

產業自動化—營建業自動化計畫成果報告

執行期間：八十一年十月一日至八十二年六月卅日

混凝土工程施工規範之解說編訂
(第十一章至第十九章)

計畫主持人：沈進發

共同主持人：林草英 林榮三 高健章

陳振川 陳式毅 莊繼道

賈駿祥 賴景波 黃兆龍

(按姓氏筆劃)

主辦單位：內政部建築研究所籌備處

執行單位：中國土木工程學會

中華民國八十二年六月

混凝土工程施工規範解說之編訂

(第十一章至第十九章)

摘 要

混凝土施工規範為混凝土工程施工作業之準則，亦為達成工程品質控制之法典。若工程缺乏完善之施工規範，不但工程之進行無所依據，容易造成偏差與糾紛，因此工程品質更無法保障。世界上各先進國家之營建主管機關莫不特加重視。對於正努提升施工技術之我國而言，為配合建築技術規則施工篇之增訂，所需進行之混凝土規範修訂與解說訂定之工作，更是值得重視。

本研究係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」須訂定相關之施工規範，所推動之計畫。本研究為一歷時三年之計畫，首先由內政部營建署於第一年(民國80年)委託完成規範本身修訂，第二年再委託規範第一至第五章解說之編訂；而建築研究所籌備處則於第二年(民國81)年及第三年分別委託規範解說第六至第十章及第十一章至第十九章身之編訂，全程計畫於民國八十二年六月結束。

綜合三年來之研究成果，本規範經大幅調整架構及充實內容，使所完成之「混凝土工程施工規範」具有符合國內工程狀況實際需要之最新內容，可適合各種混凝土工程應用，並附有解說對規範所做規定之意義與精神詳加說明，可使使用者瞭解規範之真意，增加使用上之方便。

Abstract

Concrete Construction Specification is a very important document for concrete construction operations to follow. It also serves as the criteria for the quality and performance control of the products. If there are no proper specifications to follow, the operations can't be carried out successfully. Therefore, the construction administration of most developed countries pay great attention to their construction specifications. To advance the construction productivity in our country, updating the construction specification is one of the many important issues.

This research project, which was carried out in 3 years, was sponsored by Building Research Institute, Ministry of Interior. The objective is to improve the construction quality in our country through out the advancement of our construction specification. Within the research period, the main work completed in the first year was the revision of specification. A great deal of this specification has been revised with many new additives. The revised specification contains 19 chapters including all techniques and requirements for concrete construction operations. The second and third years were concentrated on establishing the commentary for this specification. The commentary provides information for the users to understand the concepts and principles those specifications are based on.

目 錄

第十一章 混凝土表面修飾

11.1 通則	1
11.2 原鑄面修飾	2
11.3 磨光修飾	3
11.4 塗敷修飾	3
11.5 特殊鑄面修飾	5
11.6 版混凝土表面修飾	9
參考文獻	13

第十二章 養 護

12.1 通則	15
12.2 保持水份之方法	15
12.3 天候之影響	16
12.4 機械性損傷之防護	18
12.5 養護效果之評估	18

第十三章 巨積混凝土

13.1 通則	21
13.2 材料	22
13.3 配比	25
13.4 澆置	25
13.5 養護	26
參考文獻	28

第十四章 預力混凝土

14.1 通則	29
14.2 材料	30
14.3 模板及支撐	41
14.4 鋼腱及配件之裝置及保護	42
14.5 預力之施加	44
14.6 灌漿	53
14.7 預力預鑄構件之施工	55
14.8 施工圖	56

第十五章 特殊混凝土

15.1 通則	67
15.2 類型	67
15.3 配比計畫	68
15.4 施工品質驗證計畫	68
15.5 低透水性混凝土	69
15.6 高強度混凝土	73
15.7 輕質混凝土	76
15.8 噴凝土	78
15.9 無收縮混凝土	87
參考文獻	88

第十六章 品質管制

16.1 通則	89
16.2 品質管制計畫	89
16.3 品質管制範圍	91
16.4 品質管制制度	93
16.5 品管人員	94
16.6 品管資料	94
參考文獻	96

第十七章 檢 驗

17.1 通則	97
17.2 檢驗機構及費用	97
17.3 混凝土檢驗	98
17.4 二工程師要求增加之檢驗業務	101
17.5 其他必須增加之檢驗業務	102
17.6 檢驗機構(或人員)之職責	103
17.7 承包商之職責	103

第十八章 施工品質之評定與認可

18.1 通則	105
18.2 混凝土品質之評定	105
18.3 結構體混凝土之評估	108
18.4 鑽心試驗	108
18.5 非破壞試驗	110
18.6 結構物強度之評估	111
18.7 分析法	111
18.8 載重試驗	112
參考文獻	115

第十九章 驗 收

19.1 通則	117
19.2 尺寸公差	118
19.3 外觀	120
19.4 結構物強度	120

第十一章 混凝土表面修飾

11.1 通則

解說： 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，用各種方法所作之修飾。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。

11.1.1 混凝土表面如為模鑄面，其修飾可按本章第 11.2 至 11.4 節之規定處理；特殊鑄面之修飾按第 11.5 節之規定處理；非模鑄面之修飾應按第 11.6 節之規定處理。

解說： 模鑄面係指拆模後未經任何修飾或變動之混凝土原表面。

11.1.2 工程師得要求承包商應於修飾工作進行前，在指定之不顯眼處按樣品試作修飾，其面積至少為 10m^2 。

解說： 為確保混凝土表面修飾之成果與原設計之構想相符，工程師可按施作面積之大小及重要性指定在不顯眼處試做樣品，研判其修飾成效。

試作修飾面積之大小以能評估修飾之效果為原則，以至少 10m^2 為宜。如修飾面為長條形時，試作之修飾長度以 3m 為度。

11.1.3 若合約文件未指定混凝土表面之修飾方法或部位時，應按以下規定：

- (1) 非工程外露部份之表面應採用第 11.2.1 節規定之粗板模原鑄面修飾。
- (2) 工程外露部份之表面應採用第 11.2.2 節規定之清水(細)模原鑄面修飾。

解說： 所謂工程外露部份參見本規範第 1.4 節。

11.1.4 與模鑄面鄰接之牆頂、撐牆頂、牆上之水平凸出物之頂面，及其他非模鑄表面，在混凝土澆置後須磨平並抹出與模鑄面相同之紋理。模鑄表面之修飾須與其相鄰表面配合，使其一致。

11.2 原鑄面修飾

11.2.1 粗板模原鑄面修飾

粗板模原鑄面修飾之表面模板不得採用任何板面襯料，任何缺陷均須補修。板縫處凸出之水泥漿高度超出 0.5mm 時應去除之，但應盡量避免損害模板所形成之紋理。

解說： 有關繫條孔修補之規定參照第 10.3 節之規定。

非工程外露部份或不須作防水處理之混凝土表面可採用粗板模原鑄面嵌補水泥漿修飾。模板拆除後，凡混凝土有孔穴、蜂窩、模板之繫條孔、破損之邊角等無害之孔隙或不規則之凸凹部份須徹底清潔與修整，但應注意保持原有模板之紋理。

11.2.2 清水(細)模原鑄面修飾

模板或其襯料面需能使其形成之混凝土表面光滑、堅硬、並具均勻之紋理。其襯料可用木板、合板，金屬板、塑膠板等，經許可可能產生所需飾面之材料。襯料之安置應整齊對稱且盡量減少接合縫，板面襯料應以撐材或其他背襯支撐之，以防止過度之撓度(見表 4.3.1 公差之規定)。材料具浮紋、裂紋、破面、破邊、補片、凹痕及其他缺陷足以影響混凝土表面紋理者，不得使用。繫條孔及缺陷均須補修。板縫凸出之水泥漿應完全除去。

解說： 如混凝土表面外露者或須作防水處理者，採用清水模原鑄面修飾，拆模後之混凝土表面之美觀與否，取決於事先清水模板紋理之配置使用之襯料材質之良劣、模板結構之強度、組合之平整及繫條間距等因素，均須詳細規劃，力求外表之光滑、堅硬、平整、均勻。

11.3 磨光修飾

- 11.3.1 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補修後立即施工，不得超過拆模之次日。
- 11.3.2 修飾面應先使之潮濕，然後用金剛砂或其他磨具施磨，直至表面色紋均勻為止。磨光時除取自混凝土之水泥砂漿外，不得另加其他水泥漿。

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潤濕經 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。磨光修飾作業係以中細度之金剛砂(石)沾水泥砂漿少許在混凝土面上施磨，所用水泥砂漿配合比例與原混凝土相同，磨飾工作應不斷進行，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。

最後修飾係以金剛石鹼水施磨，直至整個結構物混凝土面之色澤呈均勻，平順而後止，俟混凝土面乾燥後再以粗磨帶拭擦水泥漿、碎屑及粉末等磨光修飾作業即告完成。

11.4 塗敷修飾

11.4.1 修飾前準備

- (1) 使用水泥砂漿或類似壘料修飾時，混凝土表面須處理至能確保壘料之永久粘結。
- (2) 於混凝土齡期未達 24 小時，可使用粗刷或把子使之粗糙。
- (3) 若齡期較久者，可按噴砂修飾或新鑿修飾規定之方法使之粗糙或按第 11.5.5(3) 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。

解說： 塗敷修飾前表面層或污染物，油漬等必須清除。

11.4.2 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) 所用之水泥砂漿應以水泥 1份配合細砂 1.5份之比例加適量之水，拌合成適當稠度之水泥砂漿。細砂應符合 CNS387 (建築用砂)之規定。為使與周圍之顏色相配，應揀用部份白水泥，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表面上，並立即以軟木瓊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膠質瓊板、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)後以潔淨之麻布搓磨之，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： 塗敷修飾水泥之砂漿宜採用新鮮之卜特蘭水泥及細砂加水依規定比例拌合、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，致使黏著效果不佳。塗敷水泥漿之品質及黏結性受其水灰比影響很大為求具較佳之黏結力，其調拌用水以能適於修飾工作之最低水量為宜。

11.4.3 軟木瓊板修飾

- (1) 模板應於混凝土澆置後 2至 3天內盡早拆除，並移去繫條，清除附著物及板縫水泥漿。
- (2) 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。

- (3) 將混凝土表面充分潤濕後以墁板或墁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。
- (4) 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。
- (5) 最後用軟木墁板以旋轉動作製造紋理，至表面之色紋均勻為止。

11.5 特殊鑄面修飾

11.5.1 說明

- (1) 特殊鑄面修飾係指混凝土之表面露明可見，為表現其特殊飾面效果所作之各種特殊修飾處理。
- (2) 需特殊鑄面修飾之混凝土，其配比設計、模板設計、澆置、以及後期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： 特殊鑄面修飾通常僅用在表現建築物特殊外觀上，此種修飾係就拆模後之模鑄面不另加墁料所做之修飾，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，故其構體混凝土之澆置品質非常重要，關係此修飾之良窳。

11.5.2 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外，為使要求色彩表面之色彩一致，每一種要求色彩表面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、同一來源及同一規格之粒料、且為同一澆置稠度。
- (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： 特殊鑄面修飾因對色澤之要求特別嚴格，由於不同批次即使用同一工廠生產之水泥其色澤亦有所差異，故要求使用同一工廠同一批次之水泥及同一來源及同一規格之粒料，施工應預做準備。

11 5.3 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清水模原鑄面修飾、水泥砂漿修飾、磨光修飾、露礫修飾或乾抹修飾。模板必須光滑、確實平直，以期混凝土面無需整修即近於真正平面。模板面宜用合板、金屬板或預製嵌板等。規定原鑄面修飾之處，不得加以整修。
- (3) 特殊鑄面修飾混凝土如為原鑄面或清水模原鑄面修飾時，鑄造混凝土之嵌版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，且須經工程師許可。
- (4) 原鑄面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嵌板接縫，模板繫條之位置及撐木之安排，並應經工程師許可。

- (6) 特殊鑄面修飾混凝土模板，僅可再用於相同之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。

11.5.4 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，應使粗粒料離開模板面、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。所以除按上面規定所使用之材料、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之表面等不良現象。

更有一點需要特別注意，施工人員亦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，經由業主及工程師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，以及使用白色或著色混凝土，以及複雜易破損之造型，以免增加施工之困難度。

11.5.5 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。但不得使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之標準。

(3) 露礫修飾

露礫修飾可用以下規定之刷洗修飾、噴砂及粗面石工新鑿等方法使粒料外露。並可用越級配混合料或預壘粒料等方法使外露粒料均勻分佈。惟其方法均須經工程師許可，並預製樣版做為施工之標準。

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粒料均勻露出為止，然後再以清水沖洗表面。若混凝土部份表面已過份硬化，不易刷洗使粒料露出時，得於澆置逾兩週後以稀鹽酸浸濕，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粒料均勻露出為止。除另有規定外，應露出足量之細粒料及少量之粗粒料，但粗粒料露出之高度以不得超過 1.5mm。
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粒料均勻露出，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 11.6.10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[1]所載，通常可分為：

刷洗修飾—僅刷除表面水泥漿使露出細料，但勿使粗粒料暴露。

輕度噴砂—露出細粒料及部份粗粒料，產生一致色澤，粗粒料約露出1.5mm(1/16")。

中度噴砂—粗粒料大致均露出，但不超過 6mm(1/4")。

重度噴砂—使粗粒料露出達粒料粒徑之1/3，約露出6~9mm。

11.5.6 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。

11.6 版混凝土表面修飾

11.6.1 修飾級別

- (1) 修飾級別依容許公差分級如表 11.6.1。
- (2) 修飾公差係以規定長度之直規，置於版上任何位置，任何方向測定之。

表 11.6.1 修飾級別

修飾級別	直規長度 (cm)	容許修飾公差 (mm)
甲	300	3
乙	300	6
丙	60	6

解說： 為確保版面之平整度，在混凝土澆置版面終凝前應以直規加以檢測，直規使用前須先行校驗其是否平直。

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，再繼之以人工搗實、鏟平及終飾。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容許公差以內為止。

11.6.2 耙粗修飾

混凝土經澆置、搗實、刮抹、整平至丙級修飾之容許公差後，在終凝之前用粗刷或耙子將混凝土表面均勻耙粗。

解說： 為利版面以後與其他粘結物之接著，故於混凝土終凝前，用粗刷、鐵耙等將混凝土表面均勻地耙粗。

11.6.3 墁板修飾

混凝土經澆置、搗實、刮抹、整平後，暫不繼續工作，留待墁平。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墁平。墁平工具可用手墁板、動力刮平墁平機及盤式墁平機等。在初步墁板修飾時，應以3m直規校核其表面，將高低處刮平。墁平工作達乙級之容許修飾公差後，立即再墁至表面呈均勻之紋理為止。

11.6.4 墁刀修飾

混凝土表面須先按第11.6.3節之規定做墁板修飾。然後用動力墁刀，再用人工墁刀修飾之。在動力墁刀修飾後，應能產生平滑無缺陷，但可能有墁刀痕跡之表面。俟其適當硬化後始得再以手墁。最後修飾面應為無墁刀痕跡、表面密實、且外觀均勻之甲級容許公差平面。但金屬甲板上混凝土面之容許公差可為乙級。加鋪面層之版面修飾，若其修飾面之缺陷足以顯現於表面者應予磨除。

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平墁平機或盤式墁平機做大面積之整體粉光，角落或動力機不能作業處，採用人工墁刀修飾。

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。

11.6.5 掃飾或帶飾

混凝土表面經第 11.6.3 節規定之模板修飾後，應立即以掃帚或粗麻帶在平面上拖掃以造成粗糙均勻之橫向紋理。

解說： 無論使用何種掃紋方法，時機之掌握是一項重要關鍵，掃紋修飾作業應在水泥混凝土仍具有塑性時，便開始進行，須具有足夠硬度以防止凹紋兩側坍塌癒合。

修飾用以麻布應隨時保持濕潤，為麻布太乾燥，水泥砂漿會因此聚集其上，此種乾燥水泥砂漿之存在，將使表面變得粗粗不堪，掃紋的寬度深度及間距是否均勻，注意前後掃紋之間是否重疊過多或留下太過空隙。

11.6.6 雙層澆置版之耐磨面層

- (1) 底層混凝土面上需加鋪耐磨面層者，須選用能耐嚴重磨損之材料。該項材料應經工程師認可。
- (2) 混凝土面應澆置至規定高度，以備加鋪耐磨面層。
- (3) 與底層混凝土同日澆置之耐磨面層，其底層混凝土應俟其耐磨面層作業準備妥當後方可開始澆置。應於底版混凝土表面不現浮水並能承受一人足踩重量而不產生可見之痕跡時，即將面層材料鋪撒、搗實、墾平，並校正表面精度，然後以模板或墾刀修飾之。若用動力墾板，則須用衝擊式者。
- (4) 延緩澆置之耐磨面層，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。底層至少須潮濕養護 3 天並保持清潔，耐磨層澆置時底層表面須完全清潔及潤濕但無殘水，並按第 10.2.1(2) 節之規定，加刷粘結層，在粘結層凝乾前，立即澆置耐磨層。耐磨層之澆置及搗實應按第 11.5.4 節之規定。粘結材除水泥漿外，其他經認可之材料亦可使用。

11.6.7 雙層澆置版之一般面層

雙層澆置版之一般面層之澆置與修飾等須按第11.6.6節之規定，惟粒料不必特別選用具耐磨性者。

11.6.8 乾抹修飾

乾抹修飾係以指定使用之金屬或礦物粒料按第11.6.3節堰板修飾之規定施作之修飾，該項粒料應經工程師之認可，並按產品使用說明書之比例與水泥混合使用。其方法如下：

- (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。撒佈後立即以堰板乾抹，將混合物抹入混凝土面。然後將其餘 1/3 混合物於垂直方向撒佈乾抹。但再度乾抹時應對初度乾抹混合料較少之處補足之。
- (2) 混合物經以二度堰板完全抹入後，應依合約文件規定之掃帚、堰板或墾刀等修飾法修飾之。

11.6.9 防滑修飾

凡合約文件指定需防滑修飾處，須按第 11.6.8 節規定之乾抹修飾作業程序施工，惟粒料應選用經許可之粗糙耐磨材料。其用量不得少於 $1.2\text{kg}/\text{m}^2$ 。

11.6.10 嵌礫修飾

- (1) 混凝土表面經按第 11.6.3 節之規定，整平至乙級修飾之容許公差且表面不現浮水後，應即將經工程師所選定色澤與尺寸（通常 $1\sim 1.5\text{cm}$ ）之石礫以單石礫之厚度均勻覆蓋於混凝土面上。
- (2) 覆蓋石礫時應輕輕拍打，使其嵌入混凝土面，並堰抹至石礫被水泥砂漿包裹，且其表面達乙級修飾容許公差。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，刷除石礫表面覆蓋之砂漿，直至石礫均勻顯露為止，但不得使石礫鬆動。

解說： 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[1]。

11.6.11 版混凝土面修飾之選擇

當合約文件中，未指定修飾方式時，可採用下列適當之修飾方法：

- (1) 耙粗修飾—用於接受其他粘結物之表面。
- (2) 壘板修飾—用於接受屋面料、防水膜或砂墊磨石子之底層表面。
- (3) 壘刀修飾—用於走道表面或樓板覆蓋物之底層表面。
- (4) 帶飾或帶飾—用於人行道、車庫、地板、及坡道等處。
- (5) 防滑修飾—用於室外平台、階梯、及室外之坡道。

參考文獻

- [4] American Concrete Institute, 1981, "ACI Manual of Concrete Inspection", SP-2, chapter 14.

