



由國內首例 NEW RC 預鑄結構採用 蓮根梁新工法談預鑄結構的應用與發展

遠揚建設、遠揚營造、亞利預鑄工業（股）公司顧問 / 林泰煌

關鍵字：NEW RC 預鑄結構、蓮根梁新工法

前言

預鑄工法由於是先在預鑄廠設計規劃生產梁、柱等主要構件，所有構件皆在預鑄工廠內先行鑄造完成，並經適當的養護措施，達到設計要求之規定強度後，始可經由拖板車載運至施工現場，交由吊裝設備將預鑄構件按照正確的定位訊息安裝定位，並用高強度砂漿將續接於套筒內之鋼筋灌注固結，除了可以減少現場的垃圾、粉塵、噪音，工地也能更整潔、安全、還能夠精簡人力，會比傳統現場施作更容易維持品質與安全，且更能夠縮短工期。

臺灣正面臨勞工短缺、人口老化等問題，大多數人認為在工地風吹日曬雨淋進行扛鋼筋、組模板、灌混凝土等作業不但辛苦、疲累，加上工作常常無法持續與穩定，相對的收入也不太穩定，因此面臨了年輕人大部份不願意踏入營建工地工作的窘境。而且像高樓層的建設，工人必須要在高空組模

板、紮筋、灌漿等，危險性也增高許多，如何讓施工環境更好，或者降低人數執行危險的工作，將是未來營建業必須面對的課題，隨著建築工業化的推展，相信「預鑄工法」將成為爾後營建業必走的趨勢。

工程案例簡介

本案例為一地下三層、地上27層之高層 RC 預鑄隔震集合住宅（如圖1所示），總樓地板面積為28706.4平方公尺，樓高99.95公尺。隔震層主要位於地上2層下方及地下一層電梯底部，地上3F至27F為預鑄結構，3F以上高層部份規劃以每層約七至八天的速率快速施築。此外，本案由地上三層開始即採蓮根梁預鑄新工法，包括預鑄柱梁吊裝與梁梁續接以及柱頂與柱底高強度灌漿，堪稱國內首例之 NEW RC 預鑄隔震採蓮根梁新工法高層住宅建築。

本案結構混凝土強度高達10,000 psi，



圖 1 案例高層 NEWRC 預鑄隔震集合住宅外觀模擬

並依結構分析結果適度調整各樓層混凝土強度，伴隨各樓層RC柱載重由上而下逐漸遞增，其相對使用的混凝土強度也由5,000 psi逐層往下遞增至10,000 psi，柱主筋為SD490另柱箍筋採日本進口POWER RING SD785焊接

鋼箍筋圍束，惟為確保混凝土強度與品質，必須從混凝土的配比試驗開始嚴格把關，並對混凝土的澆築方法與高強度灌漿施工順序詳加控管，才能符合設計規劃的要求。

本案由日本日建設計辦理基本設計，國內大矩建築師事務所辦理細部設計，結構分析時取大於六級地震，以2,500年迴歸期進行分析，結果所有構件均能保持在彈性範圍內，不同於一般非彈性設計需要注意塑鉸的問題。本案採強柱弱梁設計，有關預鑄分割均比照日本類似案例進行辦理，並經結構技師確認無虞。

為配合本高層大樓的隔震需求，特別從日本進口各種不同尺寸鉛心積層橡膠隔震墊，包含直徑110 cm至130 cm圓型等大小不等之鉛心隔震墊總共28個及100噸阻尼器共16支（規格詳圖2隔震概要）。

