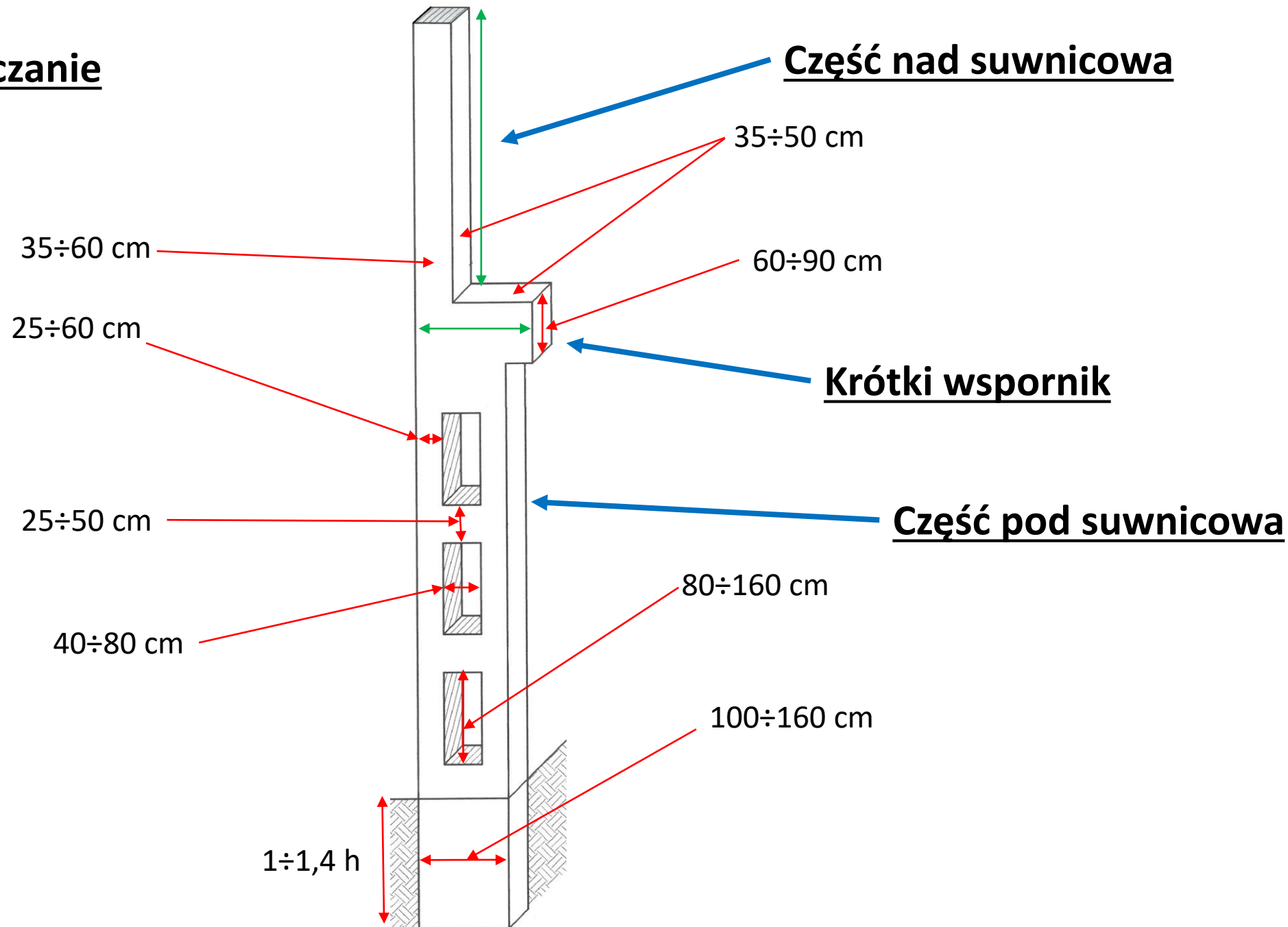


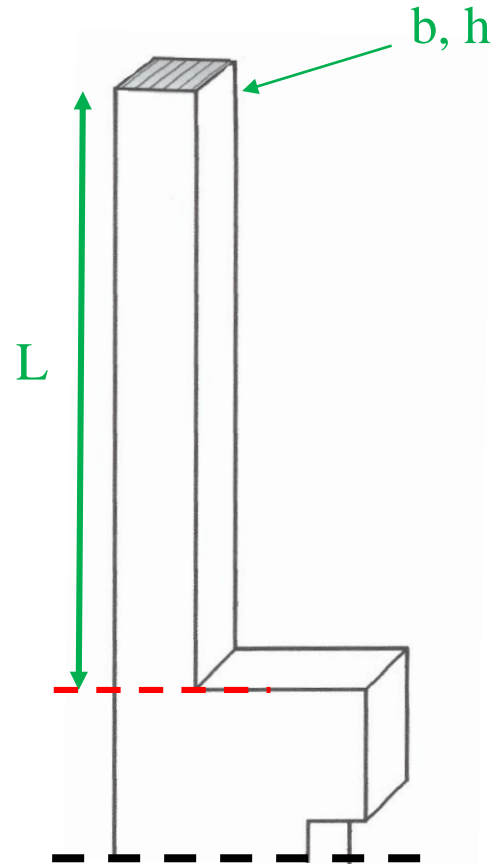
TABELA KOMBINATRYKI DLA SŁUPA ŻELBETOWEGO

Nr węzła	Lokalizacja	M [Knm] T [kN] N [Kn]	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	$M_{max}/M_{min} \rightarrow T, N$		$N_{max} \rightarrow M, T$
			Ciężar własny dachu ($\gamma=1,35; \psi_0=1$)	Obc. częścią nadswinnicową ($\gamma=1,35; \psi_0=1$)	Obc. technologiczne ($\gamma=1,5; \psi_0=\text{brak}$)	Śnieg ($\gamma=1,5; \psi_0=0,5$)	Suwnica pion MAX ($\gamma=1,35; \psi_0=1$)	Suwnica pion MIN ($\gamma=1,35; \psi_0=1$)	Suwnica poziom PRAWO ($\gamma=1,35; \psi_0=1$)	Suwnica poziom LEWO ($\gamma=1,35; \psi_0=1$)	Wiatr PARCIE ($\gamma=1,5; \psi_0=0,6$)	Wiatr SSANIE ($\gamma=1,5; \psi_0=0,6$)	Temperatura rozciąganie ($\gamma=1,5; \psi_0=0,6$)	Temperatura ściskanie ($\gamma=1,5; \psi_0=0,6$)	$M_{max} \rightarrow T, N$	$M_{min} \rightarrow T, N$	$N_{max} \rightarrow M, T$
1	wierzchołek słupa	M	-40,38	0,00	-4,49	-5,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	A+B -40,38	A+B+C+D -50,67	A+B+C+D -50,67
		T	-8,07	-4,77	-0,90	-1,16	-33,84	-8,55	-36,49	36,49	-18,62	9,14	-21,65	21,65	A+B -12,84	A+B+C+D -14,90	A+B+C+D -14,90
		N	-486,49	-77,76	-54,00	-69,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	A+B -564,25	A+B+C+D -688,23	A+B+C+D -688,23
2 ⁿ	słup w części nadswinnicowej	M	-10,50	16,76	-1,16	-1,51	125,23	31,62	135,01	-135,01	36,23	-17,78	80,09	-80,09	A+B+E+G+0,6*I+K 153,21	A+B+C+0,5*D+H+0,6*J+L -221,42	A+B+C+D 3,59
		T	-8,07	-4,77	-0,90	-1,16	-33,84	-8,55	-36,49	36,49	-0,96	0,48	-21,65	21,65	A+B+E+G+0,6*I+K -47,26	A+B+C+0,5*D+H+0,6*J+L 44,10	A+B+C+D -14,90
		N	-486,49	-123,09	-54,00	-69,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	A+B+E+G+0,6*I+K -609,58	A+B+C+0,5*D+H+0,6*J+L -698,54	A+B+C+D -733,51
2 ^p	słup w części podswinnicowej	M	159,76	-92,51	17,75	22,99	-680,24	-171,91	135,01	-135,01	36,23	-17,78	80,09	-80,09	A+B+C+0,5*D+G+0,6*I+K 333,33	A+B+E+H+0,6*J+L -838,75	A+B+C+D+E -572,25
		T	-8,07	-4,77	0,90	-1,16	-33,84	-8,55	47,02	-47,02	-0,96	0,48	-21,65	21,65	A+B+C+0,5*D+G+0,6*I+K 12,28	A+B+E+H+0,6*J+L -71,78	A+B+C+D+E -46,95
		N	-486,49	-123,09	-54,00	-69,98	-610,20	-154,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	A+B+C+0,5*D+G+0,6*I+K -698,57	A+B+E+H+0,6*J+L -1219,78	A+B+C+D+E -1343,76
3	podstawa słupa	M	225,96	-53,39	25,13	32,51	-402,73	-101,83	-250,55	250,55	-116,22	59,97	257,58	-257,58	A+B+C+0,5*D+H+0,6*J+K 758,07	A+B+E+G+0,6*I+L -808,01	A+B+C+D+E -172,52
		T	-8,07	-4,77	-0,90	0,00	-33,84	-8,55	47,02	-47,02	38,15	-18,71	-21,65	21,65	A+B+C+0,5*D+H+0,6*J+K -93,63	A+B+E+G+0,6*I+L 44,87	A+B+C+D+E -47,59
		N	-486,49	-123,09	-54,00	-69,98	-610,20	-154,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	A+B+C+0,5*D+H+0,6*J+K -698,57	A+B+E+G+0,6*I+L -1219,78	A+B+C+D+E -1343,76

Słup - obliczanie



Słup – część nadsuwnicowa

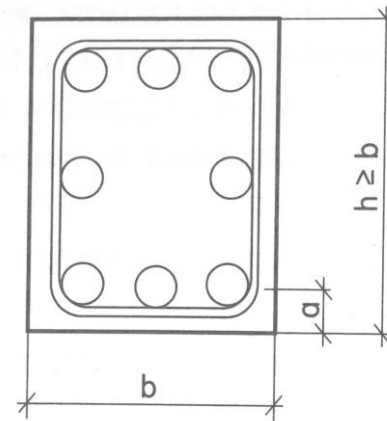


Dane:

- b, h – wymiary poprzeczne słupa
- L – wysokość słupa
- M, N, V – statyka słupa
- Założone zbrojenie podłużne słupa

