

包覆型 SRC 柱箍筋耐震設計需求之構架試驗研究

Experimental study on concrete-encased steel column frames for seismic design of transverse reinforcement

主管單位：內政部建築研究所

陳正誠¹

歐昱辰¹

鍾智翔¹

Cheng-Cheng Chen¹

Yu-Chen Ou¹

Zhi-Xiang Zhong¹

¹國立台灣科技大學營建工程系暨研究所

摘要

過去的研究已指出，既有 SRC 規範對於柱箍筋耐震設計需求之計算公式，無法適當地考慮鋼骨對於混凝土圍束效應之影響，以及軸力對於箍筋需求量之影響。針對前述問題，過去的研究已針對 I 型、十字型與 T 型等包覆型 SRC 柱斷面，提出箍筋耐震設計用量之規範修正建議，並已透過一系列的構件試驗加以驗證。本研究之目的在於進一步透過大尺寸多跨構架試驗研究，觀察含包覆型 SRC 柱之構架耐震行為，並驗證前述構件層面之研究成果於構架結構之適用性。

經過相關資料文獻蒐集及研究後發現，既有 SRC 規範對於柱箍筋耐震設計需求之計算公式，無法適當地考慮鋼骨對於混凝土圍束效應之影響，以及軸力對於箍筋需求量之影響。並由過去文獻上發現，在高軸力與低軸力之情況下，箍筋需求量亦有所不同，然而現行之台灣鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範並未考慮軸壓力對於箍筋用量之影響，乃至於在高軸力與低軸力之情況下，箍筋用量皆相同，顯不合理。

關鍵字：鋼骨鋼筋混凝土構造、包覆型 SRC 柱、箍筋、構架試驗、耐震設計

ABSTRACT

This research focuses on concrete-encased SRC structures. The concrete-encased SRC structures have several advantages compared to other types of structures. Concrete provides lateral support to the embedded structural steel member, thus increasing the buckling resistance of the steel member and hence increasing the ductility and energy dissipation capacity. Moreover, concrete serves as fireproof to the steel member. The steel member provides confinement to concrete, increasing compressive strength and ductility of concrete. Due to the advantages mentioned above, concrete-encased SRC structures have become more and more popular in recent years.

Previous research has indicated that existing Taiwanese SRC code provisions on the required amount of column transverse reinforcement for seismic design can not properly include the confinement effect from the steel member to concrete and does not consider the effect of axial load. The principal investigator of this proposal has proposed a design model to address this issue and has been verified by testing of large-scale members with various cross sectional shape of steel members, i.e., I shape, cross H shape, and T shape.

A large scale SRC frame structure will be constructed and tested in this research. The SRC frame will be designed with various cross-sectional shapes of steel members with the amount of column transverse reinforcement determined based on the proposed model. Pseudo-dynamic and cyclic loading

testing will be carried out. The objectives of this research are to examine the seismic performance of a SRC frame designed based on the proposed model for the amount of column transverse reinforcement and to further verify the model for future code implementation

KEYWORDS: SRC, concrete-encased, transverse reinforcement, confinement, ductility, frame

一、前言

包覆型 SRC 柱具有高強度高韌性之優良特性，由於鋼骨四周受到鋼筋混凝土包覆，可增加鋼骨之側向勁度、提升鋼骨抵抗受壓挫屈之能力、以及作為鋼骨之防火被覆，同時鋼骨亦可對四周包覆的混凝土產生圍束作用，提升其抗壓強度與韌性，適合應用於中高樓層建築結構，且鋼材料比較容易回收，較具環保優勢。

國內外已有不少包覆型 SRC 柱箍筋耐震需求研究，亦發展出許多不同種類之斷面型式。包覆型 SRC 柱主要可分為傳統鋼骨鋼筋混凝土(Traditional SRC，簡稱 TSRC)及新式鋼骨鋼筋混凝土(New SRC，簡稱 NSRC)，TSRC 推廣應用已行之有年，過去有較多研究者致力於研究發展不同斷面種類之 TSRC 柱，而 NSRC 柱由於其接頭施工較為複雜，應用上受到限制。

近年來隨著都市更新以及地狹人稠之緣故，高層建築漸漸已成為主要趨勢，因此高層建築底層柱必須承受極高的軸力(包含自重)。過去的研究已指出，既有 SRC 規範對於柱箍筋耐震設計需求之計算公式，無法適當地考慮鋼骨對於混凝土圍束效應之影響，以及軸力對於箍筋需求量之影響。過去的研究對於 I 型、十字型與 T 型等包覆型 SRC 柱斷面，已針對上述問題提出箍筋耐震設計用量之規範修正建議，並已透過一系列的構件試驗加以驗證。本研究係以大尺寸多跨構架試驗進行研究，觀察含包覆型 SRC 柱之構架耐震行為，並驗證前述構件層面之研究成果於構架結構之適用性。

二、國內外文獻評析

包覆型 SRC 柱韌性之優劣往往與其圍束方式有關，過去研究指出，箍筋之圍束能有效防止主筋挫屈且能為核心混凝土產生圍壓，大大提升其抗壓強度與韌性。因此，眾多學者紛紛投入圍束效應之研究，企圖找出不同圍束方式與其韌性之關係。

