

鋼筋混凝土學

第二版

● 李錫霖、陳炳煌◎編著

Reinforced Concrete

■ 本書為國內第一本採用2002 ACI規範之教學專書

本書特色

- 可供學習土木工程者之用，寫作上力求精簡易讀。
- 本書每個章節皆有參考文獻，和內文相互對照，供讀者深入學習。
- 每章皆附有習題，讓讀者評量理解程度。
- 例題設計配合國內高普考題型，方便讀者準備國家考試。
- 本書內容以作者十年教學經驗匯整而成，由淺入深，循序漸進，使同學能按步就班，充分達到學習效果。
- 配置精美教學投影片，讓教師教學事半功倍。

第二版

鋼筋混凝土學

● 李錫霖、陳炳煌◎編著

Reinforced Concrete

五南圖書出版公司 印行

國家圖書館出版品預行編目資料

鋼筋混凝土學 / 李錫霖, 陳炳煌編著.
--二版.--臺北市: 五南, 2007[民96]
面: 公分.
含參考書目
ISBN 978-957-11-4926-4 (平裝)
1. 鋼筋混凝土
441.557 96016838



5T03

鋼筋混凝土學

編 著 — 李錫霖 陳炳煌

發行人 — 楊榮川

總編輯 — 龐君豪

主 編 — 黃秋萍

責任編輯 — 蔡曉雯

文字編輯 — 施榮華

封面設計 — 鄭依依

出 版 者 — 五南圖書出版股份有限公司

地 址: 106 台北市大安區和平東路二段339號4樓

電 話: (02)2705-5066 傳 真: (02)2706-6100

網 址: <http://www.wunan.com.tw>

電子郵件: wunan@wunan.com.tw

劃撥帳號: 01068953

戶 名: 五南圖書出版股份有限公司

台中市駐區辦公室/台中市中區中山路6號

電 話: (04)2223-0891 傳 真: (04)2223-3549

高雄市駐區辦公室/高雄市新興區中山一路290號

電 話: (07)2358-702 傳 真: (07)2350-236

法律顧問 得力商務律師事務所 張澤平律師

出版日期 2005年3月初版一刷

2007年9月二版一刷

定 價 新臺幣650元

二版序

本書第一版於九十四年二日出版至今已滿兩年半，在過去五個學期的授課中陸續發現書中尚有不少的疏漏、錯誤及圖說繪製不佳情形。因此利用今年暑假期間，整本書重新訂正，除了補正原先的疏漏及錯誤外，同時在第四章中加入了扭力筋的設計，並將章名修正為「剪力筋及扭力筋」。在第六章中加入了雙向版的設計，章名也修正為「版之設計」。在參考文獻部份，我國新的混凝土工程設計規範(土木 401-93,依據 ACI318-02 為藍本)也已正式公佈，因此書內相關參考文獻部份也一併修正。期望這次的再版能讓本書更加充實，也敬祈各界先進不吝指教。

李錫霖 於新竹中華大學土木與工程資訊學系
中華民國九十六年八月十五日

序之一

鋼筋混凝土工程是大學土木系必修課程之一，課程內容除了基本理論外，還兼具工程實務應用，特別與現行設計規範更是息息相關，可以說是土木工程科技相關領域中最根本的應用技術，也是與民生工程最密不可分的科技。

作者自民國 79 年回國任教於中華大學(原中華工學院)起就開始教授本課程，當初在選擇教材時，發現內容比較豐富的幾本教科書都是以 FPS 或 SI 制為計量單位，與國內設計規範使用的 MKS 制有所不同，考慮同學未來參加國內各種就業及技師考試以及到工程界服務的適應性，因此開始編寫講義做為課堂上課的主要教材。

在本教材編製過程中除了廣參國內外相關書籍、文獻及設計規範外，在章節的安排及例題的設計上也儘量由淺入深，循序漸進，使同學能按部就班，充分達到學習效果。在每章後面的習題部分，為使同學熟悉國內高普考試及技師考試的出題型態，也適度的將歷屆考題加入習題內供同學練習解答。在參考規範部分，因目前國內設計規範是以 ACI 1995 年版為主要依據，而 ACI 2002 年版本在內容上有大幅修改，因此本教材之規範參考是以 ACI 2002 年版本為主，而以國內設計規範為輔。教材第一章至第五章及第七章為混凝土工程之主要理論基礎，適合大學部一學期 3 學分的授課內容，其餘章節則可視為較進階的授課內容。

