

## 第七章 混凝土之施工

### 7.1 一般規定

鋼骨鋼筋混凝土(SRC)工程中之混凝土施工應依照本章之規定；本章未規定者，悉依照內政部頒佈之「混凝土工程施工規範」之規定。若採用高性能混凝土，則尚須按照中華民國結構工程學會所編訂「高性能混凝土施工規範」之規定。

解說： 本規範在混凝土施工方面之規定，主要針對 SRC之特性，作原則性之規定。

混凝土工程施工規範(土木 402-80)之內容具有：總則、混凝土材料、混凝土配比、模板、鋼筋、接縫與埋設物、混凝土之產製、混凝土輸送、混凝土澆置、表面缺陷修補、混凝土表面修飾、養護、巨積混凝土、預力混凝土、特殊混凝土、品質管制、檢驗、施工品質之評定與認可及驗收等。

高性能混凝土施工規範之內容包括：總則、材料、混凝土配比與試拌、模板、鋼筋、接縫與埋設物、混凝土之產製與輸送、工地品質檢驗、混凝土澆置、表面修補與修飾、養護、品質管制、檢驗、施工品質之評定與認可及驗收等。

### 7.2 混凝土澆置計畫

SRC 工程混凝土之澆置計畫中，凡足以影響混凝土施工品質之因素均應妥為考慮，至少包括下列各項：澆置區劃分及工作量、澆置順序與程序、輸送管制計畫、機具計畫、注入口之安排計畫、工作人員之安排、混凝土溫度控制、搗實計畫、緊急事項應變計畫、特殊天候防護計畫等。

解說： SRC之混凝土施工與一般鋼筋混凝土工程之施工情況大致相同

，但 SRC 構材內因有鋼骨及細部組件之存在，且鋼骨、鋼筋與模板間之空隙狹長，均增加混凝土澆置及搗實之困難，故混凝土澆置計畫應針對 SRC 混凝土施工之特性妥善擬訂本文所列各項，對施工上可能遭遇之問題均加以考慮，以使施工順利。其中較特殊者為注入口之安排計畫，應適當安排注入口，以使構材之混凝土澆置能充分填充。須特別注意之處有：

