

混凝土及鋼筋混凝土工程 新施工法

陳兆鏞編著

大東書局出版

混凝土及鋼筋混凝土工程 新施工法

陳北鏞 編著

宋

江苏工业学院图书馆
藏书章

大東書局出版

本書共分十章。第一、二、三各章分述鋼筋混凝土結構的原理，用料認識和混凝土之強度及其性質等。第四、五、六、七各章重點介紹混凝土配合比之設計及實用圖表，次則介紹施工程序、模板工程及鋼筋加工等。最後三章介紹混凝土之特殊施工方法，如真空作業、加氣混凝土及混凝土之防水問題，以及冬季施工方法等。本書可作為土建施工人員及設計人員的參考書，亦可供土木工程學校等教學參考之用。

陳兆鏞編著 宋金聲校閱

1954年2月發排，1954年7月上海第一版
1954年7月上海第一次印刷(0001—2000冊)

書號：5142·30''×42''·1/25·90千字10⁶/25印張·定價16,000元

※

大東書局(上海福州路310號)出版發行

上海市書刊出版營業許可證出●四三號·上海市書刊發行營業許可證發○六一號

導文印刷所(上海威海衛路357弄12號)印刷。

序 言

本書初稿原是作者於 1952 年在瀋陽市技幹校兼課時的教材，當時動筆的意圖沒有想來出版。後來因為作者在市財委基建處工作崗位上的關係，很多機會到各現場去，往往看到，工程設計採用新標準，施工時則仍是老一套，形成實際脫離理論、施工違背設計意圖的現象。分析其原因不外二種：（1）保守思想作祟；（2）可能混凝土新施工知識及參考資料尚缺乏，特別是配合比計算和應用方面。因此聯想到混凝土及鋼筋混凝土工程今後既隨國家大規模經濟建設需要而佔重要地位，且數量亦將增大到無法估量的數字；則合理使用材料，節約國家資金，實為現代工程技術人員應有的使命。所以聽取朋友的意見把它來付梓，以獻給需要的讀者供作參考。因限於時間和工作他調忙碌的關係，自己感到內容寫得不詳盡，也不够完善，且初稿錯誤難免，深望讀者多加批評指正俾資改正。

陳兆鏞 補序於瀋陽市城市建設委員會 1953 年

目 錄

第一章 總論	1
(1.1) 鋼筋混凝土結構基本概念	1
(1.2) 鋼筋混凝土應用範圍及其優缺點	2
(1.3) 學習鋼筋混凝土及混凝土技術之基本精神	4
第二章 構成鋼筋混凝土之材料	7
(2.1) 水泥	7
(2.2) 細粒料——砂	17
(2.3) 粗粒料——碎石、卵石、礫石及人造碎石	20
(2.4) 鋼筋	23
(2.5) 水	31
第三章 混凝土之強度(標號)及其性質	35
(3.1) 混凝土強度及其使用範圍	35
(3.2) 混凝土強度與受力情形之關係	36
(3.3) 混凝土強度之計算以及與水泥標號之關係	37
(3.4) 混凝土強度與用水量之關係	39
(3.5) 混凝土強度與溫度濕度之關係	52
(3.6) 混凝土之其他性質	57

第四章 混凝土配合比之設計	64
(4.1) 混凝土配合比設計基本原則與步驟	64
(4.2) 混凝土配合比計算之方法	66
(4.3) 混凝土配合比實用簡捷選擇法	82
(4.4) 爲節約水泥關於混凝土配合成分之選擇及混凝土調製 方法的指示	115
第五章 混凝土工程施工程序	120
(5.1) 混凝土之拌和	120
(5.2) 混凝土之輸送	121
(5.3) 混凝土之澆灌及施工接縫	123
(5.4) 水中混凝土之澆灌	127
(5.5) 混凝土在澆灌中之搗固	128
(5.6) 混凝土之養護	129
(5.7) 混凝土施工有關參考資料表	130
第六章 模板工程	134
(6.1) 設計模板應具之條件	134
(6.2) 模板工程使用之材料	135
(6.3) 模板之設計與計算	144
(6.4) 模板之安裝及拆卸	156
(6.5) 模板之製造	160
(6.6) 各部模板之結構	163
(6.7) 模板設計及施工有關參考資料表	176

