

木構造建築物高度、樓層數相關 設計規定檢討研究

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 108 年 12 月

木構造建築物高度、樓層數相關 設計規定檢討研究

研究主持人：陳建忠
協同主持人：蔡孟廷
研究員：黃昭勳、李育帆、黃國倫、周楷峻
研究人員：林法勤
研究助理：陳致呈
研究期程：中華民國 108 年 3 月至 108 年 12 月
研究經費：新臺幣 881,500 元整

內政部建築研究所協同研究報告

中華民國 108 年 12 月

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.....	2
第四節 預計可能遭遇之困難及解決途徑.....	7
第二章 國內外木構造建築物發展現況.....	9
第一節 國內外木構造建築之技術發展整理.....	9
第二節 國內外木構造建築案例.....	11
第三章 現行法規檢討.....	19
第一節 木構造與混合式木構造建築物之高度限制.....	19
第二節 混合式構造之設計.....	23
第三節 CLT 法規現況.....	30
第四章 法規及規範之新增/修訂建議.....	34
第一節 建築技術規則修訂建議(三段式修訂建議).....	34

第二節 木構造建築設計及施工技術規範「北美木構造 工法」增訂建議	53
第三節 木構造建築設計及施工技術規範「CLT 專章」增 訂建議	54
第五章 結論.....	84
附錄一（專家座談會紀錄）.....	86
附錄二 「北美木構造設計法」增修條文建議.....	108

表次

表 1.1 CNS 中與木構造建築有關之材料及試驗標準	8
表 2.1 日本木構造建築物的耐震計算表	9
表 2.2 工程木材種類說明	12
表 2.3 高層木構案例資訊統整表	15
表 3.1 IBC 2018 對於建築物之高度限制	19
表 3.2 IBC 2018 對於建築物之樓層數限制 ...	20
表 3.3 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.....	25
表 3.4 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.....	26
表 3.5 結構系統之韌性容量 R 及高度限制	29
表 4.1 建築技術規則建築構造篇部分修正條文案 對照表.....	34

表 4.2 木構造建築物設計及施工技術規範部分修正 條文案對照表.....	42
--	----

圖次

圖 1.1 美國(木)建築構造主要設計法規及美國木材 學會(American Wood Council)出版之木構造設 計手冊及規範.....	4
圖 1.2 CLT 專章研擬及建議之主要參考文獻.....	5
圖 1.3 研究步驟.....	6
圖 2.1 國分寺 FLAVERLIFE 本社大樓	17
圖 2.2 下馬集合住宅	18
圖 3.1 建築物上層為木構造、下層為鋼筋混凝土結構	23
圖 3.2 建築物內部結構(承重牆及樓板)為木構造、外 牆為磚構造.....	24
圖 3.3 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.....	28
圖 3.4 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.....	28

圖 4.1	CLT 之生產及製作流程	55
圖 4.2	CLT 之膠合原則	55
圖 4.3	CLT 壁體之基本構造系統及接合形式[16]	57
圖 4.4	CLT 壁體受到靜力側推之變形行為[17] ..	57
圖 4.5	CLT 實驗值與理論值之比較分析	58
圖 4.6	ASTM E-2126-11 反覆加載方法示意圖 ...	59
圖 4.7	ASTM E-2126-11 反覆加載方法示意圖 ...	60
圖 4.8	日本 CLT 實驗方法及彈塑性模型之求取 ..	65
圖 4.9	北美 CLT Handbook 中主要接合形式	71
圖 4.10	日本 CLT 施工設計規範中之主要接合形式及 強度.....	83

摘 要

關鍵詞：建築高度、樓層數、北美木構造、直交集成板

一、研究背景

近年來先進國家在木構造施工技術上之發展迅速，新型態的木質構材（例如工程用膠合材、定向粒片板、與直交集成板等）亦開始廣泛運用。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」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，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，因此現行法規實有繼續檢討之必要。

二、研究方法

本研究採取之研究方法如下：

1. 資料及文獻回顧

蒐集北美、日本等地相關木構造之法規（詳見圖 1.1 及 1.2）與實際案例蒐集最新版美國 IBC、ASCE、AWC 等機構所出版之木結構設計手冊與規範、以及日本木質構造設計規準等資料加以摘要及翻譯。CLT 之研究主要參考北美 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，進行相關章節爭增訂。

木構造建築物高度、樓層數相關設計規定檢討研究

2. 進行美、日、台木構造法規比較與研析

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；統整各國之木構造法規並以其為參考依據，研擬本土型之法規修改草案。

3. 徵詢並匯集產官學研各方意見

邀請專家學者針對本案所提出之法規修正建議進行座談以檢討相關建議之合理性。

三、研究成果

本研究之具體成果，首先為針對建築技術規則建議修改條文，包含以下項目：

(1) 建築技術規則之修訂建議

1. 建議修改建築技術規則第 171-1 條

- ▶ 修改方向：根據不同機能或工法等進行樓高限制的定義

2. 建議將建築技術規則第 173 條刪除

- ▶ 本條規定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。因不合時宜，因此建議刪除

3. 建議修改建築技術規則第 203 條或刪除

- ▶ 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。本條因不合時宜因此建議刪除

4. 其他建議修訂條文等

(2) 北美木構造設計法之規範增訂建議

針對混合構造之規定，建議進行下述之修訂於木構造建築物設計及施工技術規範第 7 章新增章節 7.5，暫定北美木構造設計法。

(3) 直交集成板 CLT 之規範增訂建議

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 之專章。主要參考 NDS chapter10 pp60-62 進行 CLT 之定義。另外，亦參考北美 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。直交集成板 CLT 專章之章節增訂建議：(1) 第 1 節 CLT 的定義及用途、(2)第 2 節 各國 CLT 適用規定、(3)第 3 節 結構分析原則、(4)第 4 節 主要接合形式。

ABSTRACT

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

Construction of high-rise timber buildings has been proposed worldwide due to the development and advanced application of engineered wood. In Japan, Australia, and all over Europe, engineers are using more wood to reduce the high greenhouse gas emissions during concrete construction. New wood engineering technology makes it's possible to create wooden panels or structure components that can approximate the strength of steel. And 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 Taiwan, the current building regulation governs the height of wooden buildings within 4 story or 14 meters, which limit the potential development of high-rise wooden buildings. Moreover, the seismic design values such as ductility values, load combinations for different structure system vary, making it difficult to design a wooden based hybrid structure system according to the current building codes. In this study, a comprehensive research 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

近年來先進國家在木構造施工技術上之發展迅速，新型態的木質構材（例如工程用膠合材、定向粒片板、與直交集成板等）亦開始廣泛運用。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」[1]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，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，因此現行法規實有繼續檢討之必要，其中較為迫切之項目包括：

1. 現行法規[2]對於木構造建築之高度限制（建築技術規則之規定為 4 層樓/14 公尺，建築物耐震設計規範之規定為 12 公尺）過於保守（IBC 之規定為 6 層樓/19.8 公尺），且欠缺「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，不利木構造之推廣。
2. 現行木構造規範[3]中所規定之載重組合與其它規範[4~8]（例如 RC 及鋼結構）明顯不同，除可能出現載重組合與構材容許應力無法對應的情況外，對於混合式構造（例如建築物中部分採用木結構、部分採用 RC 或鋼結構）之設計亦形成極大的困擾。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 IB[9]C 及 ASCE 7[10]）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，並訂定對應之構材容許應力計算方式。考慮國內混合式構造日益增多，建議現行規範亦朝相同模式修訂。
3. 現行建築物耐震設計規範[11]中所規定之木構造（承重牆系統：1. 具剪力嵌版；2. 具對角斜撐）韌性容量（R 值）乃是配合 IBC 規定之載重組合所訂定，而混合構造之 R 值計算亦須配合上述（IBC 之）載重組合規定，因此現行木構造設計規範實有修正之必要。
4. 現行法規引用之「中華民國國家標準」（以下簡稱 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，本研究中針對現行規範中有關木構造高度、混合式構造、以及直交集成板等規定進行檢討，並提出適當之修訂建議。

第二節 研究目的與重要性

木構造建築物除可提供其它構造難以達到的舒適性之外，建材本身所具備之永續、環保特性與絕佳的固碳能力遠非其它傳統建材所能比擬。尤其近年來世界各國對於全球暖化及碳排放量等議題日益重視，更突顯出木構造相對於其它建築工法之優勢。由於先進國家對於現代木構造建築型式及工程木材在耐久、耐震、耐候、及防火等性能方面已累積了相當多的研究成果、並發展出各式工程技術及應對策略，各國政府已逐漸放寬都會區木構造建築之高度限制，大幅提升了木構造之建築誘因。

受到木材來源有限及材質不甚穩定之影響，木構造在國內一直未能成為主要的建築型式之一，加上現行法規對於木構造之構造形式、高度、與設計方面之規定不甚完備或不合時宜，導致木構造建築物在國內推廣不易。為提升業主之使用意願，本研究中將參考國內外相關規範及技術發展現況，針對現行法規中不合時宜或未臻完備之處提出修訂建議。預計之工作項目如下：

1. 檢討現行木構造建築物之高度及樓層數規定
2. 增列「混合式構造」相關規定
3. 增列「直交集成板」相關規定
4. 檢討現行木構造設計規範中有關載重組合之規定
5. 檢討木構造（及混合構造）之結構系統韌性容量（R 值）計算方式及合理性
6. 檢討現行法規中所引用之 CNS 或其他國家材料標準之適用性及更新之必要性

第三節 研究方法與步驟

本研究預計採取之研究方法如下：

1. 蒐集北美、日本等地相關木構造之法規(見圖 1.1 及 1.2)與實際案例

蒐集最新版美國 IBC^[9]、ASCE^[10]、AWC^[12~15]等機構所出版之木結構設計手

冊與規範、以及日本木質構造設計規準等資料加以摘要及翻譯。CLT 之研究主要參考北美 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，進行相關章節增訂；

2. 進行美、日、台木構造法規比較與研析

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；

3. 並以美國木構造法規作為主要參考依據，研擬法規修改草案

以美國現行法規為主，除因國內有關木構造建築的建材，以北美木材的市佔率最高，無論是制度、法規、設計資料等皆相當完備（日本現行之「框組壁工法」亦是源自北美(2×4)之木構造建築工法)；

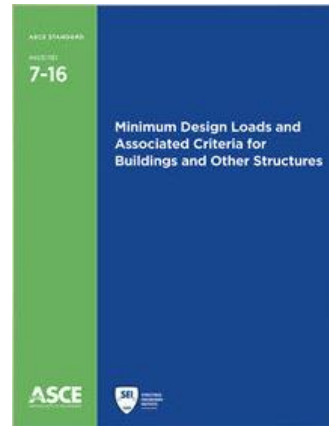
4. 徵詢並匯集產官學研各方意見

邀請專家學者針對本案所提出之法規修正建議進行座談以檢討相關建議之合理性。

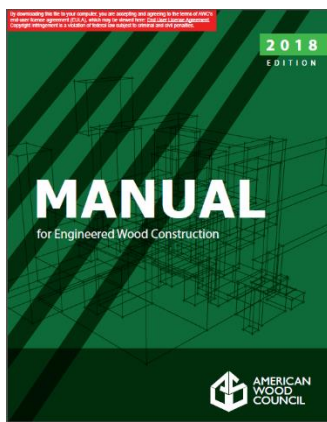
相關步驟請參考圖 1.3。



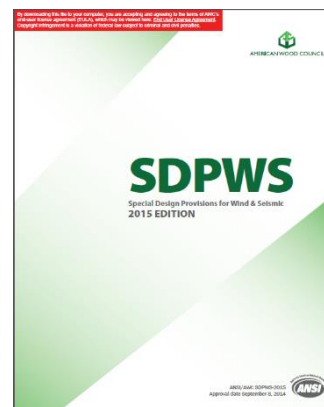
(a) International Building Code^[9]



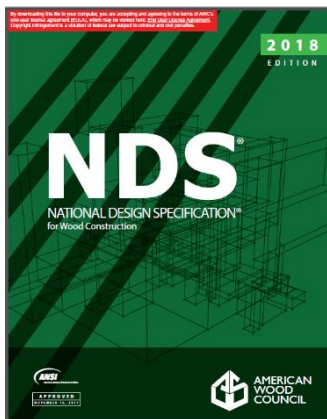
(b) ASCE 7^[10]



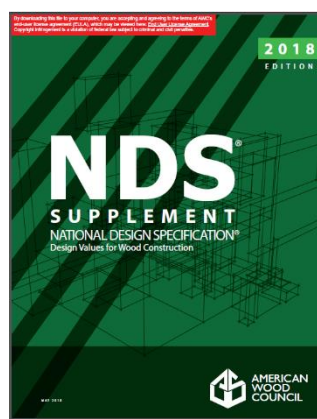
(c) Manual for Engineered Wood Construction^[12]



(d) SDPWS^[13]

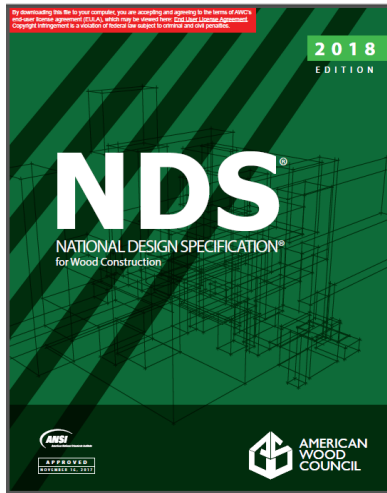


(e) National Design Specification^[14]

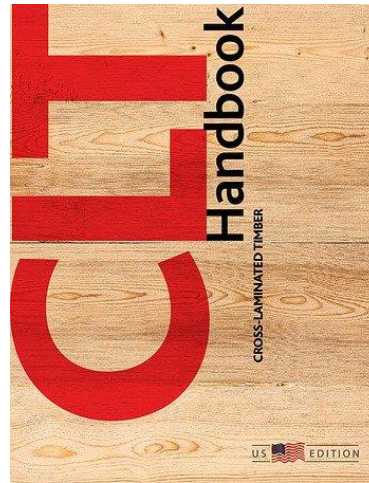


(f) NDS Supplement^[15]

圖 1.1 美國(木)建築構造主要設計法規及美國木材學會(American Wood Council)出版之木構造設計手冊及規範[12~15]



(a) NDS



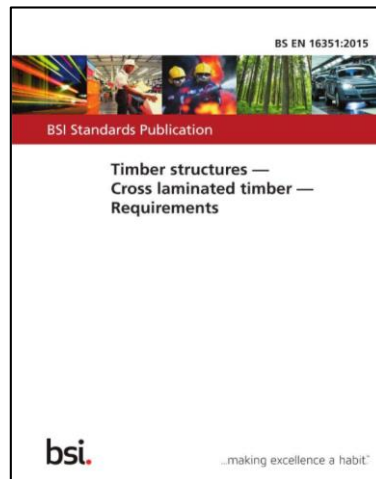
(b) CLT Handbook US Edition



(c) CLT 關聯告示解説書



(d) CLT 建築施工設計手冊



(e) EN 16351:2015 Timber structures-Cross laminated timber. Requirements

圖 1.2 CLT 專章研擬及建議之主要參考文獻

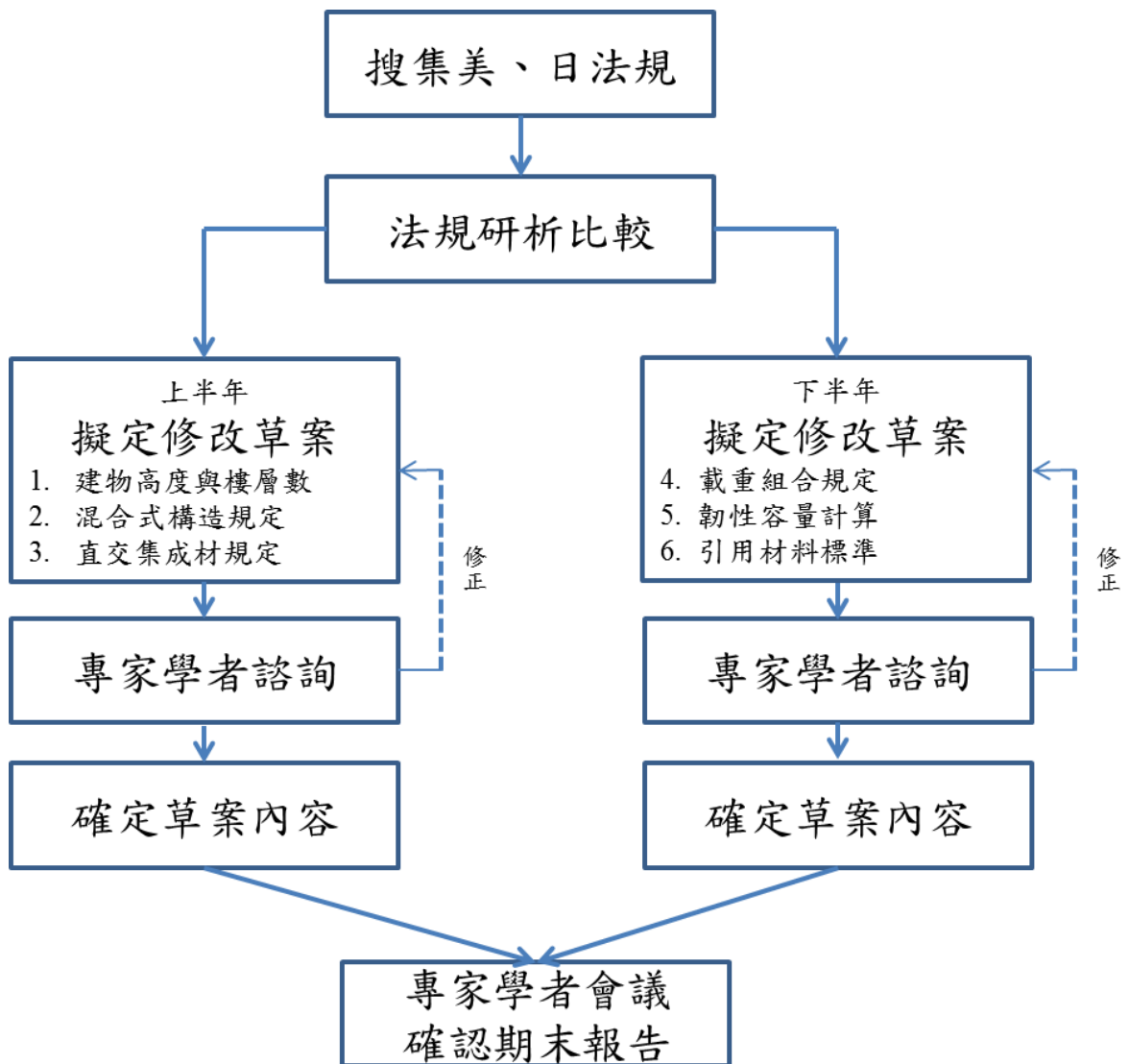


圖 1.3 研究步驟

第四節 預計可能遭遇之困難及解決途徑

現行「建築技術規則」總則編第四條明定：「建築物應用之各種材料及設備規格，除中華民國國家標準有規定者從其規定外，應依本規則規定」，亦即將建築法規與 CNS 強制連結。由於現行木構造建築物設計及施工技術規範係於 100 年 5 月 23 日公佈，而近年來規範中引用的 CNS 或其他國家材料標準多有變動。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幾個問題：

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。

目前與木構造建築物關連性較高之 CNS 木業類別共計 26 種(見表 1.1)，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 6 種，故規範中引用 CNS 的內容亟需重新檢討。

表 1.1 CNS 中與木構造建築有關之材料及試驗標準

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
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	CNS15697	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	木竹材之抗黴性試驗法	107/09/17	N

*說明欄代號"N"表公告，"M"表修訂，"W"表廢止

第二章 國內外木構造建築物發展現況

第一節 國內外木構造建築之技術發展整理

日本關於木造建築高層的演進

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 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 令第82条各号	層間 変形角*1 令第82条の2	剛性率・ 偏心率等 令第82条の6第 二号及び第三号	保有水平 耐力 令第82条の3	備考	
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 *	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	—	
	延べ面積500㎡超	○	○*2	○*2*3	—	
	高さ13m超又は軒の高さ 9m超	○	○	○	—	高さ13m以下かつ軒 の高さ9m以下に限る
		○	○	(○)*5	○	高さ31m以下 高さ31m超

歐盟關於木造建築高層的演進

德國在 2007 年前對於木造建築的高層限制在 13m 以及總樓地板面積 400m² 以下，然而在 2007 年放寬木造建築高層至 5 樓高。

瑞士在 1993 年至 2004 年間對於木造建築的高層限制在 2 層樓半以下，然而在 2005 年放寬木造建築高層至 6 樓高。

美國關於木造建築高層的演進

在 IBC 的修改下，2006 年在美國波特蘭(Portland)有底部 1 層 RC 結構(Type I NON-COMBUSTIBLE CONSTRUCTION -concrete)加上上部 5 層木構造(Type V COMBUSTIBLE CONSTRUCTION -wood frame)的混構造建築的出現。日本在平成 17 年(2007)亦通過國土交通省告示第 592 號，針對底部 1 層 RC 結構加上上部最多 2 層木構造此類混構造類型，追加結構設計規範。

有鑑於世界各先進國家，對於木構造此類環保建材，根據現有工程技術進行彈性的法規調整，進而達到活用森林資源以及建立永續循環都市的觀點下，因此擬針對建築技術規則進行增修條文之研究及建議。

直交集成板

直交集成板 (Cross-laminated timber, CLT)是一種由多層鋸材板以互相垂直的方式堆疊、並以膠合劑結合而成之工程木材。由於 CLT 之尺寸遠大於傳統木構材 (目前 CLT 尺寸已可達到 16 m (長)× 2.95 m (寬)× 500 mm (厚))，因此可用於中高層(6~10 層)建築中作為樓板和承重牆。

CLT 問世於 1990 年代初期，源自於奧地利和德國。CLT 在最初 10 年發展緩慢，在 2000 年代初期，因為綠建築運動興起、CLT 生產技術成熟、產品完成認證和分銷管道建立等原因，CLT 生產和應用迅速提升。現今，歐洲、北美、紐澳、日本、新加坡、中國等地區 CLT 已開始蓬勃發展。因 CLT 是一個嶄新的建材與工法，台灣現行建築法規並未納入。


第二節 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，但除了黏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，鄰近的日本在高層木造的發展亦整理並介紹二個具代表性的案例。

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	
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	




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	
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	



層壓片狀木，Laminated Strand Lumber (LSL)
(圖片來源：StructureCraft)



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






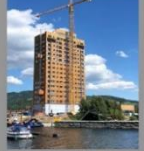


案名	建築資訊							
	建造時間	城市國家	建築類型	淨高	樓層	樓地板面積	結構興建時間	總成本
 Forte	- 2012	Melbourne Australia	住宅	32.2m	10	2500m ²	-	-
 Dalton Lane	- 2013	Bergen Norway	住宅	32m	14	5830m ²	-	-
 TREET	2014/05 - 2015/09	Bergen Norway	住宅	52.8m	14	5830m ²	-	-
 UBC Brock Commons	2016/11 - 2017/03	Vancouver Canada	宿舍	53m	18	15000 m ²	3 months	-
 Origine Condos	2016/12 - 2017/10	Quebec City Canda	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 Austria	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			✓					✓				✓	Lend Lease UK	Lend Lease UK	KLH Austria	
 Dalston Lane	✓							✓				✓	Waugh Thistleton UK	ARUP UK	Binderholz AT	
 TREET			✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Artec Architecture Norway	Sweco Norge Norway	Merk Germany	
 UBC Brock Commons			✓	✓				✓				✓	Action Ostry Canada Hermann Austria	FAST+EPP Canada	Structurlam Canada	
 Origine Condos			✓	✓		✓		✓				✓	Yvan Blouin Canada	WSP Canada Genecor Canada	Nordic Structure Canda	
 Mjøstårnet		✓		✓		✓		✓		✓	✓	✓	Voll Architects Norway	Moelven Norway	Moelven Norway	
 HohoTower			✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	Rudiger Leiner Austria	RWT + ZT Austria	MMK Wood Austria	
 25 King		✓		✓		✓		✓		✓			Bates Smart Australia	Aurecon Australia	Stora Enso Sweden	

2.2.1 國分寺 FLAVERLIFE 本社大樓

「國分寺 FLAVERLIFE 本社大樓」，在鄰近東京國分寺站旁設計建造，為日本國內首棟 7 層樓的鋼骨內藏型鋼木合成構件的木質混構造建築。考慮整體造價合理性的前提下，提出普及性高的設計規劃及施工工法。截至目前為止，都市中面對木質混構造的設計，最大的問題存在於防火性能。另外，因為木質混構造建築在施工及構件製造過程中衍伸的高成本，使得較難普及和應用在高層建築。本設計中，利用防火實驗檢證了鋼骨內藏型鋼木合成構件的防火性能，並以鋼骨內藏型鋼木合成構件及鋼骨一般防火披覆型構件來實現本棟木質混構造的設計。鋼骨內藏型構件由於用鋼構進行接合，減少因為木構件接合部的預製加工所衍伸的成本，集成材工廠在製作及搬運過程效率更高，進而降低成本。本建築並非挑戰新的設計型態，而是透過探討如何規格化，利用既有材料的重新活用，創造出更有效率的木質混構造。改良既有的鋼骨內藏型鋼木合成構件，優化及規格化構造細部及施工工法，提出可輕易設計及施工的設計方法，為本案最重要的里程碑。



圖 2.1 國分寺 FLAVERLIFE 本社大樓

2.2.2 下馬集合住宅

利用軸組工法建造,日本第一棟通過 1 小時防火時效測試的集合住宅。基地位於準防火地域的五層樓建築,考慮到一樓部分需要達到 2 小時、2 樓~5 樓部分需要達到 1 小時防火時效,因此 1 樓的商業空間主要為 RC 造、2 樓~5 樓的住宅空間則主要採用木構造。2 樓~5 樓的樓板之構造形式為,厚 120mm 的集成材板(杉木,花旗松)兩層膠合在一起,稱為直交膠合板(Massive Holts Slab)的加厚樓板。另外,抵抗地震及風力的主要構造,則由配置於各層樓版間,位於建築物四周的「木斜格子」(60mmx75mm 之花旗松製品)來抵抗。配置於建築物四周的「木斜格子」僅用來抵抗水平力,就算是火災受損也不影響建築物主要承重機構,因此並無防火披覆保護,而直接將木材露出。

