

II. MATERIAŁY

§ 3. Cement

Do robót betonowych używa się prawie wyłącznie cementu portlandzkiego. Powstaje on przez dokładne zmieszanie i wypalenie mieszaniny gliny i wapienia w odpowiednio dobranym stosunku. Tak wypalony materiał miele się następnie na miałki proszek szaro-zielonawy. Cement zarobiony wodą tworzy płynną masę, tzw. zaczyn, który po pewnym czasie tężeje. Proces ten, zwany wiązaniem cementu, trwa przez pewien okres czasu, tak że możemy wyróżnić początek i koniec wiązania. Wiązanie cementu nie powinno się zacząć wcześniej niż po 40 minutach, a skończyć później jak po 10 godzinach. Zależnie od czasu, jaki upływa od zarobienia cementu wodą do początku wiązania, różniamy cementy szybko wiążące i powoli wiążące. Zazwyczaj używa się cementu powoli wiążącego, którego początek wiązania następuje po 2 godzinach, gdyż jest on wytrzymalszy, a przygotowanie jego jest wygodniejsze, można przygotować go bowiem w większej ilości. W każdym razie należy o ile możliwości w jednej budowlu używać jednego gatunku cementu.

Przed rozpoczęciem większych robót należy zbadać czas wiązania, co zrobić można najłatwiej w sposób następujący:

Zarabia się cement badany z wodą na masę plastyczną i wyrabia z niej krążek o średnicy około 12 cm, a grubości w środku około 2 cm. Początek wiązania następuje wtedy, gdy ślad uczyniony na krążku drucikiem o średnicy 1 mm nie zalewa się już, ale pozostaje widoczny. Koniec wiązania następuje wtedy, gdy drucik żadnych śladów na twardej masie nie pozostawia. Do dokładnego oznaczenia czasu wiązania używa się aparatu Vicata, którego igłę obciąża się ciężarem 300 gramów.

. Bardzo ważną cechą cementu jest stałość objętości. Cement, który nie ma stałej objętości, nie nadaje się do użytku, gdyż powoduje późniejsze pękanie, a nawet rozpadanie się betonu. Chcąc się przekonać, czy cement tej wady nie posiada, sporządzamy krążki takie same, jak dla pomiaru czasu wiązania. Jeżeli cement nie posiada stałej objętości, to po zarobieniu i stwardnieniu betonu po kilku tygodniach powstaną na krążkach rysy albo pęknięcia promieniste (fig. 2 b). Przy zastosowaniu tzw. gorącej kąpieli parowej możemy znamiona nie-

stałej objętości obserwować na krążkach już na drugi dzień po ich sporządzeniu. — W tym celu ustawiamy krążek nad gotującą się wodą na przeciąg 3 godzin.

O ile stałość objętości cementu jest rzeczą bardzo ważną, o tyle tzw. skurcz cementu jest zjawiskiem normalnym

i nie daje powodu do żadnych obaw. Polega on na skróceniu, zmniejszeniu się wszystkich części konstrukcji betonowej, która równomiernie się kurczy. Skurczenie to wynosi po kilku latach do $\frac{1}{2}$ mm na 1 m betonu. Na krążkach próbnym cementu skurcz powoduje rysy współśrodkowe (fig. 2 c).

Aby o ile możności uniknąć powstawania rys skurczowych w konstrukcjach betonowych, należy świeżo wykonany beton przez pierwszy okres twardnienia utrzymywać w stanie wilgotnym, polewając go wodą 2—3 razy dziennie przez 8 dni. W większych budowlach zabezpieczamy się od niepożądanych skutków skurczu przez zastosowanie szczelin, rozdzielających konstrukcję na mniejsze części, tzw. szczelin dylatacyjnych.

W handlu sprzedaje się cement w drewnianych beczkach lub papierowych workach. Beczki mają wysokość 72 cm, a średnicę 40 — 44 cm. Waga beczki z cementem wynosi 180 lub 200 kg; przy czym coraz bardziej używane są beczki 200 kg. Worki papierowe z cementem ważą po 50 kg. Na beczkach i workach umieszczona jest firma cementowni, która dany cement wytworzyła. Beczka 200 kg zawiera około 190 kg cementu netto, beczka 180 kg ponad 170 kg cementu.

Cement należy starannie chronić od zwilgotnienia, wilgoć bowiem powoduje częściowe wiązanie cementu i tworzenie się twardych grudek, które potem nie pozwalają na należyte związanie betonu, a tym samym ogromnie zmniejszają jego wytrzymałość. Takiego cementu zatem używać nie wolno. Grudki roz-

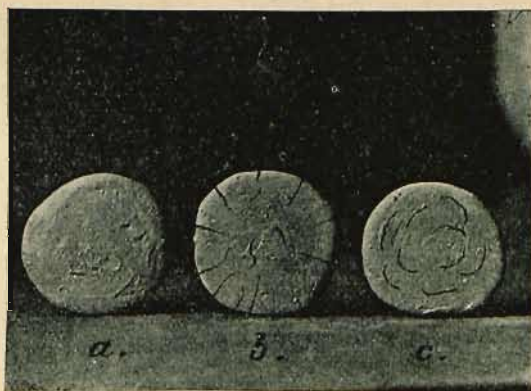


Fig. 2

sypujące się same przez się lub pod lekkim naciskiem dłoni są nieszkodliwe i rozgniotą się w czasie mieszania betonu.

Cement, nawet należycie przechowywany, traci z czasem swą wytrzymałość. To zmniejszenie wytrzymałości jest po 3—4 miesiącach jeszcze nieznaczne, ale po 6 miesiącach dochodzi nieraz już do 20% a po roku nawet do 40% pierwotnej wartości. Stąd wynika, że cementu należy używać najpóźniej w 3 miesiące po dostarczeniu na budowę, a robienie dużych zapasów jest błędne.

4. Kruszywo

Nazwą kruszywa określamy okruchy kamienne o rozmaitej wielkości, które zmieszane w odpowiednim stosunku z wodą i cementem dają beton. Zazwyczaj stosowany jest kamień naturalny, w podrzędnych jednak budowlach można też użyć kamienia sztucznego, jak np. dobrze wypalonej cegły, starego potłuczonego betonu, żużla itp.

