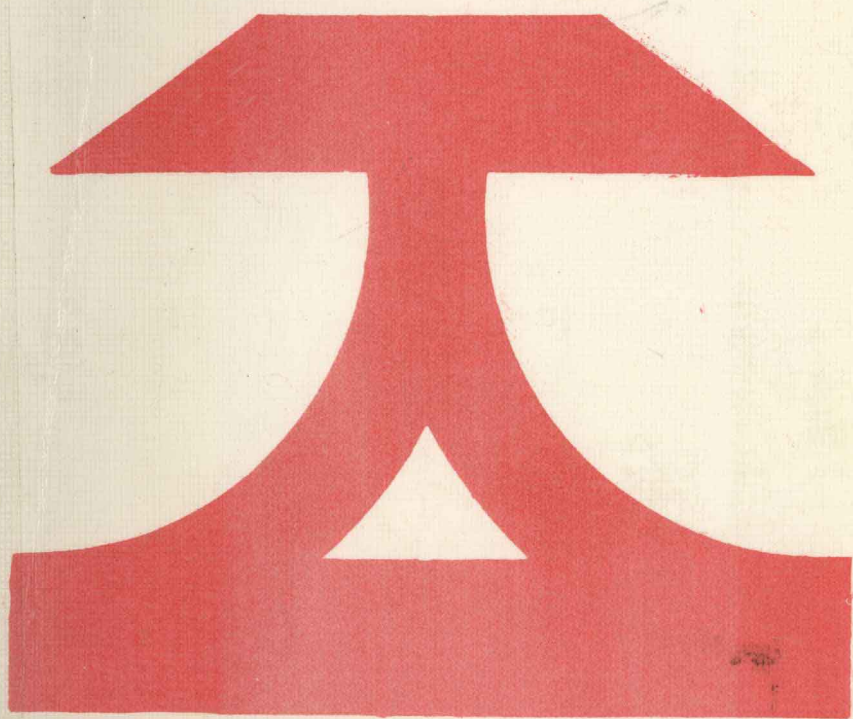


施 工 與 材 料



總經銷 文笙書局

天一土木建築考試叢書

郵購：請利用郵政劃撥0139914-1號（劉賢淋帳戶）。一律掛號寄書。

書名	版別	定價	函購價
㉑ 土壤力學與基礎工程	增訂版	300元	270元
㉒ 結構分析原理與應用 (含結構動力)	初版	300元	270元
㉓ 鋼筋混凝土學精要 (含預力)	增訂版	300元	270元
㉔ 鋼結構設計精要 (含塑性設計)	增訂版	200元	180元
㉕ 工程力學	叁版	270元	240元
平面測量與施工測量	增訂版	300元	270元
㉖ 施工與材料	再版	250元	230元
㉗ 工程數學精要	再版	250元	230元
㉘ 土木技師試題精解	初版	300元	270元
㉙ 房屋結構與耐震設計	精裝本	350元	320元
㉚ 工程測量	初版	120元	110元
㉛ 工程地質	再版	150元	140元
㉜ 營建管理	再版	200元	180元

詳細書目請函台北市羅斯福路二段九之六號

電 (02)341-8486・341-5471

高考檢覈特考最佳參考書

版
權
所
有



翻
印
必
究

中華民國七十五年七月三十日增訂版

施 工 與 材 料

編著者：戴嘉彬、劉賢淋

發行人：劉 賢 淋

地 址：台北市羅斯福路二段九之六號

電 話：(02)3418486·3415471

郵 撥：0139914-1 號（劉賢淋帳戶）

打 字：大廣打字印刷行

地 址：台北市和平東路一段 159 號 4 樓

電 話：(02)3515579

印 刷：德廣彩色印刷有限公司

地 址：板橋市南雅南路一段 96 號

電 話：(02)9682593

總經銷：文 笙 書 局

地 址：台北市重慶南路一段 69 號

電 話：(02)3814280

定價：新臺幣貳佰伍拾元整

（本書如有缺頁、破損，請寄回更換）

序 言

土木施工學範圍極廣，包含工程管理、品質控制、模板施工、鋼筋施工、混凝土施工、道路施工、橋梁施工與隧道施工等等，坊間甚多有關施工之參考書籍，對於實務問題之解決有極大助益，各位有興趣的話，可從本書各章後面所附參考資料查閱。

