

C

Nr

3114

Technika Warszawska

*Budy hana...
Dichenon Bojemsk*

Stefan Bryła. 1

Wb

Obliczanie stropów² cegłanych zazębionych

Odbitka z Przeglądu Budowlanego Nr. 10 — 11 z roku 1934



3114

WARSZAWA

1934

Technika Warszawska

Nr

~~3/14~~

Politechnika Warszawska

BIBLIOTEKA
POLITECHNIKI WARSZAWSKIEJ
Warszawa, Pl. Jedności Robotniczej 1

~~27924~~

C. 3113

C. 3114.

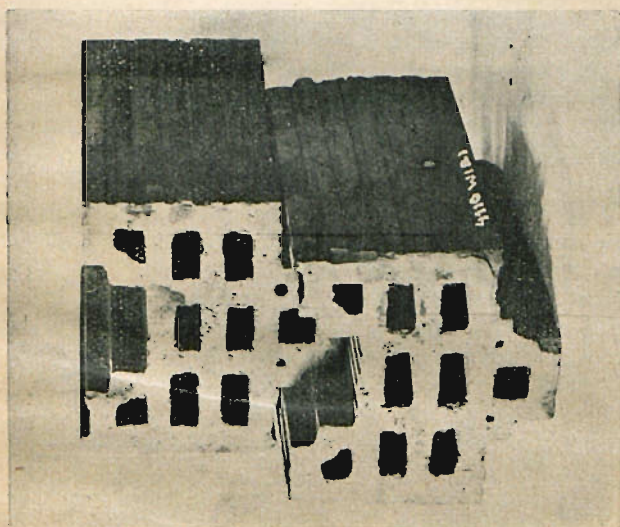


nr. 366

Zakł. Graf. „DRUKPRASA” N.-Świat 54. Tel.: 615-56 i 242-40.

BG03P/207-34

Stropy ceglane zazębione wykonywa się ze specjalnych wielokomorowych pustaków ceramicznych. Pustaki mają przekrój prostokątny z dodanym z jednej strony grzebieniem (zębem) o bokach zukosowanych lekko w „jaskółczy ogon” i z wyciętym z drugiej strony rowkiem tego samego kształtu co grzebień lecz nieco od niego większym.



Rys. 1.

W wycięcia wchodzi grzebień sąsiednich pustaków, które się układa z wiązaniem na pół długości pustaka. Luz między grzebieniem a wycięciem, czyli spoinę podłużną stropu wypełnia się zaprawą cementową. Styki poprzeczne (czołowe) również zapelnia się zaprawą. W dolnej części pustaka są płytkie wgłębienia, które służą do umieszczenia bednarki.

o ile zachodzi potrzeba wzmocnienia stropu przy pomocy uzbrojenia.

Stropy ceglane zazębione mają liczne zalety konstrukcyjne i statyczne, które zachęcają do poddania ich szczegółowym badaniom doświadczalnym i teoretycznym. Mają one równą powierzchnię dolną górną, dzięki czemu sprawa wykonania sufitu i podłogi upraszcza się znakomicie. Stropy wykazują również małe przewodnictwo termiczne i akustyczne. Przez zazębienie się pustaków za pośrednictwem grzebieni obciążenia rozkładają się na dużą powierzchnię a w konsekwencji przenoszą się częściowo także na boczne opory przy stropach opartych na 4 krawędziach.

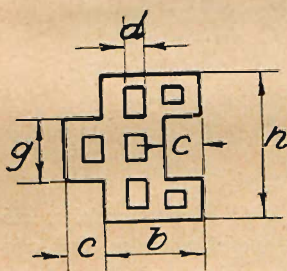
Pustaki zazębione typu „Pomorze” (rys. 1) są wyrabiane w trojakiach rozmiarach; przy jednakowej zawsze szerokości $b = 13$ cm i długości $2a = 27$ cm, mają wys. $h = 15, 20$ lub 25 cm. Wyrabiane są one przez Pomorskie Zakłady Cericzne w Grudziądzu.

Pustaki układają się rzędami, t. j. pasami o szerokości b . Pierwszy rząd układa się w murze (we wgłębieniu), lub na odsadźce muru, każdy następny rząd dopasowuje się do poprzedniego w ten sposób, że jego grzebień wchodzi w rowek pasa już ułożonego, zaś szwy czołowe mijają się o pół długości pustaka.

W ten sposób każdy pustak zazębia się o dwa pustaki poprzedniego i dwa pustaki następnego pasa, czyli o 4 pustaki.

W spoinach pomiędzy pasami można ułożyć bednarkę. Stosuje się ją przy większych rozpiętościach i obciążeniach stropu.

Jako schemat uproszczony przyjmiemy pustak, którego przekrój otrzymuje się z prostokąta bh przez wycięcie rowka prostokątnego z jednego boku i doczepienie go z drugiego boku (rys. 2).



Rys. 2.



Rys. 3.

Zbadamy wytrzymałość stropu zależnie od siły poprzecznej i od momentu zgięcia.

Wpływ siły poprzecznej.

Strop się zawali, jeżeli pod działaniem siły poprzecznej zostaną ścięte grzebienie i spoiny czołowe w linii łamanej A—B (rys. 3).

