



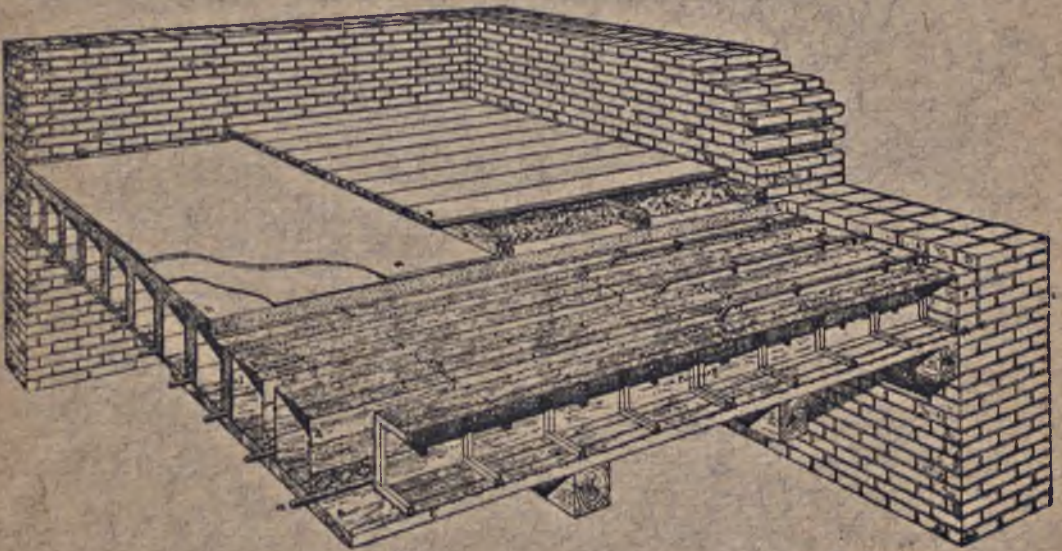
PODWÓJNY STROP ŻELAZOBETONOWY

PŁASKI OD SPODU,

POMYSŁU

G. Trzcńskiego i Wł. Wróbla

inż. - architektów.



WARSZAWA.

Druk Rubieszewskiego i Wrotnowskiego, Włodzimierska 35/37

1909.





PODWÓJNY
STROP ŻELAZOBETONOWY

PŁASKI OD SPODU,

POMYSŁU

G. Trzcińskiego i Wł. Wróbla

inż. - architektów.



69.025



WARSZAWA.

Druk Rubieszewskiego i Wrotnowskiego, Włodzimierska 3/5.

1909.

Subl do 2331

BIBLIOTEKA
WYDZ.
ARCHITECTUR

2424

Wydział Oceny Wynalazków.

N^o 5.

Świadectwo
o wyniku oceny wynalazku.

Wydział Oceny Wynalazków rozpatrzywszy na posiedzeniu dnia 14 Stycznia 1909 r. pomysł pp. inż. G. Trzecińskiego i Wł. Wróbla, polegający na sposobie wykonywania stropów żelazo-betonowych przy pomocy lekkich skrzynek drewnianych (np. z dranic ramkach), doszedł do następujących wniosków:

Użycie siatki „*métal deployé*“ jako uzbrojenia płyty dolnej i związanie tej siatki z żebrami stropu sprawia, że skrzynki po zabetonowaniu w około przestają odgrywać jakąkolwiek rolę ustrojową w stropie, który, aczkolwiek zawiera drzewo wewnątrz, mimo to daje dostateczne bezpieczeństwo przeciwpożarowe. Strop cechuje prostota i łatwość wykonania, które powinno zabierać mało czasu, nie zatrzymując robót murarskich.

WYDZIAŁ OCENY WYNALAZKÓW

STOWARZYSZENIA TECHNIKÓW

w Warszawie.

Przewodniczący *Wajcht*.

Członek Wydziału

Sekretarz *W. Jakubowski*.

Względna powściągliwość naszych budowniczych w projektowaniu stropów żelazobetonowych ma pewne usprawiedliwienie. Zadanie stropu podwójnego, płaskiego od spodu, jedynie przydatnego do domów mieszkalnych, nie posiada dotąd nawet za granicą zupełnie zadawalającego rozwiązania w żelazobetonie.

