

# 包覆型鋼骨鋼筋混凝土柱圍束箍筋 耐震需求之研究(1/2)

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 100 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)



PG10004-0308  
100301070000G1053

# 包覆型鋼骨鋼筋混凝土柱圍束箍筋 耐震需求之研究(1/2)

研究人員：陶其駿

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 100 年 12 月



ARCHITECTURE AND BUILDING RESEARCH INSTITUTE

MINISTRY OF THE INTERIOR

Experimental investigation on confining  
reinforcement for steel columns encased in  
reinforced concrete

BY

CHI-CHUN TAO

December 31, 2011



包覆型鋼骨鋼筋混凝土柱圍束箍筋耐震需求之研究(二)

內政部建築研究所自行研究報告

100  
年

## 目次

表次	II
圖次	V
一、緒論	1
1.1、研究緣起	1
1.2、研究背景	5
1.3、研究內容	9
1.4、預期成果	11
二、文獻回顧	13
三、試驗計劃	17
3.1、試體設計	13
3.2、試驗裝置設計	24
四、初步建議事項	29
4.1、結論	29
4.2、建議	30
參考書目	33

包覆型鋼骨鋼筋混凝土柱圍束箍筋耐震需求之研究(1/2)

表次

表 3-1 箍筋命名之定義(依材料標稱強度計算) -----	19
表 3.2 試體箍筋量之比較(以材料標稱強度計算)-----	19
表 3.3 反覆側推程序之最大位移與加載速率-----	27



## 圖次

圖 1.1	包覆型 SRC 柱之斷面型式 -----	1
圖 1.2	RC 柱試體撓曲延展性之分佈 -----	6
圖 1.3	RC 柱 ACI 及 Elwood 箍筋需求量之比較 -----	6
圖 1.4	NSRC 斷面鋼骨所圍束之混凝土 -----	7
圖 1.5	TSRC 斷面鋼骨所圍束之混凝土 -----	7
圖 2.1	Ricles 之包覆 I 型 SRC 柱試體斷面 -----	13
圖 2.2	Hsu 之包覆 I 型 SRC 柱試體斷面 -----	14
圖 2.3	黃氏秋水與陳正誠之 SRC 柱試體斷面 -----	15
圖 2.4	李健銘之 SRC 柱試體斷面 -----	16
圖 3.1	試體各斷面尺寸 -----	17
圖 3.2	試體各尺寸表示 -----	18
圖 3.3a	試體鋼骨整體尺寸 -----	21
圖 3.3b	試體鋼骨梁柱接合尺寸 -----	22
圖 3.4	試體整體細部尺寸 -----	23
圖 3.5	本研究試驗裝置示意 -----	25
圖 3.6	本研究試驗裝置示意 -----	26
圖 3.7	反覆側推程序之位移歷時 -----	27
圖 4.1	包覆型 SRC 柱斷面 -----	30



## 摘要

關鍵詞：包覆型 SRC 柱、鋼骨鋼筋混凝土、箍筋

### 一、研究緣起

由於國內缺乏包覆 T 字型 SRC 柱之試驗結果，以做為研修定設計規範之主要參據，因此本研究擬以結構實驗方式，探討包覆 T 字型 SRC 柱之結構行為，並且因為 SRC 柱的破壞，難以單由理論分析，而獲得到合理與有效的結果。本研究規劃包覆 T 字型 SRC 柱試體撓曲行為試驗，考慮柱試體同時承受軸力及反覆側向力之加載，藉此驗證包覆 T 字型 SRC 柱試體之耐震性能，並透過相關實驗研究之文獻分析，針對 SRC 柱圍束箍筋需求之設計法，進行相關合理性之檢討。本研究本年度研究成果將側重於實驗試體之規劃與細部設計。

### 二、研究方法及過程

研究方法包括國內外文獻資料蒐集與整理、試體設計及報告撰寫等步驟，並針對以下問題，做進一步的探討及瞭解：

1. 進行 SRC 柱試驗相關研究報告與文獻資料之蒐集與整理。
2. 探討有關包覆型 SRC 柱圍束箍筋耐震需求合理性。
3. 進行 3 個系列共計 6 支包覆 T 字型 SRC 柱試體之規劃及設計。

### 三、重要發現

依據本研究實驗結果顯示，相關重要發現說明如下：

1. 由於 SRC 柱承受彎矩至破壞階段，涉及材料與幾何非線性之反應，其力學行為非常複雜，難以單由理論分析，而獲得到合理與有效的結果。
2. 由於 SRC 柱混凝土，有鋼骨幫忙圍束，因此圍束箍筋的需求量，可以比類似尺寸的 RC 柱小。
3. 以塑性轉角容量為判斷指標，探討圍束箍筋之需求量，不但比較合乎學理，且可以提升施工品質，具有工程實務參考價值。
4. 但是雙 H 斷面顯然具有比較優良的混凝土圍束效應，可是現有設計方法並未

考慮此效應。顯然，現有的公式還有很大的改進空間。

#### 四、主要建議事項

**立即可行建議**—賡續完成大尺寸包覆 T 型 SRC 柱之結構試驗。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部建築研究所

目前對於「包覆 I 型」或「包覆 H 型」SRC 柱試體之耐震行為，已有文獻進行相關之探討，故建議再針對「包覆 T 型」斷面之 SRC 柱，進行大尺寸 SRC 柱之結構試驗，藉以印證包覆 T 型 SRC 柱之箍筋需求，探討相關建議計算公式的合理性，完整瞭解「鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範」中，有關包覆型 SRC 柱之破壞模式與耐震行為。

**立即可行建議**—驗證 SRC 柱 T 型鋼骨斷面對箍筋需求的方向性。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部建築研究所

相關研究顯示，包覆 H 型 SRC 柱試體鋼骨斷面形狀不為雙向對稱時，箍筋需求量將具有方向性；強軸承受彎矩時，鋼骨斷面對混凝土具有顯著的圍束效用；而弱軸承受彎矩時，鋼骨斷面所能提供混凝土的圍束效用則很有限，故後續研究建議能賡續藉由結構實驗，驗證包覆 T 型 SRC 柱鋼骨斷面對箍筋需求的影響。

## ABSTRACT

Keywords: Encased SRC column, Steel reinforced concrete, Transverse steel bar

### 1. Purpose

Because the lack of domestic T-section encased steel reinforced concrete(SRC) column of test results, as the main reference data to set the design specifications. This study intends to structure experimental approach to explore the T-section encased SRC column structural behavior, and the SRC column damage is difficult to get the reasonable and effective results with the theoretical analysis. This research program the test of flexure behavior of T-section encased SRC columns subjected to constant axial load with cyclically lateral force, to verify the T-section SRC column specimens seismic performance. And consider the related experimental research literature to check the required transverse reinforcement design reasonable. This study will focus on test planning and specimens detail design this year.

### 2.Method and Steps

On the research approach, including the collection and arrangement of Taiwan and foreign documents and materials, the body is designed and made, the post bend behavior testing, material mechanical nature testing, experimental data to try and put in order and set up and analyse such steps as the model and report are written. Direct against the experiment achievement, will direct against the following problem, will do the further discussion and understand :

- (1) SRC column test related experimental research literature collection and collation.
- (2) SRC column required transverse reinforcement of seismic design.
- (3) The planning and design of six SRC column specimens with three different sections.

### 3. Main Finding

According to this research experimental result to show that, sum up several important discoveries and do the following explanation.

1. As the SRC columns under moment to destroy phase, involving material and geometric non-linearity of the response, its mechanical behavior is very complex and difficult one from the theoretical analysis, and get to a reasonable and effective results.
2. As the SRC column of concrete, there is help around the steel beam, the beam stirrups around the demand can be compared with similar small size of the RC column.
3. To determine the plastic rotation capacity of indicators to explore the confinement stirrups of the demand, not only more in line with theoretical, and can improve the quality of construction, engineering practice with reference value.
4. The double H section apparently has a relatively good concrete confinement effect, but the current design does not consider this effect. Clearly, the existing formula there is still much room for improvement.

### 4. Major suggestion

**Short term suggestion**—Continued completion of the large size of the coated structure of T-type SRC column tests.

Major Office : Architecture and Building Research Institute Ministry of Interior

Associate Office : Architecture and Building Research Institute Ministry of Interior

At present, for "I-section" or "H-section" SRC column specimens of the seismic behavior of existing relevant literature, it is suggested again for the "T-coated" section of the SRC column, the large size the structure of the SRC column tests to confirm the

coated T-type SRC column hoop needs to explore the recommendations formula is reasonable, complete understanding of the "steel reinforced concrete structure design specification", the SRC column of the coated-type failure mode and seismic behavior.

**Short term suggestion**—Verify the SRC column section direction with the steel and required transverse reinforcement.

Major Office : Architecture and Building Research Institute Ministry of Interior

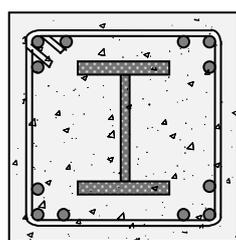
Associate Office : Architecture and Building Research Institute Ministry of Interior

Research shows that H-section encased SRC column steel cross-section is not symmetrical, the demand will have a directional stirrups; strong bearing by the moment, the steel cross-section of concrete has a significant confinement effectiveness; and weak bearing by bending, the steel section can provide concrete confinement effect is very limited, it is recommended to follow-up study by the structure goes back to an experiment to test coated steel T-section of the SRC column stirrups demand.

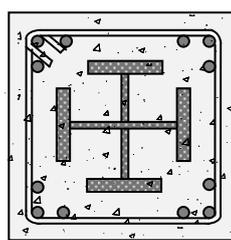
# 第一章 緒論

## 第一節 研究緣起

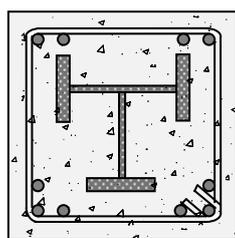
包覆型鋼骨鋼筋混凝土(簡稱包覆型 SRC)結構,能夠兼具鋼結構與傳統鋼筋混凝土結構之優點,與一般鋼結構相比,包覆型 SRC 結構擁有較佳的側向勁度,外圍的混凝土能成為鋼骨防火披覆,以及有助於鋼骨提升其抵抗局部挫屈之能力,而鋼骨亦能提供核心混凝土提供適當的圍束。若以相同尺寸的柱而言,使用包覆型 SRC 柱能承受較大的載重與外力,在地震作用下,較能減少樓層間的側向變位,提升該結構物使用上的舒適性,因此 SRC 結構相當適用於中高樓層建築中,如圖 1.1 所示為包覆型 SRC 柱斷面。



(a) 包覆 I 型 SRC 柱



(b) 包覆十字型 SRC 柱



(c) 包覆 T 字型 SRC 柱

圖 1.1 包覆型 SRC 柱之斷面型式

(資料來源:[1])

目前 RC 或 SRC 規範對於柱圍束箍筋的需求量,被設定在柱斷面混凝土保護層脫落後,柱斷面因為混凝土受到足夠的圍束,而再次提升強度,使得柱可以保持或回復到保護層未脫落時的最大軸壓強度。根據 ACI 318-05[8]的規定,耐震 RC 構架中的柱構材需要配置式(1.1)

及式 (1.2) 較大者所規定的圍束箍筋  $A_{sh}$ ，以提供混凝土足夠的圍束。

$$A_{sh} = 0.3sh_c \left( \frac{f'_c}{F_{yh}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \quad (1.1)$$

$$A_{sh} = 0.9h_c s \left( \frac{f'_c}{F_{yh}} \right) \quad (1.2)$$

其中：

$h_c$  = 圍束箍筋所圍束混凝土的寬度。

$s$  = 圍束箍筋之間距。

$A_g$  = 柱斷面總斷面積。

$A_{ch}$  = 構材圍束箍筋外緣以內之斷面積。

$f'_c$  = 混凝土標稱強度。

$F_{yh}$  = 圍束箍筋標稱降伏強度。

與 RC 柱類似，SRC 規範也規定柱要配置足夠的圍束鋼筋。傳統包覆型 SRC 柱斷面，如圖 1.1 所示，通常包括一個鋼骨斷面，此鋼骨斷面可以圍束一部分的混凝土[5]，而有一部份的混凝土則仍然需要圍束箍筋來圍束。由於 SRC 柱斷面內的混凝土有鋼骨幫忙圍束，因此所需的圍束箍筋量，可以比類似尺寸的 RC 柱小。AISC [13]耐震設計規範 Part II 之 6.4 節規定，包覆型柱的橫向圍束箍筋量不得小於式 (1.3) 規定者。

$$A_{sh} = 0.09sh_c \left( \frac{f'_c}{F_{yh}} \right) \left( 1 - \frac{F_y A_s}{P_n} \right) \quad (1.3)$$

