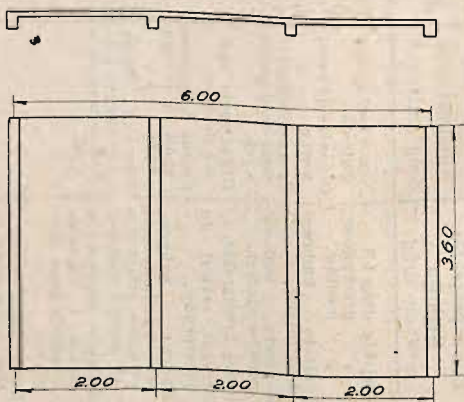


STEFAN BRYŁA.

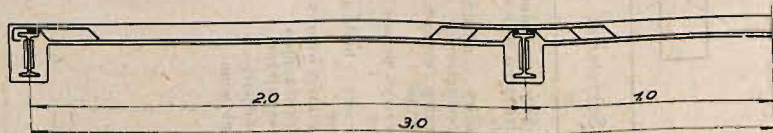
## DŹWIGARY OBETONOWANE W ŚWIETLE DOŚWIADCZEŃ BAESA.

W związku z artykułem inż. Skopińskiego p. t. Żelazobetonowe przepusty i małe wały płytowe z wkładkami sztywnymi (Wiadomości Drogowe 1934, str. 397) podam tu wyniki doświadczeń z dźwigarami obetonowanymi, opisanych przez prof. Baesa w Ossature Métallique 1933 Nr. 1. Wykonane one były w uniwersytecie brukselskim. Użyto do nich dwuteówek I Nr. 18 i szerokostopowych Nr. 14. Prócz wielu doświadczeń w laboratorium, w których sposób obetonowania był różny, zrobiono dwa doświadczenia na większą skalę. Mają one największe znaczenie i opiszę je też szczegółowiej. Obciążono mianowicie aż do zniszczenia dwa stropy (rys. 1). Każdy strop

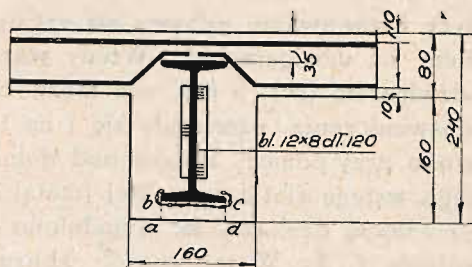


Rys. 1.

składał się z 4 belek I Nr. 18 o rozpiętości 3,6 m, oddalonych od siebie co 2 m, obetonowanych i przykrytych płytą żelbetową (rys. 1). Płyta 8 cm, odpowiednio uzbrojona drutami  $\phi$  8 mm, wystawała 35 mm ponad górną stopkę dźwigarów (rys. 2, 3, 4).



Rys. 2.



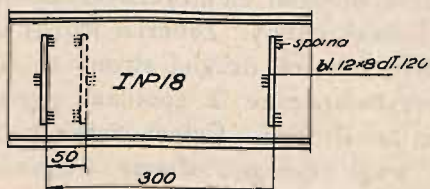
Rys. 3.

Do obetonowania użyto dwu gatunków betonu: 1) betonu porfirowego o składzie mieszanki

800 l. tłucznia porfirowego

400 l. piasku ostrego

300 kg. cementu szybkotwardniejącego t. zw. Ceberitu na 1 m<sup>3</sup>. 2) betonu pumekowego (Bimsbeton) porowatego bez piasku, z cementem 250 kg/m<sup>3</sup>. Jeden strop był z betonu porfirowego (rys. 2 i 3), w drugim tylko górna warstwa, 3,5 cm

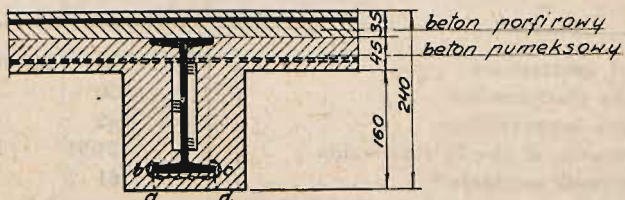


Rys. 4.

gruba, t. j. tuż ponad krawędzią dźwigarów dwuteowych była z takiego betonu, reszta z betonu pumekowego (rys. 5). Ciężar stropu

1) porfirowego wynosił  $g = 350 \text{ kg/m}^2$

2) pumekowego zaś  $300 \text{ kg/m}^2$ .



