

na brzegu, a następnie opuszcza na dno z pentonów, przy-
czem bierą nieraz w tej pracy udział nurkowie, ustawiając
bloki.

Na takie bloki najczęściej używa się beton różno-
rodny: bardziej tłusty i ścisły dla powłoki, oraz chudy
i porowaty dla masy wewnętrznej. W ostatnich latach
były budowane elbrzymie betonowe i żelbetowe pentony
pływające, które po przypłynięciu na miejsca, gdzie mia-
ły być opuszczane, wypełniane betonem podrzędnego gatun-
ku albo kamieniami i zatapiane.

Takie roboty będą przedmiotem specjalnych studiów
w kursie budowni merskich, z tego też powodu są wyłączo-
ne z niniejszej pracy.

ROZDZIAŁ IV .

Własności betonów cementowych.

§ 40 . NIEPRZEPUSZCZALNOŚĆ. Najbardziej charakte-
rystyczną cechą betonu w porównaniu z murami z innych
materiałów jest zła przepuszczalność wody. Inne mury,
nawet na najlepszej zaprawie cementowej przypadkowe tyl-
ko nie przepuszczają wody. Aczkolwiek beton pod względem
nieprzepuszczalności nie dorównywa metalem lub szkłu,
posiada ją jednak w tym stopniu, że jest najwłaściwszym
materiałem dla budowy basenów, zbiorników na wodę, ścianek

zabezpieczających od wody i t.p. budowli.

Ta własność betonu zależy głównie od ilości cementu w zaprawie i ma miejsce tylko w betonach tłustych i ścisłych, w których nie tylko wszystkie pory są wypełnione zaprawą, lecz i wszystkie ziarenka piasku są oblepione cementem. Aby utrzymać masę nieprzepuszczającą wody, przy stosunkowo niewielkiej ilości cementu, trzeba przez odpowiedni dobór szabru i piasku przygotować jak najmniej porowaty szkielet betonu. Dla takich betonów najwłaściwsze są stosunki 1 : 1½ : 2 i 1 : 2 : 4, przy czym badania stwierdziły, że zamiana szabru piaskiem jest szkodliwa. Ponadto beton ułożony jednym grubym słojem jest bardziej szczelny, aniżeli ułożony z kilku cienkich warstw.

Cenną własnością betonu jest stopniowe wzrastanie jego nieprzepuszczalności, przyczem zaleca się aby beton przed zupełnym stężeniem /28 ÷ 30 dni/ nie podlegał parciu wody.

Należy ^{zgodnie} przyjąć, że beton nie przepuszcza wody:

Przy grubości ścianki 8 cm. i przy parciu wody 4 stopy

| | | | | | | | |
|---|---|-----|---|---|---|-----|---|
| " | " | 30 | " | " | " | 40 | " |
| " | " | 160 | " | " | " | 100 | " |

Należy zaznaczyć, że w praktyce spotykają o wiele grubsze ścianki, jednak ta okoliczność nie jest wywołana przepuszczalnością betonu, lecz jedynie potrzebą statycznego unieruchomienia ścianki ze względu na mechaniczną działalność wody.

Dlatego też przy niewielkim parciu wody, jak to ma miejsce np. dla wód zaskórnych, w zupełności wystarcza etynkowanie warstewką betonu ściany ze zwykłego muru, uważając aby tynk znajdował się od strony parcia, które go powinno przyciskać, a nie odrywać od muru. Są w użyciu materiały znacznie zwiększające nieprzepuszczalność betonu, należy do nich: szkło wodne, wapno, mika, mydło, krzemian sodu, alun oraz środki patentowane: cerezit, preelit i inne.

Cerezit dodaje się do zaprawy cementowej, jest on na wygląd żółtawo-różową masą, podobną do tłustego ciasta. Cerezit zwiększa nieprzepuszczalność betonu i zmienia jego barwę z zielonkawo szarej na żółtawą.

