

混凝土工程

И. Г. СОВАЛОВ 著

孫 延 泯 譯

重工業出版社

混 凝 土 工 程

修 訂 版 (第二版)

斯大林獎金獲得者 技術科學碩士 И. Г. СОВАЛОВ 著
孫 延 珉 譯

鞍鋼工程技術編委會編印

內 容 簡 介

本書包括混凝土工程的全部問題（混凝土的調製、運輸、澆灌及養護），並着重介紹在各種結構中，用振動器澆灌和搗固混凝土的問題。在本書首章裡闡述了混凝土及其材料的性質，並對混凝土和鋼筋混凝土的結構給予概念的介紹。

在最後幾章裡講述了混凝土工程冬季施工的特點、安全技術、工程計劃和定額以及勞動工資等問題。

本書作為培養和提高混凝土工的技術而用的教科書。

混 凝 土 工 程 БЕТОННЫЕ РАБОТЫ

原 編 者

П. Г. СОВАЛОВ

лауреат Сталинской премии
канд. техн. наук

原 出 版 者

государственное издательство
литературы по строительству и архитектуре
москва—1952

譯者：孫 延 珉 校閱：秦 大 雄

重工業出版社（北京西直門內三官廟山號）出版

鞍鋼工程技術編委會編印 新華書店總經售

25開本 共107面 定價 7200 元

印數 7000 册 一九五四年五月旅大人民日報印刷廠印

緒 論

混凝土和鋼筋混凝土，幾乎在所有建築範圍內，如建造廠房，民用房屋及工業、民用構築物，堤壩、道路、橋樑、隧道及國防工事，衛生建設等工程中均加採用。

在工業建築中，大部分的廠房基礎，柱子及樓板，生產設備（軋鋼機、初軋機、機械錘、壓榨機、機床、化工設備等）的基礎，工業爐（煉鐵爐、煉鋼爐、加熱爐等）的基礎，許多特殊構築物——擋土牆、蓄水池、給水塔、焦炭、水泥及其他材料的筒倉，煤、礦石及其他散料的儲料槽，棧橋及各種用途的管道的隧道、高煙囪及其他許多的構築物，均用混凝土及鋼筋混凝土製成。

混凝土是一種堅固、耐久、耐燃的材料，因此，它被廣泛地採用着。混凝土的主要材料是攪和料（沙子、卵石、碎石），通常能就地取得，因之不需遠運。混凝土工程幾乎全部能實行機械化施工。

遠在700—800年前，在古代的俄國，混凝土便曾作為一種建築材料使用。那時混凝土的膠結材料是石灰。在十八世紀時，俄國已製造出了最原始的水泥，其強度用於鋼筋混凝土內還嫌不足。然而，在十九世紀初，帝俄宮庭建築的若干結構，最先採用了鋼筋混凝土建造。所以在外國尚未開始使用鋼筋混凝土的半世紀以前，混凝土與鋼筋合用的優點，已被俄國建築家確定了。

由於發明了矽酸鹽水泥（波特蘭水泥），混凝土在建築中的應用，大大地向前發展了。發明矽酸鹽水泥的優先權是屬於俄國。早在1813年愛果而·契里也夫（Егор. Челиев）即製造了這種水泥，並把它運用在1812年莫斯科大火後的許多恢復工程中。矽酸鹽水泥工廠的生產理論和製造的創始人，是18世紀後半葉的阿·爾·舒良琴科（А·Р·Шуляпченко）教授；他創建了伏里斯基（Вольский）水泥廠，這是當時俄國最大的一個生產優質水泥的工廠。

雖然混凝土的主要膠結劑——矽酸鹽水泥，最先用於俄國，較外國早25年左右，但革命前的俄國水泥工業的發展是緩慢的，而且混凝土的工程量也很小。然而，成長在斯大林五年計劃年代裡的蘇聯水泥工業，使混凝土工程量急劇地增加了。

現在在蘇聯每年澆灌千百萬立方公尺的巨量混凝土和鋼筋混凝土。

譬如在馬格尼托哥爾斯克（Магнитогорск）、庫茲涅赤克（Кузнецк）、

日丹諾夫城（Жданов）等地冶金工廠的巨大重工業的構築物中，澆灌了數十萬立方公尺的混凝土；修建莫斯科地下鐵道時，僅在第一期工程中澆灌的混凝土，就達一百萬立方公尺左右；此外，在堤壩、閘門、水電站等水利構築物工程中也澆灌了大量的混凝土。

