

III. SŁUPY ŻELAZNE

§ 8. Obliczenie słupów żelaznych

Słupy i zastrzały*) żelazne oblicza się na ściskanie i w wyboczenie wedle wzorów Eulera lub (lepiej) Tetmajera - Jasińskiego. — Wzory inne (Rankina itd.) nie są u nas w użyciu.

a) Wzory Eulera

Siła P , jaką udźwignie pręt o długości wolnej l_w o najmniejszej momencie bezwładności I , równa się co najwyżej

$$P \leq \frac{10EI}{n l_w^2} \quad \dots \quad 8$$

Zwykle przyjmujemy współczynnik pewności n :

$n = 5$ (czasem 4) dla żelaza spawanego i zlewne,
 $n = 6-8$ dla żeliwa.

Długość wolną przyjmuje się (nazywając $l =$ długość rzeczywistą):

dla słupów lanych $l_w = l$;

dla słupów z kształtowników $l_w = (0,7 \text{ do } 1,0) l$, zależnie od wielkości blach podpory i głowicy, zwykle 0,81 (co też przepisuje M. R. P.); dla zastrzałów belek kratowych $l_w = (0,5-1,0) l$ (por. niżej w rozp. M. R. P.).

Jeżeli długość wolna l_w jest różna w dwu kierunkach, należy obliczenie przeprowadzić dla obu.

b) Wzory Tetmajera - Jasińskiego

Natężenie σ , obliczone ze wzoru $\frac{P}{F_u}$, musi być równe lub mniejsze od natężenia dopuszczalnego k :

$$\sigma = \frac{P}{F_u} \beta \leq k \quad \dots \quad 9$$

gdzie F_u = przekrój użyteczny słupa (po odtrąceniu dziur na nity dla utwierdzenia łączników i t. d.); β = współczynnik zmniejszający, zależny od stosunku $\frac{l_w}{i}$ oraz od materiału; przez i należy rozumieć najmniejszy promień bezwładności ze względu na kierunki, dla których może nastąpić wybocze-

*) Zastrzałami nazywamy części konstrukcji kratowej, narażone na ściskanie.

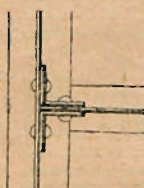
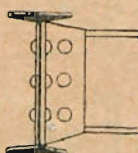


Fig. 60.

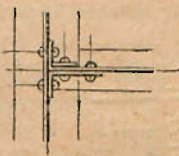
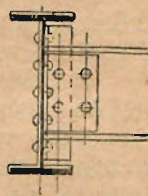


Fig. 61.

nie. Jeżeli długość wolna l_w jest różna w dwu kierunkach, należy przeprowadzić rachunek dla obu $\frac{l_w}{i}$.

Ministerstwo Robót Publicznych poleca liczyć wedle Tetmajera-Jasińskiego.

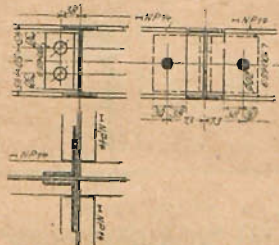


Fig. 62.

Przepisy, dotyczące obliczeń statycznych w budownictwie lądowym, powiadają (w § 16 ust. 8—13):

8. Słupy wolnostojące, jako też części kraty dźwigarów, pracujące na ciśnienie, należy obliczać na wyboczenie wzo-

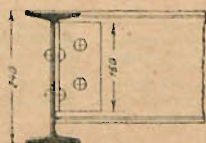


Fig. 63.

rami Tetmajera i Jasińskiego przy pomocy tablic, podających współczynnik wyboczenia dla różnych wartości $\frac{l_w}{i}$, przyjmując długość wolną l_w wedle następującej tablicy:

Słupy wolno stojące o wszechstronnem usztywnieniu końców	0.8 L
Słupy żeliwne	L
Pręty przynitowane do blach węzłowych	0.9 L—L
„ skrzyżowane w połowie długości dla wyboczenia w płaszczyźnie kraty	0.5 L
Pręty skrzyżowane w połowie długości dla wyboczenia prostopadłe do pł. kraty	0.67 L
Części pasów w płaszczyźnie kraty	L
Części pasów w płaszczyźnie prostopadłej do kraty dla pasów stężonych	L

We wzorach powyższych L jest długością teoretyczną pręta.

9. Pręty ściskane o przekroju, złożonym z kilku części, mają być w ciągu swej długości spojone łącznikami w ten sposób, aby pewność przeciw wyboczeniu każdej części osobna między łącznikami była co najmniej dwukrotnie większa od pewności na wyboczenie całego słupa na całkowitej długości, (o ile obliczenie nie zostanie przeprowadzone w sposób ściślejszy).

10. Przy obliczeniu słupów i prętów ściskanych należy dla obliczenia promienia bezwładności nie potrącać dziur na

nity; natomiast przy obliczeniu przekroju użytecznego należy odjąć ich powierzchnię.

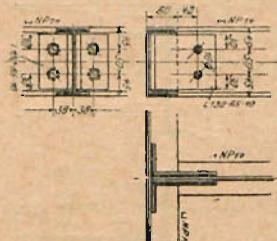


Fig. 64.

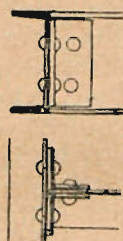


Fig. 65.

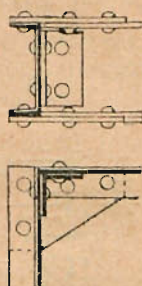


Fig. 66

11. Dla słupów ściskanych, obciążonych mimoosiowo, lub narażonych oprócz obciążenia osiowego także na działanie sił zginających, należy wyznaczyć złożone nałężenia, wywołane obciążeniem i momentem zginającym.

