國家地震工程研究中心
NATIONAL CENTER FOR RESEARCH ON EARTHQUAKE ENGINEERING

2023 鋼骨鋼筋混凝土構造技術講習會

主編
周中哲　劉郁芳　連乾翰

報告編號：NCREE-23-026

中 華 民 國 112 年 11 月

NCREE-23-026

2023 鋼骨鋼筋混凝土構造技術講習會

Seminar on Technique of Steel Reinforced Concrete Structures, 2023

講師

(依出場排序)

陳煥煒 總經理[1]

李台光 副研究員[2]

張敬昌 總經理[3]

張盈智 總經理[4]

劉郁芳 副研究員[5]

周中哲 主任[5]

鄭錦銅 教授[6]

主編

周中哲 主任[5]

劉郁芳 副研究員[5]

連乾翰 專案佐理研究員[5]

主辦單位

中華民國內政部建築研究所

國家實驗研究院國家地震工程研究中心

協辦單位

中華民國地震工程學會

中華民國結構工程學會

1. 聯邦工程顧問公司
2. 中華民國內政部建築研究所材料實驗中心
3. 永峻工程顧問公司
4. 築遠工程顧問公司
5. 國家實驗研究院國家地震工程研究中心
6. 國立高雄科技大學營建工程系

中華民國 112 年 11 月 17 日

陳煥煒 總經理

李台光 博士

張敬昌 總經理

張盈智 總經理

劉郁芳 博士

周中哲 主任

鄭錦銅 教授

學員課堂照

2023 鋼骨鋼筋混凝土構造技術講習會時程表

議程表				
時間		講題	主講人	主持人
2023年11月17日(五)	08:40～09:00	報　　到		
	09:00～09:10	開幕致詞	內政部建築研究所 長官 國家地震工程研究中心 周中哲 主任	
	09:10～09:30	淺論 SRC 結構之規畫設計	聯邦工程顧問公司 陳煥煒 總經理	劉郁芳 博士
	09:30～09:50	橫向鋼筋及接合細部對鋼筋混凝土梁耐震性能影響之實驗研究	內政部建築研究所材料實驗中心 李台光 博士	
	09:50～10:10	SRC 構造案例分享	永峻工程顧問公司 張敬昌 總經理	
	10:10～10:20	討　　論		
	10:20～10:30	中場休息		
	10:30～10:50	SRC 應用案例分享	築遠工程顧問公司 張盈智 總經理	黃國倫 主任
	10:50～11:10	鋼骨內灌混凝土柱內連續板設計及實驗研究	國家地震工程研究中心 劉郁芳 博士	
	11:10～11:30	鋼骨鋼筋混凝土梁及 RC 梁對 SRC 柱接頭耐震行為影響	國家地震工程研究中心 周中哲 主任	
	11:30～11:50	低降伏鋼板與混凝土複合剪力牆耐震行爲研究	國立高雄科技大學營建工程系 鄭錦銅 教授	
	11:50～12:00	討　　論		
	12:00	閉　　幕		

目錄

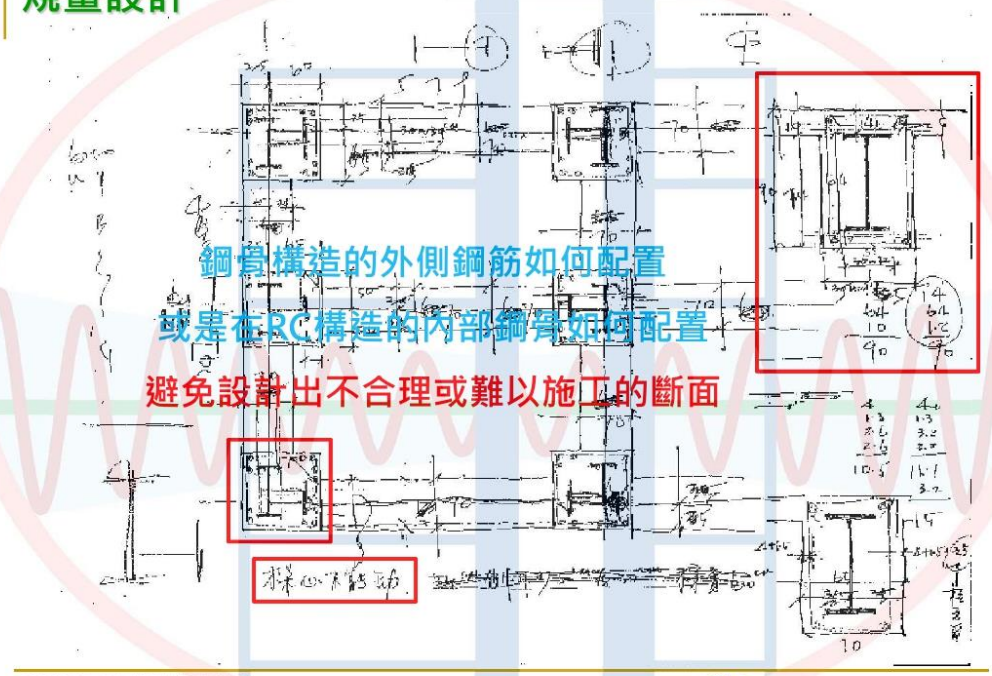
淺論 SRC 結構之規畫設計

陳煥煒

淺論SRC結構之規畫設計

主講人：陳煥煒
現職：聯邦工程顧問總經理

規畫設計



鋼骨構造的外側鋼筋如何配置

或是在RC構造的內部鋼骨如何配置

避免設計出不合理或難以施工的斷面

規畫設計

◎設計時即應考量施工可行性

SRC配筋至少應考量下列因素：

1、力學特性

2、混凝土填充性

3、鋼筋與鋼骨之接合及配筋之順序

4、耐久性及耐火性

5、梁柱接頭處主筋之連續性與施工可行性

淺論SRC結構之規畫設計 聯邦工程顧問股份有限公司 3

規畫設計

◎設計時即應考量施工可行性

其它考量因素：

1、鋼筋貫穿孔應不妨害鋼骨抵抗外力與變形之能力

2、管線通路

3、施工期間之安全性

4、銲接及螺栓鎖緊作業空間

5、鋼板厚度不可太薄

淺論SRC結構之規畫設計 聯邦工程顧問股份有限公司 4

規畫設計

◎設計流程 (舉例) 強度疊加法

1、SRC柱型式及保護層厚度
(Cross-H：15cm、Box：20cm)

2、梁主筋與鋼柱的接合型式(貫穿、鋼筋續接器)

3、柱及大梁主筋的排列方式及最多可配置的主筋支數

4、箍筋及繫筋的施作方式 材質及號數可調整

5、可採用的鋼骨斷面規劃(外尺寸固定、鋼板厚度變化)

6、依結構分析結果進行設計(依強度需求選用鋼骨斷面)

依照上述流程進行規畫設計即可確保未來施工可行性

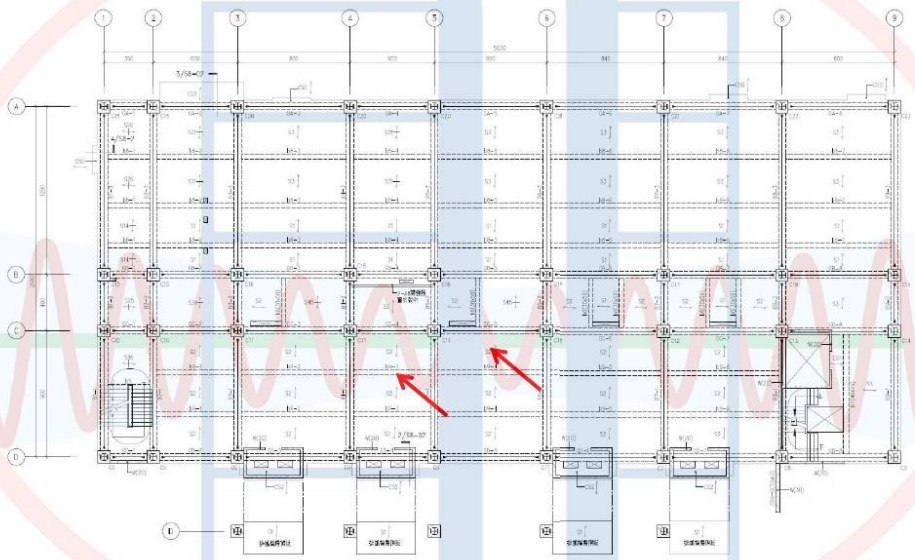
淺論SRC結構之規畫設計 聯邦工程顧問股份有限公司
5

案例說明

淺論SRC結構之規畫設計 聯邦工程顧問股份有限公司
6

案例一

4F/B1變電所



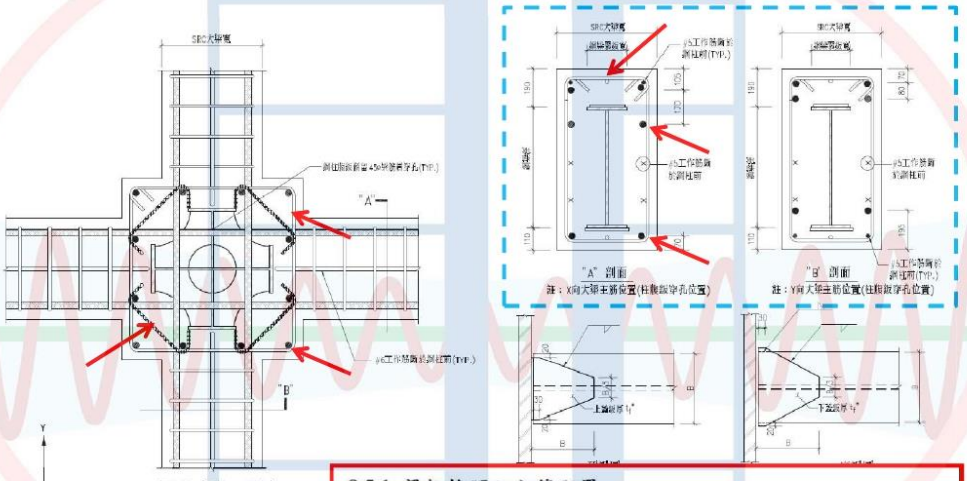
淺論SRC結構之規畫設計

聯邦工程顧問股份有限公司

7

案例一

SRC梁主筋貫穿鋼柱腹板



8.5.1 梁柱接頭之主筋配置

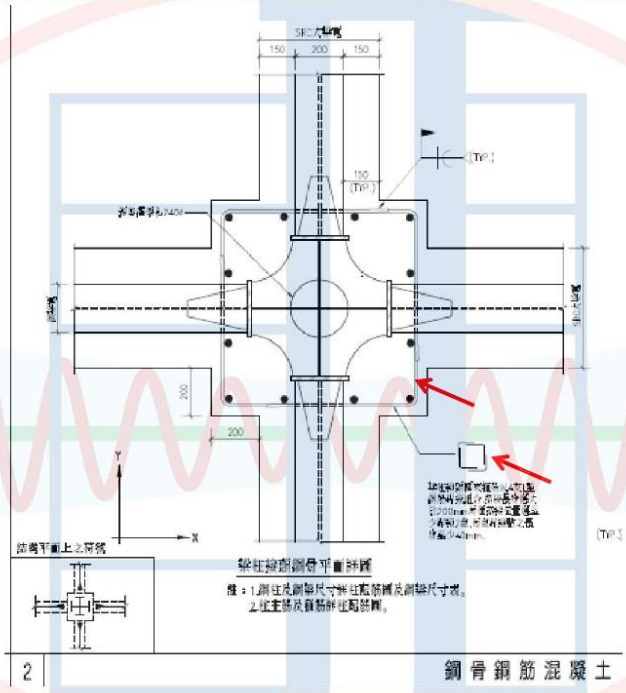
1. 鋼骨鋼筋混凝土梁柱接頭處之主筋應以直接通過接頭為原則，宜儘量避免以鋼筋續接器銲於鋼柱翼板上以續接主筋。 若不得

淺論SRC結構之規畫設計

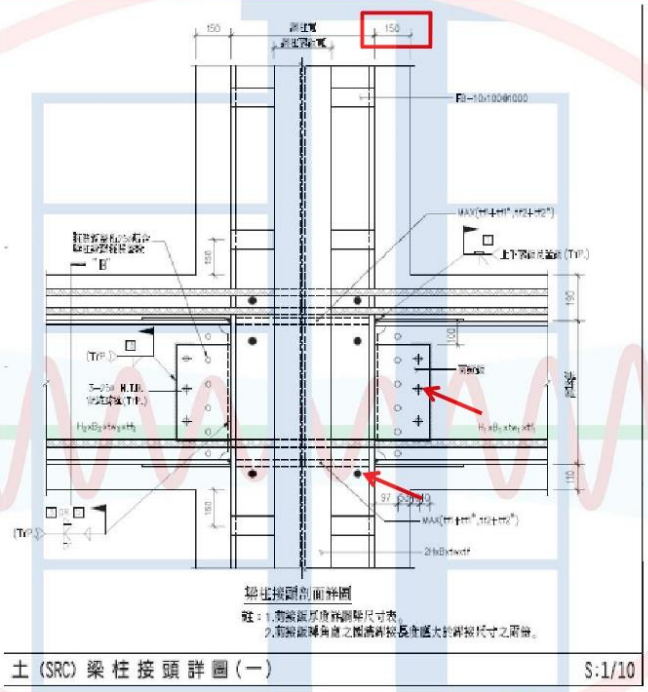
聯邦工程顧問股份有限公司

8

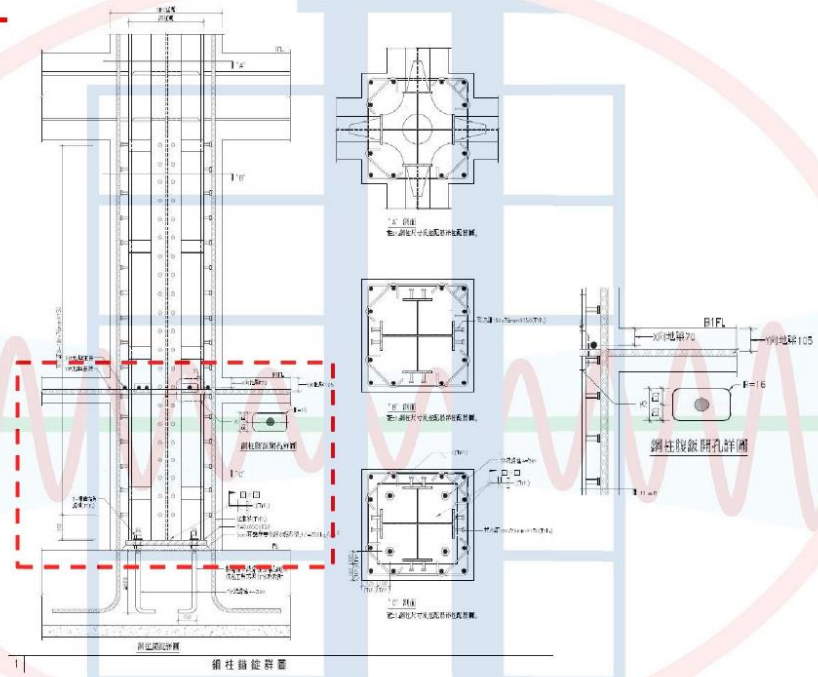
案例一


150
200
150
(TYP.)
200
200
Y
X
(TYP.)
梁柱接頭鋼骨平面詳圖
2
鋼骨鋼筋混凝土

案例一


150
150
(TYP.)
(TYP.)
梁柱接頭剖面詳圖
土(SRC)梁柱接頭詳圖(一)
S:1/10

案例一



淺論SRC結構之規畫設計

聯邦工程顧問股份有限公司

11

案例二

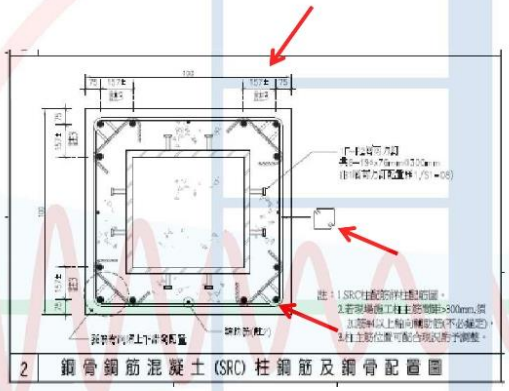
6F/B1變電所

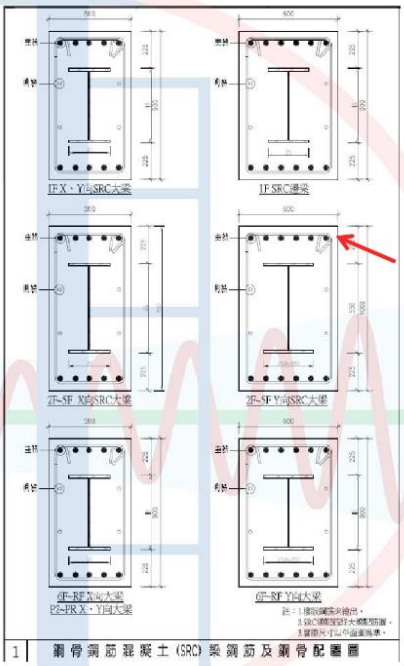
淺論SRC結構之規畫設計

聯邦工程顧問股份有限公司

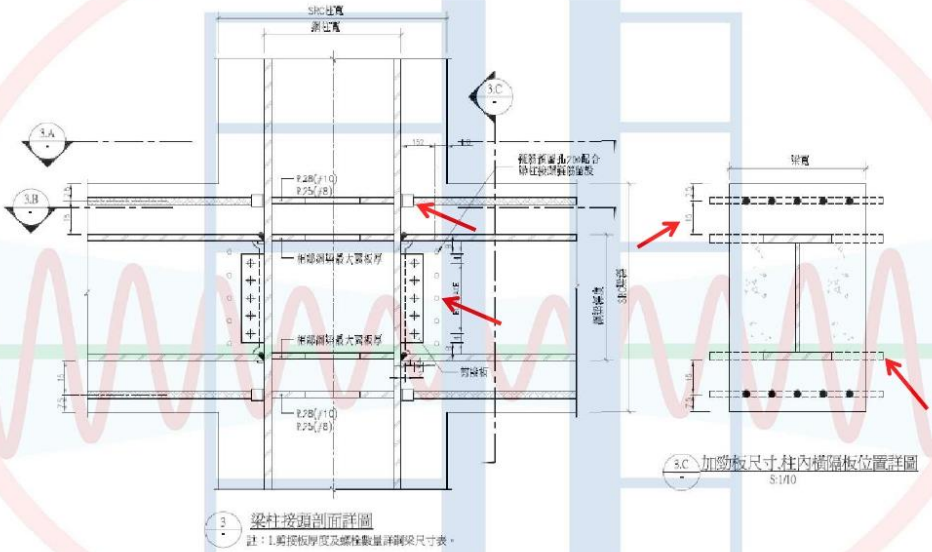
12

案例二

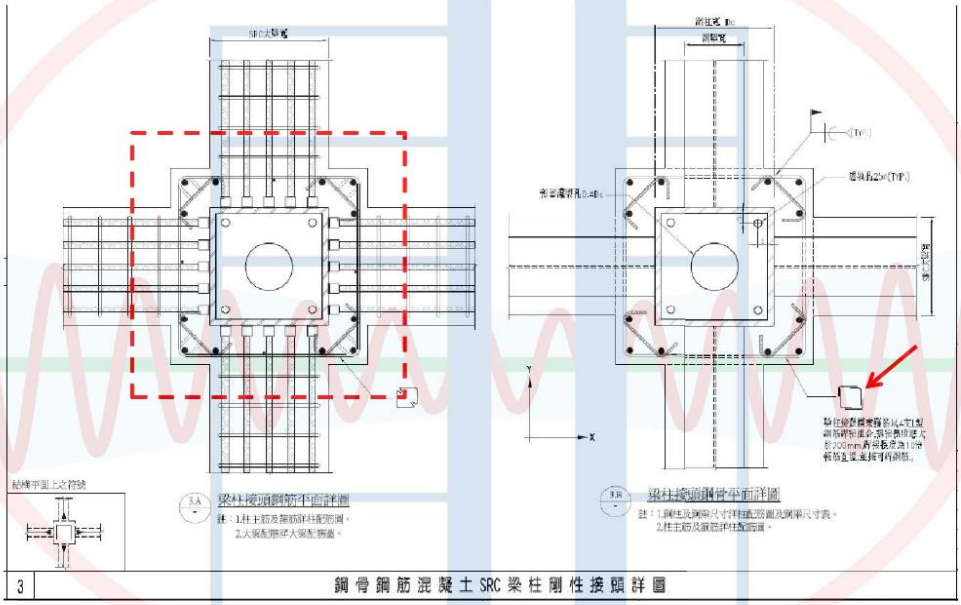

2 鋼骨鋼筋混凝土(SRC)柱鋼筋及鋼骨配置圖


1 鋼骨鋼筋混凝土(SRC)梁鋼筋及鋼骨配置圖

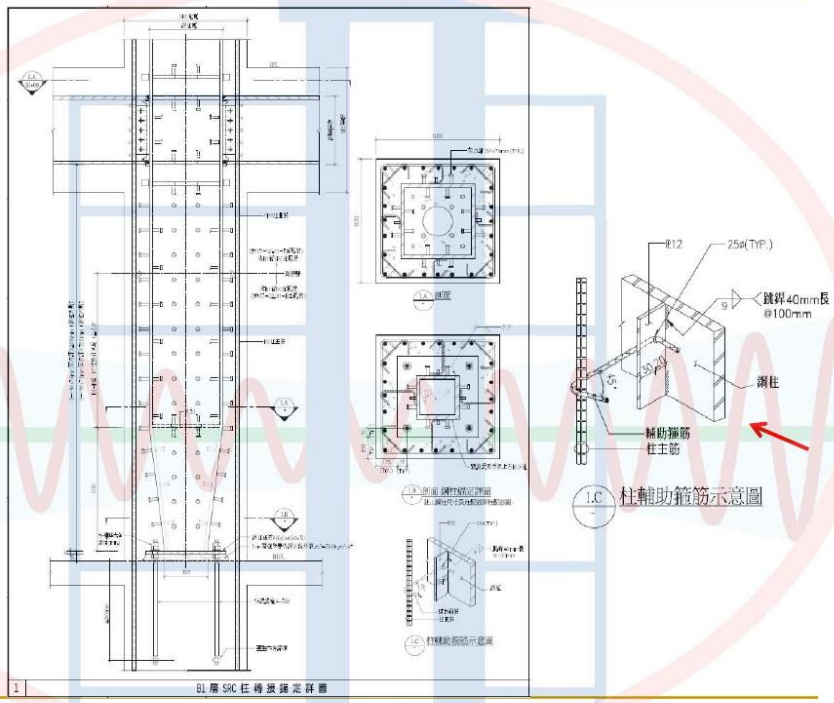
案例二


3 梁柱接頭剖面詳圖
加勁板尺寸,柱內橫隔板位置詳圖

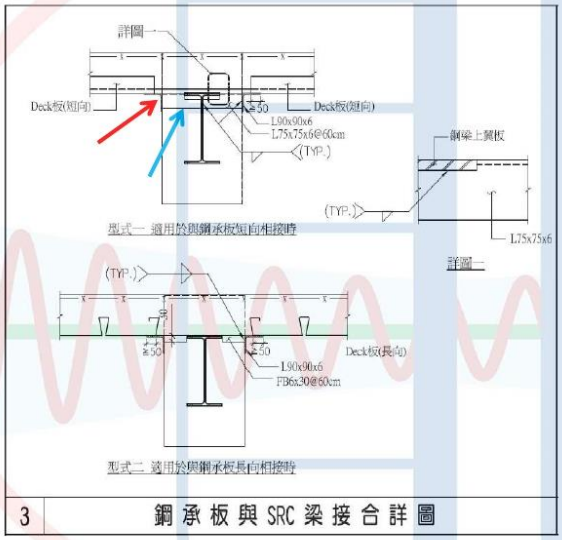
案例二

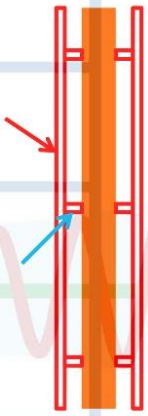

梁柱接頭鋼筋平面詳圖
梁柱接頭鋼骨平面詳圖
鋼骨鋼筋混凝土SRC梁柱剛性接頭詳圖

案例二


25a(TYP.)
銲40mm長
@100mm
鋼柱
輔助箍筋
柱主筋
柱輔助箍筋示意圖

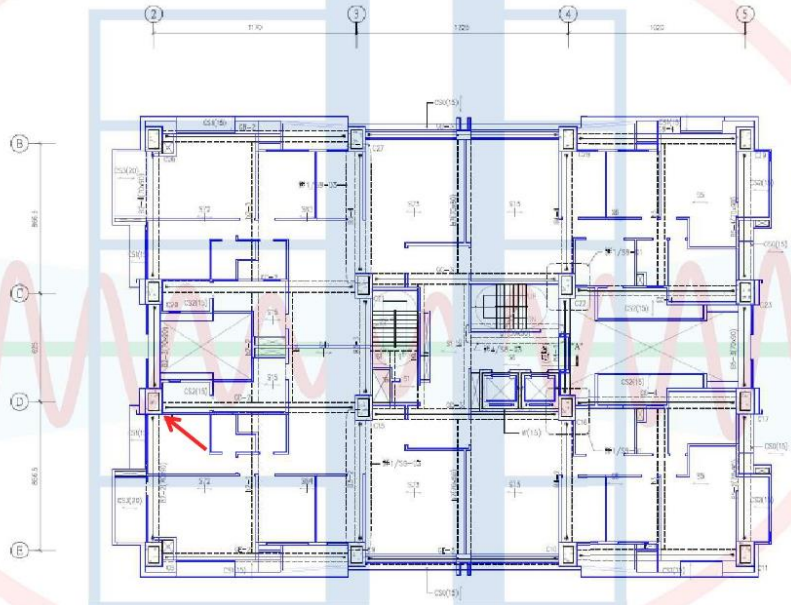
案例二


詳圖
Deck板(短向)
≥50
Deck板(短向)
L90x90x6
L75x75x6@60cm
(TYP.)
鋼梁上翼板
(TYP.)
L75x75x6
詳圖
型式一 適用於與鋼承板短向相接時
(TYP.)
≥50
≥50
Deck板(長向)
L90x90x6
FB6x30@60cm
型式二 適用於與鋼承板長向相接時
3
鋼承板與SRC梁接合詳圖

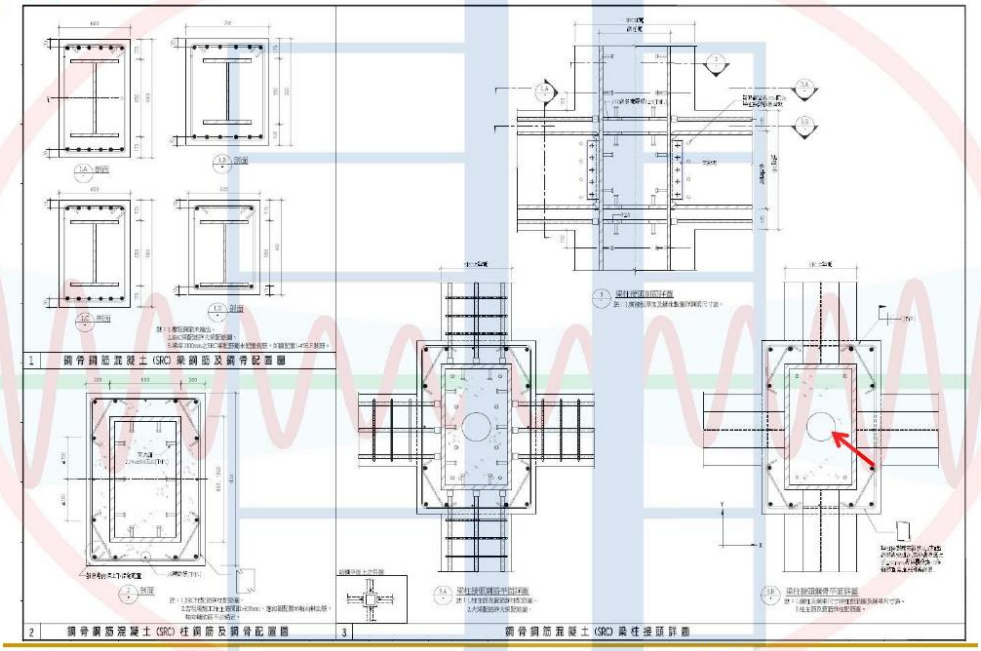


頂視圖

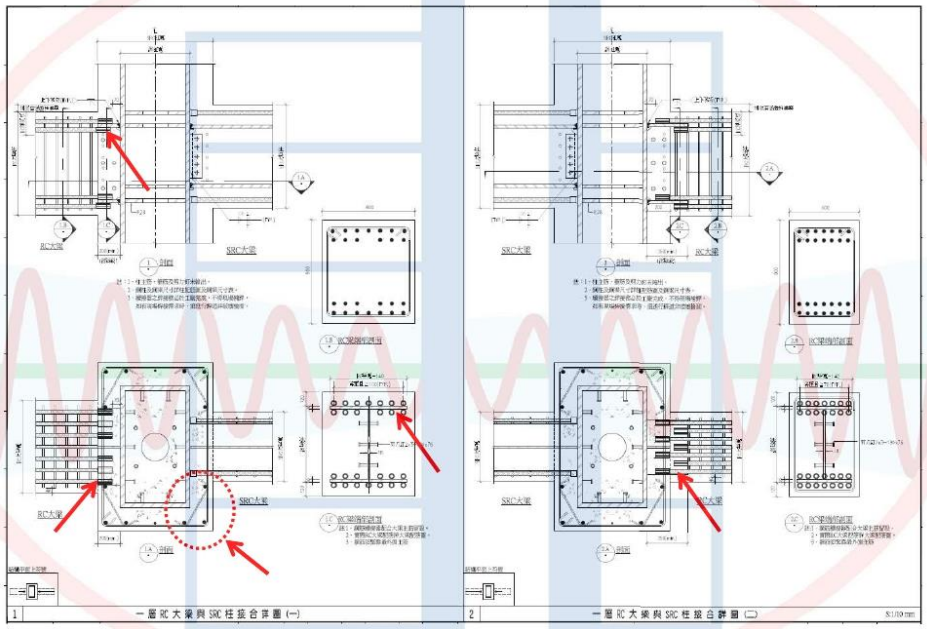
案例三



案例三


鋼骨鋼筋混凝土(SRC)梁鋼筋及鋼骨配置圖
鋼骨鋼筋混凝土(SRC)柱鋼筋及鋼骨配置圖
鋼骨鋼筋混凝土(SRC)梁柱接頭詳圖

案例三


一層RC大梁與SRC柱接合詳圖(一)
一層RC大梁與SRC柱接合詳圖(二)

快速施工工法
三順打案例

3.3 施工應力

施工應力若由鋼骨單獨承受時，施工期間中之載重及外力應依實際情況確認結構體之安全性，包含強度、穩定性等。施工過程中所產生之應力及變形均應加以適當考慮。

解說：為確保 SRC 構造於施工期間之安全性，設計者應詳細考慮施工過程中及混凝土硬化前結構的強度及穩定性是否足夠，以避免發生意外。

鋼梁無側撐長度

快速施工工法
三順打案例

快速施工工法
三順打案例

淺論SRC結構之規畫設計

聯邦工程顧問股份有限公司

23

快速施工工法
三順打案例

淺論SRC結構之規畫設計

聯邦工程顧問股份有限公司

24

快速施工工法
三順打案例

淺論SRC結構之規畫設計

聯邦工程顧問股份有限公司

25

快速施工工法
三順打案例

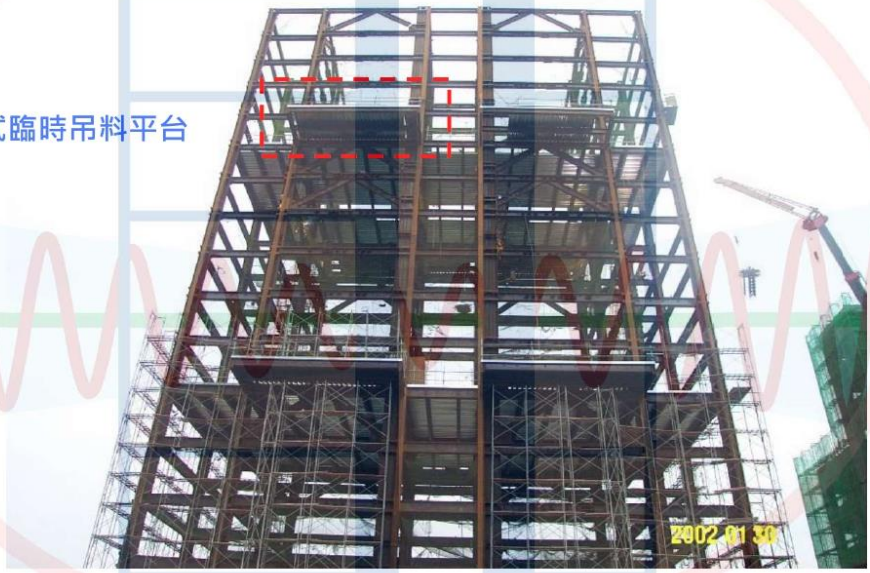
淺論SRC結構之規畫設計

聯邦工程顧問股份有限公司

26

快速施工工法
三順打案例

可拆式臨時吊料平台



淺論SRC結構之規畫設計

聯邦工程顧問股份有限公司

27

快速施工工法
三順打案例

淺論SRC結構之規畫設計

聯邦工程顧問股份有限公司

28

柱筋-1:6斜率前後搭接組立照片

淺論SRC結構之規畫設計 聯邦工程顧問股份有限公司

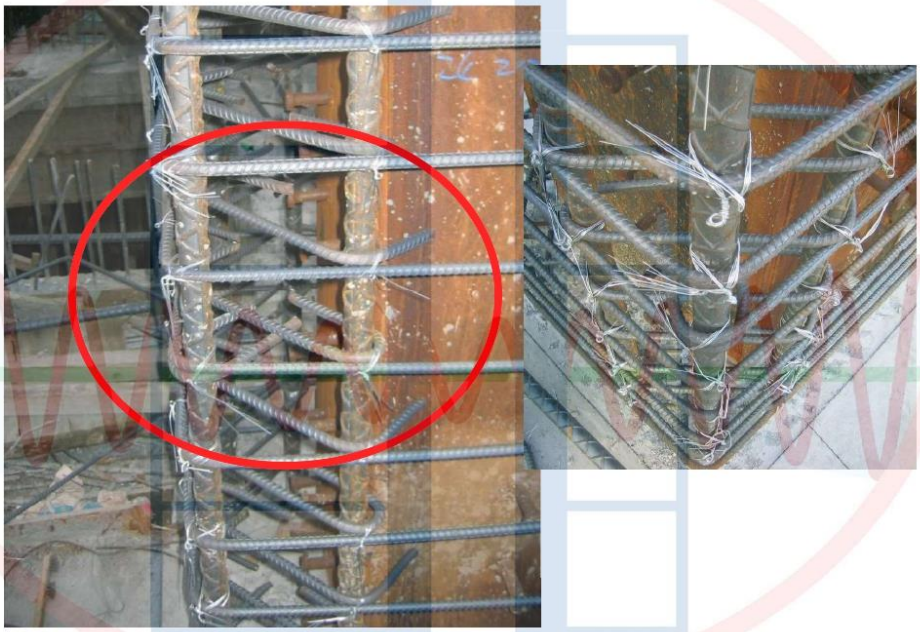
29

柱筋-主筋槽鐵固定座照片

淺論SRC結構之規畫設計 聯邦工程顧問股份有限公司

30

柱筋-緊密箍筋135°交錯配置照片

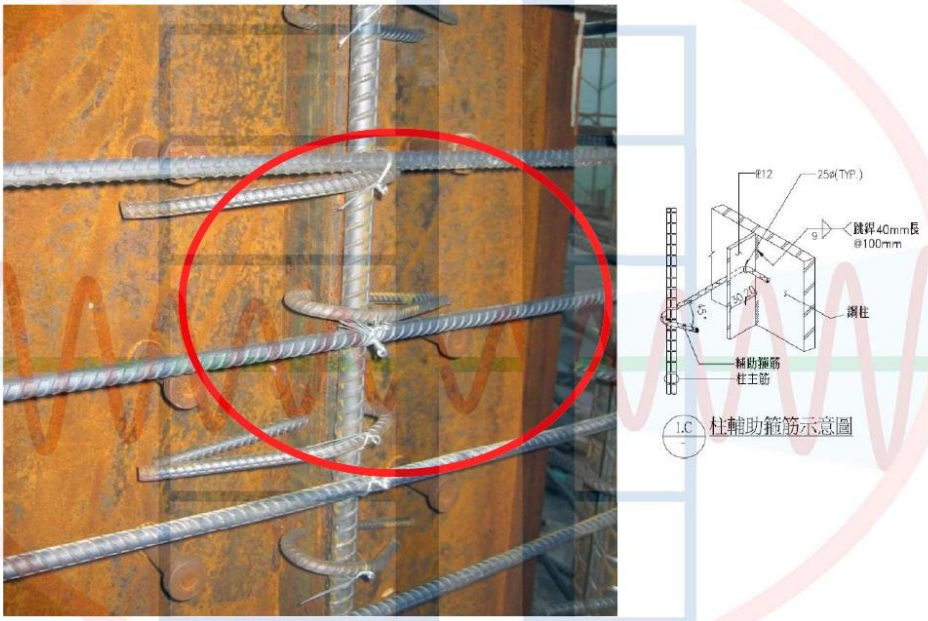


淺論SRC結構之規畫設計

聯邦工程顧問股份有限公司

31

柱筋-中央繫筋配置照片



淺論SRC結構之規畫設計

聯邦工程顧問股份有限公司

32

SRC柱箍筋閉合箍及封模施工照片

SRC柱箍筋應為閉合箍

柱、牆應用四層模版組立

淺論SRC結構之規畫設計

聯邦工程顧問股份有限公司

33

簡報結束
謝謝聆聽

聯邦工程顧問股份有限公司

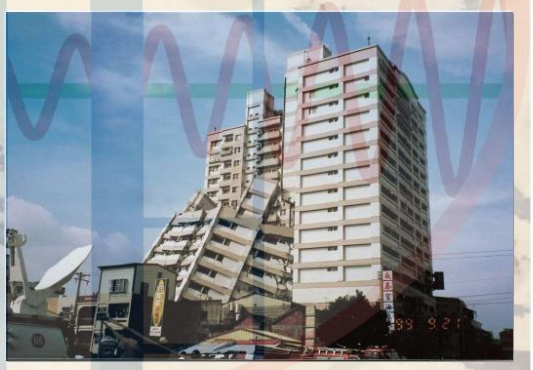
34

橫向鋼筋及接合細部對鋼筋混凝土梁耐震性能影響之實驗研究

李台光

橫向鋼筋及接合細部對鋼筋混凝土梁耐震性能影響之實驗研究

研究人員：李台光



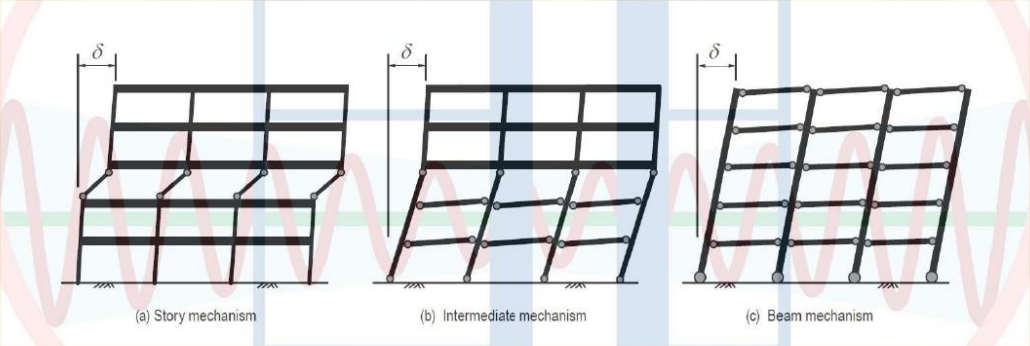
1

簡報內容

- 研究緣起
- 橫向鋼筋配置對於鋼筋混凝土梁耐震性能影響之研究
- 鋼筋混凝土梁與箱型鋼柱接合細部對於耐震性能影響之實驗研究
- 相關文獻之蒐集與分析
- 國內工程設計現況
- RC梁試體設計及施工
- 試驗結果
- 結論與建議