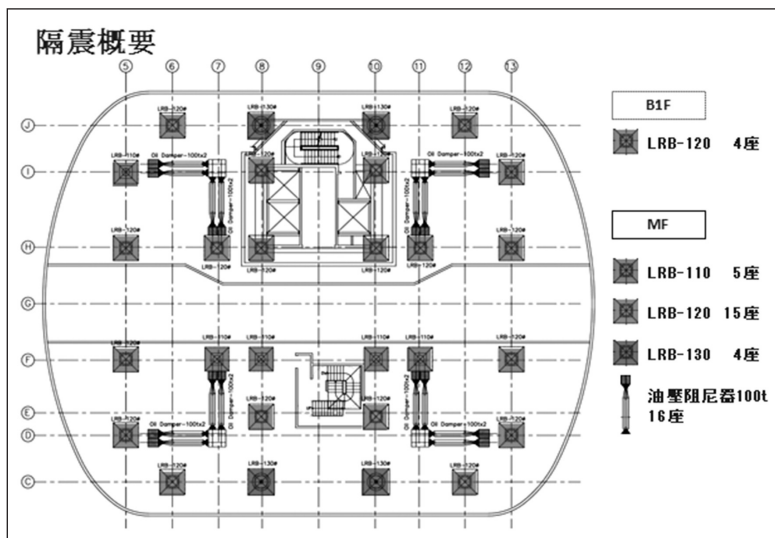


圖 2 隔震概要

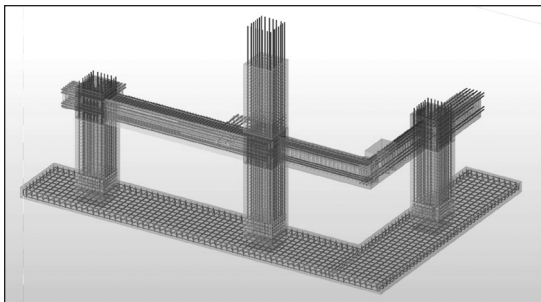


圖 3 MOCKUP 大樣圖

BIM 應用

為因應蓮根梁新工法的精密預鑄構造需求於製作前先以BIM軟體建模並配合MOCKUP實體模型的範圍詳細檢討鋼筋與相

關配置細節（詳圖3 MOCKUP大樣圖），並先行製作實體模型各個梁柱單元以及檢討吊裝細部流程，於108年10月在亞利預鑄工廠進行MOCKUP吊裝作業，順利完成任務。

預鑄構件生產與吊裝

一、預鑄構件生產

為使預鑄構件的生產能符合規範的需求，於預鑄廠生產構件時特別針對鋼筋加工組立與鋼模組裝以及混凝土拌合澆築制訂相關品管控制流程（詳圖4）以確保各構件的尺寸精度與品質均能達到要求的標準。本案在廠內生產製