防火性能方面,透過反覆操作的防火實驗,累積木材防火性能等相關資料,進而使建築物中之主要構造單元(柱、樓板、屋頂等),均取得日本國土交通省之大臣認定的 1 小時防火時效建材。建築結構性能方面,亦通過日本建築中心之木質構造評定委員會、參考日本建築基本法·其他相關基準之評定認可,為一合理的結構型式。另外,本建築設計案由於考慮為一集合住宅,亦進行樓板性能之隔音·振動實驗,進行資料的整合分析。



圖 2.2 下馬集合住宅

第三章 現行法規檢討

第一節 木構造與混合式木構造建築物之高度限制

現行建築技術規則建築構造編第 171 條之 1 規定「木構造建築物之簷高不得超過 14 m，並不得超過四層樓」；「建築物耐震設計規範及解說」第 1.7 條及表 1-3 中則規定以木構造作為地震力抵抗系統之建築高度不得超過 12 m (具剪力嵌版之輕構架牆) 或 20 m (具對角斜撐之輕構架牆對)；至於美國 International Building Code (IBC) 則是依照建築物之使用類別(occupancy classification and use) 及構材防火性能(type of construction)訂定對於建築物之高度限制。排除作為製造或儲存大量高危險性(High Hazard, Group H)物質及收容或矯正機構用途(Institutional, Group I)之建築物，2018 IBC 中規定「不具備自動灑水系統」(NS) 之「大型木構造」(Type IV - HT) 及具備 1 小時防火時效之「一般木構造」(Type V-A)建築物之高度/樓層數上限分別為 19.8 m (65 ft)/五層樓以及 15.2 m (50 ft)/四層樓(見表 3.1 及 3.2)。相形之下，目前建築技術規則對於木構造高度之規定略顯保守。

表 3.1 IBC 2018 對於建築物之高度限制^[9]

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	HT	A	B
A, B, E, F, M, S, U	NS ^b	UL	160	65	55	65	55	65	50	40
	S	UL	180	85	75	85	75	85	70	60
H-1, H-2, H-3, H-5	NS ^{c, d}	UL	160	65	55	65	55	65	50	40
	S									
H-4	NS ^{c, d}	UL	160	65	55	65	55	65	50	40
	S	UL	180	85	75	85	75	85	70	60
I-1 Condition 1, I-3	NS ^{d, e}	UL	160	65	55	65	55	65	50	40
	S	UL	180	85	75	85	75	85	70	60
I-1 Condition 2, I-2	NS ^{d, e, f}	UL	160	65	55	65	55	65	50	40
	S	UL	180	85	75	85	75	85	70	60
I-4	NS ^{d, g}	UL	160	65	55	65	55	65	50	40
	S	UL	180	85	75	85	75	85	70	60
R ^h	NS ^d	UL	160	65	55	65	55	65	50	40
	S13D	60	60	60	60	60	60	60	50	40
	S13R	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	S	UL	180	85	75	85	75	85	70	60

表 3.2(a) IBC 2018 對於建築物之樓層數限制^[9]

TABLE 504.4
ALLOWABLE NUMBER OF STORIES ABOVE GRADE PLANE^{a,b}

OCCUPANCY CLASSIFICATION	TYPE OF CONSTRUCTION									
	SEE FOOTNOTES	TYPE I		TYPE II		TYPE III		TYPE IV	TYPE V	
		A	B	A	B	A	B	HT	A	B
A-1	NS	UL	5	3	2	3	2	3	2	1
	S	UL	6	4	3	4	3	4	3	2
A-2	NS	UL	11	3	2	3	2	3	2	1
	S	UL	12	4	3	4	3	4	3	2
A-3	NS	UL	11	3	2	3	2	3	2	1
	S	UL	12	4	3	4	3	4	3	2
A-4	NS	UL	11	3	2	3	2	3	2	1
	S	UL	12	4	3	4	3	4	3	2
A-5	NS	UL	UL	UL	UL	UL	UL	UL	UL	UL
	S	UL	UL	UL	UL	UL	UL	UL	UL	UL
B	NS	UL	11	5	3	5	3	5	3	2
	S	UL	12	6	4	6	4	6	4	3
E	NS	UL	5	3	2	3	2	3	1	1
	S	UL	6	4	3	4	3	4	2	2
F-1	NS	UL	11	4	2	3	2	4	2	1
	S	UL	12	5	3	4	3	5	3	2
F-2	NS	UL	11	5	3	4	3	5	3	2
	S	UL	12	6	4	5	4	6	4	3
H-1	NS ^{c,d}	1	1	1	1	1	1	1	1	NP
	S									
H-2	NS ^{c,d}	UL	3	2	1	2	1	2	1	1
	S									
H-3	NS ^{c,d}	UL	6	4	2	4	2	4	2	1
	S									
H-4	NS ^{c,d}	UL	7	5	3	5	3	5	3	2
	S									
H-5	NS ^{c,d}	4	4	3	3	3	3	3	3	2
	S									
I-1 Condition 1	NS ^{d,e}	UL	9	4	3	4	3	4	3	2
	S									
I-1 Condition 2	NS ^{d,e}	UL	9	4	3	4	3	4	3	2
	S									
I-2	NS ^{d,f}	UL	4	2	1	1	NP	1	1	NP
	S									
I-3	NS ^{d,e}	UL	4	2	1	2	1	2	2	1
	S									
I-4	NS ^{d,g}	UL	5	3	2	3	2	3	1	1
	S									
M	NS	UL	11	4	2	4	2	4	3	1
	S	UL	12	5	3	5	3	5	4	2

(continued)

表 3.2(b) IBC 2018 對於建築物之樓層數限制(續)^[9]

TABLE 504.4—continued
ALLOWABLE NUMBER OF STORIES ABOVE GRADE PLANE^{a, b}

OCCUPANCY CLASSIFICATION	TYPE OF CONSTRUCTION									
	SEE FOOTNOTES	TYPE I		TYPE II		TYPE III		TYPE IV	TYPE V	
		A	B	A	B	A	B	HT	A	B
R-1 ^h	NS ^d	UL	11	4	4	4	4	4	3	2
	S13R	4	4						4	3
	S	UL	12	5	5	5	5	5	4	3
R-2 ^h	NS ^d	UL	11	4	4	4	4	4	3	2
	S13R	4	4						4	4
	S	UL	12	5	5	5	5	5	4	3
R-3 ^h	NS ^d	UL	11	4	4	4	4	4	3	3
	S13D	4	4						3	3
	S13R	4	4						4	4
	S	UL	12	5	5	5	5	5	4	4
R-4 ^h	NS ^d	UL	11	4	4	4	4	4	3	2
	S13D	4	4						3	2
	S13R	4	4						4	3
	S	UL	12	5	5	5	5	5	4	3
S-1	NS	UL	11	4	2	3	2	4	3	1
	S	UL	12	5	3	4	3	5	4	2
S-2	NS	UL	11	5	3	4	3	4	4	2
	S	UL	12	6	4	5	4	5	5	3
U	NS	UL	5	4	2	3	2	4	2	1
	S	UL	6	5	3	4	3	5	3	2

- UL = Unlimited; NP = Not Permitted; NS = Buildings not equipped throughout with an automatic sprinkler system; S = Buildings equipped throughout with an automatic sprinkler system installed in accordance with Section 903.3.1.1; S13R = Buildings equipped throughout with an automatic sprinkler system installed in accordance with Section 903.3.1.2; S13D = Buildings equipped throughout with an automatic sprinkler system installed in accordance with Section 903.3.1.3.
- a. See Chapters 4 and 5 for specific exceptions to the allowable height in this chapter.
- b. See Section 903.2 for the minimum thresholds for protection by an automatic sprinkler system for specific occupancies.
- c. New Group H occupancies are required to be protected by an automatic sprinkler system in accordance with Section 903.2.5.
- d. The NS value is only for use in evaluation of existing building height in accordance with the *International Existing Building Code*.
- e. New Group I-1 and I-3 occupancies are required to be protected by an automatic sprinkler system in accordance with Section 903.2.6. For new Group I-1 occupancies, Condition 1, see Exception 1 of Section 903.2.6.
- f. New and existing Group I-2 occupancies are required to be protected by an automatic sprinkler system in accordance with Section 903.2.6 and 1103.5 of the *International Fire Code*.
- g. For new Group I-4 occupancies, see Exceptions 2 and 3 of Section 903.2.6.
- h. New Group R occupancies are required to be protected by an automatic sprinkler system in accordance with Section 903.2.8.

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（見表 3-1 及表 3-2），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。

第二節 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 3.1)；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 3.2)。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 3.1 建築物上層為木構造、下層為鋼筋混凝土結構



圖 3.2 建築物內部結構(承重牆及樓板)為木構造、外牆為磚構造

3.2.1 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 3.3 及 3.4)，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 3.3 及 3.4)，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 3.3 及 3.4)。

表 3.3 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 2. $D + L$
鋼結構 ^[5]	1. $D + L$ 2. $D + 0.75(L \pm 1.25W)$ 3. $D + 0.75(L \pm 0.8E)$ 4. $0.7D \pm 1.25W$ 5. $0.7D \pm 0.8E$	3. $D + (L_r \text{ or } S \text{ or } R)$ 4. $D + 0.75L + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$ 5. $D + (0.6W \text{ or } 0.7E)$
冷軋型鋼構造 ^[8]	1. D 2. $D + L$ 3. $D + (L_r \text{ 或 } S \text{ 或 } R)$ 4. $D + 0.75L + 0.75(L_r \text{ 或 } S \text{ 或 } R)$ 5. $D + (W \text{ 或 } 0.7E)$ 6. $D + 0.75L + 0.75(W \text{ 或 } 0.7E) + 0.75(L_r \text{ 或 } S \text{ 或 } R)$ 7. $0.6D + W$ 8. $0.6D + 0.7E$	6a. $D + 0.75L + 0.75(0.6W) + 0.75(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$ 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 3.4 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 ± 1.6W 4. 1.2D + 0.5L ± E 5. 0.9D ± E 6. 0.9D ± 1.6W	1. 1.4D 2. 1.2D + 1.6L + 0.5(Lr or S or R) 3. 1.2D + 1.6(Lr or S or R) + (L or 0.5W) 4. 1.2D + 1.0W + L + 0.5(Lr or S 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 或 S 或 R) 3. 1.2D + 1.6(Lr 或 S 或 R) + (L 或 0.8W) 4. 1.2D + 1.6W + L + 0.5(Lr 或 S 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 或 S 或 R) 3. 1.2D + 1.6(Lr 或 S 或 R) + (1.0L 或 0.8W) 4. 1.2D + 1.6W + L + 0.5(Lr 或 S 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		

3.2.2 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3.5)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3.3)
- 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3.4)
 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。

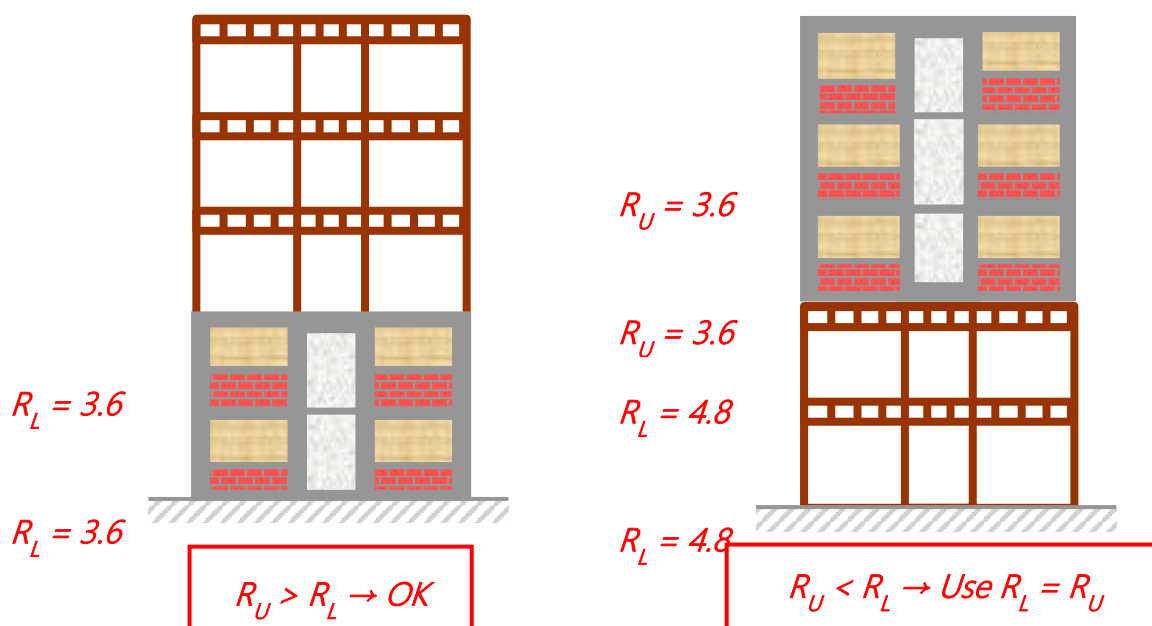


圖 3.3 任一樓層設計所用之 R 值不得大於該方向其上樓層所用之 R 值

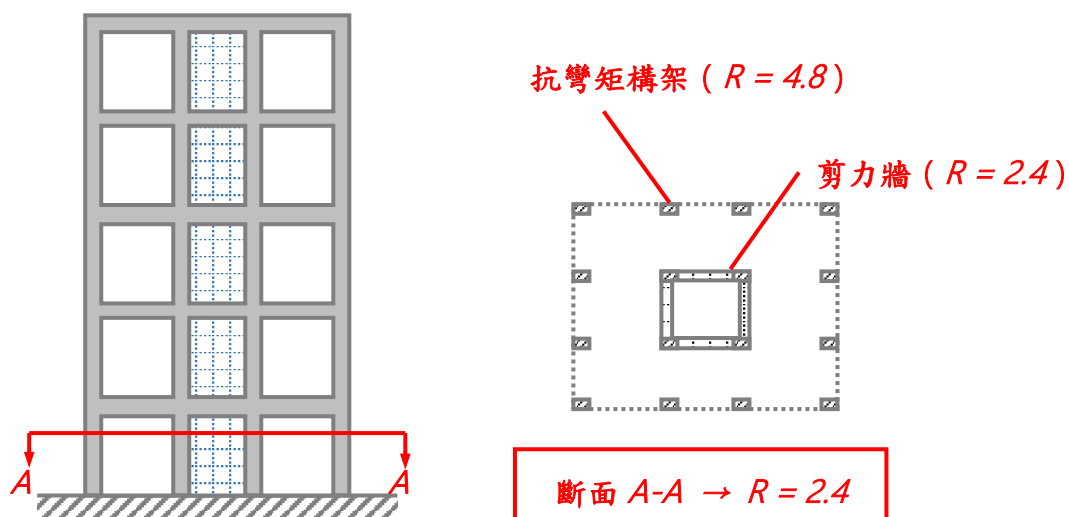


圖 3.4 同一建築物具有不同結構系統時，整棟建築物可用最小的 R 值設計

表 3.5 結構系統之韌性容量 R 及高度限制^[11]

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

第三節 CLT 法規現況

3.3.1 IBC 2018

在 IBC 2018 中已納入 CLT 的規定，分別出現於第 2 章定義(DEFINITIONS)、第 6 章構造形式(TYPES OF CONSTRUCTION)、第 23 章木材(WOOD)等章。各章節之內容分述於後。

於第 2 章之定義中，CLT 之主要定義如下。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。

「A prefabricated engineered wood product consisting of not less than three layers of solid-sawn lumber or structural composite lumber where the adjacent layers are cross oriented and bonded with structural adhesive to form a solid wood element.」

於第 6 章中，CLT 出現於 602.4 節，本節說明相關 TYPE IV 結構的規定。TYPE IV 結構其外牆是不燃材料，內部建築構件是實木，集成材，重型木材(heavy timber，HT)或結構複合木材(SCL)，沒有隱蔽空間。最小材料尺寸包括實木，集成材，結構複合木材(SCL)和直交集成板(CLT)以及 TYPE IV 結構的細節應符合本節和第 2304.11 節的規定。外牆應符合 602.4.1 或 602.4.2 的規定。使用不小於 1 小時防火等級的內牆和隔板或符合第 2304.11.2.2 節的重型木材。

「Type IV construction is that type of construction in which the exterior walls are of noncombustible materials and the interior building elements are of solid wood, laminated wood, heavy timber (HT) or structural composite lumber (SCL) without concealed spaces. The minimum dimensions for permitted materials including solid timber, glued-laminated timber, structural composite lumber (SCL), and cross-laminated timber and details of Type IV construction shall comply with the provisions of this section and Section 2304.11. Exterior walls complying with Section 602.4.1 or

602.4.2 shall be permitted. Interior walls and partitions not less than 1-hour fire-resistance rating or heavy timber complying with Section 2304.11.2.2 shall be permitted.」

602.4.2 節進一步規定 CLT 充當外牆時的規定。CLT 符合第 2303.1.4 節規定且外表面受到以下任一種方式保護，則允許在厚度不小於 6 英寸（152 毫米）且厚度小於等於 2 小時的外牆組件內使用。

1. 符合第 2303.2 節且厚度不小於 15/32 英寸（12 毫米）的阻燃處理木 (Fire-retardant-treated wood) 護版；
2. 石膏板厚度不小於 1/2 英寸（12.7 毫米）；
3. 不燃材料。

「Cross-laminated timber complying with Section 2303.1.4 shall be permitted within exterior wall assemblies not less than 6 inches (152 mm) in thickness with a 2-hour rating or less, provided the exterior surface of the cross-laminated timber is protected by one the following:

1. Fire-retardant-treated wood sheathing complying with Section 2303.2 and not less than 15/32 inch (12 mm) thick;
2. Gypsum board not less than 1 /2 inch (12.7 mm) thick; or
3. A noncombustible material.」

第 23 章的 2303.1.4 節規定 CLT 最低標準與品質。結構用 CLT 應根據 ANSI / APA PRG 320 製造和標識。

「Structural glued cross-laminated timber. Cross-laminated timbers shall be manufactured and identified in accordance with ANSI/APA PRG 320.」

第 2304 節施工一般要求。2304.11.3.1 條規定以 CLT 作為樓版，CLT 的實際厚度不應小於 4 英寸（102 毫米）；相鄰支承間為 CLT 應為連續；且用機械式扣件接合；CLT 應與牆壁密接，因此設計中考量到膨脹或收縮；允許採用圬工牆體作為樓版之支承。

「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 條規定以 CLT 作為屋頂，其厚度不得小於 3 英寸(76 毫米)，相鄰支承間為 CLT 應為連續；且用機械式扣件接合。

「2304.11.4.1 Cross-laminated timber roofs. Crosslaminated 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.」

3.3.2 NDS 2018

NDS 於 2015 年版已納入 CLT，於 2018 年版中與 CLT 相關的內容為，第 2 章結構元件設計參數(DSIGN VALUES FOR STRUCTURAL MEMBERS)；第 3 章設計規定和公式(DSIGN PROVISIONS AND EQUATIONS)；第 10 章 CLT；第 11 章機械接合(MECHANICAL CONNECTIONS)；第 12 章釘栓扣件(DOWEL-TYPE FASTENERS)；第 13 章分裂環和剪力板連接件(SPLIT RING AND SHEAR PLATE CONNECTORS)；第 16 章木質構件防火設計(FIRE DESIGN OF WOOD MEMBERS)。相關內容分述如後。

2.3.3 條提到 CLT 的溫度修正係數。

3.5.2 條提到 CLT 作為抗彎構件時，於長期載重下的潛變修正係數。

第 10 章是 CLT 的專章，第 10.1 節為一般說明；第 10.2 節規定 CLT 參考設計參數；第 10.3 節為參考設計參數的修正；第 10.4 節規定特殊設計考慮的因素。

11.1.1 條規定 CLT 適用第 11 章的條文。

12.1.1 條規定 CLT 可使用釘栓扣件；12.2.1.5 條規定在 CLT 的窄邊上使用突端螺釘抵抗拉拔力時，之調整因數；12.3.3.5 條規定 CLT 上之釘栓承載強度應考慮剪切面的木理傾向；12.3.3.6 條規定 CLT 之窄邊安裝釘栓扣件時釘栓之承載強度；12.3.5.2 條規定 CLT 上的釘栓扣件承載長度；12.5.1.4 條 CLT 之窄邊安裝釘栓扣件時，其端距、邊距與間距之規定。

13.1.1 條規定 CLT 不可使用分裂環和剪力板連接件。

16.2.1.3 條規定 CLT 碳化速率公式。16.2.2 規定構件強度。

第四章 法規及規範之新增/修訂建議

第一節 建築技術規則修訂建議(三段式修訂建議)

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，主要造成滯礙或發展之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
<p>第一百七十一條 以木質構材作為結構系統或結構元件之建築物設計與施工，依本章規定。</p> <p>木構造建築物設計及施工技術規範(以下簡稱規範)由中央主管建築機關另定之。</p>	<p>第一百七十一條 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物，依本章規定。</p> <p>木構造建築物設計及施工技術規範(以下簡稱規範)由中央主管建築機關另定之。</p>	<p>1. 目前工程上常將單板、薄片、或粒片等木料以環氧樹脂膠合成一木質結構材，此類構材與傳統上由原木切割所得之「木材」定義不盡相同。由於此類構材目前普遍應用於木構造建築物當中，因此建議將其納入規範中，並與傳統木材元件統稱木質構材。</p> <p>2. 現行規範中亦已採用「木質構造」一詞而非「木構造」。</p>
<p>第一百七十一之一條 木構造建築物依建築物使用類別，簷高及樓高應符</p>	<p>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</p>	<p>註：參考說明*之簷高及樓高建議表。</p>

修正規定	現行規定	說明
<p>合規範者要求。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。</p>	<p>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。</p>	
<p>第一百七十二條 木構造建築物之設計，得採容許應力設計法、載重及強度設計法、或其他經中央主管建築機關認可之設計法。(參考建技規則 374 條之一)</p> <p>木構造建築物之構件應能承受依本編第一章規定之各種載重、地震力、風力、及其它規定作用力之組合，並符合所採用之設計方法及設計規範之規定。(參考建技規則 375 條)</p>	<p>第一百七十二條 木構造建築物之各構材，須能承受其所承載之靜載重及活載重，而不超過容許應力。</p> <p>木構造建築物應加用斜支撐或隅支撐或合於中華民國國家標準之集成材，以加強樓版、屋面版、牆版，使能承受由於風力或地震力所產生之橫力，而不致傾倒、變形。</p>	<p>一、第一、二項未修正。</p> <p>二、新增第三項容許採用其他符合規範之構法。</p>
<p>第一百七十三條</p> <p>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。</p> <p>若木構材承載前款所稱之靜載重及橫力，經分析後符合規範要求者，不受前款規定限制。</p> <p>或刪除</p>	<p>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。</p>	<p>一、木構材承受之靜載重與橫力應無須考量其來源。</p> <p>二、新增第二項容許採用其他符合規範之構法。</p>
	<p>第一百七十四條 (刪除)</p>	<p>未修正。</p>
<p>第一百七十五條 木構造各構材防腐</p>	<p>第一百七十五條 木構造各構材防腐</p>	<p>一、第一項未修正。</p> <p>二、新增第二項容許</p>

修正規定	現行規定	說明
<p>要求，應符合左列規定：</p> <p>一、木構造之主要構材柱、梁、牆版及木地檻等距地面一公尺以內之部分，應以有效之防腐措施，防止蟲、蟻類或菌類之侵害。</p> <p>二、木構造建築物之外牆版，在容易腐蝕部分，應鋪以防水紙或其他類似之材料，再以鐵絲網塗敷水泥砂漿或其他相等效能材料處理之。</p> <p>三、木構造建築物之地基，須先清除花草樹根及表土深三十公分以上。</p> <p>其他防腐方法符合規範者要求者，不受前款規定限制。</p>	<p>要求，應符合左列規定：</p> <p>一、木構造之主要構材柱、梁、牆版及木地檻等距地面一公尺以內之部分，應以有效之防腐措施，防止蟲、蟻類或菌類之侵害。</p> <p>二、木構造建築物之外牆版，在容易腐蝕部分，應鋪以防水紙或其他類似之材料，再以鐵絲網塗敷水泥砂漿或其他相等效能材料處理之。</p> <p>三、木構造建築物之地基，須先清除花草樹根及表土深三十公分以上。</p>	<p>採用其他符合規範之防腐方法。</p>
	<p>第一百七十六條 木構造之勒腳牆、梁端空隙、橫力支撐、錨栓、柱腳鐵件之構築，應依規範規定。</p>	<p>未修正。</p> <p>註：現行規範中無勒腳牆、梁端空隙、橫力支撐、錨栓與柱腳鐵件等項目之規定。</p>
	<p>第一百七十七條~第一百八十條（刪除）</p>	<p>未修正。</p>
<p>第一百八十一條 木構造各木構材之品質及尺寸，應符合左列規定：</p> <p>一、木構造各木構材之品質，應依總則編第三條及第四條之規定。</p> <p>二、設計構材計算強度之尺寸，應以刨光後之淨尺寸為準。</p>	<p>第一百八十一條 木構造各木構材之品質及尺寸，應符合左列規定：</p> <p>一、木構造各木構材之品質，應依總則編第三條及第四條之規定。</p> <p>二、設計構材計算強度之尺寸，應以刨光後之淨尺寸為準。</p>	<p>一、第一項未修正。</p> <p>二、新增第二項容許採用其他符合規範之木構材。</p>

修正規定	現行規定	說明
其他木構材之品質及尺寸符合規範者要求者，不受前款規定限制。		
	第一百八十二條（刪除）	未修正。
建議刪除	<p>第一百八十三條 木構造各木構材強度應符合下列規定：</p> <p>一、一般建築物所用木構材之容許應力、斜向木理容許壓應力、應力調整、載重時間影響，應依規範之規定。</p> <p>二、供公眾使用建築物其構造之主構材，應依中華民國國家標準選樣測定強度並規定其容許應力，其容許強度不得大於前款所規定之容許應力。</p>	現行「中華民國國家標準」對於木質構材強度之規定並不完備，導致此項規定窒礙難行，建議刪除此條文，改由規範規定之。
	第一百八十四條~第一百八十七條（刪除）	未修正。
建議刪除	<p>第一百八十八條 木構造各木構材之梁設計、跨度長、彎曲強度、橫剪力、缺口、偏心連接、垂直木理壓應力、橫支撐、單木柱、大小頭柱之斷面、合應力、雙木組合柱、合木柱、主構木柱、木桁條、撓度應依規範及左列規定：</p> <p>一、依規範規定之設計應力計算而得之各木構材斷面應力值，須小於規範所規定之容許應力值。</p>	現行規範對於木質構材之強度、變形、切口、及耐久性等要求均有明確之規定，建議回歸規範規定。

