

Mirosław Chudek, Kazimierz Podgórski
Zenon Szczepaniak, Józef Małoszewski

ZAGADNIENIE PROJEKTOWANIA ZAMOCOWANIA DŹWIGARÓW SZYBOWYCH ZA POMOCĄ KOTWI

Streszczenie. W pracy podano sposób projektowania kotwi dla mocowania zbrojenia szybowego, z uwzględnieniem warunków właściwej współpracy z obudową szybu. Omówiono nowe rozwiązanie klucza do nadania naciągu wstępnego kotwi.

1. Wstęp

Dźwigary zbrojenia szybu przeważnie mocuje się w murowych obudowach szybu przez zabetonowanie ich końców lub końców wsporników w gniazdkach w obudowie szybu. Takie mocowanie dźwigarów szybowych jest kosztowne, występują również wycieki wody w miejscu gniazdek w obudowie szybu. Aby zlikwidować wypływy wody w miejscu mocowania wsporników stosuje się kotwienie wsporników do obudowy szybu. Sposób projektowania mocowania zbrojenia za pomocą wsporników nie jest jeszcze dobrze opracowany. W pracy podjęto próbę rozwiązania tego zagadnienia.

2. Sposoby kotwienia zbrojenia szybowego i praca kotwi

W krajach posiadających rozwinięty przemysł górniczy coraz częściej stosuje się kotwienie zbrojenia szybowego. Również w Polsce pomyślnie wyniki uzyskano stosując kotwienie zbrojenia szybowego.

Wsporniki do zamocowania zbrojenia szybowego mocowane są do obudowy kotwiami. Za granicą z dużej liczby różnych typów kotwi najkorzystniejsze okazały się stalowe kotwie klinowe z klinem płaskim lub stożkowym - w przypadku użycia kotwi rurowych. Kotwie klinowe były osadzane bezpośrednio w obudowie oraz łączone dodatkowo spoiwem cementowym w otworze z obudową.

W przypadku, gdy grubość obudowy jest niedostateczna, a górotwór związany i niezawodniony, stosuje się kotwie żelbetowe lub kotwie wkręcane wchodzące również do górotworu. Wkręcanie kotwi odbywa się przez odwiercony uprzednio otwór o średnicy mniejszej od średnicy kotwi.

Przy mocowaniu zbrojenia metodą kotwioną zarówno dźwigary jak i wsporniki mają otwory podłużne o długości około 250 mm. Służą one do dokładnego założenia zbrojenia zgodnie z dopuszczalną tolerancją. Dla uzyskania dobrego przylegania płyty wspornika do obudowy wyrównuje się obudowę pod płytą zaprawą cementową.

W Czechosłowacji zastosowano z powodzeniem wciąganie zaprawy między obudową szybu a płytą wspornika przy wykorzystaniu pneumatycznego nabijaka do otworów strzałowych. Jak już nadmieniono, przytwierdzanie wsporników do obudowy szybu celem zamocowania na nich dźwigarów zbrojeniowych może mieć miejsce przy zastosowaniu następujących kotwi:

- 1) kotew klinowa połączona z obudową przez głowicę bez wypełniania otworu spoiwem,
- 2) kotew klinowa połączona z obudową przez głowicę z wypełnieniem otworu spoiwem,
- 3) kotew żelbetowa mocowana spoiwem z obudową na całej długości otworu,
- 4) kotew wkręcana do obudowy i górotworu przez odwiercony uprzednio otwór o mniejszej średnicy.

Praca wszystkich kotwi zależy głównie od: 1) naciągu wstępnego kotwi, 2) sposobu zamocowania kotwi w otworze, 3) sposobu obciążenia przykotwionego wspornika zbrojenia szybu.

Ad.1. Jeżeli naciąg kotwi jest tak duży, że powoduje tak wielki docisk płyty wspornika do obudowy, że występująca siła tarcia między obudową a płytą wspornika jest nie mniejsza od sił obciążających wspornika, wówczas kotew pracuje głównie na rozciąganie. Przy małym docisku płyty wspornika do obudowy kotew pracuje na rozciąganie, ścinanie i zginanie, a obudowa pod kotwią na ściskanie. Przy braku naciągu wstępnego kotwi pracuje ona głównie na ścinanie i zginanie i powoduje powstanie dużych naprężeń ściskających na krawędzi otworu obudowy szybu, a ponadto z czasem może ulec znacznemu lub całkowitemu wysunięciu z otworu.

Ad.2. Ze względu na pracę kotwi przedstawioną w punkcie 1, najbardziej korzystnym zamocowaniem kotwi w otworze jest kotew z głowicą klinową - dokładnie zabetonowaną na całej swojej długości w otworze. Takie zamocowanie kotwi usztywnia ją i powoduje korzystniejszy rozkład naprężeń ściskających w obudowie szybu oraz pozwala na nadanie kotwi wymaganego naciągu celem przytwierdzenia wspornika do obudowy dużą siłą docisku. Korzystnym jest również stosowanie kotwi i wkręcanych bez głowicy klinowej. Kotwie klinowe, bez zabetonowania w otworze, uniemożliwiają stosowanie większych naciągów bez wysuwu kotwi z otworu (naciąg z czasem może spadać), łatwo ulegają korozji oraz pełzaniu głowicy w otworze, a ponadto na skutek małej sztywności łatwo uginają się i przylegają do obudowy na krótkim odcinku przy początku otworu, co jest przyczyną niekorzystnego rozkładu naprężeń ściskających w obudowie szybu.

