

B E T O N

Rozdział I.

BETON JAKO MATERJAŁ BUDOWLANY .

§ 22. Zasady ogólne. Betonem nazywa się materiał budowlany, składający się z drobnych części ciał twardych, zmieszanych z materiałami wiążącymi. Podobną mieszaninę wypełniają się formy, w których po stwardnieniu materiałów wiążących, beton otrzymuje pożądane kształty.

Jako materiały twarde mogą służyć: drobne kamyczki, żabier, tłuczeń, żwir, piasek, odłamki cegły, żużle, koks, odpadki metalowe i inne rozdrobnione materiały, które ogólnie nazywają się "szkieletem" lub "balastem" betonu.

Jako materiały wiążące używa się: zaprawy budowlanej, gipsu, glinę, asfalt i inne. W zależności od tych materiałów odróżniamy betony: cementowe, wapienne, gipsowe, asfaltowe, gliniane i t.d. Zrzadka do nazwy dodaje się i rodzaj balastu, a mianowicie bywają w użyciu nazwy: "beton cementowo - żużlowy" lub "gipsowo - ceglany" i t.d.

Najczęściej jednak stosuje się betony z drobnych lub

rozdrobnionych kamieni i cementów, dla których należałoby zachować nazwę "beton", a mieszaniom z innych materiałów dać inne specjalne określenia.

Betony cementowe mają szerokie zastosowanie w budownictwie i dlatego zwrócimy na nie większą uwagę.

Z tych betonów tworzą się baseny, przewody kanalizacyjne, studnie, fundamenty, ściany, sklepienia, opory mostów, forty, różne budowle portowe i rzeczne, oraz mniejsze części gmachów: gzymsy, stopnie schodów, płytki dla posadzek i trotuarów i t.d.

Jeżeli dana budowla jest wykonana z jednej bryły betonu, to podobny mur nazywa się "betonem - monolitem", jeżeli zaś dla wykonania użyte zostały bryły betonu połączone spoinami, to wtedy otrzymujemy "beton z bloków". Cystermy, baseny, sklepienia i t.p. części bywają zwykle monolitami; budowle większych rozmiarów, np. balwary, jazy, mosty, domy i t.p. najczęściej wykonywują się z oddzielnych bloków.

Tężenie zapraw cementowych pod wodą nadaje betonom tego rodzaju możliwość jaknajszerszego zastosowania do robót podwodnych i dla ścianek nieprzepuszczających, nie tylko wilgoci, ale nawet wody bieżącej.

§ 23. Części składowe betonów cementowych. Zaprawy cementowe były rozpatrzone w poprzednich rozdziałach, więc obecnie wyjdziemy poza granice właściwości balastu betonów, a

nowicie: drobnych kamieni (okraglaków), szabru, tłucz-
ki, żwiru i innych odłamów kamieni.

Okraglaki, znajdujące się na polach, lub spadające z
gór, są to najczęściej bardzo twarde kamienie, kolistej
lub prawie z wygładzoną powierzchnią. Okraglaki bywają różnej
wielkości: od wielkości orzecha, do wielkości głowy dziec-
więc nie wszystkie nadają się do robienia betonu. Znaczą-
cą ilość okraglaków znajduje się w stronach górzystych,
nie po stopnieniu śniegów, tworzą się w dolinach jezior-
no których zalegają pokłady okraglaków. Jeziora stop-
niowo wysychają, a okraglaki bez trudności mogą być wywie-
zione dla robót. Jest to bardzo mocny i tani materiał, jed-
nak gładkie powierzchnie okraglaków mają tę wadę, że zmniej-
sają przyczepność zaprawy do balastu.

Jeżeli drobne kamienie rodzime nie mają form kolis-
tycznych, to nazywają się szabrem. Szabry są najczęściej okru-
żone z rozkładu większych kamieni, mają zazwyczaj chropa-
tą powierzchnie i nieprawidłowe formy, wytrzymałością nie
równują okraglakom, lecz przyczepność do zaprawy mają
większą.

Żwir jest bardzo grubym piaskiem lub drobnym 1 - 2 cm.
szabrem i ma podobne doń własności.

