

土木水利

The Magazine of The Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering

December
2020

CECI  台灣世曦
工程顧問股份有限公司

夢想和幸福

零距離的接軌



幸福和愛有賴您長期的關懷與付出
台灣世曦信守工程師的承諾
以專業的技術與對品質的堅持
用心做好每一件事
建設幸福的家園 台灣



ISSN 0253-3804



NT\$350



Volume 47, No. 6

社團法人
中國土木水利工程學會 發行
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

貝氏定理在弱層檢核與
新冠病毒檢測之應用

專家見解

專 輯

鋼結構

109年年會大會及
土木水利工程論壇

特別報導



大會隆重莊重 - 宋理事長開幕致詞



大會貴賓致詞
工程會顏久榮副主委



大會貴賓致詞
海委會蔡清標副主委



大會專題演講
工程會林傑主任秘書



109年工程獎章頒獎，蔡益超教授及夫人與理監事們合照



程禹獎黃世傑先生全家人陪同一起頒獎



典禮結束前全體起立合唱大禹歌 - 向所有工程師致敬



理監事們及會員出席踴躍



大會美麗司儀
余佩瑩



109年首度現場採三機錄影



年會當天中午召開第23屆第2次會員代表大會

土木水利



社團法人中國土木工程學會會刊



夢想和幸福 零距離的接軌
台灣世曦工程顧問股份有限公司

土木水利半月集

先進工程

- 混凝土工程
- 鋼結構
- 運輸工程
- 鋪面工程
- 資訊工程
- 工程管理
- 非破壞檢測
- 先進工程

永續發展

- 永續發展
- 國土發展
- 水資源工程
- 大地工程
- 海洋工程
- 環境工程
- 景觀工程
- 綠營建工程
- 能源工程
- 天然災害防治工程
- 工程美化
- 營建材料再生利用

國際兩岸

- 國際活動及亞洲土木工程聯盟
- 兩岸活動
- 亞太工程師

教育學習

- 工程教育
- 終身學習
- 土木史
- 工程教育認證
- 大學教育
- 技專院校
- 學生活動

學會活動

- 學會選舉
- 學術活動
- 土水法規
- 介紹新會員
- 專業服務
- 學會評獎
- 學會財務
- 年會籌備
- 會務發展
- 會士審查
- 公共關係 [工程倫理]

出版活動

- 中國土木工程學刊
- 土木水利雙月刊

分會

- 土水學會
- 土水南部分會
- 土水中部分會
- 土水東部分會

發行人：宋裕祺

出版人：社團法人中國土木工程學會

主任委員：劉格非（國立臺灣大學土木學系教授、編輯出版委員會主任委員兼總編輯）

定價：每本新台幣350元、每年六期共新台幣1,800元（航郵另計）

繳費：郵政劃撥00030678號 社團法人中國土木工程學會

會址：10055台北市中正區仁愛路二段一號四樓

電話：(02) 2392-6325 傳真：(02) 2396-4260

網址：<http://www.ciche.org.tw>

電子郵件信箱：service@ciche.org.tw

美編印刷：中禾實業股份有限公司

地址：22161新北市汐止區中興路98號4樓之1

電話：(02) 2221-3160

社團法人中國土木工程學會第二十四屆理監事（依姓氏筆劃排序）

理事長：宋裕祺

常務理事：李順敏 高宗正 張荻薇 楊偉甫

理事：王宇睿 余信遠 林呈 林曜滄 邱琳濱 胡宣德 胡湘麟

高銘堂 張政源 許泰文 陳仲賢 陳彥伯 黃慧仁 壽克堅

廖學瑞 鄭燦鋒 賴建信 謝啟萬

常務監事：王昭烈

監事：呂良正 李建中 沈景鵬 林其璋 楊永斌 謝佳伯

中國土木工程學會任務

1. 研究土木工程學術。
2. 提倡土木水利最新技術。
3. 促進土木水利工程建設。
4. 提供土木水利技術服務。
5. 出版土木水利工程書刊。
6. 培育土木水利技術人才。

土木水利雙月刊已列為技師執業執照換發辦法之國內外專業期刊，土木工程、水利工程、結構工程、大地工程、測量、環境工程、都市計畫、水土保持、應用地質及交通工程科技師適用。

中國土木工程學會和您一起成長！

中華郵政北台字第518號 執照登記為雜誌 行政院新聞局出版事業登記証 局版臺誌字第0248號

特別報導 109年年會大會及土木水利工程論壇

- | | | |
|-------------------------------|-----|----|
| 📖 大會專題演講 — 產官學研攜手·共築工程未來 | 林傑 | 3 |
| 📖 論壇摘錄：技服辦法之額外服務工作項目計費研議 | 柯鎮洋 | 7 |
| 📖 論壇摘錄：探討公共工程技術服務現行契約之執行爭議及建議 | 邱水碧 | 14 |

「鋼結構」專輯 (客座主編：周中哲教授)

- | | | |
|-------------------------------|----------------------------|----|
| 📖 專輯序言：鋼結構 | 周中哲 | 20 |
| 📖 Y型隅撐於鋼結構設計之應用 | 許協隆／余子豪／薛培函／陳聖文 | 21 |
| 📖 低降伏鋼板與混凝土複合剪力牆耐震性能研究 | 鄭錦銅／張詠欽／黃昇賢／張惠雲 | 26 |
| 📖 具自復位特性之鋼結構柱腳耐震性能研究 | 鍾育霖 | 31 |
| 📖 板橋浮洲高層住宅以外覆鋼板及鋼造雙K型斜撐耐震補強評估 | 周中哲／鍾秉庭／粘評／陳威霖／柯鎮洋／王志誠／陳景誠 | 35 |
| 📖 強度混合型斜撐之耐震性能 | 陳垂欣／歐治均／游東諺／陳希言 | 41 |
| 📖 新型抗彎矩消能斜撐耐震行為特性研究與試驗 | 蕭博謙／李承益 | 46 |
| 📖 鋼造夾型屈屈束制斜撐於高層建物設計實驗及應用 | 劉佳豪／張盈智／周中哲／鍾秉庭／陳俊翰 | 52 |

專家見解

- | | | |
|-----------------------|-----|----|
| 📖 貝氏定理在弱層檢核與新冠病毒檢測之應用 | 蔡益超 | 59 |
|-----------------------|-----|----|

工程技術及發展

- | | | |
|---------------------------|------------|----|
| 📖 新式預鑄工法應用於高層隔震建築之規劃及施工成果 | 張圻／魏世玉／鄭燦鋒 | 63 |
|---------------------------|------------|----|

學會資訊看板

- | | |
|-------------------------------------|---------|
| 📖 109年年會榮譽榜 | 封底 |
| 📖 109年年會熱烈舉辦·圓滿成功 | 封面裡、封底裡 |
| 📖 109.11.5 斜張橋 — 結構分析、設計、施工與維護技術研討會 | 45 |
| 📖 109.12.4 混凝土新規範經營建署委託建研所審查通過 | 62 |
| 📖 109.12.16 BIM資訊管理與循環營建之推動實務研討會 | 62 |
| 📖 109.12.22 智慧道路及運輸研討會 | 62 |

廣告特搜

- | | |
|-----------------------------------|----|
| 台灣世曦工程顧問股份有限公司 — 夢想和幸福 零距離的接軌 | 封面 |
| 聯合大地工程顧問股份有限公司 — 調查·規劃·設計·監造·專案管理 | 58 |



大會專題演講

產官學研攜手 共築工程未來



現場由林傑主任秘書代為報告



吳澤成 / 行政院公共工程委員會 主任委員

近十年我國政府及民間投入公共建設金額每年平均約6,757億，攸關民生之建築、交通運輸及能源設施部分占比達8成，而營建業又是火車頭工業，公共建設能否順利推動，不僅與國家競爭力息息相關，更需要產官學研各界同心協力，共同合作。

工程會辦理公共工程計畫督導、考核、協調工作，從簡報數據可以看出全國公共工程在執行及品質上都有向上提升的趨勢。惟近年本會進行全國流廢標案件之檢討時，發現許多公共工程計畫於規劃時若缺乏整體性考量，或在預算編列時，未依機關實際需求編列合理可行之計畫及預算，或後續執行時未符合計畫內容，均會影響後續執行成效，追根究柢乃欠缺全生命週期觀念所致。爰本報告特別從全生命週期出發，盤點機關端常見缺失，並提供近期工程會相關精進作法供參。

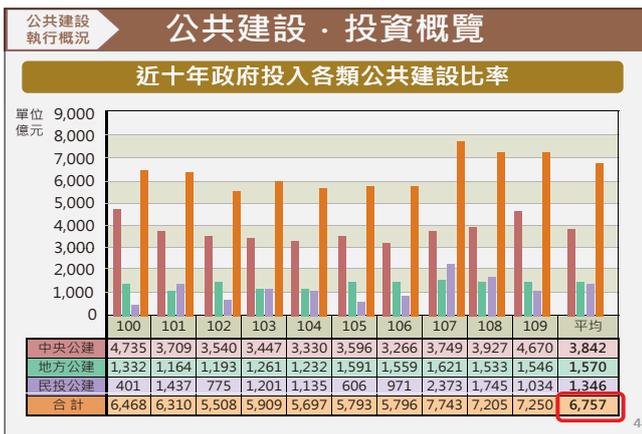
另為利與會者瞭解公共建設品質實有賴於各界的共同合作，本報告續以金質獎特優案為例，說明主辦機關、設計、監造及廠商各自分工所扮演之重要性，並提供反思案例，從而引出未來產官學研可共同合作之方向與契機。

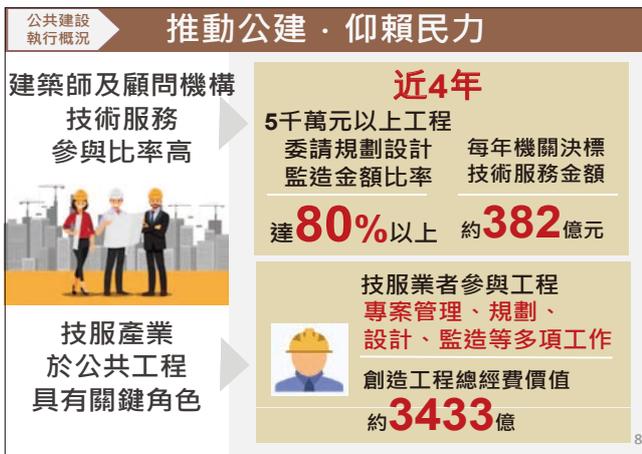
建構優質工程環境並促進產業正面環境，是工程會一直以來之目標及使命，提升建設品質也絕非政府單方向所能促成，惟有產官學研共同攜手，方能共築更理想之工程未來。



壹、公共建設執行概況

3





機關帶頭 全面精進 機關缺失・改善精進

公共工程生命週期盤點情形(1/2)

階段	常見缺失	精進作法
計畫預算	<ul style="list-style-type: none"> 機關規劃未具整體性 機關未確實評估工程需求，或未依需求對應編估合理費用或漏項，致執行時增加需求、經費不足 	<ul style="list-style-type: none"> 加強整體規劃（*詳述如後簡報） 計畫應扣合需求定位（*詳述如後簡報）
規設招標	<ul style="list-style-type: none"> 未評選出可於計畫經費及期限內完成之方案 機關需求未詳細載明於招標文件 機關採購工作小組及評選委員未確認計畫需求，並遴選符合預算額度可執行之方案 技服費用是否合理 	<ul style="list-style-type: none"> 評選方案應扣合計畫 研議允許提出逾招標規定方案 招標文件載明計畫內容及需求並要求廠商投標方案核實說明經費及工期 落實評選方案與計畫內容扣合 合理估算技服費用（*詳述如後簡報）
規設執行	<ul style="list-style-type: none"> 機關新增需求卻未相應增加工程預算或工期；或機關未依計畫及預算把關審查設計方案 	<ul style="list-style-type: none"> 機關落實執行紀律及審查；若有新增需求致需修正計畫時，應盡速辦理，工程會並建立溝通平台

機關帶頭 全面精進 機關缺失・改善精進

公共工程生命週期盤點情形(2/2)

階段	常見缺失	精進作法
工程招標	<ul style="list-style-type: none"> 機關未採行合宜的採購策略 契約規定不合理且無法執行 	<ul style="list-style-type: none"> 善用適當採購策略 依工程特性採用統包、選擇性招標、提供未得標獎勵金。 採用工程會契約範本
工程履約	<ul style="list-style-type: none"> 遭遇困難問題，未能即時解決 缺工 	<ul style="list-style-type: none"> 即時有效解決問題：機關增進熟悉契約及法規，主動解決；工程會建立諮詢機制 整合解決長短期缺工問題：（*詳述如後簡報）
營運管理	<ul style="list-style-type: none"> 管養制度未盡落實，資訊未公開 	<ul style="list-style-type: none"> 依規定管理及養護：盤點建立管養制度，導入二級管理機制、公開維護管理資訊
全階段		<ul style="list-style-type: none"> 倡議採購法納入教考制度（*詳述如後簡報）



計畫預算階段

機關帶頭 全面精進

機關研提計畫應扣合需求定位

- 預算法\$32~\$34：先有計畫，才有預算**
各主管機關所定之施政計畫及概算，得視需要，為長期之規劃擬編；重要公共建設及重大施政計畫，應先製作選擇方案及替代方案之成本效益分析報告並提供財源籌措及資金運用之說明，始得編列預算。
- 需求不明，先辦理委託規劃**
- 109年度各機關單位預算執行要點第16點第2項**
各機關辦理各項公共工程及房屋建築計畫，應自設定建造標準時，即審酌其工程定位及功能，對應提出妥適之建造標準，並從預算編列、設計、施工、監造到驗收各階段，均依所設定之建造標準落實執行，以有效運用政府預算。
- 共同性費用編列基準**
 - 不適用於特殊工程：醫院、劇院...
 - 得專案計列：特殊設備、智慧建築、綠建築、用途係數、挑高...

15

全階段

機關帶頭 全面精進

倡議採購法納入教考制度

採購法為各機關施政的主要工具，應具有採購之基本知能

監督人員

- 司法特考營繕工程組
- 調查局特考營繕工程組
- 考試科目含採購法

公務人員

- 高普考試
- 地方特考
- 考試科目未必含採購法

考試引導教學，導致監督人員較辦理採購人員熟悉採購法

廠商人員參與採購亦有瞭解之必要

19

規設招標階段

機關帶頭 全面精進

機關應合理估算技服費用

109年9月9日修正技服辦法：

- 編列合理技術服務費用**
技服預算核實估列，不因計費方式而有不同費用。依個案所需工作項目、人月數及薪資等特性合理估算預算，並作為擇定履約階段服務費用計算方式之參考。
- 合理百分比法計費內容**
刪除百分比附表上限制性，因應合理費用。刪除原列表「上限」之文字，明確所列百分比為參考性質，因應不同難易不同費率。非屬百分比法工作，單獨列項避免加量不加價。非建造費用百分比法計費範圍之額外工作，應單獨列項供廠商報價或載明固定費用，避免加量不加價。修正工程無底價建造費用定義。工程採購無底價且無評審委員會建議金額者，建造費用依統計資料由預算金額90%修正為預算金額。

感謝土水學會這1年來結合不同規模技服廠商，無償提供務實的分析及協助，對合理化技服費用助益良多。

16

全階段

機關帶頭 全面精進

倡議採購法納入教考制度

教

- 推動採購法納入大學授課科目
- 協調教育部將採購法納入大學教育

考

- 推動採購法納入國家考試科目
- 協調考試院將採購法納入考科

訓

- 實際從事人員加強採購法相關專業知識

17

工程履約階段

機關帶頭 全面精進

機關整合解決長短期缺工問題

協調改善國內營造產業缺工現象

營造業屬火車頭工業，帶動許多關聯產業的發展，本會已協調勞動部合理修正公共工程之外籍營造工規定因應需求，並刻與內政部、勞動部及經濟部合作推動整體性之改善措施。

原因檢討	解決對策
本國勞工參與營造業之誘因不足	全面落實技術證照制度，強化技術士及技術工培訓及考用合一。串聯技術士、工之訓練、考照及聘用，依規定或契約落實聘用，業主如有技術士需求，核實編列預算給予相對待遇以吸引勞工投入。
營造業自動化尚不普及，致人力需求無法減少	鼓勵輔導營建自動化，減少現場人力需求。實際鼓勵廠商發展營建自動化(產業創新投資抵減)，並由源頭設計開始要求採用自動化設計。
民間工程無法進用外籍營造工因應目前需求	充份調查與釐清，化解外界疑慮，因應急需。應有調查之事實需求，且應敘明營造業仍會優先進用本國勞工及其他可帶動本國勞工就業機會之正面效益。

17

攜手合作 共創金質

參、攜手合作·共創金質

21

工程履約階段

機關帶頭 全面精進

機關整合解決長短期缺工問題

勞動部於109年3月31日修正外籍營造工作業規範

- 刪除公共工程申請外籍營造工之百億計畫門檻。
- 增加外籍營造工驗收留用人數比例。
- 增訂政府計畫工程有增加外國人核配比例之必要，報經行政院核定者，得增加外籍營造工核配上限。

勞動部於109年7月31日修正工作資格及審查標準

- 調降申請門檻為工程契約金額1億元，同一雇主5千萬元以上未達1億元也可數案合併申請。
- 刪除本國及外籍營造工比例。

工程會於109年1月14日修正工程採購契約範本

- 刪除關於本國勞工與外籍營造工價差需扣除之條文。

工程會於109年11月16日發布解釋函

- 履約中之採購條件，原契約約定依法規進用外籍營造工須扣除本外勞價差者，就尚未辦理檢驗部分，得合意變更契約或依廠商資料核實分析。

18

攜手合作 共創金質

金質案例·標竿學習

第19屆公共工程金質獎 特優工程

臺中市豐原區污水下水道系統第一期 污水處理廠新建工程

桃園市桃園區中路二號基地新建公營住宅統包工程

臺中市水湳40M-11號道路與中科東向道路銜接工程

22

攜手合作 共創金質

金質案例·標竿學習

設計單位

- 鋼材採創新工法·增加防蝕能力
- 選擇較佳橋梁吊索抽換方式·提升維護效率

監造單位

- 指派專人於鋼構廠監督製程及組立作業
- 針對廠商自主檢查成果進行查證·確保品質

主辦機關

- 協調管線單位遷移
- 統一挖補縮短管遷程

承攬廠商

- 施工管制良好·兼顧交維安全
- 辦理協力廠商及供料商品質稽核·落實自主檢查



金質獎特優

臺中市水涵40M-11號道路與中科東向道路銜接工程

23

攜手合作 共創金質

期許業界·共創金質

計畫核定後·技術顧問進場協助機關至完工

參與評選階段·務實提出可行方案參與競爭

設計結果考量計畫預算·期程及施工可行性

監造及專案管理應掌握工程全貌
營造廠商依約施作

了解相關法令及技術規範·共同解決疑難

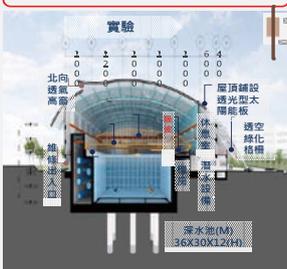
27

攜手合作 共創金質

案例反思·引以為鑑

高雄海洋科技產創專區 深水池新建工程

計畫未扣合需求定位



24

桃園國際機場第三航站區 主體航廈工程

評選方案未扣合計畫



24



肆、結語

28

攜手合作 共創金質

案例反思·引以為鑑

富岡漁港災後復建工程

設計內容與實際脫節



25

左營港東5-東7碼頭修建工程

預算編列與實際脫節



25

結語

同舟共濟·整體思維

片段思考

I'm sure glad the hole isn't in our end...



真慶幸·洞不是破在我們這一邊!?

整體思維

大家都在同一條船上
We're all in the same boat.



工程全生命週期 整體思維



29

攜手合作 共創金質

案例反思·引以為鑑

為利全國公共工程順利推動·有效解決疑難·本會逐步收集整理前述案例·建立五類資料庫·作為後續借鏡。

工程失敗案例

解決問題案例

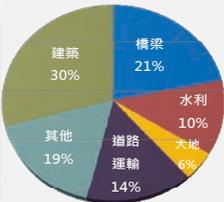
協調解決各部會疑難案例

金質獎案例

稽核案例

工程失敗案例

	工程類型	土木					建築	總計(階段)
		橋梁	水利	大地	道路運輸	其他		
生命週期	設計	10	2	1	5	7	14	39
	施工	11	10	5	9	14	19	68
	維護管理	4	0	1	2	1	3	11
	總計(類型)	25	12	7	16	22	36	118



工程失敗案例統計資料

26

結語

產官學研·共好共榮

與業主

建構優質工程環境·業主滿意

共好 共榮

與夥伴

促進產業正面循環·向上提升



30



技服辦法之 額外服務工作項目 計費研議



柯鎮洋董事長演講

柯鎮洋／台聯工程顧問股份有限公司 董事長、結構技師、土木技師

「機關委託技術服務廠商評選及計費辦法」係於民國 88 年 5 月頒行，二十餘年來，在現行法令或規定愈來愈嚴謹情況下，造成政府各單位要求辦理之事項也愈來愈多。為使計畫推動順利，工程主辦機關常會依據建造費用百分比法編列技術服務預算，但將許多原本不屬於設計範疇之項目於契約內載明要求設計廠商辦理，設計廠商對於這些工作有些需另委託專業廠商辦理，有些需增加人力自辦，但政府採購法於技術服務費率制定當時多數無此類工作，因此亦無相對應之費用，形成加量不加價之不合理現象。

合理解決之道乃是在原本不屬於設計範疇之技術服務項目，應單獨編列費用或依實作數量結算，此類工項整理如下。

技服辦法之額外服務工作項目計費

□ 技服辦法附表一、建築物工程技術服務建造費用百分比參考表
十、本表所列百分比，不包括本辦法第四條、第五條第一項第四款、第六條第一項第一款第二目、第二款第一目及第八條第三款至第五款服務事項之服務費用，其費用應由機關依個案特性及實際需要另行估算。

□ 附表二、公共工程(不包括建築物工程)技術服務建造費用百分比參考表
四、本表所列百分比，不包括本辦法第四條、第五條、第六條第一項第一款第二目、第二款第一目及第八條第三款至第五款服務事項之服務費用。其費用應由機關依個案特性及實際需要另行估算。

■ 建議
□ 研議技服辦法之額外服務工作項目計費

參考資料

- 政府採購法機關委託技術服務廠商評選及計費辦法 (109.09.09)
- 附表一、建築物工程技術服務建造費用百分比參考表
- 附表二、公共工程(不包括建築物工程)技術服務建造費用百分比參考表

第4條

機關委託廠商辦理**可行性研究**，得依採購案件之特性及實際需要，就下列服務項目擇定之：

- 一、計畫概要之研擬。
- 二、初步踏勘及現況調查。
- 三、研究工址相關範圍既有地形圖、測量、地質、土壤、水文氣象、材料等資料蒐集及其他調查、試驗或勘測。
- 四、都市計畫、區域計畫等之調查及研究。
- 五、計畫需求調查及分析。
- 六、計畫相關資料之分析、整理及評估。
- 七、方案研擬及比較評估。
- 八、計畫成本之初估及經濟效益評估。
- 九、財務之分析及建議。
- 十、風險及不定性分析。
- 十一、經營管理方式之研究。
- 十二、初步運輸及交通衝擊評估。
- 十三、可行性報告及建議。
- 十四、其他與可行性研究有關且載明於招標文件或契約之技術服務。

第5條

機關委託廠商辦理**規劃**，得依採購案件之特性及實際需要，就下列服務項目擇定之：

- 一、勘察工程基地。
- 二、繪製工程基地位置圖。
- 三、可行性研究結果之檢討及建議。
- 四、測量、地質調查、鑽探及試驗、土壤調查及試驗、水文氣象觀測及調查、材料調查及試驗、模型試驗及其他調查、試驗或勘測。
- 五、計畫相關資料之補充、分析及評估。
- 六、運輸規劃。
- 七、製作規劃圖說。如配置圖、平面圖、立面圖及具代表性之剖面圖等草案構想。
- 八、製作工程計畫書。如設計準則、規範等級說明、構造物型式及施工法(含特殊構造物方案及比較)、材料種類、結構及設備系統概要說明、構造物耐震及防蝕對策、營建土石方處理、工程計畫期程、工程經費概算等初步建議。
- 九、都市計畫、區域計畫等之規劃。
- 十、施工計畫、交通維持計畫、監測及緊急應變等初步規劃。
- 十一、使用期限規劃及維護管理策略。
- 十二、規劃報告。
- 十三、其他與規劃有關且載明於招標文件或契約之技術服務。

第6條(1)

機關委託廠商辦理**設計**，得依採購案件之特性及實際需要，就下列服務項目擇定之：

- 一、基本設計：
 - (一)規劃報告及設計標的相關資料之檢討及建議。
 - (二)非與已辦項目重複之詳細測量、詳細地質調查、鑽探及試驗及招標文件所載其他詳細調查、試驗或勘測。
 - (三)基本設計圖文資料：
 - 1.構造物及其環境配置規劃設計圖。
 - 2.基本設計圖。如平面圖、立面圖、剖面圖及招標文件所載其他基本設計圖。
 - 3.結構及設備系統研擬。
 - 4.工程材料方案評估比較。
 - 5.構造物型式及工法方案評估比較。
 - 6.特殊構造物方案評估比較。
 - 7.構造物耐震對策評估報告。
 - 8.構造物防蝕對策評估報告。
 - 9.綱要規範。
 - (四)量體計算分析及法規之檢討。
 - (五)細部設計準則之研擬。
 - (六)營建剩餘土石方之處理方案。

第6條(2)

機關委託廠商辦理**設計**，得依採購案件之特性及實際需要，就下列服務項目擇定之：

- 一、基本設計
 - (一)規劃報告及設計標的相關資料之檢討及建議。
 - (二)非與已辦項目重複之詳細測量、詳細地質調查、鑽探及試驗及招標文件所載其他詳細調查、試驗或勘測。
 - (三)基本設計圖文資料：
 - 1.構造物及其環境配置規劃設計圖。
 - 2.基本設計圖。如平面圖、立面圖、剖面圖及招標文件所載其他基本設計圖。
 - 3.結構及設備系統研擬。
 - 4.工程材料方案評估比較。
 - 5.構造物型式及工法方案評估比較。
 - 6.特殊構造物方案評估比較。
 - 7.構造物耐震對策評估報告。
 - 8.構造物防蝕對策評估報告。
 - 9.綱要規範。
 - (四)量體計算分析及法規之檢討。
 - (五)細部設計準則之研擬。
 - (六)營建剩餘土石方之處理方案。
 - (七)施工規劃及施工初步時程之擬訂。
 - (八)成本概估。
 - (九)採購策略及分標原則之研訂。
 - (十)基本設計報告。

第6條(3)

8

二、細部設計

- (一)非與已辦項目重複之補充測量、補充地質調查、補充鑽探及試驗及 其他必要之補充調查、試驗。
- (二)細部設計圖文資料：
 - 1.工程圖文資料。如配置圖、平面圖、立面圖、剖面圖、排水配置圖、地質柱狀圖等。
 - 2.結構圖文資料。如結構詳圖、結構計算書等。
 - 3.設備圖文資料。如水、電、空調、消防、電信、機械、儀控等設備詳圖、計算書、規範等。
- (三)施工或材料規範之編擬。
- (四)工程或材料數量之估算及編擬。
- (五)成本分析及估算。
- (六)施工計畫及交通維持計畫之擬訂。
- (七)分標計畫及施工進度之擬訂及整合。
- (八)發包預算及招標文件之編擬。

第6條(4)

9

- 三、代辦申請建築執照與水、電、空調、消防或電信之工程設計圖說資料送審。
 - 四、協辦下列招標及決標有關事項：
 - (一)各項招標作業，包括參與標前會議、設計、施工說明會。
 - (二)招標文件之釋疑、變更或補充。
 - (三)投標廠商、分包廠商、設備製造廠商資格之審查及諮詢。
 - (四)開標、審標及提供決標建議。
 - (五)契約之簽訂。
 - (六)招標、開標、審標或決標爭議之處理。
 - 五、其他與設計有關且載明於招標文件或契約之技術服務。
- 前項設計，應符合節省能源、減少溫室氣體排放、保護環境、節約資源、經濟耐用等目的，並考量景觀、自然生態、生活美學及性別、身心障礙、高齡、兒童等使用者友善環境。

第8條

10

- 機關委託廠商辦理第四條至第七條之服務，得依個案特性及實際需要，擇定下列服務項目，併案招標，或另案辦理招標：
- 一、有關專業技術之資料與報告之研究、評審及補充。
 - 二、替代方案、工程設計及施工可行性之審查及建議。
 - 三、各階段環境影響評估及相關說明書、報告書之編製及送審。
 - 四、水土保持計畫之辦理及送審。
 - 五、申請公有建築物候選綠建築證書或綠建築標章。
 - 六、特殊設備之設計、審查、監造、檢驗及安裝之監督。
 - 七、操作及維護人員之訓練。
 - 八、協辦有關器材、設備及零件之採購。
 - 九、關於生產及營運技術之改善。
 - 十、設施安全之評估。
 - 十一、協辦設備之操作及營運管理。
 - 十二、操作及維護手冊之編擬。
 - 十三、價值工程分析。
 - 十四、協助處理民衆抗爭、災害搶救或管線遷移等事項。
 - 十五、其他與技術服務有關且載明於招標文件或契約之事項。

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段

11

工作項目	■ 補充地質調查及試驗(陸上)
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 現地鑽探、取樣及現場試驗 ■ 鑽孔進尺費(土層)；鑽孔進尺費(礫石層)；鑽孔進尺費(軟岩)；鑽孔進尺費(硬岩) ■ 標準貫入試驗及駁管取樣；透水試驗；地球物理探測；垂直平版載重試驗；現地直接剪力試驗；現地密度與篩分試驗 ■ 水位井安裝及觀測 ■ 機具器材運搬費；鑽孔配合費 ■ 岩心箱；岩心鑑定記錄 ■ 便道修建費；搭架費；地上物補償(含土地租金) ■ 工安管理、環保及保險費 ■ 設計單位之現場督導費 ■ 室內試驗 ■ 報告及其他
預算編列要則	■ 依面積及地形困難度編列

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段

12

工作項目	補充測量(陸上)
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地形測量(平地、不同比例尺)；公頃 ■ 地形測量(山坡地、不同比例尺)；公頃 ■ 導線測量；公尺 ■ 控制點測量；處 ■ 已知控制點檢測；處 ■ 石樁埋設；處 ■ 鋼樁埋設；處 ■ 道路、河川及溝渠断面測量；公尺 ■ 路權界址鑑界；筆 ■ 獨立點座標及高程測量；點 ■ 都計樁檢核；點 ■ 測量成果報告
預算編列要則	公頃

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段

13

工作項目	環境影響差異分析報告
工作細項	<ol style="list-style-type: none"> 1.環境現況補充調查--可先蒐集既有環境資料，若有不足再進行必要之補充調查；按實計價。 2.環境影響差異分析技術服務--包含：變更前後環境影響差異分析、環保對策檢討及修正、報告撰寫、環評審查簡報製作、審查意見回覆等。
預算編列要則	按實計價

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段

14

工作項目	都市設計審議(多目標使用申請)
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 都市設計審議報告 ■ 多目標使用申請報告之製作 ■ 審議
預算編列要則	依面積及建物棟數而定

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段

15

工作項目	都市計畫變更
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 主要計畫變更(不同面積)含都市設計審議報告、多目標使用申請報告之製作及審議 ■ 細部計畫變更(不同面積)
預算編列要則	依面積不同訂定

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段

16

工作項目	河川公地申請
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 河床地形測量；公頃 ■ 河床採樣；處 ■ 申請所需計畫書編撰 <ul style="list-style-type: none"> □ 水文水力分析 □ 最大可能冲刷深度分析 □ 河防安全影響評估報告 □ 施工計畫書 □ 環境影響說明計畫書 □ 防汛應變計畫書 □ 管理維護計畫書 □ 河川使用土地清冊 □ 河川地使用後復舊計畫書 □ 河防建造物開挖暨復建計畫書
預算編列要則	影響範圍

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段

17

工作項目	水土保持計畫
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 資料蒐集分析與計算 ■ 區域地質分析 ■ 水土保持工程(整地、道路、排水設施) ■ 邊坡保護 ■ 植生工程 ■ 開發期間因應各階段施工之防災設施書圖製作
預算編列要則	依據面積大小及工程特性評估工作量

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	濕地明智利用徵詢
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 資料收集研閱 ■ 現地勘查訪談 ■ 利用方式研究分析建議
預算編列要則	次

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	設計階段風險評估報告
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 風險項目辨識 ■ 對策 ■ 殘餘風險
預算編列要則	約設計服務費之0.5%，但不少於15萬元

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	野生動物重要棲息環境實施開發利用行為調查
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 陸域生態調查；季次 ■ 水域生態調查；點次 ■ 海域生態調查；點次 ■ 生態環境影響評估及對策研擬 ■ 預測開發行為可能引起生態環境影響評估、擬定生態環境保育對策或替代方案
預算編列要則	實做計價

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	公共藝術策畫
工作細項	工程公共藝術設置計畫書
預算編列要則	公共藝術設置經費之10~15%

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	文化資產調查(陸上)
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 考古探坑試掘 視田野調查結果，若基地範圍可能涉及文化遺址分布，可進行探坑試掘予以確認，考古鑽探 ■ 文獻蒐集分析 工作量配合監看範圍及日數並視計畫區範圍大小、是否涉及文化資產議題而定 ■ 考古監看 視需要執行，用於輔助確認探坑試掘結果
預算編列要則	實做計價

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	BIM模型之建置與管理
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ BIM設計及空間衝突檢查 ■ 設計模型管理
預算編列要則	<ul style="list-style-type: none"> ■ BIM設計及空間衝突檢查 <ul style="list-style-type: none"> □ 土建部分約其細部設計服務費之5% □ 機電部分約其細部設計服務費之15%。 ■ 設計模型管理 <ul style="list-style-type: none"> □ 約細部設計服務費之2%

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	樹木調查及保護移植計畫
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 樹木樹種數量調查；公頃 ■ 樹木健康調查評估；株 ■ 撰寫保護移植計畫
預算編列要則	實做計價

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	出流管制計畫
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 基本資料及基地現況調查(淹水訪談作業及紀錄) ■ 土地開發前後逕流量計算及出流管制量訂定 ■ 削減洪峰流量方案研擬 ■ 土地開發對區外排水影響評估 ■ 出流管制設施工程計畫 ■ 出流管制設施使用管理與維護計畫
預算編列要則	人月

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	交通量調查(設計階段)
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 主要路口與路段之尖峰小時交通量現地調查 ■ 主要道路行駛速率現地調查 ■ 主要道路路口與路段之監測交通量資料蒐集 ■ 成果報告
預算編列要則	處次

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	生態檢核
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 生態調查；點次 ■ 設計階段生態評估檢討
預算編列要則	實做計價

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	用水計畫書
工作細項	1.計畫用水量評估(含節約用水措施及設施規劃、用水平衡圖、污水處理及排放等) 2.水源供應規劃(含周邊可供水源、預定取得水源、供水系統規劃、用水自動化管理系統等) 3.缺水應變措施研擬(含生活及其他用水、工業用水等) 4.用水計畫審查與撰寫
預算編列要則	依面積及人口數

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	用地費及拆遷補償費評估
工作細項	■ 土地協議市價查估、評定 ■ 土地徵收市價查估、評定 ■ 地上物補償費查估、製作報核 ■ 協議價購會議
預算編列要則	公頃次(或年度)

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	海岸利用管理說明書
工作細項	■ 海洋生態環境調查 ■ 海岸利用管理說明書
預算編列要則	應另含專案小組與海審大會之相關審查作業所需費用。

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	電力系統衝擊分析
工作細項	1.電力系統衝擊分析(含電力潮流分析、故障電流分析、電壓變動分析、電壓閃爍分析、功率因數分析、諧波管制分析、電壓持續運轉分析) 2.暫態穩定度分析
預算編列要則	人月

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	防風林補植計畫
工作細項	■ 補植區劃、植物生態調查評析 ■ 補植區土壤鹽害、土壤貧瘠度調查分析 ■ 補植區飛砂、風害、潮害、高溫乾燥等危害因子調查分析 ■ 防風林補植計畫整體規劃 ■ 防風林補植設計
預算編列要則	規劃：約防風林補植工程預算之2.5% 設計：約工程費之5%

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	地質敏感區基地地質調查及地質安全評估作業
工作細項	■ 地表地質調查 ■ 地質鑽探及取樣 ■ 地球物理探測 ■ 現地取樣試驗 ■ 室內試驗 ■ 基地地質調查及地質安全評估結果報告
預算編列要則	依面積及地形困難度編列；視需要納入GEO2010資料庫建置費

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	用地權屬調查
工作細項	用地範圍權屬資料整理、分析及申請
預算編列要則	公頃

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	土石流調查與評估
工作細項	■ 土石流現況與保全對象調查 ■ 影響評估報告
預算編列要則	依溪流集水區地形困難度

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	管線調查及試挖
工作細項	■ 管線資料蒐集及現場調查 ■ 非破壞性調查(透地雷達) ■ 非破壞性調查(跨孔式地電阻法) ■ 非破壞性調查(時間域電磁法) ■ 管線試挖及復舊 ■ 調查報告
預算編列要則	依試挖深度、範圍及困難度編列

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	加強山坡地雜項執照審查之作業費
工作細項	■ 山坡地現況與保全對象調查 ■ 山坡地加強工程設計
預算編列要則	依面積大小與地形困難度

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段

38

工作項目	沿線構造物調查(設計階段)
工作細項	1.建物識別(含公共結構物)設計階段「沿線構造物調查」係為評估兩側建物受潛盾鑽掘或深開挖影響以及建物保護設計之用。內容包含結構型態(建材、柱間距等)、基礎型式、基礎/地下室深度、與本工程距離等。 2. 建物傾斜度調查 3. 成果報告
預算編列要則	依建築物棟數

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段

39

工作項目	現地噪音量測及落錘實驗 (與噪音振動評估報告相關)
工作細項	■ 噪音量測 ■ 落錘實驗 ■ 評估報告
預算編列要則	量測 處數

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段

40

工作項目	工程碳盤查或碳排放量評估
工作細項	■ 工程排碳量估算(工程細設成果) ■ 工程施工期間碳盤查 ■ 工程開發營運期間碳盤查
預算編列要則	人月

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段

41

工作項目	健康風險評估
工作細項	依據環保署「健康風險評估技術規範」進行開發工程對鄰近區域居民之健康風險評估
預算編列要則	人月

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段

42

工作項目	既有結構耐震能力評估
工作細項	■ 資料蒐集。 ■ 現況調查。 ■ 混凝土抗壓強度試驗、中性化深度檢測、及氯離子含量檢測。 ■ 耐震能力詳細評估。 ■ 耐震補強方案規劃。 ■ 耐震補強經費概估。 ■ 長期腐蝕監測計畫。
預算編列要則	樓地板面積

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段

43

工作項目	水工模型試驗
工作細項	1.試驗場地租用費 2.試驗(含水工模型與河道模型建置、量測設備整備、試驗人員勞務費、數值模型驗證) 3.試驗報告撰寫
預算編列要則	場地規模因案而異

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段

44

工作項目	風洞試驗
工作細項	1.場地租用費 2.試驗(含模型製作(不同比例不同尺寸)、環境風場調查、主體構造風力情況評估、外部被覆物局部風力情況評估) 3.報告撰寫
預算編列要則	場地規模因案而異

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段

45

工作項目	影片、動畫、模型製作
工作細項	■ 工程簡介影片拍攝與製作 ■ 動畫製作 ■ 模型製作(不同比例不同尺寸)
預算編列要則	秒

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段

46

工作項目	消防性能驗證分析與審查
工作細項	■ 火災煙控分析 ■ 動態避難分析 ■ 消防水力電腦模擬計算(若需要)
預算編列要則	建築物總容積(m3)

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段

47

工作項目	文宣及宣導品
工作細項	■ 文案企劃 ■ 文宣製作 ■ 印刷費用
預算編列要則	頁,份

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	網站架設及定期更新
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 網站架設 ■ 網站維護 ■ 網站平台租用費 ■ 伺服器主機 ■ 伺服器軟體及用戶端授權 ■ NAS儲存設備 ■ 防火牆 ■ 網路交換器 ■ SQL資料庫軟體
預算編列要則	人月、部、套

依實際需求單獨編列預算之工作項目-監造階段	
工作項目	二級品管抽驗
工作細項	各項檢試驗費
預算編列要則	※費用應編列於機關工程管理費內。如編列於監造或施工廠商契約內，應比照職安衛設施編列方式，逐項編列按實作數量計價

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	舉辦研討會議
工作細項	研討會議之場地費、宣傳費、交通、住宿、膳食、保險及設計單位配合人月費與管理費
預算編列要則	場次

依實際需求單獨編列預算之工作項目-監造階段	
工作項目	施工階段BIM審查
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 可施工性檢討 ■ 4D工項排程 ■ 衝突檢查 ■ 施工模擬 ■ 材料估算 ■ 竣工模型
預算編列要則	約設計階段BIM模型建置費用之25%