Ricles and Paboojian 探討包覆型 SRC 柱不同的圍束方式下對於反覆載重下的延展性的關係以及翼板上剪力釘對於撓曲韌性與強度之影響，經由對試體抗壓、抗剪的行為觀察，其研究結果顯示 SRC 柱在主筋受箍筋束制且承受反覆載重至挫屈後還擁有額外的強度與延展性，且得知以完全合成效應去分析 SRC 柱在受軸壓下的撓曲行為與實驗得到的成果相近且符合規範的建議。

Hsu et al.以雙軸彎矩討論 SRC 柱強軸與弱軸彎矩之軸力彎矩互制情形，並利用試驗計算了解 SRC 構件的耐震效能，該文中得到在 SRC 構件受弱軸彎矩時，其中鋼骨構件的彎矩強度，與整個鋼骨鋼筋混凝土構件的彎矩強度比過高時，其強度衰減率也會越高。

陳正誠、毛宗傑研究包覆型 SRC 柱在不同圍束情況下之混凝土應力-應變曲線，並探討 SRC

柱中鋼骨與混凝土之交互影響行為。以鋼骨斷面型式及試體高度為參數，共測試 21 組試體。實驗結果指出小尺寸試體誤差較大，導致原欲求各圍束區之應力-應變曲線圖，因數據誤差過大而無法求得。另由翼板承壓變形之現象得知，在試體達到極限強度前，混凝土已有擠壓翼板之行為，導致翼板的變形，此能證明鋼骨翼板確實能對混凝土產生圍束作用。

陳正誠與蔣迪研究包覆型 SRC 柱在軸力作用下配置不同箍筋量，探討鋼骨、箍筋對於混凝土圍束之效應，並研究以角隅繫筋（聯鎖式閉合箍筋）代替傳統閉合箍筋之可行性。聯鎖式閉合箍筋主要應用構件為梁柱接頭，聯鎖式閉合箍由角隅箍筋及雙 H 鋼骨聯手，組成一個具有閉合箍筋效果之閉合箍。

翁正強、顏聖益、林俊昌等人針對包覆型 SRC 柱中，混凝土受到鋼骨圍束之行為進行理論模式研究。此研究以鋼骨翼板寬度為參數，提出數種 SRC 柱中鋼骨對混凝土的圍束模式，並加以分析求得較為合理之 SRC 柱圍束箍筋用量之計算公式。研究結果顯示，當考慮鋼骨翼板對混凝土產生圍束效應時，所需之圍束箍筋用量將可獲得合理的放寬。

翁正強與李讓針對鋼骨鋼筋混凝土柱翼板寬度作為主要參數，來探討鋼骨翼板對於混凝土圍束效應之影響。共測試 20 支包覆型 SRC 短柱之軸向抗壓試驗，實驗結果顯示鋼骨翼板寬度確實能為混凝土帶來良好之圍束效果。另外，由實驗結果亦可發現，鋼骨能為 SRC 柱之軸力強度有所貢獻，使得混凝土所需承擔之軸壓力相對減少。綜合上述兩點，翁正強博士提出了一套 SRC 柱圍束箍筋用量之耐震設計方法，該法同時考量鋼骨用量以及鋼骨翼板寬度對 SRC 柱之影響，使得 SRC 柱圍束箍筋用量能合理的放寬，增加經濟性以及施工性。

陳正誠、沈家豪研究以包覆型 SRC 柱箍筋配置量為參數，探討當包覆型 SRC 柱箍在強軸與弱軸彎曲的情況下，箍筋對受壓混凝土提供圍束之應力、提供柱抗剪之能力，並觀察當試體達到極限狀態時強度衰減之程度。共規劃九組試體，柱頂以油壓千斤頂給予軸壓力，水平側則利用水平 MTS 給予反覆載種，以模擬 SRC 柱受到地震力之作用。研究結果顯示，若 SRC 柱之鋼骨斷面為單對稱時，SRC 柱之箍筋需求用量具有方向性，強軸彎曲與弱軸彎曲所需之箍筋用量應不相同，強軸彎曲時箍筋需求量明顯偏於保守，弱軸彎曲在塑性轉角達到 6% 時卻明顯不足。另一實驗結果顯示，在高軸力與低軸力之情況下，箍筋需求量亦有所不同，然而內政部建築研究所 2011 年所發布之鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範並未考慮軸壓力對於箍筋用量之影響，乃至於在高軸力與低軸力之情況下，箍筋用量皆相同，顯不合理。

三、研究方法

本研究研究方法包括：(1) 文獻之收集與整理；(2) 鋼板、箍筋及混凝土基本材料實驗；(3) 構架試體之擬動態實驗；(4) 構架試體之反覆載重實驗；(5) 規範條文適用性評估。

構架試體採用一組三垮兩層樓之大型構架，以構架中心為基準，左方兩柱(其主筋、鋼骨斷面配置均相同)採用鋼骨較深之斷面，右方兩柱(其主筋、鋼骨斷面配置均相同)則採用鋼骨較淺之斷面，僅以箍筋配置量作為變數。樓層之淨高度為 2.2m、柱為邊長 300mm 之正方形斷面，柱內鋼骨皆採用 XH 型鋼，鋼骨材料採用 ASTM A572 Grade 50，混凝土之標稱強度為 28 MPa，主筋降伏強度為 420 MPa。箍筋材料性質較為特殊，有關箍筋之材料性質與設計方法將會在下一小節詳述之。在鋼梁方面，梁內鋼骨以 H 型鋼作為設計，採用 A36 之鋼材，主筋及混凝土之材料性質與柱相同。鋼梁之淨長度為 2.7m、箍筋性質與柱相同。

