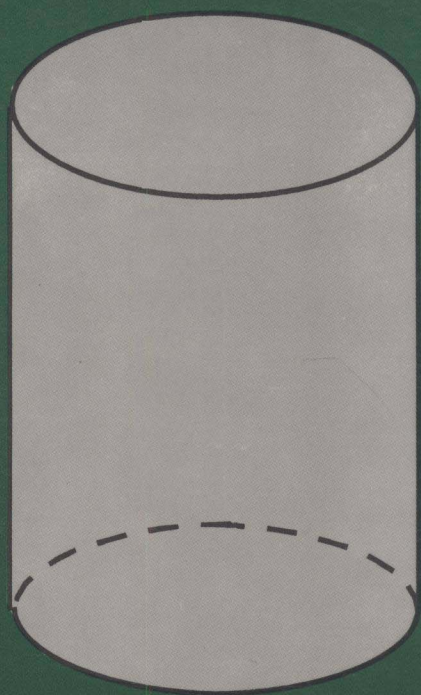


混凝土品質保證

檢驗與制度



黃兆龍 博士
詹氏書局

混凝土品質保證 — 檢驗與制度

黃兆龍 博士

© 1997

<http://140.118.105.144>

詹氏書局

國立中央圖書館出版品預行編目資料

混凝土品質保證檢驗與制度／黃兆龍編著

增修二版．—臺北市：詹氏，民 86

面；公分

參考書目：面

ISBN 957-705-139-1（平裝）

1. 混凝土 - 品質管理

440.327

86013972

版
權
所
有

翻
印
必
究

混凝土品質保證檢驗與制度

編著者：黃兆龍

發行人：詹文才

發行所：詹氏書局

登記證：局版台業字第三二〇五號

郵政劃撥：0591120-1

戶名：詹氏書局

地址：台北市和平東路一段一七七號九樓之五

電話：(02)3918058. 3967077. 3412856. 23583389

傳真：(02)3964653. 23583387

印刷：海王彩色印刷製版公司

中華民國八十六年十一月 增修一版 定價：新台幣 400 元

中華民國八十八年八月 增修二版

I. S. B. N. 957-705-139-1（平裝）



作者：黃兆龍 博士

混凝土品質保證－檢驗與制度

混凝土材料為最主要且最廣泛被應用的營建材料，性質相當複雜，影響品質的因素亦甚多，為了確保品質均勻性，必須在規劃設計及施工計畫階段即重視「料源管制」、「製程管制」及「成品管制」，透過PDCA程序施以合理管制手段，才足以滿足工程要求之品質，確保業主、設計者、施工者及消費者的權益。近年來，海砂屋、捷運帽樑裂縫、碧潭橋裂縫、樑柱接頭蜂窩、中空柱、塑性龜裂等等問題，委實困擾者混凝土基礎研發及施工實務者。本書特別針對過去混凝土結構物病症，提出混凝土品質保證理念，著眼點即期望混凝土在催生過程即能充分應用中國「生剋之理，自然之道」，使材料間「相容互生」，進而確保混凝土結構品質。

本書作者以十數年來教學研究及推廣實務的經驗及熱忱，參考最新資料及標準規範編著此書，其目的在喚起消費者、施工者、預拌混凝土生產者、工程規劃

設計者及主管官署有品質至上之共識，創造更美好的明日。本書內容淺顯，解說詳晰，對有志於混凝土材料品質控制教學研究，品質控制實務，及鑑定者將有所助益。

經歷長時間輔導工程界科研發展及實務經驗，作者深諳工程品質低落的主因，因此在美國香檳城伊利諾大學完成營建管理碩士後，繼續攻讀工程材料，並獲得博士學位。黃兆龍教授返國後，任教於國立台灣科技大學營建系所，苦心經營灌溉「營建材料研究室」，全心全力推廣土木工程材料之教育，並於民國八十五年設置「營建材料資訊室」全球資訊網站 (<http://140.118.5.47>)，將研究成果回饋社會，輔助營建工業界提昇材料施工品質及施工技術。黃博士主持過甚多研究計畫，其論文數百篇散見於學術期刊及雜誌上。近年來，更全力推廣「高性能混凝土」科技，其中主持了遠企大樓、高雄85國際廣場、中殼防爆牆等研究案，致力產學合作，獲86年教育部優良產學合作獎，業界稱為台灣「高性能混凝土」催生者。

