

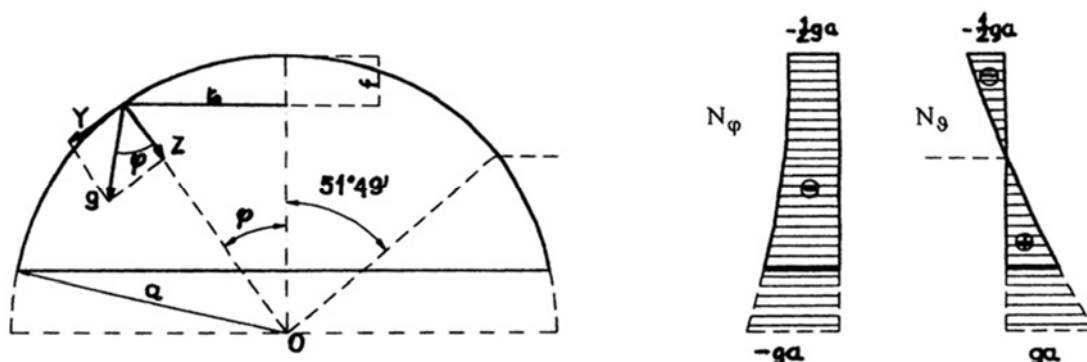
„Konstrukcje betonowe” – Wykład, cz. II

Dr inż. Jacek Dyczkowski

Studia stacjonarne, KB, II stopień, rok I, semestr I

1

K. Kopuły



Rys. K-1 [5]

2

Obciążenia i siły od ciężaru własnego kopuły, pokazanej na rys. K-1, obliczono z użyciem następujących wzorów [5]:

- składowe obciążenia [5]:

$$X=0, \quad Y=g \sin \varphi, \quad Z=g \cos \varphi$$

- siły wewnętrzne [5]:

$$N_{\varphi} = -ga \frac{1 - \cos \varphi}{\sin^2 \varphi} = -\frac{ga}{1 + \cos \varphi}$$

$$N_{\vartheta} = -ga \left(\cos \varphi - \frac{1}{1 + \cos \varphi} \right)$$

- $\varphi = 0$ [5]:

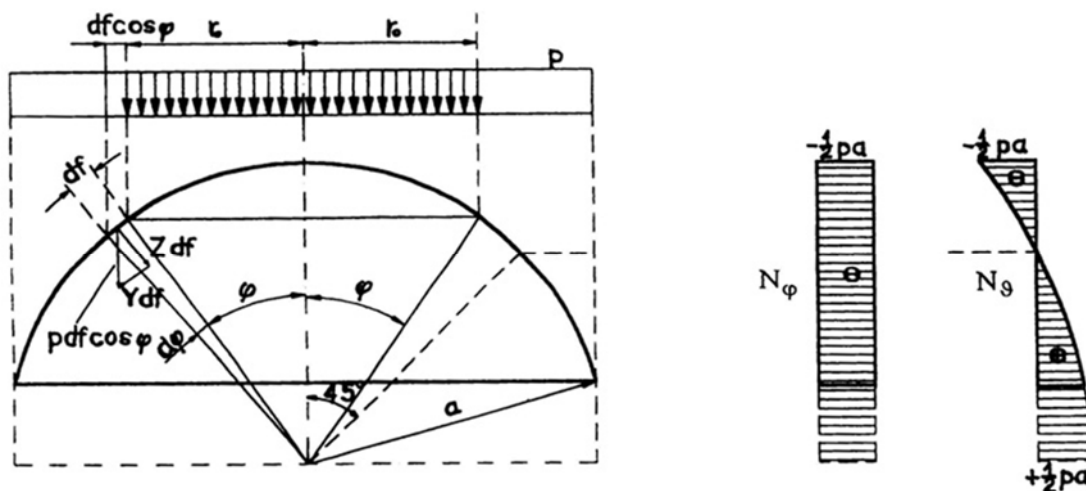
$$N_{\varphi} = N_{\vartheta} = -\frac{1}{2}ga,$$

- $\varphi = \pi/2$ [5]:

$$N_{\varphi} = -ga, \quad N_{\vartheta} = +ga$$

- dla kąta φ większego od $\varphi = 51^{\circ}49'$, siły pierścieniowe są ściskające; dla kąta mniejszego – rozciągające.

3



Rys. K-2 [5]

4

Obciążenia i siły od obciążenia śniegiem kopuły, pokazanej na rys. K-2, obliczono z użyciem następujących wzorów [5]:

- składowe obciążenia [5]:

$$X=0, \quad Y=p \sin \varphi \cos \varphi, \quad Z=p \cos^2 \varphi$$

- siły wewnętrzne [5]:

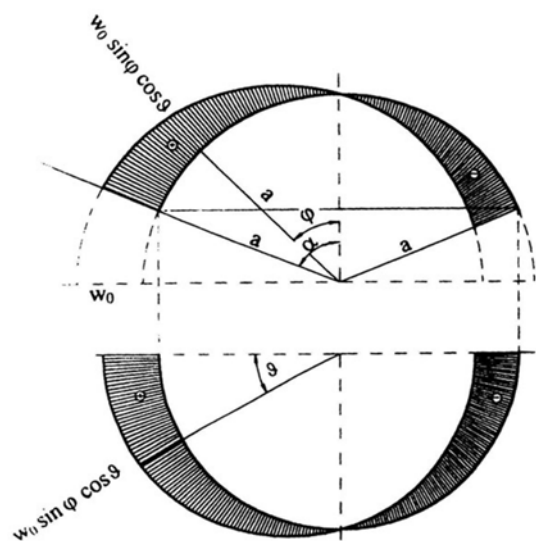
$$N_{\varphi} = -\frac{\pi p a^2 \sin^2 \varphi}{2 \pi \sin^2 \varphi} = -\frac{1}{2} p a \quad \text{i} \quad N_{\vartheta} = -\frac{1}{2} p a \cos^2 \varphi$$

- w zworniku ($\varphi = 0$)[5]:

$$N_{\varphi} = N_{\vartheta} = -\frac{1}{2} p a$$

- $\varphi = \pi/2$ [5]:

$$N_{\varphi} = -N_{\vartheta} = -\frac{1}{2} p a$$



Rys. K-3 [5]

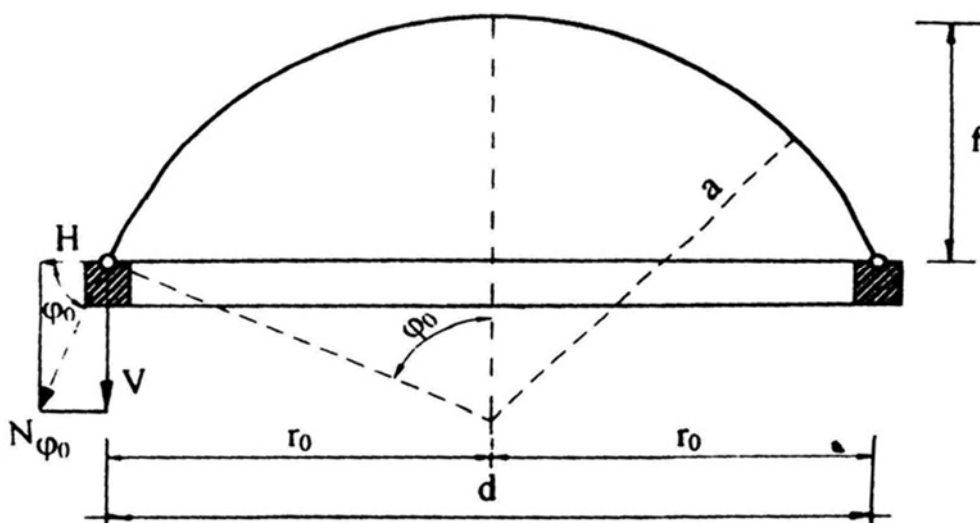
Siły od obciążenia wiatrem kopuły pokazanej na rys. K-3 obliczono z użyciem następujących wzorów [5]:

$$N_{\varphi} = w_0 a \left(-\frac{2}{3} + \cos \varphi - \frac{1}{3} \cos^3 \varphi \right) \frac{\cos \varphi}{\sin^3 \varphi} \cos \vartheta$$

i

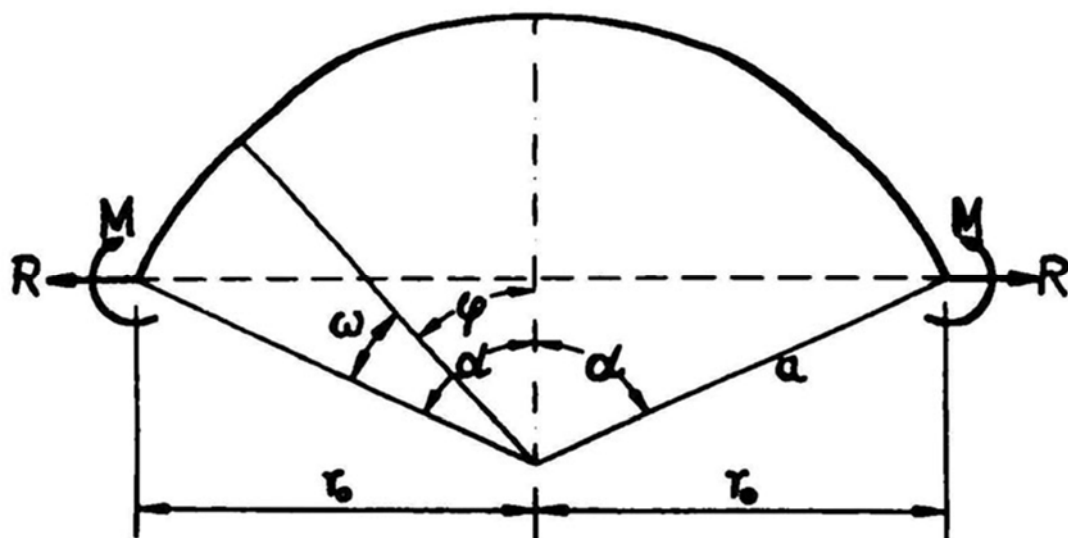
$$N_{\vartheta} = w_0 a \left(\frac{2}{3} \cos \varphi - \sin^2 \varphi - \frac{2}{3} \cos^4 \varphi \right) \frac{1}{\sin^3 \varphi} \cos \vartheta$$

7



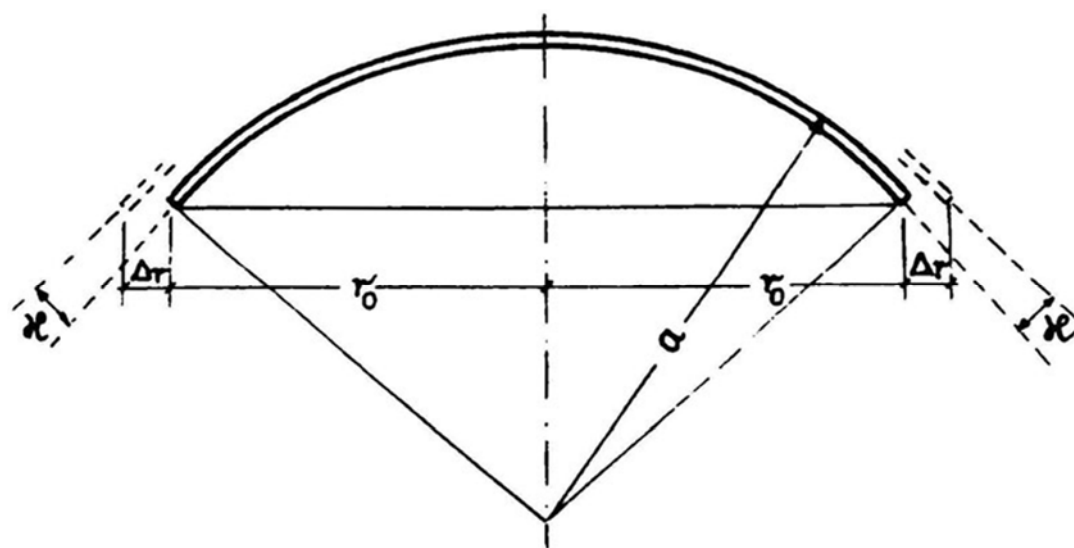
Rys. K-4 [5]

8



Rys. K-5 [5]

9



Rys. K-6 [5]

10

W wyniku oparcia powłoki na wieńcu podporowym (rys. K-4) i działania sił R i M pokazanych na rys. K-5 oraz obciążenia zewnętrznego czaszy, powstają opisane na rys. K-6 przemieszczenia krawędzi powłoki i wieńca i zachodzą warunki ciągłości konstrukcji określone następującymi wzorami [5]:
 - przemieszczenia powłoki i wieńca [5]:

$$\kappa_0 = \frac{1}{E\delta} \left[-\frac{dN_{\vartheta_0}}{d\varphi} + \nu \frac{dN_{\vartheta_0}}{d\varphi} + (1-\nu)(N_{\varphi_0} + N_{\vartheta_0}) \operatorname{ctg} \varphi \right]_{\varphi=\alpha}$$

$$\Delta r_0 = r_0(\varepsilon_{\vartheta_0}) = \frac{r_0(N_{\vartheta_0})_{\varphi=\alpha}}{E\delta}$$

$$\kappa_R = -\frac{2R\gamma^2 \sin \alpha}{E\delta}$$

$$\Delta r_R = r(\varepsilon_{\vartheta_R}) = \frac{2R\gamma r_0}{E\delta} \sin \alpha$$

11

$$\gamma = \sqrt{\frac{2a}{\delta}} \sqrt[4]{\frac{3}{4}(1-\nu^2)}$$

$$\kappa_M = -\frac{Ma}{K\gamma}$$

$$K = \frac{E\delta^3}{12(1-\nu^2)}$$

$$\Delta r_M = r_0(\varepsilon_{\vartheta_M}) = \frac{2M\gamma^2 \sin \alpha}{E\delta}$$