修正規定	現行規定	說明
	<p>二、依規範規定結構物各木構材及結合部，須檢討其變形，不得影響建築物之安全及妨害使用。</p> <p>三、結構物各部分須考慮結構計算時之假設、施工之不當、材料之不良、腐朽、磨損等因素，必要時木構材須加補強</p>	
	<p>第一百八十九條~第一百九十六條 (刪除)</p>	<p>未修正。</p>
<p>一、平房或樓房之主構木材及接合處之強度檢核應符合規範之規定。</p> <p>或刪除</p>	<p>第一百九十七條 木柱之構造應符合左列規定：</p> <p>一、平房或樓房之主構木材用上下貫通之整根木柱。但接合處之強度大於或等於整根木柱強度相同者，不在此限。</p> <p>二、主構木柱之長細比應依規範之規定。</p> <p>三、合木柱應依雙木組合柱或集成材木柱之規定設計，不得以單木柱設計。</p>	<p>現行規範對於木質構材之接合已有明確規定，建議回歸規範規定。</p>
	<p>第一百九十八條~第二百零二條 (刪除)</p>	<p>未修正。</p>
<p>建議刪除</p>	<p>第二百零三條 木屋架之設計應符合左列規定：</p>	<p>目前國內外以膠合或其他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</p>

修正規定	現行規定	說明
	<p>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。</p> <p>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。</p> <p>三、壓力構材斷面須依其個別軸向支撐間之長細比設計。</p>	<p>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。</p>
<p>第二百零四條 木梁、桁條及其他受撓構材，於跨度之中央下側處有損及強度之缺口時，應扣除二倍缺口深度後之淨斷面計算其彎曲強度。或從規範規定。</p> <p>或刪除</p>	<p>第二百零四條 木梁、桁條及其他受撓構材，於跨度之中央下側處有損及強度之缺口時，應扣除二倍缺口深度後之淨斷面計算其彎曲強度。</p>	<p>現行規範對於木質構材之切口及孔洞處之斷面計算方式已有明確規定，建議回歸規範規定</p>
	<p>第二百零五條（刪除）</p>	<p>未修正。</p>
<p>第二百零六條 木構造各構材之接合應經防銹處理，並符合左列規定：</p> <p>一、木構材之接合，得以接合圈及螺栓、接合板及螺栓、螺絲釘或釘為之。</p> <p>二、木構材拼接時，應選擇應力較小及疵傷最少之部位，二側並以拼接板固定，並用以傳遞應力。</p> <p>三、木柱與剛性較大之鋼骨受撓構材接合時，接合處之木柱應予補強。</p> <p>其他木構造各構材之接合設計符合</p>	<p>第二百零六條 木構造各構材之接合應經防銹處理，並符合左列規定：</p> <p>一、木構材之接合，得以接合圈及螺栓、接合板及螺栓、螺絲釘或釘為之。</p> <p>二、木構材拼接時，應選擇應力較小及疵傷最少之部位，二側並以拼接板固定，並用以傳遞應力。</p> <p>三、木柱與剛性較大之鋼骨受撓構材接合時，接合處之木柱應予補強。</p>	<p>一、現行規範對於木質構材之接合設計及接合扣件已有明確規定，建議回歸規範規定</p> <p>二、新增第二項容許採用其他符合規範之木構造各構材之接合設計。</p>

修正規定	現行規定	說明
<p>規範要求者，不受前款規定限制。</p> <p>或刪除</p>		
<p>建議刪除</p>	<p>第二百零七條 木構造之接合圈、接合圈之應用、接合圈載重量、連接設計、接頭強度、螺栓、螺栓長徑比、平行連接、垂直連接、螺栓排列、支承應力、螺絲釘、釘、拼接位置，應依規範規定。</p>	<p>本條文中既要求相關構材連結處之設計均須符格規範規定，此處毋須多加贅述</p>
	<p>第二百零八條~第二百二十條（刪除）</p>	<p>未修正。</p>
<p>建議刪除</p>	<p>第二百二十一條 木構造各木構材採用集成材之設計時，應符合下列規定：</p> <p>一、集成材之容許應力、弧構材、曲度因素、徑向應力、長細因數、梁深因數、合因數、割鋸限制、形因數、集成材木柱、集成材木版、集成材膜版應符合規範規定。</p> <p>二、集成材、合板用料、配料、接頭等均應符合中華民國國家標準，且經政府認可之檢驗機關檢驗合格，並有證明文件者，始得應用。</p>	<p>現行「中華民國國家標準」對於相關構材強度之規定尚不完備，建議刪除此條文，改由規範規定之。</p>
	<p>第二百二十二條~第二百三十四條（刪除）</p>	<p>未修正。</p>

*說明：簷高及樓高建議表(*為 IBC 現行標準)

建築物使用類別		灑 水 裝 置	HT(重木結構)				LWF(輕木結構)			
			樓層		簷高		樓層		簷高	
			建議	IBC*	建議 (m)	IBC* (foot)	建議	IBC*	建議 (m)	IBC* (foot)
A	公共	有	4	4	24	85	3/3*	3	14	60
(A*)	集會類	無	3	3	18	65	2/2*	2	12	40
B	商業類	有	6	6	24	85	3/3*	3	14	60
(B*)		無	5	5	18	65	4/4*	4	12	40
C	工業	有	5	5	24	85	2/2*	2	14	60
(S*)	倉儲類	無	4	4	18	65	3/3*	3	12	40
D	休閒	有	4	4	24	85	2/2*	2	14	60
(E*)	文教類	無	3	3	18	65	1/1*	1	12	40
E	宗教	有	5	5	24	85	3/3*	3	14	60
(I*)	殯葬類	無	4	4	18	65	2/2*	2	12	40
F	衛生福生	有	5	5	24	85	3/3*	3	14	60
(I*)	更生類	無	4	4	18	65	2/2*	2	12	40
G	辦公	有	6	6	24	85	3/3*	3	14	60
(B*)	服務類	無	5	5	18	65	4/4*	4	12	40
H	住宿類	有	5	5	24	85	3/3*	3	14	60
(R*)		無	4	4	18	65	3/3*	3	12	40
I	危險	有	4	4	18	65	3/3*	3	12	40
(H*)	物品類	無								

表 4.2 木構造建築物設計及施工技術規範部分修正條文案草案對照表

修正規定	現行規定	說明
第一章總則	第一章總則	本章名稱未修正。
1.3 木質材料		本節新增。
1.3.1 原木(Log) 1.3.2 製材(Saw Lumber) (1)板材 (2)角材 1.3.3 工程木材(Engineering Wood) (1)合板 (2)定向粒片板 (3)I形梁 (4)集成材 (5)直交集成板(CLT)		一、定義木質材料。

修正規定	現行規定	說明
第二章結構計畫及各部分構造	第二章結構計畫及各部分構造	本章名稱未修正。
2.2 重力載重計畫	2.2 重力載重計畫	本節名稱未修正。
【解說】 (C) 框組壁工法	【解說】 (C) 框組式構造	一、本節解說修正。 二、與本規範第二章用語一致。 三、與CNS用語一致。

修正規定	現行規定	說明
第4章 材料及容許應力	第4章 材料及容許應力	本章名稱未修正。
4.2 結構用木材之品質	4.2 結構用木材之品質	本節名稱未修正。
4.2.2等級 (2) 等級條件 (a) 普通結構材所使用木材之品等，以CNS 14630 針葉樹結構用製材所列之2級、3級及CNS14631 框組壁工法結構用製材所列之2級、3級、標準級、普通級材，	4.2.2等級 (2) 等級條件 (a) 普通結構材所使用木材之品等，以CNS 14630 針葉樹結構用製材及CNS14631 框組壁工法結構用製材所列之二級、三級、標準級、普通級材，以及CNS	一、本節條文修正。 二、條文所列之等級與 CNS 條文不一致。建議本節條文依照 CNS 條文修改。 三、增列 CNS15581 闊葉樹製材分等之

修 正 規 定	現 行 規 定	說 明
<p>以及CNS 444 闊葉樹2等及3等材，CNS15581闊葉樹製材分等之2等及3等材為原則。</p>	<p>444 闊葉樹中等及下等材為原則。</p>	<p>規定。</p>
<p>(b) 上等結構材所使用木材之品等，以CNS 14630 針葉樹結構用製材（缺點條件應滿足表4.2-2）及CNS 14631 框組壁工法結構用製材所列之特級、1級、結構級材，以及CNS 444 闊葉樹1等材及CNS15581闊葉樹製材分等之1等材且無闊葉樹特有之缺點（脆心材等）為原則。</p>	<p>(b) 上等結構材所使用木材之品等，以CNS 14630 針葉樹結構用製材（缺點條件應滿足表4.2-2）及CNS 14631 框組壁工法結構用製材所列之特級、一級、結構級材，以及CNS 444 闊葉樹上等材且無闊葉樹特有之缺點（脆心材等）為原則。</p>	<p>一、本節條文修正。 二、條文所列之等級與 CNS 條文不一致。建議本節條文依照 CNS 條文修改。 三、增列 CNS15581 闊葉樹製材分等之規定。</p>
<p>4.3 木材之容許應力</p>	<p>4.3 木材之容許應力</p>	<p>本節名稱未修正。</p>
<p>4.3.1 纖維方向之容許應力 (2) 上等結構材 (b) CNS 444 闊葉樹製材分等列為1等材及CNS15581闊葉樹製材分等之1等材且無闊葉樹特有缺點（脆心材等）之樹種，取表4.3-1(a)中所對應樹種之值的1.25 倍。</p>	<p>4.3.1 纖維方向之容許應力 (2) 上等結構材 (b) CNS 444 闊葉樹製材分等列為上等材且無闊葉樹特有缺點（脆心材等）之樹種，取表4.3-1(a)中所對應樹種之值的1.25 倍。</p>	<p>一、本節條文修正。 二、條文所列之等級與 CNS 條文不一致。建議本節條文依照 CNS 條文修改。 三、增列 CNS15581 闊葉樹製材分等之規定。</p>
<p>4.7 結構用接合鐵件</p>	<p>4.7 結構用接合鐵件</p>	<p>本節名稱未修正。</p>
<p>4.7.1 鋼材之一般規定 結構用接合鐵件使用之鋼材應符合中華民國國家標準；無中華民國國家標準適用之材料，應依中華民國國家標準鋼料檢驗通則及相關檢驗測試標準，或中央主管建築機關認可之國際通行檢驗規則檢驗，確認符合其原標示之標準，且證明達到設計規範之設計標準。</p>	<p>4.7.1 鋼材之一般規定 結構用接合鐵件使用之鋼材應符合中國國家標準；無中國國家標準適用之材料，應依國家標準鋼料檢驗通則及相關檢驗測試標準，或中央主管建築機關認可之國際通行檢驗規則檢驗，確認符合其原標示之標準，且證明達到設計規範之設計標準。 使用鋼材由國外進口者，應</p>	<p>一、本節條文修正。 二、將原「中國國家標準」之文字，修正為「中華民國國家標準」。</p>

修正規定	現行規定	說明
<p>使用鋼材由國外進口者，應具備原製造廠之品質證明書，並經認可之檢驗機關，依中華民國國家標準或國際通行檢驗規則檢驗合格，證明符合設計規範之設計標準。</p>	<p>具備原製造廠之品質證明書，並經認可之檢驗機關，依國家標準或國際通行檢驗規則檢驗合格，證明符合設計規範之設計標準。</p>	
<p>4.7.1 鋼材之一般規定 【解說】 (一) 相關之中華民國國家標準包括： CNS 2608 鋼料檢驗通則 CNS 2473 一般結構用軋鋼料 CNS 2947 熔接結構用軋鋼料 CNS 4269 銲接結構用耐候性熱軋鋼料 CNS 6183 一般結構用輕型鋼 (二) 結構用接合鐵件除符合中華民國國家標準之製品外，可使用符合美國ASTM、日本JIS或其他同級品；同級品認定之方法，依中央主管建築機關之規定。</p>	<p>4.7.1 鋼材之一般規定 【解說】 (一) 相關之中國國家標準包括： CNS 2608.G52 標準鋼料檢驗通則 CNS 2473 一般結構用軋鋼料 SS400，SS490，SS540 CNS 2947 熔接結構用軋鋼料 SM400A，SM400B，SM400C，SM490A，SM490B，SM490C，SM490YA，SM490YB，SM520B，SM520C，SM570 CNS 4269 耐大氣腐蝕熔接結構用熱軋鋼料 SMA400AW，SMA400AP，SMA400BW，SMA400BP，SMA400CW，SMA400CP，SMA490AW，SMA490AP，SMA490BW，SMA490BP，SMA490CW，SMA490CP，SMA570W，SMA570P CNS 6183 一般結構用輕型鋼</p>	<p>一、本節解說修正。 二、將原「中國國家標準」之文字，修正為「中華民國國家標準」。 三、(一)之中「CNS 2608.G52 標準」應為「CNS 2608」；各標準中的鋼材種類均全部列舉，應無須一一詳列；CNS 4269 名稱有誤。 四、放寬結構用接合鐵件同級品之適用範圍。</p>

修正規定	現行規定	說明
	SSC400 (二) 結構用接合鐵件除符合中國國家標準之製品外，可使用符合美國ASTM或日本JIS規定之同級品；同級品認定之方法，依中央主管建築機關之規定。	
4.8 直交集成板		本節新增。
4.8.1 一般規定 4.8.2 設計參數 4.8.3 設計參數的修正 4.8.4 節特殊設計考慮的因素		一、新增 CLT 相關規定

修正規定	現行規定	說明
第六章構材接合部設計	第六章構材接合部設計	本章名稱未修正。
6.2 釘接合	6.2 釘接合	本節名稱未修正。
6.2.1 釘的品質 釘之品質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，其未規定者以試驗決定之。	6.2.1 釘的品質 釘之品質應依據 CNS (圓鐵釘及粗圓鐵釘) 之規定，其未規定者以試驗決定之。	一、本節條文修正。 二、查 CNS 無圓鐵釘及粗圓鐵釘相關標準。
【解說】 (一)木結構用釘得採用以下標準： (1) ASTM F1667 Standard Specification for Driven Fasteners: Nails, Spikes, and Staples (2) JIS A5508 ぐぎ(釘)	無	一、本節新增解說。 二、因 CNS 目前無相關標準可用，建議增列常見標準以為因應。
6.2.3 以合板為側材之釘容許剪力	6.2.3 以合板為側材之釘容許剪力	本節名稱未修正。
【解說】CN 鐵釘釘接時之容許剪力。此處所使用之CN鐵釘應符合 JIS A 5508 ぐぎ(釘)之標準。	【解說】CN 鐵釘釘接時之容許剪力。	一、本節解說修正。 二、新增釘子說明。
6.3 木螺絲釘接合	6.3 木螺絲釘接合	本節名稱未修正。
6.3.1 木螺絲釘之品質 木螺絲釘應依中華民國國家標準之規定。	6.3.1 木螺絲釘之品質 木螺絲釘應依中國國家標準之規定。	一、本節條文修正。 二、將原「中國國家標準」之文字，

修正規定	現行規定	說明
CNS1051 平頭木螺絲釘 CNS1052 半圓頭木螺絲釘 CNS1053 凸頭木螺絲釘 CNS1054 六角頭木螺絲釘		修正為「中華民國國家標準」，並明列相關標準。
6.4 螺栓接合	6.4 螺栓接合	本節名稱未修正。
6.4.1 螺栓、螺帽及墊圈之尺寸及品質 (1) 品質與尺寸 螺栓及螺帽之品質及尺寸應符合中華民國國家標準之規定。	6.4.1 螺栓、螺帽及墊圈之尺寸及品質 (1) 品質與尺寸 螺栓及螺帽應依 CNS 3121 (六角頭螺栓) 及 CNS 3128 (六角螺帽) 之規格。	一、本節條文修正。 二、查 CNS 中有多種螺栓與螺帽(尤其是不銹鋼材質者)建議放寬。
6.6 穿孔釘接合	6.6 穿孔釘接合	本節名稱未修正。
6.6.1 穿孔釘之品質 穿孔釘之品質應符合 CNS3270 不銹鋼棒、CNS7911 冷加工不銹鋼棒、或 CNS9276 光面鋼棒 (碳鋼及合金鋼) 之規定，或使用更高等級之產品。	6.6.1 穿孔釘之品質 穿孔釘之品質應依據 CNS (圓鋼) 之規定或同等級以上者。	一、本節條文修正。 二、查 CNS 無圓鋼相關標準，建議修正。
6.7 直交集成板特別規定		本節新增。

修正規定	現行規定	說明
第七章 框組壁工法	第七章 框組式構造	一、本章名稱修正。 二、與本規範第二章用語一致。 三、與 CNS 用語一致。 四、本章內容應一併修正。
7.1 一般規定	7.1 一般規定	本節名稱未修正。
【解說】 「框組壁工法」(亦稱為「平台式工法」)源自西式木構造之 Platform framing 或 Platform construction (CNS 用語)，為美加地區一般木造建築結構之設計及施工方式。日本規範中則將其稱為「樺組壁工法」。	無	一、本節新增解說。 二、建議增加解說使規範定義明確。

修正規定	現行規定	說明
<p>7.2 材料</p> <p>7.2.1至7.2.2</p> <p>【解說】</p> <p>.....</p> <p>(二) 防腐及防蟻處理應符合 中華民國 國家標準 CNS 3000之規定。</p>	<p>7.2 材料</p> <p>7.2.1至7.2.2</p> <p>【解說】</p> <p>.....</p> <p>(二) 防腐及防蟻處理應符合中國國家標準 CNS 3000之規定。</p>	<p>本節名稱未修正。</p> <p>一、本節解說修正。</p> <p>二、將原「中國國家標準」之文字，修正為「中華民國國家標準」。</p>
	<p>7.2.3 製材、木質板材等應符合下列中國國家標準及本章之規定。</p> <p>CNS 11031 結構用集成材；</p> <p>CNS 11032 化妝構造用集成材；</p> <p>CNS 14631 框組壁工法結構用製材；</p> <p>CNS 14632 框組壁工法結構用縱接材；</p> <p>CNS 14633 框組壁工法結構用針葉樹製材之靜曲應力分等；</p> <p>CNS 11671 結構用合板；</p> <p>CNS 11621 結構用木質板材。</p>	<p>一、</p>
<p>7.2.3至7.2.6</p> <p>【解說】</p> <p>.....</p> <p>(1) 製材</p> <p>(a)目視分等製材</p> <p>有關框組壁工法用木材分等之日本農林規格；</p> <p>.....</p> <p>(b)機械分等製材</p> <p>有關框組壁工法用木材分等之日本農林規格；</p>	<p>7.2.3至7.2.6</p> <p>【解說】</p> <p>.....</p> <p>(1) 製材</p> <p>(a)目視分等製材</p> <p>Japanese Agricultural Standards, JAS 600木構架工法結構用製材；</p> <p>.....</p> <p>(b)機械分等製材</p> <p>Japanese Agricultural</p>	<p>二、本節解說修正。</p> <p>三、經查日本農林規格無 JAS 600、JAS 701 與 JAS 702 等文件。原有關目視分等製材之「粹組壁工法構造用製材」之日本農林規格(昭和49年7月8日農林省告示第600</p>

修正規定	現行規定	說明
<p>……</p> <p>(c)指接製材</p> <p>有關框組壁工法用木材分等之日本農林規格；</p> <p>……</p>	<p>Standards, JAS 702木構架工法用之機械應力分等結構製材；</p> <p>……</p> <p>(c)指接製材</p> <p>Japanese Agricultural Standards, JAS 701,木構架工法結構用指接製材；</p> <p>……</p>	<p>号)」、機械分等製材之「機械による曲げ応力等級区分を行う枠組壁工法構造用製材の日本農林規格(平成3年5月27日農林水産省告示第702号)」與指接製材之「枠組壁工法構造用たて継ぎ材の日本農林規格(平成3年5月27日農林水産省告示第701号)」，三者已合併為「枠組壁工法構造用製材及び枠組壁工法構造用たて継ぎ材の日本農林規格(平成27年3月9日農林水産省告示第512号)」。</p> <p>四、為免日本農林規格更迭致本節解說所列舉相關文件未及同步修正致生適用疑義，建議修正本節解說。</p>

修正規定	現行規定	說明
第八章 建築物之耐久性與維護計畫	第八章 建築物之耐久性與維護計畫	本章名稱未修正。
8.2 防腐工法	8.2 防腐工法	本節名稱未修正。

修正規定	現行規定	說明
<p>8.2.1 防腐工法之種類</p> <p>【解說】</p> <p>……，中華民國國家標準 CNS 3000即規定防腐藥劑使用於不同環境之材料時，……</p>	<p>8.2.1 防腐工法之種類</p> <p>【解說】</p> <p>……，中國國家標準CNS 3000即規定防腐藥劑使用於不同環境之材料時，……</p>	<p>一、本節解說修正。</p> <p>二、將原「中國國家標準」之文字，修正為「中華民國國家標準」。</p>
<p>8.3 防蟻工法</p>	<p>8.3 防蟻工法</p>	<p>本節名稱未修正。</p>
<p>【條文】</p> <p>8.3.2 防蟻工法之實施</p> <p>……</p> <p>(4) 餌劑防治法</p> <p>白蟻是社會性昆蟲，亦為自然生態系之一份子，環境中白蟻族群的大小，係判斷建築物受害機率的重要指標。依據族群調查與環境監控，利用各種陷阱誘捕白蟻，進而在陷阱中，施放系統性藥劑，以降低族群數及族群大小。</p>	<p>8.3.2 防蟻工法之實施</p> <p>【解說】</p> <p>……</p> <p>白蟻是社會性昆蟲，亦為自然生態系之一份子，環境中白蟻族群的大小，係判斷建築物受害機率的重要指標。依據族群調查與環境監控，利用各種陷阱誘捕白蟻，進而在陷阱中，施放系統性藥劑，以降低族群數及族群大小。「蟻巢滅餌劑防治系統」(Sentrison Colony Elimination System)係採用昆蟲生長調節劑中之六伏隆(Hexaflumuron)為藥餌，以0.5%極低劑量添加於白蟻誘餌的紙卷內，以佈餌方式置於白蟻已侵入或可能侵入的地點。施作時室內直接放置在餌盒，室外土壤下則以木材為誘餌，白蟻侵入後才更換為藥餌。「六伏隆」可抑制幾丁質合成，使白蟻最終因不能正常蛻皮而死亡，將此昆蟲生長調節劑製作成誘餌，誘引白蟻自行取食再帶回蟻巢內，然後傳播至整個蟻巢，白蟻最終因不能正常蛻皮而達到滅絕整個蟻巢的效果。「六伏隆」為無色、無味，不會污染地下水及環境。</p>	<p>一、本節解說修正。</p> <p>二、「蟻巢滅餌劑防治系統」(Sentrison Colony Elimination System)為特定商品名稱，不宜出現於規範中，相關產品說明建議刪除。僅保留防治方法說明。</p>

修正規定	現行規定	說明
第九章 建築物之防火	第九章 建築物之防火	本章名稱未修正。
9.4 直交集成板 9.4.1 碳化速率 9.4.2 構件強度		本節新增。

修 正 規 定	現 行 規 定	說 明
附錄二製材容許應力與彈性模數之修正	附錄二鋸製材容許應力與彈性模數之修正	一、 本章名稱修正。 二、 與本規範、CNS用語一致。
附表二-3 載重共享修正係數， $K_H^{(1)}$	附表二-3 載重共享修正係數， $K_H^{(1)}$	本表名稱未修正。
備註：(1)應用於3個或更多大致平行之製材構材，其間距不超過610mm.....	備註：(1)應用於3個或更多大致平行之鋸製材構材，其間距不超過610mm.....	一、本表備註修正。 二、與本規範、CNS用語一致。
	附表二-4 尺寸修正係數， K_Z	一、本表建議刪除。 二、表中等級無說明分等依據，故本表無法使用。

修 正 規 定	現 行 規 定	說 明
附錄四 框組壁工法之剪力牆與橫隔板設計參數	附錄四 框組式構造之剪力牆與橫隔板設計參數	一、本章名稱修正。 二、與本規範第二章用語一致。 三、與CNS用語一致。

修 正 規 定	現 行 規 定	說 明
附錄五 剪力牆構法及對應之剪力牆倍率	附錄五 剪力牆構法及對應之剪力牆倍率	本章名稱未修正。
附表五-2 框組壁工法之剪力牆及其對應之剪力牆倍率參考例（區劃面積40m ² 以內）	附表五-2 框組式構法之剪力牆及其對應之剪力牆倍率參考例（區劃面積40m ² 以內）	一、本表名稱修正。 二、與本規範第二章用語一致。 三、與CNS用語一致。
備註：..... (2)石膏板壁面用釘可使用、WSN或DTSN代替GNF40。 (4)釘子CN50、CN65與GNF40應符合JIS A 5508くぎ(釘)標準；WSN應符合JIS B 1112十字穴つき木ねじ(十字木螺絲釘)標準；DTSN應符合JIS B 1125ドリリン	備註：..... (2)石膏板壁面用釘可使用FN45、WSN或DTSN代替GNF40。	一、本表解說修正。 二、FN45於JIS中無相關標準可循，建議刪除。 三、新增釘子說明。

修正規定	現行規定	說明
<p>グタッピンねじ(自攻螺絲)標準。</p>		
<p>附表五-3 框組壁工法之剪力牆及其對應之剪力牆倍率參考例(區劃面積超過 40m²)</p>	<p>附表五-3 框組式構法之剪力牆及其對應之剪力牆倍率參考例(區劃面積超過 40m²)</p>	<p>一、本表名稱修正。 二、與本規範第二章用語一致。 三、與CNS用語一致。</p>
<p>備註：..... (2)石膏板壁面用釘可使用、WSN或DTSN代替GNF40。 (4)釘子CN50、CN65與GNF40應符合JIS A 5508くぎ(釘)標準；WSN應符合JIS B 1112十字穴つき木ねじ(十字木螺絲釘)標準；DTSN應符合JIS B 1125ドリリングタッピンねじ(自攻螺絲)標準。</p>	<p>備註：..... (2)石膏板壁面用釘可使用FN45、WSN或DTSN代替GNF40。</p>	<p>一、本表解說修正。 二、FN45於JIS中無相關標準可循，建議刪除。 三、新增釘子說明。</p>

