

## 目 錄

第一章	總 則 .....	1-1
1.1	依據 .....	1-1
1.2	施工與設計之配合 .....	1-2
1.3	施工圖說 .....	1-2
1.4	施工程序與安全 .....	1-3
1.5	施工載重 .....	1-3
1.6	施工品質 .....	1-3
1.7	檢驗機構及試驗、分析費用之負擔 .....	1-4
1.8	新材料與新工法 .....	1-4
1.9	主要參考標準 .....	1-5
第二章	混凝土材料 .....	2-1
2.1	一般規定 .....	2-1
2.2	水硬性水泥及輔助膠結材料 .....	2-1
2.3	輸氣附加劑及化學摻料 .....	2-2
2.4	拌和用水 .....	2-3
2.5	骨材 .....	2-3
2.6	混凝土材料之準備與貯存 .....	2-4
第三章	混凝土配比 .....	3-1
3.1	一般規定 .....	3-1
3.2	混凝土抗壓強度與水膠比 .....	3-1
3.3	耐久性 .....	3-3
3.4	坍度 .....	3-7
3.5	骨材之級配 .....	3-7
3.6	摻料之使用 .....	3-7
3.7	混凝土配比目標強度 .....	3-8
3.8	混凝土強度標準差之計算 .....	3-9
3.9	配比之選定 .....	3-10
3.10	配比目標強度之調整 .....	3-12
第四章	模板工程 .....	4-1
4.1	一般規定 .....	4-1
4.2	模板工程之材料 .....	4-2
4.3	模板及支撐設計 .....	4-3
4.4	模板工程組立 .....	4-6
4.5	模板面之處理 .....	4-9
4.6	模板工程之檢查 .....	4-9

4.7	拆模 .....	4-9
4.8	再撐 .....	4-11
<b>第五章</b>	<b>鋼筋 .....</b>	<b>5-1</b>
5.1	一般規定 .....	5-1
5.2	材料 .....	5-1
5.3	鋼筋鋼線之支墊 .....	5-2
5.4	鋼筋續接 .....	5-2
5.5	鋼筋加工 .....	5-3
5.6	鋼筋之排置 .....	5-8
<b>第六章</b>	<b>接縫與埋設物 .....</b>	<b>6-1</b>
6.1	一般規定 .....	6-1
6.2	施工縫 .....	6-1
6.3	伸縮縫 .....	6-3
6.4	收縮縫 .....	6-3
6.5	止水帶 .....	6-4
6.6	其他埋設物 .....	6-4
6.7	埋設物之安置 .....	6-5
<b>第七章</b>	<b>混凝土產製 .....</b>	<b>7-1</b>
7.1	一般規定 .....	7-1
7.2	計量 .....	7-2
7.3	拌和 .....	7-4
7.4	坍度許可差及坍度調整 .....	7-8
7.5	化學摻料之添加 .....	7-10
7.6	特殊天候下之混凝土產製 .....	7-10
7.7	袋裝乾拌料之使用 .....	7-12
7.8	產製紀錄 .....	7-12
<b>第八章</b>	<b>混凝土輸送 .....</b>	<b>8-1</b>
8.1	一般規定 .....	8-1
8.2	混凝土輸送機具 .....	8-2
<b>第九章</b>	<b>混凝土澆置 .....</b>	<b>9-1</b>
9.1	一般規定 .....	9-1
9.2	澆置前之準備 .....	9-1
9.3	澆置 .....	9-2
9.4	搗實與墾平 .....	9-2
9.5	保護 .....	9-4
9.6	接縫之處理 .....	9-5

9.7	大面積水中澆置混凝土 .....	9-5
9.8	場鑄樁或地下連續壁之水中澆置混凝土 .....	9-7
第十章 混凝土表面修補 .....		10-1
10.1	一般規定 .....	10-1
10.2	修補材料 .....	10-1
10.3	修補方式 .....	10-1
10.4	水泥砂漿修補 .....	10-2
10.5	混凝土修補 .....	10-2
10.6	其他材料修補 .....	10-3
10.7	繫條孔與暫留孔之填補 .....	10-3
10.8	水垢、水痕、污點、鐵銹、白華及表面沈積物等之處理 .....	10-3
第十一章 混凝土表面修飾 .....		11-1
11.1	一般規定 .....	11-1
11.2	澆置面修飾 .....	11-2
11.3	加鋪耐磨或修飾面層 .....	11-4
11.4	模鑄面修飾 .....	11-5
11.5	塗敷修飾 .....	11-6
11.6	特殊修飾 .....	11-9
第十二章 混凝土養護 .....		12-1
12.1	一般規定 .....	12-1
12.2	保持水份之養護 .....	12-1
12.3	惡劣天候之保護 .....	12-3
12.4	加速養護 .....	12-5
12.5	機械性損傷之防護 .....	12-5
12.6	養護方法之評估 .....	12-5
第十三章 巨積混凝土 .....		13-1
13.1	一般規定 .....	13-1
13.2	材料 .....	13-1
13.3	配比 .....	13-2
13.4	澆置 .....	13-3
13.5	養護 .....	13-3
第十四章 預力混凝土 .....		14-1
14.1	一般規定 .....	14-1
14.2	材料 .....	14-1
14.3	模板與支撐 .....	14-9
14.4	預力鋼腱與套管之組裝及保護 .....	14-10

14.5	錨定器與續接器之組裝及安裝 .....	14-11
14.6	施預力作業 .....	14-12
14.7	灌漿作業 .....	14-21
14.8	預鑄構件之製造與組合 .....	14-22
14.9	預力結構之架設 .....	14-23
14.10	施工圖 .....	14-24
14.11	施工紀錄 .....	14-24
<b>第十五章 特殊混凝土 .....</b>		<b>15-1</b>
15.1	一般規定 .....	15-1
15.2	配比計畫 .....	15-1
15.3	施工品質管制計畫 .....	15-1
15.4	流動性混凝土 .....	15-2
15.5	低透水性混凝土 .....	15-3
15.6	高強度混凝土 .....	15-6
15.7	噴凝土 .....	15-8
15.8	無收縮混凝土 .....	15-14
<b>第十六章 品質管制 .....</b>		<b>16-1</b>
16.1	一般規定 .....	16-1
16.2	品管制度 .....	16-1
16.3	品管組織與人員 .....	16-2
16.4	品質文件 .....	16-3
16.5	品管程序 .....	16-4
16.6	品管範圍 .....	16-5
16.7	混凝土工程品質管制 .....	16-6
16.8	模板工程品質管制 .....	16-8
16.9	鋼筋工程品質管制 .....	16-8
<b>第十七章 檢驗及查驗 .....</b>		<b>17-1</b>
17.1	一般規定 .....	17-1
17.2	模板工程之檢驗及查驗 .....	17-1
17.3	鋼筋之檢驗及查驗 .....	17-1
17.4	混凝土檢驗 .....	17-1
17.5	檢驗機構之職責 .....	17-3
<b>第十八章 混凝土施工品質之評定與認可 .....</b>		<b>18-1</b>
18.1	一般規定 .....	18-1
18.2	混凝土之品質評定與認可 .....	18-1
18.3	混凝土養護之認可 .....	18-2
18.4	結構體混凝土之評估 .....	18-3
18.5	鑽心試驗 .....	18-3

18.6	非破壞性試驗 .....	18-4
18.7	結構物強度之評估 .....	18-6
18.8	載重試驗 .....	18-6
第十九章 驗 收 .....		19-1
19.1	一般規定 .....	19-1
19.2	尺寸許可差 .....	19-1
19.3	外觀 .....	19-2
19.4	結構物強度 .....	19-3
附錄甲	參考標準 .....	甲-1
附錄乙	混凝土常用鋼筋 .....	乙-1



## 第一章 總則

### 1.1 依據

1.1.1本規範依建築技術規則建築構造編(以下簡稱建築構造編)第三百三十二條第四項規定訂定之。本規範適用於就地澆置混凝土之各種混凝土工程。

解說：

本規範主要適用於就地澆置混凝土之鋼筋混凝土工程、預力混凝土工程與純混凝土工程及第十五章規定之特殊混凝土。

本規範不適用於高耐磨鋪面混凝土、重質盾護混凝土、隔熱混凝土與耐高溫混凝土等。

預鑄混凝土構件之構造與就地澆置之混凝土工程，在設計與施工上，均有相當之差異。除本規範能適用者外，尚須另加規定。

1.1.2混凝土工程之施工除合約文件另有規定者外，應依本規範之規定。

解說：

本規範為一般性施工規範，其內容為混凝土工程施工之基本要求，有特殊需要時，得按其需要作特殊或補充之規定，此項規定須在合約中訂明，其效力高於本規範之規定。

混凝土工程施工前，承包商應充分了解合約文件內容，若發現合約其他附件與本規範有不同會導致施工品質不良時，可提請設計者說明，如有爭議時應由業主協調，否則應依照合約文件辦理。

合約文件、業主、承包商、設計者及監造者之定義詳本章第1.9節。

1.1.3施工期間遇有本規範未明確規定或疑義事項，應以監造者之合理解釋為準。

解說：

監造者之合理解釋應以適當之學理、可靠資料、相關規範、工程慣例與實務經驗等為依據。

1.1.4本規範之引用應考慮整體性要求。

解說：

本規範具整體性，各章節互有關聯，應全部遵照辦理。若僅引用其中某些章節，不得斷章取義曲解規範原意。

1.1.5監造者或業主應完整保留施工中所有之各項試驗、檢驗及查驗紀錄至工程保固年限期滿。

解說：

本條規定僅限於施工中所有之各項試驗、檢驗及查驗紀錄之保存年限。

1.1.6混凝土工程之竣工圖應由承包商提經監造者核可後交由業主保存。

解說：

惟構造物之竣工圖說除混凝土工程之竣工圖外，尚應包括如供水、排水及各項機電設備之竣工圖及使用說明。此等圖說應完整提供交由業主保存，以供日後維修之參考，其保存年限似應與構造物使用壽命相同。

## 1.2 施工與設計之配合

1.2.1 混凝土工程施工時，承包商應遵照設計圖說、施工規範等合約文件之規定辦理。

1.2.2 混凝土工程設計時，應考慮本規範有關工程施工之規定。設計者如認為有任何工程部份未能按本規範執行者，應在設計圖說內對施工事項詳加說明，承包商應遵照辦理。

解說：

設計圖說中若有對施工之注意事項另有說明時，承包商應優先遵照辦理。

設計圖說中若有低於本規範規定之事項，監造者得請求設計者說明。

模板工程屬假設工程，設計圖說中多未明確規定，如工程所用之模板材料及品質有特殊要求時，應予以明定。

1.2.3 施工時，若承包商認為有任何工程部份無法按合約文件執行，應檢送具體事實及處理方法報請監造者核定之，或由監造者指定處理辦法。

解說：

工程合約條款，不一定均與本施工規範之細節相符，如發現有不能一致之情形時，在不影響工程品質之條件下，承包商可檢具事實並研擬處理原則，請監造者核定或指示，例如混凝土施工須提早拆模，與合約之規定拆模時間不一致時，以致混凝土之養護時間不夠，此時宜採用其他加速方法或混凝土中加摻料，以增加混凝土硬化之速度，其採用之方法須報請監造者核定或由其指定辦理。

1.2.4 設計圖說中未有規定，或有規定而無法遵循施工時，承包商應請監造者轉請設計者補提詳圖或解決方法，或由承包商提出施工方法及施工詳圖報請監造者核定之。

解說：

工程圖說中如有未有細部設計圖或有細部設計圖而無法遵循，施工時承包商應按本條文之規定辦理。

## 1.3 施工圖說

混凝土工程之施工應依設計圖說之要求製作施工圖說，須在適當位置載明下列各項：

- (1) 施工載重、施工程序、模板與支撐、及安全措施。
- (2) 結構物各部分尺寸。
- (3) 結構物各部分之混凝土規定抗壓強度，配比、澆置計畫、及其特殊規定。
- (4) 鋼筋及其他鋼料之規格、尺寸與詳細位置。
- (5) 鋼筋續接之型式及詳細位置。
- (6) 預力鋼腱之規格、及其詳細位置、預力大小與施預力程序。
- (7) 伸縮縫、收縮縫、隔離縫及施工縫之位置、詳圖及施工步驟。
- (8) 開孔位置、尺寸及補強方法。
- (9) 管線、預留孔及埋設物等之詳細位置及安裝方法。
- (10) 其他重要事項。

## 1.4 施工程序與安全

1.4.1 混凝土施工程序應詳予規劃，避免施工載重不均衡造成不安全及對施工品質之影響。

施工前應檢討下列各項：

- (1) 施工前應詳細核對工地現況與施工計畫及設計圖說是否相符。
- (2) 施工過程中結構體各構材之受力情況與承載安全，及必要之加強措施。
- (3) 避免造成施工載重集中及偏心應注意混凝土澆置之程序及模板支撐；同時應避免因支撐沈陷、模板變形不均及累積所造成之危險與龜裂。
- (4) 混凝土澆置前應核對其產製、輸送、澆置、養護及各種配合工作。
- (5) 預力混凝土施工之程序，包含各階段施加預力之時程與順序。

1.4.2 混凝土工程各施工項目，除合約另有規定外，均須按本規範之規定進行檢驗與查驗。

施工項目須於施工當時檢驗或查驗者，應於監造者認可後方得進行後續作業之施工。

解說：

須於施工當時檢驗或查驗之施工項目如模板之高程、配置規格；鋼筋大小、數量及排置間距、位置等；管線及埋設物等。

經評定認可之各項資料應依第18.1.1節之規定，建檔保存作為驗收之依據。

1.4.3 承包商必須設置足夠之控制點及水準點作為測定相關位置及施工之依據，並須維護不受擾動至工程完成為止。

1.4.4 施工應確保安全，承包商應對工地可能發生之危害與災變妥為防範，各項設備及安全措施必須符合相關法規之規定。

解說：

除內政部之營建管理各項法規外，亦必須符合「營造安全衛生設施標準」。

## 1.5 施工載重

1.5.1 施工載重係包括構材本身重量、堆放物料與機具之重量，及施工中可能產生之作用力等。

施工過程中各構材所受之施工載重均不得超過當時該構材所能承擔之安全載重，若超過時應按第1.5.2節規定辦理。

解說：

施工中可能產生之作用力包括機具之振動、風力、地震、土壓力、水流衝擊力、及地下水位變化等。

構材所能承擔之安全載重係依據該構材在安全情況下所能承受之載重。例如模板工程在混凝土澆置時，其模板支撐應能安全承受當時之施工載重；又如混凝土構材拆模後，其安全載重應以當時之混凝土強度計算其所能承受之載重。

1.5.2 施工中構材所承受之實際施工載重大小、載重分佈變動情形及支撐方法承包商應評估其安全性。對於特殊施工情況或施工載重超過安全載重時之加強措施，承包商應報請監造者核可。

## 1.6 施工品質

### 1.6.1 品質要求、品質管制及品質檢驗

混凝土工程之品質包括材料品質與施工品質；其品質要求、品質管制及品質檢驗應依設計圖說及本規範相關章節之規定。

### 1.6.2 品質查驗

除另有規定外，混凝土工程施工時，其品質由承包商隨工作進度自行查驗，並予記錄作為驗收依據。監造者得就下列各項抽驗之：

- (1) 結構物各構件之位置及尺寸。
- (2) 模板及支撐之品質、安裝及拆除。
- (3) 鋼筋之品質、加工、續接及排置。
- (4) 混凝土(含材料)之配比及品質。
- (5) 混凝土之拌和、輸送、澆置及養護。
- (6) 預力鋼腱之材料品質、安裝及預力。
- (7) 預鑄混凝土構材之品質，構材接合細部及接合程序。
- (8) 施工載重查核。
- (9) 施工進度及相關事項。

### 1.6.3 品質評定與認可

除另有規定外，混凝土工程施工品質之評定與認可應依本規範第十八章規定。

### 1.6.4 驗收

混凝土工程之驗收，應按本規範第十九章規定。

## 1.7 檢驗機構及試驗、分析費用之負擔

1.7.1 工程合約中應明定負責檢驗業務之機構及有關檢驗之規定。

1.7.2 除合約另有規定外，試驗分析費用按下列規定：

- (1) 按本規範規定之試驗或分析，其費用概由承包商負擔。
- (2) 若業主要求進行本規範或合約文件規定以外之試驗或分析時，其費用概由業主負擔。

解說：

按本章規定因驗收辦理之試驗或分析之費用負擔宜由合約明定之。合約規定可參考之例如下：若試驗及分析合格者，其費用由業主負擔，若不合格則由承包商負擔，但初驗不合格而增加辦理之試驗或分析費用由承包商負擔。費用由業主與承包商各負擔一半。

所稱本規範或合約文件規定以外之試驗，可能為業主研究或參考之試驗，若承包商願意加做或願意負擔者則不在此限。

## 1.8 新材料與新工法

1.8.1 工程圖說中若指定使用新材料或新工法時，承包商應依相關規定施工。

承包商若欲使用新材料或新工法施工時，應報請監造者核可，並依相關規定辦理。

1.8.2 新材料與新工法若涉及專利時，除應按第1.8.1節之規定外，應由承包商取得專利權人或其代理人之同意。必要時，並應由專利權人或其代理人指派專門技術人員指導，以免發生權利糾紛或方法之差誤。

解說：

新材料係指新發明或新改進之材料及零組件。

新工法有兩類，一類為結構系統之新工法，其影響所及不只施工過程之改變，且與完工後結構體安全性有關，例如預鑄房屋系統新工法等，因此這類新工法之採用可否，須按內政部建築技術規則(總則編第三條)或各目的事業主管機關之規定辦理。另一類屬單純施工之新穎方法，如應用新機具新措施達到省時省工之施工目標，其所建造之結構體與傳統方法建造者並無兩樣，與結構之使用安全性無關，但這類新工法承包商應報請監造者核可。

## 1.9 主要參考標準

1.9.1 本施工規範所參考之標準，包括規格及檢驗方法，以經濟部標準檢驗局制定之中國國家標準(CNS)為主。

1.9.2 本施工規範除第1.9.1節外，有關章節尚有引用其他相關標準。

解說：

本規範各章所需參考之標準詳如附錄甲。



## 第二章 混凝土材料

### 2.1 一般規定

2.1.1 混凝土材料包括水硬性水泥、輔助膠結材料、粒料、水、輸氣附加劑及化學摻料等。

解說：

本章所稱混凝土材料係指組成混凝土本體之材料。混凝土工程有關之其他材料，如養護劑、脫模劑、鋼筋、埋設物及模板材料等，其規定參照本規範其他有關章節。

查CNS 1240〔混凝土粒料〕、CNS 3691〔結構混凝土用之輕質粒料〕、CNS 11824〔混凝土用高爐爐渣粗粒料〕、CNS 11890〔混凝土用高爐爐渣細粒料〕、CNS 13617〔混凝土粒料岩相分析指引〕、CNS 14826〔隔熱混凝土用輕質粒料〕、CNS 14891〔混凝土及混凝土用粒料詞彙〕等相關規定均已統一將「骨材」修正為「粒料」，惟在本規範全文修正前，相關文字仍維持「骨材」與「粒料」併列。

2.1.2 混凝土材料之品質及其檢驗方法須符合本章相關各節之規定。

2.1.3 混凝土材料之品質應事先獲得監造者認可；未經監造者同意，材料來源與品質不得變更。

解說：

同一配比混凝土使用不同來源之材料時，其工作度、強度、耐久性、體積穩定性等均可能產生變化，因此不宜任意變更其來源。

### 2.2 水硬性水泥及輔助膠結材料

2.2.1 各類水硬性水泥須符合之相關標準及規範如下：

- (1) 卜特蘭水泥：CNS 61〔卜特蘭水泥〕
- (2) 水硬性混合水泥：CNS 15286〔水硬性混合水泥〕
- (3) 膨脹水硬性水泥：ASTM C845〔Specification for Expansive Hydraulic Cement〕

其他種類水泥須符合CNS相關規定或依據第1.8節辦理，並須於施工前充分檢討其適用性。

解說：

混凝土中添加適量之膨脹水硬性水泥可抵減結構物混凝土之乾縮量，適用於無收縮混凝土，如機械底座錨定等，其相關結構設計規定，詳見「混凝土結構設計規範」之相關規定。

膨脹水硬性水泥目前CNS尚無標準規範，暫用ASTM規範。

2.2.2 設計圖說中如無規定，則混凝土使用之水泥為卜特蘭水泥第 I 型。

解說：

卜特蘭水泥之型類，依CNS 61之規定如下：

- (1) 第 I 型：適用於一般用途，而不需具備其他任一型水泥所具有之特別性質者。
- (2) 輸氣第 I A 型：其用途同卜特蘭水泥第 I 型，且需要輸氣者。
- (3) 第 II 型：特別用於需要抵抗中度硫酸鹽侵蝕或中度水合熱者。
- (4) 輸氣第 II A 型：其用途同卜特蘭水泥第 II 型，且需要輸氣者。
- (5) 第 III 型：特別用於需要高度早期強度者。
- (6) 輸氣第 III A 型：其用途同卜特蘭水泥第 III 型，且需要輸氣者。
- (7) 第 IV 型：特別用於需要低度水合熱者。

(8) 第V型：特別用於需要抵抗高度硫酸鹽侵蝕者。

2.2.3施工時混凝土使用之水泥應與配比設計所用之水泥相當。

解說：

施工時混凝土所用之水泥與配比設計時所用之水泥同型同來源自無疑議；若施工時混凝土所用之水泥與配比設計時所用之水泥同型不同來源時，須作新配比設計及試驗，或經由以往使用經驗證明能符合第三章之規定，則認為該水泥相當。

2.2.4除經監造者核可外，不同來源之水泥不可混合或交替使用。

2.2.5使用於同一結構體露面部份之水泥顏色宜均勻，顏色不同之水泥可予拒絕。

解說：

工程材料之品管要求，不只須滿足各項品質之規定，且須品質均勻，因此水泥之使用，同一結構體內以使用同來源之水泥為宜。若水泥之廠牌與型別在合約中有特別指定者，應按其指定。

2.2.6各類輔助膠結材料須符合之相關標準如下：

(1) 飛灰及卜作嵐：CNS 3036〔混凝土用飛灰及天然或煨燒卜作嵐攪和物〕

(2) 水淬高爐爐渣粉：CNS 12549〔混凝土及水泥砂漿用水淬高爐爐渣粉〕

(3) 矽灰：CNS 15648〔膠結混合料用矽灰〕

(4) 混合輔助性膠結材料：CNS 15647〔混合輔助性膠結材料〕

其他種類輔助膠結材料須符合CNS相關規定或依據第1.8節辦理，並須於施工前充分檢討其適用性。

解說：

輔助膠結材料用以改善混凝土之工作性、水密性及減少水合熱等，如具水硬性及潛在水硬性之卜作嵐材料，或不具水硬性之細磨石灰石粉及碎石粉等。

築壩用巨積混凝土可考慮水淬高爐爐渣粉、飛灰與水泥合用，因其有較緩慢的強度成長以及釋放較低水合熱。

## 2.3 輸氣附加劑及化學摻料

2.3.1輸氣附加劑及各種化學摻料須符合之相關標準如下：

(1) 輸氣附加劑：CNS 3091〔混凝土用輸氣附加劑〕

(2) 化學摻料：CNS 12283〔混凝土用化學摻料〕

(3) 流動化摻料：CNS 12833〔流動化混凝土用化學摻料〕

其他摻料須符合CNS相關規定或依據第1.8節辦理，並須於施工前充分檢討其適用性。

解說：

化學摻料之功能為：

(1)改善混凝土之工作性，減少拌和用水量及增進抗凍融性，如塑化劑、減水劑及輸氣劑。

(2)調節混凝土之凝結及硬化時間，如緩凝劑及早強劑。

查CNS 12833〔流動化混凝土用化學摻料〕規定，將「強塑劑」修正為「塑化劑」，惟在本規範全文修正前，相關文字仍維持「強塑劑」與「塑化劑」併列。

2.3.2 摻料之使用應能使混凝土達到其要求之特性，且對混凝土其他性質無不良影響。

解說：

混凝土摻料應以符合CNS規範之混凝土用礦物微粉摻料及化學摻料為限。

所謂混凝土性質無不良影響乃是指對混凝土之性質如乾縮、潛變、氯離子含量、龜裂及對鋼筋之腐蝕等之影響不得超出其容許範圍。

2.3.3 使用之摻料應依照產品說明書之規定及可靠資料進行混凝土配比設計，並確認其性能。

解說：

可靠資料係指摻料性能試驗報告或以往實際使用紀錄。

2.3.4 施工所使用之摻料應與混凝土配比設計試驗時所採用之摻料相同。

解說：

所謂摻料相同，如為礦物摻料係指同一廠牌同一來源者；如為化學摻料則指同一廠牌且同一型號者。化學摻料之成分不同其效用亦迥異，且有不同之副作用，故應嚴格規定之。

工程使用期間，摻料品質應為均一，若發現供應之品質不一致時，應重做配比設計試驗方可使用。摻料之性能與使用時之環境條件有關，特別是氣溫。

## 2.4 拌和用水

2.4.1 混凝土拌和用水須符合CNS 13961〔混凝土拌和用水〕之規定，其檢驗應按CNS 1237〔混凝土用水品質試驗法〕之規定。

解說：

混凝土拌和用水須為潔淨，且不得含量達有害程度之油脂、酸、鹼、鹽類、有機物或其他有害於混凝土或鋼筋之物質。混凝土拌和用水可為自來水、非自來水及沖洗水。自來水可視為符合本規定。非自來水及沖洗水之水質應經檢驗確認符合CNS 13961之規定。

過量之水中不純物不只影響凝結時間、混凝土強度與體積穩定性，也可能引致析晶(白色晶鹽析出於混凝土表面)或鋼筋及金屬埋設物之腐蝕。水中之鹽分或其他有害物應與骨材或摻料之含量合計，以合計總量來判斷其有害程度。

2.4.2 施工所使用之混凝土拌和用水應與混凝土配比設計所用者相當。

解說：

施工時混凝土所用之拌和用水與配比設計時所用之拌和用水同一來源自無疑議；若施工時混凝土所用之拌和用水與配比設計時所用之拌和用水不同來源時，須作新配比設計及試驗，或經由以往使用經驗證明能符合第三章之規定，則認為該用水相當。

拌和用水若採非自來水時須每星期試驗一次，若連續四星期均符合規定，得改為每月試驗一次。

## 2.5 骨材

2.5.1 各種混凝土粒料須符合之相關標準如下：

- (1) 混凝土粒料：CNS 1240〔混凝土粒料〕
- (2) 結構用混凝土之輕質粒料：CNS 3691〔結構用混凝土之輕質粒料〕

解說：

常重混凝土所用粒料應為堅硬、緻密、耐久且潔淨之材質者。CNS 1240標準規定粒料之級配、比重、吸水率、健度、有害物質或有機不潔物之容許含量、磨損率、顆粒形狀等品質要求。

混凝土所用之細粒料應為潔淨之天然河砂或由品質良好山礦石所製造之機製砂。

陸上開採之粒料須特別注意鹼質與粒料潛在反應(鹼-粒料反應)，其判定基準詳CNS 1240。

海砂(包括沿海地區地下挖出之砂)若含鹽分不符合CNS 1240之規定者，不得用做混凝土細粒料。

2.5.2骨材未能符合第2.5.1節之規定者，若經試驗或長期使用證明其所拌和之混凝土之性能均能符合設計及施工之需求者，則該骨材經監造者認可後亦可使用。

解說：

符合CNS規範之骨材並非經常便宜可得，且有些案例中不符規格之骨材仍能具有可接受之表現。不盡符合CNS規定之骨材，如經試驗證明其混凝土之強度及耐久性均能符合設計及施工之需求者，可經由特案申請加以認可使用。但需留意，已往之良好表現並不能保證未來在新環境與新地點之使用必有良好表現，因此在可能範圍內盡量使用符合規定之骨材。

再生骨材若經試驗證實其能符合工程需求之功能，經監造者同意可使用於非結構用混凝土或臨時設施。

## 2.6 混凝土材料之準備與貯存

2.6.1各原材料應分隔貯存不得混雜或析離，貯料倉筒並應標示以利識別。

2.6.2任何材料應妥為貯存，若有受損壞、污染或變質者均不得使用。

2.6.3水泥或礦物摻料應以密閉防潮之儲庫貯存，若為袋裝時則應貯存於不受氣候影響之倉庫或場所，且其地板面至少應高出地面30 cm，以防受潮或污染。水泥使用時，其溫度不得超過50°C。袋裝水泥貯存堆置之高度宜在10袋以下，以免重壓硬化。

2.6.4取用貯存中之水泥，若發現有結硬塊現象時，應加判斷；若係水泥已有水合現象，則應予廢棄不得再用。唯經確認其硬化僅係因重壓所致，使用時甚易將之分散者，經監造者許可者，仍可打散使用。

解說：

散裝水泥出廠六個月以上或袋裝水泥裝袋後三個月以上者，非經監造者檢驗認可不得使用。散裝水泥視實際需要約每二至六個月清倉一次。

2.6.5骨材應儘可能依不同尺寸分別存放，並避免不同尺寸骨材或與其他物料摻混；混合骨材堆積貯存則應防止其過度析離，使用前須取樣試驗，以確定是否符合CNS 1240〔混凝土粒料〕規定。

2.6.6骨材之堆放場應排水良好，以使上下層含水量均勻。

2.6.7骨材儲庫或料堆宜加蓋，使用前宜噴水預飽和，以利控溫及拌和用水量之管控。

解說：

骨材庫加蓋、噴水預飽和，由於可防止曝曬及因水之蒸發作用吸收熱量，可有效控制骨材之溫度，預先飽和骨材可防拌和時，骨材由外加之拌和水吸取水份，而使加水量之控制不易，或於輸送過程中造成工作性不正常之損失等。

混合骨材堆放當中，較大顆粒容易滾至料堆坡腳而產生分離。骨材運儲於貯藏所或從貯藏所運至拌

和廠之磅秤漏斗處，不論利用何法運送，若使不同等級之材料產生析離、級配改變或各種級配之骨材混合，致某一級配之骨材運至磅秤漏斗前未能符合該級配之要求時，則必須停止使用。

骨材之儲運方法，若導致顆粒過度破損則亦須中止使用。

2.6.8化學摻料之貯存須防止變質、析離、污染、蒸發、損壞或對性質有不良影響之溫度變化及對容器之腐蝕。

解說：

化學摻料在試驗完成後，經儲存六個月以上者，應重新檢驗並經監造者同意方得使用。

2.6.9水泥、砂、石之袋裝乾拌料得依照ASTM C387規定乾混袋裝以備使用，其貯存方式依照第2.6.3節之規定。

解說：

乾混水泥砂漿或混凝土，係將全為乾燥狀態之原材料，依設計配比，計量拌和而成，再將其包裝於24小時內水氣穿透率小於 $100 \text{ g/m}^2$ 之包裝袋。

在乾混前所有骨材均須在 $105 \sim 110^\circ\text{C}$ 之溫度下，烘乾至水份含量小於 $0.1\%$ ，且在烘乾過程中骨材不得崩解。又乾混混凝土所用之粗骨材最大粒徑不得大於1吋。



## 第三章 混凝土配比

### 3.1 一般規定

3.1.1 混凝土配比應使混凝土達到設計圖說之要求及施工需要之品質。

解說：

混凝土配比為將第二章規定之混凝土材料設計成適當之比例，使混凝土易於產製、輸送、澆置、修飾；且硬化後混凝土具有預期之品質，如設計強度、耐久性、美觀等。

### 3.1.2 配比之一般要求

混凝土之各種材料配比須經監造者認可，使混凝土之抗壓強度、工作性及耐久性等符合下列規定：

- (1) 抗壓強度必須符合合約之要求及本章與第18.2節之規定。
- (2) 混凝土須具適當之工作性，無嚴重泌水及析離現象及須符合第3.4節規定。
- (3) 耐久性應符合第3.2及3.3節之要求。

解說：

配比設計過程須同時考慮強度、工作性及耐久性。但許多混凝土工程的配比設計常僅考慮強度與工作性，而忽略耐久性之要求，以致造成台灣地區的混凝土工程容易遭遇海域鹽分及工業污染環境之侵蝕，對混凝土結構之使用壽命有不利影響。

配比設計時先確定下列要求條件<sup>[2]</sup>：

- (1) 規定強度。
- (2) 粗骨材標稱最大粒徑。
- (3) 工作度。
- (4) 水泥型別及用量限制。
- (5) 卜作嵐材料使用限制。
- (6) 容許最大水膠比( $\frac{w}{c+p}$ )；若不加卜作嵐材料時( $p=0$ )，水膠比即水灰比( $\frac{w}{c}$ )。
- (7) 其他：用水量之限制、抗裂性、氯離子含量、水密性、輸氣量、摻料、特種水泥或輕質骨材等之使用限制。

### 3.2 混凝土抗壓強度與水膠比

構造物各部份之混凝土配比設計應符合設計圖說要求之最小抗壓強度、最大水膠比限制及其他規定。

解說：

構造物之混凝土為了達到耐久性及強度品質，於設計圖說常以最小抗壓強度為指定值，但耐久性要求在配比設計中則以水膠比作限制，一般在配比設計時採較低水膠比以保障耐久性。

3.2.1 除合約另有規定外，混凝土之抗壓強度係指按CNS 1230 [ 混凝土試體在試驗室模製及養護法 ]，或CNS 1231 [ 工地混凝土試體之製作及養護法 ] 之規定製作試體，並按CNS 1232 [ 混凝土圓柱試體抗壓強度之檢驗法 ] 之規定於齡期28天或指定齡期進行試驗所得之抗壓強度。此抗壓強度必須滿足合約有關規定抗壓強度  $f'_c$  之要求。

解說：

混凝土強度一般以抗壓強度表明，但亦有以混凝土抗彎強度或其他強度為其設計標準者。

硬化後混凝土之各項品質特性通常與其抗壓強度有密切相關，相對於其它性質，抗壓強度又較易量測，故以抗壓強度作為設計和管制之依據。混凝土抗壓強度與齡期有關，通常以28天為試驗齡期；惟特殊情況時，設計者得依其需要指定其它試驗齡期，例如添加較大量卜作嵐材料之混凝土常指定56天或90天為試驗齡期。

混凝土之規定抗壓強度 $f'_c$ 與混凝土之配比目標強度 $f'_{cr}$ 之關係詳見本章第3.7節之規定。

3.2.2水膠比( $\frac{w}{c+p}$ )為水(w)與水泥(c)及卜作嵐材料(p)之重量比。

解說：

ACI 318-95<sup>[15]</sup>在耐久性一章中將水灰比改為水膠比，膠結料除水泥外，尚包含水淬爐渣粉、飛灰、矽灰及火山灰等卜作嵐材料。水灰比或水膠比及拌和水量對混凝土之強度、耐久性及體積穩定性有密切關係<sup>[12]</sup>。

使用適量之卜作嵐材料對混凝土耐久性之增進，經長期之驗證，已被普遍接受<sup>[17]</sup>，若大量使用卜作嵐材料而忽略其對早期強度、泌水、工作性的影響則可能產生裂縫及其他未能預期之不良效果，反而不利結構物耐久性，故卜作嵐材料的使用量應經驗證。混凝土耐久性設計亦需考慮拌和水量的使用，採用較高水量，對工作性有利，但會降低混凝土耐久性<sup>[13]</sup>。

根據行政院公共工程委員會頒布之「公共工程飛灰混凝土使用手冊」<sup>[19]</sup>，考量目前臺灣飛灰品質及施工品管水準，建議除另有規定外，建築工程用混凝土摻用飛灰之限制應按表R3.2.1之規定辦理，施工時請參考該手冊，注意飛灰之品質、穩定性、拌和均勻性與施工注意事項，特別注意澆置後要進行足夠時間之保持水分養護。

表R3.2.1 混凝土中飛灰取代水泥量之參考值

種類	允許飛灰取代水泥之上限(%, 以重量計)
(1)混凝土(不屬(2)至(7)項者)	20%
(2)預力混凝土	10%
(3)版混凝土	15%
(4)海邊及地下工程混凝土	25%
(5)巨積混凝土	25%
(6)水密性混凝土	20%
(7)鋪面混凝土	20%

註：當飛灰混凝土同時用於不同工程部位時，以飛灰取代水泥量小者為準。

上表中之「水密性混凝土」即本規範第15.5節之「低透水性混凝土」。

3.2.3特殊暴露情況之混凝土，其水膠比及強度應符合表3.2.3之要求。

表3.2.3 特殊暴露情況下混凝土之水膠比及強度要求

暴露情況	常重混凝土最大水膠比	常重及輕質骨材混凝土最小規定抗壓強度 $f'_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
(1)暴露於清水中需具水密性	0.50	280
(2)暴露於凍融潮濕或解冰鹽	0.45	315

(3)鋼筋混凝土暴露於解冰鹽、鹽分、海水、 鹽霧等氯離子環境必須考慮鋼筋防蝕	0.40	350
---	------	-----

解說：

未有特殊暴露情況之結構混凝土之 $f'_c$ 依構造物需要而定，不得小於 $175 \text{ kgf/cm}^2$ 。

本次規範之修訂，要求常重混凝土必須同時滿足水膠比及強度，其目的在防止超量使用卜作嵐材料降低早期強度及確保混凝土長期耐久性。輕質混凝土由於其骨材吸水率變化極大，故不以水膠比作限制，而僅限制強度。使用於海水時另需考慮使用適當型別之水泥。

有關於低透水性混凝土之規定請參考第15.5節。通常混凝土耐久性與水密性等性質有關。

暴露於硫酸鹽侵蝕性溶液之混凝土，依暴露環境之硫酸根濃度，按表R3.2.2之要求選擇水泥型別及規定最大水膠比與最小抗壓強度。

表R3.2.2 混凝土在不同曝露程度之要求

暴露程度	土壤中之硫酸根 ( $\text{SO}_4^{2-}$ , %)	水中之硫酸根 ( $\text{SO}_4^{2-}$ , ppm)	水泥型別	常重混凝土 最大水膠比*	常重及輕質混凝土之最小抗壓強度 $f'_c$ ( $\text{kgf/cm}^2$ )
輕度	0.00—0.10	0—150	—	—	—
中等#	0.10—0.20	150—1,500	II IP(MS)& IS(MS)&	0.50	280
嚴重	0.20—2.00	1,500—10,000	V+	0.45	315
極嚴重	>2.00	>10,000	V+卜作嵐	0.45	315

\* 為使混凝土具有高水密性或防止鋼筋腐蝕或減少凍融之損害，可參照表3.2.3中暴露情況處理。

# 海水亦歸為此類。

+ 所用之卜作嵐應經試驗證明摻於第V型水泥混凝土中可增進抗硫酸鹽性能。

& 水泥型別中之 IP(MS)係指卜特蘭卜作嵐水泥(中度抗硫酸鹽)， IS(MS)係指卜特蘭高爐水泥(中度抗硫酸鹽)。

部份土壤、爐渣、地下水或污水中所含硫酸根離子若滲入混凝土中，會與其游離氫氧化鈣(消石灰)產生化學作用，形成膨脹性物質(石膏及鈣礬石)，而致混凝土脹裂，進而使混凝土中埋設物(如鋼筋)產生銹蝕膨脹。

採用低水膠比之混凝土或抗硫酸鹽水泥，可增加混凝土之抗硫酸鹽腐蝕能力。水泥中之鋁酸三鈣( $\text{C}_3\text{A}$ )含量與混凝土之抗硫酸鹽性能有高度相關，第II型卜特蘭水泥( $\text{C}_3\text{A}$ 含量8%以下)用於需要抵抗中度硫酸鹽侵害，第V型卜特蘭水泥( $\text{C}_3\text{A}$ 含量5%以下)用於需要抵抗高度硫酸鹽侵害。

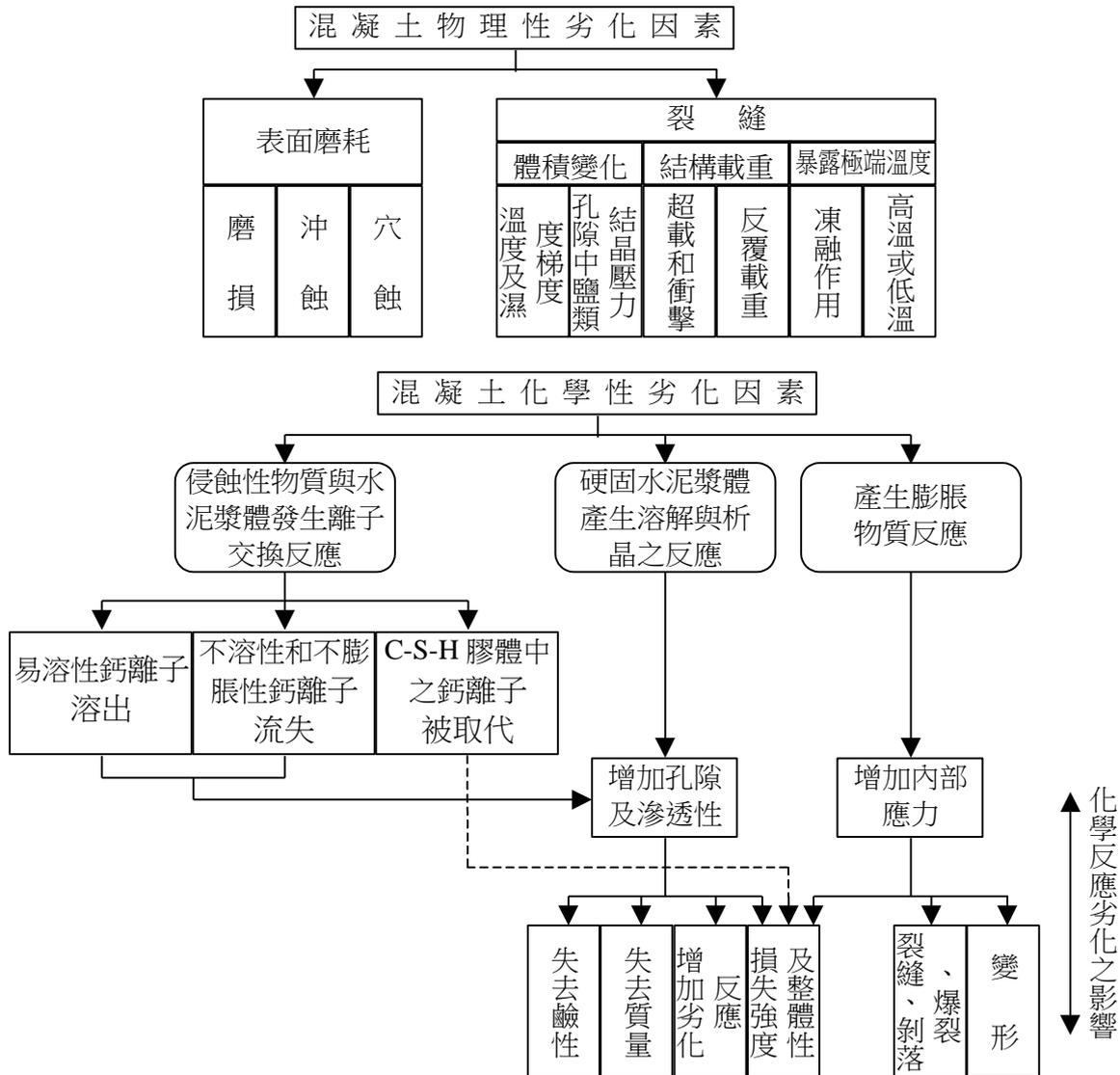
### 3.3 耐久性

3.3.1 耐久性應依據構造物用途、使用年限、維修成本及環境條件決定之。

解說：

設計圖說所指出的設計強度通常以構造物安全性為基準。而耐久性之需求則依構造物用途、使用年限、維修成本及環境條件等而定，再以較為保守的方式提出最低抗壓強度及最大水膠比要求。故混凝土配比設計必須同時滿足安全性及耐久性之規定。

環境條件中之物理性與化學性因素會使混凝土劣化如圖R3.3.1<sup>[4]</sup>。



圖R3.3.1 混凝土劣化之因素示意圖

台灣位處海域環境、強風、高鹽份、潮濕高溫，及工業污染嚴重，建築物耐久性更應重視。表R3.3.2為經濟部工業局研究結果有關鹽害影響部分，提供參考<sup>[18]</sup>。

表R3.3.2 不同鹽害環境之區分

鹽害分類	重鹽害區	鹽害區域或工業區	半鹽害區域	一般區域
離海岸距離	0-0.3 km	0.3-1 km	1-10 km	10 km以上
影響情形	在正常條件下，持續受海鹽影響	在季風期間及小規模颱風下會受海鹽影響	只有在大規模颱風侵襲下，會受到海風鹽影響	在實際上被認為無鹽害影響
對混凝土結構注意事項	受海風鹽侵蝕部份要有防護對策	必須偵查腐蝕狀況	不必特別注意鹽害問題	

混凝土受鹽害程度與離海岸距離有關，表中數據僅為上述研究報告之結果。

混凝土結構物耐久性主要與混凝土中有害物質進出移動有關。如果結構物有裂縫及孔隙，且周圍環境提供充足之有害物質，則結構物必然產生前述諸問題。混凝土之裂縫及孔隙與拌和用水量及養護品質

有密切關係。硫酸離子之存在、海水及鹽霧、酸雨、溫濕變化、強風烈日等外界環境；或混凝土配比材料所含之氯鹽、活性骨材及鋼筋等內在因素均與有害物質移動有關，但最重要者仍以混凝土配比中所含「水量」多寡為主，所以限制水量為維護耐久性之重要策略<sup>[13]</sup>。

一般在工程規劃設計階段，宜事先調查工程構造物附近現況，進行環境區分，並檢討與混凝土接觸之地下水所含有害鹽類，如硫酸鹽、氯化物之含量及濃度等資料，規定於設計圖說中有關混凝土配比應注意事項。施工時需依合約圖說之規定進行必要之加速耐久性試驗，以驗證混凝土配比之合宜性。確保耐久性之另一前提為進行工程施工品質管制，減少混凝土裂縫之產生，因為即使混凝土配比佳，但若有裂縫，則有害物質將直接侵入構造物中，造成嚴重劣化反應。

與結構混凝土耐久性有關之試驗法如表R3.3.3。

表R3.3.3 與結構混凝土耐久性有關之試驗法

測定項目	試驗標準
凍融抵抗	CNS 1168,1169,1170 (ASTM C666,C671,C682)
解冰鹽抵抗	ASTM C672
鋼筋腐蝕	ASTM C876
鹼骨材反應	CNS 13618,13619 (ASTM C227,C289)
礦物摻料抑制鹼矽反應之效能	ASTM C287,C342,C441
鹼、碳酸鹽反應	CNS 13620(ASTM C586)
硫酸鹽侵蝕	ASTM C452,C1012
抗磨耗	ASTM C1138,C415,C779,C944
透水係數	DIN 1048
氯離子滲透快速檢測法	AASHTO T277(ASTM C1202)
氯離子滲透係數	AASHTO T259
混凝土電阻	AASHTO T259,T277

3.3.2除另有規定外，混凝土防制腐蝕之允許最大氯離子含量應符合CNS 3090〔預拌混凝土〕規定。

解說：

氯離子會促進混凝土中鋼筋之腐蝕作用，造成膨脹、剝落，危及構造物安全性，尤其對預力混凝土構造為甚，舊澎湖大橋及以往海砂屋為典型之例。

本規範中之混凝土氯離子含量，係指混凝土材料中所含水溶性氯離子之總量，並不包括來自外界環境者。故未受外來氯離子污染之硬固混凝土，因水泥之水合作用及物理吸附，其水溶性氯離子含量會隨時間增加較新拌時降低。一般認為水溶性氯離子對鋼筋腐蝕較有影響，所以本節參考CNS 12891〔混凝土配比設計準則〕作此規定，其試驗頻率應依內政部「施工中建築物混凝土氯離子含量檢測實施要點」之規定。

3.3.3 暴露於凍融與解冰化學藥品等侵蝕之常重及輕質混凝土，應加輸氣劑使含氣量符合表3.3.3之規定。含氣量之測定應按照CNS 9661〔新拌混凝土空氣含量試驗法(壓力法)〕或CNS 9662〔新拌混凝土空氣含量試驗法(容積法)〕之規定。

表3.3.3 抗凍融混凝土之含氣量要求

粗骨材之標稱 最大粒徑(mm)*	含 氣 量 (%)#		
	嚴重暴露	中度暴露	輕度暴露
< 9.5	9	7	5
9.5	7.5	6	4.5
12.5	7	5.5	4
19.0	6	5	3.5
25.0	6	4.5	3
37.5	5.5	4.5	2.5
50.0	5	4	2
75.0	4.5	3.5	1.5
152.0	4	3	1

\*各標稱粒徑之最大粒徑容許值，參閱CNS 1240之規定。

當混凝土強度大於350 kgf/cm<sup>2</sup>時，表上之含氣量可減少1%。

#含氣量之許可差為1.5%。

解說：

混凝土可採下列策略以減少凍融與解冰化學藥品等之侵蝕<sup>[3]</sup>：

- (1)適當設計使結構物減少接觸水分。(2)降低用水量。(3)降低水膠比。(4)適當輸氣。(5)採用適當材料。
- (6)妥善養護。(7)小心施工。

混凝土溫度降至冰點以下時，由於水分結冰膨脹約9%，會導致混凝土局部受張應力而龜裂，混凝土經適當輸氣可產生細微氣泡減少冰凍時之膨脹龜裂。惟輸氣會降低混凝土強度，故輸氣量須予適當控制，並且補正輸氣損失之強度。適當輸氣量與混凝土中之水泥漿體體積有關，粗骨材標稱最大粒徑較小之混凝土，其水泥漿體所佔體積大，輸氣量亦須大。如何在表3.3.3含氣量之範圍內選擇適當值應視混凝土受風化之影響程度而定；混凝土冰凍前連續受潮者或使用解冰鹽者，受風化之程度較重，應採用較高之輸氣量，如鋪面、橋面版和水槽。混凝土冰凍前僅偶而受潮者或不使用解冰鹽者，受風化之程度較輕，應採用較低之輸氣量，如不接觸土壤之外牆、梁和版<sup>[3]</sup>。

混凝土降低水膠比可增加強度以抵抗凍結之張應力，結構斷面薄者尤須降低水膠比，混凝土有凍融之慮時，應同時控制水膠比和輸氣量<sup>[3,4]</sup>。

3.3.4 版用混凝土之配比，除另有規定外，其水泥用量須符合表3.3.4規定。凍融地區或解冰鹽撒佈區水泥含量至少310 kg/m<sup>3</sup>混凝土。

表3.3.4 版用混凝土最少水泥用量

粗骨材之標稱最大粒徑(mm)	最少水泥含量(kg/m <sup>3</sup> 混凝土)
37.5	280
25.0	310
19.0	320
9.5	360

解說：

版用混凝土中之水泥含量須適當以確保強度、水膠比及粉飾效果。尤其平坦地區，如機場、道路及樓版，一般表面粉飾整平非常重要，除非有試驗印證可達到要求強度和良好之表面品質、外觀、耐久性和表面硬度外，必須限制水泥量大於表3.3.4規定。

配比中水泥量低於表3.3.4規定時，須以所用配比在施工處所利用90 cm×90 cm以上及適當厚度之版，以相同材料、機械及工人進行粉飾效果之評估，以確認品質符合要求。

### 3.4 坍度

3.4.1 配比設計時坍度按構件部位、施工條件及施工機具決定之。

解說：

混凝土之坍度為工作性指標之一，工作性良好者可使混凝土容易搗實，而不發生材料分離及蜂窩現象；適宜之坍度係依構件部位、施工條件及施工機具決定之。影響混凝土坍度之因素包括：拌和水量、粒料性質及級配、水泥性質和摻料性質、材料配比(特別指粒料量對水泥用量比，和細粒料量對總粒料量比)、混凝土溫度、拌和至澆置所經歷時間等。施工者應充分瞭解與考量，為確保強度、體積穩定性及耐久性，在適合施工條件下拌和水量越少越好<sup>[2,13]</sup>。

公共工程共通性工項施工綱要規範第03050章第2.1.1款規定可作為選擇混凝土坍度之參考。

國內普遍採用混凝土泵送方式施工，而設計較高坍度之混凝土，但施工時常有擅自添加水量以提高工作性等情事，造成混凝土劣化應避免之<sup>[12]</sup>。

### 3.5 骨材之級配

3.5.1 粗骨材之標稱最大粒徑

粗骨材之標稱最大粒徑除另有規定外，不得大於下列規定之最小值：

- (1) 模板間最小寬度之1/5。
- (2) 混凝土版厚之1/3。
- (3) 鋼筋、套管等最小淨間距之3/4。
- (4) 如使用泵送機泵送之混凝土尚應按第8.2.4節之規定，其骨材之標稱最大粒徑應小於輸送管內徑之1/4。

但若經監造者判斷，新拌混凝土適於澆注及搗實而不發生蜂窩及空隙現象時可以不受上述限制。

3.5.2 除另有規定外，粗細骨材之級配須符合CNS 1240〔混凝土粒料〕之規定。

解說：

符合CNS 1240〔混凝土粒料〕級配規定之粗骨材，其標稱最大粒徑係指骨材通過率大於90%之最小試驗篩之孔寬，且需100%通過大一號篩。粗骨材之標稱最大粒徑會影響混凝土之水泥含量、用水量及含氣量，參考第3.3及3.4節。粒徑過大時會受到鋼筋、埋設物等之阻礙，使混凝土不易充滿各模板角落；但粒徑減小時會增加骨材之總表面積，而需增加水泥漿體量以達到工作性要求，並影響體積穩定性(如乾縮、龜裂及潛變等)，故應選擇適當粒徑。目前國內碎石場供應之骨材其標稱最大粒徑為1.0到2.5 cm。

### 3.6 摻料之使用

3.6.1 摻料之使用除應按第2.3節之規定外，需依據工程性質及施工條件選用適當之摻料，並經配比設計及試拌驗證。

3.6.2 摻料之類型及用量經配比確認後，非經許可不得任意更動。

3.6.3 摻料所含之水分應視為拌和水之一部分，於配比中加以調整。

解說：

混凝土中使用之摻料廠牌類型眾多，摻料規範對其類型及效能認定均有明確規定。配比設計前應對

所使用摻料性能有所了解，並考慮摻料加入混凝土中所能產生之特殊效果，配合工程需求及環境條件，以擬用之所有混凝土原料，按配比設計程序、計量入料之順序、進行拌和試驗，確認摻料與膠結材料之相容性後，再正式摻用，以獲取適當之工作性及維持度，以及合宜之性能發展。

摻料的類型、用量、添加方式、使用時機，對混凝土性質影響甚為敏感，經混凝土配比試拌確認後，不宜更動；由於氣候、環境及施工條件頗難掌握，故摻料之用量可考慮實際條件稍作調整，以發揮預期功能，惟事先需經許可。

溶解化學摻料所用之水，或稀釋後液態摻料之總容積所相當之水量，均須視為拌和用水之一部分，於配比中加以調整並有所說明。

### 3.7 混凝土配比目標強度

3.7.1 混凝土配比目標強度  $f'_{cr}$  應採用式(3-1)及式(3-2)計算值之較大者。

$$f'_{cr} \geq f'_c + 1.34s \quad (3-1)$$

$$f'_{cr} \geq f'_c + 2.33s - 35 \quad (3-2)$$

式中  $f'_c$  = 混凝土規定抗壓強度(kgf/cm<sup>2</sup>)

$f'_{cr}$  = 混凝土配比目標強度(kgf/cm<sup>2</sup>)

$s$  = 標準差(kgf/cm<sup>2</sup>)。參閱第3.8節。

式(3-1)及式(3-2)中之  $s$  可用式(3-4)求得之  $\bar{s}$  取代。

$\bar{s}$  為兩群試驗紀錄分別求得標準差之統計平均值。

解說：

本規範將前版規範及CNS 12891所稱之「要求平均抗壓強度」改稱「配比目標強度」，目的在避免與「混凝土規定抗壓強度」或習稱之「要求抗壓強度」產生混淆，並可落實配比設計之精神。

式(3-1)及(3-2)係為配合第18.2.2節之 及 兩條件而設，為避免發生不符合該兩條件情形，混凝土之配比目標強度  $f'_{cr}$  應比規定抗壓強度  $f'_c$  適當提高，但也需考慮成本因素而不宜過度提高。

通常抗壓強度容許少量之偏低，假設抗壓強度呈常態分配，低於  $f'_c$  之機率為1%，其相應之  $f'_{cr}$  應比  $f'_c$  提高2.33倍標準差。根據統計學各組平均值之標準差應為母體標準差除以  $\sqrt{n}$ ， $n$  為各組樣本數，依據第18.2.2節(1)之規定， $n$  為3，因該式為任何連續三次試驗結果之平均值，而  $\sqrt{3} = 1.732$ 。為符合第18.2.2節

之要求， $f'_{cr}$  如下：

$$f'_{cr} \geq f'_c + 2.33 \times \frac{s}{1.732} = f'_c + 1.34s \quad (R3-1)$$

同法可求得為符合第18.2.2節之(2)要求之  $f'_{cr}$  如下：

$$f'_{cr} \geq (f'_c - 35) + 2.33s = f'_c + 2.33s - 35 \quad (R3-2)$$

標準差依工程管制水準而不同，表R3.7.1為ACI所建議評估一般施工水準之參考值。

表R3.7.1<sup>[8]</sup> 混凝土抗壓強度標準差評估參考值

工程管制水準	標準差(kgf/cm <sup>2</sup> )
最佳	28以下
很好	28-35
可以	35-42
尚可	42-49
不良	49以上

3.7.2 若無適當之試驗紀錄可資應用計算標準差時，則須以表3.7.2之規定值作為配比目標強度。

表3.7.2 配比目標強度之規定值

規定強度 $f'_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	配比目標強度之規定值 $f'_{cr}$ (kgf/cm <sup>2</sup> )
210 以下	$f'_c + 70$
210 ~ 350	$f'_c + 85$
350 以上	$f'_c + 100$

解說：

若無適當之試驗紀錄可資應用計算標準差時，須採取較保守態度，而以表3.7.2配比目標強度作配比較設計，該表要求值比一般要求值偏高。當工程累積有足量之試驗紀錄時，可按第3.10節之規定，依實際值及統計資料適當降低。

### 3.8 混凝土強度標準差之計算

為使強度符合第18.2.2節所規定之強度，混凝土配比之配比目標強度應高於規定強度，其所應提高之強度與各該工程混凝土施工之標準差有關。在該工程尚未開工或無足夠試驗數據時，可利用以往工地試驗紀錄之標準差以估算該工程之標準差。

解說：

標準差大小與工程管制水準有關，管制水準相近時，其標準差亦相近，故可用以往類似工地之試驗紀錄估計。

3.8.1若混凝土產製單位持有以往12個月內，跨越60天以上之連續試驗紀錄，則可據以計算標準差。惟該試驗紀錄須符合下列規定：

- (1) 該紀錄所代表材料及施工情況與本工程相似，且其材料及配比之變動限制不得較本工程嚴格。
- (2) 該紀錄所代表混凝土之規定強度與本工程混凝土之規定強度，相差須不超過70 kgf/cm<sup>2</sup>。
- (3) 除第3.8.3節之規定外，應包含一群至少30組或二群總數至少30組之紀錄。

解說：

母體標準差不易求得，通常需以樣本之標準差估計之，而計算所得之樣本標準差與所採用之樣本數有關，樣本數愈多其值愈接近母體標準差。樣本數在30以上時，通常可以獲得理想結果，否則需加以修正(參閱第3.8.3節)。計算標準差之紀錄所代表混凝土之規定強度與本工程混凝土之規定強度不宜相差太大，本條規定相差須在70 kgf/cm<sup>2</sup>以內，約相當於正常管制水準之二個標準差。

3.8.2標準差之計算可用下式：

$$s = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (3-3)$$

式中  $s$  = 標準差

$X_i$  = 個別試驗之強度值

$\bar{X}$  = 連續之所有個別試驗強度之平均值

$n$  = 連續之試驗之次數

若所採用之試驗結果，為二群連續試驗之總數至少有30組之紀錄時，其標準差須先各別計算其標準差，再計算兩標準差之統計平均值，其計算式如下：

$$\bar{s} = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (3-4)$$

式中  $\bar{s}$  = 為兩群試驗紀錄分別求得標準差之統計平均值。

$s_1, s_2$  = 分別為兩群試驗紀錄按(3-3)式求得之標準差，該兩群試驗紀錄合計須30組或以上。

$n_1, n_2$  = 分別為兩群試驗紀錄之試驗組數。

解說：

式(3-3)為樣本標準差之計算公式，分母採 $n-1$ 係考慮到自由度為樣本數減一。個別試驗之強度值 $X_i$ 係指同一次強度試驗中之各試體強度之平均值。式(3-4)為所求得之統計平均。

3.8.3若混凝土生產單位，無足夠的試驗紀錄，以符合第3.8.1節之要求，但有15~29組連續試驗紀錄符合下列規定者，亦可用該等試驗紀錄來計算標準差，但其計算值須先乘以表3.8.3所示之修正因數。

- (1) 這些試驗紀錄除了符合本節規定外，並應符合第3.8.1節中之與及連續試驗之規定。
- (2) 該15~29組紀錄必須涵蓋供應期間為60天以上之同級混凝土。

表3.8.3 標準差修正因數(試驗紀錄應為15組以上)

