

Józef MAŁOSZEWSKI

## OKREŚLENIE SIŁ WEWNĘTRZNYCH I WYMIAROWANIE KONSTRUKCJI OBUDÓW KAPITALNYCH WYROBISK KORYTARZOWYCH I KOMOROWYCH

Streszczenie. W oparciu o najnowsze dane w literaturze i przeprowadzone rozważania teoretycznie przedstawiono tok postępowania przy określaniu sił wewnętrznych oraz wymiarowanie konstrukcji obudów kapitalnych wyrobisk korytarzowych i komorowych.

### 1. Określenie sił wewnętrznych

W zależności od przewidywanego obciążenia i przyjętego rodzaju konstrukcji obudowy oraz wymiarów i kształtu wyrobiska przyjmuje się odpowiedni ustrój statyczny. Dla przyjętego schematu obudowy wyznacza się wielkości obciążenia obliczeniowego wg pracy [4] i wartości ekstremalnych sił wewnętrznych przy zastosowaniu metod statystyki budowli. Schemat statyczny obudowy proponuje się dobierać w zależności od:

- rodzaju ośrodka otaczającego wyrobisko,
- rodzaju i konstrukcji obudowy,
- rodzaju i rozkładu ciśnień górotworu na obudowę.

### 2. Wymiarowanie konstrukcji obudowy

Dla przyjętego rodzaju konstrukcji i określonych w rozdziale 1 ekstremalnych wartości sił wewnętrznych oblicza się wymiary konstrukcji obudowy. Zgodnie z PN-76/B-03001 wszystkie budowle należy wymiarować metodą stanów granicznych. Zasadniczą trudnością w powszechnym stosowaniu tej metody jest konieczność określania tzw. obciążeń charakterystycznych i współczynników obciążenia. Obciążenie charakterystyczne obudowy przyjęto jako liczbowo równe oszacowaniu ciśnienia górotworu. Bliższe spreycyzowanie wartości współczynników obciążenia dla budowli podziemnych, wykonywanych metodami górnictwymi, jest obecnie niemożliwe z uwagi na brak odpowiedniego materiału statystycznego o wielkościach oszacowanych i zaistniałych obciążeń.

Poniżej przytoczono proponowane zasady wymiarowania poszczególnych obudów. Ich uzasadnienie podano w pracy [4].

### 2.1. Obudowa łukowa podatna LP

Wymiarowanie obudowy sprowadza się do:

- przyjęcia profilu korytka według pracy [6],
- obliczenia rozstawu odrzwi,
- przyjęcia rodzaju opinki.

### 2.2. Obudowa z betonu natryskowego B

Wymiarowanie obudowy sprowadza się do:

- przyjęcia klasy betonu,
- obliczenia powłoki - grubość  $g$ .

Grubość powłoki betonowej (cm) można określić ze wzoru

$$g \approx \frac{0,50 q_0 r_0}{R_{bz}}, \quad (1)$$

gdzie:

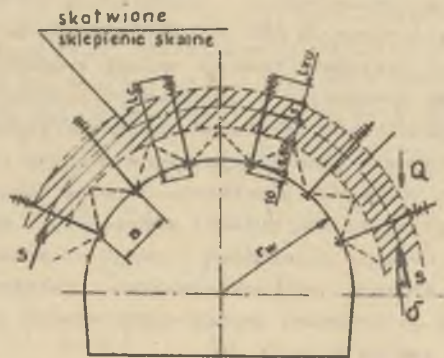
- $R_{bz}$  - wytrzymałość betonu;
- $q_0$  - obciążenie na obudowę z betonu natryskowego,
- $r_0$  - promień wyrobiska.