第十二章 養護

12.1 通則

混凝土澆置完成後應立即加以養護，以防止早乾、過冷或過熱及機械性損傷。並在混凝土硬化及規定養護期間使其在適當溫度下，保持足夠之水份。養護之材料及方法應經許可。工地混凝土之養護效果應按第 16.3.4 節之規定檢核。

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，並防止混凝土表面之乾縮龜裂或凍傷。詳細養護方法可參考美國 ACI 308「混凝土養護實用方法 (Recommended Practice for Curing Concrete)」。

12.2 保持水份之方法

12.2.1 不與模板接觸之混凝土表面在完成澆置及修飾後應即採用下列方法養護之。

- (1) 滯水或持續洒水。
- (2) 覆以具吸水性織物並保持潮濕。
- (3) 覆以細砂並保持潮濕。
- (4) 持續施以蒸汽(不超過65°C)或噴霧。
- (5) 使用防水覆蓋材料或其他保濕性覆蓋物，所用材料須經工程師許可。
- (6) 使用符合 CNS 2178(混凝土用液膜養護劑) 規定之液膜養護劑。

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。

- 12.2.2 液膜養護劑應按產品說明書於修飾混凝土表面之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，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。
- 12.2.3 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，拆模後之混凝土應以第 12.2.1 節所述之方法繼續養護至第 12.2.5 節所規定之養護期滿為止。

12.2.4 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。
- (3) 若起初採用者為第 12.2.1(1) 節至第 12.2.1(4) 節之任一種方法養護經 1 日以後可改用第 12.2.1 節所示之其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：一般混凝土經適當養護者，其三天之強度約為 28 天強度之三分之一，七天約為 28 天之三分之二，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，可參考第 15.5.9 節。

12.3 天候之影響

12.3.1 冷天

室外日平均氣溫低於 5°C 時，在必要養護期間內，混凝土之溫度應維持在 10°C 至 20°C 之間。如混凝土需予加熱遮蓋、隔熱或掩護時，所需設施須在澆置前預作安排。此類設施應能保持適當之所需溫度，並防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：混凝土中之消石灰或含鈣水化物與大氣中之二氧化碳化合物形成

碳酸鈣，謂之碳酸化(Carbonation)，冷天以燃燒法加熱室內混凝土施工時，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7.5mm厚之鬆軟表層。

過熱或過冷之惡劣天候均會對新施工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。冷天混凝土施工之方法可參考美國 ACI 306「冷天混凝土施工實用法」(Recommended Practice for Cold-weather Concreting)。

12.3.2 熱天

如混凝土需予擋風、遮陰、噴霧、洒水或覆以淺色潮濕覆蓋物時，所需設施須在澆置前預作安排。此類措施應在不妨礙混凝土硬化與修飾工作情況下儘速進行。

解說：熱天混凝土之施工，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。影響蒸發速率之因素包括混凝土溫度、氣溫、濕度與風速，其細節可參考美國 ACI 305「熱天混凝土施工實用法」(Recommended Practice for Hot-weather Concreting)。

12.3.3 溫度變化率

澆置中或剛澆置完成之混凝土附近之氣溫變化應儘量保持均勻，且每小時內之變化不得超過 3°C ，24小時內變化不得超過 28°C 。

解說：混凝土養護末期須避免溫度驟變，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、水壩等為甚，因此須在養護末期徐徐冷卻。如為加熱保溫時，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。

12.4 機械性損傷之防護

- 12.4.1 養護期間，混凝土須防止載重應力、重大打擊或過度振動等之損傷。
- 12.4.2 修飾好之表面應加防護以防受施工方法、設備、材料與養護方法及雨水或流水之損傷。
- 12.4.3 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： 施工過程中可能使構件混凝土所受應力超當時強度之情況有二：一為混凝土未達足夠強度即予拆除模板支撐，二為施工載重負荷增加之速率過鉅。

12.5 養護效果之評估

- 12.5.1 所採用之養護方法應具所需之保持水分能力，各種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較優良之條件下養護，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12.5.2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12.5.2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。

12.5.2 工地養護之試體試驗所得之強度與試驗室養護之試體強度比較在85%以上即表示工地之養護可以接受。若工地之試體強度超過規定強度($f'c$) $35\text{kg}/\text{cm}^2$ ，則即使其強度低於試驗室養護試體強度之85%亦可接受。

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，此乃因在鋼筋混凝土設計中有材料強度變動即強度折減因數 ϕ ，一般取為0.85，之安全考慮之故。故工地無法進行較有效之養護方法，則採用較高強度混凝土之配比，雖然其養護條件不佳，但只要其評估強度超過規定強度($f'c$) $35\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上亦可接受。

20 第十二章 養 護

第十三章 巨積混凝土

13.1 通則

解說： 巨積混凝土係指施工時每升層澆置厚度超過45cm，且同一次澆置之混凝土總容積較大，須考慮水化熱問題，其施工須作特別規畫之混凝土。本章係就巨積混凝土所使用材料及其施工相關之配比、澆置、養護過程訂定者。巨積混凝土施工在技術上須考慮混凝土供應、澆置程序、冷縫、塑性沉陷與水化熱產生等因素。巨積混凝土與其他混凝土工程施工之主要區別特性在其熱學行為。由於水泥與水產生化學放熱反應，使混凝土內產生高溫，而因其導熱性低，致產生之高溫無法快速排散。溫度差異所引致之變形會使混凝土結構體產生張應力而導致混凝土開裂。混凝土結構之開裂會造成結構整體性破壞、過度滲水及使用年限縮短。本章規定僅適用於一般澆置搗實之混凝土，而不適用於「滾壓混凝土」。

13.1.1 結構體之巨積混凝土部位應於合約文件中載明。

解說： 區分巨積混凝土與普通混凝土位置對工程估價、施工有其必要性，可增進施工便利與結構安全。

13.1.2 凡需考慮水化熱處理之結構體，其混凝土施工應按本章之規定。

解說： 凡需考慮水化熱處理與採用控溫措施以消除裂縫之結構體，其混凝土施工皆應按本章之規定。

13.1.3 巨積混凝土除符合本章之特別規定外，尚須符合本規範其他各章有關之規定。

解說： 本節係就巨積混凝土較特別要點予於規範，本規範其他章節所規定之混凝土工程一般要求，巨積混凝土亦應符合。

13.2 材料

解說： 巨積混凝土之組成材料和普通混凝土相同，包括水泥、粒料、水及必要時所添加之卜作嵐材料或摻料及以冰屑取代部份拌合水。材料之選擇會影響混凝土之放熱量與導熱性。

13.2.1 巨積混凝土不得使用 CNS 61(卜特蘭水泥)之第三種水泥、氯化鈣及速凝性摻料。

解說： 不同種類之水泥其物理與化學性質與行為也相異，卜特蘭第二種水泥具有較低水化熱與稱為低熱水泥之卜特蘭第四種水泥較適合巨積混凝土工程之使用。使用第三種水泥或添加氯化鈣及速凝性摻料將加速水化作用，並釋放大量熱量。所生成之熱量不易在巨積混凝土內擴散，易導致混凝土結構體開裂。

若無適當措施以消滅水化熱，即使普遍使用於混凝土工程之卜特蘭第一種水泥亦不適於單獨運用於巨積混凝土。因其所催促形成之早期強度並非巨積混凝土結構所必需或於短期釋放出之熱量則造成巨積混凝土結構之損傷。

13.2.2 必要時得使用符合第 2.3 節規定之飛灰、水淬高爐爐渣粉等卜作嵐摻料以降低混凝土內溫度。其配比應經試拌，並經工程師認可。

解說： 使用卜作嵐摻料可達到降低水化熱與經濟性之效益。飛灰與水

淬高爐石粉為國內容易取得之卜作嵐摻料。飛灰係電廠燃燒碳粉之剩餘產物，良好的飛灰具有低含碳量，和水泥相近之細度，並以細緻玻璃質球型式形成。飛灰係卜作嵐摻料之一種，含有高量之矽並具有低膠結性質。

飛灰通常區分為兩種，一種為含鈣量較低之F級飛灰，另一種為具有類似卜特蘭水泥膠結性質而能增進混凝土強度之C級飛灰。卜作嵐摻料在有水份環境可與氫氧化鈣或水泥水化作用後所釋放出水之石灰而發生卜作嵐並形成增進混凝土強度之水化物。

F級飛灰發生卜作嵐反應之釋熱量較水泥水化作用產生的為低，且其反應速率較為緩慢，使用飛灰替代水泥有助於混凝土內熱量之降低。C級飛灰因具有較高之 CaCO_3 量及較佳之膠結性質，對控制混凝土內熱量產生之效果較差。

水淬高爐爐石粉係煉鋼作業，爐石副產品經水淬過程所產之水淬爐石，再經研磨成細粉而得，其可以高比例(50%以上)替代水泥而形成水泥—爐石粉膠結系統，而達到減緩膠結釋放熱量之速率。飛灰與爐石粉之性質規範及其使用於混凝土之國家標準詳參：

1. 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)
2. CNS 12549(混凝土及水泥壩料用水淬高爐爐渣粉)。

13.2.3 使用粒料須符合第 2.5節規定。粒料應選用達成混凝土最低熱膨脹係數之材質。粗粒料之標稱最大粒徑不得大於15cm。

- 解說：1. 粒料重合計約佔混凝土總重量之75%，故混凝土熱膨脹行為主要繫於粒料之熱膨脹行為。為避免早期階段溫度裂縫產生，粒料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所示為常用粒料與混凝土之典型熱膨脹係數供參考[2]。
2. 粒料材質亦對混凝土裂縫阻抗能力有密切關係，石灰岩與輕質粒料有較大之容許張應變，其抗裂性能亦較佳。

表 R13.2.1 常用粒料與混凝土之典型熱膨脹係數

岩石種類	典型熱膨脹係數, $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	
	粒料	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
輕質粒料	4.5	7.0

3. 理論上, 粒料最大粒徑愈大, 欲達到相同品質配比所需之單位水泥量愈少。然而, 由於受處理、拌合、輸送、澆置與搗實不易及大粒徑粒料易因所製混凝土內體積變化不均勻(指乾縮、熱膨脹)與泌水、氣泡等導致大粒料周邊品質較遜等因素影響, 故粒料之粒徑不宜過大。最大實際可行之粒徑以15cm[5]為限。

13.2.4 為緩和溫度之急遽上升、降低混凝土之高峰溫度、抵消混凝土高溫產生之影響、防止混凝土發生冷縫及容許混凝土施工時再振動, 巨積混凝土可使用緩凝劑。為減少拌合水量, 增加混凝土強度或以較少之水泥量達成相同之強度, 可使用減水劑。緩凝劑與減水劑之使用須按工地實況預作試驗, 並經工程師認可。

解說: 減水劑及緩凝劑常含有下述一種或多種成份, 包括:

木磺酸(lignosulfonic acid);

煙磺酸(hydroxylated carboxylic acid);

碳水聚合物(polymeric carbohydrates); 及

萘酸或三聚氰胺系高性能減水劑(naphthalene or melamine types of high-range water reducers)。

使用緩凝劑之目的在保持底層混凝土足夠時間之塑性，使上層混凝土澆置搗實時，能與之密切結合。

13.3 配比

13.3.1 巨積混凝土之配比應採用能達規定抗壓強度、耐久性及其他指定性質而所需水泥用量為最少之配比。

解說： 指在可取得材料為基礎下進行具低發熱量及經濟性之配比設計，其他指定性質包括水密性、足夠工作度與澆置後最低溫昇等性質。

13.3.2 除非經工程師認可或指定，所用鋼筋量低於抵抗溫度及收縮作用所需鋼筋量之巨積混凝土，其配比設計之坍度不得大於 8cm。

解說： 為避免水泥量過高增加水化熱及水量過高影響品質，故非泵送混凝土之坍度不得大於 8cm，以 2.5 至 5.0cm 為宜。

13.3.3 巨積混凝土配比之決定應按第三章之有關規定辦理。

13.4 澆置

13.4.1 巨積混凝土澆置時，坍度測定應符合第 3.4.2 節之規定。若混凝土坍度較低時，應予以妥善澆置與搗實。

13.4.2 澆置時混凝土之溫度不得高於 21°C。

解說： 減少混凝土之初始溫度可減少水化熱產生速率，而高峰溫度值

亦會減少。也因此，混凝土由高峰溫度降至環境溫度之差值亦減少，有利於防制裂縫產生。

為降低混凝土之溫度，可利用冷卻水、碎冰或陰冷粒料來達成，使用冰屑時，應確保所有的冰屑在混凝土澆置時已完全融解。

13.4.3 混凝土應分層澆置，每層高度約為45cm。振動器前端應插入前次澆置之混凝土層內。

解說： 澆置前應將澆置面硬化混凝土表面清除乾淨，可用噴壓砂或高壓噴水。為保障良好之搗實，振動器必須以垂直方式插入下層混凝土 5~10公分，進行振動搗實作業[3]。

混凝土分層澆置之每層高度限制係在避免混凝土累積溫度過高，而振動器貫入下層之目的在使上下層密切結合。振動器之性能亦為限制升層高度之因素。

13.5 養護

13.5.1 巨積混凝土之養護期最短為 14 天。

解說： 若使用卜作嵐摻料時則養護期應酌加延長。

13.5.2 如混凝土周圍氣溫降低至 0°C 以下時，混凝土面應加覆蓋保護，以防凍傷。但不得使用蒸汽或其他加熱於混凝土之保護法。

解說： 目的在減少混凝土表面與混凝土核心部位之溫差，避免產生裂縫。

13.5.3 混凝土澆置後，模板與露面之混凝土，應連續保持潮濕至少48小時；養護期間如周圍氣溫高於32°C時，亦應保持潮濕。若周圍氣溫低於5°C時，最初48小時可不必連續保持潮濕，但養護期間應防止混凝土遭凍傷與水份過度損失。

解說： 保持潮溼係在防止露面混凝土產生乾縮裂縫且損及強度。

13.5.4 在規定養護期間及終止過程，應以適當措施以確保接近混凝土面空氣之溫降每小時不得超過2°C，24小時累計之溫度下降不得超過17°C。

解說： 目的在減少環境溫度對混凝土造成內外溫差過大而導致裂縫之產生。

13.5.5 混凝土澆置後，若採用冷水管進行內部冷卻時，其內部之降溫每天不得超過1°C。冷卻初期水溫越低越佳，唯至末期時冷卻水與混凝土之溫差不宜過大，以符合每天降溫不超過1°C之規定。

解說： 目的在防止因使用冷水管進行混凝土內部冷卻作業時，可能造成混凝土局部溫差過大而破裂，故冷卻作業時應適度調整水溫[5]。
。冷水管溫控作業通常使用於巨積混凝土築壩工程。

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" in "Manual of Concrete Practice" , ACI 207.1R.
- [4] American Concrete Institute, 1986, " Effect of Restraint, Volume Change, and Reinforcement on Cracking of Massive Concrete", ACI 207.2R-73. (reapproved 1986).
- [5] American Concrete Inshtitute, 1980, "Cooling and Insulating Systems for Mass Concrete", ACI 207.4R-80, (reapproved 1986).

第十四章 預力混凝土

14.1 通則

14.1.1 本章之規定適用於下列兩種混凝土結構體預力施工方法：

- 先拉法 — 預先施加拉力於鋼腱，然後澆注混凝土，俟混凝土硬化後依賴鋼腱與混凝土間之粘裹力將鋼腱之預力傳遞於混凝土之施工方法。
- 後拉法 — 俟混凝土硬化達預定強度後，施加拉力於鋼腱並將其端部錨定於混凝土之施加預力之方法。

解說： 預力係將預先決定之壓力在載重作用前施加於結構體，使爾後構材受載重作用下所產生之組合應力在預定之範圍內。而預力混凝土係將此種觀念施加於混凝土結構中，其主要目的在減低載重作用混凝土之拉應力。混凝土結構體施加預力之方法，一般使用如本節條文所示之先拉法與後拉法或兩種方法併用。本節規範之規定僅適用於此等方法。

此外尚有其他，如(1) 利用預置於構材端部之千斤頂施加壓力後仍留置原處維持預力，(2) 利用膨脹性混凝土使鋼腱承受預拉力等施加預力方法。

14.1.2 名詞定義

- (1) 鋼腱 — 傳遞預力於混凝土之高拉力鋼線、鋼棒或鋼絞線之組件。
- (2) 元件 — 組成鋼腱之單一預力鋼線、鋼棒或鋼絞線。
- (3) 預力元件 — 後拉法鋼腱中必須長期承受預力之元件。
- (4) 粘裹鋼腱 — 經由灌漿或直接接觸而粘裹於混凝土之鋼腱。
- (5) 無粘裹鋼腱 — 不粘裹於混凝土之鋼腱。
- (6) 錨定器 — 後拉法用以錨定鋼腱於混凝土構材之組件。
- (7) 續接器 — 用以續接鋼腱傳遞預力之組件。
- (8) 套管 — 安置於後拉鋼腱外圍以防混凝土粘裹之管狀物，如不粘裹鋼腱所使用之紙質或塑膠質套管及用於粘裹鋼腱之金屬套管。
- (9) 塗料 — 用於無粘裹鋼腱以防蝕，或施加預力時用於粘裹鋼腱及無粘裹鋼腱使之潤滑之材料。

解說： 本節中所列之名詞，為一般預力混凝土施工之常用名詞，其對

應原文如下：

1. 鋼腱 : Tendon
2. 元件 : Element
3. 預力元件 : Prestressed element
4. 粘裹鋼腱 : Bonded tendon
5. 無粘裹鋼腱 : Unbonded tendon
6. 錨定器 : Anchorage
7. 續接器 : Coupling
8. 套管 : Sheathing
9. 塗料 : Coating

14.2 材料

14.2.1 預力鋼材

(1) 預力鋼材之型式與強度：

1. 鋼線及鋼絞線 — 預力混凝土鋼腱所用之鋼線及鋼絞線應符合 ASTM A421(預力混凝土用無著塗料並解除應力之鋼線)及 ASTM A416(預力混凝土用無著塗料並解除應力之 7 股鋼絞線)及 ASTM A722(預力混凝土用無著塗料高強度鋼棒)之規定。未列入 ASTM A421 及 A416 所規定之鋼線或鋼絞線亦可使用，但應具有上述兩 ASTM 規範各項規定中最低要求以上之標準。
2. 圓鋼棒及竹節鋼棒 — 高強度鋼棒檢驗試拉至 85% 之最低保證拉力強度，受拉後之鋼棒應力解除熱處理後，應具下列物理性質要求：
 - a. 降伏強度 (由 0.2% 應變引平行線)：不得低於 $0.85f'_s$ ， f'_s 為鋼棒之極限強度。
 - b. 20 倍直徑長度之斷裂伸長百分比：不得低於 4%。
 - c. 斷裂處面積之縮減百分比：不得低於 20%
 - d. 應以符合 ASTM A421 及 ASTM A29 (熱軋與冷拉碳合金鋼棒之一般要求) 之鋼料製造及處理，使達到規定之物理性質，其他鋼料製造者如提出試驗資料經許可亦可使用。
 - e. 決定物理性質之試驗應採用鋼棒全尺寸之斷面。

解說： 預力混凝土由於混凝土之乾縮與潛變及鋼料本身應力之鬆弛作

用，造成預力之損失。其損失量大約在 $1000\text{kg}/\text{cm}^2$ 至 $2500\text{kg}/\text{cm}^2$ 之間。因此為有效利用預力必需使用高強度之鋼料，使所施加之預力在損失後尚保留高量之有效預力。而目前使用於預力之高強度鋼料，可分為三種(一)無著塗料應力解除之鋼線，(二)無著塗料應力解除之鋼絞線，(三)合金鋼棒等三種。

無著塗料應力解除之鋼線，一般使用於後拉法預力施工，此種鋼線必需符合ASTM A421之規定。而根據端部錨定又分為BA及WA兩組。ASTM A421規定鋼料必需有較高之韌性及塑性，在75cm之長度內之最低延伸量為4%。

無著塗料應力解除之鋼絞線，必需符合ASTM 416之要求。7條鋼線組成之鋼絞線使用6根鋼線圍繞著直徑略大之中心鋼線扭轉組合而成，其扭轉之間距為鋼線直徑之15~16倍。經扭轉後之鋼絞線，再進行應力解除之工作，一般依照其強度分為grade 250以及grade 270兩種。另外ASTM A416又包括低應力鬆弛之鋼綫，它可以將由應力鬆弛所造成之應力損失量由15%減低至3%。另外的一種商業名稱為"DYFORM"之鋼綫。它將扭轉後之鋼綫通過壓榨機，將鋼線間之空隙縮小，使在同樣直徑下的鋼綫內部的鋼料面積較大，強度較高。

高強度之合金鋼棒，它表面是平滑的或有節的，分為二種強度，其標準直徑由1.9cm至3.5cm，必需符合ASTM A722-75之規定，此種鋼棒使用冷拉而成，可提高其彈性降伏點，在冷拉完成後，再進行應力解除之處理工作，改進其延展性及應力與應變關係。其最低強度為 $10,500\text{kg}/\text{cm}^2$ ，其斷裂強度之最低伸長量為4%。