試驗組數*	標準差修正因數 <sup>+</sup>
15	1.16
20	1.08
25	1.03
30或以上	1.00

\* 中間值依組數以直線內插法求得。

+ 修正後之標準差用於計算依照第3.7節規定之配比目標強度。

解說：

由同一母體隨機取樣計算樣本標準差，當樣本數較少時所求得之樣本標準差亦會較小，當樣本數少於30時，應將樣本標準差乘以表列修正因數作為母體標準差。

3.8.4若混凝土產製單位無法提供符合第3.8.1或3.8.3節要求之試驗紀錄以計算標準差時，則應按第3.7.2節規定辦理。

解說：

若無適當之試驗紀錄可資應用以計算標準差時，以表3.7.2之配比目標強度規定值作配比設計。混凝土產製單位平時應蒐集相關資料，並加以統計分析以應隨時之需。

### 3.9 配比之選定

配比之選定應依據該工程之狀況，以下列三種方法之一決定之。

第一法 由試拌決定配比

無第3.8.1節規定之工地試驗紀錄時，則混凝土配比須由試拌決定之。

第二法 由合宜之工地紀錄決定配比

有第3.8.1節規定之工地試驗紀錄時，則工程可引用其經驗決定配比。

第三法 按經驗決定配比

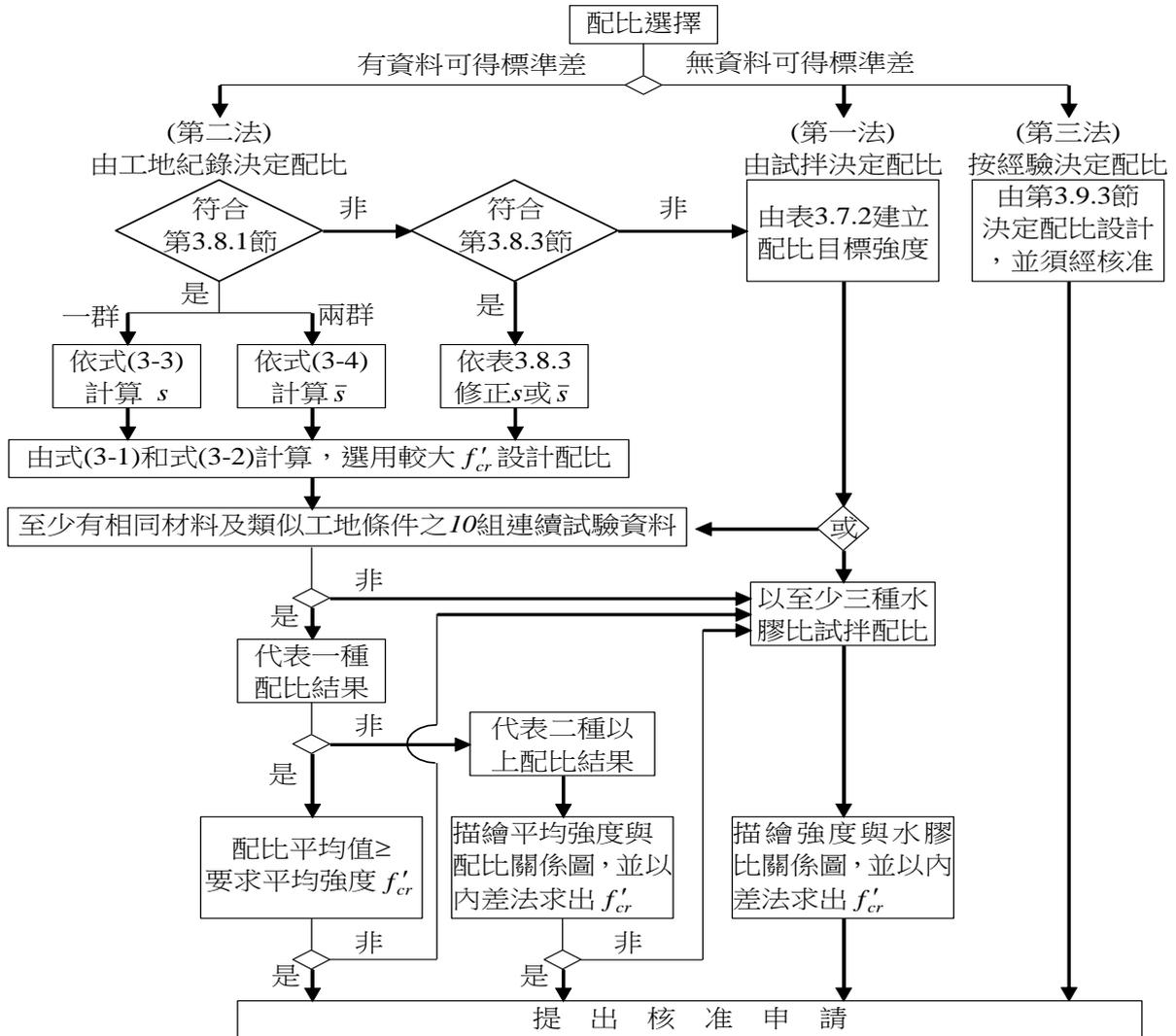
在規模小之次要工程，且強度低於280 kgf/cm<sup>2</sup>時，經監造者許可得採其他類似工地之配比。

解說：

選擇混凝土配比可依下列三個基本步驟辦理：

- (1) 依據第3.8節決定混凝土強度標準差。
- (2) 依據第3.7節決定混凝土配比目標強度。
- (3) 依據試拌程序或參考適當經驗資料選擇配比，使平均強度符合  $f'_{cr}$ 。

圖R3.9.1 流程圖提供選擇配比及資料建檔程序。



圖R3.9.1 混凝土配比選擇及資料建檔流程圖

### 3.9.1 第一法 由試拌決定配比

無法滿足第3.8.1節時，混凝土配比經由試拌決定之，試拌按下列規定：

- (1) 試拌之材料應為本工程預定使用之材料。
- (2) 使用至少三種不同水膠比進行試拌，其強度應涵蓋第3.7節決定之配比目標強度  $f'_{cr}$ 。
- (3) 試拌時應按第3.1至3.6節之規定採用適合規定之配比。
- (4) 試拌混凝土之坍度與規定值相差應在2.0 cm以內。輸氣混凝土之含氣量與規定值相差應在0.5%以內。新拌混凝土之溫度應予記錄相差應在5°C以內。
- (5) 各試拌配比之每一試驗齡期，至少須製造三個試體，其製造及養護應按CNS 1230〔混凝土試體在試驗室模製及養護法〕之規定。每次改變水膠比，則應認定為一新配比。圓柱試體強度試驗應按CNS 1232〔混凝土圓柱試體抗壓強度之檢驗法〕之規定辦理。
- (6) 根據試驗結果繪製抗壓強度與水膠比之關係曲線。
- (7) 由所繪之抗壓強度與水膠比之關係曲線決定所需之混凝土水膠比。

解說：

ACI 211.1之配比設計基本步驟適用於一般混凝土，程序如下：

- (1) 選擇坍度。
- (2) 選擇粗骨材之標稱最大粒徑。
- (3) 估計拌和水量和含氣量。
- (4) 根據第3.2及3.3節選擇水膠比。
- (5) 計算水泥及其他膠結料用量。
- (6) 計算粗骨材用量。
- (7) 計算細骨材用量。
- (8) 調整拌和水量。
- (9) 試拌與調整。

### 3.9.2 第二法 由合宜之工地紀錄決定配比

- (1) 符合第3.8.1節之合宜工地紀錄，其中所用之材料與本工程相同，且環境相似者，至少有十組以上為同一種配比，若該十組以上之平均強度大於第3.7.1節計算值，則可直接採用此平均強度為配比目標強度  $f'_{cr}$ 。
- (2) 若(1)中之十組以上紀錄含兩種配比者，其平均強度得用內插法決定之。
- (3) 若符合(1)或(2)者，得根據該合宜工地之施工實績及施工圖說要求，由監造者核定是否採用該項配比。
- (4) 若不符(1)或(2)者應以第3.9.1節規定辦理。

### 3.9.3 第三法 按經驗決定配比

不用第3.9.1節或不符合第3.9.2節之規定者，得採用其他類似本工地環境之混凝土配比，但其配比目標強度須高出規定強度  $84 \text{ kg/cm}^2$ ，並經監造者核定是否採用該項配比。

## 3.10 配比目標強度之調整

在施工期間，工地連續試驗紀錄累積超過15組以上，且符合第18.2.2節之規定，則可計算平均強度及依據第3.8節計算標準差，調整原來之配比目標強度  $f'_{cr}$ 。

- (1) 計算平均強度大於原配比目標強度，經監造者同意，可經第3.9.2節之規定調降  $f'_{cr}$ 。
- (2) 計算平均強度小於原配比目標強度，承包商應立即依第3.9.2節之規定調升  $f'_{cr}$ 。

## 參考文獻

- [1] Hwang, C.L., L.S. Lee, “Future Research Trends in High-Performance Concrete-Cost-Effective Consideration”, Transportation Research Record, No. 1574, pp. 49~55, (1997).
- [2] American Concrete Institute, 1985, “Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete”, ACI 211.1-81
- [3] American Concrete Institute, 1985, “Guide to Durable Concrete”, ACI 201.2R-77
- [4] Mindess, S. and J. F. Young, 1981, “Concrete”, Chapter 20 Durability.
- [5] American Concrete Institute, “Standard Practice for Selecting Proportions for Lightweight Concrete”, ACI 211.2
- [6] American Concrete Institute, 1966, “Guide for the Protection of Concrete Against Chemical Attack by Means of Coatings and Other Corrosion-Resistant Materials”
- [7] Yoder E. J. and M. W. Witzczak, 1975, “Principles of Pavement Design”, p. 428.
- [8] American Concrete Institute, 1977, “Recommended Practice for Evaluation of Strength Test Results of Concrete” ACI 214-77(reapproved 1983)
- [9] Hwang, C.L., L.S. Lee, F.Y. Lin, J.J. Lin, “Densified Mixture Design Algorithm and Early Properties of High Performance Concrete,” Journal of the Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering, Vol. 8, No.2, pp.217-229, 1996
- [10] American Concrete Institute, “Standard Practice for Selecting Proportions for Non-Slump Concrete”, ACI 211.3
- [11] American Society for Testing and Materials, 1987, “Standard Specification for Lightweight Aggregate for Structural Concrete” ASTM C330-87
- [12] 黃兆龍，陳建成，江明英，郭全祥，「拌和水量對混凝土工程性質之影響」，中國土木水利學刊，第九卷，第四期，第561~570頁，1997。
- [13] Kosmatka, S. H., and W.C. Panarese, Design and Control of Concrete Mixtures, 13<sup>th</sup>ed., Portland Cement Association, 1988.
- [14] American Concrete Institute, “The State of the Art Report on High strength Concrete”, ACI 363-84, 1984.
- [15] American Concrete Institute, “Building Code Requirement Structural Concrete”, ACI 318-95, 1995.
- [16] American Concrete Institute, “Guide for Selecting Proportions for High-strength Concrete with Portland Cement and Fly Ash,” ACI 211-4R, ACI Material Journal, Vol. 5~6, pp. 272-283, 1993.
- [17] Carrasquillo, R, “Mix Design Module I”, FHWA’S High Performance Concrete Tool Kit, 1996.
- [18] 黃兆龍，邱善德，賴正義，林維明，陳建成，中華電信股份有限公司「電信鐵塔防蝕規範(期末報告)」，中華民國結構工程學會，1997。
- [19] 行政院公共工程委員會，「公共工程飛灰混凝土使用手冊」，1999。



## 第四章 模板工程

### 4.1 一般規定

#### 4.1.1 模板工程包括塑造混凝土形狀之模板及其支撐系統。

模板工程之材料、設計、組立、拆模、再撐應符合本章之要求，但設計圖說另有規定者除外。

模板工程須以第一章設置之控制點及水準點作為施工放樣之依據。

解說：

模板工程對於混凝土工程施工之安全、品質、工期、成本之影響至鉅，其規劃與設計一般為承包商之責任，亦是承包商展現其競標能力之機會，故本章僅對模板工程之基本要求予以規定，並未對模板工程之材料種類有所限制；承包商須遵照設計圖說，對工程特性(如大跨度懸臂構材、超高模板支撐等)及混凝土工程要求，進行適當模板工程之規劃與設計，以防範工地意外，保障人員安全，並確保工程品質。

目前有多種模板工程新技術之發展，包括各種模板材料如鋼模、塑膠模及傳統之木模，各種模板系統如系統模板、專用模板及傳統之模板支撐等。承包商可採用其最專長有經驗之模板系統，以期以較經濟之方式達成本規範對安全、品質、工期之要求，以提升其競爭能力；惟對安全應特別注意。

#### 4.1.2 模板工程之設計、組立、拆除應使完成之混凝土位置、尺寸、形狀及外觀符合設計圖說之要求，其誤差應在容許範圍內。

解說：

施工完成之混凝土結構，其位置、尺寸、形狀及外觀等均受模板工程品質之影響，故有本規定。模板拆除後之混凝土表面許可差應按表4.3.1之規定。

#### 4.1.3 模板工程應具足夠之強度及剛性，以承受混凝土重量及澆置施工中所產生之各種載重及振動。必要時，應進行材料或模板支撐系統試驗以印證之。

解說：

為免施工中模板變形量超過表4.3.1之規定，甚至過度變形造成災害事故，故要求模板工程應具足夠之強度及剛性，可由模板工程材料之選擇及配置設計決定之。<sup>[1,2,3]</sup>

混凝土澆置施工中，模板工程可能承受之載重詳見第4.3.2節，振動之來源有工地附近車輛或施工機械之活動、施工操作、混凝土泵送及搗實之振動等。

#### 4.1.4 除本章規定外，須做特殊修飾之混凝土，其模板亦須符合第十一章之規定；預力混凝土之模板亦須符合第十四章之規定。

#### 4.1.5 除另有規定或經許可者外，土壤之垂直或傾斜開挖面不得用為模板。

解說：

因若以開挖之垂直或傾斜土面做為外模使用，則新澆置之混凝土直接與多孔性之土壤接觸，其水份將被吸收而影響混凝土品質；另外，直立土面於混凝土施工時，容易發生土壤崩塌掉落也會影響施工品質。但若無前述之顧慮且表面不外露情況，如基腳側面等，則可考慮使用。使用時，若以機械開挖，其

開挖面應比規定尺寸略小，再以人工整修至規定尺寸。

混凝土直接澆置於土壤之表面應按第9.2節之規定辦理。

4.1.6 承包商應依據設計圖說進行模板工程施工規劃，將模板配置、支撐系統、及混凝土澆置時模板之安全措施作成計畫書，連同擬使用之各項零組件及脫模劑等資料送請監造者核可。

解說：

承包商所提之計畫書內容至少應包括模板及支撐系統之構造方式、平面配置及用料尺寸之計算書。但在不損及安全及品質的控制之情況下，為節省承包商部份文件工作，其組立、拆模、再撐部份則留交監造者決定是否必須提送(詳見第4.1.7節)。

模板工程施工計畫之安全措施中，應按第4.4.17節之規定，設置混凝土澆置時監視模板工程之安全人員。

4.1.7 監造者得要求承包商提出模板工程之施工圖及組模、拆模、再撐等計畫。必要時，應實地試做樣品，以確定混凝土模鑄面之品質。  
承包商若需變更施工方法、使用材料、拆模時間，應將其相關資料送請監造者核可。

解說：

實地試做樣品以瞭解拆模後混凝土面之色彩、質感，可充份掌握面板紋路材質之影響，控制工程達到建築設計的標準。

由於施工期間影響工程之因素頗多，為使承包商具有發揮之空間，容許承包商採用新工法新材料以適應環境變化，承包商得提出不同之施工方法、使用材料、拆模時間，但應將其相關資料送請監造者核可。

施工方法或使用材料若涉及第1.8節規定者，依該節辦理。目前市面上有不少經特殊設計之系統模板，所謂系統模板係各專業模板公司所發展之各種特殊模板材料或組件，而該材料或組件具有互換應用於多種使用情形之特性，可方便使用於各種不同工程結構物。各種系統模板一般均取得專利權，故其使用應按規定辦理。

## 4.2 模板工程之材料

4.2.1 模板工程之材料可使用木材、鋼材或其他經監造者認可之材料，其規格應於第4.1.6或4.1.7節規定提送之文件中明訂之。

4.2.2 模板工程設計應依據可靠之材料性質資料，必要時應進行材料或模板支撐系統試驗。

解說：

模板工程材料包括直接與混凝土接觸之襯板、背撐材料及支撐材料等。襯板可使用木板預製之框式模板、散板、合板及金屬格板等，目前也有一些新發展之材料如膠合板、塑膠模板、FRP模板及建築混凝土作內襯用之橡膠軟模、硬泡綿襯料及石膏模等。背撐及支撐材料可用木料角材或鋼料製品。

材料性質與規格應明訂於第4.1.6或4.1.7節所示之文件中。由木板片組成之框式模板其鋪板應密合，板隙不得過大，且不得有破洞。

4.2.3 模板採用之板料須平直無有害缺陷，並不得有劣化腐爛現象。

4.2.4 支撐系統所用木質角材、墊板及楔木應採用堅實之木料。

解說：

模板之支撐物有多種<sup>[2]</sup>，木質角材支柱目前仍為國內常用之模板支柱。以往國內也有使用圓木支柱者，因其品質及強度較差，故重要工程不宜使用。工程上模板支撐常因支柱底部發生沉陷而造成問題，故其底部應以墊板及楔木穩固。

4.2.5 支撐系統之支柱以使用木質角材或鋼製支柱(鋼管支柱或組合鋼柱)為原則，但次要工程經監造者許可者亦可使用圓木。所使用之支柱應符合「營造安全衛生設施標準」之有關規定。鋼管支柱應符合CNS 5644〔可調鋼管支柱〕之有關規定。

4.2.6 使用第4.2.5節所規定支柱以外之模板支撐物時，須經監造者核可，並符合『營造安全衛生設施標準』之有關規定。

解說：

模板支撐物除第4.2.5節之規定外，尚有木材支撐架，鋼管施工架、組合鋼柱、跨梁等，其使用對安全有相當之影響，故應經監造者核可。門型鋼管施工架主要係供施工人員之工作架用，不宜做為一般模板支撐用。若特殊情況需用作模板支撐時，應特別設計加強其安全。

4.2.7 混凝土表面修飾用之模板(含清水模板)材料，應按第十一章中之有關規定。

4.2.8 鋼模之材料應符合CNS 7334〔鋼筋混凝土用金屬模板〕之有關規定。

4.2.9 模板附件若需全部或部份埋入混凝土，需採用專用品。但經許可者，得使用符合CNS 1468〔低碳鋼線〕規定之鍍鋅鋼線。

解說：

埋入混凝土之模板附件(如繫條、吊桿等)應具適當之材質，不得與混凝土發生有害之化學反應，影響混凝土品質，其形狀尺寸亦不得妨礙模板之施工要求與作業。

鍍鋅鋼線(俗稱亞鉛線)之使用雖然很方便，但因其使用容易造成施工中斷線及模板移位變形，且完工後外露部份易生銹污染混凝土表面。按美國ACI-301規範之規定，有關模板之附件須採用專用品，不得採用鋼線，但衡量國內工程狀況，暫作以上規定，未來應朝使用專用品逐步改進。

### 4.3 模板及支撐設計

4.3.1 模板及支撐之設計應能使完成之混凝土結構物尺寸及外貌符合設計圖說之要求，並安全承受施工中之任何載重，且應考慮避免拆模作業對混凝土造成損傷。

解說：

柵、貫材因其支撐之模板較少全面有人員機具同時活動，支柱則受到貫材之反力，模板可能受到全額的活載重，且須承受直接衝擊之集中載重，模板之設計應針對上述實際情況做保守之假設。

作用在模板上之力除靜載重分佈較能確定外，其他因施工的方式，澆置速度、範圍、方向，機具的運轉停止，組立情況等等均會影響模板直接之受力，尤其是混凝土澆置速度快而坍度又大之情況下，其產生之側壓力易導致爆模或模板變形漏漿。設計者必須評估各種可能，以較保守的設計因應。

設計尚包括如何組立、拆模及模板之調度，所有細節均應同時考慮。

與混凝土接觸之襯板可由木板、夾板、金屬板、玻璃纖維板、塑膠板等構成，視所需之混凝土表面而定。一般混凝土表面有光面、粗面、平面、曲面等。各種因建築表面需要的質感均須設計者與承包商共同努力選用合適經濟之接觸材料及適當之組立方法。

4.3.2 模板承受之載重包括模板自重、鋼筋及混凝土重量、混凝土側壓力、澆置時之衝擊力、施工機具及人員之重量及衝擊力、材料堆置重量、其他施工之臨時作用力、風力等，其值應依實際可能發生者估計。

解說：

作用於模板上之力可分為垂直力及水平力。模板必須承受所有加諸其上之力直至混凝土已發展到足夠的強度。由於混凝土澆置作業方式不同，使得作用在模板上的力極難推定。設計模板所用之載重、橫向壓力、風力與容許應力及其他應考慮事項可參照ACI 347(混凝土模板施工準則)及建築技術規則有關之規定辦理。

4.3.3 模板及支撐使用材料之彈性模數及容許應力應依相關規範之規定。  
系統模板之容許載重於有試驗證明情形下得依製造廠商之說明。  
經多次使用之模板或支撐物應考慮其承載能力之衰減。

解說：

模板及支撐材料種類及使用場合變化甚大，且材料新舊磨耗程度亦因時而變，設計採用之容許應力需將施工的確實、準確程度估計在內，並以較保守的態度作設計。

相關規範及標準可參考國家標準(CNS)、建築技術規則、營造安全衛生設施標準、ACI 347(混凝土模板施工準則)等。

4.3.4 模板之撓度不得超過模板支撐間距離之 $1/240$ 。拆模後之混凝土整體撓度應在設計圖說容許範圍內。

解說：

結構體拆模後之混凝土外觀形狀才是檢驗的重點，而一般面板跨度均較小且多為簡支形態，為防止拆模後構件底部呈波浪狀，因此有 $1/240$ 的限制。

一般設計規範均有構件撓度限制之規定。此項規定未考慮施工之誤差，故若施工結果垂距太大會影響使用性能或觀瞻，為符合上述要求可採用預拱方式處理，詳第4.4.2節。

作為裝飾用之混凝土，設計圖說應有撓度、平整度、接縫、顏色、質感等詳細規定，以作為模板設計之依據。

4.3.5 模板工程設計應考慮模板組立及混凝土澆置前後模板變形之影響，使符合表4.3.1許可差之規定。但建築物之任何部份，不得引用表4.3.1所示之許可差，而伸出該工程之法定建築線。

表4.3.1 現場澆置混凝土施工許可差

項 目	許 可 差
錘線偏離 ① 高度30 m以下者 (a) 線、表面、稜線 (b) 外露角柱之外稜線、控制縫凹槽 ② 高度超過30 m者 (a) 線、表面、稜線 (b) 外露角柱之外稜線、控制縫凹槽	± 25 mm ± 13 mm  高度之1/1,000， 且不超過±150 mm 高度之1/2,000， 且不超過±75 mm
位置偏離 ① 構件 ② 版開口30 cm以下之中心線，較大開口之邊線 ③ 版中鋸縫、接縫、弱面 ④ 基腳重心	± 25 mm ± 13 mm ± 20 mm 同向基腳寬度之1/50， 且不超過±50 mm
高程差 ① 版頂面 (a) 地面鋪版之頂面 (b) 支撐拆除前，版之頂面 ② 支撐拆除前之各種模鑄面 ③ 楣梁、窗台、胸牆、水平槽及其他可見之線	± 20 mm ± 20 mm ± 20 mm ± 13 mm
斷面尺寸偏差 柱、梁、牆厚、版厚、墩  30 cm以下  大於30 cm至100 cm  大於100 cm	+ 10 mm - 6 mm + 13 mm - 10 mm + 25 mm - 20 mm
相對偏差 ① 階梯 (a) 相鄰級高 (b) 相鄰級深 ② 槽線 (a) 設計寬度5 cm以下 (b) 設計寬度超過5 cm，但不超過30 cm ③ 模鑄面與規定參考平面偏差每3 m (a) 外露角柱與外露控制縫 (b) 其他 ④ 相鄰模面襯板突出 (a) A級表面 (b) B級表面 (c) C級表面 (d) D級表面	± 3 mm ± 6 mm  ± 3 mm ± 6 mm  ± 6 mm ± 10 mm  ± 3 mm ± 6 mm ± 13 mm ± 25 mm

解說：

模板工程設計圖之繪製可供組立依據。設計圖中用料、斷面應符合應力、撓度等結構需求；一般材料勁度較小故荷重後變形較大；接頭接合情況能否符合假設；類此諸多事項均應在設計時詳加考慮。

模板施工雖然有許可差，但不得超出法定建築線及地權線。

表4.3.1所列之許可差適用於一般建築物，其他構造物之許可差，除另有規定者外，可參考ACI 117之規定辦理。

表中混凝土面分級係依ACI 117-90之規定如下：

A級—外表特別重要且顯眼處，不平整在3 mm以下。

B級—方便粉飾之粗糙混凝土表面，不平整在6 mm以下。

C級—長久暴露且不經粉飾之表面，不平整在12 mm以下。

D級—可接受之最低粗糙表面，一般只適用於隱藏面，不平整在25 mm以下。

以上分級建議設計者務必指示清楚並考慮經濟適當性。

模板工程之設計應考慮上述分級之差異；工程設計者及承包商均應注意配合。

## 4.4 模板工程組立

### 4.4.1 組立前應將模板面上雜物清除。

解說：

模板面上之雜物將影響混凝土之品質及拆模後之表面，而未組模時較易清理，故應於組立前清理之。主要之雜物為模板上之水泥漿、泥土或髒物等。再用之模板尤應注意。

### 4.4.2 為符合第4.3.5節許可差之規定，模板組裝時應按圖示或適量預拱，以抵消拆模後混凝土構材之部分撓度。

解說：

構材拆模後將有撓度產生，其大小及所需抵消之部分依結構之特性而定，故應遵照工程圖說或模板工程設計計算結果作適量預拱。鋼筋混凝土梁與版之預拱量若無圖示時，一般可採跨度每3 m預拱6 mm<sup>[1]</sup>。

### 4.4.3 模板支柱或支撐架應採用適當之墊板、墊座或其他方法妥為固定，以防止混凝土澆置時支柱或支撐架產生沉陷或上移，並加斜撐以防止其橫向變形及移動。

解說：

施工時若支柱或支撐架發生沉陷或移動，將造成模板發生很大變形，使拆模後之混凝土表面尺寸及形狀不符合規定，甚至造成模板塌垮，應慎防之。

為防混凝土澆置中或澆置後由於地面土壤軟弱、地下抽水、施工振動或其他原因，使基礎之不均勻沉陷導致支柱荷重分擔之變化或不良影響，必須防止基礎之沉陷，尤其地盤軟弱者應使用墊板、枕梁或施以適當之補強，如鋪設混凝土，以期荷重均勻分佈。

為防支柱或支撐架之橫向變形及移動，應於支柱或支撐架之垂直面上與水平面上均設充分之斜撐及繫材。

為確實傳遞荷重又能於不衝擊構造物情況下拆模，宜於支柱底部或接頭配合使用斜楔或千斤頂。

### 4.4.4 柱或牆之模板應於底部及其他需要處設置臨時開口，以便檢查配筋、清除雜物或澆置混凝土等。

解說：

模板施工時難免有木屑等雜物堆積底部或彎折處，為便於清理，應在適當位置，如柱、牆模板之底部設置臨時清理口。

為便於澆置混凝土，高度較大之柱、牆模板上，於適當高度(每2至3 m)設置臨時澆置開口。

4.4.5模板繫條應妥為裝設，使於拆除繫條桿端或桿端固定器時，不致損壞混凝土表面。

解說：

澆置混凝土時，模板須承受相當大之側向壓力。為抵抗側向壓力、防止模板變形與保持模板間距應採用適當之模板繫條，模板繫條有多種型式，可參考文獻[6]。

4.4.6繫條桿端或桿端固定器移去後，留存於露面混凝土中之繫條金屬物與混凝土表面之距離不得少於繫條直徑或最小尺寸之2倍，亦不得小於2.0 cm；留存於非露面混凝土之表面者，可於混凝土表面切平之。

解說：

露面混凝土拆模後表面上之繫條孔如依規定需加以修補者，其修補方法見第10.7節，為使修補容易及修補物不易脫落，故作本條之規定。

4.4.7混凝土露面處之模板角隅應按合約規定或監造者之指示加適當之線角或斜切。

解說：

線角或斜切乃為避免構材有尖銳之角隅，以增進安全及美觀。

4.4.8模板應組合緊密或採取經監造者同意之方法防止混凝土漏漿。

解說：

模板組合緊密防止混凝土漏漿之方法，鋼模接合處不得有變形之間隙存在，木模一般可採用模板間作企口榫或以石膏等材料填縫等。

4.4.9露面混凝土施工縫處，續接之模板應確實貼於硬化混凝土以防止偏離或漏漿，並保持施工縫處表面之平整。

解說：

續接之模板與已硬化混凝土之接觸面之疊接長度太長時，已有之混凝土面將於再澆置後續混凝土時受水泥砂漿粘著而形成帶狀接頭，其處理不易，將使露面混凝土形成表面觀瞻之瑕疵。

一般模板與已硬化混凝土之疊接長度應視施工方式妥為設置，以防止滲漿面積過大、影響美觀或增加後續處理之麻煩為原則。

4.4.10牆開孔處木模之裝設須考慮混凝土澆置後模板之脹隆，並使易於拆模。

解說：

木模於混凝土澆置後吸水將膨脹，開孔處若形成密閉框型將造成木材脹隆凸出變形而造成問題，且不易拆模，故應有易於鬆開之裝置。

4.4.11模板工程應設置可以調整高度之設施，並於混凝土澆置前做最後檢核後加以固定。

解說：

目前國內多採用斜楔調整模板高度，使用斜楔調整模板高度時，應於最後檢核後固定於支柱上，以使支柱穩固不易發生變位，並利於模板之拆卸。

4.4.12 模板應固定於支柱或其他支承面上，以防止混凝土澆置時模板任何部位之上舉或橫向移動。

解說：

模板於施工中，可能因澆置混凝土之影響而發生上舉或橫向移動現象，應採取適當措施確保支柱或模板不致於發生上述現象。使用中空管之樓版，中空管易於澆置時上浮應以環釦扣緊於模板上。

4.4.13 模板之支撐柱應以不續接為原則；需續接時應符合『營造安全衛生設施標準』之相關規定。

解說：

模板支柱以長度適當不必續接為最佳，惟實際工程狀況支柱續接在所難免，故可容許續接，但應符合『營造安全衛生設施標準』之有關規定，並經監造者之認可。

4.4.14 供移動設備或施工活動之甬道應以支柱或角材構築，直接由模板或結構物構材支承，不得直接置於鋼筋上。

解說：

甬道乃是指混凝土澆置時人員機具在模板上活動所需鋪設之走道。甬道應另外架設，由支承物支承於模板或施工架上，不得直接置於鋼筋上，以免擾亂鋼筋使之變位。

4.4.15 模板工程組立完成後，須設混凝土澆置面高度標記，並經監造者檢驗認可。

解說：

澆置面之高度標記係為便於混凝土澆置高度之控制，高度標記設置位置及所需數量應依工程實際需要而定，混凝土澆置厚度之控制應考慮模板之預拱。基準控制點應按第1.4.3節之規定。

4.4.16 組立完成之模板上不得任意堆置材料或其他重物。

解說：

模板支撐承載量有其設計限度，任意堆置材料或其他重物可能使之變形，甚至造成危險。

4.4.17 模板工程組立應依第4.1.6節設置安全措施，並指派有經驗之專責人員於混凝土澆置時隨時檢視模板工程之狀況，防範不當沉陷、變形、變位、扭曲或漏漿等；必要時，應立即採取適當應變措施。

解說：

模板工程設計之安全考慮主要針對靜載重及施工時之載重，但施工時之載重難以完全如預期。且模板作業之疏誤亦無法完全避免，故於混凝土澆置中應有模板工作人員監視模板工程狀況，當模板支撐有問題時多不致立即發生塌垮，而有跡象顯示，若有人加以監視可立即停工加以搶救以免災害事故發生。為便監視模板應於預期撓度及變位較大之處設置變位參考點，以能提早警示異常現象<sup>[1]</sup>。

所謂適當應變措施應依據實際情況判定是否有立即之危險，而採取人員撤退、停止澆置、報告現場負責人或自行將模板加以強固等不同等級之措施。

## 4.5 模板面之處理

4.5.1 混凝土澆置前應將模板面及埋設物表面之雜物清除乾淨。

4.5.2 除另有規定外，模板面應以監造者許可之材料作下列處理：

- (1) 模板面應塗敷脫模劑或鋪設無吸水性之襯料，並在排置鋼筋前完成。
- (2) 模板面不得留有過量之脫模劑，且不得污染新舊混凝土之接觸面。如混凝土表面須再加修飾時，所用之脫模劑或襯料不得妨礙修飾材料與混凝土表面之黏著。

解說：

模板面塗敷脫模劑或鋪設無吸水性之襯料，係為防止模板自混凝土吸收水份、模板被混凝土黏結及混凝土表面受污染。所用脫模劑不得影響混凝土之凝固。普通三夾板會吸水膨脹影響混凝土模鑄面之品質故不得直接使用為模板襯料。如需使用，應採防水性三夾板。

模板面以塗敷材料處理時，應在配置鋼筋前完成，並應注意其作業過程，避免脫模劑粘附於鋼筋上，減弱其握裹力。

## 4.6 模板工程之檢查

4.6.1 模板組立應符合模板施工圖之規定，且在混凝土澆置前至少應檢查下列有關項目：

- (1) 模板及有關材料之規格。
- (2) 模板配置之位置、高程及尺寸。
- (3) 模板支撐及穩固情況。
- (4) 模板組合緊密度或防止漏漿之措施。
- (5) 混凝土澆置面高度標記。
- (6) 模板面之處理情況。
- (7) 模板內雜物之清除。

解說：

本條為最低限度之要求，承包商之自主檢查表至少應包括上述之項目，惟監造者可針對工程之特性增加必要之檢查項目。

## 4.7 拆模

4.7.1 模板及支撐之拆除應按計畫進行，須不致因混凝土強度不足使混凝土結構受損，或使混凝土表面損傷。

解說：

拆模之基本原則為不致造成構材之結構性及表面性傷害。為防止造成構材之結構性傷害，應依結構力學原理及混凝土強度發展決定拆模順序<sup>[7]</sup>，並經監造者認可。為防止造成表面性傷害，應注意拆模時混凝土表面強度，使用適當之拆模器具與方法。

4.7.2 當混凝土表面需儘早拆模以利修補或修飾時，仍應符合第4.7.1節之規定。

解說：

較早期之模板拆除應確實注意不致損害混凝土結構，且需注意模板拆除後之混凝土養護。

4.7.3 牆開孔處之內框木模應於不致損害混凝土時儘早鬆開。

解說：

牆開孔(如門窗)處之內框木模可能由於吸水膨脹不易拆除，故應於不致損害混凝土時儘早鬆開，以利拆模。

4.7.4 拆除不承受混凝土重量之柱、牆、梁側模、斜面頂模及其他模板，需符合表4.7.1之規定，且不得損傷混凝土，若需修補應依第4.7.8節規定立即進行，並按規定養護。

解說：

側模若不承受其他模板傳遞之載重者可按本條之規定。但構造特殊之模板支撐系統，側模需承受樓版底模或梁底模所傳遞之載重時，則應按第4.7.5節之規定辦理。

4.7.5 支承梁、版及其他構材混凝土重量之模板及支撐，其拆除須俟混凝土達第4.7.7節規定拆模強度，並經監造者核可。符合第4.7.6節條件者得按表4.7.1所規定之時間拆模。

解說：

拆模時混凝土所需強度(即拆模強度)應依據結構力學分析決定，以免構材產生過大之撓度、扭曲或損壞，且足以抵抗拆模作業之損傷。

除經監造者許可外，通常版或梁拆除模板支撐時，工地養護試體強度不得低於設計之規定強度之70%。拆模時混凝土之實際強度可按第4.7.7節之規定評定。

按本節規定之拆模強度所決定之拆模時間，通常較按表4.7.1決定之拆模時間為早。故若須較早拆模時，可按本節之規定辦理，以確保安全。

4.7.6 使用第 I 型水泥且不摻卜作嵐材料或其他摻料之混凝土，其拆模時間除依第4.7.5節之規定外不得少於表4.7.1之規定。

表4.7.1 最少拆模時間

構件名稱	最少拆模時間	
	活載重不大於靜載重	活載重大於靜載重
柱、牆、及梁之不做支撐側模	12 小時	
雙向 柵版不影響支撐之盤模*		
75 cm 以下	3 天	
大於 75 cm	4 天	
單向版		
淨跨距小於 3 m	4 天	3 天
淨跨距 3 m 至 6 m	7 天	4 天
淨跨距大於 6 m	10 天	7 天
拱模	14 天	7 天
柵肋梁、小梁及大梁底模		
淨跨距小於 3 m	7 天	4 天
淨跨距 3 m 至 6 m	14 天	7 天
淨跨距大於 6 m	21 天	14 天
雙向版	依據第4.8節之規定	
後拉預力版系統	全部預力施加完成後	

解說：

本節之規定僅適用於使用第 I 型水泥不摻卜作嵐材料(*pozzolans*)或其他摻料之混凝土，對於使用第 I 型水泥但用摻卜作嵐材料或其他摻料之混凝土，因卜作嵐材料之使用使混凝土強度之成長速率減緩，故應根據其使用情形及本規定所述情況加以適當延長。混凝土強度之成長速率與溫度成正相關，天冷季節拆模時間應酌增。表4.7.1係參照ACI 347R-94之建議。

#### 4.7.7 拆模時混凝土強度之認定

模板或再撐如係根據混凝土達拆模強度而拆除時，凡符合下列任一情況者，其混凝土可認為已達拆模強度：

- (1) 代表該批混凝土之圓柱試體在工地以與結構體相同養護後，經試驗已達拆模或拆除再撐之強度者。圓柱體之製作與試驗，除養護方法及試驗齡期之規定外，應按第十七章之規定辦理。
- (2) 該混凝土按第十二章規定養護，而其養護時間已達同批試體在試驗室養護至設計圖說規定之強度所需之齡期。結構體混凝土之養護總期間，可為不連續養護時間之累積總和，但該期間內結構體混凝土所接觸之空氣溫度應高於 $10^{\circ}\text{C}$ ，且該混凝土須保持潮濕或有適當防止水分蒸發與損失之措施。

4.7.8 模板拆除後，如發現混凝土面有蜂窩或其他缺點時，應立即報告監造者請求查看，未經許可不得先行修補。監造者認為不宜修補者，得令其拆除重做。

解說：

混凝土面有蜂窩或其他缺點，可能有影響構材及整體結構之強度而應作結構性補強或修補。但若監造者認為對結構之影響太大或實際情況無法進行修補者，可令其拆除重做。

## 4.8 再撐

4.8.1 如須使用再撐時，其施工程序須事先計劃並報請核可。

解說：

所謂「再撐」係指將混凝土模板及支撐拆下後，又將支撐物回撐之施工技術。通常有兩種情況運用：其一為，為使模板加速再用，於混凝土較低強度時即予拆模而予再撐，其原則為拆除模板及再撐過程不得使構材混凝土承受之應力超過其當時所具之強度，以加速施工進度；另一為，因施工進度快速或施工載重很大，為分散施工載重，如第4.8.7節規定之情形。

4.8.2 於再撐作業進行時，拆換模板部位之上頂不得承受施工載重。再撐後，梁、版、柱或其他結構構件承受靜載重與施工載重之和不得超過該構件當時之安全承載量。該安全承載量應依監造者所許可之當時混凝土強度計算。

4.8.3 任何再撐均須撐緊以承受其所需承擔之載重；但亦不得過緊以致構造物承受過量之應力。

4.8.4 再撐應於拆模後儘速進行，並應在當日完成。

4.8.5 再撐應維持至所支承構材之混凝土強度達足以承受所受載重後方可拆除。

4.8.6 樓板上須承受上層新澆置混凝土之模板支撐時，其下須有再撐或保留原模板支撐。再撐之支撐需能承受預期載重且不少於上層支撐承載能力之一半。除經許可外，再撐須對準上層支撐。

4.8.7 多層建築物之再撐應適當延伸至各樓層，以傳遞分散新澆置混凝土與模板之重量及施工載重，使承受支撐之各樓版不致超過其安全載重。

## 參考文獻

- [1] American Concrete Institute, “Recommended Practice for Concrete Formwork (ACI 347R-94)
- [2] American Concrete Institute, “ACI Manual of Concrete Inspection”, publication SP-2, 162pp.
- [3] Joseph J. Waddell, “Concrete Construction Handbook”, 2nd ed. pp. 15-16.
- [4] 內政部, “建築技術規則”。
- [5] American Concrete Institute, “Standard Tolerances for Concrete Construction and Materials”, ACI 117-90.
- [6] American Concrete Institute, “Formwork for Concrete”, ACI SP-2 5th. ed., pp. 4-28.
- [7] American Concrete Institute, “Formwork for Concrete”, ACI SP-2 5th. ed., pp. 12-11.
- [8] American Concrete Institute, “Guide to Formwork for Concrete(ACI 347R-94)”.

## 第五章 鋼筋

### 5.1 一般規定

5.1.1 本章適用於混凝土構造物之鋼筋與鋼線網，不包括預力混凝土用之預力鋼材。

解說：

預力混凝土使用之預力鋼材其材料性質規定詳見於本規範第14.2節，但預力構件中所用之鋼筋仍應遵照本章之規定。

5.1.2 混凝土構造物之鋼筋施工應繪製施工圖，並經核可。

解說：

施工圖須按設計圖說，針對鋼筋之加工和排置的需要而製作，內容通常包含：結構平面圖，內含各構件之編號、尺寸及相關位置；鋼筋明細表，內含鋼筋種類(耐震結構之鋼筋品質要求詳第5.2.1節)、安裝組立圖之彎作細部表及數量統計表供備料及鋼筋加工用；特殊部位之安裝組立圖，內含彎作細部、排筋細部及排筋平面或立面以及開孔補強細部。施工圖中須能明示鋼筋尺寸、加工形狀、排置位置、續接方式、續接位置、錨定及支墊等。構材配筋特別複雜部位並應繪製詳圖。

5.1.3 有關鋼筋之細節，除合約及本規範之規定外，並應按「結構混凝土設計規範」之規定辦理。

解說：

『結構混凝土設計規範』對於鋼筋之彎鉤、最小彎曲直徑、續接及保護層厚度等均有較詳細之規定。實際施工發生困難時，承包商得建議改進方式，並按第1.2節之規定辦理。

### 5.2 材料

5.2.1 除螺箍筋可為光面鋼筋外，鋼筋必須為竹節鋼筋，並應為合約規定之級別，其品質須符合 CNS 560 [鋼筋混凝土用鋼筋] 之規定。耐震構材之鋼筋並應符合「結構混凝土設計規範」第15.3.5節規定。

解說：

構造物如為耐震結構，其所使用之鋼筋降伏強度應有上限，詳細規定參考「結構混凝土設計規範」第15.3.5節，其條文摘錄如下：

「用以承受地震引致之彎矩與軸力之構架構材及剪力牆之邊界構件，其主筋應符合 CNS 560 中 SD 42W 之要求。CNS 560 中 SD 28 及 SD 42 鋼筋亦可使用，惟應符合下列規定：  
出廠實測降伏強度不得超出規定降伏強度  $1,300 \text{ kgf/cm}^2$  以上(複驗時不得超過  $1,500 \text{ kgf/cm}^2$ )。  
實測極限抗拉強度與實測降伏強度之比值不得小於 1.25。」

5.2.2 塗布鋼筋應為鍍鋅或以環氧樹脂(以下簡稱樹脂)塗布之鋼筋，須符合下列規定：

- (1) 鍍鋅鋼筋應符合 ASTM A767 [混凝土用鍍鋅鋼筋] 之規定。
- (2) 樹脂塗布鋼筋應符合 ASTM A775 [樹脂塗布鋼筋] 之規定。
- (3) 當鍍鋅層須作修補時，必須使用符合 ASTM A767 規定之高濃度鋅粉塗料。修補應按照施工說明書或材料製造廠之使用說明之規定辦理。
- (4) 當樹脂塗布層須作修補時，必須使用符合 ASTM A775 規定之修補材料。修補應按照施工說明書或材料製造廠之使用說明之規定辦理。

5.2.3 廠製鋼筋網

- (1) 廠製鋼筋網應為符合ASTM A184〔混凝土用竹節鋼筋網〕規定之夾緊型鋼筋網，而其鋼筋應符合第5.2.1節之規定。
- (2) 鋼筋網可使用鍍鋅鋼筋，夾緊器可為非金屬製品，若為金屬夾緊器則應鍍鋅。在鋼筋交叉夾緊處之受損塗布層應按第5.2.2節之規定修補。
- (3) 鋼筋網可使用樹脂塗布鋼筋。夾緊器可為非金屬製品，若為金屬夾緊器則應作樹脂塗布。在鋼筋交叉夾緊處之受損塗布層應按第5.2.2節之規定修補。

解說：

工資上漲、品質及施工進度之要求迫使施工者採用簡易快速的施工方法。鋼筋加工廠的興起，設計配筋的改變均是在此種情況下產生的。鋼筋網之使用為國內未來必然之趨勢。鋼筋網於ASTM A184中分成夾緊型及銲接型之鋼筋網，本規範規定採用夾緊型，除非特准，不可採用銲接型(點銲)鋼筋網。

#### 5.2.4 銲接鋼線網

- (1) 銲接鋼線網必須按合約規定之大小、間距以光面或麻面鋼線構成。銲接鋼線網須符合下列規定。
  - ① ASTM A185〔混凝土用銲接光面鋼線網〕，但在主筋方向鋼線交叉銲接點之間距不得大於30 cm。
  - ② ASTM A497〔混凝土用銲接麻面鋼線網〕，但在主筋方向鋼線交叉銲接點之間距不得大於40 cm。
- (2) 銲接鋼線網所使用之鋼線須符合下列規定。
  - ① 光面鋼線應符合ASTM A82〔混凝土用冷拉光面鋼線〕之規定。
  - ② 麻面鋼線應符合ASTM A496〔混凝土用冷拉麻面鋼線〕之規定，並應為D4以上。

解說：

光面鋼線網亦可採用CNS 6919〔熔接鋼線網〕之規定，若鋼線網使用CNS 1468〔低碳鋼線〕所規定之普通鋼線，則其機械性能及外觀須符合CNS 6919之相關規定。

- 5.2.5 機械式續接器續接須考慮其滑動量、延展性、伸長率、實測強度、續接位置、續接器間距、保護層厚度等對構材之影響，並符合其他有關規定。

解說：

續接器方式包含套筒(壓合)續接、螺紋節鋼筋續接、螺紋加工續接、溶融金屬填充續接及泥漿灰泥填充續接。

### 5.3 鋼筋鋼線之支墊

鋼筋須予以適當支墊，確保鋼筋位置及防止混凝土澆置時之變位，使其符合規定之混凝土保護層及間距。

解說：

除特別註明或許可者外，鋼筋或鋼線之支墊必須按美國混凝土鋼筋學會(CRSI)之標準實務手冊<sup>[2]</sup>之規定辦理。

鋼筋鋼線之支墊與間隔器可採用水泥砂漿塊、金屬製品、塑膠製品或其他經核可之材料。金屬製品之支墊若採用鋼筋或鋼線彎折組合成一穩定形狀者，係做為結構用鋼筋於未澆置混凝土前之支座用，與混凝土墊塊功用相同。

### 5.4 鋼筋續接

鋼筋之續接可按規定採用搭接、銲接、機械式續接器或瓦斯壓接。

解說：

鋼筋續接應避免在最大拉力處。續接之方法應依據續接處受力情況而選擇，應先考慮能安全傳遞鋼筋所受之力，其次才是經濟問題。鋼筋所受之力有拉力、壓力及反覆應力。

鋼筋續接須注意鋼筋間距之限制。搭接鋼筋組與其他相鄰鋼筋之距離須符合鋼筋最小淨間距之規定；銲接須考慮施作空間之預留；而機械式續接器須注意其外徑擴大之影響。

#### 5.4.1 搭接

應按「結構混凝土設計規範」第5.15.2節之規定辦理。

解說：

「結構混凝土設計規範」第5.15.2節有關鋼筋搭接之規定，照其原條文摘錄如下：

- (1) 大於 $D36$ 之鋼筋，除按第5.17.2及8.9.2.3節規定者外，不得搭接。
- (2) 束筋中個別鋼筋之搭接長度，應以其單一鋼筋所需搭接長度為基本，再依第5.5節之規定予以修正。束中各根鋼筋之搭接位置不得相互重疊。束筋不可作整束之搭接。
- (3) 受撓構材中鋼筋作不接觸搭接時，其側向間距不得大於搭接長度之 $1/5$ 或 $15\text{ cm}$ 。

#### 5.4.2 銲接

除按「結構混凝土設計規範」第5.15.3節之規定外，並應符合下列規定：

- (1) 鋼筋之銲接應經許可，並按ANSI/AWS D1.4(鋼筋銲接規範)之規定。除經監造者許可外，不得為便於鋼筋之組合而於交叉處作點銲。從事銲接工作之人員應領有本國有關機構核發之執照。有關機構由業主於合約中規定。
- (2) 鋼線與鋼線、鋼線或鋼線網與鋼筋或型鋼間之銲接應按ANSI/AWS D1.4有關章節之規定及監造者之指示辦理。
- (3) 鍍鋅或樹脂塗布之鋼筋於經銲接後，應分別按第5.2.2節 或 之規定加以修補。所有點銲及續接所加之短鋼筋應以修補所用之材料予以塗布。

解說：

銲接之高溫會使高拉力鋼筋之局部組織發生變化而變脆，由於鋼筋斷面較小其影響甚大，故一般均不准對鋼筋實施銲接。需做銲接處理時必須經監造者同意，並由有技術執照之人員按照鋼筋銲接規範施工。監造者應熟知欲銲接之鋼筋其化學組成份是否適宜銲接。ANSI/AWS D1.4<sup>[3]</sup>並不包括鋼線與鋼線網、鋼線或鋼線網與鋼筋或型鋼間之銲接，故其銲接應採用ANSI/AWS D1.4中有關可資比照之規定，設計者應就所需遵守之施工方法詳加規定。

#### 5.4.3 續接器續接

#### 5.4.4 瓦斯壓接

除先報經核可外，鋼筋之續接不得採用瓦斯壓接。鋼筋瓦斯壓接應在嚴格監督下進行，並符合下列規定：

- (1) 監造者核准使用瓦斯壓接時，應考慮其施工之品質。依目前國內之施工環境，鋼筋瓦斯壓接之品質控制不易，建議僅可使用於只承受壓力之構材。
- (2) 瓦斯壓接應由本國有關機構認可或領有技術執照之人員施作。
- (3) 使用瓦斯壓接時，監造者應訂試驗計畫以確保鋼筋壓接之品質，瓦斯壓接之鋼筋續接除抗拉強度外，其疲勞韌性亦須符合設計及結構行為之要求。

解說：

瓦斯壓接之加溫過程可能影響鋼筋材質，採用時應按CNS 13301〔鋼筋瓦斯壓接〕之規定。

### 5.5 鋼筋加工

5.5.1所有鋼筋之加工彎曲均需在常溫下進行。但經監造者核准者不在此限。

解說：

高溫可能影響鋼筋材質，除非參照第5.6.8節之規定並經監造者核准，始可預熱加工彎曲。但以高溫方式之鋼筋裁剪，對鋼筋之影響僅限於其切點端部，故可予容許使用。

5.5.2混凝土內所用鋼筋加工之許可差應按圖5.5.1(a)及(b)之規定。

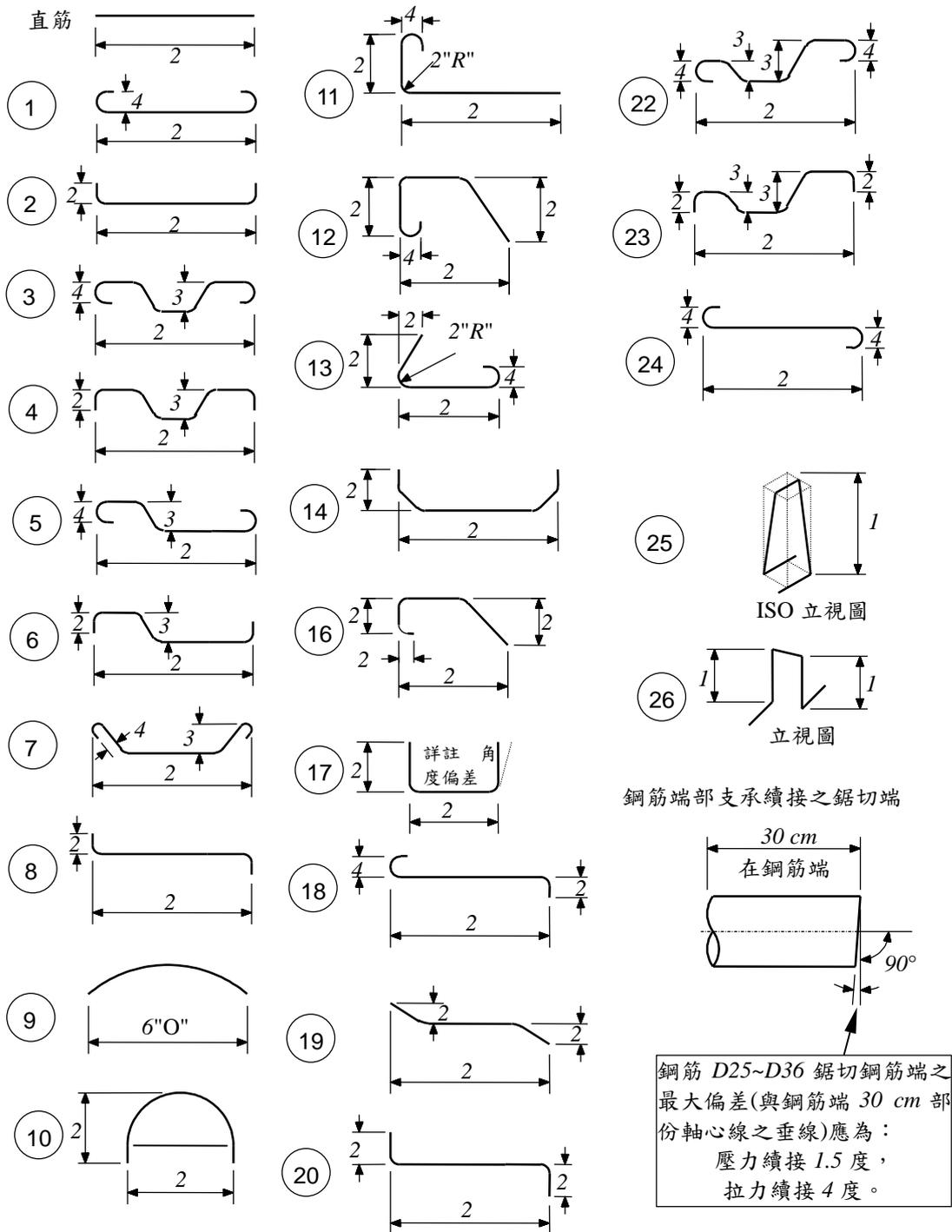
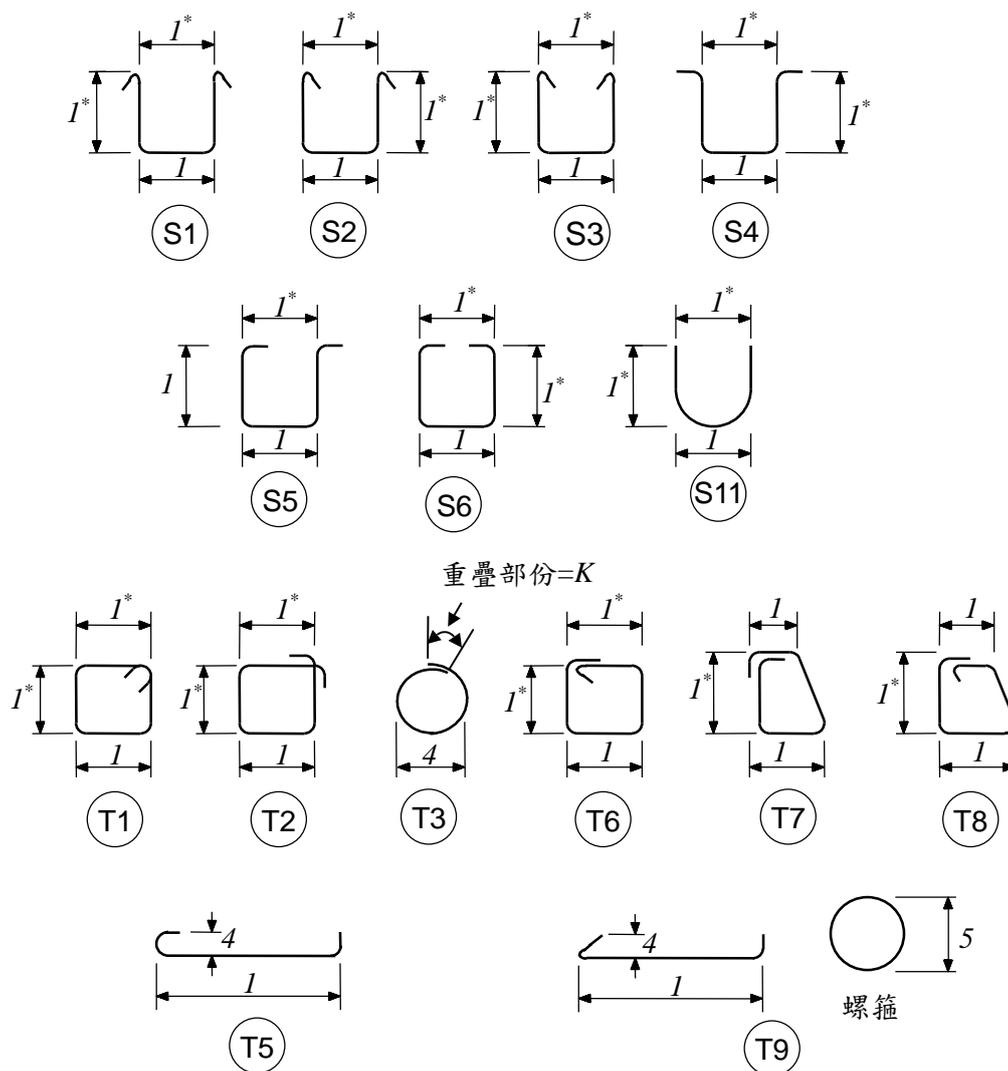


圖5.5.1(a) 鋼筋D10 ~ D36之加工許可差(1/2)



註：

習慣上，整體之剪斷或彎曲許可差由最後一個彎曲後之延伸段吸收。

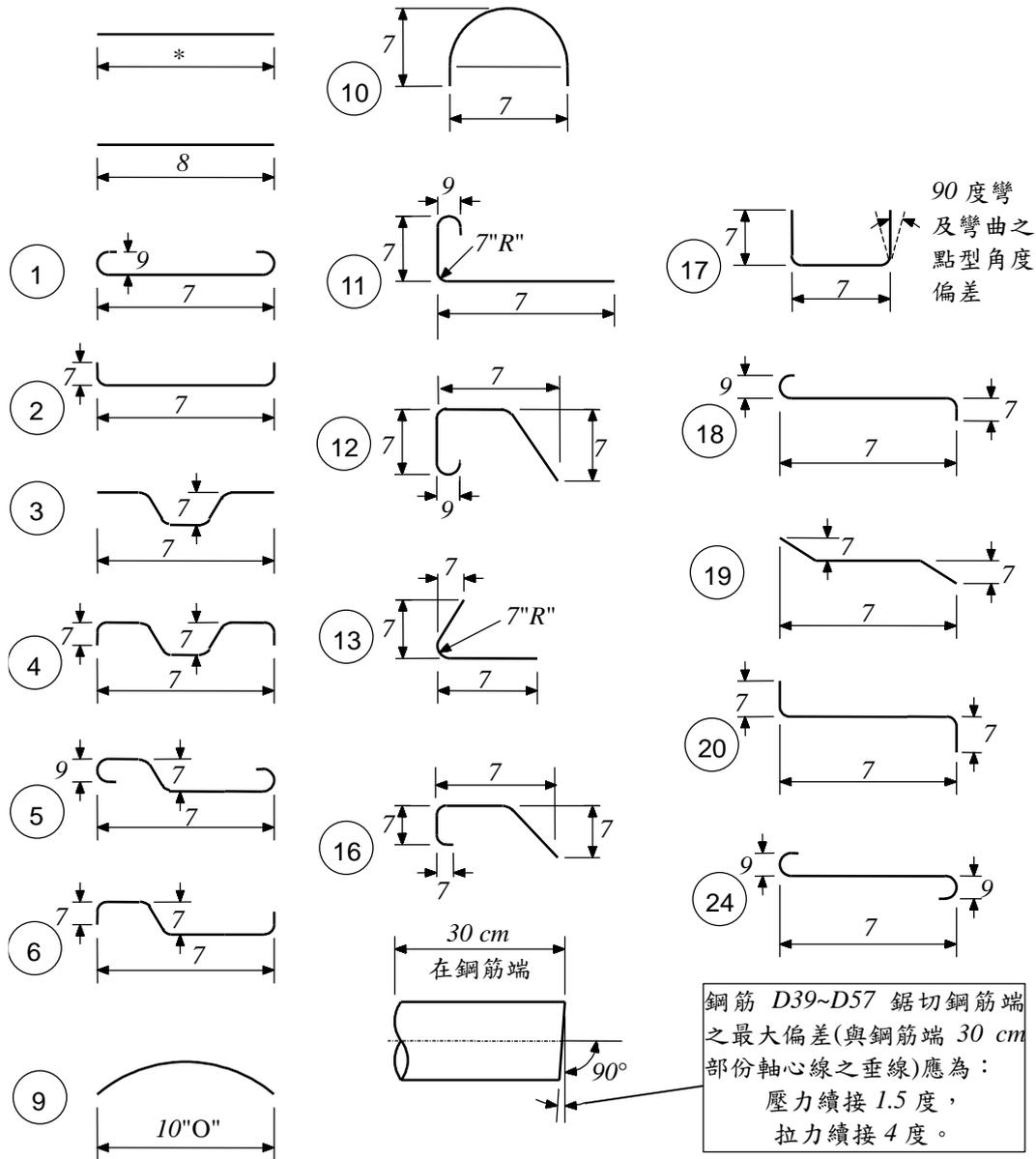
圖上所示之許可差均為單一平面內者。許可差類別中之S1~S6及T1~T9適用於D10~D25之鋼筋。

尺寸線上標示有\*者應在許可差內，但與相對平行部份之尺寸差異不得超過1.3 cm。

角度偏差：90度彎 或彎曲角度偏差最大為±2.5度。或每30 cm±1.3 cm，且不少於1.3 cm。

許可差記號	許 可 差
1	D10, D13, D16鋼筋， 鋼筋總長<4 m者，±13 mm 鋼筋總長≥4 m者，±25 mm
2	±25 mm
3	+0, -13 mm
4	±13 mm
5	直徑≤75 cm者，±13 mm 直徑>75 cm者，±25 mm
6	±1.5% × 尺度"O" ≥ ±50 mm 型式9之許可差，若採增值，且其長度等於或大於弧長(或鋼筋長)，則鋼筋可以直線形狀裝運。

圖5.5.1(a) 鋼筋D10 ~ D36之加工許可差(2/2)