經過相關資料文獻蒐集及研究後發現，既有 SRC 規範對於柱箍筋耐震設計需求之計算公式，無法適當地考慮鋼骨對於混凝土圍束效應之影響，以及軸力對於箍筋需求量之影響。並由過去文獻上發現，在高軸力與低軸力之情況下，箍筋需求量亦有所不同，然而現行之台灣鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範並未考慮軸壓力對於箍筋用量之影響，乃至於在高軸力與低軸力之情況下，箍筋用量皆相同，顯不合理。

因此本研究試著提出合理之箍筋設計公式，改善既有台灣 SRC 柱規範無法適當考慮鋼骨圍束以及軸力效應之問題，使台灣 SRC 柱箍筋用量設計公式能更臻合理。本研究將有助於包覆型 SRC 結構系統箍筋用量之合理化，兼顧安全性以及經濟性。研究後發現，既有 SRC 規範對於柱箍筋耐震設計需求之計算公式，無法適當地考慮鋼骨對於混凝土圍束效應之影響，以及軸力對於箍筋需求量之影響。並由過去文獻上發現，在高軸力與低軸力之情況下，箍筋需求量亦有所不同，然而現行之台灣鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範並未考慮軸壓力對於箍筋用量之影響，乃至於在高軸力與低軸力之情況下，箍筋用量皆相同，顯不合理。

四、構架擬動態試驗

試驗前先利用分析軟體 RSPMatch2005 將台北盆地 TAP021 測站所量測到 921 集集大地震之地表加速度歷時對此構架試體做動力分析，並調整 PGA 之大小，使期滿足中小地震以及設計地震($PGA=0.24G$)之最大地表加速度等級，調整過後之中小地震之譜加速度 $S_a=0.175g$ ，最大地表加速度 $PGA=0.07g$ ，設計地震之譜加速度 $S_a=0.6g$ ，最大地表加速度 $PGA=0.24g$ ，短週期與中週期分界之轉角週期 $T=1.05$ 秒。測站 TAP021 所紀錄之集集地震地表加速度歷時與調整過後之地表加速度歷時，如圖 1 所示。再以另一套分析軟體 Bispec 對調整過後之地表加速度歷時做反應譜分析，其分析結果如圖 2 所示，接著對構架試體進行自由振動試驗，目的在於求得此構架試體真實之阻尼比，經計算後求得阻尼比為 6.28%，真實週期 $T=0.495$ 秒。

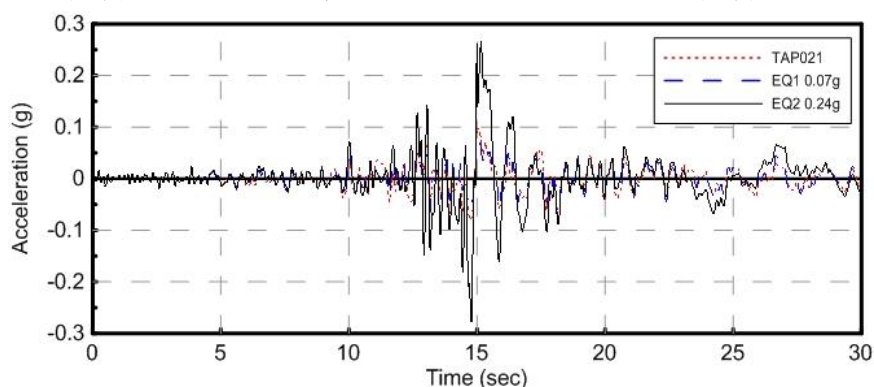


圖 1 測站 TAP021 量測與調整過後之地表加速度歷時圖

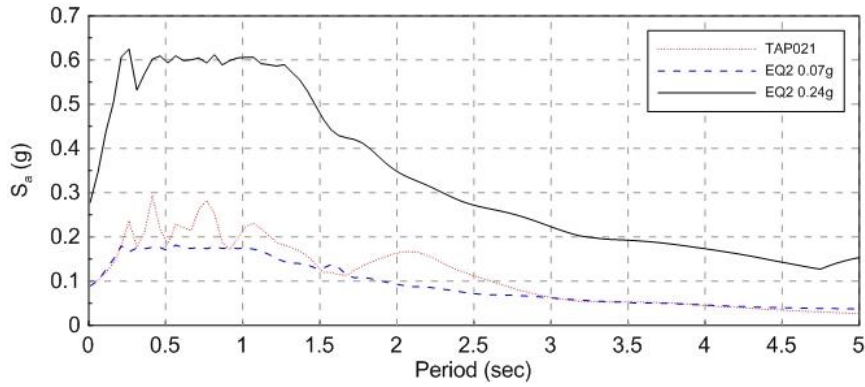


圖 2 測站 TAP021 與調整過後之地表加速度反應譜

中小地震：開始測試中小度地震對整體構架之反應，輸入先前已調整過後之中小地震之譜加速度 $S_a = 0.175g$ ，最大地表加速度 $PGA = 0.07g$ ，在此中小地震作用下，樓頂產生之最大位移為 $-13mm$ 和 $13.9mm$ ，第一樓層與第二樓層層間位移比(Drift)分別為 -0.27% 和 0.29% ，對應之基底剪力分別為 $-172.3kN$ 和 $185.2kN$ 。由樓層總位移與基底剪力之遲滯迴圈可知，構架試體在此中小度地震作用下仍然處於彈性範圍內，如圖 3 所示。其行為符合現行台灣耐震設計規範所要求，結構物於中小地震作用下保持在彈性範圍內。混凝土表面裂縫相當細微。圖 4 為構架受到中小度地震($0.07g$)與所量測到之基底剪力歷時圖。