- (2) 預力鋼材之標準應力應變曲線應送請認可。必要時應檢送能代表該項工程用料整批產品之實際應力應變曲線以查驗其是否與標準曲線相符。未按上述ASTM規範製造之鋼料其保證極限強度、降伏強度、伸長量、成分及其他必要資料應送請認可，必要時並應檢送經驗證之試驗報告。

解說：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必需符合ASTM之規定。未符合上述ASTM之鋼料，應檢附應力應變試驗結果送請認可，證明它不影響結構之強度計算。

- (3) 錨定器錨定時之預期應力損失量、鋼腱與套管材料之皺褶摩擦係數及曲率摩擦係數應經認可。必要時並應檢送有關摩擦係數及滑動量之試驗資料。

解說： 預力之損失量影響載重作用下材料內部之應力。鋼腱在錨定作業時所產生之滑移量亦會影響預力之損失量。因此，在施工上為正確預估預力損失量，錨座之滑移量必需符合預估量。另外在計算後拉法預力損失量時，必需包括鋼腱與套管間之摩擦損失，因此鋼腱與套管之摩擦係數（ K 值）及因鋼腱之曲率所造成之接觸摩擦係數（ μ 值）均需經實驗，才能確實計算預力損失量。因此對 K 、 μ 、視同楊氏模數（apparent Young's Modulus）值及錨定時之滑動量均需經由試驗得到實際值。

- (4) 鋼腱應潔淨不得過度鏽蝕，生鱗屑或凹點。但表面可容許輕度氧化。

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。預力鋼腱之腐蝕率與一般鋼筋大約相同，雖然研究結果顯示鋼腱表面輕度之硬化氧化物可增大鋼腱表面之粘裹力，對先拉法及粘裹之後拉法之施工均略有利，但若由於腐蝕所造成預力鋼腱斷面積變小，則對強度有較大之影響。故在鋼腱出廠至使用前這段時間應參照 ASTM A700 進行防止腐蝕處理。

- (5) 無粘裹鋼腱應以認可之塗料如環氧樹脂、油脂、臘、塑膠、或瀝青材料予以防鏽。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. 塗料應附著於全部粘裹長度。
 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： 無粘裹鋼腱因未與混凝土連成一體，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、腊、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座之腐蝕，故不宜使用於套管灌漿與錨座保護層之材料中。

- (6) 鋼腱不得感受過高之溫度，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，鋼腱超出錨定器外之長度可用快速氧炔焰切除。

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改變鋼腱彈性比例限及韌性等力學行為，故在以快速氧炔焰切斷作業時，必需注意高溫所影響之範圍。另外鋼腱長期暴露於溫度超過 $38^{\circ}C$ 之環境中將增大其應力鬆弛，而增加其預力損失量，亦應加以考量。

14.2.2 錨定器與續接器

錨定器及續接器應具有在被錨定或銜接之鋼腱達到其規格所定之要求抗拉荷重值前，不被破壞或不產生顯著變形之結構強度。

- (1) 粘裹鋼腱之錨定器在無粘裹狀況下進行試驗，錨定器之強度須達鋼腱極限強度之90%，且在錨定時其變形量與滑動量不得超過預計值。

錨定器強度未達鋼腱極限強度之100%者，須以全尺寸斷面之鋼腱在粘裹狀況下進行強度試驗，以證明在極限載重下，鋼腱介於最高應力區與錨定器間之長度所發展之粘裹力，可達鋼腱極限強度之100%，方可使用。

粘裹鋼腱之錨定器在無粘裹狀況下已能達鋼腱極限強度之100%時，則不須於粘裹狀況下進行試驗。

解說： 錨定器及續接器之強度與變形量之要求，係為確保結構體在超載重作用而結構鋼腱已超過其彈性範圍進入非彈性區情況下，其錨定器及續接器尚不致損壞或不因過度變形而失去其原有之功能。為達到上述目的故訂定以下之要求：

粘裹鋼腱在無粘裹前所施加之預力，依規範之規定僅能達到鋼腱極限強度之80%(0.8Fpu)，小於規範中錨定器之強度(0.9Fpu)，但在超載重作用下可能達到鋼腱極限強度(Fpu)之0.9以上，因此該構材在粘裹長度內所發展之粘裹強度應達鋼腱之極限強度。此乃在確保超載重作用下結構體不致損壞於錨定器。

- (2) 無粘裹鋼腱之錨定器，當其所錨定之鋼腱達到其規定最小極限強度時，錨定器應僅產生小量之永久變形，不致因而降低預期之極限強度。

鋼腱在極限載重下，以3m以上標點間距量測所得之總伸長率不得低於2%。並應將符合第14.2.3節規定之動力試驗資料送請認可。

解說： 由於無粘裹預力鋼腱中之預力須全部依靠端部錨定器傳入混凝土中，因此錨定器之強度必需大於鋼腱之極限強度，且不得因永久性之變形而降低其極限強度。

在極限載重作用下，鋼腱在3m以上之標點間距量測之總伸長率不得低於2%，此仍在確定其韌性。

另外為確保端部錨座不因動力作用而產生彈性疲乏破壞，當結構體承受動力作用時，應考慮使用粘裹鋼腱。

- (3) 續接器僅能使用於合約文件規定或經許可之位置。

所有續接器須於承受預力鋼材之最小規定強度下，續接器或預力鋼腱所產生之變位量均不得超過其預計值，且鋼腱之韌性不得低於第14.2.2(2)節所規定之最小伸長率2%。

續接器應配以適當之套管使施預力時容許移動。續接器用於粘裹鋼腱時應有必要之設施以確保灌漿之完整性。

解說： 鋼腱應於應力較低處進行續接，因此應於預定之位置續接。如未能按合約規定之位置進行續接時，應經工程師認可。

鋼腱之韌性係指鋼腱受力至破壞所能吸收之總能量，該總能量與鋼腱之伸長率成正比，故有最小伸長率2%之要求。

- (4) 若經要求，承包商應提出錨定器及續接器符合第 14.2.3 節所規定之試驗資料送請認可。在同一套管中由數條鋼絞線、鋼線或鋼棒所組成之鋼腱，除已考慮施加預力時之相互干擾者外，應同時施加預力。

解說： 同一套管內由多條鋼線（或鋼絞線或鋼棒）組成之鋼腱，若分批施預力時，後施預力之鋼線可能受先施預力鋼線之纏結壓迫，以致無法全線達到所需之預力，故應考慮鋼線各別施加預力時之相互干擾。

14.2.3 後拉系統之認可

使用於後拉系統之鋼腱應先經試驗證明對該系統之適用性。試驗之步驟及設備應儘可能模擬工地狀況，並盡可能使用與工地施工相近之方法與設備來安置錨定器。試驗應按下列規定進行：

- (1) 試體組合 — 每種尺寸鋼腱應製做兩個長度在 3m 以上之試體，並配置標準品質之錨定器以供按第 14.2.3(2)節規定進行靜力試驗。若須按第 14.2.3(3)節之規定進行動力試驗時，應另製第三個同種樣品以供試驗。
- (2) 靜力試驗 — 預力鋼材樣品應按第 14.2.1 節之有關規定試驗。鋼腱組合體之試驗應能精確決定試體之降伏強度，極限強度及伸長量，以確保符合第 14.2.2 節之規定。
- (3) 動力試驗 — 無粘裹鋼腱應以其代表組體作動力試驗，須能承受保證最小極限強度 60% 至 66% 之反覆作用 500,000 次而無破壞現象。每次反覆作用係從保證最小極限強度之 60% 至 66% 再回至 60%。不以全尺寸鋼腱試驗時，其代表之組合體須具全尺寸鋼腱強度之 (1/10) 以上。使用單條鋼絞線、鋼線或鋼棒之鋼腱應採用整體鋼腱組合進行試驗。使用多條鋼絞線、鋼線或鋼棒時可用足夠之元件代表組合體試驗以獲得全尺寸鋼腱之行爲資料。

解說： 後拉系統因端部錨定強度與鋼腱內部之粘裹與否均影響預力損

失量及極限強度，而在評定上應較先拉法謹慎小心，故後拉系統鋼腱在採用前必須檢核其適用性，按下列要點辦理。

- (1) 為認可鋼腱與錨定器間之組合效果，試體之安排及試驗之步驟包括預力之施加、端部錨定作業及設備之選用上應儘可能模擬工地之實際狀況。
- (2) 靜力試驗用以確保預力鋼腱是否合乎第14.2.1節所定之降伏強度、極限強度及伸長量等力學性質，同時核對是否合乎第14.2.2節之要求，以確保錨定器及續接器在鋼腱達到規範所規定之最小抗拉強度前不致破壞或產生過量變形以致影響結構體安全。
- (3) 先拉法及後拉法之粘裹鋼腱應與混凝土完全連成一體，因此在載重作用下，鋼腱與混凝土應無相對滑移，因此端部錨定器之錨定力不因載重而變化。無粘裹鋼腱端部之錨定器在活載重作用下，其應力範圍介於 0.6 至 0.66fpu 間。為瞭解結構在活載重使用狀況之安全性，於此應力範圍進行反覆 500,000 次之動力試驗，以評估其性能。

14.2.4 粘裹鋼腱之套管

- (1) 套管材料不可與水泥中鹼性成分發生化學反應，亦不得產生電解或變質惡化之現象。套管具相當刚度以防施工中變形或損壞，並應具水密性以防止混凝土澆置時水泥砂漿之侵入。
- (2) 套管之內徑至少應比鋼絞線、鋼線或鋼棒大6mm，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及氣孔。除曲率小且較接近水平之處外，套管之所有高點亦應設灌漿孔或氣孔。若套管在安置後灌漿前可能遭受冰凍時應於所有低點設置排水孔。

解說：(1) 粘裹鋼腱之套管提供於施加預力後灌漿之用。一般而言，混凝土之PH值大於 8，因此鋼腱不會產生腐蝕之化學反應。若套管內灌漿之材料含有氯離子(Cl⁻)成分，則可能破壞鋼腱表面之腐蝕鈍化層而損壞鋼腱。

- (2) 套管內徑應比內穿之鋼絞線、鋼線或鋼棒之組成外徑大 6mm 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，使套管能完全灌滿。在冰凍區，應於較低之位置設置排水孔，讓管中之積水完全流出，以避免管內遭水凍結時體積膨脹，導致套管脹裂。

14.2.5 無粘裹鋼腱之裹襯

無粘裹鋼腱之裹襯應符合下列規定：

- (1) 具適當之抗拉強度及防水性以避免在運送、工地儲存及安裝時發生不能修護之損壞、變質或變形。
- (2) 應在鋼腱無粘裹部份保持連續。
- (3) 應防止水泥漿之侵入及塗敷材料之散失。
- (4) 可為連續之管狀物或以螺旋式包裹。

解說： 所稱套管變質係指金屬套管銹蝕或紙質套管之腐爛變質。為防止施加預力作業上之困難應防止混凝土澆置時水泥漿入浸管內，並防止管內鋼腱之保護塗料散失或流出管外。以連續性金屬性圓管作為套管乃傳統式之作法。亦有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，亦可視為另一種無粘裹裹襯。

14.2.6 套管之試驗

套管於使用前應辦理試驗以確認其品質，惟獲有品質保證並具有實績者得免試驗。

解說： 由於套管易於澆置混凝土前之各種作業中遭踐踏，及混凝土澆置作業中受振動機或其他工具之觸擊，故必須具有足夠之強度與剛性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水泥漿等之入侵。一般，應辦理下列試驗以確認其品質。

- (1) 依下列要領製作試體，按圖 R14.2.1(a) 所示方式灌入水灰比 50% 之水泥漿 30 分鐘後，雖容許有漏水現象，但不得使水泥漿漏洩。

(2) 測試抵抗局部性外力之試驗

套管試體為套管內插放圓鋼，如圖 R14.2.1(b) 所示，圓鋼之直徑為套管內徑 0.8 倍，長度為套管內徑 4 倍，試體應水平放於平面上。局部性外力之施加係在試體之中央位置，以直徑為 9mm 之圓鋼棒垂直於試體施加 100kgf 之荷重，移開後必須無明顯凹陷。若套管材質硬度隨溫度變化者，應在溫度 -10°C 、 $+20^{\circ}\text{C}$ 及 $+50^{\circ}\text{C}$ 下分別試驗。

(3) 測試抵抗均壓外力之試驗

套管試體之長度為套管內徑 D 的 4 倍，如圖 R14.2.1(c) 所示，其均壓外力之施加方法，係於常溫施加荷重 $P = \pi D^2(\text{kg})$ 10 分鐘，荷重移開後必須無明顯變形。

(4) 彎曲漏漿試驗

以套管內徑 30 倍之曲率半徑製作試體，注入水灰比 50% 之水泥漿時，不得有水泥漿之漏洩，其試驗如圖 R14.2.1(d) 所示。

上述試驗如製造者所提供之試驗結果，足以確認其品質且具實績者，得免做試驗。

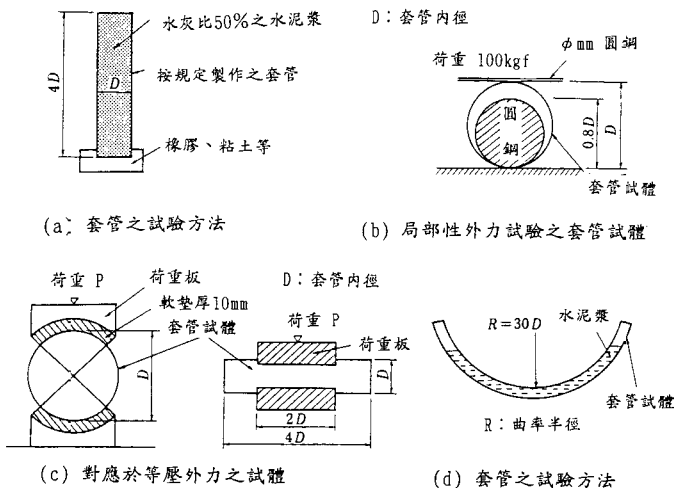


圖 R14.2.1 套管試驗要點

14.2.7 灌漿液

- (1) 漿液為水泥與水之混合物，但當套管之淨內斷面積超過鋼筋斷面積 4 倍時可以加拌細粒料。必要時可採用經工程師核可之摻料。
- (2) 漿液可使用飛灰或砂灰材料等摻料，其用量不得超過水泥重量之 32%。摻料應符合 CNS 3036(卜特蘭水泥混凝土用飛灰或煨燒卜作嵐攪和物) 之規定。
- (3) 漿液應添加經認可之膨脹性摻料以減少乾縮，其所產生之無圍束體積膨脹率以 10% 為限。
- (4) 摻料含氟化物、氟化物、硝酸鹽成分者不得使用。其他摻品經試驗或經使用證明對鋼筋、配件及漿液無不良作用者可以使用。
- (5) 細粒料應符合 CNS 3001 (圻工砂漿用粒料) 第 2 種尺寸，但所有粒料均應通過 CNS 386 篩孔為 1.25mm 之篩。
- (6) 材料之配比應依據灌漿前所作試驗之結果決定之，並應符合下列規定：
 1. 拌和水量應採用適合於灌漿所需之最小量，並不得因工作之延誤而加水以增其流動性。流動性應衡量套管之長度及形狀、施工時期及氣溫、鋼材種類及在套管中所佔面積比率等以選定適於施工者。
 2. 重量水灰比不得超過 0.45。
 3. 浮水率以 0.3% 為限。
 4. 膨脹率以 10% 為限。
 5. 水泥砂漿 5cm 立方試體之 7 天抗壓強度最小應為 176kg/cm²，其試驗應按 CNS 1010(水硬性水泥澆料抗壓強度檢驗法)之規定。

解說： 灌漿孔及套管本身之斷面積很小，因此不容許顆粒較大之材料於灌漿用之漿液中。很細之砂有時使用在漿液中，以減少水泥用量

，達到降低漿體乾縮量之目的，一般使用適量砂之漿體乾縮量僅為純水泥漿體之一半，但在套管內之漿體無法含如此高之砂含量，常以飛灰及砂灰材料作為摻料以抵消乾縮量。但此種方法無法減低乾縮而甚至有增大之勢。一般，每袋水泥(50kg)使用18~20kg之水，可得到適當施工之漿液。在漿液中添加經認可之膨脹性摻料應僅以抵消乾縮量為限，過量之膨脹將產生內部應力。

含氯化物、氟化物、硝酸鹽等成分之摻料有害於鋼腱及其配件，因此不得使用。水泥漿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。漿液中氯離子化合物之含量不得超過 3kg/m^3 。

灌注完成後至浮水發生達最大之前，應使膨脹率隨時維持高於浮水率。一般自攪拌完成至灌注完成之時間以30分為度。

14.2.8 灌漿液之試驗

(1) 施工前之試驗

灌漿液之配比應依現場狀況進行稠度、浮水率、膨脹率及強度等漿液試驗以確認其品質。

(2) 施工中之試驗

施工中為控制漿液之品質，除應依施工前之試驗方法分別進行稠度、膨脹率及強度試驗外，並應進行氯化物含量測定試驗。

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。其試驗方法可參照本章附錄「預力灌漿用漿液試驗方法」辦理。

14.3 模板及支撐

現場澆置預力構材之模板及支撐應符合下列規定：

14.3.1 模板不得阻礙構材施預力時所引起之彈性短縮、撓度或拱勢。

解說： 模板若阻礙構材施預力時所引起之彈性短縮、撓度或拱勢，會發生局部拘束作用，將對構材產生未預期之應力。

14.3.2 模板應具足夠之剛度以防鋼腱之變位超過第14.4節所容許之公差。

解說： 模板過量之變形將影響構材之尺寸及鋼腱之偏心距等重要因素。為確保澆置過程中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，模板支撐不得拆除。

解說： 構材所施加之預力是否足夠以承受靜載重及預計之施工載重，可由構材是否與模板分離判斷之。

14.3.4 雙向施加預力結構物之模板應能支承施加預力過程中載重之再分配。

解說： 結構體採雙向施加預力時，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 模板支撐之設計應考慮由於施預力所引起之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，當施預力後由於拱勢作用，載重會集中於少數支點上，故必須考慮支點反力之變化。

14.4 鋼腱及配件之裝置及保護

14.4.1 粘裹鋼腱及套管不得沾染油脂、潤滑油、油漆、及其他雜物。浮鏽去除後鋼腱之表面不得有凹點。但可容許輕微之殘留附鏽

解說： 粘裹鋼腱及套管表面必需與管內之漿體及管外之混凝土結合成一體，並經由表面之粘裹力傳達鋼腱之預力至混凝土中，因此鋼腱及套管不得沾染油脂、潤滑油及其他雜物，以免減低其粘裹強度。表面之浮鏽去除以後，表面凹點代表有效截面積之減少，故浮鏽去除後表面不得有凹點。

14.4.2 無粘裹鋼腱須潔淨且無損傷，並須按規定作永久防護之處理。

解說： 無粘裹鋼腱於施加預力作業完成錨定以後，很難對鋼腱表面再作維護之工作，因此在施工作業前必需按規定進行防護處理，以達到預期之目標。

14.4.3 以混凝土保護之端部錨定器於混凝土覆蓋之前，應去除浮鏽且不得沾染油脂、潤滑油及除了油漆以外之雜物。

解說： 由混凝土保護之端部錨定器於施加預力過程中，容易沾上油脂及潤滑油而隔離或減弱錨定器與混凝土間之粘裹力。另外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。另外保護端錨之無收縮漿體，若含氯離子成分，會造成端部的腐蝕而導致保護層剝落，應加注意。

14.4.4 鋼腱、套管及錨定器應妥予固定，以免於混凝土澆置時產生變位。其排置之容許公差如表14.4.4所示。

表14.4.4 鋼腱、套管、錨定器排置之容許公差 *

混凝土斷面尺寸h(cm)	$h \leq 20$	$20 < h \leq 60$	$h > 60$
容許公差(mm)	± 6	± 9	± 12

* 上表規定之公差分別適用於垂直或水平方向，兩方向可為不同之數值，但在版內每 5m 鋼腱長度之水平公差不得超過25mm。

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。因此其容許之公差值必須加以限制，表中所列之容許公差依構材斷面之大小而定。

14.4.5 粘裹鋼腱之灌漿配件及套管應妥為保護以防崩塌及其他損壞。澆置混凝土之前，應檢修套管及灌漿配件之孔洞。若灌漿在鋼腱安置超過28天後才施行時，應作臨時防蝕措施。

解說： 粘裹鋼腱由於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腐蝕，因此超過28天後才施工灌漿之情形，必需作臨時防蝕措施。但選用之防蝕物必須在灌漿前容易清除，以達到預期之粘裹強度。