Ziarna kruszywa, przechodzące przez sito o oczkach 7 mm, nazywamy piaskiem. Większe ziarna nazywamy żwirem lub tłuczniem. Inaczej mówiąc, do piasku zaliczamy ziarna o wymiarach nie przekraczających 5 mm, gdyż większe nie przechodzą przez otwory 7 mm. Ziarna od 2—5 mm nazywamy czasem żwirkiem.

Piasek używany do betonu może być kopany lub rzeczny. Powinien być czysty, twardy (jeżeli można: kwarcowy) i szorstki. Najlepiej nadaje się piasek rzeczny. Małe domieszki (2—3% na wagę) gliny lub iłu mogą znajdować się w piasku. Większe ilości wpływają jednak bardzo ujemnie na wytrzymałość i piasek należy w takim wypadku przemyć. Do przemywania piasku używa się skrzyni z desek całowych o długości 3—5 m, szerokości 1—2 m, ustawionej pochyło. W skrzyni umieszcza się warstwę 5—10 cm piasku i polewa wodą z polewaczki, poczynając od góry, tak długo, aż woda zacznie przepływać nad dolną listwą. Przez cały czas należy mieszać i wzruszać piasek łopatami. Czyni się to tak długo, aż woda spływająca będzie czysta. Urządzenie do mycia piasku przedstawia fig. 3.

Zanieczyszczenia piasku bywają albo gliniaste, albo organiczne. Czy w piasku nie ma domieszek gliniastych, można się przekonać w następujący sposób: bierze się w obie dłonie piasek, taki, jak go się znajduje w ziemi, a więc w stanie nieco wilgot-

nym, i trze się go, trzymając dłonie w odstępnie ok. 1 cm, aż piasek wyleci. Powtarza się to kilka (około 5) razy. Jeżeli do dłoni przyłgnęło zanieczyszczenie, to piasek zawiera części gliniaste i należy go przemyć.

Dokładniej można ocenić stopień zanieczyszczenia piasku w nast. sposób: Do naczynia szklanego litrowego sypie się warstwę piasku o grubości 5 cm, a naczynie wypełnia czystą wodą. Następnie miesza się piasek, aby wszelkie nieczystości wydobyć z jego wnętrza, i czeka się aż odpadną, a woda znowu się oczyści. Wtedy na piasku osadzą się zanieczyszczenia, jak glina i ił. O ile grubość tak osadzonej warstwy tych zanieczyszczeń jest większa niż 5 mm, piasek nie nadaje się do betonu bezpośrednio i musi być przemywany.

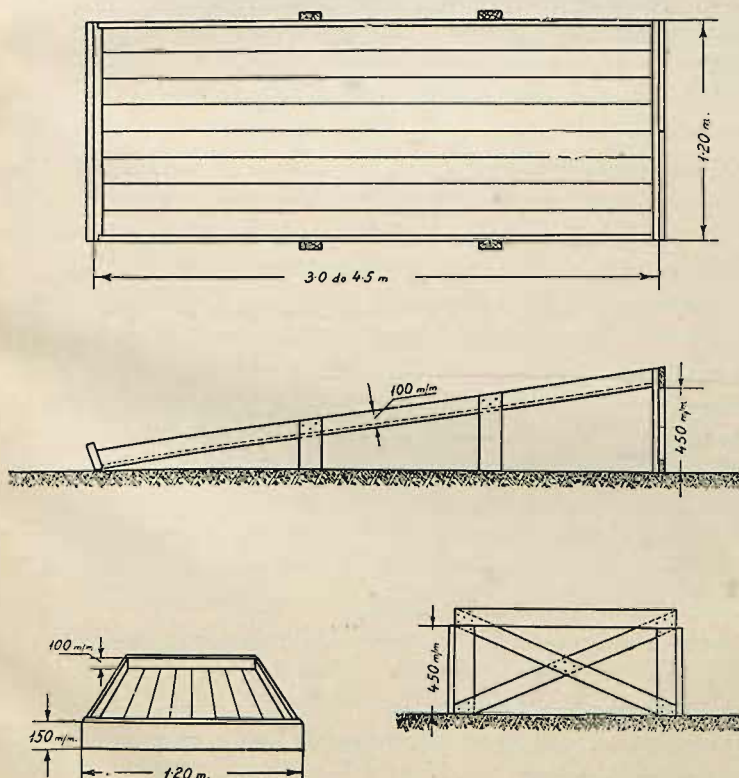


Fig. 3

Zanieczyszczenia organiczne wykrywamy przez próbę, „na zabarwienie”. Wykonywa się ją tak: w naczyniu szklanym litrowym, wypełnionym czystą wodą, rozpuszcza się 30 gramów sody kaustycznej, tj. ługu sodowego (do nabycia w każdym składzie aptecznym). Następnie bierze się butelkę o pojemności $\frac{1}{2}$ litra; sypie do niej ok. 200 gramów piasku, który chcemy zbadać, nalewa nieco więcej niż 100 gramów poprzednio zrobionego roztworu sody kaustycznej, zakorkowuje i kilkakrotnie potrząsa butelkę. Jeżeli po 24 godzinach stania w spokoju, roztwór znajdujący się nad piaskiem jest bezbarwny lub bardzo jasny (o kolorze jasnej słomy), to piasek nadaje się do robót betonowych. Jeżeli płyn ma kolor ciemniejszy (bursztynowy), piasek nadaje się tylko do tych robót betonowych, od których nie wymaga się dużej wytrzymałości; do innych należy go przemnywać. Jeżeli kolor jest brązowy, to nadaje się on tylko do zupełnie podrzędnego betonu. Wreszcie, jeżeli kolor jest ciemno brązowy, to tego piasku do betonu używać nie można.

Próba powyżej opisana jest bardzo tania i łatwa do wykonania, a daje dobre pojęcie o wartości piasku.

Zanieczyszczenia organiczne w piasku wpływają bardzo ujemnie na właściwości wyrobionego z niego betonu, a przede wszystkim na wytrzymałość betonu. Przeprowadzone badania wytrzymałości zaprawy cementowej z piasku, którego próba na zabarwienie dała kolor czarny (ciemnobrązowy), wykazały przeciętnie wytrzymałość 7 razy mniejszą niż przy użyciu piasku czystego.