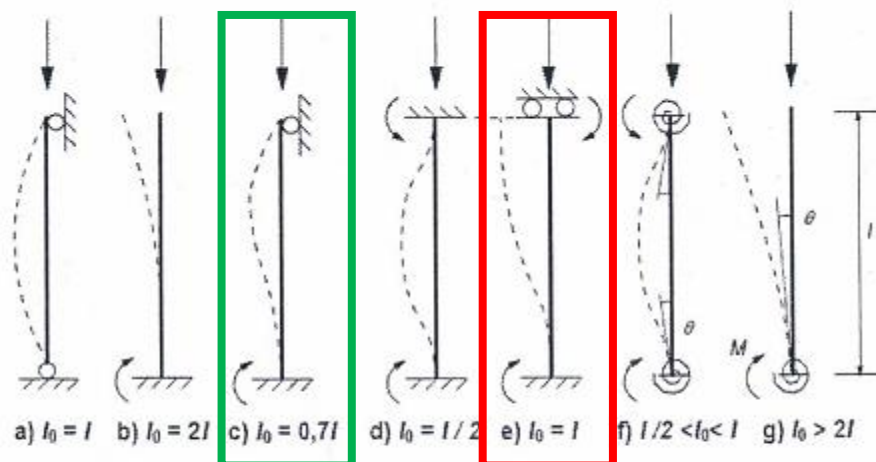
$$A_{s,\min} = \frac{0,10N_{Ed}}{f_{yd}} \geq 0,002A_c$$

$$A_{s,\max} = 0,04A_c \text{ (w miejscu zakładu } 0,08A_c)$$



Słup - obliczanie

Smukłość i długość efektywna elementów wydzielonych

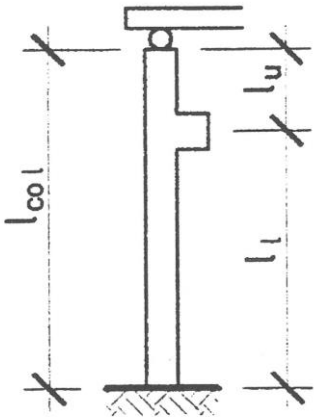


Smukłość: $\lambda = \frac{l_0}{i}$

← długość efektywna

← promień bezwładności niezarysowanego przekroju żelbetowego

Słup - obliczanie



PN-03264

część nadwspornikowa: $l_w = 1,5 h_g$

część podwspornikowa: $l_w = 1,5 h_d$

Lp.	Rodzaj elementu	l ₀	
		3	4
1	2	3	4
1	Słupy w wielokondygnacyjnych budynkach szkieletowych ze stropami o konstrukcji monolitycznej lub zespolonej		
	a) budynki, w których siły poziome przenoszone są przez ustroje usztywniające w postaci ścian, trzonów itp. (rysunek C.1a)	0,7 l _{col}	0,7 l _{col}
	b) budynki, w których siły poziome przenoszone są przez szkielet o węzłach sztywnych z tym, że szerokość budynku jest nie mniejsza niż 1/3 jego wysokości, liczba naw jest nie mniejsza od dwóch, a sztywność rygli (w obydwu kierunkach) jest nie mniejsza niż sztywność słupów (rysunek C. 1b)	1,0 l _{col}	1,0 l _{col}
2	Słupy w jednokondygnacyjnych budynkach halowych, utwierdzone w stopach fundamentowych i połączone z konstrukcją dachu w sposób przegubowy ¹⁾ :		
	a) budynki bez suwnic, przekryte dachami o konstrukcji sztywnej, np. z prefabrykowanych płyt żelbetowych (rysunek C.1c)	1,6 l _{col}	1,6 l _{col}
	b) budynki bez suwnic, przykryte dachami z elementów wiotkich (rysunek C. 1d)	2,0 l _{col}	2,0 l _{col}
	c) budynki z suwnicami ^{2), 4)} (rysunek C.1e)		
	– dolny odcinek słupa	1,6 l _l	1,2 l _l
	– górny odcinek słupa	2,5 l _u	2,0 l _u
3	Słupy estakad ³⁾ (rysunek C.1f)	2,0 l _{col}	1,8 l _{col}
4	Ściskane elementy dźwigarów kratowych (rysunek C.1g)		
	– pas górny	1,0 l _{col}	1,0 l _n
	– krzyżulce i słupki	0,8 l _{col}	1,0 l _{col}
	(l _{col} – odległość między środkami węzłów, l _n – odległość między stężeniami poprzecznymi dźwigarów)		

¹⁾ Wartości podane w kolumnie 4 odpowiadają założeniu, że w płaszczyźnie prostopadłej do konstrukcji nośnej przekrycia – górne końce słupów połączone są elementami sztywnymi.

²⁾ Poza sprawdzeniem nośności dolnego i górnego odcinka słupa, przy przyjęciu długości obliczeniowych podanych w kolumnie 3 i przy uwzględnieniu maksymalnego obciążenia suwnicami – sprawdza się także nośność całego słupa, nie uwzględniając obciążenia suwnicami i przyjmując długości obliczeniowe jak dla budynków bez belek podsuwnicowych, wg 2a) lub 2b).

³⁾ W przypadku zastosowania elementów ograniczających przemieszczenie słupów w płaszczyźnie estakady, wartości podane w kolumnie 4 mogą być odpowiednio zmniejszone, lecz do wartości nie mniejszej niż 1,0 l_{col}.

⁴⁾ Dotyczy słupów obciążonych belkami podsuwnicowymi, prostopadłymi do płaszczyzny wsporników.

Słup - obliczanie

część podsuwnicowa

$$l_o = h_d \sqrt{\frac{\eta_{12}^2 + (N_d/N_g - 1)\eta_{11}^2}{N_d/N_g}}$$

$$\beta_1 = h_g : h_d$$

część nadsuwnicowa

$$n = f_g : f_d$$

$$l_o = h_g \sqrt{\frac{\eta_{12}^2 + (N_d/N_g - 1)\eta_{11}^2}{N_d/N_g}}$$

Słup - obliczanie

$$\beta_1 = h_g:h_d$$

$$n = f_g:f_d$$

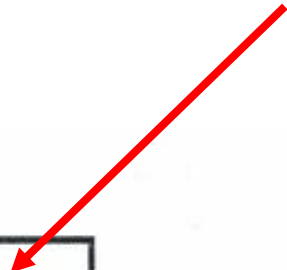
Wartości współczynnika η

η	n	Wartości η przy $\beta_1 = h_g/h_d$						
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
η_{11}	0,1	0,67	0,67	0,73	0,93	1,11	1,25	1,36
	0,2	0,67	0,67	0,69	0,75	0,89	1,02	1,12
	0,3	0,67	0,67	0,67	0,71	0,80	0,90	0,99
	0,4	0,67	0,67	0,67	0,69	0,75	0,84	0,92
	0,5	0,67	0,67	0,67	0,69	0,73	0,81	0,87
	1,0	0,67	0,67	0,67	0,68	0,71	0,74	0,78
η_{12}	0,1	0,83	1,21	1,57	1,90	2,14	2,33	2,46
	0,2	0,79	0,98	1,23	1,46	1,67	1,85	2,02
	0,3	0,78	0,90	1,09	1,27	1,44	1,60	1,74
	0,4	0,78	0,88	1,02	1,17	1,32	1,45	1,58
	0,5	0,78	0,86	0,99	1,10	1,22	1,13	1,47
	1,0	0,78	0,85	0,92	0,99	1,06	1,13	1,20

Słup – część nadsuwnicowa

Pełzanie (5.8.4)

Efektywny współczynnik pełzania

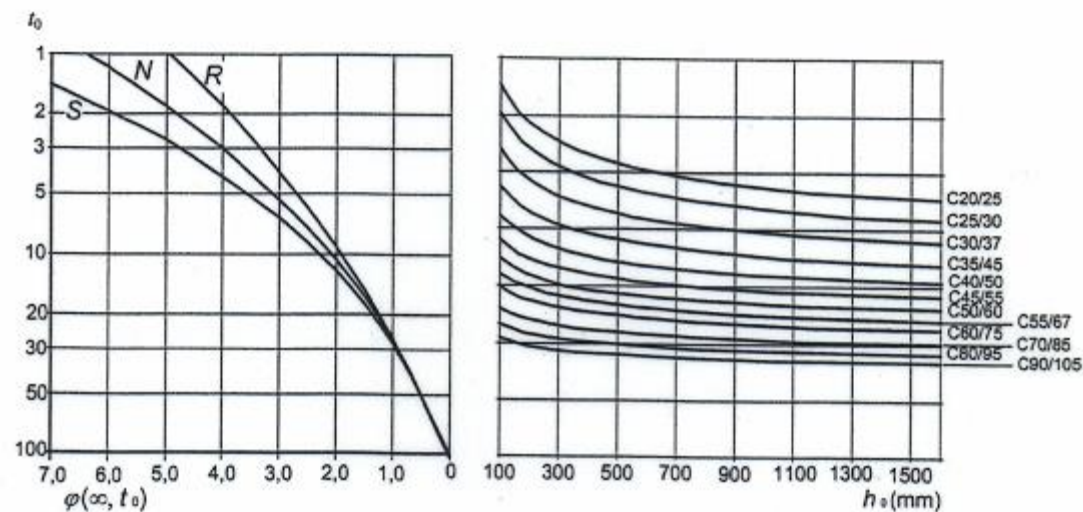

$$\varphi_{ef} = \varphi(\infty, t_0) \frac{M_{0Eqp}}{M_{0Ed}}$$

$\varphi(\infty, t_0)$ końcowy współczynnik pełzania według 3.1.4,

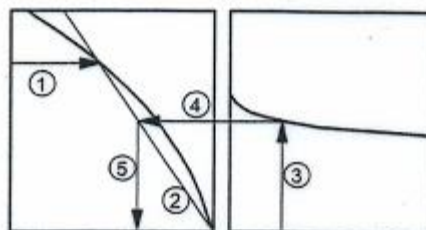
M_{0Eqp} moment zginający 1 rzędu wywołany prawie stałą kombinacją (SLS),

M_{0Ed} moment zginający 1 rzędu wywołany obliczeniową kombinacją (ULS)

Słup – część nadsuwnicowa

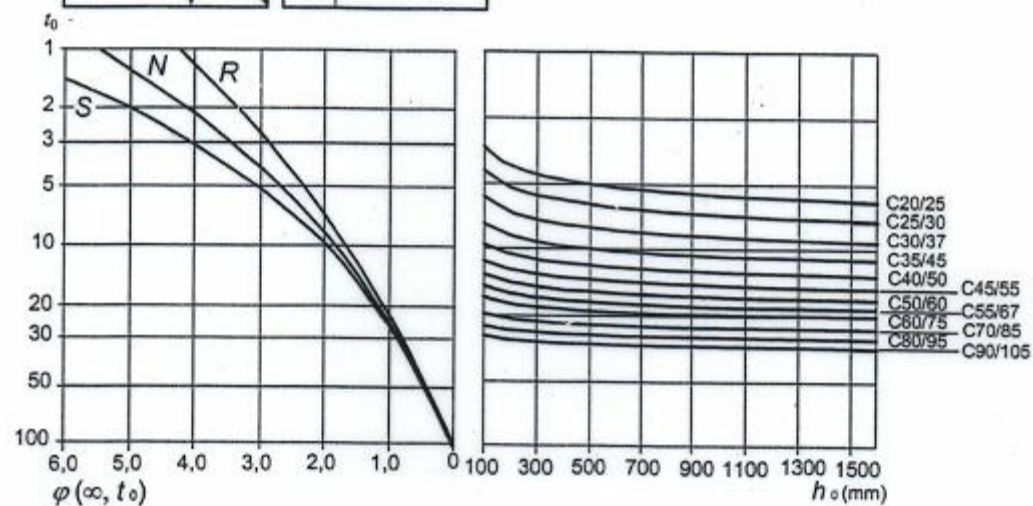


a) środowisko we wnętrzach RH = 50 %



Uwaga:

- punkt przecięcia linii 4 i 5 może leżeć także ponad punktem 1
- dla $t_0 > 100$ z dostateczną dokładnością można przyjąć $t_0 = 100$ (i stosować linię styczną)



b) środowisko na zewnątrz – RH = 80 %

Słup – część nadsuwnicowa

Imperfekcje geometryczne

moment zginający 1 rzędu zawierający wpływ imperfekcji

$$M_{0Ed}^I = M_{0Ed} + N_{Ed} e_i$$

wpływ imperfekcji

W obliczeniach przekrojów ze zbrojeniem symetrycznym, obciążonych siłą ściskającą, należy przyjmować, że minimalny mimośród wynosi $e_0 = h/30$, ale nie mniej niż 20 mm.