Preelit jest proszkiem, podobnym do drobnej kruski, która widocznie zakrywa drobne pory w zaprawie i w ten sposób zwiększa nieprzepuszczalność. Ten sam wpływ wywiera również mika. Poza to bardzo często układają się między pokładami betonu warstwy izolacyjne z papy smołowej, ruberoиду, asfaltu, szkła, cynku i innych ma-

terjałów.

Warstwy z metalu lub szkła mają tę zaletę, że absolutnie nie przepuszczają wody, a otoczone betonem nie boją się uszkodzeń mechanicznych. Co się tyczy papy i innych materiałów czasami ulegających butwieniu, to zastosowanie ich ma na celu zabezpieczenie świeżego jeszcze betonu przed parciem wody, której działania po paroletnim stwardnieniu masy możemy się nie obawiać.

§ 41. Elastyczność. Beton otrzymany z kamienia i piasku, twardych, nieelastycznych materiałów, nabiera dzięki cementowi pewnej elastyczności, przewyższając tą własnością kamienie i mury. Dla porównania przytoczymy parę przykładów, które zaznaczają tę różnicę między betonem, a murami z innych materiałów.

Przy strzelaniu próbnym granatami torpedowymi o średnicy 21 cm. stwierdzono, że przebijają one sklepienia z cegły o grubości $1 + 1,5$ m., pokryte warstwą gruntu piaszczystego na $2 + 3$ metry. Sklepienia te mogą przetrzymać bombardowanie dopiero po pokryciu ich $6 + 7$ metrami ziemi, lecz nawet wówczas od powierzchni wewnętrznej sklepienia odskakują kawałki cegły tak, że niszczy się ono prędko. Tymczasem bombardowanie takimże pociskami 20 cm. średnicy sklepień betonowych o grubości 1 m., pokrytych warstwą ziemi, grubą na 1,7 m.

nie wywoływało w betonie uszkodzeń.

Granaty melinitowe wybijają w betonie nie przykrytym ziemią tylko wyrwy, głębokie na 30 cm. i mające w średnicy $1,20 \div 1,50$ m., przyczem dopiero szósty lub siódmy granat, trafiający na powierzchnię 1 - 2 m.² jest w stanie przebić beton gruby na 1,50 m.

Te przykłady należyście stwierdzają wytrzymałość betonu w porównaniu z murami na działanie silnych dynamicznych uderzeń, wywoływanych pociskami nowoczesnej artylerji. Świadczy to jednocześnie o znacznie większej elastyczności betonu.

W praktyce beton może podlegać ściskaniu, rozciąganiu, gięciu i siłom tnącym. Wytrzymałość betonu na każde z tych naprężeń zależy od wytrzymałości zaprawy, szabru i przylepności zaprawy do szkieletu masy. W należyście skoordynowanej masie betonu, wytrzymałość zaprawy powinna się równać wytrzymałości kamieni, a ta ostatnia — przylepności zaprawy do kamieni. Oczywiście, zwiększenie któregośkolwiek z tych czynników jest zbędne, gdyż wówczas może nastąpić zniszczenie materiału wskutek niejednakowego rozkładu naprężeń w masie betonu.

Znaczna ilość materiałów, z których można wyrobić beton, ^{nie} pozwala na ścisłe określenie wymagań, ja-

kie im stawiać należy. Zważywszy, że sposób przygotowania również wpływa na własności betonu, widzimy, że trudno zawczasu ustalić zarówno takie proporcje części składowych, któreby dawały największą wytrzymałość, jak również wyznaczyć wytrzymałość w zależności od składu danego betonu. W takich razach trzeba wykonywać próbne bloki i badać^{je} w laboratorium. Wskazówką ogólną mogą wówczas służyć normalne zależności: wytrzymałość na ciśnienie jest od 10 do 12 razy większa od wytrzymałości na rozciąganie i 7 razy większa od wytrzymałości na ścinanie..