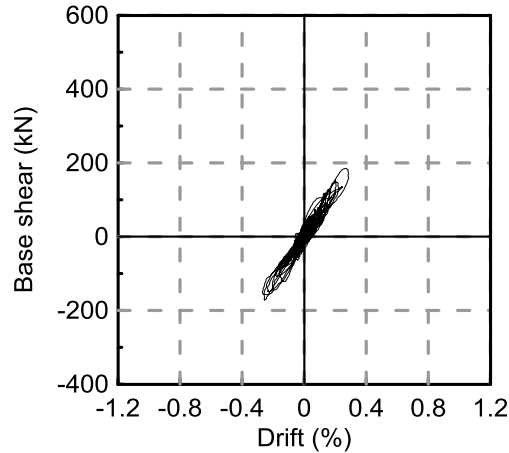


圖 3 中小地震作用下基底剪力與樓層總位移之遲滯迴圈圖

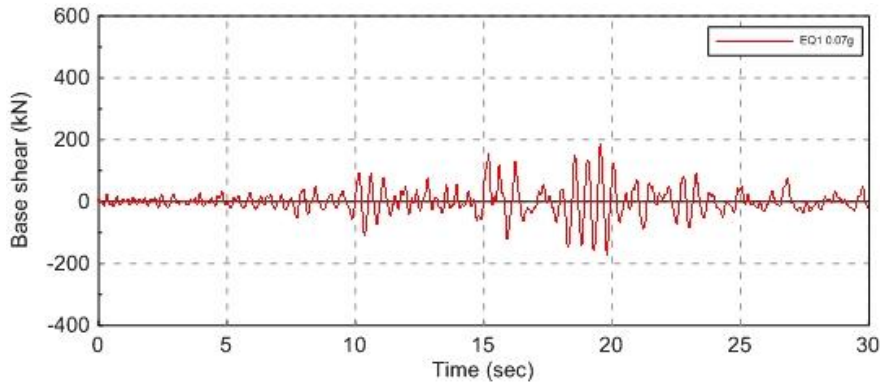


圖 4 中小度地震(0.07g)之基底剪力歷時圖

設計地震：接著測試設計地震對整體構架之反應，輸入設計地震之譜加速度 $S_a=0.6g$ ，最大地表加速度 $PGA=0.24g$ ，構架在此設計地震作用下，樓頂產生之最大位移為 $-34.7mm$ 和 $49.5mm$ ，第一樓層與第二樓層層間位移比(Drift)分別為 -0.71% 和 1.0% ，對應之基底剪力分別為 $-372.7kN$ 和 $567.8kN$ 。由樓層總位移與基底剪力之遲滯迴圈可知，構架試體在此設計地震作用下雖然位移比有達到 1% ，可觀察出其行為開始產生降伏，如圖 5 所示，各樓層柱裂縫數量增加。圖 6 為構架受到設計地震(0.24g)與所量測到之基底剪力歷時圖。

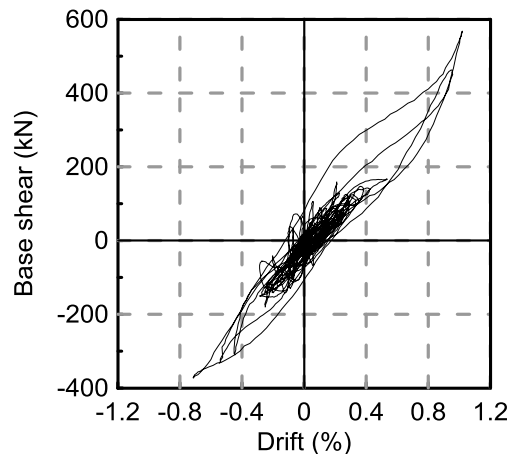


圖 5 設計地震作用下基底剪力與樓層總位移之遲滯迴圈圖

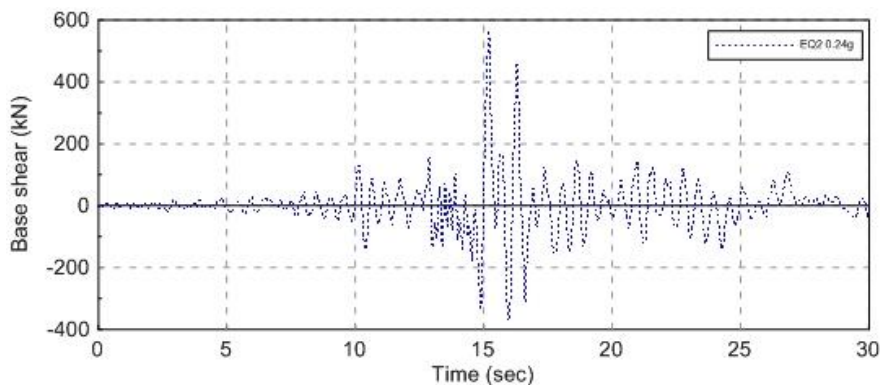


圖 6 設計地震(0.24g)之基底剪力歷時圖

五、整體構架反覆載重試驗

由於先前已進行過 中小度地震($PGA=0.07g$)與設計地震($PGA=0.24g$)等擬動態試驗，試體各柱已產生微小裂縫，故直到位移比 3.0%時才開始明顯產生新的裂縫。