在整冊教材的編製過程中，從第一屆開始的郭治明到中期的李培宇及黃心怡，以及目前的張照俊等同學都花了相當多的心力協助打字及繪圖。整分講義的雛形大約於 5 年前在黃心怡同學的大力協助下大致底定完成，原本已準備出書，後因修稿延誤及 ACI 2002 年版本的大幅修改，為使內容能配合最新設計規範，因此將教材內容以 ACI 2002 年版本為主要依據整個重新改寫，使得出書時程整個延後。最後完稿的總校正是在黃文宏同學的大力協助下完成。

本教材從課堂講義開始到出書，前後超過十年以上的時間，也意味超過十屆以上同學的錘鍊。對所有為本書貢獻心力的同學謹致最大謝意。同時更感謝中華大學董事會創立本校，使本人得以在良好教學工作環境中發揮個人所學，並促使本書的誕生。最後謹以此書獻給我最摯愛的父母及家人，您們的支持是完成本書的最大動力。希望本書的出版能帶給大學土木工程教育及工程界一點小小的助益。本書出版前雖已多次校核，但疏漏在所難免，敬祈各界先進不吝指教。

李錫霖 於新竹中華大學土木工程學系
中華民國九十四年二月十五日

序之二

研習工程科技課程，首重在實際演算的經驗，並藉由例題的設計編排，方能對工程材料行為的原理與煩瑣的設計規範加以澈底地瞭解。一般與鋼筋混凝土工程課程初接觸的讀者，其學習過程中最大困擾在於對冗長艱澀的規範條文內容懵懂不解，致使其茫然而無從下手；且因目前在國內幾本內容比較豐富的教科書均以 FPS 制或 SI 制為計量單位，與我國設計規範使用的 MKS 制有所不同，更使初學者深感疑惑。為引導初學者能進入一個正確及簡單容易的學習方向，由淺入深，充分達到學習效果，乃以李錫霖老師任教於中華大學土木工程系教授本課程主要教材及本人擔任該系二部(夜間部)兼任講師教授該課程教材為架構，並參考使用規範以 ACI 2002 年版本為主，以我國設計規範為輔而編寫本書。

本書編製過程中，承蒙郭治明、李培宇、黃心怡、張照俊及黃文宏等同學精心協助打字、謄稿、繪圖及校正工作，本書得以順利付梓，謹此深致謝意。本書雖已多次校核，疏漏之處在所難免，敬祈各學界及工程界先進專家，不吝指正。

陳炳煌 於新竹市政府工務局
中華民國九十四年二月十五日

目 錄

再版序

序之一

序之二

第一章 緒論

1-1 鋼筋混凝土歷史背景	1
1-2 鋼筋混凝土材料	2
1-3 載重	17
1-4 鋼筋混凝土設計方法	21
1-5 鋼筋混凝土設計規範	23
1-6 計量單位及計算精準度	24
參考文獻	32
習題	35

第二章 矩形梁之撓曲分析及設計

2-1 概述	37
2-2 基本假設	38
2-3 矩形梁之撓曲行爲	38
2-4 懷特尼矩形應力分佈	41
2-5 單筋矩形梁之分析	43
2-6 平衡鋼筋比	51
2-7 最大鋼筋比	53
2-8 最小鋼筋比	57
2-9 梁、鋼筋尺寸及鋼筋排放之實務選擇	59
2-10 單筋矩形梁之設計	63
2-11 雙筋矩形梁之分析	74
2-12 雙筋矩形梁之設計	90
2-13 非矩形斷面梁	106

2-14 T 形梁·····	111
參考文獻·····	125
習題·····	126

第三章 適用性

3-1 概述·····	139
3-2 矩形梁之工作應力法分析·····	139
3-3 撓曲裂縫·····	150
3-4 即時垂直變位·····	156
3-5 長時垂直變位·····	173
參考文獻·····	176
習題·····	177

