

Mieczysław JOKIEL

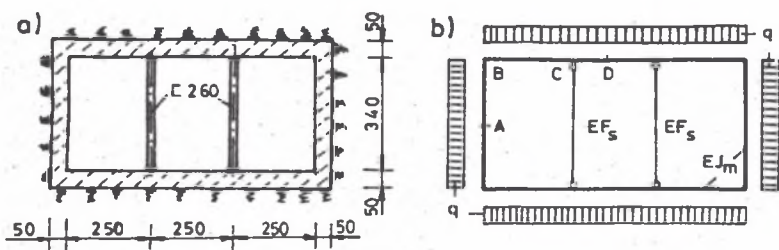
Politechnika Wrocławska

#### PRZYCZYNEK DO ZAGADNIENIA WSPÓLPRACY OBUDOWY SZYBOWEJ Z GÓROTWOREM

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki analizy nośności murowej obudowy szybu STASZIC. Mimo 170-letniej eksploatacji tej obudowy wykazano jej niedostateczną od początku nośność teoretyczną. Wskazano na źródła rozbieżności teorii i praktyki oraz sformułowano wnioski.

Górna część szybu STASZIC KWK WAŁBRZYCH jest wykonana do głębokości ca 410 m jako konstrukcja murowa o różnych, na poszczególnych odcinkach, kształtach przekroju poprzecznego, zbliżonych do prostokąta lub wręcz prostokątnych. Najwyżej położony odcinek obudowy został wykonany ok. roku 1815, następne w latach późniejszych XIX wieku. Przeprowadzona przez Autora analiza wytrzymałości tej obudowy [2] wykazała absolutnie niedostateczną jej wytrzymałość w świetle wymogów współczesnych norm [4], [5]. Konstrukcja jest nadal bezpiecznie eksploatowana i nie wykazuje uszkodzeń adekwatnych do prognoz teoretycznych. Jakże są przyczyny rozbieżności teorii i praktyki? Odkształcenia wyboycznych dźwigarów uzbrojenia szybu umożliwiły określenie rzeczywistego ciśnienia górotworu na obudowę i porównanie go z wartością otrzymaną teoretycznie na gruncie mechaniki górotworu. W referacie przedstawiono ową obudowę, przebieg i wyniki analizy jej nośności oraz wnioski i oceny Autora.

Do przedstawienia tego zagadnienia w oddzielnym re-



Rys. 1. Przekrój poprzeczny obudowy  
 a - rzeczywisty, b - schemat statyczny  
 Fig. 1. Vertical section of support  
 a - real, b - statical scheme

feracie skłoniło Autora jego przekonanie o dużym znaczeniu poznawczym obserwowanego zjawiska jako unikalnego doświadczenia zrealizowanego przez samą naturę w ciągu ponad 100 lat i niemożliwego do powtórzenia w warunkach laboratoryjnych.

## 2. ANALIZA NOŚNOŚCI OBUDOWY SZYBU

Prezentowana obudowa o konstrukcji murowej grubości 50 cm ma w przekroju poprzecznym kształt prostokąta o wymiarach w świetle ścian  $7,5 \times 3,4 \text{ m}^2$  (rys. 1a) oraz na większych głębokościach kształty zbliżone do prostokąta, m.in. beczkowy. Dłuższe ściany obudowy są rozparte w 225 poziomach, w odstępach 1,28 m, dwoma dźwigarami stalowymi 260 stanowiącymi uzbrojenie szybu. Profil geologiczny górotworu do głębokości 409 m składa się z 49 warstw piaskowca, łupka ilastego i piaszczystego, zlepieńca z przewarstwieniami piaskowca, porfiru oraz węgla o różnych miąższościach, których obliczeniowe ciśnienie na obudowę w 23 warstwach nie przekracza 0,05 MPa, w 14 warstwach 0,5 MPa, a jedynie

