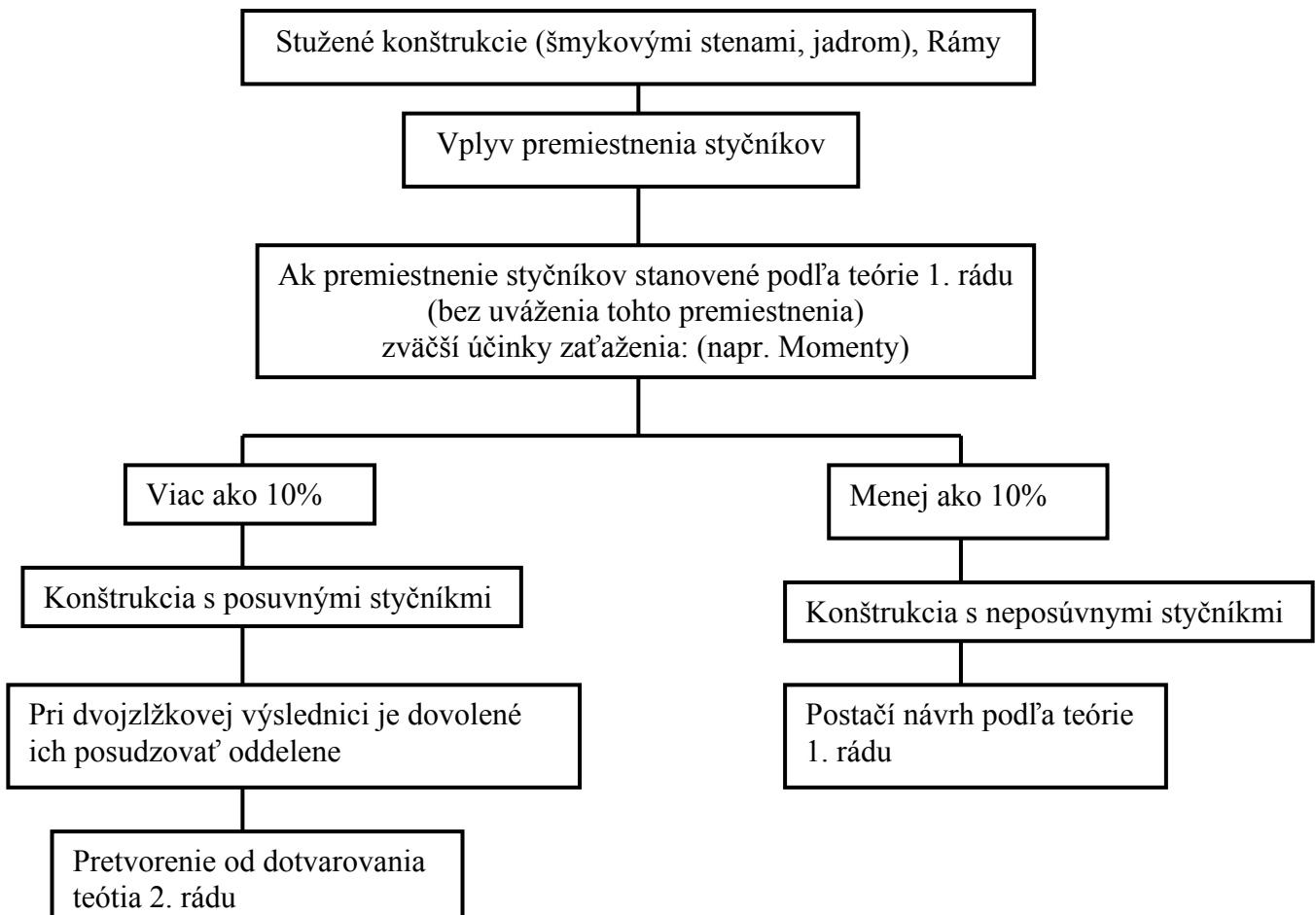


Obr. 1



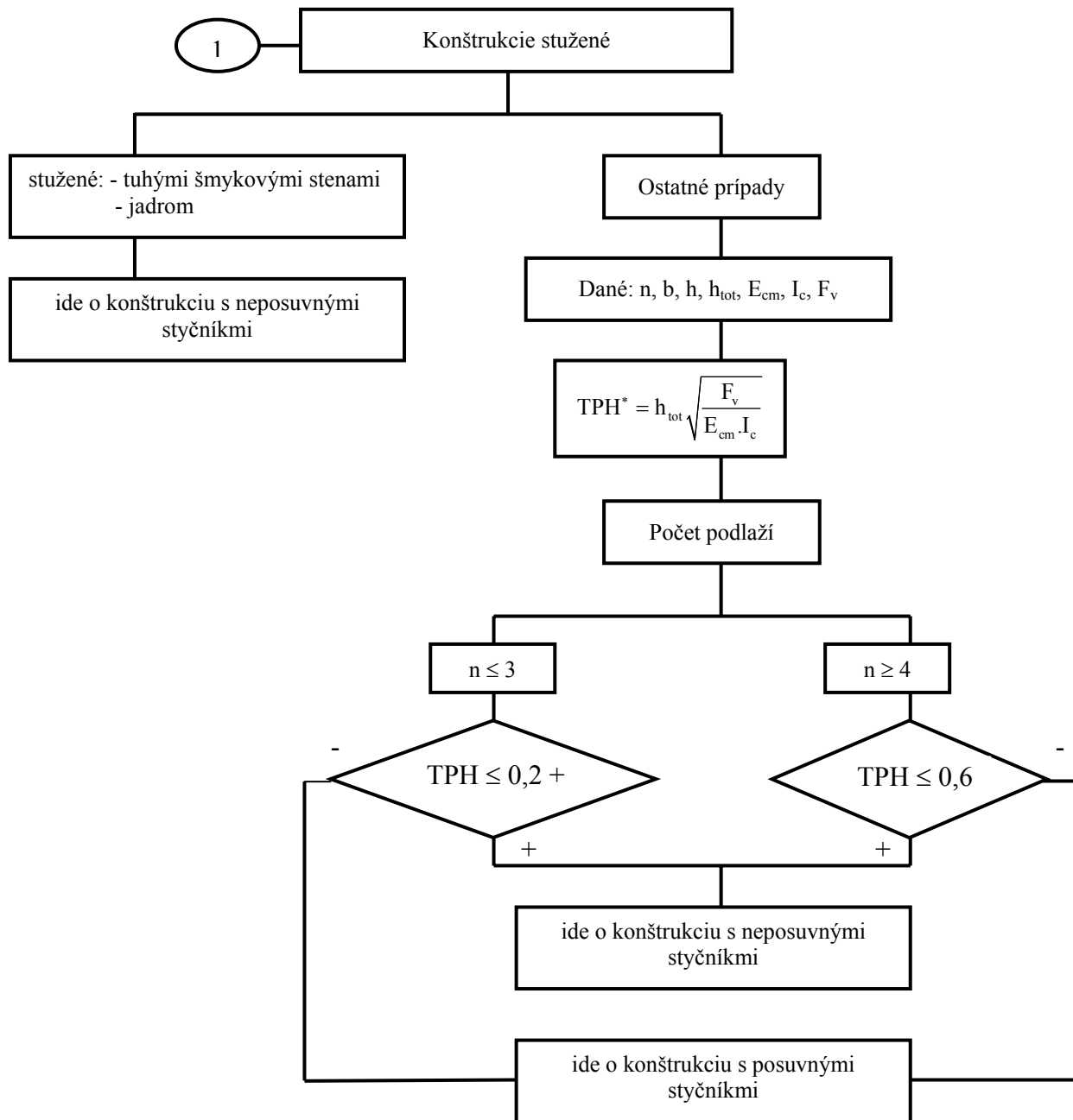
Obr. 2

Použité označenie pri návrhu stĺpov

l_{eff}	-účinné rozpätie prvku
l	-dĺžka stĺpa
b, h	-rozmery prierezu stĺpa
e_0	-excentricita 1. rádu
e_{01}, e_{02}	-excentricita na koncoch stĺpa
e_e	-ekvivalentná excentricita
e_2	-excentricita 2. rádu stanovená približnými metódami
e_{tot}	-celková excentricita
λ	-štíhlostný pomer
K_1, K_2	-koeficienty
$1/r$	-krivosť vo votknutí
h_{tot}	-celková výška konštrukcie meraná od hornej plochy základu alebo inej nedeformovateľnej vrstvy
$E_{cm}F_c$	- Σ menovitých
λ_{lim}	-limitná štíhlosť
λ_{krit}	-kritická štíhlosť

