ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1966
Seria: GÓRNICTWO z. 18 Nr kol. 163

MIROSŁAW CHUDEK, KAZIMIERZ RUŁKA

ANALIZA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIĄ SIATKOBETONU W BUDOWNICTWIE PODZIEMNYM KOPALŃ

Streszczenie. W pracy przedstawiono kierunki prac projektowo-badawczych prowadzonych w Katedrze Budownictwa Podziemnego Kopalń oraz ZBiD-BW w zakresie wykorzystania siatkobetonu jako konstrukcji w budownictwie podziemnym kopalń.
Scharakteryzowano na podstawie wyników badań własnych oraz danych literaturowych budowę oraz własności wytrzymałościowe siatkobetonu.

1. Wprowadzenie

Stały postęp w dziedzinie urabiania, ładowania oraz organizacji pracy przy drążeniu wyrobisk poziomych i pionowych przynosi coraz to nowe efekty w postaci rekordowych postępów przodka. Aby jednak osiągnięte sukcesy były pełne, nieodzownym wydaje się położenie większego nacisku na właściwe techniczne i ekonomiczne rozwiązanie problemu obudowy.

Podczas gdy w budownictwie szybowym od r. 1960 notujemy stały dynamiczny postęp we wprowadzaniu obudowy betonowej w wyrobiskach komorowych i chodnikowych w dalszym ciągu utrzymuje się tradycyjne pracochłonne sposoby wykonywania obudowy i to zarówno pod względem wykorzystania materiałów jak i technologii wykonania.

W wyrobiskach chodnikowych powszechne zastosowanie znalazła obudowa podatna oparta na typowych łukach oraz okładzinach żelbetowych.

Obudowa ta wykonana na dziesiątkach kilometrów wyrobisk korytarzowych rocznie nie stanowi szczytowego osiągnięcia w tej dziedzinie, dając przy tym olbrzymie zużycie deficytowej stali szybko korodującej w środowisku kopalnianym.

Zapoczątkowana u nas prefabrykacja obudowy dająca możliwość wykorzystania w miejsce stali żelbetu nie może, jak dotychczas, wyjść z impasu.

Wykonywanie obudowy betonowej wyrobisk komorowych czy chodnikowych realizowane jest w dalszym ciągu przy użyciu metod i środków prymitywnych nie gwarantujących większego powodzenia na najbliższy okres.

Duże nadzieje w ostatnim okresie wiąże się z możliwością wykorzystania betonu natryskowego do wykonywania obudowy betonowej wyrobisk. Jednak co najmniej na najbliższe 3 lata głównie z uwagi na brak odpowiedniego sprzętu, metoda ta nie wejdzie do przemysłowego zastosowania.

W poszukiwaniu nowych rozwiązań technicznych i materiałowych z zakresu obudowy wyrobisk górniczych Zakład Badań i Doświadczeń Budownictwa Górniczego przy współpracy Katedry Budownictwa Podziemnego Kopalń Politechniki Śląskiej rozpoczął w r. 1965 pod kierownictwem autorów badania nad wykorzystaniem nowego tworzywa budowlanego, jakim jest siatkobeton do konstrukcji w budownictwie podziemnym kopalń.

Przeprowadzona na początku roku analiza techniczno-ekonomiczna oparta na znajomości potrzeb budownictwa górniczego, danych literaturowych i rozeznaniu badań nad siatkobetonem w krajowych ośrodkach badawczych pozwoliła na wytyczenie podstawowych kierunków w jakich powinny pójść badania własne dla możliwie najszybszego uzyskania efektów.

Kierunkami tymi zdaniem autorów są:

- Badanie nad możliwością wykorzystania siatkobetonu do prefabrykowanej obudowy "wstępnej" szybów zgłębianych metodami mrożeniowymi,
- Badanie nad wykorzystaniem siatkobetonu do wykonania okładzin górniczych.
- Badanie nad możliwością wykorzystania siatkobetonu do obudowy wyrobisk poziomych.
- Badanie nad możliwością wykorzystania siatkobetonu do wykonania prefabrykowanych ścieków, stropnic i innych elementów.

Z podanych wyżej dwa pierwsze zagadnienia znalazły się na warsztacie już w roku bieżącym, zaś dwa następne wejdą do planu na lata 1966-1967.

Dla bliższego scharakteryzowania nowego tworzywa jakim jest siatkobeton, podajemy zebrane na podstawie badań własnych oraz danych literaturowych niektóre jego własności.

2. Siatkobeton i jego własności wytrzymałościowe

2.1. Charakterystyka siatkobetonu

Szczególnym przypadkiem konstrukcji żelbetowych o zbrojeniu rozproszonym są konstrukcje siatkobetonowe, w których zbrojenie występuje w postaci siatek.

Siatki mogą być tkane lub zgrzewane, o oczkach kwadratowych lub prostokątnych. Wymiary oczek wynoszą zwykle 6-12 mm [6]. Im większe jest nasycenie betonu stalą i im bardziej równomierne jej rozłożenie, tym wyższa jakość siatkobetonu. Beton stanowiący drugi składnik siatkobetonu może mieć w swym składzie kruszywo o bardzo drobnych frakcjach, wówczas mamy betony piaskowe, pozwalające na stosowanie siatek o małych oczkach, lecz jednocześnie powodujące znaczne zużycie cementu oraz charakteryzujące się podwyższonym pełzaniem [2]. Wyeliminowanie tych wad można osiągnąć dzięki stosowaniu drobnoziarnistych betonów na kruszywie łamanym granitowym o frakcji od 5-7 mm. Ten typ betonu zgodnie z przeprowadzonym badaniem stanowi najbardziej odpowiedni składnik siatkobetonu [2].

Dla pełniejszego scharakteryzowania tego nowego tworzywa należy podać, że żelbet o zbrojeniu rozproszonym składa się z betonu o wytrzymałości 200-500 kG/cm^2 oraz dużej liczby wkładek stalowych równomiernie rozproszonych w przekroju. Ilość stali w tym przypadku wynosi 300-800 kG/m^3 betonu. Zużycie cementu wynosi przeciętnie 300-700 kG/m^3 betonu.

Właściwości wytrzymałościowe siatkobetonu zależą przede wszystkim od sposobów zbrojenia i ilości warstw siatki. Użycie drobnoziarnistego betonu ze stosunkowo dużą zawartością stali i cementu, zastosowanie intensywnego zagęszczania przez wibrowanie, torkretowanie, walcowanie, prasowanie powodują wysoką szczelność betonu i jego zwiększoną sprężystość.