其中：

$F_y$  = 鋼骨標稱降伏應力。

$A_s$  = 鋼骨斷面積。

$P_n$  = 柱標稱壓力強度，考慮整體挫屈。

式 (1.3) 基本上是式 (1.2) 乘以一個折減係數  $1 - (A_s F_y / (P_n)_u)$ 。AISC [13] 在 Part II 解說之 C6.4c 節，認為式 (1.3) 之規定應該是偏保守，至於如何放寬規定，則需要更多的研究方能決定。

國內 SRC 規範[2] (簡稱 TW-SRC04) 對圍束箍筋的規定，採用類似 AISC 規範中，對 ACI 公式的折減觀念，但需採用式 (1.4) 及式 (1.5) 之大者。

$$A_{sh} = 0.3sh_c \left( \frac{f'_c}{F_{yh}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \left( 1 - \frac{A_s F_y}{(P_n)_u} \right) \quad (1.4)$$

$$A_{sh} = 0.9h_c s \left( \frac{f'_c}{F_{yh}} \right) \left( 1 - \frac{A_s F_y}{(P_n)_u} \right) \quad (1.5)$$

其中：

$$(P_n)_u = A_s F_y + 0.85 f'_c A_c + F_{yr} A_r$$

$F_{yr}$  = 主鋼筋之規定降伏應力

$A_r$  = 主鋼筋之總斷面積

$A_c$  = 混凝土部分之斷面積

AISC 及 TW-SRC04 考慮了柱中鋼骨斷面軸壓強度的大小，而以折減係數  $1 - (A_s F_y / (P_n)_u)$ ，調整圍束箍筋量需求量，但是卻未考慮鋼骨斷面的形狀對混凝土圍束的效應。如十字型 (或稱為 XH) 斷面 (圖 1.1b) 所圍束的混凝土面積，高過 H 斷面 (圖 1.1a) 甚多，但是 AISC 及 TW-SRC04 皆無法反應其差異。

翁正強等[6]的研究，考慮了不同鋼骨斷面形狀對混凝土的圍束效

應，並對所需箍筋量提出建議公式，是比較合理的作法，不過該論文還是以柱軸壓強度之維持為立論點。其實耐震構架中，柱甚少僅承受軸壓力而不承受彎矩，因此柱絕大部分的情況不會是軸力破壞。並且在地震作用下，除非在柱的兩端是鉸接，否則柱總是會存在彎矩，因此柱不會產生純軸力之破壞，但是柱卻可能因為塑性轉角容量不足而破壞。因此，以塑性轉角容量為判斷指標，探討圍束箍筋之需求量，不但比較合乎學理，且可以提升施工品質，具有工程實務參考價值。

此外，式(1.4)及(1.5)中之折減係數，與鋼骨斷面之形狀無關，因此不論所使用的鋼骨斷面為 H 斷面或雙 H（或稱為十字）型斷面，只要斷面積相同折減係數就相同，但是雙 H 斷面顯然具有比較優良的混凝土圍束效應，可是現有設計方法並未考慮此效應。顯然，現有的公式還有很大的改進空間。

## 第二節 研究背景

Elwood 等[14,15]以桿件延展性，做為閉合箍筋需求量之判斷指標，提出修改 ACI 規範之建議，式 (1.6) 所示。

$$A_{sh} = 0.25k_p k_n s b_c \left( \frac{f_c'}{f_{yh}} \right) \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) \quad (1.6)$$

式中， $k_p = P_u / A_g f_c'$ ， $k_p$  不小於 0.2，若小於 0.2 則取 0.2， $s$  為箍筋間距， $b_c$  為柱構材斷面寬度。

$$k_n = \left[ 0.6 + 0.4 \left( \frac{n}{n_{ls}} \right) \right] \left( \frac{h_x + 12}{20} \right) \quad (1.7)$$

其用意為考慮主筋圍束的情形，配置箍筋時若有跳根的情形，則主筋圍束的效果也將不同， $n$  為柱斷面主筋根數， $n_{ls}$  為柱斷面中箍筋角隅處主筋根數或其側向支承為 135 度耐震彎鉤之主筋根數。

圖 1.2 摘自 Elwood 等[14,15] 之試驗結果，顯示柱試體延展性與圍束箍筋需求量之相對關係，圖 1.2(a)根據 ACI 規範之規定繪製，而圖 1.2(e)則根據式 (1.6) 繪製。每個數據分佈圖分成 1、2、3 及 4 等區域。位於 2 區者顯示所建議圍束箍筋需求量，無法讓試體達到所需延展性（不保守）。位於 3 區者顯示所建議圍束箍筋需求量過於保守。

圖 1.2(a)顯示根據 ACI 之規定計算，有不少數據點落在第 2 區，尤其是承受高軸力的數據點（深色數據點）座落在第 2 區的情況相當明顯，顯示高軸力的情況下 ACI 偏不保守；另也有將近一半的數據點做落在第 3 區，尤其是承受低軸力的數據點（淡色數據點），顯示低軸力的情況下 ACI 過於保守。圖 1.2(e)則顯示式 (1.6) 可大幅降低 2 區之數據點，也降低 3 區之數據點，與試驗結果的比對顯示式 (1.6) 明顯具有更高的合理性。圖 1.3 為 ACI 及 Elwood 箍筋需求量式 (1.6) 之比較，在軸力較小（ $P/A_g f_c'$  小於 0.28）的情況下 Elwood 比 ACI 小，ACI

顯得比較保守，此與試驗結果的趨勢相符。而軸力較大的情況則 Elwood 比 ACI 大，ACI 過於不保守。因此提出了箍筋量應隨著軸壓力的增加而增加的建議，如式 (1.6) 所示。

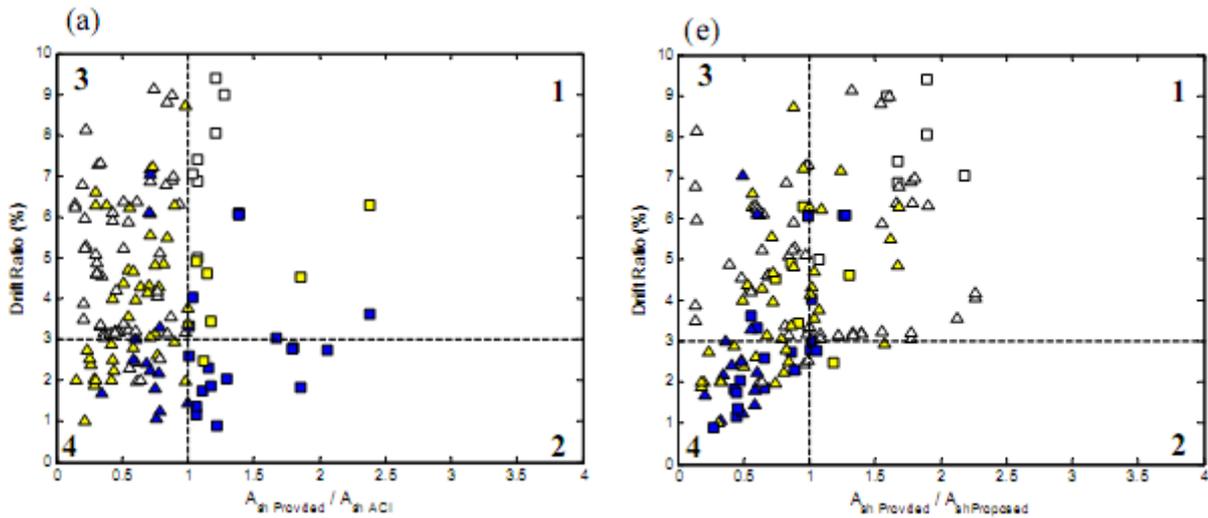


圖 1.2 RC 柱試體撓曲延展性之分佈  
(資料來源：[14,15])

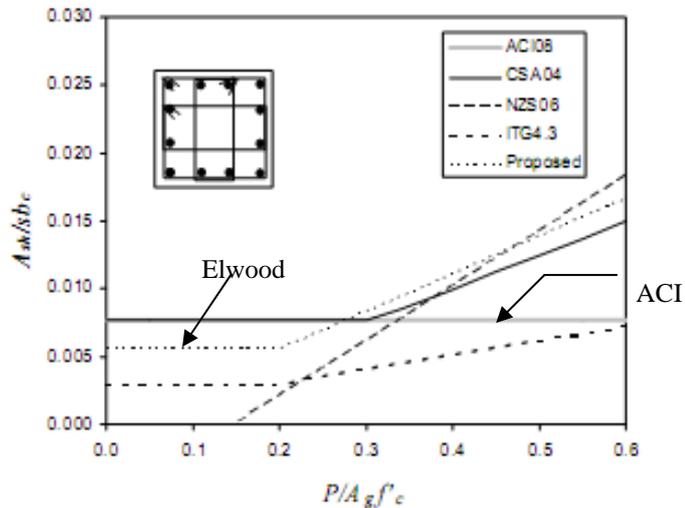


圖 1.3 RC 柱 ACI 及 Elwood 箍筋需求量之比較  
(資料來源：[7,8])

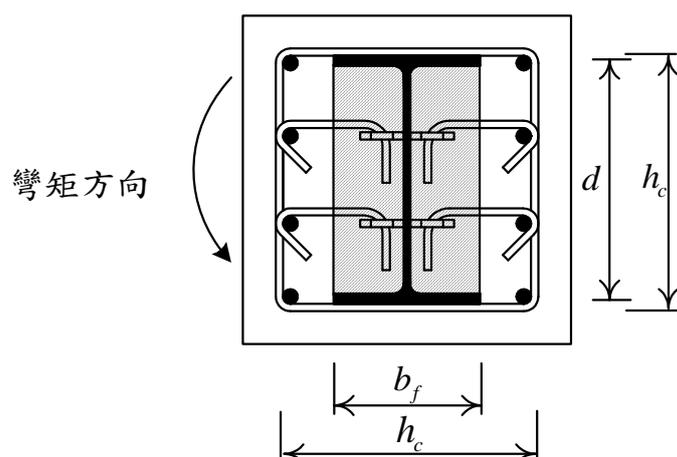


圖 1.4 NSRC 斷面鋼骨所圍束之混凝土  
(資料來源：[4])

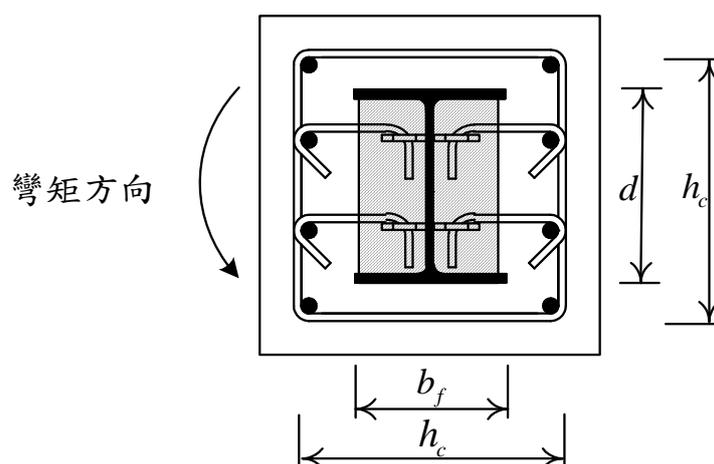


圖 1.5 TSRC 斷面鋼骨所圍束之混凝土  
(資料來源：[4])

SRC 柱配置 H 型鋼時，斷面具有方向性。當強軸承受彎矩時，鋼骨可以提供混凝土圍束的作用。當鋼骨深度與圍束箍筋深度相同時(如圖 1.4 所示)，則能有效提供混凝土圍束的為鋼骨翼板，而圍束的範圍，如圖 1.4 斜線部分所示。此時 SRC 柱所需之箍筋量( $A_{sh}$ )<sub>b</sub> 可以將式 (1.6) 之  $A_{sh}$  折減之，如式(1.8)所示[4]。當鋼骨深度比圍束箍筋小時(如圖 1.5 所示)，此時 SRC 柱所需之箍筋量可以將式(1.8)之箍筋量放大  $h_c/d$  倍，如式 (1.9) 所示[4]。其實式 (1.8) 為式 (1.9) 的特例，只要將  $h_c = d$  代