Nutné posudzovanie na účinky 2. rádu

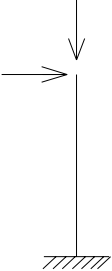
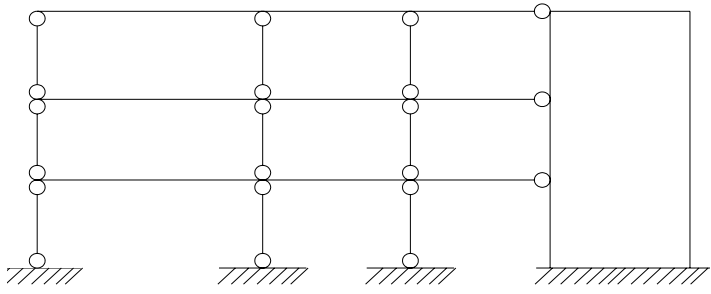
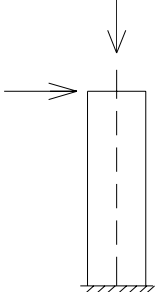
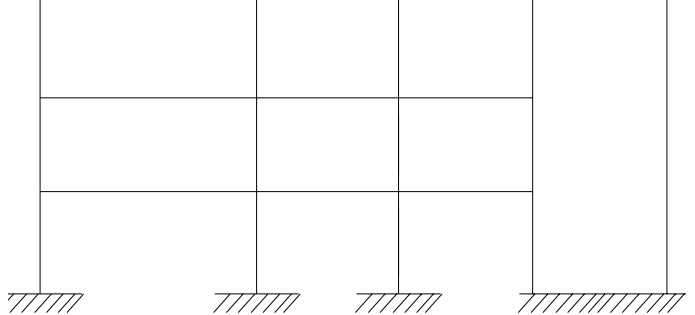
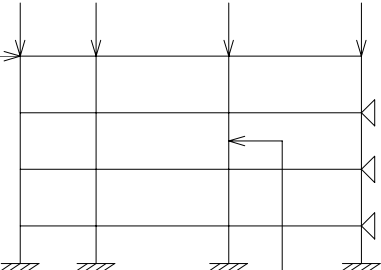
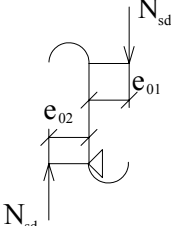
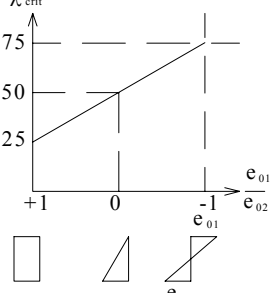
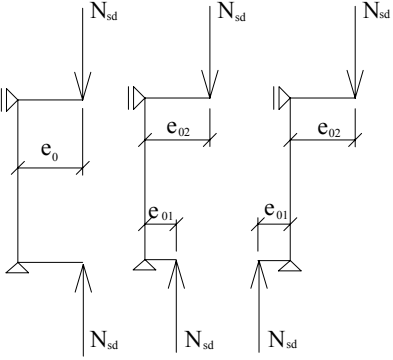
Konštrukcie s posuvnými styčnými	Ostatné konštrukcie	Osamelé stĺpy	Osamelé stĺpy v konštrukcii s neposuvnými styčnými	Štíhle prvky
nutné individuálne rozhodnúť	o nutnosti sa rozhoduje ako u osamelých stĺpov l_0 sa stanoví s prihliadnutím na deformáciu ako celok l_0 sa určí z diagramu obr. 3.4.3	nie je potrebné posudzovať, ak: $\lambda = \frac{l_0}{i} \leq 25$ resp. $\lambda \leq \frac{15}{\sqrt{\nu_u}}$	nie je potrebné posudzovať, ak: $\lambda < 25 \left(2 - \frac{e_{01}}{e_{02}} \right)$ pričom: $ e_{01} \leq e_{02} $ koncové oblasti stĺpov sa musia navrhovať na : $N_{rd} = N_{sd}$ $M_{Rd} = N_{sd} \cdot \frac{h}{20}$	Sa musia posúdiť aj na vplyv 2. rádu aj v druhej hlavnej osi $e_a = \nu \frac{l_0}{2}$ $\nu = \frac{1}{100\sqrt{I}}$ $\nu \geq \frac{1}{200}$
		V ostatných prípadoch áno		
Poznámka:				
λ -štíhlostný pomer		e_{01}, e_{02} -koncová excentricita stĺpa	N_{Rd} -medzná hodnota	
l_0 - účinná dĺžka stĺpa		e_a -doplňková excentricita	návrhovej tlakovej sily	
l - dĺžka stĺpa		i -polomer zotrvačnosti	M_{Rd} -medzná hodnota	
ν_u -súčiniteľ pomerovej osovej sily prvku			návrhového ohybového momentu	



- TPH* - tuhosť stužujúcich prvkov v horizontálnom smere
- n - počet podlaží
- b,h - rozmery stĺpov
- E_{cm} - stredná hodnota modulu pružnosti
- $E_{cm} \cdot I_c$ - Σ menovitých ohybových tuhostí všetkých zvislých stužujúcich prvkov pôsobiacich v uvažovanom smere
- ťahové päte v betóne v stužujúcich prvkoch pri rozhodujúcej kombinácii charakteristických hodnôt zaťaženia musí byť menšie ako $f_{ctk,0,05}$
 - ak sa tuhosť stuženia po výške mení, použije sa ekvivalentná tuhosť
- F_v - Σ charakteristických hodnôt všetkých zvislých zaťažení pôsobiacich na stužujúce prvky i na zaťažovanú časť

2

Osamelé stĺpy

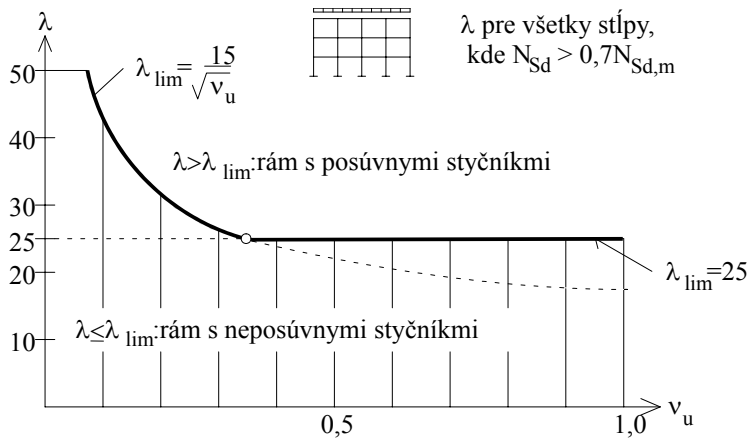
<p>Samostatný osamelý stĺp</p>	<p>Kĺbové uložené stĺpy v konštrukcii s neposúvnymi styčnýmimi</p>	
		
<p>Štíhly stužujúci prvok vyšetrovaný ako osamelý stĺp</p>	<p>Stĺpy s votknutými koncami v konštrukcii s neposúvnymi styčnýmimi</p>	
		
<p>Meddná štíhlosť pre osamelé prvky a rámy s tuhými styčnýmimi, alebo pružne votknutými koncami v konštrukciách s neposúvnymi styčnýmimi</p>		
<p>Statický systém</p> 	<p>Idealizácia uvažovaného stĺpa</p> 	<p>Kritický štíhlastný pomer</p> 
<p>Určenie ekvivalentnej excentricity e_e štíhlych osamelých stĺpov</p>  <div style="margin-left: 200px;"> $e_{02} \geq e_{01}$ $e_e \geq 0,6 \cdot e_{02} + 0,4 \cdot e_{01}$ $e_e \geq 0,4 \cdot e_{02}$ </div>		

Účinné dĺžky stĺpov s posuvnými a neposuvnými styčnicami

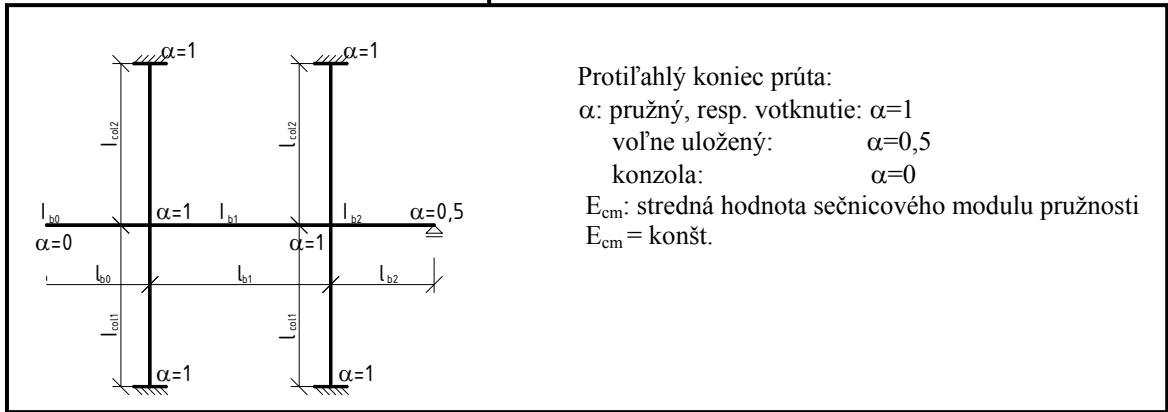
	Neposuvné styčnice				Posuvné styčnice		
	u = 0	u = 0	u = 0	u = 0	voľný okraj	všeob. prípad	
Tlačený prvok - schéma							
	u = 0	u = 0 φ = 0	u = 0 φ = 0	u = 0 φ ≠ 0	u = 0 φ = 0	u = 0 φ = 0	u = 0 φ = 0
β	1,0	0,7	2,0	0,5 ~ 1,0	2,0	1,0	1 ~ ∞
$l_o = \beta \cdot l_{col}$							
<p><i>Poznámka:</i> u – vodorovný posun styčnice, φ – pootočenie styčnice, l_{col} - dĺžka stĺpa meraná medzi stredmi uloženia, $\lambda = \frac{l_o}{i}$ - štíhlostný pomer, l_o - vzperná dĺžka. Uvažuje sa ako pri stĺpoch s posuvnými styčnicami</p>							

Medzné hodnoty λ u rámov bez stužujúcich prvkov

Rámy bez stužujúcich prvkov	
s posuvnými styčnicami	s neposuvnými styčnicami
$\lambda_{lim} = 25$	
$\lambda_{lim} = \frac{15}{\sqrt{v_u}} \quad (3.4.7)$	$\lambda \leq \lambda_{lim} \quad (3.4.9)$
$\lambda > \lambda_{lim} \quad (3.4.8)$	