本書之編旨在提供應考土木技師或參加研究所入學考試者準備的方向，且因自去年起土木技師考試之土木施工與營建管理改為獨立之二門科目，因此本書為適應潮流，亦跟著改變，營建管理另編成書，而土木施工部份，自本版起加入了許多有關工程材料之資料以適應新的趨勢。

截至目前為止，土木技師檢覈考試題型有兩型，其一為技術學院型，另一為台大或中央標準局型，題目典型全然不同，評分標準亦大不相同，當然技術學院為國內營建技術與管理之主流，能夠掌握技術學院題型並針對新工法新材料加以準備，則土木施工一科取得高分並不是很難的一件事。以下就此兩型題目加以分析以供大家準備之參考。

內 容	題 型	
	台 大 型	技 術 學 院 型
模 板 施 工	7 %	10 %
鋼 筋 施 工	7 %	7 %
混 凝 土 施 工	30 %	41 %
基 礎 施 工	28 %	42 %
其 它	28 %	—

筆者才疏學淺，書中內容如有疏漏錯誤之處，尚祈各位學者及工程界先進賜予指正幸。

劉 賢 淋 謹識于天一土木建築班

中華民國七十四年六月廿五日

目 錄

第一章 水泥混凝土之材料因素	1-1 ~ 1-61
1-1 概論	1- 1
1-2 水泥	1- 2
1-3 骨材	1-11
1-4 混凝土用水	1-24
1-5 混凝土必備之重要性質	1-26
1-6 摻料	1-33
1-7 混凝土材料品質不良之影響	1-50
1-8 高分子混凝土	1-50
1-9 纖維加強混凝土	1-55
1-10 輕質混凝土	1-60
第二章 混凝土配比設計與控制試驗	2-1 ~ 2-26
2-1 概論	2- 1
2-2 目標強度之決定	2- 4
2-3 工作參數之決定	2- 7
2-4 配比設計例	2-10
2-5 工地配合比之調整	2-15
2-6 混凝土品質控制試驗	2-15
2-7 混凝土品質評定	2-22
2-8 混凝土品質控制圖	2-24
第三章 混凝土施工	3-1 ~ 3-42
3-1 澆置計劃之擬定	3- 1
3-2 混凝土澆置前之準備	3- 3
3-3 混凝土之產製	3- 4

3-4	混凝土之輸送	3- 5
3-5	混凝土之澆置	3-10
3-6	混凝土之搗實	3-14
3-7	混凝土澆置之氣候因素	3-17
3-8	混凝土之養護	3-20
3-9	拆模	3-24
3-10	再撐	3-25
3-11	混凝土之修補	3-26
3-12	水中混凝土之施工	3-27
3-13	噴凝土之施工	3-28
3-14	大體積混凝土之施工	3-30
3-15	預力混凝土施工	3-32

第四章 模板與鋼筋工程 4-1 ~ 4-18

4-1	模板施工	4- 1
4-2	鋼筋施工	4- 9

第五章 基礎之開挖與擋土工法 5-1 ~ 5-42

5-1	開挖工法	5- 1
5-2	開挖工程事故與對策	5-13
5-3	地下水處理	5-17
5-4	擋土板施工法	5-21
5-5	地下連續壁施工	5-26
5-6	托底工程	5-37
5-7	施工觀測	5-38

第六章 基礎施工法 6-1 ~ 6-52

6-1	基礎型式	6- 1
6-2	擴展基腳之施工	6- 1

6-3	筏式基礎之施工	6- 2
6-4	樁之分類	6- 4
6-5	錘擊式樁之施工	6- 6
6-6	鑽掘式樁之施工	6-21
6-7	開口沉箱之施工	6-32
6-8	地盤改良工法	6-39

第七章 道路施工 7-1 ~ 7-30

7-1	道路施工概論	7- 1
7-2	土方工程	7- 1
7-3	護坡工程	7-10
7-4	擋土牆施工	7-15
7-5	基層施工	7-21
7-6	底層施工	7-22
7-7	瀝青透層與粘層施工	7-27
7-8	面層施工	7-28

