

發行人：黃世建

本期主編：林敏郎、翁元滔

發行所：財團法人國家實驗研究院

國家地震工程研究中心

地址：台北市辛亥路三段 200 號

電話：(02) 6630-0888

傳真：(02) 6630-0858

網址：<https://www.ncree.narl.org.tw>

109 年 3 月出版

81 年 3 月創刊・季刊

目錄

• 專題報導：

建築結構耐震技術研發

私有建築階段性補強計畫 1

梁主筋於內柱接頭內之直線握裹滑移研究 2

考量近斷層效應之鋼骨梁柱接合載重歷時研究 4

國家地震工程研究中心增建介紹 5

台南實驗室開幕三層樓實驗模擬與分析 7

考慮台灣既有中高樓層建物特性之耐震初步評估方法研究 8

用途混用建築物之用途係數檢討 10

• 中心活動

5D 智慧城市 SmartES 平台 11

墨西哥地震工程研討會與參訪交流 12

科技部未來科技展與資訊月活動 12

第八屆結構工程實驗進展國際研討會 13

韓國首爾大學未來領導訓練課程參訪團參訪國震中心 13

印度理工大學魯奇分校參訪與合作計畫 14

國震中心許健智副主任榮退紀念 14

• 研討會

2019 國家地震工程研究中心實驗成果研討會(II) 15

階段性補強知能講習會暨種子講師培訓 15

國家地震工程研究中心

簡訊

2020.03

第一一三期

專題報導

《建築結構耐震技術研發之一》

私有建築階段性補強計畫

台灣地理環境特殊，位處環太平洋地震帶上，島嶼受菲律賓海板塊和歐亞大陸板塊撞擊而形成，板塊錯動的能源釋放導致地震活動頻繁，當地震規模較大、震源深度較淺又或震央接近陸地時，很有可能造成建築物的毀損和人民的傷亡。自 1999 年 921 大地震後，政府積極推動「建築物實施耐震能力評估及補強方案」，針對公有建築物全面提升其耐震能力。以高中職及國中小老舊校舍耐震評估與補強為例，目前解除列管率已達 95% 以上，補強過的校舍通過 2010 年甲仙地震、2016 美濃地震、2018 年花蓮地震驗證，補強成效斐然。

然而，對私有建築物推動拆除重建或實施耐震補強卻困難重重，其因乃由於多重私人產權、擔心工程經費過高、施工期間居民安置問題等，因此不易達成共識等。但是，大地震何時會來無法預測，防災整備刻不容緩。為此，行政院於 2018 年 12 月 4 日核定「全國建築物耐震安檢暨輔導重建補強計畫」，規劃推動補助私有建築物耐震階段性補強措施，協助建物所有權人在等待整合全數區分所有權人意見進行全面性補強或拆除重建之前，提供短期緊急性之處理措施。

一、什麼是階段性補強

階段性補強乃在排除建築物軟弱層破壞，透過少許的經費，即可大幅降低建物於大地震來襲時瞬間崩塌的風險，確保生命安全。其耐震階段性補強方案，可分為 A 與 B 兩種方案(圖 1)。A 方案目標為解決軟弱層問題(軟腳蝦建築)，主要針對建築物有底層挑空、挑高的空間，施作耐震補強，施作補強範圍通常為大樓的 1、2 樓及地下室等公共空間；B 方案目標為不僅解決軟弱層問題並同時達到現行耐震設計規範標準的八成以上。不管是採用 A 方案或 B 方案，在耐震階段性補強後，長期仍須完成全面性補強或都更危老重建等作業，以確保建築結構的安全性。



圖 1 耐震階段性補強提供兩種結構補強方案

二、如何申請階段性補強與補助經費

依據「建築物結構快篩及階段性補強經費補助執行作業要點」規定，凡是非單一所有權人之私有住宅皆可以申請補助，依個案採取的補強方案(A 或 B)，以補強施作層面積計算補助金額及補助比率，補助金額最高可以達到新台幣 220 萬元，補助比

率不超過總補強費用的 45%(表 1)。若申請案件屬具潛在危險疑慮建築物，經執行機關審查同意者，補助上限得提高為「新臺幣 220 萬元，並以不超過總補強費用 85%為限」。

表 1 耐震階段性補強之補助金額與比率

類型	施作層面積	補助金額及補助比率
階段性補強 A	未滿 500 m ²	補助上限為新臺幣 110 萬元，並以不超過總補強費用 45%為限。
	500 m ² 以上	基本補助上限新臺幣 110 萬元，每增加 50 m ² 部分，補助增加新臺幣 10 萬元，不足 50 m ² 者，以 50 m ² 計算。補助上限不超過新臺幣 220 萬元，並以不超過總補強費用 45%為限。
階段性補強 B	不限	補助上限為新臺幣 220 萬元，並以不超過總補強費用 45%為限。



圖 2 耐震階段性補強實際案例

本計畫專案辦公室可提供民眾申請免費到社區辦理說明會之服務，相關訊息與各項活動報名資訊，皆可參閱私有建築物耐震階段性補強資訊網(<http://privatebuilding.ncree.org.tw/>)。

四、結語

公有建築物自民國 89 年開始實施評估與補強方案以來，確實成效卓越。反觀私有建築物因產權問題、補強工程經費龐大、住戶意願不高，仍待努力推動。為避免美濃地震、花蓮地震中的憾事重演，國人實應積極面對老舊建築物耐震能力不足的問題，透過防災教育凝聚共識，立法促進實施評估補強，促使耐震化的建築物有優化識別認證，逐步達成耐震安全、永續家園的目標。

專案助理技術師 林筱菁
專案助理研究員 宋嘉誠
副研究員 邱聰智

《建築結構耐震技術研發之二》

梁主筋於內柱接頭內之直線握裹滑移研究

因應高樓建築之發展趨勢，使用高強度鋼筋可助於鋼筋用量之縮減，進而改善鋼筋壅塞所造成之不良施工品質，然而在欠缺採用超過 SD 420W 等級鋼筋的結構試驗佐證下，現行混凝土結構設計規範之耐震設計規定鋼筋僅允許使用至 SD 420W 等級。美國 ACI 318 規範於 2019 年的修訂中，將特殊抗彎構架系統之鋼筋使用強度 f_y 放寬至 550 MPa，其中梁鋼筋埋置梁柱接頭之直線握裹長度(即柱構件深度)，由 f_y 為 420 MPa 的 20 倍鋼筋直徑放大至 26 倍鋼筋直徑，但未考量混凝土強度之貢獻，此與鋼筋混凝土的握裹原理有所出入。為釐清梁筋貫穿梁柱接頭之直線握裹需求長度。本研究共進行六組實尺寸 RC 內柱梁柱接頭試驗，根據不同柱構件深度的試驗結果，提出最小柱深建議式。

一、試驗規劃

本研究的行六組梁柱接頭試體中，設計參數包括：梁主筋直徑，採用#8 (D25)與#10 (D32)、鋼筋規格，採用 SD 420W 與 SD 550W、混凝土強度，採用 42 與 70 MPa、與柱深，以美國 ACI 318-19 規範的建議與過去鋼筋反覆載重握裹性能的研究成果，採用 20 倍、26 倍及 34 倍鋼筋直徑，詳細試體尺寸與設計參數詳表 1。

抗彎構架系統在水平力作用下，典型樓層之變形反曲點約發

生在梁跨與柱高中點，故進行內柱梁柱接頭試驗時，一般取自構架中梁、柱構件中間點間之十字型接頭作為試體，接頭試驗裝置配置如圖 1 所示。試驗時於柱端施加 $0.075Agfc'$ 的固定軸力，於水平向維持零位移；在梁端施加以梁構件層間位移角為基準的垂直反復位移，其層間尖峰位移角分別為 0.25%、0.375%、0.5%、0.75%、1%、1.5%、2%、3%、4%、6%及 8%弧度，且各層間尖峰位移角均重複試驗三圈，如圖 2 所示。

表 1 接頭試體設計參數表

Spec.	f_y (MPa)	f'_c (MPa)	Beam Bars		Column ($b \times h$) (mm)	Column Depth (d_b)	V_{jn}/V_{jn}	$\Sigma M_{nc}/$
			Top	Bot.				ΣM_{nb}
J11	420	42	2-D32	2-D32	650×650	20	0.698	1.94
J12			2-D25	2-D25				2.14
J13	4-D25		4-D25	2.22				
J14	420		3-D32	3-D32	500×850	26	0.641	2.91
J15	550		70	4-D25				4-D25
J16		650×650			26	0.539	2.42	

註： f_y 為梁筋降伏強度(MPa)； f_c' 為混凝土抗壓強度(MPa)； b 為構件垂直受剪方向尺度(mm)； h 為構件平行受剪方向尺度(mm)； d_b 為鋼筋直徑； V_{ju} 為接頭剪力需求； V_{jn} 為接頭剪力容量； $\Sigma M_{nc}/\Sigma M_{nb}$ 為柱與梁構件撓曲強度比值。

二、試驗結果與分析

各試體梁構件之彎矩強度與層間位移角關係如圖 3 所示。對於梁主筋採用 SD 420W 鋼筋之試體 JI1、JI2 及 JI4，柱深為 26db (db 為鋼筋直徑) 之試體 JI4，其強度與變形之遲滯行為均優於柱深為 20db 之試體 JI1 與 JI2。在層間尖峰位移角 4% 弧度迴圈的卸載勁度表現，試體 JI1 與 JI2 已明顯平緩，顯示梁主筋已發生滑移，試體 JI4 之卸載勁度較佳，26db 倍的柱深能延遲梁主筋於接頭區發生握裹滑移，充分發揮梁端塑鉸彎矩。針對梁主筋採用 SD 550W 鋼筋之試體 JI3、JI5 及 JI6，其中柱深 34db 混凝土強度 42 MPa 之試體 JI5 與柱深為 26db 混凝土強度提升為 70 MPa 之試體 JI6，其強度與變形之遲滯行為明顯優於柱深為 26db 之試體 JI3 (混凝土強度為 42 MPa)，且試體 JI5 與 JI6 在層間尖峰位移角 4% 弧度之卸載勁度較試體 JI3 佳，證實柱深與接頭區混凝土強度的提升，能有效延遲梁主筋於接頭交會區發生握裹滑移。

