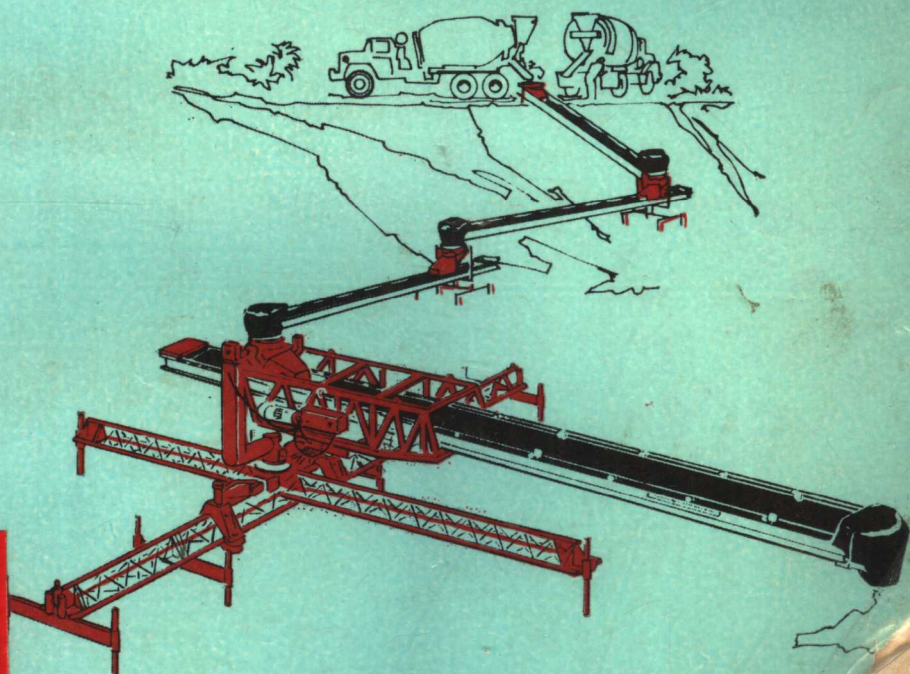


最新 混凝土施工法

The advanced Concrete
Construction Methods

By James Liu

編著者劉見東



台灣文源書局有限公司印行

最新 混凝土施工法

The advanced Concrete
Construction Methods

By James Liu

編著

新加坡工業學院圖書館
藏書章

台灣文源書局有限公司印行

中華民國六十七年八月初版
行政院新聞局局版台業字第一〇九九號

最新混凝土施工法

定價：平裝八十元
精裝一〇〇元

版	權	所	有
翻	印	必	究

編著者：劉 見 東

發行人：陳 錦 芳

發行者：台灣文源書局有限公司

台北市重慶南路一段七十八號
郵政劃撥儲金戶第一八〇五號

印刷者：遠 大 印 刷 廠

經銷處：全省各大書局

序

爲了配合十項建設的進行，我國自國外引進了很多工程技術，遂奠定了我國工程施工現代化的基石。

混凝土爲結構之主體，其用途廣泛，如何經濟簡便地用於日漸複雜龐大的結構工程，而能發揮其優美的性能，乃爲吾人今後發展研究之方向。

本書乃著者實際參與國內各重大建設數年之經驗，並參酌有關書刊編撰而成，內容簡明扼要，力求連貫性，除有特殊主題說明外，以實用爲主。

本書自 65 年春天開始編撰以還，蒙文源書局范守仁先生鼎力支持，國內外工程先進及學人提供寶貴的資料意見，謹致謝忱。

著者雖編撰本書力求嚴謹，惟才疏學淺，滄海遺珠，自屬難免，願海內外先進不吝指正爲幸。

劉 見 東 謹識

66年端午節

目 錄

第一章 混凝土材料

1-1	概 論	1
1-2	水 泥	1
1-3	骨 材	2
1-4	水	7
1-5	附加劑	8
1-6	材料之貯藏	10

第二章 混凝土的性質

2-1	概 論	15
2-2	工作性	15
2-3	<u>耐久性</u>	19
2-4	水密性	21
2-5	強度彈性及潛變	21
2-6	體積變化	26
2-7	重 量	27