1. 梁下與牆相連之情況，若其澆置搗實施工困難時，可請求監造人核可變更牆之位置形狀如圖 R7.2.1 所示。

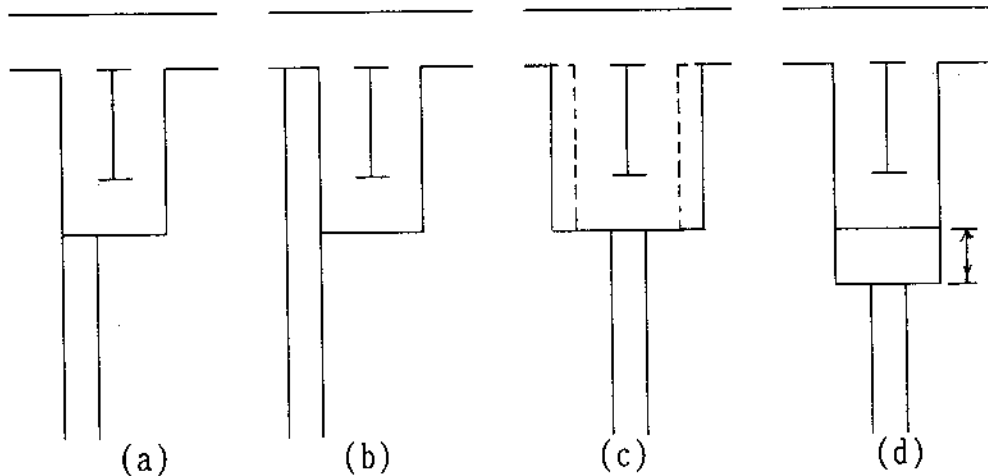


圖 R7.2.1 梁下與牆相連混凝土澆置施工困難可做之變更

2. 梁柱接頭區、存有鋼筋之鋼梁底部、肋筋彎鉤與鋼梁接觸處、鋼骨續接板附近、鋼梁翼緣與腹板之角隅等。如圖 R7.2.2 所示。

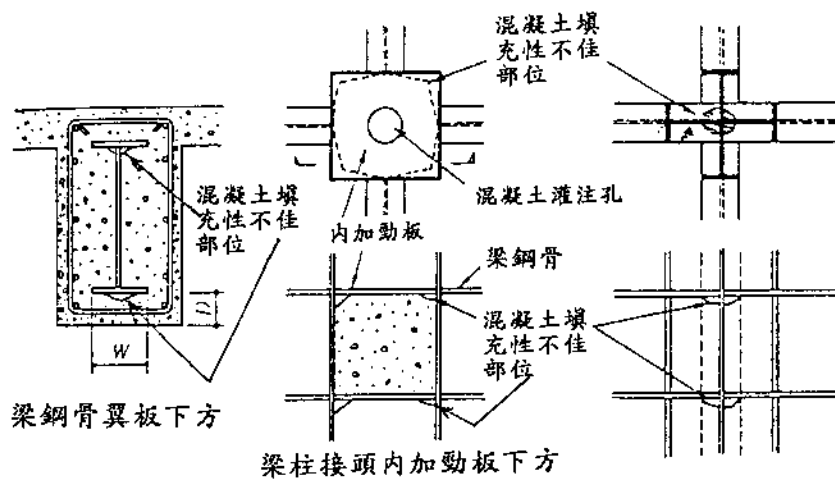


圖 R7.2.2 混凝土之填充性

### 7.2.1 澆置區劃分及工作量

- (1) 凡工程計劃範圍內之各種不同混凝土及澆置位置均應加以劃分不得遺漏疏忽。
- (2) 澆置區之劃分應依據所需混凝土之種類與數量、機具設備之供應能量、施工難易、人員調配情況及其他因素而定。
- (3) 澆置區劃分以一日施工量為單位，並再按上下午作業區分，盡量避免各種因素增加非必要之施工縫。

解說： SRC之混凝土施工應作適當的澆置區劃分，盡量避免冷縫發生及增加不必要之施工縫。有關冷縫之防止，可參考內政部頒佈之「混凝土工程施工規範」第 9.3 節「澆置」之有關規定。

### 7.2.2 澆置順序與程序

- (1) 澆置順序應能盡量保持模板支撐及施工架上施工載重之均衡。
- (2) 模板或配筋複雜較難澆置處應先澆置並充分搗實。
- (3) 由牆或柱所支承構件之混凝土應俟牆或柱中混凝土已無可塑性，方可繼續澆置。
- (4) 中空樓版之澆置應沿垂直於中空管之方向進行，並注意不使中空樓版發生偏心荷重。
- (5) 混凝土應連續澆置，或以適當厚度分層或以適當長度分段澆置，避免在澆置接面上產生冷縫。

解說：(1) 有些 SRC構造之模板及支撐可利用鋼骨分擔承受，但仍應注意混凝土之澆置順序與程序，盡量保持模板支撐及施工架上施工載重之均衡，以免發生模板爆裂甚至倒塌事故。

(3) 一般混凝土澆置後會發生浮水、凝固收縮而使澆置面下降，尤其牆柱等構件由於高度較大，此現象尤其顯著，若在此時間內澆置牆或柱所支承之構件，則可能由於先澆置混凝土面下降而造成交接面有間隙存在。故應俟混凝土初凝後方可繼續澆置其時間約為 2 小時。

### 7.2.3 輸送管制計畫

混凝土之輸送應依據第 7.6 節之有關規定，考慮輸送路程及各種情況，擬訂輸送計畫，確保能於規定時間內送達，並符合其他有關規定。

解說： SRC 澆置之混凝土需有較高之坍度要求，若有輸送耽誤易造成混凝土坍度損失導致灌注困難，故應擬訂混凝土輸送計畫，以確保能於所需時間內送達，保持澆置作業連續，以免澆置困難，或澆置中斷造成構材中產生冷縫。

混凝土規定輸送時間為自出廠起至送達工地開始卸料止，除另有規定外，宜在 60 分鐘以內。擬訂計畫作業應考慮之因素有：澆置數量、出車數量、路程距離、交通情況、澆置速率、澆置時段、天候情況及其他配合事項等。

