

混凝土施工法 基礎施工法 隧道施工法

土木施工學

下 冊

陳章鵬編著

大中國圖書公司印行

土木施工學

下 冊

陳章鵬 編 著

大中國圖書公司印行

序

工程計劃之實現，結構物之良窳，端賴得宜之施工。近六十年來，工程經驗之累積，施工機械之進步，科學管理方法及工程經濟觀念之介入，已使土木施工成為專門之學。我國營建事業原發達甚早，且有燦爛輝煌紀錄，惟受士大夫觀念之影響，輕視工藝，致施工技術停留不前。近代工程學識輸入後，一般仍重理論；復加連年戰亂，道德技品日下，施工水準普遍降低。為提高我國工程標準，對施工之學，實有積極研習及注意之必要。

筆者前在臺灣省立臺南高級工職主持土木科，及省立成功大學等校任教十載，對歷屆學子授課特別強調優良之施工及技品 *workmanship* 之重要性。後在工程界服務，由於業務關係，遍與臺灣省各大工程機構及工地施工人員接觸，益感過去教育方針之正確。因鑒我國此方面專書甚缺，爰將六年前所編之土工、礮工、混凝土及鋼筋混凝土施工法（以上列為臺南市人文出版社土木叢書），以及在成大講授之施工估價與管理講義等，重新改寫，補充最新資料，編成本書，以應教學之用。

本書分上下兩冊計施工學論概、土工、磚石工、混凝土施工法、基礎施工法及隧道施工法等六篇，都六十餘萬字。編著期間經濟部水資源統一規劃委員會規劃組工程計劃科、壩工設計及施工規劃科同仁丁昭英君、蘇岳松君及汪文芳君，對後三篇分別擔任編譯助理，為本書增光不少。本書圖幅承同仁林瓊

II

輝君、吳正男君及胡寬員君繪製，特此誌謝。再十餘年來，資料搜集均由內子歸卷，又子女貫忠、貫平及瑩雖均年幼，但均在旁鼓勵或協助描圖、貼圖片、編號、訂稿，亦一併附誌。由于施工學範圍太廣，筆者學驗有限，淺陋之處，尚乞 各先進專家，不吝 斧正。

陳 章 鵬 謹識

中華民國52年2月2日

編輯大意

1. 本書內容，參照部頒標準編著。輒近土木施工已走向大量生產化 *mass production*，對施工佈置及規劃，品質控制及成本管理，亟為重視。再大型機械，特殊施工法，以及新技術之發明，使土木施工日新月異。為迎頭趕上，及適應目前工地需要，乃將施工規劃、工程管理、品質控制、施工機械、特種混凝土施工法、基礎處理及隧道全斷面開挖法、工料估價以及監工須知等，分別專章介紹，俾使學者勝任工地實際工作。故本書不僅可供高工專科土木科課本，亦可作為大學學生補助教材或工地工程人員之參考書。再單位行業訓練 *unit trade training* 之相關知識 *related science* 課程，亦可由此選取教材（例如土工、磚石工、混凝土）。

2. 全書計分施工學概論、土工、磚石工、混凝土施工法、基礎施工法及隧道施工法等六篇，足敷高工或專科土木科二年四學期每週二小時講授之用。每章之前，均加編本章要點，使學者知其重點所地。書中對材料、性質以及理論之敘述等，如學校已另開專課講授，教師可斟酌略而不授，以免重複。本書為求聯貫完整計，將該有關內容仍予編入，以利初學研讀。

3. 專門術語以民四十八年教育部公佈之「土木工程名詞」為準，並加註俗稱。未公布者，則參照臺灣電力公司所編「工程名詞草案（土木部份）」譯名，另編中、英、日文對照表，附於各篇之後。

