

Inż. ADAM DRECKI



ŻELBETOWE SŁUPY OŚWIETLENIOWE TYPY i WYKONANIE

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

Inż. ADAM DRECKI

E. Drecki

666 982:729.322:628.9

ŻELBETOWE SŁUPY OŚWIETLENIOWE TYPY I WYKONANIE



WARSZAWA 1954

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

Opiniodawca
prof. dr inż. Tomasz Kluz
Redaktor naukowy PWT
mgr inż. Zygmunt Rytwiński

•

W pracy omówiono najważniejsze typy żelbetowych słupów oświetleniowych, podano nowoczesne sposoby ich produkcji, wykończenia zewnętrznego, składowania, transportu, ustawiania i konserwacji oraz sposoby naprawy słupów uszkodzonych.

Praca przeznaczona jest dla mistrzów i techników zajmujących się wykonywaniem i montażem słupów oświetleniowych.

Będzie ona również pomocą dla inżynierów i konstruktorów projektujących słupy i linie oświetleniowe.

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE

Redaktor techniczny J. Ebert

Korektor techniczny W. Nienaszi

PWT Warszawa 1954. Wydanie 1. Nakład 3140 egz. Ark. wyd. 10,1 Ark. druk. 8,98 Format B5.
Pap. druk. sat. kl. V, 60 g, 700 × 1000/16. Rękopis oddano do skład. 27. 10. 53. Podpis. do druku 30. 1. 54.
Druk ukończono 4. 2. 54. Symbol 73019/B. Cena zł 9,10

Krakowskie Zakłady Graficzne Nr 4, ul. Sarego 7 — Zam. 691/53 — M-4-34969

SPIS TREŚCI

I. Zarys historii oraz względy gospodarcze stosowania słupów żelbetowych	5
II. Wpływ wykonawstwa na trwałość słupów żelbetowych	8
III. Typy żelbetowych słupów oświetleniowych i urządzeń sygnalizacji urba- nistycznej	14
1. Wiadomości ogólne	14
2. Sygnalizacja urbanistyczna	23
3. Parę uwag o doborze wysokości i wykończeniu słupów	25
4. Krajowe typy słupów oświetleniowych	26
a. Słupy typu „Ala”	26
b. Słupy parkowe typu „Kula EW”	33
c. Słupy typu „Kula EK”	34
d. Słupy typu „Łazienki Królewskie”	36
e. Słupy typu „Nowy Świat”	36
f. Słupy typu „Lot” i „WZ”	37
g. Słupy typu „krzyżowy”	43
h. Słupy typu „Kraków”	43
i. Słupy do oświetlenia gazowego typu „GW”	44
j. Słupy typu „MDM”	46
IV. Systemy produkcji	47
1. Ubijanie ręczne i mechaniczne	47
2. Beton ciekły (lany)	47
3. Utrząsanie betonu	47
4. Beton natryskowy	48
5. Beton wirowany	49
6. Beton wstępnie sprężony (strunowy)	56
V. Wibrowanie żelbetowych słupów oświetleniowych i szczegóły wykonawstwa	58
1. Przygotowanie zbrojeń	58
2. Przygotowanie mieszanki betonowej	64
3. Formy	69
4. Urządzenia wibracyjne i wibrowanie	75
5. Szczegóły konstrukcyjne	89
6. Znakowanie	91
VI. Zewnętrzne wykończenie słupów	92
1. Wykończenie betoniarskie	92
2. Wykończenie kamieniarskie	93
3. Szlifowanie	96
VII. Konserwacja, składowanie, transport i ustawianie słupów	98
VIII. Reperacja słupów uszkodzonych	104
Wykaz piśmiennictwa	108

I. ZARYS HISTORII ORAZ WZGLĘDY GOSPODARCZE STOSOWANIA SŁUPÓW ŻELBETOWYCH

Historia rozwoju słupów oświetleniowych jako zagadnienie oświetlenia miasta, niezależnie od rodzaju energii świetlnej i materiału użytego do ich produkcji, datuje się od stosunkowo niedawnego czasu. Jeszcze w XVI wieku nawet wielkie zachodnio-europejskie stolicy nie były oświetlane. Ciekawe i charakterystyczne są przepisy policyjne Paryża z tego właśnie okresu, rozwiązujące problem ulicznego oświetlenia przez zalecanie obywatelom miasta wracającym późnym wieczorem do domu, aby ze względów bezpieczeństwa osobistego stosowali oświetlanie drogi przez poprzędkającego ich pachołka z pochodnią.

Dopiero w roku 1667 ukazują się we Francji pierwsze zarządzenie regulujące zresztą w dość oryginalny sposób planowe oświetlenie miasta, a nakazujące ustawienie latarni ze światłem lampy oliwnej na każdym skrzyżowaniu ulic. Ten prymityw oświetlenia ulicznego zmienia radykalnie zastosowanie w 1810 r. gazu świetlnego. Ulice Warszawy otrzymują pierwsze latarnie gazowe w roku 1856.

Ciekawe wydarzenie w historii oświetlenia gazowego zaszło w Rzymie w roku 1815-ym, gdzie zarząd miejski opracowawszy plan oświetlenia ulic postanowił wprowadzić nowoczesne dla owych czasów latarnie gazowe. Innowacja ta nie doszła do skutku i została odłożona na wiele lat z powodu stanowczego sprzeciwu ze strony zakonu jezuitów, który po upadku Napoleona doszedł ponownie do poważnych wpływów w życiu świeckim. Opinia ojców zakonu o świetle gazowym, jako nie przewidzianym liturgią i rzekomo z tego względu niemiłym dla Stwórcy, zadecydowała o wstrzymaniu instalacji nowego typu oświetlenia w Wiecznym Mieście.

W Paryżu kroniki z owych czasów notują szerokie polemiki świata medycznego o szkodliwości dla zdrowia „jarzącego i oślepiającego ludzi i konie”, a tak niewinnego, jak wiemy, światła latarni gazowych.

Światło elektryczne ukazują się na słupach oświetleniowych już w roku 1885, lecz właściwie rozpowszechnia się dopiero w początku wieku XX wywołując całkowity przewrót w technice oświetleniowej.

Kolosalne tempo rozbudowy stolic świata stwarza nową gałąź wiedzy stosowanej — urbanistykę. Widząc w oświetleniu miasta i efektach świetlnych nowy, nieodłączny element architektury urbaniści pracują nad stworzeniem takich urządzeń oświetleniowych, które zarówno w dzień, jak i w nocy harmonizowałyby z całością otoczenia.

Zmiany w architekturze elewacji budynków wywołują odpowiednie przekształcenie się słupa oświetleniowego. Od zwykłego słupa drewnianego i poprzez maszty żeliwne o kształtach barokowych, rurowe i blaszane, dochodzimy do słupów o formach nowoczesnych, wykonanych w żelbiecie, kutych dłutem kamieniarza, stanowiących jakby pomnik obecnego wieku — „wieku żelbetnictwa”.

Słup oświetleniowy, traktowany kiedyś przez architektów jako zło konieczne, stał się dzisiaj w swojej kamiennej naturalności nieodzownym dopełnieniem monumentalnych budowli bądź też upiększeniem parków i zieleńców miejskich.

Charakter materiału zgodny z duchem budownictwa i dający możliwości łatwego uzyskania wymaganych form słupa oraz odpowiedniego do otoczenia wykończenia zewnętrznego znakomicie ułatwia powszechność stosowania słupów żelbetowych. Siłą piękną i trwałości wyparły one na stałe inne konkurencyjne materiały. Nawet działania wojenne nie zdołały ich zniszczyć, czego dowodem są słupy żelbetowe w zburzonej Warszawie. Uszkodzenia od kul i odłamków dają się łatwo naprawić i słup powraca do swojego dawnego stanu. Natomiast popękane słupy żeliwne lub pogięte rurowe nadają się jedynie na złom.

Słupy żelbetowe używane od dłuższego czasu w energetyce i teletechnice nie od razu znalazły zastosowanie w instalacjach oświetlenia ulicznego, a w swoim pierwotnym rozwoju przechodziły ciekawe studia ulepszeń.

Według danych literatury technicznej po raz pierwszy użyto betonu jako materiału do budowy sieci napowietrznej już w roku 1856, a więc w najbliższym okresie po wynalezieniu cementu portlandzkiego (rok 1824).

Myśl zastosowania betonu powstała wskutek konieczności ochrony słupów drewnianych przed pożeraniem ich przez owady. Plaga owadów w krajach podzwrotnikowych jest tak wielka, że stosowanie tam słupów drewnianych do linii telegraficznych i innych było niemożliwe.

Pierwsze słupy betonowe wykonane w jednym z krajów południowych były krótkie i grube, o przekroju okrągłym średnicy 20 cm u wierzchołka i 45 cm przy podstawie i miały około 4 m wysokości. Całkowite ich „uzbrojenie” stanowił zabetonowany wewnątrz trzon drewniany o średnicy 8 cm. Żelbet nie był jeszcze znany. Słupy te przetrwały jakoby 30 lat.

Po wynalezieniu żelbetu (1867 r.) w ostatnim dwudziestolecu poprzedniego wieku zaczęto stosować słupy żelbetowe o masywnej konstrukcji, która zapewniła im wieloletnią trwałość pomimo ręcznej produkcji.

W związku ze zdobytymi w tym czasie doświadczeniami w stosowaniu żelbetu powstał w roku 1903 nowy typ masztu. Drewniany trzon w tej nowej konstrukcji pokryto żelbetem. W celu uniknięcia pęcznienia drewna i ewentualnego rozsadzania betonu używano do produkcji drągów zeschniętych, które przed produkcją obficie nawilżano przez dłuższe moczenie w wodzie i owijano uzwojeniem z drutu 6 mm. W czasie twardnienia betonu trzon drewniany oddawał swoją wilgoć kurcząc się stopniowo. W ten sposób powstał nawet pewien luz pomiędzy drewnem a płaszczem żelbetowym.

Myślą przewodnią tego systemu było stworzenie słupa trwałego i znacznie lżejszego od masywnych słupów żelbetowych. Poza tym wskutek sztywności drąga uzyskiwano możliwość wcześniejszego transportowania masztów na budowę. W okresie późniejszej pracy masztu, gdy drewno uległo zniszczeniu, całkowite naprężenie przejmował żelbet.

Z historycznego punktu widzenia powyższy typ słupa można traktować jako pierwszy krok techniki nawiązujący do stworzenia lekkiego, wewnątrz próżnego masztu żelbetowego.

W roku 1906 powstał nowy system produkcji elementów betonowych próżnych wewnątrz. Wydrążenie uzyskano za pomocą odśrodkowego prasowania. Rozpoczęto od produkcji rur betonowych przechodząc następnie do wykonawstwa słupów. Słupy te były już dużym postępem w technice,

lecz system produkcji okazał się zbyt kosztowny i niemożliwy do zastosowania przy większej długości słupów wymaganej przez energetykę.

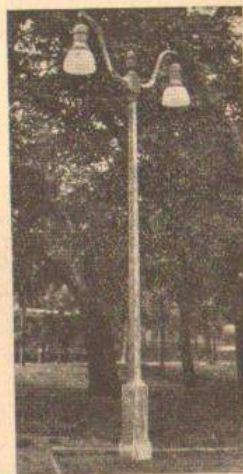
Bezpośrednim następcą tego systemu jest słup wirowany, o przekroju pierścieniowym. Zagęszczanie betonu i szczelne otulenie wkładek zbrojeniowych uzyskuje się tu za pomocą siły odśrodkowej. Metoda wirowania jest nadal w wielu krajach stosowana, wobec czego w dalszych rozdziałach będzie bliżej omówiona.

Wysiłki konstruktorów słupów żelbetowych szły przede wszystkim po linii zmniejszenia ich ciężaru. Nadmierny ciężar masztu był jego istotną wadą. W dążeniu do obniżenia ciężaru masztu redukowano przekroje, zmniejszano otulinę zbrojenia, zacieśniano wkładki, przystosowano kształt słupa do statycznie najkorzystniejszego rozkładu zbrojenia, stosowano wgłębiania i otwory, co w rezultacie wymagało wysokiej techniki wykonawstwa i doskonałej szczelności betonu, nieosiągalnej przy ręcznej produkcji. Metoda wirowania mogła być stosowana tylko do ograniczonych kształtów formy słupa, a poza tym wymagała kosztownych inwestycji.

Dlatego też właściwe upowszechnienie produkcji słupów żelbetowych zarówno do linii przesyłowych, jak i do oświetlenia ulicznego datuje się dopiero od czasu wprowadzenia wibracyjnego systemu zagęszczania wyrobów betonowych. Dopiero zatem wibrowanie betonu umożliwiło masową produkcję lekkich i elastycznych słupów oświetleniowych, o liniach smukłych, przy dowolnych kształtach formy.

Pomimo oczywistych dzisiaj dla każdego zalet żelbetowego słupa oświetleniowego wprowadzenie go na rynek polski nie było sprawą łatwą i wymagało wieloletnich wysiłków. Pierwsze zamówienie, w roku 1936, udzielone zostało przez elektrownię warszawską jakby „na odczepnego”. Oświadczone bowiem inżynierom oferującej wytwórni, że jeżeli zdołają według już przygotowanych rysunków dla słupa żeliwnego wykonać identyczny w kształcie i wymiarach słup w betonie, to zamówienie otrzymują. Pomimo nieprawdopodobnie cienkich dla betonu przekrojów i trudnego kształtu ramion o wielu upiększeniach, karnesach i wygięciach wspomniana wytwórnia zamówienie wykonała z taką precyzją, że pomimo zupełnej rozbieżności formy słupa z charakterem materiału rezultat był tak dalece korzystny, że nie tylko potrafił raz na zawsze przekonać zamawiającą elektrownię do słupów żelbetowych w ogóle, ale nawet ten typ, zdawało się niemożliwy do wykonania w betonie zdołał się utrwalić i był kilkakrotnie powtarzany wskutek dalszych zamówień (rys. 1). Przytaczamy ten epizod w celu podkreślenia daleko idących możliwości w stosowaniu żądanych form słupa wibrowanego.

Przed opisanym wyżej pierwszym poważniejszym zamówieniem były już w Polsce wykonywane niewielkie partie ciężkiego typu słupów żelbetowych oświetleniowych ręcznej produkcji.



Rys. 1. Pierwszy w Polsce wibrowany słup oświetleniowy typu parkowego ustawiony w Warszawie; wysokość punktu świetlnego 4 m nad poziomem.

Wejście na rynek polski słupa żelbetowego do oświetlenia ulic było jednocześnie jego zwycięstwem nad dotychczas używanymi do tego celu materiałami. W latach 1937, 1938 i 1939 instalowały je już nie tylko wszystkie większe miasta Polski, lecz nawet mniejsze miasta, jak Kutno, Włocławek, Płock, Mielec, Rzeszów i wiele innych.

Względny oszczędność stali i drewna przemawiają również na korzyść słupa żelbetowego. Kalkulacyjnie koszt oświetleniowego słupa żelbetowego o wykończeniu kamieniarskim jest niższy od ceny słupa żelaznego. Natomiast stalowe słupy rurowe są tańsze od żelbetowych wykończonych po kamieniarsku.

Ze słupami drewnianymi kalkulacyjnie konkurować może tylko popularny typ słupa żelbetowego „Ala”, przystawany do celów oświetlenia jak również podwieszenia linii niskiego napięcia. Jego efektywny koszt zakupu jest nieco wyższy od ceny drewnianego słupa impregnowanego, lecz w porównaniu do całokształtu kosztów wieloletniej eksploatacji linii jest on tańszym. Należy również pamiętać o przewadze jego walorów zewnętrznych w stosunku do przykrego dla oka szpecącego otoczenie słupa drewnianego.

W końcu kilka słów na temat samego określenia — maszt czy słup żelbetowy do linii wysokiego lub niskiego napięcia, czy też słup oświetleniowy?

Otóż polskie Normy Elektrotechniczne PKN wprowadzają termin „słup” dla wszystkich konstrukcji wsporczych linii napowietrznych. A więc nie maszty, lecz słupy żelbetowe, słupy stalowe i słupy drewniane.

Natomiast w betoniarstwie ogólnie przyjęło się określenie „maszt żelbetowy” ze zrozumiałych względów chęci wyraźnego odgraniczenia tego działu produkcji konstrukcji inżynierskich od wyrobu wielu typów zwykłych żelbetowych słupów ogrodzeniowych, oznaczeniowych, granicznych itp. Maszt żelbetowy jako nazwa zwyczajowa, której trudno odmówić pewnej słuszności, używany jest nadal w mowie potocznej i nawet w literaturze technicznej. Należy stopniowo odzwyczajać się od niej i używać terminu oficjalnego, który zatwierdzony przez PKN nie może podlegać dyskusji.

II. WPŁYW WYKONAWSTWA NA TRWAŁOŚĆ SŁUPÓW ŻELBETOWYCH

Znajomość historii rozwoju produkcji w danym dziale wytwarzania jest podstawą postępu techniki wykonawstwa. Pozwala ona poszukiwaniu nowych dróg i ulepszeń produkcyjnych na uniknięcie eksperymentowania i powtarzania doświadczeń już kiedyś przeprowadzonych i zarzuconych, jako dających wyniki ujemne. Dlatego też przed szczegółowym opracowaniem wytycznych produkcji słupów żelbetowych rozpatrzmy bliżej rezultaty dotychczasowej długoletniej pracy w terenie słupów wykonywanych różnymi systemami i przy zastosowaniu różnych surowców.

Tradycją postępu w budownictwie było zawsze oparcie się na wielowiekowym doświadczeniu pokoleń. Dopiero na początku ostatniego stulecia zaczęto odstępować od dawnych tradycji. Wyprzedzając doświadczenie stosuje się nowe materiały budowlane — bez uprzednich długotrwałych obserwacji. Z tego względu zdobywane w różnych krajach doświadczenia z nowymi artykułami budowlanymi są nadzwyczaj cennym materiałem informacyjnym, dającym obraz wyników pozytywnych lub negatywnych, umożliwiających zorientowanie się w charakterze potrzebnych zmian w produkcji nowych prefabrykatów.

Utarło się u nas pojęcie, że dla trwałości konstrukcji żelbetowych podlegających wpływom atmosferycznym krytyczny jest dwuletni okres czasu ich pracy w terenie. Po tym terminie, jeżeli konstrukcja żelbetowa nie wykazała widocznych uszkodzeń lub odkształceń, uznawano ją za niemal wiecznotrwałą. Na podstawie tego pojęcia w okresie przedwojennym wymagana była od dostawcy żelbetowych elementów prefabrykowanych dwuletnia gwarancja za ukryte wady towaru.

Okazało się jednak, że w słupach żelbetowych używanych do podwieszania linii wysokiego lub niskiego napięcia albo w słupach oświetleniowych „objawy chorobowe” żelbetu ujawniają się dopiero po 12÷15 latach ich pracy. Odmienne warunki w zachowaniu trwałości słupów żelbetowych używanych do wymienionych celów tłumaczą się tu specyficznym charakterem pracy żelbetu, w szczególności w związku z możliwością przepływu przez szkielet zbrojenia prądów elektrycznych, tak zwanych upływowych (uchodzących). Dlatego też zarówno inwestor, jak i producent żelbetowych słupów do linii energetycznych i oświetleniowych powinien być zorientowany w objawach oddziaływania na żelbet wspomnianych prądów, poznać przyczyny ich ujemnego wpływu oraz umieć zastosować odpowiednie środki zaradcze przy produkcji słupów albo przy ich montowaniu.

Proces ten daje się zauważyć słuchowo w czasie deszczu w bliskości linii wysokiego napięcia przez charakterystyczne brzęczenie drgających wówczas izolatorów. Prądy upływowe bywają na tyle silne, że mogą zapalić żarówkę włączoną do pręta żelaznego wbitego w ziemię w odległości kilkunastu metrów od słupa linii elektrycznej.

Przy słupach oświetleniowych o kablowym doprowadzeniu energii prądy upływowe przedostawać się mogą do betonu i wkładki zbrojeniowych przy uszkodzeniu lub nawilżeniu złej izolacji przewodów.

W budownictwie mieszkaniowym znane są przypadki zawalenia się zawilżonych stropów żelbetowych pod wpływem destrukcyjnego działania prądów niskiego napięcia, dopływających z sieci elektrycznej wskutek uszkodzenia izolacji przewodu przeprowadzonego przez strop.

Gdy słup żelbetowy jest wgiebnie zawilgocony, pręt zbrojenia słupa z punktu widzenia utleniania się żelaza można potraktować jako elektrodę elektrycznie odizolowaną, zanurzoną w elektrolicie. Elektrolit stanowi tu woda deszczowa, a więc zawierająca tlen i minimalną ilość rozpuszczonego kwasu węglowego, będącego w kontakcie z wolnym wapnem cementu lub wapnem lekko związanym. Elektroliza wywołana przepływem prądów uchodzących powoduje intensywną korozję żelaza.

Od ostatecznego zestawu elektrolitu powstałego przy zawilgoceniu betonu i od jego mniej lub więcej alkalicznych lub lekko kwaśnych właściwości zależy stopień nasilenia utleniania się wkładek. Roztwór lekko kwaśny sprzyja korozji żelaza.

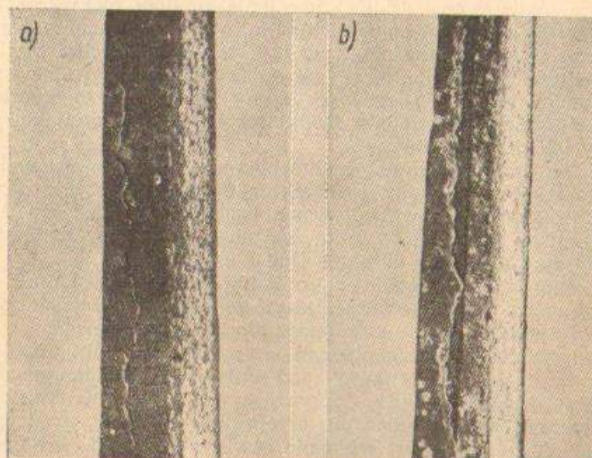
Prądy upływowe są w zasadzie prądami zmiennymi, a elektroliza wody, jak wiadomo, zachodzi pod działaniem prądu stałego. Jednakże w pewnych warunkach i prądy zmienne spowodować mogą elektrolizę wody. Między dwoma przewodnikami o różnej oporności, jakimi są beton i żelazo słupa, przez które przebiegają upływowe prądy, może zachodzić zjawisko powstawania prądów stałych wywołujących elektrolizę.

Utlenianie się wkładek zbrojeniowych pod wpływem elektrolizy powoduje pęcznienie otulonego betonem żelaza i co za tym idzie rozsądzanie betonu i tworzenie się na powierzchni słupa rys i szczelin podłużnych, biegnących po linii wkładek. Rysy te powstają na przestrzeni,

w której umożliwiające jest przesiąkanie przez otulinę wody deszczowej, a więc w miejscach, gdzie pręt żelazny zanurzony jest wówczas w elektrolicie i utlenia się pracując jako anoda (tylko anoda podlega rdzewieniu).

Do skonkretyzowania wniosków o korozji wkładek w słupach żelbetonowych, powstającej wyraźnie wskutek działania upływowych prądów, przyczyniły się w znacznej mierze badania, które dały następujące wyniki:

1. Na słupach pozornie nie wykazujących żadnych wad produkcyjnych po 12, 15 latach ich pracy w terenie jako konstrukcji wsporczych do podwieszania linii energetycznych lub jako słupów oświetleniowych, pojawiały się na powierzchni rysy i szczeliny podłużne, biegnące po linii



Rys. 2. Charakterystyczne rysy podłużne na słupach żelbetonowych o małych zmodernizowanych przekrojach: a) szczelina podłużna, b) odprysk betonu (widoczna wkładka zbrojenia).

wkładek. Długość rys przekraczała nieraz 1 m. Po pewnym czasie rysa przechodziła w otwartą szczelinę, przez którą występowała na powierzchnię rdza utleniającej się wkładki. Wreszcie następowało odpryskiwanie betonu wzdłuż zbrojenia i zbrojenie zostawało odkryte na całym uszkodzonym odcinku (rys. 2 a i b).

2. Rysy podłużne w większości przypadków tworzą się nie po stronie rozciąganej słupa, jakby się raczej można było spodziewać, lecz po stronie ściskanej (przy słupach krańcowych i narożnych).

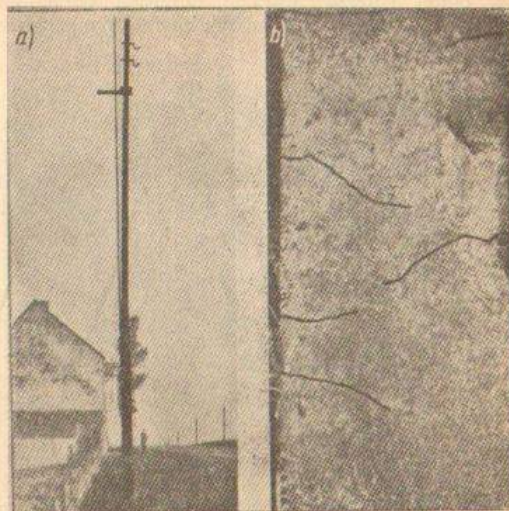
3. Stwierdzono, że rysy poprzeczne, powstające zazwyczaj wskutek nieuważnej manipulacji przy transporcie lub ustawieniu słupów, nie mają istotnego wpływu na rdzewienie wkładek głównych i tworzenie się rys podłużnych. Nawet przy pracy słupa pod stałą strzałką ugięcia (rys. 3 a i b) powstałe wskutek jednostronnego obciążenia rysy poprzeczne po 15-letniej pracy słupa nie spowodowały rdzewienia i destrukcji. Tylko w sporadycznych przypadkach rysa poprzeczna w bliskości strzemięcia

wywoływała jego rdzewienie, które ograniczało się zresztą do niewielkiego zasięgu. Zaobserwowano również na słupach pracujących 28 lat w terenie tworzenie się nowych rys poprzecznych, które tłumaczono wpływem mrozu na beton ręcznej produkcji o małej szczelności. Nigdzie nie powodowały one powstawania rys podłużnych, które uznano za jedyną przyczynę destrukcji betonu w słupach. Wspomniane słupy ręcznej produkcji były masywne i ciężkie.

4. Uszkodzenia od rys podłużnych stwierdzono na wielu słupach typów zmodernizowanych, pochodzących z produkcji roku 1935—1938 i mających szczupłe przekroje poprzeczne (rys. 2). Na niektórych liniach uszkodzenia sięgały nawet 40%, natomiast słupy wykonane przed 35 laty, o ciężkich przekrojach i grubym otuleniu wkładek zachowały się bez zarzutu. Na ogół uszkodzenia występują bardzo nieregularnie i należy podkreślić, że niektóre nowsze linie na słupach lekkich, lecz starannie wykonanych, o prawidłowym rozkładzie wkładek zbrojenia również nie wykazują żadnych usterek.

5. Badania przeprowadzone na przeszło 1200 sztukach słupów odkuwanych aż do wkładek zbrojenia ustaliły, że w miejscach, gdzie powstają szczeliny podłużne, nie ma zazwyczaj rys poprzecznych, a w każdym razie jeżeli one istnieją, to nie mają z rysami podłużnymi nic wspólnego, gdyż sięgają zbyt płytko. Rysy podłużne powstają w miejscach, gdzie wkładka główna zatopiona jest w betonie na głębokości 17÷19 mm od powierzchni. Na tym samym przecie zbrojenia poniżej szczeliny, a więc w miejscu zdrowym, stwierdzono otulenie 20 i 21 mm. Przy otulinie betonu przekraczającej te granice, a więc o grubości 22÷25 mm, nie zanotowano w ogóle szczelin podłużnych ani rdzewienia wkładek.

6. Charakterystycznym objawem było stwierdzenie znacznie intensywniejszego i głębszego utleniania wkładek stalowych przy słupach mających szczeliny podłużne, mało rozwarte w porównaniu z wkładkami całkowicie odsłoniętymi przez odprysk betonu. W tym ostatnim przypadku stal rdzewiała tylko powierzchownie, a w pierwszym — była zanurzona stale w elektrolicie.



Rys. 3. a) słup żelbetowy pracujący pod stałą strzałką ugięcia; na rysunku widoczne odchylenie od pionu oraz skala pomiarowa, b) rysy poprzeczne nie wywołujące destrukcji słupa.

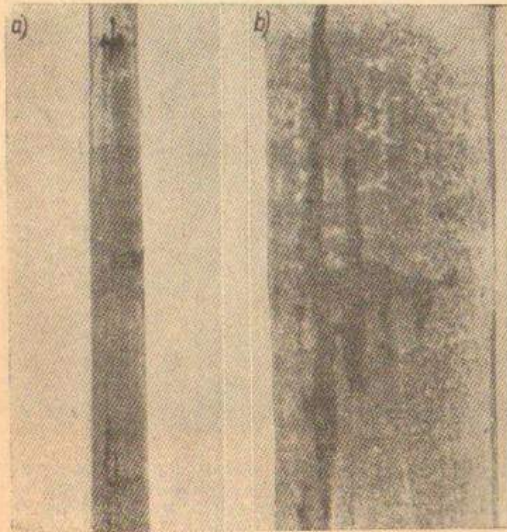
7. Słupy, wykonane przy użyciu gryków z żużli wielkopieczowych jako kruszywa, po 14÷15 latach pracy uległy w 57% uszkodzeniom od rys podłużnych, natomiast w tym samym czasie i w tej samej miejscowości słupy wykonane identycznym systemem ze żwirów rzecznych nie wykazały żadnych usterek.

8. Słupy, do produkcji których użyto kruszywa ze skał osadowych — w badanym przypadku z gryków wybitnie twardego piaskowca, już po 12 latach pracy nawet przy prawidłowym układzie zbrojenia ulegały niszczeniu przez powstawanie licznych szczelin podłużnych.

9. Zwrócono również uwagę na wpływ terenowych wód agresywnych na beton słupów niskiego napięcia, ustawionych bez fundamentów w pobliżu odpływów z fabryk chemicznych, gdzie część podziemna słupa

ulegała w szybkim czasie zniszczeniu. Słup musiał być wymieniany. Zlecono więc wykonywać fundamentowanie i zabezpieczenie słupów na terenach, na których można się spodziewać aktywności wód zawierających związki humusowe lub sole siarki.

Opisane wyniki dotyczą słupów produkowanych z betonu ubijanego ręcznie, betonu ciekłego i wibrowanego. Przy słupach wirowanych pomimo mniejszej otuliny szkieletu zbrojeniowego przypadki destrukcji były znacznie rzadsze, chociaż miały ten sam charakter uszkodzeń. Częściej spotyka się tu rdzewienie strzemion w miejscach niedostatecznie za-



Rys. 4. Rysy podłużne na słupach wirowanych: a) rdzawe zacieki na rysach podłużnych oraz na poprzecznych w miejscach zbytniego zbliżenia strzemion do powierzchni słupa, b) to samo w powiększeniu

bezpieczonych otuliną (rys. 4 a i b). Zanotowano również i taki przypadek, że słupy wirowane jednej linii nie wykazywały żadnych usterek, natomiast wibrowane wysięgniki na tychże słupach miały pewne drobne uszkodzenia wskazujące na wadliwość produkcji.

W celu określenia przyczyn progresywnego niszczenia żelbetu ważnym momentem było ustalenie jednorodności charakteru stwierdzonych usterek. Pierwszą uwagą, jaka się nasuwa po rozważeniu opisanych uszkodzeń, to brak dostatecznej otuliny wkładek i nadmierna nasiąkliwość betonu. Nasiąkliwość odegrała tu nawet rolę decydującą, gdyż bardziej szczelny, a więc mniej nasiąkliwy beton słupów wirowanych sta-

nowił w większości przypadków dostateczne zabezpieczenie przy mniej-
szej otulinie. Kruszywo bardziej nasiąkliwe, jak piaskowiec i żużel wiel-
kopieczowy wpływało przyspieszając na rdzewienie wkładek. Co się
tyczy kruszywa żużlowego, to niezależnie od wyższej nasiąkliwości tego
materiału dodatkowy wpływ destrukcyjny na beton wywierały również
zawarte w żużlu sole siarki uaktywnione stałym dopływem wilgoci
z opadów atmosferycznych.

Ostateczne wnioski o przyczynach „choroby żelbetu” w słupach ener-
getycznych i oświetleniowych, oparte na przytoczonych wynikach badań,
można by tak sprecyzować:

Zasadniczy wpływ na utlenianie się stali wkładek głównych oraz na
powstawanie rys podłużnych, sygnalizujących początek destrukcji be-
tonu, mają trzy następujące czynniki:

a. niedostateczna grubość otuliny betonowej, która powinna być regu-
lowana w zależności od metody i staranności zagęszczania mieszanki
betonowej.

b. nadmierna szybkość przenikania wilgoci atmosferycznej do we-
wnątrz betonu, zależna od stopnia szczelności zagęszczonej mieszanki i na-
siąkliwości użytych surowców oraz od dbałości wykonania robót wymie-
nionych w pierwszym punkcie.

c. elektroliza wody deszczowej przenikającej poprzez beton do wkła-
dek zbrojenia, wywołana prądami upływowymi.

Wyniki badań stwierdzają również, że poprzeczne rysy włoskowate
na słupach żelbetowych nie mają istotnego wpływu na przenikanie wil-
goci do wkładek głównych zbrojenia i na powstawanie destrukcyjnych
rys podłużnych. Przy nieprawidłowym układzie szkieletu zbrojeniowe-
go rysy poprzeczne mogą powodować rdzewienie strzemion, lecz jako zbyt
płytkie nie stanowią poważniejszego zagrożenia trwałości słupa; są one
jednak bardzo nieestetyczne, a szczególnie gdy wskutek korozji strze-
mion rdzawe zacieki wychodzą na powierzchnię słupa.

Znając już objawy i przyczynę postępowego niszczenia słupów żel-
betowych należałoby wyświetlić przyczynę błędów produkcyjnych.

Musimy więc sięgnąć wstecz do historii produkcji słupów będących
przedmiotem badań. Jak już wspomniano, większość zniszczeń odnosi się
do słupów wykonywanych w latach 1935—1938. Był to okres wysokiej
konjunktury gospodarczej i największego nasilenia produkcji słupów żel-
betowych w krajach Zachodu. Konieczność konkurencji w dążności do
obniżenia ciężaru i ceny słupa powodowało przesadne zmniejszanie prze-
krojów stale modernizowanych typów. Przez nadmierny pośpiech w ma-
sowym wykonawstwie odbiegano od racjonalnych systemów zagęszcza-
nia mieszanki betonowej wykonując nieraz słupy z betonu ciekłego po
prostu nalewanego do formy. Przy wibrowaniu stosowano mieszankę
o wiele za wilgotną, co — jak wiadomo — znacznie przyspiesza sam proces
wibrowania, lecz obniża wartości techniczne betonu. W celu przyspiesze-
nia twardnienia powszechnie stosowano dodatek chlorku wapnia. W po-
goni za zwiększeniem produkcji w jednostce czasu nie dość skrupulatnie
sprawdzano układ zbrojenia w formie i nie zawsze zabezpieczano dosta-
tecznie położenie całości szkieletu zbrojenia podczas wibrowania. Nie-
kiedy zbyt wcześnie transportowano maszyny na budowę. Zasady pra-
widłowego wibrowania dające możliwość uzyskania maksymalnych efek-
tów wytrzymałościowych nie były jeszcze wówczas tak dalece zgłębite
i znane, jak to ma miejsce obecnie. Autor niniejszej pracy miał w owym
czasie okazję odwiedzenia zagranicznych wytwórni i naoczno stwier-

dzenia opisanego poziomu produkcji niektórych zakładów, będącego wynikiem krótkich terminów dostaw.

Tak wyglądało podłoże istotnych niedociągnięć produkcyjnych. Jeżeli do tego dodamy stosowanie niekiedy kruszywa żużlowego lub z grysów skał osadowych, to otrzymamy pełny obraz popełnionych błędów, wyjaśniający późniejsze objawy destrukcji żelbetu w badanych słupach.

Z własnych obserwacji licznych słupów wirowanych o przekroju pierścieniowym, pochodzących z produkcji niemieckiej i ustawionych na terenach Ziemi Zachodnich, mogę stwierdzić, że szczeliny podłużne powstają na nich w głównej mierze po linii złączenia formy, gdy wkładka podłużna leży w pobliżu. Wskazuje to właśnie na zbyt pośpieszne rozbieranie form — przed dostatecznym stwardnieniem betonu. Formy do słupów wirowanych są inwestycją kosztowną a producentowi zależy na jak najszybszym zwolnieniu ich do dalszej produkcji. Nie zawsze idzie to w parze z późniejszą trwałością słupa.

Należy zaznaczyć, że obserwacje obecnego stanu słupów żelbetowych produkowanych w Polsce około 16 lat temu pozwalają na wydanie pochlebniejszej opinii o ich trwałości. Wprawdzie ilość wyprodukowanych w tym okresie słupów w Polsce nie przekraczała 3000 sztuk, lecz usterki wykonania obserwowane w innych krajach spotyka się u nas tylko w rzadkich przypadkach.

A zatem nasze wyniki krajowe są oczywistym dowodem staranności wykonawstwa i możliwości produkowania długotrwałych słupów żelbetowych wibrowanych nawet przy zachowaniu pięknych, smukłych linii i małych przekrojów, decydujących o lekkości słupa.

III. TYPY ŻELBETOWYCH SŁUPÓW OŚWIETLENIOWYCH I URZĄDZEŃ SYGNALIZACJI URBANISTYCZNEJ

1. WIADOMOŚCI OGÓLNE

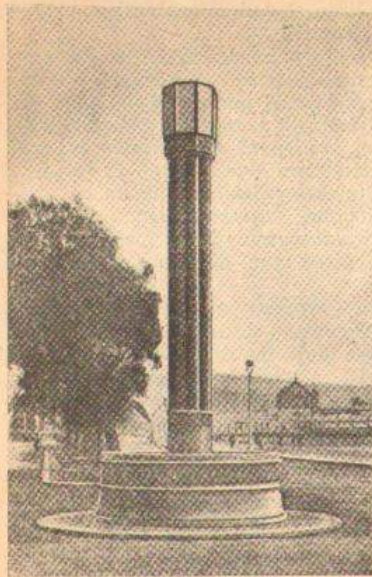
Dorobek wytwórni polskich w dziale słupów oświetleniowych dysponuje jeszcze z okresu przedwojennego taką ilością typów, że mogą one zadowolić najbardziej wybredne wymagania urbanistyki. Należy bezstronnie przyznać, że polskie typy słupów oświetleniowych przewyższają pod względem piękna linii, prostoty i lekkości konstrukcji wiele typów zagranicznych. Zaangażowanie polskimi typami słupów sięgało daleko poza granice kraju i swojego czasu przedsiębiorstwa zagraniczne zwracały się do polskich wytwórców z prośbą o dokumentację techniczną i zezwolenie na skopiowanie kształtu i konstrukcji niektórych naszych modeli.

Niemniej jednak ciekawe będzie rozpatrzenie kilku zagranicznych wzorów i podanie krótkiego opisu różnych zastosowań słupów żelbetowych oświetleniowych, szczególnie w związku z możliwością wykorzystania swoistych dla pewnych typów, dodatkowych efektów świetlnych.

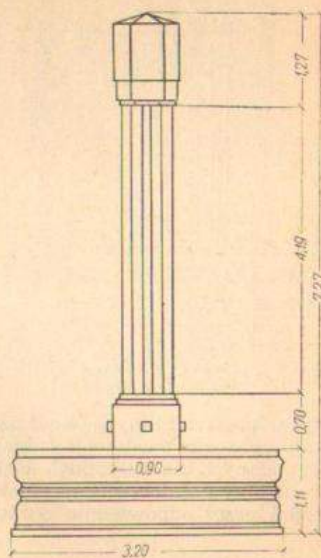
Przykładem takiego słupa jest model przedstawiony na rys. 5 a. Latarnia rozpraszająca światło wsparta jest tu na sześciu kolumnkach, pomiędzy które wprowadzono dodatkowe punkty kolorowego światła, dające w całości ciekawy efekt świetlny. Dolną część słupa otacza obszerne żardiniera na kwiaty. Wysokość punktu świetlnego latarni — 7 m.

Na rys. 5 b podane są wymiary poszczególnych części konstrukcji. Elementy składane tworzące całość słupa otrzymują zewnętrzne wykończenie kamieniarskie. Ciężar całego kompletu wynosi 8800 kg.

Podobną konstrukcję i wykończenie zewnętrzne ma fontanna świetlna (rys. 6) wyposażona w siedem świateł. Jej misa górna wsparta jest na



Rys. 5 a. Słup latarniowy z żardinierą i z dodatkową instalacją świetlną pomiędzy kolumnami; wysokość punktu świetlnego 7 m nad poziomem



Rys. 5 b. Wymiary słupa z żardinierą i dodatkowym efektem świetlnym pomiędzy kolumnami (wg rys. 5)

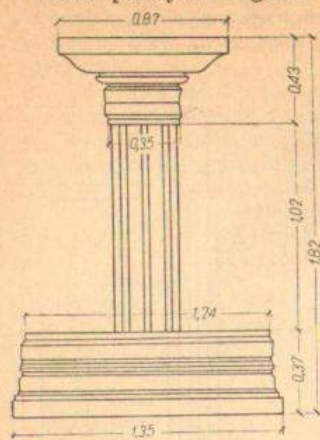
czterech kolumniekach wychodzących z misy dolnej. Na rysunku podano wymiary elementów. Ciężar całości konstrukcji — 650 kg.