註：

習慣上，整體之剪斷或彎曲許可差由最後一個彎曲後之延伸段吸收。

許可差均為如圖所示之單一平面內者。

角度偏差：90度彎 或彎曲角度偏差最大為±2.5度。

\* 兩端均為鋸斷—總長加或減13 mm。

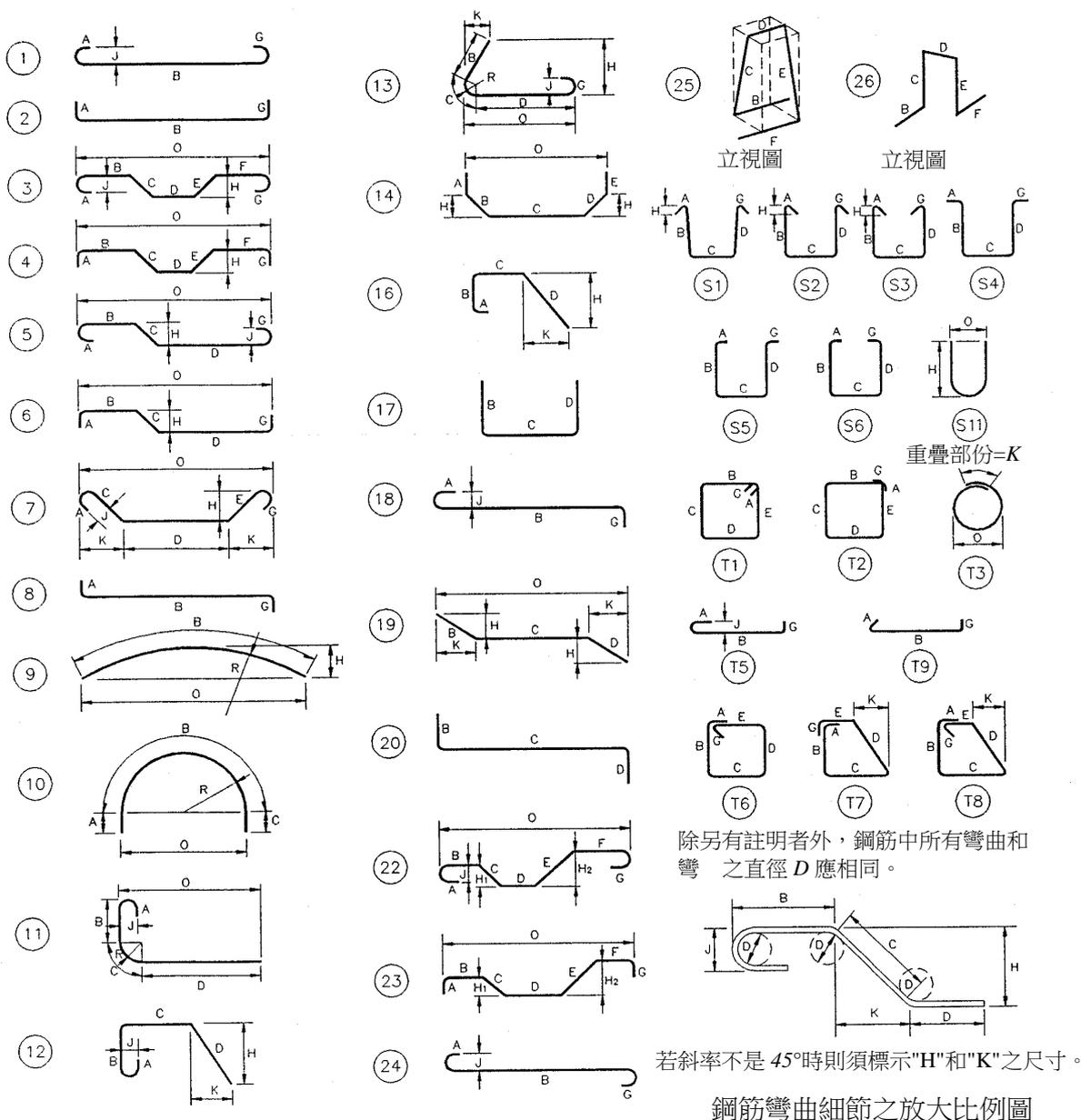
+ 型式9之許可差若為增值，且所得之長度等於或大於弧長(或鋼筋長)，鋼筋可以直線形狀裝運。

許可差 記號	許 可 差	
	D39, D43	D50, D57
7	±65 mm	±90 mm
8	±50 mm	±50 mm
9	±40 mm	±50 mm
10	2% × 尺度 "O" ≥ ±65 mm <sup>+</sup>	±90 mm <sup>+</sup>

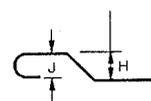
圖5.5.1(b) 鋼筋D39~D57之加工許可差

解說：

鋼筋標準彎作樣式如圖R5.5.1所示。



註：除180°及135°標準彎中之A或G外，所有尺寸均指鋼筋外緣至外緣之尺寸。  
 除180°彎中之尺寸J需作限制時，則須標示之；否則將使用標準彎。  
 當尺寸J未標示時，則桁架鋼筋之J會小於或等於H。若J需超過H時，則須標示之。  
 當肋筋需調適以置於混凝土中時，則須標示其尺寸H。  
 當鋼筋彎作之精度要求高於許可差時，則須於彎作尺寸旁標示其精度限制。  
 圖中圓圈內符號為其型式編號。  
 關於最小彎曲直徑詳土木401-86a規範第13.4節之規定。  
 型式S1-S6，S11，T1-T9僅適用於D10至D25(含)之鋼筋。



圖R5.5.1 鋼筋彎曲之一般細部

## 5.6 鋼筋之排置

5.6.1除暴露於強烈腐蝕、嚴酷環境或需防火情況應按合約較嚴格之規定外，鋼筋所需之保護層厚應按工程圖說之規定，且不得超過許可差。

解說：

混凝土保護層係為保護鋼筋抵抗天候及其他之侵蝕。混凝土保護層之量測為自混凝土之表面至鋼筋之最外表面。

鋼筋保護層係由設計者依據設計規範之鋼筋保護層要求決定之，必須於工程圖說中明確標示，鋼筋排置時不得超過許可差。保護層太薄會降低對鋼筋之保護，縮短構造物之使用壽命，但保護層太厚，則會減少構材斷面之有效深度，而降低構材斷面之強度，嚴重影響結構之安全，故鋼筋施工時，應重視鋼筋保護層之精度。

各種構材混凝土保護層厚之量測分別為：

- (1) 有橫向鋼筋圍封主鋼筋時，量至肋筋、箍筋或螺箍筋之最外緣。
- (2) 無橫向鋼筋圍封之一層以上主筋，量至最外層鋼筋。

受風雨侵襲情況係指直接暴露於濕度變化及溫度變化處。但梁、版或薄殼底面並不被認為直接暴露，除非承受乾濕交替作用，包括結露或漏水、流水或其他類似作用。

工程圖說中若未標明保護層厚度時，承包商應繪製施工圖，並提請監造者核可，以作為施工之依據。

5.6.2澆置前所有鋼筋上之污泥、油漬、浮鏽或其他足以降低握裹力之雜質均應清除潔淨。

5.6.3有鐵鏽或軋軋鱗片之鋼筋，若經取樣以鋼刷清除鬆動之浮鏽後，其直徑、重量及節高仍能符合第5.2.1節之規定者，可視為仍可適用。

解說：

依參考文獻<sup>11</sup>指出，適當之鐵鏽可增加握裹力。輕微之鐵鏽對鋼筋之影響不大，但已有鬆動之浮鏽者，使用前應將之去除，以免降低其握裹力，去除浮鏽後之鋼筋若符合第5.2.1節條文之規定仍可使用。預留鋼筋日久已生相當嚴重浮鏽者，應特別注意本條之規定。

5.6.4混凝土澆置前應將鋼筋加以支墊並固定，使其在混凝土施工中不發生移位，以符合第5.6.11節許可差之規定。

- (1) 模板上排置之鋼筋必須以水泥砂漿塊、金屬製品、塑膠製品或其他經核可之材料穩固支墊。若結構物完成後混凝土須暴露於室外，則支墊距混凝土表面至少15 mm範圍內必須為抗腐蝕或經防腐處理之材料。

解說：

鋼筋之各種支墊均應採用本身不被腐蝕、亦不致於引起其所支承鋼筋腐蝕、或不導致構件在支墊處強度降低等之材料。禁止使用磚塊或木塊所做成之支墊。鋼筋墊座應有適當措施，如預埋鐵線或設置鞍座，以使鋼筋與支墊在施工中不致脫離。

- (2)除合約另有註明外，地面上之鋼筋必須置放於穩定性良好之預鑄水泥砂漿墊(其高度應與保護層厚相同)上。水泥砂漿墊塊須符合施工說明書中對其顏色及抗壓強度之規定，其強度至少須等於所澆置混凝土之強度，但也須符合下述要求：若支承D25(含)以下之鋼筋者，其抗壓強度須達 $300 \text{ kgf/cm}^2$ ；若支承D29(含)以上之鋼筋者，其抗壓強度須達 $400 \text{ kgf/cm}^2$ ，其頂面並應設有凹槽或綁紮鐵絲以便固定鋼筋位置。
- (3)排置在模板上之鍍鋅鋼筋，其支墊若為鋼筋支架時，則須鍍鋅或以不導電材料塗布之。但亦可以經許可之其他不導電材料做支墊。
- (4)其他未塗布鋼筋或非鋅之金屬埋設物與鍍鋅鋼筋直接接觸或相距在 $50 \text{ mm}$ 以內者，除經許可外，均應鍍鋅。
- (5)排置在模板上之樹脂塗布鋼筋，其支墊若為鋼筋或鋼線必須以不導電材料塗布之。但亦可以經許可之其他不導電材料做支墊。鋼筋或鋼線支墊在與樹脂塗布鋼筋接觸點相距 $50 \text{ mm}$ 範圍內應以不導電材料塗布之。若以其他鋼筋做為支墊，則該鋼筋亦應以樹脂塗布。
- (6)鍍鋅鋼筋必須以鍍鋅鐵線、非金屬塗布鐵線、或其他經核可之材料紮緊。
- (7)樹脂塗布鋼筋必須以尼龍、樹脂或塑膠塗布之鐵線或其他經核可之材料紮緊。

5.6.5熔接鋼線網使用於地面上之鋼筋混凝土版時，其端部距離混凝土邊緣須小於 $10 \text{ cm}$ ，但可穿過收縮縫。熔接鋼線網應予以適當支墊，使其在澆置混凝土時，仍能保持其正確位置。

解說：

因鋼線網非常柔軟，故熔接鋼線網之支墊間距以 $1.2 \text{ m}$ 以下為宜。

5.6.6柱之插接筋均應以定位板置放，但經許可者不受此限。

解說：

若柱之插接筋係在澆置混凝土時植入，應以定位板使鋼筋保持定位。

5.6.7鍍鋅或樹脂塗布鋼筋以續接器續接後，均應按第5.2.2節之 或 之規定分別修補。續接器之各部份，包括鋼套管、螺絲及螺帽，均須以修補鋼筋所用塗布材料塗布之。

5.6.8埋置在已硬化混凝土內之鋼筋，其外露部份未經允許不可彎曲或拉直。鋼筋之彎曲應按下列規定。

- (1)鋼筋彎曲之最小內(直)徑應按表5.6.8(1)之規定，但經允許者不在此限。彎曲之起點應距混凝土表面一個最小彎曲內(直)徑以上。鋼筋彎曲作業尚應按表5.6.8(2)之規定。若需預熱，則應按第5.6.8(2)節之規定。

表5.6.8(1)鋼筋最小彎曲內(直)徑

鋼筋尺寸	最小彎曲內(直)徑
D10 ~ D25	6 倍鋼筋直徑
D29, D32, D36	8 倍鋼筋直徑
D39以上	10 倍鋼筋直徑

表5.6.8(2)鋼筋彎曲之有關規定

鋼筋尺寸	彎曲作業規定
D10至D16	第一次彎曲可以冷彎，但彎曲時之溫度應在攝氏 $0^{\circ}\text{C}$ 以上。後續之彎曲或拉直必須預熱。
D19及以上	須預熱。

- (2)預熱應按下列規定：
- ① 預熱應採用不損傷鋼筋或混凝土之加熱方法。
  - ② 預熱範圍從彎曲中點兩邊至少5倍鋼筋直徑，但預熱不可延伸到混凝土內，在混凝土與鋼筋交接處之溫度不可超過260°C。
  - ③ 預熱溫度須在590到650°C之間。
  - ④ 預熱溫度應維持到彎曲或拉直工作完成。
  - ⑤ 預熱溫度應以測溫臘筆、接觸型高溫計或其他可接受的方法量測。
  - ⑥ 預熱鋼筋溫度未降到315°C以下時，不可以人工冷卻。
- (3)鍍鋅或樹脂塗布鋼筋於現場彎曲時，若其塗布受損，則應按第5.2.2 節之規定加以修護。

解說：

因為施工需要，須對部份埋入混凝土中之鋼筋彎折或拉直，其作業應經監造者允許。符合CNS 560 以鋼錠製造之熱軋鋼筋可以冷彎達到表5.6.8 之最小內徑。人工冷卻係指以水或受驅動之空氣使鋼筋快速冷卻的方式。水淬鋼筋不適於預熱彎曲作業。須反覆彎曲作業之鋼筋，如連續壁預埋續接用鋼筋，應採用符合CNS 560規定之SD42W鋼筋。

5.6.9鍍鋅鋼筋之塗布層，若於搬運或排置施工過程中受損，則應按第5.2.2 節之規定加以修護。惟每30 cm長之鋼筋受損面積應不得超過鋼筋總表面積之2%。

解說：

鍍鋅鋼筋損傷其塗布層時，不管損傷面積大小均必須加以修護，以防止電化學反應發生腐蝕。當鋼筋於任一30 cm長度範圍內之塗布層受損面積超過2%者不得使用。

#### 5.6.10樹脂塗布鋼筋

- (1) 搬運樹脂塗布鋼筋之設備，其與鋼筋接觸之部份須有保護鋼筋塗布層之措施。
- (2) 成束塗布鋼筋應以多點方式吊升，以防因垂曲而使鋼筋間產生相互擦損。
- (3) 塗布鋼筋或成束塗布鋼筋不可拋丟或拖移，並應貯放於有保護作用之場所。
- (4) 因搬運、裝船或排置過程之任何損傷均應按第5.2.2 節規定修護。惟每30 cm長之鋼筋受損面積應不得超過鋼筋總表面積之2%。

解說：

樹脂塗布鋼筋因塗布層與鋼筋比較，相對較為柔軟，故搬運之方式應特別避免相對摩擦的發生。當鋼筋於任一30 cm長度範圍內之塗布層受損面積超過2%者不得使用。

#### 5.6.11鋼筋排置之許可差如表5.6.11。

表5.6.11 鋼筋排置之許可差

情 況	許可差(mm)
鋼筋至底面模板淨距	-5
鋼筋至其他面模板淨距	±5
鋼筋間淨距	-5
頂層鋼筋頂面與未設模板之表面：	
深20 cm(含)以下之構件	±5
深20 cm以上至60 cm以下之構件	-5, +10
深60 cm(含)以上之構件	-5, +25

均佈鋼筋(總根數不得減少)之間距	±50
均佈箍筋(總根數不得減少)之間距	±25
縱向鋼筋之彎折及端點：一般情形	±50
不連續端	±10
搭接長度	-40
埋置長度：D10至D36鋼筋	-25
D39至D57鋼筋	-50

解說：

表5.6.11為施工之最低要求，若合約上有較嚴格之規定時，應從其規定。

5.6.12為避免鋼筋與埋設物、管線或其他鋼筋間相互干擾，鋼筋之位置可在排置許可差範圍內調整。若必須超出許可差範圍時，應經監造者同意。

參考文獻

- [1] Kemp E. L., "Effect of Rust and Scale on the Bond Characteristics of Deformed Reinforcing Bars", ACI Journal, Proceedings V. 65, No. 9, Sept. 1968, pp. 743-756.
- [2] CRSI〔美國混凝土鋼筋學會〕之標準實務手冊。
- [3] ANSI/AWS D1.4



## 第六章 接縫與埋設物

### 6.1 一般規定

6.1.1 混凝土工程因施工及設計需要須設置各種接縫、接縫間之埋設物及其他埋設物時應依本章規定。

6.1.2 承包商除依設計圖說之規定繪製接縫與埋設物之施工圖外，因施工需要增加者亦須繪製於施工詳圖，均應經監造者同意。

解說：

混凝土構造物常用之接縫種類如下：

- (1) 施工縫(*construction joints*)：配合施工計畫，為施工之需要而設置；其接縫間設為容許剪力及其他力連續存在。
- (2) 伸縮縫(*expansion joints*)：為將相鄰混凝土斷面完全隔離，並允許相鄰部份可自由移動而設置。主要用於溫度變化為水平移動之主控因素處；如屋頂或外露構造等。
- (3) 收縮縫(*contraction joints*)：為將特定混凝土斷面弱化，俾所有乾縮可能產生之裂紋，能吸收於該弱化接縫，如地面版之鋸切縫等；收縮縫又稱控制縫、假縫或弱面縫。
- (4) 隔離縫(*isolation joints*)：為避免混凝土版與剛性物間因體積變化造成裂紋而將兩者全深度隔離設置，形成帶狀隔離縫。剛性物如基腳、柱、牆等。

埋設物種類如下：

- (1) 接縫間之埋設物如伸縮縫之預製填縫料(*premolded expansion joint filler*)、止水物等。
- (2) 混凝土中之其他埋設物，如管道、管線、套管(*sleeves*)、嵌入物(*inserts*)、錨定物及其他做為連接用(如鋼筋續接器等)或支承用之其他埋設物等。

### 6.2 施工縫

6.2.1 施工縫應設置於對結構體強度影響較小之處。除按工程圖說或施工計畫設置之預定施工縫外；若有需要設置非預定施工縫，其位置及形狀須經監造者許可。

解說：

施工縫乃是為施工之需要所設置之界面。通常係由於工程之混凝土澆置量太大，無法一次連續澆置完成施工，中間需要停頓，混凝土澆置雖然停頓，但若能使前後兩次澆置之混凝土界面黏結良好時，並不致妨害結構之一體性，故可以容許混凝土施工暫停，但其先決條件為，對界面處理良好，達不妨害構材應具之性能或行為，該界面即稱為施工縫。

按工程之施工情況可分為預定施工縫及非預定施工縫兩大類：

#### 預定施工縫

工程在設計或施工計畫時已預定在施工時分次澆置混凝土，適當地設置施工縫於每一澆置升層之頂面及側面、澆置完一部份、或完成一天工作量之處。混凝土分層澆置者有水平施工縫；分段或分區澆置有垂直施工縫。前者如牆或柱之施工縫，後者如版、梁等之施工縫。

#### 非預定施工縫

施工中若因意外停工(如傾盆大雨引致)、混凝土輸送不及或其他施工問題都會使混凝土之澆置中斷於非預定之施工縫位置，而須設置非預定施工縫。故承包商與監造者須充分了解施工縫設置之原則，一旦須設置非預定施工縫時，使施工縫之設置位置適當，不致影響結構行為或安全。

6.2.2 施工縫之設置應符合下列規定：

- (1) 施工縫宜與主鋼筋垂直。
- (2) 版或梁之施工縫應設置於其跨度中央三分之一範圍內。若大梁跨度中央與梁相交時，則大梁上之施工縫應設置於至少離跨度中央兩倍梁寬之處。
- (3) 牆或柱之施工縫應設於其下之版或梁之底面，或其基腳與樓版之頂面。
- (4) 梁、托架、柱冠、托肩及柱頭版須與樓版同時澆置。

解說：

- (1) 施工縫的位置及施工縫之施作須使其不致減損結構的強度。剪力與其他內力皆須能透過施工縫傳遞，故選擇施工縫之位置，最好是在結構中不致產生過多弱化之處。例如撓曲構件中央區域由於重力載重產生之剪力不甚大，只需一個簡單的垂直施工縫即可。抵抗側力設計則需特殊之設計及處理。剪力樺 (*shear keys*)、中間剪力樺 (*intermiten shear keys*)、斜向插接筋 (*diagonal dowels*)、或其他如剪力摩擦設計等剪力傳遞方法都可作為內力之傳遞方式。
- (2) 豎向支承構件(如柱或牆)中之混凝土已不具可塑性後才可澆置梁或版之混凝土。如此稍為延遲支承於柱與牆上各構件混凝土之澆置，可避免版與柱(或牆)間介面之裂紋發生，此種裂紋乃因支承構件(柱或牆)之浮水及沉陷而造成，澆置之規定應參考第9.3節。

6.2.3 所有穿過施工縫之鋼筋均須連續。若監造者認為需要於牆與牆、牆與版或基腳間設置施工縫時，可設置深度至少4 cm之剪力樺。但亦可設置經監造者同意之其他樺或斜向鋼筋。

解說：

牆與牆間、牆與版或基腳間之水平施工縫可設置深度至少4 cm之剪力樺或其他經核可之樺或斜向接筋。所有鋼筋須潔淨且不得污染。

6.2.4 施工縫之處理

- (1) 施工縫除按下列規定做處理外，如需特殊粘結時，應再按第6.2.5節之規定辦理。
- (2) 一般工程之施工縫混凝土接面，在澆置銜接混凝土前須除去水泥乳皮、不良表層及其他雜物，並徹底潔淨後潤濕之，但不可有滯留水。
- (3) 垂直施工縫，於第一次澆置混凝土前應設置臨時模板或埋入式金屬網以使接縫面較為平整。模板拆除後再澆置銜接混凝土前，必須將接縫面濕潤。
- (4) 水平施工縫，如外露結構體之水平接縫，梁、柵、及版中之水平接縫以及液體儲存構造物之水平接縫，其接面除按第6.2.4節之規定處理外，並應加塗一層適當水灰比之水泥漿。
- (5) 若需剪力摩擦傳遞剪力之施工縫，設計圖說若無規定時，其新舊介面需處理成凹凸總深約6 mm之粗糙面。

解說：

施工縫須具粘結性者，應清除已硬化混凝土表面之水泥乳皮及其他雜物，於徹底潔淨後潤濕之，但不可有滯留水。柱或牆之水平施工縫於封模後須以高壓水沖洗雜質(如木屑)使由模板底部之清潔口清出。除必要之潔淨及潤濕處理外，尚須於接面加塗一薄層之水泥漿(*coat of cement grout*)作為黏結劑，並在水泥漿初凝前澆置銜接混凝土。但若採用噴砂或高壓水除去水泥乳皮則可不加入水泥漿。

垂直施工縫之臨時模板可用埋入式金屬網替代之，其規格需經監造者核可。

新舊混凝土澆置時，已硬化混凝土之表面處理將嚴重影響剪力摩擦之強度(詳見設計規範第4.8節)，為提高剪力摩擦強度，已硬化混凝土表面之乳皮必須處理乾淨，且其表面凹凸總深需達約6 mm。

6.2.5施工縫需特殊粘結時可用下列任一方法，但須經監造者之許可。

- (1)使用經核可之粘結劑。
- (2)使用經核可之緩凝摻料，該緩凝摻料須能延遲但不阻止表面水泥砂漿之凝結。經緩凝之水泥砂漿須於澆置後24小時內清除以便產生清潔而露出骨材之接合面。
- (3)使用經核可之方法。

解說：

- (1)使用粘結劑(*adhesives*)須為經核可者，並依製造廠商規定之配法及工法施用之。
- (2)緩凝摻料(*chemical retarders*)須使用經核可之產品。
- (3)所稱經核可之方法有多種，如帶水斬毛處理，或於澆置24小時後以高壓噴水或噴砂處理，使混凝土接合面之骨材均勻露出，但須不留水泥乳皮、不鬆動骨材及不損傷混凝土。

### 6.3 伸縮縫

6.3.1除僅粘結於伸縮縫一側之樓版接筋外，受混凝土粘結之鋼筋或其他非伸縮性埋設物均不得連續穿過伸縮縫。

解說：

伸縮縫設置於版或鋪面版，亦有設置於道路橋引道之側牆者，通常橫過整個斷面設置可壓縮之嵌入物。

6.3.2伸縮縫之填縫料應按合約文件規定之型式，施工前承包商應將使用之填縫料資料送請監造者核可。

解說：

伸縮縫嵌入物使用可壓縮之填縫料，係為避免不可壓縮之材料如骨材顆料等碎塊進入，否則會因硬物之傳力導致混凝土有過大之應力而使版或路面損壞。填縫料亦可減少水份之滲入。

填縫料之規格有下列資料可供參考：

- (1)CNS 6985〔建築填縫用聚胺酯〕。
- (2)ASTM D994〔混凝土伸縮縫預製填縫料—瀝青型〕。
- (3)ASTM D1751〔混凝土鋪面與結構工程伸縮縫預製填縫料—有彈性不擠出瀝青型〕。
- (4)ASTM D1752〔混凝土鋪面與結構工程伸縮縫預製多孔橡膠及軟木填縫料〕。

### 6.4 收縮縫

6.4.1混凝土版之收縮縫應按合約文件之指示位置及規定施工。若經許可或需要鋸切收縮縫時，鋸切時機應與混凝土之凝結時間配合。俟混凝土已硬化至足以防止骨材被鋸片啄脫時，即可開始鋸切。鋸切工作應在收縮應力足以造成裂縫之前完成。

解說：

混凝土版或混凝土路面(*slab on grade/concrete pavement*)通常於硬化和乾燥後會收縮，因體積之減縮會產生版之龜裂，長形版之橫向裂縫(*transverse cracking*)尤為常見；故須以人為方法製造一些弱面

(weakened planes)於預先推斷會生橫向裂縫之位置，並確定混凝土收縮時這些弱面會形成一些直裂縫，此即所謂之收縮縫。

弱面可用嵌入物或鋸片切割等作成。使用鋸切方式形成弱面時，應在混凝土凝固至粗骨材不被鋸片啄脫，且尚未產生裂縫前施工。一般於澆置後8至24小時之間，惟視天候、養護條件、混凝土材料及鋪面基底等之不同而定。須備妥備份之鋸片，以免鋸切作業因鋸切機材損壞時中斷過久。

為避免日後碎石等堅硬物進入收縮縫，妨礙版之脹縮損壞鋪面，宜使用填縫料，同時可減少水份滲入土層或路基。

**6.5 止水帶**

6.5.1 接縫所用止水帶之規格及位置應符合合約文件之規定。

6.5.2 止水帶應儘可能使用最大長度，以減少其接頭數目。

解說：

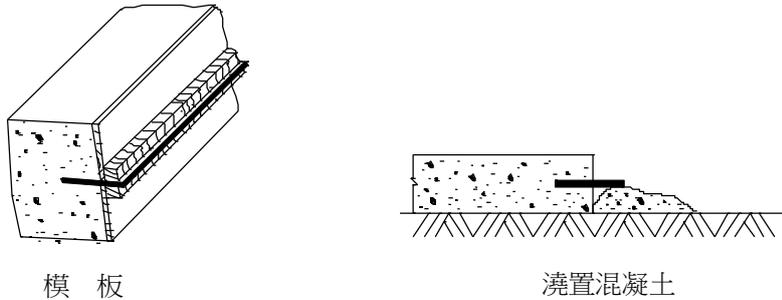
止水帶係以天然或合成橡膠、塑膠材料、或金屬製成。CNS 3895可撓性聚氯乙烯止水帶為常用之塑膠類止水帶；金屬止水帶之材質可為鋼、不銹鋼、或銅等。銅質耐蝕但價昂且易受損。

6.5.3 止水帶之續接與交接，其接頭應按所用材料做成最合宜之型式，其有效防水性應與連續止水物完全相等。其強度不得小於母材斷面強度之50%且須長期保持其柔性。

解說：

金屬止水帶之續接係用瓦斯銲接；橡膠止水帶之續接係用特殊粘劑；聚氯乙烯止水帶之續接係以加熱後加壓接合。

止水帶之裝設係應用分離模板(split forms)如圖R6.5.1<sup>[1]</sup>澆置混凝土時須特別小心，不可使澆置混凝土內之止水帶彎曲變形或移位。止水帶周圍之混凝土須充分搗實壓密，以免蜂窩導致日後止水失效。



圖R6.5.1 裝設止水帶之分離模板

**6.6 其他埋設物**

6.6.1 所有管道、管線、套管、嵌入物、錨錠、鋼筋續接器、及做為連接或支承用之其他埋設物均須於混凝土澆置前裝設妥當。

6.6.2 混凝土澆置前應通知各有關需配合工作之承包商，俾其準備或安置各種埋設物。

解說：

所謂其他埋設物係指除止水物、伸縮縫之預製填縫料等接縫間埋設物外之埋設物，如管道、管線、套管、錨栓、嵌入物、電線、汎水(flashings)、人孔蓋框、計測器及其他埋設固定物等，皆須於澆置混凝土前妥善定位並固定之。若埋設物係鋼筋以外之其他金屬，若無適當之阻絕混凝土，該埋設物會有電化

學腐蝕作用(*galvanic action*)，故如鋁製品者應不許埋設。埋設物亦不得妨礙混凝土之澆置作業、配筋之正確位置、並不得減損結構強度。

有關混凝土中管道、管線或套管及其配件之埋設，除符合第6.1.2節之規定外，所佔用面積不得超過柱斷面積之4%。管之外徑不得大於版、牆厚度或梁深度之1/3，且應接近厚度中央，管與管之中心間距不得小於管徑之3倍，埋設位置不得造成原設計構件強度之減弱，可參照「結構混凝土設計規範」第13.13節「混凝土中管道之埋設」及其他相關規定。

一般鋼筋位置之偏差最大以一根鋼筋直徑為限。木製埋設物須先泡水或事先塗敷止水劑，否則會因吸水膨脹使混凝土裂傷。導管或管線交會於特殊位置時，須於其周圍加配補強鋼筋。管線在版中亦不得並排成面而影響混凝土版之強度。除原註明於設計圖或經結構設計者許可者外，柱中之配管不得成排佔據柱表層，而影響柱之安全。為恐危及柱之安全，除業經核准之施工圖中已有之配管外不宜在施工時任意配管。

### 6.7 埋設物之安置

伸縮縫材料、止水物與各埋設物應精確定位，並妥為固定以防止移位。管道、管線、套管、嵌入物、錨定物等之孔洞應以易於取出之材料暫時填塞，以防止混凝土水泥漿滲入。

#### 參考文獻

- [1] Joseph J. Waddell, "Concrete Construction Handbook", 3rd ed. 4-21 pp., fig. 4.11.
- [2] American Concrete Institute, "Building Code Requirements for Reinforced Concrete(ACI 318-95)", 6.3. Formwork (ACI 347-78)[Reapproved 1984].
- [3] 中國土木水利工程學會 「混凝土工程設計規範與解說」。



## 第七章 混凝土產製

## 7.1 一般規定

7.1.1 混凝土之產製應以適當設備按規定配比精確計量，適當拌和；包括原材料之準備與貯存、配料之計量，拌和至均勻且符合規格之混凝土。

解說：

場拌或預拌產製符合規格之混凝土，下列因子須適當管控：

- (1) 拌和前各材料不得變質、混雜或析離。
- (2) 混凝土拌和前應確認其配比與所用水泥及摻料之型號。
- (3) 材料計量設備之準確度須符所需，且便於調整其計量設定值。
- (4) 各盤次間之變異小以維持品質穩定之產製。
- (5) 計量後各材料依規定之投料順序送入拌和機。
- (6) 拌成之混凝土應均勻一致，除須講求同一盤內之均勻性外，尚須注重後續各盤次間之穩定性。

7.1.2 除另有規定者外，預拌混凝土之產製應依 CNS 3090 [ 預拌混凝土 ] 之規定。

7.1.3 混凝土材料之準備與貯存依第 2.6 節之規定。

解說：

預拌混凝土產製之相關要點如下：

- (1) 訂購時若無其他規範可循，購方須指定下列各項：
  - ① 粗粒料之標稱最大粒徑。
  - ② 交貨地點之坍度或坍流度。
  - ③ 若用輸氣混凝土，應指明交貨地點之總含氣量及其許可差。
  - ④ 指定所需混凝土之規定強度( $f_c'$ )及最大水灰比(或水膠比)等。
  - ⑤ 就下述三種辦法中，選定一種以決定混凝土之配比：
    - 辦法一：由購方負責混凝土之配比，規定各種材料之用量。
    - 辦法二：由製造商負混凝土配比選擇之全部責任。
    - 辦法三：由製造商於規定之最低水泥量下，負混凝土配比選擇之責任。
  - ⑥ 若用輕質混凝土，則其單位重應指明為潮濕、氣乾或烘乾狀態。
  - ⑦ 購方提供之材料。
  - ⑧ 交貨計量以 $m^3$ 為單位。
  - ⑨ 其他特殊事項，如結構重要性、施工環境條件、選定混凝土配比目標強度( $f_{cr}'$ )之因素等。
- (2) 原材料儲備之注意事項：
  - ① 各種粗細粒料，須有足夠容量之分離貯料倉以供貯料，粒料含水量之穩定為決定儲量之重要因子。粒料入庫或由貯料倉輸送至計量器過程中須防析離沾附。
  - ② 不同型之水泥或不同種類之卜作嵐材料須分庫貯存。
  - ③ 利用混凝土產製回收水作為拌和用水時，其品質應符合 CNS 13961 之規定。
  - ④ 不同廠牌、型別之化學摻料須分筒貯放。
- (3) 依拌和方式預拌混凝土可區分為中央拌和式、分拌式與途拌式等三類，各有其特色，目前臺灣地區多為中央拌和式配合攪拌車輸送，詳見第 7.3.1 節之解說。

## 7.2 計量

7.2.1除拌和用水、液態化學摻料外，其餘各混凝土原材料均須以重量計量。但若情況需要，經監造者許可時，得以容積計量。

解說：

- (1) 拌和用水及液態摻料可以重量或容積計量，但碎冰則須以重量計量。
- (2) 若經監造者許可，水泥可用袋數(每袋五十公斤重)計量，不滿一袋時須以重量計量。
- (3) 若情況需要，如工程規模小，重要性低，而施工環境不易採用重量計量時，得經監造者許可採用容積計量。採用容積計量時，其設備應有良好之設計方便計量及裝卸，並須以重量校核之。

### 7.2.2計量裝置

- (1) 水泥須備專用秤量槽，除卜作嵐材料可與水泥累重計量外，其他材料不可與水泥混用計量裝置。
- (2) 各材料之重量計量裝置可為機械式或電子式。計量表之指針活動範圍應大於計量器使用範圍，指針活動範圍之上下限應分別超出使用範圍達最大秤量之4%與5%。
- (3) 材料計量器之靜載重測試準確度須為其最大容量之 $\pm 0.4\%$ ，且於最大容量每1/4秤量範圍內至少測試一次。
- (4) 計量器之構造須能卸料徹底，且不得有附著物。

解說：

- (1) 水泥等水硬性材料之秤量槽須單獨設置，當水泥與卜作嵐材料採用同一秤量筒累重計量時，須先秤取水泥後再累秤卜作嵐材料。
- (2) 計量方式可用橫樑式、無彈簧度盤式、或電動式、液壓式及彈性體載重計等。指針之活動範圍應大於計量器之使用範圍，故有上下限之規定。
- (3) 預拌廠應備有足量之校正用標準砝碼(通常採用每只為二十公斤者)，以便校驗計量裝置之準確度。標準砝碼須為經度量衡檢驗單位驗證合格用為校正之品級者，且其保管維護須防蒙塵生銹等，以免其質量偏離標準，於計量器之校正前須先查驗之，(以校正過之天平或台秤查驗其適用性)。重量計量裝置之準確度，係指計量裝置採靜載重測試時，每1/4秤量範圍內測試結果，計量裝置指示器所示重量與標準砝碼重量和之差值應小於其最大容量之 $\pm 0.4\%$ 。若需量測計量器之動載重準確度，則可在設定之秤量值下，實秤材料，再將秤得材料完全卸出，以校正過之天平或台秤逐步秤取卸出之所有材料之重量，以其總和與設定值相互比對，則可求出其計量準確度。此即要求當進入秤量筒或槽內之材料達所需之量時，小貯倉底部之控制閘門應可準確地按時差間隙關閉之。
- (4) 計量時秤量筒或槽上若有附著物，將使加入拌和機中之材料量，非為設計之規定量，或累至相當量才隨料流卸出將使料量之控制不穩定。

### 7.2.3計量裝置之操控與維護

- (1) 計量裝置須易於進行校正工作。
- (2) 計量之指示儀應讓操作者在稱料時，能全盤準確地讀得數值且易於操控調整。
- (3) 計量器上所有暴露之支點，U形鉤及類似關節部分，應隨時保持清潔。
- (4) 橫梁式計量器之指示儀之靈敏度應達標稱容量之0.1%。
- (5) 拌和水計量設備不得因供水管線壓力變化而影響其準確度。

解說：

- (1) 計量裝置之配置應考慮預留充足空間，以利進行校正工作時，標準砝碼移入及移出之方便性。
- (2) 操作員於稱料時，應可全盤清晰讀得稱量之數值，以監控計量作業。
- (3) 計量器支點及關節處之污染將影響計量之靈敏度，係誤差之主要來源。其保養維護必須注重。
- (4) 橫梁式計量器靈敏度之查驗標準為標稱容量之0.1%，若靈敏度不足，則須維護保養至正常動作為止。
- (5) 當供水管線之水壓不穩時，須由水計量筒外所裝之龍頭及透明玻璃管之高度以查驗計量之準確度。並作為調整止水閥時間調整器之依據。

7.2.4計量設備之校正頻率至少每年一次。若遇搬移、整修或混凝土產量變異大時，應隨即查驗。

解說：

混凝土產量(yield)之計算公式如下：

$$\text{各盤產量 } Y(m^3) = \frac{\text{每一拌和盤各材料之總重}(kg)}{\text{混凝土單位重}(kg/m^3)}$$

7.2.5材料計量之許可差如下表所示：

材料	適用狀況	許可差	
水泥及卜作嵐材料*	稱量範圍 $\geq 30\%$ 計量器容量	$\pm 1\%$	
	稱量範圍 $< 30\%$ 計量器容量	$-0\%$ $+4\%$	
水	固定式拌和機	$\pm 1\%$	
	車載式拌和機	$\pm 3\%$	
骨材	各別計量	$\pm 2\%$	
	累重計量	$\geq 30\%$ 計量器容量	$\pm 1\%$
		$< 30\%$ 計量器容量	$\pm 0.3\%$ 計量器容量 $\pm 3\%$ 規定累重用量

} 取小者

化學摻料	以重量計量	$\pm 3\%$
	以容積計量	$\pm 3\%$ $\pm$ 一袋水泥用量

} 取大者

\* 水泥及卜作嵐材料得各別計量或累重計量，若採累重計量應先秤水泥。

解說：

- (1) 骨材之表面含水量，溶解或稀釋摻料之水，及液態摻料，應視為拌和用水之一部分。
- (2) 原材料計量之最大許可差，係指每盤所用各別原材料之實際計量值與規定用量間之最大許可差值，通常以規定用量或計量器最大容量之百分率表示。
- (3) 為使稱量變異小於最大許可差，計量裝置應設防震保護以隔絕拌和機之震動影響；控制設備應防止灰塵及氣候之影響；秤之支點關節應經常檢查與清潔；其他各項相關設施亦應定期檢查維護。
- (4) 查驗各材料計量之誤差時，須考慮下料時衝擊(即所謂動態載重)引致之誤差。材料之計量誤差係指實際進入計量筒之材料重與指示儀設定值之差異。

## 7.3 拌和

7.3.1 混凝土之拌和，除情況特殊經許可以人工拌和外，應以混凝土拌和機拌和。

預拌混凝土之拌和可採中央拌和之固定式及分拌與途拌之車載式。其操作程序須符合CNS 3090之規定。

預拌混凝土供應困難之工程，經監造者同意得採符合第7.3.2節規定之拌和機現場拌和。

解說：

如工程規模小，重要性低，而施工環境不易採用拌和機拌和時，得經監造者許可以人工拌和產製混凝土。至於工程需求之混凝土數量較大時，為求獲得均勻性高、品質穩定之混凝土供應，則應用拌和機產製混凝土。

通常預拌混凝土之拌和方式有中央拌和之固定式與分拌、途拌之車載式，其區別如下：

固定式：材料之計量及拌和操作均於中央工廠完成後再以攪拌車(*agitator*)送至工地，攪拌車主要功能在防止析離及維持工作性。

車載式：材料於中央工廠計量後投入車載式拌和機(*truck mixer*)，在運送途中或到達工地後以車上拌和機完成拌和操作。車載式拌和機須具拌和功能轉速須較快，且應於70-100轉內將混凝土拌勻。車載式可於接近工地或到達工地始加水拌和，故能有較長運距且無交通耽擱之顧慮。

7.3.2 拌和機除符合CNS 3090者外，下列數種亦可使用：

CNS 7101 [ 傾斜式混凝土拌和機 ]

CNS 7102 [ 鼓形混凝土拌和機 ]

CNS 7103 [ 快速混凝土拌和機 ]

解說：

- (1) CNS 7101 [ 傾斜式混凝土拌和機 ] (*tilting-type concrete mixers*)具橄欖形拌和鼓，其內壁附拌和翼片，由旋轉拌和鼓，藉內附翼片揚料並藉重力自然落下而拌和混凝土，以人力或動力傾斜拌和鼓方式卸出混凝土，其容量一般有0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、及0.8 $m^3$ 等六種制式規格。國內預拌廠所用則有對置兩只拌和鼓，每只拌和容量在1~3.5 $m^3$ 之範圍。
- (2) CNS 7102 [ 鼓形混凝土拌和機 ] (*drum-type concrete mixers*)適用於坍度在7 cm以上之混凝土拌和用，具圓筒形拌和鼓，其內壁附拌和翼片，由拌和鼓對一固定之水平軸旋轉，藉翼片揚料及重力墜落而拌和混凝土，係以一卸料槽伸入旋轉中之拌和鼓承接並卸出混凝土，其制式容量一般有0.2、0.3、0.4、及0.6 $m^3$ 四種。因清洗及卸料困難，鼓形混凝土拌和機不適用於低坍度或大粒徑粗骨材之混凝土拌和。
- (3) CNS 7103 [ 快速混凝土拌和機 ] (*forced mixing-type concrete mixers*)亦稱強制式拌和機，係以附於轉軸上之翼片強制攪動以拌和混凝土，而由拌和鼓之活動開口卸出混凝土，其制式拌和容量一般有0.25、0.4、0.5、0.75、1.0、1.25、1.5、1.75、2.0、2.25、及3.0 $m^3$ 等十一種，目前國內預拌廠所用最大拌和容量有大至一盤5.0 $m^3$ 者。其轉軸可為垂直式或水平式，可設一到數具轉軸，快速拌和機適用於各種坍度之混凝土，拌和效率甚高，目前廣為預拌混凝土廠採用。此類拌和機，對高黏性、摻用多種膠結材料之混凝土拌製，較前述兩型拌和機效能為佳。
- (4) 固定式與車載式拌和機之性能比較如下：
  - ① 裝載量：固定式以攪拌車輸送，其裝載量可達攪拌筒容積之80%，  
車載式之裝載量只能達車載式拌和機容積之60%左右。
  - ② 轉速：固定式之攪拌車為2-6 rpm。

車載式之拌和機為4-16 rpm，拌和時之最低轉速為7 rpm。

- ③ 自加水開始拌和至完成卸貨止之時限：固定式之攪拌車應在1.5小時或300轉內完成卸貨，車載式拌和機自加水開始拌和、於傾胴旋轉300轉內或於始拌後1.5小時內完成卸貨。

(5) 拌和機之標示、計時器及計數器

- ① CNS 3090第10.1.1節規定：「固定式拌和機必須裝置一金屬板，標明拌和鼓或葉片之轉速及最大拌和混凝土體積，混凝土以固定式拌和機拌和時，為求拌和完全，應裝有可靠之計時裝置，非達指定拌和時間，無法逕行卸料。」
- ② CNS 3090第10.1.2節規定：「每一車上拌和機或攪拌機須於明顯處附一金屬板，標明拌和鼓之總體積，拌和混凝土之體積及拌和鼓或葉片之最大及最小轉速。混凝土每次拌和量，途拌式與分拌式不得大於車上拌和鼓總容量之63%，中央拌和式不得大於車上拌和鼓總容量之80%。車上拌和機或攪拌機須裝轉速計數器以便查驗。」

7.3.3 混凝土之拌和應按以下之規定：

(1) 配料計量

- ① 每次配料應以所用拌和機額定拌和量為上限。
- ② 水泥、拌和水及各種化學摻料，應各自單獨計量；各種粗細粒料可單獨計量亦可累重計量；卜作嵐材料得於水泥計量後累重計量。
- ③ 拌和水之用量應依粒料實際含水情況加以調整，以符合原配比。
- ④ 溶解化學摻料所用水，或稀釋後液態摻料之總容積所相當之水量，均須視為拌和用水之一部分。

解說：

- (1) 拌和機之「額定拌和量」係指可在規定時間內拌和均勻之有效拌和容量，通常拌和機製造廠會提供有關數據，惟由於混凝土工作度、最大粒徑、拌和機性能衰減等因素，會影響有效拌和量，必要時應加以測試調整之。
- (2) 所謂「單獨計量」係指各材料有專用之秤料斗，材料載入後單獨計量，並依序各別卸入拌和機。
- (3) 所謂「累計合併計量」或累重計量係指兩種以上材料共用一只秤料斗，先載入一種材料達規定量後，繼續載入次一材料於其上，並以累積量計量。若卜作嵐材料與水泥累計合併計量時，則有順序要求，水泥必須先行計量後，才能載入卜作嵐材料。粒料若採累計合併計量，其最大許可差之標準，將較粒料各別計量者為嚴。(請參考第7.2.5節)。
- (4) 材料拌和時若因粒料含水量變異致使混凝土工作度未達設計要求時，應略調整配料計量使符合原配比要求。

依配比配料拌和完成尚未卸出之混凝土常因粒料實際含水量估計之誤差引起混凝土工作性不符合原配比要求，若坍度低於配比假設可略增水量再充分拌和使達配比要求；若坍度過高應設法補救，其補救之方法為在維持原配比下，增加水以外之材料(增加拌和量)。但補救相當困難，不易執行時應予廢棄。

(2) 拌和作業

- ① 計量後之各粒料及水泥(含卜作嵐材料)可直接置入拌和機。惟除將少許拌和水早於乾料先加入外，其餘水量與化學摻料按規定順序注入。
- ② 進料前應將所有前次拌成物清出。
- ③ 進料時，除快速混凝土拌和機(強制式拌和機)外，拌和鼓應維持旋轉狀態，其旋轉速度應與混凝土拌和時相同。

解說：

- (1) 拌和之最重要目的在使混凝土各材料混合均勻，應確實按規定程序作業，俾能達成目的。操作員應具充分之目視辨別能力，在進料、拌和及卸料過程必須隨時檢視，發現有異常情況時，應告知監造者並採應變措施。自動化拌和機常設置閉路電視，供操作員檢視。
- (2) 新型之計量拌和設備多設有線上粒料水份即時測定裝置，據其測得之資訊，可供操作人員鍵入粒料之表面含水率，而自動控制設備即可自行調整配比，補正粒料用量及調整拌和用水量。惟此一線上水份測定器，須經常以實驗室測得之粒料含水量，比對校正其數值。
- (3) 拌和機之操作，除可藉閉路電視監視器目測拌成混凝土之坍度外，尚可利用拌和機控制盤所附之拌和機馬達電流表之輔助，去判斷拌成混凝土之坍度大小，坍度大者其對攪拌翼片之阻力小，電流表之安培數較小；反之若坍度小拌成之混凝土較乾稠時，則攪拌翼片之阻力大，拌和機馬達電流表之安培數將較大。經驗豐富之操作者，極易利用其相對關係去調控拌成混凝土之坍度。
- (4) 拌和機及攪拌機必須於該機械製造廠規定之容量及轉速下操作。

(3)拌和時間

- ① 拌和時間應依CNS 3090有關均勻性之規定做拌和機性能測試決定之。
- ② 混凝土之拌和時間應自所有固體材料全部進入拌和機時起算。拌和水及摻料溶液應在規定拌和時間之前25%時段內注入完畢。

解說：

- (1) 固定式拌和機若未作拌和機性能測試時，當拌和量為 $0.75 m^3$ 或以下時，其拌和時間至少為1分鐘，拌和量每超出 $0.75 m^3$ 或其零數，均各增加拌和時間15秒。
- (2) 適當足夠之拌和時間，係以拌和機能拌製出均質之混凝土為目標，CNS 3090中有關均勻性之規定摘要如下：
  - ① 所有固定式或車上拌和機，必須能於規定時間或規定迴轉數內，將各項材料混合，並於卸料時(包括以固定式拌和機拌和後，再以攪拌車送至工地卸料時)，至少須符合表R7.3.1混凝土均勻性六項要求中之五項。
  - ② 約於混凝土卸料15%及85%時取樣測定坍度，可作為混凝土均勻度之便捷校驗。且此兩試樣之抽樣間隔不得大於15分鐘，若兩試樣之坍度差不符合表R7.3.1之規定時，應先改正調整。但若採用較長拌和時間、較少拌和量或其他更有效之進料順序(拌和機進料之順序或方法，對混凝土之均勻性有重大影響。)，而能符合表R7.3.1之規定時，則該拌和機或攪拌機仍可使用。而不論如何改正調整均無法符合表R7.3.1之規定時，則該拌和機或攪拌機不得使用。又取樣不得在各盤卸料10%前或90%後，因其難以代表整盤混凝土之品質。

表R7.3.1混凝土拌和機均勻性要求(摘自CNS 3090表A.1)

試驗項目	單位	同盤混凝土從二部位取樣其試驗結果之最大允許差值
每 $m^3$ 質量(不含氣基準)	$kg/m^3$	16
含氣量(對混凝土之體積比)	%	1.0
坍度：		
平均坍度為100 mm以下	mm	25
平均坍度大於100 mm至150 mm	mm	40
4.75mm CNS 386-1試驗篩以上之粗粒料之含量(質量比)	%	6.0
不含氣之砂漿單位質量(對所有試樣之平均值為其基準之百分率)	%	1.6
7天之平均抗壓強度(對所有試樣之平均抗壓強度為其基	%	7.5 <sup>(b)</sup>

準之百分率) <sup>(a)</sup>		
註(a)每一試樣至少製作3只圓柱試體。		
(b)在取得7天抗壓強度試驗結果前，拌和機可暫先核准使用。		

(備考：若符合表R7.3.1所列示6項試驗中之5項要求者，應視為均勻混凝土)

### ③ 各類預拌混凝土之均勻性測試方法

#### (a) 中央拌和式：

固定式拌和機均勻性試驗之取樣方法：為比較而採取之混凝土試樣，應依下述任一方法，於估定完成拌和時刻到達時，即刻採取。

第一種：使拌和機停轉，在拌和鼓之前端及後端等距離之混凝土中以適當方法將試樣取出。

第二種：當拌和機在卸料時，個別試樣應從該盤混凝土卸料至約15%及85%時採取，除卸料時頭尾之兩端者外，任何代表遠離之兩部分，均可依適當方法採為試樣以資比較。

若混凝土試樣之粗粒料含量，或其外觀呈現混合不均現象時，上述拌和機性能試驗，應隨時重作。

#### (b) 分拌式：

先以固定式拌和機拌和部分時間，而後於拌和車上在指定速率下拌和，其迴轉數須能使混凝土均勻性符合表R7.3.1之規定。拌和機若需追加運轉，須以指定攪拌速率運轉。

#### (c) 途拌式：

車載式拌和機以製造廠指定之轉速運轉70至100轉，應能達到如表R7.3.1之均勻性，自各原材料(含水)加入拌和鼓中，若達100轉仍不能滿足表R7.3.1之規定時，除非將此弊改正，否則此拌和機不得使用。為達混凝土均勻性而追加之迴轉數，須以指定轉速為之。若有一車經試驗符合規定，則其他相同情況(葉片及拌和鼓設計條件相同)之各車可視為合格。

車上拌和機之混凝土均勻性試驗取樣法：混凝土必須於正常操作速率下進行卸料，且不得有使拌和鼓內不完全打開以致阻塞混凝土之卸料。試樣至少取兩個，每個約0.1 m<sup>3</sup>，且須於卸料量約15%及85%時取樣，取此兩試樣時，間隔不得超過15分鐘，於兩次取樣間為保持鼓內混凝土坍塌度，可用攪拌速率攪拌。

- (3) 按日本預拌混凝土公會之建議，適當之拌和時間應由試驗決定，其法係對常用之各不同坍塌度混凝土(如坍塌度為8、12、15及21 cm)，以不同之拌和時間(如30、45及60秒)各試拌三盤，每盤拌成物均進行均勻性試驗(日本主要試驗單位重及粗粒料含量)，再分別計算其平均值及標準差，並繪製試驗結果與拌和時間之關係曲線，以規定值所對應95%信賴界限之拌和時間，定為要求之拌和時間。

(4) 拌和機之性能需定期測試。拌和鼓內之攪拌翼或葉片磨損率達原有高度之10%時，應即更換，並作拌和機性能測試。拌和機性能變化時，亦應作混凝土均勻性測試調整拌和時間。

解說：

拌和鼓內之攪拌葉片係用於攪動混凝土，使攪拌均勻，故拌和機須作經常性之定期檢查，以防止混凝土或砂漿之附著結塊及葉片之過度磨損。若葉片磨損過鉅將降低攪拌效率產製不出均質之混凝土，而當其磨損率達原有高度之10%時，應即更換。

7.3.4 若採容積計量並以連續拌和之方式產製混凝土時，應依ASTM C685〔採容積計量且連續拌和產製之混凝土〕之規定。

解說：

ASTM C685中有關混凝土之產製，與一般以重量計量為主之製造方式，其不同之處為：

- (1)計量設備：因以容積配料故採用旋轉數計數器、校正過之閘門開度、流量計、速度指示器等，以控制及決定卸出各組成材料之量。
- (2)拌和機：拌和機應為旋翼螺桿式(*auger-type*)拌和機，或其他任一適用之型式，而可得要求之稠度及均勻性者。

另外，與一般產製方式相同者，則須經常查核產量。查核時，於選定之時間間隔內，就產出之混凝土稱取其重量，測試其單位重，以兩者之商，求出其單位時間產製之混凝土數量( $m^3$ )。

**7.3.5現場拌和**

材料之計量須在監造者監督下為之，混凝土之各種原材料得採用重量或容積計量配料，若採容積計量須經常以重量核對，除特殊情形外，現場拌和應以拌和機為之。有關材料計量、拌和須符合本章相關各節之規定。混凝土採用現場拌和之前須作試拌，確認其新拌混凝土之性質符合配比之要求方可採用。

解說：

- (1)現場拌和須在監造者監督下以拌和機拌和為主，惟有實際困難時，經監造者同意確能產製品質符合要求之混凝土亦可採用人工拌和。現場拌和之規定如下：
  - ① 材料之計量應按第7.2及7.3.3節之規定辦理。惟若經監造者同意可採用容積計量，若採容積計量須經常以重量核對。
  - ② 現場拌和採用之拌和機應符合第7.3.2節之規定。
  - ③ 現場拌和之混凝土，其均勻性應符合第7.3.3 節之要求。拌和機拌和之作業應按第7.3.3 節之規定。人工拌和之作業應按下述 之規定。
  - ④ 混凝土採用現場拌和之前須作試拌，確認其品質符合要求方可採用。

**(2)人工拌和**

原則上，本規範不鼓勵採人工拌和，惟於特殊情況而需採人工拌和時，須符合下列要求：

- ① 材料之計量與拌和作業，均須在監造者監督下為之。
- ② 混凝土之各種原材料得採用重量或容積計量配料。
- ③ 拌和面應為鋼板或不吸水光滑表面之材料，其尺寸至少為90 cm × 180 cm。拌和位置之底面應整理平整。
- ④ 拌和步驟如下：
  - (a) 將計完量之細骨材，平鋪於拌和面上。
  - (b) 次將水泥平均鋪於其上，然後以人工翻拌，來回至少四次，至其顏色均勻為止。
  - (c) 再將其鋪成矮堰狀，加入1/4~1/3之拌和水，再次以人工翻拌，來回至少四次。
  - (d) 然後將計完量之粗骨材及剩餘之拌和水先後加入，再翻拌來回至少四次，至目視觀察顏色均勻時，方可使用。

**7.4 坍度許可差及坍度調整**

7.4.1混凝土卸料時坍度許可差依下列規定，若坍度小於規定值且不適於澆置時，得於監造者許可下依第7.4.2節之規定調整坍度一次：

- (1) 坍度以最大值或不得大於表示時，其許可差如表7.4.1(a)所示。

表7.4.1(a) 最大坍度之許可差

單位：mm

指定坍度	許可差
75以下	+0 -40

大於75	+0 -65
------	-----------

(2) 坍度以目標值或標稱值表示時，其許可差如表7.4.1(b)所示。

表7.4.1(b)標稱坍度之許可差

單位：mm

指定坍度	許可差
50以下	±15
大於50~100以下	±25
大於100	±40

備考：此選項適用於當坍度指定為目標坍度或標稱坍度。若是其他的指定坍度方式，應由購方訂出其許可差。

(3) 當購方指定以坍流度為需求時，其許可差如表7.4.1(c)所示。

表7.4.1(c)坍流度之許可差

單位：mm

指定坍流度	許可差
550以下	±40
大於550	±50

解說：

本節坍度許可差規定係參照CNS 3090之要求。工地混凝土坍度小於規定時，應按第7.4.2節之規定再拌和重新調整其坍度，使符合要求。

7.4.2 混凝土應儘量避免再拌和，惟運抵工地卸料時，若未超過第8.1.2節之規定時間，而其坍度過低不適於澆置時，經監造者之許可，得按下列規定加適量清水或化學摻料，將混凝土再拌和，調整其坍度至符合要求者，方可使用。

- (1) 加水處理：在維持原配比設計之水灰比原則下，加適量清水以調整坍度。
- (2) 加化學摻料處理：可加適量塑化劑或減水劑以增加坍度，惟在工地加入塑化劑或高性能減水摻料以調整坍度時，不得再加水。
- (3) 混凝土再拌和時其攪拌筒應至少再轉30轉以上，至混凝土均勻。
- (4) 混凝土再拌和後之坍度不得超過容許之最大坍度。
- (5) 凡經再拌和之混凝土，均應抽樣製作試體檢核其強度。

解說：

混凝土運送應妥善規劃，選取最佳路徑、機具、方法以在最短時間內用最平穩的方法運抵澆置地點，避免材料析離、坍度過低等不良現象，以儘量避免再拌和。

再拌和可採加適量清水或化學摻料兩種方式，其目的在使澆置時混凝土具有所需之工作性。但為避免任意加水之陋規，加水再拌和後混凝土之水灰比，應嚴格控制不得大於原配比設計時所規定之水灰比，且須依第17.4節之規定取樣檢核其強度，檢核樣品須取自再拌和後之混凝土。

調整坍度應由預拌混凝土供應者之品管人員負責執行，並符合下列五要件：

- (1) 應預先進行「添加清水或化學摻料用量與增加坍度之關係」測試，其測試結果須經監造者認可，並

作為實際調整坍度時之依據。

- (2) 調整坍度須經監造者許可，並在其監督下執行。
- (3) 預拌混凝土交貨憑單須有實際用水量、實際水灰比及原配比設計水灰比之紀錄，以作為控制再拌和最高加水量之依據，再拌和後混凝土之實際水灰比，不得大於原配比設計之水灰比。
- (4) 攪拌車之混凝土裝載量須符合第8.2.2節之規定，攪拌筒須尚有餘裕空間。
- (5) 凡經再拌和之混凝土，均需增加額外抗壓試驗，其抽樣以每一預拌車一組為原則。

若摻有適當化學摻料(如緩凝劑、增黏劑等)之混凝土，監造者得視摻料之使用、澆置、搗實之難易等實際情形調整規定運送時間，否則應依第8.1.2節之規定。

註：本節所述之水灰比為(w/c)。

## 7.5 化學摻料之添加

- (1) 使用化學摻料時須依配比設計試拌結果選定其劑量，計量前須配製成適當濃度之水溶液。
- (2) 不同型別、種類之化學摻料應分別加入拌和鼓中，不得先行混合後再加入。
- (3) 化學摻料如為懸浮或不穩定液體狀態者，使用時應以適當設備攪拌均勻。

解說：

- (1) 化學摻料在使用時配成溶液狀，除便於添加作業，且易於混凝土中分散拌勻。
- (2) 市售化學摻料之品名及型別甚多，其功能常有明顯差異，使用前應參閱製造廠所提供之使用說明書，並依CNS 12284〔混凝土用化學摻料檢驗法〕之規定，驗證其是否符合CNS 12283〔混凝土用化學摻料〕中，所規定之物性要求，至於流動化混凝土所用化學摻料，則須依CNS 12833〔流動化混凝土用化學摻料〕之規定驗證其性能。
- (3) ASTM C494-98 “Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete”為便於混凝土產製廠對化學摻料之品質驗證作業，特將產品驗證區分為三個層級之試驗：
  - ① 第一級(最初符合性驗證)：用以判定摻料是否符合規格，係針對各物性要求所作全面性之品質驗證。
  - ② 第二級(有限項目重覆測試)：只重覆測試部分重點項目，以證實摻料品質持續符合要求。
  - ③ 第三級(均勻性及同等性試驗)：用於驗收某一批摻料，或量測批內或批間之均勻性，而只需測定摻料本身之物理性質。
- (4) 為免不同型別、種類之化學摻料間，產生不利之交互作用，如需併用時，各不同摻料宜分別加入拌和鼓中，且其綜效須經試拌驗證。
- (5) 可能發生沈澱或析離之液態摻料或摻料之水溶液，使用前應先予拌勻，而因低溫將致分離之液態摻料，其儲槽須有保溫設備；化學摻料對儲存桶、輸送管線具腐蝕性者，須經常檢核有無滲漏現象，以免發生用藥超量而致混凝土凝結異常。
- (6) 緩凝劑為求較佳效果，可於拌和水加入後一分鐘內，且在規定拌和時間之前75%時段內加入完畢。

## 7.6 特殊天候下之混凝土產製

新拌混凝土之溫度須配合澆置時之溫度限制，考慮氣溫、溼度、風速及輸送時間等影響，採下列方式調整之：

- (1) 在寒冷天候下，混凝土之產製可應用預熱骨材、預熱拌和水、或二者併用以使混凝土產製之溫度符合澆置時所需溫度，惟在製造及運送途中混凝土之最高溫度不得超過32°C。使用預熱拌和水時，應先將熱水與骨材拌和後再加入水泥。
- (2) 在炎熱天候下，混凝土之產製可藉預冷之材料，或以薄冰屑代替全部或部分之拌和水，惟

薄冰屑於拌和時須完全融化。

解說：

(1)寒冷天候係指連續三天以上，氣溫維持下列狀況：

- ① 每日平均氣溫低於 $5^{\circ}\text{C}$ 。
- ② 在任一24小時時段內，均無超過半數(1/2)時間之氣溫高於 $10^{\circ}\text{C}$ 。

(2)使用預熱拌和水以提高混凝土之溫度時，熱水不得先與水泥直接接觸，以免造成混凝土閃凝或水泥結丸現象。

(3)新拌混凝土在過低之溫度下，會減緩甚至中止水合作用，故須對其溫度有所限制。ACI 306建議之混凝土溫度限制，如表R7.6.1所示。

表R7.6.1 混凝土溫度限制

氣溫 $^{\circ}\text{C}$	斷面最小尺寸 $\text{mm}$			
	$< 300$	$300 \sim 900$	$900 \sim 1800$	$> 1800$
混凝土於澆置及初期養護時之最低溫度				
—	$13^{\circ}\text{C}$	$10^{\circ}\text{C}$	$7^{\circ}\text{C}$	$5^{\circ}\text{C}$
於所列氣溫範圍拌成混凝土之最低溫度				
$> -1^{\circ}\text{C}$	$16^{\circ}\text{C}$	$13^{\circ}\text{C}$	$10^{\circ}\text{C}$	$7^{\circ}\text{C}$
$-1^{\circ}\text{C} \sim -18^{\circ}\text{C}$	$18^{\circ}\text{C}$	$16^{\circ}\text{C}$	$13^{\circ}\text{C}$	$10^{\circ}\text{C}$
$< -18^{\circ}\text{C}$	$21^{\circ}\text{C}$	$18^{\circ}\text{C}$	$16^{\circ}\text{C}$	$13^{\circ}\text{C}$
於初期保護終止後首24小時內允許之溫降最大範圍				
—	$28^{\circ}\text{C}$	$22^{\circ}\text{C}$	$17^{\circ}\text{C}$	$11^{\circ}\text{C}$

(4)炎熱天候係指下列狀況之任一種組合，而致新拌或硬固混凝土之品質，因水份損失速率及水泥水合速率之增快，或其他有害因素，而造成不利之影響：

- ① 高氣溫
- ② 高混凝土溫度
- ③ 低相對濕度
- ④ 風速
- ⑤ 陽光照射

(5)炎熱天候對新拌混凝土可能產生之問題有：

- ① 增加拌和用水量。
- ② 坍度損失速率加快，增大工地加水之可能。
- ③ 凝結速率增快，致澆置、搗實及面飾較困難，且增大冷縫生成之風險。
- ④ 增大塑性收縮裂縫生成之機率。
- ⑤ 輸氣量之控管較不易。

(6)炎熱天候對硬固混凝土可能產生之問題有：

- ① 因使用較多量之拌和用水，或澆置時與澆置後數天內較高之混凝土溫度，將致使硬固混凝土28天齡期及較長期強度之折減。
- ② 因整體結構之變涼，或構件橫斷面內不同之溫度，將增加乾燥收縮及熱差龜裂之傾向。
- ③ 因龜裂所致之耐久性減損，以及鋼筋銹蝕之機率增加。
- ④ 由於不同之水合速率，不同之水膠比。造成露面外觀較大之變異如冷縫及色澤之差異。
- ⑤ 透水性增大。

(7)為免產生上述(5)(6)之問題，熱天混凝土施工時，應採取下列之操作及手段，以減少或避免可能產生之問題：

- ① 熱天狀況下，採用已有滿意之工地使用紀錄之混凝土原材料及配比。
- ② 使用預冷之混凝土。例如欲使普通配比混凝土之溫度降低 $0.5^{\circ}\text{C}(1^{\circ}\text{F})$ 時，可將任一原材料之溫度降低如下之量達成之：水泥溫度降低 $4^{\circ}\text{C}$ 、水溫降 $2^{\circ}\text{C}$ 、或骨材溫度下降 $1^{\circ}\text{C}$ 。至於骨材降溫之方法，可將骨材庫加蓋遮陽、噴水霧等。
- ③ 採用可快速澆置及有效搗實、具適當稠度之混凝土。
- ④ 以最少耽擱之方式輸送、澆置、搗實及面飾混凝土。
- ⑤ 適當規劃以免混凝土暴露於不利之環境；安排於具較佳天候條件之時段進行澆置作業。於澆置及養護期間，妥善保護混凝土以免水份損失。

(8)可以液態氮預冷新拌混凝土，以降低混凝土之溫度。

## 7.7 袋裝乾拌料之使用

袋裝乾拌料須視實際情況經監造者同意方得使用：

- (1) 混凝土使用袋裝乾拌料時，依袋上指示之用水量使其坍度達 $5\sim 7.5\text{ cm}$ 。
- (2) 水泥砂漿使用袋裝乾拌料時，須依袋上指示之用水量使其流動度達 $110\pm 5\%$ 。
- (3) 袋裝乾拌料在工地需依袋上指示用水量，於不吸水潔淨之非鋁金屬容器內，加水以手拌或機拌方式，拌成均勻塑狀；各類產品均須達到需求之強度。

解說：

(1)高早強混凝土袋裝乾拌料，係用於需求早期強度成長較快之混凝土構築或修補工程。

一般強度之乾拌混凝土又可分為常重及輕質混凝土兩種，前者用於厚度超過 $5\text{ cm}$ 之一般混凝土構築及修補工程，後者則為單位重較常重混凝土分別輕 $15\sim 25\%$ 及 $25\sim 35\%$ 兩類，適用於須具輕質性能之混凝土工程。

(2)高強水泥砂漿用於需求高強度之灌漿，或厚度小於 $5\text{ cm}$ 之一般混凝土工程；磚石圬工用水泥砂漿，則用於墁砌磚石之圬工或修繕等，且有下列三種型別：

- ① *N*型：一般圬工作業用，具通常水泥砂漿之性質。
- ② *S*型：用於需較高強度圬工水泥砂漿之處。
- ③ *M*型：用於需要最高強度圬工水泥砂漿之處。

(3)有關規定請參閱ASTM C387-95。

## 7.8 產製紀錄

7.8.1混凝土產製單位應有產製紀錄，至少包含下列各項：

- (1) 混凝土種類及其規格。
- (2) 材料進料檢驗紀錄。
- (3) 配料計量紀錄。
- (4) 拌和批次產製紀錄。
- (5) 交貨憑單及紀錄。
- (6) 計量設備之校驗紀錄。
- (7) 拌和機性能測試(均勻性)紀錄。
- (8) 因設計圖說需要或因監造者要求之增加項目。

7.8.2 承包商應要求預拌混凝土供應商提供依CNS 3090規定之交貨憑單，以作為混凝土品質憑證。

#### 參考文獻

- [1] ACI SP-2, 1981, Manual of Concrete Inspection.
- [2] CNS 3090〔預拌混凝土〕1998年修訂版。
- [3] ASTM C94-1996, Standard Specification for Ready-Mixed Concrete.
- [4] ASTM C685-1995, Standard Specification for Concrete Made By Volumetric Batching and Continuous Mixing.
- [5] National Ready Mixed Concrete Association of America,“Certification of Ready Mixed Concrete Production Facilities”, Section 2.1.3, 1984.
- [6] ACI 304R-1989, Guide for Measuring , Mixing, Transporting , and Placing Concrete.
- [7] 日本全國預拌混凝土工業組合連合會，預拌混凝土工場品質管理指南，昭和55年。
- [8] CNS 12283〔混凝土用化學摻料〕1988年版。
- [9] CNS 12284〔混凝土用化學摻料檢驗法〕1988年版。
- [10] CNS 12833〔流動化混凝土用化學摻料〕1991年版。
- [11] CNS 3091〔混凝土用輸氣附加劑〕1982年版。
- [12] ASTM C494-1998, Standard Specification for Chemical Admixtures for Concrete.
- [13] ACI 212.3R-1991, Chemical Admixtures for Concrete.
- [14] ACI 301-1996, Standard Specification for Structural Concrete.
- [15] ASTM C387-1995, Standard Specification for Packaged, Dry, Combined Materials for Mortar and Concrete.
- [16] J.D.Dewar and R. Anderson, Manual of Ready-Mixed Concrete, Second edition, 1992, Chapman and Hall, Blackie Academic & Professional, London.
- [17] ACI 306R-1988, Cold Weather Concreting.
- [18] ACI 305R-1991, Hot Weather Concreting.



