

產業自動化—營建業自動化計畫成果報告
計畫編號：02-81-010

執行期間：八十年十月一日至八十一年六月卅日

混凝土工程施工規範之解說編訂
(第六章至第十章)

計畫主持人：沈進發

共同主持人：邱昌平 林榮三 高健章
 陳式毅 賈駿祥 賴景波
(按姓氏筆劃)

主辦單位：內政部建築研究所籌備處

執行單位：中國土木水利工程學會

中 華 民 國 八 十 一 年 六 月

混凝土工程施工規範解說 (第一章至第五章)

研 究 報 告

委託單位：內政部營建署

研究單位：中國土木水利工程學會混凝土工程委員會
混凝土施工品質研究組

計畫主持人：沈進發

共同主持人：邱昌平 林榮三 高健章

陳式毅 賈駿祥 賴景波

(按筆劃)

中 華 民 國 八 十 一 年 六 月

目 錄

第一章 總則

1.1 通則	1
1.2 施工載重	2
1.3 設計與施工之配合	2
1.4 定義	3
1.5 專利工法	3
1.6 單位	4
1.7 中國國家標準(CNS)	4
1.8 其他參考標準及文獻	7

第二章 混凝土材料

2.1 通則	9
2.2 水泥	9
2.3 摻料	10
2.4 水	11
2.5 粒料	11
2.6 材料之特別管制	12
2.7 材料之儲存	14

第三章 混凝土配比

3.1 通則	15
3.2 強度	15

3.3	耐久性	16
3.4	坍度	19
3.5	粗粒料之標稱最大粒徑	20
3.6	摻料	21
3.7	混凝土配比之一般要求	22
3.8	混凝土要求平均抗壓強度之決定	22
3.9	混凝土強度標準差之計算	24
3.10	配比之選定	26
3.11	要求平均強度之降低	29
3.12	輕質混凝土	29
3.13	乾包裝混合料	29
3.14	版用混凝土	30

第四章 模板

4.1	通則	35
4.2	模板材料	36
4.3	模板設計	37
4.4	模板組立	38
4.5	模板面之處理	44
4.6	模板檢驗	44
4.7	拆模	45
4.8	再撐	47
4.9	拆模時之混凝土強度	48

第五章 鋼筋

5.1 通則	49
5.2 鋼筋、鋼線與續接器	49
5.3 鋼筋鋼線之支點	51
5.4 鋼筋續接	51
5.5 加工	53
5.6 鋼筋加工與排置之允許公差	54
5.7 鋼筋之排置	58

第六章 接縫與埋設物

6.1 施工縫	63
6.2 伸縮縫	66
6.3 止水物	67
6.4 其他埋設物	68
6.5 埋設物之安置	68

第七章 混凝土之產製

7.1 通則	71
7.2 計量	73
7.3 現場拌合	74
7.4 摻料之使用	78
7.5 天候狀況	79

第八章 混凝土輸送

8.1 通則	83
8.2 混凝土輸送機具	85
8.3 再拌合	91

第九章 混凝土澆置

9.1 通則	
9.2 澆置前之準備	95
9.3 澆置	96
9.4 搗實	98
9.5 防護	100
9.6 接縫之處理	100
9.7 水中混凝土澆置	101

第十章 表面缺陷修補

10.1 通則	
10.2 修補方法	103
10.3 繫條孔之填補	106
10.4 污點、鐵鏽、白華及表面沈積物之去除	106

圖 表 目 錄

圖 5.6.1(a) 鋼筋 D10 ~ D36 之加工公差 (pl)	53
圖 5.6.1(b) 鋼筋 D39 ~ D57 之加工公差	55
圖 R6.3.1 裝設止水物之分離模板	68
表 2.6.1 防止腐蝕之最大氯離子含量	12
表 3.3.1 暴露於嚴重侵蝕之常重混凝土含氣量	16
表 3.3.2 需具水密性之常重及輕質混凝土之水灰比及規定強度 ...	17
表 R3.3.4 混凝土在不同曝露程度之要求	19
表 R3.4.1 混凝土坍度選擇參考值	20
表 R3.8.1 混凝土抗壓強度標準差評估參考值	21
表 3.8.2 要求平均抗壓強度(無適當試驗記錄可資應用時)	21
表 3.9.3 標準差修正因數	26
表 3.10.3 最大容許水灰比	28
表 3.14.2 (a) 版之分類	31
表 3.14.2 (b) 版用混凝土(每立方公尺)最少水泥用量	32
表 4.3.1 模鑄表面之公差	39
表 4.7.1 最少拆模時間 (小時)	46
表 5.6.2 鋼筋排放之允許公差	56
表 5.7.1 鋼筋之最小保護層	57
表 5.7.8(1) 鋼筋彎曲之最小內(直)徑	59
表 5.7.8(2) 鋼筋彎曲之有關規定	60
表 7.2.3 材料計量之許可差	74
表 R7.3.1 混凝土拌和機均勻性要求(摘自CNS 3090表6)	77
表 7.5.1 混凝土運抵工地之溫度限制	79
表 R7.5.2 不同濕度下混凝土之溫度限制	80
表 R9.4.1 內部振動棒之功能特性及應用範圍	99

第一章 總 則

1.1 通則

1.1.1 本規範適用於就地澆置之混凝土工程。

解說：就地澆置之混凝土工程與預鑄混凝土構材，在設計與施工上，均有相當之差異，本規範係適用於就地澆置之混凝土工程。

1.1.2 除工程合約另有規定外，混凝土之施工應按本規範之規定。若本規範與合約有不一致之規定時，應依合約之規定辦理。

解說：本施工規範為混凝土工程之一般性規範，其規定內容為工程之最低要求，各工程有特殊需要時，得按其工程性質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。

1.1.3 本規範未明確規定之疑義事項，應以工程師之解釋為準。

解說：工程師之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 本規範具有整體性，故應全部引用，若僅摘錄引用其中某些章節時，宜注意避免改變原有含義。

解說：本規範中之內容含義具整體性，如僅引用其中之一部份，可能有不同或相悖之解釋，故引用時，應充分瞭解其整體內容後，予以適當引用。

1.2 施工載重

1.2.1 施工中各構材所受之施工載重均不得超過當時混凝土強度所能承擔之安全載重。

解說：施工載重係包括構材本身重量、堆放物料或機具之重量及施工中可能產生之作用力等。按規定，構材可於混凝土較早齡期拆模，拆模時混凝土之強度並未達 $f'c$ ，且施工中構材所承受之載重量可能超過其設計之使用載重。故施工中任何階段對構材所受之施工載重均應加以注意其安全。構材所能承擔之安全載重應依據荷重當時混凝土之強度按理論計算之。

1.2.2 施工中構材所承受之實際施工載重大小、載重分佈情形及支撐方法，應報經工程師核可。

解說：物料或機具等之施工載重應適當安排，必要時應增加補助支撐，使符合第 1.2.1 節之規定。承包商應將實際施工載重之大小、分佈情形及支撐方法報經工程師同意。

1.3 設計與施工之配合

1.3.1 混凝土工程於設計時，應考慮本規範有關工程施工之規定，設計工程師如認為有任何工程部份無法按本規範執行者，應在工程合約內另訂條文規定之。

解說：混凝土工程之設計應充分配合本施工規範，如設計中無法按本規範之規定者，應另訂補充條款規定之，並按第 1.1.2 節之規定辦理。

1.3.2 施工時，若施工者認為有任何工程部份無法按合約執行，應檢送具體事實及處理方法報請工程師核定之，或由工程師指定處理辦法。

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，可檢具事實並研擬處理原則，請工程師核定或指示，例如混凝土拆模之期限與合約中分段完成之期限不一致時，混凝土之養護時間不夠，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，其採用之方法需報請工程師核定或由其指定辦理。

1.3.3 若工程圖說中未明示施工細節而無法遵循施工時，施工者應提出施工方法報請工程師核定之。

解說：如施工細節在工程圖說中未予明訂，施工者應提報施工細節，報請核可後執行。

1.4 定義

本規範所用之用語其定義如下：

- (1) 工程師 — 依據工程合約，依法代表業主(起造人)監督工程施工之工程人員。在建築工程上為監造人(建築師)，在土木工程上通稱監工(工程師或工程司)。
- (2) 合約文件 — 指工程合約本文及其附件(如工程圖說及招標文件等)。
- (3) 工程圖說 — 指工程圖及其說明與工程規範及補充條款等。
- (4) 工程規範 — 係指工程設計及施工之準則。
- (5) 要求 — 指工程師、工程合約或工程規範之要求。
- (6) 請求 — 指承包商向工程師提出建議，請求核可或許可。
- (7) 報核 — 指報請工程師審核。
- (8) 核定、核可 — 指經工程師書面審核許可。
- (9) 許可、同意 — 指經工程師許可或同意承包商報核或請求之事項。
- (10) 指示 — 指工程師按合約之規定對施工之要求，承包商應依照辦理。
- (11) 工程外露部份 — 指工程完成後，公眾可以目視所及之外露部份，但不包括僅有負責施工或工程維護之人員所能看到之部份。
- (12) 輕質混凝土 — 所使用之粒料全部為低密度之輕質粒料，或所使用之粒料部份為輕質粒料、部份為常重粒料之混凝土。一般要求，其氣乾單位重量應低於 $1,800 \text{ kg/m}^3$ 。
- (13) 常重混凝土 — 由正常密度之粒料，如天然砂、卵石、碎石等所構成之混凝土，其單位重量在 $2,000 \text{ kg/m}^3$ 至 $2,600 \text{ kg/m}^3$ 之間。

1.5 專利工法

工程施工採用專利之施工法時，應由承包商取得專利人或代理機構之同意。必要時，並應由專利權人或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。

1.6 單位

本規範所使用之單位為公制，長度採用公尺(m)或公分(cm)；重量採用公斤(kg)或公噸(t)，如工程圖中以其他單位標示者，應按比例換算，但換算之數值仍以本規範規定之數值為準。

1.7 主要參考標準

1.7.1 本施工規範所需參考之標準，包括規格及檢驗方法，以中國國家標準為主，本規範各章所需參考之標準如下各節所示。

1.7.2 本規範第二章所需參考之標準如下：

- CNS 61 卜特蘭水泥
- CNS 2306 白色卜特蘭水泥
- CNS 3654 卜特蘭高爐水泥
- CNS 11270 卜特蘭飛灰水泥
- CNS 3091 混凝土用輸氣附加劑
- CNS 11271 卜特蘭飛灰水泥用飛灰
- CNS 12549 混凝土及水泥壩料用水淬高爐壩渣粉
- CNS 3036 卜特蘭水泥混凝土用飛灰及天然或煅燒卜特蘭摻和物
- CNS 12283 混凝土化學摻料
- CNS 1237 混凝土用水品質試驗法
- CNS 1010 水硬性水泥壩料抗壓強度檢驗法
- CNS 1240 混凝土粒料
- CNS 3691 結構用混凝土之輕質粒料
- CNS 11824 混凝土用高爐壩渣粗粒料
- CNS 11890 混凝土用高爐壩渣細粒料

1.7.3 本規範第三章所需參考之標準如下：

- CNS 1230 混凝土試體在實驗室模製及養護法
- 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 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 11151 混凝土單位重、拌合體積及含氣量(比重)試驗法
- CNS 1176 卜特蘭水泥混凝土坍度試驗法
- CNS 1240 混凝土粒料
- ACI 211.1 混凝土配比選擇準則
- ASTM C567 結構輕質混凝土單位重之試驗法
- ASTM C387 水泥砂漿或混凝土之袋裝乾混合料規範
- CNS 10896 混凝土單位重、每次拌合產量、含氣量試驗法

1.7.4 本規範第四章所需參考之標準如下：

- 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

1.7.5 本規範第五章所需參考之標準如下：

- CNS 560 鋼筋混凝土用鋼筋
- CNS 3300 鋼筋混凝土用再軋鋼筋
- ASTM A767 混凝土用鍍鋅鋼筋
- ASTM A775 樹脂塗布鋼筋
- ASTM A184 混凝土用竹節鋼筋網
- ASTM A185 混凝土用銲接光面鋼線網
- ASTM A497 混凝土用銲接麻面鋼線網
- ASTM A82 混凝土用冷拉光面鋼線
- ASTM A496 混凝土用冷拉麻面鋼線
- CRSI 鋼筋標準實用手冊(美國混凝土鋼筋學會)
- AWS D1.4 鋼筋銲接規範

1.7.6 本規範第六章所需參考之標準如下：

- ASTM D994 混凝土伸縮縫預製填縫料規範—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孔橡膠及軟木填縫料規範

1.7.7 本規範第七章所需參考之標準如下：

- CNS 3090 預拌混凝土
- ASTM C685 以體積配料且連續性之混凝土產製
- 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

1.7.8 本規範第八章所需參考之標準如下：

- CNS 3090 預拌混凝土

1.7.9 本規範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 309 混凝土搗實實務

- 1.7.10 本規範第十章所需參考之標準如下：
ASTM C881 混凝土構件用環氧樹脂粘結系統
- 1.7.11 本規範第十一章所需參考之標準如下：
CNS 387 建築用砂
- 1.7.12 本規範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
- 1.7.13 本規範第十三章所需參考之標準如下：
CNS 61 卜特蘭水泥
- 1.7.14 本規範第十四章所需參考之標準如下：
ASTM A421 預力混凝土用不加塗料並解除應力之 7 股鋼絞索
ASTM A416 預力混凝土用不加塗料並解除應力之鋼線
ASTM A722 預力混凝土用不加塗料高強度鋼棒
ASTM A322 熱軋合金鋼棒
ASTM A29 熱軋與冷拉碳合金鋼棒之一般要求
CNS 3036 卜特蘭水泥混凝土用飛灰及天然或煅燒卜作嵐攪和物
CNS 3001 圬工砂漿用骨材
CNS 1010 水硬性水泥壩料抗壓強度檢驗法(用 50 公釐立方體試樣)
- 1.7.15 本規範第十五章所需參考之標準如下：
DIN 1048 混凝土與鋼筋混凝土構造物施工之混凝土試驗規定
DIN 4030 在對混凝土有害之水分及土壤內之混凝土施工準則
CNS 61 卜特蘭水泥
CNS 3036 卜特蘭水泥混凝土用飛灰及天然或煅燒卜作嵐攪和物
CNS 1240 混凝土粒料
CNS 3691 結構用混凝土之輕質粒料
CNS 3091 混凝土用輸氣附加劑
CNS 12283 混凝土用化學摻料
CNS 12549 細磨爐石
ASTM C567 結構輕質混凝土單位重試驗法
CNS 1238 混凝土鑽心試體與切鋸試體抗壓及抗彎強度試驗法

1.7.16 本規範第十六章所需參考之標準如下：

- CNS 2311 品質管制指南
- CNS 23121 分析數據用的管制圖法
- CNS 10301 個別值與移動全距管制圖

1.7.17 本規範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 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、拌和體積及含氣量(比重)試驗法

1.7.18 本規範第十八章所需參考之標準如下：

- 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

1.8 其他參考標準及文獻

下列為本規範所參考之標準及文獻：

1.8.1 美國混凝土學會 (ACI)：

- (1) ACI S.P. 15-88 工地使用手冊
- (2) ACI 116R-85 水泥及混凝土術語
- (3) ACI 309-72 混凝土壓實之標準實務
- (4)-ACI 315-80 混凝土配筋準則
- (5) ACI 318-89 鋼筋混凝土建築規範

1.8.2 美國銲接協會 (AWS)：結構銲接規範—鋼筋

1.8.3 混凝土廠拌生產商管理局：混凝土廠拌合設備標準

1.8.4 美國預拌混凝土協會(NRMAC)：預拌混凝土生產設備認證查核表

- 1.8.5 美國運輸官員協會 (AASHTO) : AASHTO T260 混凝土含氯離子總量之試樣及檢驗標準方法
- 1.8.6 混凝土鋼筋學會 (CRSI) : 標準實用手冊
- 1.8.7 美國材料試驗協會 (ASTM) : 材料試驗標準
- 1.8.8 德國國家標準 (DIN)
- 1.8.9 日本工業規格 (JIS)

第二章 混凝土材料

2.1 通則

混凝土材料包括水泥、粗細粒料、拌合用水及符合規定之摻料。

解說：本章所稱混凝土材料係指組成混凝土本體之材料，至於混凝土施工所用之其他材料，如養護劑、脫模劑及模板材料等，本規範另有規定。

2.2 水泥

2.2.1 水泥須符合下列規範之規定：

- (1) CNS 61 卜特蘭水泥
- (2) CNS 2306 白色卜特蘭水泥
- (3) CNS 3654 卜特蘭高爐水泥
- (4) CNS 11270 卜特蘭飛灰水泥

2.2.2 除另有規定者外，混凝土使用之水泥應為卜特蘭水泥之第Ⅰ型。

解說：鋼筋混凝土設計規範訂定所根據之參考資料，絕大部份試驗試體是用卜特蘭水泥之第Ⅰ型，因此除非有可靠資料可依循，尤其耐震結構體，應以卜特蘭水泥之第Ⅰ型為指定水泥。

2.2.3 工程上混凝土使用之水泥應與所選用配比設計之水泥相當。

解說：所謂水泥相當乃是指該水泥可以是(1) 只指同型不同牌之水泥，或是(2) 專指同型與同牌之水泥。應依下述情況而定：若界定混凝土要求強度值所用之標準差是從某一特定廠牌與類型水泥之強度試驗結果得到的，則(2) 情況適用；若標準差是得自所有不同品牌之同型水泥之強度試驗統計記錄，則(1) 情況適用。工程材料之品質要求，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，同一結構體內應使用同型同牌之水泥為宜。若水泥之廠牌與類型在合約中有特別指定者，應按其指定。

2.3 摻料

2.3.1 各項混凝土摻料之使用，應以能達混凝土性能要求且對其他混凝土性質無妨害為原則，並應經工程師許可。

解說：加入混凝土之摻料，應以符合CNS規範之混凝土用摻料為限。CNS未有規範之新摻料，則應按內政部建築技術規則(總則篇第四條)之規定申請認可。其使用仍應經工程師許可。

2.3.2 摻料經指定或許可使用時，須符合下列規範之規定。

- (1) CNS 3091 混凝土用輸氣附加劑。
- (2) CNS 11271 卜特蘭飛灰水泥用飛灰。
- (3) CNS 12549 混凝土及水泥壩料用水淬高爐爐渣粉。
- (4) CNS 3036 卜特蘭水泥混凝土用飛灰及天然或煅燒卜作嵐攪和物。
- (5) CNS 12283 混凝土化學摻料。

解說：符合 CNS 12549 之細磨水淬高爐爐渣粉，可比照飛灰用為水泥之摻料，通常可摻用於符合 CNS 61 之卜特蘭水泥，但很少與 CNS 3654 及 CNS 11270 規定之混合水泥合用，因為混合水泥中已含有卜作嵐成分。巨積混凝土可考慮細磨水淬高爐爐渣粉與混合水泥合用，因其可容許緩慢的強度成長以及需要低水和熱。