Ciekawe efekty świetlne uzyskano także przy wprowadzeniu dodatkowego światła fioletowego w słupach wysokich, oświetlających nowoczesne arterie miejskie. W słupach przypominających kształtem nasz typ „krzyżowy” (rys. 47 i 48) umieszczono w górnej części cokołu niewidoczne z zewnątrz reflektory, rzucające ku górze strumienie fioletowego światła biegnące po linii wrębów wykształtowanych krzyżowym przekrojem słupa. Promienie fioletowego światła, oświetlające od pewnej wysokości jasny trzon żelbetowego masztu, załamując się i rozpraszając w białym świetle górnych lamp stwarzają piękne, choć niesamowite wrażenie jakby zawieszonych w mrokach nocy nieuchwytnych widm świetlnych.

Zastosowanie do danego typu słupa odmiennego kształtu lampy pozwala niekiedy na stworzenie zupełnie nowych efektów. Na rys. 7 przedstawiono oświetlenie placu szkolnego w jednym z miast przy użyciu słu-

pów żelbetowych podobnych do naszych słupów „Kula”, lecz o innym kształcie armatury i klosza lampy.

Nader praktyczne i godne zalecenia zastosowanie znalazły żelbetowe



Rys. 6. Fontanna świetlna, oświetlenie pomiędzy kolumnami

wych, kawiarni i innych lokali użyteczności publicznej. W tych warunkach staje się możliwe ustalenie jednakowej wysokości słupów w granicach wyżej podanych dla wszystkich większych miast kraju przy regulowaniu nasilenia światła na jezdni przez odpowiednie pochylenie arma-

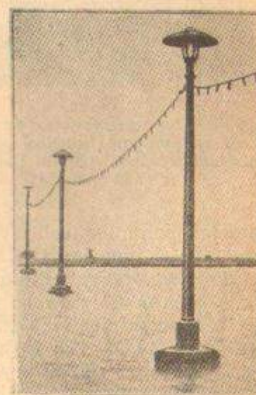


Rys. 7. Efekt świetlny przy odmiennym kształcie lamp na słupach typu „Kula”

słupy oświetleniowe na plażach nadmorskich (rys. 8), ustawiane na wysepkach betonowych w wodzie i oświetlające linię ograniczającą zasięg dozwolonej kąpiel.

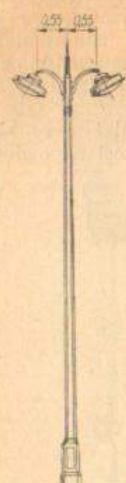
Technika oświetlenia ulic dąży do znormalizowania wysokości słupów i utrzymania punktu świetlnego na 7÷8 metrach i reguluje zasięg światła raczej systemem rozstawienia słupów, np. środkiem dwutorowej jezdni albo też przy krawędziach chodnika, oraz odpowiednim nastawieniem armatury lamp zamocowanych na stałe pod kątem właściwym dla danej szerokości ulicy.

W nowoczesnym systemie oświetlenia kierowano się założeniem, że lampy uliczne służą do oświetlania jezdni, natomiast chodniki będą dostatecznie oświetlone wystawami, witrynami i reklamami świetlnych domów towaro-

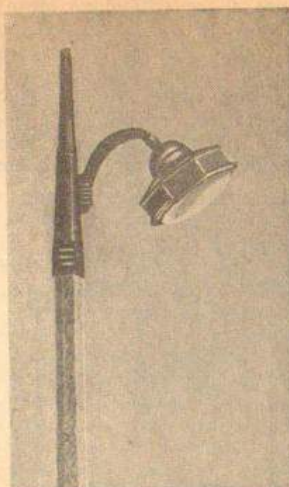


Rys. 8. Żelbetowe słupy oświetleniowe ustawione w wodzie przy plaży nadmorskiej

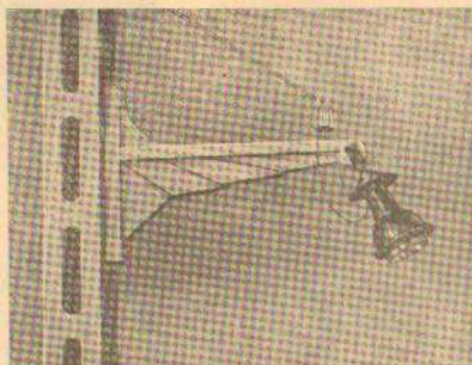
tury lampy i przez zaprojektowanie właściwego rozstawienia punktów świetlnych. Ułatwia to obsługę stałą przy ewentualnych awariach (np. wymiana żarówek) umożliwiając użycie lekkich drabin składanych



Rys. 9. Słup żelbetowy o klinowym nastawieniu lamp oświetleniowych — dwuramienny



Rys. 10. Klinowe nastawienie lampy przy słupie jednoramiennym

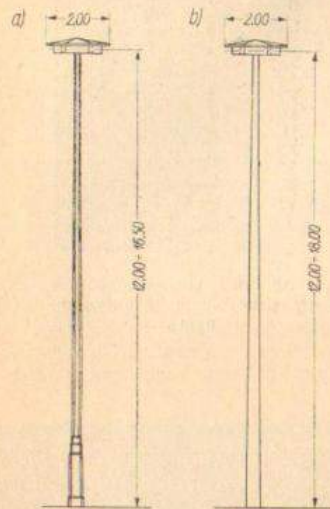


Rys. 11. Klinowe nastawienie armatury lampy przy doprowadzeniu prądu z linii napowietrznej

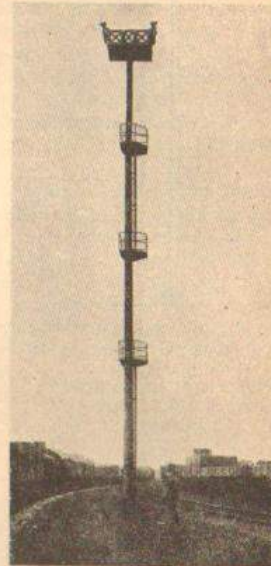
oraz obniża koszt jednorazowej inwestycji, to jest zakupu, montażu i transportu lżejszych i tańszych słupów o mniejszej wysokości.

Na rys. 9 przedstawiono szkic nowoczesnego dwuramiennego słupa oświetleniowego o armaturach pochylonych pod wymaganym kątem. Rys. 10 podaje głowicę tego samego typu słupa, lecz jednoramiennego. Wierzchołek słupa zakończony jest metalowym odlewem patynowanym. Z tego samego materiału wykonany jest wysięgnik do armatury lampy oraz pokryta jest ozdobna część cokołu.

Ukośne nastawienie lamp stosowane bywa również przy słupach oświetleniowych zasilanych prądem elektrycznym z sieci napowietrznej.



Rys. 12. Słupy do oświetlania rozległych placów wielkomiejskich; wysokość 12-16,5 m a) słup wibrowany o przekroju ośmiokątnym, b) słup wibrowany o przekroju pierścieniowym



Rys. 13. Słup żelbetowy „reflektor” wysokości 33 m z trzema pomostami i platformą górną, oświetla tory stacji kolejowej

W wysięgniku żelbetowym na jego wolnym końcu zabetonowana jest wówczas rurka, w której może się poruszać śruba zabezpieczająca przez docisk nastawienie kąta nachylenia armatury lampy. Prąd może być doprowadzany albo od izolatora zamocowanego na wysięgniku (rys. 11), albo też przewodem przeprowadzonym przez zabetonowaną rurkę, jak to jest przewidziane w normalnych wysięgnikach słupów „Ala”.

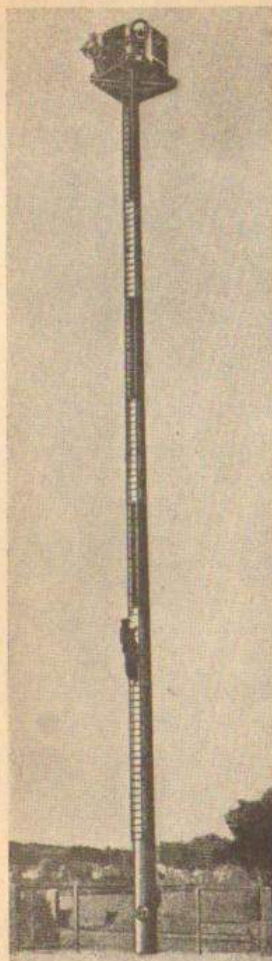
W niektórych układach rozplanowania jezdni, np. na rozległych skrzyżowaniach ulic, zachodzi potrzeba osiowego rozmieszczenia punktów świetlnych. Słupy żelbetowe użyte w takim rozwiązaniu powinny być przeliczone statycznie na naciąg u wierzchołka wywołany obciążeniem armatury na danej rozpiętości linki. Nie można lekceważyć sprawdzenia wytrzymałości konstrukcji, gdyż użycie słupów nie przystosowanych do

wymaganego naciągu powoduje ich pracę ze stałą strzałką ugięcia, co w rezultacie szpeci całość urządzenia.

Do oświetlenia wielkich powierzchni, jak reprezentacyjne place nowoczesnych stolic lub place przeddworcowe stacji kolejowych i morskich,

używane są wysokie kandelabry wieloramiennne o 4—5 lampach albo wysokie słupy zakończone tarczą żelbetową (rys. 12), mieszczące pod nią po 8 do 10 żarówek. Słupy tego typu produkowane są w wysokości do 16,5 m nad poziomem.

Do ostatnich lat sprawa racjonalnego rozwiązania oświetlenia wielkich powierzchni przemysłowych nie była ani dostatecznie przemyślana, ani doceniana przez nasz świat techniczny. Zainstalowanie na dużej przestrzeni większej ilości punktów świetlnych nie zawsze daje pożądane i oczekiwane rezultaty, a poza tym nie zawsze bywa technicznie możliwe. Natomiast światło nadawane przez ześrodkowane, potężne ogniska świetlne reflektorów umieszczonych na dużej wysokości stwarza warunki dobrej widoczności i pozwala na uwypuklenie całości oświetlanej



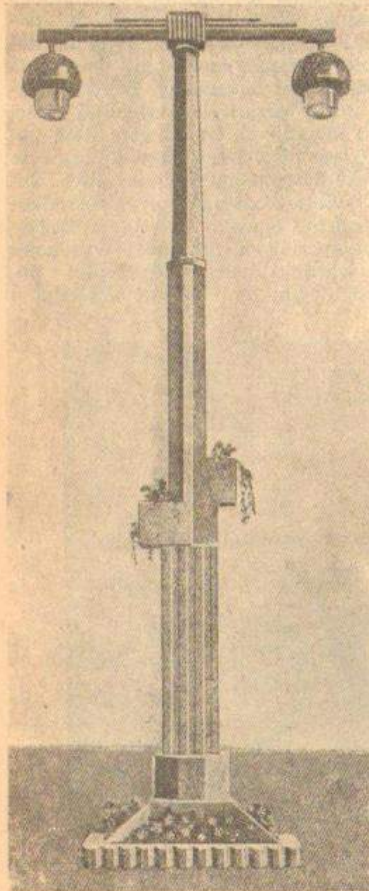
Rys. 14. Słup żelbetowy „reflektor” wysokości 25 m o jednej platformie górnej



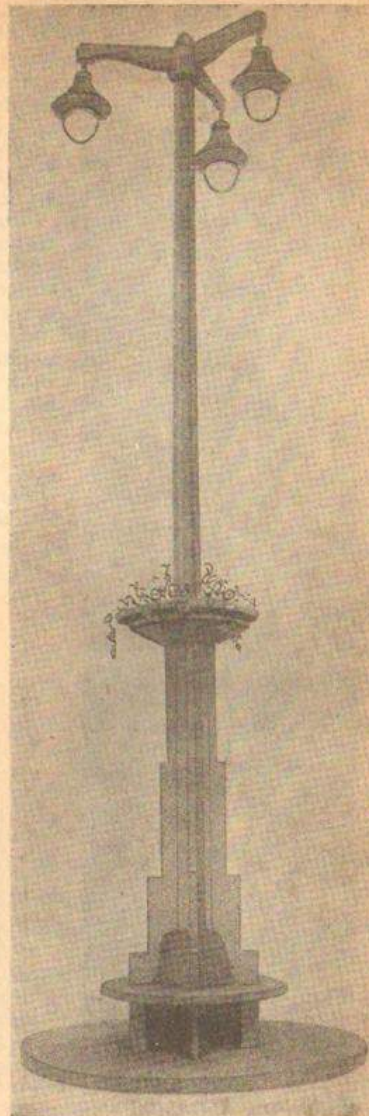
Rys. 15. Słup latarniowy z przystawką na kwiaty

przestrzeni. Ponadto wspomniany system oświetlenia jest bezsprzecznie najbardziej ekonomiczny pod względem zużycia energii, a także najtańszy w konserwacji urządzeń.

Na kolejowych wielkich stacjach rozrządowych, oświetlonych reflektorami umieszczonymi na wysokich masztach żelbetowych (rys. 13) można w czasie nocy manewrować wagonami z równą sprawnością i bezpieczeństwem jak w ciągu dnia. Podobne oświetlenie nadbrzeży portowych ułatwia ruch towarowy i za-



Rys. 16. Słup dwuramienny z przystawką i wazonami na kwiaty, wysokość punktów świetlnych 8,5 m nad poziomem

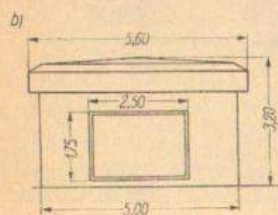
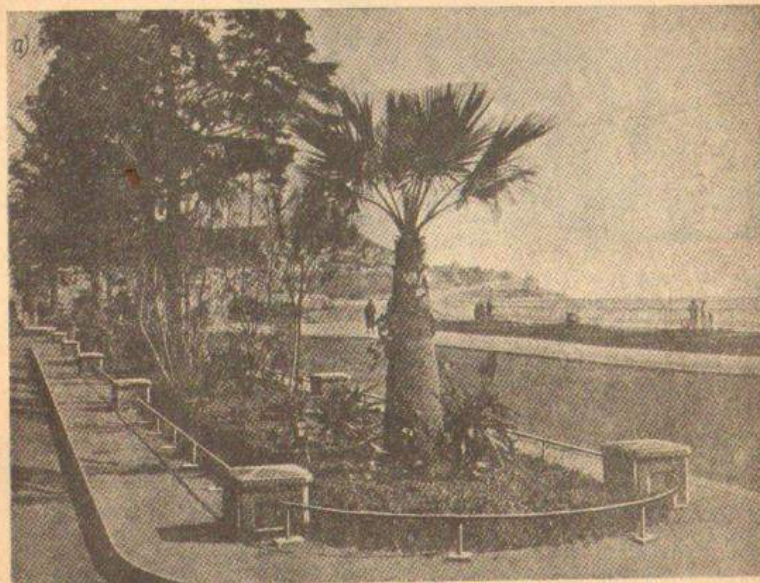


Rys. 17. Słup trójramienny z wazonem na kwiaty i ławeczką u podstawy

bezpieczeństwa od kradzieży. Oświetlenie boisk sportowych umożliwia przedłużanie igrzysk jak również treningi wieczorne w upalne dni letnie.

Słupy żelbetowe „reflektory” używane są również w portach i na lotniskach jako ognie sygnalizacyjne mające podobne znaczenie dla lotników jak latarnia morska dla żeglarzy.

Maszty te mają wysokość około 30 m lub więcej nad poziomem i są składane na budowie w jedną całość z dwóch słupów żelbetowych rurowych. Wierzchołek słupa zakończony jest żelbetowym pomostem na reflektory, wspartym na cztero lub ośmioramiennej podporze (rys. 13 i 14).



Rys. 18. Oświetlenie chodnika plantów przyziemnymi świetlniami trawnikowymi

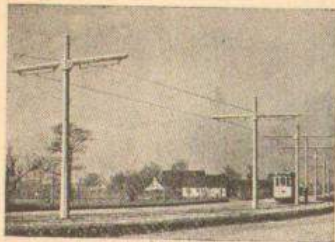
a) widok ogólny,
b) szkic wymiarowy

W celu ułatwienia wspinania się na słup po drabince zabetonowanej w przewidzianych na ten cel otworach wykonane są na pośrednich wysokościach dodatkowe pomosty zabezpieczone barierkami. Na pomostach umieszczane bywają również reflektory o mniejszym zasięgu lub kolorowe światła sygnalizacyjne.

W miejskich dzielnicach willowych, na ulicach i placach o mniejszym natężeniu ruchu, a także w ogrodach i parkach wykorzystaniem miejsca

pod żelbetowym słupem oświetleniowym jest ustawienie niskich wazonów na kwiaty, zaprojektowanych jako przystawki do słupów i związanych z nimi w architektoniczną całość (rys. 15 i 16).

Przystawki wyrabiane są jako oddzielne elementy żelbetowe o kamiennym wykończeniu. Wysokość ich ponad chodnikiem nie przekracza 20 cm, ale pod terenem w celu stworzenia zbiornika na dostateczną ilość humusu dla roślin powinny być zagłębione przynajmniej na 30 cm. Przystawki nie mają dna, aby rośliny mogły korzystać z wilgoci gruntowej bądź też pozbywać się nadmiaru wody opadowej. Część przystawki przylegająca do słupa bywa zazwyczaj wyższa i łączy się architektonicznie z cokołem słupa tworząc zarazem tło dla kwiatów i ich osłonę od ruchu ulicznego.



Rys. 19. Słupy trakcyjne do podwieszenia linii tramwajowej; wysięgniki jedno- i dwuramienne

Na rys. 15 pokazany jest słup latarniowy z przystawką na kwiaty i — jak widać z rysunku — jest ona prawdziwą ozdobą zarówno otoczenia, jak i samej latarni, która przestaje razić samotną sztywnością swojego słupa.

Dalszym upiększeniem i ożywieniem miejskich alei spacerowych są wazony z kwiatami umieszczone również na cokołe słupa, nie naruszające estetycznego uformowania całości. Słup przedstawiony na rys. 16, dwuramienny, o wysokości 8,75 m nad poziomem ma trzon o trzech różnych przekrojach: kwadratowym, krzyżowym i kwadratowym z korbami oraz podstawę ośmiokątną, przylegającą do żardiniery.

Odległość punktów świetlnych od osi słupa wynosi 1,40 m.

Na rys. 17 pokazano słup trójramienny o przekroju krzyżowym, obudowany cokołem tworzącym u podstawy słupa ławeczkę jako miejsce wypoczynku dla spacerowiczów. Na cokole wsparty jest wazon z kwiatami.

Ciekawe i oryginalne efekty daje przyziemne oświetlenie chodników na plantach miejskich świetlniami trawnikowymi (rys. 18 a i b). Bývają one wykonywane w trzech typach: z jednym, dwoma lub trzema okienkami oszklonymi matową szybą. Na rys. 18 b podano wymiary świetlni. Głębokość zakopania wynosi 40 cm, a ciężar całości 130 kg. Zewnętrzne powierzchnie wykańczane bywają zazwyczaj po kamienniarzku.

Typem zbliżonym do słupów oświetleniowych są słupy trakcyjne, pracujące jako konstrukcje służące do podwieszania sieci elektrycznej tramwajów albo trolejbusów miejskich (rys. 19). Podwyższone słupy trakcyjne



Rys. 20. Tablica ostrzegawcza na wysięgniku żelbetowym; długość 0,40 do 1,20 m

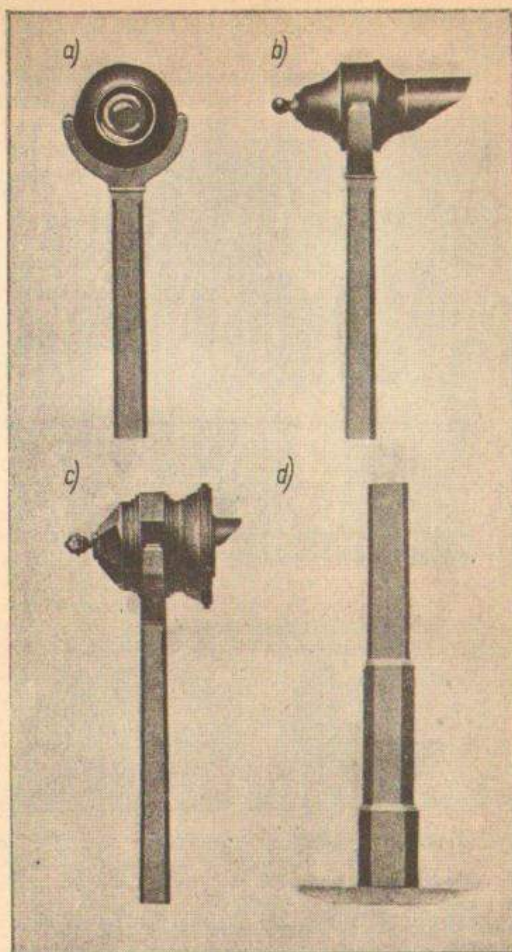
mogą być jednocześnie wykorzystane do celów oświetleniowych. W obydwóch przypadkach słup wymaga specjalnego obliczenia statycznego.

2. SYGNALIZACJA URBANISTYCZNA

Rozwój motoryzacji i związana z nim konieczność regulacji ruchu kołowego na drogach publicznych tworzyły potrzebę wprowadzenia sygnalizacji ostrzegawczej dziennej i nocnej. Urządzenia sygnalizacyjne stanowią w dobie obecnej nieodłączny element każdego projektu urbanistycznej rozbudowy miast. Muszą więc one harmonizować z architekturą nowoczesnego budownictwa tak pod względem formy, jak i rodzaju materiału. Podobnie jak przy słupach oświetleniowych i w tym przypadku żelbet okazał się materiałem najbardziej odpowiednim. Ponieważ sygnalizacja nocna wymaga urządzeń świetlnych, w swoim charakterze wytwórczym zbliżonych do produkcji żelbetowych słupów oświetleniowych, przeto wytwórnie słupów włączyły wykonawstwo urządzeń sygnalizacji urbanistycznej do swoich programów produkcyjnych.

Poniżej podaje krótki opis kilku modeli najczęściej używanych urządzeń sygnalizacyjnych.

Tablice wskazujące dozwoloną szybkość ruchu kołowego lub zakaz postoju pojazdów, lub inne ograniczenia ruchowe bywają umieszczane na wysięgnikach żelbetowych (rys. 20) przymocowanych do słupów oświetle-



Rys. 21. Słupki pod sygnał ostrzegawczy „zakaz przejazdu”, wysokość 3 m, stale mrugające czerwone światło: a) i b) wspornik półkolisty, c) wspornik ośmiokątny, d) cokół słupka

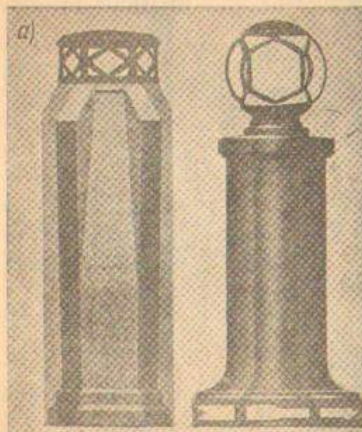
niowych albo też w przypadku węższych chodników i ulic bezpośrednio do ścian budynków. Wysięgniki żelbetowe tego samego typu używane są również do podwieszania lamp na słupach oświetleniowych, a więc w wytwórni słupów produkcja ich nie będzie wymagała przygotowania specjalnych form.

Sygnalizacja świetlna o czerwonym świetle zakazująca ruchu w danym kierunku ulicy, zazwyczaj bywa instalowana na słupach żelbetowych za-

kończonych u wierzchołka półkolistym lub ośmiokątnym wspornikiem pod armaturę (rys. 21). Takie same słupki mogą być użyte do innych sygnałów dziennych lub nocnych.

Na rys. 22 pokazano dwa typy graniczników świetlnych ustawianych na rozdrożach lub na placach miejskich do orientowania kierowcy w zmianie kierunku jazdy. Strzałka świetlna umieszczona na głowicy (rys. 22 a) lub w podstawie granicznika (rys. 22 b) wskazuje kierunek ruchu. Głowice wyrabiane są w kilku typach przystosowanych do różnych sygnałów.

Światłne wskazówki kierunku umieszczane bywają niekiedy



Rys. 22 a. Dwa typy graniczników świetlnych. Rys. 22 b. Kilka typów głowic o różnych sygnałach

w krawężnikach (rys. 23) okalających wysepkę, na której ustawiono granicznik.

Sygnalizacja świetlna w mieście zasilana jest prądem elektrycznym doprowadzanym z sieci kabli podziemnych. Na odległych szlakach dróg międzymiastowych światło elektryczne zastępują z powodzeniem sygnały malowane farbą fosforyzującą, która będąc naświetlaną w ciągu całego dnia promieniuje kolorowym światłem w nocy. Równie korzystne efekty świetlne do orientowania ruchu samochodowego dają różnokolorowe szkiełka odbłaskowe układane w przepisowe kształty sygnałów na tablicach ostrzegawczych.

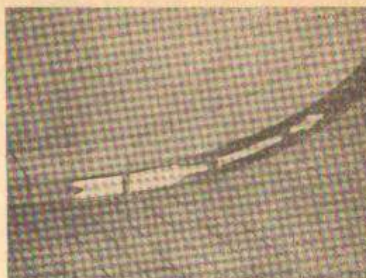
3. PARĘ UWAG O DOBORZE WYSOKOŚCI I WYKOŃCZENIU SŁUPÓW

Powyższy krótki przegląd różnych typów żelbetowych słupów oświetleniowych i licznych zastosowań wielu rodzajów urządzeń świetlnych miał na celu zwrócenie uwagi naszych urbanistów i producentów na te możliwości wykorzystania walorów żelbetu, które dotąd nie znalazły u nas właściwego zastosowania, a które przy socjalistycznej rozbudowie nowoczesnych miast i uzdrowisk mogłyby być wprowadzone w życie przyczyniając się do podniesienia estetyki, kultury i techniki oświetlenia.

Przechodząc do bardziej szczegółowego opisu używanych u nas typów słupów oświetleniowych pragnę na wstępie zwrócić uwagę projektantów na racjonalny dobór wysokości, rodzaju wykończenia zewnętrznego i typu słupa w zależności od otoczenia, terenu i wielkości przestrzeni mającej być oświetloną. O zdrowej tendencji do typizacji wysokości słupów używanych do oświetlenia ulic wielkomiejskich (w granicach 7÷8 m nad poziomem) była już mowa i należy przyznać, że zrozumienie racjonalności tego kierunku daje się zauważyć w wielu posunięciach wydziałów oświetlenia miejskich rad narodowych naszych większych miast. Natomiast dziwną ambicją miast mniejszych jest zamawianie przesadnie wysokich słupów, których wymiary mogą mieć usprawiedliwienie w zastosowaniu do oświetlenia placów targowych lub szerokich rozdroży podmiejskich, lecz ustawianie ich na wąskich ulicach miasteczka mija się z celem, gdyż światło lampy w dużej mierze traci się na zbędne oświetlenie wyższych pięter lub dachów pobliskich domostw, a tylko w części dochodzi do jezdni. Podobnie w osiedlach wiejskich często umieszcza się lampy na wysokości 9÷10 m oświetlając czubki drzew i dachy domów zamiast stosowanie racjonalnej wysokości 6÷7 m, pozwalającej na znacznie intensywniejsze naświetlenie drogi.

Należy podkreślić, że koszt słupa żelbetowego wzrasta nieproporcjonalnie do jego zwiększonej wysokości, gdyż wymiar słupa wzrasta kosztem wydłużenia jego grubszej, silniej zbrojonej, a więc droższej części przyziemnej. Koszt instalacji niepotrzebnie wyższych słupów wzrasta także i z innych powodów, jak utrudnienia w transporcie i ustawieniu znacznie cięższych elementów, potrzeba specjalnych urządzeń dla dowozu na miejsce zabudowy itp. Streszczając można stwierdzić, że przy projektowaniu i stosowaniu racjonalnej wysokości słupów rozporządzalny budżet może być lepiej wykorzystany na zainstalowanie znacznie większej ilości punktów świetlnych dających korzystniejsze efekty widoczności.

Podobnie ma się sprawa z wyborem właściwego wykończenia zewnętrznego betoniarzkiego lub kamieniarzkiego w zależności od otoczenia, w jakim słupy oświetleniowe mają być zainstalowane. O ile np. budowa słupów o pięknym zewnętrznym wykończeniu kamieniarzkim jest w pełni uzasadniona w nowoczesnych dzielnicach miasta w otoczeniu monumentalnych budowli, na wielkich arteriach miejskich, na placach reprezen-



Rys. 23. Światłne wskaźniki kierunku na krawężnikach

tacyjnych lub na zieleńcach i w parkach miejskich, wreszcie w dzielnicach willowych i spacerowych miejscowości kuracyjnych i wypoczynkowych, o tyle nie ma żadnej racji bytu w otoczeniu starych domków bezplanowo budowanych przedmieść lub na bocznych uliczkach małych miasteczek.

Zastosowanie we wspomnianych przypadkach słupów o zewnętrznym wykończeniu betoniarskim nie tylko obniża koszt inwestycji, lecz ma również swoje praktyczne uzasadnienie, gdyż prostota wykonania bardziej odpowiada warunkom, w jakich słup pracuje. Pyły dymnicowe i kurz łatwiej zmywane są w czasie deszczu z gładko zatartej powierzchni słupa wykończonego po betoniarsku niż z ostrej, młotkowanej lub nacinanej powierzchni o kamieniarskim wykończeniu. Beton słupa zatem ma czystszy jasny wygląd, a będąc uszczelniony z zewnątrz mlekiem cementowym jest bardziej odporny na działanie gazów.

W końcu należy podkreślić, że kamieniarskie wykończenie słupów jest czynnością pracochłonną i wymagającą wykwalifikowanej załogi pracowników kamieniarskich. Jest to motyw gospodarczy, który przy braku sił roboczych w wykonywaniu planu rozbudowy kraju powinien być brany pod uwagę na równi z estetyką i kosztem inwestycji. Słupy wykańczane po kamieniarsku należy więc stosować tam, gdzie harmonia z całością otoczenia tego wymaga.

Producent żelbetowych słupów oświetleniowych niezależnie od swoich wiadomości czysto fachowych z branży żelbetnictwa powinien posiadać dostateczny zasób wiedzy z działy techniki oświetlenia miast, aby w przypadkach prostszych rozwiązań mógł udzielić racjonalnej porady swojemu klientowi zamawiającemu partię słupów. Zamówienia takie bywają nieraz mało przemyślane, a w braku fachowej porady dotyczącej właściwych typów, wysokości lub wykończenia słupów powodują późniejsze niezadowolone z uzyskiwanych efektów albo niepotrzebnie podnoszą koszt inwestycji. Oczywiście nie wchodzi tu w rachubę skomplikowane problemy oświetlenia wielkich powierzchni, np. stacji rozrządowych, z zastosowaniem „masztów reflektorów” albo z zastosowaniem światła klinowego na nowoczesnych arteriach miejskich itp., gdzie głos musi zabrać specjalista technik oświetlenia, lecz dotyczy to przypadków powszednich zamówień mniejszych miast, osiedli wiejskich lub fabryk nie mających w tym dziale swoich specjalistów.

4. KRAJOWE TYPY SŁUPÓW OŚWIETLENIOWYCH

a. Słupy typu „Ala”

Słup typu popularnego „Ala” przystosowany jest do doprowadzenia prądu elektrycznego z linii napowietrznej (rys. 24), jest więc jednocześnie słupem trakcyjnym. Armaturę lampy podwiesza się na nim na wysięgniku żelbetowym przymocowanym dwoma śrubami poniżej linii przewodów elektrycznych.

Kształt i wymiary słupa podano na rys. 25. Przekrój słupa „Ala” jest dwużłobkowy z poziomymi żeberkami w żłobkach. Otwory w żeberkach o średnicy 22 mm służą elektrykomonterowi do wtykania w nie rurek-szczębli przy wchodzeniu na górę. Schodząc zrzuca je na ziemię.

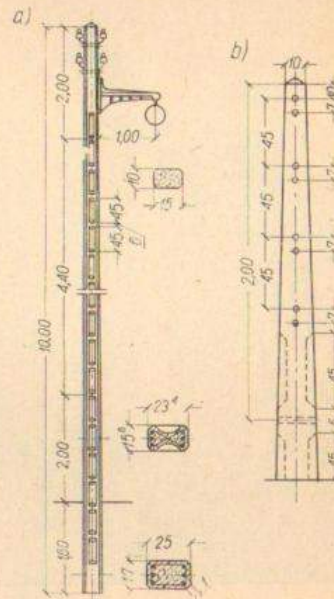
Słupy „Ala” wyrabiane są o dwóch długościach 9 i 10 m. Ponieważ słupy tego typu służą jednocześnie jako oświetleniowe i do podwieszania linii elektrycznej, przeto muszą być przeliczone na siły parcia wiatru na przewody, na słup, wysięgnik i armaturę lampy albo na naciąg przewodów. W celu łatwiejszej orientacji katalogi słupów podają maksymalny

dopuszczalny naciąg użytkowy u wierzchołka, na jaki jest obliczony słup danego typu. Słupy oświetleniowe „Ala” o podanych przekrojach i długościach wyrabiane są na naciągach użytkowe 100 i 200 kg. Punkt zaczepienia naciągu przyjmowany jest w obliczeniach w odległości 30 cm od wierzchołka. Podane wytrzymałości odnoszą się do pracy słupów w kierunku dłuższej osi ich przekroju.

Każda linia trakcyjna, a słupy oświetleniowe zasilane z sieci napowietrznej stanowią również lekką linię trakcyjną, podwieszona jest na słupach przelotowych, odporowych i narożnych albo odporowo-narożnych



Rys. 24. Słup typu popularnego „Ala”; wysokość punktu świetlnego 7 m nad poziomem (Warszawa-Bielany)



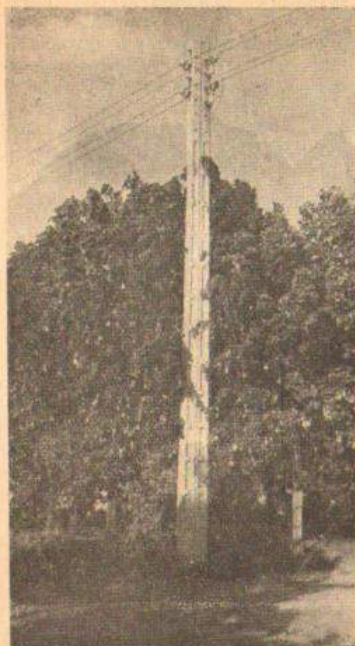
Rys. 25. Słup typu „Ala”
a) kształt i wymiary słupa, b) typowe rozmieszczenie otworów na izolatory

i krańcowych. Przeważającą ilość stanowią zawsze słupy przelotowe, gdyż na nich wspiera się całość linii. Słupy odporowe i odporowo-narożne ustawiane są w znacznie większych odstępach obejmujących po kilka przelotów, przy czym służą one do przejścia na siebie sił powstających od naciągu przewodów. Słupy przelotowe liczone są tylko na parcie wiatru na przewody i na słup.

Słupy typu „Ala” w zasadzie przeznaczone są do pracy jako przelotowe i ustawiane są dłuższą osią swojego przekroju w kierunku prostym do linii. Słupy odporowe i odporowo-narożne z reguły pracują na znacznie większe naciągi od wyżej podanych, wystarczających dla słupów przelotowych lekkich linii niskiego napięcia. Dlatego też w liniach ustawianych na słupach „Ala” przy większych obciążeniach stosowane są słupy

bliźniacze (rys. 26) lub słupy A-owe podparte (rys. 27). Mogą być również użyte pojedyncze słupy odpowiednio zbrojone o grubszych przekrojach wynikających z obliczenia statycznego.

Przez zbliżenie słupów „Ala” albo przez wykonanie ich jako słupy A-owe podparte uzyskuje się znaczny przyrost wartości naciągu użytkowego u wierzchołka.



Rys. 26. Słup bliźniaczy typu „Ala” pracujący jako krańcowy dla odgałęzienia i jako przelotowy w linii głównej (Warszawa-Bielany)



Rys. 27. Słup A-owy typu „Ala” pracujący jako odporowo-narożny (Warszawa-Bielany)

Tablica 1 orientuje w przybliżeniu w uzyskiwanych wytrzymałościach słupów typu „Ala”.

Słupy bliźniacze muszą być tak związane śrubami, aby obydwa połączone drągi żelbetowe pracowały jako jedna całość. Słupy A-owe łączone są sztywno śrubami poprzez rozpierające wkładki żelbetowe lub żelazne. Do połączeń przewidziane są otwory w słupach na odpowiednich wysokościach.

Do łączenia słupów 9 i 10 metrowej długości używa się czterech śrub. Odstępów pierwszych trzech otworów na śruby dla obydwu długości słupów są jednakowe. Pierwszy otwór znajduje się w odległości 0,300 m od wierzchołka, drugi — 3,0 m od wierzchołka i trzeci — 5,170 m. Czwarty otwór dla słupa 9 metrowego przewidziany jest w odległości 6,370 m od wierzchołka, a dla 10 metrowego w odległości 7,570 m.

Śruby powinny być dwustronnie gwintowane, a więc powinny mieć pó 2 nakrętki i 2 podkładki.

Wymiary śrub stosowanych do słupa 9-metrowego wynoszą 16×400 mm (2 śruby) oraz 20×500 mm (również 2 śruby); do słupa 10-metrowego — 16×400 mm (2 śruby), 20×500 mm (1 śruba) i 20×525 mm (1 śruba).

Tablica 1

Przy A-owej budowie słupów niezależnie od długości 9 czy 10 m wykorzystuje się do połączeń sześć otworów o tym samym rozstawieniu, a mianowicie:

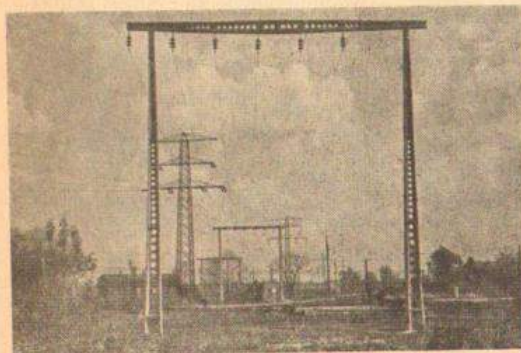
I — w odległości od wierzchołka 0,300 m; II — 0,370 m; III — 0,750 m; IV — 0,820; V — 5,170 m i VI — 6,370 m.

Długość i ilość śrub zależna jest od rodzaju i kształtu rozpór. Średnica śrub nie może być mniejsza niż 16 mm.

W celu zapewnienia lepszej współpracy pomiędzy słupami przeznaczonymi do łączenia wskazane jest stosować przy produkcji podkłady o powierzchni falistej. Kierunek fal na podkładzie jest prostopadły do długości słupa. Poprzecznie sfalowane ścianki stanowią wówczas przy

Całkowita długość słupa	Naciąg użytkowy u wierzchołków słupów			Wysokość nad poziomem	Ciężar pojedynczego słupa około
	pojedynczych	blźniaczych	A-owych podpar-tych		
m	kg	kg	kg	m	kg
9	100	400	900	7,50	480
9	200	600	1400	7,50	500
10	100	400	900	8,40	570
10	200	600	1400	8,40	610

budowie stykową powierzchnię słupów i umożliwiają dokładne zazębienie na całej długości żelbetowych drągów. Pozostałe powierzchnie słupa są wykończane normalnie. Jest rzeczą jasną, że po dociągnięciu śrub przy opisanym systemie połączenia uzyskuje się pewność współpracy dwóch słupów jako jednej całości. Ponieważ przy składaniu w ten sposób wykonanych słupów „Ala” otwory przeznaczone na śruby



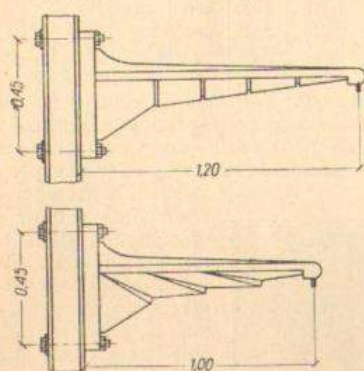
Rys. 28. Słup portalowy przelotowy linii wysokiego napięcia typu „Hanka”; wysokość nad poziomem 13 m

połączeniowe przesuną się względem siebie o połowę długości fali, przeto należy zamiast jednego wykonać dwa otwory umieszczone obok siebie, aby po złożeniu słupów otwory pokryły się wzajemnie umożliwiając wprowadzenie śruby.

Jak już wspomniano, zamiast słupów blźniaczych i A-owych jako odporowe stosuje się pojedyncze słupy innych typów przystosowanych w swojej konstrukcji do przejścia wyższych naciągów wierzchołkowych. Wchodzą tu w rachubę słupy typu „Hanka” i słupy o przekroju pierścieniowym.

Słupy „Hanka” (rys. 28) są normalnie używane jako konstrukcje żelbetowe do podwieszania linii wysokich napięć, a więc z reguły są wyższe od słupów „Ala” i sięgają 25 metrów długości. Dlatego też zwiększenie lub zmniejszenie ich przekroju w przystosowaniu do wymagań obliczeni statycznego słupa o całkowitej długości tylko 10 m nie stanowi tu żadnych trudności. Wykorzystując bowiem zbieżności słupa przez zwykłe przesunięcie miejsca produkcji wyżej lub niżej w tej samej formie otrzymuje się słupy o różnych przekrojach. Podobnie przy produkcji słupów okrągłych o różnej średnicy posilkowac się można jedną długą równomiernie zbieżną formą.

