

Jerzy KUCZYŃSKI

PROJEKTOWANIE STROPNIC I SPĄGNIC PŁYTOWYCH
OBUDÓW ZMECHANIZOWANYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono sposób obliczeń teoretycznych obciążeń granicznych stropnic płytowych obudów zmechanizowanych w oparciu o linie załomu otrzymane w wyniku badań doświadczalnych. Omawiane stropnice mogą być projektowane jedynie metodą nośności granicznej.

1. Wprowadzenie

Projektowanie metodą nośności granicznej stropnic i spągnic typu płytowego obudów zmechanizowanych polega (podobnie jak to czyniono w układach belkowych) na obliczeniu nośności granicznej F_{gr} lub q_{gr} , a więc obciążenia, przy którym w jednym z przekrojów płyty występuje wyrównanie naprężeń na granicy plastyczności R_e . Obciążenia dopuszczalne F_{dop} (względnie q_{dop}) uzyskujemy w ten sposób, że dzielimy obciążenie graniczne F_{gr} (lub q_{gr}) przez współczynnik bezpieczeństwa odniesiony do granicy plastyczności n'

$$F_{dop} \leq \frac{F_{gr}}{n'} \quad (1a)$$

lub

$$q_{dop} \leq \frac{q_{gr}}{n'} \quad (1b)$$

Stropnice i spągnice obudów zmechanizowanych będziemy umownie zaliczać do płytowych, jeżeli ich wymiar długości będzie mniejszy od 5 wymiarów poprzecznych.

W pracy [1] przeprowadzono rozważania teoretyczne i badania doświadczalne nad stropnicami płytowymi obudowy zmechanizowanej KRAB, w wyniku których jednym z generalnych wniosków jest stwierdzenie, że stropnice te mogą być projektowane jedynie metodą nośności granicznej.

Zastosowanie metody projektowania na dopuszczalne naprężenie w tym przypadku daje wyraźnie tak duże przedymensjonowane wymiary wysokościowe

plyt, że w niektórych rodzajach (typach) obudów (szczególnie do pokładów niskich) zastosowanie ich miałyby się z celem ze względu na utrudnione warunki pracy obsługi.

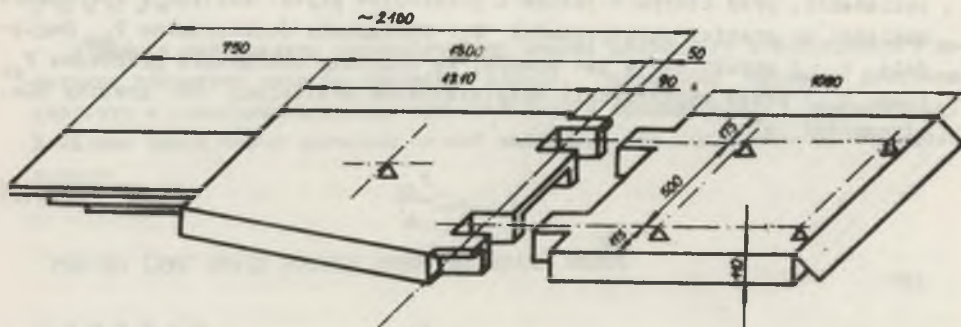
Możliwe, największe obciążenia F stropnic płytowych uzyskuje się przez przyjęcie obciążeń "skupionych" równoważących siły R występujące w stojakach [7].

Wielkości powierzchni, na które działa siła "skupiona", uzyskuje się z analizy wytrzymałości odłamków skalnych, jakie mogą się znaleźć na stropnicy w trakcie jej pracy [1].

2. Obliczanie stropnic płytowych obudów zmechanizowanych metodą nośności granicznej na przykładzie stropnic obudowy zmechanizowanej KRAB

2.1. W p r o w a d z e n i e

Obliczenia obciążeń granicznych dokonano na przykładzie stropnic obudowy zmechanizowanej ścianej niskiej KRAB, ponieważ w tym typie obudowy występują równocześnie stropnice o dwóch podstawowych kształtach geometrycznych, występujących w stosowanych w górnictwie obudowach zmechanizowanych.



Rys. 1. Widok stropnicy przedniej i tylnej z charakterystycznymi wymiarami gabarytowymi

Stropnica pojedynczej sekcji obudowy składa się z części przedniej i części tylnej, połączonych ze sobą przegubowo za pomocą uch (rys. 1).

Stropnica tylna, wykonana w kształcie prostokątnej zamkniętej skrzynki, podparta jest na czterech hydraulicznych stojakach, a połączenie ze stropnicą przednią stanowią dwa ucha (A i B) - rys. 1.