Grubość ziarn piasku nie powinna być zbyt mała, gdyż beton ma wtedy mniejszą wytrzymałość, względnie dla osiągnięcia jednakowej wytrzymałości wymaga większej ilości cementu niż beton wykonany z grubszego piasku. Najlepszy jest piasek o różnej wielkości ziarn. Oczywiście jednak używa się piasku, jaki jest do dyspozycji, byle był czysty. Złóża dobrego piasku znajdują się często w łóżyskach rzek.

Z w i r i t ł u c z e ń, używany do robót betonowych, powinien być:

- a) twardy i niezwiędnięty,
- b) czysty, tj. wolny od przymieszek gliny, wapna, gipsu, części organicznych itd.

Materiałów, które tych warunków nie spełniają, nie należy używać.

Do wyrobu tłucznia najlepiej nadają się skały, zawierające kwarc, więc granity, gnejsy, porfiry, piaskowce kwarcytowe itp., a również bazalty, natomiast znacznie mniej odpowiednie są miękkie piaskowce i wapienie, łupki, łyszczyki itd. Kamienie porowate również mniej nadają się z tego powodu, że wytrzymałość ich jest znacznie mniejsza. Można ich jednak używać, jeżeli przed zmieszaniem przesiąkną wodą przez leżenie w niej kilka do kilkunastu godzin. Najmniej zanieczyszczeń posiada zwykle żwir rzeczny i dlatego jest najlepszy (o ile nie ma w nim muszel, grud gliniastych itd.). Żwir kopany trzeba zwykle przemywać, podobnie jak i piasek. Przemycie żwiru jest jednak łatwiejsze niż piasku. Zanieczyszczenie mechaniczne żwiru ziarnkami wapna, gipsu, węgla itp. lub gliną przylegającą do ziarn żwiru można dopuścić, o ile nie przekracza 5% ogólnej ilości żwiru.

Gdy odpowiedniego żwiru znaleźć nie można, a sprowadzenie kolejną kamienia skalnego jest zbyt kosztowne, można użyć tzw. kamienia polnego (narzutowego), który odpowiednio rozdrobniony może doskonale zastąpić żwir do betonu.

Twarda cegła lub dobry stary beton łamany, mogą być użyte tylko do drugorzędnych robót wewnętrznych, od których się nie wymaga większej wytrzymałości ani mrozotrwałości.

Żużel węglowy bywa używany w tych częściach budowli, które nie potrzebują specjalnej wytrzymałości ani nieprzemakalności. Użyty może być tylko żużel twardy, czysty, a więc przemyty, nie posiadający w sobie siarki, sadzy, nie spalonego węgla i popiołu. Żużel taki przed użyciem należy moczyć przez 24 godzin. Czysty żużel, rozcierany między dłońmi, nie czerni rąk. Beton żużlowy jest lekki, dobrze zabezpiecza od ognia i jest złym przewodnikiem ciepła. Wobec tego najczęściej jest używany jako warstwa izolacyjna płaskich dachów i tarasów, jako wypełnienie stropów pod podłogami itp.

Wymiary tłucznia lub żwiru używanego do betonu są różne, zależnie od przeznaczenia betonu.

Dla masywnych robót betonowych największe ziarna kruszywa winny przechodzić przez sito o otworach okrągłych średnicy 8 cm.

Dla ścian betonowych bez wkładek żelaznych lub z małą ich ilością kamienie winny przechodzić przez otwory o średnicy 6 cm. Do normalnych konstrukcyj z wkładkami żelaznymi, tzw. konstrukcyj żelazobetonowych albo żelbetowych, używa się zaś kamienia przechodzącego przez otwory o średnicy 4 cm. Kamienia do 11½ cm używa się na zewnętrzną powierzchnię budowli.

Bardzo drobnego żwiru albo żwiru piaskowego używa się na wyroby drobniejsze, jak żłoby, koryta, i tzw. wyroby piaskowo-cementowe.

Najlepiej używać żwiru, składającego się z ziarn o różnej wielkości (fig. 4), co zmniejsza ilość próżni, a tym samym ilość potrzebnej zaprawy cementowej.

Poszczególne ziarna żwiru powinny mieć wymiary mniej więcej równe we wszystkich 3 kierunkach; kamyków płaskich należy unikać.

Dodawanie do betonu wielkich kamieni (do 30 cm średnicy) dopuszczalne jest tylko wyjątkowo w konstrukcjach masywnych i to w ilości nie większej niż ¼ objętości użytego kruszywa.

Kamienie większe od wyżej podanych norm należy potłuc na tłuczeń. Przy robotach mniejszych uskuteczniamy to zwykle ręcznie (młotkiem). Przy robotach wielkich tłucze się duże kamienie maszynowo (roboty o objętości betonu ponad 2000 m³ lub nawet mniej, jeżeli kamień jest twardy). Kamień do wyrobu tłuczni winien być dostatecznie twardy i nie rozsypywać się pod uderzeniem. Tłuczeń jest bardzo dobrym materiałem do betonu, o ile jest czysty i twardy.

Nieraz spotyka się w ziemi pokłady pomieszanego piasku i żwiru, tzw. pospółkę (spółę, szychtówkę). W ogóle można używać ich bezpośrednio do betonu z zupełnie dobrym skutkiem jako kruszywa, oczywiście jeżeli nie są zanieczyszczone gliną itp. więcej niż 3% na wagę. Czasem jednak posiadają one stosunkowo więcej piasku niż potrzeba, a wtedy w mieszaniu trze-

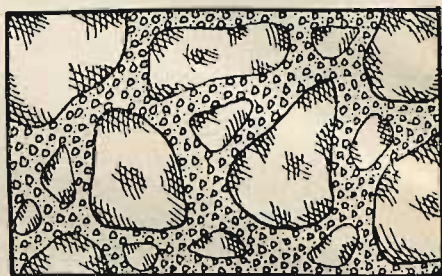


Fig. 4

ba zwiększyć ilość cementu. Przy większych robotach lepiej wtedy rozdzielić piasek od żwiru na siatkach drucianych o oczkach 7 mm czyli przerafować i dopiero następnie zmieszać je w kruszywo w odpowiednim stosunku. Tłuczeń należy też przerafować, aby usunąć z niego miał kamienny.