第二節 木構造建築設計及施工技術規範「北美木構造工法」增訂建議

現行木構造施工及設計規範中，木結構之設計標準主要參考日本建築基準法中木結構設計章節，因此對於日式軸組工法有詳盡的介紹及設計方法的提供。然而，我國常見之木構造工法中，除了日式軸組工法外，另有北美的 2x4 工法的施工案例。雖然在我國的木構造施工及設計規範中第 7 章已有明訂框組壁式工法之章節，然而對於設計方法及施工準則並無詳細描述。有鑒於此，本研究參考 IBC (International Building Code) Chapter 23 之規定條文，建議於木構造建築物設計及施工技術規範第 7 章中，新增章節 7.5 「北美木構造設計法」。本研究首先針對 IBC 第 23 章中之條文內容，翻譯對照條文收錄在本研究之附錄 2 中，提供後續增訂及將條文本土化時之參考依據。

第三節 木構造建築設計及施工技術規範「CLT 專章」增訂建議

直交集成板 Cross Laminated Timber(CLT)為近年來用於建造高層木建築之主要材料，主要發源於中歐，目前則廣泛應用於世界各地。直交集成板有固碳永續、施工快速、及加工容易等優點。我國在近幾年亦有部分以此材料設計及興建的建築。有鑑於本木構造材料不同於以往之原木、集成材、或其他工程木材等材料，因此，建議於木構造建築設計及施工技術規範中，增訂「CLT 專章」，以利民間業者推廣及應用。然而，由於目前先進國家中，對於 CL 之結構設計及具體規範均在研擬中，並且國內 CLT 之 CNS 標準並未完成。因此，本研究針對 CLT 之設計原則及各國現有的法規進行比較說明，並建議日後於規範中增訂以下章節。

第 1 章 CLT 的定義及用途

第 2 章 各國 CLT 適用規定

第 3 章 結構性能及分析原則

第 4 章 主要接合形式

4.2.1 增訂章節概述

4.2.2 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。

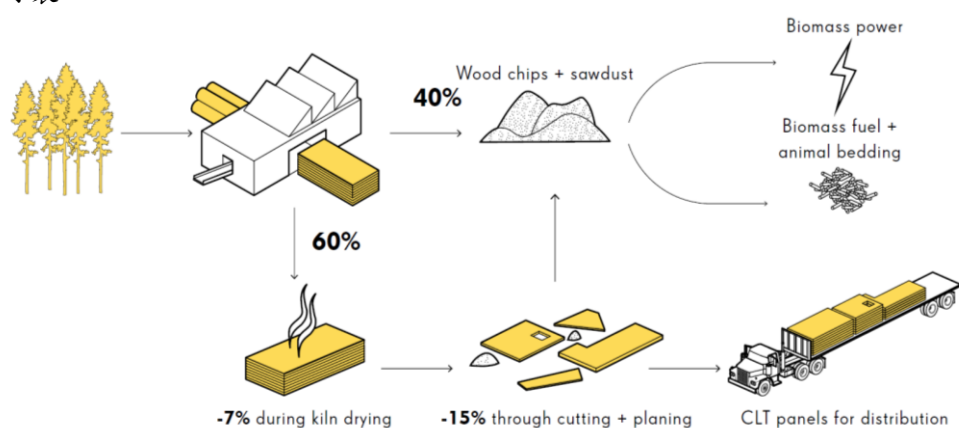


圖 4.1 CLT 之生產及製作流程

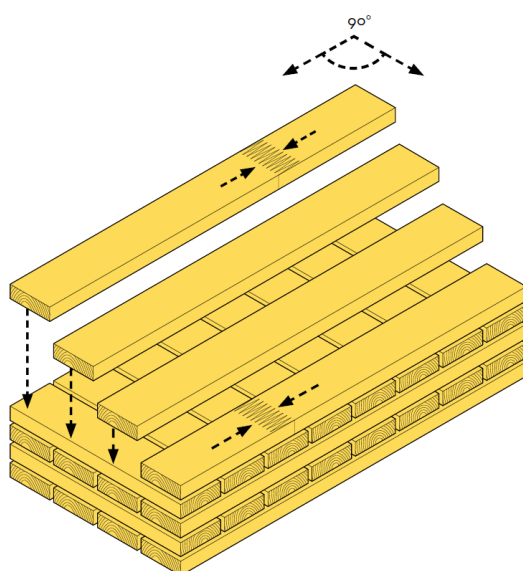


圖 4.2 CLT 之膠合原則

4.2.3 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，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 Euro Code EN 16351:2015 Timber structures-Cross laminated timber. Requirements。

4.2.4 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 4.5 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 4.4 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。

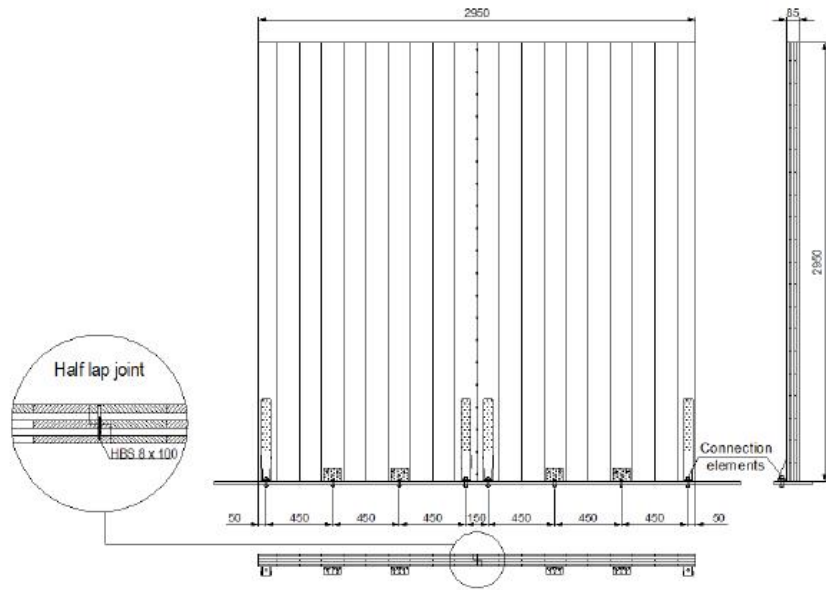


圖 4.3 CLT壁體之基本構造系統及接合形式^[16]

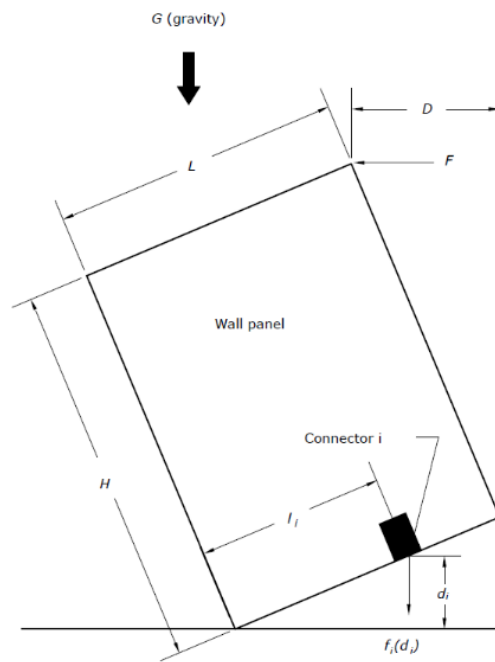


圖 4.4 CLT壁體受到靜力側推之變形行為^[17]

4.2.4.1 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 4.6)，藉以得到接合部強度及結構計算時之基礎數據。

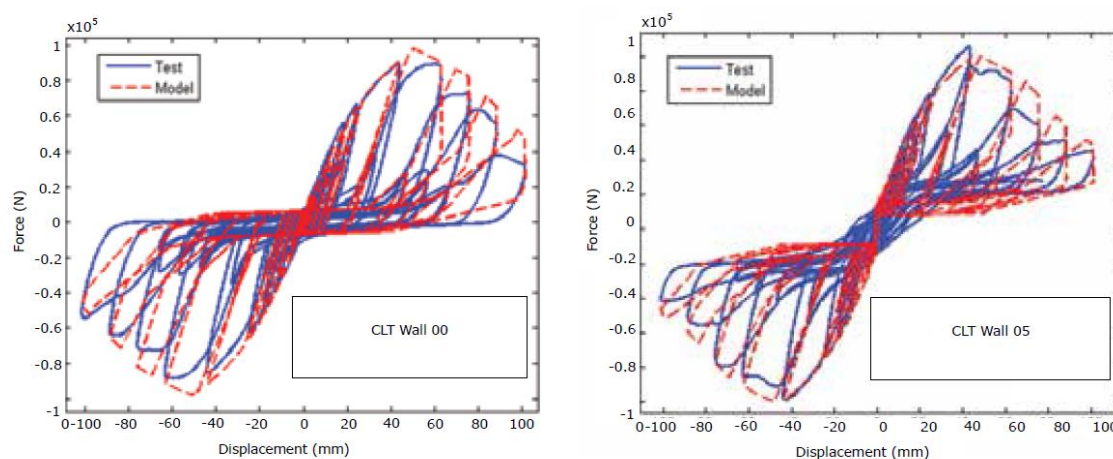


圖 4.5 CLT 實驗與理論之比較分析(Popovski et al. 2010)

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 4-4 所示，包含兩種逐步增加位移振幅之位移型態，圖 4.5 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(Δm)之 1.25%、2.5%、5%、7.5%與 10%，即達到最終位移之 0.1 Δm_j 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% Δm ，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 4-5 所示，包含四種逐步增加位移振幅之位移型態，圖 4.6 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(Δm)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。

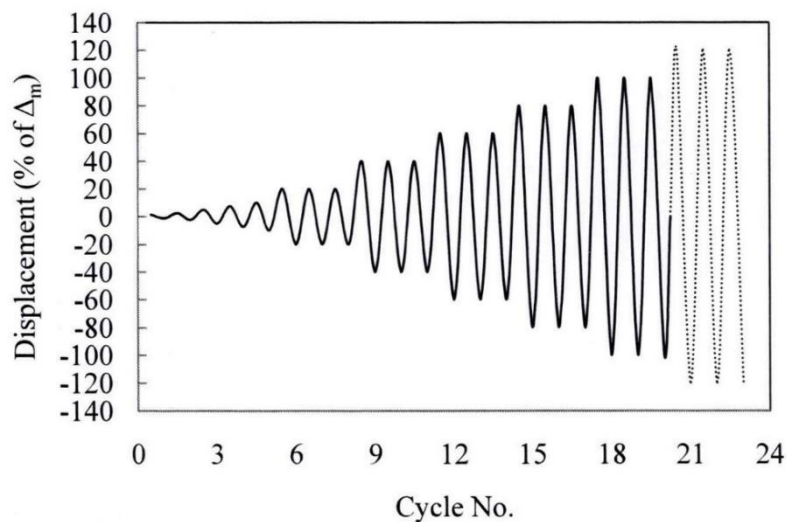


圖 4.6 ASTM E-2126-11 反覆加載方法示意圖 (ISO16670)

表 4.3 ASTM E-2126-11 反覆加載-位移關係 (ISO16670)

Pattern	Step	Minimum number 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)	

$\alpha \leq 0.5$

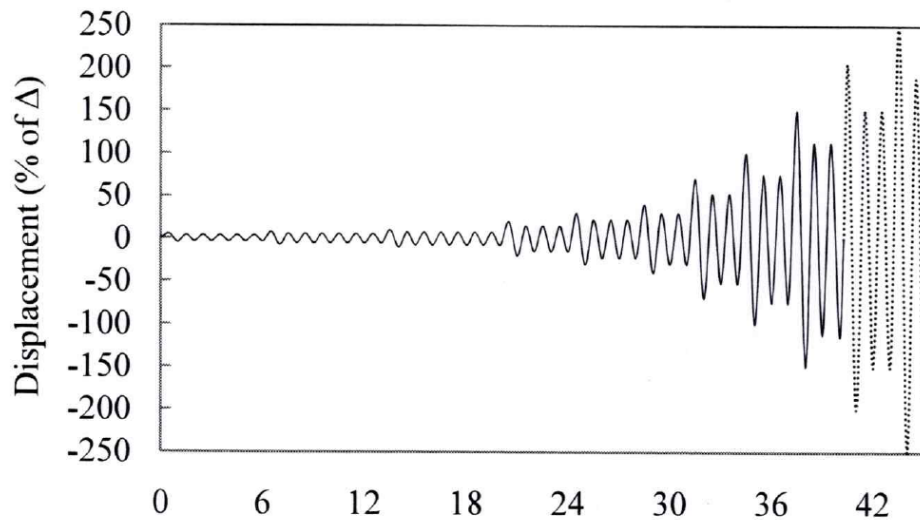


圖 4.7 ASTM E-2126-11 反覆加載方法示意圖(CUREE)

表 4.4 ASTM E-2126-11 反覆加載-位移關係 (CUREE)

Pattern	Step	Minimum number 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($0.4P_{peak}$)。

4.2.4.2 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(如圖 4.8 及圖 4.9 所示)，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 $\gamma 0$

$$\gamma 0 = \gamma - \theta \quad (8)$$

其中， $\delta 1$ ：頂部之水平變位(mm) (變位計H1)

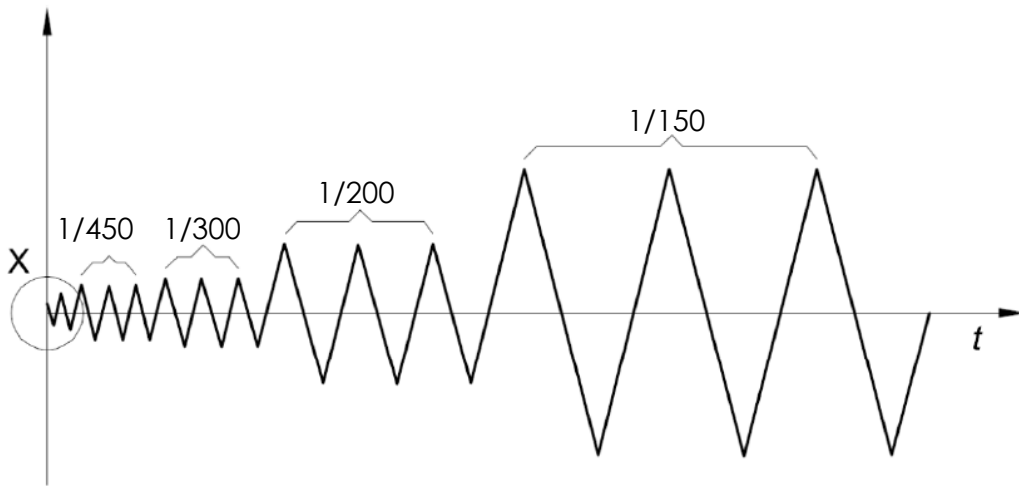
$\delta 2$ ：角隅部之水平變位(mm) (變位計H2)

H：變位計H1及H2間之距離(mm)

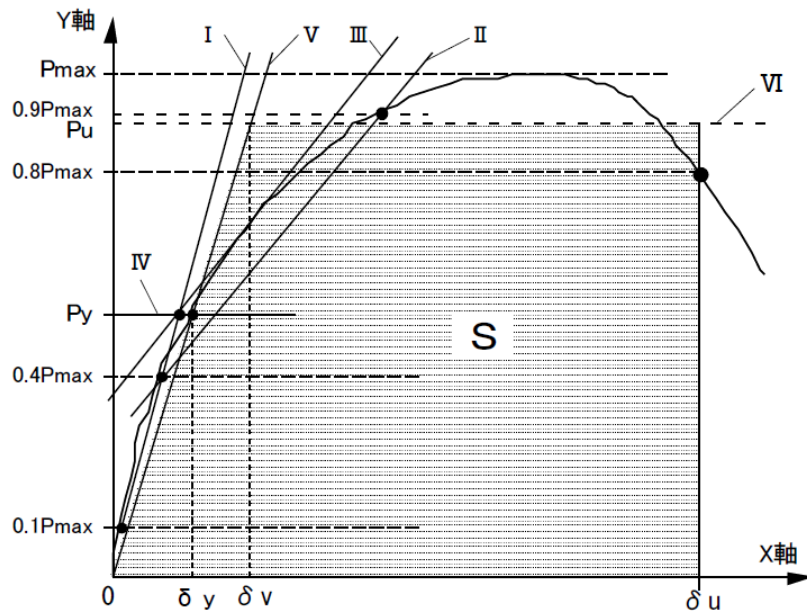
$\delta 3$ ：角隅部之鉛直方向變位(mm) (變位計V3)

$\delta 4$ ：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 4.8 日本 CLT 實驗方法及彈塑性模型之求取

4.2.5 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、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整理如下以供參考。

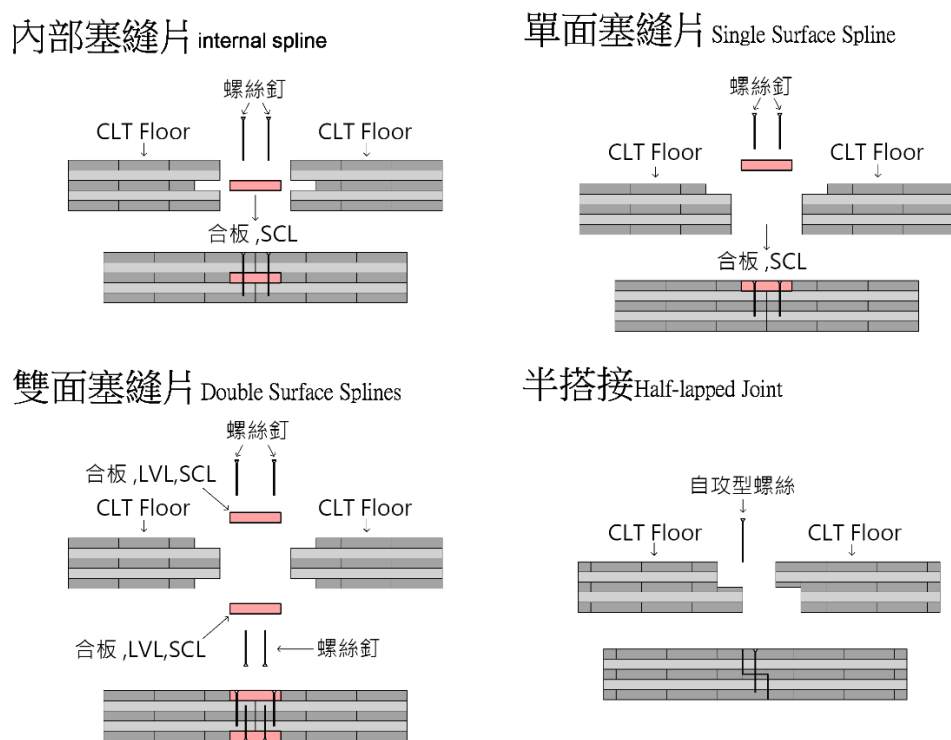
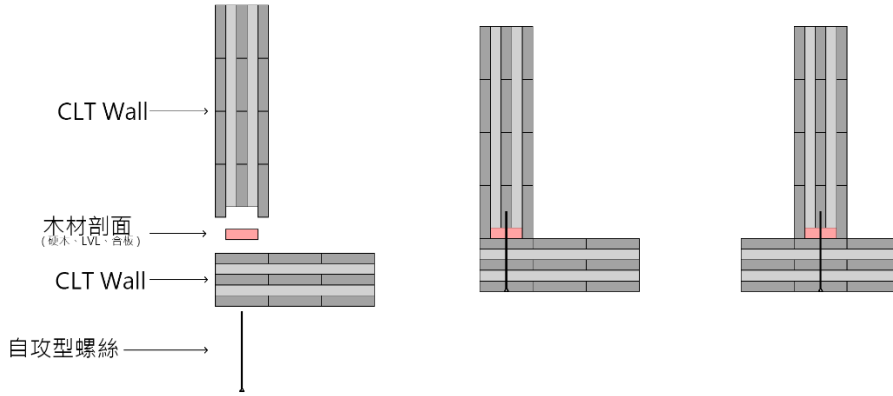


圖 4.9(a) Floor to Floor 主要接合形式

木材剖面 wooden profiles
 隱匿式木製剖面 concealed wooden profile



邊緣加固木製剖面 Edge Protecting Wooden Profile

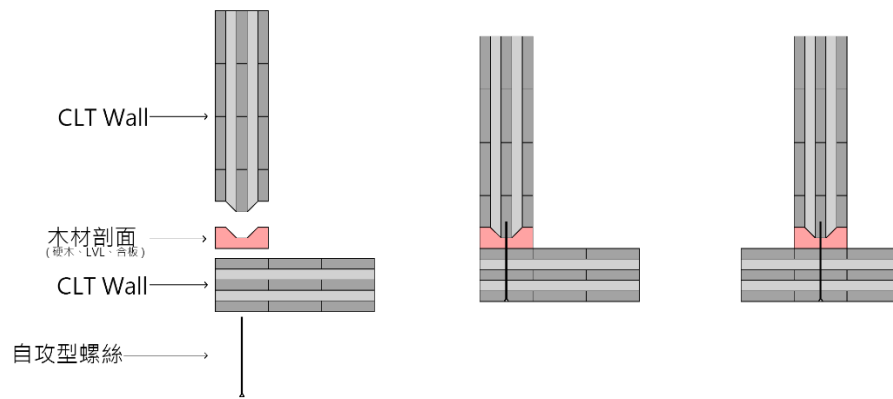


圖 4.9(b) Wall to Floor 主要接合形式

金屬角撐架 Metal Brackets

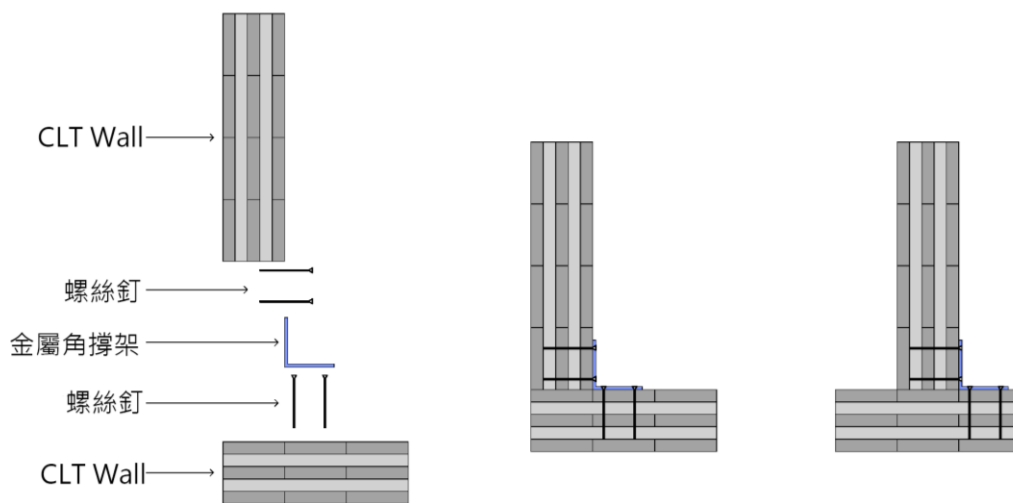


圖 4.9(c) Wall to Floor 主要接合形式

隱藏式金屬板材 concealed Metal Plates

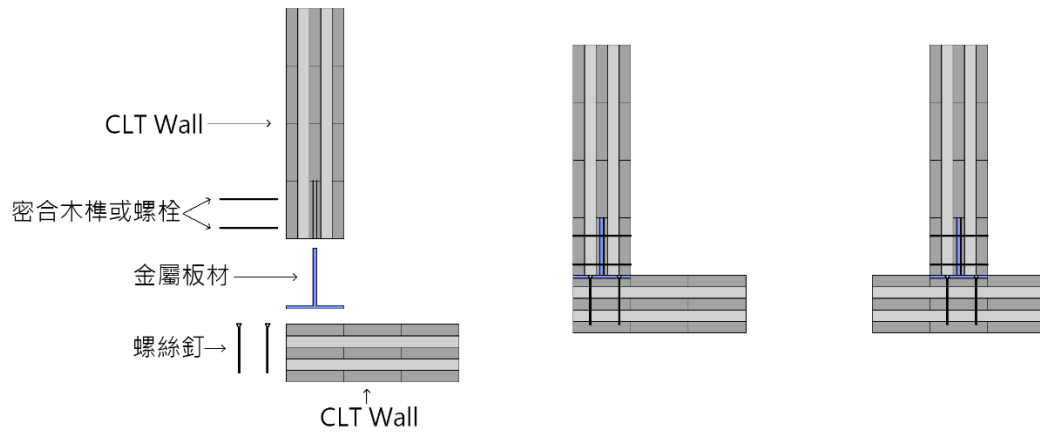
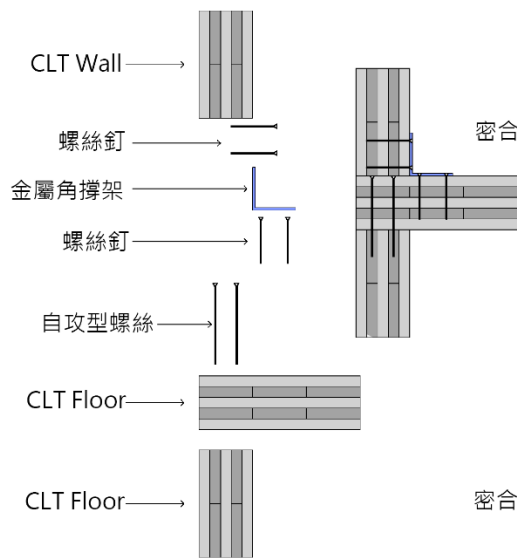


