

# 新型耐震鋼梁防挫屈裝置之研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 98 年 12 月



098-301070000G-2009

PG9803-0259

# 新型耐震鋼梁防挫屈裝置之研究

研究人員：陳柏端

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 98 年 12 月



## 目次

表次	V
圖次	VI
摘要	IX
Abstract	XI
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與背景	1
第二節 文獻回顧	2
第三節 研究方法與步驟	4
第四節 研究流程	5
第二章 有線元素數值分析	7
第一節 結構分析與基本假設	7
第二節 防挫屈裝置	10
第三節 分析結果	12
第三章 實驗裝置規劃	17
第一節 實驗規劃	17
第二節 反力牆板與柱基座設計	19
第三節 梁斷面關鍵參數	20

第四節	柱與樓版設計 . . . . .	25
第四章	結論與建議 . . . . .	27
第一節	結論與建議事項 . . . . .	27
附錄一	期初報告審查意見會議紀錄 . . . . .	29
附錄二	期中報告審查意見會議紀錄及回應表 . . . . .	35
附錄三	期末報告審查意見會議紀錄及回應表 . . . . .	45
參考書目	. . . . .	55

表次

表 1.1 研究進度表 . . . . . 5



## 圖次

圖 1-1	傳統側向支撐示意圖	1
圖 1-2	新型之鋼梁防挫屈裝置	2
圖 1-3	研究流程圖	6
圖 2-1	鋼梁構架結構示意圖	7
圖 2-2	測試試體之上視圖	8
圖 2-3	RC 樓板之有限元素模型尺寸	9
圖 2-4	上翼板在軸向設置 23 個扭轉支撐	9
圖 2-5	封板形式	10
圖 2-6	加勁板形式	10
圖 2-7	連續加勁板之模擬	11
圖 2-8	直立型封板，前後開口不設置加勁板	11
圖 2-9	中間段不加封板長度	12
圖 2-10	各型連續封板(不設加勁板)之 $M-\theta_p$ 曲線	13
圖 2-11	直立型中間段不加封板長度之 $\theta_p$ 變化情形	13
圖 2-12	各種直立型中間段不加封板長度之 $M-\theta$ 曲線	14
圖 2-13	連續加勁板與在兩處設置加勁板之 $M-\theta$ 曲線	14
圖 2-14	各型式連續封板（不設加勁板）之 $M-\theta$ 曲線	15

圖 3-1	試驗佈置	18
圖 3-2	100 噸萬能試驗機反力牆板細部設計	19
圖 3-3	柱支承基座細部設計	20
圖 3-4	各種 BH 型鋼斷面 $D_T$ 對 $d/t_f$ 之趨勢線圖	22
圖 3-5	各種 BH 型鋼斷面在 NN 情況下之趨勢線圖	22
圖 3-6	各種 BH 型鋼斷面在 CN 情況下之趨勢線圖	23
圖 3-7	各種 BH 型鋼斷面在 CC 情況下之趨勢線圖	23
圖 3-8	各種 BH 型鋼斷面在 NN 情況下之趨勢線圖	24
圖 3-9	各種 BH 型鋼斷面在 CN 情況下之趨勢線圖	24
圖 3-10	各種 BH 型鋼斷面在 CC 情況下之趨勢線圖	25
圖 3-11	柱桿件之支承裝置細部設計 (單位 mm)	26

## 摘要

關鍵詞：扭轉挫屈、側向支撐

### 一、研究緣起

耐震建築鋼結構中，鋼梁通常是結構物消能的主要桿件，鋼梁藉由大量的塑性變形達到消能的效果。為讓鋼梁具有足夠的塑性變形或消能能力來抵抗地震，必須防止鋼梁過早產生側向扭轉挫屈（lateral-torsional buckling），通常防止鋼梁過早產生側向扭轉挫屈的方法為設置防挫屈裝置（或稱為支撐，brace）。傳統的防挫屈裝置為側向支撐（lateral support），上翼板直接由樓版之面內勁度與強度提供側向支撐，下翼板則由側向支撐桿件一端接在鋼梁下翼板，另一端接在樓版，主要也是靠樓版的面內勁度與強度提供鋼梁側向支撐。這種側向支撐裝置已經使用很長一段時間，設計與施工方法都相當成熟，但是側向支撐桿件的存在佔據部分樓版底部空間且相當突兀，不但影響室內空間的美觀也影響空間使用效率，尤其是住宅所受的影響很明顯。

本研究提出一個可能解決上述難題的方法是將傳統的側向支撐轉換成防挫屈裝置。鋼梁上翼板與傳統側向支撐一樣，依賴樓版的面內勁度與強度提供側向支撐，下翼板則透過倒 L 形梁腹加勁板的設置，以及樓版之面外勁度與強度來提供所需之支撐。並以大尺寸結構試驗探討此型支撐的效果、現有設計方法之合理性，以供工程人員及一般大眾參考。

### 二、研究方法及過程

本研究之包括資料蒐集與整理、有限元素法模擬分析、試體設計與製作、試驗、材料力學性質試驗、實驗資料整理與分析、相關規範條文之檢討。研究方法與步驟如下：

1. 文獻資料之收集與整理
2. 有限元素法模擬分析
3. 大尺寸鋼結構架及 RC 樓版實驗規劃

### 三、研究發現

1. 實驗前先以有限元素進行初步分析，可得到良好結果及並探討各種設計可行性與趨勢，滾動修正規劃，不但可節省實驗經費，並增加研究利基。
2. 直立型、V 型與倒 V 型三種封板設計，加上加勁板後，其對抗側向扭轉效果良好，可進一步以全尺寸實驗以與傳統側向支撐做比較。

### 四、主要建議事項

#### 中長期之建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：相關學術團體

1. 對於抗側向扭轉機制採用三種封板設計，經分析後三種封板行為相近，因為考量施工便利性，未來實驗建議採用直立封板。
2. 直立型封板中間段不加封板長度從 200cm 至 800cm 差異不大，且均大於塑性彎矩  $M_p$ ，故建議採用 500cm；另外建議於封板開口處設置加勁板。
3. 受限於實驗經費與實驗場地，依期中審查委員建議，鋼梁尺寸修正為 8 公尺。
4. 鋼梁斷面可依據關鍵參數  $D_T / \sqrt{d/t_f}$  挑選，其值建議在 200-250 間，以獲致最佳之實驗效果。

# Abstract

Keyword: lateral torsional buckling, lateral bracing

## 1) OVERVIEW

The present investigation focused on the evaluation of lateral torsional buckling behavior of steel I-section beam using the finite element (FE) model. A highly detailed three-dimensional FE model has been created using commercial finite element software ABAQUS. It was proved that this three-dimensional FE complex model, accounting for material and geometric non-linearity, large deformation behavior is able to simulate behavior of simply supported steel beam under monotonic flexural loading. This study covers critical load evaluation, load vs. plastic rotation behavior, effectiveness of location and variable stiffness for lateral nodal bracing system, behavior of Reduced beam section. The reliability of the model is demonstrated by comparison with experiments and with alternative numerical analyses. This study also discusses in detail several numerical modeling issues related to mesh convergence problems, geometric imperfection modeling, loading strategies and computer efficiency.

## 2) METHOD

1. Paper review and data analysis.
2. Finite element analysis for lateral-torsional buckling behavior of steel beams with different types of lateral bracing.
3. Design of full scale experiment for steel frame with RC deck.

## 3) SIGNIFICANT RESULTS

Finite element analysis is a suitable method and can obtain very accurate

results before planning any experiment. It is also good for any designer to get a better idea beforehand and could be of great help for modifying the whole setup step by step to reduce any unexpected mistake.

#### **4) RECOMMENDATIONS**

Mid term recommendation

Auspices: the Architecture and Building Research Institute

Collaborator: academic and research organizations

1. Vertical batten plate is recommended and stiffeners are recommended to set at the opening of the vertical batten plate.
2. The length of the beam is reduced to 8 m due to the limitation of budget and space.

## 第一章 緒論

### 第一節 研究緣起與背景

耐震建築鋼結構中，鋼梁通常是結構物消能的主要桿件，鋼梁藉由大量的塑性變形達到消能的效果。為讓鋼梁具有足夠的塑性變形或消能能力來抵抗地震，必須防止鋼梁過早產生側向扭轉挫屈（lateral-torsional buckling），通常防止鋼梁過早產生側向扭轉挫屈的方法為設置防挫屈裝置（或稱為支撐，brace）。傳統的防挫屈裝置為側向支撐（lateral support），如圖 1-1 所示。上翼板直接由樓版之面內勁度與強度提供側向支撐，下翼板則由側向支撐桿件一端接在鋼梁下翼板，另一端接在樓版，主要也是靠樓版的面內勁度與強度提供鋼梁側向支撐。這種側向支撐裝置已經使用很長一段時間，設計與施工方法都相當成熟，但是側向支撐桿件的存在佔據部分樓版底部空間且相當突兀，不但影響室內空間的美觀也影響空間使用效率，尤其是住宅所受的影響很明顯。

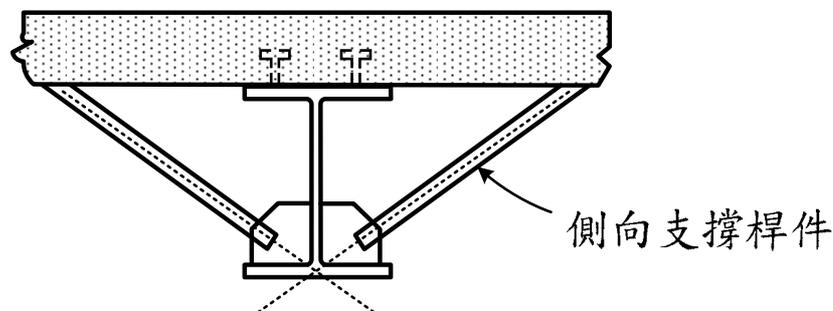


圖 1-1 傳統側向支撐示意圖

（資料來源：本研究整理）

一個可能解決上述難題的方法是將傳統的側向支撐轉換成如圖 1-2 所示之防挫屈裝置，其中圖 1-2a 為鋼梁單側有樓版的情況，圖 1-2b 為鋼梁雙側有樓版的情況。鋼梁上翼板與傳統側向支撐一樣，依賴樓版的面內勁度與強度提供側向支撐，下翼板則透過梁腹加勁板的設置，以及樓版之面外勁度與強度來提供所需之支撐。此型支撐的效果如何？現有設計方法是否合理？屬於側向支撐或扭轉支撐？等問題，都需要加以釐清、探討，以利工程建設之更

順利進行。對工程人員及一般大眾而言，大尺寸結構試驗為探討上述問題最直接也最有說服力的方法。為審慎規劃試體與實驗裝置，本研究先以有限元素模擬分析鋼梁扭轉挫屈行為，並考量樓版行為，探討不同之防挫屈裝置。

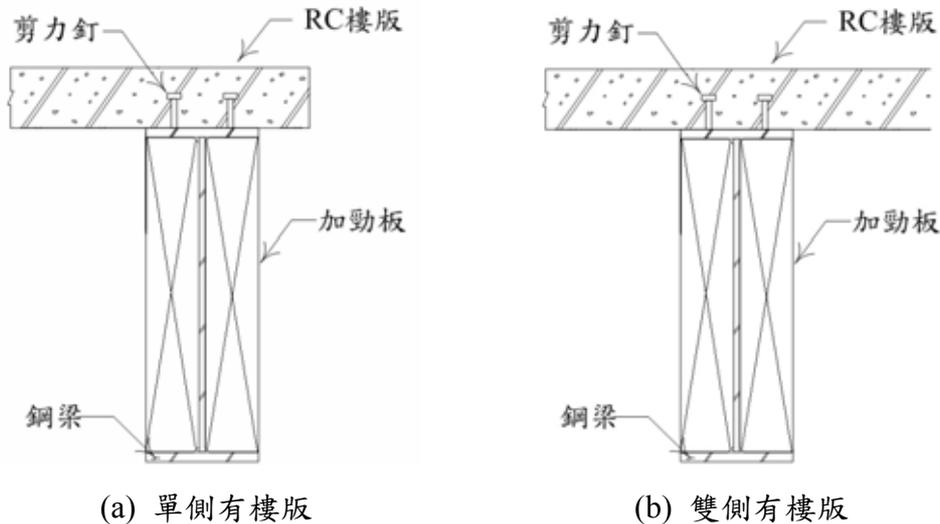


圖 1-2 新型之鋼梁防挫屈裝置

(資料來源：本研究整理)

## 第二節 文獻回顧

本研究在實驗相關文獻收集如下：

1. 1985 年 Winter 等人以理論分析方法，對於梁與柱構件配置側向支撐之設計，進行相關研究，發展出一簡單的有限分析模式，以求得桿件中側向支撐所提供的強度及剛度下限值，提出如何設計桿件中的等值有效支撐。
2. 1966 年 Taylor 等人，對於梁桿件中提供扭轉束制以抵抗側向扭轉挫屈之行為模式進行研究，作者對於大梁接小梁之設計所提供的扭轉束制行為進行有限元素分析並與理論分析結果比較，發現大梁在提供連續抗扭束制的情況下，其臨界載重強度與抗扭束制之勁度成正比，若

大梁在僅提供單節點之抗扭束制之情況下，其臨界載重強度會在大梁發生雙曲率整體側向扭轉挫屈時達到極限值。

3. 1972 年 Nethercot 及 Rockey 對於在彈性階段梁之側向扭轉挫屈之分析，提出一套統一系統化的分析模式以求得在彈性階段中發生側向扭轉挫屈時之臨界撓曲應力，於彈性階段中發生挫屈之最大撓曲應力與斷面幾何、鋼材性質、載重形式、作用位置以及梁之邊界條件有關。
4. 1991 年 Takabatake 等人，對於 I 型梁構材在配置加勁板與無配置加勁板的情況下，進行側向扭轉挫屈之行為探討，發現梁於腹板配置加勁板或箱型封板時可以有效的降低構材挫屈時之側向位移量，並提出一計算方法來評估其加勁板之需求量。
5. 1997 年 Helwig 等人對於單軸對稱之 I 型梁斷面進行側向扭轉挫屈之行為分析，以有限元素模型分析單一弱軸對稱之 I 型梁桿件，考慮單一曲率及雙曲率彎矩之模式，將分析結果與傳統雙軸對稱之 I 型梁進行比較，發現原先彎矩梯度因子 (Moment gradient factors,  $C_b$ ) 於雙軸對稱之 I 型梁估算方式，亦可以使用於單一弱軸對稱之 I 型梁桿件，但先決條件為載重作用點必須考慮在型鋼斷面之中心位置，亦提出在考慮載重作用點於型鋼斷面之不同位置時，其  $C_b$  之估算方式。
6. 2001 年 Yura 建立一套設計梁桿件穩定性之設計，對於梁構材提出了不同的側撐型式設計，且各有其系統化的設計公式，並且在其研究中也舉例幾種不同的側撐型式設計範例，亦已納入 AISC 規範作為設計之參考準則。
7. 2002 年 Nakashima 以有限元素分析，並與結構實驗結果比較，對於梁構件在反覆載重下之側向扭轉挫屈之穩定性行為進行研究，提出 AISC 規範對抗彎構架中梁桿件側向支撐需求量之設計於構架發生容許之樓層位移量下是具備合理性的，但是此結論是在梁構材不會發生腹板挫屈和翼板挫屈的假設基礎上。
8. 2008 年林禹任以實驗探討抗彎構架在單向水平載重下，梁在不同側向支撐系統及斷面型式下之挫屈行為，側撐系統之配置分別討論位移束