Gdyby zaprawy nie było, a grzebienie ściśle paśowały do rowków lub gdyby w spoinach znajdowała się jakaś masa wypełniająca ale nie spajająca, toby spoiny czołowe nie pracowały. Wtedy na pas pustaków o szerokości b przypadłaby płaszczyzna ścięcia o długości „ a ” równej połowie długości pustaka i szerokości g równej wysokości grzebienia, czyli powierzchni $a \times g$, a na 1 m szerokości stropu $F = a \times g \times \frac{100}{b}$.

Zatem siła poprzeczna

$$T = 100 \frac{a}{b} g \tau = K \tau \dots (1)$$

jeżeli $K = 100 \frac{a}{b} g$, zaś τ jest naprężeniem dopuszczalnym na ścinanie. Dla obciążenia równomiernego: stałego q i użytkowego p ; $T = \frac{1}{2} (q + p) L$ więc dopuszczalna wartość obciążenia całkowitego

$$q + p = 2 \frac{T}{L} = \frac{2 K \tau}{L}$$

Siła ścinająca pozioma przypadająca na 1 rząd pustaków wynosi

$$t = \frac{T_1 S}{J} \text{ kg/cmb.}$$

przyczem $T_1 = T \frac{b}{100}$ (siła poprzeczna na szerokości 1 rzędu).

Dla prostokąta w odległości $v = \frac{g}{2}$ nad osią ciężkości

$$\frac{S}{I} = \frac{3}{2 h} \left(1 - \frac{g^2}{h^2} \right)$$

a ponieważ w tym miejscu szerokość użyteczna pustaka wynosi $b_v = b - c - d$ (rys. 2), więc

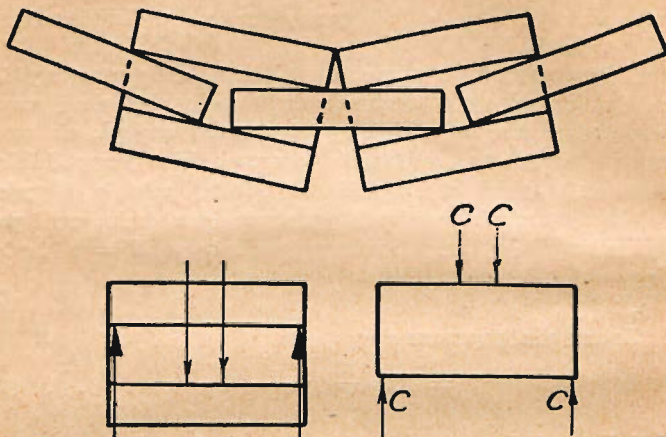
$$\tau = \frac{T \times b \times 3}{b_v \times 100 \times 2 h} \times \left(1 - \frac{g^2}{h^2} \right) = \frac{T}{A} \dots (2)$$

przyczem

$$A = \frac{200}{3} \frac{b_v \times h}{b \times \left(1 - \frac{g^2}{h^2} \right)}$$

Wzór ten jest wyprowadzony pod założeniem, że zaprawa nie współdziała.

Jeżeli liczymy na wytrzymałość zaprawy, to nie potrzeba uwzględniać osłabienia przekroju przez wycięcie c, gdyż



Rys. 4.

jest ono zapełnione grzebieniem sąsiedniego pustaka. Wtedy największe naprężenie ścinające występuje w osi ciężkości i wynosi:

$$\tau = \frac{T_0 S}{b_0 I} = \frac{3}{200} \frac{Tb}{b_0 h} \dots \dots \dots (3)$$

przyczem

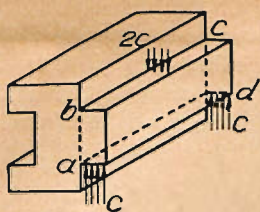
$$b_0 = b - d$$

Wpływ momentu zginającego.

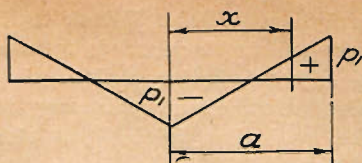
Jeżeli strop się ugnie, to grzebienie się zacisną. Rys. 4 przedstawia w przesadzonej skali ugięcie przekrój pionowy przez grzebienie i rowki.

Dzięki naciskom C odbiera dany pustak, a raczej jego grzebień moment M od dwu pustaków sąsiedniego rzędu.

Jeżeli zaprawa nie współdziała moment ten $M = a \cdot C$ przenosi się z grzebienia na korpus pustaka za pośrednictwem sił ścinających p w płaszczyźnie pionowej a b c. ściśle biorąc tylko część M_1 momentu M przenosi się na korpus, reszta $M_2 = M - M_1$ zniesiona zostaje sztywnością grzebienia na zginanie. Jeżeli moment bezwładności przekroju grzebienia jest I_2 , zaś całego pustaka I to możemy przyjąć



Rys. 5.



Rys. 6.

$$M_z = M \frac{I_z}{I}$$

zaś $M_1 = M - M_z = M \frac{I_1}{I}$ przyczem $I_1 = I - I_z$ Można jednak przyjąć $M_1 = M$ z wielkiem przybliżeniem.

