

KONSTRUKCJE BETONOWE

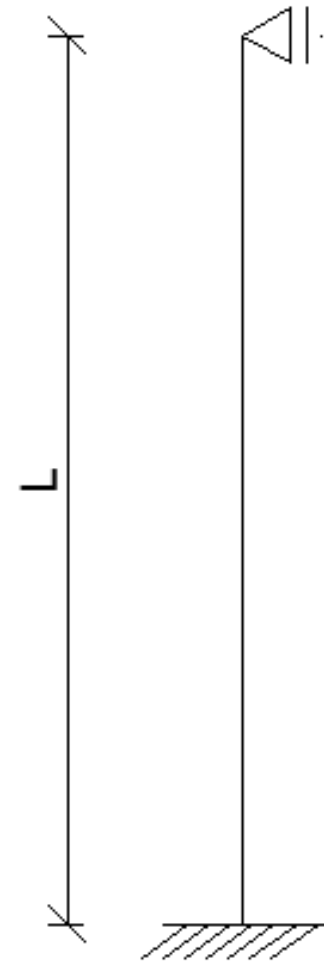
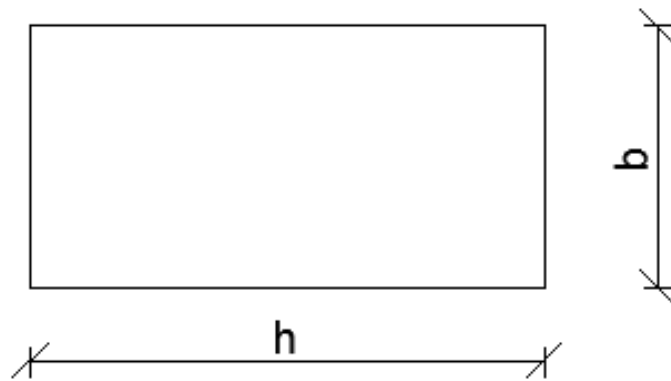
PROJEKT ŻELBETOWEJ HALI PRZEMYSŁOWEJ O KONSTRUKCJI SŁUPOWO-RYGLOWEJ

SŁUP – WYMIAROWANIE

ZAŁOŻENIA

Słup:

- szerokość b
- wysokość h
- długość L



ZAŁOŻENIA

Słup:

☐ wartości obliczeniowe

- moment zginający M
- siła osiowa N
- siła poprzeczna Q

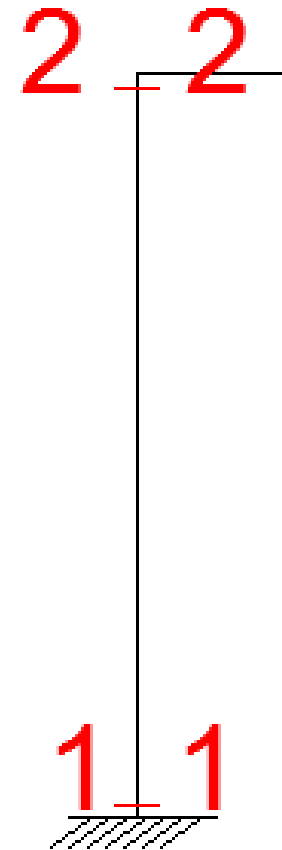
☐ wartości charakterystyczne

- moment zginający M

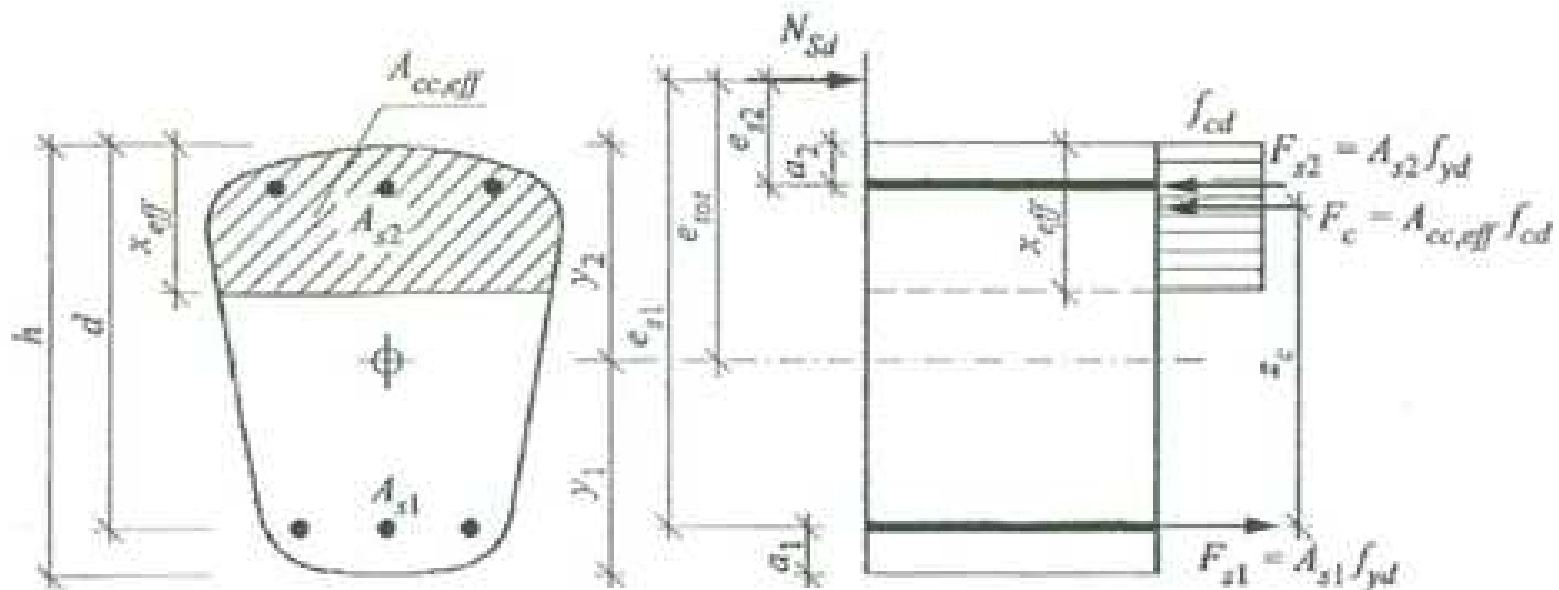
3 PRZYPADKI:

- max moment dodatni
- max moment ujemny
- max siła osiowa

	Schematy obciążenia	Przekrój 1		
		M	N	Q
Wartości charakterystyczne	G	45,34	180,13	3,12
	S1	12,38	52,23	1,22
	S2	7,78	46,72	1,10
	S3	6,91	38,99	1,08
	W1	120,36	0,00	13,22
	W2	109,86	0,00	12,68
	W3	-154,43	0,00	21,54
	W4	-148,16	0,00	19,04
Wartości obliczeniowe	G	61,21	243,18	4,21
	S1	18,57	78,35	1,83
	S2	11,67	70,08	1,65
	S3	10,37	58,49	1,62
	W1	180,54	0,00	19,83
	W2	164,79	0,00	19,02
	W3	-231,65	0,00	32,31
	W4	-222,24	0,00	28,56
Wartości obliczeniowe	Mmax	241,85	245,87	
	Mmin	-193,11	153,11	
	Nmax	178,82	282,35	
	Nmin	38,54	153,11	
	Qmax			36,81
	Qmin			4,27
Wartości charakterystyczne	M	47,82		
	N		190,58	
	Q			3,36



WYMIAROWANIE



$$\sum M_{AS1} = 0 \Rightarrow A_{s2}$$

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow A_{s1}$$

WYMIAROWANIE

Mimośród:

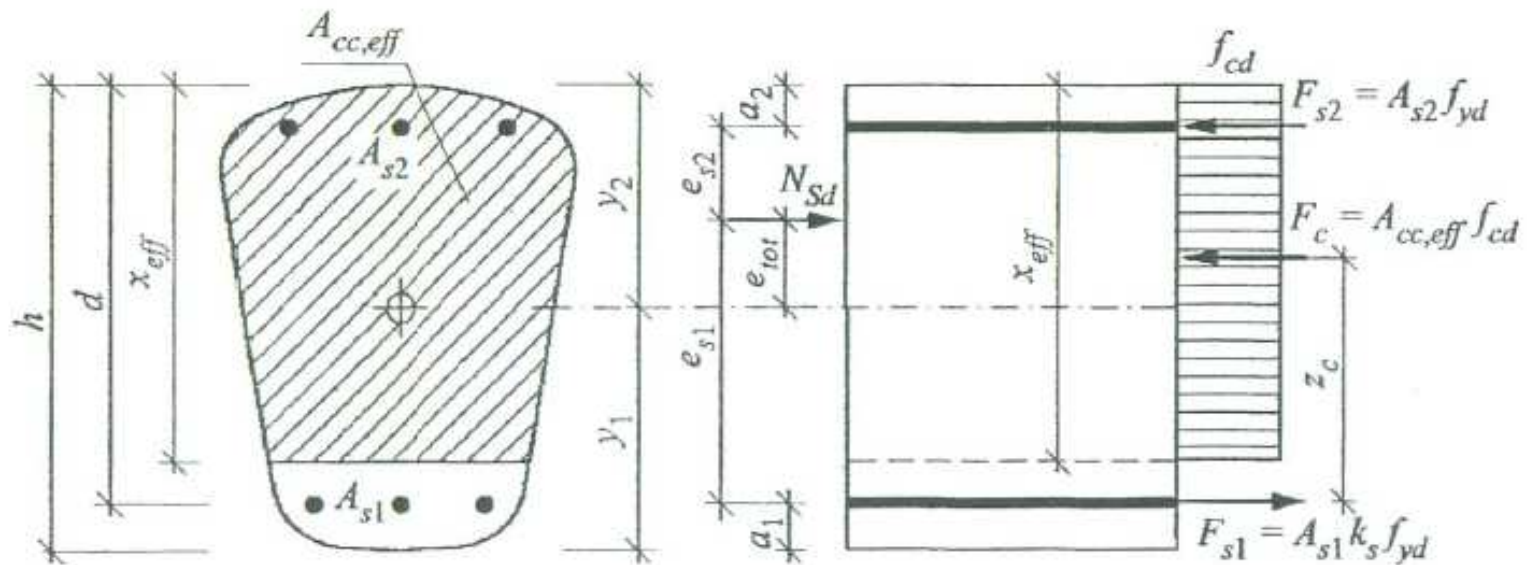
• mały mimośród $x_{eff} > x_{eff,lim}$

• duży mimośród $x_{eff} \leq x_{eff,lim}$

$$e_{tot} = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}}$$
$$e_{s2} = 0,5h - e_{tot} - a_2 \quad (\text{znak - lub +})$$
$$e_{s1} = 0,5h + e_{tot} - a_1 \quad (\text{zawsze dodatni})$$