制及扭轉束制之效益，發現位移束制系統或使用封板斷面皆可有效抑制梁發生整體側向扭轉挫屈。

9. 2008 年 Jan Jirsak 以有限元素分析探討簡支 I 型梁在雙曲率彎矩作用下之扭轉挫屈行為，並與林禹任之實驗作比較，並提出第一模態非彈性挫屈可得到相當合理的結果，且在梁上翼板有連續支撐，下翼板加側向點支撐可顯著改善梁的彎矩容量。

### 第三節 研究方法與步驟

本計劃主要為利用本所材料實驗中心進行實尺寸抗彎構架與樓版實驗，其實驗分析成果可作為檢討現行設計準則之參考依據，並藉此引導建築構造走向減量、減重、節能及環保之永續發展目標。

本計劃之研究方法如下：

1. 文獻資料之收集與整理
2. 電腦模擬分析
3. 大尺寸鋼結構架及 RC 樓版實驗
4. 規範條文適用性評估

本計劃之預期成果如下：

1. 探討耐震建築鋼結構中鋼梁配置不同側撐形式受地震作用力下之挫屈行為，完成新型耐震鋼梁防挫屈裝置試驗評估，提昇對梁構材之穩定性行為之認識。
2. 實驗分析成果可作為檢討現行設計準則之參考依據。

## 第四節 研究流程

本計畫之研究項目包括資料與文獻收集、評估、分析、報告撰寫。研究進度與研究內容如表 1-1 所示，流程圖如圖 1-3 所示。

表 1-1 研究進度表

月次 工作項目	第一月	第二月	第三月	第四月	第五月	第六月	第七月	第八月	第九月	第十月	第十一月	第十二月	
資料文獻 收集													
力學分析													
側向支撐 數值分析													
防挫屈設 計分析													
數據整理													
試體設計													
相關規範 條文檢討													
撰寫報告													
研究進度 百分比	5	15	20	30	35	40	50	60	70	85	95	100	

(資料來源：本研究整理)

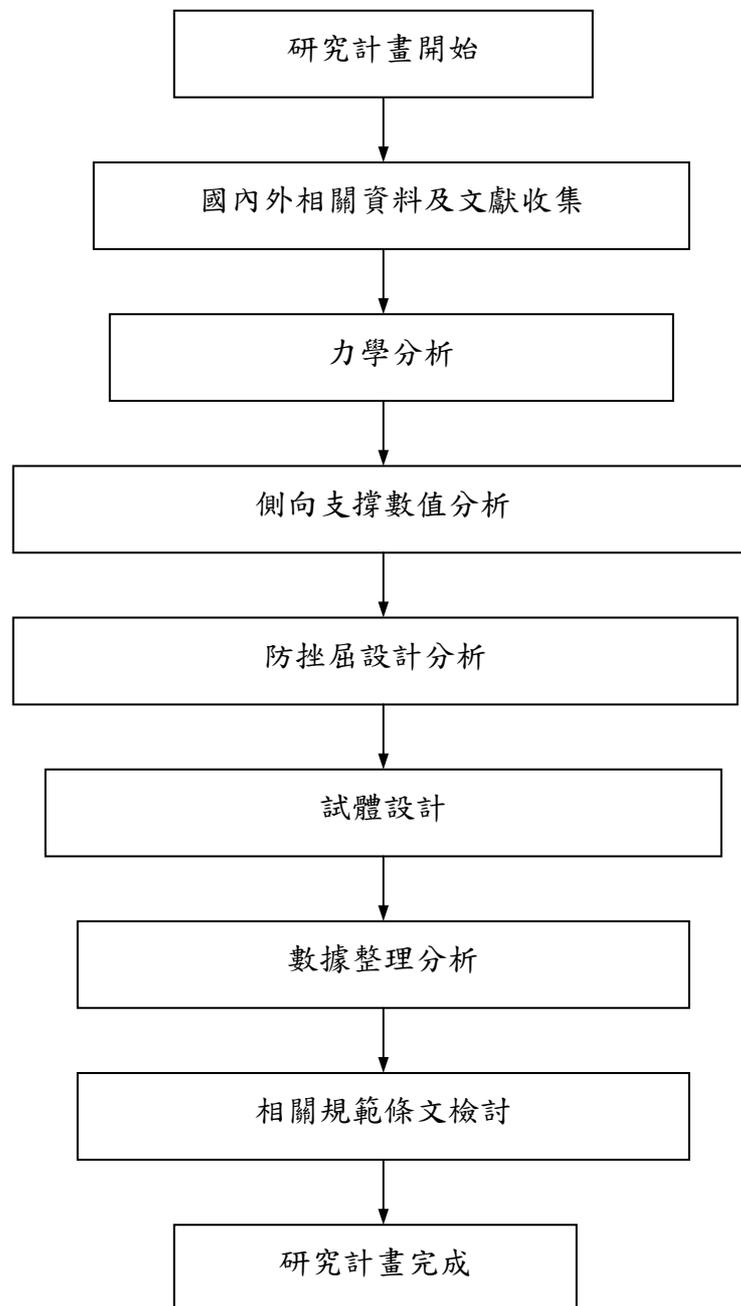


圖 1-3 研究流程圖

(資料來源：本研究整理)

## 第二章 有限元素數值分析

鋼結構耐震設計中，為防止鋼梁過早產生側向扭轉挫屈的方法為設置防挫屈側向支撐，一端接在鋼梁下翼板，另一端接在樓板。但是在一般實驗中，因受限於場地與經費，皆只能做單純的鋼梁構架實驗。本研究為耐震鋼梁防挫屈實驗之先期研究，未來將於本所景美材料實驗中心從事實尺寸鋼梁構架實驗，並考量樓版之影響，測試鋼梁構架側向支稱之穩定行為。側向支稱採用封板及加勁板，因其數量、配置形式之不同，所產生效果亦不同。為求實驗精簡，先以有限元素法分析，以找出封板及加勁板最佳形式及尺寸，再據以設計實驗。

### 第一節 結構分析與基本假設

有限元素分析程式採用 ABAQUS，鋼梁構架結構示意圖如圖 2.1 所示，鋼梁接於鋼柱，上有 RC 樓板，鋼柱上加上反覆載重。

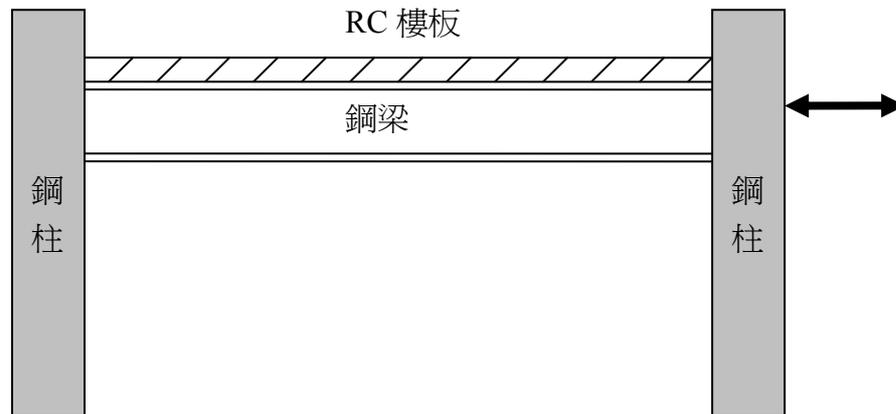


圖 2-1 鋼梁構架結構示意圖

(資料來源：本研究整理)

材料性質方面，鋼材性質假設為彈塑性，彈性係數  $E$  為 210 GPa，柏松比  $\nu$  為 0.3，降伏應力為 320 MPa。

鋼梁使用的元素為 3 維非線性 2 階殼元素 S8R，每一節點有 6 個自由度，鋼柱使用 3 維線性 3 階梁元素 B33，鋼柱不會達到塑性變形，RC 樓板使用 3 維線性固體元素 C3D8，以束制鋼梁上翼板的變形。

對於邊界條件的設定，因在地震力作用下，鋼柱變形為雙曲率形狀，反曲點假設位於柱中點，邊界條件可以鉸接模擬。鋼梁與鋼柱接點假設為剛性，無相對位移與轉角。

進行有限元素分析時，樓版之扭轉勁度  $k_{\theta}$  之決定，係將混凝土樓板模擬成抗扭轉彈簧(rotational spring)。因此，將 RC 樓板取 1 m 帶寬(如圖 2-2 中，斜線區域)進行分析，樓板厚度為 15 cm。

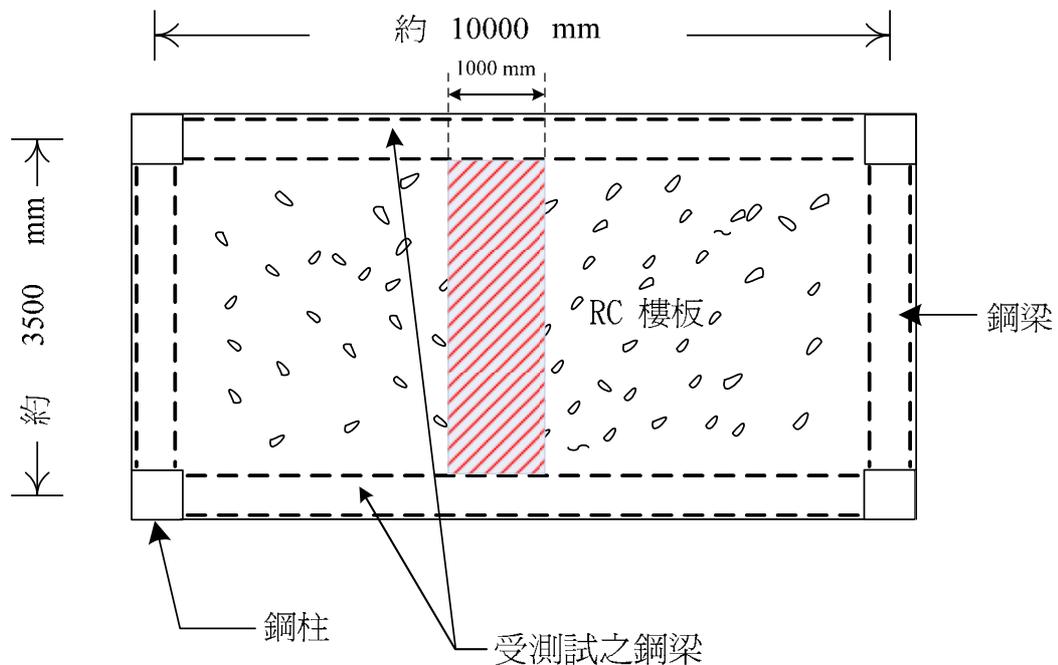


圖 2-2 測試試體之上視圖

(資料來源：本研究整理)

利用結構學勁度之觀念，在其中一端點施加一單位轉角，所需之彎矩即為扭轉勁度。因為此施加之彎矩，對鋼梁而言，係加載於軸向，即為扭矩。接著，兩端邊界保守取簡支承，開始進行分析。

圖 2-3 為 RC 樓板之有限元素模型尺寸，以結構學理論分析材料參數，混凝土抗壓強度  $fc' = 280 \text{ kgf/cm}^2$ ，混凝土彈性模數  $E_c = 150000 (fc')^{0.5} =$

$250998 \text{ kgf/cm}^2$ ，斷面慣性矩  $I_g = 1/12(100)(15^3) = 28125 \text{ cm}^4$ ，跨距長  $L = 350 \text{ cm}$ 。由結構學理論，兩端為簡支承且變形對稱的撓曲勁度為  $2E_c I_g/L$ ，即為 RC 樓板模擬成抗扭轉彈簧之勁度。將數據代入後可得抗扭轉彈簧勁度  $k_\theta = 40340 \text{ tf-cm/rad/100cm}$ ，為每一個 nodal bracing 之勁度。由於在  $z$  向共設置 23 個單一節點之扭轉支撐，間隔為  $50 \text{ cm}$ ，如圖 2-4 所示，因此所輸入之扭轉勁度應修正為  $20170 \text{ tf-cm}$ 。

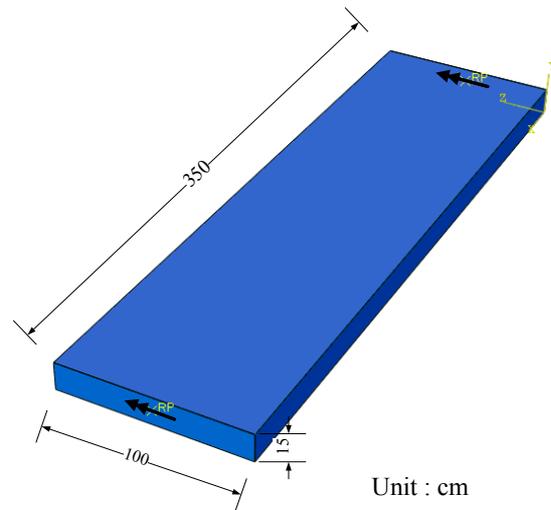


圖 2-3 RC 樓板之有限元素模型尺寸  
(資料來源：本研究整理)

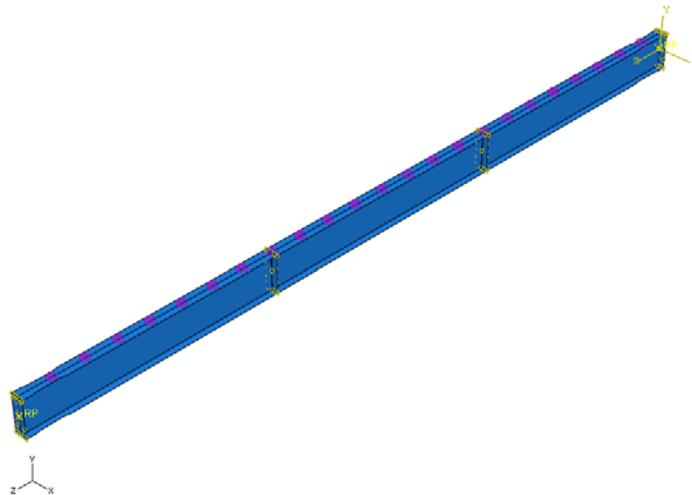


圖 2-4 上翼板在軸向設置 23 個扭轉支撐  
(資料來源：本研究整理)

## 第二節 防挫屈裝置

防挫屈裝置考量封板與加勁板合成作用，封板考量直立型、V型與倒V型等3種形式，如圖 2-5 所示，加勁板如圖 2-6 所示。鋼梁構架中，邊梁受到扭轉力的作用較嚴重，故本計劃以邊梁為研究對象，做有限元素分析與實驗測試。