第四章 剪力筋及扭力筋

4-1 概述·····	183
4-2 剪應力公式·····	184
4-3 無剪力筋梁之行爲·····	186
4-4 剪力筋·····	194
4-5 有剪力筋梁之剪力強度·····	197
4-6 剪力設計·····	198
4-7 軸向作用力的影響·····	217
4-8 深梁·····	223
4-9 剪力摩擦·····	224
4-10 托架設計·····	228
4-11 扭力理論·····	236
4-12 扭力與剪力聯合作用·····	242
4-13 鋼筋混凝土梁之扭力筋設計·····	244
參考文獻·····	260
習題·····	263

第五章 錨定、握裹及伸展長度

5-1 概述	271
5-2 握裹應力與撓曲握裹應力	271
5-3 極限握裹強度與伸展長度	276
5-4 拉力鋼筋之伸展長度	278
5-5 壓力鋼筋之伸展長度	287
5-6 成束鋼筋	289
5-7 張力筋標準彎鉤之錨定	290
5-8 鋼筋的切斷及起彎點	295
5-9 鋼筋的續接	321
參考文獻	323
習題	325

第六章 版之設計

6-1 概述	329
6-2 版的種類	331
6-3 活載重的佈置	333
6-4 單向版分析方法	338
6-5 單向版 ACI Code 係數法	338
6-6 單向版版厚	346
6-7 收縮及溫度鋼筋	347
6-8 單向版鋼筋之配置詳圖	348
6-9 雙向版鋼筋之分析及設計	362
6-10 雙向版-係數設計法	363
6-11 雙向版-直接設計法	377
6-12 雙向版-相當構架法	394
參考文獻	397
習題	398

第七章 短柱

7-1 概述	403
7-2 柱的種類	404
7-3 軸心荷重柱	405
7-4 矩形柱同時承受軸心及彎曲力矩	409
7-5 強度交互影響圖	420
7-6 橫箍筋及螺箍筋	433
7-7 柱之設計	437
7-8 設計輔助工具	452
7-9 承受雙軸彎矩及軸力之矩形柱	457
參考文獻	478
習題	480

第八章 細長柱

8-1 概述	487
8-2 軸心荷重柱之壓屈	488
8-3 有效長度	492
8-4 連線圖	494
8-5 細長比的影響	498
8-6 有側撐構架及無側撐構架	500
8-7 有側撐構架之彎矩放大係數法	502
8-8 無側撐構架之彎矩放大係數法	510
8-9 分析設計實務	512
參考文獻	531
習題	533

第九章 基礎

9-1 概述	537
9-2 基礎的種類	538

9-3 地耐力·····	542
9-4 基礎的破壞型式·····	548
9-5 基礎版之強度·····	550
9-6 矩形基礎版尺寸·····	554
9-7 獨立矩形基礎之設計·····	557
9-8 牆基礎設計·····	569
9-9 聯合基礎之設計·····	574
參考文獻·····	589
習題·····	590

第十章 懸臂式擋土牆

10-1 概述·····	593
10-2 擋土牆之種類·····	593
10-3 擋土牆之作用力·····	598
10-4 擋土牆之穩定性·····	606
10-5 懸臂式擋土牆之設計·····	612
10-6 懸臂式擋土牆設計例·····	616
參考文獻·····	630
習題·····	631

1-1 鋼筋混凝土歷史背景

西元1867年，法國人約瑟—莫尼爾(Joseph - Monier)因首先採用鋼筋混凝土而獲得專利的殊榮，可說是最早在鋼筋混凝土實務上真正成功的推廣者。他知道鋼筋混凝土許多種可能的用途，並且相當成功的進行擴展這種新方法的應用[1.1]。

在莫尼爾之前，事實上鋼筋混凝土早已被使用，只是大部份都被當做商業機密而為專利權所保護。西元1867年，莫尼爾採用鐵棒加強之混凝土槽在法國獲得第一個專利後，他又取得多項專利權，如1868年之管線和水塔、1869年之平版、1873年之橋梁與1875年之樓梯等。在1880年至1881年之間，他又在德國獲得鐵道枕條、水槽、圓形花瓶、平版和灌溉渠道等多項專利[1.1]。

西元1880年，莫尼爾將他在德國所獲得之專利，賣給德國之威斯公司，德國的一些工程師也從1880年代開始從事結構物之強度試驗，1886年科寧(Koenen)和威斯(Wayss)發表了這方面的理論與計算方法；翌年，威斯與鮑辛格(Bauschinger)所作的實驗結果又接著發表出來[1.1]。

