

高樓建築新工法

林克強

台灣新型高強度鋼筋混凝土結構系統的研發，可在不增加結構構件尺寸的條件下，使適合住宅使用的鋼筋混凝土構造更合理且有效地高層化，適當降低都市建築用地的需求。

構造形式與耐震要求

現代高層建築構造依使用的材料，主要分為鋼筋混凝土構造（reinforced-concrete construction, RC）、鋼構造（steel construction, SC），以及前兩者複合的鋼骨鋼筋混凝土構造（steel and reinforced-concrete construction, SRC）3種，台灣的高層建築也採用這3種構造興建而矗立在各都市中。然而台灣位於環太平洋地震帶，因此建築結構物都需面對地震作用下的抗震議題。或許大家會問哪種構造較適合用來建住宅？又哪種構造的建築物較耐震安全？

近50年來，國內傳統鋼筋混凝土建築產業的研發、教育與推廣蓬勃發展，且鋼筋混凝土建築有較佳的隔音、隔熱、防火、易修改、經濟等特性，絕大多數的民眾都已習慣與接受。因此，RC是國內最常用的住宅建築構造，到目前為止也是國內技術最成熟且經濟的建築構造。

SRC構造雖然也適用於住宅建築，但鋼材費用高、施工工項多、程序複雜且鋼構部分施工技術性高，因此工期較長、成本較高。SC構造的建築因鋼材費用高、施工技術門檻高、常用的輕隔間系統隔音效果較差，且結構柔、振動大，雖然施工期短，但建造成本高，適於商用或辦公室建築，住宅建築較少採用。

但無論如何，依據現行《建築物耐震設計規範及解說》，最低的耐震設計是以「小震不壞、中震可修、大震不倒」為基本原則，無論是RC、SC或SRC構造的建築物，只要依據這設計規範設計，預期都有相同的耐震能力。設計規範制定的目標，是希望在相同的設計標準下，各種構造類型的建築在受到相同的地震震度作用時，不發生破壞的機率是一致的。

隨著國內社會的進步、經濟能力的大幅改善與設計理念的提升，開始希望部分或特殊建築物結構的耐震設計性能能夠提升，逐漸由「小震不壞、中震可修、大震不倒」的設計原則，提升至「中震不壞、大震能有迅速恢復力」。因此，生命周期成本的概念逐漸受到重視，如何降低建築物在設計使用期限內，包括震害等所造成的修復成本，也是重要的參考因素。

依據現行《建築物耐震設計規範及解說》，最低的耐震設計是以「小震不壞、中震可修、大震不倒」為基本原則。

研發起源

台灣目前人口密集的都市化區域，建築用地逐漸缺乏，價格日益昂貴，因此都市住宅建築高層化是紓解都市住宅建築用地不足的有效方法。在各大都市中，屋齡超過 30、40 年的低矮樓房比率漸漸增加，在一般都市中也有相當的比率，有的且已超過設計使用年限，逐漸產生都市更新的需求與壓力。為確保人民居住的安全，政府開始採取一些獎勵措施，大力鼓勵民間整合推動都市更新計畫。

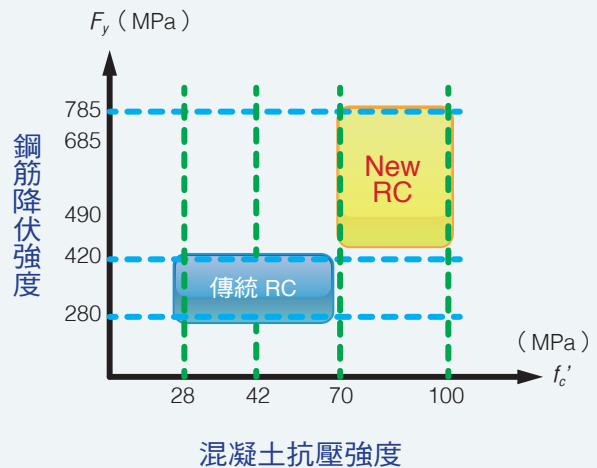
近年來，國家地震工程研究中心為因應營建產業的可能需求與發展方向，提出研發適用於高層建築的高強度鋼筋混凝土結構系統的構想，於 2010 年開始進行先期研發計畫。

2012 年，成立「台灣新型高強度鋼筋混凝土 (New RC) 結構系統」整合型計畫，以「以終為始」的研發概念，藉由大規模研發超高強度鋼筋混凝土結構構件與系統，在短時間內制定符合安全且完善的超高強度鋼筋混凝土結構系統的設計、施工準則與法規，使台灣 New RC 結構系統能儘快應用於國內建築營建業，最終以協助興建台灣第一棟 New RC 建築為目標。

超高強度鋼筋混凝土

鋼筋混凝土是由鋼筋與混凝土組而成的複合材料，因混凝土有優異的受壓但差的受拉性能，因此在混凝土中配置受拉性能佳的鋼筋，使鋼筋混凝土材料具有混凝土抗壓與鋼筋抗拉的特性。

New RC 結構系統材料強度應用範圍



鋼筋混凝土材料是否符合適當的力學性質，仍需視鋼筋和混凝土兩者間的握裹行為而定。而影響握裹行為的主要因素包括鋼筋的表面節理，混凝土材料中不同粒徑砂、石的比例，水泥漿體膠結材料的強度等。因此，鋼筋需具備適當的表面節理與適用的強度及韌性，混凝土需由適當粒徑與比例的砂、石，配合水泥漿體強度組成。而為了速凝、緩凝、流動性等施工性，以及強度的快速或延緩發展的考量，往往在混凝土中添加化學或礦物摻料。製造混凝土時所有材料的成分與比例稱為混凝土配比。