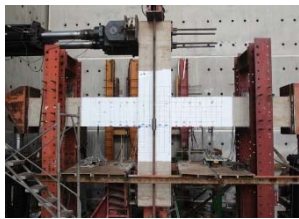


圖 1 梁柱接頭試驗裝置圖

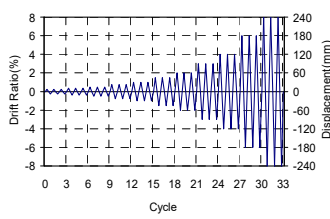


圖 2 試驗載重歷時圖

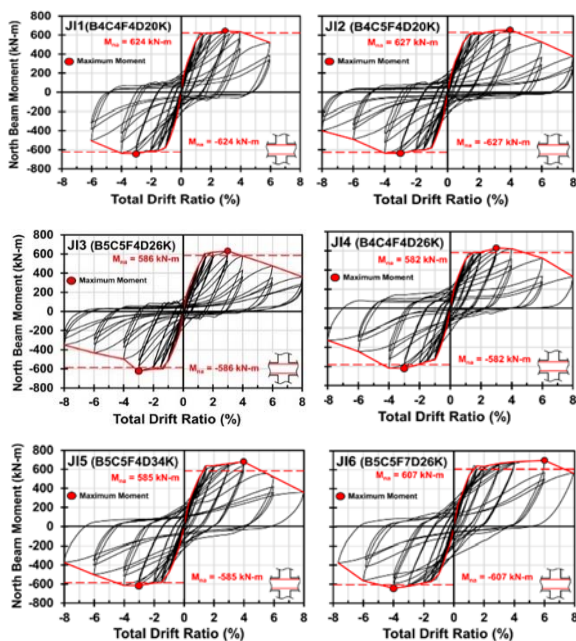


圖 3 梁端彎矩強度與層間位移角關係圖

由試體整體混凝土破壞情形 (如圖 4) 發現，梁主筋採用 SD 420W 且接頭柱深為 20db 之試體 JI1 與 JI2，其梁柱交界面之混凝土因僅發生局部擠壓剝落現象，但梁構件並無顯著之塑鉸區域形成，此混凝土破裂形式亦可驗證，梁主筋於接頭區內發生滑移前梁塑鉸尚未完全發展；而接頭柱深 26db 之試體 JI4，其梁構件接近端部範圍內混凝土發生較顯著的裂縫與壓碎。梁主筋採用 SD 550W 且接頭柱深為 26db 之試體 JI3，亦僅於梁柱交界混凝土發生局部壓碎剝落現象，梁構件未發展顯著塑鉸區域，其破壞形式與試體 JI1 與 JI2 相似；對於柱深 34db 混凝土強度 42 MPa 與柱深 26db 混凝土強度 70 MPa 之試體 JI5 與 JI6，梁構件端部發展顯著塑鉸。

三、梁筋滑移探討

一般而言，內柱梁柱接頭中梁主筋的滑移，可由整體受力變形迴圈中在零位移附近的勁度評估其程度，本研究定義層間位移角 4% 弧度最後一迴圈 (本研究為第三圈) 之正負向 0.35% 弧度間的割線勁度 K_b 為一梁主筋滑移指標，可由各組試體間 K_b 值比值 R_{Kb} 比較梁主筋於接頭區的握裹性能的差異。圖 5 顯示，梁主筋採用 SD 550W 鋼筋之試體 JI3、JI5 與 JI6 中，試體 JI3 與 JI5 及試體 JI3 與 JI6 的 R_{Kb} 分別為 0.16 與 0.12，此顯示，在層間位移角 4% 弧度的迴圈下，試體 JI6 的握裹滑移抵抗較試體 JI5 佳。

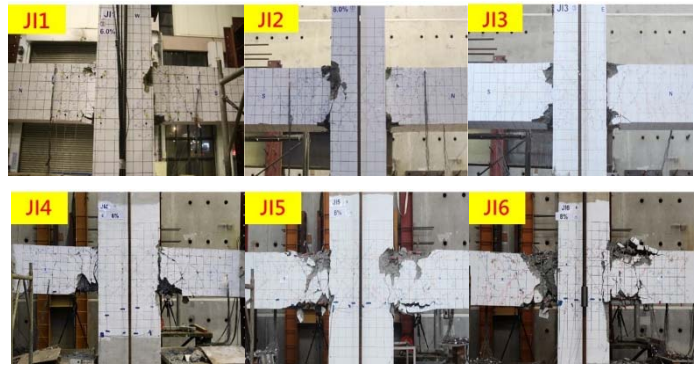


圖 4 接頭試體之破壞情形圖

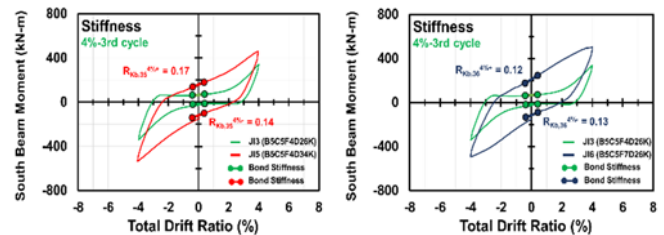


圖 5 接頭試體之梁筋握裹勁度比較圖

四、最小柱深建議式

前期研究提出一梁主筋在梁柱接頭區內受反覆載重下的柱深建議公式，此公式參數包括混凝土強度 f'_c 、軸力效應 α_p 、鋼筋拉力超額強度 α_o 及鋼筋壓力發展係數 β ，如式(1)所示。

$$\alpha_p = 1 + 0.8 \frac{N}{A_g f'_c}, \quad u_{ultimate} = 1.08 \alpha_p \sqrt{f'_c} \quad (1)$$

$$h_c \geq (\alpha_o + \beta) A_s f_y / \left(u_{ultimate} \pi d_b \right)$$

式中， $u_{ultimate}$ 為考量反覆載重效應之鋼筋極限握裹強度 (MPa)， N 為軸壓力 (N)， A_g 為構件斷面積 (mm^2)， A_s 為鋼筋斷面積 (mm^2)， f_y 為鋼筋降伏強度。本研究成果驗證依此公式求得柱深的有效性。

五、結語

梁筋採用 SD 420W 與 SD 550W 之接頭試體 JI1、JI2 及 JI4，在設計混凝土強度為 42 MPa 且柱深分別採用 ACI 318-19 規範建議之 20db 與 26db 條件下，其梁筋約於層間位移角 2% 至 3% 即發生握裹滑移；然而，以增加柱深或提高接頭區混凝土強度之試體 JI3、JI5 及 JI6，其梁主筋握裹滑移現象均能有效地延緩至層間位移角 4% 弧度後，使其梁構件能充分發展塑鉸強度。

專案助理研究員 紀凱爾

研究員 林克強

考量近斷層效應之鋼骨梁柱接合載重歷時研究

台灣地處環太平洋地震帶上，且斷層遍佈東西部平原，約三分之一人口居住於近斷層 10 公里範圍內，因此建築物的近斷層效應為國內地震工程研究亟待解決的重要課題。過去台灣因地質調查資料缺乏，對於斷層位置與分佈並不清楚，故建築物設計時並無考慮近斷層效應的特性。內政部營建署分別於 2005 年與 2011 年頒布之「建築物耐震設計規範與解說」中，針對中央地質調查所於 2000 年與 2010 年所公佈之第一類活動斷層特別訂定考量近斷層效應的規定，該規定是以放大斷層所影響範圍工址的加速度方式考量，藉此手段放大建築物的設計地震力需求。

抗彎構架結構系統主要是藉由梁端撓曲塑鉸之非彈性變形提供系統之韌性容量，其抗彎構架之梁柱接合必須確保能提供必要的變形能力。過去台灣工程界採用試驗方法進行鋼造梁柱接合性能評估時，普遍採用 AISC 341 自 2002 年(AISC, 2002)版起規定之載重歷時進行試驗，至 2016 年版(AISC, 2016)仍沿用相同的規定，該載重歷時屬於遠域(far field)型載重歷時，如圖 1 所示，此位移歷時是由逐漸增大的往復層間位移角且無殘留位移組成。然而，結構中梁柱接合須提供多大的變形需求，應視結構所在位置的地震危害度而定。由於近斷層地震之地表振動特性具有高速度與大相對對位特性，故其載重歷時特性應與前述遠域型的載重位移歷時時不同，該載重歷時應與地震設計需求有關，應屬與工址地震設計反應譜相關的特定載重歷時。

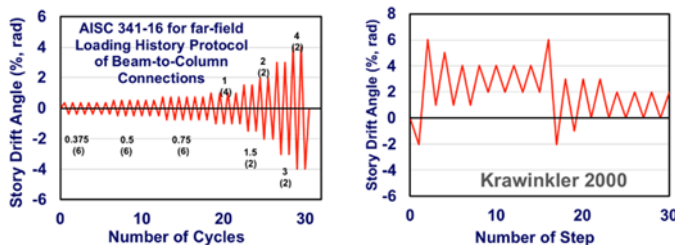


圖 1 AISC 341-16 遠域地震之鋼骨梁柱接合載重歷時



圖 2 Krawinkler 含近斷層效應之鋼骨梁柱接合載重歷時

一、前言

學者 Krawinkler 於 2000 年除了提出遠域地震效應的鋼骨梁柱接合試驗用載重歷時外(如圖 1)(即 AISC 341 規定的梁柱接合試驗載重歷時)，亦提出一適用於近斷層效應之鋼骨梁柱接合載重歷時建議(Krawinkler, 2000)，如圖 2 所示，但該文獻中並未提及符合之設計地震力需求為何。

依據 ASCE7-16 (ASCE, 2016)之規定，進行結構非彈性動力歷時分析 (inelastic dynamic time-history analysis) 時，其地震加速度歷時紀錄是根據結構的基本振動週期、目標的設計加速度譜進行調整，其調整方法可採用加速度譜相符法(Spectral Matching)(以下簡稱相符法)與加速度振幅縮放法(Amplitude Scaling)(以下簡稱縮放法)。ASCE7-16 亦規定，進行非線性動力歷時分析時，需至少 11 組地震加速度歷時紀錄，同時若工只需考量近斷層效應時，地震加速度歷時不可採用與設計加速度反應譜相符 (matching) 的方法調整。

本研究之目的是在建立符合台灣現行地震力設計需求，並考量近斷層效應之鋼骨梁柱接合試驗載重歷時，進行結構非線性動力歷時分析的近斷層地震紀錄，其脈衝速度均大於 300 mm/s 者。

