

Eugeniusz Kosta

WSPÓŁPRACA BETONU NATRYSKOWEGO I STALI  
W ELEMENTACH STALOWO-BETONOWYCH OBUDOWY  
ZBROJONYCH PROFILAMI SZTYWNYMI W POSTACI KORYTEK KS18 I KO18  
W ŚWIETLE BADAŃ MODELOWYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono wyniki badań modelowych i rozważań teoretycznych nad ustaleniem rzeczywistej współpracy pomiędzy wkładką stalową sztywną w postaci żuku korytkowego a oblewającym ją betonem natryskowym. W wyniku badań stwierdzono, że obudowa podatna, pokryta warstwą betonu natryskowego, zostaje całkowicie usztywniona. Wytrzymałość uzyskanej w ten sposób konstrukcji zespolonej jest funkcją stopnia oblania korytka, który w praktyce jest uzależniony od rodzaju zastosowanych okładzin i sposobu ich zabudowy. Najkorzystniejsze wyniki można uzyskać w przypadku zastosowania okładzin siatkowych.

Wstęp

W wyniku zabetonowania obudowy podatnej ŁP (odrzwiła obudowy podatnej + opięcie stropu) przy użyciu betonu tradycyjnego bądź natryskowego uzyskujemy pewien rodzaj konstrukcji zespolonej tzw. obudowę kombinowaną stalowo-betonową. Jak wykazały badania [2 i 5], zastosowanie do tego celu betonu natryskowego z uwagi na zagęszczenie betonu gwarantuje uzyskanie korzystniejszych parametrów wytrzymałościowych konstrukcji. Beton natryskowy oblewający wkładkę stalową (korytko) usztywnia konstrukcję. Stopień usztywnienia jest bliżej niezmany i zależy od przyczepności, stopnia oblania i marki betonu [1, 3 i 5].

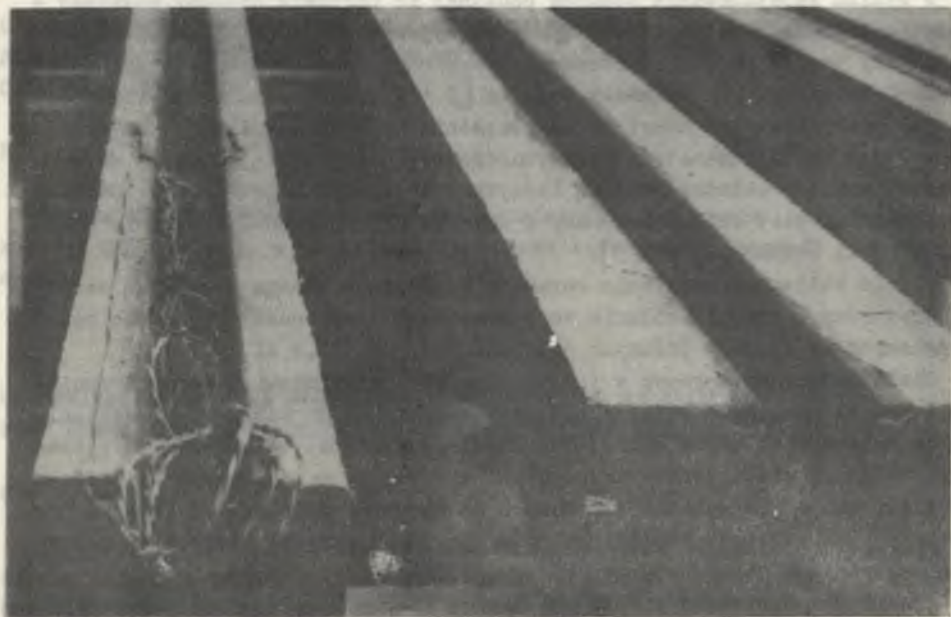
W celu bliższego ustalenia warunków współpracy betonu z wkładką sztywną przy różnym stopniu oblania zaprogramowano i wykonano dwie serie badań modelowych na ciałach próbnych o długości 1,5 m i 2,5 m.

Ciała próbne wykonywano w ten sposób, że w przygotowane formy drewniane (rys. 1) zakładano odpowiednio usytuowaną wkładkę sztywną, a następnie formę zalewano do odpowiedniej wysokości przy użyciu betoniarki natryskowej. Wykonane ciała próbne (rys. 2) po wyrównaniu i rozformowaniu poddawało się pielęgnacji w warunkach zbliżonych do warunków dołowych. W trakcie formowania ciał próbnych zabezpieczono w sposób odpowiedni miejsca do naklejania czynników elektrooporowych (rys. 3, 4).

Przekroje poprzeczne przebadanych ciał próbnych pokazano schematycznie na rys. 5.