Tłuczeń otrzymuje się z kamieni rodzimych lub sztucz-
nych przez rozdrabnianie ich ręczne lub maszynowe. Najczę-
ściej do tego celu używają się trwałe pokłady skał, tłu-

czeń zaś z cegły stosuje się dla robót drugorzędnych.

Pożądane jest by tłuczeń miał formę nieprawidłową, powierzchnie chropawe i nie zawierał cząstek ziemi lub innych domieszek.

Tłuczeń z cegły nie powinien zawierać cząstek wypalonego wapienia, które, jak mówiliśmy wyżej, przy połączeniu z wodą gaszą się i zwiększając swą objętość, mogą wywołać pęknięcia w masie betonu.

Takież obawy wywołują żużle, zawierające związki siarczane; te ostatnie tworzą z wodą i wapnem gips, który też zwiększa swą objętość.

Naogół doświadczenia wskazują, że wytrzymałość betonu jest większa przy większej objętości balastu t.j. kamyków lub ziaren, szabru, żwiru, okrągłaków lub tłuczni, jednak objętość ta nie może przekraczać pewnych norm, gdyż w przeciwnym razie otrzymuje się nierównomierną masę betonu. Duże ciężkie kamienie opuszczają się przy mieszaniu na dół i pomimo starań tworzą warstwy słabo zlepione zaprawą.

W praktyce, kamienie szabru lub okrągłaki, przeznaczone dla betonu, przesiewa się przez siatkę z oczkami okrągłymi o średnicy 7 cm. lub kwadratowymi 6x6 cm.

Oprócz tego beton można rozpatrywać jako zaprawę z bardzo grubym piaskiem, a więc poprzednie wskazówki o wymaganej różnicy w objętości ziaren piasku stosują się i dla balastu betonu.

Załączony rysunek (97) wyjaśnia podobne twierdzenie. Oczywiście, że masa A , zawierająca tylko duże kamyki, wymaga więcej zaprawy dla wypełnienia próżni, niż następna B , w której przez dodanie drobniejszych ziaren, można zmniejszyć ilość potrzebnej zaprawy. Gdyby do betonu A była zużytkowana taka sama ilość zaprawy, jaka była potrzebna dla masy B , to oczywiście nastąpiłoby zmniejszenie objętości A , albo też próżnie między kamieniami nie byłyby wypełnione szczelnie, przez co masa betonu stałaby się porowatą.

Bardziej jeszcze ścisłą i wymagającą mniejszej ilości zaprawy będzie masa betonu C , jeżeli do dużych i mniejszych kamyków dodać żwiru, który wypełni próżnie, jakie jeszcze zostały po dodaniu mniejszych kamieni.

Oczywiście, że taki beton, będąc ścisłym, jest również najtańszym, gdyż wymaga mniejszej ilości cementu, a wartość jego jest zazwyczaj większa, aniżeli cena szabru i żwiru.

Z tego przykładu wnioskujemy, że należy przez odpowiedni dobór kamieni otrzymać najbardziej ścisłą, wymagającą najmniejszej ilości zaprawy masę; następnie zaś przez właściwy dobór grubości ziaren piasku najmniejszą jej porowatość dla zmniejszenia ilości potrzebnego cementu.

Racjonalny dobór zależy od formy i rozmiarów kamyków ziaren piasku, więc z trudnością może być określony teo-

retycznie; natomiast w praktyce po kilku próbach można osiągnąć pożądane rezultaty.

Pierwsze próby można zacząć od stosunku średnicy większych i mniejszych kamieni: 2,5 - 3 : 1, i ilości obu gatunków w stosunku 3 - 3,5 : 1; następnie zwiększając i zmniejszając wskazane normy, można dojść do najbardziej pożądanych dla warunków miejscowych rezultatów. Następnie jeżeli dla szabru lub okrągłaków, zmieszanych w ten sposób z cementem, ma być dodany gruby piasek, to najlepsze rezultaty otrzymania się przy zmieszaniu piasku, drobnych i większych kamieni w stosunku 1 : 2 : 6.