二、梁柱接合含近斷層效應之試驗載重歷時建立

本研究進行分析之結構模型為一 15 層鋼結構抗彎構架系統建築，一樓為 5.1 公尺其餘樓層皆為 3.4 公尺，樓高共 52.7 公尺，工址假設座落於花蓮地區考量最大近斷層效應之工址。依據 ASCE 7 有關地震加速度紀錄的調整規定，結構模型在進行非線性動力歷時分析時，其地震加速度紀錄的調整，需符合結構物工址的目標設計加速度反應譜 (target design acceleration spectrum)。本研究所考慮之地震等級包括在使用年限 50 年中超越機率分別為 10%(475 年回歸期)之設計地震與 2%(2500 年回歸期)之最大考量地震。

因台灣發生規模超過 6.5 且有紀錄的地震資料仍較有限，同時為獲得較客觀的試驗載重歷時，因此採用 PEER 強震資料庫的近斷層紀錄，選取與斷層方向正交的加速度歷時。本研究共取 34 組測站的地震紀錄，直接採用縮放法進行地震加速度歷時紀錄調整。回歸期 475 年及 2500 年地震之目標與各地震紀錄調整後加速度反應譜分別繪於圖 3 與圖 4 中。

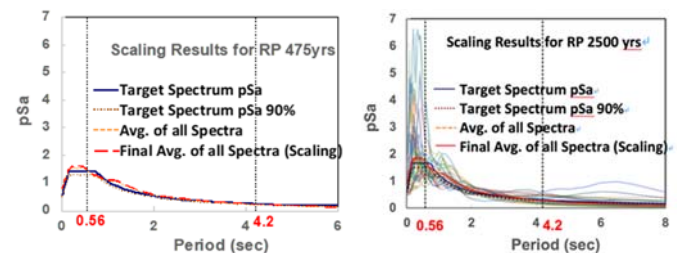


圖 3 回歸期 475 年地震之目標與各地震紀錄調整後加速度反應譜

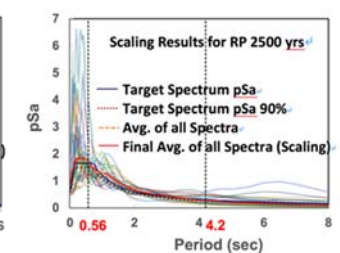


圖 4 回歸期 2500 年地震之目標與各地震紀錄調整後加速度反應譜

本研究採用國家地震研究中心(NCREE)開發的結構非線性分析軟體 PISA3D，進行 34 組地震加速度歷時紀錄，且符合回歸期 475 年與 2500 年目標反應譜的非線性動力歷時分析。在結構非線性動力歷時分析結果中，主要以樓層位移角為標的，選取在地震歷時過程中發生最大樓層位移角之樓層，以該樓層之樓層位移角歷時作為建立試驗載重歷時的基礎。由非線性動力歷時分析所獲得最大變形樓層的層間位移角歷時結果進行下列步驟，以建立鋼骨梁柱接合的試驗載重歷時分佈。

1. 將該樓層之層間位移角歷時以 rainflow 方法擷取歷時峰值，將水平之時間軸轉為步數軸。
2. 選取前述步驟各組擷取峰值後之層間位移角分佈圖的最大脈衝位移角 $\delta\theta_{max}$ ，並將 $\delta\theta_{max}$ 皆轉至正方向。
3. 全部的層間位移角分佈以最大脈衝層間位移角 $\delta\theta_{max}$ 對齊，並刪除 $\delta\theta_{max}$ 前未達 8 成資料點的步數，並計算各組位移角分佈的累積層間位移角 $\sum\delta\theta_i$ 、平均值 $(\sum\delta\theta_i)_{avg}$ 與標準差 σ 。
4. 計算各步數點所有層間位移角的平均值 $\delta\theta_{avg}$ 與標準偏差值 σ 。

- 層間位移角分佈的長度以累積層間位移角分佈平均值($\Sigma\delta\theta_i$)_{avg}加一倍標準差為歷時長度的擷取目標。
- 考慮梁柱接合試體的負向受力行為，在前一步驟的分佈結束點後以 X 軸鏡射反向加載。

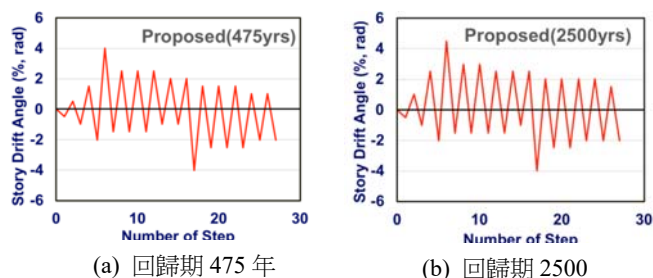


圖 5 本研究建議的梁柱接合層間位移角靜態試驗載重歷時圖

三、分析結果

本研究針對鋼造建築構件在考慮近斷層效應下，並依台灣建築物耐震設計規範規定之回歸期 475 年與 2500 年考慮最大近斷層效應之目標加速度反應譜，提出梁柱接合(或子結構)靜態試驗載重歷時的建議，如圖 5 所示，取累積層間位移角 $\Sigma\delta\theta_i$ 與累積塑性層間位移角 $\Sigma\delta\theta_{pi}$ 為評估指標，與 Krawinkler 教授於 2000 年建議之近斷層及 AISC 341-16 (AISC, 2016)之一般遠域地震的靜態試驗位移載重歷時達 4%時進行比較。此四種位移載重歷時的累積層間位移角 $\Sigma\delta\theta_i$ 與累積塑性層間位移角 $\Sigma\delta\theta_{pi}$ 的比較如圖 6 所示。

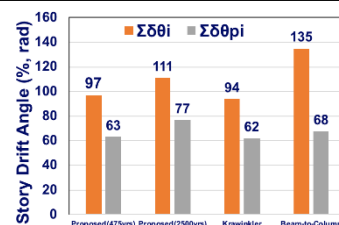


圖 6 本研究建議、Krawinkler 2000 與 AISC-341-16 達 4%弧度之梁柱接合載重歷時的累積層間位移角與累積塑性層間位移角比較

四、結語

在考量近斷層效應時，儘管在累積層間位移角 $\Sigma\delta\theta_i$ 與累積塑性層間位移角 $\Sigma\delta\theta_{pi}$ 的評估上，本文所建議回歸期 475 年與 2500 年的試驗載重歷時均約較 Krawinkler 2000 者嚴格，但在考慮因脈衝所引致的層間位移角最大差值分別為 6%與 6.5%弧度，均較遠域地震之 AISC 341-16 者達 4%弧度時與 Krawinkler 2000 者的 8%弧度小。本研究顯示，本文所討論的四種梁柱接合靜態試驗載重歷時，以累積層間位移角 $\Sigma\delta\theta_i$ 、累積塑性層間位移角 $\Sigma\delta\theta_{pi}$ 與脈衝所引致的層間位移角最大差值三種指標評估，其結果各有差異，因此可進行實尺寸梁柱接合試驗，確認梁柱接合試體受此三種參數的影響程度。

助理研究員 莊勝智

研究員 林克強

《建築結構耐震技術研發之四》

國家地震工程研究中心增建介紹

國家地震工程研究中心(以下簡稱國震中心)歷經多年籌建，於 1998 年落成啟用。自成立以來，國震中心以進行大尺寸之結構及材料試驗居多，為最大特色，然而隨著國內產官學界對於地震工程研究之需求日益增加，國震中心實驗室之空間及設備已感不敷使用。因此，國家實驗研究院與國立臺灣大學為進行長期密切合作，整合運用雙方地震工程方面之研究資源與人力，共同營造優勢之研究環境，吸引與培育地震工程方面之資優學生與研究人員，以提升國內地震工程研究水準，協議將國震中心原有空間進行增建工程，以爭取更大之實驗空間與容量，以提昇地震工程之研究能量。

增建工程由創緯工程顧問公司負責耐震評估與補強設計，潤泰集團負責建築規劃設計、監造與施工。專業團隊規劃於國震中心原有六層樓鋼筋混凝土結構向上擴建，上方設計以七層樓鋼結構進行接合，新舊兩種結構材料之銜接與轉換，無論在設計與施工技術均具挑戰性。因應目前最新消防法規，移除舊有之電梯與逃生梯等服務核心，而從原有之方型建築物向外突出增設新服務核，也同時將室內空間作更優質的重整運用(圖 1)。

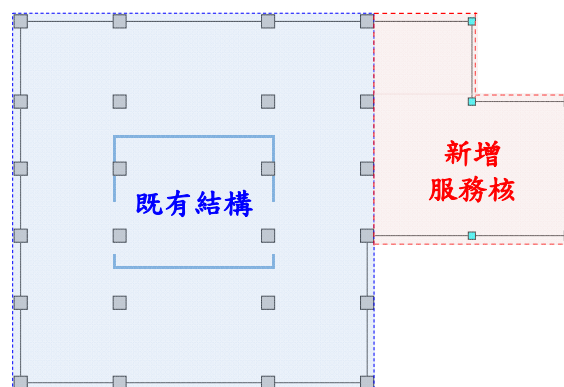


圖 1 既有空間與新增服務核

另一方面，九二一集集地震後大幅提高耐震設計之要求，此次增建工程須符合相關法規。經過專業團隊評估分析後，認為必須進行結構補強工作，針對平行與垂直辛亥路方向之原有牆體以增厚方式進行補強，圖 2 之藍色線條為原有牆體，紅色線條為新增牆體。除此之外，地梁與基樁等處亦一併處理。考量新增服務核使得整體結構較為不規格，為改善可能引起之扭轉問題，設計團隊於新設服務核之適當位置，安裝國震中心研發之挫屈束制斜撐與鋼板阻尼器(耐震間柱)，如圖 2。建築規劃團隊展現其巧思，

將耐震間柱隱藏於遮光板後方，減少外觀突兀產生之不協調現象，如圖 3。

由於七樓位置為新舊結構體接合處，此處之設計與施工更應細心處理。配合整體建築之外觀設計及耐震設計，選擇於七樓之結構轉換層及上方樓層角隅處之適當位置，設置速度型遲滯阻尼器，如圖 4。

