

鋼骨鋼筋混凝土柱耐震設計箍筋量 之理論與實驗研究

Analytical and Experimental Study on Seismic Design of Hoop Reinforcement of SRC Columns

計畫編號：NSC92-2211-E-009-042

執行時間：92年8月1日至93年7月31日

主持人：交通大學土木工程系 翁正強教授

一、摘要

本計畫針對包覆型鋼骨鋼筋混凝土(Steel Reinforced Concrete, SRC)柱耐震設計時所需之圍束箍筋量進行研究。研究之方法包括理論模式分析與SRC柱抗壓試驗。由於SRC柱中有鋼骨存在，鋼骨除了承擔軸力、剪力與彎矩之外，鋼骨的翼板亦對SRC柱內之混凝土發揮圍束作用，此特性亦是SRC柱的優點之一。相對於美國ACI-318規範中對於鋼筋混凝土(RC)柱之耐震圍束箍筋量的規定而言，當考慮鋼骨對SRC柱內混凝土的圍束貢獻時，SRC柱所需之圍束箍筋量將可以比RC柱所需之箍筋量酌予減少。此一考量除了具有經濟效益之外，亦有助於簡化SRC柱箍筋施工的複雜度。

對SRC柱而言，由於柱內「鋼骨翼板寬度」的大小對於混凝土的圍束範圍有直接的影響，因此本研究乃針對此一重要參數進行探討。本研究初步建議兩種SRC柱內鋼骨翼板對混凝土的「圍束模式」，包括對於包覆H型鋼骨SRC柱之「三角形」圍束模式及包覆十字型鋼骨SRC柱之「矩形」

圍束模式。本研究依據力學原理建立一套新的理論模式，並進行20支SRC短柱與兩支RC短柱之抗壓試驗來加以驗證。試驗參數主要包括鋼骨斷面型式、鋼骨翼板寬度、圍束箍筋量等。最後，本研究並將理論模式與實驗所得之結果與美國ACI-318規範及AISC-Seismic Provisions規範之設計結果進行比較，以探討本研究建議法之合理性。

關鍵詞：鋼骨鋼筋混凝土柱，耐震設計，圍束箍筋，鋼骨翼板，圍束效應，短柱試驗

Abstract

The objective of this study is to investigate both analytically and experimentally on the seismic requirement of hoop reinforcements of steel reinforced concrete (SRC) columns. The experimental work emphasizes the parameter of “steel flange width” which is considered to provide effective confinement of concrete. Two analytical models called “triangle” and “rectangle” models are proposed for SRC columns with imbedded H and cross-H steel sections to account for the contribution

of concrete confinement provided by the steel flanges. Both models are used to derive equations for calculating the seismic requirement of hoop reinforcements in SRC columns. A total of 20 SRC stub columns were tested in this study. The test results are used to study the seismic performance (ductility) of the SRC columns with hoop reinforcements designed according to the ACI-318 code, the AISC-seismic provisions and the proposed design equations. The column test results showed that the amount of hoop reinforcement required by the ACI code for reinforced concrete columns can be reduced when the ACI rules are applied to the design of SRC columns if the contribution of concrete confinement provided by the steel shape is properly considered.

Keywords : SRC Column, Seismic Design, Hoop Reinforcement, Steel Flange, Concrete Confinement, Stub Column Test

二、前言

鋼骨鋼筋混凝土構造結合了鋼骨(S)與鋼筋混凝土(RC)兩種構造，若經由適當的設計，SRC 構造將可以有效發揮這兩種構造的優點，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；混凝土的包覆將有助於降低鋼骨發生局部挫屈之現象，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，而斷面中的鋼骨亦有助於構材強度與韌性的提昇。

在我國「鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說」公佈之前，國內設計者在設計 SRC 柱之圍束箍筋時大多引用美國的設

計規定，如 ACI (American Concrete Institute)規範與 AISC (American Institute of Steel Construction)規範等。值得注意的是上述設計規範在設計 SRC 柱圍束箍筋量時，皆未考慮到「鋼骨翼板寬度變化」對 SRC 柱內混凝土圍束效應的影響，因此其設計公式之合理性仍然有待進一步之探討。

基於上述緣由，本研究考慮包覆型 SRC 柱內鋼骨(H 型、十字型及箱型斷面)翼板寬度對混凝土所能提供之圍束效應，嘗試提出兩種 SRC 柱圍束箍筋之設計公式。最後，本研究以理論模式與實驗所得之結果與美國 ACI-318、AISC-Seismic Provisions 設計規範中之圍束箍筋量設計結果進行比較，以驗證本研究所提出之方法的合理性。

三、相關規範之 SRC 柱箍筋量計算法

國內設計者在設計 SRC 柱之圍束箍筋量時較常引用之外國設計規定包括美國 ACI-318 及 AISC-Seismic Provisions 規範。上述兩種設計規範中，ACI-318 為一般 RC 構造設計規範，AISC-Seismic Provisions 規範則包含了合成構造之設計規定。以下分別針對這兩種規範中有關柱之圍束箍筋量配置規定作一簡要說明。

3.1 美國 ACI-318 規範

ACI-318 規範第 21 章 21.4.4 節中規定 RC 柱之最小圍束箍筋量(A_{sh})不得小於下列二式之規定：

$$A_{sh} = 0.3h_c s \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \left(\frac{f_c}{f_{yh}} \right) \quad (1)$$