在混凝土教育上，黃教授認為除了基礎學術理論的學習外，應加強試驗及思考訓練，把握影響材料品質的因素，尋求解決的方案之外，並應實際印證，將理論落實工程界，以確保混凝土工程品質。近年來，黃教授積極協助優生鋼筋混凝土的認證工作，企望國內混凝土業界能以建立世界威望為目標，作為跨世紀台灣工程新指標。

序 言

建築結構物混凝土品質由於國內傳統土木建築教育訓練的宗旨及方式與工業界需求目標相去甚遠，造成學校所造就之人才無法充分協助提振工業界品質，以致於工程師經由「土法」訓練，缺乏理論依據，因此錯誤百出，不僅個人信心盡失，工作興趣低落，效率降低，也肇致今日國內工程品質不佳的惡果，尤其自1115地震、海砂屋、帽樑龜裂被提出後，國內重伸品質的觀念被震醒，民意也開始對公共品質及居住單元的品質表示關心，而且顯示再也不能忍受偷工減料的事實了。尤其，中華民國的快速經濟發展與台灣製造「MIT」品質形象無法匹配，而此終究將傷害到國內的營建業者，因此學術界及建築主管機關有義務來協助工業界推展品保的觀念，使未來MIT蔚為「最佳品質」的代名詞。

本書即針對此一理念為依據，將有關建築結構物混凝土品質保證的最新資訊及管理觀念導入，並配合內政部建築技術規則與最新美國混凝土學會ACI 318-95「結構混凝土規範」、ACI 301-72（82修正稿）、ACI 214及ACI 211.4R品質管制觀念，以淺顯通俗的語句和活潑的插畫與圖表來闡述混凝土材料及品質控制的基礎觀念，使初學者能順利步入混凝土材料品管及品質保證的殿堂。本書內容分為九章，由混凝土材料簡介，混凝土材料特性，新拌混凝土性質及品管，硬固混凝土性質及品管、特殊混凝土性質、混凝土施工檢驗、品管觀念、及病變之處理至塑造高品質形象等，適合專科及職業學校等單位從事混凝土品質保證訓練及一般性教育訓練之使用，同時也是結構設計人員及建管人員必讀的書籍。

黃兆龍

於營建材料研究室
國立台灣科技大學

誌 謝

本書承蒙內政部營建署及建築研究所的贊助與鼓勵，才能順利付梓，特予申謝！撰稿期間承蒙國道新建工程局鄭局長文隆兄、國立台灣科技大學林教授草英兄、國立台灣大學陳清泉恩師的指導；科大營建材料研究室姜寶彩、盧雅秋、王佳秀小姐及全體工作人員的協助，特致感謝之意。

最後感謝工程界 諸先進精神加盟及實質的支持；學術界諸師長的教誨與鞭策；建築主管單位諸前輩的砥勵與磨練，促使營建材料研究室能順利發揮預期服務營建工業界的功能，未來仍然希望繼續獲得營建界之認同與支援，並加入此行列。當然「營建材料研究室」為回饋工程界亦建立全球資訊 <http://140.118.105.144>，希望能有助於工程界，也期望產官學界共襄盛舉。