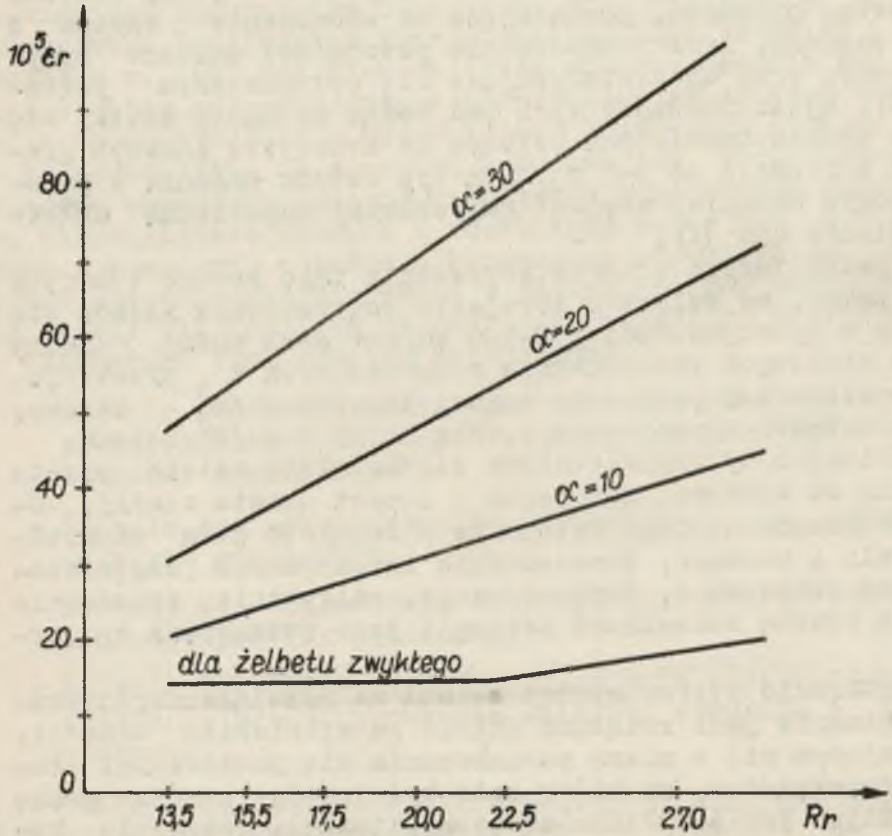
Podwyższenie wytrzymałości betonu na rozciąganie, ściskanie i zginanie jest związane ściśle ze zjawiskiem adhezji, zwiększającym się w miarę powiększania się powierzchni właściwej wypełniacza, za który może być uważane zarówno grubsze kruszywo jak i wkładka stalowa (siatka). Nasycenie betonu siatką zwiększa sumaryczną objętość warstwy stykowej, a co za tym idzie, wydatnie wpływa na wzrost wydłużalności betonu i wytrzymałości na rozciąganie.

2.2. Parametry wytrzymałościowe siatkobetonu w świetle empirycznych wzorów

Własności wytrzymałościowe siatkobetonu można ustalić na drodze badawczej.

Podstawową miarą rozproszenia zbrojenia w przekroju jest wskaźnik rozproszenia prętów "α".
Jest to stosunek procentu zbrojenia "μ" do średnicy prętów "d".

$$\alpha = \frac{\mu}{d} = \frac{F_z}{F_b \cdot d}$$



Rys. 1. Zależność $\varepsilon_r - R_r$ w odniesieniu do różnych wartości wskaźnika rozproszenia zbrojenia „α"

gdzie:

F_z - przekrój zbrojenia,

F_b - przekrój betonu,

d - średnica pręta.

Można stwierdzić, iż dla tradycyjnego żelbetu praktyczna wartość "α" nie przekracza 3, zaś przy żelbecie (siatkobetonie) o wysokim rozproszeniu osiąga nawet wartość 30. Na rys. 1 pokazano zależność $\varepsilon_r - R_r$ dla różnych wskaźników rozproszenia zbrojenia "α".

Ciskreli [1], [3] na podstawie przeprowadzonych badań wyprowadza szereg wzorów empirycznych, z których ciekawsze to:

Graniczna obliczeniowa wydłużalność siatkobetonu: $\varepsilon_r s$

$$\varepsilon_{rs} = 0,5\ Rr\ (1 + 0,2\alpha)\ .\ 10^{-5}$$

gdzie:

Rr - wytrzymałość niezbrojonego betonu na osiowe rozciąganie.

Wytrzymałość na rozciąganie siatkobetonu proponuje obliczyć wg wzoru:

$$R_{rs} = Rr\ (1 + 0,02\sqrt{\mu}) = Rr\ .\ Kz$$

gdzie:

$$Kz = 1 + 0,02\sqrt{\mu}$$

Wzorem wiążącym wytrzymałość obliczeniową siatkobetonu z wytrzymałością betonu i wytrzymałością obliczeniową siatki jest następujące równanie:

$$R_{rs} = Kz\ .\ Ko\ .\ R_b + 0,01\ \mu Rz$$

gdzie:

Ko - współczynnik jednorodności betonu piaskowego, która to wartość wynosi 0,5,

R_b - wytrzymałość betonu piaskowego,

Rz - obliczeniowa wytrzymałość siatki.

Wielkość R_b zaleca się obliczać wg wzoru:

$$R_b = 0,6\ Rr - 5$$

gdzie:

$$Rr = 0,1\ R_{bc} + 20$$

zaś wytrzymałość R_{bc} obliczamy na podstawie wzoru:

$$R_{bc} = 0,4\ Rc(\frac{c}{w} - 0,5)$$

gdzie:

R_c - wytrzymałość normowa cementu na ściskanie,

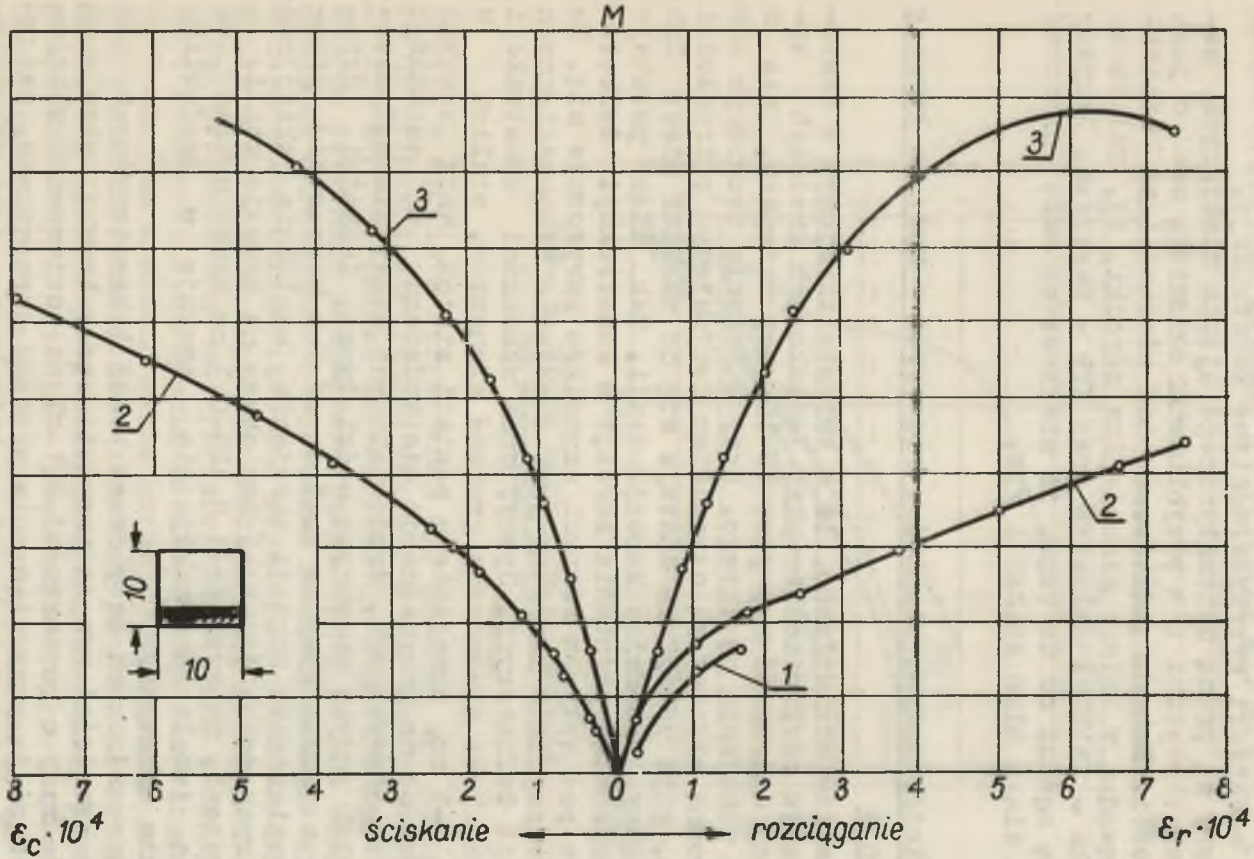
$\frac{c}{w}$ - wskaźnik cementowo-wodny.

Współczynnik sprężystości siatkobetonu wg zaleceń tegoż autora należy przyjmować w zależności od wytrzymałości obliczeniowej siatkobetonu przy ściskaniu:

$$E_c = 13500\sqrt{R_{bc}}$$

przy rozciąganiu:

$$E_r = \frac{R_{rs}}{\varepsilon_{rs}}$$



Rys. 2. Odkształcenie skrajnych włókien elementu belkowego:
1 - bez zbrojenia, 2 - zbrojenie prętami 3 ∅ 4, F_z=0,38 cm^2,
3 - zbrojenie siatką F_z = 0,36 cm^2 (osiem siatek)

Odkształcenie skrajnych włókien elementu belkowego obrazuje rys. 2. Jak widzimy nasycenie przekroju siatkami zasadniczo poprawiło własności wytrzymałościowe konstrukcji.
Podane wzory są próbą matematycznego ujęcia niektórych zależności siatkobetonu i w przybliżeniu orientują nas o jego wytrzymałości. Badania podstawowe nad własnościami siatkobetonu prowadzą w Polsce głównie dwa ośrodki, tj. Politechnika Łódzka - Katedra Żelbetów oraz ITB - Warszawa. Wszyscy badacze są zgodni co do tego, iż siatkobeton może pracować w dalszym ciągu mimo spękań i rys.

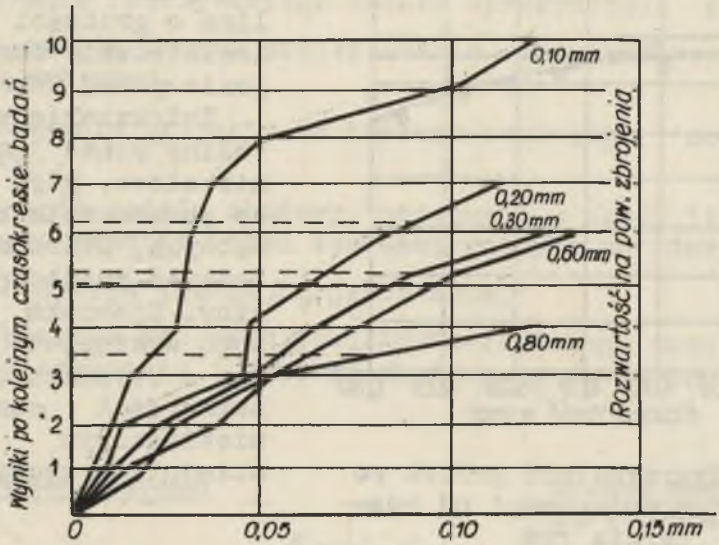
3. Zagadnienie wpływu wielkości rozwarcia rys na korozję zbrojenia

Doświadczalnie stwierdzono, iż w betonie zbrojonym z dostatecznie dużym rozproszeniem przy jednakowych średnich wydłużeniach, szerokość rys jest 10-15 razy mniejsza, niż w przypadku zbrojenia prętowego. Rysy w betonie tworzącym warstwę ochronną wkładek są czynnikiem decydującym o trwałości zbrojenia, gdyż przez nie dostaje się do wkładek ciecz lub gaz agresywny, powodując korozję stali. Tak więc powstaje niebezpieczeństwo powstania korozji w konstrukcji żelbetowej, która pod wpływem różnych czynników zarysowuje się. Na korozję szczególnie narażone jest zbrojenie cienkościennych konstrukcji żelbetowych. Specyficzne własności konstrukcji siatkowych, jak: nieznaczna grubość elementów, otulina w granicach 2-3 mm, zbrojenie w postaci siatek, mogą nasuwać wątpliwości co do przydatności siatkobetonu w warunkach wpływów atmosferycznych, środowiskowych,ciśnienia hydrostatycznego lub innych podobnych oddziaływań. Zachodzi pytanie, czy wszystkie rysy ze względu na ich rozwartość powodują przyspieszenie korozji zbrojenia, względnie jakiej rozwartości rysy można dopuścić bez obawy na korozję stali.