第八章 橋梁與隧道施工 8-1 ~ 8-34

8-1	橋梁工程分類	8- 1
8-2	橋梁下部結構施工	8- 1
8-3	先拉預力混凝土梁施工	8- 8
8-4	後拉預力混凝土梁施工	8-11
8-5	伸縮縫之施工	8-17
8-6	隧道開挖	8-20
8-7	隧道支撐	8-30
8-8	新奧工法	8-32

第九章 施工安全管理 9-1 ~ 9-34

9-1	概論	9- 1
9-2	工作場所之安全管理	9- 2

9-3	材料儲存之安全管理	9- 4
9-4	施工架之安全管理	9- 5
9-5	露天開挖工程之安全管理	9-13
9-6	隧道施工安全管理	9-17
9-7	沉箱與圍堰施工安全管理	9-20
9-8	打樁工程安全管理	9-21
9- 9	鋼筋混凝土施工安全管理	9-24
9-10	鋼結構施工安全管理	9-28
9-11	建物拆除時安全管理	9-29
9-12	營造場所衛生安全規定	9-32

第十章 其他營建材料10-1 ~10-27

10-1	瀝青材料	10- 1
10-2	塗料	10-10
10-3	穩定液材料	10-16
10-4	工程織物	10-20
10-5	環氧樹脂	10-24

第十一章 歷屆檢覈試題題解11-1 ~ 11-66

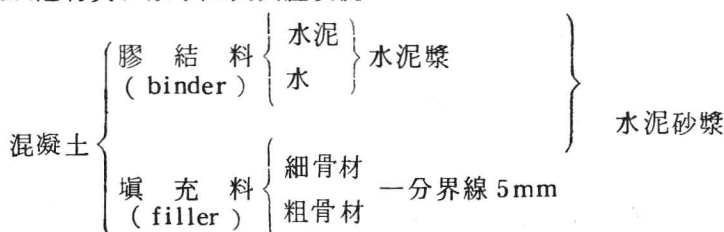
11-1	七十一年第一次土木技師檢覈「土木施工」題解	11- 1
11-2	七十一年第二次土木技師檢覈「土木施工」題解	11- 9
11-3	七十一年第三次土木技師檢覈「土木施工」題解	11-13
11-4	七十二一年第一次土木技師檢覈「土木施工」題解	11-20
11 5	七十二一年第二次土木技師檢覈「土木施工」題解	11-26
11-6	七十二一年第三次土木技師檢覈「土木施工」題解	11-32
11-7	七十三年第一次土木技師檢覈「土木施工」題解	11-39
11-8	七十三年第二次土木技師檢覈「土木施工」題解	11-43
11-9	七十三年第三次土木技師檢覈「土木施工」題解	11-49
11-10	七十四一年第一次土木技師檢覈「土木施工」題解	11-60
11-11	七十三年土木技師高考「施工法」題解	11-64

第一章 水泥混凝土之材料因素

1-1 概 論

1-1-1 混凝土之組成

混凝土 (concrete) 者為由水泥、砂、石、水及摻料所拌和凝固而成之物質，以下圖表其組成為



膠結料功用

膠結料在混凝土中之主要功用有三：

1. 包圍骨材表面使之黏結在一起而產生強度。
2. 填充骨材間之孔隙。
3. 使新拌混凝土具流動性以利於施工。

填充料功用

1. 骨材價廉，用之以取代水泥漿，可節省水泥用量降低成本。
2. 骨材強度較水泥漿者高，用於混凝土中可提高強度。
3. 對於載重、磨損、水份浸透及風化作用之抵抗較佳。
4. 可減少混凝土體積變化。

1-1-2 混凝土之重要性質

混凝土結構對混凝土基本要求，必需滿足安全與經濟兩大原則，而「安全」原則之滿足，必須同時考慮到短期性穩定與長期性穩定問題，短期性的穩定需要混凝土具足夠的強度，長期性的穩定需要混凝土

