內政部令　中華民國114年2月6日
台內國字第1140800464號

訂定「建築物預鑄混凝土結構設計規範」，並自即日生效。

附「建築物預鑄混凝土結構設計規範」

部　長　劉世芳

第一章 總則

1.1 依據

本規範依建築技術規則建築構造編(以下簡稱「建築構造編」)第三百三十二條第四項規定訂定之。

解說：

本規範參考社團法人台灣混凝土學會之「預鑄混凝土工程設計規範與解說」[1.1](2017)及內政部發布之「建築物混凝土結構設計規範」[1.2](2023)、「結構混凝土施工規範」[1.3](2022)、「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」[1.4](2010)與「鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說」[1.5](2011)。

1.2 一般規定

1.2.1 本規範所稱之預鑄混凝土工程，係指建築工程在工廠或現場製造之預鑄混凝土構材(以下簡稱預鑄構材)，及由預鑄構材組立所構築之結構物。

解說：

預鑄混凝土工程為採用混凝土、鋼筋與其他鋼材，利用特有的工廠或現場生產設備及生產技術，預先製造預鑄構材成品後再分別搬運至現場，吊裝組立構築結構物之一種施工技術與工法。在生產技術上可能變化較大，且為一般設計人員較為生疏之技術，因預鑄構材之設計、製造及其接合技術亦有其獨特之考量，故本規範之制訂乃涵蓋預鑄構材於建築物之整體考量，含製造與施工之考量。

1.2.2 預鑄構材與其接合部的設計應考量從製造到最終結構使用過程中的載重與限制條件，包括脫模、貯存、搬運、吊裝及防水。

1.2.3 預鑄構材及其接合部之設計、製造及施工應考慮容許誤差之影響。

1.2.4 預鑄構材納入結構系統時，應於設計中考慮接合部及其相鄰構材發生之應力與變形。

1.2.5 若載重在預鑄構材間傳遞時，應符合下列規定：

(1) 載重路徑應於接合部及構材間連續。

(2) 若載重產生拉力時，應提供鋼材或鋼筋以傳遞載重。

解說：

預鑄混凝土系統不同於場鑄混凝土系統，前者在支承處的束制類型、支承位置、以及在構材中因製造、貯存、運輸吊裝與最終相互連接等各項配置所引起的應力是變化的。因此，預鑄構材設計力的大小與方向可依施工的各個階段中的臨界斷面變化而不同，例如，預鑄受撓構材在支撐接合部固結前可視為支撐靜載重與施工載重等之簡支構材，在固結後為連續構材者，因為接合部可傳遞彎矩，可視為支撐其他設計載重的連續構材。

1.2.6 預鑄混凝土工程之設計應符合本規範之規定，本規範未規定之事項，則應按主管機關頒布之相關規範規定辦理，若其他規定與本規範之規定不同時，應以本規範之規定為優先。

1.2.7 未符合或未涵蓋於本規範規定之預鑄結構，可由成功之使用經驗或分析或試驗證明該預鑄結構之適用性，並依內政部頒布之建築新技術新工法新設備及新材料認可申請要點取得認可。

解說：

本規範之規定為基本規定，僅闡述預鑄混凝土工程特有之部分，為避免與已有之相關設計規範重複，故本規範未規定之事項仍依其他相關設計規範之規定。此外，由於本規範乃針對預鑄混凝土工程特有的生產技術而訂，與傳統的鋼筋混凝土或鋼骨鋼筋混凝土等略有不同，故若有不同之處，仍以本規範之規定為優先考慮。

新設計方法、新材料及材料之新利用宜經歷一段時間之發展再納入規範。因此，若是無法取得認可，則不應使用。

1.3 適用範圍

1.3.1 本規範適用於建築工程，其他工程若適用亦可引用。

1.3.2 在工廠或現場製造之預鑄構材，均適用本規範。

解說：

在工廠或現場製造，採用單一或積層方式鑄造、擠壓、離心等成型製造之構材均為本規範適用範圍。

1.3.3 使用於主結構、次結構或非結構性之預鑄構材，均適用本規範。

1.3.4 全部或部分由預鑄構材所構築之結構物，按結構型式分為預鑄特殊結構牆結構、預鑄特殊抗彎矩構架結構、預鑄特殊抗彎矩構架與結構牆二元結構、預鑄鋼骨鋼筋混凝土結構與預鑄混合結構，均適用本規範。

1.3.5 預鑄構材或接合部導入預力下之預鑄預力混凝土結構，均適用本規範。

解說：

預鑄構材之應用，因構築工法之發展潮流及時代背景已廣泛應用於如下結構部位：

(1) 主結構構材：全預鑄梁柱、半預鑄梁柱、預鑄樓板等。

(2) 次結構構材：半預鑄合成樓板、中空樓板、小梁、預鑄樓梯、預鑄合成牆、預鑄牆等。

(3) 非結構性構材：預鑄帷幕牆、陽台板、扶手牆、雨遮、間柱等。

上列用途之各項預鑄構材均納入本規範適用範圍內。

1.4 單位

本規範所使用之單位為公制，長度採用公尺(m)或毫米(mm)；力量及重量採用公噸(tf)或公斤(kgf)，如工程圖說中以其他單位標示者，應按比例換算，但換算之數值仍以本規範規定之數值為準。

解說：

依目前國內之工程習慣均採用公制，在重量單位中之公斤(kgf)，為與材料強度單位分別，故在有關力學上所用之公斤均以(kgf)為之。

參考文獻

[1.1] 社團法人臺灣混凝土學會，預鑄混凝土工程設計規範與解說，台北，2017。
[1.2] 內政部，建築物混凝土結構設計規範，台北，2023。
[1.3] 內政部，結構混凝土施工規範，台北，2022。
[1.4] 內政部，鋼構造建築物鋼結構設計技術規範，台北，2010。
[1.5] 內政部，鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說，台北，2011。

第二章 用語

2.1 一般事項

本章定義使用於本規範之用語。

2.2 用語

(1) 濕式接合

以「後澆置」混凝土或水泥砂漿作為應力傳遞的接合方法。

(2) 乾式接合

非以「後澆置」混凝土或水泥砂漿接合，而以銲接接合或機械式接合鋼材等作為應力傳遞的接合方法。

(3) 剪力楔(榫) (Shear cotter) (Shear key)

縱向接合部上作為抵抗剪力用之凹凸楔口槽。

(4) 機械式續接

鋼筋間之直接接合方法，如螺紋鋼筋續接方式、套筒內充填續接方式等及其併用方式之總稱。

(5) 底鋪砂漿

結構牆與結構牆或樓板之水平接合部間鋪設之砂漿。

(6) 充填砂漿

預鑄構材間之接合於現場「後澆置」填充之砂漿。

(7) 接合鐵件

預鑄構件之間接合用五金鐵件之總稱。

(8) 結構牆

可承受水平載重或垂直載重之鋼筋混凝土造之牆構材。

(9) 預鑄帷幕牆

採用預鑄工法製作與組裝之建築物立面外牆板或裝飾性結構，除承載本身重量及其所受之地震、風力外，不承擔或傳導主體結構所受之載重。

(10) 單材式

預鑄特殊抗彎矩構架結構中，以梁及柱之單一構材接合之構築工法。

(11) 梁柱一體式

預鑄特殊抗彎矩構架結構中，梁柱鑄成一體作成十字形或雙十字形之構材，予以接合之構築工法。

(12) 合成構材

預鑄鋼筋混凝土半製品構材與現場澆鑄混凝土構築成一體之構材，在樓板之情形則稱之為合成樓板。

建築物預鑄混凝土結構設計規範

(13) 預鑄特殊結構牆結構

抵抗地震力系統採用預鑄鋼筋混凝土特殊結構牆之結構，其結構構材包括全部或部分預鑄混凝土結構牆及樓板等構材。預鑄特殊結構牆結構之設計應符合「建築物混凝土結構設計規範」[2.1]第 18.8 節及其他適用章節之規定。

(14) 預鑄特殊抗彎矩構架結構

抵抗地震力系統採用預鑄鋼筋混凝土特殊抗彎矩構架之結構，其結構構材包括全部或部分預鑄混凝土柱、梁及樓板等構材。預鑄特殊抗彎矩構架結構之設計應符合「建築物混凝土結構設計規範」[2.1]第 18.6 節及其他適用章節之規定。

(15) 預鑄特殊抗彎矩構架與結構牆二元結構

抵抗地震力系統採用預鑄鋼筋混凝土特殊抗彎矩構架與特殊結構牆混合之二元結構，簡稱預鑄特殊牆二元結構，其結構構材包括全部或部分預鑄柱、梁、結構牆及樓板等構材。預鑄特殊抗彎矩構架與結構牆二元結構之設計應分別符合「建築物混凝土結構設計規範」[2.1]第 18.6 節與 18.8 節及其他適用章節之規定。

(16) 預鑄鋼骨鋼筋混凝土結構

結構構材全部或部分採用預鑄柱、梁及樓板等構材之鋼骨鋼筋混凝土結構，其結構行為等同於按「鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說」[2.2]設計之場鑄鋼骨鋼筋混凝土結構。

(17) 預鑄混合結構

由預鑄特殊結構牆、預鑄特殊抗彎矩構架、預鑄特殊牆二元結構搭配預鑄鋼骨鋼筋混凝土或鋼骨結構、或由預鑄鋼骨鋼筋混凝土結構搭配鋼骨結構而成，其中鋼骨結構之設計應符合「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」[2.3]之規定，預鑄混合結構之整體結構行為應等同場鑄結構。

(18) 接合部

連接二或更多構材之結構區域。

參考文獻

[2.1] 內政部，建築物混凝土結構設計規範，台北，2023。
[2.2] 內政部，鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說，台北，2011。
[2.3] 內政部，鋼構造建築物鋼結構設計技術規範，台北，2010。

第三章 結構性能要求

3.1 一般事項

預鑄混凝土結構之設計，包括構材、構架、接合細部、次要構材及非結構性構材，不論全部預鑄或部分預鑄均應明確設計並將製造及施工精度予以明示。

解說：

預鑄混凝土造建築物，包括構材、構架、接合細部、次要構材及非結構性構材，由於其預鑄化而促進了建築工業化的發展；依經濟性觀點視之，雖增加工廠運作成本，但可獲致高品質與縮短工期等之補償優點相當明顯，例如多層建築物中，根據其一層樓之吊裝所需日數，即可一次確定全部樓層所需之施工日數。除全預鑄之情況外，若採用部分預鑄時，例如複雜形狀之建築亦可採用兼作模板使用之預鑄混凝土合成樓板，配合採用預組鋼筋或大型系統模板等方式，可提升全體之施工效率。

預鑄結構因屬於建築結構物，對於在本規範第五章所示之各項載重之作用均宜達到充分之安全性，其主要之載重仍與現場澆置鋼筋混凝土造相同，設計時仍要考慮結構因受靜載重、活載重、水平載重及地震力等效應。另由於預鑄化之緣故，在結構設計上宜考慮受載重作用時與一般場鑄混凝土之差異性，以及其他易於疏忽之問題點。

若結構材料因採預鑄而變更時，相關設計分析宜重新檢討。

3.2 結構型式

3.2.1 預鑄混凝土建築物之結構型式與場鑄混凝土之情形相同，如特殊抗彎矩構架結構、特殊結構牆結構與混合前兩者之特殊牆二元結構。設計者得依需要選定適用之結構型式設計之。

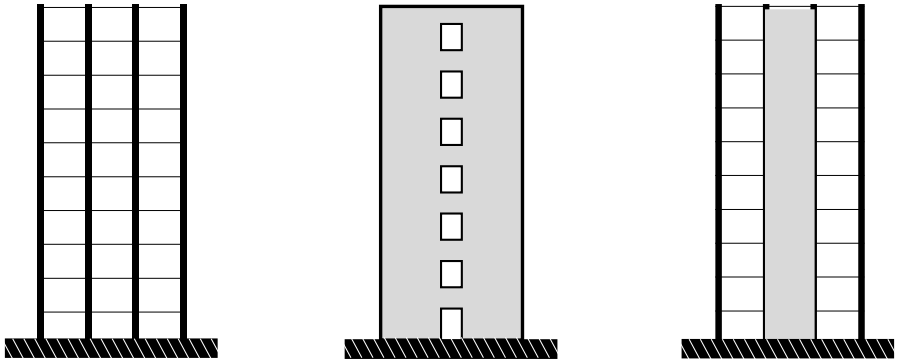
3.2.2 預鑄構材之接合，應使其結構行為等同於場鑄結構，若接合之設計使其結構之行為不同於場鑄結構，則應按「建築技術規則」[3.1](總則編第四條)之規定辦理。

解說：

無論選擇何種結構型式，在結構設計上，其與生產、施工、接合方法等均有密切關係。

特殊抗彎矩構架結構係以梁與柱構成之抗彎矩構架作為抵抗地震力之系統，特殊結構牆結構係以特殊結構牆作為抵抗地震力之系統，預鑄特殊牆二元結構則以特殊抗彎矩構架與特殊結構牆共同作為抵抗地震力之系統。圖 R3.1 示意特殊抗彎矩構架結構、特殊結構牆結構及預鑄特殊牆二元結構之型式。

預鑄混凝土結構中，濕式接頭一般為剛接，乾式接頭則為鉸接或介於剛接與鉸接之中間狀態，亦可以作成完全不連續狀態之結構。預鑄構材之接合，應使其包括韌性與消能等之結構行為等同於場鑄結構，以確保「建築物耐震設計規範及解說」[3.2]地震力折減等條款之適用性。



(i) 特殊抗彎矩構架結構　(ii) 特殊結構牆結構　(iii) 特殊牆二元結構

圖 R3.1 結構型式示意

3.3 側力抵抗系統之配置

預鑄混凝土造建築物之側力抵抗系統，應考量平面及立面之規則性進行配置。

解說：

三層以上層數之結構牆集合住宅，一般將上下方向之結構牆調整在一直線上，形成箱形配置，提高其抗扭轉剛性。若結構體於立面上不連續，易導致顯著之扭轉現象，以及變形集中於某一特定樓層，另可能導致橫膈板受力增加，設計上宜特別注意。

平面形狀不規則時，因樓板面之差異會形成水平剛性與水平面內強度變化的問題，且若採用預鑄樓板時，樓板面上之接合部所具有之水平力的傳遞能力在結構體配置計畫時，宜特別留意。

3.4 結構體之構材分割

3.4.1 預鑄混凝土結構之構材分割計畫應將構材生產、施工現場吊裝設備之揚升能力、現場之施工性及結構體之機能等一併予以考量。

3.4.2 因預鑄構材之分割位置應在現場進行接合以構成結構物，為確保接合部之性能，接合部設置應使用能發展對應應力與韌性需求之結合細節。

解說：

預鑄構材之分割一般分為柱、梁等之線狀構材與板、牆等之面狀構材；將梁、柱接合構成一體者，如平面構架(十字或雙十字等)、立體構架等型式，配合場鑄部分可構成多樣的分割方式。

構材分割縫之選擇常因特殊狀況會在危險斷面上，這種情形在本規範第八章接合部之結構性能確保宜特別加以檢討。構材接合之設計，另應考量到爆炸(例如瓦斯氣爆)或其他意外造成因垂直構材破壞所產生之連鎖性倒塌。

3.5 結構性能及其他要求

就整體結構性能而言，預鑄構材之接合設計應維持其結構性能，接合部之混凝土充填應妥予計劃。預鑄結構及預鑄構材之性能要求依其用途、規模、重要性、基地條件、環境條件等而有不同。預鑄結構及預鑄構材之結構與其他性能至少應符合以下要求：

(1) 靜載、活載、風、雪及地震等各載重作用下，及其它特殊作用所產生之外力作用下的結構與接合部安全性

(2) 施工載重作用下的結構與接合部之安全性

(3) 常時之服務性

(4) 耐久性

(5) 耐火性

(6) 預鑄構材接合部之防水性

(7) 預鑄構材組立之精度

解說：

預鑄構材係在工廠之品管下生產，其構材本身之結構性能均能符合設計要求；惟構材間之接合在現場施工，接合部之混凝土充填宜妥善計劃，不可造成結構上之弱點或缺陷，以免損及整體之結構性能。

預鑄構材在脫模及出貨時，宜確保混凝土強度且達到規定強度，可防止因不當應力所造成之裂縫，且可減輕如場鑄混凝土因材齡不足產生龜裂、潛變問題及構材相互間之拘束收縮開裂等問題。

因預鑄混凝土的品質較高而嘗試減少構材尺寸(輕量化)時，宜注意配筋之密度增大而造成配筋困難度增加，設備開口與預埋件等之配置檢討宜周詳，以避免造成耐久性問題或其他障礙危害。

無論場鑄混凝土或預鑄混凝土結構，若需預留裝飾縫時，其深度會減少保護層厚度，尤其該接合點兼具防水及裝飾縫時，更要注意。上下外牆若預留防水用之溝槽時，其相疊之部份達牆厚之一半左右(牆之軸力會產生偏心彎曲且在接合面亦會構成剪力傳遞功能的問題)則會造成其接合五金鐵件之鏽蝕問題，故計畫時宜特別注意妥善處理之方式。

預鑄結構與預鑄構材之結構與其他性能至少應符合以下要求：

(1) 結構體之結構安全性能要求標準依設計圖說所示。為確保結構安全性能，採用符合品質規定之混凝土與鋼筋製造預鑄構材，並依要求之精度組立各預鑄構材，再使用符合品質規定之混凝土與鋼筋進行接合，使其具有需要之強度與變形能力。

(2) 為確保施工過程各階段之結構安全性能，宜考慮預鑄構材之結構性能及施工順序以建立完整之施工計畫，並依施工計畫進行施作。

(3) 預鑄結構體及構材常時之服務性能的要求標準宜於設計圖說中載明，包含：常時載重下之結構構材的變形限制(以梁及板構材為主)、常時之梁與板構材的振動限制、水密性及外牆、屋頂及浴廁廚房等防止漏水性能。為符合結構構材之變形限制與振動限制，宜確保其符合所規定之尺寸精度、強度及勁度。有關結構體水密性之要求，依施工規範之建議即可達成一般性之要求，若對於較高規格之水密性要求時，其施工方式宜於設計圖說中述明。於平時降雨及使用水時，為確保外牆、屋頂及浴廁廚房等防止漏水性能，宜避免預鑄構材產生裂縫，及預鑄構材與現場

澆置混凝土間之接合缺陷。

(4) 預鑄結構體及構材耐久性要求標準應依其所處環境條件及混凝土工程相關規範而於設計圖說中載明，設計考量項目包含混凝土配比設計及保護層厚度之選擇。

(5) 結構體之耐火性能要求，包括構材之最小尺寸、最小厚度，及保護層最小厚度等，宜依相關法令之規定；並於設計圖說中說明混凝土材料、配比及防火被覆方法等相關要求與條件。