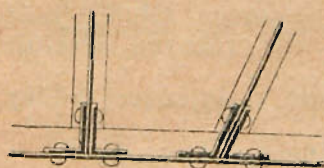


Fig. 67.

12. Jeżeli słupy są sztywnie połączonez belkami,

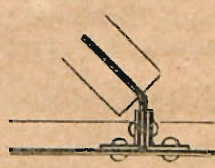


Fig. 68.

należy przy obliczeniu słupów uwzględnić wpływ momentów, wywołanych sztywnym połączeniem.

13. Gdy długość słupa „l” jest większa niż 20-krotny najmniejszy wymiar przekroju, to należy moment, wywołany siłą zginającą P, zwiększyć o wartość $0.05 P l^2$.

Tymczasowe przepisy budowy i utrzymania mostów drogowych polecają (dział IV, § 51, ust. 8):

8. Części kraty dźwigarów, pracujące na ciśnienie, należy obliczać na wyboczenie wzorami Tetmajera i Jasińskiego przy pomocy tablic, podających spólczynnik wyboczenia dla różnych wartości l_w ,

przyjmując długość wolną l_w : wedle następującej tablicy:

Pręty nitowane do blach węzłowych	0.9 L — L
Pręty skrzyżowane w połowie długości, w płaszczyźnie kraty	0.5 L
Pręty skrzyżowane w połowie długości, prostopadłe do płaszczyzny kraty	0.67 L

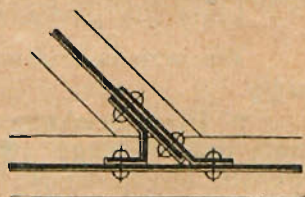


Fig. 69.

Pręty skrzyżowane w połowie długości, prostopadłe do płaszczyzny, gdy pręt sztywny krzyżuje się z gibkim . . . 0,75 L
 Części pasów w płaszczyźnie kraty . . . L
 Części pasów w płaszczyźnie prostopadłej do kraty dla pasów stężonych . . . L

D	$\frac{H}{h} \leq 2,0$	2,5	5	10
$\geq \frac{H-h}{2}$	$l_w = L$	$l_w = L$	$l_w = L$	$l_w = 2 L$
$\frac{H-h}{2} > D > \frac{1}{5}(H-h)$	$l_w = L$	$l_w = L$	$l_w = 1,5 L$	$l_w = 2,5 L$
$\leq \frac{1}{5}(H-h)$	$l_w = L$	$l_w = 1,125 L$	$l_w = 1,75 L$	$l_w = 3 L$

Części pasów w płaszczyźnie prostopadłej do kraty dla pasów niestężonych wedle rys 70 a i 70 b i poniższego zestawienia:

Dla wartości pośrednich należy interpolować wedle linii prostej.

Wolno stojące słupy o wszechstronnem utwierdzeniu 0,8 L.

We wzorach powyższych L jest długością teoretyczną pręta.

Przez I należy rozumieć najmniejszy moment bezwładności dla tych kierunków, dla których wyboczenie jest możliwe.

c) Obliczenie fundamentów słupów

Wielkość podstawy że-

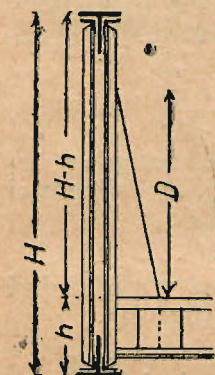


Fig. 70 a.

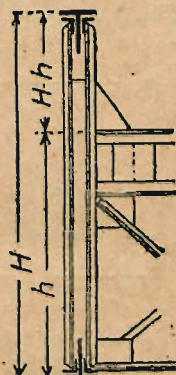


Fig. 70 b.

laznej słupa oblicza się ze względu na wytrzymałość materiału fundamentu wedle wzoru:

$$F = \frac{P}{k} \quad \dots \dots \dots 10$$

$$\text{wzgl. } \sigma = \frac{P}{F} \quad (\text{por. fig. 71}) \quad \dots \dots \dots 10 a$$

przyczem naprężenie dopuszczalne wynosi:

dla cegły na zaprawie wapiennej . . . 7 kg/cm²
 „ „ „ „ cementowej . . . 10 „
 „ klinkierów na zaprawie cementowej . 15—20 „

dla betonu	12—32 kg/cm ²
" (zależnie od dobroci betonu, ewent. nawet wyżej)	
" wapna, marmuru i miękkich kamieni	15—30 "
" piaskowca	15—25 "
" kamieni twardych	30—65 "

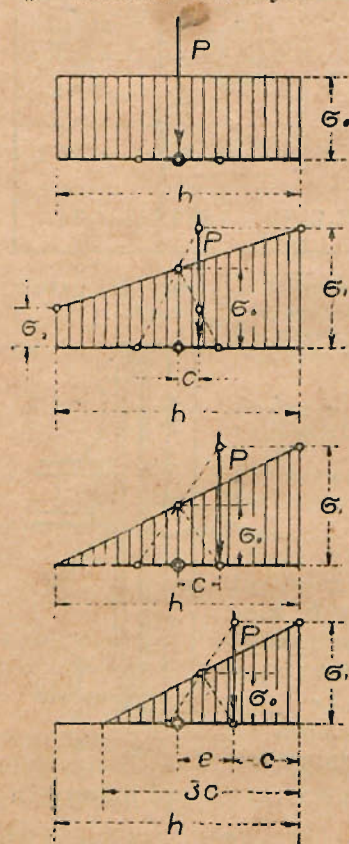


Fig. 71—74.