如在德涅泊爾河水電站，澆灌了約 150 萬立方公尺的混凝土；在莫斯科運河，澆灌了三百萬立方公尺；建造伏爾加——頓河運河所需的混凝土量與前數相近；擬於占比雪夫和斯大林格勒水電站各澆灌 600 萬立方公尺的混凝土及鋼筋混凝土。這些實例，說明了蘇聯混凝土工程規模的巨大。

混凝土及鋼筋混凝土工程的特點在於工作量大，所以只有在高度機械化的條件下，才能掌握巨量的混凝土工程。在蘇聯混凝土工程中，廣泛使用着各種類型的振動器、馬力大的翻斗汽車、混凝土泵、皮帶運輸機、供應混凝土的起重機、生產能力大的攪拌機以及其他機械設備。

爲了更好地和充分地利用國家供給的施工機械，它們必須由技術熟練的混凝土工管理；這些工人，應該懂得使用振動器的正確方法，保養振動器及他們本身的工作和混凝土機械化運輸互相配合等問題的理論知識。

本書是爲了幫助普通工人掌握混凝土工的技術和提高混凝土工的技術水平而編寫的，使混凝土工了解攪拌後的混凝土和凝固後的混凝土的特性及調製、運輸和澆灌混凝土的合理方法，並使他們對於夏、冬季澆灌的混凝土能在保證質量的基礎上，提高其勞動生產率。

本書僅片斷地介紹了某些斯達哈諾夫式的混凝土工的成就。在其他專門小冊子和論文中，則有詳細的論述。在本教科書內，綜合的敘述了斯達哈諾夫式的混凝土工哥·維·馬路辛（Г. В. Марусин）、阿·衣·索克羅夫（А. И. Соколов）、維·滋·斯維林（В. З. Свириг）、阿·得·克尼仁克（А. Д. Книженко）、衣·衣·什普頓（И. И. Шептун）等人的工作經驗和事蹟。

對混凝土工來講，學習本書並把所得到的書本知識應用於實踐中，這僅是提高技術的第一步，而更進一步的是要學習和掌握勞動效率高的施工方法。在學習和掌握這種方法之前，應按着革新者夫·爾·科瓦寥夫（Ф. Л. Ковалёв）工程師的工作方法加以研究和選擇。

施工過程，包括各個獨立的工序和施工動作。譬如：用振動器搗固混凝土的過程，就有以下的動作：振動器插入混凝土內，振動、拔出、移至新插點。科瓦寥夫工作法的實質，就是在相同條件下，用計秒錶確定若干超額完成生產定額的同種工人所操作的每一種工作方法而所耗費的時間；然後，再選擇和準

確記載耗費勞動時間最少的、最好的工作方法，並根據所得資料，總結出該過程的新的合理的操作方法，同時把它製成專門的技術操作圖。

學習操作圖中所示的方法，並運用於工作實踐中，使混凝土工進一步提高了勞動生產率。蘇聯工人正積極參加社會主義勞動競賽，他們不滿足於僅為爭取更高勞動指標的鬭爭，同時還積極為更好利用機械設備和材料而進行着鬭爭。

使用機械及機械化工具的工人，在承擔着保證機械不發生故障及延長檢修期的社會主義的保證。

在工人中間，掀起了大規模的節約材料運動。這個運動得到了包括混凝土工的建築者們的廣泛響應。混凝土工的革新者，正在努力消滅調製混凝土時損失水泥和攪和料的現象，同時也在消除混凝土在運輸過程和澆灌過程中的損失，並力求延長輔助設備和工具的使用期。