十八世紀中葉，法國人藍伯特(Lambot)以鋼筋混凝土建造了一艘小船，於1854年在巴黎博覽會中展出，並於翌年獲得了專利。藍伯特所獲得之專利為一鋼筋混凝土梁和以四根鐵棒加強之混凝土柱。

在西元 1861 年，法國人佛蘭克斯—克耐特(Francois—Coignet)出版一本敘述鋼筋混凝土用途及其應用方法的書，同時也指出加太多的水份會造成混凝土強度的降低。在西元 1875 年至 1877 年之間，法國建造完成世界第一座鋼筋混凝土橋梁，其寬度為 3.96 公尺、長度為 16 公尺。

美國在鋼筋混凝土科技方面之先鋒為海特(Hyatt)，他原是一位律師，在 1850 年代從事鋼筋混凝土梁的試驗。海特所試驗的梁，是將鐵棒置放在張力區內，在支承處附近向上彎起，並在壓力區內加以錨錠，而且在支承處附近加上垂直之箍筋。

美國第一棟場鑄鋼筋混凝土構造，係建造在1870年紐約州威廉 - 瓦得(William—Ward)的房子。另在1870年代早期舊金山鋼鐵公司總裁藍森(E.L. Ransome)就曾採用一些不同形式鋼筋混凝土結構，且不斷地增加鋼索與鐵環在許多結構物上的應用，他首創扭轉而成的變形鐵棒，並於1884年獲得此項專利權[1.2]。

西元1899年，Consideré所發行的書籍，可算是最早期之鋼筋混凝土教科書。1903年，美國所有對鋼筋混凝土科技有興趣的各組織代表成立一個聯合委員會，才使鋼筋混凝土設計方面之應用漸趨統一。

西元1899年，中國在唐山市創建唐山細綿土廠，是為中國第一家水泥廠。1908年，在上海市建造完成之電話公司大樓，為中國第一座鋼筋混凝土框架結構建築物[1.3]。

從1850年到1900年間，有關鋼筋混凝土之著作發表數量比較少，其主因乃是鋼筋混凝土的應用，在此期間仍屬商業機密。在進入二十世紀以後，鋼筋混凝土的發展可說是一日千里，對於結構梁的行為、混凝土的抗壓強度及彈性模數等，都在進行大量的試驗與研究工作。

從1916年到1930年代之中期，研究工作主要集中於柱承受軸向載重時之行為及潛變的影響。1930年代晚期至1940年代之間，柱承受偏心載重、基礎及梁之極限強度行為等也開始受到重視。自1950年代以後，鋼筋混凝土的設計理論，開始由彈性設計法逐漸轉變為強度設計法，同時預力混凝土及預鑄構件也開始進入應用階段。

1-2 鋼筋混凝土材料

鋼筋混凝土(Reinforced Concrete)乃是將鋼筋與混凝土二者合而為一的複合材料；一般工程界取其英文單字之首字，簡稱「RC」。為使鋼筋及混凝土間有較佳的粘結效果，一般都將鋼筋表面作成竹節狀，使鋼筋與混凝土間不會產生相對的滑動。鋼筋一般具有容易腐蝕及對溫度抵抗性不佳的特性，在溫度大於 650°C 以上時強度折減相當快，而混凝土具有相當不錯的耐久性，不易腐蝕及風化，至少有五十年以上的壽命，且其熱傳導係數相當低，為一有效之絕熱材料，因此當兩種材料放在一起時，常利用混凝土作為鋼筋保護層，以防止鋼筋的腐蝕及阻絕外界之溫度形成有效的防火被覆。

鋼筋及混凝土兩種材料能有效的應用，除了上述之因素外，主要是這兩種材料有非常近似的熱膨脹係數，兩種材料在自然的溫度變化下，不會因相對的變形而產生內力。其中混凝土為一脆性材料，但本身具有高抗壓強度及低抗張強度之特性；而鋼筋為高韌性材料，本身除具有高抗張強度以外，同時兼具有高抗壓強度之特性。因此，一般將鋼筋嵌入混凝土梁之張力區內以承受張力，而柱也靠鋼筋之高抗張力及高抗壓力來增強其承載能力。如圖1-2-1所示之鋼筋混凝土簡支梁，因在張力區內嵌入了鋼筋而增加其強度：