WYMIAROWANIE

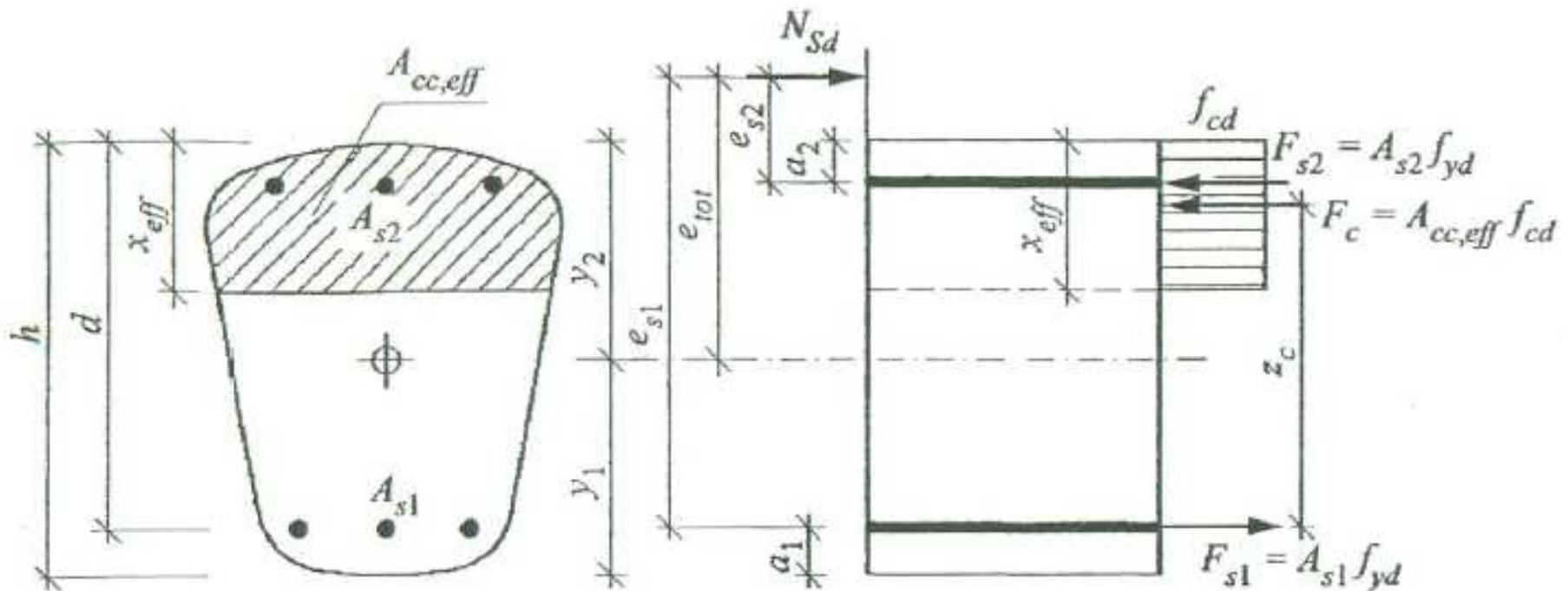
Mały mimośród:



Rysunek 5.17. Założenia do obliczeń metodą uproszczoną przekroju ściskanego w przypadkach małego mimośrodu

WYMIAROWANIE

Duży mimośród:



Rysunek 5.16. Założenia do obliczeń metodą uproszczoną przekroju ściskanego w przypadkach dużego mimośrodu

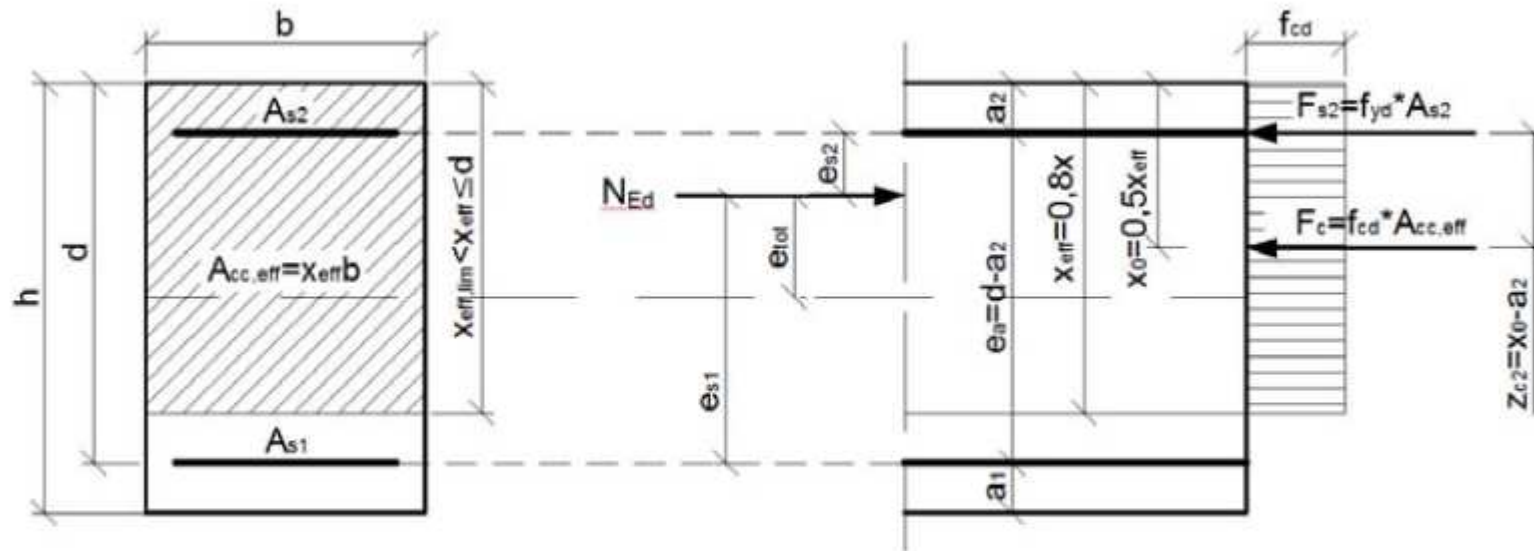
WYMIAROWANIE

Określenie mimośrod:

Obliczyć:	Sprawdzić i przyjąć*:	
1	2	
$\xi_{eff} = \frac{N_{Ed} - f_{yd}(A_{s2} - A_{s1})}{f_{cd}bd}$	$\xi_{eff} \leq \frac{2a_2}{d} \Rightarrow \xi_{eff} = 0$ zmniejszyć A_s lub b, h	Duży mimośród
	$\frac{2a_2}{d} < \xi_{eff} \leq \xi_{eff,lim}$	
$\xi_{eff} = \frac{(1 - \xi_{eff,lim})(N_{Ed} - f_{yd}A_{s2}) + (1 + \xi_{eff,lim})f_{yd}A_{s1}}{f_{cd}bd(1 - \xi_{eff,lim}) + 2f_{yd}A_{s1}}$	$\xi_{eff,lim} < \xi_{eff} \leq 1$	Mały mimośród
$\xi_{eff} = \frac{N_{Ed} - f_{yd}(A_{s2} + A_{s1})}{f_{cd}bd}$	$1 < \xi_{eff} \leq \frac{h}{d}$	
	$\frac{h}{d} < \xi_{eff} \Rightarrow$ zwiększyć A_s lub b, h	

WYMIAROWANIE

$$x_{eff} > x_{eff,lim} = \xi_{eff,lim} \cdot d$$



$$|\sigma_s| < f_{yd} \quad \sigma_s = \kappa_s f_{yd}$$

$$-1 \leq \kappa_s < 1$$

WYMIAROWANIE

$$\kappa_s = \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \quad \text{gdy} \quad \xi_{eff} \leq \xi_{eff,lim} \\ \frac{2(1-\xi_{eff})}{1-\xi_{eff,lim}} - 1 \quad \text{gdy} \quad \xi_{eff,lim} < \xi_{eff} \leq 1 \\ -1,0 \quad \text{gdy} \quad 1 < \xi_{eff} \leq \frac{h}{d} \end{array} \right\}$$

$$N_{Sd} \cdot e_{s2} = x_{eff} \cdot b \cdot f_{cd} \cdot (0,5x_{eff} - a_2)$$

$$x_{eff} = a_2 + \sqrt{a_2^2 + \frac{2 \cdot N_{Sd} \cdot e_{s2}}{b \cdot f_{cd}}}$$

WYMIAROWANIE

1. $x_{eff} < h$

$$A_{s2} = \frac{N_{Sd} \cdot e_{s1} - x_{eff} \cdot (d - 0,5x_{eff}) \cdot b \cdot f_{cd}}{f_{yd} \cdot (d - a_2)} \quad A_{s1} \geq 0,5 \cdot \min A_s$$

$$A_{s2} \geq 0,5 \cdot \min A_s$$

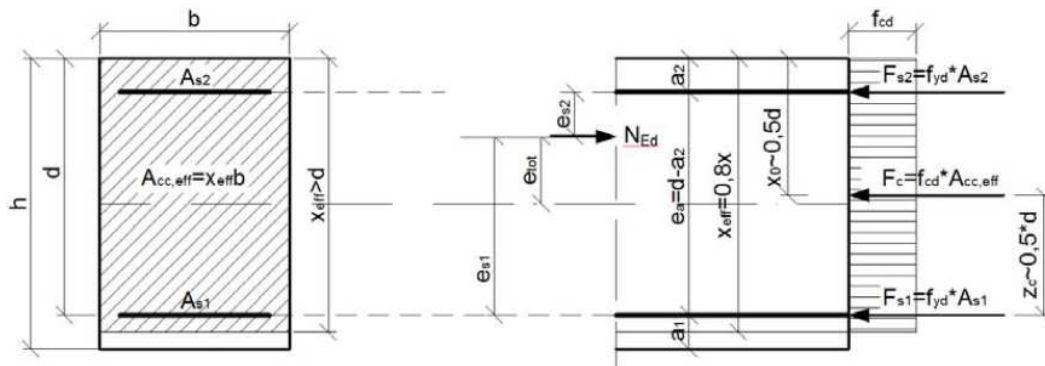
2. $x_{eff} > d$, to zakładamy $x_{eff} = d$,

$$A_{s2} = \frac{N_{Sd} \cdot e_{s1} - 0,5b \cdot d^2 \cdot f_{cd}}{f_{yd} \cdot (d - a_2)}$$