2.3.3 各種摻料於使用前應有可靠資料以作為配比設計之依據。必要時應進行試驗，測試其性能。

解說：摻料之性能與使用時之溫度相關，因此應注意使用季節之氣溫，做相同溫度下之性能試驗。

2.3.4 施工所使用之摻料應與選用配比設計時所使用之摻料相同。

解說：所謂摻料相同係指同廠牌之同類號摻料。大部份摻料屬化學藥劑，若成分略有不同其效用亦迥異，且有不同之副作用，故應嚴格規定之。

2.3.5 除本規範之規定外，使用摻料時，應依照產品說明書之規定。

2.4 水

2.4.1 混凝土拌合用水須為潔淨，且不得含有各種油脂、酸、鹼、鹽類、有機物或其他有害於混凝土或鋼筋之物質，達有害程度。

解說：一般城市之自來水或其他地區可供飲用之天然水，可視為符合本規定。

2.4.2 混凝土拌合用水質之檢驗應按 CNS 1237（混凝土用水品質試驗法）之規定。

2.4.3 混凝土拌合用水之品質如有疑問時，應加檢驗，符合下列條件者亦可使用：

- (1) 按 CNS 1010（水硬性水泥摻料抗壓強度檢驗法）之規定進行強度試驗，其試體之 7 天及 28 天抗壓強度至少需達使用符合第 2.4.1 節規定之水所做同種試驗強度之 90%。強度試驗之比較除拌合水不同外，其他條件應完全相同。
- (2) 按 CNS 786（水硬性水泥凝結時間檢驗法）之規定進行凝結時間試驗，其凝結時間與控制（使用符合第 2.4.1 節規定之水）試樣凝結時間之差異不早於 1 小時及晚於 1.5 小時。

解說：海水中含有鹽份及硫酸鹽對混凝土及其內之鋼筋具有腐蝕性，不可當做混凝土拌合水。即使不用鋼筋之混凝土亦應考慮混凝土之耐久性。

2.5 粒料

2.5.1 各混凝土之粒料須符合下列規範之規定：

- (1) CNS 1240 混凝土粒料。
- (2) CNS 3691 結構用混凝土之輕質粒料。
- (3) CNS 11824 混凝土用高爐爐渣粗粒料。
- (4) CNS 11890 混凝土用高爐爐渣細粒料。

2.5.2 粒料未能符合第 2.5.1 節之規定者，若經試驗或長期使用證明其所拌合之混凝土之性能均能符合合約之規定者，則該粒料經工程師認可後亦可使用。

解說：如眾所知，符合CNS 規範之粒料並非經常便宜可得，且有些案例中不符合規格之粒料仍能具有稱職之表現。不盡符合 CNS 規定之粒料，但經試驗證明或長期使用證實其混凝土之強度及耐久性均能符合合約之規定者，可經由特案中請加以認可使用。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粒料。

2.5.3 粗細粒料應視為不同成分材料，各尺寸粗粒料以及二種或二種以上混合粗粒料，均需符合粒料之級配規定。

2.6 材料之特別管制

2.6.1 為防止材料腐蝕，齡期在28天至42天之硬化混凝土之成分，包括水、粒料、膠結材料及摻料，其氯離子之含量應低於表 2.6.1 所規定之最大含量。

表 2.6.1 防止腐蝕之最大氯離子含量

構 材 種 類	最大水溶性氯離子對水泥重量之百分率 (%)
預力混凝土	0.06
鋼筋混凝土暴露於含氯之環境	0.15
鋼筋混凝土經常保持乾燥或防止受潮	1.00
鋼筋混凝土其他狀況	0.30

- 解說：(1) 氯對鋼筋腐蝕效應之資料是源自美國 ACI 201委員會之報告「耐久性混凝土指南」以及 ACI 222委員會之報告「混凝土中金屬之腐蝕」。試驗步驟必須符合美國 AASHTO T260試驗方法。初步含氯評估可從混凝土組成材料之個別試驗值累計獲得。依混凝土配合比例各別材料之含氯量加權換算之混凝土含氯離子總量若超過表 2.6.1之允許限量，則需如指南所述，試驗硬化混凝土試樣之水溶性氯離子含量。材料中之氯，有部份是不溶於水，有部份在水化過程中與水泥發生作用而成不溶性。
- (2) 用以試驗可溶性氯離子含量之混凝土，試驗時之齡期應為28天至42天。表2.6.1 之允許限量是指混凝土組成材料內之氯離子含量，而非混凝土因外界環境引入者。
- (3) 表2.6.1 之氯離子允許限量與ACI 201 與ACI 222 所提之值不同。於乾燥狀態下使用之鋼筋混凝土，其總含氯控制量為 1%。表2.6.1 暴露於含氯環境者之限量為0.15%，潮濕狀況者為0.3%，ACI 201之對應值分別為 0.1與 0.15%。ACI 222 則以水泥重量之0.08%與 0.2%分別為預力與一般鋼筋混凝土之含氯限量，係基於酸溶氯之試驗量，而非水溶氯之試驗量。
- (4) 當使用塗布環氧樹脂或鍍鋅鋼筋時，表2.6.1 之限量就有可能過嚴。
- (5) 暴露於含氯環境之混凝土，表 5.7.1要求之保護層可能須增大或使用塗布環氧樹脂之鋼筋。設計者應對車輛可能帶進鹽份之停車建築或位臨海洋之結構物之情況，詳加衡量。
- (6) 除不純成分外，刻意摻氯之混凝土摻料不得用於預力混凝土或埋有鋁件之混凝土。

2.6.2 混凝土中含有鋁質或鍍鋅金屬埋設物或接觸永久性金屬模板，除非能提供為工程師認可之保護措施，否則應比照第 2.6.1節之預力混凝土之規定。

解說：含有氯離子會導致鋁質埋設物腐蝕(如管類)。尤其當鋁質與鐵質埋設物接觸且處於潮濕環境中，或所處位置因混凝土厚度、塗漆或不透水層覆蓋等妨礙其乾燥者。

2.7 材料之儲存

2.7.1 任何材料應妥為儲存，若有受損壞、污染或變質者均不得使用。

2.7.2 水泥須用氣密容器儲存，若為袋裝時並應儲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30cm，以防受潮或污染。

2.7.3 袋裝水泥儲存堆置之高度應在10袋以下，以免重壓硬化。

2.7.4 取用儲存中之水泥，若發現有結硬塊現象時，應加判斷：若係水泥已有水化現象，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，經工程師許可者，仍可打散使用。

2.7.5 混合粒料堆積儲存時應防止其過度析離，並避免不同尺寸粒料或與其他物料摻混。使用前須在拌合廠粒料進料處取樣試驗，以測定其級配與清潔度是否符合規定。

解說：混合粒料堆放當中，較大顆粒容易滾至料堆坡腳而產生分離。因此粒料應盡可能依不同尺寸分別存放。

2.7.6 粒料之堆放場應排水良好，以使上下層含水量均勻。

2.7.7 乾燥之輕質粒料須均勻預潮。為防止含水量相差懸殊，預潮之粒料使用前至少須堆放12小時，但工程師認為不需預潮者不在此限。

2.7.8 拌料之儲存須防止污染、蒸發、損壞或對性質有不良影響之溫度變化。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。

第三章 混凝土配比

3.1 通則

混凝土須具規定之品質，澆置時不得有分離現象，硬化後其各項性能須符合本規範及合約之要求。

解說：混凝土之各項材料用量應有適當比例，才能確保混凝土具各項規定之品質要求。混凝土硬化前後應分別具有其適當之性質；新拌混凝土應具適當工作性，使能易於拌合、運送、澆置和搗實等，而不發生材料分離現象；硬化後混凝土應具預期之耐久性、強度、體積穩定性、水密性與外觀等。

為選擇混凝土之適當材料及配比需辦理混凝土配比設計，配比設計需考慮經濟性、工作性、耐久性和強度，設計時先確定下列全部或部份要求條件[1]：

1. 容許最大水灰比。
2. 容許最少水泥用量。
3. 坍度。
4. 規定強度。
5. 粗粒料之標稱最大粒徑。
6. 含氣量。
7. 其他：如要求平均強度(f'_{cr})超過規定強度(f'_c)之值及摻料、特種水泥或粒料等之使用限制。

3.2 強度

混凝土之規定抗壓強度 f'_c (以下簡稱規定強度)，除合約另有規定外，係指按 CNS 1230(混凝土試體在實驗室模製及養護法)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)之規定進行抗壓強度試驗，所得混凝土圓柱試體齡期28天之抗壓強度。

解說：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，例如添加卜作嵐材料之混凝土常指定90天為試驗齡期。按CNS 1230 或 1231製作之圓柱試體脫模後至試驗前，須於 $23 \pm 1.7^\circ\text{C}$ 之潮濕狀況下養護，試體自濕養室取出後，應立即進行抗壓試驗。

3.3 耐久性

混凝土配比之選擇除須符合強度之要求外，尚須符合下列耐久性之規定。

解說：混凝土耐久性為混凝土抵抗氣候作用、化學侵蝕及磨損之能力^[2]。混凝土耐久性近年來已顯現不少問題倍受重視，台灣除高山地區有冰凍之問題外，一般結構物可不必考慮混凝土抗凍融之耐久性。有很多工程位於嚴重污染環境或濱海地區，或採用河川下游不良河砂甚至海砂所建造之結構物，常導致混凝土異常劣化及鋼筋腐蝕等不良影響。對此種情況之混凝土，其耐久性應嚴加考慮。

- 3.3.1 暴露於凍融、激烈風化與解冰化學藥品等嚴重侵蝕之常重混凝土，其水灰比不得大於 0.53(重量比) 並須予輸氣，其含氣量應符合表 3.3.1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)] 或 CNS 11151 [混凝土單位重、拌合體積及含氣量(比重)試驗法] 之規定。

表3.3.1 暴露於嚴重侵蝕之常重混凝土含氣量

粗粒料之標稱 最大粒徑 (mm)*	總含氣量 (體積百分比)
9.5	6 - 10
12.5	5 - 9
19.0	4 - 8
25.0	3.5 - 6.5
37.5	3 - 6
50.0	2.5 - 5.5
75.0	1.5 - 4.5

* 各標稱粒徑之最大粒徑容許值，參閱 CNS 1240之規定。

解說：混凝土可採下列策略以減少凍融、激烈風化與解冰化學藥品等之侵蝕^[2]：

1. 適當設計使結構物減少接觸水分，
2. 降低水灰比，
3. 適當輸氣，
4. 採用適當材料，
5. 妥善養護，
6. 小心施工。

混凝土溫度降至冰點以下時，由於水分結冰膨脹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，若輸氣過少效果不佳，輸氣過多則會降低混凝土強度，故輸氣量須予適當控制。適當輸氣量與混凝土中之水泥糊體體積有關，最大粒徑小之混凝土，其水泥糊體所佔體積大，輸氣量亦須大。如何在表3.3.1 含氣量範圍中之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^[2]。

混凝土降低水灰比可增加強度以抵抗凍結之部分張應力，結構斷面薄者尤須降低水灰比，混凝土有凍融之處時，應同時控制水灰比和輸氣量^[2,3]。

3.3.2 暴露於嚴重侵蝕之輕質混凝土，其粒料之標稱最大粒徑大於 9.5 mm 者，其總含氣量應為 $6 \pm 2\%$ ；粒料標稱最大粒徑等於或小於 9.5mm 者，其總含氣量應為 $7 \pm 2\%$ 。含氣量之測定應依照 CNS 9662之規定。其混凝土之抗壓強度不得小於 210kg/cm^2 。

解說：同3.3.1節。

3.3.3 常重及輕質混凝土之部份結構需具水密性，其水灰比及規定強度應分別符合表3.3.2之標求。

表3.3.2 需具水密性之常重及輕質混凝土之水灰比及規定強度

暴露情況	常重混凝土 最大水灰比	輕質混凝土最小 規定強度(kg/cm^2)
暴露於清水中	0.50	265
暴露於海水中	0.45	280

解說：混凝土基本上均具透水性，此處所謂水密性係指較低之透水係數而言，透水性低者可減少水分及其它有害物質之滲入，而提高混凝土之耐久性。透水性與水灰比有密切關連，水灰比小者水泥糊體中之孔隙亦小，故透水性低[3]。

輕質混凝土由於輕質粒料吸水率變化極大，甚難估計有多少拌合水為粒料吸收，即其水灰比與輕質混凝土強度之關係不明顯[7]，故輕質混凝土不以水灰比設定要求，以下相關各條亦同。

- 3.3.4 須暴露於含硫或其他侵蝕性溶液之混凝土，應使用第二種或第五種卜特蘭水泥，或使用第一種卜特蘭水泥摻用經工程師認可之摻料。此項常重混凝土之水灰比不得大於0.44；輕質混凝土之抗壓強度不得小於 280kg/cm²。

解說：部份土壤、爐渣、地下水、蓄水或污水中常含有硫成分，其會附著於混凝土表面，因為水分之逐漸蒸發導致濃度漸昇，而侵蝕混凝土。硫滲入混凝土後會與混凝土之游離氫氧化鈣(熟石灰)起化學作用，形成硫酸鈣(石膏)，而增加固體體積以致混凝土龜裂，混凝土龜裂之後，會使混凝土中之埋設物(如鋼筋)逐漸鏽蝕，其體積亦會增大，以致龜裂更趨擴大惡化。

採用密緻與低水灰比之混凝土或抗硫水泥，可增加混凝土之抗硫能力，輸氣亦甚有用，因為可以降低水灰比。水泥之鋁酸三鈣(C₃A)含量與混凝土之抗硫性有高度相關，第二種卜特蘭水泥(C₃A含量低於8%)用於需要抵抗中度硫酸鹽侵害，第五種卜特蘭水泥(C₃A含量低於5%)用於需要抵抗高度硫酸鹽侵害。

已有研究報告指出，混凝土中添加卜作嵐(水泥量之15-25%)，卜作嵐會與游離石灰先起作用，以減少石膏之形成^[2]。根據ACI 201.2R^[2]之建議，不同曝露程度混凝土應符合表R3.3.4之要求。

混凝土抗酸性極為薄弱，縱使很弱之酸性也會對混凝土造成傷害。一些燃料油燃燒後會產生含硫氣體，溶於水後而形成硫酸；有些礦區和工業排水常帶酸性；農場之稻草堆及農產品加工廠排水則常具有機酸，以上酸性成分均不利於混凝土。採用密緻與低水灰比之混凝土可望防制中等之酸性，目前尚無可長期抗高濃度酸之波特蘭混凝土。若為無可避免時，可參照 ACI 515 委員會[5]之建議在表面作塗敷。

表 R3.3.4 混凝土在不同曝露程度之要求

曝露程度	土壤中之硫酸根 (SO ₄ ,%)	水中之硫酸根 (SO ₄ ,ppm)	水泥種類	常重混凝土 水灰比*	輕質混凝土 規定強度 (kg/cm ²)
輕度	0.00-0.10	0-150	I	—	
中等 =	0.10-0.20	150-1500	II I P(MS) I S(MS)	0.50	265
嚴重	0.20-2.00	1500-10,000	V	0.45	300
極嚴重	>2.00	>10,000	V 加卜 作嵐 +	0.45	300

* 為防混凝土埋設物之腐蝕，可能需要更低之水灰比。

= 海水亦歸為此類。

+ 所用之卜作嵐應經試驗證明於第 V 型水泥混凝土中可增進抗硫酸鹽。

資料來源:[2]

3.4 坍度

3.4.1 混凝土之坍度應採用適合施工之較低坍度，除經許可或合約另有規定外，以振動法搗實之非泵送混凝土，其坍度不得大於10cm；以其他方法搗實之混凝土，其坍度不得大於13cm。以泵送機泵送混凝土在進泵送機前之坍度不得超過18cm，但經工程師同意，可按第 8.2.3節之規定適當放大之。

解說：混凝土之坍度係用於代表混凝土之工作性，工作性為反應充分搗實混凝土而不發生材料分離之所需機械工作能量。在施工條件允許時，混凝土之坍度應盡量降低，在相同水泥用量條件下，坍度越低，拌和水之使用量也越少，則水灰比低，也就可以獲得較高之強度，且有利於混凝土之耐久性。

國內目前由於普遍採用混凝土泵送機，經常喜好採用較高坍度之混凝土，工地澆置時由於工人為求省力，經常擅自添加水分以提高坍度，對混凝土品質影響甚大，工程師應全力防範。為使要求理想不與事實條件脫節，工程師應慎選混凝土坍度，選擇之考慮條件包括：結構體斷面、鋼筋等埋設物配置狀況、施工機械能量、運輸方法和澆置搗實條件等。非泵送混凝土可參考表 R 3.4.1 資料選擇混凝土之坍度：

表 R 3.4.1 混凝土坍度選擇參考值

結構物種類	混凝土之坍度(cm)
鋼筋混凝土基腳、牆基	2.5 - 7.5
無鋼筋混凝土基腳、沉箱、地下牆	2.5 - 7.5
鋼筋混凝土梁及牆	2.5 - 10.0
建築物柱	2.5 - 10.0
鋪面及版	2.5 - 7.5
巨積結構	2.5 - 5.0

註：以其他方法搗實時，坍度得增加3.0cm。資料來源：[1]

影響混凝土坍度之因素包括：拌和水量、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）、粒料性質、拌和至澆置所經歷時間、混凝土溫度、水泥性質和摻料性質等，工程師應充分瞭解與考量。

3.4.2 任何連續五次拌合混凝土之坍度試驗中，可容許有一次拌合混凝土之坍度超過規定值最大達 2.5cm。坍度測定應按 CNS 1176(卜特蘭水泥混凝土坍度試驗法)之規定。

解說：施工時由於條件改變和不可避免之試驗誤差存在，每次測得之坍度會有所不同，本規範允許有20%之坍度超過規定值最大達 2.5cm，配以設計可用統計方法預估所需坍度。至於施工時坍度之標準差一般值約為1.3 至 1.8cm供作參考[4]。

3.5 粗粒料之標稱最大粒徑

粗粒料之標稱最大粒徑應不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。

但若經工程師判斷，新拌混凝土適於澆注及搗實而不發生蜂窠及空隙現象時可以不受上述限制。各種標稱最大粒徑之過大徑容許值，參閱 CNS 1240 (混凝土粒料)之規定。

解說：粗粒料之標稱最大粒徑係指粒料大於95%通過(且大一號篩須100%通過)之最小試驗篩標稱孔寬，粒徑過大時可能導致混凝土無法充分填滿模版內部角落或包裹埋設物四周；但粒徑減小時會增加粒料之總表面積，因而需增加水泥糊體量，亦即要提高水泥用量而提高成本，並增加體積不穩定性(乾縮、龜裂及潛變量)，應適當選擇粒徑以平衡利弊。但國內碎石場通常僅供應標稱最大粒徑為 2.5 到 1.9 cm之粒料，其他粒徑之粒料常需特別訂購。

