

豪華第三版

混凝土性質與行爲

★優生混凝土材料設計、品質保證、教學研發必備★

黃兆龍 博士

詹氏書局

混凝土性質與行為

· 混凝土教學、研究及品質保證必備 ·

編 撰 者

黃 兆 龍 博 士

<http://140.118.105.144>

©2002

詹氏書局

混凝土性質與行為／黃兆龍編著—三版.—

臺北市：詹氏，民 86

面；公分.--

參考書目：面

含索引

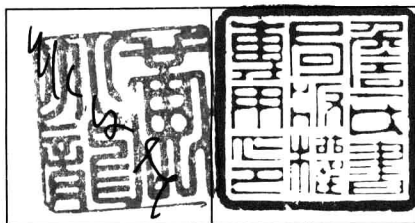
ISBN 957-705-136-7（精裝）

1. 混凝土

441.555

86012183

版
權
所
有



翻
印
必
究

混凝土性質與行為 豪華第三版(含光碟)

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) 23918058・23967077・23412856

傳真：(02) 23964653・23963159

網站：<http://archbook.com.tw>

E-mail: chansbok@ms33.hinet.net

E-mail: archbook@sparqnet.net

三版一刷 2002 年 10 月 定價：新台幣 1150 元

I. S. B. N. 957-705-136-7（精裝）

混凝土性質與行爲

-----優生混凝土材料設計、品質保證、教學研發必備-----

作者：黃兆龍教授

這是一本完全屬於本國混凝土專業之書籍。作者黃兆龍由國際混凝土材料科學技術研發的搖籃－美國伊利諾大學土木材料研究所取得材料博士學位後，經歷近二十年來長期教學研究發展推廣的多重經驗後，所撰寫的混凝土書籍，由書的內容可以見證台灣混凝土科技史觀，當然也可以參悟古典千年建築亙古長存之道理。本書為世界上唯一由「優生混凝土」觀點，中國「生剋之道」，「巨微機理」來剖析混凝土特性與行爲的專書，由書中可以窺出近代高性能混凝土發展的內涵及奧秘，並可設計出耐久性之混凝土。本書的通俗性可涵蓋一般土木建築類科學生、專案人士至專業研究人員，尤其對初次入門混凝土或從事研究者有相當之幫助。



作者：黃兆龍 博士

混凝土性質與行為－優生混凝土材料設計、品質保證、教學研發必備

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，尤其 921 大地震造成數千人的傷亡，更見證品質不良、偷工減料、貪小便宜所釀之大禍，製造出優質混凝土為土木、營建、建築行業人員的重責大任。本書特別針對過去混凝土結構物病症，提出優生混凝土理念，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」「物理緻密化學強化」，進而確保混凝土結構品質。

本書作者以近二十年來教學研究及推廣實務的經驗及熱忱，學習古典混凝土之精萃，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://140.118.105.144>)，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，並將本書教學簡報資料，製作精美光碟片，分享其講學精華，回饋社會。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、海洋生物博物館、國際金融大樓等研究案，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。因此，黃教授潛心開發優生混凝土材料，創立「黃氏緻密配比法」，使混凝土具高流動性、免振動、高品質、易施工的性能。近來年，更進而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，作為二十一世紀台灣工程新指標。

原版序言

混凝土材料係爲一種複雜的組合材料，其巨觀的工程性質並非爲一成不變，而是隨組成材料、養護時間與方法、載重方式及周遭環境等的變化而不同。爲了能巧妙的應用混凝土材料，避免混凝土結構物劣化、或修護既有混凝土結構體，有必要深入瞭解混凝土組成材料、水泥化學反應、混凝土配比及製造過程、以及載重後的行爲，此亦爲「高性能混凝土」著重之處。本書有鑑於此，特由材料微觀本質的認知，漸次擴及解說巨觀工程行爲，並由基因工程觀念，以材料生剋理念之「優生混凝土」科研邏輯註釋混凝土，期使修習者能恰當施行混凝土品質控制及駕馭混凝土科學技術的研究。本書爲「完全版」可供大專及研究所學生一及二學期教學使用。內容包括：混凝土工程性質、水泥品種、骨材、水和摻料對新拌及硬固混凝土性質之影響、水泥漿和混凝土的微觀結構、配比設計、混凝土澆鑄、養護、各種不同環境及載重下混凝土的行爲。本書配合的試驗係爲另一重要的部份，循此應可使學習者理解印證假想及理論之方法。最後，爲了使理念能順利與國人分享，特開闢「營建材料研究室全球資訊網路」網址 <http://140.118.105.144>，供學習者互動學習。