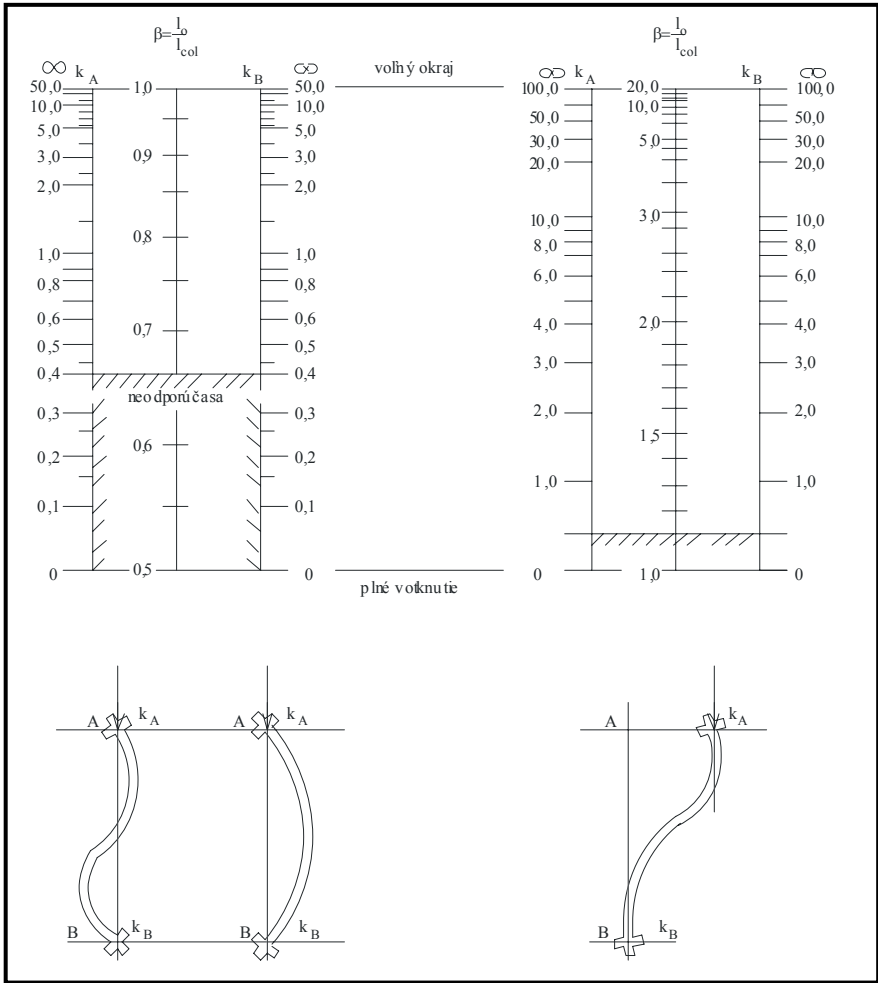
4 Vzperná dĺžka l_0



Stĺpy: $I_{col1} = \frac{1}{12} b_{st1} \cdot h_{st1}^3$ Priečle: $I_{b1} = \frac{1}{12} b_1 h_1^3$
 $I_{col2} = \frac{1}{12} b_{st2} \cdot h_{st2}^3$ $I_{b2} = \frac{1}{12} b_2 h_2^3$

β Tab. 3.4.1

Grafické riešenie

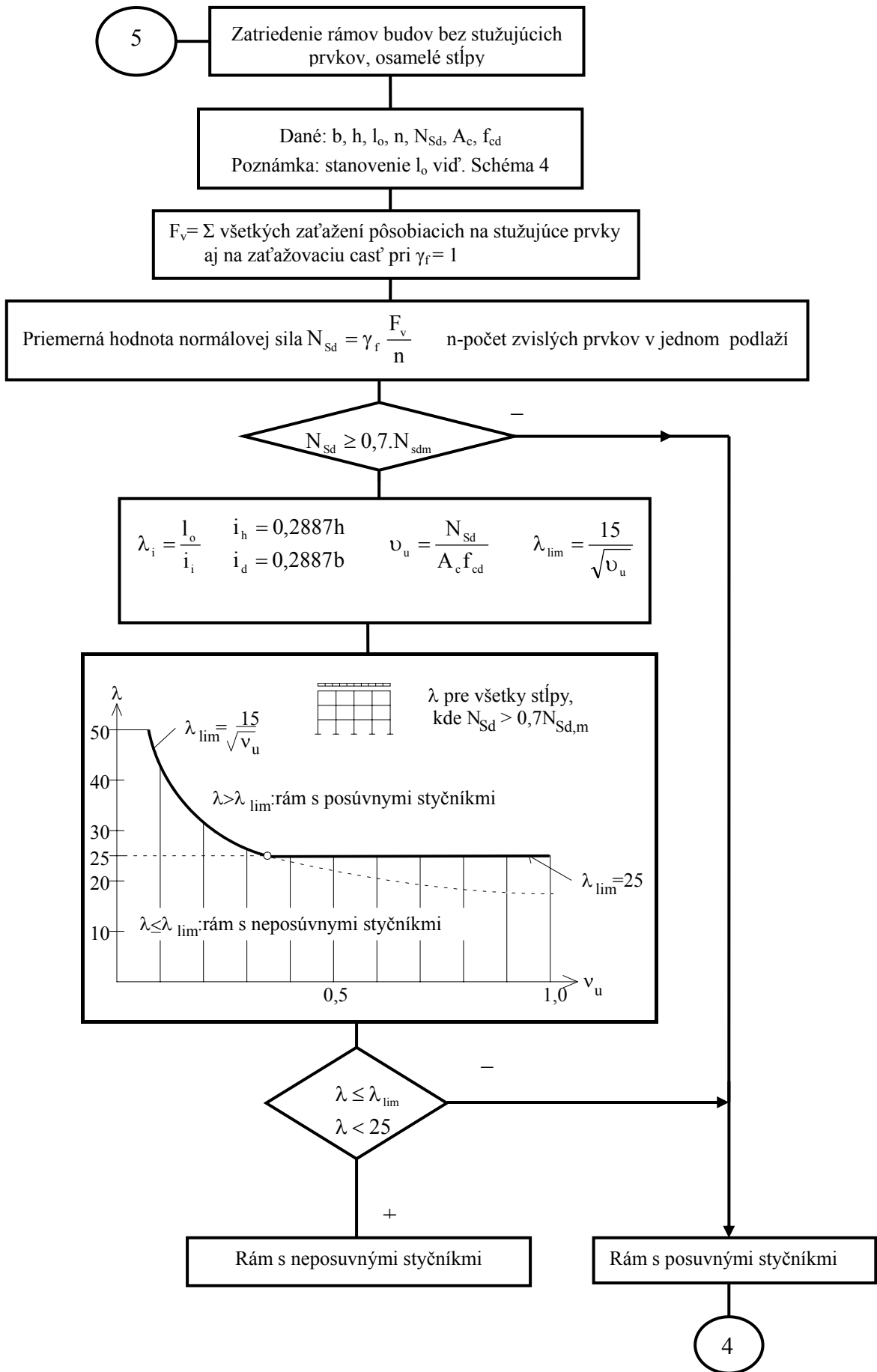


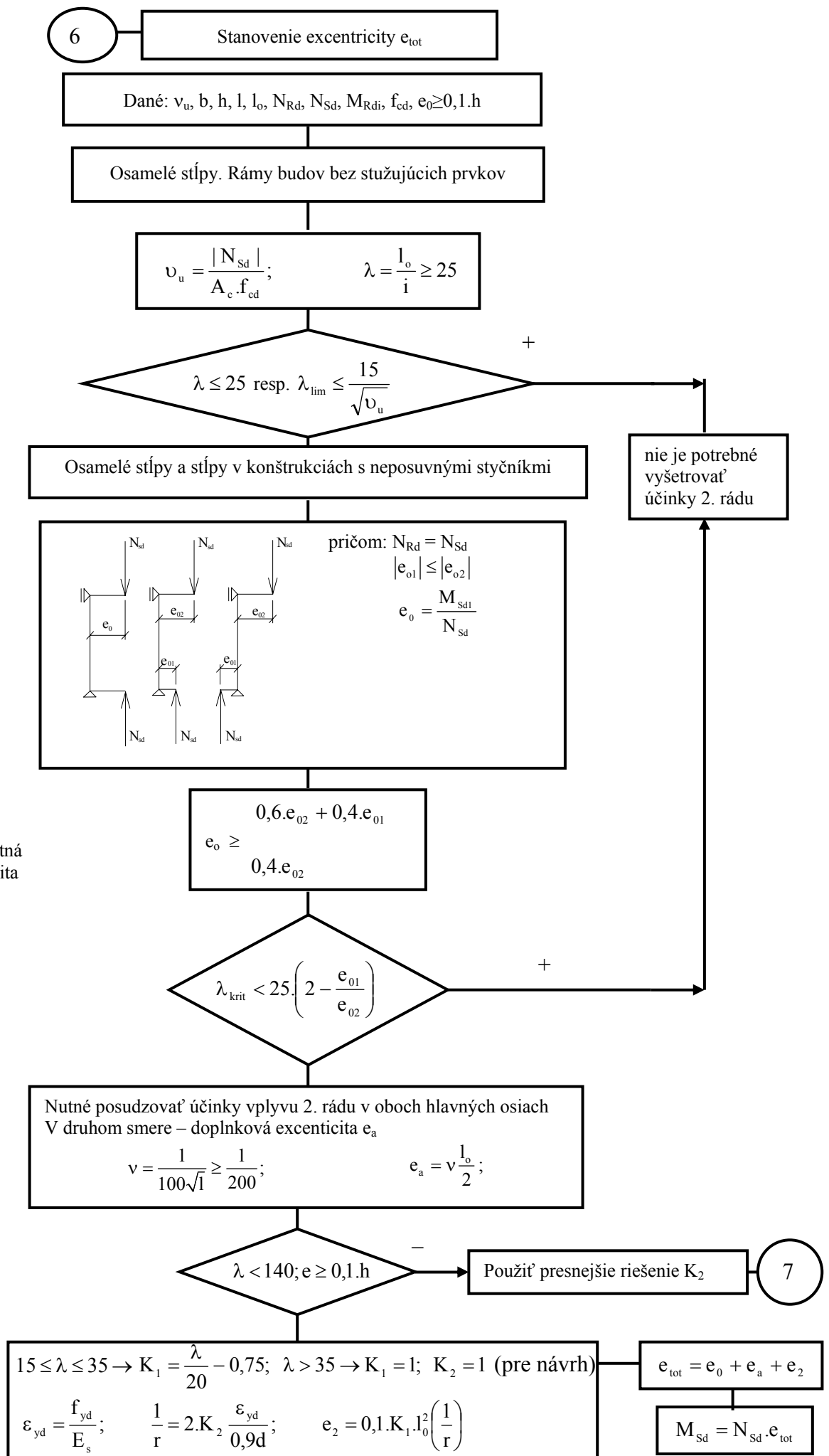
$$k_i = \frac{\sum \frac{E_{cm} \cdot I_{col}}{l_{col}}}{\sum \frac{E_{cm} \cdot (\alpha I_b)}{l_{eff}}}$$

príklad: $E_{cm} = \text{konšt.}$

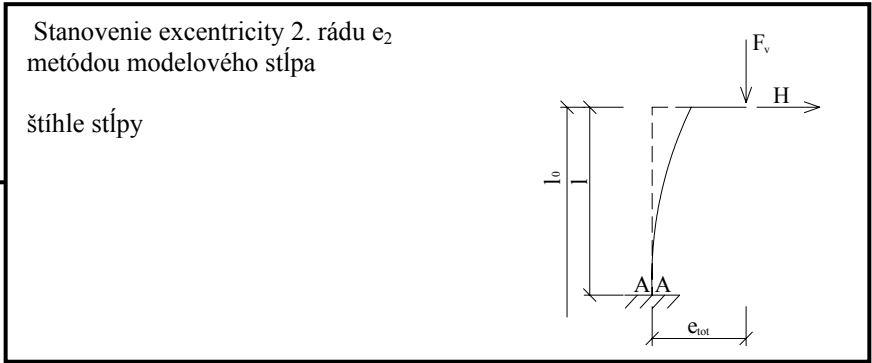
$$k_A = \frac{\frac{I_{col1}}{l_{col1}} + \frac{I_{col2}}{l_{col2}}}{\frac{0 \cdot I_{b0}}{l_{b0}} + \frac{1 \cdot I_{b1}}{l_{b1}}}$$