(6) 為確保常時之使用性能與結構體之耐久性能，預鑄構材接合部宜具有高度之防水性能，可依「預鑄混凝土工程施工規範與解說」[3.3]之規定進行。

(7) 結構體與預鑄構材之組立位置宜於設計圖說中說明。結構體與預鑄構材之組立容許誤差宜於設計圖說中載明。預鑄構材組立之相關規定可參考「預鑄混凝土工程施工規範與解說」[3.3]之說明。

參考文獻

[3.1] 內政部，建築技術規則，台北，2015。
[3.2] 內政部，建築物耐震設計規範及解說，台北，2011。
[3.3] 社團法人臺灣混凝土學會，預鑄混凝土工程施工規範與解說，台北，2017。

第四章 材料常數及材料規定強度

4.1 材料常數

4.1.1 預鑄混凝土結構(含鋼骨鋼筋混凝土結構、混合結構及預力混凝土結構)所使用之混凝土、鋼筋、鋼骨等主要材料之材料常數，主要依我國「建築技術規則」[4.1]、「建築物混凝土結構設計規範」[4.2]、「公路橋梁設計規範」[4.3]、「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」[4.4]、「鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說」[4.5]、「中華民國國家標準」等相關規定或依本節之規定。

解說：

設計相關材料常數依照我國相關結構設計規範整理如表 R4.1 與 R4.2 所示。混凝土之彈性模數(Elastic modulus)、混凝土之剪力彈性模數(Shear modulus of elasticity)係參照「建築物混凝土結構設計規範」[4.2]；混凝土之溫度係數(Temperature coefficient)及波松比(Poisson's ratio)係參照「公路橋梁設計規範」[4.3]；鋼筋與鋼骨之彈性模數、波松比、溫度係數及剪力彈性模數係參照「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」[4.4]之鋼結構極限設計法規範及解說。若前述規範有更較新的規定或有本規範未盡詳細之處，應以相關規範之規定為依據。

表 R4.1 材料常數

	彈性模數 (kgf/cm^2)[MPa]	波松比	溫度係數 (1/°C)	剪力彈性模數 (kgf/cm^2)[MPa]
鋼筋及鋼骨	$E_s = 2.04\times10^6$ [$E_s = 2\times10^5$]	0.3	1.2×10^{-5}	8.1×10^5 [8.1×10^4]
混凝土*	(1) w_c 介於 1,440 和 2,560 kg/m^3 之間 $E_c = w_c^{1.5}0.11\sqrt{f'_c}$ [$E_c = w_c^{1.5}0.034\sqrt{f'_c}$] (2) 常重混凝土 $E_c = 12000\sqrt{f'_c}$ [$E_c = 3750\sqrt{f'_c}$]	0.2	1.1×10^{-5}	$0.4E_c$

註：*工程規定之混凝土彈性模數 E_c 詳見「建築物混凝土結構設計規範」[4.2]第 19.2.2.2 節。

表 R4.2 鋼筋混凝土之單位重量

混凝土之種類			單位重量 (kgf/m^3)
一般混凝土			2,320-2,400
輕質粒料混凝土	全部為輕質粒料	$f'_c \geq$ 280 (kgf/cm^2)	1,760
		$f'_c \geq$ 210 (kgf/cm^2)	1,680
		$f'_c \geq$ 175 (kgf/cm^2)	1,600
	砂與輕質粒料混合	$f'_c \geq$ 280 (kgf/cm^2)	1,840
		$f'_c \geq$ 210 (kgf/cm^2)	1,760
		$f'_c \geq$ 175 (kgf/cm^2)	1,680

註：1.輕質粒料混凝土之強度和單位重之關係可參見 CNS 3691。

2.輕質粒料混凝土的單位重係指最大平均 28 天氣乾單位重。

4.1.2 接合部之材料常數應符合相關規範規定或經認可之試驗資料。

解說：

用於接合部材料之材料常數可參考相關規範規定或經認可之實際測試結果。其中，構件在接合處剪力傳遞有時需藉助接合面的摩擦力，而界面上摩擦力大小與接觸面之平滑度、壓應力等相關。如鋼骨結構上高張力螺栓之摩擦接合或柱腳基板螺栓接合、預力混凝土結構之構件接合等均屬之。我國「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」[4.4]與「建築物混凝土結構設計規範」[4.2]有部分摩擦係數規定，下表 R4.3 中部分資料係引用日本相關規範。

表 R4.3 各種規範之摩擦係數參考資料

接合面	摩擦係數	相關規範
埋置物--混凝土 (螺栓，剪力釘及鋼棒)	型鋼與混凝土接觸面之埋置深度大於板厚：0.9	「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」[4.4]
	型鋼與混凝土(或灌漿)之接觸面與混凝土表面一致：0.7	
	型鋼與灌漿接觸面高於混凝土體之表面：0.55	
基板支承--混凝土	埋置於灌漿內：0.9	
	支承於硬化混凝土面上：0.7	
	支承於外灌漿襯墊上：0.55	
剪力鋼筋--混凝土	混凝土整體澆置：1.4λ	依「建築物混凝土結構設計規範」[4.2]， 其中λ值如下： 常重混凝土：1.0 常重砂輕質混凝土：0.85 全輕質混凝土：0.75 若細粒料含有部分常重砂者，可予內插法求之。
	混凝土澆置於已硬化混凝土面而該面 (1) 經表面粗糙處理：1.0λ (2) 未經表面粗糙處理：0.6λ	
	混凝土澆置於型鋼表面且以剪力釘或鋼筋錨定者：0.7λ	
鋼板--混凝土	0.40(最小值)	鋼構造設計規準-許容應力設計法(日本建築學會)[4.6]
混凝土--水泥砂漿 (水泥砂漿接縫)	0.50(最小值)	預力混凝土設計施工規準(日本建築學會)[4.7]

鋼骨柱腳基板以螺栓固定時，可考慮摩擦力而生之剪力抵抗，其摩擦係數為 0.4，此乃界面間產生之最小靜摩擦係數。

有關預力混凝土構件接合部(水泥砂漿縫)之摩擦係數，於日本建築學會之「預力混凝土設計施工規準」中第 77 條「壓著」敘述「一般之水泥砂漿接縫其摩擦係數對長期應力為 0.3，對極限強度為 0.5，惟其壓著應力應達 20 kgf/cm^2 以上。其他種類之接縫材宜經過實驗確認其摩擦係數後方可採用」。

建築物預鑄混凝土結構設計規範

4.2 材料規定強度

4.2.1 預鑄混凝土工程所使用之混凝土、鋼筋、鋼骨等主要材料之規定強度，應符合相關規範之規定。

解說：

按我國「建築技術規則」建築構造編[4.8]、「建築物混凝土結構設計規範」[4.2]、「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」[4.4]與「鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說」[4.5]之規定。

用於抵抗地震力所引致的軸力或彎矩或兩者均有之預鑄構材，其縱向主筋、對角鋼筋與錨栓錨定鋼筋應符合 CNS 560 及「建築物混凝土結構設計規範」[4.2]第 25.2.2.5 節之規定。

4.2.2 接合部所採用銲接材料，其規定強度應符合相關規範規定。

解說：

銲接材料按「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」[4.4]第 3.5 節之規定。

參考文獻

[4.1] 內政部，建築技術規則，台北，2015。
[4.2] 內政部，建築物混凝土結構設計規範，台北，2023。
[4.3] 交通部，公路橋梁設計規範，台北，2015。
[4.4] 內政部，鋼構造建築物鋼結構設計技術規範，台北，2010。
[4.5] 內政部，鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說，台北，2011。
[4.6] 日本建築學會，鋼構造設計規準-許容應力設計法，東京，2005。
[4.7] 日本建築學會，預力混凝土設計施工規準，東京，1998。
[4.8] 內政部，建築技術規則建築-構造編，台北，2021。

第五章 載重

5.1 一般載重及載重之組合

結構計算所採用之載重種類及載重組合，依相關規範之規定計算。

解說：

「建築技術規則」[5.1]建築構造編有對於靜載重與活載重之規定。風力載重按「建築物耐風設計規範及解說」[5.2]之規定加以計算。地震載重按「建築物耐震設計規範及解說」[5.3]之規定加以計算，載重組合則按結構種類分別依「建築物混凝土結構設計規範」[5.4]、「鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說」[5.5]、「鋼結構容許應力設計法規範及解說」[5.6]與「鋼結構極限設計法規範及解說」[5.7]等之規定計算。

5.2 其他載重

脫模、搬運、翻轉及安裝等所引起之其他載重，設計時應予考慮。

解說：

預鑄構件、吊件及吊鉤金屬配件之設計應考慮脫模、搬運、翻轉及安裝等所引起之其他載重。預鑄構件脫模時應考慮構件自重及剝離力(構件與鋼模附著力)，其中底模剝離力與下列三種情況有關：

(1) 剝離力因模具平整度或脫模劑使用的種類不同而異。

(2) 剝離力因垂直模的垂直角度或板片窗框開口固定方法不同而異。

(3) 脫模前若使底模傾斜再起吊方式，可減小底模面產生之剝離力。

水平起吊及傾斜底模起吊間剝離力之差異，可參考表 R5.1 及表 R5.2 之測試結果。

表 R5.1 水平方式起吊底模之剝離力[5.8]

測試數 n (個)	最小值 (kgf/m^2)	最大值 (kgf/m^2)	平均值 x (kgf/m^2)	標準偏差 σ_n (kgf/m^2)	剝離力 $X+2\sigma_n$ (kgf/m^2)
31	0	204	63.4	50	163.4

表 R5.2 傾斜方式起吊之底模剝離力[5.8]

傾斜角度 θ	測試數 n (個)	平均值 x (kgf/m^2)	標準偏差 σ_n (kgf/m^2)	剝離力 $X+2\sigma_n$ (kgf/m^2)
0°	6	76.4	36.6	149.6
60°	7	28.3	17.5	63.3
75°	11	15.0	12.7	40.4

選用構件脫模起吊用金屬預埋組件宜注意下列事項：

(1) 因起吊時的應力集中及受力的方向性，宜考慮吊件埋設處局部範圍，必要時增設

適當補強鋼筋。

(2) 自行設計吊裝組件時，宜考慮預埋吊件之埋設長度、握裹力的計算、混凝土強度與破壞模式等。

(3) 吊件及吊鉤金屬配件市售產品眾多，選用時宜詳讀適用範圍與使用時機。吊裝或翻轉構件時，力量的方向性與載重組合宜詳加檢討。

脫模強度除依「預鑄混凝土工程施工規範與解說」[5.9]第 4.4 節之規定外，一般水平底模脫模強度平均約 120-150 kgf/cm^2，視構件尺度並經設計者確認而定，而當底模與水平面呈 70°~80°以上之傾斜角度時，脫模強度可降為 80-100 kgf/cm^2。在低強度的情形下(如 50-120 kgf/cm^2 時)執行脫模作業易造成角隅部分龜裂情形的發生。

參考文獻

[5.1] 內政部，建築技術規則，台北，2015。
[5.2] 內政部，建築物耐風設計規範及解說，台北，2014。
[5.3] 內政部，建築物耐震設計規範及解說，台北，2011。
[5.4] 內政部，建築物混凝土結構設計規範，台北，2023。
[5.5] 內政部，鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說，台北，2011。
[5.6] 內政部，鋼構造建築物鋼結構設計技術規範-鋼結構容許應力設計法規範及解說，台北，2010。
[5.7] 內政部，鋼構造建築物鋼結構設計技術規範-鋼結構極限設計法規範及解說，台北，2010。
[5.8] 日本建築學會，建築工事標準仕様書. 同解説 JASS10 プレキャスト鉄筋コンクリート工事，東京，2013。
[5.9] 社團法人臺灣混凝土學會，預鑄混凝土工程施工規範與解說，台北，2017。

第六章 結構分析及設計方法

6.1 設計方法

6.1.1 預鑄混凝土建築物之結構設計方法，應符合「建築技術規則」[6.1]、「建築物混凝土結構設計規範」[6.2]、「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」[6.3]與「鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說」[6.4]。

6.1.2 預鑄混凝土結構之基本設計中有關地震力等之設計，應符合「建築物混凝土結構設計規範」[6.2]、「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」[6.3]、「鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說」[6.4]與「建築物耐震設計規範及解說」[6.5]，構材接合設計需考慮彈性或非彈性降伏等之行為。

6.1.3 預鑄混凝土結構之設計乃為確保其極限狀態之強度及韌性，有關其構材及接合部強度與使用性之檢核，應符合「建築物混凝土結構設計規範」[6.2]之規定。

解說：

「建築物混凝土結構設計規範」[6.2]關於預鑄混凝土建築物之設計方法，旨在使其與場鑄混凝土建築物有相同之結構行為，「建築物混凝土結構設計規範」[6.2]多數關於場鑄混凝土建築物之規定皆可適用於預鑄混凝土建築物。

預鑄特殊抗彎矩構架結構之設計應符合「建築物混凝土結構設計規範」[6.2]第 18.6 節及其他適用章節之規定，預鑄特殊結構牆結構之設計應符合「建築物混凝土結構設計規範」[6.2]第 18.8 節及其他適用章節之規定，預鑄特殊牆二元結構之設計應符合「建築物混凝土結構設計規範」[6.2]第 18.6 節與 18.8 節及其他適用章節之規定。預力使用於預鑄特殊抗彎矩構架梁應符合「建築物混凝土結構設計規範」[6.2]第 18.3.3.5 節之規定，其他使用於預鑄特殊抗彎矩構架或特殊結構牆的方式應按「建築技術規則」[6.1](總則編第四條)之規定辦理。預鑄鋼骨鋼筋混凝土之設計應使其結構行為等同於按「鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說」[6.4]設計之場鑄結構。預鑄混合結構中鋼骨結構之設計應符合「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」[6.3]之規定，預鑄混合結構之整體結構行為應等同場鑄結構。

6.2 分析與強度計算方法

6.2.1 預鑄混凝土建築物之結構分析方法應符合「建築技術規則」[6.1]與「建築物混凝土結構設計規範」[6.2]。

6.2.2 預鑄混凝土結構應對其接合部之特性與施工方式進行瞭解，並依此作適當之假設與分析。

6.2.3 預鑄混凝土結構之強度計算法及基本假設事項與場鑄混凝土結構並無不同。

解說：

「建築物混凝土結構設計規範」[6.2]第六章說明適用場鑄與預鑄混凝土建築之分析方法。

由於預鑄混凝土結構之設計旨在使其與場鑄混凝土結構有相同之行為，因此兩者之強度計算法及基本假設事項並無不同，惟預鑄結構在接合處附近常存在結構之不連續，其對強度計算之影響宜加以適當考量，例如接合部配筋或鐵件影響分析模型對連接勁度與強度之影響以及不同時間澆置之混凝土界面對於剪力摩擦設計之影響等。

參考文獻

[6.1] 內政部，建築技術規則，台北，2015。
[6.2] 內政部，建築物混凝土結構設計規範，台北，2023。
[6.3] 內政部，鋼構造建築物鋼結構設計技術規範，台北，2010。
[6.4] 內政部，鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說，台北，2011。
[6.5] 內政部，建築物耐震設計規範及解說，台北，2011。

第七章 預鑄結構種類

7.1 預鑄結構種類

7.1.1 由預鑄構材組立構築之結構物，依結構型式可分為預鑄特殊結構牆結構、預鑄特殊抗彎矩構架結構等基本型式，或由基本型組合或搭配鋼骨結構之複合或混合型結構如預鑄特殊牆二元結構、預鑄鋼骨鋼筋混凝土結構及預鑄混合結構等。

7.1.2 本章僅說明預鑄特殊結構牆與預鑄特殊抗彎矩構架結構等基本型結構設計，其餘複合或混合型預鑄結構可依基本型預鑄結構及相關規範進行設計。

7.1.3 預鑄結構系統高度限制如表 7.1 所示。

表 7.1 預鑄結構系統高度限制

結構系統	高度限制(m)
預鑄特殊結構牆結構	50
預鑄特殊抗彎矩構架結構	不限
預鑄特殊牆二元結構	不限
預鑄鋼骨鋼筋混凝土結構	
特殊抗彎矩構架	不限
具特殊抗彎矩構架之二元系統	不限
預鑄混合結構	所組成結構系統之最小限高

解說：

由預鑄構材組立構築之結構物，依結構型式可分為預鑄特殊結構牆結構、預鑄特殊抗彎矩構架結構等基本型式，其餘複合或混合型結構型式如預鑄特殊牆二元結構、鋼骨鋼筋預鑄混凝土與混合結構等均為基本型式之組合。

預鑄結構系統之限高由所組成的結構系統之最小限高決定，其中預鑄結構系統之限高應按表 7.1 之規定，鋼骨結構系統之限高則應符合「建築物耐震設計規範及解說」[7.1]之規定。

本章僅說明預鑄特殊結構牆與預鑄特殊抗彎矩構架結構等基本型結構設計，其餘複合或混合型預鑄結構可依基本型預鑄結構及「鋼骨鋼筋混凝土與鋼構造規範」[7.2]進行設計，惟需考量結構接合部之區域。

7.2 預鑄特殊結構牆結構

7.2.1 預鑄特殊結構牆結構係由全部或部分預鑄之結構牆單元組合而成作為主要側力抵抗之結構系統，預鑄特殊結構牆結構整體設計應滿足「建築物混凝土結構設計規範」[7.3]預鑄特殊結構牆相關要求，各單元間之接合設計應考量所需傳遞之應力。

解說：

預鑄特殊結構牆結構含預鑄耐震設計的鋼筋混凝土牆及樓板，搬運預鑄構材至現場完成組裝接合，並可由預鑄構材發展出其他各種不同工法。一般而言，牆板及樓板大部份均採預鑄方式，亦有預鑄牆板配合現場澆置樓板之方式。

有關預鑄特殊結構牆工法之設計準則可參照「建築物混凝土結構設計規範」[7.3]第 18.8

節與其他適用章節。

7.2.2 特殊結構牆結構中結構牆與樓板之設計應按「建築技術規則」[7.4]與「建築物混凝土結構設計規範」[7.3]之規定詳加核算檢討。

解說：

預鑄結構牆之設計宜考慮製造、脫模、起吊等各種因施工產生之應力變化，適當的支撐架可預防構材之彎曲、扭曲等現象發生，吊裝組立時構材吊裝位置、形狀及加強鋼筋均要詳加檢核。預鑄結構牆宜考慮各種情況的補強設計，如續接器位置、開口補強筋及接合處補強筋等。

預鑄樓板之剛性及強度設計，宜按支承條件、重力載重和地震力載重等影響加以檢討核算。預鑄樓板吊裝時，採四點起吊方式，構材儲存時則以兩端長條狀支撐或四點支撐，端視構材尺寸而定，設計時宜注意各種不同狀況的載重條件進行調整。此外，樓板內預埋電力設備之出線盒、配管等，均需與配筋作業一併考慮。