Zbrojenie symetryczne ???

Imperfekcje geometryczne

Def.: Imperfekcje geometryczne – niekorzystne wpływy możliwych odchyłek geometrycznych konstrukcji (od zaplanowanego kształtu) i zmian położenia obciążenia.

Imperfekcje należy uwzględniać w ULS w trwałych i wyjątkowych sytuacjach obliczeniowych

Imperfekcje mogą być reprezentowane przez kąt pochylenia θ_l według wzoru:

$$\boxed{\theta_l = \theta_0 \alpha_h \alpha_m}$$

$\theta_0 = 0,005$ $\alpha_m = \sqrt{0,5 \left(1 + \frac{1}{m}\right)}$ $m = 1$

θ_0 – wartość bazowa kąta,

α_h – wsp. redukcyjny długości lub wysokości,

α_m – wsp. redukcyjny ze względu na liczbę elementów,

l – długość lub wysokość w [m].

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{l}}; \frac{2}{3} \leq \alpha_h \leq 1$$

Imperfekcje geometryczne

Wpływ imperfekcji na wydzielone elementy można uwzględniać na 2 sposoby:

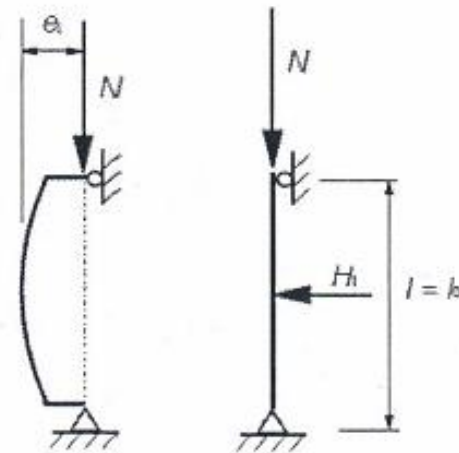
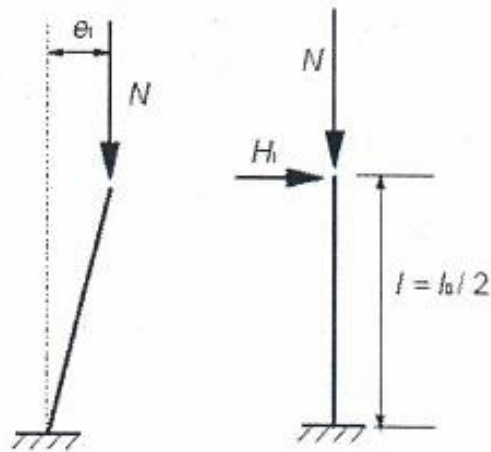
a) jako mimośród e_i według wzoru:

$$e_i = 0,5\theta_i l_0$$

b) jako siłę poprzeczną H_i rozpatrywaną łącznie z pozostałymi obciążeniami:

– w elementach nieusztynwionych: $H_i = \theta_i N$

– w elementach usztynwionych: $H_i = 2\theta_i N$



N – siła podłużna działająca na element

Słup – część nadsuwnicowa

Kryterium smukłości

$$A = \frac{1}{1 + 0,2\varphi_{ef}} \quad B = \sqrt{1 + 2\omega} \quad \leftarrow \quad \omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}}$$
$$C = 1,7 - r_m \quad \leftarrow \quad r_m = \frac{M_{01}}{M_{02}} \quad \leftarrow \quad |M_{02}| \geq |M_{01}|$$

$$\lambda_{lim} = \frac{20ABC}{\sqrt{n}} \quad (5.13N)$$

Jeżeli:

$$\lambda = \frac{l_0}{i} \leq \lambda_{lim}$$

to efekty drugiego rzędu można pomijać

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}}$$

n – względna siła podłużna,

ω – intensywność zbrojenia,

M_{01} , M_{02} – momenty zginające 1 rzędu na końcach elementu.

Słup – część nadsuwnicowa

Obliczenie efektów 2 rzędu

Def.: Efekty 2 rzędu – dodatkowe efekty oddziaływań (na ogół momenty zginające lub mimośrodowość) spowodowane odkształceniami konstrukcji.

Metody uproszczone:

a) Metoda oparta na nominalnej sztywności (5.8.7)

W analizie drugiego rzędu opartej na sztywności należy stosować nominalne wartości sztywności na zginanie, biorąc pod uwagę wpływ zarysowania, nieliniowości materiałowej i pełzania na ogólną odpowiedź konstrukcji. Metodę tę można stosować zarówno do elementów wydzielonych jak i do całej konstrukcji.

b) Metoda oparta na nominalnej krzywiźnie (5.8.8)

Metoda ta jest odpowiednia głównie przy obliczaniu elementów wydzielonych ze stałą siłą normalną i określoną efektywną długością l_0 . Jednak przyjmując realistyczne założenia dotyczące rozkładu krzywizny można ją również stosować do całej konstrukcji.

Słup – część nadsuwnicowa

Obliczenie efektów 2 rzędu

Metoda nominalnej sztywności

Sztywność nominalna:

(4) W konstrukcjach statycznie niewyznaczalnych należy uwzględnić niekorzystne wpływy zarysowania elementów przylegających. Dla tych elementów stosowanie wyrażeń (5.21 – 5.26) na ogół nie jest właściwe. Częściowe zarysowania i współpracę betonu na odcinkach pomiędzy rysami można uwzględnić, np. zgodnie z 7.4.3. Jednakże, jako uproszczenie, można przyjąć, że przekroje są w pełni zarysowane. Obliczenie sztywności należy oprzeć na efektywnym module sprężystości betonu stosując wzór:

$$E_{cd,eff} = \frac{E_{cd}}{1 + \varphi_{ef}} \quad (5.27)$$

Wpływ pełzania można pominąć jeżeli spełnione są trzy poniższe warunki:

- $\varphi(\infty, t_0) \leq 2$
- $\lambda \leq 75$
- $\frac{M_{0Ed}}{N_{Ed}} \geq h$

Obliczenie efektów 2 rzędu

Metoda nominalnej sztywności

Sztywność nominalna elementów ściskanych
o dowolnym przekroju:
(5.8.7.2)

$$k_1 = \sqrt{\frac{f_{ck}}{20 \text{ MPa}}} \quad (5.23)$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c f_{cd}} \quad \downarrow$$

$$k_2 = \min\left(n \frac{\lambda}{170}; 0,20\right) \quad (5.24)$$

$$(5.22) \quad K_c := \frac{k_1 k_2}{1 + \varphi_{ef}}$$

$$E_{cd} = \frac{E_{cm}}{\gamma_{CE}} \leftarrow \gamma_{CE} = 1,2 \quad (5.20)$$

$$EI = K_c E_{cd} I_c + K_s E_s I_s \quad (5.21)$$

k_1 – współczynnik zależny od klasy betonu,

k_2 – współczynnik zależny od siły podłużnej i smukłości,

n – względna siła podłużna,

K_c – współczynnik zależny od zarysowania, pełzania...,

K_s – współczynnik zależny od udziału zbrojenia.

dla $\rho \geq 0,002$: $K_s = 1,0$

$$I_s = \sum \rho A_c \left(\frac{h - a_1 - a_2}{2} \right)^2$$

Słup – część nadsuwnicowa

Obliczenie efektów 2 rzędu

Metoda nominalnej sztywności

Współczynnik powiększania momentu:

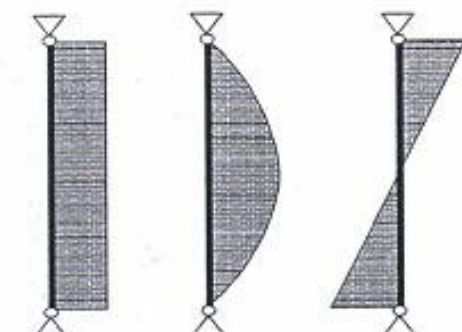
(5.8.7.3)

(5.28)
$$M_{Ed} = M_{0Ed} \left(1 + \frac{\beta}{\frac{N_B}{N_{Ed}} - 1} \right)$$