Istnieje wprawdzie dużo systemów omawianych stropów, lecz u nas dotąd uciekano się częściej do budowy stropów MATRAY'A, jak wiadomo, bardzo niezadawalających pod względem akustycznym, a rzadko wykonywano żelazobetonowe stropy żebrowe. W celu zamaskowania żeber od spodu i wytworzenia powietrznej izolacji podwieszano pod nimi siatkę drucianą, którą następnie obrzucano zaprawą. Ostatni sposób na pierwszy rzut oka rozwiązuje zadanie podwójnego stropu, jest jednak tak drogi, z powodu bardzo złożonych szalowań i trudności wykonania dolnej płyty izolacyjnej, a prócz tego wykonanie szalowań wymaga tyle czasu i spowodza takie powikłania i przerwy w robotach mularskich, że w wyjątkowych tylko wypadkach strop taki znajdował zastosowanie. Przeważnie zaś budowano u nas po staremu stropy drewniane, lub, gdzie tego wymagają przepisy, ceglane na belkach żelaznych.

Powzięliśmy więc myśl zapełnienia tej luki w naszej wytwórczości krajowej i skonstruowania stropu żelazobetonowego, posiadającego wszystkie warunki, czyniące go przydatnym do stosowania w domach mieszkalnych, tak z punktu widzenia technicznego, jak i ekonomicznego.

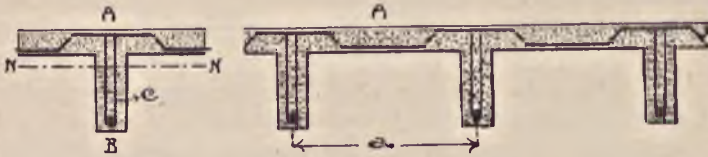
Postawiliśmy sobie szereg warunków, którym strop nasz ma odpowiadać, a mianowicie:

- 1) Strop powinien być ogniotrwały; 2) płaski od spodu;
- 3) nieakustyczny i nieprzenikliwy dla ciepła; 4) równomier-
nie obciążać mury; 5) wykonanie stropu na miejscu budowy

powinno zajmować jak najmniej czasu; 6) materiał stropu powinien być tak wyzyskany, ażeby, przy najmniejszym jego zużytkowaniu, osiągnąć największą wytrzymałość stropu.

Opierając się na powyższych założeniach, skonstruowaliśmy nasz strop, mając też na względzie, ażeby stanowił on ustrój, dający się obliczyć prostymi, sprawdzonymi sposobami.

Najodpowiedniejszym i najoszczędniejszym kształtem przekroju poprzecznego dla belki żelazobetonowej, pracującej na zgięcie, jest wskazany na rys. 1, czyli t. zw. kształt *teowy*. W takim przekroju duża masa betonu skoncentrowana



Rys. 1.

Rys. 2.

jest w płycie *A*, czyli w warstwach ściskanej części przekroju, najwięcej oddalonych od osi obojętnej *N—N*. Przeciwnie zaś, główne uzbrojenie żelazne *B* umieszczamy tam, gdzie działają największe siły rozciągające, beton zaś dolnego żebra wraz z dodatkowym uzbrojeniem, czyli t. zw. strzemiónkami *C*, służy jako łącznik pomiędzy uzbrojeniem głównym a płytą górną. W ten sposób oba materiały, wchodzące w skład żelazobetonu, będą pracowały tylko na przewyciężenie tych naprężeń, jakim najlepiej się opierają, a więc beton ściskających, a żelazo — rozciągających. Połączenie szeregu takich przekrojów teowych tworzy t. zw. *strop żebrowy* (rys. 2).

Dla naszego stropu obraliśmy też układ żebrowy, lecz w celu osiągnięcia równomiernego obciążenia murów, na których strop spoczywa, osie żeber rozstawiliśmy w odległości tylko 33 *cm*. Zawdzięczając tak małemu przesłowi *a* płyty *A* (rys. 2) oszczędzamy dużo żelaza, gdyż płyta ta w takim razie uzbrojenia już nie wymaga i może być traktowana jako czysto betonowa, co znacznie też ułatwia wykonanie stropu.

Od spodu strop powinien być płaski, konieczną więc jest i płyta *B* (rys. 3), tworząca dolną ścianę kanałów *C*. Płyta ta ma jeszcze i inne znaczenie konstrukcyjne, mianowicie usztywnia w kierunku poprzecznym żebra *D*, których szerokość wobec tego może być doprowadzona do minimum.