Praktyczne urządzenie do mycia, a jednocześnie przesiewania żwiru przedstawia fig. 5. Jest to pochyło ustawione koryto drewniane z siatką, umieszczoną w dnie dolnego końca. Woda, dopro-

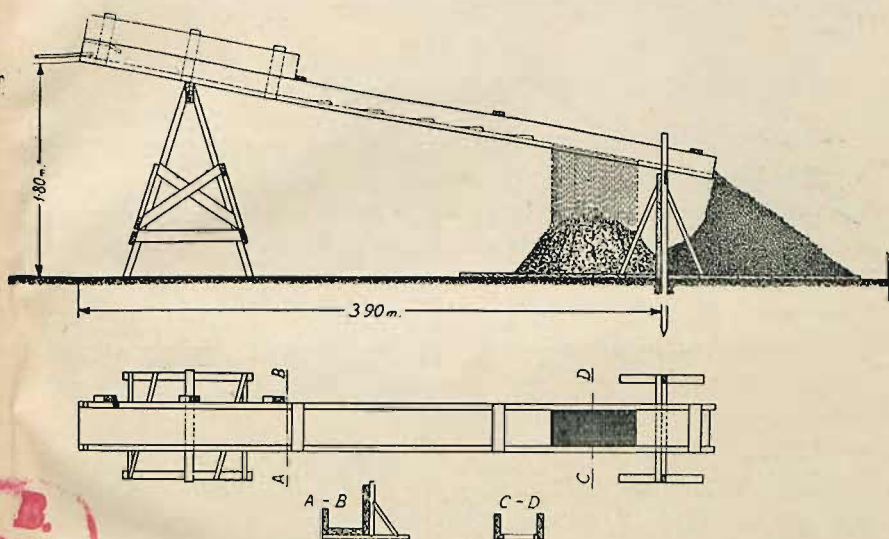


Fig. 5

wadzona pod ciśnieniem, porywa materiał żwirowy, wrzucony do koryta w górnym jego końcu, i toczy go po kaskadowo wyrobionym dnie koryta, obmywając i unosząc wszelkie zanieczyszczenia gliniaste i organiczne. Gdy materiał przesuwają nad sitem, następuje oddzielenie piasku od grubszych części.

§ 5. Woda

Woda do robót betonowych powinna być czysta, więc nie zawierać żadnych zanieczyszczeń gliniastych, ani organicznych, tłuszczów, kwasów itd.



Woda z moczarów, bagnisk, kałuż, woda zawierająca odpływy fabryczne nie nadaje się do betonu.

Ilość wody należy dostosować do rodzaju betonu, jaki chcemy uzyskać. Poza tym ilość wody dodawanej do betonu zależy od pory roku i stanu pogody, oraz od stopnia wilgotności i porowatości kruszywa. Im pora cieplejsza i suchsza, oraz im suchsze i bardziej porowate kruszywo, tym ilość wody musi być większa. Nie należy jednak dawać więcej wody, niż to jest konieczne dla uzyskania potrzebnego stopnia plastyczności mieszaniny, gdyż im więcej wody, tym wytrzymałość betonu będzie mniejsza.

§ 6. Żelazo (stal)

Wkładek żelaznych (stalowych)* używamy przede wszystkim w tych miejscach, w których występuje rozciąganie. Np. w belce położonej poziomo i obciążonej dolne włókna są rozciągane, górne — ściskane; toteż dodaje się w niej żelazo (stal) w części dolnej (fig. 6), beton bowiem większego rozciągania znieść nie może i pęka. Stosuje się je zresztą również w ścianach, słupach itd., gdzie rozciągań nie ma, dla zwiększenia wytrzymałości. Konstrukcje betonowe z zastosowaniem żelaza (stali) nazywamy żelazobetonowymi lub żelbetowymi.

U nas otrzymać można w handlu żelazo okrągłe od 1—10 mm (druć) o średnicach co 1 mm, pręty od 10—40 mm o średnicach parzystych (10, 12, 14 mm itd.), ze średnic większych zaś 45 i 50 mm. Druty 1 mm (rzadziej 2 mm) służą do wiązania z sobą prętów na skrzyżowaniu ich ze sobą. Druty 5 do 8 mm (rzadziej grubsze) stosowane są jako tzw. strzemiona w belkach i słupach. Na pręty główne tzw. nosące w płytach stosuje się druty od 6—12 mm, dla płyt grubszych więcej, nawet do 20 mm i wyżej.

* Do konstrukcji żelazobetonowych używa się wyłącznie żelaza zlew-
nego, które obecnie coraz częściej nosi nazwę stali. Ponieważ jednak nazwa
ta na oznaczenie żelaza zlewego została wprowadzona do polskiego słowni-
ctwa technicznego dopiero od niedawna, a w mowie potocznej jeszcze
utrzymuje się dawna nazwa, przeto w podręczniku niniejszym jest użyta
tylko w nawiasach obok nazwy żelazo.

Najczęściej w robotach żelbetowych stosowane jest handlowe żelazo
okrągłe.

Jako pręty tzw. rozdzielające (drugorzędne) w płytach używane są druty 5—6 mm. W belkach daje się pręty od 12—26 mm, w większych belkach do 32 mm; przy dużych konstrukcjach nawet znacznie więcej. Na słupy używa się prętów od 14 mm w górę.

Średnicę oznacza się na planach znakiem \emptyset lub „d“. Np. 3 \emptyset 14 dł. 1,84 (fig. 6) (lub 3 d 14 dł. 1,84) oznacza: trzy druty o średnicy 14 mm, a długości 1,84 m.

