

建築耐震與延壽創新技術
科技發展規劃研究

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 110 年 12 月

PG11012-0116

建築耐震與延壽創新技術 科技發展規劃研究

研究人員：陶其駿

內政部建築研究所自行研究報告

中華民國 110 年 12 月

MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

Innovative technology development on earthquake resistance
and life extension of buildings

BY
CHI CHUN TAO

December , 2021

目次

目次	I
表次	III
圖次	V
摘要	VII
ABSTRACT.....	IX
第一章 緒論	1
第一節 研究緣起與目的	1
第二節 研究內容	3
第三節 研究方法	8
第四節 預期成果	11
第五節 研究進度	12
第二章 建築技術研究計畫之發展	13
第一節 建築先進技術創新開發與推廣應用計畫	13
第二節 建築技術多元創新與推廣應用精進計畫	22
第三節 建築工程技術發展與整合應用計畫	30
第三章 科技發展計畫之規劃	39
第一節 科技發展計畫目標	39
第二節 震後建築結構安全快速智慧診斷技術研發	44
第三節 RC-SS-CLT 複合建築結構系統研發	59
第四節 RC 建築結構耐用年限評估與維護標準建立	69
第四章 結論與建議	77

建築耐震與延壽創新技術科技發展規劃研究

第一節 結論	77
第二節 建議	79
附錄一 研究計畫期初審查會議紀錄	83
附錄二 研究計畫期中審查會議紀錄	89
附錄三 研究計畫期末審查會議紀錄	101
參考書目	111

表次

表 1.1 研究進度規劃	12
表 2.1 建築物地震災害防制研究計畫之分年執行規畫	18
表 2.2 創新營建材料研發計畫之分年執行規畫	21
表 2.3 建築結構耐震研究計畫之分年執行規劃表	26
表 2.4 建築物延壽與耐久性能創新研究計畫之分年執行規劃表 ..	29
表 2.5 精進建築結構耐震技術研究計畫之分年執行規劃	34
表 2.6 建築物整建修復及耐久性能研究計畫之分年執行規劃	37
表 3.1 日本建築防災協會定義之構件震損等級	52
表 3.2 目標性能等級之區分	70
表 4.1 建築耐震與延壽創新技術研究課題之建議	81

建築耐震與延壽創新技術科技發展規劃研究

圖次

圖 1.1 新興中長程計畫之初擬架構	4
圖 1.2 研究流程圖	10
圖 2.1 100-113 年相關計畫之整體架構	14
圖 2.2 建築物地震災害防制研究分項計畫之架構	15
圖 2.3 建築物地震災害防制研究計畫之 roadmap	17
圖 2.4 創新營建材料研發計畫之研究架構圖	19
圖 2.5 創新營建材料研發計畫之 roadmap	20
圖 2.6 104-107 年相關計畫之整體架構	23
圖 2.7 建築結構耐震研究計畫之研究架構圖	24
圖 2.8 建築材料延壽技術研究計畫之研究架構圖	28
圖 2.9 108-111 年相關計畫之整體架構	31
圖 2.10 精進建築結構耐震技術研究計畫之研究架構圖	32
圖 2.11 建築物整建修復及耐久性能研究計畫之研究架構圖	35
圖 3.1 精進防災科研技術課題之策略	40
圖 3.2 震損資料庫照片分類與判定損傷等級	49
圖 3.3 以構件損傷程度推估建築耐震性能折減係數	52
圖 3.4 構件損傷等級與變位關係	53
圖 3.5 RC 柱損傷判定等級	56
圖 3.6 RC 梁損傷判定等級	56
圖 3.7 RC 牆損傷判定等級	57
圖 3.8 磚牆損傷判定等級	57

圖 3.9 震損等級判定驗證	58
圖 3.10 RC 結構或鋼結構以 CLT 取代樓版與牆版系統示意圖	59
圖 3.11 RC 構架內填 CLT 牆示意圖.....	62
圖 3.12 RC 構架內填四面圍束 CLT 牆實驗組別及分析模式驗證 .	63
圖 3.13 RC 構架內填雙面圍束與三面圍束 CLT 牆實驗	63
圖 3.14 RC 構架內填 CLT 牆單開窗及雙開窗之情形	64
圖 3.15 剪力試驗	66
圖 3.16 複合梁抗彎試驗示意	66
圖 3.17 CLT 剪力牆配置	67
圖 3.18 單元牆體受側向力行為	67
圖 3.19 CLT 牆版之分析模型	68

摘要

關鍵詞：建築耐震、建築延壽

一、 研究緣起

為整合民眾關心「地震」及「災前整備及預警」課題及內政部施政計畫的目標，強化國人居住安全之保障，精進建築耐震技術之研發，預計於內政部建築研究所「建築工程技術發展與整合應用計畫 (108-111 年)」執行完成後，能接續辦理建築耐震與延壽創新技術相關研究之先期規劃，據以研提 112-115 年度新興中長程科技計畫及執行策略，以落實內政部施政計畫營造「安定」、「安居」及「安心」生活環境之推動。

二、 研究方法及過程

借鏡於前期「建築工程技術發展與整合應用計畫 (108-111 年)」於各分項計畫「建築物整建修復及耐久性能研究」與「精進建築結構耐震技術研究」的經驗，並且透過現況分析、文獻回顧與專家學者訪談等方法，研擬符合國家政策及民眾之需求，並提出應持續深入探討之研究課題。

三、 重要發現

- (一) 依照國家科學技術發展計畫之目標及策略，發展智慧災防系統與科技，建立各類建築物結構監測數據，提供預測維護、災害預防及健康管理等策略。本案計畫可對應聚焦於發展震建築結構安全快速診斷技術，提供快速、智慧的建築結構震損診斷輔助工具。
- (二) 鋼筋混凝土建築結構耐用年限的評估，是非常複雜且面向多元的，因此可以借鏡於日本的經驗，研訂適用於國內建築物的耐用年限評定標準與評估法。
- (三) 推動建築構造的輕量化、建築材料的永續性及營建缺工的常態化，為目前營建環境所面臨的課題。本計畫將利用直交集成板 (CLT) 重量輕及乾式施工的優勢，與鋼筋混凝土及鋼構造混合為新型態之構造，讓建築

構造的發展，更能因應營建環境的改變。

四、主要建議事項

立即可行建議—將本研究成果做為規畫未來 112 至 115 年度建築耐震與建築延壽創新技術相關新興中長程計畫的研究主軸、分項目標與研究課題等的重要參考資料。

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部建築研究所

本研究提出的計畫目標，主要以建構「安全」、「安居」及「安心」的生活環境，推動營造安居家園，提升建築品質，發展智慧防災策略等課題，並且考量國內研究人力與資源的可行性，提出「震後建築結構安全快速智慧診斷技術研發」、「RC-CLT 混合結構系統研發與性能評估」、「RC 建築結構耐用年限評估與維護標準建立」與「RC 建築物維護標準建立」等研究主軸、分項目標及研究課題之建議，並完成整理，如表 4.1 所示。

ABSTRACT

Key word: earthquake resistance of buildings, life extension of buildings

1. Purpose

In order to integrate people's concerns about "earthquakes" and "pre-disaster preparedness and early warning" issues, as well as the goals of the Ministry of the Interior's policy plan, strengthen the protection of people's living safety, and enhance the research and development of seismic technology for buildings, it is expected that the Ministry of the Interior's Institute of Architecture will implement " After the completion of the "Building Engineering Technology Development and Integrated Application Project (108-111)", we can continue to plan for research on innovative technologies related to building earthquake resistance and life extension, so as to propose new mid- and long-term technology plans and implementation strategies from 112 - 115, and implement them. The Ministry of the Interior's policy plan is to promote the creation of a "stable", "settled" and "safe" living environment.

2. Method and Steps

Reference and study in each sub-project of the last issue of "Building Engineering Technology Development and Integration Application Project (108-111)" "Reconstruction and Durability Research of Buildings" and "Research on Seismic Technology of Improved Building Structures" Through current situation analysis, literature review, and interviews with experts and

scholars, research and development are in line with national policies and the needs of the public, and research topics that need to be continuously and in-depth discussed are proposed.

3. Main Finding

- (1) Based on the goals and strategies of the National Science and Technology Development Plan, develop smart disaster prevention systems and technologies, establish various building structure monitoring data, and provide strategies for predictive maintenance, disaster prevention, and health management. This project can focus on the development of safe and rapid diagnosis technology for earthquake building structures, and provide fast and intelligent auxiliary tools for earthquake damage diagnosis of building structures.
- (2) The evaluation of the durability of reinforced concrete building structures is very complex and diversified. Therefore, we can draw on the experience of Japan to develop the durability evaluation standards and evaluation methods applicable to domestic buildings.
- (3) Promoting the lightweight of building structure, the sustainability of building materials, and the normalization of construction shortages are serious issues facing the current construction environment. This project will take advantage of the light weight and dry construction advantages of the Cross-laminated timber (CLT), as well as the new structure of the mixed reinforced concrete and steel structure, so that the development of the

building structure can better respond to the changes in the construction environment.

4. Major suggestion

Immediate adoption suggestion- The results of this research are used as important reference materials for planning the research main axis, sub-projects and research topics of emerging mid- and long-term projects related to innovative technologies for building earthquake resistance and building life extension from 112 to 115 in the future.

Major Office : Architecture and Building Research Institute Ministry of
Interior

Associate Office : Architecture and Building Research Institute Ministry of
Interior

The experimental results show that if there are damaged cracks within about 0.2 mm on the surface of the RC column, or the column damage is below grade II damage, it can be applied to research after the cracks are repaired with high fluidity epoxy resin under low pressure. Moreover, when the cracks of the RC column are repaired, the stress cracks mainly develop along the original cracks.

The project goals proposed in this study are mainly to construct a "safe", "settled" and "safe" living environment, promote the creation of homes, improve the quality of buildings, develop smart disaster prevention strategies and other topics, and take into account domestic research on human resources and resources. Feasibility, proposed "R&D of rapid and intelligent diagnosis technology for post-earthquake building structure safety", "R&D and performance evaluation of RC-CLT hybrid structure system", "Establishment of RC building structure durability evaluation and maintenance standards" and "Establishment of RC building maintenance standards" "Studies on the main axis, sub-projects and research topics recommendations, and completed the collation, as shown in Table 4.1.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與目的

臺灣位處環太平洋地震帶，地震頻繁，且面臨亞熱帶高溫多雨氣候環境，因此如何強化國人住的安全、住的安心及住的有品質，始終為社會關切議題，亦為政府責無旁貸的職責。

根據國家實驗研究院科技政策研究與資訊中心於 108 年 7 月所公布「我國民眾關心之百大社會課題」調查報告，顯示民眾關心社會議題的前五大類領域，依序分別是「環境」、「勞動權益與薪資」、「糧食」、「災害」及「能源」。其中屬「災害」領域之「地震」及「災前整備及預警」課題，分列為百大課題的第 23 及 15 名，足見民眾對「災害」議題的重視。

另依據內政部 110 年度的施政計畫，旨為營造「安定」、「安居」及「安心」的生活環境，積極從「維護社會安定，守護人民安全」、「完備防救災機制，強化空中救援量能」、「建構永續國土，均衡城鄉發展」、「營造安居家園，加速都市更新」、「促進公民參與，落實民主精神」及「精進便民服務，加強人權維護」等 6 項施政目標，推動各項福國利民之政策措施，務實回應民眾之需求，以落實「安居樂業」的施政願景。其中，有關施政目標（四）「營造安居家園，加速都市更新」，其策略為積極推動危老屋重建，辦理建物耐震安檢及重建補強措施，加強居住安全保障，強化建築物安全管理，精進建築科技技術研發，建構永續智慧生活環境。因此，本研究對建築耐震與延壽創新技術科技發展之規劃，須與內政部施政計畫之「營造安居家園，加速都市更新」施政目標與策略相扣合。

建築耐震與延壽創新技術科技發展規劃研究

為此，本研究整合前述民眾關心課題及施政計畫目標，並強化國人居住安全之保障，精進建築耐震技術之研發，擬於「建築工程技術發展與整合應用計畫 (108-111 年)」執行完成後，接續著手建築耐震與延壽創新技術相關研究之先期規劃，據以研提 112-115 年度新興中長程科技計畫及執行策略，以利內政部施政計畫之推動與落實。

第二節 研究內容

本研究為研擬「建築耐震與延壽創新技術科技發展規劃」先期研究計畫之重點目標、研究架構及對應研究課題，做為現有「建築工程技術發展與整合應用計畫(108-111年)」[9]相關中長程延續計畫「建築工程技術精進創新與應用效能提升計畫(112-115年)」之規劃藍圖。

臺灣位處於歐亞板塊與菲律賓海板塊的交界面，以及環太平洋地震帶上，受板塊擠壓作用影響，至地震發生頻繁。雖然多年來政府結合工程業界及學界，持續推動新建建築物的耐震設計標準，以及改善國內既有建築物的耐震能力與延長建築物之使用壽命。惟歷經 88 年 921「集集大地震」、105 年 0206「美濃地震」及 107 年 0206「花蓮地震」嚴厲考驗之後，仍見國內建築物發生嚴重的損害。台灣地區除地震、颱風災害外，由於亞熱帶的氣候型態，使國內氣候潮溼、高溫且多雨，造就成易腐蝕的環境，進而影響居住舒適性，也加速建材與構件的劣化，縮短建築物的生命週期，增加營建資源的損耗，不利於環境的永續發展。

針對地震、風害與溼熱環境的問題，本研究擬研提的新興科技計畫，仍將賡續推動內政部主管各建築相關構造設計及施工技術規範之修訂、創新工程技術及專利之研發、實驗室驗證能量之提升及工程技術手冊之研擬等面向。面對氣候環境的遽變與因應社會需求的改變，對於國內建築工程技術之持續精進與創新，亦應滾動修正，與時俱進，賡續朝提升國內建築物抗震、防風之性能，以及推動淨零建築之建築延壽議題，並從以往的技术應用整合，全面拓展為應用效能之提升，以營造國人「安定」、「安居」及「安心」的生活環境。

因此，本研究擬廣續研提之計畫，除了援引延續前期科技計畫的各項研究成果外，亦將強化本所材料實驗及風雨風洞實驗等國家級實驗室之實驗能量，並仍以推動本土性建築構件、材料之物理性能驗證為基石，並配合世界科技之浪潮，亦將以人工智慧與網路通訊等技術，納於建築物耐震及耐風科技及技術的應用。初步規劃仍維持以「建築結構耐震技術研究」、「建築物延壽技術研究」及「風工程技術研究」等3大主軸，計畫架構如圖1所示，而本研究僅側重於「建築結構耐震技術研究」及「建築物延壽技術研究」等議題之規畫，「風工程技術研究」部份已另案規劃中，前兩項各分項主軸之計畫目標，概略說明如下。

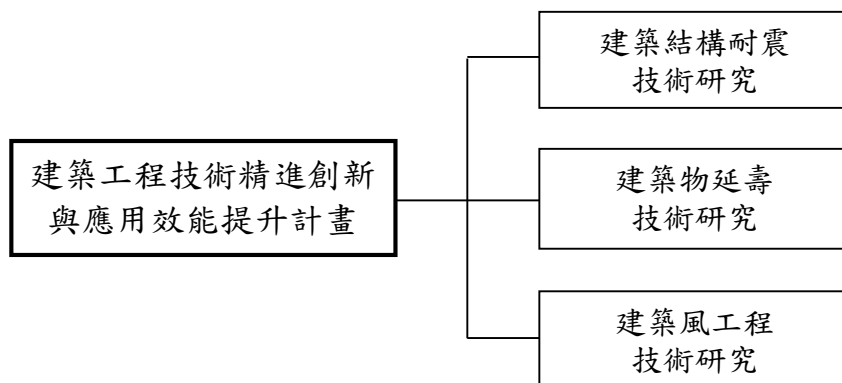


圖 1.1 新興中長程計畫之初擬架構

(資料來源：本研究)

一、建築結構耐震技術研究計畫

以本所歷年防救災科研工作之研發及應用成果為基礎，以及支援內政部部「都市危險及老舊建築物加速重建條例」及「建築物耐震重建輔導試辦計畫」之推動，廣續推動建築耐震之相關研發與推廣工作，以及配合科技部「行政院災害防救科技創新服務方案(108-111年)」[2]與「國家科學技術發展計畫(110-113年)」[4]，推動目標為精進防災科

研技術、整合防災公共資訊服務、推動防災產業鏈結，以建構智慧耐災生活圈之總目標，提供創新資訊服務以建構「安全」、「便利」與「興利」的生活環境。而本分項計畫之目標，擬如下：

- (一)發展建築結構耐震監測及健康診斷技術：扣合科技部「國家科學技術發展計畫(110-113年)」[4]：目標2.「共創經濟動能，營造創新沃土」，子目標1.「加速產業智慧化與數位轉型」策略4.「虛實整合擴大跨域應用」，措施(3)「建築4.0產業數位轉型，發展智慧城市創新服務」，建立各類型建築物結構監測數據，透過人工智慧的演算分析，進一步對建築及使用者，提供預測維護、災害預防及健康管理等的優化調控策略。
- (二)推動建築構造設計及施工技術規範法規研修訂：本分項計畫將賡續推動內政部業管建築物各相關構造之設計與施工規範之研修訂，包含：竹構造建築物設計及施工規範、木構造建築物設計及施工規範、結構混凝土施工規範、鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範與解說、鋼骨鋼筋混凝土構造施工規範、鋼結構容許應力設計法規範及解說等，提升國內新建建築結構耐震之設計技術與施工品質，保障人民生命財產安全，並期國內建築之設計規定，能與國際接軌。
- (三)發展建築耐震能力評估與補強技術與制度之精進：為支援內政部「都市危險及老舊建築物加速重建條例」、「都市更新條例」及「住宅性能評估實施辦法」等政策之推動，賡續推動建築耐震能力評估與補強技術之研發。考量國內既有建築物的數量龐大，耐震設計法規亦不斷精進，為強化既有老舊建築物之耐震安全、延長建物使用壽命，因此針對既有老舊建築物的評估及

補強技術之發展，以及推動老舊建築公共安全檢查政策，勢必仍為營建市場的主要議題。本分項計畫探討及整合既有鋼筋混凝土、鋼結構耐震評估與補強相關法令及技術，並配合「都市危險及老舊建築物加速重建條例」推動，進行老舊建築物耐震性能評估方法、基準等研究，以診斷建築物的耐震能力，進而強化既有建築物的耐震性能，達到安全及防災之目的。另外，對於既有中高層 RC 建築物，發生因存有軟層或弱層結構系統，而有受震損壞或倒塌之虞者，應優先確保此類建築物之局部或整體，無立即崩塌之疑慮。

(四)建築結構耐震技術精進及應用之推廣：本分項計畫相關研究成果，必需透過教材、手冊編訂，研討會或講習會之舉辦，甚至網路多媒體影片等方式之呈現，透過實際案例收集、分析，以及專業單位使用經驗之回饋，以提升建築工程耐震技術之應用效能。

二、建築物延壽技術研究計畫

既有建築物逐漸邁入老化的現象，是所有社會大眾必須面對的課題，由於受到人為與環境因素影響，建築構件發生劣化、龜裂及腐蝕等情形，常造成建築物的使用性，甚至極可能影響到居住的安全性，對民眾的生活品質及生命安全，其影響甚鉅。所以既有建築物結構系統或構件，除了需進行耐震能力的評估及診斷外，應適時進行其耐久性的健檢，以及早診斷構件老劣化對結構使用性能之影響，透過適當補修技術的協助，使得建築物能恢復其使用功能，進而延長建築物的使用壽命。據此，本分項計畫將針對建築物延壽相關技術之研究，訂立推動目標：

(一)精進建築構件耐久性之診斷技術：提高建築構件相關指標耐久性診斷技術之準確性，以及發展構件或材料劣化檢測之創新技術，進而將構件或材料之劣化情形，反應於耐震能力評估法之中，更能合理評估建築物耐震安全能力。另外，為防止建築物外牆瓷磚容易因熱漲冷縮而剝落，形成「瓷磚雨」，對行人造成危害，因此為確保建築物外牆瓷磚的安全性，事實上從施工階段品質良窳之控制，即已決定日後的耐久性。因此，本分項計畫將配合內政部營建署未來擬將大樓外牆納入公安申報的範圍，強制列入例行性的公安檢查之技術需求，以及經濟部自 110 年 8 月實施「應施檢驗外裝壁磚商品之相關檢驗規定」，將「外牆瓷磚」列為應施檢驗商品之規定，對於外牆瓷磚的施工技術、補修工法的選擇、外牆打底施工品質及診斷技術等，進行相關研究，以協助主管機關業主、材料供應者及施工者參採或依循，以維護消費者權益。

(二)發展建築構件劣化之補修技術：依據內政部不動產資訊平台 110 年第 1 季按房屋稅籍住宅類數量依屋齡區分，屋齡超過 30 年者已達 49.04%。考量都市更新腳步緩慢，面對如此數量龐大之老舊建築，為維持國內此類老舊建築之使用品質與機能，該如何強化建築構件劣化補修或整建修復之技術，更顯重要且急迫。雖然，地方政府推動都市危險及老舊建築物之重建，已逐漸看出績效，惟仍難達預期。另外，建築物外牆瓷磚掉落、老劣化，所造成公共安全事故頻仍，甚至引致死傷憾事，仍未能有效解決技術或制度上之問題，故本期分項計畫階段將統整補休技術，建立安全檢查、補修等技術，以期能加速及有效確保民眾之安全。

第三節 研究方法

一、研究架構

(一)現況分析

回顧前期「建築工程技術發展與整合應用計畫(108-111年)」於各分項計畫「建築物整建修復及耐久性能研究」與「精進建築結構耐震技術研究」之研究成果，統整符合國家政策及民眾之需求，並可持續深入探討之研究方向。

(二)文獻回顧：

- 1.參考我國科技發展策略藍圖（108-111年）、國家科學技術發展計畫（110-113年）、行政院科技會報決議等方向，以及本部有關都市更新、建築耐震相關法令措施，及其他部會對應建築老劣化安全相關之政策，歸納如何從整體戰略面向，加以強化之課題方向。
- 2.蒐集近期國內建築耐震、建築延壽、結構安全監測及因應少子化缺工相關研究成果與法令政策，並針對都市更新、整建維護層面支持政策之強化措施，瞭解其可能之創新思維及可借鏡之處。

(三)專家學者訪談：

彙總前述內容，邀請長期關注於建築耐震、建築延壽、結構安全監測等研究領域相關之學者、專家、產業界、政府相關單位，提出建議，經由期中簡報及期末簡報會議同研商，藉以檢視研究建議之可行性，進行修正以形成共識，期能提升技術

與實務上之應用價值。

二、研究步驟及流程

研究步驟概述如下：

步驟 1：評析本所「建築工程技術發展與整合應用計畫(108-111 年)」之 2 分項計畫「建築物整建修復及耐久性能研究」與「精進建築結構耐震技術研究」執行成果。

步驟 2：進行國內相關研究方向、政策及法令趨勢探討。

步驟 3：國內科技技術發展方向與建築耐震、延壽相關政策之回顧與評析。

步驟 4：邀集專家學者研商。

步驟 5：研提本組 112 年至 115 年中長程科技計畫建議架構及分年研究課題規劃草案。

步驟 6：結論與後續研究建議。

三、研究流程

綜上所述，本研究流程如圖 1.2 所示：

建築耐震與延壽創新技術科技發展規劃研究

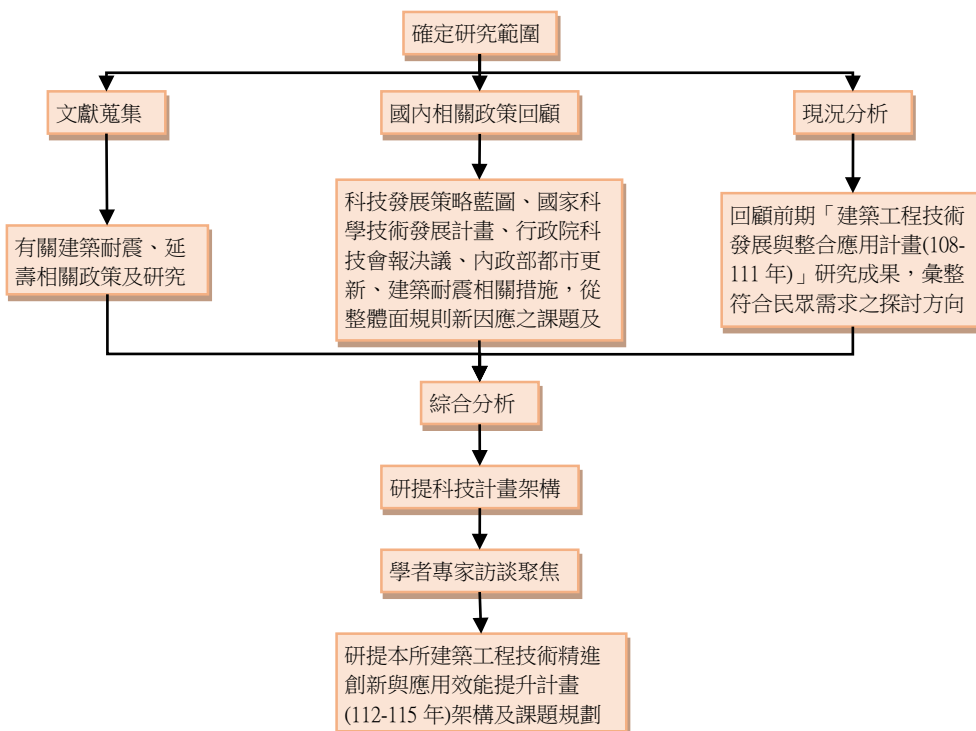


圖 1.2 研究流程圖
(資料來源：本研究)