位移比 4.0%時第一樓層柱底混凝土剝落面積加大，梁編號 2B1、2B2 與 2B3 之梁頂靠近梁柱交界面之混凝土明顯開裂，其梁底亦有開裂現象但不明顯。位移比 5.0%時第一樓層柱底混凝土剝落情況情況加劇，尤其是柱角剝落情況較為嚴重，梁編號 2B1、2B2 與 2B3 之梁底靠近梁柱交界面之混凝土開始產生剝落，如圖 9 所示，此時梁編號 RB1、RB2 與 RB3 梁底之混凝土亦產生開裂。第二樓層柱編號 2Cd₁ 與 2Cs₁ 柱頂混凝土開始剝落並且有大量之垂直裂縫產生，研判應是 $0.3f_c'$ Ag 軸力之影響開始介入。

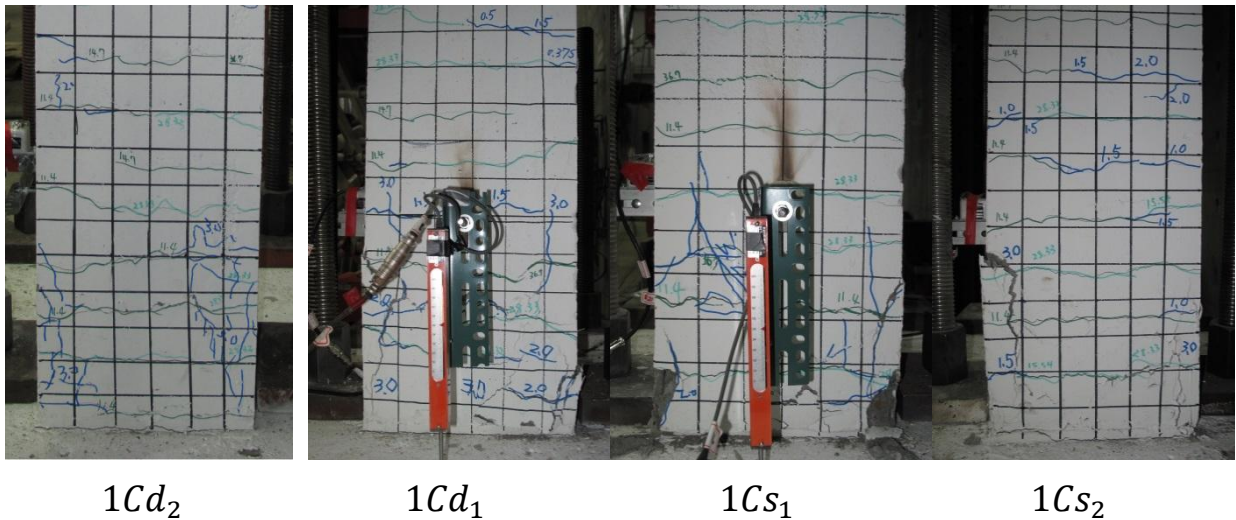


圖 7 試體第一樓層各柱於位移比 3%時柱底混凝土剝落之情形

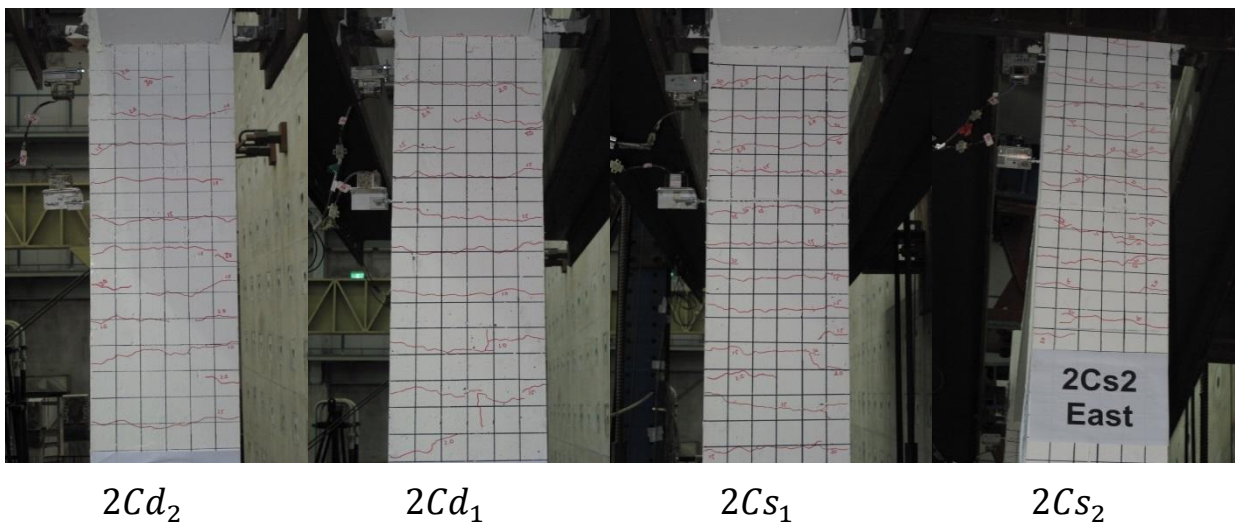
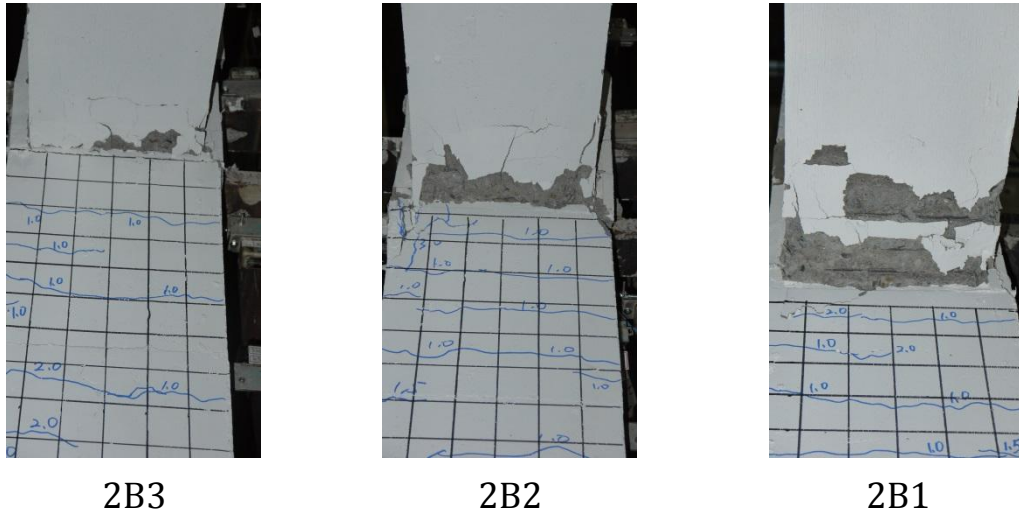
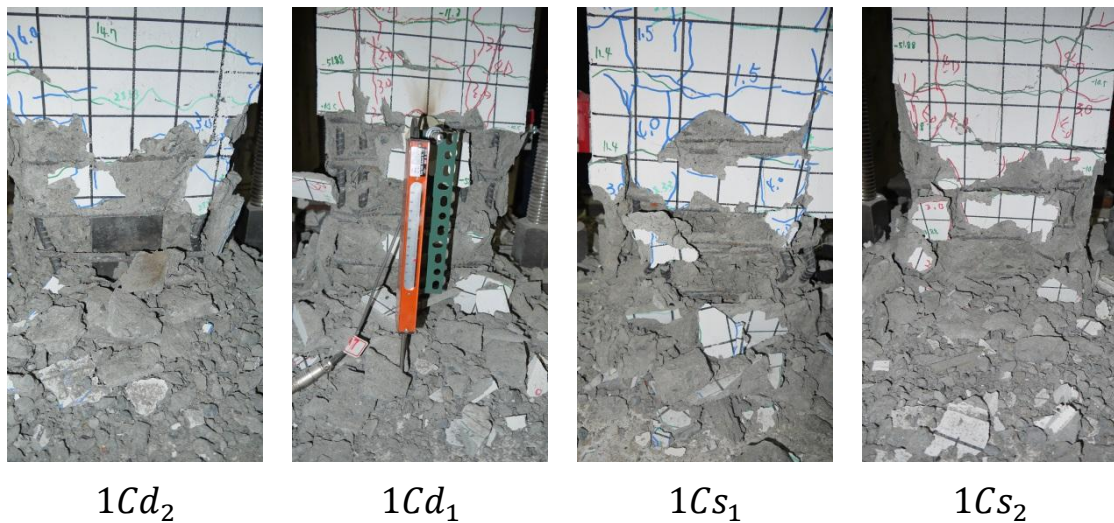


圖 8 試體第二樓層各柱於位移比 3%時柱頂水平裂縫增加之情形



2B3 2B2 2B1