Stropnica przednia również jest konstrukcją skrzynkową, lecz w przeciwieństwie do stropnicy tylnej posiada konstrukcję niesymetryczną (nie ma

pionowej płaszczyzny symetrii - rys. 1). Asymetria stropnicy wynika z rozwiązania konstrukcyjnego całej sekcji obudowy zmechanizowanej.

Stropnica przednia i tylna są konstrukcjami spawanymi, a więc posiadają elementy, w których w wyniku działania sił (obciążeń) występują złożone stany naprężenia - elementy obarczone niekiedy już naprężeniami wstępnymi, co powoduje dodatkowe utrudnienie analizy i obliczeń.

Schematycznie płyty stropnicowe obudowy zmechanizowanej KRAB (tylne) pokazano na rys. 2. Płyty te różnią się od płyt, których rozwiązania podawane są w literaturze, np. [2, 3, 4, 5, 6], tym, że płyta stropnicowa wystaje poza podpory (jak ma to miejsce w stropnicy tylnej omawianej obudowy - mamy sześć podpór, cztery stojaki i dwa ucha), a podpory (będące stojakami hydraulicznymi) przemieszczają się wzajemnie, utrzymując stałą wartość siły podpierającej R (tak, że zagadnienie określenia sił czynnych i biernych należy nawet odwrócić i uznać, że siłami biernymi są siły w uchach i siła skupiona P , natomiast podpory R są obciążeniami czynnymi). Ze względu na większą ilość sił czynnych oraz anizotropię konstrukcji płyty mechanizm zniszczenia bez wstępnych badań stanowiskowych jest trudny (lub wręcz niemożliwy do określenia) tym bardziej, że linie załomu mogą być także krzywymi.

Na podstawie literatury, np. [3, 4, 5, 6], należy stwierdzić, że takie schematy obciążeń nie były rozpatrywane, a przyjęcie kształtu linii załomu bez badań doświadczalnych jest w ogóle niemożliwe.

2.2. Sposób obliczania obciążenia granicznego stropnicy tylnej (typu płytowego) obudowy zmechanizowanej KRAB

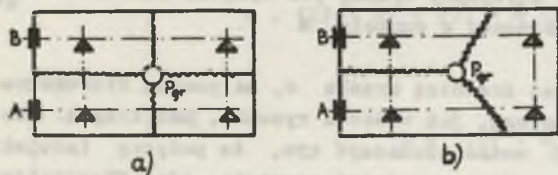
Rozpatrując przykładowo najprostszy z przypadków obciążenia płyty, a więc przypadek obciążenia płyty siłą skupioną w środku między podporami

(wtedy siły w uchach są równe zero), nie można przewidzieć mechanizmu zniszczenia, gdyż linie załomu mogą przebiegać np. tak jak na rys. 2a lub 2b.

Jest to przypadek, w którym na stropnicę działa pięć obciążeń (czynnych i biernych) i gdzie jeszcze można mówić o czterech podporach stałych.

Z punktu widzenia wielkości obciążenia granicznego wydaje się bardziej prawdopodobny mechanizm zniszczenia przedstawiony na rys. 2b.

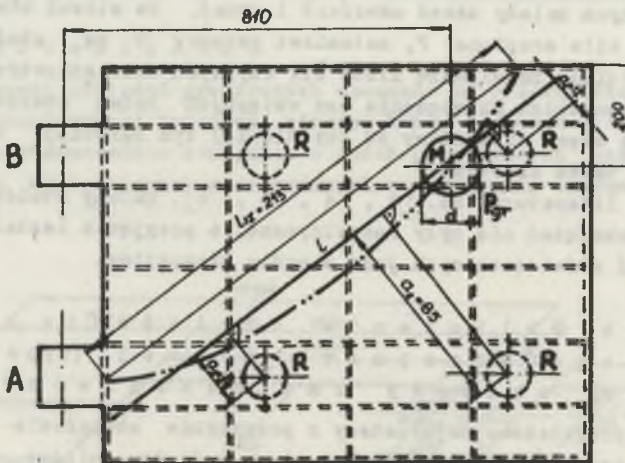
W przypadku realizacji obciążenia w innych punktach stropnicy działa na nią siedem obciążeń (czynnych i biernych). Przy rozważaniach przyjęto, że obciążenie stropnicy P oraz reakcje w uchach A i B są podpo-



Rys. 2. Mechanizmy zniszczenia omawianej stropnicy płytowej

rami stropnicy, a więc siłami biernymi, natomiast obciążeniem czynnym są siły w stojakach (równe sobie). Przemieszczające się punkty podparcia stojakami (razem cztery podparcia), nie pozostają w jednej płaszczyźnie, nie mogą wobec tego być uważane jako podpory stałe.