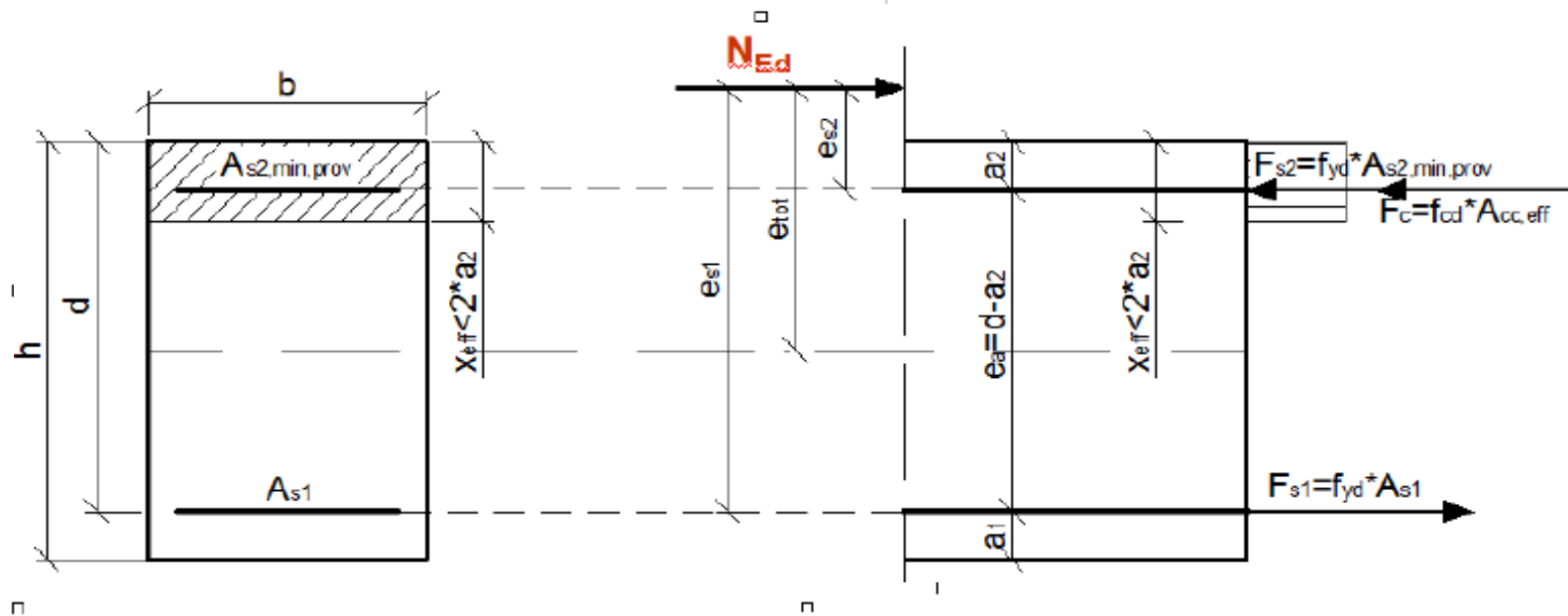
$$A_{s1} = \frac{N_{Sd} \cdot e_{s2} - b \cdot h \cdot (0,5h - a_2) \cdot f_{cd}}{f_{yd} \cdot (d - a_2)}$$

$$A_{s1} \geq 0,5 \min A_s$$

$$A_{s2} \geq 0,5 \min A_s$$



WYMIAROWANIE



$$(x_{eff} \leq x_{eff,lim} = \xi_{eff,lim} \cdot d)$$

przyjmujemy, że:

$$x_{eff} = x_{eff,lim} = \xi_{eff,lim} \cdot d$$

WYMIAROWANIE

$$\sum M_{A_{s1}} = N_{Sd} \cdot e_{s1} - F_c \cdot (d - 0,5x_{eff,lim}) - F_{s2} \cdot (d - a_2) = 0$$

$$N_{Sd} \cdot e_{s1} - \xi_{eff,lim} \cdot (1 - 0,5\xi_{eff,lim}) b d^2 f_{cd} - A_{s2} \cdot f_{yd} (d - a_2) = 0$$

$$A_{s2} = \frac{N_{Sd} \cdot e_{s1} - \mu_{eff,lim} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2}{f_{yd} \cdot (d - a_2)}$$

$$A_{s2} \geq 0,5 \cdot \min A_s$$

?

$$A_{s2} \leq 0$$

WYMIAROWANIE

$$1. \quad A_{s2} \geq 0,5 \cdot \min A_s \quad \sum X = F_c - F_{s1} + F_{s2} - N_{Sd} = 0$$
$$\xi_{eff,lim} b d - A_{s1} f_{yd} + A_{s2} f_{yd} - N_{Sd} = 0$$

$$A_{s1} = \frac{\xi_{eff,lim} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot f_{yd} - N_{Sd}}{f_{yd}}$$

a) $A_{s1} \geq 0$ przyjmujemy $A_{s1} \geq 0,5 \cdot \min A_s$

b) $A_{s1} < 0$ to mamy przypadek małego mimośrod,

WYMIAROWANIE

2. $A_{s2} \leq 0$ przyjmujemy konstrukcyjnie $A_{s2} \geq 0,5 \cdot \min A_s$

$$\mu_{eff} = \frac{N_{Sd} \cdot e_{S1} - f_{yd} \cdot A_{s2} \cdot (d - a_2)}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2}$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}}$$

a) $\xi_{eff} \geq \frac{2a_2}{d}$ $A_{s1} = \frac{\xi_{eff} \cdot b \cdot d \cdot f_{cd} + A_{s2} \cdot f_{yd} - N_{Sd}}{f_{yd}} \geq 0,5 \cdot \min A_s$