圖 9 試體第二樓層各梁於位移比 5% 時梁底混凝土開裂之情形

位移比 8.0% 時第一樓層柱底主筋挫屈並且斷裂，其中柱編號 $1Cd_2$ 柱底鋼骨翼板亦有挫曲情形發生，如圖所示。第二樓柱頂混凝土剝落情況加劇，但柱底並無混凝土剝落之情況發生，推測原因為二樓各梁端已產生塑絞，絕大部分之轉角於梁端產生，造成第二樓層柱底沒有明顯破壞之情況。梁編號 RB3 之梁底主筋產生斷裂，如圖所示，推測原因為梁 RB3 僅與第二樓層邊柱 $2Cd_2$ 相接合，此種接合之情況所提供梁柱接頭良好之束制有限，反觀柱 $2Cd_1$ 與 $2Cs_1$ 之梁柱接頭兩邊皆有梁能提供良好之束制條件，可有效地限制其變形。至於梁編號 RB1 之梁底為何沒有發生主筋斷裂之情形，推測原因為第二樓層邊柱 $2Cs_2$ 雖僅與梁 RB1 相接合，但在梁柱接頭另一方向上卻有著 200MT Actuator 側向油壓伺服致動器施與拉力與壓力，無形之中此股拉力與壓力對於梁柱接頭亦產生束制的效果，因此梁編號 RB1 之梁底並沒有發生主筋斷裂之情形。由於現場 200MT Actuator 側向油壓伺服致動器之容量問題，位移比 8% 已達 Actuator 之極限，實驗終止



