

土木工程施工法

混凝土工

楊文淵編著

龍門聯合書局出版

土木工程施工法

混 凝 土 工

楊文淵編著

龍門聯合書局出版

土木工程施工法

混凝土工目錄

第一編 混凝土工

第一章 混凝土.....1—2

概說.....1

優點和性質.....1

第二章 水泥.....2—8

水泥的種類.....2

波特蘭水泥.....2

水泥的檢驗.....3

國產水泥的性質.....6

水泥的包裝與保藏.....8

第三章 砂、碎石、礫石.....8—13

砂.....8

碎石.....10

礫石.....10

標準篩.....12

煤渣.....12

第四章 配料法.....13—20

概說..... 13

材料的計量..... 13

水泥的配合量..... 13

配合用料的計算..... 15

配料計算示例..... 19

混凝土配合的選定..... 20

第五章 混合用水.....20—26

水質..... 20

稠度..... 20

稠度的測定..... 21

各國的實用標準..... 23

用水量與稠度..... 24

用水量及水與水泥比..... 25

第六章 混合法.....26—33

概說..... 26

人工混合法..... 26

機械混合法..... 28

混合機容量與混合時間..... 30

混凝土料的裝運..... 30

第七章 模 型.....33—45

概說.....	33
設計及裝置.....	33
柱的模型.....	34
牆壁的模型.....	36
梁及版的模型.....	37
特別式樣的模型.....	38
模型各部的實用尺寸.....	42
拆模時間.....	43
拆模時的注意點.....	44

第八章 混凝土的填充.....45—55

概說.....	45
填充時的注意點.....	45
搗固法.....	46
振動法.....	47
水中混凝土施工.....	48
寒天混凝土施工.....	50
不漏水性混凝土壁.....	54
伸縮縫.....	54

第九章 混凝土工費.....5—57

混凝土所要材料.....	55
碎石工作率.....	55
混合工.....	56
模型工.....	58

模型木料.....	56
-----------	----

第二編 鋼筋混凝土工

第一章 概 論	59—66
---------------	-------

原理.....	59
鋼筋混凝土的應用.....	59
鋼筋性質.....	59
鋼筋形狀.....	60
鋼筋尺碼.....	60
混凝土的配合比.....	64
鋼筋外部混凝土的被覆厚度.....	64
鋼筋混凝土內鋼筋的配置.....	64
鋼筋與混凝土的黏着力.....	65

第二章 施 工	67—72
---------------	-------

概說.....	67
鋼筋的整理.....	67
鋼筋的折曲.....	67
彎置鋼筋.....	68
鋼筋的疊接.....	69
鋼筋的繫結.....	69
鐵線的重量.....	70
鋼筋及鐵線用料計算.....	71

第三編 竹筋混凝土工

第一章 概 論.....	73—74
總說.....	73
竹筋混凝土的試驗和實用.....	73
第二章 竹材的性質.....	75—79
種類.....	73
比重.....	73
強度.....	76
收縮率.....	73
吸水量.....	79
組織成分.....	79
彈性係數的比率.....	79
第三章 竹筋混凝土施工.....	80—88
混凝土.....	80
竹筋的缺點和匡救法.....	80
竹材的採伐與風乾.....	82
竹筋的防腐及硬化.....	82
‘硬化竹筋’的類別和製法.....	83
竹筋的排列和布置.....	85
竹筋外部混凝土的披覆厚度.....	87

第四章 竹筋混凝土的式	88—98
概說	88
單竹筋短形梁	89
單竹筋T形梁	93
柱	98
竹筋的容許應力	97
國產竹材強度試驗結果	98
參考書目	99

土木工程施工法

混 凝 土 工

第一編 混凝土工

第一章 混 凝 土

概說 混凝土(Concrete)是由水泥及粗細混合料(Aggregate)與適量的水，用人工或機械拌和而成的。細混合料是砂，粗混合料是碎石或礫石，混合料的配合比例，依據混凝土的用途決定。在製造優良的混凝土時，對原料如水泥、水、混合料等，均應竭力加以選擇。當工程實施的過程中，並須力求手續上的合理調配，如混合、運搬、填充、搗固以及混凝土凝結硬化期內的養護等，皆不可忽視，俾能增進其強度與耐久性。

優點和性質 混凝土是極有用的工程材料，在土木和建築上佔重要地位，其主要優點如下：

1. 混凝土的工費，在一般適宜的情況下，較採用石料及磚塊為經濟合算。
2. 混凝土可以隨建築物的需要，作成任何適合的形狀。
3. 混凝土所用原料在任何地點，供應上並無困難。
4. 富於耐火耐水性。
5. 水中工事，可用混凝土以適當方法建造。