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	配合海外參訪
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 機票 ■ 地區交通費、生活費及公費--參照「中央政府各機關派赴國外各地區出差人員生活費日支數額表」編列
預算編列要則	依實際發生數量結算

依實際需求單獨編列預算之工作項目-監造階段	
工作項目	無人機施工紀錄
工作細項	依據民用航空法之遙控無人機專章相關規定
預算編列要則	公頃

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	派駐機關人力
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 工程師(年資0~2年) ■ 工程師(年資3~5年) ■ 工程師(年資6~10年) ■ 工程師(年資11~15年) ■ 工程師(年資16~20年) ■ 行政人員(專科及以下) ■ 行政人員(學士) ■ 行政人員(碩士)
預算編列要則	人月

依實際需求單獨編列預算之工作項目-監造階段	
工作項目	價值工程分析
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 資訊收集 ■ 創意構想階段 ■ 評估判斷階段 ■ 細部發展階段 ■ 簡報建議階段
預算編列要則	※不宜由監造廠商辦理，交由價值工程研析學會

依實際需求單獨編列預算之工作項目-設計階段	
工作項目	施工期間派員赴工址(國內)技術諮詢
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 出席費 ■ 交通費 ■ 住宿費 ■ 雜費
預算編列要則	依實際發生數量結算

依實際需求單獨編列預算之工作項目-監造階段	
工作項目	全程駐廠品質控制(國內)
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 駐廠人日費--監造人日單價=(監造人月費/168)*8，交通費 ■ 住宿費 ■ 雜費
預算編列要則	人日、人次、依實際發生數量結算

依實際需求單獨編列預算之工作項目-監造階段

58

工作項目	赴國外廠驗或驗廠
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 機票 ■ 地區交通費、生活費及公費
預算編列要則	人日、人次、依實際發生數量結算

依實際需求單獨編列預算之工作項目-監造階段

59

工作項目	終止契約另案發包評估(含法律諮詢)
工作細項	<ul style="list-style-type: none"> ■ 各項工程銜接之安排 ■ 原分包廠商後續事宜之處理 ■ 工程預付款扣回方式 ■ 以施作未請領工程款廠商是否由該廠商請款 ■ 工程款請領發票之開立及撥付方式 ■ 應澄清或確認之事項
預算編列要則	※應以契約變更另行議價

依實際需求單獨編列預算之工作項目-監造階段

60

工作項目	爭議調解及仲裁訴訟文件撰寫/出席
工作細項	請求調解之事項、調解標的之法律關係、爭議情形及證據
預算編列要則	※應以契約變更另行議價

依實際需求單獨編列預算之工作項目-監造階段

61

工作項目	配合營運需求之夜間施工監造
工作細項	夜間施工監造
預算編列要則	<ul style="list-style-type: none"> ■ 監造人時單價之1.5倍 ■ 晚間6時以後之施工監造；監造人時單價=(監造人月費/168) ■ 依實際發生人時數量結算

依實際需求單獨編列預算之工作項目-監造階段

62

工作項目	工程竣工至驗收完成期間之駐地人員費用
工作細項	駐地人員
預算編列要則	<ul style="list-style-type: none"> ■ 監造人時單價之1.5倍 ■ 配合機關要求辦理，依實際發生人月數量結算，不足月部分按比例計算

簡報完畢·敬請指教

本學會自 108 年 7 月受公共工程會委託研究「工程技術服務合理費用之探討」，於 108 年底結案。在與工程會及業界交換意見後，決定自發性的展開第二階段繼續深入研究。感謝業界各大公司，包括中興工程顧問股份有限公司、台灣世曦工程顧問股份有限公司、泰興工程顧問股份有限公司、康城工程顧問股份有限公司、台聯工程顧問股份有限公司、邑葛工程顧問有限公司及宋裕祺研究室團隊自 109 年 3 月以來，歷經 9 個月十三次會議的共同研商，及後續林同棧工程顧問股份有限公司、亞新工程顧問股份有限公司的加入。期間數度對政府提出具體建議並經採納（工程會已數次修改採購法並公告實施之）。



宋理事長帶領業界共同研究

全案「公共工程技術服務費用編列及建議」部分成果在年會中以論壇形式發表，以收集更多意見，作為報告最後定稿之參考。結案報告將於 110 年 1 月提交工程會。其中「技術服務費用編列建議」，由中興顧問余信遠執行副總主筆，一字一句審慎推敲，務求嚴謹客觀及公正，內容將於下期會刊中披露。



余信遠執副於年會中演講

感謝業界各公司協助研究，其間花費無數精力時間，無私提供數據，更提出具體可行的建議。本次成果豐碩，公信度高，足為業界發聲。期望政府相關單位，採納建言，我們將持續與各界進行溝通，齊力為公共工程技術服務業奠定可長可久的執業環境。





DOI: 10.6653/MoCICHE.202012_47(6).0003

探討 公共工程技術服務 現行契約之 執行爭議 及 建議



邱水碧協理演講

邱水碧 / 台灣世曦工程顧問股份有限公司營建管理部 協理

工程技術顧問業在臺灣公共工程建設上扮演了極重要的角色，工程技術顧問公司之素質及服務品質都直接影響整體工程進度、品質與安全，而經營環境是否完善，對於工程技術顧問業是否能提升素質與服務品質產生決定性的影響力量。

隨著時代變遷，除工程技術不斷提升外，生態、環保及施工安全等觀念的改變，對工程技術服務廠商的要求與日俱增，也造成機關與工程技術服務廠商之間對招標文件、契約及履約方式存有不同之解讀及爭議。

行政院公共工程委員會為完善國內工程環境，除適時修正「機關委託技術服務廠商評選及計費辦法」，亦配合實際履約遭遇問題修正「採購契約範本」，並提供「政府採購法問答集」及函頒「各類型採購錯誤行為態樣」予各工程採購機關參考；然實務執行面仍有機關採取保守作為，增訂定不合理之契約條款或錯誤解釋契約規定，常造成履約過程產生爭議。

為反應目前實務執行現況，有效解決並避免相關爭議，中國土木水利工程學會蒐集各顧問公司在履約過程常與機關發生之爭議事項，其中各案例之履約地點遍及北、中、南及東部地區，業主亦包括中央及地方機關，期待經由實例探討及建議，提供行政院公共工程委員會參卓及納量，與中國土木水利工程學會共同再逐步改善國內工程技術服務廠商之經營環境，讓工程技術顧問業為這片土地貢獻全力，建構美好的家園。

壹 前言

貳 常見契約執行爭議類型

參 各類型爭議案例及改善建議

肆 結語

CONTENTS

壹 前言 (2/4)

行政院公共工程委員會為完善國內工程環境
除適時修正
「機關委託技術服務廠商評選及計費辦法」
亦配合實際履約遭遇問題修正「採購契約範本」
並提供「政府採購法問答集(政府採購法常見問題Q&A)」
https://www.pcc.gov.tw/News_Content.aspx?n=3147CE21437457B2&sms=9DBAB9FE4BBD5E1E&s=6FA347D3B37F0907
及函頒「各類型採購錯誤行為態樣」
<https://www.pcc.gov.tw/cp.aspx?n=68C9A7761280E9E6>
予各工程採購機關參考

惟
實務執行面仍有機關採取保守作為
增訂定不合理之契約條款或錯誤解釋契約規定
常造成履約過程產生爭議

壹 前言 (1/4)

隨著時代變遷
除工程技術不斷提升外，生態、環保及施工安全等觀念的改變
對工程技術服務廠商的要求與日俱增
也造成機關與工程技術服務廠商之間
對招標文件、契約及履約方式存有不同之解讀及爭議

中國土木水利工程學會
蒐集各顧問公司
在履約過程
常與機關發生之爭議事項

- 台灣世曦工程顧問
- 中興工程顧問
- 泰興工程顧問
- 康城工程顧問
- 台聯工程顧問
- 邑昌工程顧問
-

壹 前言 (3/4)

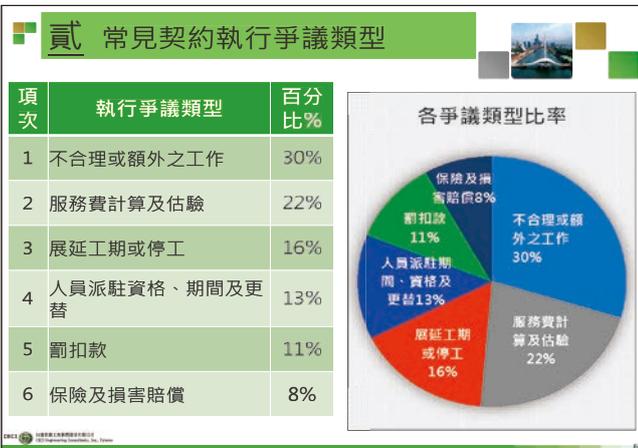
政府採購法問答集(政府採購法常見問題Q&A)

類別	名稱	Q&A數量
一、	共通性部分	19項
二、	工程採購部分	20項
三、	財物採購部分	17項
四、	勞務採購部分	20項
五、	電子採購部分	15項
六、	其他部分	12項

壹 前言 (4/4)

各類採購錯誤行為態樣(13項)

項次	名稱	最新發布日期
1	政府採購錯誤行為態樣	109年9月14日工程企字第1090100528號令
2	選擇性招標錯誤行為態樣	105年11月28日工程企字第10500377490號
3	機關傳輸政府採購資訊錯誤行為態樣	94年3月4日工程企字第094000472390號
4	最有利標錯誤行為態樣	107年8月20日工程企字第10700259750號
5	評分及格最低標錯誤行為態樣	108年12月3日工程企字第1080101027號
6	政府採購法第22條第1項第7款辦理採購常見錯誤態樣	96年8月29日工程企字第09600351690號
7	政府採購法第22條第1項各款執行錯誤態樣	108年12月3日工程企字第1080101022號
8	機關辦理公告金額十分之一(新臺幣10萬元以下採購常見誤解或錯誤態樣)	108年12月3日工程企字第1080101027號
9	統包招標前置作業參考手冊(含統包錯誤行為態樣)	105年4月1日工程企字第10500100790號
10	建築工程規劃設計可能綁標行為態樣	104年11月3日工程企字第10400282600號
11	常見保險錯誤及缺失態樣	100年11月4日工程企字第10000418530號
12	訂約機關辦理共同供應契約缺失態樣	109年6月24日工程企字第1091300273號
13	訂購機關利用共同供應契約缺失態樣	109年6月24日工程企字第1091300273號



參 各類型爭議案例及改善建議 (1/35)

(一)不合理或額外之工作

項次 1.1	專案管理契約服務內容包含「 測量、鑑界及地基等調查 」
爭議說明	非屬技服辦法第9條專案管理勞務服務工作且 無另行給付相關費用
改善建議	<ul style="list-style-type: none"> 技服辦法第29條之附表三及附表四增加附註(同附表一及附表二之附註方式)。 於技服辦法之「附表三」及「附表四」加註： 「本表所列百分比，不包括本辦法第四條、第五條、第六條第一項第一款第二目、第二款第一目及第八條第三款至第五款服務所含工作事項之服務費用。其實用應由機關依個案特性及實際需要另行估算。」

參 各類型爭議案例及改善建議 (2/35)

(一)不合理或額外之工作

項次	爭議說明	改善建議
1.1	專案管理契約服務內容包含「測量、鑑界及地基等調查」	非屬技服辦法第9條專案管理勞務服務工作且無另行給付相關費用
1.2	技服辦法第29條之附表三及附表四增加附註(同附表一及附表二之附註方式)	於技服辦法之「附表三」及「附表四」加註：「本表所列百分比，不包括本辦法第四條、第五條、第六條第一項第一款第二目、第二款第一目及第八條第三款至第五款服務所含工作事項之服務費用。其實用應由機關依個案特性及實際需要另行估算。」

同附表一及附表二之附註方式於「附表三」及「附表四」加註

參 各類型爭議案例及改善建議 (3/35)

(一)不合理或額外之工作

項次 1.2	<ul style="list-style-type: none"> 專案管理契約要求「法律、財務專業人員」：各1名，大專(含以上)法律、財務等相關科系畢業且有具工程契約經驗(得兼任)。 專案管理契約要求「乙方應於規劃設計階段至統包招標階段，依甲方需求經指派至甲方辦公處所上班之行政助理，另於議約當下增列提供車庫(含租賃)及油料、設備之但書情事(公告招標文件未詳載)。
爭議說明	提供法律、財務服務或提供行政助理， 非屬技服辦法第9條專案管理服務工作，且機關並無另行給付相關費用。 按行政院101.7.24院授主預字第1010013056號函釋，於工程或勞務採購 不得於 合約項目納列提供機關學校使用之車輛(含租賃)、油料等情事。
改善建議	<ul style="list-style-type: none"> 如機關確有法律或財務服務需求，應另加計該等費用 採總包價法者則應明列該計畫項目

參 各類型爭議案例及改善建議 (4/35)

(一)不合理或額外之工作

項次 1.3	<ul style="list-style-type: none"> 招標文件規定監造廠商應辦理公共管線之會勘、遷移及規劃協調，並主動協商及提出解決辦法。 某機關之招標文件規定驗收合格後，監造廠商應依施工廠商提交之竣工文件彙整製作完整竣工文件。 						
爭議說明	<ul style="list-style-type: none"> 監造單位非公務機關，無法有效協調管線單位，惟部分機關仍責成監造單位代為函文各管線單位，辦理管線協調事宜。 依權責分工表，竣工文件彙整製作應屬施工廠商應辦事項，監造單位為審查責任，若由監造單位製作竣工圖將成無審查機制，且違反權責分工表之約定，故應明確定義而非由招標機關自行規定。 						
改善建議	<p>新增「政府採購法常見問題Q&A」一(共通性部分)。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>問題</th> <th>答案</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>工程竣工圖係由施工廠商繪製？亦或由監造廠商繪製？</td> <td>為落實審查機制，應依「公共工程施工程度契約約定權責分工表」之規定，由施工廠商負責製作，監造單位審查後提送工程主辦機關。</td> </tr> <tr> <td>公共管線之會勘、遷移及規劃協調係由機關辦理？亦或由廠商辦理？</td> <td>公共管線之會勘、遷移及規劃協調本位協辦，應由機關主辦，並請監造單位協助。</td> </tr> </tbody> </table>	問題	答案	工程竣工圖係由施工廠商繪製？亦或由監造廠商繪製？	為落實審查機制，應依「 公共工程施工程度契約約定權責分工表 」之規定，由施工廠商負責製作，監造單位審查後提送工程主辦機關。	公共管線之會勘、遷移及規劃協調係由機關辦理？亦或由廠商辦理？	公共管線之會勘、遷移及規劃協調本位協辦，應由機關主辦，並請監造單位協助。
問題	答案						
工程竣工圖係由施工廠商繪製？亦或由監造廠商繪製？	為落實審查機制，應依「 公共工程施工程度契約約定權責分工表 」之規定，由施工廠商負責製作，監造單位審查後提送工程主辦機關。						
公共管線之會勘、遷移及規劃協調係由機關辦理？亦或由廠商辦理？	公共管線之會勘、遷移及規劃協調本位協辦，應由機關主辦，並請監造單位協助。						

參 各類型爭議案例及改善建議 (5/35)

(一)不合理或額外之工作

項次 1.4	招標階段如發生 流標、廢標等重新招標或分標工作 ，廠商必須配合辦理招標文件重新修訂及相關工作， 並不得要求增加額外服務費用 ，所需之費用已包含於本項技術服務工作總價內。(如非可歸責乙方原因，並經甲方同意者除外。)				
爭議說明	<ul style="list-style-type: none"> 流標或廢標原因很多，不僅僅歸責於乙方，由於重新招標或分標工作，須投入大量人力重新辦理工程招標文件，若採購機關未能給付增加之工作費用，已違反「公共工程技術服務契約範本」第四條第七款(三)目之約定。 契約雖註明「非可歸責乙方之原因，並經甲方同意者除外」，但此採購機關單方面之認定也常造成履約爭議。 				
改善建議	<p>修正「政府採購法常見問題Q&A」四(勞務採購部分)。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>問題</th> <th>答案</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>機關委託技術服務廠商辦理工程之技術服務，已經設計完成，但因政策變更、招標階段發生如流標、廢標等重新招標或分標工作、及其他不可歸責於廠商之事由，機關要求技術服務廠商依不同之條件重新設計，其服務費用如何處理？</td> <td>依「機關委託技術服務廠商評選及計費辦法」第34條規定：「廠商因不可歸責於其本身之事由，應機關要求對同一服務事項依不同條件辦理多次規劃或設計者，其重複規劃或設計之部分，機關應核實另給服務費用。但以經機關審查同意者為限。」</td> </tr> </tbody> </table>	問題	答案	機關委託技術服務廠商辦理工程之技術服務，已經設計完成，但因政策變更、招標階段發生如流標、廢標等重新招標或分標工作、及其他不可歸責於廠商之事由，機關要求技術服務廠商依不同之條件重新設計，其服務費用如何處理？	依「機關委託技術服務廠商評選及計費辦法」第34條規定：「廠商因不可歸責於其本身之事由，應機關要求對同一服務事項依不同條件辦理多次規劃或設計者，其重複規劃或設計之部分，機關應核實另給服務費用。但以經機關審查同意者為限。」
問題	答案				
機關委託技術服務廠商辦理工程之技術服務，已經設計完成，但因政策變更、招標階段發生如流標、廢標等重新招標或分標工作、及其他不可歸責於廠商之事由，機關要求技術服務廠商依不同之條件重新設計，其服務費用如何處理？	依「機關委託技術服務廠商評選及計費辦法」第34條規定：「廠商因不可歸責於其本身之事由，應機關要求對同一服務事項依不同條件辦理多次規劃或設計者，其重複規劃或設計之部分，機關應核實另給服務費用。但以經機關審查同意者為限。」				

參 各類型爭議案例及改善建議 (6/35)

(一)不合理或額外之工作

公共工程技術服務契約範本(1090930版)第四條第七款(三)目

第四條 契約價金之調整

- 驗收結果與規定不符，而不符合安全及使用需求，亦無減少適用款項之約定款項，經甲方驗付不必核補、更換或拆換、更換確有困難，或不必變更者，得於必要時核補核收。
- 減價後收受者，按不超過目標價之百分之... (由雙方視需要於招標時聲明)減價，並處以減價金額百分之... 之... 得 (由雙方視需要於招標時聲明)之... 減價及違約之金之總額，以該項目之契約價金為限。
- 契約價金，除另有規定外，由雙方人員依本國法之合應繳納之稅額，及強制性保險之保費。
- 甲方之本國以外其他國家或地區之稅額，由乙方負擔。
- 乙方的所有下列政府行為之一，致履約費用增加或減少者，契約價金得予調整：
 - 政府法令之新增或變更。
 - 稅額或稅率之新增或變更。
 - 政府法令、公定或管制費率之變更。
- 前款情形，屬甲方之本國政府所為，致履約成本增加者，其所增加之必要費用，由甲方負擔；致履約成本減少者，其所減少之部分，得自契約價金中扣除，屬其他國家政府所為，致履約成本增加或減少者，契約價金不予調整。
- 履約期間遇有下列不可歸責於乙方之情形，經甲方審查同意後，契約價金得予調整：
 - 於設計核准後須變更者。
 - 超出技術服務得標或工程契約之規定工期所增加之監造及相關費用。
 - 修改或增加工程文件之服務費用。
 - 超過契約內容之設計報告範圍、送審、審圖費相關費用。

參 各類型爭議案例及改善建議 (15/35)

(二) 服務費計算及估驗

項次 2.1	部分機關之委託技術服務採建造費用百分比法辦理時，在 計算建造費用時要求不計入品管、勞安、及管理費 。
爭議說明	<ul style="list-style-type: none"> 建造費用不包括規費、規劃費、設計費、監造費、專案管理費、物價指數調整工程款、營業稅、土地及權利費用、法律費用、主辦機關所需工程管理費、施工廠商辦理工程之各項利息、保險費及招標文件所載其他除外費用。 不應將品管、勞安、及管理費列入排除，變相造成廠商服務費用折減，剝奪了監造服務廠商應得之服務費用。
改善建議	<ul style="list-style-type: none"> 建議建造費用不包括之項目應僅限「機關委託技術服務廠商評選及計費辦法」第29條第2項之規定。 第29條第2項應刪除「及招標文件所載其他除外費用」，以避免招標機關任意加入不符實際之排除項目。

參 各類型爭議案例及改善建議 (15/35)

(二) 服務費計算及估驗

項次 2.4	契約計價方式採 總包價法 ，而要求廠商應紀錄各項費用並備具憑證，甲方視需要得自行或委託專業第三人至乙方處所辦理查核。另於結算時機關要求繳回節餘款。
爭議說明	工程會93.3.3『研商以「總包價法」方式辦理委託研究計畫招標採購有關事宜會議』紀錄(工程企字第09300132120號函)說明三、載明：「三、機關辦理專業服務採購，其採 總包價法計費者 ，除部分項目因工作範圍及內容，有另視實際履約情形計算服務費用，且已於招標文件(包括契約稿)或契約中預為載明者外， 不應要求廠商繳回節餘款及檢附所有單證 。」如提供員工薪資核對除違反個人資料保護法外，亦已誤用計價方式。
改善建議	契約明訂採 總包價法計價方式者，不應應用服務成本加公費法之計價方式，要求廠商檢附所有單證供查核 ；針對總包價法工作範圍及內容明確之議定價金，不應於竣工時有繳回節餘款之情事，若有變更工作範圍及內容者，則按實際履約情形計算服務費用。

參 各類型爭議案例及改善建議 (16/35)

(二) 服務費計算及估驗

項次 2.2	採建造費用百分比法辦理採購，在計算建造費用時要求「 機關供給材料 」金額不可計入建造費用內。
爭議說明	工程材料不論是由機關供給或由廠商自行購買，除檢驗項目外，技術服務廠商工作並無不同，且機關供給材料供工程使用，現場施工時， 技術服務廠商對於機關提供材料之領用、保管、數量清點及施工品質等，仍有對應的服務項目 ，材料金額不可計入建造費用內，造成廠商有服務而無服務費用情形發生，實非公平。
改善建議	<ul style="list-style-type: none"> 建造費用不包括之項目應僅限「機關委託技術服務廠商評選及計費辦法」第29條第2項之規定。 第29條第2項應刪除「及招標文件所載其他除外費用」，以避免招標機關任意加入不符實際之排除項目。

參 各類型爭議案例及改善建議 (20/35)

(二) 服務費計算及估驗

工程會93.3.3『研商以「總包價法」方式辦理委託研究計畫招標採購有關事宜會議』紀錄(工程企字第09300132120號函)

研商以「總包價法」方式辦理委託研究計畫招標採購有關事宜會議紀錄
 時間：九十二年三月三日(星期三)下午二時三十分
 地點：本院資資會議室
 主持人：陳主任委員美登
 主理人：詹代組長安平
 出席人員：(如附件簽到簿)
 結論：
 一、按查政府採購法及其授權訂定之「機關委託專業服務廠商評選及計費辦法」第十條第一項，對於機關委託專業服務費用之計算方式，已有明確之規定，**採總包價法計費者**，應以其工作範圍及內容明確，服務費用之總價可以明確估計，方可採用，如得標廠商完成履約事項後，機關應即照事先約定之價金全數給付廠商，**廠商不應於契約中要求繳回節餘款**，以符公平原則；至於預算採購程序，得以總包價法採購除採集、稽查外所有手續費各項費用，亦應歸廠商負擔，另得標廠商未依約定履行而有減價成交之事實，政府採購法第五十二條定有明文，**與是否採總包價法無涉**。
 二、「機關委託專業服務廠商評選及計費辦法」第十條第一款第三項所定之計價方式，除採總包價法計費者外，實務上有其他情形，**應採二種以上之計價方式者**，應於招標文件及契約中明確採用總包價法及其他計價方式，並載明其費用不同計價方式之項目，俾資明確。
 三、機關辦理專業服務採購，其採總包價法計費者，除部分項目因工作範圍及內容，有另視實際履約情形計算服務費用，且已於招標文件(包括契約稿)或契約中預為載明者外，**不應要求廠商繳回節餘款及檢附所有單證**。
 四、本案建議由本院工程會通知各機關，於辦理專業服務採購時，依上開結論辦理，並將會議紀錄分送與會機關。

參 各類型爭議案例及改善建議 (17/35)

(二) 服務費計算及估驗

項次 2.3	委託技術服務採建造費用百分比法辦理時，在計算建造費用時， 計入土方有價料扣回價差款(單價為負值) 。
爭議說明	工程挖除土方有價料扣回價差款(負值)， 施工過程監造單位仍需辦理現場抽驗與文件製作，不應將此負值併入建造費用(正負相抵) ，變相造成廠商服務費用折減，剝奪了監造服務廠商應得之服務費用，實非公平。
改善建議	工程挖除土方有價料扣回價差款(負值)，該有價料扣回單項金額不應計入建造費用。建造費用不包括之項目應僅限「機關委託技術服務廠商評選及計費辦法」第29條第2項之規定。 若為有價料者，其相關處理費用應單獨列項，並應計入建造費用計算。

參 各類型爭議案例及改善建議 (21/35)

(二) 服務費計算及估驗

項次 2.5	招標文件之契約主文第五條第一項第(五)款 總包價法或建造費用百分比法之給付：監造技術服務費用(內含施工督導與履約管理之諮詢及審查服務費用) ： 第1期：工程進度達 20%；15%；第2期：工程進度達 40%；20% 第3期：工程進度達 60%；20%；第4期：工程進度達 80%；20% 第5期：工程進度達100%；20% 所有工程驗收合格，並協助廠商完成使用執照，取得綠建築標章、智慧建築標章及無其他待解決事項：5%。
爭議說明	施工督導與履約管理之諮詢及審查服務契約要求常駐人力，施工期間含驗收完成長達約4~5年， 服務費卻分次(含尾款)請領，常有請款間隔約10個月方能請款情形，造成廠商執行成本壓力 。
改善建議	「公共工程專案管理契約範本」第五條第五款 施工督導與履約管理之諮詢及審查服務費用比照「公共工程技術服務契約範本」第五條附件1或附件2之監造服務費用部分 ■依工程施工進度每月請款一次。 ■依監造進度每月請款一次。

參 各類型爭議案例及改善建議 (18/35)

(二) 服務費計算及估驗

技辦法第29條第2項

第 29 條 機關委託廠商辦理技術服務，服務費用採建造費用百分比法計費者，其服務費率應按工程內容、服務項目及難易度，參考附表一至附表四，訂定建造費用之費率範圍及各級費率，簽報機關首長或其授權人員核定，並於招標文件中載明。服務項目屬附表所載不包括者，其費用不於建造費用百分比法計費範圍，應單獨列項供廠商報價，或參考第二十五條之一規定估價結果，於招標文件中載明固定費用。
 前項建造費用，指經機關核定之工程採購底價金額或評審委員會建議金額，不包括規費、規劃費、設計費、監造費、專案管理費、物價指數調整工程款、營業稅、土地及權利費用、法律費用、主辦機關所需工程管理費、承包商辦理工程之各項利息、保險費及**招標文件所載其他除外費用**。**建議刪除**工程採購無底價且無評審委員會建議金額者，第一項建造費用以工程預算代之，但應扣除前項不包括之費用及稅捐等。
 第一項工程於履約期間有契約變更、終止或解除契約之情形者，服務費用得視實際情形協議增減之。其費用之計算由雙方協議依第二十五條規定之方式辦理。

參 各類型爭議案例及改善建議 (22/35)

(二) 服務費計算及估驗

公共工程技術服務契約範本(1090930版)第五條附件2

第 5 條附件 2 建築工程以外各類工程適用

一、總包價法或建造費用百分比法之給付
 (一) 設計服務費部分
 1. 第一期：審圖費，乙方提供服務費估價表或說明，經甲方核可後，給付契約價金之百分之十。
 2. 其他各期
 (1)設計估價後單價(20%)
 (2)基本設計(30%)
 (3)細部設計(30%)
 (4)工程發價(10%)
 (5)工程竣工(10%)
 甲方提供設計工程大小、工作期程及工作難易程度等資料
 扣除設計費
 (二) 監造服務費部分(由甲方擇一於招標時載明)：
 □依工程進度進度每月請款一次。
 請款金額款「監造服務費+當期工程進度」計
 □依監造進度每月請款一次。(監造進度依契約約定辦理驗收之工程進度，非指契約之工程進度)
 請款金額款「監造服務費+監造進度」計
 (三) 如採建造費用百分比法計費者，用以計算服務費用之建造費率，於建造工程發價前，暫以工程預算金額代之，隨實收再進行者，應予扣回。
 (四) 變更契約後應依辦理時應調整後應給付金額，如有溢付情形時於下一期請款時扣抵。

參 各類型爭議案例及改善建議 (23/35)

(二) 服務費計算及估驗

項次 2.6	<ul style="list-style-type: none"> 部分機關之監造服務費依施工估驗進度達30%、60%及結算驗收，共分3次請款。 部分機關之監造服務費依工程估驗核發金額之90%計算監造服務費之請領金額。 				
爭議說明	<ul style="list-style-type: none"> 三階段請款易受施工廠商延遲估驗影響，且請款間隔時間過長，造成廠商執行成本壓力。 核發金額係工程估驗扣除5%之保留款，且又以核發金額之90%計算監造服務費，造成監造單位實際請款金額僅為工程估驗款之86% (監造服務費=工程估驗款×0.95×0.9≈0.86)。 				
改善建議	<p>新增「政府採購法常見問題Q&A」四(勞務採購部分)</p> <table border="1"> <tr> <th>問題</th> <th>答案</th> </tr> <tr> <td>監造服務費之給付期程如何決定?若按施工估驗進度給付，每期給付是否均應扣除保留款?</td> <td>機關應按「公共工程技術服務契約範本」第五條附件2之規定，廠商得每月請款一次；若依工程施工進度請款，每期所扣保留款不應大於5%。</td> </tr> </table>	問題	答案	監造服務費之給付期程如何決定?若按施工估驗進度給付，每期給付是否均應扣除保留款?	機關應按「公共工程技術服務契約範本」第五條附件2之規定，廠商得每月請款一次；若依工程施工進度請款，每期所扣保留款不應大於5%。
問題	答案				
監造服務費之給付期程如何決定?若按施工估驗進度給付，每期給付是否均應扣除保留款?	機關應按「公共工程技術服務契約範本」第五條附件2之規定，廠商得每月請款一次；若依工程施工進度請款，每期所扣保留款不應大於5%。				

參 各類型爭議案例及改善建議 (24/35)

(三) 展延工期或停工

項次 3.1	<ul style="list-style-type: none"> 招標文件規定各分標工程因變更設計、展延工期所衍生之服務期限延長，乙方不得要求增加任何費用或以60%計算或須扣除原訂契約總人月數30%或不含免計工期 (超出「工程契約工期」之日數-因乙方案增加之日數) × (監造服務費) × 增加期間監造人數 / 工程契約工期之日數 				
爭議說明	<ul style="list-style-type: none"> 工期展延非乙方案所造成，不增加費用顯不合理。 展延工期或逾期完工期間之監造內容與人數並無縮減，依契約範本計算式採60%計算或扣除原訂契約總人月數30%等規定，皆不合理。 因天候(如颱風或豪雨等)所造成工地影響均採免計工期，惟該期間，監造單位仍須辦理工地安全、防汛防颱等巡檢作業，對施工廠商所提免計工期亦負查證及審查之責，故排除免計工期之監造服務費，顯非合理。 				
改善建議	<p>新增「政府採購法常見問題Q&A」四(勞務採購部分)</p> <table border="1"> <tr> <th>問題</th> <th>答案</th> </tr> <tr> <td>應於約定期間內有不可歸責於乙方案之情形，而有超出工程契約所規定之免計工期，其增加之監造及相關費用應如何計算?</td> <td>機關應依「公共工程技術服務契約範本」第九條第九款之規定計算增加之監造服務費用。其中，工程契約所規定之免計工期，不應將「免計工期」、「甲方案面同意延長工程免計工期」及「甲方案面同意延長工程免計工期」計入；更不應將增加之監造服務費用予以打折計算。</td> </tr> </table>	問題	答案	應於約定期間內有不可歸責於乙方案之情形，而有超出工程契約所規定之免計工期，其增加之監造及相關費用應如何計算?	機關應依「公共工程技術服務契約範本」第九條第九款之規定計算增加之監造服務費用。其中，工程契約所規定之免計工期，不應將「免計工期」、「甲方案面同意延長工程免計工期」及「甲方案面同意延長工程免計工期」計入；更不應將增加之監造服務費用予以打折計算。
問題	答案				
應於約定期間內有不可歸責於乙方案之情形，而有超出工程契約所規定之免計工期，其增加之監造及相關費用應如何計算?	機關應依「公共工程技術服務契約範本」第九條第九款之規定計算增加之監造服務費用。其中，工程契約所規定之免計工期，不應將「免計工期」、「甲方案面同意延長工程免計工期」及「甲方案面同意延長工程免計工期」計入；更不應將增加之監造服務費用予以打折計算。				

參 各類型爭議案例及改善建議 (25/35)

(三) 展延工期或停工

公共工程技術服務契約範本(1090930版)第四條

第四條 契約價金之調整

一、 驗收後驗收規定不符，而各標項安全及使用需求，亦無減少等變更情形之規定，應予酌量增加或減少，其增加或減少之金額，應由雙方協議，或得由機關酌定。

二、 驗收後驗收，驗收不符項目之金額百分之... (由甲方案面同意於標項說明)減額，或應以減價金額百分之... 或由甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

三、 契約價金，除另有規定外，由甲方案面同意於標項說明)減額，或應以減價金額百分之... 或由甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

四、 甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

五、 乙方案面同意於標項說明)之減少，或應以減價金額百分之... 或由甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

(一) 政府法令之解釋或變更。

(二) 稅率或稅費之增加或變更。

(三) 政府公告、規定或調整之變更。

(四) 政府機關、機關或機關所屬機關，其增加或減少之金額，由甲方案面同意於標項說明)減額，或應以減價金額百分之... 或由甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

六、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

七、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

(一) 於設計階段變更者。

(二) 於設計階段變更者，其增加或減少之金額，由甲方案面同意於標項說明)減額，或應以減價金額百分之... 或由甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

(三) 於設計階段變更者，其增加或減少之金額，由甲方案面同意於標項說明)減額，或應以減價金額百分之... 或由甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

(四) 於設計階段變更者，其增加或減少之金額，由甲方案面同意於標項說明)減額，或應以減價金額百分之... 或由甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

八、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

九、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

十、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

十一、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

十二、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

十三、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

十四、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

十五、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

十六、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

十七、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

十八、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

十九、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

二十、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

二十一、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

二十二、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

二十三、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

二十四、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

二十五、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

二十六、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

二十七、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

二十八、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

二十九、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

三十、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

三十一、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

三十二、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

三十三、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

三十四、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

三十五、 驗收後驗收，應以甲方案面同意於標項說明)之增加，或應以增加之金額，以該項目之契約價金為限。

參 各類型爭議案例及改善建議 (26/35)

(三) 展延工期或停工

項次 3.2	<ul style="list-style-type: none"> 招標文件規定停工期間甲方不給付服務費用，乙方應視工地狀況留駐必要人員，連續停工超過3個月或累計停工超過6個月者，甲方得就超過部份核實給付【1】人薪資、監造辦公室租金、水電費及電話費。 				
爭議說明	<ul style="list-style-type: none"> 停工期間乙方留駐必要人員須連續停工超過3個月或累計停工超過6個月等情形，始得請領超過部份之實支款項，亦非合理條款。 				
改善建議	<p>新增「政府採購法常見問題Q&A」四(勞務採購部分)</p> <table border="1"> <tr> <th>問題</th> <th>答案</th> </tr> <tr> <td>停工期間，廠商監造人員是否仍應留駐工地?</td> <td>依據「公共工程技術服務契約範本」第十六條第九款，因非可歸責於廠商之情形而造成停工時，廠商得要求機關部分或全部暫停執行監造工作。但如機關要求廠商必須留駐監造人員時，甲方仍應依契約範本所訂增加監造服務期間之服務費用計算公式計算給付費用。</td> </tr> </table>	問題	答案	停工期間，廠商監造人員是否仍應留駐工地?	依據「公共工程技術服務契約範本」第十六條第九款，因非可歸責於廠商之情形而造成停工時，廠商得要求機關部分或全部暫停執行監造工作。但如機關要求廠商必須留駐監造人員時，甲方仍應依契約範本所訂增加監造服務期間之服務費用計算公式計算給付費用。
問題	答案				
停工期間，廠商監造人員是否仍應留駐工地?	依據「公共工程技術服務契約範本」第十六條第九款，因非可歸責於廠商之情形而造成停工時，廠商得要求機關部分或全部暫停執行監造工作。但如機關要求廠商必須留駐監造人員時，甲方仍應依契約範本所訂增加監造服務期間之服務費用計算公式計算給付費用。				

參 各類型爭議案例及改善建議 (27/35)

(三) 展延工期或停工

項次 3.3	<ul style="list-style-type: none"> 「本案履約期限自簽約日起，至機電系統竣工及結案報告經機關驗收合格且無待解決事項止。」 				
爭議說明	<ol style="list-style-type: none"> 服務契約未明確註明履約期限，僅概略表示需迄至機電系統竣工及結案報告，經機關驗收合格且無待解決事項止。 鑑於影響履約期限因素當中非可歸責乙方案由甚多，如統包工程用地取得延滯、民眾陳情造成無法進場...等，若無明訂計畫案件或工程預估期程，常造成履約爭議。 				
改善建議	<p>新增「政府採購法常見問題Q&A」四(勞務採購部分)</p> <table border="1"> <tr> <th>問題</th> <th>答案</th> </tr> <tr> <td>機關對於廠商履約期限如何訂定方屬合理?</td> <td>鑑於影響履約期限因素當中非可歸責乙方案由甚多，如統包工程用地取得延滯、民眾陳情造成無法進場...等均會導致機關驗收合格日期延宕無期，為減少履約期限認定造成爭議，應於契約中明訂「計畫案件或工程預估期程」。</td> </tr> </table>	問題	答案	機關對於廠商履約期限如何訂定方屬合理?	鑑於影響履約期限因素當中非可歸責乙方案由甚多，如統包工程用地取得延滯、民眾陳情造成無法進場...等均會導致機關驗收合格日期延宕無期，為減少履約期限認定造成爭議，應於契約中明訂「計畫案件或工程預估期程」。
問題	答案				
機關對於廠商履約期限如何訂定方屬合理?	鑑於影響履約期限因素當中非可歸責乙方案由甚多，如統包工程用地取得延滯、民眾陳情造成無法進場...等均會導致機關驗收合格日期延宕無期，為減少履約期限認定造成爭議，應於契約中明訂「計畫案件或工程預估期程」。				

參 各類型爭議案例及改善建議 (28/35)

(四) 人員派駐資格、期間及更替

項次 4.1	<ul style="list-style-type: none"> 契約要求監造主任應具公共工程品質管理訓練結業及工地主任結業證書。 				
爭議說明	<ul style="list-style-type: none"> 目前公共工程相關法規均無監造單位須由具有「工地主任」資格者擔任監造主管之規定，顧問公司聘僱監造人員也不會以具工地主任資格為其聘僱條件。本要求可能為機關承辦人員對於營造管理人員與監造人員之資格條件產生混淆所致。 				
改善建議	<p>新增「政府採購法常見問題Q&A」四(勞務採購部分)</p> <table border="1"> <tr> <th>問題</th> <th>答案</th> </tr> <tr> <td>機關對於廠商派駐工地之監造主任資格是否可以要求具有工地主任執業證書擔任?</td> <td>僅「營造業法」第30條有工地主任之資格及設置之規定，而廠商之監造主任所賦予之任務與工地主任不同，監造人員資格不應以具工地主任資格者為其條件。</td> </tr> </table>	問題	答案	機關對於廠商派駐工地之監造主任資格是否可以要求具有工地主任執業證書擔任?	僅「營造業法」第30條有工地主任之資格及設置之規定，而廠商之監造主任所賦予之任務與工地主任不同， 監造人員資格不應以具工地主任資格者為其條件。
問題	答案				
機關對於廠商派駐工地之監造主任資格是否可以要求具有工地主任執業證書擔任?	僅「營造業法」第30條有工地主任之資格及設置之規定，而廠商之監造主任所賦予之任務與工地主任不同， 監造人員資格不應以具工地主任資格者為其條件。				

參 各類型爭議案例及改善建議 (29/35)

