

國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究

內政部協同研究成果報告(112年度)

國際木構造建築物設計技術發展 與設計施工規範檢討更新之研究

內政部建築研究所協同研究成果報告

中華民國 112 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

國際木構造建築物設計技術發展 與設計施工規範檢討更新之研究

研 究 主 持 人 ： 陳興隆

協 同 主 持 人 ： 蔡孟廷

研 究 員 ： 陳啟仁、黃國倫、李台光、周楷峻

研 究 人 員 ： 楊正裕、徐宇亮

內政部建築研究所協同研究成果報告

中華民國 112 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

第一章 緒論	1
第一節 研究背景	1
第二節 研究目的與重要性	2
第三節 研究方法與步驟	4
第二章 國內外木構造建築物發展現況	5
第一節 國內外直交集成板 CLT 相關規範	5
第二節 國內外木構造建築之技術發展整	8
2.2.1 日本木造建築相關規定	8
2.2.2 歐盟木造建築相關規定	11
2.2.3 新加坡關木造建築相關規定	13
2.2.4 美國木造建築相關規定	14
第三節 國內外木構造建築案例	16
第三章 現行法規檢討	23
第一節 國際 CLT 之發展及國內現況	24
3.1.1 CLT 的定義及用途	25
3.1.2 各國 CLT 適用規定	26
3.1.3 結構性能及分析原則	27
3.1.4 CLT 之防火行為	37
3.1.5 主要接合形式	40
3.1.6 木材容許應力強度	54

目次

第二節 混合式結構之檢討	59
3.2.1 混合式構造之設計	60
3.2.2 混合式構造之載重組合	61
3.2.3 現行混合式構造之結構系統韌性容量	64
3.2.4 小結	67
第三節 木結構樓高之檢討	68
3.3.1 IBC 2021 之相關規定	69
3.3.2 我國進行木構造建築樓高修正之可行性評估	78
3.3.3 小結	80
第四節 CNS 國家標準於現行規範之現況	81
 第四章 規則及規範新增及修訂建議	83
第一節 「建築技術規則」修訂建議	83
第二節 「木構造建築物設計及施工技術規範」修訂建議	85
 第五章 結論與建議	103
第一節 結論	103
第二節 建議	104
 參考文獻	107
期中審查回應一覽表	111
期末審查回應一覽表	121
附錄 (專家座談會紀錄)	129
 附件一 ISO 16696-1 翻譯	
附件二 CLT_USA_Handbook 第四章接合部單元部分翻譯	

表目錄

表 2-1 日本木構造建築物的耐震計算表	8
表 2-2 工程木材種類說明	17
表 2-3 高層木構案例資訊統整表	20
表 3-1 ASTM E-2126-11 反覆加載-位移關係 (ISO16670).....	31
表 3-2 ASTM E-2126-11 反覆加載-位移關係 (CUREE).....	32
表 3-4 美日在木材容許應力之時間荷重調整係數比較	55
表 3-5 基準強度 F(特徵強度值)換算短期容許應力值	57
表 3-6 國內外規範對於不同型式結構以容許應力法(ASD)設計之荷 重係數規定	62
表 3-7 國內外規範對於不同型式結構以強度設計法(LRFD)設計之 荷重係數規定	63
表 3-8 結構系統之韌性容量 R 及高度限制	66
表 3-9 IBC 2021 中針對不同類型建築物之樓層數限制	70
表 3-10 IBC 2021 中針對不同類型建築物之樓層高度限制	71
表 3-11 IBC 2021 重木結構(Heavy Timber)之斷面尺寸定義	72
表 3-12 各類建築物於 TYPE IV 之樓高規定	73
表 3-13 NFPA 13/NFPA 13R/NFPA 13D 之使用限制及差異	75
表 3-14 IBC 2021 Type IV 中不同結構構件之不燃被覆規定(2/3 的防 火時效，另外 1/3 的防火時效可由木構造炭化層提供 ...	76
表 3-15 節錄整理建築技術規則施工編第 114 條	78
表 3-16 節錄建築技術規則施工編第 70 條	79
表 3-17 日本建築基準法之相關防火時效規定	80
表 3-18 中國國家標準 CNS 中有關木構造建築的標準	81

表次

表 4.1 建築技術規則建築構造篇部分修正條文草案對照表	83
表 4.2 新增重木結構與巨木結構說明條文草案對照表	87
表 4.3 新增混合構造說明修正條文草案對照表	90
表 4.4 新增組合載重修正條文草案對照表	90
表 4.5 新增材料容許應力換算方式說明條文草案對照表	90
表 4.6 新增 CLT 修正條文草案對照表	94
表 4.7 新增 CLT 防火規定章節修正條文草案對照表	96
表 4.8 規範中更新 CNS 修正條文草案對照表	101

圖目錄

圖 1-1 研究步驟流程圖	4
圖 3-1 CLT 之生產及製作流程	25
圖 3-2 CLT 之膠合原則	25
圖 3-3 CLT 壁體之基本構造系統及接合形式	28
圖 3-4 CLT 壁體受到靜力側推之變形行為	28
圖 3-5 CLT 實驗與理論之比較分析(Popovski et al. 2010)	29
圖 3-6 ASTM E-2126-11 反覆加載方法示意圖 (ISO16670)	30
圖 3-7 ASTM E-2126-11 反覆加載方法示意圖(CUREE).....	31
圖 3-8 日本 CLT 實驗方法及彈塑性模型之求取	36
圖 3-9 北美 CLT Handbook 中主要接合形式	41
圖 3-10 日本 CLT 施工設計規範中之主要接合形式及強度	42
圖 3-11 日本木材容許應力之時間荷重調整係數	55
圖 3-12 美國木材容許應力之時間荷重調整係數	56
圖 3-13 建築物上層為木構造、下層為鋼筋混凝土結構	60
圖 3-14 建築物內部結構(承重牆及樓板)為木構造、外牆為磚構 造	61
圖 3-15 任一樓層設計所用之 R 值不得大於該方向其上樓層所用之 R 值	65
圖 3-16 同一建築物具有不同結構系統時，整棟建築物可用最小的 R 值設計	65
圖 3-17 於 UC San Diego 進行的 10 層樓木構造振動台實驗	77

摘 要

關鍵詞：木構造建築物、直交集成板、樓層高度、IBC 2021

一、研究背景

木構造建築由於具有固碳及可循環的優勢，近年來於各國間均致力發展。受惠於技術與材料進步，北美、日本、新加坡、歐盟等地新形態的木構造技術、材料(如直交集成板)已臻成熟，並開始廣泛運用。內政部建築研究所於 101 年所進行之「木構造建築物設計及施工技術規範修訂之研究」中，已就當時國外相關規範（以美國及日本為主）與配合之國內標準進行規範內容之修訂建議，包括木構造建築之型式、規劃、材料規格、性能、結構計算原則、與相關參數等進行檢討。108 年所進行之「木構造建築物高度、樓層數相關設計規定檢討研究」，就當時國外相關規範（以美國及日本為主）進行建築技術規則及木構造規範內容之修訂建議。然因 110 年(2021 年)美國 International Building Code（簡稱 IBC）規範考量直交集成板(Cross-laminated timber，簡稱 CLT)的應用成熟，於 IBC 2021 年針對木構造建築物的高層有了較大的突破及修正。因此，考量整體國際趨勢及發展，今年度之研究案主要為整合前述研究內容，提出國內法規及木構造規範之修正建議。

二、研究方法

本研究之主要目的首先為蒐集歐洲、北美、日本等地有關直交集成板 CLT 之構造防火法規與規範。並針對國產及進口直交集成板 CLT 之構造耐火試驗及防火特性探討。同時研提木構造建築物設計及施工技術規範增訂直交集成板 CLT 構造相關規定之草案。歐美日等先進國

家近年已針對直交集成板 CLT 之防火設計提出相關設計方法，本研究預計透過文獻回顧分析及實驗驗證的方式建立國內基礎資料。並以我國現行法規為主，將美、日法規與其進行比較與研析，了解其中之差異，以利進行修訂。同時徵詢產官學研各方意見匯集意見，以研擬的修改草案為主體，組成專家會議進行討論，以確認修改後法規的的可行性。

三、重要發現

參考 IBC 2021 中針對 TYPE IV 之類型所進行的樓高調整可知，TYPE IV A/B/C 中，僅有 TYPE IV C 屬於可以較大範圍的裸露木構造，較符合國人對木構造建築物的期待。TYPE IV C 在加裝消防撒水設備的條件下，允許居住類別為 8 層樓高及 26 公尺。此外，近期美國亦於加州大學聖地牙哥分校(University of California San Diego)進行 921 地震中集集測站所蒐集的地震資料進行模擬，驗證了 10 層樓木構造建築物在集集地震作用下之抗震能力。因此，綜合上述資料，未來 IBC 2021 TYPE IV C 之木構造建築類型或為國內推動修法時的可能木構造建築類型(居住類別：8 層樓高及 26 公尺)及方向。然而，考慮目前國內木構造發展尚未成熟，短期目標而言可以樓層數 8 層樓及樓高 30 公尺，搭配 TYPE IV B 之耐燃被覆條件進行法規及規範之修正方向。中期目標則待國內木構造發展有一定成熟度後，逐步開放樓層數 12 層甚至 18 層的高度。長期目標而言，則是以性能設計取代目前國內的規格設計方法，不限制木構造建築的樓層高度。與此同時，亦須同時檢討相關法令，如消防撒水設備及木構造之防火時效等之同步調整。

四、主要建議事項

根據研究發現，本研究針對行政檢查業務委託民間辦理處理的法制化，提出下列具體建議。以下分別從立即可行的建議、及長期性建議加以列舉。

建議一

木構造規範增修條文：立即可行之建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部國土管理署

針對研究建議之木構造建築物設計及施工規範增修條文進行研擬及修訂，主要有直交集成板 CLT 之材料、工法、設計以及防火性能等相關規定，以及混合構造之定義等項目。另外，考慮目前國內木構造發展尚未成熟，短期目標而言可以木構造樓層數 8 層樓及樓高 30 公尺為目標，搭配 IBC 2021 Type IV B 之耐燃被覆條件進行法規及規範之修正方向。

建議二

建築技術規則中木構造樓高限制：中期性建議

主辦機關：內政部國土管理署

協辦機關：內政部建築研究所

針對目前研究建議之木構造建築物之樓高部分，中長期目標建議持續進行現行建築技術規則之研擬及修訂。中期目標則待國內木構造發展有一定成熟度後，逐步開放樓層數 12 層甚至 18 層的高度。長期目標而言，則是以性能設計取代目前國內的規格設計方法，不限制木構造建築的樓層高度。與此同時，亦須同時檢討相關法令，如消防撒水設備及木構造之防火時效等之同步調整。

建議三

木構造耐用年限之修正:長期性建議

主辦機關：財政部財稅局

協辦機關：內政部國土管理署、內政部建築研究所

財政部 106 年 2 月 3 日台財稅字第 10604512060 號令固定資產耐用年數中，規定木造建築物之耐用年數僅有 10 年。然而，根據本研究之內容，木造建築在適當地維護管理下耐用年限可超過 10 年以上，未來確有檢討修正之必要。

ABSTRACT

Keywords: Timber building, Cross Laminated Timber, building height, IBC 2021

Construction of high-rise timber buildings has been proposed worldwide due to the development and advanced application of engineered wood, such as Cross Laminated Timber. In Japan, Australia, and all over Europe, engineers are using more wood to reduce the high greenhouse gas emissions during concrete construction. Cross Laminated Timber makes it's possible to build as same types of building as RC or steel structures. Meanwhile, the hybrid structure system mixing with wood and non-wood becomes popular due to the efficient utilization of different construction materials based on their major properties. In this study, comprehensive researches regarding the height of wooden building, the seismic design values and material standard are referred based on the literature review, in order to compared the difference of the building code related to construction of wooden buildings between Taiwan and other countries, majorly North American, Europe and Japan. A conclusion and proposed revision to the current building code related to wooden construction are made in this study.

第一章 緒論

第一節 研究背景

木構造建築由於具有固碳及可循環的優勢，近年來於各國間均致力發展。受惠於技術與材料進步，北美、日本、新加坡、歐盟等地新型態的木構造技術、材料(如直交集成板)已臻成熟，並開始廣泛運用。內政部建築研究所於101年所進行之「木構造建築物設計及施工技術規範修訂之研究」中，已就當時國外相關規範(以美國及日本為主)與配合之國內標準進行規範內容之修訂建議，包括木構造建築之型式、規劃、材料規格、性能、結構計算原則、與相關參數等進行檢討。108年所進行之「木構造建築物高度、樓層數相關設計規定檢討研究」，就當時國外相關規範(以美國及日本為主)進行建築技術規則及木構造規範內容之修訂建議。然因110年(2021年)美國International Building Code(簡稱IBC)規範考量直交集成板(Cross-laminated timber，簡稱CLT)的應用成熟，於IBC 2021年針對木構造建築物的高層有了較大的突破及修正。因此，考量整體國際趨勢及發展，今年度之研究案主要為整合前述研究內容，提出國內法規及木構造規範之修正建議。

美國IBC 2018(International Building Code)主要在表504.3及表504.4中，根據建築物的類型分類，規定建築物的樓層高度及幾層樓的樓高限制。其中，Type IV主要規範重型木構造的樓高限制。在2021年以前，美國主要的木構造建築物高層主要限制在6層樓以下。然而，新版的IBC 2021中針對Type IV重型木構造進行相關修訂，主要增加了Type IV-A/B/C此三類的建築類型。相較於IBC 2018，最大的差異在於IBC 2021將重型木構的樓高提高，在加裝消防自動撒水系統的條件下，Type IV-A的最大樓高最高將可達18層及82m高。其他新加坡、日本及歐盟等國為因應永續發展之趨勢及CLT等巨木構造的應用，在相應的法令規定上亦有大幅修正；由此趨勢可知，現行法規實有繼續檢討之必要。因此本年度將以既有相關研究為基礎，針對以下項目進行檢討精進：

1. 不同國家之集成材所相對應的設計方法進行整合，並於規範中規範其使用條件；
2. 於規範中增訂CLT之相關規定或解說，說明引用不同國家產製CLT之規範、方法或標準，並視情況進行本土化修正；
3. 整合國內現有已完成之CLT防火相關實驗數據，彙整並更新於規範中；
4. 現行規範中缺少「混合式構造」(例如1至2樓為RC，3至6樓為木結構與「直交集成板」之規定)，而美國IBC規範已經納入；
5. 增加規範中CLT施工接合部相關參考案例；
6. 現行法規引用CNS或其他國家之法規資料已多有更動，規範並未隨之檢討修正。

基於以上考量，本研究擬蒐集各國(美國、日本、新加坡、歐盟等國家)法令規範、實施現況及本土化應用之議題，就既有木構造規範相關研究結果，針對前述項目進行綜合研究檢討，並提出相應的法令及規範之修改建議。

第二節 研究目的與重要性

在考量地球環境負荷與尋找永續再生資源能源的前瞻觀點下，著眼高層木構造之技術開發與法規修正，歐美日等先進國家在將近 30 年的努力之後，克服了木構造的結構限制與防蟲、耐蝕、防火的性能問題，呈現了高層木構造建築的多樣性。木構造的推廣，除促進地方產業的活化（人工林業、人工林木材加工業多位於偏鄉），亦可改善了所謂水泥叢林的都市景觀，更用造林固碳而成的木材大量提供建築、達到真正的零碳甚至負碳的正面循環。另外，在資源有限的條件下，創造一個「永續發展」的社會，已成為已開發國家發展的趨勢。木材為一個永續循環利用的資源，目前歐美及日本等先進國家已經將此材料當作是環保及最新技術的建材，並開始往大規模及中高層建築發展，大規模及高層木造建築此一趨勢已為不可逆。日本和台灣一樣位於颱風及地震頻繁的環太平

洋地震帶上，先天上的劣勢限制了木構造建築的有利發展。然而，透過新技術的開發及研究，日本已經在木造抗震防火等技術上漸趨成熟，近年來，更因法規的大幅修改，對於中高層建築而言，木構造已經成為可能的選項之一。直交集成板 CLT 作為最新型態的木構造技術，在中高層木構造建築的設計發展上有著卓越的優勢性，亦成為目前世界各國之發展重點。在直交集成板 CLT 技術發展的前沿，台灣如何透過國土之優劣勢，發展出本土型資料進而活用並提供建築產業轉型及另一項選擇，關鍵則在於對於直交集成板 CLT 基礎性能之掌握。本研究預期檢討直交集成板 CLT 之材料規格、防火性能、以及接合部工法，並進行本土化整合進現行木構造規範中，預期將對直交集成板 CLT 之研究發展提供正面積極的影響。

台灣現行建築技術規則規定，木構造建築住宅的樓高為可達4樓及14m 高。然而，考慮到木造防火性能、接合部的結構特性、乃至於不同結構材料混搭的木質混構造結構系統，對都市中的木構造建築發展則有一定程度的影響。接合部及木質混構造的資料雖然有國外研究及實例，但台灣是否可直接引用，或是需要實驗驗證則取決於政府的認定。另外，在國稅局固定資產耐用年數表中，木造建築的耐用年限僅為10年，相較於鋼筋混凝土建築的耐用年限為50年短得多，易造成木造建築在融資貸款上的限制，降低國人對於自建木造住宅的意願，成為台灣發展木造建築的一大阻因。然而事實上，世界上不乏使用年限超過50年甚至百年的木造建築，成本上木造建築雖然初期材料成本較高，但卻具有大幅縮短施工工期上及降低人事成本等優點。因此，本研究在完備目前木構造規範的基礎上，主要有以下研究目的：

- (1) 引用不同國家製產CLT之規範、方法或標準，並視情況進行本土化修正。
- (2) 於規範中有關「直交集成板」及「混合式構造」規定之檢討建議。
- (3) 於規範中有關施工接合部規定之相關參考案例建議。
- (4) 於規範中增訂國內已完成「直交集成板」相關防火規定及建議。

檢討現行法規中所引用之 CNS 或其他國家標準之適用性及更新之必要性。

第三節 研究方法與步驟

本研究之主要目的首先為蒐集歐洲、北美、日本等地有關直交集成板 CLT 之構造防火法規與規範。並針對國產及進口直交集成板 CLT 之構造耐火試驗及防火特性探討。同時研提木構造建築物設計及施工技術規範增訂直交集成板 CLT 構造相關規定之草案。歐美日等先進國家近年已針對直交集成板 CLT 之防火設計提出相關設計方法，本研究預計透過文獻回顧分析及實驗驗證的方式建立國內基礎資料。並以我國現行法規為主，將美、日法規與其進行比較與研析，了解其中之差異，以利進行修訂。同時徵詢產官學研各方意見匯集意見，以研擬的修改草案為主體，組成專家會議進行討論，以確認修改後法規的可行性。

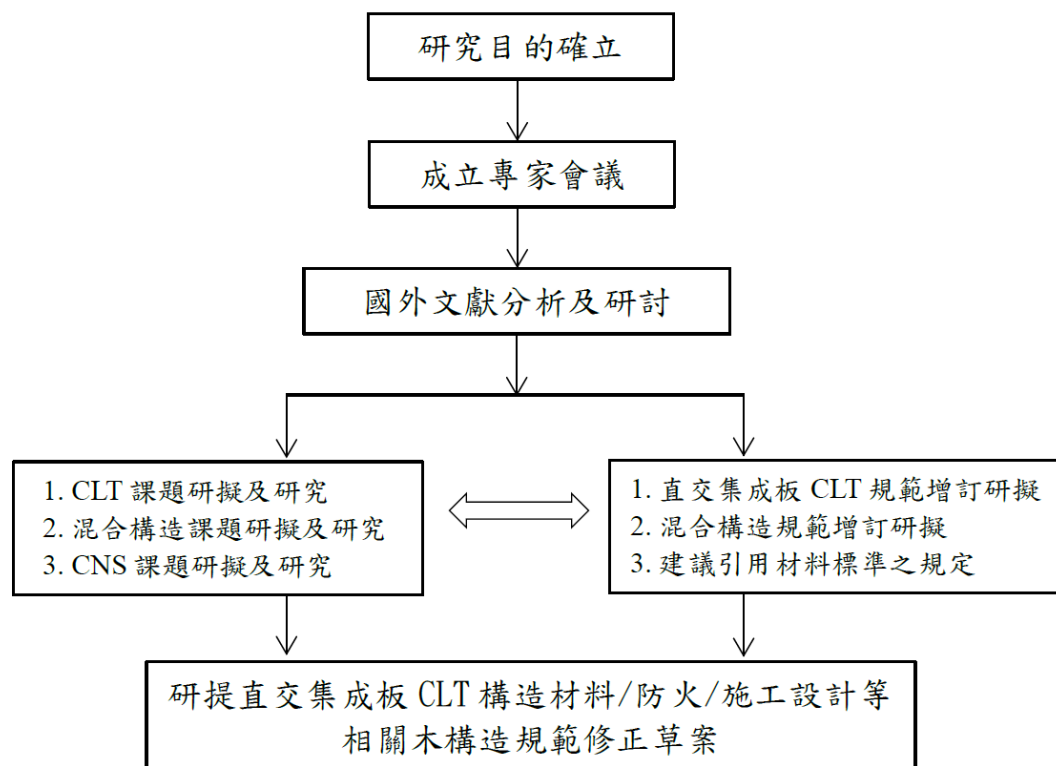


圖 1-1 研究步驟流程圖

第二章 國內外木構造建築物發展現況

第一節 國內外直交集成板 CLT 相關規範

直交集成板 CLT(Cross Laminated Timber)於 1990 年代首先應用於奧地利以及德國。CLT 建築主要為板式結構，相較於傳統的輕型木構造工法，如北美 2 by 4 工法(Wood Light Frame)、日式軸組工法，或是重木結構(Heavy Timber)均有其競爭優勢。在目前世界上的建築應用中，CLT 作為主要結構材料，亦為鋼筋混凝土構造、鋼構造之外的另一個可能選擇。在 2000 年左右開始，以 CLT 為主要結構體之建築物緩步增加，主要原因為環保減碳的趨勢。另外，CLT 由於和鋼筋混凝土構造、鋼構造一樣都可做為中層建築的主要結構，因此其應用易受到逐步的重視。在美國，CLT 被定義為巨木結構(Mass Timber)，用來區分與重木結構在規範及未來應用上之差異。

目前各國針對 CLT 之法規已有部分的成果，各國之 CLT 相關規定主要可參考以下各國之標準：

(1) 歐盟的 CLT 規範

歐盟於 1995 年公布 Eurocode-5 CSN EN 1995 (Design of Timber Structures)，作為歐盟國家木造(timber)建築規定之全面性規範，內容含材料基本特性、建築設計(如極限狀態設計法 limit state design 等)、工程木材特性(Glulam、LVL 等)、持久性(duration)、建築架構分析、極限狀態(ultimate limit states)、正常使用極限狀態(serviceability limit states)、金屬扣件連接(connection with metal fasteners)及建築架構設計管控等規範細節。並於 2015 年公布 CSN EN 16351 (Timber Structures-CLT-Requirements)，用以規範歐盟國家使用 CLT 作為木建築材料之條件。

(2) 日本 CLT 規範

日本在 2000 年建築基準法修正之後，將木構造建築物的建築高層放寬，因此

在 2000 年後開始，日本的中層/大規模木造亦漸漸增加。隨後在 2010 年 5 月，日本政府公布「公共建築物使用木材之利用促進相關法律」，在全國各地推廣大規模木構造建築物。而 CLT 相關製品之製造規範則於 2013 年 12 月由日本農林規格（JAS）制定。CLT 相關之規範及設計手冊，則在 2016 年 4 月告示公布實施，分別為「2016 CLT 関連告示等解説書」(後稱:日本 CLT 關聯告示解説書)、「2016 CLT を用いた建築物の設計施工マニュアル」(後稱:日本 CLT 建築物設計施工手冊)。

(3) 美國 CLT 規範

美國の木構造相關設計規定主要參考由美國木材協會(American Wood Council, AWC)所制定的 NDS(National Design Specification for Wood Construction)。NDS 2018 中針對 CLT 進行了章節的更新，主要新增了第 10 章 CLT 之說明(Chapter 10 Cross Laminated Timber, pp 60-62)。其中，新增章節主要於 10.1 節中說明 CLT 的基本定義(General)、10.2 節及 10.3 節說明 CLT 之設計參數值(10.2 Reference Design Values, 10.3 Adjustment of Reference Design Values)、並於 10.4 節說明特殊設計參考(Special Design Considerations)。除此之外，美國亦於 2013 年出版 CLT Handbook 2013 US Edition，本手冊主要匯集各國近年所進行的實驗及分析，提供設計師作為參考的工具書。

(4) 我國 CLT 相關規定

現行「木構造建築物設計及施工技術規範」係由內政部於 85 年 1 月 1 日頒訂與實施，再於 92 年、97 年、100 年、110 年進行部分條文修正，然而目前規範中並無直交集成板 CLT 之相關規定。另外，雖然規範中目前尚無針對 CLT 之章節及相關設計及施工定義，然而 CNS 16114 直交集成板之相關規定已於 108 年公布，在材料及製作上完成定義。其中，在 CNS 16114 中針對 CLT 的說明亦標示:「本標準適用於直交集成板。若要做為建築結構用途，可參考 ISO 16696-1 並應依建築主管機關法規規定。」等字樣，亦即我國目前對於直交集成板 CLT 之材料來源採取較為開放的態度，各國符合 ISO 16696-1 規定所製造的 CLT 都有

機會成為我國使用的材料。以下文字節錄至附件一: ISO 16696-1 中譯本之文字，則可大致了解 ISO 16696-1 主要參考歐盟以及美國的規範所完成。

ISO 16696-1:2019(E)

Introduction

The general principle of this document is that a certain level of performance and production techniques are required in the production of cross laminated timber (CLT) to be acceptable for structural application of the product. This document specifies the minimum requirements for CLT production and performance assessment.

This document was based heavily on the draft European Standard EN 16351 prepared by Technical Committee CEN/TC 124 and the North American Standard ANSI/APA PRG 320. The technical contents from these standards were merged and modified to bring it into conformance with ISO procedures and requirements. The ISO 16696 series consists of two parts: this document (Part 1) gives performance and production requirements for CLT, which also includes conformance requirements, as provided in Annex D; ISO 16696-2 provides guidance on how CLT is to be installed and used.

The bibliography lists standards referenced during the development of this document.

ISO 16696-1: 2019(E)

簡介

本文件的一般原則係直交集成板（CLT）的生產中需要一定水準的性能及生產技術，以使產品的結構應用可接受。本文件規定了 CLT 生產及性能評估的最低要求。

本文件主要基於 CEN/TC 124 技術委員會準備的歐洲標準 EN 16351 草案及北美標準 ANSI/APA PRG 320。這些標準的技術內容經過合併及修改，使其符合 ISO 程序及要求。ISO 16696 系列標準由 2 部分組成：本文件（第 1 部分）提出 CLT 的性能及生產要求，其中還包括附件 D 中規定的一致性要求; ISO 16696-2 提供了如何安裝及使用 CLT 之指引。

第二節 國內外木構造建築之技術發展整理

2.2.1 日本木造建築相關規定

日本在 1950 年制定建築基準法以來，對木構造高度有所限制。然而 1981 年，在實施建築基準法的木造規定改正後，雖然對木造高層的放寬並無著墨，然對於集成材的利用等已大幅放寬。在 2000 年的日本建築基準法改正中，取消了對木構造設計高層的限制，直接以結構設計標準作為建築物設計高層的依據。如下表中針對不同規模的木造建築之結構設計檢核標準中即可發現，在超過 13m 的木造建築中，針對高度 31m 以下的木造建築，以及超過 31m 的木造建築有不同的結構設計檢核標準。(如表 2-1)

表 2-1 主要參考日本建築基準法施行令第 82 條相關規定，規範日本建築物構造強度之計算方法及確認基準。日本木構造建築依照建築工法、高度、樓層及面積等條件，需以不同方法確認木造建築構造安全性。其中各個不同類型的工法，其相關規定整理如下：

表 2-1 日本木構造建築物的耐震計算表

■木造建築物の耐震計算

		許容応力度	層間 変形角*1	剛性率・ 偏心率等	保有水平 耐力	備考
		令第82条各号	令第82条の2	令第82条の6第 二号及び第三号	令第82条の3	
在 来 軸 組 構 法	階数2以下、延べ面積500 ㎡以下、高さ13m以下 かつ軒の高さ9m以下	—	—	—	—	令第46条の壁量等 の規定(所要壁率 の確保及び軸組み の釣合い良い配置 の検討は必要)
	階数3以上	○	—	—	—	
	延べ面積500㎡超	○	—	—	—	
	高さ13m超又は軒の高さ 9m超	○	○	○	—	高さ31m以下
		○	○	(○)*5	○	高さ31m超
集 成 材 等 建 築 物 *4	階数2以下、延べ面積500 ㎡以下、高さ13m以下 かつ軒の高さ9m以下	○*2	○*2	○*2*3	—	
	階数3以上	○	○*2	○*2*3	—	高さ13m以下かつ軒
	延べ面積500㎡超	○	○*2	○*2*3	—	の高さ9m以下に限る
	高さ13m超又は軒の高さ 9m超	○	○	○	—	高さ31m以下
		○	○	(○)*5	○	高さ31m超

(a) 木造軸組工法

i. 建築物高為 13 公尺以下且屋簷高度為 9 公尺以下：

樓層數為 2 層以下且面積為 500 平方公尺以下：無特別要求須計算、確認構造強度。樓層數為 3 層以上或面積超過 500 平方公尺：需依據建築基準法施行令第 82 條相關規定計算容許應力計算。

ii. 建築物高超過 13 公尺或屋簷高度超過 9 公尺：

(1)建築物高度為 31 公尺以下：需依據建築基準法施行令第 82 條相關規定計算容許應力度、層間變形角、剛性率及偏心率。

(2)建築物高度超過 31 公尺：需依據建築基準法施行令第 82 條相關規定計算容許應力度、層間變形角及保有水平耐力。

(b) 集成材工法

i. 建築物高為 13 公尺以下且屋簷高度為 9 公尺以下：

(1)樓層數為 2 層以下且面積為 500 平方公尺以下：需依據建築基準法施行令第 82 條相關規定計算容許應力度、層間變形角及偏心率。倘偏心率超過 0.3，需另計算保有水平耐力。

(2)樓層數為 3 層以上或面積超過 500 平方公尺：需依據建築基準法施行令第 82 條相關規定計算容許應力度、層間變形角及偏心率。倘偏心率超過 0.3，需另計算保有水平耐力。

ii. 建築物高超過 13 公尺或屋簷高度超過 9 公尺：

(1)建築物高度為 31 公尺以下：需依據建築基準法施行令第 82 條相關規定計算容許應力度、層間變形角、剛性率及偏心率。倘偏心率超過 0.3，需另計算保有水平耐力。

(2)建築物高度超過 31 公尺：需依據建築基準法施行令第 82 條相關規定計算容許應力度、層間變形角及保有水平耐力。

(c) 框組壁工法 (粹組壁工法、2by4 工法)

i. 建築物高為 13 公尺以下且屋簷高度為 9 公尺以下：

(1)樓層數為 2 層以下且面積為 500 平方公尺以下：無特別要求須計算、確認構造強度。

(2)樓層數為 3 層以上或面積超過 500 平方公尺：需依據建築基準法施行令第 82 條相關規定計算容許應力度。

(3)木造 3 層建築之共同住宅：需依據建築基準法施行令第 82 條相關規定計算容許應力度及層間變形角。

ii. 建築物高超過 13 公尺或屋簷高度超過 9 公尺：

(1)樓層數為 3 層以下且建築物高度為 31 公尺以下：需依據建築基準法施行令第 82 條相關規定計算容許應力度、層間變形角、剛性率及偏心率。

(2)樓層數為 4 層以上或建築物高度超過 31 公尺：需依據建築基準法施行令第 82 條相關規定計算容許應力度、層間變形角及保有水平耐力。

(3) 組成部位之規格與公告規格不符之建築物：需依據建築基準法施行令第 82 條相關規定計算容許應力度。

(4) 空間、開口處大小與公告規格不符之建築物：需依據建築基準法施行令第 82 條相關規定計算容許應力度及偏心率。

(d) CLT 工法

i. 建築物高為 13 公尺以下且屋簷高度為 9 公尺以下：

(1)樓層數為 3 層以下：需依據建築基準法施行令第 82 條相關規定計算容許應力度。

ii. 建築物高超過 13 公尺或屋簷高度超過 9 公尺：

(1)樓層數為 3 層以下且建築物高度為 31 公尺以下：需依據建築基準法施行令第 82 條相關規定計算容許應力度、層間變形角、剛性率及偏心率。

(2)樓層數為 4 層以上或建築物高度超過 31 公尺：需依據建築基準法施行令第 82 條相關規定計算容許應力度、層間變形角及保有水平耐力。

2.2.2 歐盟木造建築相關規定

歐盟於 1998 年制定「建築材料指令」(Construction Products Directive, CPD)初步規範歐盟境內建築材料；另於 2013 年制定「建築材料規範」(Construction Products Regulations, CPR)，更針對歐盟國家境內建築材料市場賦予全面性規定，旨在強化歐洲單一市場架構及歐盟國家境內建築材料之自由流通，藉此保障境內建築之安全性。CPD 法規之誕生即已加速推動木構造建築，其更針對建材材料規定 6 項基本要件：機械阻力和穩定性(mechanical resistance and stability)、火災情況安全性(safety in case of fire)、衛生健康和環境(hygiene, health and the environment)、使用安全(safety in use)、噪音防護(protection against noise)及能源經濟與恆溫性(energy economy and heat retention)；前述要件亦被納入一般性「歐洲標準(European Standard)」，惟其標準及相關要件皆係技術層面(technical level)，實際執行之建築安全則屬各會員國之政治層面(political level)範疇。因此，針對判定木建築安全相關基準含火災安全(fire safety)、抗噪性及聲音震動(acoustics and vibrations)、建築穩定性(stabilization)、抗震設計(seismic design)及持久性設計(durability design)等類別，歐盟皆訂有基本標準規定(含 CPD/CPR、「歐洲建築規範」(Eurocodes) -5, 8 等標準)，然執行層面則係各會員國權力。

歐盟另有「歐洲技術認證」(European Technical Approvals, ETA 認證)及「歐洲技術認證文件」(European Assessment Documents, EAD)，係由歐洲技術認可組織(EOTA)訂定無法符合歐盟 CPR 統一規定之建築建材產品標準，藉以消除歐盟成員國針對建材原料不同規定之技術壁壘。產品通過 ETA 認證後，即可標註 CE 標誌(CE Marked)，並於歐盟市場自由流通。針對「直交集成板」(Cross

Laminated Timber, CLT)防火構造規定，歐盟係以 CPR 法規中必備材料為準據，其包括對火反應(reaction to fire)建築材料之分類系統、建築材料抗火(Fire resistance)係數，以及 Eurocodes 等規定。

歐盟木構造建築相關法令及標準詳如前述「建築材料指令」(Construction Products Directive, CPD)、「建築材料規範」(Construction Products Regulations, CPR)、「歐洲建築規範」(Eurocodes)、「歐洲技術認證」(European Technical Approvals, ETA 認證)及「歐洲技術認證文件」(European Assessment Documents, EAD)等。除前述內容外，另亦有相關規定如下：

1. 1995 年公布 Eurocode-5 CSN EN 1995 (Design of Timber Structures)：全面性規範歐盟國家木材(timber)建築規定之 Eurocodes，含材料基本特性、建築設計(如極限狀態設計法 limit state design、平衡性 equilibrium 等)、木材特性(如積層薄板木材 Laminated Veneer Lumber (LVL)、持久性(duration)、建築架構分析、極限狀態(ultimate limit states)、正常使用極限狀態(serviceability limit states)、金屬扣件連接(connection with metal fasteners)及建築架構設計管控等規範細節。
2. 2015 年公布 CSN EN 16351 (Timber Structures-CLT-Requirements)：規範歐盟國家使用 CLT 作為木建築材料之條件。

2.2.3 新加坡關木造建築相關規定

新加坡政府一向鼓勵使用木建材(Mass Engineered Timber, MET)，針對使用之規模幾無限制，惟木材來源須符合永續發展規範，另結構設計亦須符合歐盟 CE 認證及 EC5 之相關規定。重型木構造(MET)主要參考 SS EN 1995-1-1:2018 Eurocode 5 : Design of timber structures。集成材相關標準參考 BS EN 14080 (Glulam)，CLT 相關標準則參考 BS 16351 (CLT)。

此外，木造建築物的相關設計亦須符合防火規定，新加坡整府針對重型木構造主要的規定及限制如下：

- (1) 重型木構造必須全棟加設消防撒水設備，特定情況審查後可不加設。
- (2) 照護機構(Healthcare)最高僅可達 12m 高。非照護機構則樓高無特定限制，然需透過性能設計的方式(Performance Based (PB) approach)，通過各項消防及防火要求。
- (3) 外牆須為不可燃材料。
- (4) 如外牆重木結構暴露在外，則必須設置密集撒水消防系統裝置(Deluge System)，或是相同等級的消防裝置。

2.2.4 美國木造建築相關規定

在美國，木造建築一直是住宅的主流類型。尤其是 2x4 工法(Wood Framing)在美國開始普及後，以標準斷面 2 吋 x 4 吋的木構件，所設計的木構造框組壁結構系統，則一直被沿用至今，也是北美最受歡迎的木造建築結構系統。然而相對於歐洲，北美中高層木造建築的發展則相對較晚，加拿大在 2012 年將木造建築高層最高 4 層的限制放寬。美國的木構造高層發展則相較於加拿大更晚些，IBC 2018(International Building Code)主要在表 504.3 及表 504.4 中，根據建築物的類型分類，規定建築物的樓層高度及幾層樓的樓高限制。其中，Type IV 主要規範重型木構造(Mass Timber Construction)的樓高限制。在 2021 年以前，美國主要的木構造建築物高層主要限制在 6 層樓以下。然而，新版的 IBC 2021 中針對 Type IV 重型木構造進行相關修訂，主要增加了 Type IV-A/B/C 此三類的建築類型。相較於 IBC 2018，最大的差異在於 IBC 2021 將重型木構的樓高提高，在加裝消防自動撒水系統的條件下，Type IV-A 的最大樓高最高將可達 18 層及 82m 高。IBC 2021 中針對 IV-A/B/C 之定義如下：

- (a) IV-A: 屬於重型木構或是不燃材料。若是使用重型木構的話，必須確保對於重型木構可提供 100%的不燃保護。
- (b) IV-B: 屬於重型木構或是不燃材料。若是使用重型木構的話，允許部分木構暴露，其餘皆須進行不燃保護。
- (c) IV-C: 屬於重型木構或是不燃材料。若是使用重型木構的話，除了電梯井(服務盒)、隱藏空間、或是外牆需要進行不燃保護外，其餘部分皆可外露。

此外，美國的 IBC 中亦有性能審查的機制，木構造建築物只要通過性能審查，則樓高可以超過現有規範之限制。例如，目前世界最高的木構造建築物，則是位於美國密爾瓦基的 Ascent，於 2022 年完工。這棟總高為 86.56 公尺，共計 25 層樓的高層複合式集合住宅，完工後將超越位於挪威的 Mjøstårnet 大樓，成為

世界最高的木造大樓。它是以鋼筋混凝土及木構造所組成的混合構造系統，底部 6 層及電梯井／樓梯間為鋼筋混凝土結構，上部 19 層樓則由 CLT 及集成材組成。由於木材重量僅約混凝土的五分之一，因此相較於同規模高度的混凝土結構可以大幅縮減基礎施工成本，包含施工運輸能大幅減少 90%、人力節省約 75 %。整體施工工期則較傳統工法提升 25%。木構造防火主要透過包覆式及外露式兩種工法完成。其中，大約 50% 的木構造柱、樑、樓板這些主要在生活起居空間的材料，均為木材外露的形式。垂直載重構件達 3 小時防火性能，樓板則為 2 小時。

第三節 國內外木構造建築案例

近年因工程材料技術的進步，對目前大部人國人傳統印象中所擔心木構造耐震、防火、耐腐蟲蟻的問題都能輕易的被解決。工程木製品（Engineered wood product, EWP）由各種木材製成，這些木材通過黏合劑黏合或者通過釘板機械固定。雖然處理 EWP 需要額外的能源資源，但除了粘合劑和金屬緊固件之外，它們仍然在很大程度上是可再生的，因此與涉及大量開採資源的材料相比是具有更高強度的可持續性。其製程是經過工業化的品質分等、製造和規格化後，可使其強度如混凝土及鋼構般，且更耐震、耐燃。結構用集成材除了讓原木充分利用不浪費外，也可以自由調整寬度，厚度和長度方向來製造，因此可以製造大跨距建築所需長尺寸木材和彎曲材料，造型變化也非常自由，且只要突破運輸的限制，其長度、斷面就沒有受限。目前歐洲與北美市面上的工程木材種類如表 2.2 所示。

由於結構用集成材技術的成熟，木構造已不再受限於低樓層，全球各地正不斷使用工程木材向天際線垂直發展。現代高層木構造發展的轉捩點為為於英國倫敦，高 28 公尺九層樓公共住宅 Stadthaus 的完工，本建築運用 CLT(Cross Laminated Timber)工材木材作主要構造。該建築共儲存了 186 公噸的碳，相當於該棟建築使用 15 年所消耗的能源。Stadthaus 的成功，樹立了工程木材應用於高層建築的基礎，也為全球高層木構造的發展掀開了嶄新的扉頁。另外，位於挪威 24 層 Mjøstårnet 的複合式大樓在今年初(2019)完工，高度為 85.4 米已再次顛覆大家對木構造高度的想像。本研究將目前歐美較具規模之高層木構造案例整理如表 2-3。

表 2-2 工程木材種類說明

說明			
並排佈置的實木結構元件，邊緣由同尺寸的木材堆疊組成，並用釘子固定。			
用途			
柱	樑	板	牆
		✓	
尺寸			
長度	寬度	厚度	
3000↓mm	3600↓mm	89-314mm	



釘接集成材，Nail-Laminated Timber(NLT)

(圖片來源：treehugger)

說明			
壓力膠合而成的工程木材，由各個尺寸木材層壓組成，並使用黏合劑黏合，壓製成堅固的矩形板。			
用途			
柱	樑	板	牆
✓	✓		
尺寸			
長度	寬度	厚度	
只受限於運輸限制	1000↓ mm	200↓mm	



膠合集成材，Glue-Laminated Timber(GLT)

(圖片來源：best wood SCHNEIDER)

釘接集成材，Nail-Laminated

Timber(NLT)

(圖片來源：treehugger)

膠合集成材, Glue-Laminated

Timber(GLT)

(圖片來源：best wood SCHNEIDER)

表 2-2 工程木材種類說明(續)

說明			
由奇數層的木板組成，木板以交錯的方向堆疊，用黏合劑黏合，並壓製成堅固的矩形板。			
用途			
柱	樑	板	牆
		✓	✓
尺寸			
長度	寬度	厚度	
24000↓m m	3500↓ mm	60-400 mm	



直交集成板，Cross-Laminated
Timber(CLT)

(圖片來源：HYBRiD Build Solutions)

說明			
由數層薄木板組成，所有薄板的紋理都與長向平行堆疊，用黏合劑黏合，並壓製成堅固的矩形板。			
用途			
柱	樑	板	牆
✓	✓	✓	✓
尺寸			
長度	寬度	厚度	
18400↓m m	1200↓ mm	80-292 mm	



層壓單板木，Laminated Veneer Lumber
(LVL)

(圖片來源：Timber & Building Supplies)

表 2-2 工程木材種類說明(續)

說明			
由片狀木組合而成，定向的片狀木疊成一體，用黏合劑黏合，並壓製成堅固的矩形板。			
用途			
柱	樑	板	牆
	✓	✓	✓
尺寸			
長度	寬度	厚度	
19500↓mm	2400↓ mm	45-100 mm	



層壓片狀木，Laminated Strand Lumber (LSL)

(圖片來源：StructureCraft)

說明			
沒有黏合劑，沒有金屬緊固件，使用硬木的銷釘將板材組合在一起，形成一個特別適用於水平跨度的面板，並具有很大的建築靈活性。			
用途			
柱	樑	板	牆
		✓	✓
尺寸			
長度	寬度	厚度	
18500↓mm	3750↓ mm	350 mm	



銷接層壓木, Dowel Laminated Timber

(圖片來源：StructureCraft)

表 2-3 高層木構案例資訊統整表

案名	建築資訊							
	建造時間	城市國家	建築類型	淨高	樓層	樓地板面積	結構興建時間	總成本
 Forte	- 2012	Melbourne Australia	住宅	32.2m	10	2500m ²	-	-
 Dalton Lane	- 2013	Bergen Norway	住宅	32m	14	5830m ²	-	-
 TREET	2014/05 - 2015/09	Bergen Norway	住宅	52.8m	14	5830m ²	-	-
 UBC Brock Commons	2016/11 - 2017/03	Vancouver Canada	宿舍	53m	18	15000 m ²	3 months	-
 Origine Condos	2016/12 - 2017/10	Quebec City Canada	住宅	40.9m	13	11570 m ²	4 months	25million\$
 Mjøstårnet	2017/09 - 2019/03	Brumunddal Norway	混合	85.4m	18	15400 m ²	4.5 months	500million NOK
 Hoho Tower	2016/10 - 興建中	Vienna Austria	混合	84m	24	25000 m ²	-	65million€
 25 King	2018	Brisbane Australia	辦公大樓	52m	10	14921 m ²	3 months	-

表 2-3 高層木構案例結構系統統整表(續)