14.4.6 錨定器與混凝土間之支撐面須與鋼腱同心，且應與鋼腱垂直。其偏差不得超過 1° 。

解說： 錨定器與混凝土間之支撐面須與鋼腱之中心一致，係為防止支撐面應力分配不均勻之現象。支撐面與鋼腱垂直可使鋼腱於施預力時僅承受軸拉力。

14.5 預力之施加

14.5.1 注意事項

- (1) 預力之施加應以能將所預定之拉力施予構成鋼腱的各預力元件之方式施拉。

解說： 擬將數條或數十條預力元件為一束(股)鋼腱同時施拉時，為期得以均等施予拉力於各元件，應預先調整各元件之固定位置間長度，以防參差不齊。又，固定裝置不得有滑移。若係楔式之固定裝置，在施拉作業中難免有產生滑移之虞，宜於各元件打設記號，以注意有無滑移。

先拉法中，若預先將多數之預力元件固定於鋼板，然後移動該鋼板以同時施予拉力於所有元件者，為消除各元件鬆垂之長度差異，宜於兩端固定板裝置間，裝設數處間隔器以調整各元件之鬆垂度，或於固定前，預先施予某適當拉力。

後拉法一般係以數條或數十條元件成束(股)同時施拉者居多，此情況者亦必須先使擬施拉各元件長度整齊。

為防由於糾纏導致長度差，於套管內使用適當的間隔器亦頗為有效。伸長量之測定，為防鋼腱鬆垂或續接器鬆弛等之長度被含計而失真，宜預先施予某些適當之拉力後再設置測定基準點。

- (2) 先拉法施予鋼腱之預力應考量固定裝置之滑移及採用加速養治之影響等，適當調整其拉力。轉移預力時，應先緩慢鬆弛固定裝置以使各鋼腱得以平均鬆解。

解說： 使用楔式裝置逐條固定施拉元件者，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者，則此種拉力之損失量不可忽視。

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；與預先以所定

折線狀配置後，由鋼腱端部施拉之方法。由於這些鋼腱之配置、施拉之順序及支承裝置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，以便調整所須施加之拉力。

預力轉移於混凝土時，若急速的鬆弛鋼腱之固定裝置，可能衝擊混凝土，導致損傷鋼腱與混凝土間之粘裹，故固定裝置之鬆弛應徐緩。若各元件之拉力未能同時均勻鬆解，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傳遞於製作台者，一般多先鬆弛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偏大時，若先鬆弛支承裝置也會帶給混凝土有害之影響，應詳予檢討。

當施予混凝土加速養治者，如於預力轉移前完全冷卻，亦有導致構材間鋼腱露出部份斷裂之虞，故應於溫度未下降前轉移預力。

(3) 後拉法時，施予鋼腱之拉力應考量摩擦損失、錨定器之變形及滑動量等，以獲所需之預力。鋼腱施拉之順序，在施拉各階段均不得使混凝土產生有害應力。由於混凝土之彈性變形，亦會使鋼腱所受之拉力降低，故應考量此影響以決定所需之拉力。

解說： 決定鋼腱所需施加之拉力時，由於鋼腱與套管或間隔器間之摩擦，鋼腱所受拉力會隨遠離施拉端而減小。因而，若不考量此摩擦損失，予以預先提高施拉端之拉力，構材中各斷面將無法獲得所需之預力。

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，可用減摩劑塗刷鋼腱或灌注套管內以減少摩擦。但灌漿前應先將這些減摩劑洗淨。

鋼腱錨定器應訂定容許回縮量，錨定時如超出此容許量，應重新施行預力作業。

以逐條或以數條為一股依序施加預力並予錨定時，在施拉力與錨定過程中，由於僅有部分鋼腱被施拉，致該鋼腱之位置與大小可能有使構件產生扭曲或側向彎曲之虞，若係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，必須考量這些影響，於各施工階段均應不致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。

後拉法施預力，通常係須由混凝土構件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。惟若係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，以依順序調整應施加於各組之拉力。

鋼腱伸出量應由現場量測求得之鋼腱外視楊氏模數計算。外視楊氏模數值已含有上述鋼腱伸出量與伸長量之差值。

(4) 施預力中可能有危險發生，應特別留意預防。

解說：由於施加預力作業，高拉力狀態下之鋼腱保有很大的「能」，致萬一有鋼腱斷裂時，由於此巨大能量之急劇釋放，錨定器或施拉裝置可能受破壞，並有對於鄰近帶來危害之虞。雖然此類事故發生之機率不大。但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，絕對禁止進入於施拉裝置或固定裝置之後方，另外，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，乃是施預力作業由熟練人員負責，並對其施以宣導，促其注意安全。

14.5.2 施拉裝置之校正

- (1) 施拉裝置於使用前應辦理校正。若使用中曾受衝擊時，亦應辦理校正，並將其結果記錄之。
- (2) 對於特定之預力工法備有專用施拉裝置者，應使用該裝置。若無專用施拉裝置及荷重計者，應使用能正確施加預力之型式及足夠容量之施拉裝置。
- (3) 現場應備置校正用之雙針式標準錶或測力計。

解說： 由該預力施拉裝置內部摩擦或鋼腱與錨定裝置間之摩擦等，使荷重計之讀值未能指示賦予鋼腱的真正拉力，故應事先辦理校準以求知這些摩擦損失。

一般配設於施拉裝置之荷重計較難維持準確性，故使用中亦應定期性的辦理校核以確認其機能與精度。

由於荷重計型式及容量之不同，其精度最高之範圍亦不相同，故應選用得經常在精度最高範圍使用之型式及容量之荷重計。

施拉裝置校正為施預力作業中最基本要求與重要之要求事項，故應養成及建立隨時施予校正之習慣。施拉裝置之校正，雖以測力計直接顯示拉力之方法為最好，惟此類裝置一般較為昂貴，故一般於施工現場備置雙針式之標準錶就可以。惟標準錶之校正，僅能顯示施拉裝置所配荷重計之壓力是否正確，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，擬用之施拉裝置在使用前六個月內曾辦理校正，備有文件並經工程司核可者可免辦校正。

14.5.3 施預力時之混凝土強度

- (1) 施預力時之混凝土抗壓強度應達施預力過程及完成後可能使混凝土承受最大壓應力之1.7倍以上。
- (2) 施預力時錨定區附近之混凝土，其強度應已具足以抵抗由錨定產生之壓應力以上。

解說： 混凝土於預力轉移後之最大壓應力自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，因此乃規定施預力時之混凝土強度為施預力過程混凝土可能承受最大壓應力之 1.7 倍。惟，對於自重所佔比例較大的構件，因支承條件不同而可能有產生過大應力之虞，故宜對此情況略微提高其安全度。

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為準，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 300kgf/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，端部附近受較大彎力矩或剪力者，預力轉移時，混凝土抗壓強度宜訂為 350kgf/cm^2 以上。本節混凝土抗壓強度係指代表構件本體混凝土之標準試體之抗壓強度。

錨定器處混凝土之承壓應力，應參考設計時之設計承壓強度，就錨定器附近混凝土之安全性檢討。鑑於錨定器與錨定方法隨工法(系統)而不同，故預力轉移時之錨定部附近混凝土強度，宜就各種錨定器或錨定方法，預先依試驗確認之。如各工法自訂有規定者可依其規定。

14.5.4 施預力之管理

- (1) 考量各種影響顯示之分散性，為確保所施予各鋼腱之拉力不致低於所定值，應對鋼腱逐股所施加之預力加以妥善管理。

解說： 正確的將設計圖說所規定之預力(有效預力)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。橫向預力等亦須比照管理。

有摩擦之鋼腱，雖已測定摩擦係數及鋼腱之外視楊氏模數，但此僅表示在該時點的鋼腱之平均狀態而已。仍然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，應考量這些差異性決定所應施加之拉力，以使施予鋼腱之拉力低於設計所需預估值之可能性減至最低。

為此，所施之拉力應以比設計所考量之拉力高出2~3%為管理目標，以策安全。

對於配置有數股以上鋼腱之單一構件，其施預力管理之代表性方法，如以下方式，訂定鋼腱止拉點則頗為簡便。

根據相當數量鋼腱之外視楊氏模數測定結果，使用求得的外視楊氏模數平均值 E_p ，以任意之二組以上摩擦係數 μ 計算為施予預定拉力所需之各荷重錶讀值與伸出量，設為A、B...等。當外視楊氏模數值為正確值時，連結A、B之線就是所對應摩擦係數之理論止拉線，詳圖 R14.5.1。

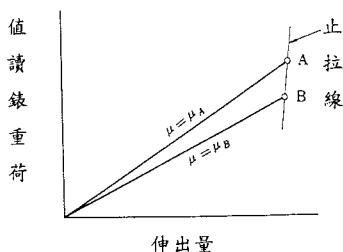


圖 R14.5.1 施預力管理圖

此種方式應將實際之荷重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 μ 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 μ 值顯示負值之情況，但這並非表示實際之摩擦係數為負值，可能係由於外視楊氏模數之差異性所導致者。

- (2) 施予鋼腱之拉力，應依荷重錶之讀值與鋼腱之伸長量或伸出量測定。施預力作業中應隨時確認兩者之關係形成為直線。若荷重錶讀值與鋼腱之伸長量或伸出量未能形成直線關係時，應重新辦理施預力。又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： 荷重錶之讀值與鋼腱伸出量關係之未能形成直線之可能原因有，在施預力過程中伸出量之量測錯誤、荷重錶指針之移動異常或另有其他異常原因等。因此，遇此情況時，伸長量或伸出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，當荷重錶讀值與鋼腱伸出量未能形成直線時，必須中止作業，並重新施預力。

- (3) 於一構件配置有數股鋼腱者，除逐股之管理外，並應將鋼腱分組管理。

解說： 對鋼腱之逐股施預力，相當量之差異度為無可避免者。因而，僅以鋼腱逐股之管理，可能雖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者，宜依下列方式辦理較為方便。

將逐股管理之荷重錶之讀值與鋼腱伸出量關係描繪於圖上，以求A、B連結線之交點，用相當於此交點之摩擦係數值為統計量，逐組求記其平均值，期望該值與實測摩擦 μ 值之誤差，在表 R14.5.1 所示之容許誤差範圍內。

表 R14.5.1 摩擦係數之容許誤差

組內之鋼腱數目	μ 之容許誤差
1	± 0.4
4	± 0.2
6	± 0.16
10以上	± 0.13

此容許誤差係由多數現場施預力管理之資料為基礎，雖在正常管理下，施預力時由荷重錶讀值與鋼腱拉出量分別推測所得之斷面設計拉力與實際拉力間，有 5% 左右之標準偏差為不可避免之事實，因此乃設定在正常管理狀況下，以 95% 應收餘於容許誤差內為度，換算為 μ 值以訂定容許界限。但在正常狀況下仍然有以每 20 次發生 1 次之比例超容許誤差出之可能性。

當擬製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，並非只要超離容許界限就認為已未賦予所需預力，而係提示若繼續以超離容許界限之狀態進行施預力作業，無法賦予設計所需之預力之可能性會趨高之意，係供為可判斷賦予預力之狀況是否維持在良好之狀態之指標者。

(4) 採某種特殊型式鋼腱，致配置於一構件之鋼腱股數很少之施預力管理，應特別處理。

i: 集中鋼腱方式時，一旦於施預力作業中有偶然誤差，將直接造成預力之誤差，影響及構件之安全性，必須採取儘可能得以減少偶然誤差之方法。為此必需採取如下措施：

- (a) 為儘量降低由於摩擦之拉力損失，宜使用減摩劑或採具減摩效果之措施。
- (b) 反覆施辦摩擦係數及外視楊氏模數之測定至可獲得穩定的測定值為止，據以辦理施預力之計算。
- (c) 在施預力作業中亦應反覆多次實施施拉作業，俟鋼腱之伸出量與荷重錶讀值之關係趨於穩定後如予以錨定。
- (d) 若係甚長的鋼腱，可於途中設置觀測窗，以確認在中間點之鋼腱移動量。

(5) 摩擦係數及鋼腱之外視楊氏模數，原則上應於現場依試驗測定。

解說： 施拉裝置與錨定器之摩擦係數，原則上應進行試驗測定之，但已往曾廣泛被採用之工法系統，並已具有充分試驗資料者則得免試驗，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大小影響甚夫。而且，即使在同一現場、時期及作業情況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楊氏模數，係為供由鋼腱之拉出量計算拉力之用。鋼腱之拉出量非但與鋼腱之彈性伸長量有關，尚受構件之彈性縮短，及由於中間線圈(Center spiral)彈性變形之鋼腱之垂直方向移動等之影響。至於施預力時，由鋼腱拉出量算得之外視楊氏模數(apparent Young's Modulus)，一般均低於該鋼腱之由材料試驗表所得之楊氏模數。因而施預力之實務上必須使用由拉出量求得之外視楊氏模數。

由於外視楊氏模數會隨現場條件，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，由預力元件之材料試驗表求得之楊氏模數為 2.05×10^6 kgf/mm² 者，其外視楊氏模數大致以 $1.85 \sim 2.0 \times 10^6$ kgf/mm²。惟，如情況特殊亦有低於上列值者。

當以通常之鋼腱配置製造少量之構件並使用PC鋼線為鋼腱者，雖得以免辦測試，以 1.95×10^6 kgf/mm² 為外視楊氏模數，惟應於施預力管理時確認此假定之正確與否。

國內已往甚少實施此類施預力管理，亦甚少實施摩擦係數及外視楊氏模數之測試，實務上多依設計規範所規定之 μ 、 K 及 E 值(此值均為參考國外資料並非國外之實價值)及廠商提供之 r (施拉裝置摩擦)值進行預力計算，據以施預力，以只要壓力錶讀數與伸出量之差異不超出5%就予認可。且以寧可多加預力為原則，即兩者均必須達到計算值，亦就是一者達計算值，另一者超出計算值之5%以內，為其認可值。

鑒於必須賦予足夠錨定預力於設計斷面(臨介斷面)為預力混凝土之基本，為期得以確實賦予預力，宜依據本規定加強施預力之管理。

14.5.6 採用其他方式施加預力時，應經認可。

解說： 如第14.1.1節所述施加預力之方法很多，但其結構行為有相當之差異，採用本規範中所規定以外之方式施加預力者，均應經工程師，核對符合一切要求，才得使用。

14.6 灌漿作業

14.6.1 灌漿開始前應準備一可靠且足量之高壓供水設備，套管亦應於灌漿前徹底沖洗除去污泥及其他雜物。

解說： 灌漿前須準備可靠且足量之高壓供水設備。所需之壓力依套管之大小及形狀而異，並須計算所需之用水量，以防止因水量不足而使灌漿作業中斷。管內部雜物之清除係為確保漿體與鋼腱及套管間之粘裹力。

14.6.2 漿液應以高速拌漿機拌和均勻，然後經濾篩進入具迴漿功能之灌漿機設備，並應立即開始灌漿。應在漿液尚有適當稠度時完成灌漿，漿液有部份凝結時即不得使用。

解說： 為使漿液具良好之流動性以利灌漿，故應高速拌勻、濾除大顆粒或雜物以防止較大顆粒進入套管中造成阻塞之現象。漿液拌好應立即開始灌漿以免漿液因時間增長部份凝結，使灌漿發生困難。

14.6.3 漿液應充分注入鋼腱、套管及錨定器間之所有孔隙。灌漿應持續灌注，直至從排氣孔流出之漿液稠度與拌漿桶之漿液稠度相同，且排氣孔已無氣泡排出後，順漿液流向將排氣孔及迴漿孔依序封閉，並應再繼續灌注，使壓力達 $7\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上始可將灌漿口關閉。

解說： 為使鋼腱套管及錨座完全密合，漿液應充分注入其間所有之孔

隙。孔隙是否已經完全填滿，可根據排氣孔流出漿體之稠度判斷之，若其稠度與灌入之漿體已相同，表示漿液已充分注入所有孔隙。若稠度低於灌入之漿體，即表示其間尚有浮水存在於空隙間。排氣孔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 7kg/cm^2 以上，所用灌漿管應足以承受此壓力。

14.6.4 灌漿中途因故障停頓時應以清水將套管中已注入之漿液沖洗潔淨。

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重新灌漿時不因以前未完成殘留硬化之漿體阻塞灌漿管道，影響灌漿效果。

14.6.5 灌漿前應使鋼腱保持乾燥並防水分進入套管。灌漿後鋼腱周圍混凝土之溫度應高於 7°C ，並維持三日以上。

解說： 灌漿前鋼腱保持乾燥乃為增大其與漿體間之粘著強度。而灌漿後鋼腱周圍混凝土之溫度應保持 7°C 以上，乃為對漿液做防止低溫之保護。以確保灌體之品質。

14.6.6 漿液於拌合及灌入期間之溫度不得高於 32°C 。

解說： 漿液進入拌合機及灌入期間之溫度上限為 32°C ，乃在防止漿體因過度高溫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。

14.7 預力預鑄構件之施工

- 14.7.1 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支點反力之變化。

解說： 預力預鑄構件製作過程中，構件尚未具有充分強度前，可能由於預力之施加，而使形狀、尺寸過度變形，此階段有賴製作台保護之。製作台並應能顧及構件支點反力之變化情形。

- 14.7.2 預鑄構件之形狀、尺寸及孔穴之位置、尺寸等應妥善施工，以獲得正確尺寸及孔穴位置之構件。

解說： 預鑄構件之形狀、尺寸及孔穴之位置、尺寸等之要求，係為減低構件單元組合後之間隙、容易安裝及達到工程美觀之要求。

- 14.7.3 預鑄構件之吊裝及搬運方式應經認可。

解說： 預鑄構件不當吊裝及搬運過程中，可能使構件承受設計過程中未考慮之作用力而嚴重受損，故其吊裝及搬運方式應經認可。

- 14.7.4 預鑄構件之存放，必須於規定位置支撐，以防止由於地震或其他之意外荷重而受損傷。

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過程中未考慮之作用力。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。

- 14.7.5 組合時應將構件安置於正確部位。

14.7.6 組合時之臨時支撐，應具有足夠之強度及勁度，以承受於組合作業時產生之荷重，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時之載重。否則由於支撐產生過度之變形，非但使組合作業困難，並可能發生危險。臨時支撐所需之強度與勁度應按結構原理核算之。

14.8 施工圖

預力混凝土之施工圖應送請認可。施工圖除具第四章模板及第五章鋼筋有關之要求外，應包括下列資料：

14.8.1 鋼腱全長之詳細位置。

解說： 預力鋼腱全長各斷面之位置為影響預力構材強度與性能之最重要因素，為施工中所應特別注意之重點，故應於施工圖中明確顯示鋼腱全長之詳細位置，以便可依照施工，並應確保其使用之方便與正確。

14.8.2 鋼腱及配件之尺寸、位置、材料及預力級別。

解說： 鋼腱配件之材料強度及其尺寸大小均影響預力系統之性能，而預力級別與位置則影響到混凝土應力分配，因此必需註明於施工圖中。

14.8.3 千斤頂工作空間、預力方法、拉線順序、最初拉力、錶示壓力及鋼腱伸長量等。

解說： 預力構材之性能完全取決於妥善正確之施加預力，要能妥善正

確之施加預力則須有足夠之千斤頂工作空間，與正確之預力方法、拉線之順序及最初拉力、錶示壓力及鋼腱伸長量等。故以上各重要事項應標示於施工圖上，以憑施工。

14.8.4 第14.2.1(2)及14.2.1(3)節要求之資料。

解說： 將第14.2.1節(2)及(3)之要求標示於施工圖中之目的，前者為確保施工者所使用之材料合乎設計者當初設計時之依據；後者為利用量測施加預力時內摩擦所造成之損失，作為施工時參考。若有大量之差異時，需作必要核對之修正以確保結構體之安全。

14.8.5 採用第14.5.4節規定方法施加預力者，應檢送相關之詳細資料說。

解說： 本章所規定之施加預力方法僅限於先拉法及後拉法，當使用其他方法達到預力之目的時，由於方式之不同，其應力之分配情況亦將有異於規範所規定者，因此必需檢送相關詳細資料及圖說供工程師核對，以確保結構在施加預力過程中不發生超出預期之問題。

14.9 施工記錄

14.9.1 一般性記錄

施工過過程、施工方法、施預力之方法、混凝土之養護方法、天候、氣溫、進行之試驗以及其他必要事項，應詳予記錄並保存之。

解說： 將工程之施工記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時之參考

，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。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」之人為加工，故其各種記錄顯得更為重要。