場鑄樓板之設計依照「建築物混凝土結構設計規範」[7.3]之規定，其他如合成樓板等可參照本規範第 7.4 節之規定。

基礎部分多採用場鑄混凝土，低層住宅亦有採預鑄基礎，惟案例不多，設計時宜考量預鑄基礎底部與土壤間要事先鋪設底鋪砂漿，以填充可能之空隙。

7.3 預鑄特殊抗彎矩構架結構

7.3.1 由全部或部分預鑄之結構梁柱單元組合而成作為主要側力抵抗之結構系統，預鑄特殊抗彎矩構架結構整體設計應滿足「建築物混凝土結構設計規範」[7.3]預鑄特殊抗彎矩構架相關要求，各單元間之接合設計應考量所需傳遞之應力。預鑄特殊抗彎矩構架構材之分割，依設計而有不同型式，預鑄構材之接合以柱--柱、梁--梁及柱--大梁為主要之考慮。

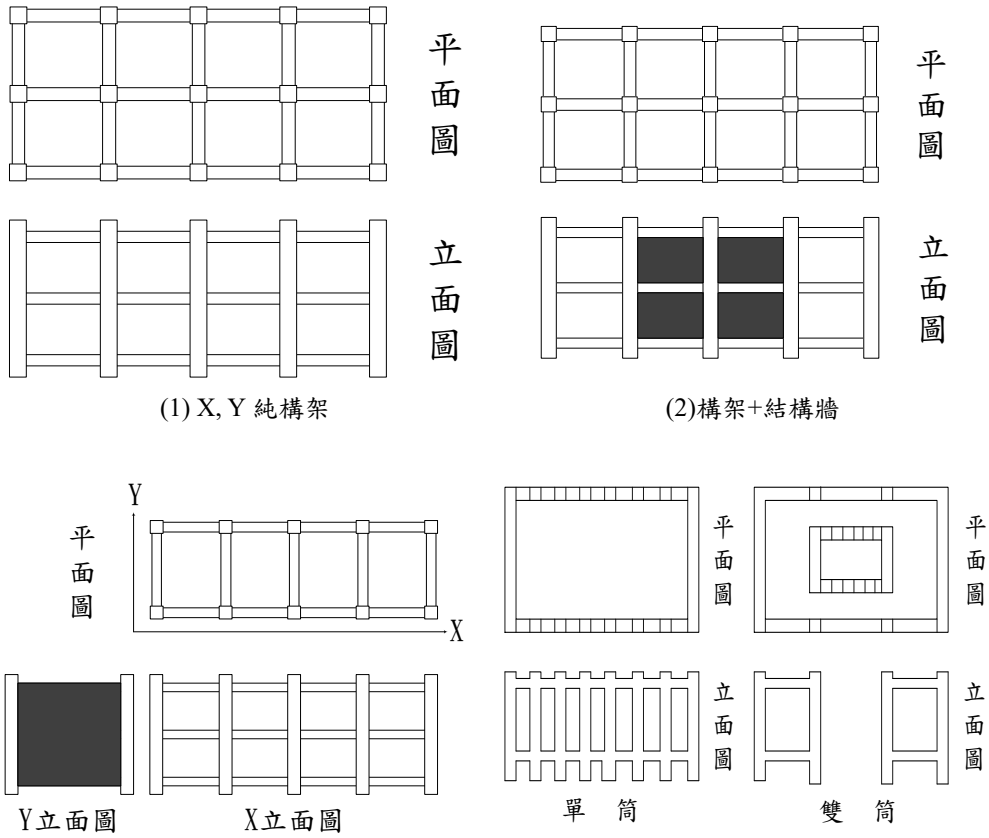
解說：

預鑄特殊抗彎矩構架結構，其主要預鑄構材在工廠生產，再將其組合成構架結構；亦有一方向為構架，另一方向與結構牆搭配之結構。預鑄特殊抗彎矩構架結構較預鑄特殊結構牆結構有更寬廣的適用空間，尤其適用於跨度要求較大及抗震韌性需求較高的高層建築。由於有抗震較佳的抗彎矩構架來承擔其構材之撓曲變形，故構材中之主筋配置量亦多，常常要在有限的斷面中，配置數量較多的大號鋼筋於接合部端部；為了減少接合用之主筋數量，故接合部多設計在應力較小的梁中央帶，惟不得已之情況下，也可將接合部設計在應力較大的梁端部或柱腳，預鑄構材分割的多樣化為特殊抗彎矩構架結構的特徵之一。若需要在應力較大的位置接合時，宜確保構材強度、韌性，及因接合部之剛性較其他部位高所導致之局部應力重分配情況。相鄰預鑄構材進行接合時，於接合部內宜以砂漿或混凝土確實充填，例如，柱與柱的接合部為後澆置之混凝土，其灌注充填之工法及接合部細部大樣，宜詳細計畫。

以下為各種預鑄特殊抗彎矩構架結構之配置可供參考。

預鑄特殊抗彎矩構架結構採用預鑄柱和預鑄梁，結構牆採場鑄，如圖 R7.1 所示之各種預鑄特殊抗彎矩構架結構配置，圖 R7.1(1)為工廠或超高層住宅案例，X 軸與 Y 軸均為單純的構架。將結構牆有效的配置在構架內，如圖 R7.1(2)所示，可以降低地震力對構架的影響，該結構牆周邊的構架一般採場鑄工法施做。圖 R7.1(3)範例為狹長地形中的低層大樓或高層

住宅之建築，其一方向為純構架，另一方向則以結構牆為主。圖 R7.1(4)為筒狀結構，外部構架為單筒式結構，與內部核心結構牆形成雙筒式結構，內部核心結構牆多以滑動模板或系統模板等場鑄方式施工。



(1) X, Y 純構架　　(2)構架+結構牆

(3) X 構架--Y 結構牆　　(4)筒狀結構

圖 R7.1 預鑄特殊抗彎矩構架結構配置例[7.5]

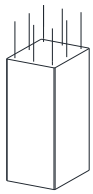
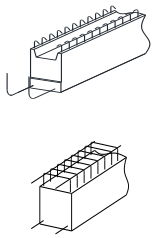
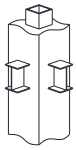
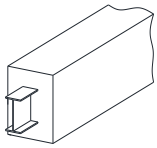
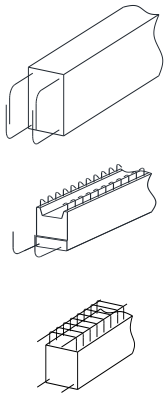
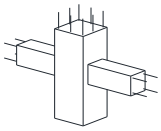
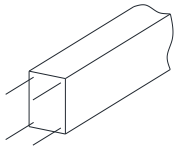
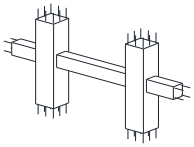
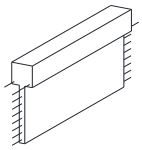
柱梁構材在預鑄特殊抗彎矩構架結構中可以有很多不同之分割方法：以柱、梁單獨預鑄為單元個體之單材式、柱梁一體之方式、以及僅梁端與柱構材預鑄為一體之方式，又稱托梁方式。柱梁一體之方式中，亦有 X、Y 方向均採柱梁一體者，惟其施工較不易；單方向之柱梁一體方式，在其正交向則配合單材式或採場鑄方式設計。

表 R7.1 為日本及台灣各公司的預鑄混凝土構架預鑄工法部分應用案例。由於預鑄構材之型式相當多元，故實際應用並不限於表 R7.1 所列舉之型式。針對表 R7.1 案例中預鑄構材型式分類如下：

(1) 單材式　　A、B、C
(2) 單向柱梁一體式+單材式　　D
(3) 單向柱梁一體式+梁牆工法　　E
(4) 梁與梁柱接頭一體+單材式　　F

非住宅建築開發多採用單材式。集合住宅則採梁柱一體式，此種一邊為隔戶結構牆，另一邊則為開放式構架，較適用於集合住宅，集合住宅一般樓層高約 3~4.5 m，故構材之運輸不成問題。所有工法之樓板混凝土多採現場澆置，並與預鑄梁結合為一整體之施工方式。

表 R7.1 預鑄特殊抗彎矩構架工法案例[7.5]

工法	預鑄構材示意		構材接合部位	
	柱	梁	柱	梁
A			柱、梁 接合部	柱、梁 接合部
B	 (現場施工)		--	構材端
C	現場施工		--	構材端
D			構材 中央附近	構材端或構材 中央附近
E			構材 中央附近	構材端或構材 中央附近

(續)表 R7.1 預鑄特殊抗彎矩構架工法案例[7.5]

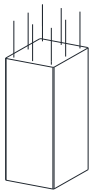
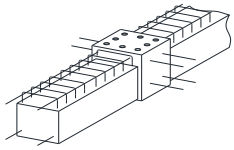
F			柱、梁接合部	構材端或構材中央附近

圖 R7.2 為 A 型工法平面示意圖，圖中預鑄構件包含預鑄柱、預鑄大梁及預鑄小梁，此工法的基本原則乃以預鑄柱支撐大梁，再以預鑄大梁支撐預鑄小梁，保留預鑄柱與大梁接頭、預鑄大梁上層筋、預鑄小梁上層筋及樓板等部分於現場施做，藉由現場澆置之混凝土將所有預鑄構件固結成一體，以發揮其結構性能。

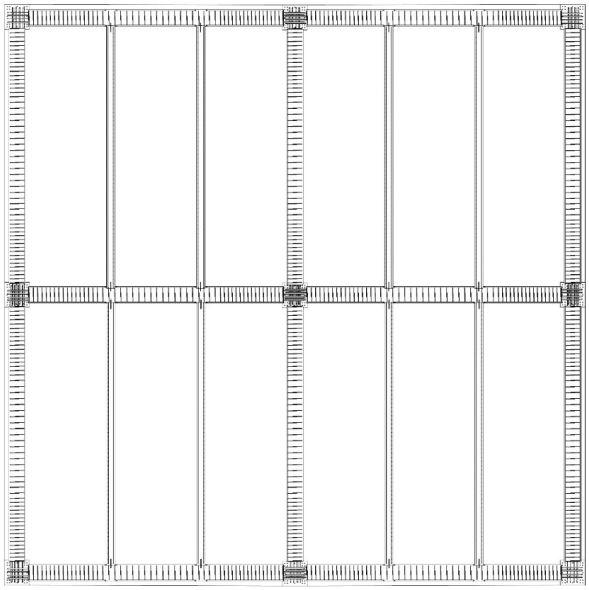


圖 R7.2 A 型工法圖例

圖 R7.3 至圖 R7.6 為 A 型工法邊柱接頭放大圖，圖中顯示預鑄大梁下層主筋以 90 度彎鉤在梁柱接頭錨定，同一接頭上，兩相平行之大梁下層筋採水平交錯(圖 R7.3)，兩相垂直向之大梁下層筋則以高程交疊(圖 R7.4)，梁端部設置剪力榫，以做為預鑄與場鑄混凝土介面之粗糙面。採此型式工法，預鑄梁主筋位置需避開預鑄柱主筋位置，以免在預鑄梁吊裝時發生柱梁主筋碰撞問題。

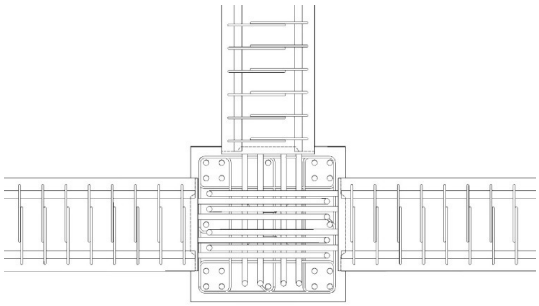


圖 R7.3 A 型工法邊柱接頭—兩水平向大梁下層筋水平交錯

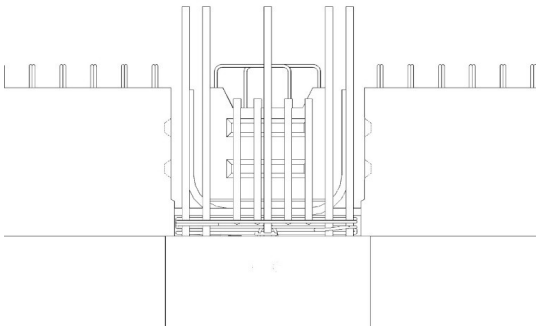


圖 R7.4 A 型工法邊柱接頭—兩垂直向大梁下層筋高程交疊

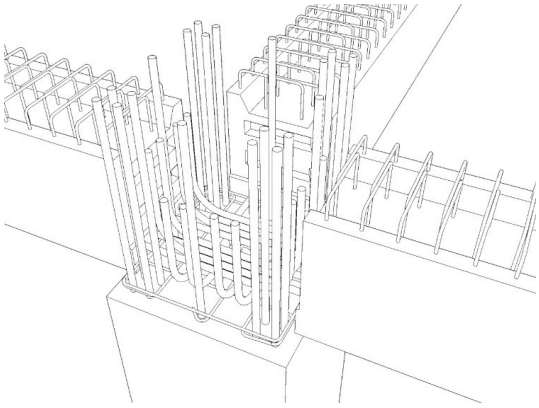


圖 R7.5 A 型工法邊柱接頭示意圖

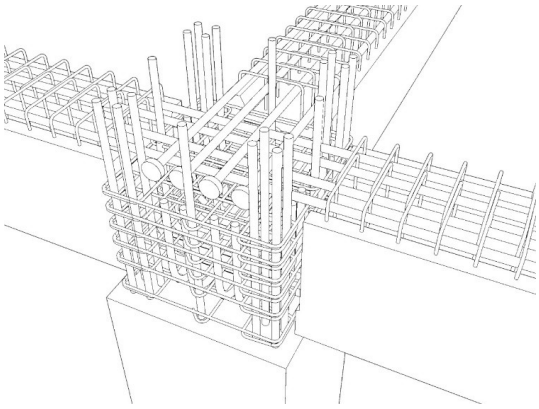


圖 R7.6 A 型工法邊柱接頭示意圖—大梁上層筋採擴頭錨定

圖 R7.7 為預鑄工法高層住宅構架之例。高層住宅常用筒體系統，如圖所示結構柱多數配置於外周與內周，平面規則且對稱性高，可使梁、柱構件之尺寸與鋼筋量均衡分配，符合預鑄模矩化的特性；另規劃結構柱混凝土強度高於結構梁之設計，可縮小柱斷面且容易符合強柱弱梁與接頭容量需求，使梁柱接頭為預鑄工廠製造能夠降低現場施工難度。此工法採用表 R7.1 之(F)型，較(A)型減少梁主筋在梁柱接頭交錯錨定之鋼筋用量，亦可確保接頭採用高強度鋼筋混凝土之工程品質，業界習慣稱為【蓮根梁工法】；工法另一特點則是在現場澆置當層樓板混凝土之前，即可吊裝往上一層樓的預鑄柱，可縮短現場整體工期。部分預鑄梁長規劃超過一個跨距，在另一跨距與其他預鑄梁接合，接合部設置於梁端或梁跨度中央，可減少預鑄構件整體數量，惟此接合處宜審慎評估鋼筋續接器之高塑性消能性能與施工細節，並搭配適當的結構分析模型加以設計，接合細節參考圖 R7.8。本案採用隔震系統設計，地震力之計算與梁、柱構件設計細節均符合國內相關規範之規定，該案例詳細內容請參考文獻[7.6]及[7.7]。

建築物預鑄混凝土結構設計規範

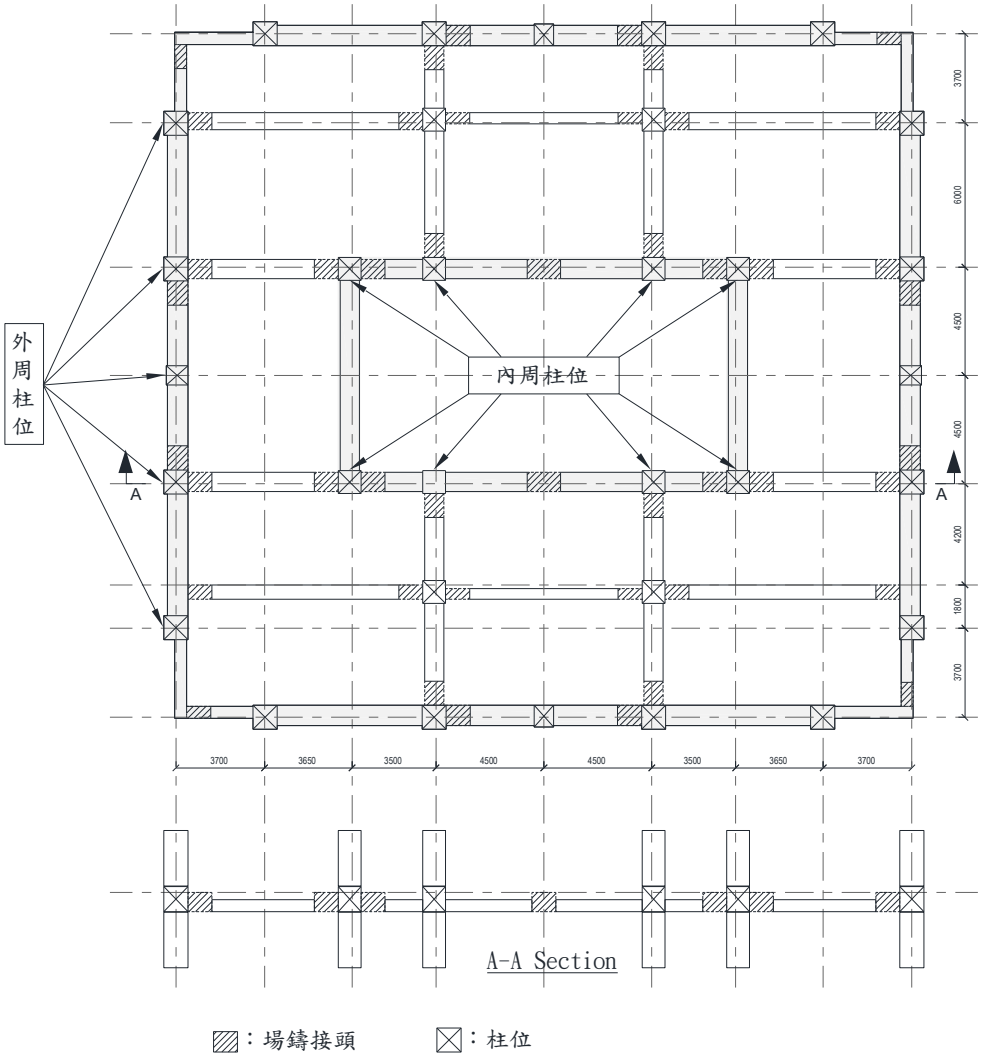


圖 R7.7 預鑄特殊抗彎矩構架工法例(單位：mm)