Jednakże dla zamawiającego wygodniej jest posiadać wszystkie słupy jednego typu, aby w razie potrzeby przez odpowiednie połączenia tworzyć z nich konstrukcje nośne o większej lub mniejszej wytrzymałości. Zamawiający nie jest wówczas krepowany przy zamówieniu określoną ilością typów wzmacnianych i może posiadać w magazynie pewien zapas



Rys. 29. Wysięgniki żelbetowe do słupów „Ala”

rozwiązaniu kształtów i konstrukcji są one wybitnie smukłe, lekkie i estetyczne, a przy tym najtańsze ze wszystkich typów żelbetowych słupów oświetleniowych. Dlatego też powinny znaleźć jak najszersze zastosowanie wszędzie, gdzie dotychczas były używane nietrwałe i szpecące okolice słupy drewniane. Zalecać je można specjalnie do elektryfikacji wsi, dla osiedli miejskich korzystających z napowietrznej sieci elektrycznej, na przedmieścia miast większych, do instalacji oświetlenia dróg międzymiastowych, stacji i torów kolejowych itd. Poza tym słupy „Ala” znalazły również zastosowanie w teletechnice.

W końcu zwracam uwagę, że w wielu projektach oświetlenia osiedli wiejskich dają się zastosować najlżejsze typy słupa „Ala”, tj. o całkowitej długości 9 m, naciagu użytkowym 100 kg i wysokości punktu świetlnego nad poziomem 6 m. Należy więc gwoili oszczędności w gospodarce narodowej w każdym poszczególnym przypadku dokładnie przeanalizować taką możliwość, a nie projektować bezkrytycznie, „dla pewności”, typu wyższego i silniejszego. Podobne podejście bowiem może niepotrzebnie podnieść koszt inwestycji i odstraszyć od użycia żelbetu zamiast drewna.

słupów nadających się do każdego celu. Poza tym operując zawsze stosunkowo lekkimi elementami ma ułatwiony transport na budowę. Wreszcie należy przyznać, że przyjemniejszą dla oka jest linia budowana na słupach jednakowego typu.

Także i dla dostawcy wykonywanie niewielkiej ilości słupów obliczonych na różne naciagi jest mniej korzystne niż masowa produkcja słupów jednakowego typu, które w czasie martwego sezonu mogą być produkowane na skład jako towar standaryzowany i mający stałe bieżące zapotrzebowanie.

Słupy popularne „Ala” otrzymują zewnętrzne wykończenie betoniarskie. Dzięki racjonalnemu

Wysięgniki do lamp dla słupów „Ala” wyrabiane są w dwóch typach. Mogą być przystosowane do zamocowania lamp na stałe (rys. 29) lub też do nastawiania armatury lampy pod odpowiednim kątem (rys. 11). W tym ostatnim przypadku zazwyczaj stosuje się wysięgniki krótsze, gdyż zasięg światła regulowany jest wówczas kątem nachylenia armatury.

Przewody doprowadzane są do lamp albo przez rurkę zabetonowaną w wysięgniku, albo też od izolatora w nim zamocowanego.



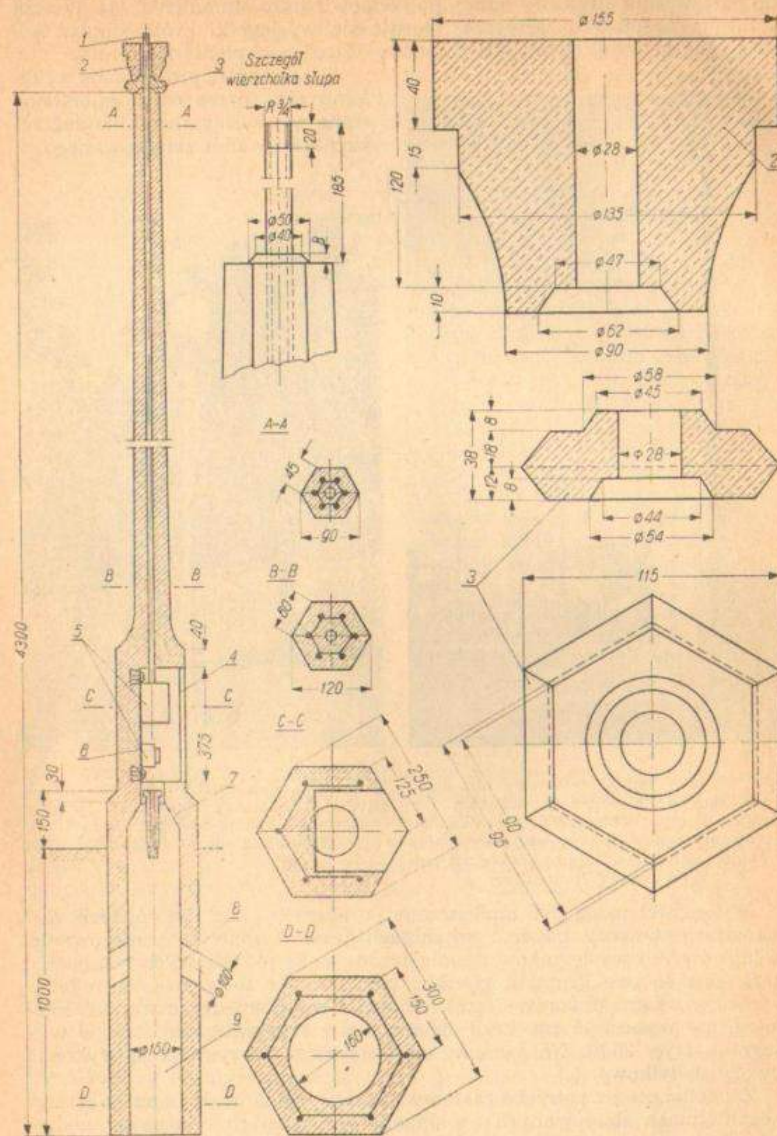
Rys. 30. Wysięgnik żelbetowy do lamp ulicznych na słupie drewnianym. Uwaga. Niezbyt estetyczny przykład naśladowania w betonie form właściwych konstrukcjom żelaznym. Zdjęcie pochodzi z jednego z miast francuskich



Rys. 31. Słup latarniowy typu „Kula EW” szlifowany; wysokość punktu świetlnego 3,65 m nad poziomem (Park Paderewskiego — Warszawa)

Wysięgniki mogą być umieszczone na słupach „Ala” na różnych wysokościach. Otwory bowiem w słupach przeznaczone do zamocowania izolatorów lub wysięgników rozmieszczone są w jednakowych odstępach. Rozłożone są one grupami po dwa (na prawy i lewy izolator, odstęp pomiędzy osiami otworów 7 cm), odległość zaś pomiędzy otworami każdej grupy wynosi 45 cm, czyli zgodna jest z rozstawieniem śrub w wysięgniku (rys. 25 b). Na żądanie zamawiającego fabryki mogą wykonać otwory dodatkowe.

Zachodzi nieraz potrzeba zastosowania wysięgników do lamp na istniejących liniach zbudowanych na słupach drewnianych. Można by wykonać takie wysięgniki z drewna lub stali, ale pierwsze wymagają podparcia wysięgnika zastrzałem, co nadaje słupom mało przyjemny wygląd



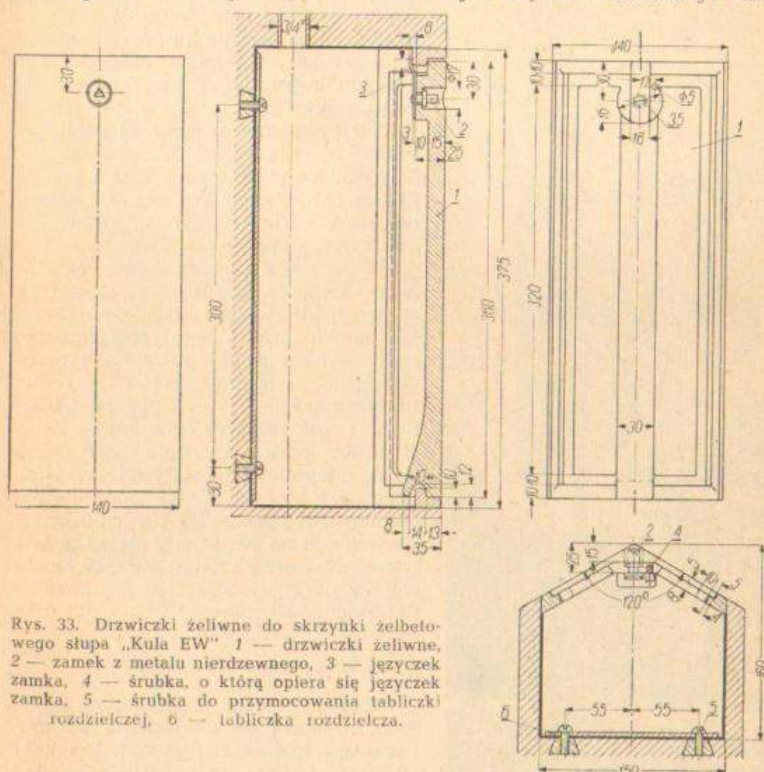
Rys. 32. Kształt i wymiary słupa typu „Kula EW”

szubienic, drugie zaś są drogie, mało estetyczne i marnotrawią materiał, który można z pożytkiem użyć tam, gdzie stal jest niezastąpiona. Wyścięgnik żelbetowy jest niezniszczalny, nie razi swoim wyglądem, może być w przyszłości użyty do słupów „Ala”, gdy zamienią one linię drewnianą, a koszt jego zakupu jest stosunkowo niewielki. Na rys. 30 pokazano wyścięgnik żelbetowy zamocowany na słupie drewnianym.

b. Słupy parkowe typu „Kula EW”

Słupy typu „Kula EW” były u nas pierwszymi z tego rodzaju słupów używanych do oświetlenia parków i zieleńców. Wykonane zostały według projektu elektrowni warszawskiej i stąd litery „EW” weszły do nazwy typu. W celu racjonalnego wykorzystania światła pod konarami drzew wysokość punktu świetlnego wynosi tylko 3,60 m, przy całkowitej długości słupa 4,30 m (rys. 31).

Przekrój słupa jest sześciokątny. Żelbetowa podstawa pod armaturę klosza produkowana jest w dwóch oddzielnych częściach nakładanych na

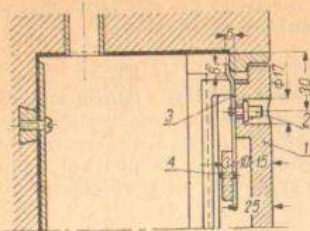


Rys. 33. Drzwiczki żeliwne do skrzynki żelbetowego słupa „Kula EW” 1 — drzwiczki żeliwne, 2 — zamek z metalu nierdzewnego, 3 — języczek zamka, 4 — śrubka, o którą opiera się języczek zamka, 5 — śrubka do przymocowania tabliczki rozdzielczej, 6 — tabliczka rozdzielcza.

wystającą z wierzchołka rurę $\varnothing 3/4''$ dopiero przy ustawianiu słupa w terenie. Takie rozwiązanie chroni delikatniejsze ozdobne części słupa od uszkodzeń w transporcie i pozwala na precyzyjne wykończenie. Na rys. 32

pokazano kształt, wymiary i konstrukcję słupa żelbetowego typu „Kula EW”.

W cokole mieści on dość dużą skrzynkę na urządzenia i aparaty elektrotechniczne, w skład których wchodzi mufa kablowa, bezpieczniki i tak



Rys. 34. Zamknięcie drzwiczek skrzynki za pomocą języczka z przeciwcieżarem 1 — drzwiczki żeliwne, 2 — części zamka z metalu nierdzewnego, 3 — przedłużony języczek zamka, 4 — obciążenie języczka.



Rys. 35. Słup typu „Kula EK”; wysokość punktu świetlnego 4,30 m nad poziomem

zwany zegar astronomiczny z automatycznym wyłącznikiem. Zegar astronomiczny napędzany prądem elektrycznym włącza i wyłącza światło stosownie do pór roku po zachodzie i przy wschodzie słońca. Podobne urządzenia z zegarem astronomicznym lub bez instalowane są we wszystkich innych typach.

Cokół słupa na całej długości od podstawy do skrzynki na aparaty elektrotechniczne jest wydrążony i zawiera w części podziemnej dwa przeciwległe otwory owalne, przechodzące przez ścianki słupa skośnie ku górze i służące do wprowadzenia kabla elektrycznego oraz do ewentualnego wyprowadzenia go przy szeregowym ustawianiu latarni.

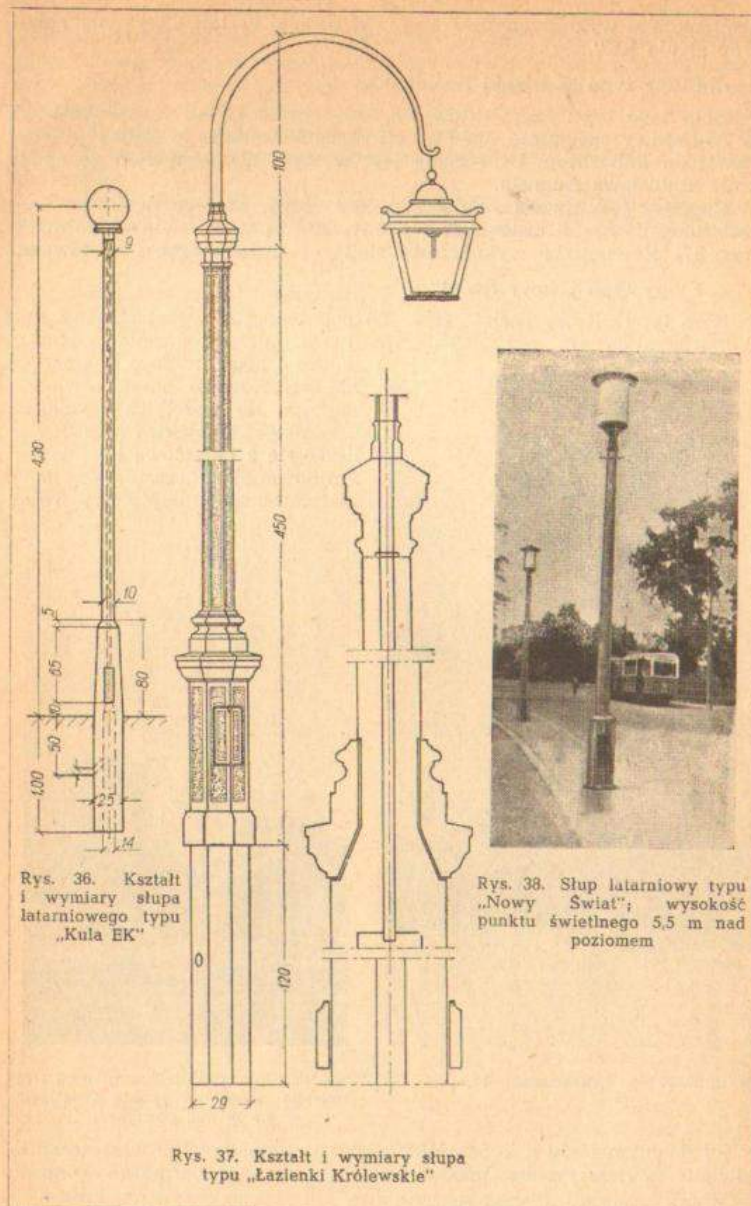
Skrzynka na aparaty elektrotechniczne zamykana jest drzwiczkami żeliwnymi zaopatrzonymi w zamek do klucza trójkątnego. Na rys. 33 podano dokładny szkic wymiarowy drzwiczek i skrzynki słupa „Kula EW”.

W celu zabezpieczenia od ewentualnego samootwierania się drzwiczek w przypadku obsunięcia się języczka zamka trójkątnego dociskającego drzwiczki do ramki stosuje się przeciwcieżar w dolnej części języczka, utrzymujący go stale w pozycji pionowej, tj. zamykającej (rys. 34).

Słupy parkowe „Kula EW” mają smukłe wymiary i estetyczny wygląd. Otrzymują zewnętrzne wykończenie kamieniarskie, prążkowane lub szlifowane. Ze względu na swój mały ciężar są łatwe w transporcie i ustawieniu. W dziale słupów parkowych jest to typ obecnie najczęściej używany.

c. Słupy typu „Kula EK”

Słupy tego typu o podobnym zastosowaniu służą do oświetlenia parków i plantów miejskich (rys. 35). Przekrój ich jest okrągły, wykończenie kamieniarskie — groszkowane. Drzwiczki ich są wykonane z ramki z brązu niełamliwego, wypełnionej betonem również po



kamieniarsku wykończonym. Na rys. 36 podano kształt i wymiary słupa typu „Kula EK”.

d. Słupy typu „Łazienki Królewskie”

Słup tego typu zaprojektowany został przez Urząd Konserwatorski m. Warszawy specjalnie dla Ogrodu Łazienkowskiego w części przylączzonej do Belwederu. Utrzymany jest w stylu nawiązującym do epoki króla Stanisława Augusta.

Ciekawe jest rozwiązanie konstrukcji słupa, którego delikatne wykształtowania części ozdobnych wykonywane są w oddzielnych formach (rys. 37). Zewnętrzne wykończenie słupa — groszkowane i szlifowane.

e. Słupy typu „Nowy Świat”

Słup typu „Nowy Świat” (rys. 38) podobnie jak wyżej opisany jest charakterystycznym przykładem możliwości przystosowania kształtu,

koloru i zewnętrznego wykończenia żelbetowego słupa oświetleniowego do wszelkich wymagań urbanistyki. Projektodawca BOS¹⁾ licząc się z odbudową kompletnie zrujnowanej w czasie powstania warszawskiego ulicy Nowy Świat



Rys. 39. Słup dwuramienny typu „Lot”



Rys. 40. Słup typu „Lot” z głowicą trójramienną; wysokość punktu świetlnego 8,5 m nad poziomem

w jej dawnym stylu z końca XIX wieku pragnął pomimo zastosowania oświetlenia elektrycznego upodobnić słupy żelbetowe i armaturę lamp do

¹⁾ BOS — Biuro Odbudowy Stolicy.

dawnych żeliwnych latarni gazowych lub jeszcze wcześniejszych naftowych. Dlatego słupy żelbetowe zostały wykonane w kolorze szarostalowym przypominającym kolor żeliwa, są na całej wysokości szlifowane, a u wierzchołka mają zabetonowany wspornik pod drabinę podobnie jak słupy gazowe. W efekcie architektonicznym uzyskano zarówno w dzień, jak i w nocy doskonałe szarmonizowanie urządzeń oświetleniowych z elewacją budynków.

Przekrój słupa jest ośmiokątny. Wysokość punktu świetlnego nad poziomem wynosi 5,5 m. Zewnętrzne wykończenie słupów jak wyżej opisane lub kamieniarskie, prążkowane.

f. Słupy typu „Lot” i typu „WZ”

Wymienione dwa typy słupów rozpatrujemy łącznie, gdyż różnią się one tylko kształtem i wymiarami wysięgników. Natomiast trzon słupa o przekroju ośmiokątnym produkowany jest w tej samej formie dla obu

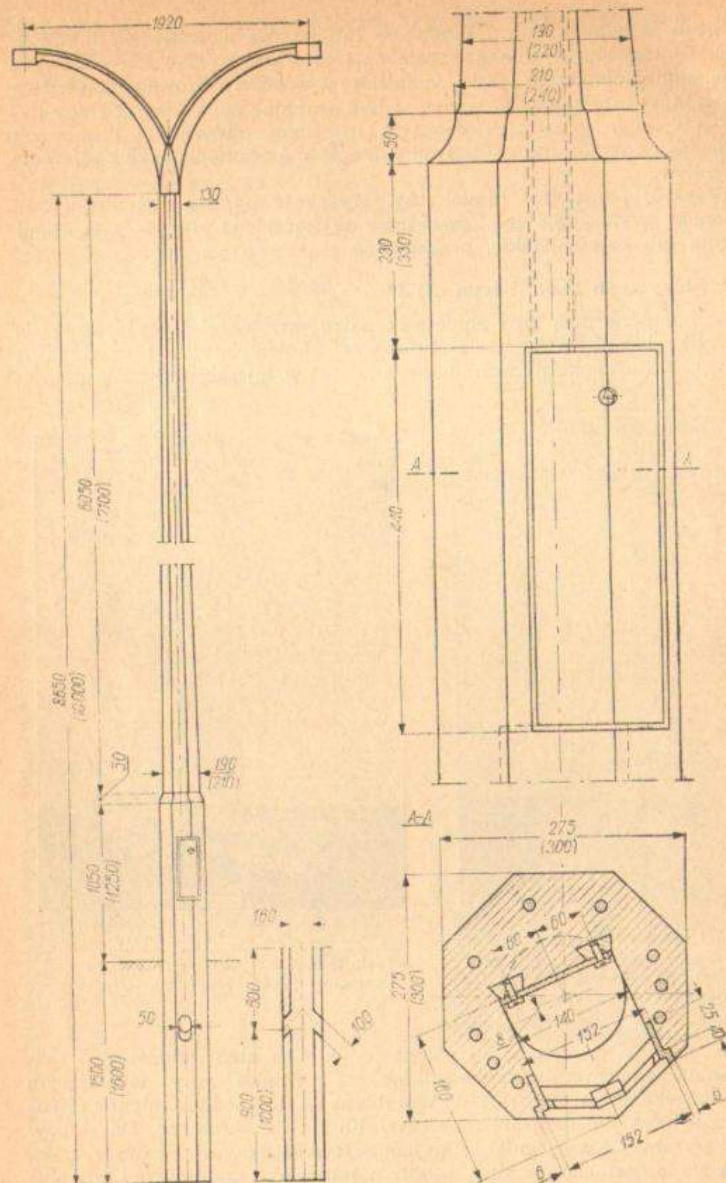


Rys. 41. Słupy typu „WZ” jedno-ramienne; wysokość punktu świetlnego 9 m nad poziomem (Wał Miedzyszyński w Warszawie)



Rys. 42. Słupy typu „WZ” dwuramienne; wysokość punktu świetlnego 7,50 m nad poziomem (Molo Prezydenta w Gdyni)

typów. Różnica w wykonaniu polega jedynie na nieco odmiennym rozwiązaniu zamocowania wysięgników na odcinku rury wystającym z wierzchołka słupa. Słupy „Lot” wyrabiane są jako jednoramienne, dwuramienne (rys. 39), trójrarmienne (rys. 40) i czteroramienne. Do słupów „WZ” wyrabia się wysięgniki tylko jedno- (rys. 41) i dwuramienne (rys. 42). Trzon słupa jest uniwersalny, a zatem może być zastosowany również i do każdego innego urządzenia instalującego żadaną ilość lamp stosownie do wymaganej siły światła (patrz również rys. 12).



Rys. 43 a. Szkic wymiarowy słupa typu „WZ”

Najczęściej stosowane długości słupów „Lot” i „WZ” — podano w tabl. 2, zamieszczając w niej także wysokość punktu świetlnego. Dla elektryka bowiem charakterystyką słupa jest nie tyle jego całkowita długość, ile punkt zaczepienia światła.

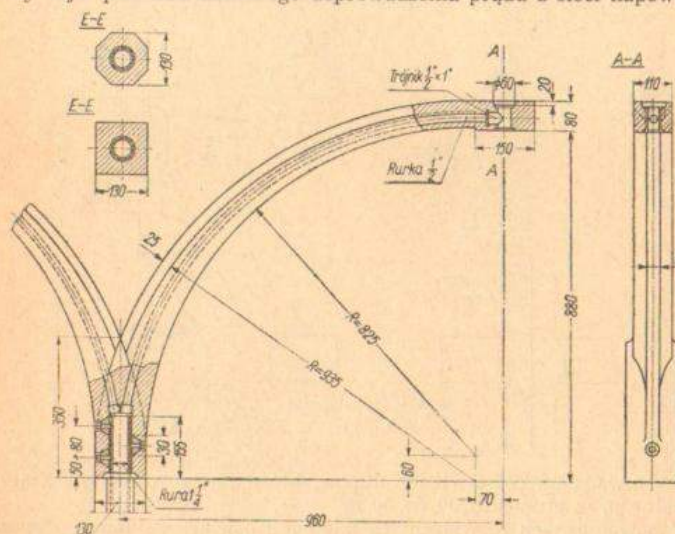
Tablica 2

Na rys. 43 a podano szkic wymiarowy słupa o całkowitej długości 8,65 m. Przy wydłużeniu słupa do 10 metrów wymiary przekroju u wierzchołka pozostają nie zmienione, natomiast w cokole następuje bardzo nieznaczne poszerzenie, czyli przez podwyższenie słup staje się smuklejszy (wymiały słupa 10-metrowego podano na rysunku w nawiasach). Rys. 43b,

Typ	Wysokość punktu świetlnego ok. m	Całkowita długość m	Głębokość zakopania m	Ciepota słupa ok. kg	Ciepota wysięgnika 1-ram. ok. kg	Ciepota wysięgnika 2-ram. ok. kg
Lot	7,0	8,65	1,50	680	60	105
WZ	7,50	8,65	1,50	680	60	95
Lot	8,50	10,0	1,60	850		
WZ	9,0	10,0	1,60	850		

c, d, i e podają wymiary wysięgnika i innych części składowych słupa.

Zasadniczo obydwa omawiane typy słupów przystosowane są do doprowadzenia prądu elektrycznego kablem ziemnym. Jednakże może niekiedy zająć potrzeba czasowego doprowadzenia prądu z sieci napowietrznej



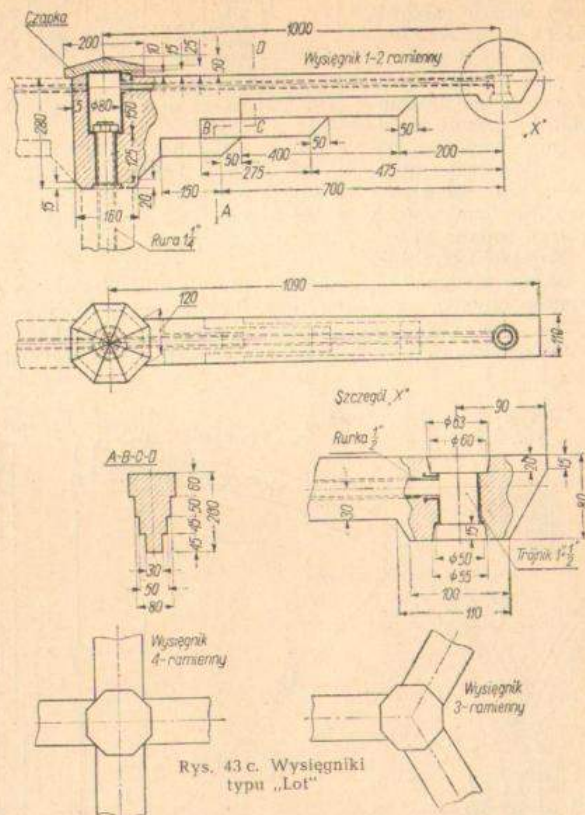
Rys. 43 b. Wysięgniki jedno i dwuramiennie do słupa typu „WZ”, przekrój ośmiokątny dotyczy wysięgnika dwuramiennego zaś czworokątny — jednoramiennego

nej np. w osiedlach, gdzie przewidziana jest sieć kablowa, lecz do czasu zrealizowania projektu istnieje możliwość wykorzystania tylko sieci napowietrznej.

W podobnych przypadkach nie byłoby celowe dla osiedla wyrzekanie się obranego typu słupów harmonizującego z otoczeniem i uciekanie się

do instalowania na czas przejściowy innych typów, przystosowanych specjalnie do sieci napowietrznej. Dwa możliwe rozwiązania tego zagadnienia wyjaśnia rys. 44.

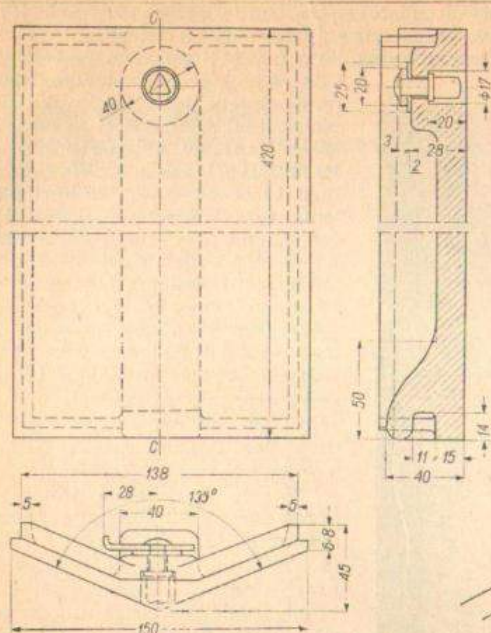
Słupów nie można wówczas przeciążać innymi przewodami poza koniecznymi dla doprowadzenia do nich energii świetlnej. Należy również



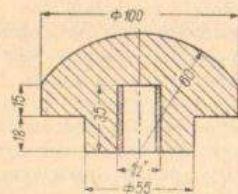
Rys. 43 c. Wysięgniki typu „Lot”

zwrócić uwagę na rozstawienie słupów, które nie powinno przekraczać normalnego, w granicach 30 do 50 m.

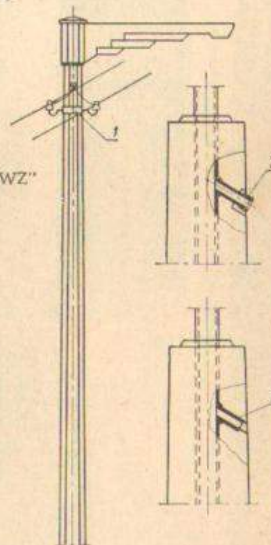
W nowoczesnych rozwiązaniach instalacji oświetlenia miast przeważnie stosuje się przymocowanie armatury lamp na stałe. Jednakże w niektórych mniejszych osiedlach, nie rozporządzających składanymi drabinami używanymi przy konserwacji urządzeń, dotychczas jeszcze z konieczności stosowane są zamocowania lamp na sprzęgłach automatycznie zwalnających lampę i wyłączających kontaktowanie przy opuszczaniu armatury. Winda (wciągarka) do opuszczania (i podnoszenia) lamp jest wówczas zamocowana w odpowiednio wydłużonej wnęce w cokole słupa i po zamknięciu drzwiczek nie jest widoczna (rys. 45).



Rys. 43 d. Drzwiczki żeliwne do słupów „Lot” i „WZ”



Rys. 43 e. Czapka do wysięgnika typu „WZ”



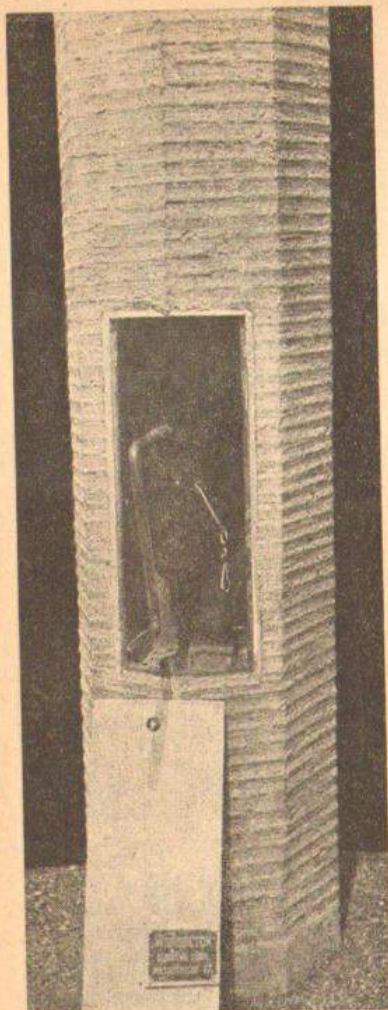
Rys. 44. Tymczasowe doprowadzenie prądu z sieci napowietrznej 1 — przykręcany uchwyt ocynkowany do izolatorów, 2 — przyspawana rurka 1/2" z nałożonym izolatorem, 3 — przyspawana (krótsza) rurka kryta w betonie

Linki stalowe, na których opuszczane są lampy, przechodzą przez dodatkowo zabetonowaną w słupie rurę. Przy słupach wieloramiennych jedna winda może obsłużyć dowolną

ilość lamp. Urządzenie polega na tym, że na bębnie obrotowym windy nawinięty jest tylko krótki kawałek linki zakończonej zatrzaśnikiem łączonym kolejno z linkami poszczególnych lamp. Wszystkie linki idące od wnętrza do sprzęgła lamp są zakończone uszkami zaczepianymi przy opuszczaniu lampy za zatrzaśnikiem windy, a gdy lampa jest podciągnięta do góry — za haczyki wmontowane w ściankę wnętrza (rys. 46). Sama winda przytwierdzona jest na dwóch zabetonowanych podczas produkcji i nagwintowanych sworzniach umieszczonych we wnętrzu na wprost drzwiczek. Rozstaw sworzni dostosowany być musi do typu windy.

W celu opuszczenia armatury lampy pracownik obsługujący słup zdejmuje linkę z haczyka we wnętrzu, zaczeplia uszko o zatrzaśnik przy windzie, zakłada przenośną korbę, podciąga armaturę przez silniejszy półobrót w celu wyłączenia sprzęgła i następnie obracając korbą w przeciwnym kierunku opuszcza lampę. Po podniesieniu lampy i włączeniu sprzęgła przez ponowne silniejsze podciągnięcie linka zostaje zdjeta z zatrzaśnika i zaczepiona na właściwy haczyk. Następne lampy obsługiwane są w ten sam sposób.

Rolki mosiężne, po których przesuwają się linki, oprawia się w mosiężną obudowę wsuwaną do specjalnej tulei płaskiej, przyspawanej do rury w pobliżu wierzchołka (rys. 46). Do smarowania rolka wraz z obudową może być wysunięta z tulei. W słupach typu „Lot” linki są widoczne na mniejszej przestrzeni. Przechodzą one przez głowicę żeliwną w wysięgniku, w której oprawione są rolki, a na zewnątrz poprzez rurkę zabetonowaną w jednym z dolnych „skrzydełek” ramienia.



Rys. 45. Wciągarka do opuszczania lamp umieszczona w cokole słupa, widoczny kołnierz linki z zatrzaśnikiem, korbą założoną na windę

Wykończenie zewnętrzne słupów „Lot” i „WZ” bywa albo zwykle betoniarzkie, albo też kamieniarzkie w jego trzech odmianach: prążkowane, groszkowane o szlifowanych krawędziach i groszkowane o krawędziach surowych.

g. Słupy typu „krzyżowy”

Słupy tego typu (rys. 47 i 48) wskutek kształtów swojego przekroju dają w dzień piękne kontrasty załamania światła, a w nocy pozwalają na uzyskanie ciekawych efektów świetlnych przy ewentualnym zastosowaniu dodatkowej instalacji światła kolorowego, promieniującego od cokołu wzdłuż krzyżowych wrębów słupa w kierunku wierzchołka. Są one chętnie projektowane przez architektów na reprezentacyjnych alejach wielkomiejskich.

Należy jednak podkreślić, że w porównaniu z innymi typami są to słupy stosunkowo najdroższe, jako trudniejsze w wykonaniu i najcięższe. Względę statyczne zmuszają do procentowo dużego zużycia stali zbrojeniowej (naprężenia dodatkowe przy transporcie).

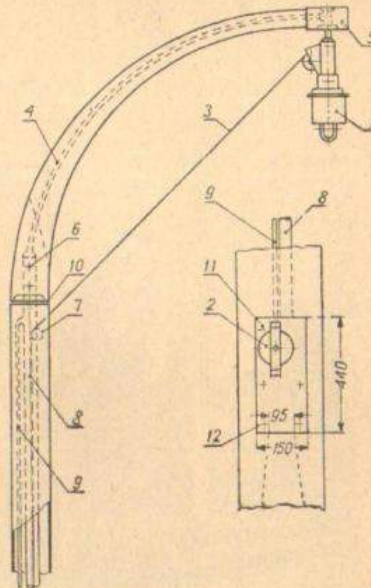
Zewnętrzne kamieniarzkie wykończenie wykonywane jest przez groszkowanie płaskich powierzchni pomiędzy szlifowanymi krawędziami słupa. W celu utrzymania jednolitości materiału drzewiczki do wnętrza robione są z betonu podobnie wykończonego, okólnego ramką z niełamliwego brązu.

Słupy typu „krzyżowego” produkowane są jako jedno- i dwuramiennne przy całkowitej długości 12,20 m. Ciężar słupa wynosi około 1300 kg. Można jednak zaprojektować je również w drugiej odmianie, czyli niższe i lżejsze.

h. Słupy typu „Kraków”

Jedynym modelem tego typu są słupy jednoramiennne o wysokości punktu świetlnego około 8,50 m nad poziomem przy całkowitej długości 10,60 m (rys. 49).

Słup wraz z wysięgnikiem jest elementem monolitycznym produkowanym w jednej odpowiednio wykształconej formie. Rzecz jasna, powoduje to pewne utrudnienie w produkcji i naraża element na łatwiejsze uszkodzenie w transporcie. Dlatego też przy ewentualnym projektowaniu zbliżonych typów należy unikać podobnych rozwiązań i stosować w miarę możliwości wysięgniki zdejmowane.



Rys. 46. Schematyczny szkic urządzenia do opuszczania lamp dla słupa jedno- lub dwuramiennego (jeden haczyk rezerwowowy)
1 — sprężko, 2 — winda, 3 — linka \varnothing 4 mm, 4 — rurka na przewody, 5 — trójnik połączeniowy, 6 — śruby centrujące i umocowujące ramię, 7 — rolka do wyprowadzania linki, 8 — rurka do linek windy \varnothing 5/4", 9 — rurka na przewody, 10 — połączenie zaprawą cementową, 11 — haczyk do linki spoczywającej, 12 — otwory nagwintowane do umocowania tabliczki rozdzielczej

i. Słupy do oświetlenia gazowego typu „GW”

A tall, slender street lamp with two globe lights at the top, standing in a grassy area with trees and buildings in the background. The lamp is a simple, vertical pole with a horizontal arm holding two spherical light fixtures. The background shows a row of trees and a building with a gabled roof. The image has a slightly grainy, vintage quality.

Technical drawing of a street lamp post assembly. The drawing includes a side view of the lamp post and three cross-sectional views of the mounting bracket. Dimensions are given in millimeters.

Side View Dimensions:

- Total height: 2550
- Height from base to bracket: 1700
- Height from bracket to lamp: 850
- Bracket height: 100
- Bracket width: 60

Bracket Cross-Section Dimensions:

- Top view: 100 (width) x 100 (depth)
- Side view: 100 (width) x 100 (depth)
- Bottom view: 100 (width) x 100 (depth)

Part Numbers:

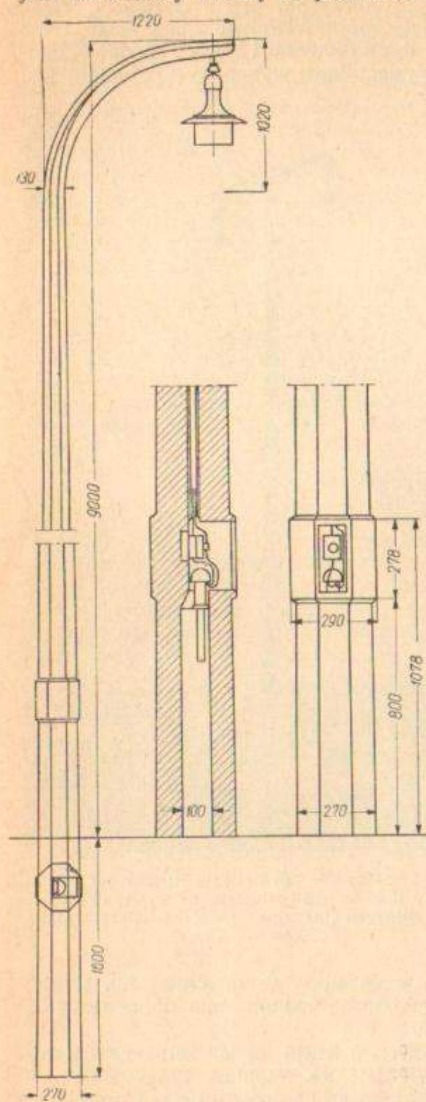
- 100: Lamp post
- 100: Bracket
- 100: Lamp
- 100: Mounting bracket

Poniżej armatury lampy zamocowany jest na rurze gazowej ϕ 1 1/2" wspornik pod drabinkę wykonany z brązu niełamiwego. Wsporniki mogą być również żeliwne, lecz wymagają wówczas stałej konserwacji w celu uniknięcia rdzawych zacieków szpeczących kamieniarskie wykonanie słupa.

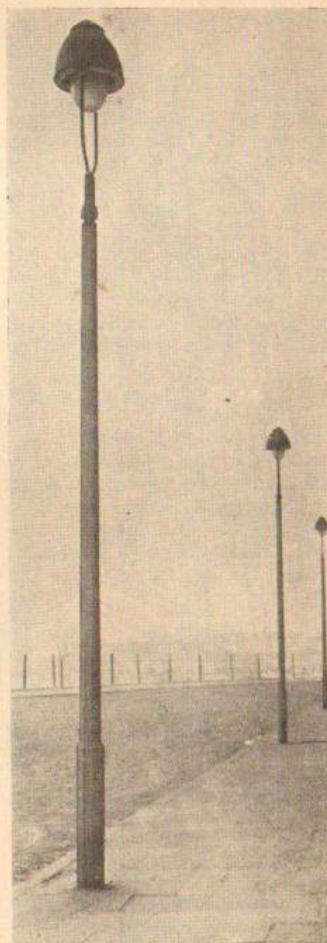
Na rys. 52 przedstawiono inny typ słupów żelbetonowych do oświetlenia gazowego, ustawionych na terenie miejskiej oczyszczalni ścieków

w Kielcach. Wykorzystano tu gaz powstający z odpadków w procesie przetwórczym oczyszczalni.