如使用泵送機泵送之混凝土尚應按第 8.2.3節之規定，其粒料之標稱最大粒徑應小於輸送管內徑之 $1/4$ 。

3.6 摻料之使用

混凝土使用摻料時，除應按第 2.3節之規定外，並按下列規定：

- 3.6.1 使用摻料時應有可信之試驗報告或原製造廠之使用說明書，以證明該摻料之性能。
- 3.6.2 為增進混凝土某項性質所用之摻料，若對混凝土其他性質有不良影響時，不得使用。
- 3.6.3 摻料對混凝土配比性質之任何影響應於配比設計中加以考慮，並作適當調整。
- 3.6.4 摻料之配比用量不得超過其限量，並應考慮實際施工上使用之適當性。
- 3.6.5 液態摻料所含之水分應視為拌合水之一部分，於配比中加以調整。

解說：摻料已普遍被採用，惟其廠牌型式眾多，成分尚無公認之規定，現有 CNS 12283(混凝土化學摻料)僅就其類別效能加以規定。摻料之用量及用法亦有所限制，配比設計前應對所用摻料，詳細閱讀其原製造廠之使用說明書，並作必要之配合，必要時應與供應商洽商。可信之試驗報告係指學術研究或公正機構之試驗報告，原製造廠之使用說明書之可信度應有試驗報告或優良之使用記錄佐證。若無上項之試驗報告應要求廠商委託學術研究或公正機構進行試驗加以評定。

3.7 混凝土配比之一般要求

混凝土之各種材料配比須經工程師認可，使混凝土之工作性、耐久性、及強度等性質符合下列規定：

- 3.7.1 混凝土須具適當之工作性，使混凝土易於澆注施工。
- 3.7.2 耐久性應符合第 3.3 節之要求。
- 3.7.3 強度應符合第 18.2 節之要求。
- 3.7.4 版用混凝土須符合第 3.14 節之要求。

解說：混凝土之工作性、耐久性和強度相互間均有關聯，本節規定配比必須同時符合此三項要求。傳統上，工程師常以強度作為混凝土配比之主要要求，但近年來發現混凝土之耐久性已成為設計之關鍵，其要求之水灰比常低於強度所需要者，故有耐久性顧慮者應將耐久性比強度要求優先考量。

3.8 混凝土要求平均抗壓強度之決定

- 3.8.1 據以選定混凝土配比之要求平均抗壓強度 f'_{cr} 應採用式 (3-1) 及式 (3-2) 之較大值者。

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

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

式中 f'_c = 混凝土規定抗壓強度 (kg/cm^2)

f'_{cr} = 混凝土要求平均抗壓強度 (kg/cm^2)

s = 標準差 (kg/cm^2)。參閱第 3.9 節。

式 (3-1) 及式 (3-2) 中之 s 可用式 (3-4) 求得之 $\bar{s}$ 取代。 $\bar{s}$ 為兩群試驗記錄分別求得標準差之統計平均。

解說：式 (3-1) 及 (3-2) 係配合第 18.2.1 節之 (1) 及 (2) 兩條件而設，為避免發生不符合該兩條件情形，混凝土之平均抗壓強度 f'_{cr} 應比規定之下限值提高相當程度，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，其發生偏低之機率為 1%，則要求平均抗壓強度 f'_{cr} 應比規定值提高 2.33 倍之標準差。根據統計原理，估計平均數之標準差應為個別值標準差除以 $\sqrt{n}$ ， n 為計算平均之樣本數 (Sample size)，第 18.2.1 之 (1) 中 n 為 3，因該式為任何連續三次試驗結果之平均，而 $\sqrt{3} = 1.732$ 。為符合第 18.2.1 節 (1) 之要求， f'_{cr} 如下：

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

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

同法可求得為符合第18.2.1節之(2)要求之 f'_{cr} 如下：

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

$$\text{即} \quad f'_{cr} \geq f'_c + 2.33s - 35 \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad (3-2)$$

標準差依工程管制水準而有不同，表 R3.8.1 為ACI 所建議評估一般施工水準之參考值。

表 R3.8.1 混凝土抗壓強度標準差評估參考值

管制水準	標準差 (kg/cm ²)
最佳(Excellent)	28.1 以下
很好(Very Good)	28.1 - 35.2
可以(Good)	35.2 - 42.2
尚可(Fair)	42.2 - 49.2
不良(Poor)	49.2 以上

資料來源：[6]

3.8.2 若無適當之試驗記錄可資應用計算標準差時，則要求平均抗壓強度須如表 3.8.2之規定。

表 3.8.2 要求平均抗壓強度(無適當試驗記錄可資應用時)

規定強度 f'_c (kg/cm ²)	要求平均強度 f'_{cr} (kg/cm ²)
210 以下	$f'_c + 70$
210 ~ 350	$f'_c + 85$
350 以上	$f'_c + 100$

解說：若無適當之試驗記錄可資應用計算標準差時，須採取較保守態度，而以表3.8.2 要求平均強度作配比設計，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3.11節之規定，依實際值適當降低。

3.9 混凝土強度標準差之計算

爲使強度符合第18.2.1節所規定之強度，混凝土配比之要求平均抗壓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記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。

3.9.1 若混凝土生產單位以往12個月內，至少有30組之連續強度試驗或二群連續試驗之總數至少有30組之記錄，則可據以計算標準差。而據以計算標準差之試驗記錄應符合下列規定：

- (1) 該記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) 該記錄所代表混凝土之規定強度與本工程混凝土之規定強度，相差須在70kg/cm²以內。
- (3) 除第3.9.3節之規定外，應包含至少30組連續試驗或二群連續試驗之總數至少有30組之記錄。

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3.9.3節)。計算標準差之記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 kg/cm²以內，約相當於正常管制水準之二個標準差。

3.9.2 標準差之計算可用下式：

$$s = [\sum (X_i - \bar{X})^2 \div (N-1)]^{1/2} \quad (3-3)$$

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組之記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，其計算式如下：

$$\bar{s} = \{[(N_1-1)(s_1)^2 + (N_2-1)(s_2)^2] \div (N_1+N_2-2)\}^{1/2} \quad (3-4)$$

式中

$\bar{s}$ = 兩群試驗記錄分別求得標準差，再作統計平均之標準差

s_1, s_2 = 兩群試驗記錄分別按 (3-3)式求得之標準差，該兩群試驗記錄合計須30組或以上

N_1, N_2 = 兩群試驗記錄之個別試驗組數

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，以此計算所得之樣本變異數 s^2 (Variance)可不偏估計母體之變異數。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) 所求得者為統計平均。

3.9.3 若混凝土生產單位，無足夠的試驗記錄，以符合第3.9.1節(3)之要求，但有15~29組連續試驗記錄符合下列規定者，亦可用該等試驗記錄來計算標準差，但其計算值須先乘以長 3.9.3所示之修正因數。

(1) 這些試驗記錄除了符合本節規定外，並應符合第 3.9.1節中之(1)與(2)及連續試驗之規定。

(2) 該15~29組記錄必須涵蓋供應期間為60天以上之同級混凝土。

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供估計母體標準差，該修正因數為一統計係數。

表 3.9.3 標準差修正因數
(試驗記錄應為15組以上)

試驗組數※	標準差修正因數 +
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3.8節規定之要求平均抗壓強度。

3.9.4 若混凝土生產單位無法提供符合第 3.9.1或 3.9.3節要求之試驗記錄以計算標準差時，則應按第 3.8.2節規定辦理。

解說：若無適當之試驗記錄可資應用計算標準差時，需採取較保守態度，而以表3.8.2 要求平均強度作配比設計，該表要求值比一般要求值偏高。混凝土生產單位平時應蒐集相關資料，並加以統計分析，隨時可應工程之需要。

3.10 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。

解說：本條包括三種方法可以據以決定配比，其採用時機為：

- 第一法 由試拌以決定配比：當無可資接受之工地試驗記錄時，則混凝土配比須由試拌決定之。
- 第二法 由工地經驗以決定配比：如有與本工程性質及材料相同之其他工地已按第一法獲得配比且能達要求平均抗壓強度 f'_{cr} ，則本工程可引用其經驗。
- 第三法 按經驗訂定最大容許水灰比以決定配比：當無可接受之工地試驗記錄或試拌資料時，經工程師許可者得採用水灰比決定配比。

3.10.1 第一法 由試拌以決定配比

當無可資接受之工地試驗記錄時，則混凝土配比須按下列規定由試拌決定之：

- (1) 試拌之材料應為本工程預定使用之材料。
- (2) 至少使用三種不同水灰比進行試拌使所產生之強度範圍能涵蓋按第3.9節決定要求平均抗壓強度 f'_{cr} 。
- (3) 試拌時應按 ACI 211.1(混凝土配比選擇準則)採用適合規定之配比及稠度。
- (4) 試拌混凝土之坍度與規定值相差應在 2.5cm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。
- (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(試驗室內抗壓與抗彎試體之製造與養護法)之規定。每次改變水灰比，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檢驗法)之規定辦理。
- (6) 根據試驗結果繪製抗壓強度與水灰比之關係曲線。
- (7) 由所繪之抗壓強度與水灰比之關係曲線決定所需之混凝土水灰比。

解說：按ACI之建議[6]，配比設計基本步驟如下：

1. 選擇坍度。
2. 選擇粗粒料之標稱最大粒徑。
3. 估計拌和水量和含氣量。
4. 選擇水灰比。
5. 計算水泥用量。
6. 估計粗粒料用量。
7. 估計細粒料用量。
8. 以粒料含水量調整拌和水量。
9. 試拌與調整。

輕質混凝土之配比選擇得按參考資料[7]辦理。

無坍度混凝土(坍度在2.5cm以下)之配比選擇得按參考資料[8]辦理

3.10.2 第二法 由工地經驗以決定配比

- (1) 如有與本工程性質及材料相同之其他工地已按第一法獲得配比且能達要求平均抗壓強度 f'_{cr} ，則本工程可引用其經驗。
- (2) 根據所引用經驗之工地施工實績及本工程施工規範要求，由工程師核定是否採用該項配比。
- (3) 配比能否達到規定強度要求之評估，應依一年內所做至少30組強度試驗記錄決定之；要求平均抗壓強度所相當之水灰比可直接或用內插法決定之。
- (4) 要求平均抗壓強度應按第3.8節之規定辦理。

解說：混凝土為變異甚大之工程材料，若有工地之實際紀錄供參考，應可獲得較可靠之配比，惟工程師應充分研判所引用紀錄之真實性，不宜盲目引用。

3.10.3 第三法 按經驗訂定最大容許水灰比以決定配比

當無可接受之工地試驗記錄或試拌資料時，經工程師許可者得採用表3.10.3之水灰比決定配比。但有適宜之工地試驗記錄或試拌資料可資應用，且能按第3.10.1及3.10.2節規定決定配比者，則不得採用表3.10.3之水灰比。

本法不適用於下列情況：

- (1) 混凝土採用輸氣以外之摻料。
- (2) 預力混凝土。
- (3) 混凝土之規定強度 f'_c 超過 $280\text{kg}/\text{cm}^2$ 。

表3.10.3 最大容許水灰比
(無工地試驗記錄與試拌資料可資應用時適用)

規定強度 f'_c (kg/cm^2)	最大容許水灰比(重量比)※	
	非輸氣混凝土	輸氣混凝土+
280	0.44	0.35
260	0.48	0.38
245	0.51	0.40
210	0.58	0.46
175	0.67	0.54

※ 包括粒料表面游離水及液態摻料之水份。

+ 應注意符合表3.3.1之含氣量限制。

解說：本節適用於規模較小之次要工程，可根據建議之最大容許水灰比按經驗決定配比，在有適當之粒料配合下，表列值可獲得規定強度。

3.11 要求平均抗壓強度之降低

在施工期間，當已有足夠資料可資利用且經工程師許可，其要求平均抗壓強度 f'_{cr} 應超過規定強度 f'_c 部份之量可予核降，並據以調整配比。其適用條件為符合下列任一情況：

- (1) 有30組或以上之試驗結果，且其平均值大於按第 3.8.1節計算所得之 f'_{cr} 。
- (2) 有15至29組之試驗結果，且其平均值大於按第 3.8.1節計算所得之 f'_{cr} 時，惟其標準差應按表 3.9.3修正。

解說：混凝土配比應兼顧安全與經濟條件，當已有足夠施工試驗資料顯示原配比所產生強度高於規定值時，可據以調降強度，惟水灰比仍須受耐久性要求之限制。

3.12 輕質混凝土

選定配比之輕質混凝土是否符合氣乾單位重之規定，應按 ASTM C 567(結構輕質混凝土單位重之檢驗法)核驗。並應求得同一混凝土之氣乾單位重與新拌時單位重之關係，以做為施工期間對該混凝土認可之基準。

解說：按 ACI 211.2[7]之定義，結構輕質混凝土須符合下列條件：

1. 輕質粒料符合 ASTM C 330[9] 之規定。
2. 依 ASTM C 330 測得之28天抗壓強度大於 175 kg/cm^2 。
3. 依 ASTM C 567 測得之氣乾單位重小於 1800 kg/m^3 。

3.13 乾包裝混合料

符合 ASTM C387 (水泥砂漿或混凝土之袋裝乾混合料規範) 規定之乾包裝混合料所產生之混凝土，若其性質符合施工規範要求，得予採用。

解說：乾包裝混合料係將乾燥之混凝土混合材料包裝，使用時僅調水拌合即可。ASTM C387 規定乾包裝混合料可適用於下列產品：

1. 早強混凝土。
2. 普通混凝土。
 - (1) 常重混凝土。
 - (2) 用常重砂之輕質混凝土。
 - (3) 輕質混凝土。
3. 高強度水泥與砂混合料。
4. 圬工用水泥與砂混合料。

3.14 版用混凝土

- 3.14.1 本節之規定係針對混凝土之施工及耐磨性要求所作之規定，若按第3.2與3.3節之強度與耐久性規定要求較高強度或較多水泥用量時，應從其要求。

解說：混凝土地板或樓版之表面情況對於其使用性有很大影響，混凝土若無適當配比與施工，很容易在表面形成浮水，使其水灰比提高而降低強度，且有害於耐久性與耐磨性。

版用混凝土之配比設計與其它構件混凝土基本上相同，惟在可工作範圍內可增大粗粒料之標稱最大粒徑，以減少拌合水量及水灰比；有時利用輸氣及減少拌合水量而維持要求工作度；坍度小於25mm之混凝土可減少細粒料含量以增加耐磨性，在此低坍度之混凝土通常無浮水及材料分離之問題。

版用混凝土之進一步資料可參見ACI 302.1R[10]。

- 3.14.2 混凝土版依其用途分類，如表3.14.2(a)。其坍度及28天抗壓強度應符合表內之規定。配比之選定應按3.10節之規定，使其能符合強度 f'_c 之要求，但水泥用量，除第3.14.3節所許可者外，不得低於表3.14.2(b)之規定。各類版用混凝土齡期3天之抗壓強度須達 125kg/cm^2 ，並符合第3.8、3.9節之規定。

解說：各類版用混凝土齡期3天之抗壓強度限制係為防範後續施工交通對混凝土之為害，為達此早期強度，混凝土可能需要比表3.14.2(b)所列值更高之水泥用量。

表3.14.2(a)中抗壓強度係為耐磨性之需，若結構強度或耐久性需要時，應予提高。

表3.14.2(a)中混凝土最大容許坍度之限制，係為防止材料分離及具有適當之表面修飾稠度。

若使用結構輕質粒料，坍度不得超過7.5cm，以防粒料上浮到表面及過多浮水。有關上述之進一步資料可參見ACI 302.1R[10]。

表 3.14.2 (a) 版之分類

類別	交通狀況	代表性用途	28天抗壓 強度 f'_c (kg/cm^2)	混凝土最大 容許坍度 ⁺ (cm)
1	行人	住宅區或鋪磁磚	210	10
2	行人稍多	辦公室、教堂、 學校、醫院、宿 舍區	245	10
3	行人及膠 輪車輛	車道、汽車修理 廠地板及宿舍區 人行道	245	10
4	行人多及 膠輪車輛	輕工業、商業用	280	7.5
5	行人多及 磨耗車輛	工業用、整體地 版(包含磨耗層)	315	7.5
6	行人多及 鋼輪車輛 一嚴重磨 損	重工業用兩度施 工地板(磨耗層 與底層粘結)	底層 245 磨耗層 [*] ** 350~560	10 2.5

+ 若使用結構輕質粒料，坍度不得超過 7.5cm。上表所列數
值為施工之最大值，但依個別工地情況，如第 3.4 節所述
，可超出量最多為 2.5cm。

* 粒料標稱最大粒徑不得超過磨耗層厚度之 1/3。

** 指定強度依據磨損暴露之嚴重性而定，表列數值已涵蓋大
部分情況。

表 3.14.2 (b)
版用混凝土(每立方公尺)最少水泥用量

粒料標稱最大 粒徑 (mm)	水泥用量 (kg/m ³)
37.5	280
25.0	310
19.0	320
12.5	350
9.5	360

3.14.3 混凝土之水泥使用量雖低於表 3.14.2(b)之規定，但若經試驗證明其 3 天及 28 天兩齡期之強度符合 3.14.2 節之要求，並具合格之修飾性、耐久性、表面硬度及外觀，則該混凝土經工程師認可後亦可使用。上述混凝土應按工地條件試作一格版，以供評定其修飾性、硬度及外觀。該格板尺寸不可小於 2.5m×2.5m，其厚度應達指定厚度，所用之材料、配比、設備及工作人員應與該工程施工所使用者一致。所使用之混凝土須證明其坍度不超過表 3.14.2 (a) 之規定。

解說：表 3.14.2(b) 為一般性規定，可作試驗經工程師認可另行修正。

參考資料

- [1] American Concrete Institute, 1985, "Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete", ACI 211.1-81
 - [2] American Concrete Institute, 1985, "Guide to Durable Concrete", ACI 201.2R-77
 - [3] Sidney Mindess and J. Francis Young, 1981, "Concrete", Chapter 20 Durability.
 - [4] E.J.Yoder and M.W.Witczak, 1975, "Principles of Pavement Design", p.428.
 - [5] American Concrete Institute, 1966, "Guide for the Protection of Concrete Against Chemical Attack by Means of Coatings and Other Corrosion-Resistant Materials"
 - [6] American Concrete Institute, 1977, "Recommended Practice for Evaluation of Strength Test Results of Concrete" ACI 214-77 (reapproved 1983)
 - [7] American Concrete Institute, "Standard Practice for Selecting Proportions for Lightweight Concrete", ACI 211.2
 - [8] American Concrete Institute, "Standard Practice for Selecting Proportions for Non-Slump Concrete", ACI 211.3
 - [9] American Society for Testing and Materials, 1987, "Standard Specification for Lightweight Aggregate for Structural Concrete" ASTM C330-87
 - [10] American Concrete Institute, 1980, "Guide for Concrete Floor and Slab Construction", ACI 302.1R
-