14.9.2 管理記錄

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記錄並保存之。

解說： 施工管理記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，故建立施工管理記錄為甚重要之事。

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記錄，但有關之鋼筋、模板及套管等亦應製存記錄。

附 錄

預力灌漿液試驗方法(取自日本土木學會-1987)

第一章 稠度試驗方法

1.1 漏斗方法

1.1.1 適用範圍

本試驗方法適用於使用 JA 漏斗及 J 漏斗之 PC 灌漿液 (grout) 的稠度 (consistency) 試驗。

1.1.2 試驗器具(參照圖 A1.1)

- (1) 漏斗係黃銅製。JA 漏斗為頂端內徑 100mm，底端內徑 8mm，高度 351.1mm，並於其下端設有內徑 8mm，長 30mm 之流出管者(註 1)；J 漏斗則為頂端內徑 70mm，底端內徑 10mm，高度 420mm，並於其下端設有內徑 10mm，長 30mm 之流出管者(註 1)。
- (2) 此外應另準備支撐漏斗之架台、鏟平漿液頂面之用具及馬錶等。
- (3) 試驗裝置應確實校正方可開始使用。

(註 1) JA 漏斗之內容積為 1000cc。J 漏斗之內容積為 640cc。

1.1.3 試驗

- (1) 以架台將漏斗垂直支撐後，灌水濕潤漏斗之內表面。
- (2) 將試驗之漿液少量灌注於漏斗內，並讓漿液自動由流出管流出後，以手指壓住流出口，再將漿液灌滿至漏斗頂面，並予以鏟平。
- (3) 放開壓住流出口之手指使漿液自由流出，並以馬錶量測漿液流完所需之時間。
- (4) 觀察試料(漿液)殘留於漏斗內之狀況。

1.1.4 表示

稠度係以“秒”測定前項之流完時間，並以流完時間多少秒之方式表示之。

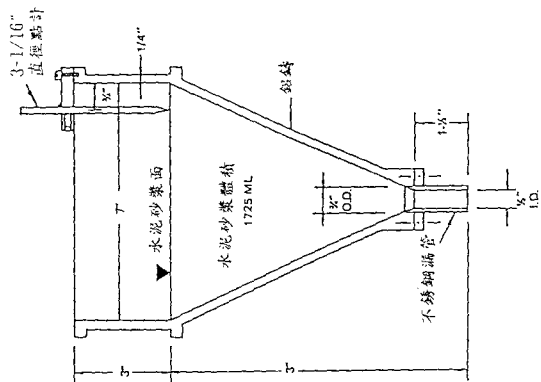


圖 A1.3 流量錐

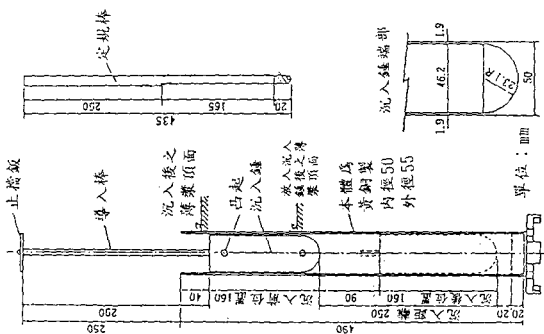


圖 A1.2 沉入試驗裝置

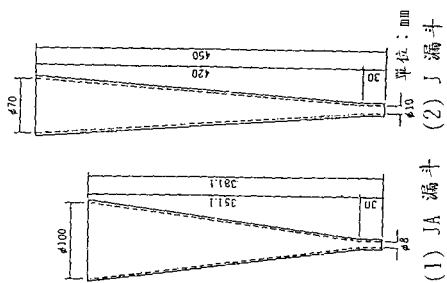


圖 A1.1 漏斗

1.2 沉入方法

1.2.1 適用範圍

本試驗方法適用於使用沉入試驗裝置之PC灌漿的稠度試驗。

1.2.2 試驗器具(參照圖 A1.2)

(1) 試驗裝置本體

為設有底版之黃銅製圓筒，應為確實水密且堅牢者。圓筒為內徑50mm，高度490mm，並應保持垂直裝設於底版。本體內面應磨光，上緣及上面應以機械磨平。

(2) 沉入錘

係黃銅製，前端為半球狀，並於頂端裝設有導入棒及止動蓋。沉入錘為直徑46.2mm，長度160mm，並於其上下分別設有3個半球狀之凸起物，以便於圓滑沉入本體內。導入棒長度為290mm，並於其頂端裝設有止動蓋。沉入錘之重量(包括導入棒及止動蓋)約為1600g(註2)。沉入錘之外側應磨光，導入棒及止動蓋應以機械磨平。

(3) 定規棒長度為435mm，並應設為得以使止動蓋保持在本體上緣250mm之高度者。

(4) 試驗裝置應經校正後方得開始使用(註3)。

(註2) 將沉入錘之重量訂為約1600g，乃因試驗裝置之校正時，必須調整重量。

(註3) 沉入錘因受試驗裝置製作上的尺寸誤差而有很大的影響，乃規定試驗裝置必須經校正始得以使用。校正應由極有充分的設備之試驗機構辦理。

1.2.3. 試驗

(1) 以清水洗淨本體內面及沉入錘後再以濕布擦乾，並將本體安置使保持垂直。

(2) 灌漿液(試料)於本體內至略高於自本體頂緣165mm處，然後輕輕的放導入棒於本體內並以定規棒支撐止動蓋。此時，漿液之頂面應位於沉入錘之頂面以上(亦即沉入錘應完全沉沒於漿液內)(註4)。

(3) 拿掉定規棒使沉入錘自由下沉，量測下沉250mm所需之時間(至止動蓋到達本體頂緣之時間)，做為第一次測定。然後輕輕的拉高沉入錘，並如前面所述以定規棒支撐止動蓋，再度拿掉定規棒使沉入錘自由沉下，如此反覆進行第二次，第三次測定。

(註4) 第二次，第三次測定時，由於第一次測定時漿液黏接於導入棒，導致漿液頂面可能低於沉入錘。

1.2.4 表示

稠度試驗係上述第二次，第三次測定值之平均值，以沉入值多少秒表示之(註5)。

(註5) 依實驗，第二次及第三次大致有接近值，而第一次之值則偏高且分散性亦大，故乃予以剔除。

1.3 漏流法

1.3.1 適用範圍

本試驗方法係依據美國 CRD-C 79-58(1958年9月1日)規定之 PC 灌漿液稠度試驗法，本試驗適用於PC使用漿液之流動性試驗，範圍包括試驗室及工地之試驗。係量測一定容量之漿液自一標準漏斗中流出，流完所需之時間，以判定漿液之流動性。

1.3.2 試驗器具(參照圖 A1.3)

- (1) 漏斗—此漏斗須符合如圖所示之尺寸及說明。
- (2) 馬錶—最小讀數不得超過 0.2秒。

1.3.3 校正

漏斗應平穩地放置，頂端並應保持水平且不受擾動，以手指壓住流出口，並將1725±1cc 之水注入漏斗中，然後調整指示計使指針尖端與水面接觸。

1.3.4 程序

首先以水將漏斗內側表面濕潤(註 6)，以手指壓住漏斗流出口，然後將漿液注入漏斗中直到漿面與指示計之指針接觸為主，啓動馬錶並同時將手指移開，當連續流出之漿液首次出現中斷時停止馬錶，馬錶所示之時間即漿液流完之時間，任何配比之漿液至少應做兩次試驗。

(註6) 一個被建議的方法可以確保漏斗內側表面完全被濕潤，建議先以水注滿漏斗，在開始將漿液注入前一分鐘，把水放掉。

1.3.5 報告

試驗報告應包括：

- (1) 平均流完時間。
- (2) 試驗時的漿液溫度。
- (3) 試驗時的室溫。
- (4) 試樣之成分。
- (5) 試樣之物理特徵。

第二章 浮水率及膨脹率試驗方法

2.1 適用範圍

本試驗方法適用於使用聚乙烯(Polyethylene)袋與量筒之 PC 漿液的浮水率(bleeding)與膨脹率試驗。

2.2 試驗器具

試驗用器具為容量1000cc及20cc(註7)之玻璃製量筒、裝入漿液時直徑為5cm，長度50cm以上之聚乙烯製袋(註8)及玻璃製吸量管(註6)等。

(註7) 如對於浮水率測定精度之要求不高時不需20cc量筒與吸量管，參照(註11)。

(註8) 聚乙烯之厚度以0.05mm左右者為宜，底部為直底，由底部起20cm處宜做記號。

2.3 試驗

2.3.1 將漿液灌入袋中約20cm高，惟應防空氣之混入(註9)。

2.3.2 然後輕輕的將裝有漿液之袋子插入裝有400cc水(註10)之量筒中，惟應防空氣混入。

2.3.3 將袋子往下放至使筒中水面與漿液面一致，並由此時之讀數減除400cc以求得漿液體積 $V(cc)$ 。

2.3.4 結封袋子上端後予以吊掛(註11)靜置之。

2.3.5 自測定開始經過3小時後，使用量管(註12)吸取(註13)漿液頂面之浮水，放入20cc量筒量測其體積 $B(cc)$ 。此水於量測後應輕輕再放回(註14)漿液頂面。

2.3.6 測定開始後經20小時以上，再以與2.3.5節所述同樣之方式量測浮水 $B'(cc)$ 。並依照2.3.2, 2.3.3之方式量出漿液體積 $V'(cc)$ 。

2.3.7 試驗應採用3個以上之試體(註15)辦理。

(註9) 宜使漏斗、管等以由袋底灌注漿液，如有空氣混入應予以排除。

(註10) 宜使用酒精，因較少有氣泡黏附於袋子周圍。

(註11) 漿液之頂面儘可能的成為近似於下端之圓形，漿液(試料)所處之環境宜儘可能與施工者相同。

(註12) 如認為不必正確的量測浮水率時，不必使用吸量管。

(註13) 應輕輕的吸取以防吸出水泥粒子。宜分為數次吸除，相對於浮水之頂面與底面分別與量筒中之水面一致時之讀數差求水量。

(註14) 為不致擾亂漿液之頂面，宜以吸量管吸存水後，將吸量管前端貼靠於近於漿液頂面之聚乙烯袋內面放回。然後再結封靜置之。

(註15) 如須進行抗彎強度試驗機時，於膨脹率測定完成後，宜以原狀瀝養試驗至規定材齡，再行辦理抗彎試驗，以獲得作為管理試驗參考之資料。

2.4 表示

浮水率(%)及膨脹率(%),可由下式求之:

經過 3小時之浮水率 $=B/V \times 100\%$

最終浮水率 $=B'/V \times 100\%$

膨脹率 $=(V'-V)/V \times 100\%$

第三章 強度試驗方法

3.1 適用範圍

本試驗方法適用於使用楔子同時加重量於楔子上面以抑制漿液之膨脹，並容許浮水排出外面之情況下，所進行之 PC 灌漿液抗壓強度試驗。

3.2 試體尺寸及數量

3.2.1 試體應為直徑 5cm，高度10cm之圓柱試體。

3.2.2 試體數量應有 3個以上。

3.3 試體製造器具

3.3.1 楔子應使用符合 JIS A1132「混凝土強度試驗用試體之做法」之規定者。

3.3.2 組合楔子時應特別注意防止由底板與側板間接縫漏水。

3.3.3 用於抑制膨脹之重量體之重量，訂為約 3.6kg(註15)。
(註15) 得使用10×20cm之混凝土試體作為加重物體。

3.4 試體之製造

3.4.1 輕輕的將漿液灌滿於楔子，並應防空氣之混入。輕輕的鑊平楔子頂面再將壓版置於楔子頂面，並隨即放置加重物。

3.4.2 灌妥漿液之試體宜於一或二天後拆卸模子，並置於水中24小時後再取出，然後以塑膠布等裹覆(註16)以在接近現場狀態之溫度下養生至規定材齡。

3.4.3 進行強度試驗前，應修飾試體頂面使成爲垂直於試體軸之平面。修飾面不得有0.02mm以上之凹凸。面之修飾可使用金鋼砂等研磨光滑。

(註16) 爲使接近於混凝土之漿液狀態，故不宜澆水。

3.5 試驗

荷重之施加方法應依 JIS A1108「混凝土之抗彎強度試驗方法」辦理。

3.6 表示

以試體破壞時之最大荷重(kg)除以試體之斷面積(cm^2) 所得之值即爲抗彎強度(kg/cm^2)。

66 第十四章 預力混凝土

第十五章 特殊混凝土

15.1 通則

- 15.1.1 特殊混凝土係為符合工程特殊需求，所設計不同於一般混凝土性質，或以特殊方法製造出之混凝土。
- 15.1.2 採用此等混凝土前必須先對其性能加以認定，不得有影響其他工程性質之負面作用。
- 15.1.3 除本章之特別規定外，特殊混凝土工程仍須符合本規範其他各章之規定。

解說： 本節指出特殊混凝土的基本定義為 (1)工程需求異於一般之混凝土，(2)特殊工法製造的混凝土。由於特殊混凝土範圍甚大，名詞尚未統一，本章所列舉之特殊混凝土僅含較為人熟知之類型。

特殊混凝土可依實際工程需求而開發。本章僅提供數種較具完整資訊的特殊混凝土。同時提醒此類混凝土的基本特性必須是經認定性能良好符合工程需求，確定具有正面價值的混凝土。

15.2 類型

- 15.2.1 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、零坍度混凝土、高分子改良混凝土、滾壓混凝土、隔熱混凝土、乾堆混凝土、預疊混凝土、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、強塑化混凝土、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、橡膠混凝土等。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。目前本規範僅對第15.5節以後所示之數種常用特殊混凝土加以規範。

解說： 本節係參照卜特蘭水泥協會之「混凝土配比設計與管制」[1]一書選出國內外較常採用類型之特殊混凝土。為因應未來各種「高

性能混凝土」的使用，使符合國內需求的其他可能應用之特殊混凝土得以發展。本章以「其他」項涵蓋具有發展性之特殊混凝土。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、高彈性模數、高密度、低透水性及高耐久性等特殊混凝土[2]。這些特殊之高性能混凝土尚需仰賴各「產官學研」單位之研究開發。

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15.5節至第15.9節所列之低透水性混凝土、高強度混凝土、輕質混凝土、噴凝土及無收縮性混凝土等五種較常使用且技術較成熟之特殊混凝土加以規範，其他特殊混凝土則有待進一步詳細研訂。

15.3 配比計畫

- 15.3.1 各種特殊混凝土之配比除符合本規範第三章之一般性規定外，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。
- 15.3.2 各種特殊混凝土之材料，除合約另有規定或按第15.4節認定者外，須符合本規範第二章及本章各節之有關規定。
- 15.3.3 特殊混凝土之配比應預作試拌，其品質應符合設計要求。

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，並應依品質保證方法(QA, Quality Assurance)進行材料認定及試拌工作。

15.4 施工品質驗證計畫

特殊混凝土之施工應按本規範之規定進行，若不擬依本規範或本規範未作規定者，應由承包商擬訂施工品質驗證計畫，經工程師認可後實施。必要時工程師得要求承包商製作樣品以供評估其可行性。

解說： 本章尚未訂定規範之特殊混凝土及承包商不擬按本規範而另訂施工品質驗證計畫進行施工者，其計畫內容應包括材料選定、配比、施工、養護及品管等工作之詳細執行方式。必要時工程師得要求製作樣本以便評估其可行性。

15.5 低透水性混凝土

- 15.5.1 本節僅適用於符合第15.5.2節一般低透水性要求之混凝土，若有更高之性能要求時，應另行規定之。
- 15.5.2 結構體混凝土有低透水性要求者，須符合DIN 1048（混凝土與鋼筋混凝土之透水性試驗）三處試驗水分滲入深度之平均值，不得超過50mm之規定。若混凝土在有害化學溶液浸觸時，則須符合DIN 4030（在對混凝土有害之水分及土壤內之混凝土執行指針）三處試驗水分滲入深度之平均值，不得超過30 mm之規定。

解說： 本節所謂「低透水性混凝土」即以往所稱之「水密性混凝土」，白於混凝土構造物本質上為透水性之構體，本部份在ACI 318-89第四章「耐久性需求」之4.1.2節[2]及本規範3.3.2節有明確規定水灰比。當然若有其他性能要求時，則應另行考慮之。目前低透水性混凝土之性能要求，主要依據DIN 1048或4030所規定方法所測定水或有害化學溶液之滲入試體深度各不得超過50mm或30mm。此外，AASHTO T259（混凝土抵抗氯離子滲透試驗法）或T277（混凝土氯離子滲透率快速檢驗法）亦可用為評估氯離子滲透性之參考。

15.5.3 材料

低透水性混凝土所使用材料須符合本規範第二章之規定。

- (1) 低透水性混凝土應使用符合CNS 61(卜特蘭水泥)規定或經核可之水泥。巨積混凝土構體應採用低水化熱水泥。
- (2) 混凝土可使用符合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，但所用飛灰之性質及用量應報請工程師認可。
- (3) 混凝土之粒料應採用符合CNS 1240(混凝土粒料)規定之粗細粒料，或符合CNS 3691(結構用混凝土之輕質粒料)規定之混凝土輕質粒料。
- (4) 混凝土可使用符合合約規定或經工程師認可之摻料。

解說： 低透水性混凝土所使用之材料與一般混凝土使用者並無大大不

一樣，惟美國卜特蘭水泥協會建議可採用卜作嵐摻料，如飛灰、水淬高爐爐渣粉或砂灰，為阻滲材料，但使用該等材料時應注意其他不良影響。所使用之粒料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。

15.5.4 配比

- (1) 低透水性混凝土之配比應妥為設計以確保其低透水性，其水灰比應參照第 3.3.3 節之規定。惟透水性仍應符合第 15.5.2 節之規定。
- (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，以確保混凝土具低透水性。
- (3) 添加飛灰或水淬高爐爐渣粉等卜作嵐或其他摻料以減少透水性時，應按照第 3.6 節之規定辦理。
- (4) 粒料之組成及粉料含量
 1. 混合料之組成及最大粒徑應依混凝土之澆注情況、配筋之數量及配置情況做適當之選定，以利混凝土之澆置施工。
 2. 粒料中粉料含量應適量，以使凝固後之混凝土具所要求之低透水性，並減低水化熱。但不得以火山灰土做為粉料。
 3. 低透水性混凝土亦可採用輸氣劑以代替粉料，一般輸氣 1%，約有相當於每 m^3 加入 10 至 15kg 粉料之作用。

解說： 影響透水性之重要因素，包括水灰比、粒料、摻料、工作度及施工品質。混凝土水灰比較高時，容易因孔隙較多及產生浮水與析離的問題，造較大之透水性。因此一般建議水灰比低於 0.5，惟較低之水灰比容易造成工作度不良以致產生蜂窩及析離等增加透水之反效果。所以必須透過減水劑、強塑劑等摻料以增加混凝土之工作度，確保混凝土之低透水性性能。

另外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。混凝土粒料比硬固水泥漿具較佳之阻水效能，優良之級配與顆粒形狀亦有益於工作度而能降低透水性。輸氣劑之使用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。

15.5.5 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，可以加鉸中間板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，造成表面吸濕垂流的現象。

15.5.6 埋設物

採用隔件及鋼筋連結器等埋設物時，應避免在施工縫範圍產生有害裂縫，尤其光滑面之保護箱更應防止其對低透水性之妨害。

15.5.7 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。若有中斷時，其接縫應按第 6.1.4 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。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。

15.5.8 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。搗實時不得利用鋼筋振動。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，造成透水的短路，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。埋設物附近則因比較容易留有空隙，須適當加強振動搗實。

15.5.9 養護

低透水性混凝土之養護除按第十二章之規定外，應按下列規定：

- (1) 加飛灰、爐石粉等卜作嵐材料之混凝土其養護時間應加長。
- (2) 使用第二或第四種水泥之混凝土養護時間亦應加長。
- (3) 依摻料性質對混凝土品質之影響決定其養護期間。

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塑性收縮、龜裂，增加透水機率，並造成耐久性問題。以飛灰、爐石等卜作嵐摻料取代水泥之混凝土，受濕度之影響很大，其養護時間應依取代重量百分率而定：

取代水泥量 (%)	要求最少養護時間(天)
10	8
11 - 15	9
16 - 20	10

使用第二、第四種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 $0.7f'c$ 為準。依拌料性質對混凝土品質之影響決定其養護期間者應以試驗印證之。