2

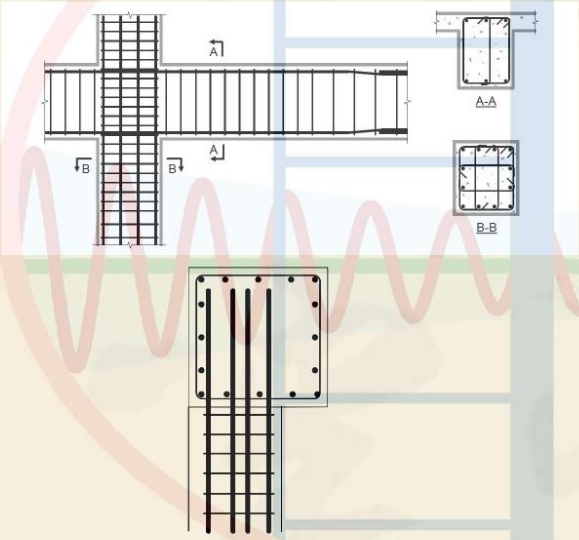
研究緣起



Weak Columns　　Strong Columns

地震時建築物破壞模式

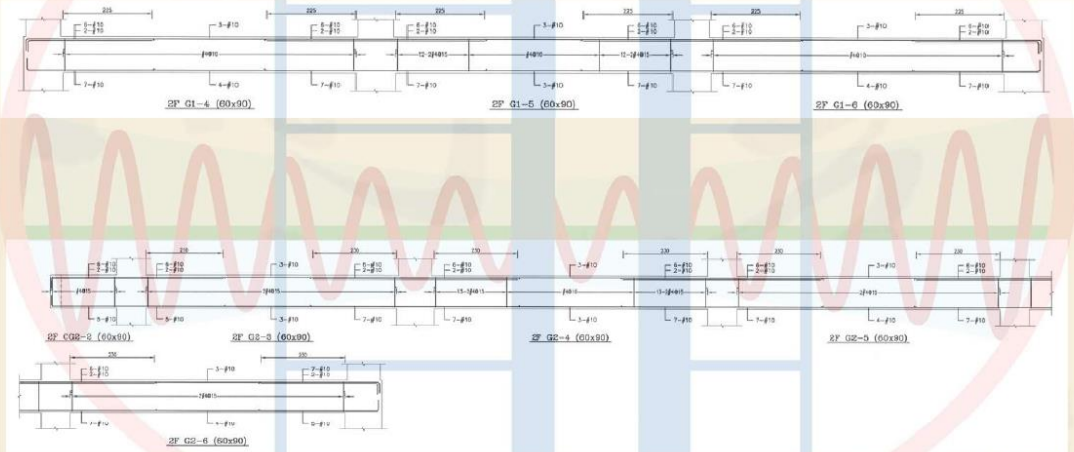
橫向鋼筋配置對於鋼筋混凝土梁耐震性能影響之研究



- 鋼筋混凝土(RC)梁斷面的橫向鋼筋，在**梁撓曲韌性發展**上扮演重要的角色。
- 現行規範規定**梁主筋需隔根以箍筋或繫筋圍束**，惟國內鋼筋混凝土工程施工實務，RC梁主筋配置較為密集，致使難以施工。
- **國內建築普遍存在RC梁與RC柱偏心接合的情況**，RC梁之韌性未獲實驗驗證。

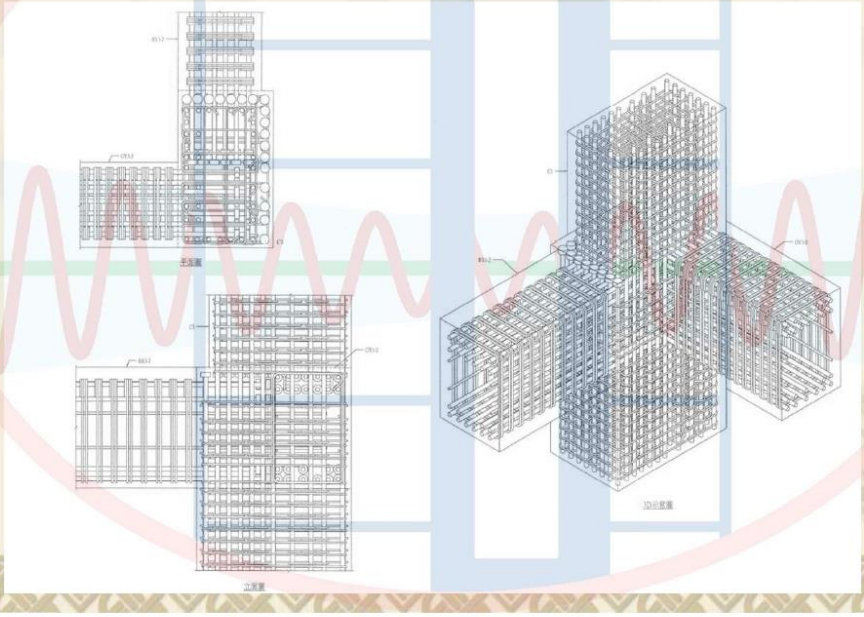
國內工程設計現況(1)

- ○○市16層RC公營住宅RC梁配筋圖



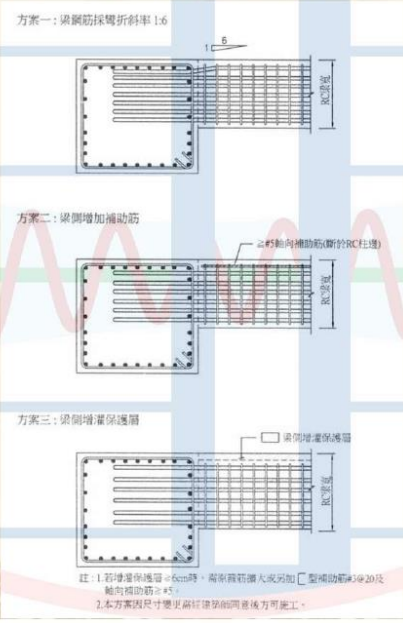
國內工程設計現況(2)

- ○○市忠○○路民間15層RC大樓梁柱接合圖



國內工程設計現況(3)

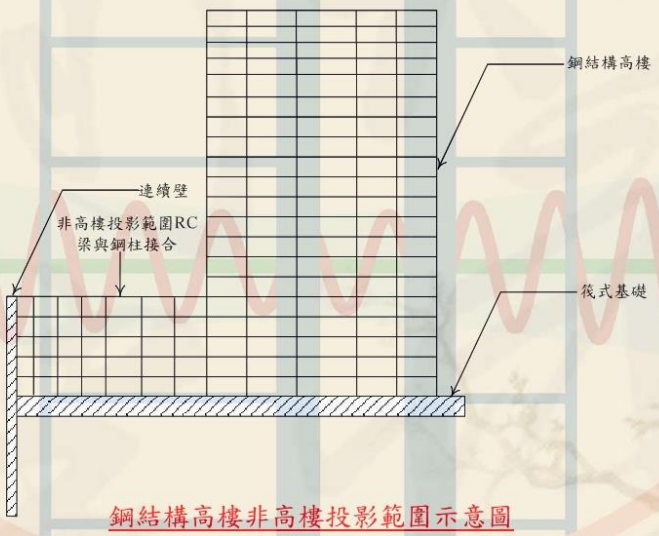
- ○○市忠○○路民間15層RC大樓梁與柱偏心接合標準配筋圖



研究成果(參考文獻)

- 「繫筋配置對於鋼筋混凝土梁耐震性能影響之實驗研究」結構工程第38卷第2期第39-64頁(民國112年6月)
- 「與柱外緣切齊之鋼筋混凝土梁鋼筋細部對耐震性能影響之探討」結構工程第38卷第1期第5-30頁(民國112年3月)

研究緣起



鋼結構高樓非高樓投影範圍示意圖

相關文獻之蒐集與分析(1)

- 「鋼骨鋼筋混凝土設計規範與解說」第8.7 節
  - 當設計鋼骨鋼筋混凝土柱與鋼筋混凝土梁相接時，為使應力傳遞平順，應使鋼筋混凝土梁之應力先傳遞至鋼骨鋼筋混凝土梁上，再由鋼骨鋼筋混凝土梁與鋼骨鋼筋混凝土柱相接合。
  - (解說)為使應力傳遞平順，若設計上需要有SRC柱與RC 梁相接時，應採用「漸進方式」來進行構材斷面之轉換續接，即先以SRC 柱接一段SRC梁，再將SRC 梁轉換為RC 梁。

相關文獻之蒐集與分析(2)

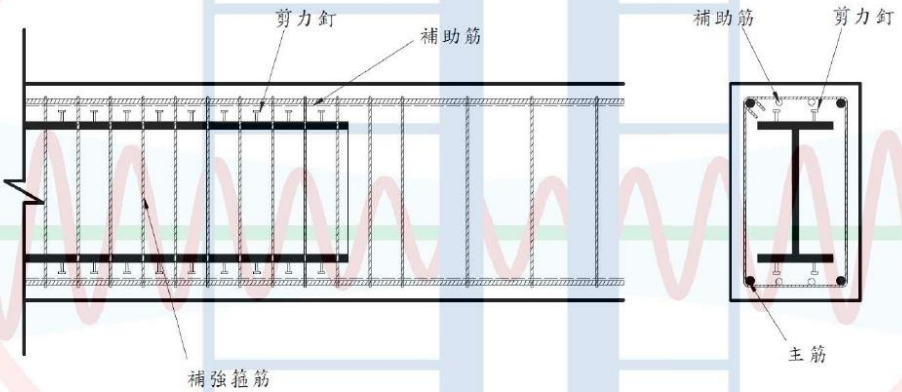
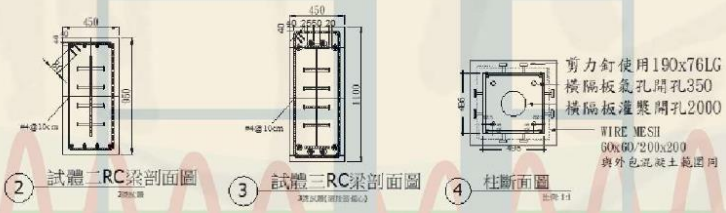


圖 C8.7.1　SRC 梁與 RC 梁之斷面轉換示意圖

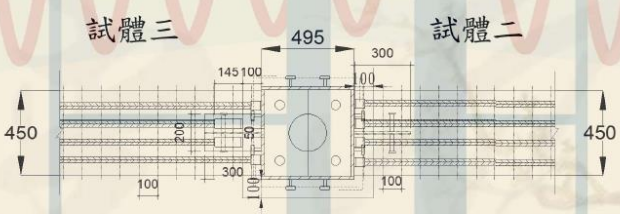
「鋼骨鋼筋混凝土設計規範與解說」第8.7 節

相關文獻之蒐集與分析(3)

- 本所111年度「包覆填充型鋼骨鋼筋混凝土柱與梁主筋以續接器接合之接頭耐震試驗」(中華民國地震工程學會)



② 試體二RC梁剖面圖　③ 試體三RC梁剖面圖　④ 柱斷面圖



⑤ 試體二三平面圖

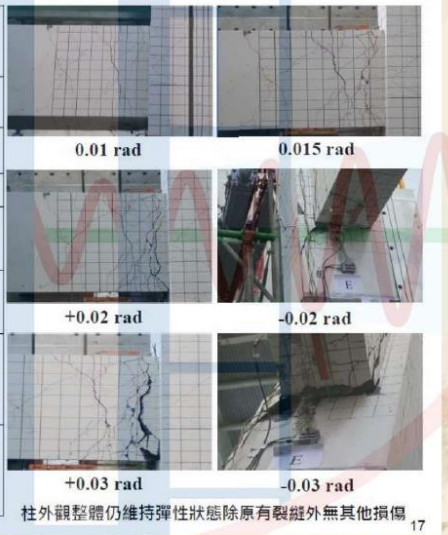
相關文獻之蒐集與分析(4)

- 本所111年度「包覆填充型鋼骨鋼筋混凝土柱與梁主筋以續接器接合之接頭耐震試驗」(中華民國地震工程學會)

相關文獻之蒐集與分析(5)

- 本所111年度「包覆填充型鋼骨鋼筋混凝土柱與梁主筋以續接器接合之接頭耐震試驗」(中華民國地震工程學會)

Drift (rad)	加載方向	梁最大裂縫寬度 (mm)	梁受損狀態
0.01	正	0.8	裂縫延伸擴張
	負	0.55	
0.015	正	4	裂縫明顯增加 強度開始下降 梁頂開始產生撓曲裂縫
	負	5	有聲音出現，疑似斷裂現象
0.02	正	8	裂縫明顯增加及成長 續接器斷裂聲 強度再度下降 小範圍混凝土剝落
	負	10	梁頂原裂縫加寬及大 梁東面及南面與底部混凝土擠壓剝落
0.03	正	12	梁頂部混凝土剝落面積加大 剪力破壞發生於接頭處 梁柱交界面混凝土開裂 主筋受壓側彎曲 箍筋未變形脫落
	負	-	梁底部混凝土剝落面積加大， 保護層嚴重剝落且 再次有續接器斷裂聲 強度降至更低 鋼筋裸露產生，混凝土面拱起， 主筋略有彎曲，箍筋未變形脫落



柱外觀整體仍維持彈性狀態除原有裂縫外無其他損傷

17

試體二裂縫發展

相關文獻之蒐集與分析(6)

❖ 本所111年度「包覆填充型鋼骨鋼筋混凝土柱與梁主筋以續接器接合之接頭耐震試驗」(中華民國地震工程學會)

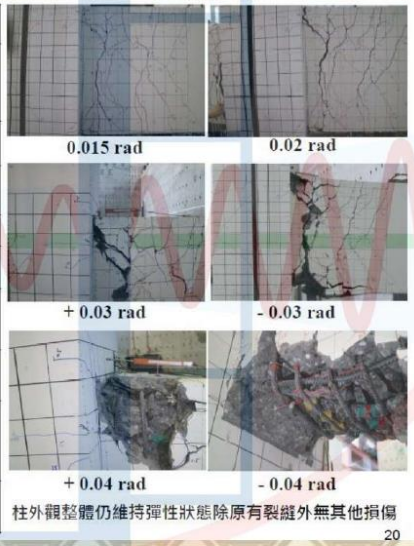
1.梁頂1顆續接器及梁底4顆續接器與柱板分離受損。
2.接頭處之剪力榫無明顯受損。
3.剪力榫上之剪力釘皆無受損。
4.續接器與主筋接合處皆未脫離。

試體二破壞細部照片

相關文獻之蒐集與分析(7)

❖ 本所111年度「包覆填充型鋼骨鋼筋混凝土柱與梁主筋以續接器接合之接頭耐震試驗」(中華民國地震工程學會)

Drift (rad)	加載方向	梁最大裂縫寬度 (mm)	梁受損狀態
0.01	正	0.55	裂縫延伸擴張
	負	0.6	
0.015	正	4.5	裂縫明顯增加 梁北面4.5mm剪力裂縫
	負	7	先前裂縫繼續延伸擴張加大
0.02	正	5	裂縫繼續延伸增加及成長
	負	8	裂縫由接頭處延伸及成長
0.03	正	15	裂縫明顯增加及成長 梁底混凝土剝落 梁柱交界面混凝土開裂
	負	12	梁柱接頭界面開裂裂縫達15mm 梁頂拱起 混凝土開始剝落加大
0.04	正	-	梁柱接頭區梁頂部混凝土剝落面積加大 保護層嚴重剝落鋼筋裸露，強度下降 上層4支主筋彎曲向上變形 而剪力裂縫出現在鋼拱頭末端處
	負	-	下層混凝土擠壓造成大範圍剝落，強度下降 下層4支主筋彎曲，箍筋束變形脫落



試體三破壞裂縫發展

相關文獻之蒐集與分析(8)

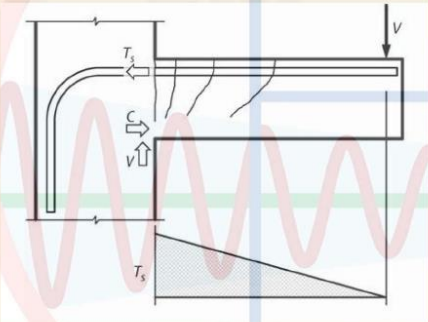
- 本所111年度「包覆填充型鋼骨鋼筋混凝土柱與梁主筋以續接器接合之接頭耐震試驗」(中華民國地震工程學會)

1.梁拱頭之梁頂續接器與梁底續接器皆無受損，且銲接處皆完整。
2.梁拱頭翼板與腹板皆無受損。
3.梁拱頭之剪力釘完整無損。

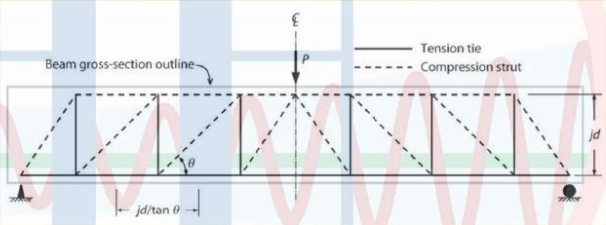
試體三破壞細部照片

相關文獻之蒐集與分析(9)

- Seismic Design of Reinforced Concrete Buildings - by Jack Moehle (2015)



鋼筋混凝土梁端破壞模式



Truss Model (Strut and Tie Model)

相關文獻之蒐集與分析(10)

- ANSI/AISC 341-22第D章第D.2節規定，結構鋼及鋼筋混凝土之間力量的傳遞機制：
  - 直接承壓(Direct bearing from internal bearing mechanisms)
  - 剪力接合(Shear connection)
  - 剪力摩擦(Shear friction with the necessary clamping force provided by reinforcement normal to the plane of shear transfer)
  - 其他(A combination of these means)

相關文獻之蒐集與分析(11)

- 鋼結構極限設計法規範及解說

10.9 混凝土之承壓強度

混凝土之設計承壓強度為 $\phi_c P_p$，其計算如下

$$\phi_c = 0.6$$

由混凝土之全部面積支承

$$P_p = 0.85 f_c' A_1 \qquad (10.9\text{-}1)$$

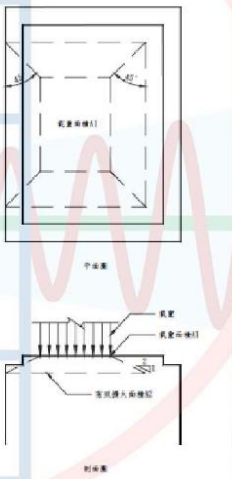
承壓面積小於混凝土全部面積

$$P_p = 0.85 f_c' A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \qquad (10.9\text{-}2)$$

A_1 = 鋼材在混凝土支承上之承壓面積，cm^2

A_2 = 在混凝土支承面上與載重面積同心且幾何圖形相似之最大面積，cm^2

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 2$$



國內工程設計現況(1)


RC梁與鋼骨托梁之接合型式

國內工程設計現況(2)

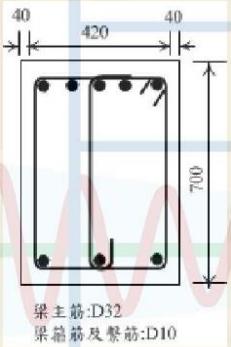

RC梁主筋以續接器銲接與鋼柱接合

RC梁試體之設計—與SRC柱接合

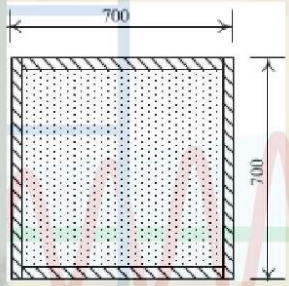
鋼筋混凝土梁的尺寸：500*700 mm，梁的長度：3200 mm。
填充型箱型鋼柱的尺寸：700*700*20 mm，柱的長度：2600 mm，鋼骨強度為345 MPa。
混凝土強度為28 MPa，縱向鋼筋強度為420 MPa，橫向鋼筋強度為280 MPa。

試體	上層筋	下層筋
NS、SS、SC、H	5-D32	3-D32
鋼筋面積(平方公分)	40.95	25.57
鋼筋比率	100%	60%
鋼筋比	1.28%	0.768%

RC梁試體設計—RC梁及箱型柱斷面



RC梁斷面



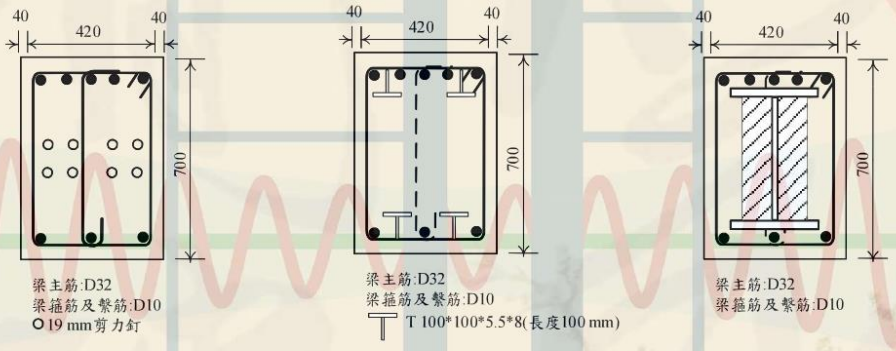
箱型柱斷面

單位：mm

RC梁試體剪力傳遞設計

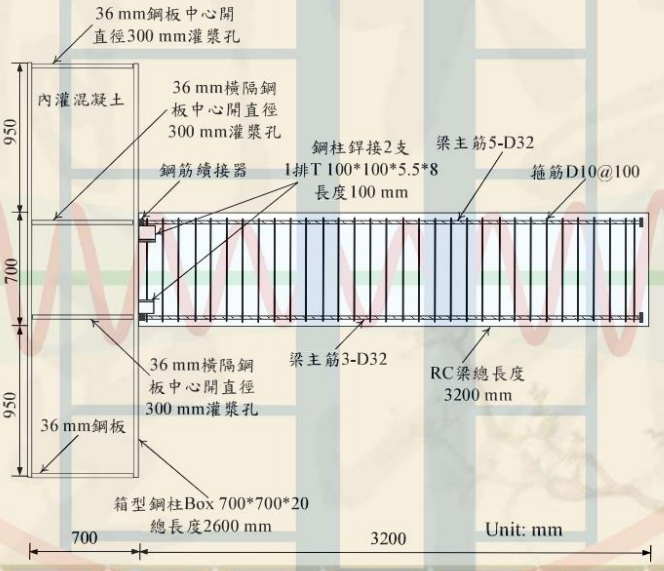
試體	剪力傳遞機制
NS	無
SS	8根19 mm剪力釘 長度80 mm
SC	2支T 100*100*5.5*8(上及下) 長度100 mm
H	H 500*304*15*24 長度300 mm

RC梁試體剪力傳遞機制細部設計

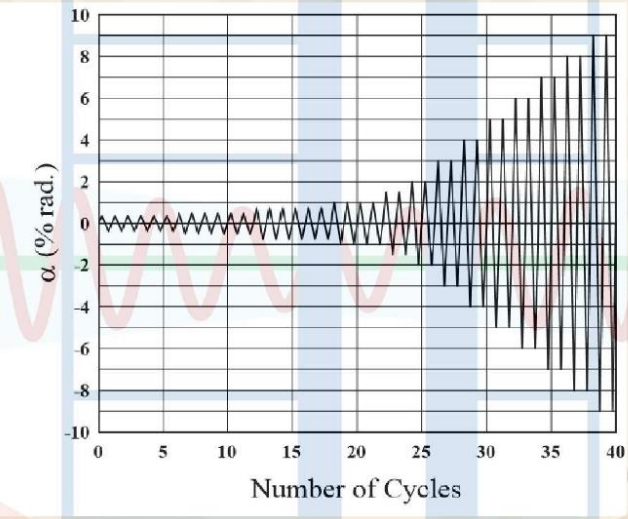


SS試體　SC試體　H試體

SC梁試體立面圖(單位：mm)



側向位移加載歷程圖(RC梁與SRC柱)



RC梁試體鋼筋續接器施工

RC梁縱向鋼筋續接器照片

RC梁縱向鋼筋與續接器鎖緊

RC梁試體鋼筋組立圖(SRC柱)

RC梁試體混凝土澆置完成及拆模圖

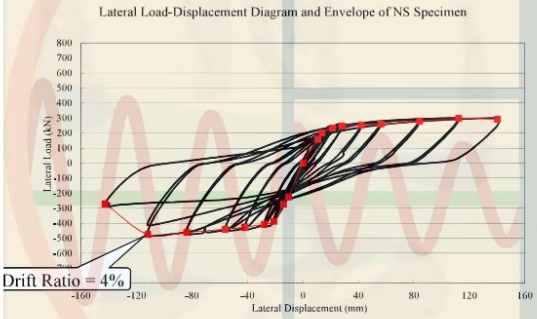
RC梁試體翻轉及驗收後RC梁試體圖

試驗結果(1)

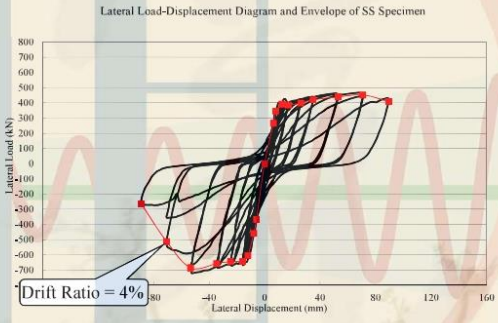
鋼筋混凝土NS梁試體試驗圖

鋼筋混凝土SS、SC及H梁試體試驗圖

試驗結果(2)

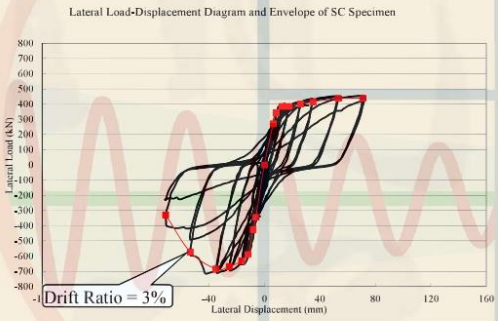


鋼筋混凝土NS梁試體側向載重及位移圖(含包絡線)

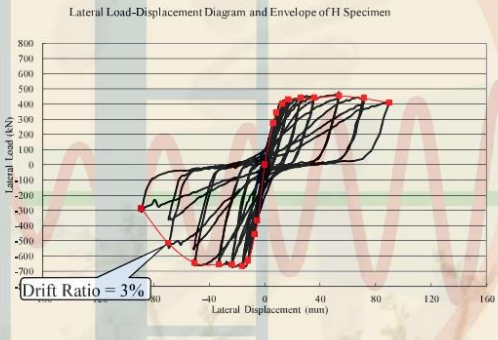


鋼筋混凝土SS梁試體側向載重及位移圖(含包絡線)

試驗結果(3)

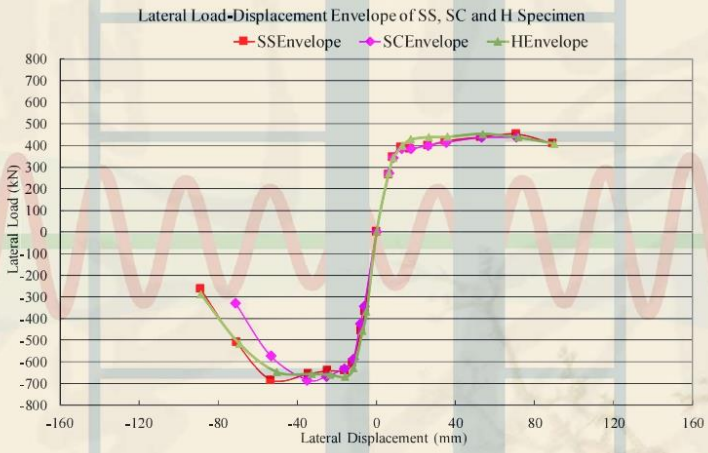


鋼筋混凝土SC梁試體側向載重及位移圖(含包絡線)



鋼筋混凝土H梁試體側向載重及位移圖(含包絡線)

試驗結果(4)



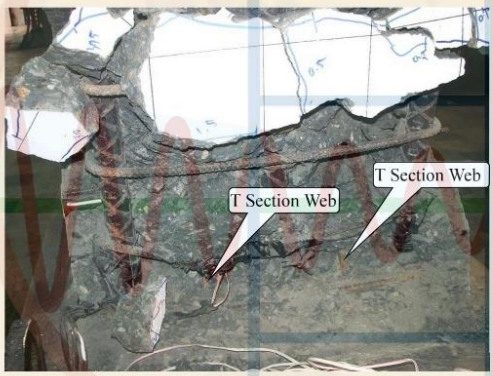
鋼筋混凝土SS、SC及H梁試體側向載重及位移包絡線

試驗結果(5)

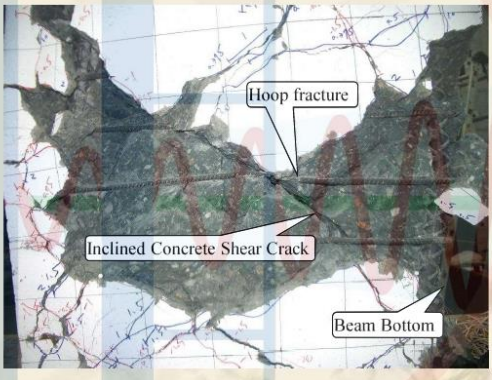
鋼筋混凝土NS梁試體細部破壞圖

鋼筋混凝土SS梁試體細部破壞圖

試驗結果(6)



鋼筋混凝土SC梁試體細部破壞圖(梁底面)



鋼筋混凝土SC梁試體細部破壞圖(梁側面)

試驗結果(7)

RC梁與SRC柱接合試體試驗結果彙整表

RC梁試體編號	研究者	試驗年度	RC梁試體尺寸(mm)	SRC柱試體尺寸(mm)	RC梁試體縱向鋼筋	RC梁試體橫向鋼筋	RC梁試體最大剪力(kN)	平均每根續接器分擔剪力(kN)
試體二	周中哲等人	2022	450*950	495*495(箱型鋼柱) 695*695(SRC柱)	4-D32+4-D32(SD420W)	組合箍筋 D13@100(SD420W)	369	92.3
試體三	周中哲等人	2022	450*1100	495*495(箱型鋼柱) 695*695(SRC柱)	4-D32+4-D32(SD420W)	組合箍筋 D13@100(SD420W)	475	118.8
NS	李台光	2023	500*700	700*700(箱型鋼柱)	5-D32+3-D32(SD420W)	1件式箍筋+繫筋 D10@100(SD280W)	487..5	162.5
SS	李台光	2023	500*700	700*700(箱型鋼柱)	5-D32+3-D32(SD420W)	1件式箍筋+繫筋 D10@100(SD280W)	721.5	240.5
SC	李台光	2023	500*700	700*700(箱型鋼柱)	5-D32+3-D32(SD420W)	1件式箍筋+繫筋 D10@100(SD280W)	713.5	237.8
H	李台光	2023	500*700	700*700(箱型鋼柱)	5-D32+3-D32(SD420W)	1件式箍筋+繫筋 D10@100(SD280W)	681.7	227.2

結論與建議

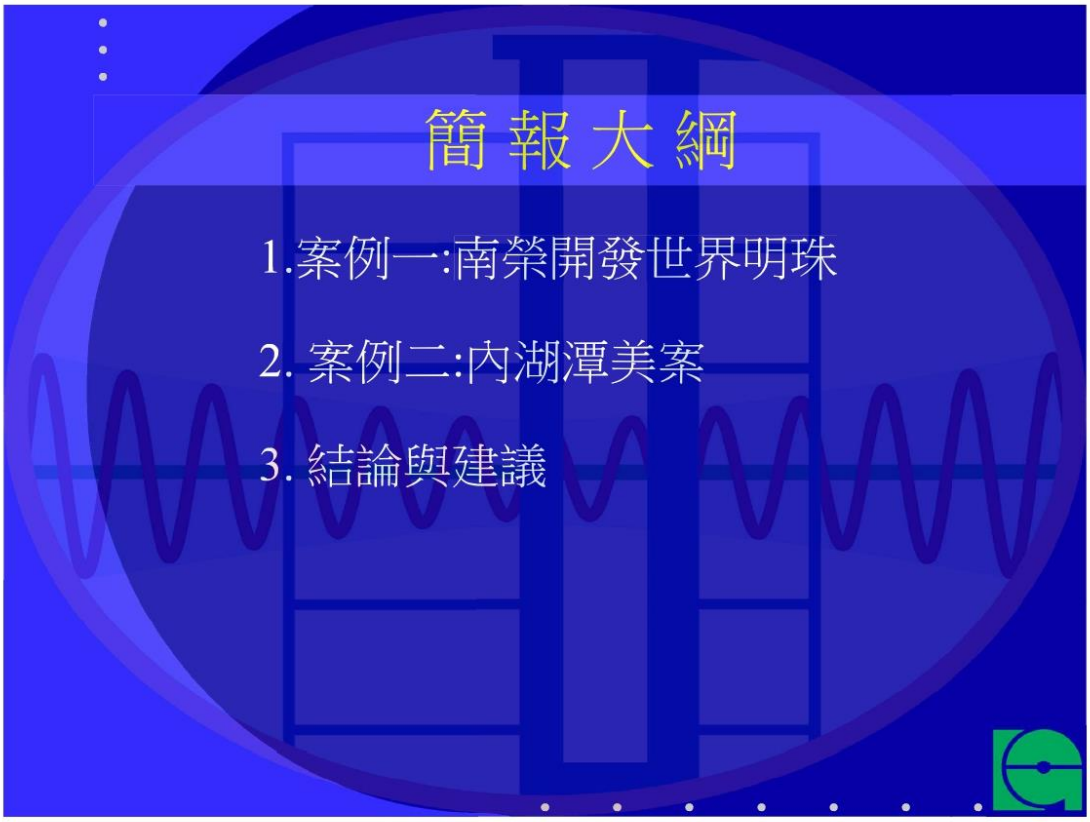
- 鋼筋續接器若銲接及續接品質良好，可有效傳遞RC梁與箱型鋼柱間之剪力，惟傳遞剪力之計算方法，仍待進一步研究。
- 鋼筋續接器之銲接品質，影響RC梁與箱型鋼柱間之剪力傳遞至鉅，應確實做好銲道檢驗工作。
- 國內業界於箱型鋼柱配置刀板式連接板的作法，不利於RC梁與箱型鋼柱間之剪力傳遞，不建議採用。
- 配置於RC梁斷面中間之剪力釘，無法有效傳遞RC梁與箱型鋼柱間之剪力。

40

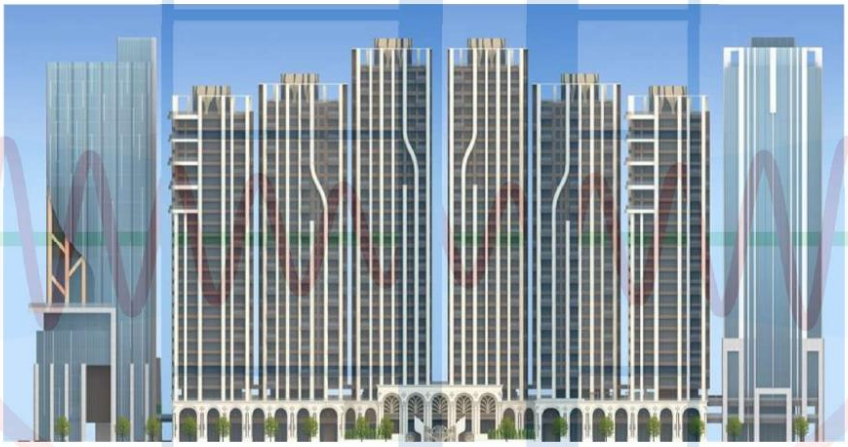
SRC 構造案例分享

張敬昌


SRC構造案例分享
報 告 人 ：張敬昌
永峻工程顧問公司 總經理

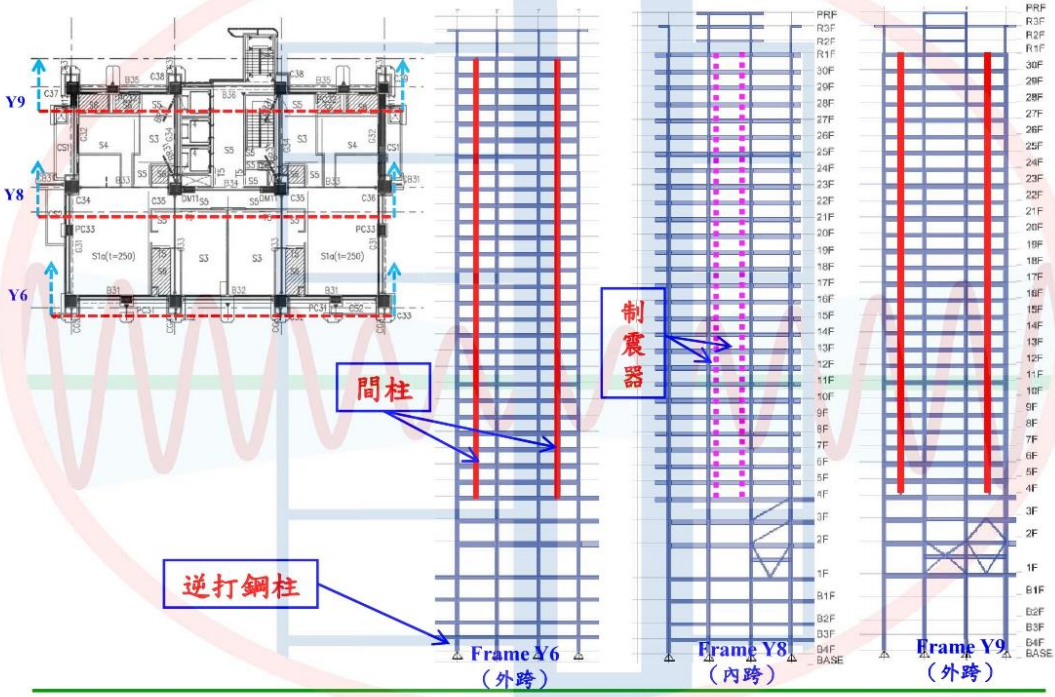

簡 報 大 綱
1.案例一:南榮開發世界明珠
2. 案例二:內湖潭美案
3. 結論與建議

南港輪胎 世界明珠
住宅棟結構規劃說明



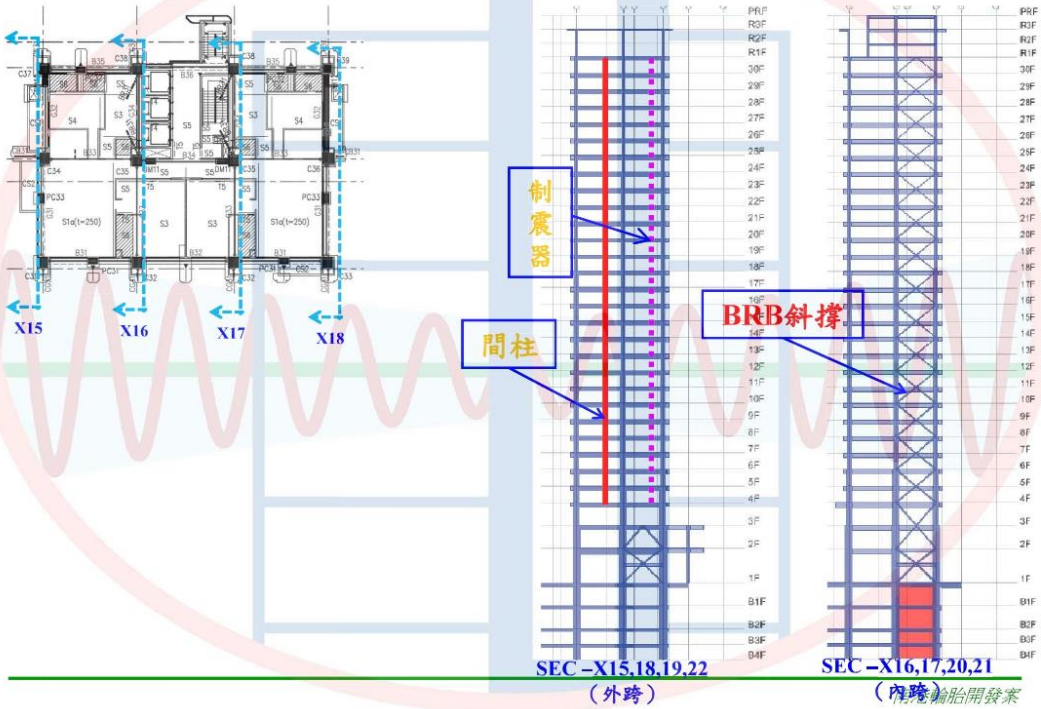
南港輪胎開發案

D、E棟（30F）住宅棟立面(X向 高寬比4.3)