O siłach ścinających p wiemy tylko, że całka ich składowych pionowych równa się zeru, zaś całka ich momentów równa się momentowi M_1 . Przyjmijmy, że same te siły są pionowe. Z powodu symetrii możemy rozpatrywać połowę grzebienia.

Więc (por. rys. 6 — 8)

$$\int_0^a p \, dx = 0 \dots \dots \dots (4)$$

$$\int_0^a px \, dx = M_1 \dots \dots \dots (5)$$

Gdyby grzebień był przerwany w połowie, a sztywność jego przekroju była nieskończenie wielka ($I_z = \infty$), to siły ścinające p zmieniałyby się według prostych (rys. 6), zaś największa siła ścinająca na środku i na końcach

p_1 wynikałyby z równania 5)

$$M_1 = \frac{1}{2} p_1 \frac{a}{2} \frac{2}{3} a = \frac{1}{6} p_1 a^2$$

czyli

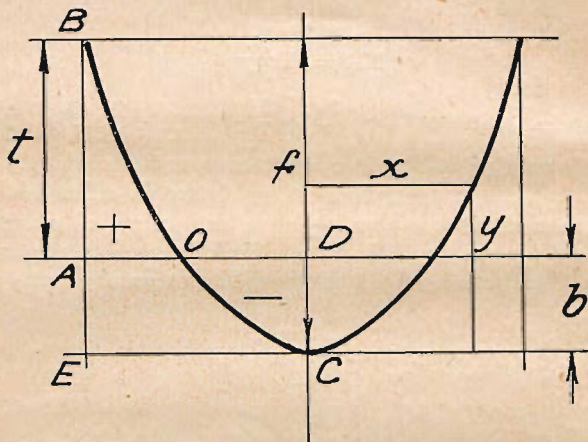
$$p_1 = 6 \frac{M_1}{a^2}$$

Z powodu jednak ciągłości zębu linia, przedstawiająca natężenie sił ścinających nie może mieć załomu w środku, tylko musi mieć w tem miejscu styczną poziomą.

Dokładne znalezienie kształtu tej krzywej jej trudne. Do pewnego stopnia grzebień możnaby uważać jako belkę na

sprężystem podłożu. Jednak trudno to oznaczyć charakterystykę podłoża. Zaciemniają sprawę napięcia skręcające. Wobec tego przyjmijmy rozkład sił p według paraboli (rys. 7), której wierzchołek wyznaczony jest wartością b , siły ścinającej w środku. Jeżeli f jest strzałką paraboli, to równanie jej jest

$$y = \frac{f}{a^2} x^2$$



Rys. 7.

Aby pole ujemne ABO było równe polu dodatniemu CDO musi być $EBOC = ADCE$ czyli

$$\frac{1}{3} af = ab \quad f = 3b; \quad b = \frac{f}{3}$$

Równanie momentów

$$\int_0^a yx \, dx - \frac{1}{2} a^2 b = M$$

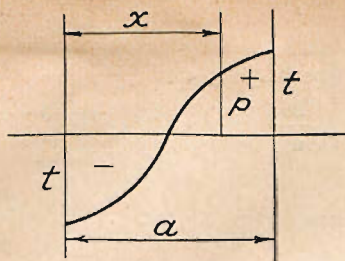
ale

$$\int_0^a yx \, dx = \frac{f}{a^2} x^3 \, dx = \frac{1}{4} a^2 f$$

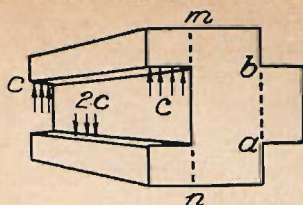
więc

$$M = \frac{1}{4} a^2 f - \frac{1}{2} a^2 b = \frac{a^2}{2} \left(\frac{f}{2} - \frac{f}{3} \right) = \frac{a^2 f}{12}; \quad f = 12 \frac{M}{a^2}$$

Największa siła ścinająca:



Rys. 8.



Rys. 9.

$$t = \frac{2}{3} f = 8 \frac{M}{a^2} \dots \dots \dots (6)$$

Przyjmijmy rozkład sił ścinających p według sinusoidy (rys. 8)

$$p = -t \cos \frac{\pi}{4} x$$

Dla $x = 0$ $p = -c$
 „ $x = a$ $p = +c$
 „ $x = \pm \frac{a}{2}$ $p = 0$

Równanie sił (4) spełni się oczywiście, gdyż powierzchnia nad i pod osią odciętych są sobie równe. Równanie momentów (5) przyjmie postać.

$$M = \int_0^a p dx = -t \int_0^a x \cos \frac{\pi}{a} x dx = -\frac{t a^2}{\pi^2} \int_0^{\pi} x \cos x dx$$

ale

$$\int x \cos x dx = \int x d \sin x = x \sin x - \int \sin x dx =$$

$$= x \sin x + \cos x; \int_0^{\pi} x \cos x dx = \cos \pi - \cos 0 = -2$$

zatem

$$M = \frac{2 t a^2}{\pi^2} = \infty \frac{t a^2}{5}$$

stąd

$$t = \infty 5 \frac{M}{a^2} \dots \dots \dots (7)$$

W rzeczywistości rozkład sił ścinających będzie pośredni pomiędzy parabolą i sinusoidą, gdyż styczna do linii sił

p na krawędzi nie będzie poziomą jak u sinusoidy, nie będzie też tak stromą jak u paraboli. Wobec tego przyjmujemy wartość pośrednią z równań 6 i 7, czyli

$$t = 6,5 \frac{M}{a^2}$$

Naprężenie ścinające

$$\tau = \frac{t}{g} = 6,5 \frac{M}{a^2 g} \dots \dots \dots (8)$$

Również w przedłużeniu dna rowka, t. j. w płaszczyznach utwierdzenia ząbków, ograniczających rowek czyli w przekroju m — n (por. rys. 9) działają siły ścinające, lecz mniej niebezpieczne od poprzednio omówionych.