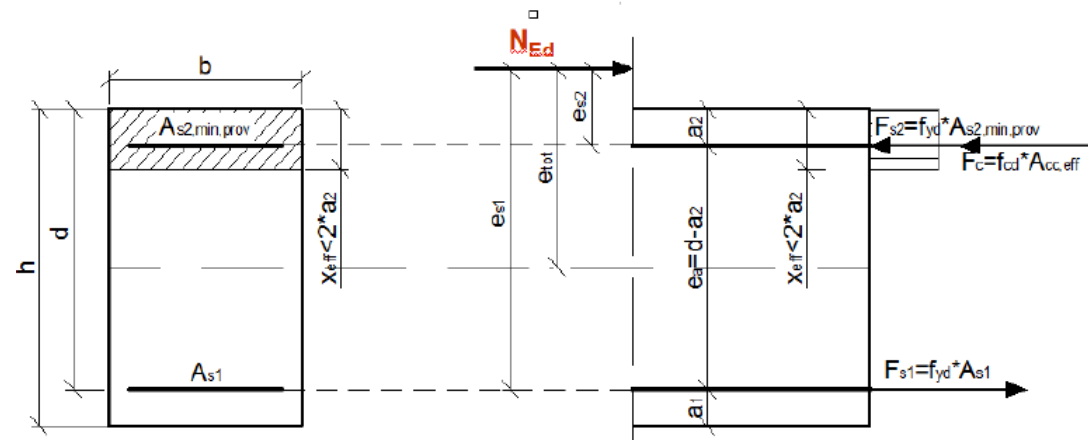
b) $\xi_{eff} < \frac{2a_2}{d}$

WYMIAROWANIE

b) $\xi_{eff} < \frac{2a_2}{d}$

$$\sum M_{A_{s2}} = N_{Sd} \cdot e_{s2} - F_{s1} \cdot e_a = 0$$

$$N_{Sd} \cdot e_{s2} - A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot (d - a_2) = 0$$



$$A_{s1} = \frac{-N_{Sd} \cdot e_{s2}}{f_{yd} \cdot (d - a_2)}$$

$A_{s1} < 0$ to mamy przypadek małego mimośrodru

WYMIAROWANIE

$$A_{s1} = A_{s2}$$

$$x_{eff} = \frac{N_{Sd}}{b \cdot f_{cd}}$$

lub:

$$\xi_{eff} = \frac{N_{Sd}}{b \cdot d \cdot f_{cd}}$$

a) $x_{eff} = \xi_{eff} \cdot d < 2a_2$

b) $2a_2 \leq x_{eff} \leq x_{eff,lim}$

WYMIAROWANIE

a) $x_{eff} = \xi_{eff} \cdot d < 2a_2$

$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{-N_{Sd} \cdot e_{s2}}{f_{yd} \cdot (d - a_2)} \geq 0,5 \min A_s$$

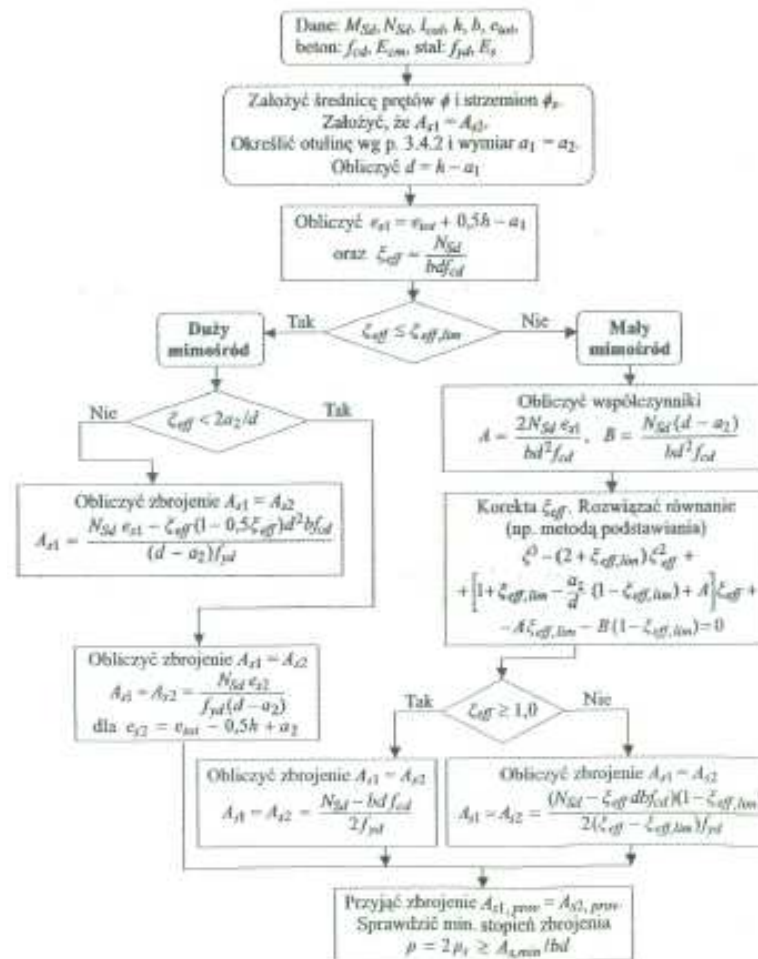
b) $2a_2 \leq x_{eff} \leq x_{eff,lim} \quad (x_{eff,lim} = \xi_{eff,lim} \cdot d)$

