

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

鋼梁接 SRC 柱之梁柱接頭耐震試驗研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2211-E-009-039-

執行期間：91 年 08 月 01 日至 92 年 07 月 31 日

執行單位：國立交通大學土木工程學系

計畫主持人：翁正強

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 11 月 3 日

鋼梁接 SRC 柱之梁柱接頭耐震試驗研究

Experimental Study on Seismic Behavior of Steel Beam to SRC Column Connections

計畫編號：91-2211-E-009-039

執行時間：91年8月1日至92年7月31日

主持人：翁正強 交通大學土木工程系 教授

一、摘要

本研究進行一系列大尺寸鋼梁接 SRC 柱（鋼骨鋼筋混凝土柱）之梁柱接頭反復載重試驗，其目的在探討這種新型梁柱接頭之耐震性能與力學行為。此種新型梁柱構造主要的特點在於能夠有效的利用 SRC 柱的勁度與抗壓能力之優點，又可以利用鋼梁與鋼承板在施工上的方便性，避開 SRC 梁在施工上常見的缺陷。本研究探討之主要參數為 SRC 柱中之鋼骨斷面與鋼梁之彎矩強度比（Moment Ratio）及梁柱接頭區（Panel Zone）之強度。此外，本研究並嘗試在接頭區採用 4 支 90+135 度彎鉤之周邊繫筋，以形成圍束箍筋的方式，來簡化接頭處箍筋的施工複雜性。

本研究實驗結果顯示，彎矩強度比在 0.70 以上之試體，在鋼梁上均產生適當的塑性鉸，發揮良好的韌性消能作用。實驗結果亦發現，在接頭區鋼柱腹板加鉚適當的疊合板可有效減少接頭區混凝土之開裂，提升接頭區之強度，並有助於鋼梁發揮塑性變形能力。本研究之結果

初步證實，在適當設計下，此種鋼梁接 SRC 柱之構造可發揮良好的強度與韌性變形能力。

關鍵詞：鋼梁、SRC 柱、梁柱接頭、大尺寸試體、耐震行為

Abstract

The objective of this research is to study the seismic behavior of steel beam to SRC (Steel Reinforced Concrete) column connections through a series of cyclic loading test of large-scale specimens. The purpose of using the SRC column is to take the advantages of its larger stiffness and stronger compressive strength.

The major parameters investigated in this study include the panel zone strength and the ratio of moment capacity between the steel shape within SRC column and the steel beam. A new type of hoop reinforcement in the beam-to-column joint is also studied. The experimental results showed that the steel beam developed satisfactory plastic rotation capacity when the moment ratio is greater than 0.7. The test results also suggested that the addition

of doubler plate on the steel web of the panel zone effectively reduced the shear cracks of the concrete at the beam-to-column joint.

Keywords : Steel Beam, SRC Column, Beam-to-Column Connection, Large-scale Specimen, Seismic Behavior

二、前言

鋼骨鋼筋混凝土 (SRC) 構造結合鋼骨 (S) 與鋼筋混凝土 (RC) 兩種材料, 若經由適當的設計, SRC 構造可以有效發揮這兩種材料的優點, 並可以得到較經濟的設計結果。相對於純鋼骨構造而言, SRC 構造的勁度較大, 可減少結構體之側向位移; 混凝土的包覆有助於降低鋼骨發生局部挫屈, 亦是鋼骨良好的防火被覆。相對於純 RC 構材而言, SRC 構材所需的斷面尺寸較小, 使建築物的空間利用更為經濟, 亦有助於構材韌性的提昇。

在美國與日本的建築規範中與 SRC 相關的包括: (1)ACI-318 結構混凝土設計規範[1], (2)AISC-LRFD 鋼結構設計規範[2], (3)日本建築學會 (AIJ) SRC 設計規範[3]。ACI 規範大致上承襲鋼筋混凝土設計法, 將 SRC 構材中的鋼骨視為等量的鋼筋來設計。AISC 規範對於鋼骨鋼筋混凝土之設計則沿襲鋼結構設計法, 基本上是斷面轉換, 其優點是方法簡易, 但缺點是過於保守。日本建築學會 SRC 規範是採用強度疊加法, 其優點是觀念簡單明確, 但是 AIJ-SRC 規範設計公式較為複雜。

在台灣的設計規範方面, 翁正強等接受內政部建築研究所之委託, 研訂出「鋼骨鋼筋混凝土 (SRC) 構造設計規範與解說」草案 [4], 提供許多工程師在進行 SRC 構造設計時之參考依循。

國內過去十餘年來在 SRC 構造相關的研究方面, 大多集中在探討 SRC 構材彎矩、軸力及梁柱強度方面之問題 [5~8]。有關 SRC 梁柱接頭試驗, 陳昭榮 [9] 曾利用類似日本半預鑄工法之 SRC 梁柱接頭試體, 探討其強度與韌性。朱俊星 [10] 則首次將高韌性接頭用於 SRC 構造中。陳勤傑 [11] 則嘗試以特殊設計之蓋版來替代鋼筋, 使梁柱接頭區之 SRC 之塑性區外移。有關鋼梁接 SRC 柱之梁柱接頭則尚未有深入之探討。因此本研究乃在國科會的贊助下, 製作一系列鋼梁接 SRC 柱之試體進行反復載重耐震實驗, 以探討其強度、韌性及勁度等力學行為。

三、實驗計劃

本研究共製作五支大尺寸鋼梁接 SRC 柱之梁柱接頭試體, 試體之編號及尺寸如表一所示。主要之設計參數為鋼梁與 SRC 柱中鋼柱之彎矩強度比 (Moment Ratio) 及在接頭區 (Panel Zone) 鋼柱腹板加鉸疊合板 (Doubler Plate) 之影響。