Pustak narażony jest na moment 2M, gdyż z każdego boku otrzymuje moment M.

Naprężenie na zginanie

$$\sigma = \frac{2M}{W} \dots \dots \dots (6)$$

Ale

$$W = \frac{I \cdot 2}{h}$$

więc

$$\sigma = \frac{M}{I} h \dots \dots \dots (9a)$$

Z porównania (8) i (9a) otrzymamy

$$\frac{\tau}{\sigma} = 6,5 \frac{I}{a^2 h g}$$

Moment bezwładności przekroju pustaka

$$I = \frac{\mu \cdot b}{12} h^3$$

gdzie μ wyraża wpływ próżni. Możemy przyjąć

$$\mu = 0,8; \frac{\tau}{\sigma} = \frac{6,5}{12} \frac{\mu \cdot b \cdot h^3}{a^2 g h} = \frac{13}{24} \frac{\mu \cdot b \cdot h^2}{a^2 g} = \frac{13}{30} \frac{b h^2}{a^2 g} \dots \dots (10)$$

Zginanie w kierunku poprzecznym.

Grzebienie umożliwiają przeniesienie z jednego pasa na drugi nie tylko sił poprzecznych, ale i momentów zgięcia.

Moment (por. rys. 10) $M = C \cdot r$.

$$C = \frac{M}{r} = a g \tau$$

$$\tau = \frac{M}{r a g} \dots \dots \dots (11)$$

M oznacza tutaj moment przypadający na szerokość a.

Napężenie na rozciąganie przy zginaniu

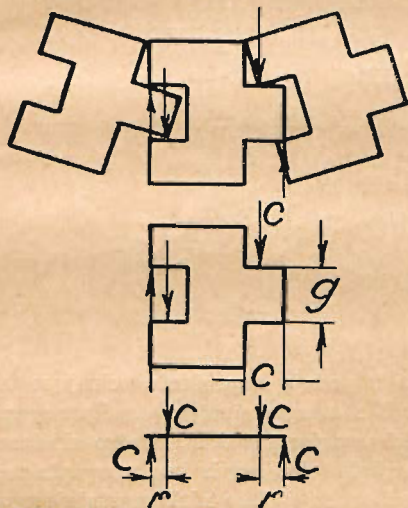
$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{6 M}{a g'} \dots \dots \dots (12)$$

Zatem

$$\frac{\sigma}{\tau} = 6 \frac{r}{g} \dots \dots \dots (13)$$

ponieważ $6r$ jest zazwyczaj większe od g , przeto miarodajne jest σ .

Prócz tego, wobec małej wartości r należy się obawiać zgniotu siłą



Rys. 10.

$$C = \frac{M}{r} = \frac{95 k}{3} = 32 k. \dots \dots \dots (14)$$

Stropy „Pomorze” jako przykład.

W zastosowaniu do pustaków „Pomorze” o wymiarach $27 \times 13 \times 20$ cm, możemy w powyższych wzorach podstawić następujące wartości:

$$a = \frac{27}{2} = 13,5 \text{ cm} \quad b = 13 \text{ cm} \quad \frac{a}{b} = \approx 1$$

$$h = 20 \text{ cm} \quad g = 6,5 \text{ cm} \quad c = 4,5 \text{ cm} \quad d = 3 \text{ cm}$$

$$b_v = 13 - 4,5 - 3 = 5,5 \text{ cm} \quad r = 3 \text{ cm} \quad b_o = 10 \text{ cm}$$

i wtedy otrzymamy:
podług wzoru (1)

Uwzględnienie siły skupionej.

Z tego samego powodu strop zazębiony nawet bez współdziałania zaprawy może wytrzymać bezpiecznie także obciążenie siłą skupioną. Wtedy występuje działanie płytowe stropu uwarunkowane przeniesieniem momentów zginania z jed-

	31'	32'	33'	3' "
	21'	22'		2' "
	12	11	13	1 rząd
	21	22		2 "
	31	32	33	3 "

Rys. 11.

nego pasa pustaków na pasy sąsiednie, jak to wyżej opisa-
liśmy. Ale i niezależnie od tego, wystąpi współdziałanie pa-
sów dzięki temu, że pustak obciążony siłą skupioną, np. pu-
stak 11 na rys. 11 opiera się krawędziami bocznymi o 4 pu-
staki, po 2 z każdego pasa sąsiedniego, t. j. o pustaki 21, 22
i 21', 22'.