$$N_B = \frac{\pi^2 EI}{l_0^2}$$

$$\beta = \frac{\pi^2}{c_0} \quad (5.29)$$

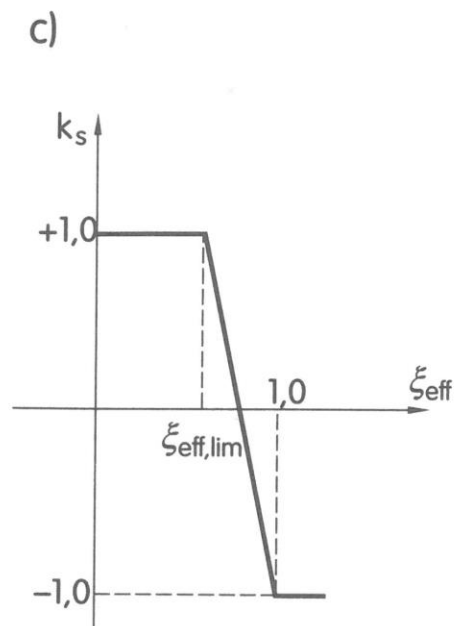
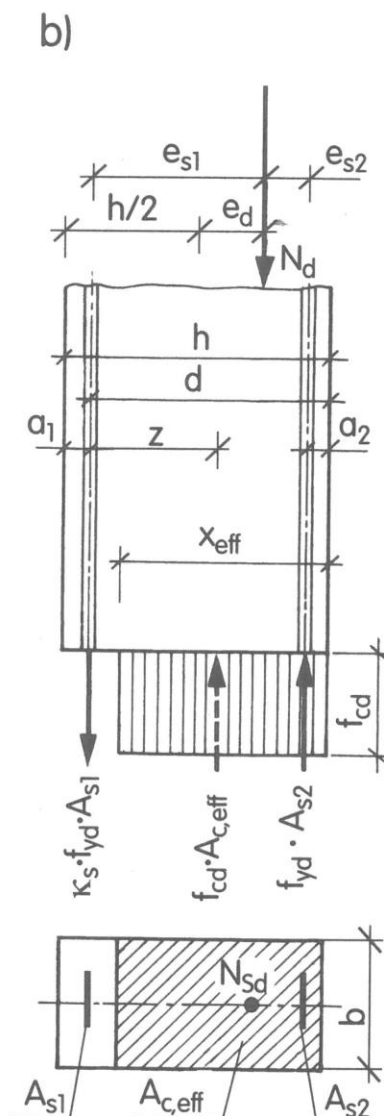
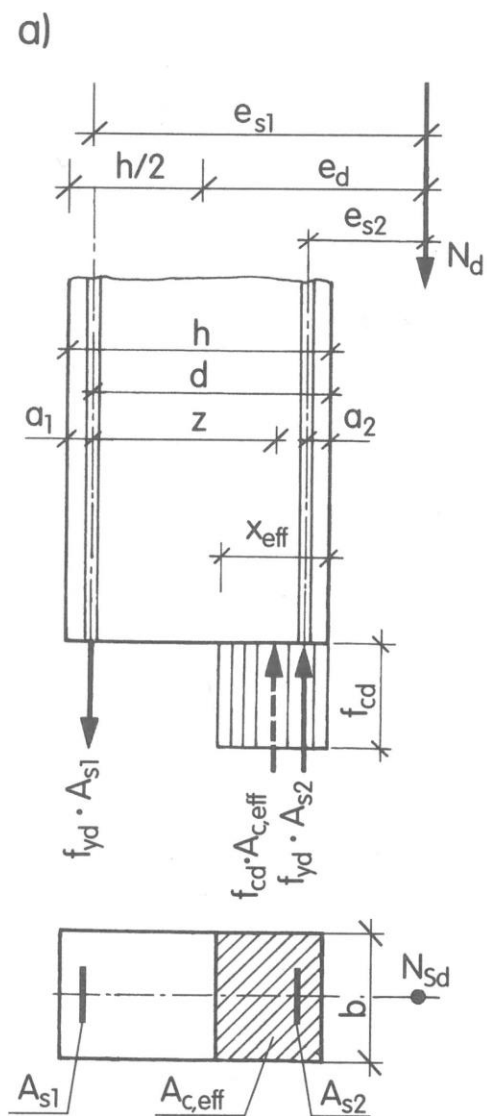
$c_0 = 8 \quad 9,6 \quad 12$



β - współczynnik zależny od rozkładu momentów zginających 1 i 2 rzędu,

N_B - siła krytyczna ze względu na wyboczenie obliczona przy założeniu, że sztywność jest równa nominalnej.

Słup – część nadsuwnicowa



$$e_{s1} = |e_d + 0,5h - a_1|$$

$$e_{s2} = |e_d - 0,5h + a_2|$$

$$k_s = \frac{2(1 - \xi_{eff})}{1 - \xi_{eff,lim}} - 1$$

Słup – część nadsuwnicowa

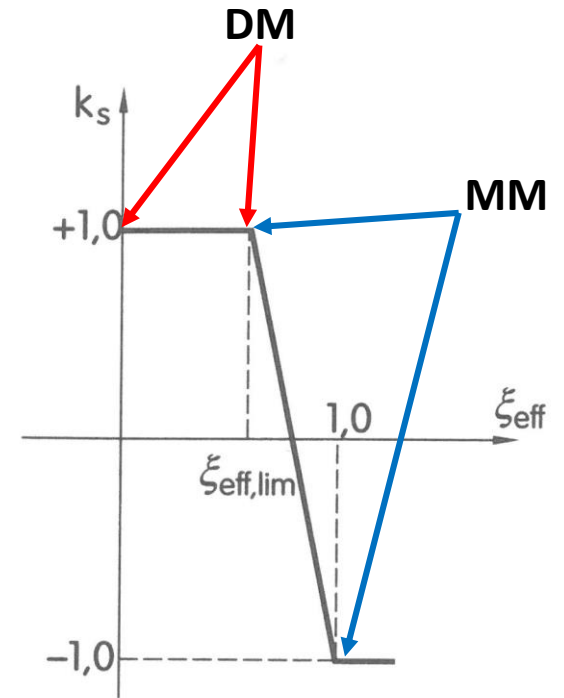
- na podstawie warunku sumy momentów względem środka ciężkości zbrojenia rozciąganego (lub mniej ściskanego) A_{s1}

$$N_{Ed} \cdot e_{s1} \leq N_{Rd} \cdot e_{s1} = f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff}(d - 0,5x_{eff}) + f_{yd} \cdot A_{s2}(d - a_2)$$

- na podstawie warunku sumy rzutów na oś podłużną słupa

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff} + f_{yd}(A_{s2} - k_s \cdot A_{s1})$$

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



Słup – część nadsuwnicowa

Jeżeli $x_{eff} \leq x_{eff,lim}$, a więc $\xi_{eff} \leq \xi_{eff,lim}$

$$N_{Ed}(e_{s1} - z) = f_{yd} \cdot A_{s1} \cdot z + f_{yd} \cdot A_{s2}(0,5x_{eff} - a_2)$$

Po podstawieniu $A_{s1} = A_{s2}$ (zbrojenie symetryczne) i $z = d - 0,5x_{eff}$ otrzymuje się

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

Jeżeli $x_{eff} > x_{eff,lim}$, to występuje mały mimośród. Wtedy zazwyczaj przyjmuje się $x_{eff} = x_{eff,lim} = d \cdot \xi_{eff,lim}$ oraz $\mu_{sc,lim} = \xi_{eff,lim}(1 - 0,5\xi_{eff,lim})$

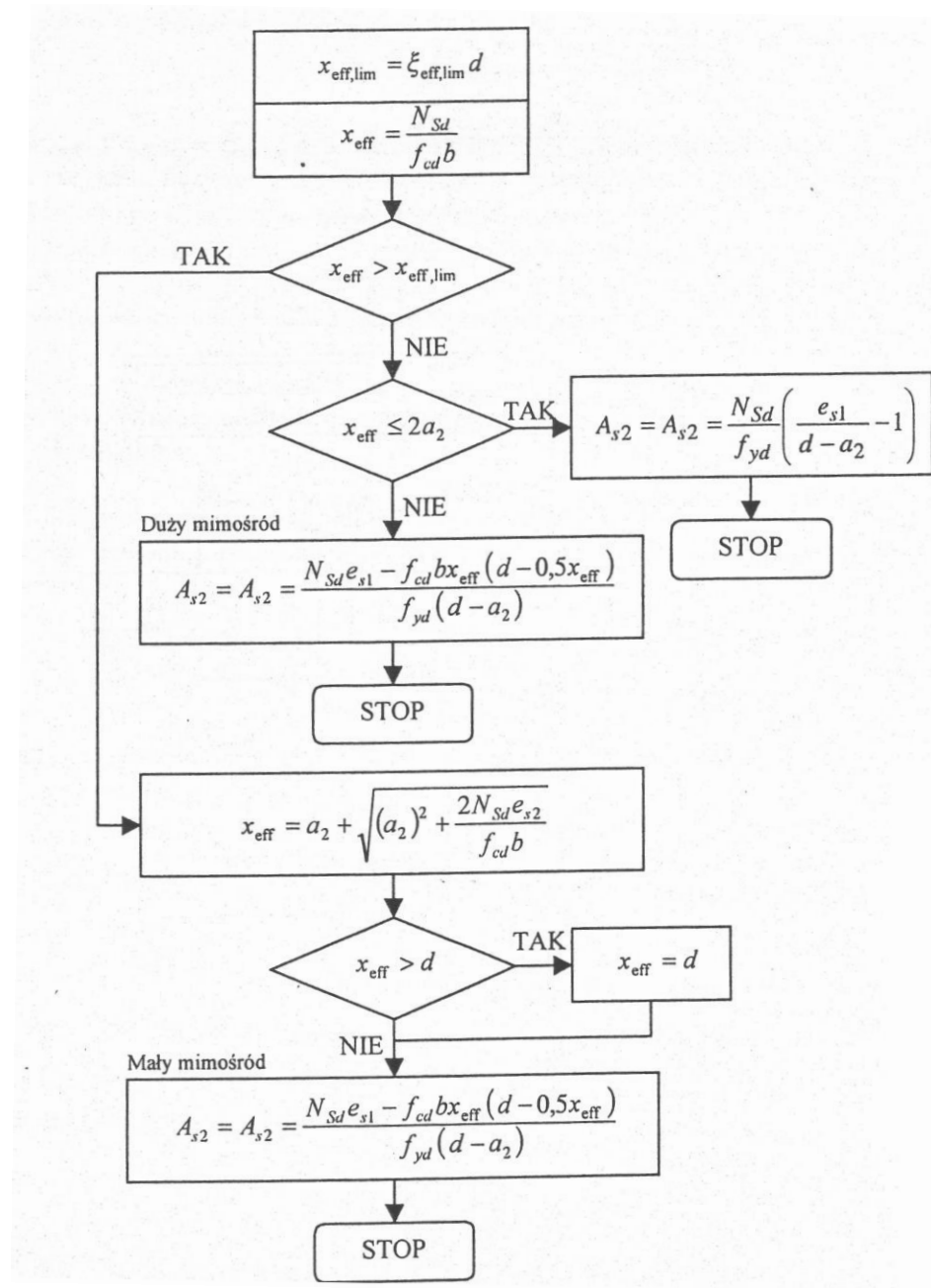
$$A_{s1} = A_{s2} = \frac{N_{Sd} \cdot e_{s1} - \mu_{sc,lim} \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2}{f_{yd}(d - a_2)}$$

