

內政部令
中華民國 106 年 5 月 31 日
台內營字第 1060805829 號

修正「混凝土結構設計規範」部分規定，自中華民國一百零六年七月一日生效。

附修正「混凝土結構設計規範」部分規定

部 長 葉俊榮

混凝土結構設計規範部分規定修正規定

第九章 預鑄混凝土構材

9.2 範圍

本章各項規定適用於預鑄混凝土構材之設計，本章未規定之事項，應按本規範之其他規定辦理。

解說：

本章說明預鑄混凝土構材與現場澆注構材在設計與施工上之不同處。對現場澆注構材、合成混凝土構材及預力混凝土構材之規定適用於預鑄混凝土者不予重覆。

有關預鑄混凝土構材之許多細節可參閱文獻[9.1~9.9]。扶正(*Tilt-up*)施工法亦為預鑄工法之一種，可參閱文獻[9.10]。

9.3.3 對預鑄混凝土構材及其連結構材之許可差須予以規定，設計此預鑄構材及接頭時須考慮此等許可差之效應。

解說：

預鑄混凝土構材及接頭的設計，受個別構材尺寸及各該構材位置之許可差影響極大。為避免誤解，設計所使用之許可差須明載於設計圖說中。若許可差與一般公認規範之允許值不同時，尤須加以說明。

「結構混凝土施工規範」第 5.6 及 5.7 節規定之許可差為預鑄混凝土構材最低標準。設計者可參考美國預力/預鑄混凝土學會對工業界標準產品及吊裝許可差之準則[9.11~9.13]，及參考文獻[9.14]。

9.3.4 施工單位所提出之預鑄混凝土構件施工製作圖說，除符合設計圖說相關規定外，尚應包括下列二項：

- (1) 為抵抗搬動、儲存、運輸及吊裝各階段臨時性載重所需之鋼筋、預埋鐵件及吊裝裝置之細部設計。
- (2) 在各指定齡期或施工階段之所需混凝土強度。

解說：

將構材吊起、搬運、移動時預埋於構材內之金屬配件，須足夠承受所需之安全荷重。「安全荷重」非單指金屬配件類之強度，應包括金屬配件於構材內之錨定或握裹強度，取其較小值，且吊裝用金屬配件，除承受單純之拉應力外，亦承受剪應力及彎曲應力等之複合應力，故設計吊裝用之金屬配件時，考慮可能發生之各種狀況，並具充分之安全性。

吊裝用及組立用預埋金屬配件，宜符合設計圖說或說明所示之形狀及尺寸，並符合其使用目的。

構材使用之混凝土抗壓強度，一般指以標準養護二十八天齡期之混凝土試體抗壓強度表示之，且應符合設計圖說要求之最小抗壓強度。

預鑄構材混凝土之養護，一般採用加熱養護（如蒸汽養護或熱模養護）方式提高早期強度以提早脫模；通常，經過加熱養護之混凝土，其二十八天齡期之抗壓強度，都比經標

準養護者為低。因此，進行預鑄構材混凝土之配比設計時，宜考量此因素對二十八天齡期抗壓強度之影響，使混凝土之抗壓強度平均值不低於規定強度。

於製造工廠內，與構材在相同養護條件下養護之抗壓試體，其平均抗壓強度值可視為構材當下之強度，該強度宜符合設計圖說於各指定齡期下之強度要求，例如，脫模強度及出貨強度[9.15]。

9.3.5 用於抵抗地震力之預鑄混凝土構架構材及結構牆之邊界構件，其主筋得使用符合 CNS 560 中 SD 490 之鋼筋，並應符合 15.3.5.1(1)、(2)之規定。

解說：

由於預鑄鋼筋混凝土構架之梁柱構材之分割位置通常位於梁柱接頭區，使得同軸向於梁柱接頭兩側之預鑄梁構材之下層縱向鋼筋需於接頭內相互交錯錨定，易造成鋼筋過度擁擠且影響混凝土之澆置與填充性。依據日本「鋼筋混凝土構造計算規準與解說」[9.16]與「鋼筋混凝土構造保有水平耐力計算規準(案)·同解說」[9.17]分別適用於中層以下及高層建築結構之設計規定，允許縱向鋼筋採用 SD490，國內近二十年來亦有採用經建築新技術新工法新設備及新材料認可審核通過之 SD490 鋼筋於建築結構等案例，由日本與國內使用之經驗顯示，採用 SD 490 鋼筋皆未造成建築物損害之案例，故允許放寬預鑄構架構材及結構牆邊界構件之主鋼筋規定降伏強度至 5000 kgf/cm²，以適當減少主鋼筋之支數。若施工過程中鋼筋須多次彎折或銲接，其化學成分及彎曲試驗須符合 CNS 560 中 SD 420W 鋼筋之規定。