圖 4.9(d) Wall to Floor 主要接合形式

金屬角撐架和自攻型螺絲 Metal Brackets and Self-tapping Screws



隱藏式金屬板材 concealed Metal Plates

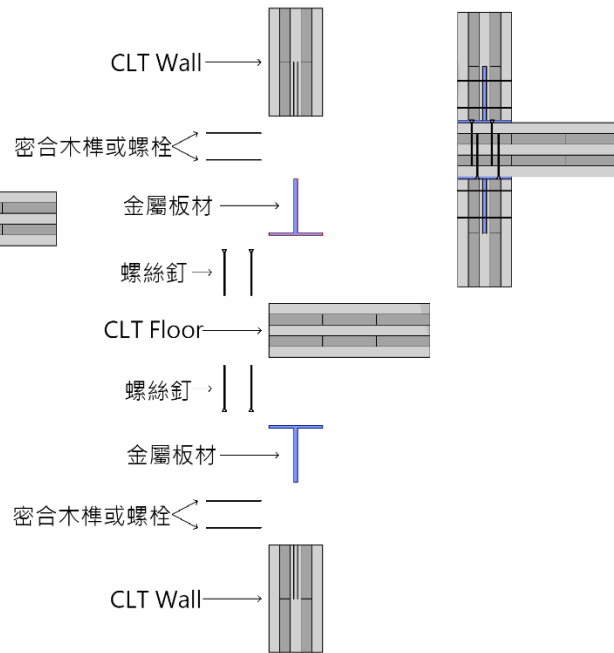


圖 4.9(e) Wall to Floor(Platform System)主要接合形式

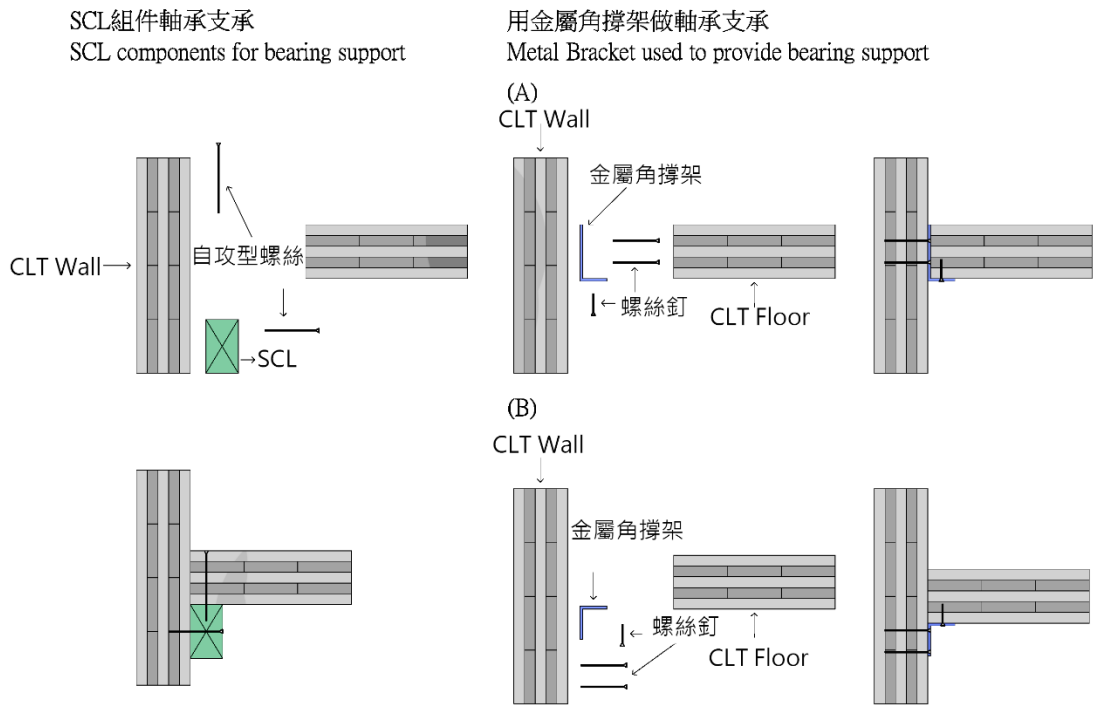


圖 4.9(f) Wall to Floor(Ballon System)主要接合形式

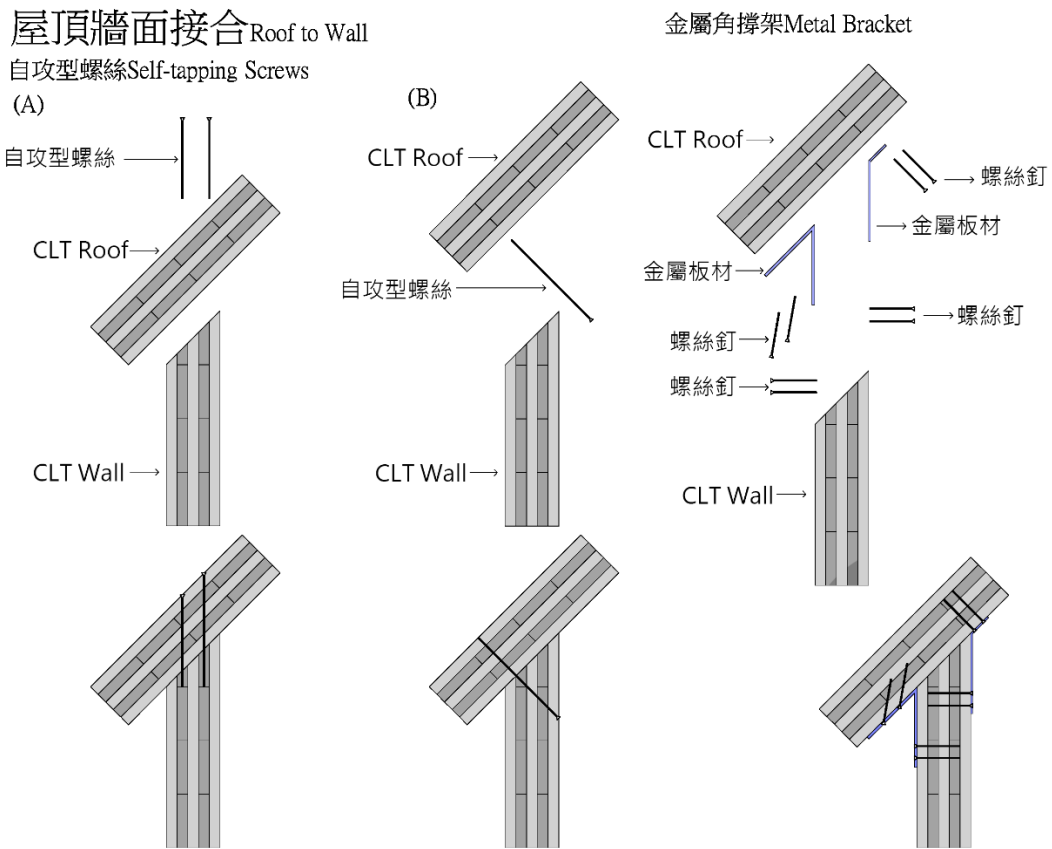


圖 4.9(g) Roof to Wall 主要接合形式

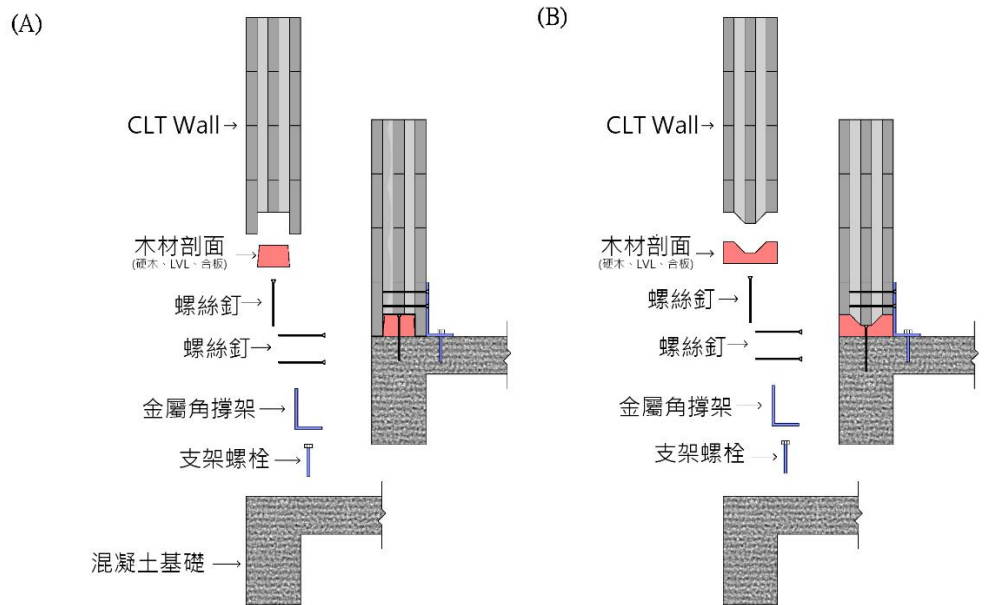


圖 4.9(h) Wall to Foundation 主要接合形式

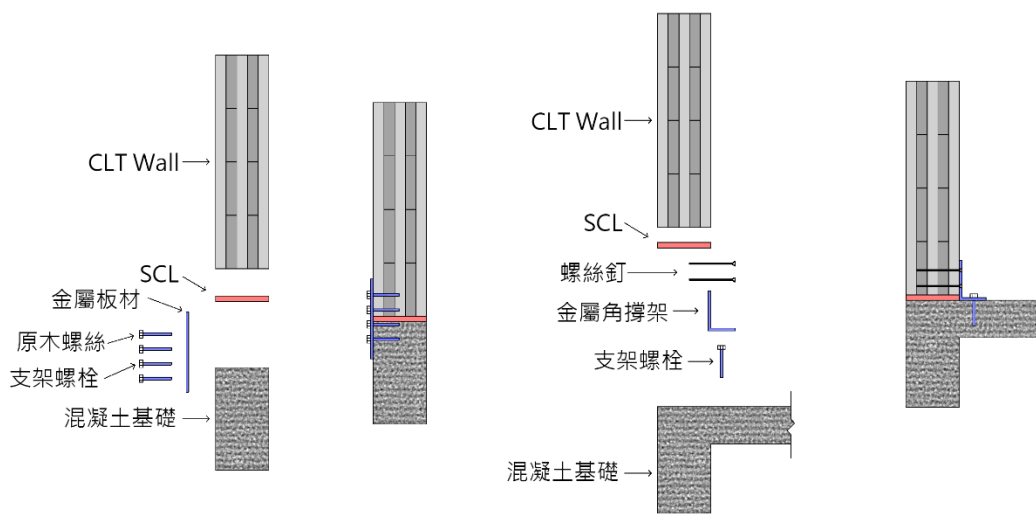


圖 4.9(i) Wall to Foundation 主要接合形式

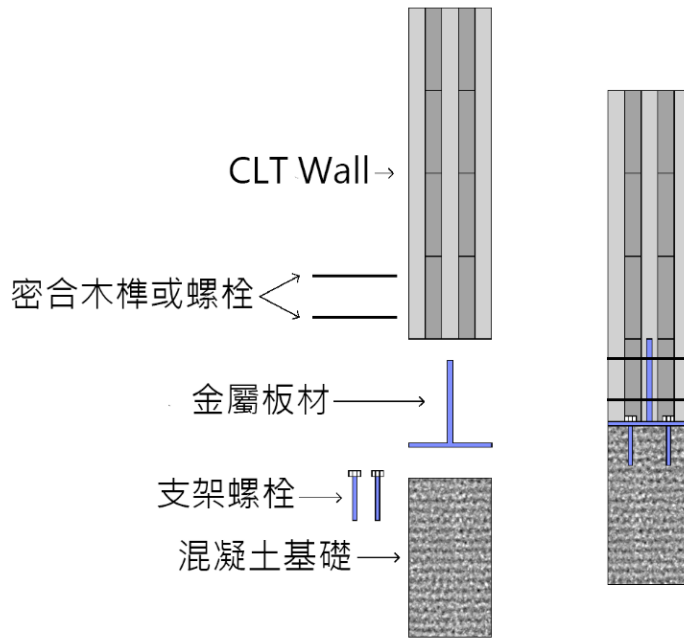


圖 4.9(j) Wall to Foundation 主要接合形式

圖 4.9 北美CLT Handbook中主要接合形式

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以及接合部的設計強度值，以荷重-變形關係呈現接合部之完全彈塑性行為。本研究將參考文獻中之制式工法及設計強度整理如下。

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	①基礎-牆板		
使用構件	與牆板接合	TB-90時，杉木 Mx60-3-3或S60-3-3 TB-150時，杉木 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	

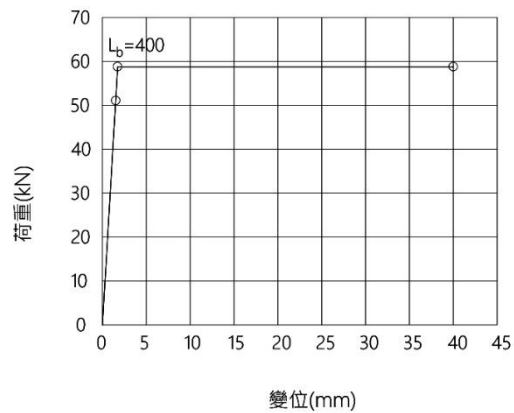


圖4.10 (a) 基礎-牆板之標準接合部及強度

<p>接合形式</p>	<p>鋼板螺絲接合</p>	<p>接合鐵件</p>	<p>SB-90、SB-150、SBM-90或SBM150、 STS·C65:14支 (SB-90、SB-150)、18支(SBM-90、SBM150)</p>
<p>接合部位</p>	<p>①基礎-牆板</p>		
<p>使用構件</p>	<p>牆板</p>	<p>SB-90、SBM-90時，杉木，Mx60-3-3或S60-3-3 SB-150、SBM150時，杉木，Mx60-5-5或S60-5-5</p>	
<p>圖4.10 (b) 基礎-牆板之標準接合部及強度</p>			

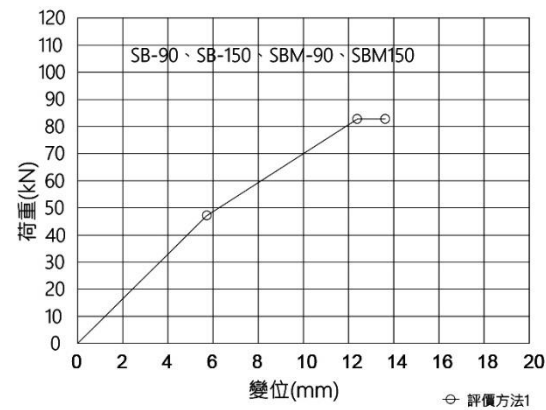


圖4.10 (b) 基礎-牆板之標準接合部及強度

接合形式	鋼板螺絲接合	接合鐵件	TC-90或TC-150、 STS · C65:26支(平均每1個鐵件)、 雙頭螺栓固定 M20
接合部位	②下層牆板-上層牆板		
使用構件	上下樓板接合	TB-90時，杉木 Mx60-3-3或S60-3-3 TB-150時，杉木 Mx60-5-5或S60-5-5	
	樓板	沒有指定材料	

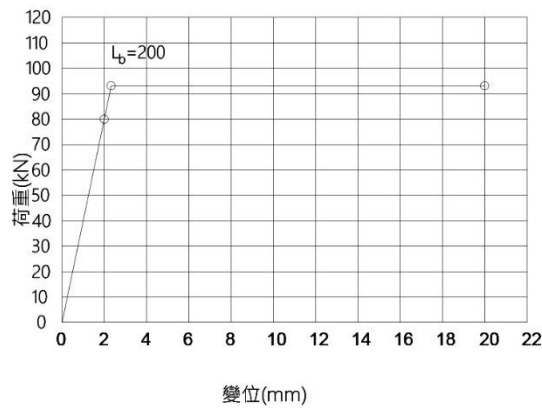


圖4.10 (c) 上下樓板之標準接合部及強度

接合形式	拉力螺栓接合	接合鐵件	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	杉木 Mx60-5-5或S60-5-5	
	樓板	無指定材料	

JISB1220 構造用基礎螺栓固定 ABR490 M20
使用方法圖例

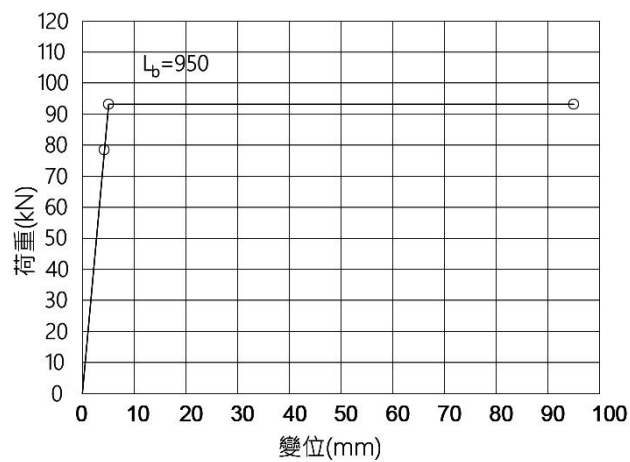


圖4.10 (d) 上下樓板之標準接合部及強度

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	杉木, 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

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

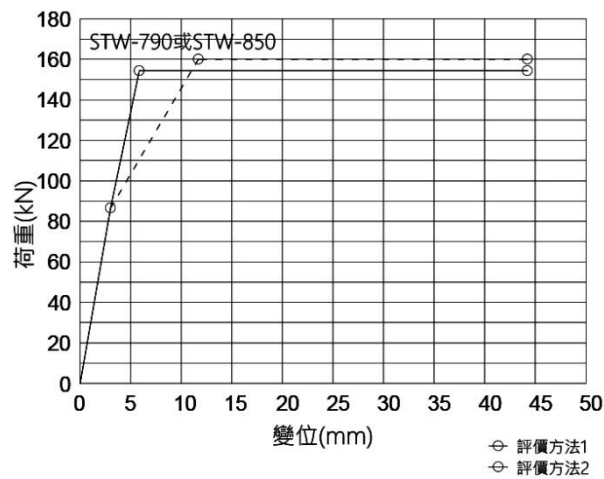


圖4.10 (e) 上下樓板之標準接合部及強度

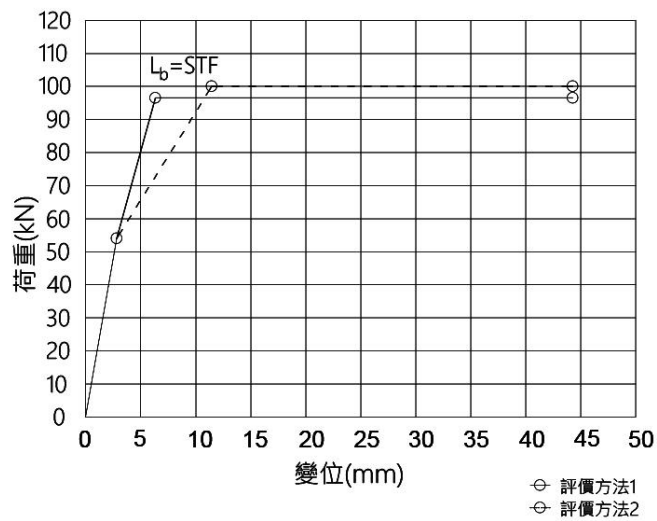
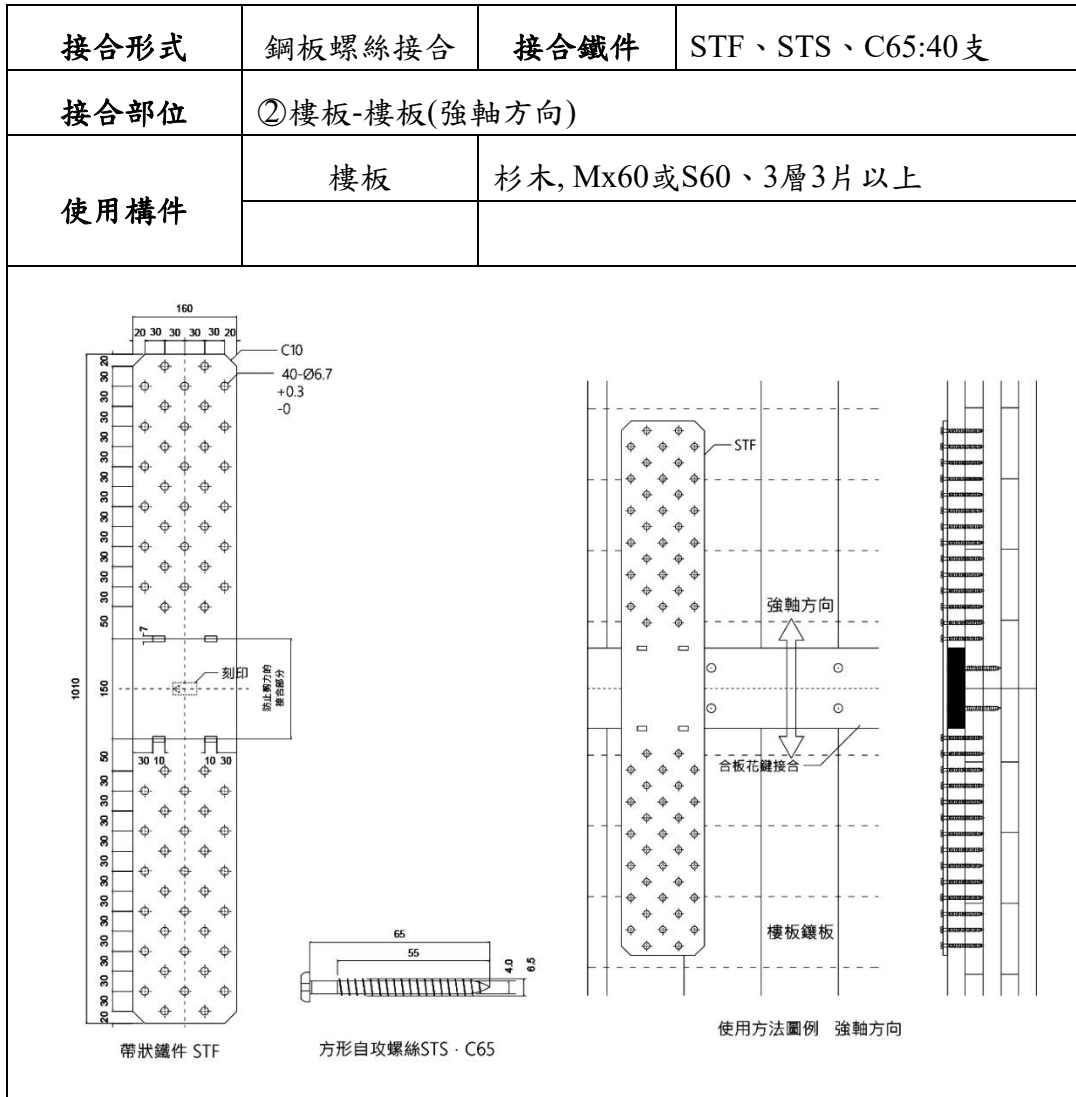


圖4.10 (f) 樓板-樓板(強軸方向)之標準接合部及強度

接合形式	鋼板螺絲接合	接合鐵件	STF、STS·C65:40支
接合部位	②樓板-樓板(弱軸方向)		
使用構件	樓板	杉木, 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

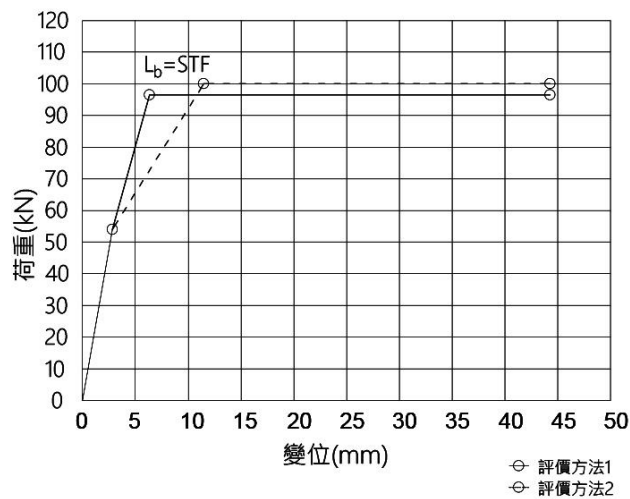


圖4.10 (g) 樓板-樓板(弱軸方向)之標準接合部及強度

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	杉木, Mx60或S60、3層3片以上	
	樓板	杉木, 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

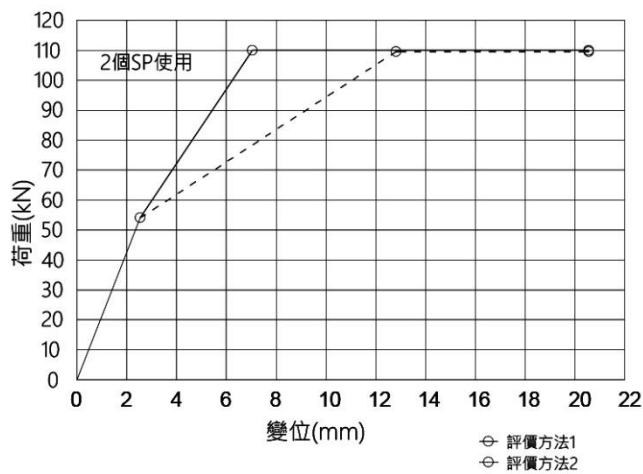
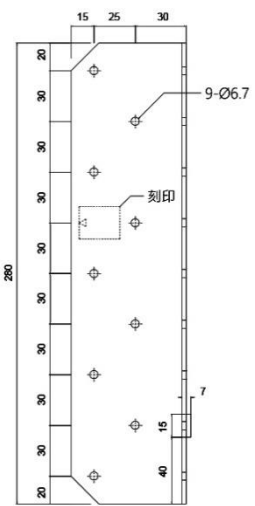
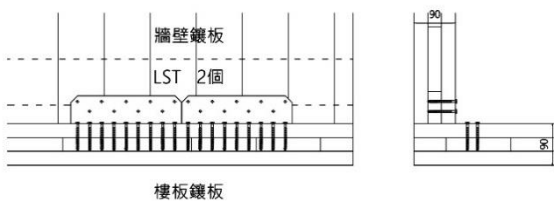


圖4.10 (h) 牆板-垂壁板之標準接合部及強度

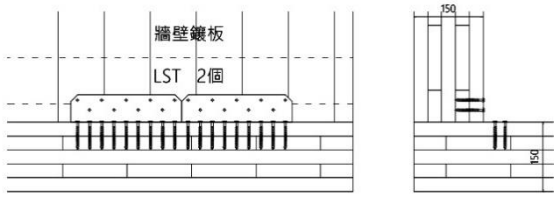
接合形式	鋼板螺絲接合	接合鐵件	LST:2個、STS・C65:18支 (平均每1個鐵件)
接合部位	②牆板-樓板(屋頂板)		
使用構件	牆板	杉木, Mx60或S60、3層3片以上	
	樓板	杉木, Mx60或S60、3層3片以上	