(四) 人員派駐資格、期間及更替

項次 4.2	<ul style="list-style-type: none"> 招標文件規定監造駐地人員及建築資訊建模(BIM)作業負責人於施工監造及驗收期間專任常駐工地。 				
爭議說明	<ul style="list-style-type: none"> 業主辦理驗收期間無法預估，且規模較大工程，驗收期間可能長達半年至1年間，該期間並無太多BIM模型檢討與建模作業，將造成人員閒置且亦無法調動。 				
改善建議	<p>新增「政府採購法常見問題Q&A」四(勞務採購部分)</p> <table border="1"> <tr> <th>問題</th> <th>答案</th> </tr> <tr> <td>工程竣工後之驗收期間，機關是否得要求廠商人員常駐辦理結算及驗收等相關事宜，直至工程驗收完成止?</td> <td>工程驗收時間，因工程性質及機關作業要求不同，實際所需時程難以確定，因此工程竣工後，廠商得以部分人力配合辦理工程結算，若機關有此人力常駐要求，則應依廠商實際駐地之人月數量，另按實給付服務費用。</td> </tr> </table>	問題	答案	工程竣工後之驗收期間，機關是否得要求廠商人員常駐辦理結算及驗收等相關事宜，直至工程驗收完成止?	工程驗收時間，因工程性質及機關作業要求不同，實際所需時程難以確定，因此工程竣工後， 廠商得以部分人力配合辦理工程結算 ，若機關有 此人力常駐要求 ，則應依廠商實際駐地之人月數量，另按實給付服務費用。
問題	答案				
工程竣工後之驗收期間，機關是否得要求廠商人員常駐辦理結算及驗收等相關事宜，直至工程驗收完成止?	工程驗收時間，因工程性質及機關作業要求不同，實際所需時程難以確定，因此工程竣工後， 廠商得以部分人力配合辦理工程結算 ，若機關有 此人力常駐要求 ，則應依廠商實際駐地之人月數量，另按實給付服務費用。				

參 各類型爭議案例及改善建議 (30/35)

(四) 人員派駐資格、期間及更替

項次 4.3	<ul style="list-style-type: none"> 招標文件規定，監造組織內人員應由原服務建議書所列人員依工程進度及監造需要編訂人力配置計畫，不得任意變更。但經甲方、乙方在同等條件原則下協議變更者得調整之，但變動總數不得超過監造計畫所列監造組織人員之三分之一，離職或不可抗力及因甲方需求調整等因素除外，否則依契約酌罰規定辦理。 				
爭議說明	<ul style="list-style-type: none"> 服務建議書為競標階段所提資料，考量與工程發包時程差異甚久，服務建議書所列人員未必能配合工程發包時程進駐，契約規定變動總數不得超過三分之一，確有執行上之困難。 				
改善建議	<p>新增「政府採購法常見問題Q&A」四(勞務採購部分)</p> <table border="1"> <tr> <th>問題</th> <th>答案</th> </tr> <tr> <td>機關能否限制廠商依服務建議書中所列之常駐駐地人員，其變動總數不得超過監造組織之一個比例(如：1/3)，違者以契約酌罰規定辦理。</td> <td>機關不得限制廠商更換監造人員及其數量，惟廠商監造人員經檢討必需調整時，可要求更替人員之條件不得低於原服務建議書所列人員，更不應以契約酌罰則處理。</td> </tr> </table>	問題	答案	機關能否限制廠商依服務建議書中所列之常駐駐地人員，其變動總數不得超過監造組織之一個比例(如：1/3)，違者以契約酌罰規定辦理。	機關 不得限制廠商更換監造人員及其數量 ，惟廠商監造人員經檢討必需調整時，可要求 更替人員之條件不得低於原服務建議書所列人員 ，更不應以契約酌罰則處理。
問題	答案				
機關能否限制廠商依服務建議書中所列之常駐駐地人員，其變動總數不得超過監造組織之一個比例(如：1/3)，違者以契約酌罰規定辦理。	機關 不得限制廠商更換監造人員及其數量 ，惟廠商監造人員經檢討必需調整時，可要求 更替人員之條件不得低於原服務建議書所列人員 ，更不應以契約酌罰則處理。				

參 各類型爭議案例及改善建議 (31/35)

(五) 罰扣款

項次 5.1

爭議說明

- 規定**監造單位應使用甲方開發「工程APP」**，對監造案件進行現況拍照並立即上傳作為監造在證資料，倘若未依前述立即辦理拍照上傳且無適當理由者，應**扣罰個案服務費(含勘測設計及監造)總額百分之十計處懲罰性違約金**。
- 規定**施工廠商因違反環保、環評(差)、職安、水土保持、水利法及相關法規，致使甲方遭受相關主管機關罰款時**，且屬可歸責為乙方之過失，或乙方未確實督導施工廠商執行工程契約規定工作所致者，乙方除督導施工廠商繳交罰款及辦理善後事宜外，**每件扣款案件處以該扣款之10%處分**。
- 規定**施工廠商施工人員未參加勞保**，經甲方或有關機關發現，**監造單位應受連帶處分**，每次懲罰性違約金新臺幣3,000元；**施工廠商使用非法外國籍勞工**，經甲方或有關機關發現，**監造單位應受連帶處分**，每次懲罰性違約金新臺幣30,000元。

改善建議

工程APP僅為**工地訊息之回應**，採取重罰明顯**不符合比例原則**。土建標總金額即超過**160億**，監造契約僅**3億有餘**，原**扣罰不符比例原則**。監造對於廠商職安衛生事項應屬督導責任，如**確有督導缺失始受連帶處分**。

新增「政府採購法常見問題Q&A」四(勞務採購部分)

問題	答案
契約罰則或涉懲罰性違約金者，其金額及比例應如何方屬合理？	公共工程技術服務契約範本(109.01.15版)或公共工程專案管理契約範本(109.01.15版)對 違反項目有其對應之罰款金額 ，如未出席會議或主持會議，每人每次罰款新臺幣5千元，惟應考量 罰款之比例原則 ，及懲罰性違約金以其契約總額20%為上限。

參 各類型爭議案例及改善建議 (32/35)

(五) 罰扣款

項次 5.2

爭議說明

- 招標文件規定監造**審查施工文件涉及疑義解釋、合約價金、工期等重要工程履約文件，應於3日內審查回覆**，其餘文件亦應於5日內提出審查意見。乙方作業延滯經甲方通知改善次數逾3次者自第4次起每次以新臺幣2千元計算品質缺失懲罰性違約金。
- 依工程種類、規模、工法難易度不同**，工程技術文件所需審查時間差異甚大，若**時間過短，恐無法確實審查，反造成品質及履約爭議**。
- 疑義澄清係需要與設計單位不斷溝通**，若確實有窒礙難行之處，亦需討論改善方案，**僅限3日回覆，實務上難以達成**。

改善建議

新增「政府採購法常見問題Q&A」四(勞務採購部分)

問題	答案
廠商文件審查完成期限如何訂定方屬合理？	約定廠商審查文件之時間， 應依工程規模及其特性合理訂定 ，並建議以工作天計算(即應扣除國定例假日)。例如：計畫書審查(10天)/審定(7天)、解釋合約、圖說與規範(辦理7天)/審查(5天)，尚屬合理；惟亦應考量當次審查標之內容與規模，合理放寬期限，如解釋合約、圖說與規範可視情形調整為(辦理10天)/審查(10天)。

參 各類型爭議案例及改善建議 (33/35)

(六) 保險及損害賠償

項次 6.1

爭議說明

- 部分機關要求廠商**比照專業責任險投保雇主意外責任險**。
- 廠商在年度保險已經投保雇主補償契約責任險，惟**大部分機關不願意接受廠商以投保雇主補償契約責任險取代個別計畫雇主責任險**。
- 「公共工程技術服務契約範本」第十條第二款並未分別載明二項保險之保險金額及自負額，**業主常以契約約定之專業責任險保險條件，要求雇主意外責任險比照辦理**，致產生履約爭議。

改善建議

- 如**廠商已經投保雇主補償契約責任險，且額度及條件均符合業主要求者，得以代之**。
- 建議修改「公共工程技術服務契約範本」第十條第二款，應分別提供各險種之保險內容，以供機關完整載明。

有效降低企業經營風險，保障勞資雙方最大權益

參 各類型爭議案例及改善建議 (34/35)

(六) 保險及損害賠償

項次 6.2

爭議說明

工程會十二種公共工程契約範本中，最近有十一種在「**權利與責任**」條款下新增條文：**「前訂有損害賠償金額上限者，於法令另有規定(例如民法第227條第2項之加害給付損害賠償).....，不受賠償金額上限之限制。」**

此新增條文使民法第227條第2項的加害給付損害賠償不受賠償責任上限的限制。此新增條文**偏離工程顧問之國際標準慣例**；英國土木工程師協會(NEC)或國際工程師協會(FIDIC)等**國際契約範本中均無此條款或慣例**。

改善建議

建議將此新增條文從該11份修訂契約範本中刪除。

參 各類型爭議案例及改善建議 (35/35)

(六) 保險及損害賠償

公共工程技術服務契約範本(1090930版)第十四條八款三目

四、有關著作權法第21條與第22條之權利，地方得行使權利，**應經政府機關者，不在此限。**

五、**仍有規定時，乙方知悉後的使用專利品，專利權的方法，或涉及著作權時，有關專利及著作權，概由甲方依照有關法令規定處理，其費用亦由甲方負擔。**

六、**甲方對於乙方應採取必要之措施，以保障地方免於因契約之履行而遭第三人請求損害賠償，其有被第三人損害者，應由該第三人負擔之。**

七、**甲方對於乙方，分給廠商及其人員履約時所應之人員體恤或福利措施，不負賠償責任。**

八、**因可歸責於一方之事由，致地方遭受損害者，一方應自負賠償責任，其認定有爭議者，概由爭議處理機構辦理。**

(一) 損害賠償之範圍，依民法第216條第1項規定，以該項地方所受損害或所失利益為限。□**因非因故意或重大過失所致之損害，契約雙方所自負賠償責任不包括「所失利益」(得由甲方於賠償時酌定)。**

(二) 除應賠償之金額，逾約定之最高款項之金額外，損害賠償金額上應為：**□契約總金額之百分之...**

(三) **原契約有損害賠償金額上限者，於法令另有規定(例如民法第227條第2項之加害給付損害賠償)或一方故意或重大過失所致之損害，應受重大過失行為，或對第三人發生侵權行為，對地方所造成之損害賠償，不受賠償金額上限之限制。**

九、**甲方應已受履約之結果辦理維護，因乙方計算數額錯誤或項目漏列，致該項維護增加金額或減少金額絕對值合計，應按維護之價金總額百分之五者，應就超過百分之五部分占該項維護之價金總額之比率，應以契約之價金總額對設計部分應計維護之價金，按該比率之比例計算應增加之金額，其數額之計算，應以契約之價金總額之百分之十為上限。前款之「新增加之價金總額」係指該項維護工程採購決標時之契約價金總額。**

十、**甲方不得將本契約所訂之工程使用之公務車輛，提供甲方人員使用之印刷機、電腦設備、行動電話(含行動器)、傳真機或其他應由甲方人員自備之辦公設施及其執照。**

十一、**甲方不得指揮乙方人員從事與本契約無關之工作。**

第十五條 契約之變更及轉讓

一、**甲方於應得轉讓契約前之約定範圍內通知乙方變更契約，乙方於接獲通知後，除雙方另有協議外，應於10日內向甲方提出契約的標的。**

肆 結語 (1/3)

TAIWAN DIRECTORATE GENERAL OF HIGHWAYS, CECI ENGINEERING CONSULTANTS, INC. AND SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, LTD. SUHUA HIGHWAY IMPROVEMENT PROJECT

2020 IRF GLOBAL ROAD ACHIEVEMENT AWARDS

國際道路協會(IRF)IR2榜上會諸位布蘇花改計畫榮獲工程設計類首獎

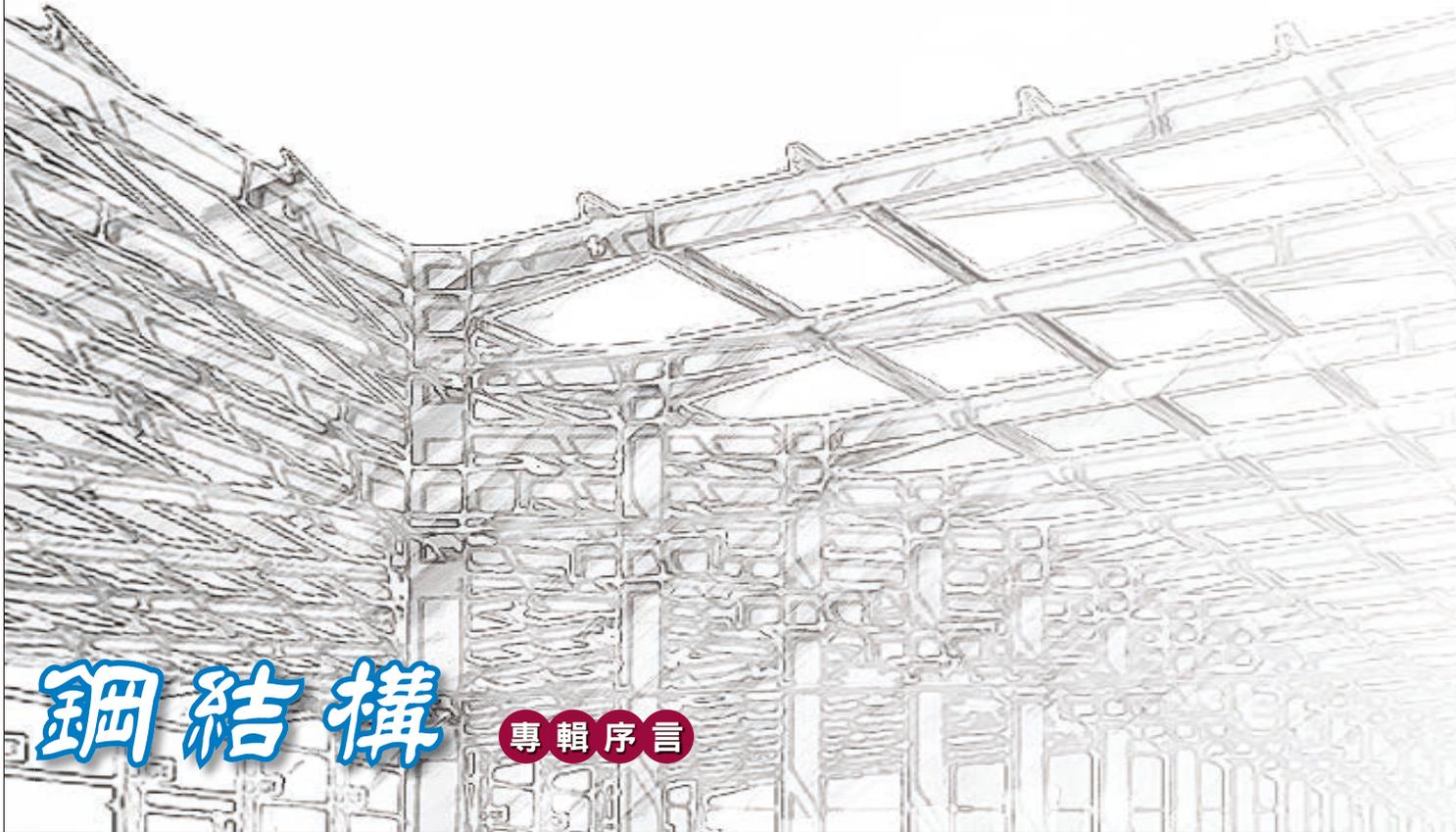
肆 結語 (2/3)

預計將在明(2021)年完成通車的金門大橋

有效降低企業經營風險，保障勞資雙方最大權益

肆 結語 (3/3)

期待經由實例探討及建議
提供行政院公共工程委員會參卓及納量
續與中國土木水利工程學會及工程界
共同再逐步改善國內工程經營環境
讓工程技術顧問業為這片土地貢獻全力
建構美好的家園_台灣



鋼結構

專輯序言

專輯客座主編 周中哲／國立臺灣大學土木工程學系 教授、國立臺灣大學工學院 副院長
中華民國結構工程學會 理事長

臺灣地理位置位於菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊之交界地帶，地震活動相當頻繁。在臺灣大規模的地震災害中，鋼結構建築的倒塌遠較鋼筋混凝土建築為少，因此在國內鋼結構建築亦越來越普及；而臺灣地狹人稠，尤其是都會地區，土地空間不敷使用，建築勢必往高層化發展，這亦是鋼結構的優勢所在。自上世紀 1999 年集集大地震來以逾 20 年，近年來更有 2016 高雄美濃及 2018 花蓮地震，這些地震造成對破壞力較大之近斷層地震的新認知，臺灣地區之地震活動頻繁，且地震特性多屬近斷層效應，根據統計，在臺灣約有 250 萬棟建築物、超過 860 萬人住在活動斷層兩側 10 公里內，會受到「近斷層地震」的威脅，近斷層地震具有大位移與速度之特性，為臺灣必須克服的震災威脅之一。

超高層建築已逐漸在臺灣發展，鋼結構具有好的韌性、高回收性，亦被視為綠建材的一種，也是高樓建築中不可或缺的抗震元素。本專輯主要針對鋼結構建築中的斜撐、複合剪力牆及自復位柱等結構構件進行耐震性能提升之創新設計研發與實驗驗證，斜撐形式涵蓋 Y 型隅撐、強度混合型斜撐、抗彎矩消能斜撐及夾型挫屈束制消能斜撐，也說明臺灣第一個新建的鋼筋混凝土高樓住宅利用雙 K 型鋼板斜撐的補強案例。這些新材料或技術的研發仰賴科技部、國家地震工程研究中心及產業界資助下才能有些許的研究成果向前推進與應用，希望藉由本專輯介紹學者們多年的研究來與工程界分享，未來能有更多的人力與資源投入臺灣新世代的鋼結構抗震發展。🇹🇼



Y型隅撐於鋼結構設計之應用

許協隆／國立中央大學土木系 教授

余子豪、薛培函、陳聖文／國立中央大學土木系 碩士

結構物之耐震性能為工程設計極為重要之考量，本文針對大跨距鋼結構設計上遭遇之挑戰，研擬提出以Y型隅撐搭配消能元件之方式解決之。此方案可大幅提升構架梁構件之支撐範圍，有效減低梁柱接頭區之梁端彎矩，延緩主要結構桿件進入降伏之時機，達到兼顧結構強度、勁度及消能能力之目標。由試驗結果顯示，本研究建議之隅撐設計細節應用於剛性或半剛性之抗彎構架設計，其均能有效提升結構之性能，相信對結構安全之提升，應可有所助益。

前言

台灣位於環太平洋地震帶，地震相當頻繁，就工程設計而言，結構物之耐震性能為重要之考量。鋼材為常見之建材，其材料性質均勻且力學性質易於掌握，其並具有高強度、高延展性、施工便利及工期較短之特性，實務工程上，鋼結構常應用於耐震設計。鋼結構系統中，抗彎構架甚為常見，此系統由梁與柱以剛性接頭組合而成，此系統具有良好之韌性^[1-3]，當結構系統受外力作用時，其可利用梁柱接頭之剛性來維持原有的接合角度，藉由梁柱構件之彎曲變形來抵抗側向力，並藉塑性變形消散能量。此系統具有良好的韌性，然此系統之側向勁度較低，應用於較高樓層之結構設計時，過大之側向位移將影響其應用性，如圖1所示，為提升結構承載性能，仍有進行改善之必要。

鋼結構設計性能提升方案依需求而有不同，應用斜撐構件為一可行之方法，斜撐構架主要係以斜撐構件之軸力抵抗側向力，當結構承受反復地震力時，若配置成對之同心斜撐構件於結構，兩斜撐構件將分別承受拉力及壓力，能有效地提升結構之側向勁度，並控制層間位移。然因勁度之提升，此系統可達之韌性將隨之減損，且於地震力之反復作用下，常發生接合

板或斜撐構件之挫屈破壞，使得構架之強度與勁度降低，影響其耐震性能，如圖2所示，另就建築設計而言，配置斜撐構件亦造成空間使用上之限制。

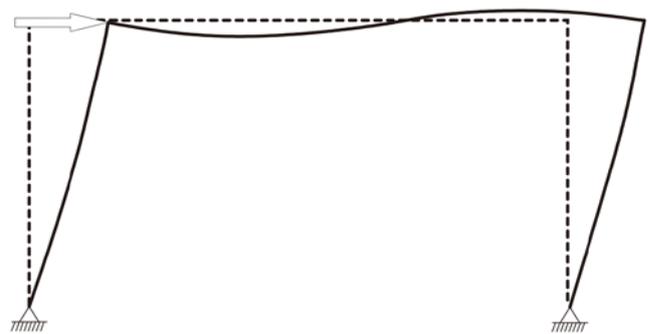


圖1 抗彎構架承載時產生大變形^[3]

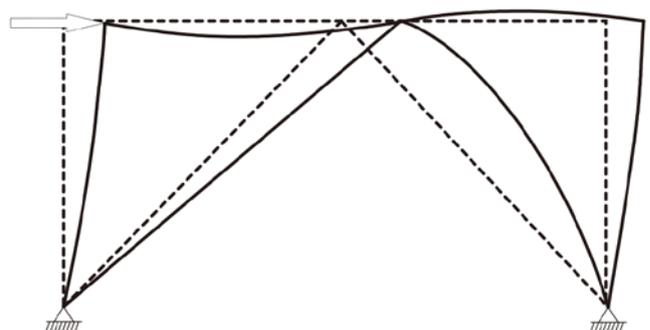


圖2 斜撐構架承載時，斜撐因過大軸力挫屈^[3]

針對上述，在兼顧結構強度、勁度及韌性之考量下，近年來有隅撐構架研究之提出。隅撐構架係利用具有良好承載效能之斜撐構件加裝於抗彎構架之角隅處，藉由隅撐對梁與柱之束制作用，將構架最大彎矩由梁柱接頭位置轉移至隅撐與梁的交界處，避免梁柱接頭發生脆性破壞。其相較於傳統抗彎構架，具有較高之側向勁度，另相對於斜撐構架，其亦可提升韌性，並能有效解決斜撐構件造成之空間使用問題。

隅撐在鋼結構設計之應用性可由 Hsu 和 Jean [4] 之研究證實，例如隅撐構件以 45 度及四分之一梁跨距方式配置，隅撐構架之側向勁度可提升為抗彎構架之 1.3 至 1.8 倍，如圖 3 所示。另由 Hsu 與 Li [5] 之研究結果顯示，構架除可利用隅撐改變構架最大受力位置，亦可藉調整隅撐構件的細長比、斷面尺寸來控制隅撐構件挫屈時機，詳如圖 4，確保主要梁、柱構件不致過早破壞。惟就大跨距構架而言，其梁構件較一般抗彎構架之梁為長，前述隅撐構件可支撐之梁構件範圍較小，導致梁構件之未支撐長度過大，造成梁與隅撐接合處因過大彎矩降伏或挫屈，再者，對較大跨距結構而言，其所需之隅撐長度增大，隅撐構件之挫屈強度將顯著降低，結構效能提升因之而受影響。為解決此一問題，設計上可採 Y 型隅撐方式，詳如圖 5 所示，其方法係將傳統之隅撐分段，藉以達到相同支撐區域內減低隅撐各元件長度之目的，此設計中同時可於 Y 型隅撐之內側或外側配置消能元件，以達到構架同時提升勁度及消能能力之目標，以下分就不同消能元件配置之 Y 型隅撐構架行為進行探討。

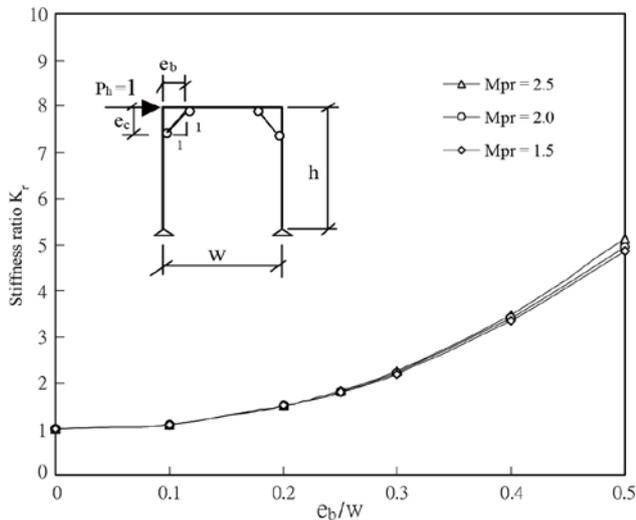


圖 3 構架勁度因隅撐配置而大幅提升 [4]

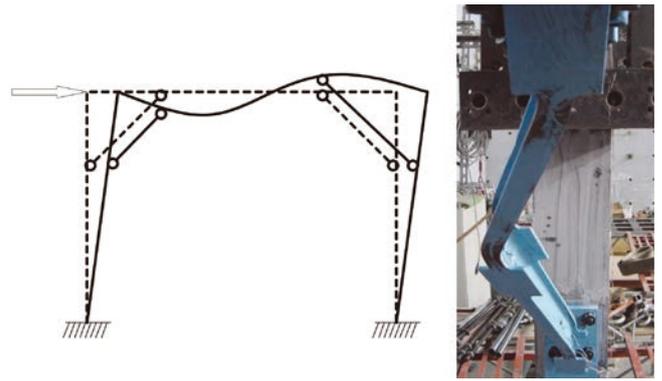


圖 4 隅撐元件承載時之破壞模式 [5]

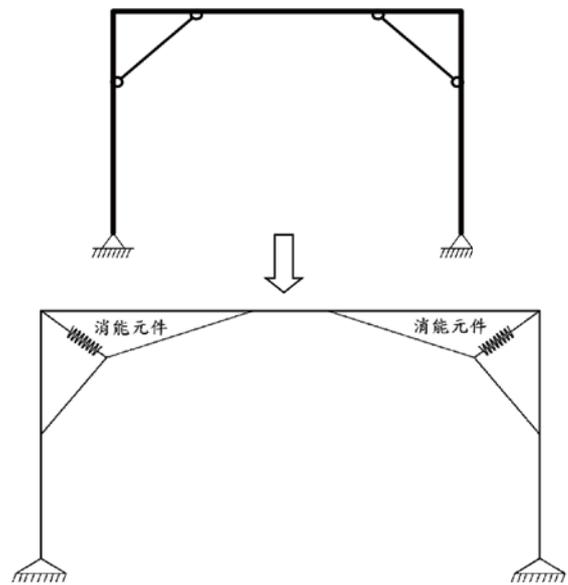


圖 5 隅撐構架改善設計

外側配置消能元件 Y 型隅撐構架

試驗配置

外側配置消能元件之 Y 型隅撐構架如圖 6 所示，此設計中，接合板設置於梁柱接頭區，接合板內設置滑槽，Y 型隅撐則由分段隅撐元件與一組以摩擦力結合且可於接合板內滑動之消能鋼板組成，當此 Y 型隅撐配置於抗彎構架時，構架可產生摩擦及挫屈控制等二組機制，當消能鋼板所受外力大於最大靜摩擦力後開始滑動，摩擦力為定值，能提供一穩定消能機制，當滑動位移大於接合板內之滑槽長度時，消能鋼板即可以其抗拉或抗壓強度提供構架有效支撐及能量消散。

為驗證前述研擬方案於結構設計之可行性，本研究以一系列不同尺寸之消能鋼板搭配隅撐構件製作 Y 型隅撐，並進行反覆載重試驗。試驗構架之柱構件尺

寸為 H250 × 250 × 9 × 14，有效高度為 2,520 mm，梁構件尺寸則為 H200 × 200 × 8 × 12，有效跨距為 5,960 mm，梁柱構件以角鋼及高拉力螺栓連結，形成半剛性接合，隅撐構件使用 C125 × 65 × 6 × 8 槽鋼製作，有效長度分別為 525 mm 及 1,316 mm，此配置下，隅撐約可支撐 1/3 之梁跨距，Y 型隅撐構架以反復載重測試之，外力係以伺服控制油壓動力機施加，採用漸增位移控制方式，加載歷時如圖 7 所示。



圖 6 外側配置消能元件 Y 型隅撐構架

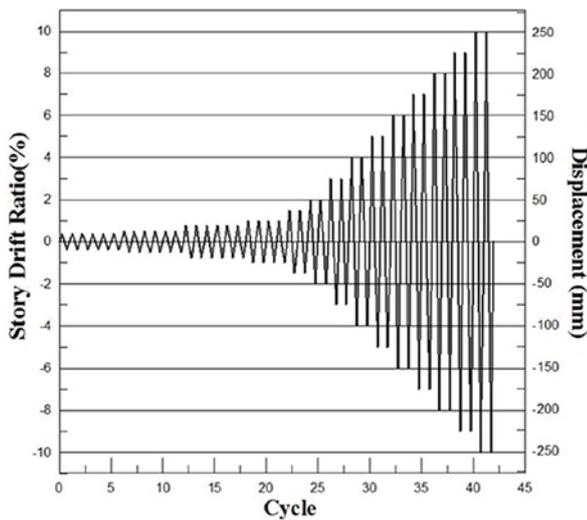


圖 7 加載歷時

承載性能

此試驗中，抗彎構架在反復載重下之承載反應良好，如圖 8 所示，構架梁端約於樓層位移比 1.78% 時達到降伏，另就本研究測試之外側配置不同消能元件之 Y 型隅撐構架而言，其遲滯行為穩定，承載模式亦相近，如圖 9 所示，結構約在樓層位移比達 0.5% 時，消能鋼板出現滑移，當結構樓層位移比約達 2% 時，消能鋼板

與滑槽端點接觸，此時結構仍保持於彈性狀態。當樓層位移比達 3% 時，西側消能鋼板發生挫屈，如圖 10 所示，其後，東側消能鋼板亦可發現挫屈現象，Y 型隅撐構架於樓層位移比約達 3.18% 時，梁端上下翼板達到降伏，當樓層位移比為 5% 時，Y 型隅撐構架之強度約為抗彎構架之 1.74 倍。就此半剛性構架而言，Y 型隅撐構架之消能量可達抗彎構架之 2.5 至 3 倍。

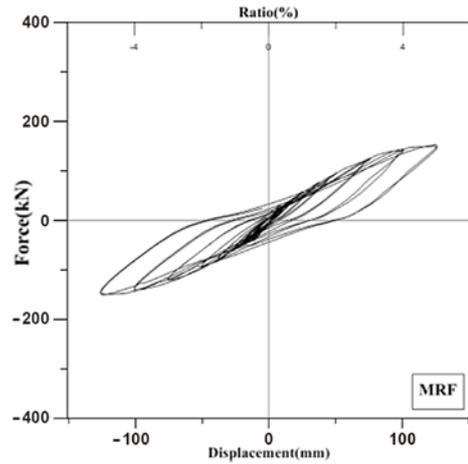


圖 8 抗彎構架承載模式

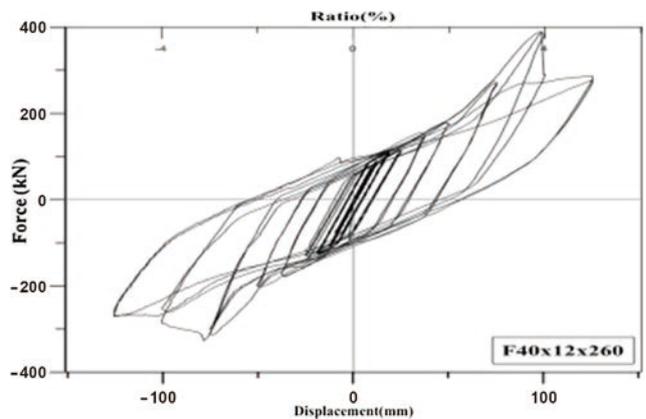


圖 9 外側配置消能元件 Y 型隅撐構架承載模式



圖 10 Y 型隅撐構架之消能鋼板挫屈模式

內側配置消能元件 Y 型隅撐構架

試驗配置

Y 型隅撐構架設計之另一方案，可將消能元件配置於隅撐元件之內側，如圖 11 所示，本研究使用具有良好承載行為之曲線消能鋼板作為消能機制，此曲線消能鋼板承載模式與具有初始偏心變形之桿件類似，當其受外力作用時，鋼板可因其幾何易於變形之特性，達到撓曲變形控制、減低元件因高軸力而挫屈之可能。此設計中，可維持隅撐於大區域支撐梁構件之特性，亦可因隅撐之幾何配置在較小樓層位移時，即可在曲線消能鋼板上，形成較大變形，有效提升結構之消能能力，曲線消能鋼板之承載行為如圖 12 所示，由圖可知，此元件在拉、壓載重作用下，均可提供有效之強度。



圖 11 內側配置消能元件 Y 型隅撐構架

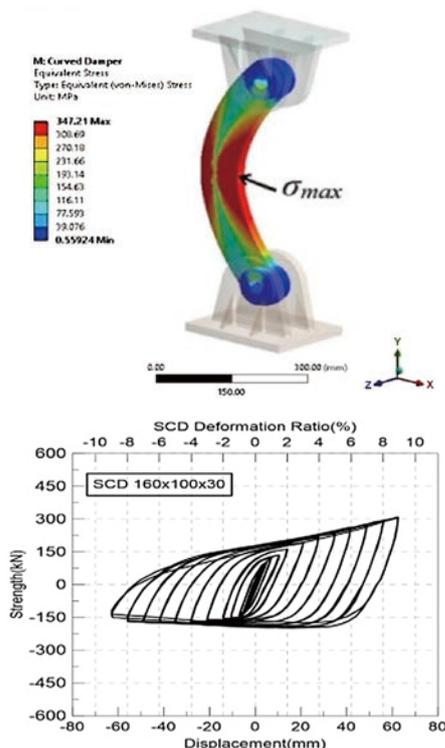


圖 12 曲線消能鋼板之承載行為

曲線消能鋼板依其尺寸命名，例如 $160 \times 80 \times 30$ 代表偏心距為 160 mm、鋼板深度為 80 mm、鋼板厚度為 30 mm。構架之梁、柱尺寸與前述試驗相同，梁柱之接合係以剛性接頭設計，配合構架尺度，隅撐元件以一對 $C200 \times 75 \times 6 \times 12$ 之槽鋼製作而成，隅撐兩端距離為 1,100 mm。構架設計中，使用二種接合板，分別連接梁、柱及隅撐構件，接合板厚度皆為 30 mm，前述接合板均以鋼板加勁，避免承載時產生變形，構架亦以伺服控制油壓動力機採漸增位移方式測試之。

承載性能

如前所述，抗彎構架承載過程中梁端於樓層位移比 1.78% 時達到降伏，由於構架設計滿足強柱弱梁要求，因此降伏皆發生在梁柱接頭處之梁端，柱則有效維持在彈性。另就隅撐構架而言，其遲滯行為亦極穩定，隅撐構架之承載反應如圖 13 所示，由實驗觀察可知，西側曲線消能鋼板於構架樓層位移比 0.68%，東側曲線消能鋼板則約於構架樓層位移比 1% 時，達到降伏，開始消能，此時，梁、柱構件均仍維持彈性。由梁端應變發現，抗彎構架安裝隅撐後，梁柱接頭之受力可獲得有效減低，成功地延緩梁柱接頭之梁端降伏時機。依曲線消能鋼板斷面之不同，隅撐構架之梁端約於樓層位移比 2.12% 至 2.87% 時始發生降伏，由此可知，當抗彎構架配置此消能元件後，結構之穩定性，可獲有效提升。

依試驗結果，隅撐構架於 5% 樓層位移比之強度可提升至抗彎構架之 2.11 倍，如圖 14 所示。另就能量消散而言，抗彎構架於樓層位移比 1.78% 時梁端降伏，構架主要能量消散由此開始，惟就隅撐構架而言，在樓層位移比介於 0.44% 至 2.87% 之間時，構架主要藉由曲線消能鋼板消散能量，梁柱構件均可有效保持完整，由此可知，在 2% 樓層位移比前，結構之損壞修復應可侷限在更換曲線消能鋼板即可，此對結構設計及維修均有甚大助益。就本研究剛性接合之結構而言，內側配置消能元件 Y 型隅撐構架之消能量可達抗彎構架之 2 倍，如圖 15 所示。

結語

結構耐震性能為國內工程設計上極為重要之考量，本研究針對大跨距鋼結構設計上遭遇之挑戰，研

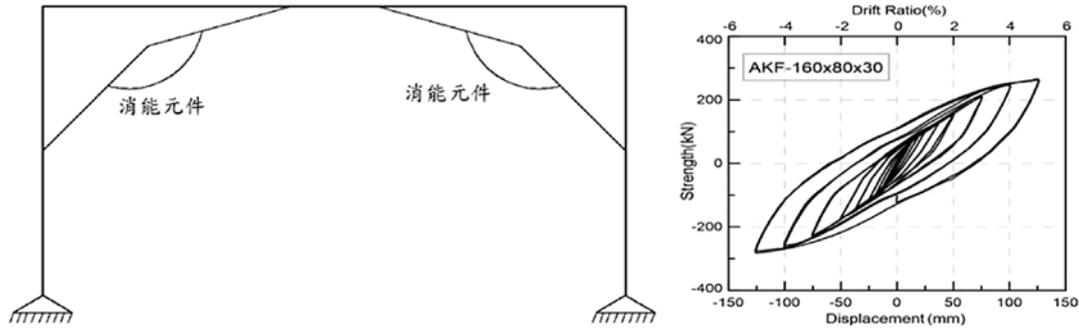


圖 13 內側配置消能元件 Y 型隅撐構架承載模式

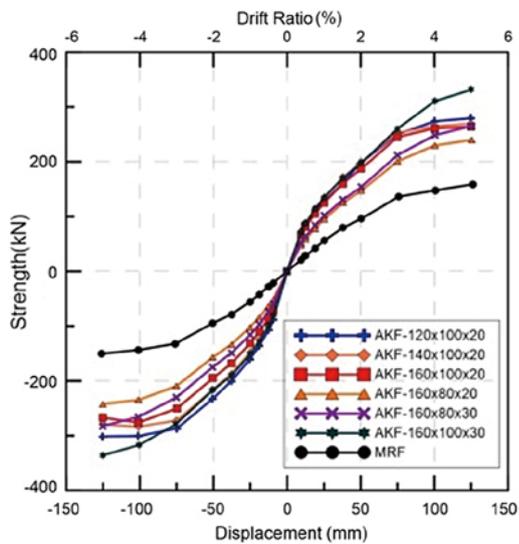


圖 14 內側配置消能元件 Y 型隅撐構架強度獲得有效提升

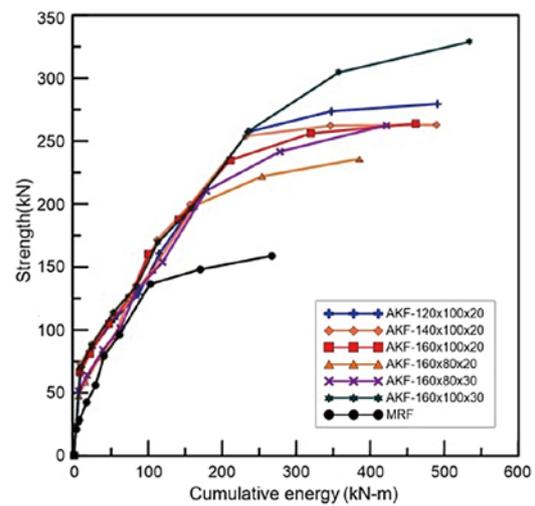


圖 15 內側配置消能元件 Y 型隅撐構架承載性能比較

擬提出以 Y 型隅撐搭配消能元件之方式改善。此方案可大幅提升構架梁構件之支撐範圍，有效減低梁柱接頭區之梁端彎矩，延緩主要結構桿件進入降伏之時機，達到兼顧結構強度、勁度及消能能力之目標。由試驗結果顯示，本研究建議之隅撐設計細節應用於剛性或半剛性之抗彎構架設計，構架強度及能量消散均可大幅提高，結構耐震性能因之有效提升，相信對結構安全之確保，應可有所助益。

參考文獻

1. Khandelwal K. and El-Tawil S. (2007), Collapse Behavior of Steel Special Moment Resisting Frame Connections. Journal of Structural Engineering, Vol. 133, pp. 646-655.
2. Lee, S.S. and Moon, T.S. (2002), Moment-rotation Model of Semi-rigid Connections With Angles, Engineering Structures, No. 24, pp. 227-237.
3. Hsu, H.L., Juang, J.L., and Chou, C.H. (2011), Experimental

Evaluation on the Seismic Performance of Steel Knee Braced Frame Structures with Energy Dissipation Mechanism, Steel & Composite Structures, Vol. 11, No.1, pp. 77-91.

4. Hsu H.L. and Jean S.Y. (2003), Improving Seismic Design Efficiency of Petrochemical Facilities, Practice Periodical on Structural Design and Construction, ASCE, Vol. 8, No. 2, pp. 107-117.
5. Hsu, H.L. and Li, Z.C. (2015), Seismic Performance of Steel Frames With Controlled Buckling Mechanisms in Knee Braces,” Journal of Constructional Steel Research, Vol. 107, pp. 50-60.