9.4 構材間作用力之分佈

9.4.1 垂直於構材平面作用力之分佈應以分析或試驗方法求得。

解說：

若構材具有足夠之扭曲勁度，同時剪力可經由接頭傳遞，則構材所受之集中或線載重可在構材間傳遞。扭曲勁度較大之構材，如中空樓版或實心樓版，其載重分配之能力優於扭曲勁度較小之構材，如雙 T 且薄翼版者。影響真正力量分佈之因素頗多，細節可見參考文獻[9.18~9.24]。構材中若有過大之開口則會明顯影響力量之分佈。

9.6.1.3 第 13.12.3 節就垂直拉力繫筋所作之規定適用於非承重外牆之所有垂直結構構材，且須依下列規定於水平接頭處提供接合：

- (1)預鑄柱之計算拉力強度不小於 $14A_g$ kgf。若柱斷面大於基於載重考量者，則可使用折減後之有效面積 A_g ，但不得小於總斷面積之一半。
- (2)每片預鑄牆須至少有 2 根繫筋，其每根繫筋計算拉力強度不小於 4,540 kgf。
- (3)當底部不產生拉力，則第(2)款所規定之繫筋可錨定於地面上鋼筋混凝土版。

解說：

預鑄混凝土柱、牆版、結構牆，在基版及水平接頭處接合設計，須能傳遞所有設計作用力與彎矩。本節之最小繫筋規定並非外加於上述設計需求。業界通常將繫筋對稱分佈於垂直向中心線之 1/4 外側區內。

9.7.2.2 除經試驗或分析證明無損其性能，下列之最低需求必須滿足：

- (1) 考慮施工許可差後，其支承構材邊緣至預鑄構材邊緣在預鑄構材跨徑方向之距離不小於 l_n 之 $1/180$ ，且不小於
 - 實心或中空樓版..... 5 cm
 - 梁或有腹版構材..... 7.5 cm
- (2) 對無保護構材支承墊須自支承面退縮 1.25 cm 或自截角構材之邊退縮截角之尺寸。

解說：

本節區分承壓長度及預鑄構材與支承構材間之支承長度，如下圖：

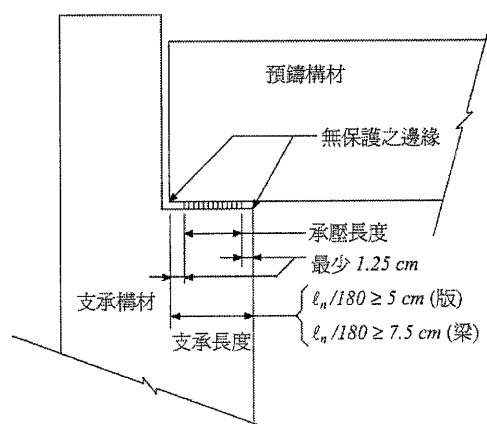


圖 R9.7.2 預鑄構材之承壓長度與支承長度

支承墊將集中載重及反力分佈於支承面積上，且允許水平位移及轉動以降低應力。為防止支承構材在承壓處應力過大而使混凝土剝落，除非邊緣有保護，預鑄構材不可放在支承構材之邊緣。保護之裝置可為錨定之鐵版或角鋼。第 4.10.7 節規定托架上之支承細節。

9.7.3 預鑄構材之輔助鋼筋，除用以併入強度計算之鋼筋外，得免延伸入支承內錨定。

解說：

考量預鑄構材分割與施工之特性，預鑄構材內之輔助鋼筋，例如用於梁腹控制裂紋之鋼筋，除非用以併入強度計算之鋼筋外，得免延伸入支承內部錨定，亦不必與接頭內之輔助鋼筋進行續接。