Tego rodzaju przekrój poprzeczny stropu uważany jest powszechnie jako najbardziej celowy i właściwym jest większości nowszych systemów stropów podwójnych, jak np. KOENEN'A, SOHNIOUS'A, ZÖLLNER'A, JOHNSON'A, WAYSS'A i innych, istotą zaś każdego z tych systemów jest właściwie metoda, jaką się dochodzi do takiej formy przekroju poprzecznego, czyli sposób otrzymania kanałów *C*. Cel ten może być osiągnięty w sposób dwojaki:

1) Zapomocą szalowań, wyjmowanych od spodu po stwierdzeniu stropu, a w takim razie dolna płyta *B* albo przymocowuje się w stanie gotowym do stropu, albo otrzymuje się przez otynkowanie siatki żelaznej lub trzciny podwieszanej pomiędzy żebrami po wyjęciu szalowań (KOENEN, SOHNIOUS).

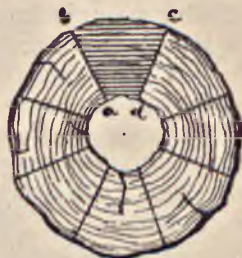
2) Pozostawiając wewnątrz stropu formy, które służyły do wytworzenia kanałów *C* (ZÖLLNER, JOHNSON, WAYSS).



Rys. 3.

Drugi sposób jest o wiele łatwiejszy i prędszy w wykonaniu, zastosowaliśmy go też i do naszego stropu. Znane dotychczas systemy, oparte na powyższej zasadzie, posiadają znaczne braki. Chodzi mianowicie o to, ażeby rzeźbione formy były możliwie *lekkie*, jako części bierne, obciążające strop i mury, *tanie* ze względu na swój czysto pomocniczy charakter i albo zupełnie *ogniotrwałe*, albo w przeciwnym razie wszystkie zasadnicze ogniotrwałe części stropu powinny być od nich uniezależnione. Żaden z dotychczasowych systemów tym trzem warunkom jednocześnie nie odpowiada. Np. w systemach ZÖLLNER'A i JOHNSON'A formy tworzą się z dętych cegieł, a więc są ciężkie i względnie drogie; WAYSS stosuje skrzynki trzcino-we, lecz dolną powierzchnię stropu tynkuje bezpośrednio po trzcinie skrzynek, strop więc nie jest w całości ogniotrwały i t. d. Ażeby osiągnąć możliwą lekkość i taniość form, do wyrobu ich użyliśmy materiału mało u nas znanego, a jednak bardzo przydatnego w danym wypadku, a mianowicie

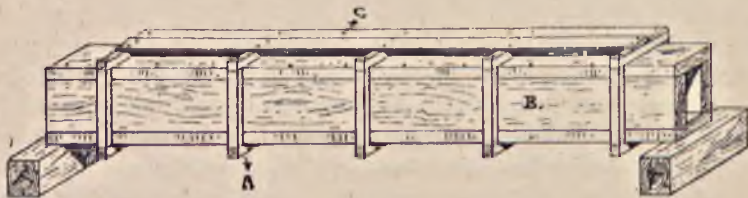
t. zw. *dranic*. Są to cienkie deseczki darte z dolnych części pnia przestałych sosen, niezdalnych na budulec. Kłoda, której wewnątrz jest najczęściej spróchniała, rozszczepia się w kierunku promieni i otrzymane w ten sposób wycinki pierścienia *a b c d* (rys. 4), rozdziela się zapomocą specjalnych noży na deseczki, zwane dranicami. Zawdzięczając temu, że dranice wyrabiane są z części pnia, znajdujących się bezpośrednio nad ziemią, a więc pozbawionych sęków, otrzymujemy je zupełnie prawie proste, nie wichrowate i dość gładkie. Kopa dranic, długości około 140 *cm*, waży 16,5 *kg* (1 pud). (Najwięcej tego materiału produkuje Wołyń, a używane są dranice na tarcze, ochraniające tory kolejowe od zamieci oraz do krycia dachów).



Rys. 4.

Wyrób naszych skrzynek jest nadzwyczaj prosty i nie wymaga żadnych specjalnych maszyn ani przyrządów.