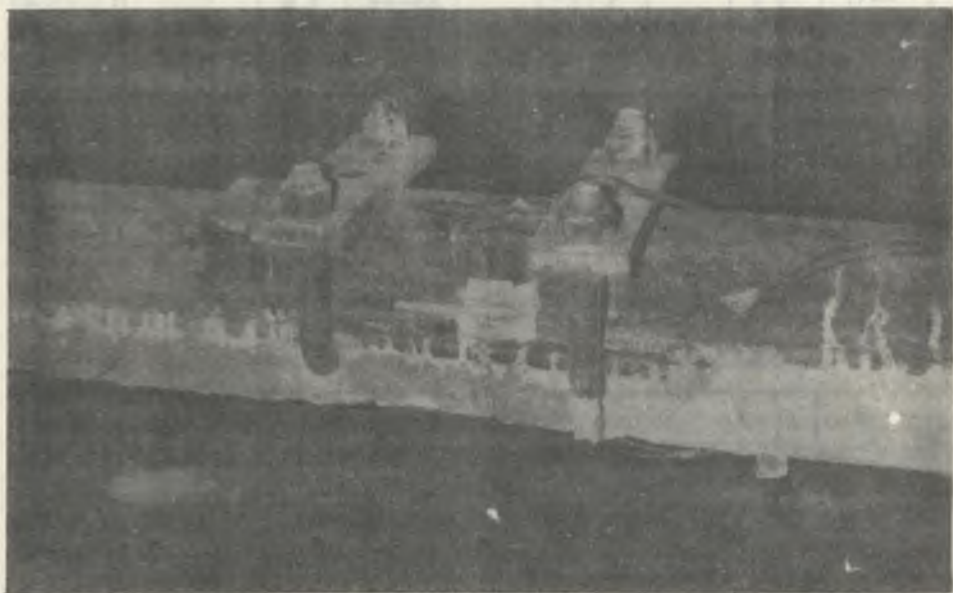
Rys. 1. Widok przygotowanych form w trakcie wykonywania ciał próbnych



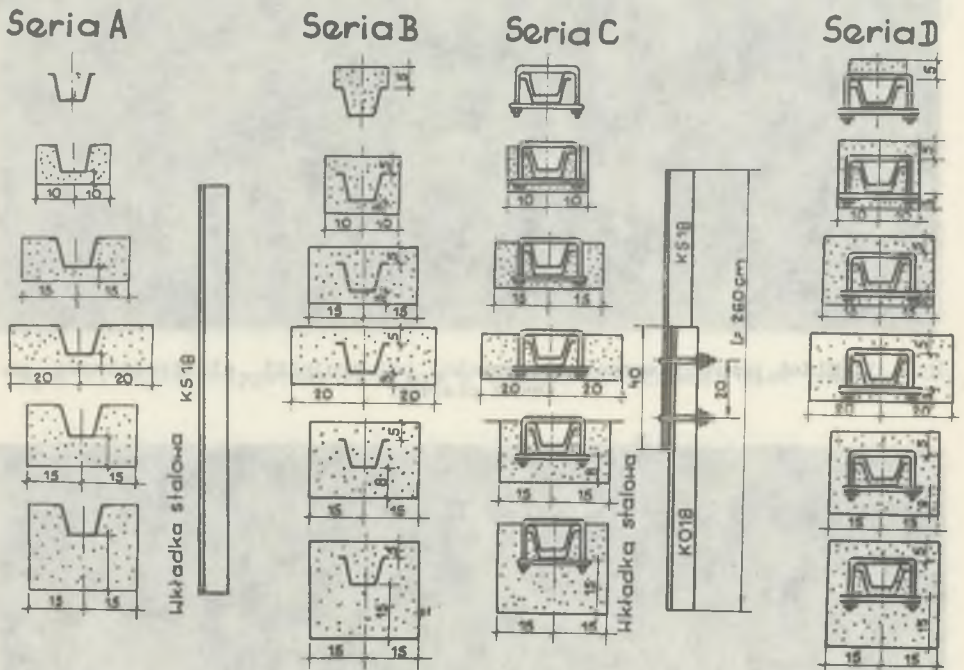
Rys. 2. Widok gotowych ciał próbnych typu A i C



Rys. 3. Widok przygotowanych powierzchni pod osujniki elektrooporowe na zamku ciernym



Rys. 4. Widok ciała próbnego przygotowanego do badań modelowych



Rys. 5. Przekroje poprzeczne badanych ciał próbnych

Ciała próbne o długości  $L = 150$  cm poddano osiowemu ścisnaniu, zaś o długości  $L = 2,6$  m mimośrodowemu ścisnaniu na specjalnie przygotowanych stanowiskach badawczych. Zastosowaną metodykę badań oraz uzyskane wyniki omówiono w kolejnych punktach niniejszej publikacji.

## 1. Badanie elementów stalowo-betonowych obciążonych osiową siłą ścisnąjącą

### 1.1. Cel badań

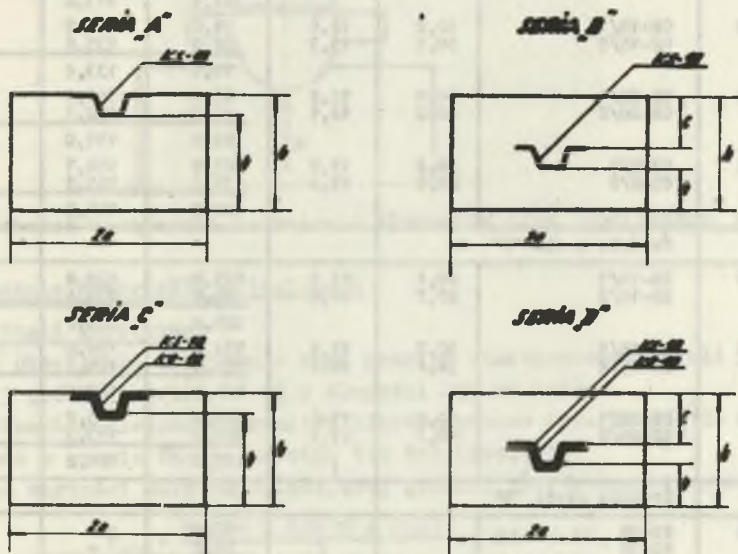
Celem przeprowadzonych badań wytrzymałościowych było określenie stopnia współpracy betonu ze sztywnymi wkładkami zbrojeniowymi (korytka KS-18) przy przenoszeniu osiowych sił ścisnąjących oraz określenie wpływu wielkości przekroju poprzecznego betonu i usytuowania wkładki w przekroju poprzecznym na nośność elementów stalowo-betonowych.