第四節 預期成果

- 一、完成本所「建築工程技術精進創新與應用效能提升計畫(暫定)」相關計畫主軸、分項目標，以及對應於各分項目標與研究課題規劃之建議。
- 二、提供本所擬定「建築工程技術精進創新與應用效能提升計畫」(暫定)相關科技計畫之參考。

第五節 研究進度

表 1.1 研究進度規劃

月次	第一月	第二月	第三月	第四月	第五月	第六月	第七月	第八月	第九月	第十月	第十一月	第十二月	備註
工作項目													
相關資料蒐集	■												
國內相關政策回顧				■									
學者專家訪談分析						■							
研提科技計畫架構與方針									■				
學者專家訪談聚焦										■			
研提科技計畫建議架構及分年課題規劃草案										■			
期中報告							■						
期末報告								※				■	
研究進度百分比	4	8	12	20	28	40	56	72	80	88	92	100	
查核點	第 1 季：期初審查(3/8)												
	第 3 季：期中報告審查(8/12)												
	第 4 季：期末報告審查(11/26)												
<p>說明：1.工作項目請視計畫性質及需要自行訂定，預定研究進度以粗線表示其起迄日期。</p> <p>2.預定研究進度百分比一欄，係為配合追蹤考核作業所設計。請以每一小格粗組線為一分，統計求得本計畫之總分，再將各月份工作項目之累積得分(與之前各月加總)除以總分，即為各月份之預定進度。</p> <p>3.科技計畫請註明查核點，作為每一季所預定完成工作項目之查核依據。</p>													

(資料來源：本研究)

第二章 建築技術研究計畫之發展

第一節 建築先進技術創新開發與推廣應用計畫

一、計畫目標

前期 100 年起至 103 年止之計畫為「建築先進技術創新開發與推廣應用計畫」[7]，其係依據內政部 98 至 101 年中程施政計畫，規劃優先發展課題之(五)國土永續發展，推動資源永續利用、營建廢棄物減量及再生建材研發。另針對業務面向策略施政目標(六)推動優質永續節能減碳建設，賡續推動節能減碳、生態城市、綠建築、都市防災及建築防火、智慧化居住空間等科技研發與應用。

此計畫延續 96 至 99 年「建築產業技術發展中程綱要計畫」，賡續推動建築物地震災害防制、風工程科技應用整合，以及創新營建材料研發等工作，藉以促進國內建築產業發展，提昇建築技術水準，增進建築工程品質與產能，確保建築物之結構安全與使用性能。同時，強化建築物耐用與耐久性能，引進並研發新式建材，達成建築永續發展與利用之目標，並創造安全無虞之居住生活環境。

由於內政部為中央建築主管機關，因此此計畫之研究方向與成果，多與建築技術相關法令規範相關，並鑑於國際間之先進國家在工程技術方面不斷的研發精進，此計畫對於帶動國內整體建築工程技術與品質之提升，有相當之指標與實質意義；而在建材之創新與應用研究方面，亦引導國內建築產業同步邁向節能減碳、永續發展之目標。

二、計畫重點

此中程個案計畫包括 3 個分項計畫，分別為建築物地震災害防制

研究計畫、風工程科技應用整合計畫，以及創新營建材料研發計畫，整體架構如圖 1 所示，本研究僅針建築物地震災害防制研究計畫及創新營建材料研發計畫分項之內容，其說明如下：

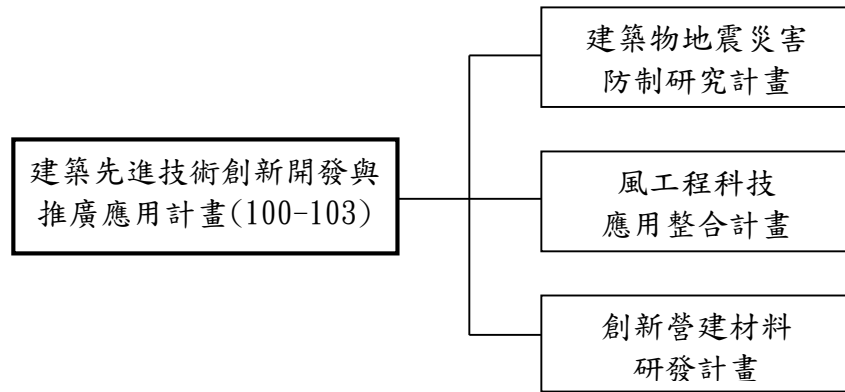


圖 2.1 100-103 年相關計畫之整體架構
(資料來源：本研究)

(一)建築物地震災害防制研究計畫[7]

按行政院於 95 年 4 月 28 日核定「強化災害防救科技研發與落實運作」方案，結合各災害防救業務相關部會署共同推動，此分項計畫亦納於該方案執行。鑒於災害防制為政府長期性之重要工作，於民國 100 年起持續參與「行政院災害防救應用科技方案」，廣續推動建築耐震之相關研發與推廣，同時蒐集 327 臺中地震及中國四川雅安大地震造成建築損壞及人員傷亡之資料，修訂研究方向及課題，並整合國內相關災害防治之資源。

此分項計畫研究主題分為「建築物耐震設計與施工」及「建築物耐震評估與補強」等兩大部分，前者主要著重在耐震設計法規法令研修與施工技術之研發，包括法規標準之本土化研究，高強度材料之應用、新技術與新工法之開發，以及隔震、制震設備性能認證及檢查等。後者則偏重在傳統工法耐震評估與修

復補強技術之探討，包括建築物耐震評估程式之研發與推廣、修復補強材料與工法應用等。本分項計畫研究架構如圖 2.2 所示，計畫總期程之 roadmap 如圖 2.3 所示，將逐年進行大尺寸構材之力學性能與新式耐震結構構材實驗研究，研發耐震評估程式，並針對補強工法進行驗證，同時建立使用手冊或標準規範，作為法令修正之依據。分年執行規畫如表 2.1 所示。

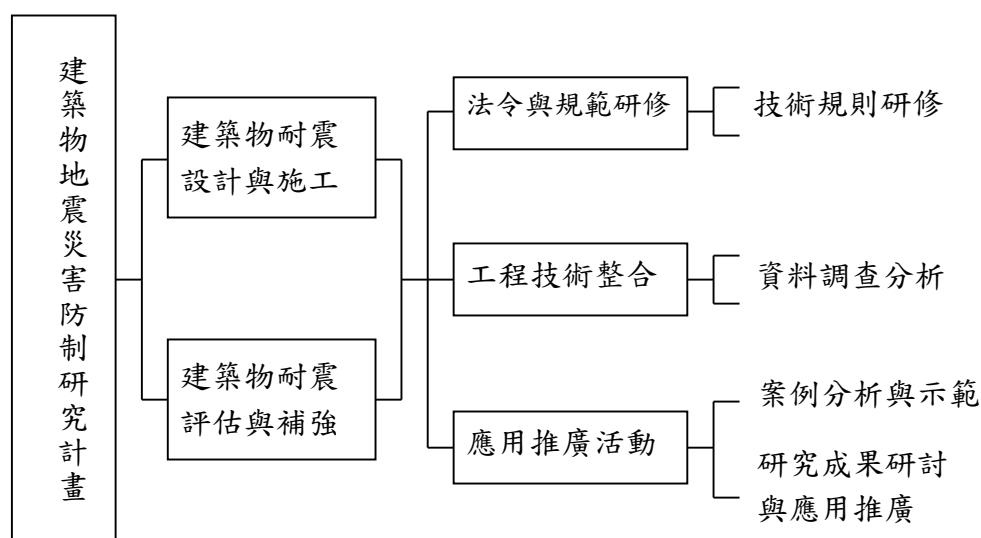


圖 2.2 建築物地震災害防制研究分項計畫之架構

(資料來源：[7])

1. 法令與規範研修

從既有震災經驗瞭解，許多興建年代不遠之建築物，遇震卻仍發生破壞甚至倒塌的情形，究其原因除因地震力太大外，主要為不良結構系統之設計，以及未按圖說施工或施工管理監督不周所致。因此，本計畫對於建築相關法令規範之研修策略如下：

(1) 確實落實建築法令規範：由震害經驗觀之，建築物的耐震

品質問題，受工程管理、制度等人為因素影響甚鉅。因此，本所補助財團法人台灣建築中心研訂「耐震標章」之認證制度，從建築物設計及施工階段，及進行相關之審查及察證，以確保國內建築耐震安全與施工品質。

- (2)既有規範之修訂研究：本所基於促成技術規範迅速更新及法制化的立場，適時邀請相關學(協)會，以研究計畫執行方式，進行規範的檢討與研修，供營建署法制作業參考。

2.工程技術整合

將國內外現有研究成果進行以整合，研擬成實用的技術規範或參考手冊，或藉由研究計畫檢討技術規範之正確性及可靠性，並為工程實務與規範規定間之偏差程度，提供解決方案，期使國內防震技術達國際化水準及本土化的程度。在執行上包括：

- (1)資料分析研究：蒐集國外最新耐震法規與工法技術，檢討其適用於國內之可行性，並提供國內業界瞭解耐震新知識與技術。另亦發掘工程界實務應用之盲點，並針對問題點進行研究，提供解決方案。
- (2)構材力學實驗：優先進行鋼筋混凝土柱箍、繫筋細部研究、填充高強度混凝土箱型鋼柱行為研究、建築非結構牆，以及沿街騎樓式建築耐震性能等實驗研究，另提供消能裝置耐震性能之檢測。

3.應用推廣活動

將耐震評估研究成果藉由舉辦座談會、研討會或講習會

等形式推廣應用。

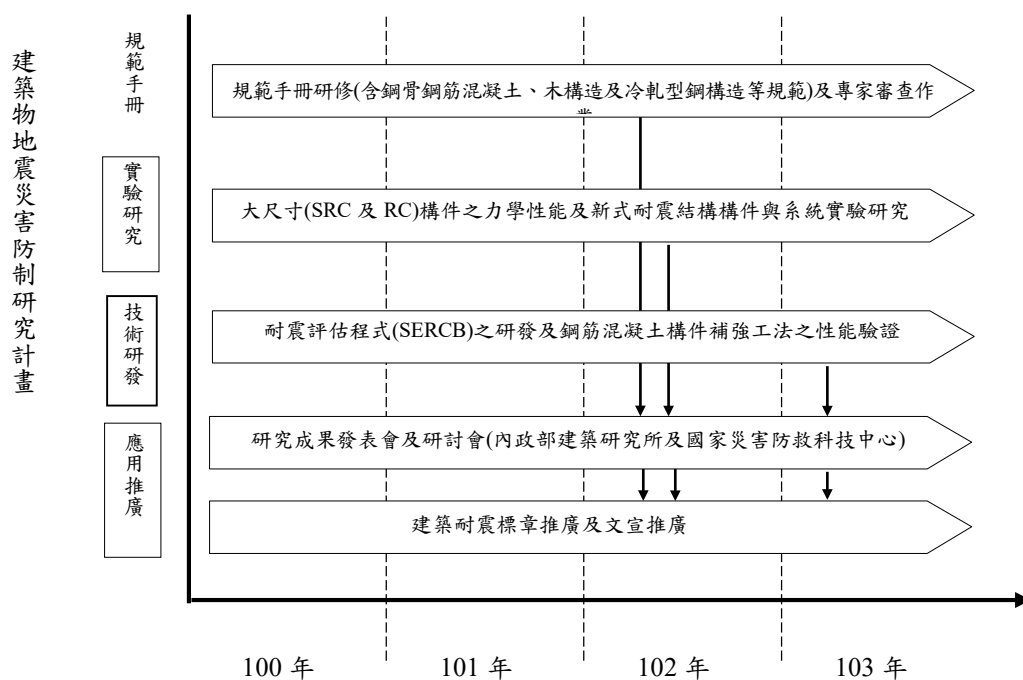


圖 2.3 建築物地震災害防制研究計畫之 roadmap

(資料來源：[7])

表 2.1 建築物地震災害防制研究計畫之分年執行規畫

年度 研究主題	100 年	101 年	102 年	103 年
建築物耐震設計與施工	<ul style="list-style-type: none"> 銲接型式對高溫下軸向受力鋼柱破壞模式之影響 鋼骨梁柱接頭橫隔板耐震性能研究 高強度鋼筋混凝土應用在超高樓層建築物之應用 	<ul style="list-style-type: none"> 混合式耦合剪力牆耐震系統之研發 圓形鋼管混凝土柱之梁柱接頭區細部設計與耐震行為研究 冷軋型鋼構造建築物結構設計規範與解說修正研擬 木構造建築物設計及施工技術規範修訂之研究 	<ul style="list-style-type: none"> 包覆型 SRC 柱箍筋耐震設計需求之構架試驗研究 低矮鋼筋混凝土街屋具典型開口外牆之耐震行為研究 冷軋型鋼構造建築物施工規範之修正研擬 超高強度鋼筋混凝土建築設計施工審核要項之研擬 	<ul style="list-style-type: none"> 受軸力包覆填充型箱型柱橫向鋼筋量與配置細部之有效性實驗研究 低矮鋼筋混凝土街屋具典型開口外牆之韌性配筋實驗研究 建築物基礎構造設計規範之研修訂 鋼筋錯位搭接合理搭接長度之研究
建築物耐震評估與補強	<ul style="list-style-type: none"> 既有 RC 建築物修復補強工法之性能試驗研究(2) 含繫桿填充型箱型柱高軸力下之撓曲行為與設計 包覆型鋼骨鋼筋混凝土柱圍束箍筋耐震需求之研究(1/2) 	<ul style="list-style-type: none"> 低矮型 RC 建築耐震補強施工細節之研究 鋼筋混凝土建築物耐震能力評估平台—SERCB 補強模組之開發與建築物評估補強案例編撰 低矮型鋼筋混凝土建築結構耐海嘯能力之研究 	<ul style="list-style-type: none"> 輕鋼架天花板斜拉線替代方案之足尺實驗研究 大尺寸鋼骨鋼筋混凝土柱撓曲行為之實驗研究 大尺寸鋼筋混凝土方形柱撓曲行為之實驗研究 	<ul style="list-style-type: none"> 臺灣大型音樂廳暗架天花板耐震構造調查評估 既有建築物合理使用年限補強水準之研究 建築物地下室角隅樓板裂縫成因及防制技術之研究

(資料來源：[7])

(二)創新營建材料研發計畫[7]

本分項計畫研究主題分為「材料新技術之研發與應用」、「材料評鑑與規範標準之研究」及「材料資訊系統及其他相關研究」等三部分。前者主要著重在營建新材料與環保建材之研發與應用，包括奈米與高分子材料、再生材料等，並探討鋼筋混凝土複合劣化之影響；第二項係為建立營建材料之評鑑制度、標準與規範，進行相關研究工作；第三項則偏重在營建材料資料庫與相關資訊系統之建立與維護。總期程之 roadmap 如圖 2.5 所示，研究課題分年執行情形，如表 2.2 所示。

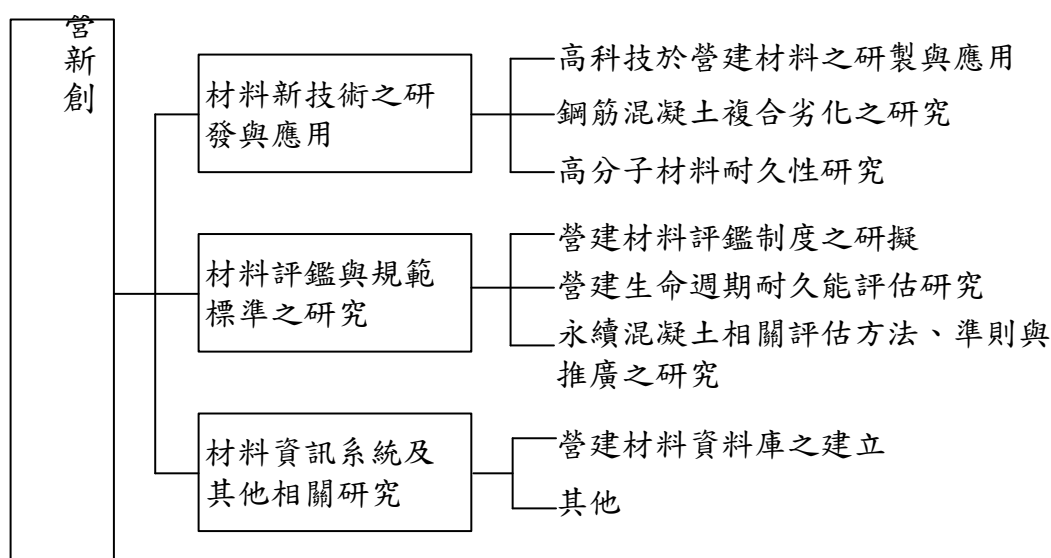


圖 2.4 創新營建材料研發計畫之研究架構圖

(資料來源：本研究)

- 1.材料新技術之研發與應用：包括高科技（奈米、無機基材等）於建築材料之研製與應用、混凝土結構相關研究、鋼筋混凝土複合劣化之研究、高分子材料耐久性研究，以及廢棄物資源化再利用研究等。
- 2.材料評鑑與規範標準之研究：包括營建材料評鑑制度之研擬、

建築耐震與延壽創新技術科技發展規劃研究

以及耐久性規範研究等，主要著重在材料檢測標準之研修訂、材料認證制度之探討、建材耐久性準則評估。

3.材料資訊系統及其他相關研究:建立與維護營建材料資料庫，加強產業間之技術交流與互動，強化產業之競爭力。

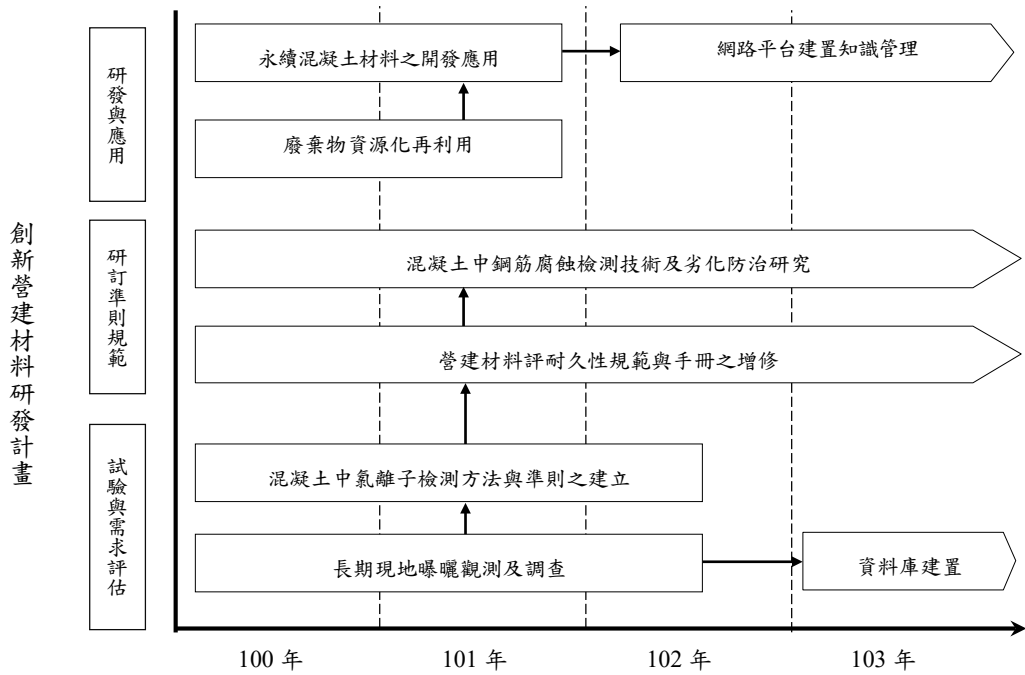


圖 2.5 創新營建材料研發計畫之 roadmap

(資料來源：[7])

表 2.2 創新營建材料研發計畫之分年執行規畫

年度 研究主題	100 年	101 年	102 年	103 年
材料新技術之研發與應用	<ul style="list-style-type: none"> 永續混凝土材料之實驗開發與應用研究 	<ul style="list-style-type: none"> 使用爐渣(石)對於混凝土力學與耐久性能之研究 梁主筋腐蝕位置對桿件韌性行為影響 	<ul style="list-style-type: none"> 以電化學法檢測混凝土中鋼筋腐蝕劣化之研究 	<ul style="list-style-type: none"> 以超音波檢測混凝土中鋼筋腐蝕劣化之實驗研究
材料評鑑與規範標準之研究	<ul style="list-style-type: none"> 本土性硬固混凝土氯離子含量標準與檢測方法之研究 	<ul style="list-style-type: none"> 以加速鹽霧試驗探討氯離子對混凝土耐久性影響之研究 	<ul style="list-style-type: none"> 中性化鋼筋混凝土受氯離子入侵之劣化研究 取樣位置與萃取方式對鋼筋混凝土氯離子含量與檢測方法影響之研究 	<ul style="list-style-type: none"> 混凝土收縮開裂機理及防制技術之實驗研究
材料資訊系統及其他相關研究	<ul style="list-style-type: none"> 建築材料生命週期評估基準與耐久性評估指標之建立 	<ul style="list-style-type: none"> 建築物耐久性評估指標與殘餘壽命預測方法之研究 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼筋混凝土現地曝曬試驗規畫與建置先期研究 鋼筋混凝土建築物耐久性能診斷方法研擬 	<ul style="list-style-type: none"> 營建材料劣化預警技術之研究 鋼筋加工廠材料查驗及管理制度的研究

(資料來源：[7])

第二節 建築技術多元創新與推廣應用精進計畫

一、計畫目標

「建築技術多元創新與推廣應用精進計畫」[8]執行期間為 104 年起至 107 年止。全球氣候極端氣候變異，隨著屋齡的增加，許多既有鋼筋混凝土建築物，亦已逐漸邁入老化，建築材料開始發生劣化、龜裂、破損、腐蝕等情形，因此如何對於廣大既有鋼筋混凝土的建築物，進行有效的健檢與補修，使其恢復應有的使用功能，或者延長建築物的使用壽命，儼然已為現今重要之課題。台灣位於強震、多雨及強風的區，民眾的生活與經濟發展，深受地震與颱風的影響，在歷經「921 集集大地震」及「0206 美濃大地震」後，國內建築物耐震能力仍有待強化與提升，災害防制亦為政府長期的重要工作。依據 100 年「行政院災害防救應用科技方案」，並持續參與「全國災害管理平台建構方案」，廣續推動建築耐震之相關研發與推廣工作，隨著科技技術的進步，建築發展趨勢已朝高層化、大型化及複合化，民眾逐漸重視居住的安全性及舒適性，同時延長建築物使用年限，達成建築永續發展之目標，並創造安全舒適之居住生活環境。

二、計畫重點

此中程計畫包括三個分項計畫，分別為建築結構耐震研究計畫、建築物延壽與耐久性能創新研究計畫，以及風工程技術提昇多元整合研究計畫，整體架構如圖 2.6 所示，本研究僅針對建築結構耐震研究計畫、建築物延壽與耐久性能創新研究計畫 2 分項計畫之內容，做如下之說明：

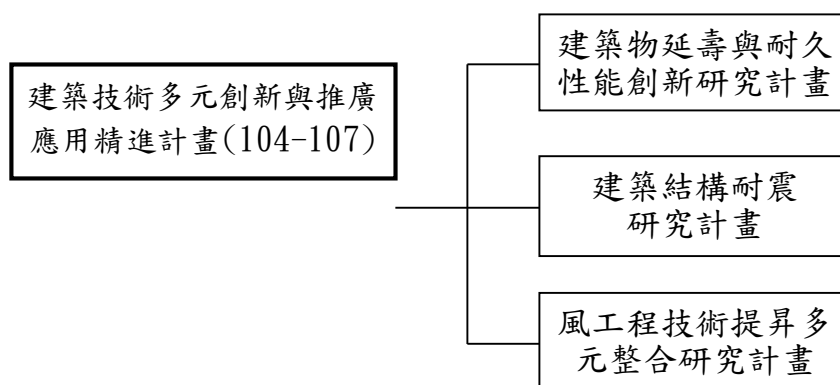


圖 2.6 104-107 年相關計畫之整體架構

(資料來源：[8])

(一)建築結構耐震研究計畫[8]

配合「104-107 年行政院災害防救應用科技方案」，廣續推動此分項計畫，期能藉由引進國外建築耐震先進技術，整合國內相關研究發展，提升國內建築耐震技術與工程品質，確保人民生命財產之安全。此分項計畫研究主題包括「高性能結構系統及構件耐震性能研究」、「建築耐震相關規範解說強化及技術手冊等研究」及「耐震能力提升與評估技術精進及多元應用推廣」等三部分，其內容涵括高強度結構系統研發、建築耐震規範與手冊研修、以及評估與補強技術研發及推廣等，研究架構如圖 2.7 所示，分年執行情形，如表 2.3 所示。