Wytrzymałość betonu po upływie 12 miesięcy zwiększa się o 60 % , a po czterech latach o 100 % w porównaniu z próbami wykonanymi po upływie pierwszego miesiąca. Prawie zawsze, ilość cementu wywiera największy wpływ na wytrzymałość betonu; np. według wskazówek znanego laboratorium w Gross-Lichtenfeldzie, wytrzymałość na ściskanie próbných bloków po upływie 28 dni dała takie rezultaty:

| Stosunek cementu i żwiru | 1:2,5 | 1:3 | 1:4 | 1:5 | 1:6 | 1:8 | 1:10 |
|--|-------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Wytrzymałość w kg. na cm. ² | 350 | 250 | 230 | 200 | 160 | 130 | 110 |

§ 42. Wytrzymałość betonu na działanie czynników

chemicznych i mechanicznych. Gdyby szkielet betonu był całkowicie pokryty zaprawą, to zdawałoby się, że odporność jego na czynniki fizyczne i chemiczne powinna być taka sama, jak odporność zaprawy. Jednak w rzeczywistości betony są mniej odporne, aniżeli zaprawy, a przyczynę tego można upatrywać w szkodliwej niejednorodności masy, porowatości, oraz istnieniu warstw, wywołanych przerwami w robocie, które są często przyczyną pęknięć w betonach, podlegających zmianom temperatury, a czasami wilgoci.

Zauważono, że należyta wyprawa i ajzowanie powierzchni dodatkowo wpływa na jego odporność.

Należy tutaj zaznaczyć, że woda błotnista, mineralna, albo zawierająca kwasy i ścieki działa szkodliwie. Zawartość kwasów w ściekach nie powinna przekraczać 0,1 %, a temperatura ścieków fabrycznych 50°C. Najszkodliwszymi są kwasy: solny i azotowy, mniej - siarczany. Oleje organiczne i tłuszcze wywołują pewne rozmiękczenie betonu, a przeto zmniejszenie wytrzymałości.

Smola, asfalt, gudron, i produkty naftowe nie wywołują widocznych zmian w betonie, jak również gazy opałowe drzewnego, węglowego i naftowego nie są szkodliwe. Nie jest jeszcze całkowicie wyjaśniony wpływ prądów elektrycznych na beton, szczególnie w tych wypad-

kach, kiedy posiada on armaturę metalową, która może służyć za przewodnik tych prądów. Są pewne dane, że części te ulegają w wilgotnym betonie uszkodzeniom, sama zaś masa niepożądanym zmianom, dlatego też należy przewodniki elektryczne izolować.

W czystej, źródlanej, rzecznej lub deszczowej wodzie beton nie ulega jakimkolwiek zmianom; woda morską czasami wywołuje zupełne zniszczenie betonu cementowego. Takie uszkodzenia miały miejsce w Odesie, Marsylii, Tulonie, La-Rochelle, Dunkierce, Gmundenie, Jekohanie i innych portach.

Proces niszczenia zaczyna się od tworzenia się na powierzchni betonu drobnych pęknięć, podobnych na oko do cienkich szarych nici, które stopniowo przechodzą w szczeliny, sięgające w głąb masy betonu. Kiedy woda zaczyna wypełniać te szczeliny, rozkład betonu postępuje szybko naprzód, powstają kawerny wewnętrzne, masa staje się porowatą, gąbczastą i dzieli się na mniejsze lub większe odłamy. Należy zaznaczyć, że w niektórych portach uszkodzenia zjawily się w przeciągu pierwszych dziesięciu lat, w drugich skonstatowano tylko początkowe stadium niszczącego działania wody, a w niektórych stare budowle betonowe nie wykazały najmniejszych uszkodzeń wewnętrznych lub zewnętrznych.

Na największe uszkodzenia są narażone te części budowli betonowych, które się znajdują między poziomami przypływów i odpływów morza; pozatem burze i istniejące w niektórych portach prądy morskie działają również niszcząco na beton.

Długoletnie badania i prace w tym kierunku wielu specjalistów nie dały dotychczas dokładnego wyjaśnienia przyczyny tych uszkodzeń.