及

$$A_{sh} = 0.09 h_c s \left(\frac{f_c}{f_{yh}} \right) \quad (2)$$

公式(2)係考慮將公式(1)中全斷面積 A_g 與圍束區面積 A_c 之比值取為 1.3 作為箍筋量計算之下限值所求得之結果。

3.2 美國 AISC-Seismic Provisions 規範

AISC-Seismic Provisions 規範 Part II 中有關合成柱圍束箍筋配置之要求大部份均採用 ACI-318 規範中之規定，惟最小圍束箍筋量(A_{sh})改採下列公式計算：

$$A_{sh} = 0.09 h_c s \left(1 - \frac{F_{ys} A_s}{P_n}\right) \left(\frac{f_c}{f_{yh}}\right) \quad (3)$$

其中 P_n = 合成柱之軸向標稱強度，其值依 AISC-LRFD Sect. I2 中之規定計算。

公式(3)主要沿用公式(2)之結果，但因合成柱中含有鋼骨所提供之抗壓強度，所以公式(3)中 $(1 - F_{ys} A_s / P_n)$ 係考慮 SRC 柱之軸壓強度扣除鋼骨部份之軸向壓力的貢獻後，作為 SRC 柱箍筋量放寬之依據。

AISC-Seismic Provisions 規範之設計規定雖然已考慮到鋼骨部份對 SRC 柱軸力之貢獻，使得 SRC 柱中所需之箍筋量得以放寬，但是公式(3)之計算方式並未適當考慮鋼骨翼板寬度之變化對混凝土圍束效應的影響。

四、SRC 柱箍筋量之初步建議

由於前述規範中對 SRC 柱圍束箍筋量之計算並未考慮鋼骨翼板對混凝土之圍束貢獻，但由 Mirza 等(1991)對包覆 H 型鋼骨之 SRC 柱的相關研究顯示，鋼骨翼板可對混凝土提供良好之圍束效果，如圖一所示，其圍束混凝土之應力應變曲線如圖二所示。根據此一觀念，本研究進一步考量包覆十字型鋼骨對 SRC 柱內部核心混凝土之圍束效應，如圖三所示。

此外，本研究依據翁正強等[2]於 1998 年提出之包覆型 SRC 柱之圍束箍筋量建議計算公式，其推導所得之計算公式可表示成： $(\text{SRC 柱圍束箍筋量}) = (\phi_{sh})_{SRC} \times (\text{一般 RC 柱之圍束箍筋量})$ 。本研究初

步建議對於包覆 H 型鋼骨之 SRC 柱可採用三角形圍束模式(如圖四所示)，對於包覆十字型鋼骨之 SRC 柱可採用矩形圍束模式(如圖五所示)來考量鋼骨翼板對混凝土圍束效應之貢獻。這種針對 ACI-318 規範之圍束箍筋量計算公式修正而得之 SRC 柱圍束箍筋量建議計算公式，本文稱之為 PROP_{ACI} 圍束箍筋量計算法。

(1) 包覆 H 型鋼骨 SRC 柱：

$$(A_{sh})_{SRC,H} = (\phi_{sh})_{SRC,H} \times 0.3hs \frac{f'_c}{f_{yh}} \left[\frac{A_g}{(A_c)_{RC}} - 1 \right] \quad (4)$$

及

$$(A_{sh})_{SRC,H} = (\phi_{sh})_{SRC,H} \times 0.09hs \frac{f'_c}{f_{yh}} \quad (5)$$

$$\text{其中 } (\phi_{sh})_{SRC,H} = \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{b_f}{h} \right) \left(\frac{d_w}{h} \right) \right]$$

以上二式取大值設計。

(2) 包覆十字型鋼骨 SRC 柱：

$$(A_{sh})_{SRC,+} = (\phi_{sh})_{SRC,+} \times 0.3hs \frac{f'_c}{f_{yh}} \left[\frac{A_g}{(A_c)_{RC}} - 1 \right] \quad (6)$$

及

$$(A_{sh})_{SRC,+} = (\phi_{sh})_{SRC,+} \times 0.09hs \frac{f'_c}{f_{yh}} \quad (7)$$

$$\text{其中 } (\phi_{sh})_{SRC,+} = \left[1 - 2 \left(\frac{b_f}{h} \right) \left(\frac{d}{h} \right) + \left(\frac{b_f}{h} \right)^2 \right]$$

以上二式取大值設計。

另一方面，為了考量鋼骨提供之軸向抗壓強度對 SRC 柱軸壓強度之貢獻對混凝土圍束效應的影響，本研究進一步將上述之折減係數 $(\phi_{sh})_{SRC}$ 乘上 AISC-Seismic Provisions 建議之圍束箍筋量計算公式。這種針對 AISC-Seismic Provisions 規範之圍束箍筋量計算公式所修正而得之 SRC 柱圍束箍筋量建議計算公式，本文稱之為 PROP_{AISC} 圍束箍筋量計算法。

(1) 包覆 H 型鋼骨 SRC 柱：

$$(A_{sh})_{SRC,H} = (\phi_{sh})_{SRC,H} \times 0.3hs \frac{f'_c}{f_{yh}} \left[\frac{A_g}{(A_c)_{RC}} - 1 \right] \left[1 - \frac{F_y A_s}{P_n} \right] \quad (8)$$

及

$$(A_{sh})_{SRC,H} = (\phi_{sh})_{SRC,H} \times 0.09hs \frac{f'_c}{f_{yh}} \left[1 - \frac{F_y A_s}{P_n} \right] \quad (9)$$

$$\text{其中 } (\phi_{sh})_{SRC,H} = \left[1 - \frac{1}{2} \left(\frac{b_f}{h} \right) \left(\frac{d_w}{h} \right) \right]$$