Nomogram pre výpočet účinnej dĺžky a)pevné styčníky b) posuvné styčníky





7



Dané: $\lambda, b, h, e_o, f_{yd}, E_s, l_o, N_{Sd}, A_c, A_s$

$\lambda < 140; \quad e_o \geq 0,1 h$

$15 \leq \lambda \leq 35 \rightarrow K_1 = \frac{\lambda}{20} - 0,75; \quad \lambda > 35 \rightarrow K = 1$

$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s}; \quad N_{ud} = \alpha f_{cd} A_c + f_{yd} A_s; \quad N_{bal} \cong 0,4 f_{cd} A_c \quad \text{ak } b = h$

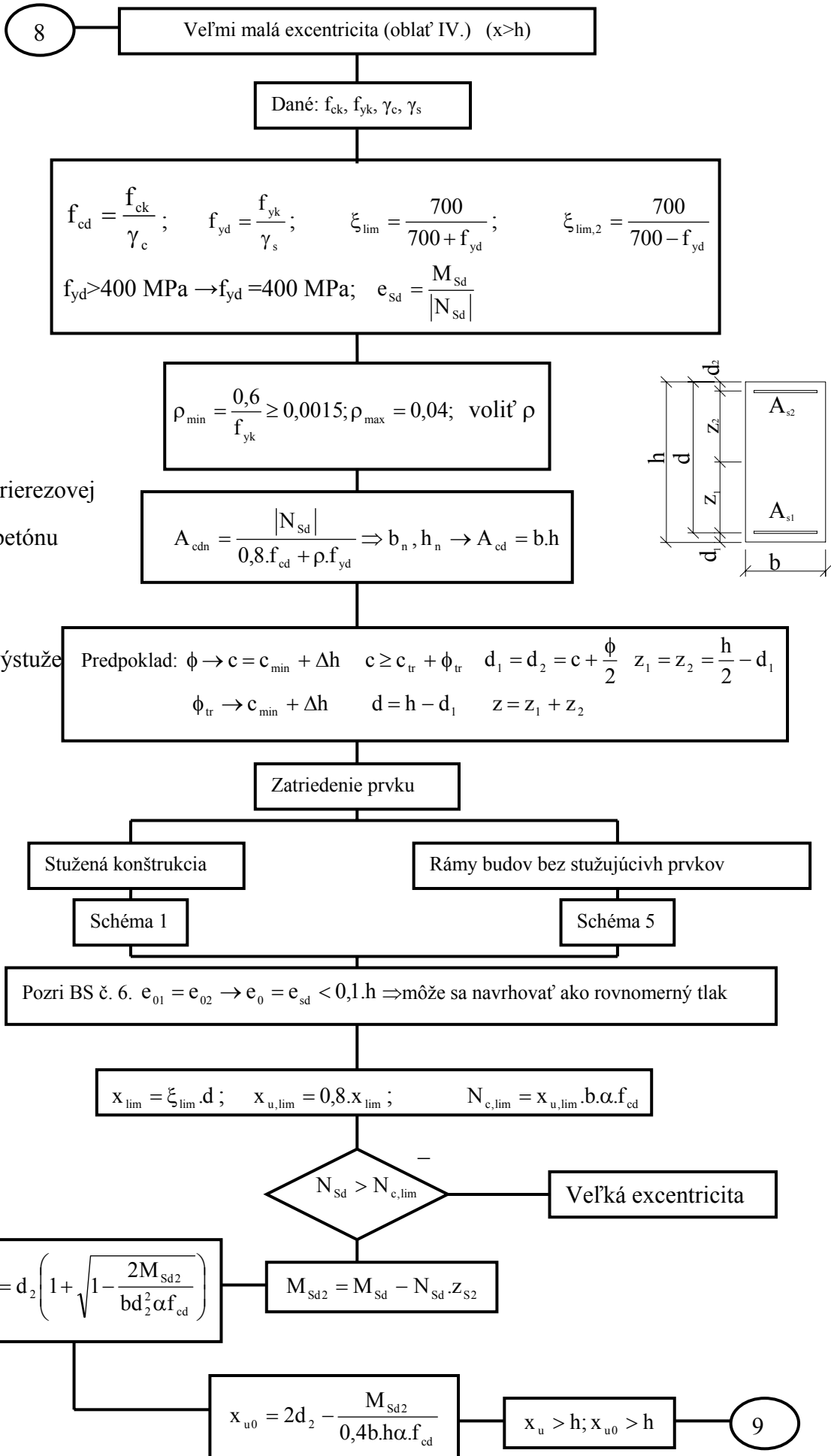
$K_2 = \frac{N_{ud} - N_{Sd}}{N_{ud} - N_{bal}} \leq 1 \quad \text{bezpečne } K_2 = 1$

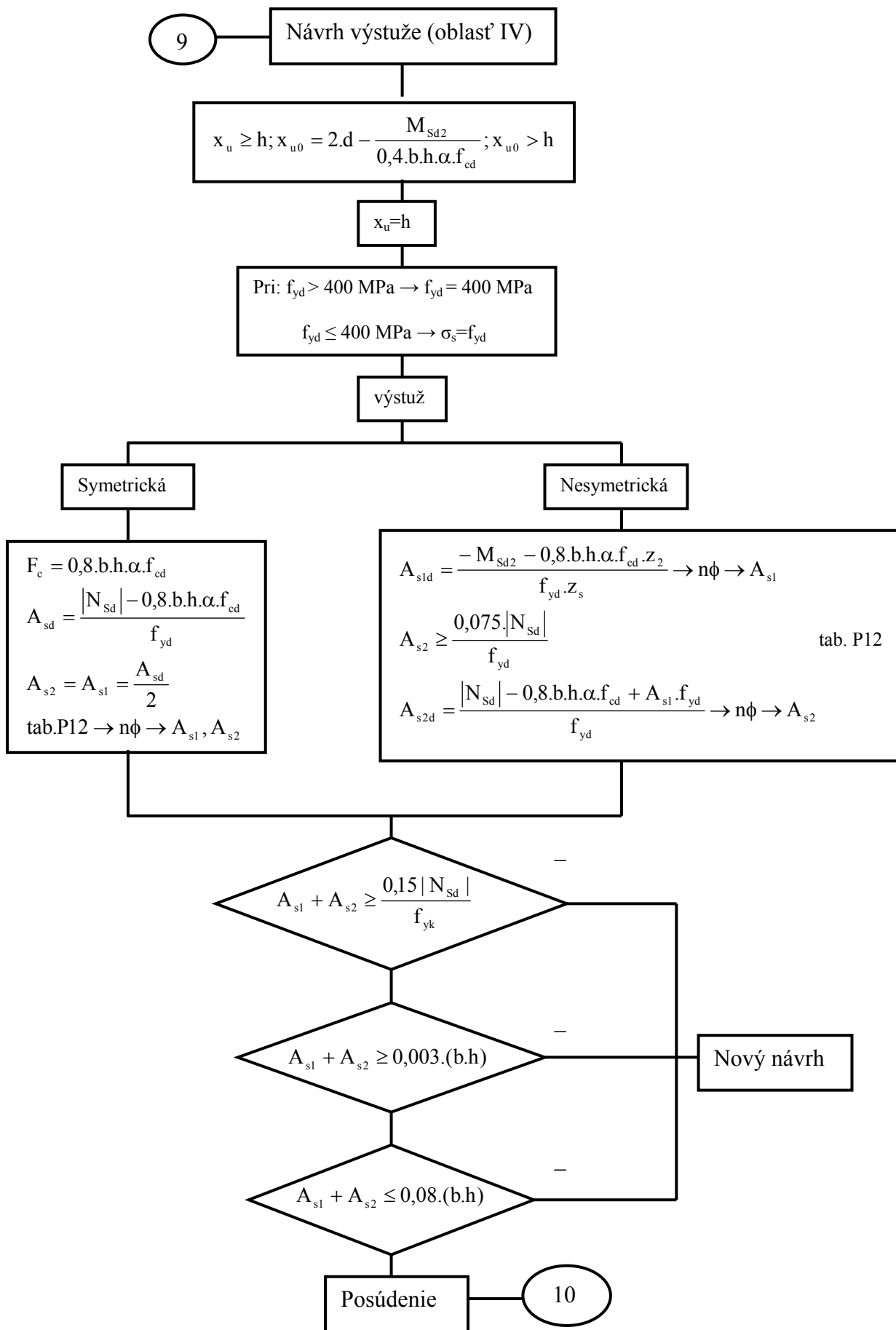
$\frac{1}{r} = \frac{2 \cdot K_2 \cdot \varepsilon_{yd}}{0,9 \cdot d}; \quad \varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s}$

$e_2 = 0,1 K_1 l_o^2 \left(\frac{1}{r} \right)$

$e_{tot} = e_o + e_a + e_2$

$M_{Sd} = N_{Sd} \cdot e_{tot}$





10

Posúdenie pre veľmi malú excentricitu (oblasť IV.)