$$\mu_{eff} = \xi_{eff} \cdot (1 - 0,5\xi_{eff})$$

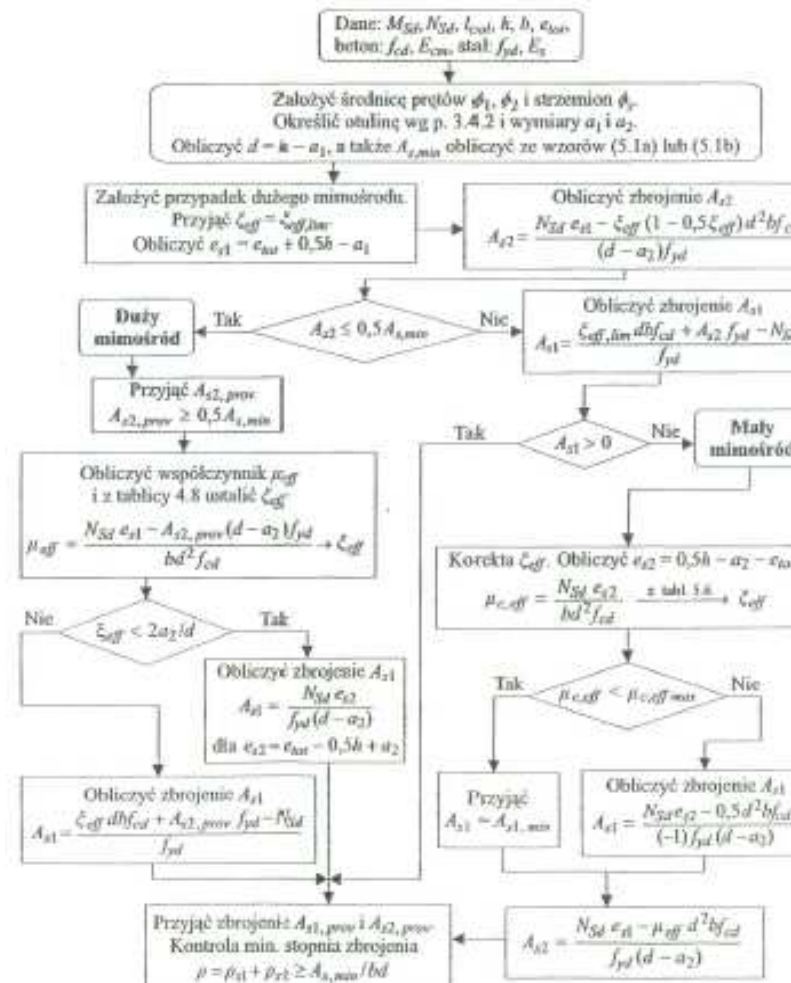
$$A_{s2} = A_{s1} = \frac{N_{Sd} \cdot e_{s1} - \mu_{eff} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2}{f_{yd} \cdot (d - a_2)} \geq 0,5 \min A_s$$

c) $x_{eff} > x_{eff,lim}$ (mały mimośród)

ALGORYTM



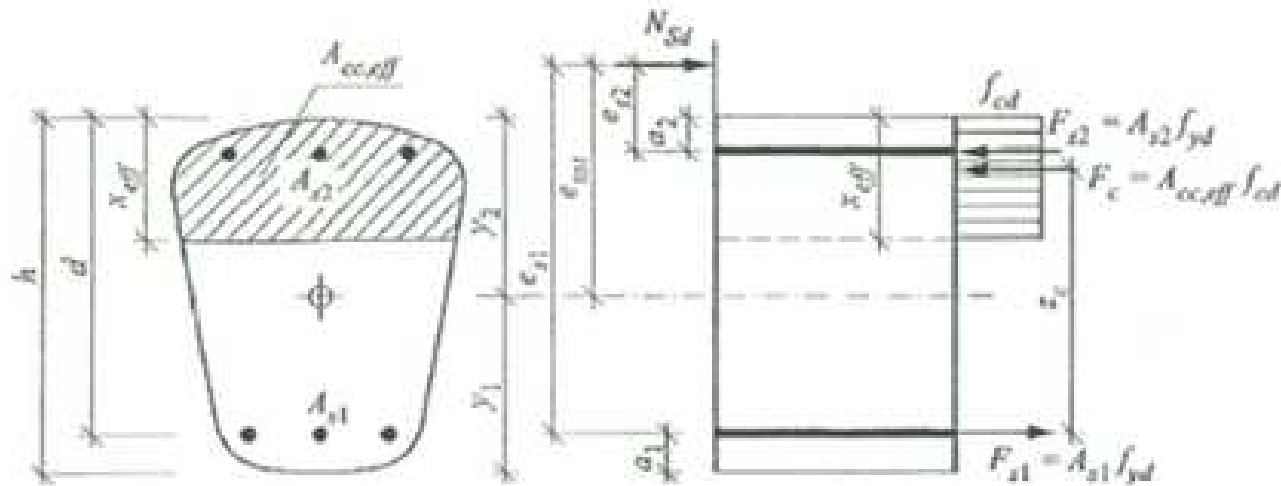
ALGORYTM



OBLICZENIA

Obliczenie powierzchni zbrojenia słupa

Założenie dużego mimośrod:



$$A_{s1} \neq A_{s2}$$

$$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{205,18}{800} = 0,256\text{ m} = 256\text{ mm}$$