第三章 混凝土配比、計量、拌合與輸送

3-1	概 論	30
3-2	混凝土之配合比例	30
3-3	混凝土拌合試驗	45
3-4	工地配合比例調整	46
3-5	小規模工程之配合法	53

3-6	混凝土之計量	54
3-7	拌 合	57
3-8	混凝土輸送	59

第四章 鋼筋及預力鋼材組力

4-1	概 論	72
4-2	鋼筋的性質	72
4-3	鋼筋的形狀、尺寸及示別	73
4-4	鋼筋的加工	74
4-5	鋼筋運搬與堆置	83
4-6	鋼筋排架	86
4-7	鋼筋接續	95
4-8	預力鋼材	115
4-9	預力鋼材之安裝	115
4-10	施預力	118

第五章 模板組立

5-1	概 論	124
5-2	模板必須具備條件	124
5-3	普通模板及其材料	127
5-4	特殊模板	138
5-5	模板之組立與拆除	142

第六章 混凝土澆置及雜項工程

6-1	概 論	152
6-2	混凝土澆置	156
6-3	混凝土之搗實	162

6-4	混凝土的養生	166
6-5	混凝土防水	168
6-6	混凝土修補及修飾	171
6-7	灌漿	173

附 錄

表 A	典型牆筋配置圖	176
表 B	典型機器台鋼筋加強圖	181
表 C	典型開孔鋼筋加強圖	182
表 D	標準柱筋配置圖	183
表 E-1	鋼筋混凝土細部	186
表 E-2	鋼筋混凝土細部	187
表 E-3	鋼筋混凝土細部	188
表 E-4	鋼筋混凝土細部	189
表 E-5	鋼筋混凝土細部	190
	勞工安全衛生法	191
	土木施工安全規章	198
	工程承攬契約範例	210
	常用縮寫一覽表	218
	參考書目	227

第一章 混凝土材料

1—1 概 論

混凝土的主要成份爲水、水泥及骨材，在許多場合尙包含附加劑。使用附加劑最普遍的目的在於吸走混凝土中的空氣而增加其耐久性及工作性，附加劑亦常用於降低含水量及控制凝結時間。

視工程施工的需要，通常必須指定水泥種類、骨材來源、附加劑種類及混凝土配比。因此，如要獲得合乎品質的混凝土，必須對其材料之性質有所了解，尤其是混凝土材料的各種配比，對混凝土的性質及澆置特性所產生的影響。

1—2 水 泥

水泥之種類良多，本節主要爲介紹在土木建築工程中，應用最廣的波特蘭水泥（簡寫爲 PC），慣用的標準波特蘭水泥依其性質分爲五種：

1 第一種：普通波特蘭水泥（Normal Portland Cement）

適用於不需其他種類水泥之特性的一般混凝土工程，是最廣泛使用的水泥，如無特別指明，均指此種水泥。

2 第二種：改良波特蘭水泥（Modified Portland Cement）

爲能抵抗硫化物之侵蝕，且其水化熱較第一種水泥爲低，發熱之速率較緩，故適用於巨積混凝土（Mass Concrete）結構物，及硫化物作用不十分嚴重之構造物。

3 第三種：早強波特蘭水泥（High-early Strength Port-

land Cement)

此種水泥適用於需要早期強度之混凝土。所謂早強，必須在三天內有很大強度產生，但凝結時間不變，而是凝結後強度增高很快。一般早強水泥之3天壓縮強度約相當於普通水泥7天之強度，而其7天強度則約相當於普通水泥之28天強度，但其極限強度約相等。因其強度提前達到，時間縮短，構造物可提前拆模，故適用於路面工程、軍事工程、冬季施工或其他緊急性施工。

4 第四種：低熱波特蘭水泥 (Low-heat Portland Cement)