Stwierdzono naogół, że niezależnie od mechanicznego działania wody, zachodzi rozkład chemiczny zaprawy cementowej.

Z wielu, bardzo wielu sposobów zalecanych jako środek zabezpieczający budowle morskie betonowe od uszkodzeń, przytaczamy następujące:

1/ Należy używać na zaprawę cementy najlepszych gatunków, które tężeją wolno i zawierają największą ilość bezpostaciowej krzemionki, przy minimalnej ilości glinu. Najlepiej jest używać taki cement, który po wyjściu z fabryki dłuższy czas leżał w suchym miejscu.

2/ Zaprawy powinny być tłuste przy użyciu grubego piasku. Drobny piasek można dodawać tylko jako domieszkę, w niewielkiej ilości, do grubego dla zmniejszenia porowatości.

3/ Opuszczanie bloków betonowych do wody zaleca

się dopiero po zupełnem ich stężeniu. Powierzchnie zewnętrzne powinny być z tłustego i ścisłego betonu.

Zastosowanie wyżej wymienionych środków ochronnych odniosło ten skutek, że międzynarodowy kongres dla badania materiałów wypowiedział się w sposób następujący: "beton w budowlach morskich nie jest wieczny — lecz trwały."

Należy zaznaczyć, że prastare budowle morskie na zaprawach pucolanowych nie ulegają zmianom, to samo można powiedzieć o zaprawie wapienno-hydraulicznej /wapno Teilskie/; należy przypuszczać, że dodanie pucolany do zapraw cementowych, wzmocniłoby ich trwałość.

Zmiana temperatury wpływa na beton w znacznie większym stopniu, aniżeli na kamienie, piasek i cement; współczynnik rozszerzalności betonu waha się w granicach 0,00001 do 0,000015, przewyższa zatem trzykrotnie współczynnik rozszerzalności cegły i jest prawie równy współczynnikowi rozszerzalności żelaza.

Szerokie granice /50 %/, w jakich się wartość tego współczynnika i przynależnych doń odkształceń waha, pochodzą od niejednakowych własności materiałów wchodzących w skład betonu, oraz ilości wody, jaką była zwilżona masa. Ilość cementu zwiększa odkształcenie, przesuszanie betonu — zmniejsza je.

Zmiana objętości betonu powoduje odkształcenie całej budowli /monolitu/, pociąga przeto za sobą stosowanie szeregu środków ostrożności, aby uchronić masę betonu od pęknięć.

Jednolitej budowli betonowej trzeba umożliwić odkształcenia własne od zmian temperatury, obliczając zaś jej rozmiary, uwzględnić naprężenia wtórne, wywołane temi zmianami.

Oczywiście, aby monolit mógł się swobodnie odkształcać trzeba zostawić mu dokoła wolną przestrzeń np. końce belek betonowych nie należy zamocowywać, aby przy kurczeniu się od zimna nie wywołać w nich naprężeń rozciągających.

Takie wskazówki są b. trudne do zastosowania w praktyce, a ponieważ koniecznie trzeba zabezpieczyć części betonowe budowli od pęknięć, przeto starają się w miarę możliwości o zmniejszenie rozmiaru monolitów, aby w ten sposób zmniejszyć również wielkość odkształceń.

Najczęściej monolity znacznej długości dzieli się na części t. zw. spoinami albo szwami deflekcyjnymi. Spoiny te, są to zwykłe szczeliny o takiej szerokości, aby ścianki dwóch sąsiednich bloków nie stykały się z sobą nawet przy najwyższej oczekiwanej temperaturze. W ten sposób długie ogrodzenia, ściany parapety i t. p.

nie są budowane w postaci jednolitej bryły, lecz za-
wczasu, przy projektowaniu, dzielone na części /działy/
które mogą swobodnie zmieniać swą długość pod wpływem
ciepła. Spoiny częstokroć są pozostawione otwarte, lub
w miarę potrzeby zamaskowane ozdobami architektonicz-
nymi. Czasami spoiny wypełniają warstwami elastycznymi
asfaltu, głowi, cienkiej falistej blachy i t.d.