混凝土工將會在本書中得到許多和所有上述創舉有關的有益知識。

目 錄

緒 論	1
第 一 章 混凝土及鋼筋混凝土	1
第一節 關於混凝土及鋼筋混凝土結構的概念	1
第二節 關於強度的概念	2
第三節 混凝土的基本特性	4
第四節 混凝土的組成部分	7
第五節 輕量混凝土	12
第六節 混凝土配合比的選擇	13
第七節 鋼筋及其在鋼筋混凝土中的作用	15
第八節 主要的鋼筋混凝土結構	17
第 二 章 混凝土的調製	22
第一節 用混凝土攪拌機調製混凝土	22
第二節 用人工調製混凝土	31
第 三 章 混凝土運輸	33
第一節 混凝土運輸的一般規則	33
第二節 混凝土的水平運輸	34
第三節 混凝土的向上、向下及向各方向的運輸	41
第 四 章 混凝土的澆灌和搗固	50
第一節 模板及準備工程	50
第二節 澆灌混凝土的主要規則	53
第三節 用振動器搗固混凝土	54
第四節 用人工澆灌和搗固混凝土	63
第 五 章 各種結構的澆灌	67
第一節 基礎及雄厚結構的澆灌	67
第二節 柱子和牆的澆灌	68

第三節	樑和樓板的澆灌	71
第四節	地坪底腳層及地坪覆面層的澆灌	73
第五節	拱頂及拱的澆灌	77
第六節	用各種移動式模板的澆灌	78
第七節	預製（裝件）結構的澆灌	78
第 六 章	混凝土的養護	81
第一節	夏季混凝土的養護	81
第二節	拆 模	82
第三節	混凝土的質量檢查及工程驗收	82
第四節	澆灌缺點的整修	84
第 七 章	冬季澆灌	86
第一節	冬季澆灌的原則	86
第二節	混凝土的調製和運輸	87
第三節	混凝土的露天澆灌	88
第四節	人工加熱施工法	89
第五節	混凝土的養護	92
第六節	安全技術	93
第 八 章	勞動保護與安全技術	95
第 九 章	混凝土工程的計劃和定額	96
第一節	計 劃	96
第二節	施工定額	97
第三節	勞動工資	98
第四節	綜合工作隊	99
第五節	工作隊的經濟核算	101

第一章

混凝土及鋼筋混凝土

第一節 關於混凝土及鋼筋混凝土結構的概念

混凝土是一種由水泥、沙子、卵石（或碎石）和水的拌和物凝固而成的建築材料，其中水泥是膠結劑，而沙子、卵石或碎石是攪和料。沙子和粒徑小於5公厘的攪和料（如高爐水渣），叫做細攪和料；粒徑由5—150公厘的卵石、碎石、碎磚和礦渣，叫做粗攪和料。有時往混凝土內放置大的石塊。

在混凝土中，除水泥和水之外，必須要有細攪和料和粗攪和料。水泥、水和細攪和料（沙子、水渣等）的拌和物，叫做水泥沙漿。

混凝土或水泥沙漿的凝固，是由於水和水泥發生複雜的物理化學變化過程的結果。在這過程中，攪和料不起變化，所以常把它叫做穩定材料。水泥和水拌和後成水泥漿；水泥漿和攪和料凝結在一起成一種人造石，就是混凝土。

水泥、水、卵石或碎石攪拌成的普通混凝土，在建築中使用最廣。普通混凝土（凝固狀態的）的單位體積重量（即其每立方公尺的重量）為2100—2400公斤/立方公尺；單位體積重量小於1800公斤/立方公尺者，叫做輕量混凝土，又因它不易透熱，或者叫做保溫混凝土。最常用的輕量混凝土為礦渣混凝土和泡沫混凝土，前者的單位體積重量是1400—1800公斤/立方公尺，作牆及樓板用；後者是400—700公斤/立方公尺，其重輕於水，作保溫材料用。在工業建築中，同時還使用耐熱混凝土和善於抗磨、抗凍的道路混凝土。

俄國依·哥·馬留哥（И. Г. Малыга）教授，在他1895年出版的「最堅固的水泥沙漿（混凝土）的配合比及調製方法」一書中，奠定了混凝土的科學基礎。在該書中，立下了混凝土強度及其與混凝土中水灰比的關係的結論，僅較外國學者所作的結論遲25年。俄國學者恩·阿·別列留布斯基（Н. А. Белелюбский）教授和蘇聯學者恩·姆·別廖也夫（Н. М. Беляев）、布·格·斯克拉姆塔耶夫（В. Г. Скрамтаев）教授等人，在混凝土科學方面做了巨大的