15.5.10 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，並應按下列規定：

- (1) 拆除模板及支撐時，混凝土應經按第15.5.9節規定充分養護，已具足夠強度。
- (2) 拆模應注意其順序、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 本節適用於以第15.6.3節所規定材料並依第七章所述方法產製抗壓強度等於或大於 $420\text{kg}/\text{cm}^2$ 之混凝土。

解說： 高強度混凝土定義為強度等於或大於 $420\text{kg}/\text{cm}^2(6000\text{psi})$ 的混凝土[4,5]。

15.6.2 高強度混凝土應符合本規範各章之有關規定，並得視實際需要，按第 1.3節之規定另加規範。

解說： 高強度混凝土的品質必須符合一般混凝土規範，具適當工作性及所需性能。如需高流動性及高水密性[2]，則須依需要另行分析研究，加以規範。

15.6.3 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，但其水泥砂漿 7 天之抗壓強度應等於或大於 $300\text{kg}/\text{cm}^2$ 。
- (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廠掾M或煨渣卜作嵐摻和物)之有關規定，所用摻料之性質廠島庫q應報請工程師核可。

解說： 混凝土之強度主要係取決於水泥漿強度、粒料品質及界面鍵結力。高強度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粒料品質加以規定外，並特別列出使材料增加界面鍵結力之規定。

高強度混凝土使用的水泥除必須符合有關標準外，並特別規定其 7 天水泥砂漿試體之強度，這種要求在表示水泥的細度應較高，成分中含矽酸三鈣之比率亦較高，以使混凝土早期強度較高。

(3) 高強度混凝土所採用之粗細粒料應符合下列規定：

1. 粗細粒料均應符合 CNS 1240 (混凝土粒料)之規定。但其含泥量不得超過 1 %。
2. 粗粒料之最大粒徑宜介於 10 至 13mm 之間，細粒料之細度模數宜在 3.0 ± 0.1 。
3. 粒料之形狀應採用多種角近球形者。

解說： 高強度混凝土因使用較低水灰比，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、稻殼灰)等，惟須事先驗證且報請核可。

爲使高強度混凝土粒料界面鍵結力提高，故要求粗細粒料必須爲含泥量較低之潔淨粒料。另外也要求粗粒料之粒徑較小，以增加界面面積，防止泌水弱面；細粒料粒徑宜較粗（即粗砂），以避免過高水泥用量所引起的過度黏稠現象。粒料之形狀以圓或方形爲佳，應避免長條形顆粒。

15.6.4 配比

- (1) 高強度混凝土之水灰比宜在0.3~0.4間，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 3.3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 3.9節之規定外，並應按第3.10.1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劑量且不得有害其原有品質。
- (4) 使用卜作嵐材料取代水泥，其含量不得超過水泥重量之40%。
- (5) 若以卜作嵐材料取代細粒料，以能獲取較佳工作度之使用情況其使用量可由試驗決定之。

解說： 高強度混凝土之水灰比甚低，介於0.3~0.4間，其水灰比之計算方式爲水與水泥加卜作嵐材料之重量比，並非一般之水與水泥重量比。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。目前更有強調設計坍度爲25公分的高性能混凝土[2]。

爲了混凝土確實具有所需之品質，須以試拌印證之。最後評估在最低劑量的要求下，品質符合設計性能。

採用飛灰、爐石、砂灰、稻殼灰等卜作嵐材料其目的在提高混凝土之極限(長期)強度，可是爲了避免因取代過多水泥而影響早期強度，故其用量以不超過40%爲限。

15.6.5 試拌

高強度混凝土需要嚴格控制其品質，除實驗室試拌外，工程師應視需要，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，故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。

15.6.6 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： 高強度混凝土與一般混凝土不同，除製程品管外，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 輕質混凝土

15.7.1 輕質混凝土除按本節之規定外，並應符合本規範其他各章之有關規定。

15.7.2 輕質混凝土選定之配比，應符合第 3.12 節之規定。

15.7.3 輕質混凝土之配料及拌合應按輕質粒料製造商之規定處理，如使用不同之方法時，須經工程師核可。

解說： 輕質混凝土依本規範第 1.4 節之定義為結構用輕質粒料混凝土，其特性為質輕多孔。一般輕質混凝土依其用途可分為結構用與非結構用之輕質混凝土；依所使用材料可分為輕質粒料混凝土與氣泡混凝土。

結構用輕質混凝土由於粒料質輕、多孔易吸水，其配比設計、產製與施工上均與一般混凝土不同，甚易發生粒料分離現象，故品質管制上須有本節之特別規定。

15.7.4 輕質混凝土之輕質粒料，若以工地狀況樣品進行試驗，泡水後第一小時之吸水率小於試體重量之 2% 時，則該混凝土之拌合可按第 7.2 至 7.5 節之規定辦理。所謂工地狀況係指粒料在施工期間可能之最小含水量狀況，亦可預先潮濕以達此狀況。

15.7.5 輕質粒料之吸水率與第 15.7.4 節之規定不符時，則該混凝土之拌合應按下述規定辦理。

- (1) 將粒料加入約 80% 之拌合水並至少拌合 90 秒，使用拌合車者至少旋轉 15 次。
- (2) 依次加入所需之摻品、水泥及其餘之拌合水，並按第 7.1 或 7.3 節之規定拌合。

解說： 吸水率之要求限制在近似飽和狀況，所以決定一小時吸水率或預潮條件。為使拌和時骨材達近飽和狀況，必須在拌合期間加拌和水 80%，使粒料預先飽和，如此方可添加其他材料。

15.7.6 輕質混凝土應按 ASTM C567 (結構用輕質混凝土單位重試驗法) 之規定計算其新拌單位重及最大氣乾單位重。新拌混凝土單位重與規定值之偏差超過 $32\text{kg}/\text{m}^3$ 時，應儘速調整使其回復至規定值。任一拌合之單位重與規定值之偏差不得超過 $48\text{kg}/\text{m}^3$ 。

解說： 輕質粒料混凝土常因製造及含氣量不同，而造成單位重偏差過大的情形，這是品質不穩定的主因，故應適當控制。

15.7.7 工地輕質混凝土之認可，應按第十八章之規定，評定合約或施工規範規定各重要品質項目。

15.8 噴凝土

15.8.1 噴凝土係以水泥、粗細粒料、水及摻料等為材料，按設計之配比拌合後，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粒料而未使用粗粒料者，一般稱之為噴漿。本規範為簡化起見，統稱為噴凝土。

15.8.2 噴凝土機操作員及噴嘴操作員須先經充分操作技術訓練，其試噴品質應經工程師認可。

15.8.3 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，操作員應曾經技術訓練並試噴樣品，其品質經工程師認可。

15.8.4 材料

- (1) 噴凝土材料包括水泥、粗細粒料、拌合水及摻料等，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（卜特蘭水泥第一型），但施噴面若有湧水或需要早期強度時，則應使用早強水泥（卜特蘭水泥第三型），或添加速凝劑以防止剝落。
- (3) 噴凝土所使用之速凝劑除應符合第 2.3 節之規定外，其氯化物之含量不得超過其本身重量之 2%。並以較中性者為宜。
- (4) 粗粒料之最大粒徑應在 25mm 以下，並以 19mm 以下較適合。細粒料之細度模數應在 2.5 至 3.3 之間。
- (5) 細粒料與全部粒料之重量比 (S/A) 以能提供適當之工作性及強度為準。

解說： 噴凝土使用之材料仍以符合其他章節之一般性規定。但為防止混凝土施噴之回彈，噴凝土之材料配合須使混凝土具相當之黏性，其方法可透過使用早強水泥、速凝劑及使用較多及較細之粒料（下表 R15.8.4 混合粒料級配可供參考）；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，其粒料宜使用粒徑較小之粗粒料，但細粒料之細度模數應較大。而其細粒料與全部粒料之重量比 (S/A) 亦應符合上面第(5)之規定。

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。

表 R15.8.4 混合粒料級配

篩網孔徑	粒料通過率 (%)		
	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
4.75mm (No.4)	95~100	70~85	50~70
2.36mm (No.8)	80~100	50~70	35~55
1.18mm (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
0.15mm (No.100)	2~10	2~10	2~10

15.8.5 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，且其強度之偏差應儘量減小。
- (2) 噴凝土之強度以齡期28天之抗壓強度為準，但有早期強度之要求者，可規定以7天之抗壓強度為準。
- (3) 用於岩盤面之噴凝土，其配比應使噴凝土與岩盤面能充分粘結。
- (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，但須經常校核其重量。
- (6) 拌合水量在可施工範圍內，應盡量減少。
- (7) 須向上施噴之混凝土，必須添加速凝劑。速凝劑之用量應為水泥重量之2~4%為準，並應符第15.8.9(1)節之規定。

解說：噴凝土配比須具有與一般混凝土相同要求之工作性、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23天要求強度外，一般為了品管可能要求7天及較短時間之強度，更重要的是能與底材密切結合。其水灰比係依強度而定，常採用0.5~0.6（強度約為210kg/cm²）。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%。表 R15.8.5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：

1. 除能滿足足夠之長期強度外，亦須有足夠之早期強度。
2. 粘著性良好。
3. 須有足夠之耐久性 & 水密性。
4. 反彈率要低。

表 R15.8.5 噴凝土建議配比(kg/m³)

配比 編號	f'c kg/cm ²	粗粒料 最大粒 徑 mm	S/A %	W/C %	水泥	水	粒 料		速凝劑
							粗	細	
C1	75	19	60	58	350	204	1045	697	10.5
C2		13	59	58	350	204	1020	709	10.5
C3	210	19	60	51	400	204	1020	680	12.0
C4		13	59	51	400	204	996	692	12.0
C5	245	19	60	45	450	204	995	663	13.5
C6		13	59	45	450	204	971	675	13.5

註：* 本表噴凝土配比之速凝劑用量為水泥重量之3%。

15.8.6 施噴方式及粒料處理

- (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) 噴凝土通常使用粉狀速凝劑，其添加方式係在噴凝土送入噴凝土機前，利用振動供料器添加。
- (3) 乾式法及半濕式法所用之細粒料應預先處理使其表面含水率在2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 — 粒料與水泥先在拌合機乾拌後，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。

2) 濕式法 — 將全部材料(包括水)在拌合機內拌合後，再送至噴凝土機噴。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噴作者。

3) 半濕式法 — 係將乾式法之加水位置加以提前，改在噴嘴之前 3~5m 處進水，使乾拌噴凝土料在高壓橡皮管中，與水混合流動經 3~5m 後始行噴出。

速凝劑一般用粉狀料，原則以均勻分佈為主。而細料之使用除濕式外，其他方式均以表面潮濕，含水率如所規定為宜，以確保混凝土之粘性。

15.8.7 施噴壓力

- (1) 噴凝土機之使用壓縮空氣量及壓力，應依噴凝土機種、壓送膠管種類及壓送距離而定。
- (2) 輸水管之水壓力應與噴射拌合料之空氣壓力配合。

解說： 噴凝土機因種類不同其施噴壓力要求亦不同，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，採用適當之壓力。下表 R15.8.7(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 15.8.7(a) 空壓機容量及氣壓

空壓機容量 m ³ /min(ft ³ /min)	膠管直徑 mm(in)	噴嘴口徑 mm(in)	可操作氣壓 kg/cm ² (psi)
7 (250)	25 (1)	19 (3/4)	3 (40)
9 (315)	32(1 1/4)	25 (1)	3.5(45)
10 (365)	38(1 1/2)	32 (1 1/4)	4 (55)
14 (500)	41(1 5/8)	38 (1 1/2)	4.5(65)
17 (600)	44(1 3/4)	41 (1 5/8)	7 (75)
21 (750)	51 (2)	44 (1 3/4)	6 (85)

註：上表之規定係其膠管長為46m，噴射高度不超過噴凝土機頂部之情形。空壓機之運轉容量，通常膠管每增長1m，壓力須增加 0.023 kg/cm²，噴嘴高度每增加 1m 壓力須增加 0.046 kg/cm²。

表 15.8.7(b) 施噴之水壓力與空氣壓力

	最大	最小	平均
空氣壓力 kg/cm ² (psi)	5 (70)	2.5(35)	3.5(50)
水壓力 kg/cm ² (psi)	9(130)	3.5(50)	5(70)
膠管長度 m(ft)	107(350)	15(50)	61(200)

15.8.8 施噴表面處理

為施噴作業之安全、噴凝土與施噴面間之粘著及品質之確保，施噴前須做表面處理，清除鬆軟表層與異物，並確保施噴面潔淨及濕潤。

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，不惟影響噴凝土之粘著力，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付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。

15.8.9 噴凝土之加強

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。

(1) 錨筋

除設計圖另有規定外，錨筋應使用符合CNS560 SD30規定之 13 mm ϕ 竹節鋼筋。錨筋應伸入穩定岩盤至少30cm以上，其中心距不超過2m，並以梅花形分佈施之，錨筋孔以錨筋直徑之兩倍為原則；以利孔內填塞水泥砂漿固結之。

解說：錨筋孔於插入錨筋前，應先行灌水泥砂漿，水泥砂漿應為1:1或1:2(水泥與砂之重量比)及水灰比為0.4拌合而成者。拌合時間至少為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。

(2) 鋼線網

鋼線網之尺寸須符合規定，並依照圖示之位置安裝，如設計圖上未註明時，則安裝於約為噴凝土厚度一半之位置，鋼線網及錨筋之保護層最少為2cm，鋼線網若採用搭接者，其搭接長度不得少於20cm，若採用鉚接者，須符合CNS 6919之規定。

解說：鋼線網之尺寸除設計圖另有規定外，其直徑應為3.4mm以上

，網眼為100mm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75mm以下。

15.8.10 施噴作業應按下列規定：

- (1) 施噴作業應適當規畫與控制，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) 噴作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) 一次施噴厚度不得大於15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日內完成。
- (6) 鋼線網應有適當之保護層(一般為 2cm)，如使用兩層以上之鋼網，第二層之鋼線網得在噴作第一層後始可綁紮組立。
- (7) 輸水管之水壓應大於噴射拌料之空氣壓力，其差值應約為 1 kg/cm^2 (15psi)。
- (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，加一層噴漿。
- (10) 反彈料應予廢棄，不得回收使用。

15.8.11 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。

15.8.12 噴凝土品質評估試驗方法，除合約另有規定外，應以下列三項試驗之結果加以評估之：

- (1) 初凝時間（應在3~5分鐘之間）。
- (2) 8小時之抗壓強度。
- (3) 28天之抗壓強度。

解說：噴凝土之品質評估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。

15.8.13 噴凝土強度試驗

噴凝土之強度試驗應按下列規定辦理。

(1) 施工前試驗

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75cm×75cm以上之格板，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7.5cm。
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，其切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7.5cm。
4. 試體試驗前至少應浸水40小時。
5. 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。

解說：噴凝土強度之認定基於「品質保證」的精神下，不僅強調施工中及後，亦重視施工前的檢核。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。

(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，原則上並應進行下述之格板試驗或鑽心試驗。

1. 格板試驗

每噴 40m^3 或 500m^3 噴凝土，至少試作一格板，格板之最小尺寸應為 $46\text{cm}\times 46\text{cm}\times 7.5\text{cm}$ 。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，試驗前至少浸水40小時。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 40m^3 或 500m^3 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，試體在試驗前須浸水40小時以上。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。

15.8.14 試體強度之評定

(1) 施工前試驗

取自格板之每組五個試體，其抗壓強度之平均值須至少等於要求平均強度 f'_{cr} ，否則須再調整配比。

(2) 施工中試驗

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： 強度之評定在施工前試驗應依本規範第3.8節「混凝土要求平均抗壓強度之決定」之規定。

15.9 無收縮混凝土

15.9.1 無收縮混凝土，應按設計圖之規定及工程師之指示施工。

15.9.2 材料

- (1) 無收縮混凝土所用之摻料(無收縮水泥添加劑)應屬於非金屬性產品，應符合第 2.3 節之規定，並經工程司之核可。
- (2) 無收縮混凝土之品質除應無乾燥收縮，適當的能量，工作坍度外，應有足夠支承之強度。

15.9.3 無收縮混凝土之配比，除按本規範第三章之有關規定外，其無收縮性水泥摻料之用量及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，以防鋼筋銹蝕，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R15.9.1 所示。因無收縮混凝土之配比方法甚多，對無收縮水泥摻料特別要求為「非金屬質」外，一般以表R15.9.1 所要求性能規範之。

15.9.4 無收縮性混凝土之施工應按下列規定進行。

- (1) 無收縮性水泥摻料之使用應按第 7.4 節之規定辦理。
- (2) 無收縮性混凝土澆置前，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 6.1.4 節之規定辦理。
- (3) 無收縮性混凝土澆置後，應按第 9.4 節之規定，並特加強搗實。
- (4) 無收縮性混凝土澆置後，應在不損害混凝土表面下，儘快按第9.5 節之規定養護，且至少28天以上。

解說： 無收縮性混凝土之施工材料、澆置面之處理、澆置及養護均依一般混凝土之規定執行之。

表 R15.9.1 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 ~ 0.4%	ASTM C878
泌水率	0	ASTM C232
坍度	小於15cm	ASTM C143
初凝時間	小於 4小時	ASTM C403
抗壓強度(28天)	大於350kg/cm ²	ASTM C39 · C192

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] Aitein P. C., A. Neville, " High-Performance Concrete Densitized ", Concrete International, the Magazine of the ACI, Jan., 1993, P21.
- [3] American Concrete Institute, " Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-89) and Commentary ACI 318R-89", Detroit, Mich.
- [4] ACI 363, "High Strength Concrete", American Concrete Institute, Detroit, Mich.
- [5] 葉基棟等, 1990, " 高強度混凝土設計及施工準則之初步研究 ", 內政部建築研究所籌備處。

第十六章 品質管制

16.1 通則

為確保混凝土品質符合工程合約之要求，混凝土施工期間須按品質管制計畫執行管制。對混凝土所使用各項材料性質、配比設計、拌合、運送、澆置、養護與修飾等作業施行品質管制。品質管制得由施工者自行辦理，或委託專門行業代辦。

解說： 工程品質管制依作業階段可概分為設計管制、製程管制與驗收管制三項[1]，其分別由設計單位、施工單位與監造單位負責，本章所謂「品質管制」係指承包商應辦理之「製程管制」。

混凝土生產及施工過程頗為複雜，影響品質之因素甚多，應有良好之品質管制才能確保符合工程合約之要求。影響混凝土品質之因素可用要因圖(如圖R16.1)[2]表示，各工程之品質要因會有不同，承包商可由品管資料作分析得之。

「品質管制」為一項專門管理技術，若承包商具足夠能力，可安排適當人員自辦，若自辦能力不足時，應委託專門行業代辦。所謂專門行業係指具混凝土工程品質管制能力之工程顧問公司或相關機構。

16.2 品質管制計畫

16.2.1 承包商應擬訂品質管制計畫，經工程師之核可後據以執行。並應隨時檢討。對混凝土品質作任何更動時，須報經工程師核可。

解說： 品質管制為一完整系統之管理作業，承包商應有周全之計畫，並經工程師核可。品質管制雖具有一定原則，惟其執行仍應視實況需要靈活運用相關技術，品質管制計畫之訂定可參考下列標準：

- CNS 12680 品質管理與品質保證標準--選用之指導綱要。
 - CNS 12681 品質系統--設計/發展、生產、安裝及使用之品質保證模式。
 - CNS 12682 品質系統--生產與安裝中之品質保證模式。
 - CNS 12683 品質系統--最終檢驗及測試之品質保證模式。
 - CNS 12684 品質管理與品質系統要素--指南。
 - 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。
- 其中 CNS 12680~12684 係參照ISO 9000系列所新訂標準，為國際間通行甚廣之品質標準，我國工業界近年來亦大力提倡，成效卓著。