Zbijają się najpierw ramki *A* (rys. 5) z $\frac{3}{4}$ -calowych listewek drewnianych, wymiary których zastosowane są do obliczonej w każdym wypadku wysokości stropu. Następnie ramki te nasuwają się na zbity z desek rdzeń *B*, odpowiada,



Rys. 5.

jący ich wewnętrznemu otworowi; na rdzeniu tym oznaczone są odległości pomiędzy ramkami (ok. 35 *cm*, czyli 5 ramek na jedną skrzynkę). Obracając stopniowo rdzeń wraz z ramkami, ostatnie objamy szczelnie dranicami *C* i otrzymujemy w ten sposób skrzynkę zupełnie prawidłowej formy i dostatecznie sztywną, aby mogła wytrzymać betonowanie. Ponieważ jednak skrzynki nasze wyrabiamy z drzewa, a więc materiału palnego, musimy zatem wszystkie konstrukcyjne elementy stropu od nich uniezależnić. Płyta górna i zeBRA stro-

pu stanowią oczywiście całość, dla której skrzynki po zabetonowaniu mogą nie istnieć, chodzi więc tylko o takie skonstruowanie płyty dolnej, ażeby była ona organicznie związana z żebrami bez udziału skrzynek. Rozwiązujemy to zadanie w bardzo prosty sposób.

Dolną powierzchnię każdej skrzynki jeszcze na rdzeniu obciągamy siatką (*S*) (rys. 6) z żelaza ciągnionego (métal deployé), która zachodzi częściowo i na boczne ścianki skrzyn-



Rys. 6.

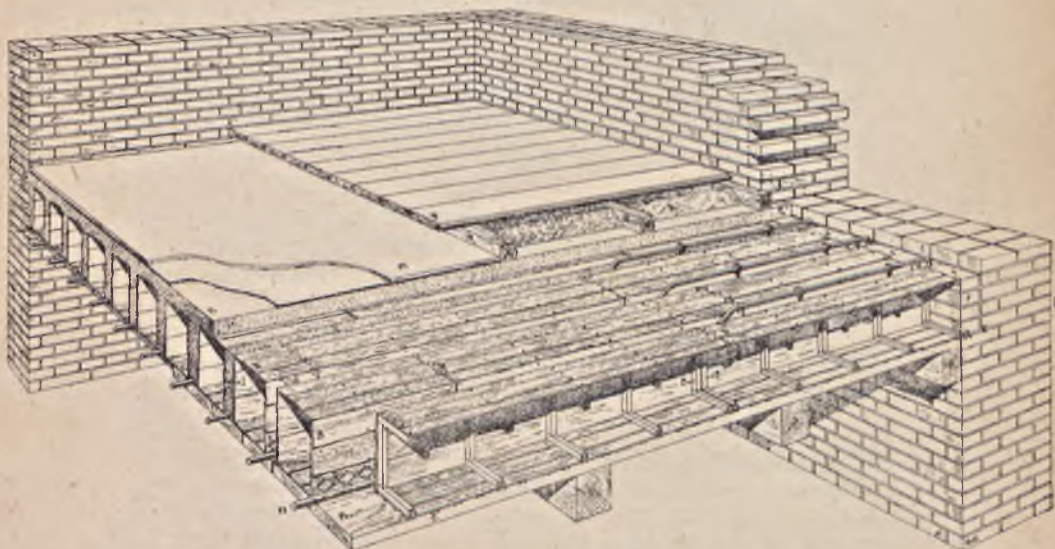
ki i tu przytwierdza się do ramek specjalnymi haczykowatymi gwoździami (*K*). Po obiciu siatką skrzynkę zsuwa się z rdzenia i jest już ona zupełnie gotowa do przewiezienia na miejsce budowy.

Uzbrojenie żeber, którego wielkość daje każdorazowo obliczenie, wygina się i montuje również w warsztacie i w stanie gotowym do ułożenia dostarcza się na budowę.