Stwierdzono, że szerokość 0,125-0,3 mm można uważać za bezpieczną, jeżeli konstrukcja nie pracuje w środowisku szczególnie agresywnym.

Z przeprowadzonych dotychczas badań laboratoryjnych nad wpływem rozwartości rys na przyspieszenie korozji zbrojenia wynika, że rysy o rozwartości 0,1 mm na powierzchni zbrojenia nie powodują przyspieszenia procesu korozyjnego, zaś rysy o rozwartości 0,8 mm powodują kilkakrotne jego przyspieszenie. Wyniki badań naniesiono na wykresie rys. 3.

Badania nad wpływem szerokości rys na korozję zbrojenia przeprowadzone w laboratorium ZBiD-BW wykazały, że wytrzymałość drutu bez zaprawy zmniejszyła się średnio o 11%, zaś

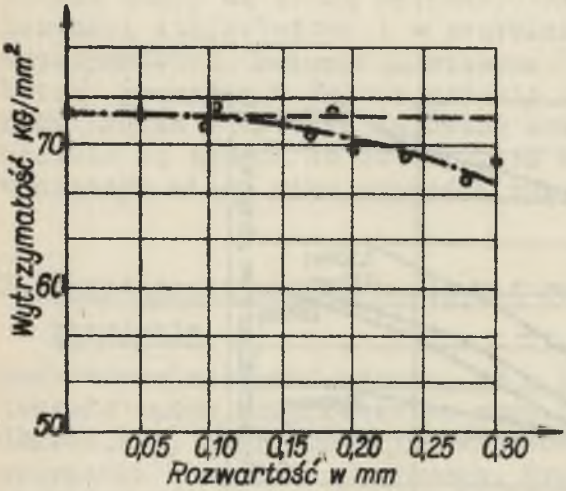


Rys. 3. Wpływ korozji w zależności od rozwartości rys.

drutów w otulinie zarysowanej 6%. Badania te przeprowadzono na próbkach zbrojonych drutami ϕ 0,5 mm, którego Rr = = 7200 kG/cm^2. Próbki umieszczono na okres 28 dni w roztworze sztucznie przyspieszającym korozję. Dla celów porównawczych umieszczono w roztworze również próbki niezarysowane oraz odcinki drutów bez zaprawy. Po tym okresie czasu druty oczyszczono i poddano badaniom na rozciąganie. Wyniki badań przedstawiono na wykresie rys. 4. Jak widzimy, możliwość korodowania zbrojenia istnieje przy rozwartości rys 0,15 mm. Dla wyeliminowania korozji wprowadzono na powierzchnię siatkobetonu szkło wodne lub powłoki na bazie emulsji asfaltowo-lateksowych. Przeprowadzone badania potwierdziły pierwotne przypuszczenia - stwierdzono wpływ korozji środowiska mocno agresywnego dopiero przy rozwarciu 0,5 mm, co pozwala na praktyczne zastosowanie tych konstrukcji do warunków, w jakich pracuje obudowa górnicza. Wstępne badanie

wpływu korozji na siatkobeton w warunkach wody morskiej, przeprowadzone przez Instytut Naukowo-Badawczy Budownictwa Morskiego ZSRR potwierdziły pogląd, że w wielu przypadkach przy dobrej jakości betonu otulina o grubości 2-3 mm dostatecznie chroni zbrojenie przed korozją.

Zwiększenie zatem otuliny ponad 3 mm jest niecelowe, gdyż prowadzi do powstawania rys skurczowych, które mogą spowodować zniszczenie otuliny. Zjawiska powyższe mogą występować szczególnie w betonach o dużej zawartości cementu i niewłaściwym doborze składników kruszyw.



Rys. 4. Wytrzymałość próbek po trawieniu w zależności od rozwarcia rys

4. Realizacja założonego programu

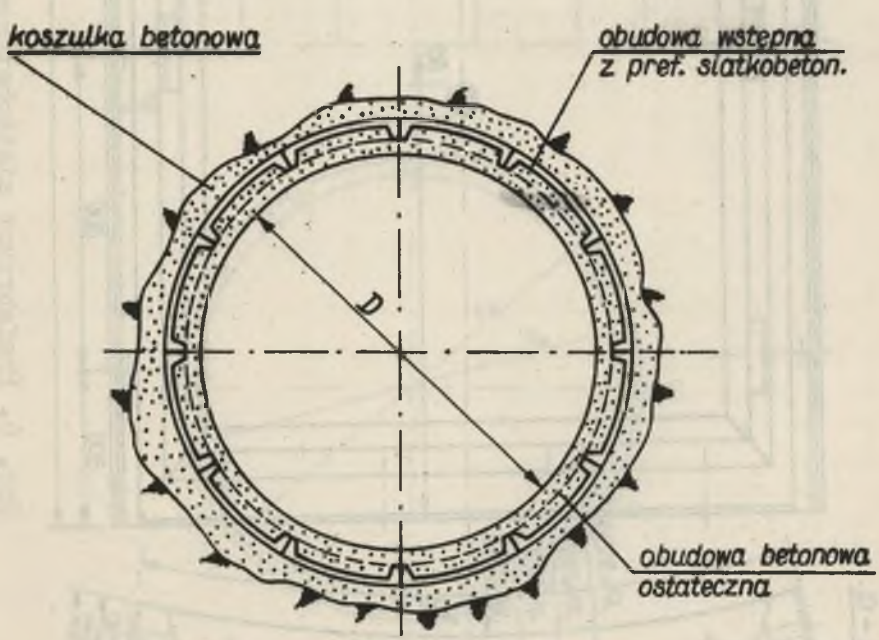
4.1. Prefabrykowana obudowa "wstępna" szybów z siatkobetonu

Trudności technologiczne oraz duża pracochłonność występująca w przypadku głębienia szybów z zastosowaniem wstępnej obudowy z cegły, pierścieni stalowych wraz z blachami okładzinowymi lub z betonu, zdecydowały o podjęciu w Zakładzie Badań i Doświadczeń BG pod naukowym kierownictwem autorów prac projektowo-badawczych nad opracowaniem wstępnej obudowy szybowej z prefabrykowanych elementów siatkobetonowych.