$1Cd_2$ $1Cd_1$ $1Cs_1$ $1Cs_2$
圖 10 試體第一樓層各柱於位移比 8% 時柱底主筋挫屈與斷裂之情形



圖 11 梁編號 RB3 於位移比 8% 時梁底主筋產生斷裂之情形

六、結果與討論

根據現行台灣耐震設計規範要求，結構物於中小地震作用下保持在彈性範圍內，於設計地震作用下時容許其產生塑性變形，但韌性容量不得超過容許韌性容量。實驗結果顯示其於中小地震與設計地震作用下各樓層柱僅出現微小裂縫。再由遲滯迴圈圖證實本構架試體在中小地震作用下保持在彈性範圍內，符合耐震設計規範所要求「小震不壞」之基本原則。在設計地震作用下剛開始進入塑性範圍內，其遲滯迴圈才剛開始出現。符合耐震設計規範所要求「中震可修」之基本原則。

構架之真實阻尼比為 6.28% 與當初設計試體時所假設之阻尼比為 5.0% 相近不遠。真實阻尼比較大之原因為考慮構架試體在實驗時，側向支撐系統與構架試體產生摩擦力使得構架阻尼比增加。

研究於設計時根據分析軟體 SAP2000 求得結構物基本震動週期 $T=0.385$ 秒，但實際所量測到結構物之基本震動週期 $T=0.495$ 秒。實際結果與分析結果相差不大，實際週期較長之原因為夾具與試體の間隙使得構架試體勁度變小，勁度變小才導致實際結構物之基本震動週期較分析所得之值要大。

試驗構架根據台灣規範設計得到基底剪力之設計值為 331kN，實驗中因實際週期較長導致構架所經歷之最大基底剪力為 567.8 kN。本構架所經歷之最大基底剪力值為設計值之 1.7 倍，此 1.7 倍為結構物超強度係數。

構架試體在設計時採「強柱弱梁」設計，依據現行台灣 SRC 規範規定，柱與梁之撓曲強度比至少為 1.2 以上。由本次實驗中發現，本構架試體在設計時柱與梁之撓曲強度比均已大於規範所要求的 1.2，實驗觀察一樓塑鉸發生順序，確實先從梁端產生再從柱底產生，但二樓中央兩內柱(施加軸力 $[0.3f_c] A_g$)之塑鉸卻

是先從柱頂產生。由此可知雖然設計符合規範所要求的柱與梁之撓曲強度比至少為 1.2 以上，但也不能保證實際上塑鉸產生的順序會先從梁端產生再由柱端產生。

由整體遲滯迴圈可知，採用本研究 Prop 之設計方法與台灣 SRC 規範所設計所得到的遲滯迴圈圖皆相當飽滿消能效果佳，其位移比達到 8% 時強度也僅下降至 75%。本研究採用鋼骨深度較深之斷面導致保護層厚度較淺，但經本實驗結果證實在位移比到達 3% 時鋼骨較深之柱斷面仍然沒有混凝土剝落的情況產生。由位移比 3% 時之破壞情況可以明顯看到一樓柱在低軸力圍束箍筋配置量較少的情況下，一樓柱僅產生多數裂縫其混凝土皆沒有剝落的情況產生。這代表著本研究 Prop 之設計方法允許在低軸力的情況下配置較少量的圍束箍筋需用量，且實驗結果證實其行為仍然偏保守，不會有箍筋用量不足的疑慮產生。

實驗結果可簡單歸納如下列幾點；

- 1、一樓採用本研究 Prop 之設計方法能適當地考慮深淺斷面及軸力大小對箍筋用量的影響，實驗結束後其塑鉸區的破壞行為類似，損壞程度幾乎一致。
- 2、實驗中發現，一樓採用本研究 Prop 設計方法在試驗結束後，不論鋼骨深淺承受軸力大小與否 ($1Cd_2\theta_p = 6.24\%$ ， $1Cd_1\theta_p = 6.60\%$ ， $1Cs_1\theta_p = 7.44\%$ ， $1Cs_2\theta_p = 7.40\%$)，塑鉸區之圍束箍筋仍緊貼著核心混凝土，沒有箍筋斷裂的情況產生。
- 3、比較鋼骨較深的斷面，柱 $2Cd_1$ (採用台灣規範設計) 與柱 $1Cd_1$ (採用本研究 Prop 之設計方法) 在塑性轉角相近 ($\theta_p = 4.59\%$) 的情況下相比，可發現採用台灣規範所設計之柱 $2Cd_1$ 混凝土剝落嚴重，鋼骨翼板與主筋均發生挫屈。
- 4、比較鋼骨較淺的斷面，柱 $2Cs_1$ (採用台灣規範設計) 與柱 $1Cs_1$ (採用本研究 Prop 之設計方法) 在相近轉角 ($\theta_p = 4.57\%$) 的破壞情況相比之下，可發現台灣規範無法有效地提供主筋適當地束制造成主筋挫屈。