### 2.3. Obudowa kotwiona

Ekstremalne wartości siły osiowej  $S$  i ścinającej  $Q$  w skotwionym sklepieniu skalnym można wyznaczyć z zależności:

$$S \approx n \cdot q_0 (r_w + 0,5a + 0,5 \cdot l_1) \cdot b \quad (2)$$

$$Q \approx n \cdot q_0 (r_w + 0,5a + 0,5 \cdot l_1) \cdot b \cdot \sin \delta \quad (3)$$



Rys. 1. Schemat obudowy kotwionej

Wysokość użyteczna sklepienia skalnego (rys. 1)

Wysokość ta określana jest wzorem

$$l_1 = l_0 - 10 - 0,5a - l_{zu}. \quad (4)$$

Użytkową długość zakotwienia określa zależność:

$$l_{zu} = \max \begin{cases} \frac{d_k \cdot R_a}{4 R_{tz}} \\ \frac{d_k^2 \cdot R_a}{4 \cdot d_o \cdot \sigma_g} \end{cases} \quad (5)$$

(6)

gdzie:

- $R_{tz}$  - wytrzymałość obciążeniowa spoiwa kotwiewego,
- $R_a$  - wytrzymałość pręta kotwi,
- $d_k$  - średnica pręta kotwi,
- $d_o$  - średnica otworu kotwiewego,
- $\sigma_g$  - spójność górotworu,
- $n$  - współczynnik obciążenia,
- $q_o$  - obciążenie obudowy kotwiewej.

#### 2.4. Obudowa kotwiewo-betonowa KB

Wymiarowanie obudowy sprowadza się do:

- przyjęcia rodzaju kotwi według pracy [4], [6],
- przyjęcia klasy betonu według pracy [6],
- obciążenia parametrów kotwienia, tj. rozstawu kotwi po obwodzie wyrobiska "a", rozstawu rzędów kotwi wzdłuż wyrobiska "b", długości kotwi "l<sub>o</sub>",
- obciążenia grubości powłoki "g".

#### 2.5. Obudowa stalowo-betonowa SB

Wymiarowanie obudowy sprowadza się do:

- przyjęcia rodzaju wkładek stalowych według pracy [2], [6],
- przyjęcia klasy betonu,
- obciążenia parametrów obudowy, tj. rozstawu wkładek wzdłuż wyrobiska "d" oraz grubości warstwy betonowej "g".

Grubość powłoki zaleca się wyznaczyć z zależności

$$g \geq \frac{q_o \cdot r_o \cdot d - 0,6 R_a \cdot A}{4 R_{bz} \cdot d} \quad (7)$$



## 2.6. Obudowa kotwiovo-betonowo-stalowa KBS

Wymiarowanie obudowy sprowadza się do:

- przyjęcia rodzaju kotwi pkt. 4 pracy [6],
- przyjęcia klasy betonu według pkt. 4 pracy [6],
- przyjęcia rodzaju wkładek stalowych według pkt. 4 pracy [6],
- obliczenia parametrów kotwi:  $a, b, i_0$ ,
- obliczenia grubości powłoki  $g$ ,
- obliczenia rozstawu wkładek stalowych  $d$ .

Sposób postępowania uzależnia się od technologii wznieszenia obudowy.

## 2.7. Obudowa drzwiowo-betonowa OB

Wymiarowanie obudowy sprowadza się do:

- przyjęcia rodzaju profilu odrzwi według pracy [6],
- przyjęcia klasy betonu według pracy [6],
- obliczenia rozstawu odrzwi  $d$ ,
- obliczenia grubości powłoki  $g$ .

Grubość powłoki betonowej można wyznaczyć ze wzoru

$$g \geq \frac{q_0 \cdot r_n \cdot d - 0,6 R_a \cdot A \cdot m_1}{4 R_{bz} \cdot d} \quad (8)$$

Współczynnik warunków pracy obudowy  $m_1$  zaleca się przyjmować  $m_1 = 1,5$  gdzie:

- $d$  - długość odrzwi,
- $R_{bz}$  - wytrzymałość betonu,
- $A$  - przekrój odrzwi,
- $R_a$  - wytrzymałość odrzwi.