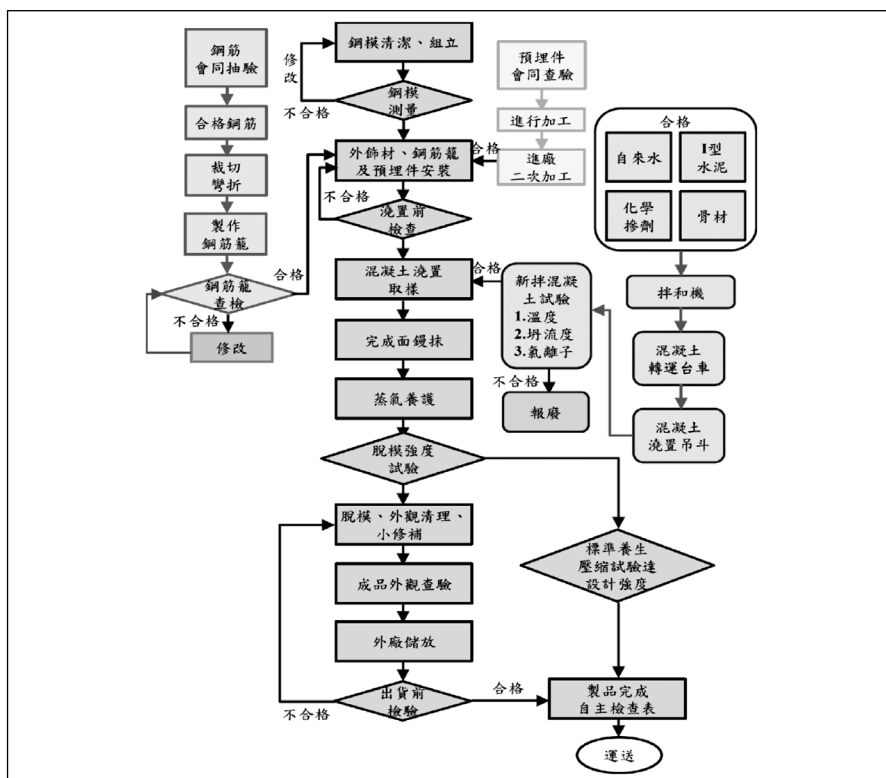


圖 4 預鑄生產品管控制流程

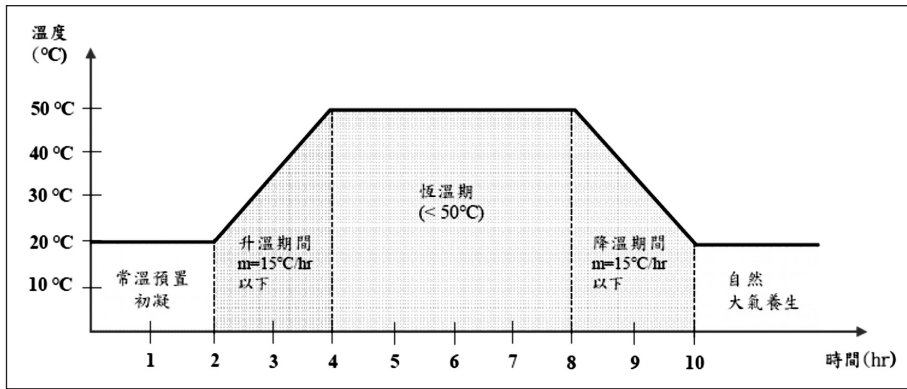


圖 5 養生時間—溫度曲線圖

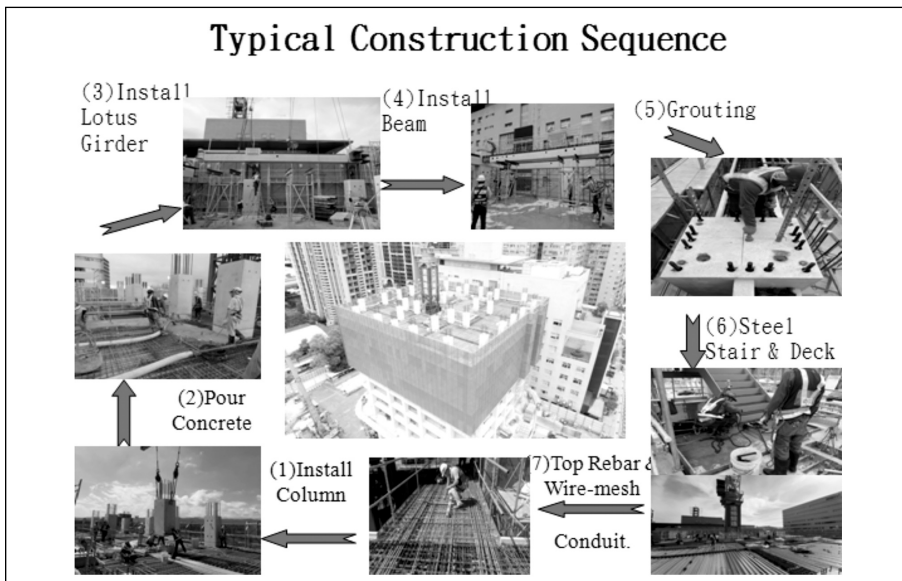


圖 6 地上層結構體預鑄施工標準作業循環

作時，自我要求從混凝土配比與拌合澆築及鋼模製作誤差及預埋件安裝檢驗等均嚴加控管務求成品精度誤差在3厘米內，執行結果各構件成品均優於規範要求5厘米誤差標準。至於廠內預鑄構件之混凝土養生係將整個構件覆蓋在夾網PVC布內進行蒸氣養生，有關養生時間與溫度控制曲線圖（詳圖5）。

二、預鑄構件吊裝

本工程地上層結構體預鑄施工的標準作業循環如（圖6施工標準循環）所示，其主要之吊裝施工步驟包括（1）上層預鑄柱吊裝（2）混凝土澆築（3）預鑄蓮根梁吊裝（4）預鑄單梁吊裝（5）梁梁續接灌漿，柱頂鋼筋旋