黃兆龍

於營建材料研究室
國立台灣科技大學

混凝土品質保證－檢驗與制度

頁數

作者簡介

封面 ----- I

序言 ----- II

誌謝 ----- III

目錄 ----- IV

第壹章 建築結構物鋼筋混凝土簡介 ----- 1

壹、前言 ----- 3

貳、混凝土材料 ----- 3

參、新拌混凝土 ----- 9

肆、硬固混凝土 ----- 12

第貳章 混凝土材料特性－水泥、水、骨材和摻料 ----- 17

壹、水泥 ----- 19

貳、水 ----- 24

參、骨材 ----- 25

肆、摻料 ----- 30

第參章 新拌混凝土性質、品質管制及配比設計 ----- 37

壹、新拌混凝土性質 ----- 39

貳、新拌混凝土的品質管制 ----- 40

參、混凝土配比設計方法 ----- 44

第肆章 硬固混凝土的性質及品質管制 ----- 65

壹、硬固混凝土的性質 ----- 67

貳、硬固混凝土品質控制試驗 ----- 72

第伍章 特殊混凝土性質介紹 ----- 85

壹、高強度混凝土 ----- 90

貳、高性能混凝土 ----- 92

參、優生混凝土	94
肆、流動化混凝土	97
伍、結構輕質混凝土	99
陸、纖維加強混凝土	100
柒、聚合物混凝土	102
捌、低密度和中強度輕質混凝土	104
玖、重質混凝土	105
拾、高早強度混凝土	106
拾壹、巨積混凝土	107
拾貳、預壘骨材混凝土	109
拾參、無坍度混凝土	110
拾肆、滾壓混凝土	110
拾伍、土壤—水泥	111
拾陸、噴凝土	111
拾柒、收縮補償混凝土	112
拾捌、空隙混凝土	112
拾玖、白色和著色混凝土	112
貳拾、鐵絲網混凝土	113
第陸章 混凝土施工及檢驗	117
壹、混凝土澆鑄前其它檢驗	119
貳、混凝土施工及檢驗	121
參、混凝土施工後檢驗	134
肆、熱天混凝土施工	136
第柒章 混凝土品質管制的觀念及制度	145
壹、基本統計學概念	147
貳、混凝土品質管制的執行	150
參、品質不符合規範時的仲裁措施	156
肆、混凝土品管制度	159

伍、記錄報告之撰寫-----	160
第捌章 問題混凝土評估及處理-----	175
壹、鋼筋混凝土一般弊病-----	177
貳、本省常見鋼筋混凝土病變及其預防策略-----	180
參、問題混凝土診斷評估及處理-----	184
第玖章 塑造建築結構物高品質形象之使命-----	193
壹、建立品質保證系統-----	195
貳、招標發包合理化-----	195
參、加強教育訓練-----	197
肆、成立工程品質及技術研究會-----	198
伍、成立公正品檢單位及建立工程現場品管試驗室-----	198
陸、成立糾紛仲裁評審會-----	198
柒、合理工程驗收制度-----	199
捌、確實撰寫竣工報告-----	199
玖、舉辦工程成果討論會-----	199
參考文獻-----	203
附錄、高性能混凝土特別條款及說明（草案）-----	207

圖 目 錄

	頁 碼
圖 1-1 現行營建體制下影響建築結構物混凝土品質要因圖 -----	4
圖 1-2 常見混凝土八大症狀 -----	5
圖 1-3 每一參與施工過程的群體必須適當付出其責任以確保結構物有良好之性能 -----	6
圖 1-4 施工過程中5種執行作業品質保證系統之不同組織 -----	6
圖 1-5 鋼筋混凝土樑的複合材料範例 -----	6
圖 1-6 混凝土係一種複合材料，其組成材料性質及配比影響混凝土性質；第一及第三列代表富配比含少量骨材，第二及第四列代表貧配比含多量骨材 -----	7
圖 1-7 影響混凝土品質的主要因素 -----	8
圖 1-8 優良混凝土基本架構 -----	10
圖 1-9 高流動化混凝土泌水及析離 -----	11
圖 1-10 俱高流動化的優生混凝土 -----	11
圖 2-1 水泥組成礦物之水化速率 -----	20
圖 2-2 純水泥礦物漿體的強度發展 -----	21
圖 2-3 不同水泥型別的混凝土強度發展 -----	21
圖 2-4 絕熱狀態下各型水泥溫度上昇的情形 -----	22
圖 3-1 不同最大骨材粒徑及坍度條件下混凝土用水量及空氣含量建議值 -----	45
圖 3-2 不同施工型式之建議坍度範圍 -----	46
圖 3-3 不同平均值下常態曲線之比較；A表若 $f_{cr} = f_c$ 時將有50%的試體強度低於 f_c ；B表若 $f_{cr} = f_c + 35$ ，則有10%強度低於 f_c ；C表若 $f_{cr} = f_c + 70$ ，則全部試體均大於 f_c -----	47
圖 3-4 混凝土配比選定及資料建檔流程圖 -----	48