Wykonanie stropu na miejscu budowy sprowadza się do następujących czynności. Po wyprowadzeniu murów do wysokości $a-b$ (rys. 7), odpowiadającej dolnej powierzchni stropu, nadmurowuje się jeszcze kilka warstw cegły, pozostawiając od wnętrza odsadzkę $a-c$ szerokości $\frac{1}{2}$ lub jednej cegły, w zależności od potrzebnej dla żeber płaszczyzny oporowej na murach. Następnie na pomoście *A*, zrobionym uprzednio w poziomie dolnej powierzchni stropu z desek nieheblowanych, układa się skrzynki (*B*), siatką (*C*) do spodu, równoległymi rzędami, pozostawiając pomiędzy nimi 6-cio centymetrowe odległości d dla wytworzenia żeber. Złącza skrzynek (*D*), które stykają się końcowymi ramkami (*E*), są dość szczelne; gdyby jednak okazała się zbyt wielka szpara, przykrywa się ją kawałkiem drancy. Skrzynki na odsadzki murów nie zachodzą, kończą się natomiast w płaszczyźnie lica muru, zaś w przedłużeniu ich odsadzka zamurowuje się ceglami (*F*) (szerokość skrzynki = 27 cm, czyli długości jednej cegły), pozostawia się tylko łoży-

ska (*G*) dla żeber. Uzbrojenie (*H*) układa się jednocześnie ze skrzynkami i zachodzi w łożyska (*G*) na mury.

Na tem kończą się roboty przygotowawcze i zaczyna się betonowanie. Najpierw wypełnia się betonem przestrzenie pomiędzy skrzynkami, czyli żebra (*I*). Tu beton zachodzi pomiędzy oczka siatki (*J*), stanowiącej dalszy ciąg uzbrojenia płyty dolnej i w ten sposób osiągamy organiczne związanie tej płyty z żebrami, niezależnie od skrzynek (*B*). Następnie betonuje się płytę górną (*K*). Płytę na oporach doprowadza się



Rys. 7. Podwójny strop żelazobetonowy, płaski od spodu, pomysłu inż. arch. G. Trzcńskiego i W. Wróbla (świad. pat. Nr. 37123).

do samego końca żeber, czyli zapuszcza się na $\frac{1}{2}$ lub 1 cegłę w mur. Toż samo ma miejsce i w murach poprzecznych (*L*). W dwa dni po zabetonowaniu stropu można na nim ułożyć deski i w dalszym ciągu wykonywać roboty murarskie. W czasie twardnienia betonu strop powinien być obficie polewany wodą. Po rozszalowaniu stropu siatka (*U*) od spodu podrzucą się zaprawą cementową, co ze względu na obecność dolnych dranic skrzynek jest rzeczą zupełnie łatwą i strop jest gotowy.

Bezpośrednio na naszym stropie może być ułożona po-

sadzka klepkowa, linoleum, lastrico, terracota lub t. p. (M). Jeżeli wymaganą jest podłoga drewniana, to w kierunku prostopadłym do żeber układa się legarki (N), a na nich zwyczajną drewnianą podłogę (P). Przestrzenie pomiędzy legarkami zasypuje się jakimś bądź materiałem izolacyjnym (R).

Z powyższego krótkiego opisu dostatecznie już można osądzić, że wszystkim warunkom, któreśmy sobie na początku postawili, strop nasz czyni zadość. *Ogniotrwałość* zupełnie osiągnęliśmy przez skonstruowanie całego stropu jako jednolitego ustroju żelazobetonowego. Wprowadzenie do stropu zamkniętych ze wszystkich stron kanałów powietrznych, w dodatku ze ściankami pokrytymi cienką warstwą drzewa daje rękojmię *nieprzepuszczalności* dla dźwięków i ciepła. *Lekkość* strop zawdzięcza wyzyskaniu materiałów i bardzo lekkim skrzynek (10 kg/m^2). Zbliżenie żeber upodabnia nasz strop do płyty ciągłej, wynikiem czego jest zupełnie *równomierne obciążenie murów*. Racyjonalna forma poprzecznego przekroju stropu, prócz korzyści wynikających z oszczędności materiałów, pozwala jeszcze z całą pewnością obliczyć lub sprawdzić wszystkie wymiary stropu według prostych wzorów, jak to wskazuje podany poniżej przykład. *Czas wykonania* stropu doprowadzony jest do minimum.

Co do *kosztu* strop nasz może współzawodniczyć ze wszystkimi znanymi dotąd przekryciami ogniotrwałymi. Nie twierdzimy jednak, aby przy normalnych rozpiętościach i obciążeniach był tańszym od stropu drewnianego. Ale zalety, trwałość, konserwacja, wysokość ubezpieczenia i. t. p. czynniki stawiają te dwie konstrukcje w tak odmiennych warunkach, że jako jednostki niewspółmierne porównywać się bezpośrednio nie dadzą.