Słup – część nadsuwnicowa

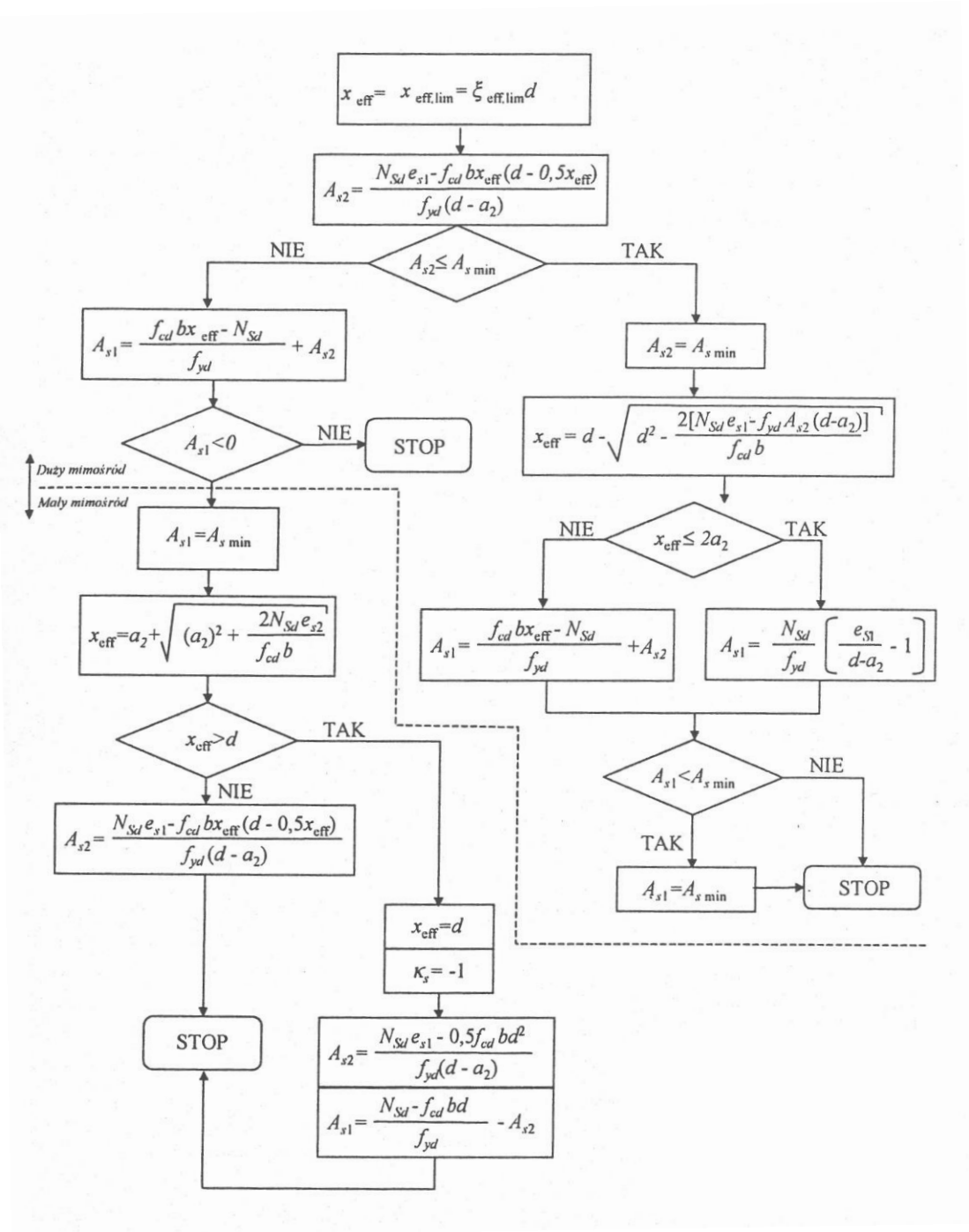
Należy sprawdzić, czy obliczony przekrój zbrojenia $\sum A_s = 2A_{s1}$ odpowiada założonemu na początku obliczeń

Jeżeli różnica jest większa niż 10%, to obliczenia trzeba powtórzyć przy skorygowanej wartości $\sum A_s = A_{s1} + A_{s2}$. W przeciwnym razie (gdy różnica między założonym a obliczonym pole przekroju zbrojenia nie przekracza 10%, dobiera się pręty

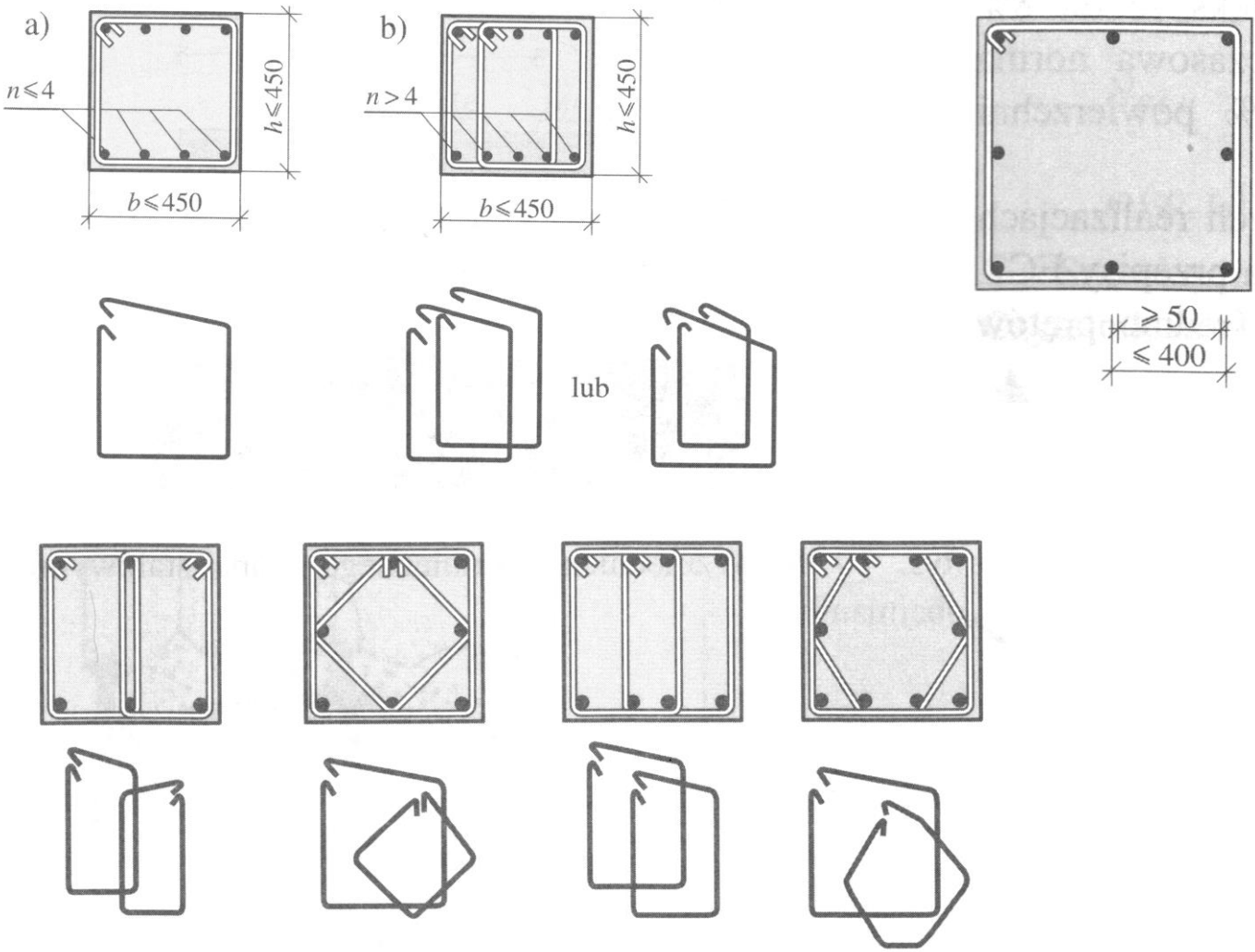
Zbrojenie symetryczne



Zbrojenie niesymetryczne



Słup – część nadsuwnicowa



Słup – część nadsuwnicowa

DM

$$x_{eff} = (d - e_{s1}) + \sqrt{(d - e_{s1})^2 + \frac{2f_{yd}(A_{s1}e_{s1} \pm A_{s2}e_{s2})}{\alpha f_{cd} b}}$$

W drugim członie pod pierwiastkiem przyjmujemy znak „minus”, gdy $e_{s1} > d - a_2$, natomiast znak „plus”, gdy $e_{s1} < d - a_2$.

Jeżeli obliczona wartość x_{eff} spełnia warunek $x_{eff} \leq x_{eff,lim} = \xi_{eff,lim} d$, to mamy do czynienia z dużym mimośrodem i nośność przekroju sprawdza się, korzystając z zależności

$$N_{Sd} \leq \alpha f_{cd} b x_{eff} + f_{yd} (A_{s2} - A_{s1})$$

$$N_{Sd} e_{s1} \leq \alpha f_{cd} b x_{eff} (d - 0,5 x_{eff}) + f_{yd} A_{s2} (d - a_2)$$

Słup – część nadsuwnicowa

MM

$$x_{eff} = d - e_{s1} - \beta + \sqrt{(d - e_{s1} - \beta)^2 + 2d \left[\beta - \frac{f_{yd}(A_{s1}e_{s1} - A_{s2}e_{s2})}{\alpha f_{cd} b d} \right]}$$

gdzie

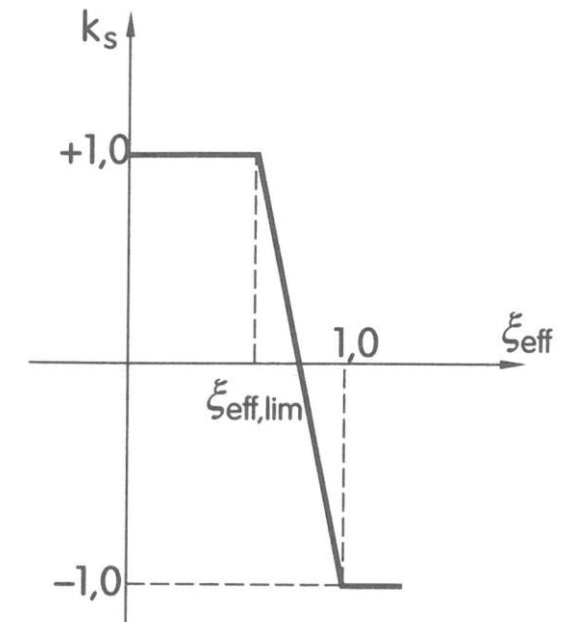
$$\beta = \frac{2e_{s1}}{1 - \xi_{eff,lim}} \frac{f_{yd}A_{s1}}{\alpha f_{cd} b d}$$

- na podstawie warunku sumy momentów względem środka ciężkości zbrojenia rozciąganego (lub mniej ściskanego) A_{s1}

$$N_{Ed} \cdot e_{s1} \leq N_{Rd} \cdot e_{s1} = f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff}(d - 0,5x_{eff}) + f_{yd} \cdot A_{s2}(d - a_2)$$

