

OBUDOWA WYROBISK GÓRNICZYCH	NORMA BRANŻOWA	BN-79
	Wyrobiska korytarzowe w kopalniach Obudowa sklepiona Wytyczne projektowania i obliczeń statycznych	0434-04
		Zamiast BN-73/0434-04
		Grupa katalogowa 0102

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot normy. Przedmiotem normy są obliczenia statyczne i projektowanie obudowy sklepionej wyrobisk korytarzowych oraz wyrobisk komorowych o przekroju w świetle obudowy do 18 m^2 , zlokalizowanych w górotworze nie narażonym na bezpośredni wpływ robót eksploatacyjnych.

1.2. Zakres stosowania normy. Normę należy stosować przy projektowaniu i obliczeniach statycznych obudowy sklepionej z cegły, betonitów, betonu i żelbetu.

1.3. Zestawienie oznaczeń - wg tabl. 1.

Tablica 1

Symbol	Jednostka miary	Znaczenie symbolu
1	2	3
a	m	rozstaw kotwi po obwodzie wyrobiska
b	m	rozstaw kotwi między rzędami
c	m	rozstaw wkładek upodatniających
d	m	grubość obudowy sklepionej
$d_f, d_o, d_{śc}$	m	grubość obudowy w fundamencie, w kluczu, w ścianie
d_k	m	średnica żerdzi kotwiowej
e_o	m	mimośród siły ściskającej
e	m	rozstaw odrzwi
E	MPa	współczynnik sprężystości materiału obudowy
E_g	MPa	współczynnik sprężystości górotworu
E_p	MPa	moduł ściśliwości materiału wkładek upodatniających - wg tabl. 2
E_w	MPa	moduł ściśliwości wahaczy
F_a	m^2	powierzchnia przekroju stali zbrojeniowej
f	-	wskaźnik zwięzłości skał - według załącznika
H	m	głębokość zalegania wyrobiska
H_{kr}	m	głębokość krytyczna

cd. tabl. 1

Symbol	Jednostka miary	Znaczenie symbolu
1	2	3
h_i	m	grubość i -tej warstwy
h_o	m	strzałka sklepienia ciśnień
h_s	m	głębokość zasięgu wypiętrzenia spągu
h_1	m	strzałka obudowy sklepionej
l	m	długość wahaczy
M_o	kN·m	moment zginający od obciążenia obliczeniowego
j	-	liczba warstw zalegających nad wyrobiskiem
N_o	kN	siła osiowa od obciążenia obliczeniowego
N_z	kN	siła powodująca zsuw zamka
n	-	współczynnik obciążenia - wg tabl. 4
p_o	MPa	naprężenia radialne na granicy strefy spękanej i plastycznej
p_g	MPa	naprężenia radialne na granicy strefy plastycznej i sprężystej
p_a	MPa	podporność początkowa obudowy
p_x	MPa	pierwotne ciśnienie poziome w górotworze
p_z	MPa	pierwotne ciśnienie pionowe w górotworze
q_N	MPa	obciążenie charakterystyczne
q_{Nz}, q_{Nx}, q_{Nw}	MPa	obciążenie charakterystyczne: stropowe, ociosowe, spągowe
q_o	MPa	obciążenie obliczeniowe
Q_o	kN	siła poprzeczna od obciążenia obliczeniowego
R_a	MPa	wytrzymałość obliczeniowa stali
R_b	MPa	wytrzymałość obliczeniowa betonu na ściskanie
R_{cg}	MPa	wytrzymałość górotworu na ściskanie
R'_{cg}	MPa	wytrzymałość górotworu na ściskanie w obrębie strefy plastycznej
R_{kc}	MPa	wytrzymałość obliczeniowa muru na ściskanie

Zgłoszona przez Główne Biuro Studiów i Projektów Górniczych
Ustanowiona przez Ministra Górnictwa dnia 22 marca 1979 r.
jako norma obowiązująca od dnia 1 października 1979 r.
(Dz. Norm. i Miar nr 11/1979 poz. 60)

cd. tabl. 1

Symbol	Jednostka miary	Znaczenie symbolu
1	2	3
R'_{krq}	MPa	wytrzymałość obliczeniowa muru na rozciąganie przy zginaniu
r_a	m	promień zasięgu strefy spękań
r_L	m	promień zasięgu strefy plastycznej
r_o	m	promień osi obudowy
r_w	m	promień konturu wyłomu
s_o	m	szerokość wyrobiska w świetle obudowy
s_w	m	szerokość wyrobiska w świetle wyłomu
U_w	m	przemieszczanie radialne konturu wyrobiska
w_o	m	wysokość wyrobiska w świetle obudowy
w_w	m	wysokość wyrobiska w świetle wyłomu
β_g	-	współczynnik - wg wzoru (18)
γ_o	t/m ³	średnia wartość gęstości przestrzennej górotworu
γ_{oi}	t/m ³	gęstość przestrzenna i-tej warstwy
ν_g	-	liczba Poissona dla górotworu
λ	-	współczynnik parcia bocznego
φ	1°	pozorny kąt tarcia wewnętrznego skał - wg załącznika
$\varphi_s, \varphi_o, \varphi_i$	1°	pozorny kąt tarcia wewnętrznego skał: stropowych, ociosowych, i-tej warstwy
ϱ_g	1°	kąt tarcia wewnętrznego górotworu
ξ	-	współczynnik - wg tabl. 3
σ	m	grubość wkładki upodatniającej
ε_{ng}	-	jednostkowe odkształcenie podłużne górotworu przy ściskaniu

2. ZAŁOŻENIA DO PROJEKTOWANIA

2.1. Wytyczne stosowania obudowy sklepionej. Obudowę sklepioną zaleca się stosować w ważnych i długotrwałych wyrobiskach korytarzowych oraz w wyrobiskach komorowych:

- zlokalizowanych w skałach kategorii VI ÷ X wg załącznika,
- zlokalizowanych w górotworze zawodnionym lub charakteryzującym się silnym występowaniem gazów,
- płytko zalegających wg 3.4.4,
- w innych przypadkach technicznie uzasadnionych.

W korzystniejszych warunkach górnictwo-geologicznych zaleca się stosować obudowy powłokowe wg BN-82/0434-07.

2.2. Zasady doboru materiałów do obudowy sklepionej

2.2.1. Dobór materiału ze względu na agresywność środowiska i wymaganą wod szczelność. W zależności od agre-

sywności środowisk wodnych a także od wymaganej wod szczelności obudowy należy stosować:

- a) cegły w środowisku nieagresywnym i w skałach niezawodnionych lub słabozawodnionych,
- b) betonity w środowisku słaboagresywnym i w skałach niezawodnionych lub słabozawodnionych,
- c) beton w środowisku agresywnym,
- d) żelbet w środowisku agresywnym w skałach zawodnionych lub ciekłych.

2.2.2. Dobór materiału obudowy ze względu na wielkość ciśnień górotworu. W zależności od wielkości ciśnienia górotworu działającego na obudowę zaleca się stosować:

- a) cegłę lub betonity w przypadku małych ciśnień (do około 0,1 MPa),
- b) beton w przypadku średnich ciśnień (do około 0,2 MPa),
- c) żelbet w przypadku dużych ciśnień (powyżej 0,2 MPa).

2.3. Wytyczne stosowania obudowy wstępnej. W przypadku występowania ciśnień deformacyjnych oraz ciśnień statycznych o dużej intensywności należy zastosować wstępną obudowę kotwiową, kotwiowo-betonową wg BN-82/0434-07 lub wstępną obudowę z odrzwi podatnych. Obudowę sklepioną zaleca się wykonywać po ustaleniu się stanu równowagi układu; obudowa wstępna - górotwór.

Przy wcześniejszym wykonaniu obudowy sklepionej należy zastosować odpowiednie upodatnienia wg rozdz. 5. Za osiągnięcie stanu równowagi układu, obudowa wstępna - górotwór, można uznać brak przyrostu przemieszczeń radialnych w punktach oddalonych od konturu wyrobiska w głąb górotworu co najmniej o 2,0 m.

2.4. Materiał

2.4.1. Cegła klasy 150 wg PN-75/B-12001 lub klasy 250 i 350 wg PN-71/B-12008.

2.4.2. Betonity prostokątne klasy nie niższej niż 170 wg BN-65/6791-06.

2.4.3. Zaprawy cementowe o marce zbliżonej do wytrzymałości użytych do obudowy cegieł lub betonitów.

Zaprawy cementowe o markach do 120 należy stosować wg PN-65/B-14504. Do zaprawy należy stosować cement portlandzki marki 250 ÷ 450 wg PN-80/B-30000. W przypadku występowania wód agresywnych należy stosować cement hutniczy marki 250 ÷ 350 wg PN-80/B-30005.