9.7.4 接頭為部分剛性預鑄構材之支承，除應符合第 9.7.2.1 節之規定外，須滿足下列規定：

9.7.4.1 考慮施工許可差後，其支承構材邊緣至預鑄構材邊緣在預鑄構材跨徑方向之距離不小於 l_n 之 $1/360$ ，且不小於

- 實心或中空樓版或半預鑄樓版..... 3 cm
- 梁或有腹版構材..... 4.5 cm

9.7.4.2 本規範第 5.12.1 節之規定不適用於部分剛性預鑄構材。

解說：

接頭為部分剛性預鑄構材之端支承，指支承處之負彎矩鋼筋連續或錨定於支承內，且

正彎矩鋼筋不延伸入支承時，如圖 R9.7.4。考量此類預鑄構材於形成部分剛性接頭前仍為簡支構材，故仍要求接觸面符合允許承壓應力之規定，並得以臨時性支撐或鐵件輔助承擔施工載重；依實務經驗顯示，接頭部分剛性預鑄支承構材邊緣到預鑄構材邊緣在預鑄構材跨徑方向之距離，可為第 9.7.2.2(1)規定值之 50~60%；惟支承採用向外延伸鐵板或角鋼時，得依該鐵板或角鋼之邊緣計算。半預鑄樓版包括 KT (Kaiser Truss) 版及部分在現場澆置之樓版。

第 5.12.1 節之規定不適用於接頭部分剛性預鑄構材，惟經分析顯示接頭部分剛性預鑄構材端支承之正彎矩處會產生移動時（如懸臂小梁受到向上垂直地震力作用），宜採機械接合方式使其與支承構材固定以控制變形。

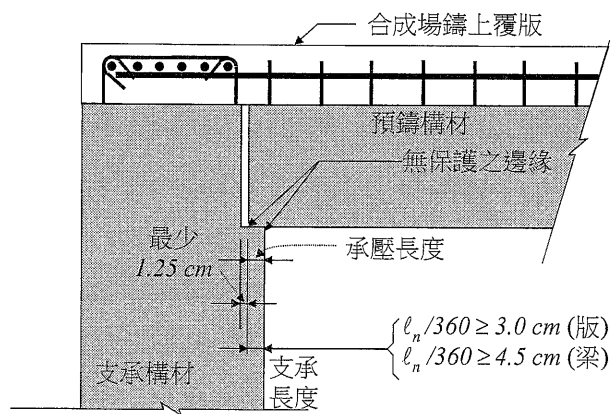


圖 R9.7.4 接頭部分剛性預鑄構材之承壓長度與支承長度

9.10 儲放、搬運及吊裝

9.10.1 設計須考慮養護、脫模、儲存、運輸及吊裝對構材產生之作用力及扭曲變形，以避免應力過大或損傷。

解說：

規範要求構材在使用載重下之性能及設計載重下之強度。但是儲放、搬運及吊裝所產生的載重不能產生不符合規範之永久應力、應變、裂紋或變形。預鑄構材因儲放、搬運及吊裝導致之輕微裂紋或剝落，只要強度及耐久性不受影響，仍可接受。預鑄構材裂紋評估可參見美國 PCI 對生產及運輸裂紋之報告[9.29,9.30]。

9.10.2 預鑄構材或結構在吊裝過程中應有適當支撐及側撐，使其於永久接合完成前能確保其正確位置及結構整體性。

解說：

在合約或組裝圖上應標明所有臨時性吊裝、接合、側撐、支撐及其拆除之程序。預鑄構材之混凝土強度較一般現場澆置混凝土提早發展，決定支撐拆除時機時，可根據預鑄構材與上覆層之混凝土實際發展強度計算斷面性質，考慮構材之自重、施工活載重及經由上方支撐所傳遞之載重作用下，構材之計算應力不宜超過設計允許值。

參考文獻

- [9.1] *Industrialization in Concrete Building Construction*, SP-48, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1975, 240 pp.
- [9.2] Waddell, J. J., "Precast Concrete: Handling and Erection," *Monograph No. 8*, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1974, 146 pp.
- [9.3] "Design and Typical Details of Connections for Precast and Prestressed Concrete," MNL-123-88, 2nd Edition, Precast/Prestressed Concrete Institute, Chicago, 1988, 270 pp.
- [9.4] *PCI Design Handbook—Precast and Prestressed Concrete*, MNL-120-92, 4th Edition, Precast/Prestressed Concrete Institute, Chicago, 1992, 580 pp.
- [9.5] "Design of Prefabricated Concrete Buildings for Earthquake Loads," *Proceedings of Workshop*, Apr.27-29, 1981, ATC-8, Applied Technology Council, Redwood City, CA, 717 pp.
- [9.6] PCI Committee on Building Code and PCI Technical Activities Committee, "Proposed Design Requirements for Precast Concrete," *PCI Journal*, V. 31, No. 6, Nov.-Dec. 1986, pp. 32-47.
- [9.7] ACI-ASCE Committee 550, "Design Recommendations for Precast Concrete Structures (ACI 550R-93)," *ACI Structural Journal*, V. 90, No. 1, Jan.-Feb. 1993, pp. 115-121. Also *ACI Manual of Concrete Practice*.
- [9.8] 日本建築學會，建築工事標準仕様書.同解説 JASS 10 プレキャスト鉄筋コンクリート工事，東京，2013。
- [9.9] 臺灣混凝土學會，預鑄混凝土工程設計規範與解說，台北，2016。
- [9.10] ACI Committee 551, "Tilt-Up Concrete Structures (ACI 551R-92)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1992, 46 pp. Also *ACI Manual of Concrete Practice*.
- [9.11] *Manual for Quality Control for Plants and Production of Precast and Prestressed Concrete Products*, MNL-116-85, 3rd Edition, Precast/Prestressed Concrete Institute, Chicago, 1985, 123 pp.
- [9.12] "Manual for Quality Control for Plants and Production of Architectural Precast Concrete," MNL-117-77, Precast/Prestressed Concrete Institute, Chicago, 1977, 226 pp.
- [9.13] PCI Committee on Tolerances, "Tolerances for Precast and Prestressed Concrete," *PCI Journal*, V. 30, No. 1, Jan.-Feb. 1985, pp. 26-112.