Ciekawe wyniki dają badania laboratoryjne. Znany nam inżynier Peret badał wytrzymałość betonów na ściskanie, dodając do mieszaniny z kamieni różnej wielkości szprawkę cementową 1 : 3. Kamienie miały rozmiary: A - od 4 do 6 cm. (przechodziły przez oczko o średnicy 6 cm. i zatrzymywały się na 4 cm.) B - od 2 do 4 cm. i C - od 1 do 2 cm.

Badania dały takie wyniki:

Stosunek mieszaniny			Czasowa wytrzymałość
A	B	C	
4	: 1	: 1	153 kg. na cm. ²
1	: 4	: 1	145 " "
1	: 1	: 4	120 " "
2	: 2	: 2	133 " "

Stąd wnioskujemy, że największa wytrzymałość 153 kg. na cm^2 otrzymuje się przy największej ilości dużych kamieni (A), najmniejsza zaś 120 kg/ cm^2 przy użyciu czterech części drobnych (C).

Jeszcze bardziej przekonujące rezultaty dają badania Fuller'a nad betonami, zawierającymi 1 część cementu i 6 części szabru wraz z szabrem. Okazało się, że przy różnych stosunkach piasku i szabru otrzymuje się różną wytrzymałość masy, a mianowicie: jeżeli przyjąć dla stosunku 1 cem. : 1 piasek : 1 szabru wytrzymałość równą jednostce, to dla

1 : 2 : 4	będzie	0.87
1 : 3 : 3	"	0,70
1 : 4 : 2	"	0.42
1 : 6 : 0	"	0.18

W ten sposób najmocniejszym będzie beton zawierający 5 części szabru i najslabszym - z samego piasku.

Mozna przypuszczać, że jeszcze większą wytrzymałość betonu można byłoby otrzymać przy użyciu szabru różnej wielkości.

W każdym razie badania te wskazują, że z jednakowych materiałów można przez umiejętne zastosowanie stosunku ich w mieszaniu otrzymać betony kilkakrotnie przewyższające wytrzymałością mieszaniny robione nieumiejętnie.

Dlatego też inteligentny wykonawca robót powinien, dobierając piasek różnej grubości, wytworzyć najbardziej śc'

szą masę dla zaprawy, a następnie stosownym doбором szab i żwiru nadać takąż ścisłość balastowi. Wtedy przy niezmiernie dużej ilości cementu można otrzymać dużą wytrzymałość betonu.

Na zakończenie rozdziału wskazemy, że w praktyce to ogólne przekonanie o wysoce dodatnim znaczeniu tłuczni w porównaniu z szabrem i szabru w porównaniu z okrągłakami.

Nie przesadzając tej kwestji, należy jednak wskazać, że porowatość okrągłaków jest o 15% - 30% mniejsza od porowatości szabru, więc te ostatnie wymagają dla spoiwa mniejszej ilości zaprawy; następnie badania Goodrich'a wskazały, że szkielety betonowe z szabru miały większą wytrzymałość od podobnych im bloków z tłuczniem.

Bach udowodnił, że elastyczność próbek betonowych wykonanych z szabrem jest większą od wykonanych z tłuczniem.

Z tych więc powodów stanowczo sympatje praktyków dla tłuczni i szabru nie znajdują potwierdzenia w laboratorjach.

§ 24. Stosunek części składowych betonu. Przygotowany dla danej budowli beton winien odpowiadać przyszłemu runkom jego pracy; a że zalety betonu zależą od jego części składowych, więc nie tylko własności tych materiałów ale i stosunki ich objętości powinny być zastosowane do istniejących potrzeb.

Szerokie zastosowanie betonu pociąga za sobą tak

norodne wymagania, że wyznaczenie ściśle określonego stosunku między częściami składowymi jest niemożliwe. Dla każdej budowli, a nawet dla poszczególnych jej części winien być określony należyty stosunek materiałów składowych betonu, zastosowany do potrzeb.