第七章 鋼筋加工	185
(7.1) 鋼筋彎鉤及彎轉	185
(7.2) 鋼筋之接頭	188
(7.3) 鋼筋之保護層及鋼筋間之間距	190
(7.4) 鋼筋加工截裁長度之計算	192
(7.5) 鋼筋加工有關實用參考資料表	202
第八章 混凝土真空作業	205
(8.1) 真空作業之原理及其優點	205
(8.2) 混凝土真空作業之設備與裝置	207
(8.3) 混凝土真空作業之操作過程	214
第九章 加氣混凝土及混凝土之防水問題	221
(9.1) 加氣混凝土	221
(9.2) 混凝土之防水問題	223
第十章 混凝土工程冬季施工	230
(10.1) 低溫度對混凝土之影響	230
(10.2) 冬季混凝土施工之基本原理	231
(10.3) 使用早強劑	232
(10.4) 材料加熱法	234
(10.5) 蓄熱法	239
(10.6) 暖棚法	243
(10.7) 蒸汽加熱法	243
(10.8) 電氣加熱法	245

(3) 鋼筋密包在混凝土內有適當保護層，則鋼筋在內可永久保持不生銹。

第一圖係一受彎單樑，在中和軸上層為受壓區，由混凝土負擔；下層為受拉區，由鋼筋負擔拉應力。鋼筋週圍與混凝土密合有堅強之黏結力，兩端作彎鉤復增強其附着力；故在受力作用時不至使鋼筋從混凝土內滑動。又在支座附近因剪力最大，由於垂直及水平二種剪力而合成與水平成 45° 之最大斜拉力，若不加鋼筋亦能使樑在支座處受斜拉力而破裂；故用 45° 之斜鋼筋及垂直之鋼箍以抵抗之，即所謂安全抗剪之結構。按上述即鋼筋混凝土結構原理大體之概念。

(1·2) 鋼筋混凝土應用範圍及其優缺點

一 應用範圍

鋼筋混凝土因有上述之特性，長於受拉又善於受壓且堅固耐久；故凡工程在傳力及直接受力部份均樂用之，主要應用於：

(1) 房屋工程方面 如樑、柱、壁、樓板、屋頂、平台、樓梯、基礎、樁等；

(2) 道路鐵道工程方面 如橋樑、涵洞、隧道、擋土牆、天橋、軌枕、桿柱等；

(3) 河海水利工程方面 如護岸、碼頭、堤壩、船渠、水閘、燈塔等；

(4) 衛生水道工程方面 如水池、水庫、化糞池、水管、水塔、渠道等；

(5) 耐火、堅固工程方面 如工廠、倉庫、銀行、戲院及其他公共建築物等；

(6) 國防及耐震工程方面 如機場跑道、炮壘、防空洞要塞等。

若按混凝土構成之主要成分——水泥不同之性質及種類，混凝土

之應用範圍亦有不同之限制，詳見(2·1)水泥、使用範圍，此從略。

二 優缺點

甲、優點：

(1)耐火 因為混凝土是熱的不良導體，鋼筋在其保護之內亦不至立即傳熱，燒至鋼鐵危險之溫度。按混凝土在 816°C 燒 5 小時，其表面溫度僅及 563°C ，而傳熱深度不過 2.5 公分，比磚瓦耐火高 4 倍。鋼鐵本身熱至 500°C 已減低其強度 $\frac{1}{3}$ ，熱至 800°C 時本身自重已難自支，石料因其不能受溫度急烈變化，在火警時每經水噴射有裂碎之虞，故在建築材料中，獨以鋼筋混凝土感熱傳熱最慢而耐火最強，作防火公共建築極為適宜。

(2)耐久 混凝土強度與載重能力隨年代愈久反而增強（三年五年後尚繼續增加），鋼筋在內有適當厚度之保護層不至生銹腐蝕。工程既成不必加以任何養護，而能維持久遠切合經濟效用原則；比之木材建築常須加以護養修補，與鋼料建築年需防銹油漆者，實較優越。

(3)經濟 除上述無經常養護費外，其配合材料中以砂石佔大部，砂、石可就地取材，水泥、鋼筋均係國產，品質亦可靠（按鋼筋有利用舊車軸、舊軌鋼等熱軋而成者，與其他定型鋼相比，成本為低），施工工人技術訓練亦較易，在 12 層以下房屋修建，成本核算實較鋼料建築為經濟。

(4)可模性及美觀 鋼筋混凝土可澆成任意形狀之結構物，適宜於任何建築上之裝飾與美觀之設計，故便於建築師打樣。形態得以發揮自如，所成建築物雄偉有力，大方美觀，既無腐朽之虞，又可免蟲鼠藏生之患，亦合乎衛生。