土性質不隨時間而惡化，因此需要混凝土有足夠耐久性，而不管是短期性穩定或長期性穩定，體積穩定性均在要求之內，某些結構之混凝土則需對其水密性防火性特別加以要求。

因此能滿足「安全」「經濟」兩大原則之優良混凝土，須具備下述要件：

- | | | |
|------------|---|----------|
| 1 強度要夠。 | } | 滿足「安全」原則 |
| 2 耐久性強。 | | |
| 3 體積穩定性佳。 | | |
| 4 水密性防火性好。 | | |
| 5 用料要省。 | } | 滿足「經濟」原則 |
| 6 工作性要好。 | | |

1-1-3 混凝土之品控

爲使混凝土具備上述要件，則混凝土材料之選用、配比、拌和、澆置與養護，均須加以控制始能達到要求，亦即需進行「材料品質控制」「配比控制」「施工澆置與養護控制」以得優良混凝土。

本章重點在介紹混凝土材料品質控制，以下各節分就各種材料加以介紹。

1-2 水 泥

1-2-1 波特蘭水泥

波特蘭水泥係英國人 J. Aspdin 於西元 1824 年所發明，因其拌和之膠泥乾凝後酷似英格蘭附近波特蘭島 (Portland) 所產之石灰石 (oolitic limestone)，故稱波特蘭水泥。

依中國國家標準 (CNS) 之規定，將其分成波特蘭水泥及輸氣波特蘭水泥兩類；波特蘭水泥係將以水硬性矽酸鈣爲主要成份之熟料與一種或一種以上不同狀態之硫酸鈣爲添加物共同研磨而成者。輸氣波特蘭水泥爲將水硬性矽酸鈣熟料與一種或一種以上不同狀態之硫酸鈣以及一種添加物共同研磨而成者。CNS 將波特蘭水泥分爲表 1-1

所述五類（若為輸氣波特蘭水泥時，表中型式欄內以ⅠA、ⅡA、ⅢA、ⅣA、ⅤA代之）。

表 1-1 波特蘭水泥之分類表

型 式	名 稱	用 途
Ⅰ	普通水泥	無需具特殊性質之一般建築用
Ⅱ	中度抗硫水泥	暴露於中等程度之硫化作用或需要中度水化熱之結構物
Ⅲ	早強水泥	需要早期強度之結構物
Ⅳ	低熱水泥	需要低水化熱之結構物
Ⅴ	抗硫水泥	需要高度抗硫之結構物

1-2-2 水泥成分

表 1-2 波特蘭水泥主要化學成份表

氧 化 物	簡 寫	俗 稱
CaO	C	生石灰
SiO ₂	S	矽 砂
Al ₂ O ₃	A	礬 土
Fe ₂ O ₃	F	氧化鐵
MgO	M	苦 土
K ₂ O	K	} 鹼 鹽
Na ₂ O	N	
SO ₃	$\overline{S}$	(alkalis) 三氧化硫
CO ₂	$\overline{C}$	二氧化碳
H ₂ O	H	水

水泥係以約四份之石灰質原料 (calcareous raw material) 與一份之黏土質原料 (argillaceous raw material) 研粉煨燒成熟料後加入石膏研磨而成，其主要化學成份如表 1—2 所示。

波特蘭水泥內主要複合物名稱及縮寫分子式如下：

- 1 矽酸二鈣 ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, 簡寫 C_2S)
- 2 矽酸三鈣 ($3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$, 簡寫 C_3S)
- 3 鋁酸三鈣 ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, 簡寫 C_3A)
- 4 鋁鐵酸四鈣 ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, 簡寫 C_4AF)

此外，尚含有下述次要化合物

- 5 硫酸鈣 (CaSO_4 , 簡寫 $\text{C}\bar{\text{S}}$)
- 6 游離生石灰 (CaO , 簡寫 C)
- 7 苦土 (MgO , 簡寫 M)

各類波特蘭水泥成分含量如表 1—3 所示。

表 1—3 波特蘭水泥複合物成分含量 [Waddel, 1974]