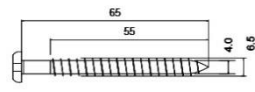
L型鐵件 LST



牆壁鑲板
LST 2個
樓板鑲板



牆壁鑲板
LST 2個
樓板鑲板



方形自攻螺絲STS・C65

使用方法圖例

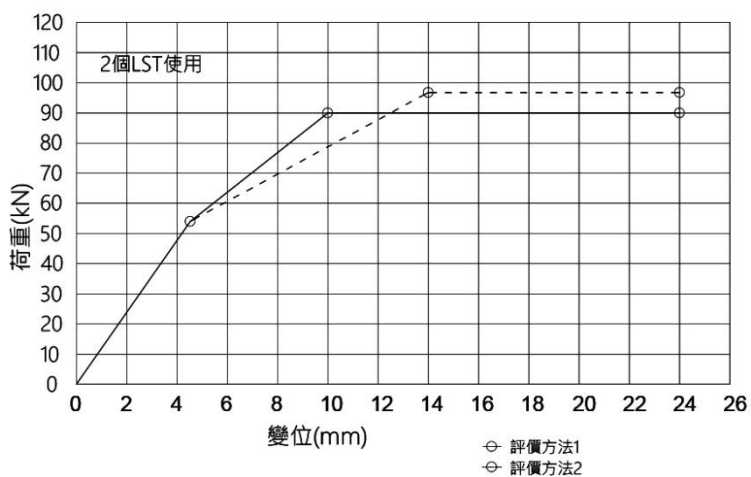
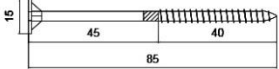
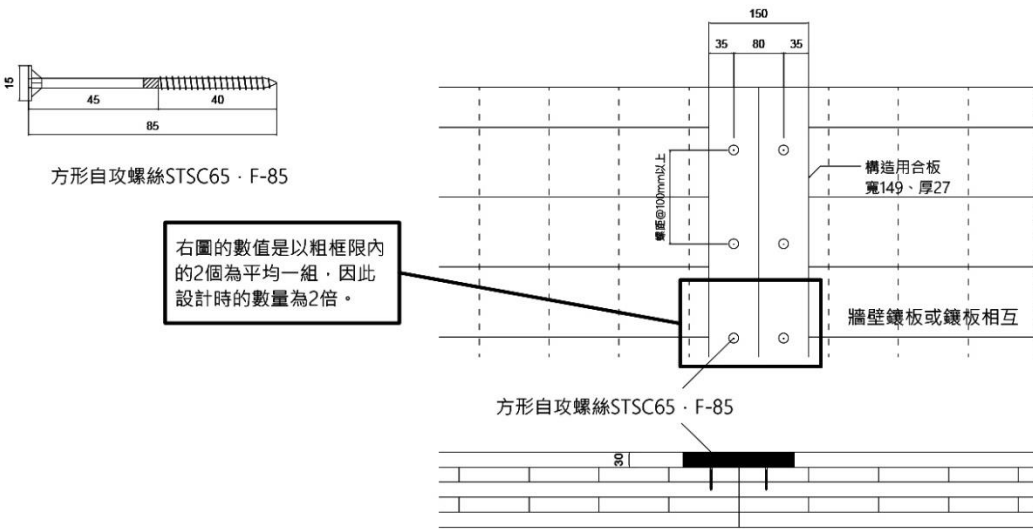


圖4.10 (i) 牆板-樓板(屋頂板)之標準接合部及強度

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	杉木, Mx60或S60、3層3片的合板以上	
	構造用合板	杉木/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。

構造用合板
寬149、厚27

牆壁鑲板或鑲板相互

方形自攻螺絲STSC65 · F-85

使用方法圖例

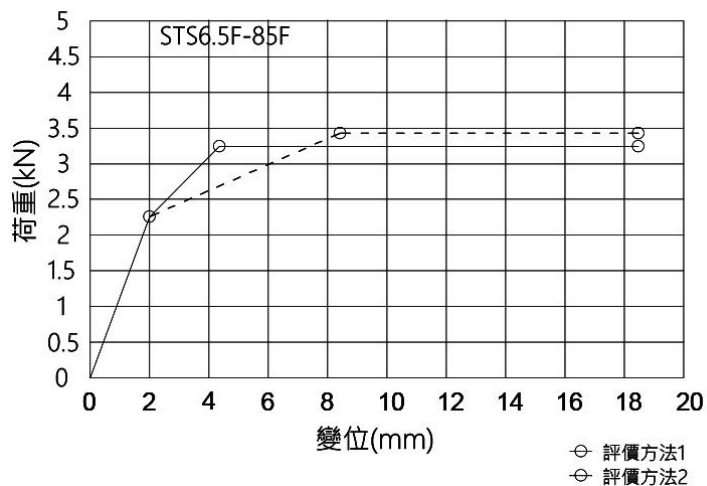


圖4.10 (j) 牆板或樓板之標準接合部及強度

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	杉木, Mx60-5-5或S60-5-5	
	屋頂板、天花板	無指定材料	

JISB1220 構造用基礎螺栓固定 ABR490 M20
使用方法圖例

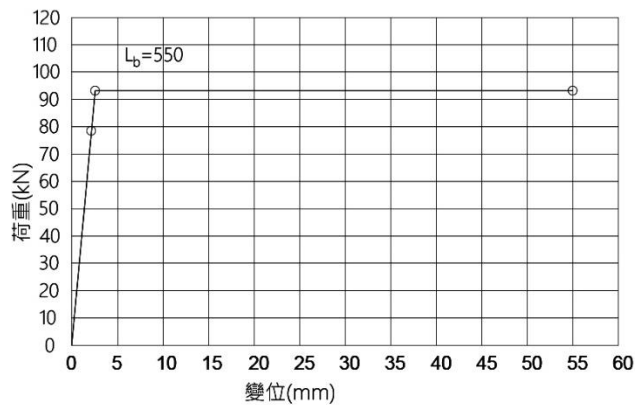


圖4.10 (1) 屋頂板(天花板)-牆板之標準接合部及強度

圖 4.10 日本CLT施工設計規範中之主要接合形式及強度

第五章 結論

本研究之具體成果，首先為針對建築技術規則建議修改條文，包含以下項目：

1. 建議修改建築技術規則第 171-1 條
 - ▶ 修改方向：根據不同機能或工法等進行樓高限制的分類工法及設計原則由規範定義
2. 建議將建築技術規則第 173 條刪除
 - ▶ 本條規定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。因不合時宜，因此建議刪除
3. 建議修改建築技術規則第 203 條或刪除
 - ▶ 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。本條因不合時宜因此建議刪除
4. 其他建議修訂條文等

針對混合構造之規定，建議進行下述之修訂：

1. 於木構造建築物設計及施工技術規範第 7 章新增章節 7.5，暫定北美木構造設計法。
2. 由於現行木結構設計組合載重與 RC 造及鋼構造不同，因此混和構造之木結構若以框組壁式工法設計時，建議載重組合參考 IBC 之設計規定，以不同設計法之(ASD/LRFD)之組合載重做為設計用，因此 R 值可參考 IBC 之規定計算。
3. 軸組造工法(現行規範之主要工法)因為 R 值及組合載重與現行 RC 造及鋼構造有所差異，建議不進行混和構造的設計法及規範的新增及修訂。
4. 上下結構形式不同及平面結構形式不同時之 R 值計算亦可參考 ibc 規定。

針對直交集成板 CLT 之規定，建議進行下述之修訂：

1. 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 之專章
 - (1) 參考 NDS chapter10 pp60-62 進行 CLT 之定義。

(2) 主要參考北美 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) 直交集成板 CLT 專章之章節增訂建議:

第 1 節 CLT 的定義及用途

第 2 節 各國 CLT 適用規定

第 3 節 結構分析原則

第 4 節 主要接合形式

附錄一（專家座談會及審查會議紀錄）

第一次專家座談會

開會時間：108年5月9日上午10時

開會地點：大坪林聯合開發大樓13樓簡報室

專家學者：內政部建築研究所工程技術組陳組長建忠、

國立屏東科技大學葉教授民權、

國家地震中心翁研究員元滔、

土木技師公會楊技師正裕、

結構技師公會吳技師嘉偉、

國立臺北科技大學黃副教授昭勳、

國立臺灣大學林副教授法勤、

國立臺灣科技大學蔡助理教授孟廷

意見綜整：

委員姓名	委員意見	研究團隊回應
陳建忠	<ol style="list-style-type: none">1. 是否可將 CLT 的明確的規範標準提出？2. 台灣規範是由政府公布，但 IBC 是民間團體把資料統籌，各州也有各州的 IBC 規範及版本。在引用過程中如何對應？3. 木構造若引用 CNS，就是強制的規定，沒有引用就是參考，若引用了就會有未來 CNS 改版的問題。	謝謝委員意見，將於後續研究中持續檢討。
翁元滔	<ol style="list-style-type: none">1. 混合式構造例如下面是 RC 上面是鋼構，業界較關心的為韌性容量 R 或基本震動週期怎麼認定，因為在建築規範裡	謝謝委員意見，將於後續研究中持續檢討。

	<p>面沒有明確的訂定，但目前機制為結構審查會若由結構技師提出合理計算方式即可通過。建議整理有關於混合是構造過往是怎麼做的，例如是要用上下樓層重量比例來分 R 值或者來計算折減或者取小值。設計地震總橫力有週期公式來做認定。建議可搜集相關資料，未來建議建築物耐震設計規範中增列混合式構造相關設計的規定。</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. 我贊成改掉這個限制高度限制，耐震規範也可以有所調整。另外，定義 CLT 屬於哪種結構系統則相當重要，屬於承重牆系統或是構架系統？可以明確定義的話，就可以列到系統韌性容量的列表裡面，R 值及高度限制就可以明確定義。 3. 目前都以容許應力法為主流，是否應該要新增一個強度設計法？ 4. 建議蒐集一個國外 CLT 設計案例，看看到底怎麼設計出來的，再思考怎麼融入進台灣的設計規範，這樣才能對照台灣的设计參數並作檢討。 	
吳嘉偉	<ol style="list-style-type: none"> 1. 載重組合，我看現在木構造的就是傳統的，鋼結構就是 D+L+E，但現在新的改成了前面有係數，為了跟極限設計法有一樣的安全度，為了達到目的，因為載重組合是機率問題，所以調成一樣。應該先從根據這個邏輯先去調整再去反推 	<p>謝謝委員意見，將於後續研究中持續檢討。</p>

	<p>αy 是多少，鋼構是這樣子反推，沒有什麼邏輯性。</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. 國內目前有研究報告出現就是一個很好的參考依據，以後我們做設計也真的有很好的幫助。 3. IBC 的引用很好，直接利用這些標準來反算，大概可以這樣做。 4. 混合構造的部分，台灣就是以保守的 R 值來做標準，但 R 值有一個問題，這個部分我建議，相對應選擇的 R 要來對應設計規範裡面，滿足 R 值就可以了，但如果沒有對應的話，就很麻煩，如果國內現在沒有就看要參考哪裡的。 	
葉民權	<ol style="list-style-type: none"> 1. 現行規範已經有混合構造定義，沒有細節說明但是允許。 2. 期待把建築高度提高，但應該定義提高到哪一層可以再參考研擬一下。 3. 在美國容許應力設計是主流，但加拿大跟歐洲使用強度設計法，目前歐洲約莫是 10% 左右的木構造，美國每年需要將近百萬棟。回過頭來再說日本，日本的木構造也是蠻多的，每年也是有十萬棟。因此參考日本及美國的主流設計法應該是合理的。 4. CLT 目前並沒有明確的規範出來，但各國都在積極研擬。 5. 目前木構造規範是翻譯自日本的法規， 	<p>謝謝委員意見，將於後續研究中持續檢討。</p>

	<p>因此組合載重為靜載重及活載重再加上地震載重。然而美國 NDS 的地震及風載重都有調整係數係數加進來，建議思考為什麼這兩個國家在這不確定的係數的調整上有所不同。日本的地震頻率跟台灣蠻接近的，日本颱風跟美國完全不一樣，這些發生的頻率可以作為參考。</p> <p>6. 關於韌性容量 R 值，建議團隊對於結構系統做明確定義，結構分析的時候可以明確使用。</p> <p>7. CNS 的標準調整，基本上台灣是根據日本調整的步驟，日本是每五年就會調整檢討一下，建議建研所也照這頻率檢討一下，不然一直沒辦法跟進。</p> <p>8. 考慮到建築高度的時候，不訪參考各個國家開放的程度，再來決定要幾層樓比較適當。</p>	
楊正裕	<p>1. 規範修訂的頻率跟不上 CNS 的狀況之下，就會常常發生規範裡面引用的 CNS 都跟現況有所脫節，目前規範訂定的規則上必須逐條都列出，因為這可能會以後有些條文又不見了也有些又會多出來，那對於整個規範的適用性是否會造成影響。</p> <p>2. CLT 目前有標準使用上的問題，未來看看能不能將其他國家的 CLT 的標準放進來。</p> <p>3. 目前團隊以 IBC 來參考做研修，覺得是一個很適當的引用。</p>	<p>謝謝委員意見，將於後續研究中持續檢討。</p>

第二次專家座談會

開會時間：108年6月27日下午14時30分

開會地點：大坪林聯合開發大樓13樓討論室(一)

專家學者：內政部建築研究所工程技術組陳組長建忠、

營建署陳科長威成、

國家地震中心翁研究員元滔、

土木技師公會楊技師正裕、

國立高雄科技大學蔡教授匡忠、

國立中興大學蔡教授岡廷、

國立臺北科技大學黃副教授昭勳、

國立臺灣大學林副教授法勤、

國立臺灣科技大學蔡助理教授孟廷

意見綜整:

委員姓名	委員意見	研究團隊回應
陳建忠	<ol style="list-style-type: none">1. 輕型木構造與重型木構造高度該如何制定？（或許不一定全部參考IBC）2. 規範第167條，直接決定要刪除是否有點唐突？可能條文內容不夠明確，建議條文先留，以利後續使用需求。3. R值的界定必需要更加明確。4. 中央規範及地方審查之落差，對法規的理解程度有差異，應該簡單明確。	謝謝委員意見，將於後續研究中持續檢討。
陳威成	<ol style="list-style-type: none">1. 支持調整建築技術規則之內容如規範172-2條文，混合構造、特殊木構。2. CLT防火標準，未來是否一起修訂？	謝謝委員意見，將於後續研究中持續檢討。

	3. CLT 規範如何與 CNS 之標準搭配？	
蔡匡忠	<ol style="list-style-type: none"> 1. 為何主要使用美國之木構方式，日本的方法呢？未來的配套措施該如何進行？現行之法規多與日本較為相近。 2. CLT 之防火碳化深度？ 3. CLT 為直交集成材，非直交集成板。 4. 173 條贊同以修正為主，不要刪除。 5. 未來之修訂，材料之防火需要重視。 6. 各國 CLT 標準需要統整。 	謝謝委員意見，將於後續研究中持續檢討。
翁元滔	<ol style="list-style-type: none"> 1. ASCE7.10，第 12.2 章可以做參考。 2. 混合結構高度要定義清楚。 3. 如為 RC+木構，所謂交界面之力量傳遞抵抗該怎麼規範？需要定義明確 4. 第 176 條不建議全部刪除。 5. NDS 建築技術規則對側力有特別規定（風、地震、開口補強等等） 6. 開口部（例：CLT 開窗）需補強，開口是否會影響木構強度？ 	謝謝委員意見，將於後續研究中持續檢討。
蔡岡廷	<ol style="list-style-type: none"> 1. 北美木結構 CLT 接合件之發展要件。 2. 各國進口木材與規範之對應要納入。 3. 保險機制之角度，回饋到法規上。 4. 研究需要針對未來發展要件之訂定。 	謝謝委員意見，將於後續研究中持續檢討。
楊正裕	<ol style="list-style-type: none"> 1. 各國規範之來源要清楚。 2. NDS 材料防火碳化層計算。 3. 財政部木構造耐用年限 10 年是否修改放入此次報告中？ 4. 混合構造之定義？ 5. 需要納入日本 CLT 之資料。 	謝謝委員意見，將於後續研究中持續檢討。

第三次專家座談會

開會時間：108年9月12日下午14時30分

開會地點：大坪林聯合開發大樓13樓討論室(一)

專家學者：內政部建築研究所工程技術組陳組長建忠、
營建署陳科長威成、
國家地震中心林博士敏郎、
土木技師公會楊技師正裕、
結構技師公會許技師庭偉、
美國在台協會傅經理文燕、
國立臺北科技大學黃副教授昭勳、
國立臺灣大學林副教授法勤、
國立臺灣科技大學蔡助理教授孟廷

意見綜整:

委員	委員意見	研究團隊回應
陳建忠	建議將現行規範修正即可，不須將規範都刪除。	謝謝委員意見。
林敏郎	我非常贊成要改條文，規定的木材與目前使用上有點出入、有很大的差別，那這麼多種系統裡面，磚造也就是用這種方式，第三章磚造131-1條有提到，磚構造建築物之樓層高度須符合規範規定，因為磚的系統也很多元，那變成在磚規範裡面呢，1.3去限定建築物高度限制，還有分成三種，分別去規定他的高度，所以認為木造應該也可以使用這種方式來定義去修改，畢竟現在木造系統也不只有2x4，有CLT、glulam等各種的系統，每個都是不一樣的東	謝謝委員意見，將於後續研究中持續檢討。

西，高度限制也應該不一樣，高度的限制就在個別的規範裡面去定義他的限制，以目前的修改方向應該就是這個邏輯來改。現在的規則就是高度依使用類別要符合規範的規定。因為基本上只有木構造是這種寫法，如果把他改成一致，設計規範裡面去設定，因為木構造現在看起來有不同的系統，那以 2x4 這種 20 公尺、65 英尺，基本上就是北美 2x4 系統為主。那現在看起來 CLT 應該是新的系統，但就 CLT 看起來北美的規範也不是很健全、之前沒有這方面的性質，所以相對也比較有彈性一點，而技術規則要去改相對難度比較高，規範的修訂是比較容易的。而韌性容量 R 值，IBC 跟台灣的其實有個轉換的關係存在，依照 86 年較舊版本的規範裡面木造的 R 值是 1.6，那這邊相對是比較完整，那當然以前的規範就是跟著 IBC 走，現在的規範越來越進步，我這邊的建議是可以參照新版的 IBC，把木構相關的轉換過來，因為既使我現在看到輕構架牆剪力牆原來高度限制是 20 公尺（較舊版本 86 年）那現行版本是 12 公尺，顯然這裡是在耐震規範修訂做了一些適當地調整，有這需求我覺得也該提出來做一個適當的修訂，畢竟耐震規範修訂相對是較容易的，如果有 IBC 這種系統，也有充分證據 R 值的轉換來對應，有哪些需求需要放進來是可以的，就我目前對到的數據提到的是承重牆系統 R 值會比較健全。我認為團隊使用強度設計法也

	<p>是蠻恰當的，NDS 本來就有容許應力及強度設計法，那就把他們放進來，特別是混合構造時，這樣在分析設計上會比較一致。目前木構造規範是不健全的，特別是混合式，至少業界要用還堪用的，至少有所依循，相對其他像是 CLT、glulam 系統，我感覺相對是比較複雜，目前全球很多在蓋，幾個月就很高一棟，但也沒看到很完整的規範，我會建議也許是從長期規劃，也許是獨立的一本專門針對這些比較特殊的系統來做介紹，因為根本是不一樣的系統，以上是我的建議。</p>	
<p>楊正裕</p>	<p>我知道組長的考量是如果相關條文刪太多會有法令延續性的問題，可能以前用這一條的，現在刪掉後會查不到，我想可以再做一些文字上的調整，另外呼應一下許技師跟黃老師說的，中國國家標準的部分，當然大家都知道 CNS 就跟建技規則強制掛在一起，我們之前有同樣設計木構造的時候，剛就講到 183 條，就說測定強度並規定其容許應力，其實國家標準在設計及訂定的時候，他並沒有容許應力的值，因為是材料標準，測材料應該要滿足哪一個數值，並不是我們一般結構設計上使用的容許值或極限值，不是這樣的概念，所以有時候在設計時會找不到設計值，要回去看 CNS 的時候，我們技師都毛毛的，我們曾經有問過許技師，他說最好是除以 3，其實 CNS 制定的時候，常常也是定位為材料的標準，並不是設計用的，所以</p>	<p>謝謝委員意見，將於後續研究中持續檢討。</p>

	<p>認知上會有很大的落差，所以如果是寫在這裡就會有些問題產生，所以當然拿掉是最好，當然還是要看法令主管單位怎麼決定。那對於 CLT 的部分，建議團隊有時間的話，CLT 要照 ISO 的標準，如果之後討論到這一塊的時候希望要有所因應，後續如果要寫入這部分的建議。</p>	
許庭偉	<p>建築技術規則有訂樓高的限制，那我個人傾向因為你現在修改把樓高都拿掉，確實可能會有組長說的樓高限制的問題，我覺得後面資料 IBC 裡面也都有樓高之限制，可是回到設計規範的部分，86 年規範，其實最近的 95 年規範還有看到，R 值應該是相同的，有寫明木構造，都是承重牆的系統，R 值是 3.2 但高度限制是 20 公尺以下才可以做，但應該是不是限制 20 公尺以上不能做，是如果超過 20 公尺應使用其他結構系統，這是回到規範設計的精神，95 年的系統裡面也有另一個系統是木造斜撐的，承重牆系統是木構造但具斜撐系統的，他的 R 值是 1.6 但規定也是小於 20 公尺以下，而 100 年改了以後，把木構造這個字眼拿掉了，所以在新的規範只看得到承重牆、輕構架牆、還有對角斜撐，然後就不寫材料了。而於新的規範，一直在討論，木構造還是沒有，如果是以現有規範以 R 值 3.2、2.4 這目前可行的方式上是可以允許的。第二個是技術規則稍微修改後，就技術面還是要回到規範，就木構造的設計規範其實都只有容許應力法，但是我有看到團隊有放極限</p>	<p>謝謝委員意見，將於後續研究中持續檢討。</p>

強度設計法 LRFD，這個部分其實我覺得，台灣的技師，我們連容許應力法都用的驚手驚腳不知道對錯了，那再加上 LRFD 會更頭痛，但如果要用 LRFD，要定義出木構材的 F_y 跟 F_u ，如果沒有這個東西，在 LRFD 要用很難用，因為最後會牽涉到最後的拉力破壞強度，引用國外的數值，若是北美的材料那當然可以用，但如果回到我採用北美的規範，但我用的是日式或者歐洲的材料那該怎麼辦？剛有提到木構造跟鋼構造 LRFD 載重係數是一樣的，我想大部分國內外的規範，木構造的設計方法會參考鋼構造，但是材料強度要有把握。耐震設計規範裡，木構造可能會抵抗風載重、地震載重，風載重應該沒有問題就是風力，但是耐震設計規範會比較複雜，目前 R 值已經討論到了就可以依照規範這樣做，可是木構造還會有週期的影響，木構造法規週期要怎麼計算會有疑慮，目前只有定義鋼結構、混凝土結構。另外就是考慮到動態週期，木構造也不太好去模擬，因為包括有沒有抗彎矩構架的問題，剛林博士有提到二元系統，我認為木構造不一定合適，因為例如框組壁或 2x4 都是牆系統，沒辦法用來抗彎矩，牆系統或斜撐系統搭配抗彎矩構架，也就是構架可以單獨承受 25% 的地震力，但是若木構造拿掉牆壁或斜撐以後，抵抗地震力的能力無法達到 25% 的話，設計上會出現疑慮。

期中審查會

開會時間：108年7月25日上午9時30分

開會地點：大坪林聯合開發大樓13樓會議室

專家學者：內政部建築研究所工程技術組陳組長建忠、

建築師公會陳建築師啟中、

國立成功大學江教授哲銘、

國立臺灣海洋大學蕭教授葆義、

國立臺灣科技大學林教授怡均、

台灣木結構工程協會楊技師正裕、

土木技師公會江技師春琴、

結構技師公會陳技師正平、

建築師公會楊建築師勝德、

國立臺北科技大學黃副教授昭勳、

國立臺灣大學林副教授法勤、

國立臺灣科技大學蔡助理教授孟廷

委員姓名	審查意見	研究團隊回應
陳建忠	<ol style="list-style-type: none"> 1. 美國是哪一個政府（機關）把法規放寬到6層樓，放寬當地地震、風力及火災管理資料為何？（IBC並非美國建築法規）。 2. 欲刪除的條文，請再審慎考量，以免有不當的影響。 3. IBC已對木構造放寬，但國家（政府）法規是否可以放寬，宜予比對各州規定。 4. IBC的用途分類是否需要翻譯，本所以往研究案，以及建築技術規業已參考UBC等級 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 感謝委員意見。目前已知西岸之華盛頓州已根據IBC之規定，將木構造高層放寬至6層樓，超過此高層之木構造建築亦可以外審方式審查。地震、風力及火災管理資料則依美國ASCE規定。 2. 感謝委員意見，會在未來專家座談會中與專家進行討論並研

	<p>分類。</p> <p>5. CLT請收集政府規定、規範。</p>	<p>擬。</p> <p>3. 感謝委員意見，遵照辦理。美國先由 ICC (International Code Council)制訂 IBC (International Building Code)，再由各州政府決定是否採納作為該州法規、並依各州需要進行修訂。必要時本案亦可蒐集州政府之正式法規作為參考。</p> <p>4. 感謝委員意見。本研究將參考過去研究成果，進行整合。</p> <p>5. 感謝委員意見，遵照辦理。</p>
<p>陳啟中</p>	<p>1. 報告中一直提到CLT，是否還有其他型式？</p> <p>2. 木構造將用之R值，對於Ra值應做說明？</p> <p>3. 建議實際設計幾棟案例，以做為未來結構設計分析之參考。</p> <p>4. 牆板開口之限制與其耐震（耐風）能力之評估。</p> <p>5. 不同木構造（木材）的接會是否應有不同的施工圖，接合方式等規範（圖說）。</p> <p>6. 修改建技規則，是否要完全參考IBC或其他，這些規範是否適用台灣？應再論述。</p>	<p>1. 感謝委員意見。台灣現行木結構設計規範以及CNS當中，已針對輕型木構及重型木構(集成材)等工法及材料，有明確的定義及說明。由於CLT屬於較新材料，目前並不存在現行規範以及CNS當中，因此本研究預計建議在規範中以新增專章的方式說明。</p> <p>2. 感謝委員意見。本案研擬之木構造R值，未來將依一般工址或近斷層Ra或是台北盆地Ra之不同，分別依其對應之公式帶入R</p>