目前國內 SRC 規範草案建議, 若設計者採用鋼梁接 SRC 柱之梁柱接頭, 其 SRC 柱中鋼柱之彎矩強度不得小於鋼梁之彎矩強度, 即鋼柱之彎矩強度需滿足 $(M_{ns})_C \geq (M_{ns})_B$ 。由於此一規定可能使得 SRC 柱之設計過於保守, 因此本研究乃規劃探討鋼柱與鋼梁之彎矩強度比為 0.70、0.84 及 1.12 時 (如表二所示) 對此種梁柱接頭強度與韌性之影響, 此三支試體編號取為 SRC1-MR0.70, SRC2-MR0.84 及 SRC3-MR1.12, 其中 MR 代表彎矩強度比。同時, 此三支試體之 SRC 柱整體彎矩強度與鋼梁之彎矩強度比值分別為 1.00、1.13 及 1.41 (如表二所示), 亦即 SRC 柱整體抗彎強度皆符合強柱弱梁之原則。

另一方面, 本研究以在接頭區腹板 (Panel Zone) 加鉸疊合板之方式來探討接頭區腹板的剪力強度對梁柱接頭

行為之影響。試體 SRC4-ND 並未加銲疊合板，為對照組；試體 SRC5-D 則在 Panel Zone 處加銲 24mm 之疊合板，編號中 ND 代表未施銲疊合板；D 為有加銲疊合板；在疊合板中央部位使用兩個圓形塞銲與柱腹相連，使疊合板與柱腹板在剪力作用下有較一致的變形，疊合板型式如照片一所示。表三顯示本研究所有試體之接頭區腹板的剪力強度與接頭區需求剪力強度之比值。

本研究之 SRC 柱斷面尺寸為 550mm×550mm，長度為 3m，主筋採用 12 根 #6 竹節鋼筋，柱斷面配筋如圖一所示。鋼梁與 SRC 柱中的鋼柱之材質均為 A572 Gr.50，鋼梁斷面為 H488×300×11×18 之組合 H 型鋼，長度為 2m。SRC 梁柱接頭試體之材料強度如表四所示。

在箍筋配置方面，本研究所有試體在非接頭區皆配置間距 150mm 之 #3 閉合箍筋。在接頭區則嘗試採用 4 支 90+135 度彎鉤之周邊繫筋組合形成一個圍束箍筋，藉以避免傳統 SRC 梁柱接頭區箍筋搭接所需之銲接，箍筋配置圖與箍筋型式如圖二及圖三所示。試體 SRC4-ND 與試體 SRC5-D 主要考量之參數為接頭區之強度，並探討接頭區加銲疊合板但不配置箍筋之可行性。

本研究之試體其鋼骨之梁柱接合方式係仿照托梁式接頭之銲接方法，梁翼板以全滲透開槽銲銲接，梁腹板則以填角銲與柱翼板銲接，詳細銲接尺寸如圖四所示。

本研究之試驗工作在交通大學土木系的大型結構實驗室進行。試體在灌漿前組立模板情形如照片二所示。試驗配置如圖五及照片三所示。固定於反力牆上的 1000kN 之 MTS 油壓致動器用以對鋼梁施加反復作用力；每支試體之 SRC 柱均施加 $0.1P_n$ 的軸力；為避免試體發生平面外變形，於梁側向裝置一組側向支撐鋼架。本研

究在 SRC 柱下方設置線性變形位移感應計(LVDT)及在接頭交會區設置 π -gage 位移計以量測接頭區的變形；此外，本研究在接頭區的鋼梁翼板、腹板及圍束箍筋上共黏貼了 12 個應變計。

本試驗以 MTS 動力試驗系統控制連接於梁端之油壓致動器，以位移控制方式對試體施加反復載重，油壓致動器的施力大小是由預先規劃的位移歷程來控制。位移控制的步驟如圖六所示，依序為 $0.2\Delta y$ 、 $0.4\Delta y$ 、 $0.6\Delta y$ 、 $0.8\Delta y$ 、 $1.0\Delta y$ 、 $1.5\Delta y$ 、 $2.0\Delta y$ 、 $3.0\Delta y$ ，往後每一階段均增加一個 Δy ，如此直到試體破壞或強度折減過大時方停止試驗。

四、實驗結果與討論

4.1 試驗中觀察之現象

試體 SRC1-MR0.70 (簡稱 SRC1) 探討鋼骨彎矩強度比為 0.70 時對接頭行為之影響，其反復載重與位移曲線如圖七所示。此試體在梁端位移進入 7 y 時，梁翼板開始產生輕微塑性變形。當位移進入 8 y 時，梁翼板已產生明顯的塑性變形，此時試體之載重達到最大值，分別為 +765kN 與 -702kN。位移進入 11 y 時，梁塑性變形持續漸增，但試體強度已下降至最大載重的 75% 以下，認定試體已破壞，停止試驗。此試體之梁塑性變形圖如照片四所示。

試體 SRC2-MR0.84 (簡稱 SRC2) 探討鋼骨彎矩強度比為 0.84 時對接頭行為之影響，其反復載重與位移曲線如圖八所示。此試體之載重最大值發生在 8 y 時，分別為 +736kN 與 -688kN。位移進入 9 y 時，梁翼板產生輕微塑性變形情形，梁翼板處之混凝土部份壓碎。進入 10 y 時，梁翼板已產生塑性變形，混凝土裂縫發展漸趨緩和。位移進入 13 y 時，梁塑性變形持續漸增，但試體強度已下降至最大載重的 75% 以下，認定試體已破壞，停止試驗。此試