W celu przyspieszenia wiązania zapraw można stosować chlorek wapnia w ilości nie większej niż 2% wagi cementu lub inny środek przyspieszający wiązanie.

Do zapraw należy stosować piasek wg PN-79/B-06711 i wodę wg PN-75/C-04630.

W uzasadnionych przypadkach zaleca się stosowanie do zapraw środków uszczelniających wg PN-81/B-06254.

2.4.4. Beton zwykły. Do wykonywania obudowy sklepionej betonowej lub żelbetowej należy stosować beton klasy nie niższej niż B-100 wg PN-75/B-06250.

Składniki betonu powinny być następujące:

- cement portlandzki wg PN-80/B-30000, szybkotwardniejący wg PN-80/B-30011 i hutniczy wg PN-80/B-30005 marki co najmniej 350,

- kruszywo mineralne wg PN-79/B-06712, przy czym do betonów wodoszczelnych i odpornych na korozję należy stosować kruszywo kwasoodporne (kwarcowe, bazaltowe, granitowe, andezytowe),

- woda wg PN-75/C-04630,

- dodatki i domieszki do betonu wg PN-75/B-06250.

2.4.5. Stal zbrojeniowa - wg PN-76/B-03264.

2.4.6. Wkładki upodatniające. Do upodatnienia obudowy sklepionej należy stosować w spoinach wkładki podatne z drewna sosnowego lub świerkowego bez sęków i innych wad wg PN-79/D-01012 wpływających na obniżenie jego wytrzymałości, uodpornionego na gnicie i butwienie.

Dopuszcza się stosowanie innych materiałów upodatniających na podstawie opracowań indywidualnych.

Moduł ściśliwości wkładek drewnianych prostopadle do włókien zaleca się przyjmować wg tabl. 2.

Tablica 2

Natężenia	MPa	4	6	8	10	15
Moduł ściśliwości	MPa	9 ÷ 40	12 ÷ 30	15 ÷ 27	17 ÷ 29	21 ÷ 33

2.4.7. Kotwie - wg BN-82/0434-07.

2.4.8. Beton natryskowy - wg BN-82/0434-07.

2.5. Kształt obudowy sklepionej zaleca się dobierać w zależności od istniejących warunków górnictwo-geologicznych. W przypadku wyłącznego działania ciśnień stropowych, zaleca się przyjmować obudowę ze sklepieniem kołowym jak na rys. 1 i z prostymi ścianami.

Strzałkę sklepienia h_1 należy obliczać wg wzorów

$$h_1 = \max \begin{cases} \frac{s_0}{2 \cdot \sqrt{f}} & (1) \\ \frac{s_0}{0,7 \cdot \xi} & (2) \end{cases}$$

Współczynnik ξ należy przyjmować wg tabl. 3.

Tablica 3

f	1	1,5	2	3	4	5	6	7	8
ξ	3,5	4,0	4,5	4,75	5,0	5,25	5,5	5,75	6,0

W przypadku występowania ciśnień ociosowych, zaleca się stosować sklepienie paraboliczne jak na rys. 4 lub pół-eliptyczne jak na rys. 5.

W przypadku występowania ciśnień spągowych, znacznych ciśnień ociosowych lub wszechstronnych ciśnień hydrostatycznych, zaleca się stosować obudowy zamknięte dwusklepieniowe, eliptyczne lub kołowe (rys. 6).

W obudowach eliptycznych stosunek osi należy obliczać wg wzoru

$$\frac{w_0}{s_0} = \sqrt{\frac{p_z}{p_x}} \quad (3)$$

Pierwotne ciśnienie poziome p_x należy obliczać wg wzoru

$$p_x = p_z \cdot \frac{1}{\frac{1}{\gamma_g} - 1} \quad (4)$$

2.6. Wstępne określenie grubości obudowy sklepionej.

Grubość sklepienia w kluczu d_0 zaleca się obliczać:

- w przypadku obudowy murowej z cegieł lub betonitów wg wzoru

$$d_0 = \frac{0,275 \cdot s_0}{R_{kc} \cdot \sqrt[3]{f}} \quad (5)$$

zaokrąglając obliczoną wartość do typowych grubości muru: 0,25; 0,38; 0,51; 0,64; 0,76 itp.,

- w przypadku obudowy z betonu wg wzoru

$$d_0 = \frac{0,25 \cdot s_0}{R_b \cdot \sqrt[3]{f}} \quad (6)$$

zaokrąglając obliczoną wartość do 5 cm.

Grubość ścian bocznych obudowy murowej i betonowej należy wstępnie przyjmować obliczoną wg wzoru

$$d_{śc} = (1,0 + 1,5) \cdot d_0 \quad (7)$$

W przypadku obudowy żelbetowej grubość konstrukcji należy przyjmować wg PN-76/B-03264.

3. OBCIĄŻENIA

3.1. Rodzaje obciążeń. Przy obliczeniach statycznych obudowy sklepionej należy uwzględnić następujące obciążenia:

- ciśnienie statyczne górotworu stropowe, ociosowe i spągowe,
- ciśnienie deformacyjne górotworu,
- ciężar własny obudowy,
- ciśnienie iniekcyjne.

3.2. Przypadki obciążeń. Przy obliczeniach statycznych należy uwzględnić następujące przypadki obciążeń:

- równoczesnego działania ciężaru własnego obudowy i ciśnienia statycznego górotworu,
- równoczesnego działania ciężaru własnego obudowy i ciśnienia deformacyjnego górotworu,

c) równoczesnego działania ciężaru własnego obudowy i ciśnienia iniekcyjnego.

3.3. Parametry geomechaniczne skał i górotworu należy przyjmować wg BN-82/0434-07.

3.4. Modele powstawania ciśnień górotworu i obliczanie ich wielkości

3.4.1. Model I (wg Protodiakonowa) należy przyjmować dla wyrobisk zlokalizowanych w górotworze, w którym nad wyrobiskiem wytwarza się sklepienie odciążające, a ociosy przejmują ciężar skał nadległych, tj. gdy

$$2 \cdot h_0 < H \leq H_{kr} \quad (8)$$

Głębokość krytyczną H_{kr} należy obliczać w m wg wzoru

$$H_{kr} = \frac{50 \cdot R_{cg}}{\gamma_0} \quad (9)$$

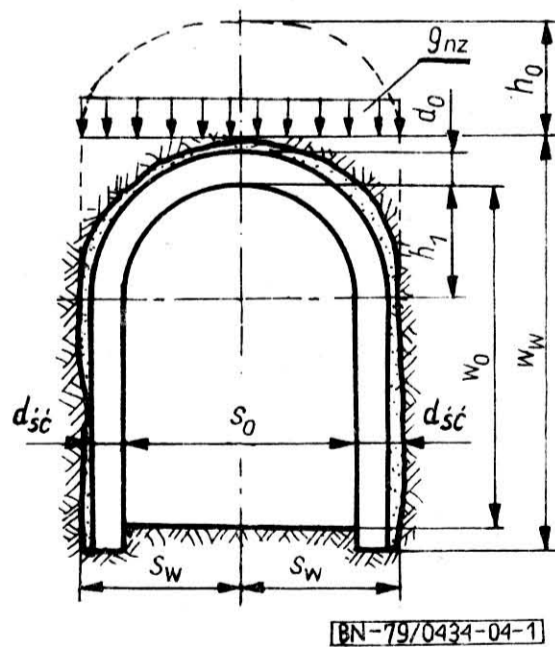
Wielkość statycznego ciśnienia górotworu q_{Nz} należy obliczać w MPa wg wzoru

$$q_{Nz} = 10^{-2} \cdot \gamma_0 \cdot h_0 \quad (10)$$

w którym strzałkę sklepienia ciśnienia h_0 należy obliczać w m wg wzoru

$$h_0 = \frac{s_w}{2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_s} \quad (11)$$

W obliczeniach statycznych można przyjmować równomierny rozkład ciśnień pionowych jak na rys. 1.