12

$$\Delta r_0^* = r_0 \varepsilon = \frac{Hr_0^2}{Ebh}$$

$$M = R \frac{h}{2}$$

$$\Delta r_1^* = -\frac{Rr_0^2}{Ebh}$$

$$\Delta r_2^* = r_0 \varepsilon = -\frac{3Rr_0^2}{Ebh}$$

13

$$\Delta r_M^* = r_0 \varepsilon = \frac{6Mr_0^2}{Ebh^2}$$

$$\kappa_M^* = \frac{\Delta r_M}{\frac{1}{2}h} = +\frac{12Mr_0^2}{Ebh^3}$$

14

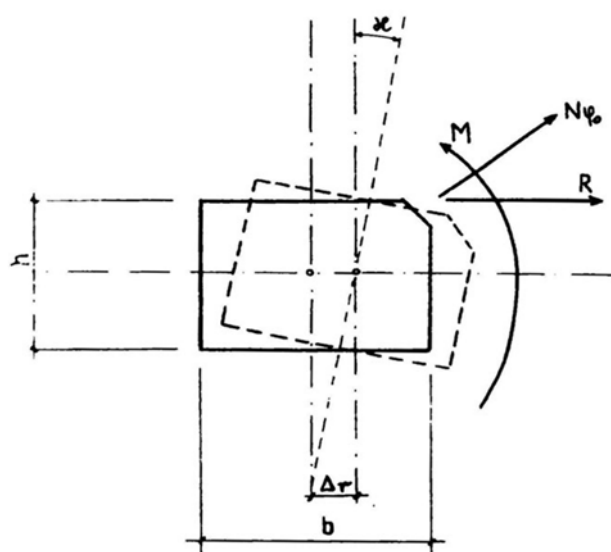
- warunki ciągłości [5]:

$$\Delta r_0 + \Delta r_R + \Delta r_M = \Delta r_0^* + \Delta r_R^* + \Delta r_M^*$$

$$\kappa_0 + \kappa_R + \kappa_M = \kappa_0^* + \kappa_R^* + \kappa_M^*$$

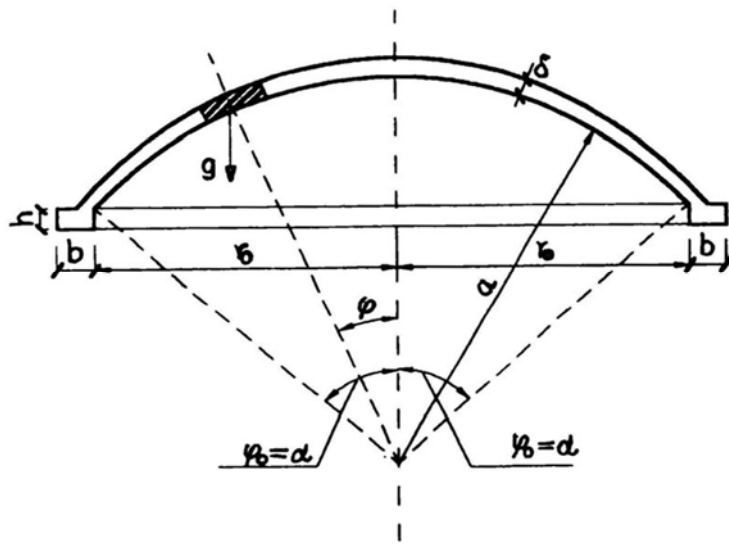
- w powyższych wzorach indeksy: „O”, „R” i „M” oznaczają, od jakiego wpływu powstało przemieszczenie (odpowiednio: stan błonowy, wpływ „R”, wpływ „M”); „gwiazdka” dotyczy przemieszczenia pierścienia, zaś pozostałe oznaczenia dotyczą krawędzi powłoki.

15



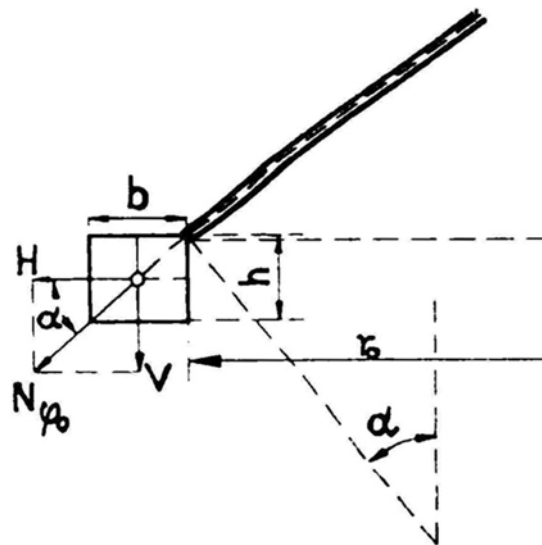
Rys. K-7 [5]

16



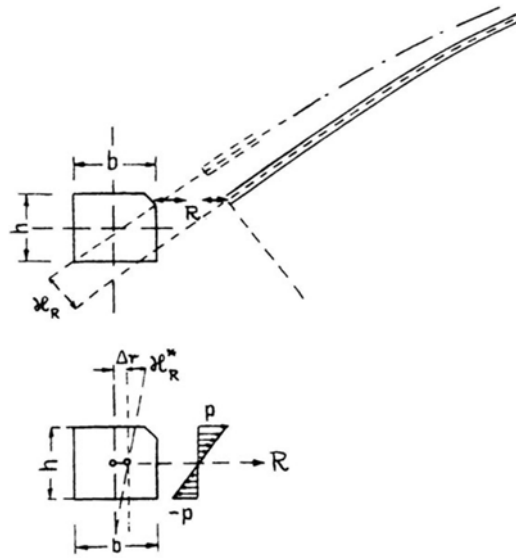
Rys. K-8 [5]

17

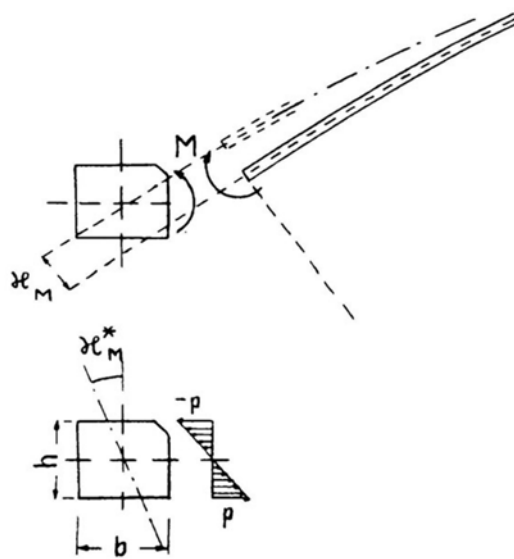


Rys. K-9 [5]

18



Rys. K-10 [5]



Rys. K-11 [5]

Z warunku ciągłości konstrukcji, czyli równości przemieszczeń powłoki i wieńca, powstaje układ równań; pozwala on wyznaczyć niewiadome siły R i momenty M , a następnie sumaryczne siły wewnętrzne określone następującymi wzorami [5]:

$$N_{\varphi_R} = \sqrt{2} R \sin \alpha \operatorname{ctg} \varphi e^{-\gamma \omega} \cos \left(\gamma \omega + \frac{\pi}{4} \right)$$

$$N_{\varphi_M} = \frac{2M\gamma}{a} \operatorname{ctg} \varphi e^{-\gamma \omega} \sin \gamma \omega$$

$$N_{\varphi} = N_{\varphi_0} + N_{\varphi_R} + N_{\varphi_M}$$

$$N_{\vartheta_R} = 2 R \gamma e^{-\gamma \omega} \sin \alpha \cos \gamma \omega$$

21

$$N_{\vartheta_M} = \frac{2M\gamma^2}{a} e^{-\gamma \omega} (\cos \gamma \omega - \sin \gamma \omega)$$

$$N_{\vartheta} = N_{\vartheta_0} + N_{\vartheta_R} + N_{\vartheta_M}$$

$$M_{\varphi_R} = \frac{Ra}{\gamma} \sin \alpha e^{-\gamma \omega} \sin \gamma \omega$$

$$M_{\varphi_M} = Me^{-\gamma \omega} (\sin \gamma \omega + \cos \gamma \omega)$$

22

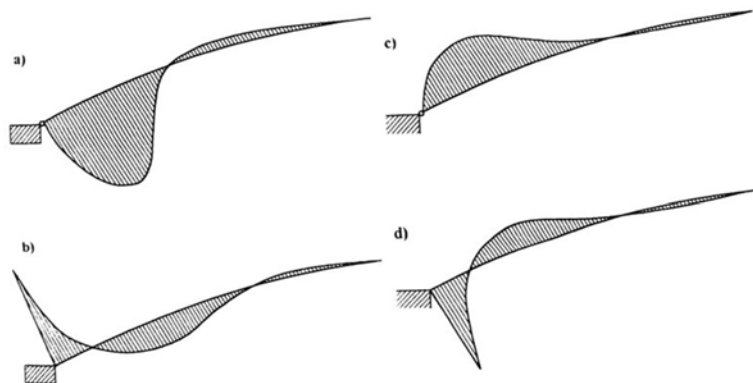
$$M_{\varphi} = M_{\varphi_R} + M_{\varphi_M}$$

$$M_{\vartheta_R} = \frac{Ra}{\sqrt{2}\gamma^2} \operatorname{ctg} \varphi e^{-\gamma\omega} \sin\left(\gamma\omega + \frac{\pi}{4}\right) + \nu M_{\varphi_R}$$

$$M_{\vartheta_M} = \frac{M}{\gamma} \operatorname{ctg} \varphi e^{-\gamma\omega} \cos \gamma\omega + \nu M_{\varphi_M}$$

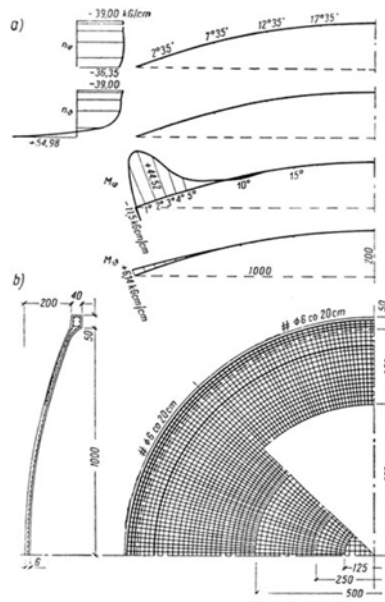
$$M_{\vartheta} = M_{\vartheta_R} + M_{\vartheta_M}$$

23

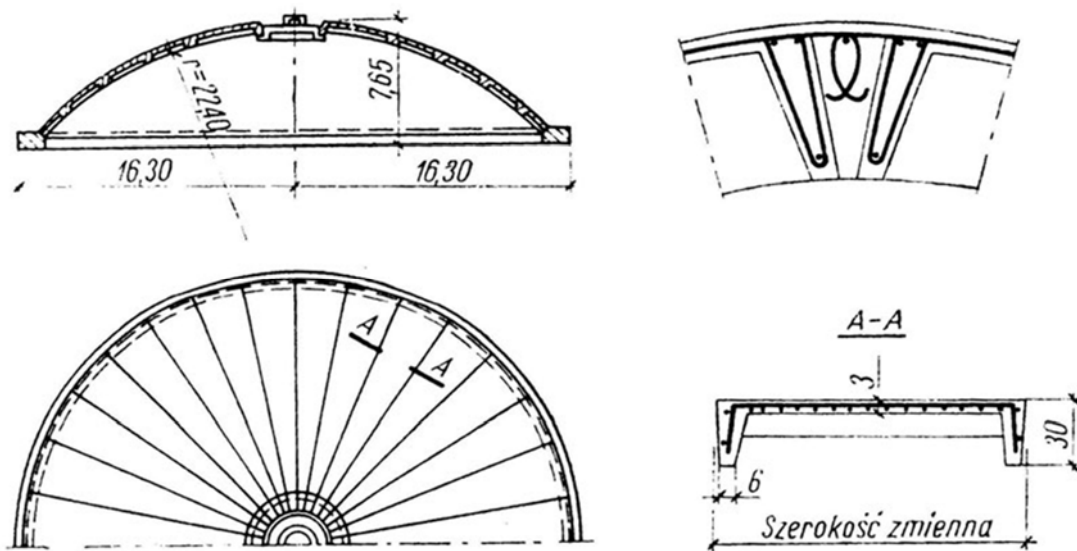


Rys. K-12 [5]

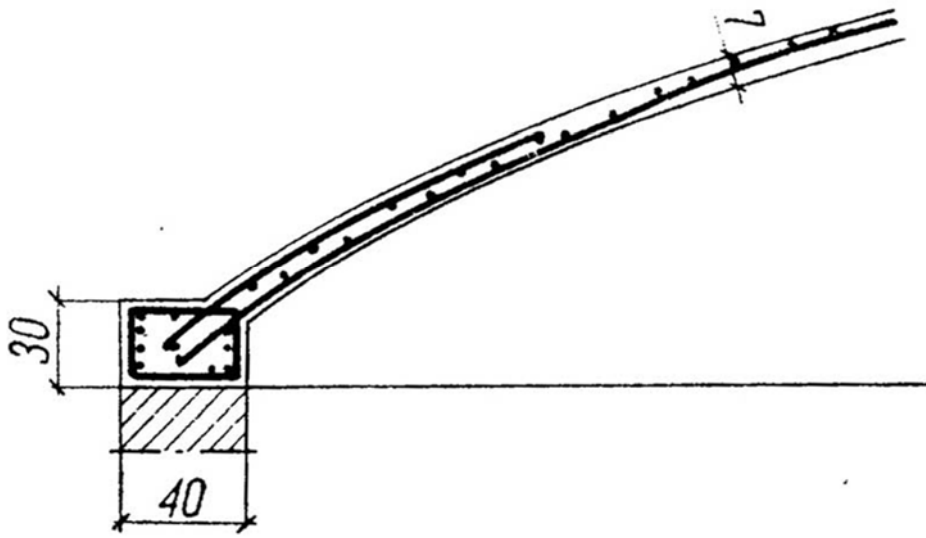
24



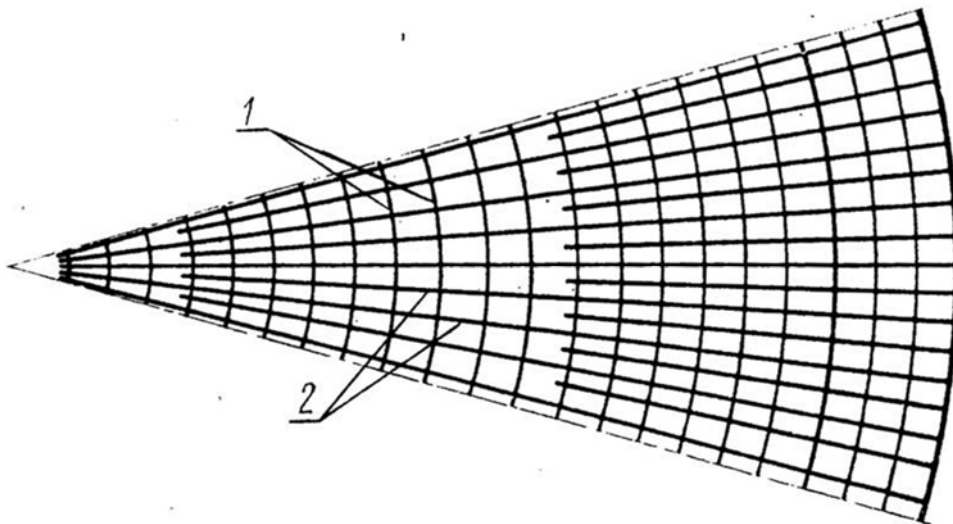
Rys. K-13 [7]