Ad.3. Praca kotwi w obudowie uzależniona jest od dokładności zawieszenia wspornika na kotwiach, dokładności przylegania płyty wspornika do obudowy i od sposobu jego obciążenia do naczyń wydobywczych poprzez prowadniki i dźwigary. Jeżeli kotwie mocujące płyty wspornikowe nie będą jednakowo naprężone, wówczas przy słabym naciągu kotwi, a tym samym przy małej sile tarcia płyty wspornika o obudowę, wystąpi niekorzystne zjawisko przeciążenia preta kotwi.

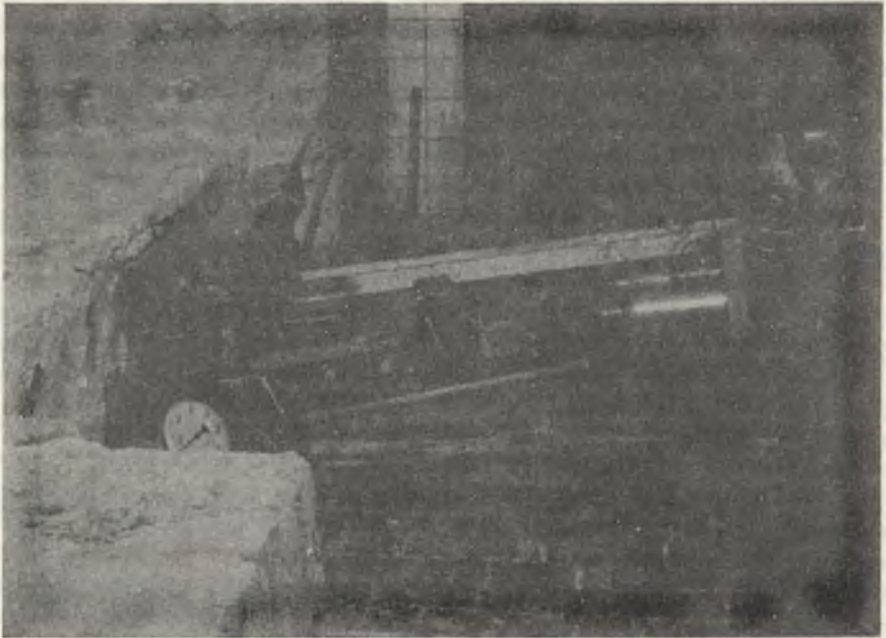
Praktycznie należy się liczyć z reguły z nierównomiernym obciążeniem na ścinanie i zginanie kotwi, zwłaszcza przy małym ich naciągu. Stąd celowość spowodowania możliwie dużego docięnięcia płyty wspornika do obudowy przez naciąg wstępny kotwi, a tym samym celowość jak najbardziej mocnego powiązania kotwi z otworem celem możliwości uzyskania jak największego naciągu kotwi bez jakiegokolwiek jej poślizgu. Solidne zamocowanie kotwi klinowej w otworze na spoiwie oraz jej naciąg wstępny przez związaniem spoiwa powinno zabezpieczyć ją przed poślizgiem przy dużych naprężeniach rozciągających nawet w przypadku dynamicznych obciążeń kotwi.

Mając na uwadze przedstawione poglądy na pracę kotwi, przeprowadzono w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni badania celem stwierdzenia sposobu rzeczywistej pracy kotwi oraz uzyskania danych dla opracowania wzorów, za pomocą których można by obliczać kotwie pod względem wytrzymałościowym.

3. Badania nad pracą kotwi stosowanych do mocowania sporników zbrojenia szybowego

- a) Przebadano kotwie klinowe o następujących długościach wchodzących do otworu: 25 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm i o średnicy 30 mm.
- b) Otwory odwiercono w murach z betonu marki 170, z betonitów szybowych i z cegły szybowej ostropalonej: średnice otworów wynosiły 32 i 34 mm.
- c) Kotwie mocowano w otworach trzema sposobami:
 - bez spoiwa przez rozklinowanie końcówki kotwi w otworze,
 - przez osadzenie kotwi w otworze na spoiwie,
 - przez osadzenie kotwi w otworze na spoiwie i dodatkowe jej rozklinowanie przy końcu otworu,
 - przez osadzenie kotwi na spoiwie, rozklinowanie jej na końcu otworu i naciąg wstępny przed związaniem spoiwa około - 4000 kg.
- d) Otwory wiercono względem siebie w różnym rozmieszczeniu i różnych odległościach celem stwierdzenia wpływów sąsiednich otworów na utwierdzenie kotwi w danym otworze oraz na wytrzymałość obudowy.
- e) Osadzone w otworach kotwie badano skonstruowanym i wykonanym w Instytucie Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni urządzeniem - na wyciąganie bez wibracji i z wibracją oraz na zginanie - bez wibracji i z wibracją (rys. 1 i rys. 2). Ponadto wykonano badania kotwi przy kolejnym ich naprężeniu i powrotnym wciskaniu do otworu.