案名	結構系統			柱		樑		板		消防系統			專業團隊		
	板	柱樑	混合	集成材	鋼木混構	集成材	鋼木混構	集成材	混凝土混構	加厚集成材	石膏板包覆	自動灑水	建築師	結構工程師	木材供應商
 Forte			V					V			V		Lend Lease UK	Lend Lease UK	KLH Austria
 Dalston Lane	V							V			V		Waugh Thistleton UK	ARUP UK	Binderholz AT
 TREET			V	V		V	V	V	V	V	V	V	Artec Architecture Norway	Sweco Norge Norway	Merk Germany
 UBC Brock Commons			V	V				V			V		Action Ostry Canada Hermann Austria	FAST+EPP Canada	Structurlam Canada
 Origine Condos			V	V		V		V			V		Yvan Blouin Canada	WSP Canada Genecor Canada	Nordic Structure Canda
 Mjøstårnet		V		V		V		V		V	V	V	Voll Architects Norway	Moelven Norway	Moelven Norway
 HohoTower			V	V			V		V	V		V	Rudiger Leiner Austria	RWT + ZT Austria	MMK Wood Austria
 25 King		V		V		V		V		V	V		Bates Smart Australia	Aurecon Australia	Stora Enso Sweden

第三章 現行法規檢討

台灣現行建築基準法之規定，木構造建築住宅的簷高為可達4樓及14m 高。然而，考慮到木造防火性能、接合部的結構特性、乃至於不同結構材料混搭的木質混構造結構系統，對都市中的木構造建築發展則有一定程度的影響。接合部及木質混構造的資料雖然有國外研究及實例，但台灣是否可直接引用，或是需要實驗驗證則取決於政府的認定。另外，在國稅局固定資產耐用年數表中，木造建築的耐用年限僅為10年，相較於鋼筋混凝土建築的耐用年限為50年短得多，易造成木造建築在融資貸款上的限制，降低國人對於自建木造住宅的意願，成為台灣發展木造建築的一大阻因。然而事實上，世界上不乏使用年限超過50年甚至百年的木造建築，成本上木造建築雖然初期材料成本較高，但卻具有大幅縮短施工工期上及降低人事成本等優點。因此，本研究在完備目前木構造規範的基礎上，參考前述各國規範及發展的進程，提出以下研究目的：

- (1) 引用不同國家製產CLT之規範、方法或標準，並視情況進行本土化修正。
- (2) 於規範中有關「直交集成板」及「混合式構造」規定之檢討建議。
- (3) 於規範中有關施工接合部規定之相關參考案例建議。
- (4) 於規範中增訂國內已完成「直交集成板」相關防火規定及建議。
- (5) 檢討現行法規中所引用之CNS或其他國家標準之適用性及更新之必要性。

第一節 國際 CLT 之發展及國內現況

北美、日本等地之木構造發展迅速，新型態的木構造技術、材料(如直交集成板 CLT)已臻成熟，並開始廣泛運用，受惠於技術與材料進步，現今木構造可達到的高度與規模已非以往木構造可比擬。內政部建築研究所於 101 年所進行之「木構造建築物設計及施工技術規範修訂之研究」以及 108 年所進行之「木構造建築物高度、樓層數相關設計規定檢討研究」，已就當時國外相關規範(以美國及日本為主)與配合之國內標準進行規範內容之修訂，包括木構造建築之型式、規劃、材料規格、性能、結構計算原則、與相關參數等進行檢討。然因近年來木構造建築技術發展迅速，前述成果已無法滿足目前業界需求。尤其美國 IBC 2018(International Building Code)主要在表 504.3 及表 504.4 中，根據建築物的類型分類，規定建築物的樓層高度及幾層樓的樓高限制。其中，Type IV 主要規範重木結構(Heavy Timber)的樓高限制。在 2021 年以前，美國主要的木構造建築物高層主要限制在 6 層樓以下。然而，新版的 IBC 2021 中針對 Type IV 重木結構造進行相關修訂，增加了 Type IV-A/B/C 此三類的建築類型，主要為 CLT(Mass Timber)建築類型使用。相較於 IBC 2018，最大的差異在於 IBC 2021 在重木結構(Heavy Timber)之外，多增加了巨木結構(Mass Timber)的選項，並可應用於 Type IV-A/B/C 中，在加裝消防自動撒水系統的條件下，Type IV-A 的最大樓高最高將可達 18 層及 82m 高。由此趨勢可知，因此現行法規實有繼續檢討之必要，其中針對 CLT 較為迫切之項目包括：

1. 於規範中增訂CLT之相關規定或解說，說明引用不同國家產製CLT之規範、方法或標準，並視情況進行本土化修正；
2. 整合國內現有已完成之CLT防火相關實驗數據，彙整並更新於規範中；
3. 增加規範中 CLT 施工接合部相關參考案例。

3.1.1 CLT 的定義及用途

CLT 為一種預製的工程木材，由不少於三層的實心鋸製材(solid-sawn lumber)或結構複合木材(structural composite lumber)組成，其中相鄰的層是正交方向(cross oriented)的並用結構粘合劑粘合以形成實木元件。板材之尺寸可以依設計需求訂製。

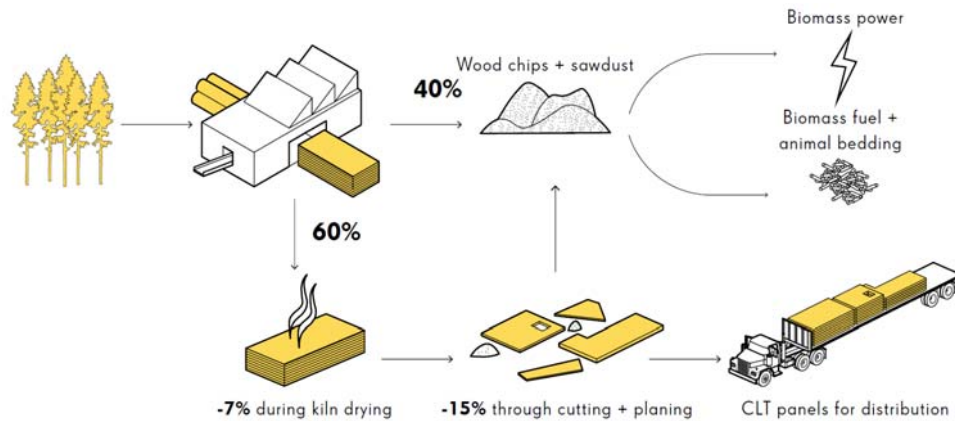


圖 3-1 CLT 之生產及製作流程

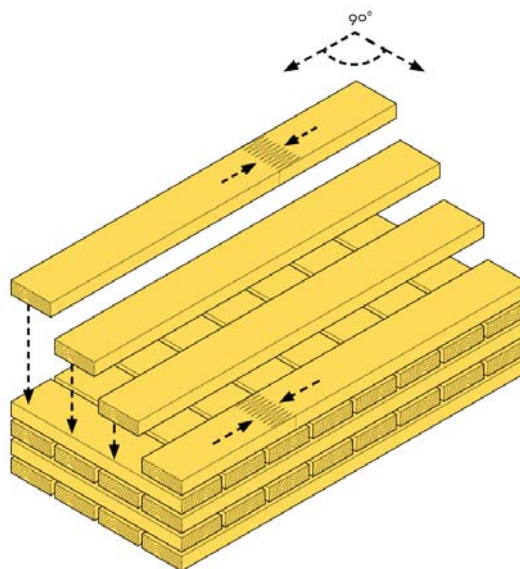


圖 3-2 CLT 之膠合原則

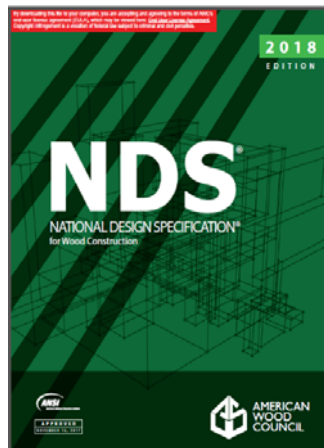
3.1.2 各國 CLT 適用規定

目前各國針對 CLT 之法規大多在研擬階段，因此關於各國之 CLT 相關規定，可參考以下各國之標準：

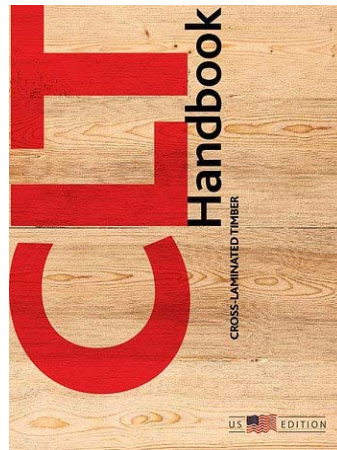
北美: NDS、CLT Handbook

日本: JAS 、 CLT 関連告示等解説書、CLT 建築施工設計手冊

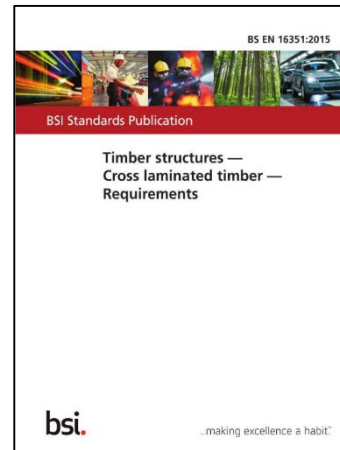
歐盟: Euro Code EN 1990: Eurocode -Basis of structural design (Structure safety) 、EN 1991: Eurocode 1 -Actions on structures – Loading 、EN 1995: Eurocode 5 -Design of timber structures – Design/Detail 、 EN 1995-1-1:2004+A2:2014 – with CLT updated



NDS



CLT Handbook



EN 16351:2015



CLT 関連告示等解説書



CLT 建築施工設計手冊

3.1.3 結構性能及分析原則

理論上，當 CLT 達到相當厚度時，可視為一組僅受面內作用之剛體，當受到靜力側推的情況下，各獨立之 CLT 沿著底部之角隅接合(bracket connection / hold-downs)向上部進行轉動行為(rocking)，產生層間位移。由圖 3-3 中，CLT 之基本構造系統及接合形式可知，在 CLT 產生剛體轉動行為時，靜力側推下之主要力學傳遞模式為透過接合鐵件之變形產生抵抗靜力側推之作用力，CLT 系統之遲滯迴圈亦主要由此部分的力學行為模式產生。整體力學傳遞機制及變形行為可由圖 3-4 中之模擬圖表現，接合鐵件所受到之外力亦可由以下推導式得到概略的描述。由上述 CLT 在靜力側推下之行為可知，CLT 之整體結構性能評估主要針對 CLT 為剛體條件下進行，因此 CLT 之膠合厚度是否可有效率地提供靜力側推情況下面外力之抵抗能力，為其重要因素。

$$F(D) = \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{H} f_i(d_i) + \frac{L}{2H} G \quad \text{and} \quad d_i = \frac{l_i}{H} D \quad (1)$$

另外，轉動行為(rocking)過程中，接合鐵件(bracket connection / hold-downs)對於 CLT 之束制能力則影響 CLT 整體遲滯迴圈的表現，對實驗完成後之數值分析模型的建立有著深遠的影響。然而，台灣由於無 CLT 生產工廠，材料仰賴國外進口。因此，CLT 的長寬尺寸受到貨櫃影響甚大，長向板須由若干較短之 CLT 利用卡樺或鐵件等方式接合而成。亦即各 CLT 板材間之卡樺或鐵件接合對於各板材間之獨立轉動行為具有束制能力，對於 CLT 在靜力側推下之遲滯迴圈的表現有一定程度影響。

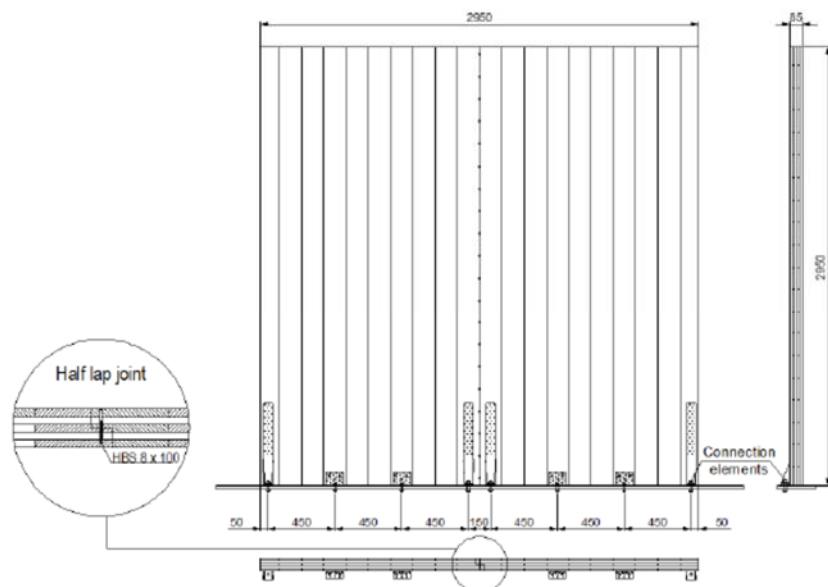


圖3-3 CLT壁體之基本構造系統及接合形式

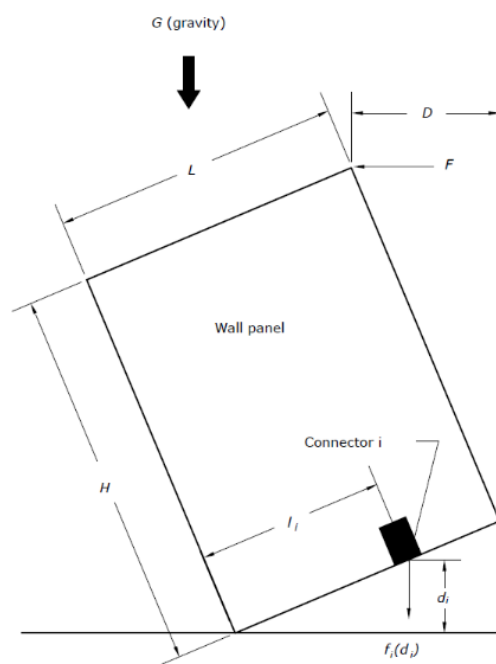


圖3-4 CLT壁體受到靜力側推之變形行為

3.1.3.1 北美 CLT 結構設計原則

目前大多數國家對於 CLT 的強度模擬方法為根據實驗結果，建立數值分析模擬模型，用以模擬 CLT 之遲滯迴圈行為，檢證數值模擬與實驗結果之差異，得到合理的模擬結果應用於建築結構設計上。在北美的 CLT 結構設計上，根據 CLT Handbook 2013 US Edition，透過 32 組不同高寬比、不同接合件之形式等進行牆體在靜力加載下之側推實驗，藉此得到在不同高寬比、不同接合件等條件下之牆體降伏強度、降伏變形、極限強度、極限變形等資訊。並透過數值模擬的方式檢證模型與實驗結果之吻合度(圖 3-5)，藉以得到接合部強度及結構計算時之基礎數據。

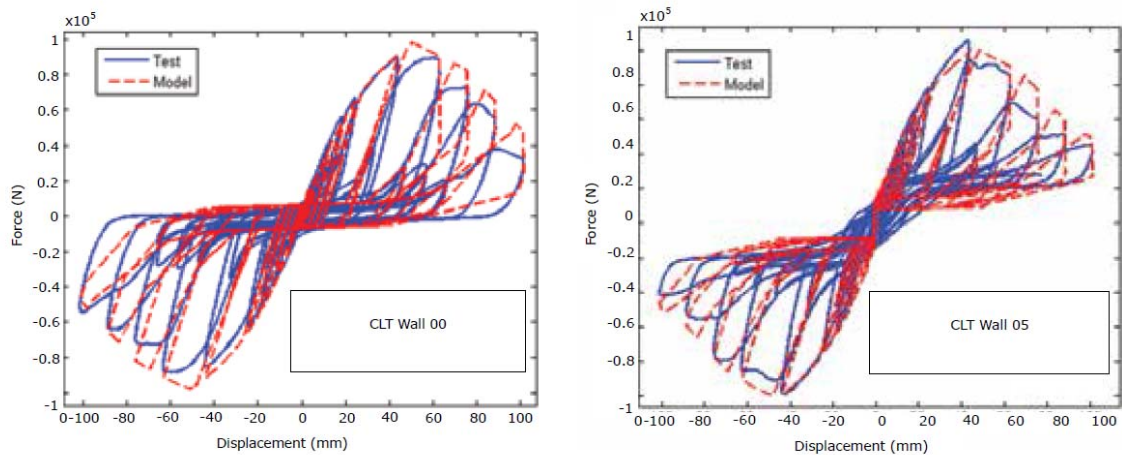


圖 3-5 CLT 實驗與理論之比較分析(Popovski et al. 2010)

依據 ASTM E-2126-11 建築結構剪斷抵抗之循環加載試驗，分別有單一水平加載試驗(Monotonic)和反覆水平加載試驗(Cyclic)，加載速度為 2.57mm/s。單一水平加載試驗紀錄最大載重(Maximum absolute load, P_{peak})、最終加載(Ultimate displacement, P_u)、最大加載位移(Maximum absolute displacement, Δ_{peak})和最終位移(Ultimate displacement, monotonic, Δ_m)，最終位移為加載值下降至最大值之 80%為止($P_u \geq 0.8 P_{peak}$)，最終位移為反覆加載之參考。ASTM E-2126-11 中之反覆加載方法(Cyclic testing protocols)分別為 Method B 和 Method C。

Method B(ISO 16670)之各階段振幅與試驗次數如表 3-1 所示，包含兩種逐步增加位移振幅之位移型態，圖 3-6 為反覆加載位移階段與增加比例示意圖。第一

型態中，循環之振幅增加量為最終位移量(Δ_m)之 1.25%、2.5%、5%、7.5%與 10%，即達到最終位移之 $0.1\Delta_m$ 為止，每階段反覆施力一次。第二型態中，振幅為最大振幅之 20%、40%、60%、80%與 100%。第八施力階段後，每階段振幅持續增加 $20\%\Delta_m$ ，直至牆面最大載重值下降至 80%為止。

Method C(CUREE, Consortium of Universities for Reserach in Earthquake Engineering)，各階段振幅與試驗次數如表 3-2 所示，包含四種逐步增加位移振幅之位移型態，圖 3-7 為反覆載重位移階段與增加比例示意圖。第一型態中，其循環之振幅增加量為最終位移量(Δ_m)之 5%共反覆 5 次；第二型態開始為一主震位移和數個 75%主震振幅位移，主震振幅為最終位移量之 7.5%和 10%，包含主震共反覆 7 次；第三型態主震振幅為重中位移量之 20%和 30%，包含主震共反覆 4 次；第四型態主震振幅為最終位移量之 40%、70%和 150%，包含主震共反覆 3 次，直至牆面最大加載值下降至 80%為止，試驗過程記錄每次施力階段最大加載。

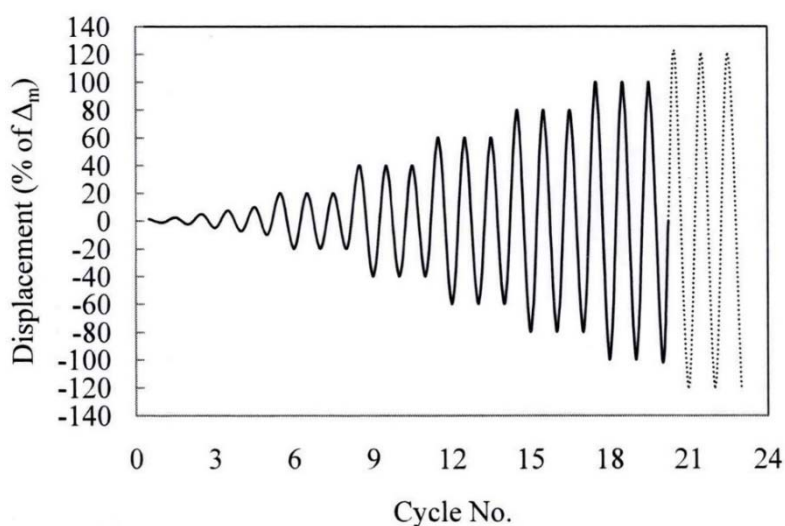


圖 3-6 ASTM E-2126-11 反覆加載方法示意圖 (ISO16670)

表 3-1 ASTM E-2126-11 反覆加載-位移關係 (ISO16670)

Pattern	Step	Minimum nuber of cycles	Amplitude $\Delta_m(\%)$
1	1	6	5
2	2	7	7.5
	3	7	10
3	4	4	20
	5	4	30
4	6	3	40
	7	3	70
	8	3	100
	9	3	$150(100+100\alpha)$
	10	3	Additional increments of 100α (Until specimen failure)

$\alpha \leq 0.5$

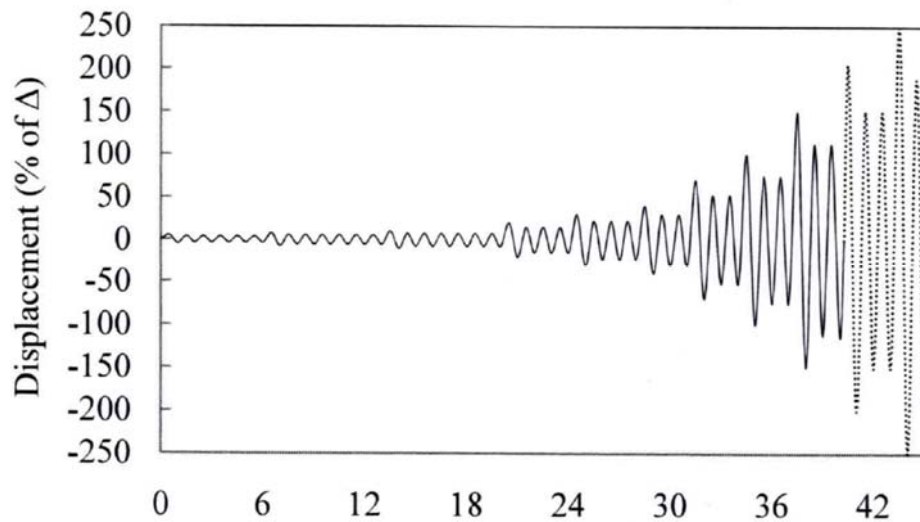


圖 3-7 ASTM E-2126-11 反覆加載方法示意圖(CUREE)

表 3-2 ASTM E-2126-11 反覆加載-位移關係 (CUREE)

Pattern	Step	Minimum nuber of cycles	Amplitude $\Delta_m(\%)$
1	1	6	5
2	2	7	7.5
	3	7	10
3	4	4	20
	5	4	30
4	6	3	40
	7	3	70
	8	3	100
	9	3	150(100+100 α)
	10	3	Additional increments of 100 α (Until specimen failure)

$\alpha \leq 0.5$

試驗過程記錄各加載階段之最大載重，並計算破壞時之剪斷強度 (Shear strength, v_{peak}) (公式 2)，以及 $0.4P_{peak}$ 和 P_{peak} 之剪斷模數 (Shear modulus, G') (公式 3)、彈性限界內之剪斷剛性 (Elastic shear stiffness, K_e) (公式 4) 和降伏強度 (Yield load, P_{yield}) (公式 5)。

$$v_{peak} = \frac{P_{peak}}{L} \quad (2)$$

v_{peak} 為剪斷長度； P_{peak} 為最大破壞載重； L 為結構牆寬度。

$$G' = \frac{P}{\Delta} \times \frac{H}{L} \quad (3)$$

P 與 Δ 分別為每階段循環最大載重之 40%、60% 與相對應之變位量； H 為結

構牆之高；L 為結構牆之寬度。

$$K_e = \frac{0.4P_{peak}}{\Delta_e} \quad (4)$$

$$P_{yield} = \left(\Delta_u - \sqrt{\Delta_u^2 - \frac{2A}{K_e}} \right) K_e \quad (5)$$

如果 $\Delta_u^2 < \frac{2A}{K_e}$ ，則 $P_{yield} = 0.85P_{peak}$

P_{yield} 為降伏強度(N)；A 為位移由 0 至 Δ_u 之載重位移面積(N · m)； Δ_e 之彈性界限內之位移($0.4P_{peak}$)。

3.1.3.2 日本 CLT 結構設計原則

在日本的 CLT 設計上，主要引用「日本住宅・木材技術センター」及「一般社團法人 CLT 協會」所制訂發行的 CLT 關連告示等解說書及 CLT 建築物之施工手冊，其中亦透過不同高寬比、不同接合件之形式等之 CLT 牆體，在靜力加載下之側推實驗，藉此得到在不同高寬比、不同接合件等條件下之牆體降伏強度、降伏變形、極限強度、極限變形等資訊。並將此資訊進行規格化的制式表列，藉以提供設計者結構設計上之強度資料。

然而除了以上所提及之表列規格化結構強度估算表之外，根據「日本住宅・木材技術センター」所制訂容許應力設計法之彈塑性模型推算法，亦可根據以下四種方式推算 CLT 之分析模型的降伏點，以推算方式中求得之降伏點最小值為理論值。此外，除了上述四種方法外，亦可利用加載-變形之遲滯迴圈所包覆之包絡線進行推導求得完全彈塑性模型之降伏耐力，如圖 所示。利用容許應力設計法之彈塑性模型推算法所求得 CLT 不同組構條件加載下之降伏耐力值(彈性階段)及極限耐力值(塑性階段)後，將彈塑性曲線代入結構分析軟體建立分析模型，進行非線性靜力推覆分析(Pushover)，得到實驗結果及理論推導式下之模擬結果檢證，提供設計單位或未來法規制定上之參考依據。

- (a) 降伏耐力 P_y (當試體有明顯降伏點時)
- (b) 最大變形耐力 $P_u = 0.2\sqrt{2\mu - 1}$
- (c) 最大耐力 $P_{max} * 2/3$
- (d) 變形角 $1/120\text{rad}$ 時之耐力

實驗方法根據日本工業規格 JIS (Japanese Industrial Standards) 制定之木造軸組構法之耐力壁試驗法進行靜力側推。壁體尺寸分為壁寬 1000mm、2000mm 及 3000mm 三種，高度固定為 2730mm。木造軸組構法之耐力壁試驗法中，靜力側推之正負變位角分別為 1/450、1/300、1/200、1/150、1/100、1/75、1/50rad，同一變位角需進行 3 次的正負加載試驗。試驗過程中，當通過變位角 1/50 rad 後，並達到最大試驗荷載之 80% 的載重階段時實驗則可視為完成。然而原則上，最大變位角加載至 1/15 rad 之變形狀況為最終目標。

試驗過程中之主要考察項目，除了加載與變形間之關係外，加載-變形之遲滯迴圈所形成之包絡線、試驗中試體及鐵件接合部之破壞行為等均是記錄重點項目。另外，變位角控制及計算方法，可依位移計分布之位置及 CLT 受面內作用時之剪力變形行為 (γ)、CLT 角隅轉動變形角(θ)之關係，進而求得 CLT 之層間變位。

剪力變形

$$\gamma = (\delta 1 - \delta 2) / H \quad (6)$$

角隅轉動變形角 θ

$$\theta = (\delta 3 - \delta 4) / W \quad (7)$$

層間變位角 γ_0

$$\gamma_0 = \gamma - \theta \quad (8)$$

其中， $\delta 1$ ：頂部之水平變位(mm) (變位計H1)

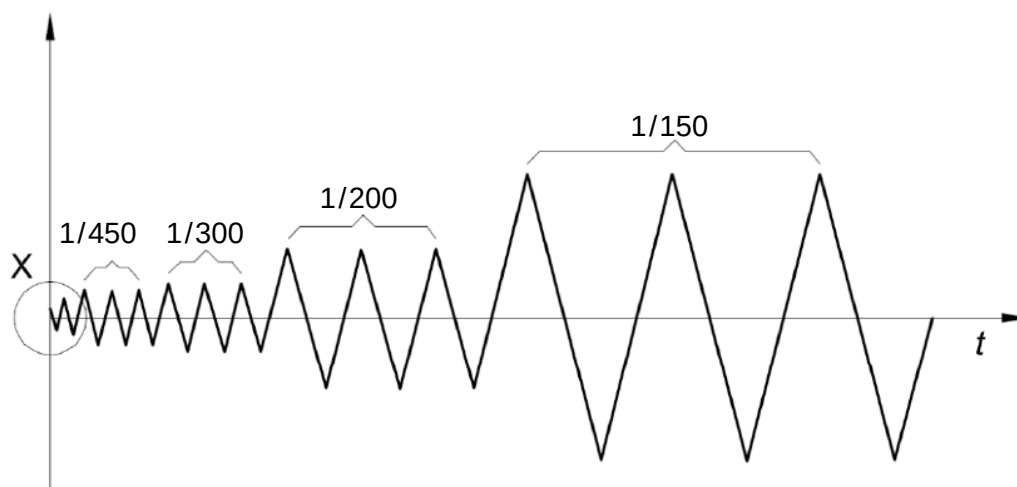
$\delta 2$ ：角隅部之水平變位(mm) (變位計H2)

H：變位計H1及H2間之距離(mm)

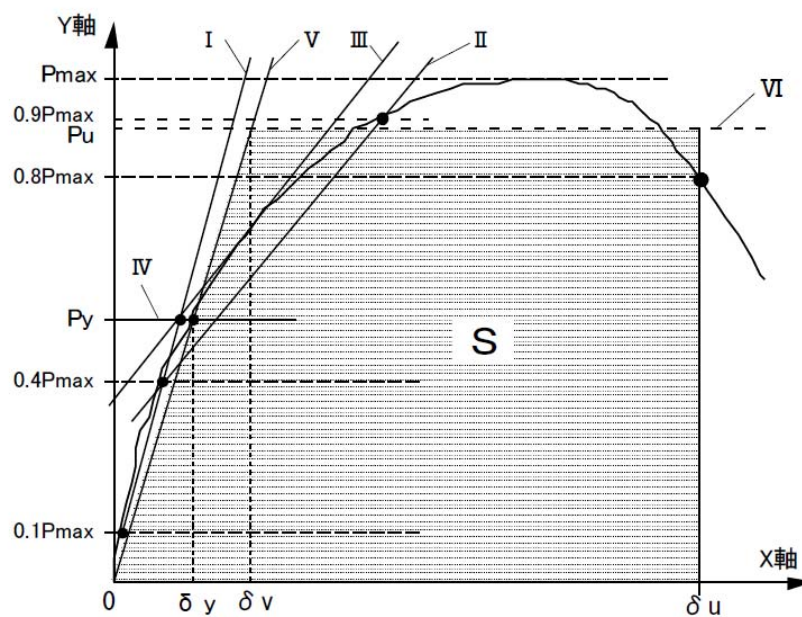
$\delta 3$ ：角隅部之鉛直方向變位(mm) (變位計V3)

$\delta 4$ ：角隅部之鉛直方向變位(mm) (變位計V4)

V：變位計 V3 及 V4 間之距離(mm)



(a) JIS 耐力壁試驗法靜力側推加載方式



(b) 利用包絡線求得完全彈塑性模型之降伏耐力之方法

圖3-8 日本CLT實驗方法及彈塑性模型之求取

3.1.4 CLT 之防火行為

近年來國際間木構造研究應用發展迅速，尤其「直交集成板(Cross Laminated Timber, CLT)」應用於建築結構材，在歐洲、北美、日本等國家已經有突破傳統木構造建築物規模及形式之案例。此種工程木材為良好的綠建材之一，各先進國家紛紛積極研訂相關產品標準及適用之建築規範，我國雖已於 108 年 11 月 14 日公布國家標準「CNS16114 直交集成板」，然國內木構造建築設計及施工規範仍未納入。由於國外發展案例已達國內法規認定為防火結構物之規模，目前國內雖有建築物採 CLT 構造之實績案例，但有關構造防火之性能部分仍須以建築新技術新工法新設備及新材料認可之機制逐一產品認可，使得運用受限。目前國內針對 CLT 之防火性能研究方面，內政部建築研究所於 109 年度之 CLT 耐火性能驗證計畫中，已完成日本扁柏 CLT 樓板、北美花旗松 CLT 樓板及國產柳杉 CLT 牆板之 1 小時耐火實驗，並於實驗完成後進行炭化深度的量測及記錄。

3.1.4.1 國內既往 CLT 之實驗

本研究考量國內目前木構造建築限高 4 層樓，防火結構物之主要樓板及承重牆防火時效為 1 小時的情況下，因此針對直交集成板 CLT 在 1 小時的火害下進行其炭化深度及火害行為之研究。主要透過進行 2 組 CLT 樓板及 1 組 CLT 牆板之火害實驗，分別為 5 層 15 cm 之日本扁柏直交集成板 CLT、5 層 17.5 cm 之北美花旗松直交集成板 CLT，以及 5 層 18 cm 之國產柳杉直交集成板 CLT 牆板，做為 CLT 構造內容之建議依據及炭化層深度之驗證。本實驗結果之限制條件主要為僅針對三組直交集成板 CLT(5 層 15 cm 之日本扁柏 CLT、5 層 17.5cm 之北美花旗松 CLT，以及 5 層 18 cm 之國產柳杉 CLT 牆板)進行 1 小時火害實驗，實驗結果雖與國外文獻結果差異不大，但後續應增加實驗樣本數以達到實驗結果的可信度。另外，本實驗僅使用特定材種及膠合種類，後續亦應針對不同材種及不

同膠合劑之影響進行實驗及研究。在本研究提出的板與板之間的拼接層，因為接合的關係造成火焰竄入的行為，為 CLT 樓板設計之重要因素，亦應針對此現象進行深入探討及研究。

整體而言，由實驗結果可發現試體中央位置之測溫點，在不同深度測溫計之溫升曲線中，日本扁柏 CLT 之曝火面最底層測溫線大約在 18 分鐘左右有較明顯的升溫趨勢，顯示此時測溫計已經受到火爐溫度之影響，概算炭化速率約為 0.8 mm/min；而北美花旗松 CLT 之曝火面最底層測溫線大約在 22 分鐘左右有較明顯的升溫趨勢，概算炭化速率約為 0.68 mm/min。另外，根據整體實驗結果，日本扁柏 CLT 樓板及北美花旗松 CLT 樓板之曝火面第 2 層均無明顯升溫現象，顯示火害所造成炭化層並未完全燒盡曝火面第 2 層。兩組樓板 CLT 之炭化深度經量測觀察，分別都可發現在 CLT 板拼接處有較大的炭化深度產生。由於拼接處無法如同板本身緊密接合，因此會有火源竄入並造成較深的炭化層。國產柳杉 CLT 牆板由於無樓板般較大之撓曲變形產生，拼接處並沒有無法密合之影響，因此拼接及非拼接部分之炭化深度無明顯差異。整體而言，三組試體的炭化深度可整理如下：

- (1) 日本扁柏 CLT 樓板非拼接部分的炭化深度約介於 4.4 cm~5.1 cm 左右，平均炭化速率介 0.73~0.84 mm/min。略高於日本國土交通省建議的炭化速率值(制式工法建議炭化深度值為 4.5cm)。
- (2) 北美花旗松 CLT 樓板非拼接部分的炭化深度約介於 4.1~4.9 cm 左右，平均炭化速率介 0.68~0.82 mm/min。與北美 CLT Handbook(參考 NDS 之數據)中建議的平均炭化速率 0.76 mm/min 相近。
- (3) 國產柳杉 CLT 牆板於拼接及非拼接部分之炭化深度無明顯差異，平均炭化深度約為 4.1~5.1 cm 左右。平均炭化速率介 0.68~0.85 mm/min。較現行規範表 9.3-1 之值底部炭化深度 4.68 cm 稍大。

另外，本研究亦參考國外規範，進行火害時由於炭化層產生，導致樓板整體勁度下降，以致整體撓度會有持續加大的評估方法進行探討。由評估結果可顯示，當曝火面第 1 層完全炭化，底層主軸由曝火面第 1 層集成元的強軸變為曝火面第 2 層集成元的弱軸，因此造成撓度大幅度的增加。此外，當曝火面第 1 層(強軸)完全炭化後，並燃燒至曝火面第 2 層(弱軸)時，實驗數據顯示其撓度會突然增大，與理論所推得的結果相同(圖 5-1 Step A)，原因為弱軸不提供勁度導致整體樓板等值 EI 值下降而變形遽增。另外，由於弱軸不提供勁度，理論上通過急遽變形階段時，由於強軸層(曝火面第 3 層)受到弱軸層(曝火面第 2 層)保護，因此整體等值 EI 值維持固定的情況下，撓曲變形應為一固定值(圖 5-1 Step B)。然而，CLT 板同層各集成元間並沒有進行側拼膠合，故在燃燒時，集成元間會因為受載重的影響產生縫隙，使得火焰經由縫隙對上層集成元進行燃燒，導致整體炭化不均勻並使得強軸集成元(曝火面第 3 層)受到火害的影響，使得理論值與實驗結果稍有不同。針對此現象本研究提出以下建議：

(1) CLT 樓板由於集成元組成方式與 GLT 不同，在強軸集成元完全燃燒後會有勁度銳減之現象，原因在於弱軸集成元僅提供炭化保護功能而不提供勁度，所以僅用炭化深度來決定構件是否可以承受預定載重的方式較不恰當。應透過強軸層及弱軸層的分佈情況進行評估。

(2) 本研究建議，將本研究中進行實驗之試體(集成元層數、厚度固定)定義為制式工法，未來使用相同類型之 CLT 板進行設計時，可依本研究提供之炭化深度進行設計。若為不同規格之 CLT 板，則在可確認其炭化速率的條件下，進行本研究提供之殘餘勁度評估公式進行檢證。

3.1.5 主要接合形式

由於 CLT 結構主要由接合鐵件進行各板材間的接合，並透過接合鐵件傳遞 CLT 板間所產生的內力，因此接合鐵件的形式對於整體結構表現及強度有著深遠的影響。當牆板用來承受水平作用力時，參考北美、歐洲、日本等，對於牆體在水平作用力的評估標準，其強度及性能依 ASTM E-2126-11、ISO16670、JIS 等方法進行試驗並取得證明者，其試驗結果適用於 CLT 牆板設計。各板材或其他部位接合部通過上述 ASTM、ISO、JIS、JAS 等試驗標準，試驗結果則適用於 CLT 之結構設計。其中，北美 CLT Handbook US Edition、以及日本 CLT 建築施工設計手冊等，已透過上述之實驗方法，將部分制式工法之接合形式及強度估算進行整理。本研究參考北美 CLT Handbook US Edition(詳附件二)、以及日本 CLT 建築施工設計手冊，將 CLT 建築中主要部位的接合形式進行彙整。以下僅舉出部分圖說供參考。

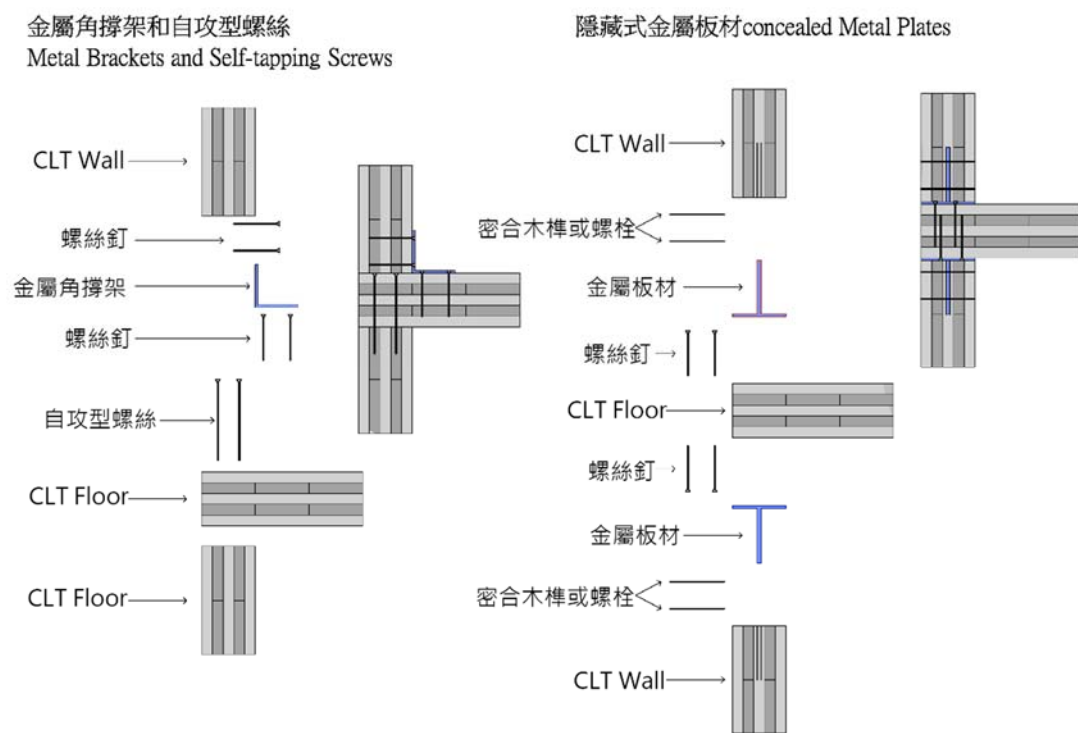


圖 3-9(a) Wall to Floor(Platform System)主要接合形式

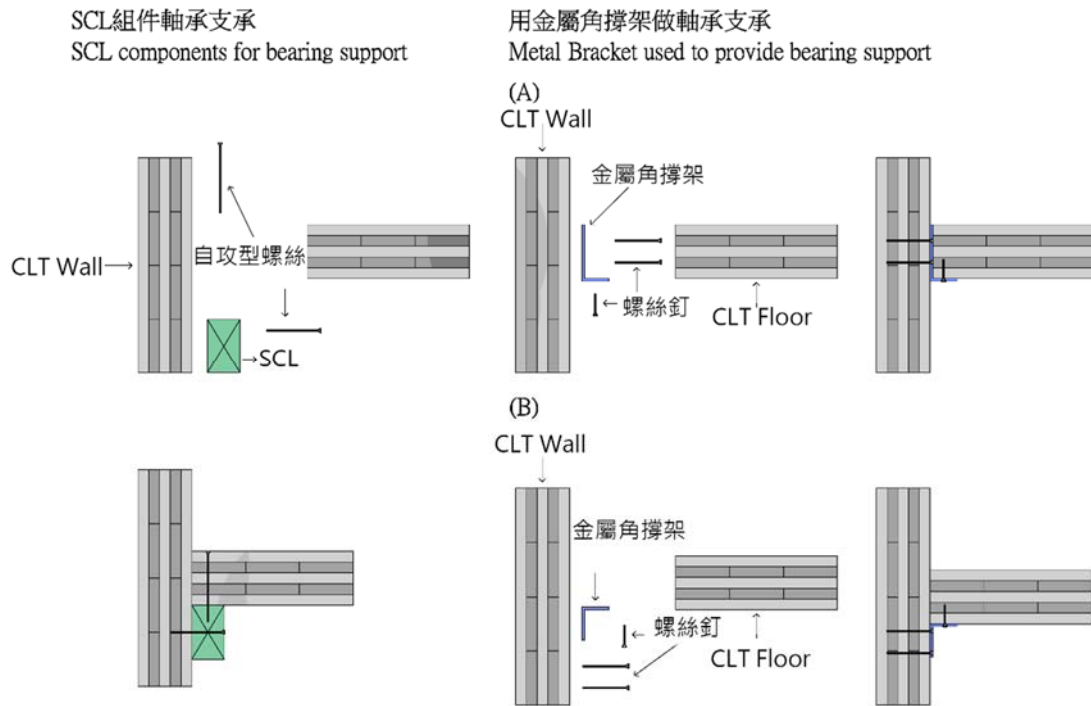


圖 3-9(b) Wall to Floor(Ballon System)主要接合形式

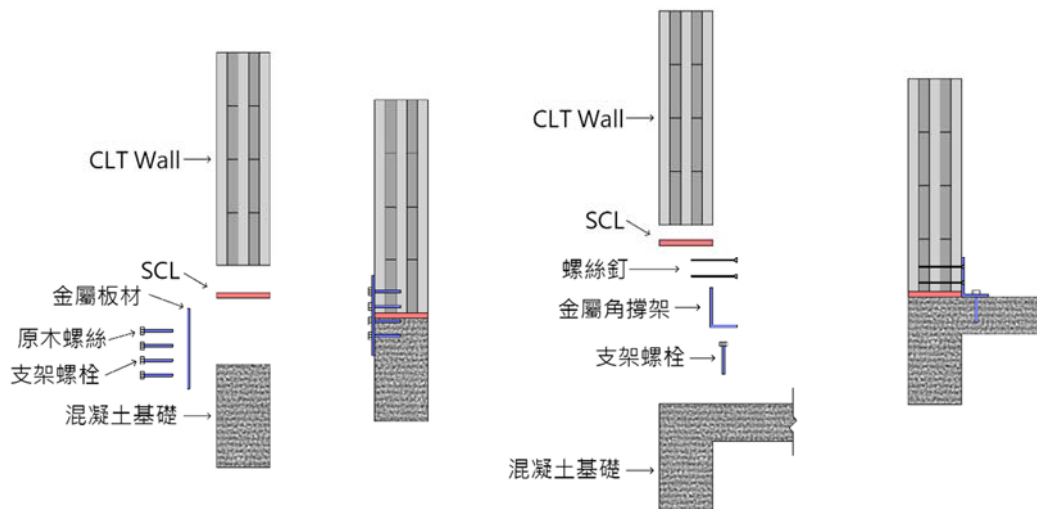


圖 3-9(c) Wall to Foundation 主要接合形式

圖3-9 北美CLT Handbook中主要接合形式

接合形式	鋼板螺絲接合	接合鐵件	TB-90或TB-150、 STS・ C65:18支、構造用基礎螺栓 固定M16(ABR490)
接合部位	Φ基礎-牆板		
使用構件	與牆板接合	TB-90時，柳杉 Mx60-3-3或S60-3-3 TB-150時，柳杉Mx60-5-5或S60-5-5	
	與基礎接合	限高90mm。若無材料指定，選擇材料時 需注意耐久性和因重量下陷的問題	