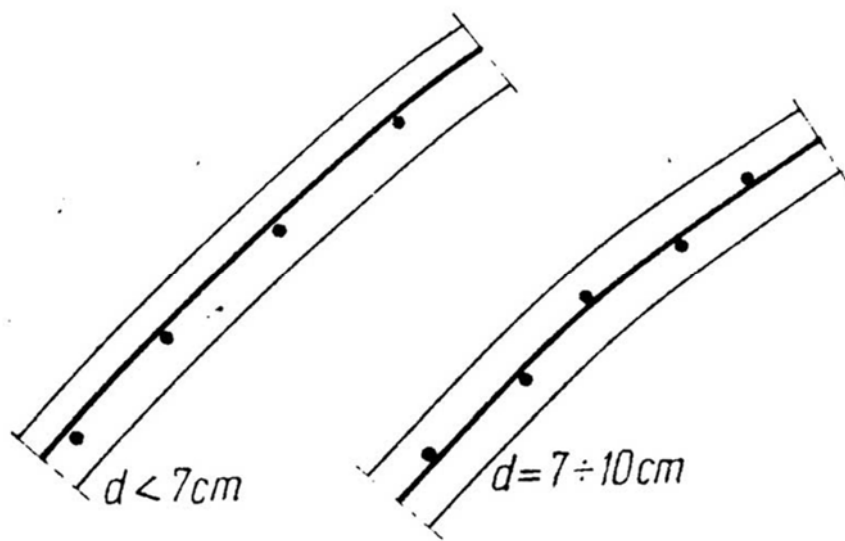
Rys. K-14 [4]



Rys. K-15 [7]

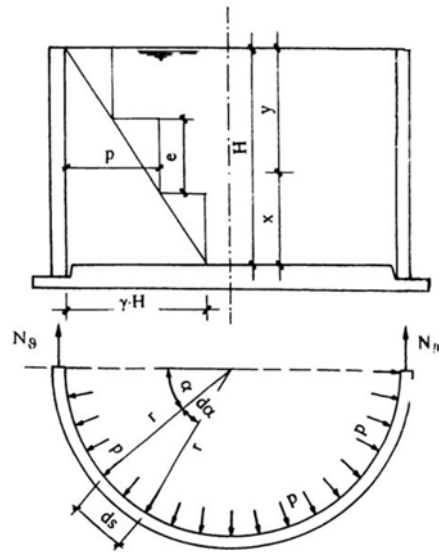


Rys. K-16 [4]

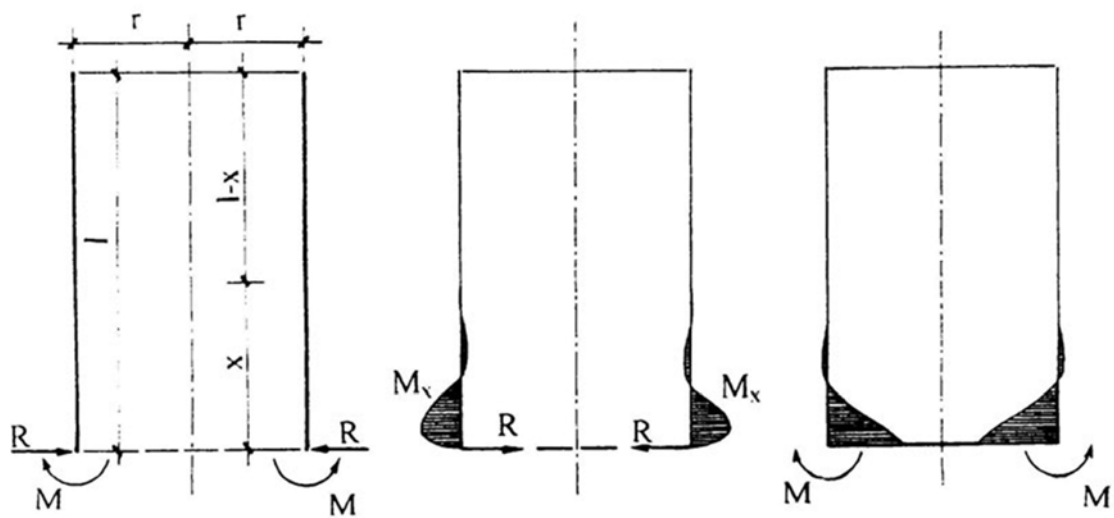


Rys. K-17 [4]

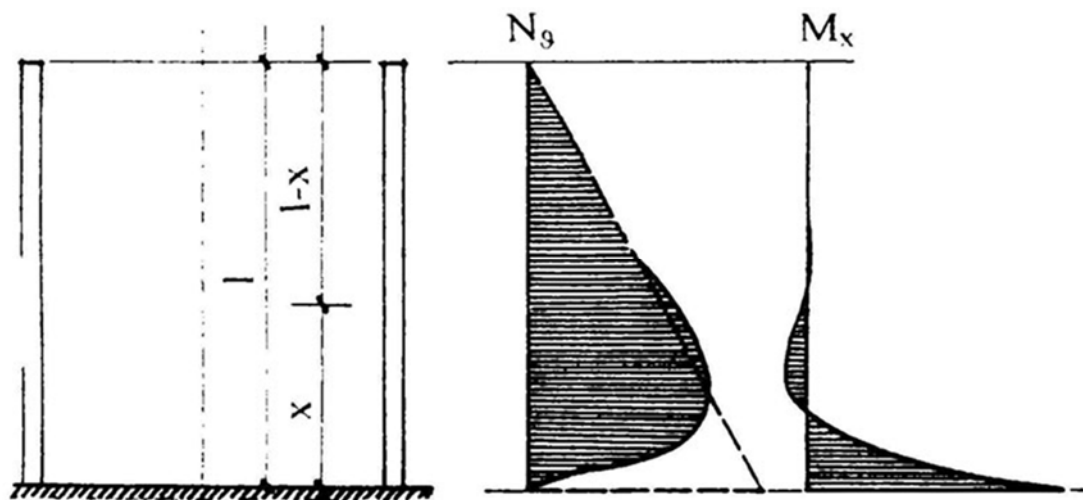
C. Zbiorniki cylindryczne na cieczy



Rys. C-1 [5]



Rys. C-2 [5]



Rys. C-3 [5]

33

Na rysunkach C-2 i C-3 pokazano założenia obliczeniowe i wykresy sił wewnętrznych, obliczonych z użyciem następujących wzorów [5]:
 - siły wewnętrzne i przemieszczenia w stanie błonowy [5]:

$$N_{x_0} = 0$$

$$N_{\vartheta_0} = \gamma r(l-x)$$

$$W_0 = \frac{r^2}{Eh} \gamma(l-x)$$

34

$$\psi_0 = -\frac{r^2}{Eh} \gamma$$

$$N_{\vartheta_0} = \gamma r l$$

$$W_0 = \frac{r^2}{Eh} \gamma l$$

$$\psi_0 = -\frac{r^2}{Eh}$$

35

- siły i przemieszczenia wywołane działaniem jednostkowych sił nadliczbowych R i M [5]:

$$N_{\vartheta_R} = \frac{R}{2K\lambda^3} e^{-\lambda x} \cos \lambda x$$

$$W_R = \frac{R}{2K\lambda^3}$$

$$\psi_R = \frac{R}{2K\lambda^2}$$

$$N_{\vartheta_M} = \frac{M}{2r\lambda^2} \frac{Eh}{K} e^{-\lambda x} (\cos \lambda x - \sin \lambda x)$$

$$W_M = \frac{M}{2K\lambda^2}$$

$$\psi_M = -\frac{M}{K\lambda}$$

36

- warunki ciągłości konstrukcji i obliczone siły nadliczbowe [5]:

$$W_0 = W_R + W_M = 0$$

$$\psi_0 + \psi_R + \psi_M = 0$$

$$R = 2r^2 \lambda^2 \gamma \frac{K}{Eh} (2\lambda l - 1)$$

$$M = 2r^2 \lambda \gamma \frac{K}{Eh} (\lambda l - 1)$$

37

- ostateczne siły wewnętrzne w stanie zgięciowym [5]:

$$N_\vartheta = N_{\vartheta_0} + N_{\vartheta_R} + N_{\vartheta_M}$$

$$N_\vartheta = \gamma r \left\{ (1-x) - e^{-\lambda x} \left[\cos \lambda x + \left(1 - \frac{1}{\lambda l} \right) \sin \lambda x \right] \right\}$$

$$M_x = M_{x_R} + M_{x_M}$$

38

$$M_{xR} = -\frac{R}{\lambda} e^{-\lambda x} \sin \lambda x$$

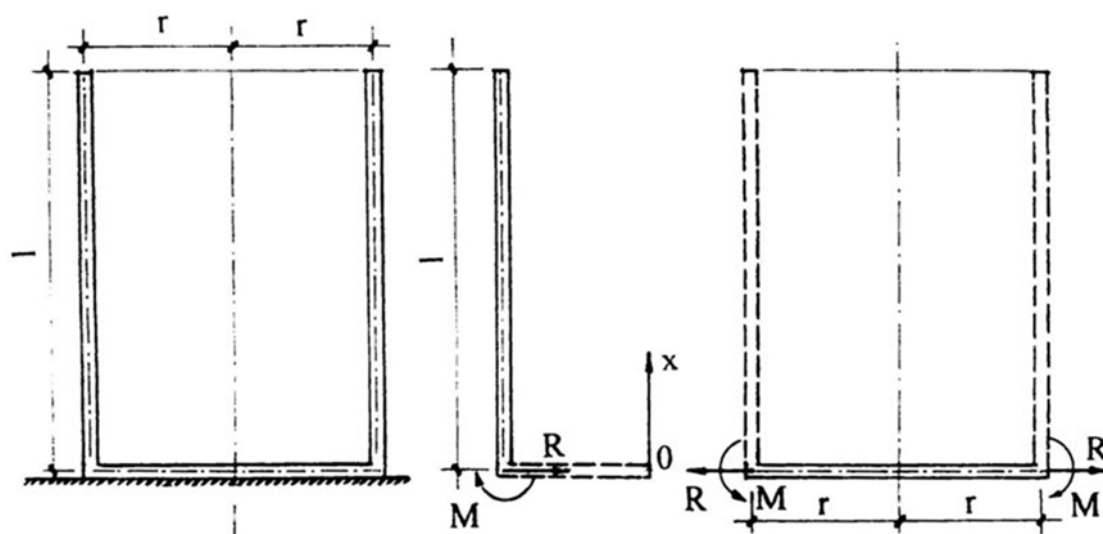
$$M_{xM} = Me^{-\lambda x} (\cos \lambda x + \sin \lambda x)$$

$$M_x = 2r^2 \lambda^2 \gamma l \frac{K}{Eh} e^{-\lambda x} \left[\left(1 - \frac{1}{\lambda l} \right) \cos \lambda x - \sin \lambda x \right]$$

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{rh}} \sqrt[4]{3(1-\nu^2)}$$

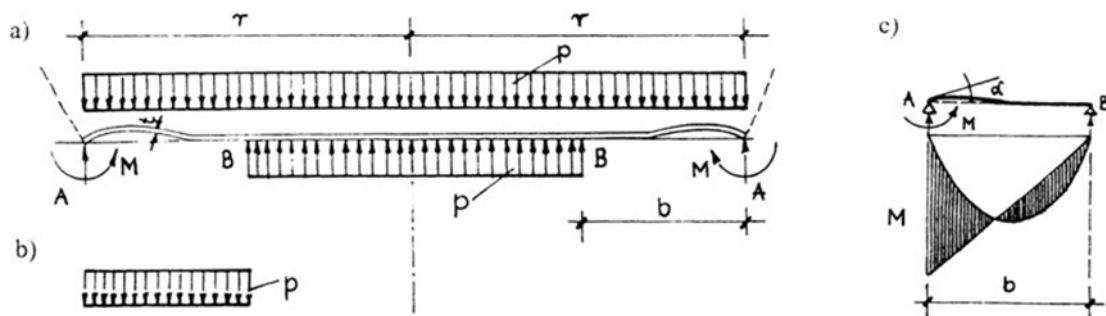
$$K = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$$

39



Rys. C-4 [5]

40



Rys. C-5 [5]

41

Na rysunkach C-4 i C-5 pokazano założenia obliczeniowe i wykresy sił wewnętrznych, obliczonych z użyciem następujących wzorów [5]:

- przemieszczenia w stanie błonowym w powłoce i płycie są jednakowe [5]

$$W_0 = \frac{r^2}{Eh} \gamma l, \quad \psi_0 = -\frac{r^2}{Eh} \gamma$$

42

- Reakcje A i B i przemieszczenia wywołane działaniem sił nadliczbowych R i M [5]

$$\sigma_r = \frac{R}{t}$$

$$\varepsilon_r = \frac{R}{Et}(1 - \nu)$$

$$u = r\varepsilon_r = \frac{Rr}{Et}(1 - \nu)$$

43

$$A = \frac{1}{3}Mb - \frac{pb^3}{24}$$

$$B = \frac{1}{6}Mb - \frac{pb^3}{24}$$

$$b = \sqrt[2]{\frac{M}{p}}$$

$$\alpha = \frac{4(1 - \nu^2)}{Et^3} \sqrt{\frac{M^3}{p}}$$

44

- warunki ciągłości konstrukcji [5]:

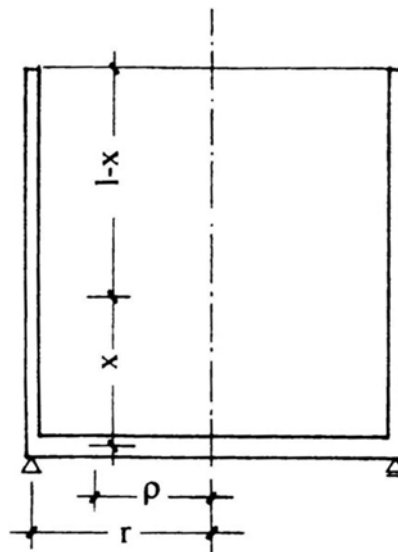
$$W_0 + W_R + W_M - u = 0$$

$$\psi_0 + \psi_R + \psi_M - \alpha = 0$$

$$\frac{r^2}{Eh} \gamma - \frac{R}{2K\lambda^2} + \frac{M}{K\lambda} + \frac{4(1-\nu^2)}{Et^3} \sqrt{\frac{M}{p}} = 0$$

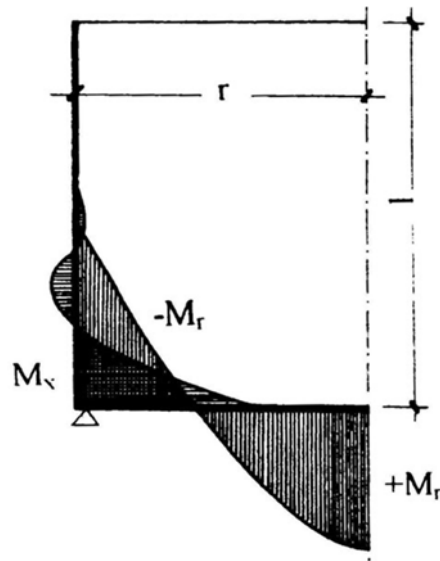
- z uzyskanych wyżej równań należy skorzystać dla wyliczenia R i M, a następnie sil wewnętrznych w stanie momentowym [5].