## 第八章 混凝土輸送

## 8.1 一般規定

8.1.1 混凝土輸送係指自拌和完成卸出至其注入模板前之過程，如為預拌混凝土尚應符合CNS 3090〔預拌混凝土〕之有關規定。

解說：

本章係就混凝土自拌和機(包括預拌廠)卸出後運送至澆置地點之有關過程訂定者。

為順暢輸送混凝土至澆置地點得視工程特性之需要擬定輸送計畫，以期確保混凝土之品質。輸送計畫宜考慮下列事項：

- (1) 混凝土產製、輸送及澆置作業之配合及混凝土性質之特殊要求。
- (2) 所需混凝土總數量，一次之需要量，混凝土來源，施工之難易性，季節、天候等。
- (3) 運送方法及所需裝備、數量、輸送機，如拌和車、泵送機、斜槽、吊桶、推車等之性能與數量。
- (4) 運送路線及所需時間。

任何輸送設備均須獨立支撐不得擾動模板或鋼筋而影響其定位。拌和車、攪拌車與其他設備之使用應按CNS 3090〔預拌混凝土〕之規定，輸送設備用完後應立即刷洗清潔不得附著硬化砂漿或雜物。

8.1.2 混凝土輸送時應保持品質均勻，避免不當之材料析離或坍度損失。除另有規定外，混凝土自拌和開始後至工地完成卸料之時間規定如下：

- (1) 輸送途中保持攪動者不得超過90分鐘。
- (2) 途中未加攪動者不得超過30分鐘。

解說：

混凝土自預拌混凝土廠、自車載式拌和機或自現場拌和機拌和完成後至澆置完成之適當時間雖視溫度、濕度、運送攪動情況而異，一般宜於90分鐘內完成。而運抵工地之等待時間亦應予計入運送時間。

由於交通狀況、路程或其他原因難於上述時限內運至現場或澆置完成者，得摻用緩凝劑以延長有效時限，其使用應按第二章摻料之規定。

混凝土輸送途中應對日照、雨淋等作適當保護措施。

低坍度混凝土以傾卸車運搬時應加以保護以防雨水，若氣溫大於20°C而露於陽光中超過20分鐘，則輸送時應施以遮蓋保護。

8.1.3 混凝土之輸送應與現場澆置作業配合，適當控制其速率。

解說：

輸送設備須經許可，其尺寸與設計應配合澆置需要，得以適當且連續輸運混凝土。其輸送不可太快以致搗實不足，亦不可太慢以致產生冷縫。

8.1.4 混凝土輸送過程中，除另有規定外不得添加任何物質。

解說：

輸送中維持原配比為確保混凝土品質之基本原則，故不得添加任何物質。不可因天氣炎熱、交通阻塞或泵送困難等藉口而任意加水。加水為混凝土品質劣化之主因，須禁止。

除另有規定外，經監造者同意者得在不損及混凝土品質下，於輸送過程中依指定方式添加適當化學

摻料。

8.1.5 輸送設備在使用前後必須清除內部之殘留物及清洗不潔表面。

8.1.6 輸送設備與混凝土接觸面不得採用鋁或鋁合金材料製造。

解說：

使用鋁或鋁合金材料之容器、輸送管、特密管及傾卸槽輸送混凝土時，鋁之成分與混凝土之鹼性成分會起化學作用，所產生之大量氫氣會使混凝土之強度減損，嚴重者可達50%<sup>21</sup>。

## 8.2 混凝土輸送機具

8.2.1 混凝土輸送機具應能維持輸送過程中混凝土之均質性。

解說：

混凝土之輸送機具可區分為：

- (1) 長距離輸送用：攪拌車、傾卸卡車及作攪拌車用之車載式拌和機等。
- (2) 短距離輸送用：傾卸卡車、手推車、吊桶、輸送帶、滑槽、混凝土泵送機等。

攪拌車通常用來運送距離較遠或坍度較大之混凝土。傾卸卡車或裝載載泥艙之卡車通常用來運送低坍度混凝土、運送區間較短、路況不致材料嚴重析離之混凝土。

本節僅就較常用之輸送機具加以規定，未規定者應依監造者之指示選用。

輸送機具操作時宜注意下列事項：

- (1) 為減低材料析離，自拌和機至模板內，混凝土轉運次數宜儘量減少。
- (2) 夜間作業應設充分的照明。
- (3) 雨天時之混凝土輸送應依監造者之指示。

### 8.2.2 攪拌車

- (1) 攪拌車或作攪拌車用之車載式拌和機用於輸送預拌混凝土，其裝載容量及性能應事先檢驗確認性能符合要求。
- (2) 攪拌車與充當攪拌車使用之車載式拌和機，其混凝土裝載量均不得超過其攪拌筒容量之80%。
- (3) 攪拌車應定期空車秤重，以防止硬化混凝土或砂漿附著攪拌葉片上而影響其輔拌功能。

解說：

預拌混凝土輸送距離較長者宜使用攪拌車。車載式拌和機僅作為混凝土輸送機具時得視為攪拌車使用。車載式拌和機若兼具拌和與輸送之功能時，其裝載容量不得超過攪拌筒容量之63%。攪拌車及車載式拌和機均應符合CNS 3090規定之性能。

混凝土之輸送應事先擬定計畫，其要點如下：

- (1) 應瞭解運輸路線之平時及尖峰時路況，以預估運輸所需時間及坍度損失。
- (2) 如需自闢專用道路應依需要妥善規劃。
- (3) 運輸道路應妥予養護以維持暢通。
- (4) 應衡量每日澆置量、最大單元澆置量、最高日澆置量、運輸方式及運輸路況與需要時間，檢討所需之運輸車輛數。
- (5) 應適當的維持備用輸送車輛。

到場待命期間亦應以同轉速保持轉動。惟在卸料前應以快速轉動2-3轉，以使均勻。每次卸料後，鼓內必需沖洗乾淨，不可留有混凝土渣，惟在重新裝料前，拌和鼓內之積水務必完全排除，否則將造成額外加水。

### 8.2.3 吊桶

- (1) 吊桶必須配合水平、垂直轉運機具及適當能量之吊裝設備以便吊卸，其裝置應妥為設計。
- (2) 裝填至卸出之時間不得超過30分鐘。
- (3) 吊桶卸料口至受料處之高差應在2 m以內。

解說：

以具有適當構造的吊桶承接自拌和機(含預拌混凝土車)卸出之混凝土，隨即吊送至澆置點，此法為目前最能滿足澆置要求之輸送方法。以吊具移動吊桶，非但振動較小不致造成析離，又得以水平、垂直方向任意的移動，頗為理想。吊桶之構造應妥為設計，以期混凝土裝卸迅速容易且不產生材料析離。配合吊桶輸送機具有捲揚塔、軌道車、卡車、台車及纜索等。

吊裝設置之操作、控制應能確保施工安全、工作效率及混凝土品質；其設置必須由專業人員設計。

### 8.2.4 混凝土泵送機

- (1) 應視混凝土之規格及泵送高度等施工條件，使用不致造成泵送中混凝土之粒料產生分離之泵送機。
- (2) 廠商應根據工地的澆置動線狀況，依表8.2.4計算等效水平泵送長度與混凝土泵送高度，據以估算所需泵送機的效能。

表8.2.4 混凝土泵送之等效距離

情況	同直徑鋼管之相當水平輸送距離
鋼管垂直輸送1m	8m
鋼管90°彎管1處	12m
鋼管45°彎管1處	6m
鋼管30°彎管1處	4m
膠管輸送1m	1.5m

- (3) 廠商應將使用泵送機之性能、最大輸出量及最大可輸出壓力等，彙整於混凝土泵送計畫書中，送交監造者審核；上述配管之所需之泵送壓力應小於泵送機最大可輸出壓力之50%，否則應更換泵送機或改變配管澆置計畫；監造者應於施工前實際測試泵送機之壓力輸出能力，確保符合需求後方得施工。
- (4) 泵送機應妥為操作，使混凝土得以連續流動。輸送管之出口端應儘可能置於澆置點附近，其間之距離以不超過150cm為原則。但輸送自充填混凝土時可依實際狀況決定。
- (5) 泵送機移位至下一構造物之澆置時，或澆置作業中有泵送機待機時間過長之情況，應立即清洗殘留於輸送管線及泵送機中之混凝土。
- (6) 針對特殊混凝土如自充填混凝土(SCC)，應以中低速泵送避免壓力過大產生爆管耽誤

## 施工作業。

解說：

選擇混凝土泵送機種應考量混凝土之品質、澆置處所、一次之澆置量、泵送距離及高差等。

摻用塑化劑之低水膠比高流動性混凝土，尤忌於泵送過程加水，因些許增加之水量極易造成材料析離而導致塞管。

### 8.2.5 輸送帶

- (1) 輸送帶以水平設置為原則，其最大斜度為 $15^\circ$ ，且總長不得超過 $300\text{ m}$ 。
- (2) 輸送帶卸料端應裝置水泥漿刮取設施，以防止混凝土中水泥漿為皮帶迴轉而帶走漏失。
- (3) 輸送帶進料及卸料端應設置擋板及漏斗，以防止材料析離。
- (4) 輸送帶上應加罩覆蓋以防混凝土水份大量蒸發及溫度升高。

解說：

為防止材料析離影響品質，輸送中之混凝土應避免在帶子上相對滾動，故其設置以接近水平為佳。若因場地關係需彎轉時應儘量避免接帶數量及銳角折轉。

每節輸送帶之卸料端迴轉處如未採適當的刮泥措施，黏附於帶上的水泥砂漿將隨回程之帶子散落於地，導致混凝土中之水泥砂漿漏失而趨於不足，故應設適當的刮取措施。

輸送帶之卸料端亦就是續接輸送帶之進料處，由於混凝土脫離帶子時之衝力或掉落時極易造成材料之析離，擋板及漏斗之設置對於防止材料析離頗具效果。

輸送帶適用於混凝土之連續輸送，輸送過程中混凝土容易受風吹日曬，如距離較長時，應設置適當遮蓋物，以防混凝土坍度過度損失。

### 8.2.6 滑槽

- (1) 滑槽之底面應為適當之圓弧型，滑槽長度不得超過 $6\text{ m}$ ，且斜度應在 $1:2\sim 1:3$ (垂直：水平)之間。若超過上述規定之一者，則滑槽出口處應以漏斗承接。
- (2) 滑槽出口至澆置面之高差不得超過 $2\text{ m}$ ；出口處應使用漏斗串接長度 $60\text{ cm}$ 以上之垂直落管。
- (3) 滑槽或其表面應使用不吸水及不黏漿之材料製作。

解說：

由高處以滑槽輸送混凝土時，原則上應使用漏斗串接長度 $60\text{ cm}$ 以上之垂直落管以防材料析離。

為防混凝土脫離滑槽後，以分散或分離狀態衝擊已澆置之混凝土，出口與澆置面之高差不宜過大，以不超過 $2\text{ m}$ 為限。

以滑槽輸送之混凝土甚易產生材料析離，且為提高混凝土之流動，往往採較高之坍度使更易產生析離。為減輕上述缺陷，其斜度應做如上限制，且全長宜保持一致斜度，如需超出此限，其出口應以漏斗串接垂直落管承接混凝土或遵照監造者之指示採適當措施。

滑槽表面多使用非鋁金屬或塑膠材料製作乃是為減低滑動阻力，並防止漏漿。

### 8.2.7 手推車

- (1) 手推車之輸送距離不得超過 $60\text{ m}$ 。
- (2) 手推車須鋪設走道板，使行走路線平順。走道板應鋪設於支架上，且不得影響鋼筋之正確位置。

(3)裝料時應儘可能使混凝土垂直卸落於盛料斗中央。
---------------------------

解說：

為防推送時間過長、日曬等引起材料析離、失水、趨乾等故限定運送距離不得超過60 m，採妥善措施經監造者同意者可略予放寬。

手推車之經路為減少行駛中之顛簸及增加行速應確實整平，如有必要應鋪設走道板，走道板之接頭易造成跳動式阻礙應特別注意，為減少顛簸手推車之輪胎應為充氣膠胎。設置於模板、鋼筋上之走道板不得直接碰撞鋼筋以免影響其正確位置。

為保持混凝土品質，使用手推車式台車運送時，混凝土之裝載必須儘可能以垂直裝盛於料斗中央，且卸料時亦應儘可能的垂直卸落，為此宜配合使用垂直漏斗管，檔板等以資因應。

參考文獻

- [1] CNS 3090 [預拌混凝土]，民國八十七年。
- [2] ACI Committee 318, "Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-95) And Commentary (ACI 318R-95)".
- [3] 日本土木學會, "コンクリート標準示方書", 1996.



## 第九章 混凝土澆置

### 9.1 一般規定

- 9.1.1 混凝土澆置包括混凝土之注入均勻充滿模板內、搗實及整平，並使混凝土在適當環境下獲致良好之品質。
- 9.1.2 混凝土自拌和、輸送至澆置完成應連貫作業不宜中途停頓，並須於一定時間內完成，其時間除經監造人依溫度、濕度、運送攪動情況做適當規定者外，應依第8.1.2節之規定。
- 9.1.3 混凝土之澆置計畫書應先經認可後，始可澆置混凝土。
- 9.1.4 混凝土澆置作業承包商應指派資深工程師在場全程督導。

解說：

混凝土澆置包括澆置與搗實，必須與產製、輸送及養護連貫作業，以獲得均勻混凝土之目的。必須於澆置前訂定周密之施工計畫。人員及設備均應有超額準備，防止工作中突然發生之需要。一般多有混凝土自拌和完成至澆置完成時間之規定，但監造人仍應注意混凝土是否已有不適合澆置之跡象，必要時，對後續作業做適當調整。

### 9.2 澆置前之準備

- 9.2.1 澆置前應查驗模板、鋼筋及埋設物，並經確認已按規定裝設妥當。

解說：

模板所須查驗之項目可參考第4.6節之列舉，但絕不是上述之項目即已完全，工程師應憑經驗增加查驗項目。除了澆置前之查驗外，澆置中更應隨時觀察模板受力情形，是否有大變形或連接處脫落等現象，及早發現處理，可避免災害及損失，並應特別設置變形移位參考點以利觀察。

鋼筋及埋設物之查驗應就工程圖說詳加檢核，並特別注意不同工程相互間之配合，不能只注意鋼筋或埋設物等圖上已註明者，還要注意因施工過程所必須者。

- 9.2.2 澆置面為土質地地面時，其表面應加夯實並灑水潤濕，但不可有積水現象。

解說：

澆置面為多孔性土質之乾燥地面時，其表面應加夯實並灑水潤濕；但不可有積水現象。

- 9.2.3 澆置面為岩石或已硬化之混凝土面時，應將表面石屑、泥渣、油漬加以清理並灑水潤濕，但不可有積水現象。
- 9.2.4 接縫混凝土澆置前，應按第6.2.4節之規定做處理。
- 9.2.5 澆置前應清除模板或其他澆置面上之殘留木屑及其他雜物。

- 9.2.6 以上各項準備工作完成時，須經工程師檢查認可後方可澆置混凝土。

解說：

以上各項準備工作係就澆置面所需之澆置前準備加以規定。此外，澆置前應準備之工作隨工程性質而有所不同，承包商應妥為準備以因應，如搗實器具故障、天雨或氣候變化所需之備用（含防護）器材、混凝土輸送可能之障礙等。

美國ACI 出版之Manual of Concrete Inspection<sup>[1]</sup>列有檢查表，可供參考之。

### 9.3 澆置

特殊鑄面修飾之混凝土澆置請參考第11.6節。

9.3.1 混凝土應儘可能卸置於接近最終位置上，以免因再移動或流動而造成材料分離。任何引起材料分離之動作均應避免。

解說：

本節所指澆置係指將輸送至卸置地點之混凝土，以正確的方式將其澆置在其最終位置上。

由於澆置工地條件變化極大，避免材料分離的方法難以列舉，僅提供參考性原則如下：應儘量保持混凝土落下之方向與澆置面垂直、滑槽斜向落下應先經至少60 cm之垂直落管、垂直落管出口與澆置面之高差不得超過2 m。預防材料分離之方法詳見第8.2節及參考資料<sup>[1,2]</sup>。

9.3.2 混凝土應連續澆置，不可間隔太久，以免因先澆置混凝土已相當凝結，而無法與其後澆置之新混凝土充分粘結，以致形成粘結不良之脆弱面即所謂冷縫。

解說：

先後澆置之時間間隔不宜太長，允許之時間間隔須視澆置當時之氣溫、濕度、風速、開始拌和時間、混凝土溫度及使用摻料等而定。

9.3.3 混凝土之澆置應視情況妥為分層、分段或分區澆置，以免形成冷縫。

解說：

混凝土澆置前須將澆置之分層、分段或分區詳列於澆置計畫中，以避免產生不必要之施工縫，若施工縫未妥善處理即為冷縫。

9.3.4 混凝土澆置因故中斷時，應將澆置面整理平順。若先澆置之混凝土已相當凝結，再澆置新混凝土可能形成冷縫時，若隨即繼續者應按第6.2.4節之規定辦理，否則應按第9.6節之規定做施工縫處理。冷縫是否形成由工程師判定之。

9.3.5 澆置面為斜面時，應由下而上澆置混凝土。

9.3.6 若梁或版與其支承之柱或牆同次澆置混凝土時，須俟柱或牆之混凝土達無塑性且至少2小時後，方可澆置梁或版之混凝土。

解說：

柱或牆之混凝土若與梁版同時澆置，柱或牆可能因漏漿或乾縮而變短，以致與其上之梁版形成裂縫，故梁版之混凝土澆置應延後至少2小時，俟先期澆置之混凝土穩定後方可澆置。

9.3.7 澆置混凝土應注意鋼筋、模板或埋設物有無移位或變形，倘有此現象，應暫停澆置，待校正加固後再繼續澆置。

9.3.8 澆置計畫書須含澆置順序，特殊結構及澆置作業有安全顧慮者尤須特別注意。

### 9.4 搗實與墾平

9.4.1 混凝土澆注進入模板後，應隨即予以適當之搗實及墾平。

解說：

搗實乃為求混凝土密實之重要步驟，搗實不足將使混凝土形成表面多氣泡、蜂窩、內部空洞、鋼筋握裹力降低、混凝土各部份強度不均勻等不良現象；搗實過度可能引起模板較大之變形、材料分離嚴重、鋼筋及埋設物移位等，故搗實過度與不足均應避免。搗實困難時應視情況調整坍度或改變產製輸送速率配合，避免搗實不及而造成冷縫等缺失。

9.4.2 混凝土之搗實應採用符合CNS 5646〔混凝土內之棒形振動器〕規定之振動棒(或稱內部振動器)，但經工程師之許可者，得採用符合CNS 5648〔混凝土模板振動器〕規定之外部振動器(即外模振動器)或其他有效搗實器具。

9.4.3 振動棒應具適當之振動頻率及棒錘直徑，其選用可參考ACI 309R(混凝土搗實實務)中之表5.1.4。

解說：

混凝土面鏟平使用之動力工具，具有部份程度之搗實效果，工程師得視實際工具效率認定之。低坍度混凝土不宜完全使用手工具搗實。

ACI 309R(混凝土搗實實務)中之表5.1.4 轉列於表R9.4.1以供參考選擇適當之振動棒。

9.4.4 振動棒應盡量垂直緩慢插入混凝土中，不得以接觸鋼筋或模板作振動，一點振畢拔出時，應緩慢並保持振動棒垂直。

9.4.5 振動棒插入點之間距應約為45 cm。

9.4.6 振動棒每一插入點之振動時間應在5~15秒之間，以能充分搗實混凝土排除其中之氣泡為原則。充分搗實係指混凝土不再排出大氣泡、顏色均勻且表面上粗骨材若隱若現。

9.4.7 禁止過度振動或以振動棒移動混凝土。

9.4.8 振動棒應插入前次澆注混凝土層內，其進入前層混凝土之深度應約為10 cm。

9.4.9 外模振動器必須固定附著於模外，其分布應均勻以獲得最佳效果。

解說：

表R9.4.1 內部振動棒之功能特性及應用範圍

1	2	3	4	5	6	7	8	9
			建議值			近似值		
組別	棒頭直徑 cm	參考頻率 次/分 (Hz)	偏心轉矩 cm-kg	平均振幅 cm	離心力 kgf	影響半徑 cm	每一振動棒工作效率 m <sup>3</sup> /hr	
1	2~4	9000~15000 (150~250)	0.035~0.12	0.04~0.08	45~180	8~15	0.8~4	本類振動棒適用於易流動混凝土澆置於薄且狹窄之構件，亦可補助大型振動棒振動不足之處，如預力構件導管鋼鍵擁擠者；亦可於試驗室試體之製作。
2	3~6	8500~12500 (140~210)	0.09~0.29	0.05~0.10	140~400	13~25	2.3~8	適用於塑性混凝土澆置於薄牆、柱、梁、預鑄樁、薄版及沿施工縫處；亦可補助大型振動棒振動不足之處。

3	5~9	8000~12000 (130~200)	0.23~0.81	0.06~0.13	320~900	18~36	4.6~15	適用於坍度小於8cm之硬塑性混凝土，澆置於一般構材，如牆、柱、梁、預力樁、厚版，及巨積混凝土或鋪面靠近模板處。亦可作為鋪面之排振機。
4	8~15	7000~10500 (120~180)	0.81~2.9	0.08~0.15	680~1800	30~51	11~31	適用於坍度小於5cm巨積或結構混凝土，每次澆置在3m <sup>2</sup> 以下，或模板面寬廣處之重型構造如電廠、巨型橋墩、基礎，也用在大型填體靠近模板埋設物或鋼筋處。
5	13~18	5500~8500 (90~140)	2.6~4.0	0.10~0.20	1100~2700	40~61	19~38	適用於重力填，巨型橋墩，巨大牆體等，須同時使用2根振動棒以搗實一次澆置3m <sup>2</sup> 以上之混凝土。

第3欄 係指振動棒埋置於混凝土內時之振動頻率。

第4欄 依ACI 309R附錄A之附圖A.2之公式計算。

第5欄 為振動棒在空氣中振動時，波峰波谷間距離(即振幅)之一半。

第6欄 振動棒在混凝土內，依ACI 309R附錄A之附圖A.2之公式計算。

第7欄 在此範圍內之混凝土可完全被搗實。

第8欄 假設插入間距為影響半徑之1.5倍，每一振動棒工作效率=澆置混凝土數量/澆置時間，振動時間假設為澆置時間之三分之二。

第7,8欄 此處所示數值不全是振動棒的影響而已，尚有混凝土之工作性、空氣排除程度及施工經驗之影響在內。

9.4.10 壘平作業應於混凝土經充分搗實後方可進行，壘平過程中若發現有搗實未充分之處，應要求加強搗實後再予壘平。

## 9.5 保護

9.5.1 室外混凝土之澆置應避免在下大雨、下雪及刮大風等惡劣天候下進行，不得已須澆置混凝土時，應採取經監造者認可之保護措施。

9.5.2 冰凍之地面上不得澆置混凝土。

9.5.3 不得使雨水損害混凝土表面或增加混凝土中之水量。

9.5.4 若混凝土澆置中及其後24小時內周圍之氣溫可能低於5°C者，澆置時之混凝土溫度不得低於10°C。但混凝土構材斷面尺寸小於30 cm者，混凝土溫度不得低於13°C。

9.5.5 澆置之混凝土溫度高於32°C時，應採取經監造者認可之措施。

9.5.6 鋼筋及鋼模之溫度高於49°C時，澆置混凝土前應先以水冷卻之。

9.5.7 保護所需之器材及設備應事先備妥。

解說：

為保持日後混凝土能正常水化，必須防止澆置過程混凝土中水份之增減及溫度劇烈變化之影響。

## 9.6 接縫之處理

9.6.1 澆置過程中應儘量避免增加非必要之施工縫。

9.6.2 若因特殊情況而須加設施工縫時，施工縫位置應儘量避免在結構上最大剪力之處，其設置位置應按第6.2節之規定，並經監造人許可。

解說：

接縫處理之步驟乃須按第6.2.4節之規定。

## 9.7 大面積水中澆置混凝土

### 9.7.1 適用範圍

(1) 本節適用於在海洋、河川、湖泊或其他自然水面下較大面積水中混凝土之澆置。

解說：

水中混凝土之澆置依環境與施工方式，可分使用於如海洋、湖泊、河川或基礎開挖等較大面積之水中澆置混凝土，與使用於如場鑄樁或地下連續壁等較小面積於水中澆置混凝土之兩種澆置方式。

場鑄樁或連續壁等較小面積於水中澆置混凝土應按第9.8節之規定。

(2) 本項水中混凝土之澆置應充份考慮其施工環境，注意材料、配比、澆置、施工機械等，細心施工以防材料分離。

解說：

由於在水面下澆置較大面積之混凝土，較難確認其品質之均勻性、澆置界面及鋼筋黏裹之可靠性，故採用之混凝土配比目標強度大於規定設計強度之值應適當提高。水中混凝土之品質受施工之影響甚鉅，應慎選施工方法以抑制材料分離。

### 9.7.2 配比

(1) 水中混凝土坍度應為100mm~210mm。

(2) 水膠比應在0.50以下。

(3) 膠結材料用量應在400kg/m<sup>3</sup>以上，其中水泥重量應為總膠結材料重量之50%以上。

解說：

(1) 鑑於水中混凝土不可能施予搗實而需具較高之流動性。同時為抑制材料分離，宜採用富有黏性之配比。除宜摻用適當之摻料外，並宜提高細粒料之比率，如表 R9.7.1。

表R9.7.1 細粒料占粒料總量比率

粗粒料種類	細粒料比率
天然卵石	40 - 45%
碎石	增用3 - 5%

(2) 依調查結果，用特密管澆置之水中混凝土，鑽心試體之抗壓強度僅為同配比標準試體之60%。此乃表示混凝土於澆注之過程中難免受周圍水之混入，致強度減弱。

為減少上述混凝土強度及各種性質之影響，除宜摻用適當之摻料外，水中混凝土以採富配比為宜，膠結材料用量最少為400kg/m<sup>3</sup>，水膠比之最大值為0.50。

(3) 飛灰等卜作嵐材料取代量上限可參考第3.2.2節解說之規定。

### 9.7.3 澆置原則

- (1) 混凝土應在靜水情況下澆置。
- (2) 混凝土之澆置不得使混凝土由水中自由落下，應採用適當措施防止澆置過程中混凝土與水接觸。
- (3) 混凝土澆置形成之頂面應儘量保持水平，並連續澆置上升至預定之高度。
- (4) 分層澆置混凝土時，每澆置層完成後，需清除水泥乳皮始可澆置上一層。
- (5) 澆置中應儘量避免擾動已澆置之混凝土。
- (6) 混凝土硬化前應儘量避免使水發生流動。
- (7) 水中混凝土之澆置應以特密管或混凝土泵澆置為原則，不得已時可使用開底袋或開底箱澆置。

解說：

- (1) 澆置水中混凝土時，為防止水泥之流失及乳皮發生，需設適當設施以保持靜水狀態。若無法確實使水達到靜止者，應抑制水之流速在5 cm/sec以下。
- (2) 澆置時若混凝土在水中自由落下，會使材料分離導致水泥流失，多因施工用具之操作不當，應詳檢討操作程序，並採取預防措施。
- (3) 混凝土澆置若發生中斷(暫停)時，其後續澆置下一部份之前應依條文 之規定確實清除表面之水泥乳皮，惟此項作業非常困難，故除非萬不得已，須不分層連續澆置至預定高程，不可任意中斷。
- (4) 當需短時間內連續澆置達高度數公尺時，則由於模板之側壓驟然升高，易引起模板鼓脹，泥漿漏失，故應檢討模板之強度與組立。
- (5) 為防止與水接觸部份之混凝土發生材料分離，澆置中不可攪動周圍之水，如移動特密管或混凝土泵送管。
- (6) 為防水泥被水刷洗而流失，水中混凝土之澆置以特密管或混凝土泵為最宜，至於開底箱及開底袋因無法連續澆置，混凝土品質無法確保，故除非次要構造物或小工程，儘少採用。

### 9.7.4 特密管澆置

- (1) 特密管應具水密性，其內徑應可使混凝土自由落下。
- (2) 每支特密管之澆置範圍不宜過大。
- (3) 澆置中特密管之下半段須隨時充滿混凝土。
- (4) 澆置中特密管不可橫向移動。
- (5) 應預先詳加檢討各階段特密管操作之情況，採預防措施以免對澆置中混凝土有不良影響。
- (6) 使用特殊特密管時，應預先確認其適用性及使用方法。

解說：

- (1) 水中混凝土使用特密管之內徑應為粗骨材之最大粒徑8倍以上，依使用經驗，特密管之內徑與水深之關係如表R9.7.2。

表R9.7.2 依不同水深之特密管內徑

水深	特密管內徑
3 m以下	§ 25 cm
3 - 5 m	§ 30 cm
5 m以上	§ 30 - 50 cm

- (2)特密管下流出之混凝土，若在水中橫向流動距離太長，會導致品質下降，因此一般每支特密管澆置面積以 $30\text{ m}^2$ 為上限。若高度與面積均大且形狀單純的無筋混凝土構造物，曾有一支特密管澆置面積達 $60\text{ m}^2$ 之例。
- (3)若使混凝土在水中自由落下，會引起嚴重材料分離，混凝土澆置開始前，應於特密管之底端裝設底蓋或裝套管塞，以防混凝土與水直接接觸。混凝土澆置中，任何情況均應使特密管底端保持埋入於已澆置混凝土頂面下 $50\text{ cm}$ 以上之深度，使特密管下半段保持充滿混凝土，以防水入侵管內。澆置混凝土時特密管施予上下輕微移動，以促混凝土滑順流下，達良好的澆置效果。
- (4)筒體部份若為可撓性之軟管，應考慮與外部水壓力之平衡，及特密管構造能使筒體內不殘留混凝土。特密管之先端裝設可遙控之閥門，與探知混凝土面之感應器。此等特殊特密管有助於重新插入混凝土內繼續澆置，惟使用上仍應確認其適用性，並充分檢討其使用方法。

#### 9.7.5 泵送澆置法

- (1)混凝土泵送之配管應具水密性。
- (2)澆置方法應比照特密管為之。

解說：

- (1)由於水中混凝土之澆置將形成向低處壓送，造成配管內有負壓之情形。若配管未具水密性，將會導致水之侵入，影響混凝土品質。
- (2)按實際施工例，配管之內徑以粗骨材最大粒徑之 $3\sim 4$ 倍或 $10\sim 15\text{ cm}$ 為宜，且一支配管澆置之面積在 $5\text{ m}^2$ 為宜。
- 澆置作業應注意下列事項：
- ① 澆置開始前，須裝插綿膠球(*spurge ball*)以防水與混凝土之直接接觸。
  - ② 澆注中，配管內應隨時充滿混凝土。
- (3)配管之底端應保持埋入於已澆置混凝土內 $50\text{ cm}$ 以上。
- (4)為防配管之移動時，周圍水之逆流入或管內混凝土由水中落下，底端宜裝設逆止閥。
- (5)為防由於壓送壓力過大，導致管底端跳動而攪動混凝土，底端宜具充分重量以資固定，以防混凝土品質受損。

#### 9.7.6 使用開底吊桶與開底袋之澆置法

- (1)開底吊桶與開底袋之構造應具：當開底吊桶與開底袋之底面達於已澆置混凝土之面上時，得以輕易打開其底蓋，以順利放出混凝土。
- (2)混凝土澆置時，開底吊桶與開底袋應靜輕下降於水中，於卸放混凝土後，亦應輕緩地脫離剛澆置之混凝土面。

解說：

使用開底吊桶與開底袋澆置水中混凝土時，混凝土易形成為小山高狀，難予灌滿模板各角落。當採用此方式時，宜量測水深由低處澆置。並應留意依此法澆置之水中混凝土，每袋每桶混凝土之澆接面無法密接，故應慎選其用途。

### 9.8 場鑄樁或地下連續壁之水中澆置混凝土

#### 9.8.1 適用範圍

(1)本節適用於場鑄樁或地下連續壁水中混凝土之澆置。

(2)本項水中混凝土之澆置應充份考慮其施工環境，注意材料、配比、澆置、施工機械等，細心施工以防材料分離。

解說：

澆置場鑄樁或地下連續壁之水中混凝土與前節大面積水中澆置混凝土，有以下基本不同點：

- (1)此類水中混凝土澆置面積不大，若為場鑄樁一般鑽掘之孔洞直徑在1~3 m，地下連續壁之厚度為0.6~2 m(亦有4 m者)，寬4~8 m(亦有12 m者)之長方形，但澆置深度甚大，自10多公尺至數十公尺(曾有100 m者)。
- (2)掘孔內之水面高於地下水，達地面者居多，一般多為泥水或穩定液，且可高度保持靜水狀態。
- (3)一般多為鋼筋混凝土結構，使用鋼筋以大直徑者居多，排列較密。一般採預組鋼筋籠，俟掘孔完成後吊放。

### 9.8.2 混凝土

#### (1)粗骨材最大粒徑

粗骨材之標稱最大粒徑以鋼筋淨間距之1/2，且25 mm以下為準。

解說：

水中混凝土之粗骨材粒徑愈大，愈易導致分離。鋼筋淨間距過小，混凝土不易流出鋼筋籠之外側，易形成混凝土填充不確實，或使鋼筋籠外側之混凝土造成由於落下之材料分離等，故需訂定粗骨材之最大粒徑如本條文。但壁厚或樁徑較大，鋼筋淨距較大者，若能充分檢討採用適當之配比及坍度，可將粗骨材之最大粒徑放寬至40 mm。

鋼筋採搭接或成束鋼筋者，混凝土填充較為困難，易造成填充不良，宜採有效改善措施。

#### (2) 配比

- ① 坍度以15~21 cm為準。
- ② 水膠比應在0.55以下。
- ③ 單位水泥用量應在375 kg/m<sup>3</sup>以上。

解說：

由於場鑄樁及地下連續壁之混凝土通常均使用特密管澆置於水中，而必需富於流動性。若缺乏流動性，澆置之混凝土將形成以特密管為中心之山形，易捲入淤泥或穩定液，造成局部性劣化或空洞。若鋼筋之淨間距較小，則有保護層混凝土填充不實之虞。混凝土若坍度大於21cm，材料易於分離，若坍度小於15 cm，則流動性不佳。

當混凝土需要較大之坍度時，可摻用流動化摻料或採富配比(水泥漿量較多)之混凝土，以稍調高坍度，但不可超過24 cm。

場鑄樁及地下連續壁之混凝土規定強度依其用途而異，以245~315 kg/cm<sup>2</sup>者居多。若使用水膠比0.6或單位水泥量300 kg/m<sup>3</sup>即可達此需求，惟為抑制水中混凝土之材料分離，及防止淤泥與穩定液之捲入混凝土導致強度減低，乃訂定本條文。

若僅供臨時設施之用，混凝土之單位水泥用量可減為300 kg/m<sup>3</sup>以上。

### 9.8.3 鋼筋籠

鋼筋籠之施工除按第五章之相關規定外，並應按以下之規定：

- (1)鋼筋籠必需組紮確實堅固，以防存放、搬運、吊裝時產生有害之變形。

- (2)鋼筋籠之鋼筋保護層厚度應為10 cm以上。
- (3)為確保設計圖說要求之保護層厚度，間隔器應具適宜形狀與配置。
- (4)鋼筋籠之吊裝，應於鑽掘完成後儘早實施，吊裝中應正確保持位置與垂直，防止彎曲、屈曲、脫落、接觸孔壁等。

解說：

- (1)鋼筋籠變形會造成保護層不足、孔壁崩坍、吊放困難、拔套管時鋼筋籠浮起等缺陷，因此鋼筋籠除須依規定之尺寸、形狀正確組紮外，為防存放、搬運、吊裝時產生有害的變形，必需具充分勁度，必要時施予充分的補強。  
為便於鋼筋籠吊掛，並防止扭曲、變形及壓扁，鋼筋籠應予補強。這些補強宜使用較大號鋼筋或具所需形狀尺寸之鋼板等。如係地下連續壁用之長方形鋼筋籠，為防扭曲宜於外側以斜向配筋補強。補強鋼筋之配置應避免妨礙特密管之插放。鋼筋籠之堆積宜於其內側放置暫設支架以防變形。
- (2)由於場鑄樁及地下連續壁之混凝土無法以振動機充分搗實，孔壁與鋼筋間之淨間距如偏小，混凝土難予確實灌滿，鋼筋保護層厚度宜設為10 cm以上，惟若僅供臨時設施之用得減為7.5 cm以上。以上所稱之保護層係指由箍筋外緣至樁或壁設計有效斷面外緣之距離。
- (3)鋼筋籠必須裝設間隔器以確保所需之保護層厚度，間隔器須於鋼筋籠吊裝時不致脫落，或不刮傷孔壁之構造與形狀者。間隔器於深度方向之間距，通常為3 ~ 5 m，圓形者同一層之間隔器以4 ~ 6個為宜。間隔器之突出高度及與套管內面或孔壁面之淨間距，宜衡量孔壁面之掘挖精度及套管拔除時鋼筋籠之共浮現象。
- (4)鋼筋籠之吊放應隨時保持垂直、防止橫向搖擺、緩慢穩定吊放至指定位置，並應防產生有害變形。如係無套管樁則更應防鋼筋籠之動搖或傾斜造成孔壁之崩坍。因此通常應使用專用吊架、吊掛頂端之補強鋼筋或鋼板。

#### 9.8.4澆置

- (1)混凝土澆置前應確實清除淤泥。
- (2)混凝土澆置應以使用特密管為原則。
- (3)澆置前鑽掘孔內之泥水或穩定液應稀釋至適當比重。
- (4)混凝土應澆置至高出設計頂面50 cm以上，俟硬化後再將高出部分去除。
- (5)所使用後之穩定液應按規定處理，以免影響環境。

解說：

- (1)淤泥係由懸浮於泥水或穩定液中之土砂、鑽挖之碴屑、及鋼筋籠吊裝剝落之土砂等，沈澱於孔底所造成。淤泥不處理即澆置混凝土，將減低樁端支承力，或混凝土捲進淤泥而品質下降，故必須清除淤泥，於鑽掘完成後及混凝土澆置前分兩次處理為宜。惟經監造者許可，得依工法、施工條件之不同，於適當時間以適當方法一次處理。
- (2)場鑄樁及地下連續壁之混凝土澆置，一般於穩定液(含泥水)中實施，澆置深度很大，澆置面積甚小等情況，均需高品質混凝土，故宜採用特密管澆置。
- (3)為減少澆注中穩定液之繼續沈澱，及澆注順暢，穩定液之濃度應予控制，適宜之穩定液比重應保持於1.02 ~ 1.08。
- (4)澆注中混凝土之頂面，由於穩定液及淤泥之混入、浮水及乳沫等，將影響其品質，形成所謂之劣質混凝土，因而本條文規定必須較設計頂面多澆置50 cm以上，並於硬化後去除。僅供臨時設施使用之地下連續壁，若經充分檢討可行，此超澆高度得適當減少，但須經監造者許可。

(5)使用後之穩定液如處理不當，易造成現場附近下水道之阻塞，污染周邊道路等公害，故應設置沈澱槽及真空泵等處理設施；並依排水、環保等之相關規定辦理。

#### 9.8.5特密管

- (1)特密管應具水密性並選用適當管徑。
- (2)特密管應使用管塞或底蓋。
- (3)特密管之底端應保持於澆置中混凝土頂面下至少約2 m。
- (4)特密管之配置間距以3 m為宜。
- (5)混凝土澆昇應保持適當速度，不宜偏緩。
- (6)使用多支特密管時，應避免澆昇面產生過大之高差。

解說：

- (1)場鑄樁及地下連續壁用之特密管，每支之規格長度為3.0 m，並備有供調節總長度用之1 m及2 m之預備管，為確保水密性，管之接頭多採用翼緣式。管之內徑有20 cm、25 cm、30 cm等，為使澆置順暢，內徑應為混凝土最大骨材粒徑之8倍以上。
- (2)為防最初注入管內之混凝土與管中之水接觸，導致骨材分離、掉落，通常都使用管塞。亦有於特密管之下端裝設底蓋者，此法雖不適宜水深浮力較大者，但因故須抽離特密管，以排除阻塞後再繼續澆置時，則須使用此方式。
- (3)澆注過程中，若特密管埋入混凝土深度過小，可能造成澆置混凝土噴出，導致與水混雜、骨材分離，或誤將特密管底端抽離澆置頂面，故澆注中應保持特密管埋入於澆置頂面下2 m以上。惟在澆注後段，已易於確認混凝土面高程時，得略減埋入深度。  
若特密管埋入深度過大，將影響混凝土之流出、使特密管之拉昇困難、或使特密管一次拉昇長度加大，導致管內混凝土之急速下落，而造成材料分離，故特密管之埋入深度以小於6 m為宜。
- (4)以特密管澆置混凝土時，因地下連續壁之鑽掘孔為長方形，其混凝土流動距離較大，易造成材料之分離，一般特密管宜順長方向以3 m間距以內配置，邊端或隅角部份尤應加密配置。
- (5)若混凝土之澆昇速度過緩，易捲入穩定液造成混凝土品質降低；反之如澆昇速度過速，在地下連續壁之先行澆置節塊，易造成接合鋼板之變形，或使混凝土流出於接頭區內。一般澆昇速度：先行澆置節塊多控制於4~9 m/hr，後續澆置節塊多控制於8~10m/hr。
- (6)使用多支特密管澆置混凝土時，應儘可能控制各特密管之澆置速度，以抑制澆置面之高低差。

參考文獻

- [1] American Concrete Institute, 1981, "ACI Manual of Concrete Inspection", SP-2, p. 129
- [2] American Concrete Institute, "Guide for Measuring, Mixing, Transporting, and Placing Concrete", Reported by ACI Committee 304.
- [3] American Concrete Institute, "Guide for Consolidation of Concrete (ACI 309R)", Reported by ACI Committee 309.
- [4] 日本土木學會, "コンクリート標準示方書", 1996.

## 第十章 混凝土表面修補

### 10.1 一般規定

10.1.1 混凝土拆模後，若有表面不平整、蜂窩、麻面、裂縫、孔洞、石窩、露筋及空鼓等表面缺陷時，承包商須採用經同意之方式，儘快完成修補；情況嚴重者須會同監造者、設計者等協商辦理。

10.1.2 修補後之表面顏色應與原混凝土接近，修補部份不得脫落剝離或與原混凝土間產生隙縫。

解說：

混凝土施工中，往往由於觀念上或技術上之疏忽，致使混凝土表面產生各種缺陷，如表面不平整、蜂窩、麻面、裂縫、石窩或強度不足及露筋等，嚴重的還會出現孔洞。這些缺陷必須加以修補，必要時還應補強。

拆模後之混凝土表面若未能顯現平整，皆可視為表面缺陷而應進行評估與修補。

蜂窩係指混凝土表面缺水泥漿，形成數量或多或少的孔洞，大小如蜂窩，形狀不規則，露出石子深度大於5 mm，深度不及主筋，但可能使箍筋露出。

麻面係指混凝土拆模後，表面呈現出很多綠豆般大小的不規則小凹點，其直徑通常不大於5 mm。

裂縫有在施工過程中出現的，也有在承受載重後出現的，其對結構強度之影響或輕微或嚴重，狀況不一。

露筋係指主筋沒有被混凝土包裹而外露，或在混凝土孔洞中露出的缺陷，屬嚴重的缺陷。

孔洞係指混凝土表面有超過保護層厚度之孔，但不超過斷面尺寸1/3的缺陷，為嚴重的缺陷。

石窩通常係在混凝土施工過程中，由於材料分離造成粗骨材過度聚集之缺陷。

缺陷之程度有輕微及嚴重之不同，輕微者只要依本章之規定修補即可；情況嚴重，如空鼓(通常出現在預埋鋼板下面之中空缺陷)、結構性裂縫等，足以影響結構之安全者，須由監造者會同設計等有關單位進行評估，了解其成因與對構材的影響程度後，提出修補或補強計畫。

### 10.2 修補材料

10.2.1 填充材料包括混凝土材料及混凝土填加材料。

10.2.2 黏結材料包括水泥及高分子粘結劑。

### 10.3 修補方式

#### 10.3.1 修補前準備

應在不影響構造物之結構強度下，鑿去薄弱的混凝土與特別突出的骨材顆粒，然後用鋼刷、高壓空氣或壓力水清理表面，並依擬使用之黏結劑特性保持乾燥或溼潤。

#### 10.3.2 修補

將填充材料與黏結材料均勻混合直接填塞或填入填充材料後再以黏結劑注入，施工應注意施工說明書之說明。

#### 10.3.3 保養

填補之混凝土或水泥砂漿應濕治七日，黏結材料應依其產品說明書保養。

## 10.4 水泥砂漿修補

表面不平整、蜂窩、麻面、露筋或石窩等面積較小且數量不多之缺陷，可用與原混凝土相近之水泥砂漿修補；在修補前，有缺陷及其周圍之軟弱之部份應予鑿除至堅實的混凝土面。

解說：

因水泥砂漿凝固時會乾縮，故在缺陷部位周圍的軟弱部份須鑿除成適當的形狀與深度，俾修補抹平時，可增強砂漿的側向束制力，使修補砂漿硬固後不致因體積變化而開裂或脫落。

修補材料與程序如下：

- (1) 修補前，缺陷部位及其周圍向外至少15 cm範圍內之混凝土表面須充份潤濕，或用高壓水及鋼絲刷將原混凝土面沖洗乾淨與打毛，以防止其吸取砂漿內之水份，而影響砂漿與原混凝土之粘結力。
- (2) 粘結層用水泥漿或水泥砂漿(水泥與通過30號篩之砂以1:1之配比混合後)，均勻塗敷在經處理乾淨之混凝土面上。
- (3) 修補用的水泥砂漿之材料及配比應與原混凝土的水泥砂漿相近，砂須通過16號篩。力求修補部位的顏色與原混凝土顏色一致。若拆模後發現混凝土表面有缺陷，應儘快修補，以使修補砂漿與原混凝土顏色一致。
- (4) 修補砂漿應預先攪拌均勻，其拌和水量以能適用於修補工作之最低水量為宜，俾使修補漿或砂漿硬固後的強度不低於原混凝土。又水泥砂漿一旦拌妥後，不得另外加水，以避免水泥砂漿品質劣化。
- (5) 混凝土面之濕潤水經蒸發至面乾內飽和時，將粘結層之水泥漿或砂漿塗敷在該表面上，俟粘結層開始失去水澤時，即將砂漿填入，並充分壓實與刮平，且其完成面應比四周原混凝土面略高。
- (6) 填補砂漿後不得擾動，至少經一小時後才可進行混凝土表面之最後裝飾；裝飾混凝土面之修補不得使用金屬工具，使混凝土表面有適當的粗糙度，以利裝飾。
- (7) 修補之混凝土面應濕治養護至少7日。

修補砂漿若需使用減水劑、輸氣劑、速凝劑、膨脹劑、飛灰、水淬高爐爐渣粉等摻料時，須符合第2.3節之規定。

## 10.5 混凝土修補

較深或較大之蜂窩、露石和露筋之缺陷修補，應在不影響構造物之結構強度下，鑿去薄弱的混凝土與特別突出的骨材顆粒，然後用鋼刷、高壓空氣或壓力水清理表面，再用與原混凝土相同配比的混凝土確實填補搗實之。使用噴凝土修補時應按本規範第15.7節之規定。

解說：

不影響結構物或構件強度、形狀，但會影響結構物耐久性之缺陷，若混凝土鑿除缺陷部位後，修補之深度超過3 cm者，須改用與原混凝土配比相同或更高強度之混凝土取代上節之水泥砂漿進行修補，以減少修補材料之乾縮量，惟修補用混凝土之粗骨材粒徑宜改小。

修補用混凝土若需使用減水劑、輸氣劑、速凝劑、膨脹劑、飛灰、水淬高爐爐渣粉等摻料時，須符合第2.3節之規定。

## 10.6其他材料修補

表面缺陷亦可採用下列方式修補，但須提修補計畫經監造者認可：

- (1) 高分子粘結劑修補。
- (2) 填塞材修補。
- (3) 表面塗料修補。

表面缺陷亦可用高分子粘結劑以下列方式修補，但須提修補計畫經監造者認可：

- (1) 表面塗敷修補。
- (2) 灌漿修補。

解說：

高分子粘結劑一般常用者有環氧樹脂及高分子乳膠。環氧樹脂型粘著劑須符合ASTM C881之規定。乳液型粘著劑須符合ASTM C1059之規定。修補砂漿之配比按產品使用說明書之規定，修補裂縫時可加壓注入。

表面塗敷修補須確實將缺陷部位表面清理潔淨並使乾燥，依產品使用說明書規定之材料與方法塗敷，使用期間對氣候變化及溫濕度變化須具穩定性。

灌漿修補除須確實將缺陷部位表面清理潔淨並使乾燥外，尚須注意灌漿口之佈置、灌漿壓力及灌漿程序，以使完全充滿孔隙為原則。若灌注之孔洞裂縫過大時，可預先填充適當之填充物再進行灌漿。

填塞修補除依上述灌漿修補須確實將缺陷部位表面清理潔淨並使乾燥外材須清潔且施工時確實滲入縫內，並不得殘留在混凝土表面上。修補時可加壓注入並須注意不可有破洞。

表面塗料包括塗封鋼筋的環氧樹脂、壓克力乳液型塗料等，使用期間對氣候變化及溫濕度變化須具穩定性。

## 10.7繫條孔與暫留孔之填補

- (1) 除合約另有規定外，露面混凝土拆模後表面之繫條孔均須填補。
- (2) 使用水泥砂漿填補繫條孔時，繫條孔應先清潔並潤濕，再按第10.4節之方法修補。
- (3) 使用第10.6節之其他材料修補繫條孔時，須先經監造者認可，並按製造廠商建議方法施工。

解說：

露面混凝土之模板繫條孔或暫留孔應以水泥砂漿或樹脂砂漿填補。非露面混凝土之繫條孔可按第4.4.6節之規定處理。

## 10.8水垢、水痕、污點、鐵銹、白華及表面沈積物等之處理

監造者認定不能接受之污點、鐵銹、白華及表面沈積物等，應查明原因並採有效方法去除。

解說：

水垢係因混凝土拌合或養護時使用礦物質含量過高的地下水，導致拆模後混凝土表面呈鐵銹般的黃褐色等污染；水痕係指混凝土因水膠比過高或泌水析離等，導致拆模後混凝土表面有流水般之痕跡。去除混凝土表面水垢、水痕、污點或鐵銹等之方法有噴砂、研磨、蒸氣清洗、刷子擦拭及磨拭等。白華則可用稀鹽酸洗除，並應察明原因採防治措施。

參考文獻

- [1] Joseph J. Waddell, 1974, "Concrete Construction Handbook", McGraw-Hill Book Company, New York.