此種水泥發熱量小且慢，不易生龜裂，且其強度增加亦較緩，適用於巨積混凝土工程如壩壩、溢洪道。因其水化作用緩慢，養護須三週以上，不能提早拆模。

5 第五種：抗硫波特蘭水泥 (Sulfate-resistant Portland Cement)

用於構造物受硫化物嚴重侵蝕之場合，此種水泥硬化速率較普通水泥為緩，常用於渠道砌工、涵洞、虹吸管、污水管或海中建築物。

此外，尚有特殊波特蘭水泥，其中最常用者為輸氣波特蘭水泥 (Air-entrained Portland Cement)，此種水泥乃是將極少量之輸氣劑 (Air-entraining Agent) 與波特蘭水泥在製造過程中之熔塊混和研磨而得，其特性為能抵抗嚴重之霜凍作用。

1—3 骨 材

混凝土材料中之砂與石子總稱為骨材 (aggregate)。粒之大小在4號篩 (孔隙 4.76 mm) 以上者為粗骨材 (Corse aggregate)，即石子，以下者為細骨材 (fine aggregate)，即砂。骨材佔混凝土體積之66~76%，為混凝土之主要部份。

骨材之形狀及大小影響混凝土強度甚鉅。骨材之空隙率小者增大。

混凝土之密度，多角形塊較球形塊有較大之空隙率，尤以狹長或扁平形狀者其空隙率頗大。若用狹長或扁平或多角形之粗骨材時，混凝土之工作度不佳，須加入較多之砂，因之增加水泥與水之使用量。若混凝土施工時能安全搗緊成最大密度時，則多角形骨材可較球形者有較大之抗拉與抗彎強度，僅於此時碎石子之混凝土可較卵石者為佳，蓋多角形骨材之表面不光滑，可增大其與水泥之結着力。

粗骨材和細骨材各含有不同大小顆粒之適當混合者其空隙率可減至最小。有均一大小之顆粒者空隙率最大。粗骨材之最大粒徑為施工難易所限。工作度一定時，骨材粒徑愈大者愈可增加混凝土強度，然最大粒徑過大時難混合成軟混（plastic mixture），且難搗緊，並易於阻塞於鋼筋與鋼筋間或鋼筋與模板間，不能得完善之混凝土，故粗骨材之最大粒徑對於混凝土構造物宜所有限制。不用鋼筋時之最大粒徑可較鋼筋混凝土用者更大。用碎石子為粗骨材時，雖用細粒徑者較易混合，且工作度較佳，但非不得已，切勿用之，因用較細粒徑之碎石子時，所需水泥量較多，產生水化熱亦較多，混凝土容易龜裂，且其水密性與壓縮強度均會降低；骨材最大粒徑之大小增大時，混和水量可減少，所需水泥量亦可減少，對於一定水泥量之混凝土強

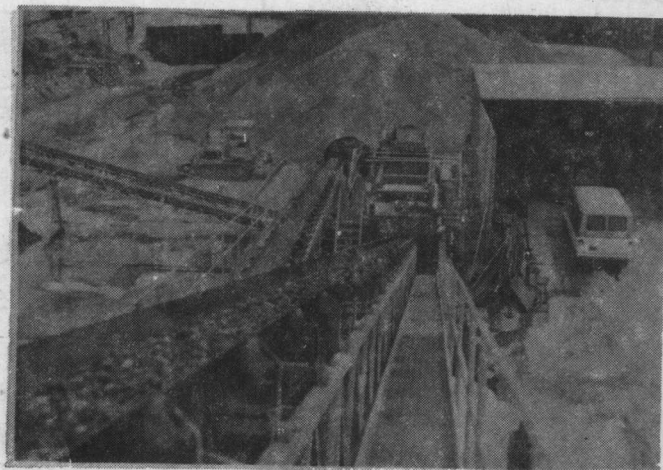


圖 1 - 1 骨材之堆置及輸送

度可增大。粗骨材最大粒徑之大小對於鋼筋混凝土時，宜在鋼筋最小間距之 $3/4$ 以下，粗骨材最大粒徑不得大於模板最小淨距 $1/5$ 。

通常細骨材須由堅硬密緻耐久潔淨而接近球形之砂材所組成，其比重不得小於 2.5，細度模數 (F.M) 應在 2.25 ~ 3.25 之間，表面水應低於 9%，無論是天然砂或人工砂，其所含有害物質，不得超出右表以重量計之百分比：