Zwykle ustawia się słup na osobnym kamieniu ciosowym, spoczywającym na murze ceglanym. Jeżeli naprężenia są jeszcze za wielkie, wykonuje się kilka najwyższych warstw cegieł na cementcie.

Jeżeli słupy przenoszą prócz siły osiowej także moment zginający — to największe ciśnienie na grunt wynosi:*)

jeżeli wypadkowa pozostaje we wnętrzu rdzenia (jądra) podstawy (dla podstawy prostokątnej w środkowej trzeciej części) fig. 72:

$$\max \sigma = \sigma_0 \left(1 + \frac{b c}{h} \right) \quad 11$$

jeżeli wypadkowa zaczepia w ordzennej przekroju, tj. w odległości $\frac{1}{6} h$ od środka (fig. 73):

$$\max \sigma = 2\sigma_0 \quad 11 a$$

jeżeli wypadkowa wychodzi z rdzenia przekroju (fig. 74):

$$\max \sigma = \frac{P}{3 b e} \quad 11 b$$

We wzorach tych oznacza:

$$\sigma_0 = \frac{P}{F} = \frac{P}{b h}$$

b = szerokość podstawy, h = długość podstawy, mierzona w płaszczyźnie działania siły (w płaszczyźnie rysunku), c = mimośród siły, e = odległość siły od zewnętrznej krawędzi podstawy.

nie rysunku), c = mimośród siły, e = odległość siły od zewnętrznej krawędzi podstawy.

§ 9. Konstrukcja słupów żelaznych

A) Słupy żeliwne (żelazne lane) mają najczęściej przekrój trzonu okrągły (fig. 75 a), wewnątrz pusty, po

*) Por. aut. Statyka budowl, str. 172 i 223.

stronie zewnętrznej czasem rowkowany (fig. 75 b). Niekiedy daje się przekrój pusty kwadratowy, a w wystawach sklepowych złożony wedle fig. 75 c. Wysokość zwykle do 4,00 m, średnica d, wzgl. bok kwadratu b od 100 do 400 mm, grubość

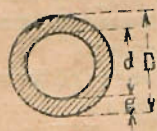


Fig. 75 a.

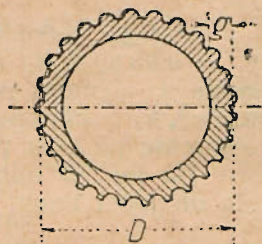


Fig. 75 b.



Fig. 75 c.

ścian $g = 10-35$ mm. Jako grubość normalną przyjąć można $g = 6 + 0,06 d$ (w mm).

Słupy mniejsze odlewa się w całości z głowicą i podstawą, które łączą się zwykle z trzonem zapomocą 4—8 że-

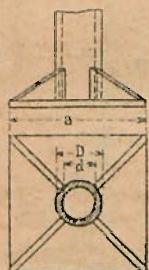


Fig. 76.

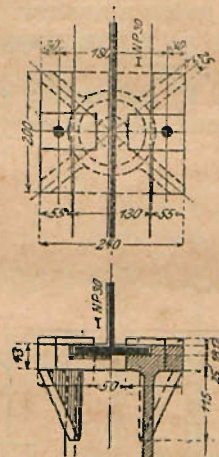


Fig. 77 a.

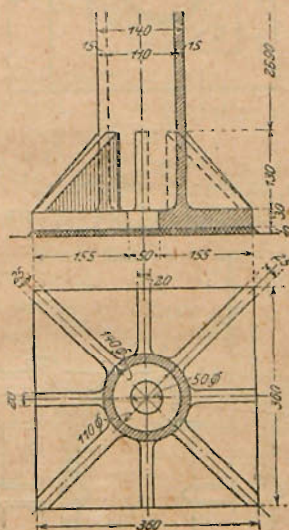


Fig. 77 b.

ber o grubości 20—30 mm (por. fig. 76—77). Jeżeli średnica głowicy wzgl. podstawy jest niewiele większa od średnicy trzonu, to żebra można opuścić; podstawa może być wtedy kwadratowa (fig. 78) lub okrągła.

Słupy większe mają głowicę i podstawę osobną, połączoną z trzonem na kołnierze (fig. 79, 80), przyczem długość

założona równa jest podwójnej grubości słupa (2g). Powierzchnię styku obrabia się bardzo dokładnie lub podkłada się 3–5 mm ołowiu.

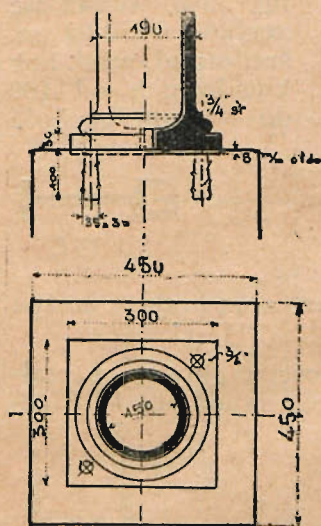


Fig. 78.

o grubości co najmniej 3–4 cm, wpuszczonych w cios; sposób rzadziej używany;

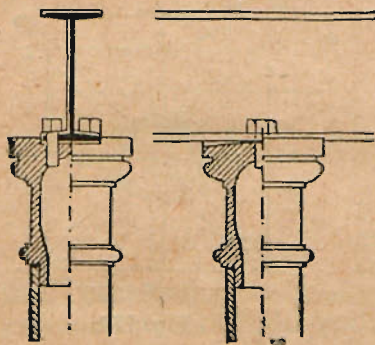


Fig. 79.