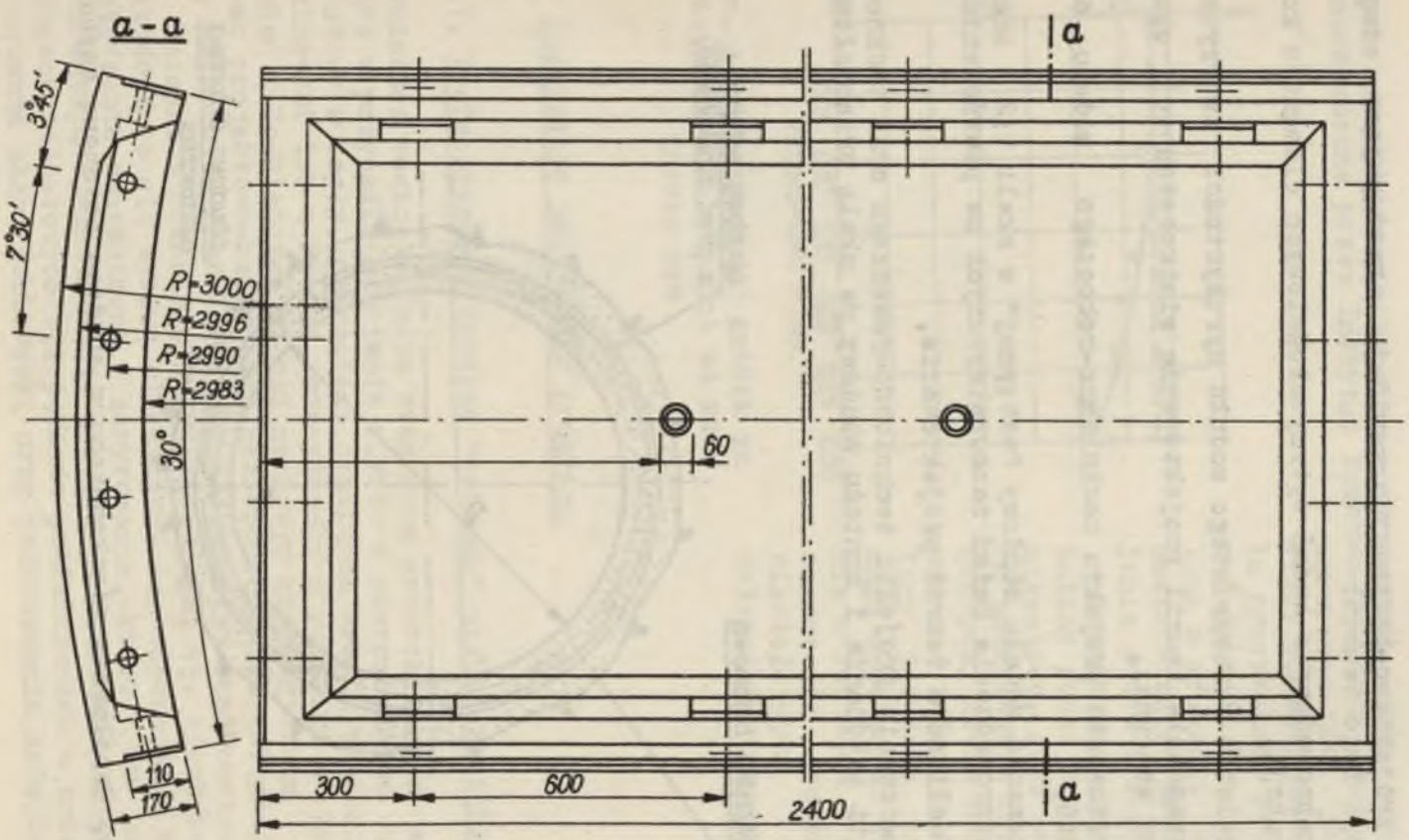
Opisane w rozdziale drugim tworzywo, tj. siatkobeton charakteryzuje się wysoką elastycznością, odpornością na uszkodzenia mechaniczne i zarysowanie, które to własności gwarantują wyeliminowanie zjawisk zaobserwowanych przy tubingach żelbetowych tj. pękania prefabrykatów w trakcie wykonywania złącz śrubowych, przy podwieszaniu kolejnych elementów w szybie.

Cykl projektowo-badawczy przewiduje następujące etapy realizacji tego tematu:

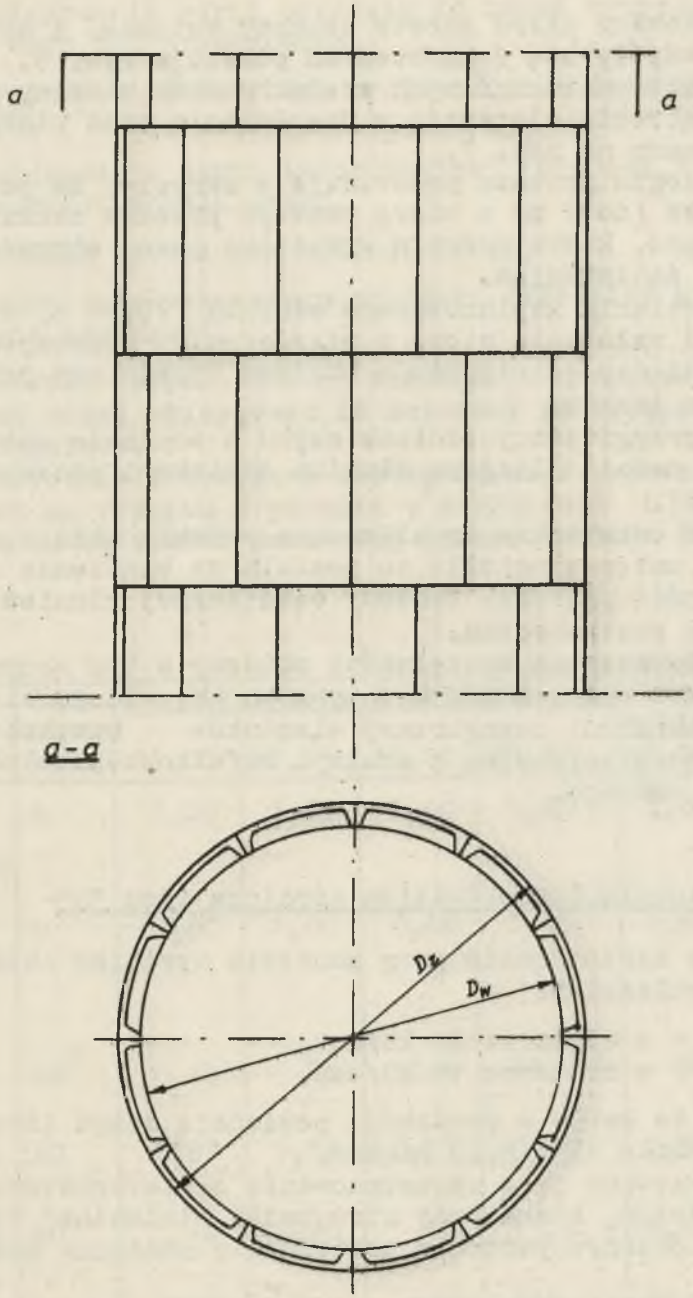
- przeprowadzenie badań wytrzymałościowych elementów konstrukcji,
- ustalenie rzeczywistego modułu sprężystości tworzywa,
- opracowanie teorii projektowania siatkobetonowej obudowy wstępnej,
- opracowanie projektu techniczno-roboczego modelu do badań,
- wykonanie modelu obudowy "wstępnej" w skali 1:2 oraz przeprowadzenie badań tensometrycznych na pierścieniu,
- aktualizacja teorii projektowania,
- opracowanie projektu techniczno-roboczego oraz technologii wykonania i montażu obudowy na skalę przemysłową