Długość żelaza handlowego wynosi 3—12 m, wyjątkowo do 15 m. Druty do 9 mm dostać można w zwojach. Druty takie wymagają prostowania w tzw. prostownikach, tj. maszynkach, w których drut przepuszcza się przez kilka stalowych walców i wyprostowuje. Z drugiej strony jednak drut w zwojach ciąć można na dowolne długości, a więc nie traci się tu ma-

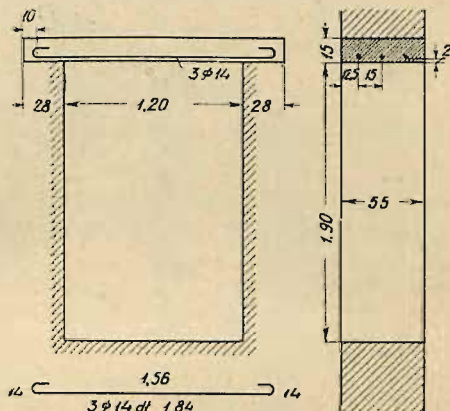


Fig. 6

teriału na obrzynki. Jest on więc używany chętnie. Prostowanie żelaza ze zwojów można uskutecznić również przez rozciąganie go za pomocą zwykłej windy, którą można z łatwością sporządzić na budowie z drewnianego okrągłaka, odpowiednio osadzonego w mocnej ramie drewnianej i zaopatrzonego w korbę do obracania (fig. 7). Oprócz żelaza okrągłego można używać także innych kształtów prętów, np. szyn kolejowych itd., co jednakowoż spotyka się rzadko, z powodu tego, że wyginanie ich natrafia na znaczne trudności, nadto zaś, że tak wielkie przekroje w konstrukcjach żelbetowych mniejszych, jakimi są prawie zawsze budowle wiejskie, nie są potrzebne i nie opłacają się.

Stosunkowo często natomiast używa się tzw. siatki jednolitej z ciągniętej blachy (siatki Ledóchowskiego), która znajduje się w handlu w kilkunastu wymiarach. Zastosowanie jej pozwala na znaczne uproszczenie roboty na budowie i dużą sztywność płyt. Dlatego też pomimo wyższej ceny i większej wagi używana bywa

zwykle hakami ostrokątnymi (fig. 8). Haki prostokątne są gorsze.

Haki półkoliste są najlepsze, lecz ponieważ ich wykonanie jest kosztowne, stosuje się je tylko wyjątkowo w wypadkach, gdy jest potrzebne szczególnie mocne zakotwienie.

Długość takiego haka od początku półkola równa się około $10d$, np. przy wkładce 15 mm równa się 15 cm . Jeżeli wkładki trzeba zetknąć na długość, to zakłada się je na siebie o długość $30d$ i owija drutem 1 mm (fig. 9). Można zastosować też spawanie łukiem elektrycznym lub acetylenem (fig. 10), wtedy jednak należy pogrubić miejsce zetknięcia.

Styk w każdym razie nie powinien być umieszczony w miejscu, w którym występują największe siły; np. w belce zginanej w środku jej długości.



Fig. 9



Fig. 10

Nie należy też łączyć kilku wkładek obok siebie, lecz styki powinno się przestawić.

Cięcie prętów stalowych (żelaznych) wykonywa się na stole z grubych bali, na którym rysuje się kredą kształt wkładki, a na załomach wbija bolce lub klamry. Do wyginania używa się haków (fig. 11) pojedynczych lub podwójnych. Można też zastosować widełki przedstawione na fig. 12, przy użyciu których jednym ruchem ręki spo-

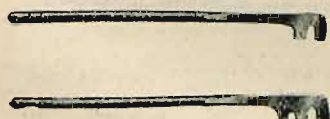


Fig. 11

rządzamy dwa zgięcia. Gięcie wykonywamy wtedy między dwoma równoległymi listwami, przybitymi do stołu w odstępach równym projektowanej wysokości wkładki. Specjalne przy-

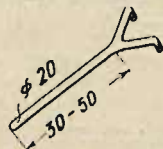


Fig. 12

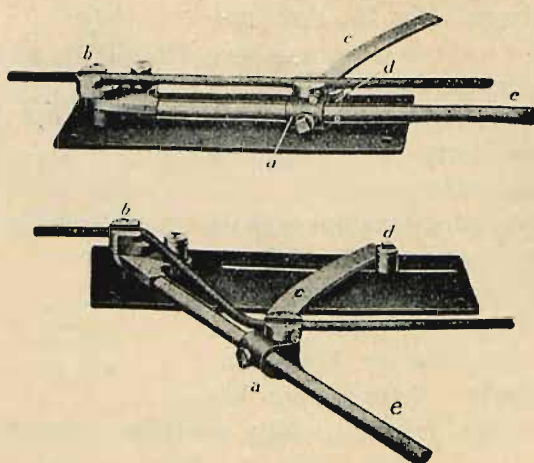


Fig. 13

rzędy, w rodzaju przedstawionego na fig. 13, umożliwiające dokładniejsze wykonanie gięcia przy użyciu mniejszego wysiłku, są przeto stosowane na każdej większej budowie.

§ 7. Zaprawa cementowa

Cement czysty lub cement z piaskiem zrobiony wodą prze-

chodzi w krótkim czasie w stan stały czyli wiąże; następnie tęższe, wreszcie zaś twardsze coraz bardziej. W miarę twardnienia zwiększa się też wytrzymałość tej masy, tzw. zaprawy cementowej. Wzrost wytrzymałości jest zrazu bardzo szybki, jednak po upływie mniej więcej trzech miesięcy wytrzymałość osiąga prawie swą największość i potem wzrasta tylko nieznacznie.

Stosunek cementu do piasku zależy przede wszystkim: a) od żądanej wytrzymałości; im większa bowiem ilość cementu, tym większa wytrzymałość, aż do pewnej granicy; b) od wielkości ziarn piasku; najmniejszej ilości cementu wymaga piasek o różnej średnicy ziarn.

Ilość cementu i piasku w zaprawie określamy stosunkiem objętości, np. 1 : 2. Oznacza to, że na jedną część cementu przypada 2 części piasku. Cement wypełnia próżnię między ziarnami piasku. Dlatego też objętość zaprawy nie równa się sumie objętości cementu i piasku, ale jest mniejsza od niej, przy czym stosunek objętościowy czyli tzw. wydajność zależy od rodzaju i wielkości ziarn materiałów składowych. Przeciętną wydajność zaprawy przy różnych mieszaninach wskazuje tablica 1.