拉力鐵件 TB-90,TB-150

圓形墊片 RW6.0X40

方形自攻螺絲STS・C65

使用方法圖例：無基礎

使用方法圖例：有基礎

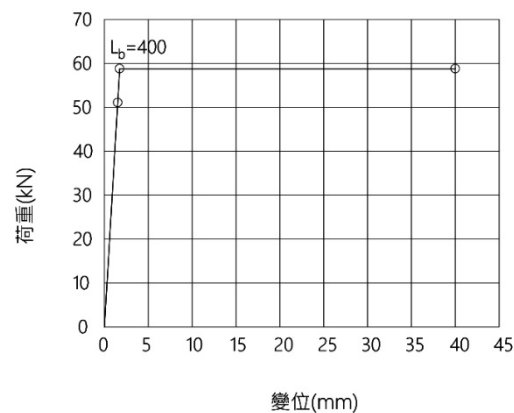


圖3-10 (a) 基礎-牆板之標準接合部及強度

接合形式	鋼板螺絲接合	接合鐵件	SB-90、SB-150、SBM-90或SBM150、 STS·C65:14支 (SB-90、SB-150)、18支(SBM-90、SBM150)
接合部位	Φ基礎-牆板		
使用構件	牆板	SB-90、SBM-90時，柳杉，Mx60-3-3或S60-3-3 SB-150、SBM150時，柳杉，Mx60-5-5或S60-5-5	

圖3-10 (b) 基礎-牆板之標準接合部及強度

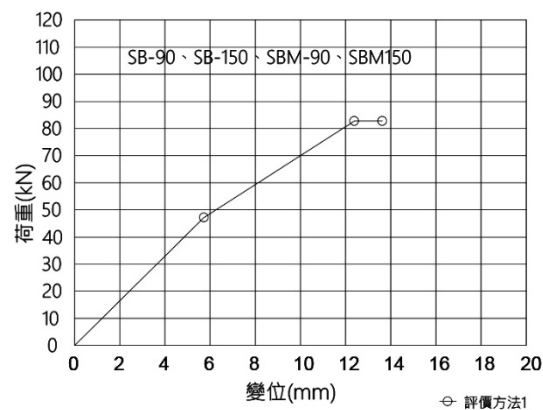


圖3-10 (b) 基礎-牆板之標準接合部及強度

接合形式	拉力螺栓接合	接合鐵件	W19(80X150)、構造用基礎 螺栓固定M20(ABR490)
接合部位	②下層牆板-上層牆板		
使用構件	上下樓層牆板	柳杉 Mx60-5-5或S60-5-5	
	樓板	無指定材料	

上牆板
樓板
下牆板
方形墊片 W19 (80x150)
圓形墊片 RW6.0x40
JISB1220 構造用基礎螺栓固定 ABR490 M20
使用方法圖例

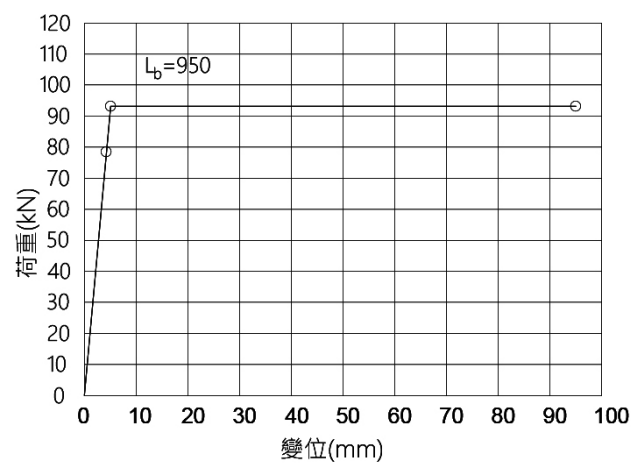


圖3-10 (d) 上下樓板之標準接合部及強度

接合形式	拉力螺栓接合	接合鐵件	STW-790或STW-850、 STS・C65:58支
接合部位	②下層牆板-上層牆板		
使用構件	上下樓層牆板	柳杉, Mx60-3-3、S60-3-3、Mx60-3-4、 S60-3-4、Mx60-5-5或S60-5-5	
	樓板	無指定材料	

帶狀鐵件 STW-790、STW-850

方形自攻螺絲STS・C65

STW-790
樓板厚為210時
為STW-850

上牆板

樓板

下牆板

使用方法圖例
樓板厚150的情況為STW-790
樓板厚210的情況為STW-850

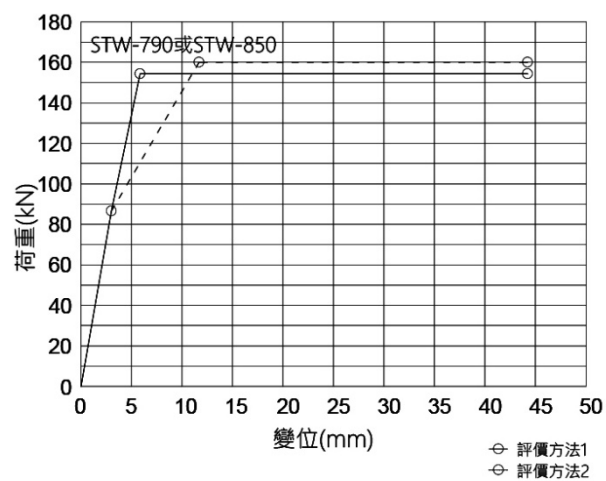


圖3-10 (e) 上下樓板之標準接合部及強度

接合形式	鋼板螺絲接合	接合鐵件	STF、STS・C65:40支
接合部位	②樓板-樓板(弱軸方向)		
使用構件	樓板	柳杉, Mx60或S60、3層3片以上	

帶狀鐵件 STF 方形自攻螺絲STS・C65 使用方法圖例 弱軸方向

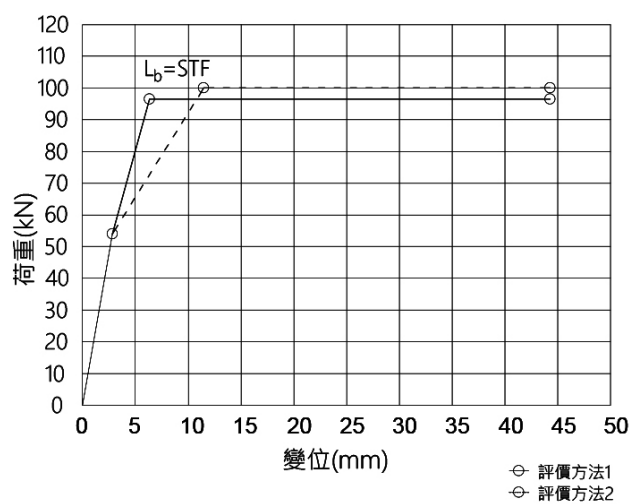


圖3-10 (g) 樓板-樓板(弱軸方向)之標準接合部及強度

接合形式	鋼板螺絲接合	接合鐵件	SP:2支、STS・C65:18支 (平均每1個鐵件)
接合部位	②牆板-垂壁板		
使用構件	牆板	柳杉, Mx60或S60、3層3片以上	
	樓板	柳杉, Mx60或S60、3層3片以上	

剪力鐵件 SP

使用方法圖例

方形自攻螺絲STS・C65

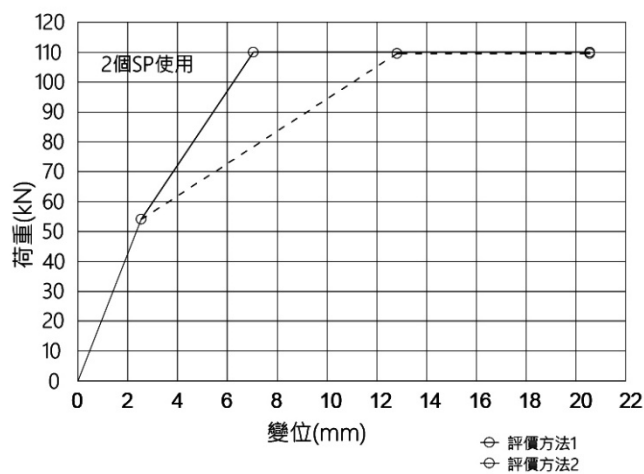
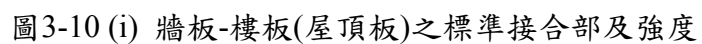


圖3-10 (h) 牆板-垂壁板之標準接合部及強度



接合形式	合板填縫接合	接合鐵件	STS6.5F-85
接合部位	牆板與樓板接合		
使用構件	牆板或樓板	柳杉, Mx60或S60、3層3片的合板以上	
	構造用合板	柳杉/特級2類, 積層數9, 板面品質(C-D)	

方形自攻螺絲STSC65 · F-85

右圖的數值是以粗框限內的2個為平均一組，因此設計時的數量為2倍。

牆壁鑲板或鑲板相互

方形自攻螺絲STSC65 · F-85

構造用合板 寬149、厚27

螺絲@150mm以上

使用方法圖例

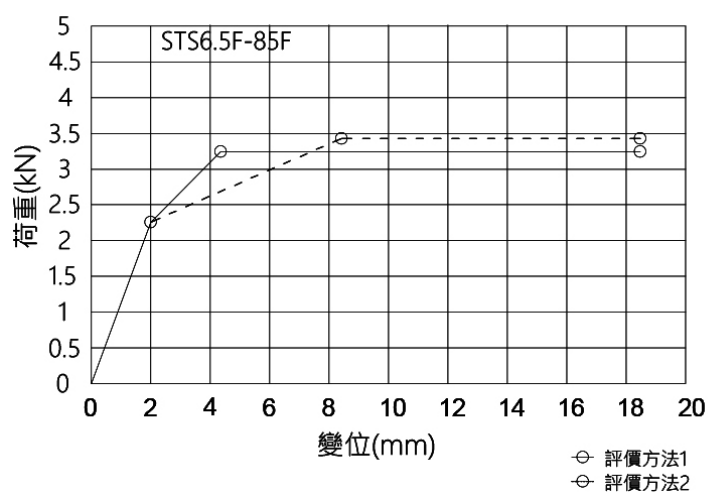


圖3-10 (j) 牆板或樓板之標準接合部及強度

接合形式	拉力螺栓接合	接合鐵件	W19(80X150)、構造用基礎螺栓固定M20(ABR490)
接合部位	③屋頂板(天花板)-牆板		
使用構件	牆板	柳杉, Mx60-5-5或S60-5-5	
	屋頂板、天花板	無指定材料	

方形墊片 W19

圓形墊片 RW6.0X40

方形墊片 W12(140x140)

屋頂、天花板鐵板

牆壁鐵板

方形墊片 W19 (80x150)

JISB1220 構造用基礎螺栓固定 ABR490 M20

使用方法圖例

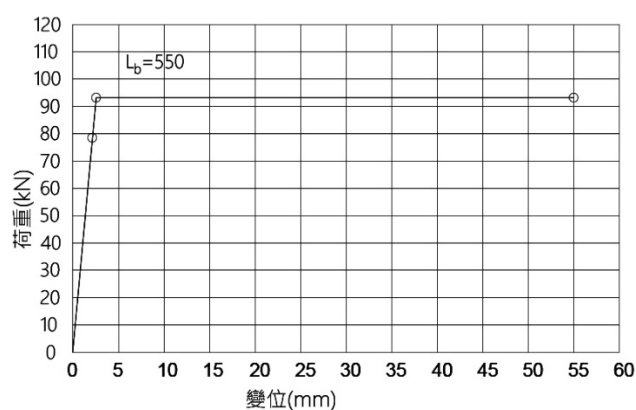


圖3-10 (I) 屋頂板(天花板)-牆板之標準接合部及強度

圖 3-10 日本 CLT 施工設計規範中之主要接合形式及強度

3.1.6 木材容許應力強度

我國現行「木構造建築物設計及施工技術規範」主要參考日本「木質構造設計規準・同解說」，結構分析及材料特性主要採用容許應力設計法。容許應力法中結構分析所使用的組合載重於規範「3.5.2 載重組合」之表3.5-1規定如下。其中，載重狀態分為長期載重以及短期載重兩種情況，此兩種狀況則會反應到後續材料的容許強度計算上進行使用。

表 3.5-1 載重組合

載重狀態		一般地區	多雪地區
長期	經常	D+L	D+L+S ₂
	積雪時	D+L+S ₁	D+L+S ₁
短期	暴風時	D+L+W	D+L+W D+L+S ₃ +W
	地震時	D+L+E	D+L+S ₃ +E
	火災時	D+L	D+L+S ₂

符號 D：靜載重；

L：活載重（有施工載重時應計入）；

S₁：雪載重，依屋頂斜率或落雪情況得適當折減；

S₂：多雪地區之雪載重（最深積雪量之值的70%），
依屋頂斜率或落雪情況得適當折減；

在材料的容許強度方面，由於木材屬於高分子黏彈性材料，當加載速度較慢時，則材料會反應出粘性的特性，因此破壞強度較低。相反的，當加載速度較慢時，則破壞強度較高。木材在不同時間作用下的強度分布主要由針對花旗松進行實驗後所得到的Madison Curve所決定（圖3-11之實線）。在此曲線中，將進行實驗所需的時間（約10分鐘），定義為強度比100%，此時的強度即為試驗單元的特徵強度值(Characteristic Strength)，或稱基準強度(F)。特徵強度值是指在進行木構件之實驗所得之破壞強度後，透過統計以下限第5百分位數(5%)並確保不同樣本數間超過75%的可信度之數值，作為特徵強度值。

由圖3-11可知，日本規範中定義短期作用下(10分)之木材強度比為100%，而長期作用下(250年)之木材強度比約為50%，因此先以基準強度(F)採1.5倍的安全係數進行折減，接著短期作用下之破壞強度可以視為長期作用下之2倍。在美國木材設計所使用的AWC-NDS中，亦以Madison Curve作為不同時間長短下之載

重調整係數(Load Duration Factors)，如圖3-12所示。美國NDS之容許應力值以特徵強度值取1.3倍安全係數，並以特徵強度值(10分鐘)為10年之1.6倍進行容許應力值之計算。表3-4中，進行日本與美國在長短期所使用的係數比較。其中，日本在「木質構造設計規準·同解說」中所規定的荷重調整係數是以木材的基準強度(F)，亦即木材的特徵強度值，乘上荷重調整係數(β)進行調整(設計上亦須另乘其它調整係數，如缺陷、濕度等)。美國NDS則是將10年作用下的木材強度比定義為Normal Load(容許強度)，為特徵強度值/(1.3*1.6)進行計算，此時Load Duration Factor, $C_d=1$ ，並依此為根據進行不同加載時間長短的調整。

表3-4 美日在木材容許應力之時間荷重調整係數比較

時間	1秒	10分	3天	7天	2個月	3個月	10年	50年	250年
強度比 (%)	120	100	80	76	72	70	60	55	50
日本荷重調整係數 (β)	-	2/3	1.6/3	-	-	1.43/3	-	1.1/3	1/3
美國 C_d (Load Duration Factor)	2.0	1.6	-	1.25	1.15	-	1.0	-	0.9

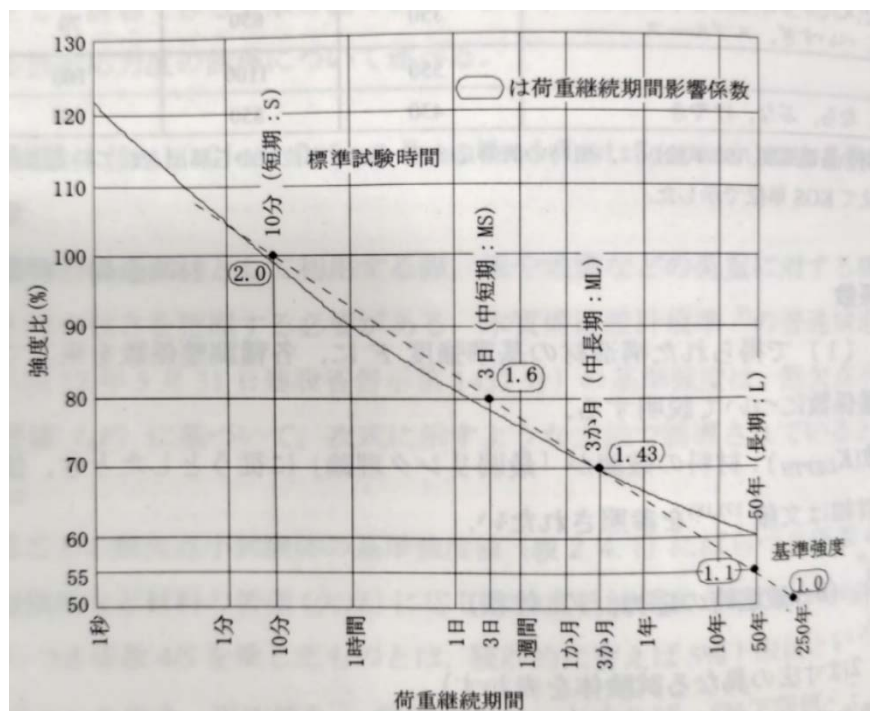


圖3-11 日本木材容許應力之時間荷重調整係數

Figure B1 Load Duration Factors, C_D , for Various Load Durations

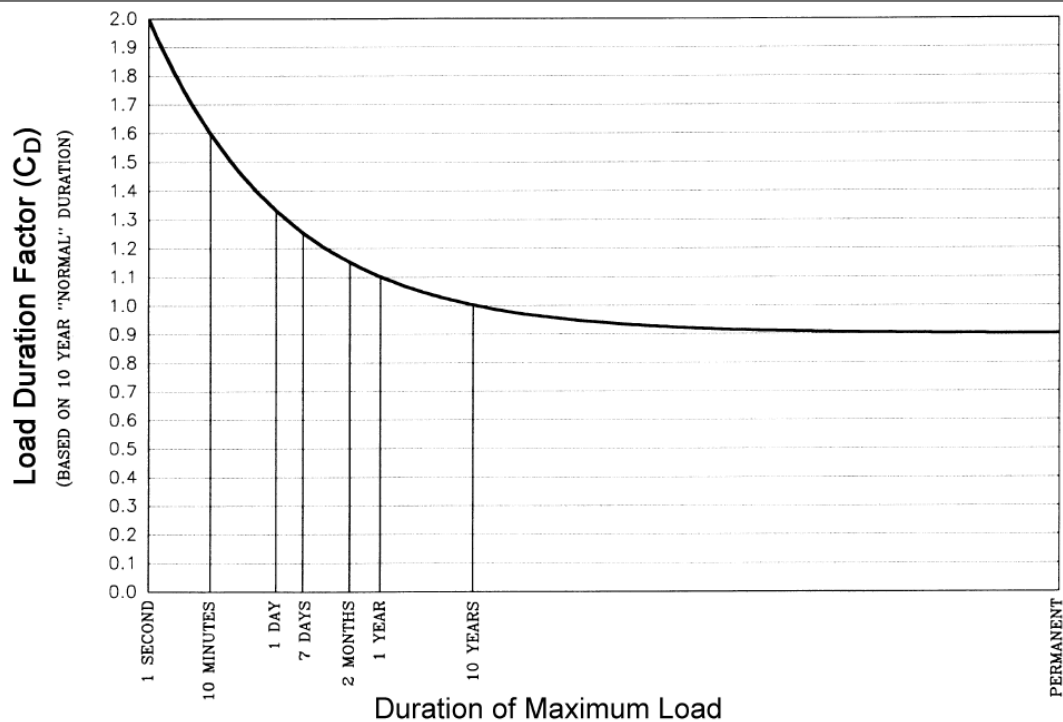


圖3-12 美國木材容許應力之時間荷重調整係數

由於我國目前規範採用容許應力設計法，對於美國(北美)進口木材而言，由於同樣採用容許應力設計法，因此NDS中所提供的木材容許強度評估方式亦適用於我國的木材容許應力評估方式。另外，對於主要採用極限強度設計法的區域而言，若木材的容許強度欲搭配我國容許應力設計法時，木材的容許強度值計算則需要經過換算(主要以特徵強度值作為換算的基準)，方可適用於我國現行的容許應力設計法，換算方法說明如下。

(1) 無缺陷縮尺試體實驗之特徵強度值

由於日本在進行木材強度試驗之其中一種方法為選用無缺陷縮尺試體實驗，因此短期容許應力 (SF) 及長期容許應力 (LF) 推導方式係根據基準強度值，採用下式(9)及式(10)之公式進行計算。

$${}_sF = {}_0F \times \frac{2}{3} \times \alpha \quad (9)$$

$${}_L F = \beta \times {}_s F \quad (10)$$

上式中， oF 表示對於該樹種之基準強度值，乘上變異係數 $4/5$ 後所得之值，各樹種群所帶入之 oF 如表3所示，惟上等結構材之抗剪應力者，是直接以基準強度(特徵強度值)當作 oF 。而係數 $2/3$ 則表示在壓縮、抗彎試驗中，比例限度應力對破壞強度之比例，惟抗拉、抗剪者係具有破壞強度之 $2/3$ 的係數，可視為對於破壞額外具有1.5倍之安全率之考量。 α 代表缺點所引起的折減係數，在抗彎與抗壓應力方面，普通結構材的場合各取0.45及0.62代入；在上等結構材的場合則各取0.56及0.75代入，而對於抗剪應力， α 則取0.5代入。 β 則代表長期容許應力對於短期容許應力之比例，一般取0.5代入，即表示短期容許應力為長期容許應力之2倍。另一方面，抗拉容許應力值可直接以抗彎容許應力值乘以0.60倍表示，該係數係參考日本建築學會(1995)之資料，以柳杉正角材(針葉樹IV類)經一連串之實體抗彎、縱向抗拉試驗後所得之5%分位值(95%下限水準值)，求得兩者之比例為0.64倍，並修整為0.60倍而得，而針葉樹II類與III類則沿用相同之係數進行計算，惟I類者因考量到其縱向抗拉之破壞型態相當脆性，故與II類者之值相同。以針葉樹IV類為例，其基準強度 F (特徵強度值)如表3-5所示，短期容許應力之計算可以式(9)及式(10)分別算出。

表3-5 基準強度 F (特徵強度值)換算短期容許應力值

基準強度 F (kgf/cm ²) (特徵強度值)		抗壓強度	抗彎強度	抗拉強度	抗剪強度	彈性模數
		$F_c=350$	$F_b=650$	-	$F_s=70$ $F_s=55$	70×10^3
oF	上等結構材	$oF_c=280$	$oF_b=520$	-	$oF_s=56$	70×10^3
	普通結構材	$oF_c=280$	$oF_b=520$	-	$oF_s=44$	
sF	上等結構材	$sF_c=140$	$sF_c=194$	$sF_t=117$	$sF_s=18.6$	70×10^3
	普通結構材	$sF_c=115$	$sF_c=156$	$sF_t=69$	$sF_s=14.6$	
lF	上等結構材	$lF_c=70$	$lF_c=97$	$lF_t=58$	$lF_s=9.3$	70×10^3
	普通結構材	$lF_c=58$	$lF_c=78$	$lF_t=47$	$lF_s=7.3$	

參考資料：國家林業技術平台

<https://www.cwcb-wqac.org.tw/forest-tech/index.php?action=resources-detail&id=102>

(2) 實大尺寸試體實驗之特徵強度值

實大尺寸試體可為製材、集成材(Glulam)、或是直交集成板(CLT)等產品，由於進行實驗的試體已經包含的木材缺陷可能的影響，因此以日本JAS及歐盟Eurocode為例，所提供的實尺寸試驗之基準強度，或稱特徵強度值，不須如上一節無缺陷木材的實驗般進行缺點的折減。對應到我國目前使用的容許應力法而言，則須考慮在Madison Curve曲線下之長短期容許強度之影響，以及1.5倍的安全係數折減。以現行木構造建築施工及設計規範來說，表4.5-5為非對稱等級結構用集成材的容許應力強度，若舉E100-F285為例，E100指的是彈性模數值 $100 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ ，而F285則是指抗彎破壞之基準強度值(特徵強度值)為 285 kgf/cm^2 。此時，參考表3-4之概念，短期容許應力值為基準強度值之 $2/3$ ，而長期容許應力值為基準強度值之 $1/3$ ，因此規範中的長期容許應力值應為 $285 \times 1/3 = 95 \text{ kgf/cm}^2$ ，同表4.5-5中之 Lfb_{x-x} 之值。因此，當進口木材已知其特徵強度值(Characteristic strength, 同基準強度)後，則可透過上述概念換算得可用於規範中評估使用之容許應力。

表 4.5-5 非對稱異等級結構用集成材之長期容許應力及彈性模數

強度等級	長期容許應力 (kgf/cm ²)						彈性模數 E _{//x-x} (10 ³ kgf/cm ²)	彈性模數 E _{//y-y} (10 ³ kgf/cm ²)
	Lf _c	Lf _t	正彎曲		負彎曲			
			Lf _{bx-x}	Lf _{by-y}	Lf _{bx-x}	Lf _{by-y}		
E160-F480	120	105	160	106	115	106	160	145
E140-F420	105	90	140	90	95	90	140	130
E125-F360	95	80	120	80	85	80	125	115
E110-F315	80	70	105	72	80	72	110	100
E100-F285	75	60	95	64	75	64	100	90

第二節 混合式結構之檢討

有鑒於建築物設計載重之不確定性與結構型式（木結構、鋼結構、RC 構造等）並無直接的關聯性，先進國家目前在建築法規上（例如 IBC1）對於不同型式構造物的設計載重（包括荷重係數及載重組合）多半採用相同的規定，並據以訂定對應之構材容許應力。然而現行木構造規範中所規定之載重組合與其它規範（例如 RC 及鋼結構）明顯不同，除可能出現與構材容許應力不相容的情形外，對於混合式構造（建築物中部分採用部分木結構、部分非木結構），其不同材料間的設計參數更需進行定義。

由於現行建築技術規則建築構造編第 171 條中規定「木構造」包括「以木材構造之建築物或以木材為主要構材與其他構材合併構築之建築」，因此混合式木構造之高度與樓層數須符合木構造(建築技術規則建築構造編第 171 條之 1)之相關規定；然而目前 IBC 中已允許業主在一層鋼筋混凝土結構(Type I - Non-Combustible Construction - concrete)上方建造高度不超過 5 層之木構造(Type IV - Combustible Construction - wood frame)，使得建築物之整體高度可達 6 層樓。考慮國內框組式木構造與北美木構造係以相同工法設計及建造，相關法規可考慮採納 IBC 對於混合式木構造之高度規定。

3.2.1 混合式構造之設計

基於使用上的需求，建築構造在某些狀況下必須使用到兩種(或兩種以上)的結構系統。例如建築物上、下部分分別做為居住及停車用途時，上部結構可為木構造，下部結構則可使用 RC 或鋼結構以提供足夠的承載力(見圖 3-13)；在若干地震或風力載重較大的地區，業主亦常以 RC、鋼結構、或加強混凝土空心磚構造作為建築物(整體或局部)之側向力抵抗系統(見圖 3-14)。由於國內現行法規對於混合式結構之設計缺乏明確的規範，導致設計者無所適從。其中影響較大的項目除了前述的建築物高度限制之外，亦包括結構分析使所使用之「載重組合」與「結構系統韌性容量」(R 值)計算，因此以下即針對現行法規中有關後二者之規定進行檢討。



圖 3-13 建築物上層為木構造、下層為鋼筋混凝土結構



圖 3-14 建築物內部結構(承重牆及樓板)為木構造、外牆為磚構造

3.2.2 混合式構造之載重組合

有鑒於建築物設計載重之不確定性與結構型式(木結構、鋼結構、RC 構造等)並無直接的關聯性，先進國家目前在建築法規上(例如 IBC)對於不同型態結構物在設計載重(包括荷重係數及載重組合)上多半採用相同的規定(見表 3-6 及 3-7)，並據以制定對應之構材容許應力，因此在混合式構造中各部分之結構分析可採用相同之載重組合。然而國內現行木構造規範中所規定之載重組合與其它規範(例如 RC 及鋼結構)明顯不同(見表 3-6 及 3-7)，除可能出現設計載重組合(現行木構造設計規範中所規定之設計載重組合源自日本法規)與構材容許應力制定時所假設之載重條件不符合之情形外(現行木構造設計規範中所提供之木質橫隔板與剪力牆容許應力係參考美國法規)，對於混合式構造(建築物中部分採用木結構、部分採用 RC 或鋼結構)之設計(例如連結木構與混凝土構造之螺栓應力計算)亦造成極大困擾。由於目前國內結構設計法規(例如 RC 及鋼結構)主要參考美國規範，因此本研究建議在混合式構造中，若上部之木結構採用「框組式工法」設計，在設計時應採用 IBC/ASCE 7 規定之載重組合(見表 3-6 及 3-7)。

表 3-6 國內外規範對於不同型式結構以容許應力法(ASD)設計之荷重係數規定

結構型式	國內現行法規	IBC ^[9] /ASCE 7 ^[10]
木構造 ^[3]	1. D + L 2. D + L + S ₁ 3. D + L + W 4. D + L + E	1. D
鋼結構 ^[5]	1. D + L 2. D + 0.75(L ± 1.25W) 3. D + 0.75(L ± 0.8E) 4. 0.7D ± 1.25W 5. 0.7D ± 0.8E	2. D + L 3. D + (L _r or S or R) 4. D + 0.75L + 0.75(L _r or S or R) 5. D + (0.6W or 0.7E)
冷軋型鋼構造 ^[8]	1. D 2. D + L 3. D + (L _r 或 S 或 R) 4. D + 0.75L + 0.75(L _r 或 S 或 R) 5. D + (W 或 0.7E) 6. D + 0.75L + 0.75(W 或 0.7E) + 0.75(L _r 或 S 或 R) 7. 0.6D + W 8. 0.6D + 0.7E	6a. D + 0.75L + 0.75(0.6W) + 0.75(L _r or S or R) 6b. D + 0.75L + 0.75(0.7E) + 0.75S 7. 0.6D + 0.6W 8. 0.6D + 0.7E
鋼筋混凝土結構 ^[4]	(不適用容許應力法)	

表 3-7 國內外規範對於不同型式結構以強度設計法(LRFD)設計之荷重係數規定

結構型式	國內現行法規	IBC/ASCE 7
木構造	(不適用強度設計法)	
鋼結構 ^[6]	1. $1.4D$ 2. $1.2D + 1.6L$ 3. $1.2D + 0.5L \pm 1.6W$ 4. $1.2D + 0.5L \pm E$ 5. $0.9D \pm E$ 6. $0.9D \pm 1.6W$	1. $1.4D$ 2. $1.2D + 1.6L$ $+ 0.5(Lr \text{ or } S \text{ or } R)$ 3. $1.2D + 1.6(Lr \text{ or } S \text{ or } R)$ $+ (L \text{ or } 0.5W)$ 4. $1.2D + 1.0W + L$ $+ 0.5(Lr \text{ or } S \text{ or } R)$ 5. $1.2D + 1.0E + L + 0.2S$ 6. $0.9D + 1.0W$ 7. $0.9D + 1.0E$
冷軋型鋼構造	1. $1.4D$ 2. $1.2D + 1.6L + 0.5(Lr \text{ 或 } S \text{ 或 } R)$ 3. $1.2D + 1.6(Lr \text{ 或 } S \text{ 或 } R)$ $+ (L \text{ 或 } 0.8W)$ 4. $1.2D + 1.6W + L$ $+ 0.5(Lr \text{ 或 } S \text{ 或 } R)$ 5. $1.2D + 1.0E + L + 0.2S$ 6. $0.9D + 1.6W$ 7. $0.9D + 1.0E$	
鋼筋混凝土結構*	1. $1.4D$ 2. $1.2D + 1.6L + 0.5(Lr \text{ 或 } S \text{ 或 } R)$ 3. $1.2D + 1.6(Lr \text{ 或 } S \text{ 或 } R) + (1.0L \text{ 或 } 0.8W)$ 4. $1.2D + 1.6W + L + 0.5(Lr \text{ 或 } S \text{ 或 } R)$ 5. $1.2D + 1.0E + L + 0.2S$ 6. $0.9D + 1.6W$ 7. $0.9D + 1.0E$	
*所列鋼筋混凝土之設計載重組合中不包括流體力 F、土壤力 H、及溫度效應 T		

3.2.3 現行混合式構造之結構系統韌性容量

現行建築物耐震設計規範第 2.9 節中規定，若同一棟建築物具有不同結構系統時：

- 任一樓層設計所用之 R 值(見表3-8)不得大於該方向其上樓層所用之 R 值(若該層以上靜載重少於建築物全部靜載重百分之十者不在此限)(見圖3-15)
- 結構物之設計以下列兩種方法擇一使用：
 1. 整個建築物以最小的 R 值設計(見圖3-16)
 2. 符合2.1節所定義剛性建築物上具柔性建築物者，可依下列所述設計之：
 - (1) 視剛性建築物上之柔性建築物為獨立之建築物，採用適當之 R 值
 - (2) 下面剛性建築物視為獨立之建築物，採用適當之 R 值。柔性建築物傳入之地震力，須將其總橫力以柔性建築之 R 值除以剛性建築物之 R 值的比例放大之
 - (3) 單方向有承重牆之建築物，另一方向採用之 R 值不得大於有牆方向之 R 值。

以上規定均源自 IBC (2018 UBC 中已刪除最後一項「單方向有承重牆之建築物，另一方向採用之 R 值不得大於有牆方向之 R 值」之規定)，惟 IBC 中對於結構系統設計地震力之計算係將彈性地震力直接除以 R 值，而現行規範則是將彈性地震力除以「結構系統地震力折減係數」(F_u)後再視情況進行調整，因此後者中之設計地震力與 R 值並無明確的比例關係。由於現行規範對於混合式構造之 R 值與設計地震力之計算方式在學理上不盡完備，加上近年來 IBC 對於結構系統之 R 值定義及數值進行了相當幅度的更新，建議主管機關可對建築物耐震設計規範之相關規定進行修正。

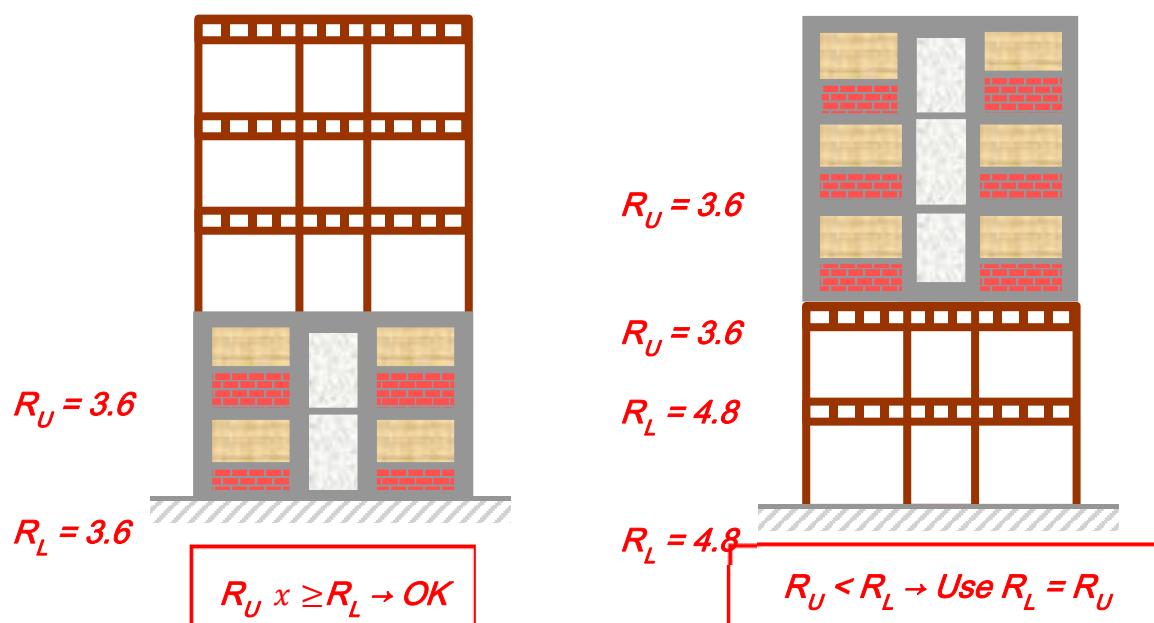


圖 3-15 任一樓層設計所用之 R 值不得大於該方向其上樓層所用之 R 值

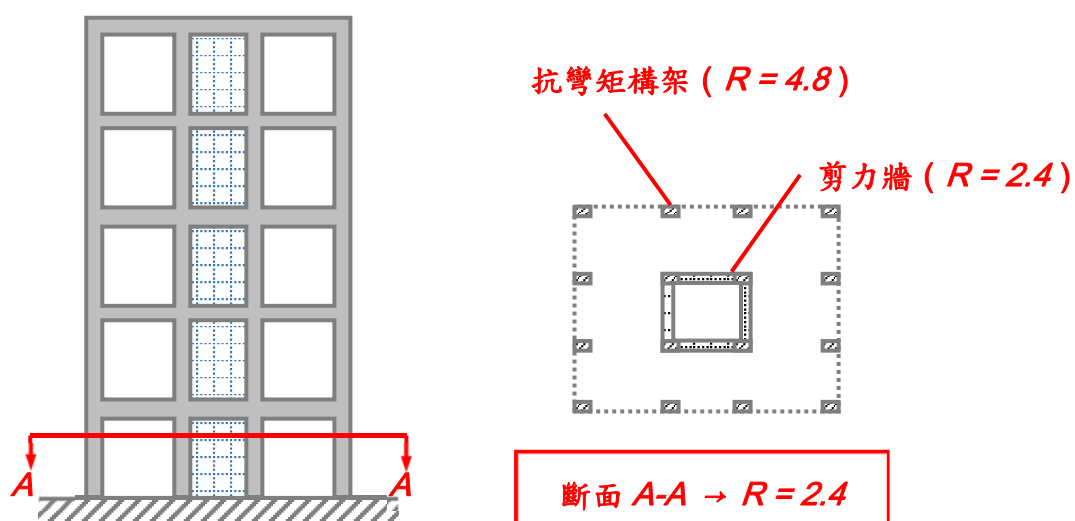


圖 3-16 同一建築物具有不同結構系統時，整棟建築物可用最小的 R 值設計

表 3-8 結構系統之韌性容量 R 及高度限制

基本結構系統	抵抗地震力結構系統敘述	R	高度限制 (m)
一、承重牆系統	1. 輕構架牆 (1)具剪力嵌版	3.2	12
	(2)具對角斜撐	2.4	20
	2. 鋼筋混凝土牆配置鋼筋混凝土邊界構材	3.2	50
二、構架系統	1. 輕構架牆 (1)具剪力嵌版	3.2	12
	(2)具對角斜撐	2.4	20
	2. 剪力牆 (1)鋼筋混凝土牆配置鋼筋混凝土邊界構材	3.6	50
	(2)鋼筋混凝土牆配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材	3.6	50
	(3)鋼板牆配雙鋼達或鋼骨鋼筋混凝土邊界構材	4.2	50
	(4)鋼板鋼筋混凝土牆配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材	4.0	50
	3. 斜撐 (1)鋼造偏心斜撐配置鋼造邊界構材	4.2	50
	(2)鋼造同心斜撐配置鋼造邊界構材	2.0	12
	(3)鋼造或鋼骨鋼筋混凝土造偏心斜撐及鋼梁配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材	4.2	50
	(4)鋼造特殊同心斜撐配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材	3.0	50
	(5)鋼造特殊同心斜撐配置鋼造邊界構材	3.6	50
	(6)挫屈束制支撐配置鋼造邊界構材	4.8	50
三、抗彎矩構架系統	1. 特殊抗彎矩構架 (1)鋼造	4.8	不限
	(2)鋼筋混凝土造	4.8	不限
	(3)鋼骨鋼筋混凝土造	4.8	不限
	2. 部分韌性抗彎矩構架 (1)鋼造	3.2	12
	(2)鋼筋混凝土造	2.8	12
	3. 特殊鋼桁抗彎矩構架	4.0	50
四、二元系統	1. 剪力牆 (1)鋼筋混凝土牆配置鋼筋混凝土邊界構材	4.8	不限
	(2)鋼筋混凝土牆配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材	4.8	不限
	(3)鋼板牆配雙鋼達或鋼骨鋼筋混凝土邊界構材	4.8	不限
	(4)鋼板鋼筋混凝土牆配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材	4.8	不限
	2. 斜撐 (1)鋼造偏心斜撐配置鋼造邊界構材	4.8	不限
	(2)鋼造特殊同心斜撐配置鋼造邊界構材	4.2	不限
	(3)鋼造或鋼骨鋼筋混凝土造偏心斜撐及鋼梁配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材	4.8	不限
	(4)鋼造特殊同心斜撐配置鋼骨鋼筋混凝土邊界構材	4.2	不限
	(5)挫屈束制支撐配置鋼造邊界構材	4.8	不限

3.2.4 小結

由上述討論可知，混合式構造主要可能為輕木結構(Light Wood Frame)、重木結構(Heavy Timber)、巨木結構(Mass Timber)與 RC 結構或鋼結構進行混用。因此於規範中宜先增訂關於輕型木構(Light Wood Frame)與重木結構(Heavy Timber)、巨木結構(Mass Timber)之定義。另外，由於我國木構造規範中之木結構設計主要採用容許應力法(ASD)，與 RC 結構或鋼結構中可用極限強度法(LRFD)之組合載種不同，亦會造成混合式結構在設計上的困難。因此，本研究建議在木構造規範中新增使用極限強度法(LRFD)設計時之組合載重。由於目前國內結構設計法規(例如 RC 結構及鋼結構)主要參考美國規範，建議新增之極限強度法(LRFD)設計時之組合載重，採用 IBC/ASCE 7 規定之載重組合(同我國現行耐震設計規範中之 RC 結構及鋼結構組合載重)。R 值設計上則建議以整個建築物以最小的 R 值設計。另外，由於現行耐震設計規範中並無針對重木結構(Heavy Timber)、巨木結構(Mass Timber)之韌性係數 R 值定義，因此建議修正耐震設計規範中之韌性係數 R，並增加重木結構(Heavy Timber)、巨木結構(Mass Timber)之 R 值定義。

第三節 木結構樓高之檢討

針對木造建築物的樓高檢討方面，內政部建築研究所於 101 年所進行之「木構造建築物設計及施工技術規範修訂之研究」中，已就當時國外相關規範（以美國及日本為主）與配合之國內標準進行規範內容之修訂建議，包括木構造建築之型式、規劃、材料規格、性能、結構計算原則、與相關參數等進行檢討。108 年所進行之「木構造建築物高度、樓層數相關設計規定檢討研究」，就當時國外相關規範（以美國及日本為主）進行建築技術規則及規範內容之修訂建議。然因 110 年(2021 年)美國 International Building Code (簡稱 IBC)規範考量直交集成板(Cross-laminated timber，簡稱 CLT)的應用成熟，於 IBC 2021 年針對木構造建築物的高層有了較大的突破及修正。因此，考量整體國際趨勢及發展，今年度之研究案主要為整合前述研究內容，提出國內法規及木構造規範之修正建議。美國 IBC 2018(International Building Code)主要在表 504.3 及表 504.4 中，根據建築物的類型分類，規定建築物的樓層高度及幾層樓的樓高限制。其中，Type IV 主要規範重型木構造(Mass Timber)的樓高限制。

在 2021 年以前，美國主要的木構造建築物高層主要限制在 6 層樓以下。然而，新版的 IBC 2021 中針對 Type IV 重型木構造(Mass Timber)進行相關修訂，主要增加了 Type IV-A/B/C 此三類的建築類型。相較於 IBC 2018，最大的差異在於 IBC 2021 將重型木構的樓高提高，在加裝消防自動撤水系統的條件下，Type IV-A 的最大樓高最高將可達 18 層及 82m 高。由此趨勢可知，因此現行法規實有繼續檢討之必要。其他新加坡、日本及歐盟等國為因應永續發展之趨勢及 CLT 等重木構造的應用，在相應的法令規定上亦有大幅修正；惟台灣相較其他地區地震頻繁，面對巨震之火害或其他因素可能引發之都市大火仍應有防範。因此本年度將以既有相關研究為基礎，針對木構造建築之樓高進行檢討精進。

3.3.1 IBC 2021 之相關規定

IBC 2021 中主要在表 504.3 及表 504.4 中，根據建築物的類型分類，規定建築物的樓層高度及幾層樓的樓高限制。IBC 與台灣建築技術規則之使用空間對照主要整理如下：

- (1) A: places used for people gathering for entertainment, worship, and eating or drinking. Examples: churches, restaurants (with 50 or more possible occupants), theaters, and stadiums. (相當於台灣建築技術規則中之 A 類:公共集會類)
- (2) B: places where services are provided (not to be confused with mercantile, below). Examples: banks, insurance agencies, government buildings (including police and fire stations), and doctor's offices. (相當於台灣建築技術規則中之 G 類:辦公服務類)
- (3) E: schools and day care centers up to the 12th grade. (相當於台灣建築技術規則中之 D 類:休閒文教類)
- (4) I: places where people are physically unable to leave without assistance. Examples: hospitals, nursing homes, and prisons. (相當於台灣建築技術規則中之 F 類:衛生福生更生類)
- (5) M: places where goods are displayed and sold. Examples: grocery stores, department stores, and gas stations. (相當於台灣建築技術規則中之 B 類:商業類)
- (6) R: places providing accommodations for overnight stay (excluding Institutional). Examples: houses, apartment buildings, hotels, and motels. (相當於台灣建築技術規則中之 H 類:住宿類)
- (7) S: places where items are stored (unless considered High-Hazard). Examples: warehouses and parking garages. (相當於台灣建築技術規則中之 C 類:工業倉儲類)