Te z kolei np. pustaki 21 i 22 opierają się na trzech pu-
stakach 3-go rzędu (31, 32, 33), a zarazem na pustakach 1-go
rzędu 12 i 13, sąsiadujących z pustakiem 11. W ten sposób
i pustaki tego samego pasa sąsiadujące z pustakiem bezpo-
średnio obciążonym (11) lecz nie zazębiające się z nim, przy-
jmują część obciążenia i działanie skupione rozprzestrzenie-
nia się promieniście na wszystkie strony.

Wzory do obliczania stropów zazębionych.

Na podstawie powyższych wywodów teoretycznych oraz
na podstawie szeregu doświadczeń wyprowadzono przybliżo-
ne wzory, które można się będzie posługiwać do czasu, gdy
dalsze badania pozwolą na zupełne sprecyzowanie dokładniej-
szej teorii.

Na tablicy Nr. 1 są zestawione wyniki łamania 17 stro-
pów belkowych i płytowych, które wzięto za podstawę do wy-
prowadzenia wzorów. Wszystkie te stropy były wykonane z
pustaków Pomorze o wys. $h = 20$ cm. W zestawieniu po-
dano przekrój uzbrojenia i moment łamiący na 1 m. szeroko-
ści stropu oraz wiek stropu w chwili złamania. Moment
obliczono z uwzględnieniem ciężaru własnego, który przyję-

to na 240 kg/m². Dla obciążenia równomiernie rozłożonego obliczono $M = \frac{1}{8} (p + 240 \text{ xl}) l_0$ (l_0 — rozp. w świetle l — rozp. teoretyczna). Dla obciążenia skupionego zaś liczono $M = \frac{1}{4} P l + \frac{1}{8} 240 l l$.

Wyniki uszeregowano podług wielkości momentu łamiącego. Dla lepszego zobrazowania wyników sporządzono wykres (rys. 12), na którym odcięte oznaczają przekrój uzbro-

Tablica I.

Wyniki łamania stropów o wys. $h = 20 \text{ cm}$.

Liczba	Ustrój stropu	Uzbrojenie cm ²	Wiek tygodni	Moment łamiący kgm.
1	pasmany	0	3	655
2	"	0	8	870
3	"	0	8	>965
4	"	2,25	3	1200
5	"	2,61	3	1290
6	"	0	8 ^{1/2}	1410
7	"	1,74	3	1570
8	"	3,57	3	1700
9	"	1,64	9	2090
10	"	3,57	3	2120
11	"	1,60	9	2220
12	"	5,22	3	2740
13	"	5,35	3	3150
14	<i>plytowy</i>	0	4	4000
15	pasmany	3,70	8	4450
16	<i>plytowy</i>	1,85	4	4450
17	<i>plytowy</i>	5,55	4	5500

jenia z bednarki, a rzędne moment łamiący. Ponieważ wielkość momentu łamiącego zależy także od wieku i od ustroju stropu, przeto sporządzono 3 wykresy: jeden dla belek (stropów pasmowych) 3 — 4 tygod., drugi dla belek 8 — 9 tygodniowych, a trzeci dla stropów płytowych. Wszystkie badane płyty miały w chwili złamania 3 — 4 tygodnie. Stropami pasmowymi wzgl. belkowymi nazwano stropy o szerokości znacznie mniejszej od rozpiętości, oparte tylko na 2 krótszych bokach — a stropami płytowymi, stropy zbliżone do kwadratu oparte na 4 krawędziach. Ponieważ w praktyce musimy się liczyć z rozdeskowywaniem stropów po upływie najwyżej 4 tygodni, przeto wyniki dotyczące belek 8 tygodniowych mają znaczenie raczej teoretyczne i mogłyby mieć zastosowanie tylko w wyjątkowych wypadkach za osobnem zezwoleniem władz budowlanych.

Z wykresu widać, że:

- 1) wytrzymałość stropów pasmowych bez uzbrojenia jest bardzo niewielka,
- 2) uzbrojenie powiększa wytrzymałość stropu wydatnie zwłaszcza, gdy zaprawa z wiekiem należycie stężeje,
- 3) stropy płytowe bez uzbrojenia posiadają wytrzymałość wielokrotnie większą od pasmowych,
- 4) silnie uzbrojone stropy belkowe zbliżają się wytrzymałością swoją do stropów płytowych o podobnem uzbrojeniu.

Pozatem z doświadczeń tych, które są gdzieindziej szczegółowo opisane, wynika, że stropy uzbrojone są znacznie elastyczniejsze, niż stropy bez bednarki i że z tego powodu przy obliczaniu można dla nich stosować mniejszy współczynnik bezpieczeństwa.

Będziemy przeto osobno rozpatrywać stropy nieuzbrojone, a osobno uzbrojone.

Ogólne zasady obliczania.

Punktem wyjścia przy ustaleniu naprężeń dopuszczalnych były wyniki badania pustaków na ściskanie, oraz ósemek z materiału pustaków na rozciąganie.

Z doświadczeń tych wynika (tabl. 2), że przeciętna wytrzymałość pustaków na ściskanie wynosi 263 kg/cm^2 , a na rozciąganie 63 kg/cm^2 . Wobec tego przyjmując współczynnik bezpieczeństwa jak dla muru z cegły na zaprawie cementowej $n = 8$, ustalono następujące wartości naprężeń dopuszczalnych:

Tablica II.