Długość działu, czyli odległość między spoinami
deflekcyjnymi, zależy od miejscowych warunków, /tempe-
ratury, działania słońca, mrozu, sztucznego ogrzewania
i t.d./ oraz technicznych trudności podziału danej bu-
dowli na części.

Zwykle odległość między spoinami deflekcyjnymi
nie przekracza 10 m. Są jednak budowle, w których od-
ległość ta dochodzi do 100 m. i więcej /budowle żelbe-
towe/. Monolity wówczas podlegają znacznym naprężeniom,
które należy uwzględnić przy obliczeniu ich rozmiarów.

Jak dalece beton jest odporny na działanie wyso-
kiej temperatury nie ustalono dotychczas. W literatu-
rze i praktyce spotykają się najróżnorodniejsze na ten
temat zdania. Niektórzy zaliczają beton do materiałów
ogniotrwałych, drudzy przeciwnie wskazują, że nawet
przy pożarach beton pęka i osypuje się. Przypuszczamy,
że taka różnica zdań, co do ogniotrwałości betonu nie

ma podstawy ani naukowej ani praktycznej. Beton składa się z cementu, piasku i szabru, o ile więc każda z tych części składowych, będzie odporna na działanie pewnej temperatury, to odpornym będzie również beton. Przeciwnie, jeżeli bodaj jedna część ulegnie zniszczeniu od działania ognia, to pociągnie za sobą zmiany w całej masie betonu. Rozpatrzmy zatem odporność każdej z wymienionych części składowych.

Cement, z wyjątkiem rzadkich specjalnych gatunków, nie jest ogniotrwały, przy temperaturze około 400°C . dają się już zauważyć pewne zmiany w zaprawie cementowej /kurczenie, złamowanie i nawet początkowe łuszczenie się masy/; jednak te odkształcenia zachodzą tylko na powierzchniach, będących najbliższej ognia, ale nie przenikają w głąb masy, dzięki wyjątkowo złemu przewodnictwu ciepła przez zaprawę.

Jak dalece źle przewodzi ona ciepło, świadczy takie doświadczenie: jeżeli rozgrzać do czerwoności jedną stronę cienkiej płytki betonowej, to drugiej można się dotknąć ręką.

Przy nagrzewaniu próbek betonowych do temperatury 816°C . stwierdzono, że na głębokości 2,5 cm. masa nagrzana po upływie jednej godziny do 254° , dwóch - 427° i sześciu - 593° .

Stąd wnioskujemy, że aczkolwiek zaprawa cementowa nie jest ogniotrwała, bo począwszy od temperatury 400°C . należy oczekiwać pewnych zmian, lecz zmiany te będą przenikały w głąb masy, tak wolno, że zależnie od swej grubości warstwa cementowa może stanowić poważną tamę szerzeniu się ognia i podnoszeniu temperatury.

Mówiąc o zaprawie, należy pamiętać również o piasku, a zatem, czy ten materiał wytrzyma działanie temperatury 400°C . i więcej? Przypomnijmy sobie, że kryształki wielu skał mają niejednakowy współczynnik rozszerzalności, że niektóre z nich pękają przy 300°C , wapienie zaś przechodzą w wapno i t.d. Bezwątpienia, skoro podległa działaniu ognia powierzchnia będzie przykryta warstwą cementu, wówczas piasek będzie w znacznym stopniu zabezpieczony i mniej narażony na trwałe odkształcenie.

W każdym razie, dla zaprawy należy wybierać piasek, wytrzymujący działanie wysokiej temperatury, a tę własność posiadają okruchy skał wulkanicznych, oraz piasek sztuczny z cegły ogniotrwałej, pomyksu, koksu i innych materiałów. Te same wymagania należy zastosować do szabru i dopiero wówczas z takich materiałów można otrzymać beton dostatecznie ogniotrwały dla celów praktycznych.