表 3-9 IBC 2021 中針對不同類型建築物之樓層數限制

TABLE 504.4 ALLOWABLE NUMBER OF STORIES ABOVE GRADE PLANE ^{a,b}													
OCCUPANCY CLASSIFICATION	See Footnotes	TYPE OF CONSTRUCTION											
		Type I		Type II		Type III		Type IV				Type V	
		A	B	A	B	A	B	A	B	C	HT	A	B
A-1	NS	UL	5	3	2	3	2	3	3	3	3	2	1
	S	UL	6	4	3	4	3	9	6	4	4	3	2
A-2	NS	UL	11	3	2	3	2	3	3	3	3	2	1
	S	UL	12	4	3	4	3	18	12	6	4	3	2
A-3	NS	UL	11	3	2	3	2	3	3	3	3	2	1
	S	UL	12	4	3	4	3	18	12	6	4	3	2
A-4	NS	UL	11	3	2	3	2	3	3	3	3	2	1
	S	UL	12	4	3	4	3	18	12	6	4	3	2
A-5	NS	UL	UL	UL	UL	UL	UL	1	1	1	UL	UL	UL
	S	UL	UL	UL	UL	UL	UL	UL	UL	UL	UL	UL	UL
B	NS	UL	11	5	3	5	3	5	5	5	5	3	2
	S	UL	12	6	4	6	4	18	12	9	6	4	3
E	NS	UL	5	3	2	3	2	3	3	3	3	1	1
	S	UL	6	4	3	4	3	9	6	4	4	2	2
F-1	NS	UL	11	4	2	3	2	3	3	3	4	2	1
	S	UL	12	5	3	4	3	10	7	5	5	3	2
F-2	NS	UL	11	5	3	4	3	5	5	5	5	3	2
	S	UL	12	6	4	5	4	12	8	6	6	4	3
H-1	NS ^{c,d}	1	1	1	1	1	1	NP	NP	NP	1	1	NP
	S							1	1	1			
H-2	NS ^{c,d}	UL	3	2	1	2	1	1	1	1	2	1	1
	S							2	2	2			
H-3	NS ^{c,d}	UL	6	4	2	4	2	3	3	3	4	2	1
	S							4	4	4			
H-4	NS ^{c,d}	UL	7	5	3	5	3	5	5	5	5	3	2
	S	UL	8	6	4	6	4	8	7	6	6	4	3
H-5	NS ^{c,d}	4	4	3	3	3	3	2	2	2	3	3	2
	S							3	3	3			
I-1 Condition 1	NS ^{d,e}	UL	9	4	3	4	3	4	4	4	4	3	2
	S	UL	10	5	4	5	4	10	7	5	5	4	3
I-1 Condition 2	NS ^{d,e}	UL	9	4	3	4	3	3	3	3	4	3	2
	S	UL	10	5				10	6	4			
I-2	NS ^{d,f}	UL	4	2	1	1	NP	NP	NP	NP	1	1	NP
	S	UL	5	3				7	5	1			
I-3	NS ^{d,e}	UL	4	2	1	2	1	2	2	2	2	2	1
	S	UL	5	3	2	3	2	7	5	3	3	3	2
I-4	NS ^{d,g}	UL	5	3	2	3	2	3	3	3	3	1	1
	S	UL	6	4	3	4	3	9	6	4	4	2	2
M	NS	UL	11	4	2	4	2	4	4	4	4	3	1
	S	UL	12	5	3	5	3	12	8	6	5	4	2

(continued)

表 3-9(續) IBC 2021 中針對不同類型建築物之樓層數限制

TABLE 504.4—continued ALLOWABLE NUMBER OF STORIES ABOVE GRADE PLANE ^{a, b}													
OCCUPANCY CLASSIFICATION	See Footnotes	TYPE OF CONSTRUCTION											
		Type I		Type II		Type III		Type IV				Type V	
		A	B	A	B	A	B	A	B	C	HT	A	B
R-1 ^h	NS ^d	UL	11	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2
	S13R	4	4									4	3
	S	UL	12	5	5	5	5	18	12	8	5	4	3
R-2 ^h	NS ^d	UL	11	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2
	S13R	4	4									4	3
	S	UL	12	5	5	5	5	18	12	8	5	4	3
R-3 ^h	NS ^d	UL	11	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3
	S13D	4	4									3	3
	S13R	4	4									4	4
	S	UL	12	5	5	5	5	18	12	5	5	4	4
R-4 ^h	NS ^d	UL	11	4	4	4	4	4	4	4	4	3	2
	S13D	4	4									3	2
	S13R	4	4									4	3
	S	UL	12	5	5	5	5	18	12	5	5	4	3
S-1	NS	UL	11	4	2	3	2	4	4	4	4	3	1
	S	UL	12	5	4	4	4	10	7	5	5	4	2
S-2	NS	UL	11	5	3	4	3	4	4	4	5	4	2
	S	UL	12	6	4	5	4	12	8	5	6	5	3
U	NS	UL	5	4	2	3	2	4	4	4	4	2	1
	S	UL	6	5	3	4	3	9	6	5	5	3	2

表 3-10 IBC 2021 中針對不同類型建築物之樓層高度限制

TABLE 504.3 ALLOWABLE BUILDING HEIGHT IN FEET ABOVE GRADE PLANE ^a													
OCCUPANCY CLASSIFICATION	See Footnotes	TYPE OF CONSTRUCTION											
		Type I		Type II		Type III		Type IV				Type V	
		A	B	A	B	A	B	A	B	C	HT	A	B
A, B, E, F, M, S, U	NS ^b	UL	160	65	55	65	55	65	65	65	65	50	40
	S	UL	180	85	75	85	75	270	180	85	85	70	60
H-1, H-2, H-3, H-5	NS ^{c, d}	UL	160	65	55	65	55	120	90	65	65	50	40
	S												
H-4	NS ^{c, d}	UL	160	65	55	65	55	65	65	65	65	50	40
	S	UL	180	85	75	85	75	140	100	85	85	70	60
I-1 Condition 1, I-3	NS ^{d, e}	UL	160	65	55	65	55	65	65	65	65	50	40
	S	UL	180	85	75	85	75	180	120	85	85	70	60
I-1 Condition 2, I-2	NS ^{d, e, f}	UL	160	65	55	65	55	65	65	65	65	50	40
	S	UL	180	85									
I-4	NS ^{d, g}	UL	160	65	55	65	55	65	65	65	65	50	40
	S	UL	180	85	75	85	75	180	120	85	85	70	60
R ^h	NS ^d	UL	160	65	55	65	55	65	65	65	65	50	40
	S13D	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	50	40
	S13R	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	S	UL	180	85	75	85	75	270	180	85	85	70	60

TYPE IV 主要規範重木結構(Heavy Timber)及巨木結構(Mass Timber)的樓高限制，重木結構的相關尺寸明定於 IBC 2021 之 Table 2304.11 Minimum Dimensions of Heavy Timber Structural Members 中，而巨木結構(Mass Timber)的主要代表 CLT 之基本尺寸定義亦被規範於 2304.11.2 Partitions and walls 以及 2304.11.3 Floors 章節中(參考下列原文檔)。

表 3-11 IBC 2021 重木結構(Heavy Timber)之斷面尺寸定義

SUPPORTING	HEAVY TIMBER STRUCTURAL ELEMENTS	MINIMUM NOMINAL SOLID SAWN SIZE		MINIMUM GLUED- LAMINATED NET SIZE		MINIMUM STRUCTURAL COMPOSITE LUMBER NET SIZE	
		Width, inch	Depth, inch	Width, inch	Depth, inch	Width, inch	Depth, inch
Floor loads only or combined floor and roof loads	Columns; Framed sawn or glued-laminated timber arches that spring from the floor line; Framed timber trusses	8	8	6 ³ / ₄	8 ¹ / ₄	7	7 ¹ / ₂
	Wood beams and girders	6	10	5	10 ¹ / ₂	5 ¹ / ₄	9 ¹ / ₂
Roof loads only	Columns (roof and ceiling loads); Lower half of: wood-frame or glued-laminated arches that spring from the floor line or from grade	6	8	5	8 ¹ / ₄	5 ¹ / ₄	7 ¹ / ₂
	Upper half of: wood-frame or glued-laminated arches that spring from the floor line or from grade	6	6	5	6	5 ¹ / ₄	5 ¹ / ₂
	Framed timber trusses and other roof framing;* Framed or glued-laminated arches that spring from the top of walls or wall abutments	4 ^b	6	3 ^b	6 ⁷ / ₈	3 ¹ / ₂ ^b	5 ¹ / ₂

For SI: 1 inch = 25.4 mm.

a. Spaced members shall be permitted to be composed of two or more pieces not less than 3 inches nominal in thickness where blocked solidly throughout their intervening spaces or where spaces are tightly closed by a continuous wood cover plate of not less than 2 inches nominal in thickness secured to the underside of the members. Splice plates shall be not less than 3 inches nominal in thickness.

b. Where protected by approved automatic sprinklers under the roof deck, framing members shall be not less than 3 inches nominal in width.

IBC 2021 中 CLT(Mass Timber)基本尺寸之說明：

2304.11.2 Partitions and walls. Partitions and walls shall comply with Section 2304.11.2.1 or 2304.11.2.2.

2304.11.2.1 Exterior walls. Exterior walls shall be permitted to be cross-laminated timber not less than 4 inches (102 mm) in thickness meeting the requirements of Section 2303.1.4.

2304.11.2.2 Interior walls and partitions. Interior walls and partitions shall be of solid wood construction formed by not less than two layers of 1-inch (25 mm) matched boards or laminated construction 4 inches (102 mm) thick, or of 1-hour fire-resistance-rated construction.

2304.11.3 Floors. Floors shall be without concealed spaces or with concealed spaces complying with Section 602.4.4.3. Wood floors shall be constructed in accordance with Section 2304.11.3.1 or 2304.11.3.2.

2304.11.3.1 Cross-laminated timber floors. Cross laminated

timber shall be not less than 4 inches (102 mm) in actual thickness. Cross-laminated timber shall be continuous from support to support and mechanically fastened to one another. Cross-laminated timber shall be permitted to be connected to walls without a shrinkage gap providing swelling or shrinking is considered in the design. Corbelling of masonry walls under the floor shall be permitted to be used.

2304.11.4.1 Cross-laminated timber roofs. Cross laminated timber roofs shall be not less than 3 inches (76 mm) nominal in thickness and shall be continuous from support to support and mechanically fastened to one another.

IBC 2021 中針對 TYPE IV 進行修訂，主要增加了 IV-A/B/C 此三類的建築類型，IBC 2021 中針對 IV-A/B/C 之定義如下所示。相較於 IBC 2018，最大的差異在於在加裝消防自動撒水系統的條件下，IBC 2021 將重木結構的樓高提高到最高可達 18 層及 82m 高(依類型)。

表 3-12 各類建築物於 TYPE IV 之樓高規定

Table 504.3 建築高度限制 — m (IBC 2021)^{c,d}

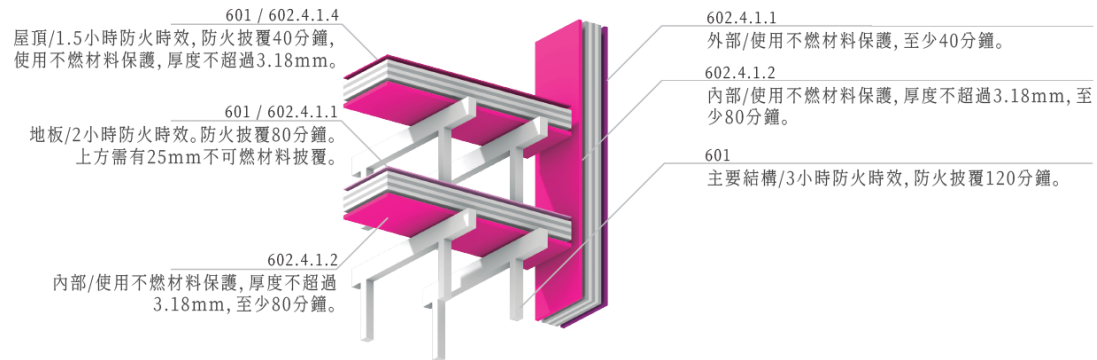
OCCUPANCY CLASSIFICATION ^{c,d}	TYPE OF CONSTRUCTION ^{c,d}												
	SEE FOOTNOTES ^{c,d}	TYPE I ^{c,d}		TYPE II ^{c,d}		TYPE III ^{c,d}		TYPE IV ^{c,d}				TYPE V ^{c,d}	
		A ^{c,d}	B ^{c,d}	A ^{c,d}	B ^{c,d}	A ^{c,d}	B ^{c,d}	IV-A ^{c,d} (新增) ^{c,d}	IV-B ^{c,d} (新增) ^{c,d}	IV-C ^{c,d} (新增) ^{c,d}	HT ^{c,d}	A ^{c,d}	B ^{c,d}
A, B, E, F, M, S, U ^{c,d}	NS ^{c,d}	UL ^{c,d}	50 ^{c,d}	20 ^{c,d}	17 ^{c,d}	20 ^{c,d}	17 ^{c,d}	20 ^{c,d}	20 ^{c,d}	20 ^{c,d}	20 ^{c,d}	A ^{c,d}	B ^{c,d}
R ^{c,d}	S ^{c,d}	UL ^{c,d}	55 ^{c,d}	26 ^{c,d}	23 ^{c,d}	26 ^{c,d}	23 ^{c,d}	82 ^{c,d}	55 ^{c,d}	26 ^{c,d}	26 ^{c,d}	15 ^{c,d}	12 ^{c,d}
	NS ^{c,d}	UL ^{c,d}	50 ^{c,d}	20 ^{c,d}	17 ^{c,d}	20 ^{c,d}	17 ^{c,d}	20 ^{c,d}	20 ^{c,d}	20 ^{c,d}	20 ^{c,d}	21 ^{c,d}	18 ^{c,d}
	S ^{c,d}	UL ^{c,d}	55 ^{c,d}	26 ^{c,d}	23 ^{c,d}	26 ^{c,d}	23 ^{c,d}	82 ^{c,d}	55 ^{c,d}	26 ^{c,d}	26 ^{c,d}	15 ^{c,d}	12 ^{c,d}

Table 504.4 建築物高度限制 — 樓高 (IBC 2021)^{c,d}

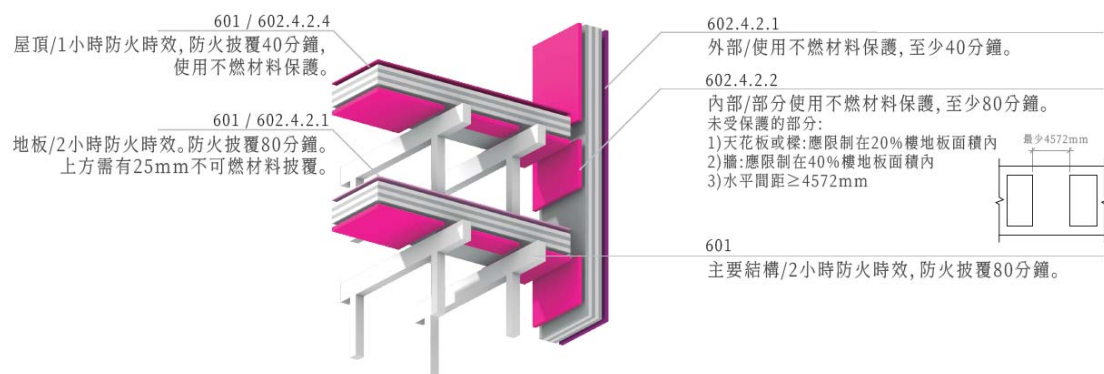
OCCUPANCY CLASSIFICATION ^{c,d}	SEE FOOTNOTES ^{c,d}	TYPE OF CONSTRUCTION ^{c,d}											
		TYPE I ^{c,d}		TYPE II ^{c,d}		TYPE III ^{c,d}		TYPE IV ^{c,d}				TYPE V ^{c,d}	
		A ^{c,d}	B ^{c,d}	A ^{c,d}	B ^{c,d}	A ^{c,d}	B ^{c,d}	IV-A ^{c,d} (新增) ^{c,d}	IV-B ^{c,d} (新增) ^{c,d}	IV-C ^{c,d} (新增) ^{c,d}	HT ^{c,d}	A ^{c,d}	B ^{c,d}
A-2 ^{c,d}	NS ^{c,d}	UL ^{c,d}	11 ^{c,d}	3 ^{c,d}	2 ^{c,d}	3 ^{c,d}	2 ^{c,d}	3 ^{c,d}	3 ^{c,d}	3 ^{c,d}	3 ^{c,d}	2 ^{c,d}	1 ^{c,d}
	S ^{c,d}	UL ^{c,d}	12 ^{c,d}	4 ^{c,d}	3 ^{c,d}	4 ^{c,d}	3 ^{c,d}	18 ^{c,d}	12 ^{c,d}	6 ^{c,d}	4 ^{c,d}	3 ^{c,d}	2 ^{c,d}
B ^{c,d}	NS ^{c,d}	UL ^{c,d}	11 ^{c,d}	5 ^{c,d}	3 ^{c,d}	5 ^{c,d}	3 ^{c,d}	5 ^{c,d}	5 ^{c,d}	5 ^{c,d}	5 ^{c,d}	3 ^{c,d}	2 ^{c,d}
	S ^{c,d}	UL ^{c,d}	12 ^{c,d}	6 ^{c,d}	4 ^{c,d}	6 ^{c,d}	4 ^{c,d}	18 ^{c,d}	12 ^{c,d}	9 ^{c,d}	6 ^{c,d}	4 ^{c,d}	3 ^{c,d}
M ^{c,d}	NS ^{c,d}	UL ^{c,d}	11 ^{c,d}	4 ^{c,d}	2 ^{c,d}	4 ^{c,d}	2 ^{c,d}	4 ^{c,d}	4 ^{c,d}	4 ^{c,d}	4 ^{c,d}	3 ^{c,d}	1 ^{c,d}
	S ^{c,d}	UL ^{c,d}	12 ^{c,d}	5 ^{c,d}	3 ^{c,d}	5 ^{c,d}	3 ^{c,d}	12 ^{c,d}	8 ^{c,d}	6 ^{c,d}	5 ^{c,d}	4 ^{c,d}	2 ^{c,d}
R-1, R-2 ^{c,d}	NS ^{c,d}	UL ^{c,d}	11 ^{c,d}	4 ^{c,d}	4 ^{c,d}	4 ^{c,d}	4 ^{c,d}	4 ^{c,d}	4 ^{c,d}	4 ^{c,d}	4 ^{c,d}	3 ^{c,d}	2 ^{c,d}
	S ^{c,d}	UL ^{c,d}	12 ^{c,d}	5 ^{c,d}	5 ^{c,d}	5 ^{c,d}	5 ^{c,d}	18 ^{c,d}	12 ^{c,d}	8 ^{c,d}	5 ^{c,d}	4 ^{c,d}	3 ^{c,d}

其中，IBC 2021 中針對 IV-A/B/C 之定義如下：

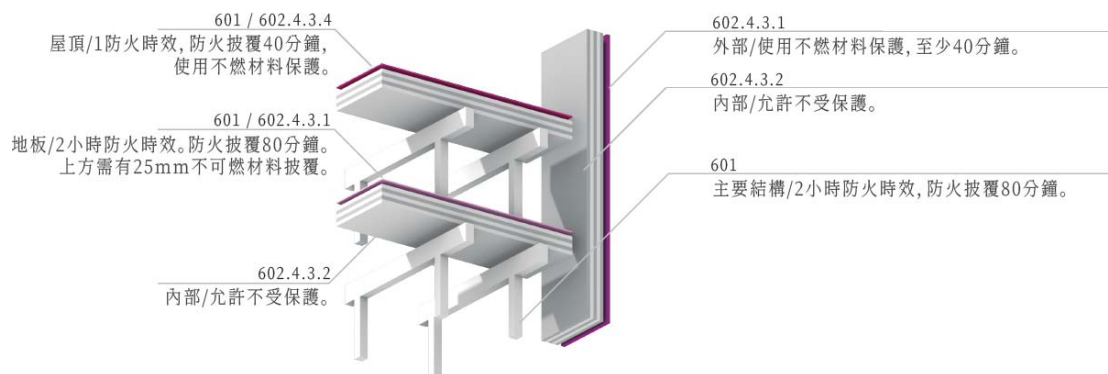
(a) IV-A: 屬於巨木結構或是不燃材料。若是使用巨木結構的話，必須確保對於巨木結構可提供 100%的不燃保護。



(b) IV-B: 屬於巨木結構或是不燃材料。若是使用巨木結構的話，允許部分木構暴露，其餘皆須進行不燃保護。



(c) IV-C: 屬於巨木結構或是不燃材料。若是使用巨木結構的話，除了豎井(服務核)、隱藏空間、或是外牆需要進行不燃保護外，其餘部分皆可外露。



IBC 2021 中 Type IV-A/B/C 在防災的角度上著眼於木材屬於可燃材料，因此若要達到突破的樓層高度，除了須在本類型的建築中自動撒水系統外，依 Type IV-A/B/C 類型的不同其木構造之梁、柱、樓板、牆板、外牆、屋頂等，亦須達到特定不燃材料包覆要求。

首先，在 IBC 2021 中所描述的自動撒水系統依類型可分為 NFPA 13、NFPA 13R 以及 NFPA 13D 三種類型，此三種不同系統之要求及比較整理如表 3-13，由表 3-13 中可發現 NFPA 13 相較於 NFPA 13R、NFPA 13D 較為嚴格，消防撒水系統需要完整覆蓋建築物(Fully Sprinklered)。因此，僅有達到 NFPA 13 等級的消防撒水系統要求，才可分別達到 Type IV-A/B/C 當中較大樓層數及樓高的興建要求。

另外，Type IV-A/B/C 分別在梁、柱、樓板、牆板、外牆、屋頂等在不燃材料包覆方面亦有相關規定。其中，IBC 2021 規定木結構構件之防火時效必須由不燃材料負擔其 2/3 的防火時效，其餘部分則可由木構造本身之炭化深度來提供。其主要的考量點為確保在火在發生時，建築物本身可以透過不燃材料的包覆，控制火場的發煙量及發熱量，延遲到達閃燃點(Flashover)的時間，並爭取人員逃生的機會。Type IV-A/B/C 在不同結構部位的不燃材包覆整理如表 3-14，由表 3-14 中可知不燃材包覆越密實的木構造，其允許的樓層高度亦可越高。

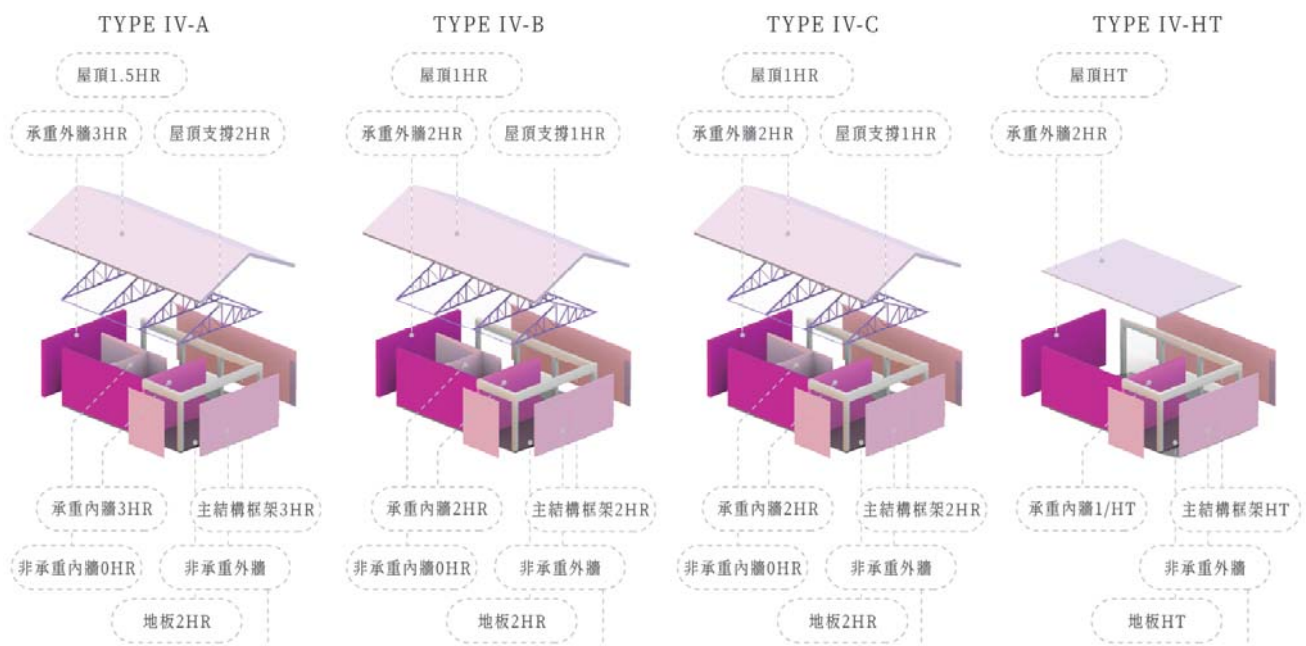
表 3-13 NFPA 13/NFPA 13R/NFPA 13D 之使用限制及差異

	NFPA 13	NFPA 13R	NFPA 13D
Objective	Life Safety + Property Protection [NFPA 13 2002-2019 1.2.1]	Life Safety Only [NFPA13R 2002-2019 1.2.1]	Life Safety Only [NFPA13D 2002-2019 1.2.1]
Considered “Fully Sprinklered”	Yes [IBC Section 903.1.1]	No	No
Building Height Increased Permitted	Yes [IBC Table 504]	Only for R-Occupancy [IBC Table 504]	No

表 3-14 IBC 2021 Type IV 中不同結構構件之不燃被覆規定(2/3 的防火時效，另外 1/3 的防火時效可由木構造炭化層提供)

	最小不燃材被覆所需時效規定		
	Type IV-A	Type IV-B	Type IV-C
梁	120 分鐘	80 分鐘	80 分鐘
柱	120 分鐘	80 分鐘	80 分鐘
牆板	80 分鐘	80 分鐘 允許不受保護之牆板面積不超過 40%之 樓板面積，不受保護單元之水平距離 ≥4572mm	允許不受保護
樓板	80 分鐘	80 分鐘	80 分鐘
天花板	80 分鐘	80 分鐘 天花板及梁允許不受保護之面積不超過 20%樓板面積，不受保護單元之水平距 離≥4572mm	允許不受保護
外牆	40 分鐘	40 分鐘	40 分鐘
屋頂	40 分鐘	40 分鐘	40 分鐘

註: Type IV-C 之豎井(服務核)及隱藏空間必須使用不燃材或是以不燃材包覆



參考 IBC 2021 中針對 TYPE IV 之類型所進行的樓考調整可知，加設消防撒水設備、木構造以不燃材料包覆的程度、以及建築物的使用類別等，為影響木構造建築高層的三個主要的因素。在 TYPE IV A/B/C 中，僅有 TYPE IV C 屬於可以較大範圍的裸露木構造，然而豎井(服務核)、隱藏空間、或是外牆部分則必須使用不燃材料。TYPE IV C 在加裝消防撒水設備的條件下，允許辦公服務類別之木造建築高層可達 9 層樓及 26 公尺，居住類別則為 8 層樓及 26 公尺。此外，近期美國亦於加州大學聖地牙哥分校(University of California San Diego)進行了於進行的 10 層樓木構造振動台實驗(NHERI TallWood Project)，本振動台實驗主要為測試不同木構造之抗震系統，因此加裝了各種不同的抗震系統進行振動台實驗。其中，較為特別的是本振動台試驗使用了 921 地震中集集測站所蒐集的地震資料進行模擬，驗證了木構造建築物在集集地震作用下之抗震能力。因此，綜合上述資料，未來 IBC 2021 TYPE IV C 之木構造建築類型或為國內推動修法時的可能木構造建築類型及方向。

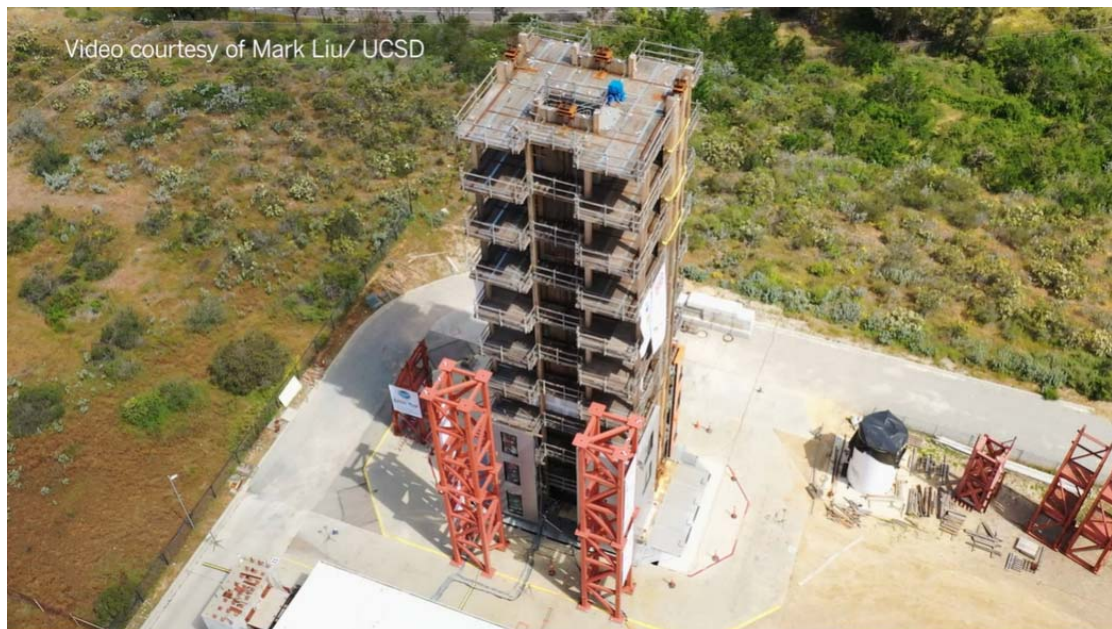


圖 3-17 於 UC San Diego 進行的 10 層樓木構造振動台實驗

(資料來源 www.sandiegouniontribune.com/news/science/story/2023-05-09/10-story-building-uc-san-diego-shake-table)

3.3.2 我國進行木構造建築樓高修正之可行性評估

我國現行建築技術規則於構造編 171-1 條規定，木構造建築住宅的簷高為可達 4 樓及 14m 高。在當時法規頒佈的背景下，此木構造樓層高度所搭配的構造及工法主要為輕型木構造系統(Light Wood Frame)。然而，由前述章節可知，近年來木構造技術的發展日新月異，各類重型木造產品(Glulam, CLT)的技術亦趨成熟，超過 4 樓的木構造亦非不可能，因此確有調整之需要。參考北美 IBC 2021 所頒佈的標準，由於加設消防撒水設備、木構造以不燃材料包覆的程度、以及建築物的使用類別等，為影響木構造建築高層的三個主要的因素。因此，我國在調高木構造高層的修法過程中，亦須同時檢討相關法令是否有不備之處。

(1) 消防撒水設備

由我國建築技術規則施工編第 114 條之自動滅火設備相關規定中可知，建築物在樓高為六層以上第十層以下時，依照建築類型需進行部分的消防撒水設備加設。超過第十一層或為高層建築時，才強制在各分類建築都須加設消防撒水設備。未來若我國以 IBC 2021 TYPE IV C 之木構造建築類型作為未來修法之方向，則須考慮八層以下木構造建築是否全面加設消防撒水設備之議題。

表 3-15 節錄整理建築技術規則施工編第 114 條

法令依據/樓層	用途場所
第六層以上第十層 以下之樓層(施工編 第 114 條)	供第 113 條第 1 款(戲院、電影院、歌廳、 演藝場及集會 堂)使用之舞台
	供第 113 條第 2 款(夜總會、舞廳、酒家、 遊藝場、酒吧、咖啡廳、茶室)使用
	供第 113 條第 3 款(旅館、餐廳、飲食店、 商場、超級市場、零售市場)、第 4 款招待 所 (限於有寢室客房者)、醫院、療養院、養老 院、兒童福利設施、幼稚園、盲啞學校使用
第十一層以上之樓 層(施工編第 114 條)	各分類
高層建築(施工編第 257 條)	各分類

(2) 木構造之防火時效及不燃材料包覆

我國現行建築技術規則施工編第 70 條可知，防火構造物之梁、柱、承重牆、樓板、以及屋頂等，根據樓高不同會有不同的防火時效規定。由於目前我國的主要建築結構系統為梁柱系統為主的抗彎矩構架系統，因此結構體之防火性能主要以梁柱作為主要的承載結構。然而，未來我國以 IBC 2021 TYPE IV C 之木構造建築類型作為未來修法之方向，修改木構造高層至 8 層樓時，直交集成板 CLT 此新工法則會成為中層木構造建築的可能選項之一。現行技術規則中說明在自頂層起算超過第 5 層樓至第 14 層樓之各樓層間，承重牆體僅需保有 1 小時防火時效之規定則需進行檢討。參考與台灣相同樓高/防火規定之日本建築基準法亦會發現，日本建築基準法中針對在自頂層起算超過第 5 層樓至第 14 層樓之各樓層間之承重牆體，明訂其防火時效為 2 小時，此規定說明以若以承重牆體作為如梁柱般主要結構系統時，其防火時效應等同於梁柱結構。

表 3-16 節錄建築技術規則施工編第 70 條

層數	自頂層起算不超過四層之各樓層	自頂層起算超過四層至第十四層之各樓層	自頂層起算第十五層以上之各樓層
主要構造部分	過四層之各樓層	層之各樓層	層
承重牆壁	一小時	一小時	二小時
樑	一小時	二小時	三小時
柱	一小時	二小時	三小時
樓地板	一小時	二小時	二小時
屋頂	半小時		
(一) 屋頂突出物未達計算層樓面積者，其防火時效應與頂層同。			
(二) 本表所指之層數包括地下層數。			

表 3-17 日本建築基準法之相關防火時效規定

自頂層起算	普遍的火災-非損傷性	-	30分鐘	1小時	2小時	3小時
15層以上	隔牆-耐力壁/外牆-耐力壁/樓地板 樑/柱					
5以上14以內之層	隔牆-耐力壁/外牆-耐力壁/樓地板/柱/樑					
2以上4以內 之層，最頂層	隔牆-耐力壁/外牆-耐力壁/樓地板/柱/樑					
-	隔牆-非耐力壁/外牆-非耐力壁(可能延燒部分，上記以外) 屋頂/樓梯					

3.3.3 小結

參考 IBC 2021 中針對 TYPE IV 之類型所進行的樓考調整可知，TYPE IV A/B/C 中，僅有 TYPE IV C 屬於可以較大範圍的裸露木構造，較符合國人對木構造建築物的期待。TYPE IV C 在加裝消防撒水設備的條件下，允許居住類別為 8 層樓高及 26 公尺。此外，近期美國亦於加州大學聖地牙哥分校(University of California San Diego)進行 921 地震中集集測站所蒐集的地震資料進行模擬，驗證了 10 層樓木構造建築物在集集地震作用下之抗震能力。因此，綜合上述資料，未來 IBC 2021 TYPE IV C 之木構造建築類型或為國內推動修法時的可能木構造建築類型(居住類別: 8 層樓高及 26 公尺)及方向。未來修法過程中，亦須同時檢討相關法令，如消防撒水設備及木構造之防火時效等之同步調整。

第四節 CNS 國家標準於現行規範之現況

現行「木構造建築物設計及施工技術規範」是 100 年 5 月 23 日修正，時至今日(112 年 6 月)，規範中引用的 CNS 或其他國家材料標準已經多有變動。綜觀目前木構造建築物設計及施工技術規範引用 CNS 或其他國家材料標準存在以下問題：

1. 規範內容未隨著標準修訂而更新，例如規範4.1 結構用木材引用的「CNS442 木材之分類」，已於101年10月08日修訂。
2. 規範引用的標準已廢止或不存在，例如規範6.2.1 釘的品質中所述的「CNS(圓鐵釘及粗圓鐵釘)」並無此標準。
3. 新公告的相關標準未納入，例如「CNS15581 闊葉樹製材分等」是101年才公布的新標準。

木構造建築物最有關連的 CNS 木業類別，計有 27 種(如表 1)，現行規範引用 20 種，其中 12 種已修訂，4 種已經廢止。規範修訂後新公告 7 種。故規範中引用 CNS 的內容需要重新檢討。本研究預計將 4 份廢止併入其他標準進行說明並於下階段進行修正建議。

表 3-18 中國國家標準 CNS 中有關木構造建築的標準

序號	標準總號	標準名稱	日期	備註*
1	CNS442	木材之分類	101/10/08	M
2	CNS444	製材之分等	101/08/16	M
3	CNS446	針葉樹製材尺度	092/06/10	W
4	CNS447	闊葉樹製材尺度	092/06/10	W
5	CNS3000	加壓注入防腐處理木材	104/12/28	M
6	CNS11031	結構用集成材	103/12/18	M

國際木構造建築物設計技術發展
與設計施工規範檢討更新之研究

7	CNS11032	化粧貼面結構用集成柱	103/10/09	M
8	CNS11667	商用木材名稱	105/07/19	M
9	CNS11671	結構用合板	103/11/17	M
10	CNS13826	造林木針葉樹製材分等	092/06/10	W
11	CNS14429	針葉樹合板	095/08/24	W
12	CNS14495	木材防腐劑	104/12/28	M
13	CNS14630	針葉樹結構用製材	106/05/18	M
14	CNS14631	框組壁工法結構用製材	091/04/10	N
15	CNS14632	框組壁工法結構用縱接材	091/04/10	N
16	CNS14633	框組壁工法結構用針葉樹製材之靜曲應力分等	091/04/10	N
17	CNS14646	結構用單板層積材	104/08/20	M
18	CNS14647	結構用木質嵌板	096/05/02	M
19	CNS14730	防腐處理木材之防腐劑吸收量測定法	105/04/14	M
20	CNS14773	加壓注入防腐處理木地板	100/07/07	M
21	CNS15581	闊葉樹製材分等	101/10/08	N
22	CNS15582	針葉樹底材用製材分等	101/10/08	N
23	CNS6717	木材耐腐朽性試驗法	102/11/29	N
24	CNS15756	木材抗白蟻性試驗法	103/10/24	N
25	CNS15882	天然木化粧單板結構用合板	105/04/14	N
26	CNS16065	木竹材之抗蠹性試驗法	107/09/17	N
27	CNS16114	直交集成板	108/11/14	N

註:說明欄代號"N"表新公告，"M"表修訂，"W"表廢止

第四章 規則及規範新增及修訂建議

第一節 「建築技術規則」修訂建議

參考前述國外木構造法規之檢討，建議針對我國目前在木構造建築發展上，針對部分建築技術規則條文進行修訂或增減。本研究建議針對以下條文進行修訂，修訂之建議及理由說明如下。

表 4.1 建築技術規則建築構造篇部分修正條文案草案對照表

修 正 規 定	現 行 規 定	說 明
第一百七十一之一條 木構造建築物之簷高不得超過十四公尺，並不得超過四層樓。但供公眾使用而非供居住用途之木構造建築物，結構安全經中央主管建築機關審核認可者，簷高及樓層數得不受限制。 <u>但用途類型屬於混合式構造、重木構造或巨木構造，木構造部分加設消防撒水設備，且梁、柱、板、牆、屋頂等符合規範要求者，簷高及樓層數得不受前條限制，但簷高不得超過三十公尺，並不得超過八層樓。</u>	第一百七十一之一條 木構造建築物之簷高不得超過十四公尺，並不得超過四層樓。但供公眾使用而非供居住用途之木構造建築物，結構安全經中央主管建築機關審核認可者，簷高得不受限制。	於現行第 171-1 條外，新增 171-2 條。於 171-2 條中定義混合式構造或重型木構，並參考 IBC 2021 Type IV 之規定，說明加設消防灑水設備之條件下，樓高參考居住類(IBC R 類)之規定。並於規範中定義混合式構造或重型木構。

修 正 規 定	現 行 規 定	說 明
第一百七十三條 木構材不得用於承載磚石、混凝土或其他類似建材之靜載重及由其所生之橫力。<u>經分析後材料應力符合規範容許應力要求者，不在此限。</u> <u>或删除本條。</u>	第一百七十三條 木構材不得用於承載磚石、混凝土或其他類似建材之靜載重及由其所生之橫力。	一、木構材承受之靜載重與橫力應無須考量其來源。 二、容許採用其他符合規範「第4章材料及容許應力」檢核之構法。
第二百零三條 木屋架之設計應符合左列規定，<u>強度檢核符合規範要求者，不在此限。</u>： 一、跨度五公尺以上之木屋架須為桁架，使其各構材分別承受軸心拉力或壓力。 二、各構材之縱軸必須相交於節點，承載重量應作用在節點上。 三、壓力構材斷面須依其個別軸向支撐間之長細比設計。	第二百零三條 木屋架之設計應符合左列規定： 一、跨度五公尺以上之木屋架須為桁架，使其各構材分別承受軸心拉力或壓力。 二、各構材之縱軸必須相交於節點，承載重量應作用在節點上。 三、壓力構材斷面須依其個別軸向支撐間之長細比設計。	目前國內外以膠合或其它方式製作之木質構材已普遍用於跨度5公尺以上之屋架結構，此條文恐已不合時宜。現行規範對於木質桁架之構材設計及接合已有明確規定，建議回歸規範規定。

第二節 「木構造建築物設計及施工技術規範」修訂建議

木構造建築物設計及施工技術規範之修正建議及說明如下表所示，針對目前規範中可能面臨的問題進行彙整，並提出未來修正的方向。

現行章節	使用上之可能問題	新增直交集成板 CLT 之章節/說明
第一章 總則		
第二章 結構計畫及 各部份構造	1. 缺少對直交集成板 CLT 構造及工法之描述，本研究建議增加定義及說明。 2. 缺少對輕型木構 (Light wood frame)、重型木構 (Heavy timber)、巨木結構 (Mass timber) 之定義。本研究建議新增定義及說明。	1. 增加直交集成板 CLT 之工法說明 2. 增加輕型木構 (Light wood frame)、重型木構 (Heavy timber)、巨木結構 (Mass timber) 之定義。 3. IBC2021 中新增之 Mass timber 即為 CLT。
第三章 結構分析	1. 目前僅有容許應力法 ASD 之組合載重規定，缺少對 LRFD 之組合載重規定，未來與 RC 進行混構造設計時之組合載重待釐清。 2. 現行耐震設計規範中，木構造的韌性容量 R 定義不明確。	
第四章	1. CNS 國家標準更新。	增加直交集成板 CLT 之材料/設

材料及容許 應力	2. 歐盟(EU)、美國 (AWC/NDS)、加拿大 (O-86)等進口木構材的 材料容許應力值，與國 內現行規範進行換算。 3.當使用進口木材時， 設計方法可採用當國設 計法計算 (EU/美國/加 拿大等) 。	計說明，詳附件四。
第五章 構材設計	當使用國外設計法時， 組合載重及材料強度計 算可依循當國標準(EU/ 美國/加拿大等) 。	
第六章 構材接合部 設計	當使用國外設計法時， 組合載重及材料強度計 算可依循當國標準(EU/ 美國/加拿大等) 。	
第七章 框組式構造		
第八章 建築物之耐 久性與維護 計畫		
第九章 建築物之防 火規定		增加直交集成板 CLT 之防火設 計說明。

表 4.2 新增重木結構與巨木結構說明條文草案對照表

修正規定	現行規定	說明	明																																																			
1. 木結構之主要結構構件斷面尺寸超過下表者，屬於重木結構。 2. 巨木結構之尺寸規定如下表。	無	參考IBC 2021明定於Table 2304.11 Minimum Dimensions of Heavy Timber Structural Members之重型木構造的相關尺寸。並參考IBC 2021中Section 2304.11.2.1 Exterior walls/ Section 2304.11.2.2 Interior walls and partitions/ Section2304.11.3.1 Cross-laminated timber floors / 2304.11.4.1 Cross-laminated timber roofs，關於直交集成板在垂直單元及水平單元上之基本尺寸定義。 表(1) IBC 2021 重型木構造(Heavy Timber)之斷面尺寸定義																																																				
<table><tr><th rowspan="2">SUPPORTING</th><th rowspan="2">HEAVY TIMBER STRUCTURAL ELEMENTS</th><th colspan="2">MINIMUM NOMINAL SOLID SAWN SIZE</th><th colspan="2">MINIMUM GLUED-LAMINATED NET SIZE</th><th colspan="2">MINIMUM STRUCTURAL COMPOSITE LUMBER NET SIZE</th></tr><tr><th>Width, inch</th><th>Depth, inch</th><th>Width, inch</th><th>Depth, inch</th><th>Width, inch</th><th>Depth, inch</th></tr><tr><td rowspan="2">Floor loads only or combined floor and roof loads</td><td>Columns; Framed sawn or glued-laminated timber arches that spring from the floor line; Framed timber trusses</td><td>8</td><td>8</td><td>6³/₄</td><td>8¹/₄</td><td>7</td><td>7¹/₂</td></tr><tr><td>Wood beams and girders</td><td>6</td><td>10</td><td>5</td><td>10¹/₂</td><td>5¹/₄</td><td>9¹/₂</td></tr><tr><td rowspan="3">Roof loads only</td><td>Columns (roof and ceiling loads); Lower half of: wood-frame or glued-laminated arches that spring from the floor line or from grade</td><td>6</td><td>8</td><td>5</td><td>8¹/₄</td><td>5¹/₄</td><td>7¹/₂</td></tr><tr><td>Upper half of: wood-frame or glued-laminated arches that spring from the floor line or from grade</td><td>6</td><td>6</td><td>5</td><td>6</td><td>5¹/₄</td><td>5¹/₂</td></tr><tr><td>Framed timber trusses and other roof framing;^a Framed or glued-laminated arches that spring from the top of walls or wall abutments</td><td>4^b</td><td>6</td><td>3^b</td><td>6⁷/₈</td><td>3¹/₂^b</td><td>5¹/₂</td></tr></table> For SI: 1 inch = 25.4 mm. a. Spaced members shall be permitted to be composed of two or more pieces not less than 3 inches nominal in thickness where blocked solidly throughout their intervening spaces or where spaces are tightly closed by a continuous wood cover plate of not less than 2 inches nominal in thickness secured to the underside of the members. Splice plates shall be not less than 3 inches nominal in thickness. b. Where protected by approved automatic sprinklers under the roof deck, framing members shall be not less than 3 inches nominal in width.				SUPPORTING	HEAVY TIMBER STRUCTURAL ELEMENTS	MINIMUM NOMINAL SOLID SAWN SIZE		MINIMUM GLUED-LAMINATED NET SIZE		MINIMUM STRUCTURAL COMPOSITE LUMBER NET SIZE		Width, inch	Depth, inch	Width, inch	Depth, inch	Width, inch	Depth, inch	Floor loads only or combined floor and roof loads	Columns; Framed sawn or glued-laminated timber arches that spring from the floor line; Framed timber trusses	8	8	6 ³ / ₄	8 ¹ / ₄	7	7 ¹ / ₂	Wood beams and girders	6	10	5	10 ¹ / ₂	5 ¹ / ₄	9 ¹ / ₂	Roof loads only	Columns (roof and ceiling loads); Lower half of: wood-frame or glued-laminated arches that spring from the floor line or from grade	6	8	5	8 ¹ / ₄	5 ¹ / ₄	7 ¹ / ₂	Upper half of: wood-frame or glued-laminated arches that spring from the floor line or from grade	6	6	5	6	5 ¹ / ₄	5 ¹ / ₂	Framed timber trusses and other roof framing; ^a Framed or glued-laminated arches that spring from the top of walls or wall abutments	4 ^b	6	3 ^b	6 ⁷ / ₈	3 ¹ / ₂ ^b	5 ¹ / ₂
SUPPORTING	HEAVY TIMBER STRUCTURAL ELEMENTS	MINIMUM NOMINAL SOLID SAWN SIZE				MINIMUM GLUED-LAMINATED NET SIZE		MINIMUM STRUCTURAL COMPOSITE LUMBER NET SIZE																																														
		Width, inch	Depth, inch	Width, inch	Depth, inch	Width, inch	Depth, inch																																															
Floor loads only or combined floor and roof loads	Columns; Framed sawn or glued-laminated timber arches that spring from the floor line; Framed timber trusses	8	8	6 ³ / ₄	8 ¹ / ₄	7	7 ¹ / ₂																																															
	Wood beams and girders	6	10	5	10 ¹ / ₂	5 ¹ / ₄	9 ¹ / ₂																																															
Roof loads only	Columns (roof and ceiling loads); Lower half of: wood-frame or glued-laminated arches that spring from the floor line or from grade	6	8	5	8 ¹ / ₄	5 ¹ / ₄	7 ¹ / ₂																																															
	Upper half of: wood-frame or glued-laminated arches that spring from the floor line or from grade	6	6	5	6	5 ¹ / ₄	5 ¹ / ₂																																															
	Framed timber trusses and other roof framing; ^a Framed or glued-laminated arches that spring from the top of walls or wall abutments	4 ^b	6	3 ^b	6 ⁷ / ₈	3 ¹ / ₂ ^b	5 ¹ / ₂																																															
		IBC 2021 中 CLT 基本尺寸之說明： 2304.11.2 Partitions and walls. Partitions and walls shall comply with Section 2304.11.2.1 or 2304.11.2.2. 2304.11.2.1 Exterior walls. Exterior walls shall be permitted to be cross-laminated timber not less than 4 inches (102 mm) in thickness meeting the requirements of Section 2303 .1.4. 2304.11.2.2 Interior walls and partitions. Interior walls and partitions shall be of solid wood construction formed by not less than two layers of 1-inch (25 mm) matched boards or laminated																																																				

修正規定	現行規定	說明
		construction 4 inches (102 mm) thick, or of 1-hour fire-resistance-rated construction. 2304.11.3 Floors. Floors shall be without concealed spaces or with concealed spaces complying with Section 602.4.4.3. Wood floors shall be constructed in accordance with Section 2304.11.3.1 or 2304.11.3.2. 2304.11.3.1 Cross-laminated timber floors. Cross laminated timber shall be not less than 4 inches (102 mm) in actual thickness. Cross-laminated timber shall be continuous from support to support and mechanically fastened to one another. Cross-laminated timber shall be permitted to be connected to walls without a shrinkage gap providing swelling or shrinking is considered in the design. Corbelling of masonry walls under the floor shall be permitted to be used. 2304.11.4.1 Cross-laminated timber roofs. Cross laminated timber roofs shall be not less than 3 inches (76 mm) nominal in thickness and shall be continuous from support to support and mechanically fastened to one another.