Wysięgników dwuramiennych do lamp gazowych użyto jednocześnie jako konstrukcji nośnej do podwieszania linii teletechnicznej.



Rys. 49. Szkic wymiarowy słupa typu „Kraków”

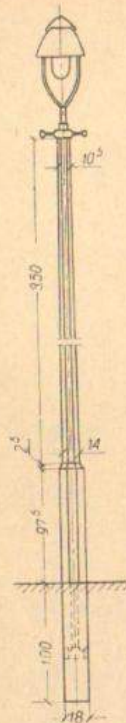


Rys. 50. Słupy latarniowe do oświetlenia gazowego typu „GW”; punkt świetlny 5 m nad poziomem (Aleja na Skarpie — Warszawa)

j. Słupy typu „MDM”

W okresie powojennym powstały w odbudowującej się Warszawie 2 nowe typy słupów żelbetowych do oświetlenia elektrycznego. Słupy te zaprojektowano specjalnie dla reprezentacyjnej dzielnicy miasta MDM.

Są to kandelabry wielolampowe, które właściwie mają tylko trzon żelbetowy, a z zewnątrz wyłożone są piaskowcem i słupy żelbetowe dwuramienne o szerokiej podstawie i wysięgnikach wykonanych z metalu nierdzewnego.



Rys. 51. Kształt i wymiary słupa do oświetlenia gazowego „GW”



Rys. 52. Słupy do oświetlenia gazowego; punkt świetlny 10,50 m nad poziomem, na wysięgniku przewodów telekomunikacyjne (Miejska Oczyszczalnia Ścieków — Kielce)

Stosownie do swojego przeznaczenia słupy te są silniej lub słabiej zbrojone. Niektóre z nich przeznaczone są jednocześnie do oświetlenia i do podwieszenia linii trakcyjnych.

Kończąc opis najczęściej używanych w kraju modeli żelbetowych słupów oświetleniowych musimy stwierdzić, że wachlarz typów daje naszym architektom szerokie możliwości wyboru słupów o liniach smukłych, lekkich i estetycznych.

IV. SYSTEMY PRODUKCJI

W naszych wytwórniach krajowych wyrób żelbetowych słupów oświetleniowych oparty jest wyłącznie na wibracyjnym systemie zagęszczania betonu. System ten z uwagi na różnorodność modeli i zmienność konstrukcji słupów pozwala na najłatwiejsze zmiany i najtańsze rozwiązania produkcyjne.

Koszt form i urządzeń do wibrowania słupów oświetleniowych jest znacznie niższy niż koszt mechanizacji koniecznej przy zastosowaniu innych przodujących systemów zagęszczania betonu. Postęp światowy w ostatnich latach w dziedzinie techniki wibrowania i wprowadzenia nowoczesnych urządzeń wibracyjnych w naszych wytwórniach umożliwiły uzyskanie betonu szczelnego o minimalnej nasiąkliwości, a więc betonu o walorach specjalnie cennych w elementach smukłych, stale pracujących na otwartym terenie. Obciążenia działające na słupy tego typu są stosunkowo małe, a więc użycie prawidłowo wykonanego żelbetu wibrowanego do słupów oświetleniowych daje w zupełności zadowalające wyniki wytrzymałościowe.

Reasumując powyższe uwagi i licząc się ze stałym postępem w technice wytwórczości, możemy stwierdzić, że pomimo niezaprzeczalnie dobrych wyników, jakie dają opisane w niniejszej pracy inne systemy produkcji żelbetowych słupów oświetleniowych, wprowadzona u nas metoda wibrowania słupów będzie nadal przez długie lata podstawą wykonawstwa.

1. UBIJANIE RĘCZNE I MECHANICZNE

O tym systemie produkcji wspominamy jedynie z obowiązku sprawozdawczego. W dzisiejszym wykonawstwie żelbetowych słupów oświetleniowych przy zredukowanych do minimum przekrojach elementu, ubijanie betonu w formach jest technicznie niewykonalne. Wartości techniczne betonu ubijanego nawet mechanicznie nie dorównują wartościom betonu zagęszczanego przez wibrowanie, natrysk lub utrząsanie. Dlatego też obecnie system ubijania betonu przy wykonywaniu słupów oświetleniowych został zaniechany.

2. BETON CIEKŁY (LANY)

W celu przyspieszenia produkcji słupów stosuje się niekiedy beton ciekły po prostu nalewany do formy i w celu dokładniejszego wypełnienia jej z lekka wibrowany lub sztychowany. Forma rozbierana jest następnego dnia po stwardnieniu betonu. System ten należy bezwzględnie wyplenić. Ujemne skutki stosowania betonu ciekłego do żelbetowych słupów energetycznych i oświetleniowych opisano w rozdziale drugim.

3. UTRZĄSANIE BETONU

System utrząsania betonu, chociaż pokrewny wibrowaniu, różni się zasadniczo charakterem wstrząsów nadawanych zagęszczanej masie. Wibrowanie, jak wiadomo, charakteryzuje się dużą częstotliwością drgań (3000 i wyżej na minutę) wprowadzających w nieprzerwane drżenie wszystkie cząsteczki wibrowanego betonu. Amplituda (wysokość skoku) drgań jest tym mniejsza, im wyższa jest ich częstotliwość. Natomiast utrząsanie betonu polega na nadawaniu znacznie zmniejszonej ilości drgań (około 150 na minutę), przy czym drgania utrząsanej masy powinny być

krótkie, twarde i jednokierunkowe. Amplituda drgań zmienia się w granicach od 1 do 25 mm w zależności od uziarnienia kruszywa, ciężaru objętościowego poszczególnych składników mieszanki i od grubości warstwy zagęszczanego betonu. Istnieje ścisły związek pomiędzy doбором rodzaju i uziarnienia kruszywa a częstotliwością i wysokością wstrząsów, wobec czego optymalne wyniki zagęszczania uzyskiwane są tylko przy właściwie dobranej recepturze mieszanki w odniesieniu do charakterystyki stosowanych wstrząsów.

Produkcja żelbetowych słupów oświetleniowych systemem utrząsania odbywa się w formach podobnych do używanych przy wibrowaniu, na potrząsanych długich stołach.

Konstrukcja stołu jest bardzo ciężka i silna. Wstrząsy nadawane są przez obracające się wałki z mimośrodami unoszącymi blat stołu, który opadając na stalowe podpory wywołuje silne, krótkie wstrząsy.

Przy odpowiednio dobranej mieszance i prawidłowym przebiegu procesu utrząsania stosowany jest bardzo niski wskaźnik wodno-cementowy 0,30 do 0,35. Faktura zewnętrzna betonu utrząsanego jest nader korzystna. Powierzchnie ścianek elementu przylegającego do formy są absolutnie gładkie, nie ma na nich pozostałości po pęcherzykach powietrza charakterystycznych dla wibrowania. Wobec intensywnego zagęszczania przy niskim wskaźniku wodno-cementowym formy można natychmiast rozbierać bez uszkodzenia ostrych krawędzi elementu.

Dane dotyczące wartości technicznych betonu utrząsanego są następujące: ciężar betonu nieuzbrojonego — 2,47 t/m³; wytrzymałość na ściskanie po 7 dniach — około 300 kg/cm², po 14 dniach — 400 kg/cm² i po 28 dniach — około 550 kg/cm²; przy mieszankach specjalnych uzyskiwane są wytrzymałości R_{28} 600–900 kg/cm²; wytrzymałość na zginanie — przeciętnie 53 kg/cm², nasiąkliwość obliczana w procentach objętości — 2,85%.

Ta ostatnia właściwość minimalnej nasiąkliwości betonu utrząsanego, nie mówiąc już o innych jego zaletach technicznych, jest specjalnie cenna dla trwałości żelbetowych słupów energetycznych i oświetleniowych. W przeliczeniu na procenty wagowe nasiąkliwość ta wyniesie zaledwie drobny ułamek procentu.

System utrząsania mało się u nas rozpowszechnił, może ze względu na wymagane duże doświadczenie w prawidłowym przeprowadzeniu procesu produkcyjnego oraz z uwagi na stosunkowo wysoki koszt urządzeń. Posiadamy wprowadzić kilka długich stołów potrząsanych, ale nie znalazły one zastosowania w produkcji żelbetowych słupów oświetleniowych.

4. BETON NATRYSKOWY

Słupy oświetleniowe wykonywane systemem natryskowym składane są zazwyczaj z oddzielnych elementów kilkumetrowej długości, o poprzecznym przekroju pierścieniowym, łączonych przez wsunięcie jednego odcinka w drugi. Całość słupa składa się więc z elementów rurowych o średnicach stopniowo zmniejszających się w kierunku wierzchołka.

Produkcja jest oryginalna i daje możliwość wielostronnego wykorzystania maszyny. Wyrób odcinków rurowych odbywa się w pozycji pionowej bez użycia form. Beton natryskiwany jest z „pistoletu” i maszyny (rodzaj torkretnicy) na obracający się wokół swojej osi trzon stalowy — pomiędzy jego powierzchnię i odcinek formy zewnętrznej, regulujący grubość warstwy betonu. Szkielet zbrojenia nasunięty na trzon zostaje do-

kładnie otulony natryskiwanym betonem. Specjalne urządzenie zaciera w trakcie wykonania zewnętrzną ściankę rury. Po wyjściu z maszyny świeży element pozostaje na trzonie do czasu dostatecznego stwardnienia betonu.

Natrysk pod silnym ciśnieniem daje w rezultacie beton nadzwyczaj szczelny o minimalnej nasiąkliwości i o wytrzymałości 2÷3-krotnie większej od betonu wykonanego z tej samej mieszanki, lecz ubijanego.

Mieszanke przygotowuje się i doprowadza pod ciśnieniem w stanie suchym, a potrzebną ilość wody dodaje się w samej dyszy „pistoletu”. Ze zrozumiałych względów do mieszanki betonowej używane są tylko drobne frakcje kruszywa.

Maszyna może służyć do dwuwarstwowego narzutu, początkowo betonu zwykłego, a następnie w drugiej warstwie — betonu z grysików szlachetnych. Ta sama maszyna może być również wykorzystana do prac wykończeniowych przy działaniu ostrym strumieniem piasku na powierzchnię stwardniałych elementów, podobnie jak to bywa stosowane przy obróbce innych wyrobów ze sztucznego kamienia.

5. BETON WIROWANY

Słupy żelbetowe wirowane mają w zasadzie przekrój pierścieniowy, są więc wewnątrz puste, a w swojej formie zewnętrznej tworzą stożek ścięty o przyjętej zbieżności. Wydrążenie na całej długości słupa tworzy się w wyniku działania siły odśrodkowej podczas wirowania.

Słupy wirowane wykonuje się przeważnie dla celów energetyki i teletechniki, lecz znajdują one duże zastosowanie i w dziale oświetleniowym pomimo konieczności używania do ich wyrobu znacznie kosztowniejszych form niż przy innych systemach produkcji. Kształty zewnętrzne słupa oświetleniowego odbiegają zazwyczaj od zasadniczego kształtu słupa wirowanego, natomiast do uzyskania innych kształtów zewnętrznych, np. sześciobokich lub ośmiokątnych, potrzebne są dodatkowe formy stanowiące wkładki do zasadniczej walcowej formy stalowej. Same wkładki zwykle bywają drewniane. Proces produkcji pozwala na zdjęcie formy dopiero po 24 godzinach, a zatem park form w wytwórni słupów wirowanych musi być dość bogaty.

Istnieją jednak inne rozwiązania zmieniające zewnętrzny wygląd słupa bez użycia całkowitych dodatkowych form, a więc np. zastosowanie oddzielnie wykonywanych cokołów składanych, obejmujących słup o kształcie normalnym, wprowadzenie lekkich podłużnych wgłębień ożywiających jednolitość powierzchni okrągłego słupa, zastosowanie nakładanych pierścieni ozdobnych itp.

Poza tym do oświetlenia ulicznego używane są często słupy wirowane w ich kształcie naturalnym, szczególnie w osiedlach mniejszych i na drogach dojazdowych. Ułatwieniem w instalacji oświetlenia elektrycznego na słupach wirowanych jest charakterystyczne dla systemu produkcji wydrążenie na całej jego długości. Umożliwia ono dowolny sposób doprowadzenia prądu z sieci napowietrznej lub kablem ziemnym.

Z uwagi na szerokie stosowanie słupów wirowanych wymiary ich bywają bardzo różne. Do celów teletechnicznych i do lekkich odgałęzień linii niskich napięć wykonywane są w długościach począwszy od 6,5 m, przy średnicy u wierzchołka 90 mm i przy podstawie 188 mm. Jako słupy oświetleniowe wyrabiane są od najniższych używanych w tym dziale do 30 m i wyżej (do reflektorów). Dla orientacji podano w tabl. 3 i tabl. 4

wymiary, ciężar i granice możliwych do wykorzystania naciągów u wierzchołka słupa, zależnych od przekroju i ilości wkładek zbrojenia użytego do danego wymiaru. Różnice w ciężarze tłumaczą się zmienną ilością użytej stali do słupów o różnej wytrzymałości.

Przytoczone tablice charakteryzują tylko słupy małych i średnich wymiarów, używane najczęściej do oświetlenia, do linii niskich napięć

Tablica 3

Charakterystyka słupów wirowanych małych wymiarów

Długość całkowita	Wysokość nad poziomem	Głębokość zakopania	Naciąg u wierzchołka odpowiadający granicy plastyczności zbrojenia słupa ¹⁾	Siła parcia wiatru na słup wprowadzona do wierzchołka	Średnica		Ciężar
					u podstawy	u wierzchołka	
m	m	m	kg	kg	mm	mm	kg
6,5	5,25	1,25	300 — 600	25	188	90	180 — 190
8	6,60	1,50	300 — 600	32	210	90	295 — 305

¹⁾ Przy słupach małych wymiarów w celu ustalenia dopuszczalnego naciągu użytkowego u wierzchołka orientujemy się wg granicy plastyczności zbrojenia słupa. Parcie wiatru na słup należy doliczyć do projektowanego naciągu użytkowego.

Tablica 4

Charakterystyka słupów wirowanych średnich wymiarów

Charakterystyka słupów wirujących średnicą zginaną								
Długość całkowita	Wysokość nad poziomem	Głębokość zakopania	Naciąg użytkowy u wierzchołka ¹⁾		Siła parcia wiatru na słup wprowadzona do wierzchołka	Średnica		Ciężar
			współczynnik bezpieczeństwa			u podstawy	u wierzchołka	
			k = 3	k = 5				
m	m	m	kg	kg	kg	mm	mm	kg
9	7,50	1,50	80 ÷ 200	31 ÷ 103	42	255	120	450 ÷ 510
10	8,40	1,60	80 ÷ 200	28 ÷ 100	49	270	120	560 ÷ 610
11	9,30	1,70	80 ÷ 200	25 ÷ 97	56	285	120	660 ÷ 720
12	10,20	1,80	80 ÷ 200	23 ÷ 95	63	300	120	770 ÷ 840

¹⁾ Naciąg u wierzchołka podano jako użytkowy netto, to znaczy po uwzględnieniu parcia wiatru na słup.

i w teletechnice. Wymiary i inne dane techniczne słupów wirowanych do linii wysokich napięć, nie wchodzących w zakres niniejszej pracy, zależą przede wszystkim od przewidzianych obciążeń.

Słupy do linii przesyłowych na dalekie odległości, tj. do linii energetycznych b. wysokich napięć (100 ÷ 380 kV), produkowane są o długościach do 36,60 m. Przy długościach tego rzędu nie jest jednak konieczne wirowanie ich w jednej całości, mogą być one również łączone na budowie przez zabetonowanie na odpowiedniej długości obustronnie wypuszczonych i pokrywających się zespawanych wkładek zbrojenia. Złącze zostaje zawibrowane w specjalnej formie. Próby łamania słupów składanych nigdy nie wykazały uszkodzeń w miejscu połączenia.

Były już ustawiane słupy wirowane o całkowitej długości 55 m (łącznie z trzech części). Średnica podstawy słupa wynosiła 2,10 m, średnica wierzchołka 90 cm.

Najczęściej stosowana zbieżność słupów wirowanych wynosi 15 mm na 1 m i waha się w granicach od 12 do 20 mm na 1 m. Zbieżność wewnętrznej wydrążenia jest mniejsza, co się tłumaczy zmiennością przyrostu grubości ścianek przy użyciu form stożkowych. Grubość ścianek

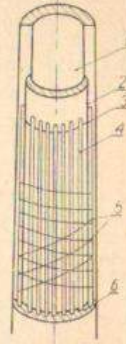
przyrasta liniowo w stosunku do średnicy słupa, praktycznie około 2 mm na metr przy uwzględnieniu przyrostu średnicy zewnętrznej 15 mm na metrze.

W dążeniu do obniżenia ciężaru słupa wytwórcy starają się stosować jak najmniejsze przekroje. Punktem wyjściowym do określenia minimalnej średnicy i grubości ścianki u wierzchołka są przepisy i normy, regulujące grubość otuliny i rozstaw wkładek podłużnych, które nie mogą być zbyt ściśnione. Ponadto grubość ścianki nie może być zbyt mała musi bowiem zapewniać należyłą współpracę stali z betonem. Zgodnie z przepisami wszystkie części metalowe powinny być pokryte warstwą betonu nie mniejszą niż 1 cm¹⁾.

Od strony zewnętrznej zbrojenie układa się na całej długości słupa, możliwie jak najbliżej powierzchni, w celu uzyskania największego wskaźnika wytrzymałości. Wewnętrzne pokrycie betonem, ustalone przy wierzchołku, wzrasta stopniowo od góry ku dołowi, jak wyżej powiedziano. Na rys. 53 pokazano wewnętrzną konstrukcję słupa wirowanego. Zbrojenie podłużne składa się z prętów stalowych rozmieszczonych symetrycznie wzdłuż obwodu koła albo symetrycznie względem dwóch prostopadłych do siebie osi. Pręty opierają się na wewnętrznym uzwojeniu z drutu 4 mm, które służy głównie do lepszego zestawienia i usztywnienia szkieletu zbrojenia. Dwa wzajemnie krzyżujące się zwoje zewnętrzne (również z drutu 4 mm) zastępują strzemiona i przyjmują momenty skręcające słup przy ewentualnym zerwaniu się przewodu. Kierunek obrotu momentu skręcającego nie może być określony, gdyż przewód może się zerwać zarówno po jednej, jak i po drugiej stronie słupa, dlatego też oba uzwojenia są potrzebne. Uwzględnienie w obliczeniach momentu skręcającego wymagane jest przepisami tylko w odniesieniu do pewnych kategorii słupów linii przesyłowych wysokiego napięcia.

Przy niektórych zastosowaniach słupów o przekroju pierścieniowym pręty podłużne zbrojenia ze względów oszczędnościowych rozkładane są symetrycznie względem jednej osi przekroju w ten sposób, że najwyższy użytkowy naciąg u wierzchołka może być wykorzystany tylko w jednym kierunku, w przeciwnym zaś zazwyczaj obliczany jest tylko na połowę lub 1/3 tego naciągu. Słupy tego typu muszą być trwale oznaczone strzałką na wysokości około 1,80 m od poziomu, wskazującą kierunek najwyższego naciągu.

Szkielet zbrojeniowy z wkładek podłużnych wiązany jest początkowo drutem 1-milimetrowym w rodzaj maty o kształcie rozwiniętego stożka. Wiązanie odbywa się na stołach, na których oznaczone jest rozstawienie i długość wkładek, stopniowo skracanych od wierzchołka ku dołowi w związku ze zbieżnością i zmniejszającym się momentem wytrzymałościowym słupa. Po związaniu mata nakładana jest na bęben obrotowy, na który uprzednio zostało nawinięte uzwojenie wewnętrzne. Następnie



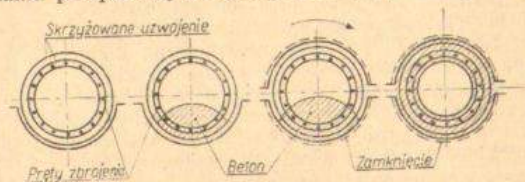
Rys. 53. Konstrukcja słupa wirowanego: 1 — prześrodek niewypełniony, 2 — wewnętrzna warstwa betonu, 3 — pierścień lub uzwojenie wewnętrzne, 4 — zbrojenie podłużne, 5 — dwa skrzyżowane zewnętrzne uzwojenia zbrojeniowe, 6 — zewnętrzna warstwa betonu

¹⁾ Z braku przepisów polskich podano wymagania przepisów niemieckich odnośnie konstrukcji żelbetonowych słupów wirowanych dla linii energetycznych V.D.E. 0210 — § 25.

nawijane są specjalnym urządzeniem mechanicznym, podobnie jak pierwsze uzwojenie, dwa krzyżujące się uzwojenia zewnętrzne i po związaniu ich z wkładkami głównymi całość szkieletu zbrojenia może być zdjeta z bębna. Uzwojenia w kilku punktach zostają zespawane między sobą i z prętami podłużnymi. Używana jest stal o wysokiej wytrzymałości $85-95 \text{ kg/mm}^2$.

Wirowanie słupów odbywa się w formach stalowych dwudzielnych (rys. 54), ewentualnie z zastosowaniem form drewnianych jako wkładek dodatkowych, jeżeli chodzi o zmniejszenie średnicy posiadanej formy lub o uzyskanie odmiennych kształtów zewnętrznych słupa.

Do dolnej połówki otwartej i nasmarowanej formy wkłada się szkielet zbrojenia z nawiniętym uprzednio uzwojeniem z giętkiej trójkątnej „listewki betonowej” (rys. 62) nawiniętej szerokimi skokami, która służy do utrzymania przepisowej odległości pomiędzy zewnętrzną powierzch-



Rys. 54. Schematyczne przedstawienie procesu wirowania

nią zbrojenia a ściankami formy. Do smarowania form używane są środki ogólnie stosowane w betoniarstwie. Specjalnie korzystne wyniki przy usuwaniu form, gdy elementy są naparzane w formach, daje natrysk roztworu parafiny w benzynie (w stosunku 200 g parafiny na 1 l benzyny). Po natrysku benzyna wyparowuje, a pozostająca na ściankach formy cienka warstwa parafiny chroni od przylegania betonu i następnie topniejąc w wysokiej temperaturze naparzania pozwala na łatwe rozformowanie elementu.

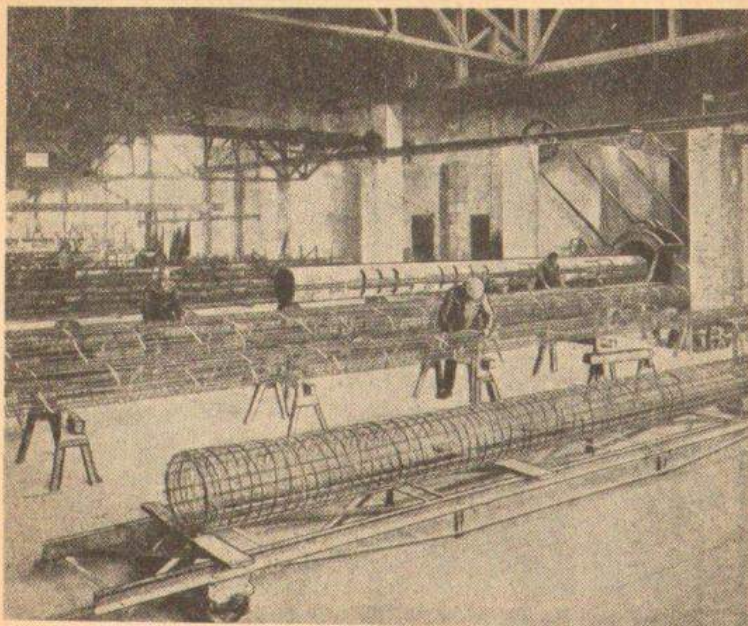
Po włożeniu zbrojenia do formy umocowuje się w niej trzpienie mające tworzyć otwory w przyszłych ścianach słupa (do wprowadzenia kabla, do izolatorów itp.) oraz przewidziane części metalowe mające pozostać w betonie, jak np. nakrętki do uzziemienia (przy słupach do linii wysokiego napięcia), gwinty do haków itp. Na końcach formy zostają założone tarcze drewniane lub metalowe, ustalające długości słupa. Wreszcie za pomocą leju, pod którym przesuwają się dolną połówkę formy, nakładany jest beton w ilości ściśle odważonej, potrzebnej do wykonania całego słupa. Po założeniu górnej połówki oraz uszczelkach gumowych na złączach forma zostaje zastrubowana i wprowadzona do maszyny wirowej (rys. 55).

Proces wirowania rozpoczyna się od małych obrotów, podczas których następuje równomierny rozkład mieszanki na ściankach formy. Ważne jest, aby już przy nakładaniu betonu do formy mieszanka została prawidłowo rozmieszczona wzdłuż całego słupa, proporcjonalnie do zmiennej średnicy.

Maszyna stosunkowo szybko zostaje doprowadzona do najwyższej ilości obrotów, około 400 na minutę. Po osiągnięciu tej szybkości proces wirowania trwa jeszcze 10-15 minut.

Jakość betonu wirowanego w dużej mierze zależy od tego, w jakim czasie została osiągnięta najwyższa ilość obrotów i jak długo była ona

utrzymywana. Przy wzroście ilości obrotów beton pod działaniem siły odśrodkowej zostaje silnie dociskany do ścianek formy (z siłą wielu atmosfer), przy czym składniki mieszanki o większym ciężarze gatunkowym (większej gęstości) mają tendencję przesuwania się w kierunku ścianek formy, składniki zaś najlżejsze, jak woda i ewentualne zanieczyszczenia betonu, zostają wyciskane do środka powstającego słupa drążonego.



Rys. 55. Fabrykacja słupów wirowanych. W głębi widoczna maszyna do wirowania i wsuwana do niej forma

Powierzchnia wewnętrzna słupa staje się gładka, a zbierająca się na niej woda wycieka z obracającej się formy przez otwory w ściankach czołowych.

Przy zbyt szybkim „rozkręcaniu” maszyny może nastąpić wypłukiwanie cementu wskutek zbyt intensywnego wydzielania się wody jeszcze przed właściwym rozprowadzeniem jednorodnej mieszanki na ściankach formy. Dlatego też mieszanki uboższe w cement „rozkręca” się wolniej i dłużej, a następnie przez szybkie podniesienie ilości obrotów uzyskuje się silne zagęszczenie masy zmniejszającej swoją plastyczność wskutek ubytku wody. Mieszanki betonowe używane do produkcji słupów zasadniczo są bogate w cement, niemniej jednak ostrożność przy rozruchu maszyny zawsze jest wskazana¹⁾.

¹⁾ Projekt polskiej normy żelbetowych słupów oświetleniowych określa minimalne dawki cementu na 375 kg na 1 m³ betonu i zależnie od składu mieszanki do 450 kg na 1 m³.

Ogólnie należy stwierdzić, że efekty wytrzymałościowe betonu wirowanego zależą w dużej mierze od doświadczenia prowadzącego maszynę. Poza wymienionymi istnieją jeszcze inne momenty charakterystyczne dla procesu wirowania i mające bezpośredni wpływ na wytrzymałość betonu. Woda uchodząca do wnętrza „rury” w okresie najwyższych obrotów powinna być wyciśnięta w takiej ilości (około 3/4 zawartości), aby pozostało jej pod dostatkiem do prawidłowego przebiegu procesu hydratacji cementu. Da się to uzyskać jedynie przez odpowiednie ograniczenie szybkości wirowania w zależności od średnicy słupa i składu mieszanki. Wielkim plusem systemu jest możliwość regulowania zawartości wody w betonie do potrzebnego minimum i wyciśnięcia z mieszanki nawet najdrobniejszych pęcherzyków powietrza, nie można jednak dopuścić do zbyt- niego odwodnienia masy.

Po zatrzymaniu maszyny z wnętrza wytworzonej „rury” wylewa się ciecz zawierająca pewną ilość cementu oraz cząsteczki wypłukanych lżejszych zanieczyszczeń betonu, jak okruchy węgla, zanieczyszczenia margliste, kawałeczki drewna, słomy itp. W betonie zagęszczonym innymi systemami wszelkie zawarte w nim zanieczyszczenia pozostają zmniejszając jego wytrzymałość.

Po ukończonym procesie wirowania i odkręceniu urządzeń centrujących oraz napinających formę (urządzenie przesuwających się pierścieni działających podobnie jak w przesłonie fotograficznej „Iris”) przesuwają się ją na drugą stronę maszyny i ostrożnie składa w miejscu wstępnego twardnienia. Po 24 godzinach forma zostaje otwarta i słup wysunięty. Przy stosowaniu cementów wysokowartościowych lub naparzania niskoprężnego okres ten może być skrócony do 10 godzin. W dalszej konserwacji słupy przetrzymywane są do 14 dni w wilgotnym piasku.

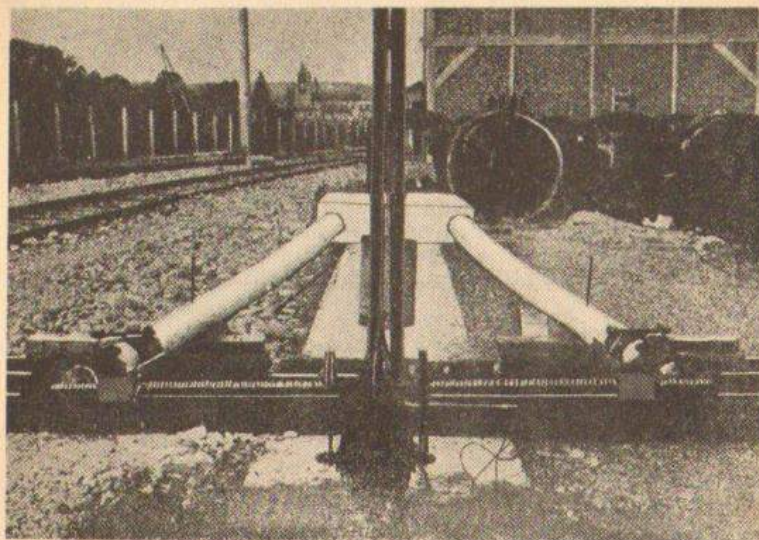
Beton słupa prawidłowo wirowanego jest bardzo szczelny. Zewnętrzna powierzchnia słupa pokryta jest cieniutką warstwą cementu pochodzącego z tej części mieszanki, która przylegała do ścianek formy. Większą zawartość cementu wykazuje ścianka wewnętrzna, do której cement przedostawał się łącznie z wodą wyciskaną do środka słupa. Beton ścianki ma niemal jednorodny rozkład kruszywa. Pewna segregacja, jaka następuje pod działaniem siły odśrodkowej, wypada tylko na korzyść wartości technicznych elementu. Ziarna kruszywa o większej gęstości układają się ściślej po zewnętrznej stronie ścianek słupa zwiększając zarówno jego odporność na wpływy atmosferyczne, jak i na udarność oraz wzmacniają i uszczelniają strefę, w której znajduje się zbrojenie. Beton wykazuje minimalną nasiąkliwość, wobec czego długoletnia praca słupów w terenie nie naraża ich na obniżenie wytrzymałości.

Dalszy plus słupów wirowanych — to ich wielka elastyczność i odporność na udarność, wynikające z techniki wykonania szkieletu zbrojeniewego z wysokogatunkowej stali i dużej wytrzymałości betonu. Przeciętne wytrzymałości betonu uzyskiwane przy prawidłowej produkcji wynoszą $550 \div 600 \text{ kg/cm}^2$. Przewrócenie się słupa wirowanego z pozycji pionowej na ziemię nie powoduje poważniejszych uszkodzeń.

Stale powtarzające się różnokierunkowe odgięcia, jakim podlegają słupy żelbetowe poddane działaniom wiatru podczas pracy w terenie, mogą stać się z czasem przyczyną poważniejszych uszkodzeń, odprysków i zniszczenia betonu. Ciekawe byłoby zatem sprawdzenie w drodze doświadczalnej, jak pod tym względem zachowują się słupy wykonane różnymi systemami produkcji w okresie wieloletniej pracy słupa w normalnych warunkach terenowych. Kontrolę tę umożliwia urządzenie do-

świadczalne skonstruowane według rys. 56. Poniżej podajemy krótki opis pracy urządzenia, które przez uwielokrotnienie wahadłowych ruchów wierzchołka słupa pozwala na uzyskanie w stosunkowo krótkim czasie obrazu ewentualnych uszkodzeń, jakich można by się spodziewać po wielu latach normalnej pracy słupa.

Dwa słupy żelbetowe ściśle tego samego typu są zamocowane w pozycji poziomej w stałym, masywnym bloku betonowym. Osie słupów są względem siebie równoległe. Wierzchołki słupów są przymocowane do



Rys. 56. Urządzenie badawcze do określania wytrzymałości słupów poddanych stale powtarzającym się odgięciem wahadłowym

nakrętek poruszanych przez śrubę. Nakrętki nagwintowane są w kierunkach odwrotnych, wobec czego obrót śruby w prawo lub w lewo powoduje rozsuwanie lub zbliżanie się słupów. Śruba poruszana jest przez silnik, w którym kierunek obrotów zmienia kolejno specjalny wyłącznik. Przystawienie wyłącznika następuje automatycznie w chwili, gdy rączka przymocowana do wierzchołka jednego z wahadłowo odchylających się słupów dotknie przekładni wyłącznika. Istnieje więc możliwość takiego nastawienia rączki, aby wymiar amplitudy obustronnych odchylenia wierzchołków od osi słupów został uregulowany według charakterystyki sił na jakie obliczona jest praca słupa w terenie. Wymiar amplitudy określa się na podstawie odchylenia, jakie wykaże wierzchołek słupa pod działaniem siły równej sumie maksymalnego naciągu użytkowego u wierzchołka plus parcie wiatru na słup. W opisanym urządzeniu słupy mogą być poddane stale powtarzającym się wahadłowym odgięciom przez czas ustalony warunkami badań.

Podajemy tylko kilka cyfr porównawczych z przebiegu doświadczeń przeprowadzonych nad słupami wirowanymi oraz słupami wykonanymi z betonu ciekłego:

Dwa słupy wirowane o długości 11 m i naciągu użytkowym u wierzchołka równym 150 kg (przy współczynniku bezpieczeństwa = 3) poddano przez 503 godziny kolejnym odgięciom przy amplitudzie 200÷225 mm, odpowiadającej podanej sile naciągu plus parcie wiatru na słup. Częstość odgięć wynosiła 8 na minutę. Przez okres trwania doświadczenia słupy uległy 240 000 kolejnych odgięć i to w maksymalnych użytkowych granicach. Po zakończeniu doświadczenia słupy nie wykazały żadnych uszkodzeń. Poddane dalszej próbie obciążenia uległy złamaniu dopiero pod obciążeniem 650 kg, a więc znacznie wyższym od trzykrotnego obciążenia użytkowego. Tego samego typu słupy przy dalszych doświadczeniach przetrzymały bez uszkodzeń 500 000 odgięć.

Słupy z betonu ciekłego (o tej samej długości i naciągu użytkowym) po 120 000 kolejnych odgięć zaczęły wykazywać początki zniszczenia. Nastąpiło odrywanie się i odpadanie betonu od zbrojenia i wreszcie kompletne zniszczenie elementu.

Jak wynika z opisu urządzenia badawczego, jest ono bardzo proste i łatwe do wykonania we własnych warsztatach mechanicznych wytwórni. Byłoby więc bardzo wskazane, aby nasze przodujące wytwórnie słupów zaopatrzyły się w podobne urządzenia do kontroli jakości swoich wyrobów.

6. BETON WSTĘPNIE SPRĘŻONY (STRUNOWY)

Kształty większości obecnie używanych żelbetowych słupów oświetleniowych stanowią poważną przeszkodę przy zamianie żelbetu na nowy materiał, ekonomiczniejszy, jakim jest beton wstępnie sprężony. Ewentualne uformowanie szerokiego cokołu na słupie wykonanym z betonu wstępnie sprężonego pociągnęłoby za sobą konieczność znacznego pogrubienia ścianek, co ze swej strony wyraźnie koliduje z ideą oszczędności nowego materiału. Oszczędność bowiem przy stosowaniu betonu strunowego polega nie tylko na zmniejszeniu zużycia stali, lecz także i na znacznym obniżeniu ciężaru elementu wobec możliwości poważnej redukcji przekrojów betonu. Struny stalowe w betonie wstępnie sprężonym mogą być naprężone w formach zgodnie z określoną zbieżnością słupa, lecz tylko w linii prostej, między dwoma biegunami naciągu. A zatem uformowanie cokołu wymagałoby nadłożenia warstwy betonu, gdyż przy jednakowej grubości otuliny strun w racjonalnie produkowanych słupach powstaje zbieżność strun równomierna na całej długości elementu.

Przytoczone motywy jak również stosunkowo małe siły, na jakie obliczane są słupy oświetleniowe, były powodem skromnego jak dotychczas zakresu stosowania betonu wstępnie sprężonego do celów rozbudowy urządzeń oświetlenia ulicznego.

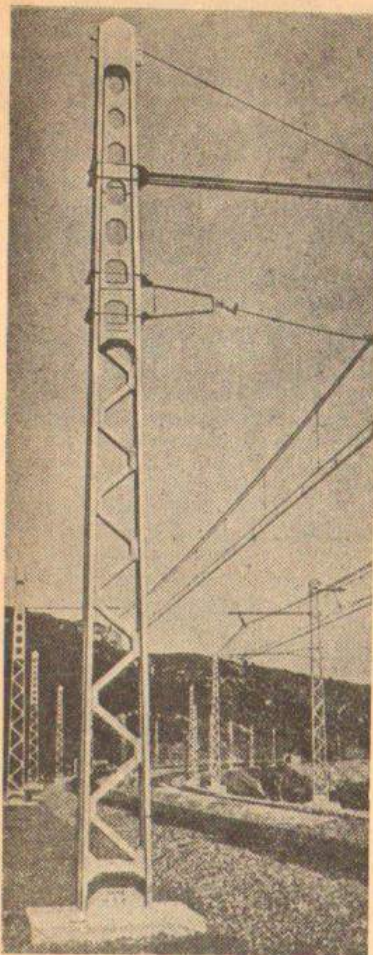
W dotychczasowych zastosowaniach w energetyce beton wstępnie sprężony używany był do produkcji słupów linii wysokiego i niskiego napięcia, do linii trakcyjnych zelektryfikowanych kolei (rys. 57), trolejbusów lub tramwajów przy jednoczesnym niekiedy wykorzystaniu ich do oświetlenia terenu.

Jak widać z rys. 57, beton strunowy umożliwia tworzenie wybitnie lekkich konstrukcji. Z niego mogą być wykonywane zarówno niższe lekkie słupy, jak i bardzo wysokie o kształtach wieżowych, do złudzenia

przypominające konstrukcje stalowe. Te ostatnie składane są z oddzielnych elementów z zastosowaniem złącz metalowych.

Z betonu strunowego można by również wykonywać słupy oświetleniowe obecnie produkowane za pomocą wibrowania, np. słupy od wielu lat ustawiane na ulicach Gdyni (rys. 58).

Krajowa produkcja elementów z betonu wstępnie sprężonego będąca jeszcze w stadium początkowego rozwoju napotyka na wiele trudności i nieraz uciekać się musi do doświadczeń zagranicznych, głównie radzieckich¹⁾. Jednym z zasadniczych zagadnień racjonalnej produkcji jest uzyskanie dostatecznej przyczepności stali do betonu. Zdarzają się bowiem przypadki poślizgu strun w związku z wysokim naciągiem i spowodowanymi nim naprężeniami wewnętrznymi w strunobetonie. W celu uniknięcia podobnych uchybień stosowane bywają różne środki zaradcze²⁾.



Rys. 57. Słupy z betonu wstępnie sprężonego do podwieszania przewodów zelektryfikowanej linii kolejowej



Rys. 58. Słup oświetleniowy o równomiernej zbieżności bez cokołu, wysokość 9 m (Gdynia)

¹⁾ Iwanskij: *Żelazobetonnyje konstrukciji*, Gosizdat, Moskwa 1951; Sachnowskij: *Żelazobetonnyje konstrukciji*, Gosizdat, Moskwa 1951.

²⁾ Porównaj „Kotwienie strun w betonie wstępnie sprężonym” inż. R. Malinowski i inż. K. Osiński, „Inżynieria i Budownictwo” Nr 7 1952 r.

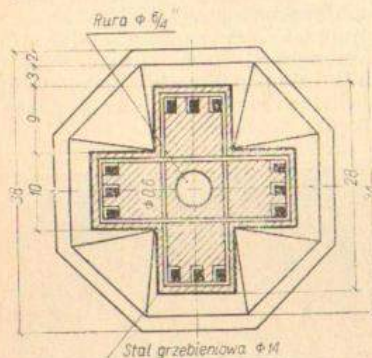
V. WIBROWANIE ŻELBETOWYCH SŁUPÓW OŚWIE TL ENIOWYCH I SZCZEGÓŁY WYKONAWSTWA

V. WIBROWANIE ŻELBETOWYCH SŁUPÓW OŚWIE TL ENIOWYCH I SZCZEGÓŁY WYKONAWSTWA

Szkielet żelbetonowych słupów oświetleniowych składa się z wkładek głównych ze stali o możliwie wysokiej wytrzymałości, strzemion ze stali miękkiej oraz podwójnego krzyżującego się uzwojenia z drutu wyżarzonego, zakładanego w górnej części słupa. Poza tym w wielu typach słupów oświetleniowych przeprowadzona jest przez rdzeń słupa rura stalowa, w której układają się przewody elektryczne lub

na jest przez rdzeń słupa rura stalowa do przewodów elektrycznych lub gazu świetlnego, która wprowadzie w obliczeniach statycznych nie jest uwzględniona, lecz wpływa uciążliwie na całość konstrukcji.