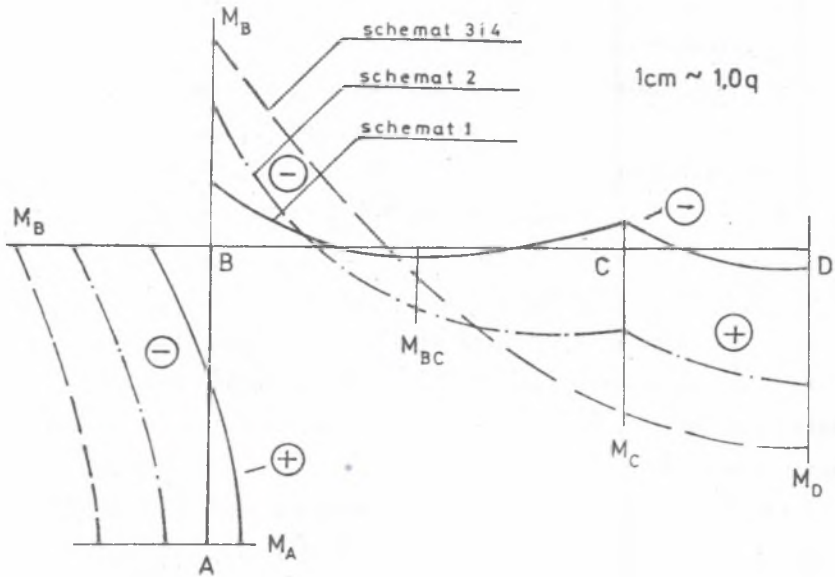
w głębiej położonych 12 warstwach węgla o miąższości 0,1-3,0 m przekracza 1,0 MPa (max. 1,256 MPa).

Po ponad stuletnim okresie eksploatacji obudowa wykazuje stosunkowo niewielkie uszkodzenia: pęknięcia, złuszczenia, nieliczne wycieki wody, które nie stanowią niebezpieczeństwa dla stateczności obudowy i są na bieżąco remontowane. Zaobserwowano ponadto interesujące zjawisko sprężystego i pozasprężystego wyboczenia się dźwigarów głównych uzbrojenia szybu, jako skutek odkształceń obudowy wskutek ciśnienia górotworu. Zjawisko to umożliwia uściślenie analizy nośności obudowy i ocenę rzeczywistej wartości ciśnienia górotworu.

Analizę statyczną obudowy przeprowadzono znaną metodą sił oraz metodą równowagi granicznej [1] dla 4 różnych - obejmujących kolejne stany konstrukcji - schematów statycznych pięciokrotnie statycznie niewyznaczalnej, prostokątnej, zamkniętej ramy z dwoma wewnętrznymi słupkami (rys. 1b). Schemat 1 obejmuje stan początkowy konstrukcji, podstawowy; schemat 2 - stan sprężysty konstrukcji po wyboczeniu się dźwigarów głównych; schemat 3 - stan sprężysty konstrukcji w trakcie remontu uzbrojenia, po przecięciu dźwigarów głównych; schemat 4 - stan nośności granicznej po pojawieniu się przegubów plastycznych. Wykresy obliczonych sił wewnętrznych przedstawiono na rys. 2.

Analiza zjawiska wyboczenia dźwigarów głównych przeprowadzona dla schematu podstawowego 1 na podstawie teorii Eulera ujawniła wartość krytycznego ciśnienia górotworu powodującego wyboczenie dźwigarów

$$q_{kr} = 0,1365 \pm 0,0045 \text{ MPa} \quad (1)$$



Rys. 2. Wykresy momentów zginających  
Fig. 2. Diagrams of bending moments

Obliczenia statyczne schematu podstawowego 1 (rys. 1b) wykazały w najbardziej obciążonym przekroju podporowym B moment zginający  $M_B = -1,102 q$  oraz siłę osiową  $N_{BA} = 1,610 q$  oraz mimośród siły podłużnej

$$e = \frac{M_B}{N_{BA}} = 0,685 \text{ m} > e_{gr} = 0,45 d = 0,225 \text{ m} \quad (2)$$