歡迎加入學會



www.ciche.org.tw

下載入會申請書



中國土木水利工程學會
CIVIL AND HYDRAULIC ENGINEERING

e-mail: service@ciche.org.tw

電話：(02) 2392-6325

傳真：(02) 2396-4260



低降伏鋼板與混凝土複合剪力牆 耐震性能研究

鄭錦銅／高雄科技大學營建工程學系 教授

張詠欽、黃昇賢／高雄大學土木與環境建工程學系 研究生

張惠雲／高雄大學土木與環境建工程學系 教授

本文研究的鋼板與混凝土複合剪力牆是以兩片鋼面板內填充混凝土材料以及剪力連接器（剪力釘）組合而成的牆體，其特色為具有高勁度與強度。因其施工快速與高強度的特性，最早被應用於核電廠內圍阻體、抗冰離岸構造與大型船體，近年來則多應用於超高樓層結構中。因本研究複合剪力牆主要應用於高樓建築核心筒，需釐清高軸力對於承重牆體之鋼板挫屈行為影響。因此，本研究主要研究參數為牆體厚度（鋼材比）、剪力釘間距（細長比）、與軸力比等。試驗牆體鋼面板主要以低降伏鋼製作，可有效增加鋼面板韌性能力以及增大剪力釘間距。為同時向試體施加軸力與橫向剪力作用，本研究實驗皆在國家地震研究中心南部實驗室 BATS (Bi-Axial Dynamic Testing System) 機台進行。共製作八座尺寸 1,200 × 1,200 mm，高寬比為 1.0 的複合鋼板剪力牆，進行靜態反覆側推試驗。試驗結果發現，牆體厚度與承受軸力的高低對試體極限強度的影響不大，但軸力卻會影響試體對於橫向變形的消能能力。而剪力釘間距在錨定效果上有明顯差異，採保守公式計算剪力釘間距試體在韌性消能能力上能有效提升。

前言

國內外相關研究已經證實鋼板與混凝土複合剪力牆系統具備優異的韌性變形能力，可提供高樓建築結構所需側向勁度與強度。當鋼板剪力牆承受地震力時，鋼面板側向變形除了發展的拉力場外，垂直於拉力場方向也同時發展出壓應力，迫使鋼板挫屈，內充填混凝土可以有效延緩鋼板挫屈。鋼面板可以充當模板，整塊組裝完成模組節塊可在工廠預鑄，再吊裝工地現場組裝，加快建造速度節省工時。混凝土與鋼板複合剪力牆有許多不同的種類，在本篇論文中主要研究的複合剪力牆系統之剪力牆體係為兩片鋼板夾混凝土層之三明治牆體，如圖 1 所示。為避免鋼板與混凝土受挫屈力時分離，鋼板面內層需焊接一定距離之剪力釘，並錨錠於混凝土內。國外已有將此系統應用於鑽油平台^[1]，船殼^[2]，核能電廠^[3-5]，與剪力牆構造^[6-10]

其優異之載重性能。近幾年，韓國^[6]大陸^[7,8]美國學者^[5,9,10]開始積極研究鋼板與混凝土複合剪力牆之受剪行為，包含強度、勁度或是韌性變形能力。韓國與大陸文獻研究牆體皆應用於高樓結構且皆專注於牆體本身之受剪行為，其試體之邊界柱大都與牆體同寬。因橫向力皆施加於牆體上緣，牆體受力後呈現單曲變形，牆體下緣彎矩較大，故牆底鋼面板容易發生挫屈。有些美國文獻^[9]牆體之邊界柱較寬，可以改善牆體下緣鋼板容易發生挫屈現象。這些文獻除了說明試體試驗結果外，也都提出理論以預測牆體之初始勁度，極限剪力強度，強度變形包絡線與遲滯變形曲線等。另外，高強度混凝土也被應用於建造複合剪力牆試驗試體^[8,10]2017年，美國學者^[10]也開始著手研究複合剪力牆體應用於高樓建築，探討高軸力對牆體耐震行為影響。國內研究始於台大土木系黃尹男教授於2014年開始進行

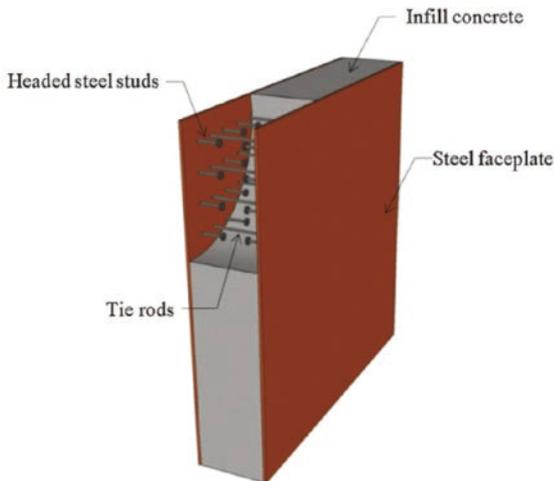
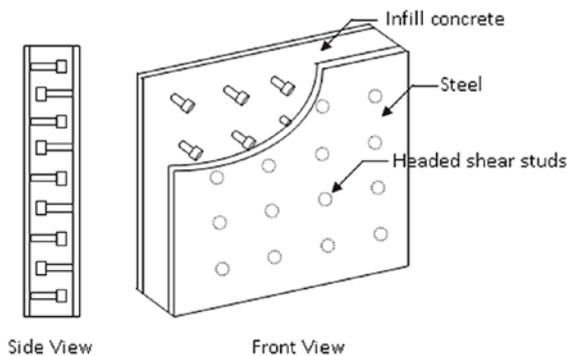
圖 1(a) 典型鋼板混凝土複合剪力牆構造示意圖^[5]

圖 1(b) 鋼板混凝土複合剪力牆斷面示意圖

剪力牆體反覆載重試驗 (in-plane cyclic shear test)^[11]，主要應用於核能電廠圍阻體。本研究 2017 年開始進行系列鋼板與混凝土複合剪力牆耐震性能研究^[12]，應用於建築構造。

實驗設計與程序

複合剪力牆主要應用於高樓建築核心筒，需釐清高軸力對於承重牆體之鋼板挫屈行為影響。本研究主要研究參數為牆體厚度（鋼材比）、剪力釘間距（細長比）、及軸力比等。試驗牆體鋼面板主要以低降伏鋼製作，可有效增加鋼面板韌性能力以及增大剪力釘間距。本文共製作八個剪力牆體進行反覆側推試驗研究。試體設計參數如表 1 所示，總厚度 T 為表中兩面鋼板厚度 t_p 加上充填混凝土厚度，鋼材比為 $2t_p/T$ ，剪力釘間距 s ，配置細長比 s/t_p 。試體為縮尺模型，參考一般 RC 結構建築物樓高 3 m，以等比例縮小 2.5 倍，

牆長寬皆為 1.2 m。表中顯示試體編號第 1 字母 L 代表使用低降鋼材為鋼面板。第 2 字母 B 代表牆體混凝土厚度 15 cm，N 代表厚度 10 cm。第 3 字母代表試體承受設計軸力比之高低，Z 代表試體未承受軸力，L 代表試體承受 10% 極限軸力，A 代表試體承受 30% 極限軸力，H 代表試體承受 50% 極限軸力，其計算方式如公式 (1) 所示。上述設計軸力比的定義為，試體承受的實際承受軸力與極限軸力 P_u 兩數值之比值

$$\text{軸力比} = \frac{P}{P_u} = \frac{P}{0.85f'_c A_c + F_y A_s} \quad (1)$$

其中 f'_c 為設計混凝土強度， A_g 為混凝土斷面積， A_s 為鋼面板與邊界版斷面積和， F_y 為鋼材降伏強度。最後一組數字代表剪力釘間距（靜態加載）。此外，在試體設計中，需求細長比計算剪力釘間距，直接影響鋼面板挫屈行為。參考文獻^[13]需求細長比可由下式求得：

$$\frac{s}{t_p} \times \sqrt{\frac{F_y}{E}} \leq 1.0 \quad (2)$$

其中 S 為剪力釘間距， t_p 為鋼面板厚度， E 為鋼面板彈性模數與 F_y 為鋼面板降伏強度（100 MPa）。考量鋼面板應變硬化影響，公式 (2) 中 F_y 改用目標位移時鋼面板抗拉強度 200 MPa 計算，需求細長比為 31.6（前 4 組試體依此設計）。再考量試體承受高軸力以保守計算，此需求細長比再乘以 0.8 縮小為 25.3（後 4 組試體依此設計）。詳細試體設計圖如圖 2 所示。本文剪力釘布置並非如圖 1a 頭對頭並列，而是梅花排列如圖 1b 所示。剪力牆混凝土厚度 100 mm 剪力釘直徑 13 mm，混凝土厚度 150 mm 剪力釘直徑 16 mm。混凝土設計強度 $f'_c = 280 \text{ kgf/cm}^2$ 。

表 1 試體設計尺寸與研究參數

試體編號	軸力比 P/P_u	混凝土厚度 (cm)	鋼板厚 t_p (cm)	鋼材比 $2t_p/T$ (%)	剪力釘間距 s (cm)	配置細長比 s/t_p	需求細長比
LNZ-24	0	10	0.8	13.8	24	30	31.6
LBZ-24	0	15	0.8	9.6	24	30	31.6
LNA-24	0.3	10	0.8	13.8	24	30	31.6
LBA-24	0.3	15	0.8	9.6	24	30	31.6
LBL-20	0.1	15	0.8	9.6	20	25	25.3
LNA-20	0.3	10	0.8	13.8	20	25	25.3
LBA-20	0.3	15	0.8	9.6	20	25	25.3
LBH-20	0.5	15	0.8	9.6	20	25	25.3

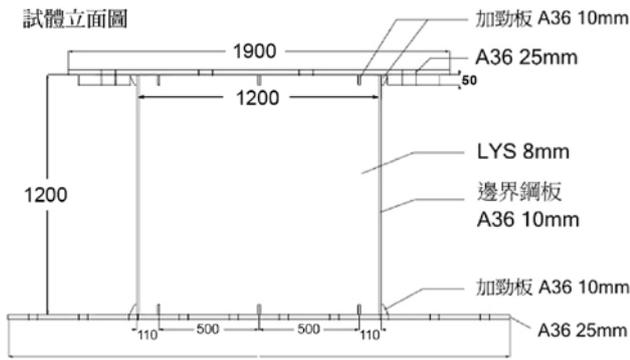


圖 2(a) 試體外觀與尺寸

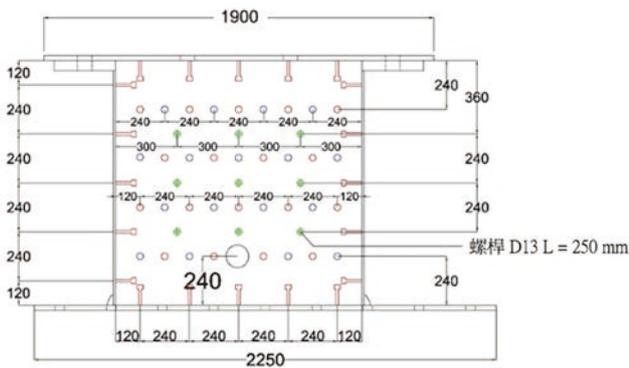


圖 2(b) 剪力釘間距為 24 cm 之試體設計圖

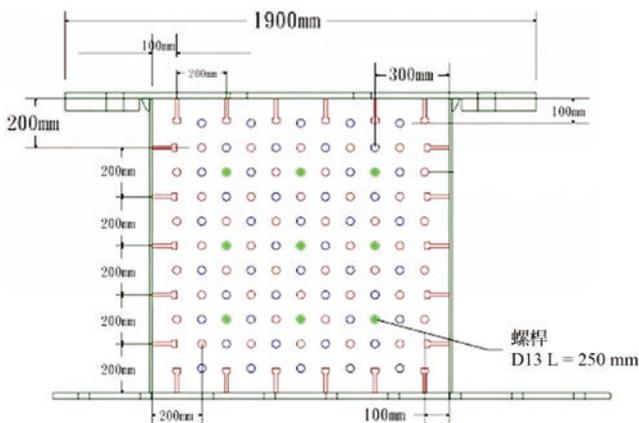


圖 2(c) 剪力釘間距為 20 cm 之試體設計圖

實驗結果

圖 3 與圖 4 顯示各試體最終破壞情況與橫向載重—位移遲滯迴圈圖。因為邊界鋼板之圍束，再加上剪力牆試體為雙曲變形，試體破壞模式從文獻之角落混凝土壓碎致鋼面板挫屈（撓曲破壞）轉化成鋼面板先降伏後挫屈之剪力破壞。本研究證實良好設計之剪力牆試體皆可展現高強度，高勁度與高韌性變形能力。

試體破壞模式可分為三類，對剪力釘間距為 24 公分試體而言，試驗顯示承受高軸力（軸力比 0.3）將大

幅降低剪力牆試體之變形能力，但是對試體橫向極限強度影響不大。試體破壞模式為剪力釘錨定不足致鋼面板大面積 45° 對角斜向挫屈（剪力破壞傾向），如圖 3(a)（如試體 LNA24，LBH20，LBA24 及 LNZ24），其中 LNZ24 試體雖承受低軸力但厚度 10 公分推測剪力釘錨定不足。第二類破壞模式為靠近加勁板之上下邊界鋼板銲道熱影響區挫屈開裂，延伸入鋼面板與上下基板介面，試體左右角落鋼面板靠近上下基板附近嚴重挫屈，試體中央鋼面板降伏未有局部挫屈現象（撓曲破壞傾向），如圖 3(b) 所示（如試體 LBZ24 與 LBL20）。對剪力釘間距 20 公分試體而言，承受高軸力只輕微降低剪力牆試體變形能力，而且對試體橫向強度影響不大。第三類試體破壞模式為除了靠近加勁板之上下邊界鋼板銲道熱影響區挫屈開裂，延伸入鋼面板與上下基板介面，試體鋼面板靠近上下基板三排剪力釘距離內發生局部挫屈（軸力彎矩破壞傾向），如圖 3(c)（如試體 LBA20，及 LNA20）。由此可見，剪力釘間距（鋼面板細長比）較小試體在強度與變形上皆有較好耐震表現。對於承受



圖 3(a) LNZ-24 破壞模式



圖 3(b) LBL20 破壞模式

高軸力試體，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，本文建議應採用剪力牆目標位移時之拉力強度計算再乘以 0.8 較為保守。由遲滯迴圈圖可發現只要剪力釘間距滿足保守公式，軸力愈高消能面積愈飽滿。



圖 3(c) LBA-20 破壞模式

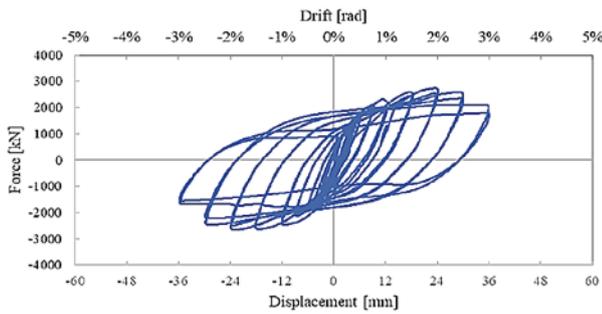


圖 4(a) 試體 LNZ-24 遲滯迴圈

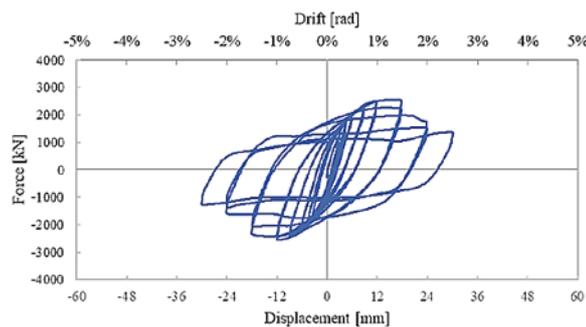


圖 4(b) 試體 LNA-24 遲滯迴圈

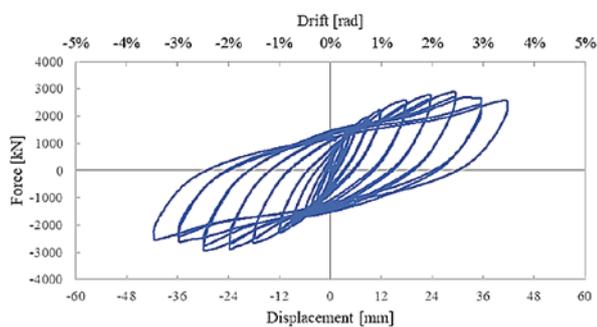


圖 4(c) 試體 LBZ-24 遲滯迴圈

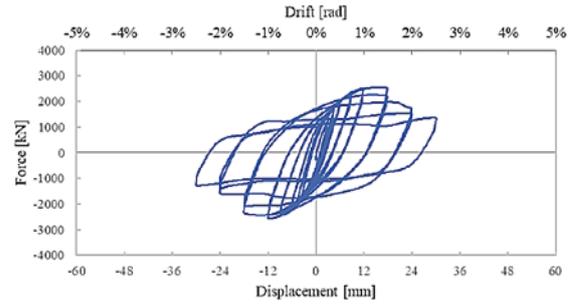


圖 4(d) 試體 LBA-24 遲滯迴圈

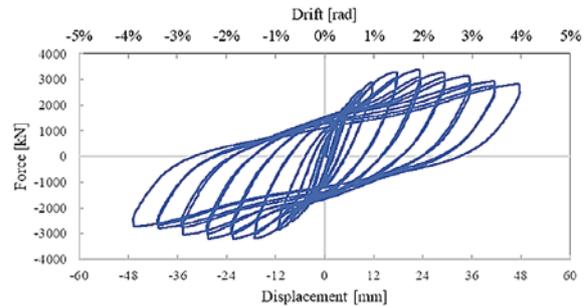


圖 4(e) 試體 LBL-20 遲滯迴圈

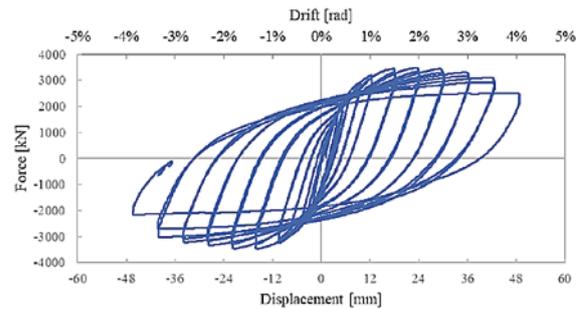


圖 4(f) 試體 LBA-20 遲滯迴圈 (單位: g)

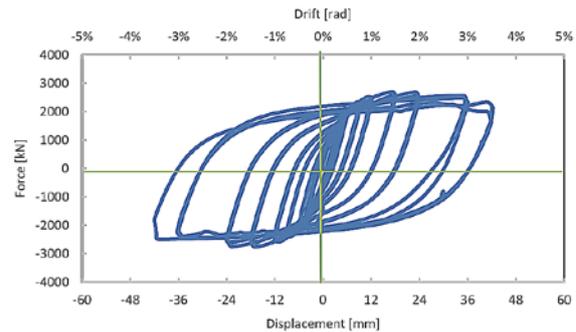


圖 4(g) 試體 LNA-20 遲滯迴圈

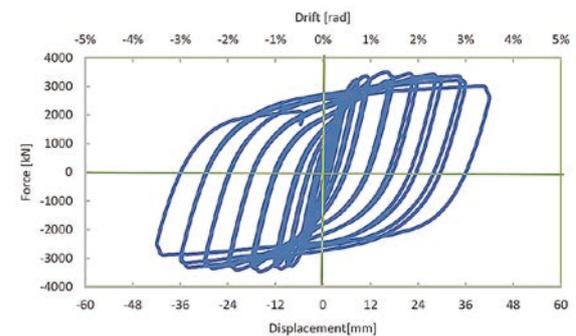


圖 4(h) 試體 LBH-20 遲滯迴圈

結論與建議

本研究共製作八座鋼板與混凝土複合剪力牆試體進行反覆側推試驗，實驗變因包含牆體混凝土厚度、軸力大小以及剪力釘間距。綜整其試驗結果獲得下列結論：

1. 本研究證實經良好設計之剪力牆試體皆可展現高強度，高勁度與高韌性變形能力。
2. 試驗顯示牆體鋼面板採用低降伏鋼製作，可有效增加鋼面板韌性能力以及增大剪力釘間距節省建造成本。
3. 試驗結果發現，牆體承受軸力的高低對試體橫向強度的影響不大，但卻會影響試體對於橫向變形的消能能力。
4. 比較各試體破壞模式，所有試體牆體鋼面板皆先降伏後挫屈。當剪力釘間距較大，其破壞模式相近皆為角落加勁板附近出現撓曲裂縫後，承受較高軸力試體鋼面板會發生大面積對角斜向挫屈。當剪力釘間距設計較保守時，承受小軸力試體局部挫屈現象較多集中在四個角落，先在邊界板之加勁版銲道熱影響區出現明顯裂痕，再延伸至角落鋼面板。當試體承受高軸力時，上下鋼面板發生局部挫屈或中央鋼面板發生對角斜向挫屈摺痕。
5. 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，試驗顯示效果良好，即使試體承受高軸力，試體在強度以及韌性消能能力上皆能有效提升。
6. 比較試體牆體混凝土厚度影響，試驗顯示未承受軸力牆體混凝土厚度 15 cm 試體之剪力釘錨定效果比厚度 10 cm 試體較佳。

誌謝

本研究承蒙中國鋼鐵股份有限公司無償提供低降伏鋼板及科技部計畫補助，在此申致謝忱。

參考文獻

1. Ohno, F., T. Shioya, Y. Nagasawa, G. Matsumoto, T. Okada, and T. Ota (1987), "Experimental Studies on Composite Members for

- Arctic Offshore Structures Steel/Concrete Composite Structural Systems," C-FER Publication No. 1, Proceedings of a special symposium held in conjunction with POAC 1987, Fairbanks, Alaska, 9th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Conditions.
2. Huang, Z., J.Y. Liew, Y.J. Richard, and J. Wang (2014), "Static behavior of curved lightweight steel-concrete -steel sandwich beams subjected to lateral loads." EUROSTEEL 2014, September 10-12, 2014, Naples, Italy.
3. Fukumoto, T., B. Kato and K. Sato (1987), "Concrete filled steel bearing wall," IABSE Symposium, Paris-Versailles, 1987.
4. Ozaki, M., S. Akita, H. Osuga, T. Nakayama, and N. Adachi (2004), "Study on steel plate reinforced concrete panels subjected to cyclic in-plane shear," Nuclear Engineering and Design, 228, pp. 225-244.
5. Epackachi, S., A.S. Whittaker, and Y-N. Huang (2015), "Analytical modeling of rectangular SC wall panels," Journal of Constructional Steel Research, 105, pp. 49-59.
6. Eom, T-S., H-G. Park, C-H. Lee, J-H. Kim, and I-H. Chang (2009), "Behavior of double skin composite wall subjected to in-plane cyclic loading," Journal of Structural Engineering (ASCE), 135(10), pp.1239-1249.
7. Hu, H-S., J-G. Nie, and M.R. Eatherton (2014), "Deformation capacity of concrete-filled steel plate composite shear walls," Journal of Constructional Steel Research, 103, pp.148-158.
8. Nie, J-G., H-S. Hu, J-S. Fan, M-X. Tao, S-Y. Li and F-J. Liu (2013), "Experimental study on seismic behavior of high-strength concrete filled double-steel-plate composite walls," Journal of Constructional Steel Research, 88, pp.206-219.
9. Chen, L., Mahmoud, H., Tong, S-M., and Y. Zhou (2015), "Seismic behavior of double steel plate-HSC composite walls," Engineering Structures, 102, pp.1-12.
10. Ji, X., Cheng, X., Jia, X. and A.H. Varma (2017), "Cyclic In-Plane Behavior of Double-Skin Composite Walls in High-Rise Buildings," Journal of Structural Engineering (ASCE), 143(6), 04017025.
11. 陳柏安 (2015), 「低矮型鋼板混凝土複合牆之耐震性能試驗與分析」, 台灣大學土木系碩士論文, 黃尹男教授指導, 民國一百零四年八月。
12. 曾皓鼎 (2014), 「鋼板混凝土複合剪力牆之耐震性能研究」, 國立交通大學土木工程學系, 碩士學位論文, 劉俊秀、鄭錦銅教授指導, 民國一百零五年十二月。
13. Zhang, K., Varma, A.H., Malushte, S.R., and S. Gallocher (2014), "Effect of shear connectors on local buckling and composite action in steel concrete composite walls," Nuclear Engineering and Design, 269, pp. 231-239. 



具自復位特性之鋼結構柱腳 耐震性能研究

鍾育霖／國立成功大學建築學系 副教授

結構接點具有自復位特性可以減少結構震後的殘留變形以及構件的損傷，進而減少震損修復費用以及縮短復原時間，近年許多研究提出不同類型的自復位接點，而根據研究結構物中使用自復位柱腳對於減輕結構的殘留變形的影響最顯著，同時柱子因為需要負擔垂直載重且受損後不易修復，因此在柱腳使用具自復位特性的接頭對降低震後修復工作有明顯效果。由於自復位柱腳具有柱軸向方向的預力構件，設計上需考量此額外軸向載重造成之影響，此外，國內目前使用箱型柱居多，封閉柱斷面不若H型鋼易於在其外側安裝阻尼等消耗能量裝制，與其相關的研究也較少。本研究提出了適用於H型鋼柱以及箱型柱之自復位接合形式，其預力將不會增加柱軸向負擔，並且研發非對稱摩擦阻尼以及阻尼鋼棒作為柱腳的耗能機制，再以實尺寸反覆加載試驗評估其耐震性能。實驗顯示非對稱摩擦阻尼兩方向的強度可形成非對稱的形式，兩階段強度大小可藉由螺栓張力強度控制，而強度上升時的滑動距離可由螺栓孔徑控制，兩種自復位柱腳之變形可達4%的層間變形，同時具有穩定以及顯著的自復位行為，強度衰減輕微且柱仍維持彈性。

研究背景與目的

抗彎矩構架是鋼結構常見的結構系統型式，主要依賴結構接點的塑性行為消耗地震能量，對於接點的韌性要求甚高，1994年美國北嶺地震中發生許多梁柱接頭因韌性不足而發生脆性斷裂^[1]，進而造成許多結構震損，結構接合部位所需花費佔鋼結構建造成本之比例不低，而震損修復補強費用更可達初始製作成本的數倍^[2]。此地震後各國陸續發展各式高性能接頭，現今的鋼構建築已普遍使用經過預先實驗驗證性能之韌性梁柱接頭，例如切削式梁柱接頭等，大型地震中接頭附近的梁斷面形成塑性鉸而能穩定消耗能量並具有高度塑性變形能力，使建築物能夠發揮預期的耐震性能。由於塑性鉸區域常伴隨局部挫曲的發生或甚至結構整體的變形過大產生殘留變形等，使得建築在地震過後仍需花費可觀的費用與時間修復，近年有許多接頭方面研究致力提升結構堅韌性(resilient)，使其能夠

在大地震後迅速回復到日常運轉的狀態，包含自復位(self-centering)接合以及可修復式接合等。

自復位的接合方式係結合軸向預力構件如預力鋼棒等與阻尼裝置(圖1)，預力構件之軸向拉力提供接點回復原位的回復彎矩(圖1(a))，接合界面在受彎矩時的張合使阻尼變形降伏而消耗地震能量(圖1(b))，兩者結合可降低結構殘留變形以及消耗地震能量甚至構件可維持彈性等優點(圖1(c))^[3]，大幅降低震後所需的修復能量及時間，然而由於其耗能能力較同斷面的一般韌性接頭低，使用自復位接合的結構在地震時的變形比使用傳統韌性接頭的結構更大，反而可能對非結構物或建築物的機能造成影響，池永等人^[4]的結構動態分析結果指出，當僅有結構柱腳接合具有自復位特性時可有效降低整體結構的殘留變形，其值為使用固定柱腳接合結構的20%以下，有鑑於柱腳的震損修復困難，因此發展自復位柱腳有其效益，由於自復位接合機制中需要

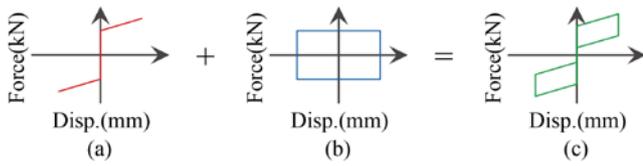


圖 1 自復位接合機制

在結構構件軸向加入預力構件，此預力對於梁的影響不大，但是對於結構柱的影響則不能忽視，考量柱需要承擔長期軸力以及短期載重下的變動軸力，針對此預力需要額外的補強設計以局部增強柱的強度，目前國內外的研究較多著重於 H 型鋼柱等開放斷面，國內常用的箱型柱則甚少有相關研究 [5]。

本文將介紹筆者過去數年時間發展自復位柱腳接合形式，分別應用於 H 型鋼柱以及國內常用的箱型斷面柱，文中將介紹使用於接頭的非對稱摩擦阻尼系統、接頭的力學原理以及性能試驗結果。

H 型斷面鋼柱腳

此設計主要針對低層建築，柱子底部未與柱底板焊接，僅放置其上透過兩側的摩擦阻尼與基礎板連結，如圖 2 所示，接點的彎矩強度來自於：(1) 當彎矩發生使得柱與柱底板間張合發生時，啟動摩擦阻尼將會開始滑動進而提供接點抵抗的彎矩的強度；(2) 由於柱承擔垂直載重，當柱底部受到彎矩以單側為支點而張開時將會產生抵抗彎矩，此彎矩在某程度變形以下會形成柱腳的復位彎矩。兩者並聯後將如同圖 1 之行為，具有自復位特性但不使用預力構件，然而由於前述之復位彎矩的強度有限，而摩擦阻尼具有正反向強度對稱的特性，當摩擦阻尼強度超過柱底界面張開時的解壓彎矩強度時（圖 1(a) 中的折線位置強度），自復位的性能會受到影響，在上述考量下兩者結合之強度將無法發揮柱斷面的強度，因

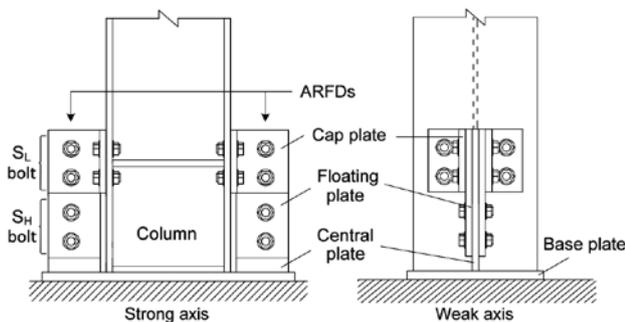
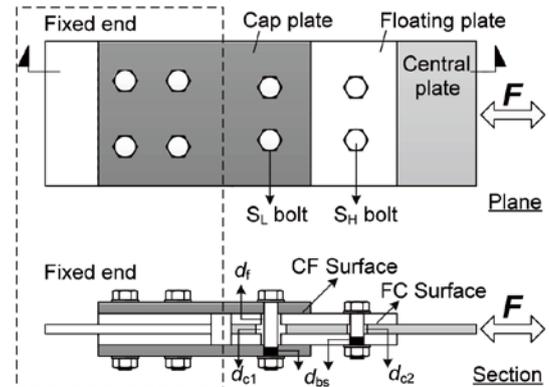


圖 2 自復位柱腳接合概念圖

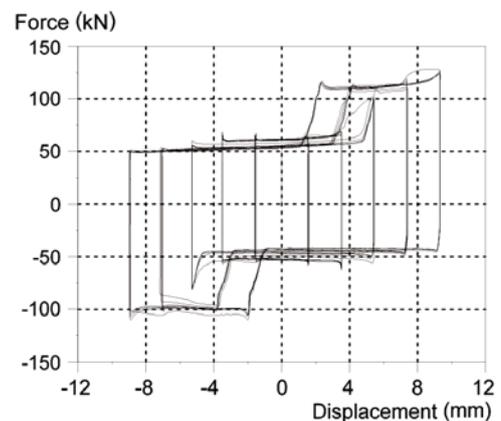
此本研究發展了正向的強度高於卸載時在為位移原點時強度的非對稱摩擦阻尼（Asymmetrical resistance friction damper, ARFD），與復位彎矩結合可提升接頭強度同時維持自復位的特性。

非對稱阻尼

非對稱摩擦阻尼如圖 3(a) 所示，係以中心板（Central plate）、內板（Floating plate）以及外板（Cap plate）組成，並以高張力螺栓鎖固，外板孔徑以及內版的外側未被外板覆蓋之螺栓孔徑都為對應使用螺栓之標準孔徑，內板內側孔徑以及中心螺栓孔之孔徑則大小由有所不同，透過各板之孔徑大小差異，中心板受拉滑動時，中心板與內板會在不同滑動距離與螺栓接觸，使得抵抗強度上升，當足以克服另一個滑動面啟動所需的強度時，滑動在不同滑動面發生，力量方向相反時亦同，圖 3(b) 為實驗結果，而各階段的強度可透過不同位置螺栓導入的預張力決定，強度上升時的滑動距離則由螺栓孔徑決定。



(a) 摩擦阻尼示意圖



(b) 實驗結果

圖 3 非對稱摩擦阻尼

性能試驗與結果

實驗試體及加載系統如圖 4 所示，一實尺寸 H 型鋼柱以前述接合方式與基礎鋼梁接合，柱頂部上方與水平向千斤頂相接，千斤頂前端為一個鉸接座，透過千斤頂水平向反覆加載模擬地震下柱腳接點的受力情況，柱軸向安裝預力鋼棒以模擬柱之長期軸向載重，柱斷面為 H300 × 300 × 10 × 15、長 1.7 公尺、SS400 鋼材，加載歷程係依照 AISC 鋼結構接點標準加載歷程，以位移控制方式逐步增加，實驗標準試體（SPC）為軸力比為 0.2，摩擦阻尼螺栓之張力強度均為 60 kN，而 SPCB 試體則將螺栓張力提升至 120 kN。

實驗所得到之試體柱底部的彎矩與層間變形角關係如圖 5 所示，兩組試體遲滯迴圈呈現穩定自復位的特性，約在 1% 層間變形角時有明顯強度提升，此為非對稱摩擦阻尼之到達第二階段的強度所造成，實驗最終可達 4% 層間變形角，兩圈後且無強度降低，外力卸載後也幾乎沒有殘留變形，試體最大強度為 275 kN-m，為柱全斷面塑性彎矩強度之 75%。

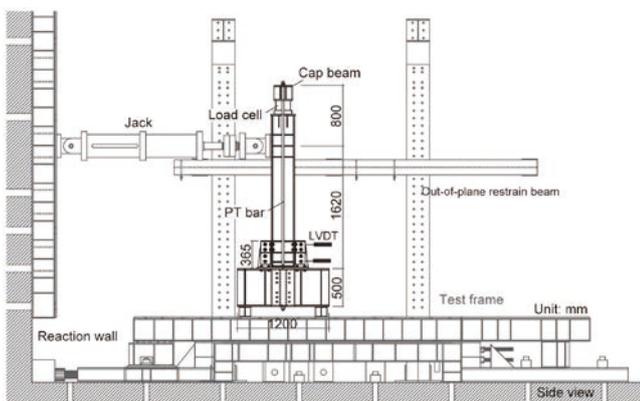


圖 4 試體與加載系統

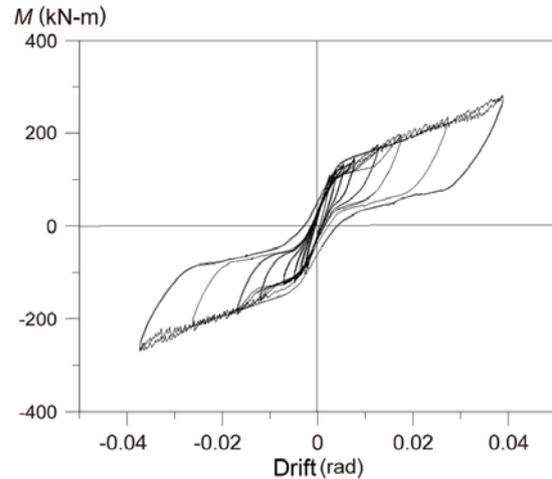


圖 5 實驗結果

箱型鋼柱腳

本研究提出之自復位箱型柱柱腳如圖 6 所示，包含內柱與箱型柱（外柱），透過預力鋼棒固定內柱與基礎梁（圖 6(a)），內柱底部與基礎梁上端為柱腳受彎矩時開合界面，而預力可提供接頭回復彎矩，而後箱型柱（外柱）由上方套入透過底部板與內柱底板間以螺栓接合（圖 6(b)、6(c)），透過此位置的接合傳遞內外柱間的彎矩（圖 6(d)），如此箱型柱（外柱）不需額外承擔預力鋼棒的軸向載重，同時鋼柱無多餘鐵件在其表面影響外觀，與一般傳統型柱腳接合相近，對於室內使用機能以及裝潢影響程度低。

在底板與基礎梁間安裝阻尼鋼棒，兩端分別以透過螺牙螺帽與底板與基礎梁固定，透過底板界面張開時阻尼鋼棒受拉降伏提供耗能以及接頭強度，另外鋼棒外側安裝鋼套管以抑制鋼棒挫曲。

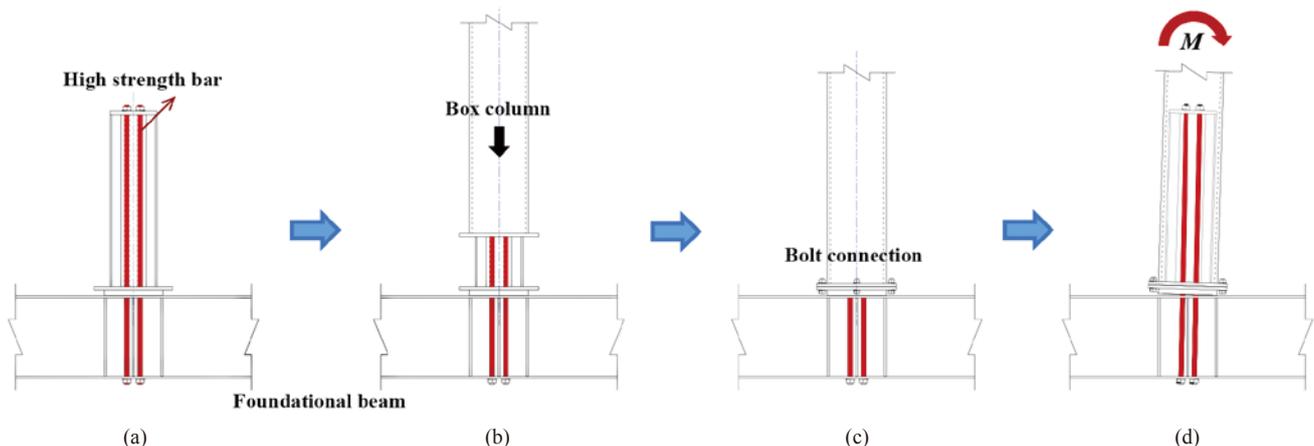


圖 6 自復位箱型柱腳示意圖



(a) 試體與加載裝置

(b) 實驗結果

圖 7 自復位箱型柱

性能試驗與結果

性能試驗係利用國家地震研究中心南部實驗室之雙軸向加載系統 (BATS)，以反覆加載方式測試一實尺寸鋼柱腳受彎矩性能。柱腳設計如圖 7(a) 所示，內柱為 H250 × 250 × 9 × 14 型鋼，底部焊接 510 × 510 mm 平面尺寸的鋼底板，透過直徑 32 mm 的兩支預力鋼棒與深度 380 mm 的基礎鋼梁結合並拉緊預力。其後套上 Bo × 300 × 300 × 22 箱型柱，柱底板透過螺栓與內柱底板接合，同時，安裝阻尼鋼棒。箱型鋼柱試體使用 SN400 製作，外柱上端安裝鉸接座，其上方頂板 BATS 上方的頂版以預力鋼棒固定，BATS 下方支承板以垂直頂升方式施加柱垂直載重，同時水平方向致動器以位移控制方式反覆加載。

試體柱腳彎矩與柱底旋轉角關係如圖 7(b) 所示，柱底旋轉角為透過位移計量測柱底板翹起角度，試體呈現出顯著的自復位特性，且柱底最大轉角超過 3%。試體之解壓彎矩以及最大彎矩在正負向分別約為柱斷面全塑性彎矩之 57% 以及 71%。遲滯迴圈中的耗能面積來自於消能鋼棒的軸向的塑性行為，由於有局部的挫曲產生，接頭在後半段的加載、卸載方向的剛度以及強度有所變化。根據柱底板、柱底部等處安裝的應變計讀數，柱試體在實驗過後仍維持彈性狀態。由於消能鋼棒拆裝容易，地震過後僅需要更換消能鋼棒即可。

結語

1. 非對稱摩擦阻尼透過實驗證明，可形成穩定且兩方向的強度不對稱的遲滯行為，兩階段強度大小可藉由螺栓張力強度控制，而強度上升時的滑動距離可由螺栓孔徑控制。

2. 本研究提出兩種軸向預力不直接加諸在柱子的自復位接頭，在應用非對稱摩擦阻尼的 H 型鋼柱腳方面，實尺寸性能試驗顯示在 4% 的層間變形下仍有穩定以及顯著的自復位行為，強度未有衰減且最終柱子仍維持彈性，接頭的強度可透過摩擦阻尼的螺栓張力調整，本實驗中試體測試所得最大強度達柱斷面強度之 89%。
3. 本研究提出之具自復位之箱型柱柱腳具有阻尼鋼棒可消耗地震能量，震後更換容易。實尺寸實驗證實其具有明顯且穩定的自復位特性，當變形達到底部轉腳超過 3% 時，接頭未發生強度降低現象，試驗所得之最大強度達到柱斷面強度之 71%，且柱子仍維持彈性。

參考文獻

1. SAC Joint Venture: State of Art Report on Past Performance of Steel Moment-Frame Buildings in Earthquakes, Report FEMA 355E, September 2000, Federal Emergency Management Agency, Washington D.C.
2. Li Quanwang and Ellingwood Bruce R., Performance evaluation and damage assessment of steel frame buildings under main shock-aftershock earthquake sequences, Earthquake Engng Struct. Dyn. 2007; 36, pp. 405-427
3. Tsai I Keh-Chyuan, Chou Chung-Che, Lin Chi-Lon, Chen Pei-Ching, and Jhang Sheng-Jih, Seismic self-centering steel beam-to-column moment connections using bolted friction devices, Earthquake Engng Struct. Dyn. 2008; 37:627-645.
4. 池永昌容, 中島正愛, セルフセンタリング柱脚を用いた鉄骨骨組の残留変形低減効果, 日本建築学会構造工学論文集, Vol. 54B, 2008 年 3 月
5. Chou Chung-Che, Wang Yu-Chi, Chen Jun-Hen, Seismic design and behavior of post-tensioned steel connections including effects of a composite slab, Engineering Structures, 30(2008), pp. 3014-3203.