Wyniki badań wytrzymałości.

a) pustaków na ściskanie.

Oznaczenie pustaków	Wymiary pustaków cm	Pole przekroju F cm ²	Siła zgniatania R ton	Wytrzymałość na ściskanie Rc kg/cm ²	Wynik średni z 2-ch próbek
N 15	15,0×14,5×13,5	217,5	69,5	319,5	293,0
	"	"	58,0	266,7	
N 20	20,0×13,0×13,5	260,0	70,2	270,0	234,0
	"	"	51,5	198,1	
Średnia					263,0

b) ósemek z gliny palonej na rozciąganie.

Oznaczenie próbek	Pole przekroju F cm ²	Wytrzym. na rozciąg. Rc kg/cm ²	Wynik średni z 2-ch próbek kg/cm ²
I	5	51,0	57,5
		64,0	
II	5	64,0	60,0
		56,0	
III	5	68,0	70,5
		73,0	
Średnio			63,0



nr. 366

na ściskanie $k_s = \frac{263}{8} = 33 \text{ kg/cm}^2$,

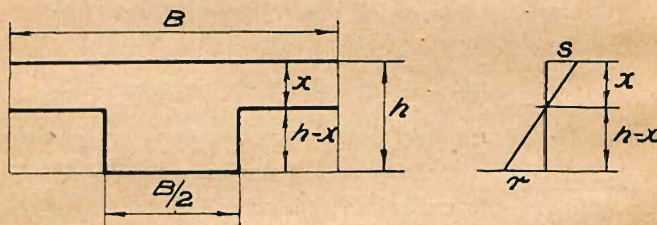
na rozciąganie $k_r = \frac{63}{8} = 8 \text{ kg/cm}^2$.

Stosunek współczynników sprężystości na rozciąganie i ściskanie przyjęto dla pustaków $\frac{E_r}{E_s} = 1$, a dla stali $\frac{E_z}{E_s} = 25$.

Stropy bez uzbrojenia.

Z wywodów teoretycznych wynika, że w razie pęknięcia zaprawy w spoinach czołowych rozciąganie przenosi się za pośrednictwem grzebieni na pustak. Ponieważ wytrzymałość zaprawy na rozciąganie jest znacznie mniejsza niż wytrzymałość pustaków, przeto możemy przyjąć, że przy załamaniu stropu, na rozciąganie pracują już tylko pustaki zajmujące mniej więcej połowę przekroju.

Możemy sobie zatem wyobrazić przekrój w formie litery T jak na rys. 13.



Rys. 13.

Stosując znane równania równowagi sił wewnętrznych otrzymamy

$$\frac{\sigma_s x}{2} \cdot B = \frac{k_r (h-x)}{2} \cdot \frac{B}{2}; \quad \frac{\sigma_s}{k_r} = \frac{x}{h-x}$$

a stąd

$$x = h (\sqrt{2} - 1) = 0,414 h.$$

a z równania momentów

$$M = \frac{1}{6} B k_r h (h-x) \dots \dots \dots (15)$$

dla stropu z pustaków o wys. $h = 20 \text{ cm}$. przy naprężeniu dopuszczalnym na rozciąganie $k_r = 8 \text{ kg/cm}^2$, otrzymamy licząc na pas o szerokości 1 m.:

$$x = 0,414 \times 20 = 8,3 \text{ cm}$$

$$h - x = 20 - 8,3 = 11,7 \text{ cm}$$

$$M = \frac{1}{6} 8 \times 20 \times 11,7 = 312 \text{ kgm.}$$

przy złamaniu powinno być $M = 8 \times 312 = 2500 \text{ kgm.}$

Jeżeli porównamy tę wartość z wynikami łamania stropów na tabl. 1 lub 2, to widzimy, że stropy belkowe 3 tygodniowe wykazują wytrzymałość 4 krotnie mniejszą, a stropy płytowe przeszło $1\frac{1}{2}$ -krotnie większą.

Rozbieżność tę można wytłumaczyć w następujący sposób:

a) w stropach belkowych o małej szerokości skrajne rzędy pustaków nie mając z jednej strony oparcia nie mogą pracować w ten sposób, jak przyjęto w teorii i pękają wcześniej, strop zaczyna się pruć od krawędzi, szerokość użyteczna B zmniejsza się stopniowo i następuje załamanie stropu przy momencie łamiącym mniejszym od obliczonego,

b) w stropie płytowym przez zazębienie się grzebieni rozkłada się obciążenie na 4 krawędzie podporowe i strop pracuje dwukierunkowo. Nie udało się jeszcze ustalić w jakim stosunku obciążenie rozkłada się na oba kierunki; trzeba przeto oprzeć się narazie na wynikach doświadczeń i przyjmując we wzorze 15 zamiast k_r :

dla stropów płytowych

$$k_{pr} = 1.5 k_r$$

dla stropów belkowych

$$k_{br} = 0.25 k_r$$

przyczem dla stropów belkowych bardzo dobrze stężonych (wiek conajmniej 8 tygodni) możnaby przyjmować naprężenia 2 razy większe.