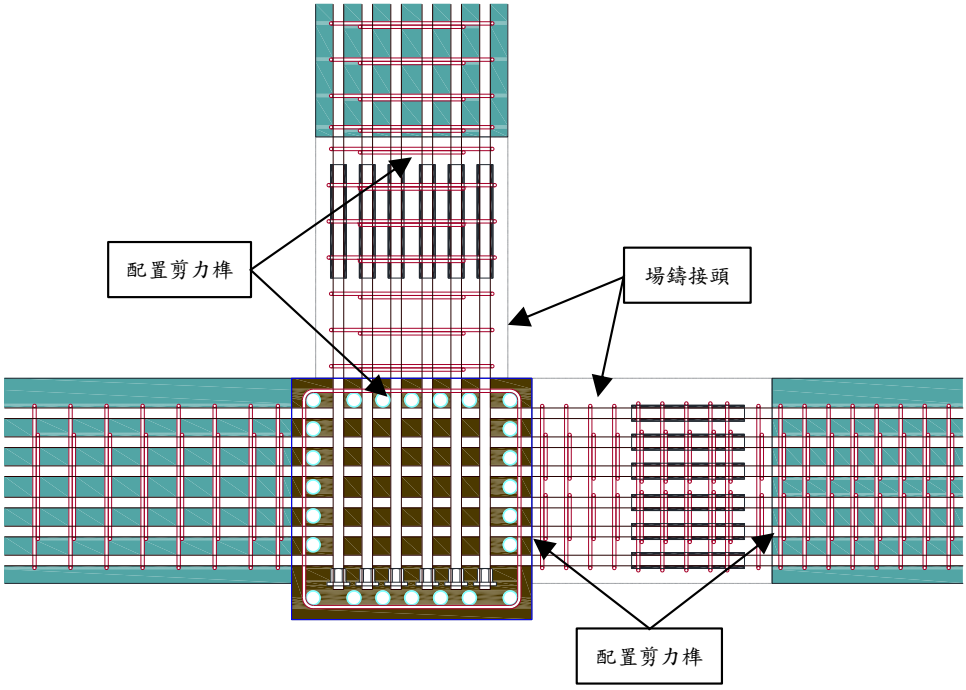


圖 R7.8 預鑄梁續接細部平面圖(柱繫筋未示)

圖 R7.9 是一般預鑄柱梁結構構架之工序示意圖，此預鑄工法乃採積層方式逐層施工，一般施工順序為預鑄柱吊裝、預鑄梁吊裝、預鑄小梁吊裝及樓板施工，一般常見搭配使用的樓板有預鑄 KT 板或鋼承板，採用此兩種樓板可減少其下支撐需求，在縮短工期及同步工程方面有明顯效益，圖中也顯示預鑄工地若配合適當的物料及動線管理，可讓工地現場井然有序，有利人員在相對通暢及整齊的環境下作業。

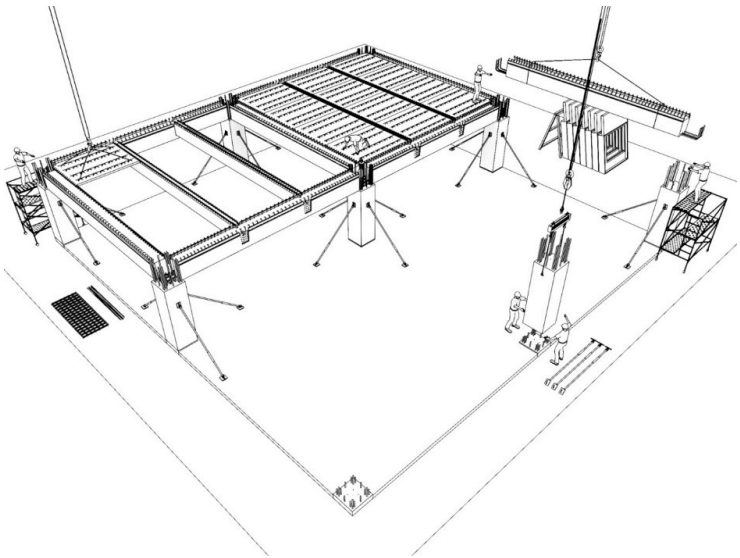


圖 R7.9 預鑄工法工序示意

預鑄構材之分割與接合工法分述如下：

(1) 柱--柱

圖 R7.10 為在下層預鑄柱的上端，採用墊片或螺栓支撐及調整上層預鑄柱高程，並封側模後，再充填高流動性無收縮砂漿於套筒及柱間空隙。預鑄柱中若設有剪力榫，則充填砂漿或後澆置混凝土不易密實，設計上宜布置適當之導流凹槽，必要時，宜設置排氣管道，其出口宜置高於所有套筒出漿口。

(2) 梁--梁

圖 R7.11 為預鑄梁於跨度中央的接合方式，在主筋續接完成後再澆置混凝土。梁常無顯著軸向壓應力，於接合部兩側預鑄梁的端部宜加設剪力榫以有效抵抗剪力。圖 R7.11(2)為樓板面後澆置混凝土前，預鑄梁上端外加依設計續接鋼筋(包括搭接)之補強筋。

(3) 柱--大梁

由於考慮到大梁於跨度的端部預期會發生塑性鉸行為，其全數主筋(含全部上層筋及下層筋)之接合不易確實，故多將預鑄柱與預鑄梁的接合作成如圖 R7.12 之方式，其中圖 R7.12(1)為內柱與兩支梁之端部預留鋼筋接合錨定之方式，圖 R7.12(2)則為梁在柱位處，於預鑄時暫不澆置混凝土，惟梁之主筋仍採連續配筋之方式。如果施工上允許時，邊柱及內柱上之梁至少有一方向採用貫通筋配合續接器之設計方式。

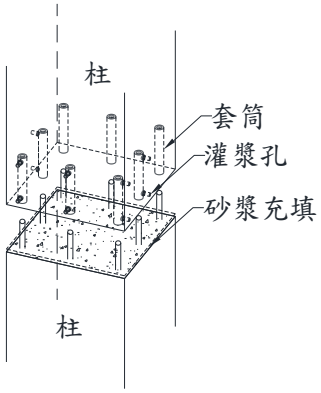
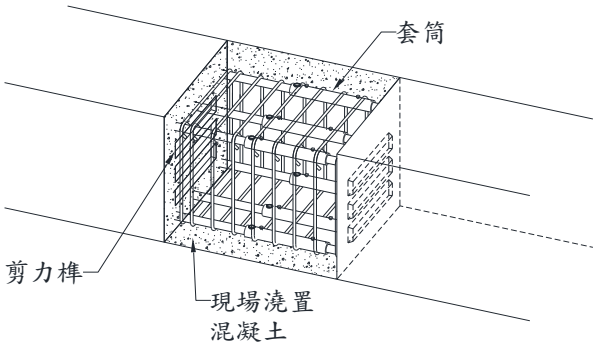
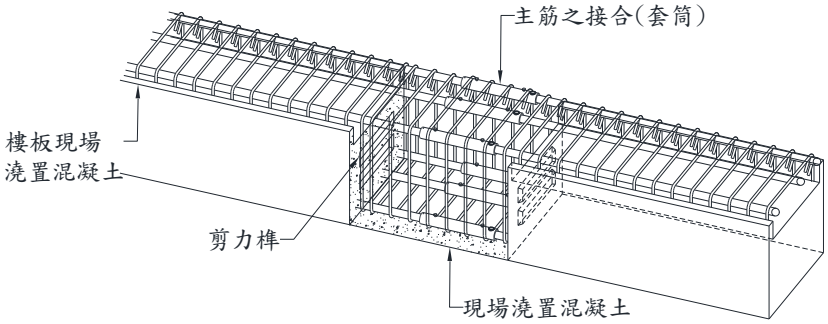


圖 R7.10 柱與柱接合圖例(套筒續接方式)[7.5]

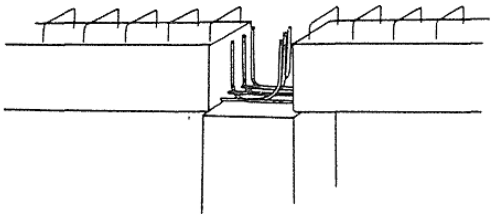


(1)

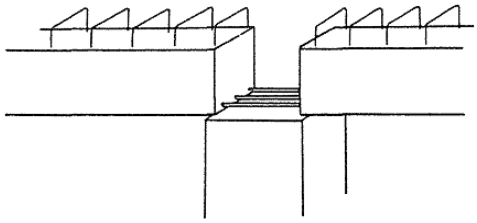


(2)

圖 R7.11 梁與梁接合圖例[7.5]



(1) L 形搭接



(2)貫通筋

圖 R7.12 梁與柱之接合圖例[7.5]

7.3.2 預鑄特殊抗彎矩構架構材可區分為柱、梁、樓板等，其分割與接合部等設計均應慎重規劃與考慮。

解說：

預鑄構材的設計關係著構架整體之構材分割、接合方式及場鑄之組合，因極多樣化難以一概而論，故本節僅針對預鑄構材設計時之共同點、注意事項及對策加以敘述。預鑄構材之端部為接合部，其接合細節之設計因直接影響構材之設計，故宜併入考慮。

柱、梁主筋為降低成本多採大號鋼筋，大號筋的接合如採套筒續接器時，為維持應有保護層厚度，主筋將被移向構材核心內，故於續接器以外的斷面處，因箍筋圍束面積較小而增大保護層，以致圍束面積及軸力不足，宜考慮在主筋外側增配如圖 R7.13(1)所示之額外鋼筋，配置此額外鋼筋後，柱心混凝土斷面會加大，在韌性提昇方面具有相當的改善效

果；此外，若設計已考慮主筋偏移至斷面核心內對斷面抗彎矩與軸力強度之影響時，則亦可允許較大保護層，如圖 R7.13(2)所示，但仍宜符合「建築物混凝土結構設計規範」[7.3]最大保護層之相關規定。反之，如因大號鋼筋的配置造成保護層變小，在鋼筋應力產生時，因握裹破壞而致韌性降低，無法達到構材原設計強度。握裹破壞方式為沿主筋方向側向龜裂或在主筋竹節方向產生內部龜裂，如圖 R7.14，此種龜裂，可經由加大並確保應有保護層厚度來防止或以上述之添置額外鋼筋等方法，加大柱心比而提高韌性。

在箍筋內預先放置梁之上層筋，俟吊裝後再將此預置之上層梁筋滑移半個跨距，通過梁柱接合部在應力較小之跨距中央部位，以小 2~3 號徑之搭接方式接連，在降低接合部之成本上極為有效，在歐美各國採用預鑄梁與場鑄併用工法，一般都採用這種方式為之。

預鑄結構中，在構材接合部施工完成後才會有一體性，因此在接合部完成前，靜載重所產生之構材應力與場鑄之一體結構呈不同之分布型態。在單材式中，梁及樓板之自重乃由兩端之鉸支承狀態支持著，直至接合部一體化之後，其附加靜載重及活載重才會呈一體結構之支持方式，因比如圖 R7.15 所示與場鑄一體結構比較，其梁之彎矩分布均轉移至下方，梁端之彎矩應力(短期)要使上端與下端均等化，則對構材及接合部之設計應妥予考慮。反之，若為柱梁一體式之預鑄構材時，則以轉移至上方為佳，梁端之上端與下端之彎矩差會加大，因此之故，其與結構體完成後才將混凝土之模板支撐撤除之場鑄一體工法不同，而係隨著構架之吊裝組立程序依各階段之應力累加之型式，故在構材設計宜加以注意。

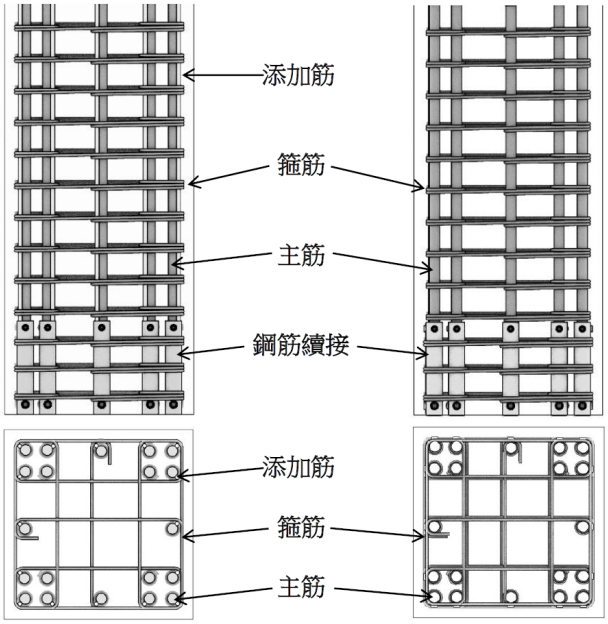
有關樓板之規定詳見本規範第 7.4 節。

柱、梁接合部設計之重點為應在構架之梁降伏時，此部分具有充分之剪力強度，且能確保柱或梁之主筋握裹力。

此柱、梁接合區域中易因鋼筋之接頭或因錨定端而配筋縱橫交錯，使得混凝土失去整體性，因此在此區域內之剪力強度或主筋之握裹力均有降低之傾向，故充分之剪力補強十分重要。

柱梁接合部之剪力強度及握裹力之計算法可參照「建築物混凝土結構設計規範」[7.3]之相關規定。

梁柱接合部易形成剪力破壞，若承受正負反復應力，則此部分之主筋的握裹力會急速劣化，由於預鑄結構中，鋼筋之續接接頭大多使用大號鋼筋以降低成本，故希望在設計時，考慮能使握裹力維持之接合部強度上之餘裕及梁降伏時梁柱接合部仍不致於受損傷之程度。



(1)有添加筋　　(2)無添加筋

圖 R7.13 套筒方式接續之配筋圖例

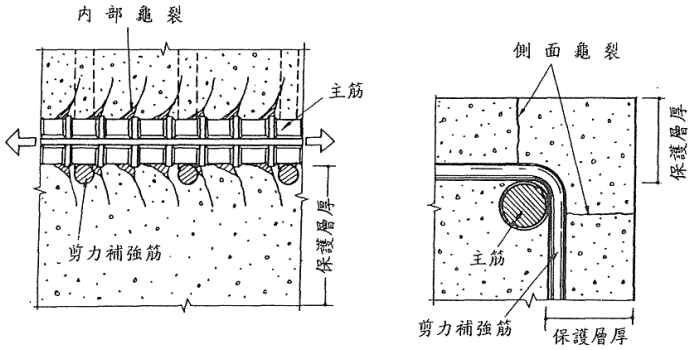


圖 R7.14 握裹破壞之機制示意圖[7.5]

建築物預鑄混凝土結構設計規範

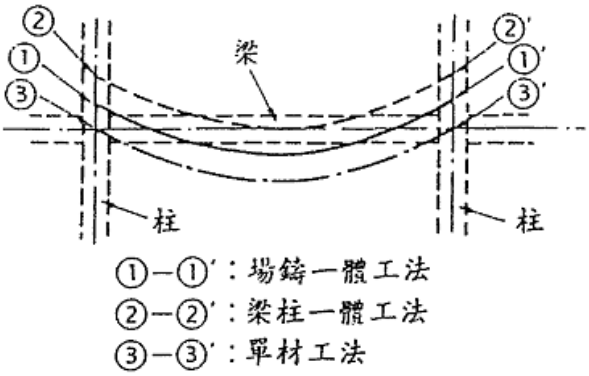


圖 R7.15 梁彎矩分布與工法關係示意圖[7.5]

7.3.3 預力使用於預鑄特殊抗彎矩構架梁應符合「建築物混凝土結構設計規範」[7.3]之規定，其構材與接合部設計均應詳加規劃核算。

解說：

特殊抗彎矩構架結構由預鑄梁與柱組立構成，其預鑄梁採用預力混凝土造並採後拉式預力組裝接合，設計時宜考量預力對於構材在不同施工階段的應力影響。預力混凝土構材施加預力後，可平衡因長期載重產生之撓曲彎矩，較適用於大跨度與大斷面的梁構材，可承受較大撓曲彎矩，並使全斷面均有效發揮作用。設計時，並不必將全部構材皆採用預力混凝土結構，可按構材實際所受之應力大小彈性搭配。以下就預力預鑄特殊抗彎矩構架構材說明之：

特殊抗彎矩構架之預力預鑄構材如圖 R7.16，包括柱、預力大梁、無預力梁及梁柱接頭等四種構材，可配合現場施工方式之特性採用全部預鑄或部分預鑄設計，設計時，宜考慮各施工階段的應力發展情況。

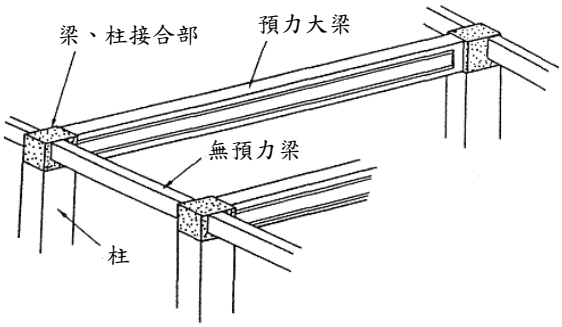


圖 R7.16 構架方式之構成構材例[7.5]

圖 R7.17 說明一單跨距預力預鑄特殊抗彎矩構架構材於各個施工階段下其應力分布情形，各施工階段之說明如下：

(1) 結構型式。

(2) 預力預鑄大梁構材於工地起吊時。

(3) 預力預鑄大梁與樓板等構材吊裝完成，並分別置於臨時承座及支撐架的上方。

(4) 柱梁完成剛性接合。

(5) 柱梁剛性接合後因載重(額外靜載重、活載重)所產生之彎矩。

(6) 合併載重產生之彎矩分布為((4)+(5))

如(6)因外力產生之彎矩，當大梁施加後拉預力時將會形成反向應力，如圖 R7.18 所示，若施加預力值過大時，在端部之下端及跨距中央之上端會產生拉應力，因此應力之施加宜分數次(一般為二次)進行。此種施加預力之方式稱為一次施拉與二次施拉。

接合部係採取於現場進行澆置之設計時，該接合部將使得構架形成靜不定結構，若施加預力則會產生靜不定應力(又稱二次應力)，在結構計算上相當繁雜；適當地調整施工順序將不致產生二次應力，例如，施預力時之預力預鑄構材維持在靜定結構即可減少二次應力的產生；如圖 R7.19(1)，梁端為滾動支承時，施加預力時預力梁端可自由轉動；如圖 R7.19(2)，先針對預鑄梁施加後拉預力後，再填充柱梁間之接縫混凝土，亦可減少二次應力的產生。