入式 (1.9) 即可得到式 (1.8)。因此，只要使用式 (1.9) 即可求得所需之箍筋量，而  $[(h_c - b_f)/d]$  即為  $A_{sh}$  之折減係數，其中  $A_{sh}$  乃根據式 (1.6) 求得者。

$$(A_{sh})_b = \frac{(h_c - b_f)}{h_c} A_{sh} \quad (1.8)$$

$$(A_{sh})_b = \frac{(h_c - b_f)}{h_c} \times \frac{h_c}{d} \times A_{sh} = \frac{(h_c - b_f)}{d} A_{sh} \quad (1.9)$$

當配置 H 型鋼之 SRC 柱弱軸承受彎矩時，鋼骨可以提供之混凝土圍束並不顯著也不明確。此時鋼骨的圍束作用可以忽略之，因此所需之箍筋量直接採用式 (1.6) 求得之  $A_{sh}$ 。

然而過去的研究及相關的設計規範均較著重雙對稱斷面之梁柱構材，極少探討非對稱鋼骨斷面 SRC 構材之行為。由於工程實務上的使用需求，如邊柱，因此非對稱鋼骨斷面在 SRC 結構的領域中實有其深入研究的必要。本研究嘗試由包覆 T 字型 SRC 柱構材塑性轉角容量需求的觀念出發，以理論分析及結構試驗等方法，探討包覆 T 字型 SRC 柱圍束箍筋之設計方法，以及檢核相關建議公式之適用性。

### 第三節 研究內容

由於國內尚缺乏包覆 T 字型 SRC 柱構材之試驗結果，做為參考根據，因此本研究擬採用結構實驗之方式，探討其結構行為，且因包覆 T 字型 SRC 柱構材受彎矩至破壞階段，涉及到材料與幾何之非線性反應，其行為非常複雜故無法單由理論分析得到合理之結果。本研究將進行包覆 T 字型 SRC 柱構材試體之撓曲行為試驗，柱試體將同時受到軸力及反覆側向彎矩之載重，可得到軸力-彎矩之試驗曲線及包覆 T 字型 SRC 柱構材試體之耐震性能。

本研究嘗試規劃大尺寸(45×45 cm)包覆 T 字型 SRC 柱試體，為探討與研究之對象，以瞭解 SRC 柱試體於受到軸力及反覆側向彎矩之載重下，其破壞模式與軸向受力行為，藉以針對 SRC 柱圍束箍筋需求之設計法，進行相關合理性之檢討。對於 SRC 柱試體設計參數之規劃，則包括鋼骨翼板寬度、鋼骨斷面深度，以及圍束箍筋量，就美國與國內相關設計規定之合理性，進行一系列之探討與相關試體之規劃。

本研究本(100)年度相關研究內容，茲分述如下：

- 一、進行 SRC 柱試驗相關研究報告與文獻資料之蒐集與整理。
- 二、探討有關包覆型 SRC 柱圍束箍筋耐震需求合理性之探討，並檢討相關之設計公式。
- 三、進行 3 個系列共計 6 支包覆 T 字型 SRC 柱試體之規劃及設計。
- 四、規劃本研究未來進行試體試驗與材料試驗，所需試體製作與試驗規劃。

本研究明(101)年度預計辦理相關之研究內容，分述如下：

- 一、藉由大尺寸包覆 T 字型 SRC 短柱之試驗，以瞭解其可能之破壞模式與軸向受力行為。

二、檢討國內外現行 SRC 設計規範，對柱軸向強度與圍束箍筋需求之合理性。

#### 第四節 預期成果

本研究本(100)年度相關預期成果，分述如下：

- 一、完成 SRC 柱試驗相關研究報告與文獻資料之蒐集與整理。
- 二、完成有關包覆型 SRC 柱圍束箍筋耐震需求合理性之初步探討，並檢討相關之設計公式。
- 三、完成 3 個系列共計 6 支包覆 T 字型 SRC 柱試體之規劃及設計。

本研究明(101)年度預計辦理相關之預期成果，茲分述如下：

- 一、完成 3 個系列共計 6 支包覆 T 字型 SRC 柱試體之反覆載重試驗。
- 二、完成箍筋用量及翼板寬度等實驗參數，對包覆型 SRC 柱強度與韌性容量影響之評估。
- 三、完成國內現行 SRC 構造設計規範，有關柱橫向箍筋量與相關規定設計規定之檢討，並研提 SRC 柱橫向箍筋耐震圍束需求條文的修正草案。
- 四、研提未來評估 SRC 柱橫向箍筋需求的研究方向。



## 第二章 文獻回顧

目前國內外已有關於包覆型 SRC 柱耐震行為之研究，相關收集之文獻資料說明如下。

Ricles[16]以實驗方法，探討包覆型 SRC 柱（如圖 3.1 所示）在不同圍束方式下，於反覆載重下的韌性關係，以及翼板剪力釘對於撓曲韌性與強度之影響，實驗結果顯示 SRC 柱在主筋受箍筋束制且承受反覆載重至挫屈後，仍能維持額外的強度與延展性；翼板剪力釘的效果不明顯。

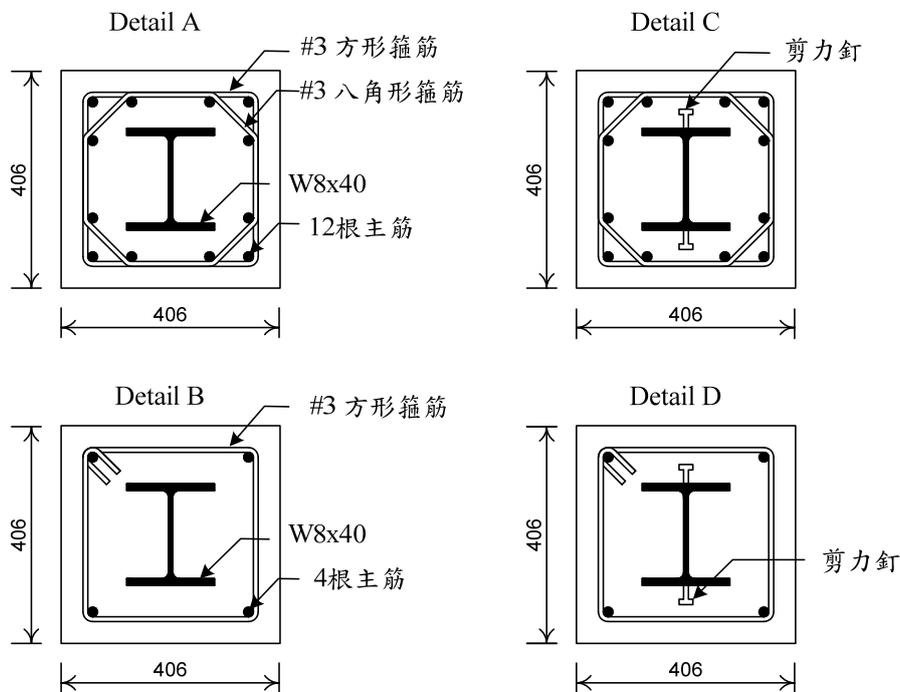


圖 2.1 Ricles 之包覆 I 型 SRC 柱試體斷面

(資料來源：[16])

Hsu 等[17]以承受雙軸彎矩之包覆 I 型 SRC 柱試體（如圖 3.2 所示），探討強軸與弱軸彎矩之軸力彎矩互制情形，藉由實驗瞭解 SRC 柱構件的耐震效能。實驗結果顯示在 SRC 柱構件，受弱軸彎矩時，其中鋼骨與整個 SRC 柱斷面的彎矩強度比過高時，其強度衰減率也會越

高，並且無論是強軸或是弱軸彎矩，其彎矩強度比若能接近 2.2，可獲得較佳的耐震性能。

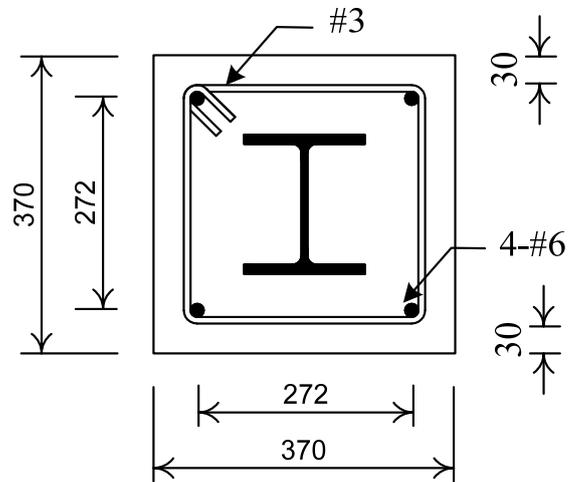


圖 2.2 Hsu 之包覆 I 型 SRC 柱試體斷面  
(資料來源：[17])

黃氏秋水[3]嘗試以不同的箍筋配置量，探討包覆 I 與十字型 SRC 柱（如圖 3.3 所示）之耐震行為，並考慮鋼骨對混凝土的圍束效果，以折減圍束箍筋的使用量，實驗結果顯示鋼骨翼板可提供混凝土可觀之圍束效應，因此箍筋並不需要圍束非整塊核心混凝土。對於 SRC 柱箍筋需求量之計算，修正 Elwood 等[14,15]對於 RC 柱圍束箍筋需求之建議，並由相關 SRC 柱試體之撓曲試驗，驗證相關箍筋量建議公式之合理性。

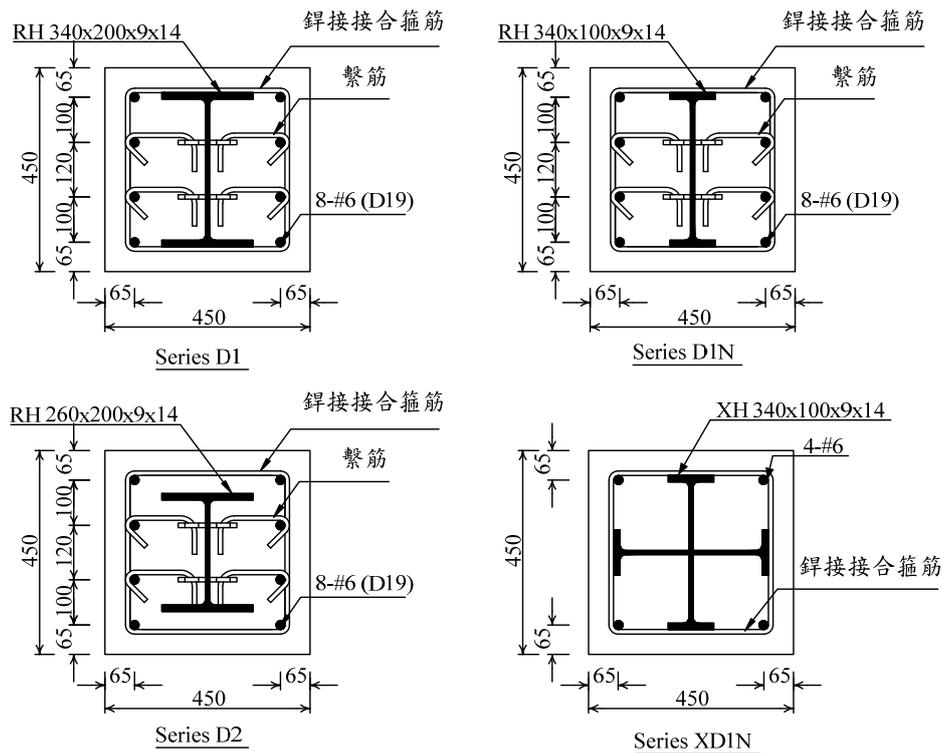


圖 2.3 黃氏秋水[3]與陳正誠[4]之 SRC 柱試體斷面

(資料來源：[3,4])

陳正誠等[4]藉由九組大型 SRC 柱試體（如圖 3.3 所示）之反復載重試驗，並收集前人之試驗結果，探討箍筋量對於 SRC 柱耐震行為之影響。實驗結果顯示當 SRC 柱之鋼骨斷面不是雙向對稱斷面時，SRC 柱之箍筋需求量具有方向性，強軸承受彎矩與弱軸承受彎矩所需之箍筋量應該不同；該研究所建議的箍筋需求量計算方式，可以考慮到鋼骨的不對稱性、鋼骨翼板寬度、鋼骨深度以及柱軸力的影響，箍筋需求量也可降低到合理的範圍；含 H 鋼骨之 SRC 柱，其強軸彎曲之箍筋需求量，可以使用於含 XH 鋼骨之 SRC 柱。

李健銘[7]由 28 組含 T 字型鋼骨斷面之包覆型 SRC 梁柱試體（如圖 3.4 所示），以探討其耐震行為，實驗參數包括主筋數量、是否配置繫筋、箍筋間距、彎矩作用方向、軸力比及細長比。試驗結果顯示，