以上二式取大值設計。

(2) 包覆十字型鋼骨 SRC 柱：

$$(A_{sh})_{SRC,+} = (\phi_{sh})_{SRC,+} \times 0.3hs \frac{f'_c}{f_{yh}} \left[\frac{A_g}{(A_c)_{RC}} - 1 \right] \left[1 - \frac{F_y A_s}{P_n} \right] \quad (10)$$

$$(A_{sh})_{SRC,+} = (\phi_{sh})_{SRC,+} \times 0.09hs \frac{f'_c}{f_{yh}} \left[1 - \frac{F_y A_s}{P_n} \right] \quad (11)$$

$$\text{其中 } (\phi_{sh})_{SRC,+} = \left[1 - 2 \left(\frac{b_f}{h} \right) \left(\frac{d}{h} \right) + \left(\frac{b_f}{h} \right)^2 \right]$$

以上二式取大值設計。

五、實驗計劃

本研究共製作 20 支 SRC 短柱試體及兩支 RC 短柱試體。SRC 柱試體之編號及鋼骨尺寸如表一所示。本研究分別依據 ACI-318 規範、AISC-Seismic Provisions 規範及本研究所提出之兩種方法設計 SRC 柱試體所需之箍筋量，主要之設計參數為 SRC 柱中鋼柱之斷面型式、翼板寬度及不同設計方法所求得之箍筋量對 SRC 柱行為的影響。

為了探討鋼骨翼板變化對 SRC 柱核心混凝土圍束之影響，本研究特別將所有的 SRC 柱試體之鋼骨用量固定(即固定其鋼骨比)，而將試體之鋼骨翼板寬度由零逐漸增加到與鋼骨斷面同深。此外，為了探討鋼骨的存在對柱桿件行為之影響，本研究另外設計兩支 RC 柱試體以作為對照組，RC 柱試體之編號如表二所示。

SRC 柱斷面尺寸為 200×200mm，長度為 1m，主筋採用 4 根#4 竹節鋼筋，箍筋採用#2(直徑為 6mm)閉合箍筋，SRC 柱斷面與 RC 柱斷面圖分別如圖六及圖七所示。由於本研究之試體較小，因此箍筋採用 180 度彎鉤以避免發生脫落之情形。SRC 柱中的鋼骨材質為 A36，鋼骨及鋼筋材料之平均強度分別如表三與表四所示。混凝土之 28 天平均標稱抗壓強度為 210.3 kg/cm²。

本研究之試驗工作在新竹交通大學土木系的大型結構實驗室中進行。各試體在拆模後皆於柱表面畫出箍筋的位置，如照片一所示。試驗配置如照片二所示，利用 2000kN 之 MTS 垂直油壓致動器(Actuator)對柱施加軸向壓力。此外，為了瞭解試體受力時的應力分佈情形，本研究在鋼骨、主筋及圍束箍筋上共黏貼了 6 個應變計。

本試驗以 MTS 試驗系統控制油壓致動器，以位移控制方式對試體施加載重，載重速率為 0.015mm/sec，直到試體之強度下降至極限強度 P_u 的 30% 左右時方停止試驗。

六、實驗結果與討論

本研究之 SRC 柱抗壓試驗過程如照片三及照片四所示。以下將說明本研究探討之重要參數對 SRC 柱力學行為之影響。

6.1 鋼骨翼板寬度對圍束效應之影響

關於鋼骨翼板寬度之變化對 SRC 柱韌性的影響，圖八與圖九分別顯示包覆十字型鋼骨與 H 型鋼骨之 SRC 柱試體的載重-位移曲線受到翼板寬度變化影響之比較圖。

圖八中三支 C 系列（十字型鋼骨）試體之箍筋量係依據 ACI 規範計算，其間距均為 6 cm；圖九中三支 H 系列（H 型鋼骨）試體之箍筋量係依據 AISC 規範計算，其間距均為 17 cm。由圖八及圖九可發現，不論 SRC 柱之箍筋間距是依據 ACI 規範或 AISC 規範之規定來設計，當固定 SRC 柱之鋼骨比與鋼骨斷面深度時，實驗結果顯示，翼板寬度愈大的試體，在載重到達極限抗壓強度 P_u 後，其強度衰減較為緩和；且隨著鋼骨翼板寬度愈大，SRC 柱試體之韌性愈佳。

此外，以 $PROP_{ACI}$ 方法設計之 C7 與 B12 試體之載重-位移曲線如圖十所示。由此圖可發現，雖然兩組 SRC 柱試體之鋼骨比與箍筋間距皆相同，但鋼骨翼板寬度較大之 B12 試體其韌性明顯較佳，顯示翼板寬度愈大確實能提供 SRC 柱核心混凝土較好的圍束。

6.2 箍筋間距對 SRC 柱韌性之影響

圖十一與圖十二分別顯示 C7 與 B12 系列之 SRC 柱試體的載重-位移曲線比較圖。由圖中可發現，對同一系列的試體而言（鋼骨翼板寬度相同），以 ACI、

$PROP_{ACI}$ 、AISC 及 $PROP_{AISC}$ 配置箍筋之 SRC 柱試體的韌性差異不大，顯示本研究提出之 $PROP_{AISC}$ 設計法雖然放大了箍筋間距，但是由於鋼骨翼板對核心混凝土有良好的圍束，使 SRC 柱的強度下降趨勢較為緩和。