南港輪胎開發案

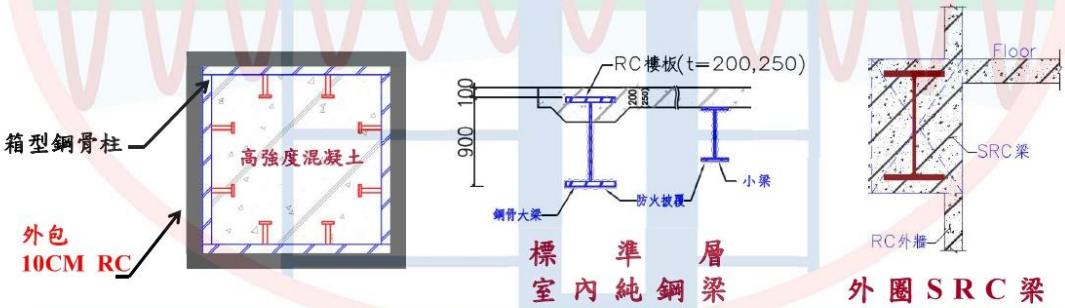
D、E棟（30F）住宅棟立面(Y向 高寬比6.1)



南港輪胎開發案

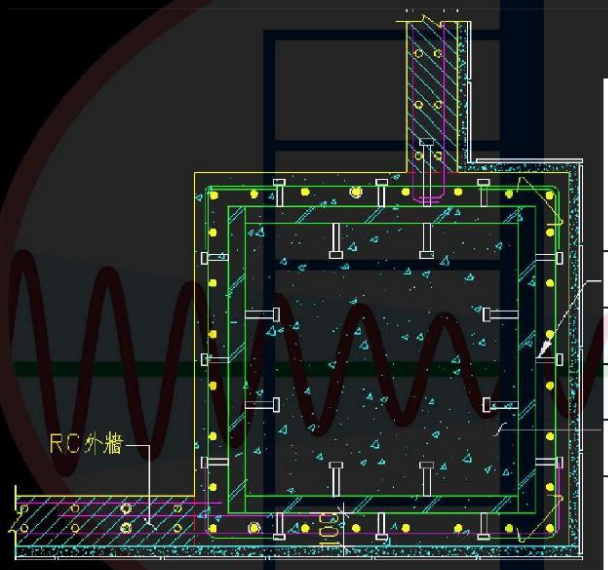
結構構件(住宅棟)

柱	箱型鋼柱內灌高強度混凝土+外包10 cm RC
梁	內：I 型鋼骨大梁、小梁/ 外圈SRC梁
斜撐	挫屈束制斜撐
間柱	H鋼骨外包RC
外牆	現場澆置RC牆
樓板	RC樓板



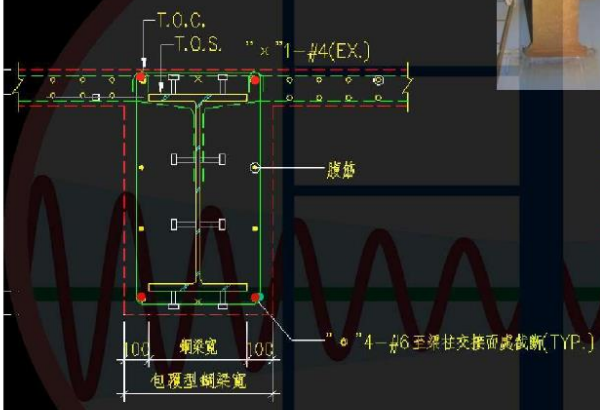
南港輪胎開發案

箱型鋼柱內灌高強度混凝土(CFT柱)

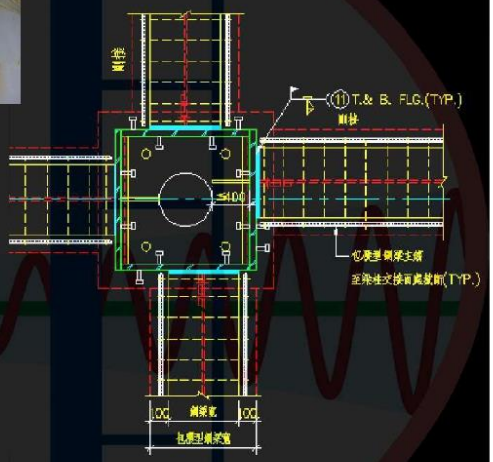


fc'(kgf/cm^2)	住宅區 B～G棟主柱
≧350	19F(含)以上
≧420	13F～18F柱
≧490	7F～12F柱
≧560	4F～6F柱
≧700 (10000psi)	3F（含）以下

包覆型鋼梁



包覆型鋼梁標準斷面圖



梁與箱型鋼柱接合平面示意圖 S:1/15

世界明珠設計地震震度

台北市法規設計標準	一般住辦 I=1.0	商場 I=1.25	世界明珠住宅大樓 I=1.67
小震不壞震度	0.068 G	0.086 G	0.114 G
可修震度	0.24 G	0.30 G	0.41 G
不倒震度	0.32 G	0.40 G	0.53 G

MCE可修!
另加制震

設計性能標準訂定:
-南榮開發林學圃前董事長與洪國雄執行長, 謹此致意
-DISCOVERY頻道全程記錄規劃興建過程的高規格建築工程

9

簡報大綱

1.案例一:南榮開發世界明珠

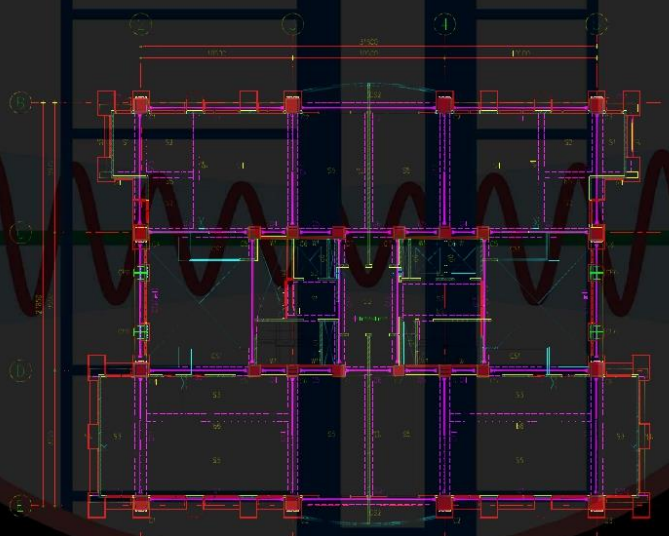
2. 案例二:內湖潭美案

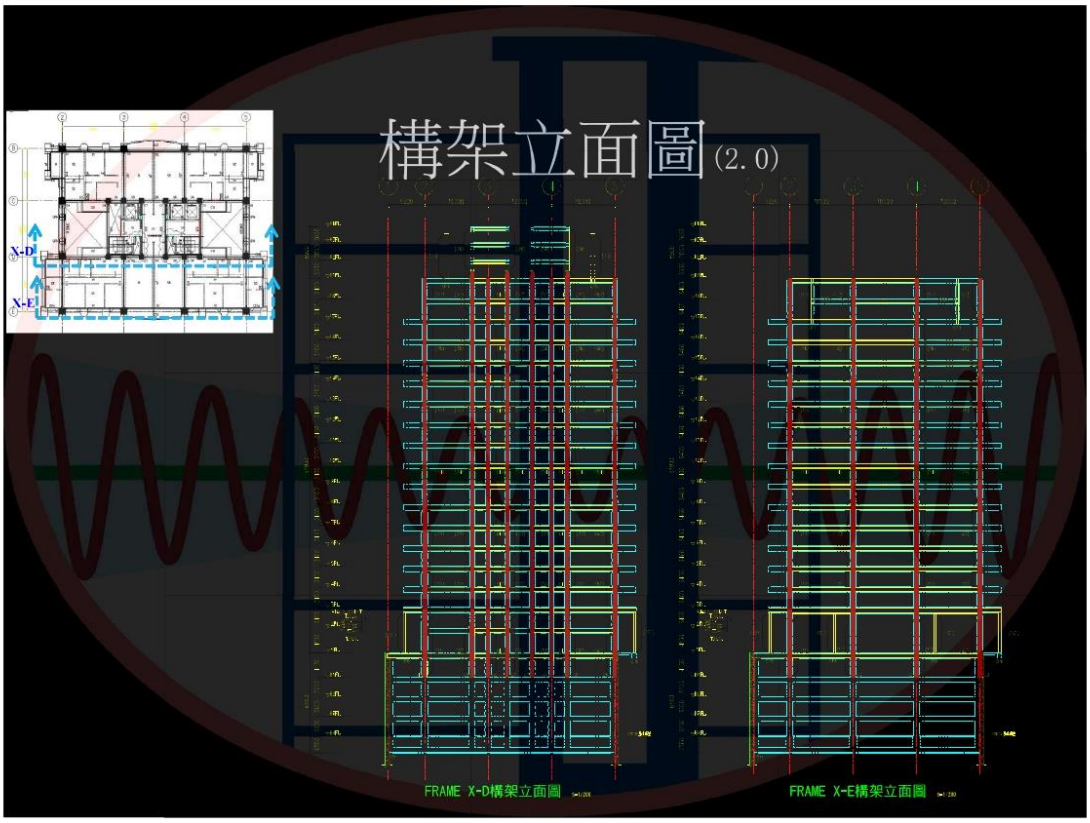
3. 結論與建議

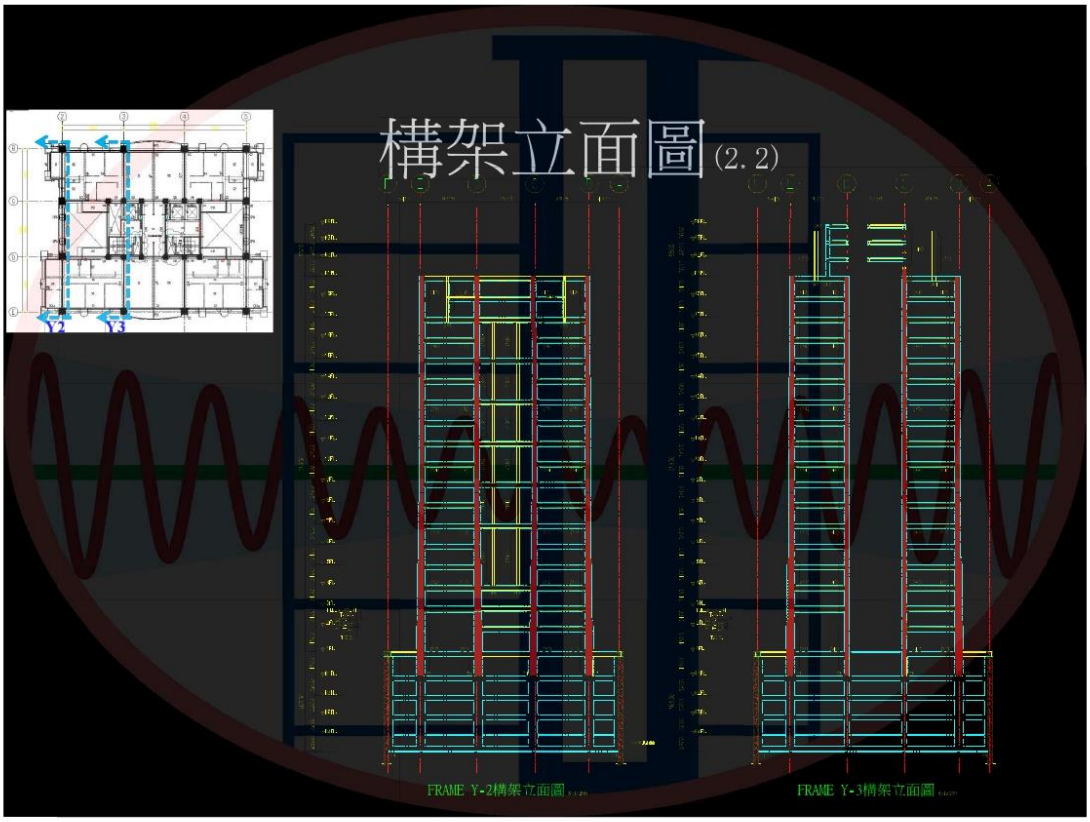
案例二、內湖潭美住宅案

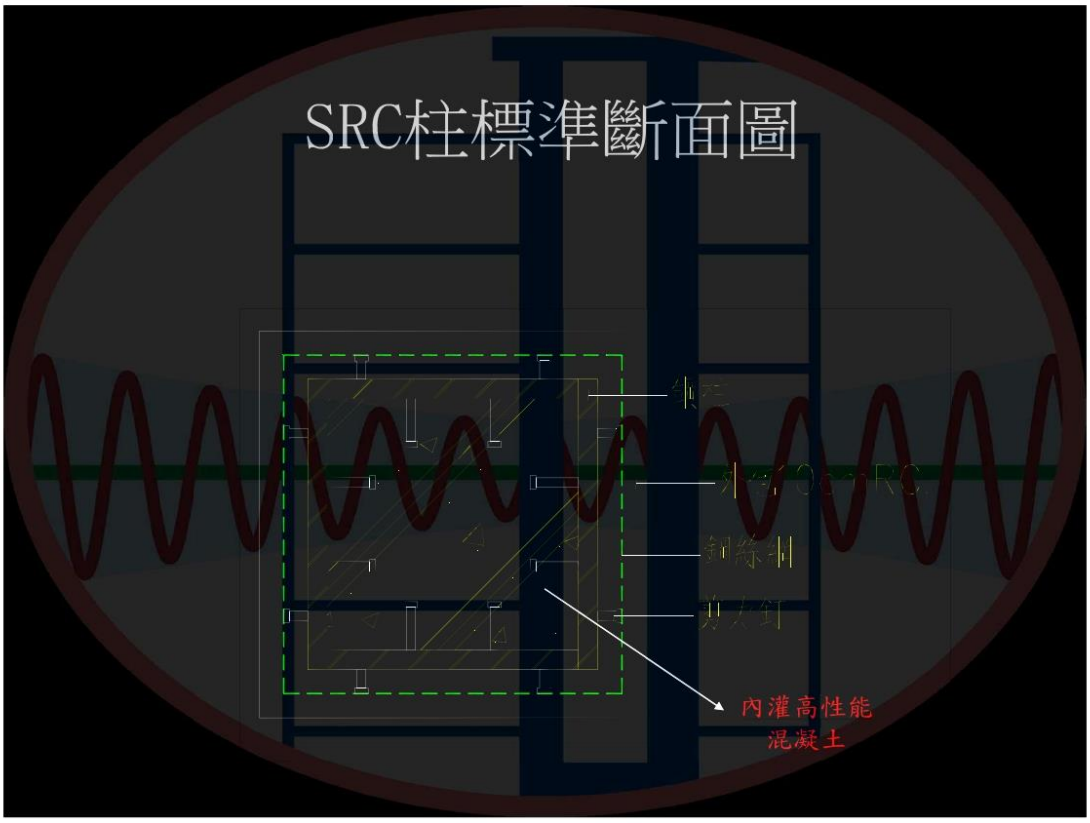
- 樓 層 數 :地上十八層、地下四層
- 地震使用係數: I=1.5
- 結構系統 : 梁柱抗彎矩構架系統(SMRF)
- **構　　造 : 鋼骨混凝土造(SRC)**
- 基　　礎: 筏式基礎(2.8m)， 開挖深度約16.65m
- 地下室外牆 : 80cm厚連續壁，連續壁深33m

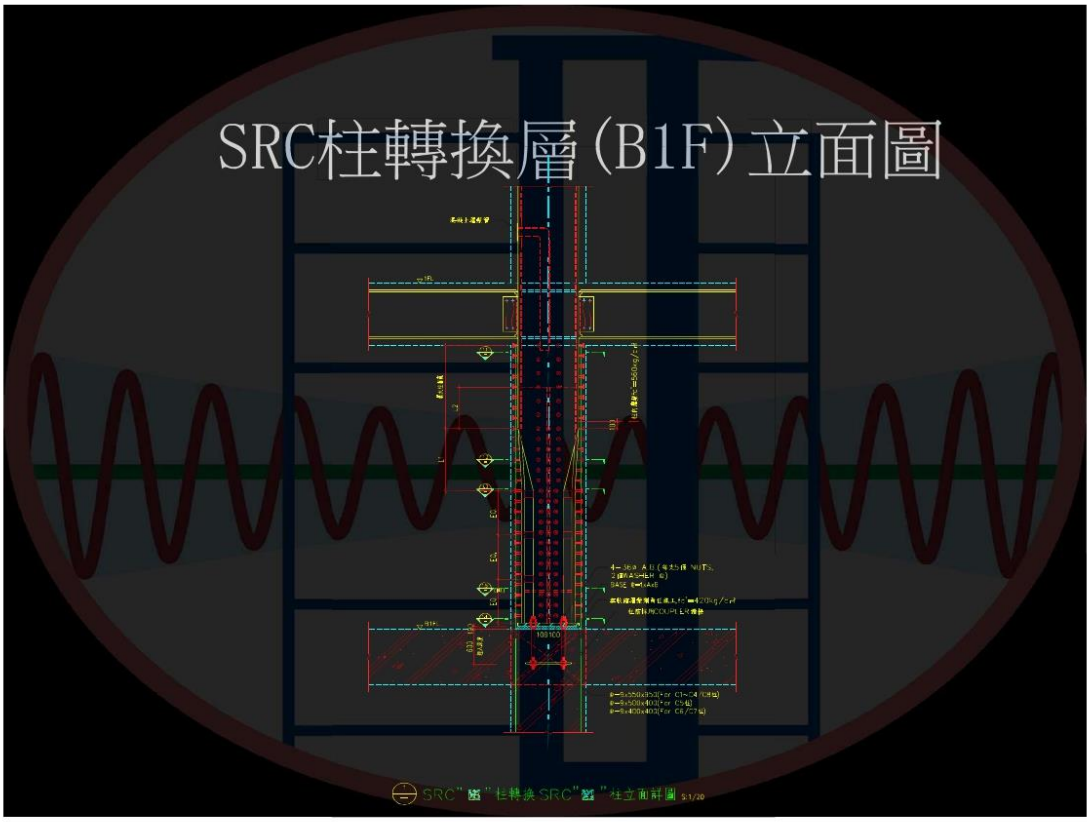
標準層結構平面圖

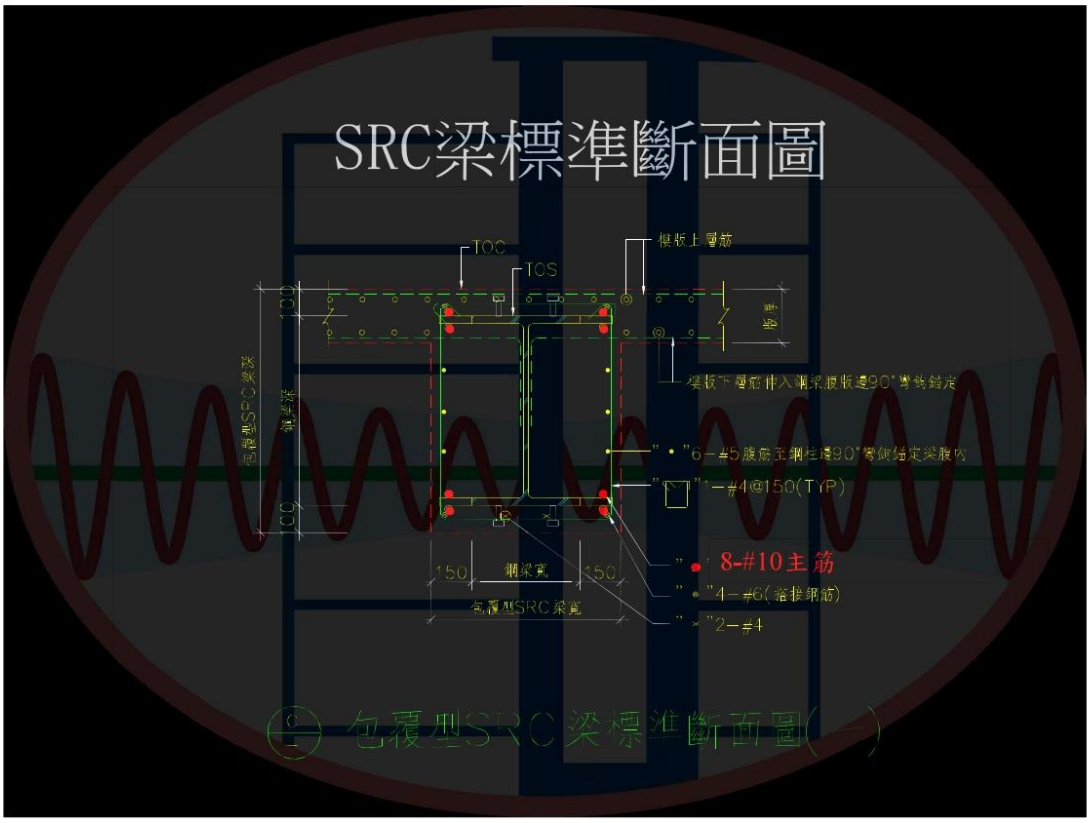


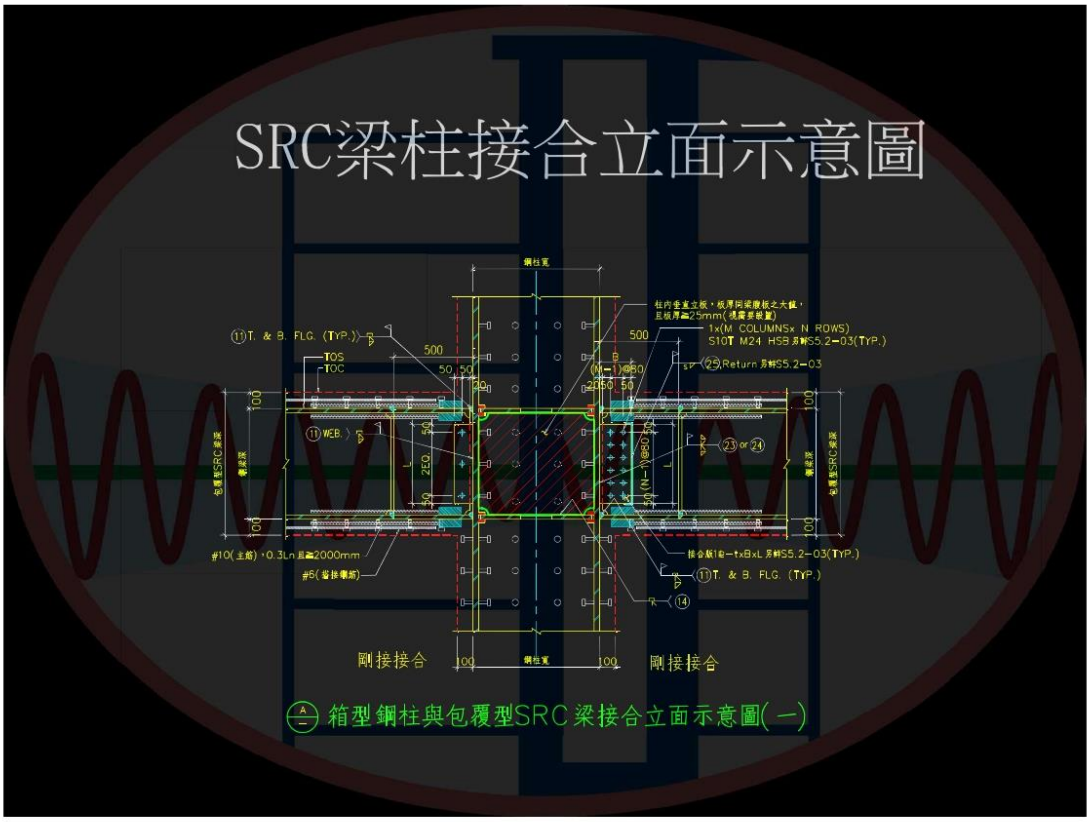

構架立面圖(2.0)
X-D
X-E
FRAME X-D構架立面圖
FRAME X-E構架立面圖

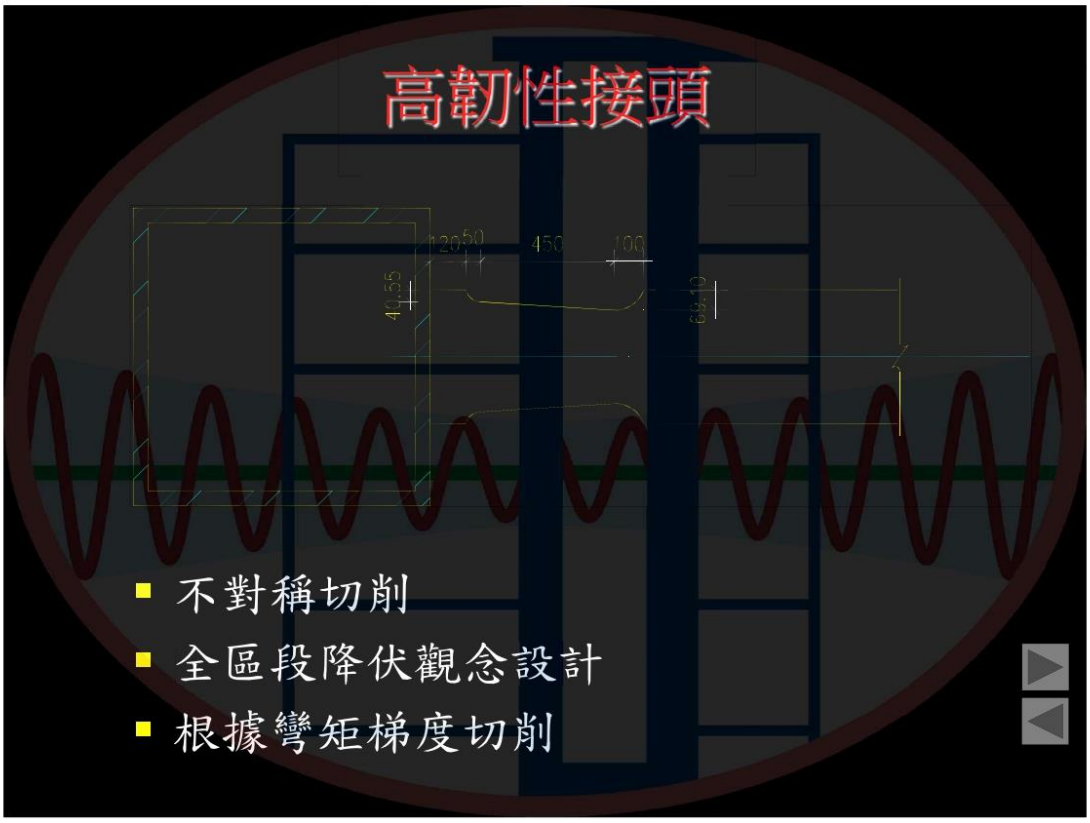

構架立面圖(2.2)
Y2
Y3
FRAME Y-2構架立面圖
FRAME Y-3構架立面圖

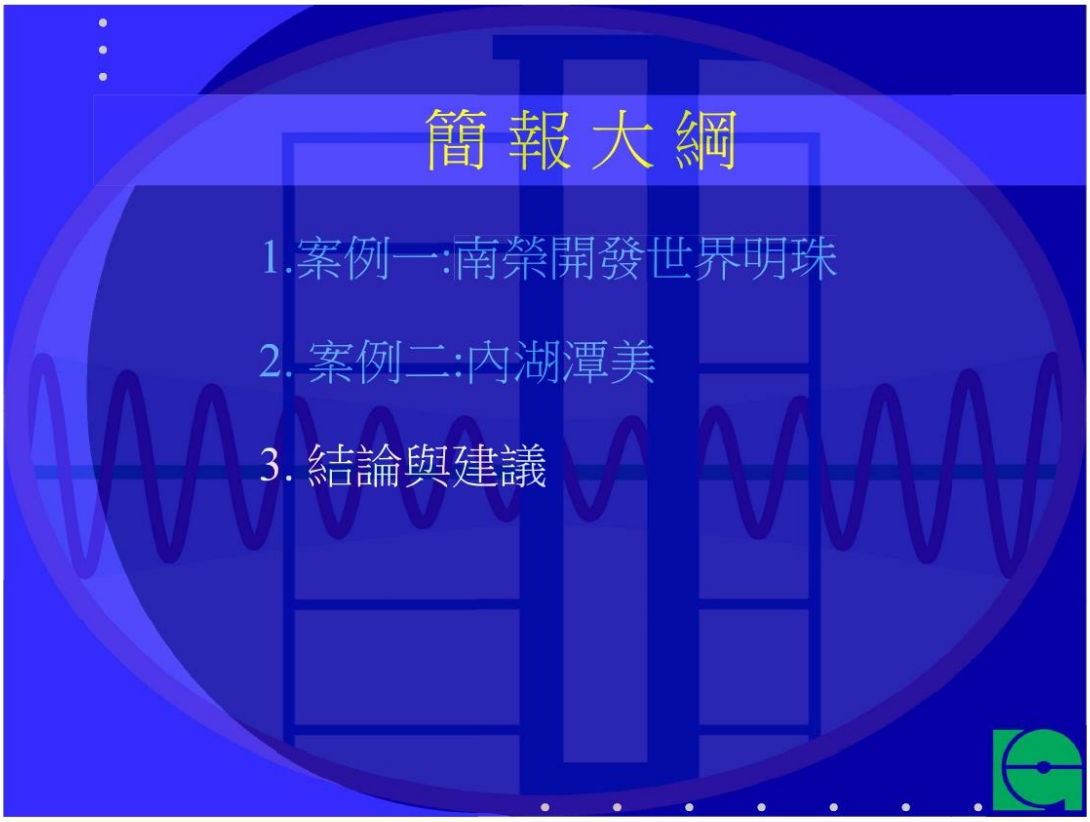

SRC柱標準斷面圖
內灌高性能
混凝土

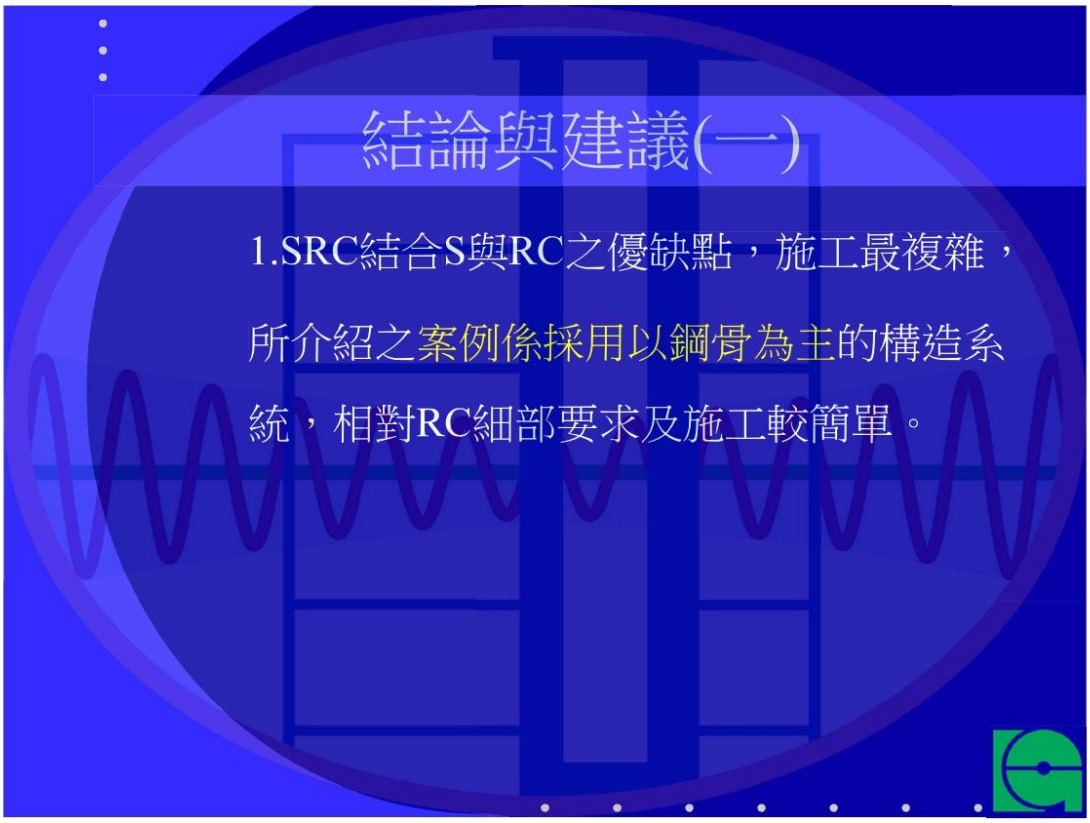

SRC柱轉換層(B1F)立面圖

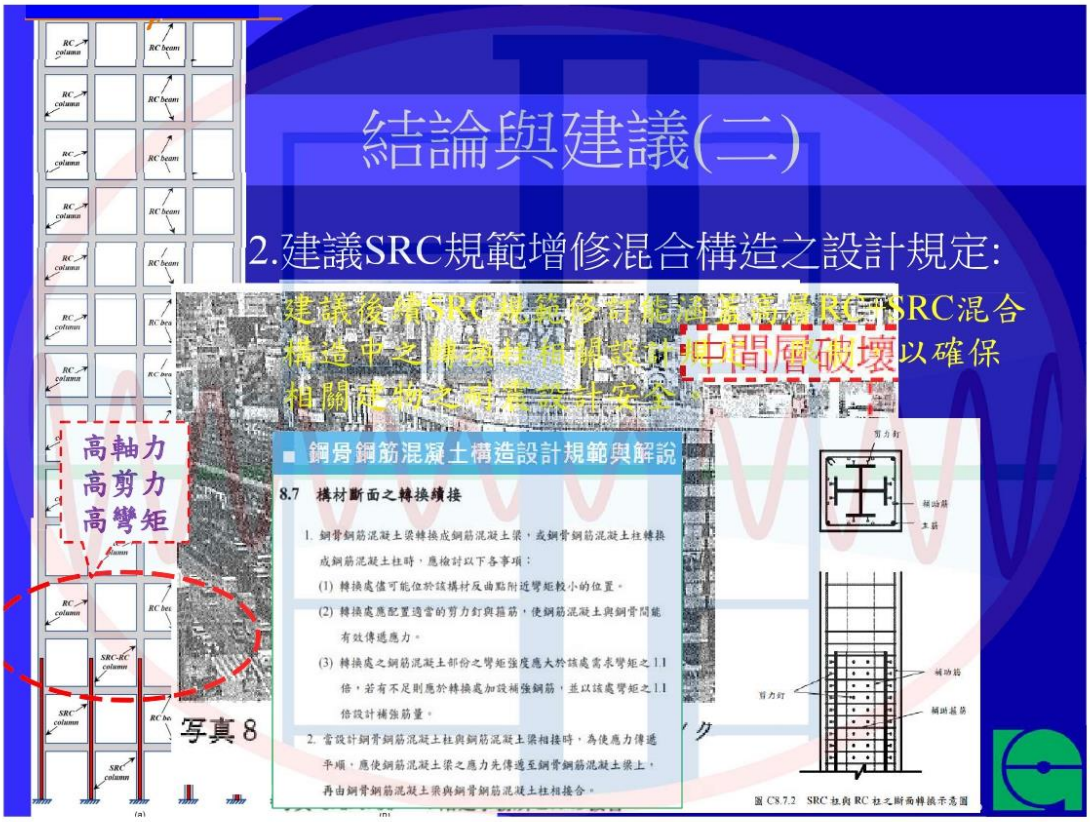

SRC梁標準斷面圖
TOC
TOS
樓版上層筋
樓版下層筋伸入鋼梁腹版處90°彎鉤錨定
6-#5腹筋至鋼柱處90°彎鉤錨定梁腹內
1-#4@150(TYP)
8-#10主筋
4-#6(搭接鋼筋)
2-#4
150
鋼梁寬
150
包覆型SRC梁寬
包覆型SRC梁深
鋼梁深
100
CC
Ⓐ 包覆型SRC梁標準斷面圖(一)

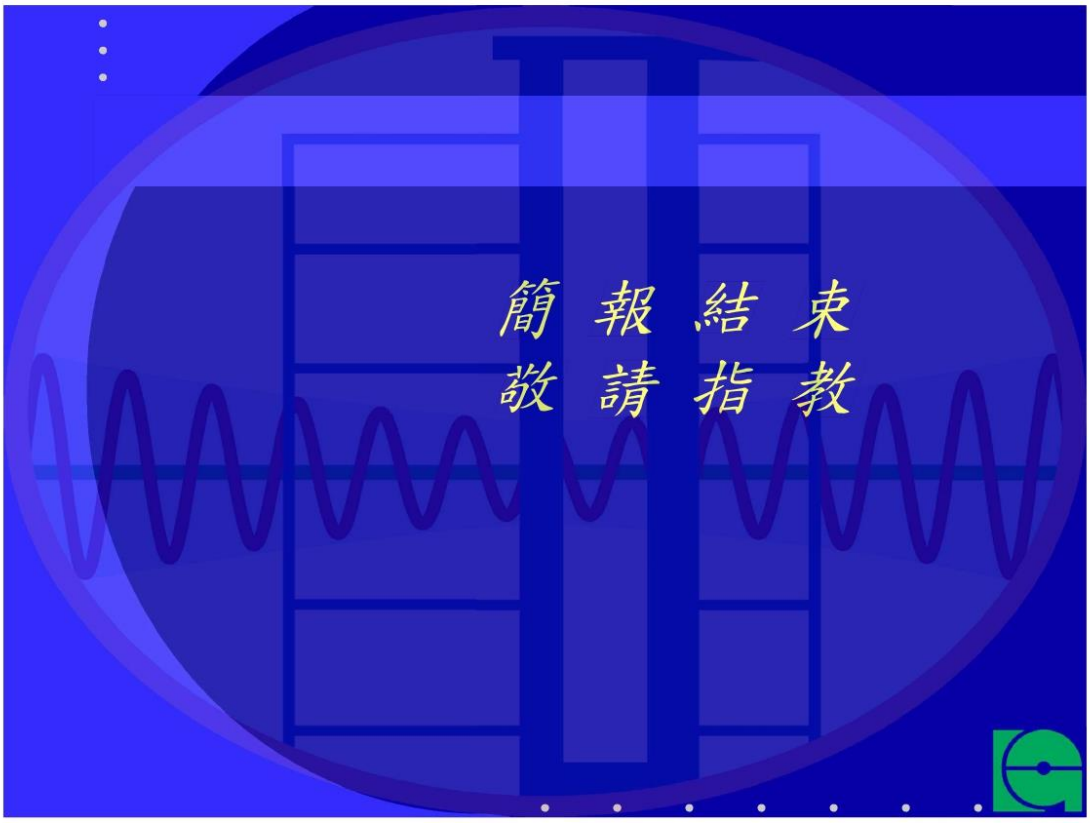

SRC梁柱接合立面示意圖
鋼柱寬
柱內垂直立板，板厚與梁腹板之大鉛，
且板厚≧25mm(填塞焊銲)
1x(M COLUMNSx N ROWS)
S10T M24 HSB 另#S5.2-03(TYP.)
(25)Return 另#S5.2-03
(11)T. & B. FLG. (TYP.)
(11)WEB.
TOS
TOC
500
50 50
2560 50
(N-1)@80
2EQ.
(23)or(24)
包覆型SRC梁深
鋼梁深
100
#10(主筋)+0.3Ln且≧2000mm
#5(搭接鋼筋)
接合版1@-txBxL 另#S5.2-03(TYP.)
(11)T. & B. FLG. (TYP.)
(14)
剛接接合
剛接接合
Ⓐ 箱型鋼柱與包覆型SRC梁接合立面示意圖(一)