貢獻。下面要詳細研究普通混凝土的特性，並介紹一下輕量混凝土的概念。

混凝土內放置鋼筋者叫做鋼筋混凝土，所以鋼筋混凝土又常叫做加固的混凝土。無筋混凝土多用在大的結構，如：基礎、厚牆、粗柱子、堤壩、地坪、路面等處，但禁止用在梁、樓板、橋樑、薄牆和柱子上。在後面這些結構內，所用的混凝土中須加鋼筋或為鋼筋混凝土*。

蘇聯學者阿·夫·羅來特 (А. Ф. Лолейт)、維·姆·開魯德士 (В. М. Келдыш) 阿·阿·哥瓦茲捷夫 (А. А. Гваздев) 等教授，創造了最先進的鋼筋混凝土理論。利用這一理論便能更正確而經濟地確定出鋼筋混凝土結構的尺寸及加固鋼筋混凝土的結構，並在消耗材料最少的條件下，建造耐久的鋼筋混凝土構築物。

鋼筋混凝土構築物的建造過程如下：安設模板、支架及加固物，往模板內放置鋼筋後澆灌混凝土，待混凝土凝固後將模板及支架拆掉，就露出整個構築物或部分結構。圖10所示之樓板就是這類整體結構的實例。

還有另一種建造鋼筋混凝土結構的方法，即將結構分成各個獨立的構件，在施工現場地面上的模板內灌成，或者不在施工現場而在鋼筋混凝土零件預製廠裡灌成。製成的預製品送到工地後，用起重機加以安裝。這種結構叫做預製結構。

安裝起來的預製結構聯結得非常牢固，其質量毫不亞於整體結構。

第二節 關於強度的概念

各種荷重都不間斷地作用於整個構築物及其各個獨立部分（梁、板、柱子基礎等結構）上。這些荷重給予結構各種不同的影響。譬如：掛在鋼繩上的重物，使鋼繩上發生拉力（重物力圖把鋼繩拉斷），而鋼繩上的重物（見圖1）引起了樑內的彎力，傳到支承該樑的牆上，則牆中發生壓力。由於兩端攔住的樑受到彎曲，其下部增長，上部縮短。如果使帶切口的方木樑彎曲，就會很明顯地看到這種情形（如圖2. a所示）；如果用斧背重擊未鋸斷的木材，也會看到相同的情形，如圖2.6所示（第一種擊斷方法較第二種為易）。由此可見，當兩端攔住的樑受到彎曲時，其上部受壓，下部受拉。

一端塞於牆內，另端挑出在外的樑（懸臂樑），則恰恰相反，其上部受拉，下部受壓（見圖1.6）。

* 關於鋼筋混凝土詳見本章第七節及第八節。

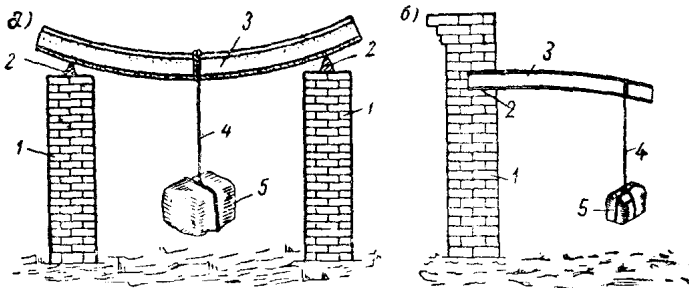


圖 1 拉力、壓力及彎力的示例

- a. 兩端擱住的樑； 6. 懸臂樑； 1. 牆； 2. 支座； 3. 樑；
4. 鋼繩； 5. 重物。

假若不停地增加荷重，當到一定限度時，結構終遭破損。破損載荷的大小取決於材料的強度。所以，要了解結構的破損載荷，首先必須知道所用材料的強度。

材料強度係在試驗室中確定，此時，先把要試驗的材料按規定的形狀和尺寸做成標準試塊（試驗混凝土時，用立方試塊），然後放在專門的器械上，將試塊所受的荷重漸漸增大，直至試塊破損為止。試塊單位面積（以平方公分計）上的破損載荷（以公斤計）之值，就叫做這種材料的強度。也就是說，材料的