有關輸送之其他有關規定可參考第 7.6 與 7.7 節之規定。

### 7.2.4 機具計畫

計畫中應詳細規劃澆置各階段所需之機具及數量，機具包括拌和機具、輸送機具、搗實機具、表面修飾機具及養護機具等。機具之數量應足以負擔其工作，部份機具應有備份以做為發生故障時之補充。

解說： 各工種之施工機及所需之電源亦應妥為安排，其電源之容量應足以供應所有機具使用，必要時應置備專用發電機。振動器之性能應妥加規範，必要時應於現場檢核其振動頻率。

### 7.2.5 注入口之安排計畫

應參照第 7.7 節之規定。

解說： SRC 構造施工，若採用逆打方式及鋼柱內灌漿者，注入口應妥為安排，以使構材之混凝土能充分填充。

### 7.2.6 工作人員之安排

澆置計畫應考慮工作人員之安排，使各項工作均有人負責，並使各人瞭解其職責，施工中能各盡所司，妥善完成各項工作。

解說： 混凝土澆置現場應有足夠之工作人員負責各項工作，承造人應於澆置計畫中詳列組織成員之工種及人數，經監造人核可。並應使各工作人員瞭解其職責及正確施工方法，以期能於施工中各盡所司，妥善完成各項工作。

### 7.2.7 搗實計畫

混凝土澆置應按第 7.8 節之作業規定擬訂搗實計畫，以確保施工品質。

解說： 搗實計畫應包括工作人員、搗實機具、搗實方式及不易之處如梁柱接頭區、鋼梁底部、肋筋彎鉤與鋼梁接觸處、鋼骨續接板附近、鋼梁翼緣與腹板之角隅等參閱圖，圖 R7.2.2，均應提出適當之搗實方法。

### 7.2.8 混凝土溫度控制

按混凝土構件位置、斷面尺寸、施工時之天候、輸送方式及混凝土各成分材料溫度之控制等因素，擬訂計畫以適當控制混凝土之溫度。

解說： 炎熱天候季節施工時，應注意第 7.7.2 及第 7.9.4 節之規定。

### 7.2.9 緊急事項應變計畫

緊急事項包括機具故障、混凝土輸送中斷、模板塌垮、人員受傷害及天候驟變等等均應有適當應變計畫。

解說： 混凝土澆置施工過程中可能發生之緊急事項，如塞管、泵送車

故障、模板爆裂、支撐系統不穩、大雨等，均應預先擬妥應變對策。並應擬妥不得已須停止澆置時之非預定施工縫設置細節，及混凝土棄置方案。

#### 7.2.10 特殊天候防護計畫

特殊天候防護應按第 7.9.3及7.9.4節之作業規定擬訂計畫。

#### 7.2.11 特殊結構系統之澆置順序，應經監造人核可。

解說： 特殊結構系統乃是設計者有特殊構想所設計出來之結構，施工者應遵照設計指定之施工程序，使能符合設計要求。常見特殊結構系統可能有：

1. 如體育館、航空站、或地下停車場等之特殊結構。
2. 高樓結構系統設計成中央核心配合外環柱群結構系統(central core exterior column system)於施工時應考慮豎向構件因混凝土重量產生差異變形量。
3. 施工細節不加注意可能造成整體結構無法達成設計性能要求之結構。

### 7.3 材料及其品質管制

7.3.1 SRC 工程所用之混凝土應按本章及第八章之規定加以品質管制。

7.3.2 一般混凝土之材料應按內政部頒佈「混凝土工程施工規範」第二章之有關規定。

解說： 「混凝土工程施工規範」之第二章(混凝土材料)共有七節，各節如下：2.1 一般規定、2.2 水泥、2.3 摻料、2.4 水、2.5 粒料、2.6 材料之特別管制、2.7 材料之儲存。

7.3.3 高性能混凝土之材料應按中華民國結構工程學會所編訂「高性能混凝土工程施工規範」第二章之有關規定。

解說： 「高性能混凝土工程施工規範」係中華民國結構工程學會，於中華民國八十三年二月完成編訂，其第二章(材料)共有七節如下：  
2.1 一般規定、2.2 水泥、2.3 摻料、2.4 水、2.5 粒料、2.6 材料之特別管制、2.7 材料之儲存。