圖 3-5	不同試體數下標準偏差值之修正係數 -----	49
圖 3-6	試體數不足以建立標準偏差時之需求平均 抗壓強度（試體數少於 15 組） -----	49
圖 3-7	無試拌及混凝土配比資料可尋時，容許混凝土最大水灰 比及水膠比 -----	50
圖 3-8	抗凍混凝土之總含氣量 -----	51
圖 3-9	配比設計流程圖 -----	54
圖 3-10	最大骨材粒徑及細度下每單位體積混凝土所需乾搗粗 骨材體積 -----	56
圖 3-11	粗骨材面之潤滑水泥砂漿體積量 -----	56
圖 3-12	混凝土配比材料空隙與絕對體積關係 -----	57
圖 3-13	最大骨材粒徑下混凝土單位重概估值 -----	58
圖 4-1	短期載重下混凝土之典型應力－應變圖 -----	68
圖 4-2	水泥砂漿水灰比(W/C)和養護時間對透水性之影響 〔注意水灰比降低及養護齡期增加會降低漏水量〕 -----	70
圖 4-3	混凝土抗壓強度和骨材種類對抗磨耗性之影響，以硬實 骨材製造之高強度混凝土俱高抗磨耗性 -----	70
圖 4-4	硬鋼鍍和表面處理對混凝土耐磨性之影響，底層皮塊 28 天強度為 420 kg/cm ² (6000 psi)，所有板塊均以鋼鍍處理 -----	71
圖 4-5	載重和乾燥下試體應變之改變， t_0 為加載時間 -----	71
圖 4-6	硬固混凝土常用的非破壞性檢驗法 -----	79
圖 5-1	使用高流動化高強度混凝土之遠企中心 -----	90
圖 5-2	強度效率包絡線與骨材最大粒徑之關係 -----	91
圖 5-3	高雄 85 國際廣場 -----	93
圖 5-4	高雄 85 國際廣場高性能混凝土品質管制圖 -----	94
圖 5-5	採用優生混凝土之結構物 -----	97
圖 5-6	結構輕質骨材混凝土之水泥含量與抗壓強度之關係圖 ----	100
圖 5-7	纖維的體積含量對韌性及強度的影響 -----	102

圖 5-8	完全注膠混凝土施工程序-----	103
圖 5-9	隔熱結構輕質和普通混凝土單位重和熱導性係數之概略 關係-----	105
圖 5-10	模板除去後表面潛在的裂縫產生機率，假定臨界差異 溫度 $\Delta t = 20^{\circ}\text{C}$ 。如果表面溫度降低緩慢，且差異溫度少 於 20°C ，則無裂縫產生-----	109
圖 6-1	混凝土利用料斗及吊車非常容易吊奉至最後位置、料斗 尺寸由 0.38 至 10 m^3 -----	124
圖 6-2	以預拌車上之斜槽直接卸料至最後位鑄-----	124
圖 6-3	利用動力式推斗車可移動任何混凝土至鄰近距離之處---	125
圖 6-4	利用輸送帶直接架接在預拌車上輸送 40 呎而無需其他輸 送機具-----	125
圖 6-5	車載式壓送機及桁架傳統上可以將混凝土垂直或水平輸 送至所需地點-----	126
圖 6-6	利用羅旋鋪平機迅速將混凝土平均分散至水平位置，此 種機具主要應用在鋪道上-----	126
圖 6-7	在高空作業或無法超近之位置，可利用直昇機吊舉料斗 方式輸送混凝土-----	127
圖 6-8	利用主柱及架設靠近結構物中心之壓送機桁架，可壓送 混凝土，特別適合塔形吊車無法輸送之區域。混凝土係 利用地面上之壓送機透過桁架上管線輸送。利用此種壓 送機可垂直壓送一百呎以上 (30 公尺左右)-----	127
圖 6-9	混凝土澆鑄 (1) 深而窄之模板內 (2) 彎曲模板內 (3) 水平面 上澆鑄 (4) 斜坡表面之澆鑄 (5) 澆鑄中振動-----	129
圖 6-10	利用特密管澆鑄混凝土 (1) 使用於高度大之牆 (2) 使用於 水中之澆鑄-----	130
圖 6-11	振動式刮平機在刮平之同時搗實混凝土-----	130
圖 6-12	刮平作業應在泌水在表面堆積前完成-----	130