45



Rys. C-6 [5]

46



Rys. C-7 [5]

47

Na rysunkach C-6 i C-7 pokazano założenia obliczeniowe i wykresy sił wewnętrznych, obliczonych z użyciem następujących wzorów [5]:

- warunki ciągłości konstrukcji [5]:

$$W_0 + W_R + W_M = W_0^* + W_R^* + W_M^*$$

$$\psi_0 + \psi_R + \psi_M = \psi_0^* + \psi_R^* + \psi_M^*$$

- ponieważ od działania R przemieszczenia płyty są równe zeru, otrzymuje się równania [5]:

$$W_0 + W_R + W_M = 0,$$

$$\psi_0 + \psi_R + \psi_M = \psi_0^* + \psi_M^*$$

48

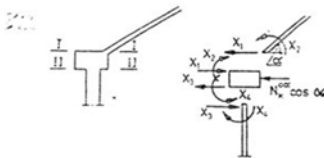
- z powyższych równań oblicza się wartości R i M, a następnie siły wewnętrzne w powłoce w stanie momentowym; moment promieniowy w płycie dna oblicza się ze wzoru [5]:

$$M_r = M_r^* - M_x$$

i

$$M_r^* = \gamma \frac{lr^2}{16} (3 + \nu) \left(1 - \frac{\rho^2}{r^2} \right)$$

49



$${}^0\Delta r_0^0 + {}^1\Delta r_0^0 + {}^2\Delta r_0^0 = {}^0\Delta r_0^0 + {}^1\Delta r_0^0 + {}^2\Delta r_0^0 + {}^3\Delta r_0^0 + {}^4\Delta r_0^0 + {}^5\Delta r_0^0,$$

$${}^0\psi^0 + {}^1\psi^0 + {}^2\psi^0 = {}^0\psi^0 + {}^1\psi^0 + {}^2\psi^0 + {}^3\psi^0 + {}^4\psi^0 + {}^5\psi^0,$$

b)

$${}^1\Delta r_0^0 + {}^2\Delta r_0^0 + {}^3\Delta r_0^0 = {}^1\Delta r_0^0 + {}^2\Delta r_0^0 + {}^3\Delta r_0^0 + {}^4\Delta r_0^0 + {}^5\Delta r_0^0,$$

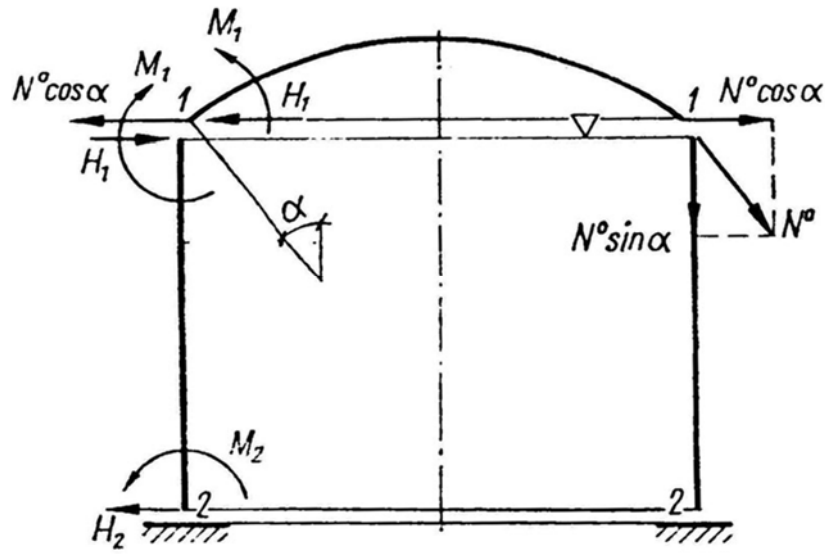
$${}^1\psi^0 + {}^2\psi^0 + {}^3\psi^0 = {}^1\psi^0 + {}^2\psi^0 + {}^3\psi^0 + {}^4\psi^0 + {}^5\psi^0,$$

$$\begin{aligned} \text{c) } & \frac{R_k^0 r_s}{E_b t_k} + X_1 \frac{2kr_s \sin^2 \alpha}{E_b t_k} - X_2 \frac{2k^2 \sin \alpha}{E_b t_k} = \frac{-N_k^0 \cos \alpha}{E_b F_w} r_s^2 - \\ & - X_1 \frac{4r_s^2}{E_b F_w} - X_2 \frac{6r_s^2}{E_b F_w h_w} - X_3 \frac{2r_s^2}{E_b F_w} + X_4 \frac{6r_s^2}{E_b F_w h_w}, \\ & \left(\frac{N_k^0 - R_k^0}{E_b t_k} - \text{ctg} \alpha - \frac{1}{E_b t_k} \frac{dR_k^0}{d\varphi_{\varphi=\alpha}} \right) - X_1 \frac{2k^2}{E_b t_k} \sin \alpha + X_2 \frac{4k^3}{E_b t_k} = \\ & = 0 - X_1 \frac{6r_s^2}{E_b F_w h_w} - X_2 \frac{12r_s^2}{E_b F_w h_w^2} - X_3 \frac{6r_s^2}{E_b F_w h_w} + X_4 \frac{12r_s^2}{E_b F_w h_w^2}, \end{aligned}$$

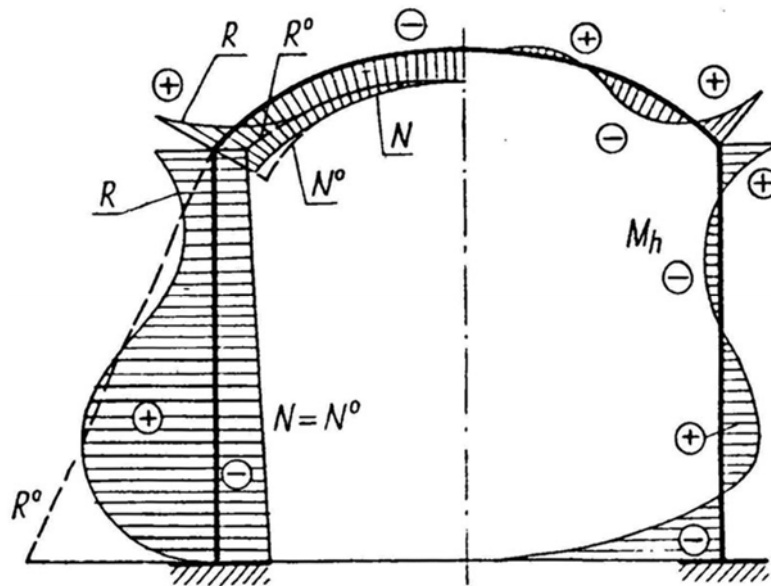
$$\begin{aligned} \text{d) } & \frac{r_s}{E_b t_s} R_k^0(\varphi=0) - X_3 \frac{2r_s^2}{E_b L t_s} - X_4 \frac{2r_s^2}{L^2 E_b t_s} = \frac{-N_k^0 \cos \alpha}{E_b F_w} r_s^2 + \\ & + X_1 \frac{2r_s^2}{E_b F_w} + X_2 \frac{6r_s^2}{E_b F_w h_w} + X_3 \frac{4r_s^2}{E_b F_w} - X_4 \frac{6r_s^2}{E_b F_w h_w}, \\ & \frac{r_s}{E_b t_s} \cdot \frac{dR_k^0(\varphi=0)}{dh} - X_3 \frac{2r_s^2}{L^2 E_b t_s} - X_4 \frac{4r_s^2}{L^3 E_b t_s} = 0 - X_1 \frac{6r_s^2}{E_b F_w h_w} - \\ & - X_2 \frac{12r_s^2}{E_b F_w h_w^2} - X_3 \frac{6r_s^2}{E_b F_w h_w} + X_4 \frac{12r_s^2}{E_b F_w h_w^2}. \end{aligned}$$

Rys. C-8 [6]

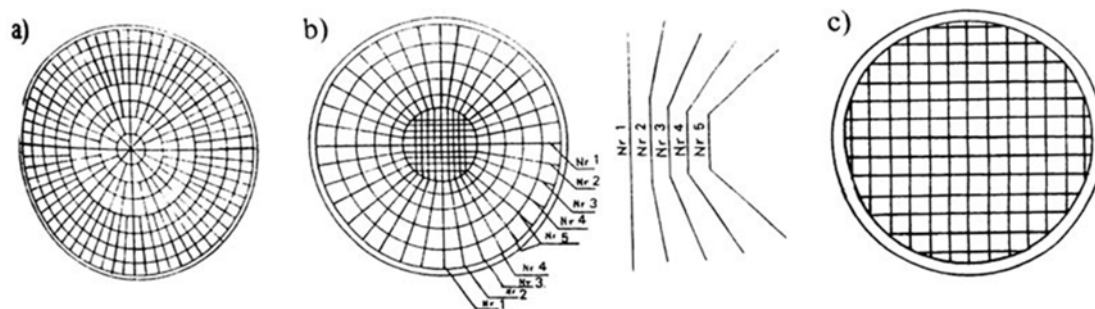
50



Rys. C-9 [4]

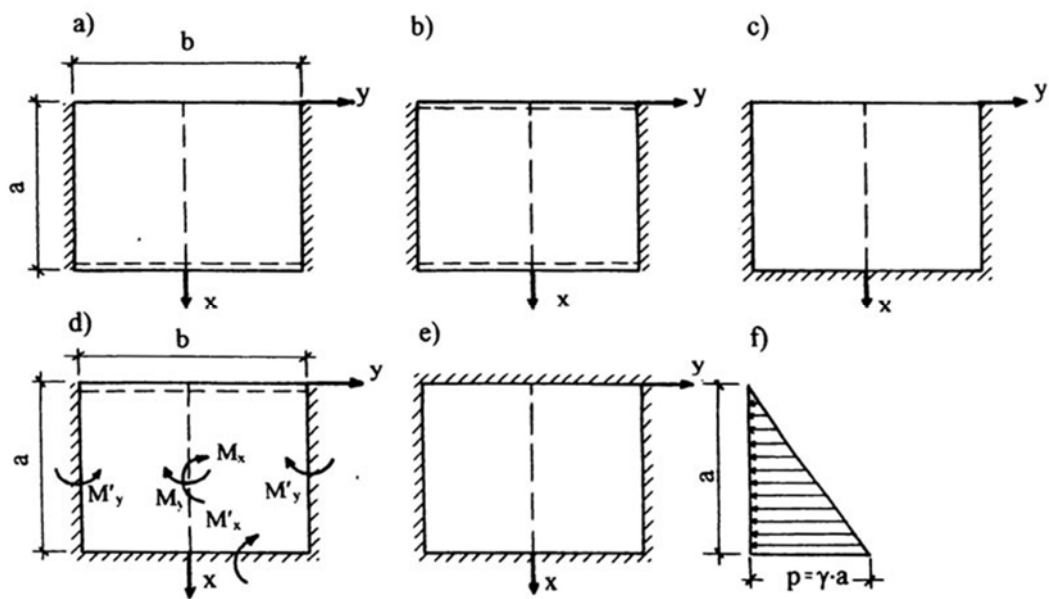


Rys. C-10 [4]



Rys. C-13 [7]

P. Prostokątne zbiorniki na ciecze
(Zbiorniki skrzyniowe)



Rys. P-1 [5]

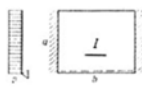
1

$a : b$	f_{max}	f_0	M_{a11}	M_{a12}	M_{ba}	M_{ba0}	$M_{a(max)}$	M_{a0}	$M_{b(max)}$	M_{b0}
0,50	0,00125	--	-0,0323	-0,0494	-0,0294	-0,0280	0,0200	--	0,0050	0,0019
0,60	0,00117	--	-0,0308	-0,0474	-0,0297	-0,0281	0,0183	--	0,0052	0,0038
0,70	0,00104	--	-0,0278	-0,0444	-0,0298	-0,0280	0,0161	--	0,0058	--
0,80	0,00091	--	-0,0245	-0,0408	-0,0291	-0,0275	0,0142	0,0136	0,0072	--
0,90	0,00077	--	-0,0211	-0,0370	-0,0286	-0,0266	0,0122	0,0111	0,0083	--
1,00	0,00064	--	-0,0176	-0,0330	-0,0270	-0,0253	0,0101	0,0088	0,0088	--
1:0,90	0,00077	--	-0,0171	-0,0359	-0,0313	-0,0290	0,0104	0,0083	0,0111	--
1:0,80	0,00091	--	-0,0169	-0,0383	-0,0359	-0,0326	0,0101	0,0072	0,0136	--
1:0,70	0,00104	--	-0,0155	-0,0406	-0,0414	-0,0362	0,0093	0,0058	0,0161	0,0162
1:0,60	0,00118	0,00117	-0,0135	-0,0428	-0,0461	-0,0391	0,0092	0,0038	0,0196	0,0183
1:0,50	0,00139	0,00125	-0,0110	-0,0448	-0,0500	-0,0409	0,0092	0,0019	0,0223	0,0200