Rys. 5.

W praktyce betonowanie odbywa się często na deskowaniu zawieszonym na dźwigarach I. Wtedy warstewka betonu a b c d pod dźwigarem (rys. 3 i 5) nie może być ubita należycie. Aby doświadczenia rozciągały się i na ten ważny wypadek, zawieszono przy pomocy haków pod dolną stopką dźwigara dwuteowego wstęgę siatki jednolitej (métal déployé), a po obetonowaniu i zdjęciu deskowania, wypełniono próżnię a b c d zaprawą cementową 1 : 3. W ten sposób zbliżono się do warunków najniekorzystniejszych, jakie mogą zachodzić.

Wytrzymałość kostkowa w  $\text{kg/cm}^2$  wynosiła:

betonu	po 7 dniach	po 28 dniach
porfirowego	200	245
pumekсового	90	110 — 125

Ścianki dwuteowników były stężone żeberkami  $12 \times 8$  dł. 120 mm przyspójnami elektrycznym łukiem w odległościach co 300 mm z każdej strony. Żeberka jednej strony były przesunięte względem żeberk drugiej strony o 50 mm rys. 4. Żeberko było przytwierdzone 2 spoinami punktowymi z jednej strony i jedną z drugiej. Celem żeberk było zwiększenie przyczepności, wzgl. uniemożliwienie ślizgania się betonu po żelazie.

Moduł Younga E określono na podstawie ugięć, inne wielkości na podstawie badania próbek o średnicy 8,5 mm wyciętych ze stopek w kierunku walcowania.

Tabl. 1.

	I N 18	I N 14 P
Moduł sprężystości . . . . .	E=19 200	21, 400 $\text{kg/mm}^2$
granica plastyczności . . . . .	30	31 "
doraźna wytrzymałość . . . . .	= 45	45 "
wydłużenie w chwili rozerwania % . .	24,5%	26,1%
spółczynnik zwięzania % . . . . .	61 %	70 %
stosunek siły rozrywającej do przekroju zwięzonego . . . . .	96	117 $\text{kg/mm}^2$

Cyfrowo przebieg doświadczeń streszcza tablica 2.

Tablica 2.

wiersz	strop z betonu	Obciążenie całkowite q kg/cm <sup>2</sup>		$\varphi = \frac{q}{q_0}$		$\psi = \frac{q - g}{q_0 - g}$	
		porfir.	pu- meks.	porfir.	pu- meks.	porfir.	pu- meks.
1	$\sigma_{zd} = 16 \text{ kg/mm}^2, q_0 = . .$	850	850	1	1	1	1
2	Pierwsze pęknięcia od spodu	980	1200	1.15	1.41	1,26	1.70
3	Pęknięcia widoczne z boku	1080	1200	1.27	1.41	1,46	1.70
4	Pęknięcia dochodzą aż do spodu płyty . . . . .	2380	—	2,8	—	4.05	—
5	Osiągnięcie (rachunkowe) gr. plastyczności 30 kg/mm <sup>2</sup>	1630	1630	1.91	1.91	2.56	2.56
6	Stan krytyczny płyty się zaczyna . . . . .	4380	3200	5.18	3.76	8.10	5.70
7	f : 1 = 1 : 2000 . . . . .	880	650	1,04	0.76	1.06	0,60
8	1 : 1000 . . . . .	1280	1000	1.51	1.18	1.86	1.31
9	1 : 500 . . . . .	2180	1675	2.56	1.97	3.65	2.65

Jako zasadnicze dopuszczalne naprężenie stali na rozciąganie przyjęto  $K_{zd} = 16 \text{ kg/mm}^2$ . Odpowiadające mu obciążenie całkowite stropu wynosi  $q_0 = 850 \text{ kg/m}^2$ , według rachunku we fazie II (wiersz 1). Jeżeli obciążenie przy którym obserwowano pewien stan np. pojawienie się pierwszych włoskowatych pęknięć (wiersz 2), jest q, to stopień zabezpieczenia się przed

tym stanem można wyrazić stosunkiem:  $\varphi = \frac{q}{q_0}$  lub  $\psi = \frac{q - g}{q_0 - g}$ .

Oba te stosunki podane są na tablicy. Znalezione, że można w obliczeniu stropu zwykłego (porfirowego) przyjmować  $n = 12 - 15$ , zaś stropu porowatego (pumekсового)  $n = 30$ . Tych wartości użyto przy obliczaniu wierszy 1, 5, 7, 8, 9.

