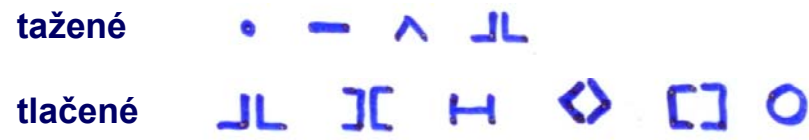
Další tvary:



Tvary tužších příhradovin:

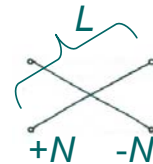


Průřezy diagonál:



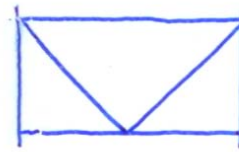
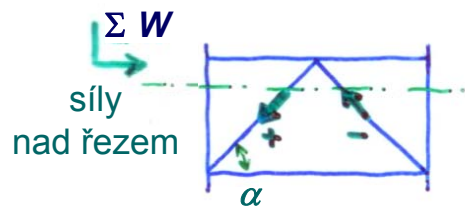
Pozn.: Vzpěrné délky viz NNK!!

Pro spojené zkřížené diagonály:



L_{cr} v rovině = $L/2$
 L_{cr} z roviny = $L/2$

Vnitřní síly (průsečná metoda): (Ize použít jen pro vodorovné zatížení !)

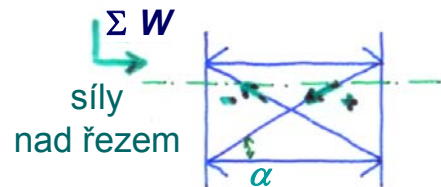


$$D \cong \pm \frac{1}{2} \frac{\Sigma W}{\cos \alpha}$$

U nízkých skeletů a hal lze předpokládat vybočení tlačných prutů (jinak vede k velkým průhybům !!):



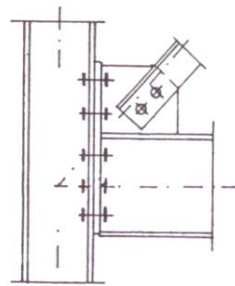
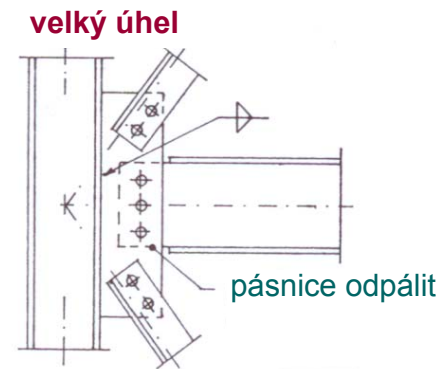
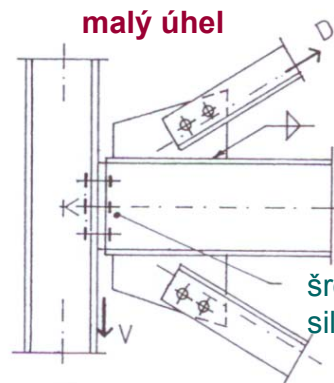
$$D = + \frac{\Sigma W}{\cos \alpha}$$



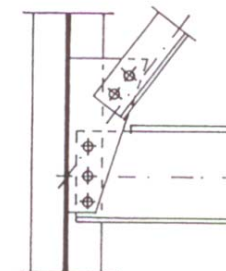
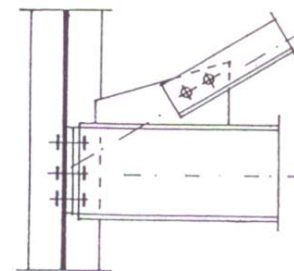
$$D \cong \pm \frac{1}{2} \frac{\Sigma W}{\cos \alpha}$$

Přibližné řešení pro vnitřně neurčitou soustavu (osové deformace zanedbány !)

Detaily příhradových ztužidel:



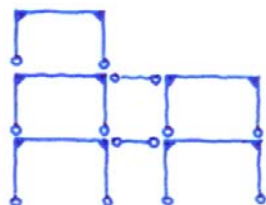
Analogicky přípoj na stojinu sloupu:



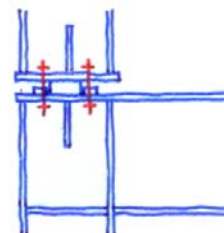
Návrh rámových ztužidel

Jsou méně tuhá → proto hustěji (často všechny vazby !!).