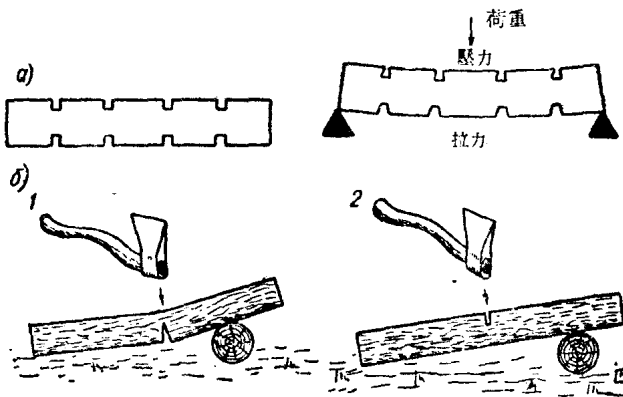


圖 2 樑彎曲時的受拉及受壓示例

- a. 帶切口的方木受彎的情形；
6. 折斷未鋸斷木材的各種方法。

強度就是破損載荷（以公斤計）與單位面積（以平方公分計）的相除結果（以公斤/平方公分為單位）。

例：15×15×15公分的混凝土立方試塊，在受31,500公斤壓力時破損，試塊之斷面積為15×15=225平方公分，其混凝土強度即等於 $\frac{31,500}{225}=140$ 公斤/平方公分

混凝土和所有石材一樣，其抗壓的能力強，而抗拉的能力弱；混凝土之抗壓強度約等於抗拉強度的10—12倍。

第三節 混凝土的基本特性

（一）強度 這是對混凝土的基本要求，於澆灌後的一定期間內（通常為28天），混凝土應達到規定的計算抗壓強度。根據不同的抗壓強度，混凝土分成許多標號。所需混凝土的標號，在構築物的設計中加以規定。譬如：圖紙上規定混凝土為110號，即表示28日混凝土的抗壓強度應不低於110公斤/平方公分。最常用的混凝土的標號是90、110、140、170、200、250和300號。

在民用和工業建築中的混凝土及鋼筋混凝土結構，最常用的混凝土為110號。標號較高的混凝土（140、170及大於170號者）用在跨度大的結構上（即兩柱間距離大者）和承受荷重大的柱子和樑，以及用在預製鋼筋混凝土的零件上。對於厚牆、大塊基礎、不重要的結構和地坪底腳層，常用90號或低於90號的混凝土。

混凝土的強度（標號），首先取決於材料的質量及混凝土的配合比。試驗室選定出混凝土中各種材料的配合比，以便按該配合比所製成的混凝土的強度不低於規定的標號。於規定日期，在試驗室的專門壓榨機上，將按選好的配合比做成的混凝土試塊加壓，以檢查混凝土的成分選擇得是否正確。

除上述條件外，混凝土強度還有賴於混凝土的攪拌、運輸、澆灌及凝固等條件。為了檢查澆灌於構築物中的混凝土強度，定期用該處混凝土做檢查試塊。然後在試驗室內做抗壓試驗。

現在我們詳細研究一下影響混凝土強度的各種條件：

（1）水泥質量是影響混凝土強度的第一個條件。水泥強度愈高，則混凝土強度也愈高；水泥凝固愈快，則混凝土強度增加得也愈快。

（2）每立方公尺混凝土所消耗的水泥數量的多寡也影響混凝土的強度。當用在混凝土內的水泥變成濃水泥漿（即含水量少的水泥漿）填滿沙子間的全部

空隙並成薄層將沙子包上，而水泥沙漿則填滿粗粒和料間的全部空隙時，這樣的混凝土，其強度為最佳。

含有相同數量水泥的混凝土，其含水量 * 愈大，則強度愈低。這是因為：混凝土凝固時，所需水量約佔水泥重的 20 %（例如：一立方公尺的混凝土用 220—250 公斤水泥時，需水 40—50 公升），含這樣水量的混凝土，經攪拌後是很乾的，因而不能把它充分均勻的攪拌及密實地澆灌。所以混凝土的實際用水量，約超過此數的 3—4 倍（即每立方公尺混凝土的用水量為 160—180 公升）。多餘水分隨凝固的程度逐漸蒸發，蒸發後的水分，在混凝土內留下空隙。調製混凝土的水量愈多時，待混凝土凝固時其空隙也愈多，由此其強度也愈低。