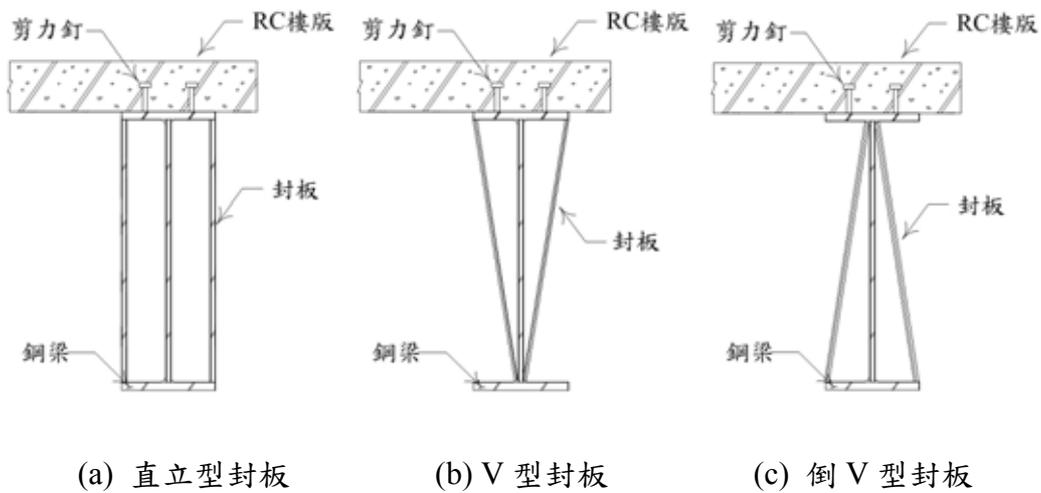


圖 2-5 封板形式

(資料來源：本研究整理)

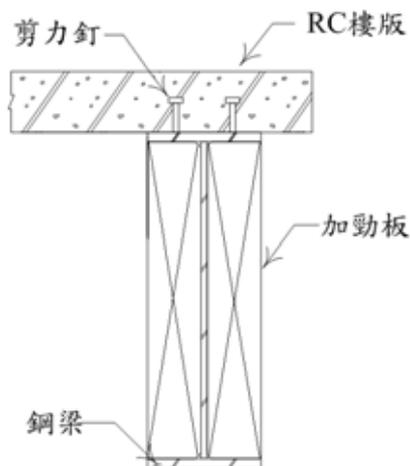


圖 2-6 加勁板形式

(資料來源：本研究整理)

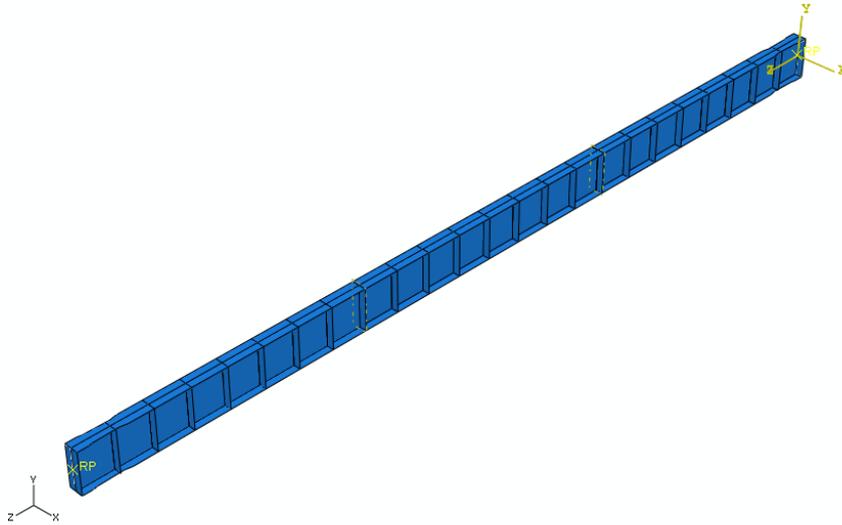


圖 2-7 連續加勁板之模擬 (共 23 處，間隔 50 cm)

(資料來源：本研究整理)

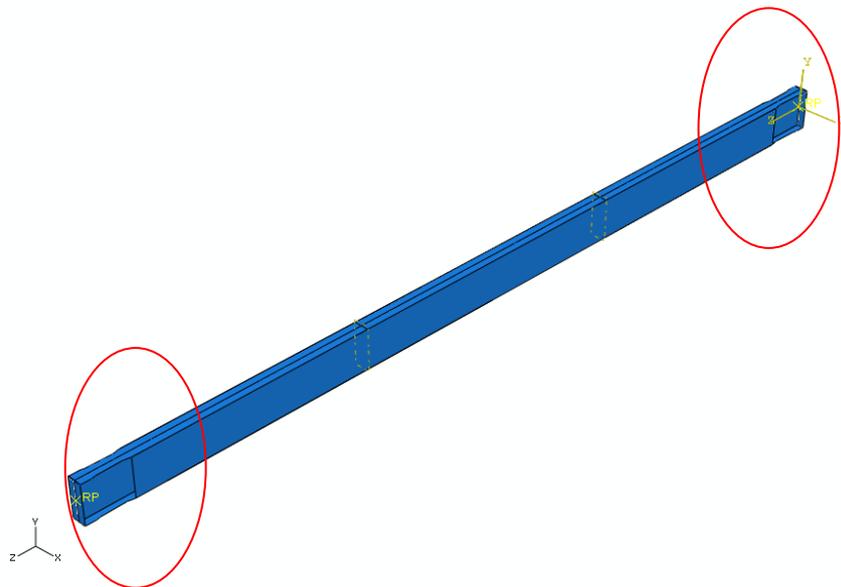


圖 2-8 直立型封板，前後開口不設置加勁板

(資料來源：本研究整理)

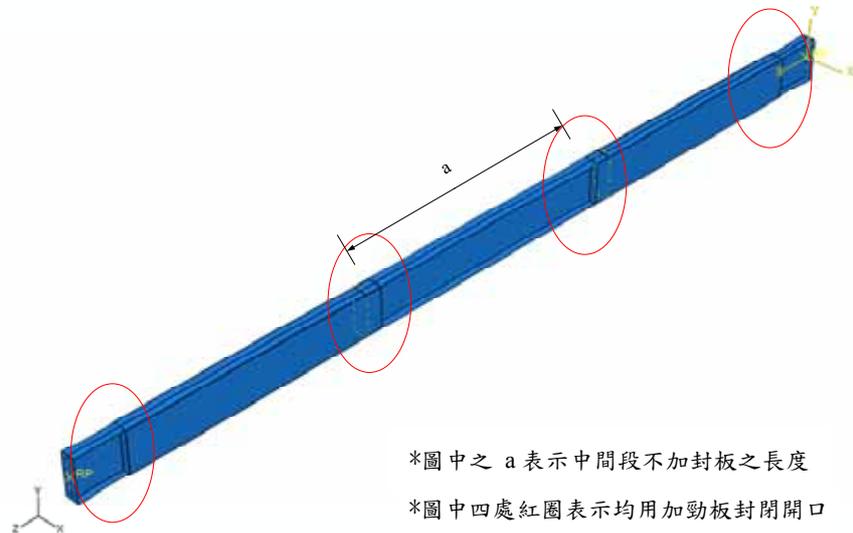


圖 2-9 中間段不加封板長度

(資料來源：本研究整理)

### 第三節 分析結果

圖 2-10 為各型連續封板（不設置加勁板）之  $M-\theta_p$  曲線，結果顯示，直立型與倒 V 型之行為相近，因為考量施工便利性，後續分析均以直立型為主。

圖 2-11 為直立型中間段不加封板長度之  $\theta_p$  變化情形，結果顯示，直立型中間段不加封板長度之  $\theta_p$  變化範圍均落於 0.05~0.06 之間，似乎無一定規則性，但整體而言，塑性轉角  $\theta_p$  之差異並不大。

圖 2-12 各種直立型中間段不加封板長度之  $M-\theta$  曲線，結果顯示，直立型中間段不加封板長度之最大彎矩  $M_{max}$  幾乎無太大變化，且均大於塑性彎矩  $M_p$ 。

由於梁之上翼板具有連續側向支撐，因此行為必由下翼板受壓側控制，故分析結果均著眼於下翼板受壓側之數據，並據以進行討論。

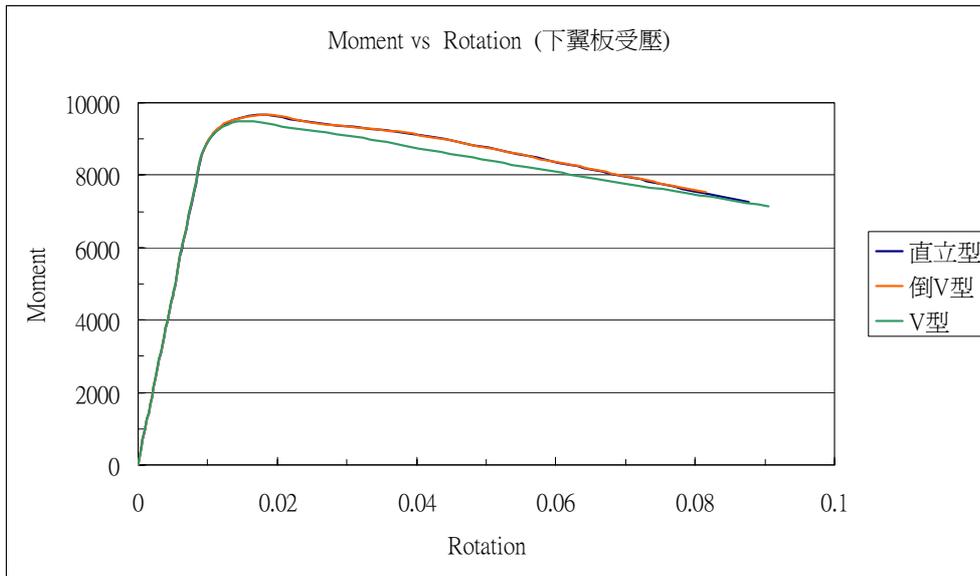


圖 2-10 各型連續封板(不設加勁板)之  $M-\theta_p$  曲線

(資料來源：本研究整理)

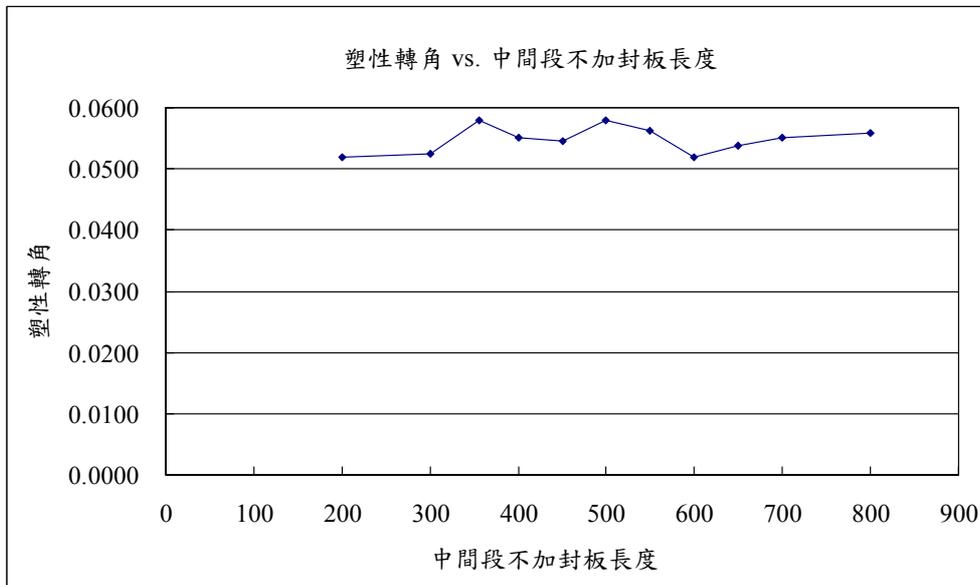


圖 2-11 直立型中間段不加封板長度之  $\theta_p$  變化情形

(資料來源：本研究整理)

圖 2-13 為連續加勁板(以 23 組模擬) 對 2 組加勁板之  $M-\theta$  曲線，由圖可知，連續加勁板在降服後的抗彎效果較佳。

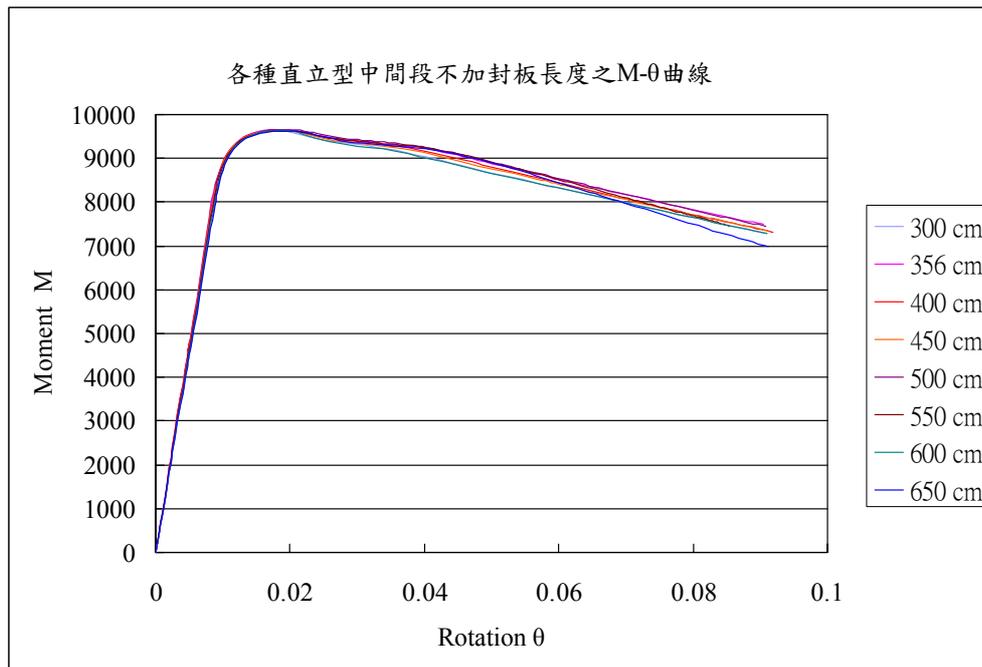


圖 2-12 各種直立型中間段不加封板長度之 M- $\theta$  曲線

(資料來源：本研究整理)