7.3.4 SRC 工程所用混凝土之粗骨材，應注意其標稱最大粒徑之大小，以確保混凝土之填充性。粗骨材標稱最大粒徑須符合第 6.4.1 節之規定，其標稱最大粒徑不得超過鋼筋與鋼筋、或鋼筋與鋼骨淨間距的五分之四。

解說： SRC 工程所用混凝土之粗骨材，除限制其標稱最大粒徑之大小外，第 7.4.5 並規定可適量減少粗骨材之用量，但以 10% 為限。

SRC 工程所用混凝土之粗骨材標稱最大粒徑一般採用 20mm，但較難灌注之梁柱接頭，有時候須採用較小粒徑之粗骨材。

#### 7.4 混凝土配比

7.4.1 SRC 工程所用混凝土應經適當配比設計，以確保產製之混凝土具適當之充填性、工作度、強度及其他所需品質。

7.4.2 一般混凝土之配比設計應按內政部頒佈之「混凝土工程施工規範」第三章之有關規定。

解說： 混凝土配比為混凝土品質之最重要影響因素，SRC 之混凝土配比應特別考慮混凝土之工作度，以符合充填性之要求，減少發生蜂窩現象。

一般強度混凝土之配比設計之細節，可參照內政部頒佈之「混凝土工程施工規範」第三章之有關規定。該第三章之主要內容如下：

：

一般規定、強度、耐久性、坍度、粗粒料之標稱最大粒徑、摻料之使用、混凝土配比之一般要求、混凝土要求平均抗壓強度之決定、混凝土強度標準差之計算、配比之選定、要求平均抗壓強度之降低及輕質混凝土等。

7.4.3 高性能混凝土之配比應按中華民國結構工程學會所編訂「高性能混凝土工程施工規範」第三章之有關規定。

解說： 高性能混凝土之配比設計之細節，可參照「高性能混凝土工程施工規範（土木 402-80）」第三章之有關規定。該第三章之主要內容如下：通則、耐久性、強度、工作性、其他性能、粒料之配合、摻料及劑量之選用、配比設計、配比試拌、量產模擬試驗及配比之核定等。

7.4.4 混凝土之配比應使其具較高流動性及適當稠度，且於澆注時不致產生材料分離。

7.4.5 SRC工程所用混凝土配比應使其適當之工作度，其粗骨材之用量得酌減10%以內。

解說： 減少混凝土粗骨材之用量，換言之即增加混凝土中水泥砂漿之用量，如此即可增加混凝土之流動性及充填性。

## 7.5 混凝土產製

混凝土產製須注意材料計量、拌合過程之管制及新拌混凝土之品質管制等。

7.5.1 混凝土之產製應以混凝土拌合機拌合不得以人工拌合，應有適當設備能按規定配比精確配料、混合，並拌合均勻。

解說： 混凝土產製上之重點為材料計量、拌合過程之管制及新拌混凝



土之品質管制等。材料計量之準確度對混凝土性能影響很大，尤其骨材含水量之變異對水灰比變更所造成之影響更不容忽視；拌合之過程情況，如材料之混合、拌合時間及材料投入拌合鼓之順序等，也影響所產製之混凝土是否具所需性能；另外剛拌合完成之新拌混凝土之品質管制也是本章之重點。

7.5.2 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。

解說： CNS 3090[預拌混凝土]中有關預拌混凝土產製之規定重點在該標準中之第10節。

### 7.5.3 材料計量

(1)除拌合用水外，混凝土材料均須以重量法準確計量。

解說： 混凝土配料之計量準確度，影響混凝土之品質，故 SRC混凝土材料之計量應以重量計量。摻料調成水溶液使用者得比照拌合用水以體積計量。

#### (2)計量裝置

- 1.計量裝置之計量準確度應為其裝置容量之  $\pm 0.4\%$  以內。
- 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。

(3)材料計量之許可差(公差)如表 7.5.1。

解說： 所謂裝置容量係指計量裝置之標稱最大計量值；計量裝置之計量準確度係指校驗時，計量裝置顯示之荷重值與標準砝碼重量值(略等於裝置容量)之差值，除以標準砝碼重量之百分率。每盤混凝土之拌合量應盡量接近裝置容量，以減低計量誤差。