Dané: $b, h, A_{s1}, A_{s2}, e_{tot} = e_0 < 0,1 \cdot h, x_u < h, \xi_{lim}, \xi_{lim,2}$
 Poznámka: v prípade zmeny ϕ oproti predpokladanému profilu je nutné upraviť hodnoty $c \rightarrow d_1, d_2, d, \xi_{lim,2}, f_{yd} \geq 400 \text{ MPa} \Rightarrow f_{yd} = 400 \text{ MPa}$

$$\xi_{lim} \geq \xi_{lim,2} \cdot \frac{d_2}{d}$$

$$\sigma_{s2} = 700 \frac{\xi_{lim} \cdot d - d_2}{\xi_{lim} \cdot d} < f_{yd}$$

$$\sigma_{s2} = f_{yd} \leq 400 \text{ MPa}$$

$$N_{R,lim} = (0,8 \cdot \xi_{lim}) \cdot b \cdot \alpha \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \sigma_{s2} + A_{s1} \cdot f_{yd}$$

$$N_{Rd,lim} < |N_{Sd}|$$

Prevláda ohyb

Prevláda tlak-malá excentricita

$$F_c = (b \cdot h) \cdot \alpha \cdot f_{cd}; F_s = (A_{s1} + A_{s2}) \cdot f_{yd}; N_{Rde} = 0,8 \cdot F_c + F_s$$

Nový návrh

$$N_{Rde} > N_{Sd}$$

6

$$N_{Rd0} = F_c + F_s; M_{Rd0} = 0 \text{ pri symetrickej výstuži}$$

$$M_{Rd0} = (A_{s2} \cdot z_2 - A_{s1} \cdot z_1) \cdot f_{yd}$$

$$M_{Rd,lim} = (0,8 \cdot \xi_{lim} \cdot d) \cdot b \cdot (0,5 \cdot h - 0,4 \cdot \xi_{lim} \cdot d) \cdot \alpha \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot f_{yd} \cdot z_2 + A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot z_1$$

$$M_{Rd} = M_{Rd0} + \frac{M_{Rd,lim} - M_{Rd0}}{N_{Rd0} - N_{Rd,lim}} (N_{Rd0} - |N_{Sd}|)$$

$$M_{Rd} \geq N_{Sd} \cdot e_{tot}$$

Nový návrh

Prierez vyhovuje

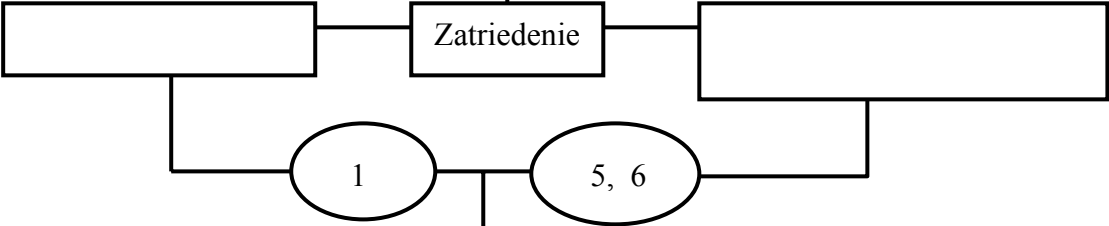
11

Návrh výstuže stĺpa do známeho prierezu- malá excentricita

Dané: $b, h, f_{ck}, f_{yk}, \gamma_c, \gamma_s, |N_{sd}|, M_{sd}$, trieda prostredia

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}; f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; \xi_{lim} = \frac{700}{700 + f_{yd}}; \xi_{lim2} = \frac{700}{700 + f_{yd}}; e_{sd} = \frac{M_{sd}}{|N_{sd}|}$$

Predpoklad: pozdĺžna výstuž: $\phi_1 = \phi_2; c = c_{min} + \Delta h$ $d_1 = d_2 = c + \frac{\phi}{2}$
 strmienok: $\phi_{tr}; c_{tr} = c_{min} + \Delta h \rightarrow c \geq c_{tr} + \phi_{tr}$ $d = h - d_1$
 $z = h - (d_1 + d_2); z_1 = z_2 = \frac{z}{2}$



$$N_{c,lim} = \xi_{u,lim} \cdot b \cdot d \cdot \alpha \cdot f_{cd} = x_{u,lim} \cdot b \cdot \alpha \cdot f_{cd}$$

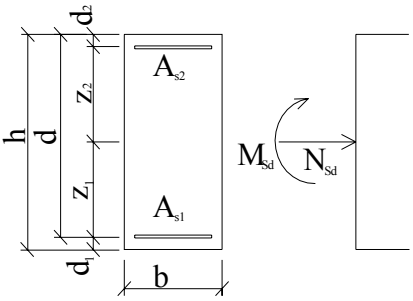
$N_{sd} > N_{c,lim}$ — Prevláda účinok momentu- veľká excentricita

20, 21

$$M_{sd2} = M_{sd} \cdot |N_{sd}| \cdot z_2$$

$$x_u = d_2 \left(1 + \sqrt{1 - \frac{2M_{sd2}}{b \cdot d_2^2 \cdot \alpha \cdot f_{cd}}} \right)$$

$$x_{u,lim} = \xi_{lim} \cdot d_2$$



$x_u > h$
resp.
 $x_{u0} > h$

Oblasť IV.

8

$x_{u,lim} \leq x_u \leq 0,8h$

Oblasť II.