(3) 攪和料的質量、攪和料的形狀、級配（即各種粒度的數量分配情況）及其是否清潔，對混凝土的強度都有一定影響。形狀不規則，表面粗糙的攪和料，與水泥漿結合牢固，其強度也高；相反，用形狀整齊表面光滑的攪和料時，強度則低。不淨的攪和料與水泥漿結合不牢固，因而就降低了混凝土的強度。

(4) 攪拌的方法及攪拌時間的長短，也影響混凝土的強度。如未充分攪拌時，會嚴重降低混凝土的強度。用人工攪拌的混凝土，其強度較用混凝土攪拌機攪拌的低 20—30 %。

(5) 往結構內澆灌混凝土的方法（分批澆灌或連續澆灌）及中途間斷前後所澆混凝土的接合表面的加工方法也是非常重要的。如果不遵守接合處的加工規則（清除、打毛、刷洗）時，接合處的強度則會大大降低。

(6) 用振動器澆灌和搗固的混凝土強度，較用人工搗固者高 10—30 %。

(7) 混凝土強度隨其期齡而增，特別是在初期（澆灌後 28 日以內）強度增加特別迅速，但在以後，強度在若干年內，仍慢慢增加。例如：澆灌一年以後的結構，其強度平均達 28 日強度的 165—180 %。

(8) 在濕潤條件下凝固的混凝土，其強度最高；反之，在乾熱氣候凝固的混凝土其質量低。在低溫下混凝土強度增加緩慢，當溫度低於零度時，混凝土的凝固遂行停止。最適於混凝土凝固的溫度為 $+15\sim 20^{\circ}$ 。在高溫條件下，凝固初期應以澆水、覆蓋濕蓆等方法防止混凝土因水分蒸發而變乾。

(9) 混凝土凍結時，其凝固過程即行停止，但在解凍後仍繼續凝固；如果在澆灌後，經 5—7 日的正常凝固後凍結時，混凝土強度則不受損失；反

* 可作飲用的水即適於混凝土。髒、渾、有味的水應送到試驗室加以檢查，檢查它是否適用於混凝土內。

之，如凍結過早，則混凝土最終強度減低。比早凍更為有害的是時凍、時化，甚至有時會因此而完全失掉其凝固能力。

(二) 密度 由混凝土的密度，可以了解混凝土整個體積被硬料（凝固的水泥漿和攪和料）填實的程度。混凝土的一部分體積，通常是混凝土內水分蒸發後所遺留下的氣孔。0.85 的密度，即表示混凝土體積的85%是材料，而其餘的15%則為氣孔。

密度是混凝土的最重要的特性之一。混凝土的強度、不透水性、抗凍性及耐久性都與密度有關，特別是在堤壩、橋墩、路面、鋼筋混凝土蓄水池等構築物中，有着極其重要的意義。據了解，許多結構，多因其密度不足而損壞很快。

製密實混凝土時，必須做到下列各點：

- (1) 攪拌混凝土的用水儘量減少；
 - (2) 水泥漿的體積須大於沙粒間的空隙，以便使水泥漿填滿所有空隙而將沙粒包住；
 - (3) 攪和料的級配須是最優良的，即含有各種粒度的顆粒，以減少攪和料間的空隙；
 - (4) 水泥沙漿的體積，應超過粗攪和料間的空隙；
 - (5) 包住攪和料的沙漿層不可太厚。
- 密實混凝土和多孔混凝土的組織情形示於圖 3。