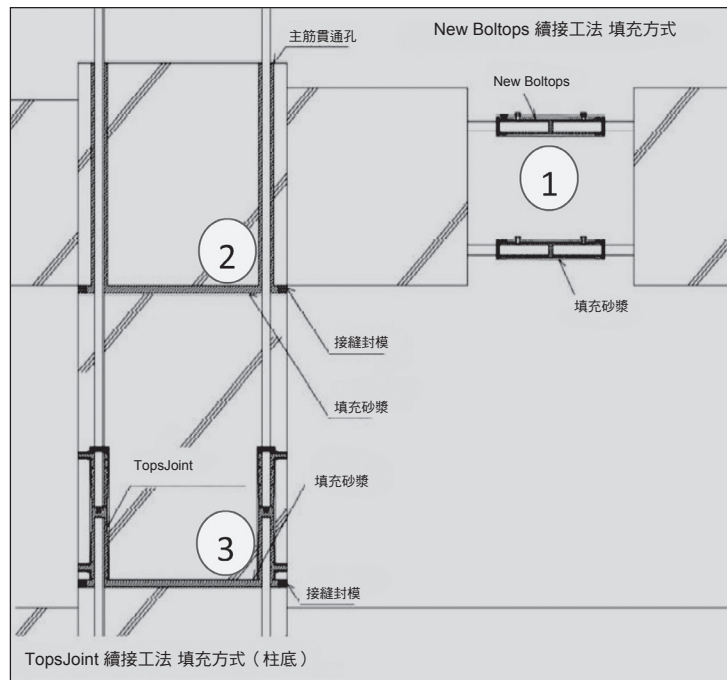


圖 7 灌漿順序

楞套管（西斯管）灌漿，柱底灌漿，（6）鋼梁與鋼梯吊裝（7）水電配管與鋼筋綁紮。另有關灌漿順序（詳圖7）。

進度控制

本案整體進度能否順利推展為本工程能否成功完成之關鍵所在。為確保工進與安全特別引進電動爬昇鷹架配合預鑄構件吊裝，並於大樓主體西側靠中央天井部位安裝一部440 m-tf的爬昇式塔式吊車，作為本工程的主要吊裝機具，並輔以一部300噸輪型吊車協助構件之卸料與定位儲放。本案吊裝順序為首先將本案結構外圍8支雙蓮根梁以順時針方向吊裝完成接著吊4支單蓮根梁形成外圍一整圈構造以確保外圍的正確閉合，再就內部蓮根梁吊裝最後再吊裝預鑄單梁。隨即進行梁梁續接作業，完

成後接著進行柱頂西斯管灌漿最後再進行柱底灌漿作業。預鑄梁吊好後再配合吊鋼梁與鋼梯（詳圖8標準層預鑄柱梁與鋼梯及鋼梁位置示意圖）。緊接著進行梁梁接合部位之系統封模作業與鋼承版（metal deck）舖設，最後三天則進行水電配管與版面鋼筋作業並進行上層預鑄柱之吊裝，計劃目標工期為七天循環，執行下來歷經學習曲線逐步改善，於12樓確實達到預期規劃7天循環目標，有關標準循環工期進度排程（詳圖9）所示。