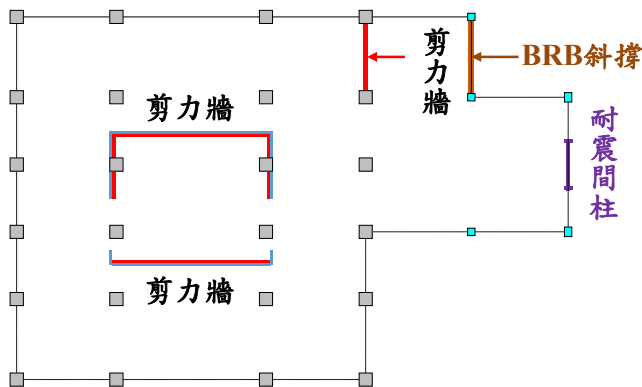


圖 2 結構補強示意圖

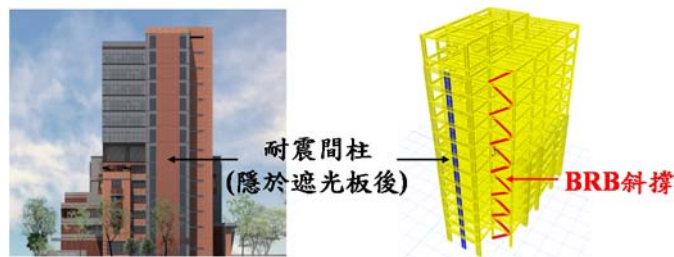


圖 3 挫曲束制斜撐與耐震間柱

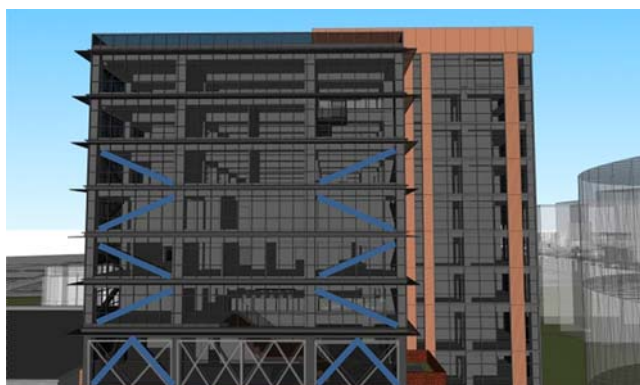


圖 4 轉換層與上方樓層之消能裝置（圖片來源：潤泰集團）

圖 5 為增建後之空間規劃，一樓原有會議室擴建為 150 人國際會議廳，可有效推動國際研討交流。七樓之展示樓層，可做為新創技術發表與產品展示，兼具科普與育才功能；八樓設置會議研討專區，持續服務產學研界並共同制定規範，提供相關領域專家聚集研討與培育人才的優質場所；九至十樓設置國震中心專案計畫辦公區，有利配合政府政策及各界需求拓展重要專案計畫，亦有益於國土安全與社會民生，成為地震工程領域之交流樞紐與國際重鎮。十一至十三樓則由臺灣大學土木工程系整體運用，發

展 AI 防災研究及多元專業學術與產學合作研究。十三樓之 AI 研究中心與七樓之大數據資訊機房，將與產學研合作投入 AI 人工智慧應用在災害防制，發展 AI 智慧城市暨國際交流。

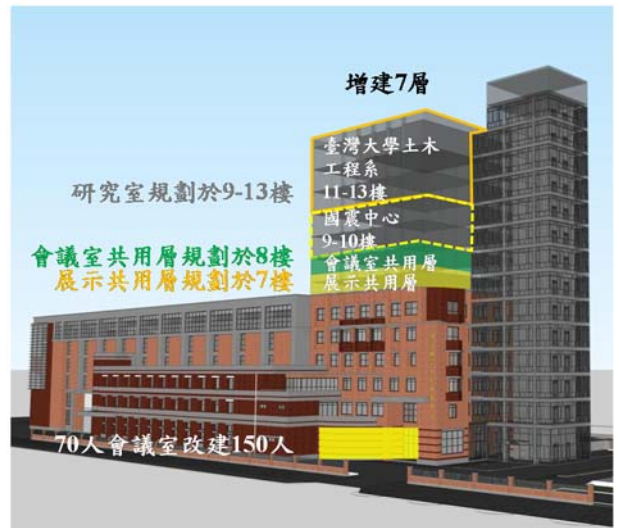


圖 5 空間規劃

此次增建工程運用前述三種結構制震元件，藉以有效提升整體建築結構的耐震能力。另外，在非結構耐震方面，已規劃在重要區域設置耐震天花板、以及在資訊機房設置隔震高架地板。運用多元之國震中心耐震創新技術，期使增建後之國震中心成為國內制震建築之亮眼標的物(圖 6)。增建工程於 2019 年 3 月展開建築物規劃與結構設計，在各界齊心努力之下，已於 2019 年 10 月 23 日舉行開工動土典禮，由國立臺灣大學管中閔校長親自主持，臺灣大學、潤泰集團、國家實驗研究院及國震中心等多位貴賓蒞臨，共同祝福增建工程順利進行。



圖 6 增建後之國震中心外觀示意圖（圖片來源：潤泰集團）

研究員 蕭輔沛
助理研究員 沈文成、翁樸文
專案佐理研究員 蔡仁傑

台南實驗室開幕三層樓實驗模擬與分析

國家地震工程研究中心(以下簡稱為國震中心)台南實驗室於開幕日進行了一棟三層樓鋼筋混凝土(RC)試體的振動台實驗(圖1)。由於該試體一樓挑高且僅在三樓兩側加設 RC 牆,故該試體為立面不規則建築。除了遠域地震外,近斷層地震亦施加於該試體。本研究首先建立該三層樓建築的數值模型,比較數值分析結果與實驗結果,顯示此一數值模型可以有效模擬此一三層樓建築的受震反應。接著以此一數值模型來探討兩個問題:RC 構件的有效斷面剛度與近斷層地震的效應。研究結果顯示,當採用一般的方式來設定 RC 構件的有效斷面剛度時,其估算的最大層間位移角的誤差值會比採用此一經過驗證的數值模型進行估算所產生的誤差值大兩倍以上。本研究分別以一個遠域地震記錄 CHY047 及一個近斷層地震記錄 TCU052 對此一三層樓 RC 建築進行增量式動力分析(IDA)。根據 IDA 分析所得到的此三層樓建築倒塌的初始地表運動強度,近斷層地震記錄 TCU052 明顯的較遠域地震記錄 CHY047 會對此三層樓建築造成更大的威脅。此一研究亦清楚地識別出所選用的近斷層地震記錄 TCU052 對於此一建築倒塌的作用與特徵。當此三層樓建築受到放大的近斷層地震記錄 TCU052 作用而倒塌時,會產生具有雙側尖峰的位移反應特徵。而當此三層樓建築受到放大的遠域地震記錄 CHY047 作用而倒塌時,其位移反應沒有此一特徵。



圖 1 (a) 國震中心台南實驗室 (b) 8 m × 8 m 振動台與三層樓鋼筋混凝土試體(白色部分)

數值模擬與分析

圖 2a 為數值模型,圖 2b 為用於梁的雙線性材料模型,而用於柱的劣化材料模型使用三個參數 S_1 、 S_2 與 S_3 (圖 2c)來分別訂定勁度衰減、強度衰減、與束縮的遲滯規則。背骨曲線(圖 2d)則被用來決定雙線性材料模型與劣化材料模型中所使用的楊氏模數 E 值、降伏強度 F_y 值、與降伏後勁度比 值。圖 3a 與三 b 分別為試體在 CHY047 地震作用下的屋頂位移與加速度歷時,並且將模擬的結果與試驗結果相比較。同樣地,圖 3c 與三 d 分別為試體在 TCU052 地震作用下的屋頂位移與加速度歷時。由分析結果與實驗結果二者相位的一致性(圖 3),顯示由數值模型所得到的試體基本振動周期 0.395 秒是相當的準確。

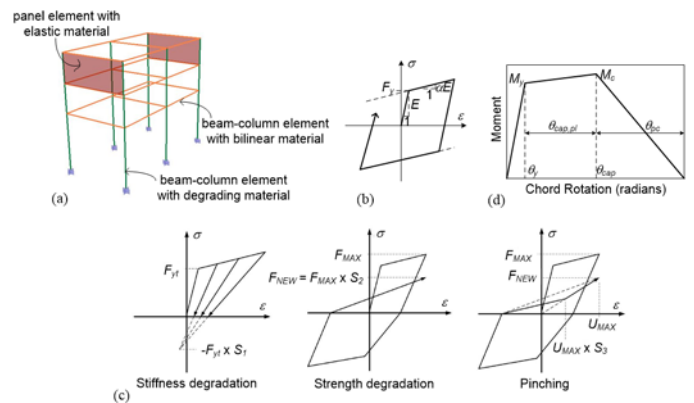


圖 2 (a) 數值模型 (b) 雙線性材料模型 (c) 劣化材料模型 (d) 背骨曲線示意圖

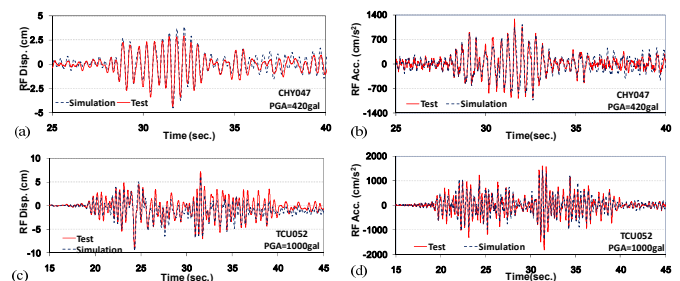


圖 3 試體在 CHY047 地震作用下的 (a) 屋頂位移與 (b) 屋頂加速度; 試體在 TCU052 地震作用下的 (c) 屋頂位移與 (d) 屋頂加速度

圖 4a 與圖 4b 皆顯示:與二樓及三樓相比較,當強度指標(即對應於基本振動周期 T_1 的 5% 阻尼比的加速度譜值 $S_a(T_1, 5\%)$)增加,一樓層間位移角的增量最巨。這表示試體變形集中於軟弱的一樓,數值模型合理顯示此三層樓建築的崩塌機構最終發生於一樓。