### 1.2. Zakres badań

Badaniom poddano elementy betonowe zbrojone sztywną wkładką stalową o długości  $l = 150$  cm.

W seriach C i D wkładkę stalową stanowiły odcinki profilu KS-18 i KO-18 połączone zamkiem, natomiast w seriach A i B profil KS-18.

Zakres badań obejmował określenie wartości siły niszczącej elementów stalowo-betonowych o przekrojach poprzecznych przedstawionych na rys. 6 i wymiarach zestawionych na rysunku 5.



Rys. 6. Schematy podstawowych przekrojów badanych ciał próbnych

Tablica 1

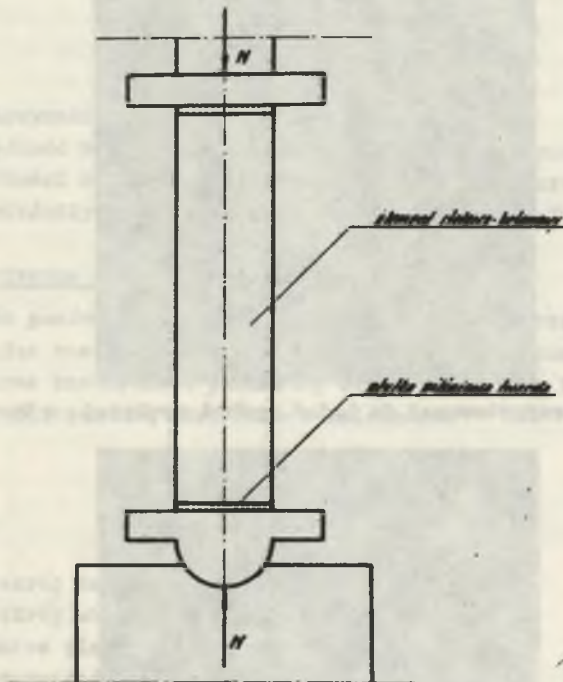
Lp.	Oznaczenie elementu	Wymiary faktyczne		Siła niszcząca		$\frac{P_n - P_{no}}{P_{no}} \cdot 100$
		2a	h	faktyczna	oblicz.	
-	-	cm	cm	T	T	%
1	A2-10/1 A2-10/2	19,9	11,9	74,0	106,0	
		20,2	11,8	52,0	106,0	
2	A2-15/1 A2-15/2	30,5	12,2	63,0	106,0	- 40,5
		30,4	12,6	79,0	129,7	
3	A2-20/1 A2-20/2	40,0	12,6	31,0	131,6	- 38,7
		40,2	11,6	30,0	130,6	
4	A3-8/1 A3-8/2	30,3	16,6	123,0	152,8	- 21,4
		30,9	16,7	112,0	146,2	
5	A3-15/1	30,6	24,0	117,5	149,5	- 49,9
				77,0	153,7	
Średnia dla serii "A"						- 35,8
6	B2-10/1 B2-10/2	20,3	17,4	81,0	133,8	
		20,2	17,2	97,0	132,8	
7	B2-20/1 B2-20/2	40,5	17,7	89,0	133,3	- 25,7
		41,0	17,2	205,0	197,4	
8	B3-8/1 B3-8/2	30,5	21,0	157,0	195,4	- 7,8
		32,8	22,2	181,0	196,4	
Średnia serii "B"						- 13,7
9	C2-10/1 C2-10/2	20,2	14,0	39,0	114,0	
		20,0	14,0	56,0	113,6	
10	C2-15/1 C2-15/2	30,2	12,6	47,9	113,8	- 58,3
		30,5	13,3	59,0	131,2	
11	C2-20/1 C2-20/2	40,0	12,2	82,0	135,6	- 47,1
		40,0	12,5	70,5	133,4	
12	C3-8/1 C3-8/2	30,2	17,8	65,0	150,0	- 64,6
		29,9	17,3	42,0	152,1	
Średnia serii "C"						- 48,3
13	D2-10/1 D2-10/2	20,1	17,3	125,0	132,8	
		20,7	17,0	85,0	131,6	
14	D2-15/1 D2-15/2	30,3	17,5	105,0	133,2	- 21,2
		30,4	18,1	174,0	164,8	
15	D2-20/1 D2-20/2	40,0	17,6	158,0	163,3	0,0
		40,3	17,3	166,0	160,5	
Średnia serii "D"						- 14,0
16	KS-18 KS-18			147,0	195,2	- 11,7
				187,0	193,3	
Średnia ogólna						- 27,35

### 1.3. Realizacja badań

#### 1.3.1. Badania elementów stalowo-betonowych

Elementy stalowo-betonowe poddano osiowemu ściskaniu w prasie 500-tonowej w GIG-u.