1.高性能結構系統及構件耐震性能研究

- (1)高性能鋼材結構系統研發：國內鋼材製造技術發展快速，已有許多實際建築應用案例，突破現有國內鋼結構或 SRC 結構設計規範限制，且鋼材易受到在地許多因素影響，故針對使用超高強度鋼材結構系統之構件或構架進行試驗，以確認實務應用於耐震性能或韌性不足的安全疑慮。

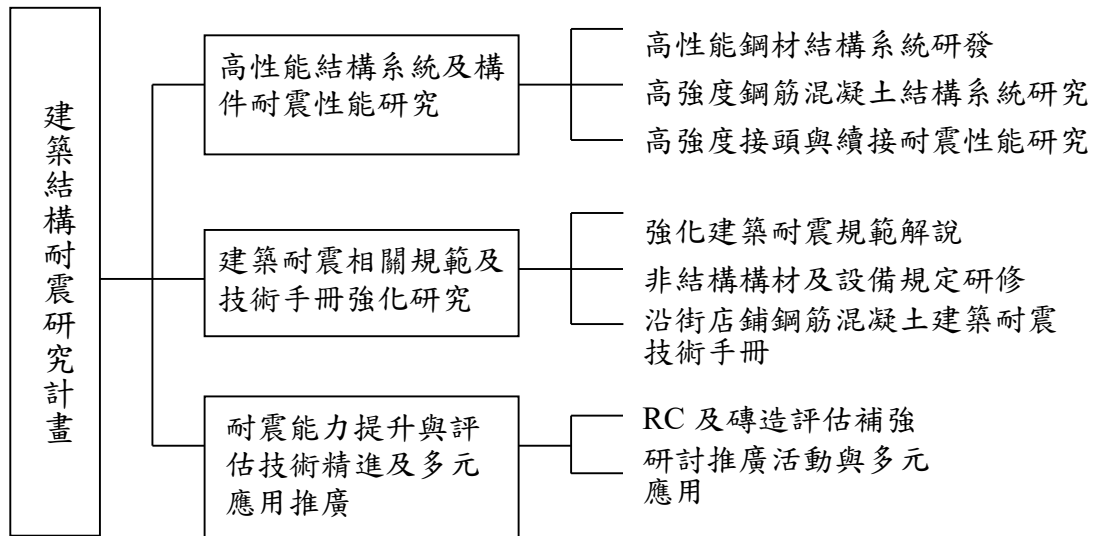


圖 2.7 建築結構耐震研究計畫之研究架構圖

(資料來源：[8])

(2)高強度鋼筋混凝土結構系統研究：New RC 建築之建造，因材料強度及施工，可能超過建築技術規則與結構混凝土設計規範的一般規定，因此進行相關高強度鋼筋混凝土構件之本土化實驗研究，確保設計的安全及施工的可靠。

(3)高強度接頭與續接耐震性能研究：梁柱接頭及續接器的耐震性能，將直接影響建築物的整體耐震能力，須進行相關之本土化實驗研究，以確保建築物的耐震能力。

2.建築耐震相關規範及技術手冊強化研究

(1)強化建築耐震規範解說：國內耐震設計規範各章節條文或解說內容，部分過於簡略，相關公式的由來亦不夠清晰，因此必要強化解說內容，並訂定相關範例。

(2)非結構構材及設備規定研修：非結構構材與設備的破壞或功能喪失，可能直接危及用戶，甚至附近戶外人員的安全，

並造成應急設施無法使用，故進行相關研究。

- (3)沿街店鋪鋼筋混凝土建築耐震技術手冊：鋼筋混凝土沿街店鋪住宅，為台灣普遍的建築形式，沿街到方向的耐震能力存在牆體量不夠或設計者不知如何計算開口牆體之抗剪強度，故研擬耐震設計技術手冊，提供業界參考。

3.耐震能力提升與評估技術精進及多元應用推廣

- (1)RC 及磚造建築評估補強：探討及整合既有鋼筋混凝土及加強磚造耐震評估與補強相關技術，整合建築結構、材料科技、資源再生應用等技術與應用研究。
- (2)研討推廣活動與多元應用：推廣評估技術，講解評估準則，以及行政配合措施，俾利評估作業順利推動。

表 2.3 建築結構耐震研究計畫之分年執行規劃表

年度 研究主題	104 年	105 年	106 年	107 年
高性能結構系統及構件耐震性能研究	<ul style="list-style-type: none"> · 填充型箱型鋼柱之撓曲合成行為研究 · 矩形填充高強度混凝土箱型鋼柱低軸力下撓曲耐震行為研究 · 填充高強度混凝土矩形箱型短柱耐震行為研究 	<ul style="list-style-type: none"> · 包覆填充型箱型柱橫向鋼筋配置對撓曲行為之影響 · 低矮 RC 建築以非矩形斷面柱耐震性能提升之實驗研究 	<ul style="list-style-type: none"> · 填充混凝土箱型鋼柱內混凝土乾縮對耐震性能之影響 · 高強度鋼筋混凝土梁柱接頭耐震性能研究 	<ul style="list-style-type: none"> · 高強度鋼材於損害控制結構系統之應用研究 · 高強度鋼材之梁柱接頭韌性研究
建築耐震相關規範及技術強化手冊等研究	<ul style="list-style-type: none"> · 建築物非結構構材-暗架天花板耐震性能檢討 	<ul style="list-style-type: none"> · 混凝土結構設計規範修訂研究 · 建築物非結構構材及設備耐震性能研究 	<ul style="list-style-type: none"> · 鋼筋混凝土剪力牆圍束效應與剪力強度研究 · 建築物基礎構造設計規範之修正 	<ul style="list-style-type: none"> · 鋼構造建築物鋼構造設計技術規範之修訂研究
耐震能力提升與評估技術精進及多元應用推廣	<ul style="list-style-type: none"> · 沿街店舖住宅結構系統耐震設計技術手冊研究 · 圓箍筋對鋼筋混凝土圓柱韌性影響之研究 	<ul style="list-style-type: none"> · 低矮 RC 建築以非矩形斷面柱耐震性能提升之實驗研究 · 建築物附屬構造增建電梯時補強策略研究 · 鋼筋混凝土建築物耐震能力評估平台結合 GPS 及雲端技術研究 · 建築物耐震評估與補強技術等相關宣導推廣計畫 	<ul style="list-style-type: none"> · 沿街店舖鋼筋混凝土建築創新補強策略研究 · 中高樓層建築軟弱底層及不規則扭轉效應檢討研究 · 鋼筋混凝土建築物補強工法精進研究 · 非韌性配筋柱之耐震韌性提升研究 	<ul style="list-style-type: none"> · 沿街店舖鋼筋混凝土建築耐震結構系統之精進研究 · 既有鋼構造建築物耐震能力評估程式之研發 · 建築物耐震能力提升策略之研究

(資料來源：[8])

(二)建築物延壽與耐久性能創新研究計畫[8]

1.建築物延壽策略與構件修復

- (1)建築構件劣化防制與延壽：針對相關劣化因子進行成因分析及機理探討，提供防制及改善對策，提升建築物之經濟價值，或調整新建建築物之設計，發揮應有之使用功能。
- (2)建築物管線使用性能與修復：當管線發生嚴重劣化時，將難以進行維護，甚至影響到其他建築設備之品質，故針對建築設備訂定評估檢測標準及維護策略。

2.建築物耐久性能檢測與設計

- (1)耐久性能檢測技術：藉由非破壞性檢測技術，在不破壞結構材料下，使用檢測儀器，評估結構劣化情況、損壞範圍及程度，找出適當修復方式及評估建築物之使用年限。
- (2)耐久性能評估與設計：針對既有鋼筋混凝土建築物現況，進行耐久性能詳細診斷，彙整耐久性能不足原因，推估其使用壽命，以作為耐久性能提升技術及設計方法之參據。

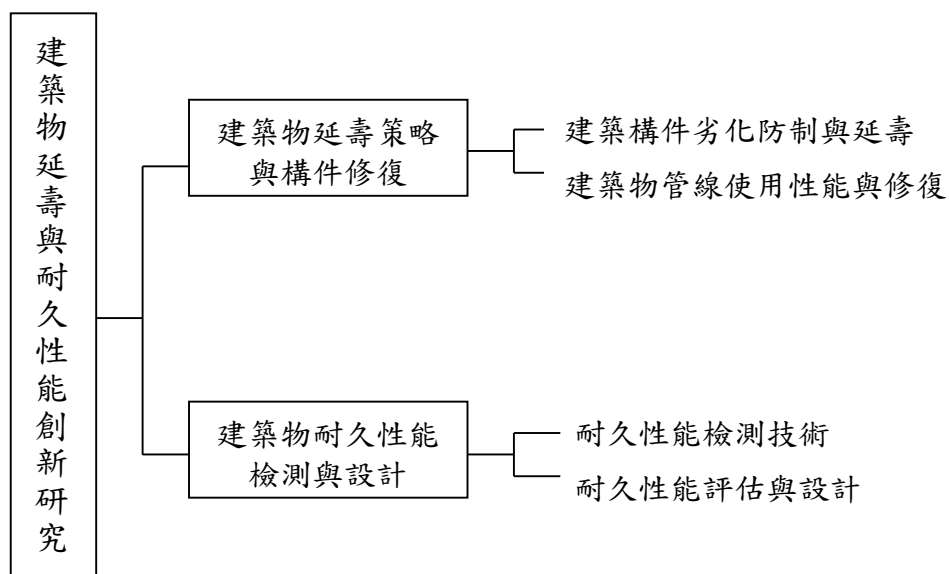


圖 2.8 建築材料延壽技術研究計畫之研究架構圖

(資料來源：[8])

表 2.4 建築物延壽與耐久性能創新研究計畫之分年執行規劃表

年度 研究主題	104 年	105 年	106 年	107 年
建築物延壽策略與構件修復	<ul style="list-style-type: none"> · 建築物管線滲漏檢測技術手冊與修護對策之研究 · 磁磚水泥質黏著劑性能相關國家標準研究 · 提升建築物長期品質與機能之推動規劃研究 	<ul style="list-style-type: none"> · 建築物外牆飾面墜落之防治技術與制度研究 · 建築防水設計技術建立之研究 	<ul style="list-style-type: none"> · 建築物瓷磚材料受環境因素影響產生劣化之研究 · 建築物防水施工與維護技術建立之研究 · 曝露於氯鹽與工業環境混凝土中熱浸鍍鋅鋼筋腐蝕模式研究 	<ul style="list-style-type: none"> · 外牆瓷磚抗拉接著強度耐久性能研究 · 建築物防水材料性能評估與耐久性能試驗法研究 · 熱浸鍍鋅鋼筋在鋼筋混凝土結構中腐蝕檢測與服務壽命評估研究 · 建築物外牆石材飾面材料施工技術標準建置研究
建築物耐久性能檢測與設計	<ul style="list-style-type: none"> · 集合住宅老劣化態樣調查與改善策略研究 	<ul style="list-style-type: none"> · 建築物鋼材與混凝土小型前導長期曝曬試驗 	<ul style="list-style-type: none"> · 混凝土斷面修復材之性能評定準則研擬 · 混凝土用熱浸鍍鋅鋼筋之耐久性研究 	<ul style="list-style-type: none"> · 鋼筋混凝土建築物鋼筋腐蝕殘餘壽命評估方法之研究 · 鋼筋混凝土建築物耐久性能提升技術之研究

(資料來源：[8])

第三節 建築工程技術發展與整合應用計畫

一、計畫目標

「建築工程技術發展與整合應用計畫」[9]執行期間為 108 年起至 111 年止。本計畫依據內政部 106 至 109 年中程施政計畫，施政綱要：二、建構永續、宜居環境，(一)健全國土規劃，落實國土永續發展，2、建構永續智慧生活環境，精進建築科技技術研發，強化都市防災韌性。積極應用先端智慧技術，提升耐震與耐風工程技術效能，強化技術規範之落實與應用；同時增進綠色建材研發量能，研訂材料檢測相關標準，促進建築產業之永續發展。

本計畫延續 104 至 107「建築技術多元創新與推廣應用精進計畫」[8]，過去各階段計畫已完成相關技術法規修訂、專利開發、驗證能量提升、技術手冊研擬等多面向成果。但面對遽變的氣候環境與社會需求，建築工程技術亦應與時俱進，滾動更新，持續朝向抗震、防風與耐久的方向發展並全面整合與推廣應用，精進工程先進技術，建立居住安全、環境舒適與節能減碳的永續家園。

二、計畫重點

本計畫包含精進建築結構耐震技術研究、建築物整建修復及耐久性能研究、風工程技術創新多元應用研究等 3 分項計畫，整體架構如圖 2.9 所示。本研究僅針對精進建築結構耐震技術研究、建築物整建修復及耐久性能研究 2 分項計畫之內容，做如下之說明：

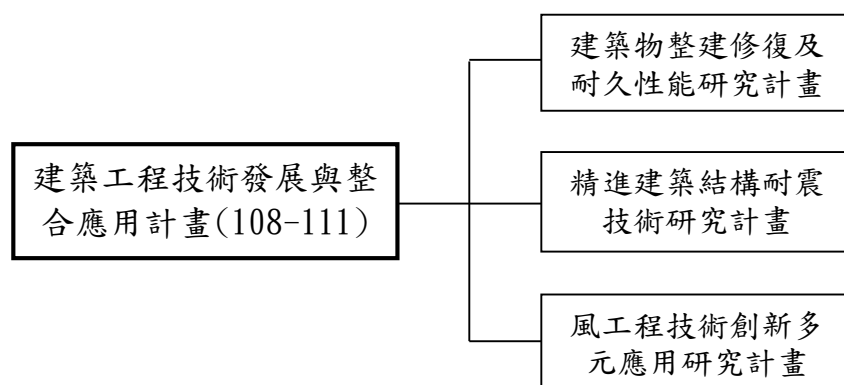


圖 2.9 108-111 年相關計畫之整體架構

(資料來源：[9])

(一)精進建築結構耐震技術研究計畫[9]

本分項計畫於前期計畫（104-107年），所建立及修訂建築相關構造設計及施工規範，以及材料試驗標準，持續支援內政部營建署及經濟部標準檢驗局做為修訂相關構造技術規範及國家標準之參採，並藉由本所材料實驗中心之設備能量，持續進行大型與本土性結構構件耐震性能的實驗研究，透過理論與實驗結果之結合，已協助提升國內建築結構之安全性與使用性。其中，「冷軋型鋼構造建築物結構設計規範及解說」、「混凝土結構設計規範」、「SRC 構造設計規範與解說」及「建築物耐震設計規範及解說」等法規修訂之研究成果，已陸續提供營建署參採。並且為精進建築耐震能力之評估技術，持續研究改善「耐震詳細評估法」，協助營建署建立「耐震初步評估平台」。此外，本所亦建置鋼結構與鋼骨鋼筋混凝土建築物耐震能力初步評估系統，以因應業界對於此類建築物耐震能力初步評估的需求。

配合「行政院災害防救科技創新服務方案(108-111年)」[2]，同時支援內政部「建築物耐震重建輔導試辦計畫」、「住宅性能

評估實施辦法」及「都市危險及老舊建築物加速重建條例」之推動，賡續推動建築耐震科技研發與推廣工作，引進國外建築耐震先進技術，整合國內相關研究發展，提升國內建築耐震技術與工程品質，確保人民生命財產之安全。本分項計畫研究架構如圖 3 所示，研究課題分年執行情形，如表 2.5 所示。

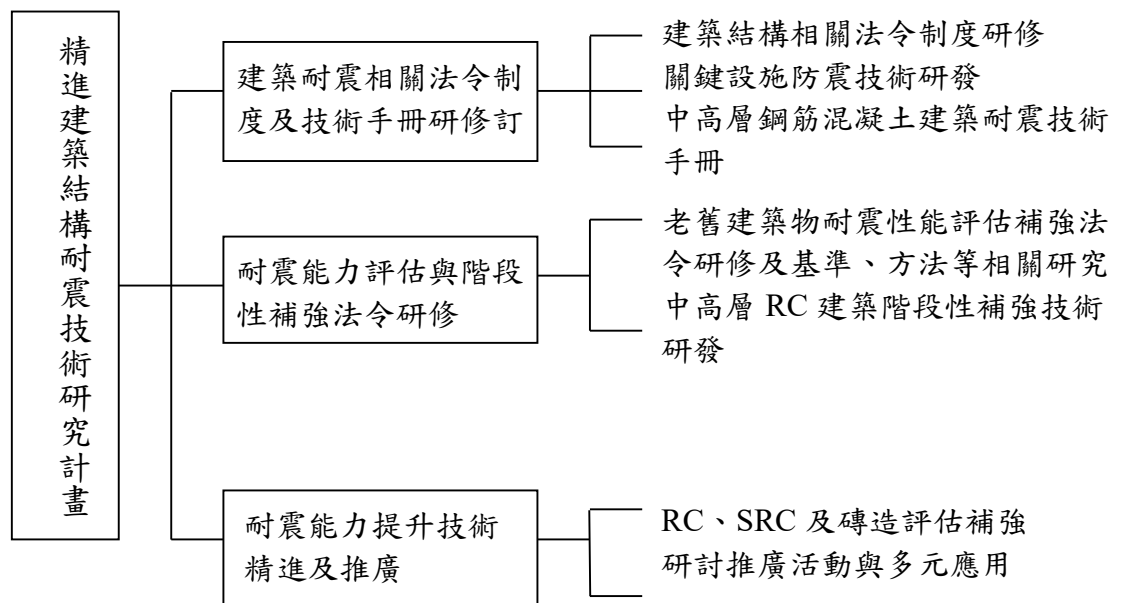


圖 2.10 精進建築結構耐震技術研究計畫之研究架構圖

(資料來源：[9])

1. 建築耐震相關法令制度及技術手冊研修訂[9]

(1) 建築結構相關法令制度研修：涵蓋耐震設計分析方法、隔震建築設計、制震建築設計，以及既有建築物的耐震能力評估與補強等。

(2) 關鍵設施防震技術研發：辦理關鍵設施(如醫院、消防及警務執行公務之建築物等)防震技術之研究。

(3) 中高層鋼筋混凝土建築耐震技術手冊：配合內政部營建署「政府主動輔導單棟大樓補強暨階段性補強」措施，進行

建築物階段性補強技術相關研究。105 年 0206 美濃地震及 107 年 0206 花蓮地震造成數棟軟腳大樓倒塌，多為結構系統不良、土壤液化、梁柱箍筋圍束不足、混凝土品質低劣等因素所致，故中高樓層建築之耐震性能，當為研究主軸。

2.耐震能力評估與階段性補強法令研修

(1)老舊建築物耐震性能評估補強法令研修及基準、方法相關研究：有關國內建築物於耐震能力評估及補強之推動，目前仍以公有及供公眾使用建築物為主，對於其他民間建築，則考量政府財政與涉及人民權利關係，應以法律定之。對於老舊「私有」建築物的耐震補強，宜顧及民眾心理與回歸市場機制，並將「私有特定用途供公眾使用」的建築物，納為優先重點。

(2)中高層 RC 建築階段性補強技術：營建署推動單棟大樓補強暨階段性補強之輔導措施，由政府主動介入協助，針對可能存在潛在耐震不足的高危險群建築物，突破現行法令限制，協助其進行「階段性補強」，並透過私有建物補強設計示範例，進行應用性之檢討及驗證。

3.耐震能力提升與評估技術精進及多元應用推廣

(1)RC、SRC 及磚造評估補強：探討及整合既有鋼筋混凝土及加強磚造耐震評估與補強相關技術，整合建築結構、材料科技、資源再生應用等技術與應用研究。

(2)研討推廣活動與多元應用：藉由舉辦座談會、研討會或講習會等，推廣研究成果之應用。

表 2.5 精進建築結構耐震技術研究計畫之分年執行規劃

年度 研究主題	108 年	109 年	110 年	111 年
建築耐震相關法令制度及技術手冊研修訂	<ul style="list-style-type: none"> 木構造建築物高度、樓層數相關設計規定檢討研究 因應國際規範修訂與國內近斷層地震效應對於國內隔減震建築設計規範之研修考量 	<ul style="list-style-type: none"> 高強度鋼筋機械式續接性能合格標準及驗證研究 鋼筋混凝土梁主筋與鋼柱續接設計之探討 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼骨鋼筋混凝土構造設計規範柱及接合設計之修正研擬 鋼構造建築物鋼結構設計技術規範之修正研擬 竹構造建築物設計技術研究 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼構造建築物鋼結構施工規範修正研擬(委託研究) 鋼骨鋼筋混凝土構造施工規範修研擬(委託研究) 從災損評估觀點比較建築物性能設計法與現行設計法之差異
耐震能力評估與階段性補強法令研修	<ul style="list-style-type: none"> 應用非線性動力分析法於中高樓層軟弱層及扭轉不規則建築之詳細耐震能力評估 CFRP貼覆方向對RC柱補強效益之驗證研究 	<ul style="list-style-type: none"> 降低營建人力需求構造研發-多單元鋼管鋼網牆之強度與韌性 非韌性RC柱裂縫補修及CFRP補強效益驗證之研究 	<ul style="list-style-type: none"> 應用AIoT技術進行建築物安全耐震能力評估檢查 	<ul style="list-style-type: none"> 既有建物非結構元件與設備耐震評估程序研擬 建立私有建築耐震工項資料庫及參考價格資料庫 老舊建築結構數位化虛擬實境影像健檢技術整合開發
耐震能力提升技術精進及推廣	<ul style="list-style-type: none"> 鋼筋混凝土柱梁偏心接合之耐震抗剪強度檢討 老舊RC建築高軸力非韌性配筋柱乾式鋼板補強 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼耐震間柱結構系統設計準則與性能評估方法研擬 老舊RC建築高軸力非韌性配筋矩形柱乾式鋼板補強 	<ul style="list-style-type: none"> 承受軸力位移型消能元件彈性及性能試驗方法之標準研究 建築耐震與延壽創新技術科技發展規劃研究 繫筋配置對於鋼筋混凝土梁耐震性能影響之實驗研究 	<ul style="list-style-type: none"> RC柱鋼筋續接缺失對柱耐震性能之影響評估 以綠能及耐震設計構築安心及友善環境長照住宅 超高強度纖維混凝土之使用與設計手冊研擬

(資料來源：[9])

(二)建築物整建修復及耐久性能研究計畫[9]

臺灣屬於海島型氣候，地理位處於亞熱帶，建築物長期處在高鹽分、高溫與潮濕的環境條件下，導致建築材料易發生劣化、龜裂、破損、腐蝕等情形，甚而縮短其使用壽命。對於既有建築物如何進行有效的整建，使其恢復應有的功能性及延長建築物的使用壽命，實為重要。前期計畫已研擬瓷磚黏著劑國家標準，並函送經濟部標準檢驗完成法制化作業。本分項計畫研究架構，如圖 2.11 所示：

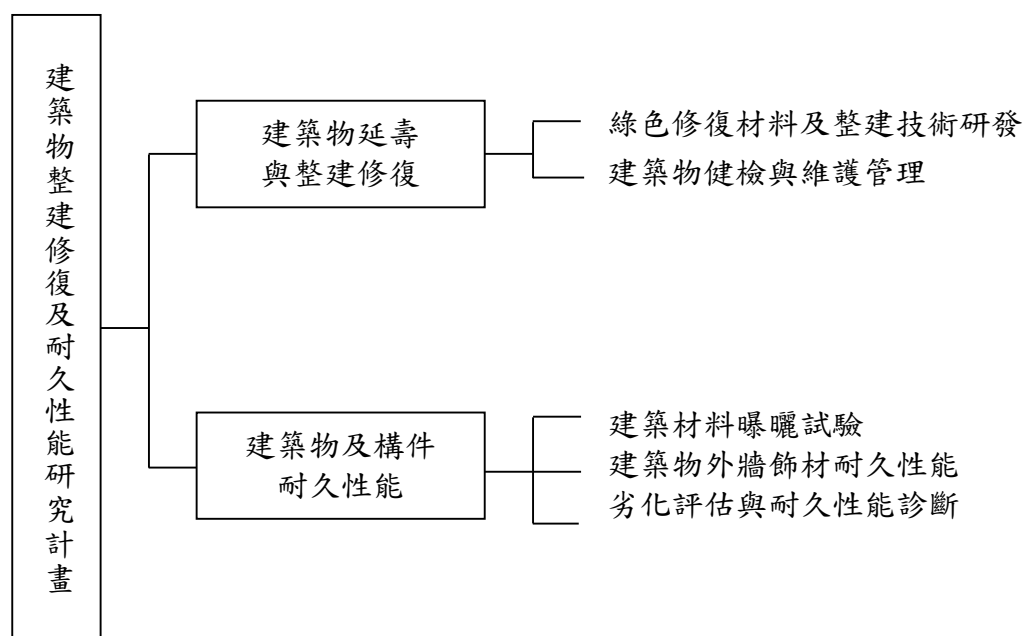


圖 2.11 建築物整建修復及耐久性能研究計畫之研究架構圖

(資料來源：[9])