不過，值得注意的現象是圖十二中試體 SRC20-B12- $PROP_{AISC}$ -S30 由於箍筋間距過大，使得主筋於試體達到極限強度 P_u 後即發生明顯之挫屈，造成強度有一段明顯快速下降的情形。因此本研究建議 SRC 柱之箍筋在依 $PROP_{AISC}$ 方式計算時，仍需考量最大箍筋間距之限制，以免發生主筋挫屈之情形。

此外，圖十三為依據 AISC 規範及 $PROP_{AISC}$ 方法設計之 C7 系列試體的載重-位移曲線。前者之箍筋間距為 17cm，後者之箍筋間距為 28cm。由圖中可發現，以 $PROP_{AISC}$ 方法設計之試體雖然箍筋間距放大了 11cm，但其韌性並未有較差之趨勢，顯示本研究之 $PROP_{AISC}$ 方式大致能夠反映鋼骨翼板寬度對核心混凝土之圍束效果。

另一方面，圖十四顯示採用總用鋼量及箍筋量相等之包覆箱型鋼骨 SRC 柱與一般 RC 柱試體之載重-位移曲線。圖中可發現，兩組試體明顯不同之處在於當主筋發生挫屈後，RC 柱試體整體強度隨之急遽下降，但 SRC 柱則沒有這種強度陡降的現象，仍可維持相當的抗壓能力，顯示 SRC 柱試體中之鋼骨可以有效提升柱整體之韌性。

七、結論

本研究經由理論模式分析包覆型 SRC 柱耐震設計所需的圍束箍筋量，並依據實驗結果來檢驗理論分析模式之合理性，謹作成初步結論如下：

1. 本研究基於 SRC 柱中鋼骨之翼板能提供核心混凝土良好的圍束效應，分別針對 ACI 與 AISC 規範對 SRC 柱之圍束箍筋計算公式作進一步的修正而提出

兩種 SRC 柱之箍筋間距的計算方式。

2. 試驗結果發現，依據 ACI 公式與本研究建議之 $PROP_{ACI}$ 公式所設計之 SRC 柱試體均可發揮良好之韌性。因此本研究建議的 $PROP_{ACI}$ 箍筋配置方式可合理的放寬箍筋間距，達到較經濟的設計結果，且可降低依據 ACI 公式之箍筋配置方式導致箍筋過密而造成實際工程施工上的困難度。
3. 經由比較箍筋間距依據 AISC 公式所設計之試體與依據 $PROP_{AISC}$ 公式所設計之試體後發現，除了 SRC20-B12- $PROP_{AISC}$ -S30 試體由於箍筋間距過大造成主筋提早挫屈而韌性較差之外，其餘 $PROP_{AISC}$ 試體雖然放寬了箍筋間距，但是其載重位移曲線並未有明顯變差之趨勢，初步顯示本研究建議之 $PROP_{AISC}$ 方式大致亦能反映鋼骨翼板之圍束效果。惟在設計時仍需考量最大箍筋間距之限制，以免因箍筋間距過大而導致主筋發生挫屈。
4. 本研究之試驗結果顯示，當固定 SRC 柱之鋼骨比與鋼骨斷面深度時，鋼骨翼板寬度愈大的試體，在載重到達極限抗壓強度後，其強度衰減較慢；且當鋼骨翼板寬度愈大，試體之韌性愈佳。
5. 包覆 H 型鋼骨之 SRC 柱因其鋼骨屬於單對稱斷面，故較易發生柱整體朝弱軸方向彎曲失敗之情形；反之，包覆十字型與箱型鋼骨之 SRC 柱由於斷面為雙對稱，其韌性均較包覆 H 型鋼骨之 SRC 柱為佳。
6. 本研究針對相同用鋼量之 RC 柱與 SRC 柱作比較，實驗結果顯示 SRC 柱在到達極限強度之後，其強度下降趨勢較為緩和，SRC 柱之韌性明顯優於 RC 柱，此亦為 SRC 柱相較於 RC 柱的優點之一。

八、參考文獻

1. 內政部，「鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說」，內政部營建署，台北，2004。
2. 翁正強，顏聖益，林俊昌，「包覆型 SRC 柱對混凝土圍束箍筋量之影響」，中國土木水利工程學刊，第十卷，第二期，pp. 193-204，1998。
3. 蔡克銓，連陽，陳誠直，「鋼骨鋼筋混凝土柱軸向載重行為」，中國土木水利工程學刊，第八卷，第四期，pp. 535-545，1996。
4. ACI, “Buildings Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-02) and Commentary (ACI318R-02),” American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan, 2002.
5. AISC, “Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings,” 3rd Ed., American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois, 1999.
6. AISC, “Seismic Provisions for Structural Steel Buildings,” American Institute of Steel Construction, Chicago, Illinois, 2002.
7. Furlong, R.W., “Column Rules of ACI, SSLC, and LRFD Compared,” Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 109, No. 10, pp. 2375-2386, 1983.
8. Mander, J.B., Priestley, M.J.N., and Park, R., “Theoretical Stress-Strain Model For Confined Concrete,” Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 114, No. 8, pp.1804-1826, 1988.
9. Mirza, S.A., and Skrabek, B.W., “Reliability of Short Composite Beam-Column Strength Interaction,” Journal of Structural Engineering,

ASCE, Vol. 117, No. 8, pp. 2320-2339, 1991.

10. Ricles, J.M. and Paboojian, S.D., "Seismic Performance of Steel-Encased Composite Columns," Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.120, No.8, pp. 2474-2494, 1994.
11. Somes, N.F., "Compression Tests on Hoop-Reinforced Concrete," Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 96, No. 7, pp. 1495-1509, 1970.
12. 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.