Miarą ogniotrwałości betonu są pożary, przy których temperatura dochodzi do 1100° - 1400°C , tak silny ogień trwa jednak nie dłużej jak $2 \div 3$ godziny, w przeciągu których wszystkie części palne bywają zazwyczaj zniszczone. Nawet tak krótkotrwały ogień wystarcza, aby całkowicie zniszczyć nie tylko drewniane, ale i metalowe belki, słupy, przegródki i inne części budowli. Drewniane palą się, żelazne w tak znacznym stopniu tracą swą wytrzymałość, że nawet przy temperaturze 400° - 500° uginają się pod ciężarem własnym, a przy wyższej — rwą się jak liny i zwieszają pionowo ze ścian. Słupy z kamieni rodzimych zależnie od stopnia, w jakim są wytrzymałe na działanie ognia, stopniowo osypują się warstewkami, tracąc w ten sposób swą grubość lub pękają. Od betonu wymagamy zatem, aby był w stanie wytrzymać w przeciągu $2 \div 3$ godzin tak wysoką temperaturę i w ten sposób umiejscowić szerzenie się pożaru, a zarazem uchronić bodaj części metalowe od zniszczenia.

Obu wymaganiom czyni zadość beton z wymienionych wyżej materiałów: wszelkie pokrycia, sklepienia, przegródki betonowe będą tamować wówczas szerzenie się ognia przy nieznacznym tylko uszkodzeniu ich powierzchni, żelazo zaś przykryte /powleczone/ betonem, który jak wiadomo bardzo źle przewodzi ciepło, nie zdoła nagrzać

się do tego stopnia, by mogło nastąpić zniszczenie całej konstrukcji.

Z tego punktu widzenia można zaliczyć beton do materiałów ogniotrwałych. Grubość warstwy betonu, którą należy pokryć części metalowe, zależy od materiałów w jego skład wchodzących; przy naturalnym piasku i szabrze, grubość ta wynosi od 3 do 4 cm. przy pomyksie, cegle ogniotrwałej, żuźlach, koksie:— 2 do 3 cm.

Zachodzi jeszcze pytanie jak dalece trwałym jest ten beton, który podlegał działaniu wysokiej temperatury². Badania laboratoryjne stwierdziły, że beton podany temperaturze do 350° nie traci zgoła swej trwałości, przy 600° traci całkowicie wytrzymałość na rozciąganie i zmniejsza do 40 % wytrzymałość na ściskanie, która się następnie nie zmniejsza aż do 1200°C. Należy zaznaczyć, że próby przez nas wymienione dokonywano nad betonem, który był całkowicie nagrzaný do pewnej temperatury, co w praktyce nigdy nie zachodzi. Wnioski jakie wyprowadzono, badając budowle betonowe, które podlegały w czasie pożarów temperaturze nie mniejszej niż 600°C. /części miedziane były całkowicie stopione/ stwierdzają, że uszkodzenia betonu, mającego szaber z granitu i piaskowca, nie sięgały włąb dalej, jak na 20 cm. od powierzchni, okruchy zaś, które się wskutek działania

ognia odłamaly, zmniejszyły swą wytrzymałość na ścis-
kanie zaledwie 1/4 czwartą część. Przy pożarze, o którym
mowa, licówka granitowa popękała i trzeba ją było usu-
nąć. Przykład ten wskazuje, że budowle betonowe, które
podlegały działaniu ognia, mogą służyć nadal, po odre-
stauiowaniu części uszkodzonych, lub pewnym tylko ich
wzmocnieniu.