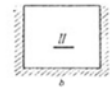
2

3

Rys. P-2 [7]



1

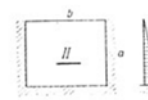


$a : b$	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20	1,50	2,0
I											
f_0	0,00093	0,00122	0,00117	0,00167	0,00185	0,00202	0,00216	0,00227	0,00243	0,00256	0,00259
M_{100}	0,0077	0,0090	0,0098	0,0104	0,0103	0,0096	0,0086	0,0073	0,0055	0,0033	0,0011
M_{10}	0,0147	0,0171	0,0217	0,0251	0,0264	0,0315	0,0337	0,0353	0,0379	0,0403	0,0415
M_{1000}	-0,0377	-0,0472	-0,0557	-0,0612	-0,0552	-0,0707	-0,0744	-0,0771	-0,0805	-0,0828	-0,0833
f_1	0,00160	0,00212	0,00213	0,00256	0,00264	0,00270	0,00274	0,00277	0,00281	0,00284	0,00285
M_{101}	0,0230	0,0307	0,0361	0,0403	0,0426	0,0433	0,0442	0,0445	0,0447	0,0449	0,0450
M_{1010}	-0,0593	-0,0782	-0,0946	-0,0932	-0,0954	-0,0953	-0,0951	-0,0849	-0,0817	-0,0846	-0,0845
II											
f_0	0,00026	0,00056	0,00086	0,00114	0,00138	0,00158	0,00176	0,00193	0,00219	0,00238	0,00249
M_{100}	-0,0018	-0,0014	0,0015	0,0044	0,0062	0,0076	0,0087	0,0084	0,0077	0,0052	0,0025
M_{10}	0,0026	0,0070	0,0118	0,0170	0,0208	0,0236	0,0257	0,0275	0,0316	0,0362	0,0402
M_{1000}	-0,3833	-0,2703	-0,2004	-0,1476	-0,1106	-0,0865	-0,0691	-0,0559	-0,0387	-0,0248	-0,0139
M_{10000}	-0,0131	-0,0242	-0,0333	-0,0416	-0,0493	-0,0561	-0,0516	-0,0664	-0,0734	-0,0793	-0,0830
f_1	0,00067	0,00129	0,00183	0,00219	0,00248	0,00263	0,00271	0,00276	0,00281	0,00284	0,00285
M_{101}	-0,0073	-0,0173	-0,0260	0,0333	0,0384	0,0413	0,0426	0,0435	0,0443	0,0449	0,0450
M_{1010}	-0,0333	-0,0545	-0,0709	-0,0798	-0,0837	-0,0848	-0,0850	-0,0851	-0,0849	-0,0847	-0,0845

Rys. P-3 [7]

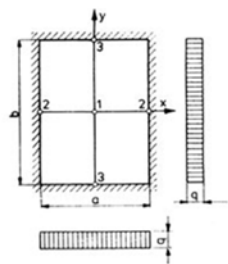


1



$a : b$	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20	1,50	2,00
I											
f_0	0,00032	0,00044	0,00058	0,00071	0,00081	0,00090	0,00098	0,00105	0,00114	0,00120	0,00124
M_{100}	0,0047	0,0067	0,0077	0,0079	0,0075	0,0076	0,0070	0,0063	0,0050	0,0031	0,0009
M_{10}	0,0338	0,0059	0,0079	0,0098	0,0115	0,0131	0,0145	0,0158	0,0180	0,0198	0,0208
M_{1000}	-0,138	-0,0185	-0,0217	-0,0262	-0,0291	-0,0322	-0,0341	-0,0365	-0,0393	-0,0414	-0,0425
f_1	0,00052	0,00065	0,00075	0,00080	0,00080	0,00074	0,00066	0,00057	0,00047	0,00036	0,00023
M_{101}	0,0073	0,0099	0,0115	0,0119	0,0118	0,0113	0,0103	0,0096	0,0083	0,0061	0,0042
M_{1010}	-0,0212	-0,0227	-0,0228	-0,0202	-0,0178	-0,0155	-0,0132	-0,0113	-0,0092	-0,0070	-0,0045
II											
f_0	0,00003	0,00016	0,00025	0,00039	0,00054	0,00067	0,00074	0,00081	0,00102	0,00116	0,00123
M_{100}	0,0009	0,0001	0,0015	0,0033	0,0049	0,0064	0,0073	0,0073	0,0066	0,0041	0,0020
M_{10}	0,0003	0,0021	0,0036	0,0051	0,0074	0,0094	0,0108	0,0118	0,0138	0,0162	0,0188
M_{1000}	-0,1369	-0,1147	-0,0916	-0,0728	-0,0565	-0,0433	-0,0399	-0,0345	-0,0260	-0,0182	-0,0112
M_{10000}	-0,0018	-0,0079	-0,0117	-0,0160	-0,0202	-0,0241	-0,0272	-0,0301	-0,0347	-0,0382	-0,0412
f_1	0,00017	0,00030	0,00044	0,00057	0,00060	0,00059	0,00057	0,00033	0,00016	0,00005	0,00002
M_{101}	0,0021	0,0048	0,0068	0,0083	0,0092	0,0099	0,0099	0,0095	0,0082	0,0063	0,0041
M_{1010}	-0,0043	-0,0131	-0,0158	-0,0166	-0,0164	-0,0156	-0,0138	-0,0119	-0,0100	-0,0074	-0,0046

Rys. P-4 [7]

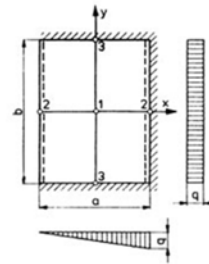


$$m_x = \alpha_x q a^2$$

$$m_y = \alpha_y q a^2$$

$$r = 1/6$$

$$w = \gamma_1 \frac{q a^4}{D}$$



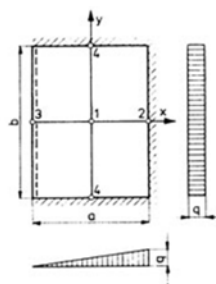
$$m_x = \alpha_x q a^2$$

$$m_y = \alpha_y q a^2$$

$$r = 1/6$$

a/b	γ_1	α_x, α_y			a/b	α_x		α_y			
		1	2	3		1	max	1	max	3	min
0,5	0,00251	α_x 0,0405	-0,0818	-0,0559	0,5	0,0418	0,0444	0,0183	0,0188	-0,0607	-0,0611
		α_y 0,0104									
0,6	0,00234	α_x 0,0379	-0,0782	-0,0562	0,6	0,0325	0,0354	0,0195	0,0200	-0,0553	-0,0560
		α_y 0,0137									
0,7	0,00208	α_x 0,0340	-0,0723	-0,0561	0,7	0,0249	0,0281	0,0197	0,0202	-0,0509	-0,0522
		α_y 0,0169			0,75	0,0114	0,0255	0,0191	0,0200	-0,0478	-0,0499
0,8	0,00182	α_x 0,0295	-0,0652	-0,0551	0,8	0,0184	0,0228	0,0185	0,0193	-0,0451	-0,0475
		α_y 0,0189									
0,9	0,00154	α_x 0,0249	-0,0580	-0,0532	0,9	0,0137	0,0188	0,0178	0,0180	-0,0399	-0,0424
		α_y 0,0202									
1,0	0,00128	α_x 0,0205	-0,506	-0,0506	1,0	0,0103	0,0154	0,0158	0,0165	-0,0349	-0,0375
		α_y 0,0205									

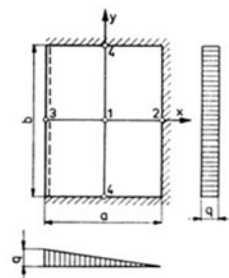
Rys. P-5 [11]



$$m_x = \alpha_x q a^2$$

$$m_y = \alpha_y q a^2$$

$$r = 1/6$$



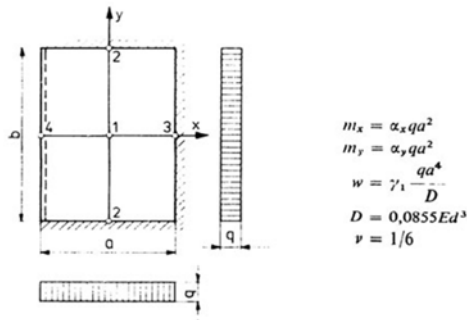
$$m_x = \alpha_x q a^2$$

$$m_y = \alpha_y q a^2$$

$$r = 1/6$$

a/b	α_x			α_y				α_x			α_y			
	1	max	2	1	max	4	min	1	max	2	1	max	4	min
0,5	0,0258	0,0261	-0,0614	0,0088	0,0120	-0,0362	-0,0362	0,0293	0,0363	-0,0512	0,0101	0,0124	-0,0419	-0,0464
0,6	0,0228	0,0228	-0,0565	0,0104	0,0104	-0,0358	-0,0358	0,0249	0,0314	-0,0453	0,0124	0,0137	-0,0411	-0,0458
0,7	0,0193	0,0193	-0,0505	0,0118	0,0118	-0,0347	-0,0347	0,0208	0,0270	-0,0382	0,0140	0,0152	-0,0399	-0,0447
0,75	0,0176	0,0177	-0,0481	0,0121	0,0121	-0,0337	-0,0337	0,0189	0,0251	-0,0353	-0,0143	0,0156	-0,0389	-0,0437
0,8	0,0159	0,0159	-0,0455	0,0124	0,0124	-0,0328	-0,0328	0,0168	0,0229	-0,0313	0,0146	0,0160	-0,0375	-0,0419
0,9	0,0130	0,0135	-0,0389	0,0125	0,0125	-0,0306	-0,0306	0,0131	0,0191	-0,0255	0,0141	0,0158	-0,0346	-0,0385
1,0	0,0105	0,0112	-0,0340	0,0121	0,0121	-0,0283	-0,0283	0,0103	0,0157	-0,0205	0,0137	0,0152	-0,03140	-0,0361

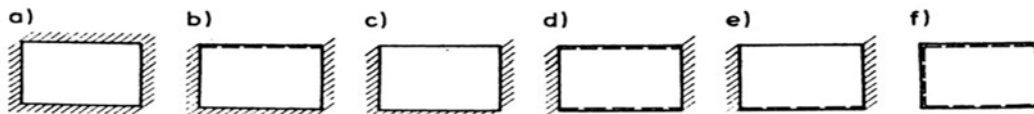
Rys. P-6 [11]



a/b	α_x		α_y		γ_1
	1	3	1	2	
0,7	0,0402	-0,0887	0,0258	-0,0745	0,00317
0,8	0,0327	-0,0758	0,0273	-0,0704	0,00258
0,9	0,0261	-0,0644	0,0263	-0,0654	0,00204
1,0	0,0204	-0,0545	0,0256	-0,0597	0,00154
1,1	0,0158	-0,0449	0,0237	-0,0535	0,00120
1,25	0,0113	-0,0361	0,0212	-0,0459	0,00084
1,43	0,0110	-0,0362	0,0179	-0,0378	0,00054

Rys. P-7 [11]

63



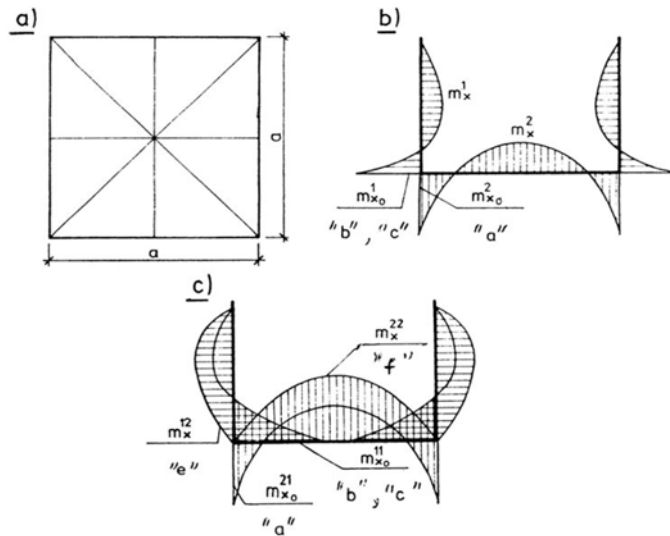
Rys. P-8 [11]

Wyrównanie momentów dla zbiornika kwadratowego momenty przyjmuje się wg następujących zasad [11]:

- na krawędziach poziomych (styku ścian i dna) przyjmuje się schematy podparcia krawędzi płyt „a” – „f” (rys. P-8) [11];

64

- rzut poziomy zbiornika kwadratowego pokazano na rys. „a”; przekrój pionowy, z wykresem momentów wyznaczonych dla stanu remontowo – budowlanego (zbiornik pusty obsypany) pokazano na rys. „b”; przekrój pionowy, z wykresem momentów wyznaczonych dla stanu próby szczelności, pokazano na rys. „c” [11];



65

- dla momentów utwierdzenia – można wg schematu obciążenia „b” większy z momentów krawędziowych [11]:

$$\bar{m}_{x_0} = \sup m_{x_0}^i, \quad (i = 1, 2)$$

- dla momentów przęsłowych wg schematu obciążenia „b” można przyjąć [11]:

$$m_{x_0}^1 \leq m_{x_0}^2, \text{ to } \bar{m}_x^1 = m_x^1, \bar{m}_x^2 = m_x^2 + (m_{x_0}^2 - m_{x_0}^1)$$