預鑄結構將是未來發展的趨勢

一、國內預鑄現況

臺灣於2020年正式進入高齡化社會，生育率不足，造成勞動力短缺。因太辛苦，年

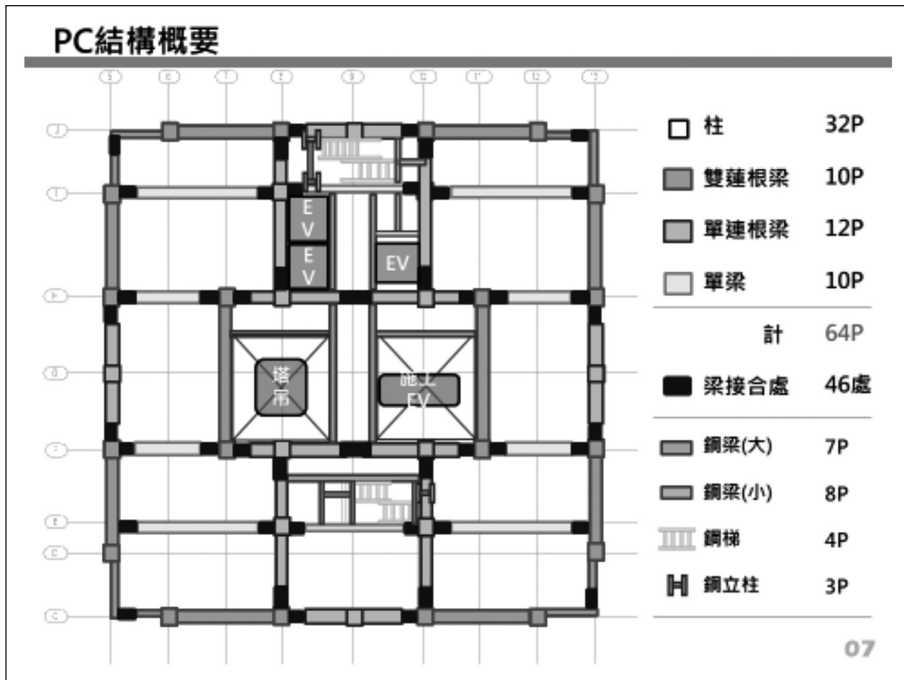


圖 8 標準層預鑄柱梁與鋼梯及鋼梁位置示意圖

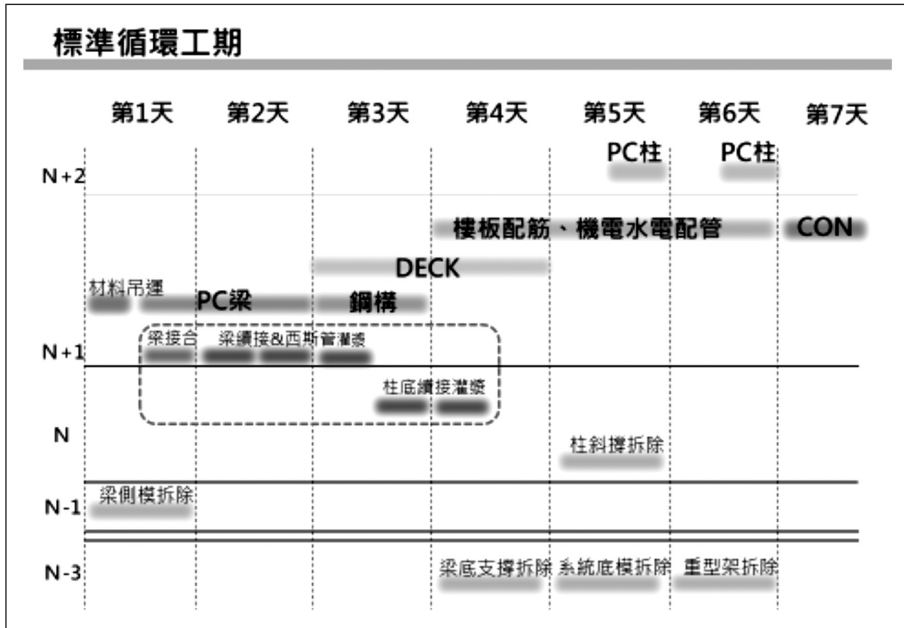


圖 9 標準循環工期進度排程



輕人不喜歡進入營造業，再加上疫情影響導致台商回流，造成近來營造業缺工嚴重，工資上漲。一般大眾才開始注意到預鑄結構安全、快速的特色。

預鑄工法的優勢在於工廠製作生產品質控管較工地組裝為佳，已是不爭的事實。再則工地利用塔式吊車與輪吊配合吊裝可大幅度縮短工期，預鑄結構7至8天完成一樓層較傳統場鑄需21天可節省大量工期。另工地較為整潔與安全也是有目共睹。

預鑄構件的製作由於採用鋼模大量生產，模組化與標準化為降低成本的必要條件，另外由於目前能有效執行結構預鑄僅「潤弘精密」與「亞利預鑄」兩家，肇因臺灣市場有限不易存活。