Schemat stanowiska pomiarowego przedstawiono na rys. 7. Wyniki badań zestawiono w tabelicy 1.



Rys. 7. Schemat urządzenia do badania elementów przy obciążeniu osiowym

#### 1.3.2. Badania materiałów wyjściowych

##### 1.3.2.1. Stali korыtkowej

W celu określenia diagramu - oraz granicy plastyczności stali poddano badaniom 3 próbki profili KS-18 o długości 290 mm każda.

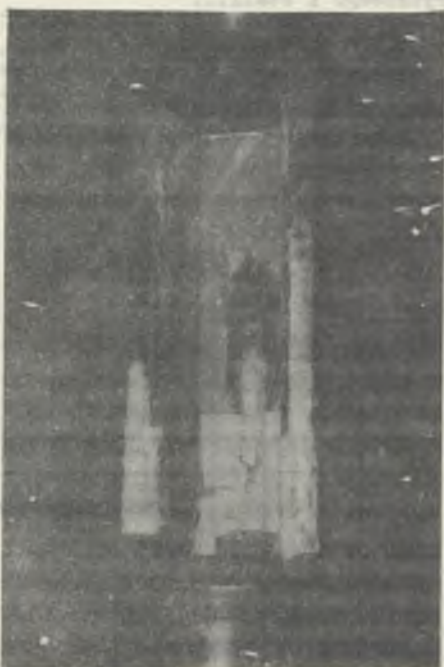
Na próbkach naklejono tensometry elektrooporowe typu RL-25/151 (rys. 8) i obciążono w prasie WK-1 o udźwigu 150 ton (rys. 9).

Średnia wartości siły odpowiadającej granicy plastyczności wynosiła

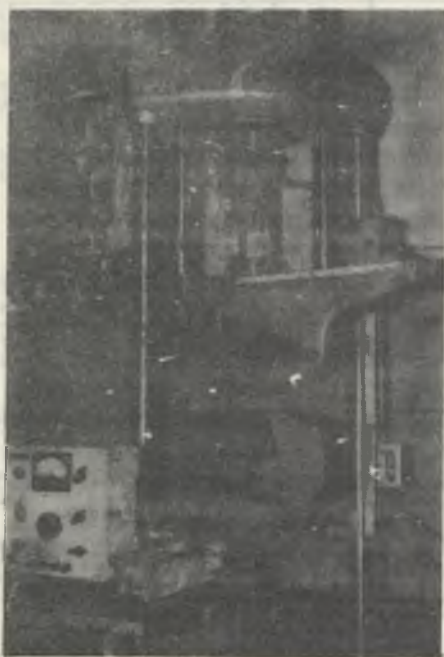
$$\bar{P}_{pl} = \frac{84020 + 84630 + 84630}{3} = 84400 \text{ kg,}$$

stąd granica plastyczności

$$Q_r = \frac{\bar{P}_{pl}}{F} = \frac{84400}{24,6} = 3430 \text{ kg/cm}^2.$$



Rys. 8. Widok przygotowanej do badań próbki wyciętej z korytka KS-18



Rys. 9. Widok badanej próbki na prasie



### 1.3.2.2. Beton

Wytrzymałość betonu na ściskanie określono metodą ultradźwiękową przy zastosowaniu betonoskopu BI-8R-M66 i głowic G-40.

Pomiar prędkości przejścia impulsu ultradźwiękowego przez beton dokonywano dla każdego elementu w trzech punktach.

Wytrzymałość betonu określano z równania regresji

$$R_w = V_b^{3,8} \dots \quad (1)$$

gdzie

$R_w$  - wytrzymałość walcowa betonu ( $40 \text{ kg/cm}^2$ ),

$V_b$  - prędkość przejścia impulsu ultradźwiękowego przez beton (km/sec).

Średnie wartości wytrzymałości betonu dla poszczególnych serii zestawione w tabelicy mieściły się w granicach marek od "250" do "300".

### 1.4. Statystyczna analiza wyników

Dla celów porównawczych określono obliczeniowe wartości siły niszczącej przyjmując rzeczywiste wymiary przekroju poprzecznego poszczególnych elementów oraz rzeczywiste parametry wytrzymałościowe betonu i stali.

Nośność obliczeniową określono z zależności

$$N_n = (F_b \cdot R_s + F_s \cdot Q_r) \cdot \beta \quad (2)$$

gdzie

$F_b$  - przekrój betonu netto ( $\text{cm}^2$ )

$F_s$  - przekrój wkładki sztywnej ( $\text{cm}^2$ )

$Q_r$  - granica plastyczności stali ( $\text{kg/cm}^2$ )

$R_s$  - wytrzymałość słupowa betonu ( $\text{kg/cm}^2$ )

$\beta$  - współczynnik wyoboczeniowy określony ze stosunku

$$\lambda = \frac{l_w}{b}$$

Z uwagi na zachodzący stosunek

$$\lambda = \frac{150}{11,8} = 12,7 < 14 \quad \beta = 1,0$$

nie uwzględniono wyoboczenia w badanych elementach stalowo-betonowych.