第四章 模板

4.1 通則

4.1.1 模板應使拆模後混凝土結構之位置、尺寸、形狀及外觀符合設計圖及規範之要求。

解說：施工完成之混凝土結構，其位置、尺寸、形狀及外觀均為重要之工程品質要求，而以上各項均受模板作業之影響，故有本規定。

4.1.2 模板應具足夠之強度及剛性，以支持混凝土重量及澆置施工中所產生之荷重振動。

解說：為免施工中模板變形量超過第 4.3.3 節之規定，甚至過度變形造成災害事故，故要求模板應具足夠之強度及剛性，而強度及剛性可由模板材料之選擇及配置設計決定之^[1]。

4.1.3 模板之設計及施工除本章之規定外，其他特殊規定見下列有關各章：
第十一章 混凝土表面修飾，
第十四章 預力混凝土。

解說：混凝土表面修飾隨其方法與種類，對模板有不同之要求，故模板應按修飾要求配合之，參閱本規範第十一章。

4.1.4 除另有規定或經許可者外，開挖之直立土面不得做為外模使用。

解說：因若以開挖之直立土面做為外模使用，則新澆置之混凝土直接與多孔性之土壤接觸，其水分將被吸收而無充分之水份養護混凝土，將影響其品質；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。

4.1.5 施工者應依據有關規範及設計圖，計算並繪製模板及其配置與支撐之施工圖，包括支撐、拆模計畫及再撐計畫。報請工程師許可後施工。

4.1.6 模板若採用專利系統者應按第 1.5 節之規定辦理。

解說：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 模板材料

4.2.1 模板之材料可使用木材、鋼材或其他經工程師認可之材料。

解說：模板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特製覆膜膠合板或石膏模板等。背撐及支撐材料可用木料角材或鋼料製品。其他材料經工程師認可者，亦可使用。

4.2.2 普通模板採用木料製作時，其木料須乾燥平直，無死節、無裂縫或其他缺點。

4.2.3 角材支柱及墊座應採用堅實之木料。木楔以採用硬質木料為原則。

解說：模板之支撐物有多種^[2]，木料角材支柱為國內一般較重要工程常用支柱。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，故其底部應以墊座及木楔以穩固之，均應按本條之規定。

- 4.2.4 支撐模板之支柱以使用角材或鋼製支柱(鋼管支柱或組合鋼柱)為原則，但次要工程經工程師許可者亦可使用圓木。所使用之支柱應符合內政部頒布之『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。

解說：「營造安全衛生設施標準」目前仍沿用以內政部頒佈版本，雖勞工安全衛生事務已由勞委會主管，但迄今並未頒佈新修訂者。

- 4.2.5 若使用第 4.2.4 節所規定支柱以外之模板支撐物以支撐模板時，應經工程師核可，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 4.2.4 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，故應經工程師核可，尤其以門型鋼管施工架為模板支撐時，應特別注意。

- 4.2.6 各種特殊混凝土表面修飾之模板(含清水模板)材料，應按第十一章混凝土表面修飾中之有關規定。

- 4.2.7 鋼模之材料應符合 CNS 7334(钢筋混凝土用金屬模板)之有關規定。

4.3 模板設計

- 4.3.1 模板之設計應按結構原理詳加計算，使其能安全承受施工中之任何載重情況，並應考慮避免拆模時對混凝土造成損傷。

解說：有關模板設計之細節可參考 ACI 347(混凝土模板施工準則)[3]。模板及其支撐亦為相當複雜之結構，可作偏於安全之假設使其設計之計算簡化，但特殊構造物及高架之模板更應注意穩定性之檢討。

- 4.3.2 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應參照 ACI 347(混凝土模板施工準則)及當地建築法規之規定辦理。

解說：當地建築法規之規定係指內政部頒定之「建築技術規則」[4]中有關地區適用性之規定及地方政府之特別規定。

4.3.3 模板板材在角材支承間之撓度，以及角材本身之撓度皆不得超過其支承跨度之 $1/360$ ；拆模後露面混凝土構材之最大撓度不得超過其跨度之 $1/240$ ，亦不得超過表 4.3.1 之模鑄表面公差。

解說：模板各組件使用中之撓度為模板設計中之重要考慮因素，其目的在防止拆模後混凝土表面尺寸誤差太大，而造成其後續施工作業之困難。其要求，對一般混凝土為其支承跨度之 $1/360$ ，對建築混凝土可能須提高為其支承跨度之 $1/400$ 。若預計拆模後露面混凝土構材之最大撓度可能超過其跨度之 $1/240$ 時，可參照第 4.4.2 節適量加拱之規定辦理。

4.3.4 建築物之任何部份，不得引用表 4.3.1 所示之公差，而伸出該工程之法定建築線。

解說：模板施工雖然有容許誤差，但無論如何，不得超出法定建築線。所謂法定建築線包括地權線。

4.3.5 建築物超出地面 30m 以上部份對鉛垂線及指定建築線之容許偏差應符合合約文件之規定。

解說：雖然第 4.3.4 節規定容許建築物任何部份有如表 4.3.1 所示之公差，其中以鉛垂線為準者所稱之全長係指構造物之總高，但以不超過 30m 為限，超過 30m 部份應以特殊情況視之，在合約文件中，對該項偏差應另有規定。有關混凝土施工及材料之容許偏差另可參考 Standard Tolerances for Concrete Construction and Materials (ACI 301 117-81)[5]。

4.4 模板組立

4.4.1 模板於組立前，應將面上雜物清除。

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硬化之水泥漿及沾染之泥土或髒物。重用之模板尤應注意。

表 4.3.1 模鑄表面之公差

1. 以鉛垂線為準者	
(1) 柱、柱墩及牆等之(稜)線及表面	
a. 任意3m長	6mm
b. 全長	25mm
(2) 外露面角柱、控制接縫溝及其他顯眼之線	
a. 任意6m長	6mm
b. 全長*	13mm
2. 以水平線或合約文件所規定之地面為準者	
(1) 支撐拆除前之樓版底面、天花板、梁底面及稜線	
a. 任意3m長	6mm
b. 任意間寬或任意6m長	10mm
c. 全長	20mm
(2) 楣、門楣、耳牆、及其他顯眼之線	
a. 任意6m長	6mm
b. 全長	13mm
3. 建築物直線以平面設計位置及相關之柱、牆、隔間等位置為準者	
a. 任意間寬	13mm
b. 任意6m長	13mm
c. 全長	25mm
4. 套管、樓版開口及牆開口之尺寸及位置	± 6mm
5. 柱與梁斷面尺寸，及版與牆之厚度	
減量	6mm
增量	13mm
6. 基腳 **	
(1) 平面尺寸	
減量	13mm
增量	50mm
(2) 誤置或偏移該方向基腳寬度之 2% 但不大於	50mm
(3) 厚度	
減量	5%
增量	不限
7. 階梯	
(1) 在第一段各階級內	
級高	± 3mm
級深	± 6mm
(2) 在二相連階級內	
級高	± 2mm
級深	± 3mm

* 所稱之全長係指構造物之總高。

** 公差僅針對混凝土尺寸而已，不適用於基腳中垂直鋼筋、插筋或埋設物之定位。

4.4.2 為符合容許誤差之規定，模板應按圖示或適量加拱，以抵消拆模後混凝土構材之部分撓度。

解說：拆模後之構材由於載重將有向下撓度產生，故應按圖示或適量加拱，以抵消拆模後混凝土構材之部分撓度。一般，梁與版之加拱量約為跨度每3m加拱 6mm[1]。

4.4.3 支柱與撐材應採用適當之方法以防止混凝土澆置時產生沉陷，並應加斜撐以防止橫向撓曲及移動。

解說：施工時若支柱或撐材發生沉陷或移動，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於構造物，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。為防支柱側向移動、挫曲及橫向載重，應於支撐系統之垂直面上與水平面上各方向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卸模板，宜於支柱底部或接頭配合使用斜楔或千斤頂。

4.4.4 柱底、牆底及其他需要處，模板上應設臨時開孔，俾便清除雜物或澆置混凝土。

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，應適當位置，如柱、牆模板之底部設置臨時清理孔。

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3m)設置臨時澆置孔。

4.4.5 模板附件，如繫條、吊桿等，若需全部或部份埋入混凝土中時，需採用專用品。但經許可者，得使用鍍鋅低碳鋼線(俗稱亞鉛線，即 CNS 1468中之鍍鋅鋼線)。

解說：需埋入混凝土中之模板附件應具適當之材質、形狀及尺寸，應不與混凝土發生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，與完工後外露部份生鏽污染混凝土表面。故美國ACI-301 規範規定有關模板之附件要求採用專用品，不得採用鋼線。但衡量國內工程狀況，暫作以上規定，但未來應朝 ACI之規定逐步改進。

4.4.6 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：模板於澆置混凝土時，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，以保持模板之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]。

4.4.7 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在混凝土表面下之深度不得少於繫條直徑或最小尺寸之 2 倍，亦不得小於 2.0cm；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應加以修補，其修補方法見第10.3 節，為使修補容易及修補物不易脫落，故作本條之規定。

4.4.8 混凝土露面處之模板角隅應按合約規定或工程師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。

4.4.9 模板應組合緊密或採取經工程師同意之方法，以防止混凝土漏漿。

解說：模板組合緊密防止混凝土漏漿之方法，一般可採用有模板間作企口榫、貼膠布或以石膏等材料填縫等。

4.4.10 露面混凝土施工縫處，續接之模板與已硬化混凝土之接觸面應有小於2.5cm之疊接，此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。

4.4.11 牆開孔處木模之裝設須易於鬆開，以便於必要時調整模板產生之脹隆，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。

4.4.12 模板應設置混凝土澆置前調整模板之斜楔，並應於最後檢核後加以固定。

解說：斜楔之設置可用以調整模板之高度，於最後檢核後固定於支柱墊板上可使支柱穩固不易發生變位，並利於模板之拆卸。

4.4.13 模板應固定於支柱或其他支承面上，以防止於混凝土澆置時模板任何部位之上浮或橫向移動。

解說：特殊施工程序之載重情況或使用中空管之厚樓版，其模板於施工中，可能發生上浮或橫向移動現象，值得注意。

- 4.4.14 模板之支撐柱應盡量以不續接為原則。須續接時，其續接方式及有接頭支柱之位置分布應符合『營造安全衛生設施標準』之規定，並經工程師之認可。

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，並經工程師之認可。

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

解說：甬道乃指混凝土澆置時人員機具在模板上活動所需鋪設之走道，該甬道應另外架設，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。

- 4.4.16 模板組成後，須設立混凝土澆置高度之水平標記，並應經工程師檢驗認可。

解說：澆置高度之水平標記係為便於混凝土澆置高度之控制。其控制點應按第 4.6.2 節之規定。

- 4.4.17 組立完成之模板上不得堆置材料或其他重物。

解說：模板支撐承載量有限，堆置材料或其他重物可能使之變形，甚至造成危險。

- 4.4.18 混凝土澆置時，承包商應指派有經驗之工程人員隨時檢視模板之狀況。若發現不當沉陷、變形、變位、扭轉或嚴重漏漿等，應立即停止澆置，經檢查並加強穩固後，方得繼續澆置混凝土。

解說：模板設計之安全考慮是有限的，且主要針對靜載重，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技術人員監視模板，當模板支撐有問題時並不致立即發生塌垮，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。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[1]。

4.5 模板面之處理

- 4.5.1 混凝土澆置前應將模板及埋設物表面上之雜物清除乾淨。

- 4.5.2 除另有規定外，模板面應作下列處理，唯所用材料應經工程師許可。

- (1) 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染污，排置鋼筋或澆置混凝土前，模板面應塗敷脫模劑或防水物、或鋪設無吸水性之襯料。
- (2) 如模板面使用塗料時，模板面上不得留有塊狀之過量塗料，塗料亦不得染污新舊混凝土之接觸面。如混凝土表面須再加修飾時，所用之塗料應不妨礙修飾材料與混凝土表面之黏著。

解說：模板面之處理，其所用之材料不得污染鋼筋，以免妨礙其與混凝土之黏結；亦不得污染硬化後混凝土之表面。

4.6 模板檢驗

- 4.6.1 模板組立應符合模板施工圖之規定，混凝土澆置前至少應檢核下列有關模板項目：

- (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) 模板緊密度或防止漏漿之措施。
- (5) 澆置混凝土高度之水平標記。
- (6) 模板面之處理情況。
- (7) 模板澆置面之潔淨。

解說：本條為最低限度之要求，工程師可針對工程之特性增加必要之檢查項目。

4.6.2 承包商必須設置足夠之控制點及水準點作為檢驗之根據，並須維護不受擾動至工程完成為止。

解說：本規定乃為提供放樣及檢驗模板之根據，並可供其他施工控制用。

4.7 拆模

4.7.1 拆模應按計畫謹慎從事。模板及支撐之拆除，須不造成結構因混凝土強度不足而受損，及因拆模作業使表面受損。

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，應依結構力學原理決定拆模順序[4]，並經技師認可。為防止造成表面性傷害，應注意使用適當之拆模器具與方法。

4.7.2 混凝土表面若須於早期修補或修飾，可於該混凝土達拆模之條件時儘早拆模。

4.7.3 牆開孔處之木模應於不致損害混凝土時儘早鬆開。

4.7.4 柱、牆、梁之側模、斜面頂模及其他不承受混凝土重量之模板，在混凝土硬化至足以抵抗拆模作業之損害時，即可拆除。

解說：牆開孔(如門窗)處之內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。

4.7.5 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拆模最低要求強度，並經工程師核可。否則應按表 4.7.1 之規定辦理。拆模之最低要求強度應按合約之規定，或按第 4.9 節之規定辦理。

解說：按本節規定之拆模最低要求強度所決定之拆模時間，通常較按表 4.7.1 決定之拆模時間為短。故若須較早拆模時，可按本節之規定辦理。

4.7.6 若不致使支柱及其他支承發生鬆動或移位時，不承受載重之模板鋪面材料得經工程師許可，於較早齡期拆除。

4.7.7 如不按第 4.7.5 節之規定拆模者，使用第一種水泥不摻砂灰或其他摻料之混凝土，其拆模時間不得少於表 4.7.1 之規定，並應權衡構造物之性質、當時氣候、混凝土試驗結果及上部施工情形予以適當延長。

表 4.7.1 最少拆模時間 (小時)

構 造 物 性 質	最少拆模時間
版	
5m×5m 以下	240
5m×5m 以上	336
梁	
淨跨 6m 以下	240
淨跨 6m 以上	336
柱及牆之側模	24
短跨度拱及廊道頂模	168
巨積混凝土側模	24
隧道襯砌(鋼模)	16
明 渠	72

解說：本節之規定僅適用於使用第一種水泥不摻砂灰或其他摻料之混凝土，對於使用第一種水泥但用摻砂灰或其他摻料之混凝土，因砂灰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比，天冷季節拆模時間應酌增。

4.7.8 模板拆除後，如發現混凝土面有蜂窩或其他缺點時，應立即報告工程師請求查看，未經許可不得先行修補。工程師認為不宜修補者，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。但若工程師認為對結構之影響太大或實際情況無法進行修補者，工程師可能令其拆除重做。故有本條文之規定。

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。該安全承載量應依工程師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。

4.9 拆模時之混凝土強度

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

4.9.1 代表該批混凝土之圓柱試體在工地以與結構體同樣方法養護後，經試驗已達規定拆模或拆除再撐之強度者。除養護及試驗齡期外，圓柱體之製作與試驗應按第十七章之規定辦理。

4.9.2 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規定拆模強度所需之齡期。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°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。

參考文獻

- [1] American Concrete Institute, "ACI Manual of Concrete Inspection", publication sp-2, p162.
- [2] Joseph J. Waddell, "Concrete Construction Handbook", 2nd ed. p15-16.
- [3] American Concrete Institute, "Recommended Practice for concrete Formwork (ACI 347-78)[Reapproved 1984].
- [4] 內政部, "建築技術規則"。
- [5] American Concrete Institute, "Standard Tolerances for Concrete Construction and Materials", ACI 301 117-81.
- [6] American Concrete Institute, "Formwork for Concrete", ACI sp-2 5th. ed., p4-28.
- [7] American Concrete Institute, "Formwork for Concrete", ACI sp-2 5th. ed., p12-11.