Rys. 5. Współpraca siatkobetonu z obudową betonową szybu



Rys. 6. Prefabrykat siatkobetonowy dla szybu Ø 5-5,5 m



Rys. 7. Łączenie prefabrykatów siatkobetonowych w obudowie wstępnej szybu

Projektowany układ warstw obudowy wstępnej i ostatecznej oraz ich współpracę z górotworem pokazuje rys. 5. Przybliżony kształt poszczególnych prefabrykatów widzimy na rys.6. Schemat łączenia elementów w pierścienie oraz pierścieni z sobą pokazano na rys. 7.

Technologia montażu przewiduje w zarysie, że po zgłębieniu odcinka (do 3 m) w miarę postępu przodka zakładamy obudowę wstępną, która osłania wyrobisko przed obrywaniem się skał oraz zaciskaniem.

Po zgłębieniu zaplanowanego odcinka (20-30 m) w obudowie wstępnej i założeniu stopy z pierścieniem podstawowym,przestrzeń pomiędzy górotworem a obudową wypełniamy przez otwory betonem lekkim.

W tak przygotowany odcinek szybu w obudowie wstępnej układa się metodą ślizgową długimi odcinkami płaszcz obudowy ostatecznej.

Obudowa ostateczna zrealizowana w takim układzie stanowi z obudową wstępną monolit co pozwala na włączenie do obliczeń grubości płaszcza obudowy ostatecznej również obudowy wstępnej z siatkobetonu.

Dla podwyższenia szczelności obudowy a tym samym ochrony betonu przed wpływem wód agresywnych przewiduje się powlekanie powierzchni zewnętrznej elementów siatkobetonowych warstwą hydroizolacyjną z emulsji asfaltowo-lateksowych [7] lub szkła wodnego.

4.2. Siatkobetonowa okładzina górnicza typu "S"

Powszechne zastosowanie przy obudowie wyrobisk chodnikowych znalazły okładziny:

- typu A o ciężarze 20 kG/szt,
- typu C o ciężarze 15 kG/szt.

Okładziny te łatwe w produkcji posiadają dosyć istotną wadę, mianowicie zbyt duży ciężar.

Celem autorów jest skonstruowanie z siatkobetonu nowego typu okładziny, która przy utrzymaniu minimalnej siły łamiącej na obecnym poziomie posiadałaby znacznie niższy ciężar.

Program projektowo-badawczy przewiduje następujące etapy realizacji:

- opracowanie projektu okładziny,
- opracowanie technologii produkcji,

- wyprodukowanie serii okładzin do badań wytrzymałościowych oraz ich przebadanie,
- skorygowanie pierwotnego projektu oraz technologii produkcji,
- wyprodukowanie serii informacyjnej (600 szt.) do badań w warunkach kopalnianych,
- opracowanie uzyskanych wyników badań,
- opracowanie ostatecznego projektu okładziny oraz technologii produkcji.

Na podstawie dotychczasowej realizacji programu oraz wyników badań można wnioskować, iż założony na wstępie cel zostanie osiągnięty.

Zaprojektowana i wykonana siatkobetonowa okładzina typu S pokazana na rysunku 9 posiada w porównaniu z okładziną tradycyjną b. korzystne parametry (patrz tablica 1).

Tablica 1

Oznaczenie	Jednostka	Okładziny żelbetowe				Okładziny siatkobet.	
		A1,00	A1,25	C1,00	C1,20	S1,00	S1,20
Długość	m	1,00	1,25	1,00	1,20	1,00	1,20
Maks. rozstaw stropnic	m	0,80	1,00	0,80	1,00	0,80	1,00
Powierzchnia przekroju	cm^2	66	66	56,6	56,6	25	25
Ciężar zbrojenia	kG	0,92	1,14	0,57	0,68	0,53	0,64
Ciężar okładziny	kG	16	20	13	15,5	6,3	7,5
Min. siła niszcząca	kG	315	250	315	250	315	250

Jak wynika z powyższego, oszczędność na betonie wynosi 62% w odniesieniu do okładzin typu A oraz 55% w odniesieniu do okładzin typu C.

Oszczędności stali są odpowiednio mniejsze i wynoszą 42% w odniesieniu do okładzin typu A i 6% w odniesieniu do okładzin typu C.

Ciężar proponowanych okładzin siatkobetonowych stanowi 39% ciężaru okładzin typu A i 48% ciężaru okładzin typu C.

Zmniejszenie objętości betonu przypadającego na jedną okładzinę pozwala na zwiększenie zdolności produkcyjnej zakładów prefabrykacji w przeliczeniu na ilość sztuk. Poza tym zmniejszenie ciężaru pozwala na zastosowanie poczwórnych form bateryjnych w miejsce dotychczas stosowanych form podwójnych, co pozwoli na zwiększenie wydajności brygady betonującej okładziny. (O wielkości formy bateryjnej decyduje łączny ciężar jednocześnie betonowanych okładzin i samej formy).

Zmniejszenie ciężaru okładzin obniży koszty transportu kolejowego i dołowego oraz ułatwi ich zabudowywanie w wyrobisku górniczym.

Do ostatecznego rozwiązania pozostała w zasadzie technologia produkcji, która zagwarantowałaby wydajność na roboczodniówkę w dotychczasowej wysokości. Bliższe dane dot. tej interesującej dla górnictwa okładziny zostaną opublikowane w osobnym artykule.