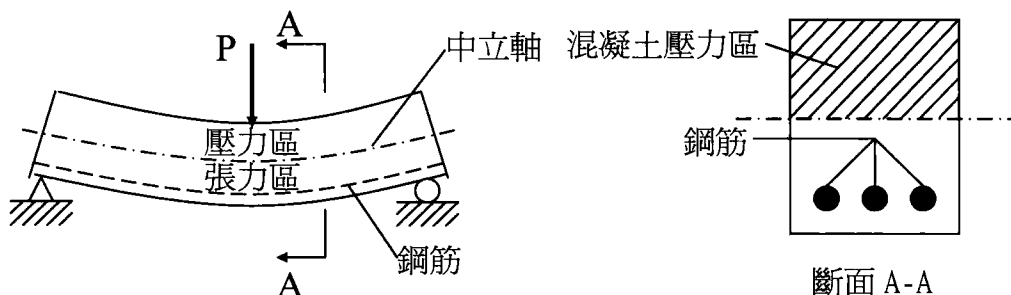


圖 1-2-1 鋼筋混凝土簡支梁之受力狀況及鋼筋位置

綜上所述，鋼筋與混凝土可以合併使用之理由及鋼筋混凝土具有之優缺點，可歸納說明如下：

1、鋼筋與混凝土合併使用之理由：

- (1)兩者間具有適當的黏著力，可防止鋼筋對混凝土產生相對之滑動。
- (2)配比適當的混凝土具有足夠不透水性，可防止鋼筋腐蝕。
- (3)鋼筋與混凝土有相近似的熱膨脹係數 (Thermal Expansion Coefficient)，混凝土之熱膨脹係數為 $\alpha_c = 1.0 \sim 1.3 \times 10^{-5} / ^\circ \text{C}$ ，而鋼筋之熱膨脹係數為 $\alpha_s = 1.2 \times 10^{-5} / ^\circ \text{C}$ 。因此，在大自然氣候溫度變化下，兩種材料相互間不會因熱脹冷縮而產生太大內力，也就是鋼筋與混凝土間因溫度變化所產生之應力，可忽略不計。

2、鋼筋混凝土之優點：

- (1)強度高：充分利用混凝土高抗壓及鋼筋高抗拉特性。
- (2)造型容易：新拌混凝土為液態，可做任意造形及任意尺寸變化。
- (3)耐久：混凝土不易受風化可保護鋼筋，不需經常維護。
- (4)耐火：混凝土是熱的不良導體，其耐火性佳，可做為鋼筋之防火被覆。
- (5)耐震：各構件一體成型，適當的配筋其耐震能力強。
- (6)價格低廉：大部份為天然材料，造價便宜。
- (7)不需特殊技術：在施工上不需特殊的技術工。

3、鋼筋混凝土之缺點：

- (1)靜重較大：與鋼結構比較起來，因其所需體積較大，故整體而言，其自重較大。
- (2)品質控制不易：影響混凝土品質的因素相當多，從料源的配比設計、拌合、澆注，一直到養護及使用等，都會影響到混凝土的品質，因此要得到好的品質必需有很好的品質管理系統。

- (3)施工繁雜、工期較長：鋼筋混凝土施工所需工項較多，施工較繁雜，加上混凝土強度的發展需有足夠的時間，拆模有一定時間的限制，因此工期會較長。
- (4)修改及拆除困難：鋼筋混凝土結構在混凝土硬化後，要修改及拆除相當耗時及耗工，而且容易造成工地的髒亂。
- (5)需大量使用模板：新拌混凝土為液態狀，為了使其成形，必需使用大量的模板，造成了成本及工期的增加。

鋼筋混凝土結構一般是超靜定結構，其結構設計原理，與由單一材料所構成之構件，有許多截然不同的地方。在這種情況下，各構件間之相對尺寸是初步分析之依據，而初步分析結果又將成為修正尺寸之參考。所以，結構之分析與設計，主要是靠試算、判斷與經驗來達成。