1. 建築物延壽與整建修復

(1) 綠色修復材料及整建技術研發：針對建築物修補材料之性能，以及構件劣化改善等課題進行探討，並嘗試以綠色材料做為建築補修應用之研究。

- (2)建築物健檢與維護管理：既有建築物需要透過健檢診斷，以評估給予修繕之時機、方法與規模，以減少因建築物維護不當，所造成人員健康與財產之損害。

2.建築物及構件耐久性能

- (1)建築材料曝曬試驗：持續透過加速劣化與現地曝曬試驗之比對研究，建立混凝土及鋼板基材表面之被覆材，於大氣環境之長期劣化資料，例如膜厚、光澤度或色差等之變化，並結合設置於本所材料實驗中心（台北景美）曝曬實驗場之應用，以反應為北部地區、都會環境之況況。
- (2)建築物外牆飾材耐久性：強化國內對於外牆飾材的施工技術、改修工法，以避免憾事再次發生。
- (3)劣化評估與耐久性能診斷：針對建築物及構件之劣化與耐久性進行研究，以回饋補修材料之研發及驗證。

表 2.6 建築物整建修復及耐久性能研究計畫之分年執行規劃

年度 研究主題	108 年	109 年	110 年	111 年
建築物延壽 與整建修復	<ul style="list-style-type: none"> · 鋼筋混凝土建築結構耐久性能診斷技術手冊研擬 · 中長期避難收容場所整體配置規劃及組合屋設計研究 	<ul style="list-style-type: none"> · 鋼筋混凝土梁構件之鋼筋腐蝕斷面補修工法研擬 · 探討運用營建資訊分類編碼系統檢討建築技術規則自然通風採光與防火避難設施的可行性 	<ul style="list-style-type: none"> · 建築工程技術之大學社會責任實踐計畫規劃研究-調查評估類 	<ul style="list-style-type: none"> · 國內建築物整建市場及意願之研究 · 高氯含量混凝土構件改善策略之研究 · 建築工程循環經濟發展現況及課題探討
建築物及構件耐久性能	<ul style="list-style-type: none"> · 卜作嵐摻料對再生混凝土與鋼筋間界面過渡區影響之研究 · 材料實驗中心實驗設備發展精進策略之研究 	<ul style="list-style-type: none"> · 既有建築物地下室拆除重建工法之研究 · 建築工程技術研究成果結合大學社會責任實踐計畫之可行性探討 	<ul style="list-style-type: none"> · 養護方式對預鑄混凝土主要建築構造性能影響之研究 	<ul style="list-style-type: none"> · 鋼筋混凝土版構件腐蝕劣損區域修復工法與補修材料耐久性能研究(委託研究) · 應用於建築物之填縫材料老劣化研究 · 鋼構造建築物耐久性能診斷方法之研究 · 外牆瓷磚背溝尺寸對抗拉強度與耐久性能之影響

(資料來源：[9])

第三章 科技發展計畫之規劃

第一節 科技發展計畫目標

依據內政部 110 年度的施政計畫[6]，旨為營造「安定」、「安居」及「安心」的生活環境，落實「安居樂業」的施政願景。並積極從「維護社會安定，守護人民安全」、「完備防救災機制，強化空中救援量能」、「建構永續國土，均衡城鄉發展」、「營造安居家園，加速都市更新」、「促進公民參與，落實民主精神」及「精進便民服務，加強人權維護」等 6 項施政目標，推動福國利民之政策，務實回應民眾之需求。其中，有關施政目標（四）「營造安居家園，加速都市更新」，其策略為積極推動危老屋重建，辦理建物耐震安檢及重建補強措施，加強居住安全保障，強化建築物安全管理，精進建築科技技術研發，建構永續智慧生活環境。因此，本研究對建築耐震與延壽創新技術科技發展之規劃，應與本部施政計畫「營造安居家園，加速都市更新」之目標，及其相應策略相扣合與落實。

行政院災害防救科技創新服務方案(108-111 年)[2]，方案目標為建立智慧耐災生活圈，提供創新資訊服務，建構「安全」、「便利」與「興利」的生活環境。推動「精進防災科研技術」、「整合防災公共資訊服務」、「推動防災產業鏈結」及「強化防災社會服務機制」等 4 項課題，其中「精進防災科研技術」(如圖 3.1)，策略為從防災、耐災生活圈的角度，精進防災科技，降低民眾、企業，以及公部門災害風險，並強化耐災韌性。按國家科學技術發展計畫(110-113 年)[4]之願景，致力實現創新、包容與永續之台灣 2030 願景。其目標為「精進育才環境，創造競才優勢」、「完善科研體系，布局前瞻科技」、「共創

經濟動能，營造創新沃土」及「升級智慧生活，實現安心社會」等 4 項，其中「共創經濟動能，營造創新沃土」目標之策略，子目標 1.「加速產業智慧化與數位轉型」策略 4.「虛實整合擴大跨域應用」，措施(3)「建築 4.0 產業數位轉型，發展智慧城市創新服務」，建立各類型建築物結構監測數據，提供預測維護、災害預防及健康管理等的優化調控策略。推動智慧營造，提昇工作效能與建築品質，以解決缺工、技術工斷層與降低工地勞災。另「升級智慧生活，實現安心社會」目標之策略，子目標 3.「建造安居家園」策略 1.「完善調適精進災害預警」，措施(3)「完備智慧災防系統與科技」，發展智慧防災科技。亦為本研究待扣合之目標及策略。

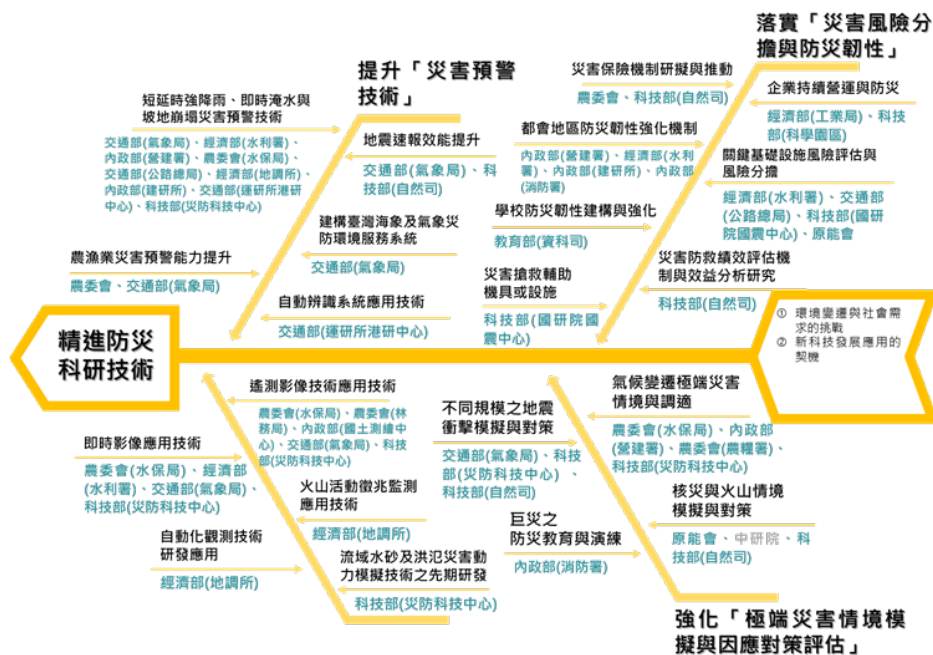


圖 3.1 精進防災科技技術課題之策略

(資料來源：[2])

本研究經綜評支援政策需求、防治地震災害、關注社會環境等議題，初步對建築耐震與延壽創新技術科技發展之規劃，嘗試納入以下面向之討論：

- 一、內政部依建技規則建築構造編之規定，頒布鋼筋混凝土構造、鋼構造、鋼骨鋼筋混凝土構造、基礎構造、冷軋鋼構造、木構造及磚構造等 7 種構造計 12 部之設計與施工技術規範，加上建築物耐震設計規範等共計 13 部規範，本所將持續支援內政部職掌之所需，推動前述規範之研修及更新工作。
- 二、強化與國家地震工程研究中心於建築物耐震研究議題之整合與分工。為推動雙方之實質討論，遂於 110 年 9 月 3 日至國家地震工程研究中心進行雙方於研究構想之座談會議決定，未來可透過共同合作之方式，針對包覆填充型鋼骨鋼筋混凝土柱與梁主筋以續接器接合之梁柱接頭議題，進行大型的梁柱接頭耐震試驗研究，供 SRC 設計規範條文修訂的重要依據。對於影像辨識技術應用於輔助震後緊急評估之技術，雙方可持續討論推動。
- 三、按國家科學技術發展計畫之目標及策略，在於發展智慧災防系統與科技，建立各類建築物結構監測數據，提供預測維護、災害預防及健康管理等優化調控之策略。近年以量測訊號或結合 IoT 及 AI 技術，協助建築結構之健康診斷、長期安全監測等應用，在工程界正如火如荼的展開，無論是量測裝置成本的降低或體積的縮小，或是分析模式的精進，均有顯著的成效，並且許多機關或單位亦大力發展此項議題。而本研究所提計畫擬規劃之內容，為期與其他單位重點有所區別，故特別聚焦於發展震建築結構安全快速診斷技術，以提供建築師、各專業技師能快速、客觀的進行建築結構安全、震損診斷的輔助工具。
- 四、鋼筋混凝土造建築物的生命週期長，因此維護管理的需求期間亦長，房子愈老需求愈大。長期而言，適切地維護、補修計畫、目

標等級的訂定，是有必要。目前許多先進國家，正積極推動建築構件與系統之使用或耐用年限評定標準的訂定，以 ISO-15686 為例，除了設定建築構件或系統之基本耐用年限外，更完整地考量構件表面品質、設計水準、施工水準、內部環境條件、外部環境條件、使用條件及維護管理措施等使用性因子，再依因子化方法，決定建築物的使用或耐用壽命。建築結構耐用年限的評估，是非常複雜且面向多元的，除常見材料耐久性的定量分析外，同時還須考量外牆系統與防水系統之性能與耐用年限。這些耐用年限評定標準與評估法，也是值得國內借鏡的。

五、建築如何構造輕量化、建築材料的永續性及營建缺工的常態化等問題，為目前營建環境所面臨的課題。國內的集合住宅及商業大樓其主要結構多為 RC 結構，鋼結構次之，但其非主要結構之樓版或牆版，若部分能以直交集成版 CLT 來取代，利用其重量輕及乾式施工的優勢，建築物將有機會朝結構輕量化及材料永續性發展。由於鋼結構為乾式工法，若能結合直交集成版 CLT，此等混合構造或複合構件乾式工法的研發，將更具建造的優勢。

是以，本研究所擬之計畫目標為建構「安全」、「安居」及「安心」的生活環境，推動營造安居家園，提升建築品質，發展智慧防災策略等課題。惟許多建築構造領域，皆已有相關的研究及成果，且考量本研究擬訂計畫之經費、人力及專長，計畫主要研究架構規劃如下。

一、主軸 1：震後建築結構安全快速智慧診斷技術研發

分項目標如下：

(一) 應用物聯網技術 (IoT) 於震後建築結構安全快速智慧診斷。

(二) 應用人工智慧 (AI) 影像辨識技術於震後建築殘餘耐震能力快速診斷技術。

二、 主軸 2：RC-SS-CLT 混合建築結構系統研發

分項目標如下：

(一) RC-CLT 混合結構系統研發與性能評估。

(二) SS-CLT 混合結構系統研發與性能評估。

三、 主軸 3：RC 建築結構耐用年限評估與維護標準建立

分項目標如下：

(一) RC 建築結構耐用年限評估技術開發。

(二) RC 建築物維護標準建立。

四、 主軸 4：建築結構耐震技術精進及應用之推廣

分項目標如下：

(一) 隔震建築的檢查、維護與管理機制研究。

(二) 重要設備隔震設計與檢測規定研究。

第二節 震後建築結構安全快速智慧診斷技術研發

地震發生後，建築物發生損壞時，相關建築師及專業技師將協助政府及民間執行耐震能力之緊急評估作業，而對於緊急評估後有疑慮的建築物，由於欠缺客觀的輔助工具及資訊，對於構件損傷的判斷，仍多依賴主觀經驗來認定，難以迅速客觀告知民眾建築物之安全性。

本項「震後建築結構安全快速智慧診斷技術研發」的計畫主軸，主要擬嘗試透過物聯網 (IoT) 與機器學習 (machine learning) 等技術，分別應用於震後建築結構安全之快速智慧診斷，以及建築殘餘耐震能力人工智慧(AI, artificial intelligent)快速診斷技術之研發。藉由 IoT 之技術，地震後可立即根據量測於建築物之震動訊號，進行建築結構之安全分析，本項分項目標擬藉由標準化、智慧化、現代化、本土化技術之建立，再透過配套認證程序及示範案例之推廣，協助相關產業或技術之發展，能更為成熟與健全。另震後建築殘餘耐震能力 AI 快速診斷技術之研發，未來擬透過數位影像處理及機器學習技術，判斷結構構件之震損等級，以快速、客觀地提供判斷結果，並回饋給殘餘耐震能力 AI 快速診斷模組，可快速評估出殘餘耐震能力，輔助建築師及專業技師判斷建築物安全與否之參考。而本項計畫主軸的分項目標，以及所對應規劃的研究議題如下。

分項目標 1：應用物聯網技術 (IoT) 於震後建築結構安全快速智慧診斷。

IoT 技術結合了內嵌系統、無線感應器網路、控制系統及自動化功能，促使量測儀器體積縮小、成本大幅降低。其中，於建築物所裝設地震反應之監測系統，其主要功能及目的如下：

- 一、於大地震後，立即提供建築結構安全診斷的初步結果，透過關鍵參數之提供，協助建築師或專業技師優先針對較為危險的建築物，進行結構安全快速診斷之參考。
- 二、於中小地震後，立即提供建築結構安全診斷的初步結果，讓使用者或居住者能安心繼續使用，或者據以尋求建築師或專業技師之協助。

目前，國內此類快速智慧診斷技術之應用，仍欠缺明確標準化作業準則、程序及指標，提供國內相關產業及技術人員參考。因此，本分項目標之首要工作，即是建立國內的標準化程序，將相關智慧診斷技術之適用性，先予定義並取得相關共識，讓大家有一致準則及基準，包括對建築物的適用範圍、量測儀器最低規格、儀器安裝位置、儀器量測自由度配置、安全指標（如層間變位、基礎自然頻率等）及對應於安全指標的閥值等，提供國內相關使用者依循。

除了，應立即訂定前述安全指標與其門檻值之外，目前國內採用的安全指標，僅以「層間變位」為主，主要參採美國聯邦緊急事務管理署（Federal Emergency Management Agency, FEMA）的地震損失估算方法技術手冊(Earthquake Loss Estimation Methodology-Technical and User's Manual)，該手冊係使用 20 年前之評估技術，並且其評估概念及使用參數仍過於理想化，以致其適用性堪慮。而目前的評估技術已蓬勃發展，故建議能適當採用現今的耐震分析技術，將相關評估技術更新。

此外，由於國內建築結構系統的耐震特性與美國不同，其耐震設計細部亦有所不同（例如：容許使用韌性），因此必須將上述使用參數之設定，應依據相關試驗與分析結果予以調整，並改為適用於國內

之建築結構系統的耐震特性。而前述使用的評估技術，亦應有一套被認可的驗證程序，使國內的相關評估技術、設備及能力，也有機會邁向國際市場。前述驗證程序，須包含一定數量數值資料的驗證，及國內實驗室端的驗證。本項分項目標於各階段對應研究議題重點如下：

第 1 年：震後建築結構安全快速智慧診斷技術-適用對象與基本要求研擬

震後建築結構安全快速智慧診斷之技術，在學術界已提出許多的評估方法，且所適用之建築物形式，常會因為技術的理論背景與應用情形而發生不同之情況。因此，本分項目標於第 1 階段之研究議題，擬先蒐集目前現有之相關技術方法，包括訊號量測技術（例如：加速度歷時、位移歷時、殘餘位移、影像量測技術等。）、系統識別技術、安全診斷技術，並加以歸納及分類，提出各種技術所需之量測硬體基本規格要求，定義各種技術對應於建築物形式之適用範圍，以及超出適用範圍時之替代方案。

第 2 年：震後建築結構安全快速智慧診斷技術-技術開發與門檻值訂定研擬

在此階段，將針對所蒐集各學術界開發之震後建築結構安全快速智慧診斷技術，進行應用研究。由於目前的結構安全快速智慧之診斷技術，大多納入不同的建築特性參數，以作為判斷結構安全是否之根據，常見的建築特性參數，大致可分為三大類，包括：變位相關（例如：層間變位、殘餘變位）、勁度相關（例如：模態頻率、模態形狀）及其他（例如：自行定義指標）等。以變位相關之層間變

位為例，目前國內實務上所使用的門檻值，係參考美國 FEMA 的建議值，但是其評估概念及使用參數過於理想化，致其於國內之適用堪慮，並且國內建築系統之耐震特性，與美國在耐震設計細節方面有所不同（例如：容許使用的韌性），因此必須將上述使用參數之設定，依據試驗與分析結果加以調整。所以相關研究之進行，期能同時得到本土化與現代化之相應建議門檻值。同時，亦可根據其他不同的建築特性參數，規劃進行類似的研究，以獲得更客觀之建議門檻值。

第 3 年：震後建築結構安全快速智慧診斷技術-驗證程序研擬

前述技術開發完成及門檻值訂定後，尚需藉助有一定的認證程序，以確認各項技術是否具備一定的可靠性，且足以應用在實際的建築物上。因此，需要研發一套標準的驗證程序，並配合數值數據庫及實驗數據庫的建置，以提供各項技術進行測試及驗證。在數值數據庫部分，需具有足夠數量的不同建築形式（樓高、抗震系統、材料等）、不同損傷位置、不同損傷程度的案例，以利能隨機挑選一定數量之案例，做為盲測試之使用。而數值模型是無法完美模擬建築結構實際損傷的行為，所以必須有一定數量之實驗數據庫（包括：RC、鋼構等），供各項技術進行客觀驗證。再透過通過標準之訂定，以確保各項技術之可靠性。

第 4 年：震後建築結構安全快速智慧診斷技術-示範例及推廣

為推廣經驗證的各項技術，此階段將透過實際建築物的應用案例，建置為示範例，這實際的建築物包括既有裝設量測系統之建築物（例如：國震中心的結構強震監測網及社會住宅），以及新設量測系統之建築物。新設系統將根據不同的建築形式選定，以彌補既有建築形式的不足。未來相關量測系統，於地震後將自動且智慧地產生量測及分析結果報表，以客觀協助建築師或專業技師進行震後建築結構安全的快速診斷。同時，藉由以上 4 個階段的技術與推動，可使國內建築結構安全快速智慧診斷之技術，更為成熟與完整，以確保各項技術可通過實際地震事件的驗證，讓國內相關產業可走得長遠。也讓大地震後，社會能快速恢復正常運作，降低震災造成之影響，讓國人住得安心，也住的安全。

分項目標 2：應用人工智慧（AI）影像辨識技術於震後建築殘餘耐震能力快速診斷技術。

一、分項目標的背景及目的

每當地震發生後，民眾首關心自宅建築結構是否已有問題？建築結構的損傷，會影響多少的耐震能力？目前營建署雖已有建立震後危險建築物緊急評估之制度[13]，但其多為建築師或專業技師以主觀及定性的方式，以判斷建築物的受損程度，以及是否需要張貼紅色或黃色的危險標誌，實務上難以從中有效評估建築物之殘餘耐震能力。因此對於震損建築物進行殘餘耐震能力評估法的研發，近年來已成地震工程研究的重要議題。

以往建築師或專業技師在執行震後建築結構緊急評估作業時，主

要依照個人專業經驗，來進行結構構件損傷等級的判斷，並無量化之科學參據，也容易因不同人員的主觀判斷，而使得評估結果差異過大。因此，本分項目標將嘗試應用機器學習（ML）技術，由照片來判斷構件種類（如：柱、梁、RC 牆或磚牆）與震損等級（如：微害、小害、中害、大害或崩塌），透過大量學習構件特徵與破壞模式，如圖 3.2 所示，使得結構構件損傷等級的判斷結果，能更為客觀且具一致性。在未來的應用方面，可透過手機對受損結構構件之拍照，將照片上傳雲端後，協助建築師或專業技師快速判斷結構構件震損程度，以及評估其殘餘強度。為應用機器學習(ML)技術來判讀構件之震損程度，因此需要大量的結構構件或系統之震損照片資料，以供機器學習（ML）判斷各種構件的損害等級，計算出有效柱量比與柱量比，再回饋給殘餘耐震能力快速評估模組，即可快速診斷出殘餘耐震能力之結果，此量化資訊可供建築師或專業技師做判斷與決策之參考。

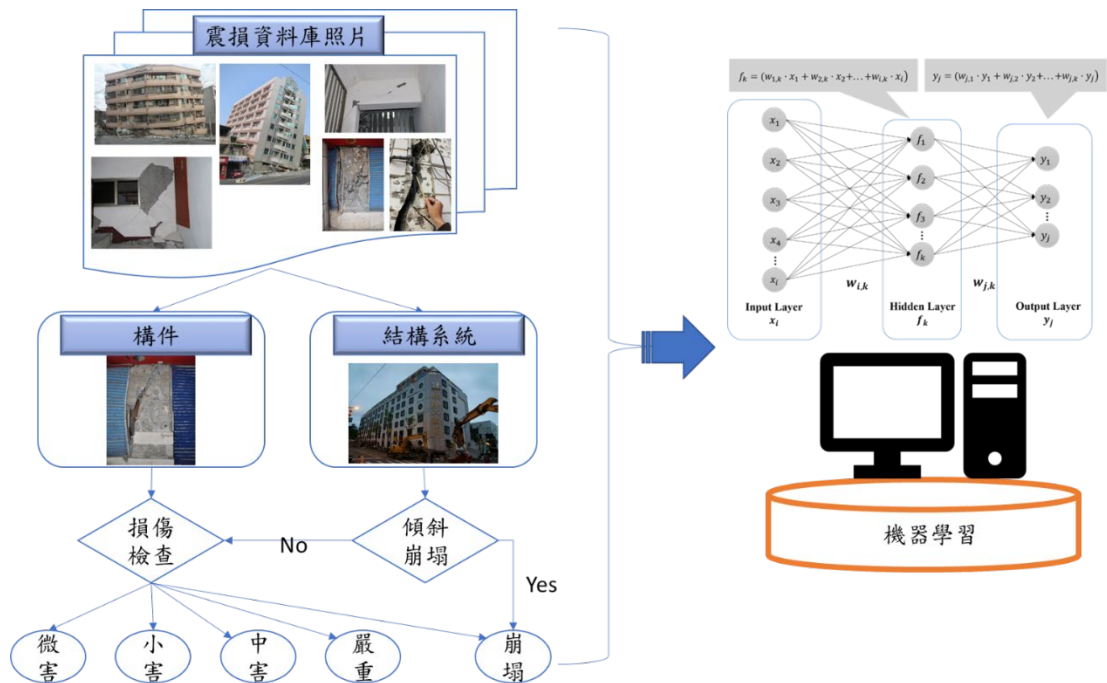


圖 3.2 震損資料庫照片分類與判定損傷等級
(資料來源：[29])

目前採用有效柱量比及牆量比的快速評估法，主要有美國 Hassan and Sozen [14]、日本 Shiga [15]及國內國家地震工程研究中心[16]等人員及單位提出，但是多為針對地震前且未損壞的建築結構進行耐震能力的評估，並未考慮結構構件受損後的殘餘強度。因此若能提出損傷結構構件殘餘強度的折減係數，以修正既有採用有效柱量比及牆量比的快速評估方法，即可提供建築物殘餘耐震能力的快速診斷。多年來，國內國家地震工程研究中心投入針對低矮型鋼筋混凝土建築物之耐震能力快速評估的研究[17]，並提出以柱量比及牆量比來快速推估未受損建築物的耐震能力，也透過近期 2016 美濃地震[18,19]及 2018 花蓮地震等震損建物資料之驗證[20]，結果顯示由快速評估法預測建築物的耐震能力與實際觀察建築物的震損趨勢相近，且獲得優異的篩選效益[21-23]。此外，內政部建築研究所亦曾進行相關研究[24]，根據大量 RC 構件實驗觀察，指出由 RC 構材變形程度、裂縫型式及寬度，可推測出該結構構件的殘餘強度。本分項目標擬應用內政部建築研究所研究成果[24]，再針對既有的快速評估方法[17]，提出殘餘強度之折減係數，期能應用於震後建築物殘餘耐震能力的快速診斷。

本分項目標將利用現有的震損資料庫[25,26]照片，先以人工方式將震損照片分類標示，再輸入程式進行 ML，最後再用實際震損照片修正 ML 結果，經反覆訓練後，達成預期的辨識精度。接著再將構件震損等級影像判定技術，對結構系統中的每處構件，標示殘餘強度折減係數，即可利用有效柱量比及牆量比，快速評估出建築物殘餘的耐震能力。本分項目標的目的如下：