Tabl. 1. Wydajność zaprawy cementowej

Mieszanina	Objętość cementu w m ³	Objętość piasku w m ³	Ilość wody w litrach	Objętość zaprawy w m ³
1:1	1	1	360	1,50
1:1½	1	1,5	450	1,75
1:2	1	2	530	2,10
1:2½	1	2,5	570	2,55
1:3	1	3	640	2,90
1:4	1	4	800	3,65

Przyjmując zaś przeciętną wagę 1 litra cementu lekko nasypianego równą 1,2 kg, otrzymamy następujące ilości poszczególnych składników na 1 m³ zaprawy w stanie plastycznym:

Tablica 2

Stosunek mieszaniny	Kg cementu	Litrów piasku	Ilość wody w litrach
1:1	800	670	335
1:1,5	680	850	290
1:2	575	960	250
1:2,5	465	980	225
1:3	415	1040	220
1:4	330	1100	215

Ilość wody zależy jednak wogóle od stanu wilgotności piasku (por. § 4).

Z zaprawy cementowej wykonywa się tylko delikatniejsze części budowli o niewielkiej grubości, np. tynki, podłogi, gzymsy, oraz tzw. wyroby cementowo-piaskowe.

§ 8. Beton

Beton jest sztucznym kamieniem, uzyskanym przez stwardnienie mieszaniny cementu, kruszywa i wody. Zaczyn cementu z wodą jest materiałem łączącym, zlepiającym kruszywo; dlatego też musi je otaczać dokładnie.

Zależnie od rodzaju budowli stosunek wzajemny ilości poszczególnych składników betonu bywa rozmaity. Ilość dolewanej wody w połączeniu z warunkami atmosferycznymi i wilgotnością kruszywa decyduje o stopniu ciekłości czyli tzw. konsystencji

betonu. Rozróżniamy trzy charakterystyczne stany konsystencji betonu:

1) Beton ubijany (sypki) z dodatkiem wody 50—100 l na 1 m³. Beton ten trzeba ubijać przez uderzanie ubijakiem do chwili aż się zacznie „pocić” czyli wydzielać na powierzchni wodę.

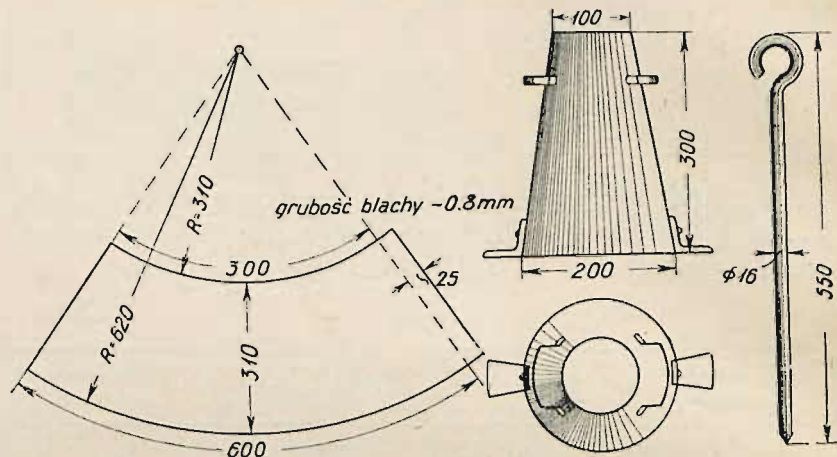


Fig. 14

2) Beton plastyczny z dodatkiem wody 100—150 l na 1 m³. Beton taki wypełnia formy bez ubijania mocą samego rozplywu przy użyciu nieznacznej pomocy mechanicznej. Ślady ubijania na jego powierzchni same się rozplywają.

3) Beton lany (płynny) z dodatkiem wody 150—200 l na 1 m³. Beton ten w zakresie omawianym w tej książce nie ma znaczenia i dlatego go pomijamy.

Podane tu ilości wody są przybliżone i mają znaczenie tylko orientacyjne, gdyż zależą, jak wyżej powiedziano, od warunków atmosferycznych i wilgotności kruszywa, a także od zawartości cementu i od uziarnienia kruszywa. Im więcej piasku w kruszywie, oraz im mniejsza zawartość cementu w betonie, tym więcej wody potrzeba do osiągnięcia żądanego stopnia ciekłości.

W każdym tedy wypadku trzeba ustalić potrzebną ilość wody, określając ją na oko albo przez próbę opadu. Próbę opadu wykonuje się w następujący sposób: blaszaną formę o kształcie stożka ściętego bez dna (fig. 14) wypełnia się ładaną mieszaniną warstwami, które się kolejno dźwigniem żelaznym ubija, po czym

podnosi się ostrożnie formę i mierzy wielkość opadu stożka betonowego (fig. 15).

Beton sypki wykazuje przy wysokości formy 30 cm opad do 4 cm, plastyczny 5—15 cm, lany 16—20 cm. Nie tak ściśle jak

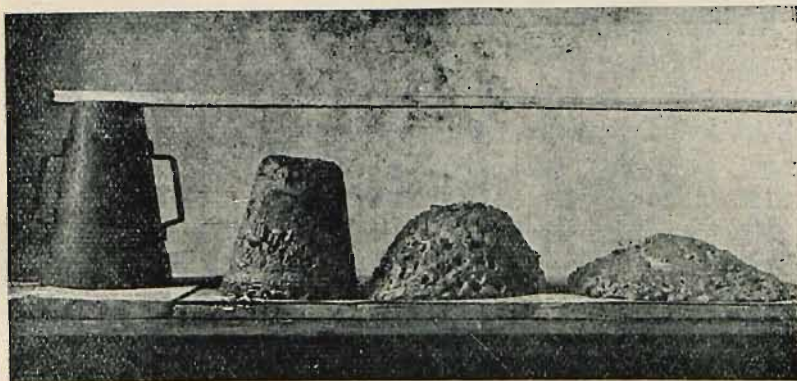


Fig. 15

za pomocą próby opadu, ale z dostateczną dla małych robót dokładnością możemy stopień ciekłości (konsystencję) betonu określić, obserwując zachowanie się powierzchni świeżo zamieszanego betonu, uderzonej silnie łopatą lub kielnią. Jeżeli uderzenie nie pozostawi śladu na powierzchni betonu, oznacza to, że beton jest sypki. Na betonie plastycznym ukaże się powierzchnia gładka, lśniąca od wilgoci. W betonie płynnym utworzy się wgłębienie, którego brzegi zaraz się zalewają.