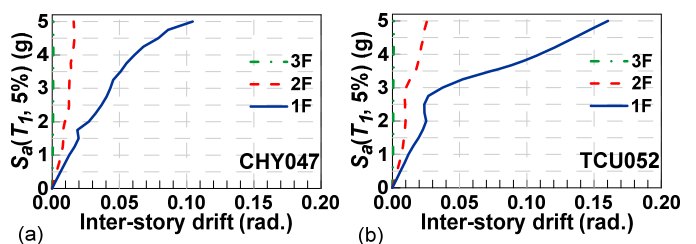


圖 4 (a) CHY047 地震與 (b) TCU052 地震作用下試體各樓層的最大層間位移角的 IDA 曲線

研究員 林瑞良、蕭輔沛

副研究員 翁元滔、趙書賢

助理研究員 沈文成、翁樸文、李翼安

佐理研究員 陳雯惠

考慮台灣既有中高樓層建物特性之耐震初步評估方法研究

一、前言

在 0206 美濃地震之建築物震害調查結果發現：中高樓層建築物常因其商業用途及使用機能所需，其結構特性常產生力傳遞路徑不良、贅餘度不足、底層軟弱、結構不規則效應過大及非韌性配筋等問題，以致易產生震損甚至倒塌造成大量人命傷亡。然而對於台灣習見之中高樓層住商混合建物，因其底層常有挑高或挑空，導致底層軟弱而使其震害風險甚高，且又常因其產權複雜、所有權人間不易達成共識，或有因現況與工程技術以外之因素而無法完成整體評估及補強作業之情況，故台灣目前急需發展能適切考慮既有中高樓層建物特性之耐震初步評估或簡易評估程序。在此所謂的耐震初步評估程序意即不需材料、配筋、強度等資訊，僅需利用結構尺寸、樓層高度、樓地板面積等即可快速篩檢建築物耐震能力，其後將有疑慮之建築再進行簡易或詳細評估以確認其耐震能力及後續補強；而耐震簡易評估程序則需另再用材料強度、配筋等以計算結構抗側力強度，相較於一般須進行非線性靜力側推分析的詳細評估程序，此種簡易評估程序僅需經由手算亦可評估建築物耐震能力。然而不論是耐震初評程序或簡易評估程序，估算結構側向勁度、韌性與構件強度時皆常以耐震規範建議或經驗統計數據為其估算依據，故其耐震評估的合理性關鍵在於其所建議的經驗估算方法是否有適切反映真實結構特性。

為提昇耐震初步評估與簡易評估程序對中高樓層建築物的可用性，本研究以張筑媛等人所提初評 E 值法[1]及耐震簡易評估法[2]為基礎，蒐集 0206 美濃地震事件中五棟中高樓層之真實災損案例，用以檢視現有的初評程序及簡易評估程序是否可有效篩選及檢視中高樓層建築物常見底層軟弱、平面與立面不規則效應、結構穩定性不足、結構贅餘度不足及力傳遞路徑不良等問題，然後利用此五個真實案例修正初評 E 值法中所發展的極限基底剪力強度估計經驗公式及樓層重量簡算方法，然後本研究亦以 TEASPA 耐震詳評軟體 [3]進行詳細評估分析，以驗證比對該詳評結果與簡易詳細評估及初評 E 值法及 PSERCB[4]等方法評估結果之合理性，期以提出力求簡易且較易推動執行的耐震初步評估程序，以有效篩檢出目前台灣震害風險較高之既有中高樓層建物，以促進提昇此類建築之抗震能力，以更加確保國內建築物之耐震安全。

二、修正耐震初評 E 值法

本研究所提之建築物耐震初步評估程序乃參考台灣中小學校舍耐震能力初步評估法[3]、建築物耐震初步評估 PSERCB[4]之探討及張筑媛等人所提初評 E 值法 [1]，其方法須依照耐震能力設計規範與解說[5]查得各相關參數以計算其結構耐震需求，並藉由強度計算迴歸公式估算結構之耐震容量，然後以結構容量與需求比值以表達建築物耐震性能之良窳。為讓耐震初評 E 值法中經統計迴歸分析修正所得之極限基底剪力強度經驗式及樓層重量簡算方式，並能適度考量台灣既有中高樓層建築耐震能力的特性，本研究蒐集挑選在 2016 年 0206 美濃地震五棟中高樓層建物真實震

害調查案例[6]，並納入張筑媛等人[1]原先所用的三棟建築案例，得出更近似之極限基底剪力強度經驗式及樓層重量簡算方式(如式 1、式 2 所示)。於各棟建築中，其極限基底剪力相差甚小，但其與詳細評估之結果相差甚大，推測主要為基本週期計算方式影響，在此採用林智隆等人之建議，取動力分析週期與 1.4 倍基本週期經驗公式兩者最小之結果較為合宜[7]。修正評估流程如下：

(1) 計算結構耐震需求：

由建築物耐震設計規範及解說[5]及建築物圖說與工址資訊決定地盤放大效應與近斷層效應因子，並按照下列公式分別求出工址短週期及一秒設計水平譜加速度係數 S_{DS} 、 S_{D1} ，然後依建物所屬結構系統按規範所訂之基本振動週期經驗公式決定結構基本振動週期 T 及反應譜短週期與中長週期分界 T_0^p ，即可求出工址設計水平譜加速度係數，並依照 8 棟中高樓層建築物案例分析所得之韌性容量平均為 3.10，故以該值作既有中高樓層建築物之結構韌性容量值，即可按照規範估算出設計地震總橫力等地震需求值。

在此將案例結構的內柱及外柱單位面積側向強度與樓層數做進行線性回歸分析，再將單位面積與其面積相乘總合為極限基底剪力如式(1)：

$$V_{bs} = \sum_{j=1}^{N_{CE}} \tau_{CE} A_{CE} + \sum_{j=1}^{N_{CI}} \tau_{CI} A_{CI} + \sum_{j=1}^{N_{BW3}} \tau_{BW3} A_{BW3} + \sum_{j=1}^{N_{BW4}} \tau_{BW4} A_{BW4} \quad (1)$$

其中 N_f 為樓層數， τ_{CE} ：外柱單位面積側向強度， $-0.4953N_f + 77.16$ ，單位為 tf/m^2 、 A_{CE} ：外柱單位面積，單位為 m^2 、 τ_{CI} ：內柱單位面積側向強度，為 $-1.0154N_f + 112.87$ ，單位為 tf/m^2 、 A_{CI} ：內柱單位面積，單位為 m^2 、 τ_{BW3} ：三面圍束磚牆單位面積側向強度，其值為 33.6，單位為 tf/m^2 、 A_{BW3} ：三面圍束磚牆單位面積，單位為 m^2 、 τ_{BW4} ：四面圍束磚牆單位面積側向強度，其值為 40，單位為 tf/m^2 、 A_{BW4} ：四面圍束磚牆單位面積，單位為 m^2 、適用範圍約在七至十四樓。

考量一般建築物靜載重 W 在第 2、3 樓層重與標準樓層重、頂樓屋突重量較常不同，故將其分為三類之樓地板重量計算，將單位面積重量與面積相乘總合可得結構物靜載重，如式(2)：

$$W = \sum_{l=2}^3 W_{LF} A_{LF} + \sum_{i=4}^{N_f} W_{iF} A_{iF} + W_{RF} A_{RF} \quad (2)$$

其中 W_{LF} ：1.32 tf/m^2 ，LF 為 2、3 樓、 A_{LF} ：為 2、3 樓單位面積，單位為 m^2 、 W_{iF} ：1.25 tf/m^2 ，i 為 4、5、6...至 N_f 、 A_{iF} ：

為 4、5、6...至 N_f 樓單位面積，單位為 m^2 、 W_{RF} ：1.54 tf/m^2 ，RF 為頂樓，頂樓如有加蓋，則使用 1.54 tf/m^2 ；若無，則使用中間樓重為 1.25 tf/m^2 、 A_{RF} ：為頂樓單位面積，單位為 m^2 。

將張筑媛[1]所引用的三棟建築案例分析結果納入考量，與本研究研究五棟建築共 8 個 R 值，求得 R 的總平均值為 3.09。

藉由耐震設計規範[5]可依式(3)估算最小設計水平總橫力 V ：

$$V = \frac{I}{1.4\alpha_y} \left(\frac{S_{ad}}{F_u} \right)_m W \quad (3)$$

其中 S_{ad} ：工址設計水平譜加速度係數、 I ：用途係數、 α_y ：起始降伏地震力放大係數、 F_u ：結構系統地震力折減係數、 W ：結構物靜載重。

上述公式適用於彈性分析，但極限基底剪力 V_{bx} 為其承受最大極限側向力，此側力為進入非線性段，將其整理後可表達如下式：

$$1.4\alpha_y V = \left(\frac{S_{ad}}{F_u} \right)_m IW \quad (4)$$

式(4)中 V 為設計地震力， $1.4\alpha_y$ 倍的設計地震力即為極限地震力，故將極限基底剪力 V_{bs} 代入，其相比即為耐震容量需求比 R_{CD} ，其為：

$$R_{CD} = \frac{1.4\alpha_y V}{I \left(\frac{S_{ad}}{F_u} \right)_m W} = \frac{V_{bs}}{I \left(\frac{S_{ad}}{F_u} \right)_m W} \quad (5)$$

為簡單量化呈現，在此以分數為概念，放大100倍作為中高樓層建築物之基本耐震性能 E ：

$$E = 100 \times R_{CD} \quad (6)$$

若基本耐震性能 E 值大於100分表示並無疑慮；若 E 值小於100，表示建築物耐震能力可能不足，須再進行詳細評估。

為求相對應之性能地表加速度，將耐震容量需求比與 $0.4S_{DS}$ 相乘：

$$A_p = R_{CD} \times 0.4S_{DS} \quad (7)$$

若 $A_p \geq 0.4S_{DS}$ ，則表示此建築耐震無疑慮；反之，若 $A_p < 0.4S_{DS}$ ，則須再進行詳細評估。

三、結語

現行建築物耐震規範[5]所訂之建築物基本週期經驗公式計算結果，與本研究所做五棟案例建築動力分析週期有明顯落差，導致高估建築之耐震需求，將影響初評結果，使耐震容量需求比過於保守，故建議進行耐震初評 E 值法時其基本週期改用動力分析所得與1.4倍經驗週期取小值，配合本研究新修正的極限基底剪力強度經驗公式，可使初評結果易較趨近於簡易詳細評估結果及TEASPA詳細評估結果。

本研究完成的五棟案例分析結果顯示：若詳細評估分析結

果為其他樓層剪力破壞，則將造成簡易詳細評估較與詳細評估結果易不相近；而若詳細評估結果若無發生其他樓層剪力破壞，則簡易詳細評估較與詳細評估結果相近。

若詳細評估結果無發生其他樓層剪力破壞，則考慮因子之初評及簡易詳評較詳細評估結果保守；若詳細評估分析結果為其他樓層剪力破壞，則考慮因子之簡易詳細評估將有大量折減，易使耐震容量需求比小於1，轉而進行詳細評估階段。