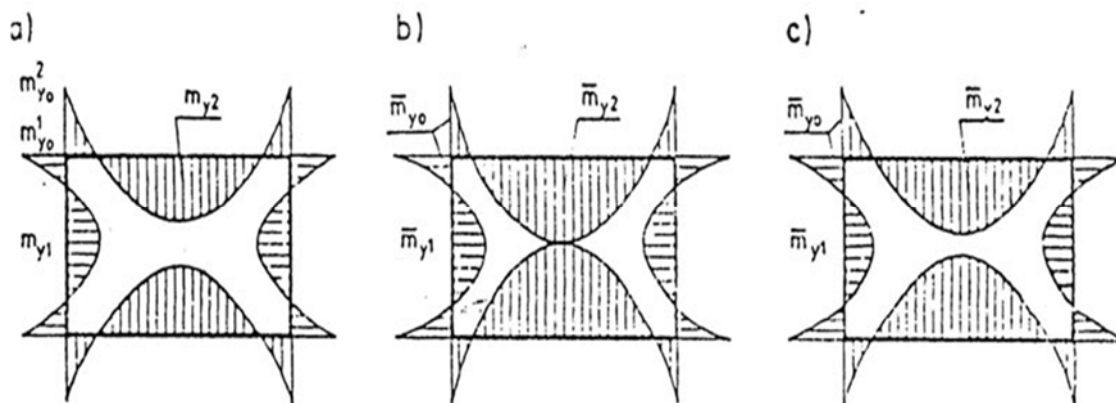
$$m_{x_0}^1 > m_{x_0}^2, \text{ to } \bar{m}_x^1 = m_x^1 + (m_{x_0}^1 - m_{x_0}^2), \bar{m}_x^2 = m_x^2$$

-dla momentów wyznaczonych dla obciążenia wg schematu „c” można,
- ze zwiększonym zapasem bezpieczeństwa, przyjąć [11]:

$$\bar{m}_x^1 = m_x^{12}, \quad \bar{m}_x^2 = m_x^{22}, \quad \bar{m}_{x_0} = \frac{1}{2} (m_{x_0}^{11} + m_{x_0}^{21})$$

66

- dla momentów na krawędziach pionowych (stykach ścian, zbiornik prostokątny przekrój poziomy pokazano na szkicu) [11]:



67

- ze zwiększonym zapasem bezpieczeństwa przyjmuje się momenty [11]:

$$\bar{m}_{y0} = m_{y0}^2,$$

$$\bar{m}_{y1} = m_{y1},$$

$$\bar{m}_{y2} = m_{y2} + (m_{y0}^2 - m_{y0}^1)$$

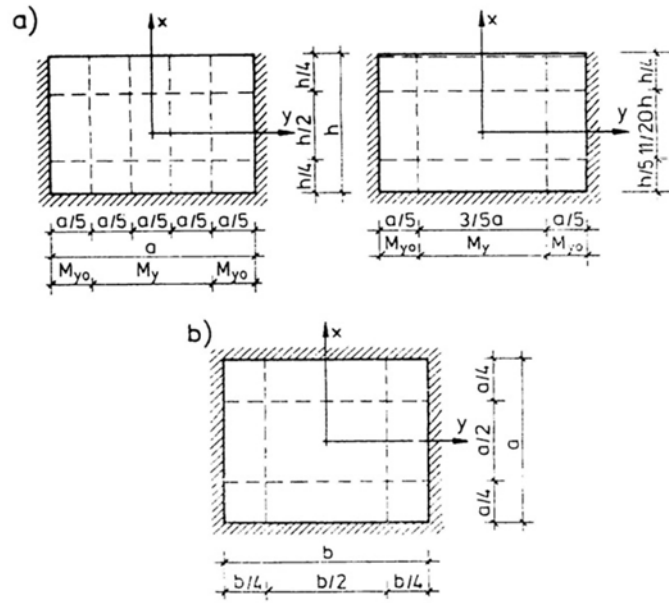
- gdy $b \leq 1,5a$, można bardziej ekonomicznie i z mniejszym zapasem bezpieczeństwa przyjąć [11]:

$$\bar{m}_{y0} = \frac{1}{2} (m_{y0}^1 + m_{y0}^2)$$

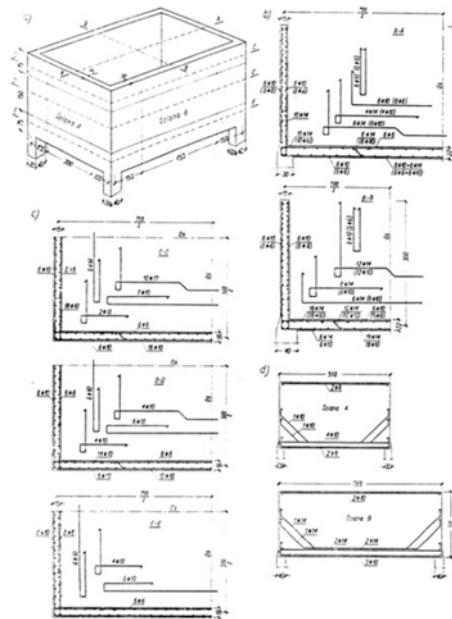
$$\bar{m}_{y1} = m_{y1} - \frac{1}{2} (m_{y0}^2 - m_{y0}^1) \geq \frac{2}{3} m_{y1}$$

$$\bar{m}_{y2} = m_{y2} + \frac{1}{2} (m_{y0}^2 - m_{y0}^1)$$

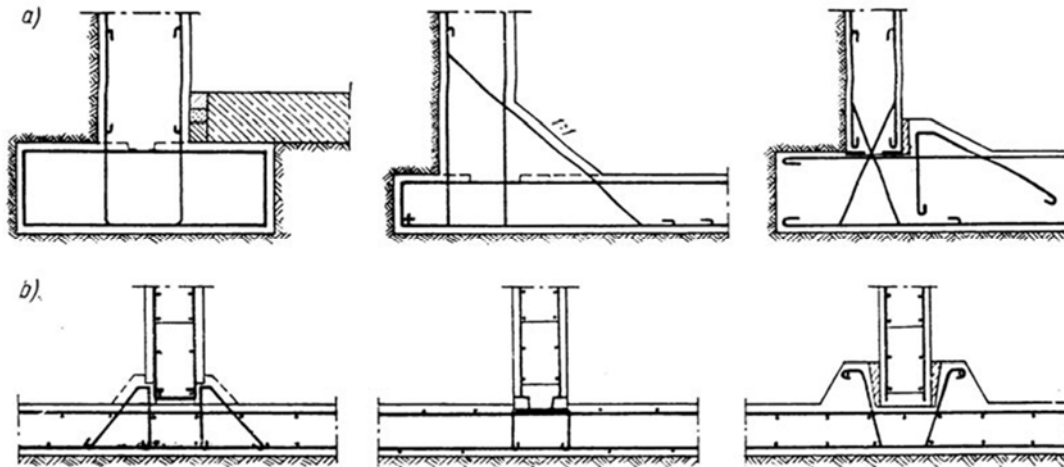
68



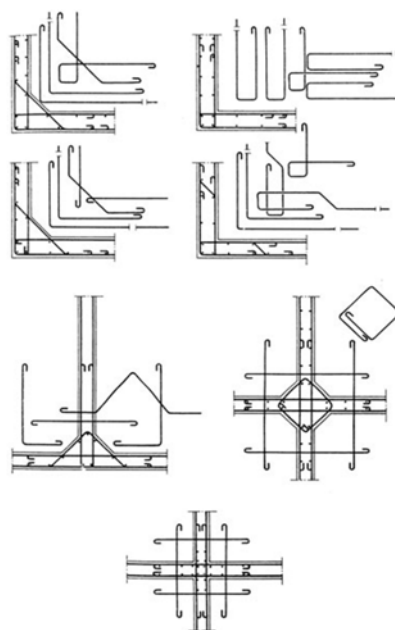
Rys. P-11 [11]



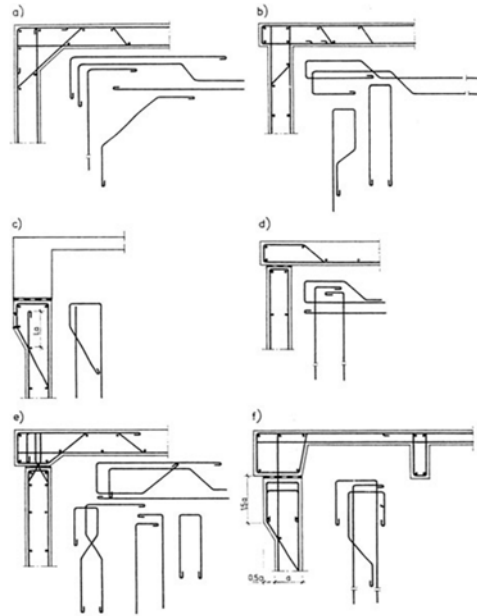
Rys. P-12 [3]



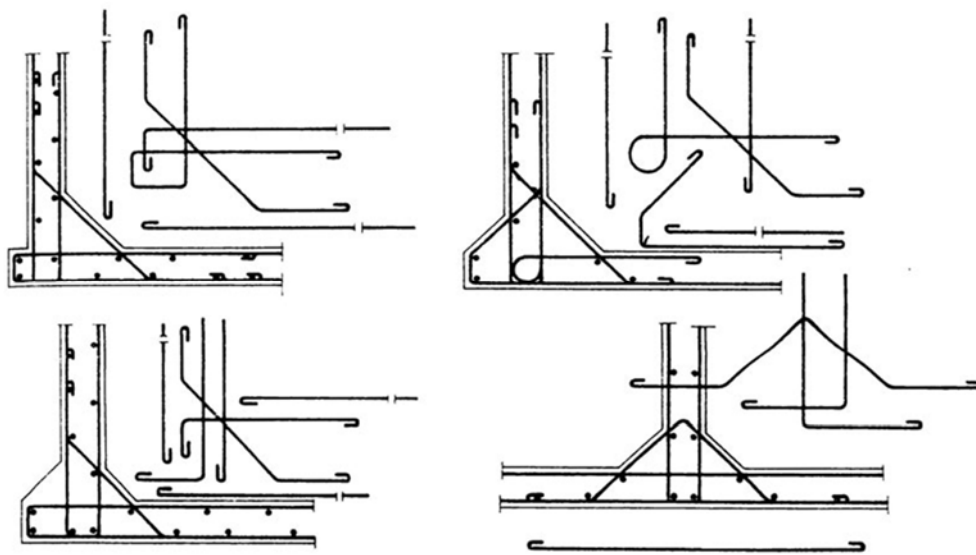
Rys. P-13 [3]



Rys. P-14 [11]



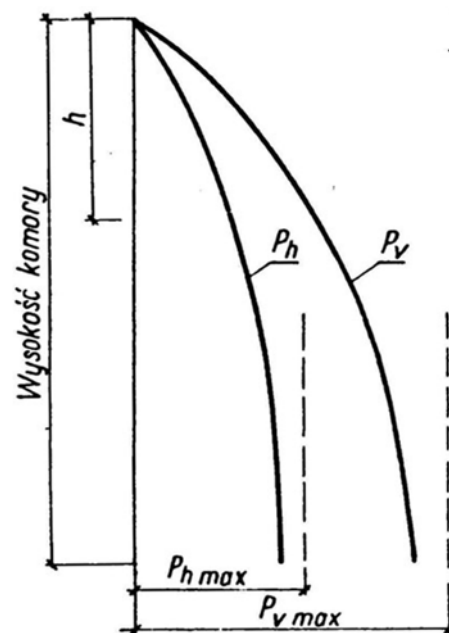
Rys. P-15 [11]



Rys. P-16 [11]

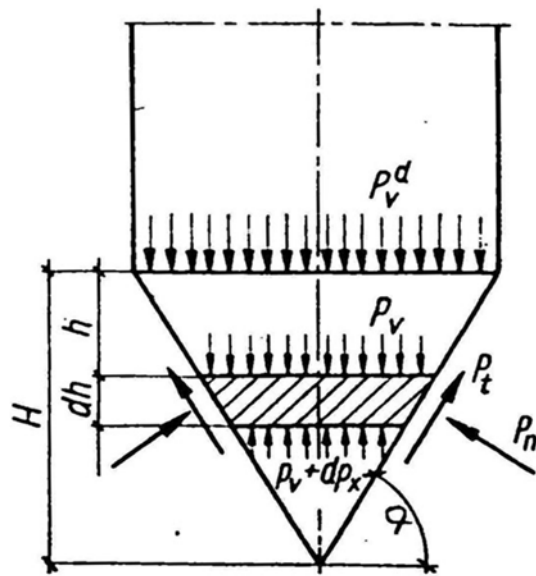
S. Silasy wysokie (Silosy)

77

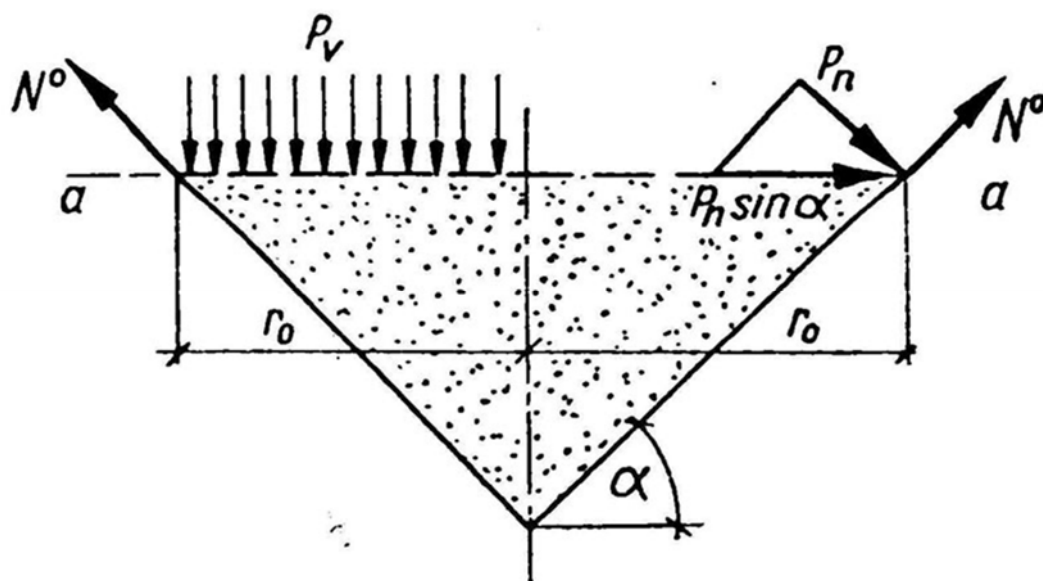


Rys. S-1 [4]