Na naszym rynku stali zbrojenio-
wych dysponujemy obecnie stalą że-
browną OW-50 o granicy plastycz-
ności $Q_r = 3600 \text{ kg/cm}^2$ (wg normy
PN/H-95215) i stalą pospolitą gład-
ką OW-37 o granicy plastyczności
 $Q_r = 2500 \text{ kg/cm}^2$ (wg normy
PN/H-84021). Zalecane jest stosowa-
nie stali zbrojonej o wyższej wy-
trzymałości zarówno z uwagi na
oszczędność materiału, jak i na moż-
liwość uzyskania lepszej otuliny
wkładek przy przeważnie małych
przekrojach słupów. Niektóre typy
słupów oświetleniowych w ogóle nie



Rys. 59. Przekrój słupa „krzyżowego”
nie mieszczący wkładki stali pospolitej
($3 \times \phi 18 \text{ mm}$)

mieszczą w swoich przekrojach odpowiednie (pod względem wytrzymałości) średnicy wkładki stali pospolitej (np. typ „krzyżowy”, rys. 59).

Stal żebrowana jest dostarczana z hut w prętach o długości handlowej do 12 m. Stal pospolitą większych średnic dostarcza się również w prętach, o mniejszych zaś średnicach — niekiedy do ϕ 12 mm — w kęgach. Do wyrobu zbrojeń słupów oświetleniowych należy używać stali tylko całkowicie wyprostowanej zarówno na wkładki główne, jak i do przygotowania strzemion. Jedynie przy nawijaniu uzwojenia (ręcznie lub mechanicznie) na zbrojenie słupa drugie może być brany bezpośrednio z kregu.

W celu uzyskania odpowiedniej sztywności szkieletu zbrojeniowego konieczne jest dokładne zwymiarowanie i wygięcie strzemion. Dobre wyniki tej pracy możliwe są tylko przy użyciu drutu zupełnie prostego, pociętego wg potrzebnych wymiarów. Możliwie największa sztywność zbrojenia wymagana jest w celu uniknięcia wchrowania się stosunkowo długiego i wąskiego szkieletu zbrojenia słupa.

Do prostowania i cięcia na miarę stali dostarczonej w kęgach używane są specjalne maszyny — prostowaczki. Niektóre typy prostowaczek dając idealnie prosty drut tną go na miarę z dokładnością do 0,1 mm. Prostowaczki ciągną drut z kęgów zakładanych na specjalne kołowroty o nader prostej konstrukcji.

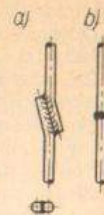
Przed przystąpieniem do wykonania zbrojenia pręty stalowe należy dokładnie oczyścić szczotkami stalowymi od zendry, rdzy i brudu. Przy starannym magazynowaniu stali pod dachem czynność ta będzie zbyteczna. Krótkie odcinki prętów przeznaczonych na strzemiona korzystniej jest czyścić w tak zwanej piaskownicy. Jest to urządzenie składające się z bębna obrotowego o długości 1,5÷3 m, wykonanego z grubej blachy stalowej, do którego luźno wkładane są odcinki prętów. Bęben napędzany jest motorem 1 KM. Przez wzajemne tarcie w czasie wolnych obrotów bębna pręty czyszczą się aż do połysku. Najlepszym systemem łączenia strzemion jest punktowe spawanie. Stal przeznaczona do tego celu powinna być dokładnie oczyszczona, gdyż spawarka punktowa nie działa przy użyciu prętów zardzewiałych.

Wkładki główne zasadniczo nie powinny być łączone. Jeżeli jednak długość słupa przekracza wymiar handlowy prętów (12 m), łączenie ich jest konieczne i powinno być wykonane zgodnie z normą PN/B-03260 p. 3.7.4. (rys. 60 a i b).

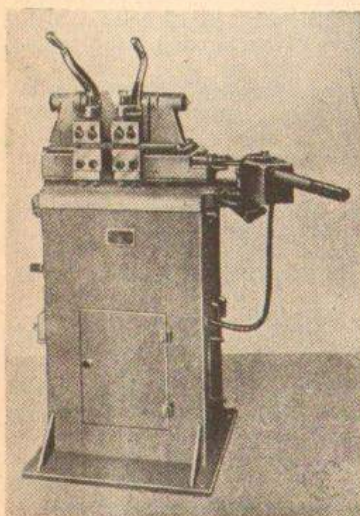
Złącza uwidocznione na rys. 60 a mogą być wykonane przez spawanie elektryczne lub acetylenowe. Złącza z rys. 60 b dopuszczalne są tylko przy spawaniu zmechanizowanych spawarką stykową (rys. 61). Wytrzymałość w miejscu spawania powinna być równa co najmniej 80% wytrzymałości pręta na rozerwanie. Sposób wykonywania prób wytrzymałości spoiny podany jest w normie PN/B-02200.

Spawanie elektryczne zwykłą spawarką wirową przy użyciu elektrod lub spawanie acetylenem dozwolone jest tylko w stosunku do prętów ze stali gładkiej pospolitej, o stwierdzonej granicy plastyczności 2500 kg/cm² lub niższej. Stali o wysokich wytrzymałościach, a więc stali grzebieniowej, oraz stali wydłużanych na zimno (np. stali „Isteg”) nie należy łączyć wymienionymi systemami. Natomiast przy fachowej obsłudze stal wysoko-

gatunkowa może być spawana za pomocą spawarki stykowej. Dlatego też każda wytwórnia żelbetowych słupów oświetleniowych powinna być wyposażona w spawarkę tego typu.



Rys. 60. Sposoby spawania złącz prętów stalowych



Rys. 61. Spawarka stykowa

Dopuszczalne jest również łączenie stali grzebieniowej (lub „Isteg”) w nakładkę z zachowaniem właściwego odstępu pomiędzy prętami, przy czym długość nałożenia na siebie 2 łączonych wkładek nie powinna być mniejsza niż 60 średnic wkładki. Pręty łączone powinny być powiązane pętlami z drutu nie rzadziej niż co 5 średnic wkładki.

Odstęp pomiędzy wkładkami głównymi powinien być równy lub większy od średnicy najgrubszej wkładki i nie mniejszy niż 10 mm.

Ze względów oszczędnościowych dopuszczalne jest również łączenie wkładek krótszych od 12 m, lecz w ilości nie przekraczającej 1/3 całkowitej ilości prętów głównych, przy czym określony wyżej odstęp wkładki w miejscach złącz powinien być zachowany.

Spoiny kilku prętów nie powinny nigdy leżeć w jednej płaszczyźnie przekroju prostopadłej do osi słupa. Złącza należy z reguły rozstawiać tak, aby wypadały w miejscach mniejszych naprężeń, a więc bliżej wierzchołka słupa.

Nie należy stosować dwóch różnych gatunków stali jako wkładek głównych do zbrojenia jednego i tego samego słupa. W przypadkach wyjątkowych, gdy zajdzie podobna konieczność, należy wszystkie przekroje obliczać według przekroju stali o najniższej granicy plastyczności. Rzecz jasna, jest to nader nieekonomiczne.

Odległość wkładek głównych od zewnętrznych powierzchni słupa (otulina) określana jest w zależności od stopnia nasiąkliwości betonu.

Do sprawdzania nasiąkliwości betonu mogą być użyte wycinki ze słupa nie mniejsze niż $10 \times 10 \times 5$ cm lub walce próbne o \varnothing 8 cm wykonane z tej samej mieszanki i w identycznych warunkach zagęszczone. Badania powinny się odbyć nie wcześniej niż po 28 dniach i po 60 dniach należy je kontrolować. W razie rozbieżności wyników miarodajny jest wynik kontrolny.

A zatem otulina wkładek głównych przy żelbetowych słupach oświetleniowych wibrowanych wg projektu polskiej normy nie może być mniejsza:

- a. od 20 mm dla słupów o nasiąkliwości betonu nie większej niż 5% lub
- b. od 15 mm dla słupów o nasiąkliwości betonu nie większej niż 3%.

Środki uszczelniające są dopuszczalne, jeżeli nie powodują obniżenia wytrzymałości betonu albo korozji stali, nie zawierają chlorku wapnia i gwarantują obniżenie nasiąkliwości betonu przynajmniej do 3%. Zalecane są środki, w których podstawowym składnikiem jest krzemionka koloidalna (Sylicon).

Ustaloną odległość między wkładkami zbrojenia a ściankami formy zabezpiecza się w czasie wibrowania za pomocą nakładanych na pręty lub strzemiona krążków betonowych albo za pomocą elastycznej „listewki betonowej” (rys. 62) nawiniętej zwojami na całość zbrojenia słupa. Krążki betonowe nie powinny być umieszczane bezpośrednio obok siebie na dwóch sąsiednich prętach lub zbyt blisko na jednym strzemieniu, lecz podobnie do elastycznej listewki powinny być rozmieszczone spiralnie wokół konstrukcji zbrojenia, w celu uniknięcia szczelin lub rys włoskowatych na powierzchni słupa.

Krążki zabezpieczające¹⁾ lub elastyczne listewki betonowe powinny być wykonane z tego samego gatunku kruszywa co całość słupa, lecz o drobniejszej granulacji. Beton ich nie może być bardziej nasiąkliwy niż beton słupa. Pomimo dostosowania się do tych zaleceń krążki i listewki

¹⁾ Szczegółowy rysunek praktycznej maszyny do produkcji krążków podany jest w książce inż. A. Dreckiego pt. „Okna żelbetowe”, PWT 1951, str. 59 i 60, rys. 34 a i b.

betonowe stanowią jednak ciała obce w świeżym betonie i wobec odmiennych naprężeń wewnętrznych mogą powodować wspomniane wyżej rysy, jeżeli zostaną zabetonowane zbyt blisko siebie w jednym przekroju słupa.

Wymiary krążków i elastycznej listewki betonowej zależne są od grubości otuliny, a poza tym od średnicy prętów zbrojenia. Jeżeli średnica wkładki nie przekracza 10 mm, krążki zakładane są wprost na pręty główne, przy wkładkach zaś grubszych — na strzemiona.

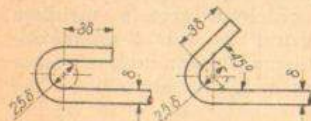
Listewki elastyczne stosuje się w miejscach większych przekrojów słupa, a w szczególności przy słupach o przekroju pierścieniowym, w których całe zbrojenie owijane jest podwójnym uzwojeniem zewnętrznym.

Elastyczne listewki betonowe wyrabiane są przez wibrowanie mieszanki w możliwie długich foremkach prostej konstrukcji, w których uprzednio naciągnięte zostały druty $\phi 1$ mm. Po stwardnieniu betonu i wyjęciu gotowych listewek z foremki łączy się je na wymaganą długość przez związanie końców drutów.

Wkładki główne ze stali grzebieniowej, jak wiadomo, nie wymagają zakotwienia hakami. Natomiast wkładki ze stali gładkiej pospolitej z reguły powinny być zakotwione. Ze względu jednak na brak miejsca w szczupłych przekrojach słupa zagięcia końców prętów nie mogą być stosowane. Należy więc w celu stworzenia innego systemu mechanicznego zakotwienia prętów trzy górne strzemiona przy wierzchołku i trzy dolne u podstawy przyspawać do wszystkich wkładek głównych.

W cokołe słupa, do którego prąd elektryczny doprowadzany jest kablem ziemnym, musi być wykonana wnęka na aparaty elektrotechniczne.

Drzwiczki do wnęki często bywają umieszczane w jednym z narożników przekroju słupa prawie na całą szerokość dwu przyległych ścianek. Przy takim rozmieszczeniu drzwiczek wkładka główna przebiegająca przez narożnik musi być przzerwana (rys. 32). Jeżeli więc do konstrukcji zbrojenia zastosowano stal gładką pospolitą, wkładka powinna być przzerwana i w odległości około 20 cm ponad i poniżej ramki

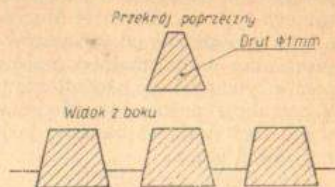


Rys. 63. Wymiary haków na wkładkach głównych

drzwiczek zakończona hakami. Przekrój słupa w tych miejscach ze względu na pogrubienie betonu ponad wnęką i poniżej wnęki pozwala na pomieszczenie haków o wymiarach podanych na rys. 63. Niezależnie od haków co najmniej 2 strzemiona ponad drzwiczkami oraz dwa poniżej powinny być przyspawane do wszystkich wkładek podłużnych.

Przy stosowaniu obszerniejszych wnęk, które osłabiają przekrój słupa, zbrojenie obok wnęki powinno być wzmocnione dwoma dodatkowymi prętami umieszczonymi po jednym z każdej strony wnęki (rys. 43). Długość prętów nie powinna być mniejsza od całkowitej wysokości ramki plus dwa razy po 75 średnic pręta.

Wszystkie wkładki główne w miejscu zwężenia przekroju słupa przy uskoku cokołu powinny mieć łagodne wygięcia stosownie do kształtu formy i przewidzianej grubości otuliny.



Rys. 62. Elastyczna listewka betonowa, wymiary zależne od grubości otuliny

W miarę zmniejszania się wskaźnika wytrzymałości, tj. w kierunku wierzchołka słupa, część wkładek głównych może być skrócona. Na przykład zbrojenie główne słupów typu „Lot“ o całkowitej długości 10 m składa się z 8 prętów podłużnych stali grzebieniowej OW-50 o boku kwadratu równym 12 mm, z których 4 przebiega przez całą długość elementu, a 4 zostają skrócone o 2,5 m od strony wierzchołka. Przy słupach tego samego typu o całkowitej długości 8,65 m część wkładek zostaje skrócona o 2,15 m. Zależnie od wymiarów słupa i wymaganego na danej wysokości wskaźnika wytrzymałości część wkładek może być zredukowana. W słupach używanych do oświetlenia ulicznego i pracujących jednocześnie jako konstrukcje nośne do podwieszenia linii tramwajowych lub trolejbusowych występują najbardziej jaskrawo różnice w uzbrojeniu dolnej i górnej części słupa.

Do cięcia stali zbrojeniowej używane są nożyce ręczne dźwigniowe lub mechaniczne. Zastosowanie nożyc mechanicznych zazwyczaj przyspiesza pracę i pozwala na przecinanie jednocześnie kilku prętów o większych nawet średnicach.

Strzemiona do zbrojenia słupów oświetleniowych wykonywane są ze stali miedkiej. Niemal do wszystkich typów i wysokości używana jest stal o średnicy 5 mm, a jedynie do strzemion niskich słupów parkowych może być zastosowany drut o ϕ 3 mm. W słupach typu „Ala“ część strzemion, a mianowicie strzemiona prostokątne, jest wykonywana ze stali ϕ 5 mm lub 6 mm, strzemiona zaś skrzyżowane ze względu na szczupłą otulinę przy wgłębieniach w słupie wyrabia się ze stali ϕ 4 mm (rys. 25).

Stosownie do przekroju słupa strzemiona wygina się w kształt sześciokąta, ośmiokąta itp., w którego narożach rozmieszczane są wkładki główne. A więc w zasadzie strzemiona otaczają szkielet zbrojeniowy słupa. Jednakże przy niektórych typach słupów począwszy od pewnej wysokości ponad cokołem strzemiona zostają przeniesione do wewnątrz szkieletu zbrojenia. Na tym górnym odcinku strzemiona mogą mieć kształt kolisty niezależnie od kształtu przekroju słupa. Część zbrojenia, w której strzemiona mieszczą się wewnątrz szkieletu, zostaje owinięta z wierzchu podwójnym uzwojeniem z drutu 2- lub 3-milimetrowego. Takie rozwiązanie stosuje się w zbrojeniu słupów, których smukłość i szczupły przekrój przy wierzchołku redukuje zbyt dużą otulinę wkładek.

W słupach typu „Lot“ o całkowitej długości 8,65 m w części fundamentowej, na długości cokołu oraz 1,5 m ponad cokołem strzemiona ośmiokątne normalnie otaczają szkielet zbrojeniowy z zewnątrz, natomiast począwszy od podanej wysokości ponad cokołem strzemiona umieszczone są wewnątrz szkieletu i mają kształt kolisty. W słupach tego samego typu o całkowitej długości 10 m przejście to rozpoczyna się 2,5 m ponad cokołem w innych typach rozmieszczenie strzemion zależy od kształtu i stopnia zbieżności słupa.

Gięcie strzemion wykonuje się maszynkami ręcznymi prostej konstrukcji lub giętarkami mechanicznymi.

Odstępy pomiędzy strzemionami w większości słupów oświetleniowych (nie liczonych na żadne dodatkowe obciążenie) stosuje się według następujących przybliżonych wytycznych: na całej długości cokołu od podstawy słupa do drzwiczek wewnątrz strzemiona rozmieszcza się co 20 cm, począwszy od spodu drzwiczek do wysokości 0,50 m ponad cokołem rozmieszcza się je co 10 cm i dalej aż do wierzchołka słupa co 15 cm.

Strzemiona mogą być powiązane z wkładkami głównymi drutem 1-milimetrowym lub punktowo spawane. Wiązanie strzemion z wkładkami powinno być tak wykonane, aby rozmieszczenie wkładek głównych wypadło ściśle w narożach wielokąta, w słupach zaś okrągłych — symetrycznie do obu osi przekroju. Poza tym ani wkładki, ani strzemiona nie powinny przesuwać się względem siebie. Końce drutów do wiązania należy zaginać do wewnątrz szkieletu zbrojenia.

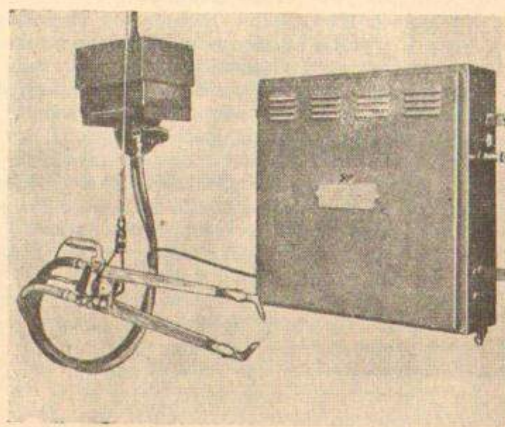
Jeżeli do wykonania zbrojenia zastosowano wkładki główne ze stali gładkiej pospolitej, co najmniej 3 dolne strzemiona u podstawy słupa, 2 — bezpośrednio ponad drzwiczkami, 2 — poniżej zakończenia skracanych wkładek i 3 — przy wierzchołku słupa — powinny być zespane ze wszystkimi wkładkami głównymi zbrojenia.

Korzystniejszym systemem montażu zbrojeń jest punktowe spawanie za pomocą kleszczy spawalnych (rys. 64). Ponieważ kleszcze do punktowego spawania są dość ciężkie, szczególnie gdy są przystosowane do łączenia grubszych średnic, przeto w celu łatwiejszego manewrowania są one zwykle podwieszane razem z transformatorem na lekkim jednoszynowym transporterze ponad warsztatem zbrojarskim. W trakcie pracy robotnik postępuje wzdłuż szkieletu zbrojenio-wego słupa i pociąga za sobą kleszcze, które przesuwają się ponad stanowiskiem łącznie z wózkiem transformatora.

Niezależnie od strzemion na szkielet zbrojenia nawijane jest podwójne krzyżujące się uzwojenie z drutu ϕ 2 mm o skoku 5÷15 cm na przestrzeni od miejsca, gdzie strzemiona zostały przeniesione do wewnątrz szkieletu, aż do wierzchołka słupa. Jeżeli kształt słupa na to pozwala, uzwojenie należy nawijać nawet na te zbrojenia, w których wszystkie strzemiona otaczają szkielet zbrojeniowy (na górnym odcinku słupa). Uzwojenie z drutu 2-milimetrowego pracuje w tych przypadkach jako zbrojenie zewnętrznej warstewki betonu, chroniące słup od powstawania szpecących poprzecznych rys powierzchniowych (włoskowatych), które łatwo się tworzą przy mniej ostrożnym manewrowaniu i transporcie.

Jak wykazały doświadczenia przeprowadzone na platformie do badań elastyczności słupów (rys. 56), słupy uzbrojone powierzchniowym uzwojeniem wykazały o wiele mniej rys poprzecznych i to nawet po znacznie dłuższej pracy urządzenia badawczego niż słupy bez uzwojenia.

Wiązanie szkieletu zbrojenia odbywa się albo na stojakach z wysięgnikami poziomymi, albo na wąskim a długim stole zbrojarskim. W celu



Rys. 64. Kleszcze spawalnicze, typ lekki

zapewnienia prawidłowego rozkładu prętów montaż prowadzony jest na szablonach z blachy lub z drewna.

Stojaki wykonywane są z kątowników zamocowanych pionowo w podłodze zbrojarni w odstępach co 2 m. Do kątowników przymocowane są poziomo przesuwane pręty stalowe tworzące wysięgniki, na których układane są podłużne pręty zbrojenia.

Następnie montowana jest na nich całość szkieletu zbrojeniowego. Stojaki połączone są listwą stalową, na której kredą oznacza się odstęp między strzemionami. Wzdłuż miejsca pracy ponad wysięgnikami rozwieszona jest linia strzemion o stopniowo zmniejszających się wymiarach stosownie do zbieżności słupa. Nawijanie uzwojenia odbywa się również na stojakach. Jedynie do nawijania uzwojenia na zbrojenia słupów o przekroju pierścieniowym używane są specjalne bębny obrotowe, na które uzwojenie nawijane jest mechanicznie.

Na stołach zbrojarskich montowane są zazwyczaj zbrojenia słupów mniejszych wymiarów albo o bardziej skomplikowanych kształtach. Odstępy pomiędzy strzemionami oznaczane są kredą wprost na stole.

Prawidłowo wykonany szkielet zbrojeniowy słupa powinien mieć symetrycznie rozłożone wkładki główne, dokładnie zwymiarowane i rozstawione w przepisowych odstępach strzemiona.

Powinien on wykazywać możliwie największą sztywność całości. Tak wykonane zbrojenie przy użyciu betonowych krążków zabezpieczających lub listewki elastycznej zapewnia dokładną i równomierną otulinę wszystkich części metalowych na całej długości słupa.

Gotowe zbrojenia należy magazynować w sposób zabezpieczający je od zniekształceń i od korozji stali.

Zbrojenie wysięgników słupów oświetleniowych montuje się z prętów stali miękkiej o średnicy 5÷8 mm. W głowicy wysięgników zabetonowana bywa zazwyczaj tuleja żeliwna jako punkt rozdzielczy dla przewodów doprowadzających energię elektryczną do poszczególnych lamp wysięgnika. Przewody przeciągane są przez rurki 1/2" biegnące od bocznych wyłotów tulei do trójkąta 1/2"×3/4" lub 1/2"×1", na którym w końcu ramienia podwieszona jest lampa. Zbrojenie otacza tuleję głowicy w formie kosza wykonanego z drutu ϕ 5 mm, od którego rozchodzą się pręty główne do ramion. Ponad rurką do przewodów przechodzą zazwyczaj 2 pręty (odpowiedniej średnicy), a poniżej rurki jeden lub więcej prętów zależnie od kształtu wysięgnika (rys. 70). Pręty dolne są cieńsze niż górne. Rurka do przewodów w celu zapewnienia lepszej przyczepności betonu owinięta jest uzwojeniem z drutu 1 mm.

Wysięgniki słupów oświetleniowych, w których prąd doprowadzany jest z linii napowietrznej, nie wymagają głowic żeliwnych. Wystarczy tu jedna odpowiednio wygięta rurka. Zbrojenie ich jest więc proste, oparte na wyżej podanych zasadach.

Zabezpieczenie właściwej otuliny wkładek uzyskuje się za pomocą krążków betonowych. Stosowanie ich jest konieczne ze względu na bardzo cienkie przekroje niektórych części wysięgników (niekiedy 3 cm).

2. PRZYGOTOWANIE MIESZANKI BETONOWEJ

Zadaniem projektowania mieszanki do produkcji żelbetonowych słupów oświetleniowych i energetycznych jest otrzymanie betonu o jak największej gęstości, minimalnej nasiąkliwości i dużej wytrzymałości na ściska-

nie. W betonach ciężkich przyjąć można za regułę, że o zredukowaniu nasiąkliwości decyduje gęstość betonu i mała nasiąkliwość użytego kruszywa. Gęstość betonu jest wykładnikiem właściwości doboru uziarnienia i dokładnego zagęszczenia masy. W doborze granulacji kruszywa niezależnie od proporcji ziarn, grubszych, średnich i drobnych, duży wpływ na stopień nasiąkliwości i wytrzymałości betonu ma także stosunek procentowej zawartości najdrobniejszych cząstek piasku i jego krzywa przesiewu. Wskaźnikiem orientacyjnym do określania prawidłowego składu mieszanki i dokładności zagęszczenia betonu może być jego ciężar objętościowy. Czym wyższy jest ciężar objętościowy przy danym gatunku kruszywa, tym większa jest zwartość i gęstość betonu.

Należy rozróżniać pojęcie nasiąkliwości i przesiąkliwości betonu. Niektóre dodatki chemiczne, np. chlorek wapnia, powodują znaczne zmniejszenie przesiąkliwości betonu przy jednoczesnym podniesieniu stopnia jego nasiąkliwości. Dodatek chlorku wapnia czyni beton dobrze zagęszczony odpornym na przesiąkanie wody nawet pod ciśnieniem kilku atmosfer¹⁾. Natomiast nasiąkliwość betonu z chlorkiem wapnia wzrasta z uwagi na higroskopijność domieszki. Beton słupów energetycznych powinien być jak najmniej wodochłonny a więc przede wszystkim mało nasiąkliwy.

Jak wiadomo, betony wykonane z piaskowców, wapieni, żużli wielkopieczowych itp. lub betony z mieszanki o wysokim punkcie piaskowym wykazują dużą nasiąkliwość. Dlatego też kruszywo używane do betonu przeznaczonego do produkcji słupów oświetleniowych i energetycznych powinno być wykonane ze skał twardych pochodzenia magmowego. Mogą to być również żwirki o zbadanej twardości bez ziarn marglistych, łupków lub piaskowców. Grysy kamienne nie powinny zawierać ziarn płaskich, blaszkowatych lub iglastych, powinny to być grysy dwukrotnie tłuczone i granulowane. Najczęściej używane są grysy wulkanicznych skał wylewnych, jak bazalt, porfir, diabaz, oraz wulkanicznych głębinowych jak granit i ewentualnie kwarcyt. Punkt piaskowy (łącznie z domieszką mączek kamiennych) powinien być możliwie niski, lecz ilość zawartej w betonie zaprawy cementowo-piaskowej musi zapewniać szczelne wypełnienie przestrzeni pomiędzy cząsteczkami grubszego kruszywa. Niski punkt piaskowy wpływa dodatnio na podniesienie wytrzymałości betonu na ściskanie i to szczególnie w pierwszych dniach twardnienia²⁾.

Marka betonu żelbetowych słupów oświetleniowych nie może być niższa niż „300”³⁾. Należy jednak dążyć do uzyskania betonu o przeciętnie wyższych markach „400” i „450”. Duża wytrzymałość betonu w specyficznych warunkach pracy słupa narażonego na ciągłe różnokierunkowe ruchy wahadłowe pod działaniem wiatru i stałe oddziaływanie zmiennych wpływów atmosferycznych na całą powierzchnię jego smukłych kształtów jest równie ważna dla trwałości słupa jak i mała nasiąkliwość betonu.

Nasiąkliwość betonu po wysuszeniu do stałego ciężaru wagi nie powinna przekraczać 5%.

Skład mieszanki ustala laboratorium fabryczne po dokładnym zbadaniu wszystkich będących do dyspozycji materiałów i po wykonaniu próbnych zarobów. Po otrzymaniu każdej nowej partii kruszywa badania są

¹⁾ Badania St. Jarząbka, patrz „Technologia betonów i zapraw” prof. Br. Bukowski, Inst. Bad. Budown. Warszawa 1947.

²⁾ Badania inż. J. Niewęglowskiego i inż. Kajfasza, patrz „Technologia betonów i zapraw” prof. Br. Bukowski, Warszawa 1947.

³⁾ Według projektu Polskiej Normy Żelbetowej słupów oświetleniowych.

powtarzane. Nie można więc stosując różne materiały ustalić niezmiennych recepty na optymalną jakość mieszanki.

Dlatego też poniżej podaje się ogólne wytyczne projektowania, poparte kilkoma doświadczeniami.

Jako górną granicę zużycia cementu ustala się 450 kg cementu na 1 m³ betonu, jako dolną granicę — 375 kg na 1 m³. Dalsze obniżenie zużycia cementu nie jest wskazane nawet pomimo uzyskania marki betonu „300”. Betony wykonane przy zmniejszonych dawkach cementu, a pracujące na wolnym powietrzu szybciej ulegają wietrzeniu i wypłukiwaniu z powierzchni cząsteczek spoiwa, co wpływa na zwiększenie nasiąkliwości i „starzenie się” betonu. Wskazane jest stosowanie cementów wysokowartościowych.

Punkt piaskowy w kruszywie określa się na 20 do 25% (wagowo). W ilości tej mieści się 3÷4% mączki kamiennej przechodzącej przez sito o oczkach 0,2 mm (prześwit 80 μ). Specjalnie korzystne są mączki granitowe i kwarcytowe, przyspieszające twardnienie betonu i uszczelniające beton w procesie krystalizacji cementu. Stosowane są również mączki bazaltowe, diabazowe i porfirowe. Wskazane jest uprzednie zmieszanie mączki kamiennej z cementem przed dodaniem go do pozostałych składników mieszanki. Mączki kamiennej nie należy identyfikować z zanieczyszczeniami pylasto-gliniastymi, pokrywającymi źle oczyszczone grysy kamienne (częste zjawisko przy porfirach, które powinny być przepłukiwane).

Rodzaj i uziarnienie grubszych frakcji kruszywa zależne jest od zewnętrznego wykończenia słupa i od konstrukcji szkieletu zbrojenia.

Do wyrobu słupów oświetleniowych o wykończeniu betoniarskim używane jest kruszywo naturalne lub tłuczone, przechodzące przez sito tkane o otworach 16 mm (perforowane o otworach o średnicy 20 mm), z tym że największe ziarno kruszywa powinno swobodnie przechodzić pomiędzy wkładkami zbrojenia (do słupów energetycznych używane jest kruszywo o wymiarach ziaren do 25 mm).

Do słupów o powierzchni groszkowanej stosowane być może kruszywo naturalne lub tłuczone, przechodzące przez sito tkane 4 mm (perforowane 5 mm).

Do słupów o powierzchni szlifowanej lub prążkowanej w obróbce kamiennarskiej używa się tylko kruszywa tłuczonego, które powinno przechodzić przez sito tkane 8 mm (perforowane 10 mm).

Wskazane jest stosować wskaźnik wodno-cementowy w granicach 0,33÷0,35, nie powinien jednak on przekraczać 0,37.

Dozowanie (dawkowanie) składników powinno się w zasadzie odbywać wagowo. Jednakże w wielu wytwórniach z powodu braku odpowiednich urządzeń stosowane jest dotychczas objętościowe dozowanie kruszywa przy wagowym dozowaniu tylko cementu. W tych przypadkach do pomiaru należy używać ściśle wymierzonych skrzynek. Przy użyciu silosów stosowane bywają automatyczne dozatory skrzynkowe odpowiednio uregulowane.

Do wagowego dozowania można zalecić praktyczne wózki dozujące (rys. 65 i 66), poruszające się po torze kolejki (pomiędzy silosami lub zasiekami a betoniarką) albo na kółkach ogumionych. W miarę napełniania koleby wskaźnik zegarowy podaje ciężar kruszywa. Koleba może być obracana wokół osi pionowej i przechyłana w celu opróżnienia zawartości do betoniarki. Wobec stosunkowo małego zapotrzebowania mieszanki przy

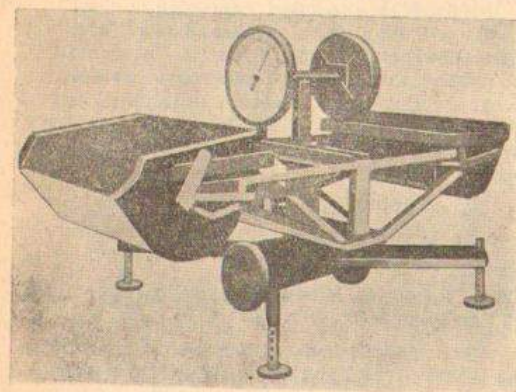
produkcji słupów oświetleniowych sprawność tych wózków jest w zupełności wystarczająca zarówno przy poborze kruszywa z silosów, jak i z zasieków.

Woda dodawana jest do mieszanki z wodomierza (dozatora) zainstalowanego przy każdej betoniarni.

Przygotowanie betonu powinno odbywać się mechanicznie w betoniarkach przeciwbieżnych. Najbardziej wskazane jest użycie betoniarek przeciwbieżnych talerzowych, które przy drobnym uziarnieniu kruszywa i niskim współczynniku wodno-cementowym zapewniają dokładne wymieszanie składników mieszanki.

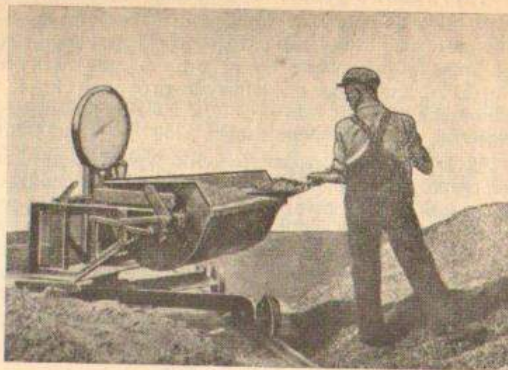
Do betonu słupów oświetleniowych i energetycznych nie mogą być stosowane domieszki chemiczne zawierające chlorek wapnia, lub też sam chlorek wapnia (patrz rozdział II). Zastrzeżenie to należy uwzględnić szczególnie przy stosowaniu środków uszczelniających.

Farby cementowe używane do barwienia betonu słupów powinny być pochodzenia mineralnego oraz być odporne na działanie wapna zawartego w cemencie, światła i czynników atmosferycznych. Powinny być wydajne, silnie barwiące, nie obciążone gipsem i nie powodujące wykwitów. Farby miesza się z cementem na sucho w specjalnym młynku kulowym w stosunku



Rys. 66. Wózek dozator wagowy, dwustronny, poruszany na kółkach ogumionych

zależnym od wymaganej intensywności zabarwienia. Dokładność wymieszania sprawdza się przez roztarcie na białym papierze drobnej ilości suchej mieszanki. Po dostatecznym wymieszaniu próba roztarta nie powinna wykazywać na papierze silniej zabarwionych smug.



Rys. 65. Wózek-doзатор wagowy, jednostronny, poruszany na szynach

Jak już wspomniano, sprecyzowanie uniwersalnej recepty na właściwą mieszankę do wyrobu słupów oświetleniowych nie jest możliwe. Dlatego też wszelkie poniżej przytoczone zalecenia należy skontrolować we własnym laboratorium używając posiadanych do dyspozycji surowców.

Przykładowo podaje się zalecany skład mieszanki:

a. Dla słupów o wykończeniu betoniarskim — wagowo: mączki kamiennej granitowej lub kwarcytowej przechodzącej przez sito o oczkach 0,2 mm (o prześwicie 80 μ) 3÷4%, piasku kwarcowego 0÷2 mm — 16÷21%, żwirków odrzańskich drobnych 2÷4 mm — 20%, żwirku odrzańskiego 4÷8 mm — 30%, żwiru odrzańskiego 8÷16 mm — 30%, cementu portlandzkiego marki „350” na 1 m³ betonu — 400 kg.

b. Dla słupów prążkowanych o wykończeniu kamieniarskim — mączki kamiennej granitowej lub kwarcytowej przechodzącej przez sito 0,2 mm — 4%, piasku kwarcowego 0÷2 mm — 16÷21%, grysów porfirowych płukanych 2÷4 mm — 20%, grysów porfirowych 4÷8 mm — 60%, cementu portlandzkiego marki „350” — 425÷450 kg na 1 m³ betonu.

Dla orientacji podaje się również wyniki doświadczeń przeprowadzonych przez autora przy produkcji żelbetowych słupów oświetleniowych z kruszywa drobnego do 8 mm, tłuczonego i naturalnego.

a. Punkt piaskowy 25%, kruszywo łamane, krzywa przesiewu piasku wykazuje ziaren 1÷2 mm — 6%.

Skład mieszanki	Na 1 zarób	Na 1 m ³	Uwagi
Woda	17,5 l	157,5 l	$\frac{w}{c} = 0,35$
Cement Grodziec „350”	50 kg	450 kg	
Piasek odrzański 0÷2	33,3 l	300 l	25%
Bazalt 2÷4 (Kamieniołomy Sulików)	26,6 l	240 l	20%
Bazalt 4÷8 „ „	73,3 l	660 l	55%

Wytrzymałość walców ϕ 8 cm wibrowanych na formie słupa przeliczona na ϕ 16 cm wynosiła

$$R_7 — 247 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_{28} — 502 \text{ kg/cm}^2$$

Ciężar objętościowy betonu — 2500 kg/m³.

b. Punkt piaskowy 20%, kruszywo łamane, krzywa przesiewu piasku wykazuje ziaren 1÷2 mm tylko 3%.

Skład mieszanki	Na 1 zarób	Na 1 m ³	Uwagi
Woda	17,5 l	157,5 l	$\frac{w}{c} = 0,35$
Cement Grodziec „350”	50 kg	450 kg	
Piasek odrzański 0÷2	26,6 l	240 l	20%
Bazalt 2÷4 (Kamieniołomy Sulików)	26,6 l	240 l	20%
Bazalt 4÷8 (Kamieniołomy Sulików)	80 l	720 l	60%

Sprawdzona wytrzymałość walców próbnych ϕ 8 cm wibrowanych na formie słupa, przeliczona na ϕ 16 cm

$$R_t - 264 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_{28} - 417 \text{ kg/cm}^2$$

Ciężar objętościowy betonu — 2550 kg/m³

„ „ piasku — 1,550 kg/l

„ „ grys 2÷4 — 1,510 kg/l

„ „ „ 4÷8 — 1,450 kg/l

c. Punkt piaskowy 20%, kruszywo naturalne, krzywa przesiewu piasku wykazuje ziaren 1÷2 mm — 4,7%.

Skład mieszanki	Na 1 zarób	Na 1 m ³	Uwagi
Woda	17,5 l	157,5 l	$\frac{w}{c} = 0,35$
Cement Grodziec „350“	50 kg	450 kg	
Piasek odrzański 0÷2	26,6 l	240 l	20%
Żwirek odrzański 2÷4	26,6 l	240 l	20%
Żwirek odrzański 4÷8 (ϕ 10)	80 l	720 l	60%

Sprawdzona wytrzymałość walców próbnych ϕ 8 cm, wibrowanych na formie słupa, przeliczona na ϕ 16 cm

$$R_t - 298 \text{ kg/cm}^2$$

$$R_{28} - 400 \text{ kg/cm}^2$$

Ciężar objętościowy betonu — 2475 kg/m³.

Wszystkie doświadczenia wykazały nasiąkliwość betonu niższą od 5%. Zwraca uwagę wyższe R_t przy mieszankach o niższym punkcie piaskowym pomimo stosunkowo mniejszej wytrzymałości R_{28} . Dalsze doświadczenia powinny pójść po linii określenia najkorzystniejszej krzywej przesiewu piasku w celu uzyskania optymalnej wytrzymałości i gęstości betonu.

3. FORMY

Produkcja słupów oświetleniowych odbywa się w formach metalowych lub drewnianych przy zastosowaniu różnego typu wibratorów przyczepnych. W zależności od siły aparatów wibracyjnych i od konstrukcji elementu wibratory mocowane są na wierzchu formy lub też na jej bokach. W tym ostatnim przypadku przy wyrobie prostych słupów oświetleniowych oraz słupów do linii niskich napięć stosowane być mogą do form metalowych lub drewnianych podkłady żelbetowe zamiast drewnianych.

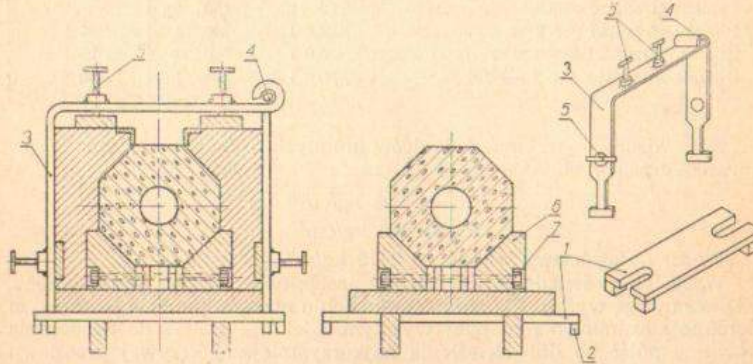
Konstrukcja formy do produkcji słupów oświetleniowych powinna zapewniać dokładne oddanie ich kształtu, prostoliniowość krawędzi, jednakowe wymiary szerokości ścianek przy zachowaniu właściwej dla danego typu zbieżności ścianek, całkowitą szczelność zamknięcia oraz sztywność wymaganą do prawidłowego wibrowania. Poza tym konstrukcja musi umożliwiać spełnienie wymagań technicznych, dotyczących doprowadzenia energii świetlnej i wprowadzenia zabezpieczeń chroniących części stalowe konstrukcji słupa od korozji, a instalacje elektryczne od zaciekania wody deszczowej.