圖 6-13	以手鋸刀整平表面，其方式係以角度方式以切鋸方式刮平 -----	131
圖 6-14	以動力鋸板機刮平及搗實表面 -----	131
圖 6-15	施工縫係設置在施工過程中停止處(1)(2)(3)同時可當伸縮縫 -----	132
圖 6-16	牆上水平施工縫(1) V 槽形(2) 斜面形 -----	133
圖 6-17	混凝土之強度在適當濕度及溫度下進行水泥水化反應隨齡期而增加 -----	133
圖 6-18	典型 200 mm 厚混凝土樓地板接縫的佈置圖 -----	135
圖 6-19	增加混凝土溫度會增加混凝土配比的需水量 -----	137
圖 6-20	高混凝土溫度對混凝土強度之影響 -----	137
圖 6-21	混凝土溫度及添加緩凝對凝結時間之影響 -----	138
圖 6-22	典型塑性收縮裂縫（常與風向垂直） -----	139
圖 6-23	混凝土溫度和空氣溫度，相對濕度和風速對混凝土週界蒸發速率之影響 -----	139
圖 6-24	新拌混凝土溫度受到其組成材料之影響，雖然本圖係以下列配比為主，但仍適用其它配比 -----	140
圖 6-25	預拌混凝土廠採用液態氮冷卻系統降低水溫 -----	141
圖 6-26	以冰塊取代部份水可大量降低混凝土溫度。碎冰機將冰打碎再送至車載式拌和機更俱迅速且可靠 -----	142
圖 7-1	使用者風險(β)與生產者風險(α)對品質合格的影響，一般要求 $\alpha = \beta$ -----	148
圖 7-2	標準常態分佈與學生-t 分佈曲線的比較 -----	148
圖 7-3	y 與 z 之關係分佈及常態曲線之面積 -----	148
圖 7-4	(1)強度值之頻率分佈及相應常態分佈；(2)典型統計控制圖，和；(3)含氣量之平均值($\bar{S}$)圖 -----	151
圖 7-5	混凝土強度品質控制圖 -----	152

圖 7-6	標準偏異率 (10, 15, 20%) 對分佈曲線及平均值的影響，品質愈好則偏異率愈小如 10% 之 V 值 -----	153
圖 7-7	混凝土品質不符合規範時之仲裁流程圖 -----	157
圖 7-8	混凝土品質管制基本組織及任務歸屬 -----	160
圖 8-1	混凝土劣化之物理基因示意圖 -----	178
圖 8-2	混凝土劣化之化學基因示意圖 -----	178
圖 8-3	基礎沈陷造成大裂縫 -----	180
圖 8-4	典型收縮裂縫大而規則 -----	182
圖 8-5	骨材對乾燥收縮的影響 -----	182
圖 8-6	1. 腐蝕的基本要件：(1) 陽極 (2) 陰極 (3) 電路 (4) 濕氣 (5) 氧氣及 2. 鋼筋分子體積膨脹性比較 -----	183
圖 8-7	典型鋼筋銹蝕之狀況 -----	183
圖 8-8	問題混凝土診斷分析流程圖 -----	185
圖 8-9	利用切片技術量測裂縫寬度及深度 -----	186
圖 8-10	混凝土試錘反彈數分佈圖 -----	186
圖 8-11	混凝土試錘反彈數等值圖〔圖上數字表反彈數〕 -----	187
圖 9-1	建築結構混凝土品質保證檢驗流程圖（* 表示檢驗點） -----	196
圖 9-2	混凝土生產品質控制流程圖 -----	197