經由本次實驗結果可知，本研究所提之設計公式為一安全、可行之設計公式。該公式能適當地考慮到鋼骨的方向性、鋼骨翼板寬度、鋼骨斷面深度以及柱承受軸力大小的影響。

七、結論與建議

本團隊所 Prop 所需之箍筋用量為台灣 SRC 規範之 1.5 倍，柱採用台灣規範設計與採用本研究 Prop 之設計方法在相近轉角的破壞情況相比之下，採用現行台灣規範所設計之箍筋用量無法有效地提供主筋適當地束制造成主筋挫屈。反觀採用本研究 Prop 之設計方法其塑鉸雖已產生，但塑鉸區之圍束箍筋仍緊貼著核心混凝土，皆無箍筋斷裂的情況產生。

實驗結果顯示，本研究 Prop 設計方法可將軸力大小與鋼骨斷面深淺對圍束箍筋用量之影響做適當地考量。且採用本研究 Prop 設計方法在試驗結束後不論鋼骨深淺承受軸力大小與否其塑鉸區之圍束箍筋仍緊貼著核心混凝土，沒有箍筋斷裂的情況產生。試驗結束後，一樓採用本研究 Prop 之設計方法各柱塑鉸區的損傷程度都差不多，破壞程度非常類似幾乎一致。

綜合以上結果可知，本研究所提之包覆型 SRC 柱耐震箍筋需求用量之設計公式為一安全、可行且保守之設計公式。該公式能適當地考慮到鋼骨的方向性、鋼骨翼板寬度、鋼骨斷面深度以及柱承受軸力大小的影響。建議 SRC 規範第九章耐震設計 9.6.3 柱之設計細則之圍束箍筋需求量可參考本研究所提出之設計建議，做相應之修正。

參考文獻

- ACI Committee 318, 2011. ACI 318-11/318R-11, Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. American Concrete Institute.
- AISC 360-10, Specification for Structure Steel Building. American Institute of Steel Structure.
- AISC LRFD 2005, Load and Resistance Factor Design Specification. American Institute of Steel Structure.
- AISC 341-10, Seismic Provisions for Structural Steel Buildings. American Institute of Steel Structure.
- ISC Design Examples Version 14.0. American Institute of Steel Structure. °
- Chen, CC., Suswanto B., Lin Y.J., Behavior and Strength of Steel Reinforced Concrete Beam-column Joint with Single Side Force Inputs. Journal of Constructional Steel Research, 65 (2009) 1569-1581.
- Chen C.C., Cheng C.L., Lin Y.J., Flexural Analysis and Design Methods for SRC Beam Sections with Complete Composite Action. Journal of the Chinese Institute of Engineers, Vol. 31, No. 2, pp. 215-229 (2008).
- Chen C.C., Sudibyo T, The Effect of Intermediate Stiffeners on Steel Reinforced Concrete Beams Behaviors. World Academy of Science, Engineering and Techonology 68(2012).
- Hoang T.T.T., Seismic Behavior of Steel Reinforced Concrete Columns with Axial Compressive Force, NTUST Master Thesis(2009).
- James M. Ricles, and Shannon D. Paboojian. (1994). Seismic performance of steel-encased composite columns. Journal of Structural Engineering.
- Hsu, H. L., Jan F. J. and Juang, J. L., Performance of composite members subjected to axial load and bi-axial bending. Journal of Constructional Steel Research(2009).

Priestly, M. J. N., and Paulay, T.(1992). Seismic Design of Reinforced Concrete and Masonry

Buildings. John Wiley & Sons, Inc.

翁正強、顏聖益、林俊昌(1998),「包覆型 SRC 柱鋼骨對混凝土圍束箍筋量之影響」,中國土木工程學刊,第十卷,第二期,193-204 頁。

[翁正強、李讓,(2005),「鋼骨鋼筋混凝土柱圍束鋼筋量之試驗與耐震設計」,碩士論文,國立台灣交通大學土木工程研究所,新竹。

陳正誠、沈家豪,(2010),「鋼骨鋼筋混凝土柱塑性轉角容量之研究」,碩士論文,國立臺灣科技大學營建工程研究所,台北。

陳正誠、蔣迪,(2005),「包覆型 SRC 柱軸向受行為」,碩士論文,國立臺灣科技大學營建工程研究所,台北。

陳正誠、黃氏秋水,(2009),「含軸壓力鋼骨鋼筋混凝土柱之耐震行為」,碩士論文,國立臺灣科技大學營建工程研究所,台北。

陳正誠、詹鎧慎,(2012),「含軸壓力包覆型鋼骨鋼筋混凝土柱之撓曲行為」,行政院國家科學委員會成果報告, NSC 99-2221-E-011-038。

陳正誠、毛宗傑,(2006),「SRC 柱混凝土與鋼骨交互影響之探討」,碩士論文,國立臺灣科技大學營建工程研究所,台北。

內政部建築研究所,(2004),「鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說」。

內政部建築研究所,(2011),「鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說」。

陳正誠,(2005),「研發成果申請專利揭露書」,國立臺灣科技大學營建工程研究所,台北。

中華民國鋼結構協會,(2012),「鋼結構設計手冊(極限設計法)」。