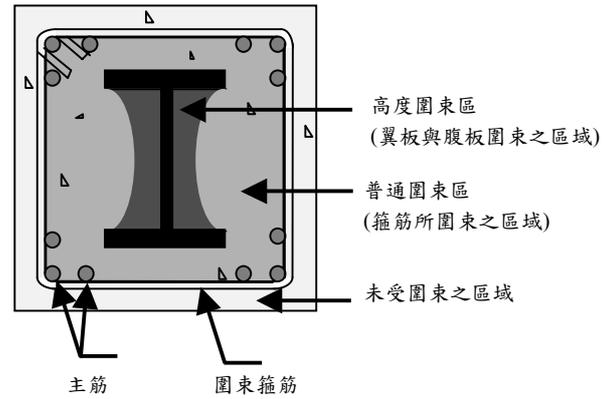
表一 SRC 柱試體編號與鋼骨斷面

系列	試體編號	鋼骨斷面尺寸 (mm)	鋼骨比 (%)
H0	SRC1-H0-ACI-S6	PL16×120	4.80
	SRC2-H0-AISC-S17	PL16×120	4.80
H6	SRC3-H6-ACI-S6	H120×60×7×10	4.75
	SRC4-H6-PROP _{ACI} -S8	H120×60×7×10	4.75
	SRC5-H6-AISC-S17	H120×60×7×10	4.75
	SRC6-H6-PROP _{AISC} -S19	H120×60×7×10	4.75
H12	SRC7-H12-ACI-S6	H120×120×4×6	4.68
	SRC8-H12-PROP _{ACI} -S9	H120×120×4×6	4.68
	SRC9-H12-AISC-S17	H120×120×4×6	4.68
	SRC10-H12-PROP _{AISC} -S21	H120×120×4×6	4.68
C0	SRC11-C0-ACI-S6	PL8×120+ 2PL8×56	4.64
	SRC12-C0-AISC-S17	PL8×120+ 2PL8×56	4.64
C7	SRC13-C7-ACI-S6	2H120×70×3×4. 5	4.79
	SRC14-C7-PROP _{ACI} -S11	2H120×70×3×4. 5	4.79
	SRC15-C7-AISC-S17	2H120×70×3×4. 5	4.79
	SRC16-C7-PROP _{AISC} -S28	2H120×70×3×4. 5	4.79
B12	SRC17-B12-ACI-S6	□120×120×4×4	4.64
	SRC18-B12-PROP _{ACI} -S12	□120×120×4×4	4.64
	SRC19-B12-AISC-S17	□120×120×4×4	4.64
	SRC20-B12-PROP _{AISC} -S30	□120×120×4×4	4.64
<p>註解: 1. 試體第二編號 H、C、B 分別代表鋼骨型式為 H 型、十字型(Cross)及箱型(Box)，其後方之數字代表鋼骨翼板之寬度；第三編號代表計算箍筋間距所採用的規範或建議法方式；第四編號代表 SRC 柱之箍筋最大間距。</p> <p>2. 所有 SRC 柱試體之全斷面均為 200×200mm，所有 SRC 柱試體皆在 4 個角落各配置 1 支#4 鋼筋，共 4 支#4。</p> <p>3. 所有 SRC 柱試體皆在兩端配置較密的箍筋，以避免加載時在柱兩端因應力集中現象造成試體提早破壞。</p>			

表二 RC 柱試體編號

試體編號	鋼筋比(%)
RC1-4#4-ACI-S6.5	1.27
RC2-12#5-ACI-S6.5	6.00

註解:1.試體第二編號代表主筋用量;第三編號代表箍筋間距之計算方式;第四編號代表試體中箍筋最大間距。
2.所有 RC 柱試體全斷面為 200×200mm。
3.所有 RC 柱試體皆在兩端配置較密的箍筋,以避免加載時在柱兩端因應力集中現象造成試體提早破壞。