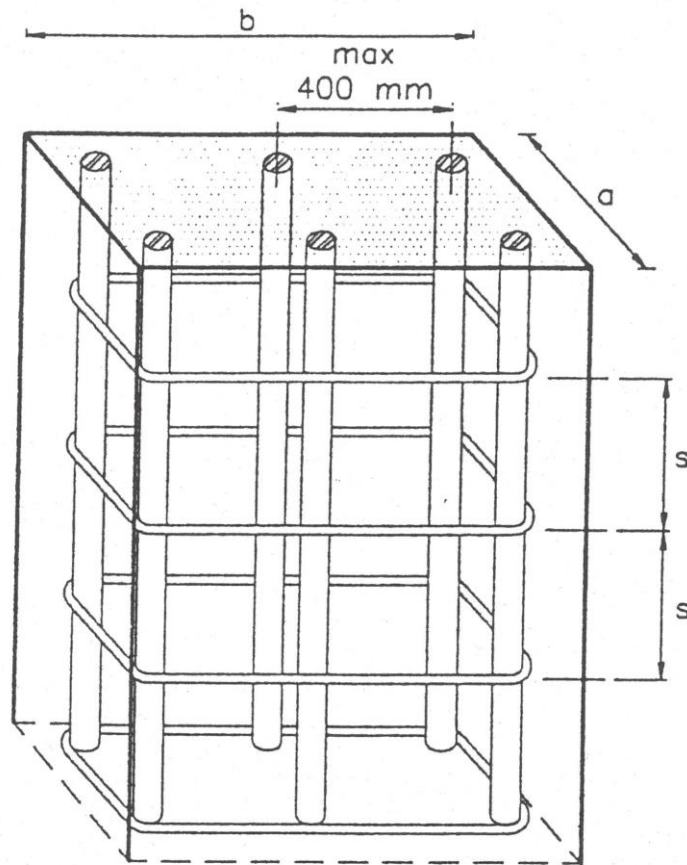
- na podstawie warunku sumy rzutów na oś podłużną słupa

$$N_{Ed} \leq N_{Rd} = f_{cd} \cdot b \cdot x_{eff} + f_{yd}(A_{s2} - k_s \cdot A_{s1})$$



$$k_s = \frac{2(1 - \xi_{eff})}{1 - \xi_{eff,lim}} - 1$$

Słup – część nadsuwnicowa



ϕ – średnica pręta zbrojenia
 ϕ_1 – średnica strzemienia

$$s \leq a$$

$$s \leq 400 \text{ mm}$$

$$s \leq 15 \phi$$

gdy stopień
uzbrojenia
 $\rho \leq 3 \%$

$$s \leq 10 \phi$$

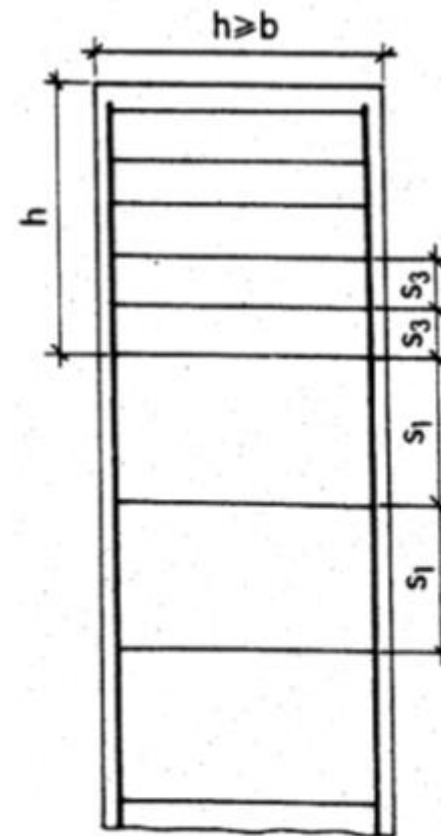
gdy stopień
uzbrojenia
 $\rho > 3 \%$

w złączach prętów głównych
rozstaw strzemion $s_1 = 0.5 s$

$$\phi = \text{od } 12 \text{ mm do } 32 \text{ mm}$$

$$\phi_1 \geq 0,2 \phi$$

$$\phi_1 \geq 4,5 \text{ mm}$$

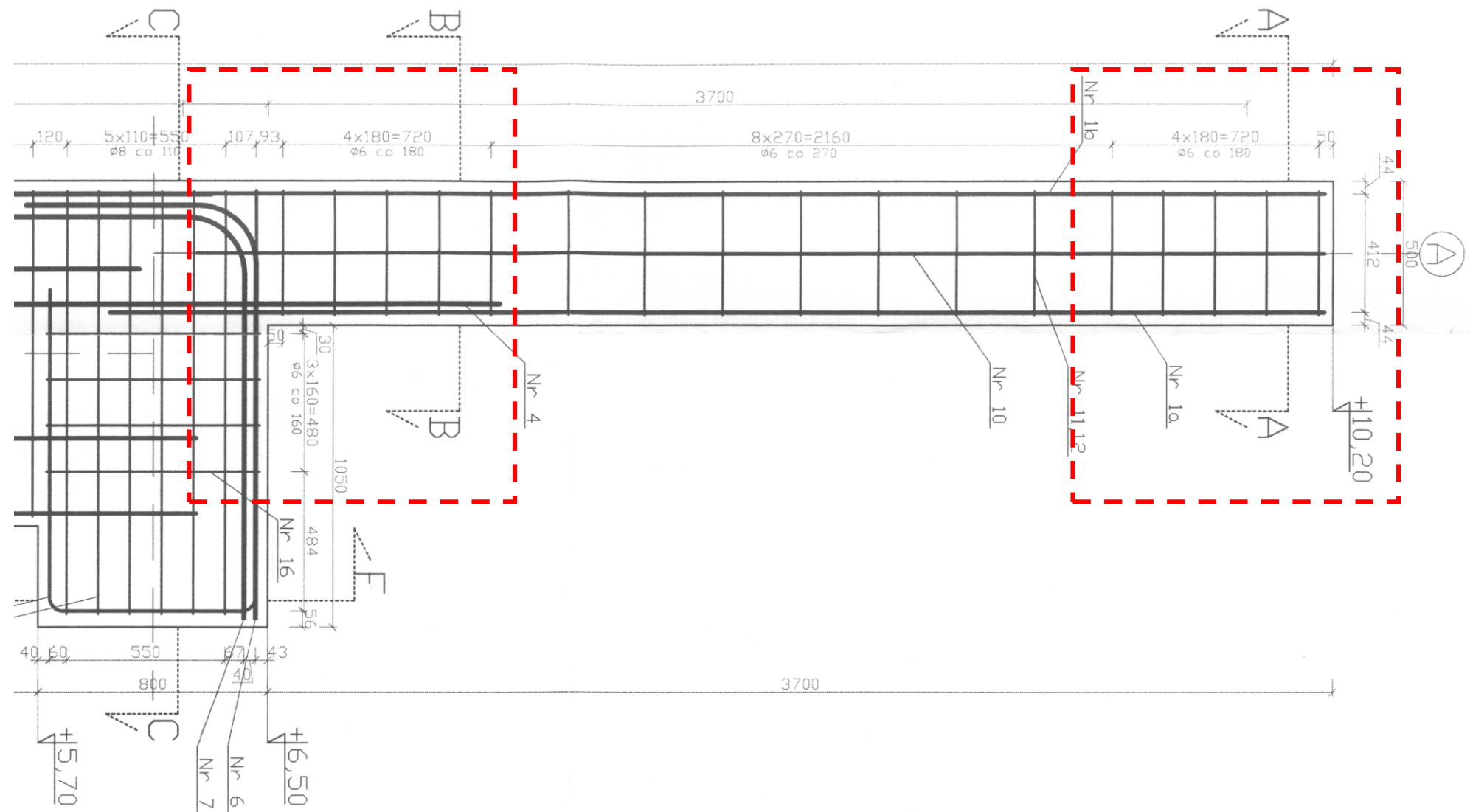


$$s_1 \begin{cases} \leq 15 \phi \ (\rho_1 \leq 3\%) \\ \leq 10 \phi \ (\rho_1 > 3\%) \\ \leq b \leq h \\ \leq 400 \text{ mm} \end{cases}$$

$$s_2 \leq s_1/2$$

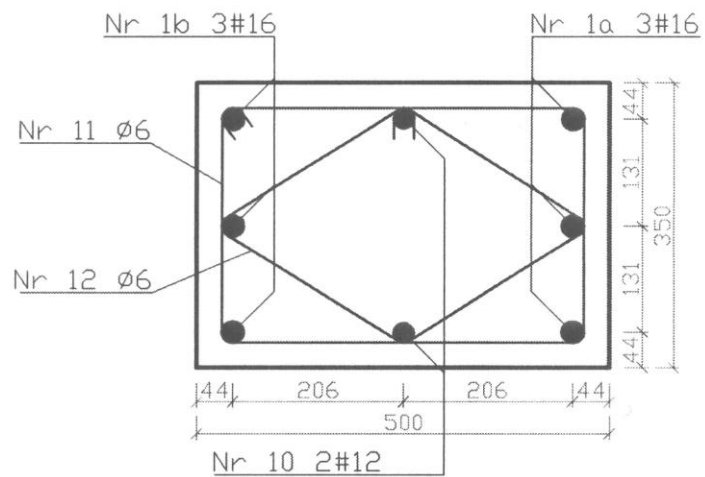
$$s_3 \leq s_1/3$$

Słup – część nadsuwnicowa



Słup – część nadsuwnicowa

Przekrój A-A
Skala 1:10



Przekrój B-B
Skala 1:10

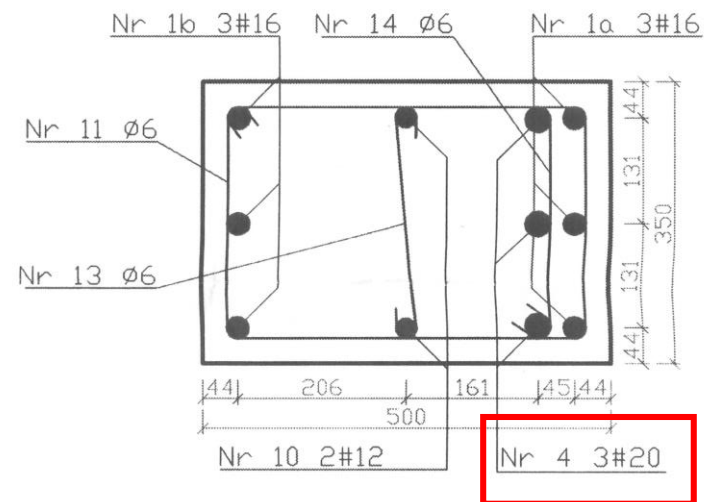
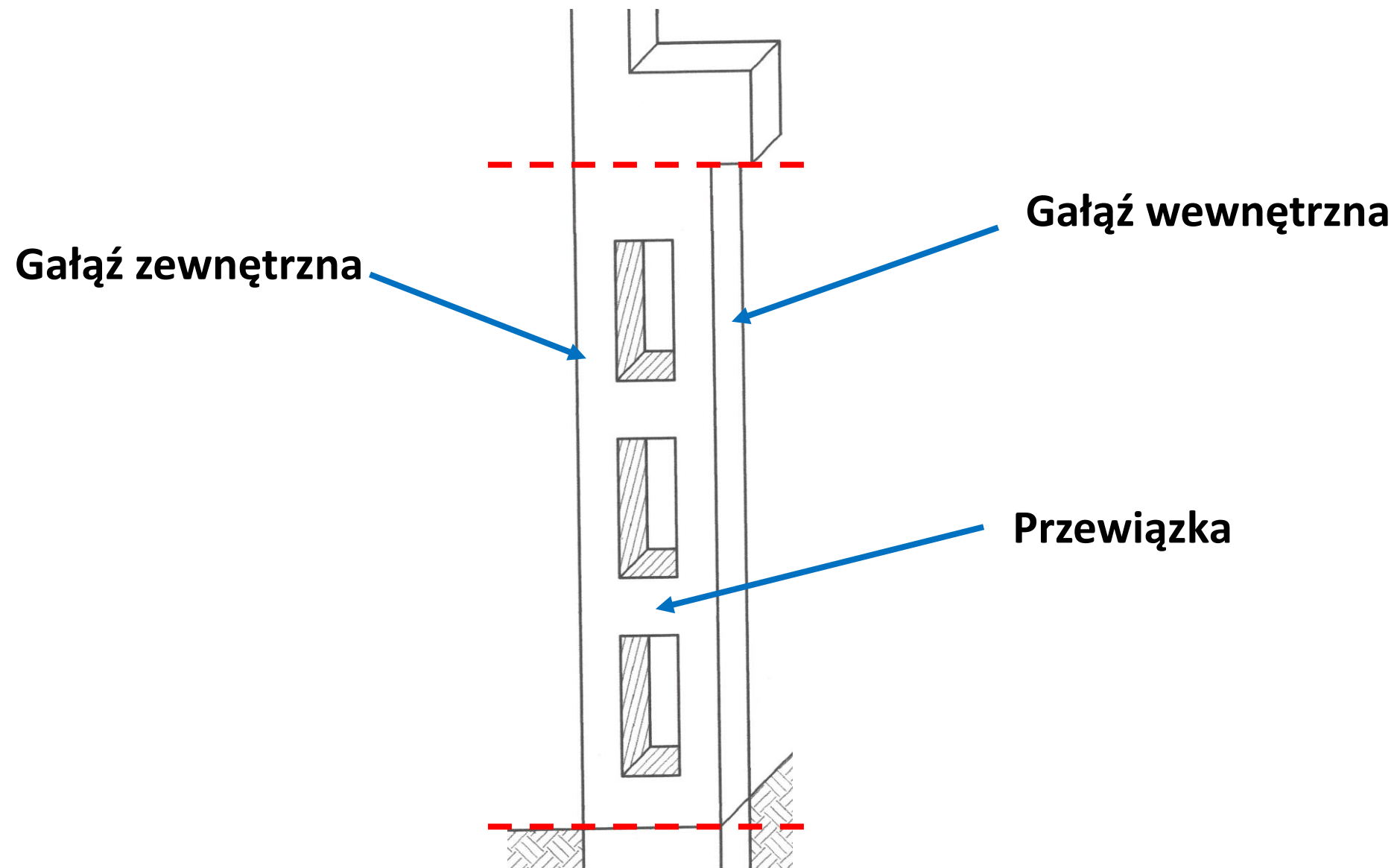