W tabelicy 2 podano obliczeniowe i faktyczne wartości siły niszczącej dla poszczególnych elementów oraz różnicę

$$\Delta = \frac{P_n - P_{no}}{P_{no}} \cdot 100\% \quad (3)$$

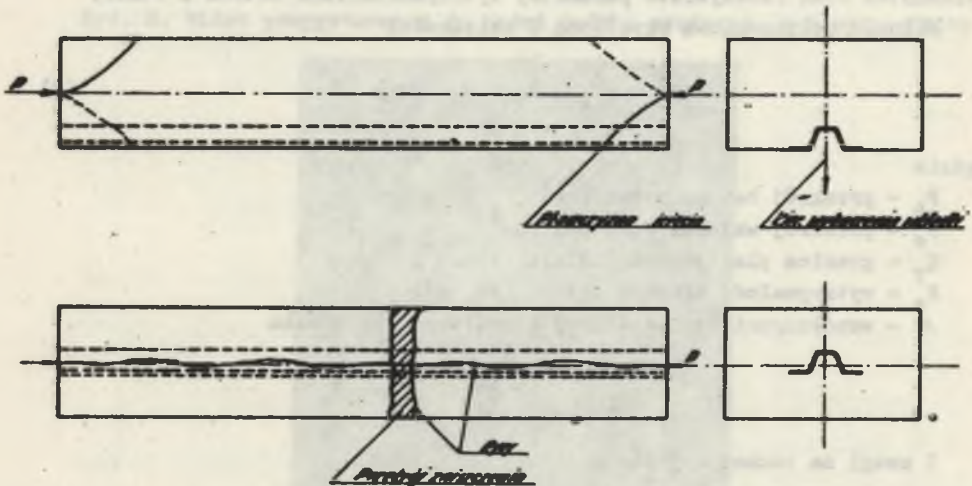
gdzie

$P_n$  - rzeczywista siła niszcząca,

$P_{no}$  - obliczeniowa siła niszcząca.

Wartość  $\Delta$  dla poszczególnych serii jest różna i tak: dla serii "A" wynosi - 35,8%, dla serii "B" - 13,7%, dla serii "C" - 48,3% oraz dla serii "D" - 11,7%.

Jak z powyższego wynika, w elementach serii A i C rzeczywista nośność znacznie odbiega od wartości obliczeniowej, natomiast w pozostałych seriach zgodność jest praktycznie wystarczająca. Stąd wniosek, że elementy, w których sztywna wkładka jest tylko jednostronnie obetonowana (seria A i C) charakteryzują się znacznie niższą nośnością, aniżeli elementy obustronnie obetonowane. Potwierdza to zaobserwowany w trakcie badań charakter uszkodzenia elementów stalowo-betonowych. Mianowicie w elementach z jednostronnie obetonowaną wkładką następowało ścięcie betonu w strefie docisku i cała siła została przekazywana na wkładkę, w wyniku czego ulegała ona wyboczeniu i odspajała się od otaczającego betonu. Natomiast w elementach obustronnie obetonowanych obserwowano równoczesne miażdżenie betonu i płynięcie stali we wkładce sztywnej (rys. 10).



Rys. 10. Charakter zniszczenia elementów stalowo-betonowych  
a - w serii A i C, b - w serii B i D

Porównując nośność elementów wykonanych z pojedynczej wkładki (seria A i C) z nośnością elementów wykonanych z dwóch wkładek połączonych ze sobą zamkiem (seria B i D) można stwierdzić pełną równowartość odpowiadających sobie elementów. Świadczy to o całkowitym zablokowaniu zamku przez otaczający beton i to nawet w elementach z jednostronnie obetonowaną wkładką.

Stąd wnioszek, że obetonowanie obudowy z profili stalowych powoduje zmianę charakteru jej pracy - z podatnej na sztywną. Rośnie jednak równocześnie nośność takiej obudowy. O ile nośność obudowy ŁP łukami otwartymi limitowana jest nośnością zamku wynoszącą ok. 10,0 ton, to w wyniku obetonowania warunek ten zostaje anulowany i nośność obudowy ograniczona jest jedynie wytrzymałością profilu stalowego wynoszącą dla KS-18 ok. 76,5 ton oraz grubością i rodzajem warstwy betonu w obudowie.

## 2. Badania elementów stalowo-betonowych obciążonych mimośrodowo \*

### 2.1. Cel badań

Celem przeprowadzonych badań wytrzymałościowych było określenie stopnia współpracy betonu ze sztywnymi wkładkami zbrojeniowymi przy przenoszeniu występujących w praktyce mimośrodowych sił ściskających oraz określenie wpływu wielkości przekroju poprzecznego betonu i usytuowania wkładki w przekroju na nośność i charakter pracy statycznej elementów stalowo-betonowych.

### 2.2. Zakres badań

Zakres badań obejmował określenie wartości zastępczego momentu niszczonego dla elementów stalowo-betonowych o parametrach przekroju poprzecznego jak w p. 1.2.

Elementy użyte do tej serii badań różniły się od elementów poddanych osiowemu ściskaniu jedynie długością. Mianowicie długość ich wynosiła  $l = 2,60$  m.