## 2.8. Obudowa spodku wyrobiska

Ekstremalne wartości sił wewnętrznych w sklepieniach spągowych można wyznaczyć z zależności:

$$M \cong 0$$

$$N \cong n \cdot q_w \cdot R_o \cdot d \quad (9)$$

$$Q \cong n \cdot q_w \cdot R_o \cdot d \cdot \sin \delta, \quad (10)$$

gdzie:

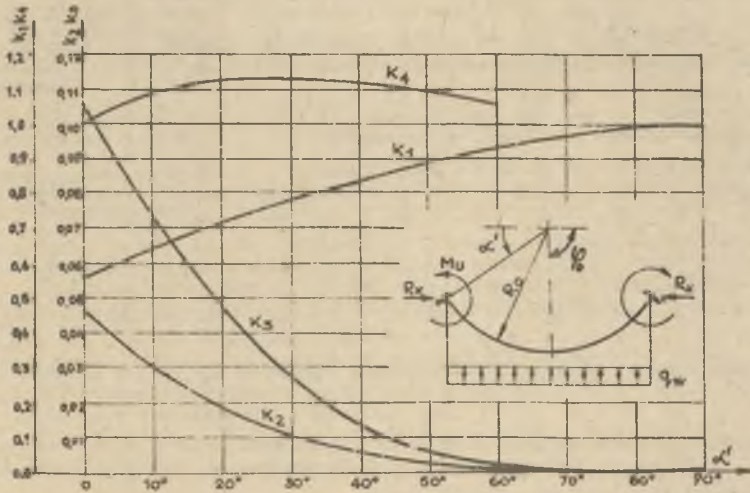
- $q_w$  - ciśnienie spągowe,
- $d$  - odległość odrzwi.

Z uwagi na obserwowane zniszczenie pierwotnej struktury skał spągowych zaleca się, niezależnie od kategorii skał występujących w spodku wyrobiska, wyznaczyć ekstremalne wartości sił wewnętrznych w spągnicach w obrysie krzywoliniowym, bez uwzględnienia współpracy z górotworem.

W przypadku sztywnego połączenia spągniocy z elementami ociosowymi obudowy zaleca się przyjmować schemat statyczny łuku bezprzegubowego o promieniu  $R_0$ , obciążonego ciśnieniem  $q_w$ . d. Współczynniki  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$  i  $K_4$  dla określenia ekstremalnych wartości sił wewnętrznych, w zależności od kąta  $\alpha$ , podano na rys. 2.

Moment działający w przekroju środkowym spągniocy ( $\varphi_0 = 90^\circ$ ) określa wzór

$$M_K = n \cdot K_2 \cdot q_w \cdot R_0^2 \cdot d \quad (11)$$



Rys. 2. Współczynniki dla określenia wartości sił wewnętrznych w spągniocy stalowej przy sztywnym połączeniu z elementami ociosowymi

Moment utwierdzenia działający w przekroju  $\varphi_0 = C'$  określa wzór

$$M_u = n \cdot K_3 \cdot q_w \cdot R_0^2 \cdot d \quad (12)$$

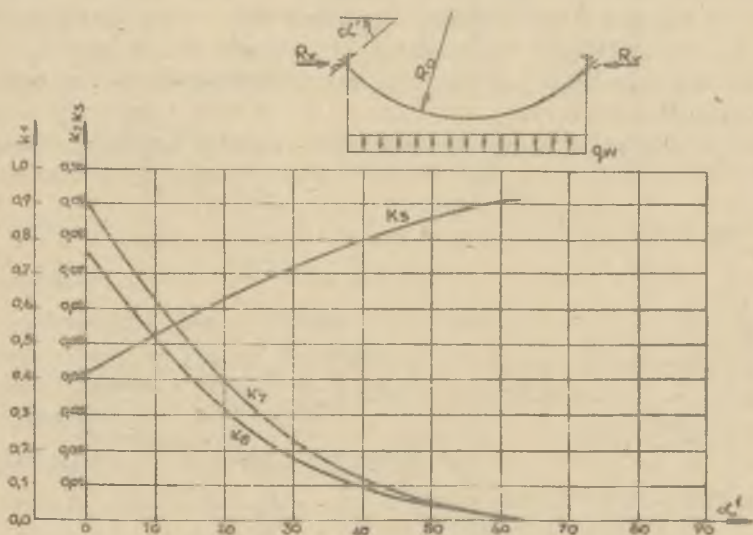
Siłę rozporu określa wzór

$$R_x = n \cdot K_1 \cdot q_w \cdot d \cdot R_0 \quad (13)$$

Siłę osiową w przekroju  $\alpha$  określa wzór

$$N_{\text{odp}} = n \cdot K_4 \cdot q_w \cdot d \cdot R_0 \quad (14)$$

Przy przegubowym połączeniu spągnicy z elementami oścosowymi obudowy zaleca się przyjmować schemat łuku dwuprzegubowego. Współczynniki  $K_5$ ,  $K_6$  i  $K_7$  dla określania wartości ekstremalnych sił wewnętrznych, w zależności od kąta  $\alpha'$  podano na rys. 3.