高韌性接頭
120
50
450
100
40
55
60
12
不對稱切削
全區段降伏觀念設計
根據彎矩梯度切削


簡報大綱
1.案例一:南榮開發世界明珠
2. 案例二:內湖潭美
3. 結論與建議


結論與建議(一)
1.SRC結合S與RC之優缺點，施工最複雜，
所介紹之案例係採用以鋼骨為主的構造系
統，相對RC細部要求及施工較簡單。


結論與建議(二)
2.建議SRC規範增修混合構造之設計規定:
建議後續SRC規範修訂能考慮RC與SRC混合
構造中之連接柱相關設計，以確保
相關建物之耐震設計安全。
中間層破壞
高軸力
高剪力
高彎矩
鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說
8.7 構材斷面之轉換續接
1. 鋼骨鋼筋混凝土梁轉換成鋼筋混凝土梁，或鋼骨鋼筋混凝土柱轉換成鋼筋混凝土柱時，應檢討以下各事項：
(1) 轉換處儘可能位於該構材反曲點附近彎矩較小的位置。
(2) 轉換處應配置適當的剪力釘與箍筋，使鋼筋混凝土與鋼骨間能有效傳遞應力。
(3) 轉換處之鋼筋混凝土部份之彎矩強度應大於該處需求彎矩之1.1倍，若有不足則應於轉換處加設補強鋼筋，並以該處彎矩之1.1倍設計補強筋量。
2. 當設計鋼骨鋼筋混凝土柱與鋼筋混凝土梁相接時，為使應力傳遞平順，應使鋼筋混凝土梁之應力先傳遞至鋼骨鋼筋混凝土梁上，再由鋼骨鋼筋混凝土梁與鋼骨鋼筋混凝土柱相接合。
剪力釘
補助筋
主筋
補助筋
剪力釘
補助箍筋
圖 C8.7.2 SRC 柱與 RC 柱之斷面轉換示意圖
写真 8


簡 報 結 束
敬 請 指 教

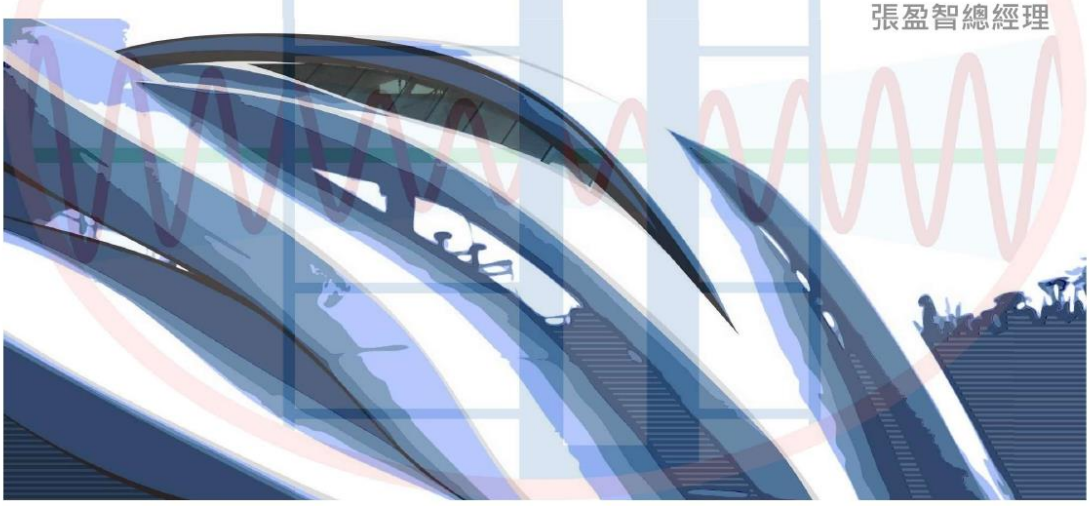
SRC 應用案例分享

張盈智

SRC應用案例分享

112/11/17

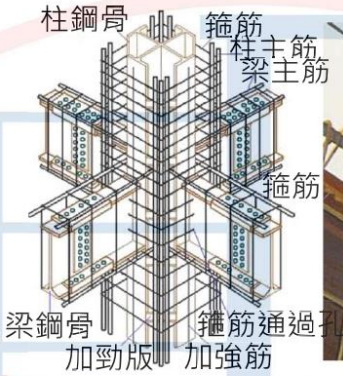
築遠工程顧問有限公司
張盈智總經理

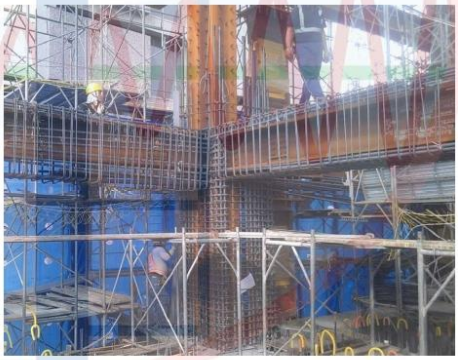


SRC

Steel / **R**einforcement / **C**oncrete

SRC 施工照片

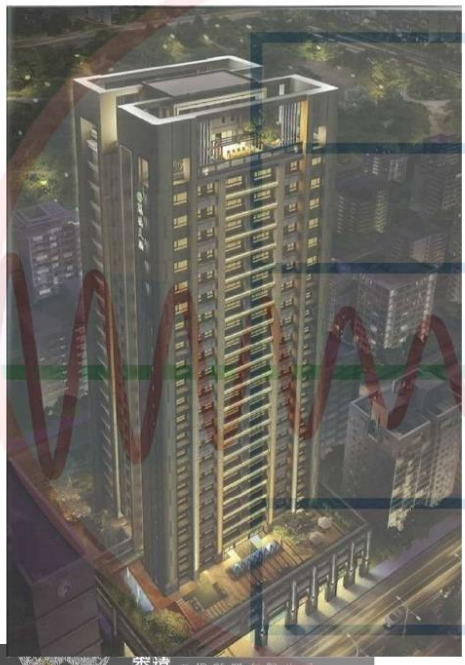




SRC 施工照片

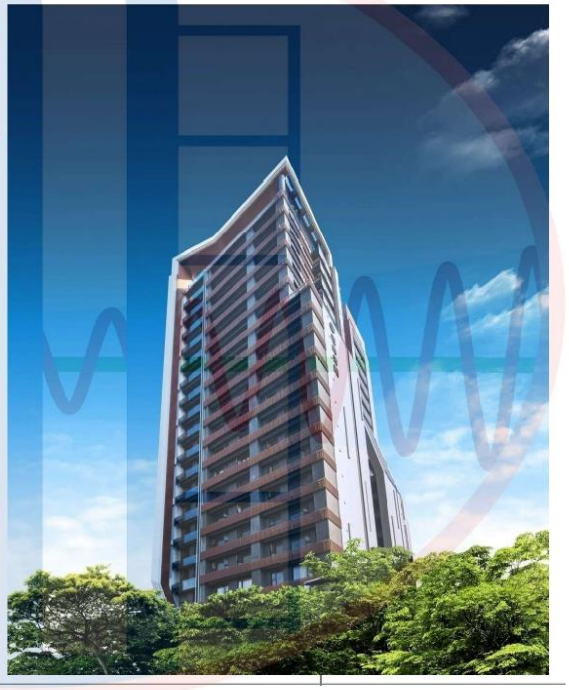
冠德天驕(已完工)

PGA建築師事務所



冠德愛閱(已完工)

PGA建築師事務所



宏普頤和(已完工)

林秀芬建築師事務所

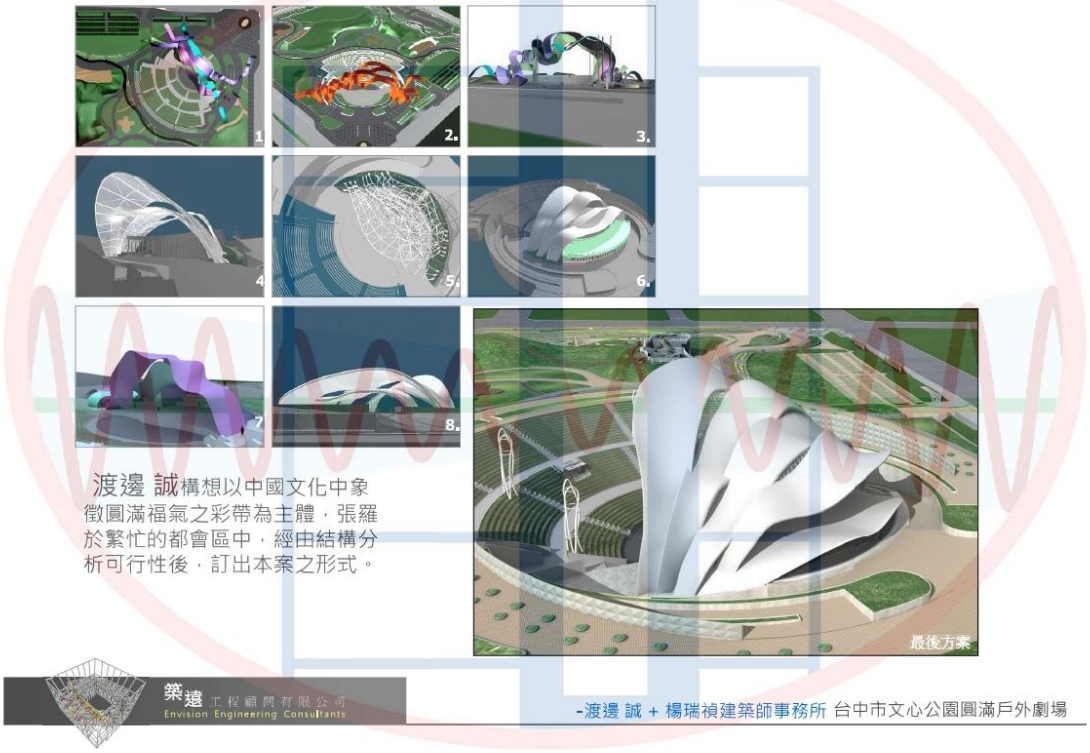

新美齊画世代(施工中)
Under Construction
吳非士建築師事務所

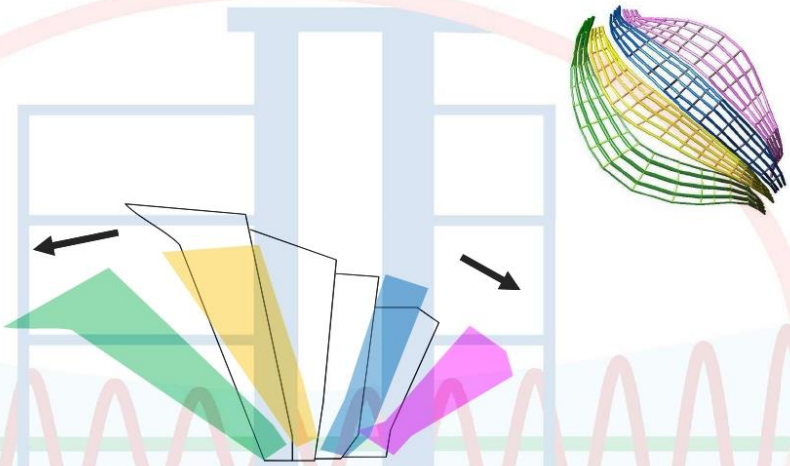

統創曜(施工中)
黃宏輝建築師事務所

使用SRC原因

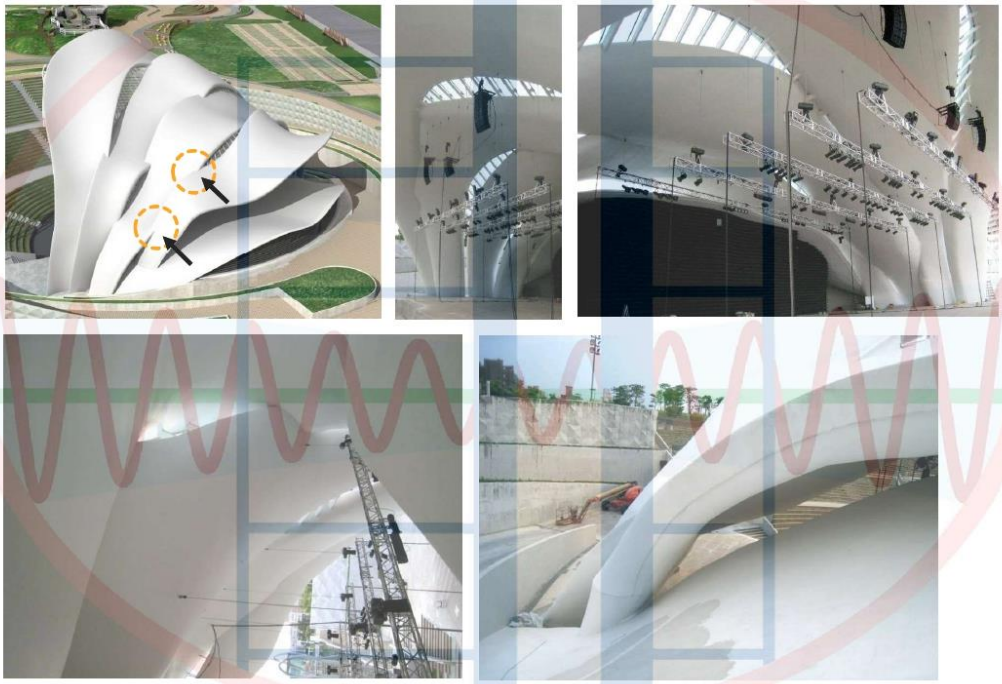
- 強度需求
- 界面轉換

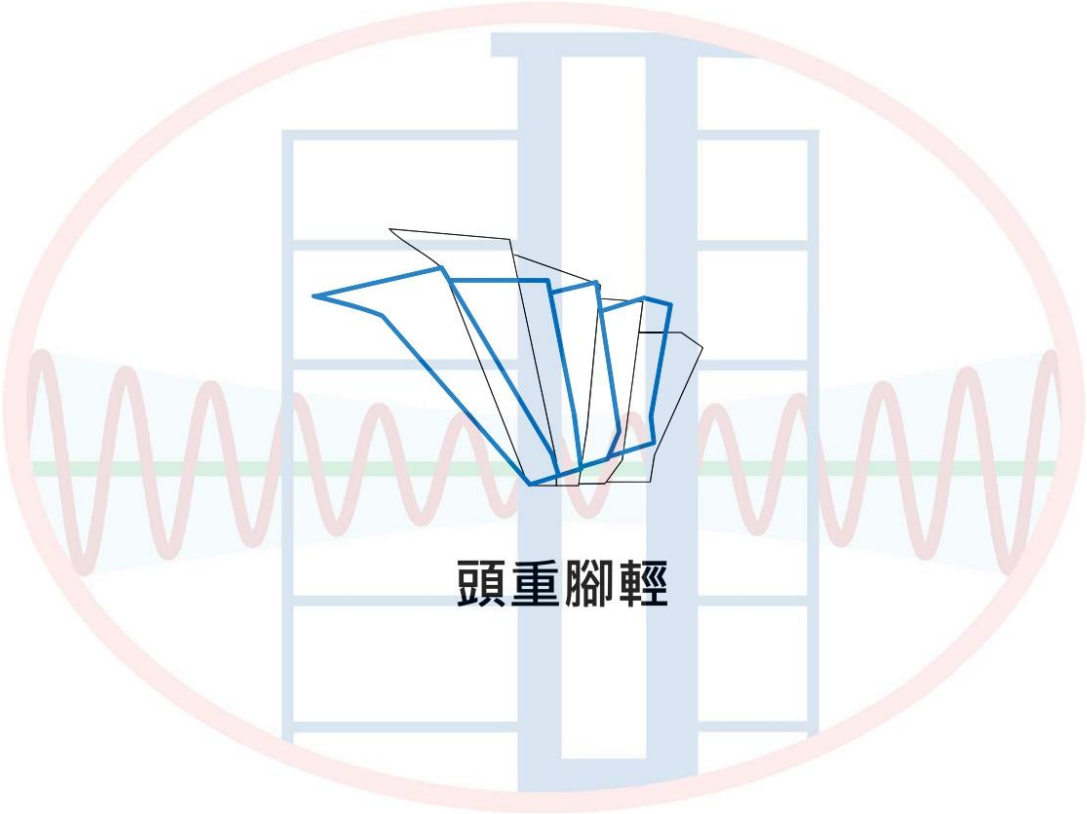

台中圓滿劇場


1
2.
3.
4
5.
6.
7
8.
渡邊 誠構想以中國文化中象徵圓滿福氣之彩帶為主體，張羅於繁忙的都會區中，經由結構分析可行性後，訂出本案之形式。
最後方案
築遠 工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants
-渡邊 誠 + 楊瑞禎建築師事務所 台中市文心公園圓滿戶外劇場



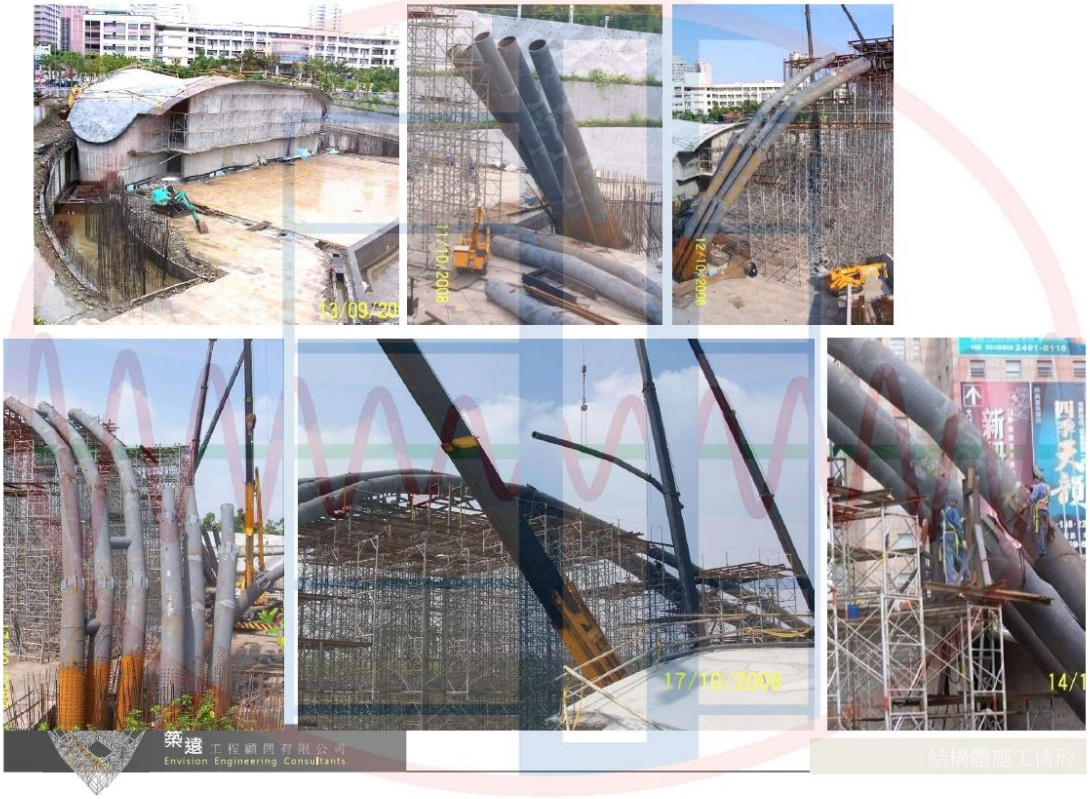
穩定性不理想




頭重腳輕

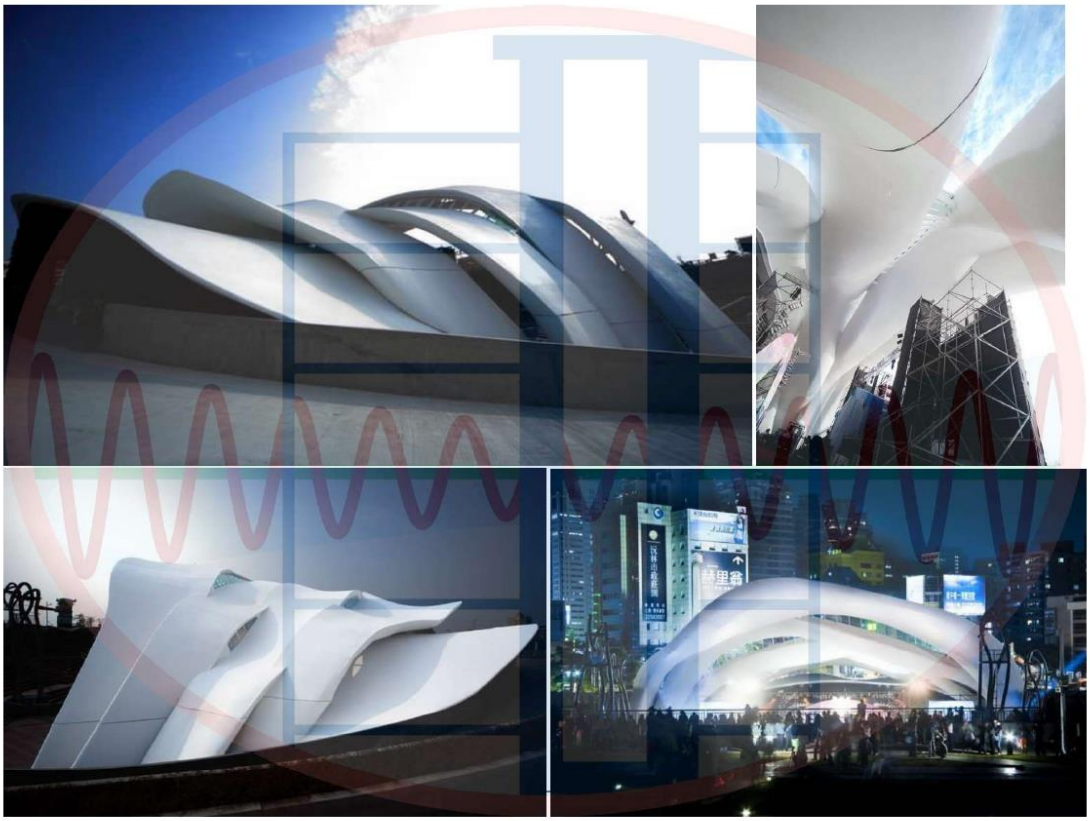

SS(輕)
SRC(重)
底部SRC
+很重的大腳

基礎施工情形

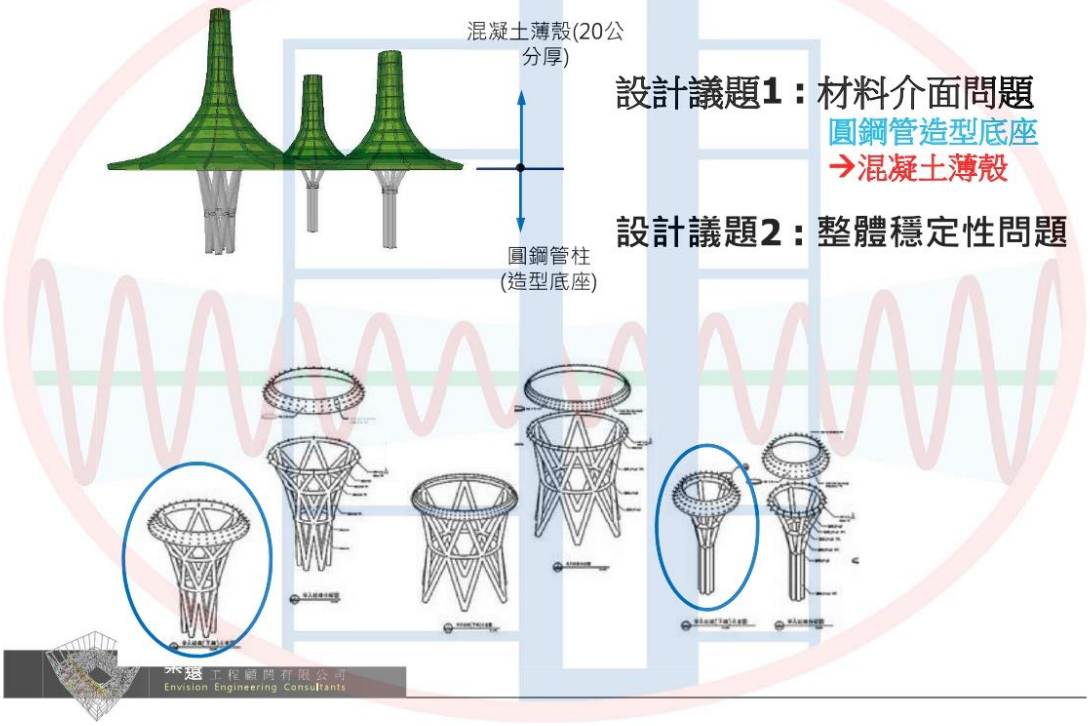


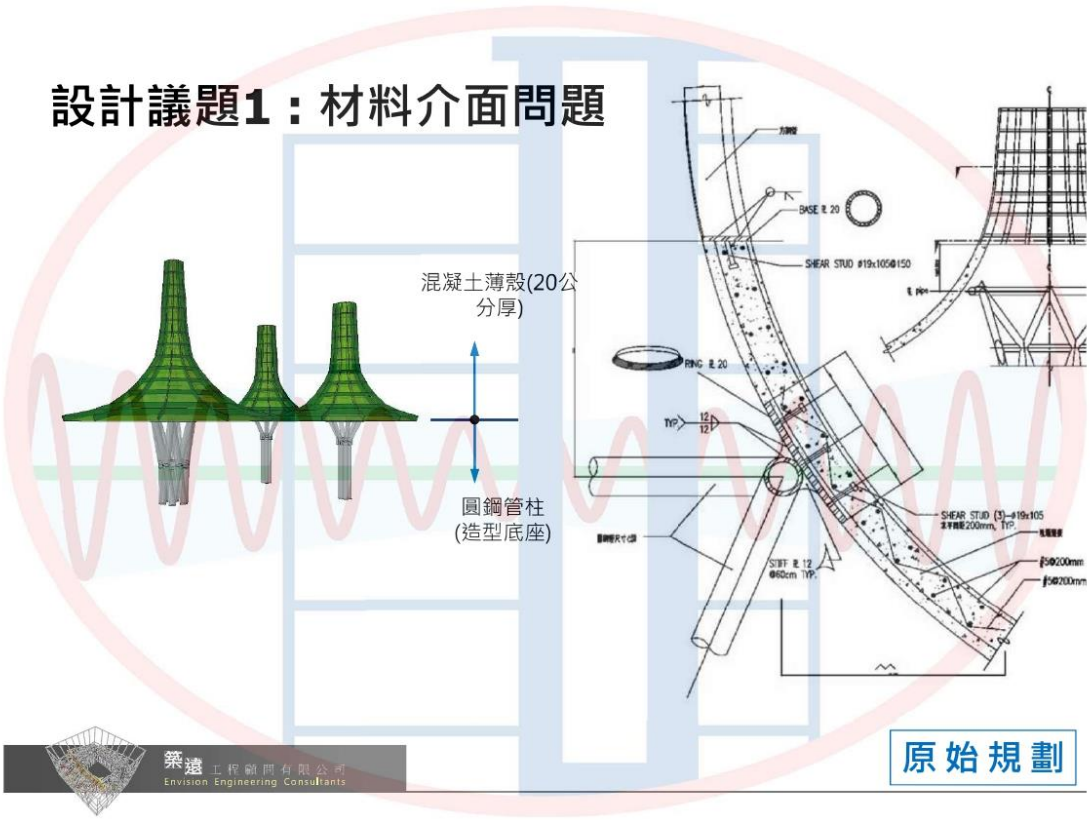
結構體施工情形

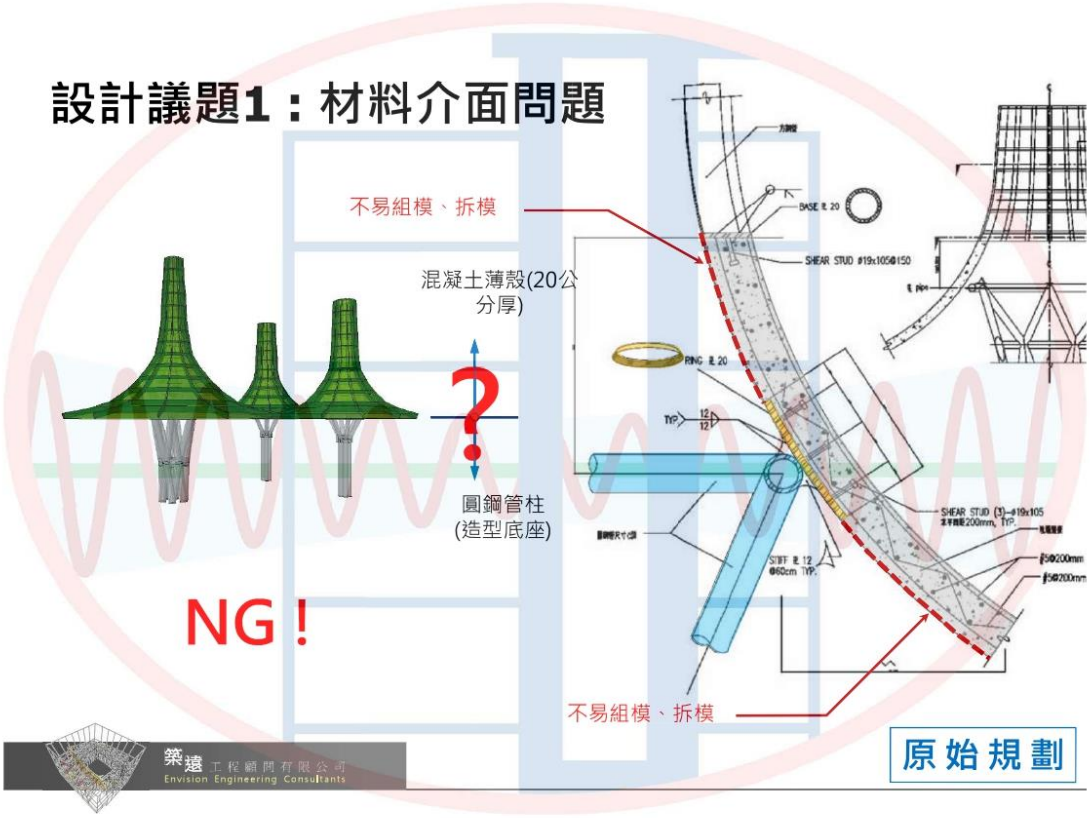

築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

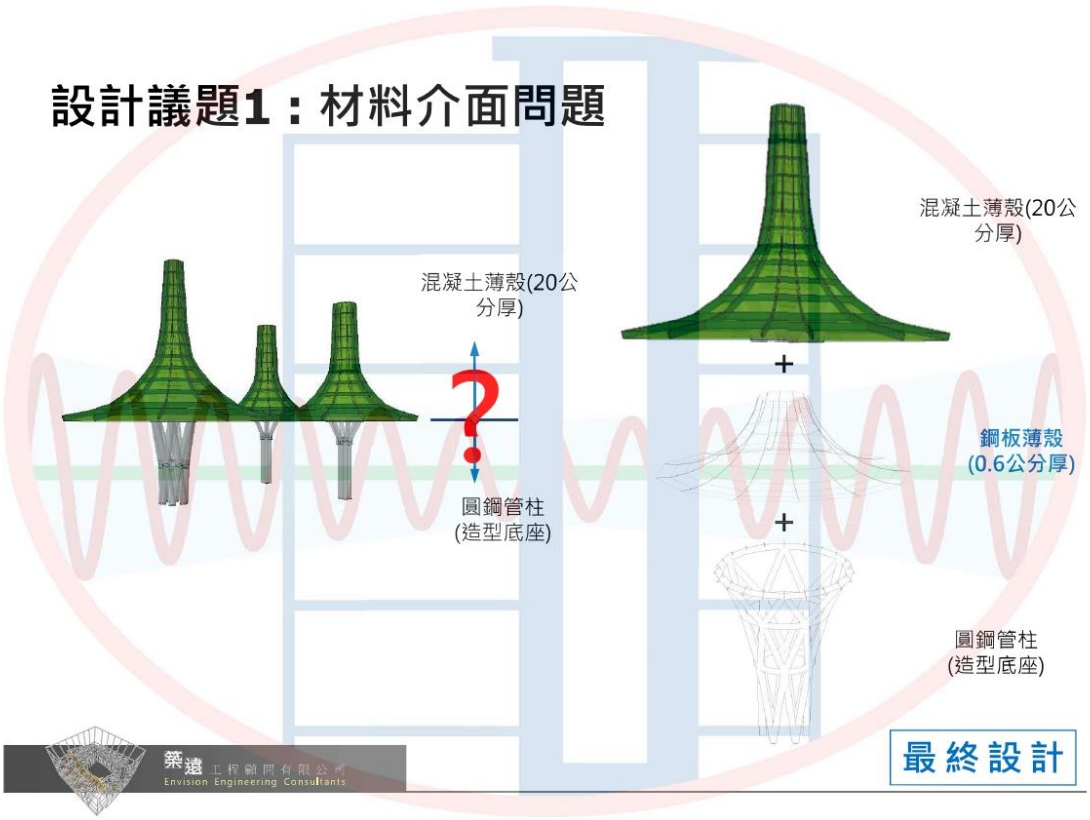


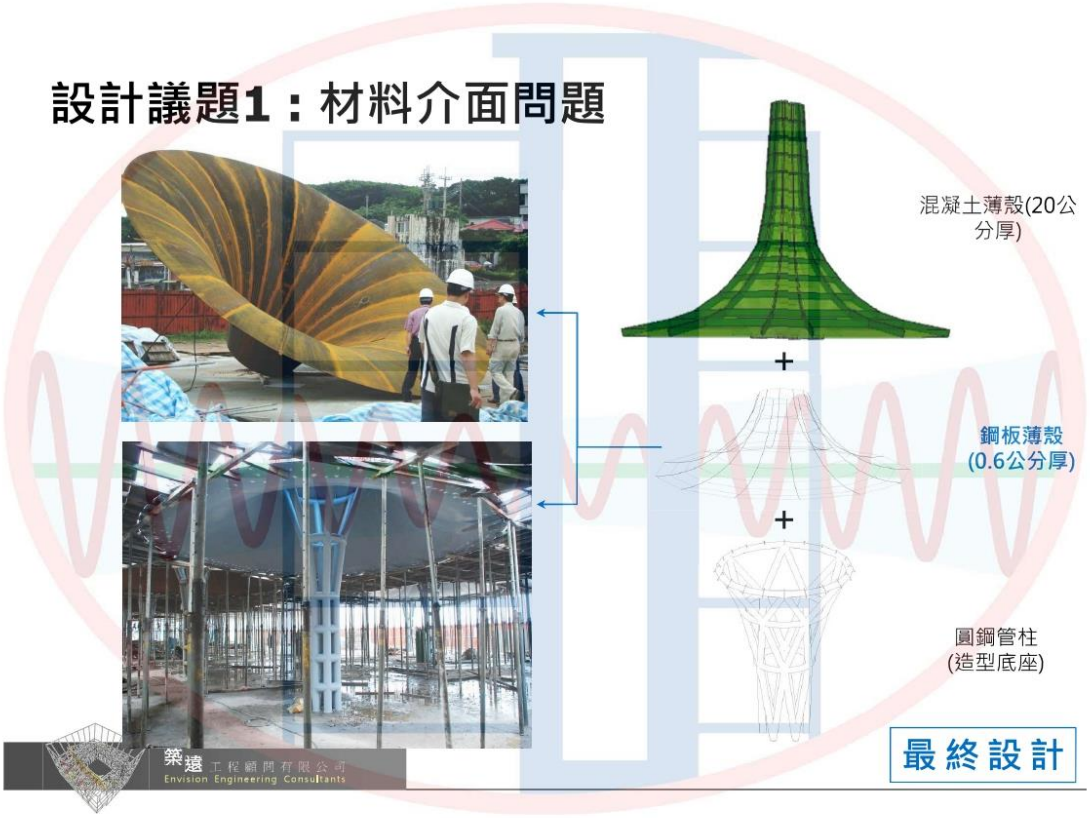

富基漁港
PROCESSING WASTEWATER
築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants


混凝土薄殼(20公分厚)
圓鋼管柱
(造型底座)
設計議題1：材料介面問題
圓鋼管造型底座
→混凝土薄殼
設計議題2：整體穩定性問題
築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants


設計議題1：材料介面問題
混凝土薄殼(20公分厚)
圓鋼管柱
(造型底座)
原始規劃
築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

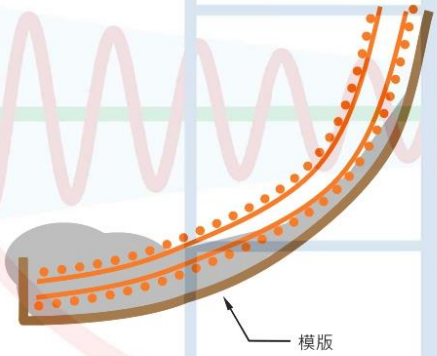

設計議題1：材料介面問題
不易組模、拆模
混凝土薄殼(20公分厚)
圓鋼管柱
(造型底座)
NG！
不易組模、拆模
原始規劃
築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

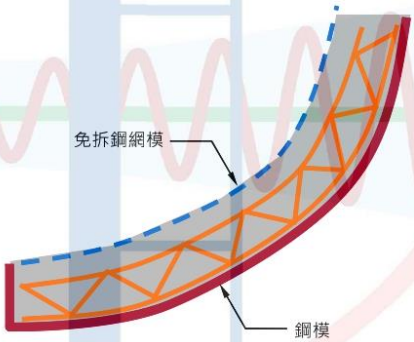

設計議題1：材料介面問題
混凝土薄殼(20公分厚)
混凝土薄殼(20公分厚)
圓鋼管柱
(造型底座)
鋼板薄殼
(0.6公分厚)
圓鋼管柱
(造型底座)
最終設計
築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants


設計議題1：材料介面問題
混凝土薄殼(20公分厚)
鋼板薄殼
(0.6公分厚)
圓鋼管柱
(造型底座)
最終設計
築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