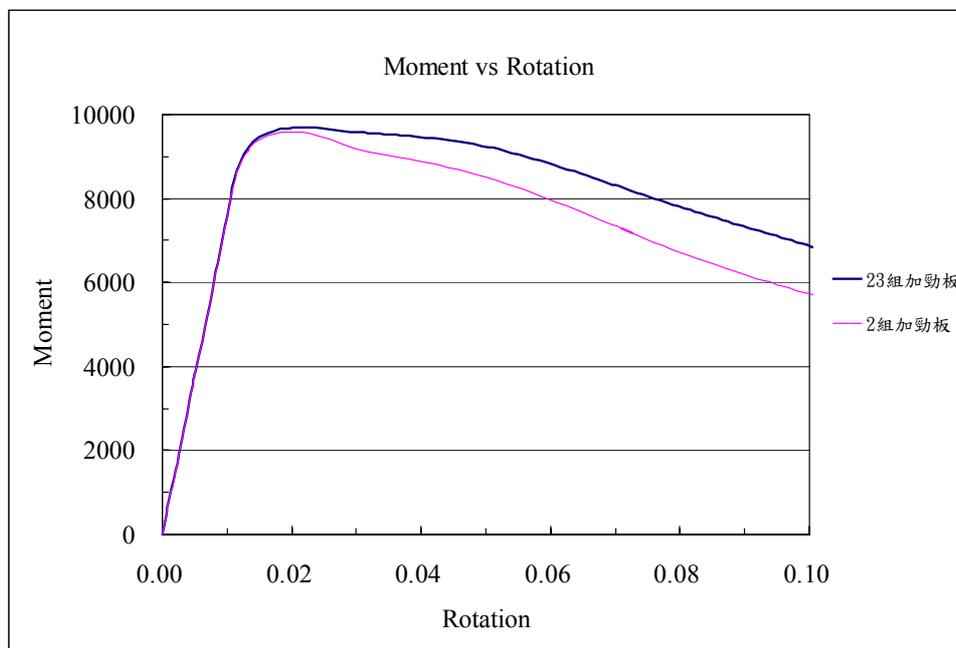


圖 2-13 連續加勁板與在兩處設置加勁板之 M- $\theta$  曲線比較

(資料來源：本研究整理)

圖 2-14 為各型式連續封板（不設加勁板）之 M- $\theta$  曲線比較，由圖可知，直立型、倒 V 型與 V 型三種的效果無顯著之差異。

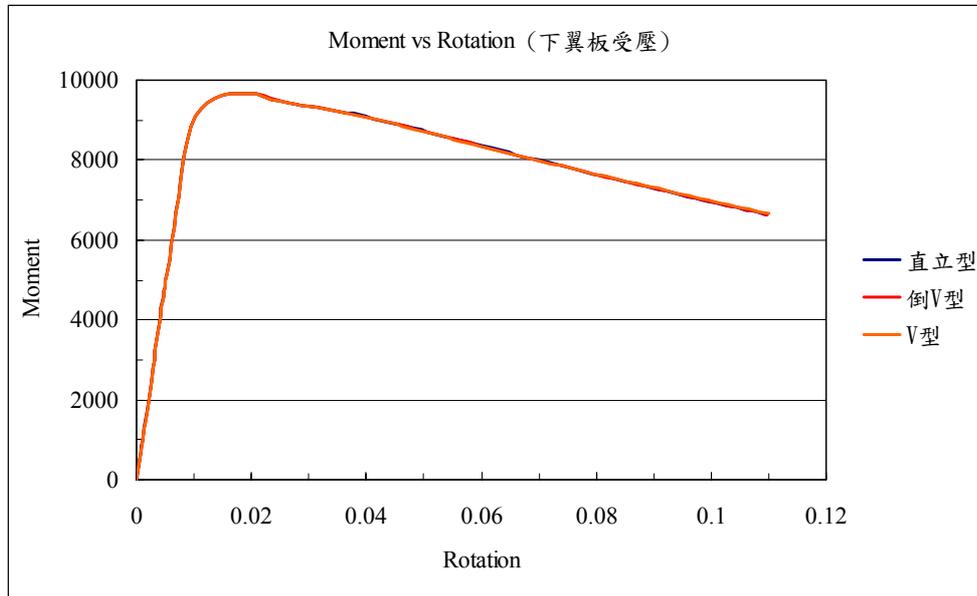


圖 2-14 各型式連續封板（不設加勁板）之 M- $\theta$  曲線比較

（資料來源：本研究整理）



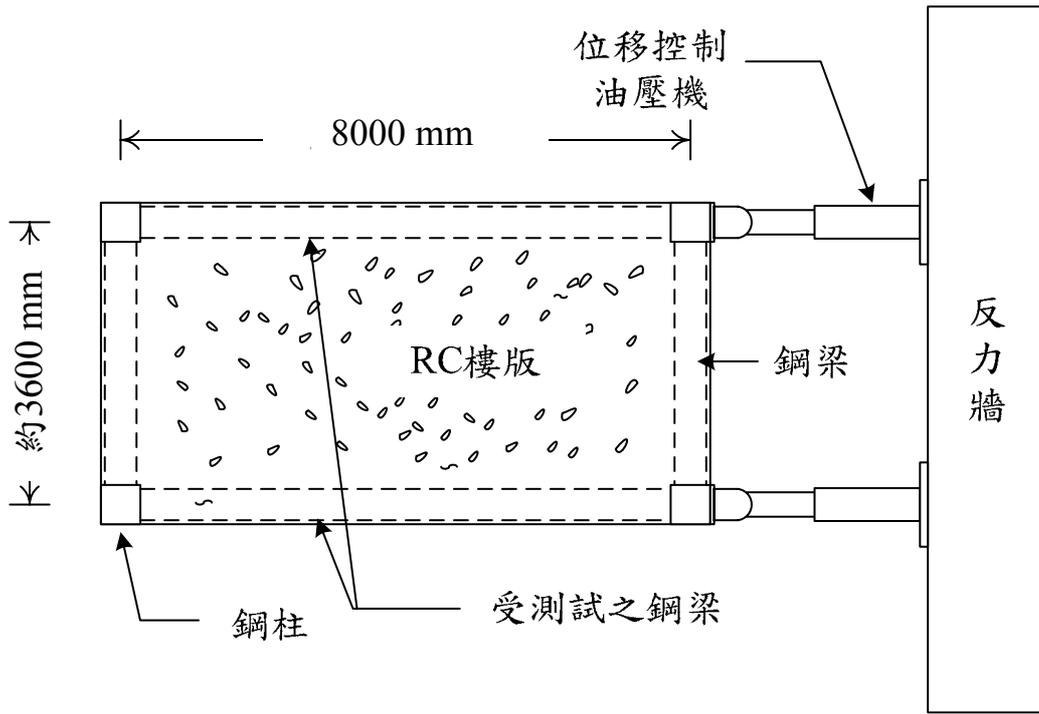
## 第三章 實驗裝置規劃

本研究主要目的是以數值分析及實驗研究，探討另一種防挫屈裝置，以提供抗彎構架具有足夠的塑性變形或消能能力來抵抗地震作用力。

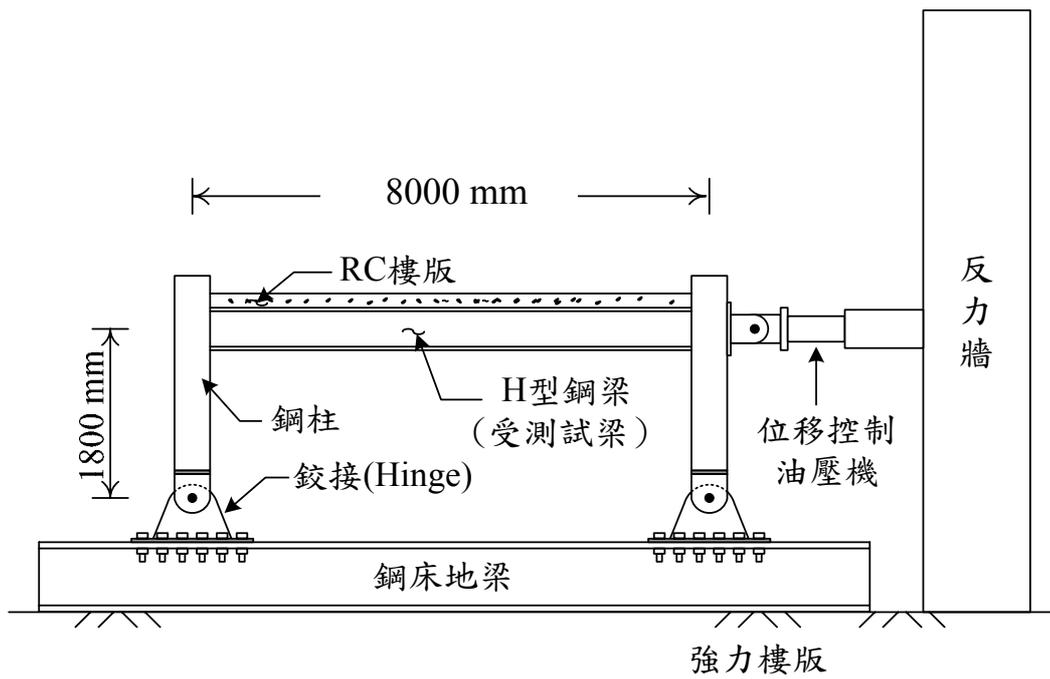
本實驗將以實尺寸抗彎構架與樓版實驗，並考量樓版之影響，測試鋼梁構架側向支稱之穩定行為。側向支稱採用封板及加勁板，因其數量、配置形式之不同，所產生效果亦不同。為求實驗精簡，先以有限元素法分析，以找出封板及加勁板最佳形式及尺寸，再據以設計實驗。

### 第一節 實驗規劃

在地震作用下，鋼梁之彎矩通常為雙曲率分佈，另一方面支撐的情況上下翼板並不相同（上翼板為連續的側向支撐，而下翼板則僅有點支撐），所以雖然彎矩呈反對稱分佈但是側撐配置並不是反對稱，因此進行試體載重試驗（或模擬分析時），不能使用梁長度（或跨度）的一半簡化之。此外，在新型式防挫屈裝置中，需要依靠樓版之面外勁度與強度來提供支撐，若試體僅包含部分的樓版，則樓版的面外勁度與強度將被嚴重錯估，因此試體應該包含至少一塊完整的樓版。圖 3-1 為所規劃之試驗試體示意圖，試體為一立體構架，包括 4 支柱、4 支梁及 1 片完整的樓版，並採強柱弱量的設計。水平載重由兩支位移控制之油壓機施加，採用同步位移（即等位移）控制之反復載重。一個構架之載重試驗可以同時有兩支梁受到測試，如圖 2-1a 中兩支水平向梁，兩支梁可以採用不同的支撐方式，因此可在同一次載重試驗中比較兩種支撐方式之有效性。預計進行兩組試體試驗（兩次載重試驗），以尋求最佳之支撐配置與設計方式。第二組試體乃將第一組試體之兩支水平向梁（圖 2-1a）及樓版拆除，換上新的水平向梁、樓版及支撐方式，試體其餘部分及試驗相關裝置則可重複使用之。



(a) 平面圖



(b) 立面圖

圖 3-1 試驗佈置  
(資料來源：本研究整理)

## 第二節 反力牆板與柱基座設計

由圖 3-1 所示，本計畫規劃 2 支萬能試驗機以同步施加側向力於樓板構架，本所材料實驗中心目前備有 100 噸萬能試驗機 2 支，不過尚無支承墊可供使用將萬能試驗機固定於反力牆上，因此本計畫亦一併規劃 100 噸萬能試驗機反力牆板 2 片如圖 3-2 所示。

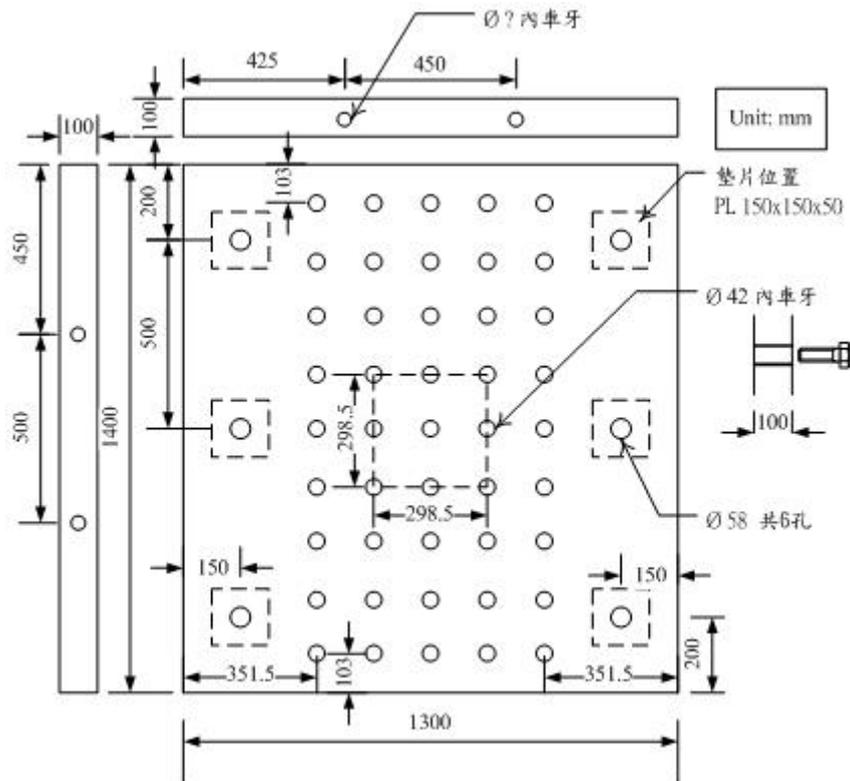


圖 3-2 100 噸萬能試驗機支承墊細部設計

(資料來源：本研究整理)

如圖 3-1 所示，本計畫之樓版構架需鋼柱 4 支，為將鋼柱固定於強力地板上需使用支承基座，其細部設計如圖 3-3 所示。

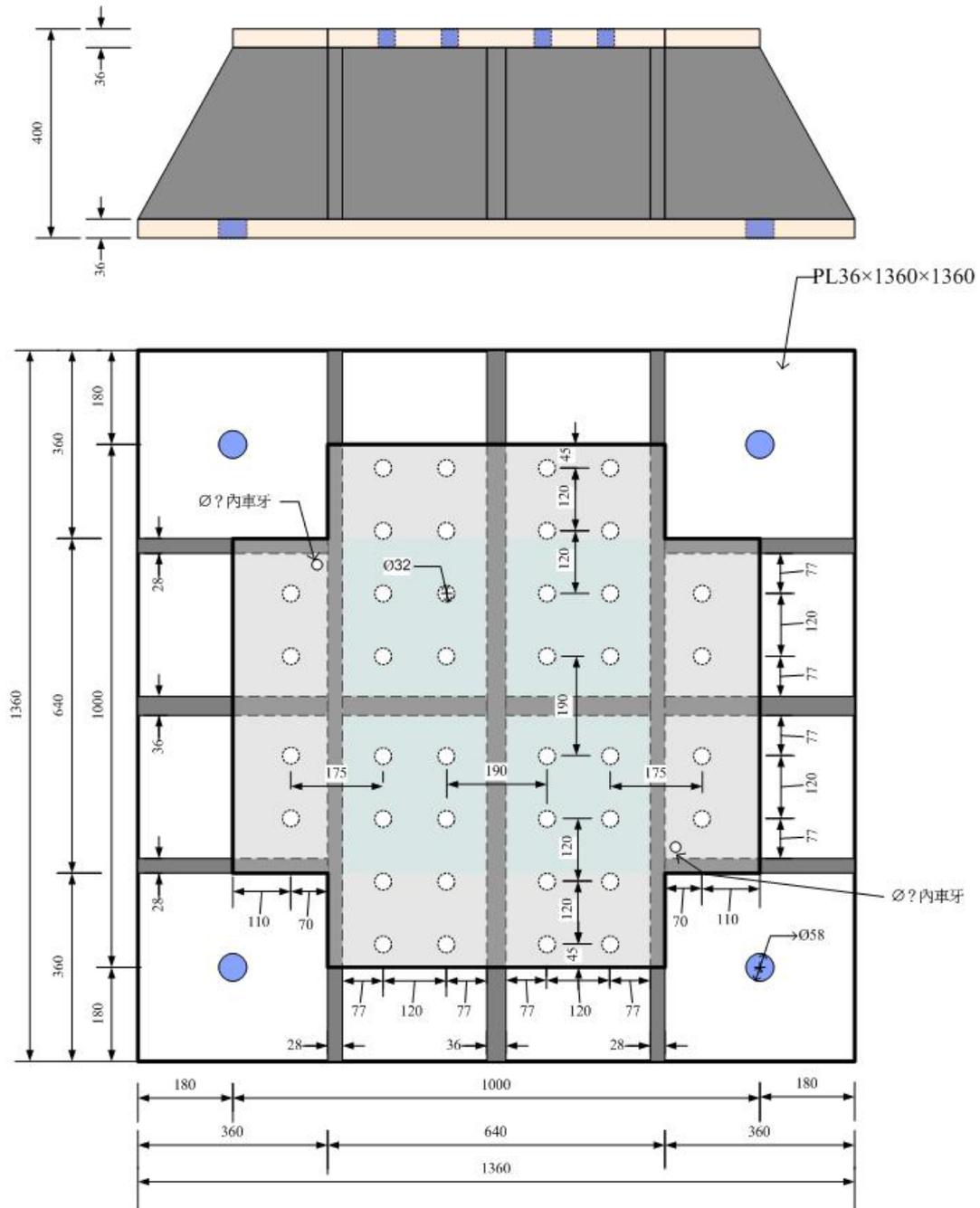


圖 3-3 柱支承基座細部設計

(資料來源：本研究整理)