目前材料計量多採電腦自動控制，各材料每次計量之誤差仍應符合表7.5.1之規定。

表 7.5.1 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。

#### 7.5.4 混凝土拌合管制

(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<sup>3</sup> 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<sup>3</sup> 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，而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、1.0、1.25、1.5、1.75、2.0、2.25、及3.0m<sup>3</sup>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。
- (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。

(2) 配料計量應按以下之規定：

1. 每次配料應以所用拌合機額定拌合量為限。
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。
3. 應針對粒料含水量及所用摻料對粒料及水之計量準確調整與控制。

- 解說：1. 拌合機之「額定拌合量」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，會影響有效拌合量，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。

## (3)材料之拌合應按以下之規定：

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，應將所有拌合物卸出。
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，卑能達成目的。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，發現有異常情況應即採應變措施。自動化拌合機常設置閉路電視，供操作員檢視。

## (4)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. 拌合時間應按施工模擬試驗時所決定之拌合適當時間。

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。但若採用較長拌合時間，較少拌合量或其他更有效之進料順序，而能符合表R7.3.1之規定時，則該拌合機仍可使用。

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。
3. 拌合時間固然不得太短，但太長對混凝土品質亦有不良影響。

表 R7.3.1 混凝土拌合機均勻性要求(摘自CNS 3090表6)

試 驗 項 目	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)	1.6 $kg/m^3$
2. 含氣量 (體積)	1.0 %
3. 坍度： 平均坍度為 102mm以下 平均坍度在 102至152mm 間	25 mm 38 mm
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 %

#### 7.5.5 摻料使用之管制

- (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，並當做拌合水之一部份。

- (2)各種摻料應分別加入拌合鼓；若須混合後加入，應先經試驗證明無不良反應且經監造人核可。
- (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。
- (4)工地加入摻料者，其使用方法及程序須事先報請監造人核可。

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<sup>[1,2]</sup>。

#### 7.5.6 新拌混凝土之品質管制

(1)剛完成拌合之混凝土應於拌合過程中進行目視檢查，對性質有不符合要求之懷疑者應按規定方法進行試驗，以確保產出混凝土之品質。

(2)預拌混凝土送出廠時應附送貨單，單上應註明送貨車號、規定強度、工程名稱、送達地點、出廠時間等資料，並應由監造人駐廠代表確認。

## 7.6 混凝土之輸送

混凝土輸送過程中應不改變混凝土原設計之配比，應盡量避免發生材料分離與坍度損失。混凝土之輸送包括以預拌車自預拌廠送至工地，及在工地輸送並注入模板內，第一階段之輸送應按第 7.6 節之規定；第二階段之輸送應按第 7.7 節之規定。

解說： 混凝土之品質與性質完全取決於其配比，故施工中任何階段均不得改變混凝土原設計之配比，否則混凝土之品質可能變化，不符合原設計之要求。

7.6.1 輸送過程中應持續均勻對混凝土攪動，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。

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均勻再用。

7.6.2 除經監造人許可，並加監督外，於混凝土輸送任何過程中不得添加其他物質，尤其不得隨意加水。

解說： 由於 SRC 工程可能採用高性能混凝土，而高性能混凝土可能採用二次添加強塑劑(SP)方式以保持其高坍度，故本條文允許經監造人許可並加監督時，可添加維持品質所需之其他物質，未完全禁絕摻料之添加，但基本上應符合第 7.6 節所規定之要旨。不可因天熱、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，須加禁絕。

7.6.3 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，不得超過60分鐘，但經施工模擬試驗證明可容許較長時間時，監造人得視情況予以適當延長之。

解說： 混凝土為得以確實的搗實以避免材料分離及形成冷縫等瑕疵，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，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，乃就運送時間作如本條之規定。運抵工地之等待時間亦應予計入。

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，但其使用應按第 7.6.2 節之規定。

混凝土輸送途中應對日照、雨淋等作適當保護措施。

7.6.4 輸送作業應連續，直至達成當次所需澆置混凝土數量為止，非經監造人許可，中途不得停止。

解說： 由於先後混凝土澆置時間若相隔太久，會使澆置作業不易控制，易於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，其要求以不產生冷縫為原則。