水泥 種類 \ 成分	C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF	MgO	SO_3	燃 燒 損 失	游 離 生石灰
I	49	26	11	8	3.0	2.3	1.3	1.0
II	46	30	6	12	2.1	2.5	1.5	1.2
III	55	14	10	7	2.1	2.5	1.5	1.6
IV	30	47	5	13	2.1	2.4	1.4	0.8
V	41	36	4	10	2.8	1.3	1.3	0.8

波特蘭水泥內主要複合物之特性如表 1—4 所示。

表 1—4 波特蘭水泥成分之特性

		C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
水 化 作 用 速 率		快	慢	極 快	—
水 化 熱 量		120cal/g	62cal/g	207cal/g	100cal/g
黏結力	早期(1, 2天)強度	佳	差	佳	差
	極 限 強 度	佳	佳	差	差

水泥內次要化合物之影響分述如下：

1. 氧化鎂 (MgO)

氧化鎂結晶安定而不易水化，經數年始慢慢水化而膨脹，有使混凝土脹裂之慮，故其含量限制不得超過 6 %。

2. 鹵鹽

鹼金屬之氧化物如 K_2O 與 Na_2O 等，與帶 $\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 活性之骨材會生化學反應生成類似水玻璃之物，只吸水而不放水，因此混凝土亦有脹裂之慮。

3. 游離生石灰

游離生石灰能溶於水中，使混凝土分解而減低強度、水密性與耐久性。

4. 石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

水泥熟料研磨時需添加 2 ~ 4 % 之石膏以延長其凝結時間，石膏含量應適當，含量太少則縮短凝結時間，太多則呈膨脹現象。又石膏加入時水泥熟料溫度不能太高，若太高則會使石膏脫水成無水石膏 (CaSO_4) 或半水石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$)，會使混凝土產生假凝結現象，使得施工困難。

1-2-3 水泥之凝結及硬化作用

水泥內各主要複合物之水化作用反應速率依序為 $\text{C}_3\text{A} > \text{C}_3\text{S} > \text{C}_4\text{AF} > \text{C}_2\text{S}$ ， C_3A 的反應速率過於迅速，會造成急凝現象，水泥中添加石膏的目的即在抑制 C_3A 之反應，使水泥在加水後能維持約 2 ~ 4 小時的“塑性”期間 (plastic period)，不致迅速失去工作性。如圖 1

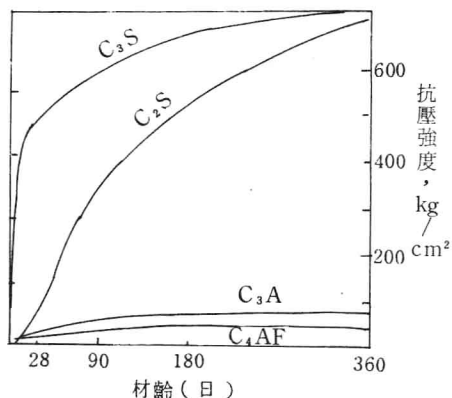
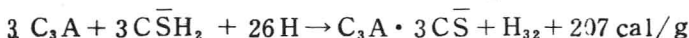
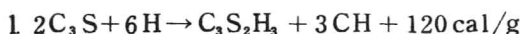


圖 1-1 波特蘭水泥主要複合物之強度發展

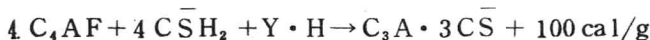
— 1 所示，就強度而言， C_3S 之短期及長期強度均佳， C_2S 短期強度低，而長期強度甚佳， C_3A 一般僅影響短期強度，而 C_4AF 則對長期及短期強度影響均甚微小。

波特蘭水泥加水後所以會產生凝結（setting）及硬化（hardening），主要是因為各水泥複合物和水產生水化作用之故。



（石膏）

（鈣矽石）



茲以圖 1—2 為例

，對波特蘭水泥之凝結及硬化作用做一概略的說明。水泥加水後， C_3A 與溶解於水中的石膏迅速反應，在其表面生成微細的鈣矽石（ ettringite , $C_3A \cdot$