Doświadczenia laboratoryjne uczą nas dalej, że roz-
grzanego betonu nie należy polewać wodą, gdyż to może
wywołać nie tylko pęknięcia i znaczne zmniejszenie się
jego wytrzymałości, lecz nawet zupełne skruszenie masy.
Fakty te nie są dotychczas przez naukę należycie wytłó-
maczone, przypuszczać należy, że przy bardzo wysokiej
temperaturze następuje w cemencie regeneracja gaszo-
nego wapna, t.j. wraca ono do stanu niegaszonego, /ży-
we wapno/ przy polewaniu zaś wodą, gasi się ono powtór-
nie i zwiększając swą objętość rozsadza beton.

Rozpatrzmy z kolei działanie mrozu na beton. Tem-
peratury niskie, w granicach działania największych
mrozów, nie wpływają na zupełnie stęzaki beton, pod
tym więc względem nie budzą trosk budowniczego. Gorzej
się sprawa przedstawia, gdy zachodzi konieczność prowa-
dzenia robót na jesieni lub w zimie.

Wiemy, że tężenie cementu trwa znacznie dłużej

lub zupełnie ustaje pod wpływem temperatury niskiej; zachodzi więc obawa, czy świeżo wykonane, lub wykonywane w czasie mrozów budowle posiadają dostateczną trwałość?

Sądząc z badań laboratoryjnych należy przypuszczać, że mróz wstrzymuje tężenie zaprawy, lecz jej bynajmniej nie psuje. Z nastaniem ciepła tężenie wznowia się, przyczem wytrzymałość zaprawy dochodzi stopniowo do normalnej lub mało od niej odbiega.

Wobec tego zdawałoby się, że można poddawać świeżą zaprawę na działanie mrozu i wykonywać w zimie roboty murarskie.

W tej sprawie nasuwają się jednak poważne wątpliwości, wobec tego, że wszystkie badania były wykonywane bądź w Europie Zachodniej, bądź też w Rosji w laboratorjach, z materiałów posiadających temperaturę pokojową t.j., $15^{\circ} + 15^{\circ} \text{C}$. i przy minimalnej, niezbędną ilość wody. Przygotowane w ciepłym miejscu próbki były wystawiane na działanie stosunkowo słabych mrozów /około $5^{\circ} - 7^{\circ} \text{C}$ /, które, jak podają sprawozdania nie działały na beton niszcząco.

W innych zgoła warunkach znajduje się zaprawa w budowlach w praktyce, o ile nawet przygotowywana jest w ogrzanych barakach, gdzie są składane inne materiały,

to w każdym razie temperatura wewnętrzna takich szop zwykle nie przewyższa $2^{\circ} + 5^{\circ}\text{C}$. Poza to: wodę dodają w znacznie większej ilości, niż tego wymaga reakcja chemiczna tężenia cementu; zaprawę układają cienką warstwą między kamienie lub cegły, które straciły już znaczną część ciepła, jakiego nabyły w baraku; mur wystawiony jest na działanie mrozu, czasami nawet wiatru.

Wobec tych okoliczności, jakie zachodzą, należy przypuszczać, że zaprawa szybko traci nie tylko to ciepło, które nabyła w baraku, ale i wewnętrzne, rozwijające się wskutek reakcji chemicznej, a wówczas woda, która nie miała czasu związać się chemicznie i ta, która stanowiła nadmiar, tworzy kryształy lodu, które będą rozsadzać masę zaprawy, a po rozmarznieniu zostawią próżnię, niewątpliwie bardzo szkodliwą, zarówno dla dalszego tężenia, jak i dla trwałości zaprawy.

Takie przypuszczenie, aczkolwiek nie było dotychczas stwierdzone odpowiednimi badaniami laboratoryjnymi, znajduje jednak potwierdzenie w praktyce. Zdarza się, że bardzo często zaprawa położona późną jesienią kruszy się na wiosnę, że warstwy muru nie są zupełnie nią związane; znane są nawet wypadki, kiedy zachodziła zupełna demolacja budowli betonowych, kończonych w czasie mrozów.

Pozostawmy kwestję teżenia zaprawy cementowej w budowlach podczas mrozów, jako niewyjaśnioną, należycie, dalszym badaniom i przejdźmy do wyjaśniania, w jaki sposób można wykonywać roboty przy temperaturze niższej od zera.