Z tablicy 2 czytamy, że przyjęcie  $K_{zd \text{ dop}} = 1600 \text{ kg/cm}^2$  jest usprawiedliwione, skoro bezpieczeństwo przeciw złamaniu (wiersz 6) wynosi dla betonu zwykłego  $\varphi = 5,18$ , zaś  $\psi = 8,10$ . Dla betonu porowatego pewność nieco mniejsza  $\varphi = 3,76$ ,  $\psi = 5,70$ , ale wystarczająca.

$$\text{Jeżeli } M_{\max} = u Pl = \sigma \frac{1.2}{h}, \text{ zaś } f = \varphi \frac{Pl^3}{EI}$$

$$\text{to } \sigma = \frac{u E h f}{2 \varphi l^3}$$

Dla belki wolno podpartej obciążonej całkowicie jednostajnie  $u = \frac{1}{8}$ ,  $\varphi = \frac{5}{384}$ . Dla  $l = 360$  cm,  $h = 18$  wzgl. 14 cm otrzymamy dla różnych  $f : 1$  dopuszczalne naprężenie w  $\text{kg/cm}^2$  wg. tablicy 3.

Tablica 3.

$f : 1$	I 18	Nr. 14
1 : 2000	230	200
1 : 1000	460	400
1 : 500	920	800

Są to wszystko wartości daleko mniejsze od  $K_z = 1600$   $\text{kg/cm}^2$ . Zatem warunek sztywności z reguły nie pozwala na wyzyskanie stali pod względem wytrzymałości. Ostatnie trzy wiersze tabl. 2 wskazują, że przez obetonowanie uzyskujemy dla I Nr. 18 dostateczną pewność przeciw ugięciom nawet gdy naprężenie  $K_z = 1600$   $\text{kg/cm}^2$ , a mianowicie 1,04, 1,51, wzgl. 2,56 dla betonu zwykłego.

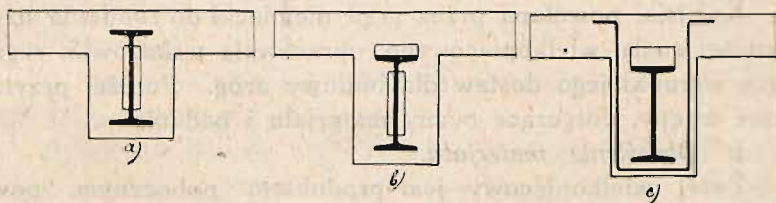
Obciążano dźwigary PN 18 i DIN 14 nieobetonowane aż do tej granicznej wartości  $P$ , przy której ugięcie stale wzrastało. Wartość ta wynosiła

$$\begin{array}{ll} \text{dla PN 18} & \text{DIN 14} \\ P = 7000 & 8700 \text{ kg,} \end{array}$$

czemu odpowiada naprężenie w przybliżeniu równe 30  $\text{kg/mm}^2$ , t. j. granica plastyczności. Zatem wytrzymałość belki nieobetonowanej wyczerpuje się nie z powodu osiągnięcia naprężenia  $\sigma_r = 45$   $\text{kg/mm}^2$ , równego wytrzymałości na rozerwanie, tylko wcześniej i stopień bezpieczeństwa dla naprężenia dopuszczalnego  $K_{zd} = 16$   $\text{kg/mm}^2$  jest nie 3, ale niespełna 2, co zresztą zupełnie wystarczy. Takież stopień bezpieczeństwa uzyskamy i w razie obetonowania, gdy uwzględnimy współdziałanie betonu (wiersz 5 tabl.). Znaczy to, że obetonowane dźwigary można liczyć jako ustrój żelbetowy i to dla naprężenia  $K = 1600$   $\text{kg/cm}^2$ ; jeżeli normalnie przyjmujemy 1200  $\text{kg/cm}^2$  i ogólnie zaś dla naprężeń o  $\frac{1}{3}$  wyższych od naprężeń dopuszczalnych dla konstrukcji czysto stalowych. Zniszczenie stropu porfirowego

nastąpiło przy  $\varphi = 5,18$  przez popęknięcie płyty w miejscu zetknięcia z żebrzem, W innych wypadkach gdzie płyta była odpowiednio gruba, osiągnięto ugięcie  $f : 1 = 1 : 50!$  Mamy tu więc z materiałem a raczej zespołem doskonale plastycznym do czynienia.