板橋浮洲 高層住宅 以外覆鋼板及 鋼造雙K型斜撐 耐震補強評估

周中哲／國立臺灣大學土木工程學系 教授
鍾秉庭／國立臺灣大學土木工程學系 碩士及研究助理
粘評、陳威霖／國立臺灣大學土木工程學系 碩士
柯鎮洋／台聯工程顧問股份有限公司 董事長
王志誠／信業工程顧問有限公司 結構技師
陳景誠／永峻工程顧問股份有限公司 副董事長

本文章敘述新北市板橋浮洲新建 37 棟鋼筋混凝土高樓住宅的結構補強效益，板橋浮洲建築物因地下結構體的差異變形造成地下室多處梁裂縫，經重新分析評估後進行地下室及地上建築結構體補強，實驗規劃包含地下室鋼板剪力補強鋼筋混凝土梁試驗，探討兩側鋼板及 U 型鋼板對鋼筋混凝土梁剪力補強成效。地上建築結構之補強構件則進行二種工法的試驗：(1) 鋼筋混凝土連梁剪力補強試驗，探討單側無收縮水泥砂漿和單側外覆鋼板對鋼筋混凝土梁剪力補強效益，及 (2) 鋼造雙 K 型斜撐鋼框構架剪力補強試驗，探討鋼造雙 K 型斜撐於反覆載重下之受力行為。上述實尺寸構件補強試驗於 2016 ~ 2017 年間在國家地震工程研究中心進行，補強試驗結果可滿足臺灣內政部規範^[1]和美國規範 ACI 374.2R-13^[2]之強度與韌性要求。

前言

新北市板橋區浮洲合宜住宅建築物分為 A2、A3 及 A6 區基地共 37 棟鋼筋混凝土建築物（圖 1），每棟建築物含地下 3 層、地上 21 至 24 層不等，於 2015 年 4 月 20 日於花蓮東部海域發生芮氏規模 6.3 地震，新北市震度為 4 級，發現位於 A2、A3 及 A6 區基地地下室梁等結構體有裂縫產生，針對此情況進行調查，發現地下室鋼筋混凝土梁的裂縫肇因於建築物結構體的差異變形，主要來自高樓建築物之高樓區與超挖區的載重差異大，及分析模擬技術和土壤彈簧參數的適用性所造成，以至於高樓區以外至連續壁間之地下室梁產生剪力裂縫^[3]。

除以樹脂進行地下室鋼筋混凝土梁裂縫初步修補外，建築物地下結構之梁補強以貼覆鋼板為主，為評估鋼板剪力補強鋼筋混凝土梁效益，共製作三組含部份樓版的 T 型梁試體，分別為一組未補強試體（試體 SB 1）、一組兩側鋼板補強試體（試體 SB 2）及一組 U 型鋼板補強試體（試體 SB 3）。地上建築結構經重新分析後需要增加部份鋼筋混凝土梁、深梁與開口牆之剪力強度，及樓梯牆之勁度，在考量實驗室試驗設備能力後規劃二種實尺寸補強構件試驗：(1) 鋼筋混凝土連梁剪力補強試驗，共計製作三組連梁試體，分別為一組未補強試體（試體 CB 1）、一組單側無收縮水泥砂漿補強試體（試體 CB 2）及一組單側鋼板補強試體（試

體 CB 3)；及 (2) 鋼造雙 K 型斜撐框架填充於深梁與開口牆的試驗，共計製作一組鋼造雙 K 型斜撐框架試體，補強目的係於既有鋼筋混凝土構架內以接合斜撐鋼框架提升整體耐震能力，由於依據國內的消防法規限制結構補強後的公共梯間仍需滿足煙排放有效通風面積，採用雙 K 型斜撐鋼框架相較其他形式的斜撐所佔的空間更小，才能滿足消防法規，但斜撐會受壓挫屈，因此需評估此種補強方式的強度與側向變形能力。

地下室鋼筋混凝土梁剪力補強

本試驗為評估浮洲合宜宅地下結構之鋼筋混凝土梁剪力補強效益，試體尺寸及配筋參考原建築物的設計，共計製造三組簡支 T 型梁試體進行三點抗彎試驗。三組試體之主筋為 #11，採用雙箍三號筋 (2-#3)，材料為 SD420 鋼材，箍筋間距為 100 mm。試體 SB 2 和 SB 3 之鋼板材質為 SN490B，鋼板厚度為 6 mm，並使用 130 mm 長之 M16 化學錨栓將鋼板和 T 型梁進行錨固，接著鋼板和混凝土之間澆注 EPOXY 樹脂，三組試體的製作過程如圖 2 所示。

試體 SB 1 加載至 2,000 kN 時，多處剪力裂縫交接導致混凝土剝落，混凝土梁裂縫傾角約 45°，最大裂縫寬度為 6 mm。試體 SB 2 加載至 1,800 kN 時，鋼板與樹



板橋浮洲合宜住宅

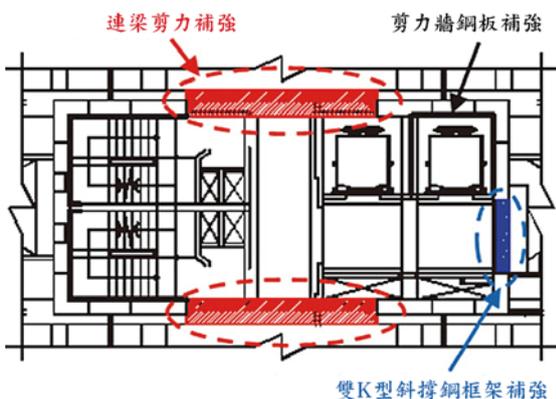


圖 1 板橋浮洲合宜宅建築物



(a) 鋼板放樣鑽孔



(b) 植入化學錨栓



(c) 鋼板邊緣填充 EPOXY 樹脂



(d) 鋼板和混凝土之間填滿 EPOXY 樹脂

圖 2 地下室鋼筋混凝土梁剪力補強試體製作過程

脂間因為有水平向裂縫而明顯分離，持續加載到 2,191 kN，混凝土裂縫主要發展在鋼板與鋼板之間，裂縫傾角約 60° (圖 3)。試體 SB 3 加載到 1,600 kN 時，混凝土裂縫傾角為 30° 且裂縫經過部分鋼板，持續加載到 2,720 kN，部分鋼板與混凝土交界面脫離。試體 SB 1、SB 2 和 SB 3 之千斤頂最大力量分別為 2,007 kN、2,191 kN 和

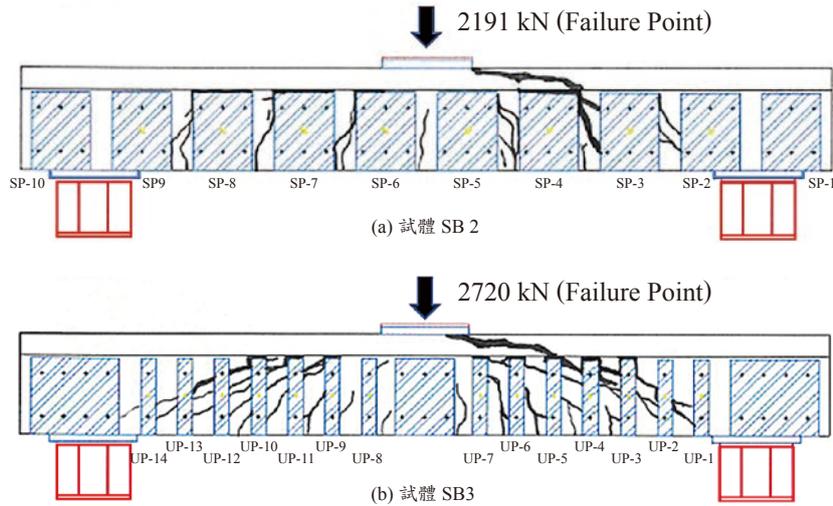


圖 3 鋼筋混凝土梁剪力補強試體 SB2 及 SB3 試驗結果

2,720 kN，顯示試體 SB 2 和 SB 3 之總剪力為試體 SB 1 的 1.1 倍和 1.4 倍，且在試驗過程之相同載重量下，試體 SB 2 和 SB 3 的混凝土最大裂縫寬度為試體 SB 1 的 0.8 倍和 0.5 倍，顯示鋼板補強有效延緩混凝土剪力裂縫的發展，但利用大面積鋼板試體 SB 2 補強效果不如 U 型鋼板補強試體 SB 3。

鋼筋混凝土連梁剪力補強

為評估浮洲合宜宅地上結構之鋼筋混凝土梁剪力補強效益，選擇浮洲合宜宅 A2 區 C 棟建築物 12 樓的連梁（圖 1）進行三組試驗，分別為一組未補強試體（試體 CB 1）、一組單側無收縮水泥砂漿補強試體（試體 CB 2）及一組單側鋼板補強試體（試體 CB 3），三組試體之主筋為 #10，採用雙箍四號筋（2-#4），材料為 SD420 鋼材，箍筋間距為 100 mm。試體 CB 2 於原有梁單側移除 5 cm 保護層至箍筋外緣（圖 4），接著使

用雙箍五號筋銲接在原有雙箍四號筋的位置上，增築的部分使用無收縮水泥砂漿灌漿。試體 CB 3 於原有梁單側進行鋼板補強，材質 SN490B 的鋼板尺寸為厚度 10 mm 和寬度 650 mm，並使用 270 mm 長之 M27 和 M30 化學錨栓和矩形梁的單側進行錨固（圖 4），接著鋼板和混凝土之間澆注 EPOXY 樹脂。

根據美國混凝土耐震規範 ACI 374.2R-13^[2] 的 Table 6d 定義此類構架的塑性轉角需求（ θ_p ）為 2.5%，可推估未補強試體 CB 1 之最大側位移角需求為 3.5%（= 1% + 2.5%），其中 1% 為彈性轉角預估值，未補強試體 CB 1 試驗至側位移角 5% 才因主筋斷裂而發生顯著的承載力喪失（圖 5(a)），原試體最大側位移角滿足美國混凝土試驗規範 ACI 374.2R-13^[2] 的 3.5% 韌性要求，破壞模式為撓剪破壞。單側無收縮水泥砂漿補強試體 CB 2 和單側鋼板補強試體 CB 3 之千斤頂最大力量分別為 2,123 kN 及 2,139 kN（圖 5(b) 和 5(c)），均大於設計



圖 4 鋼筋混凝土連梁剪力補強之試體製作過程

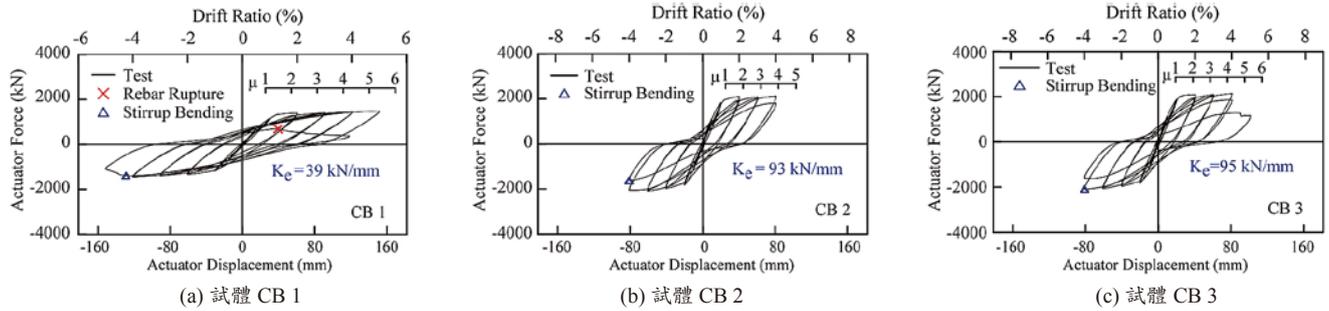


圖 5 鋼筋混凝土連梁剪力補強之力量與位移關係

單位預期補強梁之剪力 (= 2,073 kN)。在側位移角 2% 時，三組試體皆到達混凝土提供之最大剪力，之後混凝土提供的剪力強度隨著側位移角增加而降低，此時兩組補強試體之補強側構件開始發揮抗剪能力，在側位移角 4% 時，補強試體 CB 2 在補強處（增築的無收縮水泥砂漿與補強箍筋）所提供之剪力約為梁所受剪力之 30 ~ 40%，補強試體 CB 3 在補強處（單側鋼板）所提供之剪力約為梁所受剪力之 20%，補強試體 CB 2 之補強剪力主要由箍筋提供，補強試體 CB 3 之補強剪力由鋼板提供，主要藉由錨栓傳遞力量，實驗結果顯示兩種補強方式可彌補鋼筋混凝土梁之混凝土在大位移下衰減的剪力強度，兩組試體均在側位移角 4% 時均因原 RC 梁箍筋顯著的面外變形導致剪力喪失，破壞模式均為 RC 梁剪力破壞（圖 6）。

鋼造雙 K 型斜撐鋼框架補強

為評估浮洲合宜宅地上結構之鋼造雙 K 型斜撐鋼框架的剪力補強效益，選擇浮洲合宜宅 A2 區 C 棟建築物 4 樓的雙 K 型斜撐鋼框架（圖 1），共計進行一組雙 K 型斜撐鋼框架試驗。雙 K 型斜撐鋼框架中的斜撐

在國外一般可以挫屈束制型斜撐組成，挫屈束制型斜撐可以避免斜撐受壓發生挫屈，使斜撐仍保有穩定的力學行為。但由於國內消防法規在梯廳排煙空間規定，為有足夠的通風空間，此建築物補強無法使用挫屈束制型斜撐，本結構補強方式採用雙 K 型挫屈型斜撐（即平面鋼板）組成鋼框架，因此斜撐在軸壓力作用下會挫屈，導致軸力明顯下降，挫屈後的行為無法預測。

本試體^[4]由鋼造雙 K 型斜撐鋼框架、深梁、短柱及牆段所組成，雙 K 型斜撐鋼框架由 4 支平板型斜撐、加勁板及鋼框所組成。雙 K 型斜撐鋼框架中斜撐及鋼框的鋼板材質均為 ASTM A572 GR.50，鋼材降伏強度由材料試驗所得為 378 MPa，為標稱降伏強度 345 MPa 之 1.1 倍，試體的製作及試驗安裝過程如圖 7 所示。試體使用 8 支 100 噸油壓千斤頂連接傳力鋼梁，並進行反覆加載剪力試驗，其中 2 支油壓千斤頂使用位移控制，6 支油壓千斤頂使用力量控制。並根據 ACI 374.2R-13（2013）的 Table 6d，得知此補強構件的塑性轉角需求（ θ_p ）為 1.5%，因此估計最大側位移角必須達到規範要求之 2.2%（= 0.7% + 1.5%），其中 0.7% 為彈性轉角需求估計值。設計單位提供之雙 K 型斜撐鋼



圖 6 鋼筋混凝土連梁剪力補強試體破壞照片



圖 7 雙 K 型斜撐鋼框架試體及試驗照片

框架在建築物中的設計剪力 V_d 為 1962 kN，最大剪力需求 V_n 估計為 2,943 kN ($=1.5V_d$)，此值相當於單支斜撐之設計軸力為 1,674 kN，因此試驗的首要目標即要瞭解此雙 K 型斜撐鋼框架側力是否能大於設計值 2,943 kN（或單支斜撐軸力為 1,674 kN）不發生斜撐挫屈，及雙 K 型斜撐鋼框架挫屈後的整體變形能力。

圖 8 為千斤頂力量與鋼框側移之關係圖，試驗結束前鋼框與混凝土交界處的裂縫並無顯著的發展，主要破壞行為是斜撐與鋼框挫屈，在側位移角 1.5 % 時，斜撐 2 先發生挫屈，挫屈時之軸壓力為 3,765 kN，係設計值 1,674 kN 的 2.2 倍，斜撐挫屈後之軸力隨側位移角增加而明顯降低，由圖 7 可知實驗過程中加勁板確實提供斜撐的側向位移束制。在側位移角 -2% 時，千斤頂達到最大力量 -7,498 kN，超越試體計算剪力 2,943 kN 的 2.5 倍，側位移角 3% 時，由於西北側鋼框垂直段與

加勁板間銲道開裂，導致與加勁板接合處之鋼框垂直段束制條件消失而發生鋼框垂直段鋼板挫屈，在側位移角 -3% 第 2 圈時，千斤頂力量降為 -4,784 kN（約為千斤頂最大力量之 63%），但仍超過設計值 2,943 kN，最後在欲進行側位移角 +4% 時，西北側之斜撐於接合板處鋼板斷裂，結束試驗。由此可知補強試體韌性為 3% 層間側位移角，滿足美國混凝土試驗規範 ACI 374.2R-13 [2] 的 2.2% 要求。

由試驗結果得知 4 支斜撐挫屈時之軸壓力約為 3,600 ~ 3,800 kN，根據美國鋼結構設計規範 AISC 360 [5]、學者 Wolchuk [6] 和 Chou *et al.* [7] 的方法估計斜撐軸壓挫屈力，利用 AISC 360 [5] 的柱挫屈力的公式所計算之斜撐挫屈力為 3,229 kN，低於實驗時斜撐的挫屈力 3,765 kN 約 17%。而以 Wolchuk [6] 及 Chou *et al.* [7] 計算斜撐挫屈力之公式如下：

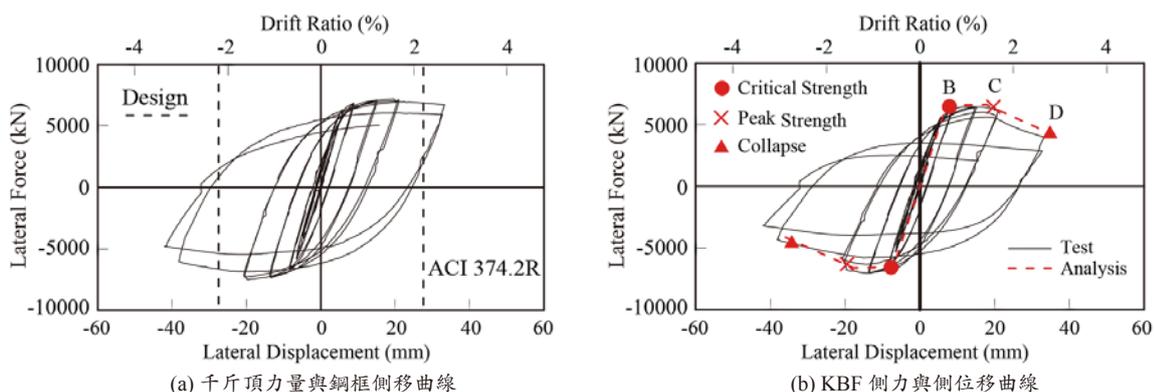


圖 8 雙 K 型斜撐鋼框架試驗之側力與側位移曲線

$$F_i = \frac{\pi^2 E_s}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (1)$$

$$P_{cr,w} = \left(1 - 0.1875 \frac{F_i}{F_y}\right) F_y A_g \quad (2)$$

$P_{cr,w}$ 為非彈性挫屈力，若 F_i (為彈性挫屈應力) 計算之結果大於 $0.75 F_y$ ($= 283 \text{ MPa}$)，則挫屈力即為 $P_{cr,w}$ ，其中 E_s 為斜撐之楊氏模數 207 GPa ； F_y 為鋼板降伏應力 378 MPa ；板厚為 32 mm 、板深為 350 mm ，由 (2) 式計算所得之挫屈力 ($P_{cr,w}$) 為 $3,715 \text{ kN}$ ，較 AISC 360 [5] 更接近試驗挫屈力 ($= 3,765 \text{ kN}$)。

結論

鋼筋混凝土梁簡支試驗之三組試體 SB 1 (未補強試體)、SB 2 和 SB 3 之千斤頂最大力量分別為 $2,007 \text{ kN}$ 、 $2,191 \text{ kN}$ 和 $2,720 \text{ kN}$ ，其中補強試體 SB 2 和試體 SB 3 之千斤頂最大力量分別為未補強試體 SB 1 的 1.1 倍和 1.4 倍。由試驗可知，在相同的剪力作用下，補強試體之混凝土所發展的剪應變和混凝土裂縫相較於未補強試體小，因此鋼板補強後的試體可有效延緩混凝土剪力裂縫的發展時機，但只有 U 型鋼板補強的方式才可顯著提升梁剪力 (SB 3)。

連梁剪力試驗之試體 CB 1 (未補強試體) 試驗至側位移角 5% 破壞，原 RC 梁試體符合韌性行為要求的最大側位移角為 4%，超過美國混凝土試驗規範 ACI 374.2R-13 [2] 的 3.5% 要求；補強試體 CB 2 和 CB 3 之千斤頂最大力量 (剪力) 分別為 $2,123 \text{ kN}$ 及 $2,139 \text{ kN}$ ，超過設計單位計算的剪力需求 ($2,073 \text{ kN}$)，兩組補強試體合乎韌性行為要求的最大側位移角為 4%，亦超過美國混凝土試驗規範 ACI 374.2R-13 [2] 的 3.5% 要求。在側位移角 2% 時，三組試體皆到達混凝土提供的最大剪力，之後混凝土提供的剪力強度隨著側位移角增加而降低，此時兩組補強試體之補強側構件開始發揮抗剪能力，實驗結果顯示兩種補強方式可彌補鋼筋混凝土梁之混凝土在大位移下衰減的一些剪力強度。

雙 K 型斜撐鋼框架試驗的斜撐在側位移角 0.75% 之前均保持彈性，斜撐於 1.5 ~ 2% 層間側位移角時發生斜撐挫屈，4 支斜撐挫屈時之軸壓力約為 $3,600 \sim$

$3,800 \text{ kN}$ ，其中一支斜撐的挫屈軸力為 $3,765 \text{ kN}$ ，大於由美國鋼結構規範 AISC 360 [5] 的柱受壓公式所計算之挫屈力 ($= 3,229 \text{ kN}$) 的 1.17 倍，而與學者 Wolchuk [6] 和 Chou *et al.* [7] 方法計算之挫屈力 $3,715 \text{ kN}$ 非常接近 (約為實驗斜撐挫屈力之 98%)。實驗中千斤頂最大力量 ($7,186 \text{ kN} \sim 7,498 \text{ kN}$) 發生在側位移角 $\pm 2\%$ ，大於原設計單位計算雙 K 型斜撐鋼框架力量 $2,943 \text{ kN}$ 的 2.4 ~ 2.5 倍。

誌謝

本實驗計畫是由營建署及工程界先進們的參與支持，構件試體尺寸、配筋及補強方式依設計單位 (永峻工程顧問股份有限公司、信業工程顧問有限公司及台聯工程顧問股份有限公司) 提供，試體由承攬商 (日勝生活科技股份有限公司、泰誠營造股份有限公司及富嘉樂工程有限公司) 製造，試體製造及實驗在國家地震工程研究中心進行，實驗均以公開方式進行並邀請各界先進及住戶代表參加，讓實驗得以順利完成，獲得寶貴的實驗結果，特此致謝。

參考文獻

- 內政部 (2006)，「建築物耐震設計規範及解說」，臺北市。
- ACI 374.2R-13 (2013)，"Guide for Testing Reinforced Concrete Structural Elements under Slowly Applied Simulated Seismic Loads." American Concrete Institute, USA.
- 周中哲、鍾秉庭、粘評、陳威霖、劉郁芳、柯鎮洋、王志誠、陳景誠 (2019)，「板橋浮洲新建高層住宅結構補強實驗及 ETABS 非線性動力耐震評估」，結構工程，第三十四卷，第二期，第 43-75 頁。
- 粘評 (2019)，「鋼筋混凝土高層住宅鋼造雙 K 型斜撐鋼框架補強試驗」碩士論文指導教授：周中哲國立臺灣大學土木工程學系。
- AISC 360-16 (2016)，"Specification for Structural Steel Buildings." American Institute of Steel Construction (AISC), Chicago, Illinois.
- Wolchuk, R. (1963). "Design manual for orthotropic steel plate deck bridges", AISC, Chicago.
- Chou, C. C., Uang, C. M., and Seible, F. (2006). "Experimental Evaluation of Compressive Behavior of Orthotropic Steel Plates for the New San Francisco-Oakland Bay Bridge." *J. of Bridge Engineering*, ASCE, Vol. 11, No. 2, pp. 1-11.
- 趙廣上 (2019)，「鋼造雙 K 型斜撐鋼框架有限元素模擬分析」碩士論文指導教授：周中哲，國立臺灣大學土木工程學系。



強度混合型斜撐之耐震性能

陳垂欣／國立交通大學土木系 副教授

歐治均、游東諺、陳希言／國立交通大學土木系 碩士及研究助理

同心斜撐構架系統的典型破壞模式之一為斜撐中間集中大量塑性變形，此破壞模式常導致斜撐斷裂，通常與低週疲勞及韌性不足有關，為了避免此類破壞模式，本研究採用寬翼斷面取代部分鋼斜撐中間段，由於寬翼斷面相對於方管斷面具有更佳的斷面寬厚性質，經過設計後，鋼斜撐整體的韌性、強度與消能能力皆有所提升。

實驗結果顯示，中間段越長，則試體的韌性越好，而消能能力雖然也隨著中間段增長而增加，但對中間段長度的參數較不敏感。部分試體可將韌性由傳統斜撐的 3.99 提高到 8.48，而累積消能可提高 723%。本研究亦提出形狀因子用以修正變化斷面斜撐的挫屈強度，藉由形狀因子所設計出的斜撐得以確保變形集中於耐震性能較佳的中間段。

前言

SCBF 結構在中小型的振動下，容易達到控制變形量的目的，因此對於特殊變形需求的建築結構（如科技廠房、住宅等），SCBF 是十分優良的結構系統，然而傳統斜撐的在大地震作用下，如何維持其勁度、強度，並達到較佳的消能能力及韌性，同時兼顧施工性與經濟性，仍是十分挑戰的議題。在大地震作用下，斜撐構件以其受拉降伏與受壓挫屈的方式產生遲滯消能的作用，在斜撐受壓挫屈時常導致過大的局部變形，局部斷面因在地震作用下往覆變形且應變過大的情形下容易發生低週疲勞（Low-Cycle Fatigue）的破壞，為了以簡單的方式，同時維持既有斜撐的強度與勁度能力，並改善傳統斜撐的耐震能力，本研究在既有斜撐的中間部分以新的斷面及材料替換，如圖 1 所示^[1]，替換後的斜撐分為中間替換段以及兩側的兩側段，此種設計方式期望以降伏強度較低的兩側段在受拉時優先降伏，減少中間段的塑性變形；而斷面較結實的中間段則在受壓挫屈時，將塑性變形集中於此，期望以區分受拉降伏及受壓挫屈的區域，延長斜撐的疲勞壽命。

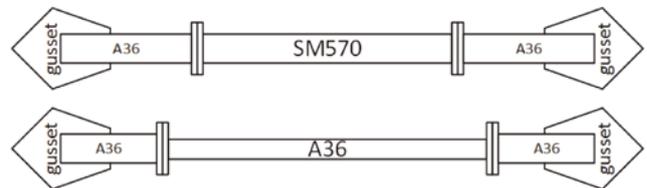


圖 1 強度混合型斜撐示意圖^[1]

強度混合型斜撐設計

強度混合型斜撐的設計需要控制斜撐的破壞模式，由於中間段是經過設計且替換的構件，因此經過設計後預計將受壓彎折變形的區域集中在中間段而避免破壞發生在兩側段，為了達到破壞模式的設計，需要檢核中間段、兩側段及斜撐整的的受壓強度。

中間段挫屈強度

根據研究^[2]，強度混合型斜撐受軸壓時，有兩種整體挫屈的破壞模式：(1) 塑鉸發生在接合板及中間段；(2) 塑鉸發生在接合板及兩側段。若發生後者之破壞模式，斜撐不但未能發揮改裝效果，甚至可能使消能行為更差，故需檢核斜撐分段的挫屈強度以避免此種破壞模式。研究^[2]顯示，中間段的束制方式較為複雜，

有效長度係數 K_m 難以估算，因此其假設：當塑鉸發生在接合板及中間段時，中間段的等效長度即為斜撐全長後可推得：

$$K_m \times L_m = K \times L \quad (1)$$

其中 K_m 為中間段有效長度係數， L_m 為中間段長度； K 為斜撐整體有效長度係數， L 為整體斜撐的總長度，且由於接合板可視為鉸接，故 $K = 1$ ，將式 (1) 代入 LRFD 塑性挫屈公式，可得塑鉸發生在接合板及中間段時之挫屈強度 $P_{cr,UR(m)}$ 為：

$$P_{cr,UR(m)} = F_{y,m} \times A_{g,m} \times 0.658 \frac{K^2 L^2 F_{y,m}}{r_{y,m}^2 \pi^2 E} \quad (2)$$

其中 $F_{y,m}$ 為中間段材料降伏強度， $A_{g,m}$ 為中間段斷面積， $r_{y,m}$ 為中間段之弱軸迴轉半徑，為彈性模數。然而該研究也提及 Fell *et al.* [3] 的研究結果顯示，寬翼斷面的實驗值約為理論值的 1.34 ~ 1.66 倍，因此本研究於設計階段保守取 1.6 作為寬翼斷面中間段的挫屈強度放大係數 Ω_m ，代入式 (2) 可得：

$$\Omega_m \times P_{cr,UR(m)} = \Omega_m \times F_{y,m} \times A_{g,m} \times 0.658 \frac{K^2 L^2 F_{y,m}}{r_{y,m}^2 \pi^2 E} \quad (3)$$

兩側段挫屈強度

兩側段的束制方式類似於一端為有側移的固接，另一端為鉸接，因此假設兩側段的有效長度係數 $K_s = 2$ 。當塑鉸發生在接合板及兩側段，挫屈強度將會由兩側段控制，由 LRFD 塑性挫屈公式可得兩側段挫屈強度 $P_{cr,s}$ 為：

$$P_{cr,s} = F_{y,s} A_{g,s} 0.658 \frac{K_s^2 L_s^2 F_{y,s}}{r_{y,s}^2 \pi^2 E} \quad (4)$$

其中 $F_{y,s}$ 為兩側段材料降伏強度， $A_{g,s}$ 為兩側段斷面積， K_s 為兩側段有效長度係數， L_s 為兩側段長度， $r_{y,s}$ 為兩側段相對弱軸迴轉半徑。且 Fell *et al.* [3] 的研究結果顯示，方管斷面的實驗值約為理論值的 0.87 ~ 1.3 倍，因此本研究於設計階段取平均值 1.12 作為兩側段的挫屈強度放大係數 Ω_s ，代入式 (4) 可得：

$$\Omega_s \times P_{cr,s} = \Omega_s \times F_{y,s} A_{g,s} 0.658 \frac{K_s^2 L_s^2 F_{y,s}}{r_{y,s}^2 \pi^2 E} \quad (5)$$

Pcr 比值

為預防塑鉸發生在接合板及兩側段，需確保兩側段挫屈強度大於或等於塑鉸發生在中間段之挫屈強度，如式 (6) 與 (7) 所示：

$$\Omega_s \times P_{cr,s} \geq \Omega_m \times P_{cr,UR(m)} \quad (6)$$

$$P_{cr \text{ ratio}} = \frac{P_{cr,s}}{P_{cr,UR(m)}} \geq 1.43 \quad (7)$$

試體之理論挫屈強度與實際挫屈強度不盡相同，經過檢討，陳希言 [4] 提出藉由形狀因子，可以修正強度混合型斜撐的挫屈強度估算，得到較精確的結果，此形狀因子以塑性斷面模數、斷面積與迴轉半徑考慮中間段與兩側段的斷面差異，經過修正後，挫屈強度的預估值與實際挫屈強度的誤差小於 10%。形狀因子的公式如下：

$$S = \frac{Z_{y,m} / (A_{g,m} \times r_{y,m})}{Z_{y,s} / (A_{g,s} \times r_{y,s})} \quad (8)$$

其中 Z_y , A_g 與 r_y 為塑性斷面模數、斷面積與迴轉半徑，而經過形狀因子修正後，強度混合型斜撐的設計公式須由式 (7) 改為式 (9)。

$$P_{cr \text{ ratio}} = \frac{P_{cr,s}}{P_{cr,SF}} \geq 1.0 \quad (9)$$

其中 $P_{cr,SF}$ 可由式 (10) 與式 (11) 計算而得，式 (11) 為實驗結果回歸而得。

$$P_{cr,SF} = f(S) \times P_{cr,UR(m)} \quad (10)$$

$$f(S) = 18.7S^2 - 41.3S + 23.9 \quad (11)$$

實驗規畫

本研究藉由有限元素分析及實尺寸實驗探討強度混合型斜撐的行為，實驗於國立交通大學的大型結構實驗室進行，實體的設計是假設斜撐為 45° 斜角配置在結構中，而斜撐兩端角隅板彎折區間的長度為梁柱接頭心到心距離的 70%。實驗構架的設計圖如圖 2 所示，斜撐試體之北端安裝於 A 字構架上，給予試體一個端部的支撐使其擁有適當的支承反力，而在南端的油壓千斤頂則為施力端，為了避免千斤頂於加載過程中使試體產生側移、維持軸向作用，因此以抗側力之橫梁兩組與四組擋板裝置油壓千斤頂的施力軌道。加載歷時採用較適合同心斜撐構架系統的类型 [5]，如圖 3 所示，若斜撐試體在層間變位角 (Drift Ratio, DR) 4% 尚未斷裂，則進行 4% 的疲勞測試，直到斜撐斷裂。

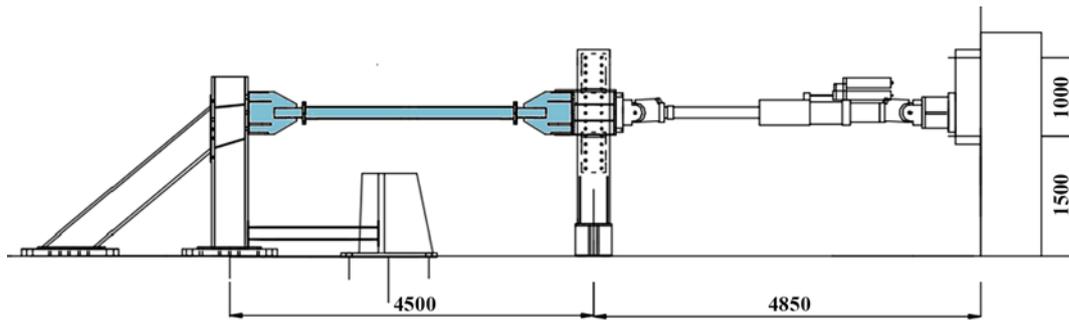


圖 2 斜撐試體架設圖

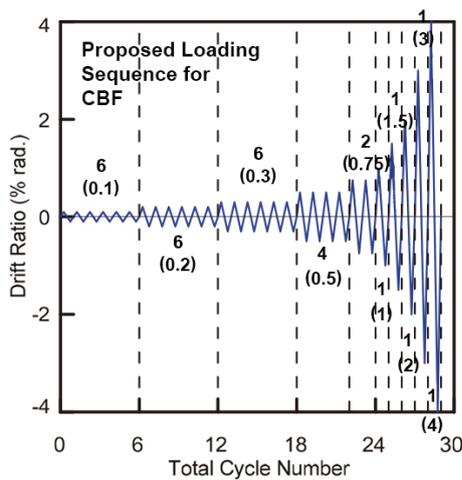


圖 3 斜撐試體加載歷時

試體設計

本研究之中間段採用 H 型斷面而非方管，因 H 型斷面相較於其他斷面型式具有更好的抗疲勞斷裂的能力。本研究試體主要由接合板及斜撐本體構成。斜撐本體有兩系列，分別為符合 AISC 1989^[6] 但不符合 AISC 2010^[7] 的斷面（代表老舊斷面）及符合 AISC 2010 的斷面（這些試體同時也符合較新的 2016 規範^[8]），新舊規範主要的差異在於斷面寬厚比的限制不同，分析及實驗的變化參數包括斜撐斷面型式、斜撐材料、中間段長度、材料及斷面型式等，依據試體細節不同，試體可分為 UR 類（未改良之原始斜撐型式）、89 類以及 10 類。

實驗結果

實驗觀察

往覆加載試驗由試體受拉開始進行，其中試體 UR-89 即呈現典型老舊鋼斜撐的行為，斜撐在 DR = 0.3% 弧度（位移量為 7.29 mm）受拉時，接合板有石膏漆剝落的情況，反應出輕微塑性變形。DR = 0.5% 弧度

（位移量為 12.14 mm）受壓時，斜撐發生整體挫屈，如圖 4 所示，受力變形關係開始呈現較明顯的非線性。當 DR = 0.75% 弧度（位移量為 18.21 mm）受壓時，斜撐發生明顯局部挫屈，顯示寬厚比較大的老舊斜撐可能開始在局部累積較大的塑性變形。在 DR = 2.0% 弧度（位移量為 48.57 mm）受拉時，試體於靠近斜撐全長中央處斷裂，如圖 5 所示，由於同心斜撐構架系統在最大考量地震作用下，層間變位角很有可能會超過 2.0% 弧度，因此老舊的同心斜撐構架系統很有可能發生斜撐斷裂的嚴重破壞情形。經過本研究改良的斜撐，試體 LU-89 呈現典型強度混合型斜撐行為，當 DR = 0.3% 弧度（位移量為 7.29 mm）受壓時，發生整體挫屈，如圖 6 所示，在 DR = 3.0% 弧度（位移量為 72.86 mm）受壓時發生局部挫屈，在 DR = 4.0% 弧度（位移量為 97.14 mm）疲勞 22 圈時斷裂，如圖 7 所示，實驗終止。改良後的斜撐雖然整體挫屈發生的時機與原本的斜撐類似（皆 ≤ 0.5%），但變形形狀呈現較均勻的彎曲型式，且局部挫屈發生的時機明顯延後，也因此斜撐在經過疲勞測試後才斷裂，無論是消能與韌性能力皆大幅度的提升。

斜撐受力變形行為

圖 8 為部分試體的遲滯迴圈關係圖，由遲滯迴圈關係圖能看出，89 類試體的遲滯迴圈飽滿，受軸力作用時較為穩定，皆有進入疲勞階段；10 類試體中則以 LU-10 的遲滯迴圈最為飽滿，並進入疲勞階段，在 10 類中擁有較好的消能效果。除了 SU-10 的非預期破壞，其餘改裝試體皆能完成標準歷時加載，並進行疲勞歷時加載超過 10 圈以上。