Warunkiem elementarnym, który musi być zachowany, jest utrzymanie w zaprawie w czasie jej teżenia, tj. co najmniej 20 minut, temperatury wyższej od 0° , poatem trzeba zabezpieczyć jaknajdłużej wodę od zamarznięcia. Wobec tego należy stosować cementy szybko wiążące, ogrzewać kamienie, piasek, a zwłaszcza wodę do możliwie wysokiej temperatury, oraz starannie przykrywać matami lub wełnkiem zarówno poprzednio ułożony mur, jak i świeżo wykonywany. Do wody należy dodawać zwykłej soli /lub chlorku wapnia, sody, alkonolu/, która obniża temperaturę jej zamarzania, pamiętając że 1% soli, obniża o $0,5 : 0,6^{\circ}$ C; w ten sposób dodając największą, jaka się stosuje ilość soli /8%/, można osiągnąć zamarzania wody dopiero przy -5° C.

Oczywiście zastosowanie praktyczne wymienionych wyżej środków pomocniczych jest trudne, ale czasami bywa niezbędne dla ukończenia robót.

Przyjęte jest w praktyce że prowadzić roboty murowane przy temperaturze poniżej -5° C a betonowe

poniżej -3°C już nie można, wyrazie zaś potrzeby roboty odbywa się w ogrzewanych szopach otaczających całą budowlę.

Zwykle na jesieni w ciągu dnia temperatura jest powyżej 0° , a dopiero w nocy spada, można więc prowadzić roboty w nierzeczywiście leżących warstwach w ciągu dnia, kiedy jest ciepło, a na noc przykrywać ułożone ostatnio warstwy małymi słomą, workami i t. d.

W porównaniu z innymi materiałami i murami największą zaletą betonu jest jego elastyczność i nieprzepuszczalność wody.

Wytrzymałość betonu jest większa niż murów z kamieni łamanych i cegły, ale mniejsza od ciosów.

Ogniotrwałość betonu dorównywa dobrej cegle. Beton jest lepszym przewodnikiem ciepła i dźwięku niż cegła co stanowi jego słabą stronę przy budowaniu domów mieszkalnych.

Trwałość betonu zależy od jego części składowych, ale naogół nie jest mniejsza niż innych murów.

Koszta wykonania robót betonowych są zwykle większe, niż koszty tej samej objętości murów z cegły lub z kamienia łamanego, lecz często objętość $\frac{2}{\text{betonu}}$ użytego jest od nich mniejsza przez co można osiągnąć większą oszczędność o ile na miejscu robót lub w po-

brzu, znajduje się żwir albo odpowiednie dla betonu okrągłaki. To koszty utrzymania betonu nie przekracza-
ją wówczas kosztów budowy murów tejże objętości z ce-
gły.

Największą wadę betonu stanowią, zachodzące nie-
kiedy w monolitach pęknięcia, niektóre z nich powsta-
ją od zmian temperatury i można ich uniknąć przy pomo-
cy wyżej podanych spoin doflekowych, zjawienia się
zaś innych czasami nie można wytłumaczyć ani wadliwym
wykonaniem robót, ani wpływem warunków atmosferycznych,
ani projektem budowl. Pęknięcia takie stanowią za-
gadkę dla kierowników robót i są tem szkodliwsze że
mogą się powtórzyć w innych budowlach.

Rozdział V

Inne rodzaje betonów

§ 43. Betony na cemencie romanskim i zapra-
wach mieszanych. Podczas przygotowywania betonu zuży-
wa się tyle pracy na tłuczenie kamienia mieszanie
układanie masy i przygotowywania form że oszczędność
na zaprawie wpływa bardzo nieznacznie na zmniejszenie
ogólnych kosztów. Zamiana zaś cementu portlandzkiego
przez romanski lub zaprawę cementowo-wapienną bezwąt-
pienia zmniejsza znacznie wartość budowlane betonu