表(2) 巨木結構 CLT(Mass Timber, Cross Laminated Timber)基本尺寸表

CLT	用途	最小厚度	
		inch	cm
垂直單元	外牆	4	10.2
	內牆	4	10.2
水平單元	屋頂板	3	7.6
	樓板	4	10.2

表(3) 重木結構(Heavy Timber)基本尺寸表

載重類型	重木結構 結構構件	鋸木 (最小標稱尺寸) (cm)		膠合木 (最小實際尺寸) (cm)		結構複合材 (最小實際尺寸) (cm)	
		寬	深	寬	深	寬	深
僅樓板荷載或 樓板與屋頂合 併載重	柱/桁架/樓板面起之 鋸木或是膠合拱柱	20.3	20.3	17.1	21.0	17.8	19.1
	木樑	15.2	25.4	12.7	26.7	13.3	24.1
僅屋頂載重 (含天花板)	受屋頂或天花載重之 柱/樓板面起之鋸木或 是膠合拱柱之下半部	15.2	20.3	12.7	21.0	13.3	19.1
	樓板面起之鋸木或是 膠合拱柱之上半部	15.2	15.2	12.7	15.2	13.3	14.0
	屋頂桁架及其他類型 屋頂結構/牆頂起之鋸 木或是膠合拱柱	10.2	15.2	7.6	17.5	8.9	14.0

表 4.3 新增混合構造說明修正條文案對照表

修 正 規 定	現 行 規 定	說 明
1. 混合式結構係指於鋼筋混凝土結構、鋼結構、SRC結構或不同構造類型木結構混用之建築型式。 2. 當混合式結構以下部鋼筋混凝土結構、鋼結構、SRC結構，混用上半部木結構時，考慮地震力作用下之影響，則上半部木結構之設計地震力值須酌量放大。	無	1. 考量下部RC結構或鋼結構對於上半部木結構在地震力作用下之影響，上半部木結構之設計地震力值須酌量放大。 2. 混合式結構之上半部木結構屬於輕型木構造者，上半部木構造高度以建築技術規則171-1條規定，最高4層樓為限。 3. 混合式結構之上半部木結構屬於重型木構造者，總樓高參考建築技術規則171-2條規定，最高8層樓為限。

表 4.4 新增組合載重修正條文案對照表

修 正 規 定	現 行 規 定	說 明
極限強度法(LRFD)設計組合載重 1. 1.4D 2. 1.2D + 1.6L 3. 1.2D + 0.5L ± 1.6W 4. 1.2D + 0.5L ± E 5. 0.9D ± E 6. 0.9D ± 1.6W	無	由於目前國內結構設計法規(例如RC結構及鋼結構)主要參考美國規範，建議新增之極限強度法(LRFD)設計時之組合載重，採用IBC/ASCE 7規定之載重組合(同我國現行耐震設計規範中之RC結構及鋼結構組合載重)。

表 4.5 新增材料容許應力換算方式說明條文案對照表

修 正 規 定	現 行 規 定	說 明
當使用進口木材時，設計方法可採用當國設計法計算 (EU/美國/加拿大等)。如使用我國規範的情況下，可參考解說之方法進行木材容許應力之計算。	無	對於主要採用極限強度設計法的區域而言，若木材的容許強度欲搭配我國容許應力設計法時，木材的容許強度值計算則需要經過換算(主要以特徵強度值作為換算的基準)，方可適用於我國現行的容許應力設計法，換算方法說明如下。

修	正	規	定	現 行 規 定	說 明
					(1) 無缺點縮尺實驗木材之特徵強度值 短期容許應力(sF)及長期容許應力(LF) 推導方式係根據基準強度值F，採用下式 之公式進行計算。 ${}_sF = {}_0F \times \frac{2}{3} \times \alpha \quad (1)$ ${}_L F = \beta \times {}_sF \quad (2)$ 上式中，${}_0F$表示對於該樹種之基準強度 值，乘上變異係數4/5後所得之值，各樹 種群所帶入之${}_0F$如表3所示，惟上等結 構材之抗剪應力者，是直接以基準強度 (特徵強度值)當作${}_0F$。而係數2/3則表示 在壓縮、抗彎試驗中，比例限度應力對 破壞強度之比例，惟抗拉、抗剪者係具 有破壞強度之2/3的係數，可視為對於破 壞額外具有1.5倍之安全率之考量。α代 表缺點所引起的折減係數，在抗彎與抗 壓應力方面，普通結構材的場合各取 0.45及0.62代入；在上等結構材的場合 則各取0.56及0.75代入，而對於抗剪應 力，α則取0.5代入。β則代表長期容許 應力對於短期容許應力之比例，一般取 0.5代入，即表示短期容許應力為長期容 許應力之2倍。另一方面，抗拉容許應 力值可直接以抗彎容許應力值乘以0.60 倍表示，該係數係參考日本建築學會

修	正	規	定	現 行 規 定	說 明
					(1995)之資料，以柳杉正角材（針葉樹IV類）經一連串之實體抗彎、縱向抗拉試驗後所得之5%分位值（95%下限水準值），求得兩者之比例為0.64倍，並修整為0.60倍而得，而針葉樹II類與III類則沿用相同之係數進行計算，惟I類者因考量到其縱向抗拉之破壞型態相當脆性，故與II類者之值相同。 (2) 實大尺寸木材實驗之特徵強度值 實大尺寸試體可為製材、集成材(Glulam)、或是直交集成板(CLT)等產品，由於進行實驗的試體已經包含的木材缺陷可能的影響，因此以日本JAS及歐盟Eurocode為例，所提供的實尺寸試驗之基準強度，或稱特徵強度值，不須如上一節無缺陷木材的實驗般進行缺點的折減。對應到我國目前使用的容許應力法而言，則須考慮在Madison Curve曲線下之長短期容許強度之影響，以及1.5倍的安全係數折減。以現行木構造建築施工及設計規範來說，表4.5-5為非對稱等級結構用集成材的容許應力強度，若舉E100-F285為例，E100指的是彈性模數值$100 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$，而F285則是指抗彎破壞之基準強度值(特徵強度值)為285 kgf/cm^2。此時，參考表3-4之概念，短

修	正	規	定	現 行 規 定	說 明
					期容許應力值為基準強度值之$2/3$，而長期容許應力值為基準強度值之$1/3$，因此規範中的長期容許應力值應為 $285 \times 1/3 = 95 \text{ kgf/cm}^2$，同表4.5-5中之$L_{fbx-x}$之值。因此，當進口木材已知其特徵強度值(Characteristic strength, 同基準強度)後，則可透過上述概念換算得可用於規範中評估使用之容許應力。

表 4.6 新增 CLT 修正條文案對照表

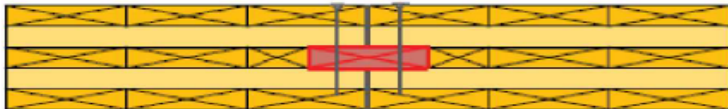
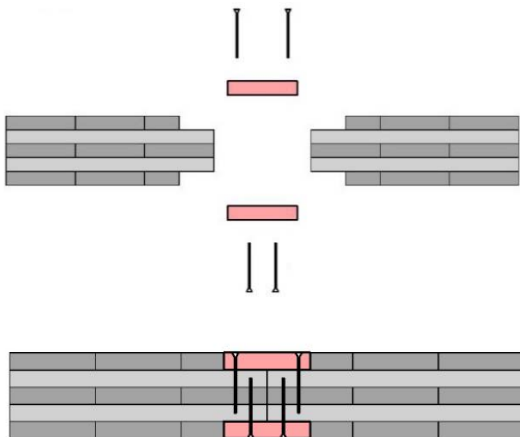
修 正 規 定	現 行 規 定	明 說
1 一般規定 1.1 木構造建築物採用CLT構造時，其材料、構造及工程設計應符合本章及本規範之規定。 1.2 他國同等級既有之CLT構造制式工法，其工程設計與施工及技術手冊經中央主管機關依規定認可者，得依本章之規定引用。	無	CLT為一種預製的工程木材，由不少於三層的實心鋸製材(solid-sawn lumber)或結構複合木材(structural composite lumber)組成，其中相鄰的層是正交方向(cross oriented)的並用結構粘合劑粘合以形成實木元件。板材之尺寸可以依設計需求訂製。目前各國針對CLT之法規大多在研擬階段，因此關於各國之CLT相關規定，北美可參考NDS、CLT Handbook之相關規定，日本可參考CLT關連告示等解說書、CLT建築施工設計手冊等相關規定，歐盟則可參考Eurocode EN 16351:2015 Timber structures-Cross laminated timber. Requirements。
2 材料 2.1 本章規定之結構用構材、扣件等，均應符合本規範之規定。 2.2 結構構材、扣件等必須保護之部分，應符合本規範及國家標準相關防火法令之規定。應施作必要之防腐及防蟻處理，並符合本規範及國家標準。 2.3 結構用CLT板材應符合ISO-16696-1及本章規定。 2.4 符合CNS或他國同等級規範之CLT材料標準(JAS,NDS,EN)、或採用經認可之替代性或專利性產品。 2.5 經中央主管機關認可之替代性或專利性CLT製品，應於產品上標示下列事項： (1) 材料製造者 (2) 生產日期及地點 (3) 獨立認證之第三者檢驗單位之	無	各國之CLT相關規定，北美可參考NDS、CLT Handbook、PRG-320-2019之相關規定，日本可參考CLT關連告示等解說書、CLT建築施工設計手冊等相關規定，歐盟則可參考Eurocode EN 16351:2015 Timber structures-Cross laminated timber. Requirements。

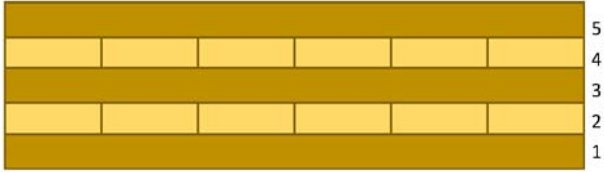
修 正 規 定	現 行 規 定	說 明
標章 (4) 中央主管機關之認可文號或標章 2.6 本章所使用之扣件，應符合中華民國國家標準或經認可之其他國家標準之規定(JAS,NDS,EN/ETA等)，並應符合本規範6.2節至6.10節之規定。		
3 工程設計法 3.1 CLT結構構材與其他位於載重路徑之構材與構架之設計，應能安全承受施工及使用期間預期作用其上之任何載重，使其不超過容許應力與撓度。 3.2 建築物基礎應能提供建築物安全之錨定，並安全承受第三章規定之載重，且使其基礎之總位移及相對位移小於建築物之容許位移。	無	參考4.2.4節 在解說裡說明未來使用哪一國產品就以該國規範對應之設計載重計算方式為主
4 CLT構造之設計，應符合建築物耐震設計規範之規定。	無	參考4.2.4節至4.2.4節 接合部設計參考4.2.5節 於解說中說明：符合其他國家認可之接合件設計方法、或採用經認可之替代性或專利性製品，經中央建築主管機關依相關法令及本規範之規定審核認可後，方可使用。

表 4.7 新增 CLT 防火規定章節修正條文案草案對照表

修	正	規	定	現 行 規 定	說	明
9.3木構造防火設計 (5) 直交集成板CLT (a) 構材之最小斷面應依防火時效設計，於時效內燃燒之殘餘強軸集成元斷面須符合結構設計承載能力所需之最小強軸集成元之斷面尺寸。 (b) 不同材種直交集成板具 1 小時防火時效之樓板規格依表 9.3-2 所示。非屬表 9.3-2 中之直交集成板規格，以炭化速率進行火害後之殘餘斷面估算，並依直交集成板之等級進行殘餘勁度及強度之評估。炭化速率依以下公式計算： $a_{eff} = 1.2a_{char} = 1.2\beta_n t^{0.813}$ 其中 β_n(cm/hr) 之炭化速率代表 1 小時的炭化深度，本研究建議 $\beta_n=4$cm (FDS 之建議值為 1.5in)，進行有效炭化深度的計算。或是提出樹種之 1 小時炭化深度後，帶入上式進行有效炭化深度 a_{eff} 之計算。 (c) 接合部之金屬扣件應使用適當之防火被覆材，或將金屬扣件設置於規定防火時效之安全斷面內，以確保接合部之強度。 (d) 符合第一百七十一之二條(新增)之木造建築物，主要結構單元除應符合建築技術規則及規範所訂之防火時效外，防火時效之 2/3 應由具耐燃時效之不燃材料包覆： (i) 結構梁及結構柱: 2 小時防火時效者，則需耐燃一級材料至少 80 分鐘被覆。1 小時防火時效者，則需耐燃一級材料至少 40 分鐘被覆。 (ii) 樓板: 2 小時防火時效者，則需耐燃一級材料至少 80 分鐘被				無	現行「木構造建築物設計及施工技術規範」第九章建築物之防火中，「9.3 木構造防火設計」定義木構造分為梁柱構件、框組壁式、以及原木層疊三類，建議增訂直交集成板 CLT。並參考 Type IV B 之耐燃規定。	

修 正 規 定	現 行 規 定	說 明
覆。1 小時防火時效者，則需耐燃一級材料至少 40 分鐘被覆。 (iii) 牆板: 2 小時防火時效者，則需耐燃一級材料至少 80 分鐘被覆。1 小時防火時效者，則需耐燃一級材料至少 40 分鐘被覆。且允許不受保護之牆板面積不超過 40%之樓板面積，不受保護單元之水平距離$\geq 4572\text{mm}$ (iv) 天花板: 2 小時防火時效者，則需耐燃一級材料至少 80 分鐘被覆。1 小時防火時效者，則需耐燃一級材料至少 40 分鐘被覆。且允許不受保護之牆板面積不超過 40%之樓板面積，不受保護單元之水平距離$\geq 4572\text{mm}$ (v) 外牆及屋頂: 耐燃一級材料被覆，耐燃至少 40 分鐘。 (vi) 由中央主管機關認可之 5/8" X-type 石膏板 (5/8" X-type gypsum board) 符合 40 分鐘之耐燃一級要求，其他同等級經國內外實驗室實驗，並符合國內標準者，經中央主管機關驗證後採用。		
解說: 1. 採CNS12514-4/A3305-4「建築物構造構件耐火試驗法-第4部: 承重垂直區劃構件特定要求」, 以及CNS12514-5/A3305-5「建築物構造構件耐火試驗法-第5部: 承重水平區劃構件特定要求」, 進行CLT牆板及樓板之驗證。 2. 直交集成板CLT採用我國於108年11月14日公布國家標準CNS16114之定義。然而CNS16114內文中針對直交集成板作為結構用途則另有規定, 即「若要做為建築結構用途, 則可參考<u>ISO 16696-1</u>並應依建築主管機關法規規定。」 3. CLT樓板單片尺寸為$160 \times 440 \text{ cm}^2$, 第1,3,5層屬於強軸方向, 並將兩片$160 \times 440 \text{ cm}^2$之CLT試體利用 "single internal	無	表 9.3-2 之增修建議主要為通過 1 小時火害實驗之試體, 包含日本扁柏 CLT 樓板、北美花旗松 CLT 樓板, 以及國產柳杉 CLT 牆板實驗。此表格亦彙整由業界廠商委託建研所防

修	正	規	定	現 行 規 定	說	明
	spline” 的拼接方式進行拼接，裁切加工後符合框架尺寸 (303×432 cm²)。 4. 國產柳杉承重牆板材尺寸約為300×300 cm²，第1,3,5層屬於強軸方向，利用 “double internal spline” 的拼接方式進行拼接，裁切加工後符合試體框架尺寸並進行加工。  (a) single internal spline  (b) Double Surface Splines				火實驗室所進行的 12 cm 日本扁柏 CLT 樓板及 12.5 cm 歐洲雲杉 CLT 樓板之實驗結果，並針對樓板撓曲變形進行檢核，確認樓板最大變形不超過最大容許撓曲變形規定 (D=L ² /400d)。	
	5. 直交集成板之集成元厚度依各國標準及用途不同亦有差異，集成元厚度應參考各國常用尺寸。另外，關於直交集成板 CLT 之規格方面，日本扁柏 CLT 符合日本 JAS/JIS 標準，花旗松 CLT 符合 ISO 16696-1 標準並由 APA 檢驗合格，歐洲雲杉 CLT 符合 ISO 16696-1 標準，國產柳杉符合 CNS16114 標準。集成元及 CLT 板之尺寸許可差參考”CNS16114 表 1.尺寸許可差”之規定。					

修	正	規	定	現 行 規 定	說 明
 6. 於樓板上加載 300 kgf/m²之載重，並於 ISO834-1 之燃燒曲線下所得之 1 小時火害結果，針對樓板撓曲變形進行檢核，並確認樓板之最大撓曲變形不超過最大容許撓曲變形之規定 ($D=L^2/400d$)。					

表(4) 規範表 9.3-2 適用 1 小時防火設計之直交集成板 CLT

適用材種		規格	厚度(cm)
1	國產柳杉、日本柳杉	Mx60-5-5、S60-5-5	15.0
2	北美花旗松、日本扁柏、 歐洲雲杉、歐洲赤松	Mx90-5-5、S90-5-5	12.0
3	日本扁柏-日本柳杉複合板	Mx90-5-5 (2.3.4層為日本柳杉)	12.0

表(5) 國際標準炭化速率及國內實驗數據比較

	評估條件		炭化速率 mm/min	炭化深度 mm
炭化深度/速率 (參考國際規範 及標準)	歐盟 EU5	集成材	0.7	42
			(考慮零強度層)	42+7
		實木	0.8	48
	美國 NDS	評估式		46 (1.8in)
		$\beta_{eff} = \frac{1.2\beta_n}{t^{0.187}}$		
		$a_{char} = \beta_{eff}t = 1.2\beta_n t^{0.813}$		
	日本 CLT 規範	苯酚甲醛樹脂	0.7	42
		API 系樹脂	0.84~1	50.4~60
	大陸 GBT 50708 膠合木 結構技術規範 (同北美 NDS)	0.5 hr	-	26
		1.0 hr	-	46
		1.5 hrs	-	64
		2.0 hrs	-	80
	109 年度	日本扁柏	0.73~0.84	44~51
	109 年度	北美花旗松	0.72	41~49
	111 年度	國產柳杉	0.68~0.82	44

表 4.8 規範中更新 CNS 修正條文案對照表

修 正 規 定	現 行 規 定	說 明
中國國家標準已公佈施行之相關標準如下： CNS442 木材之分類 CNS444 製材之分等 CNS3000 加壓注入防腐處理木材 CNS 11031 結構用集成材 CNS11032 化粧貼面結構用集成柱 CNS 11667 商用木材名稱 CNS 11671 結構用合板 CNS 14495 木材防腐劑 CNS14630 針葉樹結構用製材 CNS 14631 框組壁工法結構用製材 CNS 14632 框組壁工法結構用縱接材 CNS 14633 框組壁工法結構用針葉樹製材之靜曲應力分等 CNS14646 結構用單板層積材 CNS14647 結構用木質嵌板 CNS14730 防腐處理木材之防腐劑吸收量測定法 CNS14773 加壓注入防腐處理木地板 CNS15581 闊葉樹製材分等 CNS15582 針葉樹底材用製材分等 CNS6717 木材耐腐朽性試驗法 CNS15756 木材抗白蟻性試驗法 CNS15882 天然木化粧單板結構用合板 CNS16065 木竹材之抗黴性試驗法 CNS16114 直交集成板	中國國家標準已公佈施行之相關標準如下： CNS 442 木材之分類 CNS 444 製材之分等 CNS 446 針葉樹製材尺度 CNS 447 闊葉樹製材尺度 CNS 11031 結構用集成材 CNS 11032 化妝構造用集成材 CNS 11667 商用木材名稱 CNS 11671 結構用合板 CNS 13826 造林木針葉樹製材分等 CNS 14429 針葉樹合板 CNS 14495 木材防腐劑 CNS 3000 木材之加壓注入防腐處理方法 CNS 14646 結構用單板層積材 CNS 14647 結構用木質板 CNS 14630 針葉樹結構用製材 CNS 14631 框組壁工法結構用製材 CNS 14632 框組壁工法結構用縱接材 CNS 14633 框組壁工法結構用針葉樹製材之靜曲應力分等 CNS 加壓式防腐處理木地板(審訂中) CNS 木材防腐劑吸收量之測定方法(審訂中)	木構造建築物最有關連的CNS木業類別，計有27種，現行規範引用20種，其中12種已修訂，4種已經廢止。規範修訂後新公告7種。故規範中引用CNS的內容需要重新修正。

第五章 結論與建議

第一節 結論

現階段研究成果主要針對木造建築之樓層高度修正建議及評估、混合式結構之設計方法、以及直交集成板 CLT 之相關規定進行說明。

1. 木造建築之樓層高度修正建議

參考 IBC 2021 中針對 TYPE IV 之類型所進行的樓考調整可知，TYPE IV A/B/C 中，僅有 TYPE IV C 屬於可以較大範圍的裸露木構造，較符合國人對木構造建築物的期待。TYPE IV C 在加裝消防撒水設備的條件下，允許居住類別為 8 層樓高及 26 公尺。此外，近期美國亦於加州大學聖地牙哥分校(University of California San Diego)進行 921 地震中集集測站所蒐集的地震資料進行模擬，驗證了 10 層樓木構造建築物在集集地震作用下之抗震能力。因此，綜合上述資料，未來 IBC 2021 TYPE IV C 之木構造建築類型或為國內推動修法時的可能木構造建築類型(居住類別: 8 層樓高及 26 公尺)及方向。然而，考慮目前國內木構造發展尚未成熟，短期目標而言可以樓層數 8 層樓及樓高 30 公尺，搭配 TYPE IV B 之耐燃被覆條件進行法規及規範之修正方向。中期目標則待國內木構造發展有一定成熟度後，逐步開放樓層數 12 層甚至 18 層的高度。長期目標而言，則是以性能設計取代目前國內的規格設計方法，不限制木構造建築的樓層高度。與此同時，亦須同時檢討相關法令，如消防撒水設備及木構造之防火時效等之同步調整。

2. 混合式結構之設計方法

由於混合式構造主要可能為輕型木構(Light Wood Frame)/重型木構(Heavy/Mass Timber)與 RC 結構或鋼結構進行混用。因此於規範中宜先增訂關於輕型木構(Light Wood Frame)與重型木構(Heavy/Mass Timber)之定義。另外，由於我國木構造規範中之木結構設計主要採用容許應力法(ASD)，與 RC 結構或鋼結

構中可用極限強度法(LRFD)之組合載種不同，亦會造成混合式結構在設計上的困難。因此，本研究建議在木構造規範中新增使用極限強度法(LRFD)設計時之組合載重。由於目前國內結構設計法規(例如 RC 結構及鋼結構)主要參考美國規範，建議新增之極限強度法(LRFD)設計時之組合載重，採用 IBC/ASCE 7 規定之載重組合(同我國現行耐震設計規範中之 RC 結構及鋼結構組合載重)。R 值設計上則建議以整個建築物以最小的 R 值設計。然而，針對 CLT 之 R 值建議，後續將協請財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心蒐集相關資料分析及檢討納入規範修正草案。

3. 直交集成板 CLT 之相關規定

針對直交集成板 CLT 之規定，建議於木構造建築物設計及施工技術規範中新增直交集成板 CLT 之相關說明

- (1) 參考美國 NDS、日本 CLT 關連告示等解說書、歐盟 EN 16351:2015 等資料，進行 CLT 之材料定義。
- (2) 參考北美 NDS、CLT Handbook，日本 CLT 關連告示等解說書、CLT 建築施工設計手冊，及歐盟 EN 16351:2015 Timber structures-Cross laminated timber. Requirements 等資料，說明美日歐目前之設計方法、實驗結果、及典型接合部等。
- (3) 建議於木構造規範中新增表 9.3-2，不同材種 CLT 之 1 小時適用規格表。另外，定義非規格之 CLT 其炭化層計算方式及未來火害後設計評估方法。

4. 規範中 CNS 相關規定之修訂

木構造建築物最有關連的 CNS 木業類別於現行規範引用 20 種，其中 12 種已修訂，4 種已經廢止。規範修訂後新公告 7 種。故規範中引用 CNS 的內容重新檢討並於本研究中提出修正建議。

5. 固定資產耐用年數之修正

財政部 106 年 2 月 3 日台財稅字第 10604512060 號令固定資產耐用年數中，規定木造建築物之耐用年數僅有 10 年。然而，根據本研究之內容，木造建築在適當地維護管理下耐用年限可超過 10 年以上，未來確有檢討修正之必要。

第二節 建議

根據研究發現，本研究針對行政檢查業務委託民間辦理處理的法制化，提出下列具體建議。以下分別從立即可行的建議、及長期性建議加以列舉。

建議一

木構造規範增修條文:立即可行之建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：內政部國土管理署

針對研究建議之木構造建築物設計及施工規範增修條文進行研擬及修訂，主要有直交集成板 CLT 之材料、工法、設計以及防火性能等相關規定，以及混合構造之定義等項目。另外，考慮目前國內木構造發展尚未成熟，短期目標而言可以木構造樓層數 8 層樓及樓高 30 公尺為目標，搭配 IBC 2021 Type IV B 之耐燃被覆條件進行法規及規範之修正方向。

建議二

建築技術規則中木構造樓高限制:中期性建議

主辦機關：內政部國土管理署

協辦機關：內政部建築研究所

針對目前研究建議之木構造建築物之樓高部分，中長期目標建議持續進行現行建築技術規則之研擬及修訂。中期目標則待國內木構造發展有一定成熟度後，逐步開放樓層數 12 層甚至 18 層的高度。長期目標而言，則是以性能設計取代目前國內的規格設計方法，不限制木構造建築的樓層高度。與此同時，亦須同時檢討相關法令，如消防撤水設備及木構造之防火時效等之同步調整。

建議三

木構造耐用年限之修正:長期性建議

主辦機關：財政部財稅局

協辦機關：內政部國土管理署、內政部建築研究所

財政部 106 年 2 月 3 日台財稅字第 10604512060 號令固定資產耐用年數中，規定木造建築物之耐用年數僅有 10 年。然而，根據本研究之內容，木造建築在適當地維護管理下耐用年限可超過 10 年以上，未來確有檢討修正之必要。

參考文獻

- [1] 內政部建築研究所，木構造建築物設計及施工技術規範修訂之研究，民國 101 年。
- [2] 內政部，建築技術規則，民國 108 年。
- [3] 內政部，木構造建築物設計及施工技術規範，民國 100 年。
- [4] 內政部，混凝土結構設計規範，民國 106 年。
- [5] 內政部，鋼構造建築物鋼結構設計技術規範-(一)鋼結構容許應力設計法規範及解說，民國 99 年。
- [6] 內政部，鋼構造建築物鋼結構設計技術規範-(二)鋼結構極限設計法規範及解說，民國 99 年。
- [7] 內政部，建築物磚構造設計及施工規範，民國 96 年。
- [8] 內政部，冷軋型鋼構造建築物結構設計規範及解說，民國 104 年。
- [9] ICC, International Building Code - Code and Commentary. International Code Council; Country Club Hills, IL, USA, 2018.
- [10] ASCE, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE/SEI 7-16; American Society of Civil Engineers; Reston, VA, USA, 2016.
- [11] 內政部，建築物耐震設計規範及解說，民國 100 年。
- [12] AWC, Manual for Engineered Wood Construction, 2018 Edition, American Wood Council, Leesburg, VA, USA, 2018.
- [13] AWC, Special Design Provisions for Wind and Seismic, 2015 Edition, American Wood Council, Leesburg, VA, USA, 2014.
- [14] AWC, NDS for Wood Construction, 2018 Edition, American Wood Council, Leesburg, VA, USA, 2017.
- [15] AWC, NDS Supplement: Design Values for Wood Construction, 2018 Edition, American Wood Council, Leesburg, VA, USA, 2018.

- [16] Luca Pozza, Roberto Scotta, Davide Trutalli, Mario Pinna, Andrea Polastri and Paolo Bertoni, Experimental and Numerical Analyses of New Massive Wooden Shear-Wall Systems, Buildings, Vol 4, pp 355-374, 2014
- [17] CLT Handbook (USA Edition), FPInnovations, 2013
- [18] 木質構造設計規準・同解説, 日本建築學會, 2006
- [19] 安井昇, 大規模木造建築の防耐火設計, 技術報告, Vol.40, No.4, pp7-18, 2015
- [20] 安井昇, 加来千紘, スギ材を仕上げてに用いた準耐火構造壁の開発, 技術報告, Vol.41, No.4, pp9-20, 2016
- [21] CLT 関連告示等解説書, 日本住宅・木材技術センター, 2016
- [22] ANSI/APA PRG 320, Standard for Performance-Rated Cross-Laminated Timber, 2019
- [23] ISO-16696-1, Timber structure-Cross laminated timber, First edition, 2019
- [24] Birgit Östman, Joachim Schmid, Michael Klippel, Alar Just, Norman Werther, Daniel Brandon, FIRE DESIGN OF CLT IN EUROPE, Wood and Fiber Science, 50(Special Issue), pp. 68-82, 2018
- [25] Trong Tuan TRAN, Mourad KHELIFA, Ali NADJAI, Marc OUDJENE, Yann ROGAUME, Modelling of fire performance of Cross Laminated Timber (CLT) panels, Journal of Physics: Conf. Series 1107, 032002, 2018
- [26] EN 16351:2015 Timber structures-Cross laminated timber. Requirements, 2015
- [27] Lineham, S. A., D. Thomson, A. I. Bartlett, L. A. Bisby, and R. M. Hadden, Structural response of fire-exposed cross-laminated timber beams under sustained loads. Fire Safety Journal. 85:23-34, 2016
- [28] Wiesner, F., F. Randmael, W. Wan, L. Bisby, and R. M. Hadden, Structural response of cross-laminated timber compression elements exposed to fire. Advances in Structural Engineering. 23:22-36, 2017
- [29] Wang, Y. X. , J. Zhang, F. Mei, J. N. Liao, and W. B. Li, Experimental and numerical analysis on fire behaviour of loaded cross-laminated timber panels. Fire Safety Journal. 91:56-67, 2019

- [30] Emberley, R., T. Do, J. Yim, and J. L. Torero, Critical heat flux and mass loss rate for extinction of flaming combustion of timber. *Fire Safety Journal*. 91:252-258, 2017
- [31] Zelinka, S. L., K. Sullivan, S. Pei, N. Ottum, N. J. Bechle, R. Douglas R., and L. E. Hasburgh, Small scale tests on the performance of adhesives used in cross laminated timber (CLT) at elevated temperatures. *International Journal of Adhesion and Adhesives*. 95:102436, 2019
- [32] Klippel, M., and J. Schmid, Design of cross-laminated timber in fire. *Structural Engineering International* 27:224-230, 2017

國際木構造建築物設計技術發展
與設計施工規範檢討更新之研究

內政部建築研究所

「建築工程技術精進創新與應用效能提升計畫(一)協同研究計畫」

遴選協同研究人員第 1 案

「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」

期中審查回應一覽表

項次	評選委員意見	廠商回應
林法勤 委員	1. 目前收集資料以日本、歐洲、美國為主，大致符合國內市場現況。 2. 材料受地域性影響，因此各國有其獨有材料分等與設計哲學，很難統一成我國單一標準，因此只能大原則制定設計規範，兼採定要供應國的設計方法。	感謝委員意見，遵照辦理！
楊德新 委員	1. 本案推動對國內木構造推動具有重要貢獻，期待本案期末結果。 2. 本案有關工程木材種類之名詞用語各方面，建議參考國家標準用詞，如 P.13 LVL 為單板層積材 P.14 束狀層積材。 3. P.48 有關 CLT 防火行為，應為引用之前研究結果，文中說明更建議修正，易誤認為本次研究結果。 4. 本案提出 CLT 主要接合形式，並以圖說方式表現，相當清楚，另在日本 CLT 規範中，應修正為柳杉，非杉木。 5. 檢討現行 CNS 之通用性方面，目前指出已廢止者，均已被其他標準取代或併入，建議未來專家會議可邀請 CNS 委員參	感謝委員意見，將依照委員意見修正！後續將邀請 CNS 委員進行木構造規範中之規定修正討論。

	與。 6. P. 76 新增 CLT 修訂條文草案， 2.2 結構構材…應施作必要之 防腐防蟻處理，應依國家標準 規定。	
李宗德 委員	1. 2021 年美國 IBC 規範將重型 木構之樓高提高，其中 TypeIV-A(主要規範重型木構 造)在加裝消防自動撒水系統 條件下之最大樓高達 18 層及 82m 高，而 TypeIV-C 在加裝消 防自動撒水系統條件下之居 住類別最大樓高達 8 層樓及 26m，目前本研究以 IBC 規範之 TypeIV-C 在加裝消防自動撒 水系統條件下之居住類別最 大樓高達 8 層樓及 26m 為修法 目標，確屬需要，惟建議相關 法規應配合修正完整。 2. 有關木構造之防火時效，日本 建築基準法中針對在自頂層 起算超過第 4 層樓至第 14 層 樓之各樓層間之承重牆體已 明訂其防火時效為 2 小時，未 來我國木構造建築樓高配合 CLT 新工法應用而提高至 8 層 樓及 26m)防火時效是否亦應 配合延長至 2 小時？ 3. 期中報告第 3.3.3.1 節第 41 頁第 6 行之『表 4-5』及第 7 行之『圖 4.6』及第 3.3.3.2 節第 6 行『如圖 4.8 及圖 4.9』 之表號及圖號有誤，請釐清修 正。 4. 期中報告第五章結論第 3 條第 (1)項(第 82 頁第 4 行)之 『... • 等解說書、盟	感謝委員意見，後續將依照委員意 見修正，並將闕漏以及圖號有誤之 處釐清修正！8 層樓之防火時效是 否亦應配合延長至 2 小時，將再會 同所內及營建署長官以及專家學者 進行研商並提出建議。

	EN16351:2015...』有漏字, 請修正為『...等解說書、歐盟 EN16351:2015...』																					
陳秀傑 委員	1. 歐美等先進國家花了近 30 年研究、開發其普及性如何?國內產學的配合程度如何? 2. 工程技術規劃、設計、施工、品質人員之培訓。 3. 對應相關法規(令)之增修訂。 4. 木構造材料來源, 對生態之影響。	國外目前以人工林為主要木材來源, 透過砍伐及持續植林, 建立一個固碳的循環。目前國外對於木構造技術持續開發, 大多數國家均以性能設計為主要手法, 不再限制木構造的規模。國內目前起步較晚, 相關專業人員的培養為當務之急。																				
陳冠凡 委員	1. 木構造已為建築刻不容緩之構造材料之設計形式、新式木構造方法及更新舊有規範須放在首位。 2. <table><tr><td></td><td>台灣</td><td>日本</td><td>美國</td><td>其他</td></tr><tr><td>高度限制</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>耐火使用</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td><td>☐</td></tr><tr><td>可用材料</td><td>CLT、GLT</td><td colspan="3">CLT、LVL、NLT...</td></tr></table> 3. 混合構造在樓高上之設定應詳盡加敘明,如四層 RC(13m),一層木構,這樣高度是否超出限制(比照 IBC) 4. 規範新增特別以 CLT 為例其他如 NLT, LVL 應如何檢視。 5. 建議原規範 5.4.2 中表 5.4-1 之將樑之變形需在 2m 以下(註明)改為結構計算大跨度集成材樑不在此限。		台灣	日本	美國	其他	高度限制	☐	☐	☐	☐	耐火使用	☐	☐	☐	☐	可用材料	CLT、GLT	CLT、LVL、NLT...			感謝委員意見, 將依照委員意見修正, 後續將進行國內外木構高程之比較表。混構造方面, 目前規劃以木造及非木造混用不超過 8 層為目標進行檢討及修正。另外, 由於本研究主要針對 CLT 進行規範修正, 並不討論 NLT, LVL 之相關規定。預計在研究成果報告中加入 NLT/LVL 之未來研究建議。
	台灣	日本	美國	其他																		
高度限制	☐	☐	☐	☐																		
耐火使用	☐	☐	☐	☐																		
可用材料	CLT、GLT	CLT、LVL、NLT...																				
江支川 委員	1. 法規修正方寬木構造的高度, 對普及發展木構造的意義不明, 又台灣目前最高的木構造其高度?m, ?層(4 層, 14m)。 2. 混合式構造, 其接合部位, 是否應有明顯的規範限制?	感謝委員意見。目前國內木構造高層為 4 層/14m, 有鑑於木構造為低碳建材, 為發展木構造因此相關單位研擬提高木構造高層, 增加未來																				

	3. 建材供應與施工法，關係密切，台灣對CLT的供應與規範，甚至施工限制，是否有規範？	木建材的使用可能。
吳子良 委員	1. 研究建議在木構造規範中新增使用極限強度法設計時之組合載重，此載重組合應變材料強度及折減係數都有關連，後續請研究單位再興ASD設計方法之差異補充說明。 2. 本次新增/修訂建議內容，似乎以建築技術規則為主？木構造建築物設計及施工技術規範是否也需要修訂，請研究單位一併考量，同時第四章修訂建議內容所對應之章節錯誤處亦一併調整。 3. 有關修訂建議之表格、名詞請儘量以中文、公制為主(CLT)，表 4.3 改中文呈現、中文專有名詞亦請統一（木構造/木質構造、直交集成材/結構用集成材）建議參造 CAS16114 之定義。 4. 主文不建議出現國外規範之名稱（ISO 16696-1，JAS, ADS, EN…）建議放到解說裏。	感謝委員意見。後續研究會再增加極限強度法設計時之組合載重。另外，本研究主要修訂範圍為建築技術規則中的木構造樓高限制，以及於木構造規範中新增混構造的說明及 CLT 之基本規定。
萬俊雄 委員	1. 本研究案內容主要針對直交集成板(CLT)相關國外規定進行本國規範修正，計劃名稱是否需對應主題？ 2. 未來若考量提高樓層數時，木構造建築物結構系統無法只靠柱梁系統因應，剪力牆及斜撐需求會提高，剪力牆可能採用直交集成板(CLT)，高層的 CLT 剪力牆與柱梁接合細節是	感謝委員意見。本研究預計加入日本/北美相關設計手冊的 CLT 接合部資料。剪力牆及斜撐在高樓層的側力分配比例，預計在研究成果報告中加未來研究建議。

	否能提供國外相關規定供參考。 3. 未來若考量提高層數時，相對柱梁構架，剪力牆及斜撐在高樓層的側力分配比例是否該限制？國外是否有相關規定可參考？ 4. 混合式結構若為本案研究內容，請納入預期研究成果、第一章第一節、第三章前言部份說明。	
內政部 營建署	1. 目前本研究建議以 IBC 2021 TYPE IV C 之木構造建築類型作為國內推動修法的木構造建築類型及方向。但基於推動建築減碳的考量，IV-A、IV-B 均能有良好的減碳貢獻，何以不列入考量？請補充相關理由。 2. p. 21 中 IV-A、IV-B、IV-C 三個圖，資訊量很大，但未做足夠的說明。例如，IV-B 的圖中，提到 602.4.2.2「3 水平間距 $\geq 4572\text{mm}$」，未見對水平間距為何之解說；3 個圖均有「需有 $\bigcirc\bigcirc\text{mm}$ 不可燃材料披覆」圖上所寫的被覆厚度，是否指 IBC 法規裡提到的 Type X 石膏板之厚度？如是，應依據資料載明，因為不是所有不燃材料能形成防火被覆的厚度均相同，即使是石膏板，是否為 Type X 效能也有差異。 3. p. 24 表 3-4 對建築技術規則第 70 條條文之解讀有誤。第 70 條表內的樓層，係指自頂層起算的順序，而且對同一建築	1. 感謝委員意見。相關理由於後續研究中補充。 2. 感謝委員意見。相關說明於後續研究中補充說明。 3. 感謝委員意見。此部分將重新檢討後進行修正。 4. 感謝委員意見。後續遵照辦理。 5. 感謝委員意見。R 值建議後續透過專家會議與國震中心專家/國內技師討論後進行建議。 6. 相關條文之修正細節後續會持續邀集營建署長官/國內專家學者進行討論，提出更為適當的版本。