Otrzymany z badań laboratoryjnych mechanizm zniszczenia dla obciążenia skupionego, działającego w wybranych punktach stropnicy określonych na podstawie analizy współpracy stropnic typu płytowego z górotworem [1, 7], jest punktem wyjściowym do rozważań prowadzących do określenia obciążenia granicznego stropnicy. I tak dla przykładu [1] pod wpływem działania obciążenia skupionego w "punkcie" M stropnicy tylnej na podstawie przeprowadzonych badań doświadczalnych na rzeczywistym obiekcie otrzymano mechanizm zniszczenia przedstawiony na rysunku 3 (linią dwupunktową).



Rys. 3. Mechanizm zniszczenia stropnicy tylnej pod wpływem działania P_{gr} przyłożonej w punkcie M

Na rysunku tym widać również średnicę krążka d , za pomocą którego realizowano obciążenie. Linia załomu, jak widać z rysunku, jest krzywą. Przebieg jej w pobliżu podpory R można tłumaczyć tym, że podpory (stojaki hydrauliczne) mają możliwość wzajemnego przemieszczania się. Niewątpliwym wpływem na przebieg linii załomu ma uźebrowanie i anizotropia konstrukcyjna stropnicy.

Obciążenie graniczne (niszczące) obliczono posługując się zasadą prac przygotowanych oraz zależnością (1):

$$\delta L = \delta V, \quad (2)$$

gdzie:

δL - praca sił zewnętrznych na przemieszczeniach przygotowanych,

δV - praca sił wewnętrznych na przemieszczeniach przygotowanych.

Ponieważ dla tego przypadku obciążenia nieznaną jest rozkład siły poprzecznej wzdłuż linii załomu, proponuje się przyjęcie pewnej średniej jej wartości rozłożonej równomiernie na linii załomu. Wypadkowa siły poprzecznej linii załomu przechodzić będzie przez prostą l_{rz} , przechodzącą przez środek krzywej załomu. Tak więc zależność:

$$\delta V = \int_0^l M \cdot \varphi \cdot dl$$

można w rozpatrywanym przypadku zapisać w postaci:

$$\delta V = M \cdot (l_{rz} - d_{krątko}).$$

W zależności tej został uwzględniony wymiar krątko obciążającego i jego wpływ na długość linii załomu.

Porównanie pracy sił zewnętrznych z pracą sił wewnętrznych (2) będzie więc miało postać:

$$R \cdot (a_1 + a_2 + a_3) = M \cdot (l_{rz} - d_{krątko}).$$

Jeżeli stropnica wraz z jej mechanizmem zniszczenia zostanie przedstawiona na rysunku w skali, wówczas wymiary liniowe w powyższej zależności można brać bezpośrednio z rysunku. Tak więc w naszym przypadku, po wstawieniu wartości liczbowych otrzymano:

$$R \cdot (12 + 85 + 25) = M \cdot (213 - 24),$$

co daje

$$R = 1,57 \cdot M$$

Dla stali 18G2, z której produkowane są stropnice i spągnice obudów zmechanizowanych, wg PN-54/H-84021 przy grubości przekroju blach zawartych w granicach $(4 \div 16) \cdot 10^{-3}$ m minimalna wartość R_e wynosi: $R_{e, \min} = 35316 \cdot 10^4 \frac{N}{m^2}$, natomiast za średnią wartość R_e można uznać: $R_{e, \text{śr}} = 37300 \cdot 10^4 \frac{N}{m^2}$.

Przyjmując więc do dalszych obliczeń wartość średnią $R_{e, \text{śr}}$, jednostkowy graniczny moment plastyczny [1] wynosi:

$$M_{gr} = 484900 \text{ N.}$$

Tak więc

$$R_{gr} = 1,57 M_{gr}$$

$$R_{gr} = 1,57 \cdot 484\,900 = 761,3 \text{ kN.}$$

Pisząc warunki równowagi dla siły przyłożonej w punkcie o współrzędnych $x = 0,810 \text{ m}$ i $y = 0,200 \text{ m}$ w postaci:

$$P + A + B - 4 \cdot R = 0$$

$$2 \cdot R \cdot 0,410 + 2 \cdot R \cdot 0,910 - P \cdot 0,810 = 0$$

$$A \cdot 0,450 - 2 \cdot R \cdot 0,450 + P \cdot 0,025 = 0$$

można napisać:

$$R = 0,31 \cdot P$$

$$A = 0,56 \cdot P$$

$$B = -0,32 \cdot P.$$

Ponieważ obliczona wartość reakcji wynosi $R_{gr} = 761,3 \text{ kN}$, obciążenie będzie miało wartość:

$$P_{gr} = \frac{R_{gr}}{0,31} = \frac{761,3}{0,31} = 2455,8 \text{ kN,}$$

a oddziaływania w uchach wyniosą odpowiednio:

$$A_{gr} = 0,56 \cdot P_{gr} = 0,56 \cdot 2455,8 = 1375,2 \text{ kN}$$

$$B_{gr} = 0,32 \cdot P_{gr} = -0,32 \cdot 2455,8 = -785,9 \text{ kN.}$$

Wielkości sił uzyskane z przeprowadzonych badań doświadczalnych wynosiły:

$$R_{gr} = 784,8 \text{ kN}$$

$$P_{gr} = 2560,4 \text{ kN}$$

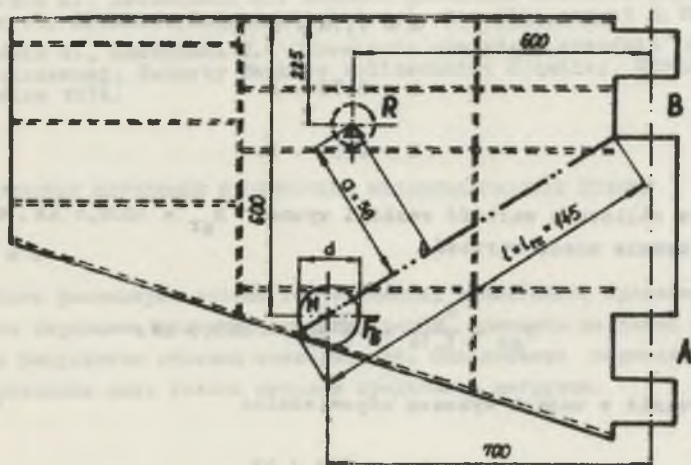
$$A_{gr} = 1216,4 \text{ kN}$$

$$B_{gr} = - 853,5 \text{ kN.}$$

Uzyskane wyniki z obliczeń teoretycznych i badań doświadczalnych są więc zbliżone, a niewielka różnica występująca między nimi spowodowana jest wzięciem do obliczeń teoretycznych średniej wartości $R_{e_{sr}} = 37300 \cdot 10^4 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$, która to wartość w różnych egzemplarzach stropnic może mieć niewielkie odchylenia od wartości przyjętej za średnią.

2.3. Sposób obliczania obciążenia granicznego stropnicy przedniej (typu płytowego) obudowy zmechanizowanej KRAB

W celu przeprowadzenia obliczeń prowadzących do znalezienia obciążenia granicznego dla stropnicy przedniej, wykonuje się podobne przeliczenia jak dla stropnicy tylnej. Mechanizm zniszczenia uzyskany z badań doświadczalnych w wyniku obciążenia siłą skupioną, np. w punkcie N stropnicy przedniej jest przedstawiony na rys. 4.



Rys. 4. Mechanizm zniszczenia stropnicy przedniej pod wpływem działania F_{gr} przyłożonej w punkcie N

Stosując podobnie jak poprzednio porównanie pracy sił zewnętrznych z pracą sił wewnętrznych można napisać:

$$R \cdot a = M \cdot (l_{rz} - d_{krąka}),$$

czyli:

$$R \cdot 58 = M \cdot (145 - 24),$$

stąd:

$$R = 2,08 \cdot M$$

$$R = 2,08 \cdot 484900 = 1008,6 \text{ kN.}$$

Pisząc warunki równowagi dla siły przyłożonej w punkcie o współrzędnych $x = 0,700 \text{ m}$, $y = 0,600 \text{ m}$ w postaci:

$$F + B - A = 0$$

$$R \cdot 0,600 - F \cdot 0,700 = 0$$

$$R \cdot 0,050 + A \cdot 0,450 - F \cdot 0,425 = 0$$

można napisać:

$$R = 1,16 \cdot F$$

$$A = 0,75 \cdot F$$

$$B = 0,91 \cdot F.$$

Ponieważ obliczona wartość reakcji wynosi $R_{gr} = 1008,6 \text{ kN}$, obciążenie graniczne będzie miało wartość:

$$F_{gr} = \frac{R_{gr}}{1,16} = \frac{1008,6}{1,16} = 869,5 \text{ kN,}$$

a oddziaływania w uchach wynoszą odpowiednio:

$$A_{gr} = 652,1 \text{ kN}$$

$$B_{gr} = 791,2 \text{ kN.}$$

Uzyskane wyniki z badań doświadczalnych [1] równe: $R_{gr} = 935,9 \text{ kN}$, $F_{gr} = 814,2 \text{ kN}$, $A_{gr} = 611,2 \text{ kN}$, $B_{gr} = 740,7 \text{ kN}$ są zbliżone z wynikami obliczeń teoretycznych.