另外一般大眾對於預鑄結構缺乏認識，一方面熟悉預鑄結構設計單位較為稀少，且要投入預鑄結構製作的門檻較高需要有熟悉BIM軟體操作人員配合製圖與結構細部分割以及相當規模的工廠設施。導致實際案例不多且價格與市場上鋼結構相當。

政府主管單位雖了解預鑄結構的優點但礙於公部門的資料短缺，雖然民間有少數案例資料可供參考，由於區位與價格不敢冒然引用，且受限於傳統RC建築的預算價格，部份承辦人員寧可嚴守採購法一般規定，減少變相圖利少數業者的疑慮，也導致社會住宅推動受限。

二、國外預鑄發展情況

日本與臺灣均處於環太平洋地震帶上，

日本在近二十年來對於預鑄結構建築的蓬勃發展足堪作為國內的參考借鏡。日本經濟發展較為先進，更早感受到人工缺乏的壓力以及自動化大量生產的需求，其預鑄結構的演進已進入第三代，對於品質在RC結構強柱弱梁的要求下更加嚴格控管，相對的也較第一代常見的預鑄結構在製作上要求更加精密，在吊裝組立也更為複雜，相對的成本也更高。

目前日本由於地狹人稠，人口大量集中於大都市，且市區發展也趨向高樓化，又因地震的頻繁老百姓對於抗震的安全與舒適的要求也更高，當前對於30層以上高層集合住宅均採預鑄隔震結構為大宗，相對於一般鋼構辦公大樓給住戶有更加安全與舒適的感覺。在東南亞熱帶非地震區的新加坡則主動由政府興建高層綠建築組屋作為老百姓的社會住宅。

政策的推廣與相關的配合

國內預鑄結構混凝土工法的應用與發展已達十多年，經由臺灣混凝土學會與臺灣營建研究院諸位學者專家結合工程先進們於2015年著手編輯新版預鑄混凝土工程設計與施工規範並於2017年底出版，也於2017年正式納入公共工程委員會之公共工程編碼中新增預鑄工法的編碼，讓公部門與相關業者對於預鑄工法的推行有所依據。

目前營建業正處於缺工與高工資的困境，模板工與泥水工大量缺工，工資上漲三至五成，電焊工由於風電發展的需求更喊到一天工資一萬元的高價，連帶影響鋼構的報



價，從去年的4萬元/公噸漲至6萬元/公噸。

政府承諾8年20萬戶社會住宅的計畫經過4年已大量落後，當前公部門的發包預算較市場行情有極大的落差，若不儘速調整預算並採用較為安全與快速的預鑄結構工法恐怕無法改善目前持續延宕的計畫時程。

當前唯有靠公部門主動加速採用預鑄工法協助推展計畫的執行，才可提昇營造業自動化的發展，更有助於節能減碳目標的推進。

另一方面對於民間投資開發業者若無極大誘因的考量下，業者在將本求利的情况下不會多花錢去推案，若能由主管機關主動提供業者誘因，採用相當比例的預鑄結構可享部份容積增加的優惠，對於受疫情影響的經濟亦有相當提振的功效。

結語

感謝工程師學會對本案預鑄工法的關注，讓諸多工程先進能光臨指教，獲益良多，謹此致謝！

在生命週期的總成本考量下，除了建設階段的工程成本尚需考慮完工日後的維護成本。預鑄結構的建築對節能減碳有不少的加分且對於居住的安全以及日後維護成本都有相當的助益。也希望藉由本案的研討能對社會住宅的推動工作盡棉薄之力，也期望能激發營建業共同參與的動能。

參考文獻

1. 亞利預鑄工業股份有限公司，「遠揚建設 T-Park 專二 B 區集合住宅新建工程預鑄生產計劃書」，108 年。
2. 亞利預鑄工業股份有限公司，「遠揚建設 T-Park 專二 B 區集合住宅新建工程預鑄施工計劃書」，109 年。
3. 林泰煌，「由國內首例 NEW RC 預鑄結構採用蓮根梁新工法談預鑄結構的應用與發展」簡報，遠揚建設，遠揚營造，亞利預鑄工業股份有限公司，109 年。
4. 林泰煌，「國內 NEW RC 預鑄工法實際應用與發展簡介」，國家地震中心，108 年。