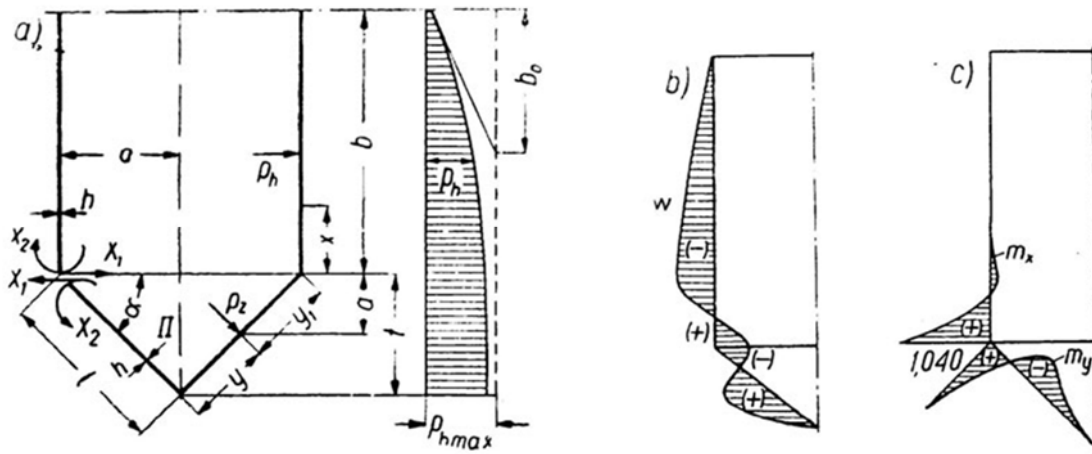
78



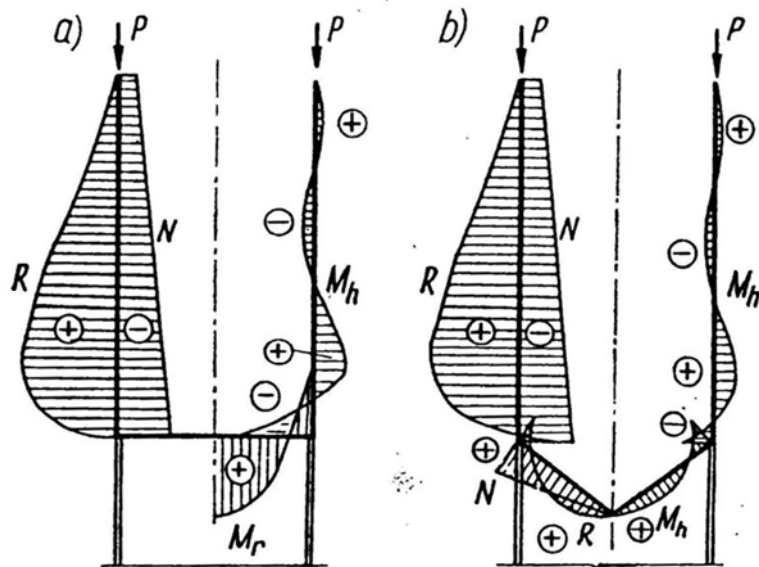
Rys. S-2 [4]



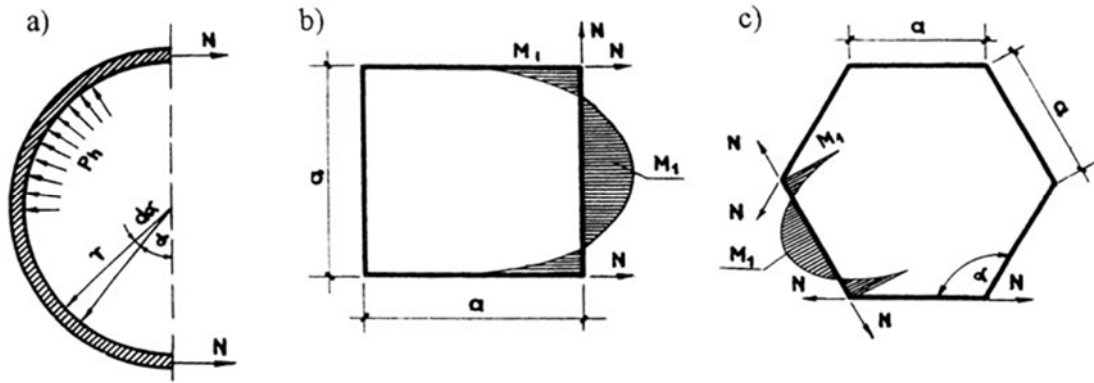
Rys. S-3 [4]



Rys. S-4 [10]

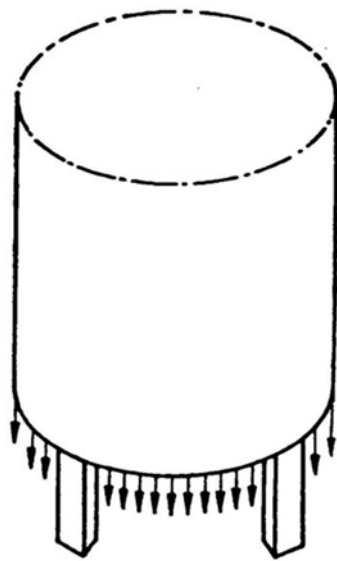


Rys. S-5 [4]



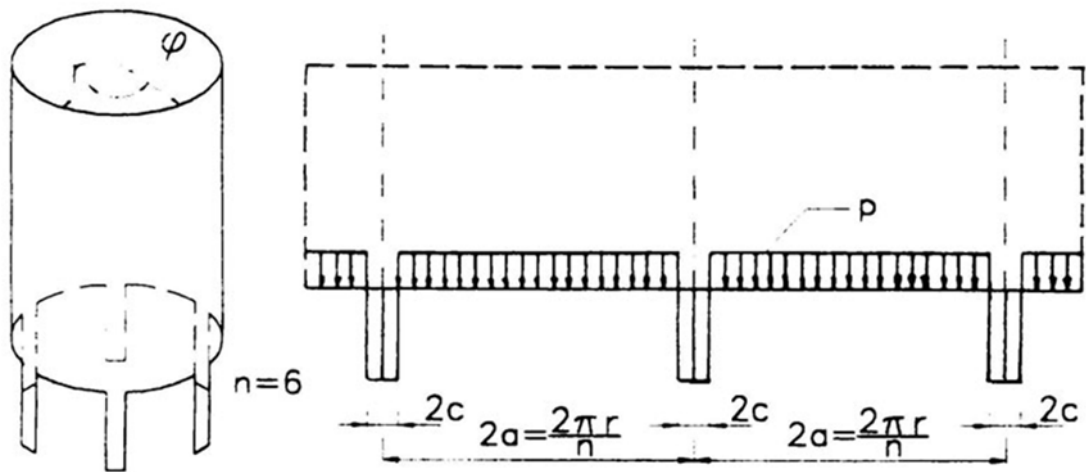
Rys. S-6 [5]

83

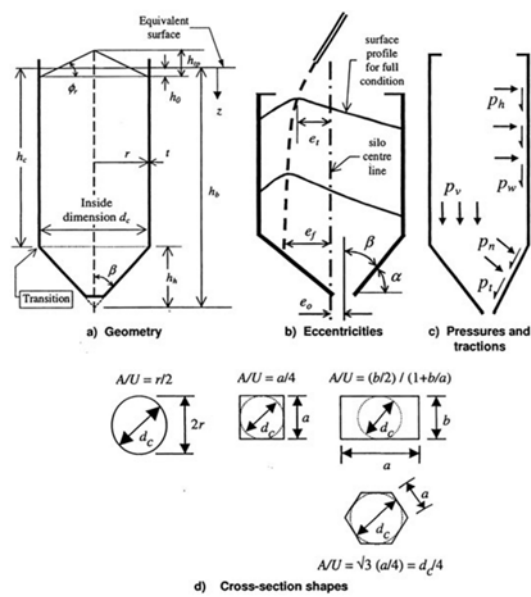


Rys. S-7 [4]

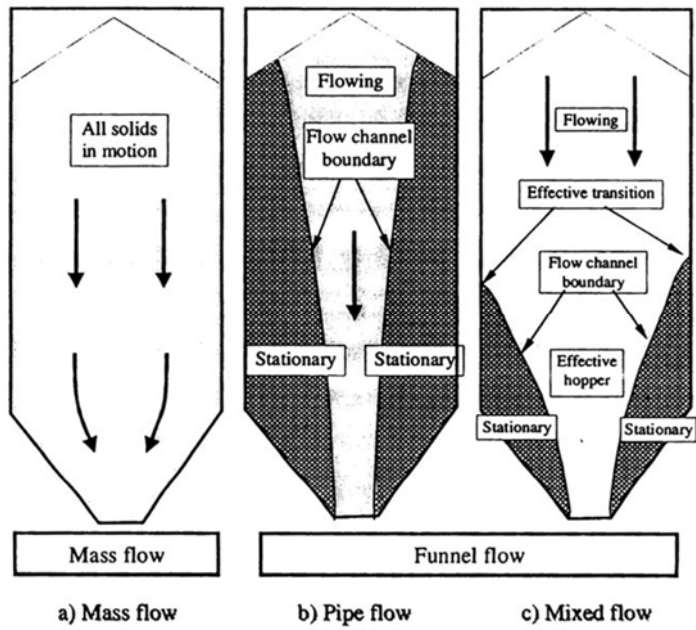
84



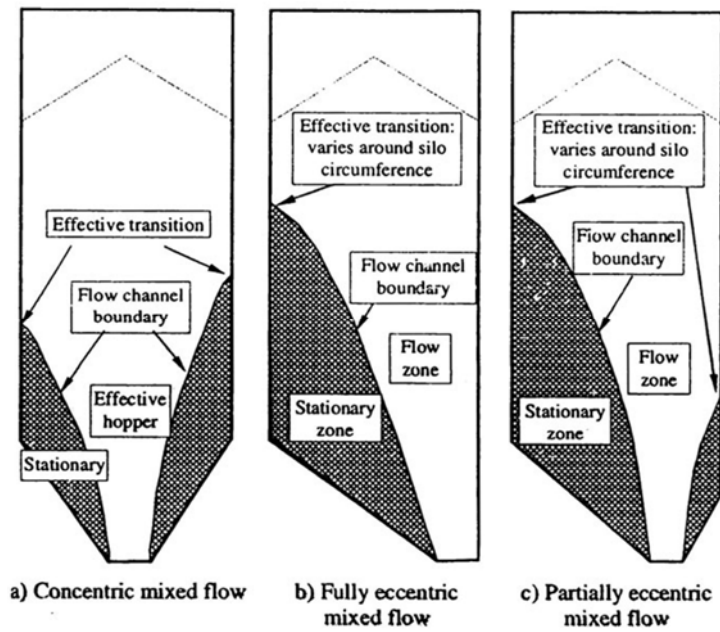
Rys. S-8 [5]



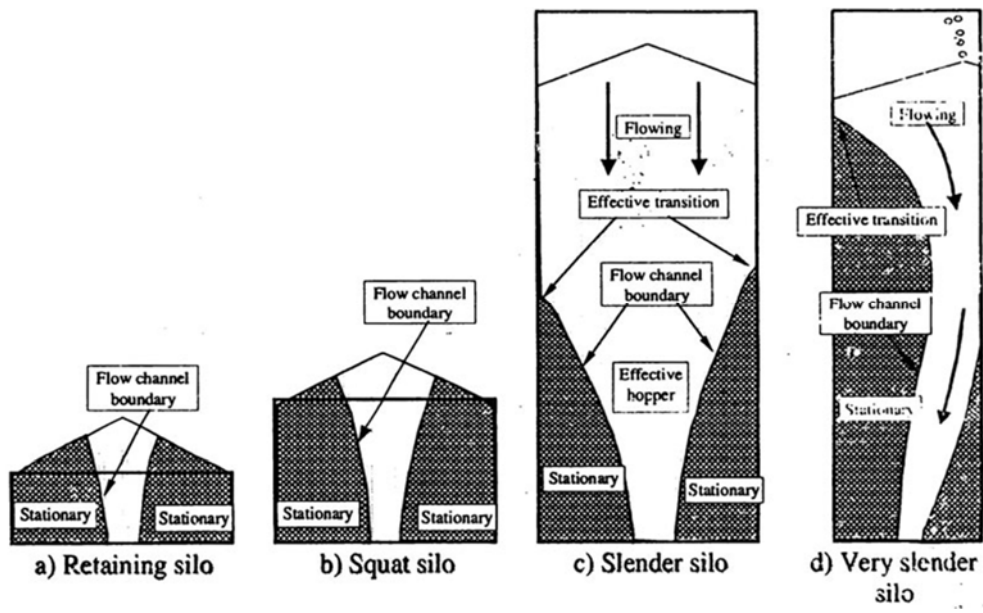
Rys. S-9 [13]



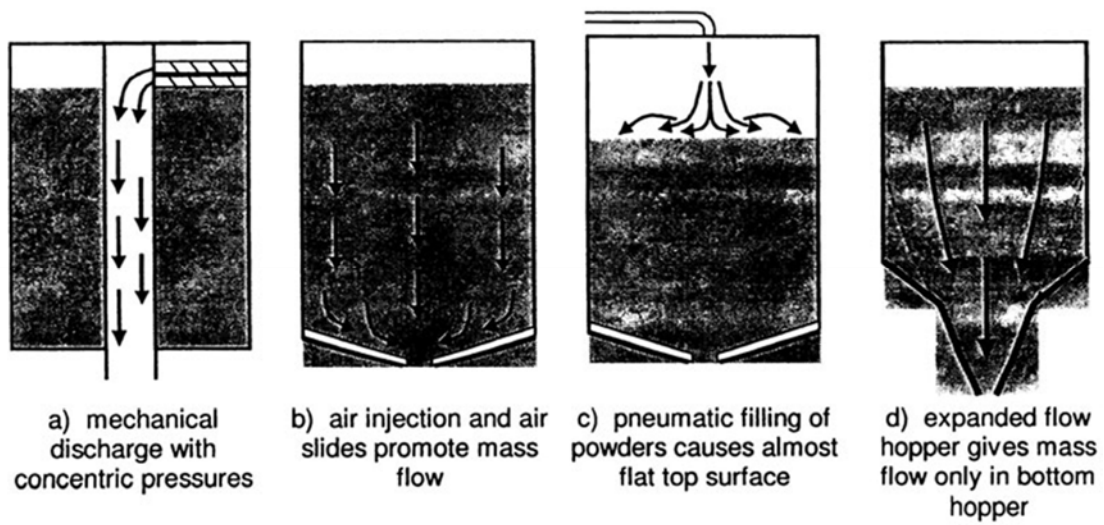
Rys. S-10 [13]