體之梁塑性變形圖如照片五所示。

試體 SRC3—MR1.12 (簡稱 SRC3) 探討鋼骨之彎矩強度比為 1.12 時對接頭行為之影響，其反復載重與位移曲線如圖九所示。當梁端位移進入 7 y 時，梁翼板開始產生輕微塑性變形情形，混凝土之裂縫發展漸趨緩和。當位移進入 8 y 時，試體之載重達到最大值，分別為 +743kN 與 -600kN。隨著迴圈增加，梁的塑性變形愈趨嚴重，梁腹板也產生明顯的鼓起現象。位移進入 11 y 時，試體強度已下降至最大載重的 75% 以下，認定試體已破壞，停止試驗。此試體之梁塑性變形圖如照片六所示。上述三支試體其梁柱接頭區混凝土在開裂後，箍筋都發揮出良好的圍束作用，且都並未發生彎鈎脫開的現象，初步證實以 4 支 90+135 度彎鈎之繫筋組成箍筋的方式是有效的。

試體 SRC4—ND (簡稱 SRC4) 主要探討參數為 Panel Zone 之強度以及不配置接頭區箍筋之影響，其 Panel Zone 之剪力強度為需求剪力的 0.47 倍。接頭需求剪力為鋼梁達到塑性彎矩時，由鋼梁上下翼板之拉力傳至梁柱接頭區內之剪力，在扣除柱剪力後之接頭區需能提供之剪力強度。此試體之反復載重與位移曲線如圖十所示。當梁端位移進入 5 Δy 時，接頭區側面混凝土剪力裂縫寬度已可由肉眼看出，且裂縫長度持續增加中，柱上方鋼梁翼板混凝土亦出現被擠壓開的趨勢。當位移進入 6 Δy 時，接頭區混凝土側面剪力裂縫持續發展，數量與寬度持續增加並有些微的混凝土剝落。當位移進入 7 Δy 時，接頭區側面混凝土剪力裂縫持續變寬且逐漸加長與水平裂縫結合，同時也可看到鋼梁與混凝土交接面產生間隙。當位移進入 8 Δy 時，試體發生巨響，強度嚴重下降，認定試體已破壞。試驗完成後，將接頭區混凝土敲開，發現鋼梁一側翼板由扇型開孔沿翼板兩側成 V 字型拉裂，如照片七所示。而柱主筋並無明顯的變形，且

梁腹板與梁翼板銲道都保持完好。此組試體之載重最大值為 +755.4kN 與 -691.5kN，分別發生於 +8 Δy 與 -7 Δy 時。

試體 SRC5—D (簡稱 SRC5) 主要探討 Panel Zone 之強度以及加銲疊合板但不配置接頭區箍筋之影響，其接頭區鋼柱腹板剪力強度為需求剪力的 1.42 倍。此試體之反復載重與位移曲線如圖十一所示。當位移進入 7 Δy 時，梁翼板開始產生輕微塑性變形，此時試體之載重達到最大值，分別為 +771.9kN 與 -691.1kN。當位移進入 8 Δy 時，梁腹板也出現塑性變形。當位移進入 9 Δy 時，鋼梁已出現明顯塑性鉸的現象。當位移進入 10 Δy 時，試體強度已下降達最大載重之 75%，認定試體已破壞，停止試驗，此時試體側面之混凝土保持完好，並無明顯開裂情形。此試體之梁塑性變形圖如照片八所示。

本研究所有試體之載重位移破壞包絡線如圖十二所示。所有試體在極限位移時側面混凝土的開裂情形如照片九所示。

4.2 變形能力評估

依據美國聯邦緊急事務處理局 (Federal Emergency Management Agency, FEMA) 有關耐震建築設計要求，其最新公佈的 FEMA 350[14] 規定梁柱接頭的轉角須滿足層間變位角 (Interstory Drift Angle) θ_{SD} 或 θ_U 的最小要求以確保接頭的韌性，層間變位角的定義如圖十三所示。

本研究參考 FEMA 之定義來求取試體的層間變位角。試體 SRC1 的梁端最大位移為 11 Δy =121mm，試體 SRC2 的梁端最大位移為 13 Δy =143mm，試體 SRC3 的梁端最大位移為 11 Δy =121mm，試體 SRC4 的梁端最大位移為 8 Δy =88mm，試體 SRC5 的梁端最大位移為 10 Δy =110mm，而梁端到柱中心之距離皆為 2305mm，故試體 SRC1 之轉角 θ =

5.2% 弧度，試體 SRC2 之轉角 $\theta=6.2\%$ 弧度，試體 SRC3 之轉角 $\theta=5.2\%$ 弧度，試體 SRC4 之轉角 $\theta=3.8\%$ 弧度，試體 SRC5 之轉角 $\theta=4.8\%$ 弧度。所有試體之破壞模式與最大層間變位角如表 6 所示。

4.3 彎矩強度比之影響

實驗結果顯示，除了試體 SRC4 因鋼梁斷裂韌性較差外，其餘試體之鋼梁都在遠離 SRC 柱混凝土面 10 至 15 公分處產生了塑性鉸，發揮良好的韌性。

經由試體 SRC1 與 SRC2 之實驗發現，當 SRC 柱中之鋼骨斷面與鋼梁之彎矩強度比值降至 0.70 與 0.84 時（如表二所示），鋼梁仍可發揮韌性，產生良好之塑性變形，且在梁柱接頭區之側面混凝土亦無太嚴重的開裂情形。因此，國內 SRC 規範草案針對鋼梁接 SRC 柱之構造規定其鋼柱與鋼梁之彎矩強度比值不得小於 1.0 之要求似乎過於保守，建議應該可以稍微放寬此一規定。