- (一) 應用機器學習(ML)技術，辨識大量的結構構件震損照片，判斷各種 RC 構件的損害等級。

(二) 開發建築物震後殘餘耐震能力的快速評估技術，協助震後勘災工作。

二、建築物耐震能力快速評估

利用「全國中小學校舍結構耐震評估與補強資料庫」所發展低矮型鋼筋混凝土建築結構耐震能力的初步評估法[21]，其原理即採用低矮型 RC 建築物的一樓柱量及牆量，推估該類建築物的耐震能力。由前揭資料庫所統計及歸納，得到低矮型 RC 建築物對應於一樓柱牆量的耐震能力的回歸公式[27]，如下式所示：

$$A_p = \frac{100CFR_{eq} - 0.4 + 0.05N_f}{1.62 - 0.24N_f}, \quad \text{when } CFR_{eq} \geq (0.4 - 0.05N_f)\%$$

$$\text{else, } A_p = 0 \quad (3-1)$$

其中， A_p 為經側推分析而得到的性能地表加速度； N_f 為樓層數； CFR_{eq} 為等效柱量比，並可由下式計算：

$$CFR_{eq} = \frac{\sum A_c}{\sum A_f} + 2.36 \frac{\sum A_{rcw4}}{\sum A_f} + 1.35 \frac{\sum A_{rcw3}}{\sum A_f} + 0.45 \frac{\sum A_{bw4}}{\sum A_f} + 0.36 \frac{\sum A_{bw3}}{\sum A_f} \quad (3-2)$$

其中， $\sum A_c$ 為評估層之所有 RC 柱截面積總和； $\sum A_{rcw4}$ 為評估層之所有無開口 RC 牆截面積總和； $\sum A_{rcw3}$ 為評估層之所有有開口 RC 牆截面積總和； $\sum A_{bw4}$ 為評估層之所有無開口磚牆截面積總和； $\sum A_{bw3}$ 為評估層之所有有開口磚牆截面積總和。 $\sum A_f$ 為評估層以上之總樓地板面積。此方法係於震前對建築物耐震能力進行快速評估，然而對於已發生震損之建築構件，其有效截面積應予以修正，方得估算震後建築物之殘餘耐震能力。因此，本分項目標將提出震損建築構件之有效截面積修正係數，讓此法可應用於震後建築的快速評估。

三、建築物震後耐震性能折減

日本建築防災學會依此建立了相關損害程度分級基準表，分別利用損害情形描述與裂縫寬度將損害程度分為不同等級，後續再利用此損壞等級判斷建築物整體之損害[28]。

表 3.1 日本建築防災協會定義之構件震損等級

RC柱、RC牆 損害程度	損害內容
I	不靠近很難觀察出裂縫，裂縫寬度在0.2mm以下
II	以肉眼可清楚看出之裂縫，裂縫寬度在0.2mm~1mm左右
III	雖發生較大的裂縫，混凝土極少有剝落，裂縫寬度在1~2mm左右
IV	發生多處大裂縫，裂縫寬度超過2mm，混凝土嚴重剝落，鋼筋外露
V	鋼筋挫屈，核心混凝土碎裂，可用肉眼看出柱或剪力牆有明顯之變形

(資料來源：[28])

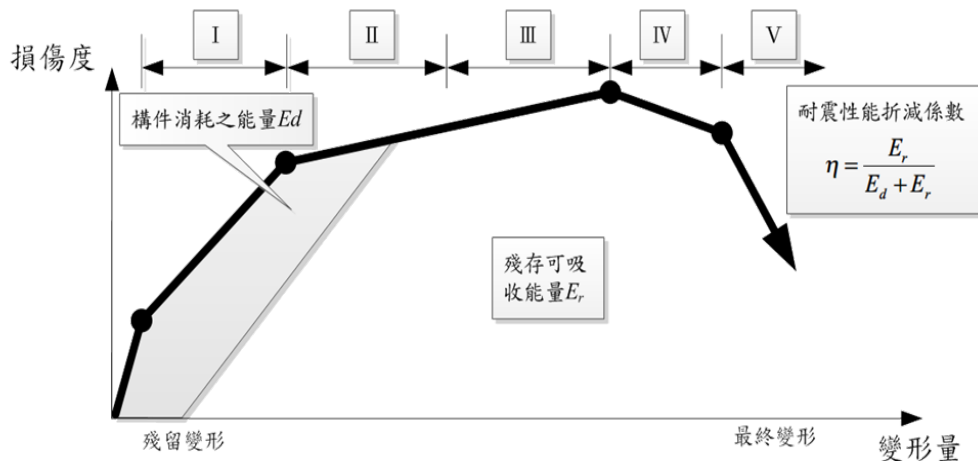


圖 3.3 以構件損傷程度推估建築耐震性能折減係數

(資料來源：[28])

2014 年內政部建築研究所[24]對 RC 垂直構件，依降伏強度點、最大強度點及強度衰減至 0.8Vmax 的所對應的各點變位，將建築構件破壞區分為四個等級(圖 3.4)。其中，I 級為試體受力未達降伏點前之範圍；II 級為試體受力超過降伏點，但未達最大強度點前之範圍；

III 級為試體受力超過最大強度 (V_{max})，至側力強度衰減到 $0.8V_{max}$ 前之範圍；IV 級則為側力強度衰減到低於 $0.8V_{max}$ 後之範圍。本分項目標將利用既有研究成果，發展震損建築構件殘餘強度的修正係數，對建築構件有效截面積進行修正，研發震後建築物殘餘耐震能力快速評估技術。

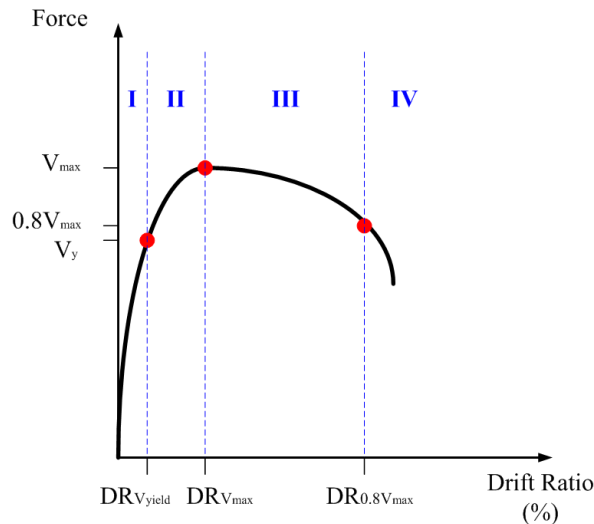


圖 3.4 構件損傷等級與變位關係
(資料來源：[24])

四、以 AI 影像辨識技術判定構件之損害等級

本分項目標擬先以人工方式，進行震損資料庫[25, 26]震損照片的篩選與分類，第一層分類為結構系統與構件（如圖 3.2 所示），構件再分類為 RC 柱、RC 梁、RC 牆及磚牆等。第二層為構件損傷之分類，將構件損傷等級分為五類，分別為微害、小害、中害、大害、崩塌。

有關柱、梁及結構牆損害程度之定義，係參考內政部營建署訂定「災害後危險建築物緊急評估表」[13]，對柱、梁及結構牆損害程度區分成微害(I)、小害(II)、中害(III)、大害(IV)及崩壞(V)等 5 個等級，各損壞等級之判定，係依構件是否達到損壞現象描述之狀態。

透過影像處理技術，將照片經 3 階離散小波轉換後，萃取出每張照片的關鍵特徵，讓電腦進行判讀。透過 CNN 之卷積核進行過濾，篩選出影像的特徵；經過卷積層的運算後，將 feature map 以過濾器進行篩選，挑出最顯著的特徵，再重組成新的 feature map；最後將經過卷積層與池化層的處理的資料輸入全層連接層，使其進行系統、構件分類，並判斷震損等級(圖 3.9)，再與前述之構件震損判定基準進行驗證(圖 3.5 至 3.8)，確認其準確性。

將篩選分類好的照片，分為訓練資料、驗證資料、測試資料等三部分。利用訓練資料及驗證資料進行訓練，以確保不會發生過度訓練的情形，最後利用測試資料確認所訓練出來的類神經網路架構的準確程度。

本項分項目標所對應之研究議題，如下：

第 1 年：受損柱構件殘餘耐震能力 AI 診斷技術研擬

對既有震損資料庫中的照片，進行分級分類，並挑選梁柱構件照片，進行影像辨識訓練，以獲得梁柱構件損傷程度之影像辨識模型。

規劃實尺寸梁柱構架抗震實驗，記錄變形程度由小到大、裂縫發展由細微開裂到嚴重崩落的各階段照片，當作標準答案；再以前述梁柱構件損傷程度之影像辨識模型進行預測，確認及校準此影像辨識模型。

第 2 年：受損 RC 牆構件殘餘耐震能力 AI 診斷技術研擬

對既有震損資料庫中的照片，進行分級分類，挑選鋼筋混凝土牆構件照片進行影像辨識訓練，以獲得鋼筋混凝土

土牆構件損傷程度之影像辨識模型。

規劃實尺寸無開口 RC 牆構架、多樣式開口 RC 牆構架等抗震實驗，記錄變形程度由小到大、裂縫發展由細微開裂到嚴重崩落的各階段照片，當作標準答案；再以前述鋼筋混凝土牆構件損傷程度之影像辨識模型，進行預測、確認及校準此影像辨識模型。

第 3 年：受損磚牆構件殘餘耐震能力 AI 診斷技術研擬

對既有震損資料庫中的照片，進行分級分類，挑選磚牆構件照片進行影像辨識訓練，得磚牆構件損傷程度之影像辨識模型。

規劃實尺寸無開口磚牆構架、多樣式開口磚牆構架等抗震實驗，記錄變形程度由小到大、裂縫發展由細微開裂到嚴重崩落的各階段照片，當作標準答案；再以前述磚牆構件損傷程度之影像，辨識模型進行預測、確認及校準此影像辨識模型。

第 4 年：震後建築物殘餘耐震能力 AI 診斷技術研擬

統合前 3 年完成的實驗紀錄照片與成果，得各類構件損傷程度對應之殘餘抗震性能，對既有建築物耐震能力快速評估方法，提出震損構件面積折減係數，可供實務進行震損建物結構殘餘抗震性能之快速評估。並藉以校準震損構件損傷程度辨識模型，開發雲端辨識服務技術，可供實務進行勘災調查照片上傳，快速提估判斷損傷程度之參考，協助專家進行震損建物結構殘餘抗震性能之快速評估。

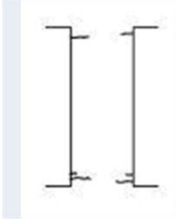
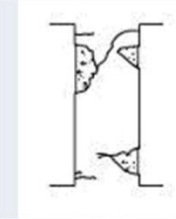
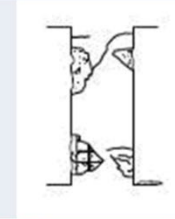

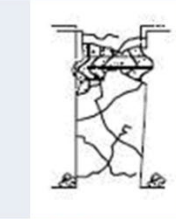





微害	小害	中害	嚴重	崩塌
輕微裂縫	剪力裂縫 0.3mm以上， 混凝土粉刷層 脫落。	混凝土保護層 剝落，但主筋 未挫屈，箍筋 未脫開或斷裂。	保護層脫落範 圍度大，部分 箍筋脫開或斷 裂，主筋可能 挫屈。	箍筋脫開或斷 裂，主筋挫屈 嚴重，柱內混 凝土脫落，樓 層下陷。
				
				

圖 3.5 RC 柱損傷判定等級
(資料來源：[13])











微害	小害	中害	嚴重	崩塌
輕微裂縫	剪力裂縫 0.3mm以上， 混凝土粉刷層 脫落。	混凝土保護層 剝落，但主筋 未挫屈，箍筋 未脫開或斷裂。	保護層脫落範 圍度大，部分 箍筋脫開或斷 裂，主筋可能 挫屈。	箍筋脫開或斷 裂，主筋挫屈 嚴重，梁內混 凝土脫落，樓 層下陷。
				
				

圖 3.6 RC 梁損傷判定等級
(資料來源：[13])

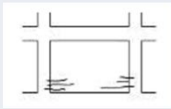
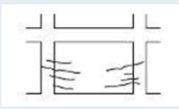








微害	小害	中害	嚴重	崩塌
輕微裂縫，水平向裂縫寬度在0.3mm以下。	水平向裂縫多且延伸至柱，或有斜向裂縫，裂縫寬度0.3~0.5mm。	有斜向裂縫，部分保護層混凝土剝落，但未見牆內主筋。	有大量之斜向裂縫，可見牆內主筋但未拉斷，邊柱之保護層脫落。	斜向裂縫擴大，牆內主筋拉斷，邊柱壓潰，柱筋挫屈，混凝土碎裂脫落，樓版下陷。
				
				

圖 3.7 RC 牆損傷判定等級
(資料來源：[13])



圖 3.8 磚牆損傷判定等級
(資料來源：[24])

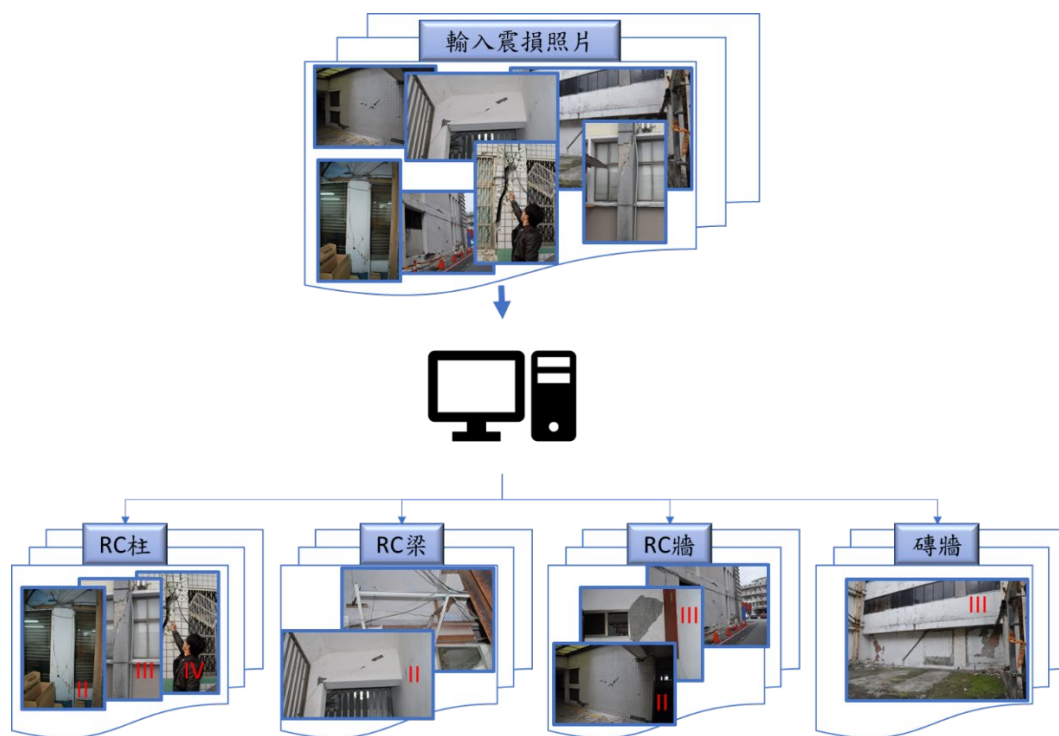


圖 3.9 震損等級判定驗證
(資料來源：[29])

第三節 RC-SS-CLT 複合建築結構系統研發

傳統木建材的耐震及耐久性較差，難以應用於現代化高樓。近年來，由於木構造技術的成熟，在國外已逐步有往高層化發展的趨勢。國內由於建築法規的使用限制，再加上生活民情與國外不盡相同，使得發展高層木構造的可行性，不如國外蓬勃。

新型態木構材直交集成板(Cross Laminated Timber, CLT)的發展，透過分層交錯紋理的集成元膠合而成，在面內的兩個方向具有高且均勻的強度，且版厚及強度可透過膠合的層數來調整，近年為歐美日等國常見的綠色建材之一。此外，CLT 版單位體積重量，僅約為鋼筋混凝土的 20%，若用以取代樓版或是磚牆，甚至鋼筋混凝土剪力牆，可大幅減少建築結構的荷重，除了可減輕地震力負荷，甚至可減少建築結構的斷面尺寸；在施工方面，CLT 板採預先切割成需要尺寸後，再於現場乾式施工，可縮短施工工期。對既有結構補強方面，由於 CLT 剪力牆的自重輕，對補強設計十分有利，且乾式施工將大幅減少對於室內空間及機能的影響。

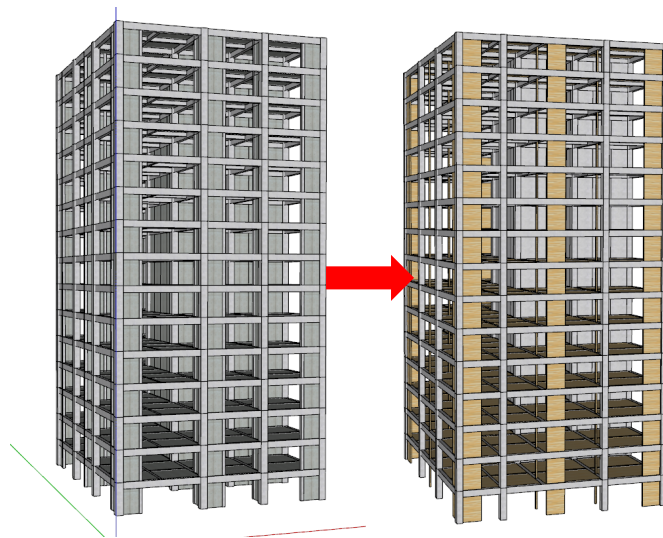


圖 3.10 RC 結構或鋼結構以 CLT 取代樓版與牆版系統示意圖
(資料來源：蔡孟廷教授)

目前營建大環境，正面臨建築物的輕量化、營建材料的永續性，以及勞力缺工等問題，加上循環經濟及節能減碳政策推動下，各國間均積極投入 CLT 技術的研究動能，而此刻國內亦應著手因應國情及國際發展，提出此工法於國內最適化之發展及應用。國內常見的集合住宅及商業大樓，其結構單元以 RC 造為大宗，其次為鋼結構，對於非主要結構之樓版或牆版，若考慮新建建築物以直交集成板（CLT）來取代，利用木構造重量輕及乾式施工的優勢，可有效達成建築輕量化、材料永續性等重要指標（圖 3.10）。若以 CLT 牆板或翼牆為剪力牆系統，進行結構耐震補強之應用，亦可發揮其重量輕、乾式施工及工期短等優點。由於鋼結構亦屬乾式施工法，若結合 CLT 工法於樓版或牆版之應用，其研發效益將更具優勢。

因此，本項計畫主軸擬以發展於 RC 構造或鋼構造建築結構中，嘗試以直交集成板（CLT）置換部分樓版或牆版，形成新形態 RC-SS-CLT 的混合構造結構系統，以進行其構件行為、構件接合部及結構系統性能的探討與研發。而本項計畫主軸的分項目標，以及所對應規劃的研究議題如下。

分項目標 1：RC-CLT 混合結構系統研發與性能評估。

直交集成板（CLT）是一種新型的木質工程材料。由於 CLT 原料為木材，每立方公尺可固碳 1.1kg，比起混凝土更加環保。CLT 至少由三層版材組成，每層結構由實木鋸材或結構用木質複合材平行膠合構成，相鄰層按木材紋理相互垂直排列膠合。CLT 材料本身的結構強度相當足夠，使用直交黏接方式，令其擁有兩個面內向度的強度，若有特殊需求，則可在內部或外部增加鋼構件，達到強度增加的效果。利用 CLT 重量輕、模組化施工及乾式施工，可以降低現地施工人數及

減少施工噪音，並大幅度縮短工期，對環境影響可降至更低。

CLT 材料具有良好的防火時效，若牆體夠厚，炭化後的牆體，也可做為防火層使用，其隔音效果亦佳。若在 CLT 板材之兩面，額外增加防火保護材料，不但可進一步提升防火性能，亦可增加其隔音性能。由於 CLT 自重較輕，所以對於各結構構件接合部的受力負擔也較少；在較大的容許變形，仍可有效的消散能量，因此抗震能力亦佳。

本分項目標，擬針對鋼筋混凝土構架內填 CLT 牆或 CLT 版進行實驗與分析研究，前三年著重於研發高效率的接合型式，並透過實驗驗證其性能，再將分別建立的力學模型及設計方式，供業界採用。本項分項目標於各階段對應研究議題重點如下：

第 1 年：應用 CLT 牆板於鋼筋混凝土構架之耐震補強研究

根據營建署統計資料顯示，全國逾 30 年老屋占比，已突破五成，高達近 450 萬宅；若截至 2021 年 8 月底統計結果，歷年都更、危老案累積核定數量，僅 3188 件，對比 30 年以上老屋，更新重建速度遠低於老屋增加速度。

以往國內鋼筋混凝土結構之耐震補強，主要以校舍、沿街店鋪或低矮型建築為主，而近期由營建署推動的階段性補強工作，所採用之補強工法，多為濕式場鑄工法，例如：RC 柱擴柱、增設翼牆或剪力牆等方式為主。但對於可能造成大量人員傷亡的私有公用的中高樓層建築，因受限於室內施工空間、噪音與震動的問題，以及考量補強工法對日常性或服務性機能維持之衝擊亦大，以致不易推動。鑑於此，日本近年已發展使用 CLT 板補強工法的研究[30]，

以取代部份的 RC 剪力牆，且經驗證可有效改善結構系統的強度與變形能力，以及補強施工效率。

本研究將利用雙軸向測試系統，進行反覆載重實驗，以獲得 CLT 牆板的補強後的側力與位移關係、施工性、經濟性與工率，並與 RC 剪力牆比較，最後提出 CLT 牆板的分析模型與補強參數分析。

第 2 年：鋼筋混凝土建築構架內填 CLT 牆之反覆載重實驗研究

本研究將以 CLT 牆為主剪力牆系統，進行構架實驗研究(圖 3.11)，利用雙軸向測試系統，進行反覆載重實驗，瞭解鋼筋混凝土框架內填充 CLT 牆版的側力與位移關係，並與 RC 剪力牆的力學行為、施工性、經濟性與工率進行比較，提出 CLT 牆版的分析模型與參數分析(圖 3.12)。

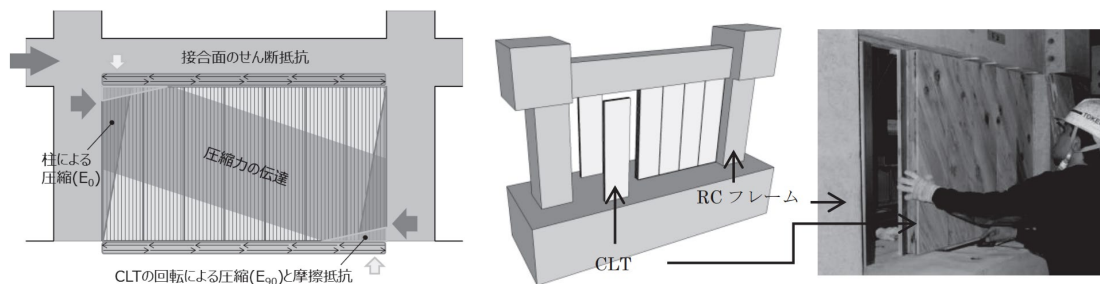


圖 3.11 RC 構架內填 CLT 牆示意圖
(資料來源：[30])

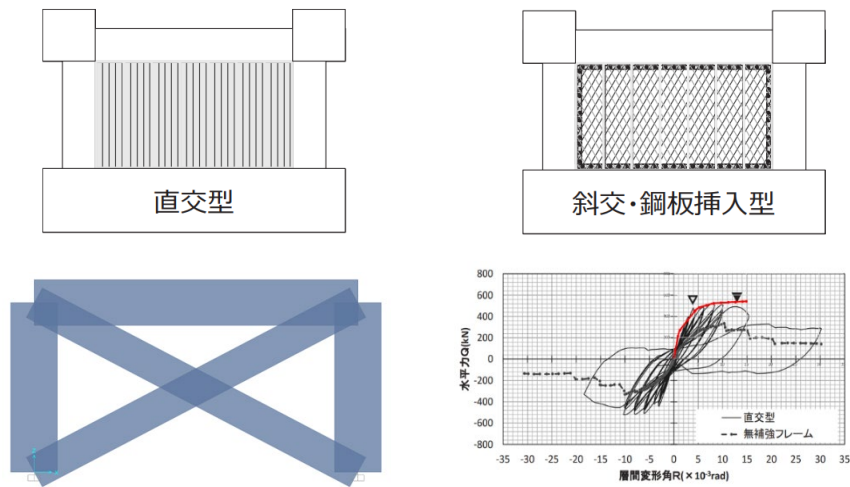


圖 3.12 RC 構架內填四面圍束 CLT 牆實驗組別及分析模式驗證
(資料來源：劉光晏教授)

第 3 年：鋼筋混凝土建築構架內填開口 CLT 牆之反覆載重實驗研究

延續前一年度研究，針對鋼筋混凝土建築構架系統遇有開門需求時，參考文獻[31]作法，分別進行 CLT 雙面圍束與三面圍束（圖 3.13），以及 CLT 單開窗與雙開窗之反覆載重實驗（圖 3.14），以瞭解側力與位移關係，並提出分析模型及參數分析。