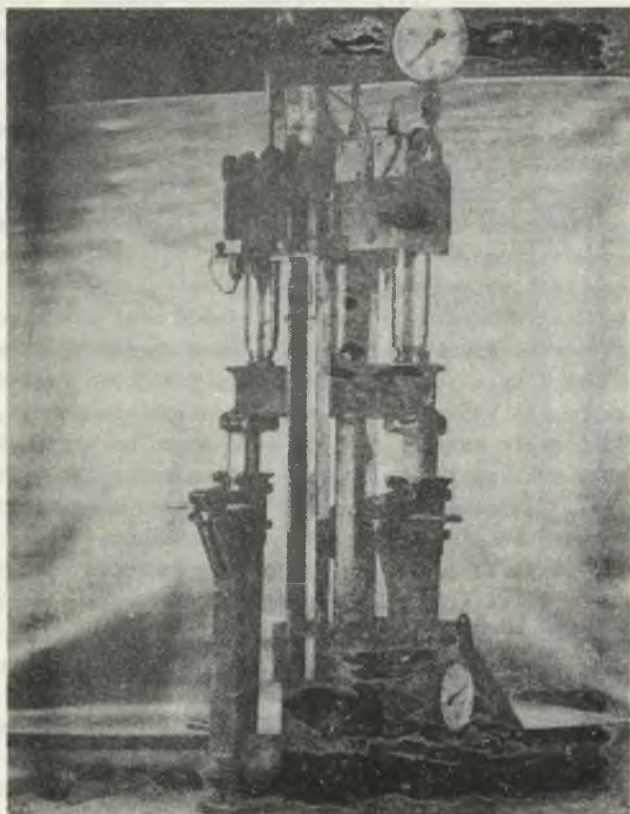
Z przeprowadzonych badań wynika, że siła utwierdzenia kotwi bez poślizgu tak przy wyciąganiu, jak i zginaniu, jest zależna od sposobu osadzenia kotwi w otworze. W przypadku mocowania kotwi klinowej bez zaprawy siła utwierdzenia kotwi bez poślizgu (w początkowej fazie jej pracy) równa jest sile naciągu wstępnego. Z upływem czasu występuje pełzanie kotwi w o o-



Rys. 1. Widok urządzenia do badań pracy kotwi i wspornika w pozycji poziomej

rze, w związku z czym naciąg wstępny spada i przy obciążeniu kotwi siłą, zbliżoną do naciągu wstępnego, kotew może ulec minimalnemu wysunięciu z otworu.

Stąd wynika konieczność, w przypadku mocowania kotwi klinowych w obudowie bez spoiwa, stosowania dużych naciągów wstępnych, tj. nie mniej niż 4 tony. Wówczas można przyjąć, że w wyniku pełzania kotwi w otworze siła jej utwierdzenia po pewnym czasie bez poślizgu wyniesie nie mniej niż 3 tony. Jeżeli kotew klinowa bez spoiwa będzie posiadała mały naciąg wstępny, wówczas zmniejszy się docisk wspornika do obudowy i drgania przewodników, wywołane ruchem naczyń wydobywczych, spowodują obluźowanie się utwierdzenia końca kotwi w otworze, klin może ulec wysunięciu z jej pręta, a wówczas kotew można łatwo wyciągnąć z otworu. Celem uniknięcia niekorzystnej pracy kotwi wskazane jest, w świetle przeprowadzonych badań, mocować kotwie klinowe w otworze na spoiwie cementowym, względnie na innym spoiwie wiążącym stal z betonem, przy czym wielkość ziarn w spoiwie powinna być mniejsza od 0,5 mm. Jako spoiwo może być stosowany cement zarobiony wodą do konsystencji plastycznej lub zaprawa cementowa o konsystencji plastycznej. Stosunek cementu do piasku powinien wynosić 1 : 2 i przy przyjęciu, że piasek powinien posiadać uziarnienie mniejsze od 0,5 mm. Spoiwo można wprowadzić do dokładnie wyczyszczonego otworu w postaci klusek (wałków)



Rys. 2. Urządzenie do badań w pozycji pionowej

dociskanych prętem kotwi. Do otworu należy wtykać taką ilość spoiwa, aby w czasie wciskania pręta kotwi, wraz z klinem do otworu, nadmiar spoiwa był wyciśnięty z otworu i objął kotew w otworze na całej jego długości.

Celem ułatwienia wyciskania się spoiwa do przodku spod końca pręta kotwi (w czasie jej rozklinowywania w otworze) proponuje się stosować klin węższy od średnicy pręta kotwi około 6 mm.

Klin w najcieńszym swoim końcu powinien być zbliżony do średnicy pręta kotwi celem ograniczenia jego nadmiernego wychylenia się w stosunku do osi kotwi. Kotew należy wprowadzać do otworu przy poziomym usytuowaniu szerzej płaszczyzny klina.

W Instytucie prowadzone są badania nad uzyskaniem najwłaściwszego spoiwa do mocowania kotwi w otworach. Przy wlocie do otworu wskazane byłoby zastosować prowadzenie pręta kotwi celem zmniejszenia ujemnego wpływu wychyleń bocznych kotwi w czasie jego wbijania - na przyczepność do betonu. Prowadzenie takie można wykonać z 3 klinów, o długości około 5 cm, wbijanych między ścianką otworu a pręt kotwi lub wciskanych. Celem osiowego