4.3. Zastosowanie siatkobetonu do obudowy wyrobisk chodnikowych

Zebrane doświadczenie przy projektowaniu oraz realizacji zamierzeń wymienionych w p. 4.1 i 4.2 będą stanowiły podwaliny do rozwiązania problemu obudowy betonowej wyrobisk chodnikowych z wykorzystaniem siatkobetonu.

W poszukiwaniu najprostszego, a zarazem najekonomiczniejszego rozwiązania problemu wykonawstwa obudowy betonowej wyrobisk chodnikowych wypróbowano wiele koncepcji i pomysłów. Jednym z ciekawszych, który chcemy tutaj bliżej omówić, jest próba zastosowania do wykonywania obudowy betonowej siatkobetonu. Wykonanie monolitycznej obudowy wymaga przygotowania odpowiednich form w postaci różnego typu deskowań zwykłych, przestawnych, bądź ślizgowych.

Deskowania te prócz trudności związanych z wykonawstwem sprawiają bardzo wiele kłopotów przy montażu, demontażu,

przestawianiu i ponownym montażu. Jako dodatkową trudność w realizacji monolitycznej obudowy w deskowaniach wymienić należy konieczność zachowania cyklu technologicznego, co w praktyce oznacza ograniczanie postępu wymogami wiązania betonu. Dla poprawy sytuacji w tym zakresie wykonuje się czasami aż po kilka kompletów deskowań, co przy manewrowaniu w wąskich wyrobiskach nastręcza wiele trudności ruchowych.

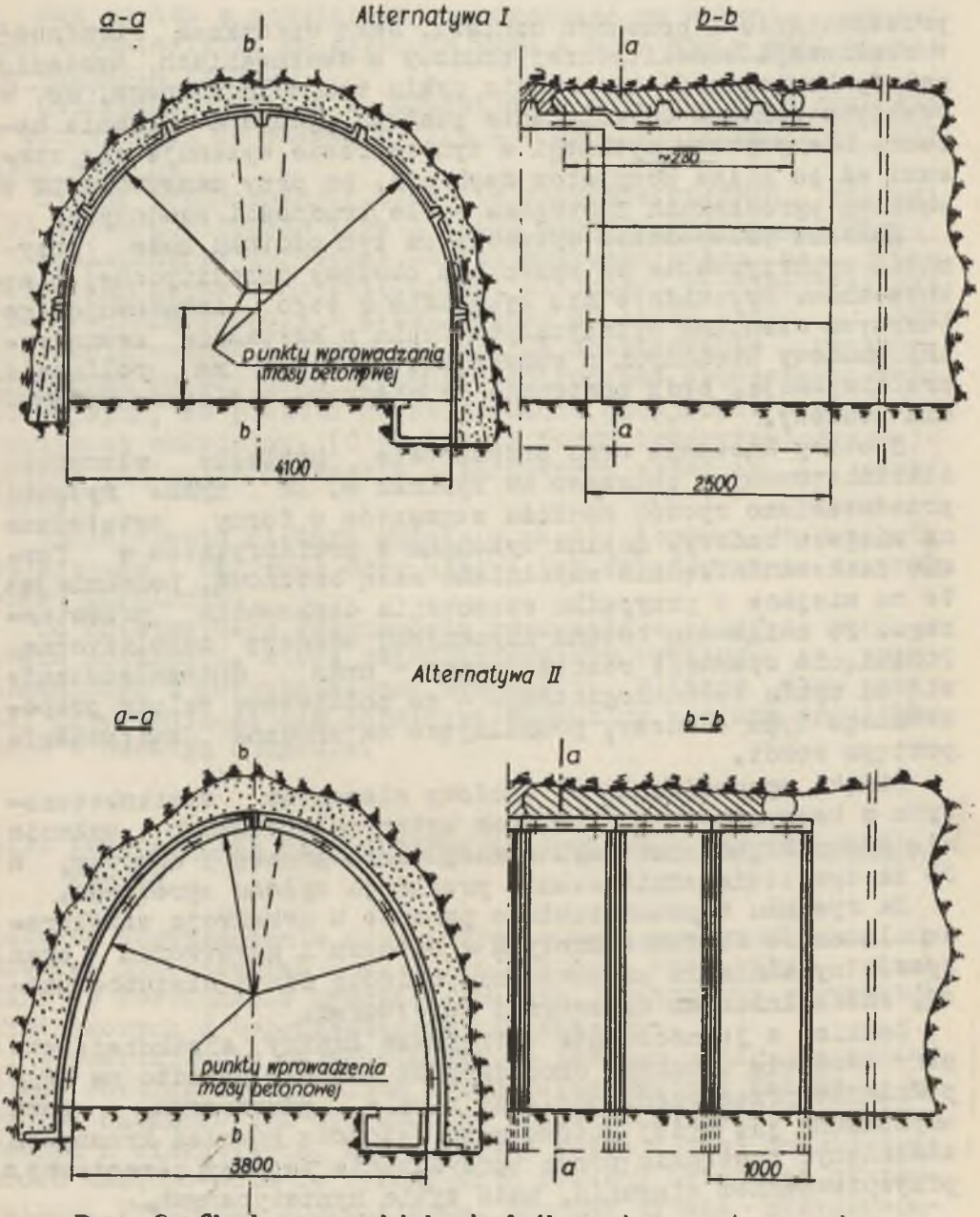
Znaczne polepszenie sytuacji na tym odcinku może przynieść wykorzystanie do wykonania obudowy monolitycznej siatkobetonów. Przewiduje się wykonanie z tego interesującego tworzywa cienkich wytrzymałych łupin w kształcie zewnętrznej obudowy złożonych z segmentów. Wykonane na poligonie prefabrykacje, będą montowane na chodniku w miejscu wykonania obudowy.

Sposoby łączenia oraz proponowane kształty elementów siatkobetonowych pokazano na rysunku 8. Na tymże rysunku przedstawiono sposób montażu segmentów w formy ostateczne na miejscu budowy. Łupina wykonana z prefabrykatów w formie deskowania będzie zapełniana masą betonową, podobnie jak to ma miejsce w przypadku stosowania deskowania przestawnego. Po związaniu betonu uzyskujemy obudowę monolityczną. Pominięcie operacji rozdeskowania oraz uniezależnienie się od cyklu technologicznego - to podstawowe zalety proponowanego typu obudowy, pozwalające na znaczne zwiększenie postępu robót.