Przykład obliczania stropu.

Rozpiętość $l = 5,5$ m. Odległość pomiędzy osiami żeber $B = 0,33$ m. Grubość płyty górnej $\delta = 0,05$ m. Grubość płyty dolnej $\delta_1 = 0,02$ m. Szerokość żebra $b = 0,06$ m.

Obciążenie na 1 m² stropu:

| | | |
|---|-------|----|
| Obciążenie ruchome dla domów mieszkalnych | 250 | kg |
| Ciążar podłogi, legarów i podsypki | 175 | " |
| " skzynek | 10 | " |
| Ciążar własny stropu, przyjmując wagę 1 m ³ żelazo- betonu = 2500 kg: | | |
| Płyta górna $0,05 \times 2500 =$ | 125 | kg |
| Żebra przy wysokości $0,23$ m. $3 \times 0,06 \times 0,23 \times 2500 =$ | 103,5 | " |
| Płyta dolna $0,02 \times 2500 =$ | 50 | " |
| Razem | 713,5 | kg |

Obciążenie na 1 m bież. wycinka stropu o szerokości $B = 0,33$ m

$$p = 713,5 \times 0,33 = 235,5 \text{ kg.}$$

Wycinek ten, o kształcie teowym przekroju poprzecznego, obliczamy raz jako belkę leżącą swobodnie na oporach, a następnie jako belkę zamocowaną.

Dopuszczalne naprężenia:

w betonie na ściskanie $r_b = 30$ kg/cm²,

w żelazie na rozciąganie $r_f = 1000$ kg/cm²,

w betonie na ścinanie $4,5$ kg/cm².

Przybliżenie 1. Belka leży swobodnie na oporach.

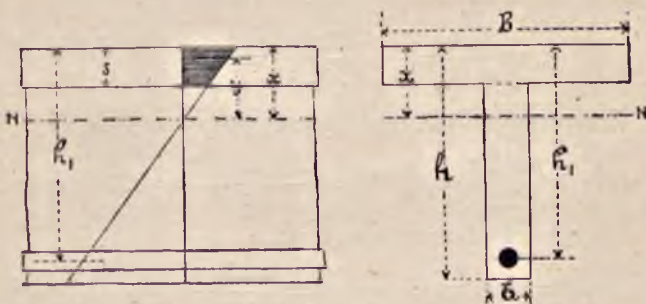
$$M_1 = \frac{p l^2 \cdot 100}{8} = \frac{235,5 \times 5,5^2 \times 100}{8} = 89048 \text{ kgcm.}$$

$$\text{Oznaczmy: } \gamma = \frac{r_f}{r_b} = \frac{1000}{30} = 33,3,$$

$$\frac{E_f}{E_b} = n = 15; \quad \alpha = \frac{n}{n + \gamma} = \frac{15}{15 + 33,3} = 0,31,$$

$$\beta = \frac{\delta^2}{3\alpha} = \frac{5^2}{3 \times 0,31} = 26,88,$$

$$\varepsilon = \frac{M_1}{2r_b \cdot B \cdot \delta} + \frac{\delta}{4} \left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) = \frac{89048}{2 \times 30 \times 33 \times 5} + \frac{5}{4} \left(1 + \frac{1}{0,31}\right) = 14,27;$$



Rys. 8.

Odległość środka ciężkości uzbrojenia od górnej krawędzi belki będzie

$$h_1 = \varepsilon + \sqrt{\varepsilon^2 - \beta} = 14,27 + \sqrt{14,27^2 - 26,88} = 27,56 \text{ cm.}$$

Przekrój żelaza

$$\omega_f = \frac{6(2\alpha h_1 - \delta) M_1}{[3(2\alpha h_1 - \delta)(2h_1 - \delta) + \delta^2] r_f} = \frac{6(2 \times 0,31 \times 27,56 - 5) 89048}{[3(2 \times 0,31 \times 27,56 - 5)(2 \times 27,56 - 5) + 5^2] 1000} = 3,51 \text{ cm}^2.$$

Wykonamy 1 średn. $\frac{7}{8}'' = 22,2 \text{ mm}$; $\omega_f = 3,87 \text{ cm}^2$.