6. 混凝土造成的工事形成一整體，不像磚石砌工的留有接縫，而存在着接縫間的弱點。

7. 混凝土料可以保護鐵料的不致鏽蝕。

但是，普通混凝土也有一缺點，即對於酸類的抵抗力小；同時所用原料如水泥、砂、石子等，必加意檢驗，且須具備熟練的施工技能，才可完成良好的建築工事。一方面混凝土料的填充，是要全部依靠模型(Forms)的，所以和磚石砌工不同。關於原料的檢驗、選擇及施工法，在下面各節中再為分別說明。

第二章 水 泥

水泥的種類 水泥(Cement)又稱洋灰，是製混凝土的重要材料，種類很多；如波特蘭水泥(Portland cement)、天然水泥(Natural cement)、混合水泥(Blended cement)、火山熔滓水泥(Puzzolano cement)以及高鋁水泥(High alumina cement)等等，其中以波特蘭水泥應用的範圍最廣。市面所售的水泥，也差不多都是這種。除掉在工程上因有特殊底需要，或為就近取材的方便關係，其他幾種水泥採用的機會很少。

波特蘭水泥 波特蘭水泥是由黏土質及石灰質的材料，依極適當而正確的比例，透徹混和，烘燒到半融解時，取出爐塊磨成細粉；或各經烘燒以後，用人工拌成。當研磨時，除去摻入適量的石膏與水之外，不再加入他項物料所成的粉末，即為波特蘭水泥。為適應工程上的實際需要起見，波特蘭水泥又分做下面四種：

1. 普通水泥——即普通用於一般建築物的波特蘭水泥。

2. 早強水泥——早強水泥中石灰質材料的含量較多，燃燒兩次並磨研極細，此種水泥的硬化時間，較普通水泥為速。混凝土在極短時間內，需要確立應有強度者，如水中工事、樁、基礎等，即需採用早強水泥。但這種水泥的成本較高，非必要時常不採用，尋常可取普通水泥成份高的混凝土以替代早強水泥，俾資節省。

3. 低溫水泥——在採用早強水泥，作大量混凝土工事，如水壩等，當填充混凝土料時，為防止其發生熱量過多，有損強度，可使用低溫水泥以減低混合時可能發生的熱量。

4. 抗硫鹽酸水泥——用於特種建築物，如化學工廠等，或是混凝土與含硫鹽酸的泥土接觸者，採用此種水泥以防止侵蝕。

國內所產水泥，以普通水泥為大宗，早強水泥要預先訂購，低溫水泥及抗硫鹽酸水泥我國尚無出品。除此以外，另有一種白色波特蘭水泥 (White Portland cement)，專備為粉飾內外牆壁所用，它的性質除早期強度比普通水泥略低外，其餘完全相同。

水泥的檢驗 採用有名牌號的水泥，對於該公司所產水泥的性質，多為經過試驗者，可以概知其特性。尋常使用時，雖不加試驗，亦不致發生危險。但在龐大工程為慎重計，恆有檢驗的必要。以便確定所用水泥品質的優劣。簡易的檢查方法分述如下：

1. 顏色——水泥的顏色應均勻，此為原料整齊、烘燒合度的證明。其正常色澤，以灰色透綠者為最佳；如發黃色時，即未燒透物質過量的現象。用此法辨別並不十分可靠，故僅可作為參考。

2. 比重——水泥的比重，尚不很重要，非經特別指定，可不

加測定。依照一般標準，比重應不小於 3.10，倘在此數以下，可將水泥烘乾，再行試驗。

3. 細度——水泥的細度，對於強度、凝結時間、耐久性、滲水性以及堅實耐火性等，皆有密切關係，故屬重要性質。水泥的粉粒應當愈細愈好，因分子間的活動性質強，則製成膠漿的強度高，同時所能混入砂的分量亦大。惟磨研過細，成本勢必隨之增高，因此水泥的細度須符合一定的標準規範。普通測定水泥的細度，是用篩分決定的，大概留在第 200 號篩上的粉粒，應不超過全重的 22%；尋常水泥，則留下的粉粒約在 5~10% 之間。第 200 號篩每英寸長度中有金屬絲 200 根，絲的直徑為 0.053 公厘，絲間的空隙（即孔徑）為 0.074 公厘，參見表 4。

用篩分決定水泥細度的辦法，不能十分精確。近來美國材料標準規範規定，水泥細度是用儀器測定的，以每克重水泥有若干平方公分表面積代替篩分的辦法。普通水泥的細度，每克重水泥應有表面積 1600 平方公分，最小不得少於 1500 平方公分。