	物分段規定防火時效，故「$4 < \text{樓層} \leq 14$（包括地下層）」「$15 \leq$（包括地下層）」的項目下，不會包含屋頂，請重新檢視修正。表 3-5 也有類似問題，請一併檢視。 4. P. 31 有關研究報告就現行混合式構造之結構系統韌性容量建議「建築物耐震設計規範及解說」參考 IBC 規範相關規定更新及修正部分，後續將協請財團法人國家實驗研究院國家地震工程研究中心蒐集相關資料分析及檢討納入規範修正草案。 5. P. 33 表 3-8 結構系統之韌性容量 R 及高度限制中未有木構造 R 值及高度限制，請問相關文獻是否有建議值？ 6. 查「建築物耐震設計規範及解說」中無木構造之 α_y 值規定，請問相關文獻是否有建議值？ 7. P. 38 3.3.3 節後內文有圖 4.X、表 4-X，但未有對應之圖表編號，請修正。 8. 第四章「第一節 建築技術規則修訂建議（三段式修訂建議）」，建議增修之條文不僅有建築技術規則，似另還包括木構造規範，請具體敘明法規名稱，方能了解法令位階、與現行規定的連結。表 4.2、表 4.3、表 4.4、表 4.5，新增 CLT 修正條文草案對照表，請載明分別要訂到哪個法規？條文順序插於哪個章節或解說？	
--	---	--

	9. 本研究提到不少 IBC 2021 的規定，但沒反映到研究報告第 4 章法規增修訂建議。另 p. 74 之表 4.1 建議增訂之第 171 條之 2，混合式構造或重型木構造以加設消防撒水設備為條件，放寬簷高及樓層數規定，然參考 IBC 2021 規定，即使是 Type IV-C 也有豎井、隱藏空間、外牆需做不燃材料保護的要求，建議的修正條文草案卻沒類似限制之理由為何？ 10. P. 75 Table 2304.11 Minimum Dimensions of Heavy Timber Structural Members 請說明列該表之用意，另請譯為中文，勿直接貼掃描影像。 11. P. 75 表 4.3： (1)標題有誤。 (2)修正規定中是否應增加 SRC 結構？ (3)另於說明建議事項「1. 考量下部 RC 結構或鋼結構對於上半部木結構在地震力作用下之影響，上半部木結構之設計地震力值須酌量放大。2. 混合式結構之上半部木結構屬於輕型木構造者，上半部木構造高度以建築技術規則 171-1 條規定，最高 4 層樓為限。3. 混合式結構之上半部木結構屬於重型木構造者，總樓高參	
--	--	--

	考建築技術規則 171-2 條規定，最高 8 層樓為限。」應納入條文或規範才有效力。 12. P. 76 表 4.4 新增 CLT 修正條文草案對照表： (1) 依說明欄目前各國針對 CLT 之法規大多在研擬階段，是否有需要在現階段新增 CLT 修正條文？ (2) 1.2 所提之他國同等級既有之 CLT 構造制式工法，是否能於規定中條列？及是否能將北美、日本、歐盟等手冊及 ISO-16696-1 重要規定納入條文？ 13. P. 77 說明欄參考 4.2.4 節，請問是哪份文件的章節？另說明欄「在解說裡說明未來使用哪一國產品就以該國規範對應之設計載重計算方式為主」與修正規定無對應關係，如需要訂於解說請列於修正規定欄位。 14. p. 78 表 4.5 新增 CLT 樓板防火規定章節修正條文草案對照表，表內草案條文表 9.3-2 之解說，多次提到「實驗」，請刪除。訂成法規時，原則上不需提到研究階段實驗之相關描述，如有必要，可寫於說明欄或規範的解說部分。 15. 自動撒水設備現主要依照各	
--	---	--

	類場所消防安全設備設置標準設置，請增加檢視該標準之規定。另「消防灑水設備」用詞請修正為「消防撒水設備」。 16. P. 81 第 5 章建議「規範中宜先增訂關於輕型木構(Light Wood Frame)與重型木構(Heavy/Mass Timber)之定義」、「新增之極限強度法(LRFD)設計時之組合載重」，但未第 4 章法規新增建議中看到對應條文，另若以極限強度法(LRFD)設計，應有對應之桿件、牆板、接頭強度等計算方式。 17. 其他有關報告書撰寫方式部分： (1)相關圖表請載明來源，尤其表 2-1 日本木構造建築物的耐震計算表、表 2-2 工程木材種類說明、表 3-1、表 3-2、p. 21 中 IV-A、IV-B、IV-C 三個圖。 (2)內文未提到 p. 12 的表 2-2 (工程木材種類說明)，請與內文作適當連結，以利了解該表於本研究之意義。 (3)P. 20 的表 3-1、表 3-2 於報告書內請譯為中文，如有必要可將原文附於附錄。 (4)P. 22、25、81 等 3 處樓考應為誤質，請更正為樓高。	
--	--	--

	(5)P. 23 「我國現行建築技術規則於構造編 171-1 條規定，木構造建築住宅的樓高為可達 4 樓及 14m 高……」，查該條文係為「簷高」非「樓高」，次查「樓高」一般係指單層樓之高度，為避免產生混淆，建議全文修正。 (6)圖 3-4 上方 RL 應為 RU，另應為 $RU \geq RL$ 請修正。 (7)法規及規範之新增/修訂建議，多處規定經中央主管機關認可，是否合適?是否造成後續機關行政作業負擔?	
--	--	--

內政部建築研究所

「建築工程技術精進創新與應用效能提升計畫(一)協同研究計畫」

遴選協同研究人員第 1 案

「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」

期末審查回應一覽表

項次	評選委員意見	廠商回應
陳結構 技師 冠帆	7. 依上訴調整是否已經可以與國際接軌 CLT 在台灣可有相對應的配套? 8. 建議以執行一個 CLT 案由設計至請照完成一步步的確認，並建立一個 QA 表，特別對執行建照審查上。 9. 混構造之定義與限制，建議必須明確定之。	1. 感謝委員意見。目前的建議修正方向以國外進口材料可在國內法規架構下有一定的對應為方向進行。 2. 本研究於本年度預計提出修正方向，建議可在之後的執行年度進行一個 CLT 案例的執行及建照審查模擬。 3. 此建議預計在成果報告中提出。
陳技師 秀傑	5. 木構造建築物設計技術開展在每個不同結構材料混搭的木質混構造結構系統，其混搭之構造包括磚構造、鋼筋混凝土構造及鋼構造，依木構造材質 6. CLT 工法、板片之膠合、品管對板片材質之取得或有某種程度之差異。 7. 混搭構造結構系統因其混搭對象材質之不同可接固材質強度之不同，似有結構耐震設計分析上的盲點。	感謝委員意見。本年度預計將國內與國外在木構造應用上之落差，透過規範之修正建議，提供未來可能的發展途徑，期望可以在淨零碳排的發展上提供貢獻，結構耐震設計分析有待後續研究來補足。

	8. 國內廠商投資或代理商之意願，將影響其在國內推廣誘因。	
林教授 法勤	1. Light Wood Frame 在此譯成[輕型木構]，而技術規範則是[框組式構造]，是否考慮與規範統一。 2. 手冊附件一中，Fig1~Fig5，英文應譯成中文。 3. 附錄 B:B.3-C members -> 構件。 4. 附錄 D: family。(同系列產品?) 5. 本計畫花在整合意見的時間相當多。	1. 感謝委員意見。翻譯部分將再斟酌並於成果報告中修正。 2. 中文翻譯部分預計於成果報告中補足。 3. 感謝委員意見。
臺灣木 結構工 程協會	6. 錯別字 P.6 最後一行 CLT”倫”有。 7. 圖表解析度太低不便閱讀，表 2-1、圖 3-5，表 3-15，表 3-17 8. P56 提及日本 OF 由無缺點小試體試驗所得知數值(依國家林業技術平台資料)，與歐盟 EN384 要求使用全尺寸之特徵值是否可以類比? 9. 建築技術規則 171-2 條開放到 8 樓恐不符合業界期待。	1. 感謝委員意見。 2. 解析度不佳之照片預計在成果報告中抽換。 3. 預計在成果報告中增加歐盟 EN384 中全尺寸試體之參數進行換算比較，以了解其中差異。 4. 將業界期待反應至成果報告書中。
萬技師	1. 無意見	感謝委員意見。
李委員 宗德	1. 考慮目前國內木構造建築尚在發展中，未臻成熟，因此保守設定短期目標以美國 IBC 2021 規範中的 TYPE IV 於加裝	1. 感謝委員意見。後續將檢討是否有相關法規需要配合修正。 2. 防火時效之規定是否可如日本

	消防灑水設備條件下、並搭配耐燃被覆之條件下，推動將居住類別木構造建築類型修法提高至 8 層樓高及 30 公尺，本研究並已提出各國木構造之相關規範數據，應屬可行，惟應注意相關法規是否有需配合修正才能執行者。 2. 美國 NDS 及 CLT Handbook、日本 CLT 關連告示等解說書及 CLT 建築施工設計手冊、歐盟 EN16351:2015 等相關資料都已說明美日歐前對「直交集成板(CLT)」有相關設計、實驗結果及典型接合部等，應可作為國內推動木構造之「直交集成板(CLT)」依據。因目前國內乃初期推動使用「直交集成板(CLT)」，後續本研究內容之「直交集成板(CLT)」研究成果是否可搭配規定於前述「木構造建築」一併修法？至於防火時效之規定是否可如日本相關規定由 1 小時修改為 2 小時？	相關規定由 1 小時修改為 2 小時方面，將邀集國土署官員研商是否可行，或是在規範中訂定需要 2 小時的嚴格規定，來達到 2 小時防火時效的目的。
張建築師矩墉	1. CLT 接合部採用鐵件接合時，如何確保接合部結構性能在一定防火時效下不被迫壞？目前的試驗都是針對單一材料做試驗其碳化深度。 2. P.77 3.3.2 標題建議修正為我國進行木構造建築樓層數及簷高修正之可行性評	1. CLT 的接合鐵件可透過使用防火被覆或是內藏於 CLT 板中進行防火。 2. 感謝委員意見，依建議修正。 3. 重木構造、混合木構造、巨木構造之定義有在第四章的規範修訂建議中，依不同斷面尺寸進行定義。未來可以參照此部分規範修正的尺寸定義。

	估，較不易混淆。 3. P. 83 有關新修定之第 171 條之中有提及重木構造、混和木構造、巨木構造，並於說明新增定義，但實際上僅增列名詞，並未對此三種構造有所定義，是否還是要新增定義較佳。	
國土署	- 第 3 章提到木構造「樓高」，第 5 章提到「樓層高度」，在國內建築法規用語上係指單一樓層之高度，但本研究之文亦似指建築物高度或樓層數限制，請將用語修正為「建築物高度」。 - p.73 中 IV-B 的圖，被引用作為修正規範之重要參考資料，請提供 IV-B 圖中各部位要求事項之 IBC 條文原文，以利法制作業討論。 - 表 3-16 (p.78) 誤解建築技術規則建築設計施工編第 70 條規定，請修正。 - P.83 第 171 條之 1「木構造建築物之簷高不得超過十四公尺」與第 171 條之 2「木構造建築物屬於混合式構造或重木構造、巨木構造，……，且簷高不得超過三十公尺……」依文字前者規範所有木構造建築，後者簷高及樓高不得超過前者限制，似有所競合，請修正條文。 - P.83 第 171 條之 1 與第 171 條之 2「結構安全經中央主	- 感謝委員意見，依建議修正。 - 感謝委員意見，IBC 條文原文將在成果報告中提供。 - 感謝委員意見，依建議修正。 - 本文之修正後續仰賴國土署長官於修法過程中進行討論及修正建議。 - 感謝委員意見，依建議修正。 - 重木構造、混合木構造、巨木構造之定義有在第四章的規範修訂建議中，依不同斷面尺寸進行定義。未來可以參照此部分規範修正的尺寸定義。美國 IBC 之文獻蒐集，預計於成果報告列表說明。符合規範要求部分，目前將建議的耐燃條件增加於第四章 4.2 節規範修正建議中，後續將再增加 IBC 中如樓地板面積、用途別等限制條件。 - 感謝委員意見，依建議修正。 - 感謝委員意見，本文後續建議刪除。 - 感謝委員意見，依建議修正。 - 感謝委員意見，依建議修正。 - 感謝委員意見，依建議修正。炭化率之評估方法預計在成果報告中補充。 - 感謝委員意見，CNS 之修正建

	管建築機關審核認可者，簷高及樓層數得不受限制。」依建築法行政與計術分立執行，該認可實務上無法執行，建議刪除。 6. 第 4 章第一節建築技術規則之修正建議部分，第 171 條之 2(p.83)「木構造建築物屬於混合式構造或重木構造、巨木構造，木構造部分須加設消防撒水設備，梁柱、樓板/牆板、屋頂、外牆等須符合規範要求，且簷高不得超過三十公尺，並不得超過八層樓。」 (1) 有關混合式構造或重木構造、巨木構造之定義，請說明並於條文或規範訂定。 (2) 有關國外規定，如美國IBC等，對於文獻蒐集部分，建請列表說明，如各項木構造所對應之建築物高度、樓層限制、用途限制、建築物防火規範、不燃材料及配合消防設施等。 (3) 有關P.73提及IBC尚有豎井、隱藏空間需做不燃材料保護的要求，建議的修正條文草案卻沒類似限制，請補充說明理由。 (4) 修正建議「木構造部分須加設消防撒水設備，梁柱、	議已經修改完成，本段文字為誤植未即時修正，將於成果報告時進行修正。 13. 感謝委員意見，依建議修正。
--	--	---

	樓板/牆板、屋頂、外牆等須符合規範要求」於規範何處，請說明？ 7. p.84 修正條文多有分析、檢核文字，應與實務操作結合，如規範已有規定，修正說明應予強化。 8. p.84 修正條文與說明不符，建請釐清。依說明「國內外以膠合或其它方式製作之木質構材已普遍用於跨度 5 公尺以上之屋架結構，此條文恐已不合時宜。現行規範對於木質桁架之構材設計及接合已有明確規定，建議回歸規範規定。」但未於條文修正垮度及接合規定。 9. 第四章第二節 (p.85) 表 4.2~表 4.6，請具體指出希望增訂到木構造規範的哪個章節。 10. p.88 表 4.50F 如表 3 所示，但未見表 3，且說明與修正規定相同。 11. p.92 公式內 β_{eff}、t、a_{char}、β_n 均應有代號之說明。β_n 參考至表(5)，究採以公式計算炭化率？或採歐盟、日本、大陸、我國實驗數據，以定值計算？請說明。3.1.4.1 節為摘錄以往研究成果重要內容，表 4.7 (p.93) 之說明也有出現「本研究」，對本研究而言，已非「本研究」、「本實驗」，請修正。	
--	--	--

	12. p.98「規範中引用 CNS 的內容需要重新檢討。本研究預計於下階段進行修正建議。」本次為期末報告，請問下階段何時進行？ 13. p.107 期中審查本署提供之書面意見未全數回應及修正於期末報告，請併同本次意見逐項回應。	
建研所 承辦	1. 報告封面需補上本所宣告文字。 2. 扣件的部分，APA 是否有做認證。	1. 感謝委員意見，依建議修正。 2. APA 僅針對材料進行認證，扣件則會搭配木構件進行 ASTM 等相關實驗內容，並提出報告。
蔡組長 綽芳	1. 補充木構造各樓層高的防火時效、暴露程度、使用別、加裝灑水等以體供給營建署參考 2. 混和構造是否也遵循木構造的防火時效等規範。 3. 目前建築技術規範是根據樓高來規定其防火時效，木構造及混合構造是否也依照相同方式規範，還是整棟都要遵守相同防火時效。	1. 感謝委員意見，依建議修正。 2. 混合構造目前預計與木構造用相同的防火時效規範，然預計在成果報告中加入 IBC 之木構造防火時效規定，以供未來修正會議時之討論參考依據。

期末審查回應

附錄 (專家座談會紀錄)

1. 第一次學者專家座談會

蔡孟廷 函

機關地址: 台北市基隆路四段 43 號
傳真電話: 02-27376721
單位及聯絡人: 國立臺灣科技大學建築系蔡孟廷
聯絡電話: 0910-828764
電子郵件: tsai@mail.ntust.edu.tw

受文者: 如出席人員

發文日期: 中華民國 112 年 5 月 30 日

速別: 普通件

密等及解密條件或保密期限: 普通

附件: 會議參考資料

開會事由: 召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」第一次學者專家座談會。

開會時間: 112 年 6 月 7 日(星期三)上午 10 時整

開會地點: 大坪林聯合開發大樓 13 樓簡報室

主持人: 蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)

聯絡人及電話: 蔡副教授孟廷 0910-828764

會議內容: (1) CLT 直交集成板防火增修條文之討論。

(2) 國內木構造提高樓層高度之消防/防火等相關條文之修訂。

(3) 綜合討論。

出席人員: 專家學者(張技師潤文、林教授慶元、鄭組長志強)、研究團隊(蔡組長緯芳、黃副研究員國倫、陳教授啟仁、蔡副教授孟廷、徐助理教授宇亮、楊技師正裕)

召開第一次學者專家座談會

召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」專家學者訪談。

時間:112 年 06 月 07 日(星期三)上午 10 時 00 分			
地點:大坪林聯合開發大樓 15 樓第 2 會議室			
主持人:蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)			紀錄:徐振傑
出席人員	簽到處	代理人	
		職稱	簽到處
張技師潤文	張潤文		
林教授慶元	林慶元		
鄭組長志強			
蔡組長緯芳	蔡緯芳		
黃副研究員國倫	黃國倫		
陳教授啟仁			
蔡副教授孟廷	蔡孟廷		
徐助理教授宇亮			
楊技師正裕			
	葉祖辰		
	蔡緯芳		
	黃國倫		
台科大	徐振傑		

2. 第二次學者專家座談會

蔡孟廷 函

機關地址: 台北市基隆路四段 43 號
傳真電話: 02-27376721
單位及聯絡人: 國立臺灣科技大學建築系蔡孟廷
聯絡電話: 0910-828764
電子郵件: tsai@mail.ntust.edu.tw

受文者: 如出席人員

發文日期: 中華民國 112 年 5 月 30 日
類別: 普通件
密等及解密條件或保密期限: 普通
附件: 會議參考資料

開會事由: 召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」第二次學者專家座談會。

開會時間: 112 年 6 月 7 日(星期三)下午 14 時整

開會地點: 大坪林聯合開發大樓 15 樓第 2 會議室

主持人: 蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)

聯絡人及電話: 蔡副教授孟廷 0910-828764

會議內容: (1) CLT 直交集成板增修條文, 以及國外進口木材(含工程木材)之材料/設計引用標準之討論。
(2) 國內木構造高層相關條文規定之修訂。
(3) 綜合討論。

出席人員: 專家學者(營建署劉科長奇岳、張技師潤文、富田技師匡俊、侯技師政伯、黃副教授昭勳、林副教授法勤、莊副教授英吉、陳經理盈月)、研究團隊(蔡組長緯芳、黃副研究員國倫、陳教授啟仁、蔡副教授孟廷、徐助理教授宇亮、楊技師正裕)

召開第二次專家學者座談會

召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」第一次學者專家座談會。

時間:112 年 06 月 07 日(星期三)下午 14 時 00 分

地點:大坪林聯合開發大樓 15 樓第 2 會議室

主持人:蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)

紀錄:徐振傑

出席人員	簽到處	代理人	
		職稱	簽到處
劉科長奇岳	劉奇岳		
張技師潤文	張潤文		
富田技師匡俊	富田匡俊		
侯技師政伯	侯政伯		
黃副教授昭勳	黃昭勳		
林副教授法勤	林法勤		
莊副教授英吉			
陳經理盈月			
蔡組長緯芳	蔡緯芳		
黃副研究員國倫	黃國倫		
陳教授啟仁			
蔡副教授孟廷	蔡孟廷		
徐助理教授宇亮	徐宇亮		
楊技師正裕			

3. 第三次學者專家座談會

蔡孟廷 函

機關地址: 台北市基隆路四段 43 號
傳真電話: 02-27376721
單位及聯絡人: 國立臺灣科技大學建築系蔡孟廷
聯絡電話: 0910-828764
電子郵件: tsai@mail.ntust.edu.tw

受文者: 如出席人員

發文日期: 中華民國 112 年 6 月 8 日

類別: 普通件

密等及解密條件或保密期限: 普通

附件: 會議參考資料

開會事由: 召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」第三次學者專家座談會。

開會時間: 112 年 6 月 15 日(星期四)下午 14 時整

開會地點: 大坪林聯合開發大樓 13 樓簡報室

主持人: 蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)

聯絡人及電話: 蔡副教授孟廷 0910-828764

會議內容: (1) 木構造混合結構系統之耐震設計。

(2) 規範中 CLT/集成材耐震設計規定之修訂建議。

(3) 綜合討論。

出席人員: 專家學者(國家地震中心、黃副教授昭勳、陳副教授沛清、蕭副教授博謙、曾技師志揚、吳技師嘉偉、許技師庭偉)、研究團隊(蔡組長緯芳、黃副研究員國倫、陳教授啟仁、蔡副教授孟廷、徐助理教授宇亮、楊技師正裕)

召開第三次學者專家座談會

召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」專家學者訪談。

時間:112 年 06 月 15 日(星期四)下午 14 時 00 分			
地點:大坪林聯合開發大樓 13 樓簡報室			
主持人:蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)		紀錄:徐振傑	
出席人員	簽到處	代理人	
		職稱	簽到處
黃副教授昭勳			
陳副教授沛清	陳沛清		
蕭副教授博謙	蕭博謙		
曾技師志揚	曾志揚		
吳技師嘉偉	吳嘉偉		
許技師庭偉	許庭偉		
蔡組長緯芳	蔡緯芳		
黃副研究員國倫	黃國倫		
陳教授啟仁			
蔡副教授孟廷	蔡孟廷		
徐助理教授宇亮			
楊技師正裕	楊正裕		
	葉祖辰		
	徐振傑		

4. 第四次學者專家座談會

蔡孟廷 函

機關地址: 台北市基隆路四段 43 號
傳真電話: 02-27376721
單位及聯絡人: 國立臺灣科技大學建築系蔡孟廷
聯絡電話: 0910-828764
電子郵件: tsai@mail.ntust.edu.tw

受文者: 如出席人員

發文日期: 中華民國 112 年 8 月 28 日
遠別: 普通件
密等及解密條件或保密期限: 普通
附件: 會議參考資料

開會事由: 召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」第四次學者專家座談會。

開會時間: 112 年 8 月 28 日(星期二)下午 13 時整

開會地點: 台中市西區公益路 52 號 12 樓-5

主持人: 蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)

聯絡人及電話: 蔡副教授孟廷 0910-828764

會議內容: (1) 建築技術規則中木構造相關規定之修訂研商。
(2) 規範中 CLT/集成材相關規定之修訂建議。
(3) 綜合討論。

出席人員: 專家學者(木之家的種子研究會、台中市建築師公會、黃建築師明威、許建築師浩銘、劉建築師宇禎)、研究團隊(蔡組長緯芳、黃副研究員國倫、陳教授啟仁、蔡副教授孟廷、徐助理教授宇亮、楊技師正裕)

召開第四次學者專家座談會

召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」專家學者訪談。

時間:112 年 08 月 29 日(星期二)下午 13 時 00 分			
地點: 台中市西區公益路 52 號 12 樓-5			
主持人:蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)			紀錄:徐振傑
出席人員	簽到處	代理人	
		職稱	簽到處
木之家的種子研究會			
台中市建築師公會			
黃建築師明威	黃明威		
許建築師浩銘	許浩銘		
劉建築師宇禎	劉宇禎		
蔡組長緯芳			
黃副研究員國倫			
陳教授啟仁			
蔡副教授孟廷	蔡孟廷		
徐助理教授宇亮			
楊技師正裕			

5. 第五次學者專家座談會

蔡孟廷 函

機關地址: 台北市基隆路四段 43 號
傳真電話: 02-27376721
單位及聯絡人: 國立臺灣科技大學建築系蔡孟廷
聯絡電話: 0910-828764
電子郵件: tsai@mail.ntust.edu.tw

受文者: 如出席人員

發文日期: 中華民國 112 年 8 月 30 日

速別: 普通件

密等及解密條件或保密期限: 普通

附件: 會議參考資料

開會事由: 召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」第五次學者專家座談會。

開會時間: 112 年 9 月 6 日(星期三)上午 11 時 00 分

開會地點: 台中市西屯區福裕路 175 號

主持人: 蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)

聯絡人及電話: 蔡副教授孟廷 0910-828764

會議內容: (1) 建築技術規則中木構造相關規定之修訂研商。
(2) 規範中 CLT/集成材/耐震設計方法相關規定之修訂建議。
(3) 綜合討論。

出席人員: 專家學者(侯建築師慶謀、焦總經理培峻、焦經理志維)、研究團隊(蔡組長緯芳、黃副研究員國倫、陳教授啟仁、蔡副教授孟廷、徐助理教授宇亮、楊技師正裕)

召開第五次學者專家座談會

召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」專家學者訪談。

時間:112 年 09 月 06 日(星期三)上午 11 時 00 分			
地點: 台中市西屯區福裕路 175 號			
主持人:蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)		紀錄: 徐振傑	
出席人員	簽到處	代理人	
		職稱	簽到處
焦總經理培峻	焦培峻		
焦經理志維	焦志維		
焦經理志剛			
侯建築師慶謀	侯慶謀		
蔡組長緯芳			
黃副研究員國倫			
陳教授啟仁			
蔡副教授孟廷	蔡孟廷		
徐助理教授宇亮			
楊技師正裕	楊正裕		

6. 第六次學者專家座談會

蔡孟廷 函

機關地址:台北市基隆路四段 43 號
傳真電話: 02-27376721
單位及聯絡人:國立臺灣科技大學建築系蔡孟廷
聯絡電話: 0910-828764
電子郵件: tsai@mail.ntust.edu.tw

受文者:如出席人員

發文日期:中華民國 112 年 8 月 30 日

達別:普通件

密等及解密條件或保密期限:普通

附件:會議參考資料

開會事由:召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」第六次學者專家座談會。

開會時間:112 年 9 月 6 日(星期三)下午 3 時 30 分

開會地點:台中市西區公益路 52 號 12 樓-5

主持人:蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)

聯絡人及電話:蔡副教授孟廷 0910-828764

會議內容:(1) 建築技術規則中木構造相關規定之修訂研商。

(2) 規範中 CLT/集成材/耐震設計方法相關規定之修訂建議。

(3) 綜合討論。

出席人員:專家學者(洪建築師育成、黃建築師明威、王建築師銘顯、許建築師浩銘、劉建築師宇楨、葉建築師育鑫、許結構技師庭偉)、研究團隊(蔡組長緯芳、黃副研究員國倫、陳教授啟仁、蔡副教授孟廷、徐助理教授宇亮、楊技師正裕)

召開第六次學者專家座談會

召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」專家學者訪談。

時間:112 年 09 月 06 日(星期三)下午 15 時 30 分			
地點: 台中市西區公益路 52 號 12 樓-5			
主持人:蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)			紀錄:徐振聲
出席人員	簽到處	代理人	
		職稱	簽到處
洪建築師育成	洪育成		
黃建築師明威	黃明威		
王建築師銘顯	王銘顯		
許建築師浩銘	許浩銘		
劉建築師宇禎	劉宇禎		
葉建築師育鑫			
許結構技師庭偉			
蔡組長緯芳			
黃副研究員國倫			
陳教授啟仁			
蔡副教授孟廷	蔡孟廷		
徐助理教授宇亮			
楊技師正裕	楊正裕		
	陳麗穎		

7. 第七次學者專家座談會

蔡孟廷 函

機關地址: 台北市基隆路四段 43 號
傳真電話: 02-27376721
單位及聯絡人: 國立臺灣科技大學建築系蔡孟廷
聯絡電話: 0910-828764
電子郵件: tsai@mail.ntust.edu.tw

受文者: 如出席人員

發文日期: 中華民國 112 年 9 月 6 日
遠別: 普通件
密等及解密條件或保密期限: 普通
附件: 會議參考資料

開會事由: 召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」第七次學者專家座談會。

開會時間: 112 年 9 月 13 日(星期三)上午 10 時整

開會地點: 台北市松山區八德路 2 段 342 號內政部營建署建管組

主持人: 蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)

聯絡人及電話: 蔡副教授孟廷 0910-828764

會議內容: (1) 建築技術規則中木構造相關規定之修訂研商。
(2) 規範中 CLT/集成材/耐震設計方法相關規定之修訂建議。
(3) 綜合討論。

出席人員: 專家學者(高委員文婷、楊委員哲維、陳委員威成、陳委員清茂、盧委員昭宏、劉委員奇岳、方委員洪鎮、孫委員立言)、研究團隊(蔡組長緯芳、黃副研究員國倫、陳教授啟仁、蔡副教授孟廷、徐助理教授宇亮、楊技師正裕)

召開第七次學者專家座談會

召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」專家學者訪談。

時間:112 年 09 月 13 日(星期三)上午 10 時 00 分

地點: 台北市松山區八德路 2 段 342 號內政部營建署建管組

主持人:蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人) 紀錄:

出席人員	簽到處	代理人	
		職稱	簽到處
高委員文婷	高文婷		
楊委員哲維	楊哲維		
陳委員威成	陳威成		
陳委員清茂	陳清茂		
盧委員昭宏	盧昭宏		
劉委員奇岳	劉奇岳		
方委員洪鎮			
孫委員立言	孫立言		
蔡組長緯芳			
黃副研究員國倫			
陳教授啟仁			
蔡副教授孟廷	蔡孟廷		
徐助理教授宇亮			
楊技師正裕	楊正裕		

8. 第八次學者專家座談會

蔡孟廷 函

機關地址：台北市基隆路四段 43 號
傳真電話：02-27376721
單位及聯絡人：國立臺灣科技大學建築系蔡孟廷
聯絡電話：0910-828764
電子郵件：tsai@mail.ntust.edu.tw

受文者：如出席人員

發文日期：中華民國 112 年 9 月 6 日

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：普通

附件：會議參考資料

開會事由：召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」第八次學者專家座談會。

開會時間：112 年 9 月 20 日(星期三)上午 10 時整

開會地點：成功大學建築系建築研究大樓 2 樓會議室

主持人：蔡組長綽芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)

聯絡人及電話：蔡副教授孟廷 0910-828764

會議內容：(1) 國內木構造提高樓層高度之消防／防火等相關條文之討。
(2) CLT 直交集成版防火增修條文之，以及國外進口木材（含工程木材）之材料／設計引用標準之討論。
(3) 木構造混合結構系統之耐震設計。

出席人員：專家學者(施結構技師志賢、黃建築師介二、徐建築師岩奇、陳結構技師冠帆)、研究團隊(蔡組長綽芳、黃副研究員國倫、陳教授啟仁、蔡副教授孟廷、徐助理教授宇亮、楊技師正裕)

召開第八次學者專家座談會

召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」專家學者訪談。

時間: 112 年 09 月 20 日 (星期三) 上午 10 時 00 分			
地點: 成功大學建築系建築研究大樓 2 樓會議室			
主持人: 蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷 (協同主持人)		紀錄:	
出席人員	簽到處	代理人	
		職稱	簽到處
施結構技師忠賢	施忠賢	✓	
黃建築師介二			
徐建築師岩奇			
陳結構技師冠帆	陳冠帆	結構技師	
蔡組長緯芳			
黃副研究員國倫			
陳教授啟仁			
蔡副教授孟廷	蔡孟廷		
徐助理教授宇亮	徐宇亮		
楊技師正裕	楊正裕	土木技師	

9. 第九次學者專家座談會

蔡孟廷 函

機關地址:台北市基隆路四段 43 號
傳真電話: 02-27376721
單位及聯絡人:國立臺灣科技大學建築系蔡孟廷
聯絡電話: 0910-828764
電子郵件: tsai@mail.ntust.edu.tw

受文者:如出席人員

發文日期:中華民國 112 年 11 月 5 日

速別:普通件

密等及解密條件或保密期限:普通

附件:會議參考資料

開會事由:召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」第九次學者專家座談會。

開會時間:112 年 11 月 15 日(星期三)下午 4 時整

開會地點:國立臺灣大學森林系林四教室

主持人:蔡組長綽芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)

聯絡人及電話:蔡副教授孟廷 0910-828764

會議內容:(1) 建築技術規則中木構造相關規定之修訂研商。

(2) 規範中 CLT/集成材/耐震設計方法相關規定之修訂建議。

(3) 綜合討論。

出席人員:專家學者(黃教授昭勳、林教授法勤、侯技師政伯)、研究團隊(蔡組長綽芳、黃副研究員國倫、陳教授啟仁、蔡副教授孟廷、徐助理教授宇亮、楊技師正裕)

附錄 (專家座談會紀錄)

召開第九次學者專家座談會

召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」專家學者訪談。

時間:112 年 11 月 15 日(星期三)下午 16 時 00 分			
地點: 國立台灣大學森林系館林四教室			
主持人: 蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)		紀錄: 徐振傑	
出席人員	簽到處	代理人	
		職稱	簽到處
黃教授昭勳	黃昭勳		
林教授法勤	林法勤		
侯結構技師政伯	侯政伯		
蔡組長緯芳			
黃副研究員國倫			
陳教授啟仁			
蔡副教授孟廷	蔡孟廷		
徐助理教授宇亮			
楊技師正裕			
侯政伯	侯政伯		

10. 第十次學者專家座談會

蔡孟廷 函

機關地址:台北市基隆路四段 43 號
傳真電話: 02-27376721
單位及聯絡人:國立臺灣科技大學建築系蔡孟廷
聯絡電話: 0910-828764
電子郵件: tsai@mail.ntust.edu.tw

受文者:如出席人員

發文日期:中華民國 112 年 11 月 5 日

速別:普通件

密等及解密條件或保密期限:普通

附件:會議參考資料

開會事由:召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築
物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」第十次學者專
家座談會。

開會時間:112 年 11 月 20 日(星期一)上午 10 時整

開會地點:國立成功大學建築系建築研究大樓 2 樓會議室

主持人:蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)

聯絡人及電話:蔡副教授孟廷 0910-828764

會議內容:(1) 建築技術規則中木構造相關規定之修訂研商。

(2) 規範中 CLT/集成材/耐震設計方法相關規定之修訂建議。

(3) 綜合討論。

出席人員:專家學者(劉教授光晏、鍾教授育霖、劉技師子暉、黃建築師介二、方建築師瑋、吳
建築師佳華、黃建築師卓仁、歐建築師育瑋、李建築師東穎)、研究團隊(蔡組長緯芳、黃副研
究員國倫、陳教授啟仁、蔡副教授孟廷、徐助理教授宇亮、楊技師正裕)

召開第十次學者專家座談會(表 1/2)

召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」專家學者訪談。

時間:112 年 11 月 20 日(星期一)上午 10 時 00 分			
地點: 國立成功大學建築系建築研究大樓 2 樓會議室			
主持人:蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)		紀錄:徐振榮	
出席人員	簽到處	代理人	
		職稱	簽到處
劉副教授光晏	劉光晏	副教授	劉光晏
鍾副教授育霖	鍾育霖		
劉結構技師子暉	劉子暉		
黃建築師介二	黃介二		
方建築師瑋	方瑋		
吳建築師佳華	吳佳華		
黃建築師卓仁	黃卓仁		
歐建築師育璋	歐育璋		
蔡組長緯芳			
黃副研究員國倫			
陳教授啟仁			
蔡副教授孟廷	蔡孟廷		
徐助理教授宇亮	徐宇亮		
楊技師正裕			

召開第十次學者專家座談會 (表 2/2)

112年度內政部建築研究所協同研究計畫
「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」

[illegible]

11. 第十一次學者專家座談會

蔡孟廷 函

機關地址:台北市基隆路四段 43 號
傳真電話: 02-27376721
單位及聯絡人:國立臺灣科技大學建築系蔡孟廷
聯絡電話: 0910-828764
電子郵件: tsai@mail.ntust.edu.tw

受文者:如出席人員

發文日期:中華民國 112 年 11 月 5 日

速別:普通件

密等及解密條件或保密期限:普通

附件:會議參考資料

開會事由:召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」第十一次學者專家座談會。

開會時間:112 年 11 月 20 日(星期一)下午 2 時整

開會地點:國立高雄大學人文社會科學院 107 視聽教室(H1-107)

主持人:蔡組長綽芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)

聯絡人及電話:蔡副教授孟廷 0910-828764

會議內容:(1) 建築技術規則中木構造相關規定之修訂研商。

(2) 規範中 CLT/集成材/耐震設計方法相關規定之修訂建議。

(3) 綜合討論。

出席人員:專家學者(葉委員育君、王委員怡仁、蔡委員有哲、潘委員志慶、林委員光浩、侯委員慶謀、曾委員瑞宏、范委員近軒、林委員鼎傑、林委員憲良、侯委員佳玟、唐委員瑋書、邱委員淑華、謝委員秉銓、彭委員宜穎、焦委員志綱、焦委員志維、林委員立昇、張姜委員大鈞、謝委員志昌)、研究團隊(蔡組長綽芳、黃副研究員國倫、陳教授啟仁、蔡副教授孟廷、徐助理教授宇亮、楊技師正裕)

召開第十一次學者專家座談會 (表1/5)

召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」專家學者訪談。

時間:112 年 11 月 20 日(星期一) 下午 13 時 30 分			
地點: 國立高雄大學人文社會科學院 107 視聽教室 (H1-107)			
主持人:蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)		紀錄:徐振傑	
出席人員	簽到處	代理人	
		職稱	簽到處
劉處長中昂		副處長	謝若愚
葉助理教授育君	葉育君		
潘總經理志慶	潘志慶		
王經理怡仁	王怡仁		
蔡經理有哲	蔡有哲		
林建築師光浩			
侯建築師慶謀	侯慶謀	建築師	侯慶謀
曾建築師瑞宏	曾瑞宏	建築師	曾瑞宏
范結構技師近軒	范近軒		
林土木技師鼎傑	林鼎傑		
林土木技師憲良	林憲良		
侯土木技師佳玟	侯佳玟	土木技師	
唐結構技師瑤書	唐瑤書	結構技師	唐瑤書
邱土木技師淑華			

附錄 (專家座談會紀錄)

(表 2/2)

出席人員	簽到處	代理人	
		職稱	簽到處
蔡組長緯芳			
黃副研究員國倫			
陳教授啓仁	陳啓仁		
蔡副教授孟廷	蔡孟廷		
徐助理教授宇亮			
楊技師正裕			
謝助理教授秉鈺	謝秉鈺		
瑞士 SIGA 彭宣穎	彭宣穎		
台灣科 焦志綱	焦志綱	經理	焦志綱
台灣科 吳耀棚	吳耀棚		吳耀棚
林立昇	林立昇		
張善大鵬	張善大鵬	建築師	
徐振傑	徐振傑		
黃品慈	黃品慈		
馬耀庭	馬耀庭		
焦志維	焦志維	經理	

12. 第十二次學者專家座談會

蔡孟廷 函

機關地址: 台北市基隆路四段 43 號
傳真電話: 02-27376721
單位及聯絡人: 國立臺灣科技大學建築系蔡孟廷
聯絡電話: 0910-828764
電子郵件: tsai@mail.ntust.edu.tw

受文者: 如出席人員

發文日期: 中華民國 112 年 11 月 7 日

速別: 普通件

密等及解密條件或保密期限: 普通

附件: 會議參考資料

開會事由: 召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」第十二次學者專家座談會。

開會時間: 112 年 11 月 24 日(星期五)下午 4 時整

開會地點: 台北市松山區八德路 2 段 342 號內政部營建署建管組

主持人: 蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)

聯絡人及電話: 蔡副教授孟廷 0910-828764

會議內容: (1) 建築技術規則中木構造相關規定之修訂研商。

(2) 規範中 CLT/集成材/耐震設計方法相關規定之修訂建議。

(3) 綜合討論。

出席人員: 專家學者(高委員文婷、楊委員哲維、陳委員威成、廖委員志明、盧委員昭宏、劉委員奇岳、許委員韶真、孫委員立言)、研究團隊(蔡組長緯芳、黃副研究員國倫、陳教授啟仁、蔡副教授孟廷、徐助理教授宇亮、楊技師正裕)

附錄 (專家座談會紀錄)

召開第十二次學者專家座談會

召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」專家學者訪談。

時間:112 年 11 月 24 日(星期五)下午 16 時 00 分			
地點: 國土管理署地下室第一會議室			
主持人: 蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)			紀錄: 徐振傑
出席人員	簽到處	代理人	
		職稱	簽到處
高委員文婷	高文婷		
楊委員哲維	楊哲維		
陳委員威成			
廖委員志明	廖志明		
許委員韶珍	許韶珍		
盧委員昭宏	盧昭宏		
孫委員立言	孫立言		
蔡組長緯芳			
黃副研究員國倫			
陳教授啟仁			
蔡副教授孟廷			
徐助理教授宇亮			
楊技師正裕			

13. 第十三次學者專家座談會

蔡孟廷 函

機關地址: 台北市基隆路四段 43 號
傳真電話: 02-27376721
單位及聯絡人: 國立臺灣科技大學建築系蔡孟廷
聯絡電話: 0910-828764
電子郵件: tsai@mail.ntust.edu.tw

受文者: 如出席人員

發文日期: 中華民國 112 年 11 月 21 日

速別: 普通件

密等及解密條件或保密期限: 普通

附件: 會議參考資料

開會事由: 召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」第十三次學者專家座談會。

開會時間: 112 年 11 月 29 日(星期三)下午 2 時整

開會地點: 國立臺灣大學森林系林二教室

主持人: 蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)

聯絡人及電話: 蔡副教授孟廷 0910-828764

會議內容: (1) 建築技術規則中木構造相關規定之修訂研商。

(2) 規範中 CLT/集成材/耐震設計方法相關規定之修訂建議。

(3) 綜合討論。

出席人員: 專家學者(黃教授昭勳、林教授法勤、曾技師志揚、陳技師志德、江技師春琴、陳技師逸宇、劉技師書竹、侯技師政伯、蔡技師孟政)、研究團隊(蔡組長緯芳、黃副研究員國倫、陳教授啟仁、蔡副教授孟廷、徐助理教授宇亮、楊技師正裕)

召開第十三次學者專家座談會

召開 112 年度內政部建築研究所協同研究計畫「國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究」專家學者訪談。

時間:112 年 11 月 29 日(星期三) 下午 14 時 00 分

地點: 國立臺灣大學森林系林二教室

主持人:蔡組長緯芳、蔡副教授孟廷(協同主持人)

紀錄:徐振傑

出席人員	簽到處	代理人	
		職稱	簽到處
黃教授昭勳	黃昭勳		
林教授法勤	林法勤		
曾技師志揚	曾志揚		
陳技師志德	陳志德		
江技師春琴			
陳技師逸宇	陳逸宇		
劉技師書竹	劉書竹		
侯技師政伯	侯政伯		
蔡技師孟政	蔡孟政		
蔡組長緯芳			
黃副研究員國倫			
陳教授啓仁			
蔡副教授孟廷			
徐助理教授宇亮			
楊技師正裕	楊正裕		

木結構 – 直交集成板

第 1 部：

組件性能、生產要求及認證方案

簡介

本文件的一般原則係直交集成板（CLT）的生產中需要一定水準的性能及生產技術，以使產品的結構應用可接受。本文件規定了 CLT 生產及性能評估的最低要求。

本文件主要基於 CEN / TC 124 技術委員會準備的歐洲標準 EN 16351 草案及北美標準 ANSI / APA PRG 320。這些標準的技術內容經過合併及修改，使其符合 ISO 程序及要求。ISO 16696 系列標準由 2 部分組成：本文件（第 1 部分）提出 CLT 的性能及生產要求，其中還包括附件 D 中規定的一致性要求；ISO 16696-2 提供了如何安裝及使用 CLT 之指引。

參考書目列出了本文件開發過程中引用的標準。

1.適用範圍

本文件建立了直交集成板（CLT）的元件性能和最低生產要求的基本原則。本文件還包含附件 D 中規定的一致性要求。

本文件適用於 CLT 產品，該 CLT 產品由實木鋸材或由至少三層構成的木質板材製成，其中相鄰層彼此成直角。

本文件提供了 CLT 尺寸公差;元件要求;性能標準;生產測試和商標標示指引;以及工廠生產控制的最低要求。本文件基於已知樹種、樹種組合及/或木質板材結構性能和粘合性。

符合本文規定的 CLT 旨在抵抗水分對結構性能的影響，由於施工延誤或其他有相似嚴重程度之情況。

備註:本文件不包括如何使用和安裝 CLT,因為它將在 ISO 16696-2 中詳細說明。

2.引用標準

(略)