Całkowita wysokość stropu

$$h = 27,56 + \frac{2,22}{2} + 1,33 = 30 \text{ cm.}$$

Sprawdzenie naprężeń ścinających.

Największa siła ścinająca

$$Q = \frac{235,5 \times 5,5}{2} = 648 \text{ kg.}$$

Odległość osi obojętnej od górnej krawędzi płyty

$$x = \frac{2n\omega_f h_1 + B\delta^2}{2(B\delta + n\omega_f)} = \frac{2 \times 15 \times 3,87 \times 27,56 + 33 \times 5^2}{2(33 \times 5 + 15 \times 3,87)} = 9,02 \text{ cm.}$$

Napężenie ścinające poziome

$$\tau_h = \frac{Q}{\left(h_1 - \frac{x}{3}\right)b} = \frac{648}{\left(27,56 - \frac{9,02}{3}\right) \cdot 6} = 4,4 \text{ kg/cm}^2$$

Ścinanie po obwodzie wkładki

$$\tau_a = \frac{\tau_h \cdot b}{\pi \cdot d} = \frac{4,4 \times 6}{3,14 \times 2,22} = 3,8 \text{ kg/cm}^2$$

Przy założeniu 2. Belka zamocowana w oporach.

$$-M_2 = \frac{p l^2 100}{12} = \frac{2}{3} M_1 = \frac{2 \times 89048}{3} = 59365 \text{ kgcm.}$$

Uzbrojenie podwójne, symetryczne.

$$\omega_f = \omega_f' = 3,87 \text{ cm}^2; \quad c = c' = \frac{2,22}{2} + 1,33 = 2,44 \text{ cm}$$

Odległość osi obojętnej od dolnej krawędzi żebra

$$x = -n \frac{\omega_f + \omega_f'}{b} + \sqrt{n^2 \frac{(\omega_f + \omega_f')^2}{b^2} + 2 \frac{n}{b} [\omega_f' c' + \omega_f (h - c)]} =$$

$$= -15 \frac{2 \times 3,87}{6} + \sqrt{15^2 \frac{4 \times 3,87^2}{6^2} + 2 \frac{15}{6} 3,87 (2,44 + 30 - 2,44)} =$$

$$= 11,55 \text{ cm.}$$

$$y = h - x - c = 30 - 11,56 - 2,44 = 16 \text{ cm}$$

$$y' = x - c' = 11,56 - 2,44 = 9,12 \text{ cm.}$$

Moment bezwładności przekroju względem osi obojętnej

$$I = \frac{1}{3} x^3 b + n \omega_f (y^2 + y'^2) =$$

$$= \frac{1}{3} 11,56^3 \times 6 + 15 \times 3,87 (16^2 + 9,12^2) = 22784 \text{ cm}^4$$

Napężenie ściskające w betonie

$$\sigma_b = \frac{-M_2 x}{I} = \frac{59365 \times 11,56}{22784} = 30,12 \text{ kg/cm}^2$$

Napężenie w żelazie rozciąganiem

$$\sigma_f = n \frac{-M_2 y}{I_n} = 15 \frac{59365 \times 16}{22784} = 627 \text{ kg/cm}^2$$

Naprężenie w żelazie ściskanem

$$\sigma_f' = n \frac{M_2 y'}{I_n} = 15 \frac{59365 \times 9,12}{22784} = 357 \text{ kg/cm}^2$$

Sprawdzenie naprężeń ścinających.

Q , jak wyżej = 648 kg.

Naprężenie ścinające pionowe

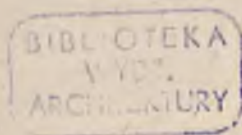
$$\tau_v = \frac{Q}{bh + 2n\omega_f} = \frac{648}{6 \times 30 + 2 \times 15 \times 3,87} = 2,18 \text{ kg/cm}^2.$$