第五章 鋼筋

5.1 通則

5.1.1 本章適用於混凝土結構用之鋼筋，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 設計圖未標示清楚且經工程師要求，鋼筋施工前須繪製施工圖經核可，作為施工之依據。

解說：所繪製施工圖須表示鋼筋尺寸、加工形狀、排列位置、接頭方式及位置、錨錠等。並應就鋼筋特別複雜部位繪製詳細圖。

5.1.3 有關鋼筋之細節，除合約及本規範之規定外，須按中國土木水利工程學會『鋼筋混凝土建築設計規範』之規定辦理。

解說：中國土木水利工程學會『鋼筋混凝土建築設計規範』對於鋼筋之彎鉤、最小彎曲直徑、搭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 1.3.2 節之規定辦理。

5.2 鋼筋、鋼線與續接器

解說：有關鋼筋之種類，材質，特性，本國目前僅有CNS 560(鋼筋混凝土用鋼筋)及CNS 3300 (鋼筋混凝土用再軋鋼筋)規定。至於其他可資使用之鋼筋，鋼線或其製品如鋼筋網，鋼線網暫乃採用ASTM之相關規定。

5.2.1 除螺旋筋可為光面鋼筋外，鋼筋必須為竹節鋼筋，並應為合約規定之級別，其他性質須符合 CNS 560(鋼筋混凝土用鋼筋)或 CNS 3300(鋼筋混凝土用再軋鋼筋)之規定。

5.2.2 塗布鋼筋 — 經註明為塗布鋼筋應為鍍鋅或環氧樹脂（以下簡稱樹脂）塗布者。鋼筋本身應符合第 5.2.1 節之規定。

- (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。修補應按照材料製造廠之使用說明書辦理。
- (4) 當樹脂塗佈層須作修補時，必須使用符合 ASTM A775 規定之修補材料。修補應按照材料製造廠之使用說明書辦理。

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覆層應按第 5.2.2(3) 節之規定修補。
- (3) 鋼筋網可使用樹脂塗佈鋼筋。夾緊器可為非金屬製品，若為金屬夾緊器則應作樹脂塗佈。在鋼筋交叉夾緊處之受損覆層應按第 5.2.2(4) 節之規定修補。

解說：工資上漲、品質要求及施工進度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 中分成夾緊型及鐔接型之鋼筋網，本規範規定採用夾緊型，除非特准，不可採用鐔接型（點鐔）鋼筋網。

5.2.4 鐔接鋼線網

- (1) 鐔接鋼線網必須按合約規定之大小、間距及光面或麻面鋼線構成。鐔接鋼線網須符合下列規定。
 1. ASTM A185（混凝土用鐔接光面鋼線網），但在主筋方向鋼線交叉鐔接點之間距不得大於 30cm。
 2. ASTM A497（混凝土用鐔接麻面鋼線網），但在主筋方向鋼線交叉鐔接點之間距不得大於 40cm。

5.2.4 (2) 焊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。

5.2.5 鋼筋續接器應按內政部所頒佈「建築技術規則」之「建築新技術、新工法、新設備及新材料審核認可申請要點」規定，經審核認可，方可使用。

解說：「鋼筋續接器審查作業指南」目前正在內政部審訂中，納入考慮之續接器種類有壓合續接器、螺紋節鋼筋續接器、螺紋加工續接器、熔融金屬填充續接器，泥漿填充續接器，自動瓦斯壓接續接器等。

5.3 鋼筋鋼線之支墊

除特別註明或許可者外，鋼筋或鋼線之支墊必須按符合 CRSI(美國混凝土鋼筋學會) 之標準工作手冊之一級保護或二級保護之規定辦理。

解說：鋼筋鋼線之支墊係指以鋼筋或鋼線彎折組合成一穩定形狀做為結構用鋼筋於未澆置混凝土前之支座用者。與混凝土墊塊功用相同。

5.4 鋼筋續接

鋼筋須做續接時，可按規定採用搭接、銲接、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有所選擇，其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。

5.4.1 搭接

應按中國土木工程學會土木 401-80(鋼筋混凝土建築設計規範)第5.15.2節之規定辦理。

解說：中國土木工程學會土木 401-80(鋼筋混凝土建築設計規範)第5.15.2節有關鋼筋搭接之規定摘錄如下：

1. 大於D36之鋼筋，除按其第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，再按其第 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15cm。

5.4.2 銲接

除按土木401-80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 AWS D1.4 (鋼筋銲接規範)之規定。除經工程師許可外，不得為便於鋼筋之組合而於交叉處作點銲。從事銲接工作之工人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 AWS D1.4 有關章節之規定及工程師之指示辦理。
- (3) 鍍鋅或樹脂塗佈之鋼筋於經銲接後，應分別按第 5.2.2(3)或5.2.2(4)節之規定加以修補。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佈。

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工程師同意並要有相當技術之工人按照鋼筋銲接規範施工。工程師應熟知欲銲接之鋼筋其化學組成份是否適宜銲接。

AWS D1.4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

鋼筋續接器之使用除符合土木 401-80 第5.15.3節之規定外，並應符合內政部有關法規之規定。

解說：內政部所訂「鋼筋續接器審查作業指南」中列入評估規定之續接器共有以受張力為主之壓合續接，螺紋節鋼筋續接，螺紋加工續接，溶融金屬填充續接、泥漿灰泥填充續接、瓦斯壓接。可續接之鋼筋為SD28，SD30，SD35，SD42，SD50。

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) 工程師核准使用瓦斯壓接時，應考慮其施工之品質。瓦斯壓接僅可使用在不受反復應力作用之處。
- (2) 瓦斯壓接應由經主管單位認可之人員施作。
- (3) 使用瓦斯壓接時，工程師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：瓦斯壓接已在第 5.4.3節內有所規定，本節再予以補充其規定主要因瓦斯壓接之加溫過程可能影響鋼筋材質。

5.5 加工

所有鋼筋之加工彎曲均需在常溫下進行。但經核准者不在此限。

解說：高溫可能影響鋼筋材質，除非參照第 5.7.8節之規定並經工程師核准，始可預熱加工彎曲。

5.6 鋼筋加工與排置之允許公差

5.6.1 混凝土內所用鋼筋加工之允許公差應按圖 5.6.1(a)及(b)之規定。

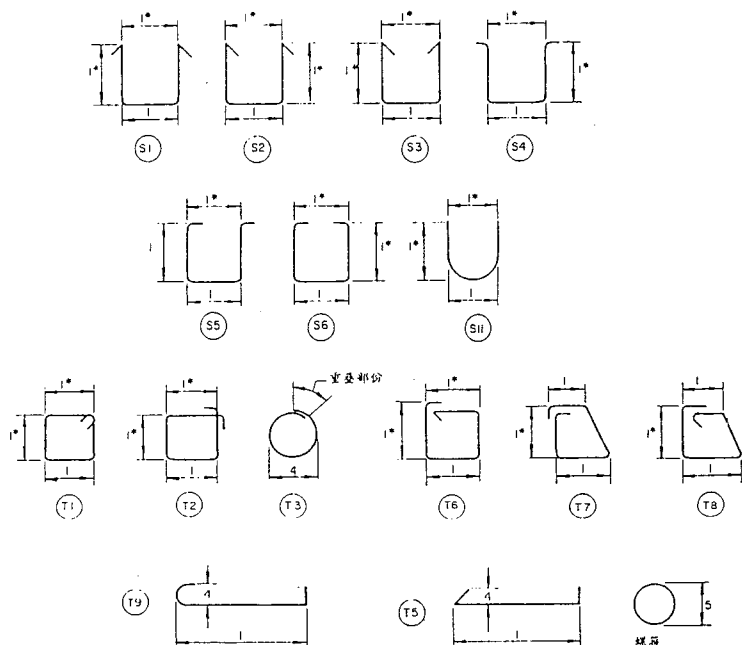
5.6.2 鋼筋排放之允許公差如表 5.6.2。

表 5.6.2 鋼筋排放之允許公差

情 況	允許公差
鋼筋至底面模板淨距	-5mm
鋼筋至其他面模板淨距	±5mm
鋼筋間淨距	-5mm
頂層鋼筋頂面與未設模板之表面：	
深20cm(含)以下之構件	±5mm
深20cm以上至60cm以下之構件	-5mm, +10mm
深60cm(含)以上之構件	-5mm, +25mm
均佈鋼筋(根數不得減少)之間距	±50mm
均佈箍筋(根數不得減少)之間距	±25mm
縱向鋼筋之彎折及端點：一般情形	±50mm
不連續端	±10mm
搭接長度	-40mm
埋置長度：D10至D36 鋼筋	-25mm
D39至D57 鋼筋	-50mm

解說：表5.6.2 為合約上未有特別規定時，施工所需遵循者。

5.6.3 為避免鋼筋與埋設物、管線或其他鋼筋間相互干擾，鋼筋之位置可在排放公差範圍內調整。若必須超越本限制時應先報核。



註：

1. 習慣上，整體之剪斷或彎曲公差由最後一個彎由後之延伸段吸收。
2. 圖上所示之公差均為單一平面內者。公差類別中之 S1~S6 及 T1~T9 適用於 D10~D25 之鋼筋。
3. 尺寸線上標示有 * 者應在公差內，但與相對平行部份之尺寸差異不得超過 1.3cm。
4. 角度偏差：90 度彎鉤或彎曲角度偏差最大為 ± 2.5 度。或每 30cm ± 1.3 cm，且不少於 1.3cm。

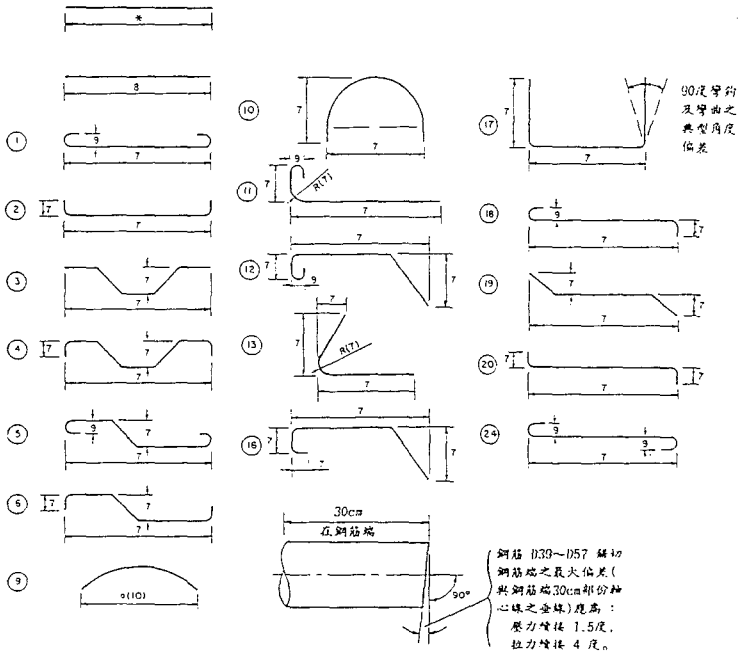
公差
記號

公

差

- | | |
|---|--|
| 1 | D10, D13, D16 鋼筋，
鋼筋總長 < 4 m， ± 1.3 cm
鋼筋總長 ≥ 4 m， ± 2.5 cm |
| 2 | ± 2.5 cm |
| 3 | $+0, -1.3$ cm |
| 4 | ± 1.3 cm |
| 5 | 直徑 ≤ 75 cm 者， ± 1.3 cm
直徑 > 75 cm 者， ± 2.5 cm |
| 6 | $\pm 1.5\% \times o \geq \pm 5.0$ cm
第 9 型公差，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 5.6.1(a) 鋼筋 D10 ~ D36 之加工公差 (p2)



註：

1. 習慣上，整體之剪斷或彎曲公差由最後一個彎曲後之延伸段吸收。
2. 公差均為如圖所示之單一平面內者。
3. 角度偏差：90度彎鉤或彎曲角度偏差最大為 ± 2.5 度。

公差	公	差
記號	D39, D43	D50, D57
7	± 65 mm	± 75 mm
8	± 50 mm	± 50 mm
9	± 35 mm	± 50 mm
10	$2\% \times \phi \geq$	± 65 mm
	± 65 mm	± 75 mm

圖 5.6.1(b) 鋼筋 D39 ~ D57 之加工公差

* 兩端均為鋸斷—總長加或減 1.3mm。

+ 第 9 型公差若為增值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。

5.6.3 為避免鋼筋與埋設物、管線或其他鋼筋間相互干擾，鋼筋之位置可在排放公差範圍內調整。若必須超越本限制時應先報核。

5.7 鋼筋之排置

5.7.1 除了暴露於強烈腐蝕、嚴酷環境或需防火情況應按合約之規定外，鋼筋所需之最小保護層應符合表5.7.1之規定。

表 5.7.1 鋼筋之最小保護層

情 況	最小保護層
混凝土直接澆置於地面	75mm
混凝土面直接暴露於室外或與土壤接觸： 鋼筋 $\geq$ D19 者 鋼筋 $\leq$ D16 者，及鋼線 $\leq$ W31 (D31)者	50mm 40mm
混凝土面未直接暴露於室外或與土壤接觸： 梁，大梁，或柱 版，牆，或小梁 鋼筋 $\leq$ D32者 鋼筋為 D39以上者	40mm 20mm 40mm

成束鋼筋之最小保護層必須等於成束鋼筋之相當直徑，但不必大於50mm；混凝土為直接澆置於地面上者，保護層至少為75mm。所謂相當直徑係指與成束鋼筋斷面積相等之單根鋼筋直徑。

解說：直接暴露於室外，係指混凝土面直接受到溫度與濕度的變化，而非僅有溫度變化處。樓板與薄殼之底面除非直接受到乾濕的交互變化影響，否則可不視作暴露於室外。伸展長度受保護層厚薄影響（見土木 401-80第五章），某些情況因伸展長度之要求而應採用較大之保護層。表5.7.1 為合約上未有特別規定時施工所需遵循之最小值。

5.7.2 澆置前所有鋼筋上之污泥、油漬或其他足以降低黏裹力之雜質均應清除潔淨。

- 5.7.3 有鐵鏽或輾壓鱗片之鋼筋，若經取樣以手持鋼刷清除鬆動之浮鏽後，其直徑、重量及節高均尚能符合第 5.2.1 節之規定者，可視為尚可適用。

解說：依參考文獻[1] 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，若符合第 5.2.1 節條文規定，使用前仍應將浮鏽去除，以免降低其握裹力。搬運鋼筋時，若能使鋼筋由適當高度墜落地面，已可將妨礙握力之鬆動鐵鏽震脫。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。

- 5.7.4 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 5.6.2 節允許公差之規定。

- (1) 除合約另有註明外，地面上之鋼筋必須置放在 5cm×5cm 之預鑄混凝土塊(其高度應與保護層厚相同)上，其強度至少須等於所澆置混凝土之強度。若採用其他支墊方法，應先經許可。
- (2) 模板上排置之鋼筋必須以混凝土塊、金屬製品、塑膠製品或其他經核可之材料支墊。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 15mm 範圍內必須為抗腐蝕或經防腐處理之材料。
- (3) 排置在模板上之鍍鋅鋼筋，其支墊若為鍍鋅鋼筋，則須以不導電材料塗佈之。但亦可以經許可之其他不導電材料做支墊。
- (4) 其他鋼筋或鋼製埋設物與鍍鋅鋼筋直接接觸或相距在 50mm 以內者，除經許可外，均應鍍鋅。
- (5) 排置在模板上之樹脂塗佈鋼筋，其支墊若為鋼筋鋼線必須以不導電材料塗佈之。但亦可以經許可之其他不導電材料做支墊。鋼筋鋼線支墊在與樹脂塗佈鋼筋接觸點相距 50mm 範圍內應以不導電材料塗佈之。若以其他鋼筋做為支墊，則該鋼筋亦應以樹脂塗佈。
- (6) 鍍鋅鋼筋必須以鍍鋅鐵線、非金屬塗佈鐵線、或其他經核可之材料紮緊。
- (7) 樹脂塗佈鋼筋必須以尼龍、樹脂或塑膠塗佈之鐵線或其他經核可之材料紮緊。

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。使用磚塊或木塊或未有隔絕電化學反應之鐵線或鋼筋所做成之支墊均應禁止。

5.7.5 鉗接鋼線網使用於地板時，其端部距離混凝土邊緣不得大於10cm，但可穿過收縮縫。鉗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：鉗接鋼線網之支墊，因鋼線網非常柔軟，故其支墊之間距宜小，以1.2m為適中。

5.7.6 柱之插接筋均應以樣板置放，但經許可者不受此限。

解說：若柱之插接筋(dowel)係在澆置混凝土時植入，應以樣板(template)扶持以保持直立與定位。

5.7.7 鋼筋之續接應按合約之規定辦理。經許可者可使用鋼筋續接器。鋼筋續接器之使用應按內政部所訂『鋼筋續接器審查作業指南』之規定。續接器安裝後之鍍鋅或樹脂塗佈鋼筋，均應按第 5.2.2(3) 或5.2.2(4)節規定分別修補。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佈材料塗佈之。

5.7.8 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 5.7.8(1) 之規定，但經允許者不在此限。彎曲之起點應距離混凝土表面一個最小彎曲內徑以上。不同尺寸鋼筋尚應符合表 5.7.8(2) 之規定。若需預熱，則應按第 5.7.8(2) 節之規定。

表 5.7.8(1) 鋼筋彎曲之最小內(直)徑

鋼 筋 尺 寸	彎曲最小內(直)徑
D1C ~ D25	6 倍鋼筋直徑
D28, D32, D36	8 倍鋼筋直徑
D36 以上	10 倍鋼筋直徑

表 5.7.8(2) 鋼筋彎曲之有關規定

鋼筋尺寸	彎曲規定
D10 至 D16	第一次彎曲可以冷彎，但彎曲時之溫度應在攝氏 0°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) 鍍鋅或樹脂塗佈鋼筋於現場彎曲時，若其塗佈受損，則應按第 5.2.2(3) 或 5.2.2(4) 節之規定加以修護。

解說：因為施工需要，須對已部份埋入混凝土中之鋼筋彎折或拉直，其作業應經工程師允許。符合 CNS 560 以鋼錠製造之熱軋鋼筋可以冷彎達到表 5.7.8(1) 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。

5.7.9 鍍鋅鋼筋之塗佈，若於搬運或排置施工過程中受損，則應按第 5.2.2(3) 節之規定加以修護。

解說：鍍鋅鋼筋損傷其鍍層不管損傷面積大小均必須加以修護以防電化學反應之發生。

5.7.10 樹脂塗佈鋼筋

- (1) 搬運樹脂塗佈鋼筋之設備，其與鋼筋接觸之部份須有保護鋼筋塗佈之措施。
- (2) 成束塗佈鋼筋應以多點方式吊升以防因垂曲而使鋼筋間產生相互的擦損。
- (3) 塗佈鋼筋或成束塗佈鋼筋不可拋丟或拖移，並應貯放於有保護作用之場所。
- (4) 塗佈顏色之消退不為退貨之原因。因搬運、裝船或排置過程受損之面積在 0.7cm^2 或以下者可不必修護，否則應按第5.2.2(4)節規定修護。但受損面積，包括已修護或不必修護的面積，應不得超過鋼筋總表面積之2%。

解說：樹脂塗佈鋼筋因塗佈層與鋼筋比較相對地柔軟故搬運之方式應特別避免相對摩擦的發生。樹脂塗佈鋼筋塗佈層有小損傷雖會引起腐蝕之疑慮，唯仍受混凝土保護且不致引起電位差，故允許小面積(0.7cm^2)之損傷不必修補。

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.