黃 兆 龍

謹識於國立台灣科技大學
營建工程技術系

再版序言

十餘年來，盈盈於懷想以研究成果，重新撰寫「混凝土性質與行為」一書，這個宏願直至 1991 年由美國新墨西哥大學土木系客座返國後，才落筆此書，然而一直俗事纏身，到了完成高度聳天的高雄 85 層國際廣場大廈混凝土澆鑄工作後，彙集數量龐大的「高性能混凝土」及「優生混凝土」研究與實務數據後，才又罄筆急書。然而，一幌又過了數年，好不容易，終於完成此書，心中委實舒暢無比。本書係全部以「優生混凝土」的觀念，揉合中國道家「生剋之理」之科技理念，「前後互通，巨微互證」，使混凝土材料之觀念由「混淆而清晰」，由西方「人定勝天」而中華「天人合一」，混凝土由強度設計之試誤法而進入耐久定位設計之階段。觀念或與傳統雖稍有差異，但都符合材料科學的理論。此書主要內容包括十多年研究發展之成果，雖經仔細撰寫查核，然而個人學養有限，疏漏之處再所難免，尚願不吝批評指教。本書之完成除了感謝愛妻瑜琴多年來精神的支持與父母親的關心外，該感謝「營建材料研究室」全體工作人員，尤其李麗雅、姜寶彩、盧雅秋、方淑娟、陳婉玲、游月慎、王佳秀等小姐們協助打字、繪圖及編排，營建材料研究室博碩士研究生的校對及系上同仁尤其陳舜田、林草英、林英俊等教授多年來的支持，特予感謝！也要感激營建業各界的支持與協助，提供甚多的研究機會，才能夠收集充裕本土化的研究實務數據，供本書編撰之用，未來尚祈繼續支持與鼓勵！

黃兆龍

黃 兆 龍

謹識於國立台灣科技大學

營建工程技術系

參版序言

時光荏苒，轉眼從再版迄今又近五年，這期間高性能混凝土的發展及觀念的建構有長足的進展。1999 年 921 集集大地震更撼動了大夥對高性能混凝土的期盼。2000 年底，交通部重編混凝土施工規範，大幅度將土木水利學會的「混凝土工程施工規範及解說」（土木 402-88）引入，並且首次將「源頭料源管制」的全面品質觀念引入，使混凝土新觀念能與國際同軌。2001 年及 2002 年間，筆者利用一年休假期間，在上海同濟大學、長沙中南大學、浙江大學、北京清華大學、石家莊鐵道學院、瀋陽建築工程學院、哈爾濱工業大學、南京東南大學、上海交通大學、廈門華僑大學及重慶大學等校講學，由各地收集了許多高性能混凝土的實務資訊，更加上參悟古典羅馬千年混凝土的秘方，及重新詮釋顯微結構系統，使混凝土可以久遠，設計尊崇「法天師地尊人」的自然理哲，混凝土才能與天地同壽。

參版中增加了古典混凝土之邏輯，增加混凝土演化歷史，重新詮釋水化特性，定性化描述顯微圖片水化行為的重新解釋，配比設計中增列配比比較及優劣分析，並融入近五年來的研究成果，尤其耐久性指標之引入，更是本版訂版之特色。相信，讀者或各階研究者可以透過深入淺出的自然物理化學邏輯，參悟出混凝土的大道理，進而可以自由設計混凝土材料。隨本版作者將全部授課用的簡報資料，配上多媒體的內容，製作光碟片，分享給從事教學研究者或自學者使用，希望學習混凝土變成一種樂趣，則混凝土品質可被保障。當然理論及觀念學習外，混凝土研習者必須進一步進行「臨床試驗」，經由 PDCA（計畫—執行—檢核—修正）的步驟，使混凝土的觀念能落實到工地上。