(5)剛架作用 鋼筋混凝土由於本身結合之整體性，故所成之結構物有高度之剛性，有優良之抗震能力，在地震區建築及防彈壕結構有重大意義。又因其樑、板、柱架施工時結合一體，彼此復穿插以鋼筋，使

整個建築起剛架作用；不但計算時可減省截面，即遇過載荷重時，其內應力亦可重行調整，得以安全。

乙、缺點：

(1) 工程既成不易改建、加接、及拆除 其他建築材料如磚石、木、鋼，其聯結用灰漿、鉚釘、螺栓等，拆卸甚易，而拆下舊料亦有相當代價或仍可利用；獨鋼筋混凝土工程，既成之後，改建拆除甚難，故事先設計須考慮週密，不可不注意及之。

(2) 費工大費木材多 若用人工拌和建造，一般花費工數很多，建立支承架、模板等木材費用亦可觀；故今後施工當盡量提倡採用機械化操作。工地工廠化設備是裝配式鋼筋混凝土構件發展的必然趨勢，既可省工，又省模板。設計者當盡量應用樑柱等各種標準整數尺寸，而施工者可製訂各種定型模板，使模板變為工具之一種；二者結合起來，木材可以大量減省。

(3) 本身自重大 混凝土自重 2,300 公斤/立方公尺，鋼筋混凝土自重 2,400 公斤/立方公尺，若用振動器固結尚不止此數；故其自重甚大，對於大跨度結構顯然不利。但現代預應力混凝土結構已有相當成就，各種輕質粒料混凝土已普遍採用，針對此缺點已減除不少。

(4) 傳聲性及受化學酸類等作用 構造時如與聲絕緣材料配合，以及適當使用各種不同性能性質之水泥（見水泥章），則此缺點可免。

總之，鋼筋混凝土結構優點多而缺點少，科學技術與勞動不斷之創造將使其優點更加發揚，而缺點全部減除；在全世界偉大工程歷史中，它始終站在建築材料主要的地位。

(1·3) 學習鋼筋混凝土及混凝土技術之基本精神

學以致用，學習理論就是爲了更好的指導實踐，從實踐中豐富理

論，「理論與實踐結合」是極重要的原則；但在以往的具體情況中，我們常遇到下列的情形：

(1) 設計者不深刻了解施工情況，閉門造車，圖樣發到工地，很多結構配筋等問題發生。這種主觀主義、脫離實際的作風，應予革除。

(2) 設計者的意圖沒有在施工圖上表達交代清楚，形成設計、施工各自為政；因而造成施工困難或錯誤，甚至造成技術事故。

(3) 一般工作者對水泥不同種類之不同性能、不同標號之不同強度等認識不足，不管工程性質如何，一貫採用 1:2:4、1:3:6 等體積配合比就算達到施工目的，造成水泥數量與質量上嚴重的浪費。

(4) 設計者對於設計強度大小、所用水泥標號或混凝土標號之高低沒有指明。施工者很多不明確欲達強度的大小，而適當採用水泥標號、水灰比及按粒料形狀、需用稠度等來決定適宜之配合比，一味墨守成規，以 1:2:4 為唯一良好配合法，造成強度不正確、安全率不明確、及稠度不相當之結果。常見者如用水量靠眼睛經驗、情感用事、怕出麻子、水怕少、沙怕多，結果模板拆除反出現麻子窩。

(5) 對於道路施工耐久耐磨之重要性，對於屋頂、堤岸施工之不透性，對於水道、溝渠施工之防腐蝕性，以及在不同溫度施工等，均宜適當採用不同水泥之不同處理法；但事實上很少過問，亦以一般水泥配合比 1:2:4 當為萬靈丹。

(6) 在保證質量的原則下，一定市價之各種配合料條件內，如何製成每 1 立方公尺混凝土之最低成本、及其設計計算以及配筋可使每 1 立方公尺鋼筋混凝土達最低成本問題，在過去一般是重視不夠的。

(7) 採用了重量比，但其重量比只是從 1:2:4 體積比折算出來的。

(8) 採用了重量比，但只用高號碼普通水泥來作低號碼混凝土；因此，也形成了嚴重浪費。

以上列舉各點，均係極應糾正之偏差。現在我們正沿着社會主義的道路前進，在國家大規模的基本建設中，水泥與鋼筋的需用量將與日俱增。但目前，全國水泥及鋼筋的生產，已呈供不應求之勢。因此，近來，重工業部乃號召全國各廠，盡量生產成本低、產量多的低號碼水泥、礦渣或混合水泥；這並不是生產上的偷工減料，而是這種水泥可作更好的混凝土和更多的混凝土。因此，工程技術人員應特別注意水泥的合理使用，並且應從思想上認識改進混凝土技術是增產節約、建設社會主義之重要措施。