Rys. 3. Współczynniki dla określenia wartości sił wewnętrznych w spągnicy stalowej przy przegubowym połączeniu z elementami oścosowymi

Moment działający w przekroju środkowym spągnicy ( $\varphi_0 = 90^\circ$ ) określa wzór

$$M_K = n \cdot K_7 \cdot q_w \cdot R_o^2 \cdot d \quad (15)$$

Odpowiadającą siłę osiową określa wzór

$$N_{odp} = R_x \quad (16)$$

Siłę rozporu określa wzór

$$R_x = n \cdot K_5 \cdot q_w \cdot R_o \cdot d \quad (17)$$

Moment minimalny określa wzór

$$M_{min} = n \cdot K_6 \cdot q_w \cdot R_o^2 \cdot d \quad (18)$$



Odpowiadającą siłę osiową określa wzór

$$N_o dp = n \cdot q_w \cdot R_o \cdot d \quad (19)$$

Wielkości sił wewnętrznych określone wzorami (9) - (19) służą do obliczania obudowy spodka wyrobiska.

Wpłynęło do Redakcji 24.4.80 r.

Recenzent:

Prof. dr hab. inż. Kazimierz Podgórski

#### LITERATURA

- [1] Małoszewski J., Rułka K., Wypohol N.: Wpływ współpracy obudowy z górotworem na jej nośność. Przegląd Górniczy 1974, nr 2.
- [2] Małoszewski J.: Zasady określania obciążeń przy projektowaniu obudów kapitalnych wyrobisk korytarzowych i komorowych. Przegląd Górniczy (w druku).
- [3] Rułka K., Wypohol N., Słoma I.: Wzmocnione obudowy z łuków stalowych dla wyrobisk korytarzowych. Budownictwo Górnicze, 1973, nr 3.
- [4] Rułka K., Małoszewski J., Wypohol N.: Podstawy teoretyczne obciążeń i wymiarowania obudów kapitalnych wyrobisk korytarzowych i komorowych. Z.Pr. Górniczo PAN, 1977, z.1.
- [5] Wypohol N., Mazur J.: Projektowanie obudowy wstępnej podziemnych wyrobisk korytarzowych w warunkach fliszu karpackiego. Budownictwo Górnicze 1974, nr 2.
- [6] Wypohol N., Mateja J., Rułka K., Lachman K., Jasnowski M.: Projektowanie i obliczanie statyczne obudów kapitalnych wyrobisk korytarzowych i komorowych. Prace naukowo-badawcze OBR-BG "BUDOKOP", 1978.
- [7] Praca GIG "Laboratoryjne i kopalniane badania obudowy LP-9 (KSKO-21) i jej elementów składowych. Katowice, maj 1973.
- [8] Schaefer W.: Die Tragfähigkeit von Stahlprofilen ihre wirtschaftliche Verwendung für den Streckenausbau. Gluckauf 1957 nr 29-30.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВНУТРЕННИХ СИЛ И НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ КОНСТРУКЦИИ КРЕПЕЙ КАПИТАЛЬНЫХ, КОРРИДОРНЫХ И КАМЕРНЫХ ВЫРАБОТОК

#### Резюме

На базе новейших данных в литературе и проведенных теоретических рассуждений представлены ход действия при определении внутренних сил, а также нанесение размеров конструкции крепей капитальных, корридорных и камерных выработок.

THE DEFINITION OF THE INTERNAL FORCES AND THE DIMENSIONING  
OF THE OVERALL SUPPORT STRUCTURES OF THE DOG/CHAMBER HEADINGS

S u m m a r y

The paper presents the procedure in defining the internal forces and dimensioning the overall support structures of the dog/chamber headings basing on the latest developments found in literature and on theoretical considerations as well.