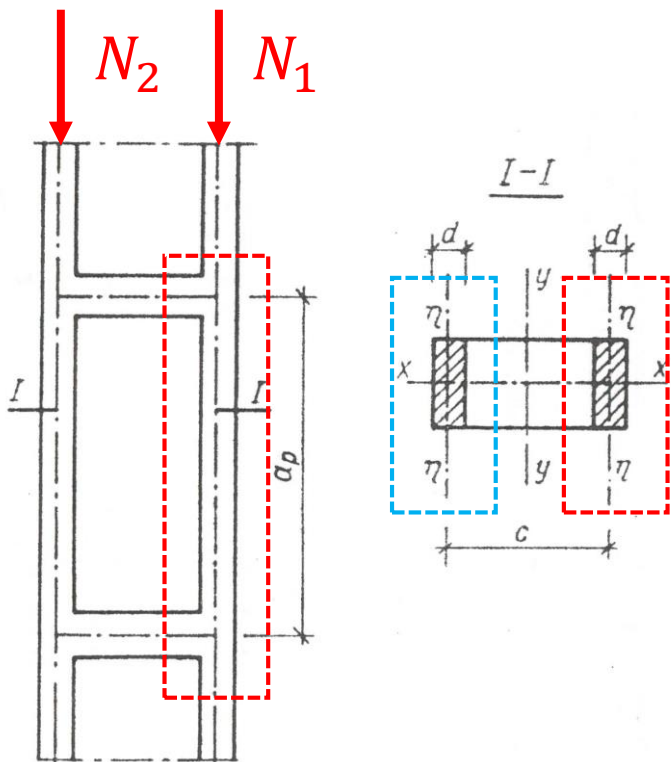
TABELA KOMBINATRYKI DLA SŁUPA ŻELBETOWEGO

Nr węzła	Lokalizacja	M [Knm] T [kN] N [Kn]	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	$M_{max}/M_{min} \rightarrow T, N$		$N_{max} \rightarrow M, T$
			Ciężar własny dachu ($\gamma=1,35; \psi_0=1$)	Obc. część nadswinnicową ($\gamma=1,35; \psi_0=1$)	Obc. technologiczne ($\gamma=1,5; \psi_0=\text{brak}$)	Śnieg ($\gamma=1,5; \psi_0=0,5$)	Suwnica pion MAX ($\gamma=1,35; \psi_0=1$)	Suwnica pion MIN ($\gamma=1,35; \psi_0=1$)	Suwnica poziom PRAWO ($\gamma=1,35; \psi_0=1$)	Suwnica poziom LEWO ($\gamma=1,35; \psi_0=1$)	Wiatr PARCIE ($\gamma=1,5; \psi_0=0,6$)	Wiatr SSANIE ($\gamma=1,5; \psi_0=0,6$)	Temperatura rozciąganie ($\gamma=1,5; \psi_0=0,6$)	Temperatura ściskanie ($\gamma=1,5; \psi_0=0,6$)	$M_{max} \rightarrow T, N$	$M_{min} \rightarrow T, N$	$N_{max} \rightarrow M, T$
1	wierzchołek słupa	M	-40,38	0,00	-4,49	-5,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	A+B -40,38	A+B+C+D -50,67	A+B+C+D -50,67
		T	-8,07	-4,77	-0,90	-1,16	-33,84	-8,55	-36,49	36,49	-18,62	9,14	-21,65	21,65	A+B -12,84	A+B+C+D -14,90	A+B+C+D -14,90
		N	-486,49	-77,76	-54,00	-69,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	A+B -564,25	A+B+C+D -688,23	A+B+C+D -688,23
2 ⁿ	słup w części nadswinnicowej	M	-10,50	16,76	-1,16	-1,51	125,23	31,62	135,01	-135,01	36,23	-17,78	80,09	-80,09	A+B+E+G+0,6*I+K 153,21	A+B+C+0,5*D+H+0,6*J+L -221,42	A+B+C+D 3,59
		T	-8,07	-4,77	-0,90	-1,16	-33,84	-8,55	-36,49	36,49	-0,96	0,48	-21,65	21,65	A+B+E+G+0,6*I+K -47,26	A+B+C+0,5*D+H+0,6*J+L 44,10	A+B+C+D -14,90
		N	-486,49	-123,09	-54,00	-69,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	A+B+E+G+0,6*I+K -609,58	A+B+C+0,5*D+H+0,6*J+L -698,54	A+B+C+D -733,51
2 ^p	słup w części podswinnicowej	M	159,76	-92,51	17,75	22,99	-680,24	-171,91	135,01	-135,01	36,23	-17,78	80,09	-80,09	A+B+C+0,5*D+G+0,6*I+K 333,33	A+B+E+H+0,6*J+L -838,75	A+B+C+D+E -572,25
		T	-8,07	-4,77	0,90	-1,16	-33,84	-8,55	47,02	-47,02	-0,96	0,48	-21,65	21,65	A+B+C+0,5*D+G+0,6*I+K 12,28	A+B+E+H+0,6*J+L -71,78	A+B+C+D+E -46,95
		N	-486,49	-123,09	-54,00	-69,98	-610,20	-154,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	A+B+C+0,5*D+G+0,6*I+K -698,57	A+B+E+H+0,6*J+L -1219,78	A+B+C+D+E -1343,76
3	podstawa słupa	M	225,96	-53,39	25,13	32,51	-402,73	-101,83	-250,55	250,55	-116,22	59,97	257,58	-257,58	A+B+C+0,5*D+H+0,6*J+K 758,07	A+B+E+G+0,6*I+L -808,01	A+B+C+D+E -172,52
		T	-8,07	-4,77	-0,90	0,00	-33,84	-8,55	47,02	-47,02	38,15	-18,71	-21,65	21,65	A+B+C+0,5*D+H+0,6*J+K -93,63	A+B+E+G+0,6*I+L 44,87	A+B+C+D+E -47,59
		N	-486,49	-123,09	-54,00	-69,98	-610,20	-154,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	A+B+C+0,5*D+H+0,6*J+K -698,57	A+B+E+G+0,6*I+L -1219,78	A+B+C+D+E -1343,76