第六章 接縫與埋設物

解說：接縫一般有三種基本型式，即施工縫(construction joints)、伸縮縫(expansion joints)以及包括收縮縫(contraction joints)與隔離縫(isolation joints)等之控制縫(control joints)。

埋設物(embedded items)包括伸縮縫之預製填縫料(premolded expansion joint filler)、止水物(water stop)、套筒(sleeves)、嵌入物(inserts)、錨錠物(anchors)或其他做為連接用(如鋼筋續接器等)或支承用之其他埋設物等。

接縫之種類及位置須於混凝土澆置前由設計工程師依預定目的細心規劃，並註記於施工圖說中，監工者非經設計者許可不得任意變更之。

6.1 施工縫

解說：非因混凝土脹縮或控制裂縫之需要，而係為施工之需要所設置之施工縫，分預定施工縫(planned construction joints)及非預定施工縫(unplanned construction joints)兩大類。

- (1) 預定施工縫通常設在澆置完一層之頂(top of a lift)、澆置完一整體(a monolith)、或完成一天工作量之處。

施工縫對於防滲水及抗風化都是較弱之處，能免則免。依設計之需要，施工縫可為具粘結性(bonded)或不具粘結性(unbonded)。通常施作良好之粘結接縫可使兩邊之混凝土構造成為一體(monolithic structure)。

- (2) 由於混凝土分層澆置而有水平施工縫(horizontal construction joint)、因分段或分區澆置而有垂直施工縫(vertical construction joints)。前者如牆或柱之施工縫，後者如版、梁等之施工縫。
- (3) 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。故施工人員與監工人員須事先有腹案(如施工縫計劃書及細部圖)，即監工人員須向設計工程師詢問，一旦須設置非預定施工縫，此種接縫是否會影響結構行為或安全。

- 6.1.1 施工縫除按工程圖說之規定設置外，若因施工需要而設置時，應設在對結構強度影響較小之處，其位置及形狀須經工程師許可。一般施工縫之設置規定如下：
- (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。剪力樑(shear keys)、中間剪力樑(intermittent shear keys)、斜向接筋(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。

通常為了達到剪力摩擦(shear-friction)之目的，於澆置銜接之新混凝土前，須將已硬化混凝土表面去除乳皮並處理乾淨。若依剪力摩擦設計，其摩擦係數 μ 假設為 1.0λ （一般視表面之處理狀況定 μ 值，常重混凝土之 $\lambda=1.0$ ，輕質混凝土之 λ 為 $0.75\sim0.85$ ）時，新舊混凝土之介面須處理成一粗糙面，其凹凸總深約為 6mm 。

- (2) 豎向支承構件(如柱或牆)中之混凝土已不具可塑性(plastic)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。(參考第9.3節)。

- 6.1.2 所有穿過施工縫之鋼筋均須連續。若工程師認為需要於牆與牆、牆與版或基腳間設置施工縫時，可設置深度至少 4cm 之縱向桿。但亦可設置經工程師同意之其他桿或斜向鋼筋。

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 4cm 之縱向榫(longitudinal key)或其他經核可之榫或斜向接筋。所有鋼筋須潔淨且不沾漆。

6.1.3 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 6.1.4 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、不良表層及其他雜物，並徹底潔淨後潤濕之。
- (3) 垂直施工縫，於第一次澆置混凝土前應設置臨時模板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、欄柵、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 6.1.3(2)之規定處理外，並應加塗一層與混凝土同水灰比之水泥砂漿。

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。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)，並在其初凝前澆置銜接混凝土。

6.1.4 施工縫如需特殊粘結時可用下列任一方法，但須經工程師之許可。

- (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粒料之接合面。
- (3) 用經核可之方法。

解說：(1) 使用粘結劑(adhesive)須為經核可者，並依製造廠商規定之配法及工法施用之。

(2) 使用緩凝摻料(chemical retarders)時須用經核可之產品。

(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，使混凝土接合面之粒料均勻露出，但須不留水泥乳、不鬆動粒料及不損傷混凝土。

6.2 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。

6.2.1 除僅黏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金屬埋設物均不得連續穿過伸縮縫。

6.2.2 伸縮縫之預製填縫料應按合約文件規定之型式並須符合下列規範之一：

- (1) ASTM D994 (混凝土伸縮縫預製填縫料—瀝青型)。
- (2) 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)。
- (3) 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)。

解說：伸縮縫嵌入物使用可壓縮之預製填縫料，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。填縫料亦可使水份之滲入減免。

6.2.3 地面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相配合。俟混凝土已硬化至足以防止粒料被鋸片逐脫時，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：一般鋪面版或混凝土路面(slab on grade / concrete pavements)於硬化和乾燥後會收縮，因體積之減縮會產生版之龜裂，尤以橫向裂縫(transverse cracking)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接縫，此即所謂之收縮縫。弱面之作法可用特殊工具、或移去臨時嵌入物、或使用永久嵌入物如填縫料、或用鑲鑽鋸片切割等作成之。收縮縫內須避免含入堅硬之外物如碎石等以免妨礙版之脹縮而導致過大之應力使鋪面損壞。使用

填縫料亦能減少水份滲入土層或路基。混凝土路面所用之收縮縫填縫料須經得起行車及日晒雨淋之考驗，最好是採用瀝青纖維板。使用鋸切方式時，最好的時機是在混凝土夠硬不致被鋸片逐脫材料且在產生無法控制之裂縫形成之前。一般是澆置後8至24小時之間，視天候、混凝土材料及鋪面基底等之不同而定。備份之鋸片等須備妥，以免鋸切作業因鋸切機材損壞時中斷過久。硬化相當時間後施加粘結性頂層(bonded topping course)，但須將底層面上之所有鬆碎雜質或油漆等污物先清除乾淨才行。清除方法可用噴砂或超高壓水槍等噴除。室內地板若不宜採行上法時，得用適當之清潔劑(須不留殘漬者)或用酸(muriatic acid)之10%溶液刷洗後再徹底沖淨。底層表面須先潤濕(但不可積水)並敷上薄薄之黏稠水泥漿或規定之黏結劑後，始得澆置頂層混凝土。

6.3 止水物

解說：止水物係以金屬片、天然或合成橡膠、或塑膠材料者製成。金屬止水物之材質可為鋼、不銹鋼、銅或鉛等。銅質耐蝕但價昂且易受損；鉛質近已不用。

6.3.1 接縫所用止水物之材料、設計及位置應符合合約文件之規定。

6.3.2 預製止水物應儘可能使用最大長度，以減少其接頭數目。

6.3.3 止水物之續接與交接，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%且須永遠保持其柔性。

解說：(1) 鋼製止水物之續接係用焊接；橡膠止水物之續接係用特殊粘劑；聚氯乙烯止水物為最常用之柔性止水物(flexible water stops)，其續接係以加熱後加壓接合。

(2) 止水物之裝設係應用分離模板(split forms)如圖 R6.3.1⁽¹⁾澆置混凝土時須特別小心，不可使止水物彎曲變形或移位。止水物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

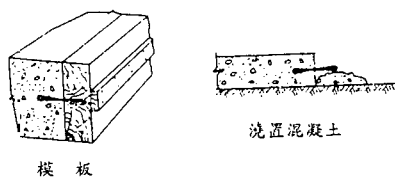


圖 R6.3.1 裝設止水物之分離模板

6.4 其他埋設物

6.4.1 所有套筒、嵌入物、錨錠、鋼筋續接器、及用以連接或支承之其他埋設物均須於混凝土澆置前裝設妥當。

6.4.2 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鋼筋及伸縮縫嵌入物外之埋設物，如錨栓、嵌入物、管之套筒(pipe sleeves)、管(pipe)、導管(conduits)、線(wires)、汎水(flashings)、人孔蓋框(manhole-cover frame)、測計(instruments)及其他埋設固定物(fixtures)，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，會有電化學作用(galvanic action)而產生腐蝕，故如鋁製品者應不許埋設。埋設物亦不得妨礙配筋之正確位置亦不得減損結構強度。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，須加配鋼筋於其上、下。管線在版中亦不得並排成面而影響混凝土版之強度。柱中之配管不得佔掉柱之設計有效斷面[2,3]，也不許成排佔據柱表層，而影響柱之安全，但原註明於設計圖或經設計者許可者除外。

6.5 埋設物之安置

伸縮縫材料、止水物與各埋設物應精確定位，並要為固定以防止移位。套筒、嵌入物、錨孔等之孔洞應以易於取出之材料暫時填塞，以防止混凝土滲入。

參 考 文 獻

- [1] Joseph J. Waddell, "Concrete Construction Handbook", 2nd ed. p4-18, fig. 8.
- [2] American Concrete Institute, " Building Code Requirements for Reinforced Concrete(ACI 318-89)", 6.3. Formwork (ACI 347-78)[Reapproved 1984].
- [3] 中國土木水利工程學會 " 鋼筋混凝土建築設計規範(土木 401-80)", 第 13.13節。

第七章 混凝土之產製

7.1 通則

7.1.1 混凝土之產製，應以適當之設備按規定配比精確配料、混合並拌合均勻。除特殊情況經許可得以人工拌合外，應以混凝土拌合機拌合。

解說： 1. 本章所謂「產製」係包括混凝土各盤(Batch) 材料之計量和拌合。

2. 產製目標為按規定之材料配比生產均勻之混凝土。

3. 為達成前項目標，應正確控制下列因素[1]：

- (1) 拌合前和拌合中，各材料保持均質和不分離。
- (2) 具適當之設備準確計量各盤所需材料，該設備需具調整功能，以備必要時可輕易調整材料量。
- (3) 各盤材料配比保持穩定。
- (4) 各材料按正確順序進入拌合機。
- (5) 所有材料都拌合均勻，粒料表面均有水泥漿完全包裹。
- (6) 同一盤內及連續各盤間之混凝土都均勻一致。

4. 所謂「特殊情況」詳第 7.3.3 節之解說。

7.1.2 除本章之規定外，預拌混凝土之產製應按 CNS 3090 (預拌混凝土) 之規定。採用體積計量並連續拌合方式之混凝土產製，應按 ASTM C 685(以體積配料且連續性拌合之混凝土產製)之規定。

解說： 1. 「預拌混凝土」係指由預拌混凝土製造廠商負責產製，交予購方時處於新拌且未固化狀態之混凝土，若無特別指定，本規範所謂預拌混凝土係指市售預拌混凝土，即該預拌混凝土為對外公開出售者。國內有些重大工程為施工上之需要而設置專供該工程使用之「專用混凝土拌合廠」得由工程師視需要參考引用 CNS 3090 之相關規定。

2. CNS 3090 關於混凝土之產製主要有以下規定[2]:

- (1) 材料計量：水泥及粗細粒料以質量(CNS 3090 所稱「質量」即係本規範所稱之「重量」)計量。
拌合水以體積或質量計量，但冰須以質量計量。
粉狀摻料以質量計量，而糊狀或液狀摻料得以質量或體積計量。
- (2) 拌合機(Mixer)：可為固定式拌合機或車上拌合機。
- (3) 攪拌機(Agitator)：攪拌機可為車上拌合機或車上攪拌機。
- (4) 拌合：預拌混凝土應以下列任一方式拌合之混凝土，並運送至購方指定地點：
 - a. 中央拌合式混凝土(Centrally-Mixed Concrete)：混凝土完全以固定式拌合機拌合後，以拌合車攪拌速率輸送至澆置地點。
 - b. 分拌式混凝土(Shrink-Mixed Concrete)：為先以固定式拌合機拌合部份時間而後再以拌合車完全拌合之混凝土。
 - c. 途拌式混凝土(Truck-Mixed Concrete)：為完全以拌合車拌合之混凝土。

3. 訂購預拌混凝土時，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。
- (3) 若用輸氣混凝土，應指明含氣量。
- (4) 指定所要混凝土之規定強度(f_c')及最大水灰比等。
- (5) 就下述之三種辦法選定一種以決定預拌混凝土配比：

辦法一：由購方負責混凝土配比。

辦法二：由製造商負責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責混凝土配比選擇之責任。
- (6) 若用輕質混凝土，則其單位體積質量，應指明為氣乾或烘乾狀態者。
- (7) 購方提供之材料。
- (8) 其他特殊事項。

4. ASTM C 685 關於混凝土之產製主要有以下規定[3]:

(1) 材料計量:

水泥、粗細粒料、水及摻料均得以質量或體積計量。採用體積計量時，以經校驗之閘門或流量計控制材料進入量。

(2) 拌合機(Mixer):

採用之連續拌合機應為螺旋式(Auger-type mixer)或其它適合者。

7.2 計量

7.2.1 除拌合用水外，混凝土材料均須以重量計量。但特殊情況經工程師許可者得以體積計量。

解說：1. 拌合用水及液狀摻料可用重量或體積計量，但加入冰時須以重量計量。

2. 若經工程師許可水泥可用袋數(每袋50kg)計量，不滿一袋時須以重量計量。

3. 除依7.1.2節按ASTM C685之外，基本上本規範不建議採體積計量，惟特殊情況，如工程規模小，重要性低，而施工環境不易採用重量計量時，得經工程師許可以體積計量。採用體積計量時，其體積計量設備應有良好設計並須以重量校核。

7.2.2 計量裝置

(1) 材料計量裝置之準確度應為其裝置容量之 $\pm 0.4\%$ 。

解說：1. 材料之重量計量裝置可為機械式或電子式之秤。

2. 拌合用水以體積計量時，可用附刻劃之透明量桶或水錶為之。

3. 重量計量裝置之準確度(accuracy)指計量裝置採靜載重測試時，計量裝置所示重量與標準砝碼正確重量之差值，在計量裝置之使用範圍內之任一點之差值均應小於裝置容量之 $\pm 0.4\%$ 。

(2) 拌合現場應準備標準砝碼(或重量塊)供隨時校核計量裝置。

解說：1. 混凝土廠計量裝置通常採用每只20kg之標準砝碼辦理校核。

2. 標準砝碼應經度量衡檢驗單位檢驗合格並妥為保管，不得任其蒙塵生鏽。

3. 計量裝置應附適當掛架等供放置標準砝碼以辦理校核。

4. 通常至少每六個月須校核一次，若有搬移或整修時，應隨即校核[4]。

7.2.3 材料計量之許可差(公差)如表 7.2.3。

表 7.2.3 材料計量之許可差

材 料	水 泥	水	粒 料	摻 料
公差(%)	±1	±1	±2	±3

註：1. 粒料之表面含水量應視為拌合水之一部份。

2. 用於溶解或稀釋摻料之水及液態摻料，應視為混凝土拌合用水之一部份。

解說：1. 材料計量之許可差(tolerance)係指每盤所用材料之個別實際計量與規定用量之允許最大差值，以規定用量之百分比表示。

2. 為達到許可差要求，計量裝置應設防震保護以隔絕拌合機之震動影響；控制設施應妥善保護以防灰塵和氣候影響；秤之支點應經常檢查與清理；各項其它設施均應定期檢查並正常操作[5]。

7.3 現場拌合

解說：所謂「現場拌合」係指在工地設置混凝土產製設備，就地生產混凝土供本工程使用。

7.3.1 混凝土之拌合機應符合下列規範之規定：

- (1) CNS 7101 傾斜式混凝土拌合機
- (2) CNS 7102 鼓形混凝土拌合機
- (3) CNS 7103 快速混凝土拌合機

解說：(1) CNS 7101 傾斜式混凝土拌合機 (Tilting Type Concrete Mixer)具橄欖形拌合鼓，其內壁附拌合翼片，由旋轉拌合鼓拌合混凝土，以傾斜拌合鼓方式卸出混凝土，其容量一般有 0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、及 0.8m^3 等六種規格。

(2) CNS 7102 鼓形混凝土拌合機(Drum Type Concrete Mixer)適用於坍度在7 cm以上之混凝土拌合用，具橄欖形或圓筒形拌合鼓，其內壁附拌合翼片，由拌合鼓對一固定之水平軸旋轉而拌合混凝土，以一卸料槽伸入旋轉中之拌合鼓承接並卸出混凝土，其容量一般有0.2、0.3、0.4、及 0.6m^3 四種。因清洗及卸料困難，鼓形混凝土拌合機不適用於低坍度或大粗粒料之混凝土拌合。

(3) CNS 7103 快速混凝土拌合機(Forced Type Concrete Mixer)亦稱強制式拌合機，係以附於轉軸上之翼片拌合混凝土，由拌合鼓之活動開口卸出混凝土，其容量一般有0.25、0.4、0.5、0.75、1、1.25、1.5、1.75、2.0、2.25、及 3.0m^3 十一種。轉軸可為垂直式或水平式，可設一到數具轉軸，快速拌合機適用於各種坍度之混凝土，拌合效率甚高，目前廣為預拌混凝土廠等大型拌合採用。

7.3.2 混凝土之拌合應按以下之規定。

(1) 配料計量

1. 每次配料應以所用拌合機額定拌含量為限。
2. 水泥、拌合水、粒料及各種摻料，必須各自單獨計量。惟粒料亦可累計合併計量。

解說：1. 拌合機之「額定拌含量」係指可在規定時間內拌合均勻之有效拌合容量，通常拌合機製造廠會提供有關數據，惟由於混凝土工作度、最大粒徑、拌合機性能衰減等因素，會影響有效拌含量，必要時應加以測試。

2. CNS 3090 第9.1.1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。」
3. CNS 3090 第9.1.2節規定：「混凝土每次拌和量，途拌式與分拌式不得大於車上拌合鼓總容量之63%，中央拌和式不得大於車上拌和鼓總容量之80%。」
4. 所謂「單獨計量」係指各料有專用之秤料斗，材料載入後單獨計量，並依序各別卸入拌合機。
5. 所謂「累計合併計量」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。通常累計合併計量之誤差較大。

(2) 材料之混合

1. 計量後之各粒料及水泥可直接置入拌合鼓，亦可將水泥先置入聚料斗內，再置入拌合鼓拌合。惟拌合水除少許早於乾料先加入外，其餘部份與摻料應待上述材料置入拌合鼓後再按規定注入。
2. 在重新進料前，應將所有拌合物清出。
3. 進料時，除快速混凝土拌合機(強制式拌合機)外，拌合鼓應維持旋轉狀態，其旋轉速度應與混凝土拌合時相同。

解說：拌合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，方能達成目的。操作員應具充分之目視辨別能力，在進料、拌合及卸料過程必須隨時檢視，發現有異常情況應告知工程師並採應變措施。自動化拌合機常設置閉路電視，供操作員檢視。

(3) 拌合時間

1. 混凝土之拌合時間，應自乾料全部進入拌合鼓時起算。
2. 拌合水及摻料溶液應在規定拌合時間之前25%時段內注入完畢。
3. 拌合量為 0.8 m^3 或以下時，其拌合時間至少為 1分鐘，拌合量超出 0.8 m^3 時，每增加 0.8 m^3 增加拌合時間 15秒。超出量未達 0.8 m^3 者仍以 0.8 m^3 計算。
4. 若能按 CNS 3090 有關之規定試驗，證明以比規定較短之時間產生均勻之混凝土，則得採用較短之拌合時間。

解說：1. 混凝土拌合時間以能拌合均勻為目標，CNS 3090 第 9.2—9.6節

中關於均勻性之規定摘述如下：

- (1) 各項材料混合至卸料時至少須符合表 R7.3.1 中混凝土均勻性六項許可差要求中之五項。
- (2) 約於混凝土卸料15% 及85% 時取樣測定坍度，可作為混凝土均勻性之便捷校驗。此兩試樣之抽樣間隔不得超過15分鐘，若兩試樣之坍度差值不符合CNS 3090中表6 之規定時應予改正調整。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，而能符合表R7.3.1之規定時，則該拌和機仍可使用。

表 R7.3.1 混凝土拌和機均勻性要求(摘自CNS 3090表6)

試 驗 項 目	單 位	同盤混凝土兩次 取樣試驗結果之 最大許可差
1. 每 m^3 質量 (不含氣基準)	kg/m^3	16
2. 含氣量 (體積)	%	1.0
3. 坍度：		
平均坍度為 102mm以下	mm	25
平均坍度在 102至152mm 間	mm	38
4. 4.75mm CNS 386 試驗篩以上 之粗粒料之含量 (質量)	%	6.0
5. 不含氣之砂漿單位質量 (對 所有同等試樣平均值之百分 率)	%	1.6
6. 七天之平均抗壓強度(對所有 同等試樣平均值之百分率)	%	7.5