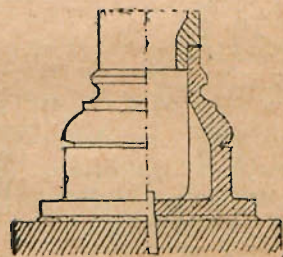


Fig. 80.

c) zapomocą 2–4 śrub do kamienia dołem o kształcie ściętego ostrosłupa z nacięciami $d = \frac{5}{8} - 1''$, $l = 8 - 10$ d osadzonych na cemencie w gniazdach, zrobionych w ciosie (fig. 78);

Grubość płyty podstawowej
 $g_1 = 0,05 a_1 \sqrt{k_c}$ 12
 gdzie a_1 = najw. odstęp między żebrami, k_c = naprężenie dopuszcz. na ciśnienie na cios podporowy.

Na fig. 75 odstęp żeber równa się długości boku podstawy.

Wysokość żebra $w = 0,11 \sqrt{\frac{Pe}{ng_2}}$ 12a

gdzie P = siła w słupie,

n = ilość żeber,

g_2 = grubość żebra (20–30 mm),

e = pozioma długość żebra.

Płytę podstawową słupów osadza się zwykle na podstawie ciosowej na 10–15 mm grubej warstwie zaprawy cementowej i utwardza w jeden z następujących sposobów:

a) wpuszczając płytę w cios na 1–2 cm;

b) zapomocą żeber krzyżowych

d) zapomocą trzpienia o takichże wymiarach (fig. 80 i 81).

Odległość gniazd na śruby lub żebra od brzegu ciosu wynosi co najmniej 6 do 10 cm.

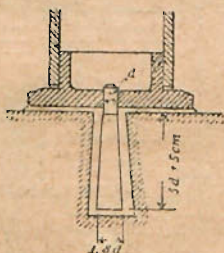


Fig. 81.

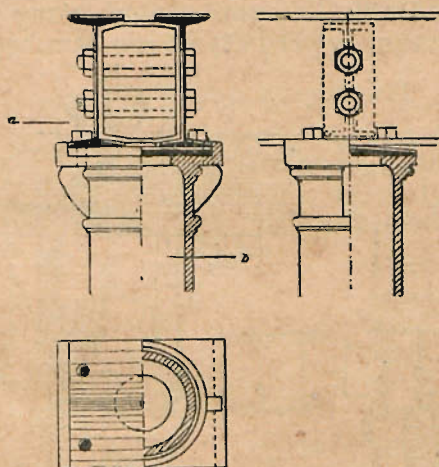


Fig. 82.

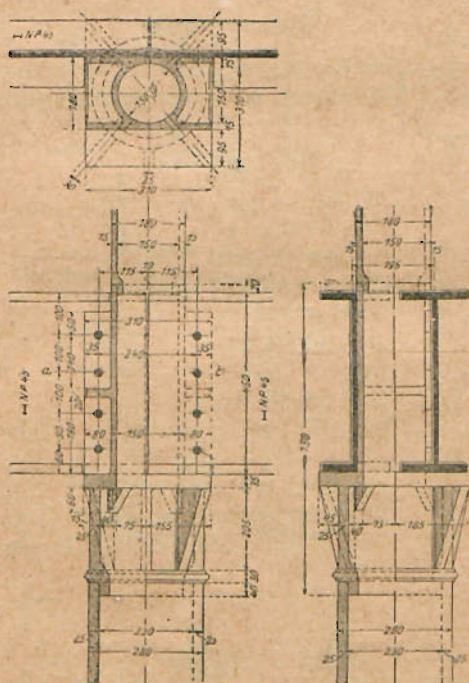


Fig. 84.

Najczęściej używa się sposobu a) w połączeniu z c) lub d).

Dźwigary umieszczają się na słupach zwykle na łukowato wygiętej powierzchni górnej, dając po bokach rąbki (fig. 79, 82), aby uzyskać osiowe przeniesienie siły; jeżeli słup przechodzi przez parę pięter, to najlepiej belkę przepuścić przez środek słupa (fig. 83); można ją też umieścić na wsporniku (fig. 84). — Zwykle część słupa pośrednią odlewa się osobno i łączy z trzonem na śruby (fig. 83). Można jednak oprzeć belkę

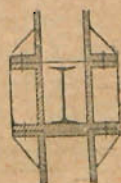


Fig. 83.

na słupie dolnym, a słup górny na belce (fig. 85). Słupów przegubowych używa się tam, gdzie mają one zastąpić ło-

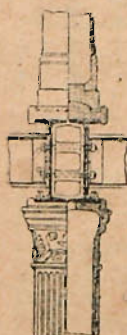


Fig 85.

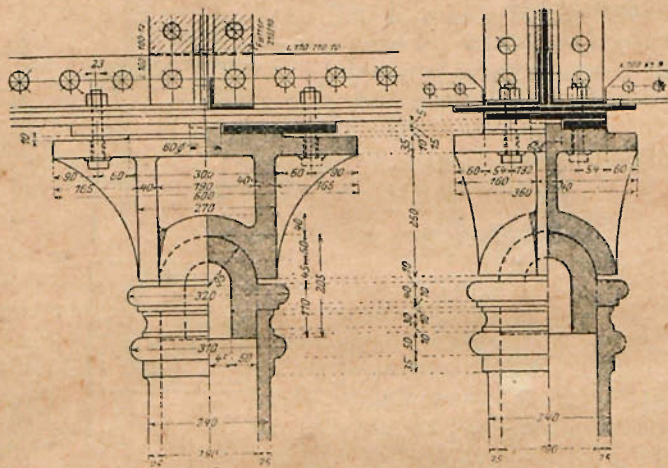


Fig. 86.

żysko ruchome belki, lub gdzie bardzo chodzi o osiowe przeniesienie siły. Wtedy głowica i podstawa otrzymują przegub np. wedle fig 86 i 87.