斜板灌漿工法

- 斜面RC板灌漿困難
  →雙面模不易施作
- →上層改用免拆模
  →下層採用鋼模



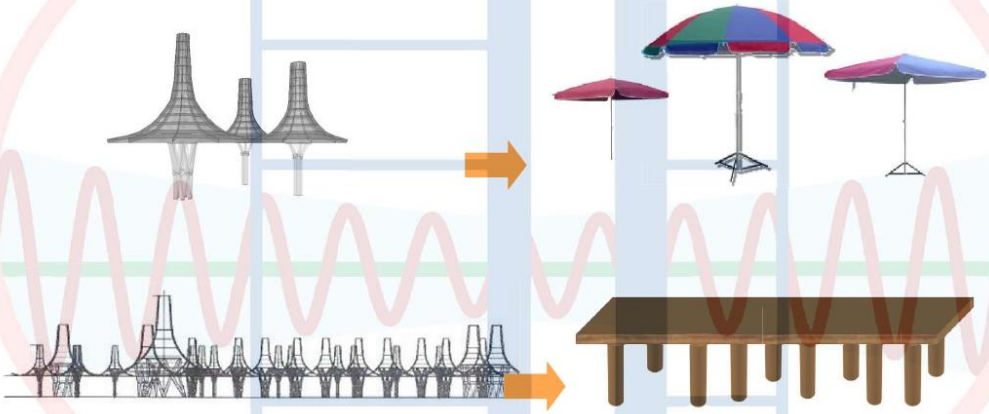


築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

鋼模+K-truss+免拆鋼網(模)

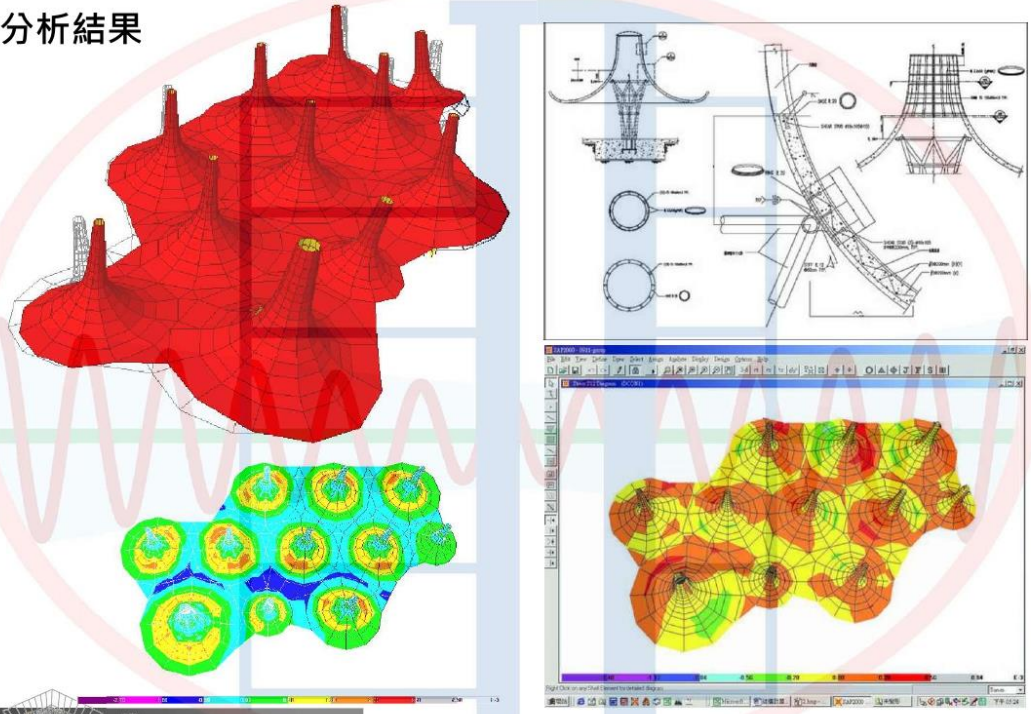
築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

設計議題2：穩定性問題



築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

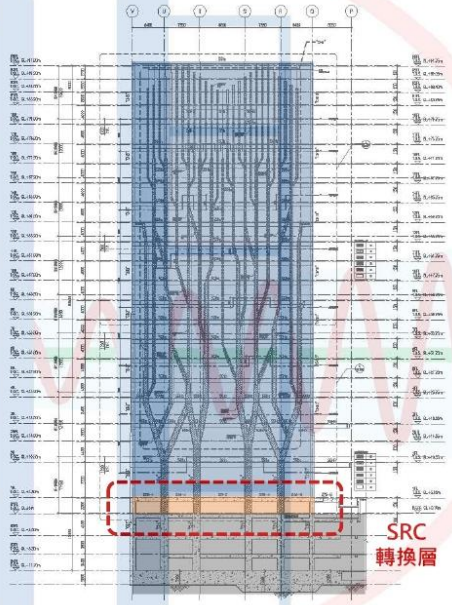
分析結果



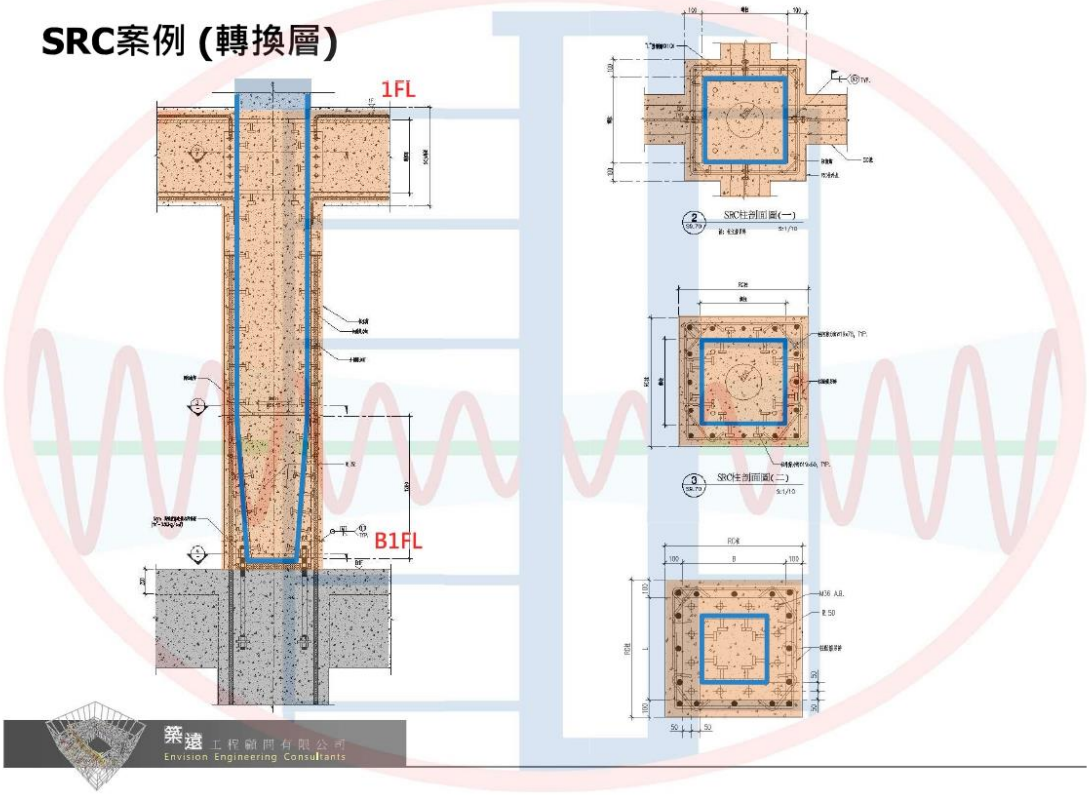
築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants


築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

SRC案例 (轉換層)



築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

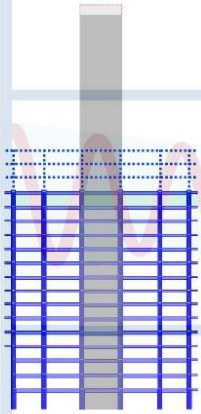

SRC案例 (轉換層)
1FL
B1FL
築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

SRC剪力牆?

工法說明

核心筒爬模

	SS構造
	RC剪力牆 (SRC剪力牆)

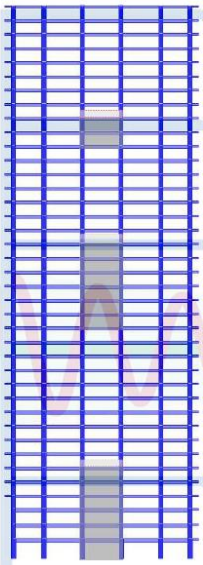


築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

工法說明(揚昇君臨案)

地上三順打

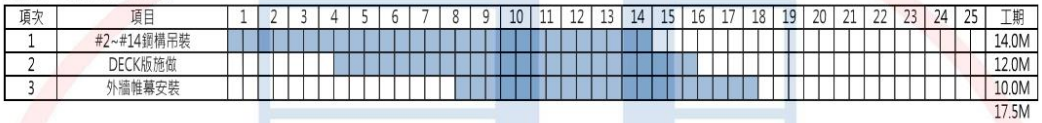
	SS構造
	RC包覆



築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

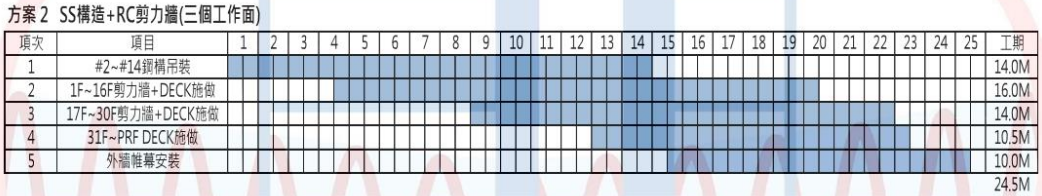
工期比較(僅地上層)

方案 1 SS構造+BRB斜撐



項次	項目	工期
1	#2~#14鋼構吊裝	14.0M
2	DECK版施做	12.0M
3	外牆帷幕安裝	10.0M
		17.5M

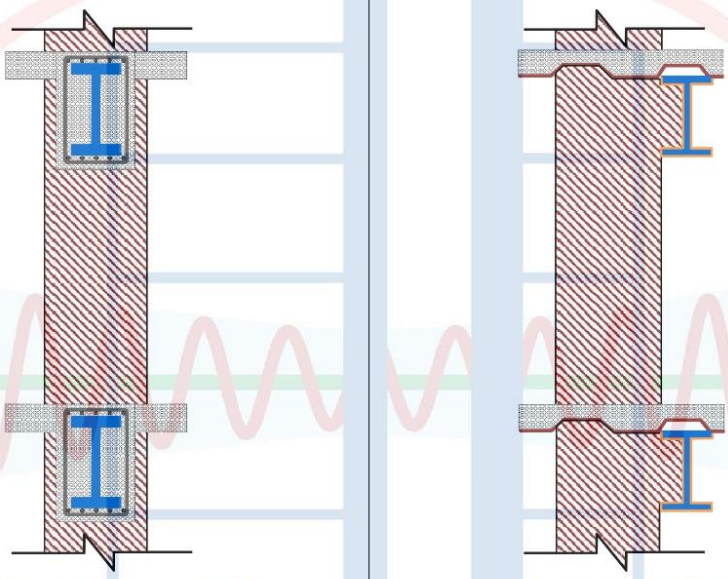
方案 2 SS構造+RC剪力牆(三個工作面)



項次	項目	工期
1	#2~#14鋼構吊裝	14.0M
2	1F~16F剪力牆+DECK施做	16.0M
3	17F~30F剪力牆+DECK施做	14.0M
4	31F~PRF DECK施做	10.5M
5	外牆帷幕安裝	10.0M
		24.5M

築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

SS構造與剪力牆接合形式

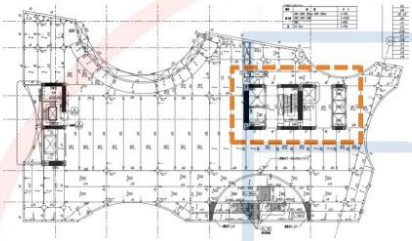


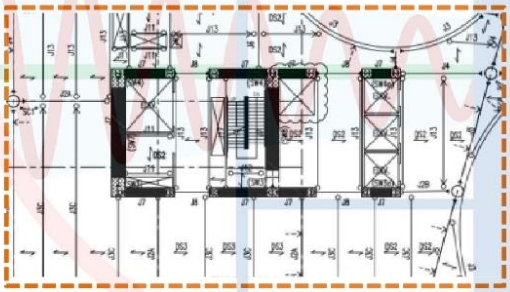
剪力牆上方採 SRC 大梁　　剪力牆避開梁位

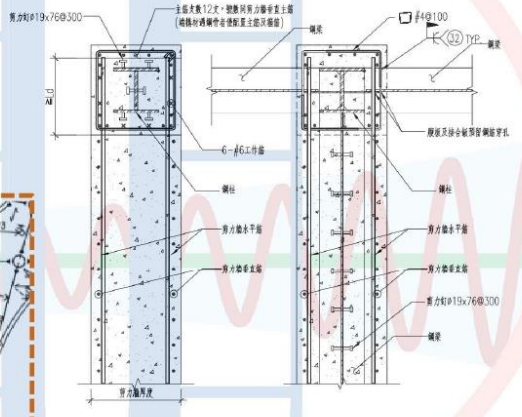
築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

SS+SRC剪力牆參考案例(希望廣場)

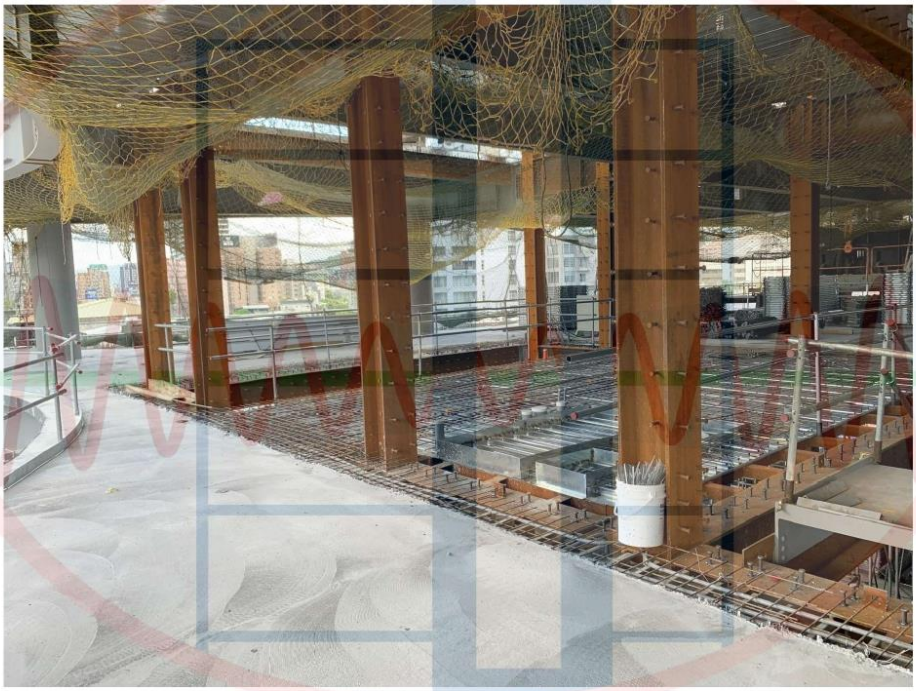
SS構造與RC剪力牆接合形式





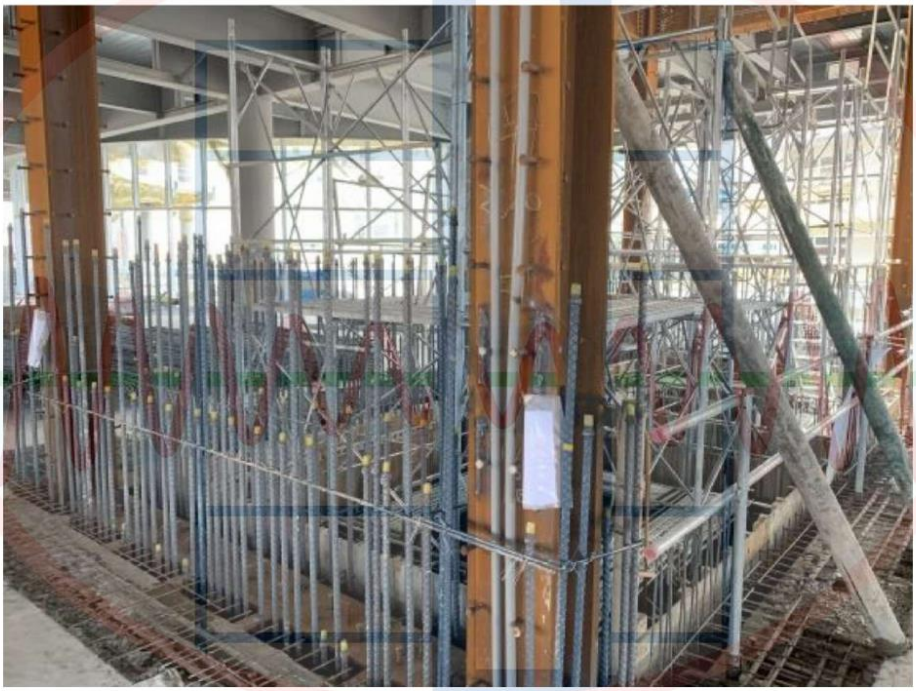


剪力牆施工照片(希望廣場)



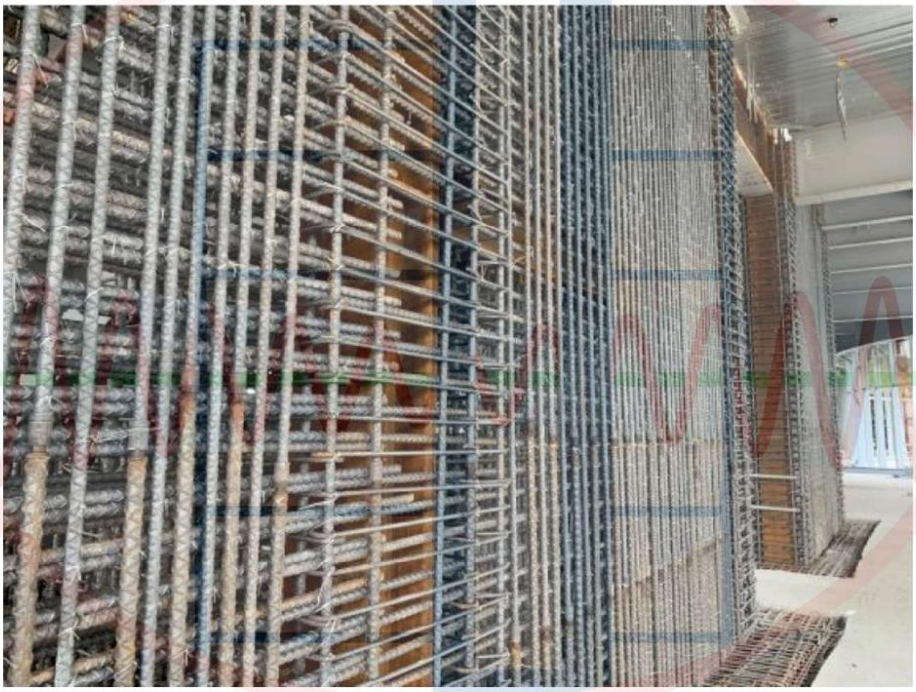
剪力牆施工照片

剪力牆施工照片



剪力牆施工照片

剪力牆施工照片



剪力牆施工照片

剪力牆施工照片

剪力牆施工照片

SRC

Steel / Reinforcement / Concrete

材料強度貢獻

假設結構設計強度需求為10單位強度，
下表為不同工法中各材料所貢獻之單位強度。

各材料強度貢獻	SC 鋼骨混凝土	SRC 鋼骨鋼筋混凝土	SRC_2 鋼骨鋼筋混凝土
Steel 鋼骨	10	6	3
Rebar 鋼筋	0	3	5
Concrete 混凝土	0	1	2
材料貢獻之強度總計	10	10	10

築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

SRC

Steel / Reinforcement / Concrete

材料強度貢獻(考慮施工等因素)

各材料強度貢獻	SC 鋼骨混凝土	SRC 鋼骨鋼筋混凝土	SRC_2 鋼骨鋼筋混凝土
Steel 鋼骨	10	6	3
Rebar 鋼筋	0 x 0.8 = 0	3 x 0.8 = 2.4	5 x 0.8 = 4.0
Concrete 混凝土	0 x 0.8 = 0	1 x 0.8 = 0.8	2 x 0.8 = 1.6
材料貢獻之強度總計	10	9.2	8.6

材料強度不因施工因素影響

材料強度因施工品質而打折

築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

SRC = S + R + C

築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

改良版 SRC ?

SRC 改良版?

SRC = S + R + C

	1	2	3	4	5	6	...
梁	SRC	1/3 SRC	SC	SRC	S	RC	...
柱	SRC	1/3 SRC	SRC	RC	RC	S	...

築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

SRC = S + R + C

	1	2	3	4	5	6	7
梁	SRC	1/3 SRC	SC	SRC	S	RC	S
柱	SRC	1/3 SRC	SRC	RC	RC	S	PC

築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

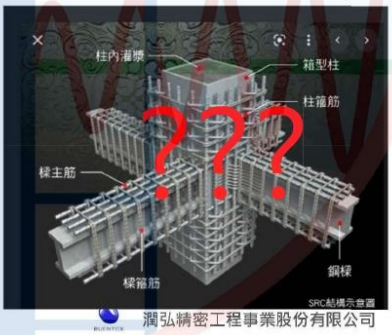
PCS by 潤弘精密

NEW SRC

【SRC替代工法：潤泰New SRC工法】

SRC系統需注意事項：
1. 工序複雜，工期慢
2. 電銲缺工嚴重
3. 天候影響施工
4. 工安議題
5. 碳排量高

本案SRC系統施作方式



潤弘精密工程事業股份有限公司 2

Envision Engineering Consultants

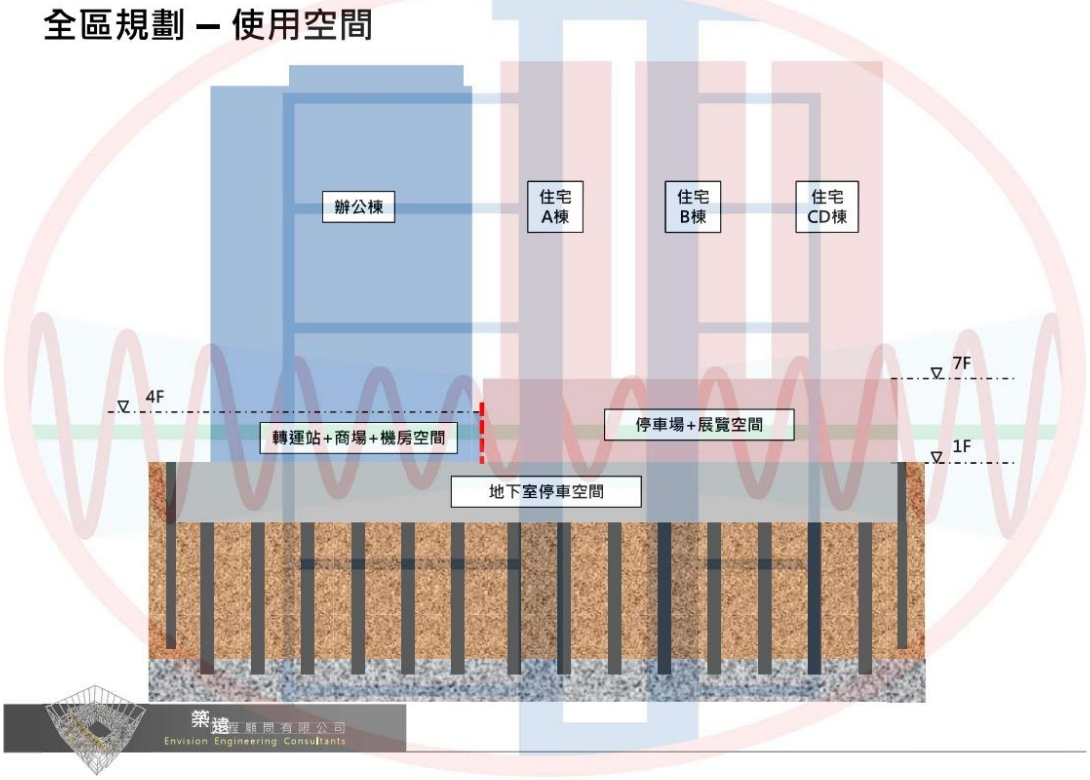
【SRC替代工法：潤泰New SRC工法】

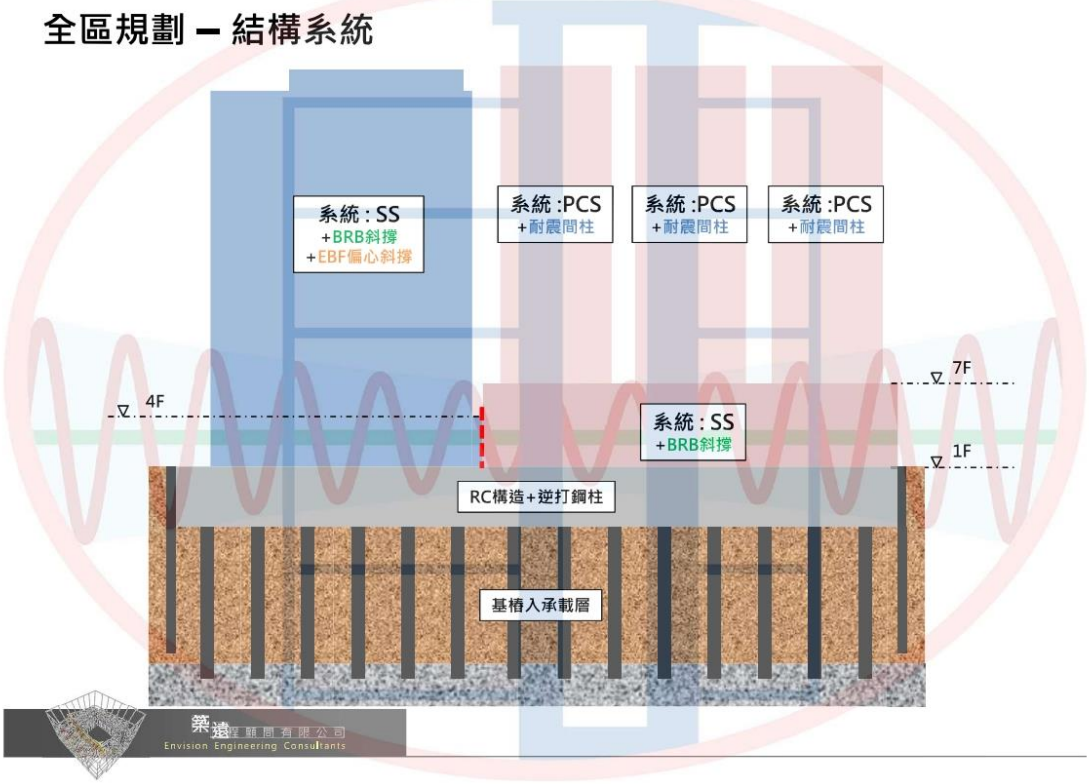
【潤泰PCS工法製造】

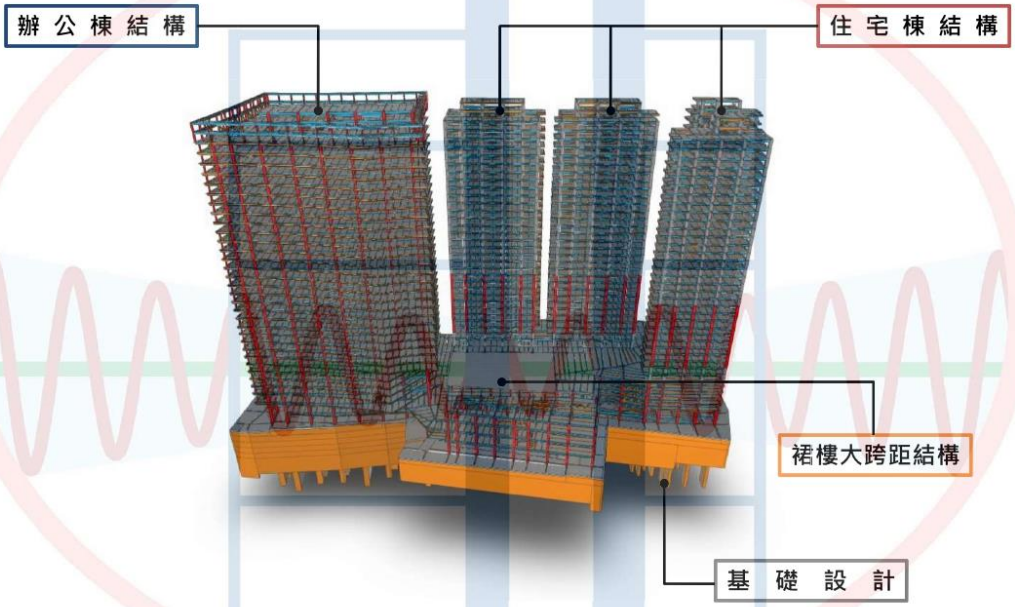
【潤泰PCS工法施工】

潤弘精密工程事業股份有限公司 3


潤泰　南港之心
辦公棟 32F
住宅棟 37F
地下5層
築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

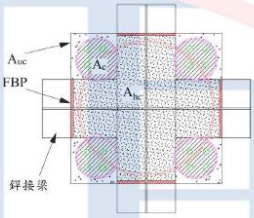

全區規劃 – 使用空間
辦公棟
住宅
A棟
住宅
B棟
住宅
CD棟
7F
4F
轉運站+商場+機房空間
停車場+展覽空間
1F
地下室停車空間
築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

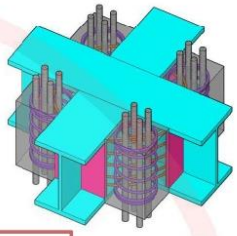

全區規劃－結構系統
系統：SS
+BRB斜撐
+EBF偏心斜撐
系統 :PCS
+耐震間柱
系統 :PCS
+耐震間柱
系統 :PCS
+耐震間柱
7F
4F
系統：SS
+BRB斜撐
1F
RC構造+逆打鋼柱
基樁入承載層
築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants


辦公棟結構
住宅棟結構
裙樓大跨距結構
基礎設計

PCS新工法

- RC柱+鋼梁
- 接頭採用鋼接頭進行應力轉換





接頭設計型式

築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

71

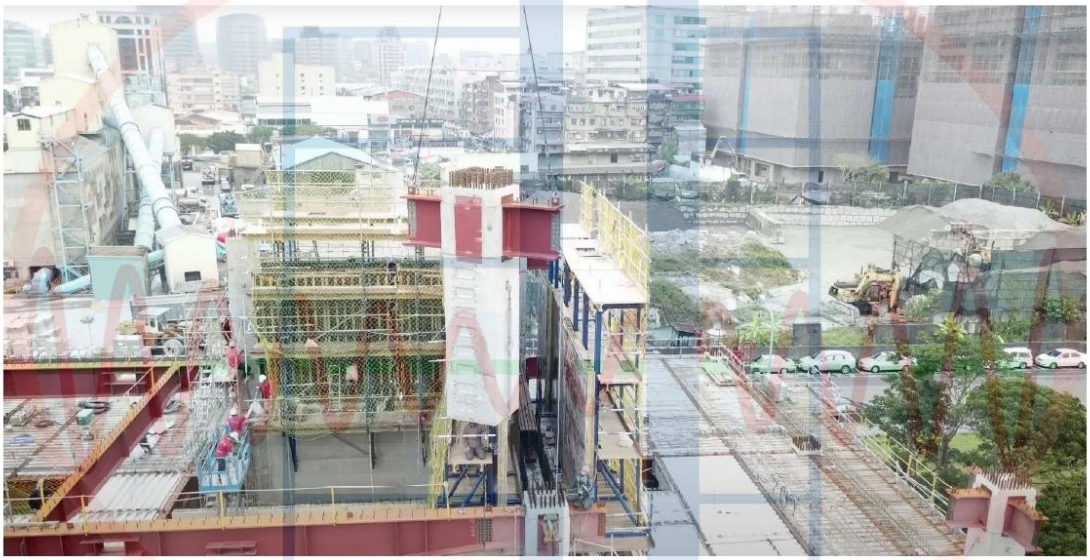
PCS新工法優點

- 預鑄工法施工期間大幅降低人工→縮短興建工期
- 同時提供整潔安全施工環境
- 兼具RC柱成本較低及鋼 梁跨度大之優點
- 與SRC構造相比，採PCS工法可減少40%碳排放

72

築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

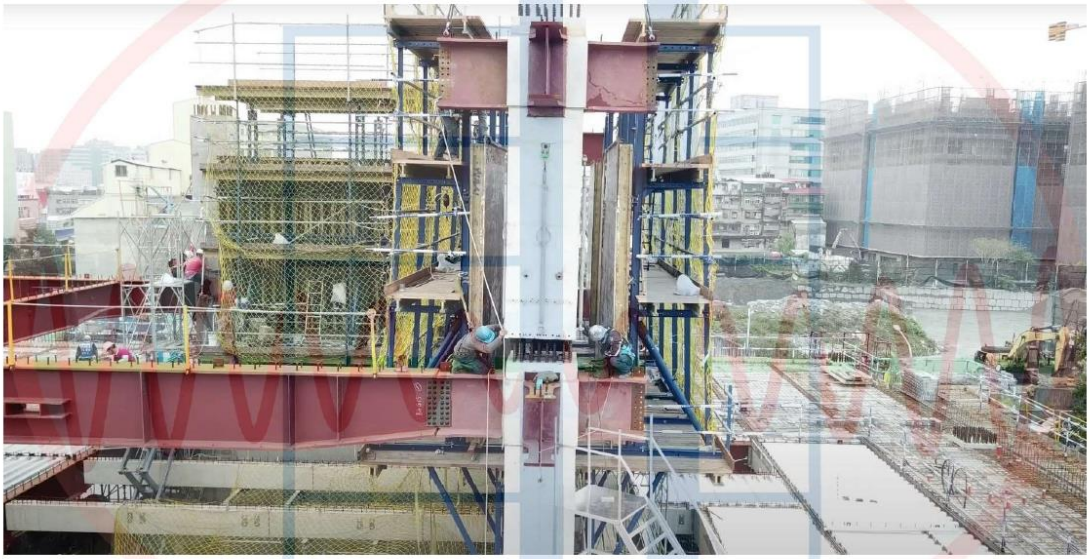
PCS柱吊裝



築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

73

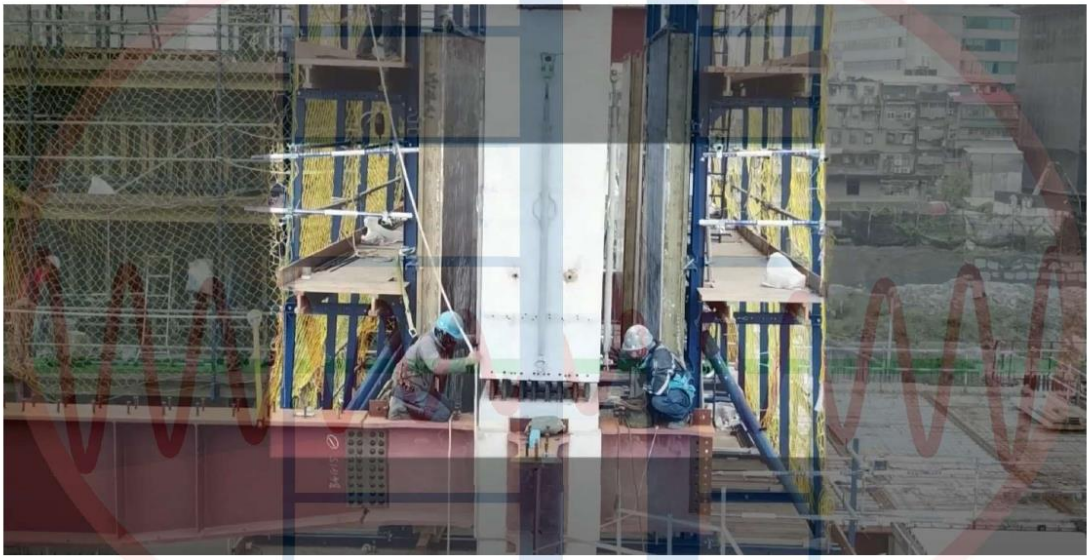
PCS柱吊裝



築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

74

PCS柱吊裝



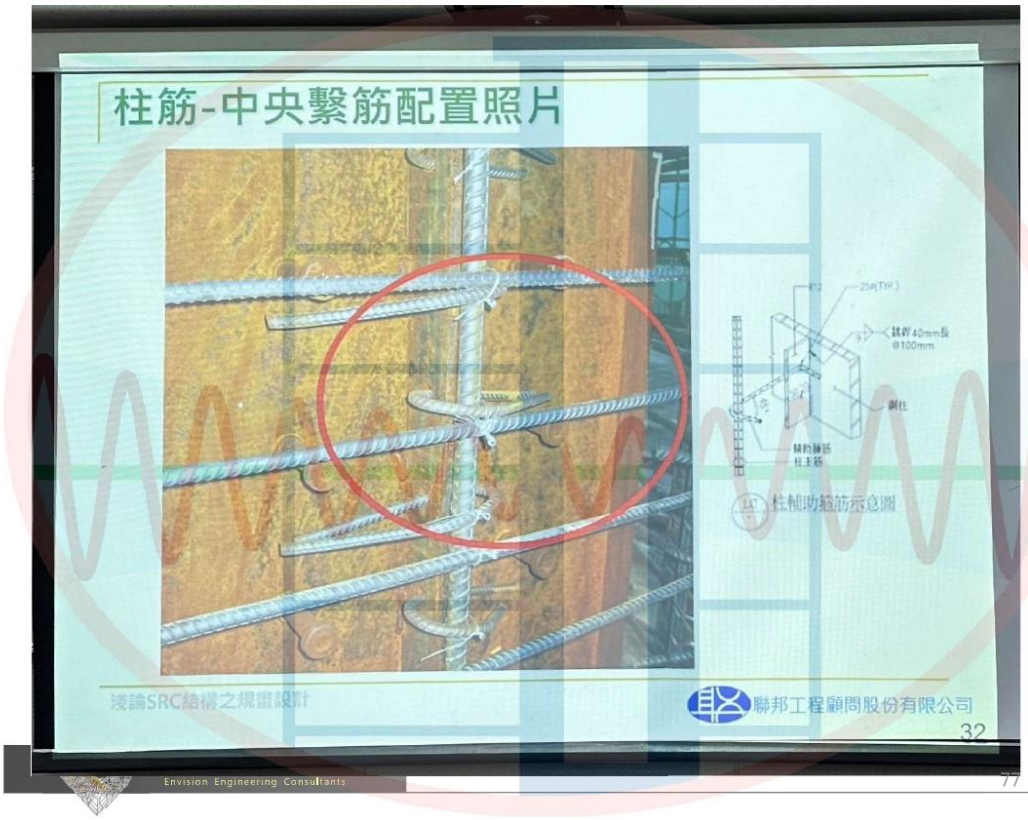
築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

75

PCS柱吊裝

築遠工程顧問有限公司
Envision Engineering Consultants

76


柱筋-中央繫筋配置照片
淺論SRC結構之規畫設計
聯邦工程顧問股份有限公司
32
Envision Engineering Consultants
77

簡報完畢.敬請指教

鋼骨內灌混凝土柱內連續板設計及實驗研究

劉郁芳

鋼骨鋼筋混凝土構造技術講習會

NARLabs 國家實驗研究院
國家地震工程研究中心

鋼骨內灌混凝土柱內連續板設計及實驗研究

計劃主持人：周中哲教授
國家地震工程研究中心主任/臺大土木系教授

共同主持人：劉郁芳博士
國家地震工程研究中心副研究員

研究學生助理：陳奕勳先生
台大土木系學生

研究人員：莊勝智先生
國家地震工程研究中心助理研究員

承諾·熱情·創新

www.narlabs.org.tw

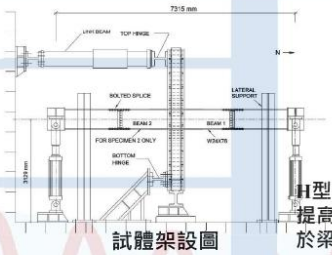
研究背景及方法

- 美國AISC 341-16 (2016)中規定，H柱是單側接梁時，連續板板厚至少要為鋼梁翼板板厚的50%，若是雙側接梁時，連續板板厚至少要為鋼梁翼板板厚的75%，對於箱型柱的研究尚不充足。
- 國內「鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說」規定，鋼柱需設置適當之連續板，規範無鋼柱內連續板厚度規定，業界鋼梁翼板對連續板板厚均使用同鋼梁翼板板厚，在梁鋼筋以續接器與鋼柱接合中，以25mm連續板厚或鋼梁翼板厚取大值。
- 本研究將以鋼梁翼板和梁鋼筋續接器之連續板厚度、銲接方式、新型連續板為改變參數，完成20組局部構件試驗及1組實尺寸梁柱接頭試驗，釐清規範不足處。

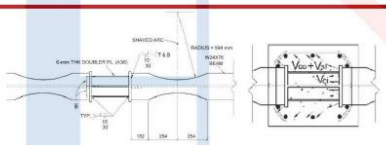
周中哲、劉郁芳、莊勝智、陳奕勳 (2023)，「鋼骨鋼筋混凝土構造柱內連續板經濟化參數之試驗研究」，內政部建築研究所委託研究報告，計畫編號11215G002[1]0

文獻回顧一：國外H型柱連續板研究及試驗

試體

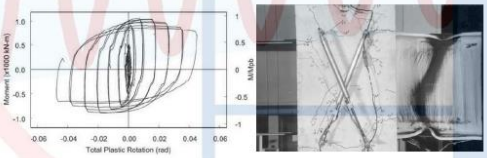


試體架設圖

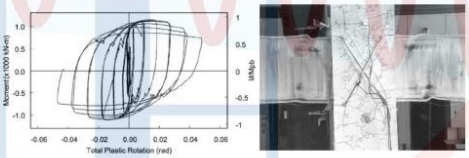


鋼柱腹板加勁板示意圖

H型鋼柱腹板處銲接兩片加勁板，除了能有效地提高梁柱接頭之接合剪力強度，也避開使用對應於梁翼板處的連續板。二試體皆可承受大於0.035 rad之塑性總轉角，且試驗結果顯示接頭處鋼柱腹板及加勁板可貢獻至少50%之梁柱接頭剪力強度。



試體1（單側彎矩接合）5.2% story drift angle



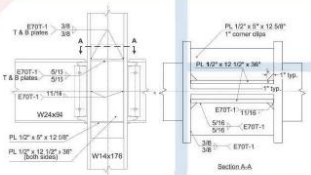
試體2（兩側彎矩接合）4.5% story drift angle

試體遲滯迴圈結果

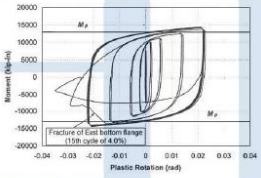
參考文獻：Chou, C. C., & Uang, C. M. (2002). "Cyclic performance of a type of steel beam to steel-encased reinforced concrete column moment connection", Journal of constructional steel research, 58(5-8), 637-663.