為合理和節約使用水泥，並保證質量，必須虛心、全面地學習蘇聯的先進技術。在施工中，以高標號水泥用於低標號需用的地方，是盲目的質量浪費，死板地依據 1:2:4 定量的消耗是保守思想造成的數量浪費；所以我們應當採用蘇聯的最先進經驗，以最新的配合方法，合理地使用水泥，以達節省水泥之效果。同時在施工中更不可忽視的：當和工人團結一起，面對工程而服務；須知，欲使鋼筋混凝土建築美滿而合於經濟原則及成本低廉，絕不是單憑想像的工作。例如：架搭模板鋪設鋼筋而求位置之正確，各項材料之挑選、配合、拌和、加水而求混凝土質量之均勻，灰漿之運輸、澆灌、搗實而求混凝土結合之密固，事後之養護洒水，冬季施工時之各項防寒措施等，凡此種種莫不依靠工人之忠實執行；故必須貫徹羣衆性的技術責任制，以保證質量之優越。同時工程師本身在施工中，必須要做到“勤跑”、“多看”、“常說”、“細問”，有時還須“默想”，方可達到設計理論之實踐。

本上述精神，編者僅就個人所見，編成此書，但缺點很多，希望大家多提意見，共同來把我國的混凝土施工技術，再提高一步。

第二章 構成鋼筋混凝土之材料

(2·1) 水泥

水泥係以能產生矽酸鈣熟料之原料，適度配合，燒成熟料，磨為細粉，而成之水硬性膠結材料，是構成混凝土之主要材料。過去由於歷史之曲解，誤認為英人阿斯丁於 1824 年發明，又因其色類似英國波特蘭島之石而名為波特蘭水泥。現已證實為俄國人發明，俄國製造水泥之記載，實遠早於 1824 年以前，故中蘇兩國近均不用波特蘭水泥之名，按其主要成分以矽酸鹽水泥稱之。

一 水泥之種類與性能

水泥種類繁多，性能各異，蘇聯計有 50 餘種。我國隨大規模經濟建設之需要，逐漸增加多品種、多標號水泥之生產，此對於增產節約、合理使用材料、提高工程質量、降低產品成本各方面，都具有重大的意義。現行中央重工業部水泥暫行標準草案分水泥為四大類，其定義為：

(1) 凡以適當成分之生料，燒至部分熔融，所得以矽酸鈣為主要成分之熟料，加入適量石膏，磨成細粉，所得之水硬性膠凝材料，稱為矽酸鹽水泥，或普通水泥。

在熟料粉碎時，允許按水泥成品重量均勻地摻入 15% 及其以下的水硬性混合材料，或 10% 及其以下的非水硬性混合材料。成品名稱不變，仍稱矽酸鹽水泥。

(2) 凡在矽酸鹽水泥熟料中，按水泥成品重量均勻地摻入 15% 至

50% 的火山灰質水硬性混合材料，並按需要加入適量石膏，磨成細粉，所得的水硬性膠凝材料，稱為火山灰質矽酸鹽水泥或簡稱火山灰質水泥，並應以其所摻入火山灰質水硬性混合材料之名稱為名稱。

(3) 凡在矽酸鹽水泥熟料中，按水泥成品重量均勻地摻入 15% 至 85% 的經過淬冷處理的煉鐵爐礦渣，並按需要加入適量石膏，磨成細粉，所得的水硬性膠凝材料，稱為礦渣矽酸鹽水泥，或簡稱礦渣水泥。

(4) 凡在矽酸鹽水泥熟料中，按水泥成品重量均勻地摻入 10% 以上的非水硬性混合材料，並按需要加入適量石膏，磨成細粉，所得的水硬性膠凝材料，稱為混合矽酸鹽水泥或簡稱混合水泥，並應以其所摻入的非水硬性混合材料之名稱為名稱。

以上四類在實際慣例上可歸納為兩大類，即：矽酸鹽水泥或稱普通水泥和摻混合材水泥（2-4）。其中所摻入的混合材料為非水硬性者，特稱為混合水泥；此與過去所稱含義較廣的混合水泥（包括火山灰質水泥，礦渣水泥等）有所不同。

混合材料多取自天然原料，或利用工業廢品廢物，使水泥製造成本降低。水泥性能改善，對國家資金之節約具有重大意義。國內經調查可供作混合材料者，種類甚多，茲將其名稱與性能介紹如下：