## 第十一章 混凝土表面修飾

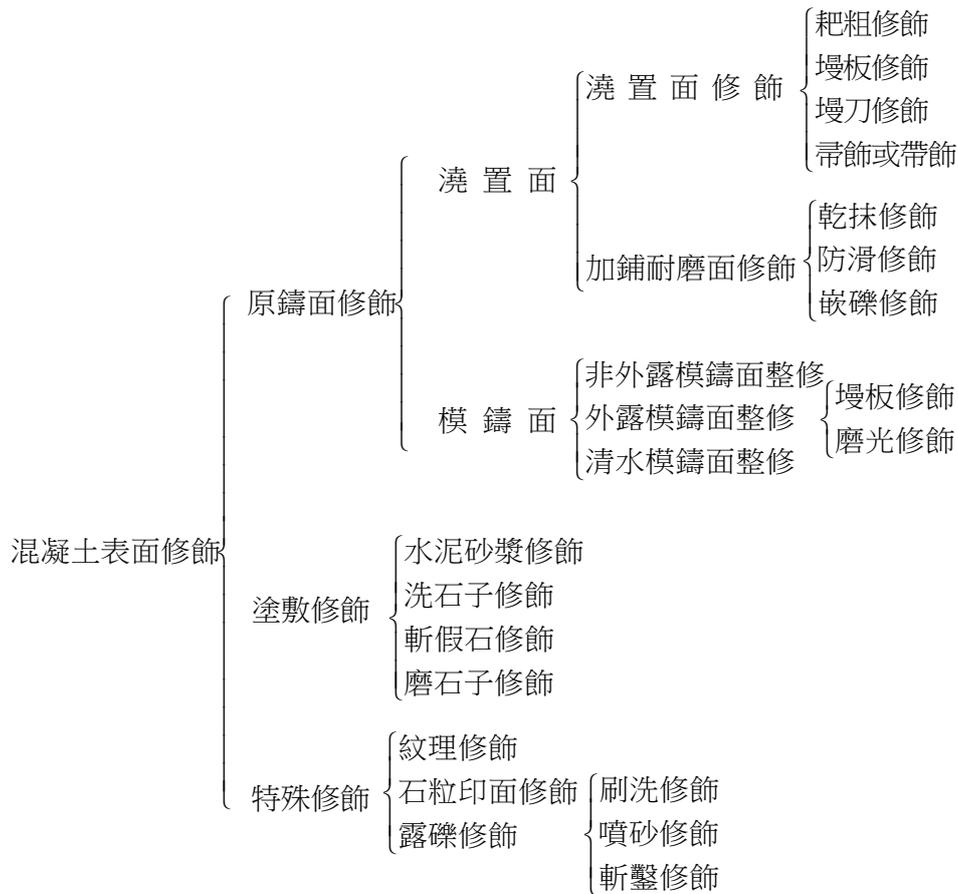
### 11.1 一般規定

本章之混凝土表面修飾，係指為增進混凝土表面之外觀或使用要求所作之修飾。混凝土表面若有缺陷應先進行補修後再作修飾。本章不包括另外加貼或安裝面材之修飾。

解說：

混凝土澆置完成之表面未加修飾者為原鑄面；又分為澆置面與模鑄面。澆置面係指混凝土澆置時，不與模板接觸之面。模鑄面係指混凝土澆置時，直接與模板接觸之面。

混凝土表面修飾分類如下：



11.1.1 外露混凝土有外觀均勻平滑要求時，應以相同材料、配比及澆置方式，按預定區劃一次連續澆置。

解說：

為獲得混凝土均勻平滑要求之外露面，混凝土應按預先區劃之範圍一次連續澆置完成；未預先區劃者，應以使接縫成直線之方式澆置。

## 11.2澆置面修飾

11.2.1完成澆置搗實及整修至大致符合預定高度及形狀之混凝土表面，須俟浮水消失或頂面水排除後方得整修至符合要求。修飾作業宜使用木墁刀、鋼墁刀或適當之器具或機械。修飾作業應細心施作，但不宜過度墁抹。

11.2.2修飾後混凝土尚未初凝時，表面若有裂紋產生應以墁刀拍打消除後再墁平之。

11.2.3需平滑密實之表面者，宜於可作業範圍內，儘晚以鋼墁刀施加適當壓力墁抹。

解說：

新澆置之混凝土面多少會產生浮水，水量較多者若未予排除將會形成乳沫，可能於修飾後使表面產生細紋。

新澆置之混凝土面應以木墁刀施予粗面修飾，必要時再以鋼墁刀作精細修飾。鋼墁刀修飾若過度墁磨，會導致水泥漿集中於表面，易衍生收縮裂紋，更易使混凝土表面形成乳沫，而減弱耐磨性，應予注意。

若採用整修機具進行混凝土表面之修飾時，應預先充分瞭解其使用方式。

當混凝土於凝固前後，因急速乾燥之收縮或其他外力，可能使表面產生細裂紋，尤其鋼筋上方表面，有可能由於混凝土之下陷而衍生裂紋，更由於這些裂紋引發該表面附近之初期缺陷，此時可以墁刀拍打消除之。

使用鋼墁刀修飾之適當時機，雖應視混凝土之配比、天候、氣溫等因素而定，但可以凝固至用手指施壓而不凹陷為指標。以墁刀墁壓時，宜以大力施壓，壓緊水泥漿，以獲得密實之表面。

11.2.4混凝土版表面修飾分為甲、乙、丙三級，其許可差如表11.2.1。

表11.2.1 混凝土版表面修飾級別

修飾級別	修飾許可差(mm)
甲	3
乙	5
丙	8

混凝土版表面修飾之施工方法有耙粗修飾、墁板修飾、墁刀修飾、帚飾或帶飾、耐磨面層修飾及防滑修飾等。

解說：

為確保版面平整度，在混凝土澆置版面後72小時內應以直規加以檢驗；修飾許可差係以3 m長度之直規，置於版上任何位置，任何方向測定之最大間隙許可值。修飾級別依許可差分級如表11.2.1所示。

當混凝土終凝前發現修飾面之平整度未符合要求時，應使用刮板將高凸之處刮平，將凹處填平，再繼以人工搗實、鏟平及修飾。修飾中應不斷檢核其平整度，直到全部表面修飾之平整度達到所要求之許可差為止。

版面混凝土修飾之選擇若合約文件中未指定修飾方式時，版之混凝土面可採用下列之適當方法修飾：

- (1)耙粗修飾—用於另加鋪面層(耐磨面或修飾面)之原鑄面(澆置面或模鑄面)。
- (2)墁板修飾—用於接受屋面料、防水膜或砂墊磨石子之底層表面。
- (3)墁刀修飾—用於不施作帚飾或帶飾之人行道或樓版水泥砂漿面。或用於面上再鋪木板或地毯之水泥砂漿面。
- (4)帚飾或帶飾—用於橋梁或道路之車道、機場跑道、車庫及坡道等處。

(5) 耐磨面層修飾—用於橋梁、道路、機場跑道、水路、水壩排砂道等之表面。

(6) 防滑修飾—用於室外平台、階梯及室外之坡道。

#### 11.2.5 耙粗修飾

混凝土經澆置、搗實、刮抹、整平至丙級修飾之許可差後，在終凝前用粗刷或耙子將混凝土表面均勻耙粗。

#### 11.2.6 塹板修飾

混凝土經澆置、搗實、刮抹、整平後，暫不繼續工作，留待塹平。俟混凝土表面水份消失後或表面硬化至足以承受作業時始可塹平。塹平工具可用手塹板、動力刮塹平機及盤式塹平機等。在初步塹板修飾時，應以3 m直規校核其表面，將高低處刮平。塹平工作達乙級之許可差後，立即再塹至表面呈均勻之紋理為止。

#### 11.2.7 塹刀修飾

混凝土表面須先按第11.2.5節之規定做塹板修飾。然後用動力塹刀，再用人工塹刀修飾之。在動力塹刀修飾後，應能產生平滑無缺陷，但可能有塹刀痕跡之表面。俟其適當硬化後始得再以手塹。最後修飾面應為無塹刀痕跡、表面密實、且外觀均勻之甲級許可差平面。

解說：

版面之修飾如用於外露或防水膜等之表面，且面積較大者多採用動力刮塹平機或盤式塹平機做大面積之整體粉光，角落或動力機不能作業處，採用人工塹刀修飾。

修面之作用是要將水泥混凝土表面之浮水消除，並將表面由混凝土中氣泡浮出所形成的孔隙加以消除，並整平達至公差要求，確保表面之缺陷予以磨除，達外觀密實、光滑、均勻之平面。

受磨耗之混凝土澆置面如橋面版、道路、機場跑道、水路、水壩排砂道等之表面，應使用抗磨耗骨材外，亦應降低水膠比，以產製密實均質之混凝土；施工時除應確實搗實，表面處理可按本節規定外，亦應充分養治，以促進水泥之水化作用，提高耐磨性。為提升抗磨性，使用矽灰、樹脂、聚合物、鐵質骨材及鋼纖等之特殊混凝土，應遵守各自之有關規定施工。

金屬甲板上混凝土面之修飾可為乙級修飾之許可差。

#### 11.2.8 帚飾或帶飾

混凝土表面經第11.2.6節規定之塹板修飾後，應立即以掃帚或帆布帶在平面上拖掃以造成粗糙均勻之橫向紋理。

解說：

為提昇車輛行駛性，橋面版、道路、機場跑道等應將混凝土表面修成橫向紋理。

無論使用何種掃紋方法，時機之掌握是一項重要關鍵，掃紋修飾作業應在混凝土仍具有塑性時，便開始進行，但也不宜過早，須待混凝土表面硬度足以防止凹紋兩側坍塌癒合。

修飾用帆布帶應隨時保持濕潤，如太乾燥，水泥砂漿會因此聚集其上，此種乾燥水泥砂漿之存在，將使表面變得粗糙不堪。施工時應保持掃紋的寬度、深度及間距之均勻，並應注意前後帚飾之間是否重疊過多或留下太過空隙。

## 11.3加鋪耐磨或修飾面層

### 11.3.1底層與加鋪面層之處理

底層混凝土經澆置、搗實、刮抹、整平至丙級修飾之許可差後，在終凝前用粗刷或耙子將混凝土表面均勻耙粗，以備加鋪耐磨面層或修飾面層。

加鋪面層材料後立即搗實、壘平，然後以壘板或壘刀修飾之，並檢查表面平整度。若使用動力壘板應選用適當之型式。修飾平整後，應以較一般混凝土更長期間保持濕潤養護。

### 11.3.2加鋪面層材料

耐磨面層須選用能耐磨損之材料。修飾面層之材料依修飾需要而定。

### 11.3.3與底層連續澆置之加鋪面層

加鋪面層與底層混凝土連續澆置者，其底層混凝土應俟其加鋪面層作業準備妥當後方可開始澆置；並於底層混凝土表面不現浮水而能承受足踩不產生可見之痕跡時，立即澆置加鋪面層。

### 11.3.4延緩澆置之加鋪面層

加鋪面層延緩澆置者，當其底層混凝土局部凝結時，應即以粗鋼刷除去表面之水泥乳並耙粗表面。底層至少須濕養3天並保持清潔。加鋪面層澆置時，底層表面須完全清潔及潤濕但無殘水，並加刷粘結層，在其凝乾前，立即澆置加鋪面層。

### 11.3.5乾抹修飾

乾抹修飾係以水泥混合指定之金屬或礦物骨材，按產品說明書與第11.2.6節壘板修飾之規定施作之修飾；該項骨材應經監造者之認可。

### 11.3.6防滑修飾

凡合約文件指定需防滑修飾處，應選用經監造者認可之粗糙耐磨防滑材料，並按產品說明書之規定辦理。

### 11.3.7嵌礫修飾

混凝土表面經按第11.2.6節之規定，整平至乙級修飾之要求且表面不現浮水後，應即將經監造者認可色澤與尺寸(通常1~1.5 cm)之石礫，以單石礫之厚度均勻覆蓋於混凝土面上。覆蓋石礫時應輕輕拍打，使其嵌入混凝土面，並壘抹至石礫被水泥砂漿包裹，且其表面達乙級修飾之要求。俟水泥砂漿硬化至足以阻止石礫鬆動後，以足量之水，任其緩緩漫流於混凝土面，同時以細毛刷，刷除石礫表面裹著之砂漿，直至石礫均勻顯露為止，但不得使石礫鬆動。

解說：

為使版面與其他粘結物易於接著，於混凝土終凝前，用粗刷、鐵耙等將混凝土表面均勻地耙粗。

版混凝土為控制其強度、厚度及其平整度，表面修飾之處理依使用需求不同，骨材之配比與坍度應予注意調整，方可達預期效果。因表面不再另覆其他建材，故表面強度及處理方式為添加金屬或礦物料，再做整體粉光，以增加表面之耐磨、硬化或防滑等作用。

乾抹修飾應切實控制撒佈之時間，必需在混凝土或水泥砂漿達到即將開始硬化時進行，如施工太早則產生骨材沈澱過深之現象，因而以規定量材料，無法獲得預期效果須使用更多之材料，導致經費增加，且構成過量之灰斑及色澤不均勻之現象，反之如施工太遲，則產生鏟刀斑紋，色澤不均勻及針孔等現象，因表面過硬，施工費力，供完工表面顯得粗糙，使用期間，易成表面剝離之原因<sup>[1]</sup>。一般乾抹修飾之方法如下：

(1)首先將表面修飾所需混合物之2/3以適當方法撒佈於面上，務使其均勻但不析離。撒佈後立即以壘板乾抹，將混合物抹入混凝土面。然後撒佈其餘1/3之混合物再行乾抹。但再度乾抹時應對初度乾抹混

合料較少之處補足之。

(2)混合物經以二度墁板完全抹入後，應依合約文件規定之掃飾、墁板或墁刀等修飾法修飾之。

## 11.4 模鑄面修飾

### 11.4.1 模鑄面整修

- (1)混凝土表面若有孔穴、蜂窩、模板繫條孔等，應按第十章之規定修補。
- (2)對破損之邊角等無害之孔隙或不規則之凸部份應加徹底整修，使外觀平整。
- (3)力求使混凝土外表光滑、堅硬、平整及均勻，板縫或模板破損處之凸出水泥漿高度超出 2 mm 時，應去除之。
- (4)由於溫度或乾縮發生之裂紋，應施予適當修補。

解說：

混凝土模鑄面之任何缺陷均應處置，否則非但損傷外觀，對構造物之耐久性亦有不良影響。

### 11.4.2 非外露模鑄面整修

- (1)除另有規定外，非外露面應依第11.4.1節規定整修。
- (2)有防水、防漏或其它要求者，應從其規定。

解說：

由於非外露面為公眾所不目睹者，一般要求不高，只要符合第11.4.1節之要求即可，亦可依其需要作相當之修飾。

非外露面與土壤、地下水接觸者，常有防水、防漏之要求，應依其需求及工法確實施作。

### 11.4.3 外露模鑄面整修

- (1)形成露面之模鑄面應細心澆置、確實搗實，以獲得平滑之水泥漿面。
- (2)外露模鑄面應依第11.4.1節規定整修。
- (3)產生於混凝土面之突起、刮痕等應剷除平整；麻面、缺損、凹陷等應清除其不完整部份後，依第11.4.5及11.4.6節規定施予以修飾。

解說：

一般的土木結構物之混凝土表面雖屬外露者，亦多以不另施塗敷修飾面層，而以保持模鑄面原貌露現者居多，此類構造物為求其外露混凝土表面之完整美觀，自模板製造、裝設、混凝土澆置、拆模至養治之一連串作業，均須細心處理。

惟採用此種修飾時，應注意模板接縫之整齊，保持原有模板之紋理。

混凝土表面不另施予特殊修飾者，其表面應為無石子顯露之水泥砂漿面。這非但為美觀之所需，並對提高構造物之耐久性及其水密性甚為重要。因此，模板表面必須平整，除模板接縫不得漏漿外，澆置及搗實振動等作業必須細心。

### 11.4.4 清水模鑄面整修

- (1)所使用之模板或其襯料需能使混凝土表面形成光滑、堅硬與均勻之紋理等。
- (2)澆置後應於不致損害構造物之情況下儘早拆模，並即作必要之修飾；修飾前應先使之潮濕並修補孔洞，然後用金剛砂或其他磨具施磨，直至表面色紋均勻為止。

解說：

清水模之面板或襯料應採用木板、合板、金屬板、塑膠板等或經許可之能產生所需飾面之材料。面板或襯料之排置應整齊對稱，儘量減少接縫。板面或襯料之撐材或背襯支承應加強，以防止撓度過大影響平整度，其許可差規定詳表4.3.1。清水模板之紋理的配置使用應事先考慮，以確保拆模後混凝土表面之美觀，故板面或襯料材質、模板強度，組合後的平整性及繫條間距等因素均應詳細規劃。

凡模板或其襯料上有混凝土渣、浮紋、裂紋、破損、破邊、補片、凹痕及其他缺陷足以影響混凝土表面美觀者，均不得使用。

#### 11.4.5 壩板修飾

- (1) 模板拆除應盡早移去繫條，清除附著物及板縫水泥漿，並予整修。
- (2) 整修後應使用水泥砂漿填補繫條孔及其他孔隙，再以壩板修飾至表面之色紋均勻為止。

解說：

一般壩板修飾之程序如下：

- (1) 以水泥與細砂各一份之比例，加水拌合成適當稠度之水泥砂漿。
- (2) 將混凝土表面充分潤濕後以壩板(有時用壩刀)將水泥砂漿塗敷填補所有表面孔隙。可使用低速之研磨機或其他工具將水泥砂漿壓入較大之孔隙中。
- (3) 若水泥砂漿表面乾燥過速，可用噴霧器噴洒少許水分以利壓實與修飾。
- (4) 最後用壩板以旋轉動作製造紋理，至表面之色紋均勻為止。

#### 11.4.6 磨光修飾

- (1) 磨光修飾應於混凝土澆置後，在不致損害構造物之情況下儘早拆模，並完成必要之整修後立即施工，不得超過拆模之次日。
- (2) 修飾面應先使之潮濕，然後用金剛砂輪或其他磨具施磨，直至表面色紋均勻為止。磨光時應以原混凝土配比之水泥砂漿施作。

解說：

磨光修飾適合於清水模原鑄面修飾效果無法獲得滿意時使用。

磨光修飾作業前應將混凝土表面先潤濕3小時以上，潤濕混凝土前應有充分時間使修補時所嵌補之水泥砂漿適當凝固，所用水泥砂漿配合比例與原混凝土相同。磨光修飾作業係以磨具在混凝土面上施磨，直至模板紋痕消失，且所有不平處均已磨平至非目力所能辨別之程度為止。

最後修飾係以磨具蘸水施磨，直至整個結構物混凝土面之色澤呈均勻，表面平順而後止。俟混凝土表面乾燥後，再以抹布拭除水泥漿、碎屑及粉末等。

### 11.5 塗敷修飾

11.5.1 塗敷修飾為原鑄面上塗敷水泥砂漿等材料，並加修飾使符合外觀或使用要求。

#### 11.5.2 修飾前準備

- (1) 使用水泥砂漿或類似壩料修飾前，原混凝土表面若有污染物，油漬等必須先行清除，並處理至壩料能永久粘結。
- (2) 若混凝土齡期未達24小時者，可使用粗刷或耙子使之粗糙。
- (3) 若齡期較久者，可按第11.6.5節斬鑿修飾或噴砂修飾規定之方法使之粗糙，或按該節刷洗修飾之規定，以稀鹽酸處理。
- (4) 粗糙之表面在塗敷修飾前應將灰塵、酸液、化學緩凝劑及其他外加物洗滌潔淨。塗敷前底層須充分潤濕。

## 11.5.3 水泥砂漿修飾

- (1) 在所有需修飾之混凝土表面均完成清理工作後，始得開始修飾工作。
- (2) 所用水泥砂漿應以適當比例之水泥與細砂加適量之水，拌合成適當稠度之水泥砂漿。細砂應符合CNS 387〔建築用砂〕之規定。為使與周圍之顏色相配，可摻用部份白水泥，其用量應以試做飾面比較決定之。
- (3) 為防止水泥砂漿之水分被吸離，混凝土表面應先充分潤濕，再以刷子或噴鎗將水泥砂漿均勻塗敷於混凝土面上，並立即以木壘板或其他工具擦抹使水泥砂漿完全覆蓋表面填滿所有孔洞。
- (4) 在水泥砂漿尚具塑性時以壘板、麻布或其他方法清除表面上多餘之水泥砂漿。
- (5) 俟表面因乾燥而變白(在常溫下大約30分鐘)後以潔淨之抹布搓磨之，至表面修飾之色紋均勻為止。完成搓磨之修飾面應保持濕潤至少36小時。

解說：塗敷修飾之水泥砂漿宜採用新鮮之卜特蘭水泥及細砂加水依規定比例(常採用水泥1份配合細砂1~3份)拌合，塗敷前混凝土表面予以潤濕，以防止其吸取水泥砂漿內之水份，致使粘結效果不佳。塗敷水泥漿之品質及粘結性受其水膠比影響很大，為求具較佳之粘結力，其調拌用水以能適於修飾工作之最低水量為宜。

## 11.5.4 洗石子修飾

- (1) 用於洗石子壘料之石子應質料堅硬、顏色與粗細均勻，粒徑2~3 mm者。
- (2) 底層應為卜特蘭水泥與乾砂拌和之壘料。面層應為卜特蘭水泥與石子拌和之壘料，並得添加適量石粉。壘料之配比與水灰比應先確認及試作，經監造者認可。底層乾燥後，灑水溼潤，並塗刷一層純水泥漿，再施作面層。
- (3) 面層塗壘厚度以石子粒徑配合為準。
- (4) 將整片大面積劃分為若干單元，以使紋理及外觀美化為原則，每單元應一次完成施工。
- (5) 壘面應比照水泥砂漿面修飾壘平至甲級修飾面。
- (6) 塗壘後應於初凝前及時以噴霧器洗除表面水泥漿，使細石子露出粒徑之1/2。

解說：

(1)於混凝土面加鋪一薄層水泥石子壘料後，洗除其面層水泥漿，以令細石子外露之修飾法稱為洗石子修飾；一般使用於壁、柱等模鑄面，或扶手欄杆等之頂面。

(2)一般而言，底層壘料通常以1份水泥和3份篩過之潔淨堅硬乾砂，以適量的水拌和。面層壘料通常以1份水泥，1份石子與0.25份之石粉拌和，並得視需要添加礦物質顏料。

(3)(4)劃分為單元者，宜以木條或塑膠條，依規定寬度、高度設定樣板區劃，以控制厚度、平整度及條紋之整齊。

(5)由於壘平後洗除之水泥漿甚薄，外露之石子將成為最終之表面，故對平整度之要求較嚴，須為甲級修飾面。

(6)由於凝固後將無法洗除水泥漿，故噴洗時機及噴水壓力應視情況適當調整，一般以壘平後1~2小時為宜。為防未達噴洗時機之表面被沖毀，此部份宜以紙等覆蓋保護之。

#### 11.5.5 斬假石修飾

- (1) 用於假石墁料之石子應質料柔硬適當、顏色與粗細均勻，粒徑2~3 mm者。
- (2) 底層應為卜特蘭水泥與乾砂拌和之墁料。面層應為卜特蘭水泥與石子拌和之墁料，並得添加適量石粉。墁料之配比與水灰比應先確認及試作，經監造者認可。底層乾燥後，灑水溼潤，並塗刷一層純水泥漿，再施作面層。
- (3) 面層塗墁厚度以0.6~1.0 cm為準。
- (4) 若整片大面積劃分為若干單元，使其構成仿砌石塊面，每單元應一次完成施工。
- (5) 墁面應比照水泥砂漿面修飾墁平至乙級修飾面。
- (6) 斬鑿作業應於塗墁完成24小時後開始。

解說：

於混凝土面加鋪一薄層水泥石子墁料後，斬鑿成石塊面狀者稱為斬假石修飾。一般使用於壁、柱等模鑄面，或扶手欄杆等之頂面、樓梯及人行道等。

一般而言，底層墁料通常以1份水泥和3份篩過之潔淨堅硬乾砂，以適量的水拌和。面層墁料通常以1份水泥，2份碎大理石或其他指定石子，適量石粉及礦物質原料(白斬假石時免用)拌和施作。

同第11.5.4節之解說。

由於此修飾尚需經斬鑿程序，墁平精度可略低，訂為乙級面。

塗墁面若未達適當硬化程度，斬鑿時可能傷及塗墁面；若硬化過度，將不易斬鑿。

#### 11.5.6 磨石子修飾

- (1) 用於磨石子墁料之石子有粒徑1~2 cm之粗粒石子，與粒徑2~3 mm之細粒石子兩種。其質料硬度應適當，顏色與粗細均勻。
- (2) 底層應為卜特蘭水泥與乾砂拌和之墁料。面層應為卜特蘭水泥與石子拌和之墁料，並得添加適當顏料。墁料配比與水灰比應先確認及試作，經監造者認可。
- (3) 底層凝固後，應將隔條按圖示尺寸以純水泥漿固定，再施作面層。
- (4) 面層塗墁厚度以配合石子粒徑，一般以高於隔條約3 mm為準。
- (5) 應將整片大面積以隔條分格，以防龜裂。
- (6) 塗墁面應墁平至乙級面。
- (7) 塗墁後應及時施磨，氣泡細孔應以同品質、顏色水泥漿填補。磨成之完成面應高於表11.2.1甲級修飾之標準。
- (8) 磨光後應塗腊。

解說：

於混凝土澆置面加鋪一層水泥石子墁料後，予以磨光者稱為磨石子修飾。一般用於壁、柱等模鑄面，或扶手欄杆等及樓版等澆置面。

(1) 石子硬度應適當以利施磨，一般使用大理石或寒水石。

(2)(3)(4) 一般而言，底層墁料通常以1份水泥和3份篩過之潔淨堅硬乾砂，以適量的水拌和。面層墁料通常以1份水泥，2份石子，及按圖樣規定並經監造者同意之顏料，先乾拌後加適量之水拌勻使成稠度適當之拌和物。

(5) 隔條一般常用銅條或塑膠條，可兼做樣板，以控制厚度、平整度及條紋之整齊。隔條間隔一般以不大於90 cm為原則。

(6) 由於尚需磨光，墁平度以達表11.2.1之乙級修飾。

(7)(8)若用粗石子，應以磨石機施磨。立面或角落不宜使用大型磨石機，可用小型磨石機或手工施磨。塹面若過於硬化不易磨光，故應掌握施磨時機；一般以塗塹後24~72小時為宜。

## 11.6特殊修飾

### 11.6.1說明

若鑄面需作特殊修飾時，混凝土配比之設計、模板設計、澆置及其養護除按本規範一般有關規定外，並應依照本節之規定處理，以期產生完美之表面。

解說：

特殊鑄面修飾係指為展現混凝土表面之特殊效果，所作之各種特殊修飾處理，一般有紋理修飾(*Textured finish*)、石粒印面修飾(*Aggregate transfer finish*)及露礫修飾(*Exposed aggregate finish*)等，其對色澤之要求特別嚴格，故其構造體混凝土之澆置品質非常重要，關係此修飾之良窳。

### 11.6.2配比

特殊鑄面修飾之表面為保持均勻之設計色彩，其混凝土之配比應按以下之規定：

- (1)除合約文件規定以塗敷修飾或油漆者外，為使表面色彩一致，每一種色彩之混凝土應使用同一種配比，並使用同一工廠同一批次之水泥、同一來源及規格之骨材、且為同一稠度。
- (2)暴露於室外寒冷氣候之特殊鑄面修飾，須用輸氣混凝土，其水灰比不得超過0.46。

解說：

特殊鑄面修飾對色澤之要求特別嚴格。因同一工廠所產不同批次之水泥之色澤亦有所差異，故要求使用同一工廠同一批次之水泥，及同一來源及規格之骨材，施工前應預做準備。

### 11.6.3模板

- (1)特殊鑄面修飾混凝土模板之設計，須使能產生所需之修飾面，並使其易於拆除。板材在角材間之撓度，以及角材橫撐本身之撓度皆不得超過其跨度之 $1/400$ 。模板之拆除，僅能利用木楔脫模，不得使用混凝土面撬開。
- (2)特殊鑄面修飾混凝土不論規定為何類修飾面，其模板必須事先規劃，以期拆模後混凝土面無需整修即近於設計要求。模板面宜用合板、金屬板或預製襯板等。規定原鑄面修飾之處，不得加以整修。
- (3)鑄造混凝土之襯板排列應考慮其接縫位置與開孔、角隅及其他建築裝飾之關係，且須經監造者認可。
- (4)混凝土面藉凹條或明縫分格時，模板繫條應盡可能置於接縫內，以免鑄面上留繫條孔之補修痕跡。
- (5)除混凝土工程之一般施工圖外，特殊鑄面修飾混凝土須另繪模板製造圖以顯示襯板接縫、模板繫條之位置及撐木之安排，並應經監造者認可。
- (6)特殊鑄面修飾混凝土之模板，僅可再用於相同斷面，以避免因修改而有補綴等弊病，模板有任何表面磨損及裂痕或缺陷將損及特殊鑄面修飾混凝土品質者，不得再用。模板再用前須徹底清理。
- (7)特殊鑄面修飾混凝土澆置中須不斷觀察模板有無變形。如施工中發現有任缺陷或撐架顯

示過度沉陷或扭曲時，應立即停工，清除受影響之混凝土，並加強撐架後再繼續施工。

#### 11.6.4 混凝土之澆置

- (1) 特殊鑄面修飾混凝土需要磨光或類似之修飾時，應使粗骨材離開模板面、俾全面露出水泥砂漿，惟須避免產生表面孔隙。
- (2) 振動器不得與外露混凝土表面之模板接觸振動。
- (3) 澆置混凝土如因空間限制或其它輸送設備無法到達者，應使用混凝土泵輸送。

解說：

特殊鑄面修飾，係為使鑄面產生特殊外觀所作之修飾，其基本要求為外觀必須均勻一致。所以除所使用之材料、配比、模板及澆置必須一致外，其養護亦須倍加注意，以免損及表面產生斑駁或不平整等不良現象。

值得一提的是，施工人員必須係為受相同訓練，使用同一種類之工具，以期完成之表面，產生一致之外觀。為免日後驗收時產生紛爭，宜在不明顯處，先做實體大樣，包括在正常施工情形下所可能產生之差異，經由業主及監造人核定其可接受範圍樣本，供日後驗收之參考。因為實際施工時，所產生之表面，必有差異，不能以最理想之樣板，作為驗收之標準。

設計時亦應避免有大片無可見接縫之平面、或使用白色或著色混凝土、或複雜易破損之造型，以免增加施工之困難度。

#### 11.6.5 修飾方法

##### (1) 紋理修飾

採用紋理修飾之混凝土表面，其模板之襯料可用塑膠板、木板、金屬板或合約文件規定之其他材料。襯料應用膠粘或U型鉤釘固定於模板上。但不得用使混凝土表面留下釘頭、螺絲帽、墊圈等痕跡之方法。襯板邊緣應相互密接，或與規定使用之隔條密接，以防止水泥漿漏失。

##### (2) 石粒印面修飾

石粒印面修飾係按特定方法將飾面石粒按所需圖樣粘著於模板內側，使拆模後石粒粘著於混凝土表面，形成所需之修飾。石粒印面修飾以及其他類似特殊修飾應按合約文件指定之方法及材料製造，並預製樣版做為施工標準。

##### (3) 露礫修飾

露礫修飾可用以下規定之刷洗修飾、噴砂及粗面石工斬鑿等方法使骨材外露。並可用越級配混合料或預壘骨材等方法使外露骨材均勻分佈。惟其方法均須經監造人許可，並預製樣版做為施工標準。

① 刷洗修飾—刷洗修飾應在混凝土未完全硬化前施工。混凝土表面須完全潤濕，用硬纖維或金屬刷以充分水量刷洗至骨材均勻露出為止，然後再以清水沖洗表面。若混凝土部份表面已過份硬化，不易刷洗使骨材露出時，得於澆置逾兩週後以稀鹽酸浸蝕，並在15分鐘內以清水沖洗乾淨。

為使石礫外露之作業易於達成，可將模板表面先塗以化學緩凝劑以延緩模板附近之水泥砂漿凝結，其用法應按使用說明書之規定。

② 噴砂修飾—混凝土之表面應以硬砂噴射至骨材均勻露出為止。除另有規定外，應露出足量之細骨材及少量之粗骨材，但粗骨材露出之高度以不得超過1.5 mm為準。

③ 斬鑿修飾—經充分養護之混凝土面，可用電動、氣動或手工具斬鑿使粗骨材均勻露

出，並形成規定所需之紋理。

解說：

稀鹽酸可以商業用鹽酸加4至10倍清水稀釋得之。鹽酸為危險物品，工作者應戴防護眼鏡及橡膠手套並作必要之安全措施，以防止鹽酸與皮膚接觸。如鹽酸觸及皮膚應立即以大量清水沖洗接觸之部位。

噴砂處理時，其施工人員及機具，不得在施工期間有所更換，以免效果有異，產生不一致之表面。

本節所指之露礫修飾不同於第11.3.7節所示將石礫嵌入版面之嵌礫修飾。

露礫修飾之露礫程度，依ACI manual of concrete inspection<sup>[1]</sup>所載，通常可分為：

刷洗修飾—僅刷除表面水泥漿使露出細骨材，但勿使粗骨材暴露。

輕度噴砂—露出細骨材及部份粗骨材，產生一致色澤，粗骨材約露出1.5 mm(1/16")。

中度噴砂—粗骨材大致均露出，但不超過6 mm(1/4")。

重度噴砂—使粗骨材露出達骨材粒徑之1/3，約露出6~9 mm。

#### 11.6.6補修

- (1)補修面積不得超過原鑄面修飾總表面積之0.2%。如原鑄面修飾內允許有繫條孔時，則繫條孔之補修面積不包括在內。
- (2)混凝土面補修所用砂漿之配比須經試驗決定，以使補修表面與四周混凝土之顏色在養護與乾凝後彼此相配。俟砂漿初凝後，補修處須加人工修飾，以使與四周混凝土面紋理一致。
- (3)露礫修飾面之補修部份之石礫顯露應與周圍之紋理一致。其最外面 2.5cm厚度所用補修砂漿所含之石粒應與修飾面者相同。石粒印面修飾之修補砂漿須用與原修飾面相同色彩之石粒。補修及養護後，補修處及其四周鄰接面須一併以同一砂漿清除方法，使石粒顯露。
- (4)表面修補處須至少養護7日，並應比照原混凝土防止過早凝乾。

解說：

由於補修後之表面與混凝土表面外觀，難免有所差異，為使外觀一致，修補將必須以熟練之技術工按第十章規定之修補方式進行，其補修面積宜加以限制。

參考文獻

[1] American Concrete Institute, 1992, "ACI Manual of Concrete Inspection", SP-2, chapter 14.



## 第十二章 混凝土養護

### 12.1 一般規定

12.1.1 混凝土澆置作業完成後，應在不損傷混凝土表面情況下，儘早按本章規定加以養護，以防止早乾、過冷或過熱及機械性損傷；在混凝土硬化及規定養護期間應保持適當溫度及足夠溼度，養護所用之材料及方法應經許可。當養護條件有所變動時應對養護方法重新評估。

12.1.2 當監造者認為有必要對混凝土工地養護效果進行評估時，應按第12.6節之規定辦理。

解說：

養護之目的在使混凝土保有足夠的水份與溫度，確保水化作用進行以產生混凝土強度，達到所要之耐久性、水密性與鋼材保護等品質，並防止混凝土表面之乾縮龜裂或凍傷。除按本章規定外，養護方法可參考美國ACI 308〔混凝土養護標準作業方法〕<sup>[1]</sup>。養護應以不污染混凝土表面為原則。

混凝土養護作業主要重點為：確保其在水化硬固期間有充足之水分供應，保持適當溫度，避免暴露面因陽光直射與風吹等氣象作用造成損傷，減少外力與振動之影響。

硬固初期若內部水份供應不足會影響水化作用，阻減強度發展，並因自體收縮等造成裂縫，影響混凝土性質。養護期間，溫度過低會造成強度發展之延遲，過高之溫度會快速增加強度卻會造成其長齡期強度之折減。在陽光直射與風吹之作用下，混凝土容易因表面急速乾燥，產生塑性收縮造成裂縫發生，影響耐久性。混凝土硬固過程中，不當之振動與外力作用會造成嚴重裂縫及損傷，影響安全，應特別注意。

混凝土之養護作業所採用之具體方法及養護必要日數須考量構造物之種類、施工條件(人力、成本、配筋與模版組立狀況等)、地形條件與氣候條件等決定，並於施工前擬具養護計畫，經監造者核定。養護計畫與模板之支撐與轉用、混凝土配比、澆置等有密切關係，應注意前後作業之影響。不同構造物具不同形狀尺寸，其各應注意之養護事項可參考ACI 308之第三章〔不同構造物之養護〕。採用低水膠比之混凝土因其泌水量少，其發生塑性收縮裂縫之時間較普通混凝土更快，養護時間應更提早，並以濕治養護為佳。

卜作嵐材料之用量與種類影響養護期間所需的水分供應及持續時間，尤其在外界溫度太低時，養護應依各特定狀況加以考量。因使用卜作嵐材料可能會造成早期強度不足與體積穩定性不良情況，尤其卜作嵐材料使用量愈大時，影響更大，更應注意。即使在相同水膠比下，若卜作嵐材料之用量與種類不同時，其養護需求亦不同，尤應注意<sup>[2,3]</sup>。

### 12.2 保持水份之養護

12.2.1 不與模板接觸之混凝土表面在完成澆置及修飾後可選用下列方法養護：

- (1) 持續灑水、噴霧或滯水。
- (2) 覆以保濕性媒介材料，如吸水性織物或細砂等以保持潮濕。
- (3) 施以不超過65°C低壓蒸汽。
- (4) 使用不透水覆蓋材料。
- (5) 使用符合CNS 2178〔混凝土用液膜養護劑〕規定之液膜養護劑。

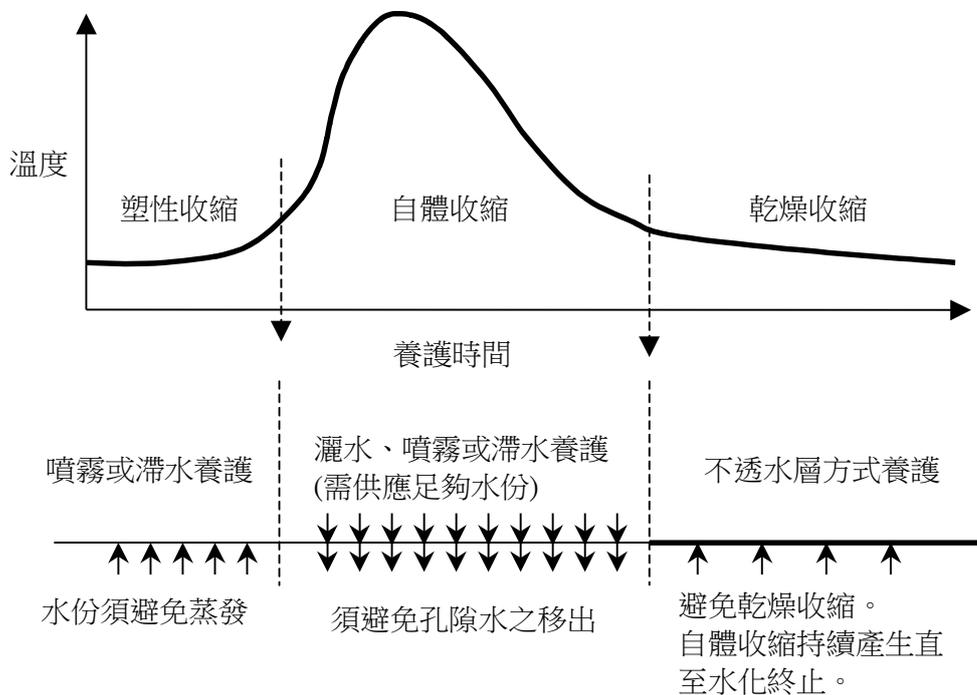
採用第(1)、(3)或(5)之方式養護者，約經1日後，可改用他種方法繼續養護之，但在養護方法之轉換過程中不得使混凝土表面乾燥。

解說：

模板有隔絕水份逸散之效果，但混凝土頂面無模板之處，水份快速蒸發，宜於施工後立刻採用適當方法使保持水分。剛澆置完成之混凝土表面尚未凝固前，覆蓋物恐有壓傷或污染表面修飾之虞應加留意，或可採蒸汽、噴霧或液膜養護。

蒸汽養護施工之方法可參考美國ACI 517〔大氣壓力下混凝土加速養護〕<sup>[4]</sup>。

混凝土隨硬固過程不同，養護方式轉換與機制可參考Aitcin等人所提出之「混凝土收縮變形之整合觀」<sup>[5]</sup>。該文指出塑性收縮、自體收縮、乾燥收縮等混凝土收縮之發生原因與影響。Aitcin指出低水灰比高性能混凝土(HPC)容易因收縮造成裂縫，其發生時間比普通混凝土更快，原因 HPC之泌水量與泌水率低，易產生塑性收縮，高強度HPC通常有較高之水泥量，會產生高水化熱，HPC之快速水化會導致水泥漿體系統體積大量減少，形成自體收縮。使用低水灰比之HPC僅使用液膜養護劑是不足夠，須使用第12.2.1 至12.2.1 節之濕治養護以防止塑性收縮裂縫。混凝土須隨其硬固過程，就其不同收縮發生時間與特質採用不同方式加以養護直至期滿，以避免裂縫發生並確保強度之成長。



12.2.2 混凝土養護期間受日曬之鋼模或木模均應保持潮濕以使與其接觸之混凝土水分損失減少。與模板接觸之混凝土已硬固，模板繫條已鬆開而模板仍在時，應將水在模板內由上往下流，以使混凝土面溼潤。拆模後之混凝土應立即按照第12.2.1節規定之方法繼續養護至第12.2.4節所規定之養護期滿為止。

解說：

此項作業應在不影響構件支撐安全情況為之。

對於添加大量卜作嵐材料之混凝土對此養護程序尤應注意。

12.2.3液膜養護劑應按產品說明書於混凝土表面修飾後、水澤消失時立即施用。若混凝土表面將繼續澆置混凝土或與其他材料粘結時均不得使用此類養護劑，亦應避免施佈至鄰近暴露之鋼筋，惟經證實該養護劑不妨礙粘結作用，或能採用有效措施將之從粘結面上完全清除者不在此限。

解說：

液膜養護劑係透過均勻散佈達成防止混凝土表面與內部水份蒸發，因此其使用時間、散佈量、施工方法等均應先行試驗檢討。液膜養護劑應具備有下述性質：優良之濕氣與水份之穿透阻絕性，容易噴灑塗布施工並對人體無害，對混凝土之附著性佳，對風雨、日照等氣候作用之耐久性佳，不會阻害隧道襯砌與被覆材料之接著<sup>[6]</sup>。

12.2.4除另有規定者外，混凝土之養護期間應按下列規定：

- (1)早強混凝土至少須持續養護3日。
- (2)一般混凝土至少須持續7日，惟若作圓柱試體放在構造物附近以同樣之方法養護，當平均抗壓強度達 $f'_c$ 之70%時，可以停止保濕措施。

解說：

一般混凝土在常溫適當養護者，其三天之強度約為28天強度之三分之一，七天之強度約為28天強度之三分之二，早強混凝土之三天強度即可達到28天之三分之二。惟添加摻料之混凝土強度會有所改變，應實際測試以決定養護天數；摻用卜作嵐材料者，養護時間應酌加延長至平均抗壓強度達 $f'_c$ 之70%。

## 12.3惡劣天候之保護

### 12.3.1寒冷天候

寒冷天候養護期內，混凝土之溫度應維持在 $10^{\circ}\text{C}$ 至 $20^{\circ}\text{C}$ 之間。如混凝土需予加熱、遮蓋或隔熱時，所需設施須在澆置前預作安排。此類設施應能保持所需之適當溫度，並防止熱量集中損傷混凝土。除非能防止混凝土暴露於含二氧化碳之排氣中，否則在最初24小時以內不得採用燃燒式加熱器。

解說：

過熱、過冷之惡劣天候或急速溫度變化天候均會對新澆置之混凝土性質產生不良之影響，故施工時應預做防範，以減低其影響。寒冷天候混凝土施工之方法可參考美國ACI 306〔寒冷天候混凝土施工〕<sup>[7]</sup>。

寒冷天候之定義可參考第7.6節解說。

混凝土中之氫氧化鈣或矽、鋁酸鈣水合物與大氣中之二氧化碳化合形成碳酸鈣，謂之碳酸化(carbonation)或中性化，寒冷天候以燃燒法加熱混凝土施工時，若通風不良即會導致二氧化碳過濃，引起新澆置混凝土面層之碳酸化，形成2.5至7.5 mm厚之不良表層。

若使用卜作嵐材料時，寒冷天候之混凝土建議應隨其種類與用量，養護期間酌予延長或溫度酌予提高。

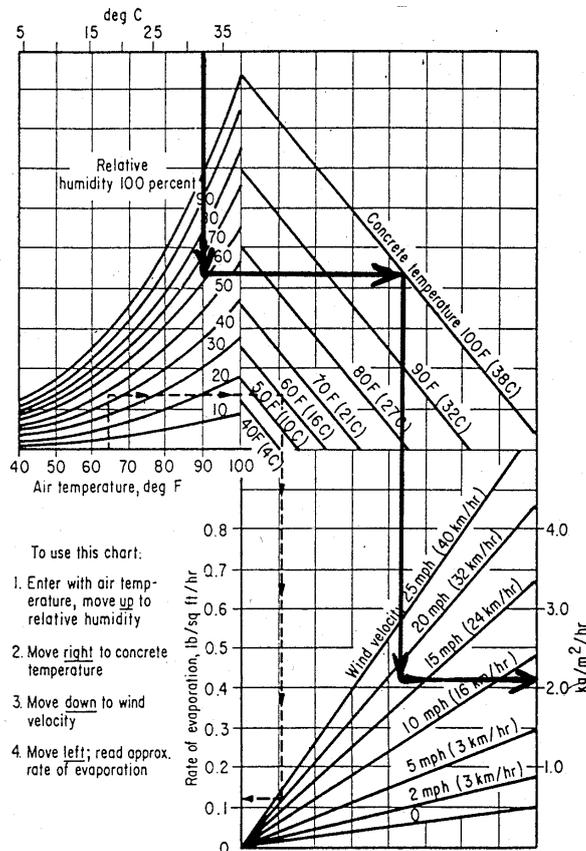
### 12.3.2 炎熱天候

炎熱天候養護期內，混凝土需予擋風、遮陰、噴霧、灑水或覆以淺色保濕覆蓋物，所需設施須在澆置前預作安排。此類措施應在不損傷混凝土與修飾工作情況下儘速進行。

解說：

炎熱天候之定義可參考第7.6節解說。

炎熱天候混凝土之施工，常因水分蒸發過速引起塑性收縮，可能造成嚴重裂縫，影響工程品質。若使用溼治養護應特別注意其持續性，以避免乾濕交替導致之體積變化。炎熱天候下混凝土澆置後數天之內之充分持續養護是相當必要的。影響水分蒸發速率之因素包括混凝土溫度、氣溫、大氣濕度與風速。ACI 308提供圖R12.3.1(卜特蘭水泥協會(PCA)所製)以協助評估在不同氣候情況下之水份蒸發速率。當蒸發速率超過 $0.5\text{kg/m}^2/\text{hr}$ ，宜對不同情況採用本節部份養護措施；但若超過 $1.0\text{kg/m}^2/\text{hr}$ ，塑性收縮可能會更顯著，必須強制採用本節養護措施。在高熱、低相對濕度與高風速之環境下澆置混凝土，應特別注意養護，其細節可參考美國ACI 305〔熱天混凝土施工〕<sup>[8]</sup>。



圖R12.3.1 PCA圖表供依氣溫、相對濕度、混凝土溫度與地面風速估算混凝土版水份之蒸發率 (箭頭實線係一計算範例)

### 12.3.3 溫度變化

養護期間混凝土表面溫度變化應儘量保持均勻，每小時內之變化不得超過 $3^{\circ}\text{C}$ ，24小時內變化不得超過 $28^{\circ}\text{C}$ 。

解說：

混凝土養護期間及養護終了後須避免溫度驟變，例如氣溫驟降，混凝土表面驟冷而內部溫度仍高，會使混凝土表面發生裂紋，以巨積構造物如橋墩、橋台、混凝土壩等為甚，因此須在養護末期徐徐冷卻

- 。或如加熱保溫時，則先停止加熱，使混凝土溫度降至與周圍氣溫相若時再行撤去覆蓋物。  
溫度容許變化率與構造物尺寸有關，可參考第七章表R7.6.1。

### 12.4加速養護

施行蒸汽養護、加熱養護或其他方法之加速養護時，須注意不可使混凝土產生不良影響，故養護之前須先規劃養護起始時間、溫度上升速率、養護溫度及時間、冷卻速率等，以避免產生裂縫影響強度與耐久性。

### 12.5機械性損傷之防護

- 12.5.1 養護期間，混凝土須防止載重應力過大、重大衝擊或過度振動等之損傷。
- 12.5.2 修飾好之混凝土表面應加防護以免受施工、搬運與養護等作業及雨水與流水之損傷。
- 12.5.3 自行支承之構件所受載重不得使其混凝土承受超過當時強度之應力。

解說：

硬固中混凝土承受過度振動之外力來源可為鄰近之打樁作業、混凝土泵送時管線振動、混凝土上部重物之搬運堆置引致之運輸振動等。

施工過程中可能使構件混凝土所受應力超過當時強度之情況有二：為混凝土未達足夠強度即予拆除模板支撐，為施工載重負荷增加之速率過鉅。

### 12.6養護方法之評估

- 12.6.1 混凝土構體之養護方法應具所需之保持水分能力，各種養護材料之保水能力應按CNS 8188〔混凝土養護材料保持水份能力檢驗法〕之規定試驗評估之。

解說：

混凝土施工中按規定所做抗壓強度試驗，其試體係在試驗室中以標準條件養護，工地混凝土之養護狀況較差，故應對工地混凝土之養護效果加以評估。養護效果評估之方法，係製作一批足夠數量之試體分別在試驗室與工地進行養護，試驗室養護之試體係以標準方法養護，工地養護之試體則做與結構體混凝土相同之養護，然後在指定齡期在相同條件進行抗壓強度試驗，比較兩部分試體之強度，即可按第12.6.2節之規定評估工地養護之效果。當然工地養護之條件不如試驗室，其所要求不能與試驗養護之標準相同，如第12.6.2節之規定。工地混凝土養護之效果與所用養護材料保持水分之能力有密切關係，故應按規定之方法進行試驗評估之。

所謂試體工地養護係指與工地結構體之混凝土所做之養護完全相同，不得對試體做較結構體為佳之養護，如澆水次數較多或保護方式較佳。

工地養護試體之抗壓強度試驗之目的，在了解及核驗工地養護之效果。其方式係與同一混凝土樣品同時製作之試驗室養護試體作比較。

- 12.6.2 工地養護試體試驗所得之強度達試驗室養護試體強度之85%以上，即表示工地之養護方法可以接受。若工地之試體強度已比規定強度( $f'_c$ )高出35 kgf/cm<sup>2</sup>以上，則即使其強度低於試驗室養護試體強度之85%亦可接受。

- 12.6.3 工地養護試體之強度若符合第12.6.2節之規定，則其養護方法可以接受；不合規定者應立即設法改善至可接受為止。

解說：

由於工地養護條件不如試驗室，故工地養護試體之強度達試驗室養護試體強度之85%即可接受，此乃因研究顯示良好的工地養護試體強度應不低於試驗室標準養護試體強度之85%。若工地無法進行較有效之養護方法，則可採用較高強度之混凝土配比，即使其養護條件較差，但只要其評估強度超過規定強度( $f'_c$ ) $35\text{kgf/cm}^2$ 以上亦可接受。

12.6.4必要時，可以依第十八章規定由場鑄混凝土構件鑽心取樣評估養護效果；非破壞或其他檢測方法可用以協助養護效果評估。

解說：

養護效果直接關係混凝土強度之發展，故養護效果之評估可以結構混凝土強度為指標。

可用以協助估計現地混凝土強度之非破壞檢測方式包括波速量測(ASTM C597)，反彈錘法(ASTM C805)，貫入阻抗試驗(ASTM C803)與拉拔試驗(ASTM C900)，亦可採用ACI 306所述之成熟度法(*Maturity Method*)。

參考文獻

- [1] ACI 308, "Standard Practice for Curing Concrete", ACI308-92, pp.308~11, 1998.
- [2] 陳振川，詹穎雯，“飛灰與無飛灰混凝土之強度與變形，”中國土木水利工程學刊，第一卷，第一期，第43-58頁，1989.
- [3] Chern, J. C., Y. W. Chan, "Deformation of Concretes Made with Blast-Furnace Slag Cement and Ordinary Portland Cement," ACI Materials Journal, Vol. 64, No. 4, pp. 372-382, 1989.
- [4] ACI 517, "Accelerated Curing of Concrete at Atmospheric Pressure-State of the Art", ACI517.2R-92.
- [5] Aitcin, P.C., A.M. Neville, P. Acker, "Integrated View of Shrinkage Deformation," Concrete International, ACI, Vol. 19, No.9, pp. 35-41, 1997.
- [6] 日本土木學會，“混凝土標準示方書”，施工編，第八章養生，第95-98頁，平成8年(1996)。
- [7] ACI 306, "Cold Weather Concreting," ACI306R-88, pp.306.R-1~30,1988.
- [8] ACI 305, "Hot Weather Concreting," ACI305R-91, pp305R-1~20, 1991.

## 第十三章 巨積混凝土

### 13.1 一般規定

13.1.1 本章適用於設計圖說所載明之巨積混凝土，包括巨積純混凝土及巨積鋼筋混凝土。

解說：

巨積混凝土工程基本上為普通混凝土工程與熱學之結合，其工程重點首在控制混凝土熱學行為，俾將發生龜裂之機率減至最小。混凝土是否視為巨積混凝土需就工程個案之不同情況：如構體尺寸、水泥類型與用量、體積變化束制及天候條件等錯綜複雜之因素逐一考量。

凡在設計圖說載明巨積混凝土之適用位置，其混凝土施工皆應按本章之規定辦理。設計圖說中有較大尺寸之混凝土構體未被指示為巨積混凝土時，監造者應提請設計者澄清確認。

美國混凝土學會在ACI 116R〔水泥及混凝土辭彙〕中，將巨積混凝土定義為：「體積達到需採取控制水合熱及體積變化等龜裂防制措施之混凝土」；英國混凝土協會在Concrete Society Digest No.2中亦有類似定義：「尺寸達到需特別考慮混凝土供應、澆置順序、冷縫、塑性沉陷、水合熱及溫度裂縫等因素之混凝土」。

ACI 301建議在混凝土斷面之最小尺寸達75 cm以上或單位水泥用量超過360 kg/m<sup>3</sup>時，可能須依工程特性考慮水合熱問題。由此觀之，混凝土工程常見之筏基、橋台、電廠結構等均有可能歸類為巨積混凝土。以往工程師常誤以為巨積混凝土僅適用於混凝土壩等典型巨積混凝土結構物，以致在相關工程之設計與施工過程，常疏於採取適當控制措施，當是肇致混凝土工程品質缺失之主因。

13.1.2 巨積混凝土除符合本章之規定外，尚須符合本規範其他章節所規定混凝土之一般要求。

### 13.2 材料

13.2.1 巨積混凝土不得使用卜特蘭第Ⅲ型水泥、氯化鈣及早強摻料。

解說：

巨積混凝土之組成材料和普通混凝土相同，包括水泥、骨材、水及必要之化學或礦物摻料。材料之選擇會影響巨積混凝土之熱學行為，故需加以注意。

使用卜特蘭第Ⅲ型水泥或添加氯化鈣及早強摻料會使混凝土早期水合熱較高，易導致巨積混凝土結構體因溫度變化而發生裂縫，故不得使用於巨積混凝土。

各型水泥中，卜特蘭第Ⅱ型、第Ⅳ型或新近發展之富貝萊(Belite-rich cement)型水泥具有較低水合熱，較適合巨積混凝土工程之使用。

13.2.2 巨積混凝土摻用緩凝劑、減水劑或輸氣劑等化學摻料時，應按工地實況預作試驗定其用量，且經監造者認可後方得使用。

解說：

巨積混凝土摻用緩凝劑、減水劑及輸氣劑之主要目的為：

- (1) 緩凝劑：延長混凝土初凝時間，以減少巨積混凝土澆置過程發生冷縫之機率。
- (2) 減水劑：減少混凝土單位用水量及水泥用量，以降低混凝土水合熱。
- (3) 輸氣劑：改善巨積混凝土之工作性，尤其在水泥用量較低之貧配比混凝土，功能更為顯著。

### 13.2.3 巨積混凝土宜使用飛灰或水淬高爐爐渣粉。

解說：

卜作嵐材料在有水份環境下，可與水泥水合作用後所釋放出之鹼性物質發生卜作嵐作用並形成增進混凝土強度之水化物。適量使用卜作嵐材料可達到降低水合熱並兼具經濟性之效益。

飛灰中由燃燒煤粉之副產品，通常分為兩類，一類為含鈣量較低之F類飛灰，另一類為含鈣量較高且具有類似卜特蘭水泥膠結性質之C類飛灰。C類飛灰因反應速率較快，對降低混凝土水合熱量產生之效果較差，故較不適用於巨積混凝土。

水淬高爐爐渣粉係煉鋼作業之副產品經水淬過程所產生之水淬爐渣，再經研磨成細粉而得，可以較高比例替代水泥而形成水泥－爐渣粉膠結系統，而達到減緩膠結釋放熱量之速率。

巨積混凝土之飛灰使用量一般佔總膠結材料之15%至35%(ACI 232.2R)；水淬高爐爐渣粉之使用量一般可提高至25%–70%(ACI 233R)。

### 13.2.4 骨材宜選用熱膨脹係數較低者。

解說：

骨材重量約佔混凝土總重量之75%，故混凝土之熱學性質主要為骨材所控制。為避免溫度變化所產生之應力過大而產生裂縫，骨材材質宜適當選用，以降低其所製混凝土之熱膨脹係數。表R13.2.1所示為常用骨材與混凝土之典型熱膨脹係數供參考<sup>[2]</sup>。

表R13.2.1 常用骨材與混凝土之典型熱膨脹係數

骨材材質	熱膨脹係數( $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ )	
	骨材	混 凝 土
頁岩	11.8	13.2
石英岩	10.3	12.1
砂岩	9.3	11.4
矽質石灰岩	8.3	10.7
花崗岩	6.8	9.6
玄武岩	6.4	9.3
石灰岩	5.5	8.6

## 13.3 配比

13.3.1 巨積混凝土採用之配比應能達指定齡期之規定抗壓強度、耐久性及其他特定性質，且所需之水泥用量為最少者。

解說：

巨積混凝土須特別考慮水合熱控制之相關問題，故配比設計應以降低水泥用量為首務。使用卜作嵐材料之巨積混凝土，其抗壓強度宜指定56天以上之試體齡期，以充分達成減少水泥用量之目的。

13.3.2 除另有規定或經監造者認可外，巨積純混凝土之配比設計其坍度應小於8 cm，巨積鋼筋混凝土之配比設計其坍度應依第3.4節之規定。

解說：

巨積純混凝土應採用較低坍度之配比，以減少水合熱，惟其澆置與輸送設備應適當配合。

13.3.3粗骨材之標稱最大粒徑應符合第3.5節之規定，惟不得大於15 cm。

解說：

理論上骨材最大粒徑愈大，欲達到相同品質配比所需之單位水泥量愈少。惟粒徑太大之骨材不易製造及處理，且混凝土之拌和、輸送、澆置與搗實等作業均難控制。且大骨材容易凸顯因不規則形狀或體積變化不均勻而產生之裂縫，以及泌水及氣泡之累積而形成弱面等因素影響品質，故建議骨材最大粒徑不得超過15 cm<sup>[3]</sup>。

## 13.4澆置

13.4.1除設計圖說另有規定者外，澆置時巨積混凝土之溫度不得高於30 °C，並應同時考量澆置後混凝土內之最高溫度不得大於70 °C。

解說：

混凝土之初始溫度低可延緩水合反應，而混凝土最高溫度值亦會降低。也因此，混凝土由最高溫度降至穩定溫度之幅度亦減少，有利於防制裂縫產生。

降低混凝土之溫度，可參考第7.6節之方法，拌和前以設法降低粒料溫度，或以添加冰水、薄冰屑或液態氮，來達成混凝土預冷之要求。

13.4.2巨積混凝土澆置若受施工條件限制，得視情況規劃適當之區塊及昇層，其接縫應依第六章規定處理。每一昇層應分層搗實，分層高度約為45 cm。

解說：

巨積混凝土以一體連續澆置為佳，以提高施工效率並避免形成不必要之弱面，但因溫度變化易產生混凝土龜裂等相關問題，應特別詳加考量並採取適當措施。若基於體積龐大受限於施工設備、人力、材料供應等條件，得以垂直或水平施工縫劃分為區塊或昇層澆置。

為確保良好之搗實，應參照第9.4節之規定，振動器必須以垂直方式插入尚在塑性狀態之下層混凝土5~10公分，使上下層密切結合<sup>[3]</sup>。

## 13.5養護

13.5.1巨積混凝土以水養護為宜，養護期最短為14天。

解說：

巨積混凝土採水養護可兼具冷卻效果，水養護之方法依第12.2.1節中之 項。

巨積混凝土所需之養護期通常較普通混凝土為長；若使用較大量之卜作嵐材料時，則養護期應再酌予延長，養護期通常不超過28天。

如周圍氣溫高於32°C時，模板應連續保持潮濕。

13.5.2在規定之養護期間及養護終了時，為減少混凝土內外溫差過大所造成之裂縫，應以適當措施控制混凝土之冷卻速率，使混凝土表面溫度每24小時之累計溫降不超過11°C。

解說：

巨積混凝土表面因暴露於大氣，故較內部之混凝土承受較大之溫度變化。當混凝土表面溫度受氣溫影響而有較大之降幅時，由於內外不均勻的溫度變化，混凝土表面將形成張應力。一般巨積混凝土內外溫差達20°C以上時，極易形成表面裂縫，故須採取適當控制措施。

一般可利用隔熱材料鋪蓋於混凝土表面以減緩熱量散失，或以預埋冷卻管降低混凝土核心之溫度，避免混凝土內外溫差過大造成裂縫。

13.5.3在規定之養護期間，如混凝土周圍氣溫降低至 $0^{\circ}\text{C}$ 以下時，應以隔熱材覆蓋保溫以防止混凝土表面凍傷，但不得使用蒸汽或其他加熱方式作為混凝土之保護法。

解說：

加熱雖可防凍但會導致混凝土溫度升高，妨礙混凝土水合熱之消散，且於熱源去除後造成混凝土表面降溫過速產生裂縫。

#### 參考文獻

- [1] P. B. Bamforth, 1984, "Mass Concrete", Concrete Society Digest No. 2, The Concrete Society, London, British.
- [2] ACI Committee 211, "Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete," ACI 211. 1-91, Detroit, 1991.
- [3] American Concrete Institute, 1987, "Mass Concrete", ACI 207. 1R.
- [4] American Concrete Institute, 1995, "Effect of Restraint, Volume Change, and Reinforcement on Cracking of Massive Concrete", ACI 207. 2R.
- [5] American Concrete Inshtitute, 1993, "Cooling and Insulating Systems for Mass Concrete", ACI 207. 4R.