14

$0,8h < x_u < h$

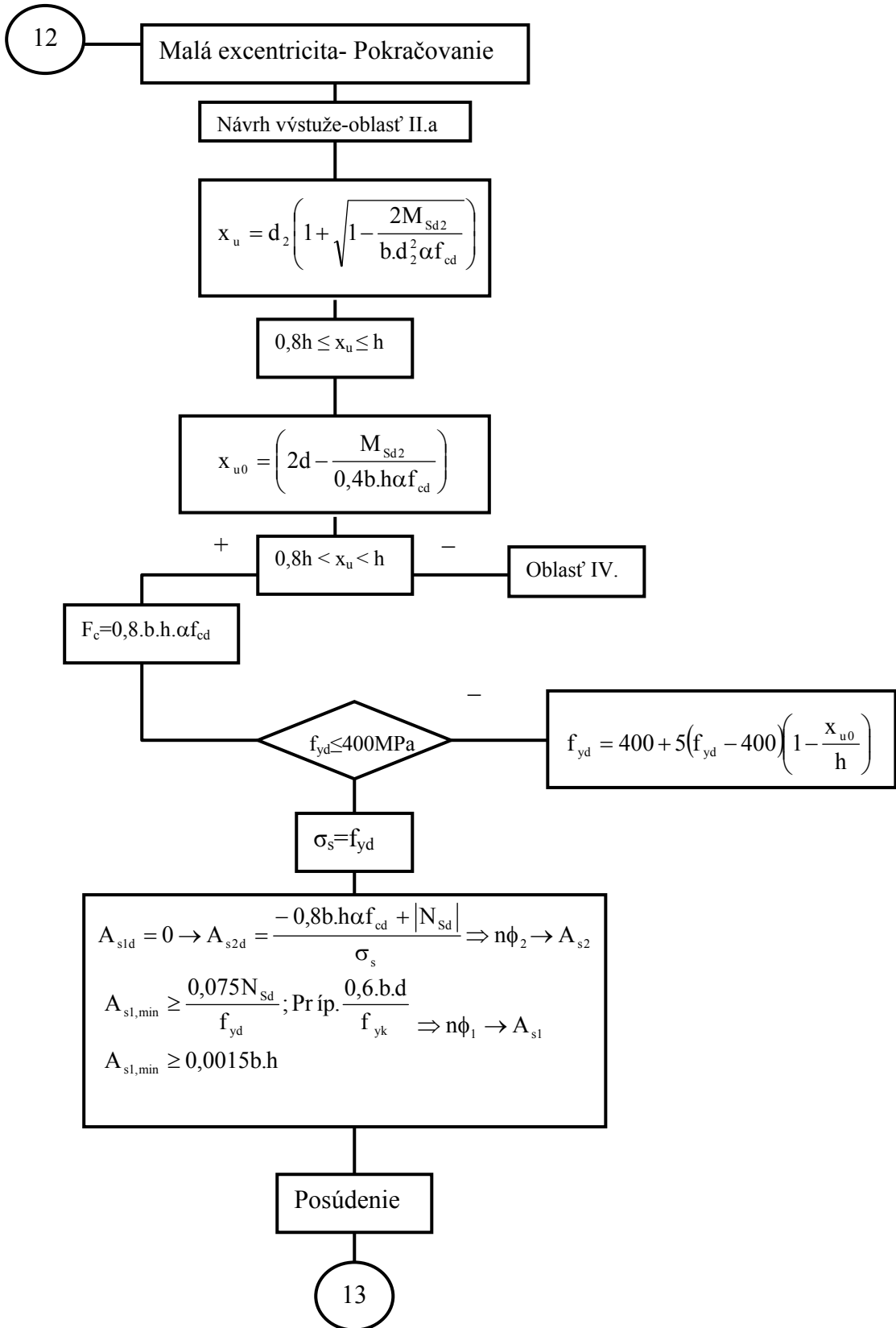
Oblasť II.a

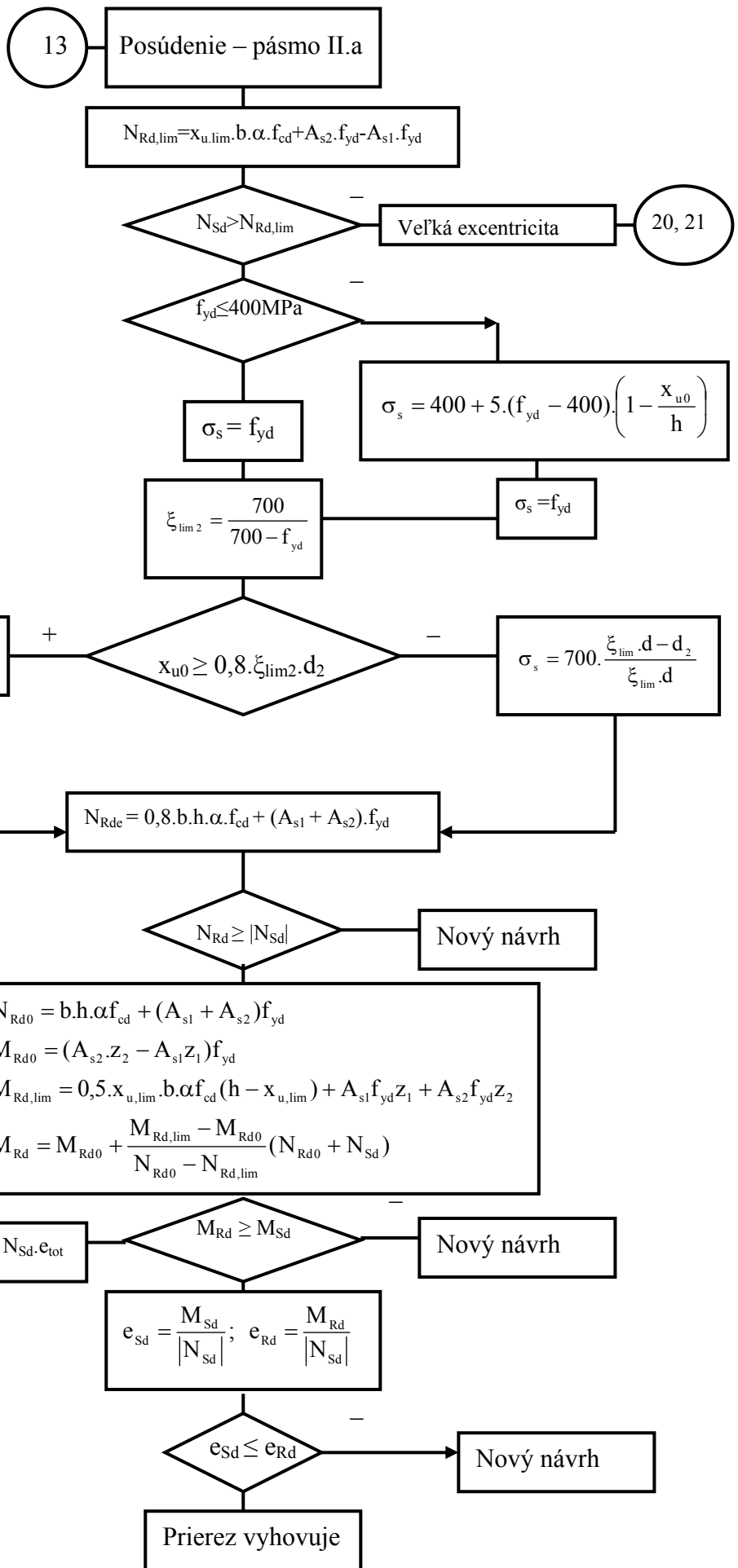
12

$x_u < \xi_{u,lim} = x_{u,lim}$
príp.
 x_u nereá ln e

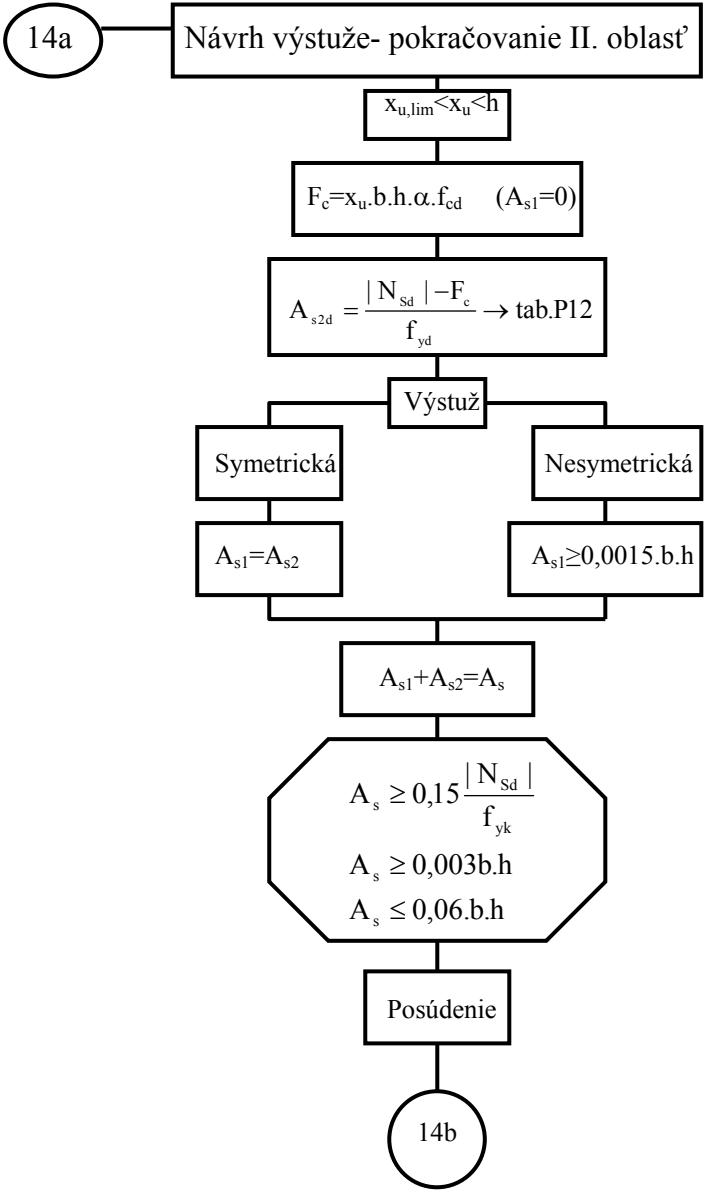
Oblasť I.