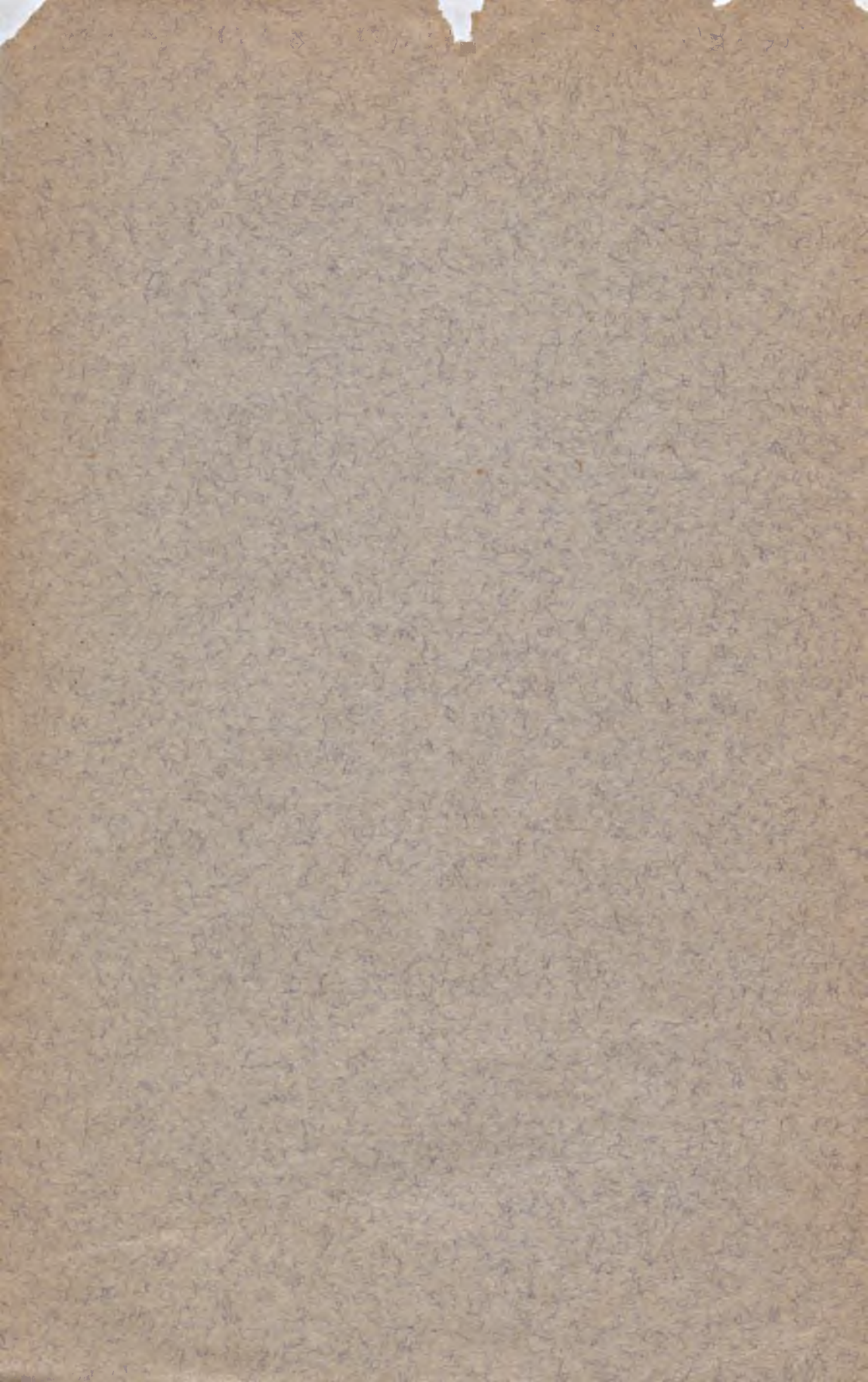
Naprężenia ścinające poziome

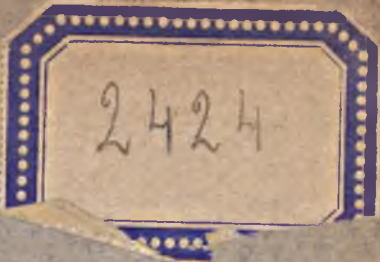
$$\tau_h = \frac{Q}{I_n b} n \cdot y \cdot \omega_f = \frac{648 \times 15 \times 16 \times 3,87}{22784 \times 6} = 4,4 \text{ kg/cm}^2.$$

Ścinanie po obwodzie wkładki

$$\tau_a = \frac{\tau_h \cdot b}{\pi \cdot d} = \frac{4,4 \times 6}{3,14 \times 2,22} = 3,8 \text{ kg/cm}^2.$$







2424