Np. baseny, rezerwoary, grodzie i t.p. powinny być wykonywane z betonu wodonieprzepuszczalnego; natomiast fundamenty, opory mostów, latarnie morskie wymagają betonów, wytrzymałych na ściskanie; dla ścian i przegródek pożądanym jest beton porowaty t.j. nieprzepuszczający ciepła i dźwięku.

Bez wątpienia najbardziej mocnym, trwałym betonem będzie materiał, w którym wszystkie próżnie w szablach będą wypełnione zaprawą, a wszystkie próżnie w zaprawie wypełnione cementem. Wtedy tłusta zaprawa wypełni pory balastu i zwiąże poszczególne jego kamyki.

Jednakże bogaty w zaprawę i w cement beton będzie za kosztowny, przeto nieodpowiedni dla robót drugorzędnych np. dla warstw pod asfalt lub posadzki kamienne, lub może okazać się za ścisły i za ciężki dla ścian i przegródek. Z przytoczonych przykładów widać, że zachodzi potrzeba przygotowywania betonów różnych gatunków i własności.

Dzielimy betony na następujące grupy:

Tłuste: są to betony o tłustej zaprawie, w której

wszystkie pory między ziarnkami piasku są za-

pełnione cementem.

Chude: betony o chudej zaprawie.

Ścisłe: betony, w których wszystkie próżnie w szabrze tłuczni, żwirze lub innym materiale balast są wypełnione tą lub inną zaprawą.

Porowate: - betony z niedostateczną ilością zaprawy.

W ten sposób charakter masy betonu jest określony dwoma wyrazami "tłusty - ścisły", "tłusty - porowaty", "chudy - ścisły" i "chudy - porowaty".

Określmy stosunek części składowych dla każdego z podanych rodzajów betonu.

Z tego co było powiedziane w § poprzednim, widać, że porowatość piasku waha się w granicach 25% - 50%. Więc zaprawa 1 : 2, w której cement wypełni 50% próżni, będzie zawsze tłustą; zaprawa zaś 1 : 4 - bezwzględnie chudą.

Ogólna objętość próżni w okrągłakach, szabrze lub tłuczni nie bywa mniejsza, aniżeli 33% i nie przekracza 50%. Jednak dla określenia objętości potrzebnej zaprawy, należy podane normy powiększyć o 10% - 15%, jako kompensatę nierównomiernego rozmieszczenia zaprawy przy mięszaniu masy.

Przyjmujemy jako zapas 15%, lecz nie będziemy dodawać żadnych współczynników do próżni w piasku.

(Niektórzy autorowie dodają 5% - 10%) 1°)

1°) Feret określa porowatość szabru na 33,5% - 41,7%, a

Z tych więc powodów objętość próżni waha się w granicach $33\% + 15\% = 48\%$ i $50\% + 15\% = 65\%$.

Przypomniamy, że zaprawa 1 : 2 da 2,66 części, a przy 1 : 4 - 4,71 części ciasta.

Dla zapełnienia wszystkich próżni w najbardziej porowatym tłuczniu potrzeba 65% ciasta zaprawy, a więc jedna część zaprawy zapełni

$$\frac{1,00}{0,65} = 1,54 \text{ części tłucznia}$$

Następnie, zaprawa 1 : 2 dająca 2,66 części zapełni próżnie $2,66 \times 1,54 = 4,096$ części tłucznia. Stąd wnioskujemy, że przy najwięcej porowatym tłuczniu i piasku beton 1 : 2 : 4,09 będzie tłusty i ścisły.

Przy zaprawie bezwzględnie chudej 1 : 4, dającej 4,7 cz. ciasta i poprzednim tłuczniu, mogą być zapełnione przez zaprawę próżnie w $4,71 \times 1,54 = 7,25$ cz. tłucznia, a więc

tłucznia na 46,4% - 53,4%. Większe liczby odnoszą się do takich materiałów, które posiadają kamyki jednakowej wielkości. Mahiels podaje takie wskazówki:

Porowatość okrągłaków różnych rozmiarów	33 % - 40 %
" " jednakowych "	40 % - 44 %
" tłucznia różnych "	44 % - 50 %
" jednakowych "	48 % - 56 %

Przyjęto dla obliczeń, jako maximum 50%, gdyż trudno przypuścić aby w budowie używano najmniej odpowiedniego tłucznia jednakowych rozmiarów, z porowatością 53,4% - 56%.

beton 1 : 4 : 7,25 będzie chudy i ścisły.