額外配置主筋及繫筋與良好的箍筋間距，將可增加 SRC 梁柱之極限強度及韌性，並有助於改善其承受正負彎矩遲滯迴圈的差異性。細長比大的 SRC 梁柱試體於極限強度及韌性上的表現，均較細長比小者為差。研究結果亦顯示，ACI 規範能合理且保守地預測含偏心 T 字型鋼骨之 SRC 梁柱的極限斷面彎矩值。

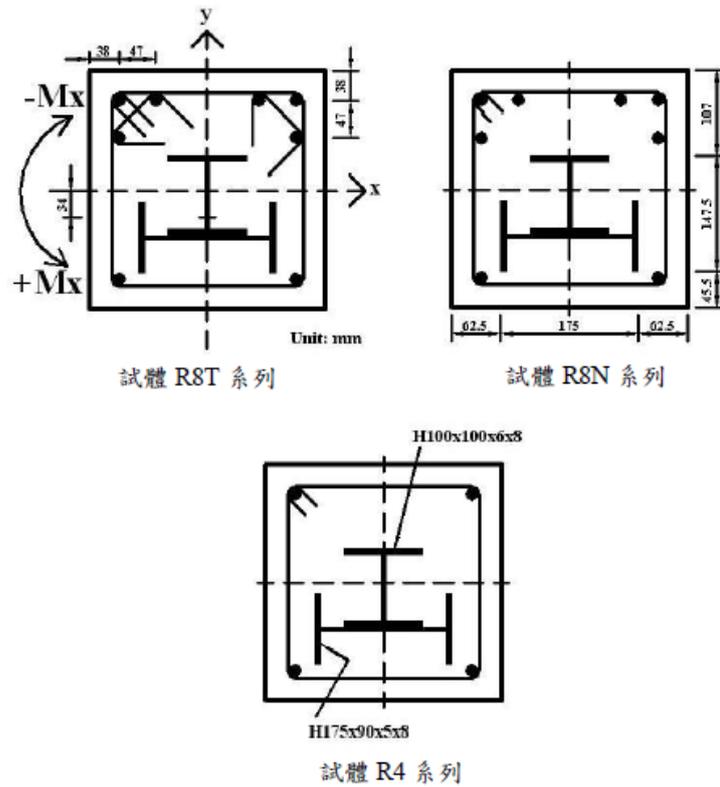


圖 2.4 李健銘之 SRC 柱試體斷面

(資料來源：[3,4])

## 第三章 試驗計劃

### 第一節 試體設計

本研究中共規劃 6 支包覆型 SRC 柱；其中包含 3 種不同的 T 型鋼骨斷面，在箍筋方面將各個規範建議的箍筋需求量與本文試體箍筋使用量，利用箍筋量參數  $A_{sh}f_{yh}/s$  來比較，並將 SRC 柱內的細部配置與各試體斷面間之差異，建立試體編號利用表 3-1 表示，本研究旨在箍筋量的使用對於包覆型 SRC 柱受撓曲作用下的影響，主要討論比較的規範為 TW-SRC04 與 TW-SRC11 的建議值。

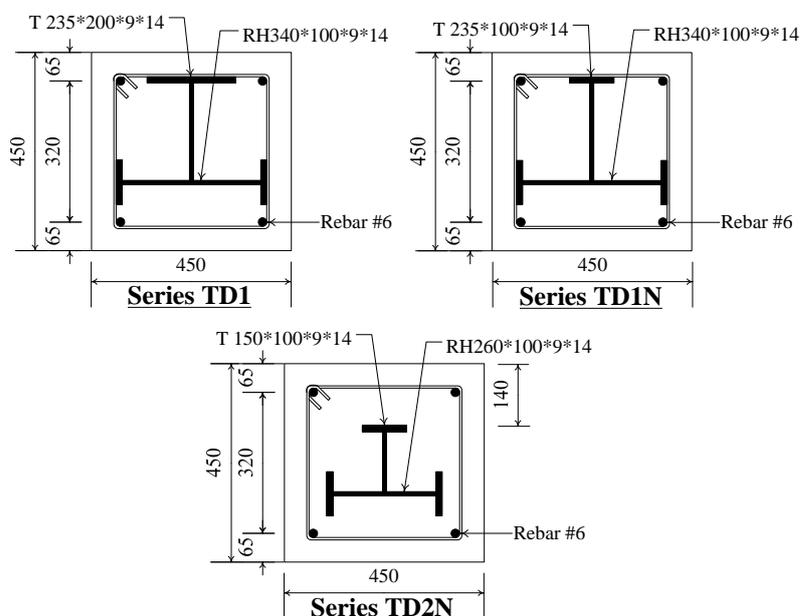


圖 3.1 試體各斷面尺寸

(資料來源：本研究)

試體斷面主要採用 T 型鋼骨斷面，在鋼骨深度不同與翼板寬度不同中共分了 3 種鋼骨斷面，根據鋼骨斷面不同分為 3 種編號，由於斷面為 T 型鋼骨，其皆為 2 種鋼骨組合而成，分別為 **TD1**：T235x200x9x14、H340x100x9x14，**TD1N**：T235x100x9x14、H340x100x9x14，**TD2N**：T150x100x9x14、H260x100x9x14，試體各斷

面的尺寸如圖 3.1，試驗在定軸力下利用柱受側推力下產生的撓曲行為來模擬 SRC 柱體受地震力作用時其強度、塑性轉角容量與延展性發展，其中有同時受到軸力與彎矩與利用不同鋼骨斷面的試體來進行試驗比較。

本研究將試體設計上半部為一懸臂 SRC 柱體，下半部則為獨立基座固定於強力地板上。在一定軸力作用下，利用 200 噸 MTS 與柱體連接施加水平力進行反覆側推如圖 3.2。

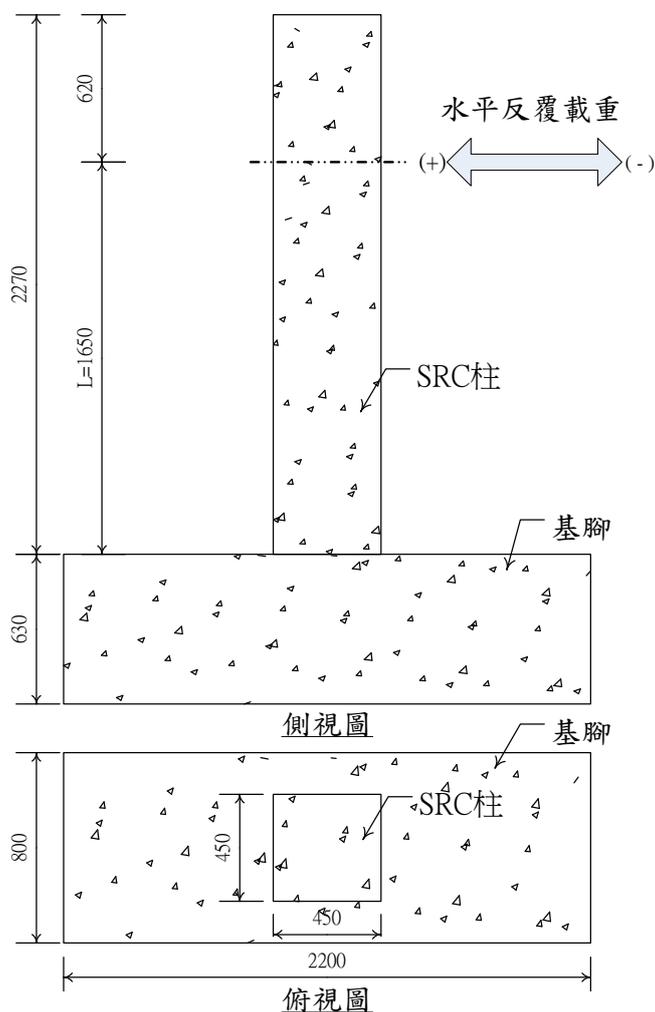


圖 3.2 試體各尺寸表示

(資料來源：[18])

試體的編號根據鋼骨的不同分類一次後，再根據箍筋的肢數分

類，利用兩個部份構成命名的標準。利用箍筋肢數命名中，試體製作將採用 3 種型號鋼筋作為箍筋，分別為#3 SD280W、#3 SD420W 與#4 SD420，其箍筋量  $A_{sh}f_{yh}/s$  計算如表 3.1。

表 3-1 箍筋命名之定義(依材料標稱強度計算)

編號	細節						(N/mm)
L3	1 leg	#3	SD	280	@	110mm	178
H3	1 leg	#3	SD	420	@	110mm	267
H4	1 leg	#4	SD	420	@	110mm	474

**2L3** 編號表示受彎矩方向有箍筋肢數為 2，使用#3 SD280 箍筋，標稱強度為 2800 kgf/cm<sup>2</sup>，其  $A_{sh}f_{yh}/s = 356$ 。

**2H3** 編號表示受彎矩方向有箍筋肢數為 2，使用#3 SD420 箍筋，標稱強度為 4200 kgf/cm<sup>2</sup>，其  $A_{sh}f_{yh}/s = 534$ 。

**2H4** 編號表示受彎矩方向有箍筋肢數為 2，使用#4 SD420 箍筋，標稱強度為 4200 kgf/cm<sup>2</sup>，其  $A_{sh}f_{yh}/s = 948$ 。

建立試體命名準則後，綜合本研究建議採用之箍筋量、TW-SRC 規範[2] 建議之箍筋量比較表 3.2。

表 3.2 試體箍筋量之比較(以材料標稱強度計算)

Specimen	$A_{sh}f_{yh}/s$ (N/mm)					
	Used	TW-SRC 04	$\frac{\text{Used}}{\text{TW-SRC}}$	Prop	$\frac{\text{Used}}{\text{prop}}$	Axial Load
TD1-2H3	534	1292	41	743	72	140t
TD1N-2L3	356	1363	26	1240	29	140t
TD1N-2H3	534	1363	39	1240	43	140t
TD1N-2H4	948	1363	70	1240	76	140t
TD2N-2H3	534	1446	37	1903	28	140t
TD2N-2H3+2H4	1482	1446	102	1903	78	140t

(資料來源：本研究)

本研究試體所使用之材料，係參照陳正誠[4]與黃氏秋水[3]相關研究試體之規劃，其中混凝土 28 天標稱強度為  $0.35 \text{ tf/cm}^2$  (34.3 MPa)，鋼骨採用 ASTM A572 Gr.50 鋼材，降伏強度約為  $3.5 \text{ tf/cm}^2$  (343 MPa)、主筋採用 SD420 #6 竹節鋼筋，降伏強度  $4.2 \text{ tf/cm}^2$  (412 MPa)、SD280W #3 鋼筋的降伏強度為  $2.8 \text{ tf/cm}^2$  (275 MPa)、SD420W #3 鋼筋的降伏強度為  $4.2 \text{ tf/cm}^2$  (412 MPa)。根據材料的標稱強度，可以計算每一個試體所配置的箍筋量 (表 3.1)，由於箍筋強度有兩種以上，因此採用  $A_{sh}f_{yh}/s$  表示之，其單位為 N/mm。此外，表 3.2 亦列出國內 SRC 規範[1]規定之箍筋量 (TW-SRC04) 以及本研究建議採用之箍筋量 (Prop)。

TD1-2H3 試體：TD1-2H3 試體類似於 D1 系列試體，其鋼骨斷面使用 T 235×200×9×14 與 RH 340×200×9×14 (如圖 3.1 所示)，亦為類似 NSRC 之配置；受彎矩方向僅配置 2 肢 SD420W #3 箍筋，另於柱試體頂部提供定量 140 噸之軸力；TD1-2H3 試體可與文獻[3,4]之 D1 系列試體比對，以探討塑性轉角容量  $\theta_p$  與箍筋量之關係，進而檢核文獻[3,4]所建議箍筋需求量  $(A_{sh})_{SRC}$  之合理性。

TD1N 系列試體：TD1N-2L3 試體類似於 D1N 系列試體，其鋼骨斷面使用 T 235×100×9×14 與 RH 340×200×9×14 (如圖 3.1 所示)，亦為類似 NSRC 之配置；受彎矩方向亦規劃 2 肢 SD280W #3 箍筋、2 肢 SD420W #3 箍筋、2 肢 SD420W #4 箍筋等 3 組試體，於柱試體頂部提供定量 140 噸之軸力；TD1N 系列 3 組試體可與文獻[3,4]之 D1N 系列試體比對，除了可探討塑性轉角容量與箍筋量之關係外，由於鋼骨翼板寬度較窄，亦可藉此與 TD1-2L3 試體比較鋼骨翼板寬度對圍束混凝土的影響。