4.4 接頭區 (Panel Zone) 腹板強度與箍筋配置之影響

以一般純鋼構的梁柱接頭而言，當接頭區腹板的剪力強度較弱時，可以藉由剪力變形的消能機制來消耗梁端傳遞來的能量。但在 SRC 柱中之鋼柱，因為混凝土的圍束，接頭區的腹板較不易如純鋼構般可藉由大量的剪力變形來消能，使梁端的應力無法順利地傳進至 SRC 柱中。

實驗結果顯示，試體 SRC4 之接頭區腹板的剪力強度與接頭區需求剪力強度比值為 0.47，鋼梁在未產生塑性鉸前即發生鋼梁拉裂之情形，且其梁柱接頭區之混凝土並未產生明顯的開裂。另一方面，觀察本研究試體 SRC1、SRC2、SRC3 之試驗結果，當接頭區腹板的剪力強度與接頭區需求剪力強度比值為 0.75 時，此三支試體在極限狀態時皆產生良好的塑性鉸。因此，本研究初步建

議鋼梁接 SRC 之梁柱接頭其接頭區腹板的剪力強度與接頭區需求剪力強度之比值不宜小於 0.75，以確保鋼梁之應力能平順地傳遞至 SRC 柱。

另一方面，試體 SRC5 之實驗結果顯示，當在接頭區腹板加鉸疊合板，使其剪力強度高於需求剪力強度時（如表三所示其比值為 1.42），即使未於接頭區配置箍筋，此試體在極限狀態時仍然產生良好的塑性鉸，如照片八所示。且在梁柱接頭區之側面混凝土亦無明顯的開裂情形，如照片九(e)所示。因此，藉由在接頭區之腹板加鉸足夠厚度的疊合板來取代接頭區部份之箍筋似乎是可行的。但因本研究實驗數據有限，因此梁柱接頭區之強度與接頭區箍筋對此種型式梁柱接頭之影響尚須更多的實驗加以探討。

五、結論

本研究依據大尺寸試體之實驗結果探討鋼梁接 SRC 柱之梁柱接頭的力學行為，謹作成初步結論如下：

1. 實驗結果顯示，除了試體 SRC4 因鋼梁的斷裂韌性較差外，其餘試體之鋼梁都在遠離 SRC 柱混凝土面處（10 至 15 公分）產生塑性鉸，發揮了良好的韌性，顯示此種鋼梁接 SRC 柱之梁柱接頭因接頭區混凝土之圍束，可使塑性鉸遠離梁柱接頭之鉸道。
2. 實驗結果顯示，當 SRC 柱中之鋼骨斷面與鋼梁之彎矩強度比值降至 0.70 時，鋼梁仍可產生良好之塑性變形，且在梁柱接頭區側面混凝土並無太明顯之開裂情形。本研究依據有限的實驗數據，初步建議目前國內 SRC 規範草案中鋼梁接 SRC 柱之梁柱接頭之鋼骨彎矩強度比， $(M_{ns})_C/(M_{ns})_B$ ，之限制從 1.0 酌予放寬修正為 0.8。

3. 本研究由實驗觀察發現，當 SRC 柱中鋼骨之接頭區腹板 (Panel Zone) 之抗剪強度低於 75% 的接頭區最大需求剪力時，可能造成鋼梁與 SRC 柱應力傳遞問題，因此建議設計者宜檢討接頭區腹板之抗剪能力。
4. 實驗結果顯示，在梁柱接頭區之鋼柱腹板加鉸適當之疊合板可有效減少梁柱接頭區混凝土之開裂。實驗結果初步發現，藉由在接頭區之鋼柱腹板加鉸足夠厚度的疊合板來取代接頭區部份之箍筋似乎是可行的。但因本研究實驗數據有限，因此接頭區之強度與接頭區箍筋配置對此種型式梁柱接頭之影響尚須更多的實驗加以探討。
5. 在接頭區採用 4 支 90+135 度彎鉤之周邊繫筋以形成一個圍束箍筋的方式，實驗結果初步顯示，可以提供 SRC 柱良好的圍束，此種安排並簡化了傳統 SRC 梁柱接頭處箍筋施工的複雜性。

六、參考文獻

1. ACI, "Buildings Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-02) and Commentary (ACIR318R-02)," American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, 2002.
2. AISC, "Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings," 3rd Ed., American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois, 1999.
3. AIJ, "Standards for Structural Calculation of Steel Reinforced Concrete Structures," Architectural Institute of Japan, Tokyo, 2001.
4. 翁正強、廖慧明、張荻薇、陳誠直，「鋼骨鋼筋混凝土構造 (SRC) 設計規範與解說」草案，內政部建築研究所，七月，2002。
5. Weng, C.C., Yen, S.I., and Jiang, M.H., "Experimental Study on Shear Splitting Failure of Full-Scale Composite Concrete Encased Steel Beams," Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 128, No. 9, pp. 1186-1194, Sept., 2002.
6. Weng, C.C., Yen, S.I., and Chen, C.C., "Shear Strength of Concrete Encased Composite Structural Members," Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.127, No. 10, pp. 1190-1197, Oct., 2001.
7. 翁正強、顏聖益、陳誠直、黃明慧，「包覆型鋼骨鋼筋混凝土梁之極限彎矩強度研究」，中國土木水利工程學刊，第十二卷，第三期，pp.521-531，九月，2000。
8. 翁正強，江銘鴻，顏聖益，「鋼骨鋼筋混凝土(SRC)梁抗彎試驗與力學特性」，中國土木水利工程學刊，第十三卷，第二期，pp. 249-261，六月，2000。
9. 陳昭榮，「鋼骨鋼筋混凝土梁柱接頭行為研究」，碩士論文，台灣科技大學營建工程研究所，1992。
10. 陳勤傑，「鋼骨鋼筋混凝土梁柱接頭之耐震行為」，碩士論文，台灣科技大學營建工程研究所，1996。
11. 朱俊星，「鋼骨鋼筋混凝土樑柱接頭新工法」，碩士論文，台灣科技大學營建工程研究所，1993。
12. FEMA-350, Recommended Seismic Design Criteria for New Steel Moment-Frame Buildings, Prepared by the SAC Joint Venture for the Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., 2000.