項 目	最大許可容量
粘 土 塊	1 %
輕 量 物 質	1 %
其 他 有 害 物 質	2 %
有 害 物 質 總 量	5 %
通過 # 200 篩之材料	5 %

表 1 - 1 有害物質許可含量

細骨材依 ASTM C 88 (或 AASHTO T104) 經過五循環之健度試驗 (Soundness Test)，其損失之最大重量比見表 1 - 2。又有機物顏色試驗，其顏色須淡於標準顏色，工程進行期間，作比色試驗

項 目	最大損失量
用硫酸鈉溶液者	10 %
用硫酸鎂溶液者	15 %

表 1 - 2 健度試驗標準

(Colormetri Test)，若產生色度較標準色度為深時，則工程必須停止，待試驗確定增加之色度非為有害之有機物質，工程師認為滿意後方可繼續。

細骨材之級配需求如表 1 - 3，承包商需提供擬使用細骨材之代表性樣品，其細度模數由工程師求得之，所謂細骨材之細度模數，係以停留於美國標準篩 # 4、8、16、30、50、100 上之材料，其累積重量百分數之和除以 100 決定之 (見表 1 - 4)。施工所用之細骨材，不論來自何處，其細度模數之差若超出代表性樣品 ± 0.2 時，應予拒絕使用，並停止施工直至工程師調整配合比例為止。

粗骨材須由堅硬密緻耐磨而淨潔之碎石或天然礫石所組成，並不

標準篩號	通過百分比%	備註
3/8"	100	1. 任何篩號之個別停留量不得超過總量之 45 %。 2. 每立方公尺混凝土水泥用量於輸氣混凝土超過 5 包或普通混凝土超過 6 包，其通過 No 50 及 No 100 之百分比分別改為 5 - 30 % 及 0 - 10 %，此處所謂輸氣混凝土為含氣量超過 3 % 者。
No 4	95 - 100	
No 8	80 - 100	
No 16	50 - 85	
No 30	25 - 60	
No 50	10 - 30	
No 100	2 - 10	

表 1 - 3 細骨材之級配規定

標準篩號	各篩上殘量%	
	各篩上	累加
3/8"	0	0
No 4	4	4
No 8	15	19
No 16	20	39
No 30	28	67
No 50	10	77
No 100	8	85
合計		291
細度模數		2.91

表 1 - 4 細度模數求例

得小於 2.5，使用時表面水應低於 2%。顆粒形狀應為球形或近立方形，避免使用條狀或片狀之粒材。粗骨材所含有害物質不得超過下表百分數：

有 害 物 質	最大許可含量
通過 200 篩之材料	1 %
軟 質 顆 粒 塊	5 %
粘 土 或 泥 土 塊	0.5 %
煤 及 輕 量 物 質	1 %
其 他 有 害 物 質	1 %
有 害 物 質 總 量	5 %
* 長 扁 片	10 %

* 指長或寬大於最大厚度之五倍者

表 1 - 5 有害物質許可含量

粗骨材之磨損試驗及健度試驗須合乎表 1 - 6 之規定：

試 驗 項 目	最大損失量 (%)
洛杉磯磨損試驗 (ASTM C131)	
100 轉後：	10
再轉 400 轉 (計 500 轉)：	40
健度試驗 (依 ASTM C88 五次循環為準)	
用硫酸鈉溶液者：	12
用硫酸鎂溶液者：	18