TD2N 系列試體：鋼骨斷面使用 T 150×100×9×14 與 RH 260×100×9×14 (如圖 3.1 所示)，鋼骨翼板寬度較窄，亦為類似 TSRC

之配置；受彎矩方向亦規劃 2 肢 SD420W #3、2 肢 SD420W #3 及 2 肢 SD420W #4 等 2 組試體箍筋之配置方式，於柱試體頂部提供定量 140 噸之軸力；TD2N 系列 2 組試體，可與 TD1N 系列試體比較鋼骨深度對於試體強度與韌性的影響，也可藉以探討此種斷面箍筋需求量與塑性轉角容量之關係。

本研究試體鋼骨整體設計係利用 2 種不同鋼骨，T 型鋼骨與 H 型鋼骨，利用全滲透鐸形成 T 型斷面柱體的部份，再將 H 型鋼骨利用全滲透鐸製作成試體鋼梁的部份，鋼骨設計全圖如圖 3.3a、3.3b。

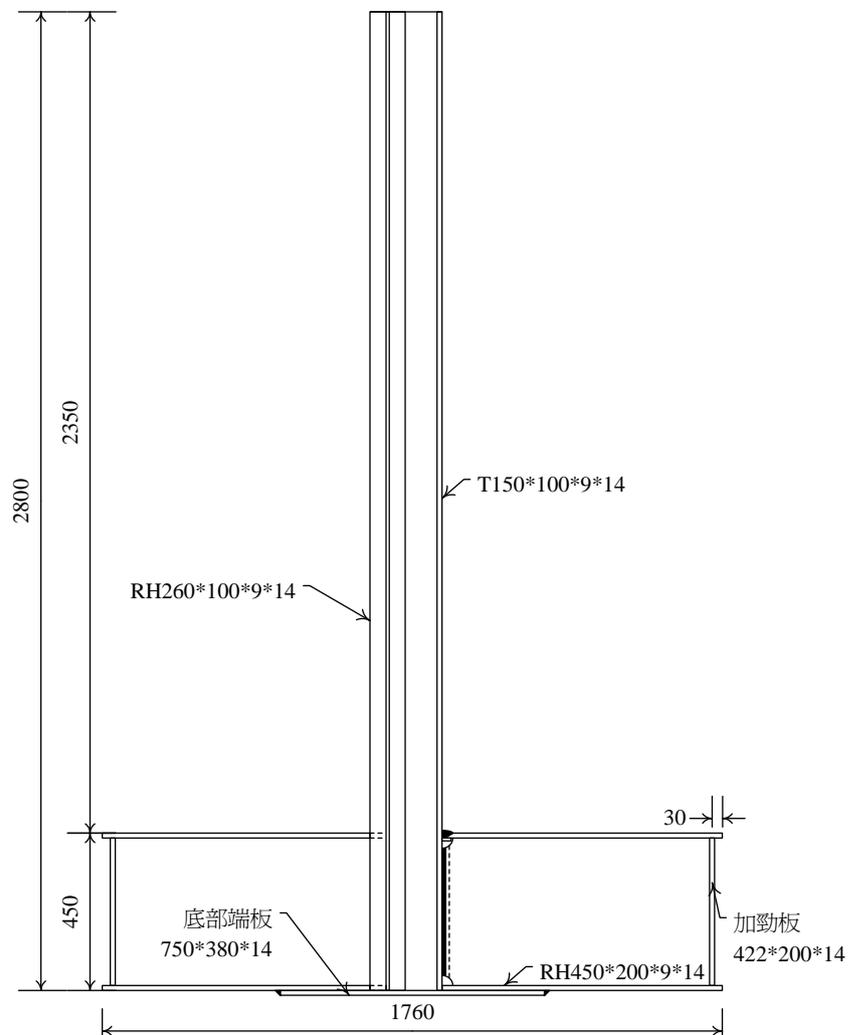


圖 3.3a 試體鋼骨整體尺寸

(資料來源：本研究)

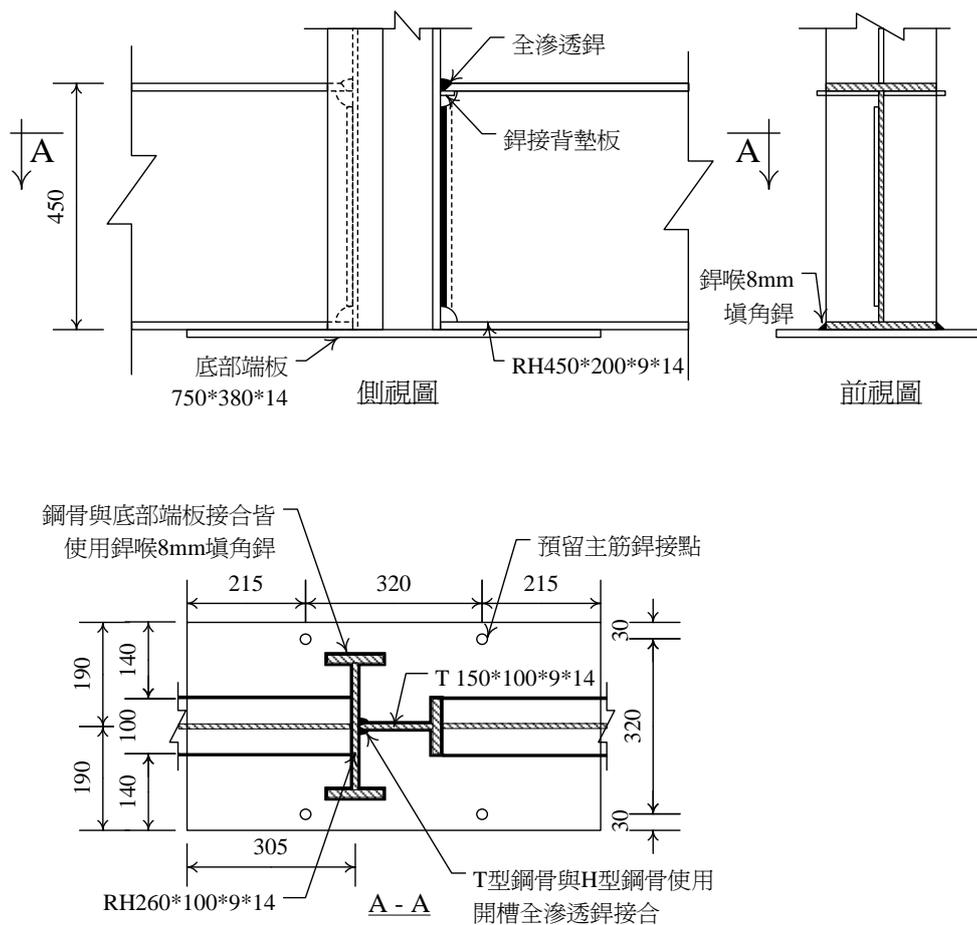


圖 3.3b 試體鋼骨梁柱接合尺寸

(資料來源：本研究)

本研究中共有 6 座包覆型 SRC 柱試體，將各個試體斷面與鋼骨設計細部確立，再將箍筋設計細部與命名方式確立，整個試體與其細部規劃的設計圖便完成如圖 3.4。

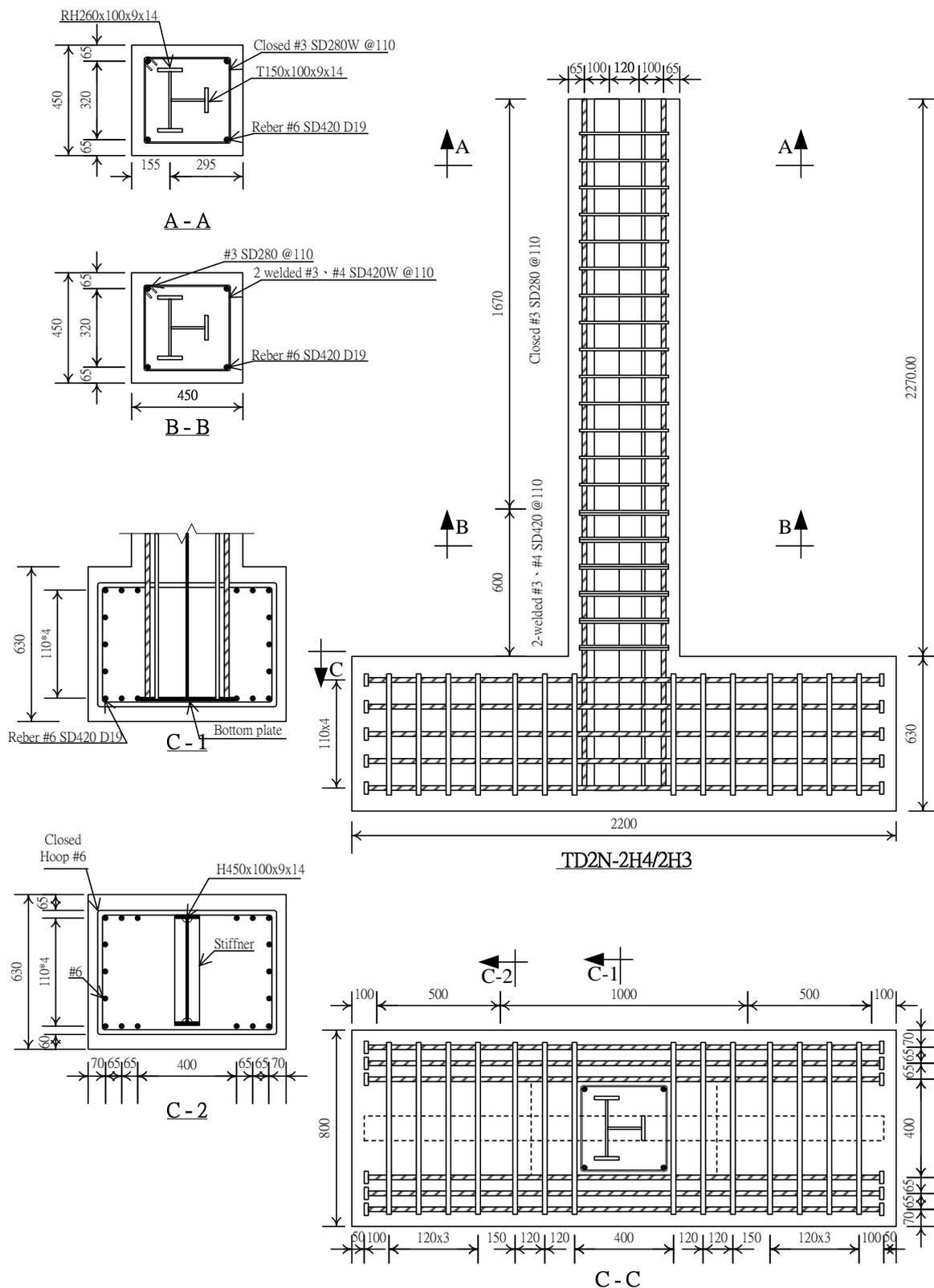


圖 3.4 試體整體細部尺寸

(資料來源：本研究)

## 第二節 試驗裝置設計

本研究中試體將架設與裝置於本所材料實驗中心，其中利用一試驗鋼構架當軸力的反力座並利用一鋼構側撐架做為安全裝置。從試體架設裝置圖 3.5 中，可以看到試體是利用四根直徑 54mm 的螺桿固鎖兩支鋼梁，利用鋼梁固定住試體，當柱受側向力時用來抵抗試體產生的彎矩與剪力，利用軸力與螺桿固鎖提供給試體的正向力產生摩擦力去防止試體產生水平滑移。提供水平側向力的 200 噸 MTS 固定於反力牆上，以四根螺桿連接試體於柱上。柱頂端裝置有 600 噸的軸力加載裝置，將在實驗中提供並維持所需的軸力，其上利用一試驗構架去承受軸力的反力，試驗構架為一鋼結構門形構架，柱底兩處有鉸支承讓試驗構架能隨著試體受彎矩位移時，軸力裝置與試驗構架依舊可跟著移動，不會因為側位移產生造成額外的安全顧慮，並且於試體與軸力加載裝置之間設有一個連接裝置，於試體上與軸力加載裝置上都有螺栓孔可以用螺栓鎖進去扣住。