3.用語及定義

3.1 真實尺寸

在相關水分含量下測量 CLT 產品的尺寸

3.2 膠合劑

能夠將材料粘合在一起的物質

3.3 粘附物

用膠合劑固定在另一種材料上的材料

3.4 粘著

在膠合劑和粘附物之間的界面處的附著或用膠合劑將粘附物附著在一起的行為

3.5 膠合層

附著兩個粘附物的粘合劑層

3.6 特徵值

結構性質估計，通常是剛度性質或公差極限的總體平均值

3.7 校正尺寸

透過計算參考水分含量校正的 CLT 產品的實際尺寸

3.8 矯正措施

消除不合格原因的行動

3.9 直交集成板,CLT

預製的工程木製品，由至少三層直交的分級鋸材或木質板材製成，透過與結構用膠合劑粘合層壓而成

3.10 CLT 厚度

垂直於面板平面測量的 CLT 面板的尺寸

3.11 分層

由於膠合劑本身或膠合劑與被粘物之間的界面處的膠合劑失效，層壓材料中的層分離

3.12 邊緣,面板邊緣

露出疊層的端部或窄面之面板窄面

3.13 邊緣膠合,邊緣節

將相鄰疊層的邊緣粘合在 CLT 層內

3.14 終端節

在層壓相鄰層之前，在 CLT 層內膠合相同疊層的指接接合製成之節

3.15 面

一面板或一塊板的四個縱向表面之一

3.16 面膠合層

膠合層連接相鄰層中疊層之寬面

3.17 工廠生產控制,FPC

程序、定期檢查及測試，確保進入市場之產品符合製造商聲明之性能要求。

3.18 指接角度

指接接合之指接傾斜度

3.19 指接接合

透過在實木鋸材組件的端部加工許多類似的，錐形的，對稱的指狀物而形成的自定位端接頭，其由指接刀切割然後粘合在一起形成

3.20 指接長度

指接基部和指接尖之間的距離，沿著指接的中心線測量

3.21 成品厚度及寬度

刨削後的厚度和寬度

3.22 疊層

實木鋸材或木質板材，包括壓力等級板和製成木材的板材

3.23 大指接接合

指接接合穿過平面交叉層疊組件末端的整個橫截面區域，僅由實心鋸木層製成，具有相同的橫截面疊層並粘合在一起

3.24 層

在面粘合層一側的所有疊片，由一個實木鋸材級或一個級別の木質板材組成

3.25 組成

CLT 產品中可能具有不同種類，強度等級，強度分佈，厚度或技術等級(3.41)的實木鋸材或木質板材層的橫截面排列

3.26 製造標準

製造商制定的程序，用於生產和維護具有規定性能要求的產品

3.27 強軸方向

CLT 板最外層顆粒的總體方向

3.28 最大分層長度

在測試件的圓周周圍測量的任何單個膠線中的最大分層長度

3.29 弱軸方向

垂直於 CLT 板的主要強度方向的方向

3.30 含水率

實木鋸材或木質板材中存在的水量，表示為烘箱乾燥質量的百分比

註 1：根據 ISO 3130 或 ISO 16979 決定。

3.31 面板

通過用結構粘合劑粘合層壓形成的單個 CLT 坯料

3.32 指接間距

指接之間的距離，從中心到中心測量

3.33 單片

兩個相鄰粘合層之間的所有疊片，由一個實木鋸材級或一個級別の木質板材組成

3.34 服務等級 1

服務等級的特點是每年幾週在 20°C 的溫度和周圍空氣的相對濕度超過 65 % 下，材料中的含水率

註 1：在服務等級 1 中，大多數針葉樹的平均水分含量不超過 12 %。

3.35 服務等級 2

服務等級的特點是每年幾週在 20°C 的溫度和周圍空氣的相對濕度超過 85 % 下，材料中的含水率

註 1：在服務等級 2 中，大多數針葉樹的平均水分含量不超過 20%。這些條件包括由於施工延遲或類似嚴重性的其他條件而抵抗水分對結構性能的影響。

3.36 服務等級 3

服務等級的特點是氣候條件導致水分含量高於服務等級 2，例如當完全暴露在天氣之下

3.37 實木鋸材等級

採用標準化規則生產的實木鋸材產品，對強度控制特性或性能保持明確限制

3.38 比重

樣品的烘乾質量與水的質量之比等於在指定含水量下的樣品體積

3.39 工廠生產控制監控

持續監控工廠生產控制測試計劃和生產過程

3.40 目標尺寸

指定的尺寸（在參考水分含量下）與偏差有關

3.41 技術等級

標準中包含的產品性能等級，用於將產品性能與其預期用途相關聯

3.42 尖端間隙

粘合指關節中指尖與槽底之間的距離

3.43 尖端寬度

手指尖之間的距離，在手指尖處測量

3.44 總分層長度

測試件圓周周圍所有膠線的分層長度之和

3.45 木質板材

用於結構用途並用粘合劑粘合的工程木製品，如定向刨花板（OSB），膠合板，層壓單板木材（LVL），膠合板和單層實木板

3.46 木材失效

木纖維中或之間的破裂

3.47 木材失效百分比

在指定的剪切試驗中木纖維斷裂後殘留在粘合層處的木纖維面積，表示為這種失效所涉及的總面積的百分比

4. 符號及下標

(略)

5. 直交集成板尺度許可差

5.1 製造時之尺度許可差

5.1.1 概述

應確定並聲明相關的幾何數據（橫截面尺寸、組成、層厚度及方向、凹槽、邊緣粘合以及疊層寬度與疊層厚度的比率）。不受阻礙之濕氣變形的水分變形係數應取自適用於木材樹種生產之國家設計規範標準。

備考：由於含水率變化，CLT 的實際尺寸受膨脹和收縮的影響。

5.1.2 面板厚度

CLT 面板的厚度不得超過 500 mm。橫截面之水分校正厚度不得偏離標示厚度超過 ± 2 mm 或標示厚度之 2%，以較大者為準。

5.1.3 層厚度

單層製造時允許的厚度尺度許可差應為 ± 1 mm。

5.1.4 面板寬度

製造時允許的 CLT 面板寬度的尺度許可差應為目標 CLT 面板寬度的 ± 3 mm。

5.1.5 面板長度

製造時 CLT 面板長度的尺度許可差應為目標 CLT 面板長度的 ± 6.5 mm。紋理或其他面或邊緣飾面可能會改變本節中規定的公差。設計者應補償任何橫截面損失及/或此類改動的特定強度。

5.1.6 凹槽和邊緣粘合

為了減少變形和開裂，允許疊層開槽。凹槽的最大深度應為疊層厚度的 90%，最大寬度為 4 mm（圖 3）。相鄰的疊層應允許非邊緣粘合。CLT 層內相鄰疊層之

間的間隙寬度應小於或等於 6 mm。

5.2 方正度

除非另有說明，在面板角落之間測量的兩個面板對角線的長度差異不應超過 ± 3 mm。

5.3 直線度

除非另有說明，相鄰板角之間的平行邊緣與直線的偏差不應超過 ± 1.5 mm。

6 組件要求

6.1 實木鋸材

6.1.1 實木鋸材種類

任何符合國家標準並且公佈的特徵密度不小於 300 kg/m^3 的實木鋸材樹種或樹種組合，只要符合第 7 章的性能要求，應允許用於 CLT 製造。

實木鋸材應按照適當的分級材料國家標準進行分級。如果符合 6.1.3、6.1.4 及 6.1.5 的要求，應允許使用專有的實木鋸材。

對於偏離國家標準的等級，應保留記錄各層實木鋸材質量（等級）和特徵值的記錄。

6.1.2 實木鋸材尺寸

實木鋸材的淨寬度不得小於平行層實木鋸材厚度的 1.75 倍。如果垂直（交叉）層中的疊層沒有邊緣粘合，則固體鋸材的淨寬度應至少為垂直（交叉）層的實木鋸材厚度的 3.5 倍，除非層間剪切強度和剛度使用 ISO 8375 進行測試確認。膠合時所有層的實木鋸材的淨厚度不應小於 6 mm 或大於 50 mm。

注：垂直（交叉）層中實木鋸材的寬厚比為 3.5，用於在疊層不邊緣粘合時減輕 CLT 潛變偏差。

6.1.3 含水率

CLT 製造時木材組成之含水率應在參考含水率的 4 個百分點以內或由膠合劑製造商推薦。

注 1：含水率是產品在 $20^\circ\text{C}/65\% \text{RH}$ 環境下的平衡含水率，除非在國家標準中有規定。

注 2：例如，如果產品的平衡含水率預計為 10 %，則 CLT 製造時木材組成之含水率應在 6 % 至 14 % 之間。

6.1.4 實木鋸材面貼合表面

所有待粘貼的表面應在面貼合之前進行刨光，除局部微小變化外，不得有凸起的紋理，撕裂的紋理，跳過，灼傷，上釉或或者與表面平面的其他偏差，可能會干擾貼合表面中的木質纖維接觸。

所有面貼合表面應無灰塵，異物和滲出物，這些不利於令人滿意的貼合。通常的做法是在貼合前不超過 24 小時進行刨削，除非樹種和儲存環境不會發生不可接受的表面變化。

如果材料存放在室外，則應將其存放在遮蔽物下。應特別注意選擇膠合劑或

製備表面以貼合具有高樹脂含量的物質或貼合化學處理木材。

6.1.5 面貼合尺寸公差

在面貼合時，疊層寬度上的厚度變化不應超過 0.2mm。沿疊層長度的厚度變化不應超過 0.3 mm。warp 和 cup 不能太大，以至於它們不會因粘合時的壓力而變直。

6.2 木質板材

6.2.1 概述

只能使用符合相應的國家生產標準並滿足 CLT 面板預期服務等級要求的木質板材。應保持記錄，記錄各種木質材料層的品質(等級)。

只能使用符合國家甲醛排放標準的木質板材，或按照國家標準的規定使用。

6.2.2 含水率

CLT 製造時木質板材的含水率應為(8 + 4) %或依照管轄國家標準之規定。

6.2.3 木質板材面貼合表面

所有面貼合表面應無灰塵，異物和滲出物，這些都不利於令人滿意的粘合。

6.2.4 面貼合尺寸公差

在面貼合時，疊層寬度上的厚度變化不應超過 0.2mm。沿疊層長度的厚度變化不應超過 0.3 mm。warp 和 cup 不能太大，以至於它們不會因粘合時的壓力而變直。

6.3 膠合劑要求

6.3.1 概述

對於使用 CLT 產品的服務類別，膠合劑應在 CLT 產品中提供持久的粘合，並應符合 ISO 20152-1 的要求。當地建築法規要求進行耐熱性測試時，用於 CLT 的膠合劑應符合 ISO 20152-2：2011，第 2 及第 3 條的要求。

6.3.2 膠合劑系統微小變化的測試

如果膠合劑系統發生微小變化，例如填料或增量劑的變化，已經過測試並符合 ISO 20152-1 的要求，則僅有受變更影響的性質才需進行試驗，並滿足各別的要求。

6.3.3 使用時疊層之指接接合

CLT 的疊層接合應符合 ISO 10983 的規定。

6.3.4 使用時疊層之邊緣節

邊緣節的木材破壞和耐久性（當要求結構性能時）應符合邊緣節測試之國家標準。

6.3.5 層間膠合線（面接縫）的膠線完整性

層間（面接縫）膠線之膠線完整性應透過適當的國家標準分層測試，確定 6.1.3 及 6.2.2 規定的含水率範圍。

最大分層長度不得超過單膠線總長度的 40 %，總分層長度不得超過所有膠

線總和的 10 %。

注 1：某些國家標準可能有更嚴格的要求。

注 2：可以排除與結點相關的分層和國家標準允許的其他缺陷。如果與允許缺陷相關的分層超過粘合長度的 50 %，則可以更換試樣。

注 3：應進行測試以評估允許的分層量是否是良好膠合層的一致證據。當製造條件偏離規格時，不同的膠合劑配方可能表現出更大或更小的分層量。製造條件的這種變化可能影響性能屬性，例如抗潛變性和長期耐久性。

如果最大分層長度或總分層長度超過上述限值，或者由於端部紋理表面的品質不足而無法估計分層長度，則每條膠合線應分開。每個分割膠區的最小木材破壞率應不小於 50 %，所有分割膠區總和的最小木材破壞率應不小於 70 %。

6.3.6 實木鋸材層中邊緣粘著的剪切強度

如果要將這些膠線宣稱為承重膠線，則應根據相應的國家標準通過剪切試驗確定實木鋸材層壓板之間的邊緣粘著的粘著強度。

6.4 面板的大指接接合

6.4.1 總則

面板的大指接接合的切割和粘著操作（圖 2）應依照 EN 16351 的建議，並應產生可靠且持久之粘著。

6.4.2 抗彎強度

直樑中大指接接合的特徵抗彎強度應大於或等於宣稱的特徵抗彎強度，並應依照相應的國家標準進行邊緣抗彎試驗。

特徵強度應符合預期使用之載重方向。

7 直交集成板性能標準

7.1 組成要求

按照本條規定的要求進行認定時，疊層製成的層應正交排列且規定在每個 CLT 工廠的製造標準。每個 CLT 板的組成（結構、方向、樹種及層的品質）應記錄在附件 A 和 C 中。每個組成應包括至少 3 層，其中至少 2 層由實木鋸材層壓板製成（圖 4）。

由木材層壓板或實木板製成的層應正交排列（圖 5），除非滿足下列條件：在由 4 層或更多層製成的 CLT 內，總厚度不超過 90 mm 的至多 3 個相鄰層可以在 CLT 的一個主軸方向上平行於紋理膠合。

在 CLT 中，除了結構複合木材和合板之外的木質板材層的厚度總和可以高達 CLT 總厚度的 50%（圖 5）。木質板材可以粘合到由木質板材的一個主軸上的疊層製成的層上。

CLT 面板的總厚度不得超過 500 mm。

7.2 直交集成材產品的機械阻力

CLT 產品的機械阻力應通過 CLT 產品的原尺寸測試或根據層的性質之計算來決定。決定性能的方法詳見附件 D。

注 1：對於一 CLT 產品，某些性質可以透過計算決定，其他性質可以透過測試決定。

注 2：在本文件中，“機械阻力”共同包含以下基本特性：彈性模數、抗彎強度、抗壓強度、拉伸強度、剪切強度和膠合強度。

7.3 抗生物攻擊耐久性

7.3.1 一般

如果 CLT 僅由木材層構成，則應將抗生物攻擊耐久性宣稱為木材的耐久性。如果橫截面由不同種類或由經處理及未經處理的層構成，則應宣稱具最低耐久性之層的天然耐久性或防腐處理。

如果 CLT 產品包含木質板材，則這些木質板材的耐久性（如適用）應額外依照國家標準聲明。如果橫截面包括不同類型的木質板材，則應宣稱具有最低耐久性的木質板材的耐久性。

如果 CLT 依照國家標準膠合後用防腐劑處理，則經防腐處理之 CLT 對生物攻擊的耐久性應按照防腐處理木材的國家標準進行宣稱。

7.3.2 未經防腐處理的實木鋸材層

作為 CLT 產品組件使用之實木鋸材應具有足夠的天然耐久性，以滿足設計師指定的預期服務等級。

7.3.3 經防腐處理的實木鋸材層

用於 CLT 產品的實木鋸材的防腐處理應規定耐久性以提供設計師要求的預期服務等級。CLT 產品應標明所用防腐劑的類型、臨界保留值及所需的滲透度。應評估經處理過木材及所用膠合劑之粘合性及化學相容性。

7.3.4 用防腐劑處理的 CLT

當使用防腐劑處理以提供設計師要求的預期服務等級之耐久性時，CLT 產品應指明所用防腐劑的類型，臨界保留值和所需的滲透度。應評估 CLT 以確認處理過程不會對膠合層性能產生不利影響。

7.4 甲醛釋放量

直交集成實木體鋸材產品之甲醛釋出量測試應依據 ISO 12460 或其他管轄國家標準的規定。

7.5 尺寸穩定性

7.5.1 一般

CLT 產品的參考尺寸應在相應於 20°C / 65 % RH 環境條件下或國家標準規定之含水率。CLT 產品的尺寸穩定性受 CLT 組件由於其含水率變化引起膨脹及收縮之影響。

注 1：膨脹和收縮值可視為 CLT 產品主要和次要方向的恆定值。

注 2：對於實木鋸材，20°C / 65 % RH 的條件對應之平衡含水率約 12 %。

7.5.2 最大偏差

CLT 面板的橫截面之校正深度不得偏離目標深度超過±2 mm 或標稱深度的 2 %，取其中較大者。

單層的校正深度不得偏離目標深度超過±1 mm。

7.5.3 修正尺寸和濕度變形係數

如果實際含水率與參考含水率不同，則應使用下列公式進行基於水分變形的尺寸修正：

$$h_{cor} = h_a [1 + k_{cor,a} (u_{ref} - u_a)]$$

式中

h_{cor} 校正尺寸 (mm);

h_a 實際尺寸 (mm);

$k_{cor,a}$ 垂直於紋理之水分變形係數，對於含水率變化 1 %，含水率在 6 % 至 25 % 之間;

$k_{cor,90}$ = 0.0024 對於垂直於平面的變形;

$k_{cor,0}$ = 0.0002 對於平面的變形;

u_{ref} = 12 % 為參考含水率 (%);

u_a 實際含水率 (%)

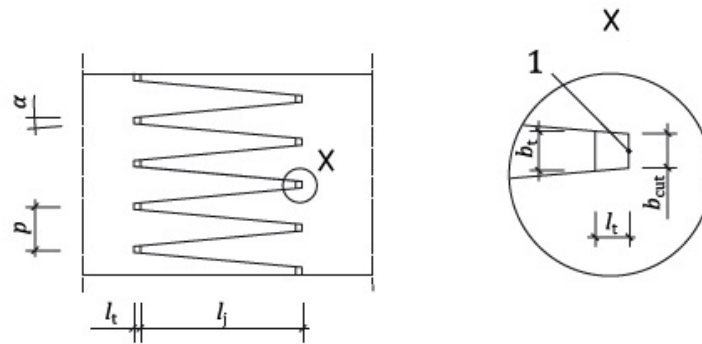
7.6 外觀分類

CLT 面板外觀應由買方和賣方之間達成一致。

備考：附錄 B 包含 CLT 外觀分類示例以供參考。

8 生產、測試及商品標示

CLT 產品符合本文件的規定以及製造商性能聲明 (DoP) 中宣稱的性能，應通過基於品質測試及工廠生產控制 (包括產品評估及商品標示) 之測定來證實，如附件 D 所示。



Key

- l_j finger length
- p pitch
- α finger angle
- l_t tip gap
- b_{cut} tip width of the cutter
- b_t tip width
- 1 slot base

Figure 1 — Typical profile of a finger joint

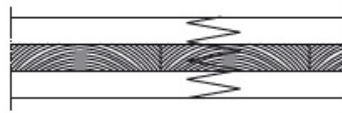
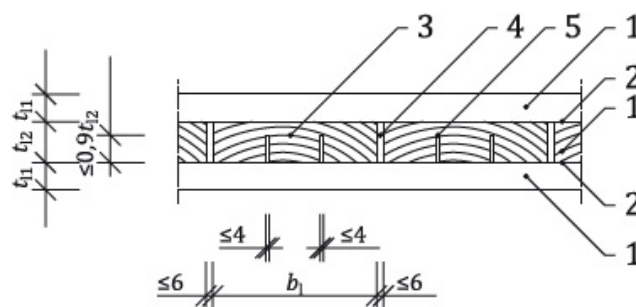


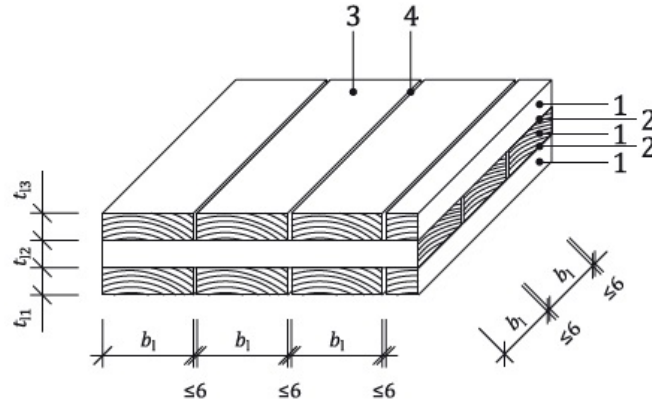
Figure 2 — Cross laminated solid sawn timber with large finger joints



Key

- 1 layers
- 2 bondline between layers
- 3 lamination
- 4 gap between laminations
- 5 grooves in laminations

Figure 3 — Permissible geometry of grooves

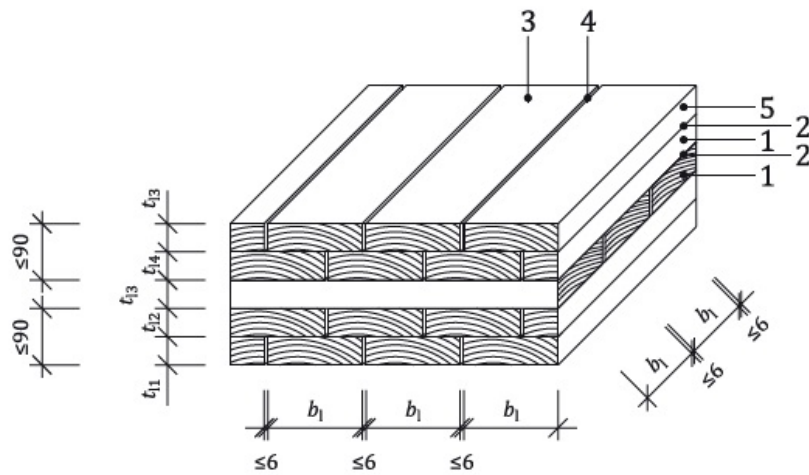


Key

- 1 timber layer
- 2 bondline between layers
- 3 lamination
- 4 gap between lamination

$$6 \leq t_{1,3} \leq 45 \quad 6 \leq t_2 \leq 60 \quad 40 \leq b_1 \leq 300$$

Figure 4 — Example for layup made of three timber layers



Key

- 1 timber layer
- 2 bondline between layers
- 3 lamination
- 4 gap between lamination
- 5 wood-based panel layer

$$6 \leq t_1 \leq 45 \quad 40 \leq b_1 \leq 300$$

$$t_{lay} \leq 45$$

$$\sum_i t_{lay} \leq 0,5h$$

Figure 5 — Example for layup with five timber layers with outermost layers bonded parallel to the grain

附錄 A

(規範)

平板組成(構造)

表 A.1 提供了一種用於定義指定 CLT 面板的組成（構造）的表格。

表 A.1 單片種類/厚度

單片 ^a	厚 度 (mm)	平行//或 垂直⊥面單片	每層識別	
			種類	每層品質 ^b
(面)1		//		
2		⊥		
3				
—				
—				
—				
—				
n^c				
a 單片從面（1）到背面（n）編號 b 品質 Qi 如附件 C 中所定義 c n = 單片數總數				

附錄 B

(規範)

CLT 外觀分類示例

B.1 概述

本附件包含 CLT 外觀分類示例，僅供參考。這些要求基於製造時的外觀。建議買方和賣方協定實際的 CLT 面板外觀要求。

B.2 建築外觀分類

外觀分類通常適用於外觀重要但不是最重要考慮因素的應用。分類具體特徵如下：

- a) 在暴露表面，所有結孔和超過 19 mm 的空隙都填充木材填料或選擇與相鄰木材紋理及顏色相似的透明木材插入物。
- b) 目視暴露的最外層無鬆散的結，且開結孔已填充。
- c) 當在疊層長度方向上測量時，結孔不超過 20 mm，除非其面積不大於 320mm²，則空隙可能長於 20mm。
- d) 目視暴露的最外層上出現的邊緣接縫處理的寬度大於 2mm 之空隙已填充。
- e) 暴露面表面光滑無遺漏。

B.3 工業外觀分類

外觀分類通常適用於外觀不是主要關注的隱藏應用。等級具體特徵如下：

- a) 不需要填充出現在疊層邊緣的空隙。
- b) 目視暴露的最外層上出現的鬆散結和結孔無填充。
- c) members 僅在最外層上出現，且外觀要求僅適用於這些層。
- d) 在表面層上允許偶爾失誤、低疊層或缺少（限於實木鋸材級）且不限於長度。

附錄 C
(規範)
單片分級

表 C.1 提供層的特性，表 C.2 提供層的最小特徵之標準清單(依據它們在最終產品中的位置)。

表 C.1 層的特性

	內層	外層	面	其他
木材品質指標	Qi	Qj	...	...
註 Qi, Qj, ...依據附錄 B 提出				

表 C.2 最終產品的製造特性限制

單片 ^a	外層 (面)1	單片 2	單片 3	...	...	單片 n^b (背面)
缺陷或特徵的類別						
(製造特徵) 尺寸和形狀						
結構膠合層的類型、品質和位置						
開榫						
重疊						
水泡/分層						
中空/印痕/凸塊						
粗糙度						
邊緣空隙						
邊緣缺陷 (鋸/砂磨)						
修補						
a 單片從面 (1) 到背面 (n) 編號。						
b n = 單片數總數						

備考：如有必要，可能需要增加其他特性。

附錄 D

(規範)

生產評估、商品標示及工廠生產控制

D.1 產品評估

D.1.1 品質測試

對於製造商宣稱性能之本文件中包含的所有特性，應進行品質測試：

- 在生產新的或改良的 CLT 產品開始時（除非是同一 family 之成員），或
- 在新的或改良的生產方法開始時（這可能會影響陳述的性質），或
- 無論何時 CLT 產品設計、原材料、組件供應商，或 family 以外之生產過程發生變化，都應重複適當的特性，這將顯著影響一個或多個特徵。

D.1.2 樣品調製

CLT 板樣品應儲存在合適的環境中，直至膠合劑充分固化以進行評估。機械試驗時的 CLT 樣品之平均含水率應不低於該層之參考含水率減去 4 %。

D.1.3 抗彎試驗法

抗彎試驗應依照 ISO 13910 平放進行（垂直於 CLT 最外層施加载重），試樣寬度不小於 300 mm，中心跨度大於試樣深度的 21 倍。允許 CLT 面板的重量包括在彎矩容量的測定中。

D.1.4 抗彎試驗要求

通過品質試驗測定的平均抗彎剛度（EI）和特徵彎矩（fbS）應符合或超過公佈的特性抗彎剛度和彎矩，並依據負載效應的持續時間進行調整。

D.1.5 剪切試驗法

剪切試驗應按照 ISO 13910 平放進行（垂直於 CLT 最外層施加载重），試樣寬度不小於 300 mm，中心跨度至少為試樣深度的 5 倍。

D.1.6 剪切試驗要求

通過品質試驗測定的特徵層間剪切能力（Vs）應符合或超過公佈的特徵層間剪切能力，並依據負載效應的持續時間進行調整。

D.1.7 測試報告

所有資格測試及其結果應記錄在測試報告中。所有測試報告應由製造商依據製造商的記錄保留政策或適用的國家標準（以較長者為準）保留。

D.1.8 性能聲明

在符合本文件規定的要求後，CLT 產品和工廠獨有的製造規範或性能聲明（DoP）應根據 CLT 產品評估編寫。本規範應依照 D.3 用於工廠生產控制（FPC）。

D.2 商品標示和標籤

D.2.1 一致性

符合本文件的 CLT 產品應帶有標記或附在其上的耐用標籤，以表明符合本文件與 D.2.2 中規定的資訊。

D.2.2 產品標記

CLT 產品應帶有從製造廠發運的每個面板上貼有的標記或耐用標籤，包含下列：

- a) 本 ISO 標準號碼;
- b) CLT 的機械阻力
 - 1) 依據本文件決定的 CLT 等級,或
 - 2) 設計力、力矩及對於給定橫截面組成之撓曲、靜態系統及負載配置;
- c) CLT 厚度 (如果 CLT 厚度是組成名稱的一部分,則不需要);
- d) 製造商、標識或名稱的識別;
- e) 工廠名稱或識別號碼;
- f) 生產日期或可追溯性代碼;
- g) 適用時的產品檢查/或認證機構的識別或標識。

D.2.3 具有大指接接合的 CLT 之產品標記

除了 D.2.2 的資訊之外,1 個或 2 個負重方向的大指接接合的特徵抗彎強度應包括在製造指接接合之設施的標記中。

備考:指接接合製造商可能與 CLT 製造商不同。

D.2.4 標記頻率

除非製造商和買方之間另有約定,否則非定制(non-custom)和其他要求的標記應以 2.5 m 或更短的間隔放置在非定制產品上,以便從較長的部分切下的每個部件具有至少 1 個所需的標記。

D.2.5 定制產品

對於符合特定規格(定制產品)的產品,標記應允許包含少於 D.2.2 中之具體資訊。但是,定制產品應至少帶有 1 個包含所需識別的標記。

D.2.6 無效標記

最初標記為符合本文件但隨後因不符合本文件而被拒絕的 CLT 產品應提及被製造商廢止或無效的文件。

備考:這可以使用永久黑色墨水或輕微打磨以阻止標記來執行。

D.3 工廠生產控制 (FPC)

D.3.1 一般

製造商應建立、記錄和維護 FPC 系統,以確保進入市場的產品符合規定的性能特徵。第 8 節中列出的製程性質應進行持續評估,以確認 CLT 產品品質保持一致。CLT 製造商採用的所有要素、要求及規定應以書面政策及程序之形式系統地記錄。所有與生產相關的過程及測試記錄應依據製造商的記錄保留政策或適用的國家標準(以較長者為準)予以保留。將 CLT 產品製造商轉包給第三方在任何情況下都不得按照本標準的要求履行 FPC 的原始製造商責任。

D.3.2 完成生產檢驗

所有生產都應通過目視檢查,及/或透過測量或測試符合本標準。應保留最終產品中觀察到的特徵限值的記錄,如附件 C 所示。

D.3.3 微小變異

當存在有限程度的變異,或結構損壞或缺陷已修復時,產品被認為符合本文件,並且在合格人員的判斷下,產品在結構上足以滿足預期的使用。應記錄產品識別

及微小變異的性質。合格人員為熟悉工作規範及適用設計要求、並具有製造流程第一手知識的人員。

D.3.4 製造商特定的 FPC 系統

製造商負責依據本產品標準的內容組織 FPC 系統之有效實施。生產控制組織中的工作及責任應記錄在案並保持最新。

在進行分包時，製造商應保留對產品的總體控制，並確保他們收到履行本標準所需的所有資訊。如果製造商部分產品之設計、製造、組裝、包裝、加工及/或貼標籤是透過分包的，則應考慮分包商的 FPC。

分包所有活動的製造商在任何情況下都不得將上述責任轉交給分包商。

D.3.5 可追溯性及標記

個別 CLT 產品之生產來源應具有可識別性及可追溯性。製造商應制定書面程序，確保附加可追溯性代碼及/或標記相關之過程有定期檢查。所有文件都應進行登錄，以便產品的原材料及生產條件可追溯。所有文件應按照製造商的記錄保留政策或適用的國家標準（以較長者為準）保存。

D.3.6 製造過程中的控制

製造商應在受控條件下計劃和進行生產。製造商的文件，程序及使用說明應與產品的生產及製程控制相關，並應在工程品質手冊中充分說明。

D.3.7 產品測試及評估

製造商應制定程序，以確保 DoP 中宣稱的特徵值保持不變。

D.3.8 不符合要求的產品

製造商應有書面程序規定如何處理不符合要求的產品。任何此類事件應在發生時予以記錄，且這些記錄應保留在製造商書面程序中規定的期限內。如果產品不符合驗收標準，應立即採取必要的矯正措施，將不符合要求的產品或批次隔離並正確識別。

D.3.9 矯正措施

製造商應制定書面程序，採取措施消除不合格之原因，以防止再次發生。

D.3.10 處理、儲存及包裝

製造商應具有提供產品處理方法的程序，並應提供防止損壞或變質的合適儲存區域。

D.3.11 工廠及 FPC 的初始檢查

工廠及 FPC 的初始檢查應在製程最終完成並運行時考慮適用的國家法規。應評估工廠及 FPC 文件，以驗證製造商在 DoP 中提出的規定是否合格，以及是否滿足本文件中之規定。所有評估及其結果應記錄在初始檢查報告中。

D.3.12 FPC 的連續監督

對 FPC 的監督應考慮適用的國家法規。對 FPC 的監督應包括對每種產品的 FPC 測試計劃及製程之審查，以確定自上次評估或監督以來是否有任何變化。應評估任何變化之重要性。

應進行檢查以確保測試計劃仍正確執行，並確保生產設備在適當時間間隔內正確

維護及校正。

應審查在製程中之測試及測量記錄以及成品，以確保獲得的值仍與 DoP 中提交的值一致，並且已對不合格產品採取了正確的措施。

D.3.13 修改程序

如果對產品、生產過程或 FPC 系統進行了修改，這些修改會影響使用本文件建立並在 DoP 中宣稱之產品特性，則應對受影響的產品特性、工廠及 FPC 系統進行重新評估。所有評估及其結果應記錄在報告中。

D.3.14 在 FPC 計劃期間收集的補充性質

在 FPC 計劃期間收集基本的物理、機械及化學釋放補充性質。要收集的補充性質類型及適用的 ISO 標準摘要如附錄 E 所示。

附錄 E
(參考)
補充性質

表 E.1 補充性質

性質	參考文件
物理性質 —含水率 —密度	ISO 3130, ISO 16979 ISO 9427
機械性質 —抗彎性質 —張力 —剪切性質 —抗壓性質	ISO 16572 ISO 16572 ISO 16572 ISO 16572
其他性質 —甲醛釋出量	ISO 12460

CLT 組件接合 — 細部結構

(本資料翻譯至 2013 CLT Handbook US Edition，並重新繪製接合大樣圖說)

本章聚焦於 CLT 板相互接合，以及相關牆面與基礎、牆面與樓板接合之常用傳統式、創新類型接合系統詳情與方案。圖 5 標示了多樓層 CLT 建物內，採用此類接合法之各個位置。本文介紹了大多數的常用扣件類型，以及有可能用於 CLT 組件的數種扣件，但清單內容並未詳列所有項目；本章並未提及之其他類型創新專有扣件，亦可依據合適程度，酌予採用。

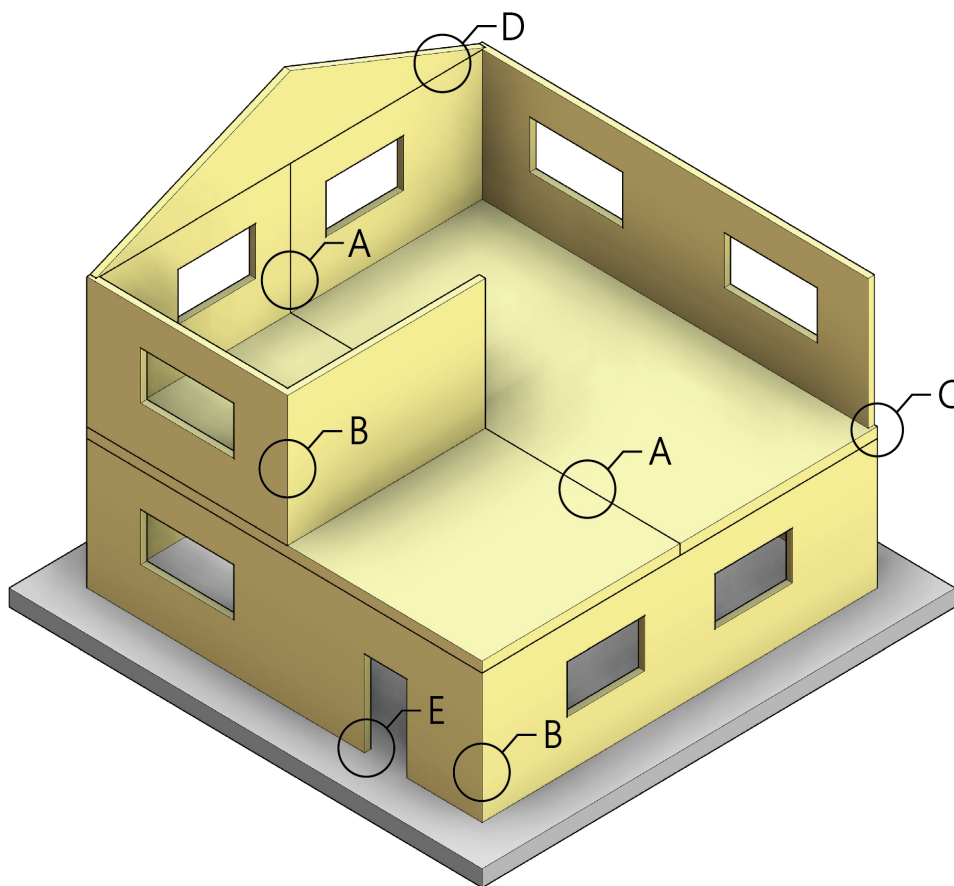


圖5 典型的兩層樓 CLT 建物，樓板與牆板間的各處接合均已標註

4.1 板對板 (細部結構 A)

這是通常用以接合牆壁與樓板的基本形式，沿著板的縱向邊緣，實施接合作業。由於板材必須合乎便於運抵工地之尺寸，受限於生產規格與運輸容積，板對板接合大多在現場施工，接合之細部結構必須易於組裝、便於快速製作。板對板接合，使得面內力以及面外力得以透過牆板或樓板組件而獲得傳遞、移轉。舉例而言，板對板接合若是應用於牆組件，接合之設計必須有效抵抗面內剪力以及面外彎矩。所接合之構材，若是用於橫隔板功能之樓板組件，原則上相關接合須能傳遞面內之橫隔板受力，並且保持橫隔板以及整體之側向負荷耐受系統的完整無損。下文介紹了多種可供運用的板對板接合細部結構。

4.1.1 內拼接板

可以使用由木材、SCL (例如 LVL 單板層積材)、薄形 CLT 或膠合板製成的木質單拼或雙拼接板/拼接條，構成這樣的接合。在板材運抵工地前，必須在工廠對板材進行榫卯加工。可以使用自攻螺絲、木螺絲或釘子，針對拼接板以及兩組板材的邊緣予以接合。這種細部結構的優點之一，在於提供了雙剪力接合。只是這種方法需要進行更精準的榫卯加工，且在工地現場設法將多種不同零件正確拼接組裝頗具難度。這在耐受正常荷重或面外荷重方面，也具備其他優勢。必要情況下，除機械扣件以外，還能在不同部件上塗抹結構黏合劑，藉此提升接合剛性。下圖 6 為單內拼接板的方案圖。

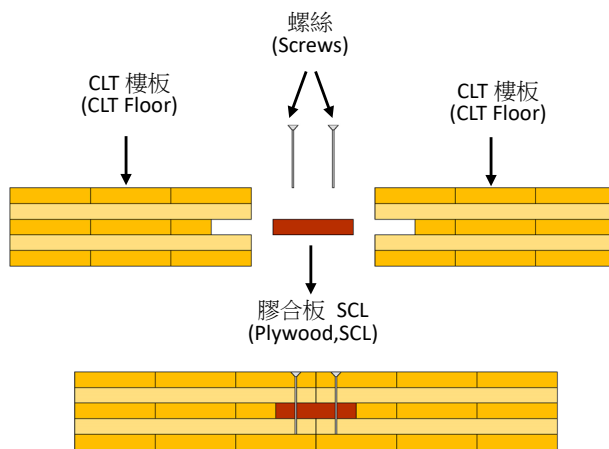


圖 6

單內拼接板

4.1.2 單面拼接板

這種相當簡單的接合細部結構，能於工地現場快速施工。板材邊緣實施榫卯加工，可與 LVL、PSL 或單板片積材 (LSL) 等木材或 SCL 的木條/拼接板連接 (圖 8)。可使用釘子、木螺絲及突端螺釘等傳統扣件，在工地現場予以接合。歐洲各國通常使用自攻螺絲等專用扣件。由於涉及單剪力接合，這種接合細部結構通常不如前文所述的內栓槽。此類接合細部結構亦能使用結構黏合劑。

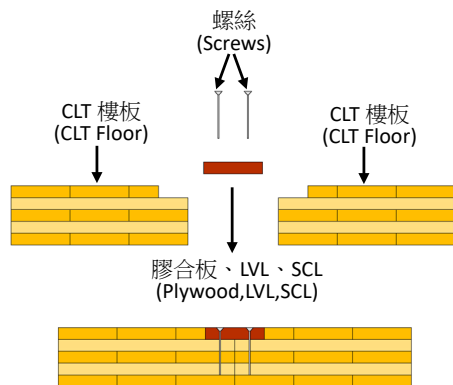


圖 8
單面拼接板

4.1.3 雙面拼接板

這種接合細部結構，近似於前述的單面拼接板，只是這裡使用了雙拼接板，提升接合強度與刚度（圖 9）。由於使用了兩組螺絲，抵抗荷重的剪力面數量增加一倍，使用這種細部結構就能實現更理想的耐受抗力。然而這樣的接合方式需要進行更多的機械加工作業，加上恐將投注更多時間實施安裝，插入扣件時要從板材兩側安裝兩組拼接板，扣件施工所需時間因此增加了一倍。根據 Augustin (2008 年) 研究結果，如果使用 SCL 作為拼接板，則可透過結構節點的設計，有效抵抗面外負荷的力矩。可以使用結構黏合劑，提升強度與勁度。

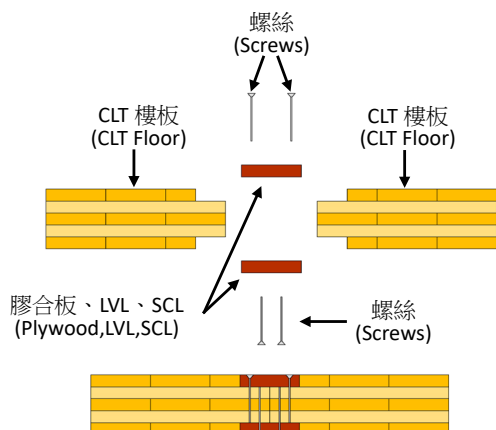


圖 9
雙面拼接板

4.1.4 半樑

這樣的接合細部結構，係於工廠內切削出半樑結構，通常用於牆面與樓板組件當中的板對板接合（圖 10）。通常使用長型自攻螺絲，連接板材邊緣。如此結構節點足以承受正向力與橫向力，但在抗彎矩性能方面並非理想的接合方式（Augustin，2008 年）。這固然是非常簡單的接合細部結構，有利於快速組合 CLT 板，但由於垂直於木材橫紋的剪力集中在缺口區域，存在橫截面開裂的風險。這在樓板構材受力不均情況下尤為明顯（Augustin，2008 年）。

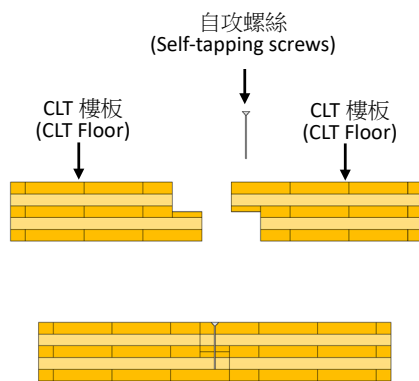


圖 10
半樁細部結構

4.1.5 鋼管接合系統

G. Traetta (2007年) 在奧地利研究開發出這種創新的接合系統，系統內包括了一組銑型帶孔鋼管 (圖 11)。送抵工地的板材構材，已於兩塊板材的相互接合面上，用黏合劑或螺絲固定住桿材，並於板材邊緣的特定位置加工開孔，專供金屬管置入。在板材的指定位置插入鋼管接頭，然後在工地現場利用金屬螺母鎖緊系統各部。

奧地利格拉茨的建築研究中心業已實施檢測，評估這種創新系統的建物耐受容量 (Traetta, 2007 年)。由於這樣的接合系統主要仰賴旋接桿或膠合桿的拉脫抗力，通常無需在牆面邊緣實施樁卯加工。

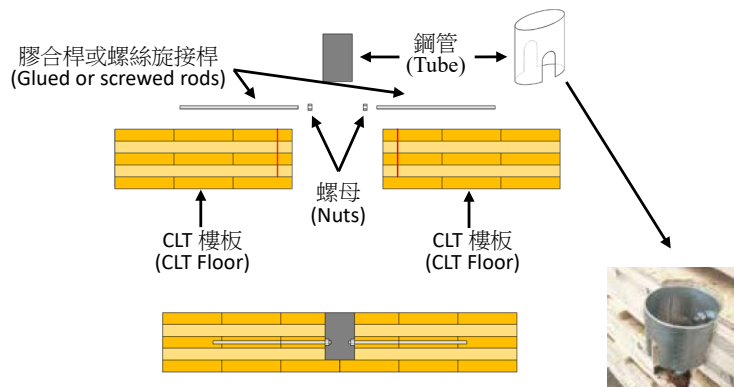


圖 11
鋼管接合系統細部結構

4.2 牆對牆 (細部結構 B)

本章介紹將牆壁與其直角交界牆面 (橫向壁連接處) 相互接合之連接細部結構。這樣的接合細部結構，包括內隔牆與外牆，或簡單外角牆的连接。在個別板材的同一平面內所接合之牆面，先前已於板對板接合 (細部結構 A) 章節內提及過。下述的大多數接合細部結構，在 CLT 牆板的接合施工上都很常用，然而其中有部分使用創新類型的接合系統或細部結構，具具備相當程度的應用潛力。用以橫向接合連結外牆的系統，也能用以接合內牆。

4.2.1 自攻螺絲

接合直角牆面 (牆壁連接處) 的方法與系統不一而足，最簡單的接合方式，主要係運用自攻螺絲，接合各牆面 (圖 12)。只不過螺絲鎖在板材的窄邊上，尤其是如果螺絲鎖在交叉層的端紋上，這種直接拼合方式仍不無疑慮。對於低度荷重的建物，或許無關緊要，但未必適合承受強風負荷及地震負荷的牆壁。此外，也能採取特定角度鎖入自攻螺絲，避免直接將螺絲鎖在板材窄邊 (的邊緣)，從而實現接合 (即底端旋接) 性能的最佳化 (圖 13 和 14)。