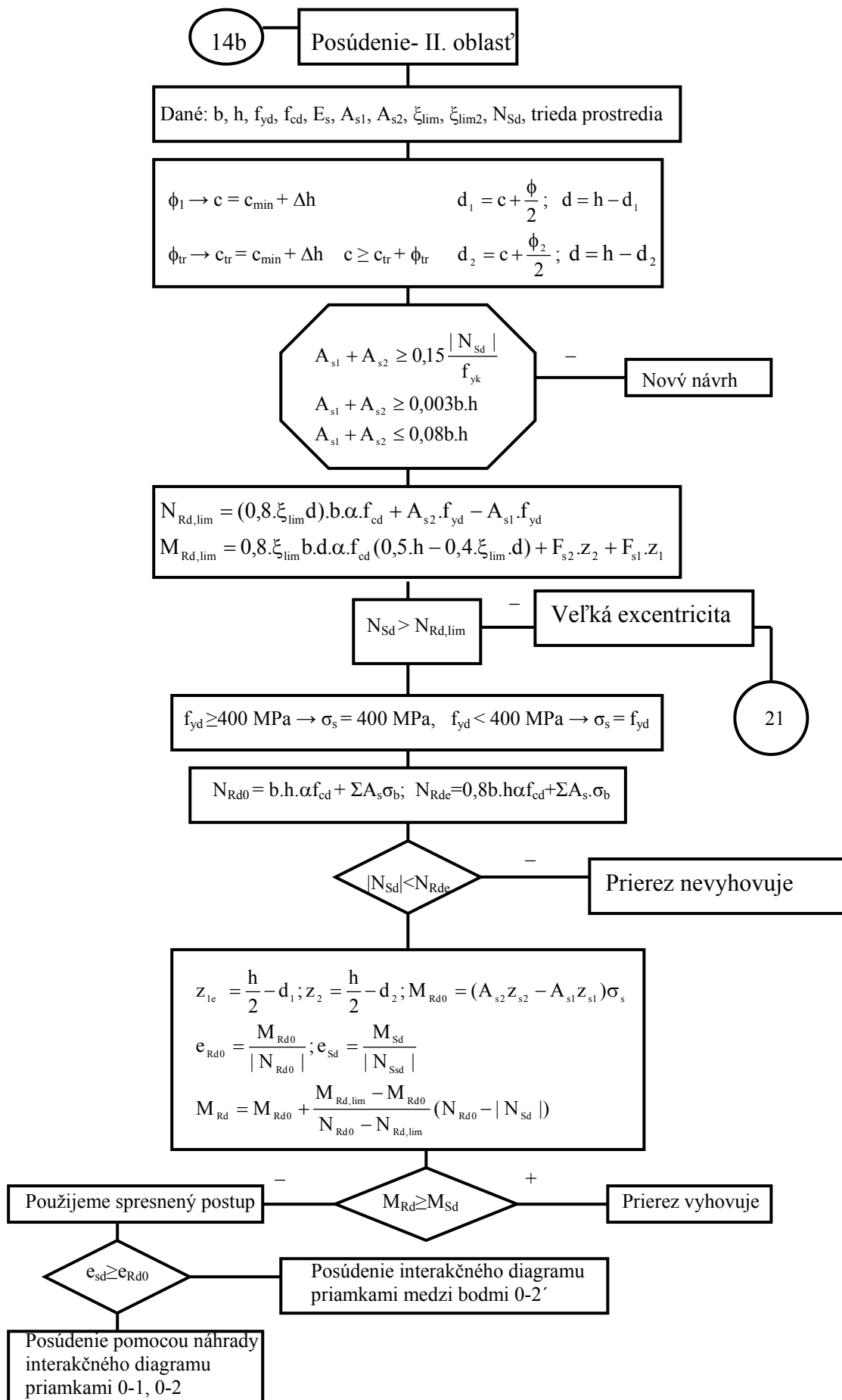
18

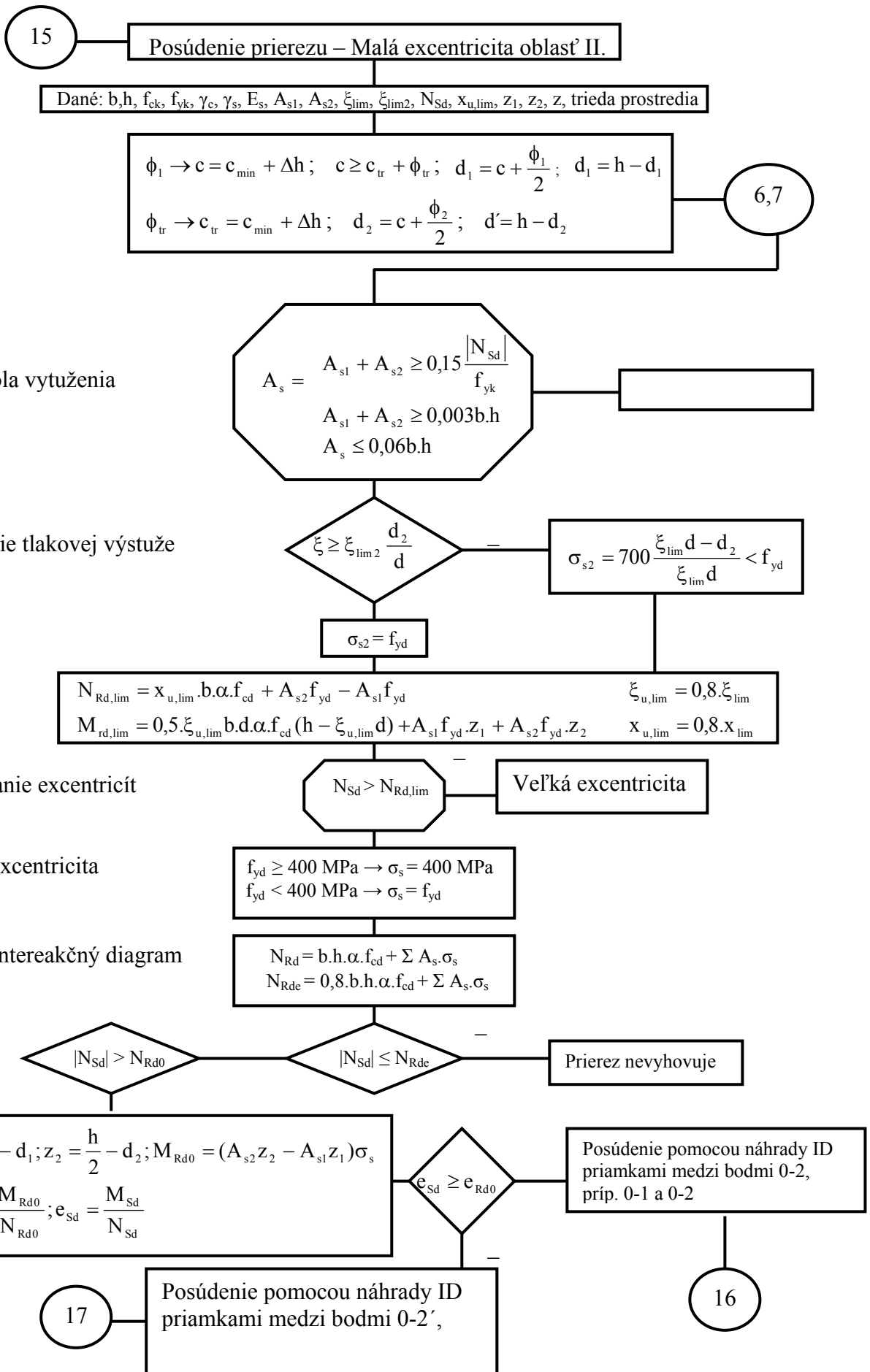


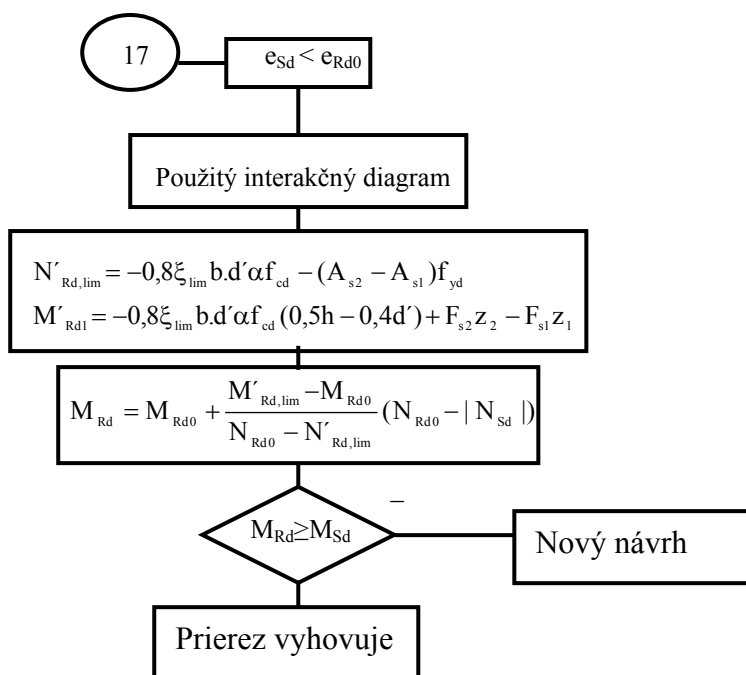
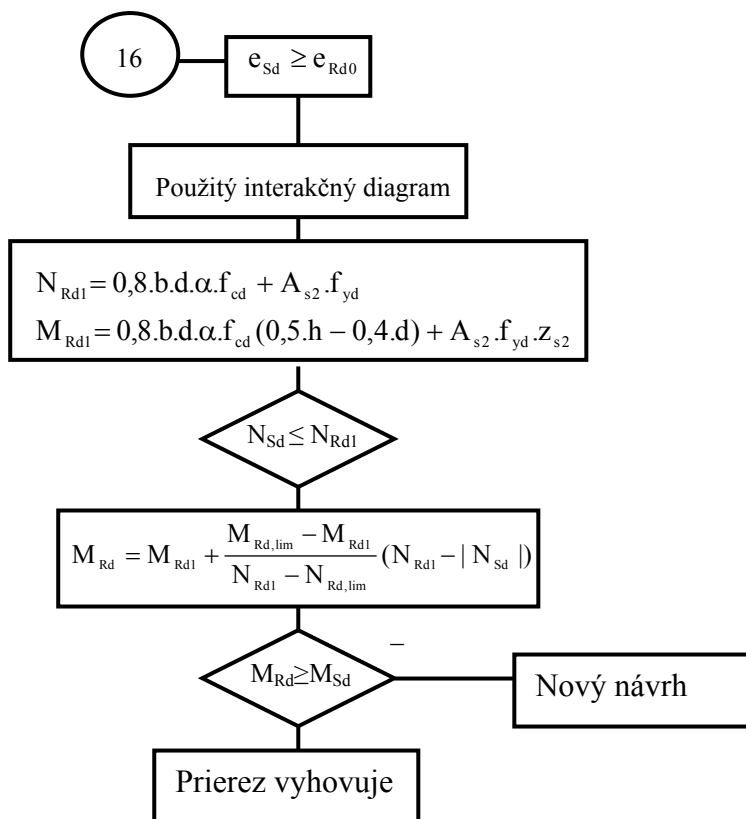


Využitá tlaková výstuž









18 Návrah výstuže- oblasť I. Malá excentricita- pokračovanie

$$x_u < x_{u,lim}$$

$$x_u = x_{u,lim}$$

$$N_{c,lim} = (\xi_{u,lim} \cdot d) \cdot b \cdot \alpha \cdot f_{cd}; \xi_{u,lim} = 0,8 \cdot \xi_{lim}$$

$$M_{b1} = N_{c,lim} \left(d - \frac{\xi_{u,lim} \cdot d}{2} \right)$$

$$M_{sd1} = M_{sd} + |N_{sd}| \cdot z_1$$

$$A_{s2d} = \frac{M_{sd1} - M_{b1}}{f_{yd} \cdot z_s} \rightarrow \text{tab.P12} \rightarrow n\phi \rightarrow A_{s2}$$

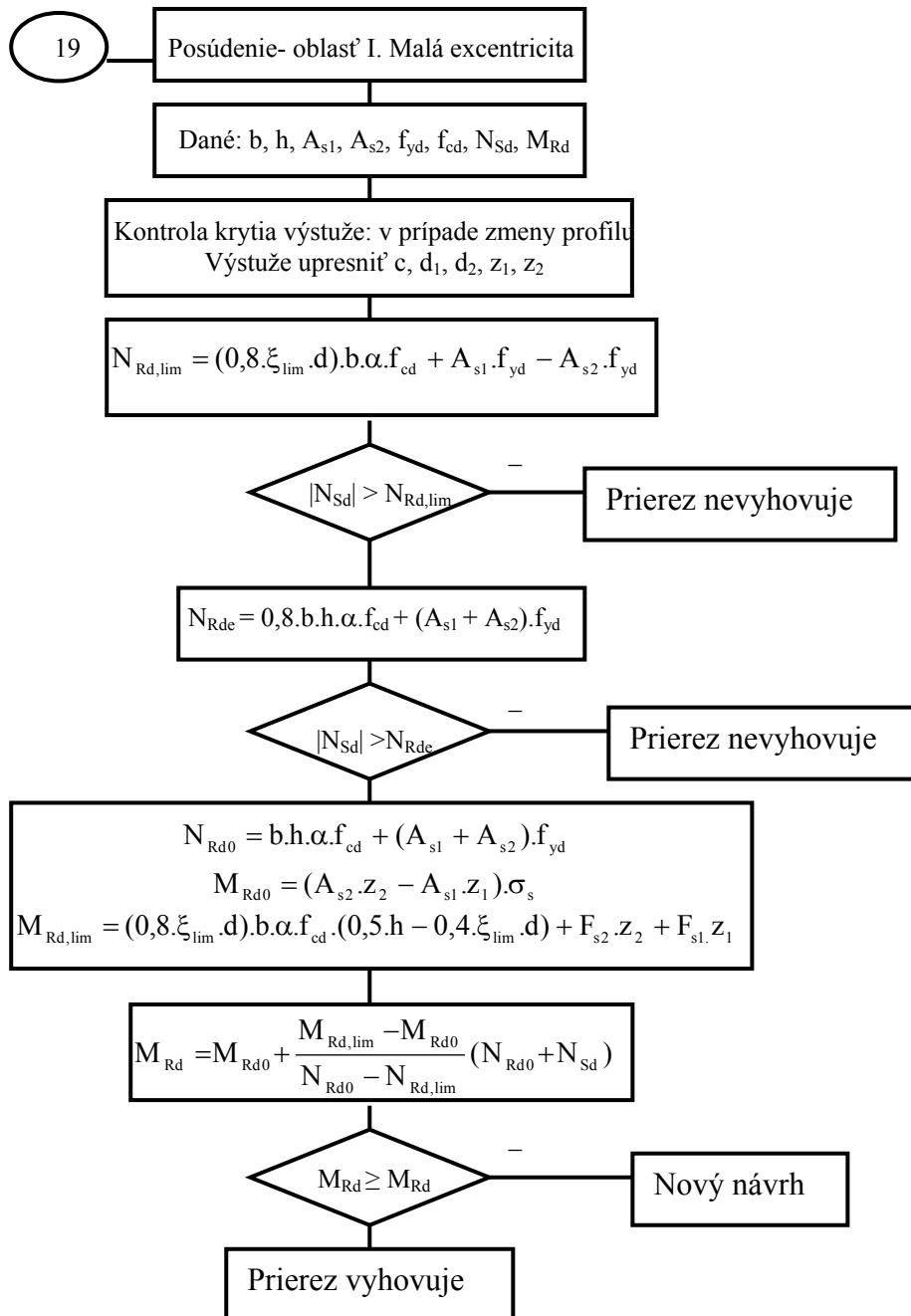
$$A_{s1d} = \frac{N_{c,lim} + A_{s2} \cdot f_{yd} - |N_{sd}|}{f_{yd}} \rightarrow \text{tab.P12} \rightarrow n\phi \rightarrow A_{s1}$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$A_s \geq 0,15 \frac{N_{sd}}{f_{yk}}$
 $A_s \geq 0,003b \cdot h$
 $A_s \leq 0,06b \cdot h$