另外一種方法，如圖 R7.20，將大梁在地上預先施拉預力(點線部分)之後，再行接續預力鋼筋並從梁柱接頭外施加預力時，則構架形成後因梁端部之變位及迴轉量極小，故靜不定應力之產生可予忽略。

若分次施加預力時，僅於靜不定結構形成後之預力才會產生靜不定應力。

採用預鑄構材時，如其構材間之齡期強度有很大差異，此時混凝土潛變將顯著影響應力之變化，故採用預力混凝土之結構物宜檢討其影響。

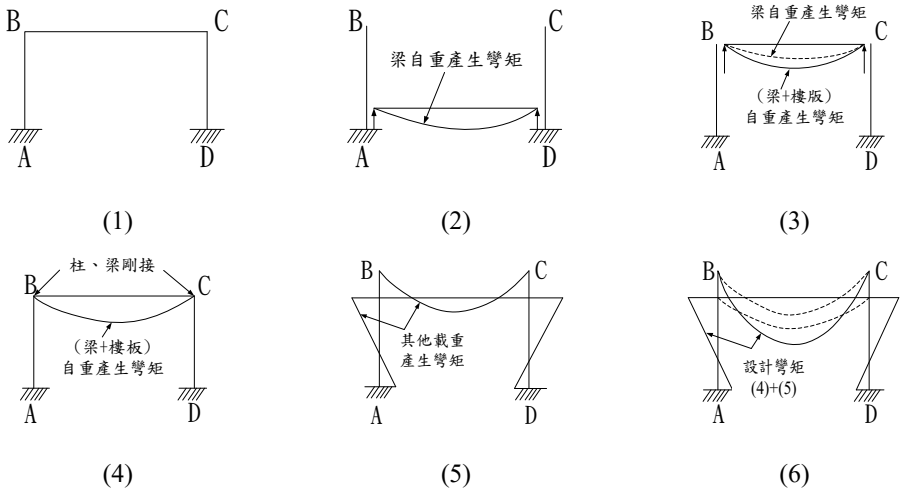


圖 R7.17 各施工階段應力[7.5]

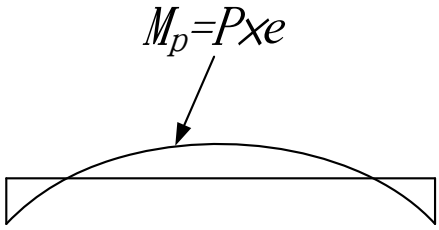
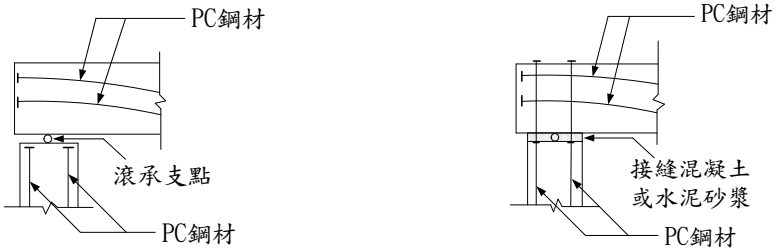


圖 R7.18 預力彎矩圖[7.5]



(1)　(2)

圖 R7.19 不產生二次應力之接合法例[7.5]

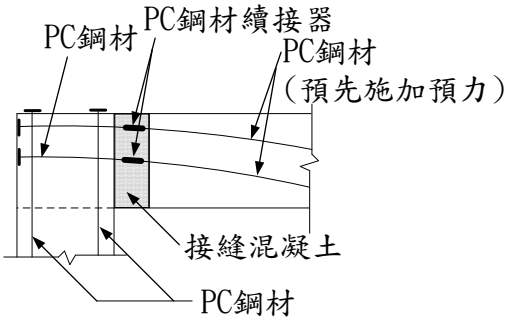


圖 R7.20 減小二次應力之接合法例[7.5]

7.4 預鑄結構樓板

7.4.1 預鑄結構系統之樓板，依設計及施工方式可分為預力預鑄樓板、場鑄樓板、預鑄樓板、及合成樓板四種。樓板設計應考慮力量傳遞路徑，樓板間或樓板與其他構材之接合設計應考量所需傳遞之應力。預力預鑄樓板設計應按本規範第 7.4.3 節之規定。

解說：

建築物之耐震設計一般均假定為剛性樓板，以柱和結構牆等耐震構材傳遞水平剪力。場鑄工法的樓板與梁、柱及牆等構材係一體成型澆置，其接合部的剛性、強度並無特別考

慮；預鑄結構的樓板與柱、梁、及牆均屬獨立構材，分別製造再吊運至現場組裝，故樓板與柱、梁、及牆間的接合部宜妥善設計。

近年因熟練之模板工、鋼筋工等技術工顯然不足，為達施工合理化、提升品質、縮短工期等目的，而開發了各種樓板工法來代替傳統場鑄樓板工法，以降低模板與支撐的需求，釋放出大量的施工空間，達到省力及省時之目的。

預鑄鋼筋混凝土結構中較具代表性的樓板施工方法，依混凝土澆置方式可分為預力預鑄樓板、場鑄樓板、合成樓板、及預鑄樓板等四類，除預力預鑄樓板可參照本規範第 7.4.2 節之規定外，其餘可參照表 R7.2 及本節之解說。

表 R7.2 樓板按施工方式之分類

場鑄樓板	合成樓板	預鑄樓板
1. 傳統 RC 樓板 2. 中空樓板 預埋旋楞鋼管製造的中空樓板。 3. 格子梁板 加肋格柵狀樓板。 4. 鋼承板合成樓板 以鋼承板為底模，免除支撐完成之合成樓板。 5. 鋼承板等加強KT筋合成樓板 鋼承板等置放KT筋形成肋狀跨於梁上，以免模板支撐，澆置混凝土的樓板。	1. 有KT筋半預鑄樓板之合成樓板 預埋KT筋的預鑄薄板。 2. 無KT筋之半預鑄樓板合成樓板 預鑄板表面加凹洞剪力榫和場鑄混凝土的合成板。 3. 預力預鑄合成樓板 以預力預鑄槽形混凝土板當作模板之合成板。 以中空預力預鑄樓板當作模板之合成板。 4. 雙層(中空)合成樓板 KT 筋加強之預鑄薄板上置入中空模板澆置混凝土的合成樓板。 預鑄肋條狀之薄板，將肋條向上配合拋棄式模板鋪設後，再澆置混凝土合成為中空樓板。	1. 預鑄樓板 2. 揚昇樓板 樓板在地面澆置後，以千斤頂揚昇至預定高度後固定之方式。 3. 格子梁板 4. 預鑄樓梯

各類別的工法概要說明如下：

(1) 場鑄樓板

場鑄樓板按傳統施工方式，以模板支撐與組立，及現場混凝土澆置的方式，如中空樓板(預埋管方式，詳如圖 R7.21)、格子梁板等，進展為具較大抗彎剛性之成型構材，如鋼承板(Steel Deck)、鋼承板搭配桁架式配筋(詳圖 R7.22)、或加肋樓板(詳圖 R7.23)等，使得樓板橫跨跨距內不必設置支撐，達到施工之合理化。其特徵主要為：可重複使用板模、可採用格子梁式或 I 形梁式之樓板結構型式，構成剛性大之長跨距樓板，可確保梁、牆、柱的混凝土整體性、及隔音性較佳。

場鑄樓板工法中，除傳統 RC 樓板結構外，其它樓板工法之斷面均為具方向性的結構構材，常以單向板設計，因此支承該樓板的梁在設計時宜注意其載重來源之差異

性。此外，場鑄樓板通常與梁構材一體澆置混凝土，故與梁之接合部仍可按一般樓板之設計方法考量。當支撐跨距較大且支撐較少時，設計時宜針對撓度問題加以檢討。

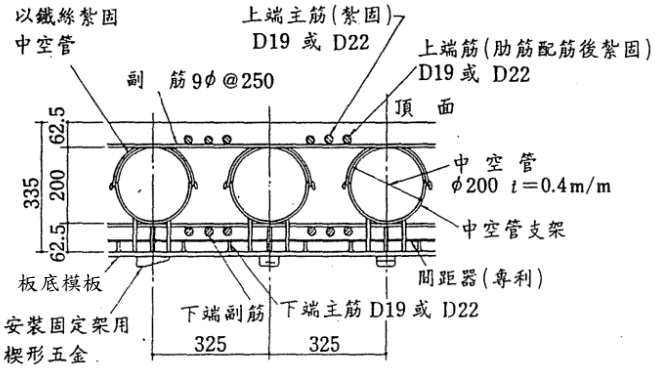


圖 R7.21 中空樓板斷面例(單位：mm)[7.5]

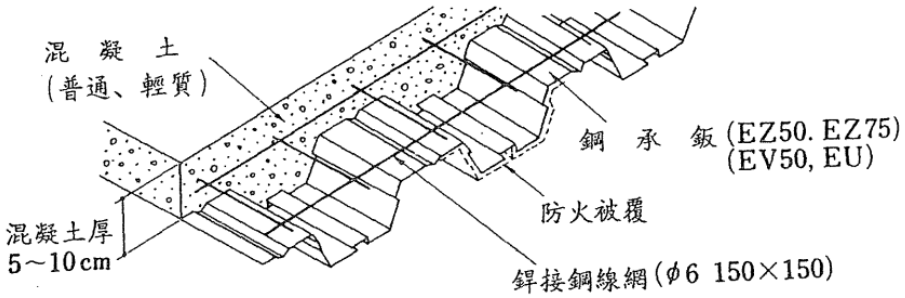


圖 R7.22 鋼承板合成樓板例(單位：mm)[7.5]

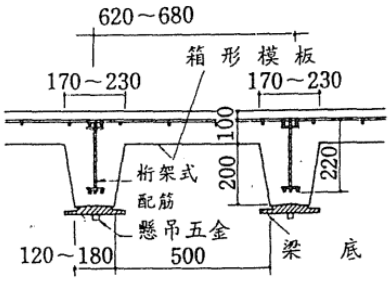


圖 R7.23 加肋樓板標準斷面例(單位：mm)[7.5]

(2) 合成樓板

合成樓板係將樓板下半部以預鑄樓板取代模板，預鑄樓板的上半部再於現場澆置混凝土方式結合成一體化之樓板。具代表性之做法：KT(Kaiser Truss)板(詳圖 R7.24，KT 筋配筋的形狀如圖 R7.25)、半預鑄合成板(詳圖 R7.26)、及複合式中空板(詳圖 R7.27

及圖 R7.28)等。其特徵主要為：不需模板、不需或數量極少的支撐、預鑄構材的品管穩定、內面可直接作為平頂修飾品、較易確保梁、柱、牆的一體性、設備配管可在現場施工、及隔音性佳等。

設計時，按不同階段個別考量。首先，作為模板之預鑄構材將承載施工時之全部載重(預鑄構材自重、現澆混凝土重、及施工載重)，且不得產生有害裂縫；若設置支撐時，支撐的上部應檢討負彎矩的影響。施工載重宜考慮施工人員、機具、堆存物料與衝擊等載重。其次，預鑄構材和場鑄混凝土合為一體形成合成樓板時，按「建築物混凝土結構設計規範」[7.3]之規定設計。最後，細部設計的考量方面，宜於混凝土樓板接續面設計剪力筋或剪力榫等以提供抗剪強度；當以單向板設計時，接縫處之橫筋至少為全斷面積的 0.2%以上；當以雙向板設計時，於場鑄混凝土中宜配置撓曲補強筋並於應力最小處進行分割。經實驗證實，預鑄樓板構材的上層鋼筋可充份錨定於梁或牆內且結合為一整體時，預鑄樓板構材亦可承擔部分水平剪力。

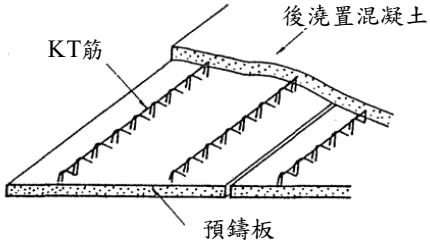


圖 R7.24 預鑄 KT 板例[7.5]

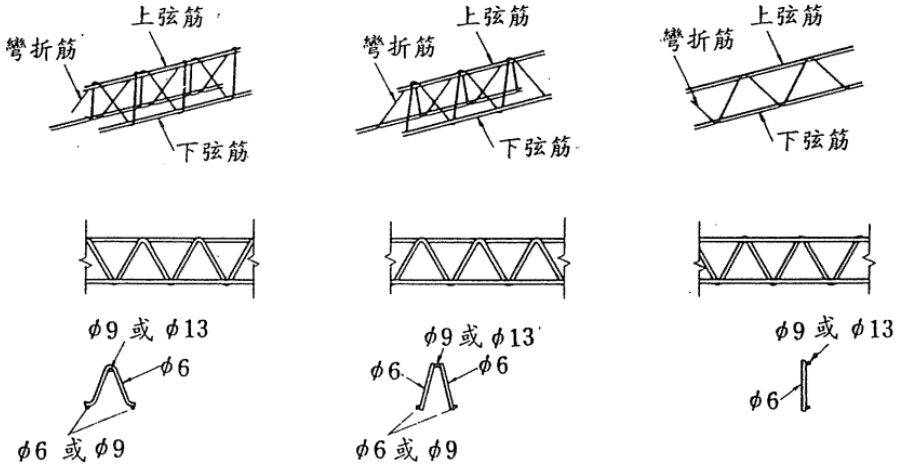


圖 R7.25 KT 筋配筋例[7.5]

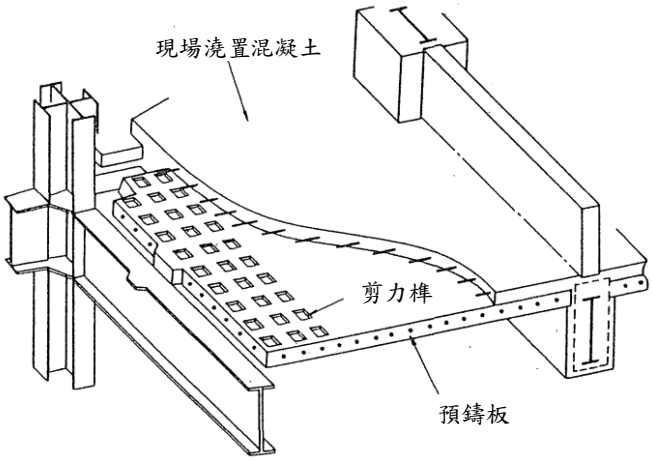


圖 R7.26 預鑄平板例[7.5]

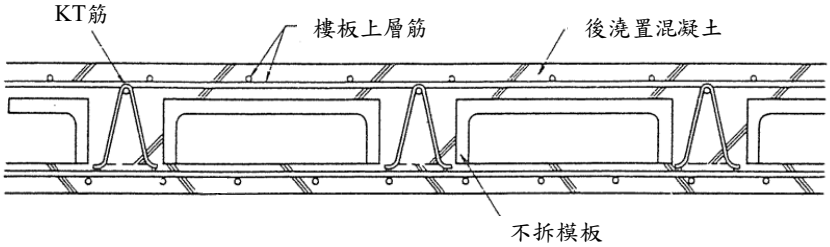


圖 R7.27 中空合成樓板例[7.5]

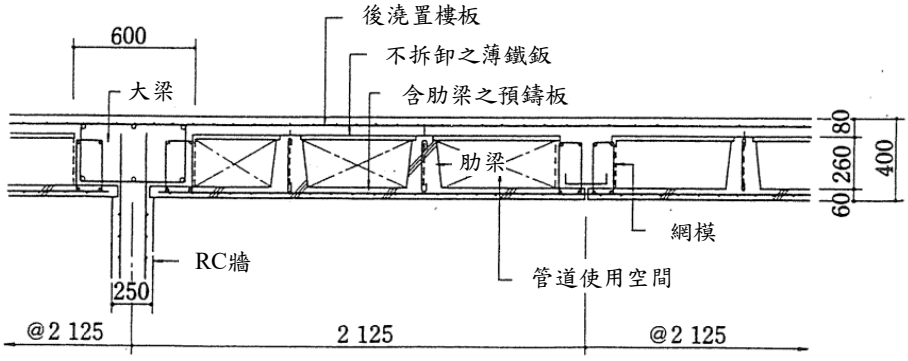


圖 R7.28 含肋梁之預鑄板構成之中空樓板例[7.5]

(3) 預鑄樓板

預鑄樓板係整片樓板經預鑄後，梁、柱、牆與樓板之接縫以鋼筋、預埋件等互相接合後，採用後澆置混凝土或水泥砂漿等材料進行填縫作業，使其結合為一體，如預鑄樓板，或現場預鑄後揚昇固定之頂昇樓板等。設計時，宜於接合部配置剪力榫以確

保樓板之整體性。

7.4.2 樓板構材若使用預力混凝土預鑄設計，其種類可依設計需求分為單 T 板、雙 T 板、中空預鑄板、槽形板及薄殼弧板等，其接合方法應事先詳加規劃。

解說：

本節預力系統僅限使用於預鑄混凝土結構中樓板構材採用預力者，一般以水平向樓板使用較為普遍。

預鑄構材中採用預力者有下列兩種：

(1) 施加預力之預力預鑄構材。

(2) 鋼筋混凝土預鑄構材或預力預鑄構材中，以預力組裝接合者。

一般而言，在大跨距之樓板設計，其板構材會使用施加預力之預鑄樓板構材，其預力施加通常採取先拉式預力法。此設計除構材本身之預力設計外，構材間的應力之傳遞性與接合方式宜事先檢討；例如，預力樓板之間及預力樓板與梁之間，宜考慮樓板面內剪力之傳遞性能。典型的預力樓板型式與分類，詳表 R7.3。

典型預力預鑄樓板適用範圍與接合方式如下：

(1) 單 T 板與雙 T 板

一般可使用在 5~20 公尺之大跨距樓板或屋頂板，惟需工廠訂製生產，其斷面尺寸均可因應設計需要自由調整變化。

(2) 中空預鑄板

中空預鑄板常使用在屋頂、樓板、牆板等。

使用於地下層之雙重樓板例亦多，不需模板為其優點，惟應注意其使用位置、尺寸、補強、釘掛性及防水性。

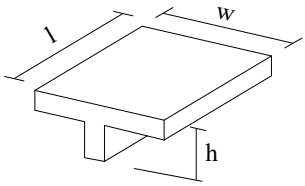
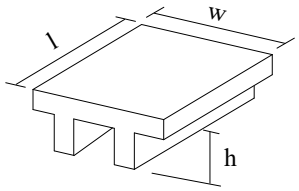
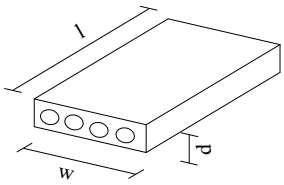
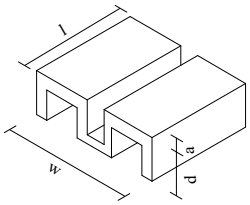
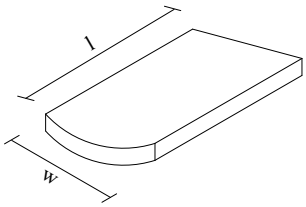
(3) 槽形板