		<p>值並求得 Ra。</p> <p>3. 感謝委員意見。本年度由於時間及合約關係，因此將著重於法規修正的研擬及專章的編著建議。明年度若有機會，期望可持續進行木結構設計手冊的編著，並以實際案例做設計說明。</p> <p>4. 感謝委員意見。本研究預計在期末將各國規範或設計手冊中之相關規定於期末報告中敘述。</p> <p>5. 感謝委員意見。本研究將針對北美日本歐洲在當地規範或設計手冊中，已有明確力學實驗及分析模型的接合形式(搭配木材)，在期末報告時進整理及說明。</p> <p>6. 感謝委員意見，遵照辦理。本案亦會參考日本及歐洲相關區域的規範，並在期末成果報告時進行完整論述。</p>
江哲銘	<p>1. 本研究成果有助於針對建築技術規則不合時宜部分做修正建議，或建議刪除，將有助於因應時代進步，與國際趨勢。</p> <p>2. 針對混和構造，亦能做新增條文予以定義之，另針對木構造建築物設計及施工規範亦能在施工規範第七章新增章節7。</p>	感謝委員意見及肯定，遵照辦理。

	<p>5. 評定本構造設計法。</p> <p>3. 針對直交集成板CLT之規定，亦能提出CL之專章，及CLT專章之章節增訂建議。</p> <p>4. 研究成果將有利於木構造建築之實務應用。</p>	
蕭葆義	期中已完成預期之各項研究進度。	感謝委員肯定。
林怡均	請補上研究內容摘要。	感謝委員意見，遵照辦理。
楊正裕	<p>1. 有關高度與樓層數放寬幅度不大，請補充說明其中原由，如有更高的需求如何處理。</p> <p>2. CNS標準如無適用於直交集成板，宜補充相關國外標準。</p> <p>3. 相關國內法規修訂需求，請研究團隊提出建議後續研究方向。</p>	<p>1. 感謝委員意見。本修訂規則將以制式工法根據建築機能訂定特定高度，制式工法以外的建築則可以外審方式進行。</p> <p>2. 感謝委員意見。後續研究將把研究過程中，不同國家引用的材料標準出處標註於文獻或內文中，供設計師參考以及作為未來之設計依據。</p> <p>3. 感謝委員意見。在本年度研究完成後，建議在未來進行木結構設計手冊的編著，或是針對特定工法/接合部進行基礎的力學實驗及評估模型。</p>
江春琴	<p>1. 防火議題非範圍內，請提後續建議研究方向。</p> <p>2. 混合式結構如木構造+RC，兩類適用之組合載重不同，設計時如何應用？</p> <p>3. 混合式結構之接合部類型很多，分析模型是否有建議模擬方式？</p>	<p>1. 感謝委員意見，遵照辦理。</p> <p>2. 本研究將於報告中提出本問題，未來針對組合載重問題進行修訂。</p> <p>3. 雖然各地已有混合式結構之設計案例可供研究團隊參考接合部</p>

		工法或設計案例。然而本研究團隊目前無法針對接合部之形式及模擬方法提出本土型的適用方式。
楊勝德	修改建築技術規則，與制定規範需要同時完成。往後工作量是否需要擴大？工作量是否非常龐大？	感謝委員意見。建築技術規則與規範的修訂將以循序漸進的方式，本年度首先針對在木結構應用設計上，會導致窒礙難行的重點部分進行調整，後續年度若有機會則會持續推動修正工作。

期末審查會

開會時間：108 年 11 月 1 日 下午 14 時 00 分

開會地點：大坪林聯合開發大樓13樓會議室

專家學者：內政部建築研究所工程技術組陳組長建忠、

內政部營建署黃委員淑媛、

建築師公會陳建築師啟中、

結構技師公會莊技師金洞、

國立屏東科技大學葉教授民權、

國立臺灣海洋大學張教授景鐘、

國立臺灣科技大學阮教授怡凱、

台灣木結構工程協會楊技師正裕、

土木技師公會江技師春琴、

結構技師公會陳技師正平、

建築師公會張建築師威、

風工程協會黎技師益肇、

國立臺北科技大學黃副教授昭勳、

國立臺灣大學林副教授法勤、

國立臺灣科技大學蔡助理教授孟廷

委員姓名	審查意見	研究團隊回應
葉民權	建議進一步探討現行木構造規範中組合載重重要以 IBC、NDS 或是日本規範進行修正。	謝謝委員意見。本研究提出的北美日本及國內之組合載重比較，未來可提供耐震相關修訂單位之參考。
	建議刪除法規條文時考慮其周延性	謝謝委員意見，未來將與主管機關審慎評估並考慮其周延性。

	建議不要將 CLT 結構之主要接合形式訂的沒有彈性。	謝謝委員意見，遵照辦理。
	建議將各國 CLT 適用規定整合成國內規定。	謝謝委員意見，遵照辦理。
陳啟中	108.7.23 期中審查紀錄未列入期末報告書中。	謝謝委員意見及提醒。成果報告書將把期中、期末回覆意見一併放入。
	依此期末報告書之建議，未來要修的法規很多，包括耐震規範、設計方法、防火、消防、使用用途等。	謝謝委員意見。本研究主要將目前台灣木構造在設計上較不合理的部分進行整理，未來在法規修訂的過程中也會涉及較多層面的檢討。
	將日本規範納入台灣建築技術規則是否合適。	謝謝委員意見。本研究提出的日本或美國規範，現階段主要用為比較各國規定不同，未來會融合台灣現況，並與有關單位進行討論提出較為具體的修訂建議。
	報告書內木構造之基本振動週期如何計算。混合構造又如何計算。	謝謝委員意見。本研究現階段無法提出具體的基本振動周期建議值。僅能以提出建議的方式，建議後續延伸研究可以對振動周期進行實驗或數值模擬的方式，來進行此兩類基本振動週期的計算方式。
	建議先做完整木構造規範，再將建築技術規則一併公布。	謝謝委員意見。委員的建議是目前較為合理的做法，將與建研所討論研商擬定未來推行方式。

阮怡凱	本研究對未來推動台灣木構造建築物發展具有重大意義。	謝謝委員意見。
	有關國內外木構造法規之回顧略少，各國相關的背景條件、特點等，建議應加以描述以作為台灣發展之參考。例如，高度與樓層部分僅以符合規範要求取代之，類似的推論與論述建議應有更多的討論，說明或檢驗。	謝謝委員意見，在成果報告及未來在推動過程中，將逐步進行各國相關的背景條件、特點之比較，建立國內的發展論述。
	第四章法規修訂建議，在高度與樓層方面。似乎僅以美國 IBC 現行基準為主要依據，然台灣木構造發展主要參考日本。三個地區的法規連結建議可再加以探討	謝謝委員意見，遵照辦理。
張景鐘	期末報告缺少摘要，表格格式及型式不一致，請再檢討。	謝謝委員意見，遵照辦理。
	P27 研究成果應提出結構系統韌性容量 R 之建議值。	謝謝委員意見。本研究現階段無法提出具體的結構系統韌性容量 R 之建議值，僅能以文獻探討的方式說明北美在此類結構系統上韌性容量

		R 的應用原則。
	CH3.3 法規 IBC2018, NDS2018, 只是單純翻譯, 應加強建議採用規範條文內容。	謝謝委員意見。未來會融合台灣現況, 並與有關單位進行討論提出較為具體的修訂建議。
	報告書僅記錄專家座談紀錄, 缺委員意見回覆。	謝謝委員意見。成果報告書將把期中、期末回覆意見一併放入。
莊金洞	暫緩放寬, 國內環境地理位置與國外不同, 缺實證或試驗。	謝謝委員意見, 研究團隊將再深入進行檢討。
	台灣地震頻繁, 易受軟弱層效益應力集中而倒塌, 崩於弱層或軟層, 混合構造不宜制定。	謝謝委員意見, 研究團隊將再深入進行檢討。
	直交集成板之相關規定增訂章節部分是研究成果, 值得肯定。	謝謝委員的肯定。
	檢討現行木構造設計規範中有關組合載重係數, 建議暫緩變更, 國內相關之接頭主要梁柱部分未明確且無相關資料佐證符合強度需求。	謝謝委員意見, 研究團隊將再深入進行檢討。
	木構造或混合構造之結構系統韌性容量欠缺實驗數據, 尤其高溫多濕	謝謝委員意見, 研究團隊將再深入進行檢討。

	環境之影響，未有足夠資料驗證。	
	涉及結構安全之參數建議暫緩更新。	謝謝委員意見，未來將與主管機關審慎評估並評估可行性。
台北市建築師公會	何種構造能蓋多高應該是性能的問題而不是材料的問題。台灣由於木構造使用的較少，業界較不熟悉，本研究對促成對木構造的認識有極大作用。	謝謝委員意見及肯定。
	木材是節能減碳的材料，值得我們多加使用。	謝謝委員意見。
	木材由於國內業界使用較少，相對認知也低，若能多提供一些專業知識將有助於未來應用。	謝謝委員意見。
江春琴	P66~P83 引用北美 CLT handbook 及日本 CLT 手冊，內容具參考性，未來建議可放入規範。	謝謝委員意見。
	P84 軸組工法是否有建議設計法。	謝謝委員意見。
	未回覆期中審查會議意見。	謝謝委員意見及提醒。成果報告書將把期中、期末回覆意見一併放入。

黃淑媛	增訂「北美木構造工法」章節部分應注意： 1. 相關文字須符合規範用語。 2. 建議依法制作業規定製作修正對照表。	謝謝委員意見，未來將與主管機關討論，並提出符合規範用語的修訂對照表。
黎益肇	報告書格式建議依所要內容要求排版。	謝謝委員意見，遵照辦理。
楊正裕	標檢局今年9月於CLT國家標準會議中說明，「CLT要做為建築使用，可參考ISO 16691-1並應依建築主管機關法規規定」建議於本研究中預作因應對策。	謝謝委員意見，遵照辦理。
	目前規範大量引用美日法規，應將重要部分(如緊固件、規範、標準)擇重要部分納入規範。	
	部分研究成果作為法制化文件尚不完整，宜再補充。	謝謝委員意見，遵照辦理。
張威	建議考量加拿大木材在台灣的適用性。	謝謝委員意見，遵照辦理。
陳正平	無意見。	

附錄 2 「北美木構造設計法」增修條文建議

2301.1 適用範圍

凡依北美木構造工法（以下簡稱本工法）進行設計及施工之木構造及包含木構造之混合構造所使用之木質構材及其扣件 (fasteners) 材質、設計、施工、及品質控制須符合本節規定。

2301.2 標稱尺寸

本章所引述之木材尺寸除非特別註明為實際尺寸，否則一律視為「標稱尺寸」。

2302 設計要求

2302.1 一般原則

若結構系統或元件之全部或一部分係由木材或木質產品構成，其設計須根據下列方法之一：

1. 符合第 2304 節、第 2305 節、及第 2306 節規定之「容許應力設計法」
2. 符合第 2304 節、第 2305 節、及第 2307 節規定之「載重與強度係數設計法」
3. 符合 IBC 第 2304 及 2308 節規定之「傳統輕型框架工法」。
4. 符合 IBC 第 2309 節規定之美國木材委員會 (AWC) 「木框架施工手冊 (WFCM)」。

2303 品質控制與材料標準

2303.1 一般原則

結構用製材 (structural sawn lumber)、端接材 (end-jointed lumber)、預製木質 I 型托梁 (wood I-joists)、結構用集成材 (structural glued-laminated timber)、木質結構嵌板 (wood structural panels)、作為結構用途之纖維覆面板 (fiberboard sheathing, where used structurally)、作為結構用途之硬質纖維雨淋板 (hardboard siding, where used structurally)、粒片板 (particleboard)、防腐處理材 (preservative-treated wood)、結構用原木構件 (structural log members)、結構用複合木材 (structural composite lumber)、圓木桿和樁 (round timber poles and piles)、防火處理材 (fire-retardant-treated wood)、硬木合板 (hardwood plywood)、木桁架、托樑掛架 (joist hangers、釘子; 及釘槍針 (staples) 應符合本節相關規定。

2303.1.1 製材

作為承載用途之製材，包括端接 (end-jointed) 或邊膠合 (edge-glued) 材、機械應力分等 (machine stress-rated) 或機械評估 (machine-evaluated) 材，須以符合 DOC (美國商務部) PS 20 或同級標準之木材分等 (或檢驗) 機構之等級標章標識。分等作業及標識須符合依 DOC PS 20 或同等程序核可之機構所制定之規則。

2303.1.1.1 檢驗證書

標稱厚度大於 76 mm (3 吋) 之預切 (precut)、再加工 (remanufactured) 或粗製 (rough-sawn) 材上之等級標章得由符合本節規定之木材分等或檢驗機構所出具之樹種及等級檢驗證書替代。

2303.1.1.2 端接材

經核可之端接材得與相同樹種 (species) 及等級 (grade) 之實木製材 (solid-sawn members) 替換使用。用於須具備耐火等級 (fire-resistance rating) 組件中之端接材在其等級標章中須具有「耐熱膠合劑 (Heat Resistant Adhesive)」或「HRA」註記。

2303.1.2 預製木質 I 型托梁

預製木質 I 型托梁之結構承載能力及設計規定須依照 ASTM D5055 之規定建立並進行監督。

2303.1.3 結構用集成材

結構用集成材應依照 ANSI / AITC A 190.1 及 ASTM D3737 之規定製作及標識。

2303.1.4 結構用直交集成板

直交集成板應依 ANSI / APA PRG 320 之規定製作及標識。

2303.1.5 木質結構嵌板

作為結構用途之木質結構嵌板，包括作為雨淋板 (siding)、屋頂及牆體覆面板 (sheathing)、樓面底板 (subflooring)、橫隔板、及組合構件

(built-up members) 用途之木質結構嵌板，須符合 DOC PS 1、DOC PS 2、或 ANSI / APA PRP 210 之規定。每張嵌板或構材之等級、膠合能力分類 (bond classification)、及性能等級 (Performance Category) 須由核可之測試及評等機構之專屬標章 (trademarks) 加以標識。此處所謂之「性能等級」乃是指「標稱嵌板厚度」或「嵌板厚度」。木質結構嵌板元件之設計及製作須符合 2306.1 節中之相關標準，並以核可之測試及檢驗機構之專屬標章標示出其所符合之標準。此外，除屋頂覆面板下層之木質結構嵌板可為暴露 1 型 (Exposure 1 type) 外，其它作為永久性戶外用途之木質結構嵌板須採用室外型 (exterior type)。

2304 一般施工規定

2304.1 一般原則

本節內容適用於 2302.1 節中所述之設計方法。

2304.2 構材尺寸

構材設計應根據構材之實際尺寸 (非標稱尺寸) 進行結構計算

2304.3 牆框構築

除非經過具體之結構設計，建築物外側及內部牆框須依照 2308 節之規定構築

2304.3.1 牆框底板

牆間柱須由 (標稱) 厚度不小於 2 吋 (實際尺寸 1.5 吋或 38 mm)、且寬度不小於該間柱之牆框底板或地檻板提供充分支撐。

2304.3.2 開口處上方框架

位在承重牆及隔間牆內之門窗開口上方應設置尺寸足以將載重傳遞至垂直向構材之楣梁 (headers)、雙托梁 (double joists)、桁架、或其它經核可之組件 (assemblies)。

2304.3.3 收縮

除非分析顯示木框架不至於因過度收縮、或收縮所造成的差異變形對結構、管線、機電、或其它設備造成負面影響、並經過建管官員核可，木牆及承重隔間不得承載超過兩層樓加上屋頂。以上分析須能顯示屋頂排水系統、前述 (之管線、機電) 系統、或設備不致受到負面影響、或在設計上足可承受木構架之差異收縮或移位。

2304.4 樓板及屋頂框架

除非經過具體之結構設計，樓板及屋頂木框架均須符合 2308 節之規定。

2304.5 煙道及煙囪周圍框架

可燃性框架與煙道、煙囪、及壁爐之距離不得小於 51 mm、且不得小於 2111 節、2113 節、及 International Mechanical Code 所規定之距離，與煙道開口之距離亦不得小於 152 mm。

2304.6 外牆覆面板

外牆(包含山牆)外側之牆體覆面板及覆面板與牆框之接合設計須符合本節之一般規定，並須能抵抗現行法規所規定之風力載重。

2304.6.1 木質結構覆面板

作為外牆外側外露面之木質結構覆面板須具備室外型耐候等級。用於它處且不作为外露面之木質結構覆面板則須以 Exposure 1 或 Exterior 等級之 exterior glue 製作。用於屋頂平均高度不超過 30 呎、地形因子 (topographic factor, K_z) 1.0 的封閉式建築物中之木質結構覆面板、接合、及框架間距須根據適用之風速及暴露等級 (exposure category)、並以符合表 2304.6.1 規定之方式施作。

2304.7 內牆板

作為內牆板之軟木材質結構用木質嵌板 (softwood wood structural panels) 須符合第 8 章之規定，並依表 2304.10.1 進行安裝，嵌板必須符合 DOC PS 1、DOC PS 2 或 ANSI / APA PRP 210 之規定。預塗裝之硬質纖維嵌板 (prefinished hardboard paneling) 必須符合 ANSI A135.5 之要求，硬木合板 (hardwood plywood) 則須符合 HPVA HP-1 之規定。

表2304.6.1 以木質結構牆體覆面板抵抗風壓時之最大容許設計風速， $V_{asd}^{a,b,c}$

最小用釘		結構用木質嵌板最小跨度等級	最小嵌板標稱厚度 (吋)	最大牆間柱距離 (吋)	嵌板釘距		最大容許應力設計風速, V_{asd} (MPH)		
尺寸	穿透深度 (吋)				邊緣 (吋)	內部 (吋)	地況 (Wind exposure category)		
							B	C	D

6d common (2.0" × 0.113")	1.5	24/0	3/8	16	6	12	110	90	85
		24/16	7/16	16	6	12	110	100	90
6	150					125	110		
8d common (2.5" × 0.131")	1.75	24/16	7/16	16	6	12	130	110	105
						6	150	125	110
				24	6	12	110	90	85
						6	110	90	85

SI : 1 吋 = 25.4 mm · 1 MPH = 0.447 m/s ·

- 嵌板之強軸 (strength axis) 應與支承平行或垂直。間柱間距超過 16 吋之三層合板覆面(蓋)板其強度軸須與支承垂直。
- 表中所示為 ASCE 7 第 30.7 節所規定作用於建築物迎風面及背風面之風壓。側向強度須符合第 2305 或 2308 節之規定。
- 跨度等及 wall-16 或 wall-24 之結構用木質嵌板應可作為跨度等級 24/0 之嵌板替代品。間距等級 16 或 24 之合板雨淋板 (plywood siding) 應可作為跨度等級 24/16 之嵌板替代品。Wall-16 與間距等級 16 之合板雨淋板須用於間距不超過 16 吋之牆間柱。
- V_{asd} 應依 1609.3.1 節之規定計算。

2304.8 樓板及屋頂覆面板

樓板及屋頂之結構覆面板須分別符合 2304.8.1 節與 2304.8.2 節之規定。

2304.8.1 樓板結構覆面板

樓板結構覆面板之設計應符合本規範之一般規定。

符合表 2304.8(1)、2304.8(2)、2304.8(3)、或 2304.8(4)規定之樓板覆面(蓋)板視同符合本節規定。

表2304.8 (1) 製材樓板及屋頂覆面板之容許跨度

跨度 (inches)	使用之製材最小淨厚度 (inches)			
	與支承垂直		與支承成對角方向	
	乾燥材 a	生材	乾燥材 a	生材
樓板				
24	3/4	25/32	3/4	25/32
16	5/8	11/16	5/8	11/16
屋頂				
24	5/8	11/16	3/4	25/32

SI : 1 吋 = 25.4 mm。

- 含水量不超過 19%。

TABLE 2304.8(2) 覆面板製材之最低等級要求: 木板等級

全覆蓋式樓板或屋頂覆面板	間隔式屋頂覆面板	分級規定
Utility	Standard	NLGA, WCLIB, WWPA
4 common or utility	3 common or standard	NLGA, WCLIB, WWPA, NSLB or NELMA
No. 3	No. 2	SPIB
Merchantable	Construction common	RIS

TABLE 2304.8(3) 跨度兩跨(含)以上、且強軸與支承垂直之覆面板與單層樓板等級之木質結構嵌板容許跨度及載重^a

覆面板等級		屋頂 ^b				樓板 ^c
屋頂/樓板之嵌板跨度等級	嵌板厚度 (inches)	最大跨度 (inches)		載重 ^d (psf)		最大跨度 (inches)
		邊緣具支承 ^e	邊緣無支承	總載重	活載重	
16/0	3/8	16	16	40	30	0
20/0	3/8	20	20	40	30	0
24/0	3/8, 7/16, 1/2	24	20 ^f	40	30	0
24/16	7/16, 1/2	24	24	50	40	16
32/16	15/32, 1/2, 5/8	32	28	40	30	16 ^g
40/20	19/32, 5/8, 3/4, 7/8	40	32	40	30	20 ^{g, h}
48/24	23/32, 3/4, 7/8	48	36	45	35	24
54/32	7/8, 1	54	40	45	35	32
60/32	7/8, 1-1/8	60	48	45	35	32
單層樓板等級		屋頂 ^b				樓板 ^c
嵌板跨度等級	嵌板厚度 (inches)	最大跨度 (inches)		載重 ^d (psf)		最大跨度 (inches)
		邊緣具支承 ^e	邊緣無支承	總載重	活載重	
16 o.c.	1/2, 19/32, 5/8	24	24	50	40	16 ^g
20 o.c.	19/32, 5/8, 3/4	32	32	40	30	20 ^{g, h}
24 o.c.	23/32, 3/4	48	36	35	25	24
32 o.c.	7/8, 1	48	40	50	40	32
48 o.c.	1-3/32, 1-1/8	60	48	50	40	48

SI: 1吋 = 25.4 mm, 1 psi = 0.0479 kN/m².

a. 適用於寬度24吋(含)以上之嵌板。

b. 在均布之靜載重+活載重作用下之變形上限為跨度1/180; 在均布活載重作用下之變形上限為跨度1/240。

c. 除非樓面底板(subfloor)上方有鋪設厚度不小於1/4吋之墊層(underlayment)或1-1/2吋之合格之泡沫(cellular)混凝土或輕質混凝土, 或樓板材料為厚度3/4吋之長條木板(wood strip), 嵌板邊緣須為合格之槽榫(tongue-and-groove)接合或以橫檔支撐。除跨度等級48吋之嵌板係以總載重65 psf計算外, 嵌板在變位為跨度1/360時之容許均布載重為100 psf。

d. 於最大跨度時之容許載重。

e. (適用於)槽榫邊、嵌板邊緣夾(panel edge clips)(除間距48吋之支承間須以等間距安裝兩個外, 每兩個支承間之中心點安裝一個)、木材橫檔及其它支承。其中木材橫檔須符合具橫檔隔版之相關規定。

f. 標稱厚度1/2吋之嵌板其最大跨度為24吋。

g. 若以厚度3/4吋之長條木板作為樓板且安裝時與拖梁垂直, 跨度可提高為24吋。

h. 若嵌板上方鋪設有1.5吋之泡沫(cellular)混凝土或輕質混凝土, 跨度可提高為24吋。

TABLE 2304.8(4) 結合樓板底層與墊層(單層樓板)之木質結構嵌板容許跨度^a

(跨度兩跨(含)以上、且強軸與支承垂直之嵌板)

標示	拖梁最大間距 (inches)				
	16	20	24	32	48
種群 ^b	厚度 (inches)				
1	1/2	5/8	3/4	—	—
2, 3	5/8	3/4	7/8	—	—
4	3/4	7/8	1	—	—
單層樓板跨度分級 ^c	16 o.c.	20 o.c.	24 o.c.	32 o.c.	48 o.c.