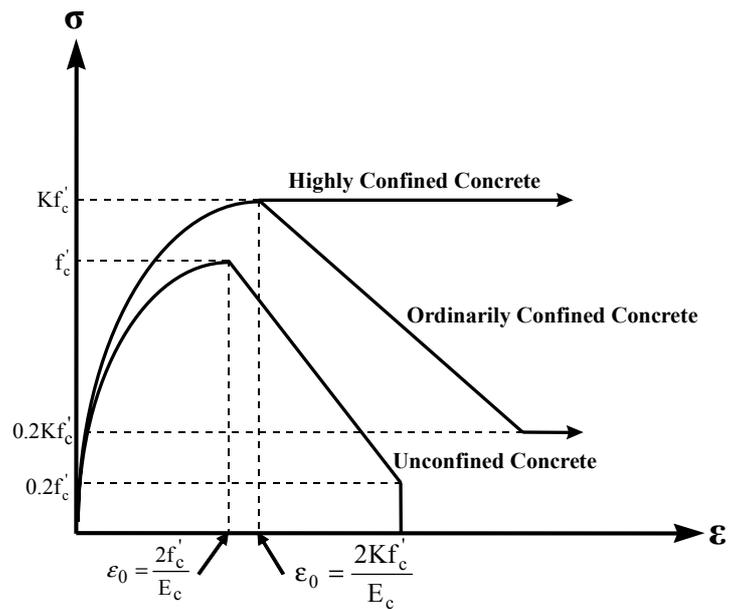
圖一 包覆 H 型 SRC 柱中混凝土受圍束之情形

表三 鋼骨之材料強度

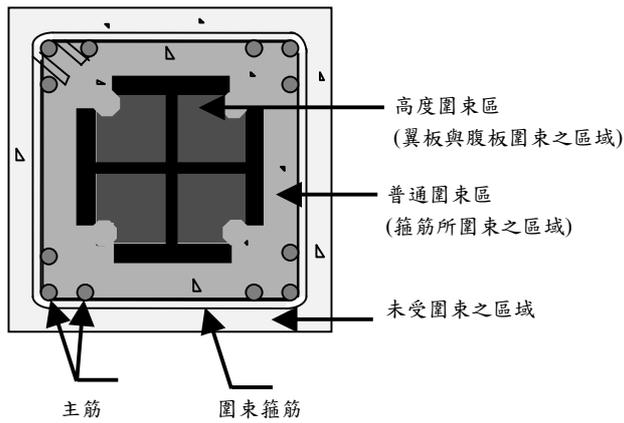
鋼板厚度 (mm)	F_y (MPa)	F_u (MPa)
3	296.4	355.2
4	296.3	371.8
4.5	311.5	401.2
6	264.6	341.3
7	266.2	351.5
8	305.5	427.0
10	316.0	448.4
16	286.5	415.3

表四 鋼筋之材料強度

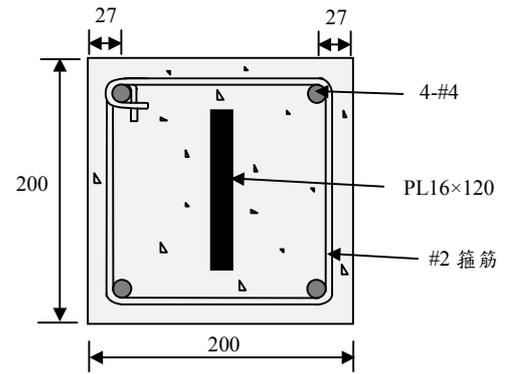
鋼筋號數	F_y (MPa)	F_u (MPa)
2	440.1	692.4
4	388.2	538.2
5	407.9	596.4



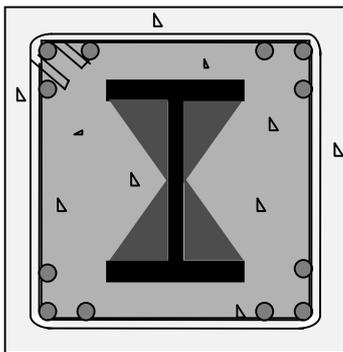
圖二 包覆 H 型 SRC 柱中混凝土之應力-應變曲線[9]