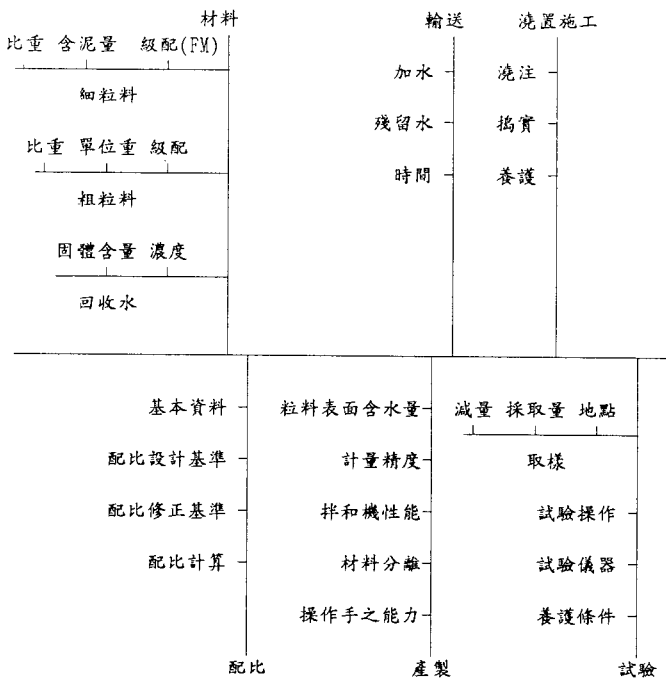


圖 R16.1 影響混凝土強度之要因圖

16.2.2 品質管制計畫書至少應包括下列項目：

- (1) 主要品質管制組織與職掌。
- (2) 品質管制之作業程序。
- (3) 試驗設備與校正作業。
- (4) 試驗項目、方法與頻率。
- (5) 品質管制檔案之建立與統計分析。
- (6) 品質管制資訊之傳遞流程。

解說： 品質管制計畫書可單獨編訂，或列為施工計畫書之一部份，其內容以簡明確實為要，要求項目可用適當表格或流程圖等表示。

品質管制組織可視工程規模適當編制，通常可設品管組長、品管工程師與試驗工程師等。其職掌可設定如下：

品管組長：負責品管計畫之擬定與執行，與承包商之工地主任具平等地位。

品管工程師：負責品質資料之分析與研判，並提出建議。

試驗工程師：負責各項材料取樣、試驗與計算。

試驗設備應足以辦理所需之試驗項目，試驗設備（特別是抗壓試驗機）須定期辦理校正，通常每年至少一次，或經搬動、整修或運作異常時應即予校正。一般之試驗項目、方法與頻率可參考下表 Ri6.1[3]。

16.3 品質管制範圍

混凝土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及檢驗評估等四方面：

- 16.3.1 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。並應進行必要之作業、供料計畫及品質試驗等，包括材料來源品質調查、輸送與試驗等，以確保材料供應及材料品質之穩定。

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日缺，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。

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	坍度錘	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、比重瓶、秤	CNS 11298	每天至少二次
粗細粒料篩分析	篩、搖篩機	CNS 486	每天一次*
含泥量	≧200 篩	CNS 491	每週一次*
粗粒料比重 吸水率	秤	CNS 488	每月一次*
細粒料比重 吸水率	金屬錘	CNS 487	每月一次*

* 當料源變動時，應即進行試驗。

16.3.2 混凝土之配比設計應按第三章或第十五章特殊混凝土之有關規定進行。混凝土產製與施工中亦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，施工中由於材料性質有無法避免之不均勻性及天候之改變等，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。

16.3.3 混凝土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。混凝土產製與施工之品質管制應涵蓋混凝土之產製、輸送、澆置、養護、修飾及試驗等作業，以確保其符合約及本規範之規定。

解說： 混凝土施工品質應具一貫性，各項作業須事前規劃，並隨時檢

查，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。管制圖可參考圖R16.2[4]及 R16.3[5]。若能按工程之特性訂定檢查表並落實逐項檢查，則亦有顯著效果。

16.3.4 承包商得採用簡便或快速之品管檢驗評估方法以控制其混凝土品質，但其施工完成之混凝土品質仍應符合合約或本規範之要求。

解說：按傳統方法抗壓強度需待28天，作為製程管制為時過久，若採用ASTM C684[6]加速試驗法，可提早在24、28或49小時即獲得結果，對於品質管制很有幫助。惟該加速試驗結果並不等於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。粒料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，尚值得工地採用。

16.4 品質管制制度

16.4.1 凡對混凝土品質有影響之任何作業均應建立書面之品質管制程序，並使之制度化。

解說：品質管制著重制度化，以求工作周全持續。我國營造界習慣上仍以經驗品質管制為主，缺法專業化及制度化，此為品質難以提昇之關鍵。第16.2.1節所建議之國家標準可供研訂品管制度參考。

16.4.2 在品質管制程序中應詳細規定適用範圍、人員職責、引用文件規範、執行品管方法及步驟、檢驗項目、工作合格標準、表格填寫及保管等。

解說：品質管制為日常應辦理之例行工作，為求持續周全，應詳細編訂作業程序與相關表單。

16.5 品管人員

16.5.1 混凝土品質管制之作業人員均須經訓練合格。

解說： 混凝土品質管制之作業人員均須經訓練合格，以使其做法一致，瞭解工作立場及工作內容，向同一目標努力。經檢定合格之人員執行品管工作，可減少錯誤與偏差。

16.5.2 品管人員之訓練得委託有關品質管制機構代辦。

解說： 我國土木與營建相關科系開設有混凝土相關課程，工業管理科系開設有品質管制相關課程，實際執行時需要混凝土與品質管制兩種專業知識，若由具混凝土技術背景人員再施予品質管制訓練，可得更好效果。生產力中心與中華民國品質管制學會等經常辦理品質管制專業訓練，可為各界服務。

16.6 品管資料

16.6.1 品質管制人員對各項混凝土品質資料，應隨時蒐集建檔並作評估，發現有異常現象時，應立即分析原因，並從速報告工程師採取必要措施。

解說： 品管資料為混凝土品質管制之最重要依據，通常需由定期檢驗獲得，品管資料應經整理與統計分析才能轉為品管資訊，供決策判斷之用。我國營建業通常疏於辦理檢驗，偶有檢驗也少作整理分析，甚難獲致混凝土品質之全面資訊，對於混凝土品質管制十分不利，國人應從根本資料蒐集、分析與研判著手。

16.6.2 各項品質資料應妥善編號建檔保存，並編索引，工程師得隨時查閱或抄錄。工程驗收後，品管資料應繼續保存至少兩年，或按工程師指示辦理。

解說： 品管資料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。品管資料之保存年限兩年係參考ACI 318-89[7,8] 第1.3.4節之規定。

參考文獻

- [1] 台灣省公路局，80.8，“工程品質管制作業方案”。
- [2] 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導”。
- [3] 內政部建築研究所等備處，81.6，“預拌混凝土廠品質認證制度之研究”。
- [4] American Concrete Institute，1981，“ACI Manual of Concrete Inspection”，SP-2,p.129.
- [5] American Concrete Institute，1977，“Recommended Practice for Evaluation of Strength Test Results of Concrete” ACI 214-77(reapproved 1983).
- [6] American Society for Testing and Materials,1981，“Standard Method of Making，Accelerated Curing，and Testing Concrete Compression Test Specimens”，ASTM C684-81.
- [7] American Concrete Institute,1989，“Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-89) and Commentary (ACI 318R-89)”.
- [8] Ghosh，S. K. and Rabbat，B. G.，1990，“Notes on ACI 318-E9 Building Code Requirements for Reinforced Concrete with Design Applications”，Portland Cement Association.

第十七章 檢 驗

17.1 通則

為確保混凝土工程品質，使能符合設計水準，工程進行中必須對材料及施工成品加以檢驗，唯承包商仍須對工程品質負責。雖經檢驗但未能及時發現之缺點，於日後發現時，仍應予以拒收或由承包商負責做必要之處置。

解說： 本規範名稱為混凝土工程施工規範，本章檢驗僅列舉與混凝土本身有關者，其他與混凝土工程有關之項目已於各章節中規定，其檢驗應依承本章精神及相關規定切實辦理。

混凝土品質可分外觀品質及實質品質；外觀品質包括表面質感、顏色、外形、位置、平整度、龜裂及蜂窩等，對修飾混凝土或原鑄面混凝土的品質影響極大；實質品質包括混凝土之坍度、強度、耐久性、重量、透水性，實質品質為本章主要規定。

混凝土工程品質的良窳不止影響構造物的使用，更因為混凝土一般均充當結構體承擔荷重而有安全考慮。混凝土一旦硬化，抽換補修相當困難。因此，應特別重視混凝土澆置前後之各種檢驗，如材料品質，拌合過程的控制，澆置中現場之檢驗及試體製作等。

材料雖然對混凝土品質有極大影響，但施工過程及保養對混凝土性質，影響更大，唯亦甚難檢驗，故為使施工者善盡責任，施工之承包商並不能因為材料符合規範即可免除其對品質應負之責任。檢驗結果對混凝土品質是否符合要求之判定及不合格時之處理方式，請參考第18章。

17.2 檢驗機構及費用

17.2.1 工程合約中應註明負責檢驗業務之機構(或品管人員)、檢驗費用之負擔者、以及其他有關檢驗之規定。若未明確規定時：檢驗機構應為公正之機構；第17.3及17.4節所規定檢驗之費用由業主負擔，第17.5節所規定檢驗之費用由承包商負擔。

解說： 檢驗機構必須為公正而可信者。公正指其立場不偏頗，可信指其所採用之儀器、方法及工作人員素質均能依標準而為。在目前因

為檢驗設備未普遍，故均於合約中載明以經中央標準局認證核可之公私立機構、學術團體之試驗室為檢驗機構。若合約中未明確規定時，仍應以上述機構為檢驗機構。

一般檢驗之費用規定由業主負擔，用意在避免爭議，若能明列在各工程費項下或載明在合約中由業主負擔，應可減少爭議使工程順利。鑑於以往工程慣例，常將檢驗費用以概括方式表明已列於材料費或施工費內，因其不甚明確或未列明應做何種檢驗，迭生糾紛，故本規範特別在此規定檢驗項目及檢驗費用負擔者。

17.2.2 檢驗機構(或品管人員)應執行以下各節所示之檢驗。

17.3 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、拌合、取樣到試體製作養護，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。

17.3.1 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： 材料品質若合約中未有特別規定，則依本規範所定範圍加以檢驗詳見第二章。材料包括水泥、摻料、水、粒料。材料品質係指第二章各節內說明之CNS 標準內相關之品質。

17.3.2 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。

17.3.3 工程進行中自拌合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然均

勻，材料儲存堆放因位置不同、儲存方式不同及取用時間不同亦會產生性質的變異。爲了維持一定的品質，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。

17.3.4 新拌混凝土取樣

按 CNS 1174(新拌混凝土取樣法)之規定取樣。每一樣品應隨機選自不同之拌合批次抽取。並應避免於當場經選擇後取樣，但可於混凝土澆置前隨機預先選定將取樣之拌合批次號碼，並按照所定號碼取樣。工程師認爲有需要時，可於懷疑之處增加取樣評估之。

解說： 新拌混凝土取樣之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。但若工程師發現或懷疑可能有不符合規定之情形，則可指定取樣以評估其影響情況，並請求做進一步之品質估評。工程師針對特殊位置所增加之檢驗與例行隨機樣品不同，應另外評估之。

17.3.5 坍度試驗

依據 CNS 1176(混凝土坍度試驗法)之規定，測定每一強度檢驗樣品之坍度，或於混凝土稠度有變化時測定其坍度。

17.3.6 溫度量測

測定每一強度檢驗混凝土樣品之溫度。

解說： 此處所指混凝土樣品之溫度係指新拌混凝土拌合完成時量測所得。若合約另有規定，則從其規定。試驗方法可參考ASTM C1064。

17.3.7 混凝土強度試驗

(1) 檢驗頻率

一日中澆置之同一配比混凝土每 120m^3 應進行至少一組強度檢驗，其不足 120m^3 之餘數以 120m^3 視之。但同一配比混凝土之澆置數量在 40m^3 以下，且有資料可供參考者，得於微得工程師之同意時，免做強度檢驗。

解說： 檢驗頻率係指每一不同配比之混凝土之檢驗頻率。其標準為每天取樣，或每天每 120 立方公尺澆置量，即需取樣一組。依據第十八章 18.1 之規定，同一規格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，則應隨機從拌合批次中取樣，若拌合批次少於五次，則應每批次均取樣，取樣方式及態度則應按 CNS 1174 之規定。

工程師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本工程之其他工作或其他工程亦採用相同之混凝土且有檢驗報告者。

(2) 試體之製作及養護

按 CNS 1231 (工地混凝土試體之製作及養護法) 之規定，由取樣所得每一混凝土樣品製作及養護試體 3 個。過程中任何變動均應詳實記載。

(3) 抗壓強度試驗

按 CNS 1232 (混凝土圓柱試體抗壓強度之檢驗法) 之規定，一個試體於七天齡期時進行抗壓強度試驗以提供有關參考資料。另二個試體於 28 天齡期時進行抗壓強度試驗，該兩試體強度之平均值為該次驗收試驗之檢驗結果。若有跡象顯示其中一個在取樣、製作或檢驗過程中有操作不當，則應捨棄其值，而以另一試體之檢驗值為其檢驗結果。若顯示二個試體均有上述操作之不當，而該組檢驗結果應予全部捨棄。

(4) 特殊試驗齡期

早強混凝土或非以 28 天齡期強度設計之混凝土應按合約所規定之齡期進行試驗。

解說： 本節所指之養護係指實驗室內之養護方式。若有必要或經要求

採用工地實況養護，仍需同時從同一的樣品中製作試體而採用實驗室內之養護以本規範要求製作之試體為一組 3 個，其中一個於 7 天時進行試驗，其結果僅供參考，其用意在於提昇品質管制的功效，而及時採取注意修正調整等步驟。7 天是個建議的齡期，得視實際需要變更之。ACI 318 規定一組之試體為兩個，其試驗結果為此兩試體之平均值，若試體有操作異常之過程則應加以捨棄。

17.3.8 空氣含量試驗

- (1) 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檢驗樣品之空氣含量。
- (2) 按 CNS 9662 之規定測定輕質混凝土強度檢驗樣品之空氣含量。

解說： CNS 9662 同時適用於各種不同粒料配合之混凝土，故可做為輕質混凝土空氣含量之檢驗標準方法。其取樣的方法仍按 CNS 1174 之規定。另外，重量法亦可用於測定空氣含量 (可同時測定單位重量及產量)，唯必須計算其無空隙之混凝土理論重量，此方法可參考 CNS 11151。

17.3.9 單位重試驗

- (1) 按第 15.7.5 節之規定測定輕質混凝土之單位重量。
- (2) 若工程師有必要，應按 CNS 11151 [混凝土單位重，拌合體積及含氣量 (比重) 試驗法] 之規定測定混凝土單位重量。

17.4 工程師要求增加之檢驗業務

當工程師認為需要時，得增加下列檢驗：

17.4.1 監督混凝土之拌和及輸送作業。

17.4.2 按合約之規定或應工程師之要求，於混凝土澆置點取樣及進行指定之試驗。

解說： 工程師為確定輸送及澆置過程中，是否有造成混凝土品質不良之影響，可要求於澆置點取樣。

17.4.3 覆核每次進場之水泥、鋼筋或預力鋼腱之出廠報告，或監督試驗室試驗及現場檢視上述材料是否符合規範之規定。

解說： 一般水泥、鋼筋、預力鋼腱製造廠本身均設有試驗室，經常性地就產品加以試驗，其試驗報告應可接受，但可以取樣留存於必要時進行試驗。基於部份試驗報告所採取之試驗方法或有異於合約所規定者，工程師自可要求覆核。

17.4.4 其他需要之試驗或檢查。

解說： 其他需要之試驗或檢查，必須與工程的特性一致，並於合約中註明。本條文適用於工地條件突然變化引致混凝土品質控制不佳而由工程師提出要求之試驗或檢查。

17.5 其他必須增加之檢驗業務

17.5.1 應承包商之請求變更材料或配比所需增加之試驗與檢查。

17.5.2 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。

解說： 承包商無法一次購足工程所需材料、料源變更、所購材料儲存不正確或配比改變以致有影響品質之虞，而須重新檢驗所增加之檢驗均屬本條文之規定，應由承包商負擔其費用。

17.6 檢驗機構(或人員)之職責

- 17.6.1 當檢驗機構(或人員)受要求時，應從事材料或混凝土產製之檢查、取樣及試驗等工作。若所供應之材料或進行之工作有不符合規範情形時，應即時報告工程師及承包商。
- 17.6.2 檢驗機構(或人員)應將所有檢驗結果即時送交工程師、承包商及混凝土供應商，所有報告中應註明試體所代表該批混凝土之正確澆置部位。混凝土強度試驗報告，必要時應檢附試體存放及養護之詳細記錄。
- 17.6.3 檢驗機構(或人員)無權變更、寬釋、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工程師，故無權對合約做任何解釋或變更。

17.7 承包商之職責

- 17.7.1 承包商應負責辦理下列試驗：
- (1) 品質管制試驗及配比設計之試拌。
 - (2) 承包商所需其他試驗作業。
- 17.7.2 承包商應按合約規定供應完全符合規範要求之材料並負責施工，且不因其提供上述試驗而減免其責任。
- 17.7.3 承包商應以書面向工程師提出混凝土擬用之材料及配比，並請求工程師核准。書面資料應包括材料試驗及配比設計試拌之結果。在未獲工程師核可前不得澆置混凝土。
- 17.7.4 協助檢驗工作如下：
- (1) 提供檢驗機構(或人員)進行取樣及運送所需之勞力。
 - (2) 儘早通知檢驗機構(或人員)完成必要之檢驗及人員安排。
 - (3) 提供檢驗機構(或人員)在工地單獨使用之適當場所，以便按規定進行混凝土試體在工地之製作、養護及存放。
 - (4) 當工程師要求時，提供水泥、鋼筋及預力鋼線等材料原廠試驗報告。

104 第十七章 檢 驗

第十八章 施工品質之評定與認可

18.1 通則

- 18.1.1 混凝土之強度應根據第十七章規定之檢驗所得結果加以評定。
每種配比至少須有具代表性之 5 組試驗結果以供評定其品質。
- 18.1.2 混凝土圓柱試體之製作及抗壓強度檢驗應按第十七章之規定辦理，不同規定配比混凝土之檢驗結果應予以分別評定。

解說： 混凝土之施工品質須根據本章之規定加以評定與認可，以保持工程品質，本章之主旨在建立一明確之混凝土品質評定與認可基準，並指示當混凝土強度試驗結果不符合規定時所需採取之措施。

18.2 混凝土品質之評定

- 18.2.1 各種配比混凝土強度之認可，須其強度檢驗結果符合下列兩條件：
- (1) 任何連續三組強度之平均值均高於規定強度 $f'c$ 。
 - (2) 無任何一組之強度低於規定強度 $f'c$ 之值超過 35kg/cm^2 。

解說： 凡根據本學會鋼筋混凝土建築設計規範(土木401)[1]或美國混凝土學會類似規範(ACI 318)[2]所設計之結構物，不論使用強度設計法或工作應力法，其施工之混凝土品質可依據本條之規定加以評定。

本條之混凝土品質評定標準須同時符合兩項規定，其第一項規定在要求任何連續三組試驗混凝土強度之平均設計要求強度以上，而第二項規定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，當接獲混凝土試驗報告，便可立即對該混凝土之品質加以評定與認可。

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

上述規定之情況也偶爾會發生，其可能率約為一百次出現一次，因此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)，最低個別強度試驗結果低於規定強度 $f'c$ 不超過 35 kg/cm^2 之規定，對試驗數目較少之工地已充分適用。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 kg/cm^2 ，即可判定不符合規定。

18.2.2 當混凝土之品質未能符合第18.2.1(1)節之規定時，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18.2.1(1)節規定情況時，應立即探討其確實原因。並應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。若已有至少15次之混凝土試驗結果，則可根據這些試驗結果依照第3.8節之方法修改混凝土配比之要求平均抗壓強度(目標強度) $f'cr$ ；若該級混凝土之試驗結果尚不足15次，則新要求平均抗壓強度至少等於最初選擇配比時所用之要求平均抗壓強度。但本工程可用試驗數據之平均抗壓強度超過最初選擇配比時所用之要求平均抗壓強度時，則應進一步提高新要求平均抗壓強度。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，或水泥用量或坍度上之改變不必正式依照第三章之程序，但水泥、粒料或摻料之重要改變應能顯著改善混凝土之平均強度水準。

18.2.3 混凝土品質如有不符合第18.2.1節之(2)情形，除應按第18.2.2節辦理外，應按第18.3節之規定進行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18.2.1節之(2)規定，顯示施工混凝土之品質不均勻情況，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，為針對實際狀況以採取處置，故得按第18.3節之規定進行結構體混凝土之檢驗，作進一步之評估。