槽形預力預鑄混凝土板，將其鋪設於構架上再加配上層板筋，以混凝土澆置成一體之合成樓板。

(4) 薄殼弧板

薄殼弧板為預力混凝土屋頂板用，板長可達 10~24 公尺。

表 R7.3 預鑄預力混凝土製品示意圖例[7.5]

名稱	形狀與尺寸		適用位置
單 T 板		l=5~20 m w=0.9~2.5 m h=35~100 cm	屋　頂 樓　板 (牆)
雙 T 板		l=5~20 m w=1.2~2.5 m h=20~55 cm	同上
中空預鑄板		l=3~14 m w=1.0 m、2.4 m d=7~30 cm	屋　頂 樓　板 牆
槽形板		l=3.0~6.5 m w=0.5~2.0 m d=15 cm a：後澆置混凝土厚	樓　板
薄殼弧板		l=10~24 m w=2.485 m	屋　頂

7.5 非結構預鑄構材

7.5.1 非結構預鑄構材之設計，除應考量自身之結構強度與功能需求外，其與結構構材之間的接合設計，應就力量傳遞、變位形態、固定方式及接合方法等詳加考慮。

7.5.2 非結構預鑄構材之設計，應充分考慮該建築物所屬地區的風力及地震力之相關規定。

解說：

在一般鋼筋混凝土建築物內，非結構構材可分為構成建築物的構材與附掛在建築物上的構材等兩類。非結構構材因其材料的性能，以及非結構構材與主結構接合之狀態，並無

法發揮類似主結構體之結構強度，故其設計強度不必考慮視為主結構體之一部分，例如平頂、突簷、帷幕牆、預鑄樓梯、預鑄陽台、輕質隔間牆、女兒牆、扶手、及門窗飾材等。設計時，宜考量建築物所屬地域之風力與地震力值，及非結構構材在建築物內所處之位置，對建築物之垂直面或水平面的剛性貢獻較低，因此，非結構構材與建築物之接合位置的相對變位比結構性構材大，臨近接合位置之裝修材，常因相對變位較大而發生局部破損，設計適當之分割縫是必要的。另外，如陽台板、扶手牆、室外樓梯、煙囪等突出並固定於建築物之非結構構材，因其與主結構間並無相對變位產生，設計安全性的檢討與主結構同，本節不予敘述。

建築物外牆採用預鑄板的優點為比金屬外牆可採多樣化設計、製作容易、價格低廉、及易於維護等；缺點則是自重大，地震力作用下對結構體的影響亦大，且應確實地附掛在結構體上，如圖 R7.29 所示。

圖 R7.29 預鑄帷幕牆之實際案例

隔間牆的造形要求較少，常使用於防火及防水要求之部位，若採一體成形的鋼筋混凝土隔間牆，宜考量吊裝與組立順序；亦有採用如預鑄輕質混凝土板(ALC 板)，或擠壓製造成型等輕質小型板或塊磚分隔牆為之。

非結構預鑄構材之設計，主要分為構材及接合部設計兩部分。非結構混凝土構材的重量較金屬製品及木材製品為大，地震力之影響較明顯，並透過接合部傳遞至結構體，圖 R7.30 顯示預鑄外牆接合部設計不當，受地震力作用下破壞及脫落的情形。設計時宜設法避免損害的發生，亦宜避免緊急通道之隔間牆板的傾倒或樓梯扶手的脫落。

非結構構材之設計通常針對自重、地震力、及風力等作用下的安全性加以檢討，溫度應力、傢俱傾倒與移動所引起之衝擊力均宜在載重條件上考量。除了溫度應力可參考日本 JASS 14「帷幕牆工程」[7.8]之外，非結構構材之基本耐震設計的規定，在強風與中小度地震作用下，非結構構材宜維持彈性行為，不可產生有害變形及殘留變形，且幾乎不需修補即可回復建築物之功能與繼續使用；在大地震作用下，非結構體構材之破壞與變形，不可直接或間接危害人的生命安全，且震災後的重要公共建築物宜確保其使用功能。此外，為確保預鑄外牆之氣密性及其他功能，應就防止裂縫之產生檢討其應有強度。

圖 R7.30 預鑄板因地震而脫落之例 (日本)[7.5]

風壓力是帷幕牆及陽台扶手等表面外露板片設計時重要考慮因素。建築物因空間與時間之不同，造成地表附近風速不規則變化產生所謂「擾流風」，受壓面積小時，因「規模效應」之影響，其瞬間最大風速較平均風速為大，故其單位面積之風壓有加大考慮之必要；由於預鑄板片具有高振動頻率，通常不考慮其與風力的共振現象。

此外，在建築物四周牆面的角隅、屋簷面、及周邊部分易產生較大「局部風壓」所產生的局部破壞；若風向直對稜線時，風在牆面稜線下，因角度小產生拉離現象，會引起較大的負風壓，設計時宜詳加考慮。風壓由預鑄板片本體來承受外，其開口處之玻璃安裝用預埋鐵件等之設計均需充分安全。一般在局部風壓狀況下，負風壓遠大於正風壓，故混凝土結構體和預鑄板片預埋鐵件之錨定設計宜特別注意。各種非結構體構材因風壓產生對結構的層間變位角，經由可移動式接合鐵件不產生應力狀況下，來設計鐵件之可動長度及可動之迴轉角。

地震時對非結構性構材產生之行為，由主結構體之振動對非結構性構材之地震力及因主結構體的變形而造成非結構構材的強制變形二者之作用組合而成。不論以何種作用來支配，均依非結構性構材與主結構體間之接合型態及主體結構之剛性而產生變化。作用於非結構構材的重心之地震力宜依「建築物耐震設計規範及解說」[7.1]加以決定，因非結構構材之斷面在各樓層均少有變化，故多數樓層採相同之非結構構材時，設計時可採其最大之地震力。原則上，按水平(面內)和垂直(面外)之地震力分別考慮，以計算構材之應力與決定斷面。

為了不使強制變位角在中小度地震時，非結構構材的設計產生殘餘變形和機能減低，預鑄帷幕牆至少宜採用可動式安裝鐵件與主結構結合，此為使非結構構材不致因強制變形而產生應力之有效方法。中小度地震時可移動的鐵件之適切設計為其重點，但因一般非結構構材間之接縫或構材與周邊結構體間之接縫會產生較大滑動，故接合設計時宜考慮其滑動特性。

在大地震時強制變位角依結構體非線性反應分析及實驗資料計算求得。大地震時在結構體之層間變位角為中小度地震時的 3-4 倍以上，且因大於板片接合部可動空間及鐵件活

動範圍，故板片較難追從水平滑動與搖擺之變形，此時因板片和接合鐵件之強制變形產生之應力，宜妥予設計以確保安全性。依建築物之重要性，構材之種類及其影響等，訂定各種容許破壞限度且與強制變位角間之關係均宜事先探討，前述計算宜考量實驗與震災經驗而推定。

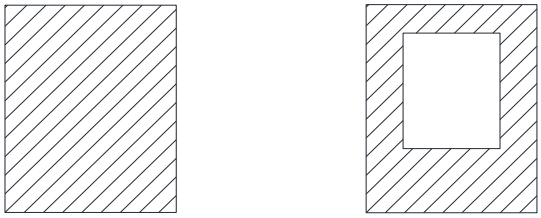
帷幕牆性能合格標準詳見 CNS14281〔帷幕牆及其附屬門、窗與天窗靜態層間變位性能試驗法〕之規定。

7.5.3 非結構構材之分割應考量其形狀、尺度與重量，並符合建築所要求之各式性能。其接合設計應依非結構構材分割的結果及其與結構構材間之相對變位關係決定。

解說：

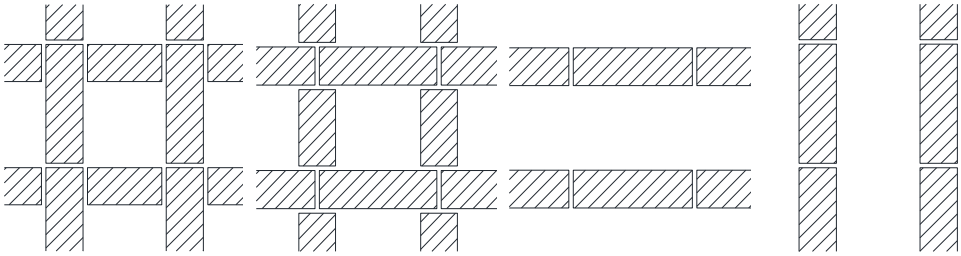
預鑄帷幕牆的分割大致分為圖 R7.31 的板式和圖 R7.32 的柱型、梁型組合式。板式帷幕牆的高度與樓層高度相同，與結構體接合於各樓層樓板上部與梁之下端，其接合的基本要求宜具有承受結構體因地震力產生層間變位之能力，並抵抗風力與地震力之性能，一般板式帷幕牆分為無開口板和開口板二種，如圖 R7.31。組合式的板片尺寸比板式小，如圖 R7.32(1)之柱型式及圖 R7.32(2)之梁型式之柱型預鑄構材，若其與柱間無混凝土充填時，其結構性能與板式之基本要求相同。若鋼筋混凝土之結構柱、梁外露時之外牆分割，當以圖 R7.32(3)腰牆式或圖 R7.32(4)立柱式為主。

板式之應力分析與製作較容易，時常為了確保其面外剛性與強度而增加板的厚度，設計時讓非結構構材在滿足隔音、隔熱、防水、及防火等要求性能下，宜盡量輕量化以利耐震性及施工性。加肋帷幕牆可減少板厚與減輕重量，亦能確保面外剛性與強度，設計時仍要考慮鋼筋保護層厚度及斷面的開裂強度，如圖 R7.33。針對隔間牆防火性能有所要求之公寓，其玄關與四周廚房牆面、等空間較小之處，亦有採用如圖 R7.34 所示之立體牆，此外於凸出陽台扶手，亦有採用ㄈ字形之範例。



(1)牆型 (2)窗型

圖 R7.31 板片方式例[7.5]



柱型式 (1)　　梁型式 (2)　　腰牆式 (3)　　立柱式 (4)

圖 R7.32 柱型、梁型組合圖例[7.5]

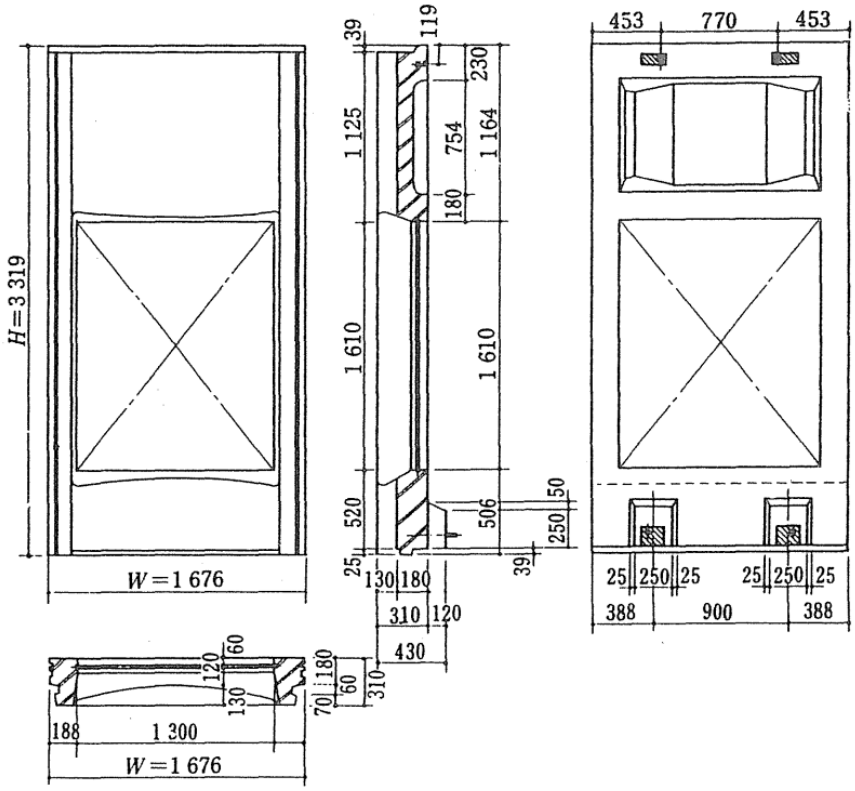


圖 R7.33 加肋帷幕牆圖例(單位：mm) [7.5]

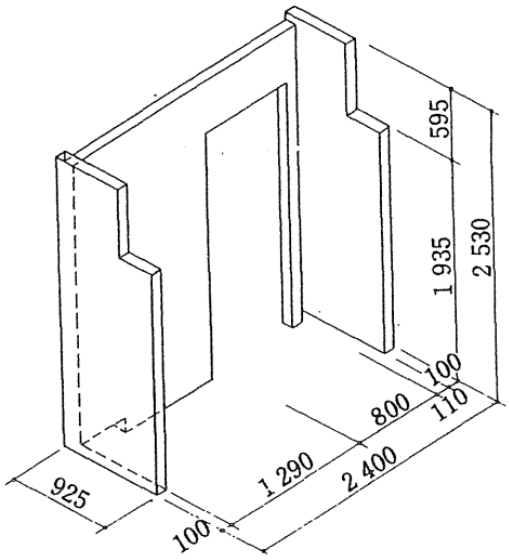


圖 R7.34 預鑄立體牆圖例(單位：mm)[7.5]

因非結構預鑄構材所採用之安裝鐵件，以及其與結構體接合的方法多所不同，其接合設計端視地震力與強風對結構體造成之變形、接合部之固定度、及接合方式，可分類如下：

依變位特性：水平滑動(Sliding)、搖擺方式(Rocking)及固定方式(Fixing)，如圖 R7.35 及表 R7.4。

依固定度：插銷式(Pin)、及活動方式(單向或雙向)

接合方式：銲接方式、栓固接法、彈簧方式、及套接方式

在預鑄構材的施工計畫中，接合設計宜詳述變位特性、固定度、及接合方式。

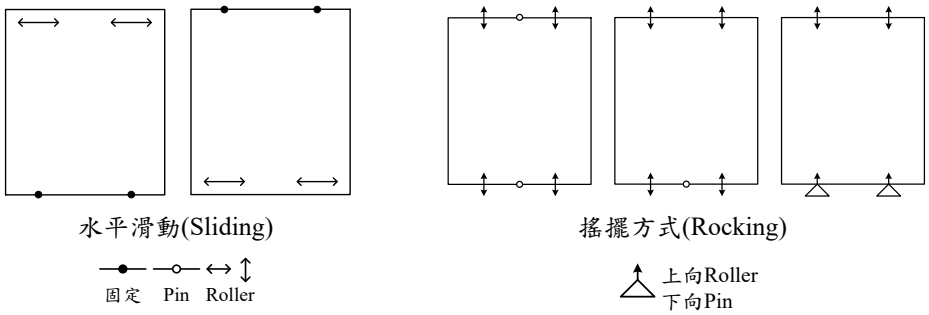
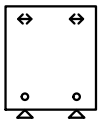
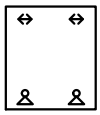
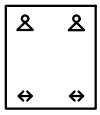
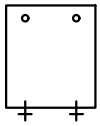
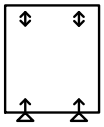
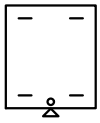
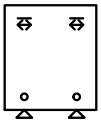
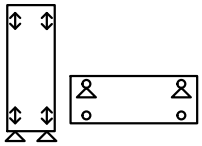
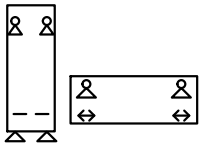


圖 R7.35 板式帷幕牆之接合設計原理[7.5]

表 R7.4 接合設計一覽表例[7.5]

No	構成	名稱	變位特性	固定度	接合方式	原理圖
1	板式工法	水平滑動 (樓板上安裝)	水平滑動	上部活動 下部插銷	螺栓栓固	
2		水平滑動 (梁下安裝)	水平滑動	上部活動 下部插銷	螺栓栓固	
3		上掛	水平滑動	上部插銷 下部活動	螺栓栓固	
4		套接	搖擺	上部插銷 下部套接	螺栓栓 固、套接	
5		搖擺	搖擺	上部活動 下部活動	螺栓栓固	
6		彈簧	搖擺	上下部兩端彈簧 固定 下部中央插銷	彈簧、 螺栓固定	
7		合併 滑動+彈簧	水平滑動	上部活動+彈簧 下部插銷	彈簧、 螺栓固定	
8	梁柱型	柱軸式	柱型搖擺 梁型固定	柱型活動 梁型插銷	螺栓栓固	
9		梁軸式	柱型搖擺 梁型固定	柱型上部插銷 下部彈簧 梁型一端插銷 一端滾承	螺栓栓固 彈簧 螺栓栓固	

△：自重支持點　○：Pin　↔：Roller　＋：套接　♙：向上Roller　－：彈簧

7.5.4 非結構預鑄構材採用纖維或複合式輕質材料，設計時應考量其勁度，撓曲強度，與結構體之固定方式以吸收層間變位角，以不造成變形開裂或脫落為原則。

解說：

預鑄構材多半採用鋼筋混凝土，其缺點在於開裂強度低、最小厚度需滿足鋼筋保護層之最小厚度。為提昇開裂強度，可採用預力預鑄構材。圖 R7.36 為樓高 6.4 公尺之建築外牆所用窗形開口預鑄板之例，由於板長向甚大，施工中及安裝後之彎曲應力亦大，在長向兩端的肋帶中，共計使用六條預力鋼絞線，使抗裂性及抗彎強度增大。近來各種補強纖維已在預鑄構材上使用，如水泥系複合材料 FRC、鋼纖維 SFRC、耐鹼性之玻璃纖維 GFRC、碳纖維 CFRC 等。FRC 可將一般收縮裂紋分散，抗裂性及抗彎強度高，韌性、耐衝擊性及施工性均優。因解決了鋼筋需保護層及抗裂性的問題，使得輕質化變成可能，耐凍性亦高。由於纖維係三向度配置，增強抗裂強度，在一般帷幕牆安裝位置不規則及構材形狀複雜均可使用。對預鑄構材之搬運、安裝不當時，容易產生之破損、龜裂均可有效改善，以上優點使 FRC 較適合使用在內外裝之預鑄構材上，惟其成本較鋼筋混凝土為高，拌合及品管不易、鋼纖維補強在防鏽及耐火性方面還有待改良為其缺點。圖 R7.37 為 GFRC 外牆窗板及女兒牆之使用實例，主要部分之板厚為 20 mm，與同形狀之鋼筋混凝土板比較，重量大幅降低。圖 R7.38 為 GFRC 外部扶手，部分採用曲面板之例，主要部分之板厚雖為 20 mm，局部也有 5 mm 厚度者。圖 R7.39 為 CFRC 外牆，其隔熱性高、板片採自動高壓高溫養護方法、尺寸穩定均為其優點。