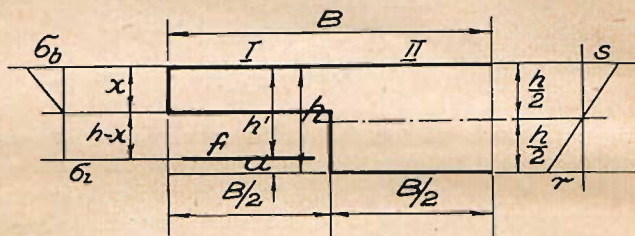
Zasadniczy wzór (15) $M = \frac{1}{6} B k_r h (h - x)$ jest ważny dla stropów płytowych o szerokości znacznie większej od rozpiętości, lub wyrażając się inaczej dla stropów opartych na 2 krawędziach lecz o szerokości nieskończenie wielkiej.

Stropy uzbrojone.

Z wykresów na tabl. 2 widać, że uzbrojenie ma bardzo duży wpływ na wytrzymałość stropu. Gdybyśmy stropy obliczali według I fazy, to wpływ uzbrojenia byłby nieznaczny, gdyż przy naprężeniu dopuszczalnym na rozciąganie 8 kg/cm^2 mogliśmy stal wyzyskać najwyżej do 200 kg/cm^2 .

Widocznie tedy stal pracuje inaczej. Można przypuścić, że aż do granicy plastyczności stal po pęknięciu zaprawy w

spoinach czołowych przyjmuje na siebie całe rozciąganie, a dopiero gdy na granicy plastyczności odkształcenie ma się raptownie powiększyć, grzebienie się zaciskają w rowkach i rozciąganie przenosi się na pustaki. Przekrój stropu (rys. 14) dzielimy przeto na 2 części o jednakowej szerokości, z których jedna odpowiadająca spoinie czołowej pracuje według II fazy, a druga odpowiadająca przekrojowi pustaka według I fazy.



Rys. 14.

Takie przyjęcie nie jest wprawdzie zgodne z prawem Hooke'a, ale jest zupełnie dopuszczalne, jeśli zważyć, że strop nie jest jednolity, lecz składa się z oddzielnych pustaków, które mogą się względem siebie przesuwać. W wywodach teoretycznych widzieliśmy, że w spoinach podłużnych powstają naprężenia ścinające, wobec czego w sąsiadujących ze sobą rzędach może panować niejednakowy stan napięcia.

Licząc na pas o szerokości $B = 1\text{m}$ otrzymamy ze znanych wzorów dla części I:

$$X = 0.5 f \cdot \left(-1 + \sqrt{1 + \frac{2 h'}{0.5 f}} \right)$$

$$Z = h' - \frac{x}{3}$$

$$\sigma_b = \frac{\sigma_z}{25} \cdot \frac{x}{h' - x}$$

Dla $\sigma_z = k_z$, względnie $\sigma_b = k_s$, udźwig stropu wyrażony w momencie zginającym wyniesie

$$M_I \text{ kgm} = \frac{f \cdot z \cdot k_z}{100} \text{ względnie } \frac{1}{4} x \cdot z \cdot k_s \cdot (16)$$

(wybieramy wartość mniejszą)

$$\text{a dla części II: } M_{II} = \frac{B k_r h^2}{12}$$

Dla naprężeń przyjmujemy następujące wartości:

$$k_z = 1200 \text{ kg/cm}^2, \text{ w rzeczywistości będzie } \sigma = 2400$$

(granica plastyczności), ale w obliczeniu dla bezpieczeństwa przyjmujemy połowę tej wartości

$$k_s = 33 \text{ kg/cm}^2$$

$$k_r = 8 \text{ kg/cm}^2$$

Wzór 16, podobnie jak wzór 15 są ważne dla płyty o nieskończenie wielkiej szerokości — dla stropów płytowych zbliżonych do kwadratu przyjmujemy:

Zamiast k_r — $k_{pr} = 1.5 k_r$

Dla stropów belkowych zamiast k_r bierzemy $k_{br} = 0,25 k_r$

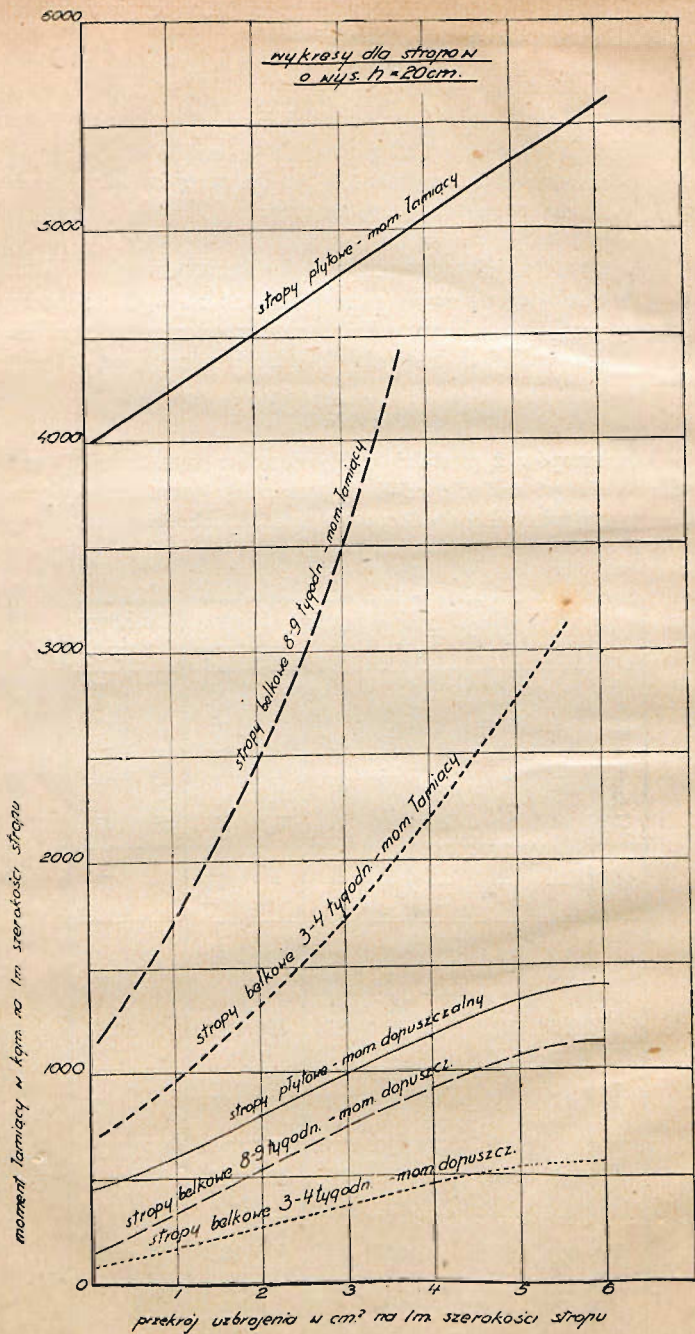
Dla stropów belkowych zamiast k_z zaś $k_{bz} = 0,5 k_z$ przy czym w wyjątkowych wypadkach za zezwoleniem władz dla belek 8 tygodniowych możnaby dopuścić naprężenia 2 razy większe.

Przykład.

Dla stropów z pustaków „Pomorze” o wys. $h = 20 \text{ cm}$ mamy obliczyć udźwig czyli dopuszczalny moment zgięcia przy uzbrojeniu od 0 do 6 cm^2 na 1 m szerokości.

Tablica III.

Uzbrojenie cm^2	C z ę ś ć I					Strop płytowy		belkowy 3 tyg.	
	X cm	$Z - h - \frac{x}{3}$	$h' - x$ cm	σ_b kg/cm^2	M_I kgm	M_{II} kgm	$M_I + M_{II}$ kgm	M_{II} kgm	$M_I + M_{II}$ kgm
0	—	—	—	—	—	—	468	—	78
1	3.8	16.7	14.2	12.7	200	400	600	70	170
2	5.1	16.3	12.9	19.0	390	400	790	70	265
3	6.0	16.0	12.0	24.0	575	400	975	70	355
4	6.7	15.8	11.3	28.4	760	400	1160	70	450
5	7.3	15.6	10.7	32.7	935	400	1335	70	535
6	7.8	15.4	10.2	33.0	990	400	1390	70	565



Rys. 15.

Wyniki obliczenia są zestawione poniżej tabelarycznie, przyczem przyjęto $n = 20 - 2 = 18$ cm.

Udźwig belek 8-tygodniowych można przyjąć 2 razy większy niż 3-tygodniowych.

Wielkość momentów dopuszczalnych przedstawiono wykreślić na rys. 15. Z rys. 12 przerysowano również wykresy momentów łamiących. Z porównania parami obu wykresów dla każdego typu stropów widać, jak w miarę powiększania przekroju stali współczynnik bezpieczeństwa się zmniejsza od $n = 8$ przy stropach nieuzbrojonych do $n = 4$ przy uzbrojeniu $f = 5 - 6$ cm² zgodnie z uwagami wstępniemi.

Obliczanie momentu zginającego.

Moment zginający, który strop ma przenieść oblicza się zasadniczo według wzorów dla belki wolnopodpartej ($M = \frac{1}{8} q l^2$). Jeżeli strop ma końce wmurowane, to można w obliczeniu uwzględnić częściowo utwierdzenie pod warunkiem jednak, że przy oporach będzie zastosowane uzbrojenie górne o takim samym co najmniej przekroju, jak uzbrojenie dolne w środku rozpiętości. Również możnaby uwzględnić ciągłość w stropach wieloprzęsłowych pod warunkiem zastosowania odpowiednio mocnego uzbrojenia górnego nad oporami środkowemi.

Zakończenie.

Wzory powyższe, jak zaznaczono, nie są ściśle i z tego powodu przyjętych powyżej współczynników bezpieczeństwa nie można uważać za zbyt wielkie tem bardziej, że przy ustalaniu ogólnych zasad, trzeba się liczyć z przeciętną jakością wykonania, która ma duży wpływ na wytrzymałość stropu.

W poszczególnych wypadkach natomiast, w razie gwarantowanej jakości wykonania, możnaby dopuszczać mniejszy współczynnik bezpieczeństwa na zasadzie przeprowadzonych na miejscu badań.



nr 366