2

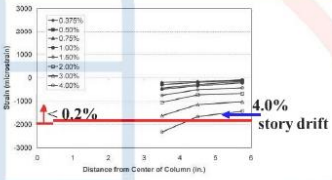
文獻回顧二：國外H型柱連續板研究及試驗



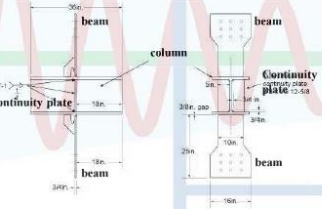
試體連續板厚及銲接細節



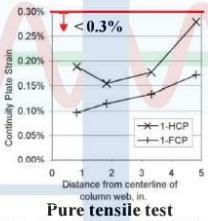
彎矩與轉角遲滯迴圈圖



受壓側填角銲連續板應變分佈圖



試體連續板厚及銲接細節



梁柱接合處開裂變形比較

由上排圖片的試驗成果可看出只要使用填角銲且連續板厚度為梁翼板厚度之一半就可滿足設計之需求。

由下排圖片的實驗結果可看出H型鋼柱配置連續板的效果是顯著的，且厚度為一半梁翼板厚就有良好表現。

參考文獻：Lee, D., Cotton, S.C., Hajjar, J.F., Dexter, R.J. and Ye, Y. (2005), "Cyclic Behavior of Steel Moment-Resisting Connections Reinforced by Alternative Column Stiffener Details. I. Connection Performance and Continuity Plate Detailing," Engineering Journal, Fourth Quarter, 2005, 189-214.

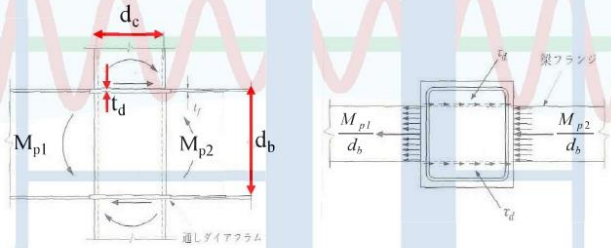
Hajjar, J.F., Dexter, R.J., Ojard, S.D., Ye, Y. and Cotton, S.C. (2003), "Continuity Plate Detailing for Steel Moment-Resisting Connections," Engineering Journal, Fourth Quarter, 2003, 189-211

3

日本鋼結構規範連續版計算公式(鋼柱無灌漿孔)

- 日本規範鋼構造接合部設計指針 (2021)中關於鋼造箱型柱連續板計算公式，公式理念為連續板須傳遞兩側鋼梁達到塑性彎矩時所需傳遞的剪力來計算連續板厚度 (使用此公式檢討鋼筋對應的連續板厚)。

$$0.6 F_y d_c t_d \quad 2 \quad \frac{M_{p1}}{d_b} + \frac{M_{p2}}{d_b} \qquad (1)$$



連續板力量傳遞示意圖

參考文獻：日本建築學會 (2021)，「鋼構造接合部設計指針」，Architecture Institution of Japan (AIJ)，東京。

4

日本CFT規範梁柱接合處檢核公式 (使用此公式檢討翼板對應的連續板厚)

- 日本規範CFT構造設計指引 (2012)中關於CFT柱梁柱接合處柱板檢核公式，公式以連續板與箱型柱板須抵抗鋼梁在降伏彎矩與塑性彎矩時鋼梁翼板所產生的拉力。其中接合處柱版的短期容許強度以降伏彎矩檢核，極限強度以塑性彎矩檢核。

短期容許強度: $\frac{{}_B M}{{}_B d} \quad {}_l P_a$ (2)

極限強度: $\frac{{}_B M_p}{{}_B d} \quad 0.9\,{}_l P_u$ (3)

${}_B M$：梁端的撓曲彎矩

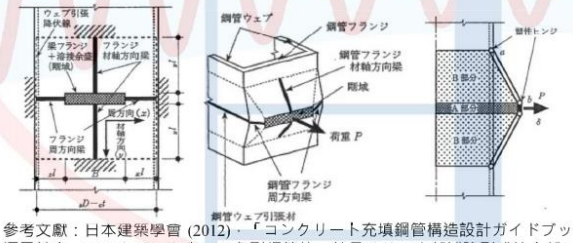
${}_B d$：梁上、下翼板中心距離

${}_l P_a$：梁柱接合處短期容許強度

:接合處係數

${}_B M_p$：梁端的全塑性彎矩

${}_l P_u$：梁柱接合處極限強度



參考文獻：日本建築學會 (2012)，「コンクリート充填鋼管構造設計ガイドブック」，Architecture Institution of Japan (AIJ)，東京。
福元敏之：コンクリート充てん角形鋼管柱・鉄骨はりの内部補強形式接合部に関する研究　―内ダイアフラム形式及び通しダイアフラム形式の簡易荷重―変形関係モデル―、日本建築学会構造系論文集、No .617、pp.177～184、2007.7

5

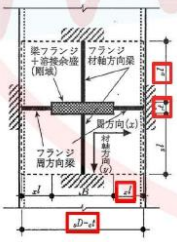
日本CFT規範梁柱接合處檢核公式(續)
短期容許強度 (降伏強度，Fy)

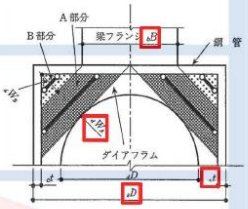
$$\frac{{}_{B}M}{{}_{B}d} \quad {}_{l}P_{a} \qquad (2)$$

$${}_{l}P_{a} = {}_{y}P_{y} + min\left({}_{x}P_{y},{}_{w}P_{y}\right) + {}_{d}P_{y}$$

$$= {}_{y}P_{y} + min\left({}_{x}P_{y},{}_{w}P_{y}\right) + \sqrt{2}\,{}_{d}W_{A} \quad {}_{d}t \quad {}_{d} \quad f_{t}$$

$${}_{d}t \quad \frac{\frac{{}_{B}M}{{}_{B}d} \quad {}_{y}P_{y} \quad min\left(P_{y},{}_{w}P_{y}\right)}{\sqrt{2}\,{}_{d}W_{A} \quad {}_{d} \quad f_{t}} \qquad (5)$$





其中 ${}_{d}W_{A} = \frac{1}{2\sqrt{2}}\left({}_{s}D + {}_{b}B \quad \sqrt{2}\,{}_{d}D\right)$

${}_{B}M$：梁端的撓曲彎矩

${}_{B}d$：梁上、下翼板中心距離

${}_{l}P_{a}$：梁柱接合處短期容許強度

${}_{d}f_{t}$：連續板短期容許強度

${}_{b}B$：梁翼板寬

${}_{d}D$：連續板開口直徑

${}_{s}D$：鋼柱寬

${}_{c}t$：鋼柱板厚

${}_{d}W_{A}$：連續板有效寬度

6

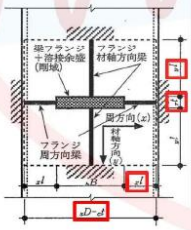
日本CFT規範梁柱接合處檢核公式(續)
(極限強度，Fu)

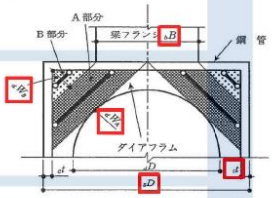
$$\frac{{}_{B}M_{p}}{{}_{B}d} \quad 0.9\,{}_{l}P_{u} \qquad (3)$$

$${}_{l}P_{u} = {}_{y}P_{u} + min\left({}_{x}P_{u},{}_{w}P_{u}\right) + {}_{d}P_{u}$$

$$= {}_{y}P_{u} + min\left({}_{x}P_{u},{}_{w}P_{u}\right) + \sqrt{2} \quad {}_{d}W_{A} + \frac{{}_{d}W_{B}}{2} \quad {}_{d}t \quad {}_{d} \quad F_{u}$$

$${}_{d}t \quad \frac{0.9 \cdot \frac{{}_{B}M_{p}}{{}_{B}d} \quad {}_{y}P_{u} - min\left({}_{x}P_{u},{}_{w}P_{u}\right)}{\sqrt{2} \quad {}_{d}W_{A} + \frac{{}_{d}W_{B}}{2} \quad {}_{d}F_{u}} \qquad (7)$$





其中 ${}_{d}W_{A} = \frac{1}{2\sqrt{2}}\left({}_{s}D + {}_{b}B \quad \sqrt{2}\,{}_{d}D\right)$

${}_{d}W_{B} = \frac{1}{2} \quad \sqrt{2}\left({}_{s}D \quad 2 \quad t\right) \quad {}_{d} \quad D \quad {}_{d} \quad {}_{A}W$

${}_{c}t$：鋼柱板厚

${}_{d}t$：連續板厚

${}_{d}W_{A}$、${}_{d}W_{B}$：連續板有效寬度

:接合處係數

${}_{B}M_{p}$：梁端的全塑性彎矩

${}_{B}d$：梁上、下翼板中心距離

${}_{l}P_{u}$：梁柱接合處極限強度 ${}_{d}F_{u}$

:連續板拉伸強度

${}_{b}B$：梁翼板寬

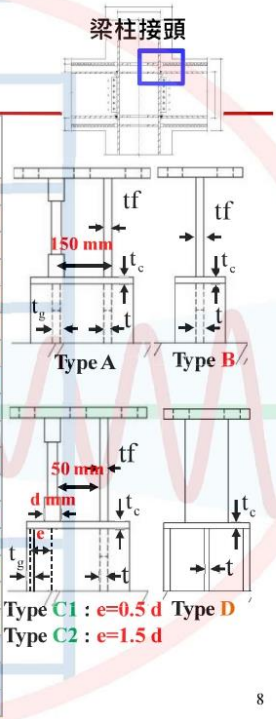
${}_{d}D$：連續板開口直徑

${}_{s}D$：鋼柱寬

7

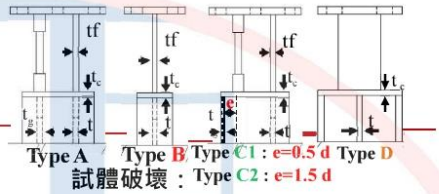
局部構件實驗試體規劃

組別/編號	鋼柱尺寸	鋼柱板厚 tc	梁翼板厚 tf	連續板厚 t (與梁翼板連接)	連續板厚 tg (與鋼筋連接)	試體型式
G1-1	495x495	19	16	10	10 (4 # 8) 25 (業界)	Type A
G1-2				13 / 16 (業界)		Type A
G1-3				16		Type A
G1-4				13		Type C1
G1-5				13		Type C2
G1-6				13	-	Type D
G1-7				10	-	Type B
G2-1	495x495	19	28	22	-	Type B
G2-2				16	19 (4 # 10) 25 (業界)	Type A
G2-3				22/ 28 (業界)		Type A
G2-4				16	-	Type B
G2-5				22 (無灌漿孔)	19 (4 # 10) 25 (業界)	Type A
G2-6				22		Type C1
G2-7				22		Type C2
G3-1	495x495	19	40	32 (半滲透+填角)	-	Type B
G3-2				22	10 (4 # 8) 25 (業界)	Type A
G3-3				32 / 40 (業界)		Type A
G4-1	650x650	19	16	10	10 (4 # 8) 25 (業界)	Type A
G4-2				13/ 16 (業界)		Type A
G4-3				10	-	Type B



8

局部構件試體 G1-1~G1-7 實驗觀察



Based on AIJ, 連續板厚度≥ 12mm

鋼柱尺寸	翼板厚		
495x495x19	16		
試體編號	翼板連續板厚	主筋連續板厚	Type
G1-1	10	10	A
G1-2	13		A
G1-3	16		A
G1-4	13		C1
G1-5	13		C2
G1-6	13	-	D
G1-7	10	-	B

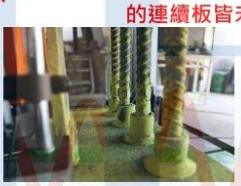
降伏載重Py：

七組試體的鋼梁翼板削翼處降伏。G1-1~G1-5的梁主筋降伏。G1-5的鋼梁翼板對應連續板降伏。

試體破壞：

G1-1~G1-5的梁主筋斷裂，鋼梁翼板對應連續板降伏。G1-6、G1-7的鋼梁翼板從削翼處斷裂。七組試體的連續板皆未達到破壞。

最右側梁主筋斷裂
(G1-1 試體破壞)



右側第二支梁主筋斷裂
(G1-2 試體破壞)

最右側梁主筋斷裂
(G1-3 試體破壞)

最右側梁主筋斷裂
(G1-5 試體破壞)

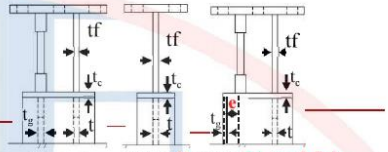
鋼梁翼板從削翼處斷裂
(G1-6 試體破壞)

鋼梁翼板從削翼處斷裂
(G1-6 試體破壞)

鋼梁翼板從削翼處斷裂
(G1-7 試體破壞)

9

局部構件試體
G2-1~G2-7 實驗觀察



Type A　Type B　Type C1：e=0.5 d
Type C2：e=1.5 d

Based on AIJ, 連續板厚度≥ 21 mm

鋼柱尺寸		翼板厚	
495x495x19		28	
試體編號	翼板連續板厚	主筋連續板厚	Type
G2-1	22	-	B
G2-2	16	19	A
G2-3	22		A
G2-4	16	-	B
G2-5	22 無灌漿孔	19	A
G2-6	22		C1
G2-7	22		C2

降伏載重Py：

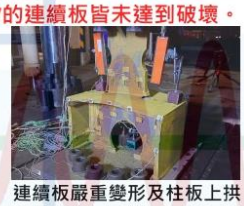
G2-2、G2-4、G2-6、G2-7的鋼梁翼板對應連續板降伏。

試體破壞：

G2-4的翼板對應連續板嚴重變形。
G2-6的梁主筋對應連續板降伏。
G2-7的柱板降伏。G2-1~G2-3及G2-5~G2-7的連續板皆未達到破壞。


柱板上拱
(G2-2 試體破壞)


最左側梁主筋斷裂
(G2-3 試體破壞)


連續板嚴重變形及柱板上拱
(G2-4 試體破壞)


連續板嚴重變形及柱板上拱
(G2-4 試體破壞)


鋼梁翼板降伏
(G2-5 試體破壞)


鋼梁翼板降伏
(G2-6 試體破壞)

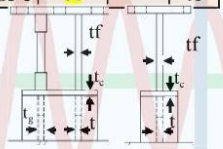

柱板降伏
(G2-7 試體破壞)

10

局部構件試體
G3-1~G3-3 實驗觀察

Based on AIJ, 連續板厚度≥ 30 mm

鋼柱尺寸		翼板厚	
495x495x19		40	
試體編號	翼板連續板厚	主筋連續板厚	Type
G3-1	32 半滲透銲+填角銲	-	B
G3-2	22	10	A
G3-3	32		A



Type A　Type B

降伏載重Py：

三組試體的鋼梁翼板削翼處、鋼梁翼板對應連續板及柱板皆未降伏。

試體破壞：

G3-1的鋼梁翼板對應連續板降伏。
G3-2的兩片連續板及柱板降伏。
G3-3的鋼筋對應連續板降伏。三組試體的連續板皆未達到破壞。


鋼梁翼板降伏
(G3-1 試體破壞)


鋼梁翼板降伏
(G3-2 試體破壞)


梁主筋頸縮
(G3-3 試體破壞)


半滲透銲+填角銲銲道未壞
(G3-1 試體破壞)


鋼梁翼板銲道破壞
(G3-1 試體破壞)


上柱板降伏
(G3-2 試體破壞)


鋼梁翼板降伏
(G3-3 試體破壞)

11

局部構件試體
G4-1~G4-3 實驗觀察

鋼柱尺寸	翼板厚		
650x650x19	16		
試體編號	翼板連續板厚	主筋連續板厚	Type
G4-1	10	10	A
G4-2	13		A
G4-3	10	-	B

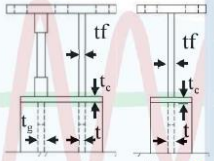
Based on AIJ, 連續板厚度≥ 12 mm

降伏載重Py：

三組試體鋼梁對應連續板及柱板未降伏。

試體破壞：

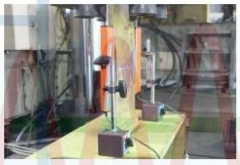
G4-1的兩片連續板皆降伏。G4-2的鋼梁翼板對應連續板未降伏，G4-3鋼梁翼板對應連續板降伏。三組試體的兩片連續板皆未達到破壞。



Type A　Type B

鋼梁翼板從削翼處斷裂
(G4-1 試體破壞)

鋼梁翼板從削翼處斷裂
(G4-2 試體破壞)



鋼梁翼板從削翼處斷裂
(G4-3 試體破壞)

鋼梁翼板及梁主筋皆斷裂
(G4-1 試體破壞)

四支梁主筋皆斷裂
(G4-1 試體破壞)

梁主筋斷裂
(G4-2 試體破壞)

鋼梁翼板從削翼處斷裂
(G4-3 試體破壞)

12

連續板厚度變化

試體編號	鋼梁翼板對應連續板厚(mm)	偏心距
G1-1	10	無偏心
G1-2	13	
G1-3	16	

Based on AIJ, 連續板厚度≥ 12 mm

載重Py：

三組試體的鋼梁翼板削翼處降伏，兩片連續板皆未降伏。

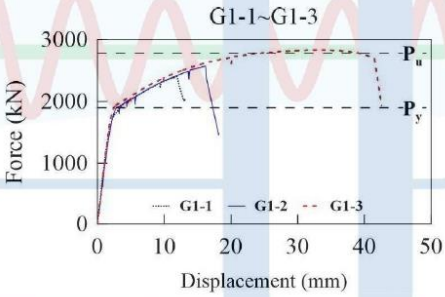
分析：

鋼梁翼板對應連續板厚度僅10 mm的G1-1已足夠承受載重Py而未降伏，且在試體破壞時未達到破壞。符合日本CFT公式之檢核，且其厚度小於計算結果12 mm，可見該公式具有一定之保守性。

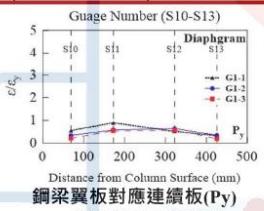
G1-1

G1-2

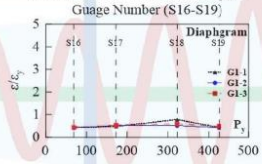
G1-3



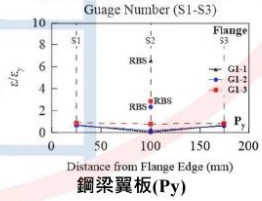
載重位移反應 (G1-1~G1-3)



鋼梁翼板對應連續板(Py)



梁主筋對應連續板(Py)



鋼梁翼板(Py)

13

連續板偏心效應

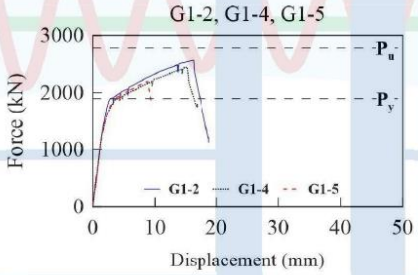
試體編號	鋼梁翼板對應連續板厚(mm)	偏心距
G1-2	13	無偏心
G1-4		0.5倍續接器直徑(25mm)
G1-5		1.5倍續接器直徑(75mm)

載重Py：

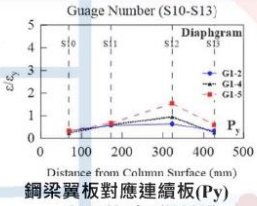
三組試體的鋼梁翼板削翼處降伏，G1-5的鋼梁對應連續板達到降伏。

分析：

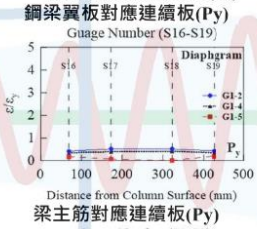
連續板偏心≤0.5倍續接器直徑，實驗結果證實Py時，連續板不降伏；連續板偏心1.5倍續接器直徑的G1-5在Py時，翼板對應連續板降伏，不符合日本CFT公式之檢核。翼板對應連續板之應變隨梁主筋對應連續板之偏心距提高而大幅提高，但梁主筋對應之連續板應變隨偏心提高而大幅下降，代表力量無法有效傳達至1.5倍續接器直徑偏心的連續板。



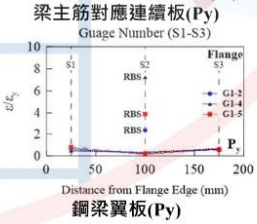
載重位移反應 (G1-2, G1-4, G1-5)



鋼梁翼板對應連續板(Py)



梁主筋對應連續板(Py)



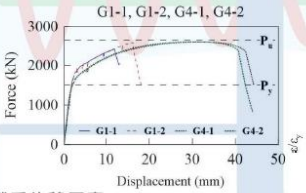
鋼梁翼板(Py)

14

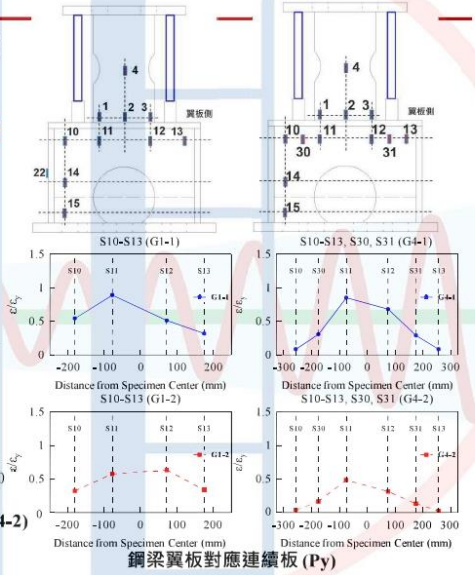
梁柱寬比之影響

試體編號	鋼梁翼板對應連續板厚(mm)	鋼柱尺寸(mm)	試體編號	鋼梁翼板對應連續板厚(mm)	鋼柱尺寸(mm)
G1-1	10	495x495x19	G4-1	10	650x650x19
G1-2	13		G4-2	13	

本次試驗局部構件試體G1及G4的梁寬/柱寬比分別為0.40及0.31，兩組試體依照日本CFT公式計算得到連續板厚度差值僅為0.4 mm，故得知梁寬/柱寬比對連續板厚度設計沒有顯著影響，符合福元敏之(2007)提出的CFT公式在不同梁寬/柱寬比下的計算值皆與實驗值相當吻合的發現。



載重位移反應 (G1-1, G1-2, G4-1, G4-2)



鋼梁翼板對應連續板 (Py)

參考文獻：福元敏之：コンクリート充填角形鋼管柱・鉄骨梁接合部局部の弾塑性性状に関する研究　ーダイアフラム形式及び通しダイアフラム形式の簡易荷重ー変形関係モデルー、日本建築学会構造系論文集、No.617、pp.177～184、2007.7

15

結論

- 局部構件試體之翼板對應的連續板實驗結果皆符合日本建築學會「混凝土充　填鋼管構造設計指針」(2012)　關於CFT柱內連續板計算公式之檢討，在達到　降伏載重時翼板對應的連續板未達降伏，達到極限時連續板未達破壞，故可 採用日本CFT設計指針進行連續板的厚度設計及檢核。
- 局部構件實驗發現梁主筋對應的連續板偏心0.5倍續接器直徑時，連續板仍符　合需求，但偏心1.5倍續接器直徑時，梁主筋力量無法有效透過連續板傳遞，　連續板應變隨偏心距提高而降低，致使翼板對應的無偏心連續板所需傳遞的 力量大幅提高而提早降伏。
- 日本CFT公式計算得知梁寬/柱寬比對連續板厚度設計沒有顯著影響，根據本　試驗結果知試體柱寬不同但連續板應變值相當接近，符合日本CFT公式計算
- 以局部構件試體G1-2為例，翼板厚度為16mm時，業界常用連續板厚度為　16mm，而本實驗結果證實使用厚度為13mm時連續板未達到降伏，符合日本　CFT設計指針之檢核，減少約19%之連續板厚度及銲接量；當梁主筋為4支#8　(D25)時，業界常用連續板厚度為25mm，而日本鋼構造接合部設計指針之檢　核及本實驗結果使用厚度為10mm之連續板即可，減少約60%之連續板厚度以及降低銲接量，實現節能減碳之研究目的。
- 本研究的可達成鋼骨鋼筋混凝土柱內連續板厚度經濟化以及降低銲接

16

敬請指教

鋼骨鋼筋混凝土梁及 RC 梁對 SRC 柱接頭耐震行為影響

周中哲

2023內政部建築研究所計劃

鋼骨鋼筋混凝土梁及RC梁對SRC柱接頭耐震行為影響

計劃主持人:周中哲 博士
國家地震工程研究中心主任/臺大土木系教授
cechou@ntu.edu.tw

共同主持人:劉郁芳博士
國家地震工程研究中心副研究員

趙品鈞
陳奕勳
臺灣大學研究助理

周德光 副技術師
莊勝智 助研究員
國家地震工程研究中心

鋼骨鋼筋混凝土構造技術講習會研討會 日期: 2023/11/17 1

研究目的

國內在使用鋼骨鋼筋混凝土梁(SRC梁)時，多以續接器連接於SRC箱型鋼柱上，本計劃以四組全尺寸SRC梁柱接頭設計及實驗，檢討現行SRC工程設計慣例及規範條文，研究目的:

- SRC梁端韌性削切
- SRC梁主筋續接器與柱接合
- RC梁轉接接合耐震行為
- SRC柱內連續板
- SRC規範條文修訂建議

2

AISC 341 (2022)

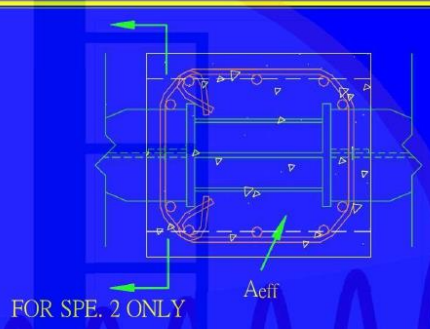
Chapter G COMPOSITE MOMENT-FRAME SYSTEMS (C-SMF)
6b. Beam-to-column connections

(a)The connection shall be capable of accommodating a story drift angle of at least 0.04 rad.
(a)The measured flexural resistance of the connection, determined at the column face, shall equal at least 0.80Mp of the connected beam at a story drift angle of 0.04 rad, where Mp is determined in accordance with Section G2.6

Commentary G3.2
Other provisions are intended to limit or prevent excessive panel zone distortion, failure of connectivity plates or diaphragms, column hinging, and local buckling that may lead to inadequate frame performance
in spite of good connection performance.

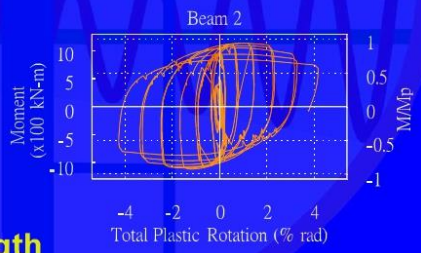
3

鋼梁與SRC柱接頭試驗



50% Less Transverse Hoops (NEHRP)

$$A_{sh} = 0.3\frac{sh_c f_c'}{f_{yh}}\left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1\right)\left(1 - \frac{F_{cy}A_s}{P_{nc}}\right)$$



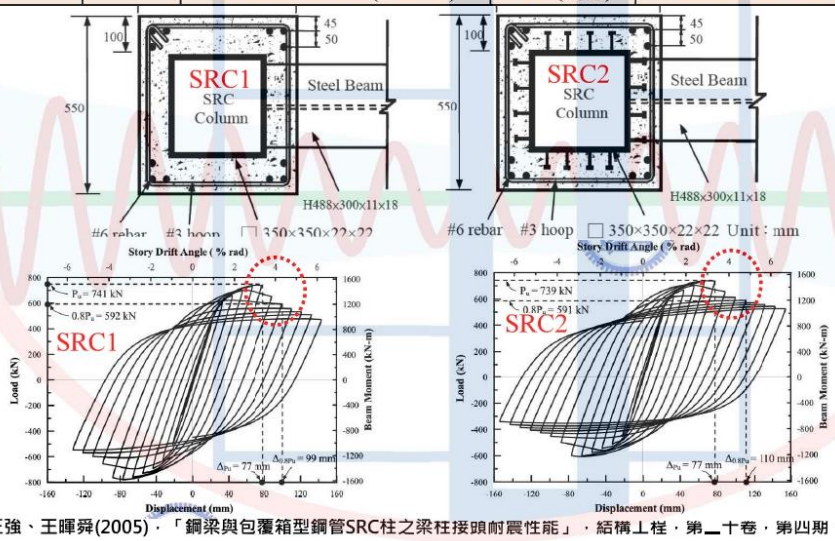
Vertical Doubler Plates for Shear Strength

Chou, C. C. and Uang, C. M. (2002). Cyclic Performance of a Type of Steel Beam to Steel-Encased Reinforced Concrete Column Moment Connections. *J. Constructional Steel Research.*
Chou, C. C., Uang, C. M. (2007). "Effects of Continuity Plate and Transverse Reinforcement on Cyclic Behavior of SRC Moment Connections." *J. Structural Engineering*, ASCE.

4

鋼梁與SRC柱接頭試驗

	試體編號	梁 (mm)	梁 Mn (tf-m)	SRC 柱	柱外包覆 RC
翁正強(2005)	SRC1	鋼梁無包覆RC	132 (鋼骨)	550x550 (SRC外尺寸)	100 mm
	SRC2	H488x300x11x18 (A572 Gr.50)		Box 350x350x22	
周中哲(2022)	試體一	400x950 (SRC外尺寸)	131 (RC)	695x695 (SRC外尺寸)	100 mm
		4#10+4#10			
		H600x200x11x17 (SN490B)	94.5 (鋼骨)	Box 495x495x19	

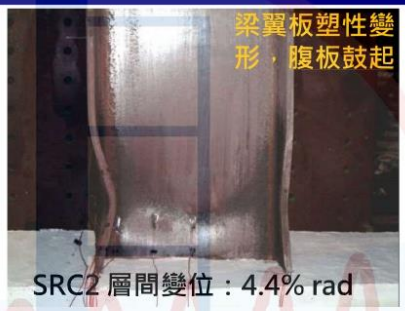


翁正強、王暉舜(2005)，「鋼梁與包覆箱型鋼管SRC柱之梁柱接頭耐震性能」，結構工程，第二十卷，第四期，47-76頁。

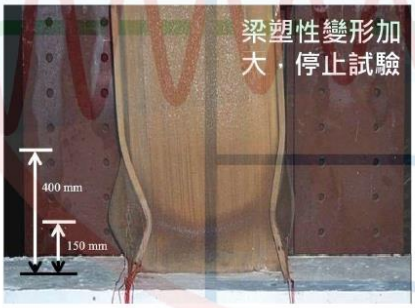
5

鋼梁與SRC柱接頭試驗

SRC1 層間變位：4.4% rad



SRC2 層間變位：4.4% rad

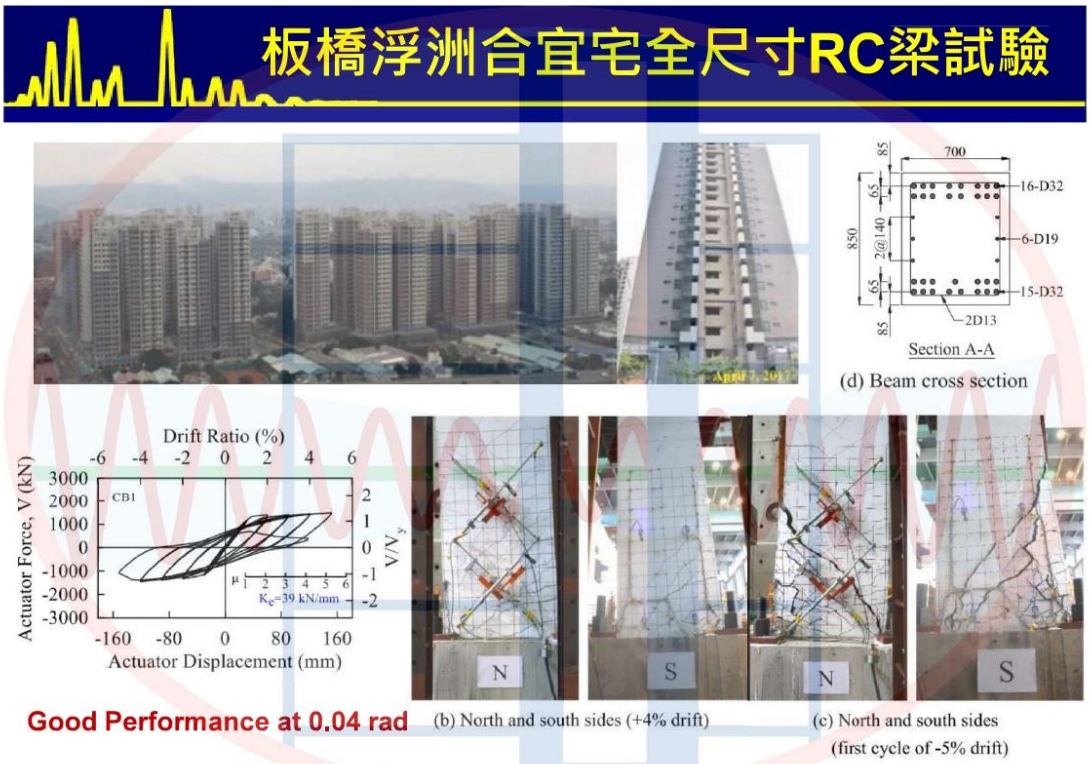


SRC1 層間變位：6.2% rad

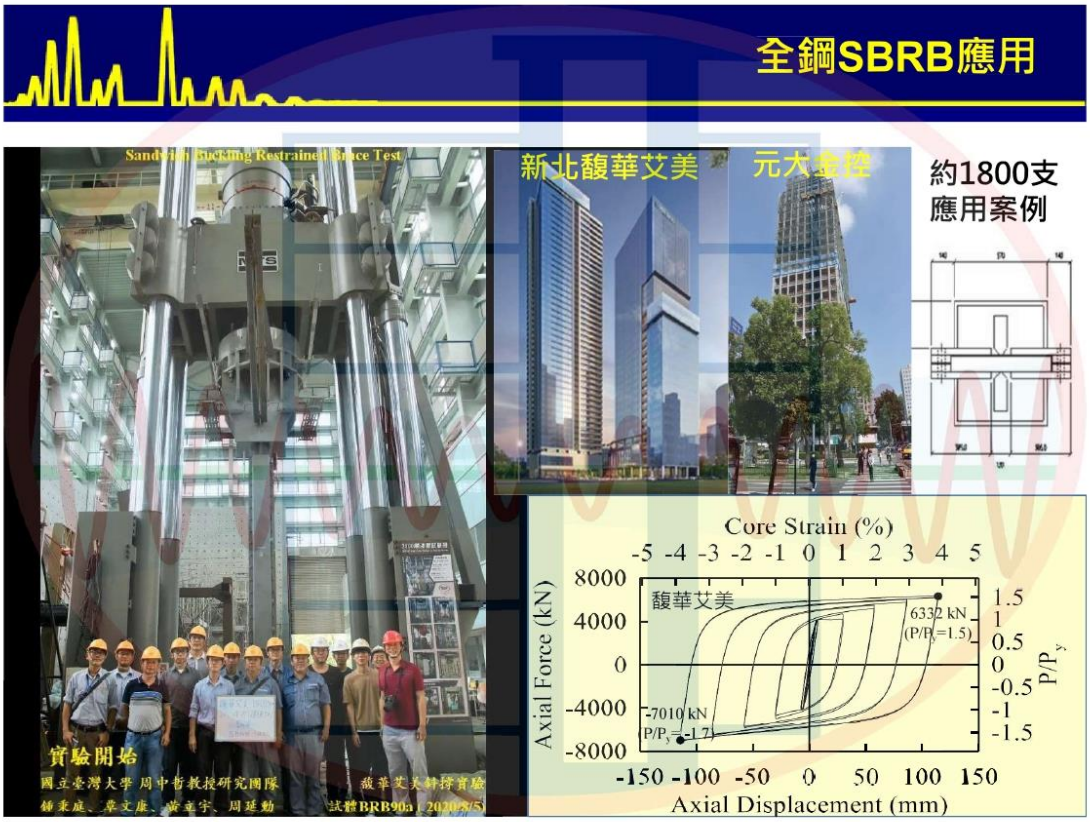
SRC2 層間變位：6.7% rad

翁正強、王暉舜(2005)，「鋼梁與包覆箱型鋼管SRC柱之梁柱接頭耐震性能」，結構工程，第二十卷，第四期，47-76頁。

6



Chung, P. T., Chou, C. C.* (2022). "One-Sided Shear Retrofit of Reinforced Concrete Beams in Existing High-Rise Buildings," *Engineering Structures*, 252, 113634. 7

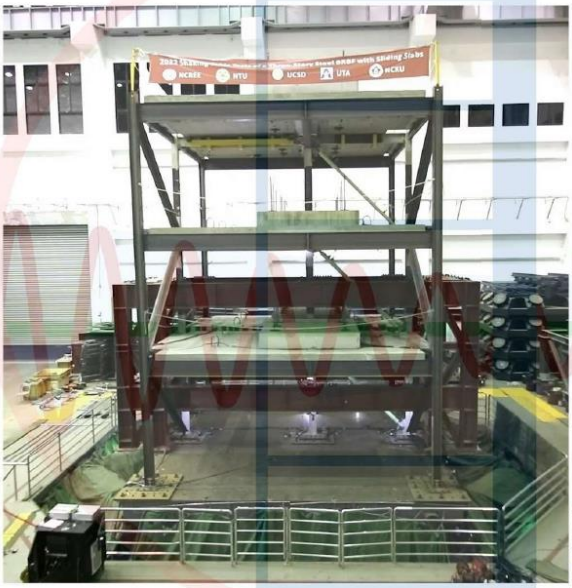


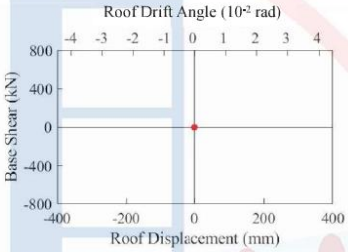
Old RC Building Retrofitted by all-Steel SBRBs

Construction: Fast Assembly and Low Cost than Conventional BRBs

9

3-story Steel Frame with SBRBs



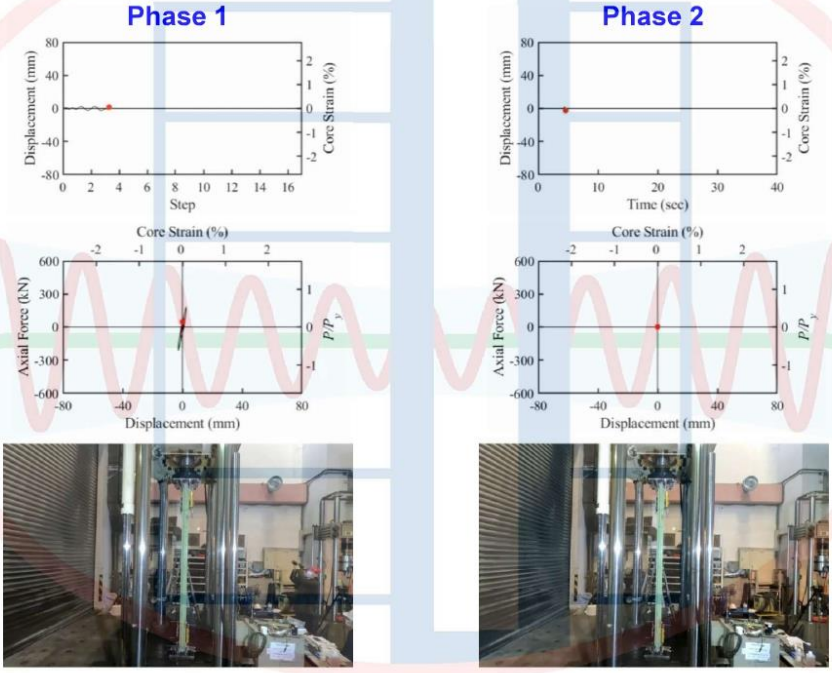


Dec. 2nd, 2022 Test (PGA=1.05 g)

Chou et al. (2023). Shake Table Tests of a Three-Story Dual Frame with Moderately Ductile Steel Columns and all-Steel SBRBs under the 2022 Chihshang Earthquake, Taipei, NTU, NCREE.