7.6.5 輸送設備在使用前後必須清除內部之殘留物及清洗不潔表面。

7.6.6 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%[3]。



7.6.7 輸送混凝土採用預拌車時應符合下列規定：

- (1) 預拌混凝土車之裝載容量及性能應事先檢驗。
- (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。
- (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： 混凝土之輸送機具可區分為：

1. 長距離輸送用：車載拌合機(truck mixer)、攪拌車(agitator)及傾卸卡車等。
2. 短距離輸送用：手推車、吊桶、輸送帶、瀉槽、捲揚塔、混凝土泵送機、台車、混凝土壓送機等。

本節就其中常用者加以規定。

國內目前將預拌混凝土自預拌廠至澆置現場所用之預拌混凝土輸送車，大多屬於攪拌車，其規格如下：

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

由上列資料可知拌合用時，容量雖只有  $4.5\text{m}^3$ ，惟如僅供裝運者可達  $6.0\text{m}^3$ 。

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，以使混凝土均勻。每次卸料後，鼓內必需沖洗乾淨，不可留有混凝土渣，惟在重新裝料前，拌合鼓內之積水務必完全排除，否則將造成額外加水。

## 7.7 混凝土澆注

- 7.7.1 鋼骨鋼筋混凝土工程用之混凝土送至工地後，應採用泵送機或吊桶做為澆注輸送之機具，採用其他機具或方式時，應報請監造人核可。

解說： 混凝土澆注輸送之機具除泵送機或吊桶外，尚有獨輪車、手推

車、輸送帶等多種，但 SRC之施工情況以使用泵送機或吊桶為宜。雖允許使用其他機具或方式做為澆注輸送之機具，但以不影響施工品質為原則，並應報請監造人核可。

7.7.2 炎熱天候下澆置混凝土時，應及早注意防止鋼骨、鋼筋及鋼模之溫度過高，當高於49°C時，澆置混凝土前應以水冷卻之，但不得使水混入混凝土中。

解說： 混凝土若澆置後直接與高溫之鋼筋、鋼骨及鋼模接觸，對其品質有不利之影響，故應防止之。防止之方法最佳的是及早以遮蔭或洒水防止鋼骨、鋼筋及鋼模之溫度過高，若溫度高於49°C時，應在澆置混凝土前及早以水冷卻之，但不得使水混入混凝土中，以免改變混凝土之水灰比。

7.7.3 箱型或鋼管柱內以高壓灌注混凝土之施工方式，應妥善規劃灌入口之位置及數目，使混凝土能充分灌入管內，並注意排氣，避免於死角處產生空洞。

7.7.4 鋼骨鋼筋混凝土工程之混凝土澆注應特別注意混凝土之填充性，使混凝土與鋼骨能充分結合。

解說： 雖第 7.2及 7.2.5節已規定混凝土注入口應作適當安排，以使構材之混凝土澆置能充分填充。但對澆置填充困難之梁柱接頭區、存有鋼筋之鋼梁底部、肋筋彎鉤與鋼梁接觸處、鋼骨續接板附近、鋼梁翼緣與腹板之角隅等處，應特別注意利用其灌入口，使混凝土之灌入情況良好。

SRC結構之梁版柱之接頭若鋼筋過密混凝土澆注不易時，柱與梁版應考慮分開澆注，先澆置柱在梁底以下部份，於配梁版鋼筋後再澆置混凝土。如此可使柱、梁版之混凝土澆注較為良好。

7.7.5 泵送機輸送混凝土時，應採取適當措施以減少泵送管之振動，並避免同時進行鋼骨吊裝與銲接作業外，並應按下列規定：

解說： SRC結構中之鋼骨與鋼筋甚能傳遞振動能量，故應盡量採取適當措施以減少泵送機輸送混凝土所產生之振動。雖然設法降低泵送機輸送混凝土所產生之振動，但不能完全消除，故在輸送混凝土之同時不得進行鋼骨吊裝與銲接作業以免發生危險及影響施工品質。

- (1) 泵送車之設置位置距澆置位置愈近愈好，其泵送機之泵送能力應符合澆置作業之需求。
- (2) 混凝土以泵送車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。
- (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。
- (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，避免卸出集中之混凝土推送過遠造成材料分離。