Boki formy wykonywane są zazwyczaj jako jedna całość. Jedynie przy słupach dłuższych (ponad 10 m) składane bywają z dwóch lub więcej części łączonych w długości na szczelny zakład. Boki formy do słupów o przekroju ośmiokątnym niezależnie od długości elementu są dzielone w ten sposób, aby po zdjęciu formy na podstawie podkładu pozostała wkładka podpierająca część słupa wysunięta na całej długości poza podkładkę (rys. 67). Wkładki podpierające są wyjmowane dopiero po dostatecznym stwardnieniu betonu, należy więc przewidzieć odpowiednią ilość wkładek zapasowych.

W formach do produkcji słupów o przekroju sześciokątnym lub pierścieniowym opisane wkładki ruchome są zbyt ciężkie.

Okucia form powinny zabezpieczyć drewno w miejscach, gdzie jest najbardziej narażone na uszkodzenia, oraz umożliwiać zastosowanie szczelnych zamknięć i sztywnego przymocowania wibratora przyczepnego.

Na rys. 67 podano jeden z rodzajów stosowanych okuć i zamknięć. Przez podstawę podkładu przechodzi odpowiednio sztywny płaskownik 1,



Rys. 67. Przekrój formy drewnianej do słupów ośmiokątnych

rozwidlony na końcach i mający od spodu rozwidleń nadspawane kawałki stali 2. Służą one jako zaczepy dla klamry. Klamra 3 wykonana z silnego płaskownika lub kątownika wspólnie z płaskownikiem podstawy obejmuje całość formy i dociska jej boki do podkładu oraz do środkowej jego części, tak zwanej „duszy”. Płaskownik lub kątownik klamry wygięty jest pod kątem prostym i tworzy jej dwa ramiona, trzecie ramie jest ruchome na zawiasie 4. Wcięcia w dolnej części ramion klamry służą do zaczepienia o rozwidlenie płaskownika podstawy. Na górnych i bocznych ramionach klamry ponad odpowiednimi otworami przyspawane są nakrętki, przez które przechodzą nagwintowane klucze 5, dociskające boki formy do podkładu. W miejscach docisku na bokach formy przykręcone są kawałki płaskownika. W górnej części formy płaskownik nałożony jest na drewno w celu zwiększenia odstępu między klamrą a formą. Ułatwia to pracę przy zacieraniu packą wierzchniej ścianki słupa. Po bokach kawałki płaskowników wpuszczane są w drewno na równi z zewnętrzną ścianką formy. Dwa górne klucze przy docisku wchodzi we wgłębienia nawiercone w płaskownikach. Wgłębienia te rozmieszczone są w odległości regulującej przy

docisku właściwy rozstaw boków. Po zdjęciu boków formy świeży słup wspiera się częściowo na zdejmowlanych wkładkach bocznych 6. W celu odsunięcia wkładek należy zwolnić dociągające je śruby 7.

Wskazane jest formy drewniane w miejscach styku z betonem wyłożyć warstwą twardego, zwięzłego drewna (buk lub brzoza). Poza tym formy powinny być zabezpieczone od nasiąkania wodą.

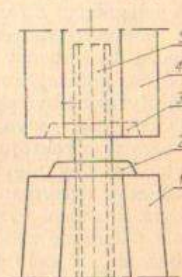
Konstrukcja podkładów powinna zapewniać dostateczną ich sztywność. Do słupów różnych typów i wysokości mogą być używane te same silnie zbudowane podstawy podkładów przy zmianie tylko tak zw. „duszy“, czyli podkładki formującej spodnią ściankę słupa, na której słup spoczywa po całkowitym rozebraniu formy. Podkładki (dusze) łączy się z podstawą podkładu śrubami. Należy jednak zauważyć, że oszczędzając w ten sposób poważną ilość drewna na podkłady komplikuje się konstrukcję okuć i zamknięć, szczególnie wówczas gdy w szerokości różnego kształtu słupów zachodzą większe rozbieżności.

Przy niektórych typach słupów oświetleniowych formy można rozbierać natychmiast po zawibrowaniu bez obawy uszkodzenia elementu. Jednakże większość ze stosowanych obecnie kształtów słupów wymaga dłuższego przetrzymywania elementu w formie (6÷8 godzin w dostatecznie ciepłej temperaturze hali). Nie jest wskazane rozbieranie form np. po dwóch godzinach od chwili wyprodukowania, gdyż w okresie wstępnego wiązania beton silniej przywiera do ścianek formy i wtedy łatwiej jest spowodować uszkodzenie niż nawet przy bezpośrednim zwalnianiu formy po zawibrowaniu. A więc pożądanym jest, aby wytwórnia była zaopatrzona w taką ilość form, która by wystarczała do jednorazowego obrotu w ciągu 8 godzin.

Ilość podkładów potrzebnych do produkcji powinna być tak obliczona aby słupy spoczywały na nich przez 3 dni od chwili uformowania. Przy użyciu do produkcji cementów wysokowartościowych (szybkospirnych) słupy mogą być zdejmowane już po 2 dniach. Stosując naparzanie nisko lub wysokoprężne czas ten znacznie się zmniejsza¹⁾.

Forma do słupów oświetleniowych zamykana jest od strony wierzchołka słupa tak zwaną główką formy. Przy słupach w rodzaju typu „Ala“ główka zawiera wgłębienie, które formuje wierzchołek słupa w kształt stożka zapewniający łatwy spływ wody. Natomiast przy słupach zakończonych rurą wystającą z wierzchołka główka formy powinna mieć taki kształt, aby po jej odjęciu na wierzchołku słupa został uformowany pierścień betonowy o wysokości 1 do 1,5 cm, okalający rurę stalową (rys. 68). Po rozebraniu formy główka pozostaje na słupie do następnego dnia. A więc niezależnie od ilości używanych form ilość główek musi odpowiadać ilości 24-godzinnej produkcji słupów. Główki formy powinny być wykonane z twardego drewna.

Dokładność wykonania opisanego szczegółu jest nader ważna, gdyż od szczelności pierścienia betonowego chroniącego rurę od zacieków wody deszczowej (a więc i od korozji) zależy długotrwałość pracy całego słupa.



Rys. 68. Wykształtowanie wierzchołka słupa w miejscu połączenia z wysięgnikiem: 1 — wierzchołek słupa, 2 — pierścień betonowy, 3 — wgłębienie wysięgnika, 4 — dolna część wysięgnika, 5 — rura wystająca ze słupa

¹⁾ inż. Drecki Adam: Naparzalnie niskoprężne. Metody aktywizacji tężenia betonu. PWT Warszawa 1953.

Wystający odcinek rury jest jedyną i to niewymienną częścią słupa, służącą do zamocowania wysięgnika do lamp oświetleniowych. Jak widać z rys. 68, w dolnej części wysięgnika uformowane jest odpowiednie wgłębienie, które mieści pierścień betonowy na wierzchołku słupa. Jeżeli słup składa się z kilku części nakładanych na rurę (np. typ „Kula EW”), to w każdym z elementów powinny być wykonane wzajemnie pokrywające się wgłębienia i pierścienie (rys. 32).

Przy podstawie słupa forma zamykana jest denkiem pełnym lub zawierającym otwór do wprowadzenia wkładki walcowej formującej wydrążenie w cokole słupa. Wydrążenie w cokole konieczne jest we wszystkich słupach przystosowanych do doprowadzenia prądu kablem ziemnym.

Wkładka formująca wydrążenie w cokole powinna mieć u podstawy słupa średnicę nie mniejszą niż 160 mm (dla wszystkich typów opisanych w pracy niniejszej z wyjątkiem typu „Kula EK” — gdzie stosuje się ϕ 140 mm). Wkładka ta dochodząca do wnętrza na aparaty elektrotechniczne powinna być wykonana z blachy 2÷3 mm lub z drewna okutego blachą. Zbieżność wkładki zwiężającej się w kierunku wnętrza w cokole wynosi około 5 mm na stronę i na 1 m. Wycentrowanie wkładki zapewnia sworzeń stalowy podtrzymujący ją i przechodzący przez boki formy. Wkładka zakończona jest pierścieniem z blachy, uszczelniającym zamknięcie formy wokół części walcowej. Dwie długie i silne ręczki zamocowane przy podstawie wkładki służą do obruszania jej w betonie i do wyciągnięcia z formy.

Do wprowadzenia i wyprowadzenia kabla ziemnego z wnętrza słupa służą dwa otwory umieszczone na przeciwległych ściankach w odległości 60 cm poniżej linii zakopania słupa. Otwory te powinny mieć przekrój eliptyczny i być skierowane skośnie ku górze pod kątem 45÷60° (rys. 43). Odpowiednie wymiary otworów do przeprowadzenia kabla ziemnego wynoszą w przekroju eliptycznym 5×10 cm. Ścianki otworów powinny być gładkie, aby nie kaleczyły kabla. Otwory wykonywane są za pomocą wkładek drewnianych, które przykręca się do boków formy nagwintowanym kluczem. Przed zdjęciem boków klucze odkręca się i wkładki jako nie połączone z bokami pozostają w betonie aż do czasu jego wstępnego stężenia. W celu wyjęcia wkładki klucz ponownie zostaje wkręcony do nakrętki umocowanej we wkładce, którą wyjmuje się pociągając za klucz po linii skośnego ustawienia wkładki.

Wnęka na aparaty elektrotechniczne umieszczona w cokole słupa i okolona ramką metalową drzwiczek formowana bywa dwoma sposobami.

Prostszym, lecz kosztowniejszym sposobem jest zabetonowanie we właściwym miejscu skrzynki z blachy stalowej (grubość 0,7÷1 mm), przynitowanej do ramki drzwiczek. Na zewnętrznej stronie tylnej ścianki skrzynki przynitowane są jeden nad drugim płaskowniki, do których przyspawane są po 2 nakrętki obejmujące przeborowane w płaskownikach otwory. Otwory te wraz z gwintem nakrętek służą później do przyśrubowania tabliczki rozdzielczej. W czasie produkcji otwory te wypełnia się mieszaniną kitu z grafitem. Po stwardnieniu betonu dają się łatwo oczyścić. W górnej ściance skrzynki wykonany jest otwór łączący wnękę z rurą na przewody elektryczne prowadzącą od wnętrza do wierzchołka słupa. Szerszy otwór w dolnej ściance skrzynki, zasłonięty w czasie wibrowania wkładką tworzącą wydrążenie cokołu, służy do wprowadzenia i umieszczenia mufy kablowej. Po stwardnieniu i wykończeniu słupa skrzynki blaszane są malowane minią z pokostem podobnie jak ramka żeliwna i drzwiczki.

W celu zaoszczędzenia blachy stalowej, minii, pokostu i robocizny coraz częściej stosowany jest inny sposób wykonywania wnęki. Formuje się ją za pomocą wyjmowanej wkładki z blachy stalowej (grubości 4÷5 mm) zespawanej w kształt pudełka o ściankach lekko zbieżnych. Wymiary wkładki muszą umożliwiać swobodne przesunięcie jej przez ramkę drzwiczek. W dnie wkładki wykonane są cztery otwory rozmieszczone stosownie do późniejszego rozstawienia śrubek tabliczki rozdzielczej. Służą one do przymocowania na zewnętrznej stronie dna dwóch płaskowników z nakrętkami. Są to takie same kawałki lekkiego płaskownika z nakrętkami, jak je powyżej opisano, z tą różnicą, że mają końce zagięte w celu lepszego zakotwienia w betonie.

Po zawiązaniu słupa klucze przytrzymujące od wewnątrz pudełka nakrętki z płaskownikami zostają odkręcone i cała wkładka zostaje wyciągnięta z formy przez otwór drzwiczek. Płaskowniki z nakrętkami pozostają w betonie na dnie świeżo uformowanej wnęki. W jednym z boków formy słupa musi być przewidziane odpowiednie wycięcie do przejścia wkładki. W górnej ścianie pudełka wykonany jest otwór o średnicy około 20 mm, który służy do wycentrowania rury na przewody. Rura powinna dotykać zewnętrznej strony górnej ścianki pudełka, lecz nie może do niego wchodzić, gdyż nie pozwoliłoby to na wyciągnięcie wkładki. Do ścianki dolnej, która nie ma otworu, przylega wkładka formująca wydrążenie cokołu.

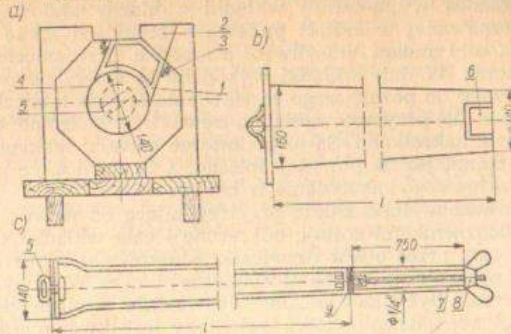
Jak już wspomniano, przewody elektryczne od wnęki do wierzchołka słupa prowadzone są w zabetonowanej rurze stalowej. Koniec rury wystaje z wierzchołka słupa, gdyż na nim zamocowany bywa wysięgnik albo sama armatura lampy. Średnica wewnętrzna rury nie może być mniejsza niż 19 mm (rura $\phi 3/4"$) w słupach 1- i 2-ramiennych i nie mniejsza niż 25 mm ($\phi 1"$) w słupach wieloramiennych. Natomiast odcinek wystający ze słupa, jeżeli ma być na nim zamocowany wysięgnik, powinien mieć $1\frac{1}{4}"$. Można więc w tych przypadkach w celu zaoszczędzenia materiału stosować na całej długości rurę weźszą z tym, że jako górny odcinek, którego część wystaje ponad wierzchołkiem słupa, zostanie użyta rura o $\phi 1\frac{1}{4}"$ (dospawana do weźszej).

Posuwając dalej akcję oszczędnościową stali można w ogóle zrezygnować z rury stalowej na przestrzeni między wnęką a opisanym 75-centymetrowym odcinkiem zabetonowanym przy wierzchołku słupa zastępując rurę weźszą odpowiednim wydrążeniem w betonie.

Do uformowania wydrążenia służy wkładka wyjmowana, wykonana z blachy stalowej w kształcie mocno wydłużonego stożka ściętego, tj. w formie rury o pewnej zbieżności zewnętrznej. Średnica stalowego stożka ściętego wynosi u góry 34 mm, a zatem wierzchołek wkładki stożkowej można wsunąć i oprzeć w rurze $\phi 1\frac{1}{4}"$ (średnica wewnętrzna rury 35,25 mm). Zbieżność stożka określa się na 2 mm na 1 m. Wkładka stożkowa znajduje się więc w słupie między rurą $\phi 1\frac{1}{4}"$, na której się opiera, a wkładką formującą wydrążenie cokołu (ponad wnęką). Zakończona jest silnym uchem stalowym, służącym jako uchwyt do wyciągania jej ze słupa. Na całej swojej długości wkładka opiera się na szeregu sworzni stalowych przesuniętych przez otwory w bocznych ściankach formy. Położenie sworzni zabezpiecza wkładkę od ugięcia i ułatwia jej wyciągnięcie. Wkładka wyciągana jest za pomocą wyciągarki przez wydrążenie w cokole.

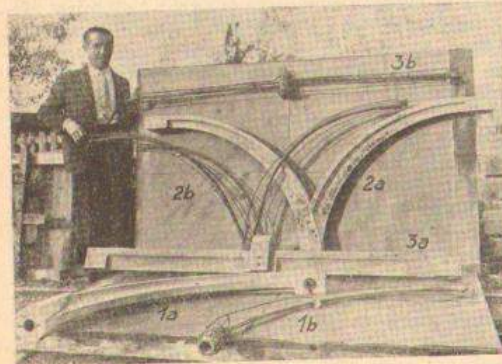
Zamiana rury stalowej na wydrążenie w słupie wpływa również na zmianę kształtu i wymiarów wkładki formującej wydrążenie w cokole

oraz zmianę kształtu wkładki formującej wnękę. Pierwsza z nich zostaje przedłużona o wymiar wnęki i zakończona otwartym walcem takiej dłu-



Rys. 69. Schematyczny szkic wkładek formujących wnękę na aparaty elektrotechniczne; a) schemat przekroju wnęki: 1 — wkładka formująca wnękę, 2 — część otwierana formy (na długości drzwiczek), 3 — przekrój ramki żeliwnej drzwiczek, 4 — przekrój wkładki formującej wydrążenie w cokole, 5 — ucho wkładki b) wkładka formująca wydrążenie w cokole, 6 — miejsce na ucho do wyciągania wkładki, c) wkładka formująca wydrążenie w słupie ponad cokolem, 7 — odcinek rury 1 1/4\"

gości i szerokości, aby mógł on pomieścić zakończenie i ucho wyciągowe wkładki stożkowej (zastępującej rurę). W drugiej zmienia się kształt dna,



Rys. 70. Kształty kilku rodzajów wysięgników i ich zbrojenia: 1a — wysięgnik typu „WZ” jednoramienny, 1b — zbrojenie tegoż łączenia z tuleją żeliwną, rurką i trójkątem 2a — wysięgnik „WZ” dwuramienny, 2b — jego zbrojenie, 3a — wysięgnik słupa krzyżowego, 3b — jego zbrojenie

które na całej długości wnęki otrzymuje półcyldryczną wkleśłość na pomieszczenie przedłużenia wkładki formującej wydrążenie cokołu. Pudełko wkładki formującej wnękę może być całkowicie zamknięte. Zbędne są wszelkie otwory, gdyż płaskowniki z nakrętkami do zamocowania tabliczki rozdzielczej montowane są we wnękę dopiero po kompletnym rozebraniu wszystkich części formy. Na rys. 69 przedstawiono schematycznie przekroje wkładek i wykonanej wnęki. Pozwalają one

na zorientowanie się w kształtach omawianych wkładek.

Wysięgniki do lamp produkowane są w formach metalowych lub drewnianych. Konstrukcja ich wymaga koniecznej przy wibrowaniu

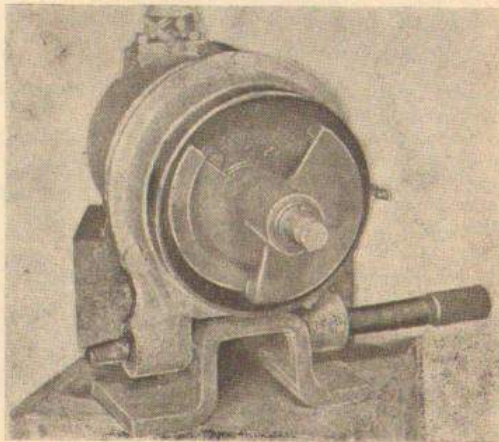
szczelności formy i dokładnego oddania kształtów produkowanego elementu. Jedną z części składowych wysięgnika jest tuleja żeliwna zabetonowana w głowicy wysięgnika, służąca jako punkt rozdzielnicy przewodów elektrycznych. Tuleja musi być dokładnie wycentryowana w formie za pomocą czopów wchodzących do wewnątrz tulei. W podobny sposób centrowany jest trójkąt na końcu wysięgnika. Zagęszczenie betonu odbywa się na stole wibracyjnym. Forma powinna być elastycznie sprzężona ze stołem za pomocą urządzeń mocujących. Rozwiązanie konstrukcyjne form do wysięgników i do innych dodatkowych części słupa jest stosunkowo proste i nie wymaga bliższego opisu.

Na rys. 70 pokazano kształty zewnętrzne oraz zbrojenie kilku rodzajów wysięgników. W zbrojeniach widoczne są wmontowane rurki na przewody, trójkąty i tuleje żeliwne. Na głowicach wysięgników widać otwory przez które po założeniu wysięgnika na słup wkręca się krótkie śruby wzmacniające połączenie. Stożkowe zakończenia śrub wchodzą we wgłębienia wywiercone w odcinku rury wystającym z wierzchołka słupa. Przez docisk odpowiedniej śruby (dwie z jednej strony i jedna między nimi na przeciwległej ścianie) regulowane jest prawidłowe usytuowanie wysięgnika w stosunku do słupa. Ponieważ śruby te są na tyle krótkie, że kryją się całkowicie w głowicy, przeto po zamocowaniu wysięgnika otwory mogą być zabetonowane. Wszystkie te czynności wykonywane są na budowie przed podniesieniem słupa, tak że w chwili ustawiania słupa ma już zamontowany wysięgnik.

4. URZĄDZENIA WIBRACYJNE I WIBROWANIE

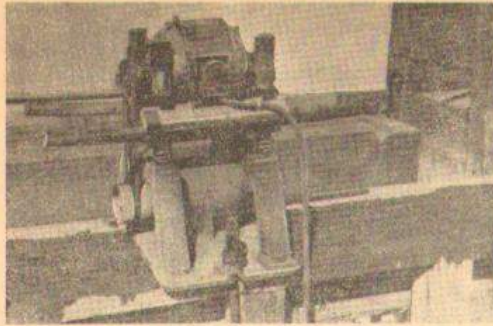
Wibratory używane przy produkcji żelbetowych słupów oświetleniowych różnią się rodzajem napędu, kierunkiem i częstotliwością nadawania drgań, wysokością amplitudy oraz siłą odśrodkową. Są to przeważnie aparaty przyczepne, których większość porusza się silnikami elektrycznymi o wbudowanych mimośródach (rys. 71) albo silnikami poruszającymi wibrator przez przekładnię z paskiem klinowym (rys. 72). Rzadziej stosowane bywają wibratory napędzane sprężonym powietrzem (rys. 84).

Aparaty wibracyjne, nadające drgania siłą odśrodkową wirujących z dużą szybkością mimośródów buduje się w dwóch zasadniczych typach różniących się kierunkiem ruchów nadawanych masie wibrowanej.



Rys. 71. Wibrator przyczepny o nastawnym mimośrodku wbudowanym na oś silnika

Wibrator zaopatrzony w jeden mimośród (rys. 71 i 72) obracający się w płaszczyźnie prostopadłej do powierzchni zamocowania aparatu powoduje w czasie pracy szybkie ruchy mikrokołowe, odbywające się w tej samej płaszczyźnie. Pod-



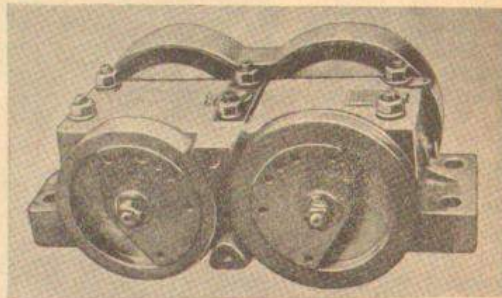
Rys. 72. Wibrator przyczepny napędzany oddzielnym silnikiem

stawa lub ścianki formy pod działaniem tych ruchów przenoszą na mieszankę betonową drgania, które kierują ruch ziaren kruszywa po krzywej odpowiadającej w przybliżeniu paraboli.

Natomiast aparat wyposażony w dwa mimośrodów o jednakowym ciężarze (rys. 73), wirujące jednocześnie w kierunkach przeciwnych z dokładnie tą samą szybkością, powoduje drgania tylko jednokierunkowe, ściśle pionowe.

Ruchy boczne masy wibrowanej (przy aparatach I typu), powstające pod działaniem składowych poziomych siły odśrodkowej, powodują boczny przesuw większych i cięższych ziaren kruszywa. Ułatwia to granulometryczną segregację mieszanki, gdyż ziarna cięższe poddane rzutom bocznym łatwiej przenikają do warstw dolnych. Przeciwdziałać temu można przez stosowanie mieszanki o wybitnie niskim wskaźniku $\frac{w}{c}$, przy użyciu

urządzeń wibracyjnych zapewniających intensywne wibrowanie na każdym odcinku długiego słupa. Wspomniane siły poziome przyczyniają się również do pewnego zaniku efektu działania składowych pionowych siły odśrodkowej, które przy współdziałaniu sił ciężenia są głównym czynnikiem powodującym swobodne i naturalne osiadanie wszelkich ziaren kruszywa i tym samym gwarantują równomierne zagęszczenie betonu.



Rys. 73. Wibrator o dwóch przeciwbieżnych mimośrodkach nadający drgania jednokierunkowe, pionowe

Przy pracy aparatu o dwóch przeciwbieżnych mimośrodkach składowe poziome działające w kierunkach przeciwnych anulują się wzajemnie, natomiast składowe pionowe sumują się. Wyjaśnia to rys. 74, na którym rozłożono składowe siły odśrodkowej dwóch mimośrodków.

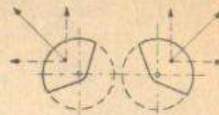
Aparaty powodujące drgania wyłącznie pionowe pracują więc wydajniej niż wibratory o jednym mimośrodzie i mają znacznie większy zasięg wysokościowy wibrowania. Można nimi wibrować elementy o wysokości do 2 m.

Pod działaniem wibratorów o jednym mimośrodku nie można się spodziewać znacznego zasięgu przenoszenia drgań. Sięga on do wysokości 30÷40 cm.

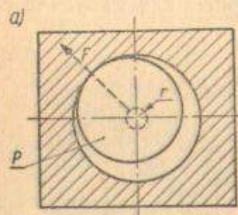
Ostatnio poruszony moment zasięgu wysokościowego wibrowania jest ważny nie tyle przy produkcji słupów oświetleniowych, ile przy wyrobie wielkich słupów energetycznych; wymiary poprzecznego przekroju tych słupów sięgają niekiedy 2 m.

Wibratory o jednym mimośrodku mają jednak swoje wyraźnie dodatnie strony. Można je specjalnie zalecać do wibrowania elementów mających kształty skomplikowane (niektóre wysięgniki) lub np. przy słupach dwuteowych o wybitnie szerokiej stopie i wąskim środku. Wibrator tego typu wskutek ruchów bocznych masy wibrowanej dokładniej wypełnia podobne formy od aparatu nadającego wyłącznie pionowe drgania.

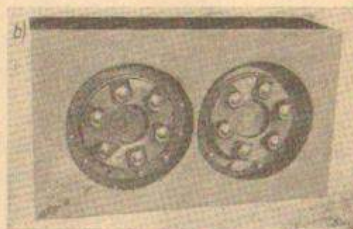
Wibratory o drganiach wyłącznie pionowych wyrabia się przeważnie o częstotliwości do 3000 drgań na minutę. Przekładnia trybowa będąca częścią składową tych aparatów nie wytrzymałaby na dłuższą metę wyż-



Rys. 74. Rozkład siły odśrodkowej dwóch przeciwniejących mimośrodków



Rys. 75 a. Zasada wibratora o bardzo wysokiej częstotliwości drgań (ruch epicykloidalny)



Rys. 75 b. Wibrator o drganiach wyłącznie pionowych

szych obrotów. Natomiast wibratory o jednym mimośrodku produkowane są o różnych częstotliwościach: 6000, 9000, a nawet do 14 000 drgań na minutę.

Znane są już wibratory o częstotliwości dochodzącej do 50 000 drgań na minutę. Konstrukcja ich oparta jest na epicykloidalnym ruchu ciał poruszających się we własnej obudowie aparatu (rys. 75 a). Żadne łożysko kulkowe nie byłoby w stanie wytrzymać tak szybkich obrotów. W oparciu o tę samą zasadę epicykloidalnego ruchu ciał budowane są również aparaty powodujące drgania wyłącznie pionowe (rys. 75 b).

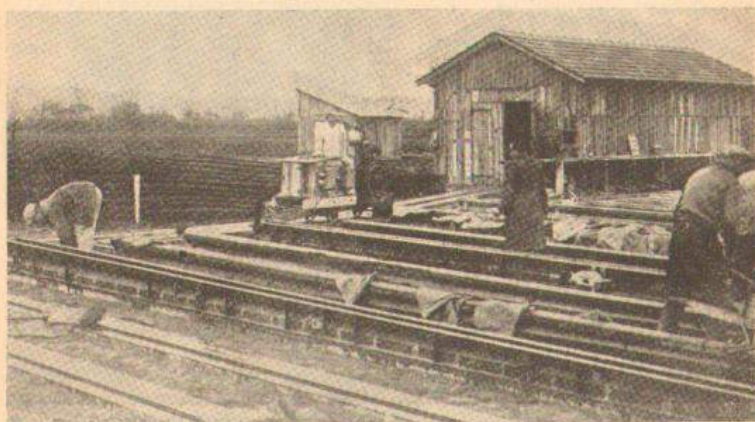
Wibratory przyczepne używane do produkcji słupów oświetleniowych mogą być przymocowane do wierzchu formy lub też do jej boków. W pierwszym przypadku aparat jest przytwierdzony do przenośnej płyty stalowej opartej na formie i silnie dociągniętej do podkładu za pomocą

dwóch pionowych sworzni i jednego poprzecznego wałka (rys. 76). Przy takim układzie aparatu drgania przenoszą się odgórnie na formę oraz oddolnie na jej podkład. Całość więc urządzenia jest poddana drganiom,



Rys. 76. Wibratory przyczepne pracujące na wierzchu formy

których zasięg w długości słupa zależny jest od siły wibratora. Mogą tu być stosowane aparaty z mimośrodem wmontowanym na osi wirnika silnika (rys. 71) albo aparaty oddzielone od silnika z przekładnią za pomocą pasa klinowego (rys. 72). Te ostatnie typy mają zawsze dłuższą żywotność, gdyż ich silniki, jako umieszczone na oddzielnych elastycznie podpartych płytach, nie są narażone na stałe drgania podczas pracy, nie grzeją się i nie ulegają tak częstym awariom, jak to się zdarza przy wibratorach z mimośrodem wbudowanym w silnik. Używanie wibratorów oddzielonych od silnika umożliwia stosowanie aparatów o dowolnej sile i dowolnym kierunku nadawanych drgań.

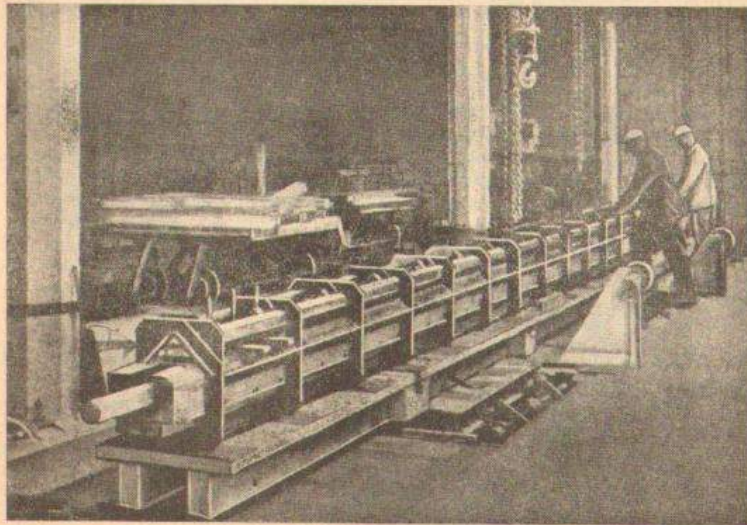


Rys. 77. Wibratory przyczepne przymocowane do ścianek formy

Wibratory przytwierdzone do bocznych ścianek formy (rys. 77) mogą być o wiele słabsze od tych, jakie są używane przy pracy odgórnej. Do wprowadzenia w stan drgań stosunkowo lekkich boków formy potrzebna jest znacznie mniejsza siła niż do poruszania całości urządzenia łącznie

z masą betonową i zbrojeniem. Masa wibrowana przejmuje drgania od obydwóch bocznych ścianek formy, a przy ich bliskim rozstawieniu drgania z łatwością przenikają przez cały przekrój słupa. Dodatkowo masa wibrowana przejmuje drgania wtórne od podkładu, na który wibracja została przeniesiona od drgających boków formy.

Z wyjaśnionych przyczyn do pracy na bokach formy używane są z reguły wibratory słabe o sile 300 do 500 watów. Stosowanie w tym układzie wibratorów silniejszych, gdy wchodzi w rachubę mała częstotliwość drgań (do 3000 na minutę) nie jest nawet wskazane. Aparaty silniejsze tego typu działając na lekkie ścianki formy i wywołując drgania w sto-



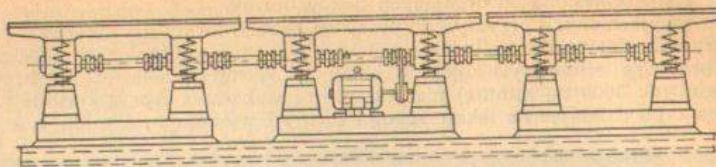
Rys. 78. Wibracja słupa drążonego na stołach wibracyjnych

sunkowo niewielkiej ilości masy betonowej wytwarzają zbyt wysoką amplitudę drgań. Wpływa to na zwiększenie odchyłeń między bokami formy a masą wibrowaną, co ze swojej strony powoduje zassanie powietrza do wewnątrz formy. W rezultacie na ściankach bocznych elementu pozostają większe wgłębienia po pęcherzach powietrza, którego wibrowanie nie tylko nie zdołało usunąć, lecz przeciwnie było powodem zassania powietrza pomiędzy beton a ściankę formy.

W celu uniknięcia podobnych skutków nieprawidłowego wibrowania przy produkcji cięższych elementów korzystniej jest przytwierdzać do boków formy większą ilość słabszych wibratorów o niższej amplitudzie drgań. Przeciwnie ścianki formy należy dostatecznie gęsto łączyć pomiędzy sobą, aby przez usztywnienie całości zmniejszyć elastyczność boków i możliwość niepożądanych odchyłeń w czasie wibrowania.

Przy stosowaniu wibratorów przytwierdzanych odgórnie do wierzchu formy nie zachodzi obawa zassania powietrza pomiędzy jej boczne ścianki a masę wibrowaną. Działają tu bowiem głównie drgania pionowe przy-

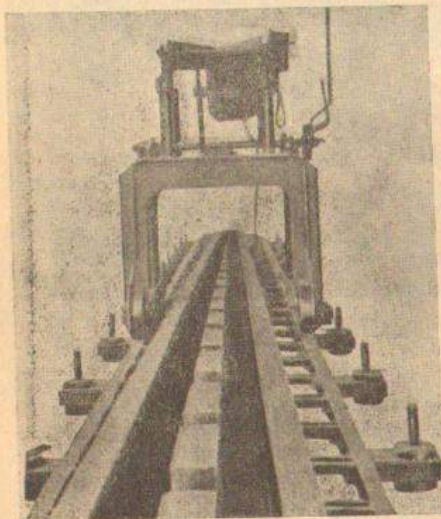
czyniące się właśnie do intensywnego odpowietrzania mieszanki. Oczywiście, i w tym przypadku boki formy muszą być pomiędzy sobą sztywno połączone, aby siła bezwładności nie mogła ich odchylić w czasie wstrząsów powodowanych wibrowaniem. Można więc stosować wibratory o du-



Rys. 79. Stoły wibracyjne nadające drgania jednolite, napędzane jednym motorem i połączone sprzęgłami

żej sile i małej częstotliwości drgań, należy jednak zwracać baczną uwagę na zasięg pracy wibratora w długości słupa.

Rozmieszczenie aparatów wibracyjnych na formie musi być tak zaprojektowane, aby zasięg pracy jednego z aparatów wkraczał w zasięg pracy drugiego. Jeżeli nie dysponuje się dostateczną ilością wibratorów przy-
czepnych do jednorazowego
obsadzenia całej formy słupa, należy aparaty chociażby kilkakrotnie przestawiać tak, aby w rezultacie po skończonym wibrowaniu uzyskać beton jednolicie zagęszczony na całej długości elementu.



Rys. 80. Wibrator wózkowy pracujący na formie stalowej do słupów energetycznych

Przez niektórych wytwórców propagowany jest dotychczas system wibrowania słupów oświetleniowych na stołach wibracyjnych, przy wprowadzeniu wielu punktów nadawczych przenoszących wibrowanie (rys. 78).

W niektórych tego rodzaju urządzeniach mimośrodowo poszczególnych ośrodków nadających wibrowanie są na całej długości słupa połączone pomiędzy sobą sprzęgłami i napędzane jednym silnikiem, o dużej mocy. Zapewnia to absolutne zsynchronizowanie pracy wszystkich mimośrodków i jednolitość nada-

wanych drgań na całej długości urządzenia. Jest to oczywiście wielkim plusem mechanizmu zapewniającego już samą swoją konstrukcją należyte zagęszczenie betonu (rys. 79).

Jednakże wobec istnienia nowych rozwiązań produkcyjnych gwarantujących te same lub wyższe walory techniczne wibrowania, poruszane zagadnienie należy rozpatrzyć z punktu widzenia ekonomicznego.

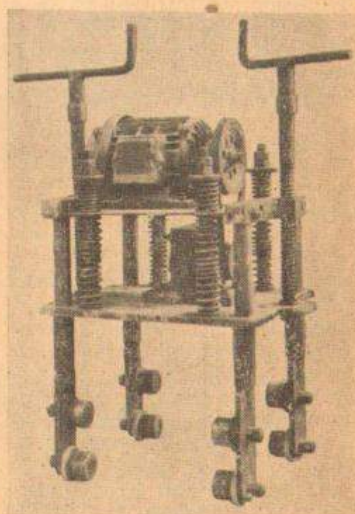
System wibrowania na stołach wibracyjnych wymaga wzmocnienia konstrukcji form, które należy przystosować do przenoszenia dźwigiem przed i po napełnieniu ich betonem. Całość więc masy poddawanej wibracji jest łącznie z formą cięższa i wymaga znacznie większego zużycia siły. Z rys. 75 widoczne jest, jak wiele czynników wpływa amortyzująco na efekt nadawanych drgań masie betonowej. Manewrowanie formą wobec konieczności dwukrotnego przenoszenia jest bardziej pracochłonne niż przy innych systemach produkcji.

Nowe rozwiązania wibrowania słupów oświetleniowych i energetycznych, eliminujące czynniki amortyzujące nadawanie drgania, zapewniają wysokie efekty wibrowania przy zastosowaniu urządzeń prostych o ekonomicznym zużyciu energii.

Na rys. 80 przedstawiono jedno z takich urządzeń przystosowane do wibrowania słupów energetycznych. Wibrator przytwierdzony jest tu do wózka, który przesuwa się po dwóch równoległych kątownikach przyspawanych wzdłuż boków stalowej formy. Ze względu na zbieżność elementu kątowniki na pewnym odcinku przylegają bezpośrednio do formy, na pozostałej zaś długości łączone są dodatkową konstrukcją. Obustronne boczne uchwyty służą do silnego sprzężenia wózka wibracyjnego z formą w dowolnym punkcie zamocowania. Uchwyty rozmieszczone są w odstępach metrowych, a więc w takich odległościach wózek wibracyjny może być łatwo przytwierdzany do formy przez wykonanie jednego ruchu dźwigni widocznej na rysunku.

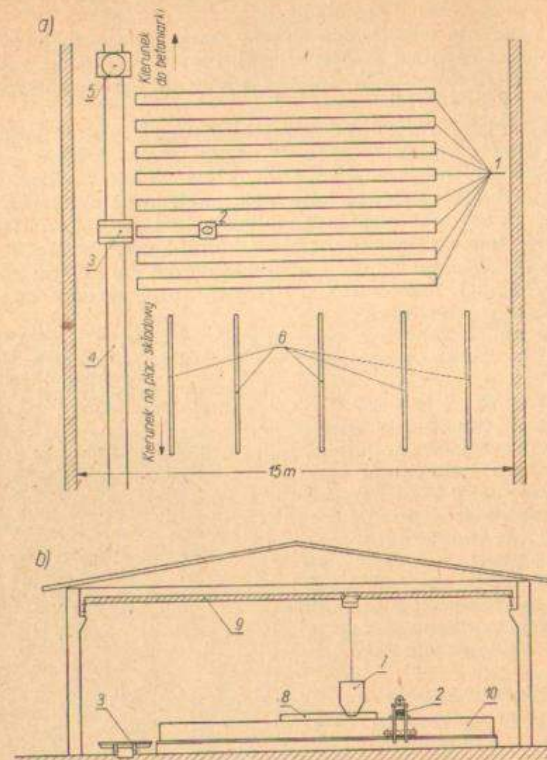
Na wózku o jednolitej konstrukcji stalowej przymocowany jest wibrator nadający jednokierunkowe drgania pionowe (rys. 72) i napędzany silnikiem elektrycznym za pomocą paska klinowego. Silnik przytwierdzony jest do płyty wspierającej się ponad wibratorem na czterech amortyzatorach umieszczonych w tulejach. Wyłącznik przymocowany jest do tej samej płyty bezpośrednio obok silnika.

Proces wibrowania odbywa się przy stopniowym napełnianiu formy wzdłuż elementu i przesuwaniu wózka wibracyjnego od jednego uchwytu do następnego. W ten sposób każdy napełniony odcinek formy będzie bardzo intensywnie zawibrowany, gdyż na całej długości słupa zostaje wykorzystana najbardziej wydajna praca wibratora przy teoretycznie minimalnym zasięgu drgań (ponad 0,5 m w każdą stronę). Praktycznie biorąc zasięg ten jest zawsze znacznie większy, co zwiększa wyniki wibrowania. Do produkcji zatem może być użyta mieszanka o bardzo niskim stosunku wodno-cementowym, a wobec osiągniętej gęstości zawibrowanego betonu formy mogą być natychmiast usuwane bez obawy uszkodzenia świeżego elementu.