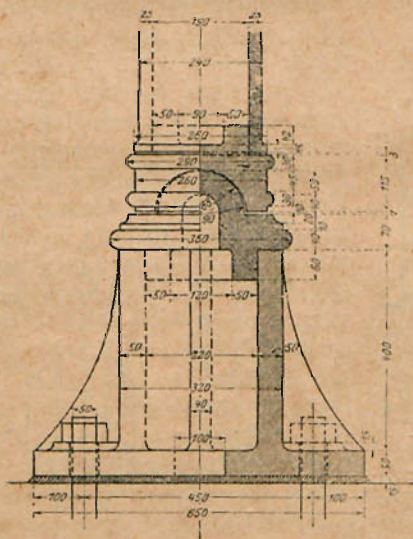


Fig 87.

B) Słupy
z żelaza
walcowa-
nego posia-
dają najczę-
ściej przekrój
złożony z ką-
towników
(fig. 88, 89, 91,

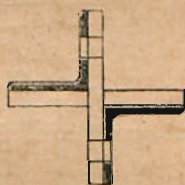


Fig. 88.



Fig. 89.



Fig. 90.



Fig 91.

kształtowniki tak, aby momenty bezwładności dla osi x i y były równe, ($I_x = I_y$), np. dla fig. 94 w odstępie

$$b = \sqrt{\frac{I_x - I_y}{A}} - c \quad . \quad . \quad . \quad 13 \quad (\text{por. przykł. 11}).$$

Dla przekrojów, których nity wchodzi w środek (np. fig. 91, 95) odstęp między kształtownikami musi wynosić co najmniej 4–5 cm. Przekroje 88–90 używane są dla małych, przekroje pozostałe dla większych obciążeń; dla bardzo znacz-

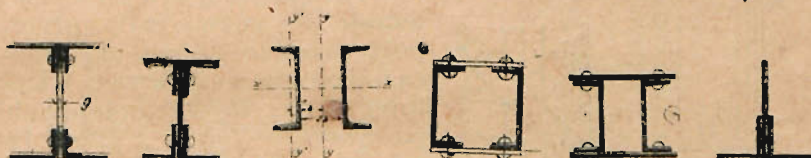


Fig. 92.

Fig. 93.

Fig. 94.

Fig. 95.

Fig. 96.

Fig. 97.

nych obciążeń używa się dźwigarów, złożonych z większych blach i kształtowników (np. fig. 101)*); dla słupów o jednym



Fig. 98a.

Fig. 98b.

Fig. 99.

Fig. 100.

wymiarze wydłużonym (np. słupy wystaw sklepowych) szeregu kształtowników obok siebie (fig. 100). Kształtowniki rozdzielone łączą się zapomocą:

a) wkładki (podkładki), jeżeli odstęp ich jest niewielki (fig. 102) lub

b) przykład z płaskowników 5,0–8,0, rzadziej kształtowników, tworzących kratę (fig. 103) łączonych na 1 nit, lub wreszcie zapomocą

c) przykład szerokiego łączonych na 2–3 nity (fig. 104). Odstęp łączników wy-

nosi 30 i do 50 i, gdzie i jest promieniem bezwł. jednego kształtownika. Jeżeli poszczególne części słupa są zetknięte

*) Kształt niekorzystny z uwagi na rozmieszczenie nitów.

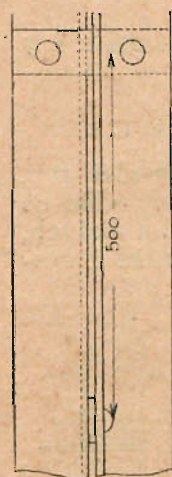


Fig. 102.

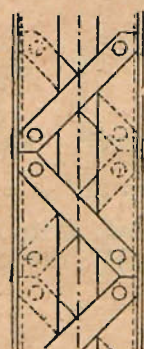


Fig. 103.

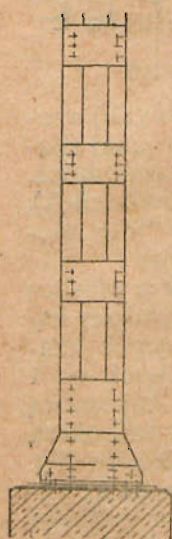


Fig. 104.

bezpośrednio (np. fig. 90), to odstęp nitów wynosi 8–10 d (d = średnica nitu).

Przepisy M. R. P. powiadają (§ 14,9):

Pręty ciśnione o przekroju, złożonym z kilku części, mają być w ciągu swej długości spojone łącznikami w ten sposób, dby pewność przeciw wyboczeniu każdej części z osobna między łącznikami była co najmniej dwukrotnie większa od pewności nawyboczenie całego słupa na całkowitej długości (o ile obliczenia nie przeprowadzono w sposób ściślejszy).

Podstawę słupów wykonuje się zazwyczaj z płyty, połączonej ze słupem zapomocą blach trapezowych i kątowników równoramiennych $60 \times 60 \times 6$ — $120 \times 120 \times 12$ zależnie od wielkości dźwi-

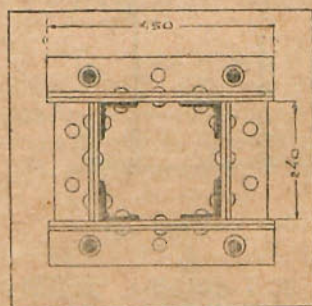
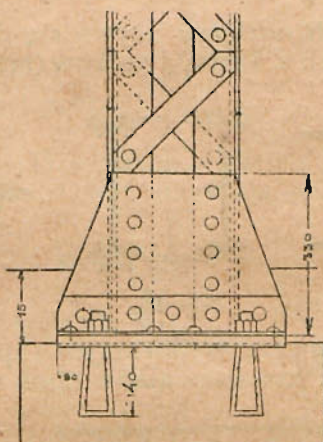