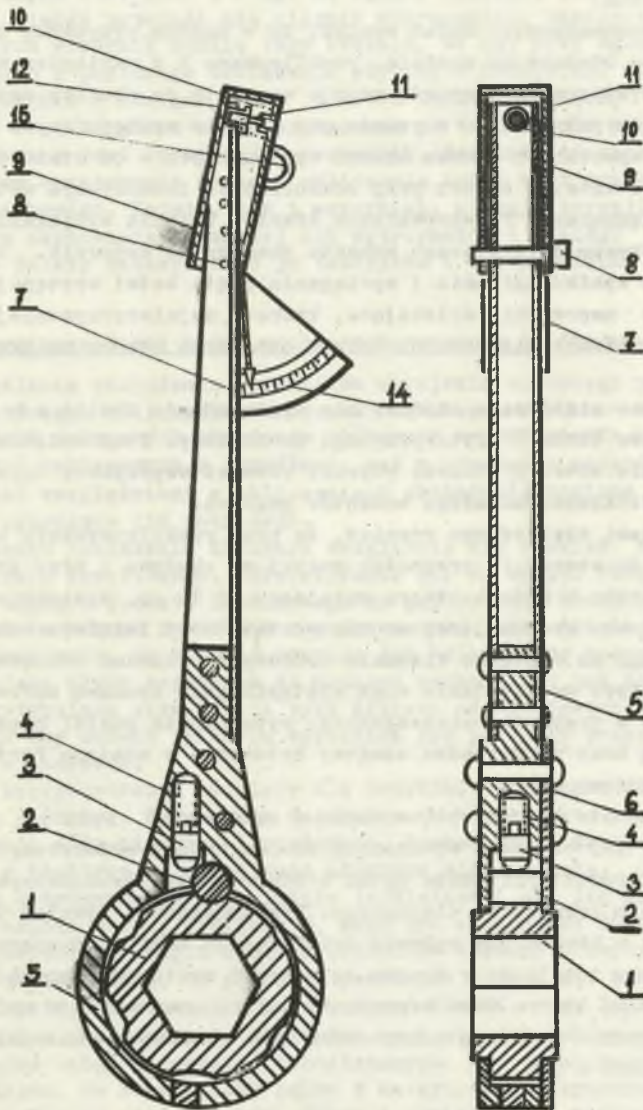
działania młotem na kotew, przy jej rozklinowywaniu, wskazane jest zakręcić nakrętkę na kotew zaopatrzoną w kulistą czaszę. Po rozklinowaniu kotwi w otworach przeznaczonych do mocowania danego wspornika, należy (przed związaniem zaprawy w otworach) dokręcić wspornik do obudowy siłą naciągu wstępnego około 4 ton - przy czym uprzednio należy w miejscu mocowania wspornika wyrównać obudowę za pomocą zaprawy. Dla uzyskania pewności, że kotwiom nadano wymagany naciąg wstępny, proponuje się stosować klucz z dźwignią zaopatrzoną na końcu w osłonę ze sprężyną, której ugięcie wskazuje wielkość naciągu wstępnego. Duży naciąg wstępny może być przyczyną pełzania w czasie wiązania i ścinać wiążącą zaprawę.

Klucz do śrub posiada umieszczoną w końcowej części ramienia klucza pochwę osadzoną na osi, w ramieniu klucza zaopatrzoną w sprężynę i wskaźnik określający moment zakręcania i odkręcania śruby. W końcowej części klucza wykonane są otwory, do których można wkładać oś obrotu pochwy, przez co uzyskuje się różną skalę wskazań momentu obrotowego na kluczu. Wielkość siły działania mięśni ręki na pochwę, posiadającą ogranicznik ustalający położenie dłoni ręki, jest wskazana na skali umocowanej do ramienia klucza.

Wymagany moment dokręcania śruby jest również wskazywany przez wskaźnik umieszczony w pochwie. Z chwilą gdy położenie wskaźnika zrówna się z pochwą, odczuwa się ucisk na rękę, co jest oznaką, że śruba została dokręcona wymaganym momentem.

Klucz posiada zatrzask, który umożliwia zakręcanie śrub przy ruchu wadłowym z określoną siłą. W zależności od tego jak założony jest klucz prawą lub lewą stroną, można zakręcać śruby lub odkręcać. W zależności od wytypowanych grup średnic śrub i skali gwintu, ustawia się pochwę i oś pochwy do odpowiednio wyskalowanych otworów w końcowej części ramienia klucza i pochwy. Konstrukcję klucza przedstawia rys. 3. Klucz składa się z głowicy 1, w której wycięcia wchodzi zatrzask 2 opierający się podczas działania siły o oprawę 5 głowicy 1. Zatrzask 2 dociskany jest tłoczkiem 3 przez sprężynę 4 prowadzoną w oprawie 5. Do oprawy 5 umocowana jest pokrywa 6, która prowadzi głowicę 1. W końcowej części ramienia 7 wykonane są otwory, do których wchodzi oś pochwy 8.

W pochwie 9 wykonane są podobne otwory jak w ramieniu 7 i napisane są grupy śrub dla wymaganych momentów dokręcania. O pochwę 9 poprzez prowadzenie opiera się sprężyna 10. Regulacja sprężyny 10 dokonywana jest śrubą 12. Do ramienia 7 umocowany jest wskaźnik 11 i skala 14 podająca - poprzez wskazówkę 13 umocowaną do pochwy 9 wielkość siły działającej na ramię klucza. Położenie siły działającej na pochwę 9 ustalone jest ogranicznikiem 15. Podany układ pochwy 9 sprężyny 10, wskaźnika 11, skali 14, wskazówki 13 może być zabudowany również na zwykłym kluczu do śrub. Na drodze badań stwierdzono, że w przypadku stosowania kotwi klinowych o długości umocowania w otworze 25-30 cm na spoiwie cementowym w otworach o średnicy 32 mm - przy wstępnym ich naciągu przed związaniem zaprawy około 4 ton i po 4 dniach wiązania spoiwa - siła utwierdzenia kotwi bez wysuwu wynosiła



Rys. 3. Klucz do śrub

około 11,5 ton. Przy dalszym wzroście obciążenia kotwi występuje jej nieznaczne wysuwanie z otworu i np. przy wysuwie 2 mm siła naciągu wynosiła około 17 ton.