Rys. 81. Wibrator wózkowy do form drewnianych

Manewrowanie przy przesuwaniu wózka wibracyjnego jest nader proste do wykonania. Natomiast operacja zmiany miejsca pracy wibratorów przyczepnych (opisanych poprzednio), jest bardziej pracochłonna i bywa niekiedy zaniedbywana przez niesumienne pracowników. Powoduje to przy zbyt odległym rozstawie aparatów nierównomierność zagęszczenia betonu, stosowanie mieszanki za wilgotnej i w rezultacie znacznie niższe



Rys. 82. Schemat wytwórni słupów pracującej wibratorem wózkowym: a) odcinek hali roboczej — rzut poziomy, b) przekrój: 1 — podkłady i formy do produkcji słupów, 2 — wibrator wózkowy, 3 — niski wózek-przestawnia do wibratora, 4 — tor kolejki, 5 — wózek dowożący mieszankę, 6 — kobyłki używane przy kamieniarskiej obróbce, 7 — pojemnik z mieszanką podający beton wprost do formy, 8 — korytko zasypowe przesuwne, 9 — suwnica, 10 — forma ustawiona na podkładzie

wartości techniczne gotowego betonu. Wibratory wózkowe, jako pomyślane do produkcji elementów długich, pozwalają na najlepsze wykorzystanie zasięgu wibrowania (rys. 81).

W kraju produkuje się obecnie dwa typy wibratorów wózkowych skonstruowanych według pomysłu autora niniejszej pracy. W pierwszym

typie przystosowanym do form drewnianych wózek wibracyjny przesuwają się po dwustronnie okutym obrzeżu podkładu, przy czym z każdej strony wózka rozmieszczone są po cztery rolki. Dwie górne rolki służą jedynie do przesuwania wózka wzdłuż podkładu, dwie dolne zaś stanowią oddolny punkt urządzenia wibrującego w momencie silnego połączenia go z formą. Przez ruch dźwigni wpuszcza się płytę wibratora na wierzch formy i powoduje docisk między płytą wibrującą a dolnymi rolkami. W ten sposób wózek wibracyjny zostaje w dowolnym miejscu silnie sprężony z formą. Dolne rolki wózka mogą być zamienione uchwytami.

W opisanym urządzeniu wibrowanie przenosi się na formę i na podkład, a więc działa tym intensywniej.

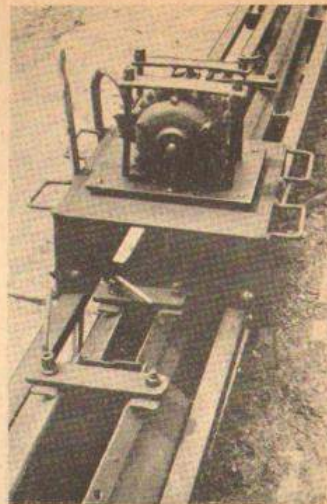
Przy produkcji seryjnej wózek wibracyjny po zawibrowaniu elementu przewożony jest na przygotowaną obok następną formę za pomocą małej niskiej przestawni, poruszanej po torze kolekcji ułożonej prostopadłe do długości form (rys. 82). Kolejka ta służy jednocześnie do dowożenia w pojemnikach mieszanki betonowej do produkcji. Formy napełniane są bezpośrednio z pojemników podwieszanych na elektrycznym wciągu suwnicy.

Drugi typ wózka wibracyjnego przystosowany jest do form stalowych



Rys. 84. Wibrator poruszany siłą sprężonego powietrza

pracujący w nich tłok. Dlatego też i ciśnienie sprężonego powietrza ograniczone jest do 5 kg/cm². Małe aparaty o średnicy tłoka 15 mm dają w tych



Rys. 83. Wibrator wózkowy do form stalowych

(rys. 83). Wózek przesuwają tu po torze dospawanym do środkowej części podłużnych ścianek formy. Ruch bocznej dźwigni powoduje docisk między dolnymi rolkami wózka albo dolnymi uchwytami i torem przyspawanym do formy. Stwarza to sztywne połączenie wózka wibracyjnego z formą.

Odminnym typem od wszystkich dotychczas opisanych aparatów i urządzeń wibracyjnych są wibratory poruszane siłą sprężonego powietrza (rys. 84). Drgania nadawane przez nie są prostopadłe do powierzchni, na którą działają.

Częstotliwość drgań nadawanych jest ograniczona szybkim zużyciem się ścianek czołowych cylindrów aparatu, w które uderza

warunkach 22 000 obustronnych uderzeń na minutę, większe — odpowiednio mniej, a największe o średnicy tłoka 60 mm — 5800 uderzeń na minutę. Ogólnie są to lekkie aparaty o ciężarze od 0,7 do 5,9 kg. Stosowane są jako wibratory przyczepne, powierzchniowe i wgłębne. Można by je zalecić na miejscu ich ustawiania, gdzie z braku prądu elektrycznego kompresor napędzany silnikiem Diesla dostarczy potrzebnej siły.

Przechodząc do kwestii dostosowania wysokości amplitudy i siły wibrowanie do ciężaru masy wibrowanej należy stwierdzić, że siła wibracji (siła odśrodkowa) nie może być mniejsza od ciężaru masy wibrowanej, podobnie jak nie można wymagać, aby siłą 90 kg podnieść ciężar o wadze 100 kg. Jeżeli wziąć pod uwagę, że siła odśrodkowa ma poddać drganiom wszystkie cząsteczki ciała niejednorodnego, jakim jest masa betonowa, że masa ta umieszczona jest w formie spoczywającej na podkładzie wspartym na podporach i że wszystkie te czynniki wpływają amortyzująco na przenoszenie siły, musimy uznać, że siła ta powinna znacznie przewyższać ciężar masy wibrowanej, ażeby wywołać wymagany efekt wibrowania.

Praktycznie biorąc stosunek ten waha się w granicach 1,5- do 6-krotnego zależnie od wysokości wibrowanego elementu, od jego ciężaru i granulometrycznego składu mieszanki. Przy wibrowaniu słupów oświetleniowych zaleca się stosunek 3,5- do 4-krotny. Zbyt duża siła odśrodkowa (przy niezmienniej częstotliwości drgań) powodowałaby za wysoką amplitudę, która specjalnie przy elementach lżejszych wpływałaby ujemnie na tworzenie się kanalików kapilarnych (włoskowatych), sprzyjających rozwijaniu się potężnej siły kohezji powodującej zagęszczenie, odpowietrzenie i odwodnienie betonu.

Dlatego też konieczne jest wprowadzenie w aparatach wibracyjnych możliwości regulowania siły odśrodkowej i wysokości amplitudy.

Z dotyczących obliczeń i wzorów¹⁾ wynika, że w aparatach wibracyjnych, nadających drgania siłą odśrodkową wirujących mimośrodków, sta-

¹⁾ Wzór dla całkowitej amplitudy

$$2a = \frac{2pr}{p} \quad [1]$$

gdzie: p — ciężar mimośrodu w kg, P — ciężar masy wibrowanej w kg, r — promień mimośrodu w m.

Wzór dla siły odśrodkowej rozwijanej przez obracający się mimośrodek (wibrator)

$$F = \frac{\omega^2}{g} \cdot pr \quad [2]$$

Podstawiając $p = mg$ (masa pomnożona przez przyspieszenie siły ciężkości) otrzymamy

$$F = m \cdot \omega^2 \cdot r \quad [2']$$

gdzie: F — siła odśrodkowa w kg, ω — szybkość kątowa na sekundę masy obracającego się mimośrodu $= \frac{2\pi \cdot N}{60}$, gdzie N — ilość obrotów na minutę,

$g = 9,81$ m/sek, przyspieszenie siły ciężkości (ziemskie), p i r — jak we wzorze [1].

Wzór na przyspieszenie maksymalne rozwijane przez wibrator (oznaczenia jak wyżej)

$$\gamma = \frac{\omega^2}{p} \cdot pr$$

skąd podstawiając $p = m \cdot g$ otrzymamy stosunek przyspieszenia siły odśrodkowej rozwijanego przez wibrator do przyspieszenia siły ciężkości (ziemskiego)

$$\frac{\gamma}{g} = \frac{m \omega^2 r}{p} \quad [3]$$

co znaczy, że stosunek przyspieszenia siły odśrodkowej rozwijanego przez wibrator do przyspieszenia siły ciężkości (ziemskiego) jest równy stosunkowi siły odśrodkowej

łym czynnikiem mającym istotny i bezpośredni wpływ na wysokość amplitudy, siły odśrodkowej i przyspieszenia rozwijanego przez wibrator jest ciężar mimośrodów i wielkość promienia jego obrotu, a ściślej iloczyn tych dwóch wielkości $p \cdot r$, gdzie p — ciężar mimośrodu, r — promień obrotu.

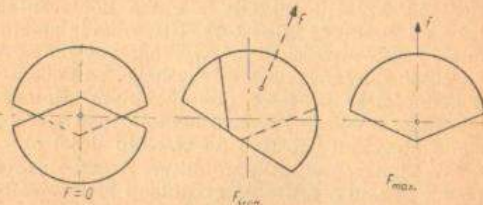
Regulacja więc siły aparatów (o niezmiennych obrotach) jest oparta przede wszystkim na łatwym wprowadzeniu zmian w wartościach tego czynnika.

W praktyce najczęściej stosowany jest system regulacji mimośrodu przez wykonanie na jednym ramieniu dwóch ciężarków o jednakowym pr . Jeden z nich jest ruchomy, a drugi zamocowany na stałe (rys. 85).

Gdy ciężarki są rozstawione przeciwległe, wówczas środek ciężkości układu leży na osi obrotu, a siła odśrodkowa jest równa zero. Gdy ciężarki pokrywają się, aparat rozwija maksymalną siłę odśrodkową. Pozytywnie pośrednie mają również swój odpowiednik w sile odśrodkowej (rys. 71).

Mimośrody produkuje się zazwyczaj z pięcioma punktami przestawczymi. Dotyczy to również wibratorów o dwóch przeciwbieżnych mimośrodkach nadających drgania wyłącznie pionowe (rys. 73).

Ze zwiększeniem obrotów przy niezmiennym mimośrodku, siła odśrodkowa wzrasta do kwadratu ilości obrotów. A więc przez stosunkowo niewielkie zwiększenie ilości obrotów aparatu stosunek siły odśrodkowej do ciężaru



Rys. 85. Różne położenia mimośrodu przestawczego i ich odpowiednik w sile

masy wibrowanej ogromnie wzrasta, czyli wzrasta również stosunek przyspieszenia rozwijanego przez wibrator do przyspieszenia ziemskiego. Praktycznie biorąc siłę odśrodkową wibracji wydatniej można podnieść przez zwiększenie obrotów wibratora niż przez powiększenie masy lub promienia mimośrodu.

Dla zorientowania się w efekcie wzrostu siły odśrodkowej wibratora przyjmijmy przykładowo, że przyspieszenie maksymalne siły odśrodkowej wibratora o 3000 obrotów na minutę, pracującego w pewnych określonych warunkach, jest 3-krotnie większe od przyspieszenia siły ciężkości (ziemskiego); inaczej powiedziawszy jego siła odśrodkowa jest 3-krotnie większa od ciężaru masy wibrowanej. Jeżeli przy niezmiennych innych warunkach podniesimy ilość obrotów do 3600 na minutę, stosunek ten zmieni się na 4,33 a przy zwiększeniu obrotów do 4200 na minutę otrzymamy siłę odśrodkową wibratora 6-krotnie większą od ciężaru masy wibrowanej. Jak widzimy, rezultat jest bardzo wydatny przy stosunkowo nieznacznym podniesieniu ilości obrotów.

do ciężaru masy wibrowanej. Innymi słowy wibrator rozwija 1- 2- 3- lub 4-krotne przyspieszenie siły odśrodkowej albo — jak się potocznie mówi — siła wibracji (siła odśrodkowa) jest 1- 2- 3- lub 4-krotnie większa od ciężaru masy wibrowanej. W literaturze stosunek ten oznacza się wielokrotnością przyspieszenia ciężkości, np. 3g, 4g itd. Przy określaniu ciężaru mimośrodu, promienia jego obrotów r oraz ilości obrotów N na minutę można opierając się na podanych wzorach łatwo obliczyć siłę odśrodkową, amplitudę, maksymalne przyspieszenie i jego stosunek do założonego ciężaru masy wibrowanej.

Równie ważnym czynnikiem racjonalnego wibrowania jest zastosowanie właściwej wysokości amplitudy drgań w zależności od ciężaru i wysokości elementu wibrowanego, od uziarnienia kruszywa i konsystencji mieszanki oraz od ilości obrotów wibratora. Obliczeniowo wysokość amplitudy zależna jest od wspomnianej już wartości pr i od ciężaru masy wibrowanej. Ze zwiększeniem ciężaru masy wibrowanej przy tym samym mimośrodku wysokość amplitudy maleje. Tak samo maleje amplituda przy zmniejszeniu wartości pr .

Różnice zachodzące w wysokości amplitudy drgań nadawanych przez odmienne typy wibratorów są zazwyczaj uwarunkowane wymaganiami konstrukcji samego aparatu.

Wibratory o bardzo wysokiej częstotliwości (6000÷9000 drgań na minutę) mają z reguły mały mimośród o małym promieniu obrotu, a więc i niską amplitudę drgań. Wibratory o mniejszej częstotliwości (około 3000 drgań na minutę), przeciwnie, nadają drgania wyższe przy większym i cięższym mimośrodku. Jak wiadomo, zwiększenie szybkości obrotów powiększa siłę odśrodkową w stosunku do kwadratu ilości obrotów. Reakcja wzrostu tej siły stwarza konieczność znacznego wzmocnienia łożysk i obudowy wibratora. Utrzymanie zatem wysokiej amplitudy przy dużej częstotliwości drgań wymagałoby bardzo silnej i ciężkiej konstrukcji całości urządzenia wibracyjnego, co znowu wprowadziłoby wiele niedogodności w procesie produkcyjnym. Należy zauważyć, że żywotność aparatów o wyższej częstotliwości drgań jest z reguły krótsza i zmniejsza się w stosunku prostym do wzrostu ilości obrotów.

W praktyce wyższą amplitudę drgań stosujemy przy wibrowaniu słupów z betonu o grubszej granulacji kruszywa oraz przy elementach wyższych o większej wadze. Grubsze i cięższe ziarna kruszywa zostają wówczas szybciej wprowadzone w stan drgania, co sprzyja „upłynnieniu” masy wibrowanej i odpowietrzeniu mieszanki. Ponadto wyższa amplituda drgań ułatwia przenikanie najdrobniejszych frakcji kruszywa w szczeliny międzyskieletowe ziarn grubszych.

Przy niskiej amplitudzie i nawet wysokiej częstotliwości drgań ziarna grubsze o dużej gęstości trudniej dają się wprowadzić w stan intensywnych drgań niż ziarna drobniejsze i lżejsze. Wibratory nadające drgania o niskiej amplitudzie mają zasięg wybitnie krótszy w odniesieniu do ziarn cięższych. Jeżeli natomiast w skład mieszanki wchodzi drobniejsze granulacje kruszywa, wibrowanie przy zastosowaniu niższej amplitudy o wysokiej częstotliwości drgań daje efekt znacznie silniejszy oraz gładziej i lepiej odpowietrzone powierzchnie zewnętrzne elementu.

Ponadto korzystną cechą wibrowania o bardzo wysokiej częstotliwości drgań przy małej amplitudzie jest „wyciąganie” stosunkowo większej ilości mleczka cementowego na powierzchnię styku betonu z membraną wibrującą, czyli w kierunku ścianek formy, niż to ma miejsce przy pracy wibratorów o przeciwnej charakterystyce. Ta właściwość aparatów o wysokiej częstotliwości jest czynnikiem wysoce dodatnim przy produkcji słupów oświetleniowych i energetycznych.

Dokładniejsze uszczelnienie mleczkiem cementowym zewnętrznej warstwy betonu na powierzchni słupa zmniejsza jego nasiąkliwość i stwarza korzystniejsze warunki odporności na zmienne wpływy atmosferyczne.

Używając do produkcji słupów mieszanki o niskim wskaźniku wodno-cementowym należy się liczyć z utrzymaniem wysokości amplitudy na pewnym nieprzekraczalnym minimum. Zbytne obniżenie amplitudy

drgań przy mieszankach suchszych, nawet przy aparatach o wysokiej częstotliwości i o równorzędnym przyspieszeniu rozwijanym przez wibrator, zmniejsza efekt lub przedłuża niewspółmiernie czas wibrowania. Przy niskiej bowiem amplitudzie trudniej jest wprowadzić w stan drgań mieszankę mniej spoistą i tym samym osiągnąć charakterystyczne dla wibrowania przewyciężenie tarcia międzycząsteczkowego, które w rezultacie sprzyja naturalnemu osiadaniu i zagęszczaniu masy betonowej.

Stosując do produkcji słupów oświetleniowych aparaty przyczepne o wysokiej częstotliwości drgań należy dbać o właściwe wykorzystanie wszelkich walorów, jakie nam daje ich wysoka sprawność.

A więc przede wszystkim należy stosować wówczas formy metalowe. Drgania powinny być przenoszone możliwie bezpośrednio na usztywnioną blachę formy, która działając jako membrana będzie je najbardziej intensywnie oddawać masie wibrowanej. Drewno jest w tym przypadku materiałem nieodpowiednim, gdyż amortyzuje i pochłania poważny odsetek drgań drobnych. Montowanie wibratorów o wysokiej częstotliwości i niskiej amplitudzie na formach drewnianych byłoby takim samym marnotrawstwem ich wysokiej sprawności jak wibrowanie dowolnego elementu (np. wysięgników) na stole wibracyjnym w formie nie przymocowanej do stołu. W obu przypadkach tracimy $30 \div 50\%$ drgań nadawanych.

Ponadto należy dokładnie sprawdzić efektywny zasięg wibrowania aparatu w danym przekroju słupa, odpowiednio ustalić rozstaw wibratorów na całej długości elementu oraz przystosować granulometrycznie skład mieszanki i jej nawilżenie do wysokości amplitudy i częstotliwości nadawanych drgań.

Jednym z podstawowych czynników racjonalnej techniki wibrowania jest utrzymanie jednolitej amplitudy na całej długości wibrowanego elementu. Odnosi się to głównie do pracy wibratorów o wysokiej amplitudzie i mniejszej częstotliwości drgań. Różnice bowiem, jakie mogą zajść w wysokości amplitudy przy wibrowaniu aparatami tego typu, są znacznie większe niż przy wibratorach o charakterystyce przeciwnej.

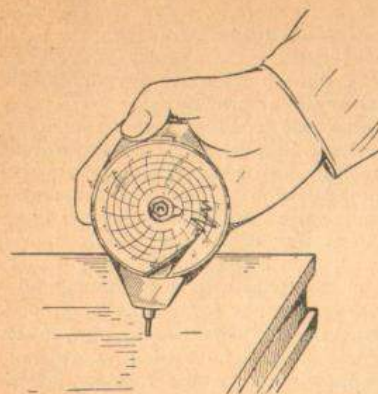
W celu uzyskania optymalnie jednolitego przenoszenia fal wibracji na całość wibrowanego elementu należy stosować formy o możliwie sztywnej konstrukcji. Poza tym należy przestudiować dokładnie racjonalność obranego miejsca zamocowania aparatów przyczepnych oraz rozstaw podpór pod formą. Ponieważ wchodzi tu w rachubę zarówno ciężar wibrowanego odcinka słupa, jak i siła danego aparatu, przeto właściwe rozmieszczenie urządzeń wskazane jest sprawdzić doświadczalnie przy użyciu niżej opisanych aparatów pomiarowych.

W celu lepszego uprzytomnienia sobie wpływu wskazanych czynników na równomierność przenoszenia się drgań nadawanych wyobraźmy sobie arkusz blachy stalowej podpartej w czterech rogach i wprawionej w stan drgania przez uderzenie młotem w środek arkusza. Najwyższą amplitudę drgań wobec elastyczności blachy otrzymamy w środku arkusza, a najniższą na podporach. Jeżeli powtarzając doświadczenie przeniesiemy podpory bliżej środka, wyższe fale wibracji zaobserwujemy w narożach. Jeżeli zaś usztywnimy blachę konstrukcją ze stali profilowej i ustalimy pośrednie rozmieszczenie podpór, otrzymamy na całej powierzchni drgania o zbliżonej wysokości amplitudy. Podobnie przenosić się będą fale wibracji w formie o mniej lub bardziej sztywnej konstrukcji.

Różnice wysokości amplitudy w różnych punktach formy nie powinny przekraczać 0,1 mm. Odchylenia te przy formach nieprawidłowej kon-

strukej lub niewłaściwym rozmieszczeniu wibratorów i podpór sięgają $0,3 \div 1,5$ mm, a po kilku miesiącach pracy formy nawet znacznie więcej.

Do kontroli jednolitości drgań służy mały aparacik, tak zwany wibrograf (rys. 86), który rejestruje wysokość amplitudy drgań na wymiennych tabliczkach obracających się wokoło osi aparatu. Trzymając go w rękę opiera się nóżkę aparatu w różnych punktach formy. W rezultacie otrzymujemy odpowiadający wykres amplitudy na tabliczce.

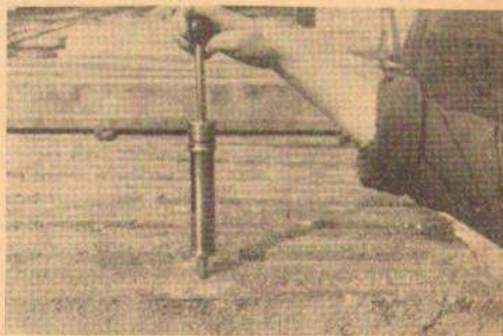


Rys. 86. Wibrograf wsparty na płycie stołu wibracyjnego

Wibrując elementy długie szeregiem równocześnie pracujących wibratorów przyczepnych należy dążyć do zsynchronizowania ich pracy. Dlatego też stosujemy aparaty o tej samej ilości obrotów i jednakowej sile odśrodkowej rozmieszczając je na formie gęściej lub rzadziej zależnie od zbieżności i wagi wibrowanego odcinka elementu. Jednakże w rzeczywistości jak wykazuje praktyka, 2 różne aparaty nigdy nie mają identycznej szybkości obrotów ani też nie wytwarzają równorzędnej siły odśrodkowej. Czasowa synchroniza-

cja pracy dwóch podobnych wibratorów jest zawsze możliwa wskutek dążności każdego agregatu do pracy po linii najmniejszego oporu, lecz w tej chwilowej zgodnej współpracy następują częste przerwy, które jako zmiany fal wibrowania wyraźnie wyczuwamy słuchowo. Objawiają się one nagłym obniżeniem tonu wibratorów i niekiedy wyraźnymi ostrymi wstrząsami formy. Każda przerwa w zsynchronizowanej pracy aparatów powoduje destrukcję w procesie zagęszczania betonu i opóźnia zakończenie wibrowania.

W rezultacie na zbiegu fal nadawanych przez poszczególne aparaty wytwarza się punkt martwy o sile wibrowania równej zeru. Można to stwierdzić za pomocą wibrografu albo przy pomocy poniżej opisanego aparatu do sprawdzania intensywności zagęszczania betonu (rys. 87).



Rys. 87. Aparat do kontrolowania stopnia zagęszczenia betonu

Do tego jednak aby w elemencie pozostały nie zagęszczone punkty martwe nie można dopuścić. W tym celu po ukończeniu procesu wibrowania poszczególne aparaty wyłącza się kolejno. Po wyłączeniu pierwszego wibratora aparat następny, którego zasięg pracy przechodzi poza powstały punkt martwy, wyrównuje poprzednie niedociągnięcia.

Do skontrolowania równomierności i intensywności zagęszczenia betonu na całej długości elementu służy prosty w użyciu aparat pomysłu inż. A. Masłowskiego (rys. 87).

Aparat opiera się nóżką płasko ściętą o średnicy 1 cm² na świeżo zawibrowanym betonie, przy czym jednocześnie przyciska się go z góry gałką ruchomej rączki. Pod wpływem nacisku rączka wsuwa się do obudowy aparatu, gdzie napotykając na wzrastający opór sprężyny coraz trudniej ulega naciskowi. Siłę nacisku (0÷30 kg) wskazuje strzałka przesuwająca się na skali wykonanej na obudowie aparatu. Aby w czasie kontroli nie przeoczyć maksymalnej siły nacisku, pod wpływem której nóżka zagłębiła się (do swej nasady) w świeży beton razem ze strzałką, przesuwa się po obudowie aparatu pierścień, który w momencie zwolnienia siły zatrzymuje się i wskazuje na skali maksymalny nacisk¹⁾.

Za pomocą tego prostego aparatu można wykryć najsłabsze punkty wibrowania. Najsilniej zawibrowane są miejsca położone w bezpośrednim sąsiedztwie aparatu. Przy wibrowaniu aparatami o jednym mimośrodzie obracającym się około osi prostopadłej do długości elementu beton zostaje silniej zagęszczony po tej stronie aparatu, w którą obraca się mimośród. Równie ważnym zagadnieniem przy ustalaniu racjonalnej techniki wibrowania jest kontrola konsystencji mieszanki betonowej i utrzymanie właściwego wskaźnika wodno-cementowego przy użyciu wibratorów o wyższej lub niższej amplitudzie i częstotliwości drgań. Przy badaniu mieszanek o tak niskim wskaźniku $\frac{w}{c}$, jaki można stosować przy betonach

wibrowanych używane są konsystometry wibracyjne, w które powinny być wyposażone laboratoria każdego zakładu produkującego słupy oświetleniowe.

Wibratory powinny pracować do chwili ukazania się na całej wolnej przestrzeni betonu jednolitej i wyrównanej warstewki zaprawy pokrytej mleczkiem cementowym. Warstewka ta powinna tworzyć rodzaj elastycznej skorupy silnie przylegającej do powierzchni betonu i w trakcie wibrowania sprężynować pod naciskiem palca. Natomiast nie można uznać elementu za dostatecznie zawibrowany gdy mleczko cementowe ukaże się tylko przy krawędziach formy, a cała powierzchnia betonu jest luźna, jakby poszarpana, i nie zdążyła się jeszcze całkowicie zasklepić. Nie wolno w takim momencie wyłączać wibratorów i wygładzać nierówności packą, jak to nieraz bywa robione w oparciu o mylną interpretację objawów końca wibracji.

5. SZCZEGÓŁY KONSTRUKCYJNE

Szczegóły konstrukcji typowej żelbetonowych słupów oświetleniowych zostały już omówione. Istnieją jednak pewne drobne usprawnienia, których stosowanie okazało się celowe. Dotyczy to części elektrycznej urządzeń.

¹⁾ Porównawcze wyniki badań intensywności zagęszczania betonu w różnych miejscach elementu można uznać za właściwe przy jednakowym rozstawie wkładek zbrojeniowych na całej długości wyrobu, przy użyciu jednolitej mieszanki betonowej lub przy elementach w ogóle niezbrojonych tego samego typu.

Technical drawing of a mechanical part, likely a valve or plug, showing a cross-section and a top view. The cross-section shows a cylindrical body with a central hole of diameter 23 mm. The top view shows a circular base with a central hole of diameter 8 mm. Dimensions include a total height of 150 mm, a top flange thickness of 20 mm, and a bottom flange thickness of 30 mm. The drawing is labeled "Rura zel 5la" and "Rura zel 1".

A large industrial mold for casting concrete, showing a series of parallel, stepped channels. The mold is made of dark material and is set up on a construction site. In the background, there are some workers and other construction equipment.

kole słupa. Na rysunku widoczne są dodatkowe otwory w dolnym „skrzydelku” wysięgnika, stanowiące wylot rurki służącej do przeprowadzania

Ny rys. 43 b pokazano sposób utwierdzenia rurki służącej do zamocowania armatury lampy na stałe. Rurka jako wcześniejsza od przelotu trójkąta może być w pewnych tolerancjach odchyłona, co umożliwia pionowe nastawienie armatury. Zamiast pokazanej na rysunku czapki betonowej może być użyta płaska nakrętka do rurki, która oprze się we wgłębieniu na wierzchołnej stronie wysięgnika. W tym przypadku górny otwór rurki oraz całość wgłębienia zostaje zakładowana masą bitumiczną w celu zabezpieczenia przewodów od zacieku wody deszczowej.

Na rys. 88 pokazano inne rozwiązanie podwieszania armatur świetlnych według pomysłu inż. Ziembry, stosowane do armatur ciężkich żeliwnych z kloszem walcowym, których wahania nie wpływają na ruch cieni na jezdni.

Na rys. 89 przedsta-
wiono szereg wysięgni-
ków typu „Lot“ przy-
stosowanych do opusz-
czania armatury lamp
na linie za pomocą win-
dy umieszczonej w co-

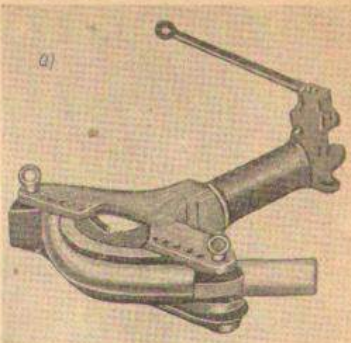
kole słupa. Na rysunku widoczne są dodatkowe otwory w dolnym „skrzydelku” wysięgnika, stanowiące wylot rurki służącej do przeprowadzania

linki od rolki umieszczonej w głowicy do sprzęgła wyłączającego lampę. Wskutek takiego rozwiązania linka widoczna jest tylko na krótkim odcinku wysięgnika i nie potrzebuje przebiegać od trzonu słupa do lampy (rys. 46).

Z usprawnień stosowanych przy produkcji wysięgników ciekawym i praktycznym urządzeniem jest przyrząd do gięcia na zimno rur gazowych (rys. 90). Wyklucza on potrzebę „nabijania” rur wywarzonym piaskiem przed gięciem na gorąco, jak to było dotychczas robione.

Przyrząd składa się z korpusu z prasą hydrauliczną na oliwę i wkładki do korpusu dostosowanych do różnych średnic rur. Wskutek ścisłego dopasowania wkładek ciskających na giętą rurę rura nie ulega zniekształceniu i wygina się dokładnie wg krzywizny kształtki ciskającej. Giętarka wygina rury do 90°.

W środku przyrządu mieści się korpus prasy hydraulicznej z rączką pompki oliwnej. Obsada wkładek do



Rys. 90. Przyrząd do gięcia rur stalowych na zimno a) widok ogólny, b) wkładki do giętarki A — wkładka płaska, B, C, D, E i F — kształtki wiszące, G — wkładki oporowe, H — trzpienie do obsadzania wkładek oporowych

gięcia jest perforowana stosownie do wymiarów wkładek. W narożach utwierdza się wkładki oporowe za pomocą specjalnych sworzni.

6. ZNAKOWANIE

Do celów orientacyjnych stosowane są na słupach oświetleniowych dwa rodzaje oznaczeń. Znakowanie wstępne przed ustawieniem oraz znakowanie stałe. Pierwsze wykonywane jest farbą trwałą na cokole słupa w części przeznaczonyj do zakopania. Podaje ono:

- a. datę produkcji,
- b. całkowitą długość słupa,
- c. znak warsztatu produkcyjnego (np. pierwsze litery imienia i nazwiska grupowego); na słupach typu „Ala” albo innych pracujących na dodatkowe obciążenia w związku z podwieszeniem linii napowietrznej oznacza się ponadto naciąg użytkowy u wierzchołka ($N = 200 \text{ kg}$).

Niezależnie od tego stosowane jest stałe znakowanie słupów do stałej kontroli po ustawieniu. Oznaczenia te umieszczone są na tabliczce z metalu nierdzewnego przynitowanej do drzwiczek. Na słupach nie mających drzwiczek tabliczkę przymocowuje się wprost do betonu za pomocą dłuż-

szych rozwidlonych nitów na wysokości 1,80 m od poziomu (to znaczy głębokości zakopania plus 1,80 m). Tabliczka podaje:

- a. znak fabryczny lub nazwę i miejscowość wytwórni,
- b. całkowitą długość słupa,
- c. rok produkcji.

Poza tym na słupach typu „Ala“ lub innych pracujących na dodatkowe obciążenie oznacza się dopuszczalny naciąg użytkowy u wierzchołka. Oprócz danych tabliczki słupy wymienionych typów mają oznaczenia służące do kontroli głębokości zakopania. Jest to kreska pozioma (wgniecioną na gładkiej nie żebrowanej ścianie słupa), umieszczona na wysokości 3 m od podstawy (dolnego końca) słupa.

Słupy o przekroju pierścieniowym, obliczone na dodatkowe obciążenia (naciągi), jeżeli nie są zbrojone równomiernie na całym obwodzie, powinny być niezależnie od powyższych oznaczeń trwale znakowane strzałką wskazującą kierunek dopuszczalnego najwyższego naciągu. Strzałkę umieszcza się na wysokości około 1,80 m od poziomu (patrz rozdział VII — głębokość zakopania).

Chcąc uzyskać wyraźny napis i estetyczny wygląd tabliczek do stałego znakowania, należy całą znakowaną powierzchnię tabliczki wraz z napisem pokryć szybkoschnącym lakierem. Następnie po wyschnięciu należy lakier z wypukłych liter i obramowania tabliczki zetrzeć płaskim pilnikiem, a wówczas na wgłębionym ciemnym tle lakieru otrzyma się jasny napis w kolorze nierdzewnego metalu.

VI. ZEWNĘTRZNE WYKOŃCZENIE SŁUPÓW

1. WYKOŃCZENIE BETONIARSKIE

Ten system zewnętrznego wykończenia (rys. 91) ścianek słupa żelbetowego wymaga nader starannego wykonawstwa i pieczołowitej opieki w czasie twardnienia. Późniejsze poprawki po stwardnieniu betonu są niedopuszczalne, gdyż zawsze pozostawiają plamy odznaczające się na jednolitej fakturze elementu.

W celu uzyskania gładkich powierzchni i ostrych krawędzi ścianek słupa wskazane jest stosowanie przy produkcji możliwie niskiego wskaźnika wodno-cementowego. Zupełnie gładką powierzchnię przy użyciu wybitnie suchej mieszanki ($0,33 \div 0,35$) daje wprowadzenie do formy, przed napełnieniem jej betonem, tak zwanego mleczka cementowego (zarób cementu z mączką kamienną w stosunku objętościowym 1 : 1).

Mleczko cementowe o konsystencji gęstej śmietany wlewa się do formy na przestrzeni całej nadziemnej długości słupa, po czym na moment puszcza się w ruch wibratory. Cała ilość mleczka, którego część podczas nalewania osiadła na zbrojeniu, zbiera się wówczas na dnie formy. Grubość osiadłej warstewki powinna wynosić około 5 mm. Następnie formę zapełnia się normalną mieszanką betonową, po czym rozpoczyna się wibrowanie słupa. W miarę osiadania mieszanki forma dopełniana jest z uprzednio wypełnionego leju zasypowego, ustawionego na formie. Wypełnienie formy przy intensywnym wibrowaniu powinno następować możliwie szybko. Chodzi bowiem o to, aby pod ciężarem masy mleczko zostało wypchnięte do ścianek formy zanim zdąży przeniknąć do wnętrza mieszanki. Przy końcu wibrowania część mleczka występuje na górnej powierzchni betonu.

Otulina z mleczka cementowego pokrywająca wszystkie ścianki słupa doskonale uszczelnia i wygładza powierzchnię oraz zapełnia otworki po pęcherzykach powietrza, normalnie pozostające na ściankach wibrowanego elementu. Do kompletnego wykończenia wystarczy lekkie przeciągnięcie packą stalową po powierzchni ścianek, nie narażające na uszkodzenie ostrych krawędzi słupa. Pomocny może tu być również pędzel do zatarcia ewentualnych większych wgłębień po pęcherzykach powietrza i wody, powstających przy zbyt wilgotnej mieszance. Należy jednak uważać, aby nie pozostawiać smug od pędzlowania.

Zamiast mączki kamiennej może być do mleczka cementowego użyty bardzo drobny i czysty piasek kwarcowy, przechodzący co najmniej w 60% przez sito 0,2 mm, a całkowicie przez sito 0,5 mm. Stosowanie grubszego uziarnienia piasku jest bezcelowe, gdyż zaprawa z takiego materiału osiada na dnie formy nie rozchodząc się na pozostałe ścianki słupa. Najkorzystniejsze wyniki daje jednak mączka kamienna. Przy użyciu mączki granitowej lub kwarcytowej uzyskuje się ładną, jasną fakturę elementu.

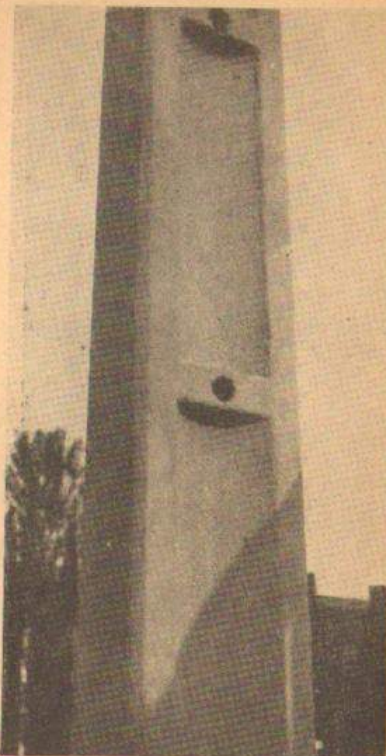
Wierzchnia ścianka słupa wolna przy zamkniętej formie powinna być specjalnie starannie wykończona, aby po zdjęciu formy nie wykazywała sfalowania krawędzi. Późniejsze poprawki nie są wskazane, gdyż doprowadzają zazwyczaj do gorszego krzywienia linii.

Należy podkreślić, że właściwie dobrany skład oraz konsystencja mieszanki przy intensywnym wibrowaniu ogromnie ułatwiają pracę wykończeniową.

Słupy o wykończeniu betoniar-skim muszą być bardziej niż inne chronione od słońca i przewiewu w okresie wiązania i twardnienia betonu. Łatwo powstające w takich warunkach rysy skurczowe na słupach nie poddawanych dalszej obróbce są zawsze wyraźnie widoczne i szpecą jego wygląd zewnętrzny.

2. WYKOŃCZENIE KAMIENIARSKIE

W dziale ozdobnego wykańczania powierzchni ścianek żelbetowych słupów oświetleniowych rozróżniamy trzy rodzaje obróbki kamieniarskiej: prążkowanie, groszkowanie, i jako trzeci rodzaj groszkowanie samej tylko



Rys. 91. Betoniar-skie wykończenie powierzchni słupa typu „Ala”

środkowej części ścianek słupa, oddzielonej od obrzeży linią prostą wyznaczoną dłutem kamieniarskim. Obrzeża mogą być pozostawione w stanie surowym, bywają też szlifowane lub prążkowane.

Z trzech wymienionych systemów obróbki najczęściej stosowany jest system prążkowania (rys. 92). Polega on na poprzecznym nacinaniu ścianek słupa szerokim i ostrym dłutem kamieniarskim. Nacięcia po-



Rys. 92. Powierzchnie słupa prążkowane

winny być tak wykonane, aby przez zdjęcie cieniutkiej warstewki surowego betonu na całej powierzchni słupa została odsłonięta kamienna struktura materiału. Poza tym grzbiety nacięć jednej ścianki słupa powinny stanowić przedłużenie grzbietów nacięć ścianek sąsiednich, wycięte zaś wgłębienia powinny stanowić przedłużenie wgłębień sąsiadujących. Obróbka kamieniarska powinna być wykonana dłutami ostrymi, aby ziarna kruszywa były nimi przecinane, a nie wylupywane. Prążkowanie (jak zresztą wszelkie inne rodzaje ozdobnych wykończeń) obejmuje całą nadziemną część słupa.

Po prawidłowym nacięciu powierzchni, dającym proste linie jednakowej szerokości nacięć, należy słup zmyć silnym strumieniem wody i po przeschnięciu dokładnie obejrzeć każdą ściankę. Wszelkie ewentualne nowo odsłonięte dłutem kamieniarskim większe wgłębienia powibracyjne lub miejsca po wyrwanych ziarnach grysłu lub inne uszkodzenia należy po uprzednim zwilżeniu powierzchni „zakładować” suchą mieszanką cementu z mączką kamienną. Mieszanka ta (w stosunku objętościowym 1:1), powinna być dobrana do barwy obrobionej powierzchni elementu.

Nawilżenie mieszanki następuje przy wcieraniu jej do kitowanych otworów w chwili zetknięcia się z wilgotną ścianką słupa. Ponieważ po obróbce kamieniarskiej elementy są jeszcze przez pewien okres normalnie konserwowane (polewane), przeto zaprawa w miejscach reperowanych ma możliwość dostatecznego stwardnienia.

Przy obróbce kamieniarskiej niekiedy odsłania się drucik do wiązania zbrojenia, który nie był należycie zagięty do środka, a czasem nawet drut uzwojenia owijającego zbrojenie lub strzemie zbytnio zbliżone w czasie wibrowania do ścianek formy. W takich przypadkach należy wąskim a ostrym dłutem kamieniarskim wyciąć drucik do głębokości 1,5 cm i za-

stosować ten sam zabieg w odniesieniu do drutu uzwojenia lub strzemięcia. Nawet gdyby wypadło wyciąć je na przestrzeni kilku centymetrów i zrobić przy tym długą szczelinę, korzystniej jest przeprowadzić reperację betonu niż pozostawić drut zbyt zbliżony do powierzchni. Druty wystające chociażby najcieńsze lub osłonięte zbyt cienką otuliną, powodują szpecące rdzawe zacieki na pięknie wykończonej powierzchni, a z biegiem lat mogą stać się przyczyną odprysków betonu.

Miejsce wyrabiania należy zwilżyć do głębi beton, spryskać mleczkiem cementowym i szczelinę zarobić mieszanką o takim samym składzie, jaki użyto do produkcji słupa.

Po dziesięciu dniach miejsca reperowane należy powtórnie naciąć dłutem w celu uzyskania jednolitości faktury, miejsca zaś kitowania wyczyścić ostrą krawędzią karborundowego segmentu. Czynności przy kitowaniu wykonuje pomoc kamieniarska. Po wykonaniu robót wykończeniowych, majster kamieniarski powinien sprawdzić ich dokładność oraz prostolinijność wszystkich krawędzi słupa (obracając go na kobyłkach) i w razie potrzeby wyrównać je dłutem.