OBLICZENIA

$$e_{s1} = e + \frac{d - a_2}{2} = 256 + \frac{450 - 50}{2} = 456 \text{ mm}$$

$e_{s1} = 456 \text{ mm} > d - a_{s2} = 400 - 50 = 400 \text{ mm} \Rightarrow$ przekrój jest ściskany z dużym mimośrodem (ponieważ siła ściskająca leży poza obrysem słupa)

$$e_{s2} = e_{s1} - (d - a_2)$$

$$e_{s2} = 456 - (450 - 50) = 56 \text{ mm}$$

Obliczenie wysokości strefy ściskanej:

$$\xi_{ef} = \frac{N_{Ed} - (A_{s1} - A_{s2}) \cdot f_{yd}}{b \cdot d \cdot f_{cd}} = \frac{800000 - (15,70 - 6,28) \cdot 420}{300 \cdot 450 \cdot 13,3} = 0,225 \text{ m}$$

$$\frac{2a_2}{d} = \frac{2 \cdot 50}{450} = 0,222 \text{ mm} < \xi_{ef} \quad 0,225 \text{ mm} < \xi_{ef,lim} = 0,625 \text{ założenia przyjęto}$$

poprawnie

$$x_{ef} = \xi_{ef} \cdot d = 0,225 \cdot 450 = 101 \text{ mm}$$

OBLICZENIA

Obliczenie pola powierzchni zbrojenia ściskanego:

$$\sum M_{As1} = 0 \Rightarrow f_{yd} \cdot A_{s2} \cdot (d - a_2) + f_{cd} \cdot b \cdot x_{ef} (d - 0.5x_{ef}) = N_{Ed} \cdot e_{s1}$$

$$A_{s2} = \frac{N_{Ed} \cdot e_{s1} - f_{cd} \cdot b \cdot x_{ef} (d - 0.5x_{ef})}{f_{yd} \cdot (d - a_2)}$$

$$A_{s2} = \frac{800000 \cdot 456 - 13.3 \cdot 300 \cdot 101(450 - 0.5 \cdot 101)}{420 \cdot (450 - 50)}$$

$$A_{s2} = 2.17 \text{ cm}^2$$

Przyjęto konstrukcyjnie dwa pręty o średnicy 14 mm o $A_{s2} = 3,08 \text{ cm}^2$

Zbrojenie minimalne:

$$A_{s,min} = \begin{cases} 0.10 \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} = 0.1 \frac{800000}{420} = 190 \text{ mm}^2 \\ 0.002 \cdot 300 \cdot 450 = 270 \text{ mm}^2 \end{cases}$$

$$A_{s2} = 3,08 \text{ cm}^2 > A_{s,min} = 2,70 \text{ cm}^2$$

OBLICZENIA

Obliczenie pola powierzchni zbrojenia rozciąganego:

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow N_{Ed} = f_{cd} \cdot b_w \cdot x_{eff} + f_{yd2} \cdot A_{s2} - f_{yd1} A_{s1}$$

$$A_{s1} = \frac{-N_{Ed} + f_{cd} \cdot b_w \cdot x_{eff} + f_{yd2} \cdot A_{s2}}{f_{yd1}}$$

$$A_{s1} = \frac{-800000 + 13.3 \cdot 300 \cdot 101 + 420 \cdot 6,28}{420} = 15,73 \text{ cm}^2$$

Przyjęto konstrukcyjnie 5 prętów o średnicy 20 mm o $A_{s1} = 15,70 \text{ cm}^2$ (można przyjąć do 3% mniej zbrojenia)

OBLICZENIA

$$\rho \text{ założone} \rightarrow 0.0139 = 1.39\%$$

$$\rho \text{ obliczone} \rightarrow \frac{(2.17 + 15.73)}{30 \cdot 45} = 0.0133 = 1.33\%$$

$$\Delta\rho = 0.0139 - 0.0133 = 0.0006$$

$$\frac{\Delta\rho}{\rho_{\text{założone}}} = \frac{0.0006}{0.0139} = 0.0043 < 0.1 \Rightarrow \text{wstępnie prawidłowo założono}$$

stopień zbrojenia słupa

Przyjęto:

- w strefie rozciąganej: $5 \Phi 20$ o $A_{s1} = 15.70 \text{ cm}^2$,
- w strefie ściskanej: $2 \Phi 14$ o $A_{s1} = 3.08 \text{ cm}^2$.

OBLICZENIA

Minimalna średnica (PN-EN 1992-1-1:9.5.3.):

$$\phi_{s,min} = \min \left\{ \frac{6 \text{ mm}}{\frac{\phi}{4}} \right\} = \min \left\{ \frac{6 \text{ mm}}{\frac{16}{4}} \right\} = \min \left\{ \frac{6 \text{ mm}}{4 \text{ mm}} \right\} = 4 \text{ mm}$$

$$\phi_{s,min} = 4 \text{ mm} > \phi_s = 8 \text{ mm}$$

warunek spełniony

Maksymalny rozstaw zbrojenia

$$s_{cl,tmax} = \min \left\{ \begin{array}{l} 20\phi \\ b_s \\ 400 \text{ mm} \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 20 \cdot 16 \text{ mm} \\ 300 \text{ mm} \\ 400 \text{ mm} \end{array} \right\} = 300 \text{ mm}$$

$$s_{cl,tmax} = 300 \text{ mm} \geq s = 300 \text{ mm}$$

warunek spełniony

Przyjęto strzemiona dwucięte z prętów $\phi 8$ o $A_s = 1,0 \text{ cm}^2$

Przyjęto rozstaw strzemion równy $s = 300 \text{ mm}$ i zagęszczenie przy podporach do 150 mm .

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!

Prezentowane materiały są utworami w rozumieniu prawa autorskiego i podlegają jego ochronie. Zabronione jest ich kopiowanie – w całości lub we fragmencie - i dalsze rozpowszechnianie bez pisemnej zgody autora. Materiały te są udostępniane studentom nieodpłatnie i nie mogą być przedmiotem jakiegokolwiek działalności komercyjnej.