Rys. 1

3.4.2. Model II (wg Bierbaumera) należy przyjmować dla wyrobisk zlokalizowanych w skałach małospoistych na głębokości

$$2 \cdot h_0 < H \leq \frac{s_w}{2 \cdot \lambda \cdot \operatorname{tg} \varphi} \quad (12)$$

Współczynnik parcia bocznego λ należy obliczać wg wzoru

$$\lambda = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (13)$$

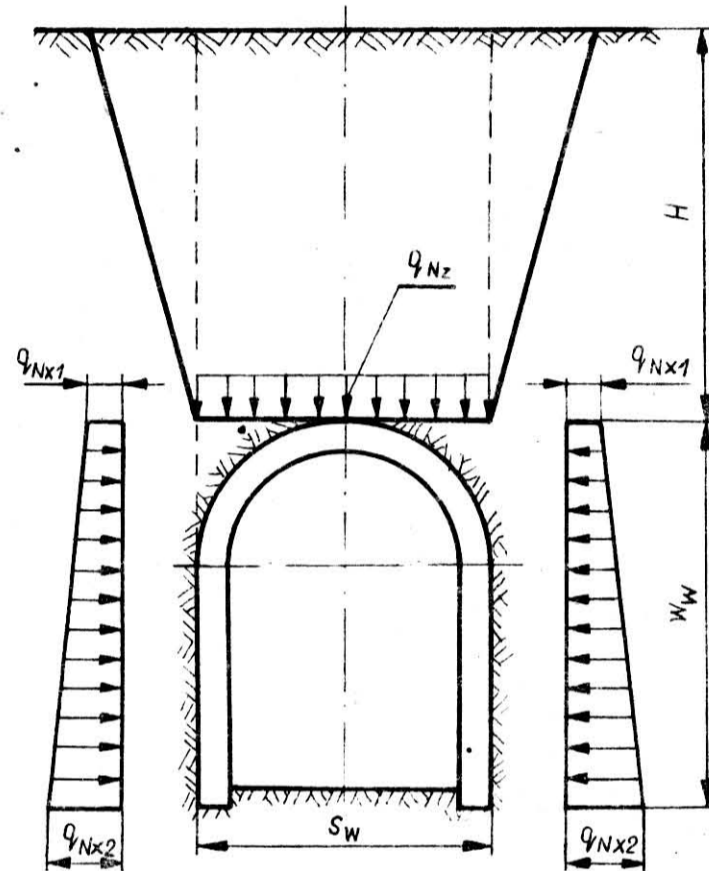
Wielkość statycznego ciśnienia górotworu należy obliczać w MPa wg wzorów

$$q_{Nz} = 10^{-2} \cdot \gamma_0 \cdot H \cdot \left(1 - \frac{\lambda \cdot H \cdot \operatorname{tg} \varphi}{s_w} \right) \quad (14)$$

$$q_{Nx1} = q_{Nz} \cdot \lambda \quad (15)$$

$$q_{Nx2} = (q_{Nz} + 10^{-2} \cdot \gamma_0 \cdot w_w) \cdot \lambda \quad (16)$$

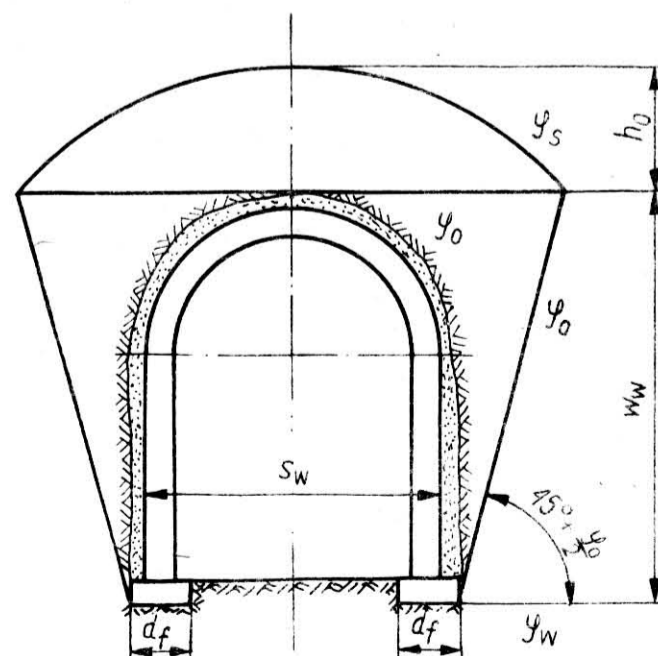
W obliczeniach statycznych zaleca się przyjmować rozkład obciążeń wg rys. 2.



BN-79/0434-04-2

Rys. 2

3.4.3. Model III (wg Cymbarewicza) należy przyjmować dla wyrobisk zlokalizowanych w górotworze, w którym nad wyrobiskiem wytwarza się sklepienie odciążające, a ociosy nie przejmują w pełni ciężaru nakładu, przy czym ciśnienie deformacyjne nie występuje lub jest praktycznie pomijane (rys. 3).



BN-79/0434-04-3

Rys. 3

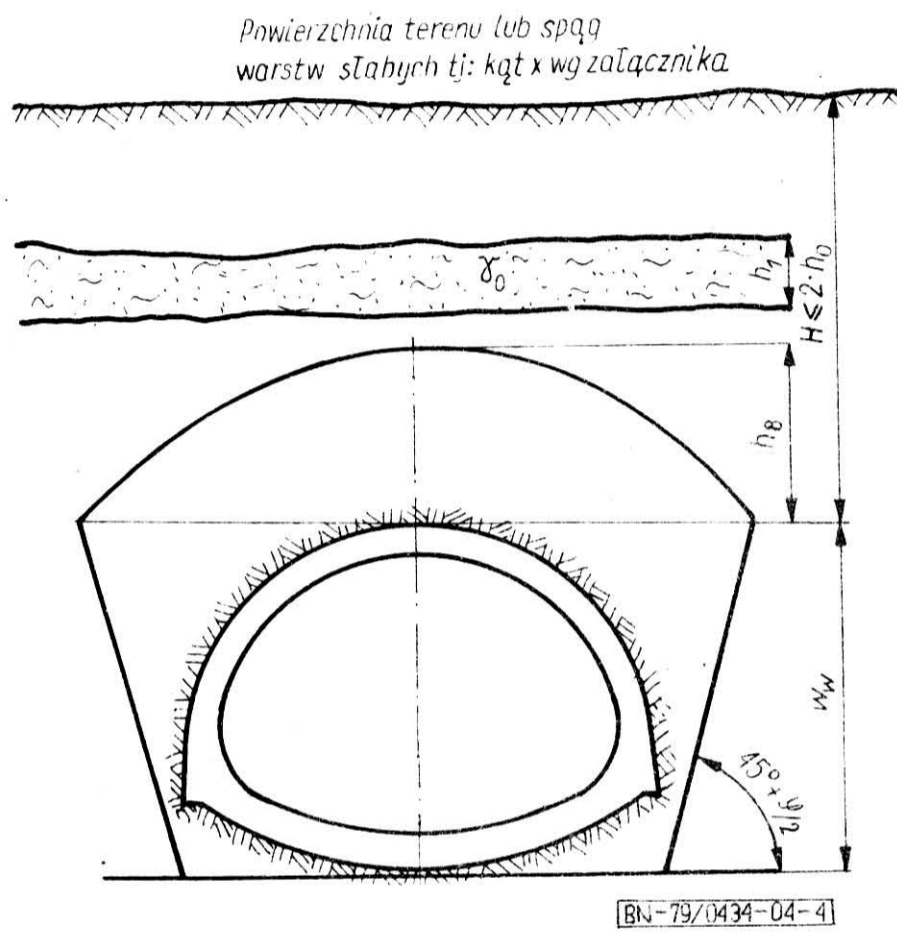
Wielkość stropowego ciśnienia statycznego górotworu należy obliczać wg wzoru (10), podstawiając zasięg strefy odprężonej h_0 obliczony wg wzoru

$$h_0 = \frac{0,5 \cdot s_w + w_w \cdot \operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\varphi_0}{2})}{\operatorname{tg} \varphi_s} \quad (17)$$

Wielkość ociosowego ciśnienia statycznego górotworu należy obliczać wg wzorów (15) i (16).

W obliczeniach statycznych zaleca się przyjmować rozkład obciążeń wg rys. 2.