Tak wielki mimośród siły podłużnej, niezależny od wartości ciśnienia górotworu, nie jest dopuszczany zarówno przez normę [5] jak i instrukcję [1] i praktycznie oznacza zniszczenie węzła B. Zatem uszkodzenie węzła B, w postaci uplastycznienia bądź pęknięcia, musiałyby dokonać

się zanim ciśnienie górotworu osiągnęło wartość krytyczną 1. Uszkodzeń obudowy adekwatnych do wyników obliczeń nie stwierdzono w konstrukcji.

Skorygowane obliczenia statyczne dla kolejnych schematów statycznych (rys.2) opisujących kolejne, wyżej określone teoretyczne stany konstrukcji ujawniły nową minimalną wartość ciśnienia krytycznego oraz mimośrodę siły po-

$$q_{kr} = 0,09 \text{ MPa} \quad (3)$$

dłużnej przekraczających znacznie we wszystkich charakterystycznych A, B, C wartość graniczną mimośrodu  $e_{gr}$  2. Nowa wartość ciśnienia krytycznego nie zmienia zatem wyżej przedstawionego wniosku.

Mimośród siły podłużnej w m

Tablica 1

Nr schematu	Lokalizacja przekroju ramy wg rys. 1b				
	A	B	BC	C	D
1	0,497	0,565	0,086	0,233	0,168
2a	0,581	0,517	0,125	0,293	0,108
2b	0,497	0,565	0,112	0,233	0,168
3	0,525	2,051	0,284	1,650	2,051
4	0,525	2,051	0,284	1,650	2,051

Obliczone dla poszczególnych schematów statycznych wartości mimośrodów sił podłużnych w poszczególnych charakterystycznych przekrojach ramy (rys. 1b) przedstawiono w tablicy 1. W tablicy 1 oznaczono symbolem "a" wariant schematu, w którym dodatkowo założono nieobracałość węzła B.

### 3. OCENA NOŚNOŚCI OBUDOWY. WNIOSKI

Wyniki obliczeń teoretycznych wskazują na absolutną, bezwarunkową konieczność zniszczenia obudowy przed osiągnięciem przez graniczne ciśnienie górotworu wartości krytycznych [1] i [2]. Wskazują tym bardziej na nieuchronne zniszczenie obudowy przez ciśnienie górotworu w 3 stanie konstrukcji, w trakcie remontu wybooczonych dźwigarów głównych, gdy zostały one po prostu przecięte, a występujące w nich korzystne oddziaływania sił rozporowych całkowicie wyeliminowane. Zaobserwowany stan faktyczny obudowy nie potwierdza tych wniosków. Przeciwnie, dźwigary stalowe doznały wybooczenia przed wyraźniejszym uszkodzeniem obudowy mrowej. Również decyzja o przecięciu wybooczonych dźwigarów stalowych nie doprowadziła do zniszczenia obudowy.

Próba wyjaśnienia owych sprzeczności między teorią a doświadczeniem ma wartość hipotezy. Zdaniem Autora należy tłumaczyć je zmianą stanu fizycznego tworzywa obudowy, ze sprężystego na plastyczny oraz zdolnością tej starej konstrukcji do znacznie większych odkształceń plastycznych niż założono w obliczeniach teoretycznych. Przede wszystkim jednak należy je tłumaczyć specyficzną cechą obciążenia obudowy ciśnieniem związłego i nienawodnionego górotworu, uzależniającą stan odkształcenia obudowy od stanu fizycznego górotworu. Nośność obudowy zależy tu zatem w sposób oczywisty od współpracy obudowy z górotworem.