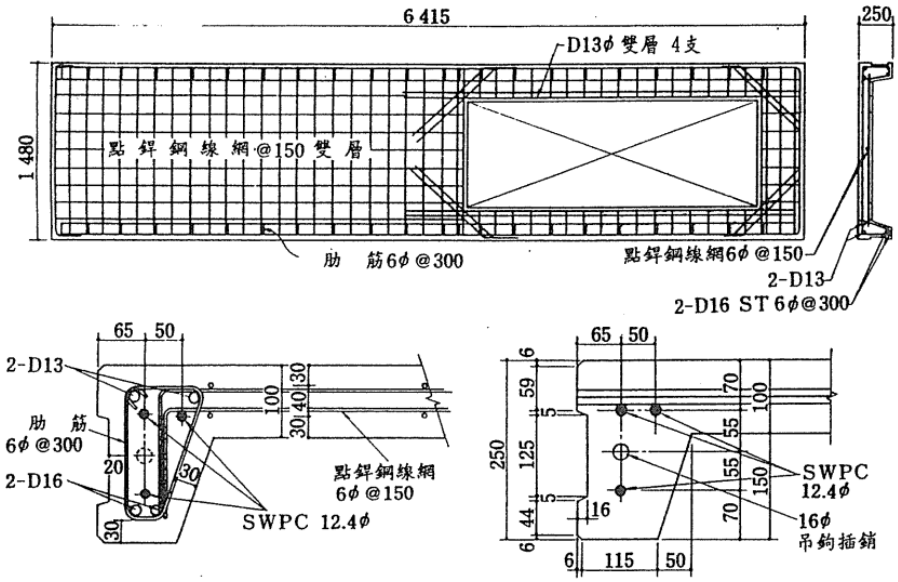


圖 R7.36 預力帶肋帷幕牆圖例(單位：mm) [7.5]

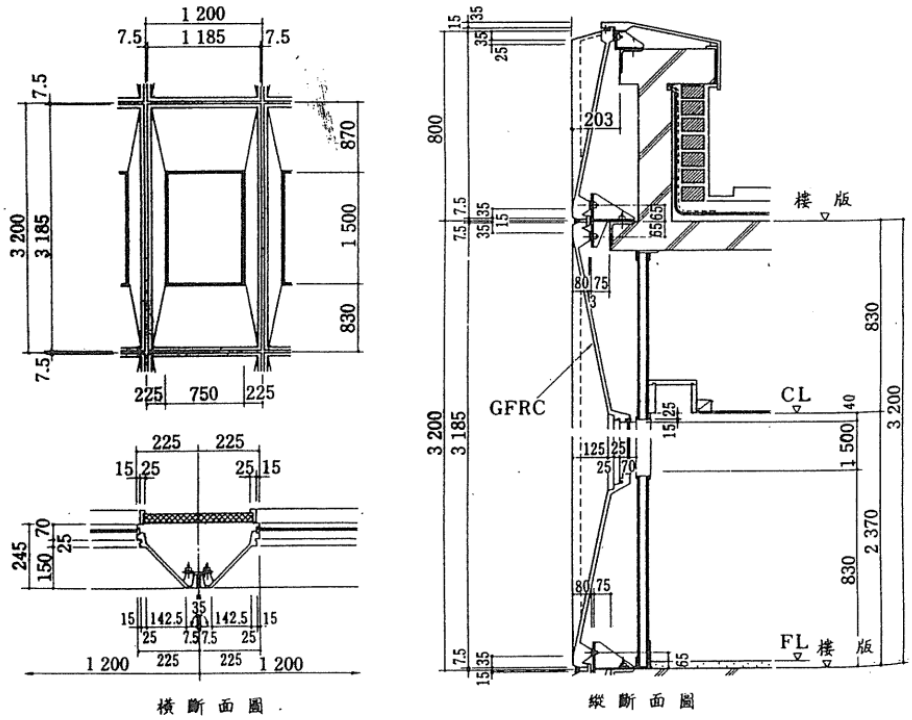


圖 R7.37 GFRC 帷幕牆圖例(單位：mm)[7.5]

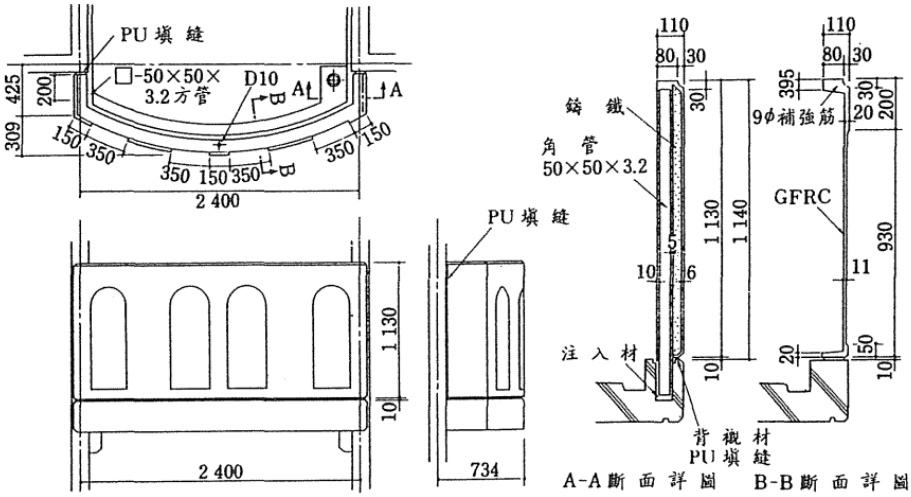


圖 R7.38 陽台扶手圖例(單位：mm)[7.5]

建築物預鑄混凝土結構設計規範

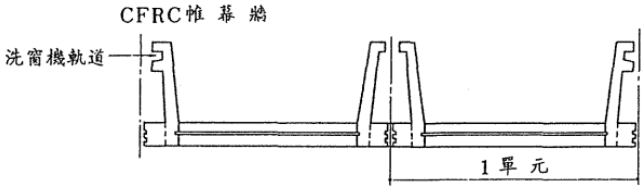


圖 R7.39 CFRC 帷幕牆圖例[7.5]

參考文獻

[7.1] 內政部，建築物耐震設計規範及解說，台北，2022。
[7.2] 內政部，鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說，台北，2011。
[7.3] 內政部，建築物混凝土結構設計規範，台北，2023。
[7.4] 內政部，建築技術規則，台北，2015。
[7.5] 內政部，建築技術規範施工篇(草案)-預鑄混凝土施工規範(草案)，台北，1996。
[7.6] 苗勵青、林泰煌、鄭燦鋒，2020，「國內首例 NEW RC 預鑄隔震工程採用蓮根梁新工法之施工簡介」，社團法人台灣混凝土學會，混凝土科技，第 14 卷，第 4 期。
[7.7] 張圻、魏世玉、鄭燦鋒，2020，「新式預鑄工法應用於高層隔震建築之規劃及施工成果」，中國土木水利工程學刊，第 47 卷，第 6 期，第 63-71 頁。
[7.8] 日本建築學會，建築工事標準仕様書.同解説 JASS 14 カーテンウォール工事，東京，2012。

第八章 接合部

8.1 一般事項

8.1.1 預鑄結構系統之接合部設計應能承受該系統所有載重引致之作用力與變形。

解說：

接合部之細部宜適當設計，將其因束制潛變、收縮與溫度變化產生裂縫的可能性降至最低。美國預鑄/預力混凝土學會出版之 Architectural precast Concrete Third Edition (PCI MNL 122, 2007)[8.1]，提供預鑄混凝土建築結構物設計建議。

8.1.2 接合部之力量傳遞可利用灌漿接頭、剪力榫、支承、錨栓、機械式連結器、鋼筋、配有鋼筋之上覆板、經試驗證實有效之新材料或結構等、或以上元件之組合。

解說：

若使用二種或二種以上方法滿足力量傳遞規定時，宜確認個別方法的受力變形特性，以確保各種方法可如預期般共同作用。

8.1.3 不應採用僅以重力提供摩擦力之接合部細節。

解說：

由重力提供摩擦力的影響因素眾多，如接合部由上部重力所提供之摩擦力的實際效應，可能因上部結構構材或附加之非結構構材重量或重心估計的誤差、其重力受相鄰接合部或構材之影響無法準確估計、接合部介面摩擦係數變異性大、結構物於使用中因結構體沉陷或傾斜或接合部填充料的體積收縮造成接合部摩擦力部分喪失、結構物在受震過後其接合部的部分破壞無法確保原估計摩擦力的有效性等因素，故設計時不允許僅以重力提供摩擦力之接合部。

8.1.4 使用多種元件之接合部，設計時應考慮元件間的勁度、強度與韌性之差異。

解說：

預鑄構材的結構行為可能與場鑄構材者有很大的差異，在預鑄工程中，接合部之設計採用多種元件進行連接時，宜考慮各元件的勁度、強度與韌性之差異，以減少或傳遞因收縮、潛變、溫度改變、彈性變形、差異沉陷、風及地震所產生之力量。

8.1.5 接合部之設計應考慮體積改變所引致之結構束制效應。

解說：

接合部的設計宜能抵抗因尺寸不合、受收縮、潛變及溫度所引致的體積改變、或其他環境效應所產生的變位或作用力，且無強度損失情況下承受上述作用力；束制條件的假設與所有連結的預鑄構材一致。某些特殊情況下，雖然預期上述力量在某一方向上，但卻影響該接合部在其他方向的強度，例如，體積收縮引致預鑄梁之軸向拉力，可能影響支承該梁之梁托在垂直向的剪力強度。

8.1.6 接合部之設計應考慮預鑄構材在製作與組立過程的容許誤差(許可差)所引致之效應。

解說：

預鑄構材與接合部之設計，受個別預鑄構材的尺寸及其在結構中所在位置的許可差影響，設計所採用之許可差值宜於設計圖說中規定，一般可採標準工業化許可差取代。詳細規定標準工業化許可差之偏差值是必要的。「建築物混凝土結構設計規範」[8.2]第 26.6.2 節之許可差可做為預鑄混凝土之鋼筋工程之參考；ACI ITG-7-09[8.3]規定工業標準產品與組立之許可差；ACI-117[8.4]規定預鑄與場鑄混凝土間介面之許可差。

8.1.7 沿一整體結構之垂直方向、縱向、橫向、及結構周邊桿件應配置連接各預鑄構材之整體性連接筋，其配置應符合第 8.4 節或第 8.5 節之規定。

解說：

預鑄預力混凝土委員會(PCI, 1986)[8.5]提供預鑄混凝土承重牆結構物最少整體性連接筋(integrity tie)之設計建議，整體性連接筋如圖 R8.1 所示。

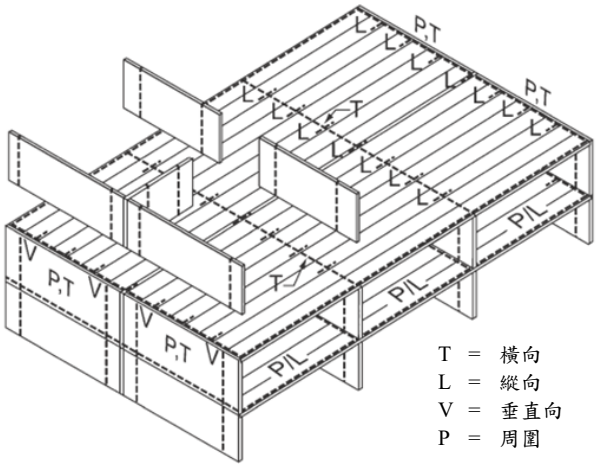


圖 R8.1 PCI 提供承重牆結構之典型整體性連接筋(integrity tie)配置[8.2]

8.1.8 接合部之設計應考慮結構性、使用性及施工性等性能，以確保結構物整體之安全性及使用性，故設計、製造、及施工過程中，均應符合接合部之性能要求。

解說：

預鑄構材之接合部設計與細節的選用應同時確保安全性與使用性，宜考量之事項包括：結構受力與變形，接合部對防水、隔音、氣密、隔熱、防火、防鏽、耐久性等使用性，製造與安裝之施工性等。

8.1.9 接合部之性能應以分析或試驗方法證明其適用性。

解說：

預鑄構材的接合部之性能，宜採分析或試驗方法證明該接合部的有效性與適用性，惟分析與試驗所採用之邊界條件宜盡可能符合實際預鑄構材之接合部的受力條件。

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

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，可以不必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。

8.2 需求強度

8.2.1 接合部與該接合部之鄰近區域的需求強度應根據「建築物混凝土結構設計規範」[e]第五章因數化載重組合之規定。

8.2.2 接合部與該接合部之鄰近區域的需求強度應根據「建築物混凝土結構設計規範」[8.2]第六章分析程序之規定。

8.3 設計強度

8.3.1 在任一適用的載重組合下，預鑄構材接合部設計強度應符合

$$\phi S_n \geq U \qquad (8.3.1)$$

其中 ϕ：為強度折減因數

S_n：為標稱強度

U：為需求強度

8.3.2 ϕ 值應根據「建築物混凝土結構設計規範」[8.2]第 21.2 節結構混凝土構材及接頭之強度折減因數之規定。

8.3.3 支承與被支承構材之間或支承或被支承構材與中間支承元件間之混凝土接觸面標稱承壓強度(B_n)應根據「建築物混凝土結構設計規範」[8.2]第 22.8 節支承之規定計算。B_n 為支承或被支承構材中標稱混凝土承壓強度之較小值，但應不超過中間支承元件的承壓強度。

8.3.4 若剪力為外加載重所引致之主要內力，且透過一特定平面傳遞時，其標稱剪力強度可根據「建築物混凝土結構設計規範」[8.2]第 22.9 節剪力摩擦之規定計算。

8.4 最小接合部強度與最少整體性連接筋要求

8.4.1 除於本規範第 8.5 節另有規定外，縱向與橫向的整體性連接筋應將預鑄構材連結到抵抗側向力之結構系統。垂直方向的整體性連接筋之設計應根據本規範第 8.4.3 節之規定，以連接相鄰樓層之樓板與屋頂板。

8.4.2 組成樓板或屋頂橫膈板之預鑄構材，橫膈板與藉由橫膈板做為側向支撐構材間之接合部，其標稱拉力強度應不少於 450 kgf/m [4.4 kN/m]。

8.4.3 除了非用以承重之外牆或室內隔牆，所有豎向預鑄構材應在水平接頭提供垂直向整體性連接筋，並符合(1)或(2)之要求：

(1) 預鑄柱間之接合部應配置垂直向整體性連接筋，其標稱拉力強度不小於$14A_g$ kgf [$1.4A_g$ N]，其中A_g是柱總斷面積。若柱斷面大於基於載重考量所需之斷面時，得使用符合載重需求折減後之有效面積，但應不小於原柱斷面積之一半。

(2) 預鑄牆板間之接合部應至少有2根垂直向整體性連接筋，其每根整體性連接筋之標稱拉力強度應不小於4,540 kgf [44 kN]。

解說：

結構之整體性可藉由微幅改變構材鋼筋數量、位置及細節與接頭組件之細部配置而大幅提升。整體性連接筋宜構成完整的力量傳遞途徑，而力量儘量透過該途徑直接傳遞。此傳遞途徑的偏心，特別是在接合部，宜降至最低。

橫膈板與受橫膈板側向支撐構材可以直接或間接接合，例如柱構材可以直接與橫膈板接合，或與橫膈板相接之邊梁接合。

預鑄混凝土柱與包含結構牆之牆板構材，其基礎接合部及水平相接接合部宜設計以傳遞所有設計力與彎矩。本節之最少整體性連接筋(tie)規定並非額外增加的設計規定。如果可行，一般實務是將此整體性連接筋對稱於牆板的垂直中心線配置，並分布於外側 1/4 寬度內。

8.5 高度三層樓或以上預鑄結構牆結構之接合部整體性連接筋規定

8.5.1 樓板與屋頂系統整體性連接筋量應符合下列規定：

(1) 樓板與屋頂系統之縱向與橫向整體性連接筋應提供每單位寬度或長度至少 2,250 kgf/m [22kN/m]之標稱拉力強度。

(2) 縱向與橫向整體性連接筋應涵蓋內牆支承，以及樓板或屋頂系統與外牆間。

(3) 縱向與橫向整體性連接筋應配置於樓板或屋頂系統平面上下 60 cm 以內。

(4) 縱向整體性連接筋應平行於樓板或屋頂板之跨距，其中心間距應不大於 3 m，在開口處應注意力量傳遞。

(5) 橫向整體性連接筋應垂直於樓板或屋頂板之跨距，其間距應不大於結構牆間距。

(6) 每一樓層之樓板與屋頂周圍沿邊緣 1.2 m 內應配置標稱拉力強度至少 7,300 kgf [71.6 kN]之整體性連接筋。

8.5.2 垂直向整體性連接筋應符合下列規定：

(1) 垂直向整體性連接筋應配置於所有牆內且在房屋高度內應連續。

(2) 牆垂直向整體性連接筋在沿水平方向應提供至少 4,500 kgf/m [44 kN/m]之標稱拉力強度。

(3) 每片預鑄牆內應至少配置兩根垂直向整體性連接筋。

解說：

於第 8.4 節整體性連接筋之規定適用於所有預鑄混凝土結構物。本節的特別規定僅適用於三層或三層以上預鑄結構牆結構，若本節規定與第 8.4 節牴觸者，以本節規定為主。

最少整體性連接筋量之規定，是試圖當一結構牆失去支承作用時，整體性連接筋能提供替代之載重路徑(Portland Cement Association 1980)[8.6]。由載重效應計算所得之整體性連接筋量可能超過本節規定之最少整體性連接筋量。最少的整體性連接筋規定如圖 R8.1 所示，係根據 PCI 所提預鑄結構牆結構設計建議 (PCI Committee on Precast Concrete Bearing Wall Buildings 1976)[8.7]而訂定，整體性連接筋強度是以鋼筋降伏強度計算。PCI 設計手冊附錄 B 提供對於預鑄結構牆結構整體性連接筋與最少整體性連接筋之回顧 (PCI MNL 120)[8.8]。