表 1 - 6 洛杉磯磨損試驗及健度試驗

粗骨材之級配需符合表 1 - 7 之規定：

篩 號	通 過 百 分 率		
	最大 2 "	最大 1 1/2 "	最大 3/4 "
2 1/2 "	100	—	—
2 "	95 ~ 100	100	—
1 1/2 "	—	90 ~ 100	—
1 "	35 ~ 70	—	100
3/4 "	—	35 ~ 70	90 ~ 100
1/2 "	10 ~ 30	—	—
3/8 "	—	10 ~ 30	20 ~ 55
No. 4	0 ~ 5	0 ~ 5	0 ~ 10
No. 8	—	—	0 ~ 5

表 1 - 7 粗骨材級配規定

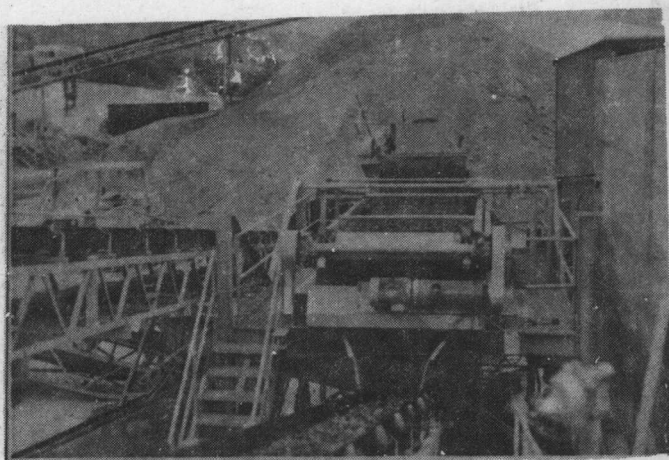


圖 1 - 2 骨材之堆置

1-4 水

包括冰，如在巨積混凝土，為消除其巨大水化熱所產生的影響，必須加冰，但無論其為冰、水或蒸汽，一般鋼筋混凝土工程，用於拌

合、養生、沖洗骨材之用水不得含有油質、酸、鹼、鹽類、有機物及懸浮有害物質。所含之氯化物（以 Cl 表示）不得超過 $1,000 \text{ ppm}$ （ 0.1% ）、硫酸鹽（以 SO_4 表示）不得超過 $1,300 \text{ ppm}$ （ 0.13% ）。在預力混凝土工程中，用於拌合、養生、沖洗骨材用水不得含有油質，其所含之氯化物（以 Cl 表示）不得超過 650 ppm （ 0.065% ），硫酸鹽（以 SO_4 表示）不得超過 1300 ppm （ 0.13% ）。水中所含雜質量，當其與利用蒸餾水拌合所產生之結果比較時，無論在何種情況下不致使水泥凝結之時間有 25% 以上之變異，亦不得使砂漿在 14 天之抗壓強度減少 5% 以上。無鋼筋混凝土工程，用於拌合、養生及沖洗骨材之水，不得含有油質，其氯化物（以 Cl 表示）含量不得超過 $2,000 \text{ ppm}$ （ 0.2% ）、硫酸鹽（以 SO_4 表示）亦不得超過 $1,500 \text{ ppm}$ （ 0.15% ）。

除上述規定外，用於養生混凝土之水不得含有過多之雜質，使其變色或侵蝕其表面。

1—5 附加劑

除工程師另有指示者外，所有混凝土均可使用減水劑及緩凝劑；但預力混凝土、預鑄格柵或混凝土條、及鋼筋混凝土管則不准使用。附加劑之使用量應依照製造廠商之配方說明書並提請工程師認可。附加劑用量之範圍，應為每次拌合水泥重量之 0.15 至 0.25% 。若能達到規定之抗壓強度，則水泥用量之減少可高達每次拌合水泥規定用量之 10% 。