Niedostateczna teoretycznie nośność obudowy, zwłaszcza po przecięciu dźwigarów głównych, oraz brak konsekwencji w postaci zniszczenia obudowy wskazują jednoznacznie

na oczywisty fakt, że stateczność obudowy zapewnia sam górotwór, który włączył się do współpracy przy przeniesieniu ciśnień. Najwidoczniej w górotworze pojawiło się znaczne w mechanice górotworu sklepienie ciśnień, chroniące obudowę przed zniszczeniem. W trakcie kolejnych eksploatacji coraz niżej położonych pokładów węgla górotwór doznawał kolejnych przyrostów odkształceń, które zakłócały równowagę owego sklepienia, czego cząstkowe skutki obserwowano w nieznacznych przyrostach uszkodzeń obudowy, po czym wytwarzał się kolejny stan równowagi stałej sklepienia ciśnień, zapewniający nowy stan stateczności obudowy.

Zdaniem Autora znaczenie wytrzymałościowe prezentowanej obudowy dla jej stateczności jest minimalne. Zasadniczą funkcją obudowy jest zapewnienie regularnego konturu gabarytu szybu, osłona przed odspojonymi i grożącymi upadkiem odłankami skalnymi oraz w pewnym stopniu rola izolacji przeciwwilgociowej. Zasadnicze znaczenie dla stateczności obudowy ma natomiast współpraca obudowy z górotworem, która w omawianym przypadku istotnie odgrywa decydującą rolę. Warto podkreślić, że możliwość uwzględnienia w obliczeniach statycznych współpracy obudowy z górotworem nie jest brana pod uwagę w normie [4].

#### 4. WNIOSKI KOŃCOWE

Generalnym wnioskiem wynikającym z przedstawionych wyżej rozważań nad wpływem współpracy związłego górotworu na stateczność obudowy szybu, opartych na jednostkowym, lecz bardzo dobrze udokumentowanym przypadku obudowy szybu STASZIC jest postulat uwzględnienia owej współpracy przy projektowaniu obudów szybowych w górotworze związłym. Chodzi nie tylko o spodziewane efekty ekonomiczne, lecz przede wszy-



stkim o realną ocenę stopnia bezpieczeństwa szybu. Zdaniem Autora konieczne jest wprowadzenie do normy [4] stosownych zaleceń (lub przyzwolenia), opartych na wytycznych sprecyzowanych na gruncie mechaniki górotworu.

#### LITERATURA

- [1] Jokiel M., Instrukcja projektowania masywnych obudów górniczych na podstawie metody stanów granicznych, Część I - Obliczenia statyczne, Broszura Instytutu Geotechniki Pol. Wr., Wrocław 1982.
- [2] Jokiel M., Analiza statyczna i wytrzymałościowa obudowy szybu STASZIC w Wałbrzychu, maszynopis, Archiwum KWK Wałbrzych, 1984.
- [3] Norma BN/0434-02, Szyby górnicze. Obudowa. Obciążenia.
- [4] Norma BN/0434-04, Szyby górnicze. Obudowa. Zasady projektowania.
- [5] Norma PN/B - 03002, Konstrukcje murowe z cegły. Obliczenia statyczne i projektowanie.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Konrad Wanielista

#### К ВОПРОСУ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ШАХТНОЙ КРЕПИ В ГОРНОЙ ПОРОДЕ

#### Р е з ю м е

В работе представлены результаты анализа несущей способности критичной крепи шахтного ствола "Станиц". Доказано что первичная несущая способность упомянутой крепи запроектирована ниже теоретической и поддерживается на этом уровне помимо её 170-летней эксплуатации. Указано на источники расхождения теории и практики, и тоже сделано выводы.

#### CONTRIBUTION TO SHAFT LINING/ROCK CO-OPERATION

#### С и ж н а ю

The work shows the results of investigations into wall bearing capacity of STASZIC shaft lining. Despite 170 year operation thereof its theoretical bearing capacity being insufficient from the very beginning has been proven. The sources of the discrepancy between theory and practice have been pointed out and conclusions have been formulated.