10

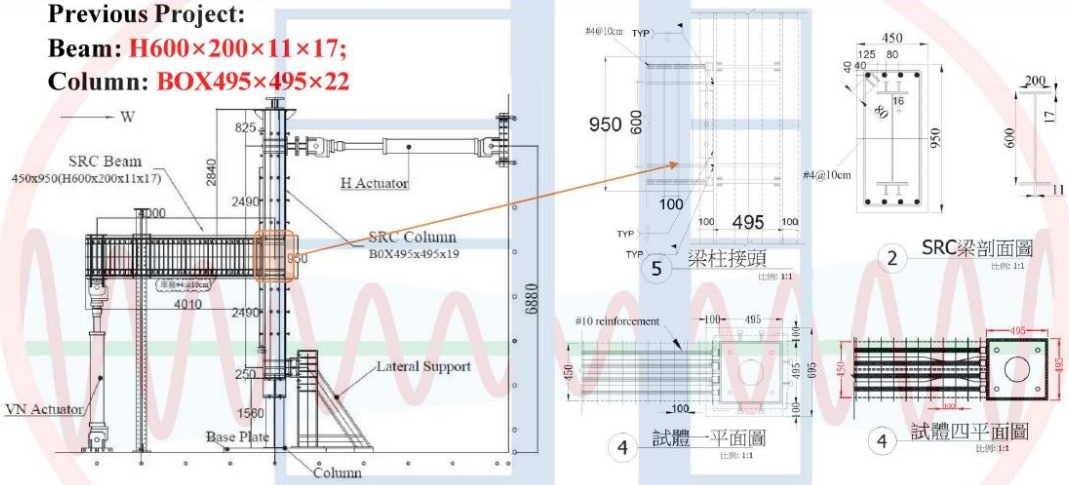
Test after 17 Shaking Table Tests (2023/1/17)



11

SRC試體一、四

Previous Project:
Beam: H600×200×11×17;
Column: BOX495×495×22

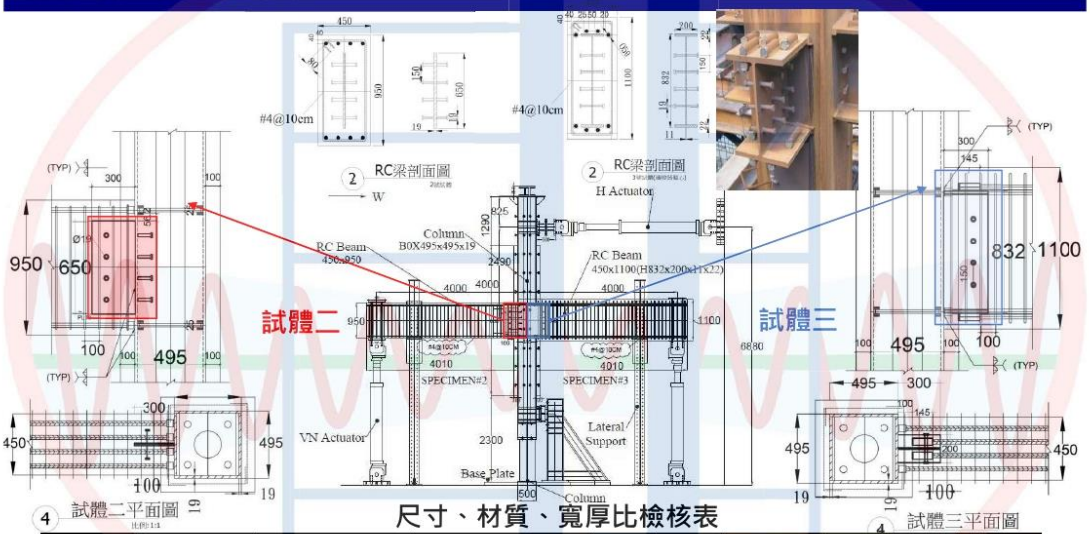


尺寸、材質、寬厚比檢核表

	結構	尺寸 (mm)	材質	b/tf	λpd	CHECK	h/tw	λpd	CHECK
試體一、四	柱	Box495x495x19	SN490B (Fy= 3.3 tf/cm²) fc'= 468 kgf/cm²	24.1	43.1	OK	-	-	-
	SRC梁	450x950 H600x200x11x17 4#10+4#10	SN490B (Fy= 3.3 tf/cm²) fc'= 468 kgf/cm² fy'= 4800 kgf/cm²	5.9	11.6	OK	51.5	76.0	OK

12

SRC試體二及三



尺寸、材質、寬厚比檢核表

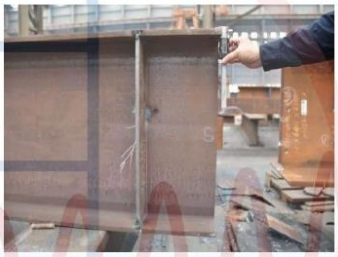
	結構	尺寸 (mm)	材質	b/tf	λpd	CHECK	h/tw	λpd	CHECK
試體二、三	柱	Box495x495x19	SN490B (Fy= 3.3 tf/cm²) fc'= 480 kgf/cm²	24.1	43.1	OK	-	-	-
	RC右側梁	450x950 4#10+4#10	fc'= 480 kgf/cm² fy'= 4800 kgf/cm²	-	-	-	-	-	-
	RC左側梁	450x1100 4#10+4#10 (H832x200x11x22)	SN490B (Fy= 3.3 tf/cm²) fc'= 480 kgf/cm² fy'= 4800 kgf/cm²	4.5	11.6	OK	71.6	76.0	OK

13

鋼柱製造

試體一柱試體組立

試體一柱內連續板組立



梁端加勁板

柱內連續板尺寸測量

試體二柱內連續板間距測量

梁端加勁板尺寸測量

14

SRC樑柱接頭試體製造

- 鋼筋混凝土綁紮、灌漿


鋼筋綁紮及間距檢核


模板水平檢核


模板組立完成

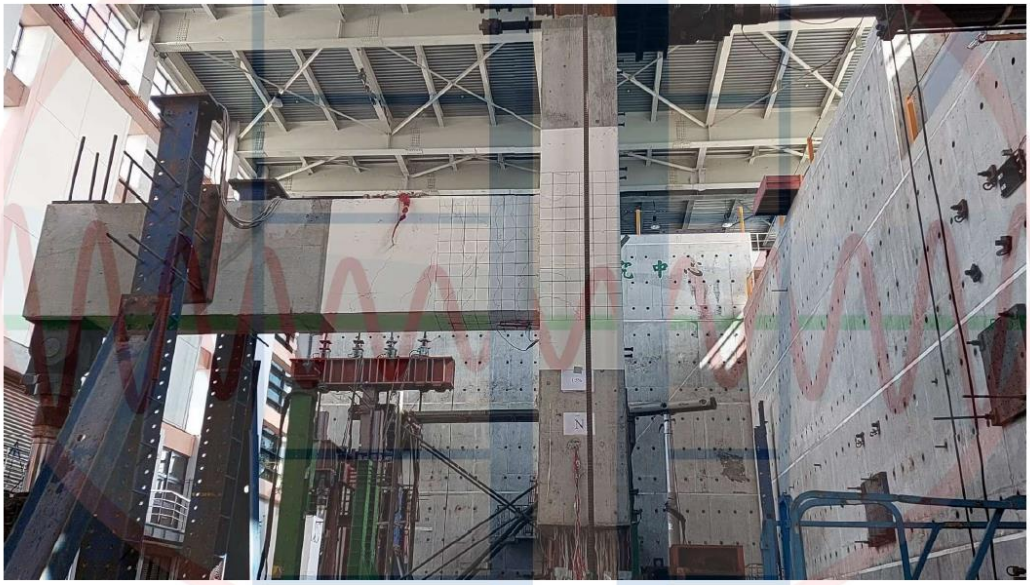

扭力值測試


特密管灌漿工程


試體灌漿完成圖

15

試體一實驗動畫



影片記錄試體一由 0.00375 rad 至 0.05 rad 之實驗過程

16

反覆載重與力量位移關係(試體一)

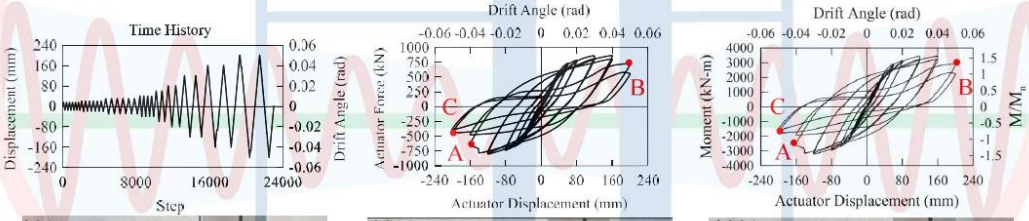
遲滯迴圈行為(試體一 SRC梁)

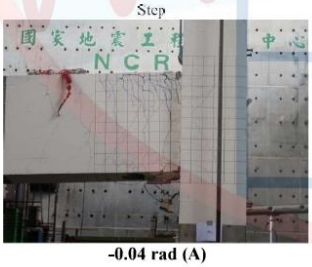
試體受反覆載重於層間位移角 0.04 rad 時測得致動器最大力量為862 kN。

A. 試體於-0.04 rad 時因鋼材斷裂造成力量由750 kN 驟降至600 kN 。

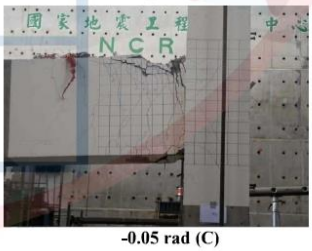
B. 試體於+0.05 rad 時因梁上排主筋挫曲導致力量下降至不足500 kN 。

C. 試體於-0.05 rad 時因梁下排主筋彎曲且裂縫過大導致力量降至500 kN。




-0.04 rad (A)


+0.05 rad (B)


-0.05 rad (C)

17

試驗後試體破壞照片(試體一)


梁頂續接器無受損


梁上翼板斷裂


梁上翼板斷裂


腹板由扇形銲接開孔開裂


梁底續接器無受損


梁下翼板無受損

試驗結束後經打除發現：

1. 梁頂及梁底共8顆續接器皆完整無受損
2. 梁上翼板距離銲道約3公分處斷裂，梁下翼板則無受損
3. 腹板與上翼板連接處由扇形銲接開孔開裂
4. 續接器與主筋接合處皆未脫離

18

試體二(東梁)及三(西梁)實驗動畫

影片記錄試體二及三由 0.00375 rad 至 0.04 rad 之實驗過程

19

反覆載重與力量位移關係(試體二)

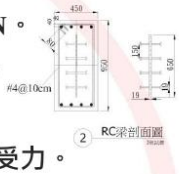
遲滯迴圈行為(試體二-RC東側梁)

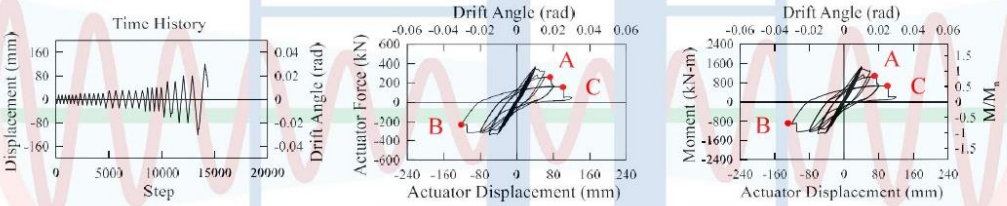
試體二受反覆載重於層間位移角 0.01 rad 時測得致動器最大力量為369 kN。

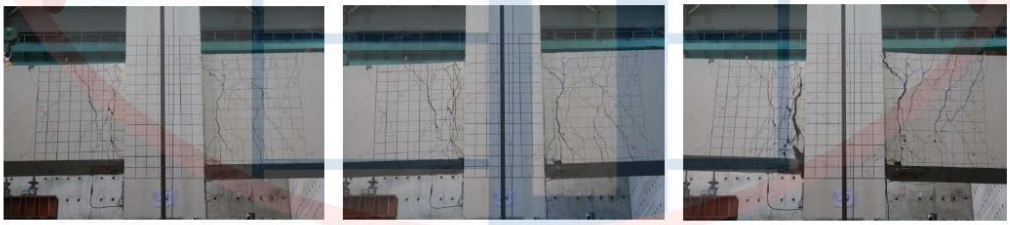
A. 試體於+0.02 rad 時因續接器斷裂造成力量由300 kN 驟降至200 kN 。

B. 試體於-0.03 rad 時再度聽見續接器斷裂聲導致力量下降至200 kN 。

C. 試體於+0.03 rad 時梁底保護層混凝土剝落，此時試體幾乎無法繼續受力。







+0.02 rad (A) -0.03 rad (B) +0.03 rad (C)

20

試驗後試體破壞照片(試體二)


梁頂左邊第2顆續接器與柱板分離


上排左邊第2顆續接器銲道細節


下排4顆續接器皆與柱板分離


梁底左邊2顆續接器銲道細節


剪力榫無受損


剪力榫上剪力釘無受損

試驗結束後經打除發現：

1. 梁頂1顆續接器及梁底4顆續接器與柱板分離受損
2. 接頭處之剪力榫無明顯受損
3. 剪力榫上之剪力釘皆無受損
4. 續接器與主筋接合處皆未脫離

21

反覆載重與力量位移關係(試體三)

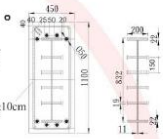
遲滯迴圈行為(試體三 RC西側梁)

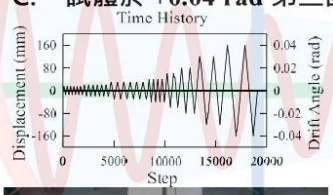
試體三受反覆載重於層間位移角 0.03 rad 時測得致動器最大力量為475 kN。

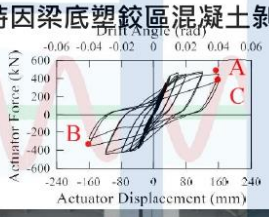
A. 試體於+0.04 rad 第一圈時因梁上排主筋降伏且彎曲造成力量由450kN降至400kN 。

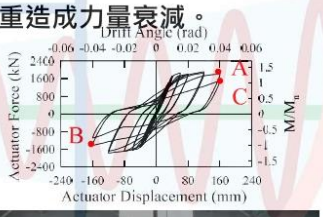
B. 試體於-0.04 rad 時梁下排主筋彎曲且梁頂拱起導致力量下降至350kN 。

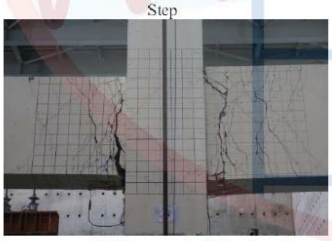
C. 試體於 +0.04 rad 第二圈時因梁底塑鉸區混凝土剝落嚴重造成力量衰減。

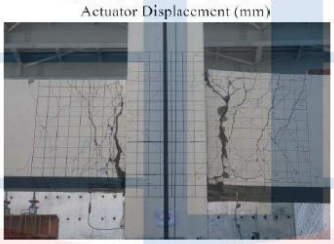


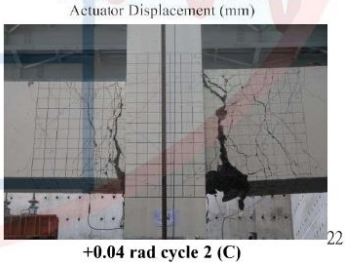







+0.04 rad cycle 1 (A)


-0.04 rad cycle 1 (B)


+0.04 rad cycle 2 (C)

22

試驗後試體破壞照片(試體三)


梁拱頭之梁頂續接器完整無損


梁拱頭與上翼板續接器銲道細節


梁拱頭之梁底續接器完整無損


梁拱頭與下翼板續接器銲道細節


梁底與柱連接之續接器無受損

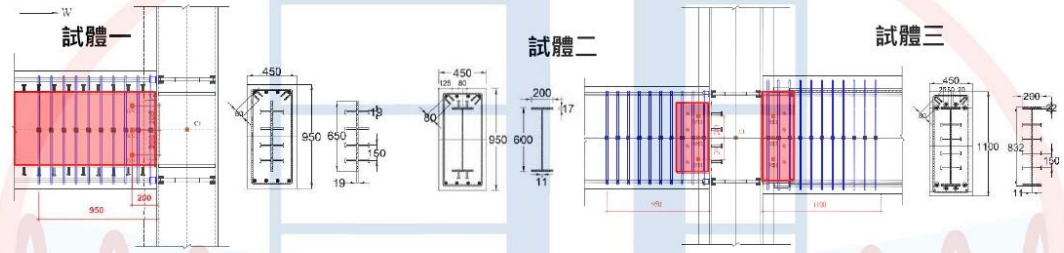

梁拱頭剪力釘完整無損

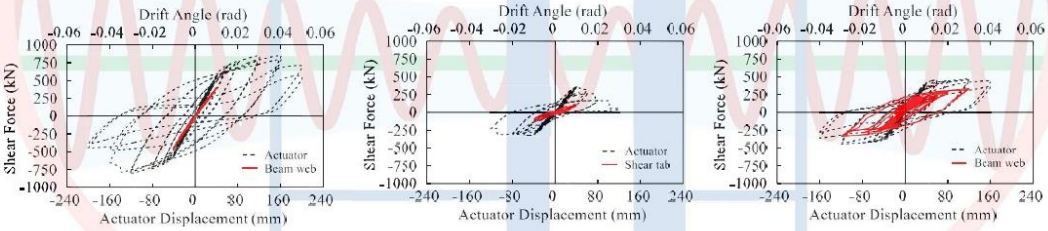
試驗結束後經打除發現：

1. **梁拱頭之梁頂續接器與梁底續接器皆無受損，且銲接處皆完整**
2. **梁拱頭翼板與腹板皆無受損**
3. **梁拱頭之剪力釘完整無損**

23

鋼梁腹板/剪力板/鋼短梁剪力貢獻





試體一(鋼梁腹板)：於0.01 rad時能傳遞約70%剪力
試體二(剪力板)：於0.01 rad時能傳遞約20%剪力
試體三(鋼短梁腹板)：於0.03rad時能傳遞約65%剪力

24

試體四翼板及梁主筋對應連續板厚度

柱 495 x 495 x 19 mm，梁 H 600 x 200 x11 x17 mm (RBS=160 mm)
SN 490B，Fy=330 N/mm²，Fu=490 N/mm²
梁主筋 4#10 (D32)，SD 420W，Fy=4.2 tf/cm²，Ω=1.25 (應變硬化)

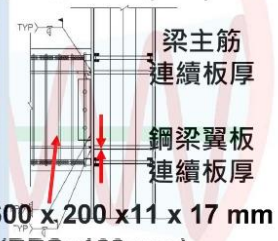
- 鋼梁翼板對應連續板：

依據日本CFT公式計算，鋼梁翼板厚度17 mm，所需**連續板厚度16 mm**。由於梁柱接頭為反覆載重試驗，連續板厚度設計採用**鋼梁全斷面強度**計算。

- 梁主筋對應連續板：

依據日本SS公式計算，梁主筋4#10 (D32)，所需**連續板厚度19 mm**。連續板厚度設計**考慮鋼筋應變硬化 Ω=1.25** 計算。

柱 495 x 495 x 19 mm
梁主筋 4#10 (D32)



梁 H 600 x 200 x11 x 17 mm
(RBS=160 mm)

參考文獻：日本建築學會 (2012)，「コンクリート充填鋼管構造設計ガイドブック」，Architecture Institution of Japan (AIJ)，東京。
福元敏之：コンクリート充填角形鋼管柱，鉄骨梁接合部局部の弾塑性性状に関する研究　―内ダイアフラム形式及び通しダイアフラム形式の簡易荷重―変形関係モデル―、日本建築学会構造系論文集、No .617、pp.177～184、2007.7
日本建築學會 (2021)，「鋼構造接合部設計指針」，Architecture Institution of Japan (AIJ)，東京。

25

試體四實驗動畫

影片記錄試體四由 0.00375 rad 至 0.06 rad 之實驗過程

26

試體一及四 (0.04 rad第二圈)

試體4 (with RBS in SRC beam，保持完好)

- 0.04 rad　　上、下排主筋輕微挫屈　　箍筋耐震彎鉤未變形

試體1 (No RBS in SRC Beam ，翼板破裂)

- 0.04 rad　　頂蓋繫筋變形脫離　　鋼梁上翼板斷裂

周中哲、劉郁芳、莊勝智、陳奕勳(2023)，「鋼骨鋼筋混凝土構造柱內連續板經濟化參數之試驗研究」，內政部建築研究所計畫報告　27

試體四(0.06 rad第二圈)

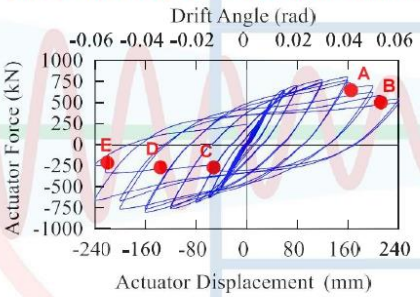
+ 0.06 rad　　箍筋及耐震彎鉤變形　　上排主筋斷裂

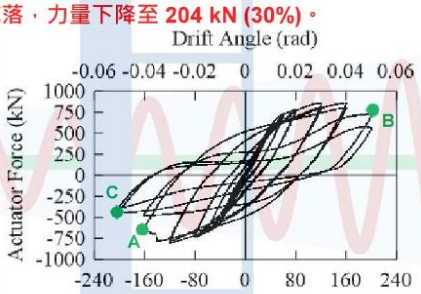
- 0.06 rad　　上排主筋從續接器脫落　　下排主筋從續接器脫落

周中哲、劉郁芳、莊勝智、陳奕勳(2023)，「鋼骨鋼筋混凝土構造柱內連續板經濟化參數之試驗研究」，內政部建築研究所計畫報告　28

試體一及四載重位移反應比較

試體於 0.04 rad 第一圈達到最大力量 809 kN (100%)，對應梁端彎矩 3035 kN-m。
試體於 0.04 rad 第二圈時鋼梁翼板及梁主筋皆保持完好，力量下降至 770 kN (95%)。
A. 試體於 +0.05 rad 第一圈時下排梁主筋從續接器脫落，力量下降至 706 kN (87%)。
B. 試體於 +0.06 rad 第一圈時下排梁主筋從續接器脫落，力量下降至 550 kN (68%)。
C. 試體於 -0.06 rad 第二圈時上翼板斷裂。
D. 試體於 -0.06 rad 第二圈時上排梁主筋距柱面 40 cm 處斷裂。
E. 試體於 -0.06 rad 第二圈時上排梁主筋從續接器脫落，力量下降至 204 kN (30%)。





去年研究試體遲滯迴圈

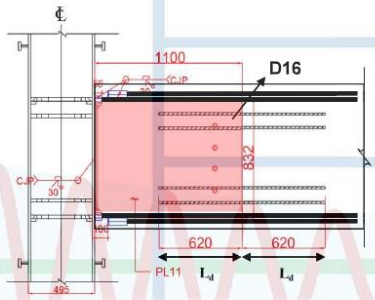
A. 試體於 -0.04 rad 時因上翼板斷裂造成力量由750 kN 驟降至600 kN 。
B. 試體於 +0.05 rad 時因梁上排主筋挫曲導致力量下降至不足500 kN 。
C. 試體於 -0.05 rad 時因梁下排主筋彎曲且裂縫過大導致力量降至500 kN。

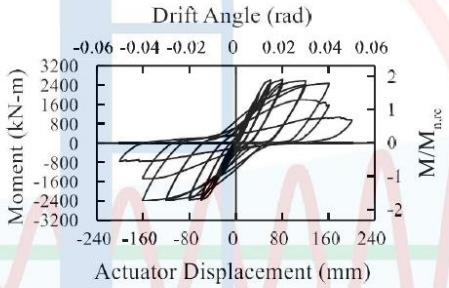
周中哲、劉郁芳、周德光、趙品鈞(2022)，「包覆填充型鋼骨鋼筋混凝土柱與梁主筋以續接器接合之接頭耐震試驗」，內政部建築研究所委託研究報告，計畫編號PG11103-0101。
周中哲、劉郁芳、莊勝智、陳奕勳(2023)，「鋼骨鋼筋混凝土構造柱內連續板經濟化參數之試驗研究」，內政部建築研究所計畫報告

29

RC梁搭配100 cm鋼梁試體

SN 490B，Fy=330 N/mm²，Fu=490 N/mm²
梁主筋 4#10 (D32)，腰筋 4#5 (D16)SD 420W，Fy=4.2 tf/cm²，Ω=1.25 (應變硬化)





試體破壞照片於0.05 rad (+)

梁南面全域

梁頂部

梁南面局部

趙品鈞 (2024)， 台大土木碩士論文，指導教授周中哲

30

結論

1. 試體一、四之SRC梁及試體三RC梁(鋼拱頭)，實驗至層間變位角 0.04 rad，主筋與續接器接合完整，續接器不論銲接至鋼柱或鋼拱頭翼板上，未有銲道破壞發生。
2. 試體二RC梁(剪力板)，實驗至層間變位角 0.02 rad，主筋與續接器接合完整，但8支續接器共有5支續接器銲道斷裂於鋼柱，剪力板最多只傳遞20% RC梁剪力，無法有效傳遞梁剪力至柱，不適用於SRC耐震接頭。
3. 試體三於0.04 rad 第二圈強度降至低於80%，RC梁於轉換段破壞垂直滑動破壞，不符規範要求不得有構件破壞規定，剪力傳遞比剪力板好，不建議使用有高耐震需求的梁構件(0.04 rad)。
4. 試體一SRC梁中鋼梁未切削，0.04 rad第一圈時上翼板斷裂，0.04 rad第二圈力量僅為最大力之47%，未滿足耐震規範要求。試體四梁柱接頭試體鋼梁採切削，0.04 rad第二圈翼板未發生破壞，且力量約為最大力量之 95%，符合美國AISC 341(2022)之耐震要求。在層間變位角0.05 rad，翼板仍未破壞，建議SRC梁之鋼梁採用切削提高梁柱接頭之韌性及耐震力。

31

結論

5. 試體四在層間變位角0.04 rad翼板及主筋皆沒有破壞，翼板對應連續板及梁主筋對應連續板也皆未產生破壞，驗證日本建築學會「混凝土充填鋼管構造設計指針」(2012) 關於CFT柱內連續板計算公式之檢討以及本實驗之合理性。
6. 試體一~三箍筋為開口式箍筋搭配上蓋繫筋，多數箍筋為頂蓋繫筋拱起彎曲 (0.04 rad)，也對主筋失去圍束效果。試體四實驗發現梁箍筋採用135度彎鉤一體型能避免在層間變位角0.04rad時變形拱起失去圍束效果，且有效提升圍束及耐震性能至0.05rad，建議SRC梁之箍筋應採用135度彎鉤一體型以提高耐震性能。

32

低降伏鋼板與混凝土複合剪力牆耐震行爲研究

鄭錦銅

鋼骨鋼筋混凝土構造技術講習會

低降服鋼板與混凝土複合剪力牆之耐震性能研究

鄭錦銅[1] 張詠欽[2]
黃昇賢[2] 張惠雲[3]

[1]高雄科技大學營建工程學系 教授
[2]高雄大學土木與環境建工程學系 研究生
[3]中興大學土木工程學系 教授

國立高雄科技大學
National Kaohsiung University of Science and Technology

1

報告內容
Content

- 前言Introduction
- 試驗程序Experimental Program
- 試驗結果Test Results
- 結論Conclusions

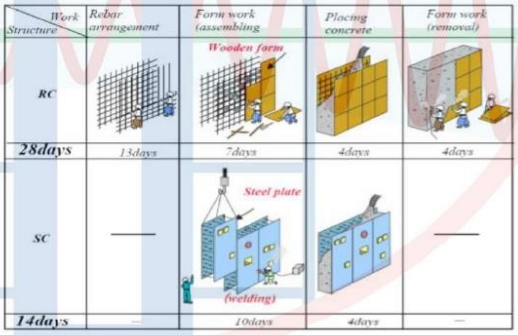
2

前言(INTRODUCTION) 1/2

- 鋼板與混凝土複合剪力牆由兩片鋼面板內銲連接器再澆灌混凝土組合而成。
- 連接器有許多型式與材質，具有功能如錨定鋼面板防止過早挫屈，增進剪力牆韌性消能能力等。
- 複合剪力牆早已應用於核能電廠圍阻體，極地鑽油平台與輪船船殼。如應用於建築結構體，剪力牆鋼板可先於工廠模組組裝，再運至工地銲接接合，混凝土灌漿時，鋼面板也可當模板使用，可大量縮短工時並節省人力，經濟有效率。

Yan and Liew 2016

Epackachi et al. 2015



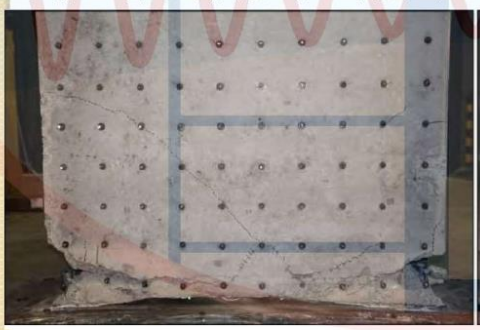
Fukumoto et al.1987

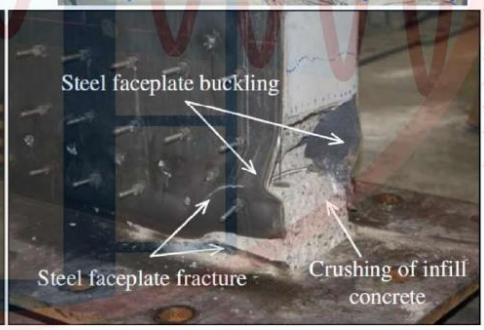
3

前言(INTRODUCTION) 2/2

- 文獻研究顯示剪力牆懸臂式加載方式將造成底部彎矩過大，側邊端部如未配置邊界鋼板，易使混凝土剝落，鋼面板失去支撐而挫屈斷裂。
- 本研究使用新的加載設備(BATS)可使牆體雙曲率彎曲降低底部彎矩，同時牆體配置邊界鋼板，保護混凝土免於剝落。
- 研究目的:使用低降伏鋼增加牆體韌性與消能，並探討牆體運用於高樓(核心筒)承受高軸力與近斷層載重時之耐震行為。

Epackachi et al.(2013)





試驗程序/研究參數

- 軸力比 (0, 0.1, 0.3, 0.5)
- 混凝土厚度(10cm, 15cm)
- 剪力釘間距(24cm, 20cm)
- 橫向載重加載應變率 (0.003rad/sec, 0.3rad/sec)

5

試驗試體Test Specimens

12 specimens having the same aspect ratio of 1.0 with size of 1200X1200 mm were constructed and tested.

6

試驗試體 Test Specimens

Specimen	Axial load ratio (P/Pu)	Shear loading rate (rad/sec)	tp (cm)	Total thickness T (cm)	2tp/T (%)	Shear studs spacing S (cm)	Provided slenderness ratio (s/tp)	Required slenderness ratio (s/tp)
LNZ-24	0	0.003	0.8	11.6	13.8	24	30	31.6
LNA-24	0.3	0.003	0.8	11.6	13.8	24	30	31.6
LBZ-24	0	0.003	0.8	16.6	9.6	24	30	31.6
LBA-24	0.3	0.003	0.8	16.6	9.6	24	30	31.6
LBL-20	0.1	0.003	0.8	16.6	9.6	20	25	25.3
LBA-20	0.3	0.003	0.8	16.6	9.6	20	25	25.3
LBA-TC	0.3	0.3	0.8	16.6	9.6	20	25	25.3
LBA-ND	0.3	0.3	0.8	16.6	9.6	20	25	25.3

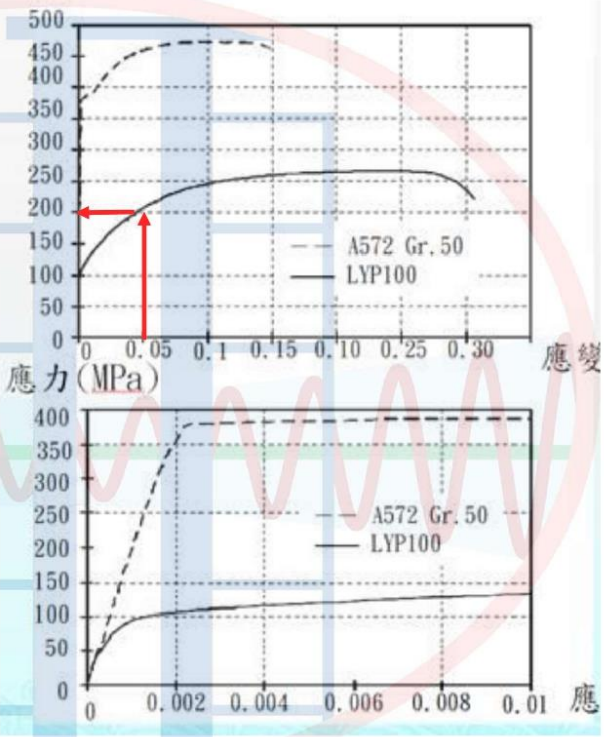
Required slenderness ratio: $\frac{s}{t_p} \times \sqrt{\frac{F_y}{E}} \leq 1.0$, s/tp=44.7

Required slenderness ratio: $\frac{s}{t_p} \times \sqrt{\frac{F_u}{E}} \leq 1.0$, s/tp=31.6

Required slenderness ratio: $\frac{s}{t_p} \times \sqrt{\frac{F_u}{E}} \leq 0.8$, s/tp=25.3

7

Stress-strain curve for low yield steel faceplate



8

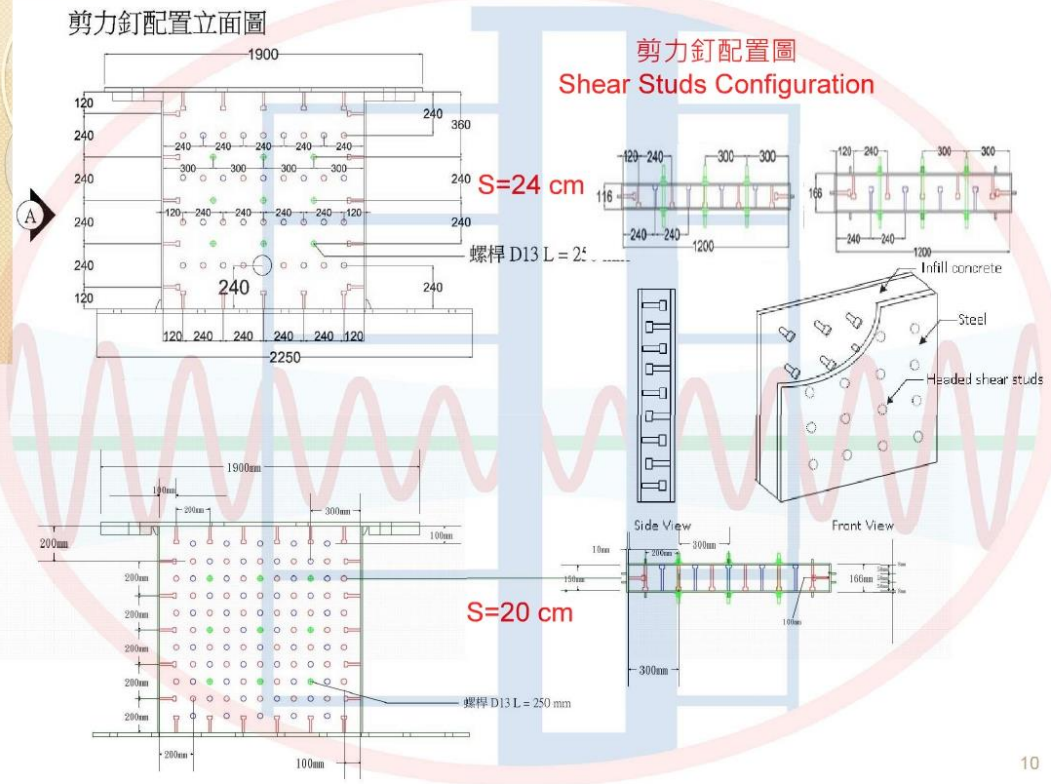
試驗試體 Test Specimens

Specimen	Axial load ratio (P/Pu)	Shear loading rate (rad/sec)	tp (cm)	Total thickness T (cm)	2tp/T (%)	Shear studs spacing S (cm)	Provided slenderness ratio (s/tp)	Required slenderness ratio (s/tp)
LNA-20	0.3	0.003	0.8	11.6	13.8	20	25	25.3
LNA-EQ	0.3	0.3	0.8	11.6	13.8	20	25	25.3
LBH-20	0.5	0.003	0.8	16.6	9.6	20	25	25.3
LBH-EQ	0.5	0.3	0.8	16.6	9.6	20	25	25.3