斜撐消能與韌性

表 3 為部分試體之層間位移角與累積消能關係，亦包含其消能與韌性容量。各試體的累積消能量是計



圖 4 UR-89 斜撐試體 整體挫屈情形



圖 5 UR-89 斜撐試體斷裂情形



圖 6 LU-89 斜撐試體 整體挫屈情形

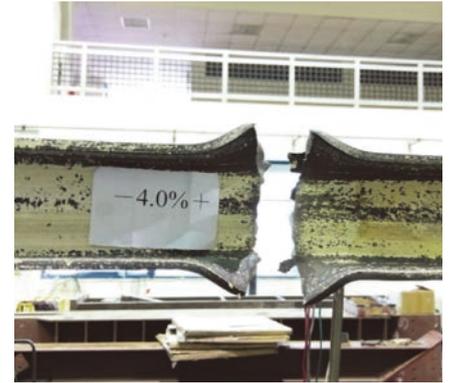


圖 7 LU-89 斜撐試體斷裂情形

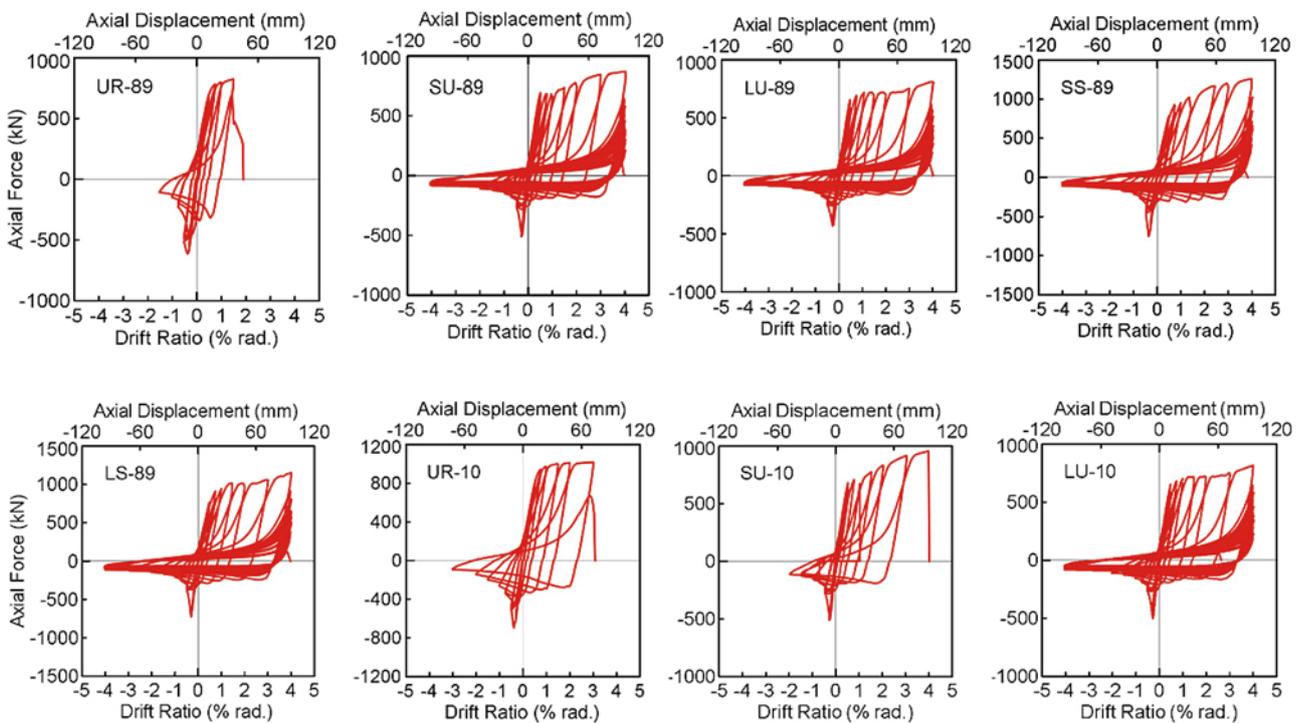


圖 8 部分試體之力與位移遲滯迴圈關係圖

算至試體最後斷裂破壞為止。整體而言，LU-10 總累積消能比 UR-10 大 256.5%，LU-89 總累積消能比 UR-89 大 623.7%。在 89 類試體中 LU-89 具有最飽滿的遲滯迴圈，可達 UR 試體消能容量的 723%，而 10 類試體中以 LU-10 具有最佳的消能容量，可達 UR 試體的 356%。在韌性表現上，實驗結果顯示，中間段長度越長一般呈現較佳的韌性容量，但試體的消能容量，雖然可藉由中間段的增設而大幅增加，但受中間段長度的影響較不顯著，89 類試體韌性容量可由 3.99 增加至 8.48，而 10 類試體韌性容量則可由 4.41 增加至 8.24。由試體行為可發現，本研究提出之方法可大幅增加傳統鋼斜撐之消能與韌性容量，並加強其抵抗斷裂的能力。

表 3 部分試體消能情形 (單位: kJ)

DR (%)	Series 89				Series 10			
	UR-89	SU-89	LU-89	SS-89	LS-89	UR-10	SU-10	LU-10
0.5	27.34	27.67	35.11	40.9	42.4	25.95	24.22	27.1
0.75	49.96	43	50.87	62.79	63.65	47.9	32.05	41.2
1.0	65.85	54.47	64.91	79.85	80.5	66.41	3.57	53.43
1.5	90.96	75.33	85.21	109.27	110.13	98.58	54.68	74.48
2.0	106.24	100.86	110.71	158.97	147.05	138.3	80.48	99.56
3.0	N.A.	139.32	150.88	211.08	203.1	197.11	120.75	136.76
4.0	N.A.	188.22	199.36	284.65	272.52	211	156.6	186.64
Fatigue	N.A.	707.73	768.88	722.37	720.01	N.A.	N.A.	788.56
Ductility	3.99	7.64	8.48	5.61	5.71	4.41	7.58	8.24

結論

1. 本研究所提出的斜撐改良細節可有效增加傳統鋼斜撐韌性與消能能力，但中間段的長度須經過適當設計，過長或過短的中間段皆無法有效增加斜撐韌性。
2. 改良後的斜撐整體挫屈發生的時機與原本的斜撐類似，但變形形狀呈現較均勻的彎曲型式，且局部挫屈與斷裂發生的時機明顯延後，無論是消能與韌性能力皆大幅度的提升。
3. 改善細節可大幅增加傳統鋼方管斜撐的消能能力，89類試體可增加至傳統鋼斜撐的723%，而10類試體可增加至傳統鋼斜撐的356%。
4. 實驗結果顯示，中間段較長的試體一般具有較佳的韌性，斜撐經過改善後韌性可由約4.0增加至約8.0。
5. 根據實驗結果，建議取 $P_{cr,ratio} = \frac{P_{cr,s}}{P_{cr,SF}} \geq 1.0$ 以確保較佳的塑性機制，即塑鉸發生在中間段及接合角隅板上。

誌謝

本研究為科技部計畫研究成果，計畫編號 MOST-105-2625-M-009-002, MOST-106-2625-M-009-003。此外，

作者特別感謝國家地震工程研究中心提供實驗技術上的協助。

參考文獻

1. Chen, C.H., Ou, C.C., and Yu, D.Y.(2019), Cyclic Behavior of Wide-Flange Steel Braces with Spliced Mid-Segment, Thin-Walled Structures. Vol. 143.
2. 歐治均 (2018)，強度混合型斜撐之往覆加載行為，國立交通大學土木工程學系碩士論文
3. Fell, B. V., Kanvinde, A. M., Deierlein, G. G., and Myers, A. T., 2009, Experimental Investigation of Inelastic Cyclic Buckling and Fracture of Steel Braces, ASCE, J. Struct. Eng., 135(1), pp.19-32.
4. 陳希言 (2019)，方管強度混合型斜撐之往覆加載行為，國立交通大學土木工程學系碩士論文
5. Chen, C.-H. and Hu, H.-K. (2016), Evaluation of loading sequences on testing capacity of concentrically braced frame structures, Journal of Constructional Steel Research, Volume 130, Nov., pp. 1-11
6. AISC (1989), Specifications for Structural Steel Buildings, Allowable Stress Design and Plastic Design, American Institute of Steel Construction, Inc., IL.
7. AISC (2010), Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, ANSI/AISC-341-10, American Institute of Steel Construction, Chicago, IL.
8. AISC (2016), Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, ANSI/AISC-341-16, American Institute of Steel Construction, Chicago, IL. 

109.11.5 斜張橋—結構分析、設計、施工與維護技術研討會



交通部林佳龍部長為本次研討會開幕致詞



全體講師及貴賓合照



報名學員共267人！現場座無虛席，反應熱烈！



新型抗彎矩消能斜撐 耐震行為特性研究與試驗

蕭博謙 / 國立台灣科技大學營建工程系 助理教授

李承益 / 國立台灣科技大學營建工程系 研究生

特殊同心斜撐構架系統 (Special concentrically braced frame, SCBF) 因先天上具有快速提升結構勁度之特性，已被廣泛使用於強震地區之建築結構中。但傳統挫屈斜撐通常有變形容易局部集中與強度衰退快速等之脆性破壞問題，導致結構韌性容量變形能力較低之缺點。為改善傳統挫屈斜撐韌性不足與遲滯消能行為不穩定等問題，本研究過去已開發一新型抗彎矩消能斜撐 (Naturally buckling brace, 文中皆以 NBB 代稱) 之設計概念，經前期試驗驗證此 NBB 桿件不僅可大幅提升斜撐之韌性容量亦具備穩定之遲滯消能行為。

為進一步探究 NBB 之耐震行為特性，本研究規劃兩階段試驗，第一階段試驗採單軸試驗方式進行，旨在探討於反復加載作用下，不同細長比對 NBB 之遲滯性能的影響，此階段試驗亦同時探討斜撐不同斷面型式及繫接合細節對遲滯性能之影響。其結果主要顯示較低細長比之 NBB 相較於高細長比之 NBB，產生拉壓較對稱之遲滯行為，並可進一步延遲桿件局部挫屈和斷裂破壞的發生。而第二階段試驗採子構架試驗方式，旨在進一步探討成對 NBB 斜撐於構架中之遲滯性能與特性，並探討其於遠域及近斷層反復加載作用下之性能差異。試驗中設計參數包含斜撐角度、桿件整體細長比、斷面寬厚比與低降伏鋼材等。研究結果驗證成對 NBB 可在遠域和近斷層加載下，均提供對稱及穩定之強度與遲滯行為，惟細長比較大之斜撐於試驗反應中觀察到有強度衰退之現象，且此衰退現象於近斷層加載中明顯放大，而本研究依據試驗結果提出此衰退現象之估算方法。

簡介

同心斜撐構架 (CBF) 已被廣泛地用於鋼構造建築物的抗震結構系統中，尤其於強震地區。傳統鋼斜撐之弱點在於，斜撐會於發生桿件挫屈後隨即於斜撐中點處發展塑性鉸及局部挫屈，因而快速引致應變集中和斷裂破壞情形，這種脆性破壞模式造成傳統鋼挫屈斜撐普遍韌性不足。為改善此傳統鋼斜撐之弱點，作者過去已開發一名為「抗彎矩消能斜撐」(naturally buckling brace, 文中皆以 NBB 代稱) 之新型鋼斜撐的概念與構造設計，其主要可顯著提高斜撐遲滯行為的穩定性及桿件韌性^[1]達到穩定消能之目的，提供鋼斜撐構架設計一創新替代方案。構造方面，NBB 主要為

由兩不同鋼種 (即降伏強度不同) 之槽型鋼所組成的複合桿件，且沿斜撐長度方向採用一偏心設計，如圖 1 所示。相關前期研究實驗已證實 NBB 能夠提供非常穩定之遲滯消能行為，且具備早期降伏和較大降伏後勁度之特性^[1]，因此可用以提高鋼構造建築物結構於各種等級地震下的耐震性能^[2]。

為提高對 NBB 耐震行為特性與性能之了解，本文進行兩階段試驗研究與分析，第一階段試驗採用單軸試驗方式測試共五組試體，各試體中由斜撐本身及雙端之接合板 (gusset plate) 接頭所組成。此階段試驗旨在探討於反復載重作用下，釐清桿件細長比對 NBB 之遲滯性能的影響，同時亦探討斜撐不同斷面型式以及

繫接接合細部對斜撐遲滯性能的影響。而本研究第二階段試驗即針對以倒 V 字型配置之成對 NBB 試體進行子構架試驗，以實際驗證成對 NBB 在構架系統中之耐震性能。並且探討成對 NBB 於遠域 (far-field) 及近斷層 (near-fault) 地震反復加載作用下之性能差異。試驗配置採倒 V 字型斜撐配置，本階段試驗共含六組試體，試驗中設計參數包含斜撐角度、桿件整體細長比、斷面寬厚比與低降伏鋼材等。

抗彎矩消能斜撐構造

NBB 是由兩種鋼材，包括高強度 (high strength, HS) 和低降伏 (low yield, LY) 鋼材，之槽型鋼以繫接方式組合而成之複合桿件，如圖 1 所示，且此斜撐於桿件長度方向安排一偏心 (e'') 之設計以控制桿件於受拉與受拉下之橫向變形方向，其中 HS 部配置於離加載中心較遠處，在偏心加載作用下 HS 部相對於 LY 部具有較低的變形需求，配合其有較高的降伏強度，HS 部可主要維持彈性狀態；而相對的 LY 部具有較高的變形需求與較低的降伏強度將先達降伏後提供遲滯消能行為。此外，NBB 構造之特點在於主要維持彈性狀態的 HS 部可維持桿件於 LY 部降伏後一定程度之斷面抗彎勁度，提高桿件遲滯消能行為之穩定性，亦可延緩桿件長度方向上之變形集中、局部挫屈以及開裂破壞等的發生，增加桿件韌性。

試驗規畫與設計

第一階段單軸試驗

本階段試驗包含五組具不同細長比、斷面型式或繫接接合尺寸之試體，各試體由斜撐本身及雙端之接合板接頭所組成，所有試體具有相同之截面尺寸 $150\text{ mm} \times 150\text{ mm}$ 、鋼材組合、斷面板厚與偏心大小，所有

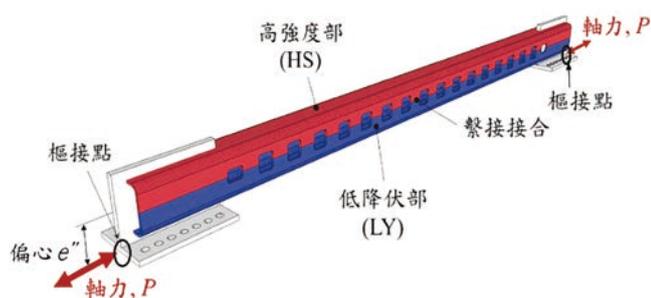


圖 1 NBB 構造示意

尺寸細節詳如表 1。其中斷面型式比較槽鋼部分採用冷彎型和焊接組合方式製成之耐震性能差異，分別以符號「C」和「B」型做為表示，詳表 1。當中 HS 與 LY 部間之繫接接合長度 (同於開孔長度) 定義為 L_{ba} ，而試驗中以 L_{ba}/L_{br} 作為試驗變數，其中 L_{br} 為斜撐兩端接合板凹折處中心線間之距離，試體名稱中分別以「BT」和「BL」代表相對較長和較短的繫接尺寸。繫接接合之製成方式為將 HS 與 LY 兩槽鋼斷面先行對焊形成一方管，然後透過鑽孔和火焰切割方式於上述對焊所在面進行多個開孔，如圖 1 中所示。試體端部採用串接接合板接頭 (knife-plate connection) 之設計，各試體之接合板接頭尺寸相同，斷面為 $16\text{ mm} \times 200\text{ mm}$ ，且於接合板上留有 $4t$ 之淨空間以確保接合板於此處之面外旋轉柔度高， t 為接合板板厚，形成一類似樞接之接頭，如圖 2 所示。試驗中使用震幅遞增之反復加載歷時，由軸位移 0.05% 增加至 2.0%，而各震幅皆進行兩個循環，以觀察試體的遲滯性能與退情況，圖中之軸向位移角 (Axial Drift) 定義為 Δ_{axial}/L_{br} ，其中 Δ_{axial} 為試體軸向變形量。若假設斜撐以 45° 設置時為且忽略支撐長度 (L_{br}) 與工作點長度 (L_{wp}) 間之差異時，可將此軸向位移角乘兩倍及為對應之樓層側位移角。試驗配置如圖 2 所示，試體下端為固接，加載施於上端。若在震幅遞增型反復加載後試體仍未斷裂破壞，則繼續進行軸向震幅 1.25% 或 1.5% 之疲勞反復加載，以獲取試體之最終疲勞壽命。

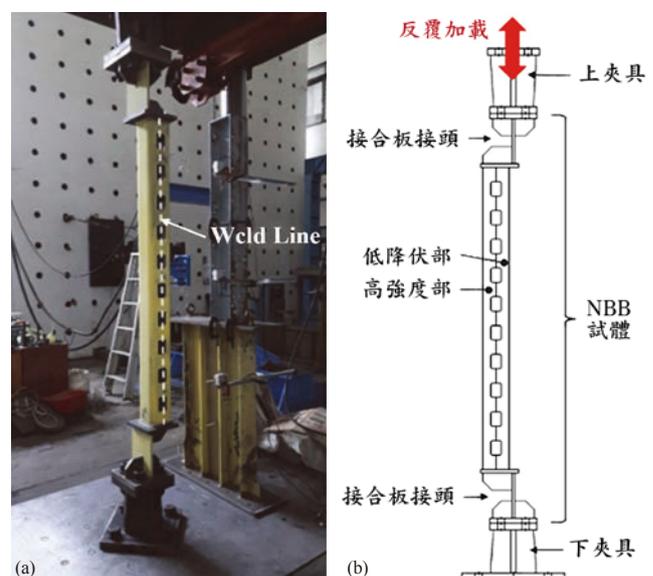


圖 2 第一階段試驗之試驗配置 (a) 照片與 (b) 構造解說

表 1 單軸試驗規劃與試體尺寸

試體名稱	L_{br} [mm]	e'' [mm]	t_{LY} [mm]	t_{HS} [mm]	KL_{br}/r	$F_{y,LY}$ [MPa]	$F_{y,HS}$ [MPa]	斷面 型式	L_{ba} [mm]	L_{ba}/L_{br} [%]
C1188-BT	1188	100	8	12	19.2	127	371	C type	68	5.7
C1596-BT	1596				25.7			C type	76	4.8
B1596-BT	1596				25.3			B type	76	4.8
C2068-BT	2068				33.4			C type	84	4.1
C2068-BL	2068				33.4			C type	136	6.6

第二階段子構架試驗

第二階段試驗中主要由六組試體共十二支斜撐組成，實驗配置如圖 3(a) 所示，各試體詳細資訊詳表 2。試驗之試驗變數包括斜撐設置角、桿件細長比、斷面寬厚比、LY 鋼材種類和加載歷時類型，其中 $b = B - 2t_{LY}$ ， r_{com} 為斷面的迴轉半徑， $F_{y,HS}$ 和 $F_{y,LY}$ 分別為由拉力試驗所得之 HS 和 LY 鋼材的降伏應力。試體 A45S15 與 A30S15 之設計水平橫向強度相同（約為 900 kN），惟斜撐設置角度不同，因此兩試體斜撐具不同的細長比與寬厚比。本階段試驗採用兩種反復加載進行比較，其分別代表遠域和近斷層加載，如表 2 及圖 3(b) 與 3(c) 中所示，文中分別以「FF」與「NF」代稱。其中 FF 反復

加載採用韌性抗彎矩構架中梁柱連接試驗標準所規定之加載歷時 (AISC 341-16, 2016)，其層間位移角最高達 4%，並於上述加載歷時前增加四個樓層側位位移角 0.125% 之彈性迴圈；而本試驗之「NF」加載歷時採用針對特殊抗彎矩構架的 SAC 近斷層加載歷時 [3]，其層間位移角最高達 6%。如同前一階段試驗，於上述 NF 及 FF 反復加載後，若試體仍未發生破壞，則繼續進行 3% 樓層位移角之反復加載疲勞試驗以觀察試體之疲勞壽命。此外，試體 A45S08 與 A45S15 相比在 LY 部採較小的板厚，用以探究斷面寬厚比對成對 NBB 之耐震性能的影響。而試體 A45L08 主要用於探究低降伏鋼種 (LYS100 與 SS400) 對成對 NBB 耐震性能之影響。

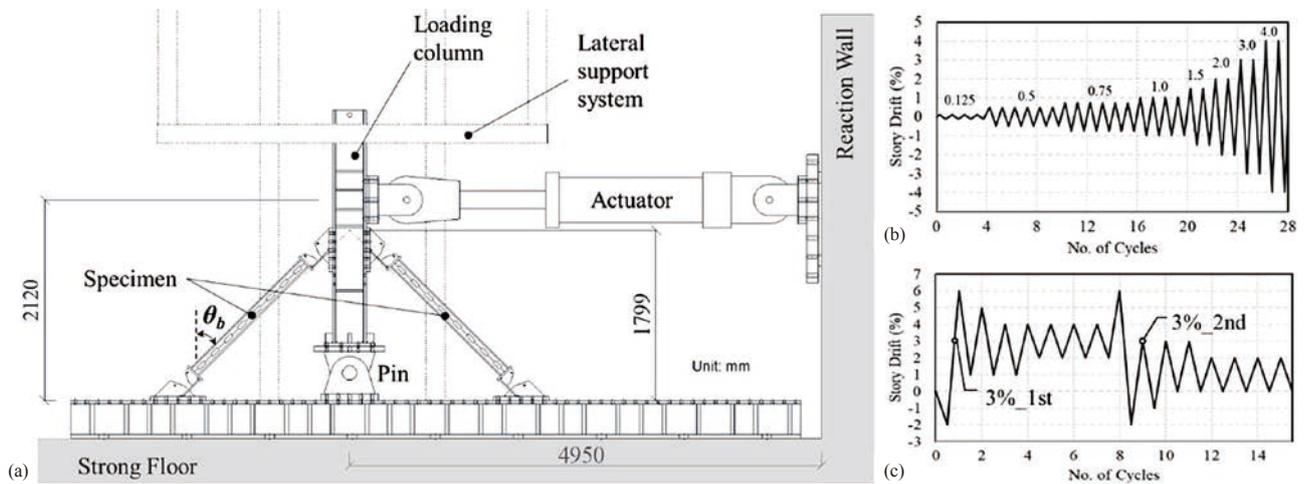


圖 3 第二階段試驗之 (a) 試驗配置，及採用之 (b) 遠域與 (c) 近斷層地震加載歷時

表 2 第二階段子構架試驗規劃與試體尺寸

試體名稱	θ_b (°)	$B \times D$ (mm)	$F_{y,LY}$ (MPa)	$F_{y,HS}$ (MPa)	L (mm)	L_{diss} (mm)	t_{LY} (mm)	t_{HS} (mm)	加載歷時 類型	b/t_{LY}	KL/r_{com}
A45S15	45	120 × 120	360	503	1924	1624	15	15	FF	6	40.3
A45S15-N									NF		
A30S15	30	150 × 150	360	503	1342	1042	15	15	FF	8	22.0
A30S15-N									NF		
A45S08	45	120 × 120	405	503	1924	1624	8	15	FF	13	40.7
A45L08			118						FF		

試驗結果與討論

第一階段單軸試驗結果

第一階段單軸試驗各試體之量測遲滯行為如圖四所示，具較小的細長比之 C1188-BT 有非常穩定的遲滯行為（圖 4(a)），且延遲局部挫屈及斷裂破壞的發生，而在疲勞試驗中亦有非常高的疲勞壽命。具中等細長比之 C1596-BT 亦提供穩定的遲滯行為，惟在 2% 軸向位移時開始出現遲滯迴圈衰退的情形（圖 4(b)），與 C1188-BT 相比其疲勞壽命也較小。採用焊接組合斷面之試體 B1596-BT 亦提供穩定的遲滯行為（圖 4(c)），惟在 2% 軸向位移時發生初始開裂情形，其整體韌性表現略小於等長之 C1596-BT，其可能造成原因包括因斷面焊接組合導致之斷面殘餘應力，及有略大之寬厚比所致。具最高細長比但不同繫接尺寸之試體 C2068-BT 和 C2068-BL 有相似且穩定的遲滯行為（圖 4(d) 與 (e)），且疲勞壽命亦非常相似，惟與其他試體相比，其受拉和受壓強度差異明顯增加，且此兩試體之疲勞壽命較 C1188-BT 為小。

由試驗觀察可發現，細長比較小之 NBB (C1188-BT) 具有相對較對稱的遲滯迴圈行為，反之細長比較大的 NBB (C2068-BT) 具有較大之拉力壓力差異。比較

各試體於拉力與壓力下之強度背脊曲線，可以看出拉伸降伏後勁度通常會大於壓縮降伏後勁度，且隨著細長比的增加，會略為增加拉伸降伏後勁度，而降低壓縮降伏後勁度，因此增加遲滯迴圈的拉壓不對稱性。試驗亦證實兩種斷面型式（即冷彎型與焊接組合型）之 NBB 皆能提供穩定且具韌性之遲滯消能行為。惟兩斷面型式導致翼板之寬厚比不同，因而影響局部挫屈之發生時機。透過計算各試體於斷面開裂前之累積塑性變形量（Cumulative plastic deformation, CPD）可量化各 NBB 試體之累積韌性與疲勞壽命。其中可明顯看出具較小細長比的 C1188-BT 具有最大的 CPD 值，而其他相對較細長的 C1596 和 C2068 系列試體之 CPD 值相似且較低，然而其 CPD 皆大於 800。

斜撐細長比之效應

試體 C1188-BT、C1596-BT 和 C2068-BT 三者之尺寸與材料皆相同，惟斜撐長度不同，因此可用以觀察桿件細長比對 NBB 之效應。由試驗觀察可發現，細長比較小之 NBB (C1188-BT) 具有拉壓較對稱的遲滯迴圈行為，反之細長比較大的 NBB (C2068-BT) 具有較大之拉壓強度差異。為突顯此結果，圖 5 比較此三試體於拉力與壓力下之強度背脊曲線，當中可以看出拉伸降伏後勁度通常會大於壓縮降伏後勁度，且隨著細長比的增

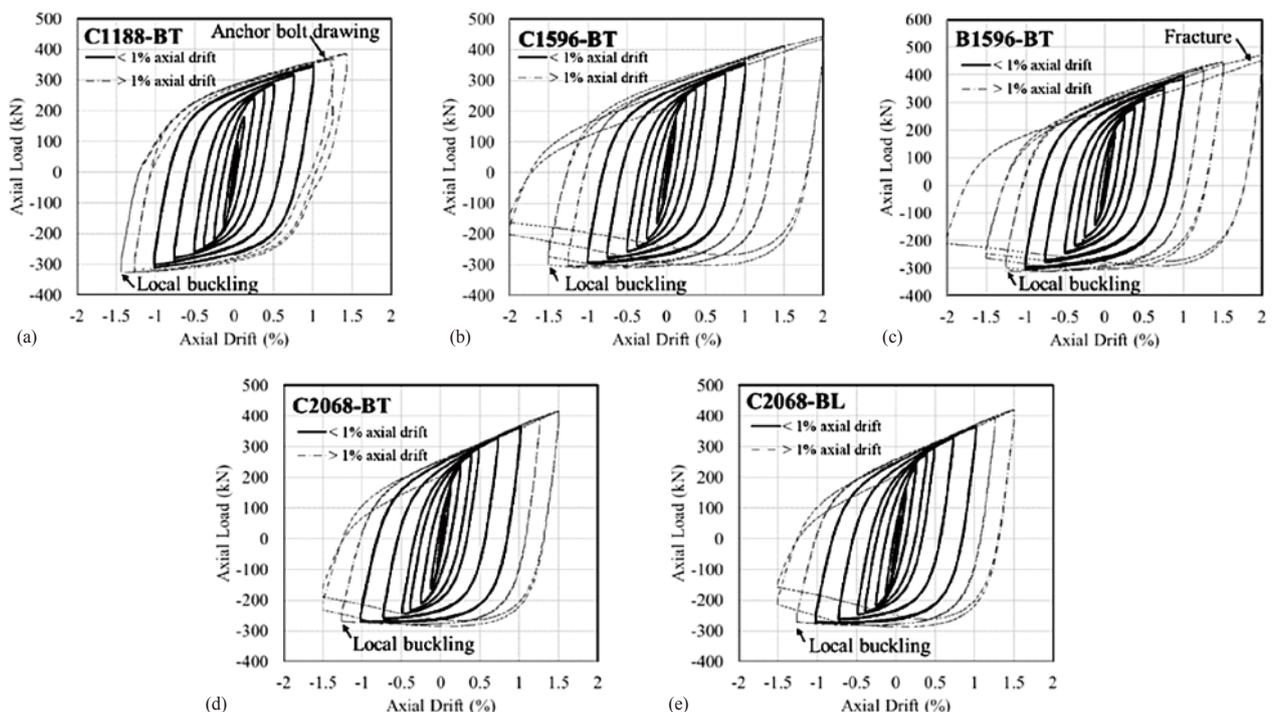


圖 4 試體 (a) C1188-BT，(b) C1596-BT，(c) B1596-BT，(d) C2068-BT，(e) C2068-BL 量測遲滯行為。

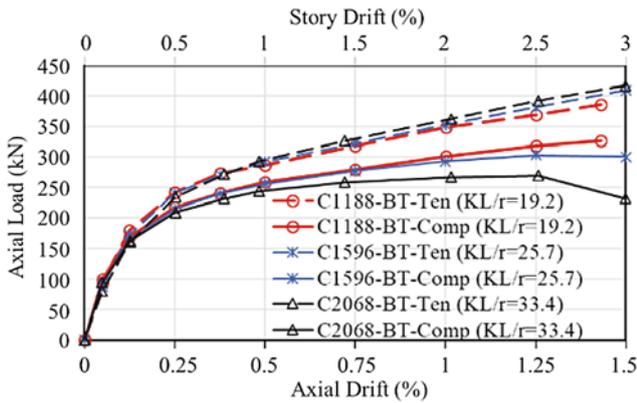


圖 5 各試體間受拉與受壓強度背脊曲線比較

加，會略為增加拉伸降伏後勁度，而降低壓縮降伏後勁度，因此增加遲滯迴圈的拉壓不對稱性。此外，試驗結果亦顯示細長比對局部挫屈發生時機之影響，細長比小的 NBB (C1188-BT) 局部挫屈發生於 1.5% 軸向位移時，而其他試體則在 1.25% 軸向位移時即發生。

第二階段子構架試驗結果

此階段試驗各試體之量測遲滯行為結果如圖六所示，試驗結果顯示此階段試驗所有試體皆具有對稱之強度與飽滿之遲滯行為，且當中具不同斜撐角度但以提供相同橫向強度設計之試體 A45S15 與 A30S15 確實產生相似之強度結果，且皆展現良好韌性表現，即在 FF 或 NF 加載歷時作用下均無斷裂情形產生，因此繼續進行

疲勞試驗直到斷裂破壞產生。本階段試驗中可發現成對 NBB 於不同情況下會有強度衰退之現象，即於第二次達該樓層側位移角時強度會比首次到達之值低，為針對此強度衰退效應進行評估與討論，需對此衰退效應先進行量化。由試驗結果可歸納出此強度衰退現象與桿件細長比以及加載歷時有關，較細長之桿件有較高之強度衰退，且此程程度於近斷層加載歷時中會被放大。此外，彙整本階段試驗各試體之 CPD 值結果，當中可發現本階段試體之 CPD 約為 200 ~ 500，普遍低於第一階段試驗之結果，其原因主要包括 (1) 本階段試體 LY 部之鋼材採用韌性較低之 SS400 鋼材，相較於前一階段採用 LYS100 鋼材明顯韌性較低，(2) 部分試體發生端板降伏與斷裂情形，並無完整發揮其原有韌性。

強度衰退效應估算

本階段試驗中可發現成對 NBB 於不同情況下會有強度衰退之現象，即於第二次達該樓層側位移角時強度會比首次達到該值時低，為針對此強度衰退效應進行評估與討論，需對此衰退效應先進行量化。由承受 FF 加載歷時之各試體中可觀察到，局部挫屈通常發生於 3% 樓層位移角之迴圈中，即為強度衰退效應開始較明顯之階段，因此本研究將 3% 樓層位移角之兩迴圈的強度進行比較作為量化此衰退效應之指標。當中定義第一次達 3% 樓層位移迴圈之最大強度為 $P_{3\%_{1st}}$ ，第二次達 3% 樓層位移迴

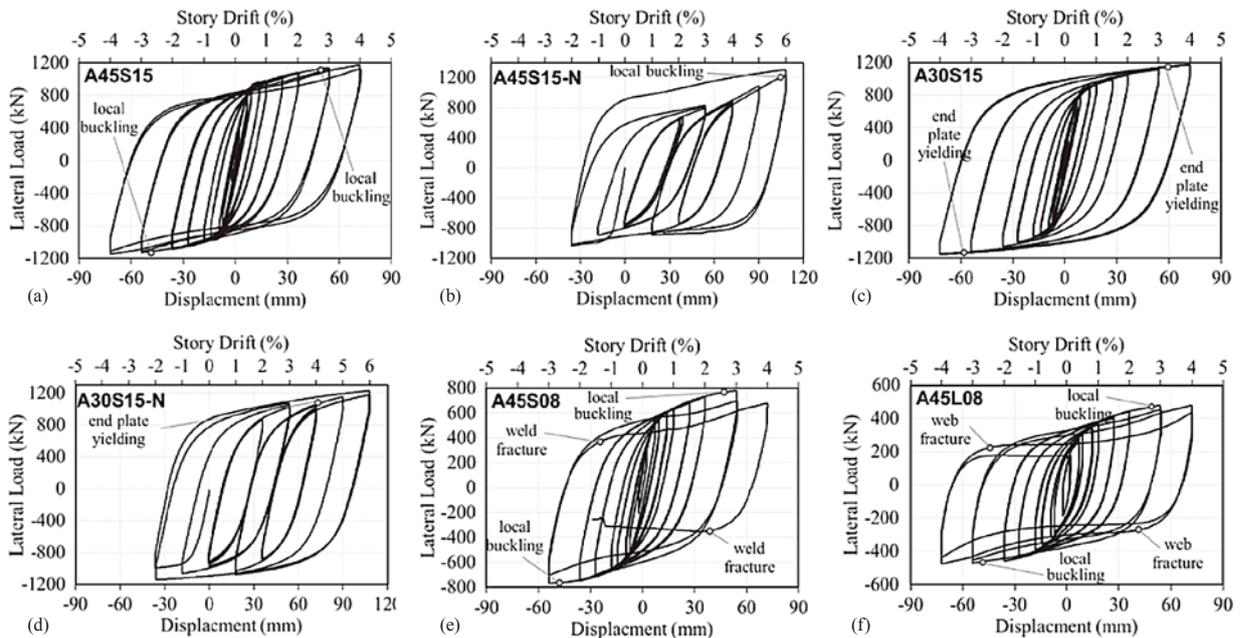


圖 6 試體 (a) A45S15，(b) A45S15-N，(c) A30S15，(d) A30S15-N，(e) A45S08，(f) A45L08 之量測遲滯行為結果。

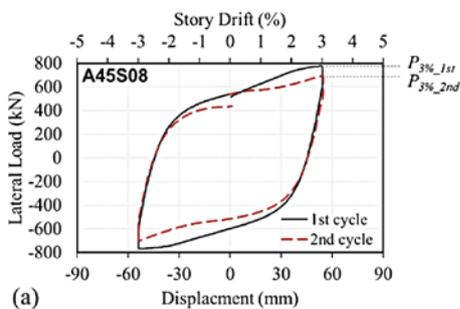
圈之最大強度為 $P_{3\%_{2nd}}$ ，如圖 7(a) 所示，而比值 $P_{3\%_{2nd}}/P_{3\%_{1st}}$ 即可反應強度衰退程度之大小，由試驗結果可發現此值會隨試體之寬厚比 (b/t_{LY}) 和細長比 (KL/r_{com}) 增加而減少，即衰退幅度增加，如圖 7(b) 與 (c) 所示。依據本階段試驗結果可回歸出下列用於估算於 FF 反復載重下強度衰退效應 ($P_{3\%_{2nd}}/P_{3\%_{1st}}$) 之方程式 (式 (1))。

$$\frac{P_{3\%_{1st}}}{P_{3\%_{2nd}}} = 151 \left(\frac{b}{t_{LY}} \right)^{-0.08} \left(\frac{KL}{r_{com}} \right)^{-0.08} \quad (\%) \quad (1)$$

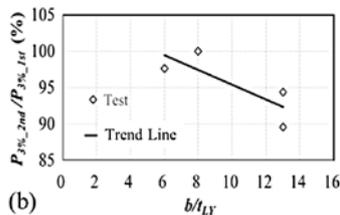
同時可利用式 (2) 定義於 FF 加載歷時下之強度衰退因子 η_{FF} ：

$$\eta_{FF} = 1 - \frac{P_{3\%_{1st}}}{P_{3\%_{2nd}}} \quad (2)$$

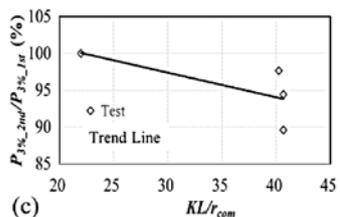
此外，試驗中可觀察到相同試體在 NF 加載歷時下之強度衰退效應相較於 FF 加載歷時下之效應更為顯著，為量化於不同加載歷時下衰退程度之差異，並建立其估算方法，本研究首先採用與前述針對 FF 加載作用下相似之定義，將 NF 加載情況下之 $P_{3\%_{2nd}}$ 與 $P_{3\%_{1st}}$ 分別定義為加載歷時中第一次及第二次自 0% 樓層位移增加至 3% 樓層位移角時之強度，如圖 3(c) 所示，根據



(a)



(b)



(c)

圖 7 (a) 3% 樓層位移角振幅中兩迴圈之強度 ($P_{3\%_{2nd}}$ 與 $P_{3\%_{1st}}$) 定義； $P_{3\%_{2nd}}/P_{3\%_{1st}}$ 比值隨 (b) 寬厚比與 (c) 細長比之變化情形。

於不同加載歷時下試驗結果進行迴歸，最後可得下方式 (3) 之結果。

$$\eta_{NF} = 12\eta_{FF} + 2.1 \quad (\%) \quad (3)$$

其中 η_{NF} 為 NF 加載歷時下之強度衰退放大因子。由式 (4) 之結果可看出在 NF 加載下強度衰退效應較大，因此建議在設計中應盡量控制上述 $P_{3\%_{2nd}}/P_{3\%_{1st}}$ 比值接近 1.0，即無明顯衰退，以防止在 NF 加載下出現明顯的強度衰退情形，此部分結果仍有待更多之試驗結果進行驗證。

結論

本研究針對新型抗彎矩消能斜撐 (NBB) 進行一系列包括單軸和子構架試驗，以強化對 NBB 遲滯行為特性與耐震性能之了解。依據試驗與分析結果，本研究可歸納出以下結論：

1. 單軸試驗結果證實 NBB 桿件能夠提供穩定且具韌性之遲滯行為，桿件細長比之效應在於影響斜撐拉伸與壓縮強度之差異，以及延緩局部挫屈和斷裂之發生時機。
2. 冷彎型和銲接組合型 NBB 具相似的遲滯性能，惟應適當檢核 LY 部之翼板寬厚比，以確保桿件韌性容量之完整發揮。
3. 細長比較小的 NBB 具有較高之 CPD 值及疲勞壽命。
4. 成對 NBB 在遠域和近斷層加載下皆可產生穩定且具韌性之遲滯行為，而不致產生破壞。
5. 成對 NBB 之強度衰退現象與 NBB 桿件之斷面寬厚比、細長比及加載歷時類別具關連性，可透過適當程序設計之。

參考文獻

1. Hsiao, P.C., Hayashi, K., Inamasu, H., and Luo, Y.B. (2016). "Development and Testing of Naturally Buckling Steel Braces." *Journal of Structural Engineering*, ASCE, 142(1).
2. Hsiao, P.C. and Liao, W.C. (2019). "Effects of Hysteretic Properties of Stud-type Dampers on Seismic Performance of Steel Moment Resisting Frame Buildings." *Journal of Structural Engineering*, ASCE, 145(7).
3. Krawinkler H., Gupta A., Medina R., and Luco N. "Development of Loading Histories for Testing 447 of Steel Beam-to-Column Assemblies." SAC Background Report SAC/BD-00/10, 2000.
4. Alavi A. and Krawinkler H. "Effects of near-fault ground motions on frame structures." John A. Blume Earthquake Engineering Center Report No. 138, Stanford University, February 2001.