Dawniej wykonywano konstrukcje betonowe prawie wyłącznie z betonu sypkiego. Uważano bowiem, że tylko przez mocne ubijanie betonu można uzyskać materiał dostatecznie gęsty i wytrzymały. Tymczasem beton o większej ciekłości nie daje się ubijać i z tego powodu był uważany za mniej wartościowy. Natomiast w konstrukcjach żelbetowych, zwłaszcza z gęsto rozmieszczonymi wkładkami, beton ubijany okazał się mniej odpowiedni, a to z następujących powodów: 1) przy ubijaniu wkładki zmieniają swe położenie, przy czym mogą się zanađto przybliżyć do siebie lub do deskowania; 2) beton sypki pomimo najstaranniejszego ubijania nie może się wcisnąć wszędzie przez wąskie odstępy między wkładkami; 3) beton sypki nie przylepia się tak dobrze do żelaza jak beton o większej zawartości wody.

Z powyższych względów beton ubijany wychodzi z użycia w konstrukcjach żelbetowych, ustępując miejsca betonowi plastycznemu a w specjalnych wypadkach płynnemu. Ale także w konstrukcjach czysto betonowych beton plastyczny daje na ogół lepsze wyniki niż beton sypki.

Nie wymaga bowiem tak dokładnej kontroli przy betonowaniu, jak beton sypki, którego wartość zależy w dużej mierze od dobrego ubijania, i jest od ubijanego bardziej jednolity. W ubijanym betonie poszczególne warstwy nie łączą się ze sobą należycie, skutkiem czego płaszczyzny zetknięcia poszczególnych warstw stanowią słabe miejsca konstrukcji.

Obecnie stosuje się beton ubijany albo w wielkich blokach, od których nie żądamy dużej wytrzymałości, albo w drobnych wyrobach lub cienkich płytach betonowanych jedną warstwą.

W normalnych konstrukcjach żelbetowych i betonowych stosuje się beton plastyczny i to o tym większej zawartości wody, im grubość konstrukcji jest mniejsza a sieć wkładek gęściejsza.

Stosunek ilości piasku do żwiru, względnie tłucznia, ustala się dzisiaj w ten sposób, aby mieszanina obu składników była możliwie jak najgęstsza. Ponieważ jednak sposób ten jest nieco kłopotliwy przy robotach wiejskich, prowadzonych zwykle bez fachowego kierownika, przeto trzeba zwykle poprzestać na mniej doskonałym, dawniejszym sposobie określenia stosunku piasku do grubszych składników kruszywa, a mianowicie przy żwirze jak 1:2, zaś przy tłuczniu jak 1:1½.

Podobnie przy określaniu proporcji cementu, która w zasadzie powinna być podawana w kilogramach cementu na 1 m³ kruszywa lub 1 m³ gotowego betonu, można na małych robotach wiejskich posługiwać się mniej ścisłym sposobem oznaczania stosunku wedle objętości.

Przy tym sposobie stosunek np. 1:2:4 oznacza, że 1 miarę cementu należy zmieszać z 2 takimi samymi miarami piasku i z 4 miarami żwiru. Odmierzanie składników może się odbywać albo przy pomocy tacek, którymi je dowozimy do miejsca mieszania, albo przy pomocy skrzynek bez dna, przedstawionych na fig. 16, przy czym odmierzany materiał należy wsypywać lekko bez ubijania. Jeżeli beton wykonywa się ze spóły, to stosunek określa się dwiema liczbami, np. 1:4, co oznacza, że na 1 miarę cementu idą 4 miary kruszywa. Takie samo oznaczenie stosuje się czasem

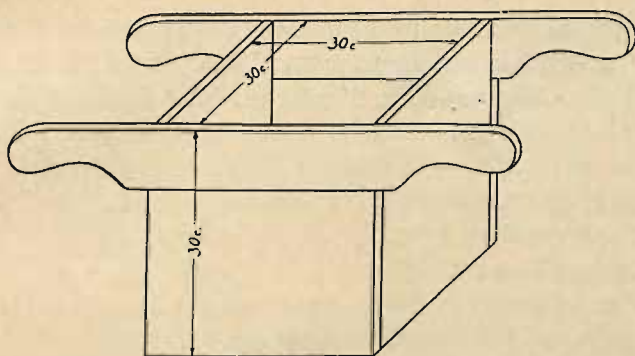
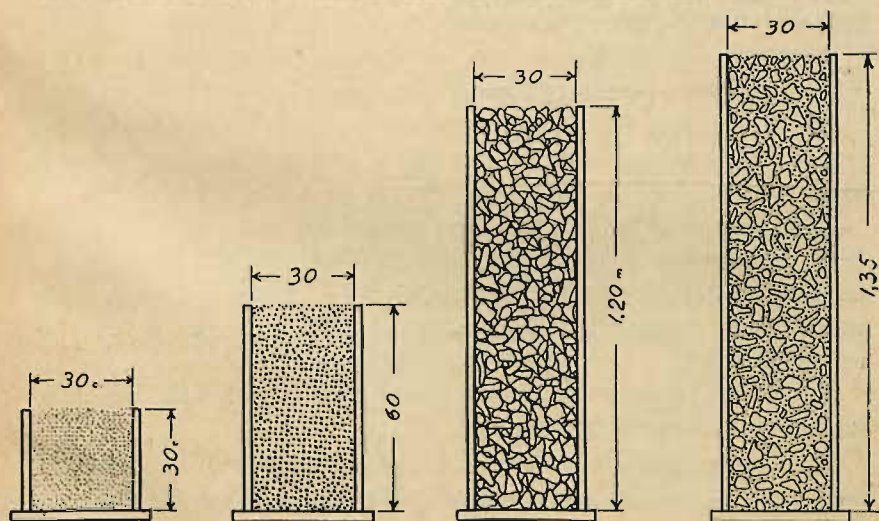


Fig. 16

także do betonu wykonanego z trzech składników (cementu, piasku i żwiru). Wtedy druga liczba oznacza objętość mieszanki piasku i żwiru, która oczywiście nie jest równa sumie objętości piasku i żwiru, gdyż piasek wnika częściowo w żwir, wypełniając puste przestrzenie między ziarnami żwiru. Tak np. stosunek 1:2:4 różni się niewiele od stosunku 1:4, a bynajmniej nie odpowiada stosunkowi 1:6.

