

大專營造用書

土木材料

(增訂版)

黃依典 周耀鑾

編著

專上圖書出版社印行

大專營造用書

土木材料

(增訂版)

黃依典 周耀鑾

編著

專上圖書有限公司印行

土木材料

翻印必究

版權所有

行政院新聞局局版台業字第 3413 號

編著者：黃依典 周耀鑾

出版者：專上圖書有限公司出版部

地址：台北市漢口街一段八號三樓

電話：3148982

發行者：趙月星

印刷者：龍岡彩色印刷文具有限公司

地址：台北市雙園街七十六巷卅四號地下室

電話：304-2170

特價：300 元

中華民國七十五年八月增訂二版

編輯大意

1. 目前我們生活在一個高度競爭的社會，由於科學技術急速進步，土木新材料的開發日新月異，早已由利用材料時代，邁進革新創造的時代，故從事土木建築業者，不但對已有的土木材料有確知的必要，對於新產的土木材料更應加以認知，本書編輯內容因而酌予加入新土木材料及我國國家標準（C N S）等資料，以啟發學者對新技術、新觀念之體認與運用。
2. 本書共分十四章，每週授課四小時，足可供從事一學期之教學，或每週授課二小時供一學年之教學，並可供營造業者參考之用。
3. 本書之編撰係參考中、美、日最新出版之書籍，書中所用中文名詞，原則上以採用國家公布或全國性專門學會公布者為準。
4. 本書之編撰及校訂，雖力求嚴謹，但疏漏錯誤之處，仍恐難免，尚請教學先進及讀者惠予指正。

周 耀 鑾 謹 識
黃 依 典

增訂版序

1. 本書增訂版係依據教育部於民國七十二年所頒佈之最新大專課程標準綱要及最新相關資料編撰而成，為適合學校教本與工程界實務參考之用。
2. 為加深讀者對土木工程所採用之主要材料、種類、組成、製法、性質、用途、規格、試驗及施工方法之認識，爰在文字說明解釋方面，儘量改以數字化與圖表化。同時並加強各種材料之力學性質，及其在土木工程上使用範例之介紹。
3. 著者有鑒於水泥、混凝土、鋼筋等材料在土木工程上之重要性，特於附錄上增加篇幅以強化內容。
4. 本書各章節除增訂與增列習題外，並列出有關習題之解答，使其內容更為充實完整。
5. 本書雖經增訂再版，惟錯誤之處在所難免，尚乞各界先進及讀者不吝指正為幸。

黃 依 典 謹識於桃園

民國七十四年三月

作者簡介

周 耀 鑾

1 學 歷：國立廣西大學學士

2 經 歷：工程師、工程課長、工程隊長

私立萬能工業專科學校講師、副教授

黃 依 典

1 學 歷：國立台灣大學土木研究所畢業

2 經 歷：私立萬能工業專科學校講師

國家高等考試水利工程科及格兼取水利技師
考試院工業技師檢覈考試土木工程科及格取
得土木技師

考試院工業技師檢覈考試結構工程科及格取
得結構技師

3. 現 任：私立萬能工業專科學校副教授

土木材料

目 錄

第一章 總 論

1-1 土木材料之分類	2
1-2 規 格	3
1-3 材料之性質	4
1-4 材料品質的變異	16
習題一	19

第二章 水 泥

2-1 概 述	20
2-2 波特蘭水泥	23
2-3 混合水泥	54
2-4 特殊水泥	56
2-5 水泥之貯藏與輸送	60
習題二	67

第三章 混凝土

3-1 概 述	69
3-2 骨 材	72
3-3 混合用水	94

3-4	混凝土之性質與其試驗法	98
3-5	混凝土之配合	111
3-6	混凝土之附加劑	128
3-7	混凝土之施工	136
3-8	各種混凝土	145
3-9	混凝土製品	157
習題三	.....	160

第四章 石 材

4-1	概 述	163
4-2	石材之分類	163
4-3	石材之性質與其試驗方法	170
4-4	土木用各種石材	182
4-5	石材之風化與保護	192
4-6	石材之規格與材積單位	193
習題四	.....	197

第五章 黏土製品

5-1	黏土之分類與性質	198
5-2	普通磚	204
5-3	特殊磚	219
5-4	瓦	222
5-5	瓷 磚	224
5-6	陶管類	225
5-7	衛生陶管	228
習題五	.....	229

第六章 玻璃

6-1 概 述	230
6-2 分類及化學成份	230
6-3 玻璃之原料	231
6-4 玻璃之製法	232
6-5 玻璃之性質	234
6-6 製 品	236
習題六	240

第七章 瀝青材料

7-1 概 述	241
7-2 石油地瀝青及焦油之製品	241
7-3 地瀝青	243
7-4 焦 油	256
7-5 瀝青乳劑	258
7-6 油溶地瀝青	261
7-7 用途與製品	265
習題七	267

第八章 木材

8-1 概 述	268
8-2 木材之分類及組織	269
8-3 木材之性質	271
8-4 製材及乾燥法	284
8-5 木材之腐蝕及其保存法	290
8-6 木材之品質	296