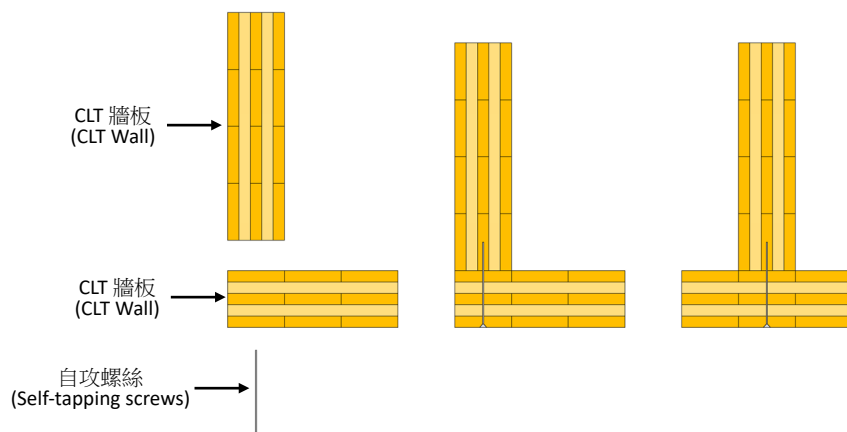


圖 12
從外部鎖入自攻螺絲

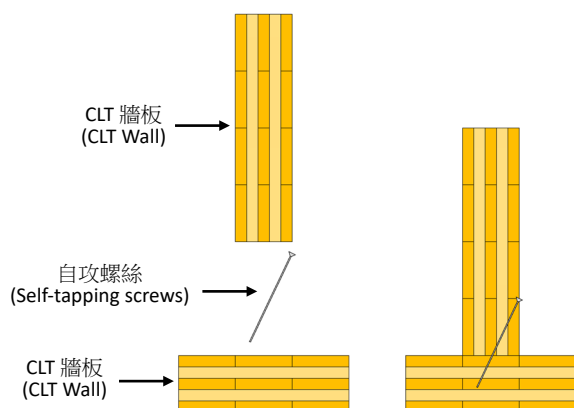


圖 14
以特定角度鎖入自攻螺絲 (底端旋接)

4.2.2 木質榫卯

隱藏式榫卯（鍵接部件）也能應用於類似方法，也就是搭配自攻螺絲或傳統木螺絲。相較於直接採用自攻螺絲，這種系統的優點在於得以使用更多木螺絲連結榫卯板材，與中央榫卯/鍵接部件相互嵌合，而後再以螺絲連接中央榫卯/鍵接部件與橫向壁，提升接合耐力（圖 15）。

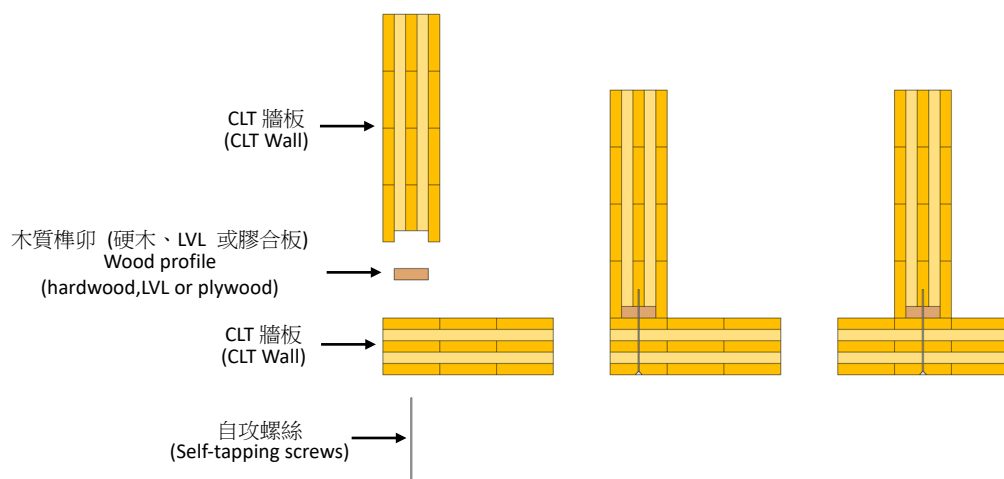


圖 15
隱藏式榫卯

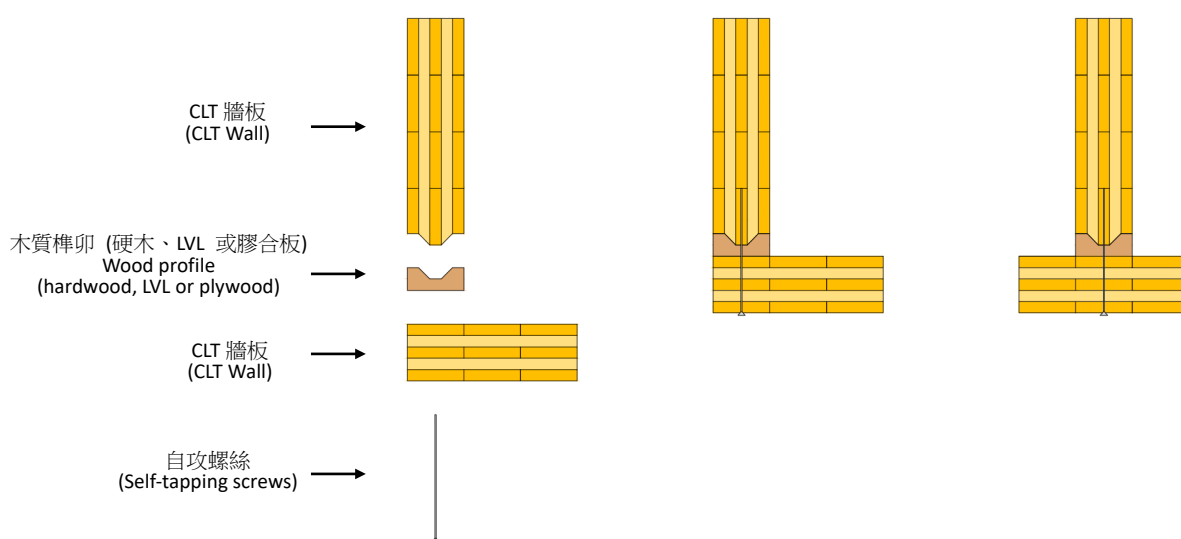


圖 16
邊緣保護榫卯

如圖 16 所示，其他類別的榫卯構材，也可用於板材接合邊緣的加固施工。這些構材主要由高密度硬質原木或 SCL 所製成。如前所述，它們是以膠合搭配螺絲固定的方式，接合在板材的邊緣。

4.2.3 金屬托架

使用螺釘或釘子來固定的金屬托架，是橫向接合牆壁的另種簡便方式（圖 17）。如欲確保垂直於板材或凹槽平面的方向牢靠固定且確保強度，這樣的接合系統是最簡單又最有效的方式之一，但仍需要加上防護外膜（即石膏板）俾以提升防火性能。

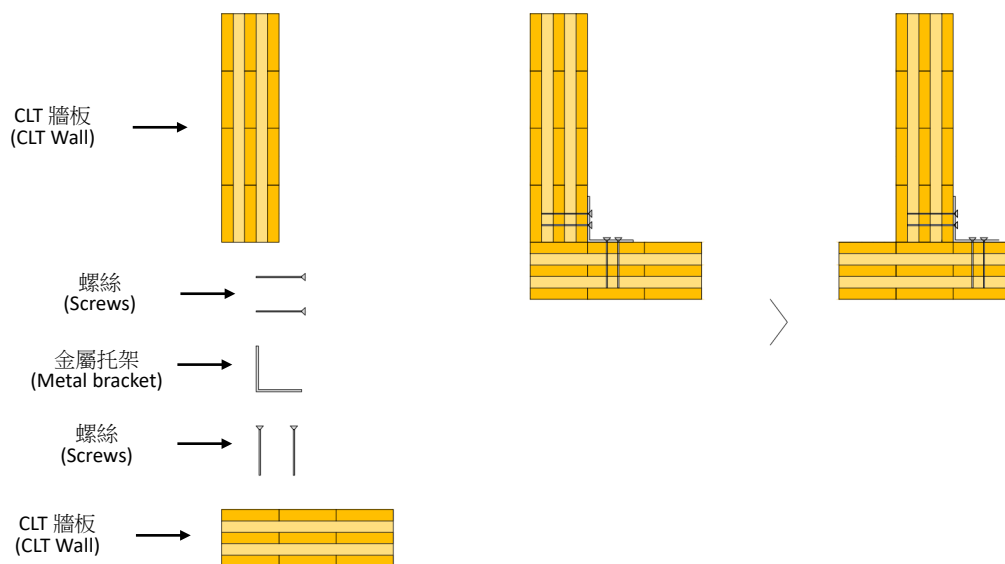


圖 17

內側金屬托架

4.2.4 隱藏式金屬板

隱藏式金屬板，也可用以橫向接合各個牆面。金屬搭接板的厚度從 0.24 英吋 (6 公釐) 到 0.47 英吋 (12 公釐) 不等。如前所述，這種系統相較於搭接明板與角隅托架，具備相當顯著的優勢，尤其是在防火性能方面，但這種系統需要在工廠使用 CNC 車床技術，實施精密加工 (圖 18)。也能採用可鑿穿木材與鋼材的專有自鑽暗榫 (圖 19)，但須向製造商索取規格與性能等設計所需相關資訊。

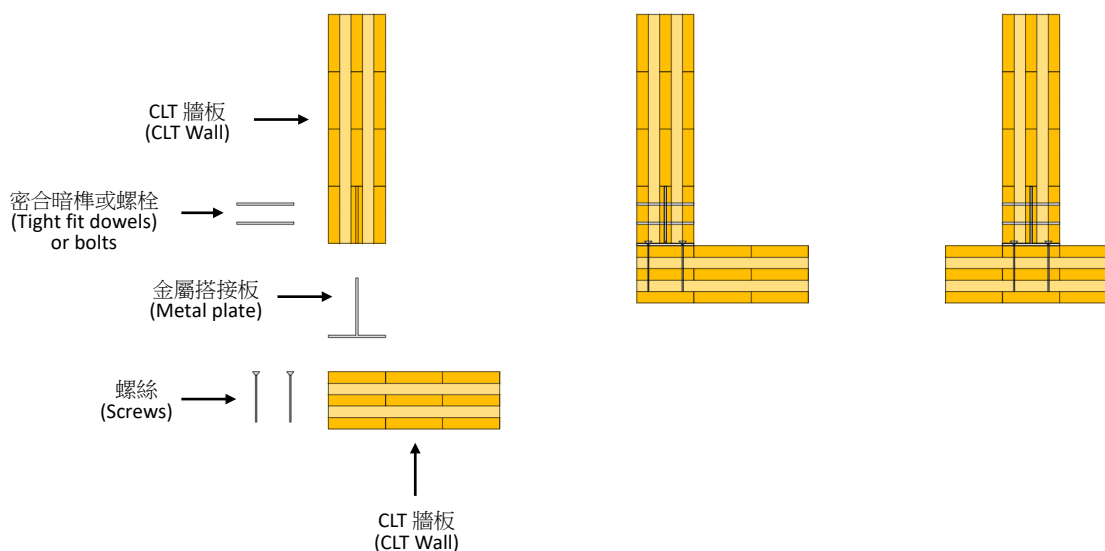


圖 18
隱藏式金屬板

4.3 牆板對樓板 (細部結構 C)

根據結構系統的形態 (如平台式或一體式)、扣件供需狀況及預製程度，將牆板接合上方樓板，或將上層牆板連接到樓板，具備幾種施工可能。使用平台式結構時，接合設計必須一併考慮承重變形的累積效應。

4.3.1 平台式結構

4.3.1.1 自攻螺絲

如圖 20 所示，使用長型自攻螺絲從 CLT 樓板直接鎖入牆壁邊緣的窄邊，是將樓板或屋頂連接至下方牆面之最簡單工法。此外也能從特定角度鎖入自攻螺絲，充分發揮板材邊緣的固定能力。同樣的原理，也可用於接合上方牆壁和下方樓板，採特定角度將自攻螺釘鎖入牆壁與樓板的交接處附近。取決於鎖入螺絲的角度及螺絲長度，自攻螺絲可以到達底牆，進一步強化上下牆板與樓板間接合狀態。

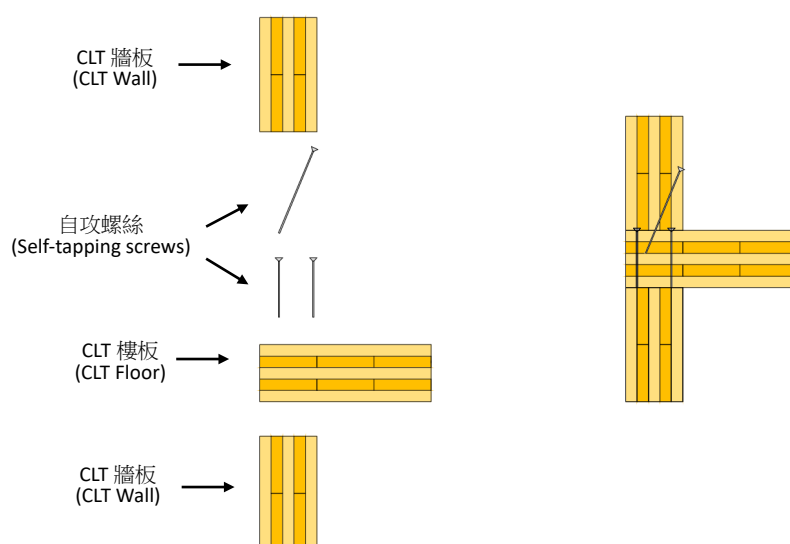


圖 20
自攻螺絲

4.3.1.2 金屬托架

金屬托架通常用以接合樓板與上下牆，俾於需要情況下，將側向負荷從特定側向抗力系統轉往另一個系統 (例如從橫隔板到剪力牆)。此外它們也用於接合屋頂與牆板。可使用釘子或木螺絲，將金屬托架固定至 CLT 板上 (圖 21 與 22)。

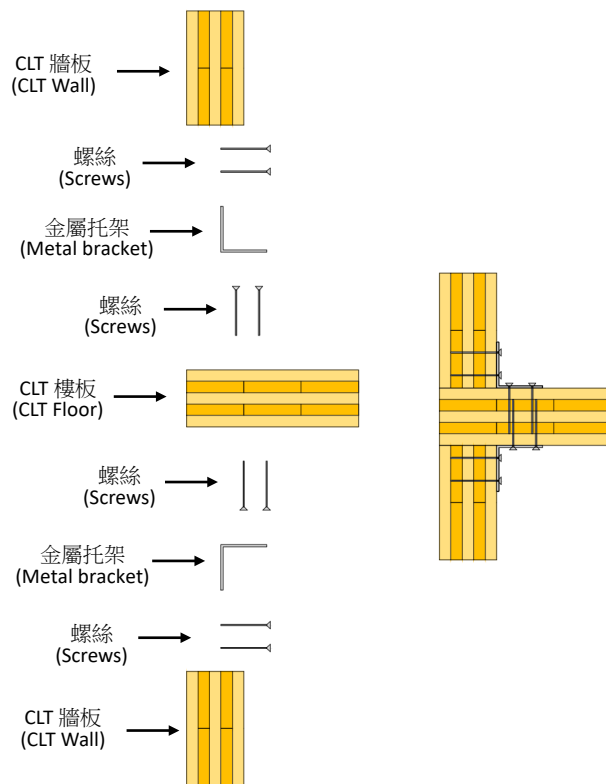


圖 21
金屬托架

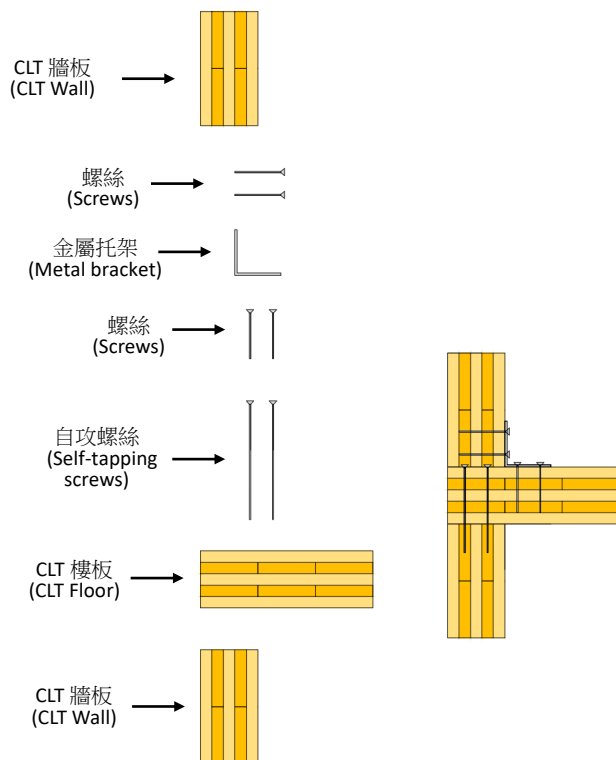


圖 22
金屬托架與自攻螺絲

4.3.1.3 隱藏式金屬板

隱蔽式金屬板，也可用以接合牆板與樓板（圖 23）。如前所述，這種系統相較於搭接明板與角隅托架，具備相當顯著的優勢，尤其是在防火性能方面，但這種系統需要在工廠使用 CNC 車床技術，實施精密加工。

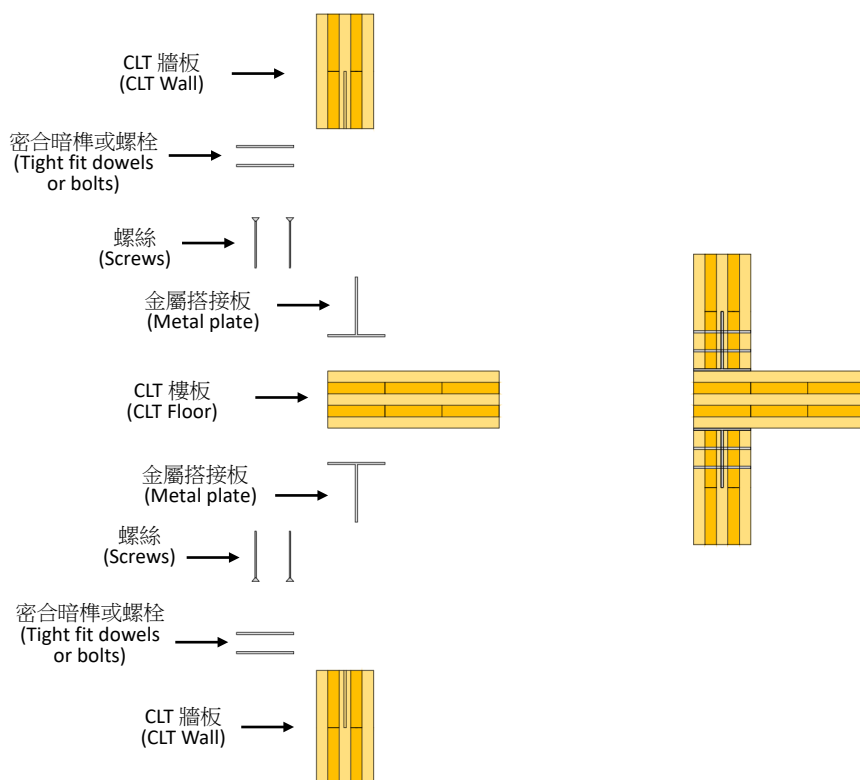


圖 23
隱藏式金屬板

4.3.2 一體式結構

歐洲的 CLT 架構，大多採用了設計與安裝都很簡單的平台式系統。包括農牧與工業建物在內的非住宅用結構，通常使用帶有夾層的高牆，夾層是建物主要樓層之間的中間樓板。夾層通常位於一樓與二樓之間；不過，在建物的較高樓層設有夾層，亦屬常見規劃。

在此類應用中，要將典型的 CLT 樓板與連續的 CLT 高牆連接起來，有多種接合方式可供選擇。最簡單的連接細部結構，包括了使用木質承托板，連續支撐 CLT 樓板的重量（圖 24）。承托板通常由 LVL、LSL 或 PSL 等 SCL 製成，也可以使用 CLT 承托板。另種連接方式，則是使用類似圖 25 (a 和 b) 所示的金屬托架。使用螺絲、突端螺釘或釘子，將 SCL 承托板或金屬托架與 CLT 牆板及樓板實施固定。不過風吸力造成的面外彎矩，可能構成此種細部結構的隱憂，需由設計師一併考量相關課題。

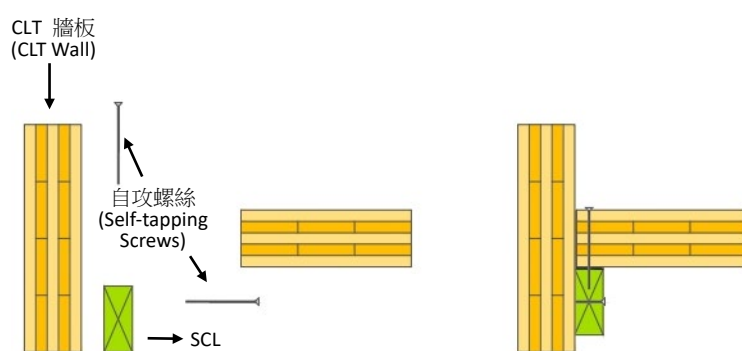
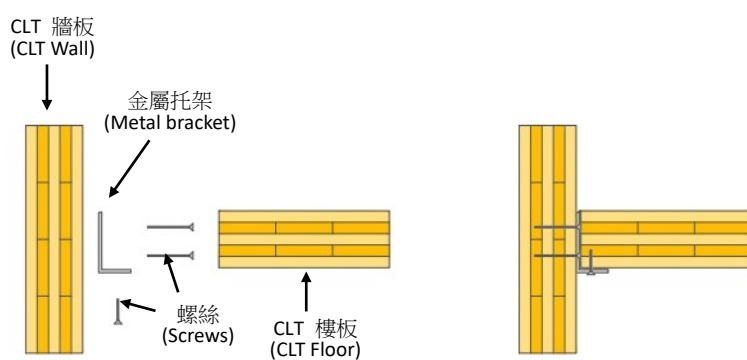
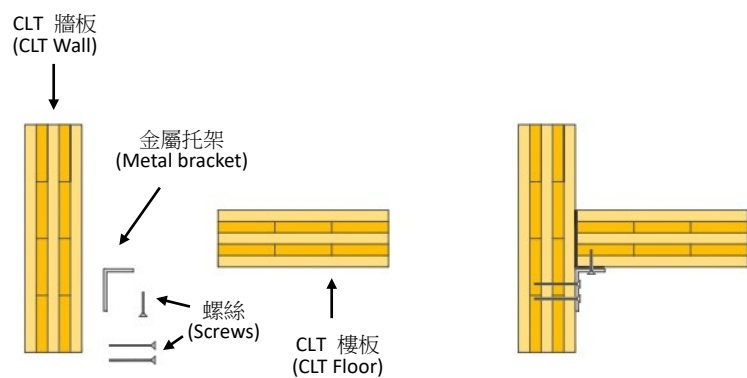


圖 24

用於承重支撐的 SCL 組件 (改編自 TRADA 2009)



(a)



(b)

圖 25

用於提供承重支撐的金屬托架 (改編自 TRADA, 2009)

4.4 屋頂對牆壁 (細部結構 D)

可以採用類似於樓板與牆板的連結方式，接合斜式或平式屋頂與牆壁 (圖 26)。螺絲與金屬托架，是這類應用最常採行的固定系統 (圖 27 和 28)。

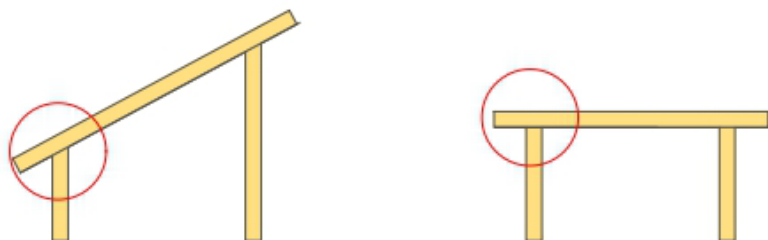


圖 26
屋頂對牆壁之可用節點結構

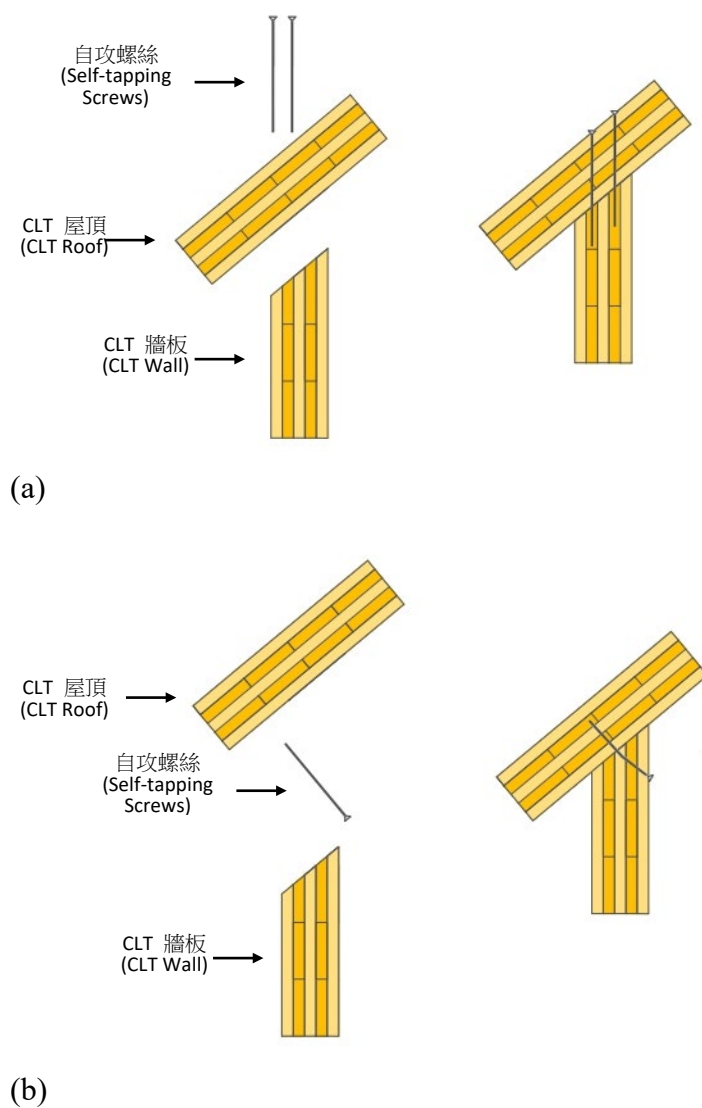


圖 27
自攻螺絲

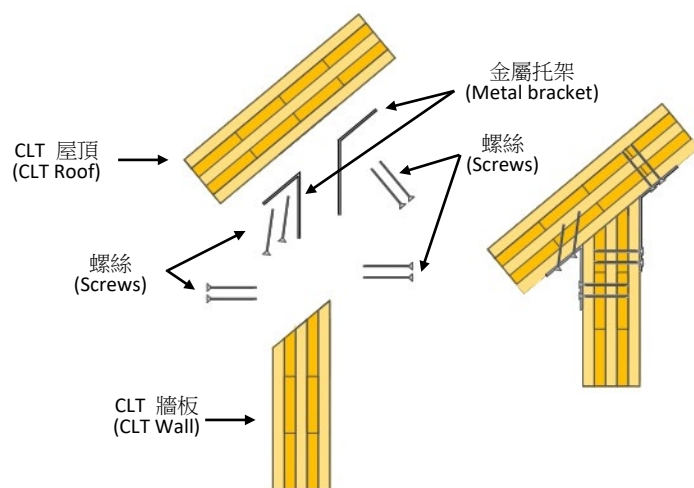


圖 28
金屬托架

4.5 牆壁對基礎 (細部結構 E)

4.5.1 搭接明板/外露式金屬板

在將 CLT 板接合至混凝土基礎 (常見於有混凝土基座的 CLT 建築的第一層，或第一層為混凝土的多層 CLT 建築) 或鋼樑之際，亦有多種固定接合系統可用。此類應用通常會使用外部金屬板與角隅托架，市場上有多種這類五金構材可供選擇。在歐洲，類似圖 29 所示的外露鋼板，由於安裝簡單，可能是最常用的建材。若係從建築物外部接合，可使用典型的金屬搭接板 (圖 29 和 30)。若是從建築物內部連接，且結構裡具備混凝土板之情況下，應使用圖 31 和圖 32 所示的金屬托架。可使用突端螺釘或火藥擊釘，將金屬搭接板接合至混凝土基座/混凝土板，且可利用突端螺釘或自攻螺絲連接搭接板與 CLT 板。必須過要注意的是，外露之金屬搭接板與扣具均應防護，防範外部環境導致腐蝕。該等情況應當採用鍍鋅鋼或不鏽鋼。

無論何種情況，均應避免直接接觸混凝土基礎與 CLT 板。為確保木材穩固，提升 CLT 板經久耐用，程度應在混凝土基礎與 CLT 板之間加裝防腐處理之木材或 SCL 門檻板 (或底板)，如圖 29 所示。此舉亦能簡化組裝作業。也能在 CLT 板材與混凝土之間的接合處，安裝特殊的銑型鋼質接合架，藉此建立接觸面 (圖 30)。再者，接合細部結構之設計規劃，應充分避免金屬搭接板與 CLT 板材之間滲入濕氣，水氣一旦殘留於搭接板與 CLT 板之間將導致木材腐爛。

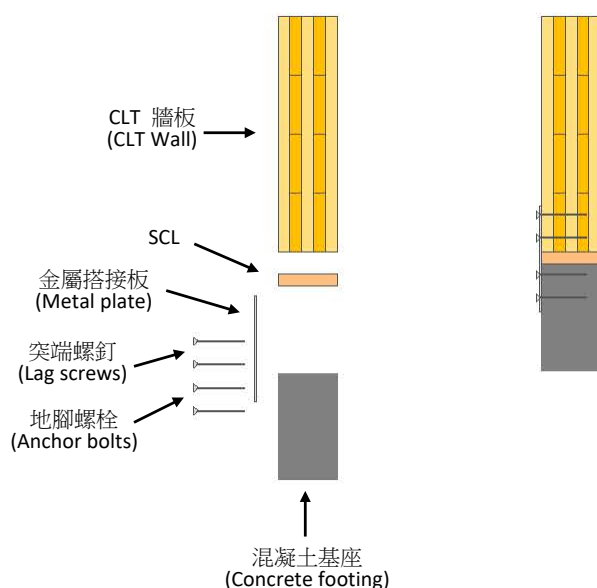


圖 29
外部金屬板

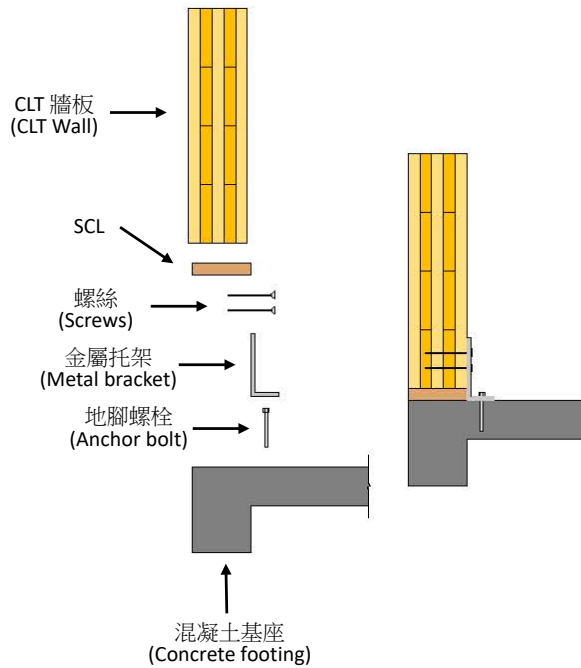


圖 31
金屬托架

4.5.2 隱藏式五金構材

設計師有時會選用隱藏式接合系統，藉此確保更理想的防火效果及美觀效果。可以使用類似下圖 33 所示的隱藏式金屬板。此外則可能需要實施機具加工（有時是精密車床加工），俾於 CLT 板材表面鑿槽，隱藏金屬搭接板。可以使用密合暗榫或螺栓，將搭接板固定在 CLT 板上。可鑿穿金屬及木材的部分創新扣件，或是其他可穿透兩種材料的螺釘，也可用於相關施工。

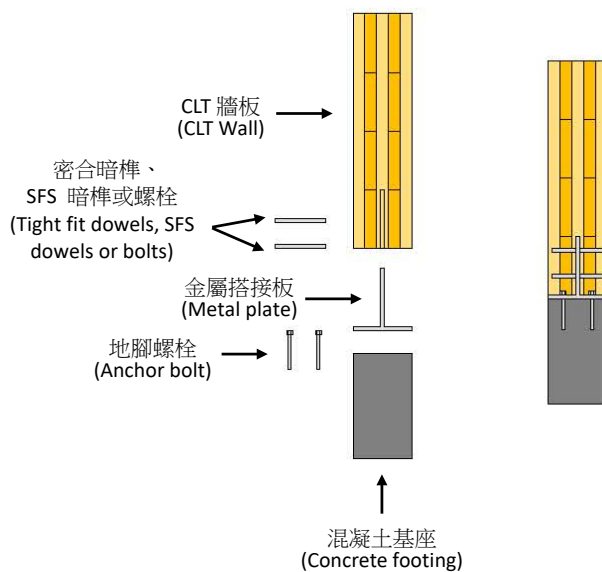


圖 33
隱藏式金屬板

4.5.3 木質樺卯

木質樺卯通常用於連合結構式絕緣板材 (SIP) 以及其他類型的預製木框牆。這樣的樺卯必須採用較高密度且穩固耐用的材料製成。一般多半採用人造木構材，或高密度硬質原木。這種系統的主要優點在於組裝簡便。採用木螺絲或自攻螺絲固定之 CLT 板材，最常使用樺卯。由於木質樺卯是在工廠內進行安裝，亦可使用結構黏合劑，有時還搭配機械扣件使用。如下圖 34 所示，它們通常搭配金屬搭接板或角隅托架使用，藉此提升側向負荷抗力。尚需要在 CLT 廠內實施車床加工，製作板材的銑型表面。樺卯的用途，並非僅限於牆板對基礎之接合。此外它們也能用於牆對牆接合，或樓板對牆板之接合。如圖 34 所示，樺卯具備多種形式，針對板材底部邊緣提供額外保護與加固。

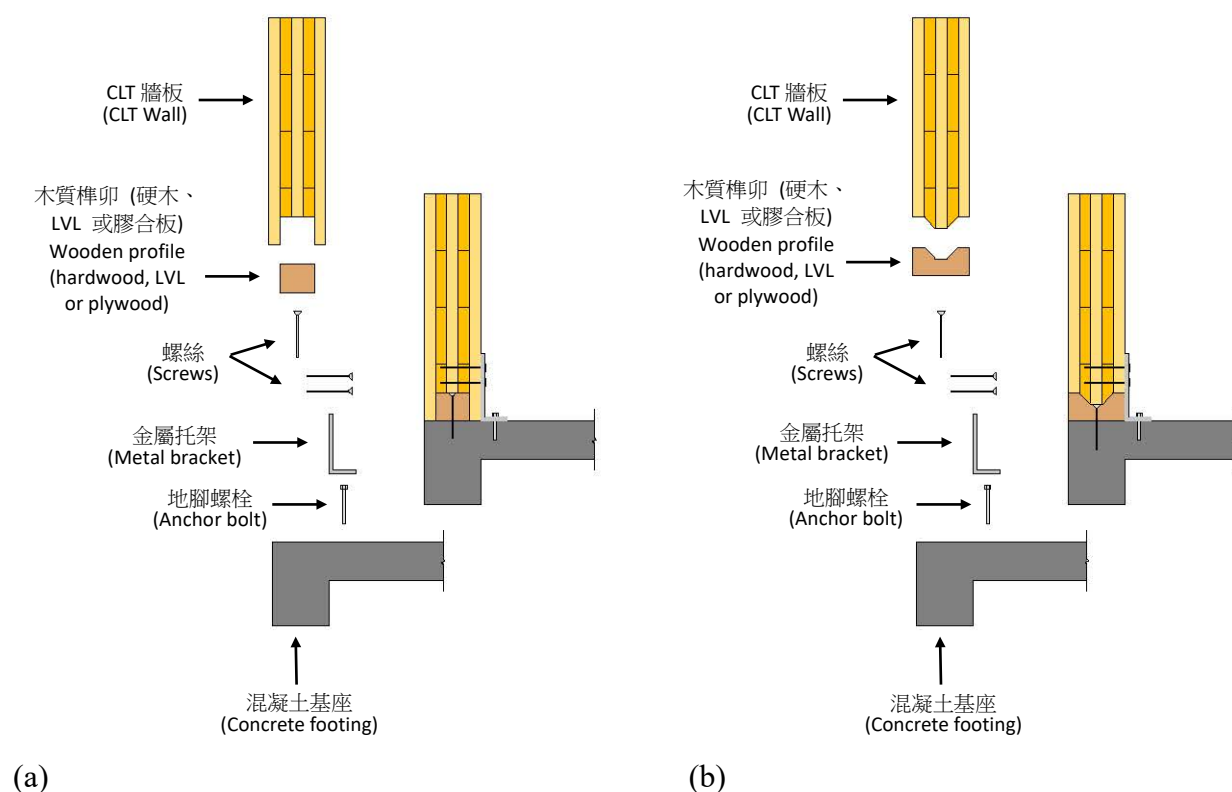


圖 34

隱藏式 (a) 與外露式 (b) 樺卯

5 混合式 CLT 結構的接合 — 細部結構

混合使用 CLT 與膠合木等其他類型木材的系統相當常見。利用各種產品的強項，設法優化整體設計的混合式系統，在歐洲各國日漸風行。混合使用 CLT 與混凝土和磚石等其他類型的建材，或是混合使用不同類型的結構形式，也很常見。

5.1 混合使用 CLT 及其他木材和系統

在 CLT 板的組裝上，混合使用不同木材和結構系統，是為了優化設計及滿足特定性能要求。因此，混合使用 CLT 板組件以及集成材料、木質工字樑、電鍍木桁架或其他類型的人造木構材，作為主要樓板承托系統，並且使用木板或木結構板材等木質樓板材料的情況亦屬常見。下文簡單介紹了混合使用 CLT 和其他類型木材的潛在結構形式。另外還介紹了接合這些不同材料的系統。

5.1.1 平台式結構

在平台式結構當中，樓板系統的主要結構支撐構材，係位於下方牆面的頂部。在牆壁採用 CLT 板的混合式結構裡，典型的托樑式樓板系統位於各組牆壁之上，如圖 35 和圖 36 所示。

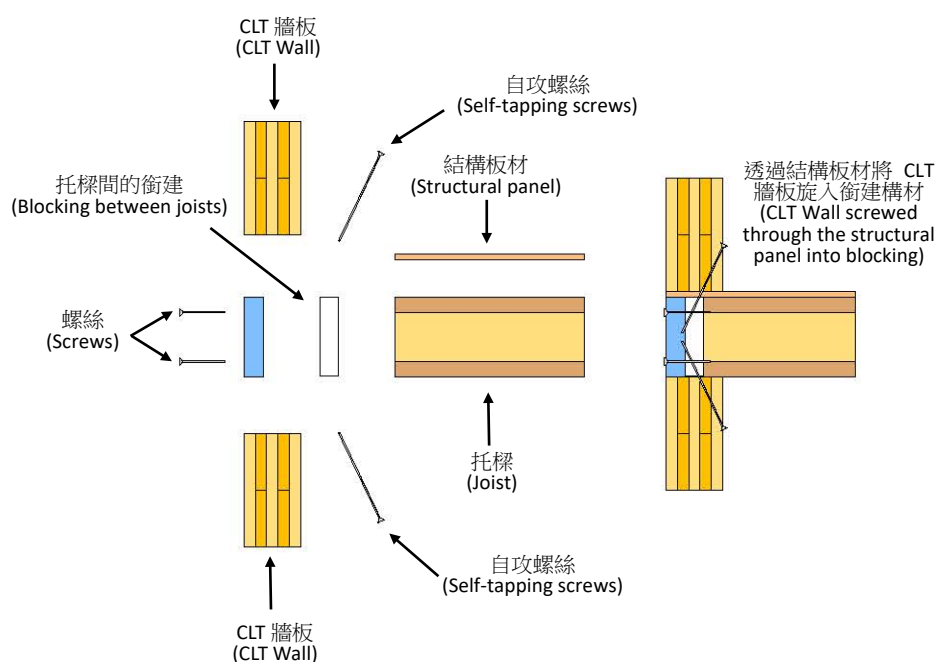


圖 35

CLT 牆板 — 工樑 (改編自 TRADA, 2009 年)

通常在托樑之間會混合使用由 PSL、LVL 或 LSL 等 SCL 製成的緣板與銜建構材，從而確保縱向力與側向力得以從上面樓層傳遞至下方 CLT 牆板。由於下一層的 CLT 牆板完全靠在緣板與銜建構材上，因此差異凝縮在這裡並不構成問題。需要針對木樓板桁架的上弦承重加上木頭搭建，避免桁架上弦發生局部擠壓，並且確保牆壁周圍的應力分布均勻 (圖 36)。桁架上弦的木頭搭建應使用相同材料，藉此確保尺寸不致發生變化。上下牆壁之間的接合，可採特定角度鎖入的自攻螺絲，或前文介紹之其他固定方法。

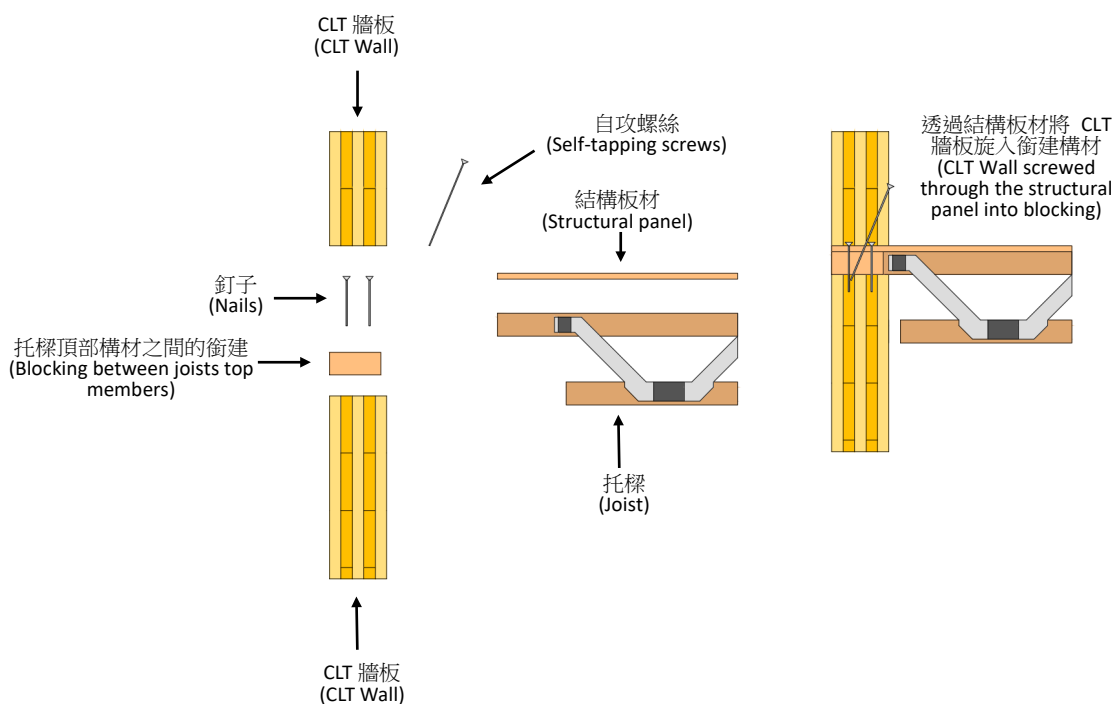


圖 36

CLT 牆板 — 人造樓板 (改編自 TRADA, 2009 年)

5.1.2 一體式結構

混合 CLT 結構也可用於一體式構架形式的建物。此類結構當中，托樑樓板系統包含鋸材、木質工字樑與 SCL 等多種托樑產品，可使用輕型框架與重型木材構架中常用的傳統金屬面裝吊架，將其連接至 CLT 牆板 (圖 37)。牆板在樓板系統與牆面間的接合處屬於連續性質，承托樓板系統。

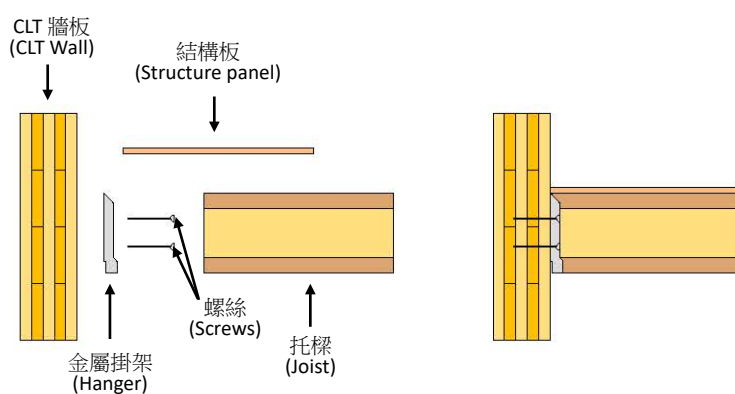


圖 37

CLT 牆板 — 工樑 (改編自 TRADA, 2009 年)

國際木構造建築物設計技術發展與設計施工規範檢討更新之研究

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3段200號13樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：陳興隆、蔡孟廷、黃國倫、李台光、周楷峻、
陳啟仁、楊正裕、徐宇亮

出版年月：112年12月

版次：第1版

ISBN：978-626-7344-20-0 (平裝)