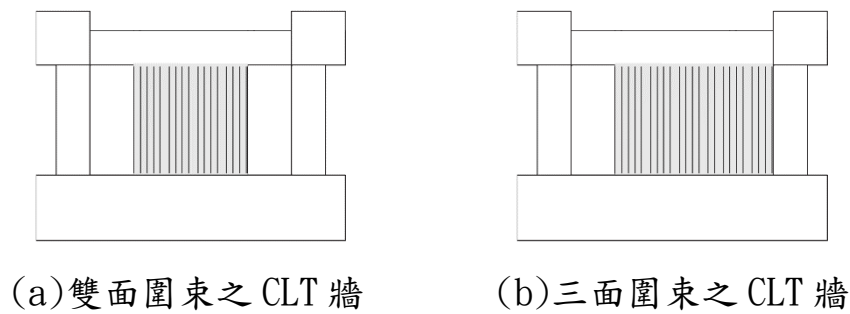


圖 3.13 RC 構架內填雙面圍束與三面圍束 CLT 牆實驗
(資料來源：劉光晏教授)

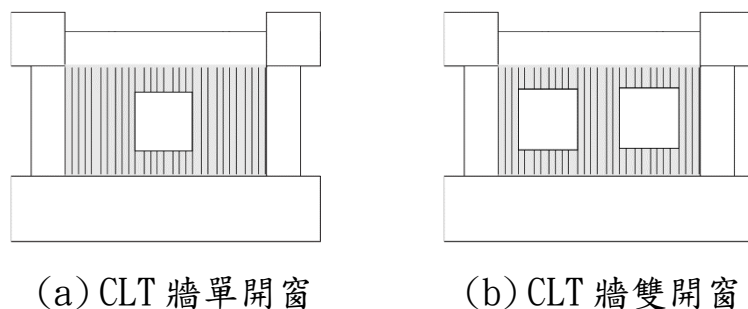


圖 3.14 RC 構架內填 CLT 牆單開窗及雙開窗之情形
(資料來源：劉光晏教授)

第 4 年：鋼筋混凝土建築構架內填 CLT 牆耐震設計案例研究

本階段研究將針對選定的鋼筋混凝土二元結構系統，以 CLT 牆取代 RC 剪力牆，進行非線性靜力側推與非線性動力歷時分析[32-34]，探討 CLT 牆對於整體結構之側向勁度、降伏強度、極限強度、極限變形、基底剪力、最大層間位移角、位移韌性、性能點加速度、增量動力分析、倒塌機率之影響。

分項目標 2：SS-CLT 混合結構系統研發與性能評估。

CLT 版單位體積重量僅約為鋼筋混凝土的 20%，取代樓版、磚牆甚至鋼筋混凝土剪力牆可大幅減少結構荷重，減輕地震力負荷；另外，鋼材可回收使用，但鋼筋混凝土樓板、RC 牆及磚牆等碳排放量甚高(約在 65 至 75 kg/m² 間)[35]，以 CLT 板取代可大幅減少工程放的碳排放量，未來建物拆除時亦可減少工序以及廢棄物的數量，有利於綠建築標章審查以及減少環境負荷；在施工方面，CLT 版採預先切割成需要尺寸，再於現場施工，若再搭配鋼結構的施

工方式，不僅縮短工期，亦可節省工程花費。基於前述的優點，本分項目標擬透過四年的時間，分階段研發鋼結構結合 CLT 樓版及牆版的複合系統，由於 CLT 板材與鋼材特性差異甚大，兩者間力量的傳遞，大多控制於接合處的性能能否有效發揮，因此前三階段著重於研發高效率的接合型式，並透過實驗驗證其性能，最後將分別建立力學模型及設計方式，供實務界使用。本項分項目標於各階段對應研究議題之重點如下：

第 1 年：CLT 樓版-鋼梁接合形式研發及合成效應評估

樓版與鋼梁的結合，必須能夠相互固定，以防止滑動、降低震動，以及在結構受力時，CLT 能夠與鋼梁一體變形，因此需研發類似剪力釘功能之錨定鐵件或機構，使其能夠傳遞介面上的剪力。本研究為研發抗剪的錨定鐵件，將透過剪力試驗（如圖 3.15 所示）評估其抗剪能力，了解設計時需要的尺寸、數量以及最小間隔等參數，並藉此了解其極限狀態以及韌性。樓版在鋼梁彎曲時會一起變形，有效樓版寬度以及對於梁的旋轉勁度的影響與前述錨定鐵件特性與數量有密切關係，基於剪力實驗結果將進一步透過抗彎試驗（圖 3.16）評估其合成效應，成果將可提供實務設計以及數值模擬分析時使用。

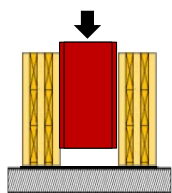


圖 3.15 剪力試驗
(資料來源：[36])

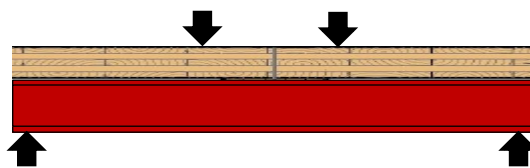


圖 3.16 複合梁抗彎試驗示意
(資料來源：[36])

第 2 年：CLT 牆版間對接連接件的開發與性能評估

安裝於鋼結構構架之 CLT 牆版 (如圖 3.17)，其 CLT 板可為寬版或窄版。寬版 CLT 板之寬度，可為整面牆體，其面內強度及勁度雖大，但因為運輸不易，且切割開口較浪費木材，實務上窄版 CLT 板之應用較廣。因此，在鋼結構構架中的 CLT 窄版牆版，除了須克服窄版彼此間的對接固定 (圖 3.17 中 joint C) 外，尚需與上方鋼梁，以及下方樓版及鋼梁之接合 (如圖 3.17 中 joint A、B)，使其能夠傳遞介面上的剪力。版的對接強度 (joint C)，將會影響受側向力時單塊版的行為。若版間的對接強度高 (如圖 3.18 左圖)，整體如同一塊完整版材，其上下端連接件 (joint A、B) 以傳遞剪力為主，局部須要負擔拉拔力，此類型可發揮較高的側向勁度與強度。若對接強度較低 (圖 3.18 右圖)，版將各以一端部旋轉，單元版材的上下端接合件，除了剪力尚需在版的兩側位置，設置抗拉拔力的連接件。因此，本階段將研發能夠提供不同強度需求的版對接接合方式，透過抗剪試驗，提供評估及設計方式。

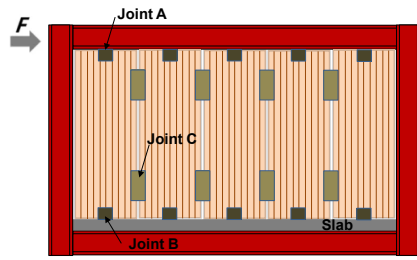


圖 3.17 CLT 剪力牆配置
(資料來源：[36])

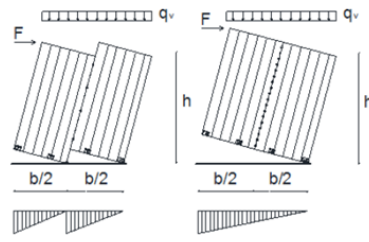


圖 3.18 單元牆體受側向力行為
(資料來源：[36])

第 3 年：CLT 牆版與鋼結構之抗剪力接合件研發與性能評估

本階段年度將研發 CLT 版對上方鋼梁，以及下方樓版及鋼梁的接合方式（圖 3.17 中 Joint A、B），樓版包含鋼筋混凝土樓版及 CLT 樓版兩種邊界條件，以對應在實務應用時可能遇到的狀況。CLT 樓版因面外強度較低，受到上方牆版擠壓時產生的變形，以及彈塑性行為會影響牆版整體的側向勁度及強度，因此在設計時應納入考量。本階段將開發高效能傳遞剪力的連接件，預計將以小型抗剪試驗評估其性能，以及性能評估式的準確性，並以類似圖 3.17 所示的整體鋼框架內填 CLT 牆之靜態側推試驗，評估前述階段所開發的 SS-CLT 版複合系統的耐震性能。

第 4 年：CLT 版與鋼結構接合力學模型及設計方法的開發

根據前 3 年所建立各個接合件的力量與變形關係、相關實驗成果，以及強度計算方式，推導具有代表性的雙線性性能曲線，作為實務設計及動靜態分析模型之使用（圖 3.19），牆版可視為一等值斜撐，而接合件的行為，則以雙線性彈簧來模擬，將有利於掌握 CLT 版系統，在整體結構中的影響，以及性能上的貢獻，同時將以一個中等高度的

鋼結構模型，設置上述 CLT 版系統的數值彈簧，透過動態分析，探討其性能，並且與傳統鋼筋混凝土樓版及剪力牆等的結構反應進行比較，同時討論各項設計參數之變化，對整體結構性能的影響。未來研究成果，除可研提供相關構造設計技術規範條文引用之修正草案外，亦可彙整製作成設計參考手冊，供實務界參考使用。

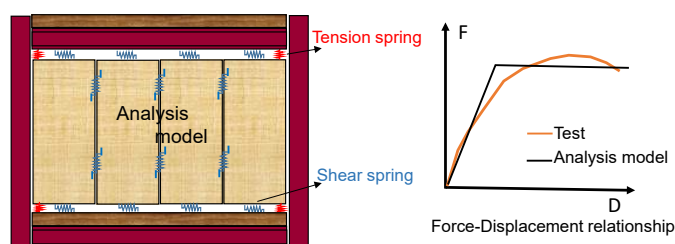


圖 3.19 CLT 牆版之分析模型
(資料來源：[36])

第四節 RC 建築結構耐用年限評估與維護標準建立

鋼筋混凝土造建築物由於成本低、耐久性高及容易維護，因此為國內最普遍之建築構件形式。臺灣四面環海、氣候潮濕且地震頻繁，鋼筋混凝土造建築物長期暴露在潮濕之環境下，且許多建築物使用近五十年之久，致使絕大多數之服務功能或構件，皆已出現劣化或老化之現象，甚至達到結構安全勘慮之階段。為了保持混凝土結構的性能，有必要根據當前混凝土的劣化程度，以及結構的調查與診斷結果，以因應未來的劣化進展，進行定期及適當的維護管理。

當選擇修復或補強之方案時，最重要的能夠先徹底瞭解結構劣化的原因及劣化的狀態，並建立一種能夠適當對應這些劣化機理的方法。在進行修復或補強時，應根據結構的劣化狀態，以及對安全性緊急程度的影響，來進行判斷及處理。若遇劣化原因難以消除，或者劣化進展太快之情形，則必須考慮目標結構物的預期耐用年限與生命週期成本，以設定修復或補強的目標性能等級。從長期的角度來看，有必要制定維修或補強的維護計劃。在考慮修復或補強策略，以及選擇施工方法時，應根據調查診斷之結果，來確定修復或補強目標物的劣化的類型、程度與範圍，並且必須正確的瞭解發生原因及影響因素。因為，縱使可見的劣化狀況相同，但根據發生的原因不同，其修復或補強的方法也不同。所以，若錯誤地辨識發生原因，則劣化狀態仍可能再次發生或繼續擴散。

在綜評以上劣化現象、劣化原因、耐用年限與生命週期成本等各種條件後，設定修復或補強之預期目標性能的等級（參考表 3.2），並選擇合適的修復或補強方法，以達到所設定的目標性能等級。若劣化的原因是一時性的，則可僅透過劣化的修復或補強後，即無須再擔心

劣化的發生，此時對修復或補強工法的選擇，相形之下就簡單許多。但若劣化情況難以消除或嚴重，則在某些情況時，就不可避免地需要臨時修復。此外，有必要考慮目標結構物之預期剩餘耐用年限與生命週期成本，以及維修或補強後的維護管理方法與頻率，以設定目標性能等級。

表 3.2 目標性能等級之區分

臨時	主要目的是確保安全，次要目的為防止劣化發展與消除劣化。
暫定	僅修復出現劣化狀況的部分，而不是消除主因，因此當劣化出現在哪個位置，就修復該位置。
延命	修復出現明顯劣化之部位，並抑制劣化因子之影響，保證至少幾年間不再出現同樣的劣化狀況。
永久	不僅修復已經出現明顯劣化之部位，並幾乎完全消除潛在的劣化因子，消除或減少外在因素。此目標性能等級預計具有 10 年或 10 年以上之修復效果。

(資料來源：日本混凝土工學協會)

然而，目前國內仍缺乏對於建築結構的耐用年限評估，以及資本殘餘價值量化的研究與技術，更難以透過其生命週期成本的估計，以擇定其維護標準或選擇重建。建築結構耐用年限之評估，是個非常複雜且面向多元的議題，除必須進行材料或構件耐久性能之定量分析外，對於建築物外牆系統與防水系統之性能診斷與耐用年限評估，亦必須是要整體考量的。

分項目標 1：RC 建築結構耐用年限評估技術開發

第 1 階段：RC 造建築結構耐用年限評估準則研究

許多國家已積極推動建立建築構件與系統耐用年限之評估準則，若以針對建築物生命週期議題的 ISO 15686 系列標準為例，除設定建築構件或系統之基本耐用年限（或可稱為物理壽命）外，考量影響其使用性能之可能因子，包含：構件表面品質、設計水準、施工水準、內部環境條件、外部環境條件、使用條件及維護管理等七大項目，再依因子化方法，決定其使用或耐用年限，此方法源自於日本，並已廣泛使用於鋼骨建築、木造建築及鋼筋混凝土構件等（表面被覆材料及屋頂等元件）。未來可藉由耐用年限之評估結果，回饋至耐久設計，以達永續工程之目標，而對於既有建築物，則可依使用者之設定使用年限，以決定適當之維護管理策略。有關建築結構耐用年限評估準則建立研究，其內容包含：ISO 15686 或國外相關標準與研究資料蒐集，耐用年限影響之本土化因子定性分析，耐用年限係數評定法之建立，因子敏感度分析與探討等。

第 2 階段：建築防水工法長期性能評估與耐用年限評估技術研究

在日本已持續許久進行建築防水材料之長期性能調查研究，我們可由近年於日本建築學會之技術發表領域，持續窺見無論產學研界，皆關注於既有建築防水材料耐候性能之呈現與評估方法。在日本最具有系統性設計觀點之研究報告，首推於 1986 年由建築防水耐久性架構委員會提出「建築物耐久性能提升技術」報告（簡稱耐久性総プロ），係由當時建設省責成國土技術開發中心建築物耐久性向上普及委員會所編定。該報告書內容乃分屋頂面防水

及填縫材防水兩部分，在屋頂面防水部份包含劣化診斷指針、維修指針、保全指針及耐久設計指針四部分；另於填縫材防水部份包含劣化診斷指針、維修暨交換指針及耐久設計指針三部分。值得特別一提的是，本本報告導入防水預測耐用年限之觀念，所謂推算耐用年限相關係數之定義，可參考各補充註解：防水層之耐久性，可依構造物的條件（例如：建造地點、規模、構造形式、耐久年限等），以及施工環境的條件（例如：工期、施工季節、部位等），用以推定防水層之耐用年數，而防水工法的選擇，也將會影響其耐久性。

日本獨立法人建築研究所針對建築物長期使用所採用之外裝及防水，進行相關追蹤研究，提出「建築物の長期使用に対応した外装・防水の品質確保ならびに維持保全手法の開発に関する研究」報告，該報告第五章防水內容，計分防水耐久設計相關技術資料彙整討論(包含：防水種類及工法、防水劣化現象及要因、防水使用年限及面防水材曝露試驗劣化狀態確認等四項)及既有建築物防水維持保全手法等兩部分(包含：面防水維持保全手法、面防水維修技術及填縫材防水維持保全手法等三項)，並對耐用年限預測之合適性，提出現地調查與驗證分析。

日本「耐久性総プロ」提及耐用年限的預測，乃是基於當時的調查結果，在標準規格及標準場域下施工，所推算防水材料的耐用年限，但該項數值亦特別註明：「本數值可根據相關研究結果進行修改，且若有確切數據證明其可

信度時，亦可進行替換。」而日本執行相關計畫迄今已近三十餘年，無論在材料多樣性或工法種類均已非同日而語，並且台灣與日本於地理、氣候環境條件亦有明顯的差異，故本項研究可借鏡日本於相關試驗之進行，以推算出適合台灣環境的防水材料標準耐用年限，以建構長期性能之評估技術，並支援建築物耐用年限評估技術之開發。

分項目標 2：RC 建築物維護標準建立

第 1 階段：RC 建築物外牆裝修材瓷磚劣化診斷與維護技術研究

由於國內 RC 造建物多使用瓷磚作為外裝修材，因此在評估既有 RC 建築物的耐用年限時，對於建築物外牆瓷磚的診斷，亦同樣重要的。本階段研究擬結合非破壞與破壞之檢測技術，進行外裝修材瓷磚系統劣化之性能診斷，並研訂各種檢測的使用限制及注意事項。常見的非破壞檢測法，計有目視法、紅外線熱像儀檢測法、打音法等；破壞檢測法，則有拉拔試驗等，事實上皆有其使用上的限制。

一般而言，拉拔試驗法主要於瞭解破壞之界面層，以判定劣化因子，以利獲得更正確的補修對策。或者訂出當非破壞檢測達到何種程度的劣化時，即需再施以破壞檢測進行更有效的綜合評估。或者建立外牆診斷的初評與詳評機制，以及提供耐用年限資訊。以上診斷技術與評估機制之建議，可提供當集合住宅管理委員會有意進行外牆修繕時，輔助承接修繕設計的建築師或專業技師，確認實際劣化程度與待修補範圍，製作修繕計畫。亦可作為建築物公共安全簽證及申報，對外牆瓷磚劣化診斷技術之參考。本

階段研究之預期成果，包含下列幾項：

- (一)建立外牆裝修材劣化分級與維護策略。
- (二)建立外牆裝修材劣化性能之初評、詳評診斷技術。
- (三)訂立非破壞與破壞檢測的使用限制與注意事項。
- (四)研提「外牆裝修材劣化性能診斷與維護技術手冊」。

第 2 階段：RC 建築結構耐用維護標準與補修設計研究

日本國土交通省於 2010 年所改訂之「公寓大廈改建或修繕之判定手冊」，主要目的為協助公寓大廈進行改建時，為讓各區分所有權人對於改建之必要性或合理性有所認知，必須了解目標建物之老朽化程度，並獲得其對應改建及修繕等方法結果比較並討論，亦可讓後續改建規劃時，更容易獲得各區分所有權人之共識。其研究內容涵蓋：

- (一)公寓大廈之老朽化程度判定：瞭解不符合現實之使用性能及設定要求之改善水準。
- (二)修繕或改修之改善效果的了解與費用算定。
- (三)改建之改善效果的了解與費用算定。
- (四)基於費用之改善效果，進行修繕、改修或改建之判定。

近年因應能源消耗及環境負荷問題，日本以將既有建築物為核心，推動其性能改善或提升，其手法與新建工程大不相同，而無法採用既有之標準仕様書。因此，日本建築學會於 2017 年起開始著手建築維護標準之建議，盤

點已完成之手冊與融入已發展成形之技術，並於 2019 年起陸續完成相關維護技術手冊。

當建築物使用者或所有人選擇以補修或改修方式延長其使用壽命時，除依其性能或功用要求，決定維護標準外，亦應由建築師或專業技師協助其選擇適當之補修或改修工法。然而國內現行技術手冊，極為缺乏以使用者為中心之耐用維護標準及補修設計技術，本階段研究亦將借鏡於日本之經驗，建立整合建築結構、外牆系統與防水系統之 RC 建築物結構耐用維護標準與補修設計技術手冊。

第四章 結論與建議

第一節 結論

本研究經綜評支援政策需求、防治地震災害、關注社會環境等議題，初步對建築耐震與延壽創新技術科技發展之規劃，嘗試納入以下面向之討論：

- 一、內政部依建技規則建築構造編之規定，所頒布 7 種構造計 12 部之設計與施工技術規範，本所將持續支援內政部職掌之所需，推動前述技術規範之研修及更新。
- 二、強化與國家地震工程研究中心於建築物耐震研究議題之整合與分工。未來將針對包覆填充型鋼骨鋼筋混凝土柱與梁主筋以續接器接合之梁柱接頭議題，以及影像辨識技術應用於輔助震後緊急評估之技術，透過共同合作方式推動，
- 三、按國家科學技術發展計畫之目標及策略，發展智慧災防系統與科技，建立各類建築物結構監測數據，提供預測維護、災害預防及健康管理等優化策略。本案計畫係對應聚焦於發展震建築結構安全快速診斷技術，提供快速、智慧的建築結構震損診斷輔助工具。
- 四、鋼筋混凝土建築結構耐用年限的評估，是非常複雜且面向多元的，除常見材料耐久性的定量分析外，同時還須考量外牆系統與防水系統之性能與耐用年限。初步建議借鏡於日本的經驗，研訂適用於國內建築物的耐用年限評定標準與評估法。
- 五、建築如何構造輕量化、建築材料的永續性及營建缺工的常態化等，為目前營建環境所面臨的課題。本案計畫擬利用直交集成板

(CLT) 重量輕及乾式施工的優勢，與鋼筋混凝土及鋼構造混合為新型態之構造，讓將建築構造的發展，更能因應營建環境的改變，並創造新的建造型態。

第二節 建議

本研究所擬之計畫目標，係以建構「安全」、「安居」及「安心」的生活環境，推動營造安居家園，提升建築品質，發展智慧防災策略等課題。經多方考量國內學者專家之意見，以及前節結論所歸納之事項，再綜合評估本計畫經費額度，國內研究人力與所具備技術專長的可行性，研擬相關計畫研究主軸、分項目標及研究課題之建議，擬規劃如下，並整理如表 4.1 所示。

研究主軸 1：震後建築結構安全快速智慧診斷技術研發

分項目標：

(一)應用物聯網技術 (IoT) 於震後建築結構安全快速智慧診斷。

- 1.震後建築結構安全快速智慧診斷技術-適用對象與基本要求研擬
- 2.震後建築結構安全快速智慧診斷技術-技術開發與門檻值訂定研擬
- 3.震後建築結構安全快速智慧診斷技術-驗證程序研擬
- 4.震後建築結構安全快速智慧診斷技術-示範例及推廣

(二)應用人工智慧 (AI) 影像辨識技術於震後建築殘餘耐震能力快速診斷技術。

- 1.受損柱構件殘餘耐震能力 AI 診斷技術研擬(含試驗)
- 2.受損 RC 牆構件殘餘耐震能力 AI 診斷技術研擬(含試驗)
- 3.受損磚牆構件殘餘耐震能力 AI 診斷技術研擬(含試驗)
- 4.震後建築物殘餘耐震能力 AI 診斷技術研擬

研究主軸 2：RC-SS-CLT 混合建築結構系統研發

建築耐震與延壽創新技術科技發展規劃研究

分項目標：

(一)RC-CLT 混合結構系統研發與性能評估。

- 1.應用 CLT 牆板於鋼筋混凝土構架之耐震補強研究
- 2.鋼筋混凝土建築構架內填 CLT 牆之反覆載重實驗研究
- 3.鋼筋混凝土建築構架內填開口 CLT 牆之反覆載重實驗研究
- 4.鋼筋混凝土建築構架內填 CLT 牆耐震設計案例研究

(二)SS-CLT 混合結構系統研發與性能評估。

- 1.CLT 樓版-鋼梁接合形式研發及合成效應評估
- 2.CLT 牆版間對接連接件的開發與性能評估
- 3.CLT 牆版與鋼結構之抗剪力接合件研發與性能評估
- 4.CLT 版與鋼結構接合力學模型及設計方法的開發

研究主軸 3：RC 建築結構耐用年限評估與維護標準建立

分項目標：

(一)RC 建築結構耐用年限評估技術開發。

- 1.RC 造建築結構耐用年限評估準則研究
- 2.建築防水工法長期性能評估與耐用年限評估技術研究

(二)RC 建築物維護標準建立。

- 1.RC 建築物外牆裝修材瓷磚劣化診斷與維護技術研究
- 2.RC 建築結構耐用維護標準與補修設計研究

研究主軸 4：建築結構耐震技術精進及應用之推廣

分項目標：

(一)隔震建築的檢查、維護與管理機制研究。

(二)重要設備隔震設計與檢測規定研究。

表 4.1 建築耐震與延壽創新技術研究課題之建議

年度 研究主軸	112 年	113 年	114 年	115 年
震後建築結構安全快速智慧診斷技術研發	<ul style="list-style-type: none"> 震後建築結構安全快速智慧診斷技術-適用對象與基本要求研擬 受損柱構件殘餘耐震能力 AI 診斷技術研擬(含試驗) 	<ul style="list-style-type: none"> 震後建築結構安全快速智慧診斷技術-技術開發與門檻值訂定研擬 受損 RC 牆構件殘餘耐震能力 AI 診斷技術研擬(含試驗) 	<ul style="list-style-type: none"> 震後建築結構安全快速智慧診斷技術-驗證程序研擬 受損磚牆構件殘餘耐震能力 AI 診斷技術研擬(含試驗) 	<ul style="list-style-type: none"> 震後建築結構安全快速智慧診斷技術-示範例及推廣 震後建築物殘餘耐震能力 AI 診斷技術研擬
RC-SS-CLT 混合建築結構系統研發	<ul style="list-style-type: none"> 應用 CLT 牆板於鋼筋混凝土構架之耐震補強研究 CLT 樓版-鋼梁接合形式研發及合成效應評估 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼筋混凝土建築構架內填 CLT 牆之反覆載重實驗研究 CLT 牆版間對接連接件的開發與性能評估 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼筋混凝土建築構架內填開口 CLT 牆之反覆載重實驗研究 CLT 牆版與鋼結構之抗剪力接合件研發與性能評估 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼筋混凝土建築構架內填 CLT 牆耐震設計案例研究 CLT 版與鋼結構接合力學模型及設計方法的開發
RC 建築結構耐用年限評估與維護標準建立	<ul style="list-style-type: none"> RC 造建築結構耐用年限評估準則研究 	<ul style="list-style-type: none"> 建築防水工法長期性能評估與耐用年限評估技術研究 	<ul style="list-style-type: none"> RC 建築物外牆裝修材瓷磚劣化診斷與維護技術研究 	<ul style="list-style-type: none"> RC 建築結構耐用維護標準與補修設計研究
建築結構耐震技術精進及應用之推廣	<ul style="list-style-type: none"> 隔震建築的檢查、維護與管理機制研究 	<ul style="list-style-type: none"> 重要設備隔震設計與檢測規定研究 		
強化建築結構安全技術規範及國際接軌	<ul style="list-style-type: none"> 結構混凝土施工規範修訂之研究 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼構造建築物鋼結構施工規範修訂之研究 	<ul style="list-style-type: none"> 混凝土結構設計規範預鑄混凝土設計條款之研修 	