Warstwa ochronna nie odpryskiwała w omawianych doświadczeniach. Niemniej zaleca się zastosować ciekłą siatkę jednolitą pod żebrami. Gdy stopka górna tkwi w płycie (rys. 6, a), to przyczepność jest dostateczna. Ale nie zaszkodzi przyspoić elektrycznie żeberka do ścianek. Gdy stopka górna jest



Rys. 6.

w poziomie spodu płyty (rys. 6, b) dobrze jest dać także żeberka na stopce górnej. W przypadku rys. 6, c należy ponadto dać strzemię pionowe lub lepiej nachylone pod  $45^\circ$ , zwłaszcza gdy beton porowaty, gąbczasty.

Doświadczenia opisane mają duże znaczenie: wynika z nich, że żelazo walcowane otulone betonem może być wyzyskane w znacznie większym stopniu niż żelazo nieotulone, głównie z tego powodu, że niemożliwe jest tutaj jakiegokolwiek zwiększenie czy wyboczenie. Jeżeli normalnie przyjmuje się naprężenie dopuszczalne  $1200 \text{ kg/cm}^2$ , a w belkach obetonowanych przyjąć można  $1600 \text{ kg/cm}^2$ , to oznacza to możliwość podniesienia naprężenia dopuszcz. o  $33\frac{1}{3}\%$ , t. j. o jedną trzecią—i to bez jakichkolwiek stężeń wiatrowych stalowych. W tym samym stopniu, t. j. o  $33\frac{1}{3}\%$  będzie można podnieść też i naprężenie dopuszczalne w konstrukcjach mostowych. Do tego dochodzą walory następujące: odpada konserwacja; odpadają usztywnienia i ciśnienia, rozkładają się korzystnie pomiędzy belki, odpadają; rusztowanie deskowanie można podwiesić. I stąd ekonomja tych niedocenianych konstrukcyj, na które słusznie zwraca uwagę p. Skopiński. Szwankują tylko sposoby obliczenia, które są zawile lub nie uwzględniają rzeczywistego stanu

rzeczy. Dlatego też opracowuję wzory dla projektowania i obliczania tych konstrukcyj, które to wzory podam w oddzielnym artykule.

Zaznaczam raz jeszcze, że śmiało można przyjmować naprężenia tych belek o  $\frac{1}{3}$  wyższe niż w konstrukcjach nieobetonowanych.

---

INŻ. ZYGMUNT BIAŁECKI.

## OCENA ŻUŻLI WIELKOPIECOWYCH DLA BUDOWY DRÓG.

Komisja, powołana przez rząd niemiecki do zbadania użyteczności żużla wielkopieczowego opracowała wskazówki, regulujące warunki jego dostaw dla budowy dróg. Poniżej przytaczamy ustępy, dotyczące oceny materiału i badania.

### I. *Określenie materiału.*

Żużel wielkopieczowy jest produktem pobocznym, powstającym w stanie płynnym przy wytapianiu surowego żelaza. W skład żużla tego wchodzi przeważnie krzemiany wapnia, połączenia glinu ze zmienną zawartością magnezu, siarka związana z wapnem, tlenek żelaza i t. p.

Żużel wielkopieczowy uważać należy jako stop kamienny. Wszystkie inne żużle jak: niedopałki węgla, żużle kotłowe, lokomotywowe, żużle odpadające przy wytapianiu cyny, cynku, ołowiu jak również przy rafinowaniu i przetapianiu surówki i wytwarzaniu stali bessemerowskiej, Thomasa lub martynowskiej nie należą do kategorii „żużli wielkopieczowych”.

### II. *Cechy żużla.*

Do budowy dróg nadają się tylko żużle kwaśne, powstające zwykle przy wyrobie surowej stali i posiadające znaczną zawartość krzemionki, wyżej 29% i wapna niżej 45%. Żużle, wydzielane przy wadliwym biegu wielkiego pieca odznaczają się zwiększoną zawartością żelaza. Poznać je można po brunatno-czerwonawym nalocie. Przy wyższej zawartości żelaza żużel taki nabiera ciemno-niebieskiego w czarny kolor wpadającego zabarwienia. Żużle takie do użytku drogowego nie nadają się.

*Żużle ze starych złóż.* Żużel, pochodzący z dawnych zapasów może być użyty tylko po dokładnem zbadaniu go. Warstwy podejrzanej wartości winny być usuwane.