### 第三節 梁斷面關鍵參數

為設計實驗所欲採用之 I 型梁最佳斷面，故以梁的斷面性質，選擇數個無因次參數作為影響梁側向扭轉挫屈潛能之參數，並以有限元素法分析以找

出各參數對塑性轉角  $\theta_p$  之趨勢圖，以求得最佳梁斷面。

所選擇參數如下：

1.  $D_T (= J/Ad^2)$
2.  $d/t_f$
3.  $D_T/\sqrt{d/t_f}$

其中， $J$  為梁斷面扭轉慣性矩， $A$  為梁斷面面積， $d$  為梁斷面深度， $t_f$  為梁翼板厚度。

以有限元素分析時，梁採用無切削之處理與有切削之處理兩種，並同時測試不同之邊界條件如下：

1. NN：梁不具任何連續側向支撐及連續扭轉支撐
2. CN：梁上翼板具連續側向支撐但不具連續扭轉支撐
3. CC：梁上翼板具連續側向支撐及連續扭轉支撐

圖 3-4 為各種 BH 型鋼斷面  $D_T$  對  $d/t_f$  之趨勢線圖，不過將數據經過回歸後，其曲線方程式為  $y = a x^{-2.0423}$ ，可知  $D_T$  與  $(d/t_f)^{0.5}$  二者約有反比之關係，故將  $D_T/\sqrt{d/t_f}$  做為參數以找出與塑性轉角  $\theta_p$  之趨勢圖。

無切削處理之梁在三種不同邊界條件之結果如圖 3-5 至圖 3-7 所示，由圖可知，參數  $D_T/\sqrt{d/t_f}$  在大於 150 以上對塑性轉角  $\theta_p$  可視為線性之關係，其值愈大，可得到愈大之塑性轉角。

圖 3-8 至圖 3-10 為有切削處理之梁在三種不同邊界條件之結果，由圖可知，參數  $D_T/\sqrt{d/t_f}$  在大於 100 以上對塑性轉角  $\theta_p$  可視為線性之關係，其值愈大，可得到愈大之塑性轉角，故對於本實驗梁之選擇可挑選其參數值在 200-250 間之斷面，以獲致最佳之實驗效果。

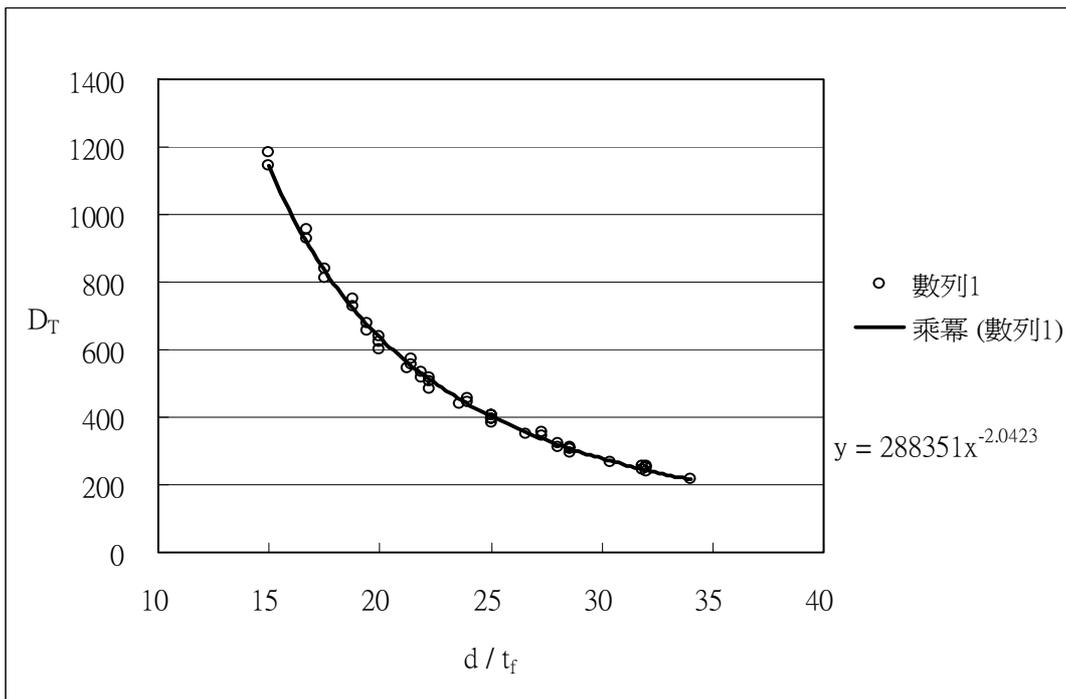


圖 3-4 各種 BH 型鋼斷面  $D_T$  對  $d/t_f$  之趨勢線圖  
 (資料來源：本研究整理)

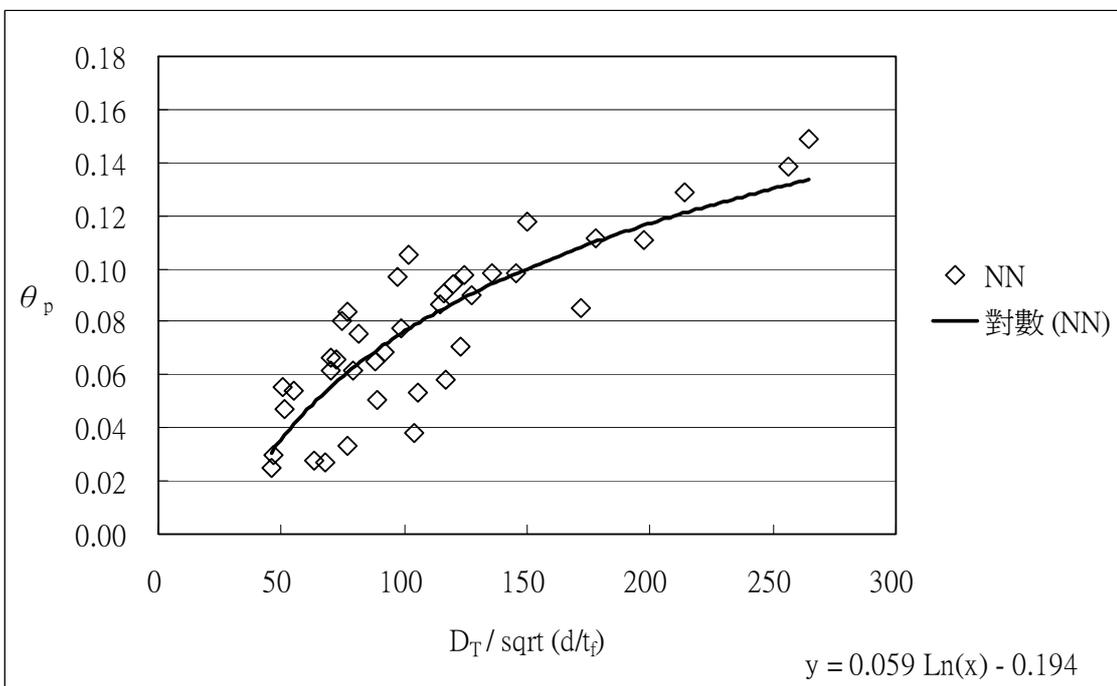


圖 3-5 各種 BH 型鋼斷面在 NN 情況下  $\theta_p$  V.S.  $D_T / \sqrt{d/t_f}$  之趨勢線圖  
 (資料來源：本研究整理)

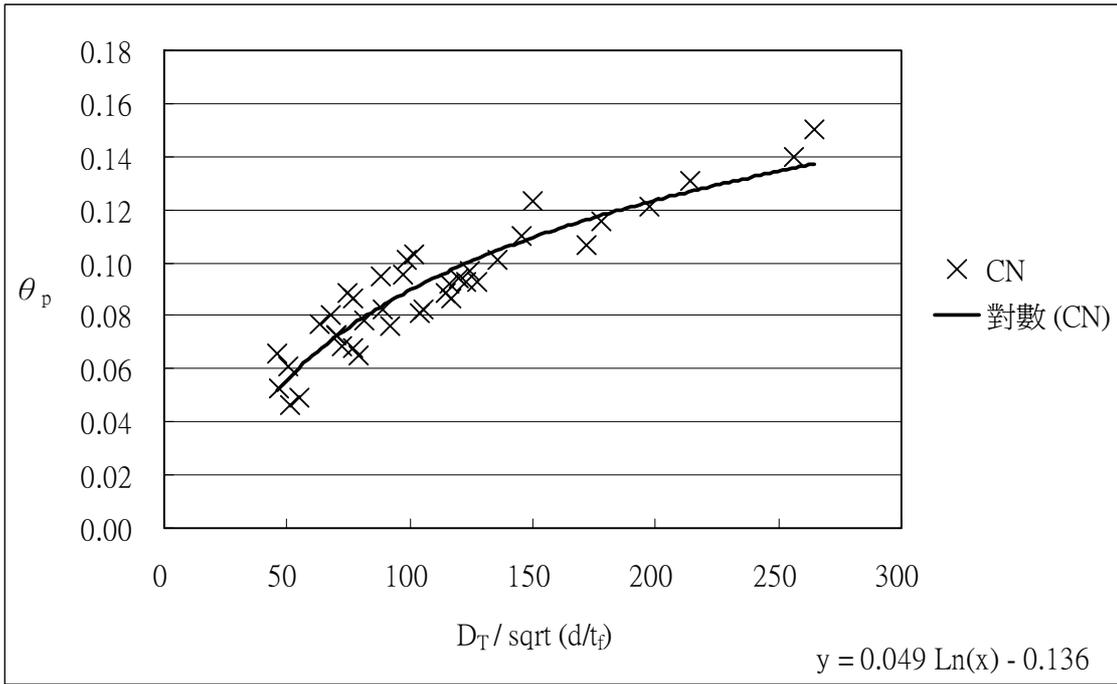


圖 3-6 各種 BH 型鋼斷面在 CN 情況下  $\theta_p$  V.S.  $D_T / \sqrt{d/t_f}$  之趨勢線圖

(資料來源：本研究整理)

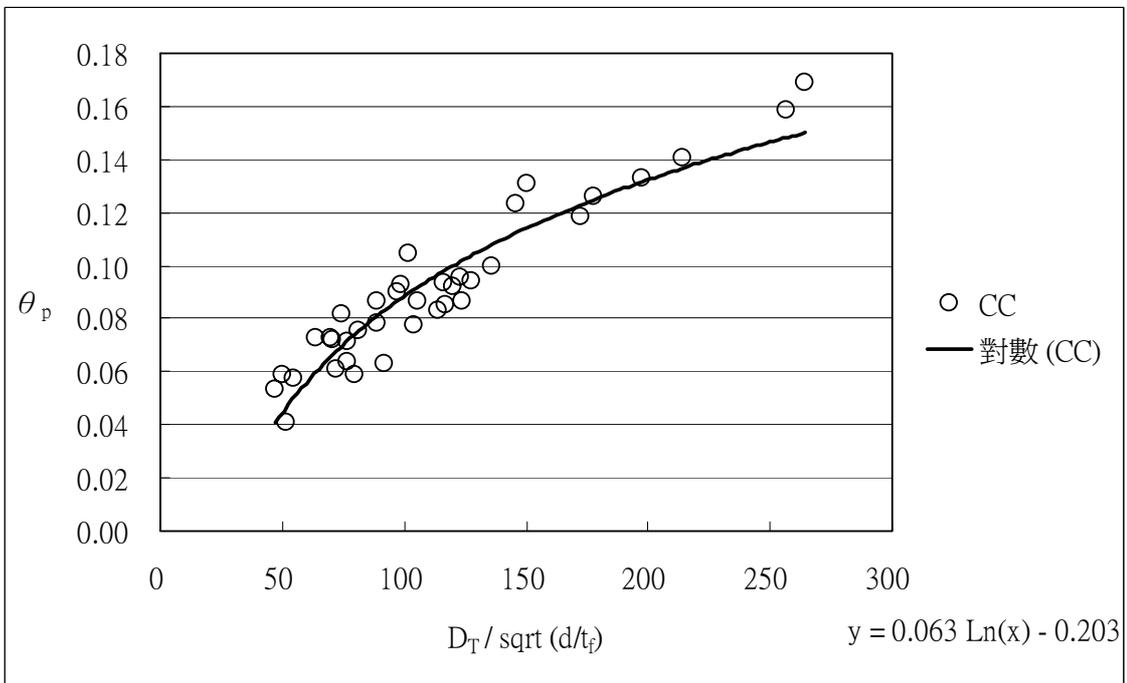


圖 3-7 各種 BH 型鋼斷面在 CC 情況下  $\theta_p$  V.S.  $D_T / \sqrt{d/t_f}$  之趨勢線圖

(資料來源：本研究整理)