表一 SRC 梁柱接頭試體尺寸

試體編號	梁斷面		柱斷面	
	鋼梁斷面	全斷面	鋼骨斷面	
	$d \times b_f \times t_w \times t_f$	B×H	$d \times b_f \times t_w \times t_f$	接頭區疊合板厚度
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
SRC1-MR0.70	488×300×11×18	550×550	350×350×10×12	9
SRC2-MR0.84			350×350×19×19	0
SRC3-MR1.12			350×350×19×28	0
SRC4-ND			350×350×12×19	0
SRC5-D			350×350×12×19	24

註解: 1. 試體編號 MR 代表鋼柱與鋼梁之彎矩強度比; ND 代表未在接頭區加鈣疊合板; D 代表在接頭區加鈣疊合板。
2. 試體 SRC4 及 SRC5 在接頭區並未配置箍筋。

表二 鋼柱、SRC 柱與鋼梁之彎矩強度比值

試體編號	鋼梁塑性	鋼柱塑性	SRC 柱極限	$(M_{ps})_C / (M_{ps})_B$	$M_{SRC} / (M_{ps})_B$
	彎矩 $(M_{ps})_B$	彎矩 $(M_{ps})_C$	彎矩 M_{SRC}		
	(kN-m)	(kN-m)	(kN-m)		
SRC1	1333	938	1338	0.70	1.00
SRC2	1333	1113	1507	0.84	1.13
SRC3	1333	1490	1884	1.12	1.41
SRC4	1333	1042	1436	0.78	1.08
SRC5	1333	1286	1680	0.96	1.26

註解: 表中之彎矩強度皆依材料實際降伏強度計算

表三 接頭區腹板剪力強度與需求剪力比值

試體編號	鋼梁塑性彎矩 $(M_{ps})_B$ (kN-m)	接頭需求剪力 V_u (kN)	接頭區腹板剪力強度 V_s (kN)	V_s / V_u
SRC1	1333	2227	1668	0.75
SRC2	1333	2227	1668	0.75
SRC3	1333	2227	1668	0.75
SRC4	1333	2227	1053	0.47
SRC5	1333	2227	3160	1.42

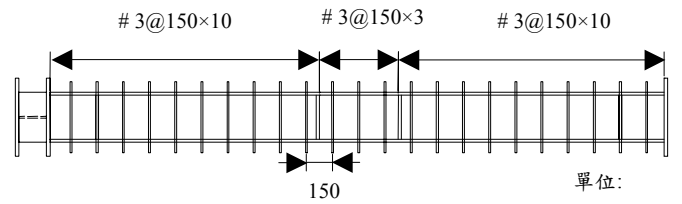
註解: 接頭需求剪力 V_u 為鋼梁達到塑性彎矩時, 由鋼梁上下翼板之拉力傳至梁柱接頭區內之剪力, 在扣除柱剪力後之接頭區需能提供之剪力強度。

表四 SRC 梁柱接頭試體之材料強度

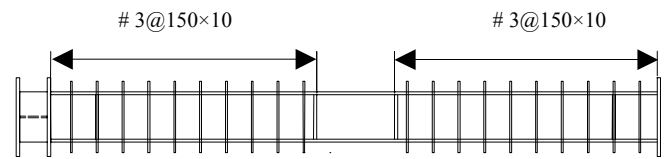
試體編號	材料強度								f'_c	
	鋼骨				#3 鋼筋		#6 鋼筋			混凝土
	鋼梁		鋼柱		Fy	Fu	Fy	Fu		
	Fy (MPa)	Fu (MPa)	Fy (MPa)	Fu (MPa)	Fy (MPa)	Fu (MPa)	Fy (MPa)	Fu (MPa)		
SRC1									41.8	
SRC2									34.4	
SRC3	430	545	418	543	427	584	501	716	33.7	
SRC4									34.4	
SRC5										

表五 SRC 梁柱接頭試體之破壞模式與變形能力

試體編號	破壞模式	最大層間變位角 (% 弧度)
SRC1	鋼梁形成塑性鉸	5.2
SRC2	鋼梁形成塑性鉸	6.2
SRC3	鋼梁形成塑性鉸	5.2
SRC4	銲道附近翼板拉裂	3.8
SRC5	鋼梁形成塑性鉸	4.8