Fig. 105.

garów, z których słup się składa. Dobrze jest użyć kątowników nierównoramiennych, umieszczonych dłuższym ramieniem poziomo (por. fig. 106). Kątowniki dajemy również w kierunku poprzecznym (por. fig. 105 — 110). Grubość płyty podstawowej

$$g = 0,028 \sqrt{\sigma} \cdot 14$$

zwykle 10–15 mm. Kątowniki poziome i blachy trapezowe winny zachodzić możliwie daleko dla

usztynienia podstawy, nie mniej niż 5–10 mm od brzegu. Płytę osadza się na cemencie i utwardza śrubami do kamienia.

Fig. 108. przedstawia podstawę słupa złożonego z ćwierćkołowników. Kątowniki podstawowe wygięte są wedle fig. 109.

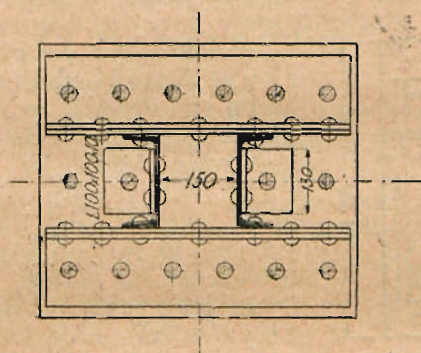
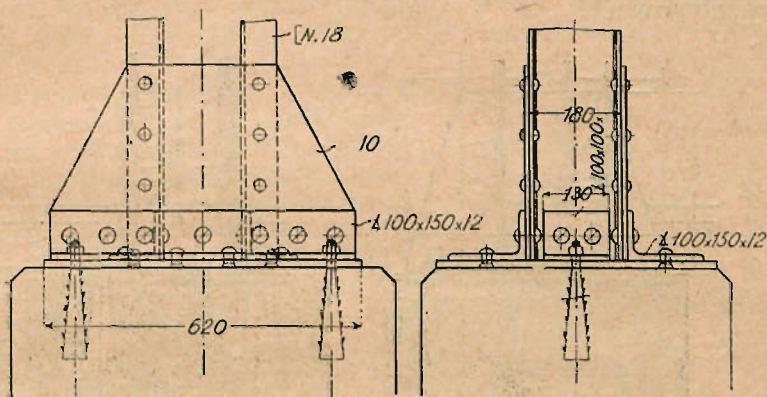


Fig. 106.

nego, opartego na ceowniku przy pomocy kątowników.

Zupełnie podobnie wykonuje się głowicę słupów walcowanych (fig. 112–114). Płyta może tu przecież mieć wymiary mniejsze, dostosowane do wielkości belek, leżących na niej. Belki umieszcza się przy pomocy nitów, nitowanych na miejscu, albo lepiej śrub.

Jeżeli słupy przechodzą przez kilka pięter, to zwykle mają we wszystkich przekroju podobny, wzmacniany ku dołowi:

a) zapomocą przyłądek (fig. 115 i 116):

b) przez dodanie nowych kształtowników dołem, np. przechodząc z przekroju fig. 88 w przekroju fig. 89, por. fig. 115;

Fig. 110. przedstawia słup o podstawie, którą trzeba było usztynić bardzo silnie z powodu jej wielkich wymiarów. — Prócz dwu głównych blach trapezowych mamy tu cztery drugorzędne, idące prostopadle do pierwszych. Kątowniki drugorzędne leżą na podkładkach.

Fig. 111. przedstawia podstawę słupa ściennego,

w środek słupa, opierając go na poprzeczce, n. p. wedle fig. 121.

Jeżeli budynek o słupach (ścianach) żelaznych posiada tor suwnicowy (żurawiowy), to umieszczenie tegoż na słupie można wykonać:

a) dla ciężkich suwnic (żurawi) wedle fig. 122, kładąc belkę toru na osobnej części słupa, co wymaga wielkiej podstawy;

b) wedle fig. 123, umieszczając ją na wsporniku (tylko dla małych obciążeń suwnicą); w tym razie trzeba słup obliczać na moment zginający, bardzo niekorzystnie wpływający na ilość materiału;

c) wedle fig. 124 sprowadzając osobny dźwigar podtrzymujący tor do wspólnej podstawy ze słupem; powstaje wtedy konstrukcja pośrednia między a) i b), dająca tę korzyść, że słup nie ma tak niekorzystnych naprężeń zginających, a z drugiej strony za niewielką podstawę.

C) Słupy zakotwione.

Jeżeli na słup przenosi się prócz siły cisnącej P także moment zginający M (względnie siła pozioma H , przyczem $M = Hh$), to wymiary słupa oblicza się wedle wzoru

$$k \geq \frac{P}{F} + \frac{M}{W} \dots \dots \dots 15$$

Naprężenia cisnące w podstawie takiego słupa rozkładają się wedle fig. 71.

Jeżeli zaś może zająć obawa, że wypadkowa R wyjdzie poza płytę podstawową, to słup należy utwierdzić w fundamencie, co uskuteczniamy najczęściej przy pomocy kotw weń wpuszczanych. Kotwy rozstawia się możliwie daleko, aby ramię ich działania było jak największe. Zazwyczaj kotwy daje się obustronnie.

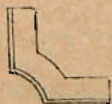


Fig. 109.