Z przeprowadzonych badań wynika, że w każdym przypadku kotew klinowa osadzona w otworze na spoiwie, rozklinowana i z naciągiem wstępnym około 4 ton w wystarczający sposób mocuje wspornik do obudowy szybu. Kotew taka nie ulegnie poluzowaniu w czasie pod wpływem występujących zmiennych jej obciążeń wywołanych ruchem naczyń wydobywczych - co stwierdzono na drodze wyciągania kotwi z otworu przy równoczesnym intensywnym wstrząsaniu urządzenia ciągnącego. Przeprowadzono również badania wyciągania kotwi z otworu pod wpływem działającego momentu gnącego na wspornik. Stwierdzono tutaj, że w wyniku zginania i wyciągania pręta kotwi występują na brzegu otworu duże naprężenia ściskające, które w najniekorzystniejszym przypadku powodują zniszczenie muru obudowy w otoczeniu otworu na głębokość około 4 cm.

Widoczne miążdżenie obudowy nie występuje do chwili, a do której w miejscu otworów (kotwi) płyta przylega do obudowy. Stąd wniosek, że lepsze utwierdzenie kotwi w otworze poprawi również współpracę wspornika z obudową przy działaniu na niego momentów gnących.

Badaniami stwierdzono również, że przy rozklinowywaniu kotwi przez jej wbijanie do otworu, w przypadku pustki za obudową i przy grubości obudowy między pustką a końcem otworu mniejszej od 10 cm, występuje wybite obudowy w kierunku występującej za nią pustki. Stąd istnieje konieczność zwrócenia uwagi na dokładne wiązanie obudowy ze skałami ociosowymi szybu.

W praktyce pustki takie mogą wystąpić poza obudową murową z cegły lub betonitów w przypadku niedokładnego wypełnienia pustki między górotworem a obudową oraz w przypadku obudowy betonowej w miejscu łączenia dwóch odcinków obudowy szybu.

Kotew taka nie ulegnie poluzowaniu w czasie pod wpływem występujących zmiennych jej obciążeń wywołanych ruchem naczyń wydobywczych - co stwierdzono na drodze wyciągania kotwi z otworu przy równoczesnym intensywnym wstrząsaniu urządzenia ciągnącego. Przeprowadzono również badania wyciągania kotwi z otworu pod wpływem działającego momentu gnącego na wspornik. Stwierdzono tutaj, że w wyniku zginania i wyciągania pręta kotwi występują na brzegu otworu duże naprężenia ściskające, które w najniekorzystniejszym przypadku powodują zniszczenie muru obudowy w otoczeniu otworu na głębokość około 4 cm.

Badaniami ustalono ponadto, że odległość między otworami kotwi, utrzymującymi dany wspornik, nie powinna być mniejsza od 15 cm - wówczas każda kotwia pracuje niezależnie i nie zachodzi obawa mniejszego utwierdzenia kotwi w poszczególnych otworach, z uwagi na ujemny wzajemny ich wpływ na siebie, a obudowa między kotwiami nie ulegnie wykruszeniu. Współpraca 4 kotwi utrzymujących wspornik będzie tego rodzaju, że np. przy zginaniu pod wpływem pionowego i poziomego obciążenia wspornika naczyniami wydobywczymi poprzez prowadnik i dźwigar jedna z kotwi będzie najwięcej narażona na ciągnięcie. Jest to górna kotew usytuowana po tej stronie wspornika, z której przymocowany jest do dźwigara prowadnik. Zjawisko to zostało uwzględnione przy opracowaniu sposobu obliczania kotwi mocujących wsporniki zbrojenia szybowego. Kotwie, jak i wsporniki, ulegają korozji, w związku z czym celem zachowania wymaganej ich wytrzymałości w ciągu długiego okresu czasu - należy zabezpieczyć je tworzywem o własnościach antykorozyjnych.

4. Obliczanie wytrzymałości kotwi mocujących wspornik do obudowy szybu

Sposób określania obciążenia wsporników zbrojenia szybowego podają wytyczne MG1E dotyczące obliczania zbrojenia szybowego.

W świetle tych wytycznych zbrojenie obliczamy na obciążenie pionowe, w przypadku naczyń wyciągowych z łopadkami, zaś w przypadku naczyń wyciągowych bez łopadek uwzględniamy w obliczeniach obciążenie poziome i obciążenie pionowe wynoszące 25% poziomego.

Przy obliczeniu obciążenia dźwigara uwzględnia się również obciążenie pomostu przedziału drabinowego. Oddziaływanie sił od wpływu ruchu naczyń wyciągowych i ciężaru pomostu drabinowego na zamocowanie dźwigarów w obudowie szybu ustala się na podstawie rozmieszczenia sił działających na dźwigar przy przyjęciu, że dźwigar pracuje jak belka wolno podparta.