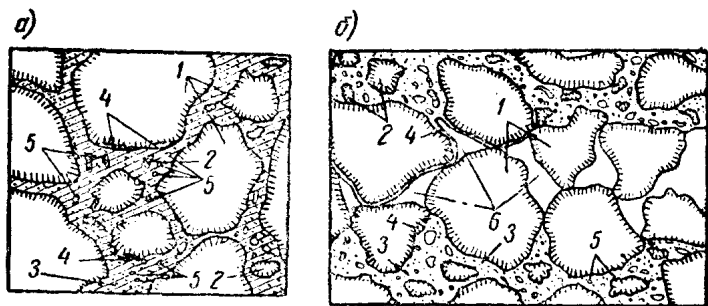


圖 3 混凝土組織情形示例

- a. 密實混凝土； 6. 多孔混凝土； 1. 大卵石（或碎石）；
2. 小卵石； 3. 水泥沙漿； 4. 水； 5. 小氣孔； 6. 孔窩。

(三) 不透水性 為對修造蓄水池及水力構築物用的混凝土的要求，把按一定形狀一定尺寸做出的試塊加以水壓，做不透水性的試驗，以確定試塊不透

水的最大壓力。如果超過最大壓力時，水則透過試塊。在水力工程中，採用在 4 和 8 大氣壓下仍不透水的兩種標號的不透水混凝土。

(四) **抗凍性** 將標準試塊經多次凍結、融化的特殊試驗，檢查混凝土的抗凍性。試驗次數，根據混凝土抗凍性的標號分為 50、100 或 150 次。此時，混凝土強度的降低率，不得超過 25%；試塊重量的減輕率不得超過 5%。

(五) **混凝土的收縮性** 混凝土的體積，經常隨其凝固而變。在空氣中凝固時，混凝土逐漸乾燥，體積收縮；但在水中凝固時，則稍稍膨脹。由於混凝土外部乾燥較內部為快，這就使混凝土體積產生不均勻的收縮，從而引起毛細裂縫出現。為防止不均勻的收縮，混凝土上須定期澆水和蓋以濕席。愈富的混凝土，其含水泥量也愈多，則混凝土收縮性也愈大。

(六) **放熱** 混凝土凝固時放出熱量。所以在雄厚結構（如：堤壩、大基礎等）中，可以覺察到混凝土的溫度長期升高，甚至在低溫時也能見到。大結構的放熱對冬季施工是有益的，因為澆灌這類結構時，可以不必加熱。

第四節 混凝土的組成部分

(一) **水泥** 混凝土及鋼筋混凝土中，最常用的膠結劑是**矽酸鹽水泥**。矽酸鹽水泥係用石灰石、粘土等原料按規定比例配合後，在 1450° 高溫烘窖內燒結成塊，經冷卻後，磨細成粉而得到的。水泥磨得愈細，凝固後其強度也愈高。

每批發往施工現場的水泥，應附有說明，在說明中註明水泥強度及水泥標準 * 中所規定的其他各種試驗結果。

除普通矽酸鹽水泥外，蘇聯水泥工業還生產**礦渣矽酸鹽水泥**和**火山灰矽酸鹽水泥**。礦渣是煉鐵爐煉鐵時的廢物，由爐內排出後，以水澆之則很快冷卻而凝結成粒，即謂水渣。將煉鐵爐水渣和矽酸鹽水泥燒塊按規定比例配合後磨細，即成礦渣矽酸鹽水泥。如果矽酸鹽水泥燒塊與某些天然地下材料（如烏拉爾等地產的砂礫土或克里米亞的火山土）混合磨細時，即成火山灰矽酸鹽水泥。

礦渣矽酸鹽水泥，特別是火山灰矽酸鹽水泥，能耐地下水及其他含有對普通水泥有害物質的水之侵蝕。所以在被這些水所浸蝕的基礎以及在水力和衛生構築物（堤壩、管道等），均用火山灰矽酸鹽水泥代替普通水泥——矽酸鹽水

* 所謂標準，即指註有對某種材料質量的各項要求的說明及檢查該批材料是否符合規定質量的文件。

泥。

除各種矽酸鹽水泥外，近來還常用礬土水泥。這種水泥的特點是強度增加得快，凝固時放熱量大。礬土水泥較矽酸鹽水泥的價格貴得很多，所以只能在施工中充分發揮其作用時才予使用。

所有水泥，按其強度分成許多標號。矽酸鹽水泥有200、250、300、400、500和600六種標號。

為了確定水泥標號，將1份水泥和3份沙子按規定水量攪拌成水泥沙漿之後，再做成 $7 \times 7 \times 7$ 公分的立方試塊，過28日將試塊在壓窄機上加壓後，計算其抗壓強度（與混凝土抗壓強度試驗法相同）。如：試塊強度為200公斤/平方公分時，其水泥標號則為200號；試塊強度為430公斤/平方公分時，水泥標號則為400號；其他依此類推。