Obliczenie kotw fundamentowych nie zostało dotąd ujednoliconie. Zakładając, że naprężenie krawędziowe na ściskanie nie powinno przekraczać granicy dopuszczalnej, otrzymamy (fig 125) położenie osi obojętnej

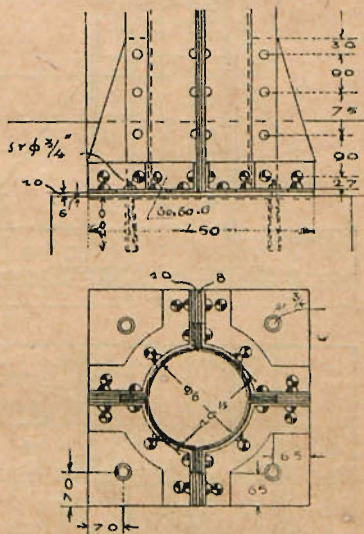


Fig. 108.

$$x = \frac{3}{2} \left(m \pm \sqrt{m^2 - \frac{8}{k_c} \frac{M + Pc}{b}} \right) \dots 15 a$$

$$C = k_c \frac{b x}{2} - P \dots 15 b$$

(w kilogramach i centymetrach). C jest siłą rozciągającą w kotwie.

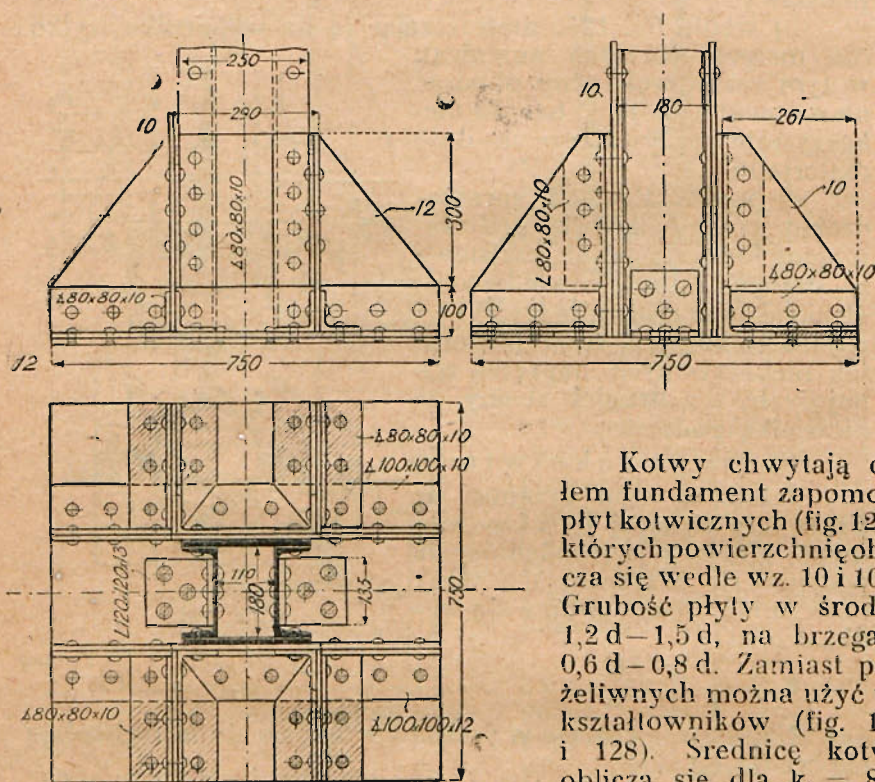


Fig. 110.

Kotwy chwytają dołem fundament za pomocą płyt kotwicznych (fig. 126), których powierzchnię oblicza się wedle wz. 10 i 10 a. Grubość płyty w środku 1,2 d – 1,5 d, na brzegach 0,6 d – 0,8 d. Zamiast płyt żeliwnych można użyć też kształtowników (fig. 127 i 128). Średnicę kotwy oblicza się dla $k_r = 800 \text{ kg/cm}^2$ ze wzoru:

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \frac{C}{k_r}} = 0,04 \sqrt{C} \dots 15 c$$

dla $k_r = 1000 \text{ kg/cm}^2$ (granica określona przez Ministerstwo Robót Publicznych) otrzymujemy:

$$d = 0,36 \sqrt{C} \dots 15 d$$

Zakotwić słup można również, wpuszczając jego dolną część w fundament betonowy (fig. 129).



Fig. 115.



Fig. 116.



Fig. 117.

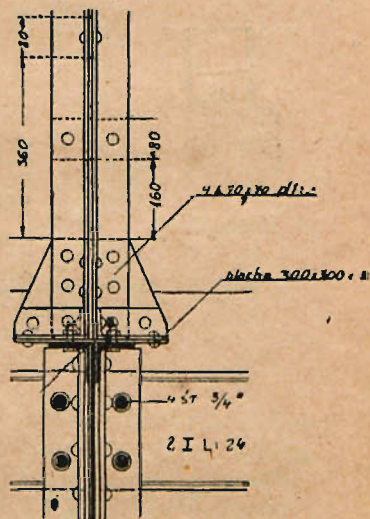
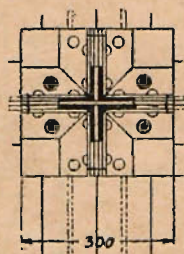


Fig. 118.