參版修訂期間，湛淵源博士、李隆盛博士、博士班研究生洪盟峰、蔡志達、杜宗嶽、江奇成、羅晨晃、廖東昇、郭金祥對各章節之編校，及專任助理劉梅端、助理林惠汝等人的協助文辭潤飾及打字排版，並且製作光碟片，都是我應致謝的。當然更要感謝愛妻及家人在我半百之年，仍能支持我、照顧我，雖然對我不重視身體的熬夜，頗有不忍心的微詞，但深愛之心無以回報，謹誌謝意。

九十一年九月一日

于台科大研究室

獻 言

將 此 書
奉 獻 給
長 久 來
支 持 我 協 助 我
照 顧 我 深 愛 我
的
父 母 親
和 妻 女

十 年 來 共 同 打 拼
的

營 建 材 料 研 究 室 伙 伴 們
願 如 朱 子

半 畝 方 塘 一 鑑 開
天 光 雲 影 共 徘 徊
問 渠 那 得 清 如 許
為 有 源 頭 活 水 來

混凝土性質與行爲

	頁數
簡 介 -----	ii
作者簡介 -----	iii
原版序言 -----	iv
再版序言 -----	v
參版序言 -----	vii
獻 言 -----	ix
第壹章 混凝土材料概說 -----	1
壹、混凝土的複點材料特性 -----	3
貳、混凝土當作爲營建材料的優缺點 -----	10
參、改良混凝土缺陷的方式 -----	14
肆、水泥的演化史 -----	16
伍、混凝土摻料的演變史 -----	24
陸、混凝土的展望 -----	25
第貳章 水泥的組成成份 -----	31
壹、卜特蘭水泥的製造 -----	33
貳、水泥的組成成份 -----	40
參、卜特蘭水泥型別及標準規範 -----	42
肆、其它改良卜特蘭水泥 -----	46
伍、卜特蘭水泥的品管檢驗 -----	52
陸、台灣地區水泥的性質及未來性 -----	66
第參章 水泥的水化特性 -----	75
壹、水泥熟料的水化行爲 -----	77

貳、卜特蘭水泥的水化行爲	86
參、水泥水化的特性	90
肆、水泥水化機理及物理意義	95
第肆章 水泥漿體的微觀結構	105
壹、水泥漿體微結構的組成成份	107
貳、水泥水化產物的性質	111
參、水泥漿體電子顯微圖片	113
肆、水泥漿體中孔隙	118
伍、水泥漿體的體積變化	121
陸、水泥漿體成階對漿體及混凝土性質的影響	127
第伍章 顆粒材料—骨材	135
壹、配比設計所需的骨材性質	139
貳、骨材的耐久性及有害的物質	157
參、特種骨材	168
肆、台灣地區骨材的特性	171
第陸章 拌和水	193
壹、拌和水中的雜質	196
貳、拌和水含海水	199
參、拌水量與混凝土的性質	200
肆、拌和水品質的檢驗	204
第柒章 化學摻料及卜作嵐材料	209
壹、摻料對混凝土性質的影響	211
貳、摻料使用的重點	212
參、使用摻料應注意事項	216
肆、常使用於混凝土中的摻料種類	218