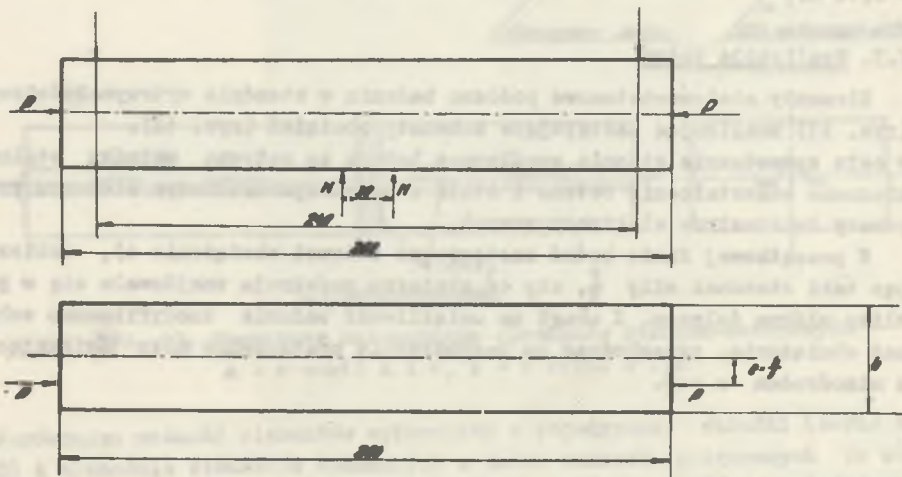
### 2.3. Realizacja badań

Elementy stalowo-betonowe poddano badaniu w stendzie wytrzymałościowym (rys. 11) realizując następujące schematy obciążeń (rys. 12). W celu sprawdzenia stopnia współpracy betonu ze sztywną wkładką stalową mierzono odkształcenie betonu i stali w przekroju środkowym elementu przy pomocy tensometrów elektrooporowych.

W początkowej fazie badań zastosowano schemat obciążenia a), dobierając taki stosunek siły  $\frac{P}{N}$ , aby oś obojętna przekroju znajdowała się w pobliżu włókna dolnego. Z uwagi na uciążliwość badania zmodyfikowano schemat obciążenia, przechodząc na bezpośrednie przyłożenie siły ściskającej z mimośrodem  $e = \frac{h}{6}$ .



Rys. 11. Widok stanowiska badawczego do badań elementów stalowo-betonowych na mimośrodowe ściskanie

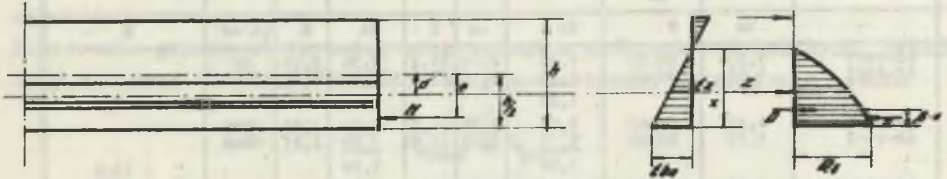


Rys. 12. Schematy obciążeń

a - ściskanie osiowe połączone ze zginaniem, b - ściskanie z przyłożeniem siły na mimośrodku  $e = \frac{h}{6}$

#### 2.4. Statystyczna analiza wyników

Dla celów porównawczych określono obliczeniowe wartości siły niszczącej przyjmując rzeczywiste wymiary przekroju poprzecznego poszczególnych elementów oraz faktyczne parametry wytrzymałościowe betonu i stali.



Rys. 13. Rozkład sił wewnętrznych w przekroju badanego elementu

Nośność obliczeniową określono wg metody Bierkemaera i Jacobsona (rys.13)

$$N_n = D + F_z \cdot \sigma_z \quad (4)$$

$$N_n(e - \delta) = D \cdot \left( \frac{h}{z} - \beta \cdot x - \delta \right), \quad (5)$$

gdzie

$D$  - siła ciśnień

$$D = R_g \cdot k \cdot b \cdot x$$

$b$  - szerokość elementu

$k$  - współczynnik z diagramu Rüscha

$\beta$  - współczynnik z diagramu Rüscha

$\sigma_z$  - naprężenie w stali.

W tabelicy 2 podano obliczeniowe i faktyczne wartości siły niszczącej dla poszczególnych elementów oraz różnicę

$$\Delta = \frac{M_n - M_{no}}{M_{no}} \cdot 100\% \quad (6)$$

gdzie

$M_n$  - rzeczywisty moment niszczący,

$M_{no}$  - obliczeniowy moment niszczący.

Analizując zestawione w tabelicy 2 wartości można stwierdzić silny rozrzut wyników. Wartość  $\Delta$  waha się od + 17,6 do - 71,1% w przeciwieństwie do wyników badań elementów ściskanych osiowo nie występuje istotne zróżnicowanie nośności pomiędzy elementami z wkładką jednostronnie odsłoniętą (seria A i C), a elementami obustronnie obetonowanymi.