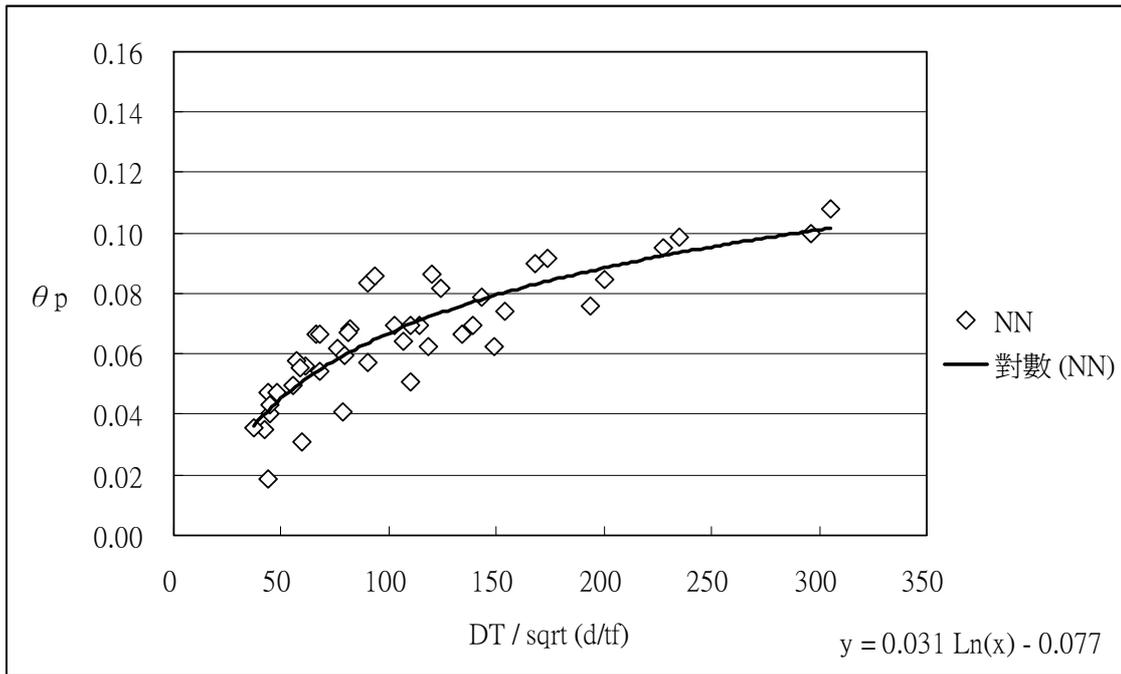


圖 3-8 各種 BH 型鋼斷面在 NN 情況下  $\theta_p$  V.S.  $D_T / \sqrt{d/t_f}$  之趨勢線圖

(資料來源：本研究整理)

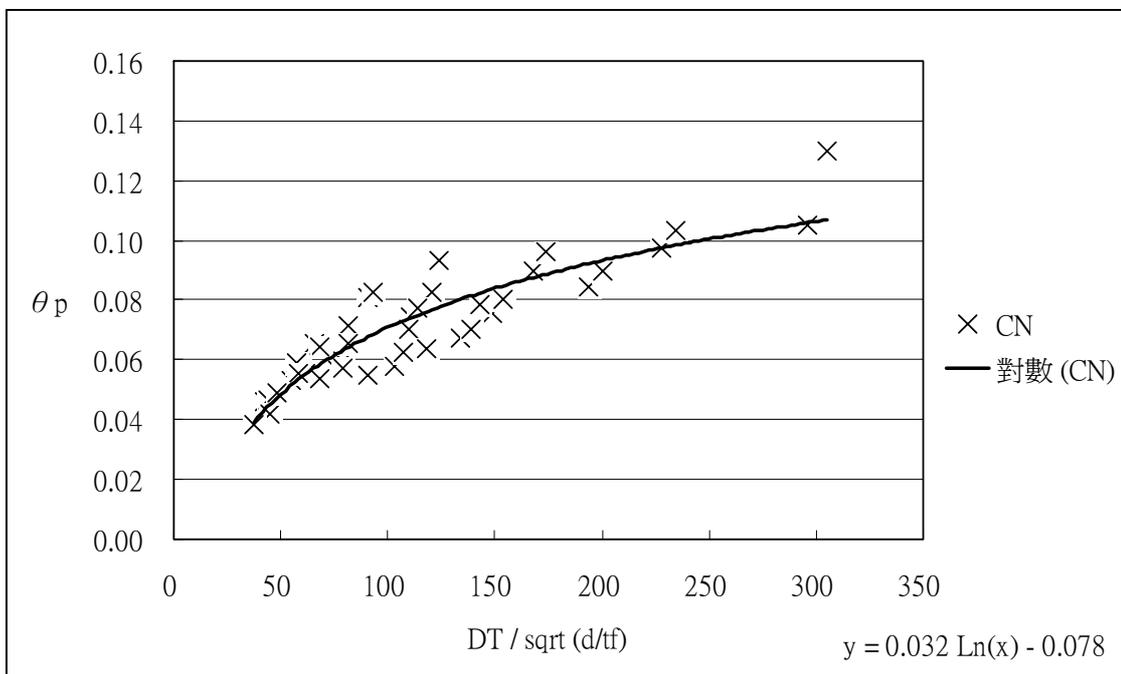


圖 3-9 各種 BH 型鋼斷面在 CN 情況下  $\theta_p$  V.S.  $D_T / \sqrt{d/t_f}$  之趨勢線圖

(資料來源：本研究整理)

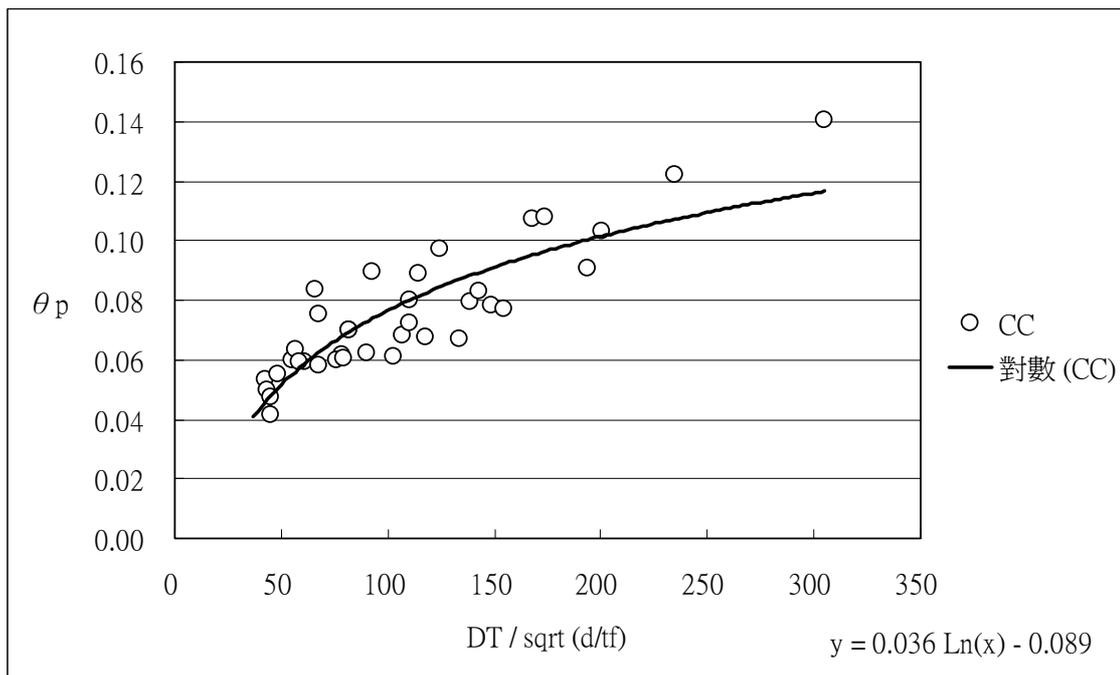


圖 3-10 各種 BH 型鋼斷面在 CC 情況下  $\theta_p$  V.S.  $D_T / \sqrt{d/t_f}$  之趨勢線圖

(資料來源：本研究整理)

#### 第四節 柱與樓版設計

本實驗樓版構架其餘部分包含樓板、柱桿件及支承裝置，其中柱桿件以 A36 鋼材製作，斷面尺寸採用 RH 300×300×10×15，柱高 1800mm，柱底端銲接一 40mm 厚底板連接鉸支承，並在底板與柱底端之間設計加勁板，以防止柱底端在加載過程中變形。為使試驗時梁試體發生破壞時柱構件仍保持在彈性階段內，柱身距柱底端算起 750mm 配置封板加勁為箱型斷面，梁柱接頭處於柱內配置加勁板與橫隔板，梁柱接合端使用 4 個 M25 螺栓與梁端厚板接合，且於柱身螺栓開孔處之翼板內側銲上小片鋼板補強。

柱桿件之支承裝置為連接柱與強力地板之用，其設計尺寸如圖 3-11 所示。本實驗之樓版採用 12 cm 混凝土版，其抗壓強度設計為 280 kgf/cm<sup>2</sup>。

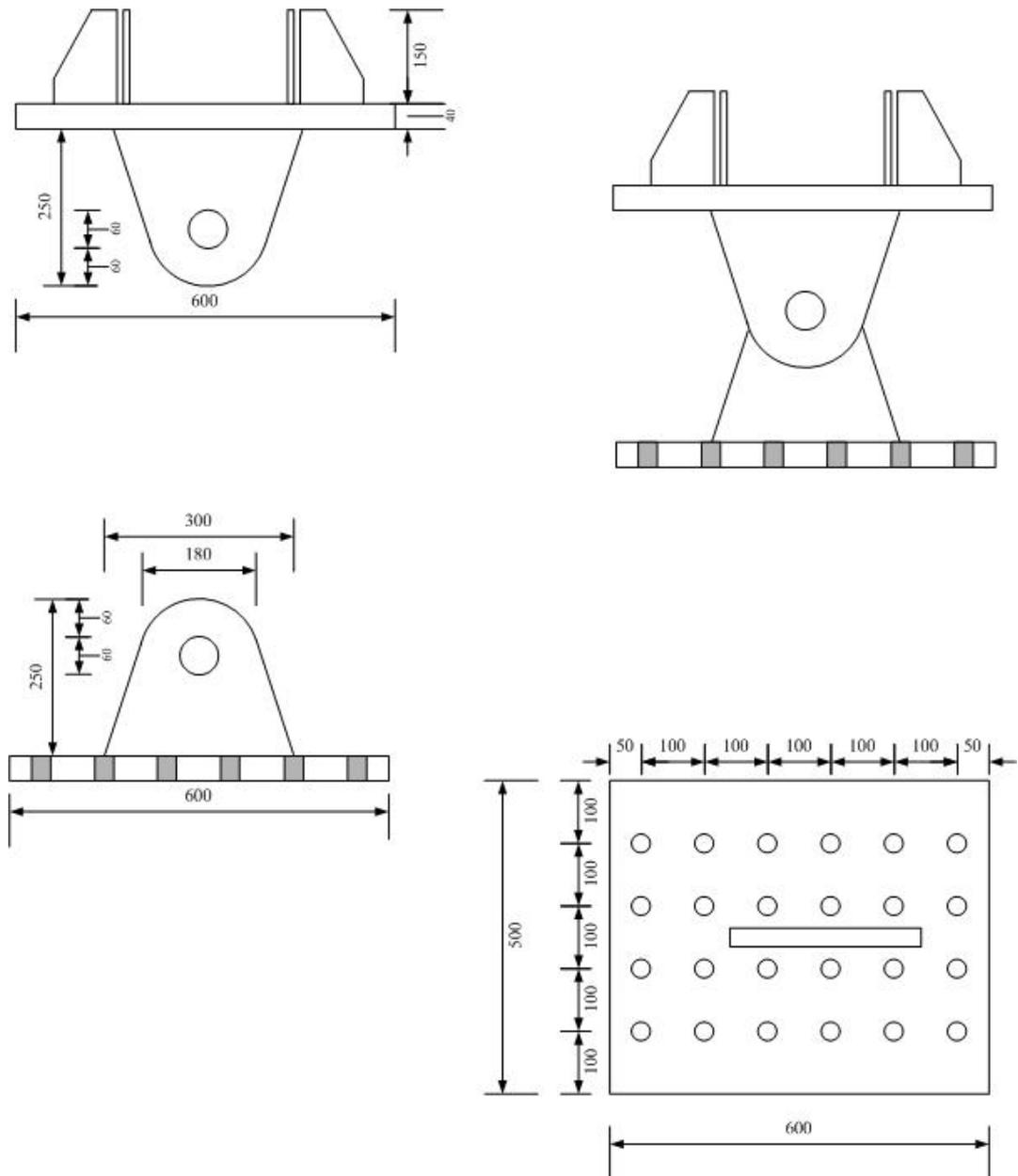


圖 3-11 柱桿件之支承裝置細部設計 (單位 mm)

(資料來源：本研究整理)

## 第四章 結論與建議

### 第一節 結論與建議事項

本研究以有限元素分析做全尺寸抗彎樓版構架實驗之初步規劃設計，所得結論與建議事項如下：

1. 對於抗側向扭轉機制採用三種封板設計，經分析後三種封板行為相近，因為考量施工便利性，未來實驗建議採用直立封板。
2. 直立型封板中間段不加封板長度從 200cm 至 800cm 差異不大，且均大於塑性彎矩  $M_p$ ，故建議採用 500cm；另外建議於封板開口處設置加勁板。
3. 受限於實驗經費與實驗場地，依期中審查委員建議，鋼梁尺寸修正為 8 公尺。
4. 鋼梁斷面可依據關鍵參數  $D_T / \sqrt{d/t_f}$  挑選，其值建議在 200-250 間，以獲致最佳之實驗效果。



附錄一 期初報告審查意見會議紀錄

## 內政部建築研究所 98 年度第 3 次研究業務協調會議紀錄

一、時 間：98 年 3 月 30 日（星期一）上午 9 時正

二、地 點：本所簡報室

三、主持人：何所長明錦（李主任秘書玉生代理） 記錄：吳秉宸、陳玠佑、  
陳柏端、徐虎嘯

四、出席人員：如簽到單

五、確認第 2 次研究業務協調會議紀錄：洽悉，紀錄確定。

五、研究計畫期初簡報：略。

六、綜合討論與建議事項：

### （一）「公共管線系統資訊化與都市災害防制之研究-以高雄市為例」案：

1. 預期成果與產出請加強說明，為何選擇高雄市為案例，選擇高雄市對於後續產出及預期效益有何正面影響亦請補充說明。
2. 高雄市管線資訊系統中是否只能顯示平面分佈？可否顯示管線埋設深度。
3. 公共管線與維生管線兩者的定義及關聯請釐清。
4. 國內公共管線資訊化發展程度為何，建議加以收集列入研究之中。
5. 建議先行架構管線資訊系統與防救災系統之間的關聯，再行探討提出相關課題再進行實際訪談，以確實得到研究需求的相關資訊。
6. 應確實建構管線資訊系統與都市防減災之間的關聯性。
7. 本案以高雄市為例，是否於案例探討研究後可以針對此系統

提出未來發展及改善建議。

8. 本所曾經有針對高雄鼓山地區防災計畫及高雄市防災計畫書進行研究，建議可以加以參考。

(二)「避難弱勢疏散等待空間規劃原則初探」案：

1. 建議先以國內老人安養、療養、護理機構或醫院為主，尤其是完全無法行動者的避難行為應最先思考，超高層建築物若要考慮到輪椅的避難，對於研究內容恐較難掌握；國內「建築技術規則」對於避難弱勢人員並無完整，「建築無障礙設施設計規範」也無對本研究所稱空間有所規定，另社會司或衛生署對於逃生避難的研究或規定也都相當薄弱，建議本研究盡量以水平避難規劃為主要考量，並將研究成果納入建築技術規則。
2. 建議一併考量步行距離，配合距離縮短或明確指引，來增加避難弱勢人員避難成功的機率；本研究擬於建築物中設置等待空間，思考方向值得肯定，但對於建築類型應予界定，先從醫院、安養中心等類型做起，往後延續性研究可從長規劃。
3. 避難弱勢人員調查的對象應予以分類，並應考量水平避難與垂直避難的關係。
4. 新建或既有建築物的探討，在本研究中應先予釐清，若考量新建建築物時，樓梯數量否需增設？而既有建築物若要增設等待空間時，應該以反向思考並考量距離增長問題，日本對於一般安全梯空間容量並無規定，但對於進入該安全梯前之走廊，就有設置一個等待空間（相對安全區域的空間），這些都可作為研究上的參考。另外本研究對於等待空間的定義應予補充闡述。
5. 本研究課題的產生，與本所過去的研究或營建署研究實務上