2. 適當之拌合時間應由試驗決定，按日本預拌混凝土公會之建議[6]，以常用之不同坍度混凝土(如8,12,15及21cm)，以不同時間(如30,45及60秒)各試拌三盤，每盤均作均勻度試驗(日本試驗單位質量與粗粒料含量)，分別計算平均值與標準差，並繪製試驗結果與拌合時間之關係曲線，以規定值對95% 信賴界限之拌合時間作為要求拌合時間。

- (4) 拌合鼓內之攪拌輪葉磨損率達原有高度之10%時，應即更換之。

解說：拌合鼓內之攪拌輪葉用於攪動混凝土，使攪拌均勻，若磨損過巨將降低攪拌效率，應訂期檢視，磨損率達原有高度之10%時，應即更換。

7.3.3 人工拌合

- (1) 材料之計量、混合與拌合等作業，均須在工程師監督下為之。
- (2) 混凝土之各種材料得採用重量或體積計量配料。
- (3) 拌合面應為鋼板或不吸水之光滑表面，其大小至少為90cm×180cm。拌合位置之底面應整理平整。
- (4) 拌合步驟如下：
 1. 將計量之細粒料，平鋪於拌合面上。
 2. 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。
 3. 再將其鋪成矮堰狀，加入1/4~1/3之拌合水，再次以人工翻拌，來回至少四次。
 4. 然後將計量之粗粒料及剩餘之拌合水先後加入，再翻拌來回至少四次，至顏色均勻時，方可使用。

解說：原則上，本規範不建議採人工拌合，惟特殊情況，如工程規模小，重要性低，而施工環境不易採用機械拌合時，得經工程師許可採用人工拌合，但其材料之計量、混合與拌合等作業，均須嚴加監督。

7.4 摻料之使用

- 7.4.1 除不能以水溶液狀態加入之摻料，如砂灰外，摻料必須於使用前溶解成水溶液或加以稀釋。溶解及稀釋之水量，應依原廠說明書之規定計量，並當拌合水計。
- 7.4.2 各種摻料分別加入拌合鼓，不得混合後加入。
- 7.4.3 緩凝摻料須於拌合水加入後1分鐘內，且在規定拌合時間之前25%時段內加入完畢。

- 解說：1.市售化學摻料種類和品牌甚多，其性能常有明顯差異，使用前應詳細研讀其製造廠所附使用說明書。
- 2.化學摻料之性能可能受其它材料及使用溫度等影響，並且其發生作用之時間及性能有效維持時間常甚敏感，每批化學摻料應先作試拌確定無誤後，再正式使用。
- 3.不同化學摻料可能發生交互作用，需聯合使用時，必須先作試拌確定無誤後，才得正式使用，且各種摻料分別加入拌合鼓，不得混合後加入。
- 4.可能發生沉澱或析離現象之液態摻料或摻料之水溶液，使用前應加適當攪拌均勻。
- 5.溫度過低時，有發生分離現象顧慮之液態摻料，其儲槽應具保溫設備。
- 6.關於摻料之進一步資料請參閱[7,8]。

7.5 天候狀況

7.5.1 冷天

- (1) 在寒冷天氣中，混凝土運抵工地時應符合表 7.5.1 所示之溫度限制。
- (2) 若清水或粒料經過加溫高於 38°C 時，應先將粒料與清水拌和。拌和後之溫度低於 38°C 時，水泥方可加入。

表 7.5.1 混凝土運抵工 之溫度限制

氣溫 ($^{\circ}\text{C}$)	混凝土之最低溫度 ($^{\circ}\text{C}$)	
	斷面最小尺寸	
	$<30\text{cm}$	$\geq 30\text{cm}$
-1~+7	+16	+10
-18~-1	+18	+13
-18以下	+21	+16

解說：1.所謂「冷天」(cold weather)係指連續三天以上之平均日溫低於 5°C [9]。

2. 新拌混凝土在過低溫度中會減緩甚至中止水化作用，故須對混凝土溫度限制，可藉使用熱水或加溫粒料提高混凝土溫度。粒料可置於密室中均勻加溫。但粒料之溫度不可過高(38°C)，以免引起混凝土坍度嚴重損失或瞬凝等不良後果。
3. 不得使用已凍結成塊之粒料，因粒料及含水量之計量會產生相當之偏差，並有其他不良後果。
4. 關於冷天混凝土施工之進一步資料請參閱[9]。

7.5.2 熱天混凝土施工

炎熱氣溫下混凝土可能發生坍度嚴重損失、瞬凝或冷縫等，故各種成分拌合前應先予冷卻，或以搗碎之冰屑代替全部或一部份之拌合水，冰屑須於拌合時完全融化。

解說：1. 所謂「熱天」(hot weather)係指氣溫高、濕度低、風速大等情況，其對混凝土施工有嚴重之不利影響[10]，本省夏秋季常有此問題，須特別注意。

2. 施工時混凝土之溫度限制須視結構物斷面之大小而定，一般建築物常限制為32°C，巨積混凝土，如水壩等，物常限制為16°C。溫度之限制亦與施工時之相對濕度有關，不同濕度下防止混凝土塑性乾縮龜裂之溫度限制可參考表R7.5.2。

表R7.5.2 不同濕度下混凝土之溫度限制

混凝土溫度(°C)	相對濕度(%)
40.6	90
37.8	80
35.0	70
32.2	60
29.4	50
26.7	40
23.9	30

資料來源：參考文獻[10]。

3. 氣溫過高可能引致混凝土加速凝結、加快拌合水蒸發、增加所需拌合水、降低極限強度、引起龜裂、坍度損失加速、瞬凝或冷縫等缺點，各種成分材料拌合前應先予冷卻，或以搗碎之冰屑代替全部或一部份之拌合水，冰屑須於拌合時完全融化[11]。拌合水可用冷水機冷卻，粒料儲倉可加遮陽蓋或藉噴水霧等降低粒料溫度。亦可在工地四周或上風處噴霧增加空氣濕度。
4. 關於熱天混凝土施工之進一步資料請參閱[10]。

參 考 資 料

- [1] American Concrete Institute, 1981, "ACI Manual of Concrete Inspection", SP-2, p.129
- [2] 經濟部中央標準局, 80, "預拌混凝土", CNS 3090。
- [3] American Society for Testing and Materials, 1986, "Standard Specification for Concrete Made by Volumetric Batching and Continuous"
- [4] National Ready Mixed Concrete Association, 1984, "Certification of Ready Mixed Concrete Production Facilities", Section 2.1.3
- [5] American Concrete Institute, 1985, "Guide for Measuring, Mixing, Transporting, and Placing Concrete", Section 3.1.1 ACI 304R
- [6] 日本全國預拌混凝土工業組合連合會, 昭和55, "預拌混凝土工場品質管理指南", pp.168-174。
- [7] American Concrete Institute, 1986, "Admixtures for Concrete", ACI 212.1R
- [8] American Concrete Institute, 1986, "Guide for Use of Admixtures in Concrete", ACI 212.2R
- [9] American Concrete Institute, 1983, "Cold Weather concreting" ACI 306R
- [10] American Concrete Institute, 1982, "Hot Weather concreting", ACI 305R
- [11] Joseph J. Waddell, 1968, "Concrete Construction Handbook", p.5-9.

第八章 混凝土輸送

8.1 通則

解說：本章係就混凝土自拌合機(包括預拌廠)卸出後運送至澆置地點之有關過程訂定者。混凝土自拌合機卸出後應儘速運至澆置地點，輸送機具及輸送方式均應避免粒料分離及損耗以確保混凝土之品質。輸送設備須經許可，其尺寸與設計應配合澆置需要，得以適當且連續輸送混凝土。其輸送不可太快以致搗實不足，亦不可太慢以致產生冷縫。

所有運輸設備均須獨立支撐不得與澆置區內之模板或鋼筋接觸。拌合車、攪拌車與其他設備之使用應按 CNS 3090(預拌混凝土規範)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。

為順暢有效的輸送混凝土至澆置地點，應事先擬具詳細的運送計畫，以期獲得所需品質之混凝土，並獲得工程司之許可，擬具計畫時應考慮下列事項：

1. 對象工程或構造物所需之機能、強度、耐久性等。
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，如拌合車、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。
5. 與混凝土產製及澆置作業之配合。

8.1.1 混凝土輸送係指混凝土加水拌合後，自拌合鼓卸出至其注入模板前之過程。除本章之規定外，並應符合 CNS 3090(預拌混凝土)之有關規定。

解說：預拌混凝土(包括一般廠與專用廠)，一般離澆置現場較遠，通常利用所謂之預拌混凝土車運送至澆置現場，直接卸入澆置地點或由其現場內運送器具轉運至澆置地點。預拌混凝土之運送在 CNS3090(預拌混凝土)第10.5~10.9節及 10.11節中均有規定。故有除本章之規定外，並應符合CNS 3090之規定。

8.1.2 混凝土輸送過程中應保持對混凝土攪動，並應能使混凝土不引起材料之分離或漏失。

解說：運送距離較遠或坍度較大混凝土之輸送，宜使用預拌混凝土車，否則應使用配有攪拌器(Agitator)之卡車或車載拌合機運送。低坍度混凝土且運送區間較短而材料分離不嚴重者，得以傾卸卡車或以裝載泥倉(Hopper)之卡車運送，惟應力求卸料之容易性。

以手推車、台車作場內之短距離運送，其通路應維持平順以防顛簸造成材料分離。已有分離現象者，於澆置前應予重新拌合。

8.1.3 混凝土拌合後，應立即運送至工地澆置，混凝土自拌合廠輸送到達工地之時間，除另有規定外，輸送途中保持攪動者不得超過一小時；途中未加攪動者不得超過30分鐘。

解說：混凝土為得以確實的夯實以避免材料分離形成澆接冷縫等以獲品質均勻良好的混凝土，必須在混凝土初凝以前以儘可能接近於剛拌合之狀況完成澆置作業。通常自拌合完成至澆置完成之時間雖視溫度、濕度、運送情況而異，惟只要在溫暖、乾燥下得以在1小時以內，在低溫、濕潤下2小時以內完成澆置作業應不至有不良影響。由於通常運至現場之混凝土均予立即澆置，致影響此限最大者在於運送時間，且平常的主題為「運送」，仍就運送時間作如本條之規定。運抵工地之等待時間亦應加考慮，參照第9.1.2節之規定。

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。

8.1.4 輸送作業應連續，直至達成當次所需澆置混凝土數量為止，非經工程師許可，中途不得停止。

解說：由於澆置時間相隔太久，易產生冷縫成為構造物之弱點，故混凝土之輸送及澆置必須連續。

8.1.5 混凝土於輸送途中，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為理所當然的事。不可因天然、交通阻塞或泵送困難等藉口而任意加水，此為混凝土品質劣化之主因，絕須禁止。

8.1.6 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。

8.1.7 輸送設備之容器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%[1]。

8.2 混凝土輸送機具

解說：混凝土之輸送機具可區分為：

- 1.長距離輸送用：攪拌車(agitator)、預拌混凝土車、傾卸卡車。
 - 2.場內運送用：手推車、吊桶、輸送帶、瀉槽、捲揚塔、混凝土泵送機、台車、混凝土氣送機。
 - 3.特殊使用：纜索、纜車、軌道電車(隧道、水壩施工用)。
- 本節就其中常用者加以規定。

8.2.1 預拌混凝土車

(1) 預拌混凝土車之裝載容量及性能應事先檢驗。

解說：預拌混凝土車又稱車載拌合機(truck mixer)，一般係供自預拌廠至澆置現場等長距離運送之用，國內目前所用者多半為日製車輛，其標準規格如下：

1. 容量：供混凝土拌合用者為 4.5m^3 ；供混凝土拌送用者為 6.0m^3 。
2. 拌合鼓驅動方式：PTO。
3. 拌合鼓：容積為 8.7m^3 ；傾斜角度為 18° 。
4. 重量約為20t。

(2) 預拌混凝土車輸送裝載之混凝土量不得超過其限制容量。

解說：由上列資料可知拌合用時，容量雖只有 4.5m^3 ，惟如僅供裝運可達 6.0m^3 。

(3) 預拌混凝土車於輸送途中，其盛載鼓應維持轉動，其轉速應為每分鐘 2 至 6 轉。

解說：非但輸送途中，拌合鼓須保持轉動，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，鼓內之積水務必完全排除，否則將造成額外加水。

採用預拌混凝土車時，運輸路線應預先勘查，其要點：

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. 如需自開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，以檢討需備之運輸車輛數。
5. 應適當的維持備用車輛。

8.2.2 吊桶

(1) 以吊桶輸送混凝土者，其卸料位置必須配有適當能量之吊裝設備，以便吊卸。

(2) 吊桶運送每桶混凝土之時間不得超過 30 分鐘。

(3) 吊桶卸料時其出口至受料處之高差應在 2.0 m 以內。

解說：以具有適當構造的吊桶承接自拌合機（含預拌混凝土車）卸出之混凝土，隨即吊送至澆置地點，此法為目前被認為最得以滿足澆置要求之運送方法。以吊具移動吊桶，非但振動較小不致造成分離，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分離。吊桶尚可配合卡車、輕便軌道、纜索、纜車等使用。

8.2.3 混凝土泵送機

解說：使用混凝土泵送機以壓送適當配合之混凝土，得以在分離甚微的狀態輸送混凝土。由於機種甚多，使用時應考量混凝土之品質，澆置處所，一次之澆置量，泵送距離及高差等以選擇機種，以期有效率的作業。

- (1) 泵送機之設置位置距澆置位置愈近愈好，泵送機之泵送能力應符合完成澆置作業之需求，泵送機之泵送能力應預先計算，其計算可參考下列資料：

情 況		相當之水平輸送
垂直輸送	1 m	8 m
90° 彎管	1 處	12 m
45° 彎管	1 處	6 m
30° 彎管	1 處	4 m
塑膠管輸送	1 m	1.5 m

解說：泵送機視機種雖略有差異，一般而言，最大水平之泵送距離大致為 400 m，遇有彎曲或昇高應按表列值折減。

- (2) 混凝土以泵送機輸送後之坍度損失不得大於 5cm。且其最初坍度應按第 3.4 節之規定。

解說：使用泵送機澆置時，坍度雖視配比而異，一般以 8~18cm 為度。不可為提高泵送效率擅自提高坍度。

- (3) 混凝土粒料最大粒徑應小於輸送管內徑之 1/4，其用量可酌減 10% 以內。

解說：為使混凝土得以順暢的流暢的流經輸送管，粗粒料的最大粒徑不宜過大，應小於輸送管內徑之 1/4，且可酌減用量。

- (4) 為防止因泵送振動之影響，輸送管不得直接放置於已紮妥之鋼筋上，亦不得直接放置於模板上。
- (5) 混凝土泵送過程中應防止塞管。若有塞管，管內混凝土應予以清除廢棄。
- (6) 輸送管出口應適時移動以使卸出之混凝土均勻散布，避免集中之混凝土推送過遠造成材料分離。

8.2.4 輸送帶

解說：使用輸送帶運送混凝土時，為防混凝土品質受影響，應採適當措施。

- (1) 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，其總長不得超過 300 m。

解說：輸送帶以連續性的運送混凝土見稱，惟輸送過程容易受風吹日曬，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。

- (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。

解說：每節輸送帶之卸料端迴轉處如未採適當的刮泥措施，黏附於帶子之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，故應宜設適當的刮取措施。

- (3) 輸送帶進料及卸料端應設置擋板或漏斗，以防止材料分離。

解說：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分離，擋板及漏斗之設置對於防止材料分離頗具效果。

(4) 輸送帶以水平設置為原則，其最大斜度為 15° 。

解說：為防止材料分離影響品質，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。

8.2.5 滑槽

解說：由高處以滑槽澆注混凝土時，原則上應使用垂直落管串接以防材料分離。

(1) 滑槽出口與澆置面之高差不得超過 2m。

解說：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 2m 為限。

(2) 滑槽之長度以不得超過 6m，且其斜度應在 1:2 ~ 1:3 之間。超過上述限制時，滑槽出口應以漏斗承接混凝土。

解說：以滑槽輸送之混凝土甚易產生材料分離，且為提高混凝土之流動，往往採較高之坍度使更易產生分離。為減輕上述缺陷，其斜度（垂直：水平）應做如上限制，且全長保持一致斜度，如需超出此限，其出口應以漏斗承接混凝土或遵照工程司之指示採適當措施。

(3) 滑槽或其表面應使用金屬鍍製作，但不得採用鋁或鋁合金材料製造。

解說：滑槽或其表面應使用金屬鍍製作乃是為減低滑動阻力，並防止漏漿。不得採用鋁或鋁合金材料製造之原因，詳第 8.1.7 節之解說。

8.2.6 手推車

- (1) 手推車之運送距離不得超過 60 m。

解說：為防推送時間過長，路徑不平，日曬等，與引起材料分離、失水、趨乾等不良後果乃有此限，如情況特殊，採有妥善措施經工程師同意者自可略予放寬。

- (2) 手推車須鋪設走道板，使行走路線平順。走道板之鋪設不得影響鋼筋之正確位置。

解說：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。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。

- (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。

8.2.7 台車

- (1) 混凝土輸送使用台車之運距，以不超過 30 分鐘行程為限。
(2) 台車行駛之路線應平順或微小坡度。
(3) 裝料時應儘可能使混凝土垂直卸落於盛料斗中央。

解說：參照第 8.2.6 節(2),(3)。

8.2.8 配合吊桶使用之纜索

- (1) 配合吊桶使用之纜索須經專業設計、製造及安裝。
- (2) 若混凝土係由吊桶直接澆置時，纜索之設置應能涵蓋全部澆置範圍，其兩錨固台座至少一端為活動式。

解說：以纜索吊送吊桶運送混凝土之方式常見於山谷水壩之建設，此種作業非但裝置、操作、控制均甚為特殊，為求安全、工作效率、保證混凝土品質，必須由專業者設計、製造及安裝，惟宜注意下列事項：

1. 為減低材料分離，自拌合機至模板內運送途中之混凝土操作（轉運）次數宜儘量減少。
2. 運送途中或澆注中如發現有材料分離現象時，應予重拌以使形成均勻的混凝土。
3. 吊桶應下降至其下端達距澆置面 1m 以下始可打開底蓋排放。
4. 擬將吊桶放置於已澆混凝土面上時，應防賦予混凝土面衝擊。
5. 夜間作業應設充分的照明。
6. 雨天時之混凝土運送應依工程師之指示。

8.3 再拌合

解說：混凝土運送應妥善規劃，選取最佳路徑、機具、方法以促得於最短時間內以最平穩的方法運抵澆置地點，以避免有材料分離、失水、乾化等不良現象，以避免再拌合為最高原則。惟萬一有上述不良現象經工程師認為有影響混凝土品質之慮者，經工程司之認可得以適當的方法施予再拌合以資改善，惟再拌合時應按主文各項規定辦理。

8.3.1 混凝土應按即時使用之數量產製輸送至工地，超過規定時間或已凝結之混凝土均應廢棄不得再拌合使用。

8.3.2 混凝土運抵工地時，若未超過規定時間，而其坍度過低不適於澆置時，經工程師之許可者，可按以下各節之規定方法，添加清水或減水摻料以增加（恢復）混凝土澆置所需坍度後，再行澆置。