4. 本書單位除特殊者外，均用公制。

5. 本書編撰時，參考中外專門書刊甚多，凡摘譯涉及者，均在頁末註其出處，除向原著者誌謝外，並供讀者參考。

土 木 施 工 學

第 四 篇

混 凝 土 施 工 法

陳 章 鵬 編 著

丁 昭 英 協 編

大中國圖書公司 印 行

下 冊 目 錄

序	I
編輯大意	III
第四篇 混凝土施工法 (丁昭英協編第五六章)	
第一章 混凝土材料	IV— 1
第二章 混凝土之配合	IV— 98
第三章 混凝土之施工	IV—118
第四章 品質控制	IV—192
第五章 混凝土特別施工法	IV—220
第六章 特種混凝土	IV—246
第七章 工費估算	IV—303
專門名詞中、英、日文對照表	IV—319
第五篇 基礎施工法 (陳章鵬、蘇岳松)	
第一章 概論	V— 1
第二章 基礎探查	V— 10
第三章 普通基礎工	V— 53
第四章 擋土及排水	V— 67
第五章 板樁工	V—101

第六章 樁基礎·····	V—123
第七章 水中基礎工·····	V—164
第八章 基礎特殊補強方法·····	V—176
第九章 橋樑基礎·····	V—207
專門名詞中英、日、文對照表·····	V—220

第六篇 隧道施工法（陳章鵬、汪文芳）

第一章 緒論·····	VI— 1
第二章 隧道開挖·····	VI— 19
第三章 通風照明與排水·····	VI— 76
第四章 支撐與襯砌·····	VI— 86
第五章 施工設備及工費估計·····	VI—115
專門名詞中、英、日文對照表·····	VI—129

附 上 冊 目 錄

第一篇 施工學概論·····	I—1 至 I—104
第二篇 土工·····	II—1 至 II—272
第三篇 磚石工·····	III—1 至 III—120

第四篇 混凝土施工法

目 錄

第一章 混凝土材料

本章要點	IV—1
§ 1.1 混凝土定義	IV—3
§ 1.2 混凝土構造之應用	IV—7
§ 1.3 水泥	IV—9
§ 1.4 水	IV—27
§ 1.5 骨材	IV—29
§ 1.6 鋼筋	IV—56
§ 1.7 攪品與附加物	IV—60
§ 1.8 新鮮混凝土之性質	IV—75
§ 1.9 混凝土之性質	IV—84

第二章 混凝土之配合

本章要點	IV—98
§ 2.1 優良混凝土	IV—99
§ 2.2 混凝土之水火比	IV—99
§ 2.3 混凝土配合原理	IV—104
§ 2.4 強定(體積)法	IV—105
§ 2.5 水火比法	IV—107
§ 2.6 小規模工程之配合法	IV—116

第三章 混凝土之施工

本章要點	IV—118
§ 3.1 施工規劃及臨時工程	IV—119
§ 3.2 鋼筋架架	IV—122
§ 3.3 模型	IV—135
§ 3.4 拌合	IV—142
§ 3.5 運搬	IV—158
§ 3.6 澆置	IV—168
§ 3.7 搗實	IV—175
§ 3.8 接縫	IV—179
§ 3.9 養護	IV—184
§ 3.10 拆模	IV—187
§ 3.11 表面修飾	IV—189

第四章 品質控制

本章要點	IV—192
§ 4.1 混凝土之品質	IV—192
§ 4.2 混凝土之品質控制	IV—193
§ 4.3 作業管理之方式	IV—196
§ 4.4 品質變動之原因	IV—199
§ 4.5 現場控制試驗	IV—200
§ 4.6 配合強度之設計	IV—203
§ 4.7 混凝土之監工	IV—205

第五章 混凝土特別施工法（丁昭英協編）

本章要點	IV—220
§ 5.1 雨中施工應注意之點	IV—221
§ 5.2 炎熱天氣時施工法	IV—221

§ 5.3 寒冷時施工法	IV—221
§ 5.4 水中施工法	IV—226
§ 5.5 防水性混凝土	IV—229
§ 5.6 巨積混凝土	IV—232
§ 5.7 預拌混凝土	IV—239
§ 5.8 預鑄混凝土	IV—240

第六章 特種混凝土（丁昭英協編）

本章要點	IV—246
§ 6.1 輕質混凝土	IV—247
§ 6.2 重混凝土	IV—248
§ 6.3 伴沫混凝土	IV—249
§ 6.4 矽灰混凝土	IV—255
§ 6.5 預壘混凝土	IV—260
§ 6.6 預力混凝土	IV—272
§ 6.7 真空混凝土	IV—300