Dříve problémy s montáží tuhých styčnicků, proto se navrhovaly jednoduché rámy s kloubov. např.:



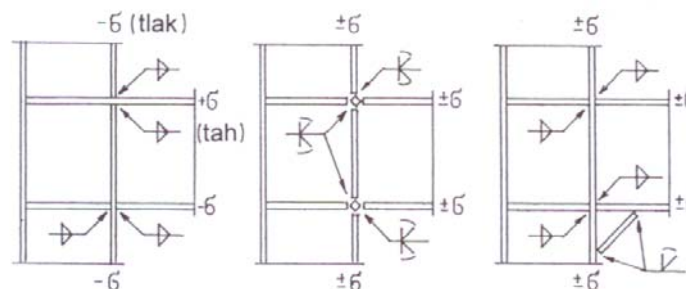
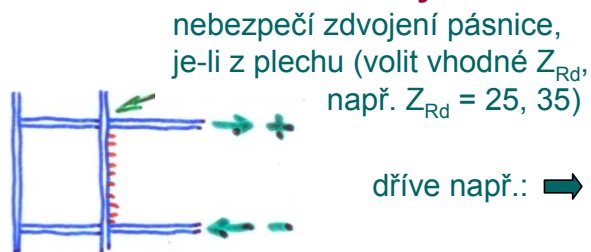
konstrukce kloubu:



Dnes:

1. Rámové rohy s předpjatými VP šrouby (viz stropy).

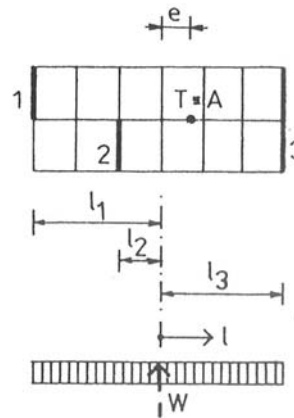
2. Svařované rámové rohy:



Doplňující informace

Rozdělení zatížení na ztužidla - nesouměrný případ

Těžiště ztužidel lze stanovit pro fiktivní průřez sestavený z tuhostí ztužidel (opět jsou přibližně uvažována jen ztužidla rovnoběžná se zatížením). Těžiště T se shoduje se středem smyku A , nejsou-li ztužidla zalomená (potom to platí jen přibližně). Vzdálenosti l_i je nutné zavádět s ohledem na znaménko. Obecně:

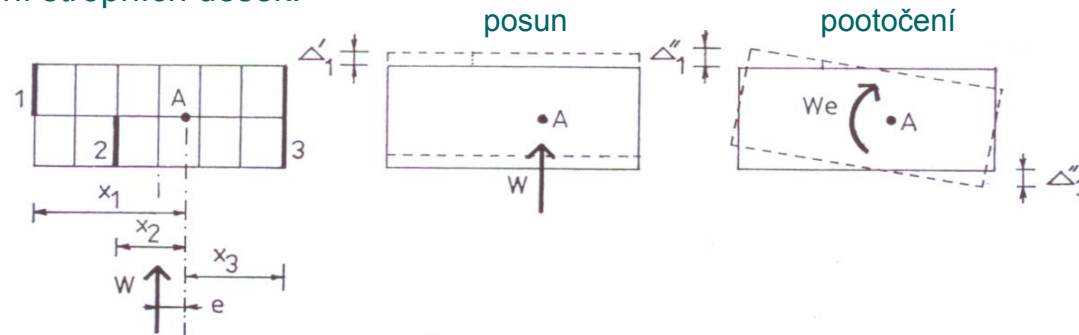


$$e = \frac{\sum_i l_i \frac{1}{\delta_i}}{\sum_i \frac{1}{\delta_i}}$$

Pro příhradová ztužidla lze opět psát (symboly viz výše u symetrického případu):

$$e = \frac{\sum_i l_i I_i}{\sum_i I_i}$$

Rozdělení zatížení např. na příhradová ztužidla po rozložení na posun a tuhé pootočení stropních desek:



Pro posun:
$$W_i' = W \frac{I_i}{\sum I_i}$$

Pro pootočení platí:
$$W_1'' x_1 + W_2'' x_2 + \dots = We \quad \text{a dále} \quad \frac{\Delta_1''}{x_1} = \frac{\Delta_2''}{x_2} = \dots$$

odtud:
$$W_i'' = We \frac{I_i x_i}{\sum I_i x_i^2} \quad (\text{kde } \Delta_1'' = \frac{W_1''}{W I_1} \text{ atd.})$$

Výsledné namáhání ztužidel:

$$W_i = W_i' + W_i'' = W \left(\frac{I_i}{\sum I_i} + e \frac{I_i x_i}{\sum I_i x_i^2} \right)$$

OK01 – Ocelové konstrukce (6)

30