8-7	木材之材積計算法	298
8-8	木材之加工品	299
8-9	國產重要木材	303
8-10	輸入木材	305
8-11	竹 材	310
習題八	.....	311

第九章 高分子材料

9-1	概 述	312
9-2	塑膠之種類	312
9-3	塑膠添加物	322
9-4	製造與加工	323
9-5	塑膠之一般特性	328
9-6	土木工程上之應用	330
9-7	橡 膠	337
習題九	.....	341

第十章 金屬材料

10-1	概 述	342
10-2	金屬材料之性質	342
10-3	鐵 材	349
10-4	非鐵金屬	406
習題十	.....	423

第十一章 塗料

11-1	概 述	424
11-2	塗料之分類	424

11-3	油漆	427
11-4	特殊塗料	434
11-5	假漆	437
11-6	漆	441
11-7	其他塗料	442
11-8	油漆塗刷作業	443
習題十一	.....	446

第十二章 火藥類

12-1	概 述	447
12-2	火藥之種類	447
12-3	火藥之性能	449
12-4	引發用品	456
12-5	使用之注意事項	461
習題十二	.....	464

第十三章 金屬之防蝕法

13-1	概 述	465
13-2	基本原理	465
13-3	典型反應	466
13-4	腐蝕之型式	468
13-5	抗蝕之方法	473
習題十三	.....	478

第十四章 絕熱(保溫)、耐火、隔音(吸音)材料

14-1	絕熱(保溫)材料	479
------	----------------	-----

14-2	耐火材料	488
14-3	隔音(吸音)材料	493
習題十四	.....	504

附 錄

附錄1	指數與代號表	505
附錄2	單位及其換算表	506
附錄3	波特蘭水泥製造詳細流程圖	515
附錄4	水泥之原料配合計算式	516
附錄5	水泥化合物份量之計算式	518
附錄6	標準節之比較	520
附錄7	混凝土配合設計—試拌法(Trial Mixes)	523
附錄8	高分子混凝土製造程序	531
附錄9	各國竹節鋼筋制定規格之比較	534
參考文獻	.....	535

第一章 總 論

土木材料之範圍甚廣，凡與土木工程有關之材料，無論是臨時搭架的材料或者直接應用於工程本身的材料，皆謂之土木材料。簡言之，凡土木結構物使用之材料均稱之為土木材料。住宅、學校、庭院圍牆、橋樑、水壩，以及各種設施工程等，其所使用之水泥、石材、木材、粘土、砂、磚、瓦、塗料、玻璃等皆為土木材料。

對於構造物之設計及施工，有關材料之知識極為重要，若非熟知其基本性質，難以達成合理之設計。於施工中，必須隨時取樣試驗或判斷使用材料所需之強度，並顧及耐久性之保持。

有關土木材料之基本性質者；係涉及物理學、化學、生物學或礦物學，如材料之比重、比熱、強度、及耐久性等性質即是。材料之優劣與其性質有密切之關係，所以採購時不得不慎。而通常材料之製造廠家，對其產品之性質（如比重、強度、耐久性等）及它的規格大小均有資料參考。對於沒有現成或可靠資料參考之材料最好要先經過試驗，判斷其性質才加以使用。

工程與材料，彼此相互為依，新之材料才能產生新之工程，如無鋼筋混凝土決不有能數十層摩天大廈；輕合金若不問世，航空亦不會有今日之進步。工程所涉及之範圍甚廣，如構思、施工，以及其他，但材料之性質及加工務須充分瞭解，以期使材料適得其所，而能發揮物盡其用。

土木材料之種類甚多。古代主要使用天然資源，如石材、木材及粘土等，隨著文明發達與科學進步，構造物種類及施工法漸趨複雜，材料亦因工業之發展逐漸遍及各行業，造成多種人造材料，同時亦改良了天然材料之性質。因此為能因材適所，對於材料性質應有明確之

2 土木材料

認識，且吾人應瞭解，目前已進入材料改良以及人造新材料之時代矣。

§ 1—1 土木材料之分類

土木材料可依各種條件加以分類。茲依其構造物主體、出產及化學成份之類別分述如下：

一、構造物主體

a. 構造物主體材料：強度乃是形成構造物主體之主要性能。其材料包括石材、木材、混凝土、水泥、金屬材料及粘土製品等。

b. 非主體材料：主要為達到保存、裝飾及緩衝之目的而添加於主體結構物謂之。

二、出產類別

a. 天然材料：石材、砂料、木材、粘土及金屬材料等。

b. 人造材料：磚、水泥、合金鋼材、瀝青材料、石油、玻璃、陶管等。

三、化學成份

a. 有機材料：含碳量之材料，如木材、瀝青及塑膠類等。

b. 無機材料：不含碳量之材料，可再詳分如下：

金屬材料——鐵金屬、非鐵金屬。

非金屬材料——粘土製品、石材、水泥及混凝土塗料等。

在以上分類中，構造物主體材料並非一定的，乃視情況而定；如在木構造中以木材為主體，在磚構造中以磚為主體，而在鋼骨構造中則以鋼骨為主體，同理非主體材料（副材料）也並非絕對。