附錄一 研究計畫期初審查會議紀錄

檔 號：

保存年限：

內政部建築研究所 函

機關地址：231新北市新店區北新路3段200號13樓

承辦單位：工程技術組

聯絡人：黃國倫

聯絡電話：02-29310686 分機1322

傳真電話：02-29310656

電子信箱：glhuang@abri.gov.tw

受文者：如行文單位

發文日期：中華民國110年3月12日

發文字號：建研工字第1100002764號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：

附件：如主旨

主旨：檢送本所110年度第3次研究業務協調會議紀錄1份，請查照

。

正本：王所長榮進、王副所長安強、鄭主任秘書元良、王組長順治、蔡組長緯芳、陳組長建忠、羅組長時麒、黃助理研究員國倫、陶主任其駿、陳副研究員麒任、黃助理研究員中興、陳聘用副研究員柏端、李副研究員其忠

副本：本所工程技術組、材料實驗中心

電子交換章

內政部建築研究所 110 年度第 3 次研究業務協調會議紀錄

一、時間：109 年 3 月 8 日(星期一)下午 2 時 30 分

二、地點：本所簡報室

三、主席：王所長榮進

記錄：黃國倫、陶其駿、陳麒任、黃中興、陳柏端、李其忠

四、出席人員：詳簽到簿

五、主席致詞：(略)

六、研究案主持人簡報：(略)

七、發言要點(依簡報順序)：

(一)「承受軸力位移型消能元件彈性及性能試驗方法之標準研究」案：

1. 建議多蒐集與本研究有關之 ANSI 試驗方法及標準。
2. 建議於研究期間，多與經濟部標準檢驗局聯繫及協調，以利採納本所提供之相關 CNS 標準草案。
3. 若研究成果未被 CNS 標準採納，或許可轉為建議內政部營建署將相關試驗規定納入適當規範。

(二)「建築耐震與延壽創新技術科技發展規劃研究」案：

1. 未來新興科技計畫的名稱，建議朝新方向發想(如「建築耐震 2.0」)。至建築延壽部分的標題，或許可再予修飾，例如材料性能創新之類的新科技計畫。
2. 對於建築物的老舊、補強或防水問題，民眾常寧願接受都更重建，居住於被修復或補強的建築之意願相較為低，因此未來所提的研究課題，或許可善用儀器設備的優勢提供試驗服務，並由建築耐震新技術的發展規劃，對於未來研究經費的爭取，可能更有助益。

3. 本研究進行專家訪談或座談時，建議擴大徵詢對象，並納入甫自國外學成返國的新一輩，多聽其意見，或許更可獲得新的創意或接軌國際的發展趨勢。
4. 建築耐震研究議題雖已推動多年，但是人類對於地震的瞭解，仍非常淺薄。歷經 921 地震後二十多年的發展，國內已開發許多包括耐震評估與補強方面之技術，亦已修訂建築物耐震設計規範。或可從原結論及建議中，再檢視是否有仍待完成的課題。
5. 近一、二十年新建之建築，無論於材料的使用及其結構設計，皆屬優良，故此類建築物之體質適於長期使用，未來該如何去保存這類建築物？由於國內建築物尚未建立維護的機制，因此國人未養成建築物維護及整修的觀念，而長期忽視建築物狀況。反觀歐洲等其他先進國家，多有固定周期進行建築物維護，而非發生問題才解決。建立建築的維護經歷，有助於開發「診斷」的技術，而所謂「維護」不單是修補，還包括如何檢查，以及建立並運用相關資料。平常進行定期性的檢查與維護保養，數年後再施以較大規模的修復，而這些機制或可嘗試建立，如此維護成本可降低，對於建築壽命的延長亦有助益。

(三)「新建集合住宅導入近零能源建築技術之推動策略研究」案：

1. 本研究蒐集之美國、日本、歐洲等為溫帶國家案例，其建築能源消耗係以供暖為主，與亞熱帶國家之通風及供冷需求不同。建議可蒐集分析相關耗能數據，以說明氣候因素造成我國住宅建築物之耗能特性與歐美等國不同，及我國建築外殼隔熱性能無需比照溫帶國家標準之原因。
2. 建議可依我國政府分工運作體制，分析住宅建築之耗能組成模式及效率，找出具節能潛力之耗能項目，供該項目之主管部會參考，以進一步提升能源使用效率。
3. 建議可探討近零能源建築結合社區微電網與電動車之可行性，以利未來國際發展趨勢。

4. 建議可蒐集經濟部推動之沙崙綠能實驗屋案例資料，納入本研究分析探討。

(四)「設置附設位移機之行動不便者上下車專區可行性初探」案：

1. 建議先行釐清本研究之移位設備名稱，是「位移機」或為「移位機」。
2. 建議先行釐清本研究移位設備之定位，例如係屬於醫療、社福、護理或無障礙等範疇。
3. 就本研究構想提出之位移設備，若需重新研發應用，恐需要較長時間；建議可探討在現有的法規及空間架構體系下，結合現有的輔具設備資源，以對應行動不便者上下車之問題。
4. 本研究構想可能應用之範圍，以及後續之管理維護方式，建議亦可透過本研究進行資料收集及探討。

(五)「高溫下混凝土構件之熱傳數值分析」案：

1. 本研究可協助防火實驗中心耐火爐相關柱構件測試，無論是對於實驗前模擬以供實驗規劃參考及修正，或者是於實驗後提供數據輔助分析，對於防火實驗中心發展數值方法有相當之助益。
2. 本研究為探討混凝土材料於高溫下熱傳作用，但混凝土材料為非均質材料，其配比、含水量及養護情況差異性大，建議須控制相關參數，以得到良好之試體斷面溫度。
3. 建議補充國內外相關研究資料，尤其是混凝土材料之熱傳行為分析，以增加本研究數值方法之可靠度。

(六)「鋼構件防火被覆耐火試驗精進研究」案：

1. 建議本研究先瞭解國內潛在廠商意願，另若需增加實驗費用時，請做好成本效益分析。
2. 建議本研究內容納入國內現行的鋼構件防火被覆材料審核認可規定，增加抽查檢驗方式之可行性評估。

八、會議結論：

本次會議 6 項研究計畫通過。請計畫主持人參考與會同仁之寶貴意見，並請納入研究內容參採修正，使研究成果更為豐富完整。

九、散會：（下午 5 時 40 分）

附錄二 研究計畫期中審查會議紀錄

檔 號：

保存年限：

內政部建築研究所 函

機關地址：231新北市新店區北新路3段200號13樓

承辦單位：工程技術組

聯絡人：黃國倫

聯絡電話：02-29310686 分機1322

傳真電話：02-29310656

電子信箱：glhuang@abri.gov.tw

受文者：如行文單位

發文日期：中華民國110年8月27日

發文字號：建研工字第1100007829號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：

附件：如主旨

主旨：檢送本所110年度自行研究「繫筋配置對於鋼筋混凝土梁耐震性能影響之實驗研究」、「建築耐震與延壽創新技術科技發展規劃研究」及「承受軸力位移型消能元件彈性及性能試驗方法之標準研究」等3案期中審查會議紀錄1份，請查照。

正本：經濟部標準檢驗局、中華民國全國建築師公會、中華民國土木技師公會全國聯合會、中華民國結構工程技師公會全國聯合會、財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心、本所陳組長建忠、王副研究員鵬智、林副研究員谷陶、陳助理研究員士明、褚助理研究員政鑫、陶主任其駿、李副研究員台光、黃助理研究員國倫

副本：本所工程技術組(含附件)、材料實驗中心

電子交換章

內政部建築研究所 110 年度自行研究「繫筋配置對於鋼筋混凝土梁耐震性能影響之實驗研究」、「建築耐震與延壽創新技術科技發展規劃研究」及「承受軸力位移型消能元件彈性及性能試驗方法之標準研究」等 3 案期中審查會議紀錄

一、時間：110 年 8 月 12 日(星期四)上午 9 時 30 分

二、地點：視訊會議

三、主持人：陳組長建忠

紀錄：李台光、陶其駿、黃國倫

四、出席人員：如簽到簿

五、簡報內容：略。

六、綜合討論意見：

(一)「繫筋配置對於鋼筋混凝土梁耐震性能影響之實驗研究」案：

中華民國全國建築師公會 江建築師支川：

1. 本研究為 RC 梁增加繫筋後，耐震性能提升之研究，實驗中有否試體對照之安排，否則如何判斷增加繫筋後，耐震能力的變化？
2. 一般 RC 梁的主筋，以短期最大彎矩決定其鋼筋量，梁端密集箍筋已經降低斜張力破壞的可能性，增加繫筋後對數量與位置有何限制與建議？繫筋加入後，箍筋數量可否減少？
3. 為節省人力，近代 RC 工程業將配筋繁瑣的構件，予以預鑄化或半預鑄化(板橋 T-PARK 工程)，繫筋的出現，除耐震性能有改變以外，對於 RC 工程的省力化、縮短工期、節省成本等，是否有幫助？

中華民國土木技師公會全國聯合會 林技師自勤：

1. 本研究期中報告書第 10 頁圖 1-2，應修正為「……柱橫向鋼筋之配置圖」。
2. 本研究期中報告書第 17 頁圖 1-9，亦應修正為「……柱橫向鋼筋之配置圖」。

3. 本研究的預期成果，是否針對塑鉸區梁箍筋與繫筋各種類型的綁紮配置方式，經過實體試驗後的結果作說明（依據美國規範 ACI 318-19 與國內目前的規範），在梁耐震性能方面做比較，並可提供國內業界參考應用。

中華民國結構工程技師公會全國聯合會 彭技師康瑜：

1. 本研究期中報告書與簡報資料，試體的繫筋彎鉤為 90-180 度，為何不依據規範容許的 90-135 度？依據此 90-180 度繫筋彎鉤製作試體的試驗結果，將來是否可以推論至規範容許的 90-135 度繫筋彎鉤？
2. 各組試體的試驗成果，建議進行詳細的數值分析，評估各個試體的韌性表現，據以與實體試驗數值做比較研究，希望後續於期末報告書，可提出比較成果與建議。
3. 各組試體均無配置腰筋(side bars)，與報告書參考 PEER 的報告不同，建議於期末報告書補充說明。

財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心 林研究員克強：

1. 本研究貼合業界需求。
2. 期中報告書應明確敘明研究目的，以界定研究內容。
3. 梁塑鉸需達到的性能標準為何？
4. 請說明與梁接合面之柱主筋配置集中於梁構件主筋的原因。

陳助理研究員士明：

1. 本研究探討繫筋配置對於鋼筋混凝土梁耐震性能影響，及 RC 梁與 RC 柱偏心接合之施工性，並進行實驗驗證，預期研究結果將對國內業界有極大的幫助。
2. 建議本研究於結案後，依據研究結果向營建署提出鋼筋混凝土結構施工規範修正建議，並於研究過程一併考量所需提供之相關實驗資料及數據。

陳組長建忠：

建築耐震與延壽創新技術科技發展規劃研究

1. 部分構件試體品質施工品質不佳，請檢視發包規範篩檢，不合者剔除，其他在要求規格內之品質不佳樣本，如扭曲等在試驗及力學計算評估納入變數。
2. 設計規範規定在先，施工又做不到或不願意做，是要屈就或堅持？以實驗來論證，只有局部樣本，在混凝土強度、鋼筋強度宜在控制上下範圍內。對不合要求之構件，不宜輕易過關，而改提出不當的修正，應予注意。
3. 預期成果萬要小心反覆求證，方予公開，尤其試驗前就應先訂出檢核的目標，不合者就不宜引用。

計畫主持人回應(李副研究員台光)：

1. 本研究預期目的，為彙整探討繫筋配置對於鋼筋混凝土梁耐震性能影響研究文獻，同時規劃大型鋼筋混凝土梁試體進行實驗驗證，研究結果提供國內業界參考應用。
2. 美國混凝土學會 ACI 374.1-05 針對強震區的抗彎矩構架，進行結構試驗的側向位移比，建議 3.5% 為合格標準。
3. 本研究針對繫筋配置對於鋼筋混凝土梁，及 RC 梁與 RC 柱偏心接合耐震性能之影響的兩種國內工程實務問題，規劃 2 組 8 座大型鋼筋混凝土梁試體，每組試體皆規劃 1 座對照梁試體，以利後續分析比對。
4. 本研究 2 組試體已先進行數值分析，並據以與實體試驗數值做比較研究。
5. 將再檢視本研究整體邏輯及預期成果之合理性，並於期末報告書做適當的調整。

(二)「建築耐震與延壽創新技術科技發展規劃研究」案：

中華民國全國建築師公會 江建築師支川：

1. 在精進創新之領域，包含：耐震技術、延壽(耐久性)創新技術、風工程等，並以蒐集文獻為前述領域之主軸，本研究的目的應如何定位，期待對建築發展能有更具體之建議。

2. 有關耐震結構技術的研發，已推動相關研究多年，因此如何設計出一座輕巧、強韌的建築物，應該是研究的終極目標。相較於日本，國內 RC 結構梁柱的尺寸，都很粗大，S 結構的跨距小，鋼梁亦粗大，期許本研究對國內耐震結構的現況，提出建言。
3. 建築物的延壽(耐久性)議題，與其施工方法或維護管理，密切相關，例如：屋頂龜裂漏水、外牆磁磚剝落、給排水管道堵塞或破損漏水等瑕疵，對於建築物延壽之影響，宜有相應之規劃建議。
4. 國內隔震建築物越來越多，「隔震結構技術」幾乎可使建築物在強烈地震下，不易劇烈搖晃及產生裂縫，進而延長建築物的使用壽命，故建議本研究將隔震技術議題納入考慮項目。

中華民國土木技師公會全國聯合會 林技師自勤：

1. 本研究報告書第 18 頁「學者專家訪談分析」的工作，係規劃於 6 至 8 月間進行，建議相關訪談狀況，宜納入報告書敘述。
2. 本研究報告書第 20 頁圖 2.1 整體架構表之說明，請更正為「100-103 年」。
3. 本研究報告書第 17 頁預期成果，提及將完成相關研究計畫(112-115 年)暫定之 2 項分項計畫之建議架構及課題規劃，請予補充。

中華民國結構工程技師公會全國聯合會 彭技師康瑜：

1. 本研究報告書與簡報資料，均有提及「風工程技術的研究計畫」，但期中報告僅建議 112-115 年針對「建築結構耐震技術研究」及「建築物延壽技術研究」2 分項計畫之建議架構，研擬分年度研究課題，做為中長程計畫之藍圖。請說明為何缺漏風工程的研究計畫，還是否另有整合型計畫包含風工程之研究計畫。
2. 95 年 9 月頒布建築物耐風設計規範後，於 103 年曾修訂部分條文，其主要參照美國 ASCE 7-02 之規定。但對照於國內耐震設計規範，均已銜接至 ASCE 7-16 的新規範，故建議能將「建築物耐風設計規範」的修訂工作，納入 112-115 年中長程計畫辦理。

3. COVID-19 的後疫情時代，於建築工程之環境與條件，均與以往有所不同，也可以說是面臨「新常態(New Normal)」的建築環境，值得將此後疫情時代新的技術或新的管理模式，故建議能考慮納入 112-115 年中長程計畫參採。
4. 延壽計畫的耐久環境，依據設計規範有許多腐蝕環境的分類，建議針對國內比較重要的氯鹽腐蝕課題，提出與設計年限(Design Life)相關的定量評估模式，改進混凝土的延壽診斷技術。

財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心 林研究員克強：

1. 建議多蒐集國內建築工程待解決之議題，與國內外有關生活安全之建築創新技術的發展。
2. 建議增加有關國外研發方向的蒐集與著墨。

陳助理研究員士明：

1. 本研究規劃本所「建築工程技術精進創新與應用效能提升計畫(112-115 年)」(暫定)科技計畫之「建築結構耐震技術研究」及「建築物延壽技術研究」2 分項計畫之建議架構及分年研究課題，並於研究過程考量扣合本部施政計畫、行政院災害防救科技創新服務方案及國家科技技術發展計畫，及參考國震中心建物組 111 年計畫題目，對於未來相關科技計畫之撰寫，應有所助益。
2. 建議「建築工程技術精進創新與應用效能提升計畫(112-115 年)」(暫定)科技計畫研究課題，可考量將建築資訊建模 BIM 技術納入，例如：本研究初步結論提及「應用智慧技術進行結構安全監測」之應用研究，可運用 BIM 技術以提高監測之可視性。

陳組長建忠：

1. 除回顧行政院或政策上相關方案或計畫外，更宜規劃相關科技研究之未來發展，方能協助本所取得足額經費。舉例而言，建築的趨勢、待都更的危老建、多層小基地、高容積柱斷面積而更小，又產生紙片屋

(竹竿屋)，在結構上如何的穩定及如何的滿足規範，而國內規範常盲隨 ACI，其高層建築及地震、風災經驗，遠不如台灣。

2. 宜再重組各發展軸向，勿受限於以往之架構，以免科技部、主計總處等審查單位，誤認本所老調重彈。以往各子計畫及其分類各課題，有許多是錯填，宜重行分類。
3. 以往計畫，如曝曬試驗研究，1.5 年以來，每年都在做，請公布每年記錄成果，及配合更正，其他課題執行，亦請深化、更正。
4. 計畫主持人回應(陶主任其駿)：
5. 本研究目的為本所「建築工程技術發展與整合應用計畫 (108-111 年)」，考量將於 111 年度執行完竣，因此為儘速規劃其延續性之中長程計畫，俾供本所再向科技部爭取於下階段(112-115 年)之研究經費，因此本研究主要任務為擬定本所「建築工程技術精進創新與應用效能提升計畫 (112-115 年)」(暫定)中，屬「建築結構耐震技術研究」及「建築物延壽技術研究」2 分項計畫之建議架構及分年研究課題規劃草案，以做為前項(112-115 年)中長程計畫之藍圖，及未來撰寫計畫書內容草案之參考。因此，所規畫之計畫目標、策略及措施，必須扣合於內政部之施政計畫及科技部之國家科學技術發展計畫框架，而非屬重新擬定國家級建築發展政策之計畫，它須為解決多數人問題的應用議題，亦須有明確之亮點，方有機會為公務機關審查者所青睞，及提供研究經費之挹注。
6. 由於本所研究經費及相關資源有限，每年研究案之數量，在本科技計畫之耐震及延壽議題中，亦僅有 5 至 6 項研究案的額度，所以本研究未來僅能先規劃 7 至 8 項的「計畫目標」及相應策略策施(研究課題)，本研究再透過專家學長訪談之方式，協助聚焦於 5 至 6 項之計畫目標，並給予排序，以做為未來新興中長程計畫之藍圖與參考。所以無論是有關耐震結構、具前瞻性議題、耐久性工法(水管阻塞等)，

甚至瓷磚掉落或壁癌、防水等議題，均有機會納入後續聚焦討論之課題。

7. 本研究於期中簡報所呈現之建議架構，以及未來於專家訪談之資訊，亦會納於期末報告書。
8. 國內待解決之問題者眾，國外創新工程技術之發展亦多，無論所選擇之議題為何，除既有研究經費有限之因素外，仍須考量相關議題在國內有學者專家有能力做或願意去做的問題，再加上近年學界多進行世代交替，亦有人力及經驗傳承之斷層，這些因素都必須納於研究內考量。
9. 本研究僅探討「建築結構耐震技術研究」及「建築物延壽技術研究」2 分項計畫之架構及分年課題，有關屬「風工程創新技術研究計畫」部分之規劃，則另由本所風雨風洞實驗室同仁負責。
10. 有關因應疫情後於建築工程之新常態議題，的確是值得省思的研究方向。
11. 有關「建築物耐風設計規範」的修訂，能加速銜接至 ASCE 7-16 的建議，已轉請本所風雨風洞實驗室承辦同仁，考量納入下階段研究計畫辦理。
12. 本所材料實驗中心現地曝曬場之逐時氣象資料，已自 106 年 10 月起公布於實驗中心之網頁，至現地曝曬試片之光澤變化，目前由臺灣科技大學邱建國教授協助量測，目前已持續 3 年，其量測結果之公布方式或考量，將另為討論後呈現。

(三)「承受軸力位移型消能元件彈性及性能試驗方法之標準研究」案：

經濟部標準檢驗局 王技士義廷：

1. 有關本研究提出國家標準草案，係依據為 AISC 設計規範所編擬，而設計規範主要依據設計目的及條件，進行分析取得所需結果，以判斷是否符合規範要求，與國家標準的規定要求明確，有可靠的科學數據做為依據，主要參考國際標準或區域標準不同。國家標準應可明確規

範適用對象、操作設備、操作程序、取樣方法、環境條件、數據產出方法、報告的要求、相關準確度及精密度等，不會因為不同設計條件規定而不同。AISC 屬於鋼結構的設計規範，要考量設計條件及結構系統等不同因素，產出數據也可能因設計不同而有差異。試驗法如無國際標準等相關標準可供參考時，建議實務上先建立大量可靠試驗數據，以建立試驗法標準化程序，不適宜直接作為國家標準之參考依據。

2. 一旦成為國家標準，現行採購法規定政府採購案如有國家標準應參考國家標準，即為強制性要求，所以建立國家標準宜有足夠佐證資料較為妥適。

中華民國全國建築師公會 江建築師支川：

1. 本研究的消能元件包含哪幾種產品？市面上的產品有油壓器、變形(挫屈)軟鋼、摩擦消能構件等等，是否都涵蓋在本研究的試驗範圍？
2. 消能元件產品有疲勞與劣化的問題，已經安裝的消能元件每隔一段時間(幾年?)，需要再檢測其性能嗎？若為需要，本研究有何建議？檢測費用將如何計算？由誰支付？
3. 消能元件產品日新月異，例如智慧型油壓消能器(日本東京五反田 SONY 大樓)，將隨著風力或地震力的程度，瞬間調整其性能，本研究試驗方法可涵蓋哪些領域，以因應消能元件的產品變化？

中華民國土木技師公會全國聯合會 林技師自勤：

1. 本研究報告書第 52 頁表 1，計有 4 項試驗檢核項目，與後面之試驗方法，能否匹配對應？
2. 本研究報告書第 18 頁所規定最大拉力或最大壓力為下降 20%，而報告書第 53 頁之最大拉力或最大壓力為下降 15%，是否應一致？
3. 承受軸力位移型消能元件的試驗方法與允收標準，可考慮併入施工規範內。

中華民國結構工程技師公會全國聯合會 彭技師康瑜：

1. 對「承受軸力位移型消能元件」的定義，仍不夠明確。依據國際的一般分類，被動消能元件之位移型金屬降伏阻尼器，可分為 3 大類：(1) 軸力拉壓降伏阻尼器(如 BRB)；(2)面外受彎降伏阻尼器(如 ADAS)及(3)面內受剪降伏阻尼器(如 SPSW)，不宜僅以型式上類似桿件，就歸類為第(1)大類。
2. 上述 3 類金屬降伏阻尼器的性能試驗與允收標準，應該考慮其各有特性上的要求，建議分開研擬。至於，第(1)類軸力拉壓降伏阻尼器(如 BRB)，因為新版建築物耐震設計規範(草案)之(附錄 C)挫屈束制支撐構件性能試驗，已規定採用 AISC 341-16 K3 的規定，且規定最大抗壓能力與抗拉能力之差值應小於 30%，建議研究報告能與設計規範相符合，較能為工程界所銜接及採用。
3. 有關試驗速率的律定，應該考慮耐震設計所面對的地震波特性，例如：鄰近斷層的脈衝速度波，結構技師會有不同設定，另也必須考慮國內外現有實驗室試驗設備的能量與限制。

財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心 林研究員克強：

1. 本研究針對「承受軸力位移型消能元件」，提出性能試驗方法，目標明確。
2. 建議收集不同形式的軸力構件，並確認其特徵的耐震性能需求，以決定其合格標準。
3. 有關試驗速率，建議先確認材料受試驗速率的影響，並先試算試驗所需時間，並考量試件受試驗速率特性的影響後，決定之。
4. 疲勞試驗的內容決定，應先確認疲勞試驗目的。