4. 健全性——測定水泥的健全性，可將水泥作成直徑約 5 公分大小的圓餅，餅的中心厚約為 1.25 公分，周圍成薄邊，放在玻璃片上，留置濕潤空氣中經過 24 小時以後，再放到沸水上方的支架上，距水面約 0.25 公分，保持溫度在攝氏 93~100 度，經過 5 小時後，取此樣餅檢視。倘樣餅仍然固着在玻璃片上，而堅硬、無變形、裂縫、破碎或崩解等現象，即具有充分的健全性。

5. 化學成份——水泥是由生石灰(CaO)，氧化矽(SiO_2)和氧化鋁(Al_2O_3)三種基本物質所組成的，其餘尚含有各氧化物，見表 1

所示。分析水泥的化學成份底主要目的，在檢驗是否摻有雜質，並決定所含過量氧化鎂(MgO)與無水硫酸(SO_3)等是否有害。依據1947年2月前工業標準委員會頒佈的水泥規範中規定，水泥的化學成份不得超過下列的百分數。a. 燒失量...4%；b. 不溶解殘滓...1%；c. 氧化鎂(MgO)...4%；d. 無水硫酸(SO_3)...2.5%。

表1 水泥的化學成份

化 物 名 稱	成 份 百 分 比	
	普 通 水 泥	早 強 水 泥
生 石 灰(CaO)	62~65	63~66
二 氧 化 矽(SiO_2)	19~22	19~21
三 氧 化 二 鋁(Al_2O_3)	4~7	4~7
三 氧 化 二 鐵(Fe_2O_3)	2~4	2~4
氧 化 鎂(MgO)	1~4	1~4
無 水 硫 酸(SO_3)	1.5~2	2~2.5
鹼 質(K_2O+Na_2O)	0.3~1	0.3~1
水(H_2O)及二氧化碳(CO_2)	1~3	1~3

6. 凝結時間——水泥凝結時間的長短，須視用途而定；用水泥製混凝土，既不可在未填充時就已凝結，又不可在填充以後，經歷多時方才凝結。在一般工程上，普通水泥的凝結時間，已足夠應付施工上的需用，但有時水中工事，其所需要凝結時間即不可過慢。為欲達到縮短水泥的凝結時間，就必須採用速凝水泥。

測定水泥的凝結時間，隨所用儀器的種類，分為費卡德氏(Vi-

cat) 法及歧爾摩氏(Gillmore)法兩種。應用費卡德氏法測定普通水泥的初步凝結所需時間，不能少於45分鐘；在應用歧爾摩氏法測定時，不能少於60分鐘。終凝所需時間，則兩法皆應不超過10小時以上。倘係速凝水泥，初凝不得短於5分鐘，終凝須在1小時內完成。

7. 強度——水泥砂漿的抗壓強度，一般為抗張強度的8~12倍，而抗剪強度則為抗壓強度的0.4~0.9倍。測定其強度時，至少須採用三塊樣品中的平均值，所得結果應等於或大於表2所示：

表 2 1:3 標準水泥砂漿強度

試驗期間	樣塊的放置	1936 年 鐵 道 部 標 準		1947 年經濟部 工業標準委員會規定	
		極限張力 (公斤/平方公分)	極限壓力 (公斤/平方公分)	極限張力 (公斤/平方公分)	極限壓力 (公斤/平方公分)
7 日	在濕空氣中 1 天， 水中 6 天。	18	180	18	180
28 日	在濕空氣中 1 天， 水中 27 天。	25	275	22	250

國產水泥的性質 國產水泥曾經中央工業試驗所加以試驗，其結果如表3所示。表中水泥的比重在3.12~3.16之間，水泥重量因包裝關係約為每立方公尺1201~1522公斤（合每立方呎重75~95磅）。

水泥的性質，常因保藏方法不同，或出貨時間的久暫，影響很大，所以雖是同一廠家的產品，有時也不免發生相當差異，因此巨大工程需用多量的水泥時，每需重新試驗。

表3 國產水泥試驗結果

(中央工業試驗所試驗)