3.4.4. Model IV należy przyjmować przy płytkim załęganiu wyrobiska, tj. gdy $H < 2h_0$, jak na rys. 4.



Rys. 4

Wielkość stropowego ciśnienia statycznego górotworu należy obliczać wg wzoru

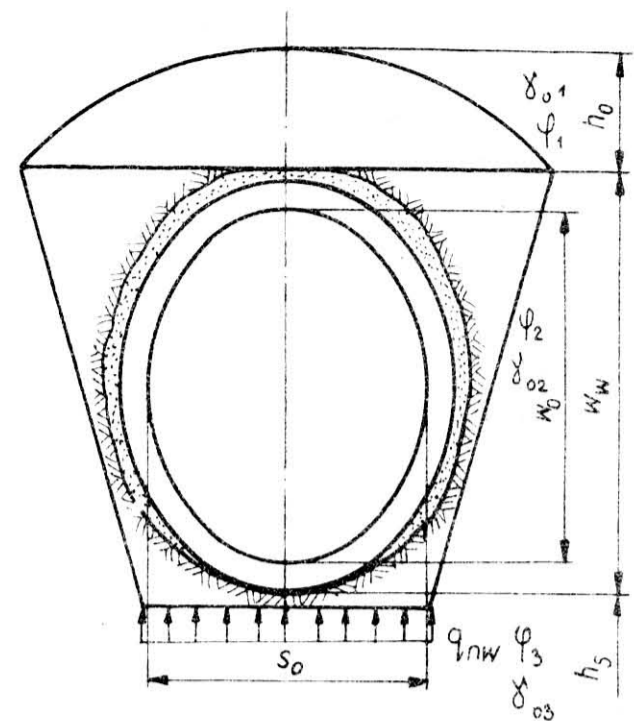
$$q_{Nz} = 10^{-2} \sum_{i=1}^{i=j} \gamma_{0i} \cdot h_i \quad (18)$$

Wielkość ciśnienia ociosowego oraz rozkład obciążeń należy przyjmować jak w modelu III.

3.4.5. Model V jak na rys. 5 należy przyjmować jednocześnie z modelami I + IV w przypadku, gdy $q_{Nw} > 0$

Ciśnienie spągowe q_{Nw} należy obliczać w MPa wg wzoru

$$q_{Nzw} = \left\{ \frac{10^{-2} \cdot \gamma_{02}}{2 \cdot s_w} \cdot \left[h_s^2 + 2 \cdot h_s \cdot (w_w + h_0) \right] \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_3}{2} \right) - \frac{10^{-2} \cdot \gamma_{03}}{2 \cdot s_w} \cdot h_s^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi_3}{2} \right) \right\} \cdot \operatorname{tg} \left(45^\circ - \frac{\varphi_3}{2} \right) \quad (19)$$



Rys. 5

Głębokość zasięgu wypiętrzania spągu h_s należy obliczać w m wg wzoru

$$h_s = \frac{(w_w + h_0) \cdot \operatorname{tg}^4 \left(45^\circ - \frac{\varphi_3}{2} \right)}{1 - \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_3}{2} \right)} \quad (20)$$

3.4.6. Model VI (ciśnienie deformacyjnych) należy przyjmować przy zlokalizowaniu wyrobisk w skałach kategorii I + VII wg załącznika na głębokości $H > H_{kr}$

W zależności od wielkości przemieszczeń konturu wyrobiska U_w obliczonego wg wzoru

$$U_w = \frac{(1 + \nu_g) \cdot r_L^2 \cdot (p_z - p_g)}{E_g \cdot r_w} \quad (21)$$

rozdziela się dwa przypadki wytworzenia się stref niesprężystych wokół wyrobiska:

a) przy

$$U_w < r_w \cdot \epsilon_{ng} \quad (22)$$

wokół wyrobiska wytwarza się strefa plastyczna jak na rys. 6a) wywołująca działanie na obudowę ciśnienia deformacyjnego p_a , stropowego ciśnienia statycznego q_{Nz} określonego wzorem

$$q_{Nz} = 10^{-2} \cdot \gamma_0 \cdot (r_L - r_w) \quad (23)$$

oraz ociosowego ciśnienia statycznego określonego wzorami (15) i (16); zasięg strefy plastycznej r_L należy obliczać w m wg wzoru

$$r_L = \left(\frac{p_g \cdot \beta_g + R'_{cg}}{p_a \cdot \beta_g + R'_{cg}} \right)^{\frac{1}{\beta_g}} \cdot r_w \quad (24)$$

w którym:

$$\beta_g = \frac{2 \cdot \sin \varphi_g}{1 - \sin \varphi_g} \quad (25)$$

$$R'_{cg} = (0,4 \div 0,6) \cdot R_{cg} \quad (26)$$

b) przy

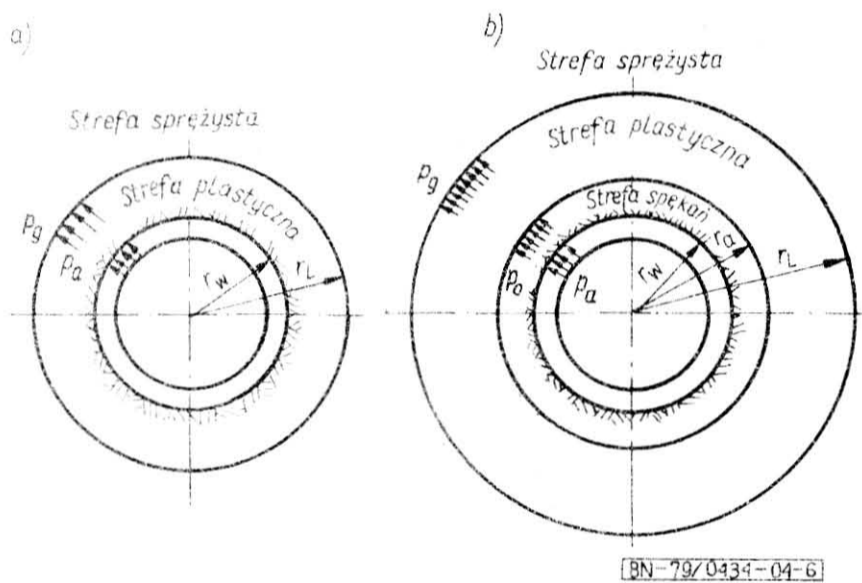
$$U_w \geq r_w \cdot \epsilon_{ng} \quad (27)$$

wokół wyrobiska wytwarza się strefa spękań jak na rys. 6b) wywołująca działanie na obudowę ciśnienia deformacyjnego p_a , stropowego ciśnienia statycznego obliczonego wg wzoru

$$q_{Nz} = 10^{-2} \cdot \gamma_o \cdot (r_a - r_w) \quad (28)$$

oraz ociosowego ciśnienia statycznego obliczeniowego wg wzorów (15) i (16); zasięg strefy plastycznej należy wówczas obliczać wg wzoru

$$r_L = r_a \cdot \left(\frac{p_g \cdot \beta_g + R'_{cg}}{p_o \cdot \beta_g + R'_{cg}} \right)^{\frac{1}{\beta_g}} \quad (29)$$



Rys. 6

Pierwotne ciśnienie górotworu należy obliczać wg wzoru

$$p_z = 10^{-2} \cdot \bar{\gamma}_o \cdot H \quad (30)$$

Naprężenia radialne działające na granicy strefy sprężystej i plastycznej należy obliczać wg wzoru

$$p_g = \frac{2 \cdot p_z - R_{cg}}{2 + \beta_g} \quad (31)$$

Zasięg strefy spękań należy obliczać wg wzoru

$$r_a = r_w \cdot \left(\frac{p_g}{p_o} \right)^{\frac{1}{\beta_g}} \quad (32)$$

Naprężenia radialne na granicy strefy spękań i plastycznej należy obliczać wg wzoru

$$p_o = \frac{p_g \cdot \beta_g + R'_{cg}}{\beta_g} \cdot \left[\sqrt{\frac{(1 + \nu_g) \cdot (p_z - p_g)}{\epsilon_{ng} \cdot E_g}} \right]^{\beta_g} - \frac{R'_{cg}}{\beta_g} \quad (33)$$

Podporność początkową obudowy należy przyjmować:

- w przypadku wykonywania wstępnej obudowy kotwiowej z kotwi spoiwowych wg wzoru

$$p_a = \frac{\pi \cdot d_k^2 \cdot R_a}{4 \cdot a \cdot b} \quad (34)$$

gdzie R_a - wytrzymałość obliczeniowa stali wg PN-76/B-03264,

- w przypadku wykonywania obudowy wstępnej z odrzwi podatnych wg wzoru

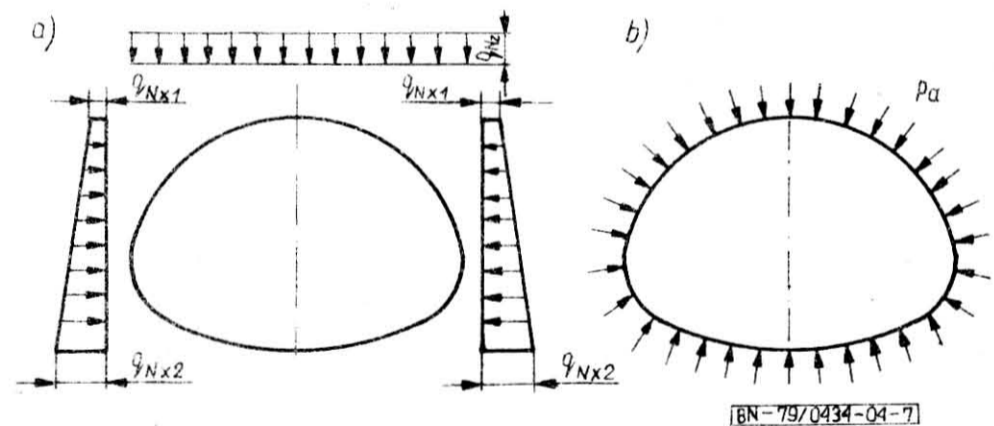
$$p_a = \frac{10^{-3} \cdot N_z}{e \cdot r_o} \quad (35)$$

Wartość N_z zaleca się przyjmować:

- dla odrzwi z profilu KSKO - $N_z = 100$ kN,
- dla odrzwi z profilu V - $N_z = 150$ kN.

Rozkład obciążenia statycznego i deformacyjnego na obudowę należy przyjmować wg rys. 7.

W przypadku gdy wartość stropowego ciśnienia statycznego określona wg wzoru (23) lub (28) jest mniejsza od wartości określonej wg modelu III, należy do dalszych obliczeń przyjmować obciążenia q_{Nz} wg modelu III.



Rys. 7

3.4.7. Obciążenie charakterystyczne obudowy wyrobisk zlokalizowanych w strefie zaburzeń tektonicznych w warstwach zalegających pod kątem $\geq 30^\circ$, a także w przypadku występowania skał kategorii VIIa + X wg załącznika. Wokół wyrobisk zlokalizowanych na głębokości $H > H_{kr}$ obciążenie zaleca się określać indywidualnie.

3.5. Obciążenie obliczeniowe obudowy należy określać wg wzoru

$$q_o = n \cdot q_N \quad (36)$$

Wartość współczynnika obciążenia n należy przyjmować wg tabl. 4.

Tablica 4

Lp.	Model powstawania ciśnień	n
1	Model I	1,3
2	Model II	1,3
3	Model III	1,3
4	Model IV	1,1
5	Model V	1,3
6	Model VI	1,3
7	wg 3.4.7	1,4
8	wg 3.7	1,3

3.6. Ciężar własny. Obciążenie charakterystyczne i obciążenia obliczeniowe od ciężaru własnego obudowy sklepionej należy obliczać wg PN-82/B-02000.

3.7. Ciśnienie iniekcyjne należy przyjmować według ustaleń technologicznych.

4. ZASADY OBLICZANIA OBUDOWY

4.1. Zasady ogólne. Obliczanie obudów sklepionych należy przeprowadzić metodą stanów granicznych wg PN-76/B-03001.

4.2. Cechy wytrzymałościowe materiałów konstrukcyjnych

4.2.1. Mur z cegły. Wytrzymałość obliczeniową na ściskanie muru z cegły pełnej należy przyjmować w MPa wg tabl. 5.

Tablica 5

Klasa cegły	Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie R_{kc} muru z cegły pełnej na zaprawie o marce						
	80	100	120	140	160	180	200
150	2,0	2,2	2,3	2,3	2,4	2,5	2,5
250	2,7	2,8	3,0	3,1	3,2	3,3	3,4
350	3,5	3,7	3,9	4,0	4,2	4,3	4,4

Wytrzymałość obliczeniową na rozciąganie przy zginaniu R_{krg} muru z cegły pełnej należy przyjmować w MPa wg tabl. 6.

Tablica 6

Marka zaprawy	Wytrzymałość obliczeniowa muru na rozciąganie przy zginaniu R_{krg}
80	0,17
100	0,20
120	0,20

4.2.2. Mur z betonitów. Wytrzymałość obliczeniową na ściskanie R_{kc} muru z betonitów należy przyjmować w MPa wg tabl. 7.

Tablica 7

Klasa betonitów	Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie R_{kc} muru z betonitów na zaprawie o marce						
	80	100	120	140	160	180	200
170	3,9	4,1	4,4	4,6	4,7	4,9	5,0
200	4,2	4,5	4,8	5,0	5,2	5,4	5,5
250	4,6	5,0	5,4	5,6	5,9	6,1	6,3

Wytrzymałość obliczeniową na rozciąganie przy zginaniu R_{krg} muru z betonitów należy przyjmować wg tabl. 6.

4.2.3. Beton. Wytrzymałość obliczeniową na ściskanie oraz rozciąganie dla betonu należy przyjmować wg PN-76/B-03264.

4.2.4. Stal zbrojeniowa. Wytrzymałość obliczeniową na rozciąganie i ściskanie dla stali zbrojeniowej należy przyjmować wg PN-76/B-03264.

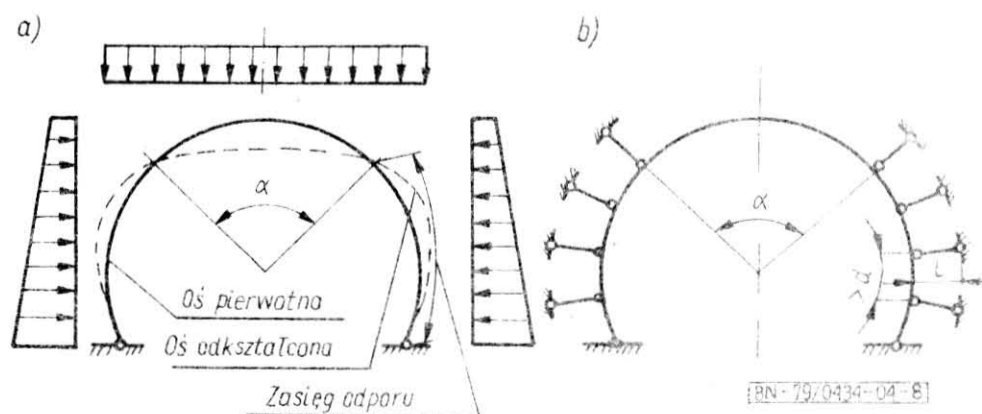
4.3. Wielkość sił wewnętrznych (M_0 , N_0 , Q_0) w przekrojach obudowy sklepionej dla przypadków obciążeń wg 3.2 należy obliczać metodami mechaniki budowli przy założeniu:

- stałego rozkładu obciążeń i warunków podparcia wzdłuż wyrobiska,

- wielkości obciążenia i jego rozkładu po obwodzie obudowy wynikających z przyjętego modelu ciśnień górotworu, dla przyjętego kształtu obudowy i wstępnie obliczonej grubości wg 4.6 oraz zgodnie z ustalonym schematem statycznym uwzględniającym warunki współpracy obudowy z górotworem wg 4.4.

4.4. Schematy statyczne. Obudowy sklepione należy obliczać jako konstrukcje łukowe, ramowo-łukowe lub pierścieniowe, współpracujące z otaczającym górotworem.

Współpracę obudowy z górotworem należy uwzględniać przez przyjęcia w schemacie statycznym ciągłych lub punktowo sprężystych rozparć (wahaczy). Rozpacia te należy przyjmować na odcinkach obudowy, na których oś odkształcona ustroju podstawowego przemieszcza się w stronę górotworu jak na rys. 8.



Rys. 8

Moduł ścisłości wahaczy należy przyjmować

$$E_w = \frac{E_g \cdot l}{(1 + \nu_g) \cdot r_w} \quad (37)$$

Współpracę obudowy z górotworem można pominąć przy zlokalizowaniu wyrobisk w skałach ciekłych i małospoistych.

4.5. Sprawdzenie nośności obudowy murowej

4.5.1. Wymagania ogólne. Nośność obudowy sklepionej należy sprawdzić w najbardziej wyężonych przekrojach dla wstępnie przyjętych wg 2.6 wymiarów.