附加劑不得代替水泥使用，附加劑所含之氯化物（以 Cl 表示）重量超過 1% 時，不得使用於預力或鋼筋混凝土。附加劑如用為輸氣、減少水與水泥之比，延緩或加速凝結時間，或強速強度之產生，則應按特別規則所規定或工程師所指示之配量使用。經工程師同意使用，並按指示方法拌合之附加劑，須正確計量，均勻加於每次拌合中。

附加劑係為達到某種目的而使用，但有時亦會產生有害之副作用，附加劑應否使用須就下列三點判斷之：

- 1 變更混凝土之配合比例如能達到所需要之某種目的，則不必使用附加劑。
- 2 加用附加劑之費用與變更混凝土配合比例所加費用之比較。
- 3 附加劑有害副作用之影響程度。

輸氣劑，除另有規定外，計劃使用之附加劑樣品在使用之前，承包商應及時提送工程司，以便有餘裕之時間試驗，確定其品質是否符合要求。任何形式之附加劑，於工程使用期間，其品質應為均一，若發現供應之附加劑品質不一致時，則應中止使用。

附加劑須以液體形式來配製，液體附加劑之配製器須有足夠之容積，以供每次拌合所需之全量。除液體附加劑預加於拌合用水外，其加入拌合機應均勻流入。液體附加劑劑量與工程師規定之劑量差，不得超過5%，量度設備須指定以便於確定量度之準確性，如使用之液體附加劑多於一種，則除非經工程師之書面許可外，每一種應有各別之計量設備。

現簡介幾種重要附加劑如下：

1 輸氣劑：(Air-Entraining Agents，簡寫為AEA)

輸氣劑之主要目的，乃在增進混凝土之耐久性、改善混凝土之工作性及增強混凝土之抵抗凍融作用，但混凝土強度略有降低。

輸氣劑必須符合ASTM C260之規定，但如附加劑不減低抗壓強度達未使用輸氣劑混凝土抗壓強度之75%以下時，所述強度可代替該規範C260。每批由包商供應之輸氣劑，須具備相同之廠牌及完整批號，經工程師取樣檢驗，或由出品之廠商提出樣品並確切保證所供應貨品與樣品完全相符，經檢驗後，認為合格同意接受使用。

2 減水劑與減水緩凝劑 (Water-Reducing Agent and Water-Reducing Retarder，簡寫為WRA及WRR)

此劑之作用，乃在防混凝土凝結過速，妨碍澆置工作，使用減水劑或減水緩凝劑時，所容許之附加劑配量不得超過限度，致使混凝土乾收縮量之增加超出下列規定：

預鑄及預力混凝土 20 %

就地澆鑄之鋼筋混凝土 10 %

就地澆鑄之預力混凝土 10 %

無筋混凝土 3 %

減少劑按製造廠商規定之最大劑量使用，其貫入試驗與未用減水劑之混凝土產生同樣貫入度時，至少須減少 7 % 之用水量。緩凝劑其使用不得大於製造商建議之劑量，亦不得大於獲得預期緩凝作用所需之劑量。依工程師指示使用附加劑混凝土於 48 小時（或更長時期）之強度，不得低於未使用附加劑之相當混凝土強度。除經工程師特別限度之容許者外，所加入之附加劑對空氣含量不得有相反效果。

3 矽灰材料

巨積混凝土或厚混凝土工程，通常都加矽灰材料（如飛灰），其主要目的乃在減低混凝土水化熱，以減少巨積混凝土之體積變化，免於產生不容許的裂縫，改良混凝土之工作性及品質，亦可節省水泥。矽灰材料對混凝土性質之改良為：降低混凝土之水化熱，防混凝土體積過度變化；提高混凝土之水密性；增強各種外界侵蝕之抵抗力；改善混凝土之工作性；減低混凝土之早期強度；防止或減少水泥與活性骨材起作用所生之膨脹等。因矽灰材料種類多，品質各異，採用前應先試驗視其是否合乎美國材料試驗學會規定之標準，並經工程師之認可方可使用。

1—6 材料之貯藏

水泥於使用之前，應妥為保護以免受潮，水泥之堆存應備有通路