廠名	牌號	細度 每平方公分每方公分 28×28孔 67×67孔	度 比 重	凝 結			抗拉強度 公斤/平方公分	
				初凝	終凝	凝 結	三 日	七 日
西北實業公司	鐵頭牌水泥	—	3.12	1時30分	2時25分	2時25分	30.8	34
蘇南上海水泥公司	象牌水泥	0.1%	3.12	2時45分	4時1分	4時1分	21.4	28.6
廣東省實業有限公司	五羊牌水泥	0.2%	3.154	2時10分	3時25分	3時25分	39	45
中國水泥廠	泰山牌水泥	—	3.112	1時35分	2時40分	2時40分	32	44.3
啓新洋灰公司	馬牌水泥	0.1%	3.14	2時40分	4時16分	4時16分	39	42
華記水泥公司	塔牌水泥	0.6%	3.115	3時22分	5時48分	5時48分	21.02	23.62
經濟部工業標準委員會	—	30號篩餘不70號篩餘不 得超過2%	—	不得少於 12小時	不得多過 10小時	不得多過 10小時	—	18
鐵道部 1936年標準	—	1%	不得少於 3.1	不得少於 30分鐘	不得多過 10小時	不得多過 10小時	—	不得少於 18

每平方公分 28×28 孔篩合英標準制每方吋 7.2×7.2 孔, 每平方公分 67×67 孔篩合英標準制每方吋 170×170 孔。

水泥的包裝與保藏 水泥的包裝可分為紙袋、蔴袋、及桶裝三種，桶裝者每桶重量為 170 公斤，容積約為 0.113 立方公尺（即合 4 立方呎）；蔴袋者分為 50, 85, 100 公斤裝三種（其 85 公斤裝者合兩袋為 1 桶）；紙袋裝者為市上所習見，分為 50, 42.5 公斤裝兩種（其中 50 公斤裝者，3.4 袋為 1 桶，42.5 公斤裝者合 4 袋為 1 桶）。水泥包裝無論為木桶或是袋裝，在保藏時均應絕對避免潮濕，且應儘量設法與空氣隔絕，以免因水泥吸收空氣中濕氣，而有漸成硬化的流弊。故在保藏方面是很重要的。一般放置水泥處，室內四週均須圍以木板，使堆置水泥與壁隔離，同時使用架空木板作墊層，儲藏室門窗宜經常關閉。

第三章 砂、碎石、礫石

砂 岩石經寒暑風雨的剝蝕，一部份漸次分解，形成細粒狀的砂 (Sand)。砂粒的大小和形狀等，依產地而不完全一致。混凝土中用的砂粒，其形狀與性質上的優劣，對於混凝土工事的強度，影響很大，應加以嚴密的選擇。

1. 質地——砂粒以石英砂為最耐久不變；如砂粒中大部是長石、雲母或角閃石等，就不及石英砂為佳，因後面幾種質地的砂粒，日久很易風化的。

2. 粗度——砂可粗細合用，而與小量水泥拌成混凝土。因粗砂空隙為細砂所佔，不需全部用水泥填塞，所以在實用上最好是粗細參半。

砂粒粗細，通常依粒子的大小分為三種：

- a. 粗粒砂 通過 5 公厘篩孔，而留於 2 公厘篩上者；
 b. 中粒砂 通過 2 公厘篩孔，而留於 0.5 公厘篩孔者；
 c. 細粒砂 全部能通過 0.5 公厘篩孔者。

混凝土工通常所用砂粒，依粒子大小定名如下：

石	粗粒砂	中粒砂	細粒砂
5 公厘以上	5.0~1.0 公厘	0.2~0.5 公厘	0.1~0.2 公厘

5 公厘篩孔每平方公分有 4 孔，2 公厘篩孔每平方公分有 36 孔，0.5 公厘篩孔每平方公分有 324 孔。

3. 空隙——砂的空隙大概在 35~45% 之間，經密壓後大小粒混合，空隙可減至 25%；倘砂粒大小均勻時，空隙最多。測定砂的空隙百分率，是用 100 立方公厘的砂，稱得其重量 G （以克計），由下式求出：

$$V = \frac{265 - G}{265}$$

上式中 V = 空隙百分率；砂的比重以 2.65 計算。

4. 銳度——砂粒以有銳角者為佳，極簡單的試法，可取少數砂粒，用手指搓研，即能略知大概。或是放在耳旁捏擠，從聽取有無粗聲加以判別。比較精細的辦法，可用放大鏡檢查。依據試驗結果，圓粒砂較銳角砂的效用，並無顯著地差別；因此在工地附近，如不易取得銳角砂時，不妨就地採用圓粒砂。惟一般工程規範中，大都規定採用銳角砂為主；倘事實上可能，自以根據規範為原則，但亦不宜過分遷就而致增加巨量的運輸用費。

5. 淨度——砂須經過沖洗，並俟乾後用篩篩過，使所含壤土、黏土、灰塵及其他雜質不超過 5%，凡過大的砂塊，均應除去。重