除用試塊作抗壓試驗，確定其強度（抗壓）外，同時還做“8”字形試樣，以便作檢查水泥抗拉強度的試驗。試樣所用的水泥沙漿與試塊同。

運到施工現場的水泥，必須進行質量檢查。以外觀檢查的方法檢查水泥在路上是否受潮及有無濕塊。如果水泥內有濕塊就要用篩篩出，此時，使用振動篩最為適宜。

從每批運來的水泥選出試料，並送往工地試驗室根據水泥標準檢查下列各點：

- (1) 體積變化的安定性；
- (2) 初凝時間；
- (3) 水泥標號（以試驗抗壓強度及抗拉強度的方法進行檢查）。

檢查水泥體積變化安定性的方法，是將水泥餅按規定條件放置一晝夜（20小時置於正常溫度中，4小時於開水煮沸），如果水泥餅經試驗後無裂縫、彎曲、分層等情況，則認為水泥可稱合格。

水泥初凝時間的檢查方法是將新攪拌的水泥漿在很短的時間內用水泥試針加以試驗。根據水泥標準的要求，水泥在攪拌後，其開始初凝的時間，不得早於攪拌後的三十分鐘，初凝終止時間，不得遲於攪拌後的十二小時。

在施工現場保存水泥的主要注意事項如下：

- (1) 非同批的水泥，不得堆放於同一倉庫內。
- (2) 在運輸裝卸及保存時，須防止水泥浸濕、受潮；裝卸時應在雨棚內進行，如果在潮濕的地方或在雨天運送，必須仔細地把水泥蓋住。
- (3) 為了日後使用而運來堆存的水泥應愈少愈好。

(4) 在大工程中，水泥應存放在專設的筒倉裡，並應採取機械裝卸。如果把水泥堆存在有地板的棧房裡，地板必須高出地面。棧房的地板、牆壁、門及房頂必須緊密無漏，以免水泥被雨水淋濕。

(二) 攪和料 調製普通混凝土，可用各種天然沙（河沙、海沙、無雜質山沙）、天然卵石以及碎石（多半由堅固的天然岩石如沙岩、花崗岩等破碎而成）；標號低的混凝土則採用由弱質岩石加工成的碎石（如弱石灰石、磚和礦渣）。

粒度 5—20 公厘的卵石（或碎石）為細粒，20—40 公厘者為中粒，大於 40 公厘者為粗粒卵石（或碎石）。澆灌梁和柱子時用的卵石或碎石，最大粒度不得超過鋼筋間的距離；用於薄板者，不得超過板厚的 $\frac{1}{2}$ ；用於小基礎者，不得超過 80—100 公厘；大基礎中用的卵石（或碎石），其粒度不得超過 150 公厘。優質的卵石（或碎石），應含有各種粒度的顆粒。

優質沙的平均粒度為 0.35—0.50 公厘。如果混凝土中所用沙子的粒度小於 0.25 公厘及所用卵石的粒度大致相同時，則會大大地浪費水泥。

攪和料的粒度及其級配（係指顆粒的粒度分配情形），以試驗室中的篩分方法確定之。

了解攪和料中的空隙量，對估計它的質量，也是一件很重要的工作。沙間的空隙量*，不得超過 40%，卵石中的不得超過 45%，碎石中的不超過 50%。

沙內所含有機物的容許限度，佔沙重的 5%，其中粘土混合物，不得超過 2%。卵石或碎石所含有機物的容許限度，佔卵石或碎石自重的 1%。

沙子及卵石儲放於裝料槽內（在混凝土攪拌場）或堆積在不積水的地面上。

因天然攪和料的質量不能經常符合標準的要求，時常須進行加工（把大塊石破成碎石，並清洗、分類）。通常是在現地（採石場及採沙場）進行加工，但有時也在施工現場進行部份加工。

清除攪和料內的灰塵、粘土等雜質以清洗方法進行之。

澆灌重要結構時，有時在混凝土內採用有兩三種粒度的碎石，如 5—20 公厘、20—40 公厘以及 40 公厘以上的三種粒度。各種粒度的攪和料的配比應在選擇混凝土的配合比時，以攪和料中空隙量最小為條件加以確定。

將石加工成碎石的機械，叫做碎石機。在現場比較常用的是顎式碎石機

* 沙子或卵石內的空隙量，很容易確定，即往裝滿攪和料的量體積的杯中瀝清水，所盛的水量，即等於空隙量。