Required slenderness ratio:

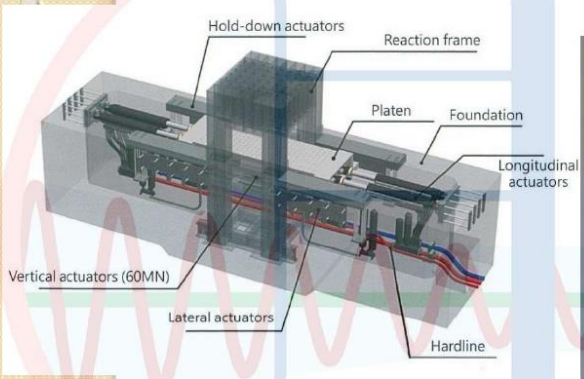
$$\frac{s}{t_p} \times \sqrt{\frac{F_u}{E}} \leq 0.8,\ s/tp=25.3$$

9



10

Bi-Axial Dynamic Test Systems(BATS)

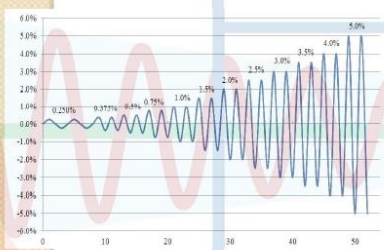


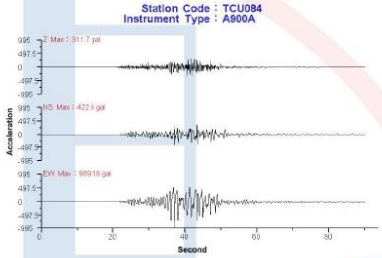
Horizontal force: ±4 MN
Velocity:±1 m/s
Stroke:±1200 mm

11

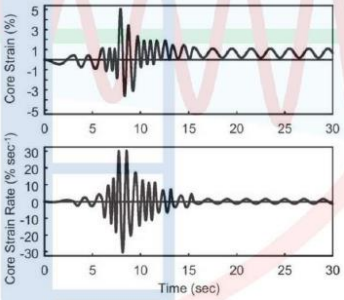
載重程序
Loading Protocol

- 靜態載重側推歷時





LBA-TC (TCU-084)



LBA-ND (Lanning et al. 2016)

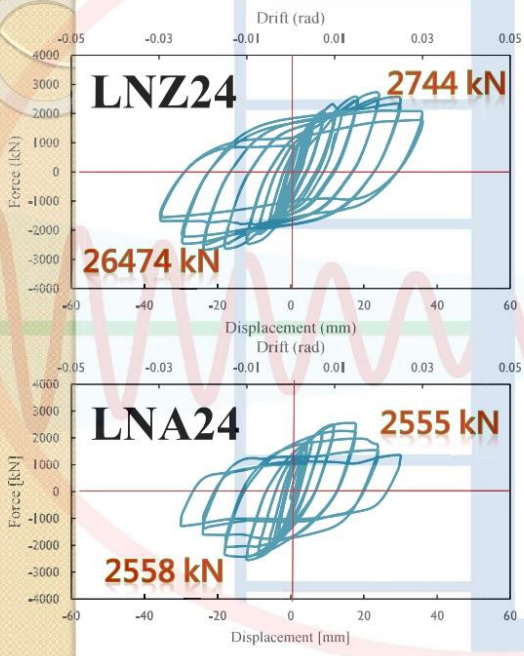
12

試驗結果
TEST RESULTS

- 破壞模式 Failure Mode
- 力位移曲線Load and Displacement Hysteric Performance.
- 橫向強度與韌性Strength and Ductility Comparison

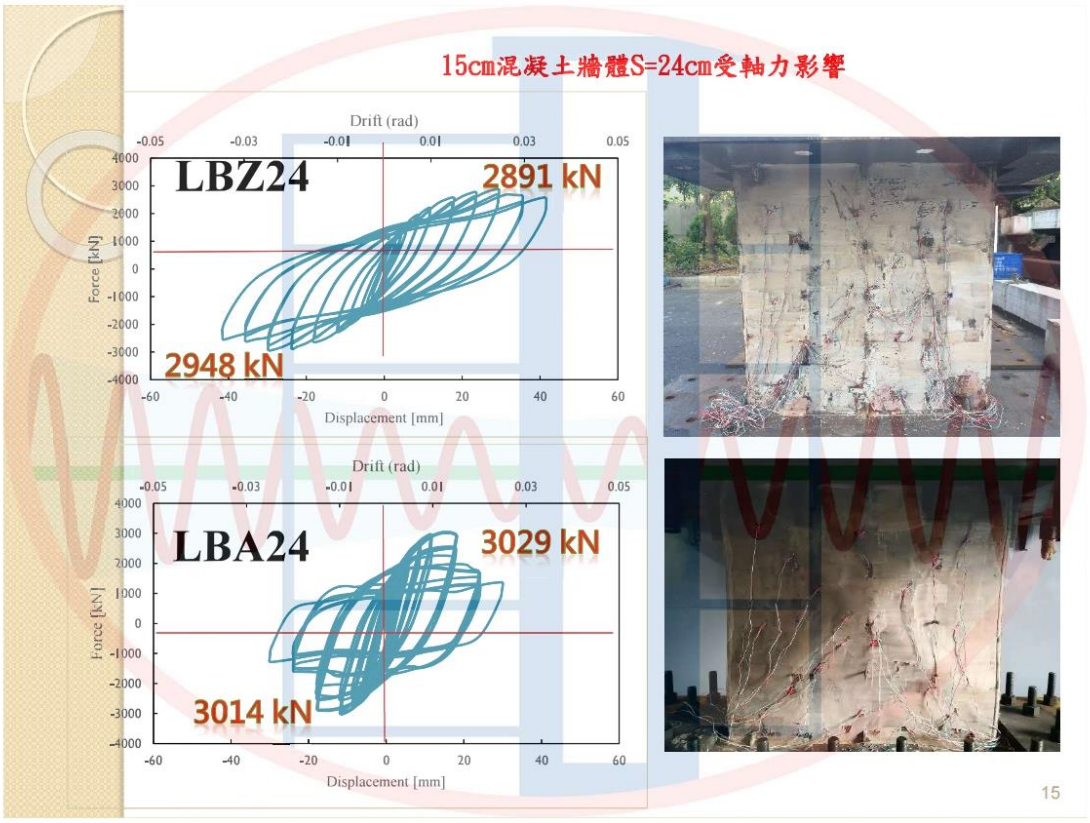
13

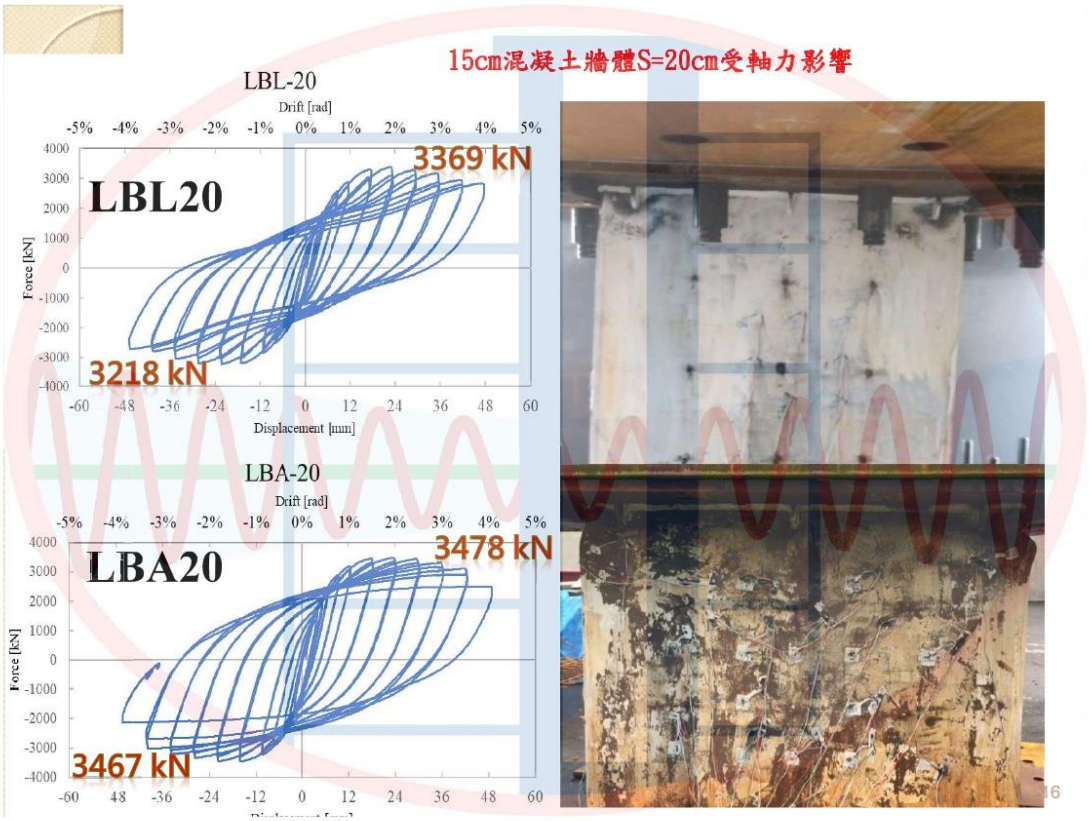
遲滯迴圈與破壞模式

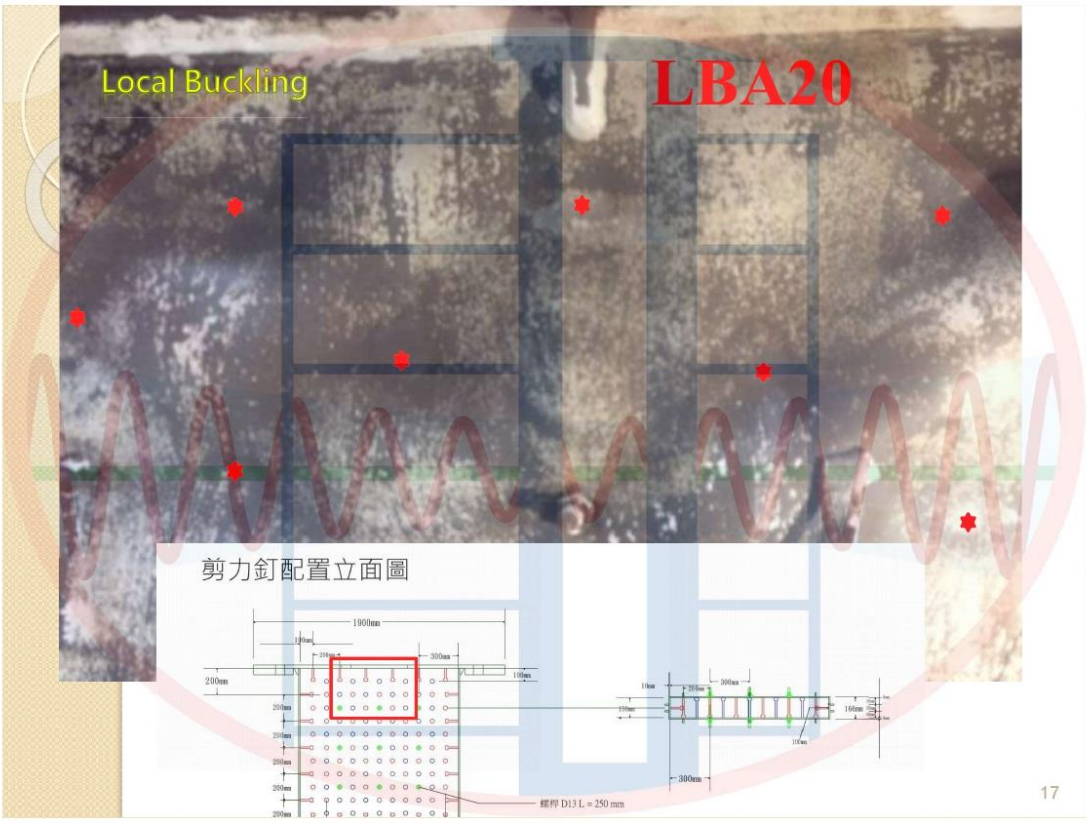


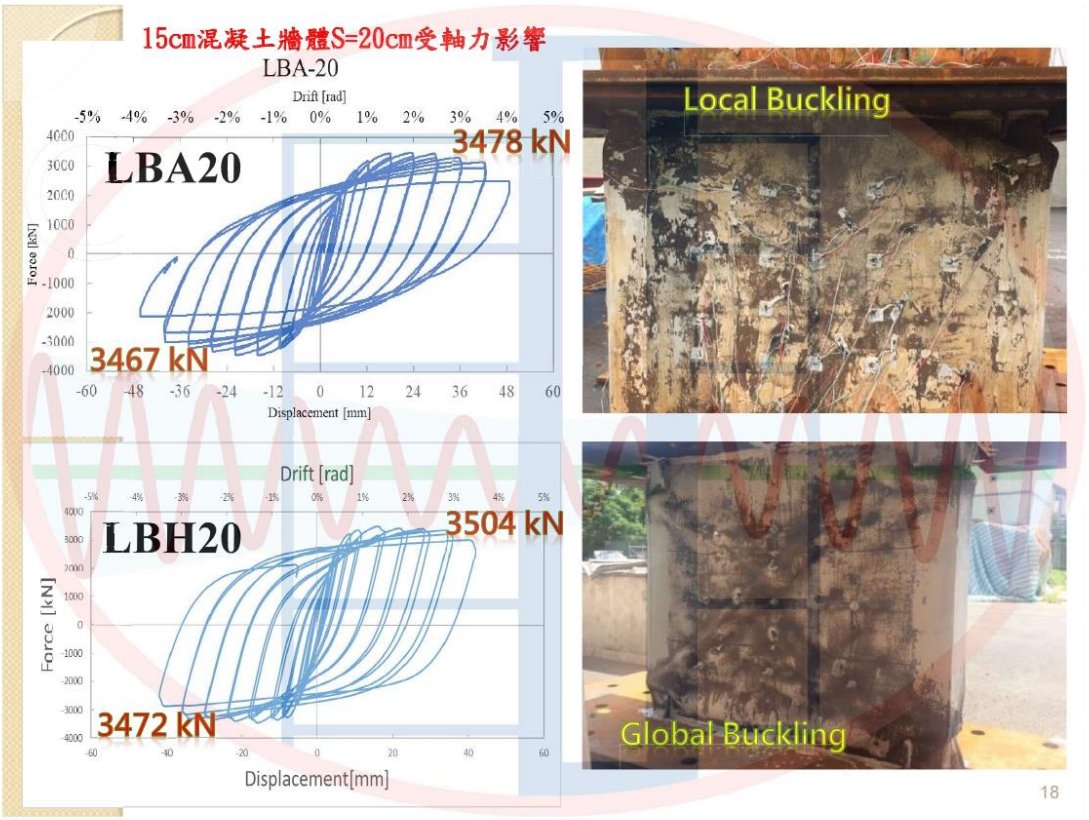
10cm混凝土牆體S=24cm受軸力影響

14

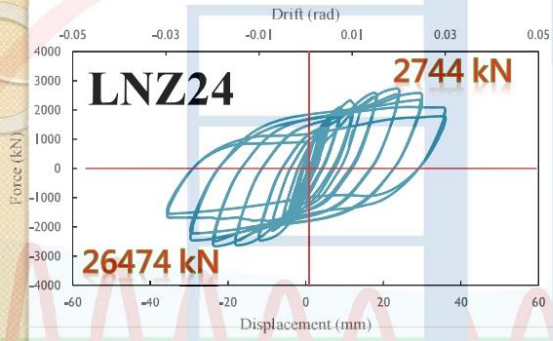

15cm混凝土牆體S=24cm受軸力影響
LBZ24
2891 kN
2948 kN
Drift (rad)
Force [kN]
Displacement [mm]
LBA24
3029 kN
3014 kN
15

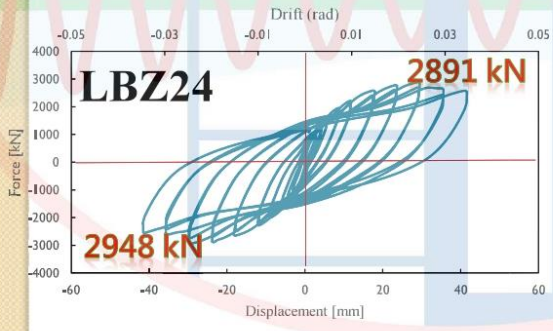

15cm混凝土牆體S=20cm受軸力影響
LBL-20
LBL20
3369 kN
3218 kN
Drift [rad]
Force [kN]
Displacement [mm]
LBA-20
LBA20
3478 kN
3467 kN
16


Local Buckling
LBA20
剪力釘配置立面圖
17


15cm混凝土牆體S=20cm受軸力影響
LBA-20
Drift [rad]
LBA20
3478 kN
3467 kN
Force [kN]
Displacement [mm]
Local Buckling
Drift [rad]
LBH20
3504 kN
3472 kN
Force [kN]
Displacement[mm]
Global Buckling
18

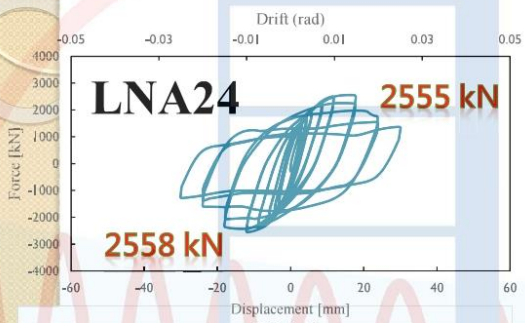
混凝土厚度影響

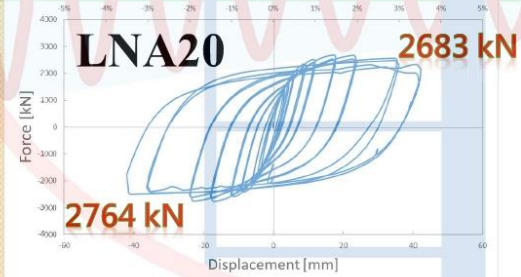




19

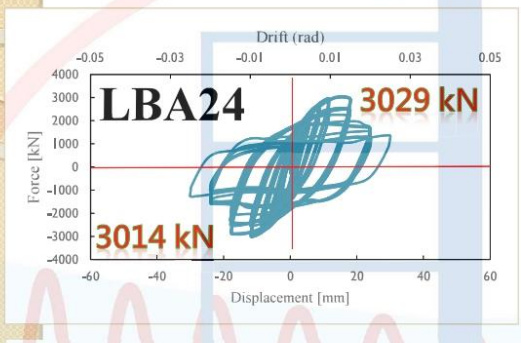
剪力釘間距影響

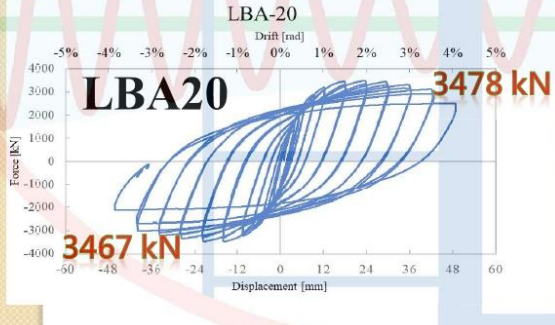


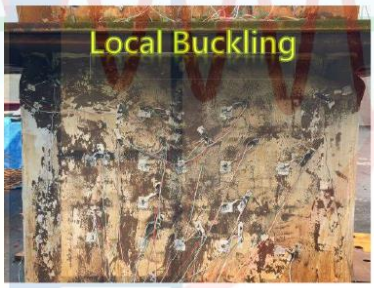


20

剪力釘間距影響

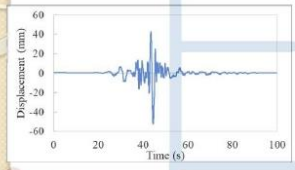




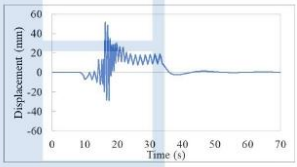


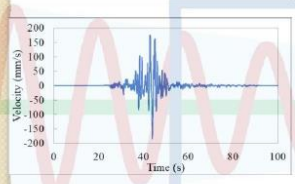
21

高應變率實驗結果 - XVA比較

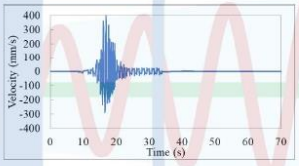


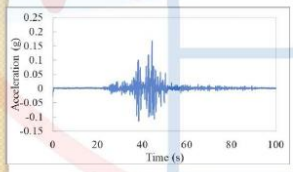
位移－時間



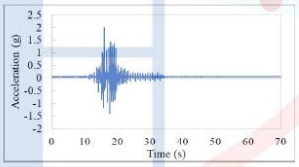


速度－時間





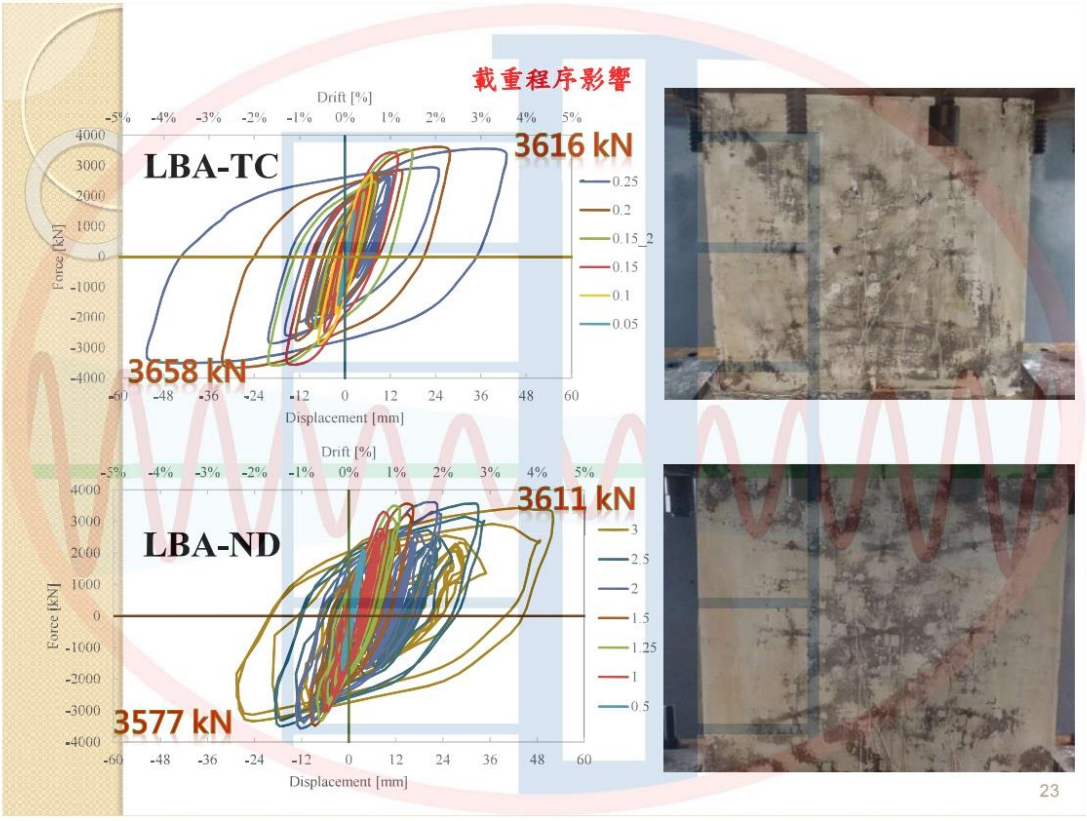
加速度－時間

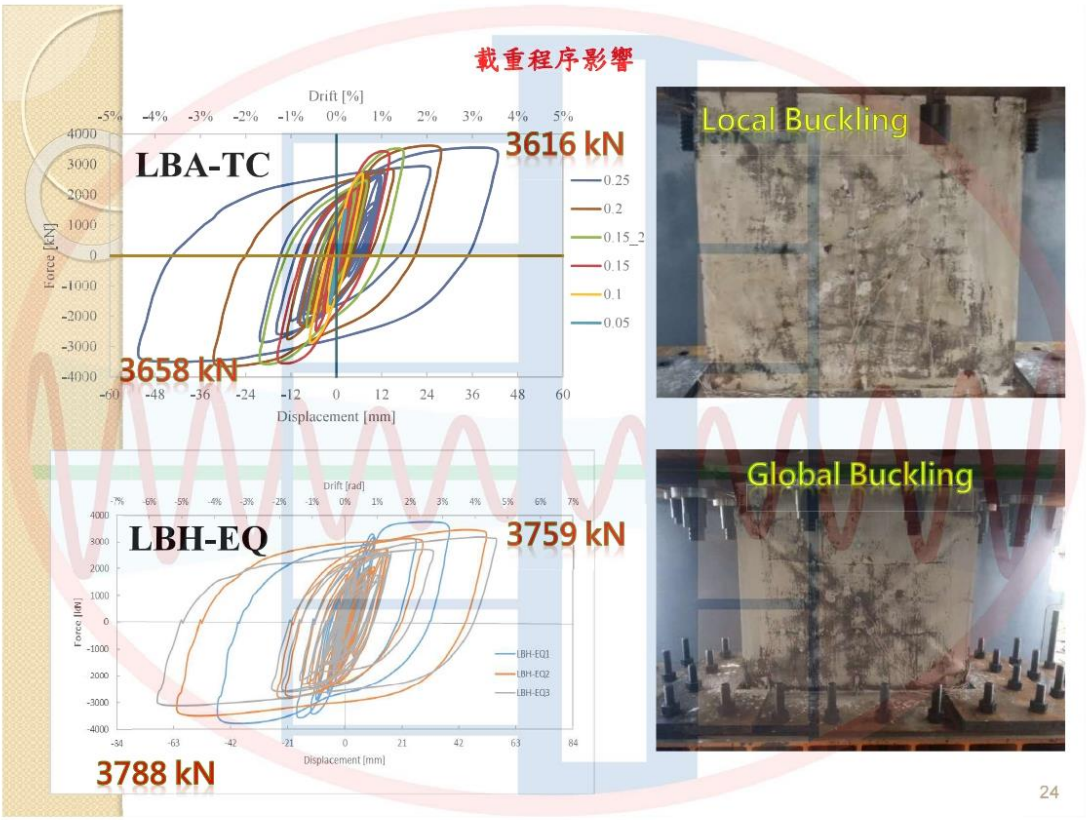


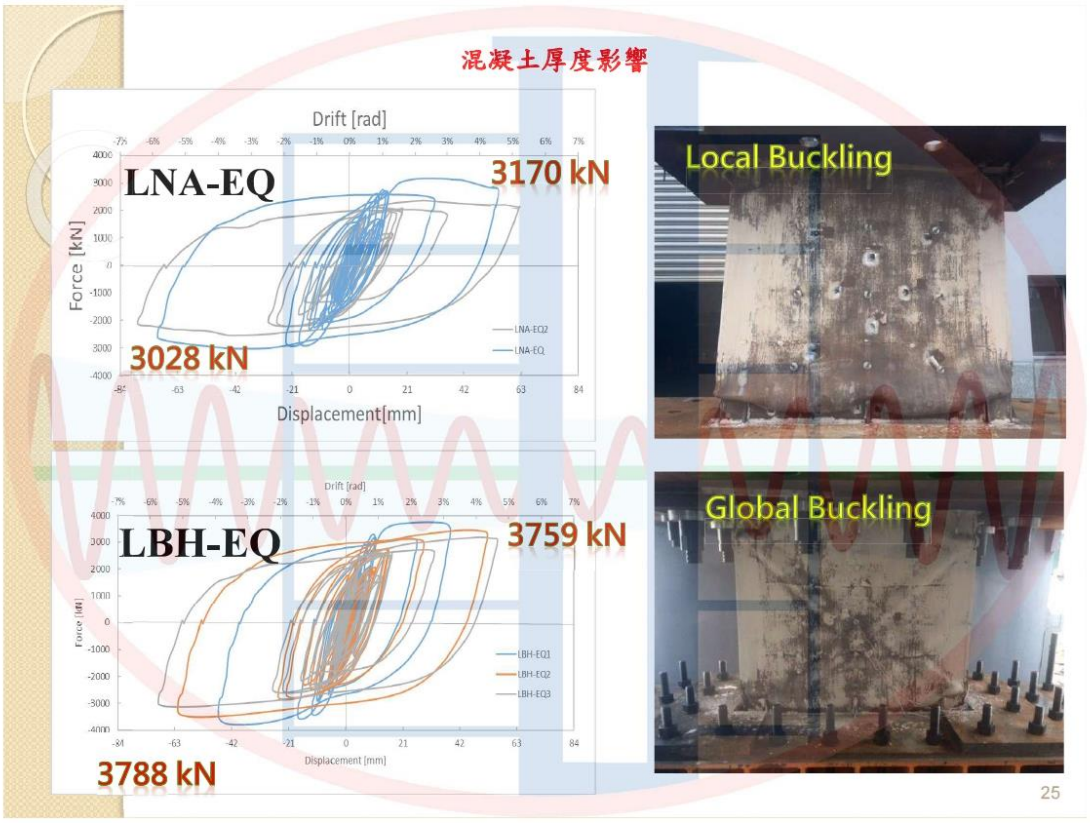
LBA-TC (0.25g)

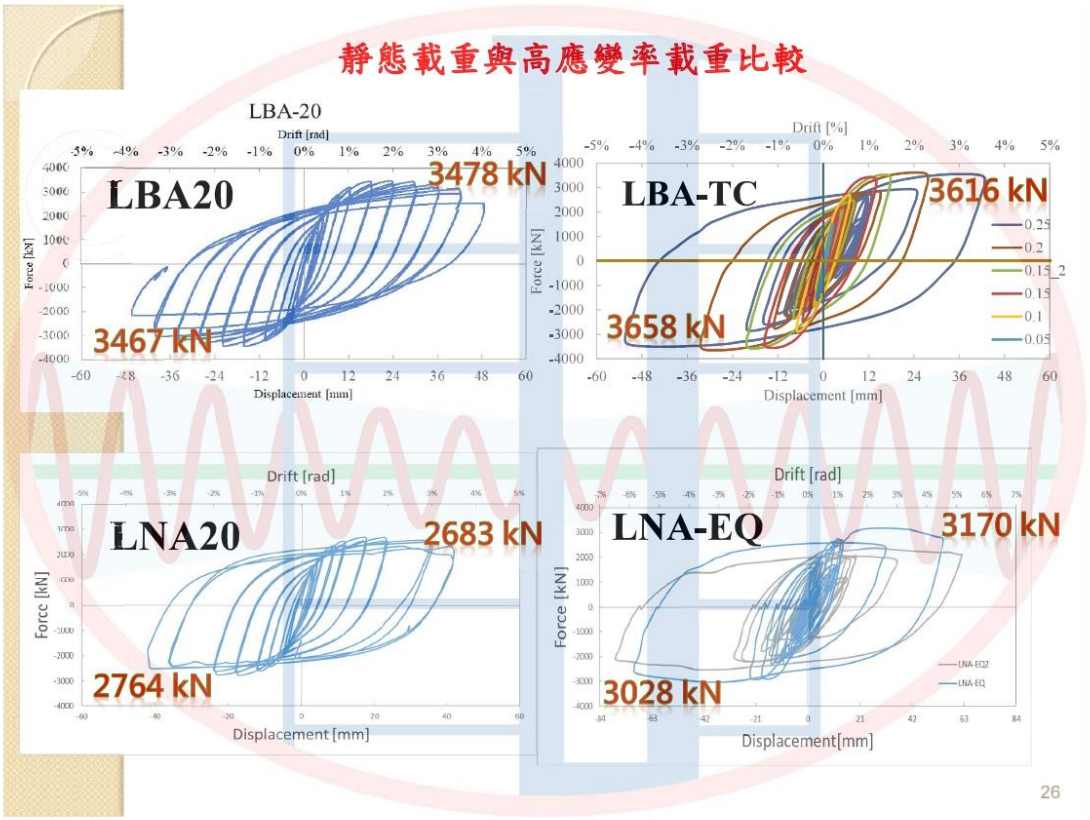
LBA-ND (3倍)

22

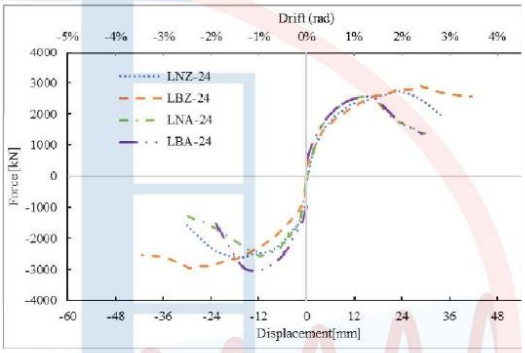

載重程序影響
LBA-TC
3616 kN
3658 kN
Drift [%]
Force [kN]
Displacement [mm]
0.25
0.2
0.15_2
0.15
0.1
0.05
LBA-ND
3611 kN
3577 kN
3
2.5
2
1.5
1.25
1
0.5
23

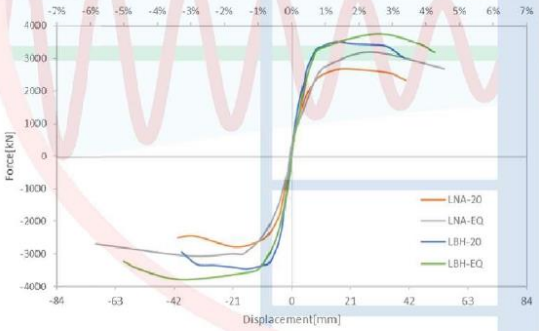

載重程序影響
LBA-TC
3616 kN
3658 kN
Drift [%]
Force [kN]
Displacement [mm]
0.25
0.2
0.15_2
0.15
0.1
0.05
Local Buckling
LBH-EQ
3759 kN
3788 kN
Drift [rad]
Force [kN]
Displacement [mm]
LBH-EQ1
LBH-EQ2
LBH-EQ3
Global Buckling
24

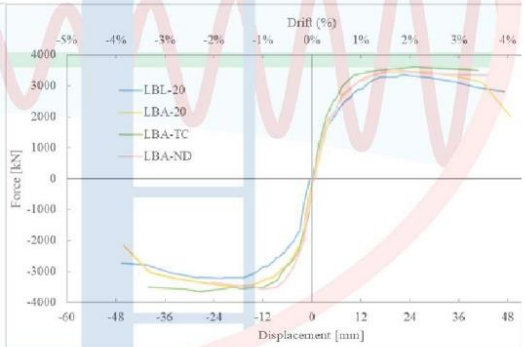

混凝土厚度影響
Drift [rad]
LNA-EQ
3170 kN
3028 kN
Force [kN]
Displacement[mm]
LNA-EQ2
LNA-EQ
Local Buckling
LBH-EQ
3759 kN
3788 kN
Displacement [mm]
LBH-EQ1
LBH-EQ2
LBH-EQ3
Global Buckling
25


靜態載重與高應變率載重比較
LBA-20
Drift [rad]
LBA20
3478 kN
3467 kN
Force [kN]
Displacement [mm]
Drift [%]
LBA-TC
3616 kN
3658 kN
0.25
0.2
0.15_2
0.15
0.1
0.05
LNA20
2683 kN
2764 kN
LNA-EQ
3170 kN
3028 kN
LNA-EQ2
LNA-EQ
26

試體破壞包絡線







27

試驗結果Test Results

Specimen	Initial Stiffness (kN/mm)	Yielding Strength		Peak Strength		Ultimate Displacement	Ductility
		Force (kN)	Δy (%)	Force (KN)	Δmax (%)	Δu (%)	Δu/Δy
LNZ-24	542	+1253/-1369	+0.27/-0.20	+2744/-2674	+1.96/-1.94	+2.47/-2.47	9.2/12.4
LBZ-24	510	+1474/-1376	+0.36/0.28	+2891/-2948	+2.42/-2.46	>+3.45 <-3.45	>9.7 >12.3
LNA-24	481	+1167/-1362	+0.24/0.11	+2555/-2558	+1.35/-0.99	+1.65/-1.67	7.0/15.3
LBA-24	608	+1048/-1527	+0.25/0.12	+3029/-3014	+1.29/-0.96	+1.60/-1.64	6.4/13.3
LBL-20	620	+1252/-1402	+0.21/-0.14	+3369/-3218	+1.89/-1.86	+3.71/-3.84	17.7/27.4
LBA-20	660	+1367/-1603	+0.27/-0.08	+3478/-3467	+1.94/-1.31	+3.56/-3.34	13.2/41.8
LBA-TC	824	+1507/-1769	+0.21/-0.17	+3616/-3658	+2.04/-2.41	>(+3.39) <(-3.99)	<(16.1) >(23.5)
LBA-ND	603	+1674/-1643	+0.27/-0.14	+3611/-3577	+1.65/-1.03	>(+3.57) <(-2.04)	<(13.2) >(14.6)

備註: Δu 為極限位移意指強度過峰值後下降 85% 時之位移

28

試驗結果
Test Results

Specimen	Initial Stiffness (kN/mm)	Yielding Strength		Peak Strength		Ultimate Displacement	Ductility
		Force (kN)	Δy (%)	Force (KN)	Δmax (%)	Δu (%)	Δu/Δy
LNA-20	465	+1154.4/ -1272.1	+0.191/ -0.173	+2683/ -2764	+1.430/ -1.402	+3.505/ -3.204	18.35/ 18.52
LNA-EQ	554	+1261.1/ -1270.8	+0.225/ -0.255	+3170/ -3028	+2.541/ -3.011	+4.607/ -5.331	20.48/ 20.91
LBH-20	574	+1591.4/ -1674.4	+0.209/ -0.160	+3504/ -3472	+1.317/ -1.317	+3.264/ -3.456	15.62/ 21.60
LBH-EQ	730	+1438.8/ -1498.3	+0.172/ -0.204	+3759/ -3788	+2.503/ -3.252	+4.246/ -5.010	24.69/ 24.56

備註: Δu 為極限位移意指強度過峰值後下降 85% 時之位移

29

小結論

- 本研究證實混凝土厚度15 cm牆體在強度或韌性表現上比10 cm穩定。
- 比較靜態載重試體表現，發現剪力釘間距20cm牆體承受較高軸力只輕微降低剪力牆試體變形能力(峰值後強度下降稍快)，但對試體橫向極限強度影響不大。剪力釘間距24cm牆體承受較高軸力則峰值後強度下降非常快，韌性表現不佳。
- 在相同剪力釘間距與軸力作用下，比較靜態與高應變率載重行為模式，發現高應變率載重試體破壞模式與靜態試驗差異不大，高應變率載重試體在鋼面板部分挫屈相對較不明顯。高應變率載重試體之極限強度較靜態試驗試體高出約5-14%。在強度、位移相似的情況下，高應變率載重試驗之韌性消能能力表現比靜態試驗來的好。TC載重程序比ND好，一次到位載重程序比漸進式載重銷能韌性佳。

30

結論

- 比較各試體破壞模式，當剪力釘間距24cm承受較高軸力，其破壞模式相近皆為邊界鋼板上加勁板附近出現裂縫後，鋼面板發生大面積對角斜向挫屈，韌性表現較差。當剪力釘間距設計20cm，鋼面板發生局部挫屈現象。**故**文獻建議以鋼面板降伏強度計算剪力釘間距之鋼面板細長比公式，試驗顯示並不保守，如採用剪力牆目標位移時之拉力強度計算再乘以0.8設計剪力釘間距(20cm)，試驗顯示效果良好，試體在強度以及韌性消能能力上皆能有效提升。

31

THE END
THANK YOU FOR YOUR ATTENTION

謝誌 ACKNOWLEDGEMENTS

中鋼公司免費提供低降伏鋼版與科技部計畫提供計畫經費 MOST107-2625-M-992-001 and MOST108-2625-M-992-002，以及國震中心南部實驗室在試驗上幫忙，在此一併致謝。

32