解說： 泵送機之泵送能力之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
鋼管 1 m	1.5 m

7.7.6 澆置混凝土應避免鋼筋、模板或埋設物之移位或變形，倘有此現象，應暫停澆置，待校正加固後再繼續澆置。

7.7.7 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。

## 7.8 搗實

鋼骨鋼筋混凝土工程由於鋼骨之存在，使混凝土澆注不易完全充滿模板內之空間，應適當且充分搗實，其搗實應與澆注速度適當配合，且避免搗實不均勻或遺漏，或搗實過度造成材料分離。

具高流動性之混凝土原則上不須搗實，但於容易產生蜂窩之部位或昇層界面仍應適當搗實。

解說： 若採用高流動性之高性能混凝土，因其配比已使混凝土具高流動性，故不須搗實，否則反而可能產生材料分離之缺陷。但對於容易產生蜂窩之部位，如鋼筋密佈、模板轉角處或昇層界面仍應適當搗實，以免產生蜂窩與接合不良之缺陷。

7.8.1 一般混凝土應按本節以下各規定加以搗實。

解說： 混凝土非具高工作度者，應按本節以下之規定加以搗實。

7.8.2 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重要步驟，搗實不足將使混凝土形

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

7.8.3 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)，但經監造人之許可者，得以採用符合 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。

7.8.4 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，監造人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搗實。

ACI 309R(混凝土搗實實務)中之表 5.1.4轉列於表 R7.8.1以供參考選擇適當之振動棒。國內同規格產品亦可使用。

7.8.5 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。

7.8.6 振動棒插入點應採適當間距。

7.8.7 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。

7.8.8 禁止過度振動或以振動棒移動混凝土。

7.8.9 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。

7.8.10 若振動棒不適合使用或無法達要求之效果時應改採用外模振動器，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。

表 R7.8.1 內部振動棒之功能特性及應用範圍

1	2	3	4			7		9
			建議值			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 <sup>3</sup> /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混凝土澆置於薄且狹窄之構件，亦可補助大型振動棒振動不足之處，如預力構件導管鋼錠擁擠者；亦可於試驗室試體之製作。
2	3~6	8500~12500 (140~210)	0.09~0.29	0.05~0.10	140~400	13~25	2.3~8	適用於塑性混凝土澆置於薄牆、柱、梁、預鑄樁、薄版及沿施工縫處；亦可補助大型振動棒振動不足之處。
3	5~9	8000~12000 (130~200)	0.23~0.81	0.06~0.13	320~900	18~36	4.6~15	適用於坍度小於 8cm 之硬塑性混凝土，澆置於一般構材，如牆、柱、梁、預力樁、厚版，及巨積混凝土或鋪面靠近模板處。亦可作為鋪面之排振機。
4	8~15	7000~10500 (120~180)	0.81~2.9	0.08~0.15	680~1800	30~51	11~31	適用於坍度小於 5cm 巨積或結構混凝土，每次澆置在 3m <sup>2</sup> 以下，或模板面寬廣處之重型構造如電廠、巨型橋墩、基礎，也用在大型壩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 <sup>2</sup> 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。

## 7.9 養護

混凝土於澆置後應按第 7.9.1 及 7.9.2 節之規定進行養治，以使其強度能順利發展達預期之目標；亦須對惡劣天候及情況加以防護，使免受傷害，惡劣天候之防護應按第 7.9.3 及 7.9.4 節之規定；惡劣情況之防護應按第 7.9.5 節之規定。

### 7.9.1 養治

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) 持續供應蒸汽(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，所用材料須經監造人許可。
- (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： 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)]。

混凝土澆置作業完成後，應在不損傷混凝土表面情況下，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。

### 7.9.2 養護效果之評估

- (1) 養護所採用之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，即可按本節(2)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。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。

(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( $f'c$ ) $35\text{kgf/cm}^2$ ，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 $\phi$ ，一般取為0.85之安全考慮之故。若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( $f'c$ ) $35\text{kgf/cm}^2$ 以上亦可接受。

### 7.9.3 惡劣天候(冷天)

- (1) 在寒冷天氣中，混凝土運抵工地時應符合表 7.9.1 所示之溫度限制。
- (2) 若清水或粒料經過加溫高於 $38^\circ\text{C}$ 時，應先將粒料與清水拌和。拌合後之溫度低於 $38^\circ\text{C}$ 時，水泥方可加入。
- (3) 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，應採取經監造人認可之防護措施。