Betony porowate otrzymują się przy niedostatecznej ilości zaprawy, a więc jeżeli dla szabru z 48% próżni potrzeba 0,48 części zaprawy, to jedną częścią zaprawy można zapełnić $\frac{1}{0,48} = 2,09$ części szabru^{ku}, a przy dodaniu większej ilości balastu otrzymamy beton porowaty.

Stąd określamy, że przy zaprawie tłustej (1 : 2) dającej 2,66 cz. ciasta można zapełnić $2,09 \times 2,66 = 5,59$ cz. szabru, a przy zaprawie chudej (1 : 4) — $2,09 \times 4,71 = 9,84$ cz. szabru.

Otrzymaliśmy wskazane rezultaty przy najmniej porowatym materjale, a zatem zwiększając znalezioną ilość części szabru 5,59 : 9,84, lub jego porowatość, otrzymamy betony porowate. Stąd wnioskujemy, że beton 1 : 2 : 5,59 będzie "tłustym - porowatym", a 1 : 4 : 9,84 - "chudym - porowatym".

Zaokrąglając otrzymane rezultaty, możemy wskazać pewne granice gatunków betonu, a mianowicie:

1 : 2 : 4	bezwzględnie	tłusty	i	ścisły	beton
1 : 2 : 5,5	"	"	"	porowaty	"
1 : 4 : 7,25	"	chudy	"	ścisły	"
1 : 4 : 10	"	"	"	porowaty	"

Inne stosunki części składowych mogą dać betony należące, w zależności od porowatości piasku i szabru do tej lub innej grupy. Np. beton 1 : 3 : 6 przy ścisłym piasku

o porowatości 33% będzie tłustym, gdyż jedną częścią cementu zapełnia się w nim wszystkie próżnie, następnie, jeżeli porowatość szabru będzie 60 % to objętość próżni w sześciu częściach wyniesie $6 \times 0,60 = 3,60$ cm., które będą zapełnione otrzymanymi 3,65 częściami ciasta zaprawy, a więc beton będzie ścisłym.

Stąd wnioskujemy, że przy porowatości piasku 33% i szabru $45\% + 15\% = 60\%$, beton o stosunku 1 : 3 : 6 będzie tłusty i ścisły; przy większej porowatości piasku chudy - ścisły, przy więcej porowatym szabrze tłustym i porowatym, wreszcie przy bardziej porowatym piasku i szabrze - chudy i porowaty.

W praktyce, znając porowatość materiałów, możemy zaliczyć beton o podanym stosunku części składowych, do tej lub innej grupy, przyczem wskazane wyżej granice ułatwią rozwiązanie zagadnienia.

Zazwyczaj dla przygotowania betonu do jednej części cementu dodają od 2-ech do 5-ciu części piasku i od 4-ech do 10-ciu części szabru. Z liczby tych granic należy wybrać te, w których stosunek zaprawy do szabru lub tłuczniwa waha się w granicach 2 : 3 lub 2 : 4 a zrzadka 2 : 5. Np. beton o stosunku 1 : 3 : 6 dający stosunek zaprawy do szabru $3,65 : 6 = 2 : 3,3$ jest pożądany, natomiast beton 1 : 3 : 9 dający $3,65 : 9 = 2 : 5 \sim$ - niepożądany.

Przy układaniu betonu w warunkach niekorzystnych, np.

w wodzie bieżącej, wsiąkaniu zaprawy w pokłady piaszczyste i t.p. należy wziąć pod uwagę nieuniknione straty w zaprawie i niezbędnosć pewnego jej zwiększenia. Najczęściej dodaje się od 5% - 15% cementu, przyszem stosunek zaprawy do szabru dochodzi do 1 : 1.