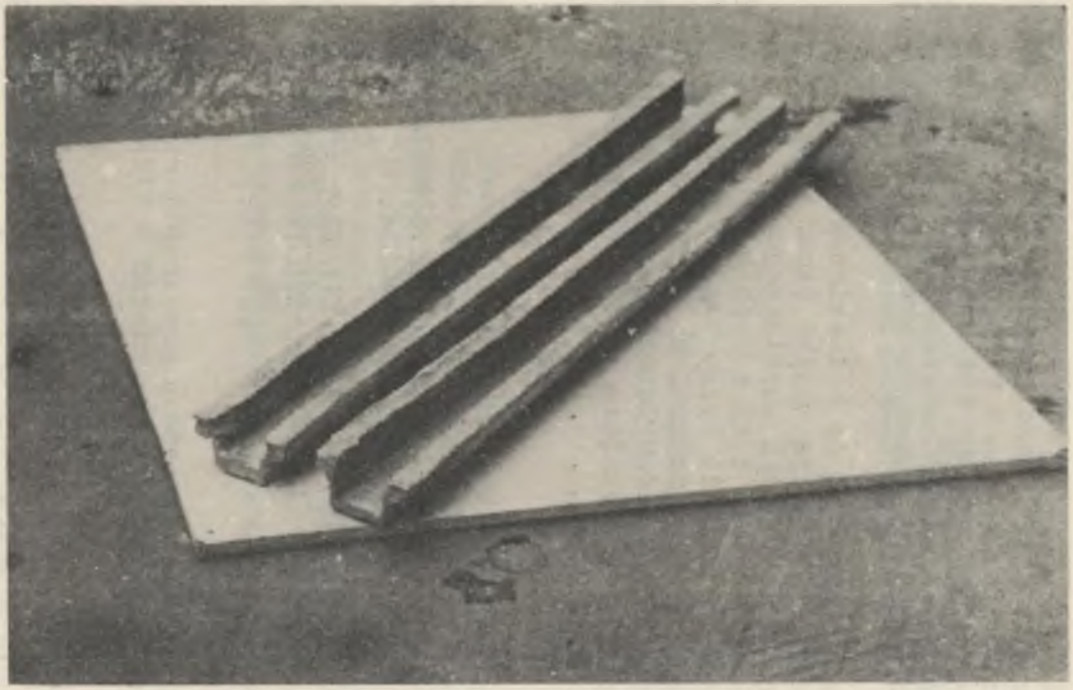
Dzięki wprowadzeniu do obudowy elementów siatkobetonowych o korzystnych parametrach wytrzymałościowych wyłania się perspektywa znacznego zmniejszenia grubości obudowy, a co za tym idzie zmniejszenie przekroju wyłomu wyrobiska.

Na rysunku 8 przedstawiono ponadto w przekroju współpracę elementów siatkobetonowych z betonem i górotworem oraz sposób wypełniania przestrzeni pomiędzy formą siatkobetonową, uszczelnieniem czołowym i górotworem.

Lekkie, a jednocześnie wytrzymałe łupiny siatkobetonowe przy obudowie wyrobisk chodnikowych pozwolą ponadto na wypełnianie przestrzeni pomiędzy nimi a górotworem, poza wspomnianą już wyżej gotową masą betonową również kruszywem zaskalanym następnie przez wprowadzenie zaprawy cementowej z przyspieszeniem wiązania, bądź żywic syntetycznych.



Rys. 8. Obudowa wyrobisk chodnikowych z zastosowaniem prefabrykatów z siatkobetonu



Rys. 9. Okładzina siatkobetonowa typu "S"

4.4. Zastosowanie siatkobetonu do innych konstrukcji w budownictwie podziemnym

Doświadczenie nabyte przy realizacji tak szerokiego programu pozwoli zapewne na dalsze poszerzenie możliwości stosowania siatkobetonu do takich elementów jak ścieki (prefabrykowane), konstrukcje tam wentylacyjnych itp.
Dotychczasowe wyniki badań laboratoryjnych nad wykorzystaniem siatkobetonu do omówionych wyżej konstrukcji są zadowalające,

O tym, czy wejdzie on do budownictwa podziemnego na skalę przemysłową, zadecydują wyniki badań modelowych i prób wdrożeniowych w środowisku kopalnianym.
Oczywiście wprowadzanie tych nowych konstrukcji do górnictwa jest uwarunkowane nie tylko względami technicznymi lecz także rachunkiem ekonomicznym.

Uzyskane wyniki z badań laboratoryjnych, modelowych oraz przemysłowych poparte analizą ekonomiczną będą publikowane w kolejnych artykułach.

LITERATURA

[1] Ciskreli G.D.: Soprotiwljenije rastjażeniju niearmirowanych i armirowanych bietonow 1954.

[2] Kuczyński W.: Wpływ kruszywa grubego na wytrzymałość betonu, Archiwum Inżynierii Lądowej Zeszyt 2/1958.

[3] Armociemient i armociemientnyje konstrukcji: Sbornik statiej 1959.

[4] Ciskreli G.D.: Krasieżotu procznosti sieczenije armociemientnych konstrukcji. Bieton i zieljezo-bieton Nr 5 1962.

[5] Huxstable A.L.: Pier Luigi Nervi Nowy Jork 1960.

[6] Walkus R.: O charakterystyce zbrojenia siatkobetonu. IX Konferencja Naukowa Komitetu Nauki PZJTB i Komitetu Inżynierii Lądowej PAN, Referaty i Komunikaty, Gliwice 1963 - Krynica.

[7] Majzner-Rułka H.: Wykorzystanie emulsji asfaltowo-lateksowych w budownictwie górniczym. Budownictwo Górnicze Nr 3 r. 1965.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕТКОБЕТОНА В ПОДЗЕМНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Р е з ю м е

В работе представлены направления проектно-исследовательских работ проводимых в кафедре "Подземное строительство шахт" и предприятием ЗБиД-БВ в области использования сеткобетона как конструкторского элемента в подземном строительстве шахт. На основании собственных исследований и литературных данных характеризуются структура и механические свойства сеткобетона.

ANALYSIS OF POSSIBILITIES OF USING PRESTRESSED NETWORK CONCRETE IN THE UNDERGROUND MINING CONSTRUCTIONS

S u m m a r y

In the paper the trends of the research work conducted at the Chair of Underground Mining Constructions in order to utilize the prestressed network concrete in the underground mining constructions has been presented.
On the ground of research work done at the Chair, as well as the data drawn from literature of the subject - the construction and the strength properties of the prestressed network concrete have been given.