- (4) 冰凍之地面上不得澆置混凝土。
- (5) 混凝土澆置中及其後 24 小時內，若周圍之氣溫可能低於  $5^{\circ}\text{C}$  者，澆置時之混凝土溫度不得低於  $10^{\circ}\text{C}$ 。但混凝土構材斷面尺寸小於  $30\text{cm}$  者，混凝土溫度不得低於  $13^{\circ}\text{C}$ 。
- (6) 不得使雨水損害混凝土表面或增加拌合水。

表 7.9.1 混凝土運抵工地之溫度限制

氣溫範圍 ( $^{\circ}\text{C}$ )	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至+7	+16	+10
-18至-1	+18	+13
-18以下	+21	+16

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 $7.5\text{mm}$ 厚之惡劣表層。

過冷之惡劣天候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)]。

#### 7.9.4 惡劣天候(熱天)

- (1) 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。

- (2) 炎熱高溫下輸送混凝土時應對輸送機具可遮陰部份，如拌合車之車筒、泵送機之管線等，採取降溫措施，以減少坍度損失。
- (3) 澆置時之混凝土溫度不得高於 $32^{\circ}\text{C}$ 。
- (4) 鋼骨、鋼筋及鋼模之溫度應按第 7.6.2 節之規定加以控制。

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)]。

#### 7.9.5 損傷之防護

- (1) 養護期間，混凝土須防止載重應力、重大撞擊或過度振動等之損傷。
- (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。
- (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容許之應力。

解說： 施工過程中可能使構件混凝土所受應力超過當時強度之情況有二：一為混凝土未達足夠強度即予拆除模板支撐，二為施工載重負荷過大。

#### 7.10 拆模後混凝土之品管

- 7.10.1 混凝土模板及支撐拆除之時機及程序，須按第 5.8 節之規定辦理，不得造成混凝土之任何品質受損。

解說： 混凝土模板及支撐拆除之時機及程序不當均會造混凝土品質或表面受損，甚至造成結構性傷害。按第 5.8 節之規定辦理。拆模後之混凝土應繼續加以養護與品管。

7.10.2 模板拆除後，如發現混凝土面有蜂窩或其他缺點時，應立即報告監造人請求查看，未經許可不得先行修補。混凝土表面輕微之蜂窩或其他缺點，經監造人同意者應盡速修補，並經監造人認可，否則應按7.10.3節之規定辦理。

解說： 混凝土表面若有蜂窩或其他缺點，均可能有影響構材及整體結構之強度或觀瞻；情況嚴重者更可能影響結構之安全，故本條文要求承造人於模板拆除後，如發現混凝土面有蜂窩或其他缺點時，應立即報告監造人請求查看，未經許可不得先行修補。以便按本條文規定作適當處理。而其情況輕微者，監造人可同意其修補，但應盡速進行，以增進修補之效果。

7.10.3 若監造人認為模板拆除後之混凝土面蜂窩或其他缺點情況嚴重可能影響結構之安全，則應按第 9.4及第 9.5節之規定辦理。

解說： 當混凝土表面蜂窩或其他缺點之情況嚴重，可能有影響構材及整體結構之安全時，則應按第 9.4及第 9.5節之規定，評估其影響程度，而按其規定處置。

## 7.11 拆模時混凝土強度管制

7.11.1 拆模時所需之混凝土強度應依據鋼骨鋼筋混凝土結構設計以及模板設計之原理與方法加以計算，以做為拆模之依據。

7.11.2 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：

- (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 7.12節之規定辦理。

(2) 該混凝土按第 7.9 節規定養護，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 $10^{\circ}\text{C}$ ，且該混凝土須保持潮濕或有適當防止水分蒸發與損失之措施。

#### 7.12 混凝土品質管制與檢驗

7.12.1 混凝土品質之管制應依照中國土木工程學會所編訂混凝土工程施工規範(土木 402-80)第十六章之規定辦理。

7.12.2 混凝土品質之檢驗應依照中國土木工程學會所編訂混凝土工程施工規範(土木 402-80)第十七章之規定辦理。

#### 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。
-