的侷限性有關，若能跳脫簡報中單一思考模式，於居室或相關建築空間裡，是否能合理劃設一個空間作為等待空間？提供給本研究參考。

6. 應先以建築物用途來區別研究對象，以及如何界定空間大小對於避難弱勢人員是否足夠？另簡報提及將與本所委協辦案研究的結合，應先釐清各自對於避難弱勢人員的條件是否契合，以避免研究範圍發散。
7. 研究題目所稱疏散，是否也有考量地震、風災等災害，但簡報內容主要以防火避難為主，題目應定義清楚，並予修正或以副標題表示。
8. 避難弱勢的定義應該更明確，例如開刀推床是完全無自主能力者，與其他避難弱勢人員的行為能力有很大不同，而所見療養院、醫院等屬超高層建築之情形較不常見，建議應界定清楚。

### (三)「電熱熔渣銲接對箱型鋼柱材質之影響」案：

9. 對於 ASTM A992 鋼材與 CNS SN490B 鋼材之差異性，國內市場規格及代表性，與銲接試體厚度方面之級距，建議加強說明。
10. 日本是否有這方面的問題與作法，建議探究其原因；另外本計畫題目建議配合實驗內容稍作修正。
11. 本研究是否可在實驗時量測其入熱量與鋼板表面之溫度分佈，以評估各種板厚於銲接時其熱影響區之範圍。
12. 因反覆載重實驗後試體破壞剖面不容易取出以電子顯微鏡觀察，建議多取幾組；另外晶粒大小對疲勞之關係，建議一併考量。
13. 有關試體以 3000 噸萬能試驗機做反覆載重實驗，建議可先

以數值模擬做分析後，再與實驗結果做比較，較為完整。

14. 鋼材受高溫產生殘留應力，對材料降伏應力之影響是否在規範中有相關規定，建議一併探討。

(四)「賣場通路節能光源照明效率及品質之實驗研究」案：

1. 本案擬完成之光源效率評價項目相當多元，包括其與色溫、價格、演色性、功率及燈管長度等，其評價方式如何訂定？產品之耐久性因素並未納入？建議應予以說明及考量。
2. 本案擬針對賣場通路之光源產品進行相關光源效率評價分析，但依提案內容 97 年度已完成「品牌通路」產品，本年度應係針對「自有品牌」之光源進行測試，建議題目名稱修正為「自有品牌通路節能光源照明效率及品質之實驗研究」，以資明確。
3. 由於光源效率應與光譜有密切關係，故不同光源產品之光譜是否一致？建議應一併納入考量。
4. 為使研究成果具代表性，建議每件測試產品之樣本數，應參照一般節能標章產品送測方式，至少需達 3 件以上，方能充分且有效提供消費者參考。

七、會議結論：

1. 本次會議 4 研究案期初簡報原則通過，對於會中同仁提供之建議與意見，請研究人員詳細整理歸納，以作為後續研究參採。
2. 爾後各業務組承辦人員除因重要公務外，請務必出席研究業務協調會議，俾利本所研究業務推動及個人學習成長。請盧助理研究員珽瑞洽取人事室差勤資料簽報未到場同仁缺席原因。
3. 「集合住宅無障礙化改善之研究」乙案本次因承辦人另有要公未能提報，請另擇期提報。

八、散會：上午 11 時。

附錄二 期中報告審查意見會議紀錄及回應表



3、李教授宏仁：

- (1) 目前彙整之國內外相關研究文獻，大多為柱受側向反覆載重試驗資料，而非與本研究相近之軸壓試驗，數據不能直接比較，建議另蒐集純軸壓試驗數據。
- (2) 箍筋細部配置宜說明為幾件式組合，以易於讀者瞭解。
- (3) 圓形柱使用穿插繫筋應對圍束有所貢獻，但應由規範原精神出發，由應力平衡推導所需圍束箍筋比，而非直接疊加。

4、邱顧問昌平：

- (1) 本研究案已完成國內外相關文獻之資料收集、比較分析，做為7組方形柱及8組圓形柱試體之規劃、製作之參考，以探討各種繫筋配置下之軸向行為。試體採用ACI規範設計，未來將進行試驗，以瞭解柱之軸向行為。
- (2) 由於試驗相當花人力、物力及財力，建議可從國內外之試驗結果，利用已發展之 Truss Analogy 理論分析法，以計算代替部分試體的試驗。
- (3) 橋梁之墩柱除帽梁外，柱身並無梁筋交錯，而建築結構之圓形柱應考量梁筋之穿越性，甚至多層樓之屋頂柱等配筋。
- (4) 建議本研究案可先製作3組方形及4組圓形試體，一則可節省經費，二則縮短時間，三則可先從試驗結果之分析，檢討其餘試體設計之合理性。
- (5) 本研究案與本所今年度顏聰教授之試驗相當類似，惟其計畫有考慮偏心載重。

5、高教授健章：

- (1) 本研究案試體之設計，亦應考量施工的可行性，例如圓柱試體 RC7 與 RC8 試體混凝土之澆置，無法以下管到底部往上拉灌之正確方式施工。

- (2) 方形柱試體 SC7 之繫筋方式，有違圍束之原理，因柱心混凝土受壓產生波森比效應，而發生側向膨脹，若為外箍筋或直通繫筋則有限制其側向膨脹，以增加混凝土之強度與韌性的功能，前述試體繫筋因無直通，則無法達到類似的圍束效果。

6、詹教授添全：（書面意見）

- (1) 建議相關文獻實驗結果之應力與應變關係曲線，應納入報告中。
- (2) 本研究案之建議事項(1)中「本案似應採取限制性招標方式較為妥適」，建議不宜納入期中報告或期末報告中。
- (3) 本研究案擬製作之試體，建議予以列表，並將預估軸壓變形等理論數據予以填入，以供試驗時控制之參考。
- (4) 建議將國家地震工程研究中心完成尹衍樑先生一筆箍或年年發箍筋型式之試驗結果，納入參考文獻中。
- (5) 921 地震有局部大樓柱箍筋爆開扯斷之案例，如埔里翡翠大樓(柱斷面為 75 cm x 75 cm)，其斷面與本案 SC1 試體類似，建議可予納入比對。
- (6) 本研究案未來提供之試驗結果，將對實務應用有極大貢獻，建議各階段之破壞型態，應予以記錄。
- (7) 對於研究團隊之努力與辛勞，致上祝福與敬佩之意。

(二) 包覆十字型深鋼骨斷面鋼骨鋼筋混凝土短柱軸力行為之研究

1、廖教授文義：

- (1) 本研究案之內容相當豐富，試驗進行與資料分析亦有相當之成果，符合預期之成果。
- (2) 本研究案之試驗資料相當珍貴，宜再進一步進行各項之分析，並試著提出相關之建議方案。

2、李教授宏仁：

- (1) 本研究案實驗數據整理完整，可供修訂 SRC 規範圍束箍筋設計公式之參據，並宜儘速整理發表。

- (2) 本研究案建議高圍束區混凝土應力與應變之模式，極具工程參考之價值，宜審慎研究與探討。
- (3) 本研究案說明鋼骨翼板寬厚比之因素，對於高圍束區混凝土應力與應變模式之影響不大，但應注意隨著翼板寬度之改變，其圍束區截面積之大小，亦會有所不同。

3、邱顧問昌平：

- (1) 方形鋼筋混凝土柱內包覆十字型深鋼骨斷面之 SRC 短柱，其軸力行為依不同圍束箍筋數量、翼板寬厚比，以及合理高圍束區與次圍束區形狀等效應，可望從初步完成之試驗結果中獲得。
- (2) 由於部分試體之試驗結果，似乎產生側向扭轉之挫屈，請檢討是否須增加側向之支撐。

4、高教授健章：

- (1) 本研究案規劃試體之兩端應如何加強，使試體中段可達理想鋼骨與混凝土之應力分佈，請詳加說明與檢討。
- (2) 有關大試體製作與試驗之費用昂貴，若可先以理論分析判斷者，應盡量做數值模型分析，以減少試驗經費與不必要之測試。

**(三)新型耐震鋼梁防挫屈裝置之研究**

1、中華民國結構工程技師公會全國聯合會 陳技師正平：

- (1) 減弱式梁柱接頭是韌性鋼梁最弱的位置，建議列入考量。
- (2) 以鋼結構建築而言，樓版大都為 Deck，其與鋼梁之連接靠剪力釘，一般剪力釘之間距甚大，致使 Deck 對鋼梁之束制不佳，故本研究案尚有重新調整之必要。
- (3) 報告提及倒 V 與直立封板之分析結果，均較 V 型封板為佳，似有違力學理論之現象，然而 V 型側撐之效果應較佳；另封板造成斷面突變，不利於耐震能力之提供。
- (4) 由隔壁鋼梁頂部往下斜撐至下翼板，為目前之工程實務慣用法，故本研究對淺梁尚可，對深梁恐效果不彰。

2、廖教授文義：

- (1) 本研究案已完成文獻收集、有限元素分析及初步試驗規劃，未來成果應相當豐富，符合預期成果。
- (2) 新型防挫屈裝置於試體設計上，應適當考慮寬厚比、細長比之影響，另應與傳統側撐比較其功效。

3、李教授宏仁：

- (1) 本研究案擬執行大尺寸構架試驗，是非常艱鉅的挑戰，宜審慎規劃期程、地點、製作順序與細部佈設。
- (2) 現行規劃試體為雙跨的邊梁組合，成本高且與實際模擬狀況有落差，宜考慮外伸樓板，I型鋼梁兩側翼緣均有樓版束制比較單純。
- (3) 若預算有限，建議只做單跨試驗比較容易。

4、邱顧問昌平

- (1) 以二長鋼梁二短鋼梁組成 RC 樓版，利用反力牆加力之試驗於兩個半鋼架上，使長梁產生近 S 形之變形，探討加勁板、封板之抗側扭挫屈之效應，目前僅在理論探討之階段。
- (2) 試體及試驗裝置之規劃設計及試驗方法仍待完成，需考慮成本及是否可達到所要之行為；另外封板是否在國外已有案例，建議於文獻回顧中增加這方面之探討。

5、高教授健章：

- (1) 倒 V 型封板之抗扭轉挫屈原理為何，需加以解釋。
- (2) 試驗裝置與試體應盡量簡化，不但可節省經費，使試驗重點單純化，亦可簡化成果分析。

八、執行單位回應：

**(一)繫筋細部對大尺寸鋼筋混凝土柱行為影響之驗證研究**

- 1、對於本研究案試體之規劃與設計，將參酌專家學者提供之建議與意見，重新檢視設計試體之施工性與必要性，適度縮減試體的數量，俾

使研究成果具體可行。

- 2、本研究案將加強國內外建築結構上部結構圓形柱及鋼筋混凝土柱純軸壓試驗相關文獻之蒐集與分析，並據以修正本案試體之設計。
- 3、本研究案後續將加速辦理試體製作招標作業程序，並妥適規劃準備實驗吊裝計畫，以符合本部自行研究成果報告之繳交期程。

### (二)包覆十字型深鋼骨斷面鋼骨鋼筋混凝土短柱軸力行為之研究

- 1、有關鋼骨翼板寬厚比對高圍束區混凝土應力-應變模型之影響，將納於後續研究成果中詳細說明之。
- 2、本研究案規劃試體之兩端，均設有 25mm 厚之端板，混凝土澆置面與上端板下表面間，亦留設有 15mm 之人為縫隙，當試體於養護兩週後，另案以高壓施工將高強度樹脂填滿此縫隙，以消彌因浮水或氣泡所產生之微小縫隙，使得試驗加載可順利傳遞軸力。
- 3、有關本研究案於試體製作與實驗量測等階段之心得與經驗，未來將納於後續研究成果中說明。

### (三)新型耐震鋼梁防挫屈裝置之研究

- 1、有關本研究案試體規劃之細節，將參酌與會機關團體代表及專家學者之建議，儘速妥予檢討與修正。
- 2、委員所提其餘寶貴意見，將反應於期末報告中加以說明。

## 九、會議結論及主席指示：

- (一) 本次三項自行研究案期中簡報之內容，經出席委員審查後，一致同意原則通過。
- (二) 各研究案於試體設計定案前，應先做妥相關試體數值模擬之分析工作，以更周延與審慎之態度，檢視各個試體之成熟度與完整性。
- (三) 請相關研究同仁利用後續之研究時程，確實訂定各研究計畫執行項目之進度表，做好各項研究進度之管控，並應積極充實研究計畫之內容，務必於規定時限內，達成各項預定研究目標與經費執行進度。

- (四) 有關與會機關團體代表及專家學者之建議事項，請研究團隊詳實記錄於後續研究中參酌辦理，並於期末報告中列表妥予回應。

十、散會（下午 5 時 45 分）。

期中報告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	1. 減弱式梁柱接頭是韌性鋼梁最弱的位置，建議列入考量。	本研究將加強梁柱接頭之設計，以達成實驗之目標。
	2. 以鋼結構建築而言，樓版大都為 Deck，其與鋼梁之連接靠剪力釘，一般剪力釘之間距甚大，致使 Deck 對鋼梁之束制不佳，故本研究案尚有重新調整之必要。	感謝委員意見，本研究先以有限元素法分析，未來將考量剪力釘之間距設置，以提高 Deck 與鋼梁間之束制效果。
	3. 報告提及倒 V 與直立封板之分析結果，均較 V 型封板為佳，似有違力學理論之現象，然而 V 型側撐之效果應較佳；另封板造成斷面突變，不利於耐震能力之提供。	感謝委員意見，根據有限元素分析結果此三種方式效果差別不大，皆可提供有效之扭轉支撐。
	4. 由隔壁鋼梁頂部往下斜撐至下翼板，為目前之工程實務慣用法，故本研究對淺梁尚可，對深梁恐效果不彰。	謝謝委員指教。
廖教授文義	1. 本研究案已完成文獻收集、有限元素分析及初步試驗規劃，未來成果應相當豐富，符合預期成果。	感謝審查委員的支持與肯定。
	2. 新型防挫屈裝置於試體設計上，應適當考慮寬厚比、細長比之影響，另應與傳統側撐比較其功效。	寬厚比與細長比之影響將與以考量，並與傳統側撐做比較。
李教授宏仁	1. 本研究案擬執行大尺寸構架試驗，是非常艱鉅的挑戰，宜審慎規劃期程、地點、製作順序與細部佈設。	將檢視有限元素分析，並重新規劃實驗試體與設置。