第七章 工費估標算

本章要點	IV—303
§ 7.1 工程成本	IV—304
§ 7.2 模型費	IV—306
§ 7.3 鋼筋費	IV—310
§ 7.4 混凝土費	IV—311

專門名詞中英日文名詞對照表	IV—319
---------------	--------

第 四 篇

混 凝 土 施 工 法

第一章 混凝土材料

【本章要點】

1. 混凝土為膠結料、填縫料及水依適當比例拌合而成之堅硬固體，抗壓強度極高。如為抗彎抗拉計，可在混凝土中適當位置插入適量之鋼筋補強，此種工程材料稱為鋼筋混凝土，可造任何地面、水中、地下之建築物，而無木、磚、石、鋼諸構造之缺點，其耐久性及強度與材齡而俱增。

2. 水泥自粘土及石灰石煅燒研磨而成，其成分以石灰、矽酸、礬土為主，氧化鐵等氧化物所佔比例甚小。水泥本身無粘性亦無強度，與水起水化作用，才產生膠結性並逐漸凝結硬化。

3. 水泥分卜特蘭水泥、改良水泥、早強水泥、低溫水泥及抗硫鹽水泥五大類。普通工程用第一類水泥，中型巨積混凝土常用第二類水泥，路面工程軍事工程冬季施工或緊急性施工，適用第三類水泥，大型巨積混凝土則用第四類水泥，地下、水中、管路工程常用第五類水泥。水泥風化成塊狀者，不得使用。

4. 在混凝土組成中，水擔任極重要之角色，水除與水泥起水化作用外，並影響混凝土之工作度及其強度。水必須潔淨

，不含任何酸、碱、鹽、油及泥等其他雜質，方能使用，海水非不得已以勿用爲宜。

5. 骨材在混凝土中佔 $\frac{3}{4}$ 之體積，爲混凝土之主幹，故骨材石質良否直接影響混凝土抗壓強度。混凝土又稱人造石，亦即利用水泥漿將大小不同顆粒之堅硬骨材，凝聚成大塊石狀物體，此正可說明骨材在混凝土中之任務。

凡粒徑大於 5mm 不能通過 4 號標準篩孔之骨材，稱之粗骨材，反之，則稱爲細骨材。粗細骨材，不論須河產海產山產或人造，必須選擇潔淨、堅硬、緻密比重大、耐久、多角狀或圓形、級配適當粗細各種大小均有、不含塵土有機雜質、不易生碱性反應。

6. 骨材在高山或平原，其生產單價甚高，大數量混凝土工程對骨材之調查及採集計劃，必須事先詳爲研究試驗比較。骨材廠之佈置，不論開採、運送、碎石、篩分及沖洗，其機械容量之選擇及組配，應考慮混凝土使用量，地形及經濟比較三大因素。

7. 在混凝土中，爲達到某種特定目的，可加入摻品或附加物，二者在本質上並無差異，凡在水泥製造過程中加入特種材料，該特種材料謂之摻品；在混凝土拌合過程中，加入特種材料者，則謂之附加物。使用之目的，在改善混凝土工作度、增加耐久性及強度、改善凝結硬化性質，增加防水、抵抗海水防凍或其他化學作用，控制膨脹與收縮，節省水泥等。常用之摻品或附加物有消石灰、矽酸土、矽灰材料、輸氣劑、氯化鈣等。

8. 新鮮混凝土具有稠度、塑性及工作度之特性，水分多寡及骨材級配與形狀，最影響此三特性。稠度可用坍度試驗，

混凝土脫模後坍落高度表示之。一般巨積混凝土及路面工程，以乾稠（水分佔總重 4 ~ 6 %）為宜。中型結構如橋墩、厚壁，混凝土以中稠（水分佔 7 ~ 9 %）為佳。鋼筋縱橫之結構如梁版柱，必須用稀稠（水份佔 10 ~ 13 %）方可。

9. 混凝土強度以材齡 28 天之抗壓強度為代表，抗拉強度約為前者 $\frac{1}{10}$ ，抗彎強度及抗剪強度亦相仿，故需用鋼筋補強。混凝土每立方公尺重平均 2300 公斤，鋼筋混凝土為 2400 公斤。