Tablica 2

Lp.	Oznaczenie elementu	Wartości obliczeniowe			Wartości faktyczne					$A = \frac{M - M_{no}}{M_{no}} \cdot 100$
		mimośrodudę	siły niszczonej $P_{no}$	$M_{nz} = P_{no} \cdot e$	e	$P_n$	$M_n = P_n \cdot e$	$E_{bn}$	$\delta_a$	
-	-	cm	T	$T_m$	cm	T	$T_m$	%	$kG/cm^2$	%
1	A2-10/1	1,93	64,40	1,25	2,09	65,2	1,36	2,06	Qr	+ 17,6
	A2-10/2	1,93	64,40	1,25	2,15	73,6	1,58	2,61	3120	
2	A2-15/1	1,93	90,80	1,76	5,76	28,0	1,61	2,68	2700	- 10,0
	A2-15/2	1,93	90,80	1,76	3,03	52,6	1,60	2,21	1000	
3	A2-20/1	1,93	104,30	2,02	2,00	59,5	1,19	1,73	1810	- 28,2
	A2-20/2	1,93	104,30	2,02	4,28	40,0	1,72	-	1140	
4	A3-8/1	2,77	126,50	3,50	2,80	38,4	1,08	0,34	1000	- 65,1
	A3-8/2	2,77	126,50	3,50	2,80	48,7	1,36	0,75	1180	
5	A3-15/1	3,93	170,60	6,70	4,00	50,2	2,01	0,20	420	- 70,0
Średnia serii "A"										- 31,1
6	B2-10/1	2,77	40,10	1,11	2,30	52,2	1,20	1,86	1680	+ 10,0
	B2-10/2	2,77	40,10	1,11	2,40	51,1	1,25	1,56	1300	
7	B2-20/1	2,77	79,40	2,20	2,80	67,7	1,90	2,18	1200	- 22,7
	B2-20/2	2,77	79,10	2,20	2,80	55,7	1,45	1,22	1200	
8	B3-8/1	3,60	106,60	3,84	3,50	65,0	2,28	1,27	1660	- 41,7
	B3-8/2	3,60	106,60	3,84	3,50	63,2	2,21	1,14	1520	
9	B3-15/1	4,77	167,60	8,00	4,80	27,1	1,30	0,13	210	- 71,1
	B3-15/2	4,77	167,60	8,00	4,90	67,6	3,32	1,03	1460	
Średnia serii "B"										- 31,4
10	C2-10/1	1,93	64,40	1,24	2,30	28,8	0,66	0,21	380	- 41,9
	C2-10/2	1,93	64,40	1,24	2,40	32,9	0,79	0,43	430	
11	C2-15/1	1,93	90,80	1,75	2,10	16,1	0,34	0,02	270	- 68,0
	C2-15/2	1,93	90,80	1,75	2,30	33,9	0,78	0,29	850	
12	C2-20/1	1,93	104,3	2,02	uległ zniszczeniu w trakcie wkładania do stendm					
13	C3-8/1	2,77	126,50	3,50	3,00	37,9	1,14	0,11	235	- 67,4
Średnia serii "C"										- 59,1
14	D2-10/1	2,77	40,10	1,11	3,00	39,8	1,19	1,70	860	+ 14,4
	D2-10/2	2,77	40,10	1,11	3,00	45,0	1,35	-	-	
15	D2-20/1	2,77	59,10	1,64	2,60	69,8	1,82	1,67	800	+ 11,0
16	D3-15/1	4,77	167,60	8,00	4,80	63,5	3,05	0,88	1310	- 59,0
	D3-15/2	4,77	167,60	8,00	4,80	73,0	3,51	0,77	820	
Średnia serii "D"										- 11,2

Porównując obliczeniowe i faktyczne wartości momentu niszczonego można stwierdzić nie osiągnięcie w większości przypadków wielkości obliczeniowej. Jedynie w elementach oznaczonych symbolem: A2-10/1, A2-10/2, A2-15/1, A2-15/2, B2-20/1, B2-10/2, D2-10/1, D2-10/2 oraz D2-20/1 wartość obliczeniowa momentu niszczonego była zbliżona do wartości pomierzonych w trakcie badań.

Pomierzone graniczne wartości odkształceń w włóknach ściskanych betonu były zbliżone do wielkości odpowiadających stanowi zmiążdżenia betonu

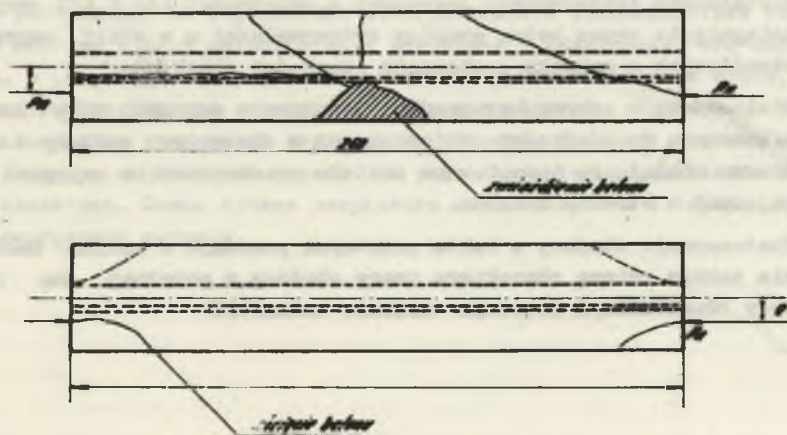
$$E_{bmax} \approx E_{bn}$$

Natomiast graniczne naprężenia w stali były w ogólnym przypadku niższe od granicy plastyczności.

Z powyższego wynika, że elementy te uległy zniszczeniu wskutek zmiążdżenia betonu w strefie ściskanej, przy czym nie towarzyszyło temu na ogół osiągnięcie granicy plastyczności przez stal. Pozostałe elementy uległy zniszczeniu przy działaniu sił znacznie niższych od wartości obliczeniowych.

Pomierzone wartości odkształceń betonu i stali w przekrojach środkowych elementów wskazują na niewielkie wykorzystanie nośności tych materiałów. Elementy te uległy zniszczeniu wskutek przekroczenia naprężeń rozciągających w strefie docisku.