Słup – część podsuwnicowa



Słup – część podsuwnicowa

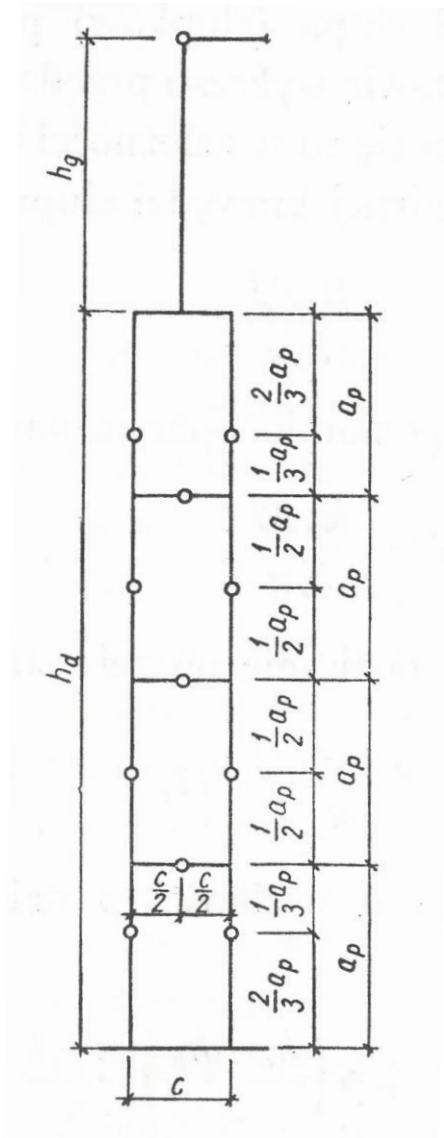


$$N_{1,2} = \frac{N}{2} \pm \frac{M\eta}{c}$$

$$\eta = \frac{1}{1 - \frac{N_{Sd}}{N_B}}$$

$$N_B = \frac{\pi^2 EI}{l_0^2}$$

Słup – część podsuwnicowa



Moment w gałęzi słupa

$$M'_s = \sum T \frac{a_p}{3}$$

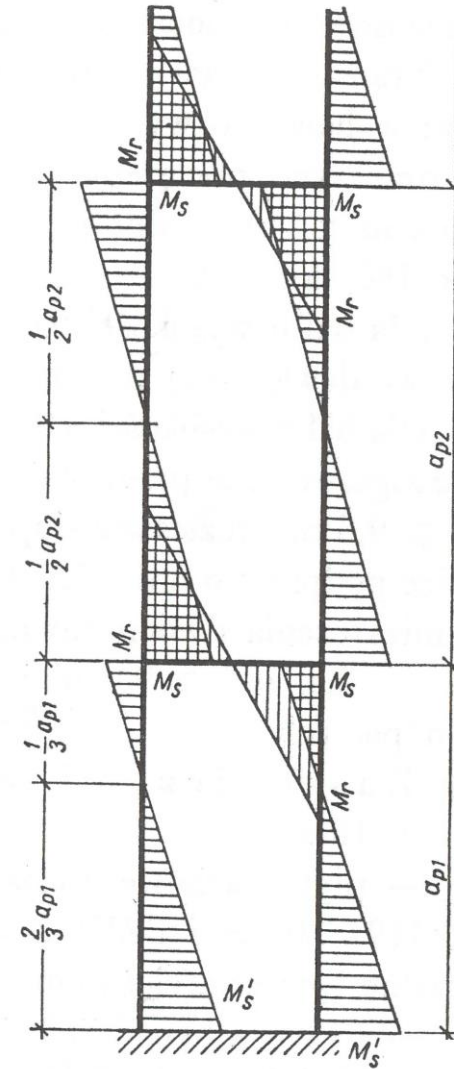
$$M_s = \sum T \frac{a_p}{4}$$

Moment w przewiązce słupa

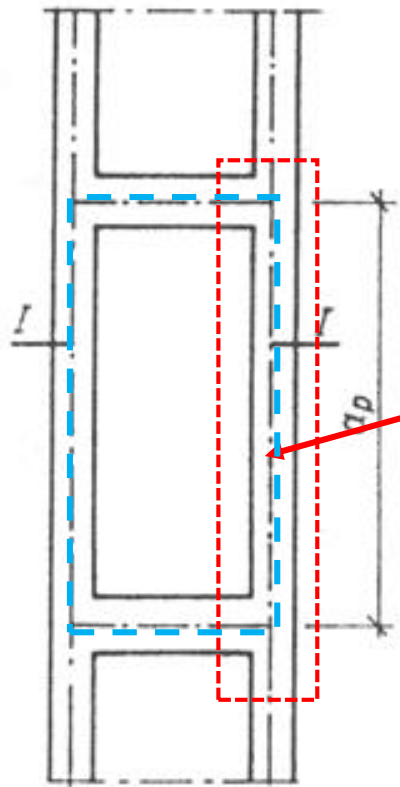
$$M_r = \sum T \frac{a_p}{2}$$

Siła tnąca w przewiązce słupa

$$Q_p = \frac{\sum T a_p}{c}$$



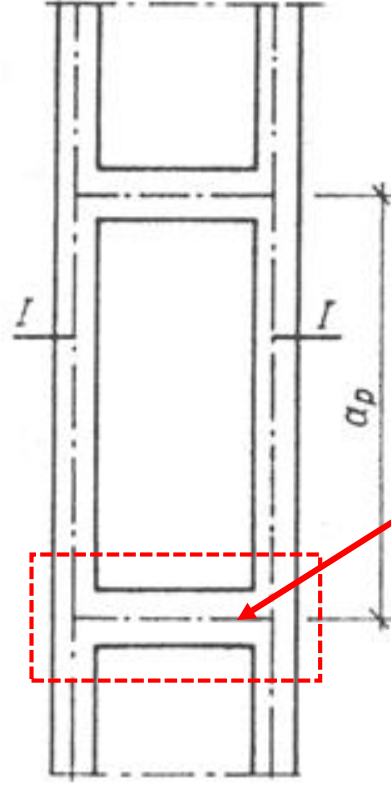
Słup – część podsuwnicowa



$$N_{1,2} = \frac{N}{2} \pm \frac{M\eta}{c}$$

$$M'_s = \sum T \frac{a_p}{3}$$

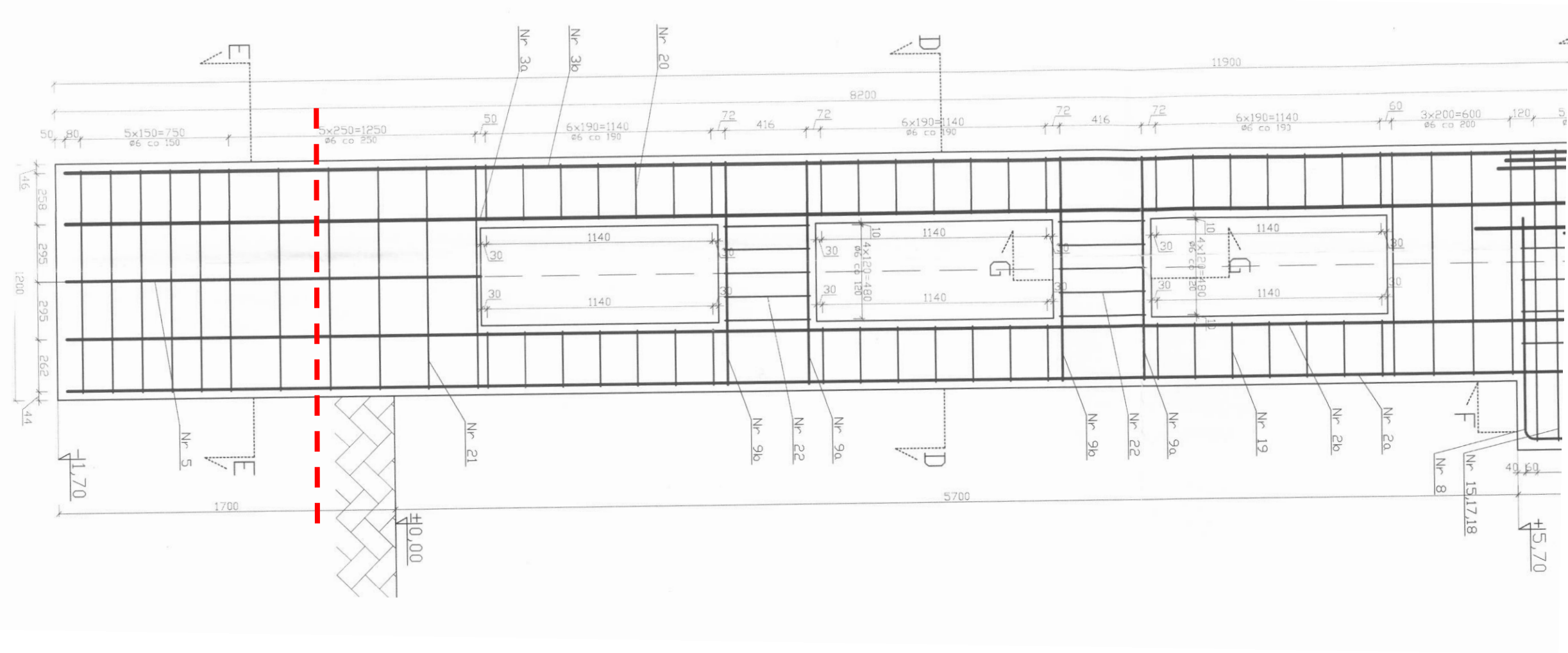
$$M_s = \sum T \frac{a_p}{4}$$



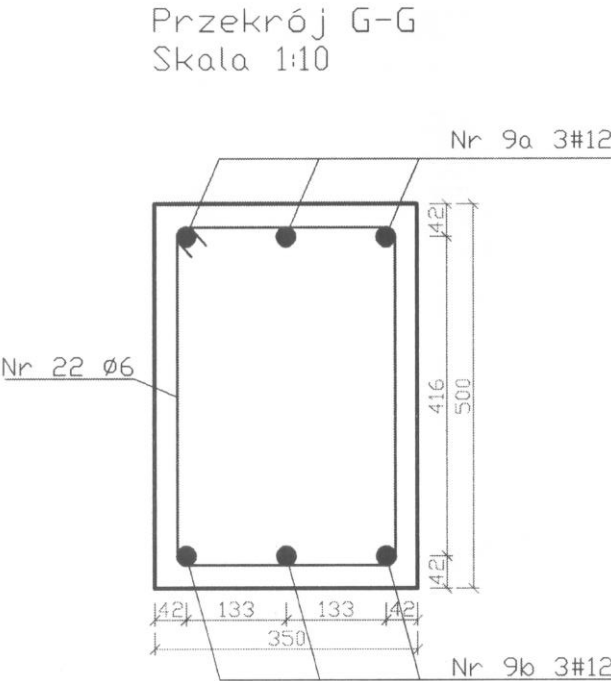
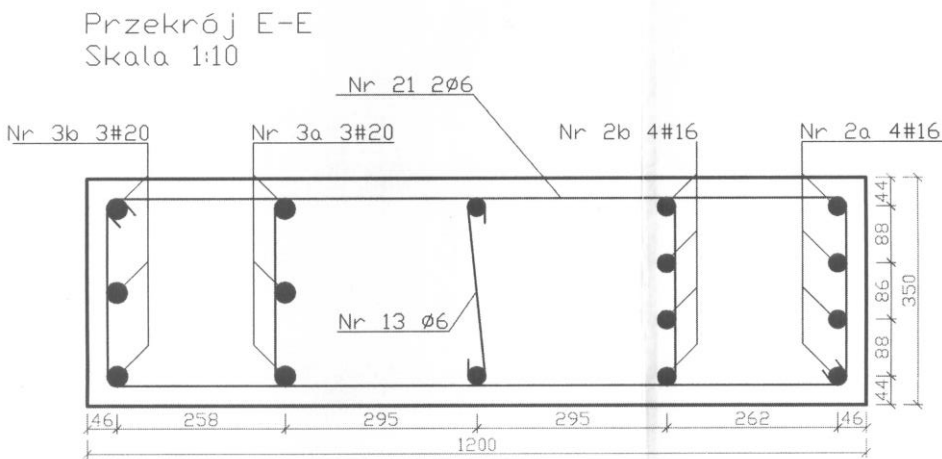
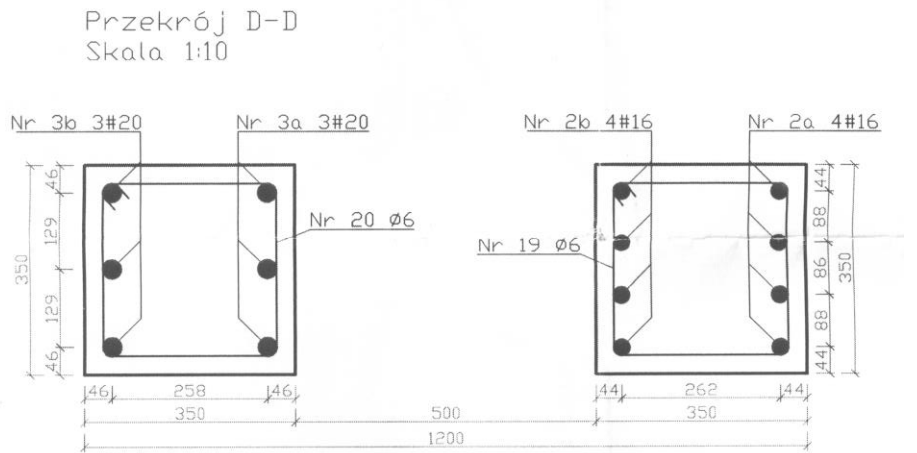
$$M_r = \sum T \frac{a_p}{2}$$

$$Q_p = \frac{\sum T a_p}{c}$$

Słup – część podsuwnicowa



Słup – część podsuwnicowa



Słup – część podsuwnicowa