目前對於上述各種材料在單位時間內之使用量，並未有確實的估計量，尤其各種新興材料更難預計，茲將最近約略估計值列如下：

土木工程所使用之材料數量（相對量）	
木材（包括一般用材）	30,000,000 m ³
水泥	30,000,000 t
卵石、碎石	190,000,000 t
瀝青 { 原溜（Straight）	655,000 t
吹製（Blown）	150,000 t
普通鋼材	3,400,000 t
塑膠（總量）	920,000 t

§ 1—2 規格

使用於工礦業製品，若其品質、尺寸及形狀等若多種多樣時，則將在生產上及販賣使用上，造成材料、勞力及時間上的浪費，使經濟上蒙受損失。因此爲了促使產品生產、流通及消費方便，有必要全國性或國際性地統一其形狀、尺寸、品質、使用方法及試驗方法，如此不但產品得以改善，而且生產者及消費者均受利。在我國工業規格標準化之先驅是爲水泥，首先是對於波特蘭水泥（Portland Cement）試驗方法之統一，然後設立工業品規格統一規劃委員會及促進國家規格調查審查等事業。至今已制定規範計有：

中國國家標準 China National Standard（CNS）

美國混凝土學會 American Concrete Institute（A.C.I. Standard）

美國土木工程學會記錄 Proceedings of The American Society of Civil Engineering（ASCE Proceedings）

美國公路官員協會 The American Association of State Highway Officials（AASHO Standard）

國際硬木委員會 National Hard Wood lumber Association

4 土木材料

日本工業標準 Japanese Industry Standard (JIS)

美國材料試驗協會 American Standard of Testing Material
(A.S.T.M.)

美國標準協會標準 American Standard Association
(A.S.A.)

美國鋼鐵協會 American Iron Steel Institute (A.I.S.I.)

英國 British Standards (B.S.)

德國 Deutscher Industrie Norm (DIN)

美國波特蘭水泥協會 Portland Cement Association (PCA)

§ 1—3 材料之性質

一般土木材料之使用，不但要合於工程材料性質外，仍需達到經濟條件，則工程方達最佳效益。

所謂經濟條件乃指：

- (1) 材料供給豐富。
- (2) 材料價格低廉。
- (3) 材料處理容易。

以上三條件中，其中少一則經濟條件降低。

土木材料之選用，雖然經濟條件未必為絕對條件，倒是其工程材料性質之考慮是必要的。而其性質之著眼點在其耐久性。為方便起見，將土木材料性質之考驗以力學性質、物理性質及化學性質分述如下：

§ 1-3-1 力學性質

力學性質主要有彈性、塑性、流性、延性、展性、脆性、剛性、強度、疲勞、韌性及硬度等。

一、彈性、塑性及流性 (Elasticity, Plasticity & Fluidity)

當外力施於物體後，產生變形；除去外力後，物體之變形可以復

原之性質，稱為彈性，雖取去外力，但其變形依舊，不能復原之性質，稱為塑性。凡材料受力後，顯出緩慢的流動，此特性稱為流性。

沒有材料具有完全彈性或完全塑性，通常都具有兩方面之性質，應力到某種程度時大部呈彈性變形，而超過此程度時漸次成塑性變形。

二、剛性、延性、展性、韌性、脆性 (Rigidity 、 Ductility 、 Malleability 、 Toughness 、 Brittleness)

材料承受載重時，發生應力及應變，倘兩種材料發生的應力相等而應變不等，則應變愈小者，剛性較高。凡材料受拉力時，發生較長之伸長度，而不折斷之性質，謂之延性。凡材料承受撞擊能展成薄片之性質，謂之展性。

韌性為材料受荷重作用到破壞之能，以吸收能表示之，韌性大之材料能抵抗高應力或具有變形大之能力。反之，僅小變形就破壞之性質稱為脆性。此等性質均與衝擊強度有密切關係。韌性大，衝擊强度高。

三、硬度 (Hardness)

凡材料能抵抗磨耗、印痕、刻劃等之性能，謂之硬度。石材之非金屬材料，用一定硬度之物體磨擦其表面，由其條痕或着色程度可比較判定出其硬度或用特殊磨損試驗機求得磨損抵抗，如 Dorry 硬度試驗，以 Dorry 硬度機於一中心部份之固體岩石兩面各做 1000 次之研磨，其損失重測定為其硬度。以硬度係數 (Coefficient of hardness) 表示之。

金屬乃用鋼球或鑽石尖頭壓入深度以測定其硬度 (Brinell, Rockwell 及 Vickers 硬度測定法)，或求得落下重錘之彈回高度而比較硬度 (Shore 硬度測定法)。混凝土藉彈簧之力發射鋼棒或以重錘彈回之高度求得硬度，然後由此推定強度 (Sohmit Hammer 等)。

鑛物所使用之 Mohs 硬度，以如下 10 種鑛物為標準，按照下面程序將標準鑛物磨擦其鑛物表面而比較硬度。

(1)滑石 (2)石膏 (3)方解石 (4)硅石 (5)磷灰石 (6)長石