## 第十四章 預力混凝土

### 14.1 一般規定

14.1.1 本章之規定適用於拉伸預力鋼腱施加預力於混凝土結構之施工方法。

解說：

預力混凝土結構係在載重作用前先施加預力於結構體，使構材斷面在載重作用下之組合應力，在容許範圍內。預力之施加可分為先拉法與後拉法。先拉法係預先施加拉力於鋼腱後再澆置混凝土，俟混凝土硬化後依賴鋼腱與混凝土之握裹力將鋼腱之預力傳遞於混凝土之施工方法；而後拉法為混凝土硬化達預定強度後，施加拉力於鋼腱，並將鋼腱錨定於端部之施工方法。後拉法預力結構可以場鑄混凝土施工與預鑄混凝土施工(包括預鑄節塊方式)。

其他施預力方法尚有：利用膨脹混凝土使鋼腱承受拉力，用電氣加熱於鋼棒產生拉力，使用玻璃纖維等新材料作為鋼腱之施工法，可參照有關專書或其他規範。

各預力系統本章未提示之事項，宜遵照其他相關規定。

14.1.2 預力混凝土之施工應遵照設計圖說所規定之施工順序外，並應注意施工各階段之施工精度，可能對結構物安全產生之影響，細心施工。並應指派對預力混凝土及施工方式有充分知識之技術者，常駐現場從事施工管理。

解說：

預力混凝土由於施工方法或施工順序之不同對構材在施工時之應力會產生甚大之差異，有時可能發生危險性應力，因此施工時應依設計圖說所示之方法與順序細心施工。

一般預力混凝土斷面較細小，並受甚大之預力，施工時之精度對結構體之安全較為敏感。若施工時能充分掌握誤差之影響程度，自可採取適切之對策；故預力混凝土之施工宜指派對預力混凝土及該預力系統有充分知識之技術者，常駐現場從事施工管理。

### 14.2 材料

解說：

使用於預力混凝土結構之主要材料為：

(1)混凝土、(2)預力鋼腱與鋼筋、(3)錨定器與續接器、(4)套管、(5)灌漿液、(6)減摩劑、(7)黏接劑。

#### 14.2.1 混凝土

混凝土應能達到規定強度，並能確實注滿錨定器、鋼腱或套管、鋼筋周圍及模板內各角落。

解說：

一般預力混凝土構材之斷面較薄，且內部配置有較密之鋼腱或套管及錨定器等；又斷面長期承受甚大之壓力，故要求之混凝土強度甚高，除應符合本規範有關章節之規定外，其配比應特別注意下列各點：

- (1)混凝土強度應達到規定強度，其配比應在施工前作試驗並在施工中作取樣試驗以利能反應施工過程中之所需強度，如施預力時之強度及28日齡期之強度。
- (2)配比應具有高流動性以利注滿構體內空隙，是以粗骨材之標稱最大粒徑不宜超過25 mm。
- (3)為減少混凝土之乾縮及潛變以降低預力損失，水膠比宜在0.40以下，單位體積之水泥用量宜在500 kg/m<sup>3</sup>以下。

- (4)為維持混凝土之高流動性，拌和時可摻入適宜之摻料。
- (5)為防止鋼鍵腐蝕，混凝土各項材料之氯離子含量應特別管制。

#### 14.2.2預力鋼腱

(1)預力鋼腱包括預力鋼線、預力鋼絞線與預力鋼棒等，其品質須符合國家標準或相關規定。

解說：

使用於預力混凝土結構之預力鋼腱依形狀可分為鋼線，鋼絞線及預力鋼棒三類。鋼腱依不同強度及鬆弛，可分為普通強度與高強度及普通鬆弛與低鬆弛者，使用時宜加以分別。

CNS有關預力鋼腱之標準如下：

CNS 3332〔預力混凝土用應力消除無被覆鋼線及鋼絞線(普通鬆弛)〕

CNS 8695〔預力混凝土用硬鋼線〕

CNS 9272〔預力混凝土用鋼筋〕(即預力鋼棒)

預力鋼腱常有新產品或國家標準沒有規定者，為配合工程需要亦可引進使用。規定可參考國際通用規範或材料製造商之產品規格，但應符合工程圖說之規定。

(2)每批預力鋼腱均應檢送符合CNS規定之材料品質試驗報告，並經核可。必要時得抽樣檢驗。

解說：

所檢送之試驗報告，應能代表該批之材料品質。材料品質包括極限強度、降伏強度、伸長量、應力應變曲線圖等。

預力鋼材之應力應變曲線將影響預力混凝土構材之力學行為，為確保構材極限強度計算公式之適用性，各種使用於預力混凝土之鋼材須符合CNS之規定及工程圖說之規定。

若使用之材料在CNS尚無相關標準者，應檢送符合工程圖說規定之品質證明。

(3)鋼腱表面應潔淨，不得有浮鏽、生鱗屑或凹點。

解說：

鋼腱之表面狀況影響其與混凝土間之握裹力及鋼腱之有效淨面積。預力鋼腱之銹蝕情況一般與鋼筋大致相同(參見第5.6.3節)，但預力鋼腱之要求較嚴，不得有浮鏽、生鱗屑或凹點。

研究顯示<sup>[7]</sup>鋼腱表面輕度之硬化氧化物可增大鋼腱表面之握裹力，對先拉法及握裹之後拉法之施工均略為有利，故表面可容許輕度氧化。但若由於銹蝕所造成預力鋼腱斷面積變小，則對強度有較大之影響就不可使用。因此鋼腱自出廠至使用前應妥為保護防止銹蝕。

(4)無黏裹鋼腱應以認可之塗料如環氧樹脂、油脂、臘、塑膠、或瀝青材料予以防銹。塗料之使用應符合下列要求：

- ① 在結構物可能之溫度變化範圍內塗料應保持韌性，不生裂紋且不致液化。
- ② 塗料不得與鋼腱、混凝土及套管材料發生化學反應。
- ③ 塗料應附著於全部無握裹長度。
- ④ 位於含鹽份或高濕度大氣中結構物之鋼腱及曝露於混凝土外之後拉法預力構材之鋼腱應於工地加敷經許可之塗料。

解說：

無黏裹鋼腱因未與混凝土結為一體，因此混凝土無法對鋼腱之表面提供保護作用。目前一般施工將環氧樹脂、油脂、臘、塑膠或瀝青等塗料塗刷於鋼腱表面以防銹蝕。為確保不因保護層破裂而使鋼腱表面與腐蝕物質接觸，故有上列塗料韌性之要求，且該塗料不得與鋼腱、混凝土及套管發生化學反應。含氯離子( $Cl^-$ )之化學摻料常造成鋼腱及錨定器之腐蝕，故不得使用於套管灌漿與錨定器保護層之材料中。

(5)鋼腱不得承受過高之溫度，銲接火花或接地電流。未經許可不得在鋼腱附近進行燃燒及銲接作業。除製造商另有限制外，超出錨定器外之鋼腱可用快速乙炔焰切除，但最好採用機械砂輪切除。

解說：

所列之溫度限制係為避免因銲接火花或接地電流所引起之高溫，而改變鋼腱之彈性及韌性等力學行為，故在以快速乙炔焰切斷作業時，必需注意高溫所影響之範圍。

(6)預力鋼材使用之前應確認其品質並檢查其外觀，不得附著有害物質及變形與損傷。

解說：

使用於預力混凝土結構之鋼材有預力鋼腱與一般鋼筋，其品質要求於設計圖說中均有規定。因此在施工前應先查證是否符合品質要求，並以試驗驗證之。鋼材之品質規定及試驗方法仍依CNS相關規定。

由合格廠商供應之預力鋼腱，一般都在嚴格的品質管理下製造及檢驗；若該批鋼腱係由製造廠以符合ISO品管供應，並確實捆紮下出貨，且附有已檢查合格之驗證表以證明符合CNS規定之規格，經監工者之認可，得酌減少工地抽樣檢驗頻率。

工地抽樣之試驗主要以判斷物理性質，如強度、伸長率、彎曲次數、應力-應變圖及鬆弛等，其試驗應依CNS之規定辦理。

若鋼腱因錨定、續接或組裝須經再加工或熱處理時，亦須經由試驗確認。其試驗之方法應能反應再加工或熱處理影響程度之判定。

在組裝過程應注意維持鋼腱之整潔，不得附著污泥、油漬及有害物質。在工地貯存過程中，若有變形、腐蝕時，應再作試驗確定其品質後方可使用。

#### 14.2.3 錨定器與續接器

(1)錨定器及續接器應具有錨定或銜接鋼腱達到規格所定之極限荷重前不被破壞或不產生顯著變形。錨定器可用以錨定有黏裹鋼腱與無黏裹鋼腱，其錨固性能均應符合規定並由試驗驗證之。

解說：

錨定器及續接器一般多用於後拉法，其種類甚多，較普遍之錨固方法有如下：

- (1)用混凝土或鋼片製成之楔子固定法
- (2)在鋼線端部製造鉤頭，固定於梁端鋼板法
- (3)在預力鋼棒端部軋造螺紋用螺帽固定法
- (4)用鋼套筒將預力鋼線或鋼絞線壓結後固定於鋼板或錨定器，或在套筒外再軋造螺紋並用螺帽固定法
- (5)將鋼腱之一端鋼材或配合鋼板埋固於混凝土內以構成錨固法

以上方法之錨固方式均應能使鋼腱達到規定極限強度(*specify tensile strength*)之100%，或試驗求得之強度(*Actual mean tensile strength*)之95%，兩者中之較小值。

錨定器及續接器要受很大之拉力，其錨固性能常無法由理論計算，一般常以試驗作驗證。試驗方法在國內若無規定者，可參考FIP或日本土木學會JSCE-E503之規定。

錨定器及續接器須在嚴格品管下製造，一般均由專業製造廠商供應。若專業製造廠商能保證品管，並符合FIP規定之方法作試驗，且有眾多使用實績而能提出證明者，此項試驗可以省略。假如新形式或試驗文件不全者，仍應作試驗驗證之。

若將錨定器埋在混凝土內做為固定端錨或續接端錨時，為避免施預力時鋼腱滑脫，固定鋼腱用之活動夾片不得使用，應改用擠壓式夾片固定之。

(2)續接器僅能使用於設計圖說規定或經許可之位置。承受預力鋼材之規定極限強度下，續接器或預力鋼腱所產生之變位量均不得超過其預計值。  
續接器應配以適當之套管使施預力時容許移動；續接器用於黏裹鋼腱時應有必要之設施以確保灌漿之完整性。

解說：

鋼腱應於應力較低或力矩變化較小處進行續接，因此應於預定之位置續接。如未能按工程圖說規定之位置進行續接時，應經監造者認可。

用於續接器之夾片，在施預力端可用活夾片外，其他固定鋼腱應使用擠壓式夾片(*compression grip*)，以減少續接後之鋼腱在施預力時滑脫。

(3)若經監造者要求，承包商應提出錨定器及續接器之性能試驗報告送請核可。  
錨定器之活動端錨或固定端錨之試驗除另有規定外，可依FIP規定試驗之，以作為對該系統之認可。  
用於無黏裹鋼腱之錨定器，應經動力試驗以驗證其可靠性及耐久性。

解說：

錨定器及續接器之性能檢驗，雖ACI 301、AASHTO(公路橋樑設計規範)、JSCE-E503均有規定，惟目前國際預力混凝土協會(FIP)所提出之”Recommendations for the Acceptance of Post-tensioning Systems”規定，較受國際普遍認定。

後拉系統性能檢驗之試體由鋼腱、錨定器(含續接器)、錨固混凝土塊所組成。其鋼腱應先經試驗證明對該系統之適用性。驗證程序如下：

- (1)鋼腱強度之驗證。
- (2)錨定器或續接器強度之驗證。
- (3)組合試體強度之驗證。

試驗方法、試體數量、試體製造、尺寸、試驗方法(以靜力試驗為主，必要時做動力試驗)，試驗結果之認可，可依FIP之規定辦理。

#### 14.2.4黏裹鋼腱之套管

- (1)套管應具相當剛度以防施工中變形或損壞，接縫應具水密性以防止混凝土澆置時水泥砂漿之滲入。
- (2)套管之內徑應比鋼腱整束大6 mm，套管內斷面積至少為鋼腱淨斷面積之2倍。
- (3)套管兩端應設灌漿孔或排氣孔。雙曲率以上套管之所有頂點亦應設灌漿孔或排氣孔。

解說：

- (1)黏裹鋼腱之套管形狀應具有螺紋及相當剛度，螺紋接縫及連接縫應具水密性以防澆置混凝土時水泥漿之流入而增加施預力時之摩擦阻力。配置套管時應保持曲線平滑並適當綁紮固定於鋼筋以防移位。
- (2)套管內徑應比內穿之鋼絞線、鋼線或鋼棒之組成外徑大 $6\text{ mm}$ 以上，其內部斷面積至少為鋼腱總斷面積之2倍，乃在確保施加預力及灌漿作業之方便性。
- (3)灌漿孔及排氣孔之位置應設置適當，使灌漿液能完全灌滿套管。在簡支梁兩端應各設一灌漿孔與一排氣孔。連續梁之鋼腱除在兩端設灌漿孔或排氣孔外，在套管之所有頂點亦應設灌漿孔或排氣孔。

#### (4)套管之品管與試驗

套管於使用前應試驗以確認其品質。

解說：

由於套管易於澆置混凝土各種作業中遭踐踏及受振動機或其他工具之觸擊，故必須具有足夠之強度與剛度以抵抗作業衝擊及混凝土澆置時之壓力，而能保持其形狀之完整及防止漿液之滲入。一般套管之試驗依CNS 12739及12740或附錄丙.3規定辦理。

#### 14.2.5 外露鋼腱之保護管

未埋於混凝土中外露鋼腱之保護管應具有保護鋼腱及供灌注防銹填充劑套管之功能。保護管之品質應具有所需之強度與耐久性，其本身亦須施以有效之防蝕處理。

解說：外露鋼腱之保護管未埋於混凝土中，故較埋在混凝土內容易生銹，因此外露鋼腱之保護管材料不只要具有強度與耐久性，並須具耐腐蝕或老化、容易維護管理、不與灌注之防銹填充劑發生化學反應之特性。

保護管在鋼腱彎曲段應有充分之剛度以抗鋼腱之側壓，亦不得影響灌注填充劑。

#### 14.2.6 無黏裹鋼腱之裹襯(套管)

無黏裹鋼腱之裹襯(套管)除應符合第14.2.2 節之規定外，並應符合下述規定：

- (1)裹襯包括鋼製或塑膠製套管、包裹塗敷油脂鋼腱之防水紙或塑膠材料；套管內應灌注防銹油脂，以保護鋼腱以免生銹。
- (2)裹襯須全長連續包裹，使澆置混凝土時，能確實防止水泥漿侵入及被覆材料之散失與受損。

解說：

無黏裹鋼腱之裹襯係為隔離鋼腱與混凝土之粘結，隔離可用包裹紙或套管。為防止施加預力作業上之困難應防止混凝土澆置時漿液滲入管內或損壞包裹紙，並應防止管內鋼腱之保護塗料散失或流出管外。

用包裹紙隔離鋼腱之施工法，係先以油脂或瀝青材料塗敷於鋼腱之表面，再以防水紙或塑膠材料以螺旋式包裝於鋼腱之外部，以保護鋼腱免以生銹。

防銹用之漿液或油脂，在預期使用溫度內不得發生龜裂，脆裂，液性化。在化學上應具隱定性，使用時具有水密性並不得對鋼腱或混凝土有不良反應者。

#### 14.2.7 灌漿液

- (1)灌漿液應能確實填滿套管內空隙，以包裹預力鋼材，防止生銹，並使混凝土構材與預力鋼材結合為一體。

解說：

灌漿液之作用為防止鋼材生銹，硬化後能使鋼材與混凝土構材結合為一體，因此灌漿用漿液在作業過程要求保持良好之流動性與填充性，並具有較少之浮水率與適當的膨脹率，使其有較高之水密性與強度，以達到防銹與結合之目的。

為提高結構之耐久性與節省施工勞力，近年漸有使用環氧樹脂材料，預先注入套管內，施預力後待其硬化，達到粘著之新工法。

(2) 灌漿液為水泥與水之混合物，為增加其流動性及減少浮水率，拌合時可加入適量之飛灰、矽灰材料或化學減水劑等摻料，但使用飛灰或矽灰時，其用量不得超過水泥重量之32%。若套管之淨內斷面積超過鋼腱斷面積4倍以上時，可酌量加入較細之細骨材作為填充料，但須經監造者之核可。

解說：

一般灌漿孔及套管本身之斷面較小，因此灌漿液中不容許添加顆粒較大之材料，但套管之淨內斷面積超過鋼腱斷面積4倍以上時，添加適量之細砂(較細之細骨材)可達到降低漿體乾縮量之目的。使用適量砂漿體之乾縮量約可減為純水泥漿體之半，若添加細砂時，砂須通過CNS 386篩孔1.25 mm之篩。適量之飛灰或矽灰等材料可替代部份砂量。

一般，每袋水泥(50 kg)使用18~20 kg之水，可得適當施工性之漿液。

(3) 為減少漿液之收縮量，可添加經監造者認可之膨脹性摻料。

(4) 摻料不得含超出微量之氯化物、氟化物、硝酸鹽等對鋼腱及配件有腐蝕作用成分。摻料應經試驗合格或具使用實績，經監造者認可始得使用。

解說：

含氯化物、氟化物、硝酸鹽等成分之摻料有害鋼腱及其配件，因此不得使用。漿液體之強度要求乃為控制漿體之品質。不同水泥材料之電解質差異會導致鋼腱之腐蝕，因此使用於漿體中之水泥與構材混凝土之水泥應為同一類型，又摻料依最近ACI 301中第9.2.2.2.d節之規定，不得含有超出微量之氯化物、氟化物、鋁、鋅及硝酸鹽等。所謂微量之規定，如氯離子即指漿液中總水溶性氯離子不得超過 $0.15 \text{ kg/m}^3$ 。

(5) 漿液之配比應依據試驗結果決定之，並應符合下列規定：

- ① 漿液應具良好之流動性。流動性應衡量套管之長度及形狀、施工時之氣溫、鋼材種類及在套管中所佔面積比率等，但其配比之拌和水量應採適於灌漿之最小量。灌漿不得因工作之延誤而加水以增加流動性(稠度)。
- ② 水與水泥之重量比不得超過0.45。
- ③ 浮水率不得大於3%。
- ④ 膨脹率不得大於10%，膨脹過程之膨脹率亦不得低於漿液浮水過程之浮水率。
- ⑤ 水泥砂漿之5 cm立方試體之7天抗壓強度不得低於 $175 \text{ kgf/cm}^2$ ，其試驗應按CNS 1010〔水硬性水泥壘料抗壓強度檢驗法〕之規定。

解說：

漿液中應添加膨脹性摻料以減少漿液硬化後之收縮，膨脹率應以抵消乾縮為度，並應使灌漿完成後至浮水率達最大期間，隨時維持膨脹率高於浮水率，不明定膨脹率下限係因需視浮水率而定；但因過量之膨脹將產生內部應力，故規定膨脹率不得大於10%。

早期常用之膨脹性摻料為無氧化之鋁粉，用量約為水泥重量之 $0.005\sim 0.015\%$ 。鋁粉用量受鋁粉及水泥之性質、溫度、配比、拌合時間等之影響，應以試驗決定之。目前有化學膨脹性摻料及膨脹水泥，其使用應經試驗決定其用量。

ACI 301中第9.2.2.2.d節規定摻料中不得含有超出規定量之氯化物、氟化物、鋁、鋅及硝酸鹽，鋁與鋅也被列舉在內。台灣自民國55年起開始使用未氧化鋁粉作為膨脹性摻料，且已使用過20餘年之橋梁，因重建打除預力梁中，檢視鋼腱並無發現腐蝕現象。但ACI既有規定，本規範雖未禁止，但仍考慮不使用鋁粉作為膨脹性摻料為宜。

灌漿液自攪拌完成至灌注完成之時間一般以不超過30分為宜。

#### (6) 灌漿液之品管與試驗

##### ① 施工前之配比試驗

灌漿液應依現場狀況辦理配比試驗，以確認其稠度、浮水率、膨脹率及強度等符合品質規定。

##### ② 施工中之試驗

施工中除應進行稠度、膨脹率及強度等抽樣試驗外，並應進行氯離子含量檢驗。

##### ③ 灌漿液之施工應製施工紀錄並保存之。

解說：

由於漿液之品質易受使用材料之性質、拌合機性能、溫度等之影響，故須儘可能與施工現場相同情況，按規定如表R14.2.1進行流動性(稠度)、浮水率、膨脹率及強度等試驗。由於浮水率在實用上較不重要，且測定較煩雜，故施工中之試驗得視情況省略不辦。

表R14.2.1 灌漿液之品管試驗

項目	試驗方法	試驗時機及頻率	規定值
稠度	JSCE-F531之方法(附錄丙.4.1)	施工前，施工中及品質顯現變化時	施工計畫書規定之範圍
浮水率	JSCE-F532之方法(附錄丙.4.2)	施工前	3%以下
膨脹率	JSCE-F533之方法(附錄丙.4.4)		10%以下
抗壓強度	CNS 1010〔水硬性水泥壩料抗壓強度檢驗法〕 JSCE-G531之方法(附錄丙.4.5)	施工前，施工中及品質顯現變化時	5 cm立方試體之7天抗壓強度不得低於 $175 \text{ kgf/cm}^2$
氯離子含量	CNS 13465	施工前、施工中	$0.15 \text{ kg/m}^3$ 以下(CNS 3090)

若ASTM中有相關之規定，得依ASTM之規定辦理。

#### 14.2.8 減摩劑

施預力時為減小摩擦阻力所使用之減摩劑不得對鋼腱、套管、裹襯、保護管及混凝土之品質產生不良影響。

解說：

減摩劑係用於為減少施預力時之摩擦力，後拉法長鋼腱或彎曲度大之鋼腱常常使用。

減摩劑用於不黏裹鋼腱時，不得對鋼腱、套管、裹襯、保護管及混凝土有不良影響，並應能防止鋼腱之腐蝕，常用之油脂包括黃油(*grease*)、石臘(*paraffin*)、蠟(*wax*)等。

減摩劑用於黏裹鋼腱時，應能於施預力後容易清除者，如中性洗潔劑、水溶性油脂等。施預力完成後，應用充足之高速清水沖洗乾淨，以免影響灌漿後之鋼腱握裹力。必要時，減摩劑應測試其減摩效果。

#### 14.2.9預鑄節塊粘接劑

(1)用於預鑄節塊接合之粘接劑，如混凝土、水泥漿、環氧樹脂等，應為具有所需強度、耐久性及水密性，且適合於接合部位之施工條件者。

解說：

預鑄節塊接合後再施預力之構造，其接縫之粘接劑，一般多使用混凝土、水泥漿或環氧樹脂等，視構造物種類、接合部位之構造、設計或施工條件等作決定。

若接合材料選擇不當，可能導致接合處之強度不夠，水密性不良，施工不易等缺點而影響結構之使用壽命，應予注意。

#### (2)粘接劑之品質管理及試驗

粘接劑進料時應檢附出廠試驗報告，必要時應另行檢驗，以確認其品質。

解說：

為確認粘接劑具有所需品質之試驗項目與方法，應視結構之種類、接合部位之構造、設計或施工條件等因素決定之。

一般常用之環氧樹脂系粘接劑之品質規格，可參考表R14.2.2之規定。表中品質項目之試驗方法，除另有規定者外，可參考日本土木學會JSCE-H.101之規定辦理。品質管理除表上所列項目外，必要時可就硬化粘接劑作比重與硬度之試驗。

用於特殊情況下之粘接劑，依情況需要，分別作高溫時之抗拉強度、水中硬化時之抗拉強度、衝擊強度、彈性模數、熱膨脹係數、硬化收縮率及吸水率等之試驗。

粘接劑硬化後受高溫時，具有強度會減弱之特性，因此如用於結構會受陽光直接照射或需鋪設熱拌瀝青混凝土橋面者，應作受高溫時抗拉強度減弱程度之確認。

若不得不在潮濕情況下作粘接時，宜作水中硬化之抗拉強度試驗。

一般環氧樹脂系粘接劑之試驗需特殊裝置與熟練的測定技術，故在工地試驗頗多困難，若材料進入工地存放時間不長，且與製造廠商之試驗表對照無異狀時，部份試驗得以省略。

環氧樹脂對於溫度甚為敏感，未硬化狀態之作業性會大幅變化，若擬在差異溫度條件下使用時，必須先試驗以決定可否使用為宜。

表R14.2.2 環氧樹脂系列粘接劑(橋梁用)之品質規格標準<sup>(註)</sup>

品質項目		單位	品質規定	試驗溫度	養護條件
未硬化之 粘接劑	外觀	—	不可含有害雜質，且 不產生材料分離	春秋季：20±2°C 夏季：30±2°C 冬季：10±2°C	—
	粘度	cp (MPa·s)	1×10 <sup>4</sup> ~10×10 <sup>4</sup> (1×10 <sup>4</sup> ~10×10 <sup>4</sup> )		
	可施工時間	小時	2 以上		
	塗敷最小厚度	mm	0.3 以上		
硬化後之 粘接劑	比重	—	1.1~1.7	20±2°C	20±2°C 七天
	抗拉強度	Mpa	12.5 以上		
	抗壓強度	Mpa	50 以上		
	剪力強度	Mpa	12.5 以上		
粘接強度	MPa	6 以上			

(註)表中品質項目之試驗方法可參照日本土木學會JSCE-H.101規定。

#### 14.2.10材料之儲藏

- (1)預力鋼材宜貯放於倉庫內，放於室外時應加覆蓋，均應作適當之支承與地面隔離，不得直接放於地面上。並防止有害油脂、鹽分或灰塵之附著，避免銹蝕、損傷及變形之發生。
- (2)錨定器、續接器應儲藏於倉庫內，以防止螺紋之生銹，與混凝土接觸部份不得附著油脂、灰塵及浮銹等。
- (3)套管、裹襯宜放在倉庫內，放於室外時應妥切用防水布覆蓋以防止銹蝕，並不得附著有有害之油脂、鹽分、灰塵等或損傷及變形等。
- (4)粘接劑之儲藏應防止材料之析離、變質、雜物之混入。儲藏期間過久者，於使用前應作試驗以確認其品質無異狀時方可使用。

解說：

預力鋼材不得直接放在地面上、宜儲藏在倉庫內或要覆蓋之規定係為避免受濕氣或風雨引起生銹腐蝕。避免鋼材附著油脂、浮銹、灰塵等而減低鋼材之握裹力。有腐蝕損傷或變形者將影響其強度，因此應注意儲藏。不得在豎立之盤圓鋼材上再堆壓儲藏其他鋼材，以防變形。鬆捆後之鋼材應具有良好之伸直性。預力鋼材受 $300^{\circ}\text{C}$ 以上之溫度時，會使鋼材之品質劣化，故應防止受高溫影響。

錨定器及續接器因受力甚大，為預力構材之重要部位應保持良好品質，因此要儲存在倉庫內且不得受潮生銹及附著有害物質。

套管雖體積較大，若儲存期間較長時，最好放在倉庫內。如存放於室外時應與地面隔離平放，並用防水布覆蓋之，以免受潮生銹及受污染。並應防止受壓變形。

環氧樹脂系列之粘接劑若曝露於 $30^{\circ}\text{C}$ 以上高溫或經炎熱天候，會有變質之慮，故宜保存於陰涼處；為防止雜物之混入，應保持原裝封蓋至使用前方可開罐。通常製造後經六個月以上，材料易析離，應控制儲存期間儘早使用。

### 14.3模板與支撐

現場澆置預力構材之模板與支撐除遵照第四章之規定外，並應符合下列規定：

14.3.1模板與支撐不得阻礙構材施預力時所引起之彈性短縮與變形。

解說：

模板若阻礙構材施預力時所引起之彈性短縮與變形，會發生局部拘束作用，將對構材產生預期外之應力。

14.3.2模板與支撐應具足夠之剛度，以防止鋼腱之變位超過第14.4節之容許差。

解說：

澆置混凝土時，若模板與支撐有過大之變形，將影響構材之尺寸及鋼腱之變位等重要因素。為確保模板承受混凝土重量所引起之變形不致造成鋼腱之變位超過第14.4節之規定，模板及其支撐系統應有足夠的剛度。

14.3.3構材未施加足夠預力以承受靜載重及預計之施工載重前，不得拆除底模與其支撐。

解說：

預力構材施加預力前無法承受各種載重，因此其底模與支撐不得拆除。構材所施加之預力是否足以承受靜載重及預計之施工載重，由施預力後構材是否與底模分離可供判斷。預力施加後底模與其支撐之

拆除應經監造者同意。

#### 14.3.4雙向施加預力結構物之模板與支撐應能支承施加預力過程中載重之再分配。

解說：

結構體採兩方向或多方向施加預力時，在單向施加預力過程中，可能對尚未施加預力之方向產生額外載重效應。因此，此種結構體之模板設計除了考慮結構體之靜載重及施工載重外，並應有足夠之強度以支承施加預力過程中應力再分配之載重。

#### 14.3.5模板與支撐之設計，應考慮由於混凝土澆置或施預力所引起支點反力變化之影響。

解說：

構材未施預力時，其載重分佈於模板底下支撐，當施預力後由於拱度作用，載重會集中於少數之支點上，故必須考慮支點反力之變化及支點處之支承強度。

### 14.4預力鋼腱與套管之組裝及保護

#### 14.4.1預力鋼腱之組裝及配置

- (1)預力鋼腱應依設計圖說所示之形狀、高程、位置確實組裝。粘裹鋼腱不得沾染油脂、雜物與浮銹；有嚴重折曲或受高溫影響者不得使用。

解說：

預力鋼腱應依設計圖說所示之位置、形狀與尺寸配置與組裝。承包商應先繪製配置施工圖送請監造者核可後，據以組裝。鋼腱應紮緊於鋼筋上，以防止澆置混凝土時發生移動。鋼腱配置位置之容許差如表14.4.1所示。

鋼腱已嚴重折曲或受高溫、電弧焊接火花、急速冷卻者會使材質受損不可使用。

施預力後露出錨端之鋼腱，原則上應採機械式裁斷，若不得已要用加熱裁斷時，應先經試驗確認不影響錨定效果，方可實施。

- (2)用先拉法施工之預力鋼腱，於組裝之前，應確實清除有損粘裹作用之浮銹、油脂及其他有害物質。

解說：先拉法預力結構之錨定效用，端賴鋼腱與混凝土間之粘裹力，有礙粘裹力之因素，於組裝前應予以排除。

- (3)組裝於套管內之預力鋼腱，其各元件應保持平行避免互纏，平順穿入套管內，必要時應用間隔器固定，以維持平行性。

解說：

鋼腱穿入套管內時，各元件(線)應梳整維持平行，以減低施預力時之摩擦阻力，並可避免各線在管內扭轉動產生二次應力。為維持各元件之平行，組裝時宜於每隔4~5公尺，使用間隔器固定。

#### 14.4.2無粘裹鋼腱須潔淨且無損傷，並須按規定作永久性之防護處理。

解說：

無粘裹鋼腱於施加預力並完成錨定以後，很難對鋼腱表面再作防護工作，因此在施工作業前須按規定進行防護處理，以達到預期之目標。

#### 14.4.3鋼腱及套管配置之許可差

鋼腱及套管應妥予固定，以免澆置混凝土時產生過大位移，其排置之許可差如表14.4.1所示。

表14.4.1 鋼腱、套管、錨定器排置之許可差

方向	梁		版
垂直	$h > 60 \text{ cm}$	$\pm 12 \text{ mm}$	$\pm 6 \text{ mm}$
	$h < 60 \text{ cm}$	$\pm 9 \text{ mm}$	
水平	$h > 60 \text{ cm}$	$\pm 12 \text{ mm}$	$\pm 12 \text{ mm}$
	$h < 60 \text{ cm}$	$\pm 9 \text{ mm}$	

解說：

由於鋼腱、套管及錨定器之位置均影響預力鋼腱之偏心距及預力之摩擦損失量。因此其許可差必須加以限制，表中所列之容許差依構材斷面之大小而定。

#### 14.4.4套管之配置

(1)套管配置時不得損傷管體，應按施工圖所示鋼腱之形狀、高程及位置配置，並固定於鋼筋，以防澆置混凝土時移動變位。套管之續接應緊密，以免水泥漿滲入。

解說：

一般套管均在彎紮鋼筋時就一起綁紮，鋼腱則視施工情況，可在澆置混凝土前或其後再穿入套管內，因此套管之位置決定了鋼腱之位置，故必須確實。套管若不緊密，水泥漿易於滲入管內而影響施預力作業。

(2)粘裹鋼腱之套管及灌漿配件應妥為保護，以防止塌陷、移位及其他損壞。澆置混凝土之前應檢修套管及灌漿配件之孔洞。若灌漿前安置之鋼腱有銹蝕之虞時，應作臨時防蝕措施。

解說：

由於粘裹鋼腱需要保持鋼腱與灌漿漿體間之粘裹強度，因此鋼腱表面均未作任何防銹處理；而工地中潮濕之環境容易造成嚴重腐蝕，因此有銹蝕之虞時，如超過28天後才施灌漿之情形者，必需作臨時防蝕措施。但須選用灌漿前容易清除之防蝕物，以達到預期之粘裹強度。

### 14.5錨定器與續接器之組裝及安裝

14.5.1錨定器與續接器應固定於設計圖或施工圖所示位置，並按圖示之位置及形狀組裝。

14.5.2安裝之錨定器承壓面應與鋼腱垂直

14.5.3用續接器續接鋼腱時，不得在施預力時鬆脫或滑動。續接器應有保護套筒，在施預力時續接器在套管筒內應留有充分自由移動之空間。

14.5.4錨定器及續接器之套筒與套管相接處，應緊密不得脫落與漏漿，安裝完成後須再檢查以確保其完整性。

解說：

錨定器與續接器均要承受巨大之力量，安裝應依照設計圖或施工圖所示位置固定。承包商應依設計圖繪製施工圖送監工者核可後依據施工。

安裝時若錨定器之承壓面與鋼腱不垂直，易使混凝土承受不均勻壓力，或固定鋼腱之楔子受不平衡之應力，引起楔子無法固定鋼腱而滑脫，有時會使鋼腱斷裂。

鋼腱續接器之續接處尺寸較鋼腱為大，為使施預力時不阻礙續接器之移動，須保留續接器之移動空間，移動量應預先計算。為維持續接器力量之傳遞，續接器兩側之鋼腱應各保持一段直線。

14.5.5端部錨定器應以混凝土保護之。在覆蓋混凝土前，應去除錨定器之浮鏽，且不得沾染油脂等雜物。

解說：

端部錨定器於施加預力過程中，容易沾上油脂而隔離減弱錨定器與混凝土間之粘裹力。錨定器常暴露於潮溼的大氣中，因此混凝土保護層的厚度與混凝土的透水性均需考慮。保護端錨之混凝土最好為無收縮者，若含氯離子成分，易造成端部的腐蝕而導致保護層剝落，應加注意。

## 14.6施預力作業

### 14.6.1施預力作業之注意事項

(1)預力鋼材應依設計圖規定之初始預力均勻施加之。

解說：

擬將數條或數十條預力鋼材作成一股(束)鋼腱同時施拉時，為期得以均勻施拉力於各鋼材，應預先調整各鋼材之固定位置間長度，以防參差不齊。若用楔子型固定裝置，在施拉作業時難免會產生滑移，宜在各鋼材上打設記號，以觀察有無滑移。

先拉法中，若預先將多數之預力鋼材固定於鋼板，然後移動該鋼板以同時施予拉力於所有鋼材者，為消除各鋼材鬆垂之長度差異，宜於兩端固定板間裝設數處間隔器以調整鋼材之鬆垂度，或於固定前預先施予某適當之拉力。

後拉法一般係以數條或數十條鋼材作成股(束)同時施拉者居多，類此情況亦應將擬施拉各鋼材長度先整理整齊。

為防多條鋼材糾纏導致長度差，鋼材裝入套管內時於適當的距離用間隔器固定鋼材亦頗為有效。伸長量測定時，為防鋼腱鬆垂或續接器鬆弛所生之長度被計入而失真，宜預先施予某些適當之拉力後再設置量伸長量之基準點。

除上述者外，施預力作業前應有充分之準備工作，其項目包括下述各項：

- (1) 瞭解設計圖上所規定事項。
- (2) 核對混凝土試體強度，是否達到設計圖上所規定者。
- (3) 核查預力鋼腱試驗之物理性質，如  $f_{pu}$ 、 $f_{py}$ 、 $E_s$ 等。
- (4) 規定施預力順序，假設 $\mu$ 值與 $k$ 值並計算鋼腱之伸長量及油壓錶讀值。
- (5) 計算預力梁之彈性縮短量及撓度。
- (6) 預估鋼腱之錨定滑動量及影響長度。
- (7) 檢查預力梁之混凝土有無破損、裂紋等。
- (8) 檢查預力梁之模板是否會阻礙施預力時之變形。
- (9) 支承位置之底模可否承載施預力後之梁重。
- (10) 校正千斤頂、油壓機或其他施預力機具。
- (11) 裝設施預力時之各種安全設施。
- (12) 安排合適之作業人員。

(2)先拉法預力鋼腱之施預力，應考量固定裝置錨定時之滑移及高溫養護時溫度劇烈變化之影響，並適當調整其拉力。轉移預力時，應先緩慢放鬆各鋼腱使混凝土能漸漸承受平均應力。

解說：

使用楔子逐條固定預力鋼材者，於固定時會產生某些回縮量。若施拉台之長度較長，由回縮量所減少之拉應力較低，在某些程度內得以忽略不計；惟若施拉台長度較短或回縮量較大之情況時，此種回縮量之損失不可忽視。

以折線狀配置鋼腱者施預力之方法有：先以直線狀配置鋼腱後，再於折曲點抬昇或拉下鋼腱之方式施拉力之方法；將鋼腱預先以所定折線狀配置後，自鋼腱端部施拉之方法。由於這些鋼腱之配置及施拉順序之不同，在支承裝置處與鋼腱間之摩擦損失於施預力過程中會發生變化，故必須預先就鋼腱配置之順序與摩擦損失之大小作詳細調查。上述原因所導致之預力損失，應先以計算或實測其損失量，以利調整所須施加之拉力。

預力轉移於混凝土時，若急速的放鬆鋼腱之固定裝置，可能衝擊混凝土，導致損傷鋼腱與混凝土間之握裹力，故固定裝置之放鬆應徐徐進行。若各鋼材之拉力未能同時均勻放鬆，可能產生預期外之偏心力，導致對於構件或固定裝置有害之影響。

鋼腱以折曲狀配置並將折曲點之垂直力以支承裝置固定於製作台者，一般多先放鬆折曲點之支承裝置後才鬆弛兩端固定裝置。當折曲點之垂直力較構件之重量為大時，若先放鬆支承裝置也會對混凝土產生有害之影響，應詳予檢討。

當施予混凝土快速養治者，如預力轉移前忽然冷卻，有導致構材間露出部份鋼腱斷裂之虞，故應於溫度未下降前轉移預力。

(3)後拉法鋼腱之拉力應考量摩擦損失、混凝土彈性變形損失、錨定器之變形及滑動量損失等，以獲所需之初始預力。鋼腱之施拉順序不得使混凝土產生有害應力。

(4)在同一套管中組成鋼腱之數條鋼絞線或鋼線應同時施加預力。

解說：

施予後拉法鋼腱之拉力應考量摩擦損失、混凝土彈性縮短損失、錨定器之變形及滑動量損失，以獲得所需初始預力；前述各項損失係於施加預力及錨定時立即發生，故稱為瞬時損失。初始預力後，受混凝土之潛變乾縮及鋼腱之鬆弛，預力會繼續減少，此類損失在錨定後逐漸產生，可能持續數十年，故稱為緩慢損失。施工者應依初始預力，加瞬時損失量施拉力，而緩慢損失，應由設計者提供。

由於設計時假定之摩擦損失量與施工時之實際量測值無法一致者居多，故施工時應實際測定摩擦損失之大小，依此以決定施拉端之拉力。若由於摩擦過大而導致施拉端所需拉力過大時，可增加鋼腱數量以減少應力，或用減摩劑塗刷於鋼腱或灌注於套管內以減少摩擦。使用減摩劑時不得影響楔子之錨固作用，且灌漿前應先將此減摩劑自套管內洗淨。

鋼腱錨定器應訂定容許回縮量，錨定時如回縮量過大而影響到所考慮斷面之應力時，應重新施預力或增加端部之預力。

配置有多股鋼腱之預力構材彈性縮短引起之應力損失，先施預力者較後施預力者大，若為求每股鋼腱之應力相同時，先施預力者應加上受後施預力者減少之預力損失。

以逐股施加預力並予錨定時，於拉力過程中，對施加預力之鋼腱，位置可能有偏心距時，會使構件產生扭曲或側向彎曲之虞；又如靜不定結構則可能由於靜不定力使構件之一部分產生有害應力；因此，於各施工階段必須考量這些影響，不得使混凝土產生有害之應力，故應慎重訂定施拉鋼腱之順序、方法

及拉力之大小。

後拉法之施預力，通常須量測鋼腱之相對伸長量，減除混凝土之彈性縮短量以求鋼腱之真正伸長量。惟若將全部鋼腱同時一次施拉，混凝土之彈性縮短量不可忽略不計。若將全部鋼腱分組施拉時，由於各組施拉時之混凝土彈性縮短量大致與分組數目成反比。故施拉分組數目較大者，可以伸出量(上述之相對伸長量)做為伸長量。但是，由於後施拉鋼腱所誘發之混凝土彈性變形，將使先施拉鋼腱之原施加拉力減少，因此，宜求算此等鋼腱之平均拉力減少量，並依順序調整施加於各組之拉力。

求鋼腱伸出量所用之彈性模數，應由現場量測求得之鋼腱外視彈性模數(*apparent elastic modulus*)計算。

所量得之鋼腱伸出量應與施預力機具之油壓錶讀值相對應。若兩者不相對應時應查明其原因並排除不相對應之因素。施預力過程中，所要求者為確實之預力，油壓錶所示之預力，與鋼腱伸長量所示者以後者較確實。

同一套管內由多條鋼材(鋼線或鋼絞線)組成之鋼腱，若分條施預力時，後施預力之鋼材可能受先施預力鋼材之纏結壓迫，以致無法全線達到所需之預力，故不得各別施加預力。

#### (5)施預力作業中應特別留意安全。

解說：

由於施加預力作業，在高拉力狀態下之鋼腱蓄有很大的能量，萬一鋼腱斷裂時，由於此巨大能量之急劇釋放，斷裂之鋼腱、錨定器或施拉裝置可能傷及鄰近工作人員。為防止作業員受到危害，於施預力作業中，包括直接從事於預力作業之作業人員及附近之其他工作人員，絕對禁止進入施拉裝置或固定裝置之後方，另於施拉裝置後方亦應設防護板等措施。

最有效的危害預防方法，為施預力作業應由具經驗工程師督導與由熟練技術人員負責施作，且加強宣導注意安全。

#### 14.6.2施預力機具之校正

(1)施預力機具於使用前或使用中曾受衝擊時，均應辦理校正，並將其結果記錄之。

(2)對於特定之預力工法備有專屬之施預力機具者應使用該機具。若無專屬施預力機具及荷重計者，應使用能正確施加預力之方式及足夠容量之施拉裝置。

(3)現場應備置校核用之標準壓力錶或荷重計。

解說：

由於預力千斤頂內部摩擦或鋼腱與錨定裝置間之摩擦等，使壓力錶之讀值未能指示賦予鋼腱的真正拉力，故應事先辦理校正以求知這些摩擦損失。

一般配設於千斤頂之壓力錶容易產生誤差，使用中應定期辦理校核以確認其機能與準確度。

由於壓力錶型式及容量之不同，其精度亦不相同，故應選用容量及精度符合要求之壓力錶。

千斤頂校正為施預力作業中最基本及重要之要求事項，故應養成建立隨時施予校正之習慣。千斤頂之校正，以在試驗室或用荷重計直接顯示拉力之方法為最好，惟此類試驗一般較為價昂，可於施工現場備置雙針式之標準壓力錶即可。惟標準壓力錶之校正，僅能顯示配於千斤頂壓力錶之壓力是否正確，無法查知由千斤頂機械性故障所產生內部摩擦增大等情況，應予注意。

若係小規模工程，擬用之千斤頂在使用前六個月內曾辦理校正，備有文件並經監造者核可，可免辦校正。

#### 14.6.3 初施預力時之混凝土強度

- (1) 初施預力時之混凝土強度不得低於設計圖所示之 $f_{ci}'$ 。先拉法之預力轉移於混凝土時之強度亦不得低於 $300 \text{ kgf/cm}^2$
- (2) 施預力時錨定區附近之混凝土，其強度應達足以抵抗由錨定產生之承壓應力以上。

解說：

預力轉移後，混凝土之最大壓應力應保持某一程度之安全度，此最大壓應力，會由於鋼腱之鬆弛、混凝土潛變、乾縮、永久荷重之作用等，一般將隨時間增長趨於減少，故此時之安全度，較受設計荷重下之安全度略為減低。但相對於施預力時之混凝土抗壓強度，若瞬間施予之預力偏大，可能導致混凝土的過量潛變而有害，因此乃規定初施預力時之混凝土強度 $f_{ci}'$ ，結構混凝土設計規範第11.5.1節規定最大壓應力為 $0.6f_{ci}'$ ，相當於安全度為1.67(按日本土木學會混凝土規範施工篇之規定為1.7)。惟對於自重所佔比例較大的構件，因支承條件不同，致可能會產生較計算所考慮之應力為大之虞，故對此情況應略微提高其安全度。

若設計係依照規範規定之潛變係數進行，且未採用高溫促進之特殊養治方法者，可賦予全部預力之時間，除依混凝土之抗壓強度判斷外，尚須注意對應於設計所採用之潛變係數之材齡。當設計時已依規範考慮潛變係數者，應以滿足設計之條件訂定可施預力之時間。

先拉法中將施預力時之混凝土抗壓強度定為 $300 \text{ kgf/cm}^2$ ，除考慮對產生於混凝土的最大壓應力保持安全度外，更考慮了鋼腱與混凝土間必須保有充分的粘裹強度。至於較短之構件，端部附近受較大彎矩或剪力者，預力轉移時，混凝土抗壓強度宜訂為 $350 \text{ kgf/cm}^2$ 以上。

本節混凝土抗壓強度係指與結構物相同條件養治，與初施預力同齡期之圓柱試體之抗壓強度。

錨定器周圍混凝土之承壓應力，應參考設計之承壓強度檢討其安全性。鑑於錨定器與錨定方法隨工法(系統)不同，故於預力轉移時之錨定器附近混凝土強度，宜就各種錨定器或錨定方法，預先依試驗確認之。如各工法有自訂規定者可依其規定。

#### 14.6.4 預力之管理

施預力須加管理以確保構材所施加之預力符合要求，並防止意外缺陷之產生。

- (1) 預力管理應考量影響預力各種因素之差異性，為確保所施予各鋼腱之拉力不致低於規定值，應對鋼腱逐股所施加之預力妥善管理。

解說：

施預力須加管理之目的在於確保構材是否被導入所需要之預力，判別施工是否正常，並防止意外缺陷之產生。正確的將設計圖說所規定之預力(初施預力)妥善施加為預力混凝土之基本要求。本條規定之目的係針對主要鋼腱施預力作業之管理加以規定。橫向預力亦比照本管理辦理。

預力之管理可利用油壓錶測定預力量及量測鋼腱伸長量做為依據。

若鋼腱股數多時，可用下述依外視摩擦係數 $\dot{\mu}$ 之管理方法。雖然鋼腱已測定摩擦係數及外視彈性模數，但此僅表示在該時點鋼腱之平均狀態而已；仍不足代表各鋼腱之實際狀況。實際上各個鋼腱難免仍具有相當的差異性，因而施預力時，應考量這些差異性，逐股決定所應施加之拉力，以減少鋼腱之拉力低於設計預估值之可能。為此，所施之拉力應用比設計所考量之拉力高出2~3%為管理目標，以策安全。

外視摩擦係數 $\dot{\mu}$ 就是，基於波浪影響 $k$ 係由於無數之微彎曲之累計所形成者，因而 $K$ 值與彎曲摩擦係數 $\mu$ 之間應有某些函數關係，只要結構體、材料、環境、工作、習性相同，兩者間比例 $K/\mu = \lambda$ 應保持穩定值之觀點，依以往之經驗、統計設定 $\lambda$ 為定數，見表R14.6.1，所得 $\dot{\mu}$ 之謂，並非真正之摩擦係數。

而將兩個因數 $K$ 、 $\mu$  歸納、簡化為單一因數 $\dot{\mu}$ ，以實施預力管理之手法稱為外視摩擦係數管理法。 $\dot{\mu}$  值在沒有試驗前可參考表R14.6.1之關係值或依設計圖規定之數值計算。

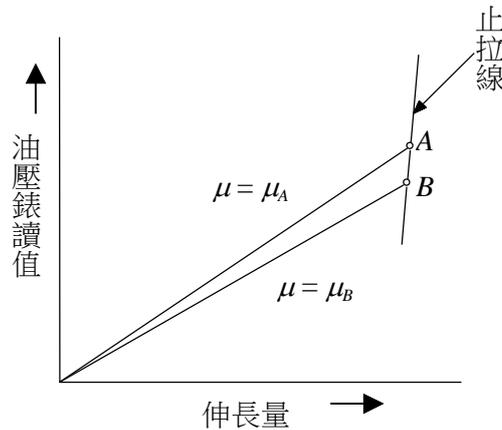
表R14.6.1

鋼腱種類	$E_p^*$ ( $kgf/cm^2$ )	$\mu$	$K$ ( $m^{-1}$ )	$\lambda = \frac{K}{\mu}$ ( $m^{-1}$ )
鋼 線	$2.0 \times 10^6$	0.3	0.004	0.013
七線絞線	$1.9 \times 10^6$	0.3	0.005	0.016
鋼 棒	$2.05 \times 10^6$	0.25	0.004	0.016

\* 預力鋼材之實際彈性模數應依製造廠商之實驗結果定之。

對於配置有數股以上鋼腱之單一構件，其預力管理可用下示方法，訂定鋼腱止拉點頗為簡便。

根據相當數量鋼腱之外視彈性模數測定結果，可得使用之平均外視彈性模數 $\dot{E}_p$ 值，再以任意之二組以上外視摩擦係數 $\dot{\mu}$ 計算為施予預定拉力所需之各油壓錶讀值與伸出量，設為A、B兩點。當外視彈性模數值如正確時，A、B連線則為對應摩擦係數之理論止拉線，詳圖 R14.6.1。



圖R14.6.1 施預力管理圖

此種方式應將實際之油壓錶讀值與伸出量之關係點繪於圖上，以對應於與A、B連結線交點之摩擦係數 $\dot{\mu}$ 值，得收斂於依試驗求得之摩擦係數為基準的容許誤差內為目標進行管理。偶有對應於與A、B連結線交點之 $\dot{\mu}$ 值顯示負值之情況，但這並非表示實際之摩擦係數為負值，可能係由於外視彈性模數之差異性所導致者。

(2)施預力之計算

- ① 油壓錶讀值：依設計圖說所示初始預力 $P_{si}$ 算出千斤頂之拉力 $P_j$ ，並換算為油壓錶讀值。
- ② 伸長量：應依鋼腱配置曲度算出兩錨定器間之鋼腱長度，另加兩錨定器與千斤頂固定鋼腱間距離，以計算伸長量。

解說：

(1)千斤頂依型式、構造之不同，表示拉力之油壓錶讀值亦不同，一般應使用一整組之千斤頂與油壓錶，而油壓錶讀值之計算如下式：

$$p = \frac{l P_j}{a' A}$$

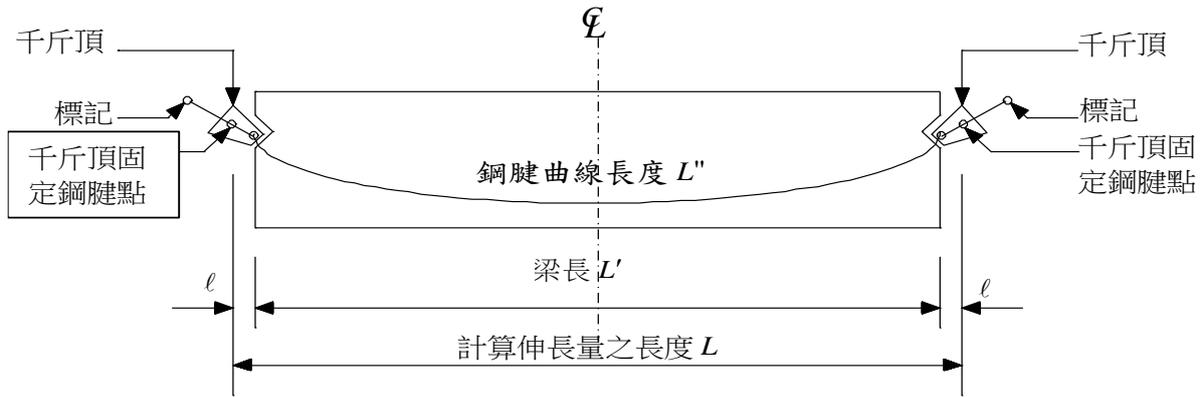
式中  $p$ ：油壓錶讀值

$P_j$ ：千斤頂拉力

$A$ ：千斤頂活塞之斷面積

$a'$ ：視千斤頂與油壓錶組合之機具內部摩擦係數，由千斤頂校正獲得，(一般約為0.98~0.96)。

(2) 伸長量：鋼腱伸長量應由鋼腱各段之長度與應力算出。計算後拉法預力梁之鋼腱伸長量，應量測鋼腱錨定器間之曲線長度( $L''$ )，加上兩端錨定器面至千斤頂固定鋼腱點之距離( $2\ell$ )，惟為計算方便，鋼腱曲線長度 $L''$ 可取梁長 $L'$ 。 $\ell$  長度依千斤頂構造而定，一般為30~50 cm。



圖R14.6.2

實際上在工地所量出之伸長量，一般係以梁之混凝土端面為基準所量出者，並非真正的伸長量，而係外視伸長量亦就是所謂之伸出量。

惟，應注意無論伸長量或伸出量，其原始長度( $L$ )，並非梁長( $L'$ )，而應為鋼腱配置之曲線長度 $L''$ 加兩端錨定器面至千斤頂固定鋼腱點之距離 $\ell$ ，亦就是

$$\text{計算伸長量之長度 } L = L'' + 2\ell \cong L' + 2\ell$$

$$\text{對稱一邊之長度 } \frac{L}{2} = \frac{L''}{2} + \ell \cong \frac{L'}{2} + \ell$$

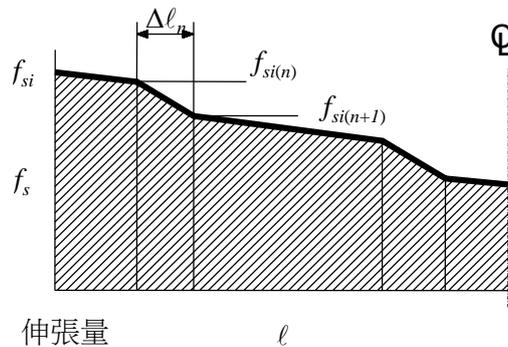
$$\text{鋼腱之全伸出量若梁對稱時 } \Delta\ell_p = 2\int_0^{L/2} \frac{f_{si}}{E_p} \cdot ds + 2\int_0^{L'/2} \left( \frac{P \cdot e_p^2}{E_c \cdot I_c} + \frac{P}{A_c \cdot E_c} \right) ds$$

上式中第一項為預力混凝土鋼腱本身之伸長量，第二項為混凝土之彈性縮短量。

第一項之 $f_{si}$ 為可依 $\mu$ 與 $\alpha$ 之變化區間分割、辦理數字積分求得即：

$$\int_0^{L/2} \frac{f_{si}}{E_p} \cdot ds \cong \frac{1}{2E_p} \cdot \sum [f_{si(n)} + f_{si(n+1)}] \cdot \Delta\ell_n$$

亦就是圖R14.6.3之影線部份



圖R14.6.3 鋼腱之應力分佈

第二項雖亦得以數值積分求算，惟如係簡支梁且鋼腱配置近於拋物線，則得近似性的以下式求得

$$2 \int_0^{L'/2} \left( \frac{P \cdot e_p^2}{E_c \cdot I_c} + \frac{P}{A_c \cdot E_c} \right) ds = \frac{8}{15} \cdot \frac{P}{E_c} \cdot L' \cdot \left( \frac{e_p^2}{I} + \frac{1}{A_c} \right)$$

但初施預力 $P$ ，斷面性質 $I$ 、 $A_c$ 為各區間之平均值。

當有多股鋼腱，而依序施預力者，得以忽視第二項，第一項得近似性的以下式計算

$$\Delta \ell_p = \frac{f_{si} \cdot \ell}{2E_p} \cdot \frac{2 + \mu(\alpha + \lambda \cdot \ell)}{1 + \mu(\alpha + \lambda \cdot \ell)}$$

實施預力管理時，配合使用外視楊氏，伸出量之計算得簡化，近似性的以下式計算

$$\text{雙向施拉時之一端伸出量} \quad \Delta \ell = \frac{f_{si}}{E_p} \times \left( \frac{L'' + 2\ell}{2} \right) \cong \frac{f_{si}}{E_p} \times \left( \frac{L' + 2\ell}{2} \right)$$

$$\text{單向施拉時之伸出量} \quad \Delta \ell = \frac{f_{si}}{E_p} \times (L'' + \ell)$$

式中 $\Delta \ell$ ：鋼腱伸長量

$f_{si}$ ：施預力時鋼腱平均拉應力

$E_p$ ：鋼腱外視彈性模數

### (3) 鋼材容許拉應力與有效預力

預力鋼腱在施預力作業中及作業後，在各關鍵斷面之應力須符合設計規範之規定。

解說：

後拉法預力構件由於各種損失之影響，在施預力中及施預力後，在構件各斷面之預力均不同，鋼腱之最高應力點亦不同。對各鋼腱斷面之預力必須核算，以符合設計要求。

至於預力鋼材之容許應力依結構用途之不同，設計規範之規定亦有差異，依「結構混凝土設計規範」第11.6.1節及AASHTO 1996年版公路橋樑設計規範及ACI 318-95版規範，對預力鋼腱之拉應力規定不得超過如下值：

(1)預力鋼腱於施預力時，在千斤頂處..... $0.94f_{py}$

但不大於 $0.8f_{pu}$ ，亦不大於鋼腱或端錨製造者建議之最大值。

(2)預力傳遞後之瞬間..... $0.82f_{py}$

但不大於 $0.74f_{pu}$ 。

(3)預力鋼腱在錨定器處，於錨定後之瞬間..... $0.70f_{pu}$

(4)在服務階段之容許應力，所有預力損失後在使用載重時之應力..... $0.80f_{py}$

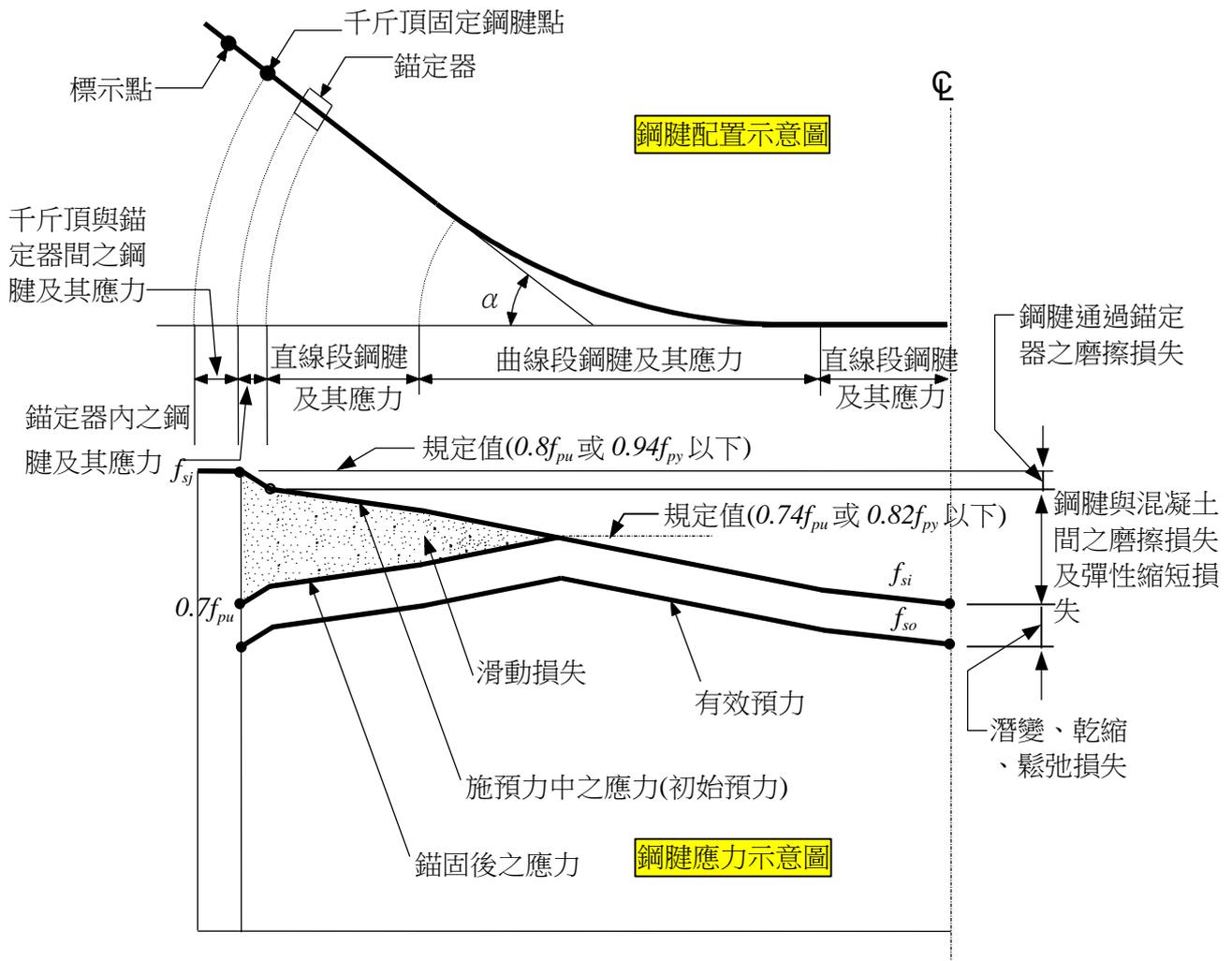
惟先拉法在預力未傳遞至混凝土前之應力低鬆弛鋼絞線不得超過..... $0.75f_s'$ 。

依日本土木學會混凝土標準規範之規定為：

施拉作業中..... $0.8f_{pu}$ 或 $0.95f_{py}$

施拉作業完成後之瞬間..... $0.7f_{pu}$ 或 $0.85f_{py}$

上述施拉作業中與作業完成頃刻所指之應力點應如圖示(圖R14.6.4)。



圖R14.6.4 預力鋼腱在施預力作業中、作業後之應力分布

(4)施預力作業中應隨時記錄油壓錶讀值與鋼腱伸長量，以確認兩者成直線關係。若油壓錶讀值與鋼腱之伸長量未能成直線關係時，應重新辦理施預力。當重新辦理施預力後仍顯示有異常時，應停止作業並探究其原因。

解說：

油壓錶之讀值與鋼腱伸長量關係之未能成直線(繪入R14.6.1施預力管理圖)之可能原因有：伸長量之量測錯誤、油壓錶異常或另有其他異常現象等。因此，遇此情況時，伸長量之補正值易產生偏大誤差外，施預力之管理上將會受不良影響。為此，當油壓錶讀值與鋼腱伸長量未能成直線時，必須中止作業，並重新施預力。

(5)配置有多股鋼腱之構件施預力時，除逐股管理外，並應以數股為一組，分組管理。

解說：

對鋼腱之逐股施預力依第14.6.4 節管理，會有相當量之差異度，因而僅以逐股管理，可能有偏大的誤差但卻難於及時發覺，其結果將導致未能對鋼腱施予所需預力之後果。為此宜將鋼腱分為數組取其平均值，以期減少由於偶然誤差分散之影響，以發現異常現象之原因。

鋼腱分組辦理施預力管理時，宜依下述方式辦理：

將逐股管理之油壓錶之讀值與鋼腱伸長量關係描繪於圖上(R14.6.1)，以求在A、B止拉線之交點，將此交點之外視摩擦係數  $\dot{\mu}$  就各組統計之，逐組求其平均，此平均值與實測  $\dot{\mu}$  值之誤差，應在表R14.5.1所示之容許誤差範圍內。

表R14.6.2 外視摩擦係數之容許誤差

組內之鋼腱股數	$\dot{\mu}$ 之容許誤差
1	$\pm 0.4$
4	$\pm 0.2$
6	$\pm 0.16$
10以上	$\pm 0.13$

此容許誤差係由多數現場施預力管理之資料為基礎，依標準偏差法  $\frac{2\sigma}{\sqrt{n}}$ ，當假設  $\sigma=0.2$ 時算得。雖在正常管理下，施預力時由油壓錶讀值推算鋼腱之拉力與伸長量再推測，同一斷面之拉力常有5%之偏差，因此在正常狀況下，可以95%之信賴度訂定容許誤差，以換算  $\dot{\mu}$  值，訂定容許界限。在此狀況下仍然約有以每20次發生1次之比例超出容許誤差之可能性。

當製造很多預力混凝土構件時，宜以該製造現場之實績為基本，求其標準偏差，據以決定容許誤差之界限。

以組為單元之施預力管理，並非只要不超出容許界限就認為已達所需預力，而係提示若繼續以超出容許界限之狀態進行施預力作業，無法賦予設計所需預力之可能性會趨高之意，係供為判斷賦予預力之狀況是否維持在良好狀態之指標者。

(6)若構件內採用股數較少之集中鋼腱，於施預力時之預力管理，應特別處理。

解說：

以多數鋼線或鋼絞線組成較大股以少數集中鋼腱配置於構件內者，施預力時若發生偶然誤差，將會直接造成預力之誤差，而影響構件之安全性，因此必須儘可能採取減少偶然誤差之方法與措施如下：

儘量降低摩擦損失，如使用減摩劑或採減摩措施。

逐次測定摩擦係數與外視彈性模數，繼續至穩定為止，據以辦理施預力之管理。

在施預力作業中反覆實施施拉作業，至鋼腱之伸出量與油壓錶讀值之關係趨於一致後，始予以錨定。

若為甚長之鋼腱，可在中間設置觀測窗，以確認中間點之鋼腱移動量。

(7)摩擦係數及鋼腱之外視彈性模數，原則上於現場依試驗測定之。

解說：

施預力機具與錨定器之摩擦係數應以試驗測定之，但若以往曾廣泛被採用之工法，並具有充分試驗資料者得免做試驗，可直接使用其實績值。

至於鋼腱與套管間之摩擦係數對於實際施加之預力影響甚大。即使在同一現場、時段及作業情況相同亦會有相當程度之變化，因此施工前與施工中均應隨時加以測定。

施預力作業上必要的鋼腱之彈性模數係為供量測鋼腱之拉出量及計算拉力之用。鋼腱之拉出量不只與彈性伸長量有關，尚受構件之彈性縮短及配置在套管內鋼腱之垂直方向移動有關。至於施預力時，由鋼腱拉出量算得之外視彈性模數( $\dot{E}_p$ )，一般均低於該鋼腱之由材料試驗所得之彈性模數( $E_p$ )。因此施預力時必須使用由拉出量求得之外視彈性模數。

由於外視彈性模數會隨現場情況、鋼腱之配置狀態而變動，故在現場必需就各種不同配置之鋼腱測定。一般由預力元件之鋼線材料試驗求得之彈性模數約為 $2 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ ，但一般外視彈性模數大致為 $1.85 \sim 1.96 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 間。

當以一般常用預力鋼材製造少數構材時，可以 $1.95 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ 為外視彈性模數，免辦測試。惟應於施預力管理時確認其正確性。

國內在實務上，於施預力作業時，甚少實施施預力管理，亦甚少實施摩擦係數及外視彈性模數之測試；惟為確保導入所需要之預力，以確保結構之安全，施預力作業宜依本節之規定，加強施預力之管理。

#### 14.6.5 單邊施預力與雙邊施預力

採單邊或雙邊施預力應遵照設計圖說所示，惟若欲採單邊施預力時，不得影響關鍵斷面之有效預力，並須徵得監造者之認可。

解說：

後拉法之施預力，除續接鋼腱、空間不足或一端為固定錨(*dead anchor*)等情況須(僅能)採單邊施拉外，一般構材多採雙邊施拉。但由於工程需要須單邊施預力時，施預力之順序應盡量保持對稱以避免產生有害之偏心，自構材兩端以對稱錯開方式施加預力。施拉方式之改變應核算各關鍵斷面之應力徵得監造者核可。

#### 14.6.6 採用特殊工法施加預力時應經監造者核可。

解說：

由於施加預力之工法甚多，其對結構行為有時會產生相當大之差異，如未符合本規範中所規定者，應先核對符合一切要求後才得使用。若無實績者，除經監工者查核符合本規範之規定者外，宜少使用。

### 14.7 灌漿作業

#### 14.7.1 灌漿作業應於施預力後盡速進行，以防止預力鋼腱之生鏽或滑脫。

解說：

灌漿之目的為使鋼腱與混凝土結合為一體，施預力後之鋼腱，若未立刻予以灌漿，萬一錨定裝置發生異狀，會使鋼腱滑脫產生事故，或受水氣、雨水之浸入使鋼腱生鏽，故務必於施預力後盡速灌漿。

#### 14.7.2 漿液應以拌漿機拌和之，拌漿機應具有在5分鐘內將漿液拌合均勻之能力，在灌漿過程中並應使用有攪拌葉片設施者以持續攪拌漿液。

解說：

拌漿機應具有拌和、攪拌及注入之功能。拌和是把水、水泥與添加物拌和成均勻之漿液。放入材料之順序應配合拌合機之功能，拌合時應避免形成水泥漿塊與氣泡，所添加之鋁粉亦須攪拌均勻使其融入漿液中，以獲得所需之膨脹率。長時間激烈之攪拌將使漿液溫度上升，致減少流動性。在拌漿機內之漿液若不持續攪拌時，將使材料沈澱、分離及降低流動性。