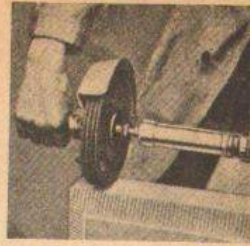
U nas obróbka kamieniarska wykonywana jest dotychczas ręcznie. Stosuje się też specjalne szlifierki o kilku równolegle pracujących wąskich tarczach karborundowych, osadzonych na głowicy wału giętkiego i poruszanych silnikiem elektrycznym (rys. 93).

Używane bywają również młotki lekkie i dłuższe poruszane elektrycznością lub sprężonym powietrzem. Ten system pracy wymaga jednak wielkiej wprawy robotnika i poważnego wysiłku, gdyż agregaty są dość ciężkie i trudne w obsłudze.

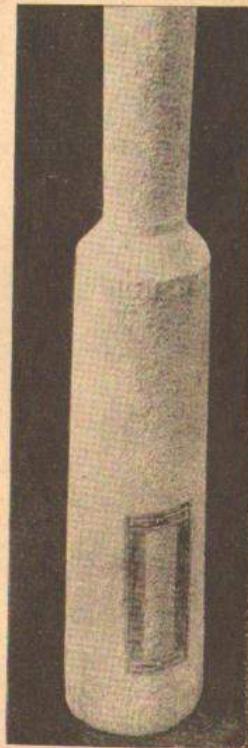
Ogromnym ułatwieniem w pracach kamieniarskich, decydującym o tempie i efekcie robót, jest dokładne wykonanie słupa w stanie surowym.

Powierzchnie groszkowane wykonuje się ostrymi młotkami kamieniarskimi. Stosowanie tępych narzędzi albo zbyt grubego uziarnienia kruszywa w mieszance betonowej powoduje wyrwy i nierówności na powierzchni młotkowanej.

Czynność młotkowania jest pracą wymagającą staranności w utrzymaniu prostej linii obrzeży płaszczyzny groszkowanej oraz równomierności siły uderzeń młotka. Praca ta powierzana jest pomocy kamieniarskiej.



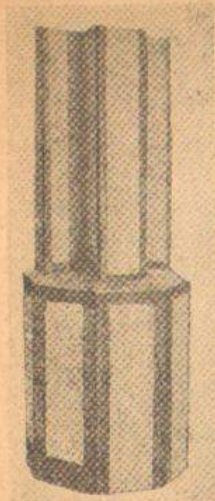
Rys. 93. Szlifierka do przątkowania powierzchni



Rys. 94. Powierzchnia groszkowana

Kitowanie i inne poprawki wykonuje się jak przy wykończeniu systemem prążkowania.

Rzadko stosowane jest groszkowanie całej powierzchni słupa. Zdarza się to przeważnie przy słupach o przekroju okrągłym (rys 94).



Rys. 95. Obrzeża szlifowane, środek ścianki groszkowany

Wykończenie krawędzi o obrzeżach surowych szlifowanych lub prążkowanych, odcinających się linią prostą wyznaczoną dłutem kamieniarskim od groszkowanych części ścianek słupa, stanowi połączenie wymienionych systemów obróbki kamieniarskiej, a więc nie wymaga bliższego opisu (rys. 95).

3. SZLIFOWANIE

Z punktu widzenia technologii betonu należy podkreślić, że szlifowanie powierzchni słupa oświetleniowego jest wykończeniem dającym najwyższe gwarancje odporności betonu na zmienne wpływy atmosferyczne.

Słup szlifowany odznacza się minimalną nasiąkliwością, przy czym woda deszczowa łatwo po nim spływa. Osady agresywnych dymów w miastach przemysłowych są również łatwiej zmywane z powierzchni szlifowanych.

Z powyższych względów można specjalnie zalecać ten system zewnętrznego wykończenia jednakże z zastrzeżeniem większej jego pracochłonności.

Słupy oświetleniowe szlifuje się dwukrotnie. Pierwszy szlif następuje zależnie od temperatury otoczenia po 3÷4 dniach od chwili zawibrowania elementu. W rezultacie powinno się otrzymać gładkie powierzchnie ścianek z wyraźnie oznaczającymi się jednolicie zeszlifowanymi ziarnami kruszywa. Na powierzchni pozostają jednak drobne otworki po głębszych pęcherzykach powibracyjnych, które należy starannie zaszpachlować. Po dokładnym umyciu słupa szczotką ryżową i ostrym strumieniem wody wszelkie skaży zostają zaszpachlowane mieszaniną cementu z mączką kamienną w stosunku objętościowym 1:1 i z ewentualnym dodatkiem farby cementowej. Barwa szpachlówki powinna być dostosowana do koloru szlifowanego kruszywa albo koloru tła w zależności od wymiaru szpachlowanych otworów. Należy dążyć do uzyskania jednorodności faktury.

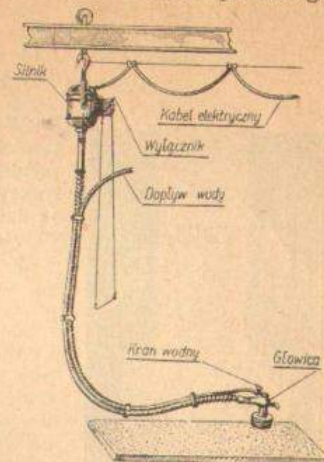
Szlifowanie wykonuje się ręcznie z zastosowaniem karborundowych kamieni szlifierskich albo szlifierką mechaniczną. Wskazane jest posługiwanie się szlifierką podwieszoną na wózek lekki przenośnej monorei, wspartej na dwóch koziółkach i ustawionej wzdłuż słupa (rys. 96). Robotnik prowadzący głowicę szlifierki (rys. 97) ma przez to ułatwioną pracę, gdyż w miarę szlifowania ścianki słupa może posuwać się naprzód pociągając za sobą lekko wózek z całością urządzenia szlifierki.

Ręczne szlifowanie jest bardzo żmudną pracą. Jeden robotnik w ciągu 6 godzin zdoła wyszlifować (tzw. pierwszy szlif) jeden słup typu „Kula EW” o długości części nadziemnej 3,60 m. Powtórne szlifowanie następuje po 10÷14 dniach od chwili zaszpachlowania. Przez cały ten okres

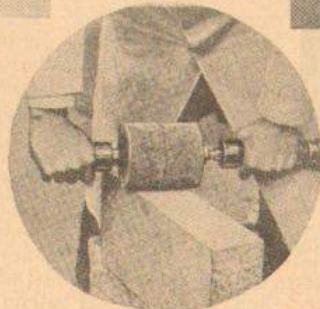
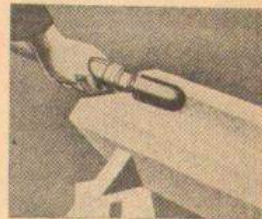
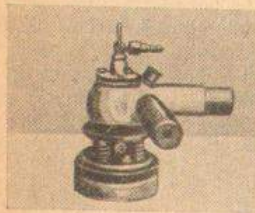
słup musi być codziennie kilkakrotnie polewany, aby szpachlówka mogła dostatecznie stwardnieć. Drugi szlif trwa znacznie krócej od pierwszego, w przytoczonym wyżej przykładzie — około 1 godziny.

Po drugim szlifowaniu powierzchni ścianek słupa powinny być absolutnie gładkie i wykazywać tak zwany matowy połysk (rys. 98). Kamienie karborundowe używane do powtórnego szlifowania powinny mieć drobne uziarnienie w przeciwieństwie do tych, jakimi posługuje się szlifierz przy ścieraniu pierwszej surowej powierzchni betonu.

Produkcja słupów przeznaczonych do szlifowania wymaga wybitnie szczelnych form, przy czym ścianki ich nie mogą wykazywać najmniejszych wgłębień lub wypukłości. Ponadto przy ręcznym lub mechanicznym szlifowaniu powierzchni ścianek lub naroży słupa należy specjalnie uważać na utrzymanie prostych linii krawędzi. Jeden nieuważ-



Rys. 96. Szlifierka przewoźna, typ podwieszony



Rys. 97. Trzy rodzaje tarcz karborundowych na głowicach szlifierki

ny ruch szlifierką może spowodować wiele kłopotliwej i trudnej pracy, jaką w następstwie trzeba wykonać w celu poprawienia popełnionego błędu.

Przed wysłaniem gotowych elementów do odbiorcy po dokładnym wymyciu i wyschnięciu słupa ścianki jego nasycy się pastą używaną do terrazzo i wyciera lnianymi pakułami do połysku.

VII. KONSERWACJA, SKŁADOWANIE, TRANSPORT I USTAWIANIE SŁUPÓW



Rys. 98. Powierzchnie szlifowane słupa typu „Kula EW” wykonanego na białym cemencie

W warunkach normalnego dojrzewania betonu w temperaturze $14 \div 21^{\circ}\text{C}$ słupy wibrowane powinny spoczywać na podkładach w hali produkcyjnej przez $2 \div 3$ dni od chwili wykonania (2 dni przy użyciu cementu marki „400”, 3 dni przy cementach niższych marek).

Z podkładów słupy zdejmowane są za pomocą suwnicy lub przenośnika (transportera) jednoszynowego i składowane na dalsze 4 dni w hali roboczej lub w sąsiednim pomieszczeniu krytym i zamkniętym. Po trzech dniach dojrzewania słupów na podkładach nie można ich jeszcze spiętrzać, tj. układać jednego na drugim. Przez cały ten okres siedmiodniowy i przez dalsze 7 dni po wywiezieniu słupów na plac składowy beton powinien być utrzymywany w stałej wilgotności. Przy polewaniu wężyem gumowym należy zwracać uwagę, ażeby słup został nawilżony ze wszystkich stron i także wewnątrz wydrążenia dokąd trzeba wprowadzić strumień wody. Korzystne jest zainstalowanie przenośnego urządzenia zraszającego (szczególnie na placu fabrycznym) z dwoma lub czterema obracającymi się dyszami rozpylającymi.

Temperatura hali produkcyjnej w zasadzie nie powinna być niższa niż 14°C (także i w zimie). Zdarza się jednak, że zachodzi konieczność produkowania przy niższych temperaturach i wówczas zmieniają się okresy przetrzymywania słupów na podkładach oraz wstępnego składowania w hali. Należy pamiętać, że przedwczesne zdejmowanie tak długich i smukłych elementów, jakimi są słupy oświetleniowe, często bywa powodem powstawania poprzecznych rys powierzchniowych szpecących wygląd słupa.

Jak wiadomo, przy obniżeniu temperatury maleje tempo twardnienia betonu. Wykres na rys. 99¹⁾ podaje orientacyjne okresy twardnienia betonu w zależności od temperatury otoczenia. Wytrzymałość betonu twardniejącego przez

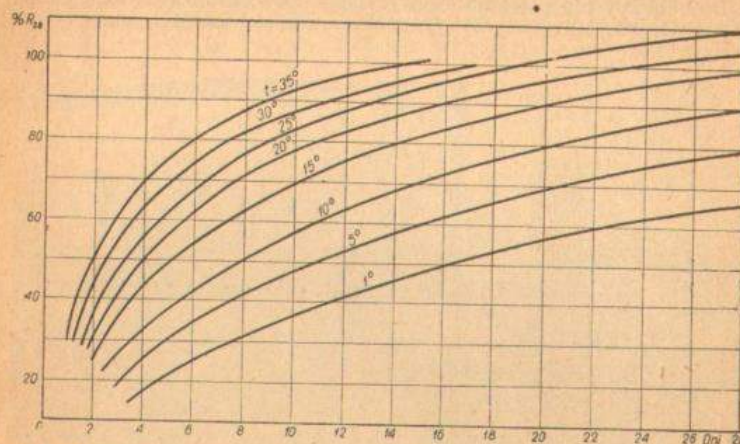
28 dni w temperaturze 15°C przyjęto na rysunku za właściwą. Przy temperaturze 35°C beton osiągnie tę samą wytrzymałość już w piętnastym dniu dojrzewania, a przy 5°C nie prędzej niż po $6 \div 7$ tygodniach. Odpowiednie

¹⁾ Rysunek zaczerpnięty z pracy W. N. Sizowa: „Roboty budowlane w zimowych warunkach” Moskwa—Leningrad 1951.

opóźnienie przyrostu wytrzymałości przy spadku temperatury otoczenia występuje także i w pierwszych dniach twardnienia.

Czas przebywania słupów w hali (w zależności od rodzaju cementu) określa laboratorium fabryczne na podstawie badania wytrzymałości walców próbnych wykonanych z identycznych surowców oraz zagęszczanych i dojrzewających w tych samych warunkach co słupy.

W zimie słupy nie powinny być wywożone z hali przed osiągnięciem 70% wytrzymałości właściwej. W lecie w razie braku miejsca w hali



Rys. 99. Wzrost względnej wytrzymałości betonu przy temperaturze otoczenia $t_{ot} = 35^{\circ}\text{C}$

można je wywozić natychmiast po zdjęciu z podkładu (minimum 40% R_{rel}), lecz muszą wówczas być chronione od promieni słonecznych i wiatru w sposób znany i stosowany przy innych wyrobach betonowych (maty słomiane, przenośne dachy itp.). Polewanie słupów na placu powinno być częstsze niż w hali.

Jeżeli w okresie letnim zachodzi konieczność produkowania słupów na placu fabrycznym (czego stanowczo należy unikać), wskazane jest zwalnianie form dopiero po 24 godzinach.

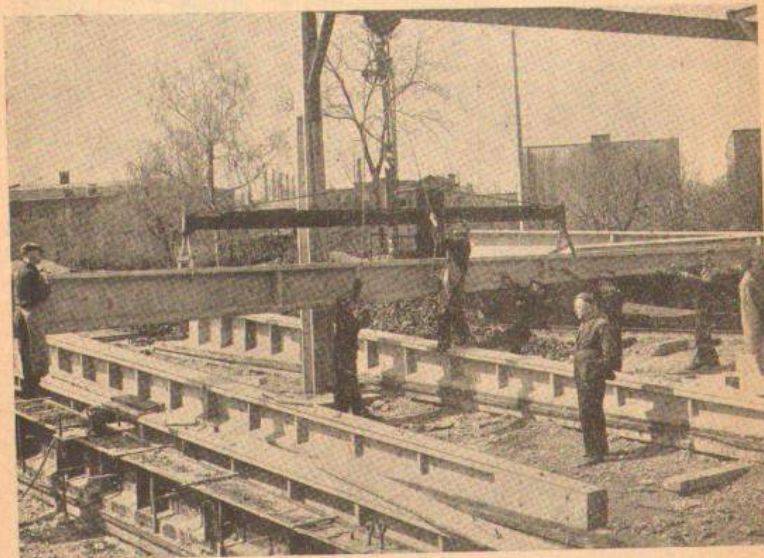
Przy masowej produkcji żelbetonowych słupów oświetleniowych coraz częściej stosowane bywa sztuczne przyspieszenie twardnienia betonu. Zalecane jest podgrzewanie składników mieszanki, niskopiętne naparzanie elementów i inne metody, których tu bliżej omawiać nie będziemy odsyłając zainteresowanych czytelników do pracy tegoż autora pt. „Naparzalnie niskopiętne — metody aktywizacji tężenia betonu” PWT Warszawa 1953.

Do czynności konserwacyjnych zaliczamy również miniowanie części metalowych słupa. W trzecim dniu po zawibrowaniu słupów o wykończeniu betoniarzskim należy dokładnie oczyścić z resztek betonu i rdzy wszystkie części żeliwne i stalowe słupa, po czym starannie pominiować ich powierzchnię. Słupy poddane obróbce kamieniarskiej lub szlifowane zostają pominiwane po wykonaniu robót wykończeniowych, gdy leżą

jeszcze na kobyłkach. A zatem pominiowaniu za pomocą szczotki odpowiedniego kształtu na długim przecie podlegają: ramka i drzwiczki żeliwne z obydwóch stron, ewentualnie zabetonowana we wnęce cokołu skrzynka blaszana, odcinek rury wystający z wierzchołka słupa oraz rura stalowa od wewnątrz na całej długości, poza tym przy niektórych typach słupów wsporniki żeliwne pod drabinę.

W wysięgnikach powinny być pominiowane: tuleja żeliwna, rurka przechodząca przez wysięgnik od wewnątrz i trójnik, jeżeli nie jest ocynkowany.

Do odbiorcy nie powinno się wysyłać słupów, które nie mają pominiowanych wszystkich wyżej wymienionych części metalowych.



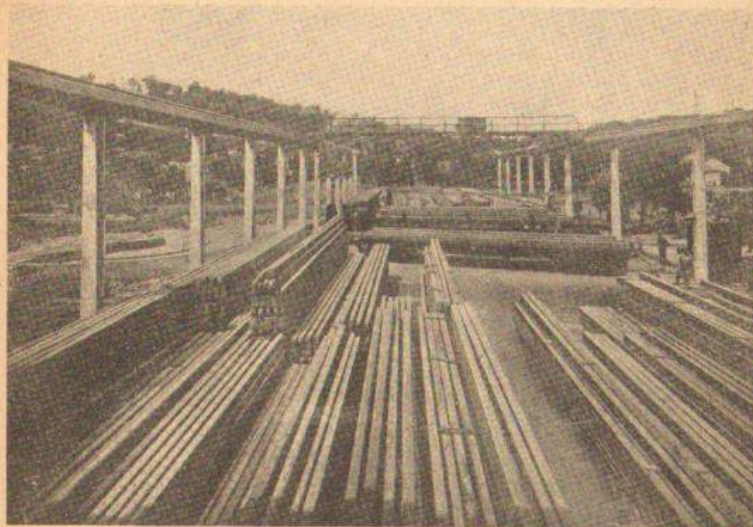
Rys. 100. Transporter jednoszynowy do magazynowania i załadunku słupów. Przewożenie słupa typu „Hanka” — 17 m

Słupy magazynuje się zawsze pod suwnicą lub transporterem jednoszynowym (rys. 100 i 101). Do dźwigania słupa używane są uchwyty w formie samozaciskających się lub zaopatrzonych w zamknięcia kleszczy. W miejscu styku ze słupem kleszcze wyłożone są miękkim drewnem lub gumą. Słupy mogą być zmagazynowane w kilku warstwach (zależnie od typu). Pod cokoły słupów podkłada się równolegle do siebie leżące dwie deski (prostopadle do długości słupa), a w kierunku wierzchołka — odpowiednio grubsze legarki. Przy spiętrzaniu słupów należy zwrócić baczna uwagę na to, aby podkładki wyrównujące poziomy układ słupa przenosiły całe obciążenie na podłoże i aby nie mogły się obsuwać powodując wygięcie lub niepożądany wzrost naprężeń w słupach dolnej warstwy pod naciskiem warstw górnych. A więc podkładki przegradza-

jące warstwy powinny leżeć bezpośrednio jedna pod drugą. Słupy mogą być spiętrzane tylko na pewnym i stałym podłożu.

Łaładunek słupów na platformy kolejowe odbywa się tą samą suwnicą albo transporterem jednoszynowym, którym słupy zostały wywiezione z hali i pod którym były magazynowane na placu składowym (rys. 102). Słupy nie powinny być wysyłane przed osiągnięciem wytrzymałości miarodajnej.

Sprawa starannego zabezpieczenia przy transporcie kolejowym oraz przy dalszej dostawie słupów na budowę nabiera specjalnego znaczenia w świetle projektowanej normy uwzględniającej daleko idące oszczędności stali zbrojeniowej. Jak już wspomniano poprzednio, żelbetowe słupy oświetleniowe są z reguły nadmiernie zbrojone w stosunku do obcią-



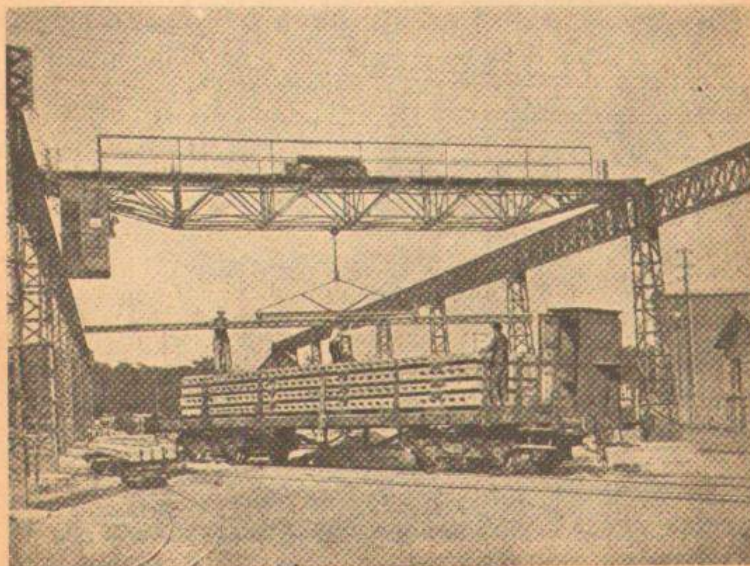
Rys. 101. Magazynowanie pod suwnicą i łaładunek słupów typu „Ala”

żeń, na jakie liczona jest ich praca w terenie. Nadmiar zbrojenia tłumaczy się uwzględnieniem możliwych dodatkowych naprężeń powstających od sił dynamicznych przy nieostrożnym transporcie lub niefachowym ustawianiu słupów. Jest to swego rodzaju marnotrawstwo stali tolerowane dotychczas z uwagi na brak fachowej obsługi przy łaładunku słupów i montażu. W dążeniu do uzdrowienia tych stosunków projektanci normy pragną ograniczyć zużycie stali zbrojeniowej do granic statycznie koniecznych kosztem zwiększenia pieczołowitości łaładunku słupów, właściwego podbudowania i zabezpieczenia od wstrząsów w wagonie oraz od nadmiernych naprężeń przy dalszym manewrowaniu w transporcie kołowym na budowie. Uwzględniając powyższy projekt należy ze specjalną starannością podchodzić do sprawy opakowania i zabezpieczenia słupów podczas transportu.

Dowóz słupów na miejsce budowy odbywa się na odpowiednio długich przyczepach samochodowych albo furmankami na wozach rozpuszczonych, na których ułożone są 2 mocne drągi drewniane połączone poprzeczkami. Słup żelbetowy układa się na poprzeczkach dopasowanych wysokością do kształtu i zbieżności słupa. Podpory powinny być rozstawione w odległości około 1,5 m, przy czym należy uważać, aby wierzchołek słupa również nie wystawał więcej niż 1,5 m poza ostatnią podpórę.

Słupy specjalnie silnej konstrukcji (do linii niskich i wysokich napięć) mogą być przewożone samochodami w sposób pokazany na rys. 103.

Przed przystąpieniem do ustawiania słupów na pewnym odcinku trasy należy przygotować doły. W gruntach zwartych doły kopie się w sposób



Rys. 102. Załadunek słupów na wagony za pomocą suwnicy

zwykły przy zachowaniu niemal pionowych ścianek (rys. 104). Natomiast w gruntach sypkich lub podmokłych, z wodą podskórną, należy stosować odeskowanie ścian dołu.

Doły zwykle (rys. 104) mają trzy ścianki lekko skośne i czwartą wykonaną w formie schodka. Ułatwia to pracę robotnika przy kopaniu oraz opuszczanie słupa do dołu przy wsparciu jego podstawy o deskę oporową. W razie konieczności odeskowania dołu używa się do tego celu desek (grubości $1\frac{1}{4} \div 2''$) zaciśniętych u dołu, a w górnej części okutych bednarką. Deski zabija się pionowo jedną obok drugiej wokół ramy (jarzma) wykonanej z okraglaków i ułożonej na dnie dołu. W miarę kopania deski i jarzmo zabija się młotem dębowym głębiej w ziemię. W górnej części dołu zakłada się drugą ramę z okraglaków rozpierającą deski.

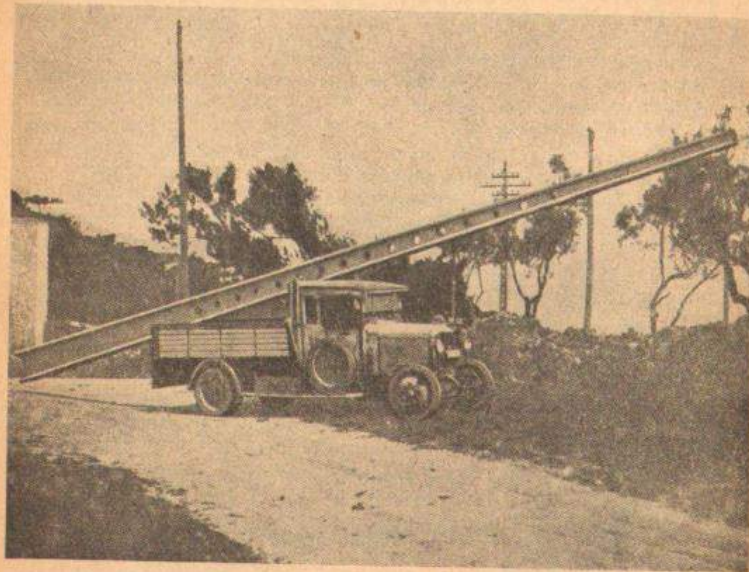
Przy silnym naporze wody podskórnej obficie przeciekającej szparami konieczne bywa niekiedy odeskowanie dołu drugim rzędem desek zakrywających szczeliny.

Ustalając głębokość zakopania żelbetowych słupów oświetleniowych należy się posługiwać następującym wzorem

$$G_l = \frac{H}{10} + 0,60 \text{ m}$$

gdzie G_l oznacza głębokość zakopania, H — całkowitą długość słupa w metrach.

Zapewnienie stateczności żelbetowego słupa oświetleniowego w zasadzie nie wymaga fundamentu betonowego. Pod słupy cięższe w gruntach



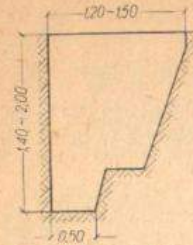
Rys. 103. Przewóz samochodem słupa długości 15 m

słabych podkłada się betonową płytę chodnikową i zamiast wydobytej ziemi obsypuje się odziomek słupa gruzem, żwirem lub kamieniami z piaskiem przy jednoczesnym ubijaniu. Natomiast w gruntach torfiastych silnie podmokłych, gdzie zachodzi obawa agresji wód kwaśnych, powinny być stosowane fundamenty betonowe nie tylko przez wzgląd na stateczność słupa, lecz raczej w celu ochrony betonu słupa od działania wód agresywnych.

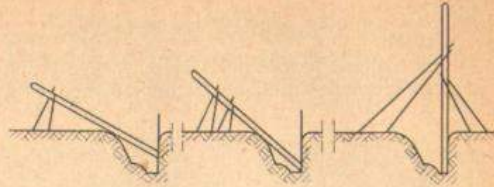
Słupy oświetleniowe ustawia się po uprzednim zmontowaniu wysięgnika do lamp lub także i izolatorów. Samo podnoszenie słupa najdogodniej jest uskuteczniać za pomocą podnośnika samochodowego. Słup chwyta się wówczas linką stalową nieco powyżej środka ciężkości, co pozwala mu przy podniesieniu przyjąć pozycję pionową, i następnie

wpuszcza się odziomkiem do przygotowanego dołu. Przy tym sposobie ustawiania doły mogą mieć przekrój prostokątny lub okrągły (wiercone specjalnym świdrem).

W razie braku podnośnika przewoźnego żelbetowe słupy oświetleniowe ustawia się za pomocą dwóch lub trzech par żerdzi drewnianych



Rys. 104. Przekrój dołu zwykłego w gruncie zwartym



Rys. 105. Schemat ustawiania słupa za pomocą żerdzi

połączonych ze sobą, tak zwanych folg. Jest to sposób ogólnie znany i stosowany przy podnoszeniu słupów drewnianych (rys. 105).

Przed rozpoczęciem podnoszenia wstawia się do dołu deskę oporową (grubości 2"), przeznaczoną do prowadzenia dolnego końca słupa. Przy wierchołku przywiązuje się linkę konopną, której dwa zwisające końce prowadzone przez robotników przy ustawianiu ułatwiają regulowanie kierunku podnoszenia słupa zabezpieczając go od wyboczenia.

Montaż armatury lamp i przewodów odbywa się po ustawieniu słupów. Monter wspina się na słup po rurkach zakładanych do specjalnych otworów (przy słupach typu „Ala”, rys. 106) lub też za pomocą słupolazów (przy słupach okrągłych lub ośmiokątnych). Monter powinien być wyposażony zawsze w pas ochronny.



Rys. 106. Monter przy pracy na słupie typu „Ala”

VIII. REPERACJA SŁUPÓW USZKODZONYCH

Dużym plusem materiału żelbetowych słupów oświetleniowych jest możliwość reperacji uszkodzeń mechanicznych powstałych w czasie ich pracy w terenie. Jak wiadomo, słupy żeliwne lub rurowe w razie obicia części żeliwnych lub wygięcia rury reperować się nie dają i przeznaczane są na złom.

Drobne obicia powierzchni słupów żelbetowych zaprawia się ręcznie przez zwykły namoczenie mieszanki betonowej kielnią w miejsce uszkodzone i dokładne zatarcie packą świeżego betonu. Przystępując do zaprawiania uszkodzeń słupów na określonej trasie linii oświetleniowej należy rozpocząć pracę od zbadania rodzaju i granulacji kruszywa, jakie było swojego czasu użyte do produkcji słupów. Z ta-

kich samych materiałów należy wykonać szereg próbnych kostek betonowych, wykończyć je zewnętrznie w sposób, jaki był stosowany przy słupach przeznaczonych do reperacji, i przez porównanie koloru oraz struktury betonu wybrać próbkę najbardziej zgodną z wyglądem zewnętrznym powierzchni słupa. Cement używany do reperacji powinien być możliwie jasny. Łatwiej jest bowiem pociemnić kolor mieszanki przez dodanie odpowiedniej mączki kamiennej niż ją rozjaśnić przy ciemnej barwie cementu.

Samą reperację uszkodzenia powierzchni słupa rozpoczyna się od dokładnego oczyszczenia wszystkich miejsc uszkodzonych. Jeżeli uszkodzenia są świeże i stosunkowo płytkie, wystarczy starannie odczyścić powierzchnię szczotką drucianą. Jeżeli natomiast uszkodzenie datuje się sprzed kilku tygodni (lub istnieje znacznie dłużej) i widoczne są na nim rdzawe zacieki, to całe miejsce uszkodzone i jego najbliższą okolicę należy wykuć dłutem kamieniarskim aż po główny pręt zbrojenia. Powierzchnie dawniejszych uszkodzeń, na których rdzawe zacieki nawet nie występują, powinny być również całkowicie skute dłutem w celu odkrycia zdrowego, nie zwiędłego betonu.

Odsłonięte pręty zbrojenia należy bardzo dokładnie, niemal do połysku oczyścić ze rdzy szczotką drucianą, a w razie potrzeby starym pilnikiem.

Po takim przygotowaniu miejsca przeznaczonego do reperacji należy je przemyć silnym strumieniem wody i całość słupa w promieniu kilku dziesięciu centymetrów od uszkodzenia dokładnie i włącznie zwilżyć. Następnie robi się narzut mleczka cementowego (czysty zaczyn cementowy o konsystencji rzadkiej śmietany) na odkryte zbrojenie i odsłoniętą powierzchnię betonu, po czym wypełnia się miejsce reperowane odpowiednio dobraną mieszanką. Mieszanka powinna być starannie ubita wokół widocznego zbrojenia i zatarta packą tak, aby przy słupach o wykończeniu kamieniarskim powierzchnie reperowane wystawały na 2-4 mm ponad powierzchnie ścianek i krawędzi słupa. Przy słupach o wykończeniu betoniarskim powierzchnie reperowane powinny się równać ze ściankami słupa, a przy szlifowanych mogą być około 1 mm wyższe.

Po zatarciu uszkodzeń należy słup owinać w tym miejscu papierem, który następnego dnia zdejmuje się i po polaniu słupa wodą zamienia na wilgotną szmatę. Szmatę należy przez 7 dni utrzymywać stale w stanie wilgotnym.

Jeżeli się zauważy (przy słupach o wykończeniu betoniarskim), że po kilku godzinach od chwili zatarcia packą powierzchnie reperowane mają kolor znacznie ciemniejszy od wilgotnych ścianek słupa, można je rozjaśnić przez lekkie przesunięcie wilgotnego pędzla po powierzchni niestęzłego betonu. Ciemny kolor miejsc reperowanych występuje przy silnym zacieraniu ich packą metalową wskutek wyciśnięcia na zewnątrz świeżego betonu cienkiej i zwartej warstewki samego cementu. Pozostawienie jej w tym stanie nie jest wskazane ze względu na zrozumiąłą łatwość powstawania rys skurczowych. Dlatego właśnie zalecane jest cie pewnej ilości cementu wilgotnym pędzlem. Daje to po wyschnięciu urwał jaśniejszą fakturę w miejscach zaprawianych.

Reperacje na słupach o wykończeniu kamieniarskim zostają obrobione dłutem po kilku dniach twardnienia betonu. Powierzchnia miejsc zaprawionych zostaje wówczas zrównana ze ściankami słupa i odpowied-

nio wykończona. To samo dotyczy słupów szlifowanych. Najmniej widoczne są poprawki na słupach o obróbce kamieniarskiej.

Pracę przy reperacji słupów ustawionych w terenie prowadzi się zazwyczaj w letnich miesiącach, a w każdym razie przy temperaturze nie niższej niż 10°C. Program robót dziennych należy tak rozkładać, aby prace przygotowawcze były wykonywane w godzinach przedpołudniowych, a samo betonowanie reperacji następowało później, gdy zmniejsza się nasilenie operacji słonecznych.

Reperacje poważniejszych uszkodzeń odsłaniających na większej przestrzeni jeden lub kilka prętów zbrojenia wykonuje się zakładając w tym miejscu rodzaj foremki zbitej z kilku listew obejmującej słup i kształtującej jego uszkodzone ścianki. Foremka zostaje przytwierdzona do słupa drutem. Poniżej uszkodzenia przymocowuje się lekki wibrator, który zagęszcza mieszankę wprowadzoną do foremki przez otwór pozo-stawiony w jej górnej części. W celu zapobieżenia wyciekom upłynniającej przez wibrację mieszanki foremkę należy wokoło uszczelnić, owiniąć papierem i okręcić cienkim drutem.

Przed przystąpieniem do założenia foremki należy wykonać wszelkie wyżej opisane czynności związane z oczyszczeniem, nawilżeniem i pokryciem mleczkiem cementowym wszystkich odkrytych powierzchni betonu i zbrojenia słupa.

Po zawibrowaniu starego betonu i zdjęciu foremki dalsze postępowanie i zabiegi związane z konserwacją betonu są takie same jak przy ręcznym wykonywaniu reperacji.

Połączenie starego betonu ze świeżym przy zastosowaniu wibratorów jest znacznie ściślejsze i trwalsze niż przy ręcznym naniesieniu i ubiciu świeżej mieszanki. Przyczepność świeżego betonu wibrowanego do ostrej powierzchni betonu stężalego można porównać niemal ze spawaniem metali. Dlatego też, jeżeli tylko istnieje możliwość zastosowania lekkich wibratorów przy reperacjach słupów oświetleniowych, należy się nimi posługiwać.

Reperacje obejmujące uszkodzenia na dłuższych odcinkach słupa należy przeprowadzać w dni bezwietrzne, tak aby świeżo zaprawione powierzchnie mogły dostatecznie stwardnieć przy spokojnej pogodzie, gdy słup nie jest narażony na stałe wahadłowe ugięcia.

Przy bardzo poważnych uszkodzeniach, np. przy złamaniu lub pęknięciu słupa, może zająć potrzeba wykopania słupa w celu wyprostowania go i przeprowadzenia reperacji w pozycji leżącej. Jest to operacja, która się opłaca tylko przy słupach lekkich lub przy specjalnie kosztownych słupach ciężkich. Przystępując do niej należy beton odkuć na kilkunastu, a czasem na kilkudziesięciu centymetrach wokoło słupa odsłaniając całkowicie zbrojenie, ułożyć słupa na podkładzie, dokładnie go wypoziomować, miejsce wykute zamknąć w szczelną formę, wypełnić ją odpowiednio dobraną mieszanką betonową i zawibrować. Słup powinien leżeć na podkładzie do czasu kompletnego stwardnienia betonu, tj. 14 do 28 dni. Kamieniarska obróbka powierzchni słupa następuje na podkładzie już po kilku dniach po zawibrowaniu.

Wykucia starego betonu powinny być wykonane tak, aby uniemożliwić ewentualne przesiąkanie wody deszczowej, spływającej po słupie w miejscach styku świeżego betonu ze starym. A zatem wykucia powinny iść stożkowato ku górze, przy czym stożek górnej części wykucia

będzie się wglębiał w ciało słupa w kierunku jego wierzchołka. Ze-
wnętrzny obrys wykuć powinien być równoległy do poziomemu, a więc przy
słupach o wykończeniu kamieniarskim powinien biec po linii nacięć
łączących się wokoło słupa.

WYKAZ PIŚMIENICTWA

1. Drecki A. inż.: Okna żelbetowe. PWT Warszawa 1951.
2. Drecki A. inż.: Stalbetowe maszty oświetleniowe. „Cement” nr 4, 1950.
3. Drecki A. inż.: Naparzalnie niskoprężne. Metody aktywizacji tężenia betonu. PWT Warszawa 1953.
4. Bukowski Br. prof. dr inż.: Technologia betonów i zapraw. Instytut Badawczy Budownictwa Warszawa 1947.
5. Sizow W. N.: Stroitielnyje raboty w zimnich usłowijach. Gosudarstwiennoe izdatielstwo litieratury po stroitielstwu i architekturie, Moskwa—Leningrad 1951.
6. Iwianski A. M.: Żelezobietonnyje konstrukcji. Gosudarstwiennoe izdatielstwo Stroitielnoj Litieratury 1951.
7. Sachnowskij: Żelezobietonnyje konstrukcji. Gosizdat Moskwa 1951.
8. Mallnowski R. inż. i Osiński K. inż.: Kotwienie strun w betonie wstępnie sprężonym. „Inżynieria i Budownictwo” nr 7, 1952.

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWA TECHNICZNE

- BUKOWSKI B.: Konstrukcje żelbetowe. Teoretyczna podbudowa i praktyczne wskazówki do PN/B-03260. 1953, s. 348, zł 34.— (w oprawie)
- DOWGIRD R.: Konstrukcje staloceramiczne prefabrykowane. 1953, s. 171, zł 15.60
- DRECKI A.: Naparzalnie niskoprężne. Metody aktywizacji tężenia betonu. 1953, s. 186, zł 14.50
- DRECKI A.: Okna żelbetowe. 1951, s. 138, zł 12.—
- GRIGORIEW P. N., MAKSIMOWSKI N. P.: Elementy i konstrukcje żużlobetonowe. Tłum. z ros. A. Rubera. 1953, s. 108, zł 7.30
- IWIANSKI A. M.: Konstrukcje żelbetowe. Tłum. z ros. W. Lenkiewicz. Komentarzami opatrzył J. Minc. 1953, s. 479, zł 29.70 (w oprawie) Zatwierdzono do użytku szkolnego przez CUSZ.
- KĄDZIAŁKO S.: Fundamentowanie. 1953, s. 166, zł 18.50 (w oprawie)
- KLUZ T.: Obliczanie belek ciągłych. Metoda przęseł zastępczych i reakcji wtórnych. 1953, s. 166, zł 58.— (w oprawie)
- Mały podręcznik inżynierii. Praca zbiorowa. 1952, s. 576, zł 50.— (w oprawie)
- MINC J.: Obliczanie konstrukcji żelbetowych metodą odkształceń plastycznych. Część 1. 1952, s. 103, zł 12.—
- NAUMOW N. A.: Zakłady wytwórcze przemysłu budowlanego. Tłum. z ros. W. Biel-ski. 1953, s. 212, zł 19.— (w oprawie)
- NOWACKI W., DĄBROWSKI R.: Silosy. Metody obliczeń i konstrukcja. 1953, s. 301, zł 27.50 (w oprawie)
- PASZKOWSKI W.: Technologia betonu. Wyd. 2. 1950, s. 235, zł 16.—
- RAUSCH E.: Obliczanie żelbetu na skręcanie i przecinanie. Tłum. z niem. W. Grzegorzewski. 1952, s. 126, zł 7.—
- SALIGER R.: Nowa teoria żelbetu na podstawie odkształceń plastycznych przy złamaniu. Tłum. z niem. Bukowski. 1952, s. 107, zł 14.50
- SYNGAJEWSKI D. I.: Monolityczne konstrukcje żelbetowe w budownictwie przyspieszonym. Tłum. z ros. M. Szymański. 1952, s. 106, zł 13.—
- TYSZOWIECKI J., BYCHAWSKI Z.: Belki strunobetonowe. Projektowanie i obliczanie. 1953, s. 104, zł 6.60
- ZILLICH-STIEGLER B.: Zarys statyki wykreślnej i wytrzymałości materiałów. Tłum. i uzup. z niem. W. Strzelecki. 1950, s. 237, zł 24.— (w oprawie)
- ZENCZYKOWSKI W.: Album rysunków budownictwa ogólnego. 1951, s. 287, zł 35.—
- ZENCZYKOWSKI W.: Budownictwo ogólne. Tom I. Materiały i wyroby budowlane. Wyd. 5 (drugie drukowane). 1953, s. 512, zł 55.— (w oprawie)

Do nabycia w księgarniach technicznych Domu Książki i u kolporterów zakładowych