	<p>2. 現行規劃試體為雙跨的邊梁組合，成本高且與實際模擬狀況有落差，宜考慮外伸樓板，I 型鋼梁兩側翼緣均有樓版束制比較單純。</p> <p>3. 若預算有限，建議只做單跨試驗比較容易。</p>	<p>本計畫將以邊梁之扭轉挫屈實驗為主，I 型鋼梁兩側翼緣均有樓版束制。</p> <p>將重新規劃實驗試體與設置。</p>
邱顧問昌平	<p>1. 以二長鋼梁二短鋼梁組成 RC 樓版，利用反力牆加力之試驗於兩個半鋼架上，使長梁產生近 S 形之變形，探討加勁板、封板之抗側扭挫屈之效應，目前僅在理論探討之階段。</p> <p>2. 試體及試驗裝置之規劃設計及試驗方法仍待完成，需考慮成本及是否可達到所要之行為；另外封板是否在國外已有案例，建議於文獻回顧中增加這方面之探討。</p>	<p>感謝委員意見，本研究旨在探討新型的鋼梁防挫屈裝置，根據文獻及有限元素分析，封板在防側向扭轉有不錯的效果，可做為未來規劃實驗之重點。</p> <p>感謝委員意見，將增加文獻中封板分析與實驗的蒐集。</p>
高教授健章	<p>1. 倒 V 型封板之抗扭轉挫屈原理為何，需加以解釋。</p> <p>2. 試驗裝置與試體應盡量簡化，不但可節省經費，使試驗重點單純化，亦可簡化成果分析。</p>	<p>感謝委員意見，根據有限元素分析結果此三種方式效果差別不大，皆可提供有效之扭轉支撐。</p> <p>謝謝委員指教。</p>

附錄三 期末報告審查意見會議紀錄及回應表

內政部建築研究所 98 年度「繫筋細部對大尺寸鋼筋混凝土柱行為影響之驗證研究」、「包覆十字型深鋼骨斷面鋼骨鋼筋混凝土短柱軸力行為之研究」及「新型耐震鋼梁防挫屈裝置之研究」三項自行研究案期末報告審查會議紀錄

一、時間：98 年 12 月 9 日（星期三）上午 9 時 30 分

二、地點：本所簡報室（台北縣新店市北新路 3 段 200 號 13 樓）

三、主持人：林組長建宏

記錄：李台光、陶其駿、陳柏端

四、出席人員：如簽到單

五、簡報內容：略。

六、綜合討論意見：

（一）「繫筋細部對大尺寸鋼筋混凝土柱行為影響之驗證研究」案：

邱顧問昌平：

1. 經反應期中簡報之意見後，本計畫採 3 組 RC 方柱及 9 組 RC 圓柱，各採不同之箍筋、補助筋等配置施作試體，以供試驗，並以 Xtract 程式進行理論分析，以便與試驗結果比較，目前試體已施作完成，即將進行實測，可能不易如期完成。
2. 表 2-2 及 2-3 之備註說明，文字之描述應修正；又註 1、註 2 的表示方式亦修正為一般慣用的表達方式。
3. 建議加繪軸心力之施加圖。

陳技師正平：

1. 後續試體建議變化鋼筋強度及混凝土強度，以決定橫箍筋所需之搭接長度。
2. 試體之試驗段建議增長，以免試驗段受到二端束制之影響。
3. 彎鉤有鉤住主筋之延伸長度與沒有鉤柱主筋之延伸長度是

否不同？試體之條件建議加註。

陳教授正誠：

1. 本研究充分利用建築研究所之設備。
2. 本案可解決國內工程界的問題，具實用價值。
3. 製作試體數量多，但進度稍慢，宜加速進行試驗工作。
4. 建議整合相關研究成果，舉辦研討會或成果發表會，將研究成果推廣至工程界。

詹教授添全：

1. Xtraxt 程式網格分析結果與實驗結果比較，建議列於同一圖表上。
2. 簡報與報告 RC5 與 RC6 試體照片箍筋未與主筋接合，建議修正。
3. 試體照片沒有高度尺寸表示，建議有參考高度之物體陪襯。
4. 試體製作之外包方式，建議以共同供應契約方式簽約，避免延宕試驗期程。

廖教授文義：

1. 本研究已完成試體製作，並確實回應期中審查意見，符合預期成果。
2. 試體混凝土之  $f_c'$  控制良好，但仍注意試驗時  $f_c'$  變異性對討論參數之影響。
3. Xtract 程式分析是否有其必要性？

(二)「包覆十字型深鋼骨斷面鋼骨鋼筋混凝土短柱軸力行為之研究」案：

邱顧問昌平：

1. 本研究採用大尺寸試體之數量很多，諸如 A、B、S、AWS、SRC-A 與 SRC-B 等 6 種系列試體，各有不同之細部設計，經由軸向壓力加載後，再探討混凝土之極限應力與鋼骨圍束

效應等現象，成果十分良好。

2. 本案之實驗規劃，有些試體鋼骨部分之翼板，保護層只有68mm，在實務上恐造成施工困難，並且與外圍箍筋緊貼後，亦會影響箍筋有效性之問題，請提供相關之說明。

陳技師正平：

1. 本案試體所採用十字型鋼骨組合斷面，鐸道須達到何種程度之需求，建議將相關要求之說明，列入試驗條件中。
2. 箍筋量對整體構件之韌性比，似仍佔有重要之角色，故本案對於箍筋之折減建議，宜審慎保守為之。
3. 本案研究成果之相關建議，宜述明於翼板寬厚比 10 以下之限制。
4. 實務上柱是持續存在之承載力量，而試驗過程卻可控制實驗之加載速率，二者間受力行為之差異，將可能影響柱之安全性，因此對於折減箍筋量之建議，應將此效應納入考量。

陳教授正誠：

1. 建議應更有效利用 貴所之實驗設備。
2. 本案之研究成果，可釐清工程界的疑慮，具工程實務價值。
3. 本案研究內容豐富。
4. 對於柱箍筋量的折減建議，宜保守為之，因為本案尚未充分考慮柱之撓曲行為。
5. 建議整合相關研究成果，舉辦研討會或成果發表會，將研究成果推廣至工程界。

詹教授添全：

6. 建議可將本研究主要之試驗結果，另增加以表格之方式呈現。
7. 有關本研究試驗過程之攝影紀錄，建議可摘錄具代表性破壞狀況之照片(例如：圍束鋼板之破壞，或箍筋之斷裂。)，

並反映於期末成果報告中。

8. 本案成果豐碩，建議可提昇為相關規範修正之參考。

廖教授文義：

1. 本案已完成試驗及大部分之資料分析，研究成果相當豐碩，符合預期成果。
2. 有關高圍束區混凝土應力-應變之建議模型，宜保守取之，例如可將平均值扣掉一個標準偏差，以做為最終之建議值。
3. 本案之分析成果，相當有應用價值，宜儘速發表。

(三)「新型耐震鋼梁防挫屈裝置之研究」案：

邱顧問昌平：

1. 本計畫在鋼結構中以鋼甲板上注混凝土為樓板之方式，改採 RC 樓板之方式下，對於大梁受力下之挫屈防製採用直立型、V 型及倒 V 型封板方式進行實驗，並事先已以有限元素數值分析探討可能之設計與試體之規劃，尚待正式試驗之進行。
2. 數值分析中之 100 cm 寬 RC 版之扭轉彈簧勁度模擬，請注意其實際結構行為之對稱性 ( $3EI/L$  或  $2EI/L$ )。圖 2-2 及圖 3-1 中 RC 樓版與橫向鋼梁間不宜連結，製作上請標示清楚。

陳技師正平：

1. 一般鋼結構之樓板有 Deck 板，對鋼梁之束制較差，且在垂直肋條方向之束制效果更差，建議將此因素納入考量。
2. 剪力釘之位置影響鋼梁之束制甚大，若剪力釘未對準加勁板，則幾乎無束制效果。
3. 倒 V 型可增加下翼板之束制，但無側撐效果，V 型可增加束制效果。

陳教授正誠：

1. 本研究可釐清工程界的疑問，具工程實務價值。
2. 數值結果應做進一步分析比較，如 (1) 斷面有無切削對梁韌性的影響，(2) NN、CN、CC 之差異。
3. 宜增加連續扭轉支撐勁度及其對韌性影響之研究。
4. 研究進度較慢，宜加緊研究腳步，並考慮更多的參數。
5. 鋼結構設計規範“Buckling”之中文採用「挫屈」，建議保留「挫屈」用語。

詹教授添全：

1. 「挫屈」建議回歸於建築技術規則之「屈曲」，意指材料屈伏後彎曲。
2. 扭轉剛度  $K_{\theta} = 3EI/L$  與實際樓板與鋼梁之接合情形有落差，是否檢討不同接合勁度，請參酌。
3. ABAQUS 程式之輸出建議以彩色顯示變形後之應力分佈與變形後之圖形為宜。

廖教授文義：

1. 本研究已完成文獻收集，有限元素分析及初步規劃，未來應有不錯之成果。
2. 本試驗重點為挫屈部分，試驗之規劃宜著重於此部分之量測。
3. 試體規劃宜比較封板與傳統側撐之差異性。

七、研究人員回應：

(一)「繫筋細部對大尺寸鋼筋混凝土柱行為影響之驗證研究」案：

1. 研究人員將依據審查委員之意見，修正及補充報告書之內容。
2. 本案將掌握後續之研究期程，加速並確實完成各項試體實驗計畫之執行，充實研究內容。

3. 本研究將參考審查委員之建議，持續規劃後續實驗計畫之內容。

(二)「包覆十字型深鋼骨斷面鋼骨鋼筋混凝土短柱軸力行為之研究」案：

1. 有關試驗過程中，具代表性破壞之照片資料，將依委員意見納於期末成果報告中。
2. 本案對箍筋量之折減建議，將依委員意見審慎檢討，並朝保守側為之。
3. 本案所提之研究結論，將於報告書之適當位置，詳述實驗條件與使用限制。

(三)「新型耐震鋼梁防挫屈裝置之研究」案：

1. 有關一般鋼結構樓版對鋼梁束制較差，導致扭轉剛度與實際樓板與鋼梁之接合有落差之情況、剪力釘位置之影響與挫屈實驗量測規劃等，未來在試體製作與實驗時將予以審慎考量。
2. 對於封板與傳統側撐之差異性，及 RC 版之扭轉彈簧勁度模擬需注意其對稱性，將以有限元素法重新分析。

八、會議結論：

1. 期中及期末簡報綜合討論之建議事項，請研究人員以回應表逐點說明參採辦理或妥予回應，納入最後之成果報告，並掌握後續之研究期程，充實研究內容。
2. 本次期末報告審查原則通過，請確實依期末報告格式之相關規定，完成成果報告書之撰寫與印製，儘速辦理結案，並郵寄審查委員供參。
3. 爾後執行實驗研究計畫，應妥為規劃研究期程及具體的研究成果，並應辦理專家諮詢會議檢視試體規劃、設計及施工之可行性與必要性，同時注意及早準備招標文件與辦理發包作業，以避免延宕試驗

的期程。

4. 報告書中有關文獻回顧的部分，應做小結說明規劃研究內容與過去研究成果相異之處，以做為區隔。

九、散會：中午 12 時 10 分。

期末報告審查委員意見回應表

委員	審查委員意見	研究單位回應
邱顧問昌平	本計畫在鋼結構中以鋼甲板上注混凝土為樓板之方式，改採 RC 樓板之方式下，對於大梁受力下之挫屈防製採用直立型、V 型及倒 V 型封板方式進行實驗，並事先已以有限元素數值分析探討可能之設計與試體之規劃，尚待正式試驗之進行。	本研究已完成有限元素數值分析，並規劃以直立型封板做為抗側向扭轉機制，未來將進行全尺寸實驗，以達成研究之目標。
	數值分析中之 100 cm 寬 RC 版之扭轉彈簧勁度模擬，請注意其實際結構行為之對稱性(3EI/L 或 2EI/L)。圖 2-2 及圖 3-1 中 RC 樓版與橫向鋼梁間不宜連結，製作上請標示清楚。	感謝委員意見，已於第九頁修正錯誤。
陳技師正平	一般鋼結構之樓板有 Deck 板，對鋼梁之束制較差，且在垂直肋條方向之束制效果更差，建議將此因素納入考量。	感謝委員意見，未來於試體製作時將予以審慎考量。
	剪力釘之位置影響鋼梁之束制甚大，若剪力釘未對準加勁板，則幾乎無束制效果。	感謝委員意見，未來於試體製作時將予以審慎考量。
	倒 V 型可增加下翼板之束制，但無側撐效果，V 型可增加束制效果。	未來實驗將以直立型封板測試抗側向扭轉效果。
陳教授正誠	本研究可釐清工程界的疑問，具工程實務價值。	感謝委員意見。
	數值結果應做進一步分析比較，如 (1) 斷面有無切削對梁韌性的影響，(2) NN、CN、CC 之差異。	感謝委員意見，結果已呈現於第 21 頁。
	宜增加連續扭轉支撐勁度及其對韌性影響之研究。	謝謝委員指教，結果已呈現於第 21 頁。

	研究進度較慢，宜加緊研究腳步，並考慮更多的參數。	謝謝委員指教
	鋼結構設計規範“Buckling”之中文採用「挫屈」，建議保留「挫屈」用語	感謝委員意見，將繼續保留「挫屈」用語。
詹教授添全	「挫屈」建議回歸於建築技術規則之「屈曲」，意指材料屈伏後彎曲。	經綜合委員之意見，將繼續保留「挫屈」用語。
	扭轉剛度 $K_{\theta} = 3EI/L$ 與實際樓板與鋼梁之接合情形有落差，是否檢討不同接合勁度，請參酌。	感謝委員意見，已於第九頁修正錯誤。
	ABAQUS 程式之輸出建議以彩色顯示變形後之應力分佈與變形後之圖形為宜。	感謝委員意見，將於成果報告時依委員建議以彩色輸出。
廖教授文義	本研究已完成文獻收集，有限元素分析及初步規劃，未來應有不錯之成果。	謝謝委員指教。
	本試驗重點為挫屈部分，試驗之規劃宜著重於此部分之量測。	感謝委員意見，未來於試體製作時將予以審慎考量。
	試體規劃宜比較封板與傳統側撐之差異性。	感謝委員意見，受限於研究經費，本實驗未規劃傳統側撐之試體，未來將仍以有限元素結果呈現。

## 參考書目

中文部分：

中華民國鋼結構協會，2008，「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範-鋼結構容許應力設計法規範及解說」，2007年6月。

中華民國鋼結構協會，2008，「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範-鋼結構極限設計法規範及解說」，2007年6月。

林禹任，2008，「抗彎構架中H型鋼梁之挫屈行為」，碩士論文，國立台灣科技大學營建工程系，台北，2008年4月。

英文部分：

Hideo Takabatake, Shigeru Kusumoto, and Tomitaka Inoue, 1991, "Lateral Buckling Behavior of I Beams Stiffened with Stiffeners", Journal of Structural Engineering, pp.3203-3215, Vol. 117, No. 11, November, 1991.

Jan Jirsak, 2008, "Lateral-Torsional Buckling Behavior of Steel Beams with Nodal Type Lateral Bracing," Master Thesis, NTUST, Taipei, Taiwan.

Joseph A. Yura, 2001, "Fundamentals of Beam Bracing," Engineering Journal., American Institute of Steel Construction, Inc., pp11-26.