#### 14.7.3 由拌漿機拌合之漿液，經濾篩進入具迴漿功能之灌漿設備後，應立即開始灌漿，且須於漿液仍具適當稠度時完成。漿液有部份凝結時不得使用。

解說：

漿液須經濾篩濾除大顆粒或雜物，以防止套管被阻塞。漿液拌好後應立即開始灌漿，以免因時間增

長使部份漿液凝結，導致灌漿發生困難。

#### 14.7.4 灌漿

(1) 灌漿前套管內應先用高壓水沖洗乾淨並盡量排除後，並用空壓機將水吹乾。

解說：

用水清洗套管內部係為確保漿體與鋼腱及套管間有良好粘裹力，並用空壓機將水吹乾。通水時如發現套管阻塞時，應以其他有效方法將阻塞排除。

(2) 漿液應充分注入鋼腱、套管及錨定器間之所有空隙。灌漿應持續灌注，直至從排氣孔流出之漿液稠度與拌漿機內之漿液稠度相同，且排氣孔已無氣泡排出後，順漿液流向將排氣孔、出漿口及迴漿孔依序封閉，並應再繼續灌注，使壓力達 $5 \text{ kgf/cm}^2$ 以上始可將灌漿口封閉。

解說：

為使鋼腱、套管及錨座完全密接，漿液應充分注入其間所有之空隙。空隙是否已經完全填滿，可根據排氣孔、出漿口流出漿體之稠度判斷之。若流出與灌入之漿體稠度已相同，表示漿液已充分注入所有空隙，否則就表示尚有浮水存在於空隙間。排氣孔、出漿口及迴漿孔須在無氣泡排出狀況下才可封閉。為使漿液確實充滿，灌漿作業應繼續至壓力達 $5 \text{ kgf/cm}^2$ 以上，所用灌漿管應足以承受此壓力。

(3) 灌漿中途因故停頓時，應以清水將套管中已注入之漿液沖洗乾淨。

解說：

灌漿作業應持續進行，中途不得停頓，因故停頓時，必需以清水將套管中已注入之漿體沖洗乾淨，其主要目的乃在確保不致因殘留硬化漿體阻塞灌漿管道，影響重新灌漿之效果。

(4) 漿液於拌和及灌入期間之溫度不得高於 $32^\circ\text{C}$ ，或低於 $7^\circ\text{C}$ 。

解說：

漿液進入拌和機及灌入期間之溫度上限定為 $32^\circ\text{C}$ ，係為防止漿體因溫度過高而急速硬化造成阻塞，影響灌漿效果，並防止漿體受高溫降低品質。

最低溫度保持 $7^\circ\text{C}$ 以上，係為使水泥之水化作用良好，讓漿液達到要求強度。

### 14.8 預鑄構件之製造與組合

14.8.1 製作台應能確保預鑄構件之形狀、尺寸，並能因應由於施預力時構件之變形及支點反力之變化。

解說：

製作台需反覆多次使用於製作預鑄構件或節塊，因此製作台應堅固不易變形，並須放在堅實地盤上，不得受養治水等浸濕產生沈陷，亦不得因載重發生有害之沈陷及變形。

梁底模板不得阻礙施預力時混凝土之彈性縮短。

預鑄節塊之製作台應能反應架設中施預力與梁重變形，並調整其拱勢。

14.8.2 預鑄構件應妥善施工，以獲得形狀、尺寸及孔洞位置之準確性。節塊之接合面應能密接。

解說：

預鑄構件之形狀、尺寸及孔洞位置應妥善施工，以減少構件單元組合後之間隙，使容易安裝並達美觀之要求。

用預鑄節塊接合成構體者，接合面應設有剪力樺及接合導槽，使接合面密接、套管之位置確實，以利組合後鋼腱容易穿通，黏接劑容易接合。

為使接合面確實密接，製作節塊時可用已完成之節塊面當作端模，再澆鑄第二節塊。

#### 14.8.3 預鑄構件之吊裝及搬運方式應經監造者核可。

解說：

預鑄構件之不當吊裝及搬運過程中，可能使構件承受設計時未考慮之作用力而受損，故吊裝及搬運方式應經監造者認可。

#### 14.8.4 預鑄構件之存放，須於規定位置加以支撐，以防止由於地震或其他外力而受損。套管之兩端應加保護以防止雨水滲入。

解說：

預鑄構件之存放必須於規定位置支撐乃為避免構件承受設計時未考慮之作用力。施工過程中，預鑄梁若未支撐穩固，易受地震或其他意外荷重而受損傷，工程上有不少實例，值得注意。預鑄節塊存放時間長時，為免雨水浸入使套管生銹，應作防雨水或水氣侵入之防護措施。

#### 14.8.5 構件之組合應安置於正確部位。

#### 14.8.6 組合時之臨時支撐應具有足夠之強度及勁度，以承受組合作業時之荷重，且不產生過量之變位。

解說：

預鑄構件之組合常需利用臨時支撐將其位置固定，再進行單元間之接合作業。為便利組合作業之進行，臨時支撐應有足夠之強度及勁度以承擔在組合過程中之載重。否則由於支撐產生過度之變形，不但使組合作業困難，亦可能發生危險。臨時支撐所需之強度與勁度應按結構原理核算之。

### 14.9 預力結構之架設

#### 14.9.1 架設時應充分瞭解結構特性，擬定詳細架設計劃送請監造者核可，並小心施工。

解說：

預力混凝土之施工技術發展甚快，預力結構之架設技術亦富有多樣性。隨著不同之設計、地形，承包商之設備，可採不同之架設法。如全支架工法、推進工法、活動支架模(先進支撐)工法、場鑄或預鑄節塊懸臂式工法、預鑄節塊在桁架上組裝工法、斜張橋懸臂式工法等。各種工法均有其特性，架設時應就結構之性質從安全性、速度、確實性、施工性各層面探討，作詳細之架設計劃。

#### 14.9.2 依設計圖說架設時，應核算架設過程中構件之應力及變形以確保安全。

解說：

施工時雖依設計進行架設，但在架設中，預力與靜載重之組合應力不一定與設計應力完全符合，若施工時之預力配置不當，可能會使結構構件產生裂紋，故規定要核算架設中之應力及變形。

14.9.3不依設計圖說架設時，應先核算擬使用工法對構件產生之應力及變形是否與設計符合，並將有關資料送請監造者核可。

解說：

採用與設計所考慮之不同架設法，在施工中構件斷面之應力可能與設計值不同，因此應力之核算不只須考慮施工各階段，完成後之應力亦應符合設計要求。

## 14.10施工圖

預力混凝土之施工，應依設計圖說繪製施工圖送請監造者核可。施工圖除按本規範各章節有關之規定外，尚應包括下列各項：

14.10.1鋼腱全長之詳細位置。

解說：

預力鋼腱在構材各斷面之位置影響了預力構材之強度與性能，故施工中應特別注意鋼腱之配置，施工圖中應明確表示鋼腱全長之詳細位置，以便遵照施工，確保施加預力之正確性。

14.10.2 鋼腱配件之尺寸、位置、材料及預力大小。

解說：

鋼腱配件之尺寸、位置、材料及每股預力大小均必需註明於施工圖中。

14.10.3 預力工法及相應之千斤頂工作空間、施預力方法、拉線順序、施加之預力量、油壓錶讀值及鋼腱伸長量等。

解說：

預力構材之安全取決於妥善正確施加所需預力，要能妥善正確地施加預力則須有良好之錨定裝置、足夠之千斤頂工作空間與正確之施預力方法，包括拉線之順序、施加之預力量、壓力錶讀值、鋼腱伸長量及錨定系統之滑動量等，均應標示於施工圖上。

14.10.4本章第14.2.2 節要求之材料資料。

解說：

將第14.2.2 節之要求標示於施工圖中之目的，係為確保施工者所使用之材料符合設計要求。

## 14.11施工紀錄

14.11.1一般紀錄

施工進程、施工方法、施預力方法、混凝土養護方法、天候、氣溫、進行之試驗以及其他必要事項等，應詳予記錄並保存之。

解說：

將工程之施工紀錄有系統的整理並保存，非但可使構造物之維護管理者正確掌握其施工時之情況，為構造物維護、保養與整修或改建上極為重要的參考資料，亦可提供做為同種或類似工程之參考，更可做為設計、施工方法的研究與改良之基本資料，對技術之提升極為重要。

施預力紀錄應包括預力工法、施預力機具之油壓錶壓力、鋼腱之伸長量、預力梁縮短量及預力對梁

產生之拱度大小等。因而，應儘可能正確詳細的記錄並妥為保存，尤以預力混凝土構造不同於其他工程，在施工過程中必須經所謂「施預力」之人為工作，故其各種紀錄顯得更為重要。

#### 14.11.2 管理紀錄

混凝土之品管、施預力之管理及預力灌漿之管理等均應製成紀錄並保存之。

解說：

施工管理紀錄係對於完成構造物施工品質信賴性之重要資料。其後，如構造物發生異常現象，有採對策之必要時，可提供判斷之資料，故建立施工管理紀錄為甚重要之事。

本條雖僅對預力混凝土構造上較為重要之混凝土、施預力、灌漿等作業之管理明示要求製存紀錄，但有關之鋼筋、模板及套管等亦應製存紀錄。

參考文獻

- [1] 中國土木工程學會，“混凝土工程施工規範(土木402-80)”
- [2] 中國土木工程學會，“混凝土工程設計規範與解說(土木401-86a)”
- [3] 日本土木學會，“コンクリート標準示方書”，施工篇 第27章プレレストコンクリート,1996.
- [4] 日本土木學會，“プレレストコンクリート- 工法設計施工指針”，1996.
- [5] FIP, “Recommendations for the Acceptance of Post-tensioning Systems”, 1993.
- [6] ACI 301, “Standard Specifications for Structural Concrete”, Section 9 – Prestressed Concrete. 1996.
- [7] Kemp E. L., “Effect of Rust and Scale on the Bond Characteristics of Deformed Reinforcing Bars”, ACI Journal, Proceedings V. 65, No. 9, Sept 1968, PP. 743-756.
- [8] AASHTO, “Standard Specifications for Highway Bridges.” Division II, Construction, 1996.
- [9] 日本土木學會, JSCE-E 503, “PC工法の定著具および接續具の性能試験方法”, 1996.
- [10] 林樹柱, “預力混凝土設計及施工”, 預力梁之施預力及預力之管理, 大中國圖書公司, 1996, p423-432.
- [11] 中國國家標準 CNS 3332, CNS 8695, CNS 9272.
- [12] “Specification for Unbonded Single Strand Tendons”, *Journal*, Prestressed Concrete Institute, V.30, No.2, Mar. Pr. 1985, P. 22-39.



## 第十五章 特殊混凝土

### 15.1 一般規定

本規範所稱特殊混凝土僅包括本章第15.4節之後所列舉者：未於本章規範而為符合工程特殊需求之混凝土應遵照設計圖說之規定。

除本章之規定外，特殊混凝土工程仍須符合本規範其他各章之規定。

解說：

特殊混凝土範圍甚大，可依實際工程需求而開發，巨積混凝土、預力混凝土及本章所列舉較為人熟知之類型均屬之。其他依實際工程需求開發之特殊混凝土，其基本特性必須是經認定性能良好符合工程需求，確定具有正面價值；使用特殊混凝土工程之設計人，除採用本規範之規定外，對不足之特殊規定應自行補充於該工程之施工規範中。

工程上可能使用之特殊混凝土類型有：輕質混凝土、重質混凝土、低透水性混凝土、高強度混凝土、噴凝土、無收縮性混凝土、無坍度混凝土、滾壓混凝土、隔熱混凝土、預壘混凝土、鐵絲網混凝土、纖維強化混凝土、流動化混凝土、卜作嵐混凝土、特密混凝土、真空處理混凝土、氣泡混凝土、細胞混凝土、離心鑄造混凝土等。其他利用普通混凝土組成單元材料的特性加入特殊摻料，或以特殊機械或施工方式製造之混凝土亦屬之。

一般所謂「高性能混凝土」(*High-Performance Concrete, HPC*)係指具某種優越性能如高強度、高彈性、高密度、低透水性、高耐久性或流動化等之特殊混凝土<sup>[1,2,3]</sup>。

因限於現階段國人使用特殊混凝土之需要與經驗，本章目前僅對第15.4至15.8節所列之流動化混凝土、低透水性混凝土、高強度混凝土、噴凝土及無收縮性混凝土等特殊混凝土加以規範。

### 15.2 配比計畫

15.2.1 各種特殊混凝土之配比除符合本規範第三章規定外，並應符合本章各節有關配比之特別規定以確保達到所需特殊性能之要求。

15.2.2 各種特殊混凝土之材料，除合約另有規定者外，須符合本規範第二章及本章各節之有關規定。

15.2.3 特殊混凝土應有配比計畫、預作試拌，確認其品質符合設計要求。

解說：

特殊混凝土除必須滿足一般混凝土所需之品質外，亦需滿足特定性能之要求。因此其材料及配比除均須滿足本規範之一般要求外，尚須符合本章之特別要求。

### 15.3 施工品質管制計畫

特殊混凝土之施工應按本規範之規定進行，若有異於本規範之規定者，應明列於承包商之施工品質管制計畫書，經監造者認可後實施。必要時，監造者得要求承包商製作樣品以供評估其可行性。

解說：

在適用本節之規定下，施工品質管制計畫書應包括材料選定、配比、產製、輸送、澆置、養護及品管等工作之詳細執行方式。必要時監造者得要求製作樣品以便評估其可行性。

## 15.4 流動性混凝土

15.4.1 流動性混凝土施工前，須先檢討參考混凝土的材料及配比，流動化之方法，品質管理方法等，使符合施工要求。

結構體混凝土使用流動化混凝土者，混凝土之材料、流動化劑、配比、模板、埋設物、澆置、養護及拆模均需符合本節規定。

解說：

流動性混凝土是由於添加流動化摻料而提高坍度的混凝土，若產製過程控制適宜，則幾乎不會改變流動化摻料添加前之混凝土的強度及其他品質，且可以改善澆置及搗實等施工性能。流動性混凝土與相同坍度之普通混凝土相較，其用水量與水泥用量可以減少，且有利於防止溫度裂縫及施工品質。

若混凝土之配比或流動化摻料之添加量不適當時，會對混凝土之品質產生不良影響，甚至不能達成預期之效果。流動化後有時候會引起材料分離，含氣量變動等，因此，在決定流動性混凝土品質之前，應先考慮參考混凝土的材料及配比，流動化之時期、添加量、攪拌時間、流動化場所、噪音對策、管理方法等。

視流動性混凝土所需之工作性、強度、耐久性、水密性及防止鋼筋腐蝕性能等，決定參考混凝土之配比。

15.4.2 流動性混凝土應使用符合第2.3節 規定之摻料作為流動化劑，並注意其相互間之不良化學反應，且配合第15.4.3節混凝土流動化方式，以配比試拌檢驗其流動化的效能。

解說：

流動化劑種類很多，流動性混凝土用化學摻料可能會與參考混凝土所用的輸氣劑，減水劑或輸氣減水劑等互相作用，有時候會引起不良的效果，所以對流動化劑之選擇須十分小心。

#### 15.4.3 混凝土之流動化可採用下述方法之一：

- (1) 在工地添加流動化劑於拌和廠輸送來之參考混凝土，並拌和至均勻使成流動化。
- (2) 在拌和卡車內添加流動化劑於參考混凝土，立刻高速攪拌使成流動化，輸送至工地。
- (3) 在拌和卡車內添加流動化劑於參考混凝土，輸送中低速攪動，到達工地現場後再高速攪拌使成流動化。
- (4) 其他經試驗證明無害於混凝土品質之流動化方法，經監造者同意亦可採用。

解說：

現有混凝土之流動化方法有(1)，(2)及(3)等之方法。考慮混凝土之配比及品質，澆置方法，澆置量之後，估計混凝土拌和廠至澆置工地之輸送時間及混凝土之產製能力而選用最適當的方法。

參考混凝土之坍度與添加之流動化劑量對流動性混凝土之坍度有密切關係，應事先按照第15.4.2節之規定確定之，並視參考混凝土坍度情況，嚴格控制流動化劑之添加量。

(1)之方法是在工地現場添加流動化劑，攪拌使之流動化的方法。可利用輸送拌和卡車或裝在工地之拌和設備(例如連續拌和機)，依照規定時間高速攪拌成流動性混凝土。

在工地現場使用拌和卡車高速旋轉使混凝土流動化，其噪音及排氣，有時候會變成問題。

(2)之方法是在拌和廠拌和參考混凝土後，在拌和卡車內添加規定量之流動化劑，並在出貨前使之流動化。若輸送時間比較長，流動性混凝土之坍度或含氣量之歷時變化大，會在澆置時引起障礙，事前應充分檢討。

(3)之方法是在拌和廠拌和參考混凝土之後，在拌和卡車添加規定用量之流動化劑，輸送時拌和鼓低速旋轉，到達工地之後，按照規定時間高速攪拌使之流動化，然後卸出。

為使承包商能做出高品質而經濟之流動性混凝土，特別訂定本節第 項。惟目前已知有再流動化的做法，由於流動化劑之超量添加會引起材料分離或混凝土之凝結時間延後，對耐久性及長期強度也會有不良的影響，所以原則上不可以採用再流動化這個方法。若事先已經由試驗認定再流動化不會引起流動性混凝土品質之不良影響，則只許可一次。

15.4.4 參考混凝土及流動性混凝土之坍度及含氣量試驗依第十七章規定，除另有規定外試驗頻率每100m<sup>3</sup>或每450m<sup>3</sup>澆置面積一次。流動化摻料之檢驗依CNS 12833規定，於工程開工前及施工中每6個月一次。流動性混凝土之其他性質品質檢驗依第十七章之規定。

解說：

流動性混凝土之坍度及含氣量，在參考混凝土之坍度及含氣量都在許可範圍內的情形，當添加一定量之流動化摻料時，也有可能引起相當大的變動。因此，必須比通常的混凝土施工，做更多次試驗，而且這些試驗必須參考混凝土及流動性混凝土，二者都要做。

## 15.5 低透水性混凝土

15.5.1 結構體混凝土有低透水性要求者，混凝土之材料、配比、模板、埋設物、澆置、搗實、養護及拆模均需符合本節規定。

解說：

構造體需水密性者，除混凝土配比需具低透水性外，施工時更應注意裂縫控制及接縫處理，必要時更應在其表面作防水處理。

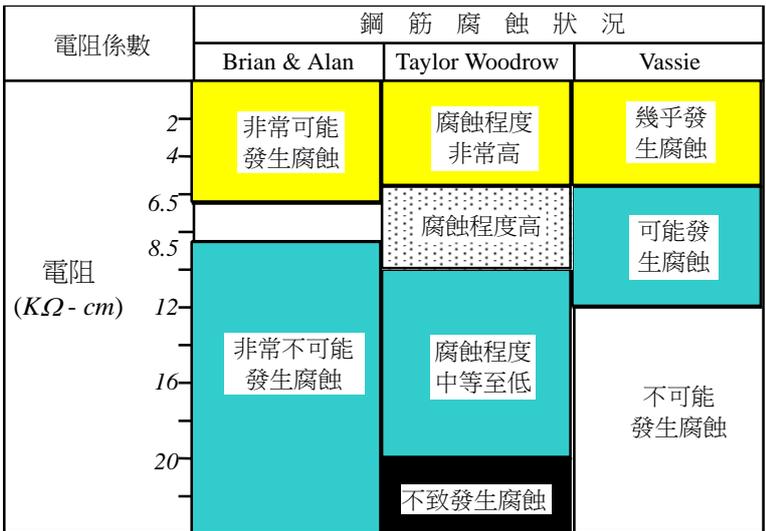
混凝土低透水性之要求標準依設計圖說規定。

本節所謂「低透水性混凝土」即以往所稱之「水密性混凝土」，由於混凝土本質略具透水性，依據 DIN 1048(混凝土與鋼筋混凝土構造物施工之透水性試驗)或DIN 4030(在對混凝土有害之水分及土壤內之混凝土執行指針)所測定水或有害化學溶液之滲入試體深度三處平均值各不得超過50 mm或30 mm者應屬低透水性混凝土。

此外，混凝土構造物中鋼筋有腐蝕之虞者，亦常以其氯離子滲透性評估之，主要係依據AASHTO T259或ASTM C1202(混凝土抵抗氯離子滲透試驗法)評估氯離子滲透性，評估標準依ASTM C1202之標準如表R15.5.2所示。另依AASHTO T277電阻快速測定法測量，其電阻係數宜大於20 KΩ-cm以防止腐蝕，圖R15.5.2為電阻與腐蝕之關係。

表R15.5.2

滲透性	電量(庫倫)
高	>4000
中	4000~2000
低	2000~1000
很低	1000~100
忽略	<100



圖R15.5.2 混凝土電阻係數與鋼筋腐蝕關係

15.5.2材料

- (1)符合CNS 61〔卜特蘭水泥〕規定或經核可之水泥。
- (2)可使用符合CNS 3036〔卜特蘭水泥混凝土用飛灰及天然或煨燒卜作嵐摻和物〕規定之飛灰或CNS 12549〔混凝土及水泥壘料用水淬高爐爐渣粉〕。
- (3)骨材應採用符合CNS 1240〔混凝土粒料〕規定之粗細骨材，或符合CNS 3691〔結構用混凝土之輕質粒料〕規定之混凝土輕質骨材。
- (4)使用符合合約規定或經監造者認可之化學摻料。
- (5)若使用水泥防水劑時，應符合CNS 3763〔建築用水泥防水劑〕之規定。

解說：

低透水性混凝土所使用之材料與一般混凝土使用者相同，美國卜特蘭水泥協會建議採用卜作嵐摻料，如飛灰、水淬高爐爐渣粉或矽灰等，此等材料又稱為阻滲材料<sup>[1.6]</sup>，但使用該等材料時應注意其他不良

影響。所使用之骨材宜選用接近最佳之級配，且其顆粒形狀亦應盡量接近圓球形，以降低其透水性。

#### 15.5.3 配比

- (1) 低透水性混凝土之配比設計應參照第3.2.3節之規定。惟透水性之要求標準依設計圖說規定。
- (2) 低透水性混凝土配比應具較佳工作度，使易於妥善施工增加緻密性，減少裂縫以確保混凝土具低透水性。
- (3) 使用摻料以減少透水性時，應按照第3.6節之規定辦理。添加飛灰或水淬高爐爐渣粉等卜作嵐材料時尚應符合第3.2節有關水膠比之規定。
- (4) 骨材之組成
  - ① 混合料之組成及最大粒徑應依混凝土之澆置情況、鋼筋配置情況做適當之選定，以利混凝土之澆置施工。
  - ② 微細料(細砂、石粉)中之含量應適量，以使凝固後之混凝土具所要求之低透水性，與低水化熱以達密緻效果。
- (5) 使用輸氣劑可增加混凝土之低透水性能，惟混凝土抗壓強度可能降低，使用者應予注意。

解說：

影響透水性之重要因素，包括水膠比、骨材、摻料、工作度、搗實效果等施工品質。混凝土水膠比較高時，因孔隙較多及產生浮水與析離的問題，造成較大之透水性。較低之水膠比易造成工作度不良致產生蜂窩及析離等增加透水之反效果。使用減水劑、強塑劑以增加混凝土之工作度，降低透水性。

一般經驗，低透水性混凝土之配比中用水量小於 $170 \text{ kg/m}^3$ 時，可減少體積不穩定及裂縫之產生機率。

添加卜作嵐摻料之目的則在於透過卜作嵐反應，將混凝土中易溶性之氫氧化鈣轉換為膠結性之粘結物，增加混凝土之緻密性而降低透水性。混凝土骨材較硬固後之水泥漿具較佳之阻水效能，優良之級配與顆粒形狀之骨材亦有益於降低透水性。

輸氣劑之使用可減少浮水問題有助於防水，惟其採用可能降低混凝土之強度，應做適當之補償。輸氣 $1\%$ ，約有相當於混凝土每 $\text{m}^3$ 加入 $10$ 至 $15 \text{ kg}$ 粉料之作用。

#### 15.5.4 模板

- (1) 低透水性混凝土模板，除應按照第四章之規定外，並應儘量減用模板錨件以防止漏水。模板錨件須為低透水性構造，可以加鉀中間鈹片以降低錨件之透水性。
- (2) 低透水性混凝土應盡量採用吸水性粗糙模板而避免採用不吸水之平滑模板。採用吸水性模板時須先預濕，以避免過量吸收混凝土之水分。

解說：

針對可能產生漏水的模板、錨件，提出防制方法。有關模板材料規定不宜用不吸水之平滑模板，目的在防止表面凝聚太多之水分，造成表面氣孔過多。

#### 15.5.5 埋設物

埋設隔件、鋼筋續接器及光滑面之物件時應避免其產生裂縫對透水性之影響，尤其在施工縫附近更應注意施工。

#### 15.5.6澆置

低透水性混凝土之澆置，除應按第九章之有關規定辦理外，並應連續澆置。若設置施工縫應按第6.2.5節之規定處理。

解說：

一般混凝土之施工均應避免冷縫的產生，而低透水性混凝土更應避免，故低透水性混凝土中之施工縫規定以第6.2.5節之特殊黏結處理之。連續澆置可避免冷縫的產生，故本節特別要求混凝土之連續澆置。

#### 15.5.7搗實

低透水性混凝土之搗實，除應按第9.5節之有關規定辦理外，並應特別注意充分但不宜過度搗實，盡量排除混凝土中之空隙。止水帶及其他埋設物附近應加特別小心搗實。

解說：

過度振動會增加泌水及析離，造成透水的路徑，但不足的振動則會留下孔隙或蜂窩，這些都必須避免。搗實時亦不可利用鋼筋振動，以免鋼筋下緣積水。止水帶等埋設物易於在搗實過程中遭移位或損壞，且比較容易留有空隙，須採適當方法小心確實搗實。

#### 15.5.8養護

低透水性混凝土之養護除按第十二章之規定，其養護期間應酌予加長，採用之養護方式以盡量減少早期裂縫之產生為宜。

解說：

養護作業對新澆置混凝土而言是非常重要的。如果養護不當容易產生收縮、龜裂，增加透水機率，並會影響耐久性。以飛灰、爐石等卜作嵐摻料取代水泥之混凝土，及使用第Ⅱ型、第Ⅳ型水泥之混凝土因初期強度之發展較慢，養護時間應加長，以混凝土強度達 $0.7f'$ 為準。

#### 15.5.9拆模

低透水性混凝土之拆模除按第四章有關規定謹慎從事外，並應注意其順序、方式及所用之器具，以避免任何部位之混凝土受力過大發生裂縫與混凝土表面遭受任何輕微之損傷。

解說：

有關拆模的規定其目的在防止混凝土初期強度不足，可能受外力作用造成穿透性應力裂縫產生滲水通路。

### 15.6高強度混凝土

15.6.1依第七章產製抗壓強度等於或大於 $420 \text{ kgf/cm}^2$ 之高強度混凝土，除符合本規範相關規定外，尚須符合本節規定。

解說：

高強度混凝土定義為強度等於或大於 $420 \text{ kgf/cm}^2$  ( $6,000 \text{ psi}$ )的混凝土<sup>[4,5]</sup>。

高強度混凝土的品質必須符合一般混凝土規範，具適當工作性及其他所需性能。如為流動化或低透水性之高強度混凝土<sup>[2]</sup>，則須另依第15.4及15.5節之規定。

## 15.6.2材料

- (1) 高強度混凝土須使用符合CNS 61〔卜特蘭水泥〕規定或經核可之水泥，但其細度至少應為 $3,300\text{ cm}^2/\text{g}$ 以上，且其水泥砂漿7天之抗壓強度應等於或大於 $300\text{ kgf/cm}^2$ 。
- (2) 高強度混凝土可使用輸氣劑、化學及礦物類摻料，其品質須分別符合CNS 3091〔混凝土用輸氣附加劑〕、CNS 12283〔混凝土化學摻料〕、CNS 12549〔混凝土及水泥壘料用水淬高爐渣粉〕及CNS 3036〔卜特蘭水泥混凝土用飛灰及天然或煨燒卜作嵐摻和物〕之有關規定，所用摻料之性質及用量應報請監造者核可。
- (3) 高強度混凝土所採用之粗細骨材應符合下列規定：
  - ① 粗細骨材均應符合CNS 1240〔混凝土粒料〕之規定。
  - ② 粗骨材之最大粒徑不宜過大，顆粒堅硬且級配良好者，細骨材之細度模數宜在2.7~3.1間。
  - ③ 骨材之形狀應採用多稜角近球形者。

解說：

混凝土之強度主要係取決於水泥漿強度、骨材品質及界面鍵結力。混凝土之強度受界面鍵結力之影響甚大，故本節之規定除對水泥漿及骨材品質加以規定外，亦可透過卜作嵐材料的應用可以增加界面的緻密性<sup>[5]</sup>。

高強度混凝土使用的水泥，除必須符合有關標準外，並特別規定水泥的細度應較高，以促使水泥能充分水化。

高強度混凝土因使用較低水膠比，同時必須考慮凍融耐久性、優良工作性及耐腐蝕性，故容許添加輸氣劑、化學摻料(緩凝、早強、減水)及礦粉摻料(飛灰、爐石、矽灰)等，惟須事先驗證且報請核可。

細骨材級配：高強度混凝土水泥用量較高，混凝土內之細料已相當足夠，故使用細度模數較高之砂為宜，細骨材通過50號篩( $300\mu\text{m}$ )為5~20%，通過100號篩( $150\mu\text{m}$ )為0~5%。

為使高強度混凝土骨材界面鍵結力提高，故要求粗細骨材必須為含泥量較低之潔淨骨材。另外也要求粗骨材之粒徑較小，以19 mm以下為宜，以增加界面面積，防止泌水弱面；細骨材粒徑宜較粗(即粗砂)，以避免過高水泥用量所引起的過度黏稠現象。骨材之形狀以圓或方形為佳，應避免長條形顆粒。

對於高強度混凝土中之天然骨材，其表面沾泥量不宜過多，故其含泥量不宜超過1%。

## 15.6.3配比

- (1) 高強度混凝土之水膠比宜在0.4以下，其工作性可利用強塑劑配合緩凝劑或減水劑調整之。耐久性應按第3.2及3.3節之有關規定辦理。
- (2) 高強度混凝土之配比除應按第3.7至3.8節之規定外，並應按第3.9.1節之規定試拌，以決定配比。
- (3) 高強度混凝土所添加之任何摻料以期獲得最低漿量，亦即整體空隙為最小，且不得有害其原有品質。

解說：

高強度混凝土之水膠比甚低，一般介於0.3~0.4間。高強度混凝土之工作性如沒有特別的處理會有過度黏稠的問題，通常需配合緩凝劑或減水劑加上強塑劑(高性能減水劑)以使混凝土具有良好的工作性。

為了混凝土確實具有所需之品質，須以試拌印證之。

使用卜作嵐材料取代水泥，其目的在提高混凝土之極限(長期)強度，可是為了避免因取代過多水泥而影響早期強度，故其用量不超過水泥重量之40%及表R3.2.1之規定。

#### 15.6.4試拌

高強度混凝土需要嚴格控制其品質，除實驗室試拌外，監造者應視需要，要求於工地試拌或模擬試作，藉以評估混凝土之工作性、坍度損失、凝結時間及強度發展狀況。

解說：

高強度混凝土由於品質穩定性之要求更為嚴格，依第15.6.3節規定，進行試拌以確認品質之要求較一般強度混凝土更為需要。除須在試驗室進行試拌外，並要求在工地試作。

#### 15.6.5品質保證

高強度混凝土除須依據第十六章品質管制之規定進行製程品管外，在產製前六個月內，承包商須擬訂品質保證計畫，針對料源、材料品質控制、配比設計、施工控制、施工技術、機械、品管設備、組織及執行方式、補救措施等，提出詳盡規畫並經核可後執行，以確保施工品質。

解說：

高強度混凝土品質對結構安全之影響甚巨，故除第十六章規定外，並應做事前規畫，對預期發生之狀況預謀對策，以避免各種因素之影響。其規畫應包括人、事、地及物之安排並進行排演，以確保目標之達成。

### 15.7噴凝土

15.7.1噴凝土係以水泥、粗細骨材、水及摻料等為材料，按設計之配比拌勻，以壓縮空氣噴佈於工作面所完成之混凝土。

解說：

噴凝土之定義如本節，但實際工程上也有僅使用細骨材而未使用粗骨材者，一般稱之為「噴漿」。本規範為簡化起見，統稱為「噴凝土」。

噴凝土之施工有兩種方式，一為乾拌後於噴嘴處加入拌和水施噴，另一為將全部材料溼拌後以壓縮空氣施噴。

15.7.2噴凝土之施工應由熟練之噴凝土機操作員及噴嘴操作員操作施工，其試噴品質應經監造者認可。

15.7.3噴凝土之配比及施工除按本節之規定外，並應參照本規範其他各章之規定。

解說：

為確保品質達設計之要求並具適當穩定性，操作員應曾經接受技術訓練並試噴樣品，其品質應經監造者認可。

#### 15.7.4材料

- (1)噴凝土材料包括水泥、粗細骨材、拌和水及摻料等，均應符合本規範各章之有關規定。
- (2)噴凝土應使用普通水泥(卜特蘭水泥第Ⅰ型)，施噴面若曝露於硫酸鹽侵蝕時應使用中度抗硫酸鹽或抗硫酸鹽水泥(卜特蘭水泥第Ⅱ或第Ⅴ型)，但施噴面若有湧水或需要早期強度時，則應使用早強水泥(卜特蘭水泥第Ⅲ型)，或添加速凝劑以防止剝落。
- (3)噴凝土所使用之速凝劑，其氯化物含量不得超過速凝劑重量之1%，並以較中性者為宜。
- (4)粗骨材之最大粒徑應在19 mm以下較適合。細骨材之細度模數應在2.5至3.3之間。
- (5)細骨材與全部骨材之重量比(S/A)以能提供適當之工作性為準。

解說：

噴凝土使用之材料仍應符合其他章節之一般性規定。但為防止混凝土施噴之回彈，噴凝土需具相當之黏性，其方法可透過材料配比之調整、使用早強水泥、速凝劑及使用較多及較細之骨材(下表R15.7.4混合骨材級配可供參考)；為使混凝土達到均勻性應加強控制其材料之穩定性；為增加其施工效率，其骨材宜使用粒徑較小之粗骨材，但細骨材之細度模數應較大。而其細骨材與全部骨材之重量比(S/A)亦應符合上面第一之規定。

一般速凝劑中常含有氯化物對鋼筋有侵蝕性，故其含量須加以限制，其性質應與使用水泥調和一致。使用何種速凝劑，添加量多少，將因施噴對象，噴凝土材料，配比，施工方法等而異。決定一定之標準相當困難，目前業界與試驗單位之共識為，速凝劑之氯化物含量不得超過其本身重量之1%。速凝劑之使用量約為水泥量之2~4%。

速凝劑氯含量試驗方法可採用美國ASTM D512之方法D，其氯化物含量不得超過速凝劑重量之1%，並以較中性者為宜。

一般認為速凝劑之效果與水泥種類及品牌，水泥新鮮度，骨材之種類品質，水壓，噴凝土溫度，氣溫等有關，其中以水泥品質及新鮮度影響最大。

表R15.7.4 骨材級配

篩網孔徑	骨材通過率 (%)		
	級配 1	級配 2	級配 3
19.0 mm(3/4")	—	—	100
12.5 mm(1/2")	—	100	80~95
9.5 mm(3/8")	100	90~100	70~90
4.75 mm(No.4)	95~100	70~85	50~70
2.36 mm(No.8)	80~100	50~70	35~55
1.18 mm(No.16)	50~85	35~55	20~40
0.6 mm(No.30)	25~60	20~35	10~30
0.3 mm(No.50)	10~30	8~20	5~17
0.15 mm(No.100)	2~10	2~10	2~10

#### 15.7.5 配比

- (1)噴凝土之配比須使噴凝土具所需之強度、耐久性、低透水及工作性，且其強度之變異性應儘量減小。
- (2)噴凝土之齡期強度依設計圖說為準，但為施工目的有早期強度之要求者，得視實際情況調整，但仍應符合設計圖說之規定。
- (3)用於岩盤面之噴凝土，其配比應能使噴凝土與岩盤面充分粘結結為一體為原則。
- (4)水灰比依強度需求而異。
- (5)噴凝土配比之各項材料，應以重量計量。未規定抗壓強度之次要工程得以體積計量，但須經常校核之。
- (6)拌和水量在可施工範圍內，應儘量減少。
- (7)須向上施噴之混凝土，必須添加速凝劑。速凝劑之用量應依配比設計決定之。

解說：

噴凝土配比須具有施工要求之工作性、安全性、耐久性、低透水性，且品質變異不應過大等。通常品管除了以結構體28天要求強度外，更重要的是能與岩盤面或混凝土面密切結合。其水灰比係依強度而

定，常採用0.5~0.6(強度約為210 kg/cm<sup>2</sup>)。配比設計時以重量比為主，為避免回彈，須控制其粘性。有垂流考量之處須添加速凝劑，其用量約為水泥重量之2~4%依材料試驗決定之。

噴凝土為施工目的可要求7天及較短時間之強度。

噴凝土之配比設計應經試驗室試拌，施工現場之試噴及取樣之強度試驗，兩個階段進行。合格後始可使用。為減少骨材反彈與添加速凝劑導致28天齡期抗壓強度降低，應考慮增加水泥使用量以期符合品管要求。表R15.7.5所示之噴凝土配比可供無充分資料時之參考。

決定噴凝土之配比除考慮上述外，尚須注意下列各項：

除能滿足足夠之長期強度外，亦須有足夠之早期強度。

粘著性良好。

須有足夠之耐久性及水密性。

反彈率要低。

表R15.7.5 噴凝土配比每m<sup>3</sup>建議用料

配比 編號	f' <sub>c</sub> (kgf/cm <sup>2</sup> )	粗骨材 最大粒 徑(mm)	S/A (%)	W/C	水泥 (kg)	水 (kg)	粒 料(kg)		速凝劑* (kg)
							細	粗	
1	175	19	60	0.58	350	204	1045	697	10.5
2		13	59	0.58	350	204	1020	709	10.5
3	210	19	60	0.51	400	204	1020	680	12.0
4		13	59	0.51	400	204	996	692	12.0
5	245	19	60	0.45	450	204	995	663	13.5
6		13	59	0.45	450	204	971	675	13.5

\* 本表噴凝土配比之速凝劑用量為水泥重量之3%。

#### 15.7.6施噴方式及骨材處理

(1)噴凝土之施噴方式可採用乾式法、濕式法及半濕式法等。

(2)噴凝土可採用粉狀或液狀之速凝劑，其添加方式應與施噴方式配合。

(3)乾式法及半濕式法所用之細骨材應預先處理使其表面含水率在3至6%之間。

解說：

噴凝土施噴之方式包括下列三種，惟視需要而定：

(1)乾式法—骨材與水泥先在拌和機乾拌後，送至噴凝土機在噴嘴處加水後(水用另一膠管輸送)噴出。一般使用狀況如下：

- ① 開挖面自立時間較短，且要求多層噴施者。
- ② 施工空間較小，大型機械無法使用時。
- ③ 施工時，須長距離壓送時。
- ④ 湧水較多之施工面。
- ⑤ 一次施工量較少之場所。
- ⑥ 使用粉狀速凝劑時，應由加料器依比例送入噴凝土機中與乾料混合料混合後再行施噴。
- ⑦ 使用液態速凝劑時，應由加料器依比例與供應水拌勻後，隨壓縮水與混合料同時施噴。

(2)濕式法—將全部材料(包括水)在拌和機內拌和後，再送至噴凝土機施噴。使用狀況如下：

- ① 一次施工量較多時。
- ② 一次噴作厚度較大時。

- ③ 開挖面自立性強無須多層施噴者。
- ④ 皆使用液態速凝劑，隨壓縮空氣定量與混凝土料均勻施噴。
- (3) 半濕式法一係僅將乾式法之加水位置加以提前，改在噴嘴之前3~5 m處進水，使乾拌噴凝土料與水在高壓橡皮管中混合流動經3~5 m後始行噴出。

#### 15.7.7 施噴氣壓

- (1) 噴凝土機之使用壓縮空氣量及氣壓，應依噴凝土機種類、壓送膠管種類及壓送距離而定。
- (2) 乾式法或半濕法施噴時，輸水管之水壓力應與噴射拌和料之空氣壓力配合。

解說：

一般水壓力較空氣壓力為高至少1  $\text{kgf/cm}^2$ ，俾使混合料得與水混合。濕潤程度與供水環或供水針閥裝置是否完備有關。

噴凝土機因種類不同其施噴氣壓要求亦不同，為確保噴凝土之品質，施噴時應參考所用噴凝土機之使用說明書，採用適當之氣壓。下表R15.7.7(a)，(b)為噴凝土機所使用空壓機之容量與氣壓關係表提供參考。

表R15.7.7(a) 空壓機容量及氣壓

空壓機容量 ( $\text{m}^3/\text{min}$ )	膠管標稱直徑 ( $\text{mm}$ )	噴嘴標稱口徑 ( $\text{mm}$ )	可操作氣壓 ( $\text{kgf/cm}^2$ )
7	25	19	3
9	32	25	3.5
10	38	32	4
14	41	38	4.5
17	44	41	6
21	51	44	7

註：上表之規定係其膠管長為46 m，噴射高度不超過噴凝土機頂部之情形。通常膠管每增長1 m，壓力須增加0.023  $\text{kg/cm}^2$ ，噴嘴高度每增加1 m壓力須增加0.046  $\text{kg/cm}^2$ ，據此選擇空壓機之運轉容量。

表R15.7.7(b) 施噴之水壓力與空氣壓力

	最大	最小	平均
空氣壓力 $\text{kgf/cm}^2$	5	2.5	3.5
水壓力 $\text{kgf/cm}^2$	9	3.5	5
膠管長度 $\text{m}$	107	15	61

#### 15.7.8 噴凝土施噴前之作業

- (1) 施噴面若需與混凝土緊密黏結則施噴面需做清除鬆軟表層與異物，確保施噴面潔淨及濕潤等表面處理。
- (2) 噴凝土施噴於鬆岩面時，須採用鋼線網加強，而鋼線網之安裝須以錨筋或岩釘固定於岩盤，俾噴凝土施工時，鋼線網不致鬆動或位移。錨筋應使用符合CNS 560規定之D13 竹節鋼筋伸入穩定岩盤至少30 cm以上，其中心距不超過2 m。鋼線網若採用搭接者，其搭接長度不得少於20 cm，若採用銲接者，須符合CNS 6919之規定。鋼絲網及錨筋之保護層最少為2 cm。
- (3) 無法做表面處理或鋼線網加強處，應依地質情況及工程特性作必要之措施。

解說：

噴凝土施噴之效果與表面狀況有密切關係，施噴面應清除鬆屑，若有滲水應採取適當處理。但應使表面濕潤，以防止噴凝土之水份被表面吸收而呈分離現象。施噴表面之處理可參考第9.2節之規定及下列方式：

- (1)施噴作業中，可能掉落之岩盤面鬆石及附著於岩盤面之灰塵與砂土等有礙噴凝土之粘著者應事先清除。
- (2)施工面上若有大量湧水，不僅影響噴凝土之黏著力，也影響到噴凝土之品質。一般而言，當大量湧水時，須採用藥液注入法或降水之措施；少量湧水時，可增加速凝劑或增加水泥量。另外，也可採取鋪裝鋼網增加附著力或安裝排水孔等方法。
- (3)吸水性之施工面，應事先做洒水處理，以免施噴後之混凝土水分過度逸失。

錨筋孔於插入錨筋前，應先行灌水泥砂漿，水泥砂漿應以低漿配比及水灰比為0.4拌和而成者。拌和時間至少為5分鐘，並應於30分鐘內用完。砂漿裝入孔內之數量，以錨筋插入後滿至孔口為度。錨筋插入後應加以振動或敲擊，使與砂漿與鋼筋密接，如為頂孔，無法以預灌法裝置錨筋者，則宜採用先封塞孔口以壓力灌入法處理之。

鋼線網之尺寸除設計圖另有規定外，其直徑應為3.4 mm以上，網眼為100 mm以下，但使用於曝露坡面噴凝土工程(為邊坡穩定工程等)之鋼線網，須符合CNS 8829及8827之規定，其網眼應為75 mm以下。

#### 15.7.9施噴作業應按下列規定：

- (1)施噴作業應適當規劃與控制，以免發生噴凝土機及管路阻塞。
- (2)噴凝土機操作員與噴嘴操作員間，必須用信號或電話連絡，切勿任意壓送材料，以免高壓水或高壓空氣造成問題。
- (3)施噴作業中應有適當之通風設備或其他維護作業人員安全必需之保護措施，包括作業手之手、臉之保護器具等。
- (4)噴嘴方向應與施噴面成垂直，施噴面與噴嘴前端之距離，應按噴出速度加以適當調整，一般約為1 m。
- (5)一次施噴厚度，隧道頂拱不宜大於4公分，斜坡面不宜大於8公分，如要求增加厚度時，後續層應在前一噴佈層已發展足夠強度且能支撐該層時，始可施噴，而該後續之噴佈層應在三天內完成。
- (6)鋼線網應有適當之保護層(一般為2 cm)，如使用兩層以上之鋼網，第二層之鋼線網應在施噴第一層後綁紮組立。
- (7)輸水管之水壓應大於噴射拌料之空氣壓力，其差值約為1 kgf/cm<sup>2</sup>(15 psi)。
- (8)隧道拱部須向上施噴，可連續施噴之厚度應經試噴檢討後決定之。可添加適量之速凝劑，以增加可連續施噴之厚度。
- (9)若要求施噴表面平滑，則應在施噴噴凝土後，加施噴一層水泥砂漿。
- (10)反彈料應予廢棄，不得回收使用。

15.7.10噴凝土施噴後應立即加以養護。其養護應按第十二章之規定辦理。

15.7.11噴凝土品質檢驗方法，除合約另有規定外，應以下列方法進行：

(1)施工前之檢驗：

- ① 水泥與速凝劑之相容性試驗以水泥漿凝結時間為準；水灰比0.35之水泥漿凝結時間為初凝75秒以內，終凝150秒以內。
- ② 噴凝土配比試驗：按第15.7.12節 做8小時、72小時、7天、28天之抗壓強度試驗。

(2)施工中之檢驗：按第15.7.12節 做8小時、72小時、7天、28天之抗壓強度試驗。

解說：

噴凝土之品質檢驗除強度按本節之規定外，若有其他品質之要求，如平整度、裂縫、空洞及其他缺陷之限制，應按合約之規定進行評估。

凝結時間之試驗方法，若以*Dr. Huber*之方法為準，則當水灰比為0.35時，初凝75秒以內，終凝150秒以內。試驗時速凝劑之使用量，可採水泥重量之2%起逐漸增其劑量分別測其初凝、終凝時間，據以選定用量。

抗壓強度須測8小時、72小時、7天之強度，以供了解早期強度，選定配比之用。至於規定強度，即驗收強度一般以28天抗壓強度或7天抗壓強度為準。

15.7.12噴凝土強度試驗

(1)施工前試驗：取自下列格板之每組五個試體，其抗壓強度之平均值須至少等於第15.7.11節(1)②之規定，否則須再調整配比。

- ① 對每一設計配比之每一施噴方向(水平、向上與向下)應各做一個尺寸在75 cm × 75 cm 以上之格板，若有排筋時至少應有半格面積之排筋與結構物之典型排筋相同。
- ② 格板施噴之厚度應與結構物設計之厚度相同，且不得少於7.5 cm。
- ③ 所需試體應自格板採取，至少應取5個以上之方塊或圓柱試體，其剖面須保持質地緻密，不得有薄片或砂穴等情形。方塊試體之邊長或圓柱試體之直徑均應為7.5 cm。
- ④ 噴凝土之強度試驗應按CNS 1238〔混凝土鑽心試體與切鋸試體抗壓及抗彎強度試驗法〕之規定辦理，但有關試體之準備時間得依實際情況調整。

解說：

由於噴凝土品質受配合比例、施噴方法、施噴程序、氣候、工地情況、噴嘴之口徑、壓力、噴距、施噴技術員之經驗等影響很大，因此凡設計圖註明噴凝土強度者，均須作施工前各有關試驗。且為了強度，配比之骨材總體積與水泥體積比不宜超過5:1。

(2)施工中試驗

施工中，除比照混凝土辦理各項材料及有關試驗外，其強度試驗原則上應進行格板試驗，當格板試驗不合格時應進行鑽心試驗。

① 格板試驗

每噴40 m<sup>3</sup>或500 m<sup>2</sup>噴凝土，至少試作一格板，格板之最小尺寸應為46 cm × 46 cm × 7.5 cm。格板之設置、施噴及養護應與現場噴置者相同。按規定切取所需之試體。每一齡期，每組需有三個試體。並於規定齡期壓驗。

② 鑽心試驗

每噴置40 m<sup>3</sup>或500 m<sup>2</sup>之噴凝土，至少須鑽取試體樣品一組，每組為鑽心試體三個。鑽心試驗須按CNS 1238之規定辦理，但有關試體之準備時間得依實際情況調整。鑽心試體的長度少於直徑二倍時，應按CNS 1238之規定修正其抗壓強度，並以修正後之數值作為正式壓驗結果。

### 15.7.13 噴凝土強度之評定

施工中取自格板或結構體之每組三個試體，其抗壓試驗結果，鑽心圓柱試體抗壓強度之平均值須至少等於 $0.85f'_c$ ，且任一試體之抗壓強度不得低於 $0.75f'_c$ ；方塊試體抗壓強度之平均值須至少等於 $f'_c$ ，且任一試體之抗壓強度不得低於 $0.85f'_c$ 。

解說：

噴凝土強度之認定基於「品質保證」的精神下，不僅強調施工前、中及後的檢核。施工前檢驗重視試噴之尺寸、穩定性及強度，施工中檢驗應重視均勻性及現場品質。

## 15.8 無收縮混凝土

15.8.1 無收縮混凝土之品質應有適當之膨脹量，使混凝土無乾燥收縮，且有足夠之強度。其施工應按設計圖之規定及監造者之指示。

15.8.2 無收縮混凝土得採用符合第2.2 節膨脹水硬性水泥，或採用符合第2.2 節之水泥及經監造者核可之膨脹性水泥添加劑。

15.8.3 無收縮混凝土之配比，除按本規範第三章之有關規定外，其膨脹性及添加劑之用量、效能應經試驗評估之。

解說：

無收縮混凝土一般使用在填塞連續性之結構體上，包括無收縮水泥漿、水泥砂漿及混凝土。使用之材料應為非金屬材料，並應防鋼筋銹蝕，而品質要求以膨脹率、泌水率、坍度、凝結時間及強度規範之。一般規範之項目可參考表R15.8.3所示。因無收縮混凝土之配比方法甚多，對膨脹性水泥摻料特別要求為「非金屬質」外，一般以表R15.8.3所要求性能規範之。

表R15.8.3 一般無收縮混凝土之品質要求

試驗項目	品質要求	試驗方法
膨脹率(7天)	0 ~ 0.3%	ASTM C878
泌水率	0	ASTM C232
坍度	小於15 cm	ASTM C143
初凝時間	小於4小時	ASTM C403
抗壓強度(28天)	大於350 kgf/cm <sup>2</sup>	ASTM C39, C192

無收縮混凝土之使用，主要作為填補空間及轉承應力，若膨脹性太大反會造成不良效果，故其效能之試驗應以工地之實際情況評定與檢核。

鋁粉等金屬性膨脹劑，因遇水後會使混凝土繼續膨脹以致破壞，故常與水接觸處不宜使用。

15.8.4 無收縮混凝土之施工應按下列規定進行。

- (1) 膨脹性水泥摻料之使用應按第7.5節之規定辦理。
- (2) 無收縮混凝土澆置前，其澆置面應按第9.2節之規定處理。若新舊混凝土接合面須作粘結處理，則應按第6.2.5節之規定辦理。
- (3) 無收縮混凝土澆置後應以適當工具與方法加強搗實。
- (4) 無收縮混凝土澆置後，應在不損害混凝土表面下，加以防護及養護至少28天以上。

解說：

無收縮混凝土之施工材料、澆置面之處理、澆置及養護均依一般混凝土之規定執行之，但以其施工空間較為狹窄，故施工應非常確實。

參考文獻

- [1] Kosmtka, S. H., W. C. Panarese, 1988, “Design and Control of Concrete Mixtures”, 13th Ed., Portland Cement Association, Skokie, IL.
- [2] 沈進發等, 高性能混凝土施工規範, 結構工程學會, 1993.
- [3] Aitcin P. C., A. Neville, “High-Performance Concrete Densified”, Concrete International, the Magazine of the ACI, Jan., 1993, P21.
- [4] 黃兆龍, 陳建成, 江明英, 郭金祥, 「拌和水量對混凝土工程性質之影響」, 中國土木水利工程學刊, 第九卷, 第四期, 頁561~570(1998)。
- [5] 行政院公共工程委員會, 「公共工程飛灰混凝土使用手冊」, 1999。
- [6] American Concrete Institute, Building Code Requirements for Structural Concrete(ACI 318-95) and Commentary ACI 318R-95, Detroit, Mich.



## 第十六章 品質管制

### 16.1一般規定

為確保工程品質能符合工程合約及工程圖說之要求，承包商應辦理施工品質管制。

解說：

工程品質為構造物的特性總和，此種特性具有滿足明訂與潛在的需求之能力。就承包商而言，工程品質係以符合工程合約及工程圖說之品質要求為目標，品質管制(簡稱：品管)為用以達成品質要求之作業技術與活動，其目的在於監控施工過程及消除品質環圈中各階段不良績效之原因，以收經濟效益(參考：CNS 12889/ISO 8402品管詞彙定義)。品質管制之中，經濟性為非常重要之考量，此經濟性考量常為追求最低總成本(為施工成本與品質不良所引發成本之總和)。品質管制應由全面品管(TQC)導入，工程從設計、進料、施工、驗收，乃至使用期間均需要有相當之品質管制活動，才能確保工程品質符合使用者需求。因此，工程品質管制依階段可分為設計管制、進料管制、製程管制、驗收管制與維護管制等五項，本章所謂「品質管制」僅指承包商於施工過程應辦理之「進料管制」及「製程管制」。至於監造者應辦理之品質管制活動(驗收管制)將分別於第十七章檢驗及查驗、第十八章混凝土之評估與認可及第十九章驗收中規定。

國內營造業近年來參考製造業模式，逐漸發展出營造業之品質管制制度。公共工程方面，行政院於民國八十二年十月頒布「公共工程施工品質管理制度」<sup>[1]</sup>，規定應由承包商建立施工品質管制系統。

### 16.2品管制度

品質管制應配合工程規模與重要性，建立適當之品質管制制度。

解說：

品質管制為一種管理技術，尚無一定之絕對規則，必須由管理者視工程外在環境與組織內在條件靈活應用。為求品質管制能穩定落實，應視工程規模與重要性建立適當之品質管制制度(簡稱：品管制度)。工程規模較大或重要性較高者，需要建立較嚴密之品質管制制度，反之，可以較為簡化。前述工程規模與重要性，尚無客觀之計量標準，惟按行政院公共工程委員會所訂定之「公共工程施工品質管理作業要點」<sup>[2]</sup>，對於一定金額(註：目前定為新台幣五千萬元)以上工程之品質管制要求較嚴，未達一定金額之工程，其品管計畫之內容按實際需要得以簡化。

近年來，國際標準組織發展出之ISO 9000系列之品質保證模式，成為一種通用之品質管制制度，可適用於各行業，已在國際間通用，我國已有許多業者採行。在ISO 9000品質保證模式架構下，各項品管用語有明確之定義，各項作業列有參考準則，使品質管制建立基本的共同架構，值得承包商參考引用。

ISO 9000系列包括ISO 9001、9002及9003三種模式，相對應之CNS 12680系列如下：

ISO 9001(CNS 12681)：品質系統－設計/發展、生產、安裝及服務之品質保證模式<sup>[3]</sup>。

ISO 9002(CNS 12682)：品質系統－生產、安裝及服務之品質保證模式<sup>[4]</sup>。

ISO 9003(CNS 12683)：品質系統－最終檢驗及試驗之品質保證模式<sup>[5]</sup>。

建立ISO 9000品質制度之廠商可經由一定程序取得ISO驗證機構之驗證，並定期接受稽核，以獲取自我信心與顧客信任。本規範未強制要求承包商必須建立ISO 9000品質制度，但承包商可參考辦理。

營造廠業務不包括工程設計，通常係採用ISO 9002(CNS 12682)之品質系統，ISO 9000品質系統具以下二十項要求：

- (1) 管理階層之責任。

- (2) 品質系統。
- (3) 合約審查。
- (4) 設計管制(ISO 9002不適用)。
- (5) 文件及資料管制。
- (6) 採購。
- (7) 客戶及供應品之管制。
- (8) 產品之識別及追溯性。
- (9) 製程管制。
- (10) 檢驗與測試。
- (11) 檢驗、量測及試驗設備之管制。
- (12) 檢驗與測試狀況。
- (13) 不合格品之管制。
- (14) 矯正與預防措施。
- (15) 搬運、儲存、包裝、防護及交貨。
- (16) 產品紀錄之管制。
- (17) 內部品質稽核。
- (18) 訓練。
- (19) 服務。
- (20) 統計技術。

按行政院所頒布之「公共工程施工品質管理制度」規定：「為達成工程品質目標，應由承包商建立施工品質管制系統。於開工前承包商應依工程之特性與合約要求，擬定施工計畫，製作施工圖，訂定施工作業要領，提出品管計畫，設立品管組織，訂定各項工程品質管理標準、材料及施工檢驗程序、自主檢查表，以及建立文件紀錄管理系統等，俾便各級施工人員熟習圖說規範與各項品管作業規定，以落實品質管制。」，此項規定適用於行政院所屬各政府機關所經辦之公共工程。

## 16.3 品管組織與人員

### 16.3.1 承包商應建立適當之品管組織，執行品質管制。

解說：

品管組織可視工程規模適當編制，承包商通常在公司設有「品管課」或類似之常設單位，在各工務所之工地主任下設「品管組」，品管組設有組長一人，品管工程師與試驗技術員等若干人。其職掌一般可設定如下：

品管組長：負責品管計畫之擬定與執行。

品管工程師：負責品管自主檢查、品質資料之分析與研判，並提出建議。

品管技術員：負責各項材料取樣、試驗與計算。

ISO 9001(CNS 12681)及ISO 9002(CNS 12682)對於品管組織之權責有以下規定：

「對能影響品質之管理、執行及查證工作人員，其職責、權限與互相關係均應加以明文規定。特別是對於那些需要組織賦予其自由與授權，以進行下列工作之人員：

- (1)發起措施以防止有關於產品、製程及品質系統有任何不符合情事之發生；
- (2)鑑別並記錄任何有關於產品、製程及品質系統的問題；
- (3)經由規定管道發起、建議或提出解決辦法；

(4)查證解決措施之執行情況；

(5)在缺陷或不滿意狀況被矯正前，管制不合格被進一步加工、交貨或安裝。」

品管組織之位階為何常有爭議，部份人士提倡品管組長之地位應與工地主任平行。就實務上而言，工地主任應負工程施工之全責(通常包括：成本、進度、品質、安衛及環保)，包括工程之品質責任，故品管組長設為工地主任之幕僚較妥，但品管組就品管業務應獨立客觀作業。

### 16.3.2 品管人員應具適當之工程及品管專長。

解說：

以往營建業之品管常由工程技術人員憑個人經驗辦理，目前品管工作已相當專業化，各級品管人員應具有所承攬工程之工程技術，以及所擔任品管工作之品管專長，特別是品管組長及品管工程師應加強品管學識。

按行政院公共工程委員會所頒「公共工程施工品質管理作業要點」第六點之規定：「承包商品管負責人及品管工程師均應完成本會或本會指定訓練機構辦理之品管工程師專業基礎訓練，並取得本會頒發之品管工程師結業證書」。

行政院公共工程委員會委託一些營建相關訓練機構代辦品管工程師訓練，內容分品管政策與法規、品質規劃與控制、及品質技術與方法等三單元，共計九十小時。國內亦有一些品質管理相關組織(如品管學會、生產力中心等)辦理ISO 9000系列之品質管理訓練課程，可培訓品管組長及品管工程師等級之品管人員，品管技術員可參加學校或國家實驗室認證體系(CNLA)所開辦之訓練課程，或由營建專業試驗室代訓。

## 16.4 品質文件

### 16.4.1 承包商應建立適當之品質文件；平時應建立標準品質文件，並針對承攬工程建立專案品質文件。

解說：

品質文件指品管作業相關之各項文字、圖形、紀錄及分析報告等。承包商可依據ISO 9000系列規定建立品質文件架構，營造業承攬案件多屬專案工程，於承攬工程前，先建立通用之標準品質文件，供全公司遵守，標準品質文件依層級由上而下可分為 品質手冊(*quality manual*)， 標準作業程序書(*standard operation procedure*)， 標準表單(*standard form*)。當承攬到特定工程時，應根據標準品質文件及針對所承攬工程之特性，研擬適用之專案品質文件，供該工程品質管理之用，專案品質文件依層級由上而下可分為 專案品質計畫(*project quality plan*)， 工作指導書(*work instruction*)， 專案表單(*project form*)。

按行政院所頒布之「公共工程施工品質管理制度」，承包商應備之品質文件包括：施工計畫、施工圖、施工作業要領、品管計畫、工程品質管理標準、材料及施工檢驗程序、及自主檢查表等。

### 16.4.2 品質管制之執行過程與成果均應作成紀錄。

解說：

混凝土工程通常體積龐大、工期長、事後追查品質十分困難，其品質有賴於依施工程序逐步管制，各項檢驗或查驗等品質管制過程與成果，均須作成紀錄，以便事後檢討。品質紀錄可為書面的、或儲存於資料媒體內。

16.4.3各項品質文件應妥善編號、建檔保存，並編索引，監造者得隨時查閱、抄錄或複製。工程驗收後，品質文件應繼續保存至少兩年，或按監造者指示辦理。

解說：

品質文件為追查工程品質之重要證據，承包商應按本節規定妥為保管。品質文件之保存年限兩年係參考ACI 318-95<sup>[6]</sup>第1.3.4節之規定。

重大工程之品質文件經常數量龐大，應適當分級以便擇要保存，保存之技術亦值檢討。依行政院公共工程委員會所頒「採購文件保存作業準則」規定：「採購文件得以原件或複印本、照片、微縮片或電子數位資料等複製品保存」，提供作參考。

## 16.5品管程序

解說：

承包商之施工品管流程開始於投標，終於工程驗收移交，此期間之所有作業都與工程品質密切相關，宜採用有系統之品管程序，許多品管程序可供採用，本節以國內相當通行且簡易之PDCA(計劃、執行、檢核、行動)品管循環建立基本品管程序。混凝土工程包括混凝土、模板、鋼筋或預力鋼材等基本工程項目，承包商可先建立一通用品管程序，再針對各工程項目分別建立適用之品管程序。

本節品管程序之四個步驟可視為施工品管之縱斷面，第16.6節品管範圍之四個項目則相當於施工品管之橫斷面，兩者可構成一幅二維施工品管矩陣圖，承包商應逐項檢討實施。

PDCA品管循環強調事前計劃，按計畫執行，確實檢核，依檢核成果採取適當改進行動，然後又回到改進計畫，開始下一循環，使工程品質獲得確保並持續穩定，品質管制為一永無休止之循環作業。