4.5.2. Sprawdzenie nośności w przekrojach ściskanych osiowo przeprowadza się wg wzoru

$$N_o \leq d \cdot R_{kc} \cdot 10^3 \quad (38)$$

4.5.3. Sprawdzenie nośności w przekrojach mimośrodowo-ściskanych przeprowadza się wg wzorów:

a) przy mimośrodku $e_o \leq 0,2d$

$$N_o \leq \frac{10^3 \cdot R_{kc} \cdot d}{\frac{2 \cdot e_o}{d} + 1} \quad (39)$$

b) przy mimośrodku $0,2d < e_o \leq 0,45d$

$$N_o \leq \frac{10^3 \cdot R_{kc} \cdot d}{\frac{2 \cdot e_o}{d} + 1} \cdot \left[1,16 - 4 \cdot \left(\frac{e_o}{d} \right)^2 \right] \quad (40)$$

oraz

$$N_o \leq \frac{10^3 \cdot R_{krq} \cdot d}{\frac{6 \cdot e_o}{d} - 1} \quad (41)$$

Mimośrodek siły należy obliczać wg wzoru

$$e_o = \frac{M_o}{N_o} \quad (42)$$

4.6. Sprawdzenie nośności obudowy z betonu i żelbetu należy przeprowadzić wg PN-76/B-03264.

4.7. Sprawdzenia nośności podłoża. W obudowach otwartych należy sprawdzić nośność podłoża wg wzoru

$$N_o \leq 10^3 \cdot 1,5 \cdot R_{cg} \cdot d_f \quad (43)$$

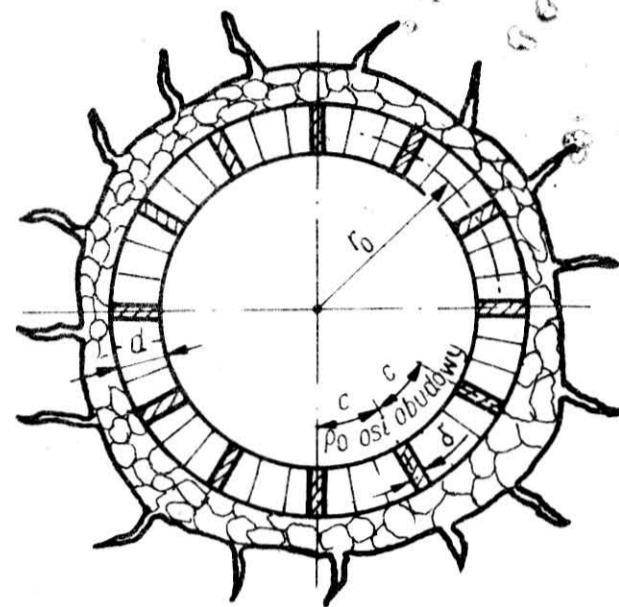
Siła N_o we wzorze (43) oznacza reakcję pionową działającą na 1 m ławy fundamentowej.

5. UPODATNIENIE OBUDOWY SKLEPIONEJ

5.1. Zasady ogólne. Obudowę sklepioną należy upodatniać w przypadku wykonywania jej przed ustaleniem się stanu równowagi układu; obudowa wstępna - górotwór (nieustabilizowania przemieszczeń radialnych konturu wyrobiska).

Obudowę sklepioną zaleca się upodatniać za pomocą wkładek upodatniających umieszczonych w konstrukcji obudowy lub przez zastosowanie materiału ściśliwego w przestrzeni za obudową.

5.2. Upodatnienie obudowy murowej. Wkładki upodatniające należy zakładać co 3 - 6 warstw cegieł lub co 2 - 3 warstwy betonitów wg rys. 9.



BN-79/0434-04-9

Rys. 9

Inne sposoby upodatniania - według indywidualnego opracowania.

Grubość wkładek upodatniających zaleca się obliczać wg wzoru

$$\delta = \frac{c \cdot E_p}{E} \cdot \left(\frac{U_w \cdot E \cdot d}{q_o \cdot r_o^2} - 1 \right) \quad (44)$$

Wartość radialnego przemieszczenia konturu wyrobiska U_w zaleca się przyjmować wg wzoru (21).

5.3. Upodatnienie obudowy betonowej i żelbetowej. Obudowę betonową i żelbetową zaleca się upodatniać przez zastosowanie odpowiednio usytuowanych przegubów z wkładkami upodatniającymi. Przy liczbie przegubów w pierścieniu przekraczającej trzy należy - oprócz sprawdzenia nośności obudowy w najbardziej wyężonych przekrojach - dodatkowo sprawdzić stateczność obudowy oraz nośność przegubów.

6. INIEKCJA PRZESTRZENI ZA OBUDOWĄ

6.1. Obudowy murowe. W obudowach sklepionych wykonywanych z cegły lub betonitów należy:

- przy braku ciśnień deformacyjnych lub w przypadku przejęcia przemieszczeń wynikających z ich działania przez wkładki upodatniające - wolną przestrzeń za obudową wypełnić zaprawą cementową o marce powyżej 80,

- w przypadku wykonania obudowy bez wkładek upodatniających w warunkach występowania ciśnień deformacyjnych

- wypełnić wolną przestrzeń za obudową materiałem updatniającym o średniej grubości warstwy g_w i module ścisłości

$$E_w = \frac{q_o \cdot r_w^2}{g_w \cdot \left(U_w - \frac{q_o \cdot r_o}{E \cdot d} \right)} \quad (45)$$

Wartość U_w zaleca się przyjmować wg wzoru (21).

6.2. Obudowy betonowe i żelbetowe. W obudowach sklepionych wykonywanych z prefabrykowanych elementów wielkometryrowych betonowych lub żelbetowych należy przestrzeń za obudową wypełniać jak w 6.1.

W obudowach sklepionych wykonywanych z betonu lub żelbetu monolitycznego iniekcja przestrzeni za obudową jest konieczna jedynie w przypadku zapewnienia wodoszczelności konstrukcji. Zaleca się wówczas wtłaczanie w części pałapowej wyrobiska zaczynu cementowego pod ciśnieniem $0,1 \div 0,5$ MPa.

KONIEC

Załącznik

INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę - Główne Biuro Studiów i Projektów Górniczych, Katowice.

2. Istotne zmiany w stosunku do BN-73/0434-04

- a) wprowadzono wymiarowanie obudowy metodą stanów granicznych,
- b) zastąpiono reologiczne modele ciśnień górotworu modelem ciśnień deformacyjnych określonych dla ośrodka sprężysto-plastyczno-sprężanego,
- c) wprowadzono zagadnienie dotyczące iniekcji przestrzeni za obudową.

3. Normy związane

- PN-82/B-02000 Obciążenia budowli. Zasady ustalania wartości
- PN-76/B-03001 Konstrukcje i podłoża budowli. Ogólne zasady obliczeń
- PN-76/B-03264 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie
- PN-75/B-06250 Beton zwykły
- PN-81/B-06254 Domieszki uszczelniające do zapraw i betonów cementowych
- PN-79/B-06711 Kruszywa mineralne. Piaski do zapraw budowlanych
- PN-79/B-06712 Kruszywa mineralne do betonu zwykłego
- PN-75/B-12001 Cegła pełna wypalana z gliny - zwykła
- PN-71/B-12008 Cegła wypalana z gliny klinkierowa budowlana

PN-65/B-14504 Zaprawy budowlane cementowe

PN-80/B-30000 Cement portlandzki

PN-80/B-30005 Cement hutniczy 25

PN-80/B-30011 Cement portlandzki szybkotwardniejący

PN-75/C-04630 Woda do celów budowlanych. Wymagania i badania

PN-79/D-01012 Tarcica. Wady

BN-82/0434-07 Wyrobiska korytarzowe i komorowe. Obudowa powłokowa. Wytyczne projektowania i obliczeń statycznych

BN-65/6791-06 Betonity prostopadłościowe do obudowy wyrobisk górniczych

BN-75/8704-07 Skąły zwięzłe. Oznaczanie wytrzymałości na ściskanie przy użyciu próbek foremnych

4. Autor projektu normy - dr inż. Norbert Wypchol - Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Budownictwa Górniczego BUDOKOP, Mysłowice.