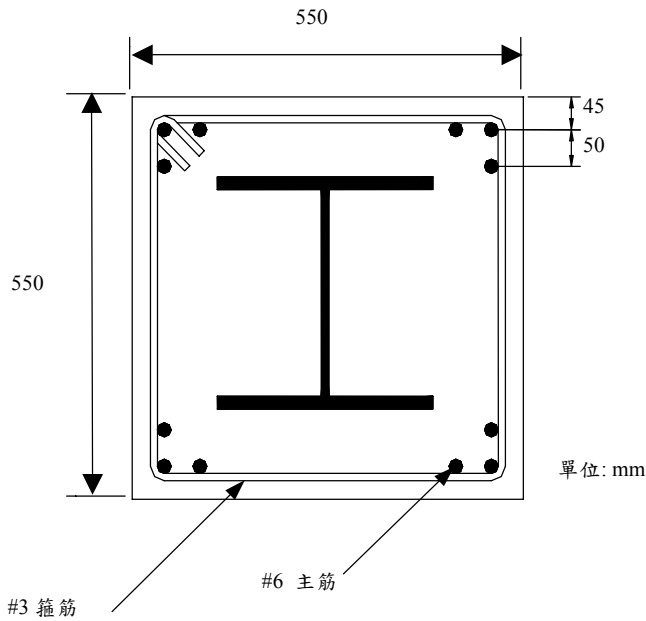


(a) 試體 SRC1、SRC2 及 SRC3

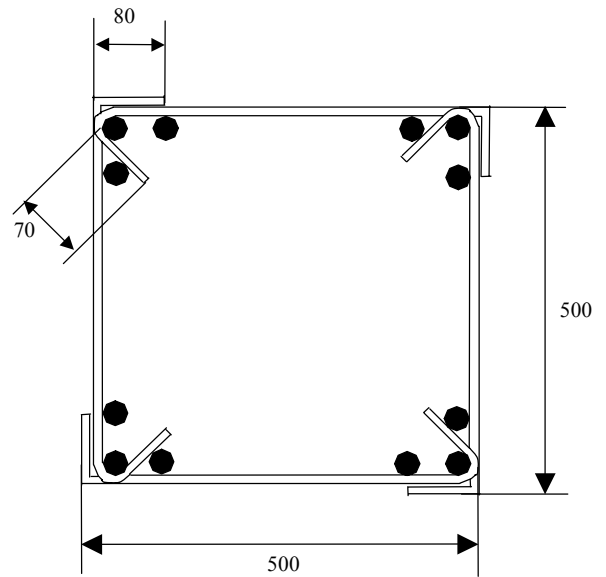


(b) 試體 SRC4 及 SRC5(接頭區未配置箍筋)