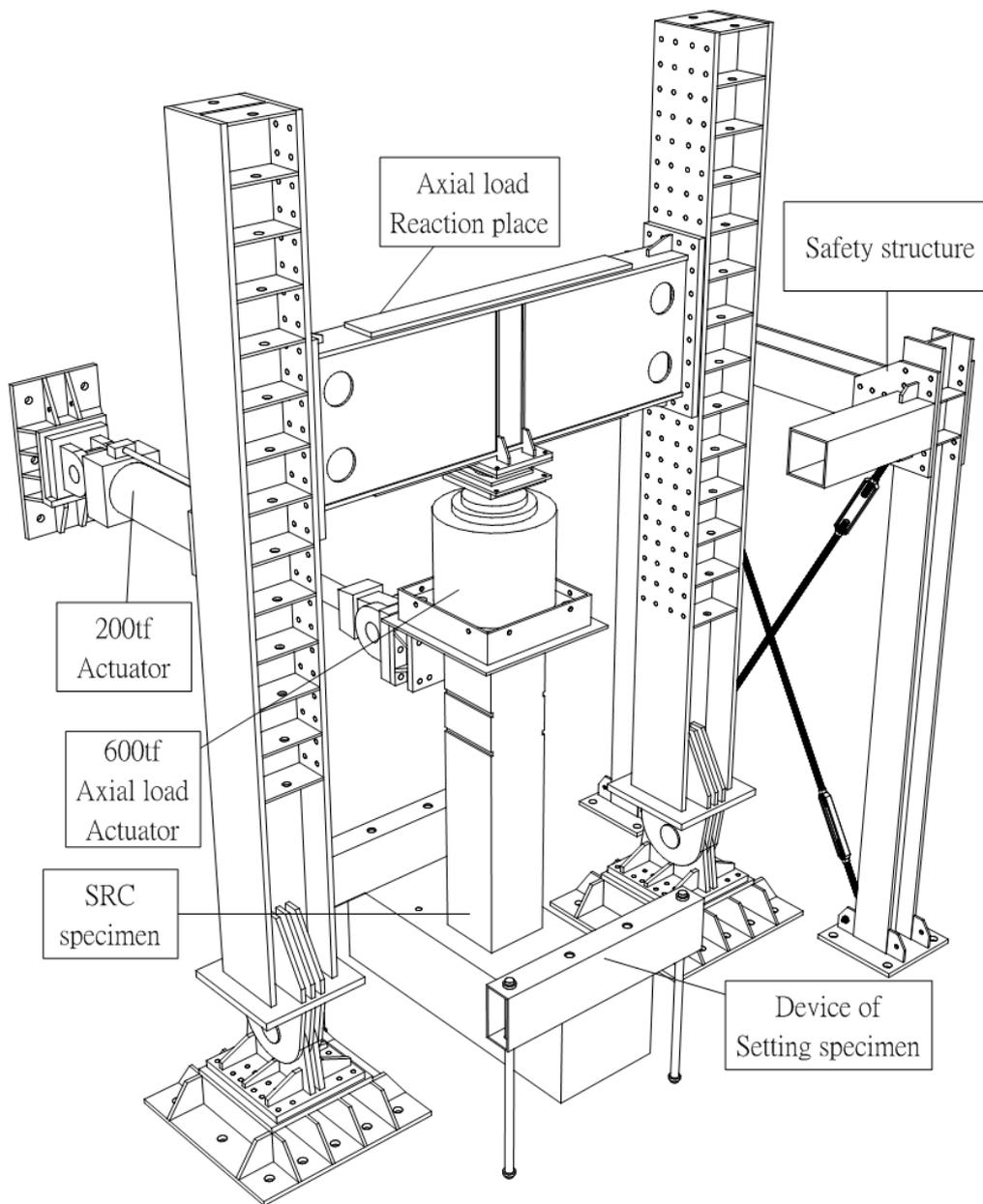


圖 3.5 本研究試驗裝置示意

(資料來源：[18])

柱與 200 噸 MTS 連接處設有 30cm LVDT 於試驗時監測位移變化，基座側推方向各有一個 5cm 位移計觀測基座在試驗過程中是否滑動。角度測量上共使用三個旋轉角度計，分別用於量測試體轉角，試驗構架轉角，以及 200tf 側向油壓缸之轉角。

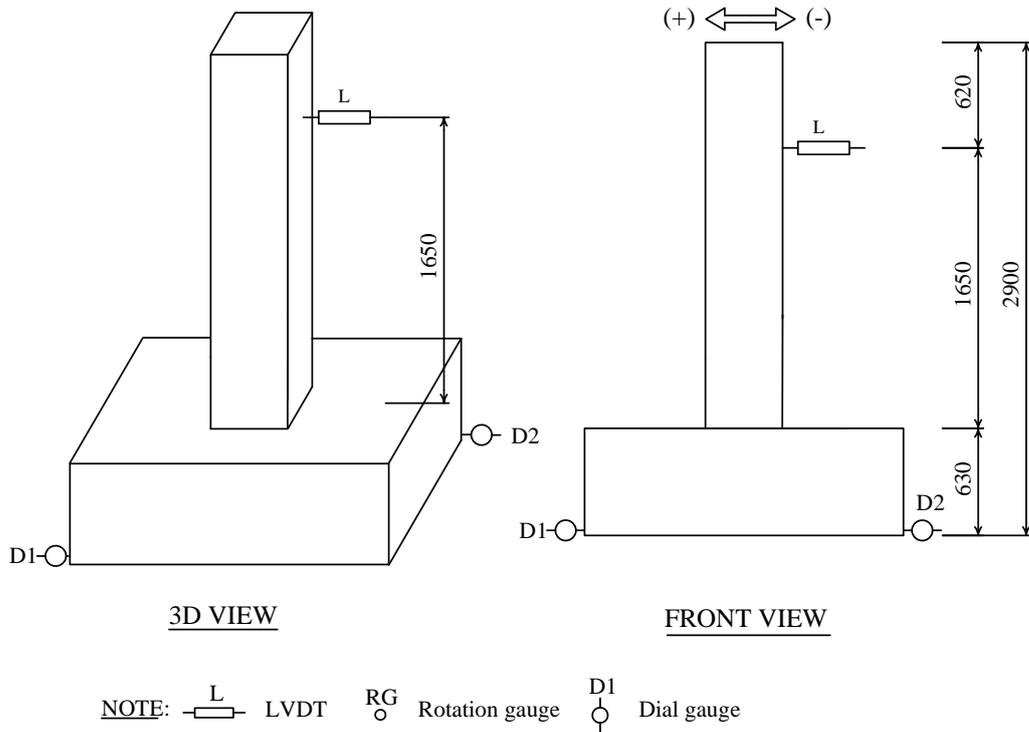


圖 3.6 本研究試驗裝置示意

(資料來源：[18])

本研究反覆側推程序採位移歷時控制，其位移歷時係依據 AISC-2005 規範[9]之建議而加以修改，惟考量側位移角在 1% 以內時，試體行為仍在彈性階段，故將 AISC-2005 規範[9]規定於 1% 以內層間位移角 (Drift ratio) 之迴圈數，由 6 個迴圈修改為 3 個迴圈，而層間位移角位於 1.5% 至 8% 之範圍，則維持每種層間位移角施以 2 個迴圈 (如圖 3.7 與表 3.3 所示)，直至試體達到破壞。

表 3.3 反覆側推程序之最大位移與加載速率

Drift Ratio (%)	Displacement mm	Loading speed (mm/sec)
0.25	4.125	0.023
0.50	8.25	0.046
0.75	12.375	0.069
1.00	16.5	0.092
1.50	24.75	0.138
2.00	33.0	0.183
3.00	49.5	0.275
4.00	66.0	0.367
5.00	82.5	0.458
6.00	99.0	0.550
7.00	115.5	0.642
8.00	132.0	0.733

(資料來源：[18])

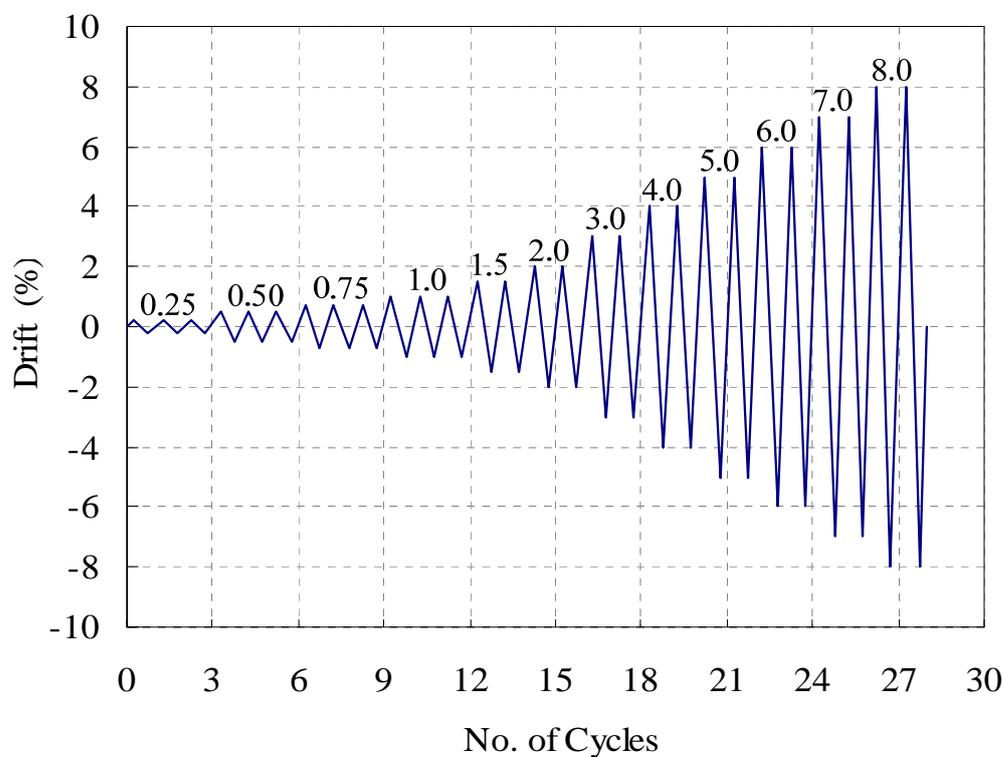


圖 3.7 反覆側推程序之位移歷時

(資料來源：本研究製作)



## 第四章 結論與建議

### 第一節 結論

由於缺乏包覆 T 型 SRC 柱試體之研究與試驗成果，做為檢討 SRC 柱圍束箍筋需求設計之依據，故本研究擬採用結構實驗之方式，探討其結構行為，且因包覆 T 型 SRC 柱構材受彎矩至破壞階段，涉及到材料與幾何之非線性反應，其行為非常複雜故無法單由理論分析得到合理之結果。

本研究將嘗試規劃大尺寸(45×45 cm)包覆 T 型 SRC 柱試體之撓曲行為試驗，柱試體將同時受到軸力及反覆側向彎矩之載重，可得到軸力-彎矩之試驗曲線及包覆 T 型 SRC 柱構材試體之耐震性能。藉以針對 SRC 柱圍束箍筋需求之設計法，進行相關合理性之檢討。對於 SRC 柱試體設計參數之規劃，則包括鋼骨翼板寬度、鋼骨斷面深度，以及圍束箍筋量，就美國與國內相關設計規定之合理性，進行一系列之探討與相關試體之規劃。

## 第二節 建議

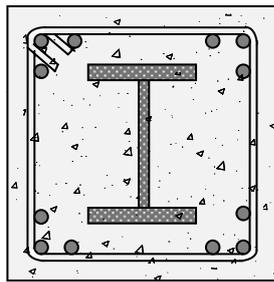
### 建議一

賡續完成大尺寸包覆 T 型 SRC 柱之結構試驗：立即可行建議

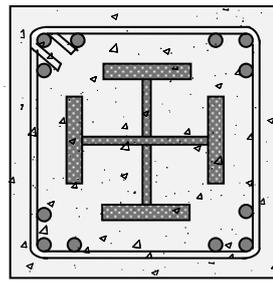
主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部建築研究所

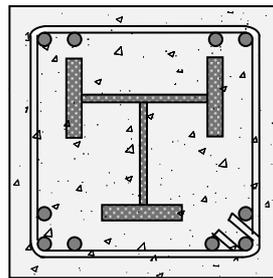
目前對於「包覆 I 型」或「包覆 H 型」SRC 柱試體之耐震行為，已有文獻進行相關之探討，故建議再針對「包覆 T 型」斷面之 SRC 柱（請參見圖 4-1），進行大尺寸 SRC 柱之結構試驗，藉以印證包覆 T 型 SRC 柱之箍筋需求，探討相關建議計算公式的合理性，完整瞭解「鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範」中，有關包覆型 SRC 柱之破壞模式與耐震行為。