四、參考文獻

- [1] 張筑媛，2017，「中高樓層初步評估」，碩士論文，國立交通大學土木工程學系，臺灣，新竹。
- [2] 賴昱志、賴濤、鍾立來、黃國倫、楊耀昇、曾建創、林聖學、張筑媛，2015，「老舊建物耐震能力之簡易詳細評估」，中華民國結構工程學會，結構工程，第三十三卷，第二期，第69-87頁，民國一〇七年六月。
- [3] 鍾立來、葉勇凱、簡文郁、蕭輔沛、沈文成、邱聰智、周德光、趙宜峰、楊耀昇、涂耀賢、柴駿甫、黃世建、孫啟祥，「校舍結構耐震評估與補強技術手冊(第三版)」，國家地震工程研究中心，報告編號：NCREE-13-023，台北，2013。
- [4] 宋裕祺、蔡益超，2017，「鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估 PSERCB-理論背景與系統操作」，中國土木水利工程學會與中華民國結構工程學會出版。
- [5] 內政部，2006，「建築物耐震設計規範及解說」，台內營字第0940087319號令修正，臺灣，臺北。
- [6] 邱聰智、翁樸文、沈文成、何郁珊、黃世建、鍾立來，「2016美濃地震台南市震損建物資料庫」，國家地震工程研究中心，報告編號：NCREE-18-004，台北，2018。
- [7] 林智隆，2018，「考慮台灣既有中高樓層建物特性之耐震評估方法研究」，碩士論文，國立交通大學土木工程學系，臺灣，新竹。

副研究員 翁元滔、林敏郎
副主任兼建物組組長 鍾立來

用途混用建築物之用途係數檢討

前言

根據台灣建築物耐震設計規範，建築物須考量其使用用途以決定用途係數 I （或稱重要係數 importance factor），進而計算設計地震力。對於不同用途，規範訂定不同用途係數值，目的在提高重要性、儲放危險物品、或供公眾使用等建築物的設計地震力，以提升該建築物的抗震能力。對於供公眾與一般用途混合使用建築物，依現行「建築物耐震設計規範及解說」（內政部營建署，2011）第 2.8 節之規定，其用途係數 I 值的規定尚未盡周全。本文僅依現行條文規定之精神，檢討可能無法明確涵蓋之處，在更動條文最小範圍的原則下，提出建議修正方案，使該規定能涵蓋所有的應用範圍。

現行規範規定

根據現行規範規定，用途係數分為四類，包括：第一類建築，即在地震災害發生後必須維持機能以救濟大眾之重要建築物， I 值取 1.5；第二類建築物，即儲存多量具有毒性、爆炸性等危險物品之建築物， I 值取 1.5；第三類建築物，即供公眾使用之建築物， I 值取 1.25；第四類為其他一般建築， I 值取 1.0。規範對於 I 值大於 1 之第一至三類建築物的認定均採正面表列，但也考量因隨時代變遷，新增高重要性、儲放危險物品、或供公眾使用等建築類型的可能性，故均有“經中央主管機關認定之建築物”的條款。一般而言，第一與第二類建築物均屬特定建築物，認定相對明確，且當與其他建築物混合時，大多認定為第一與第二類建築物，爭議較少。然而，隨著社會工商業活動的頻繁與需求，快速且大量孕育住商混用建築物的誕生，其類型愈加多元，故第三類供公眾使用與屬於第四類住宅用途混用的建築物需求愈加顯著。根據現行建築物耐震設計規範於第 2.8 節，供公眾使用（第三類）與其他一般用途（第四類）混用建築物，及單棟作為供公眾使用建築物的用途係數 I 值規定如下：

“一棟建築物如係混合使用，上述供公眾使用場所累計樓地板面積超過三千平方公尺或總樓地板面積百分之二十以上時，用途係數才需用 1.25。如一棟建築物單種用途使用時，必須總樓版面面積超過一千平方公尺，用途係數才需用 1.25。”

由此規定發現，供公眾使用累積樓地板面積不大於 1000m^2 或超過 3000m^2 建築物的 I 值規定明確，分別為 1.0 與 1.25，但介於 1000m^2 與 3000m^2 ，者其 I 值使用的語意不清，容易造成使用上的混淆或誤解。

建議修正方案

本文依據現行規範第 2.8 節規定條文，在更動條文最小範圍的原則下，提出第三與四類用途混用建築物之用途係數決定的條文建議修正方案。為方便以下的說明，在此先定義兩個符號，一為建築物中供公眾使用累積樓地板面積 A_{PC} (cumulative floor area of building for public use)；另一為建築物總樓地板面積 A_T (total floor area of building)。本文提出 A、B 兩個建議修正案。

A 案

本案是依據現行規範第 2.8 節（詳前節）中，以供公眾與一般用途混合使用建築物規定為基礎，即“供公眾使用場所累計樓地板面積超過三千平方公尺或總樓地板面積百分之二十以上時，用途係數才需用 1.25。”的要求，並加上建築物作為供公眾單一使用時的限制，即“一棟建築物單種用途使用時，必須總樓版面面積超過一千平方公尺，用途係數才需用 1.25。”此案是建議將上述兩規定直接組合，其用途混合使用建築物的決定用途係數結果如圖 1 所示。本修正案並無變動原條文規定，主要將是將供公眾使用累積樓地板面積 A_{PC} 在 1000 至 3000 m^2 區間部分清楚說明。

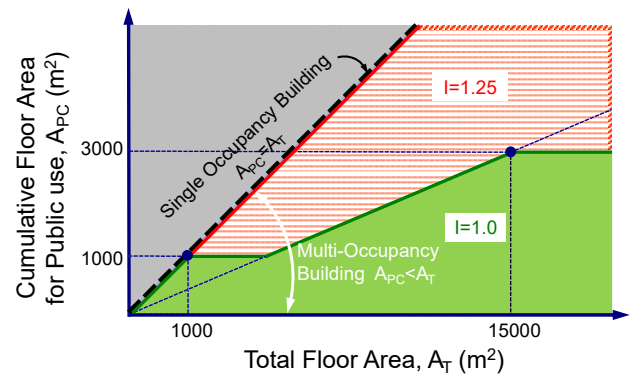


圖 1 混合使用建築物之用途係數建議修正 A 案結果

B 案

本案是依據現行規範第 2.8 節（詳前節）中，以供公眾與一般用途混合使用建築物規定，即“供公眾使用場所累計樓地板面積超過三千平方公尺或總樓地板面積百分之二十以上時，用途係數才需用 1.25。”決定圖 2 中的 B 點，並以建築物作為供公眾單一使用時的限制，即“一棟建築物單種用途使用時，必須總樓版面面積超過一千平方公尺，用途係數才需用 1.25。”決定圖 2 中的 A 點，並將供公眾使用累積樓地板面積 A_{PC} 在 1000 至 3000 m^2 區間部分，以 AB 直線（Line C）區分 $I=1.0$ 與 1.25，其混合使用建築物的用途係數決定結果如圖 2 所示。此案的特點為 A_{PC} 在 1000 至 3000 m^2 間以線性變化決定混合使用建築物的 I 使用 1.0 或 1.25。

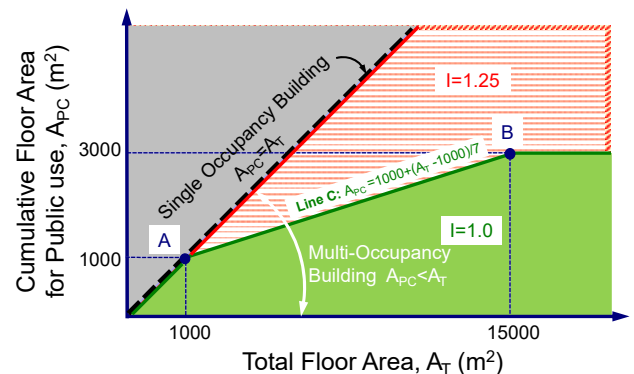


圖 2 混合使用建築物之用途係數建議修正 B 案結果

研究員 林克強、簡文郁

5D 智慧城市 SmartES 平台

國震中心 SmartES 團隊以「5D 智慧城市」為出發點所開發的具備強大演算法與展示功能之平台—第五個 D 係指在另一個平行於現實空間所開發的「虛擬空間」。本平台以地理資訊系統 (Geographical Information System, GIS) 為基礎, 匯整多種三維圖資, 包含建築資訊模型 (Building Information Modeling, BIM)、衛星影像圖、空拍機建模模型與點雲模型等, 綜整了城市建物的多元屬性。運用過去的歷史資料與現在的即時資料來推測未來的災害潛勢發生機率, 使防災更加智慧化、備災更加完善, 以及更有效率的災害救援行動。

5D 智慧城市平台的應用廣泛, 能加速推動智慧城市的發展與創新。在防災服務方面, 可應用於水災、土石流、震災、火災、風災等無法預測的天然災害, 結合監測資料並即時回報災害警訊, 使政府部門能更有效率地規劃救災路線、調度人員與分配物資; 在民生服務方面, 可應用於物聯網 (The Internet of things, IoT)、自駕車、共享運具、虛擬商店、無人機定期巡檢、管線與用電監測、文化資產保存與管理等。在此虛擬空間中, 能達到更全面的城市公共建設管理。

本平台近年來已提供許多政府部門相關服務且成果豐碩。以下介紹 108 年度與桃園市住宅發展處合作的「桃園市中路二號社會住宅地震防災智慧城市模擬平台」計畫成果, 以及 108 年底參與「財團法人國家實驗研究院菁英成果研討會」勇奪第一名佳績。

一、108/11/27 桃園市中路二號社會住宅地震防災智慧城市模擬平台 成果說明會

本計畫目標為將桃園市中路二號社會住宅的建築資訊模型導入地震防災智慧城市模擬平台中。本案以社會住宅為中心、向外擴展約 2 平方公里範圍, 運用空拍機拍攝與拼接, 製成城市實景模型、輔以台灣地形及衛星影像圖為底圖, 建築桃園市智慧城市。

以下說明本案計畫成果與亮點:

(一) 地震情境動態模擬分析, 展示地震歷時損傷分布

本案採用非線性動力模擬分析技術針對計畫範圍內建物進行地震歷時分析, 再於平台中以 2.5D 建物輪廓模型展示各樓層的位移歷時, 最後以不同顏色標示出每棟建築物的損傷程度。

分析方法的假設包含: (1) 研究範圍內的建物結構系統皆為 RC 剪力屋架系統 (2) 各樓層均僅考慮結構柱的非線性變形參數 (3) 結構柱的材料均為 RC 柱, 以及 (4) 各樓層均僅考慮與地面平行方向之雙向自由度、不考慮垂直向自由度。

由於本案以開發模擬平台為主, 而非開發地震情境動態模擬分析功能, 因此每棟建築物的建築材料與類型對分析所造成的影響, 均不在本案的工作項目內, 受限於結構參數的不確定, 本平