陳助理研究員士明：

1. 本研究嘗試提出增訂承受軸力位移型消能元件彈性性能試驗方法，及承受軸力位移型消能元件性能試驗方法之國家標準草案，立意良好。

2. 國家標準之增訂，涉及試驗設備、試驗方法及試驗步驟的訂定，亦須考量技術成熟性，以及須普遍為業界所接受，故建議於研究過程宜一併考量。

陳組長建忠：

1. ANSI 等先進國家標準，宜整體列出，再依研究及實務需求，做差異性調整成相關國家標準草案，比較容易讓國家標準研擬訂定機關，接受完成審訂與發布。
2. 預期成果兩項中，第 1 項是「彈性」性能試驗方法，第 2 項是性能試驗方法，好像第 2 項已包括第 1 項。
3. 試驗方法標準，宜於每一循環，或可中斷在合理的勞工安全工時，以及必要休息用餐之需求來研擬。

計畫主持人回應(黃助理研究員國倫)：

1. 由於 AISC 是屬於 ANSI 國際標準，應足以為我國制定國家標準草案的依據。
2. 本研究係針對用以承受軸力位移型消能元件之試驗方法，其他型式消能元件，以及消能元件是否定期檢驗之問題，非屬本研究內容範疇，建議另案研究。
3. 本研究目前蒐集到的相關消能元件，其材料都是鋼材，後續將於期末報告內容註明，本研究之對象材質為鋼材。
4. 本研究若有文字用語不妥、疏漏，或者內容須加強之部分，將於期末報告修正與補充。

七、會議結論：

- (一) 本次會議 3 案期中報告，審查結果原則通過。請業務單位將與會出席代表及本所人員意見詳實記錄，供計畫主持人參採，納入後續事項積極辦理，並於期末報告製作回應表妥予回應，如期如質完成；並請留意成果報告格式，以符規定。

建築耐震與延壽創新技術科技發展規劃研究

(二)有引述相關資料需尊重智慧財產權註明資料引用來源。

八、散會：中午 12 時 10 分。

附錄三 研究計畫期末審查會議紀錄

正本

檔 號：

保存年限：

內政部建築研究所 函

地址：231228新北市新店區北新路三段
200號13樓

聯絡人：李台光

電話：02-29310686#1303

傳真：02-(02)2931-0656

電子信箱：taikuang@abri.gov.tw



受文者：陶主任其駿

發文日期：中華民國110年12月7日

發文字號：建研工字第1107636146號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：

附件：如文

主旨：檢送本所110年度自行研究「繫筋配置對於鋼筋混凝土梁耐震性能影響之實驗研究」、「建築耐震與延壽創新技術科技發展規劃研究」及「承受軸力位移型消能元件彈性及性能試驗方法之標準研究」等3案期末審查會議紀錄1份，請查照。

正本：經濟部標準檢驗局、中華民國全國建築師公會、中華民國土木技師公會全國聯合會、中華民國結構工程技師公會全國聯合會、財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心、本所陳組長建忠、王副研究員鵬智、林副研究員谷陶、陳助理研究員士明、褚助理研究員政鑫、陶主任其駿、李副研究員台光、黃助理研究員國倫

副本：本所工程技術組、材料實驗中心、風雨風洞實驗室(均含附件)

裝
訂

本所 110 年度自行研究「繫筋配置對於鋼筋混凝土梁耐震性能影響之實驗研究」、「建築耐震與延壽創新技術科技發展規劃研究」及「承受軸力位移型消能元件彈性及性能試驗方法之標準研究」等 3 案期末審查會議紀錄

一、時間：110 年 11 月 26 日（星期五）上午 9 時 30 分

二、地點：採實體及視訊併行會議（實體會議在本所討論室(二)）

三、主持人：陳組長建忠

紀錄：李台光、陶其駿、黃國倫

四、出席人員：如簽到單

五、簡報內容：略。

六、綜合討論意見：

（一）「繫筋配置對於鋼筋混凝土梁耐震性能影響之實驗研究」案：

中華民國全國建築師公會 楊建築師勝德：

1. 為耐震要求而有嚴格的繫筋配置，是新規範的重點課題，新版 RC 規範研討會上討論很多。
2. 本研究成果可於相關建築結構技術研討會推廣宣導，這樣短期間內，所有設計配筋標準圖要大幅修改，新建築物會作得更好。
3. 國內實務上有很多錯位偏心接頭，試驗結果顯示，強度衰減較為明顯，這點應於規範中提醒設計者注意，或建議設計強度有個折減係數。

中華民國土木技師公會全國聯合會 林技師自勤：

1. 本研究試體梁箍筋的製作施工，似乎與工地實務不一致，報告書第 52 頁圖 3-2 箍筋 135° 彎鉤在下方，又見第 18 頁 RC 梁 500x600 繫筋 135° 彎鉤在下方、第 18 頁圖 2-2 之 S6D-SHB 與第 43 頁圖 2-20 之 S6D-SHB 繫筋 180° 彎鉤在下方(若下方有模板阻礙會無法施作)，這樣做出來的實驗數據能否實用？

2. 橫箍筋之配置，須使在各角處之主鋼筋及每隔一根主鋼筋，均有轉角之橫箍作橫向支承，該內轉角不得大於 135° ，是否應修正為「不得小於 135° 」。
3. 報告書第 10 頁圖 1-2，應該只是柱的配筋方式。

財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心 沈助理研究員文成：

1. 請說明試體規劃未見 S4D-SHB 及 S4D-SHT 試體之原因。
2. 圖 2-11 未見 S4D 剖面圖，請補充。
3. 請補充說明為何 R 系列採兩種不同之基礎設計。
4. 請補充側向力量加載歷程之參考依據。
5. 報告書第 4 章改採先敘述 R 系列再 S 系列之佈局，與前面章節不同，是否另有考量？若無，建議統一，以求整體一致性。
6. 兩系列試體測試結果之呈現方式不同，是否另有考量？若無，建議統一，以求整體一致性。
7. 報告書第 4 章第 2 節請補充 S6D-SHB 與 S6D-SHT 之比較。表 4-2 之 S6D 圓柱試體測試時間，誤植為 2013 年，請修正。

陳助理研究員士明：

1. 本研究內容廣泛，蒐集相關文獻極具參考價值。
2. 本研究結論提及 RC 梁以 S6D-SHB 試體(中間主筋配置繫筋其耐震彎鉤鉤住下方主筋)之韌性表現最優，S6D-SHT 試體(中間主筋配置繫筋其耐震彎鉤鉤住上方主筋)之韌性表現次之，S6D 試體(中間主筋不配置繫筋)之韌性表現最差，惟梁中間段與兩端受力後變形方向相反，恐因梁位置不同而影響此結論，請澄清此結論是否鎖定梁特定位置？

陳組長建忠：

1. 報告書第 5 章建議一，有關「偏心接合 RC 梁之韌性未獲實驗驗證，致使國內工程師無所適從。」與目前法制、規範之用意不一致，建議二亦請刪除。

2. 本研究實驗係具體動用研究經費、所內外人力、管理資源至鉅，結果可考量具體表達，檢核是否符合耐震規範各項規定，再以文字說明，有關不設隔根勾仍符規範，亦請詳加檢核規範各項，並朝是否草擬修規範條文，以免國內規範與事實不符，讓實務工程方便可行，安全且符合規範。

計畫主持人回應(李副研究員台光)

1. 國內現行結構混凝土設計規範及美國 ACI 318-19(SI)規範，皆以 RC 柱橫向鋼筋配置圖，表達 RC 梁箍、繫筋配置的要求，本研究將考量增加繪製 RC 梁箍、繫筋配置的要求，以免產生混淆。
2. 本研究未規劃 S4D-SHB 及 S4D-SHT 試體，其原因在於受限於研究經費，故僅製作 S6D-SHB 及 S6D-SHT 試體。另側向力量加載歷程，係參考美國混凝土學會 ACI 374.1-05 相關規定，並視實際需求修正。
3. 報告書第 4 章採用 R 系列而後 S 系列的敘述，其原因為本研究先進行 R 系列而後 S 系列試體之試驗，將調整統一敘述順序。
4. 本研究預期目的係針對國內工程實務問題，藉由大型鋼筋混凝土梁試體進行實驗研究，研究結果提供國內業界參考應用。
5. 將修正本研究整體邏輯及預期成果之合理性，並於成果報告書做適當的調整。
6. 其他文字敘述及誤植之修正建議，將配合調整修正。

(二) 「建築耐震與延壽創新技術科技發展規劃研究」案：

中華民國全國建築師公會 楊建築師勝德：

建築物持續再蓋，而防水議題卻始終不受國人重視，而本研究規劃未來維護管理之研究主軸，已納入防水議題之探討，也同時將預鑄建築構造設計規定，規劃為鋼筋混凝土設計規範的一個章節，均為很好的題材及作法，值得持續推動。

中華民國土木技師公會全國聯合會 林技師自勤：

1. 本研究所規畫新興科技發展計畫之規劃，呈現頗完整，但其中所探討之 CLT 集成板，係屬木質工程材料，因此未來於進行相關研究時，務請敘明所要求材料之強度與允收基本標準，俾供應用時之依循。
2. 請確認本研究報告書第 14 頁圖 2.1「100-113 年相關計畫之整體架構」之說明，是否有誤繕？

財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心 吳副研究員安傑：

1. 建議後續研究議題之規劃，可進行既有鋼筋混凝土建築物耐久性修復案例之蒐集工作，並提出合理之參考單價，俾利日後推動應用。
2. 本研究報告書部分圖及表，尚未標示參考文獻或為本研究整理，建議應予補充。

陳助理研究員士明：

1. 本研究過程由文獻蒐集、政策回顧、專家訪談及歸納整理，進而提出本所 112 年至 115 年建築工程技術科技計畫（未包含風工程部分）主軸，分項目標及研究課題規劃，研究成果對 112 年至 115 年建築工程技術科技計畫研擬極有助益。
2. 未來可考慮應用 BIM、AI 及 IoT 等技術，進行視覺化建築結構監測技術開發相關研究。
3. 明年本組中日工程研討會係介紹為建築物耐震相關議題，建議屆時可就相關議題與日方專家交流。

陳組長建忠：

1. 因應危老建條例及其重建，由本所整合發展之 SERCB 及 PSERCB 等評估法，業經內政部採用且具有績效，進一步在未來四年或八年之中綱或中長程計畫，亦請考量納入規劃。
2. 面對一些基地規模甚小之危老建建築物，引起媒體及社會關切，如紙片屋（或竹竿屋）之議題，故建議能針對於此類建築之設計及施工，以及如何達到安全、便利、舒適等目標，進行相關研究課題之規劃，

以符合實需求。(原期待於 111 年研究課題，能有此項亮點，卻未見具體之提案)。

3. 有關由水泥、混凝土、鋼筋等材料所組合之各種構造，建議也能將各研究主軸或分項目標，導入淨零排放之概念。
4. 本研究建議之研究主軸，宜請新興科技計畫之撰寫人(即承辦同仁)擇定納於本組下階段四年中綱個案計畫或年度計畫之參考。
5. 本研究報告也請本所風雨風洞實驗室知悉，參考規劃。

計畫主持人回應(陶主任其駿)

1. 本研究目前所規劃下階段科技計畫之四項研究主軸，雖已考量執行期間、物力資源及人力資源等因素之可行性，再綜評本所組織任務，以及與其他單位研究於相關研究領域之整合，所研擬研究大方向之建議，故於納入最終新興科技計畫之前，仍可持續進行相關之討論與聚焦。
2. 本所以往研究成果，亦曾提供相關工法之參考單價，惟正反兩方意見均有，故建議可待 112 年計畫核定執行之時，再視各研究案之實際需要及共識，以決定是否納入合理參考單價之討論。
3. 有關 CLT 集成板材的強度定義，或者是其允收基本標準之訂定，較適當之作法，應是分別規定於國家標準或木構造設計技術規範之內，再由各研究計畫視需要而引用，但未來相關科技計畫執行之時，若有使用 CLT 工程材料時，將於報告敘明試體使用材料之規格，以免相關研究結果，遭誤用或錯用。
4. 本研究報告書第 14 頁圖 2.1「100-113 年相關計畫之整體架構」之說明，係誤繕為 113 年，目前已改正，謝謝委員的斧正。
5. 有關建築物耐震能力的初步評估或詳細評估法之精進，必然為下階段研究之主軸，本研究僅針對扣合於內政部、科技部等之施政願景，以及創新科技發展部份進行研討。後續較為整體性之規劃，則交由科技計畫承辦人員參辦，並請其再補充耐震能力評估法精進之規劃。

6. 本研究對相關新興科技計畫之規劃，因經費資源極為有限，且待探討之主軸亦多，故建議宜聚焦於工程技術之發展，實不宜再扣合 BIM 相關之議題，避免與本所另相關科技計畫研究內容發生之重疊，甚至被審查機關刪減研究經費。
7. 已將本研究報告，對相關新興科技計畫所建議之研究主軸與分項目標，提供本所風雨風洞實驗室同仁知悉。

(三) 「承受軸力位移型消能元件彈性及性能試驗方法之標準研究」案：

經濟部標準檢驗局 王技士義廷：

1. 國家標準如能參考國際相關標準制定應較為妥適。如無國際相關標準可供參考時，需有足夠的統計數據，實務上可先建立大量可靠試驗數據，以建立試驗法標準化程序之共識。
2. 國家標準應明確規範內容以達可據以執行，報告內之國家標準草案內容，其適用範圍所指承受軸力之位移型消能元件，是否可適用所有材質，或僅適用特定材質(如鋼材)，應有所說明，避免錯誤引用標準。草案內容僅列試驗方法歷程，略顯不足，相關使用之儀器設備，試樣尺寸，取樣方法，環境條件，數據產出、準確度、精密度及試驗報告等是否亦應有所規定，避免測試條件不一致，無法達到標準化之目的。

中華民國全國建築師公會 楊建築師勝德：

1. 90 年代大力推行 BRB，例如：文化大學體育館使用很多 BRB，當時營建產業施工水準差異很大，造價差異亦大，一級大廠都交給二級廠製作，品質堪虞，能有規範是件好事，但是如何驗收成品，比較困難。
2. 樂見透過試驗標準之訂定，以規範施工者要遵行事項及監造者如何監造驗收。
3. 若未能達到 CNS 規範製作標準，建議可先在行政院公共工程委員會施工綱要規範訂定。

中華民國土木技師公會全國聯合會 林技師自勤：

「承受軸力位移型消能元件」使用於建物上，目前國內的施工規範尚無此「施工與允收的方式」，因此建議未來各式的消能元件皆可放入施工規範，以利工程師執行作業。(若 CNS 同意，亦可於施工規範內註明允收標準需依據 CNS 規定。)

財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心 吳副研究員安傑：

1. 本研究標的為「承受軸力位移型消能元件」，但文中所列 BRB 以外元件(報告書圖 1-1 至圖 1-5)均非屬軸力/軸向位移降伏型之消能元件，應釐清說明避免誤導。
2. 隔減震相關之消能元件，在不同設計條件下，有不同設計需求與結果，尤以本研究標的而言，其試驗標準不宜訂於 CNS 內，應採與全球先進國家相同方式，將其制定於結構設計規範中。
3. 以美國 AISC 對 BRB 試驗規範為例，其內容並無所謂標準及疲勞加載之定義或分類，應予以更正避免誤導。
4. 針對本研究標的之位移型消能元件，試驗之目的為確認該元件耐震性能，是否滿足規範或設計需求，該類元件基本上屬於金屬降伏消能型，意即試驗過程需使其進入降伏後階段始達試驗目的，因此訂定彈性試驗之程序與標準，並無實質意義，應予以刪除避免制定錯誤規範。
5. 報告書第三章第一節性能要求的第(4)點，其內容在該節第(2)點及美國 AISC 規範已有規定，應避免重複。
6. 全球先進國家包含國內現行試驗方式，在本研究標的相關的試驗加載速率與個別試驗目的有關，因此無明確定義或規定；然本研究建議之試驗程序，有加載速率之規定，與國際方法及不同試驗目的不符，且無相關根據，應予以刪除。

財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心 沈助理研究員文成：

建議邀集國內專家學者逐字討論草案內容，達成共識後，再送審議，較為妥適。

陳助理研究員士明：

1. 本研究成果豐碩，值得肯定。
2. 本研究成果要轉成國家標準，可能還須做其他工作並考慮不同層面之因素，建議可多向經濟部標準檢驗局請益。

陳組長建忠：

國家標準草案之擬定，宜先循 AISC 等國際標準或規範條文規定為主軸，再就其未在地化及研究發現調整，以便送經濟部標準檢驗局審定時，能順暢作業。

計畫主持人回應(黃助理研究員國倫)

1. 國內已依照 AISC 規定，針對 BRB 進行過非常多試驗，在業界已經廣被接受，且 AISC 也屬於 ANSI 國際標準，爰已符合國際標準要求及大量可靠試驗數據要求。
2. 本研究僅建議試驗方法之國家標準草案，關於試體材質、儀器設備，試樣尺寸，取樣方法，環境條件，數據產出、準確度、精密度及試驗報告等，均屬依照不同設計目的，而有不同要求，建議規定於各規範規定內。
3. 因建築物耐震設計規範將修正納入 BRB 試驗相關規定，且已在內政部營建署網頁上預告，建議 BRB 試驗相關性能規範，可直接依照該規定。
4. 本研究將於成果報告加強說明 BRB 以外元件(報告書圖 1-1 至圖 1-5)均非屬軸向位移降伏型之消能元件，並修正 AISC 試驗規定介紹。
5. 彈性性能試驗方法之國家標準草案，係因應業界需求而建議，且僅針對試驗方法，應不至於誤導業界。
6. 有鑑於消能元件相關專家學者眾多，意見本已不一致，且未來如有納入增訂建議，經濟部標準檢驗局勢必再召開會議研商，其會議委員名單勢必不同，爰本研究不宜邀集專家學者開會，但仍會向經濟部標準檢驗局先行請益。

七、會議結論：

- (一) 本次會議 3 案期末報告，經審查結果原則通過。請業務單位將與會出席代表及本所人員意見詳實記錄，以供計畫主持人參採，並於報告中妥予回應。
- (二) 請注意圖示及圖表的智慧財產權，如有引述相關的資料，應註明資料來源。整份報告的結論與建議事項，應考量具體可行，並鼓勵將研究成果投稿建築相關學報或期刊。

八、散會：中午 12 時 05 分。

參考書目

- [1] 「科技發展策略藍圖（民國 108 年至 111 年）」，科技部，2019 年。
- [2] 「行政院災害防救科技創新服務方案（民國 108 年至 111 年）」，科技部，2018 年。
- [3] 「國家發展計畫（民國 110 年至 113 年）」，行政院國家發展委員會，2021 年。
- [4] 「國家科學技術發展計畫（民國 110 年至 113 年）」，科技部，2021 年。
- [5] 「內政部科技施政總體說明書（111 年度）」，內政部，2021 年。
- [6] 「內政部 110 年度施政計畫」，內政部，2021 年。
- [7] 「建築先進技術創新開發與推廣應用計畫（民國 100 年至 103 年）」，內政部建築研究所，2011 年。
- [8] 「建築技術多元創新與推廣應用精進計畫（民國 104 年至 107 年）」，內政部建築研究所，2015 年。
- [9] 「建築工程技術發展與整合應用計畫（民國 108 年至 111 年）」，內政部建築研究所，2019 年。
- [10] 靳燕玲，高齡社會安全安心生活環境規劃之研究，內政部建築研究所自行研究報告，2015 年。
- [11] 鄭元良、董娟鳴，建築與城鄉安全防災韌性科技發展規劃研究，內政部建築研究所協同研究報告，2017 年。
- [12] 蘇金鑾，我國與日本科技白皮書之探討，科學發展月刊，第 28 卷，第 8 期 2000 年。
- [13] 營建署，災害後危險建築物緊急評估辦法，2009，內政部：臺北。

- [14] Hassan A, Sozen M. Seismic Vulnerability Assessment of Low-Rise Buildings in Regions with Infrequent Earthquakes. *ACI Structural Journal* 1997; 94 (1): 31-39.
- [15] Shiga T. *Vibration of Structural*. Kyoritsu Shuppan: 1976. (Japanese)
- [16] 邱聰智，黃世建，宋嘉誠，鍾立來，低矮型街屋耐震能力快速評估法之開發與驗證，*結構工程* 2014; 29 (4): 65-87。
- [17] 邱聰智，低矮型鋼筋混凝土住宅結構耐震快速評估法之開發與驗證，*臺灣大學*: 臺北，2015; 1-177。(繁體中文)
- [18] Puranam AY, Irfanoglu A, Pujol S, Chiou T-C, Hwang S-J. Evaluation of seismic vulnerability screening indices using data from the Taiwan Earthquake of 6 February 2016. *Bulletin of Earthquake Engineering* 2018: DOI: 10.1007/s10518-018-0519-1.
- [19] Chiou TC, Hwang SJ, Pujol S. Comparison of seismic vulnerable indices by building data of the 2016 Taiwan earthquake. *Proceedings of the 11th National Conference in Earthquake Engineering, Los Angeles, CA., 2018; Paper No. 1372.*
- [20] Chiou T-C, Ho Y-S. Verification of Seismic Rapid Evaluation by 2018 Taiwan ML 6.26 Earthquake. *the 7th Asia Conference on Earthquake Engineering, Bangkok, Thailand, 2018; ACEE 0186.*
- [21] Chiou T-C, Hwang S-J, Chung L-L, Tu Y-S, Shen W-C, Weng P-W. Preliminary Seismic Assessment of Low-Rise Reinforced Concrete Buildings in Taiwan. *16th World Conference on Earthquake Engineering, 16WCEE 2017, Santiago, Chile, 2017; Paper No. 2977.*
- [22] Chiou T-C, Tu Y-S, Shen W-C, Weng P-W, Hwang S-J, Chung L-L. Seismic preliminary evaluation of low-rise residential buildings in Taiwan. *6th*

- Asia Conference on Earthquake Engineering (6ACEE), Marco Polo Plaza Cebu, Cebu City, Philippines, 2016; Paper No. SS8.
- [23]邱聰智，何郁姍，沈文成，盧奕羽，「0206 花蓮地震震損建物資料分析與探討」，中華民國第 14 屆結構工程研討會暨第四屆地震工程研討會，台中，2018; Paper No. 24007。
- [24]陳建忠，葉勇凱，翁樸文，邱聰智，沈文成，「震災後危險建築物緊急評估技術及制度之修訂研究」，內政部建築研究所研究報告，台北，2014。
- [25]NCREE, Purdue University, "Building Data of the 20160206 Meinong Earthquake in Taiwan." Jan-3rd 2018; Available from: <https://www.ncree.org/recce/20160206/>.
- [26]邱聰智，何郁姍，翁樸文，沈文成，「20180206 花蓮地震震損建物資料庫」，May-14th 2018; Available from: <https://www.ncree.org/recce/20180206/>。
- [27]Song J-C, Chiou T-C, Hwang S-J. Investigation of Column-to-Floor Ratio for Seismic Safety of RC School Buildings in Taiwan. NCREE-13-031, National Center for Research on Earthquake Engineering: Taipei, Taiwan, 2013. (in Chinese)
- [28]JBDPA. Seismic Evaluation and Retrofit(English Version). Japan Building Disaster Prevention Association: Tokyo, 2001.
- [29]吳青峰，許丁友，邱聰智，宋嘉誠，「應用 AI 影像自動判讀於 RC 建築震後耐震能力評估之初期研究」，中華民國第 15 屆結構工程研討會暨第五屆地震工程研討會，臺南，2020，Paper No. 356。
- [30] 幅 亮太、北守 顕久、森 拓郎、福原 武史、栗原 嵩明、五十田 博，CLT パネルを接着挿入した RC フレームの耐震補強効果に関する実験，日本建築学会構造系論文集 第 81 卷 第 726 号，1299-1308，2016 年 8 月。

- [31] 福本晃治，国府田 まりな，久保和民，宇佐美 徹，北守顕久，宮内靖昌，五十田 博，鉄骨架構に耐震要素として挿入された CLT の実験による構造特性の検討，日本建築学会構造系論文集，第 86 卷，第 787 号，1345-1356，2021 年 9 月。
- [32] S. Pei, C. Lenon; G. Kingsley, and P. Deng, Seismic Design of Cross-Laminated Timber Platform Buildings Using a Coupled Shearwall Concept, *J. Archit. Eng.*, 2017, 23(3): 06017001
- [33] John W. van de Lindt, M. Omar Amini, Douglas Rammer, Philip Line, Shiling Pei, and Marjan Popovski, Seismic Performance Factors for Cross-Laminated Timber Shear Wall Systems in the United States, *J. Struct. Eng.*, 2020, 146(9), 04020172.
- [34] Thomas Tannert, Maurizio Follesa, Massimo Fragiaco, Paulina Gonzalez, Hiroshi Isoda, Daniel Moroder, Haibei Xiong, Seismic Design of Cross-Laminated Timber Buildings, *Wood and Fiber Science*, 50(Special Issue), 2018, 3-26.
- [35] 林憲德、林子平，綠建築標章碳足跡標示制度規劃研究，內政部建築研究所委託研究報告，2014 年
- [36] Gavric I., Fragiaco M., Popovski M., Ceccotti A., (2014) Behaviour of Cross-laminated Timber Panels under Cyclic Loads, *Materials and Joints in Timber Structures*, pp 689-702.

建築耐震與延壽創新技術科技發展規劃研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：陶其駿

出版年月：110 年 12 月

版次：第一版

ISBN：