Dla wyjaśnienia przytaczamy ilość piasku i szabru na jedną część cementu dla betonu używanego przy różnych budowlach:

	piasek	szaber lub tłuczeń
Rezerwoary do wody	1,5 - 2	3,5 - 4
Wodostoki	2 - 3	4
Zbiorniki odchodowe		
(tynkiem wew. 1 : 1½)	3	4
Bloki bud, portowych	2 - 2,5	5 - 6,5
Fundamenty domów	4	7 - 8
" mostów	3	6
Łuki mostów betonowych	2 - 2,5	4 - 5
Forty (z warstwą górną z zapr. 1:3)	4	6
Trotuary: warstwa doln.	2 3	5
" " górn.	1,5 - 2	—

Do wyrobów betonowych, które powinny mieć równe krawędzie i gładkie powierzchnie, używa się bardzo drobny tłuczeń lub żwir (o średnicy 1 cm) albo nawet gruby piasek. W ten sposób stopnie schodów, gżemsy, płyty trotuarów, ru- y i t.p. wyrabiają się z betonu, zawierającego cement i

różnej grubości piasek.

Przy stosowaniu cementu romańskiego poleca się także formy z warunkiem, aby na jedną część cementu nie dodawać więcej jak 2 - 3 części piasku.

Przy sporządzaniu mieszanki należy zwrócić uwagę w jakim stopniu dodaje się cement, a mianowicie sproszkowany czy prasowany?

To pytanie już było rozpatrzone poprzednio, przypomni- tylko, że różnica w objętości sproszkowanego i spraso- anego cementu dochodzi do 30% i więcej. Należy więc do łożno nasypanego piasku dodawać w tenże sam sposób rozsy- any cement.

Dobrze jest określić objętość cementu, biorąc jego ciężar właściwy pod uwagę, t.j. przyjąwszy, że 1 m.³ cemen- u waży 1400 kg. wówczas odmierza się szaber i piasek we- ług objętości, a cement przy pomocy wagi.

Wilgoć i ścisłość nasypanego balastu wpływa bezwą- tienia na jego objętość, ale różnica ta będzie nieznaczna, przynajmniej objętość cementu będzie określona niezale- nie od tego rodzaju wpływów.

§ 25. Zależność gatunków betonu od jego plastyczności.

la otrzymania betonu należytej wytrzymałości, jak to było skazane poprzednio, należy zmieszać gruby szaber lub tłu- zeń z 50% - 60% zaprawy zawierającej najmniejszą li tyl- o potrzebną ilość wody. Taki beton ma wygląd porowatej,

tej, wilgotnej masy, przyjmującej formę stożka. Po-
czątkowo masa betonu sprawia wrażenie, jak gdyby zawierała
niedostateczną ilość zaprawy i wody, jednak po ułożeniu do
form i ubijaniu w nich betonu, zazwyczaj okazuje się, że
próżnie są wypełnione zaprawą, a na powierzchni masy wy-
stępuje warstwa wody, zwykle nazywana "potem". "Pot" wska-
zuje na dostateczną ilość użytej wody, a późniejsze roze-
branie stwardniałej warstwy betonu stwierdza że pewna po-
rowatość znikła, ustępując miejsca ścisłej masie.

Ogromne znaczenie dla betonu posiada ubijanie masy
(prasowanie). Ubijanie to nie powinno dochodzić do druzgo-
tania kamyczków, szabru lub tłucznia, a wywoływać tylko
zbliżanie się cząstek z jednoczesnym usuwaniem zbędnej ilo-
ści zaprawy. Ubijanie danej warstwy powinno być zakończo-
nem przed stęśnieniem zaprawy. Rezultaty badań laboratoryj-
nych wskazują, że ubijanie lub prasowanie betonu zwiększa:

- 1) o 25 % - 30 % wytrzymałość betonu
- 2) wodonieprzepuszczalność betonu
- 3) wytrzymałość na działanie mrozu.

Prócz tego ilość wody, dodawanej do zaprawy, może być
zredukowana do 8 % - 10 %.

Jednakże stosowanie betonu do różnorodnych robót wy-
maga niekiedy uchylenia się od przyjętych zasad robienia
masy.