18.2.4 工程師可將鑽心試驗之結果自行或送請原設計者，根據該混凝土之實際強度評核其是否符合原設計之要求，並針對評核之結果作適當之處置如下：

- (1)可接受 -- 鑽心試驗之結果符合第18.4.5節之規定，可認為不必做任何其他補救措施，而不致影響安全，該混凝土可予接受。但該混凝土強度不符合規定部份，則應按合約之規定處罰。若承包商不接受合約規定之處罰，亦可請求拆除重做。
- (2)應補強 -- 鑽心試驗之結果未符合第18.4.5節之規定，但經按第18.6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，則應按指示補強。承包商亦可請求拆除重做。
- (3)應重做 -- 若經根據鑽心試驗結果分析，其結果顯示，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，則應將該混凝土所影響部份拆除重做。
- (4)不接受 -- 若因經濟上、時效上、技術上或其他理由無法以任何措施加以補救者，則對該混凝土應不予接受並按合約規定處理。

18.3 結構體混凝土之評估

18.3.1 結構體混凝土之檢驗應以鑽心試驗之結果為依據。

18.3.2 非破壞性試驗法僅能配合鑽心試驗，其試驗結果不得作為混凝土品質評估、認可或拒收之依據。

解說： 理論上混凝土鑽心試驗之結果可實際顯示結構體混凝土之強度，故可為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 鑽心試驗

18.4.1 混凝土圓柱試體之抗壓強度不符合第18.2節之規定，或經工程師認為需要時，得要求於強度可疑處進行鑽心試驗。

18.4.2 鑽心試體之直徑不得小於混凝土粗粒料最大粒徑之三倍（取樣有困難時得採用二倍）且不小於 5cm，其長度不得小於其直徑（最好為直徑之二倍）。試體之鑽取及試驗應按 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。

解說： 根據CNS 1238有關規範之規定，鑽心試體之直徑不得小於混凝土粗粒料最大粒徑之三倍，但因考慮結構體上取樣有實際之困難，故規定容許最少可採用二倍。但無論如何，不得小於 5cm。而其長度最好為直徑之二倍，但也有實際之困難，故亦規定試體長度不得小於其直徑。試體之鑽取及試驗應按均應按CNS 1238之規定辦理。

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，故應乘以下表之修正因數。下表未列入之值，可藉內插法求得之。

長度／直徑	1.75	1.50	1.25	1.10	1.00
強度修正因數	0.98	0.96	0.94	0.90	0.85

18.4.3 結構體混凝土，若平常之使用係在乾燥情況下，則鑽心試體應於試驗前置於溫度15至27°C及相對濕度在60%以下陰乾 7日以上，然後在氣乾狀況下進行試驗；若平常之使用係在潮濕情況下，則應按照 CNS 1238 之規定，試體應先在飽和石灰水中浸置40小時以上，並在試體潮濕狀況下進行試驗。

解說： 由於混凝土強度試驗會受試體之乾濕情況影響，故鑽心試體在試驗前應依據結構體平常所處之環境條件做不同之處置，以模擬其實際狀況。

18.4.4 混凝土強度可疑之每一構件或部位，至少應取 3個代表性試體，由工程師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，試體應予重取。

解說： 鑽心試驗為一種處理不當具損害性之試驗，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，如對混凝土梁而言，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。

18.4.5 同組鑽心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% 時，則其所代表之混凝土認為可適用。

解說： 鑽心試體抗壓強度合格之標準為 $f'c$ 之 85%，其規定乃是基於實察狀況之考量，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，且工地養護效果之要求亦非 100%，故鑽心試體抗壓強度無法要求其強度達 $f'c$ ，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。

18.4.6 鑽心試驗之結果未符合第 18.4.5 節之規定，或對結構物之適用性仍存疑時，得按第 18.6 節之規定進行結構物強度之評估。

18.4.7 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。

解說： 結構體上鑽心之殘孔應按上述規定加以填補，主要為免造成混凝土保護層不足而使鋼筋缺乏保護效用，而降低構材之強度。

18.5 非破壞試驗

18.5.1 為決定混凝土鑽心試體取樣之位置，可採用反彈錘、貫入法、超音脈波速度、拔出或其他非破壞試驗法。

18.5.2 反彈錘、貫入法、超音脈波速度、拔出或其他非破壞試驗亦得用以測定結構物各部位之相對強度。

18.5.3 反彈錘試驗應按 CNS 10732 (硬化混凝土反彈數試驗法) 辦理。

18.5.4 貫入試驗應按 CNS 10733 (硬化混凝土貫入試驗法) 辦理。

18.5.5 超音波試驗應按 ASTM C597 (脈波穿透混凝土速度試驗法) 辦理。

18.5.5 其他非破壞性試驗，應按其有關標準或規範之規定辦理。

解說： 非破壞試驗 (NDT, Nondestructive Test) 為一種近代很重要之

檢測技術，其水準可代表一個國家之工業水準，世界各國之各項工業莫不競相研究發展，已在其他工業應用之效果卓著，為帶領現代工業進步之利器。其使用具簡便、快速、經濟及精確之優點[3]。

然而，混凝土因具材質不均勻、不導電、不感磁等特性，故利用電、磁放射性及核子等檢測之 NDT 方法目前尚不甚適用於混凝土品質之評估。目前較常用的方法有反彈錘、貫入法、超音脈波速度、拔出法等，但其精確度仍不足單獨做為混凝土品質評估之依據。但由於其使用方便可做為輔助配合之檢驗法。

18.6 結構物強度之評估

- 18.6.1 對於結構物或構材之使用安全有所疑慮時，得以工程師認可之分析法或載重試驗法或兼用兩法作結構物強度之評估。
- 18.6.2 若試驗室養護試體之強度試驗結果或工地養護試體之試驗結果顯示養護不當或無法做鑽心試驗或鑽心試驗不合格，則可做載重試驗，進行對結構物強度之評估。載重試驗應經工程師認可並按第18.7節之規定辦理。

解說： 結構強度評估之方法有分析法、載重試驗法或兼用兩法。載重試驗法雖為最直接簡便之方法，但載重試驗法僅適用於只承受撓曲作用之構件，而實際結構上，有許多構件並非僅受撓曲作用，故有許多情況不適用或並非最適當之方法。因此，則應採用分析法或併用兩種方法進行結構物強度之評估。

18.7 分析法

- 18.7.1 若以分析方式評估結構強度時，應對結構物做徹底之現場查驗：包括構材之尺寸及細部、材料之性質與結構實際施工時之其他重要品質管制記錄等。
- 18.7.2 根據第18.7.1節之查驗所做之分析應符合本學會鋼筋混凝土建築設計規範(土木 401-80)之規定。

解說： 以分析法做結構強度評估時，分析之進行前應先搜集構件實際

尺寸、結構體上材料之強度及其他有關之詳細資料以做為依據。

有些情況，分析法是較可行之方法，例如對柱或牆而言，不宜進行載重試驗，因載重之施加相當困難，且須試驗至構件嚴重破壞或發生塌垮為止，否則載重試驗結果之研判亦相當困難。

分析法可依據本學會混凝土工程委員會另外編訂之「鋼筋混凝土建築設計規範(土木 401-80)」進行。

本規範之主旨在確保公共安全，分析評估時應注意，雖然依據設計規範載重因數及強度折減因數[4]之考慮，以使可能載重超過規定設計載重，但分析牽涉之複雜性、工作人員之差異、及各種類似因數，這些因數其個別值均在容許範圍內，但其累積(計)可能對結構物或構件之結構有不良影響。一般而言，結構物設計之實際強度常超過其最初或理論之要求強度，但評估之判斷也應包括其他相關因素，如結構物塌垮之可能性及其後果。

18.8 載重試驗

18.8.1 試驗通則

- (1) 若以載重試驗評估強度，應由經工程師認可之有結構設計經驗人員負責試驗。非受撓構材應以結構分析法評估之，不宜採用載重試驗法。
- (2) 載重試驗應在試驗部份之混凝土澆置56天後進行，如經起造人、監造人及承造人同意者，得提前試驗。
- (3) 若僅對結構之存疑部份作載重試驗，則所做之試驗應能適當反應弱點之所在。
- (4) 載重試驗時，應將須補加之靜載重於試驗開始48小時前加載完成，以迄試驗結束。
- (5) 構材載重試驗所應施加之載重，應按有關設計規範之設計載重規定計算。

解說： 載重試驗位置之選定、試驗程序及試驗結果之詮釋應在合格工程師監督下進行，所謂合格工程師係指具結構評估及工地現場試驗與量測經驗之工程師。

依規定，載重試驗應施加設計全荷重(Full design loads)，

選擇試驗對象之梁，須考慮能否施加其全載重，例如房屋主結構系統之大梁，其設計載重往往由地震力或風力控制，由於載重試驗時施加此等水平力有其困難。因此房屋結構載重試驗以小梁或樓板較為可行對象，蓋因其設計載重為垂直荷重而已，較可能按規定施加。

試驗中應注意，小梁或樓板撓曲變形量之量測，應注意選擇參考點，該設置於小樑之兩端伸入大梁一個小梁高度之處。撓曲變形量即為梁中央點與此二參考點之高差。另外，量測儀器之精度以及觀測人員之安全，尤須注意，若可能，以遙控式之電子儀器觀測較為適宜。

載重之方式通常以水載法或重物堆放法為主，但應留意載重過程中人員之危險性，水載法尤應設置緊急排水孔。

18.8.2 受撓構材試驗方法

- (1) 本試驗方法僅適用於按內政部頒佈之建築技術規則設計之受撓構材。其他受撓構材之試驗方法由其主管機構另訂之。
- (2) 臨加載前，應先量測記錄撓度初值做為基準。
- (3) 試驗之全部載重應為 $0.85(1.4DL+1.7LL)$ ，其中DL為包括已有之靜載重，LL為規定之活載重，可按規定折減率計算。
- (4) 試驗載重須至少分成 4 次，以約等量施加，並應避免造成結構震動及加載材料有彎拱作用。
- (5) 每階段載重施加後應即予量測撓度，以概略瞭解構材之力學行為。全部載重施加完畢 24 小時，應量測最大撓度 a ，並記錄之。
- (6) 最大撓度記錄後，應隨即將試驗載重移去，並於 24 小時後再量測其彈性恢復後之撓度，並記錄之。
- (7) 若結構受試驗部份已顯示可見之破壞跡象應即停止試驗，則認定該部份試驗結果不合格，不准再重作試驗。

解說： 依第(3)款之規定，試驗之全部載重為 $0.85(1.4DL+1.7LL)$ ，因此選擇試驗對象，應限於以 $(1.4DL+1.7LL)$ 為全部設計載重者，如由地震力或風力控制設計之大梁，不得選為試驗之對象。

本條(7)中所示之可見之破壞跡象係指包括開裂、爆裂或這些現象擴大至顯然超結構出安全之要求範圍而言，對所有結構類型與狀況條件無法以單一準則加以規定。若試驗之結構已根據所發生足夠之損壞而認定試驗結果不合格者，不得重新試驗。而且此構件已遭嚴重破壞亦不得以較低之使用載重率使用之。

- (8)若受試驗部份結構未顯示可見之破壞跡象，且符合下列規定之一者，則認為該部份試驗合格。
1. 梁、樓版或屋頂版所記錄之最大撓度 a 小於 $L^2/(20,000h)$ 。
 2. 若最大撓度 a 超過 $L^2/(20,000h)$ ，但加載重量移去後24小時內回復之撓度，非預力混凝土構材達 $0.75a$ ；預力混凝土構材達 $0.80a$ 。其中 L 為構材支承中心間之跨度或淨跨度加上該構材總深度(h) 之值小者。
- (9)懸臂梁之最大撓度 a 可按第 18.7.2(8)節之規定，唯 L 應以梁端至支承面間距離之兩倍計。若支承處有任何移動其撓度應做調整。
- (10)非預力混凝土構造物之撓度回復率未達第 18.7.2(8)節所規定最大撓度 a 之75%者，得予重作試驗。第二次試驗之加載重量應於第一次試驗之加載重量移去72小時後方得施加。
- (11)若重作試驗之結果符合下列兩規定者，則認為試驗合格。
1. 重作試驗之結構物未顯示可見之破壞跡象。
 2. 回復之撓度至少應有重作試驗最大撓度 a 之80%。
- (12)預力混凝土構造物不得重作載重試驗。

解說： 若試驗過程中，試驗結構未發生可見之破壞跡象，可依據載重卸除後構件撓度回復情況決定其是否符合強度要求。但若符合在本條(8)最大撓度 a 小於 $L^2/(20,000h)$ ，則可不必考慮撓度回復之要求。

參考文獻

- [1] 中國土木水利工程學會, 1991, "鋼筋混凝土建築設計規範(土木401-80)", 台北市。
- [2] American Concrete Institute, 1989, "Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-89) and Commentary (ACI 318R-89)".
- [3] 沈進發, 1981, '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, 中華民國七十年八月, 台北市。
- [4] American Concrete Institute, 1989, "Building Code Requirements for Reinforced Concrete(ACI 318-89) and Commentary(ACI 318R-89)", pp318R-91~95.

第十九章 驗 收

19.1 通則

19.1.1 混凝土構造物應按合約文件及本規範之規定驗收。合約及本規範未有規定者，按工程習慣驗收。

解說： 混凝土構造物之驗收，其技術方面，應按本規範之各章所訂項目，包括尺寸、品質、外貌等；而合約方面，除對規範之項目有補充或修訂部份，依第 1.1.2 節規定應予優先依據外，其他如工期、施工安全措施、災害及有關罰則等屬於合約規定部份，均當予以考慮，至合約及規範未列部份或該工程中漏列部份，當以其他類似工程之資料，作為驗收之依據，即所謂工程習慣部份。

19.1.2 混凝土構造物應分別於各部份施工完成時，按其建造特性，分別就外觀、尺寸及強度等項目予以分項查驗，以做為完工驗收之依據。

解說： 混凝土構造物於完工後，其鋼筋已埋置於混凝土中，無法瞭解其尺寸、間距及保護層等是否合格，故需於混凝土澆置前進行包括模板工作等之分項查驗。俟混凝土拆模後，再行查驗該部份構造物之外觀及尺寸，以及混凝土強度試驗資料，完成查驗作業。

19.1.3 混凝土構造物若施工時符合所有合約及規範之規定並有查驗記錄，除另有規定外，可不必再做進一步之合格驗證。

解說： 混凝土構造物之驗收，除依 19.1.2 節分項查驗其鋼筋及混凝土之強度、外觀及尺寸，查驗之記錄即代表查驗部份之品質，完工後即可以該記錄做為成品合格驗收之依據。

19.1.4 混凝土構造物之未符合規定部份，若經修補後無礙於其使用性與安全性者，可予驗收。

解說： 本節所稱之未符合規定部份，係指外觀及尺寸部份，經修補後，如屬露面混凝土，應符合本規範11.2.2節之規定，始可予以驗收；如屬非露面混凝土，應符合本規範11.2.1節之規定，若稍有偏差而無礙其使用性與安全性者，可予以驗收，但應按第 18.2.4(1)節之規定辦理。

19.1.5 混凝土構造物不符合規定部份，若經修補仍有礙於其使用性與安全性者，應按本規範及合約之規定予以拒收。並應做適當措施以確保該工程之其餘部份符合有關要求。

解說： 所稱之未符合規定部份，如尺寸相差過大或在重要部位而影響及安全者除對該部份拒收並另作適當之補強者外，對於該不合格部份，可能影響及其他構材者，應要求予以適當處理，如加撐、支墊等措誌。

19.2 尺寸公差

19.2.1 混凝土構材外形小於規定尺寸，且其差值超過第 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： 混凝土構材之尺寸小於規定公差時，首先應按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，但尺寸過小有損外貌且未修補至符合要求者得予拒收。無損外貌者得參考第 18.2.4(1) 節及(2) 節之規定辦理。

19.2.2 混凝土外形大於規定尺寸，且其差值超過第 4.3.5節之規定時，於過大部份未依要求修整前不予驗收。過大部份之去除工作不得損及構材之強度，且不得影響其他功能與外觀。

解說： 混凝土外形大於規定尺寸，其差值超過 4.3.5節之規定者，如

屬於暴露於外觀者，過大部份應予去除及修整，始准予驗收，如屬於非暴露外觀且不得影響其他功能者，若經工程師同意，得不必打除；但可參考第18.2.4(1)節之規定辦理。

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，其使用方法應經工程師同意。

19.2.3 混凝土構材澆置於錯誤之位置，致使結構物之強度、外觀或功能受不利影響或干擾他項工作時，應視嚴重情況予以驗收或拒收。

解說： 混凝土構材澆置於錯誤位置包括鋼筋結紮及間距之錯誤，模板之偏差等會導致結構物之外觀或強度之不利因素，除參照第18.6節予以結構安全評估外，即使安全無礙，亦得視外貌影響之大小，研判能否驗收或參考第18.2.4節之規定辦理。

19.2.4 如外露混凝土之尺寸不符合第 4.3.3節之規定，或其表面修飾不符合第十一章之相關規定，於補修或拆除重做至符合規定前可不予驗收。

解說： 對於本節之不符合規定有尺寸過大或過小之情況，可參考本規範第19.2.1及19.2.2節之解說辦理，若修飾表面不符合第十一章之規定而影響外觀者，得令補修或拆除重建。

19.2.5 修飾完成之版面超出第11.6.1節之容許公差時，於整修前可不予驗收。整修工作不得影響其強度及外觀。版面之凸出處可以磨石機磨除，低凹處可用許可之填補物填平，或以其他經許可之措施補救。

解說： 版面應屬於暴露於外觀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11.6.1節有容許修飾後之公差，如仍有超過時，則應加以整修，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 合約規定做為特殊鑄面修飾混凝土者，其外觀缺陷超過第11.5.3節規定部份，應打除或重做。

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，其補修相當困難，須全部或部份打除重做。

19.3.2 其他露面混凝土，若有瑕疵嚴重影響修飾面之外觀，則應以經許可之方法修整並經認可，否則不予驗收。

解說： 其他露面混凝土，係指除特殊鑄面修飾混凝土以外之露面混凝土。所稱之瑕疵可能如表面蜂窩、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，或工程師認可之方法。

19.3.3 非露面混凝土可不因其表面之缺陷而拒收。

19.4 結構物強度

19.4.1 驗收時，認為結構物可能有強度缺失時，可要求進行結構分析及(或)加做試驗。

解說： 結構物強度之缺失，可由下列之一項或多項問題所引起：
(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與規定之差異，足以降低其強度者。
 - (4) 混凝土於強度成長硬化初期，在異常環境（嚴寒、酷熱、強風、暴雨等）下未加防護者，或雖加防護仍發生缺陷者。
 - (5) 因第12.4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) 因施工不當而有損及強度者。
 - (7) 有其他異常跡象，如超量撓度、異常龜裂等。
- 已完成之結構物，若有上列缺失之虞時，應按第18.6節之規定進行結構物強度評估。

19.4.2 結構體上混凝土經判定為可能有強度不符合規定時，可要求按第18.4節之規定進行鑽心試驗加以評估。

解說： 混凝土可能有強度不符合規定之判定，有兩種情形，一為混凝土試體抗壓強度不合格；另一為結構體混凝土有第19.4.1節之情況，均可要求進行鑽心試驗。

19.4.3 當結構安全有疑慮時，若鑽心試驗不易進行或結構分析難獲安全結論，可要求按第18.7節之規定做載重試驗，並加評估。

解說： 鑽心試驗不易進行常由於鋼筋密集或位置不當所造成。結構分析難獲安全結論常由於分析資料不全。

19.4.4 由結構分析或載重試驗結果評定結構物之強度不符合規定時，應按工程師之指示加以補強或重做。

解說： 結構分析及載荷重試驗結果，如確認有安全顧慮時，則應進行

如何補強之研議，補強之方法應由工程師核定並以不影響結構物之外觀為原則，如無法補強，則應拆除重建之。

19.4.5 按本章各節之規定而增加之試驗或分析之試驗費用概由承包商負擔。

解說： 本節所稱之各項試驗及分析，係指本規範第十八章內所列者，亦為進行安全評定之方法，故該項試驗費用，應由承包商負擔之。

19.4.6 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，其費用由業主負擔。

解說： 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用之試驗，除另有約定外，承包商可不必負擔，但若為承包商願意加做之試驗或願意負擔之其他試驗則不在此限。