(1) 水硬性的混合材料 具有可獨立表現輕微膠凝性能，可以增加水泥之抗水性及耐蝕性者如：

- | | |
|------------------------|-----------------|
| 1. 高礦爐渣 | 8. 浮石 |
| 2. 頁岩灰（分赤頁岩、廢頁岩、燒綠色頁岩） | 9. 火山灰 |
| 3. 爐渣（煤灰渣） | 10. 燒黏土（磚瓦陶土碎屑） |
| 4. 壩埤 | 11. 泥灰土 |
| 5. 礬土渣 | 12. 集塊岩 |
| 6. 凝灰岩 | 13. 膨潤土 |
| 7. 砂礫土 | 14. 白土 |

(2) 非水硬性的混合材料 可以增加黏性與和易性，並可節約高

級水泥者如：

- | | |
|---------|--------|
| 1. 石灰石 | 6. 砂石 |
| 2. 白雲石 | 7. 長石 |
| 3. 砂質黏土 | 8. 花崗石 |
| 4. 砂岩 | 9. 石英砂 |
| 5. 河砂 | |

水泥廠在採用任何混合材料時，均應慎重選擇、分析、試驗認可，報請重工業部批准，然後正式生產，供應使用，這樣其質量纔是可靠的。

採用摻混合材水泥，除可減低建築成本外，其主要優點為：

1. 耐蝕性、抗水性的能力強於普通水泥，因此宜於水工工程；
2. 水化熱低，因此適合於大體積混凝土之製造；
3. 後期強度大於普通水泥，可使混凝土耐久，水泥節約。

其缺點只是抗凍性較差，收縮性較大，吸水性也大，初期強度進展較緩，特別在低溫施工中。但如加強養護工作，掌握其特性，其缺點是可以克服的。

為初學者合理使用水泥起見，茲將最常見的水泥性能、用途概述如下：

(1) 矽酸鹽水泥(普通水泥) 主要性能在加水後 12 小時內凝結，28 天達設計強度，製造混凝土具有抗水性、耐寒性及強大受壓的強度，比重 3—3.2，散裝時重 1,300 公斤/立方公尺，適用於：

1. 一般水中、地上及地下工程以及鋼筋混凝土工程；
2. 較高溫結構，如冶金車間、鍋爐間，受高溫而有保護襯料的結構，如煙筒，並可製耐熱混凝土；

在下列情形不宜使用，即含有氯化物、硫化物、鹼、酸、糖液、菓物油液直接接觸之結構，又在水利工程、海水中工程、水道衛生工程、機車庫、化學工業車間以及含有硫酸鹽水、侵蝕水、有壓力之地下水作用之

處，亦避免用之。

(2) 礦渣矽酸鹽水泥(礦渣水泥、或稱高爐水泥) 性能大致與普通水泥相同，耐熱性較強，但凝結和早期強度較緩。養生期對洒水多少的敏感性甚強，低溫期($+10^{\circ}\text{C}$ 以下)強度增長尤慢，養護得法，後期強度則大於普通水泥，比重 2.85—3。對侵蝕水之抵抗稍遜於火山灰質水泥而優於普通水泥。此種水泥適用於：

1. 可代替普通水泥作水底特別是海水中工程；
2. 可作熱車間及耐熱混凝土配件，因其發熱量低可作大體積混凝土；
3. 200 號以上用作鋼筋混凝土結構，用法與普通水泥相同，但拆模期限稍晚，養生期中洒水宜勤；
4. 300 號以下，若無適當設備不得用於細小結構之低溫施工，在冬季施工以採用蒸汽加熱法，最有利其強度之增長。

(3) 火山灰質矽酸鹽水泥 此種水泥之特點，是硬化時混合材料中之活性矽土(SiO_2) 與熟料加水分解出來的游離石灰相結合，減少了游離石灰之鹼化作用，因而能抵抗侵蝕水之作用，故適於水利工程及海水工程。其缺點是在低溫凝結緩慢，在乾燥環境硬化收縮較大，易生龜裂；但在潮濕及高溫環境強度增進很快，後期強度及對硫酸鹽溶液之抵抗則非普通水泥所能及。應用範圍如：

1. 海水工程及水中大塊混凝土工程如船塢、碼頭、堤壩等；
2. 地下工程如隧道、涵洞、基礎、地下室、上下水道等；
3. 在潮濕環境之工程及蒸汽養護之製件，

此種水泥不宜於常受凍結作用之結構，凡斷面細小無保溫設備之冬季施工、乾燥地區、緊急工程、耐熱混凝土以及結構須在 28 天以內達設計強度者，均不適用。