伍、輸氣劑(AEA) -----	221
陸、凝結調整劑 -----	225
柒、減水劑 -----	228
捌、礦粉摻料 -----	238
玖、使用摻料的技術 -----	250
拾、其他摻料及未來應用 -----	251
第捌章 新拌混凝土 -----	259
壹、新拌混凝土要求的性質 -----	261
貳、混凝土凝結及流變性 -----	263
參、新拌混凝土析離及泌水現象 -----	275
肆、新拌混凝土的工作度 -----	278
伍、新拌混凝土的品質管制試驗 -----	293
第玖章 混凝土配比設計 -----	309
壹、混凝土配比考慮事項 -----	311
貳、混凝土配比設計的基礎 -----	332
參、ACI 混凝土配比設計法 -----	337
肆、黃氏緻密混凝土配比設計法 -----	352
伍、混凝土配比設計法之比較 -----	372
第拾章 混凝土產製與施工技術 -----	395
壹、混凝土的配料 -----	397
貳、混凝土材料的拌和 -----	404
參、混凝土輸送作業 -----	412
肆、混凝土的澆鑄 -----	423
伍、混凝土的終飾 -----	438
陸、特殊氣候環境之混凝土產製 -----	440

第拾壹章 混凝土養護	451
壹、一般大氣中養護	453
貳、特殊狀況下之養護	465
參、高溫加速養護	471
第拾貳章 混凝土強度性質	487
壹、孔隙與強度的相關性	490
貳、混凝土強度的影響因素	495
參、水泥漿與骨材間鍵結力	508
第拾參章 混凝土的彈性行爲	515
壹、彈性模數的型式及計量	517
貳、彈性模數的預測	520
參、波松比(ν 值)	525
肆、影響彈性模數的因素	526
第拾肆章 硬固混凝土品質試驗	535
壹、硬固混凝土試驗的重要意義	537
貳、混凝土抗壓強度試驗	540
參、抗壓強度測定值的影響因素	546
肆、混凝土的其它試驗	555
伍、結構體混凝土品質評估	569
第拾伍章 混凝土所受多軸應力	597
壹、莫耳破壞圖	599
貳、混凝土圍束應力	600
參、三軸應力	601
肆、混凝土之破壞準則	603
伍、莫爾庫倫組合拉力切截破壞準則	609

第拾陸章 混凝土的破裂及疲乏行爲	619
壹、基本破壞力學概念	621
貳、混凝土破壞的機理	633
參、混凝土的疲勞性質	642
第拾柒章 混凝土的體積穩定性	655
壹、混凝土體積變化之內外在因素	658
貳、混凝土的體積變化	666
參、混凝土體積穩定性的控制設計	703
第拾捌章 混凝土耐久性和耐久性設計	711
壹、混凝土劣化之材料基因及種類	714
貳、混凝土耐久性的物理觀	716
參、混凝土耐久性的化學觀	724
肆、混凝土耐久性之基因剖析	743
伍、混凝土耐久性的設計策略	756
第拾玖章 混凝土結構物服務性的確保	769
壹、混凝土裂縫的類型	771
貳、混凝土結構物病變之診斷	776
參、結構物修補技術	785
第貳拾章 混凝土工程品質保證	799
壹、混凝土工程品質保證的必要性	804
貳、混凝土結構規劃設計階段的品質保證	808
參、混凝土施工階段的品質保證	841
肆、結構混凝土驗證	851
伍、混凝土品質不合格之仲裁	859
第貳拾壹章 特殊混凝土性質介紹	865

壹、高強度混凝土	868
貳、高性能混凝土	873
參、優生混凝土	875
肆、流動化混凝土	880
伍、結構輕質混凝土	881
陸、纖維加強混凝土	883
柒、聚合物混凝土	887
捌、低密度和中強度輕質混凝土	889
玖、重質混凝土	890
拾、高早強混凝土	891
拾壹、巨積混凝土	892
拾貳、預壘骨材混凝土	894
拾參、無坍度混凝土	895
拾肆、滾壓混凝土	895
拾伍、土壤－水泥	896
拾陸、噴凝土	896
拾柒、無收縮（收縮補償）混凝土	897
拾捌、空隙混凝土	897
拾玖、白色和著色混凝土	898
貳拾、鐵絲網混凝土	899
第貳拾貳章 未來混凝土	903
壹、混凝土觀念演變的軌跡	905
貳、混凝土科技的演義	910
參、未來混凝土的發展	912
肆、結論	917