5. Przykłady określenia sił wewnętrznych i przemieszczeń obudowy sklepionej przy wykorzystaniu programu "Bud-57" na EMC "Odra 1204"

5.1. Określenie sił wewnętrznych i przemieszczeń obudów nie współpracujących z górotworem. Na rys. 1-1 przedstawiono zamkniętą obudowę sklepioną wyrobiska zlokalizowanego w skałach kategorii IX i odpowiadający jej schemat statyczny. W celu ograniczenia liczby węzłów wykorzystano symetrię układu.

Parametry przekroju poprzecznego obudowy wyznaczono wg zależności

$$F = d \cdot 1,0$$

$$I_x = \frac{1,0 \cdot d^3}{12}$$

Analizowano dwa przypadki obciążeń:

- działanie ciśnienia górotworu,
- działanie ciężaru własnego obudowy.

Zapis danych wg "Bud-57" dla wymiarów i obciążeń obudowy wg rys. I-1:

- liczba węzłów - 10 (tabl. I-1)

- liczba grup parametrów - 2 (tabl. I-2)

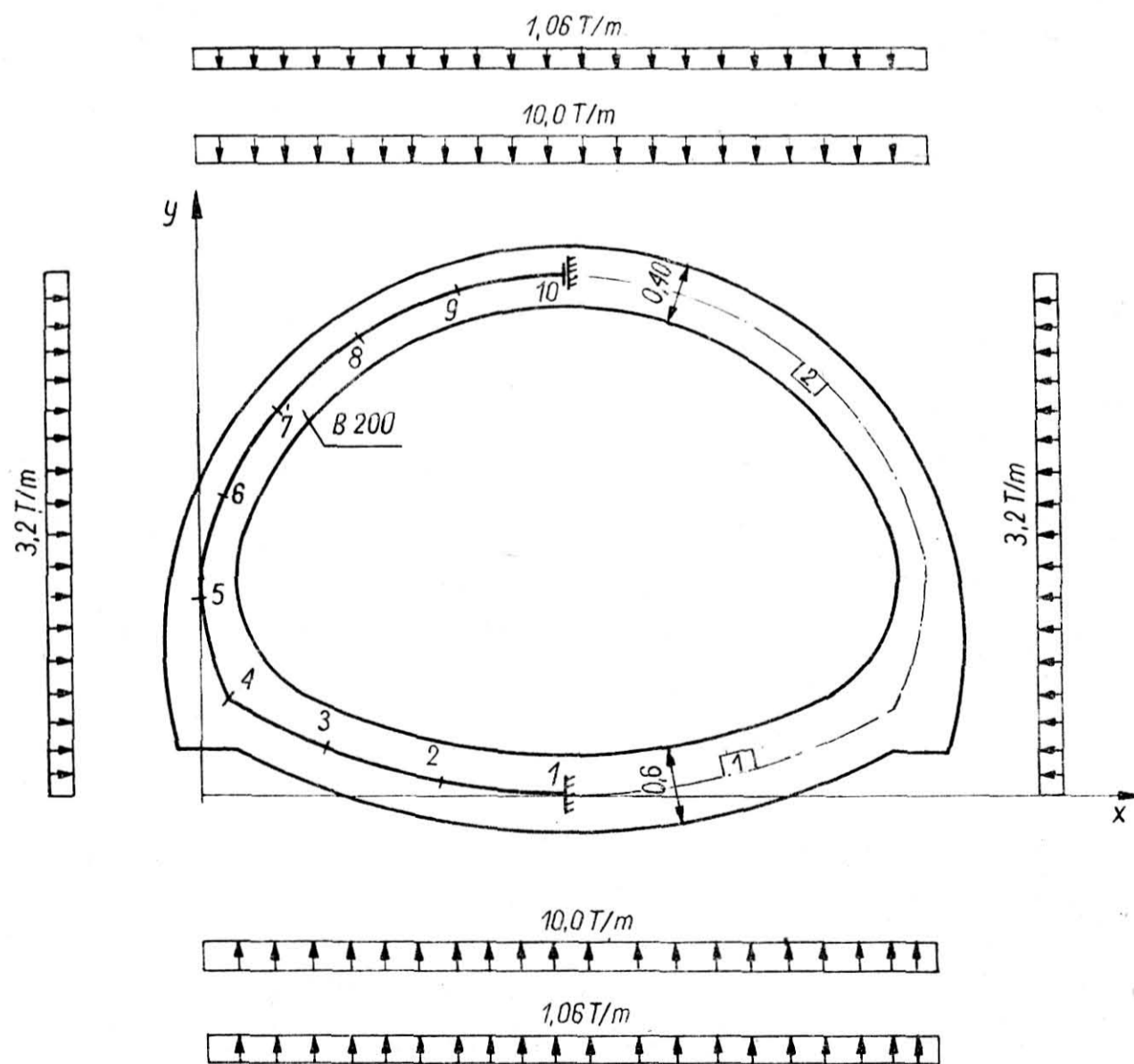
Tablica I-2

Numer grupy parametrów	Powierzchnia przekroju F (m^2)	Moment bezwładności I_x (m^4)	Współczynnik α	Moduł sprężystości E (T/m^2)		
				na ściskanie	na zginanie	na ściekanie
1	0,600	0,01800	1,2	2,7'6	1,7'6	1,1'6
2	0,400	0,00533	1,2	2,7'6	1,7'6	1,1'6

- liczba prętów - 9 (tabl. I-3)

Tablica I-3

Numer węzła	Współrzędna (m)		Numer kolejny	Numery węzłów		Numer grupy parametrów	Symbol przegubu	Długość sztywnych odcinków	
	x	y		początek	końiec			f_i	f_k
1	2,75	0	1	1	2	1	0	0	
2	1,80	0,10	2	2	3	1	0	0	
3	0,95	0,35	3	3	4	1	0	0	
4	0,20	0,75	4	4	5	2	0	0	
5	0	1,50	5	5	6	2	0	0	
6	0,20	2,25	6	6	7	2	0	0	
7	0,60	2,90	7	7	8	2	0	0	
8	1,25	3,50	8	8	9	2	0	0	
9	1,95	3,85	9	9	10	2	0	0	
10	2,75	3,95	9	9	10	2	0	0	



BN-79/0434-04-I1

Rys. I-1

- liczba więzi - 5 (tabl. I-4)

Tablica I-4

Numer więzi	Numer węzła	Kierunek więzi
1	1	1
2	1	2
3	1	3
4	10	1
5	10	3

- tytuł schematu obciążeń

- ciśnienie górotworu:

- symbol obciążeń 8 : 24 (tabl. I-5)

Tablica I-5

Numer pręta	Odległość obciążenia (m)	Wartość obciążenia (T/m)
1	0.90	10.0
2	0.90	10.0
3	0.90	10.0
4	0.80	10.0
5	0.80	10.0
6	0.80	10.0
7	0.80	10.0
8	0.80	10.0
9	0.80	10.0

- symbol obciążenia 8 : 14 (tabl. I-6)

Tablica I-6

Numer pręta	Odległość obciążenia (m)	Wartość obciążenia (T/m)
1	0.90	3.2
2	0.90	3.2
3	0.90	3.2
4	0.80	3.2
5	0.80	3.2
6	0.80	3.2
7	0.80	3.2
8	0.80	3.2
9	0.80	3.2

- symbol końca schematu obciążeń 10:

- tytuł schematu obciążenia

- ciężar własny:

- symbol obciążenia 8 : 24 (tabl. I-7)

Tablica I-7

Numer pręta	Odległość obciążenia (m)	Wartość obciążenia (T/m)
1	0.90	1.06
2	0.90	1.06
3	0.90	1.06
4	0.80	1.06
5	0.80	1.06
6	0.80	1.06
7	0.80	1.06
8	0.80	1.06
9	0.80	1.06

- symbol końca schematu obciążeń 10:

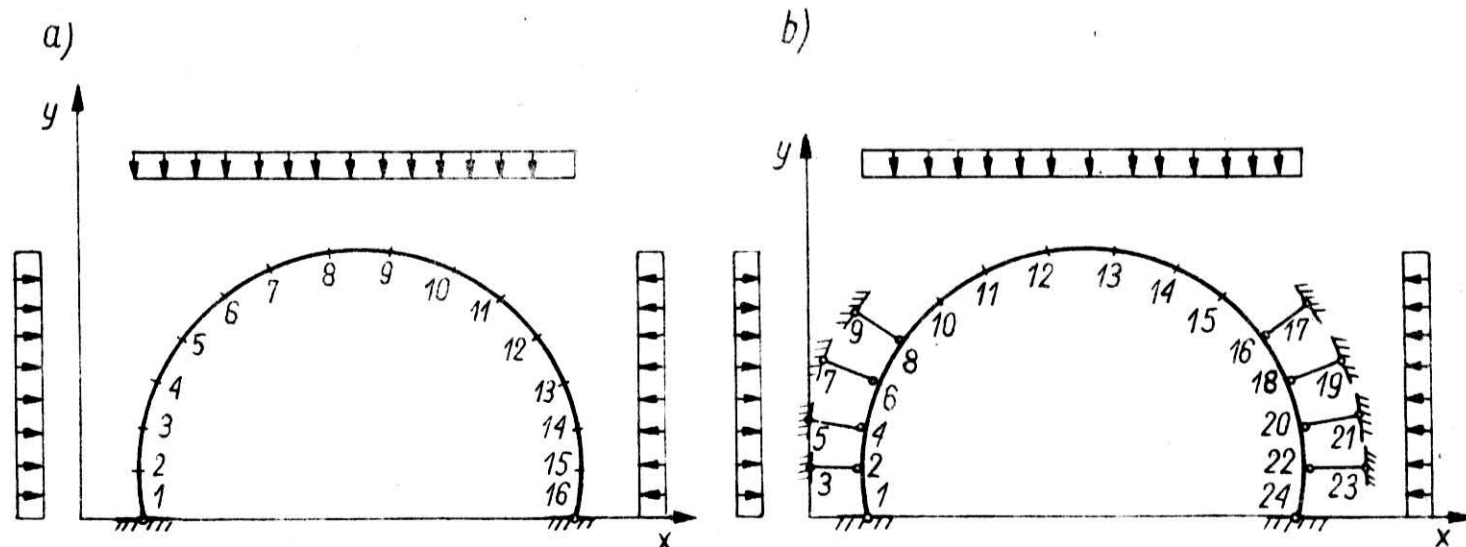
- symbol końca obliczeń :22:

5.2. Określenie sił wewnętrznych w obudowach współpracujących z górotworem. W celu określenia sił wewnętrznych w obudowie z uwzględnieniem współpracy z górotworem należy w pierwszej kolejności oszacować zasięg odporu biernego. Zasięg ten można wyznaczyć na podstawie przemieszczeń układu podstawowego (obudowa wolno stojąca) obliczona jak w p. 5.1 Informacji dodatkowych.

Na odcinkach, na których oś odkształcona ustroju podstawowego przemieszcza się w stronę górotworu, należy założyć wahacze w rozstawie przekraczającym grubość obudowy. Długość wahaczy zaleca się przyjmować $l = 1,0$ m, zaś moduł ściśliwości wg p. 4.4 niniejszej normy.

Na rys. I-2 podano przykładowo rozmieszczenie węzłów dla obudowy sklepionej otwartej, przy czym, rys. I-2a) przedstawia układ podstawowy, zaś rys. I-2b) - układ z odporem biernym.

Wartości sił wewnętrznych i przemieszczeń obudowy należy wyznaczyć jak w p. 5.1 Informacji dodatkowych.



BN-79/0434-04-I2

Rys. I-2

KATEGORIE SKAŁ I ICH CHARAKTERYSTYKI

Kategoria wg M. Prodiakonowa	Stopień twardości skał	Skała	Ciężar objętościowy (t/m ³)	Wytrzymałość skał na ściskanie (MPa) R_{CS}^2	Wskaźnik zwięzłości skały f	Kąt tarcia wewnętrznego skały φ	Współczynnik parcia bocznego λ					
1	2	3	4	5	6	7	8					
I	skały w wysokim stopniu twarde	kwarcyty	2,50 ÷ 2,64	200,0	20	87 ^{o1)}	0,0006					
		bazalty	2,64 ÷ 3,08									
		II	skały bardzo twarde	granity bardzo zwarte,				2,40 ÷ 2,77	150,0	15	86 ^{o1)}	0,001
				porfir kwarcowy,				2,40 ÷ 2,61				
				anhydryty,				2,90				
				łupki kwarcytowe,				2,20 ÷ 2,70				
				piaskowce kwarcytowe, najbardziej twarde piaskowce				2,36 ÷ 2,64 2,20 ÷ 2,87				
		III	skały twarde	granity (rumosz),				2,20 ÷ 2,50	100,0	10	84 ^{o1)}	0,002
bardzo zwarte piaskowce, bardzo zwarte wapienie, twarde rudy żelaza	2,34 ÷ 2,64 2,20 ÷ 2,80 3,70 ÷ 3,90											
IIIa	skały twarde	wapienie (zbite),	2,00 ÷ 2,50	80,0	8	83 ^{o1)}	0,004					
		granity nietrwałe, zwarte piaskowce, zwięzłe marmury, dolomity	2,20 ÷ 2,60 2,30 ÷ 2,60 2,67 ÷ 2,70 2,38 ÷ 2,87									
IV	skały dosyć twarde	kwarcyty ze szczelinami,	1,90 ÷ 2,20	60,0	6	81 ^{o1)}	0,007					
		zwykłe piaskowce, rudy żelaza, mułowce sydereytowe	2,10 ÷ 2,60 3,50 ÷ 3,80 2,69 ÷ 2,93									
IVa	skały dosyć twarde	łupki piaszczyste,	2,15 ÷ 2,70	50,0	5	79 ^{o1)}	0,01					
		sole kamienne, wapienie piaszczyste, piaskowce średnie i gruboziarniste, łupki żelaziste, ility sapropelowe	1,25 ÷ 2,30 2,50 ÷ 2,60 2,30 ÷ 2,60 2,60 ÷ 2,83 1,40 ÷ 1,90									
V	skały średnio twarde	zwarte łupki gliniaste,	2,20 ÷ 2,60	40,0	4	76 ^{o1)}	0,0150					
		nietrwałe piaskowce, nietrwałe wapienie, łupki węglowe	1,80 ÷ 2,50 1,30 ÷ 2,20 1,50 ÷ 1,70									
Va	skały średnio twarde	łupki ilastopiaszczyste,	2,20 ÷ 2,65	30,0	3	72 ^{o1)}	0,026					
		łupki kaolinitowe, nietrwałe rudy żelaza	2,20 ÷ 2,50 3,50 ÷ 3,80									

cd. tablicy

Kategoria wg M. Protodiakonowa	Stopień twardości skał	Skała	Ciężar objętościowy (t/m ³)	Wytrzymałość skał na ściskanie (MPa) $R_{cs}^{2)}$	Wskaźnik zwięzłości skały f	Kąt tarcia wewnętrznego skały φ	Współczynnik parcia bocznego λ
1	2	3	4	5	6	7	8
VI	skały dosyć miękkie	twardy węgiel, margle wapienne, łupki plastyczne, kreda, gips, rozkruszony piaskowiec	1,30 ÷ 1,45 1,80 ÷ 2,50 2,20 ÷ 2,60 1,80 ÷ 2,50 1,90 ÷ 2,60 1,80 ÷ 2,40	20,0	2	63 ^{o1)}	0,056
Vla		twardy węgiel, iły węglowe, łupek rozkruszony, grunt żwirowy	1,30 ÷ 1,40 1,90 ÷ 2,20 2,00 ÷ 2,30 1,50 ÷ 1,70	15,0	1,5	56 ^{o1)}	0,091
VII	skały miękkie	miękki węgiel grunt gliniasty, gliny zbite	1,30 ÷ 1,40 1,65 ÷ 1,85 1,80 ÷ 2,60	-	1,0	45 ^{o1)}	0,172
VIIa		miękka glina, less, bardzo słaby kwarcyt, miękka sucha ruda żelaza	1,50 ÷ 1,70 1,60 1,80 ÷ 2,10 3,50 ÷ 3,80	-	0,8	39 ^{o1)}	0,231
VIII	skały ziemiste	ziemia roślinna, grunt gliniasty, piasek wilgotny	1,70 1,80 1,90 ÷ 2,10	-	0,6	31 ^o	0,320
IX		piasek, żwir	1,20 ÷ 1,50 1,40 ÷ 1,70	-	0,5	27 ^o	0,382
X		kurzawka, grunt błotnisty, less rozrzedzony	1,50 ÷ 1,80 1,50 ÷ 1,70 1,40 ÷ 1,60	-	0,2	11 ^o	0,672

1) Pozorne kąty tarcia wewnętrznego.
2) Wytrzymałość na ściskanie próbek skalnych badanych prostopadle do uwarstwienia w stanie wilgotności naturalnej wg BN-75/8704-07.