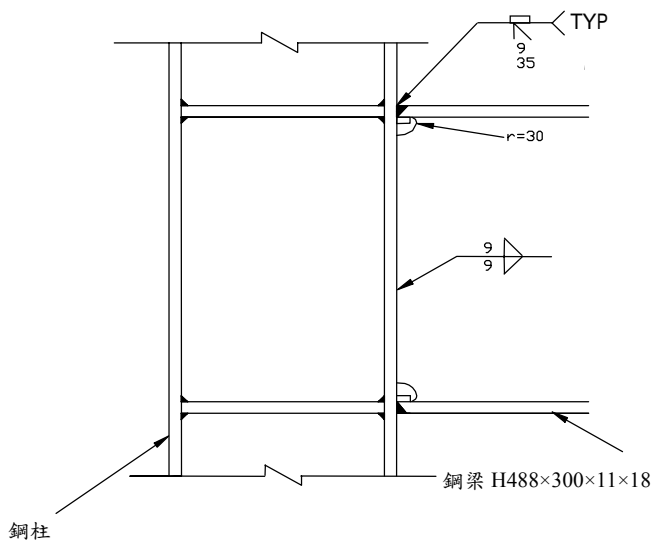
圖二 SRC 接頭試體之柱箍筋配置圖



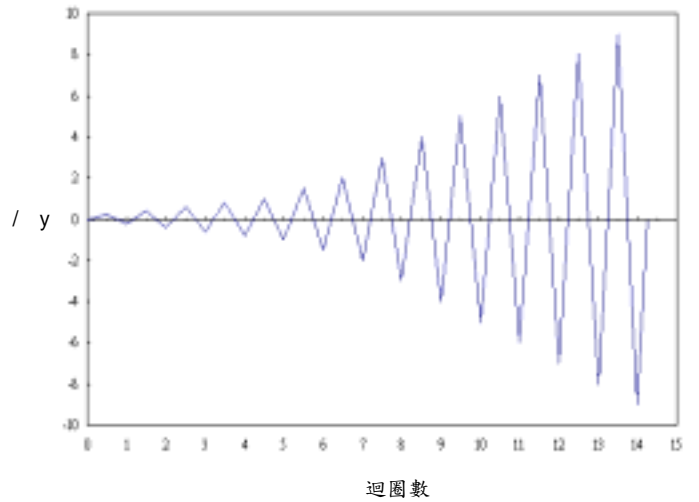
圖一 SRC 柱斷面配筋圖



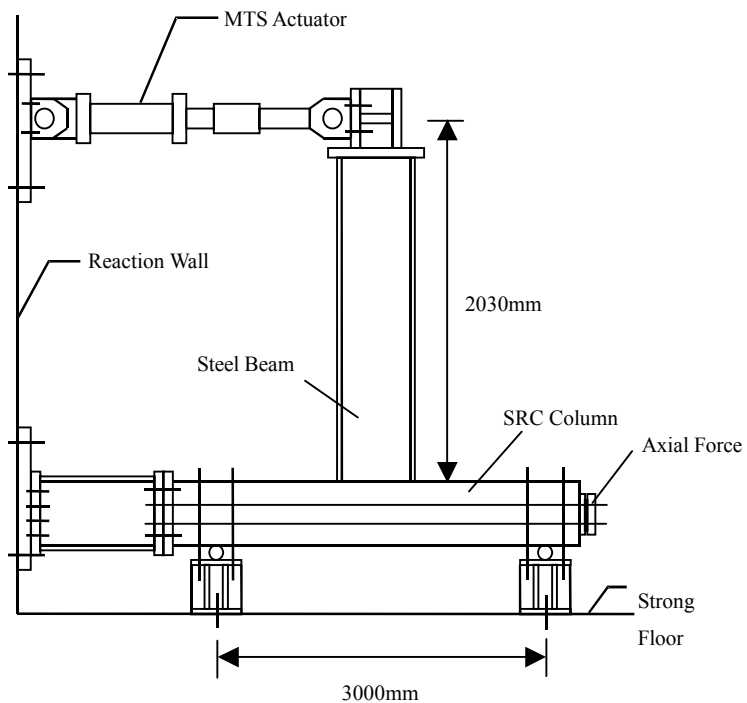
圖三 試體 SRC1、SRC2 及 SRC3 在梁柱接頭區之箍筋配置示意圖



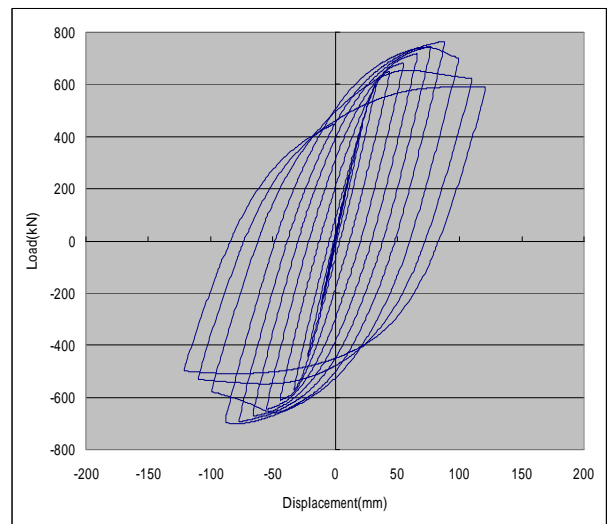
圖四 SRC 試體之鋼骨梁柱銲接示意圖



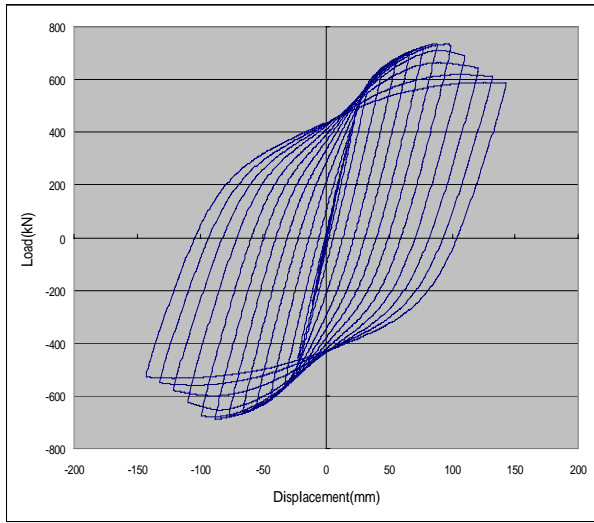
圖六 反復載重之位移控制歷時圖



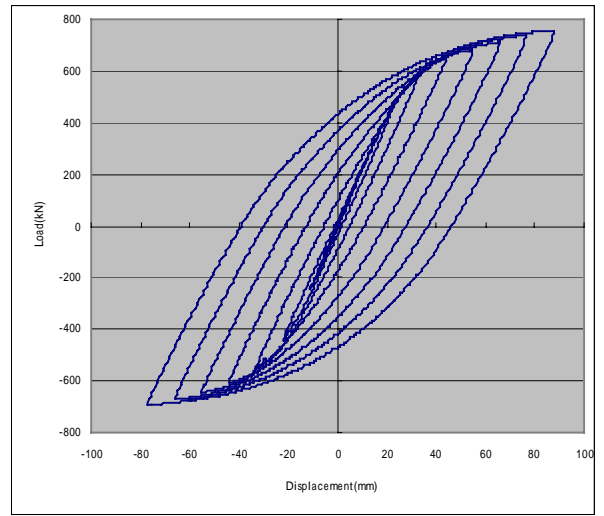
圖五 實驗配置圖



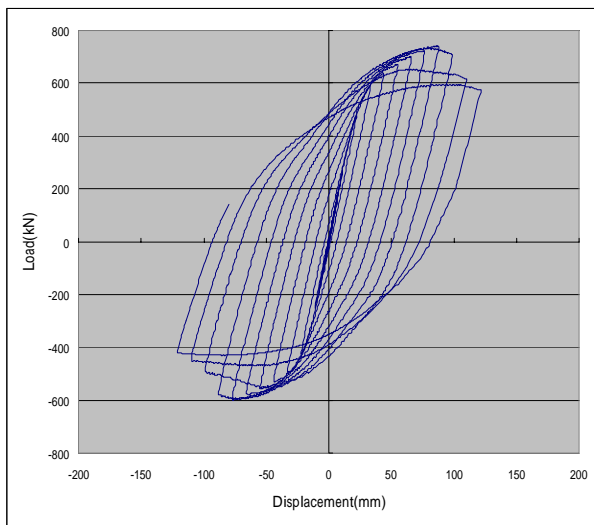
圖七 試體 SRC1 之反復載重與位移曲線圖



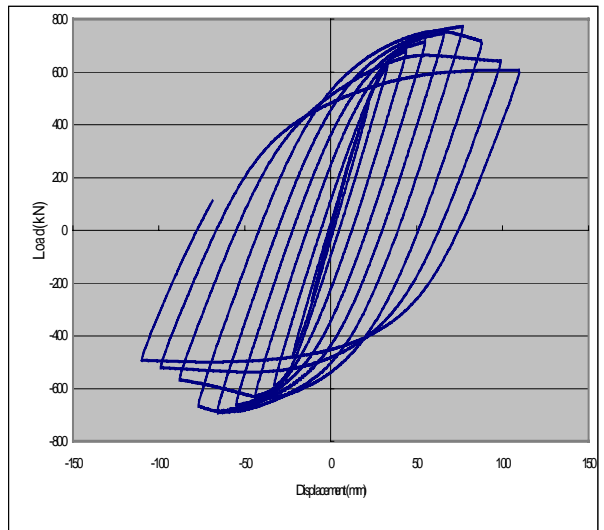
圖八 試體 SRC2 之反復載重與位移曲線圖



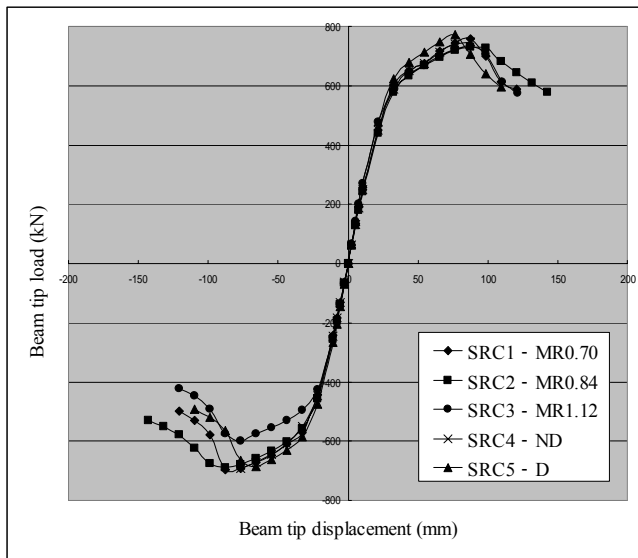
圖十 試體 SRC4 之反復載重與位移曲線圖