3. Podsumowanie

W obliczeniach projektowych dokonano celowych uproszczeń, a mimo to wyniki obliczeń teoretycznych wykazują wystarczającą zgodność z badaniami stanowiskowymi.

Przedstawiony w pracy sposób obliczeń stropnic płytowych obudów zmechanizowanych umożliwia ich projektowanie.

LITERATURA

- [1] Kuczyński J.: Optymalizacja parametrów wytrzymałościowych stropnic płytowych obudów zmechanizowanych. Praca doktorska Politechnika Śląska, Gliwice 1975.
- [2] Kowal Z., Sawczuk A.: Losowa nośność graniczna płyt, Inżynieria i Budownictwo, Warszawa 1974.
- [3] Niepostyn D.: Nośność graniczna płyt prostokątnych. Biblioteka Inżynierii i Budownictwa, Warszawa 1962.
- [4] Olszak W.: Z zagadnień podstawowych teorii stanów granicznych w ortotropowych ustrojach płytowych (plastyczne wyczerpanie nośności). Rozprawy Inżynierskie, VI. Warszawa 1954.
- [5] Olszak W., Perzyna P., Sawczuk A.: Teoria plastyczności, PWN, Warszawa 1965.
- [6] Sawczuk A., Kwieciński M.: Nośność graniczna ustrojów płytowych - żebrowych, Archiwum Inżynierii Lądowej, tom III, zeszyt 3, Warszawa 1957.
- [7] Szuścik W., Kuczyński J.: Określenie obciążeń stropnic obudowy zmechanizowanej, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, Górnictwo z. 59, Gliwice 1974.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕРХНЯКОВ И ПЛИТОЧНЫХ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ

Резюме

В работе рассмотрен способ теоретических вычислений, предельных нагрузок плиточных верхняков механизированных крепей, опираясь на линии излома полученные в результате опытных исследований. Определяемые верхняки могут быть проектированы лишь только методом предельной нагрузки.

DESIGNING OF PLATE GROUND BRACES AND ROOF BARS FOR MINING LININGS

Summary

Some theoretical calculations for plate braces and bars have been presented as based on breakage lines obtained experimentally. Elements under discussion may be designed only according to the load limit method.

ABSTRAKT

- 1. Kuczyński J.: O wytrzymałości przemieszczających się elementów konstrukcyjnych pod wpływem obciążenia. Rozprawy Techniczne, Warszawa 1972.
- 2. Kuczyński J., Gwóźdź A.: Nowe metody badania przemieszczających się elementów konstrukcyjnych. Rozprawy Techniczne, Warszawa 1974.
- 3. Kuczyński J., Gwóźdź A.: Badania przemieszczających się elementów konstrukcyjnych. Rozprawy Techniczne, Warszawa 1975.
- 4. Kuczyński J.: O wytrzymałości przemieszczających się elementów konstrukcyjnych. Rozprawy Techniczne, Warszawa 1976.
- 5. Kuczyński J., Gwóźdź A.: Nowe metody badania przemieszczających się elementów konstrukcyjnych. Rozprawy Techniczne, Warszawa 1977.
- 6. Kuczyński J.: O wytrzymałości przemieszczających się elementów konstrukcyjnych. Rozprawy Techniczne, Warszawa 1978.
- 7. Kuczyński J., Gwóźdź A.: Nowe metody badania przemieszczających się elementów konstrukcyjnych. Rozprawy Techniczne, Warszawa 1979.
- 8. Kuczyński J.: O wytrzymałości przemieszczających się elementów konstrukcyjnych. Rozprawy Techniczne, Warszawa 1980.
- 9. Kuczyński J., Gwóźdź A.: Nowe metody badania przemieszczających się elementów konstrukcyjnych. Rozprawy Techniczne, Warszawa 1981.
- 10. Kuczyński J.: O wytrzymałości przemieszczających się elementów konstrukcyjnych. Rozprawy Techniczne, Warszawa 1982.

F o r m a t

W pracy przedstawiono wyniki badań teoretycznych i doświadczalnych nad wytrzymałością przemieszczających się elementów konstrukcyjnych pod wpływem obciążenia. Wyniki badań teoretycznych i doświadczalnych przedstawiono w formie wykresów i tabel. Wyniki badań teoretycznych i doświadczalnych przedstawiono w formie wykresów i tabel.