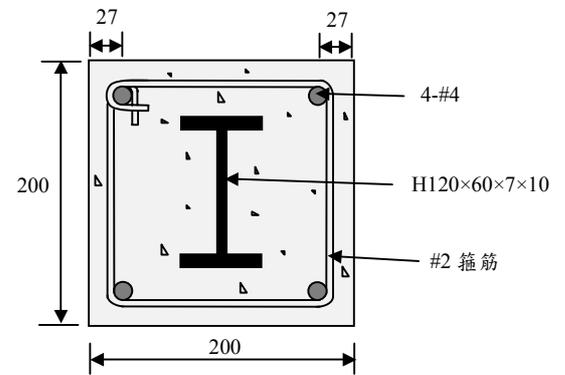
圖三 包覆十字型 SRC 柱中混凝土受圍束之情形



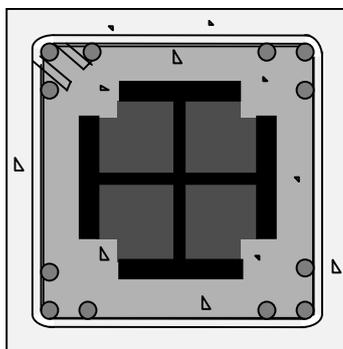
(a) H0 系列



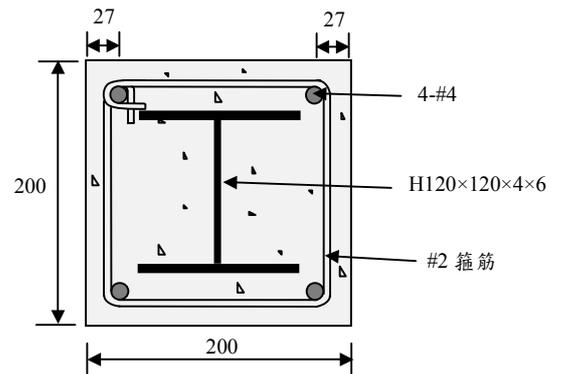
圖四 三角形圍束模式



(b) H6 系列

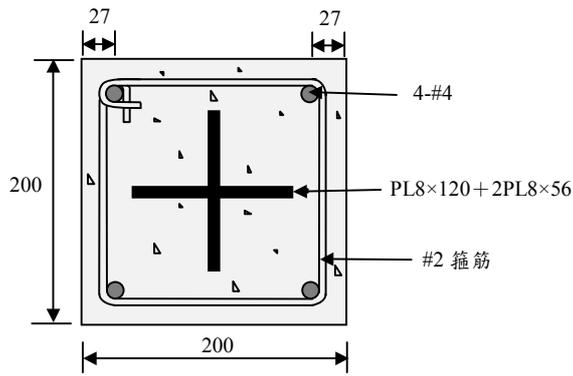


圖五 矩形圍束模式

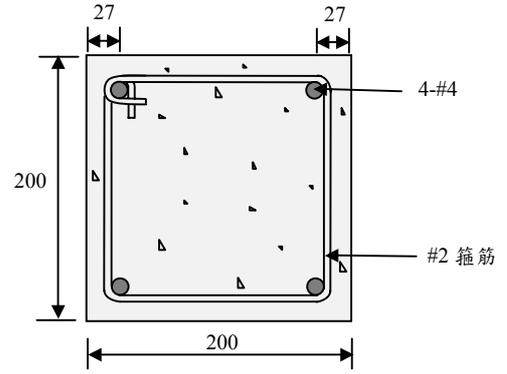


(c) H12 系列

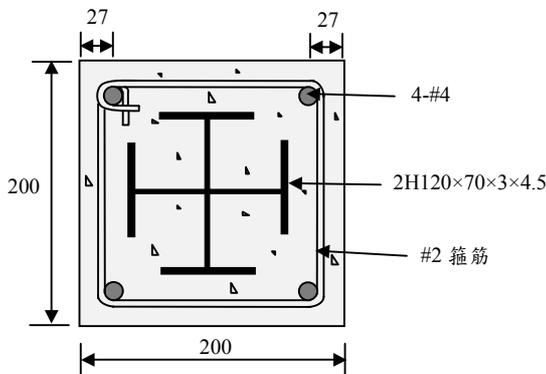
圖六 SRC 柱試體之斷面配置圖(續下頁)



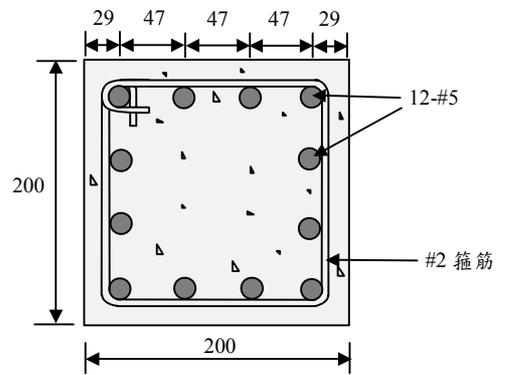
(d) C0 系列



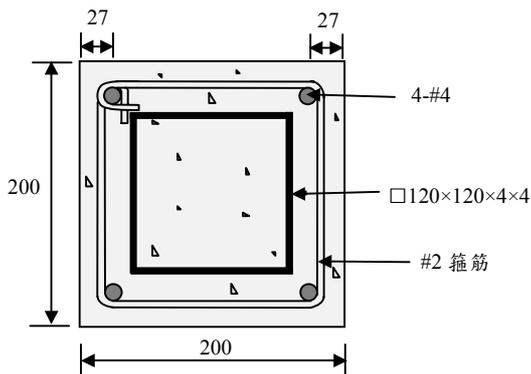
(a) RC1 : 4-#4



(e) C7 系列



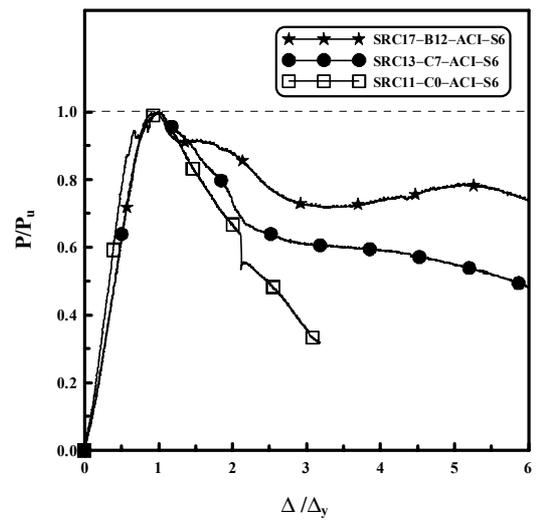
(b) RC2 : 12-#5



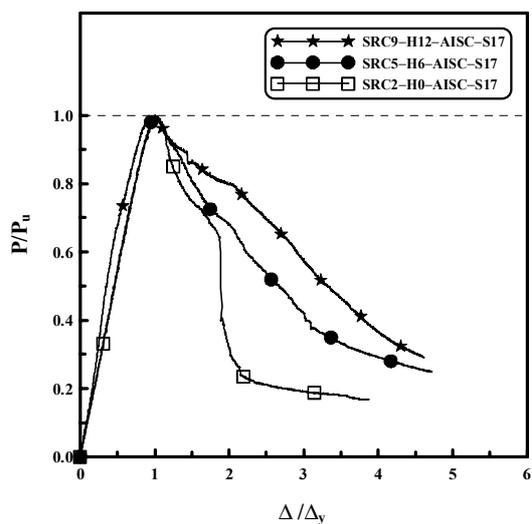
(f) B12 系列

圖七 RC 柱試體之斷面圖

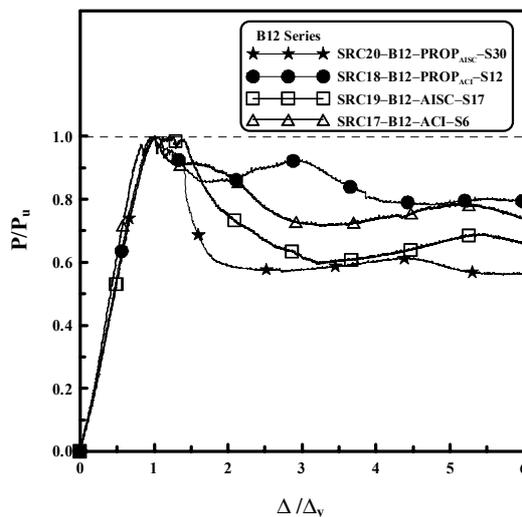
圖六 SRC 柱試體之斷面配置圖(續)