鋼造夾型挫屈束制斜撐於高層建物設計實驗及應用

劉佳豪／築遠工程顧問有限公司 專案副理、國立臺灣大學土木工程學系 碩士

張盈智／築遠工程顧問有限公司 總經理、國立臺灣大學土木工程學系兼任 副教授

周中哲／國立臺灣大學土木工程學系 教授、國立臺灣大學工學院 副院長

鍾秉庭／國立臺灣大學土木工程學系 碩士及研究助理

陳俊翰／築遠工程顧問有限公司 專案經理、國立交通大學土木工程學系 博士

近年來，挫屈束制斜撐（BRB）已在建築物中被廣泛使用，主要因為優異的抵抗地震及能量消散能力，本文介紹一種無填充混凝土的鋼造夾型挫屈束制斜撐（Sandwiched Buckling Restrained Brace，簡稱 SBRB）在臺灣鋼結構高樓的發展應用。本文會先介紹數個高樓設計案例以及相對應各案例的實尺寸 SBRB 試驗成果，亦會探討 SBRB 在對不同建築空間需求條件下的調整與設計，包括斜撐斷面的尺寸以及斜撐擺放角度（同心或偏心）。最後，透過非線性靜力側推分析來比較各 BRB 建築構架的整體耐震行為。

前言

由於鋼造夾型挫屈束制斜撐（SBRB）無需內灌混凝土，設計及工廠製造簡單，具備良好的韌性行為，逐漸在鋼構耐震建築成為好的抗震斜撐元件，本文介紹 SBRB 性能及五種不同建築規模的實際設計及施工案例（圖 1），說明此二元系統（鋼構抗彎構架 + BRB 斜撐構架）在臺灣應用情形。案例 A 為八層樓高的高雄市立圖書總館，建築物由角落的四個組合型巨型鋼柱、屋頂桁架、高強度鋼棒吊起每層樓版組成，將 SBRB 配置於兩個角落之巨型柱內作為主要耐震構架，此建築物歷經 2016 年高雄美濃地震（芮氏規模 6.6）襲擊下安全無虞。案例 B 及 C 為兩棟位於新北市及新竹市的鋼構辦公大樓設計案例，樓高分別為 20 樓及 19 樓，案例 D 則為一棟 20 樓高之台北市信義區廣慈公共住宅案例，其主結構為鋼骨混凝土造（SC），案例 E 為坐落於新北市板橋之 46 樓高層旅館及住宅設計案例，

目前正由東鋼構施工中。BRB 構架通常配置在服務核（樓、電梯）所在處，而工程師們時常需要更改 BRB 的設計斷面使得斜撐可維持在建築裝修層內；或者更改 BRB 的角度使其可以避開走廊、門口及窗戶等衍生出不同的斜撐接合細節，本文將透過有限元素分析模擬其不同接合所造成之傳力行為，並以非線性靜力側推分析比較案例 A、C、D、E 建築物整體耐震行為。

鋼造夾型挫屈束制斜撐（SBRB）

學者周中哲等人^[1-3]發展的夾型挫屈束制斜撐（SBRB），是由一組核心構件（Core Plate）及兩組獨立分離的圍束構件（槽鋼及面板）所組成（圖 2(a)），其中斜撐之圍束構件利用螺栓將核心構件束制其中。相較於傳統 BRB 之設計，SBRB 可於現地拆卸圍束構件提供檢查核心構件於地震後是否斷裂的機制，同時圍束構件內可按力量需求及設計條件決定是否使用混

Case	T_x (sec)	T_y (sec)	C_s	W (tf)
A	0.957	1.052	0.183	18674
B	2.656	3.100	0.092	19889
C	3.689	3.209	0.080	23876
D	3.035	3.259	0.086	42506
E	3.619	4.489	0.079	53316

(tf = 9.8 kN)

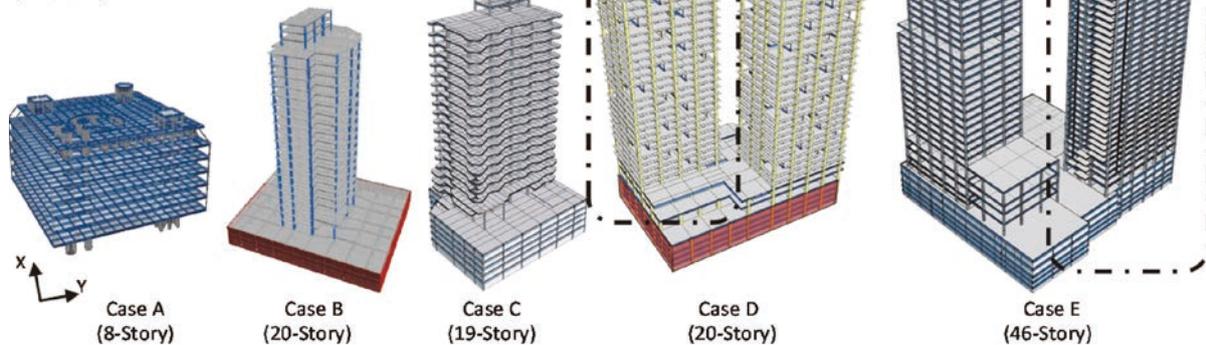


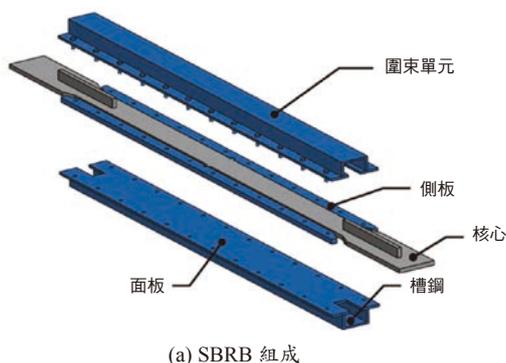
圖 1 BRB 構架設計案例

凝土，國內使用內灌混凝土的 SBRB 有高雄市立圖書館（圖 2(b)）及台北市中山北路 SRC 住宅大樓；但因內灌混凝土及鋼製斜撐對鋼構廠是不同的施作工項會增加作業成本及時間，若無使用混凝土則可減短約 50% 製造工期。近年來無內灌混凝土的 SBRB 及構架試驗研究^[2-6]均驗證其耐震性能符合美國 AISC 341^[7]的要求，已分別使用在甘肅蘭州科技博物館、新竹華邦電子辦公大樓、台北廣慈博愛公宅、台北私立延平高級中學體育館及興建中的新北市 46 樓高層旅館及住宅等^[4-6]。

圖 3 及圖 4 介紹兩種建築設計案例中 SBRB 之試驗行為，斜撐編號 SBRB1、SBRB2 分別代表新竹華邦電子辦公大樓及台北廣慈博愛公宅之試驗斜撐（對應圖 1 之案例 C、D），兩組 SBRB 試體皆無內灌混凝土，核心板斷面尺寸分別為 50×200 mm 及 48×292 mm，材質為 SN490B 及 SM570 MB。兩組 SBRB 之試驗皆採用 2016 年 AISC 341 耐震設計規範（T6 章節）

建議之載重規定進行^[7]。其中 SBRB1 採用五階段之載重測試：在第一、三、四載重階段中，採用標準加載歷時（最大側位移角達 2.53%）；而在第二、五載重階段，試驗斜撐以承受對應 1.9% 位移角之側向位移分別進行三個及十個週次的疲勞性試驗。SBRB2 則分為兩個階段之試驗：其中在第一階段試驗中，SBRB 採用標準加載歷時（最大軸向位移為 83 mm）；並於第二階段試驗中，施加了五個週次之 63 mm 軸向位移疲勞測試。圖 3(b) 所示為 6.9 m 長之實尺寸 SBRB1 試體，其斜撐角度約為 48 度；圖 4(b) 則為 5.5 m 長之實尺寸 SBRB2 試體，實驗配置採直立式（純軸向）試驗。

由圖 3(c)、3(d)、4(d) 及 4(e) 可觀察出，SBRB1 及 SBRB2 試體可在斜撐軸向應變分別達 1.6% 及 2% 下保持良好且飽滿之遲滯消能行為（降伏軸力分別為 3795 及 4,836 kN、最大軸力分別為 5,127 及 8,028 kN）。試驗結果顯示 SBRB 最大軸壓及軸拉力比值不超過 7%，此值遠比 AISC 341^[7]耐震規範所規定的 30% 來得小；



(a) SBRB 組成



(b) SBRB 應用於高雄市立圖書館

圖 2 夾形挫屈束制斜撐 (SBRB) 之組成及應用 (案例 A)

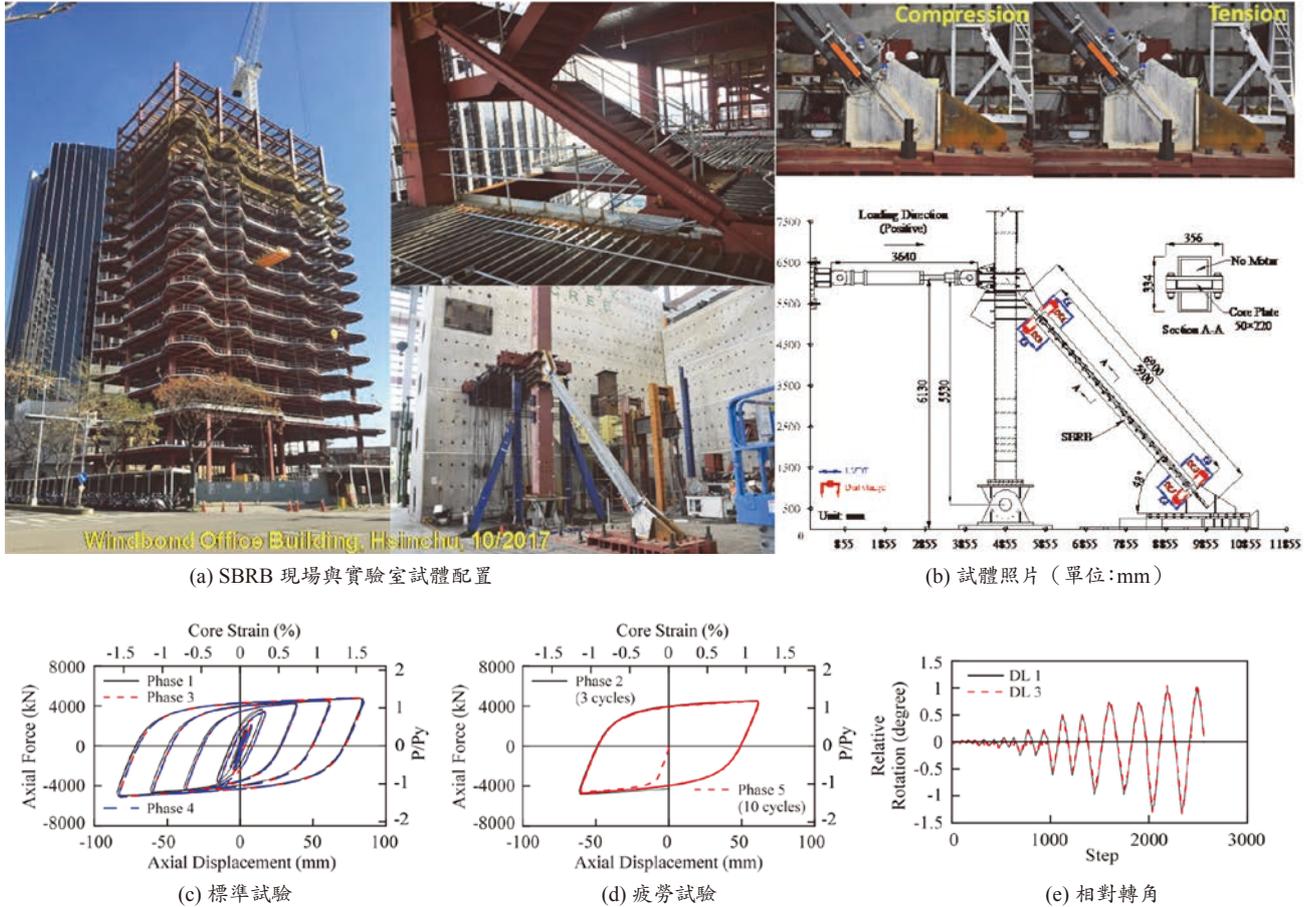


圖 3 實尺寸 6.9 m 長之 SBRB 1 試驗 (案例 C: 新竹華邦電子辦公大樓 [6])

且累積非線性變形量 (CPD) 分別為 632 及 241，滿足 AISC 341 耐震規範所規定之要求 (CPD ≥ 200)。

圖 5 為於國震中心實驗室利用 5 支 100 噸油壓千斤頂連接塔柱進行一組 3.865 m 長的實尺寸 SBRB 試驗，SBRB 核心構件斷面為 70 × 230 mm，外圍尺寸為 270 × 350 mm，除了槽鋼為 ASTM A36 和核心構件為 SN490B 材質外，其餘材質均為 ASTM A572 Gr. 50，圍束構件內無填充混凝土。在規定的二次實驗過程中，SBRB 最大軸拉力與軸壓力分別為 7,901 kN 與 8,064 kN，最大核心應變 2.4%，最大壓拉軸力比為 1.02 (= 8064 / 7901)，顯示斜撐遲滯行為相當對稱，滿足 AISC 341 [7] 小於 1.3 倍及 CPD = 200 的要求，試驗結束後沒有任何破壞發生。

斜撐接合型式

在臺灣建築設計案例中，常見的 BRB 構架配置於樓、電梯間，且常用隔間牆包覆，所以工程師們需在受限的斜撐斷面尺寸 (斜撐斷面高度及寬度) 中作設計。有時候，為了避開建築空間舉凡走廊、門口、窗戶等，也會使用偏心之 BRB 構架作為斜撐構架的設計。

斜撐斷面配置及角度

BRB 的斷面寬度或高度常受到隔間牆內空間的限制 (通常為 300 ~ 600 mm 之容許配置空間)，使用者可考慮轉置斜撐斷面的寬度及高度，使其符合建築空間需求。圖 6 顯示在建築空間限制中兩種不同的斜撐斷面配置選擇，其中 Type A 代表 SBRB 斷面高度 H 是平行於隔間牆的面外軸向，亦即斷面高度 H 會受到隔間牆內淨空間的限制；而 Type B 為 Type A 的轉置，其代表 SBRB 斷面寬度 B 會受到牆內淨空間的限制。在 Type A 中，因其圍束高度受到限制，設計者可透過將斜撐圍束寬度 B 增加或是增加其圍束各單元鋼板厚度，以維持整體斜撐之抗挫屈束制強度，然而，上述作法可能會導致較不經濟的斷面。而對於 Type B 斷面配置，由於圍束高度 H 並沒有受到隔牆淨空間的限制，因此可以用相對較薄的鋼板厚度設計出需求的圍束尺寸，進而得到較經濟的圍束單元設計，SBRB 視設計及建築需求可分別搭配單或雙接合板與構架相接合 [8,9]。圖 7 顯示為新北市一棟 46 層高住宅之標準層平面

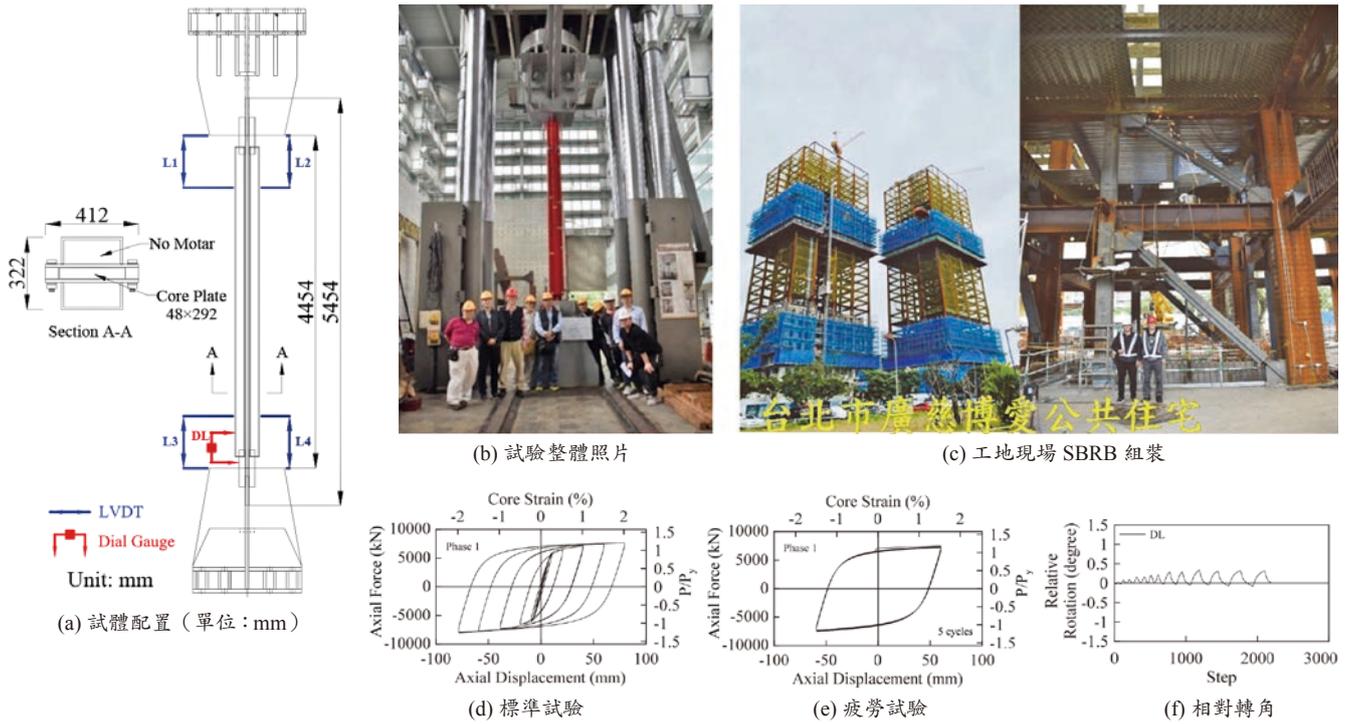


圖 4 實尺寸 5.5 m 長之 SBRB 2 試驗 (案例 D: 台北市廣慈博愛公共住宅^[4])

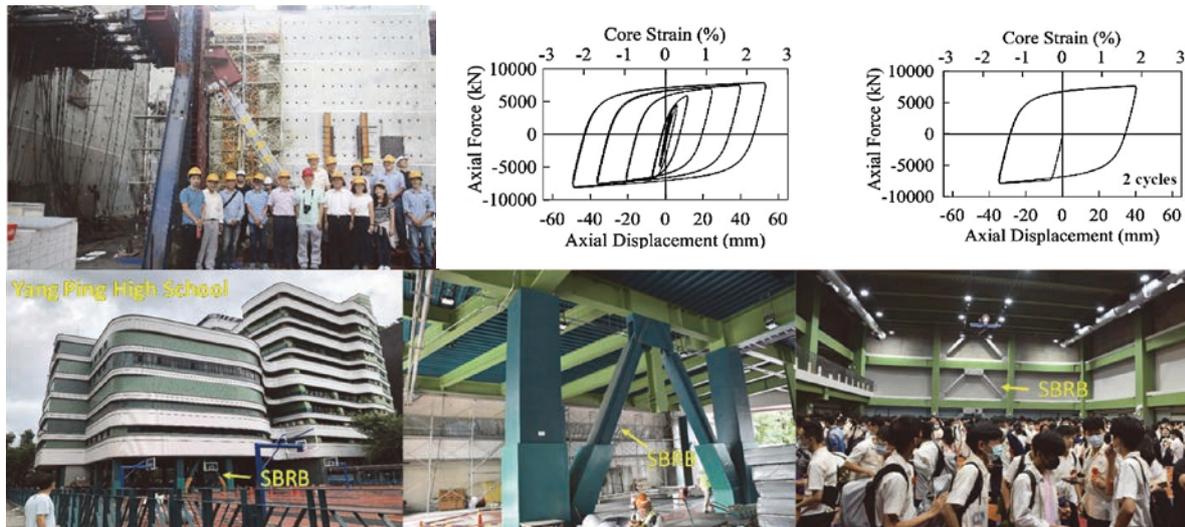


圖 5 實尺寸 3.865 m 長之 SBRB 試驗 (案例: 台北市私立延平高級中學體育館^[5])

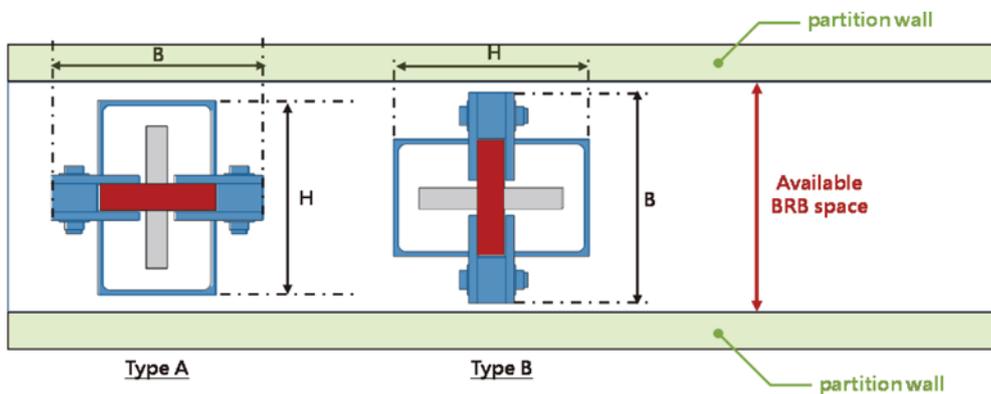


圖 6 建築空間中不同 SBRB 斷面配置選擇

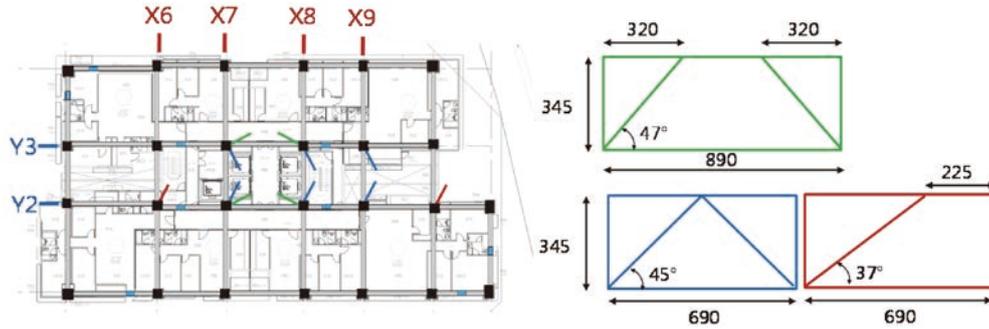


圖 7 新北市 46 層大樓之 SBRB 構架立面配置 (案例 E, 單位: cm)

(案例 E), 其 X 向及 Y 向分別配置了多組偏心 SBRB 構架, 目前正興建中, 預計 2022 年底完工, 將成為新北市最高的旅館及住宅大樓。

有限元素分析

本節將以案例 B 及案例 E 分別對於 Type A 及 Type B 接合型式作深入的有限元素分析探討, 兩組分析模型中之 SBRB 降伏軸力皆為 500 tonf, 及最大斜撐軸力 787 tonf。在案例 B 的有限元素分析模型中(圖 8), 首先建置單一對角 SBRB 構架之有限元素模型, 並考量在最大考量地震下, 對有限元素模型施加斜撐最大軸力及梁柱內力; 案例 E 以偏心之倒 V 型斜撐配置作為 BRB 構架 Type B 接合型式之有限元素模型(圖 9)。案例 B、E 皆可滿足在發展斜撐最大軸力下, 接合部位保持彈性, 但由於偏心斜撐之配置使得連桿梁處受到極

大的剪力, 因此在案例 E 中鋼梁兩側新增 12 mm 封板使其斷面強度符合斜撐最大軸力需求。

SBRB 構架整體行為

在工程設計過程中為瞭解結構物在地震下的行為, 初步可用非線性靜力側推結構物檢核構件的非線性時機及塑鉸分佈, 非線性的地震歷時分析由於時間耗費較大目前設計單位只針對重要結構物來進行, 本文針對圖 1 中案例 A、C、D、E 四種不同鋼構 SBRB 構架建築利用 ETABS 程式進行非線性靜力側推分析各建築物的降伏機制及各建築物之韌性容量。

構架非線性靜力側推分析

圖 10 為案例 A、C、D 及 E 之非線性靜力側推分析結果, 圖中共 4 個點為: 1 號點代表初始降伏點、

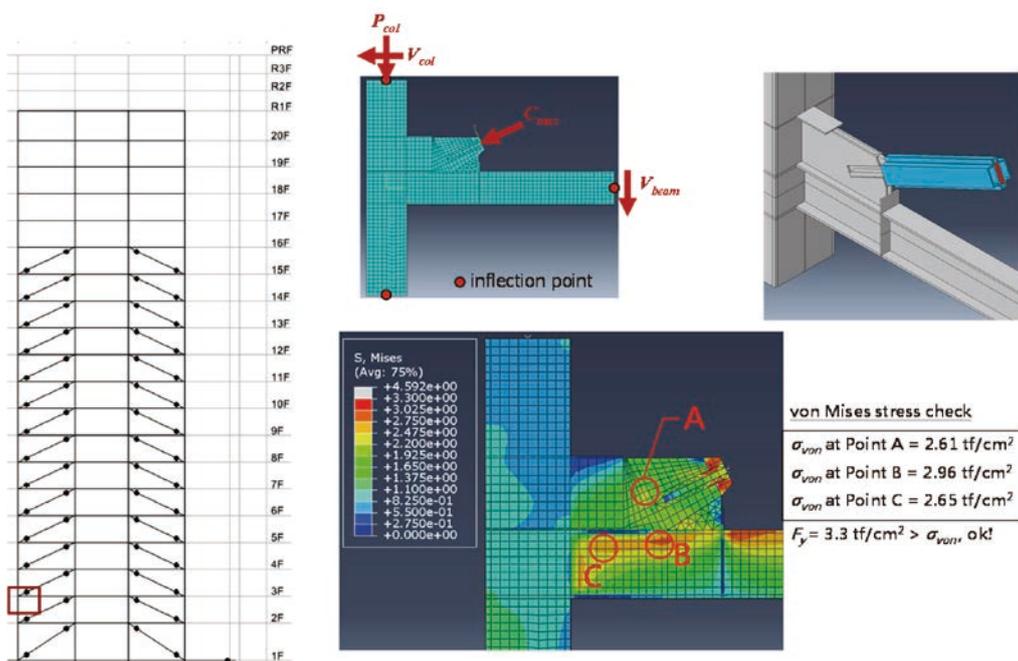


圖 8 Type A 接合型式之有限元素分析 (方案 B-20 樓辦公大樓)

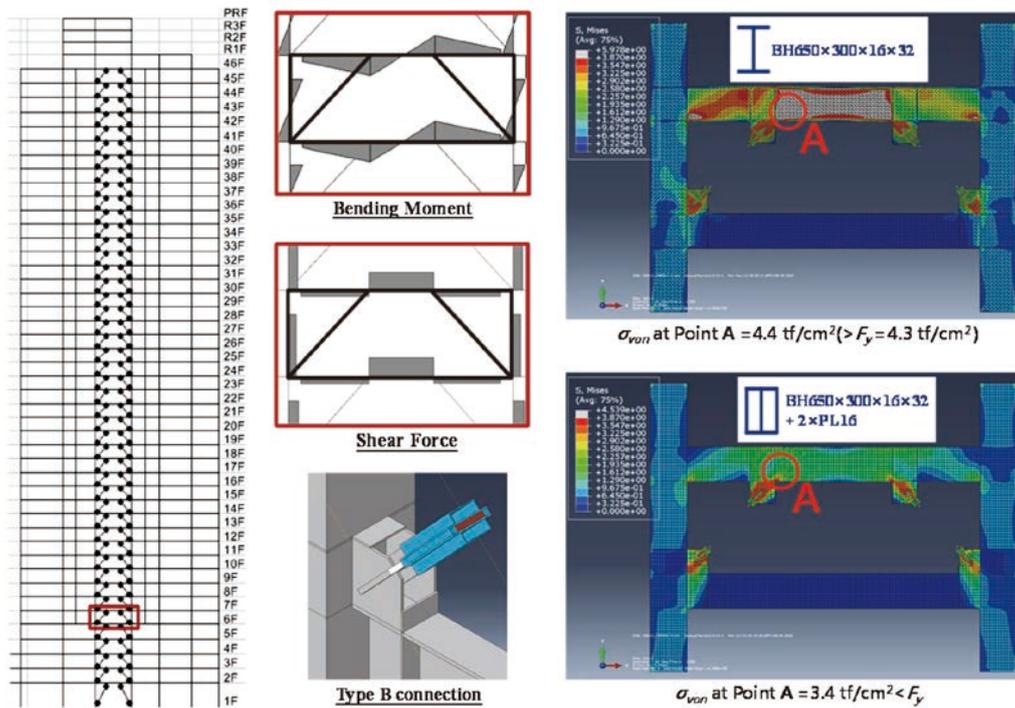


圖 9 Type B 接合型式之有限元素分析 (方案 E - 新北市 46 樓住宅)

2 號點為系統降伏點、3 號點及 4 號點為對應 475 及 2500 年地震迴歸期之性能點。首先觀察各側推分析中塑鉸的分佈，SBRB 於各分析結果中確實能在整體構架系統中先降伏消能，另外，就韌性容量的角度來看，臺灣建築耐震設計規範^[11] 假設在對應最大考量地震下之容許韌性容量 $R = 4$ ；然而，由圖 10 中各分析結果，在計算 2500 年地震迴歸期與系統降伏點之位移比值可

得到使用之韌性容量 R^* ，其值約介於 0.88 ~ 1.25，遠小於臺灣耐震設計規範韌性 $R = 4$ 之設計規定^[11]。此乃因為設計中考量折減係數、結構物複雜度且高贅餘度、風力載重控制或其他因素下，臺灣建築設計案例之使用韌性容量遠較耐震規範設計參數低，亦代表依規範設計可得較為保守的結果。

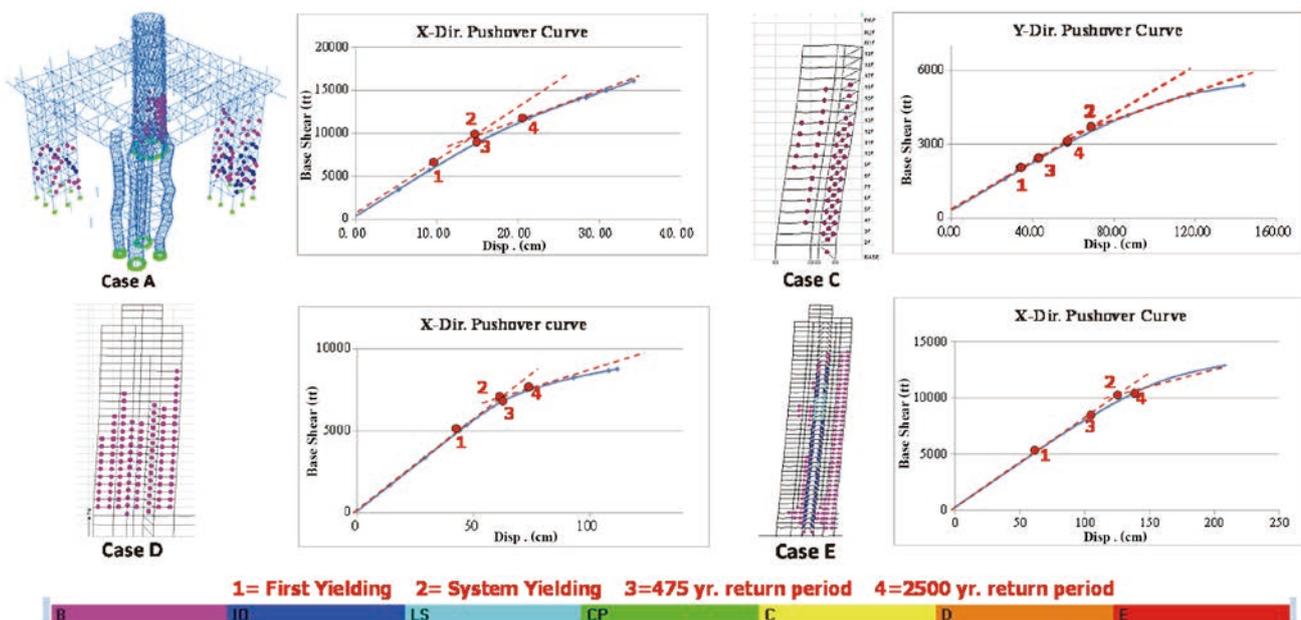


圖 10 四棟 SBRB 構架例之 ETABS 非線性側推分析

結論

本文提供純鋼夾型挫屈束制斜撐 (SBRB) 應用於不同建築實例分享，由於此種 SBRB 無需內灌混凝土，設計及工廠製程簡單，約可省下 50% 製造時間；同時，使用螺栓將核心構件與其他鋼構件接合，相較於傳統埋入於混凝土中之 BRB，SBRB 更可於現地拆卸圍束構件檢查核心構件於大地震後是否破壞的機制。此純鋼型 SBRB 已分別使用在甘肅蘭州科技博物館、新竹華邦電子辦公大樓、台北市廣慈博愛公宅、台北市私立延平高級中學體育館及興建中的新北市 46 樓高層旅館及住宅等。根據實尺寸 SBRB 分別於國家地震工程研究中心及內政部建築研究所的試驗 (圖 3 至圖 5)，驗證純鋼型 SBRB 性能滿足 AISC 341 (2016) 穩定且飽滿之遲滯行為要求 [7]。另外以有限元素分析不同接合型式或偏心 SBRB 之接合配置，顯示在適當地設計下接合處可滿足斜撐發展最大軸力下保持彈性的要求。最後藉由四個 SBRB 構架案例之非

線性側推分析，顯示此四棟以 SBRB 為建築物耐震消能之主要元件，依 2500 年地震迴歸期回推使用韌性容量 R^* 值皆小於 1.5，均滿足臺灣耐震韌性容量 $R = 4$ 的設計要求 [11]。

誌謝

本研究承蒙科技部 (計畫編號：98-2625-M-002-017、100-2625M-002-012 及 102-2221-E-002-101-MY3) 補助，使得 SBRB 的研究工作能順利執行，感謝東鋼結構及長榮鋼鐵股份有限公司製造實尺寸試體，並感謝國家地震工程研究中心及內政部建築研究所實驗室人員協助實驗進行。

參考文獻

1. Chou, C.C. and Chen, S.Y. (2010). "Subassembly Tests and Finite Element Analyses of Sandwiched Buckling-restrained Braces." *Engineering Structures*, 32, 2108-2121.
2. Chou, C.C., Hsiao, C.H., Chen, Z.B., Chung, P.T., and Pham, D.H. (2019). "Seismic Loading Tests of Full-Scale Two-Story Steel Building Frames with Self-Centering Braces and Buckling-Restrained Braces." *Thin-Walled Structures*, 140, 168-181.
3. 周中哲、蕭佳宏、陳澤邦、鍾秉庭、范廷海 (2017)，「全尺寸二層樓雙核心自復位斜撐構架與夾型挫屈束制斜撐構架之耐震試驗與非線性動力歷時分析」，*結構工程*，第三十二卷，第二期，第 35-64 頁
4. 周中哲、鍾秉庭 (2019)，「廣慈博愛園區 D 標大樓夾型鋼骨挫屈束制消能支撐試驗」，成果報告，長榮鋼鐵股份有限公司，國立臺灣大學地震工程研究中心。
5. 周中哲、鍾秉庭 (2018)，「台北市私立延平高級中學夾型鋼骨挫屈束制消能支撐試驗」，成果報告，東鋼結構股份有限公司，國立臺灣大學地震工程研究中心。
6. 周中哲、鍾秉庭 (2017)，「華邦電子竹北大樓夾型鋼骨挫屈束制消能支撐試驗」，成果報告，東鋼結構股份有限公司，國立臺灣大學地震工程研究中心。
7. AISC 341-16. (2016). *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*, American Institute of Steel Construction.
8. Chou, C.C., Chung, P.T., and Cheng, Y.T. (2016). "Experimental Evaluation of Large-Scale Dual-Core Self-Centering Braces and Sandwiched Buckling-Restrained Braces." *Engineering Structures*, 116, 12-25.
9. Chou, C.C. and Liu, J.H. (2012). "Frame and Brace Action Forces on Steel Corner Gusset Plate Connections in Buckling-Restrained Braced Frames." *Earthquake Spectra*, 28(2), 531-551.
10. Chou, C.C., Liu, J.H., and Pham D.H. (2012). "Steel Buckling-Restrained Braced Frames with Single and Dual Corner Gusset Connections: Seismic Tests and Analyses." *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 7(41), 1137-1156.
11. 臺灣建築耐震設計規範 (2011)，內政部建築研究所。

UG 聯合大地工程顧問股份有限公司
UNITED GEOTECH, INC.

台北市內湖區瑞光路583巷21號5樓
TEL : +886-2-27985198 · FAX : +886-2-26580958
E-Mail : services@mail.ugi.com.tw

• 大地工程之調查規劃設計與監造
Geotechnical Engineering

• 隧道設計、監造與檢測補強
Design、Construction Supervision &
Rehabilitation of Tunnels

• 工程地質與工址調查、地球物理探測
Engineering Geology、Site Investigation &
Geophysical Prospecting

• 水利水保工程之規劃設計與監造
Hydraulic Engineering、Soil & Water Conservation

• 土木運輸工程之規劃設計與監造
Transportation Engineering

• 專案管理
Project Management





貝氏定理在弱層檢核與 新冠病毒檢測之應用

蔡益超 / 國立臺灣大學土木工程學系 名譽教授

弱層是建築物地震時遭受損壞的重要因素，如能將具弱層建築物檢測出來，進行適當的補強以消除弱層，提高其耐震能力，是降低地震損失極為快速有效的手段。要知道某一事件為真或偽，要使用適當的檢測方法進行檢測，其檢測結果的可信度，與檢測方法的精確度習習相關，此外也與你要檢測事件是大機率事件或小機率事件有關。生活中碰到這種事情的例子可謂比比皆是，本文先針對弱層檢核進行探討，其次就大眾關心的新冠病毒檢測也一併探究，分別敘述於第二節與第三節。

貝氏定理在弱層檢核之應用

檢核方法精確度倍數 $A = 10$ 的檢核

就台灣地區所有的建築物而言，我合理的推估弱層建築物佔 20%，而我們發展的弱層檢測方法^[1]（PSERCB 弱層檢核）的精確度應該可達 98%。以下先定義幾個事件及使用的數學符號。

W = 弱層建築物 $P(W) = 0.2$

NW = 非弱層建築物 $P(NW) = 0.8$

P = 評估為弱層建築物，即陽性。

N = 評估為非弱層建築物，即陰性。

$P(P/W) = 0.98$ $P(N/W) = 0.02$

$P(NW/N) = 0.98$ $P(W/N) = 0.02$

此外定義檢測方法精確度倍數 $A = (\text{事件為真機率}) / (1 - \text{檢測方法精確度})$ ，便於結果的解釋。

貝氏機率定理如何推導，本文不擬說明，不熟悉的讀者請參閱講機率的一般教科書^[2]。貝氏機率定理可計算下列四組條件機率。

(1) 檢測出為弱層，而確實為弱層的機率

$$P(W/P) = \frac{P(P/W)P(W)}{P(P)} = \frac{0.98 \times 0.2}{0.98 \times 0.2 + 0.02 \times 0.8} = 0.925$$

(2) 檢測出為弱層，而確實非為弱層的機率（稱為偽陽性）

$$P(NW/P) = \frac{P(P/NW)P(NW)}{P(P)} = \frac{0.02 \times 0.8}{0.98 \times 0.2 + 0.02 \times 0.8} = 0.076$$

(3) 檢測出非為弱層，而確實也屬非弱層的機率

$$P(NW/N) = \frac{P(N/NW)P(NW)}{P(N)} = \frac{0.98 \times 0.8}{0.98 \times 0.8 + 0.02 \times 0.2} = 0.995$$

(4) 檢測出非為弱層，而實際屬弱層的機率（稱為偽陰性）

$$P(W/N) = \frac{P(N/W)P(W)}{P(N)} = \frac{0.02 \times 0.2}{0.98 \times 0.8 + 0.02 \times 0.2} = 0.0051$$

本例計算檢測方法精確度倍數 $A = 0.2 / (1 - 0.98) = 10$ （倍）。從上述四種條件機率結果來看，檢測可信度還算可以，前兩個比較差，後兩個比較好。後兩者比較好係以檢核非弱層為對象，檢測方法精確度倍數 $A = 0.8 / (1 - 0.98) = 40$ （倍）。

檢測方法精確度倍數 A = 2 的檢核

某單位採用另一種檢測方法，其精確度可達 90%，其他條件不變，則：

W = 弱層建築物 $P(W) = 0.2$

NW = 非弱層建築物 $P(NW) = 0.8$

P = 評估為弱層建築物

N = 評估為非弱層建築物

$P(P/W) = 0.9$ $P(N/W) = 0.1$

$P(NW/N) = 0.9$ $P(W/N) = 0.1$

(1) 檢測出為弱層，而確實為弱層的機率

$$P(W/P) = \frac{P(P/W)P(W)}{P(P)} = \frac{0.9 \times 0.2}{P(P/W)P(W) + P(P/NW)P(NW)}$$

$$= \frac{0.9 \times 0.2}{0.9 \times 0.2 + 0.1 \times 0.8} = 0.692$$

(2) 檢測出為弱層，而確實非為弱層的機率（稱為偽陽性）

$$P(NW/P) = \frac{P(P/NW)P(NW)}{P(P)} = \frac{0.1 \times 0.8}{P(P/W)P(W) + P(P/NW)P(NW)}$$

$$= \frac{0.1 \times 0.8}{0.9 \times 0.2 + 0.1 \times 0.8} = 0.308$$

(3) 檢測出非為弱層，而確實也屬非弱層的機率

$$P(NW/N) = \frac{P(N/NW)P(NW)}{P(N)} = \frac{0.9 \times 0.8}{P(N/NW)P(NW) + P(N/W)P(W)}$$

$$= \frac{0.9 \times 0.8}{0.9 \times 0.8 + 0.1 \times 0.2} = 0.973$$

(4) 檢測出非為弱層，而實際屬弱層的機率（稱為偽陰性）

$$P(W/N) = \frac{P(N/W)P(W)}{P(N)} = \frac{0.1 \times 0.2}{P(N/NW)P(NW) + P(N/W)P(W)}$$

$$= \frac{0.1 \times 0.2}{0.9 \times 0.8 + 0.1 \times 0.2} = 0.027$$

本例計算檢測方法精確度倍數 $A = 0.2 / (1 - 0.9) = 2$ （倍）。除了後兩個條件機率可信度勉強可以接受，前兩個應該無法接受。後兩者比較好係以檢核非弱層為對象，檢測方法精確度倍數 $A = 0.8 / (1 - 0.90) = 8$ （倍）。

從以上計算，觀察到控制的參數是檢測方法精確度倍數 A ，碰到大機率事件並採用很精確的檢測方法時， A 值很大，結果的可信度很高。碰到小機率事件並採用不精確的檢測方法時， A 值很小，結果無可信度可言。目前來看， A 值如能達到 10，應可接受。

如果挑選弱層檢核的建築物有經過簡單的篩選，譬如 1 樓挑高，或牆體打除，則 $P(W)$ 假設由 0.2 提高到 0.4，兩種方法對應的 A 值分別提高到 20 與 4 倍，當然結果的可信度也會提升。