本書之主要目的，在於對承受軸向力、彎矩、剪力或在該等組合力作用下之鋼筋混凝土構件，提供理論分析基礎及設計方法，任何構件經結構分析得其內力後，就可根據其所受之軸力、剪力及彎矩設計出適當尺寸及鋼筋量之斷面。

一、混凝土

混凝土主要是由水泥、細骨料、粗骨料、水及摻合劑拌合而成之混合物。其抗壓強度主要視其各種成分之比例、灌注與養護之溫度、濕度及加壓速度等條件而定[1.4,1.5]，以下就其主要組成成份及物理性質加以簡單的介紹：

(一)、水泥

水泥是一種具有黏著性與凝聚性之物質，能將礦物性之碎塊結合成一體。水泥被發現最早歷史可回溯到1796年派克(Parker)發現了天然的水泥，而在15年後，密克(Vicat)將黏土及石灰石的混合物加以煅燒來生產水泥。而真正的波特蘭水泥是在1824年由英國人約瑟(Joseph Aspdin)所發明生產，並獲得英國之專利。水泥主要原料為石灰石及黏土，其製造過程係將石灰石及黏土壓碎混合，放入旋轉爐中熔融，經1400~1500 °C 高溫煅燒後，再磨成粉末狀。水泥必須與水產生水化作用才能產生膠結作用，又稱水化水泥，一般最常用的水泥為第I類波特蘭水泥。使用第I類波特蘭水泥之混凝土通常需要14天方能獲得足夠之強度進行拆模，其設計強度則大約於28天後可達到，另外為了某些特定性質的要求，還有第Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ及Ⅴ類波特蘭水泥，其中第Ⅱ類適合需要抵抗中度硫酸鹽侵蝕或中度水合熱者，第Ⅲ類適合於需要早期強度者，第Ⅳ類適合用於低度水合熱者，第Ⅴ類適合需抵抗高度硫酸鹽侵蝕者。[1.6,1.7]

(二)、骨材

骨材在混凝土之總體積中約佔了百分之七十五，故其性質對於硬化之混凝土有顯著的影響，不但骨材之強度會影響混凝土強度，其性質對混凝土之耐久性及風化性亦有相當大的影響。使用骨材時，需符合CNS 1240—A2029或ASTM—C33規定[1.8,1.9]。

一般而言，骨材較水泥便宜，可儘量使用。欲使混凝土有最大的強度與耐久性，且又最合乎經濟原則，骨料應能儘量夯實緊密，並與水泥能充分膠結。實用上，骨材都依照大小分類，再依混凝土強度定出粗細骨材之適當配合比例。

細骨材(砂)是指通過4號篩之材料，即粒徑小於5mm (3/16 in.)之材料；粗骨材則是粒徑大於5mm (3/16 in.)以上的任何材料。骨材的最大尺寸由模板間之距離及相鄰鋼筋之淨空來決定，且不得大於下列規定[1.10]：

- 1、模板間最小淨距之五分之一。
- 2、樓版厚度之三分之一。
- 3、鋼筋最小淨距之四分之三。

在土木建築工程中，大部分混凝土使用天然砂石骨材，其單位重約為 2320 kgf/m^3 (145 lb/ft^3)；若再加上鋼筋後，設計時，一般以 2400 kgf/m^3 (150 lb/ft^3)計算。

由於鋼筋混凝土靜載重過大，對高層建築物或長跨度之構件造成限制，為改善此項缺點，大多使用輕質混凝土，以降低本身靜載重。輕質混凝土通常是由黏土、頁岩等原料經過膨脹處理之人造骨材，其單位重約為 $1120\sim 1840 \text{ kgf/m}^3$ ($70\sim 115 \text{ lb/ft}^3$)；在隔熱與圬工上使用之輕質混凝土單位重約為 480 kgf/m^3 (30 lb/ft^3)。

若粗、細骨材皆使用輕質材料時，該種混凝土稱為全輕質混凝土(All—Lightweight Concrete)；若僅粗骨材使用輕質材料，細骨材使用正常重量砂者，稱為含砂輕質混凝土(Sand—Lightweight Concrete) [1.11,1.12,1.13]。

(三)、摻合劑

為改進混凝土之性質，使其於應用時達到最佳及最經濟之效果，於拌合混凝土之前或拌合之中，加入另一種材料，這種材料即為一般所稱之摻合劑(Admixtures)[1.14,1.15,1.16,1.17]。摻合劑之種類非常多，以功能性來區分的話，一般常用摻合劑有：