(a) 包覆 I 型 SRC 柱



(b) 包覆十字型 SRC 柱



(c) 包覆 T 字型 SRC 柱

圖 4.1 包覆型 SRC 柱斷面

（資料來源：內政部訂頒鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範）

### 建議二

驗證 SRC 柱 T 型鋼骨斷面對箍筋需求的方向性：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部建築研究所

相關研究顯示，包覆 H 型 SRC 柱試體鋼骨斷面形狀不為雙向對稱時，箍筋需求量將具有方向性；強軸承受彎矩時，鋼骨斷面對混凝土具有顯著的圍束效用；而弱軸承受彎矩時，鋼骨斷面所能提供混凝土的圍束效用則很有限，故後續研究建議能賡續藉由結構實驗，驗證包覆 T 型 SRC 柱鋼骨斷面對箍筋需求的影響。



## 附件 歷次審查之會議記錄

---

本所內政部建築研究所 100 年度第 5 次研究業務協調會議紀錄

- 一、 時間：100 年 4 月 18 日(星期一)下午 2 時正
- 二、 地點：本所簡報室
- 三、 主席：何所長明錦
- 四、 記錄：李鎮宏、郭建源、陶其駿、林霧霆、陳伯勳
- 五、 主席致詞：(略)
- 六、 研究案主詞人簡報：(略)
- 七、 綜合討論：
  - (一) 「鋼結構耐震韌性梁柱接頭之耐火性能研究(2/3)－耐震補強式接頭火害行為研究」案：
    1. 研究計畫內容應考慮實驗組數之多樣性與代表性，建議以三組為宜，對於耐震補強效果應事先參照設計規範或實證結果予以釐清。
    2. 於規劃純鋼骨柱與內灌混凝土柱之火害實驗，應建立於同等加載基準上，以免實驗結果因前揭變數造成無法比對。
    3. 應用 Hot Disc 與 DSC 設備建立材料實驗之熱傳導係數與比熱等基礎數據，建議宜整體考量納入不同材質(如耐火鋼、自充填混凝土等)。
    4. 前期研究所用鋼梁柱接頭試體皆無加以防火被覆，而今年將針

對試體予以被覆，兩者間之破壞模式是否一致?造成之差異如何釐清?建議於實驗規劃階段審慎考量。

(二) 「以實場量測方式建立行人風場評估準則之研究」案：

1. 本研究計畫與科技計畫研究方向相符，惟進行問卷調查之樣本數及準則等級之描述宜事先規劃明確。同時建議事先蒐集實場量測地點之相關氣象資料，做為日後參考依據。
2. 戶外風場變動大，不論風向、風速均不易掌握，如何準確的量測風場資料，為此研究之困難。且僅以葉片式風速計作為量測工具，其精度與風向量測問題是否合宜，應更為小心因應。
3. 風洞實驗與實場量測的人員年齡不同且相關基準亦不同，如何進行比較建議再加以考量清楚。
4. 此研究案預定兩實測地點，其一係以建築群渠化效應做為選擇依據，是否有相關文獻或原理規定渠化效應兩側建築群之間距、長度等數據。
5. 本案預定於戶外實場進行研究，但現地之風場擾動劇烈，難以捉摸，無法作準確的定量描述，且以簡單之設備進行量測，恐無法達成研究目的，建議本案應再深入思考研究主題與方向。

(三) 「包覆型鋼骨鋼筋混凝土柱圍束箍筋耐震需求之研究」案：

1. 本研究案符合本所科技計畫規劃相關之耐震課題，惟建議能再針對本案試體製作與試驗規劃之細節，妥慎做好現有實驗研究文獻之蒐集與數據分析工作，以確保本研究試驗結果與相關研究成果比對之有效性。
2. 請考量材料實驗中心現有設備之實驗能量，審慎規劃本研究案

柱試體之試驗強度。

3. 本研究針對 SRC 柱圍束箍筋之需求進行檢討，並研提相關規範條文之修正建議，由於研究成果將涉法規規範內容之修訂，因此對研究方法與過程之擬定，應審慎為之，對於研究成果所歸納之建議，更應廣邀專家學者之參與，以凝聚共識。

**(四) 「全尺寸裝修空間模擬揮發性有機逸散物實測研究-以單一乾式建材為例」案：**

1. 本研究之建材逸散模擬軟體，建議詳細界定該軟體之位階，並妥適規劃全尺寸試驗完整期程，俾利未來軟體實用性。
2. 本案之乾、濕式建材請詳加定義，有關高逸散建材污染室內空氣品質，建議納入研究中。
3. 有關測試標準引用不同，包含 ISO 16000 及 ASTM 5116-06，建議說明詳細。

**(五) 「結合綠建築及都市設計建構都市綠色網絡可行性研究—以台北市奇岩社區為例」案：**

1. 因本年度研究時程需於 10 月完成，建議針對重點部分進行研究，另對於生態城市綠色網絡等名詞定義，宜加以釐清。
2. 奇岩社區為新的都市開發地區，如其計畫內容具有示範性質，可做為未來其他都市計畫通盤檢討地區之參考案例。
3. 本案未來如建議採法令強制規定做為建構都市綠色網絡之方式，建議相關法令規定及規範要注意釐清，另對於國內外案例之比較需注意不同案例間之比較基礎。

## 八、 會議結論：

本次會議與會同仁之寶貴意見，請各計畫主持人納入後續研究參採並修正內容，使研究成果更為豐富完整。

## 九、 散會：(下午 4 時 30 分)

內政部建築研究所 100 年度自行研究計畫案「大尺寸鋼筋混凝土柱撓曲行為之實驗研究(1/3)」、「包覆型鋼骨鋼筋混凝土柱圍束箍筋耐震需求之研究(1/2)」與「耐震鋼梁新型防挫屈裝置之實驗研究 II」等 3 案期中審查會議紀錄

- 一、 時間：100 年 8 月 15 日（星期一）下午 2 時 30 分
- 二、 地點：本所簡報室（新北市新店區北新路 3 段 200 號 13 樓）
- 三、 主席：林組長建宏
- 四、 記錄：李台光、陶其駿、陳柏端
- 五、 主席致詞：(略)
- 六、 承辦單位報告：(略)
- 七、 研究單位簡報：(略)
- 八、 出席人員審查意見（依發言順序）：
  - (一) 「大尺寸鋼筋混凝土柱撓曲行為之實驗研究(1/3)」案：
    1. 陳技師正平：
      - (1) 繫筋之彎鉤若採隔根互換，則恐難顯現彎鉤角度對圍束效果之影響。若要瞭解彎鉤角度之影響，建議二端彎鉤不隔根互換。
    2. 陳教授正誠：
      - (2) S1-E1 與 S1-E2 試體之設計規劃宜再檢討，其餘試體規劃頗為恰當。
      - (3) 箍筋應使用 SD420W 或 SD280W 鋼筋。

3. 廖教授文義：

- (1) 研究案規劃完整，試體設計亦符合現有耐震課題，符合預期。
- (2) 預定施加軸力採用  $0.3f'_c$ ，此值似乎為軸力對韌性之分界點，或許可分年採不同軸力，探討其影響程度。
- (3) 本研究案試體之加載歷時，請確認其型式。
- (4) 建議試體基礎加裝位移計與轉角計，以確認其變形量。

4. 中華民國全國建築師公會 曹建築師昌勝：

- (1) 請說明大尺寸之定義，本研究案試體斷面僅採用 600 mm\*600 mm，其試驗結果能否代表實際建築結構柱構材之行為？
- (2) 請詳細說明本研究案試體不同繫筋配置的型式。
- (3) 實際建築結構 RC 柱構材之尺寸，常超過 150 cm 以上，繫筋有很多排，本研究案試驗結果能否代表此類型配置繫筋之行為。

研究單位回應(李台光研究員)：

- (1) 本研究案 S1-E1 與 S1-E2 試體之設計，後續試體製作期間將審慎檢討修正。
- (2) 後續研究將會確認本研究案試體之加載歷時。
- (3) 受限於本所 600 噸軸壓致動器之使用容量，本研究案試體斷面採用 600 mm\*600 mm，預定軸力比約為 0.3，未來規劃分年採不同軸力比，探討其影響程度。
- (4) 其餘審查委員相關意見，將配合增修與考量。

(二) 「包覆型鋼骨鋼筋混凝土柱圍束箍筋耐震需求之研究(1/2)」  
案：

1. 陳技師正平：

- (1) 建議研究成果能將柱試體之尺寸效應列入條件說明，尺寸大者若與小尺寸者共用試驗結果，恐偏不保守。
- (2) 本研究案試體鋼骨各肢材間之銲接條件與寬厚比，建議列入試體製作條件之說明。
- (3) 本研究案試體繫筋之固定，若採用鈎住預留孔之方式，則建議將相關孔徑之規定納入說明。

2. 陳教授正誠：

- (1) 建議於 TD2 系列之試體中，可考慮進行一組屬非對稱軸之彎曲試驗，其餘各系列試體之規劃，尚屬恰當。

3. 廖教授文義：

- (1) 本研究案試體規劃完整，探討不對稱鋼骨 SRC 柱之箍筋需求，為耐震研究之重要題目，符合預期需求。
- (2) 本研究案試體之加載歷時，請確認其型式。
- (3) 建議將對另一軸向彎曲之圍束行為，考慮為分年度之探討重點。
- (4) 建議未來可分年探討不同軸力比，對 SRC 柱撓曲韌性行為之影響。

4. 中華民國全國建築師公會 曹建築師昌勝：

- (1) 本研究案所規劃四種系列試體之斷面，鋼骨與繫筋的接合方式，是否為銲接接合？
- (2) 鋼骨肢材的銲接方式，是否可能影響柱的撓曲行為？

- (3) 本研究案試體是否有考慮配管之情況，及其可能發生強度折減之情形。
- (4) 本研究案未來研究結果所建議之箍筋量，其間距是多少？

研究單位回應(陶其駿研究員)：

1. 是否於本研究案 TD2 系列之試體中，考慮進行屬非對稱軸之彎曲試驗，後續研究期間將審慎納入考量。
2. 受限於試驗機之使用容量，研究試體之尺寸效應，始終為研究者關心卻又無法圓滿克服之議題，故本研究案會審慎於未來之研究結論中，詳列試體尺寸之適用條件。
3. 本研究案後續會將試體鋼骨各肢材間之銲接條件與寬厚比，納於試體施作紀錄中說明。
4. 有關本研究案試體之加載歷時，後續研究中會再予確認與說明。
5. 本研究案相關試體之規劃，暫未考慮配管之情況。
6. 本研究案係考慮以  $A_{sh}f_{yh}/s$  為主要探討之參數，因此箍筋需求量之效應，已納於此參數之中。

**(三) 「耐震鋼梁新型防挫屈裝置之實驗研究 II」案：**

1. 陳技師正平：
  - (1) 建議將 deck 肋條之方向性、剪力釘間距、剪力釘長度、梁翼厚度、梁高度等列入考量。
2. 陳教授正誠：
  - (1) 後續數據分析很重要，求出塑性轉角容量。
  - (2) 後續宜以有限元素模擬，以進行更多參數之探討。

3. 廖教授文義：

- (1) 本案研究成果豐碩，對防挫屈裝置之試驗成果相當珍貴，研究成果符合需求。
- (2) 建議後續報告內容可增加彎矩-轉角關係及消能面積於不同側撐下之討論。
- (3) 建議後續研究可以有限元素方法模擬，以進行參數探討。

4. 中華民國全國建築師公會 曹建築師昌勝：

- (1) 本研究之新型防挫屈裝置如何影響建築空間，請說明？(第 1 頁提到住宅所受的影響明顯)指提高可用高度？
- (2) 樓板的厚度與配筋型式有無影響，請說明？
- (3) 本研究案適用於新建築，既有老建築是否適合此工法？如何施工？
- (4) 本研究案影響到哪些規範，請列表。

研究單位回應(陳柏端約聘助理研究員)：

1. 後續將進行有限元素分析，對於影響梁之穩定性參數加以探討。
2. 有關塑性轉角因梁與柱接頭處有分離現象，造成誤差，將再進一步分析後求取較正確之數值。
3. 若樓板為 Deck 之設計，建議仍須依照法規規定設置防挫屈裝置，不適用本研究案所探討之新型防挫屈裝置。有關樓板的厚度、配筋型式、剪力釘間距、剪力釘長度、梁翼厚度、梁高度等因素，將於數據整理後，進行進一步探討。