目前常見的高層 RC 構造建築物，其材料的強度規格分別是鋼筋降伏強度約 280 ~ 420 MPa (10^6 N / m^2) 與混凝土抗壓強度約 28 ~ 56 MPa，在這材料強度條件下，現已有一套完整的 RC 設計規範。

依據現行 RC 設計規範與過去的工程經驗，採用上述常用強度的鋼筋與混凝土材料，可興建傳統耐震建築物至 25 ~ 30 樓層。在重力作用下，這高層建築的低樓層柱構件會累積承受可觀的建築物重力，須採用較大的柱斷面，柱斷面尺度往往超過 1.3 m，甚至達 2 m，這大大影響建築物低樓層的使用空間。

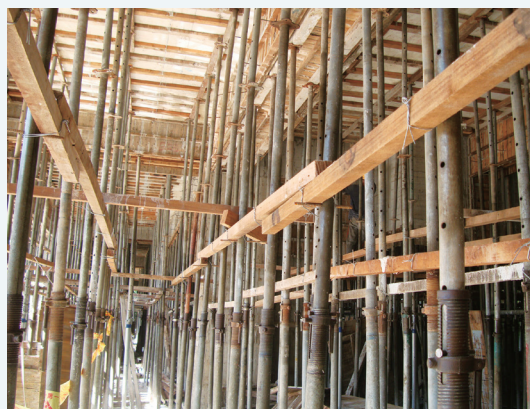
為使 RC 建築物能再往更高的高度發展，提高 RC 材料的強度是一主要途徑。本文所定義的超高強度的鋼筋與混凝土強度，分別介於 685 ~ 785 MPa 與 70 ~ 100 MPa 之間，與現行 RC 材料強度比較，鋼筋約提升 1.7 倍，混凝土約提升 1.8 ~ 2.5 倍。生產符合韌性需求的高強度鋼筋或混凝土材料有技術門檻，且 RC 結構構件與系統的設計與品質管控規則必須重新檢視，因此台灣 New RC 可說是鋼筋混凝土產業的高科技材料與技術。

預鑄工法的應用

台灣 New RC 建築因使用高強度材料，施工品質不佳對建築物的安全影響較大，因此對施工品質的要求較嚴格。為建造高品質的超高強度鋼筋混凝土建築，必須重新檢討結構設計法規，並訂定更嚴格的施工要求。

在鋼筋混凝土構造的施工方法上，建議採用施工條件佳、先進快速的「預鑄工法」，預先生產品質穩定的構件，再運至現場組裝，取代現場組模、綁紮鋼筋與澆置混凝土的傳統「場鑄工法」，以確保建築物的品質。

此外，場鑄工法因需在工地現場進行繁雜多樣的施工作業，且各項技術人員需交錯施工，常導致施工現場作業困難，品



傳統場鑄工地混亂、品質需嚴控。

管難度提高，容易造成工安事故。同時，施工現場易受氣候條件影響，使得工期較難掌握，不易獲得可靠的營建品質。

預鑄工法除可大幅減少現場施作的繁雜條件及解決勞動力不足的困難外，更可以大大提升工程品質、縮短施作工期，但工程施作成本較昂貴。

關鍵技術

台灣 New RC 結構系統採用的鋼筋強度很高，導致鋼筋續接時若採用傳統搭接，所需的搭接長度過長；若採用傳統銲接型續接器，由於這種高強度鋼筋的材質不利銲接，傳統的鋼筋續接工法並不適用。



預鑄工地較安全、環保、品質高。

因此，台灣 New RC 結構系統採用新式型的螺紋節鋼筋，配合創新的灌漿式螺紋牙套筒續接器續接，與灌漿式螺紋牙錨定頭做為鋼筋端部錨定。這是台灣 New RC 結構系統研發的關鍵技術。

預期效益

在高度都市化的城市中，因人口逐漸集中，使土地不敷使用，地價日趨昂貴。台灣 New RC 結構系統的研發，可在不增加結構構件尺寸的條件下，使適合住宅使用的鋼筋混凝土構造更合理且有效地高層化，適當降低都市建築用地的需求。

隨著快速的都市化，過去許多高密度的中低樓層建築已超過或逐漸達到使用年限，且部分建築已老舊或安全堪虞，亟需推動都市更新計畫，為都市注入活水，展現更安全且適合居住的都市風貌。以台灣 New RC 結構系統興建的建築可有效提升建築物高度，增加可用的公共空間，提高都

市生活品質，並可配合應用先進工法以提高施工效率，進一步提升營建產業的經濟效益。

使用新的高強度鋼筋混凝土材料，可減少結構物構件尺寸，增加建築的使用空間，也可直接減少砂石開採與鋼鐵用量，節省能源並減少溫室氣體排放量，降低對環境的汙染與危害，顧及環境的永續發展。

新材料與新技術的研發往往會帶動傳統產業的進步。最重要的是高強度材料的施工，需要更精緻與嚴格的施工技術與品管，這些品質、技術的提升將有助於傳統產業升級。

林克強

國家實驗研究院國家地震工程研究中心