表 目 錄

	頁 碼
表 1-1 新拌混凝土基本作業性質、要求及影響因子 -----	12
表 1-2 硬固混凝土性質及因應策略 -----	13
表 2-1 典型各型別卜特蘭水泥的成份及性質 -----	22
表 2-2 水泥熟料礦物的水化特徵 -----	23
表 2-3 卜特蘭水泥的特徵及用途 -----	23
表 2-4 不同型別水泥製成水泥砂漿之抗壓強度要求 -----	24
表 2-5 混凝土性質相應的骨材性質要求 -----	26
表 2-6 配比設計所需之骨材性質 -----	27
表 2-7 骨材的特性及試驗方法 -----	28
表 2-8 骨材中有害物質及檢驗規範 -----	29
表 2-9 摻料對混凝土性質的影響 -----	30
表 2-10 混凝土摻料的種類 -----	31
表 2-10 混凝土摻料的種類（續） -----	32
表 2-11 添加摻料入第I型種水泥而獲得類似ASTM水泥之性質 --	33
表 3-1 新拌混凝土性質要求 -----	39
表 3-2 新拌混凝土品質控制試驗規定 -----	41
表 3-3 含水量的決定：以SSD與OD為基準之比較 -----	50
表 3-4 特殊暴露條件下之要求 -----	51
表 3-5 混凝土暴露硫酸鹽溶液下之要求 -----	52
表 3-6 防蝕保護最大氯離子含量 -----	52
表 4-1 典型硬固混凝土的一般工程性質 -----	67
表 4-2 混凝土各種強度間之關係（僅適用普通混凝土） -----	68
表 4-3 硬固混凝土品質檢驗項目及依據（破壞性） -----	73
表 4-4 硬固混凝土品質檢驗項目及依據（非破壞性） -----	74

表 4-5	氯離子含量檢測法比較（只針對美日二國）-----	76
表 4-6	混凝土材料的非破壞性評估(NDT)方法及建議-----	78
表 5-1	特殊混凝土為改善混凝土性質而設計-----	87
表 5-2	特殊混凝土的種類-----	88
表 5-3	特殊混凝土性質、材料配比範圍及規範-----	89
表 5-4	世界各國高性能混凝土配比及強度效益-----	95
表 5-5	優生混凝土與傳統混凝土之比較-----	96
表 5-6	各種優生混凝土之配比及基本性質-----	98
表 5-7	纖維的種類、材料性質及應用-----	101
表 5-8	聚合物使用於混凝土之類型、性質及優缺點-----	103
表 5-9	混凝土壩基本配比及工程性質-----	108
表 6-1	模板及鋼筋檢驗項目及目的-----	120
表 6-2	混凝土配料容許偏差-----	121
表 6-3	混凝土輸送的一般方式-----	123
表 6-4	熱天對混凝土品質可能之傷害及防止策略-----	136
表 7-1	容許偏差值（大值）-----	154
表 7-2	試驗間標準因數-----	155
表 7-3	材料性質、配比設計和早期作業對混凝土性質之相對影響-----	158
表 7-4	混凝土品管所需儀器-----	160
表 7-5 (1)	拌和廠檢查報告例-----	162
表 7-5 (2)	拌和廠檢查報告例-----	163
表 7-6	混凝土澆鑄卡例-----	164
表 7-7	混凝土澆鑄卡例-----	166
表 7-8	水泥試驗表格例-----	168
表 7-9	混凝土骨材試驗報告例-----	169
表 7-10	骨材試驗週報告例-----	170
表 7-11	混凝土現場試驗資料卡例-----	171

表 8-1 混凝土病變種類、機理及相應策略 ----- 179

表 8-2 ACI 318 規定鋼筋混凝土裂縫寬度容許值 ----- 188

表 8-3 預防混凝土病變之控制策略 ----- 188

表 8-4 混凝土修復的方法、材料及特徵 ----- 189

9