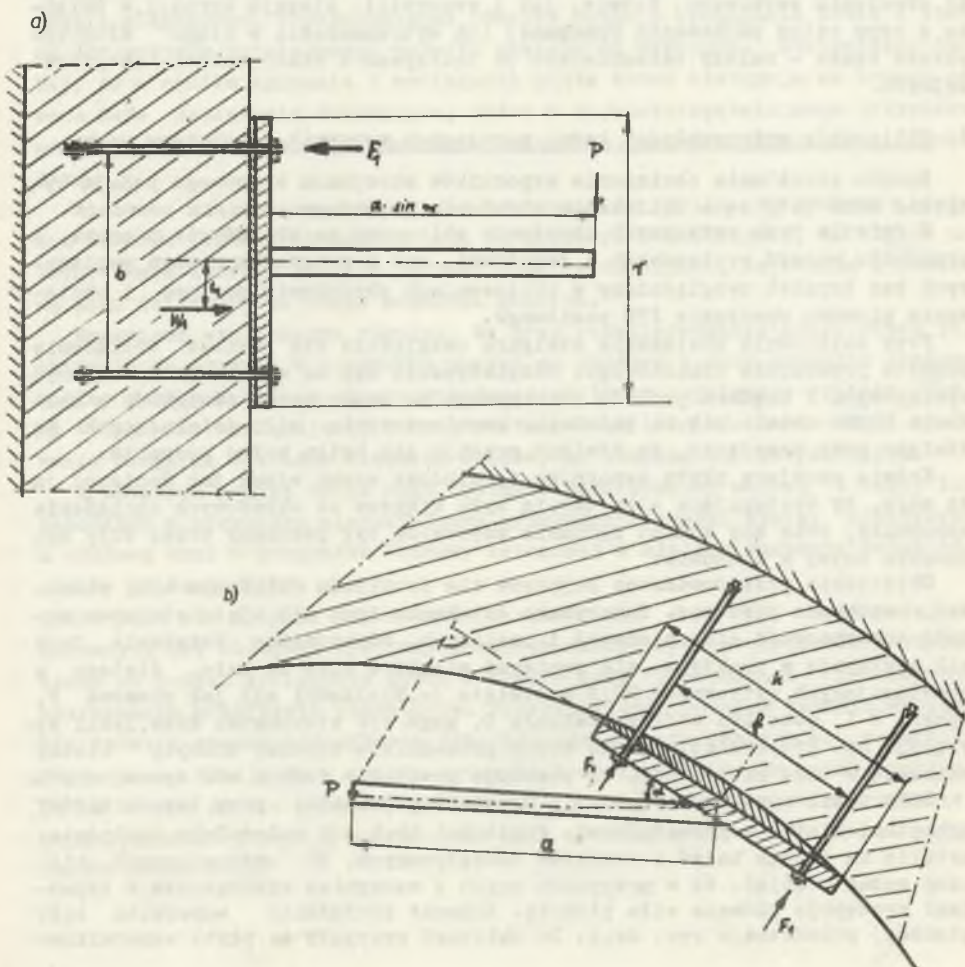
Kotwie mocujące płytę wspornika do obudowy szybu winny tak docisnąć ją do muru, by występująca siła tarcia była większa od składowych obciążenia wspornika, oraz aby moment zginania wspornika był pokonany przez siły mocowania kotwi w obudowie.

Obliczenia przeprowadzono najpierw dla przykładu działania siły pionowej, następnie poziomej. Sumaryczne działanie tych sił ujęto stosując metodę superpozycji siły pionowej i poziomych. Równoczesne działanie tych sił występuje w praktyce, ale ponieważ niektóre siły są małe, dlatego w obowiązujących wytycznych MG1E pominięto je. Wielkości sił jak pionowa P , boczna B i pozioma wzdłuż dźwigara D , mogą być stosunkowo duże, jeśli występuje np. przesunięcie styku dwóch prowadników wówczas uchwyty klatki uderzają w taką nierówność, co powoduje powstanie dużych sił dynamicznych.

Siły takie występują również w czasie drgań klatki przy luzach między uchwytami klatki a prowadnikami. Wielkości tych sił należałoby dokładniej ustalić na drodze badań i rozważań teoretycznych. Do uproszczonych obliczeń można przyjąć, że w przypadku szybu z naczyniem wydobywczym z łopadkami występuje głównie siła pionowa. Schemat obciążenia wspornika siły pionowej przedstawia rys. 4a,b. Do obliczeń przyjęto że płyta wspornikowa

dolega poprzez wyrównaną powierzchnię obmurza do obudowy, oraz że płyta wspornikowa przymocowana jest czterema kotwiami.

Pod wpływem działania siły P występuje reakcja W_1 , oddziaływania płyty wspornikowej w odległości od osi wspornika. Przy założeniu, że płyta wspornikowa styka się stale z obudową na całej powierzchni, przyjęto rozkład docisku płyty do obmurza obudowy według trójkąta. Aby wyznaczyć siłę F_1 naciągu dwóch górnych kotwi, ułożono równanie momentów i rzutów względem osi płyty wspornikowej.