Na rysunku 14 przedstawiono charakterystyczne uszkodzenia w obydwu grupach elementów.



Rys. 14. Schematy uszkodzeń

a - elementy o  $M_n \approx M_{n0}$ , b - elementy o  $M_n \ll M_{n0}$

### 3. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań wytrzymałościowych elementów stalowo-betonowych poddanych osiowemu i mimośrodowemu obciążeniu można stwierdzić co następuje:

- 3.1. Nośność osiowo obciążonych elementów stalowo-betonowych uzależniona jest od wielkości przekroju betonu i wkładki stalowej, parametrów wytrzymałościowych betonu i stali oraz od usytuowania wkładki w betonie.  
Przy wkładkach jednostronnie zabetonowanych następuje ich odspojenie przy niższych w ogólności wartościach obciążeń aniżeli wynosi siła niszcząca dla elementów z wkładkami obustronnie obetonowanymi.
- 3.2. Nośność osiowo-obciążanych elementów stalowo-betonowych z obustronnie obetonowaną wkładką stalową można z dostateczną dokładnością wyznaczyć z zależności (2) przyjmując równoczesne osiągnięcie granicy plastyczności przez stal i granicy wytrzymałości przez beton.
- 3.3. Nośność osiowo obciążanych elementów stalowo-betonowych wykonanych z pojedynczej wkładki oraz z wkładki dwuczęściowej łączonej zamkiem jest identyczna.
- 3.4. Nośność mimośrodowo-obciążanych elementów stalowo-betonowych uzależniona jest od wielkości przekroju betonu i wkładki stalowej, parametrów wytrzymałościowych betonu i stali oraz od usytuowania wkładki w przekroju.
- 3.5. Nośność mimośrodowo obciążanych elementów stalowo-betonowych można z dostateczną dokładnością wyznaczyć z zależności (4) i (5) przyjmując osiągnięcie przez beton granicy wytrzymałości a w stali naprężeń a określonych z warunku zachowania płaskości przekroju.
- 3.6. Stwierdzone w szeregu przypadkach zaniżenie wartości siły niszczącej w stosunku do wielkości obliczeniowej w elementach poddanych mimośrodowemu obciążeniu spowodowane zostało przekroczeniem naprężeń rozciągających w strefie docisku.
- 3.7. Obetonowanie obudowy z żuków podatnych powoduje w wyniku zablokowania zamków zmianę charakteru pracy obudowy z podatnej na sztywną przy równoczesnym istotnym wzroście nośności.



## LITERATURA

1. M. Chudek: Obudowa wyrobisk. Obudowa kamienna, metalowa i mieszana. "Śląsk" Katowice 1968.
2. M. Chudek: Obudowa kombinowana (murowo-stalowa) poziomych wyrobisk górniczych. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, "Górnictwo", 13, Gliwice 1965.
3. E. Kosta: Współpraca betonu natryskowego z okładzinami górnictwymi i wkładką kamienną w świetle badań modelowych i dołowych. "Budownictwo Górnicze", nr 2, 1973 (w druku).
4. E. Kosta; S. Szendzielorz: Doświadczenia ruchowe przy wykonywaniu obudowy z betonu natryskowego w Przedsiębiorstwie Robót Górniczych w Sosnowcu. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, "Górnictwo", z. 52, Gliwice 1972.
5. K. Rułka: Studium nad wytrzymałością obudowy betonowej zbrojonej regularnie rozmieszczonymi wkładkami sztywnymi w postaci łuków korytkowych. Praca habilitacyjna. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, "Górnictwo", z. 42, Gliwice 1970.
6. K. Rułka: Obudowa stalowo-betonowa wyrobisk korytarzowych i komorowych "Śląsk", Katowice 1972.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НАБРЫЗГБЕТОНА И СТАЛИ В ЭЛЕМЕНТАХ ИЗ СТАЛЕБЕТОНА,  
СЛУЖАЩИХ ДЛЯ КРЕПИ И АРМИРОВАННЫХ МЕСТНОСТЯМИ В ВИДЕ ЛОТКОВ  
ПРОФИЛИМИ КС18 И КО18 В СВЕТЕ МОДЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

## Р е з ю м е

В работе представлены результаты модельных исследований и теоретических рассуждений по определению действительного взаимодействия между стальным жёстким в виде лотковой арки элементом и обливающим его набрызгбетоном. В результате исследований определено, что податливая крепь, покрытая слоем набрызгбетона, становится полностью жёсткой. Прочность полученной таким образом сплочённой конструкции является функцией степени облива лотка, которая на практике зависит от рода применённых затяжек и способа их установления. Самые лучшие результаты можно получить в случае применения сеткообразных затяжек.

THE COOPERATION OF GUNITE AND STEEL IN STEEL - CONCRETE ELEMENTS,  
ARMED WITH RIGID PROFILES IN THE FORM OF CHANNEL SECTIONS  
KS18 AND K018; FROM THE VIEWPOINT OF MODEL TESTING

S u m m a r y

In this paper there are given the results of model testings as well as theoretical considerations concerning the determination of the cooperation of the rigid steel insert (KS18 and K018) and gunite. It has been stated, that the flexible steel arch supported with a gunite shell becomes completely rigid.

The strength of the above mentioned support depends on the kind of linings used for this purpose and on the way of how they are fixed. The most advantageous results are achieved in the case, when net linings are used.