Objętość gotowego betonu jest mniejsza nie tylko od sumy objętości składników, ale także od objętości mieszanki, co się tlu-



Cement + Piasek + Kruszywo = Beton

Fig. 17

maczy zgęszczeniem się mieszaniny w deskowaniu pod wpływem ubijania, względnie osiadania masy. Ilustruje to fig. 17, na której z jednej miary cementu, 2 miar piasku i 4 miar żwiru otrzymuje się $4\frac{1}{2}$ miary betonu. Ubytek objętości jest największy w betonie ubijanym, mniejszy w betonie plastycznym, a najmniejszy w betonie lanym. Przybliżone (orientacyjne) dane co do ilości materiałów potrzebnych do otrzymania 1 m³ betonu podaje tablica 3 na str. 29.

Cyfry w tablicach podane uważać można za przeciętne, a wogóle za zmienne, zależne od właściwości wszystkich trzech składników betonu. Jeżeli piasek jest bardzo drobny, należy dla tej samej mieszaniny zwiększyć ilość cementu o 10—15%.

Im więcej cementu, tym beton wogóle wytrzymałszy. Odpowiednio do tego używamy następujących mieszanin:

1: 1,5: 3 — tłusta, silna, używana na słupy i inne części budowli żelbetowych bardzo silnie obciążone, oraz, jeżeli chodzi specjalnie o nieprzepuszczalność dla wody lub odporność na ścieranie (chodniki, podłogi śpichrzów, piwnic, garaży, tarasy, słupki ogródeniowe, kręgi studzienne, baseny itd.) ;

1: 2 : 4 — używana w budowlach żelbetowych; chudszych mieszanin w żelazobetonie stosować nie wolno, gdyż nie chronią żelaza (stali) od przerdzewienia;

1: 2,5: 5 — średnia, używana w budowlach betonowych do delikatniejszych i bardziej narażonych części konstrukcyj;

1: 3: 6 — słaba, używana w masywnych częściach budowli bet. ;

1: 4: 8 — mieszanina bardzo słaba, chuda, używana na podrzędne części, np. podłogi, wypełnienie pachwin sklepień itp.

Wytrzymałość betonu zaraz po związaniu jest niewielka i dlatego deskowania zbyt prędko usuwać nie wolno. Szczegółowo omawia się terminy rozdeskowania w § 13. W miarę twardnienia wzrasta wytrzymałość betonu zrazu bardzo szybko, potem po upływie dwóch, trzech miesięcy znacznie wolniej.

Jednakowoż jeszcze po dwóch latach można zauważyć zupełnie widoczny wzrost wytrzymałości.

Wspomnieć jeszcze należy o betonie żużlowym, stosowanym zwłaszcza w pobliżu większych węzłów kolejowych i parowozowni, a także dużych ośrodków przemysłowych.

żużel z pod kotłów lub parowozów, jako pozostałość ze spalania węgla kamiennego, jest bardzo dobrym składnikiem betonu, je-

żeli jest umiejętnie przygotowany (§ 4). Beton żuźlowy układa się dobrze, zwłaszcza sposobem sypanym (bez ubijania) jako sypki beton z mieszaniny żuźła i piasku żwirkowego w stosunku 1: 3: 6. Beton taki jest dość porowaty, a tym samym zabezpiecza w dużej mierze od przewodnictwa ciepła i dźwięku.

III. WYKONANIE BUDOWLI BETONOWYCH

§ 9. Mieszanie betonu

Należyte rozmieszanie wszystkich składników betonu uzyskuje się przez dokładne wymieszanie ich ze sobą. Jest to czynność bardzo ważna; od niej zależy bowiem w znacznej mierze wytrzymałość betonu.

Mieszanie odbywa się ręcznie lub w maszynach, zwanych betoniarkami. Maszynowe mieszanie jest wprawdzie znacznie lepsze,

ale opłaca się tylko przy większych budowach, przeto o nim szerzej mówić nie będziemy.

Mieszanie ręczne przy udziale dwóch robotników odbywa się na poziomym pomoście, tzw. stole (podłodze), o wymiarach około 3—4 m, wykonanym w kwadrat z desek drewnianych; czasem używa się jednak pomostu podłużnego o szerokości około 2 m, długości 5—6 m.

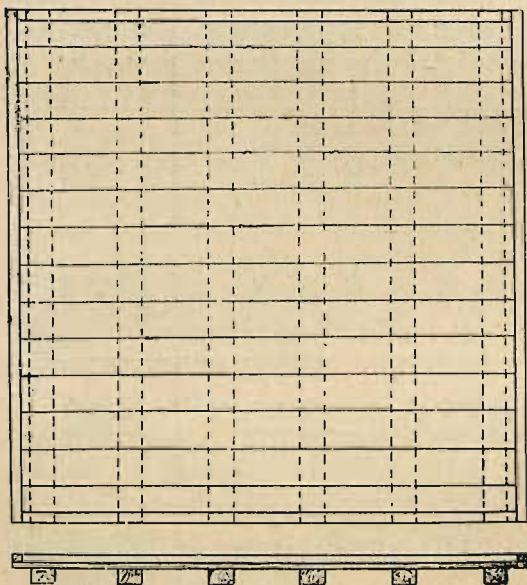


Fig. 18

(fig. 18) deski calowe (2,5 cm) o długości 3—4 m zbija się szczelnie na beleczkach 5×10 cm, rozmieszczonych co 60—80 cm.

W drugim (fig. 19) pomost składa się z części o długości 1,5 m, z których każda spoczywa na osobnych podkładach, przez co