Wyrób odlewów betonowych z drobnymi częściami zmusza, jak już mówiliśmy, do zamiany szabru piaskiem, wprowadzanie zaś do mas betonu części żelaznych, (szkieletu lub armatury), tworzących czasami konstrukcje skomplikowane, a jednocześnie podlegające najściślejszemu połączeniu z betonem (oblepieniu wszystkich części), powoduje konieczność stosowania drobnego szabru (1 cm) i plastyczniejszej masy. Plastyczność zaś wymaga bardzo lekkiego ubijania, prowadzącego się do równania betonu, gdyż silne uderzenia wywołują wówczas falowanie warstw masy.

W Ameryce, zamiast podwożenia lub podnoszenia betonu na miejsce jego układania, często spuszcza się masę za pomocą kłobów pochylonych pod kątem 20° do 30° . Takie dostarczanie masy może być stosowane tylko wówczas, gdy masa jest bardzo plastyczna, t.j. gdy ilość wody, jaką zawiera, jest odpowiednio zwiększona. Wtedy beton rozpiływa się w formach, nie może być ubijany, a tylko przesuwany dla więcej szczelnego zapełnienia form.

Zależnie od powiedzianego wyżej, w praktyce są w użyciu trzy rodzaje betonów:

1) Beton ubijany (prasowany) z najmniejszą ilością wody, wymagający zbliżenia cząstek dla uszczelnienia masy wywołania potu. Do takiego betonu może być użyty tak pończany gruby szaber lub tłuczeń.

2) Beton plastyczny z większą ilością wody, podlegający bardzo lekkiemu ubijaniu i zawierający drobny szaber tłuszeń a nawet żwir.

3) Beton lany z tak znaczną ilością wody, że może spuszczać w żłobach; nie podlega on ubijaniu i zabiera on balast.

Beton ubijany ma większą wytrzymałość na ściskanie porównaniu z innymi, szczególnie w pierwszym okresie jego ułożenia i przy chudej zaprawie. Betony plastyczne i lane stopniowo zwiększają swą wytrzymałość, lecz nie przekraczają wytrzymałości betonu ubijanego.

Wogóle, beton ubijany jest materiałem nieco kosztownszym od obu pozostałych, ale wzbudza więcej zaufania. Betony plastyczne i lane są mniej wypróbowane i powinny być stosowane tylko wówczas, kiedy beton nie może być ubijany ani prasowany:

Należy zaznaczyć, że objętość ułożonego betonu zwykle bywa mniejsza od sumy objętości jego części składowych w stanie suchym, przyczem ubijanie wpływa na zmniejszenie objętości gotowego betonu.

Najczęściej objętości betonów ściśniętych o 5% - 10% przewyższają objętość zużytego dla nich szabru, objętość zaś porowatych jest nieco mniejsza.

Naogół, można przyjąć, że przy niżej przytoczonych częściach składowych, otrzymują się takie rezultaty:

Cement	piasek	szaber	beton
1	2	4	4,4 części
1	3	6	6,65 "
1	4	8	8,85 "
1	5	10	11,12 "

Oczywiście, że objętość otrzymanego betonu (wydajność) jest zależna od porowatości, formy, rozmiarów i stopnia zawartej w szabrze i piasku wilgoci, oraz sposobów mieszania i układania masy.

Przy wykonaniu większych robót należy określić wydajność betonu, mającego być otrzymanym z posiadanych materiałów, robiąc próbne sześciiany o pojemności $1, m^3$ i starannie wyznaczyć ilość zużytych materiałów.

R O Z D Z I A Ł II.

PRZYGOTOWANIE BETONU.

§ 26. Zasady ogólne. Przygotowanie betonu może być ręczne i maszynowe. Przy pierwszym sposobie, ręcznie przygotowuje się tłuczeń, oczyszcza się żwir i piasek, a następnie przy pomocy łopat, grabi i specjalnych wideł tworzy się mięszaninę, którą układa się w formy i w nich ubija.

Przy sposobie maszynowym kamienie rozdrabnia się w specjalnych maszynach (rozdrabiarkach), a następnie tłuczeń