10. 混凝土之防水性、滲透性與密度有關，故骨材級配必須適宜、水量不能多用、澆置必須搗實。

11. 混凝土自新鮮至硬化後，由於沉陷、硬化、乾濕及溫度等因素，體積產生膨脹或收縮現象，而造成龜裂。在承受載重後，亦生潛變現象。

12. 在理論上言，混凝土對風化、海水、地下水、酸鹼、火、磨損及電氣分解等，具有耐久性。但材料調配不宜施工不妥，仍使耐久性降低，最好在施工時再加摻品或附加物，以增其耐久性，此亦為混凝土今後改進之目標。

§ 1.1 混凝土定義：

混凝土 *Concrete, plain concrete* (縮寫為 *Conc.*) 是一種混合物，由結合料 *binder* 粘結粒狀或塊狀之不生化學變化礦物填縫料 *inert mineral filler* 凝固而成。填縫料 *filler* 為組成混凝土之骨幹，故又稱為骨材 *aggregate* 佔混凝土體積約四分之三，通常為不同粒徑之細砂及礫石或塊石。結合料為具塑性 *plastic* 之流體，為水與水泥 *cement* 所混合成之水泥漿 *cement paste*。水泥遇水化起水化作用 *hydration*，逐漸硬

化而將骨材全體凝成十分堅硬之固體，可算是人造之石，我國舊稱三合土或三和土，為近代最常用之工程材料。

為適合工程之要求，混凝土結合材及骨材間之配合，須考慮下列三點：

1. 混凝土新拌成後，應具有工作性 *workable* 或可澆置性 *placeable*；
2. 當其凝結硬化後，應具有所需要之適當強度 *strength* 及耐久性 *duration*；
3. 應獲滿意的品質 *quality*，並使最終之製造成本降為最低。

所追求之目的，則在如何獲得優良之混凝土，其影響之因素，參閱圖 IV-1-1 及圖 IV-2-1（第IV-100後插頁）

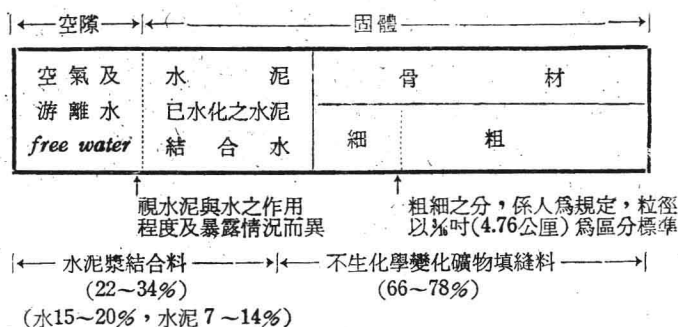
優良混凝土



本圖摘自 George Earl Troxell Harmer E. Davis "Composition and Properties of Concrete" McGraw-Hill Book Co. 1956. P8

圖 IV-1-1 優良混凝土條件

由上述三條件及圖知，混凝土中結合料與骨材，應隨工程之目的與要求，具有適當之配合比例。在混凝土體積中，通常水泥漿佔 22~34%，水泥之絕對體積 *absolute volume* 約 7~14%，水佔 15~20%，骨材佔 66%（粒徑小情況）至 78%（粒徑大情況）（註1）。由于配合、水量、水化作用、拌合及搗實等影響，混凝土無法將空隙完全排出，硬結後之混凝土體積中，仍有 1~2% 為空隙。茲將混凝土之組成，用圖解方式表示如圖 IV-1-2，更易於明白。



混凝土抗壓強度 *compressive strength* 甚高，但抗拉強度 *tensile strength* 較弱，僅及前者之 $\frac{1}{10}$ ，遠較木料及鋼料為差（參閱表 IV-1-1），故不適用於承受直接拉力或彎曲應力 *bending stress* 之構造物。鋼之抗拉強度，甚高幾與抗壓強度相等，如在混凝土中受拉力或彎曲應力之一側，適當位置埋置適量之鋼筋 *reinforcement, steel*，以彌補混凝土抗拉應

註 1: U. S. A. Portland Cement Association "Design & Control of Concrete Mixtures" P.1