(1) 縱向整體性連接筋可從板構材伸出且利用搭接、銲接、機械式續接或埋入灌漿接頭內，並有足夠的長度與保護層以發展需求強度。無施加預力之預力鋼筋宜有足夠的握裹長度以發展其降伏強度(Salmons and McCrate 1977)[8.9]。

(2) 將整體性連接筋置於接近板或屋頂系統平面適當位置之牆構材內是普遍的作法。

(3) 橫向整體性連接筋可埋入板內或置於預鑄板上之場鑄上覆板內均勻配置，或集中於

橫向結構牆中。

(4) 周圍整體性連接筋可不必外加於縱向與橫向整體性連接筋規定之用量。

8.6 最小支承接合部尺寸

8.6.1 預鑄構材之最小支承接合部尺寸應依照下列構材之結構型式考慮：

(a) 簡支預鑄構材。

(b) 合成預鑄構材。

若構材間無彎矩之傳遞，且預鑄構材上方無場鑄構造部分，或其場鑄構造部分無法符合構成合成構材，則歸屬簡支預鑄構材。

8.6.2 各種預鑄構材之支承接合部尺寸應符合本規範第 8.6.3 節至第 8.6.6 節之規定，除非經分析及試驗證明較小的支承尺寸無損其性能。

8.6.3 對於簡支預鑄樓板、梁或有腹板構材，其支承構材邊緣至預鑄構材邊緣在預鑄構材跨徑方向之最小設計尺寸，考慮施工必要的許可差後，應符合表 8.1 之規定。

表 8.1 簡支預鑄構材，其支承構材邊緣至預鑄構材邊緣最小設計尺寸規定

構材型式	最小距離, cm.	
實心或中空樓板	二者取大	$\ell_n/180$
		5.0
梁或有腹板構材	二者取大	$\ell_n/180$
		7.5

8.6.4 若支承構材與被支承構材端部沒有保護裝置，支承墊應自前述邊緣內移至少 1.25 cm 或不小於自構材截角邊緣起 1 倍截角尺寸。

解說：

由於預鑄構材支承之接合部尺寸是與構材設計之結構型式較有關，故本規範改依結構型式來訂定支承接合部尺寸。例如簡支預鑄構材，因預鑄構材中無場鑄部分可與其他構材連接，構材端部的力量都得經過支承方式傳遞，因此，其支承接合部之最小尺寸規定較嚴格；若預鑄構材能與場鑄部分組合成為合成預鑄構材，則因構材之受力可利用合成斷面來傳遞，其支承接合部之尺寸限制可較簡支預鑄構材為小。故有關預鑄構材支承接合部之最小尺寸限制，將根據結構型式分為簡支預鑄構材及合成預鑄構材兩種。

本項最小支承接合部尺寸之規定適用於建築結構。至於其他如橋梁等結構，因其載重特性非屬「建築技術規則」建築構造編[8.10]所考量，或是其支承接合部尚需符合橋梁耐震防落長度之其他特別規定者，其最小支承接合部尺寸不屬本節所規定之範圍。

本節區分承壓長度及預鑄構材端部涵蓋支承之長度，如圖 R8.2 所示。

支承墊將集中載重及反力分布於承壓面積上，且允許有限的水平位移及轉動以降低應力。為防止構材在承壓處應力過大而使混凝土剝落，除非邊緣有保護，支承墊不可延伸至支承構材邊緣。邊緣之保護裝置可為錨定之鐵板或角鋼。「建築物混凝土結構設計規範」[8.2]第 16.5 節規定托架之承壓細節。

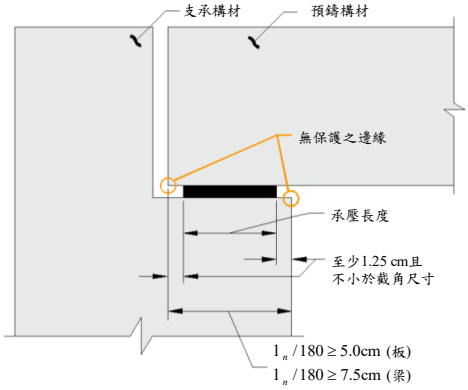


圖 R8.2 簡支預鑄構材，其支承上之承壓長度

8.6.5 合成預鑄構材之設計應依本規範相關章節之規定。當接合部採用剪力接合器支承方式，剪力接合器至少應能承擔預鑄構材自重、面層混凝土自重與施工活載重等荷重，且剪力接合器與支承構材間應配置承壓鋼板。符合本節規定之合成預鑄構材，不須依第 8.6.3 節與「建築物混凝土結構設計規範」[8.2]第 9.7.3.8.1 節之規定，其支承構材邊緣至預鑄構材邊緣在預鑄構材跨徑方向之最小設計尺寸，考慮施工必要許可差後，應符合表 8.2 之規定。

表 8.2 合成預鑄構材，其支承構材邊緣至預鑄構材邊緣最小設計尺寸規定

構材型式	最小距離, cm.	
梁或有腹板構材	二者取大	$\ell_n/180$
		4.5

8.6.6 合成預鑄構材之接合部，於施工時無使用第 8.6.5 節規定之剪力接合器或無法完全利用剪力接合器支承時，於構材構成合成作用前，除依第 8.6.2 節之規定外，應設置臨時支撐。

解說：

本規範考量合成構材接合部之技術發展、實務經驗之回饋與相關研究成果，訂定以剪力接合器連接方式傳遞合成預鑄構材載重之相關條文與解說，該接合部如圖 R8.3 所示。合成預鑄構材之組合方式除符合合成斷面之各項設計需求外(水平剪力、梁式剪力、彎矩等)，接合部剪力強度可採剪力接合器強度與混凝土承壓強度之小值與剪力摩擦強度相加計算[8.13]，各強度之強度折減因數按相關規範之規定，各強度之計算方式如下：

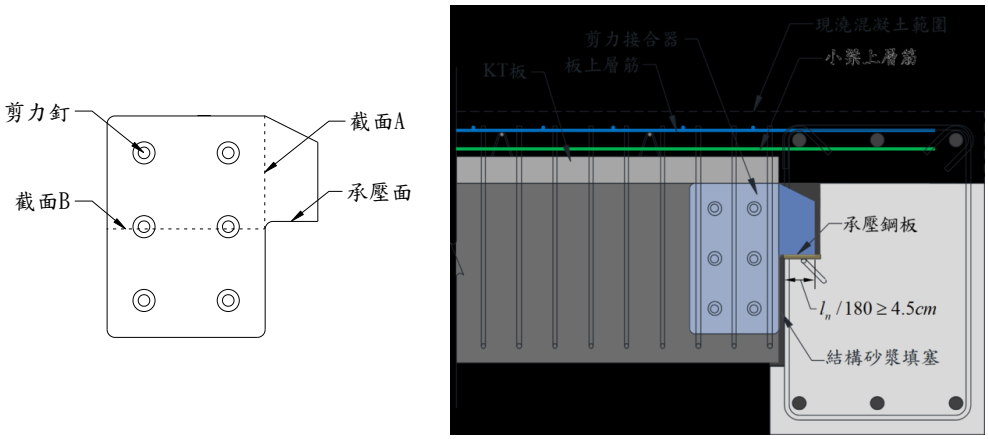
一、剪力摩擦強度

可依「建築物混凝土結構設計規範」[8.2]第 22.9.4 節之規定計算。剪力摩擦效應發生在剪力摩擦面，剪力摩擦面可能為場鑄上覆板或預鑄斷面，因此建議摩擦係數 μ 保守取預鑄斷面計算（即 $\mu \leq 1.0\lambda$），而剪力面 A_c 取整體小梁斷面。剪力摩擦鋼筋可計入小梁上層主筋與板筋之貢獻，惟根據研究結果訂定適當計算強度與上限，使計算強度合理並確保適當保守性：小梁上層主筋取 $0.7f_y$ 計算，可計入實際使用支數，但可計入之鋼筋總拉力以 3 根 D25 鋼筋皆發揮至 $0.7f_y$ 的總拉力為上限；板上層筋取 f_y 計算，可計入有效翼板寬內者，但單側

可計入之總拉力以 3 根 D10 鋼筋皆發揮至 f_y 的總拉力為上限；板下層筋（若有伸入大梁內）取 f_y 計算，可計入有效翼板寬內者；以上 f_y 上限取 4200 kgf/cm^2。剪力摩擦鋼筋於接合部臨界斷面兩側皆須符合「建築物混凝土結構設計規範」[8.2]之伸展長度規定。

二、剪力接合器強度

宜檢核圖 R8.3(a)所示截面 A 之彎矩與剪力強度（類似於撓曲構材）、截面 B 之軸力與彎矩共同作用強度（類似於受軸力與彎矩共同作用之構材）、承壓面之壓力強度（類似於受壓構材）、剪力釘之剪力強度，可參考「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」[8.14]，依照其受力種類採用適宜之構材設計規定進行檢核。

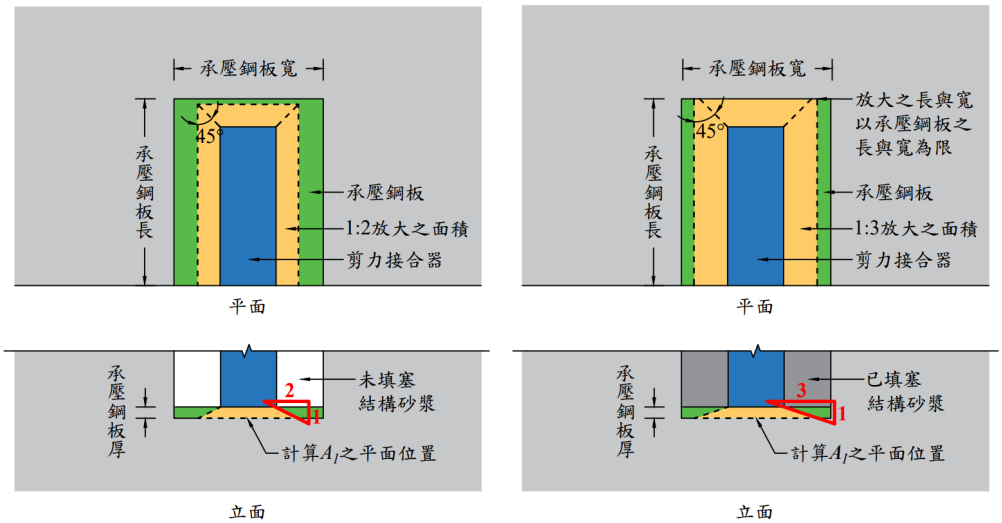


(a) 剪力接合器示意圖　　(b) 接合部示意圖

圖 R8.3 剪力接合器與接合部

三、混凝土承壓強度

可依「建築物混凝土結構設計規範」[8.2]第 22.8 節之規定計算。若被支承構材未透過剪力接合器與承壓鋼板跨坐至支承構材時，標稱承壓強度B_n取$0.85f_c'A_1$，承載面積A_1取被支承構材與支承構材之實際接觸面積；若被支承構材透過剪力接合器與承壓鋼板跨坐至支承構材時，標稱承壓強度B_n可取$2(0.85f_c'A_1)$，承載面積A_1計算如下：接合部尚未填塞結構砂漿時，由剪力接合器與承壓鋼板之接觸面積以 1:2 的斜率放大至承壓鋼板與支承構材之承壓面計算承載面積A_1，放大之長與寬以承壓鋼板之長與寬為限；接合部已填塞結構砂漿時，承壓鋼板受束制較不易變形，因此可改以 1:3 的斜率放大，其餘規定則同前，承載面積A_1之示意圖如圖 R8.4 所示。為確保承壓強度確實發揮，支承構材受承壓之位置距支承構材底部之高度應不小於 0.4 倍支承構材全深與 2.5 倍承壓鋼板長之大值。



(a) 以 1:2 放大　　(b) 以 1:3 放大

圖 R8.4 承載面積A_1之計算方式

接合部剪力接合器之剪力釘配置，包括剪力釘長度、剪力釘直徑、剪力釘間距等，可參考「鋼結構極限設計法規範及解說」[8.15]第 9.6 節與「AISC 360-16」[8.16]第 I8 節之規定。剪力接合器與支承構材間之承壓鋼板，可類比於鋼柱之柱底基板，假設承壓板底面受均佈力，承壓板之懸臂段將受撓曲，藉由檢核降伏面上之彎矩強度即可求得板之最小厚度。詳細設計方法可參考「AISC Design Guide 1」[8.17]之說明。

若合成預鑄構材採剪力接合器與剪力摩擦傳遞構材剪力至支承構材，且剪力接合器能符合本節之規定，其支承接合部尺寸自可較完全需利用支承接合部傳遞所有構材剪力之簡支預鑄構材為小，且不適用「建築物混凝土結構設計規範」[8.2]第 9.7.3.8.1 節關於預鑄小梁至少三分之一正彎矩鋼筋宜延伸入支承承壓長度中心之規定。

支承構材邊緣至預鑄構材邊緣之設計尺寸參考紐西蘭規範 NZS3101(2006)[8.11]之相關規定作計算，其尺寸宜考慮接合部在施工階段下符合承壓強度、最大考量地震下大梁端部產生塑鉸造成之伸長量以及對應層間位移下支承構材扭轉所致之幾何伸長量、預鑄構材收縮與施工必要許可差之需求長度加總。由於本節規定之合成預鑄構材接合處已配置剪力接合器與承壓鋼板，故於前述計算中無須考慮預鑄構材與支承構材接合處表面混凝土剝落厚度[8.12]。設計者宜考慮上述效應對支承長度造成之影響，以確保合成預鑄構材支承接合部具足夠尺寸。

支承接合部之設計需考慮體積變化束制力，相關規定可參考「建築物混凝土結構設計規範」[8.2]第 16.2.2 節之規定。

合成預鑄構材於施工階段，通常需利用接合部之支承、臨時支撐或角鋼、剪力接合器、或其混合方式等方法承擔構材重量與各種施工載重，並防範施工時之可能變位。支承長度與其所傳遞之載重大小有關，宜依各案施工條件計算並符合混凝土承壓強度之規定。臨時支撐構造之設置宜注意其穩定性與施工順序之安排。預鑄構材若採用臨時支撐時，當臨時支撐構造拆除，其所支撐之載重需移轉給合成預鑄構材承擔。

合成預鑄構材包括半預鑄樓板、鋼承板以及梁或有腹板等構材，半預鑄樓板包括 KT 板及部分在現場澆置等之樓板。

8.7 預鑄構材與基礎間接合部細部

8.7.1 在柱、墩柱、或牆等預鑄構材底部與基礎之接合應符合本規範第 8.4.3 節或第 8.5.2 節之規定。

8.7.2 若在可能之載重組合下預鑄牆底不會產生任何拉力時，則本規範第 8.4.3(2)節所要求的垂直向整體性連接筋可錨定於與地接觸、適當配筋之混凝土板內。

8.8 合成預鑄撓曲構材水平剪力傳遞

8.8.1 合成預鑄撓曲構材中，在連結構件之接觸界面間應能傳遞全部之水平剪力。已澆置完成構材之橫向鋼筋延伸至場鑄混凝土內，在界面的兩端均提供適當錨定時，該橫向鋼筋可列入標稱剪力強度 V_{nh} 之計算。

8.8.2 合成預鑄撓曲構材之水平剪力傳遞之設計強度應依「建築物混凝土結構設計規範」[8.2]第 16.4.3 節、或第 16.4.5 節之規定計算。以剪力傳遞鋼筋抵抗水平剪力時，應符合「建築物混凝土結構設計規範」[8.2]第 16.4.6 節之最少鋼筋量規定。

解說：

合成構材界面間可利用接觸面上界面剪力所提供的水平剪力強度或適當錨定之連接筋，或兩者，以確保各部位界面間水平剪力之傳遞。

8.8.3 水平剪力傳遞鋼筋可用單支鋼筋或鋼線、多肢肋筋或銲接鋼線網之垂直鋼線。

8.8.4 用以抵抗水平剪力之剪力傳遞鋼筋，其縱向間距應不大於被支承構件最小尺寸之 4 倍，亦不大於 60 cm。

8.8.5 水平剪力傳遞鋼筋應依「建築物混凝土結構設計規範」[8.2]第 25.7.1 節規定錨定於相連各構件內。

解說：

剪力傳遞鋼筋應有適當的錨定以確保界面保持接觸。

參考文獻：

[8.1] PCI, 2007, “Architectural Precast Concrete,” MNL-122-2007, Third Edition.

[8.2] 內政部，建築物混凝土結構設計規範，台北，2023。

[8.3] ACI, 2009, ITG 7-09, “Specification for Tolerances for Precast Concrete,” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.

[8.4] ACI, 2010, Committee 117, “Specification for Tolerances for Concrete Construction and Materials,” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI.

[8.5] PCI Building Code Committee, 1986, “Proposed Design Requirements for Precast Concrete,” PCI Journal, V. 31, No. 6, Nov.-Dec., pp. 32-47.

[8.6] Portland Cement Association (PCA), 1980, “Design and Construction of Large-Panel Concrete Structures,” six reports, 762 pp., EB 100D; three studies, 300 pp., 1980, EB 102D, 1976-1980, Portland Cement Association, Skokie, IL.

[8.7] PCI Committee on Precast Concrete Bearing Wall Buildings, 1976, “Considerations for the Design of Precast Concrete Bearing Wall Buildings to Withstand Abnormal Loads,” PCI Journal, V. 21, No. 2, Mar.-Apr., pp. 18-51.

[8.8] PCI, 2017, “PCI Design Handbook: Precast and Prestressed Concrete,” MNL-120-17, Eighth Edition.

[8.9] Salmons, J. R., and McCrate, T. E., 1977, “Bond Characteristics of Untensioned Prestressing Strand,” PCI Journal, V. 22, No. 1, Jan.-Feb., pp. 52-65.

[8.10] 內政部，建築技術規則建築-構造編，台北，2021。

[8.11] NZS3101, 2006, “Concrete Structure Standard”, Standards New Zealand, Wellington.

[8.12] 王威發，預鑄混凝土工程設計規範修訂探討。碩士論文，國立臺灣大學土木工程學研究所，台北，2023。

[8.13] 王盈文，預鑄小梁與版接合部性能試驗研究。碩士論文，國立臺灣大學土木工程學研究所，台北，2024。

[8.14] 內政部，鋼構造建築物鋼結構設計技術規範，台北，2010。

[8.15] 內政部，鋼構造建築物鋼結構設計技術規範：鋼結構極限設計法規範及解說，台北，2010。

[8.16] AISC, 2016, “Specification for Structural Steel Buildings”, ANSI/AISC 360-16. American Institute of Steel Construction, Chicago, IL.

[8.17] AISC, 2006, “Design Guide 1: Base Plate and Anchor Rod Design (Second Edition)”, American Institute of Steel Construction, Chicago, IL.