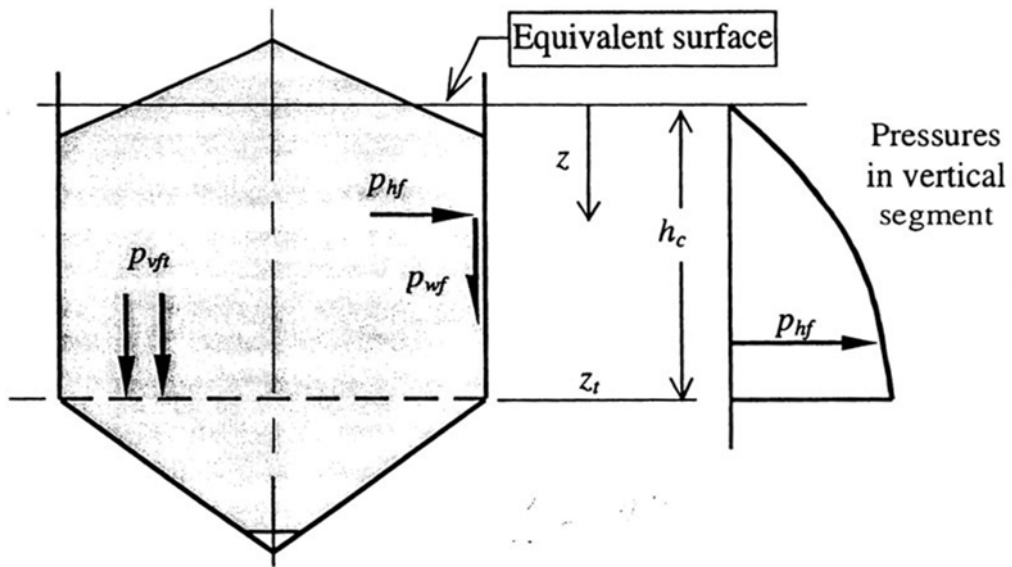
Rys. S-11 [13]



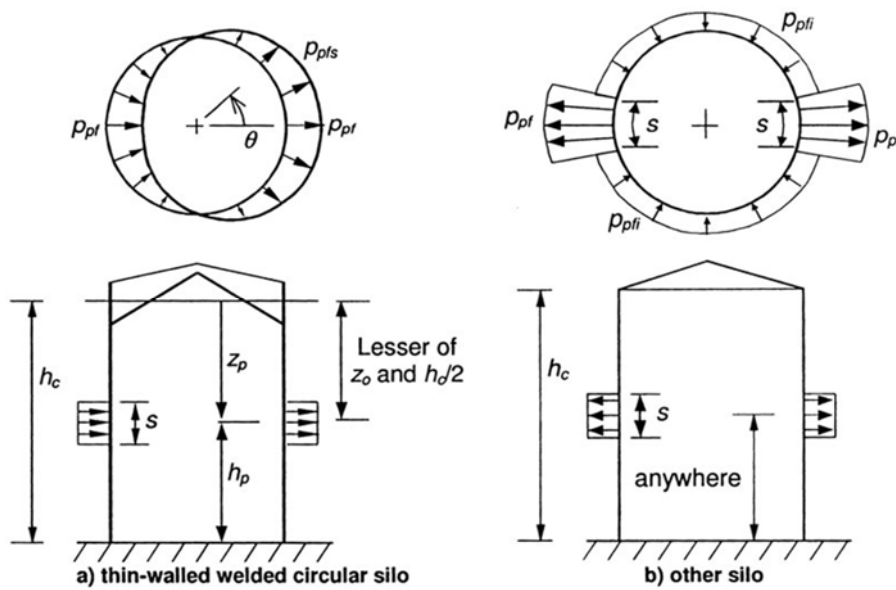
Rys. S-12 [13]



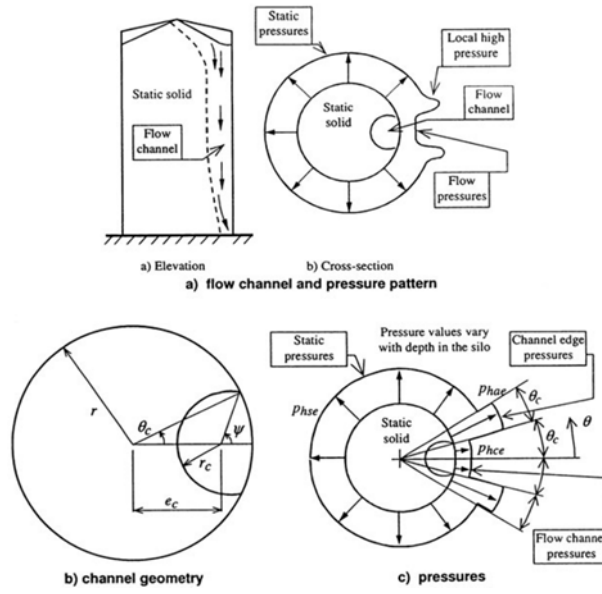
Rys. S-13 [13]



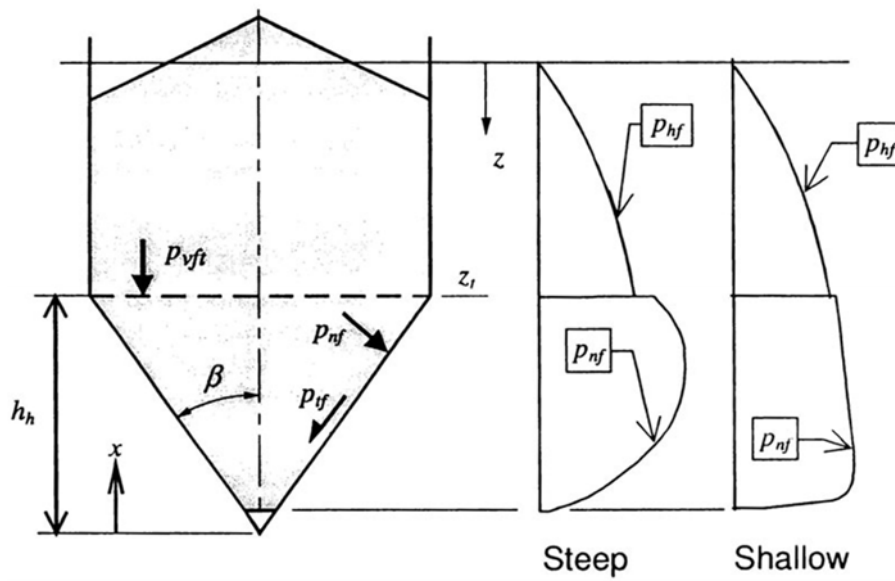
Rys. S-14 [13]



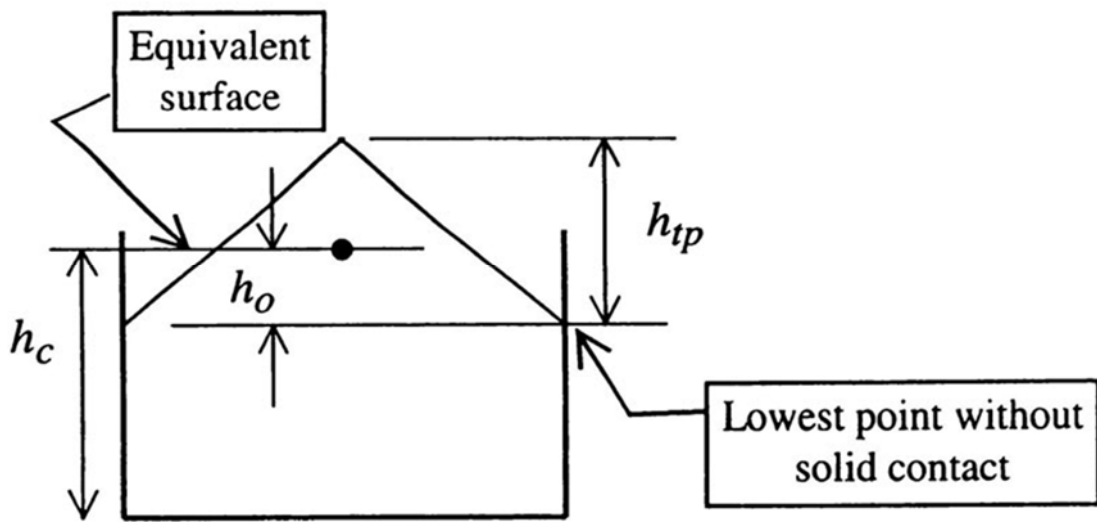
Rys. S-15 [13]



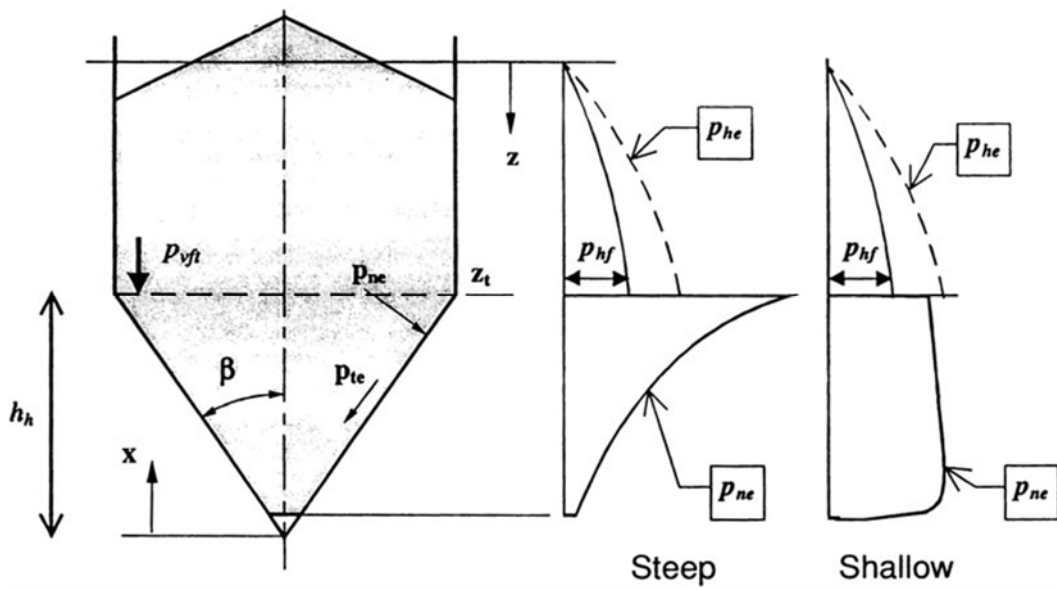
Rys. S-16 [13]



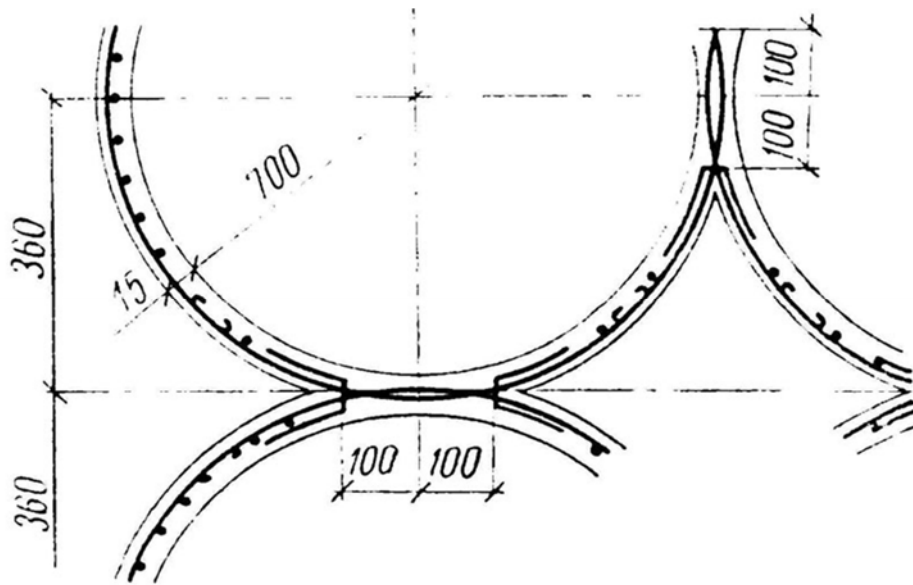
Rys. S-17 [13]



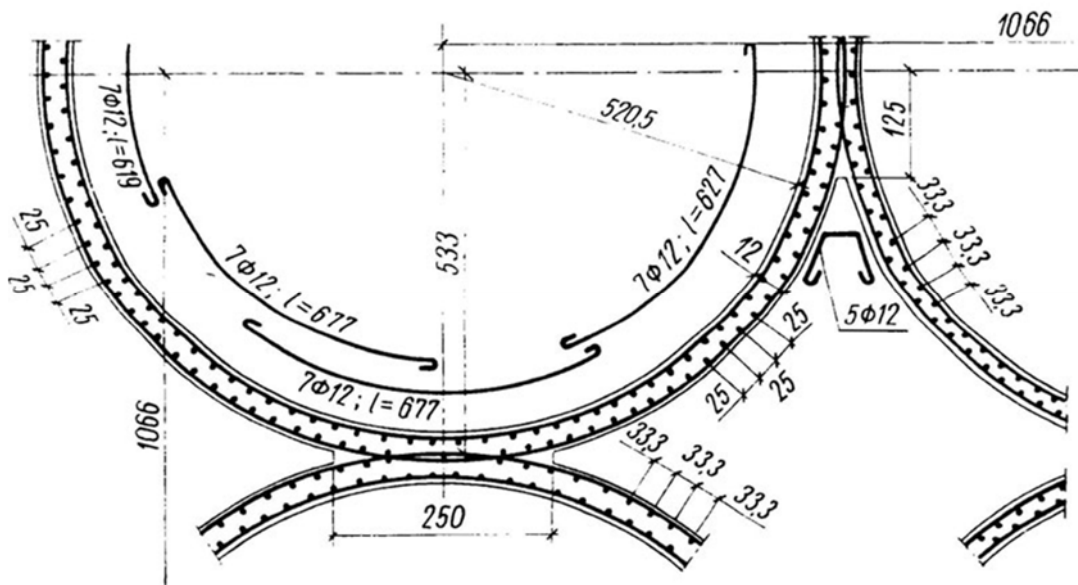
Rys. S-18 [13]



Rys. S-19 [13]



Rys. S-20 [4]



Rys. S-21 [4]