### 16.5.1各項施工作業應有完整之計畫。

解說：

工程品質之達成必須仰賴事前之周詳施工計畫，計畫中應適當考慮品管措施。承包商應遵照工程合約與圖說、及本規範之要求，並配合工程環境及企業內部條件，就全工程研擬施工計畫，可用文字、平面圖、網狀圖、流程圖、甘特圖或表格等配合顯示，力求簡明。此施工計畫通常須在工程開工前若干期間，先獲得監造者認可。另外，須就各施工項目分別編訂施工要領書，其所用手法與施工計畫類似，但必須更為詳細，及列出各施工步驟之重要事項及主要之自主查驗點，並逐一註明須由監造者認可方得繼續施工之會驗點。同時應準備各種品管標準表、施工自主檢查表等品管作業文件。

以下為典型之施工要領書所包括項目：

- (1) 總則：適用範圍、變更及追加等。
- (2) 一般事項：工程概要、日程計畫、協調會等。
- (3) 品質管制：要求品質、檢驗查驗項目、頻率、方法等。
- (4) 施工條件：用地條件、鄰近狀況等。
- (5) 人員組織：組織圖、人數、資格條件、職掌等。
- (6) 材料：種類、規格、數量等。
- (7) 機具設備：種類、規格、數量、備份等。
- (8) 施工前確認事項：人員、材料、機具、方法等。
- (9) 施工作業程序：平面配置圖、作業流程圖等。
- (10) 施工作業要領：標準作業步驟、簡圖、不當作業舉例等。

- (11) 安全事項：安全設備、安全措施、緊急應變計畫等。
- (12) 品質不良之對策：改正、重作等。

#### 16.5.2各項施工作業應按計畫執行。

解說：

過去工程品質管制常強調檢驗，篩除不合格品並加以改正，以確保工程品質，故有「品質是檢驗出來的」之說。後來品質管制強調施工過程，要一次就把工程作好，故有「品質是製造出來的」之說。更進一步，品質管制作業推進到規劃設計階段，工程規劃設計時就必須考慮品質因素，故有「品質是設計出來的」之說。目前混凝土工程規模經常十分龐大，施工準確度要求高，承包商各項施工作業應按計畫確實執行，才能確保一次就把工程作好。

#### 16.5.3執行之成效應按預先訂定之自主檢查表進行檢核。

解說：

工程施工所需之人員、材料、機具、方法，以及執行成效，承包商應自行品質檢核(品質管理上稱內部品質稽核)，此品質檢核包括工地品管人員之現場品質檢核，以及公司對工務所品管作業之稽核。為求品質檢核周詳，通常須事先對各種施工項目分別訂定自主檢查表，按施工程序逐一列出檢查項目、合格標準、檢查方法、檢查結果、不合格項目之複查結果等。發現單純之品質缺失，可直接填註於檢查結果欄，若有嚴重品質缺失，應開填品質不良報告書。簡易項目可用目視查驗或以簡易設備檢測，關於材質成分等項目須以特定儀器檢測，或送請專業試驗室辦理。品質檢核成果應定期彙整及統計，提供相關單位使用。

品質檢核成果之彙整及統計，可利用各種品質分析技術，目前常用以下七方法(稱品管七手法)：特性要因圖、檢查表、柏拉圖、直方圖、散布圖、層別法及管制圖。

#### 16.5.4檢核結果應經檢討並採取適當之行動，改正過程及結果應有紀錄。

解說：

品質檢核僅能顯示品管作業水準及成效，其結果應加檢討。若有缺失應即研擬對策並付之行動，必要時應檢討修正計畫，以防不良因素繼續存在。改正過程及結果應有紀錄，其結果需請原檢核單位認可。

### 16.6品管範圍

#### 16.6.1各種作業應由合格人員施作，並妥善管理。

解說：

影響工程品質之因素甚多，為方便記憶，常將其簡併為四個項目，稱4M因素，包括人員、材料、機具、及方法，本節以此分別規定。

品管範圍之四個項目相當於施工品管之橫斷面，而第16.5節品管程序之四個步驟則可視為施工品管之縱斷面，兩者可構成一幅二維施工品管矩陣圖，承包商應逐項檢討實施。

人員素質為工程品質之最主要因素，然而，國內傳統營建工地很不重視人員管理，茲生甚多問題，更嚴重影響工程品質。各種工程作業應由合格人員施作；政府法規有資格規定者應遵守其規定，政府法規沒有資格規定者，承包商應按工程合約要求，釐訂資格標準，必要時可辦技術評定以確認人員素質。工程有分包情形時，應要求分包廠商比照辦理。

工務所應備施工作業人員檔案，登錄姓名、出生年月日、性別、住址、緊急聯絡人、主要學經歷、持有職業證照、擔任工作等。各作業人員進入本工程前應經講習，承包商應派人說明各作業規定與安全守則。採用外籍人員時，應有適當翻譯人員。作業人員進出工地應有登記管制，不同分包商宜有不同服裝等區別方式，其領班或主管可戴有特殊顏色等標示之安全帽等，以便工地管理。

#### 16.6.2各項工程應按工程圖說之要求選用適當材料，並妥善管理。

解說：

工程材料分直接用於構造物之直接材料(如鋼筋、混凝土)，及僅供施工作業所需之間接材料(如模板、支撐材)，兩者都對工程品質有所影響均需管制，傳統上較不重視間接材料為一種偏差行為，應加導正。材料管制常依程序逐步進行，通常包括以下主要作業：

- (1) 材料表編製。
- (2) 材料廠商或料源篩選。
- (3) 採購訂約。
- (4) 進料檢驗。
- (5) 倉儲與發料管理。
- (6) 不合格品處理。

目前新材料發展迅速，若採用新材料時，應特別注意是否取得中央主管單位之認可。採用新材料時，作業人員應先經特別訓練，並確實遵守相關技術手冊，並且最好能先行模擬試用，經評估可行之後才能正式施工。

#### 16.6.3各項施工作業應以合格機具正確操作。

解說：

目前混凝土工程有各種施工機械，可適當選用，各種施工機械均有一定功能及使用限制，應按原製造廠操作手冊正常使用，國內營建工地經常有工人任意使用機具，可能發生錯誤或危險，也影響品質。各施工作業也常須配合部分手工具，亦需妥為準備。各主要機具應有適當備用品或補充零件，以防故障延誤施工。具計量功能之機具(如施預力用千斤頂)應定期辦理校正，校正紀錄應妥善保管以便查驗。

#### 16.6.4各項施工應依正確之方法及程序執行。

解說：

施工應依該工法之施工要領書所定正確方法、程序及有關規定執行。若施工上有困難需變更程序或方法時，應經評估可行，並獲得監造者同意。

### 16.7混凝土工程品質管制

16.7.1混凝土工程品質管制應包括材料品質管制、配比管制、產製與施工品質管制等，應先編訂施工要領書，作為施工及品管作業依據。

解說：

混凝土施工需要全程實施品質管制，主要應包括材料品質管制、配比管制、產製與施工品質管制等。

混凝土施工要領書應有除第16.5.1節解說中所列一般性內容外，尚需考慮以下重要項目：

- (1) 混凝土品管要領。

- (2) 混凝土澆置計畫。
- (3) 混凝土澆置前準備及確認事項。
- (4) 混凝土澆置作業要領。
- (5) 混凝土搗實作業要領。
- (6) 混凝土養護作業要領。
- (7) 混凝土修補作業要領。
- (8) 混凝土修飾作業要領。

16.7.2材料品質管制以獲得符合第二章所規定之混凝土材料為基本要求，包含料源調查、進料檢驗、半成品及成品之管制，以確保材料品質之穩定。

解說：

材料品質常為決定混凝土品質之關鍵因素，我國由於高品質粒料逐漸缺乏，水泥種類及品牌逐漸多樣化，各種摻料大量引進等因素，使得材料品質管制需要更加重視，混凝土材料試驗項目、主要設備、試驗方法及頻率，可參照表R16.1。

表R16.1 試驗項目與主要設備

項 目	主 要 設 備	試 驗 方 法	頻 率
坍度	坍度錐	CNS 1176	隨時
抗壓強度	圓柱試體模、抗壓機、蓋平設備、養護設備	CNS 1232	每種混凝土每天至少一次
粒料含水率	烘箱、秤	CNS 11298	露天存放每天至少二次 貯藏庫存放每天一次
粗細粒料篩分析	試驗篩、搖篩機	CNS 486	每天一次*
含泥量	No.200試驗篩	CNS 491	每週一次*
粗粒料比重吸水率	秤	CNS 488	每季一次*
細粒料比重吸水率	金屬錐、秤	CNS 487	每季一次*

\* 當料源變動時，應即進行試驗。

16.7.3混凝土之配比應按第三章有關規定進行設計，特殊混凝土尚需依照第十五章之規定。產製與施工中應採取有效措施以確保混凝土品質符合原設計要求。

解說：

混凝土配比應依設計要求及材料性質決定，施工前按第三章與第十五章規定辦理配比設計。施工中，由於材料有無法避免之不均勻性及天候環境之改變等，混凝土各成份之計量應隨時作必要之修正。通常以坍度與抗壓強度作為混凝土之品質指標，依其趨勢決定是否採取改正措施，管制圖為有效之工具。

16.7.4混凝土產製與施工之品管應涵蓋混凝土之產製、輸送、澆置、養護、修飾及試驗等作業，以確保其符合合約及本規範之規定。

解說：

混凝土產製與各項施工作業須事前規劃，並加以檢核，發現異常變動時，即刻追查原因，並採取改善措施。通常在施工重要階段設置檢核點，隨時將檢核結果繪製管制圖，以有效掌握品質變化趨勢，俾能即時發現異常變動。按工程之特性訂定檢查表，落實逐項檢查，則亦有顯著效果。混凝土擅自加水提高流動性，對混凝土品質傷害巨大，應嚴格防止。

16.7.5 承包商得採用快速試驗法以控制混凝土品質，但不得作為混凝土品質驗收之依據。

解說：

傳統混凝土抗壓強度檢驗以齡期28天為準，以此作為製程管制之依據稍嫌過久。ASTM C684<sup>[7]</sup>列有加速試驗法，可在5.5、24、28.5或49小時提早獲得抗壓強度檢驗結果，對於品質管制很有幫助。惟該加速試驗所得抗壓強度並不等於齡期28天強度，一般供顯示品質趨勢之用，若有足夠之對應資料，通常可相當有效的預測28天強度。

骨材之含水量等亦可採用電熱、瓦斯加熱或化學反應等簡便法求得。雖然簡便法可能誤差較大，但作為施工控制頗具實用性，值得工地採用。雖然採用快速試驗法，施工完成之混凝土品質仍應符合工程合約及本規範之要求。

## 16.8 模板工程品質管制

16.8.1 混凝土模板與支撐之施工應事先計畫，編訂施工要領書，作為施工及品管作業依據。

解說：

混凝土模板與支撐施工屬假設工程，傳統上較不受重視，事實上，混凝土必須仰賴優良品質之模板與支撐才能成型，模板與支撐若材質或施工不良，不僅直接影響混凝土品質，且經常導致嚴重營建施工災害。混凝土模板施工要領書除應含本規範第16.5.1節解說中所列之一般性內容外，尚需考慮以下重要項目，其要求應符合本規範第四章之規定。

- (1) 模板與支撐系統。
- (2) 使用材料：模板、支撐、零星材料。
- (3) 搬運：責任區分、起重方法、堆置場。
- (4) 施工：作業日程、施工順序、轉用計畫。
- (5) 查驗：材質、位置、尺寸、架設穩定、開口。

16.8.2 採用系統模板時，應按該工法之要求施工及查驗。

解說：

目前為求高品質、施工快速、低成本等因素，已多種系統模板商業化，其使用及組裝與傳統模板有相當差異，其施工及查驗應依該工法之要求辦理。

16.8.3 採用支撐先進或節塊推進工法等專用模板系統時，其模板應按該工法之要求施工及查驗。

解說：

橋梁等大跨徑構造，常有採支撐先進或節塊推進等工法施工者，其模板常以機械組裝及拆解，支撐系統也各有特色，其施工及查驗應依該工法之要求辦理。

## 16.9 鋼筋工程品質管制

16.9.1 鋼筋之施工應事先計畫，編訂施工要領書，作為施工及品管作業依據。

解說：

鋼筋施工仰賴人工作業之分量較高品質不穩，現場作業品質需要嚴格管制。鋼筋施工要領書除應按本規範第16.5.1節解說中所列一般性內容外，尚需考慮以下重要項目，其要求應符合本規範第五章之規

定。

- (1) 材料規格。
- (2) 鋼筋加工。
- (3) 鋼筋組合。
- (4) 鋼筋排置：含鋼筋、支座、支墊、間隔器等。
- (5) 鋼筋續接。
- (6) 查驗：含出廠檢驗報告、鋼筋尺寸、材質、配置、保護層、續接等。

16.9.2鋼筋工程所用鋼筋、間隔器及續接器等材料，應詳細查核，耐震構材用鋼筋之品質檢驗應符合第5.2.1節之規定。

解說：

混凝土工程用鋼筋已列入商品檢驗項目，其品質有一定水準；但其它零配件，如間隔器及續接器等材料，雖然數量比重低，但常為品質缺陷所在，需要格外注意查核。

參考資料

- [1] 行政院，民國82年頒布，“公共工程施工品質管理制度”
- [2] 行政院公共工程委員會，民國87年修正，“公共工程施工品質管理作業要點”
- [3] ISO 9001(CNS 12681)， “品質系統－設計/發展、生產、安裝及服務之品質保證模式”
- [4] ISO 9002(CNS 12682)， “品質系統－生產、安裝及服務之品質保證模式”
- [5] ISO 9003(CNS 12683)， “品質系統－最終檢驗及試驗之品質保證模式”
- [6] American Concrete Institute， 1995， “Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary”， ACI 318-95
- [7] American Society for Testing and Materials, 1995, “Standard Method of Making, Accelerated Curing, and Testing Concrete Compression Test Specimens”, ASTM C684-95.



## 第十七章 檢驗及查驗

### 17.1一般規定

17.1.1為確保混凝土工程施工之品質能符合設計水準，工程進行中，監造者必須在施工各階段對使用之材料、施工與成品及時查驗，必要時加以檢驗；並對不當之處加以糾正改善。

混凝土工程檢驗與查驗未能及時發現之缺點，於日後發現時仍應由承包商負責做必要之處置，以保證工程品質。

17.1.2為使檢驗與查驗工作進行順利，監造者宜事先擬具計畫，並按計畫執行，承包商應配合之。監造者無法進行之檢驗或查驗，可委託檢驗機構按本規範辦理；檢驗機構須經業主與監造者認可。

17.1.3本章列舉模板、鋼筋與混凝土之檢驗與查驗主要規定；其他有關項目於各章節中規定，其檢驗與查驗應依照本章及相關規定辦理。

解說：

本章所稱查驗係指文件核對、目視檢查或簡單量具核對，檢驗係指按規定方法以儀器檢測或試驗。當監造者認為需要時，得進行下列檢驗與查驗：

- (1) 混凝土拌和及輸送作業之查驗。
- (2) 於混凝土澆置點取樣及進行指定之試驗。
- (3) 查驗每次進場之水泥、鋼筋、預力鋼腱及其他材料之檢驗報告或出廠證明，必要時得予複驗。
- (4) 查核試驗室之試驗。
- (5) 材料或混凝土因試驗或檢查結果不符合規範要求而須增加之額外試驗或檢查。
- (6) 應承包商之請求變更材料或配比所需增加之試驗與檢查。
- (7) 其他需要之檢驗或查驗。

### 17.2模板工程之檢驗及查驗

監造者對模板工程所用之材料與組件之品質與規格應按第四章之規定查驗與檢驗。模板施工中，監造者應依本規範第4.1.6及4.1.7節之規定查驗。

### 17.3鋼筋之檢驗及查驗

- (1) 監造者對鋼筋之品質與規格應按第5.2節之規定查驗與檢驗。
- (2) 鋼筋施工中，監造者應按本規範第五章之規定查驗。

### 17.4混凝土檢驗

解說：

本節就混凝土有關事項由材料品質、儲存、配比、拌和、取樣到試體製作養護及強度試驗等一連貫過程中，所需之檢驗均加以規定，期能獲得全程控制。

17.4.1核對承包商所提出之擬用材料品質是否符合規範之規定。

解說：

若合約中未對材料品質特別規定，則依本規範所定範圍加以檢驗詳見第二章。混凝土材料包括水泥、摻料、拌和水、骨材。材料品質係指第二章各節內說明之CNS標準內相關之品質。

#### 17.4.2核對承包商所提供之配比設計是否符合工程圖說之要求。

解說：

承包商所提之配比設計之核對項目應按第三章規定。

#### 17.4.3工程進行中應自拌和廠或存料堆中抽取材料樣品，並核對是否符合規範之規定。

解說：

由於材料來源可能有所變異，同一來源之材料品質亦未必均勻，材料儲存堆放因位置不同、儲存方式不同及取用時間之不同，亦會產生性質的變異。為了維持一定的品質，應時常抽取材料樣品檢驗，以便適時修正配比。檢驗之頻率得視實際情況調適。

#### 17.4.4新拌混凝土取樣

新拌混凝土之取樣，應於混凝土澆置點依第17.4.7節規定之試驗頻率，隨機指定取樣。但監造者認為有需要時得另於特定位置增加取樣。取樣之處理準用CNS 1174之規定。

解說：

新拌混凝土樣品之隨機取樣應於混凝土澆置前，隨機選定將取樣之拌和批次號碼，並按照所定批次號碼取樣，避免於當場選定，其目的在採取具代表性之樣品以評估整體之品質，故在一般情況下，應按規定之時間、處所及數量隨機取樣。所謂「澆置點」係指將混凝土澆置最終定位之處。若以泵送方式澆置混凝土者則為泵送管路之管末出口。若監造者發現或懷疑可能有不符合規定之情形，則可特別指定位置取樣以評估其影響情況，並請求做進一步之品質評估。預拌混凝土業者為驗證所提供混凝土之品質，得於預拌車卸料處取樣進行試驗，監造者為驗證澆置入模內之混凝土品質，得於澆置點取樣進行試驗。

監造者增加之樣品與例行隨機樣品不同，其主要目的在做為最低品質要求之管制，不參與整體品質評估。

#### 17.4.5坍度試驗

混凝土澆置前除應測定混凝土之坍度是否符合工程圖說或配比之要求外，每一組混凝土強度試驗樣品亦應測定其坍度。坍度測定應按CNS 1176〔混凝土坍度試驗法〕之規定。

解說：

混凝土澆置前，監造者應按規定通常可用目視法評估混凝土之稠度是否符合工程圖說之要求，若有疑慮時可依CNS 1176〔混凝土坍度試驗法〕之規定進行坍度試驗。

#### 17.4.6溫度量測

巨積混凝土施工或一般混凝土在惡劣天候下施工，若須做混凝土溫度控制時，應量測混凝土之溫度。

解說：

混凝土溫度量測方法可參考ASTM C1064。

#### 17.4.7 混凝土強度試驗

- (1) 同一日澆置之各種配比混凝土，以每 $100\text{ m}^3$ 或每 $450\text{ m}^2$ 澆置面積為一批，每批至少應進行一組強度試驗。但同一工程之同一種配比混凝土之總數量在 $40\text{ m}^3$ 以下，且有資料可供參考者，得於徵得監造者之同意下，免作強度試驗。

解說：

試驗頻率係規定每一種配比混凝土所應施行試驗之頻率。規定之標準為每天至少進行一組強度試驗，另外按澆置混凝土之體積或面積規定，按體積每 $100\text{ m}^3$ 或按面積每 $450\text{ m}^2$ 為一批，均應進行一組強度試驗，若有餘數超過 $25\text{ m}^3$ 或 $100\text{ m}^2$ 時應增加一組試驗。依據第18.1節之規定，同一工程同一配比之混凝土至少須有具代表性之五組試驗結果。如果因為數量較少，無法依上述之標準取樣達五組，則應隨機從拌和批次中取樣，若拌和批次少於五次，則應每批次均取樣，取樣方法按CNS 1174之規定。

按CNS 3090規定，混凝土須取樣一組之混凝土數量為 $120\text{ m}^3$ ，本規範係為確保混凝土施工品質，故採用 $100\text{ m}^3$ 。

監造者同意免做試驗時，可參考之資料係指在同一天在相似之條件下，有與本工程類似之其他工程亦採用相同之混凝土且有試驗報告者。

若需要評估養護效果或決定拆模時間或決定施預力時機時，需增加試體之數量，以供在工地環境條件下進行與結構體相同之養護，試體數量及齡期依試驗目的而定，詳見第12.6、14.6及18.3節。

- (2) 除另有規定者外，混凝土強度試驗每一組應以二個以上試體，於二十八天齡期時抗壓強度之平均值為該組試驗結果。若監造者認為有需要時，每一組可多做試體於較早或較晚齡期進行抗壓試驗，以供參考。
- (3) 試體之製作及養護應按CNS 1231〔工地混凝土試體之製作及養護法〕之規定辦理。抗壓強度試驗法應按CNS 1232〔混凝土圓柱試體抗壓強度之檢驗法〕之規定辦理。
- (4) 早強混凝土或非以28天齡期強度設計之混凝土應按契約所規定之齡期進行試驗。

解說：

為提升施工品質管制之功效與供即時做適當修正，可一組製作四個試體，其中二個試體於七天或其他齡期進行試驗作為早期品質之參考，其餘兩個試體依本節處理。

若有證據顯示試體未合本節之規定，則應依第十八章規定之鑽心試驗辦理，單獨評估該批混凝土品質。

#### 17.4.8 空氣含量試驗

按CNS 9661〔新拌混凝土的空氣含量試驗法(壓力法)〕或CNS 9662〔新拌混凝土的空氣含量檢驗法(容積法)〕之規定，測定常重混凝土強度試驗樣品之空氣含量。

#### 17.4.9 單位重量試驗

混凝土單位重量應按CNS 11151〔混凝土單位重量，拌合體積及含氣量(比重)試驗法〕之規定測定。

### 17.5 檢驗機構之職責

17.5.1 當檢驗機構受委託時，應從事各項材料或混凝土產製之檢查、取樣及試驗等工作。若發現所供應之材料或作業程序有不符合規範情形時，應即時通知監造者及承包商。

17.5.2 檢驗機構應將所有檢驗結果即時送交監造者、承包商及材料供應商。混凝土報告中應註明試體所代表之澆置部位。

17.5.3 檢驗機構無權變更、解釋、嚴求或免除合約上之任何規定，亦無權核可或驗收工程之任何部份。

解說：

檢驗之結果應分別通知有關人員，以便採取正確措施。檢驗人員並非經授權監造者，故無權對合約做任何解釋或變更。

## 第十八章 混凝土施工品質之評定與認可

### 18.1 一般規定

混凝土工程施工品質應按本章之規定予以評定與認可。

解說：

本章之主旨在對每次完成澆置之混凝土品質及其對結構之影響，建立一明確評定與認可之基準。

18.1.1 各項施工品質經評定認可者，應將資料建檔保存作為驗收之依據。

18.1.2 各項施工品質查驗結果，經評定不符合要求者，應按本章規定處理，所有資料建檔保存。

18.1.3 混凝土施工品質應依試驗室或工地養護之試體評定其強度；如上述試體評定結果有疑問或無上述試體之評定結果時，可用鑽心取得試體加以檢驗評定其強度。

18.1.4 混凝土工程整體或部份結構得採分析法或載重試驗法進行結構品質之評定與認可。

解說：

施工品質評定資料不論符合規定與否均應存為品管資料。對於查驗結果品質不符合要求部份，更應建檔列管，並追蹤改進與處理，以確保施工品質與結構安全。

混凝土於施工後規定齡期才能進行試驗加以評定強度。混凝土施工有時會發生品質不符合要求情況，而須做進一步之品質評估及其對結構之影響。對其可接受者加以認可，對其無法符合要求者做適當處理至符合要求時再予認可。

### 18.2 混凝土之品質評定與認可

18.2.1 各種配比混凝土強度之評估，應按第17.4節之規定，以試驗室養護之工地製作試體進行檢驗。再依據其強度試驗結果加以評定，符合第18.2.2節規定者應予認可；否則應按第18.2.3及18.2.4節之規定辦理。

解說：

混凝土之品質應包含強度、耐久性、體積穩定性及水密性等，一般情況下，抗壓強度與其它品質特性有密切相關，且混凝土強度較易量測，並對結構體安全有絕對之影響，故通常以混凝土強度作為品質評定之指標<sup>[1,2]</sup>。

若設計圖說中對強度以外之其它混凝土品質，如耐久性、體積穩定性及水密性等品質有所要求時，承包商應於施工時對此等品質予以評定及認可。設計者應對此等品質之評定及認可標準詳加說明，並考慮施工中執行之可行性。

18.2.2 每種配比之混凝土試體至少須有具代表性之五組試驗結果以供評定其品質。每一種配比混凝土強度須同時符合下列兩條件方為合格：

(1) 任何連續三組強度之平均值高於規定強度  $f_c'$ 。

(2) 無任何一組之強度低於規定強度  $f_c'$  之值超過  $35 \text{ kgf/cm}^2$ 。

解說：

本條雖規定每種配比之混凝土試體至少須有具代表性之五組試驗結果以供評定其品質，但若混凝土總數量較少之工程，無法按第17.4.7節之規定取樣達五組時，則應以該種配比之各批次混凝土隨機取樣

，使其組數達五組。若拌和批次少於五次，則應每批次均取樣。取樣則應按CNS 1174之規定。

依據本條之規定，混凝土品質評定合格之標準為同時符合該兩項規定，其中第一項規定之目的在要求任何連續三組試驗之混凝土強度平均值達設計要求強度以上，而第二項規定之目的在限制任何單一試驗強度與要求強度之偏差不得太大，以確保混凝土品質之穩定。

在施工過程中，接獲混凝土試驗報告時，便可立即對該混凝土之品質加以評定與認可。理論上即使混凝土強度與均勻性均符合需求，混凝土試驗結果不符合上述二項規定之情況也偶而會發生(可能機率約為1%)。因此，為考慮統計上預期之偏差，在決定混凝土強度水準時，應保留容許偏差(*allowance*)。但對試驗數目較少之工地，試驗結果低於  $f'_c$  之值超過  $35 \text{ kgf/cm}^2$  之失敗機率已充分適用，例如僅做五次強度試驗之小工程，只要其中有任何一組(兩個圓柱試體之平均)試驗結果低於  $f'_c$  之值超過  $35 \text{ kgf/cm}^2$ ，即可判定不符合規定。

18.2.3當混凝土之品質未能符合第18.2.2 節規定時，應探討其確實原因，並應針對其原因採取改進措施，以防止後續施工再度發生類似現象。

解說：

當混凝土之品質不符合第18.2.2 節規定時，應立即探討其確實原因。針對其原因擬定改進措施，以提高其後續強度試驗之平均值，並防止類似現象再度發生。

若已有15組以上之混凝土試驗結果，則可根據這些試驗結果依照第3.7節之方法，修改混凝土配比之目標強度  $f'_{cr}$ 。

若試驗結果尚不足15組，即使該工程全部試驗數據之平均抗壓強度已超過最初選擇配比時所用之配比目標強度，則仍應進一步考慮提高新配比之目標強度，惟新配比之目標強度至少須等於最初選擇配比時所用之配比目標強度。

提高其後續強度試驗平均值之措施，依其特殊環境而定，但可包括下列之一或多項：

- (1) 增加水泥材料之用量，
- (2) 改變混合料比例，
- (3) 降低或妥善控制混凝土供應時坍度，
- (4) 減少混凝土輸送與澆置時間，
- (5) 嚴密控制混凝土之含氣量，
- (6) 改善混凝土試驗之方法，使確實符合標準試驗程序。

這些在操作與試驗程序上之改變，或水泥用量、坍度上之改變不必很正式依照第三章之程序，但水泥、骨材或摻料之重要改變須能顯著改善混凝土之平均強度水準。

18.2.4混凝土品質如有不符合第18.2.2 節規定時，除應按第18.2.3節辦理外，應探討強度低落之原因。並按第18.4節之規定，對結構體混凝土作進一步之評估。

解說：

若混凝土之品質不符合第18.2.2 節規定時，顯示施工混凝土品質之不均勻情況超出容許範圍，但因試驗結果為試驗室養護試體之強度，並非結構體上混凝土之強度，故可針對結構體混凝土品質之實際狀況加以調查瞭解，以採取必要之處置措施，故須按第18.4節之規定進行結構體混凝土之檢驗，作進一步之評估。

### 18.3混凝土養護之認可

工地養護應按第十二章之規定辦理，經按第12.6.2節之規定評估合格者應予認可。養護不符合

要求之混凝土應按第18.4節之規定辦理。

解說：

若監造者要求工地養護試體之試驗，以檢核結構體混凝土之養護是否適當(亦可用以決定拆模時間或施預力之時機，詳見第4.7節及第14.6節)，承包商應提供按工地條件養護試體之試驗結果。

### 18.4結構體混凝土之評估

18.4.1當發生第18.2.4或18.3節之情況時，應進行鑽心試驗，並以其結果為混凝土強度評估之依據。

18.4.2非破壞性試驗法僅能配合鑽心試驗，單獨非破壞性試驗之結果不得直接作為混凝土品質評估、認可或拒收之依據。

解說：

當發生第18.2.4節之情況時，即試驗室養護試體之強度試驗結果不符合要求，由於結構體混凝土之強度與圓柱試體之強度尚有不同，為對結構體之安全做評估，須以實際強度為依據，故須做結構體混凝土強度之評估。

以現有技術而言，鑽心試驗之結果最能代表結構體混凝土之實際強度，故可做為結構混凝土品質評定之依據。

非破壞性試驗法因只能顯示混凝土之相對品質，故僅能用在小工地之試驗數據比較，供相對品質均勻性之評估，或配合鑽心試驗決定取樣位置之參考，其試驗結果不得單獨作為混凝土品質評估、認可或拒收之依據。

18.4.3鑽心試驗之結果符合第18.5.5節之規定時可予接受；若不符合第18.5.5節之規定時，可按第18.7節規定進行結構物強度評估。

### 18.5鑽心試驗

18.5.1混凝土品質之評定發生第18.2.4或18.3節之情況，或監造者認為需要時，應進行鑽心試驗。

18.5.2一般抗壓試驗用之鑽心試體直徑至少94mm或2倍粗粒料標稱最大粒徑，取其大者。

前項鑽心試體直徑若為避免影響結構安全等因素，或受結構體厚度或鋼筋間距之限制，為使試體長度不小於直徑，而於直徑94mm之試體不易取得時，得經說明原因，取直徑小於94mm之試體。但此時試體直徑不得小於50mm，亦不得小於粗粒料標稱最大粒徑之2倍，其長度亦不得小於直徑。

解說：

顧及我國一般混凝土結構之尺寸與鋼筋間距，並參考CNS 1238 標準，一般抗壓試驗用之鑽心試體直徑採至少94mm，但若因受結構體之相關限制，為使試體長徑比(L/D)不小於1，以及為避免影響結構體安全等因素，試體直徑得小於94mm，並參照我國過去施工規範之規定，鑽心試體之直徑仍限制不得小於50mm及混凝土粗粒料標稱最大粒徑之2倍，其中有關試體直徑與對結構體之影響，可參考「混凝土結構設計規範」第13.13節中有關結構體管道開孔之規定。

依據相關研究顯示，試體直徑較小時，其抗壓強度會較低，其變異性較大，另直徑較小之試體其抗壓強度愈容易受長徑比(L/D)之影響，因此鑽心試體宜採用較大直徑。若因受限制，得經說明原因，亦可鑽取符合規定直徑小於94mm之鑽心試體。

鑽心試體之長度最好為直徑之2倍，但也有實際之困難，故亦規定試體長度不得小於直徑。由於抗壓試驗之結果受試體尺寸之影響，當長度與直徑之比小於2時其強度會提高，故應乘以表R18.5.1之修正因數。表中未列入之值，可藉內插法求得之。

表R18.5.1 強度修正因數

長度／直徑	1.75	1.50	1.25	1.10	1.00
強度修正因數	0.98	0.96	0.93	0.90	0.87

18.5.3結構體混凝土之試體濕度調節應按CNS1238第7.3節規定辦理。

解說：

由於混凝土強度試驗會受試體之乾濕情況影響，應依CNS 1238規定進行試體濕度控制，以降低因鑽心過程或試體準備時，因用水造成試體中濕度梯度的變化。

18.5.4混凝土強度可疑處，應取三個代表性試體為一組，由監造者選擇對結構物強度損害最小之位置鑽心取樣。若試驗前發現試體於取出或處理過程中有損壞之現象時，應重取試體。

解說：

鑽心試驗為一種若處理不當具有損害性之試驗，其進行應由結構工程師監督，在適當位置鑽取試體。所謂適當位置乃是對混凝土構材及結構體之強度不造成傷害之處，以牆或版為宜。若在梁中取樣，則以跨度中央附近之中性軸以下部位為宜。選此位置之好處有二，一為在此位置梁斷面主要受正彎矩，剪力最小，而中性軸以下部份之混凝土不利用其抗拉強度，將之鑽出影響較小；二為在此位置之箍筋間距較大，較易鑽取。

鑽心試體之鑽取須由具專業技術之人員負責操作，所鑽取之試體表面應盡量平整無歪曲現象。試體鑽取時並應避免鑽斷或傷害鋼筋，以免造成構材或結構體之傷害。為避免鑽及鋼筋，可採用鋼筋偵測器標定鋼筋之位置，對工作甚有幫助。

18.5.5鑽心試體合格之標準為同組試體之平均強度不低於規定強度  $f'_c$  之85%，且任一試體之強度不低於  $f'_c$  之75%。

解說：

本節鑽心試體抗壓強度合格之標準規定為平均強度不低於  $f'_c$  之85%，此規定乃基於實際狀況之考量，因為試驗過程中存在著試體尺寸之效應、鑽心取樣及處理過程等之影響，且工地養護效果常不能達試驗室養護之程度，故鑽心試體無法要求其強度達  $f'_c$ ，而以  $f'_c$  之85%為標準是合理的。至於個別試體最低強度為  $f'_c$  之75%，亦為其對應之考量。

18.5.6鑽心試驗之結果未符合第18.5.5節之規定，可按第18.4.3節之規定辦理。

18.5.7鑽心殘孔應按第十章之規定，以低坍度之同等強度混凝土或砂漿填補之。

**18.6非破壞性試驗**

18.6.1非破壞性試驗得用以測定各部位混凝土之相對強度或品質均勻性，除配合鑽心試驗外，不得單獨作為混凝土品質評估、認可或拒收之依據。

解說：

非破壞性試驗(*NDT, Nondestructive Test*)為目前工業界相當重要之檢測技術，對鋼鐵等均質材料，其使用具簡便、快速、經濟及精確之優點<sup>[3]</sup>。惟一般混凝土因材質、導電性、感磁性等不均勻，故難利用電磁、放射性及核子等精密之非破壞性試驗。目前所能利用之非破壞性試驗法，如反彈錘、脈波、貫入針、拉拔等，尚不足以準確評估混凝土之品質，但仍可作為品質均勻性之參考。

18.6.2 混凝土可用之非破壞性試驗標準如下：

- (1) CNS 10732 [硬化混凝土反彈數試驗法]。
- (2) ASTM C597 [脈波穿透混凝土速度試驗法]。
- (3) CNS 10733 [硬化混凝土貫入試驗法]。
- (4) ASTM C900 [硬化混凝土之埋釘拔出試驗法]。
- (5) 其他公認之試驗法。

## 18.7 結構物強度之評估

18.7.1 若對結構物或構材之評定認為安全有疑慮時，應遵照「結構混凝土設計規範」第十四章之規定，以分析法或載重試驗法或兼用兩法作結構物強度之評估。

18.7.2 當發生第18.2.4或18.3節之情況且無法做鑽心試驗時，或鑽心試驗不符合第18.5.5節之規定時，則可認定為對結構物安全有所疑慮；由監造者指示承包商按第18.7.1節之規定辦理。

解說：

有關結構物強度評估之細節請參閱「結構混凝土設計規範」第十四章。

由於施工過程中對材料及施工品質均有完整之紀錄，以分析法評估結構物之強度時，可將結構物做全盤之分析，故以分析法為優先。若無法分析或分析後認為需要時，得以載重試驗法做驗證。

18.7.3 結構物強度評估之結果認為安全無慮者可予接受；否則監造者依強度評估之結果及實際情況採取適當措施。

解說：

監造者對結構物強度評估之結果認為安全有虞者，應依據實際情況採取下列措施：

補強－鑽心試驗之結果未符合第18.5.5節之規定，但經按第18.7節規定之結構物強度評估分析，結果顯示該混凝土之現有強度雖不符合規定，但對安全之影響可以適當措施加以補救者，則承包商應按指示補強，必要時報請主管機關核准。

重做－若經根據鑽心試驗結果分析顯示，該混凝土現有強度對安全可靠有嚴重影響，且無法採用任何措施加以補救者，則承包商應按指示將該混凝土所影響之部份拆除重做，必要時報請主管機關核准。

限制使用－當結構物強度評估結果未能符合「結構混凝土設計規範」第14.2.2、14.6.2或14.6.3節之規定時，可根據載重試驗或分析之結果，經業主同意及主管機關核准，限制其使用。

## 18.8 載重試驗

載重試驗之程序、載重準則、認可準則、較小使用載重之核定及安全措施等，參照「結構混凝土設計規範」第十四章之規定辦理。

參考文獻

- [1] Mehta, P. K., Concrete Structure, Properties, and Materials, Prentice Hall N.J., pp.42-43, 1986.
- [2] Mindess, S. & J. F. Young, Concrete, Prentice Hall N.J., p.381, 1981.
- [3] 中國土木水利工程學會，混凝土工程設計規範與解說(土木401-86a)。
- [4] Building Code Requirements for Structural Concrete(ACI 318-95) & Commentary(ACI 318R-95), ACI,

1995.

- [5] 沈進發, “混凝土強度非破壞試驗--超音波與衝錘法之研究”, 中國土木水利工程學會土木水利季刊, 第八卷第二期, 第63頁至第74頁, 1981.



## 第十九章 驗收

### 19.1一般規定

19.1.1除合約文件另有規定者外，混凝土構造物之驗收應按本章之規定。合約文件及本規範未有規定者，按工程慣例驗收。

解說：

混凝土構造物驗收之主要任務在確認施工之品質是否符合合約或施工規範之要求，合約文件應明訂驗收之標準及程序。

工程慣例驗收係指合約及規範未列部份或該工程中漏列部份，常可以其他類似工程之可靠資料作為驗收之依據。

19.1.2混凝土構造物之驗收，除應查核其有關品質認可資料文件外，並應按本章規定核對主要構材尺寸與審視外觀，驗證合格者可予驗收。品質認可應按第十八章規定辦理，必要時可於有疑慮部位做適當檢驗以驗證其品質。

19.1.3不符合驗收規定部份，若能以監造者核可之程序，經改善符合規定者或無礙於其使用性與安全性者可予驗收，否則應按合約規定辦理。

解說：

混凝土構造物之驗收通常可按下列步驟：

文件審查：承包商應提交第19.1.4節規定之文件以供驗證。

驗收者應就結構物外觀、尺寸進行核對，其標準按第19.2及19.3節之規定。

抽樣查驗：必要時，驗收者得進行現場抽樣查驗。

不符規定情況嚴重者，應經監造者同意擬訂改善計畫經核可後，據以進行改善工作，未適當改善前不予驗收。

19.1.4混凝土工程之驗收，承包商應提交下列資料文件以便驗收者驗證：

- (1)所有施工過程中提經核可之資料文件，含施工計畫、施工詳圖、變更設計文件及達成協議之文件。
- (2)施工所用材料之試驗報告及認可結果。
- (3)各階段之施工報表、查驗紀錄及不符合規定之改善紀錄。
- (4)有關工程之品質評估與認可證明，含加做之試驗及結構強度評估結果。
- (5)竣工圖。

解說：

混凝土工程之施工程序相當複雜，有許多品質特性不易於完工後再行驗證，故須於施工期間就其材料及施工作業等分項及分段驗證，留下紀錄，作為驗收時之依據。承包商應提交以上所示及更多有關之資料文件，以證明該工程之施工品質符合施工本規範之要求，以便驗收。

### 19.2尺寸許可差

19.2.1混凝土構材外形小於規定尺寸，且超過第4.3.5節之規定時，其對強度之影響應按第19.4節之規定處理。

解說：

混凝土構材之尺寸偏小不符規定之許可差時，首先應按第19.4節之規定作結構物強度之評估，以確保其安全性，即使無礙於安全。

19.2.2混凝土外形大於規定尺寸，且超過第4.3.5節之規定者，於過大部份未依要求修整前不予驗收。過大部份之去除不得損及構材之強度，亦不得影響其他功能與外觀。

解說：

混凝土外形大於規定尺寸，若超過第4.3.5節之規定者，如顯露於外觀者，過大部份應妥善去除並修整後，方予驗收；如非顯露外觀且不影響其他功能者，若經監造者同意，得不必打除，但應按有關規定辦理。

為使過大部份之去除不損及構材強度且不影響其他功能與外觀，其使用方法應經監造者同意。

19.2.3混凝土構材之澆置位置錯誤或偏差不符規定，致使結構物之強度受影響時，應依第十八章規定辦理；影響外觀、功能或干擾他項工作情況嚴重者得不予驗收。

解說：

情況是否嚴重由監造者根據構材對外觀、安全及使用性之影響程度判定之。

19.2.4混凝土構造物外形除按第19.2.1至19.2.3節進行改善外，其表面修飾仍應照原設計，並按第十章之相關規定修補至符合規定前不予驗收。

19.2.5修飾完成之版面超出第11.2.4節之許可差時，於整修至符合規定前可不予驗收。整修工作不得影響其強度及外觀。整修措施應經許可。

解說：

版面屬於暴露於外觀且與載重直接接觸之構造物，其外觀及安全至為重要，本規範之第11.2.4節有修飾許可差之規定，如超過時應加以整修，包括局部磨削及填平等措施，以期符合規定，否則不予驗收。

## 19.3外觀

19.3.1混凝土露面部份若有缺陷，嚴重影響修飾面之外觀，應以經許可之方法修整並經認可，否則不予驗收。

解說：

本節所稱混凝土露面部份，係指第11.6節規定之特殊鑄面修飾外之各類露面修飾。所稱之缺陷可能如表面蜂窩、不平整、色澤不勻及模板油污染等。處理之方法可參考本規範第十章之規定，或依監造者認可之方法辦理。

19.3.2混凝土露面部份若採用第11.6節之特殊鑄面修飾者，若其外觀缺陷不能修補時，應打除重做。

解說：

本節所稱特殊鑄面修飾混凝土，係指在混凝土表面製出特殊外觀，若有不符合規定，按第11.6.6節補修相當困難，須全部或部份打除重做。

19.3.3 混凝土非露面部份得因表面缺陷拒收；但經監造者同意按規定修補認可者得予驗收。

#### 19.4 結構物強度

驗收時，認為結構物可能有強度缺失時，可依實際情況按第十八章之規定辦理鑽心試驗、結構分析或載重試驗。

解說：

結構物可能有強度缺失之原因如下：

- (1) 混凝土強度不符合第十八章之規定者。
- (2) 鋼筋之尺寸、品質、強度、位置或排置有與第五章或合約之規定不符者。
- (3) 混凝土構材之位置或尺寸不符規定，足以降低結構物強度者。
- (4) 混凝土於規定養護期間，遇異常環境(嚴寒、酷熱、強風、暴雨等)未加防護者，或雖加防護仍發生缺陷者。
- (5) 因第12.5節所述之機械性損傷(包括火災及地震)或過早拆模，以致強度受損者。
- (6) 因施工不當而損及強度者。
- (7) 其他異常跡象，如超量撓度、異常龜裂等。



## 附錄甲 參考標準

本規範各章參考標準之代號如下：

CNS	中國國家標準
ACI	American Concrete Institute
ASSHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWS	American Welding Society
CRSI	Concrete Reinforcing Steel Institute
DIN	Deutsches Institute für Normung e.V.
FIP	FEDERATION INTERNATIONALE LE LA PRECONTRAINTTE
JSCCE	Japan Society of Civil Engineers

第二章所需參考之標準如下：

CNS 61	卜特蘭水泥
CNS 1237	混凝土用水品質試驗法
CNS 1240	混凝土粒料
CNS 3036	卜特蘭水泥混凝土用飛灰及天然或煨燒卜作嵐攪和物
CNS 3091	混凝土用輸氣附加劑
CNS 3654	卜特蘭高爐水泥
CNS 3691	結構用混凝土之輕質粒料
CNS 11270	卜特蘭飛灰水泥
CNS 11271	卜特蘭飛灰水泥用飛灰
CNS 11824	混凝土用高爐爐渣粗粒料
CNS 11890	混凝土用高爐爐渣細粒料
CNS 12283	混凝土用化學摻料
CNS 12549	混凝土及水泥壩料用水淬高爐爐渣粉
CNS 12833	流動化混凝土用化學摻料
CNS 13961	混凝土拌和用水
ASTM C387	砂漿與混凝土用材料混合物之乾包裝規範
ASTM C845	膨脹性水泥規範
ASTM C1240	矽灰用於水硬性水泥混凝土或砂漿規範

第三章所需參考之標準如下：

CNS 1168	混凝土試體抵抗凍融試驗法(水中快速凍融法)
CNS 1169	混凝土試體抵抗凍融試驗法(空氣中快速冰凍水中快速溶解法)
CNS 1170	混凝土試體抵抗凍融試驗法(水中緩慢凍融法)
CNS 1176	卜特蘭水泥混凝土坍度試驗法
CNS 1230	混凝土試體在試驗室模製及養護法
CNS 1231	工地混凝土試體之製作及養護法
CNS 1232	混凝土圓柱試體抗壓強度之檢驗法
CNS 1240	混凝土粒料

CNS 3036	卜特蘭水泥混凝土用飛灰及天然或煨燒卜作嵐摻和物
CNS 3654	卜特蘭高爐水泥
CNS 9661	新拌混凝土空氣含量試驗法(壓力法)
CNS 9662	新拌混凝土空氣含量試驗法(容積法)
CNS 11270	卜特蘭飛灰水泥
CNS 12549	混凝土及水泥壩料用水淬高爐爐渣粉
CNS 12891	混凝土配比設計準則
CNS 13618	粒料之潛在鹼質與二氧化矽反應性試驗法(化學法)
CNS 13619	水泥與粒料之組合潛在鹼質反應性試驗法(水泥砂漿棒法)
CNS 13620	碳酸鹽質岩石用作混凝土粒料之潛在鹼質反應性試驗法(岩石圓柱體法)
ASTM C227	水泥與骨材混合之潛在活性檢驗法(水泥砂漿棒法)
ASTM C289	骨材潛在鹼 矽活性檢驗法(化學法)
ASTM C342	水泥 骨材混合之潛在體積變化檢驗法
ASTM C415	生石灰與矽酸鈣用消石灰之規範
ASTM C441	礦物摻料或高爐渣粉防止混凝土因鹼 矽反應過度膨脹之效用試驗法
ASTM C452	暴露於硫化物卜特蘭水泥砂漿之潛在膨脹試驗法
ASTM C586	混凝土用骨材碳酸質岩石之潛在鹼性反應試驗法
ASTM C666	混凝土抵抗快速凍融試驗法
ASTM C671	混凝土試體受凍結之臨界體脹試驗法
ASTM C672	暴露於除冰化劑之混凝土表面抵抗污染之試驗法
ASTM C682	以臨界體脹程序評估輸氣混凝土中粗骨材抗凍試驗法
ASTM C779	混凝土水平表面之耐磨試驗法
ASTM C876	混凝土中未塗布鋼筋之半電池電位試驗法
ASTM C944	以轉動切割法之混凝土或水泥砂漿表面耐磨試驗法
ASTM C1012	暴露於硫化物溶液水泥砂漿長度變化檢驗法
ASTM C1138	混凝土耐磨試驗法(水中法)
AASHTO T259	混凝土含氯離子總量試驗法
AASHTO T277	電阻快速測定法測量
ACI 211.1	混凝土配比選擇準則
ACI 318	結構混凝土設計規範
DIN 1048	混凝土與鋼筋混凝土構造物施工之混凝土試驗

第四章所需參考之標準如下：

CNS 1468	低碳鋼線
CNS 5644	可調鋼管支柱
CNS 7334	鋼筋混凝土用金屬模板
ACI 347	混凝土模板施工準則

第五章所需參考之標準如下：

CNS 560	鋼筋混凝土用鋼筋
CNS 1468	低碳鋼線

CNS 6919	熔接鋼線網
CNS 13301	鋼筋瓦斯壓接
ASTM A82	混凝土用冷拉光面鋼線
ASTM A184	混凝土用竹節鋼筋網
ASTM A185	混凝土用鐸接光面鋼線網
ASTM A496	混凝土用冷拉麻面鋼線
ASTM A497	混凝土用鐸接麻面鋼線網
ASTM A767	混凝土用鍍鋅鋼筋
ASTM A775	樹脂塗布鋼筋
AWS D1.4	鋼筋鐸接規範
CRSI	鋼筋標準實用手冊(美國混凝土鋼筋學會)

## 第六章所需參考之標準如下：

CNS 3895	可撓性聚氯乙烯止水帶
CNS 6985	建築填縫用聚胺酯
ASTM D994	混凝土伸縮縫預製填縫料 瀝青型
ASTM D1751	混凝土鋪面與結構工程伸縮縫預製填縫料 有彈性不擠出瀝青型
ASTM D1752	混凝土鋪面與結構工程伸縮縫預製多孔橡膠及軟木填縫料

## 第七章所需參考之標準如下：

CNS 386	試驗篩
CNS 3090	預拌混凝土
CNS 7101	傾斜式混凝土拌和機
CNS 7102	鼓形混凝土拌和機
CNS 7103	快速混凝土拌和機
CNS 12283	混凝土用化學摻料
CNS 12284	混凝土用化學摻料檢驗法
CNS 12833	流動化混凝土用化學摻料
ASTM C387	砂漿與混凝土用材料混合物之乾包裝規範
ASTM C494	混凝土化學摻料之標準規範
ASTM C685	採容積計量且連續拌和產製之混凝土

## 第八章所需參考之標準如下：

CNS 3090	預拌混凝土
----------	-------

## 第九章所需參考之標準如下：

CNS 5646	混凝土內之棒形振動器
CNS 5648	混凝土模板振動器
ACI 309R	混凝土搗實實務

## 第十章所需參考之標準如下：

ASTM C881	混凝土環氧樹脂基黏著系統規範
-----------	----------------

ASTM C1059 高分子乳液用做硬化混凝土黏著劑規範

第十一章所需參考之標準如下：

CNS 387 建築用砂

第十二章所需參考之標準如下：

CNS 2178 混凝土用液膜養護劑  
CNS 8188 混凝土養護材料保持水份能力檢驗法  
ASTM C597 脈波穿透混凝土速度試驗法  
ASTM C803 硬固混凝土之貫入試驗法  
ASTM C805 硬固混凝土之反彈數試驗法  
ASTM C900 硬化混凝土之埋釘拔出試驗法  
ACI 305 炎熱天候混凝土施工  
ACI 306 寒冷天候混凝土施工  
ACI 308 混凝土養護標準作業方法  
ACI 517 大氣壓力下混凝土加速養護

第十三章所需參考之標準如下：

ACI 116R 水泥及混凝土辭彙

第十四章所需參考之標準如下：

CNS 386 試驗篩  
CNS 1010 水硬性水泥壩料抗壓強度檢驗法  
CNS 3090 預拌混凝土  
CNS 3332 預力混凝土用應力消除無被覆鋼線及鋼絞線(普通鬆弛)  
CNS 8695 預力混凝土用硬鋼線  
CNS 9272 預力混凝土用鋼筋  
CNS 13465 新拌混凝土中水溶性氯離子含量試驗法  
AASHTO 公路橋樑設計規範  
FIP 國際預力混凝土協會  
JSCE F531 流動性試驗方法  
JSCE F532 浮水率及膨脹率之試驗方法(塑膠袋方法)  
JSCE F533 浮水率及膨脹率試驗方法(容器方法)  
JSCE H101 預鑄混凝土節塊用環氧樹脂品質規格

第十五章所需參考之標準如下：

CNS 61 卜特蘭水泥  
CNS 560 鋼筋混凝土用鋼筋  
CNS 1238 混凝土鑽心試體與切鋸試體抗壓及抗彎強度試驗法  
CNS 1240 混凝土粒料  
CNS 3036 卜特蘭水泥混凝土用飛灰及天然或煨燒卜作嵐摻和物  
CNS 3091 混凝土用輸氣附加劑

CNS 3691	結構用混凝土之輕質粒料
CNS 3763	建築用水泥防水劑
CNS 6919	熔接鋼線網
CNS 8827	波線鋼線網
CNS 8829	平織鋼線網
CNS 12283	混凝土化學摻料
CNS 12549	混凝土及水泥壩料用水淬高爐爐渣粉
CNS 12833	流動化混凝土用化學摻料
ASTM C39	混凝土圓柱試體之抗壓強度試驗法
ASTM C143	混凝土坍度試驗法
ASTM C192	試驗室中混凝土試體製作與養護實務
ASTM C232	混凝土浮水試驗法
ASTM C403	以貫入抵抗之混凝土凝結時間試驗法
ASTM C1107	乾包裝水硬性水泥灌漿(無收縮)規範
ASTM C1202	混凝土抵抗氯離子滲透試驗法
DIN 1048	混凝土與鋼筋混凝土構造物施工之透水性試驗
DIN 4030	在對混凝土有害之水分及土壤內之混凝土執行指針

第十六章所需參考之標準如下：

CNS 486	粗細粒料篩析法
CNS 487	細粒料比重及吸水率試驗法
CNS 488	粗粒料比重及吸水率試驗法
CNS 491	粒料內小於試驗篩 75 $\mu\text{m}$ CNS 386 材料含量試驗法
CNS 1176	混凝土坍度試驗法
CNS 1232	混凝土圓柱試體抗壓強度之檢驗法
CNS 11298	粒料含水量乾燥測定法
CNS 12680	品質管理與品質保證標準
CNS 12681	品質系統－設計、開發、生產、安裝及服務之品質保證模式
CNS 12682	品質系統－生產、安裝及服務之品質保證模式
CNS 12683	品質系統－最終檢驗與試驗之品質保證模式
CNS 12889	品質管理與品質保證－詞彙
ASTM C684	混凝土抗壓試體之製作、加速養治及試驗之試驗法

第十七章所需參考之標準如下：

CNS 1174	新拌混凝土取樣法
CNS 1176	混凝土坍度試驗法
CNS 1231	工地混凝土試體之製作及養護法
CNS 1232	混凝土圓柱試體抗壓強度之檢驗法
CNS 3090	預拌混凝土
CNS 9661	新拌混凝土的空氣含量試驗法(壓力法)
CNS 9662	新拌混凝土的空氣含量檢驗法(容積法)

CNS 11151 混凝土單位重量，拌合體積及含氣量(比重)試驗法  
ASTM C1064 新拌卜特蘭水泥混凝土之溫度量測法

第十八章所需參考之標準如下：

CNS 1174 新拌混凝土取樣法  
CNS 1238 混凝土鑽心試體與切鋸試體抗壓及抗彎強度試驗法  
CNS 10732 硬化混凝土反彈數試驗法  
CNS 10733 硬化混凝土貫入試驗法  
ASTM C597 脈波穿透混凝土速度試驗法  
ASTM C900 硬化混凝土之埋釘拔出試驗法

## 附錄乙 混凝土常用鋼筋

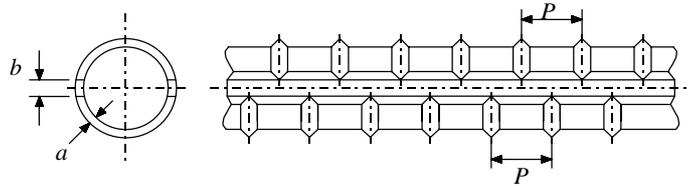
### 乙.1 鋼筋混凝土用鋼筋\*

#### 乙.1.1 鋼筋混凝土用鋼筋之種類

種類		符號	最低降伏強度 $f_y$ ( $kgf/cm^2$ )	適用場所說明
熱軋 光面 鋼筋	第1種	SR24	2,400	限螺箍筋使用
	第2種	SR30	3,000	限螺箍筋使用
熱軋 竹節 鋼筋	第1種	SD24	2,400	一般構造用
	第2種	SD28	2,800	一般構造用
	第3種	SD30	3,000	一般構造用
	第4種	SD35	3,500	一般構造用
	第5種	SD42	4,200	一般構造用
	第5W種	SD42W	4,200*	承受反覆應力及可熔接用
	第6種	SD50	5,000	一般構造用

\* 試驗降伏強度不得大於規定之最低降伏強度 $1,300kgf/cm^2$ 。

#### 乙.1.2 竹節鋼筋之標稱尺度、單位質量及節之尺度



竹節鋼筋 稱號	單位質量 (W) ( $kg/m$ )	標稱直徑 ( $d_b$ ) ( $cm$ )	標稱面積 ( $A_b$ ) ( $cm^2$ )	標稱周長 ( $\lambda$ ) ( $cm$ )	節之尺度			
					最大節距 平均值(P) ( $mm$ )	節之高度(a)		最大間隙 寬度(b) ( $mm$ )
						最小值 ( $mm$ )	最大值 ( $mm$ )	
D10	0.56	0.953	0.71	3.0	6.7	0.4	最小值之 2倍	3.7
D13	0.99	1.27	1.27	4.0	8.9	0.5		5.0
D16	1.56	1.59	1.99	5.0	11.1	0.7		6.2
D19	2.25	1.91	2.87	6.0	13.3	1.0		7.5
D22	3.04	2.22	3.87	7.0	15.6	1.1		8.7
D25	3.98	2.54	5.07	8.0	17.8	1.3		10.0
D29	5.08	2.87	6.47	9.0	20.1	1.4		11.3
D32	6.39	3.22	8.14	10.1	22.6	1.6		12.6
D36	7.90	3.58	10.07	11.3	25.1	1.8		14.1
(D39)	9.57	3.94	12.19	12.4	27.6	2.0		15.5
D43	11.4	4.30	14.52	13.5	30.1	2.1		16.9
(D50)	15.5	5.02	19.79	15.8	35.1	2.5		19.7
D57	20.2	5.73	25.79	18.0	40.1	2.9		22.5

括號內之鋼筋稱號本規範未予細節規定，儘量避免使用。

\* 本表摘錄彙整自中國國家標準CNS 560〔鋼筋混凝土用鋼筋〕，83年8月24日之第十四次修訂版。

乙.2 預力混凝土用應力消除無被覆鋼線及鋼絞線(普通鬆弛<sup>+</sup>)\*

種類	符號	截面形狀	標稱直徑 (mm)	標稱面積 (mm <sup>2</sup> )	單位質量 (kg/km)	對應0.2%永久伸長率之最小荷重 (kgf)	最小拉伸荷重 (kgf)	最小伸長率 (%)	最大鬆弛率 (%)			
預力混凝土用鋼線	圓鋼線 或 竹節鋼線	○	(2.9)	6.61	51.8	1150	1300	3.5	3.0			
			(3.5)	9.62	75.5	1450	1650	3.5	3.0			
			(4.0)	12.57	98.7	1900	2150	3.5	3.0			
			(4.5)	15.90	125	2300	2600	4.0	3.0			
			5.0	19.64	154	2850	3250	4.0	3.0			
			(6.0)	28.27	222	3950	4500	4.0	3.0			
			7.0	38.48	302	5200	5950	4.5	3.0			
			8.0	50.27	395	6550	7550	4.5	3.0			
			9.0	63.62	499	7950	9200	4.5	3.0			
預力混凝土用鋼絞線	2線鋼絞線	SWPR2		2.9	13.21	104	2300	2600	3.5	3.0		
	3線竹節鋼絞線	SWPD3		2.9	19.82	156	3450	3900	3.5	3.0		
	7線鋼絞線	A種	SWPR7A		(6.2)	23.23	182	3450	4100	3.5	3.0	
					(7.9)	37.42	293	5600	6600	3.5	3.0	
					9.3	51.61	405	7700	9050	3.5	3.0	
					10.8	69.68	546	10400	12200	3.5	3.0	
		12.4			92.90	729	13900	16300	3.5	3.0		
		15.2			138.70	1101	20800	24500	3.5	3.0		
		B種			SWPR7B	9.5	54.84	432	8850	10400	3.5	3.0
						11.1	74.19	580	12000	14100	3.5	3.0
	12.7		98.71	774		15900	18700	3.5	3.0			
	15.2		138.70	1101		22600	26600	3.5	3.0			
	19線鋼絞線	SWPR19		17.8	208.40	1652	33600	39500	3.5	3.0		
				19.3	243.70	1931	39500	46000	3.5	3.0		
				20.3	270.90	2149	43000	50500	3.5	3.0		
21.8				312.90	2482	50500	58400	3.5	3.0			

註：

① 7線鋼絞線中A種之 $f_{pu}$ 約為17,500 kgf/cm<sup>2</sup>；B種之 $f_{pu}$ 約為19,000 kgf/cm<sup>2</sup>。

② 浮鬆弛率試驗係於20±2°C下，將試片夾於適當間距之夾頭上，在約3~5分鐘內施加相當於上表規定之對應0.2%永久伸長率最小荷重之80%(初荷重)維持1分鐘，保持夾距不變10小時後，量測荷重之減少量，此該減少量對初荷重之百分率即為鬆弛率。

③ 括號內之鋼線及鋼絞線標稱直徑儘量避免使用。

\* 本表摘錄彙整自中國國家標準CNS 3332〔預力混凝土用應力消除無被覆鋼線及鋼絞線(普通鬆弛)〕，84年1月26日之第四次修訂版。

+ 預力混凝土用低鬆弛鋼線及鋼絞線可參考ASTM A416之規定。

### 乙.3 預力混凝土用鋼棒\*

#### 乙.3.1 鋼棒之種類

種類	新符號	舊符號
圓鋼棒	SBPR 785/930	SBPR 80/95
	SBPR 785/1030	SBPR 80/105
	SBPR 930/1080	SBPR 95/110
	SBPR 930/1180	SBPR 95/120
	SBPR 1080/1230	SBPR 110/125
	SBPR 1080/1320	SBPR 110/135
竹節鋼棒	SBPD 930/1080	SBPD 95/110
	SBPD 1080/1230	SBPD 110/125
	SBPD 1275/1420	SBPD 130/145

註：  
 鋼棒新符號SBPR 785/930之規定降伏強度為785 N/mm<sup>2</sup>，規定抗拉強度為930 N/mm<sup>2</sup>係對應符號中之785/930；舊符號SBPR 80/95之規定降伏強度 $f_{py}$ 為80 kgf/mm<sup>2</sup>，規定抗拉強度 $f_{pu}$ 為95 kgf/mm<sup>2</sup>係對應符號中之80/95；其餘符號中之數字意義亦同。  
 淨鋼棒之最小伸長率為5%，最大鬆弛率為1.5%。

#### 乙.3.2 鋼棒之標稱直徑及標稱截面積

種類	標稱直徑 (mm)	標稱面積 (mm <sup>2</sup> )
圓鋼棒	9.2	66.48
	11.0	95.03
	13.0	132.70
	(15.0)	176.70
	17.0	227.00
	(19.0)	283.50
	(21.0)	346.40
	23.0	415.50
	26.0	530.90
	(29.0)	660.50
竹節鋼棒	7.4	40.00
	9.2	64.00
	11.0	90.00
	13.0	125.00

括號內之鋼線及鋼絞線標稱直徑儘量避免使用。

\* 本表摘錄彙整自中國國家標準CNS 9272〔預力混凝土用鋼筋〕，82年5月19日之第一次修訂版。