台的模擬結果僅適用於虛擬情境中展示。若後續相關計畫針對研究範圍內建物進行更深入的調查, 則有望提升模擬平台的準確性, 加強社會住宅地震防災模擬分析的功能。

(二) 開發網頁版平台, 使用手持式裝置展示

本案採用網頁伺服器串流技術 (HTTP Streaming) 開發網頁版平台, 係利用網頁伺服器 (Web server) 將多媒體資料傳送到用戶端 (Client) 上播放。因此, 使用者可以僅需要網路, 即可隨時隨地使用手機查看平台, 使社會住宅管理者更有效率地監控與管理大樓, 即時了解公共設施是否有異常情況, 在第一時間系統即時回報並通知管理者採取行動, 進而提升居民的居住安全與品質。

(三) 使用曲面投影與浮空投影展示成果

本案於桃園市中路二號社會住宅的機房內, 採用長 5.5 米的曲面投影螢幕展示平台, 提升觀賞者的視覺與聽覺感受, 使其身歷其境地鳥瞰桃園市, 加強本平台使用者的臨場感; 另採用浮空投影展示社會住宅建築資訊模型, 使用者可以一目了然各樓層配置圖與各種建築元件, 並且更直覺地了解各項內部細節, 針對想深入的細節可另外放大, 提升管理者的管理效率與使用便利性, 使社會住宅物管系統更臻完善。

本計畫係以中路二號社會住宅作為初期示範基地, 可望在嶄新的年度, 能夠擴大範圍為桃園市所有的社會住宅。從住宅管理著手, 未來更可應用於城市公共建設的管理, 逐步推動桃園市成為台灣首屈一指的城市。

二、108/12/18 國研院菁英成果研討會第一名

王仁佐研究員代表本中心出席 108 年度「財團法人國家實驗研究院菁英成果研討會」, 於會議上報告 5D 智慧城市平台的年度計畫成果與達成績效, 獲得其餘七間研究中心的高度讚賞, 最終勇奪第一名佳績, 由吳光鐘副院長頒發獎狀與獎金予以鼓勵。



圖 1 SmartES 團隊獲得國研院菁英成果研討會第一名

研究員 王仁佐

助理研究員 陳志賢

專案助理研究員 蔡明華

墨西哥地震工程研討會與參訪交流

地震工程學會於 2018 年與墨西哥地震工程學會(SOCIEDAD MEXICANA DE INGENIERÍA SÍSMICA)簽訂合作協議，目的在於建立兩國地震工程領域之學術交流管道，以期在科技研究與實務應用技術等方面，可以透過相互交流、討論以及分享相關研究成果之方式，使兩國於地震工程研究領域上，能夠長年相互合作，並且迸發新的研究創意，進而促使科技之加速進步。

本中心結構監測與控制組召集人汪向榮教授與游忠翰助理研究員，協同永峻工程顧問公司周肇欣協理，於 108 年 11 月 20 日至 23 日受邀參訪墨西哥地震工程學會。由於此期間正逢墨西哥地震工程領域的年度研討會盛事：XXII Earthquake Engineering Mexican Conference(舉辦於 Monterrey)，因此周經理更進一步受邀進行專題演講，分享台北 101 的建築與結構設計特色、耐震與抗風技術、以及營建挑戰等經驗。由於本次出訪恰逢墨西哥地震工程學會理事長選舉，因此於選舉結束後，在前理事長 Dr. David de León Escobedo 的引薦下，與現任理事長 Dr. Edgar Tapia Hernández 一同會面進行交流，相互分享本中心與墨西哥隔減震領域上之最新研究成果，本中心亦針對台北與台南試驗設備之試驗經驗進行分享，以展現本中心的技術與試驗能量。同時，於會議中進一步討論合作研究之主題與方向，確立兩國間地震工程研究上之長期友誼關係。

本次參訪除了解到墨西哥的地震工程發展，更了解了該國業界和學術界之需求，並且透過與墨西哥地震工程學會之交流，未來共同舉辦研討會、合作計畫、以及研究人員交流之機會將大幅提升。



圖 1 我國赴墨西哥參訪人員



圖 2 與墨西哥地震工程學會進行交流

助理研究員 游忠翰
召集人 汪向榮

科技部未來科技展與資訊月活動

國震中心承接前瞻計畫「建構民生公共物聯網一分項四：複合式地震速報」，推廣複合式地震速報服務至一般大眾。為宣傳複合式地震速報之成果，於 12/5-8 分別於臺北市世貿一館 A 區「未來科技展 x 國研院智慧防災區」與 B 區「資訊月地震防災館」，開闢雙展區從不同角度來提供不同層級的解說。

在 A 區「未來科技展 x 國研院智慧防災區」，透過動畫與模型連動，讓參觀者從複合式地震速報系統的原理，了解地震警訊發送到不同位置的場域時序與連動應用，不論是科技廠房、醫院、大型展館到一般居家都有相關應用，提供給有興趣廠商將這套系統結合自家產品，提供減災或提供更多的安全措施。

B 區「資訊月地震防災館」主要以一般民眾為主，提供居家環境的應用，從互動牆來了解什麼是複合式地震速報，到居家連動，與結合地震速報情境的六軸向地震體驗屋。透過六軸地震體驗屋讓未經歷過九二一地震的學生感受震度七級的震撼，也讓經歷過的民眾回憶當時的狀況，讓體驗民眾有無複合式地震速報以及防災連動服務帶來的顯著差異。活動期間體驗人潮眾多，藉此也多多推廣前瞻計畫內容，也獲得民眾很好的回饋。



圖 1 「未來科技展」展區展品



圖 2 「未來科技展」參觀民眾



圖 3 資訊月互動牆（左）、民眾排隊體驗（右）

副技術師 黃靖開

第八屆結構工程實驗進展 國際研討會

結構工程實驗進展國際研討會(The International Conference on Advances in Experimental Structural Engineering)(簡稱 AESE 研討會)是在結構工程領域極富盛名的國際研討會，AESE 研討會匯集了全球各地頂尖的學者專家，針對各類結構工程中的靜、動態試驗方法與實驗技術加以討論、交流。在今年，第八屆結構工程實驗進展國際研討會(簡稱 8AESE 研討會)係由紐西蘭的坎特伯雷大學 (The University of Canterbury) 與奧克蘭大學 (The University of Auckland)共同舉辦，於 2020 年 2 月 3 日至 5 日，在紐西蘭基督城的坎特伯雷大學舉行。8AESE 研討會的議題涵蓋了振動台試驗、複合試驗、實驗量測技術，以及考慮近斷層效應之加載歷程等相關研究議題，出席的專家學者們藉由此研討會分享近期的研究成果。

本次大會的主辦單位特別邀請國震中心黃世建主任出席此國際學術盛會，並且擔任主講人(Keynote Speaker)。黃世建主任以「The Advanced Experimental Technologies Developed at NCEE in Taiwan」為題進行主題演講，介紹國震中心在先進實驗技術研發的工作上，所做的努力與重大突破。此外，黃世建主任率領國震中心研究團隊參與此會，團隊成員發表多篇論文，分享國震中心近期的研發成果，進行科技及學術交流。本次研討會主辦單位，特別安排與會者參觀基督城在震後的重建成果，深入了解新穎的制震技術在當地的應用情況。綜上所述，國震中心研究團隊藉由參加 8AESE 研討會，瞭解國際間實驗技術發展的現況與未來研究的趨勢，除了擴展國震中心研究人員的國際視野，有助於研究工作的規劃與執行，同時也創造了更多國際合作的機會。



圖 1 黃世建主任受邀擔任主講人(Keynote Speaker)

副研究員 莊明介

韓國首爾大學未來領導訓練 課程參訪團參訪國震中心

1 月 13 日(星期一)早上，國震中心迎來了來自韓國首爾大學 (Seoul National University) 的參訪團。參訪團一行 19 位成員均來自首爾大學自然科學學院的未來領導訓練課程 (Global Leadership Program)，其中包括一位帶隊教授 (Prof. Yang) 及 18 位該學院下各學門(數學、統計、物理、化學、生物、地球與環境科學)的優秀大學部同學。國震中心鍾立來副主任和橋梁組劉小勤博士熱情的接待了此次的參訪團。參訪期間，來賓先介紹了首爾大學自然科學學院及未來領導訓練課程，鍾副主任和劉博士亦向來賓介紹了國震中心的創建歷史、組織結構、發展軌跡、中心宗旨、業績成果、未來願景等。在座談環節，來賓對中心的核心技術及產出成果表現出濃厚的興趣，如地震預警、智慧防災、建物之耐震補強等技術，鍾副主任與劉博士以幽默的語言回覆了來賓的提問，雙方互動積極、座談氣氛熱烈。之後，劉博士帶領來賓參觀了國震中心的台北試驗室。配合當下進行中的各項實驗，劉博士簡單易懂地講解了試驗室的主要實驗設備、功能及應用效能，主要凸顯了國震中心在實物及研究上提升台灣耐震防災能量上的貢獻，並將持續發揮實驗室效益，致力支援與整合國內產官學界，以達成打造耐震永續家園的長期目標，使台灣國震中心成為國際地震工程研究之重鎮。



圖 1 參訪團與鍾立來副主任合影



圖 2 參訪團參觀實驗場後合影

專案助理研究員 劉小勤

印度理工大學魯奇分校參訪 與合作計畫

國家地震工程研究中心在科技部科教發展及國際合作司之補助下，與印度理工大學魯奇分校（Indian Institute of Technology, Roorkee, IIT Roorkee）地球科學系共同合作執行三年期之臺印雙邊研究計畫「基於 2015 年尼泊爾地震進行喜馬拉雅大規模地震之土壤放大及場址反應研究」；此計畫已經是雙方合作的第二期三年（2017-2020）計畫，並已執行至最後一年。研究內容是建立恆河平原之重要地動場址參數，再應用此改良之半經驗地動模擬法，推估北喜馬拉雅內地震空白帶發生大規模地震對印度恆河平原之地動情境影響。

在此臺印雙邊合作計畫下，雙方研究人員每年互訪以利研究工作之交流討論。因此，計畫主持人林哲民博士與協同研究人員郭俊翔博士於 2019 年 12 月 3 日至 10 日赴印度 IIT Roorkee 參訪，促進國震中心與印度理工學院之間的國際交流，並藉此機會與印方合作之教授深入討論本研究的強地動模擬與場址效應的相關細部工作。參訪期間與該校地球科學系 Anand Joshi 教授及 Sandeep Singh 教授有密集的討論，規劃計畫工作進度及成果；同時也與地震工程系 M. L. Sharma 教授多次碰面，針對工程地震學和地震危害度評估領域有需多交流討論。而在印方安排下，也拜訪了 IIT Roorkee 的國際關係處，與該處長 Arumugam Paramasivan 教授針對未來 IIT Roorkee 與本中心的可能合作方向進行討論，並帶回合作備忘錄（MOU）初稿。