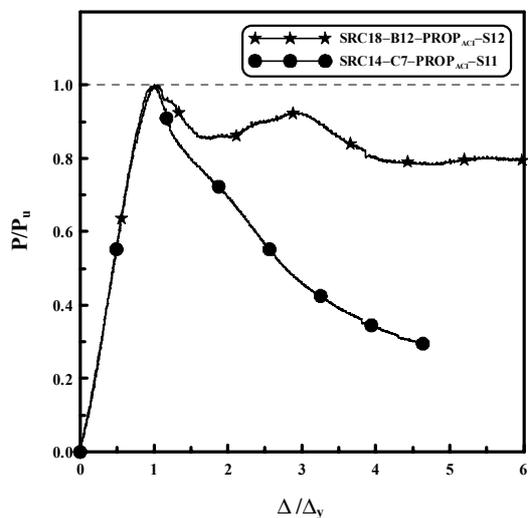
圖八 翼板寬度變化對包覆十字型鋼骨之SRC柱
韌性的影響(翼板寬度分別為 0、7、12 cm)



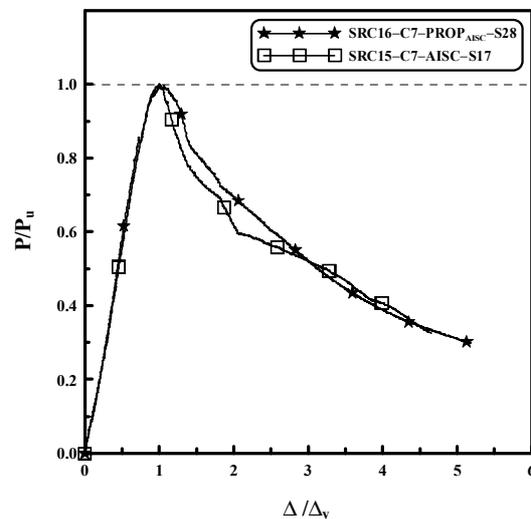
圖九 翼板寬度變化對包覆 H 型鋼骨之 SRC 柱
韌性的影響(翼板寬度分別為 0、6、12 cm)



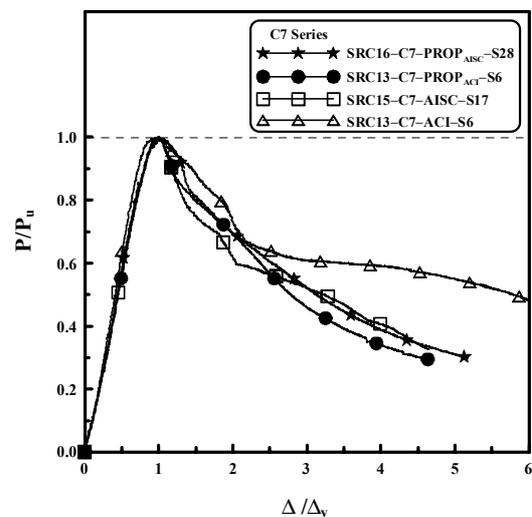
圖十二 箍筋間距變化對 SRC 柱韌性之影響：
B12 系列試體之載重-位移曲線比較圖



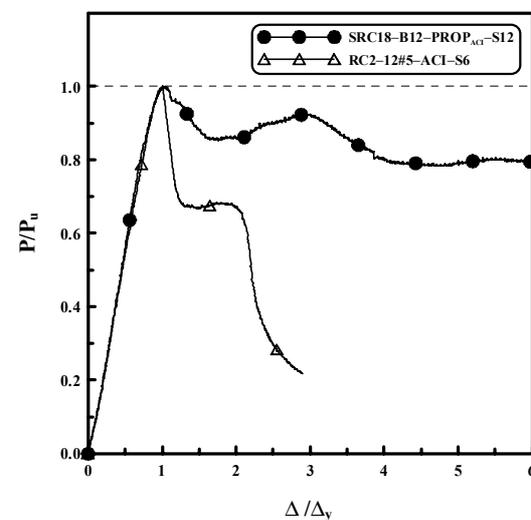
圖十 翼板寬度變化對 SRC 柱韌性的影響(翼板
寬度各為 7 與 12 cm; 依 PROP_{ACI} 設計)



圖十三 箍筋間距變化對 SRC 柱韌性之影響：
以 AISC 規範及 PROP_{AISC} 方法設計之兩支
C7 試體的載重-位移曲線比較圖



圖十一 箍筋間距變化對 SRC 柱韌性之影響：
C7 系列之試體載重-位移曲線比較圖



圖十四 SRC 柱與 RC 柱韌性之比較



照片一 SRC 柱試體箍筋配置示意圖：H12 系列 (各試體之箍筋量計算法由左而右分別為：PROP_{AISC}、AISC、PROP_{ACI}、ACI)



(a)產生表面裂縫



(b)主筋發生挫屈



(a) 實驗前



(c)產生些微側向變形



(d)鋼骨翼板挫屈



(b) 實驗進行中



(e)柱朝弱軸方向變形



(f)最終破壞情形

照片二 SRC 柱實驗架設情形

照片三 試體 SRC10-H12-AISC 之試驗過程



(a)產生表面裂縫



(b)裂縫繼續成長



(c)主筋發生挫屈



(d)鋼板翼板挫屈



(e)產生側向變形



(f)最終破壞情形

照片四 試體 SRC16-C7-PROP_{AISC} 之試驗過程