Nový návrh výstuže

Posúdenie



20

Veľká excentricita – symetrická výstuž

$$N_{Sd} \leq N_{c,lim}$$

Predpoklad:

$$\sigma_{s1} = \sigma_{s2} = f_{yd}; \quad N_{s1} = N_{s2}$$

$$x_u = \frac{N_{Sd}}{b \cdot \alpha \cdot f_{cd}}; \quad \xi = \frac{x_u}{0,8 \cdot d}$$

$$\xi_{lim,2} \frac{d_2}{d} \leq \xi_{lim}$$

$$\sigma_{s2} = 700 \frac{\xi_{lim} \cdot d - d_2}{\xi_{lim} \cdot d}$$

$$\sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$\sigma_{s2} \leq f_{yd}$$

$$\xi \leq \xi_{lim}$$

$$f_{yd} = \sigma_{s1} = \varepsilon_{s1} \cdot E$$

$$\sigma_{s1} = f_{yd}$$

Oblasť III.

$$x_u < x_{u,lim}$$

$$A_{sd} = \frac{M_{Sd} - 0,5 \cdot b \cdot x_u \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot (h - x_u)}{f_{yd} \cdot (z_1 + z_2)}$$

$$A_{sd} \rightarrow A_{s1} = A_{s2} \rightarrow n \phi, \text{ tab. P12}$$

Oblasť I.

$$x_u > x_{u,lim} \rightarrow x_u = x_{u,lim}$$

$$A_{sd} = \frac{M_{Sd} - b \cdot x_{u,lim} \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \left(\frac{h}{2} - \frac{x_{u,lim}}{2} \right)}{f_{yd} \cdot (z_1 + z_2)}$$

$$A_{sd} \rightarrow A_{s1} = A_{s2} \rightarrow n \phi, \text{ tab. P12}$$

$$A_{s1} \geq 0,0015 \cdot b \cdot h; \quad A_{s2} \geq 0,0015 \cdot b \cdot h$$

$$A_{s1} \geq \frac{0,6 \cdot b \cdot d}{f_{yk}}; \quad A_{s2} \geq 0,075 \frac{|N_{Sd}|}{f_{yk}}$$

$$A_{s1} + A_{s2} \leq 0,06 \cdot b \cdot h$$

Posúdenie

22

21

Veľká excentricita- Nesymetrická výstuž

Dané: $b, h, f_{ck}, f_{yk}, \gamma_c, \gamma_s, N_{sd}, M_{sd}$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; \quad \phi_1 \rightarrow c = c_{min} + \Delta h; \quad c \geq c_{tr} + \phi_{tr}; \quad d_1 = d_2 = c + \frac{\phi}{2}; \quad d = h - d_1$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}; \quad \phi_{tr} \rightarrow c_{tr} = c_{min} + \Delta h; \quad z_1 = \frac{h}{2} - d_1; \quad z_2 = \frac{h}{2} - d_2; \quad z_s = z_1 + z_2$$

Stužená konštrukcia (1) (6) Osamelé stĺpy, rámy bez stuženia

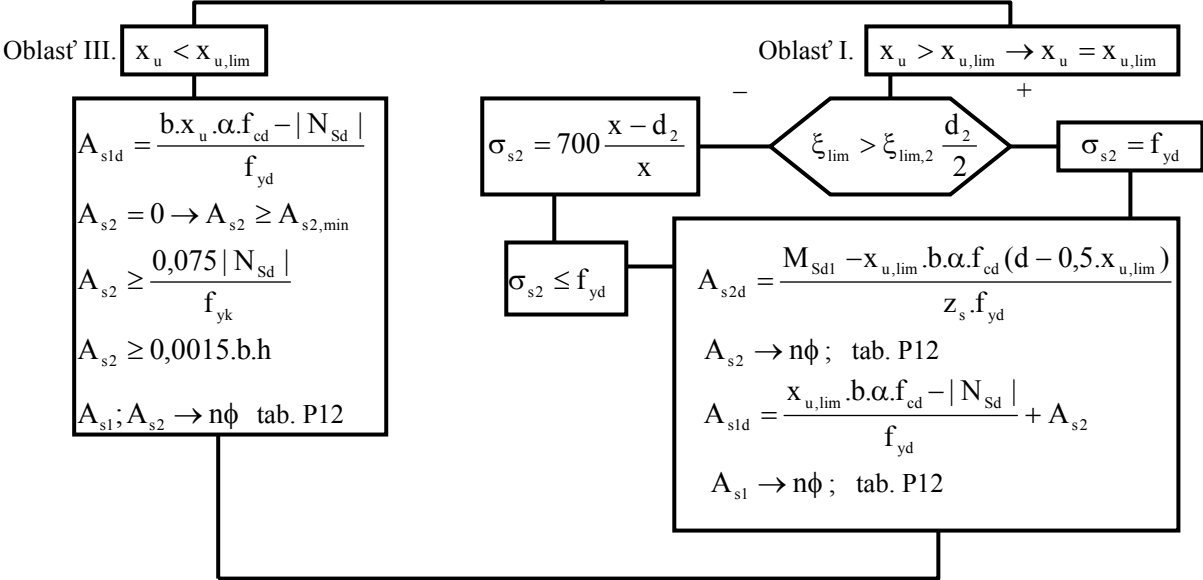
$$\xi_{lim} = \frac{700}{700 + f_{yd}}; \quad \xi_{lim,2} = \frac{700}{700 - f_{yd}}; \quad \xi_{u,lim} = 0,8 \cdot \xi_{lim}$$

$$N_{c,lim} = 0,8 \cdot \xi_{lim} \cdot d \cdot b \cdot \alpha \cdot f_{cd}$$

+ Symetrická výstuž - Malá excentricita
 $N_{sd} \leq N_{c,lim}$

$$M_{sd1} = M_{sd} + |N_{sd}| \cdot z_1; \quad x_u = d \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{sd1}}{b \cdot d^2 \cdot \alpha \cdot f_{cd}}} \right)$$

$$x_{u,lim,d} = 0,8 \cdot \xi_{lim}; \quad (x_u = 0,8 \cdot x)$$



$$A_{s1} + A_{s2} < 0,06 \cdot b \cdot h; \quad A_{s1} > 0,6 \frac{b \cdot h}{f_{yk}}; \quad A_{s2} > A_{s2,min}$$

Posúdenie

22

Posúdenie - Veľká excentricita – Symetrická výstuž pre I. a III. oblasť

Dané: $b, h, A_{s1}, A_{s2}, f_{ck}, f_{yk}, f_{cd}, N_{sd}, M_{sd}, \xi_{lim}, \xi_{lim,2}, \phi_1, \phi_2, \phi_{tr}, \lambda, x_u > x_{u,lim}, e_{tot}$

Pozdĺžna výstuž: $\phi_1 = \phi_2$; $c = c_{min} + \Delta h$; $d_1 = c + \frac{\phi}{2}$; $z_1 = z_2 = \frac{h}{2} - d_1$
 $c_{tr} = c_{min} + \Delta h$; $d = h - d_1$; $z = z_1 + z_2$
 $c \geq c_{tr} + \phi_{tr}$

Stužená konštrukcia

Osamelé stĺpy, rámy bez stuženia

1

5,6

$$A_{s1} \geq 0,6 \frac{b \cdot d}{f_{yk}}; A_{s2} \geq 0,075 \frac{|N_{sd}|}{f_{yk}}; \quad A_{s1} + A_{s2} < 0,06 \cdot b \cdot h$$

$$A_{s1} \geq 0,0015 \cdot b \cdot h; A_{s2} \geq 0,0015 \cdot b \cdot h;$$

$$N_{Rd,lim} = 0,8 \cdot \xi_{lim} \cdot b \cdot d \cdot \alpha \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot \sigma_{s2} - A_{s1} \cdot f_{yd}$$

$$N_{sd} < N_{Rd,lim}$$

Malá excentricita

$$x_u = \frac{A_{s1} f_{yd} + |N_{sd}| - A_{s2} f_{yd}}{b \cdot \alpha \cdot f_{cd}}; \quad \xi = \frac{x_u}{0,8 \cdot d}$$

$$\xi_{lim,2} \frac{d_2}{d} \leq \xi_{lim}$$

$$\sigma_{s2} = 700 \frac{\xi_{lim} \cdot d - d_2}{\xi_{lim} \cdot d}$$

$$\sigma_{s2} = f_{yd}$$

$$f_{yd} = \sigma_{s1} = \epsilon_{s1} \cdot E$$

$$\xi \leq \xi_{lim}$$

$$\sigma_{s2} \leq f_{yd}$$

$$\sigma_{s1} = f_{yd}$$

$$M_{Rd} = 0,5 \cdot b \cdot x_u \cdot (h - x_u) \cdot \alpha \cdot f_{cd} + A_{s2} f_{yd} \cdot z_2 + A_{s1} f_{yd} \cdot z_1$$

$$\lambda > 25$$

$$M_{sd} = N_{sd} \cdot e_{tot}$$

+

$$M_{Rd} \geq M_{sd}$$

-

Prierez vyhovuje

Prierez nevyhovuje