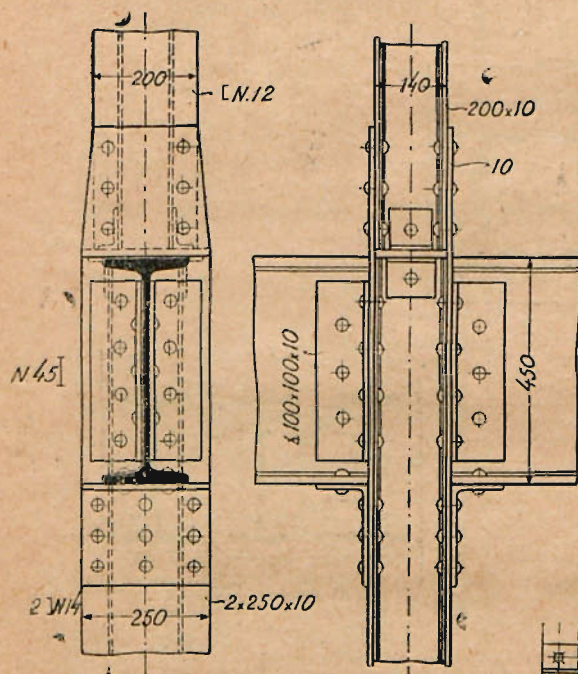


Fig. 119.



Fig. 120.

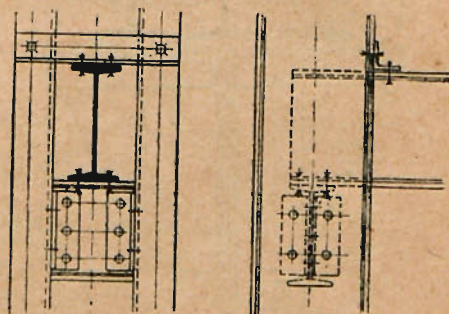


Fig. 121.

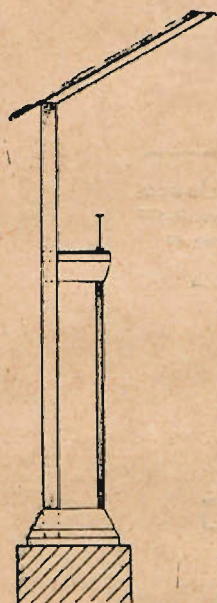


Fig. 122.

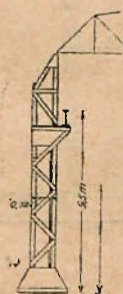


Fig. 123.

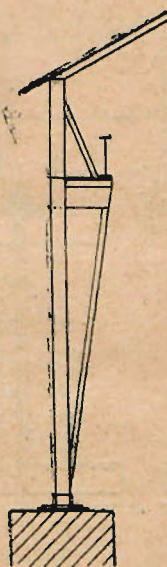


Fig. 124.

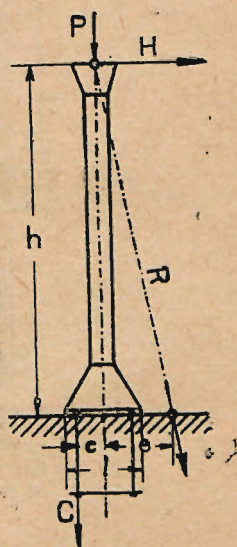


Fig 125 a.

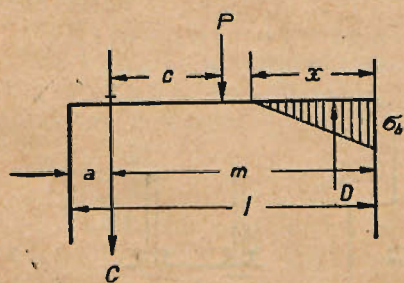


Fig. 125 b.

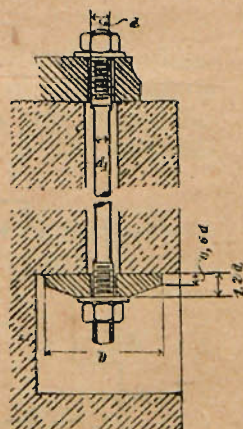


Fig. 126.

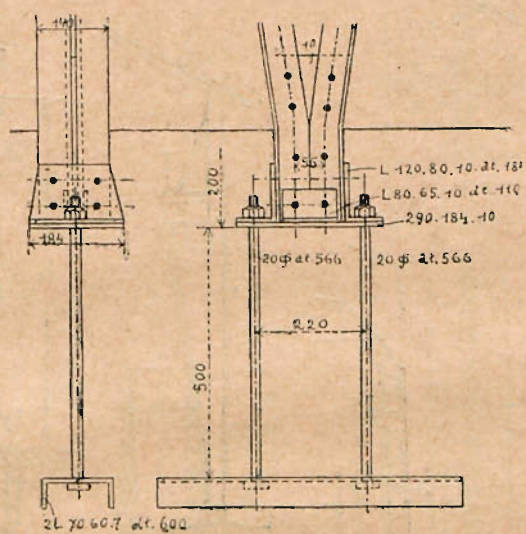


Fig. 127.

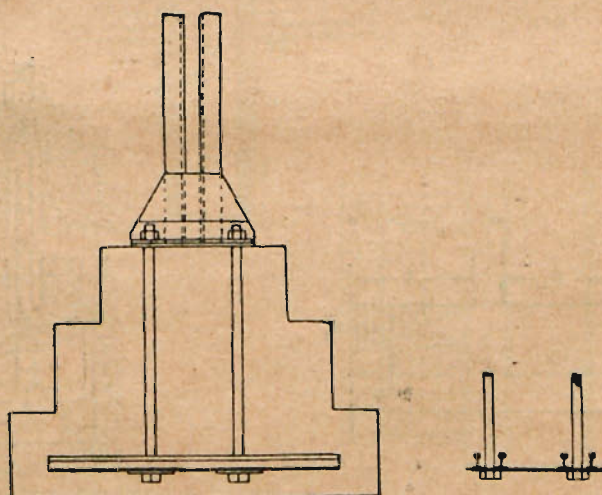


Fig. 128.