Rys. 4. Schemat wspornika przykotwionego do obudowy szybu poddanego działaniu siły pionowej,

a) wspornik w przekroju pionowym, b) wspornik w przekroju poziomym

$$W_1 \cdot t_1 + F_1 \cdot \frac{b}{2} = P \cdot a \cdot \sin \alpha$$

$$F_1 = W_1 \quad (1)$$

gdzie:

a - długość wspornika

b - odległość kotwi w pionie

t_1 - odległość wypadkowej W_1 od osi wspornika, którą można obliczyć $t_1 = -\frac{1}{3}r + \frac{r}{2} = \frac{r}{6}$

r - wysokość płyty wspornikowej.

Z równania momentów i rzutów wynika, że:

$$F_1 = W_1 = \frac{6 \cdot P \cdot a \cdot \sin \alpha}{3b + r} \quad (2)$$

Dla przypadku gdy występują tylko siły poziome B i D rys. 5a, b, występuje naciąg kotwi górnej i dolnej o wielkości F_2 , którą można obliczyć z równania momentów

$$W_2 \cdot t_2 + F_2 \cdot \frac{f}{2} = \sqrt{B^2 + D^2} \cdot a \cdot \cos \alpha \quad (3)$$

i rzutów

$$F_2 - W_2 + \sqrt{B^2 + D^2} \cos(\alpha \pm \beta) = 0 \quad (4)$$

gdzie:

W_2 - wypadkowa oddziaływania obudowy na płytę wspornika pod wpływem sił od obciążenia bocznego B i wzdłuż osi dźwigara D,

f - odległość kotwi w poziomie,

β - kąt zawarty między wypadkową sił B_1 i D ,

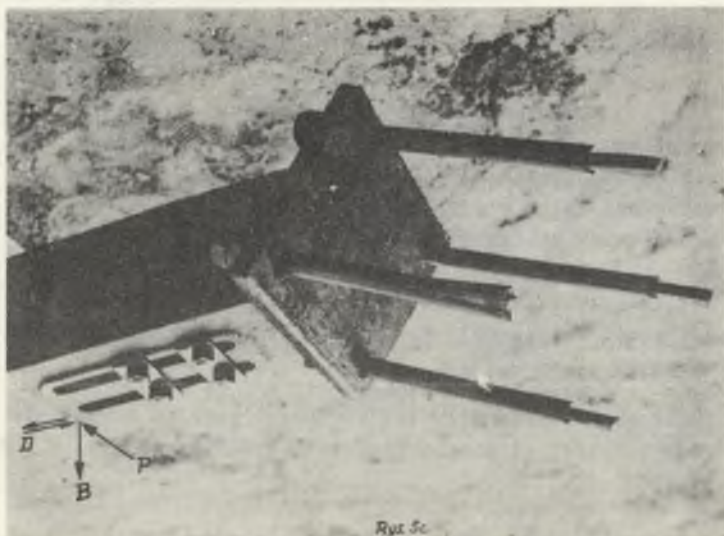
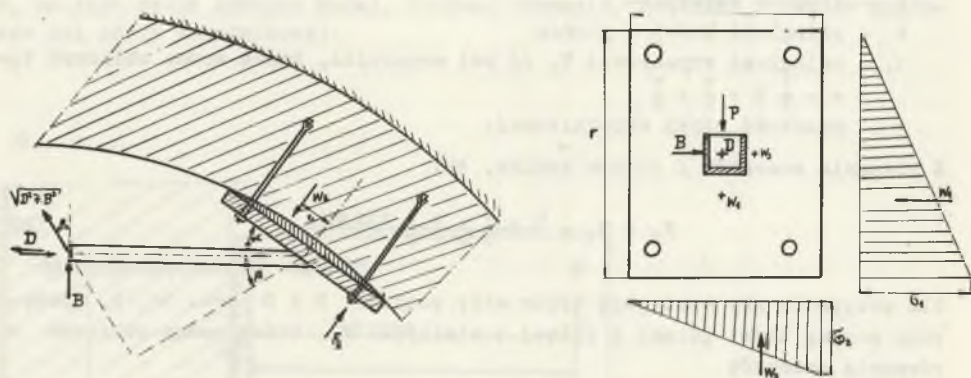
$\operatorname{tg} \beta = \frac{D}{B}$,

α - kąt zawarty między osią wspornika a płytą wspornikową,

t_2 - odległość wypadkowej W_2 od osi płyty wspornika, którą obliczamy ze wzoru $t_2 = -\frac{1}{3} \cdot k + \frac{k'}{2} = \frac{k}{6}$

Po przekształceniu równań (3), (4) otrzymano wzór na określenie sił w kotwi górnej i dolnej od momentu zginania pod wpływem sił D i B, który posiada postać

$$F_2 = \frac{\sqrt{D^2 + B^2}}{3r + k} [6a \cdot \cos \beta - k \cdot \cos(\alpha \pm \beta)]$$



Rys. 5. Rozkład sił poziomych działających na przykotwiony do obudowy szybu wspornik

a) wspornik w przekroju poziomym, b) rozkład nacisków płyty wspornika na obudowę od siły pionowej i bocznych, c/ wspornik w widoku bocznym

Pod wpływem działania sił P , D , B powstaje na styku płyty wspornikowej z obudową szybu reakcja R , którą można obliczyć ze wzoru

$$R = \sqrt{P^2 + (D^2 + B^2)} \cdot \sin^2 (\alpha \pm \beta)$$

Przy właściwym naciągu wstępnym kotwi reakcja R pokonywana jest przez tarcie płyty wspornika o obudowę szybu. Podane siły W_1 , W_2 , F_1 , F_2 oraz siły naciągu wstępnego kotwi ulegają sumowaniu tak, że całkowita siła docisku N płyty wspornika do obudowy wyniesie

$$N = i \cdot Q + W_1 + W_2 - F_1 - F_2$$

gdzie:

i - ilość kotwi mocujących wspornik,

Q - siła naciągu wstępnego kotwi z uwzględnieniem pełzania w czasie pracy kotwi w obudowie.