$3CaSO_4 \cdot 32H_2O$ ）結晶並大量放熱，而隨著反應的繼續進行，此鈣

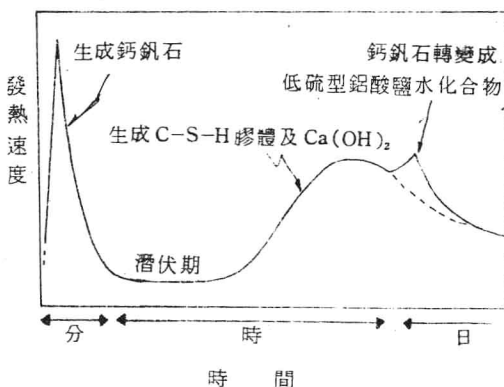


圖 1—2 波特蘭水泥之水化熱時間關係曲線

矽石層漸形緻密，使水不易往內滲透，故逐漸阻止 C_3A 的迅速水化，經過約 15 分鐘，發熱速率漸趨平緩，水化反應便開始進入所謂的“潛伏期”（dormant period），在此期間，水泥的水化反應緩慢進行，水化物緩緩從水泥顆粒表面析出並逐漸成長，塑性乃逐漸消失，經過約 2~4 小時， C_3S 開始迅速水化，其水化物亦約於此時成長至呈彼此交錯的狀態，水泥便開始凝結並失去工作性，潛伏期乃告結束，初凝亦已到達。其後 C_3S 大量水化並放熱，約在 4~8 小時左右， C_3S 的水化發熱速率達於最高點，終凝約於此時到達，早期硬化亦逐

漸開始。其後，隨著水化反應的繼續進行，呈纖維狀的 C_3S 水化物亦繼續生成於水泥顆粒之間並彼此互相交錯成緻密的網狀結構，水泥乃逐漸硬化，強度亦漸漸產生（圖 1—3）。

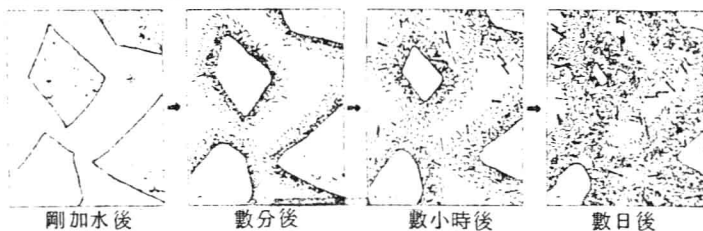


圖 1—3 水泥之水化過程

由上述說明可知，針對一般正常水泥而言， C_3A 在水泥的初期水化過程中扮演著重要的角色，而 C_3S 則為控制水泥凝結時間及初期硬化的主要因素。如果水泥的 C_3A 含量及其反應性甚高，致無法以石膏有效緩凝，則 C_3A 反將成為控制凝結（尤其是初凝）的主要因素，例如當水泥有異常凝結現象，如急凝時，則 C_3A 的水化反應完全控制了水泥的凝結時間。

茲為加深印象，再以圖 1—4 混凝土之凝結及硬化過程為例，說明凝結及硬化與工作性之關係。我們可將凝結視為完全流體化及完全

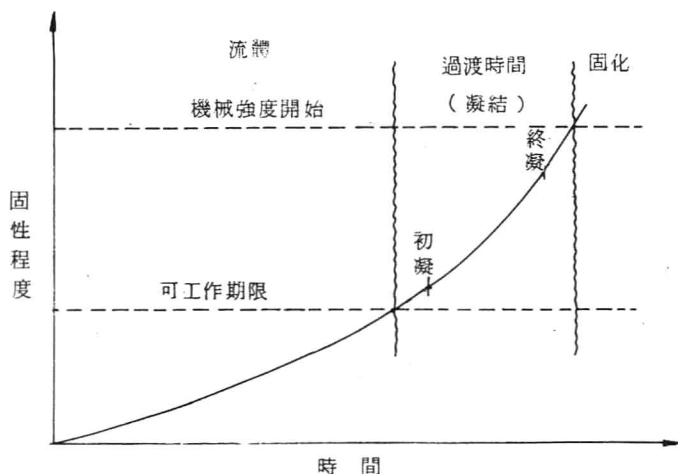


圖 1—4 混凝土之凝結及硬化過程

固化之間的過渡狀態，初凝約發生於混凝土已無法再加以適當的攪動或施工之時，終凝約發生於混凝土開始硬化之時。由圖亦可得知，混凝土在初凝之前坍度已完全喪失致無法加以量度，而混凝土可以量度的機械強度則在終凝之後某段時間才開始顯現。