檢測方法精確度倍數 A = 20 的檢核（假設有初步挑選）

W = 弱層建築物 $P(W) = 0.4$

NW = 非弱層建築物 $P(NW) = 0.6$

P = 評估為弱層建築物，即陽性。

N = 評估為非弱層建築物，即陰性。

$P(P/W) = 0.98$ $P(N/W) = 0.02$

$P(NW/N) = 0.98$ $P(W/N) = 0.02$

(1) 檢測出為弱層，而確實為弱層的機率

$$P(W/P) = \frac{P(P/W)P(W)}{P(P)} = \frac{0.98 \times 0.4}{P(P/W)P(W) + P(P/NW)P(NW)}$$

$$= \frac{0.98 \times 0.4}{0.98 \times 0.4 + 0.02 \times 0.6} = 0.970$$

(2) 檢測出為弱層，而確實非為弱層的機率（稱為偽陽性）

$$P(NW/P) = \frac{P(P/NW)P(NW)}{P(P)} = \frac{0.02 \times 0.6}{P(P/W)P(W) + P(P/NW)P(NW)}$$

$$= \frac{0.02 \times 0.6}{0.98 \times 0.4 + 0.02 \times 0.6} = 0.0297$$

(3) 檢測出非為弱層，而確實也屬非弱層的機率

$$P(NW/N) = \frac{P(N/NW)P(NW)}{P(N)} = \frac{0.98 \times 0.6}{P(N/NW)P(NW) + P(N/W)P(W)}$$

$$= \frac{0.98 \times 0.6}{0.98 \times 0.6 + 0.02 \times 0.4} = 0.987$$

(4) 檢測出非為弱層，而實際屬弱層的機率（稱為偽陰性）

$$P(W/N) = \frac{P(N/W)P(W)}{P(N)} = \frac{0.02 \times 0.4}{P(N/NW)P(NW) + P(N/W)P(W)}$$

$$= \frac{0.02 \times 0.4}{0.98 \times 0.6 + 0.02 \times 0.4} = 0.0134$$

本例計算檢測方法精確度倍數 $A = 0.4 / (1 - 0.98) = 20$ （倍）。從上述四種條件機率結果來看，其可信度大致優於 $A=10$ 者，是第一種檢測方法配合 $P(W) = 0.4$ 的結果。

檢測方法精確度倍數 $A = 4$ 的檢核（假設有初步挑選）

W = 弱層建築物 $P(W) = 0.4$

NW = 非弱層建築物 $P(NW) = 0.6$

P = 評估為弱層建築物

N = 評估為非弱層建築物

$P(P/W) = 0.9$ $P(N/W) = 0.1$

$P(NW/N) = 0.9$ $P(W/N) = 0.1$

(1) 檢測出為弱層，而確實為弱層的機率

$$P(W/P) = \frac{P(P/W)P(W)}{P(P)} = \frac{0.9 \times 0.4}{P(P/W)P(W) + P(P/NW)P(NW)}$$

$$= \frac{0.9 \times 0.4}{0.9 \times 0.4 + 0.1 \times 0.6} = 0.857$$

(2) 檢測出為弱層，而確實非為弱層的機率（稱為偽陽性）

$$P(NW/P) = \frac{P(P/NW)P(NW)}{P(P)} = \frac{0.1 \times 0.6}{P(P/W)P(W) + P(P/NW)P(NW)}$$

$$= \frac{0.1 \times 0.6}{0.9 \times 0.4 + 0.1 \times 0.6} = 0.143$$

(3) 檢測出非為弱層，而確實也屬非弱層的機率

$$P(NW/N) = \frac{P(N/NW)P(NW)}{P(N)} = \frac{0.9 \times 0.6}{P(N/NW)P(NW) + P(N/W)P(W)}$$

$$= \frac{0.9 \times 0.6}{0.9 \times 0.6 + 0.1 \times 0.4} = 0.931$$

(4) 檢測出非為弱層，而實際屬弱層的機率（稱為偽陰性）

$$P(W/N) = \frac{P(N/W)P(W)}{P(N)} = \frac{0.1 \times 0.4}{P(N/NW)P(NW) + P(N/W)P(W)}$$

$$= \frac{0.1 \times 0.4}{0.9 \times 0.6 + 0.1 \times 0.4} = 0.069$$

本例計算檢測方法精確度倍數 $A = 0.4 / (1 - 0.9) = 4$ （倍）。從上述四種條件機率結果來看，其可信度大致優於 $A = 2$ 者，是第二種檢測方法配合 $P(W) = 0.4$ 的結果，不過可信度還是不夠令人滿意。

結論

從以上計算可知控制變數大概為檢測方法精確度倍數 A ，其值如能大於 10，可信度應該可以令人滿意。所以採用 PSERCB 弱層檢核應該可信度還不錯，若能配合事先簡單篩選，則可信度更高。

貝氏定理在新冠病毒檢測之應用

問題基本資料陳述

我國檢測的對象是有條件的，譬如有症狀或與確診者有密切接觸者等。截至十月下旬為止，約有 10 萬人被檢測，550 人確診。首先定義一些事件及所用的符號。

C = 確實感染 COVID-19 $P(C) = (550 / 100000) = 0.0055$

NC = 未感染 COVID-19 $P(NC) = 0.9945$

P = 核酸檢測呈陽性

N = 核酸檢測呈陰性

一般生產檢測試劑的藥廠，都宣稱該試劑檢測的精確度超過 95%。我國採用較精確的核酸檢測，可以合理假設檢測精準度如下：

$P(P/C) = 0.99$ $P(N/C) = 0.01$

$P(NC/N) = 0.99$ $P(C/N) = 0.01$

此外定義檢測方法精確度倍數 $A = (\text{事件為真機率}) / (1 - \text{檢測方法精確度})$ ，便於結果的解釋。

檢測方法精確度倍數 $A = 0.55$ 的結果

貝氏機率定理可計算下列四組條件機率。本計算檢測方法精確度倍數 $A = 0.0055 / (1 - 0.99) = 0.55$ （倍），所以標題這樣寫。

(1) 檢測為陽性，而確有感染之機率

$$P(C/P) = \frac{P(P/C)P(C)}{P(P)} = \frac{0.99 \times 0.0055}{P(P/C)P(C) + P(P/NC)P(NC)}$$

$$= \frac{0.99 \times 0.0055}{0.99 \times 0.0055 + 0.01 \times 0.9945} = 0.3538$$

(2) 檢測為陽性，而沒有感染之機率（偽陽性）

$$P(NC/P) = \frac{P(P/NC)P(NC)}{P(P)} = \frac{0.01 \times 0.9945}{P(P/C)P(C) + P(P/NC)P(NC)}$$

$$= \frac{0.01 \times 0.9945}{0.99 \times 0.0055 + 0.01 \times 0.9945} = 0.646$$

(3) 檢測為陰性，而沒有感染之機率

$$P(NC/N) = \frac{P(N/NC)P(NC)}{P(N)} = \frac{0.99 \times 0.9945}{P(N/NC)P(NC) + P(N/C)P(C)}$$

$$= \frac{0.99 \times 0.9945}{0.99 \times 0.9945 + 0.01 \times 0.0055} = 0.99994$$

(4) 檢測為陰性，而有感染之機率（偽陰性）

$$P(C/N) = \frac{P(N/C)P(C)}{P(N)} = \frac{0.01 \times 0.0055}{P(N/NC)P(NC) + P(N/C)P(C)}$$

$$= \frac{0.01 \times 0.0055}{0.99 \times 0.9945 + 0.01 \times 0.0055} = 0.00558$$

除第(3)、(4)項可接受外，(1)、(2)項可信度差。影響檢測結果可信度與A值有關，事件發生機率 $P(C)$ 越大，檢測方法的精確度越高，檢測結果可信度就越好，A值也較高。假設核酸檢測的精確度提高到0.999或0.9999，其對應的A值會變為5.5及55，檢測結果可信度定可提高，各位有興趣的話，可以練習算算看。

有時難以找到檢測精確度很高的試劑，也有變通的辦法，那就是二採陽，才認為確診。下一小節就進行這種計算。

二採陽才算確診的可信度

只要認識一採陽後，確實感染的機率 $P(C)$ 已由檢測前的0.0055提升為0.3538，檢測為陰性，其未感染的機率由檢測前的0.9945提升為0.99994。

二採陽，其感染的機率由0.3538提升為：

$$P(C/P_2) = \frac{P(P_2/C)P(C)}{P(P_2)} = \frac{0.99 \times 0.3538}{P(P_2/C)P(C) + P(P_2/NC)P(NC)}$$

$$= \frac{0.99 \times 0.3538}{0.99 \times 0.3538 + 0.01 \times 0.6462} = 0.982$$

可被接受。此時 $A = 0.3538 / (1 - 0.99) = 35.38$ (倍)。其他三種情況各位可練習算算看。

結論

本次疫情我國採用核酸檢測，但其精確度沒有查到相關數據。如以第3.1節取精確度99%計算，偽陽的機率還超過真陽。所以550個確診人數應扣掉偽陽者，並加進偽陰者，但偽陰機率極低，故實際感染病毒的人數應比550人少很多。很多人建議我們應該學外國，擴大檢測的人群，並採用快篩，如此 $P(C)$ 下降，檢測精確度也下降，其檢測結果的可信度根本不可信，所以我贊成目前的做法。不過因為偽陽性太多，如果能採用二採陽才算確診，可大大減少偽陽性。陰性檢測的可信度很高，可能無需二採陰才確定未受感染。

參考資料

1. 蔡益超、宋裕祺著，「PSERCB弱層檢核－理論背景與系統操作」，中國土木水利工程學會出版，民國109年5月。
2. 洪華生、鄧漢忠著（英文版），蔡益超譯述，「工程或然率」，中國土木水利工程學會出版，民國68年2月。

109.12.4 混凝土新規範經營建署委託建研所審查通過



新混凝土結構設計規範審查通過全體委員合影留念

109.12.19 混凝土接構設計規範研討會(台中場)



本研討會在台中舉辦，共151人報名參加，現場幾乎零缺席，並獲得與會學員一致好評。

109.12.16 BIM資訊管理與循環營建之推動實務研討會



沈景鵬董事長致詞



呂良正院長專題演講



謝彥安主委演講

109.12.22 智慧道路及運輸研討會



本研討會由本學會鋪面工程委員會與社團法人中華鋪面工程學會等聯合主辦



新式預鑄工法 應用於 高層隔震建築 之規劃及施工成果

張 圻／遠揚營造工程股份有限公司 TPKB工務所所長、專任技師

魏世玉／遠揚營造工程股份有限公司 副總經理

鄭燦鋒／遠揚營造工程股份有限公司 董事長

預鑄工法即有如樂高 (LEGO) 積木般，透過模組化、標準化及自動化的構件設計生產流程，於現場進行成品的接合及組裝，不僅減少現地施工項目，並可同步進行多種工程，大幅縮短施工日程，亦降低氣候及工班不易控管等變數。在工期、人力、施工品質及工地清潔環保等方面，均較傳統工法為佳。在工地技術人力逐漸短缺、工安環保要求至上的未來，建築工業化是必然的趨勢，而預鑄工法亦或將成為建築工業之新藍海。

在此藉由本公司『遠揚 T-PARK 專二 B 區集合住宅大樓新建工程』(以下簡稱本工程)，於現場導入日本新式「雙蓮根梁預鑄工法」於高層隔震建築之規劃及施工成果分享，期能為預鑄工法之推廣與應用略盡綿薄之力。

建築概要及建物內容

1. 工程地點：新北市板橋區亞東段 980-3 等 8 筆地號 (南雅南路二段 / 遠東路口)
2. 基地面積：5,122.0 m² (1,549 坪)
3. 建築面積：1,328.5 m² (402 坪)
4. 地板面積：28,706.4 m² (8,683 坪)
5. 建物高度：建物高度 99.95 m，屋突高度 9 m
6. 開挖深度：GL-13.45 m
7. 建物規模：地上 27 層 / 地下 3 層 / 屋突 2 層
8. 建物構造：RC 造 (免震構造)
9. 地下結構工法：順打工法
10. 地上結構工法：3FL 以下場鑄順打工法，3FL 以上架構式 PCa 工法
11. 外壁裝飾：耐候性塗裝、仿石塗裝、GRC 垂直飾條、水平鋁版飾條



圖 1 本工程外觀完成圖

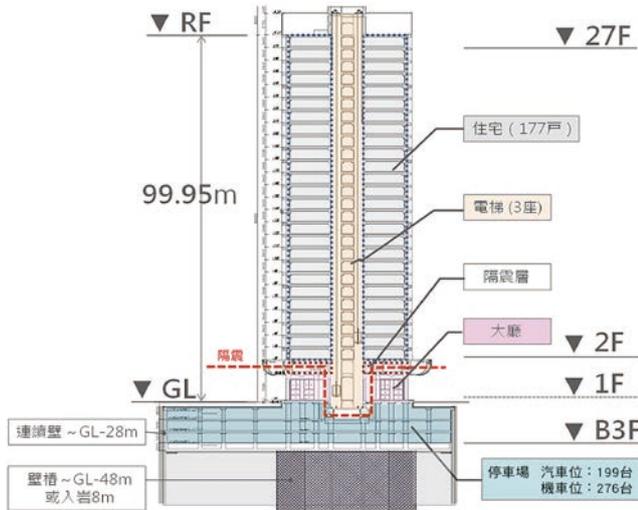


圖 2 建物內容圖

前期預鑄系統規劃重點

預鑄工程於構件製作及施工前之系統規劃極為重要，其重點為：

1. 結構系統合理：對稱、模組化、合理柱距、梁柱對心
2. 選擇適當強度：保持統一柱梁尺寸
3. 考慮施工尺寸：選用大號數鋼筋
4. 選擇合適工法：預鑄、鋼筋續接位置
5. 避免現場澆築：RC 牆確保韌性、增加施工性

本案經設計及施工團隊事前多次討論後，確認之預鑄系統規畫成果如圖 3 至圖 6。

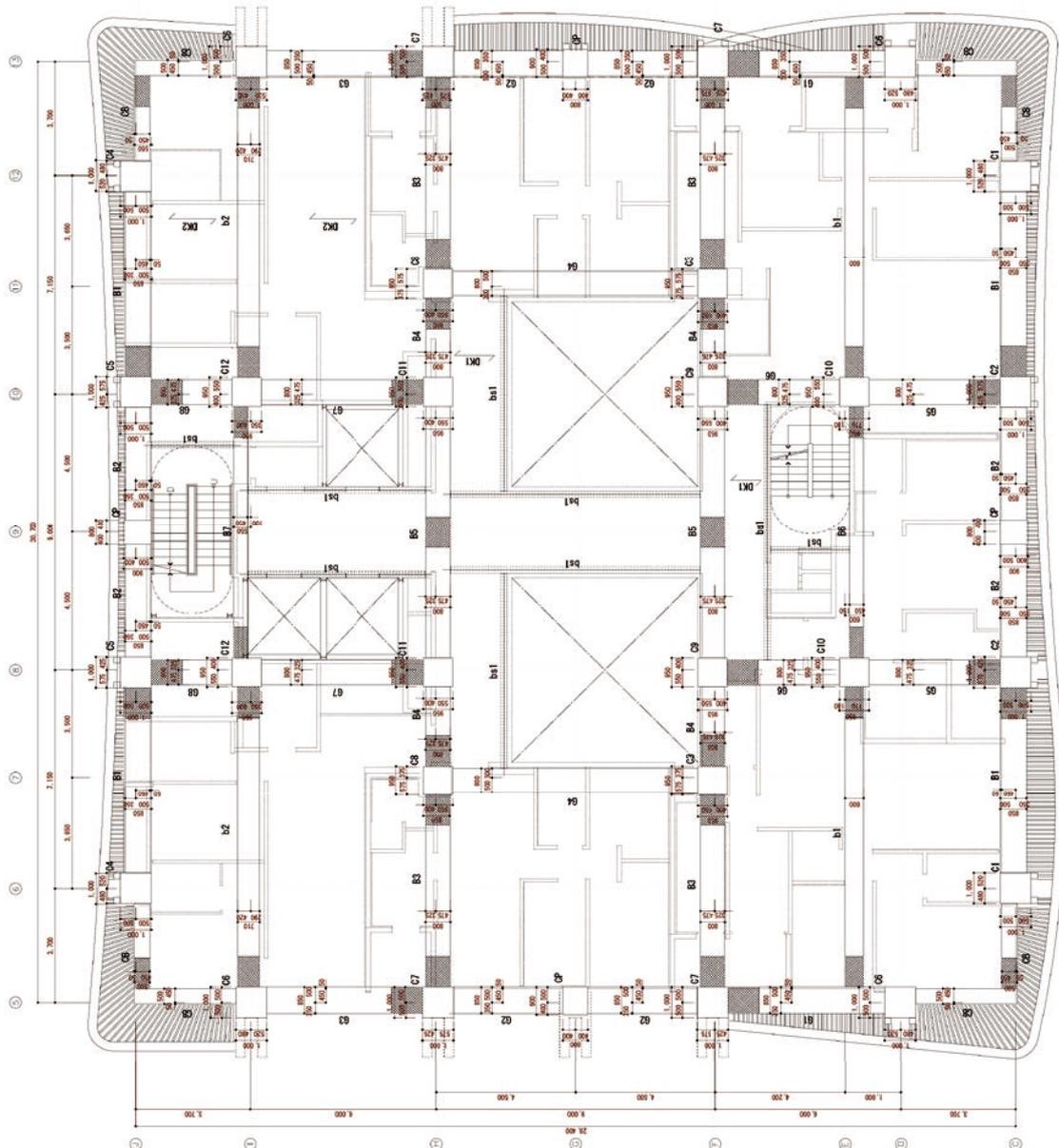


圖 3 本工程預鑄系統初始梁柱分割圖

因係國內首案，為免日後正式施工困難，本工程於構件正式量產及吊裝前，聘請日商技術人員，於預鑄廠內先行試作實體構件，並進行實尺寸構件吊裝，於過程中歷經數次反饋檢討，於正式量產及現場實際施工時過程順利，構件製作及吊裝精度均控制在 5 mm 之內，更達成 7 天一樓層之構建速度。



圖 9 預鑄廠構件試作及研討實況



圖 10 預鑄廠內實體模型吊裝研討實況



圖 11 本工程循環工期表參考圖

現場工期規劃及吊裝實況

預鑄工程於施工前，必須依據團隊施工經驗、現場工法、預鑄構件數量，塔吊等假設工程配置及規劃相關考量，研擬預鑄循環工期（吊裝起始日至灌漿日），並依據循環工期，詳細規劃各樓層施工項目，使

用機具及材料數量，排定每日各工項分時進度表，本工程初始預定循環工期為 6 日 / 循環，後因水電配管工項取消原規劃之 SI 工法，改採現地配管方式施工，故增加 1 日工期變更為 7 日 / 循環，經數樓層學習曲線後，亦達成原定 7 日循環工期之目標。圖 11 至圖 13 為本工程循環工期、每日分時進度及現場吊裝實況參考圖。

		第一天										
		07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
塔吊			置料(塔吊功率:8min/吊) (提升速率:50m/min)					PC梁安裝 (8p*30min=4hr)				
300 輪吊						堆場		PC梁調整平衡				
1F			預備吊裝配件進料					PC梁進場				
N層	JV放樣	吊裝放樣						PC梁安裝(外層牆模)				
	基準	梁位線						(8p*30min=4hr)				
		置料						梁梁連接&梁筋節移放				
		(24p*8min=3.2hr)						(4道)12min*4=1hr)				
		a.梁底支撐x2 b.柱斜撐x2 c.系統模板x2										
		d.系統模板支撐x2 e.重型支撐x4 f.測量工具腳架x1										
		g.吊裝工具鉤螺絲x1 h.砂漿灌注機具x1										
		j.施工架x5						柱頭(先)+柱底(後)封模				
		梁底支撐放置支撐位置						(16p*外圍柱頭(先)+柱底(後))*6min=3.2hr)				
		(94p*1.5min=2.4hr)										
	柱斜撐架設											
	(64p*6min=6.4hr)											
	重型支撐架組裝											
	(16p*25min=6.7hr)											
	系統底模架設+系統底模支撐位置						系統底模架設					
	(4p*6min=0.4hr)+(188p*1.2min=3.8hr)						(44p*6min=4hr)					
	外圍施工架爬升											
	6hr											
	開口部施工架爬升											
	7hr											
N-1												

圖 12 本工程每日分時進度表參考圖 (第一日)



圖 13 新式蓮根梁預鑄工法現場施工實況圖

營建自動化 / 配合預鑄循環工期引進自爬升式施工鷹架

傳統式施工鷹架，於現場組裝時需耗費大量人力及時間，以本案目標循環工期 7 日 / 循環為例，每循環第一日上午即須完成架體升層，以利下半日吊裝作業開始。以傳統鷹架組裝工率而言勢必無法達標，且傳統鷹架於組裝及拆除時，人員均須於架上高空作業，故為避免缺工狀況日趨嚴重影響樓層構築速度，

並增進工安。特參考預鑄工法大量使用之日本及中國工程現狀，引進自爬升式施工鷹架，朝營建自動化之目標大幅邁進。

其於現場地面單元組裝完成後，以塔吊吊至樓層固定，並利用電動鍊條系統爬升，每次爬升僅需 30 至 40 分鐘即可到達定位，對預鑄工程達成預定循環工期而言，不可或缺。

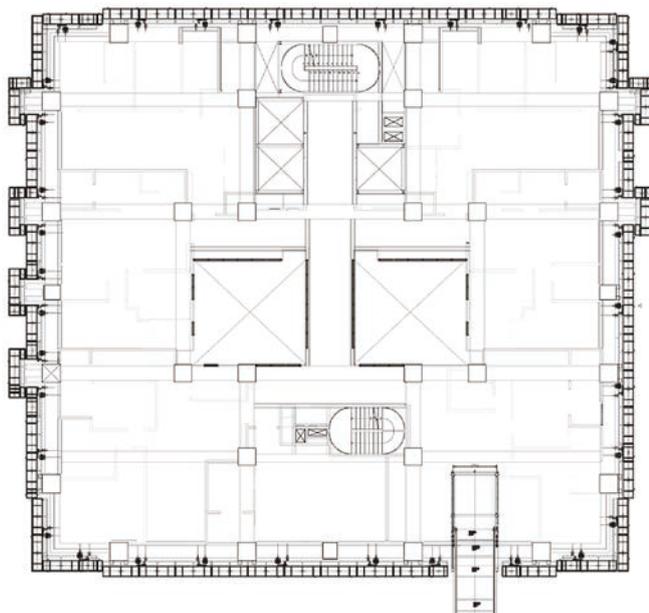


圖 14 自爬升式鷹架平剖圖



圖 15 自爬升式施工架現場使用實況



圖 16 自爬升式施工架現場組裝實況



圖 17 自爬升式施工架爬升完成實況

營建科技化 / 工程導入建築空間資訊模型 (BIM)

本工程於施工初始階段即導入 BIM 作業系統來檢討各施工界面，將傳統施工的 2D 圖面，轉為帶有資訊之 3D 模型，減少傳統建築空間整合作業上的資源浪費及盲點，以本案隔震器安裝為例，參考圖 18 至圖 22，BIM 作業系統應用如下：

1. 前期應用於隔震器碰撞檢討
2. 中期用於隔震基座鋼筋綁紮、端板、阻尼器等相關物件安裝檢討，並以檢討成果製作實體模型反饋修正。
3. 後期利用實體模型綁紮經驗製作施工工序動畫，以便現場實際施工時了解正確工序運用 BIM 系統作業結果，隔震層整體施工過程順暢並無鋼筋拆除重作狀況，隔震墊吊裝之精度亦於規範值內順利安裝並無端版修正或擴孔情形，現場實際施工狀況參考圖 23 至圖 24。

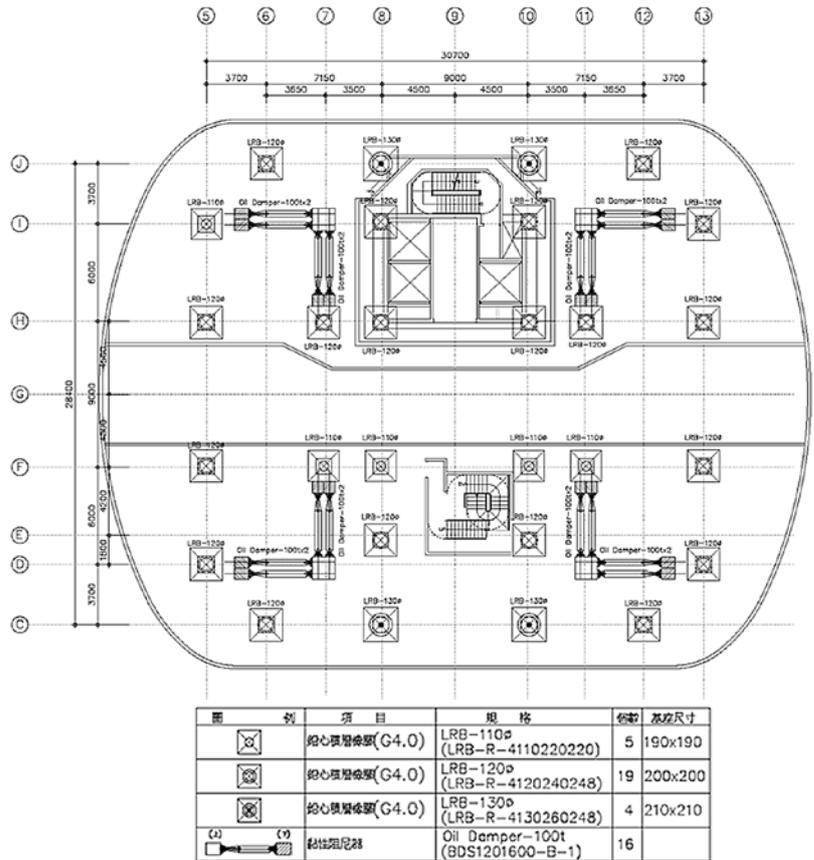


圖 18 本工程隔震器平面配置圖

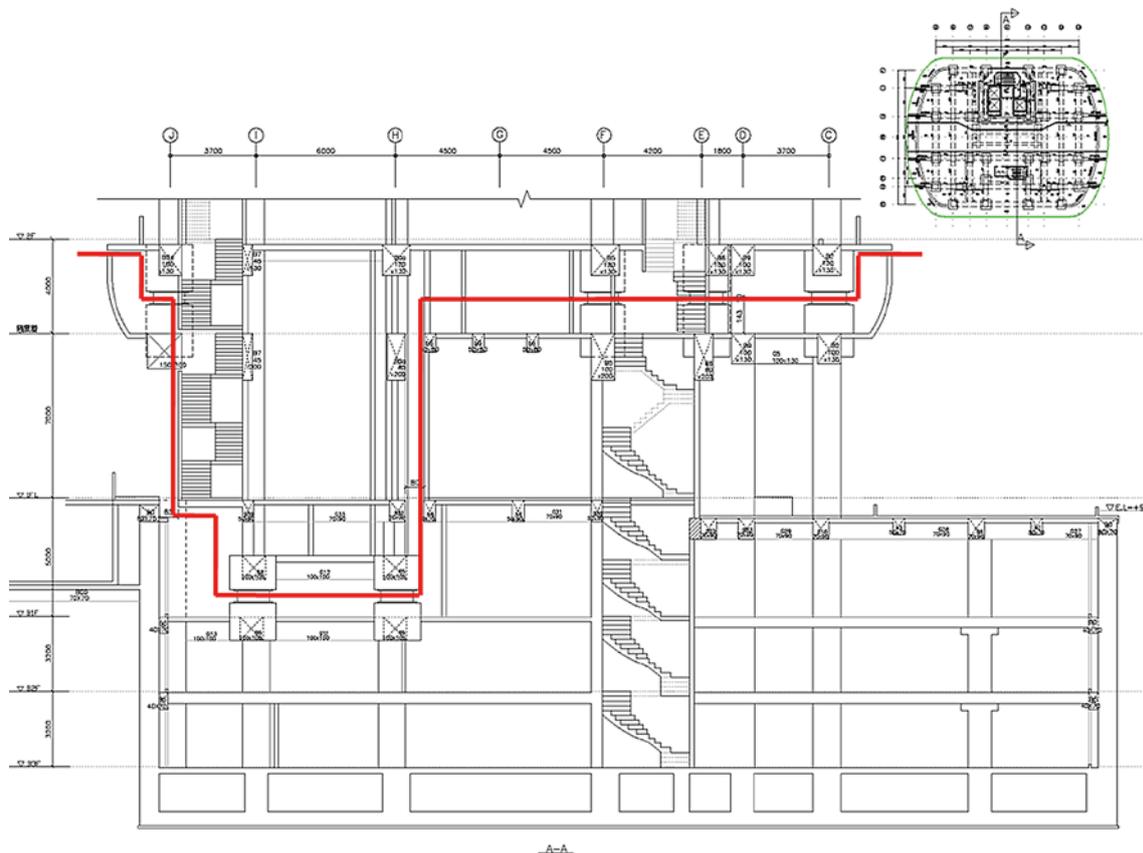


圖 19 本工程隔震層剖面圖

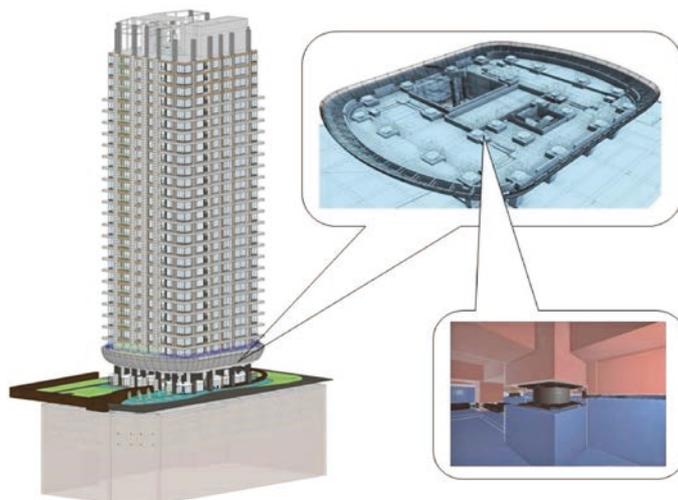


圖 20 隔震層碰撞檢討成果 (BIM)

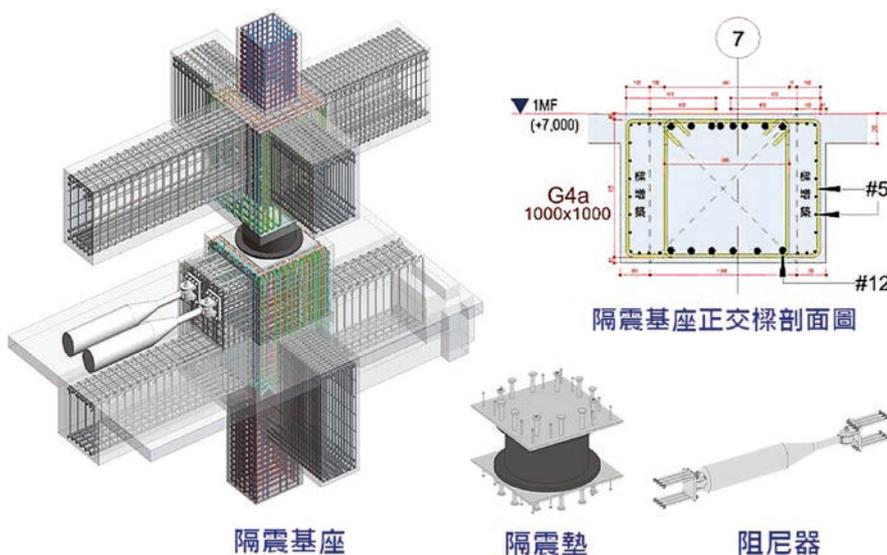


圖 21 隔震基座鋼筋及相關配置界面檢討圖 (BIM)



圖 22 隔震基座鋼筋及相關配置實體模型施作實況 (依 BIM 檢討結果製作)



圖 23 隔震基座現場施工實況圖

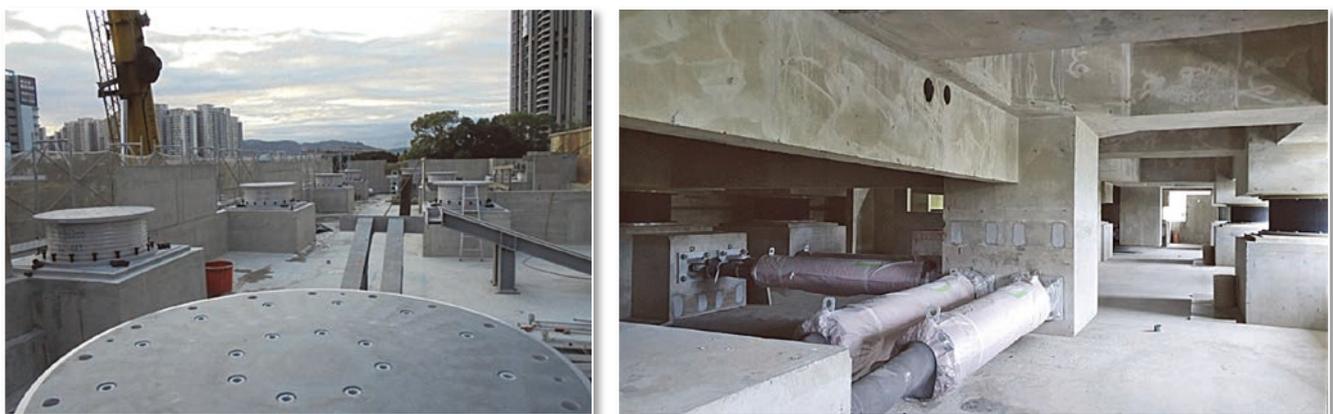
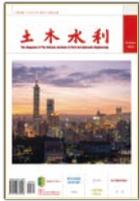


圖 24 隔震器現場吊裝及隔震層完成圖

結語

本次遠揚營造及亞利預鑄工業，結合日商鹿島建設暨中鹿營造，引進日本最新一代「雙蓮根預鑄工法」，實際應用於新北板橋區之高層隔震建築『遠揚 T-PARK 專二 B 區集合住宅大樓新建工程』，成果斐然，構件製作及吊裝精度均控制在 5 mm 之內，更達成 7 天一樓層

之構建速度，而在預鑄工法的大概念下，另於施工階段導入自動爬升式施工架及建築資訊模型（BIM）等軟硬體。亦達預期之成效，並朝向營建自動化、科技化之目標邁進。希望藉此篇施工成果簡介，拋磚引玉，為營建工業化之推展提供相關參考經驗。 



茲附上廣告式樣一則
請按下列地位刊登於貴會出版之「土木水利」雙月刊

此致
社團法人中國土木工程學會

「土木水利」雙月刊
廣告價目表

刊登位置	金額 (新台幣元)	敬請勾選
封面全頁 彩色	60,000	
內頁中間跨頁 彩色	80,000	
封底全頁 彩色	50,000	
封面裏/封底裏 全頁彩色	40,000	
內頁全頁 彩色 (直式)	30,000	
內頁半頁 彩色 (橫式)	15,000	
內頁 1/4 頁 彩色 (直式)	8,000	
折扣	3 期 9 折， 4 期以上 8.5 折	

刊登月份：

48.1 48.2 48.3 48.4 48.5 48.6 共 次
(2月) (4月) (6月) (8月) (10月) (12月)

註：稿件請提供設計完稿之廣告稿；
相片、圖片等請提供清楚原件或電腦檔。

上項廣告費計新台幣 元整

機構名稱： (請蓋公司印)
商號

負責人：

地 址：

廣告聯絡人：

電 話：

社團法人中國土木工程學會

信用卡繳納通知書

姓 名		款 別	繳納會費
會員證號碼		註：入會時請先 填入會申請 書，傳真學 會審查，我 們會立即通 知您，資格 符合時請繳 費， <u>入會費</u> <u>一人僅需繳</u> <u>交一次</u>	<input type="checkbox"/> 常年會員年費 1,200 元 <input type="checkbox"/> 初級會員年費 300 元
身分證號碼			訂閱土木水利雙月刊，一年六期
卡 別	<input type="checkbox"/> VISA <input type="checkbox"/> MASTER CARD <input type="checkbox"/> JCB		<input type="checkbox"/> 國內·個人會員 新台幣 300 元 <input type="checkbox"/> 國內·非會員及機關團體 新台幣 1,800 元 自第__卷第__期起，__年期雙月刊__份
信用卡卡號			訂閱中國土木水利工程學刊，一年八期
信 用 卡 末 三 碼			<input type="checkbox"/> 國內·個人會員 新台幣 1,600 元 <input type="checkbox"/> 國內·非會員及機關團體 新台幣 3,600 元 <input type="checkbox"/> 國外·個人 美金 80 元 <input type="checkbox"/> 國外·機關團體 美金 200 元 自第__卷第__期起__年期學刊__份
信 用 卡 有 效 期 限	(月 / 年)	白天聯絡電話	
信用卡簽名		通訊地址	
繳 費 金 額			

回覆請利用傳真：(02) 2396-4260 或 email：service@ciche.org.tw

回覆後請務必電話：(02) 2392-6325 確認，謝謝！

109 年年會圓滿成功



論文獎頒獎



獎學金頒獎



大專生組優勝



第一屆英語簡報 - 青年工程師組表現優異



學生 BIM 競賽頒獎



宋裕祺理事長頒獎



林元生主委介紹經過

工程創意競賽



謝震輝總經理頒獎



論壇一：技術服務採購合約內容之改善建議



論壇二：台灣水資源之智慧化運用
由賴建信署長主持



論壇三：2020 學生 BIM 競賽優勝發表



論壇四：公共工程安全審查與技師分級之
可行性探討 - 由張菽薇理事長引言



論壇五：2020 全國大專院校工程創意競賽
優勝發表



論壇六：第一屆土木水利盃英語簡報競賽
青年工程師組決賽



中國土木工程學會 109年榮譽榜



109年度「土木水利 工程獎章」終身成就類

得獎人：蔡益超教授



109年工程獎章於第24屆第7次理監事會中頒獎

109年度「程禹傑出工程師獎」

得獎人：黃世傑先生



高銘堂執行長頒獎

109年度當選會士



顏久榮先生



李正剛先生

109年中國土木工程學會論文獎

矩形斷面高層建築之橫風向等效靜態設計風荷載模式之研究
鄭啟明、賴子晴、王人牧、蔡明樹

基於降雨量之邊坡崩壞預警系統－以阿里山公路邊坡為例
李德河、王國榮、陳允哲、吳建宏、曾致仁

建置施工查驗照片防假防錯機制與儲存自動化系統
林逸群、曾仁杰

使用壓電水泥與機電阻抗技術監測砂漿和混凝土強度
潘煌鏗、王永德、蘇育民

多類型複合地震超結構之寬頻帶設計與分析
吳逸軒、汪向榮、張國鎮、陳東陽

2020 學生 BIM 軟體應用競賽優勝名單

第一名 祐正好遇見 BIM

國立台北科技大學土木工程系（指導老師：林祐正）
黃啟源、陳怡璇、溫雅婷、林昀茹

第二名 逢甲 BIM ㄅ一尤`叫

逢甲大學土木工程學系（指導老師：賴威昇）
陳家好、胡羽涵、許惟寒、朱脩祁

第三名 反正我有 BIM

台灣科技大學營建工程系（指導老師：謝佑明）
林妍伶、吳竺軒、洪睿呈、劉沂泓

佳作 FCUBIM2.0

逢甲大學土木工程學系、建築系（指導老師：賴威昇）
吳庭瑜、黃子綺、顏騰彬、楊詠軒

佳作 我們有 BIM 嗎？

淡江大學土木工程學系（指導老師：蔡明修）
陳思翰、孫暉、林哲寬、侯致遠

佳作 相 CIM 我會 BIM 業

中原大學土木工程學系（指導老師：連立川）
陳威達、李佑學、鄭皓中、黃發楷

109年中國土木工程學會學生獎學金

曾養甫獎學金 陳師睿、黃奕宸
家源獎學金 李仁翔
朱光彩獎學金 林冠均、吳俊緯

中國土木工程學會獎學金

王郁雯、趙家豪、陳冠儒、許詩旋、鐘舒媿、陳僊瑗
陳顥琳、官玉挺、葉承凱、李昀融、王志良、蔡璋軒
宋冠諭、溫智凱、楊旻琪、施涵軒、林庭安、薛昀瑄
廖顯益、柳信智

2020 全國大專院校工程創意競賽優勝名單

金獎 兩百不是標準篩

國立成功大學土木工程學系（指導教授：劉光晏）
廖廷睿、王郁璋、張靖敏、陳奕潔、郭頤潔

銀獎 4L

國立中央大學土木工程學系（指導教授：林志棟）
賴品蓁、梁凱雯、林昱沁、廖芷曼

銀獎 3x2=6

國立成功大學土木工程學系（指導教授：楊士賢）
董皓、楊世凡、蕭子琳、林家倫、金伯陽、馮柏元

2020 第一屆土木水利盃英語簡報競賽優勝名單

大專生組

金獎 陳冠寧
銀獎 李慈安
銅獎 周致廷
優等 吳祐閔
鄭雨昕
宋冠諭

研究生組

金獎 洪毓茹
銀獎 齊宛儒
銅獎 曾祥桓
優等 余佩萱

青年工程師組

金獎 廖雯雯
銀獎 陳柏愷
銅獎 周欣沛
優等 王孟馨
俞孟序
陳柏均
蕭軒梅