- 1、增加冰凍融解作用之抵抗性，如輪氣摻合劑。
- 2、改善工作度，如飛灰、矽灰等。
- 3、提高混凝土早期強度，如氯化鈣。

- 4、降低水化熱，如緩凝劑。
- 5、提高混凝土強度，如減水劑、化學摻合劑等。

(四)、混凝土抗壓強度

混凝土抗壓強度主要視其原料成分、比例、澆置與養護之溫度、濕度及加壓速度等條件而定。一般以標準圓柱試體 $15\text{cm} \times 30\text{cm}$ 在標準養護條件之下 (CNS 1230-A3034) 於 28 天養護齡期，在標準加壓速度下，依 CNS 1230-A3045 規定之檢驗法所得之抗壓強度，稱為混凝土之抗壓強度 f'_c [1.18,1.19]。一般常用混凝土之抗壓強度如下：

- 1、鋼筋混凝土結構： $f'_c = 210 \sim 280 \text{ kgf/cm}^2$ (3000~4000 psi)。
- 2、預力混凝土結構： $f'_c = 350 \sim 420 \text{ kgf/cm}^2$ (5000~6000 psi)。
- 3、超高層建築結構： $f'_c = 420 \sim 980 \text{ kgf/cm}^2$ (6000~14000 psi)。

一般而言，影響混凝土抗壓強度 f'_c 之最主要因素為水灰比。所謂水灰比即為水與水泥之比例，一般以重量比為主，在正常情況下，水灰比愈低，混凝土抗壓強度則愈高；水灰比與混凝土抗壓強度之關係[1.20,1.21]，詳如圖 1-2-2 所示：

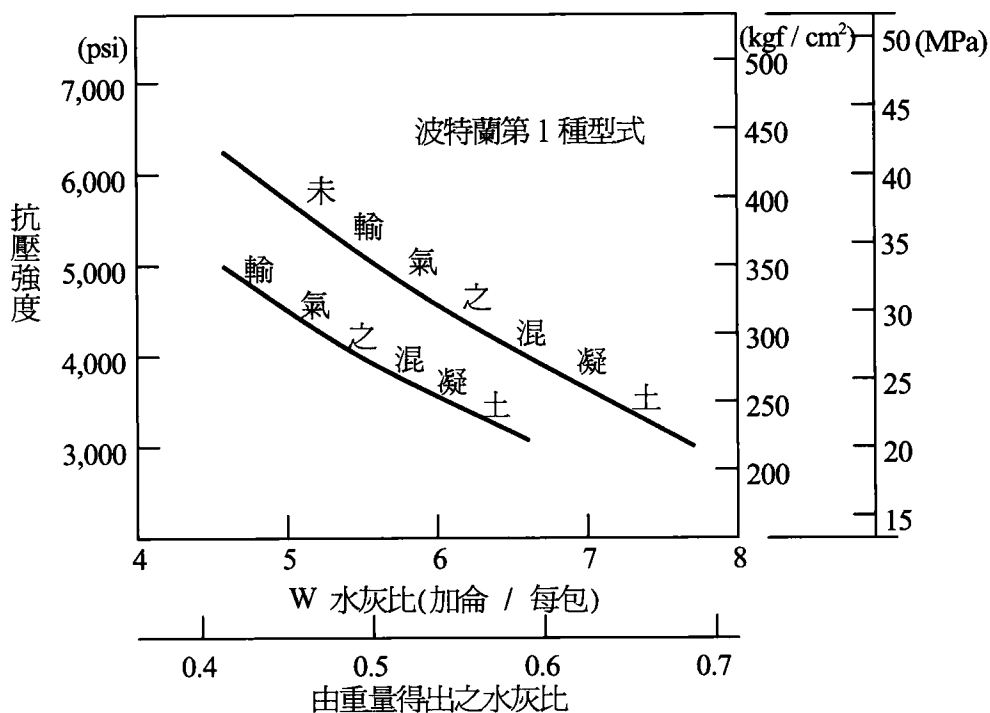


圖 1-2-2 混凝土水灰比與抗壓強度關係圖 [1.20,1.21]

6 鋼筋混凝土