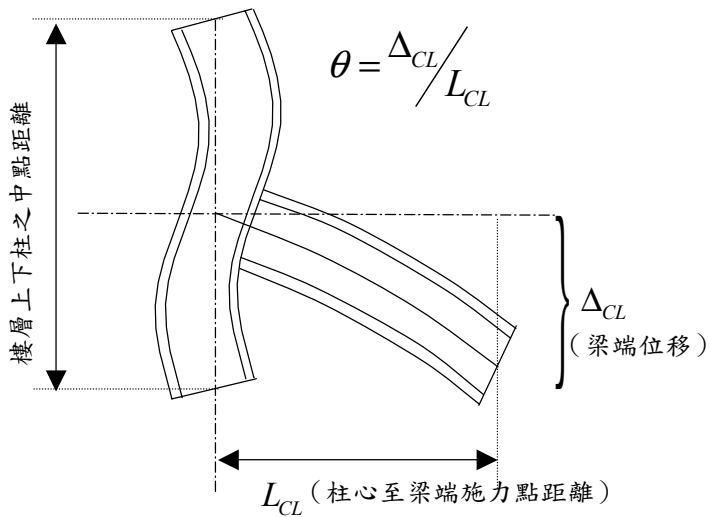
圖九 試體 SRC3 之反復載重與位移曲線圖



圖十一 試體 SRC5 之反復載重與位移曲線圖



圖十二 SRC 試體之力與位移破壞包絡曲線圖



圖十三 層間變位角 θ [14]



照片一 試體 SRC5 之接頭區加銲疊合板



照片二 試體灌漿前模板組立情形



照片三 SRC 梁柱接頭實驗架設圖



照片四 試體 SRC1 之鋼梁塑性變形情形



照片七 試體 SRC4 之鋼梁翼板拉裂情形



照片五 試體 SRC2 之鋼梁塑性變形情形



照片八 試體 SRC5 之鋼梁塑性變形情形



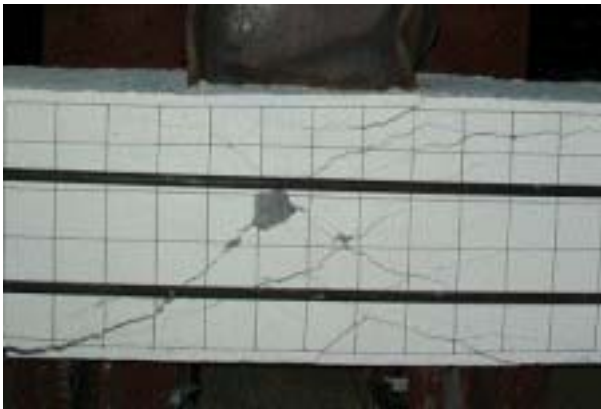
照片六 試體 SRC3 之鋼梁塑性變形情形



(a) 試體 SRC1 (在極限位移 $11\Delta y$ 時)



(d) 試體 SRC4 (在極限位移 $8\Delta y$ 時)



(b) 試體 SRC2 (在極限位移 $13y$ 時)



(e) 試體 SRC5 (在極限位移 $10\Delta y$ 時)



(c) 試體 SRC3 (在極限位移 $11\Delta y$ 時)

照片九 本研究五支 SRC 試體接頭側面混凝土在極限載重情況下開裂情形