Siła docisku N płyty wspornika do obudowy szybu przy współczynniku tarcia μ winna spowodować siłę tarcia większą od wypadkowej R , co określa nierówność

$$N \cdot \mu \geq R$$

Na wielkość siły docisku N główny wpływ ma naciąg wstępny kotwi i siły F_1 , F_2 .

Aby występujące siły F_1 , F_2 nie spowodowały wyciągnięcia najbardziej obciążonej kotwi, którą jest górna kotwę od strony naczynia wyciągowego przy uwzględnieniu współczynnika bezpieczeństwa, winna zachodzić zależność

$$\left(\frac{F_1}{2} + \frac{F_2}{2}\right) \cdot s \leq Q_0 \quad \text{oraz} \quad \frac{F_1}{2} + \frac{F_2}{2} \leq Q,$$

gdzie:

Q_0 - siła utwierdzenia kotwi w obudowie, która winna być zbliżona wytrzymałości pręta kotwi w miejscu gwintu,

s - współczynnik bezpieczeństwa określony poprzednio omawianymi wytycznymi MGIE.

Działające siły na płytę wspornikową powodują powstanie nacisku σ na obudowę szybu, który winien być mniejszy od wytrzymałości na ściskanie K_C materiału obudowy. Przy założeniu, że docisk płyty wspornikowej do obudowy szybu występuje według trójkąta rys. 5b. Docisk od wpływu tylko siły pionowej P oznaczono jako σ_1 , zaś docisk od siły bocznych B i D jako σ_2 . Największy docisk wystąpi przy dolnej narożnej kotwie i jest sumą docisku σ_1 i σ_2 .

Zależność tą ujmuje wzór:

$$K_c > \sigma \cdot s = \frac{2 \cdot s}{r \cdot k} (w_1 + w_2) = \frac{2 \cdot s}{r \cdot k} \left\{ \frac{6 \cdot a \cdot P \cdot \sin \alpha}{3 \cdot b + r} + \left[\frac{6 \cdot a \cdot \cos \alpha}{3 \cdot f + k} - \frac{P \cdot \cos(\alpha + \beta)}{3f + k} \right] \sqrt{B^2 + D^2} \right\}$$

Podany sposób obliczeń dotyczy umocowania wsporników dla głównych dźwigarów za pomocą czterech kotwi. Jeśli wspornik mocowany jest za pomocą dwóch kotwi, tj. górnej i dolnej, wówczas można korzystać z podanych wzorów z tym, że należy do wzorów podstawić; $f = 0$; $i = 2$.

Ponadto należy uwzględnić, że maksymalnie będzie obciążona górna kotew, dla której winny być spełnione warunki:

$$\left(F_1 + \frac{F_2}{2}\right) \cdot s < Q_0 \quad \text{oraz} \quad \left(F_1 + \frac{F_2}{2}\right) < Q$$

Podane wzory na obliczanie mocowania wspornika kotwiami mają charakter ogólny.

Gdyby przyjąć obecnie stosowany sposób obliczania wsporników, to wówczas dla szybów z naczyniami wyciągowymi z łopadkami do podanych wzorów podstawia się $B = 0$; $D = 0$, natomiast dla szybów z naczyniami wyciągowymi bez łopadek można podstawić, że $P = 0,25 \cdot B$; $D = 0$, zaś siłę B określić obecnie obowiązującymi wzorami. Wielkość siły utwierdzenia kotwi Q_0 i wstępnego naciągu Q można określić przy wykorzystaniu wzorów teoretycznych lub na podstawie badań.

LITERATURA

1. Kazimierz Podgórski, Władysław Podgórski - Obudowa kotwioła wyrobisk górniczych - Wydawnictwo "Śląsk" 1969 r.
2. Praca zbiorowa Instytutu Projektowania, Budowy Kopalń i Ochrony Powierzchni pt. "Obliczenia mocowanie zbrojenia kotwiołowego w szybach - 1970 r. - nie publikowana.
3. Praca zbiorowa Przedsiębiorstwa Budowy Szybów pt. "Warunki techniczne wykonania i odbioru połączenia wsporników z obudową szybu metodą kotwienia przy zastosowaniu kotwi" - nie publikowana.

ВОПРОС ПРОЕКТИРОВАНИЯ КРЕПЛЕНИЯ СТОЛОВЫХ БАЛОК
С ПОМОЩЬЮ АНКЕРА

Р е з ю м е

В работе представлен способ проектирования анкера для крепления ствольной арматуры с учетом правильного сотрудничества с крепью ствола. Обсуждено новое решение кронштейна и ключа для передачи предварительного натяжения анкеру.

HOW TO DESIGN THE FASTENING OF SHAFT GIRDERS BY MEANS OF ANCHORS

S u m m a r y

The present paper deals with the problem of designing anchors for the purpose of fastening the shaft armature, taking into account the conditions of co-operation with the lining of the shaft. There is also discussed a new solution of a key which serves to give preliminary tension to the anchors.