此外，由於 Joshi 教授與位於浦納（Pune）的印度高速運算中心（High Performance Computing - Scientific and Engineering Applications Group, Centre for Development of Advanced Computing, Pune）有合作計畫，因此特別邀請本團隊於 12 月 9 日一同赴浦納高速運算中心參訪。參訪期間與該計畫主持人 Dr. Richa Rastogi 及其團隊進行廣泛討論與交流，並瞭解該中心之超級電腦在各領域之發展應用。

國震中心與印度 IIT Roorkee 的長期合作已產出多篇學術論文並建立密切合作關係；除此之外，本中心近期也與印度地震研究所（ISR）簽訂合作備忘錄並合作設置現地地震預警示範站，多次拜訪印度地球科學部（Ministry of Earth Sciences, MOES）所屬之國家地震研究中心（National Center of Seismology, NCS），持續擴展與印度之交流合作。



圖 1 參訪印度 IITRoorkee 與印方討論交流之照片

研究員 林哲民、郭俊翔

國震中心許健智副主任榮退 紀念

許健智先生自 1990 年代起，於國家地震工程研究中心草創時期即自國科會(現科技部)轉任職於仍位於台灣大學校園內之國震中心，歷經多年籌建，1998 年國震中心研究大樓落成，成為當時世界最先進之地震工程實驗室之一，許健智先生為主要推動者，爾後擔任中心副主任，成為歷屆主任之得力助手，推動各項地震工程研究項目，使中心業務蒸蒸日上，中心人員自草創初期之 20 餘人，發展至今超過 200 人之規模，研究領域及服務範圍涵蓋地震工程各個面向，許副主任於其中調和鼎鼐，推動各項計畫之發展，解決各種疑難雜症，使得各項業務順利推廣，讓國震中心成為國研院績優中心之一。此外，包含 2008 年台北實驗室擴建、2017 年台南實驗室籌備及建置，以及後續 2019 年台北研究辦公棟之增建工程，許副主任都是主要推手，對於國內地震工程研究之硬體設施與研究水平臻至世界一流水準之林，實為居功厥偉。

許健智副主任於 2019 年底屆齡榮退，中華民國地震工程學會 (CTSEE)特頒傑出貢獻獎，表彰其對國內地震工程領域之貢獻，僅以此文為念。



圖 1 許健智副主任榮獲中華民國地震工程學會傑出貢獻獎，由黃震興理事長頒獎



圖 2 退休茶會大合照

助理工程師 邱世彬

2019 國家地震工程研究中心實驗成果研討會 (II)

為促進國內地震工程研究領域之發展，本中心實驗室於 2019 年 12 月 9 日於台南實驗室舉辦「2019 國家地震工程研究中心實驗成果研討會(II)」(2019NCE(II))。本研討會邀請 2018 年中，於本中心台北與台南實驗室各測試系統(台北振動台、台南長衝程振動台、台北與台南反力牆與強力地板結構實驗室，以及台北多軸向測試系統 MATS 與台南雙軸向測試系統 BATS)中進行實驗之研究團隊，在研討會中以口頭演講方式發表最新實驗與研究成果。

本研討會提供地震工程研究領域產學界之專家與學者，一個能直接面對面分享與研討分享的機會。透過本研討會，使得學界能以最直接迅速之方式，與業界工程先進分享其最新之研究趨勢與成果。同樣地，業界工程人員也得以藉由本研討會，直接與學界人員研討與分享在實際工程上所面臨的問題、困難與經驗。另一方面，由於本研討會聚焦於以結構實驗方式進行之研究成果，對學界人員來說，本研討會亦為一分享與學習實驗模擬、分析技術與經驗之絕佳交流園地。最後，國震中心實驗室也期待能利用

此一難得機會，學習在未來如何能提供更好、更符合各界期待之結構實驗服務。

本研討會共發表 19 個口頭演講與 19 篇簡要論文。研究主題涵蓋包括新型結構元件耐震性能；風機用薄管圓柱耐震性能；應用智慧型手機預警強震；高軸力下填充型鋼管混凝土(CFT)柱與大尺寸 RC 柱耐震性能；近斷層建築物抗倒塌技術研發(包括液態儲槽耐震性能與 RC 柱塑鉸力學模擬)；利用高強度混凝土、超高性

能混凝土、高強度鋼筋、低降服強度鋼板等新材料製造之複合結構元件(柱、牆等)之耐震行為等等最新地震與結構工程研究成果。除此之外尚有其他實驗測試系統(包括 BATS、南部實驗室振動台與大型柔性邊界剪力砂箱)之動力特性探討與評估，不一而足。

本研討會參與人數約 100 位之譜，除本中心內部人員與國內各校土木工程系所師生之外，約有超過 40 位來自業界與學界之工程先進參與本研討會。

本研討會亦以簡要論文之形式，發表相關實驗與研究成果。所有簡要論文已彙整成冊，以中心報告之形式對外公開(可於本中心官網免費下載)，達成國家社會支持吾人進行地震工程研究之期待。



圖 1 2019NCE(II) 研討會現場

技術師 王孔君

階段性補強知能講習會暨種子講師培訓

國家地震工程研究中心受營建署委託，執行「私有建築物階段性補強專案辦公室」委託技術服務案(以下簡稱本案)，成立耐震階段性補強專案辦公室(以下簡稱專案辦公室)，協助辦理耐震階段性補強之宣導推動。

為宣傳與推動階段性補強計畫，專案辦公室邀請具工程經驗豐富之專業人員或土木相關領域之專家學者，授課分享實際補強經驗與專業知能，提高講習活動之教學品質。為落實本案執行之成效，將推廣講習分為針對專業技術人員之作業技術講習會與針對一般民眾之輔導說明會兩類。其中階段性補強作業技術講習會預計辦理 10 場，截至 109 年 2 月底已經完成 6 場；另深入社區辦理民眾說明會預計辦理 550 場，為提高執行效率，本專案辦公室邀集專業技師、建築師、防災深耕團隊等專家學者，成立輔導團隊散布至各縣市、鄰里與住宅社區，加速辦理民眾說明會，以宣導推動耐震階段性補強計畫，截至 109 年 2 月底已經完成 63 場。

一、階段性補強作業技術講習會

針對依法登記開(執)業建築師、土木技師及結構技師等專業

人員與補強施工廠商辦理作業之講習課程，說明辦理作業程序、相關法令規定以及施工注意事項，並藉由透過參與活動的過程與專業人員進行意見交流，以利推動私有建築物耐震補強工作。

表 1 階段性補強作業技術講習會辦理概況

日期	活動名稱	地點	人次
108.08.08	私有建築物耐震階段性補強作業技術講習會	臺北市 國震中心	32
108.09.24	私有建築物耐震階段性補強作業技術講習會	臺北市 國震中心	78
108.10.25	私有建築物耐震階段性補強作業技術講習會暨 現地觀摩活動	花蓮市 F HOTEL	80
108.10.31	私有建築物耐震階段性補強作業技術講習會	臺中市 永春國小	96
108.11.07	私有建築物耐震階段性補強作業技術講習會	臺南市 國震中心	73
109.01.14	私有建築物耐震階段性補強作業技術講習會	臺北市 臺大應力所	80
總計			439

作業技術講習會之課程包含私有建築物耐震階段性補強之計畫簡介、階段性補強補助申請流程、階段性補強評估設計流程、階段性補強示範案例介紹及階段性補強施工注意事項。本計畫執行迄今，已完成場次如表 1，總計服務 439 人次。

其中 108 年 10 月 25 日於花蓮舉辦技術講習會暨觀摩活動(圖 1)，廣受好評。另外，108 年 1 月 14 日於臺灣大學應用力學研究所舉辦之作業技術講習會(圖 2)，也有 80 人次參與，表示活動持續受到專業人士的關注與回響。



圖 1 108 年 10 月 25 日私有建築物耐震階段性補強作業技術講習會暨現地觀摩活動廣受好評



圖 2 109 年 1 月 14 日私有建築物耐震階段性補強作業技術講習會課程回響熱烈

未來也將規劃活動場次如表 2，持續對工程界先進們提供服務，擴展階段性補強相關業務。

表 2 階段性補強作業技術講習會未來規劃場次

日期	活動名稱	地點
109.03.26	私有建築物耐震階段性補強作業技術講習會暨現地觀摩活動	花蓮市 F HOTEL
109.03.30	私有建築物耐震階段性補強作業技術講習會	臺中州廳
109.04.09	私有建築物耐震階段性補強作業技術講習會	桃園市政府
109.04.23	私有建築物耐震階段性補強作業技術講習會	臺南市 振興里活動中心

二、階段性補強知能講習會暨種子講師培訓

為成立種子講師人力庫以支援輔導團隊辦理說明會之講師工作，專案辦公室於 109 年 1 月 10 日辦理「階段性補強知能講習會暨種子講師培訓」(圖 3)，課程內容包含耐震階段性補強計畫簡

介、申請補助流程、耐震階段性補強設計工法、案例分享與住宅地震保險，本次活動有 30 人次參與，參與成員為本中心主任室、大地組、震災模擬組、結構控制組、強地動組、建物組與企推組同仁。

經過本次講習，參與人員瞭解耐震階段性補強計畫與宣導技巧，進而具備擔任耐震階段性補強計畫種子講師資格，以協助說明會宣講。透過種子講師的參與，得以加速推動私有建築物辦理耐震階段性補強，協助民眾改善居住安全。

專案辦公室於講習後，陸續於 1 月至 4 月安排種子講師人力至全臺各地講授階段性補強說明會，目前已安排 23 場由種子講師說明之場次，其中 109 年 1 月 16 日於桃園辦理之說明會(圖 4)，係由本中心簡文郁博士擔任授課講師，說明會中使用親切的臺語與民眾溝通，後續也得到民眾熱烈的迴響。



圖 3 109 年 1 月 10 日私有建築物耐震階段性補強知能講習會暨種子講師培訓



圖 4 109 年 1 月 16 日簡文郁博士至桃園市說明階段性補強課程

專案技術員 李育樺
專案助理技術師 蕭玉舒
副研究員 邱聰智