解說：所謂規定時間，工程師得視摻料之使用、澆置、搗實之難易等實際情形而規定運送時間，否則應依 8.3.1 節之規定。

8.3.3 加清水增加工作度

除加適量之清水外，並應加入相當之水泥量以保持原水灰比不變，並按第 8.3.5 及 8.3.6 節之規定辦理。

8.3.4 以減水摻料增加工作度

以減水摻料，如強塑劑或減水劑，加入混凝土以增加坍度時，應按第 2.3、3.6、8.3.5 及 8.3.6 節之規定辦理。

8.3.5 混凝土加入清水或減水摻料後所增加後之坍度不得過大，應以適合施工之最小坍度為原則。且不得超過容許之最大坍度。

8.3.6 混凝土加入清水或摻料後應再拌合，其拌合時間至少為原拌合時間之一半。

參 考 文 獻

- [1] American Concrete Institute, " Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-89) And Commentary—ACI 318R-89", R5.9-Conveying.
 - [2] 日本土木學會, "コンクリト標準示方書 " 1975年版。
-

94 第八章 混凝土输送

第九章 混凝土澆置

9.1 通則

- 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 混凝土自拌合、輸送至澆置應連貫作業不宜中途停頓，必須在一定時間內完成。
- 9.1.3 混凝土之澆置順序應經計畫並經工程師認可，以防止模板所受載重不均衡，確保施工安全。

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。人員設備均有超額準備，防止工作中突然發生之需要。一般多規定混凝土自拌合完成後，宜於90分鐘內完成澆置工作，但工程師仍應注意混凝土是否已有不適合澆置之跡象，如在限定時間內，混凝土因坍度損失過大，已部份凝固或材料嚴重分離等判定其是否可以使用。必要時，可做適當調整。

9.2 澆置前之準備

- 9.2.1 應查驗模板、鋼筋及埋設物，並經工程師確認已按規定裝設妥當。

解說：查驗模板所要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，澆置中更應時刻觀察模板受力情形，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需者。

9.2.2 澆置面為土質地面時，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。並灑水潤濕之，但不可有積水現象。

9.2.4 接縫混凝土澆置前，應按第 6.1.3 節之規定做處理。

9.2.5 應清除模板或其他澆置面上之殘留木屑及其他什物。

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於澆置前所需之準備加以規定。此外，澆置前應準備之工作隨工程性質而有所不同，施工者應妥為準備因應，如搗實器具故障，天雨、氣溫變化所需之備用（含防護）器材，混凝土輸送可能之障礙等。

ACI Manual of Concrete Inspection[1]列有檢查表，特摘錄於後以供參考。

9.3 澆置

特殊鑄面修飾之混凝土澆置請參考第 11.5 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，僅提供原則如下以供參考：保持混凝土落下之方向與澆置面垂直，且落下過程中最後階段應經過至少 60cm 之落管。預防材料分離之方法詳見參考資料[2]。

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、開始拌合時間、混凝土溫度及摻料之使用等而定。

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：不管工程大小，均須於澆置前詳加計劃澆置之分層、分段或分區，如此可避免產生不必要之施工縫，若施工縫未妥善處理易形成冷縫。

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 6.1.4 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，方可澆注梁或版之混凝土。

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 特殊結構之澆置順序，應經工程師核可。

9.4 搗實

9.4.1 混凝土澆注進入模板後，應隨即予以適當之搗實。

解說：搗實乃為求混凝土密實之最後步驟，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。國內產品可以相近者代替。

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 45cm。

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
			建議之值			近似值		
組別	棒頭直徑 cm	參考頻率 次/分 (Hz)	偏心矩 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 ³ /hr	應用範圍
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之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、鋼管、鋼鏈、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、預鑄格、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	適用於厚度小於8cm之硬塑性混凝土，澆置於一般構材，如牆、柱、梁、預力格、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	適用於厚度小於5cm巨積或結構混凝土，每次澆置在3m ² 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	適用於重力壩、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 ³ 以上之混凝土。

第3行 係指振動棒埋置於混凝土內時之振動頻率。

第4行 依 ACI 309R 附錄 A 之附圖 A.2 之公式計算。

第5行 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行 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行 在此範圍內之混凝土可完全被搗實。

第8行 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行 此處所示數值不全是振動棒之影響而已，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。

- 9.4.6 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粒料若隱若現。
- 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內，其進入前層混凝土之深度應約為 10cm。
- 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。

9.5 防護

- 9.5.1 室外混凝土之澆置應避免在下雨、下雪及刮大風等惡劣天候下進行，不得已須澆置混凝土時，應採取經工程師認可之防護措施。
- 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拌合水。
- 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℃者，澆置時之混凝土溫度不得低於 10℃。但混凝土構材斷面尺寸小於 30cm 者，混凝土溫度不得低於 13℃。
- 9.5.5 澆置之混凝土溫度高於32℃時，應採取經工程師認可之措施。
- 9.5.6 鋼筋及鋼模之溫度高於49℃時，澆置混凝土前應先以水冷卻之。

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 6.1.1及 6.1.2節之規定，並經工程師之許可。

解說：接縫處理之步驟乃須按6.1.3 節之規定。

9.7 水中混凝土澆置

9.7.1 水中混凝土應在靜水情況下澆置。

9.7.2 水中混凝土應用特密管工法或經許可之工法澆置。

解說：特密管(Tremi pipe)為澆置水中混凝土用之特殊管，管之直徑有20cm、25cm及30cm者，此外為供總長度之調節其長度有1m及2m之預備管。為確保水密性，管之接頭多採用翼緣型。

為防止最初入特密管混凝土與管內水接觸，應使用管塞(plunger)。亦有於特密管下端設蓋子之底蓋法，此法雖不適宜於水深浮力較大之情況，但對因故使特密管脫離已澆置混凝土面而須繼續澆置時，則必須使用之。

9.7.3 以特密管工法澆置水中混凝土時，應保持特密管為滿管狀態及其出口淹埋於混凝土內至少50cm。

解說：水中混凝土澆置之施工要點，最重的是防止底下混凝土與水接觸，即應防止水分侵入底下之混凝土內。其方法乃是，必須使特密管之下端保持必須埋入所澆置之混凝土中，新澆注之混凝土由下將先與水接觸之混凝土面層往上升，以保護底下之混凝土免與水接觸。管之出口端所埋入混凝土中之深度，如其澆置環境之水係自然之靜水且又太深者，50cm已足夠。惟如係流動、渾濁、深度大無法目睹其澆置情況者，其埋入深度應大約予加大。至於場鑄格、地下連續壁等採用泥水(穩定液)工法者，由於其頂層與泥水接觸之所謂劣質混凝土通常為1m以上，故其埋入深度都規定為2m以上。

9.7.4 水中混凝土應一次澆置完成，不可中途停頓或中斷。

解說：若水流速度不大，澆置區可以圍堰的方式保持區內水流的靜止。本條文不排除其他可行之水中混凝土澆置工法，但必須經許可。在水中施工縫很難處理完善，故同一結構體應一次澆置完成。

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, "コンクリト標準示方書 " 1975年版。
-

第十章 表面缺陷修補

10.1 通則

所有表面缺陷包括繫條孔在內，除合約另有規定外，應在模板拆除報請工程師進行缺陷評估後立即修補。修補後，並請報請工程師核可。

解說：凡拆模後之混凝土表面未能顯現平整密實之表面皆應視為表面缺陷應進行評估並修補。

混凝土表面發生缺陷可能係由於澆置後未適當充分搗實，有時係由於混凝土未具適當之工作度，搗實困難或模板緊密度不良漏漿，亦可能由於鋼筋間或鋼筋與模板之間距太小或不均，致粗骨材無法均勻分佈充滿模板中所致。

缺陷之程度有輕微與嚴重之不同，若僅表面呈現蜂窩現象，則只要按第10.2節之規定修補即可。但有時混凝土表面已使鋼筋顯露，則應採用可靠之方法以確定其內部之混凝土是否有空隙存在。若經驗測確定內部有孔隙存在，則將影響構材強度，工程師應請求設計單位評估後做適當補強。

10.2 修補方法

10.2.1 使用卜特蘭水泥砂漿修補

- (1) 所有蜂窩現象與有缺陷之混凝土部份應予鑿除至完好健全之混凝土。混凝土之鑿除面應與混凝土表面垂直或根部稍微擴大，修補之厚度亦不得過薄。

解說：因混凝土凝固時有收縮現象，其體積將稍微縮小，缺陷部份之鑿除須由混凝土表面向內漸擴大呈楔形[1]，以使修補壓實時，可增加砂漿之側向束制壓力，使不致因體積變化而脫落。修補之厚度亦不得過薄至少為2.5cm[2]。

- (2) 修補前，修補部位及其週圍向外至少15cm範圍內之面積須予潤濕，以防止其吸取填補砂漿內之水分。

解說：若混凝土不先加以潤濕，修補砂漿之水份將被乾燥之混凝土吸走，而使修補砂漿粘著效果不佳。

- (3) 再用水泥與通過30號篩之細砂各一份之比例，混合調成濃稠狀之水泥砂漿，均勻塗敷於表面上當做粘結層。

解說：做粘結層之水泥砂漿其細砂之粒徑不得太粗，以通過30號篩者為宜。粘結層亦可使用親水性環氧樹脂，則應按該產品之使用說明書之規定。

- (4) 修補砂漿應使用與原混凝土同樣材料及大致相同之配比，但不使用粗骨材，填補砂漿中水泥之用量不得超過水泥 1 份與通過16號篩之鬆散濕砂 2.5份之體積比例。為使填補於露面混凝土顏色一致，可用白色卜特蘭水泥取代部份灰色卜特蘭水泥，其比例應由試驗決定之。

- (5) 修補砂漿之拌合水量不得超過搬運及修補工作之所需，並須預先拌妥，其後應時常以鐮刀調拌，但不可加水，以供修補之最乾硬稠度為宜。

解說：修補砂漿之品質及粘結性受其水灰比影響很大，為求具較佳之粘結力，其調拌用水以能適於修補工作之最低水量為宜。修補砂漿拌妥後須時常以鐮刀調拌，乃為使水泥砂漿中之水泥與水分均勻分佈，並使水泥砂漿成為粘滯漿體增進其與原混凝土之粘結。但拌妥後之任何調拌均不得另外加水，否則將使修補水泥砂漿之品質劣化，不堪使用。

- (6) 修補部位之表面水分經蒸發至約無表面水時，將粘結層之水泥砂漿妥善塗敷於該表面上。並俟粘結層開始失去水澤時，即填補預拌之修補砂漿。修補面上之砂漿須充分壓實及刮平，但應使修補面比四週表面略高。

- (7) 修補面在完成修補作業後，不得擾動之，以容許砂漿初期乾縮，至少經 1 個小時後，始得進行混凝土表面之最後修飾工作。外露牆壁之修補不得使用金屬工具修飾。

解說：修補後之混凝土表面應等砂漿已經初期乾縮始得進行最後修飾，否則其修飾將因砂漿之乾縮而不符合要求。因使用金屬工具做外露牆壁之修飾，會使修補面顏色趨暗密度增大[2]，而異於其周圍部份，宜用木鏟刀。

- (8) 修補後 7 日內修補面應保持濕潤。

- (9) 若混凝土鑿除修補之深度超過 3cm，則應改用原配比之混凝土取代水泥砂漿修補。

解說：混凝土鑿除修補之深度超過 3cm，其修補體積較大凝固過程將產生較大之體積變化使其修補效果不佳，而改用原配比之混凝土取代水泥砂漿修補，則因混凝土中含大量之粗骨材可使修補部份之體積變化較小，可使修補之效果較佳。

10.2.2 使用其他材料修補

修補不得使用可能因風化作用導致顏色改變，或因熱膨脹差異導致剝離之材料。若經許可，混凝土表面缺陷之修補亦可採用第 10.2.1 節所規定以外之材料，如下：

- (1) 噴凝土。
- (2) 商品化之修補產品：
 1. 乳液改良卜特蘭水泥砂漿。
 2. 長期暴露於潮濕狀況下不會再乳化之乳液型接著劑。
 3. 親水性環氧樹脂砂漿，其環氧樹脂膠結材須符合 ASTM C881(混凝土用環氧樹脂粘結系統)中 Type III 之規定。

解說：若使用噴凝土，則應符合本規範第 15.8 節之規定。至於商品化之修補產品多係高分子材料之膠質乳液，其使用應按產品說明書之規定

10.2.3 外露混凝土若不另加油漆或修飾，則應進行修補方式與材料之顏色試驗，並應採用適當之修補方式使修補表面與其周圍之顏色一致。

10.3 繫條孔與暫留孔之填補

10.3.1 除非使用不鏽鋼、不腐蝕或以經認可方法處理之繫條，否則混凝土面之繫條孔，均需加以填補。

解說：本條之規定係針對露面混凝土，繫條孔或因施工所需暫留之孔洞應以鉛、塑膠及其他材料特製之專用塞子，或乾拍水泥砂漿，或環氧樹脂砂漿填補。非露面混凝土表面之繫條孔可按第 4.4.7 節之規定處理。

10.3.2 經噴砂或新石處理形成紋理之表面，其缺陷及繫條孔之修補應達在 5 公尺以外觀看時，其顏色和紋理與原混凝土相近之效果。

10.3.3 使用水泥砂漿填補繫條孔時，繫條孔應先清潔及潤濕，再按第 10.2 節規定之方法修補之。

10.3.4 使用其他材料修補繫條孔時，須經工程師認可，且按照製造廠商建議之方法修補。

10.4 污點、鐵鏽、白華及表面沈積物之去除

工程師認定不能接受之污點、鐵鏽、白華及表面沈積物等，應採用工程師認可之方法去除之。

解說：在施工中引起混凝土污點、鐵鏽、白華及表面沈積物之原因有多種，鐵鏽之產生通常來自養護水、施工中長期外露之鋼筋、生鏽之模鋼、模板油及混凝土材料夾帶之雜質。此一問題最好能防範於未然，但甚難完全防止。其去除應謹慎計畫與從事。

一般用以去除污點、鐵鏽之方法[3] 有噴砂、研磨、蒸汽清洗、刷子擦拭(但不可用鋼刷)及拭磨等，工程師可按污點、鐵鏽、白華及表面沈積物之性質，認可適當之方法。生鏽之鋼筋或鐵件，並應做適當之防鏽處理。

- [1] Joseph J. Waddell, Concrete Construction Handhook, McGraw-Hill Book Company, New York, 1974. P48-7.
 - [2] Joseph J. Waddell, Concrete Construction Handhook, McGraw-Hill Book Company, New York, 1974. P 48-17.
 - [3] Joseph J. Waddell, Concrete Construction Handhook, McGraw-Hill Book Company, New York, 1974. P 45-6.
-

產業自動化—營建業自動化計畫成果報告

計畫編號：02-81-010

執行期間：八十年十月一日至八十一年六月卅日

混凝土工程施工規範之解說編訂
(第一章至第十章)

計畫主持人：沈進發

共同主持人：邱昌平 林榮三 高健章

陳式毅 賈駿祥 賴景波

(按姓氏筆劃)

主辦單位：內政部建築研究所籌備處

執行單位：中國土木水利工程學會

中 華 民 國 八 十 一 年 六 月

混凝土工程施工規範(第一章至第十章)解說之編訂

壹、前 言

本計畫乃是內政部建築研究所籌備處為配合『建築技術規則施工篇研訂計畫』訂定相關施工規範之研究計畫。建築技術規則施工篇研訂計畫中建議，施工篇之第三十二條混凝土構造，須配合研訂『混凝土工程施工規範』。而該規範已由營建署於上年度委託中國土木水利工程學會完成訂定，並於今年再委託該規範第一章至第五章解說之訂定以便利其應用。建築研究所籌備處乃配合內政部營建署之委託計畫，委託中國土木水利工程學會訂定『混凝土工程施工規範解說』自第六章至第十章之部份，以加速完成施工規範解說之訂定。以配合建築技術規則施工篇研訂計畫。

貳、計畫背景、目的與內容

混凝土施工規範為混凝土工程一切施工作業之準則，亦為達成工程品質要求之法典。若工程缺乏良好之施工規範，不但工程之進行無所依據容易造成偏差與糾紛無法順進行，而工程品質更無法保障。在世界各先進國家之營建主管機關莫不特加重視。對於施工技術正在需要進一步提升之我國而言，鋼筋混凝土規範更是值得重視。

中國土木水利工程學會混凝土工程委員會於去年(79年6月至80年5月)在內政部營建署之補助下完成『混凝土施工規範』之修訂。該修訂有以下主要特點：

- 一、將適用範圍由『鋼筋混凝土建築』擴大為一般混凝土工程，故更名為『混凝土工程施工規範』。
- 二、以 ACI 301-84(Revised 1988) 為主要參考，但以本國化為目標建立符合我國工程環境、習性之自有體系。
- 三、有鑑於時代之科技與施工之材料、方法及技術不斷進步中，故有關條文中均保留彈性，以免妨礙施工新材料、新技術及新方法之運用。
- 四、所引用之『標準』以直接加入規範中，以使使用簡便。

相信該規範必能普遍受工程界歡迎愛用，在該計畫之期中簡報與期末簡報中，各委員均極力建議，營建署繼續補助中國土木水利工程學會，進行該規範解說之編訂工作。解說訂定對規範之條文內容加以詳細說明，其益處可使使用者瞭解規範條文之精神及本意、可避免施工引用規範上之爭議，並可使新進人員容易瞭解使用本規範，以提昇工程人員之水準及混凝土工程施工之品質。

本解說訂定時將彙整本規範所需引用之標準，並直接加入本規範中，以便使用。所引用之標準以中國國家標準(CNS)為主，但 CNS 尚未訂定者，本研究將加以擬定加入本規範，並提請中央標準局審查制定。本解說訂定時，亦將註明參考資料之出處，以供使用者進一步查考。

參、混凝土工程施工規範解說之編訂原則

(一) 基本原則

1. 對本規範之相關條文加以詳細檢討，
2. 針對各方使用者之意見及最新文獻資料做必要之修訂，使本規範保持更新。

(二) 每章第一節之通則為每章之綜合簡介，故宜作較詳細之說明，應包括：

1. 本章之主旨
2. 本章規定之重點
3. 本章與其他各章之關係
4. 其他使用本規範之注意事項。

(三) 各節無法於條文中詳細規定之說明應包括：

1. 規範作該規定之目的、理由與本意
2. 可能發生之情況與其利害關係之研判
3. 其他規範之有關規定及參考資料。

(四) 規範中有關數據之說明

對各章節中有關規定數據加以說明，應包括：

1. 作該數據規定之基本考量及依據
2. 數據之容許範圍
3. 數據之量測
4. 其他規範之有關規定及參考資料。

肆、完成之規範解說

如下：