- [9.14] ACI Committee 117, "Standard Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials (ACI 117-90) and Commentary (117R-90)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 1990. Also *ACI Manual of Concrete Practice*.
- [9.15] 臺灣混凝土學會，預鑄混凝土工程施工規範與解說，台北，2016。
- [9.16] 日本建築學會，鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説，東京，2010。
- [9.17] 日本建築學會，鉄筋コンクリート構造保有水平耐力計算規準（案）・同解説，東京，2016。
- [9.18] LaGue, D. J., "Load Distribution Tests on Precast Prestressed Hollow-Core Slab Construction," *PCI Journal*, V. 16, No. 6, Nov.-Dec. 1971, pp. 10-18.
- [9.19] Johnson, T., and Ghadiali, Z., "Load Distribution Test on Precast Hollow Core Slabs with Openings," *PCI Journal*, V. 17, No. 5, Sept.-Oct. 1972, pp. 9-19.
- [9.20] Pfeifer, D. W., and Nelson, T. A., "Tests to Determine the Lateral Distribution of Vertical Loads in a Long-Span Hollow-Core Floor Assembly," *PCI Journal*, V. 28, No. 6, Nov.-Dec. 1983, pp. 42-57.
- [9.21] Stanton, J., "Proposed Design Rules for Load Distribution in Precast Concrete Decks," *ACI Structural Journal*, V. 84, No. 5, Sept.-Oct. 1987, pp. 371-382.
- [9.22] *PCI Manual for the Design of Hollow Core Slabs*, MNL-126-85, Precast/Prestressed Concrete Institute, Chicago, 1985, 120 pp.
- [9.23] Stanton, J. F., "Response of Hollow-Core Floors to Concentrated Loads," *PCI Journal*, V. 37, No. 4, July-Aug. 1992, pp. 98-113.
- [9.24] Aswad, A., and Jacques, F. J., "Behavior of Hollow-Core Slabs Subject to Edge Loads," *PCI Journal*, V. 37, No. 2, Mar.-Apr. 1992, pp. 72-84.
- [9.25] "Design of Concrete Structures for Buildings," CAN3-A23.3-M84, and "Precast Concrete Materials and Construction," CAN3-A23.4-M84, Canadian Standards Association, Rexdale, Ontario, Canada.
- [9.26] "Design and Construction of Large-Panel Concrete Structures," six reports, 762 pp., 1976-1980, EB 100D; three studies, 300 pp., 1980, EB 102D, Portland Cement Association, Skokie, IL
- [9.27] PCI Committee on Precast Concrete Bearing Wall Buildings, "Considerations for the Design

- of Precast Concrete Bearing Wall Buildings to Withstand Abnormal Loads," *PCI Journal*, V. 21, No. 2, Mar.-Apr. 1976, pp. 18-51.
- [9.28] Salmons, J. R., and McCrate, T. E., "Bond Characteristics of Untensioned Prestressing Strand," *PCI Journal*, V. 22, No. 1, Jan.- Feb. 1977, pp. 52-65.
- [9.29] PCI Committee on Quality Control and Performance Criteria, "Fabrication and Shipment Cracks in Prestressed Hollow-Core Slabs and Double Tees," *PCI Journal*, V. 28, No. 1, Jan.-Feb. 1983, pp.18-39.
- [9.30] PCI Committee on Quality Control and Performance Criteria, "Fabrication and Shipment Cracks in Precast or Prestressed Beams and Columns," *PCI Journal*, V. 30, No. 3, May-June 1985, pp. 24-49.