1-2-4 水泥性質

1. 比重

ASTM規定水泥之比重應為 3.05 以上，新鮮波特蘭水泥其比重約為 3.14 ~ 3.16，在配比設計時用 3.15，但如經長期貯存，由於其微粒吸收空氣中之水分及二氧化碳而起風化作用，則其比重將降至 3.00 ~ 3.05 之間，通常如果水泥比重在 3.05 以下者表示其已風化甚深，已喪失部份特性，除非將水泥再加熱至 700°C 至 800°C 間將水份逐出恢復原性否則不得使用。

2 細度

水泥之細度影響水泥之品質很大，細度越細，其水化作用之速度愈快，混凝土之早期強度越高，且因其越容易水化，其最後強度亦較高。

因為水泥之顆粒很細，無法以極細之篩加以測定，故水泥之細度以比表面積表示之。所謂比表面積係指由計算所得一克水泥之顆粒表面積總和，單位為 cm^2/g ，水泥細度越高則比面積之值越高。

除早強水泥有細度之要求外，其他各種水泥無細度之要求，水泥細度之比表面積值若低於 $2800 \text{ cm}^2/\text{g}$ 時，可能使混凝土之工作度不佳並發生過量浮水現象，細度太高容易發生龜裂且略為降低其耐久之抵抗力。目前國內各水泥廠研磨機械精良，在細度無太低反有太高之虞。

水泥細度與抗壓強度之關係如圖 1—5 所示。

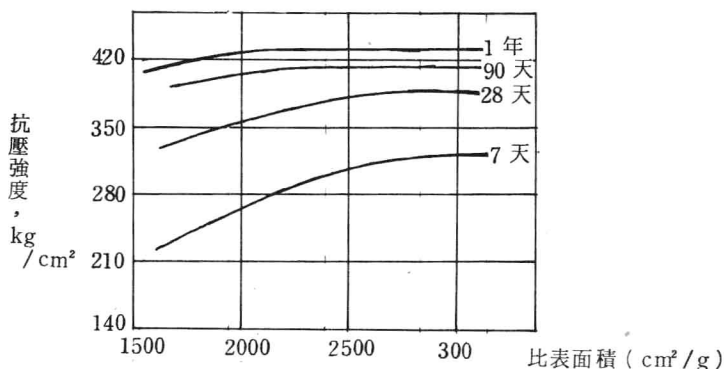


圖 1-5 水泥抗壓強度與細度關係

3. 凝結時間

水泥之水化作用可分為凝結與硬化兩階段，水泥與水拌和後，在短時間內能保持其可塑性，而便於施工。隨着水化作用之產生而失去可塑性，水泥開始失去可塑性時稱為**初凝**（initial set），初凝之水泥漿或混凝土仍可攪動或重新拌和，而無大害。水化作用繼續進行，至混合物完全失去可塑性時稱為**終凝**（final set），終凝之混凝土如加攪動，其強度將受嚴重之損害。水泥之凝結時間過速或過慢均非所宜，過速則無足夠之時間以供混凝土之輸送及澆置，過慢則使工作進展延遲。

4. 健性（soundness）

水泥中若含游離石灰、苦土及無水硫酸等，常形成異常膨脹或畸變，使混凝土發生龜裂，而對結構物造成極大的傷害。水泥之健性可以浸水法及煮沸法做試餅（Pat）檢驗。

5. 強度

水泥有強度之要求應做強度試驗，水泥之強度試驗可按ASTM或CNS 1010（水硬性水泥 mortar 抗壓強度檢驗法）試驗，係以水泥與標準砂之重量比為1：3，用水量依標準稠度（normal consistency），拌和成水泥砂漿製成5 cm之立方體，在 $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ 之水中保養後進行抗壓試驗。所謂標準砂係指美國伊利諾州（illinois）渥太瓦（Ottawa）所產之天然砂。