4. 本研究案適用於新建築，不適合用於既有老建築，相關之規範將列表說明。

#### 九、 會議結論：

- (一) 研究團隊針對諸位審查委員之意見，除於本會議中作綜合性回應外，並請於期末報告中，依承辦同仁詳實記錄之與會專家學者及機關團體代表意見，提出詳細回應。
- (二) 本次自行研究計畫案「大尺寸鋼筋混凝土柱撓曲行為之實驗研究(1/3)」、「包覆型鋼骨鋼筋混凝土柱圍束箍筋耐震需求之研究(1/2)」與「耐震鋼梁新型防挫屈裝置之實驗研究 II」等 3 項計畫案期中審查原則通過。

#### 十、 散會：下午 4 時 30 分。

期中簡報審查委員意見回應表

委員	審查委員意見	研究單位回應
陳技師正平	<ol style="list-style-type: none"> <li>建議研究成果能將柱試體之尺寸效應列入條件說明，尺寸大者若與小尺寸者共用試驗結果，恐偏不保守。</li> <li>本研究案試體鋼骨各肢材間之銲接條件與寬厚比，建議列入試體製作條件之說明。</li> <li>本研究案試體繫筋之固定，若採用鈎住預留孔之方式，則建議將相關孔徑之規定納入說明。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>受限於試驗機之使用容量，研究試體之尺寸效應，始終為研究者關心卻又無法圓滿克服之議題，故本研究案會審慎於未來之研究結論中，詳列試體尺寸之適用條件。</li> <li>本研究案後續會將試體鋼骨各肢材間之銲接條件與寬厚比，納於試體施作紀錄中說明。</li> <li>本研究案試體繫筋之固定，未採用鈎住預留孔之方式。</li> </ol>
陳教授正誠	<ol style="list-style-type: none"> <li>建議於 TD2 系列之試體中，可考慮進行一組屬非對稱軸之彎曲試驗，其餘各系列試體之規劃，尚屬恰當。</li> </ol>	<p>囿限研究經費，本研究案暫未規劃 TD2 系列之試體。有關進行屬非對稱軸之彎曲試驗，未來將審慎納入另案研究之考量。</p>
廖教授文義	<ol style="list-style-type: none"> <li>本研究案試體規劃完整，探討不對稱鋼骨 SRC 柱之箍筋需求，為耐震研究之重要題目，符合預期需求。</li> <li>本研究案試體之加載歷時，請確認其型式。</li> <li>建議將對另一軸向彎曲之圍束行為，考慮為分年度之探討重點。</li> <li>建議未來可分年探討不同軸力比，對 SRC 柱撓曲韌性行為之影響。</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>感謝委員指教。</li> <li>有關本研究案試體之加載歷時，已敘明於第三章。</li> <li>有關對另一軸向彎曲之圍束行為，如有必要將納為後續年度探討。</li> <li>有關不同軸力比，對 SRC 柱撓曲韌性行為之影響，經評估若有必要，亦將納為後續年度探討。</li> </ol>
曹建築師昌勝	<ol style="list-style-type: none"> <li>本研究案所規劃四種系列試體之斷面，鋼骨與繫筋的接合方式，是否為銲接接合？</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>本研究案所規劃之試體斷面，鋼骨與繫筋並未接合。</li> <li>一般而言，柱塑鉸區鋼骨肢材的銲接方式，有可能影響</li> </ol>

	<ol style="list-style-type: none"><li>2. 鋼骨肢材的銲接方式，是否可能影響柱的撓曲行為？</li><li>3. 本研究案試體是否有考慮配管之情況，及其可能發生強度折減之情形。</li><li>4. 本研究案未來研究結果所建議之箍筋量，其間距是多少？</li></ol>	<p>柱的撓曲行為，但仍需相關實驗驗證之。</p> <ol style="list-style-type: none"><li>3. 本研究案試體暫未考慮配管之情況。</li><li>4. 有關合理之箍筋量，尚有待後續實驗驗證之。</li></ol>
--	--	---

內政部建築研究所

100 年度自行研究計畫「大尺寸鋼筋混凝土柱撓曲行為之實驗研究(1/3)」、「包覆型鋼骨鋼筋混凝土柱圍束箍筋耐震需求之研究(1/2)」與「耐震鋼梁新型防挫屈裝置之實驗研究 II」等 3 案

期末審查會議紀錄

- 一、時間：100 年 11 月 29 日（星期二）下午 2 時 30 分
- 二、地點：大坪林聯合大樓 15 樓第 3 會議室（新北市新店區北新路 3 段 200 號 15 樓）
- 三、主持人：林組長建宏  
陳柏端  
記錄：李台光、陶其駿、
- 四、出席人員：(如簽到單)
- 五、主席致詞：(略)
- 六、作業單位報告：(略)
- 七、計畫主持人簡報：(略)
- 八、綜合討論：

(一)「大尺寸鋼筋混凝土柱撓曲行為之實驗研究(1/3)」案：

陳技師正平：

1. 組合繫筋搭接建議兩端具 180 度彎鉤時之搭接長，以減少搭接長度。
2. 90 度彎鉤變化角度 5 至 10 度，因受隔根 135 度之幫助，致變化角度之影響恐不顯著。
3. 對同時鉤住主筋跟箍筋之圍束效果較佳，但同時如何克服保護層會較小之問題，值得後續研究。

陳教授正誠：

1. 以 100 年至 102 年整體研究計畫觀之，研究內容還可以再

- 充實，建議試體數量酌予增加，並分別在 101 及 102 年，進行試驗及試驗資料之彙整與分析。
2. 研究成果應能提供工程實務上，有關繫筋設計與施工改善方法之參考。此外對規範條文之修訂，也可提供實質的建議。
  3. 撓曲研究試體規劃，係參考 97 年軸向試驗結果擬定，計畫之延伸性及整合性良好。

林組長建宏：

1. 試驗試體 2 次流標，請探討原因，於明（101）年元月份即辦理公告招標，以掌握研究進度。
2. 本研究計畫原定分 3 年辦理，建議修正為 2 年。

計畫主持人回應(李台光研究員)：

1. 本研究案試體之規劃及設計，將參酌審查委員意見，審慎檢討修正。
2. 本研究案規劃於明(101)年初辦理試體製作採購發包作業，以符合預定研究進度。
3. 其餘審查委員相關意見，將配合增修與考量。

(二)「包覆型鋼骨鋼筋混凝土柱圍束箍筋耐震需求之研究(1/2)」案：

陳技師正平：

1. 對圍束效果較差之鋼骨形狀，建議應予簡化並考慮不計入其圍束貢獻。
2. 鋼骨柱板間之組合銲道，會影響挫屈強度發揮，建議將相關條件說明，納入使用規定。
3. 鋼骨外側混凝土包護層厚度多寡，會影響挫屈強度發揮，建議將相關條件說明，納入使用規定。
4. 保護層較薄時，是否會提早發生混凝土剝離破壞，建議納入本研究案探討。

陳教授正誠：

1. 文獻回顧及探討頗為完整，有助於本研究案研究重點之掌握。
2. 能夠掌握研究內容定位，對整體包覆型 SRC 柱圍束筋量之規定，能夠提供更完整的資訊，有助於未來規範條文之修訂。

林組長建宏：

1. 試驗規劃建議再諮詢專家學者意見，以資完善。
2. 試驗試體希望於明（101）年元月即辦理公告招標，請掌握研究進度。

計畫主持人回應(陶其駿研究員)：

1. T 型鋼骨斷面對混凝土確切之圍束效果，將於下年度結構實驗中，驗證圍束貢獻。
2. 本研究案 SRC 柱試體鋼板間之鐸道型式，以及鋼骨外側混凝土包護層之厚度，將會納入成果報告中說明。
3. 有關 SRC 柱試體保護層之剝離情形，將於下年度結構實驗中，詳實紀錄試體加載之破壞模式。

### (三)「耐震鋼梁新型防挫屈裝置之實驗研究 II」案：

陳技師正平：

1. 加勁托架式之側撐效果較佳，但其加勁間距加密後是否可得更佳效果，建議納入未來研究內容。
2. 本研究案實驗採用實心混凝土樓板，其厚度及配筋量與剪力釘之長度及數量，均會影響側撐效果，請加以考量。
3. 鋼結構建築常使用鋼承板，其厚度薄配筋又少，若誤用則易發生危險，建議後續可對樓板為鋼承板時，能針對側撐方法納入研究探討。

陳教授正誠：

1. 本研究案應屬於先導性之研究，結果顯示本研究課題的未來性非常高，對學術及工程實務會有很大衝擊。目前研究成果累積量還不多，不宜過早下定論，以免工程師誤用。

林組長建宏：

1. 研究產出較預期薄弱，請再加強補述，可再蒐集業界做法，進行比較分析。
2. 報告書中對試體端側描述，以東側、西側似有未妥，請修正。
3. 請具體提出後續研究方向或課題建議。

計畫主持人回應(陳柏端約聘助理研究員)：

1. 本研究案主要探討實心混凝土樓板，對於梁穩定度之影響，因為實驗進行困難度大及經費需求較高，試體數量不多，待研究有一定成果後，再進行鋼承板之研究。
2. 有關後續相關研究課題，將於成果報告中提出建議。

九、會議結論：

- (一) 本次自行研究計畫 3 案期末報告原則通過，請掌握後續之研究期程，充實研究內容，確實完成各案計畫。
- (二) 綜合討論之建議事項，請各案主持人參採辦理或妥予回應，納入最後之成果報告；有關期中與期末審查會議之審查意見，應以回應表方式逐項回覆，並詳實呈現於成果報告之附錄中。

十、散會：下午 4 時 30 分。

## 參考書目

1. 內政部，「鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說」，2004。
2. 內政部，「鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說」，2011。
3. 黃氏秋水，「含軸壓力鋼骨鋼筋混凝土柱之耐震行為」，國立台灣科技大學營建系碩士論文，2009。
4. 陳正誠、沈家豪，「鋼骨鋼筋混凝土柱塑性轉角容量之研究 (II)」，第十屆中華民國結構工程研討會論文，No. U-001，2010。
5. 陳正誠、陶其駿、楊雄清、蔡煒銘，「受十字鋼骨斷面圍束混凝土應力-應變行為之試驗研究」，中國土木水利工程專刊，第二十二卷，第四期，2010。
6. 翁正強、王暉舜、李讓、梁景裕，「鋼骨鋼筋混凝土柱圍束箍筋量之試驗與耐震設計」，結構工程，中華民國結構工程學會，第二十一卷，第三期，pp. 55-83，台北，2006。
7. 李健銘，「含 T 字型鋼骨斷面之包覆型鋼骨鋼筋混凝土梁柱構材之耐震行為」，國立交通大學土木系碩士論文，2000。
8. ACI Committee 318. “Building code requirements for structural concrete (ACI 318-05) and commentary (ACI 318R-05)”. Farmington Hills (MI): American Concrete Institute, 2005.
9. American Institute of Steel Construction. “Specification

- for Structural Steel Buildings”. Chicago (IL): AISC Inc., 2005.
10. Kenneth J. Elwood, Joe Maffei, Kevin A. Riederer, Karl Telleen. “Improving column confinement provisions in the ACI 318 Building Code”.
  11. Park, R., and Paulay, T.. “Reinforced concrete structures”, John Wiley & Sons, New York, N.Y., 1975.
  12. Imbsen, Charles C. XTRACT Software, Cross section analysis program for structural engineers. Single user v-2.6.2, Imbsen and associates, Inc.; 2002.
  13. American Institute of Steel Construction."Seismic Provisions for Structural Steel Buildings”. Chicago (IL): AISC Inc.; 2005a.
  14. K.J. Elwood, J. Maffei, K.A. Riederer, and K. Telleen, “Improving Column Confinement; Part 1: Assessment of design provisions”, Volume 31, Concrete International, 2009.
  15. K.J. Elwood, J. Maffei, K.A. Riederer, and K. Telleen, “Improving Column Confinement; “Part 2: Proposed new provisions for the ACI 318 Building Code”, Volume 31, Concrete Internationa, 2009a.
  16. James M. Ricles, and Shannon D. Paboojian, S. D. “Seismic performance of steel-encased composite

- columns”, Journal of Structural Engineering.
17. H. L. Hsu, F.-J. Jan, J.-L. Juang, “Performance of composite members subjected to axial load and bi-axial load”, Journal of Constructional Steel Resear.
18. 詹鎧慎，「含軸壓力包覆型鋼骨鋼筋混凝土柱之撓曲行為」，國立台灣科技大學營建系碩士論文，2011

包覆型鋼骨鋼筋混凝土柱圍束箍筋耐震需求之研究(1/2)

## 參考書目

包覆型鋼骨鋼筋混凝土柱圍束箍筋耐震需求之研究(1/2)