SI: 1吋 = 25.4 mm, 1 psi = 0.0479 kN/m².

a. 考慮可能之集中載重效應, 跨度限制如表。除厚度1-1/8吋、鋪設於中心距48吋之拖梁上之木質結構嵌板之容許均布載重總和為65 psf外, 嵌板在變位為跨度1/360時之容許均布載重為100 psf。除非樓面底板(subfloor)上方有鋪設厚度不小於1/4吋之墊層(underlayment)或1-1/2吋之合格之泡沫(cellular)混凝土或輕質混凝土, 或樓板材料為厚度3/4吋之長條木板(wood strip), 嵌板邊緣須為合格之槽榫(tongue-and-groove)接合或以橫檔支撐

b. 適用於所有等級之室外型砂光合板。有關合板種群詳見DOC PS 1.

c. 適用於墊層等級、C-C (Plugged)合板、及單層樓板等級之木質結構嵌板。

2304.8.2 屋頂結構覆面板

屋頂結構覆面板應依照本規範一般規定與本節之特殊規定進行設計。

符合表 2304.8(1)、2304.8(2)、2304.8(3)、或 2304.8(5)規定之屋頂覆面板視同符合本節規定。作為屋頂覆面板之結構用木質嵌板須以戶外用膠 (exterior glue) (Exposure 1 或 Exterior) 製作。

2304.9 平台鋪面板

平台鋪面板須依照本規範一般規定及 2304.9.1 至 2304.9.5.3 節之規定進行設計及安裝。

2304.9.1 一般規定

每塊平台鋪面板端部均須裁成方形 (square-end trimmed)。若木板長度不固定，每塊木板的端部均須裁切為方形、其中 90%以上之裁切面誤差不超過 0.5 度 (0.00873 rad)。木板端部可製作與垂直向傾斜不超過 2 度 (0.0349 rad) 之斜切口、其中外露側板面較其反面稍長。裝設於斜屋頂上之槽榫接合 (Tongue-and-groove) 鋪面板應讓舌(凸)邊朝上，槽(凹)邊朝下。

2304.10 連接件 (connectors) 及扣件 (fasteners)

連接件和扣件須符合 2304.10.1 節至 2304.10.7 節之規定。

2304.10.1 扣件(之設計)要求

木構材之連結須依照 2302.1 節之規定進行設計，扣件之數量及尺寸不得低於 Table 2304.10.1 之規定。

2304.10.2 覆面板扣件

用於覆面板之釘子或其它(經核可之)連結器其釘頭或頂部須與板面齊平。

2304.10.3 托梁掛架與框架固定器

構材之連結得使用經核可之托梁掛架、框架固定器、繫材、及(未另行規定之)其它器械連結等接合方式。拖梁掛架之垂直承載能力、抗扭強度、以及變位特性應依照 ASTM D7147 之規定求得。

2304.10.4 其它扣件

構材亦可以夾子 (clips)、口型釘 (staples)、膠 (glue)、或其它經核可之方式連結。

2304.10.5 與防腐處理材及耐燃處理材接觸之扣件及連接件

與防腐處理材及耐燃處理材接觸之扣件(包括螺帽及墊片)與連接件須符合 2304.10.5.1 及 2304.10.5.4 節之規定。鍍鋅扣件 (zinc-coated fasteners) 之鍍層重量須符合 ASTM A153 之規定。使用不銹鋼材質之釘入式扣件 (driven fasteners) 其材質須符合 ASTM F1667 之規定。

2304.10.5.1 防腐處理材之扣件及連接件

與防腐處理材接觸之扣件(包括螺帽及墊片)須採用經熱浸鍍鋅處理之鋼材 (hot-dipped zinc-coated galvanized steel)、不銹鋼、矽青銅 (silicon bronze) 或銅 (copper)。Staples 須為不銹鋼材質。釘子、staples、木鉚釘(timber rivets)、木螺釘(wood screws)、及六角木螺釘(lag screws) 以外的扣件則可使用鍍層重量不低於 ASTM B695, Class 55 等級之機械鍍鋅塗層鋼材 (mechanically deposited zinc-coated steel)。作為室外用途及與防腐處理材接觸之連接件，其塗層之型式及重量須符合處理材或連接件製造商之建議。若製造商未提供相關資料，其材質不得小於 ASTM A653, Type G185 所規定之鍍鋅鋼材或同等材質。

例外：用於室內乾燥環境下、且經 SBX/DOT 及硼酸鋅防腐處理之木材可使用普通碳鋼材質之扣件(包括螺帽及墊片)。

2304.10.5.2 木基礎之固定

木基礎之固定(包括螺帽及墊片)須符合 AWC PWF (之規定)。

2304.10.5.3 用於室外或潮濕場所之耐燃處理材扣件

用於室外或潮濕場所之耐燃處理材扣件(包括螺帽及墊片)材質須為經熱浸鍍鋅處理之鋼材、不銹鋼、矽青銅、或銅。Staples 須為不銹鋼材質。釘子、staples、木鉚釘、木螺釘、及六角木螺釘以外的扣件則可使用鍍層重量不低於 ASTM B695, Class 55 等級之機械鍍鋅塗層鋼材。

2304.10.5.4 用於室內之耐燃處理材扣件

作為室內用途之耐燃處理材扣件(包括螺帽及墊片)(材質)須符合製造商之建議。若製造商未提供相關建議，則適用 2304.10.5.3 節之規定。

2304.10.6 傳力路徑

若牆體中之框架構材不是從基礎地盤一路連續到屋頂，此時必須確保這些構材維持連續之傳力路徑。必要時須以基材厚度 (base metal thickness) 不小於 0.0329-inch (0.836 mm) 之鍍鋅鋼 (galvanized steel) 或其它核可之耐腐蝕材料製作金屬片夾、繫材、或夾子。

2304.10.7 構架要求

構架中之木柱須提供完整的端部承載力；或是在不考慮端部承載力的情況下，柱端接合設計須能抵抗全部的壓力載重。柱端接合亦須鎖固以抵抗側向力及其引起之淨上舉力(net induced uplift forces)。

2305 側向力抵抗系統之一般設計要求

2305.1 一般原則

以木框架剪力牆或木框架橫隔版抵抗風力、地震力或其它側向載重之結構須依照 AWC SDPWS 及 2305、2306、與 2307 節之相關規定進行設計及施工。

2305.1.1 剪力嵌板 (shear panels) 中之開孔

剪力嵌板中明顯影響其強度之開孔邊緣應設置足以傳遞所有剪應力之補強措施，並在設計圖中提供詳圖。

2305.2 橫隔版變位(撓度, deflection)

木框架橫隔版之變位應根據 AWC SDPWS 之規定計算。具有橫檔、且完全以 staples 均勻接合之木質結構橫隔版變位 (Δ_{dia}) 可依 Eq. 23-1 計算。若不是以均勻方式接合，Eq. 23-1 中第三項之係數 0.188 (SI 版公式中該係數為 1/1627) 應以經核可之方式進行修正。

$$\Delta_{dia} = 5vL^3/8EAW + vL/4Gt + 0.188Le_n + \Sigma(x\Delta_c)/2W \quad \text{(Equation 23-1)}$$

$$\text{For SI: } \Delta_{dia} = 0.052vL^3/EAW + vL/4Gt + Le_n/1627 + \Sigma(x\Delta_c)/2W$$

其中

- A = 弦材斷面積，單位為 平方吋 (mm²)。
- E = 橫隔版弦材之彈性模數，單位為 磅/平方吋 (N/mm²)。
- e_n = staple 滑動量，單位為 吋 (mm) [見表 2305.2(1)]。
- Gt = (計入厚度之)嵌板剛度，單位為 磅/吋 (N/mm) [見表 2305.2(2)]。
- L = 橫隔版長度(與載重方向垂直之尺寸)，單位為 呎 (mm)。
- v = 單位長度所承受之剪力，單位為 磅/呎 (plf) (N/mm)。
- W = 橫隔版寬度(平行載重方向)，單位為 呎 (mm)。
- x = 從弦材接合處到最近支撐點之距離，單位為 呎 (mm)。
- Δ_c = 橫隔版弦材接合處於單位長度剪力作用下之滑動量，單位為 吋 (mm)。
- Δ_{dia} = 由彈性分析求得之橫隔版跨度中央之最大變位，單位為 吋 (mm)。

表2305.2(1) 計算接合件滑動所造成之橫隔版及剪力牆變位所用之en值 (吋) (Structural I)a, c

每個接合件荷重 (磅)	接合件規格
	14-Ga staple x 2 inches long
60	0.011
80	0.018
100	0.028
120	0.04
140	0.053
160	0.068

SI : 1吋= 25.4 mm，1呎= 304.8 mm，1磅= 4.448 N。

- a. 對於Structural I以外之合板等級，en之值須提高20%。
- b. 每個接合件之荷重=每呎之最大剪力除以內嵌板邊緣每呎中之接合件數量
- c. 對於風乾材(含水量<19%)，en之值應減少50%。

2305.3 剪力牆變位

木框架剪力牆之變位應根據 AWC SDPWS 之規定計算。具有橫檔、且完全以 staples 均勻接合之木質結構剪力牆變位 (Δ_{sw}) 可依 Eq. 23-2 計算。

$$\Delta_{sw} = 8vh^3/EAb + vh/4Gt + 0.75he_n + d_o h/b \quad \text{(Equation 23-2)}$$

$$\text{For SI: } \Delta_{sw} = vh^3/3EAb + vh/Gt + he_n/407.6 + d_o h/b$$

其中

A = 端柱斷面積 · 單位為 平方吋 (mm^2)。

B = 剪力牆長度 · 單位為 呎 (mm)。

d_a = 牆體錨定系統 (wall anchorage system) 於單位長度剪力牆所承受之剪力(v) 作用下垂直方向之總伸長量 (例如接合件滑動量、器材伸長量、及桿件伸長量)

E = 橫隔板端柱之彈性模數 · 單位為 磅/平方吋 (N/mm^2)。

e_n = staple 滑動量 · 單位為 吋 (mm) [見表 2305.2(1)]。

Gt = (計入厚度之) 嵌板剛度 · 單位為 磅/吋 (N/mm) [見表 2305.2(2)]。

h = 剪力牆高度 · 單位為 呎 (mm)。

v = 單位長度所承受之剪力 · 單位為 磅/呎 (plf) (N/mm)。

Δ_c = 橫隔板弦材接合處於單位長度剪力作用下之滑動量 · 單位為 吋 (mm)。

Δ_{sw} = 由彈性分析求得之剪力牆最大變位 · 單位為 吋 (mm)。

表2305.2(2) 木質結構嵌板剪力牆及橫隔板變位計算所用之Gt值

嵌版種類	跨度等級	Gt值 (lb/in. 嵌板深度或寬度)							
		結構覆面板				Structural I 結構覆面板			
		合板			OSB	合板			OSB
		3層	4層	5層 a		3層	4層	5層 a	
覆面	24/0	25,000	32,500	37,500	77,500	32,500	42,500	41,500	77,500
	24/16	27,000	35,000	40,500	83,500	35,000	45,500	44,500	83,500
	32/16	27,000	35,000	40,500	83,500	35,000	45,500	44,500	83,500
	40/20	28,500	37,000	43,000	88,500	37,000	48,000	47,500	88,500
	48/24	31,000	40,500	46,500	96,000	40,500	52,500	51,000	96,000
單層板	16 o.c.	27,000	35,000	46,500	83,500	35,000	45,500	44,500	83,500
	20 o.c.	28,000	36,500	42,000	87,000	36,500	47,500	46,000	87,000
	24 o.c.	30,000	39,000	45,000	93,000	39,000	50,500	49,500	93,000
	32 o.c.	36,000	47,000	54,000	110,000	47,000	61,000	59,500	110,000
	48 o.c.	50,500	65,500	76,000	155,000	65,500	85,000	83,500	155,000

	厚度 (in.)	結構覆面板			Structural I 結構覆面板		
		A-A, A-C	Marine	其它等級	A-A, A-C	Marine	其它等級
Sanded Plywood	1/4	24,000	31,000	24,000	31,000	31,000	31,000
	11/32	25,500	33,000	25,500	33,000	33,000	33,000
	3/8	26,000	34,000	26,000	34,000	34,000	34,000
	15/32	38,000	49,500	38,000	49,500	49,500	49,500
	1/2	38,500	50,000	38,500	50,000	50,000	50,000
	19/32	49,000	63,500	49,000	63,500	63,500	63,500
	5/8	49,500	64,500	49,500	64,500	64,500	64,500
	23/32	50,500	65,500	50,500	65,500	65,500	65,500
	3/4	51,000	66,500	51,000	66,500	66,500	66,500
	7/8	52,500	68,500	52,500	68,500	68,500	68,500
	1	73,500	95,500	73,500	95,500	95,500	95,500
1-1/8	75,000	97,500	75,000	97,500	97,500	97,500	

For SI: 1 inch = 25.4 mm, 1 pound/inch = 0.1751 N/mm.

a. 「5 層」適用於所有 5 層以上之合板。 For 5-ply plywood with three layers, use values for 4-ply panels. (?)

第 2306 條 容許應力設計法

2306.1 容許應力設計法

結構物中以容許應力設計法設計與施工之木質構材應符合下列之相關標準：

American Wood Council. (美國木材協會)

ANSI/AWC NDS National Design Specification for Wood Construction (國家木構造設計規範)

SDPWS Special Design Provisions for Wind and Seismic (風力及耐震設計特別規定)

American Society of Agricultural and Biological Engineers. (美國農業及生物工程師協會)

ASABE EP 484.2 Diaphragm Design of Metal-clad, Post-Frame Rectangular Buildings (金屬包覆之矩形 post-frame 建築之橫隔版設計)

ASABE EP 486.2 Shallow Post Foundation Design (淺柱基礎設計)

ASABE 559.1 Design Requirements and Bending Properties for Mechanically Laminated Columns (Mechanically Laminated Columns 之設計要求和撓曲性質)

APA—The Engineered Wood Association. (美國工程木材協會)

ANSI 117 Standard Specifications for Structural Glued Laminated Timber of Softwood Species

ANSI A190.1 Structural Glued Laminated Timber Panel Design Specification

Plywood Design Specification Supplement 1— Design & Fabrication of Plywood Curved Panel

Plywood Design Specification Supplement 2 - Design & Fabrication of Glued Plywood-lumber Beams

Plywood Design Specification Supplement 3 - Design & Fabrication of Plywood Stressed-skin Panels

Plywood Design Specification Supplement 4 - Design & Fabrication of Plywood Sandwich Panels

Plywood Design Specification Supplement 5 - Design & Fabrication of All-plywood Beams

EWS T300 Glulam Connection Details

EWS S560 Field Notching and Drilling of Glued Laminated Timber Beams

EWS S475 Glued Laminated Beam Design Tables

EWS X450 Glulam in Residential Construction

EWS X440 Product and Application Guide: Glulam

EWS R540 Builders Tips: Proper Storage and Handling of Glulam Beams

Truss Plate Institute, Inc.

TPI 1 National Design Standard for Metal

Plate Connected Wood Truss Construction

West Coast Lumber Inspection Bureau

AITC 104 Typical Construction Details

AITC 110 Standard Appearance Grades for Structural Glued Laminated Timber

AITC 113 Standard for Dimensions of Structural Glued Laminated Timber

AITC 119 Standard Specifications for Structural Glued Laminated Timber of Hardwood Species

AITC 200 Inspection Manual

2306.1.1 托樑及椽條

椽條之跨度可參照 AWC STJR (Span Tables for Joists and Rafters · 托樑及椽條跨度表) 之規定設計。

2306.1.2 板-梁式樓板(系統)

板-梁式樓板(系統)之設計可參照 AWC Wood Construction Data No. 4 之規定。

2306.1.3 處理材之應力修正

防腐處理材之容許單位應力不需因防腐處理而進行修正，但可能須要進行其他修正。

防火處理材之容許單位應力，包括(使用)接合件(時)之容許應力，應根據經核可、並考慮防火處理過程可能受到的溫度及濕度、處理方式、以及重新乾燥過程所造成的影響之調查方法計算。(相關修正係數中)除(與)衝擊載重(有關)之荷重期(修正係數)外，其它修正(係數)均適用。

2306.1.4 平台鋪面板

依照 2304.9.2 節所敘述之支撐方式設置之平台鋪面板其容許荷重應取表 2306.1.4 中之撓曲與變形容許荷重中較小者。

表 2306.1.4 平台鋪面板之容許荷重

支撐方式	ALLOWABLE AREA LOAD ^{a, b}	
	Flexure	Deflection
單跨	$\sigma_b = \frac{8 F'_b d^2}{l^2 6}$	$\sigma_\Delta = \frac{384 \Delta E'}{5 l^4} \frac{d^3}{12}$
雙跨連續	$\sigma_b = \frac{8 F'_b d^2}{l^2 6}$	$\sigma_\Delta = \frac{185 \Delta E'}{l^4} \frac{d^3}{12}$
單跨與雙跨連續交錯	$\sigma_b = \frac{8 F'_b d^2}{l^2 6}$	$\sigma_\Delta = \frac{131 \Delta E'}{l^4} \frac{d^3}{12}$
(突出之)外懸段交錯	$\sigma_b = \frac{20 F'_b d^2}{3 l^2 6}$	$\sigma_\Delta = \frac{105 \Delta E'}{l^4} \frac{d^3}{12}$
有條件之不規則排列		
機械積層鋪面板	$\sigma_b = \frac{20 F'_b d^2}{3 l^2 6}$	$\sigma_\Delta = \frac{100 \Delta E'}{l^4} \frac{d^3}{12}$
2吋(厚)鋪面板	$\sigma_b = \frac{20 F'_b d^2}{3 l^2 6}$	$\sigma_\Delta = \frac{100 \Delta E'}{l^4} \frac{d^3}{12}$
3吋及4吋(厚)鋪面板	$\sigma_b = \frac{20 F'_b d^2}{3 l^2 6}$	$\sigma_\Delta = \frac{100 \Delta E'}{l^4} \frac{d^3}{12}$

For SI: 1 吋 = 25.4 mm.

- a. σ_b = 由撓曲強度控制之單位面積容許均布載重
 σ_Δ = 由變形控制之單位面積容許均布載重
- b. d = 鋪面板實際厚度
 l = 鋪面板跨度
 F'_b = 經修正係數調整後之容許撓曲應力
 E' = 經修正係數調整後之彈性模數

2306.2 木框架橫隔版

木框架橫隔版應依照 AWC SDPWS 之規定進行設計與施工。若嵌板與框架是以 staples 結合，(其結合方式)須符合 AWC SDPWS 之規定，其容許剪力則適用表 2306.2(1)或表 2306.2(2)之值。當用於抗風設計時，表 2306.2(1)及 2306.2(2)中之容許剪力值可提高 40%。

2306.3 木框架剪力牆

木框架剪力牆應依照 AWC SDPWS 之規定進行設計與施工。若嵌板與框架是以 staples 結合，(其結合方式)須符合 AWC SDPWS 之規定，其容許剪力則適用表 2306.3(1)、表 2306.3(2)、或表 2306.3(3)之值。當用於抗風設計時，表 2306.3(1)及表 2306.3(2)中之容許剪力值可提高 40%。符合 ANSI / APA PRP-210 之嵌板亦可適用 AWC SDPWS 中合板雨淋板之設計值。

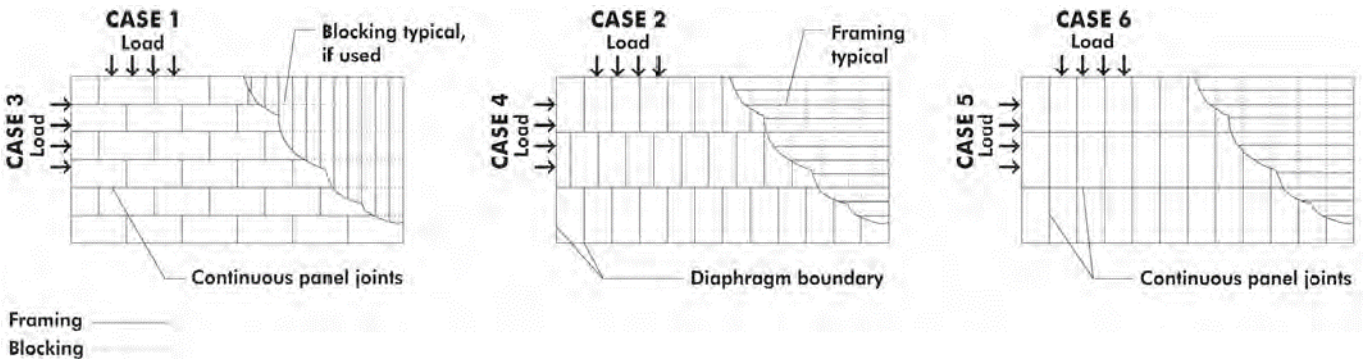
2307 載重及強度係數設計法

2307.1 載重及強度係數設計法

以載重及強度係數設計法設計與施工之木構材與構造應符合 ANSI/AWC NDS 與 AWC SDPWS 之規定。

表 2306.2(1) 將木質結構嵌板以 STAPLES 釘附於花旗松或南方松框架^a而成之橫隔版於風力或地震力作用下之容許剪力^f (POUNDS PER FOOT)

嵌板等級	STAPLE 長度及號數 ^d	釘入框架最 小深度 (inches)	嵌板 最小標稱厚度 (inch)	橫隔版周邊及相鄰 嵌板邊緣之框架構 材 最小標稱厚度 ^e (inches)	具橫檔之橫隔版				不具橫檔之橫隔版	
					橫隔版周邊、Cases 3、4中與作用力 方向平行之連續嵌板邊緣、以及 Cases 5、6中所有嵌板邊緣之釘距 (inches) ^b				支撐構材邊緣之釘距不超過 6 吋 ^b	
					6	4	2½ ^c	2 ^c	Case 1 (邊緣均有橫檔 、或連續之嵌 板交界線與作 用力方向平行)	其它配置 (Cases 2, 3, 4, 5 and 6)
					Cases 1, 2, 3 and 4中其它嵌板邊緣 之釘距 (inches) ^b					
6	6	4	3							
Structural I	1½ 16 gage	1	3/8	2	175	235	350	400	155	115
				3	200	265	395	450	175	130
			15/32	2	175	235	350	400	155	120
				3	200	265	395	450	175	130
單層樓面板 (Single floor) 及其它符合 DOC PS 1 與 PS 2 等級之 覆面板	1½ 16 gage	1	3/8	2	160	210	315	360	140	105
				3	180	235	355	400	160	120
			7/16	2	165	225	335	380	150	110
				3	190	250	375	425	165	125
			15/32	2	160	210	315	360	140	105
				3	180	235	355	405	160	120
			19/32	2	175	235	350	400	155	115
				3	200	265	395	450	175	130



For SI: 1 吋 = 25.4 mm, 1 pound per foot = 14.5939 N/m.

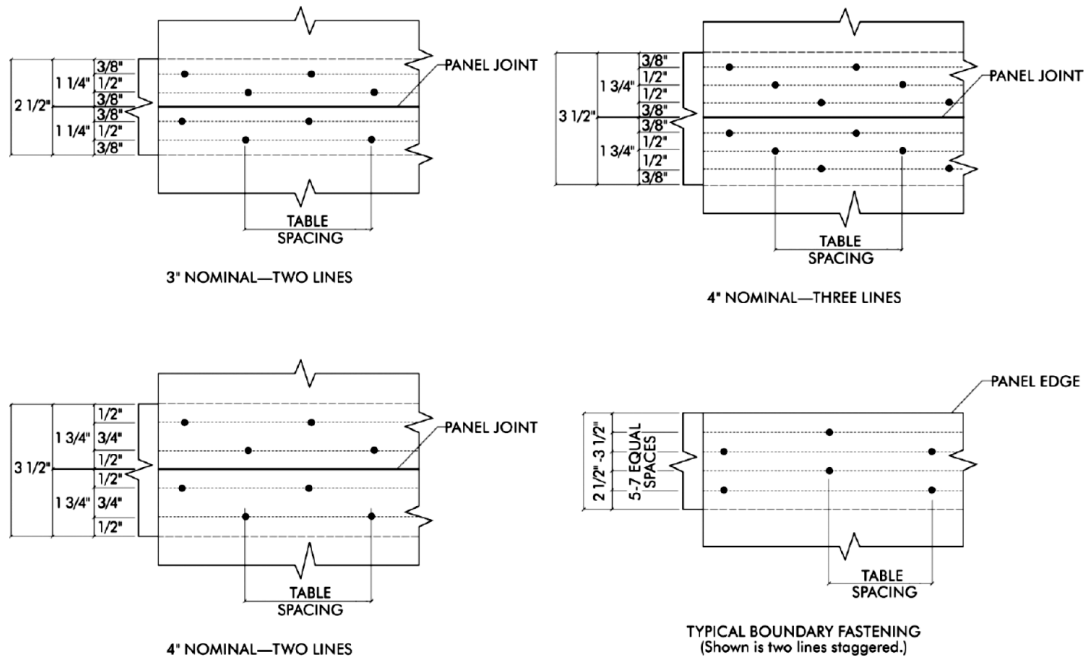
- 若以其它樹種作為框架材時，必須 (1)從 ANSI/AWC NDS 找出該樹種之比重 (2) 若該樹種之比重大於或等於 0.42，可將上表中使用 Structural I 嵌板之橫隔版容許剪力乘上 0.82 作為其容許剪力值，否則須將表中之值乘上 0.65。
- 嵌板內部框架材之釘子中心距不得大於 12 吋 (若支撐構材之間距為 48 吋則釘子中心距不得大於 6 吋)。
- 位於嵌板邊緣交界處之框架構材標稱寬度不得小於 3 吋。
- Staples 頂部 (crown) 寬度不得小於 7/16 吋且頂部須與框架構材之長向平行。
- 橫隔版周邊及嵌板交界處以外之框架構材標稱寬度不得小於 2 吋。
- 若為 ANSI/AWC NDS 所定義之一般性及永久性載重，表中之容許剪力須分別乘上 0.63 或 0.56。

表 2306.2(2) 將木質結構嵌板以一排以上的 STAPLES 釘附於花旗松或南方松框架^a 而成之具橫檔 (BLOCKED) 橫隔版於風力或地震力作用下之容許剪力^{b, g, h} (POUNDS PER FOOT)

嵌板等級 ^c	STAPLE 長度及號數 ^f	釘入框架最小深度 (inches)	嵌板 最小標稱厚度 (inch)	橫隔版周邊及相鄰嵌板 邊緣之框架構材 最小標稱厚度 ^e (inches)	STAPLES 釘著排數	具橫檔之橫隔版					
						Cases 1 and 2 ^d					
						橫隔版周邊每排STAPLES之釘距 (inches)					
						4	2 1/2	2			
其它嵌板邊緣每排STAPLES之釘距 (inches)											
6	4	4	3	3	2						
Structural I	14 gage staples	2	15/32	3	2	600	600	860	960	1,060	1,200
				4	3	860	900	1,160	1,295	1,295	1,400
			19/32	3	2	600	600	875	960	1,075	1,200
				4	3	875	900	1,175	1,440	1,475	1,795
單層樓面板 (Single floor) 及其它符合 DOC PS 1 與 PS 2 等級之覆面板	14 gage staples	2	15/32	3	2	540	540	735	865	915	1,080
				4	3	735	810	1,005	1,105	1,105	1,195
			19/32	3	2	600	600	865	960	1,065	1,200
				4	3	865	900	1,130	1,430	1,370	1,485
			23/32	4	3	865	900	1,130	1,490	1,430	1,545

For SI: 1 吋 = 25.4 mm, 1 pound per foot = 14.5939 N/m.

- 若以其它樹種作為框架材時，必須 (1)從 ANSI/AWC NDS 找出該樹種之比重 (2) 若該樹種之比重大於或等於 0.42，可將上表中使用 Structural I 嵌板之橫隔版容許剪力乘上 0.82 作為其容許剪力值，否則須將表中之值乘上 0.65。
- 嵌板內部支撐構材間距超過 32 吋時，嵌板內部 staples 之中心距不得大於 6 吋；其它情況下之 staples 中心距則不得大於 12 吋。
- 嵌板須符合 PS 1 或 PS 2 之規定。
- 表中容許剪力值適用於 Table 2306.2(1)中所示之 Cases 1 and 2。若所有嵌板之連續邊均採用橫隔版周邊之釘距規定，表列之容許剪力值亦適用於 Table 2306.2(1) 中所示之 Cases 3, 4, 5 and 6。
- 橫隔版周邊及嵌板交界處之框架構材標稱寬度不得小於 3 吋，其餘框架構材之標稱寬度不得小於 2 吋。
- Staples 頂部 (crown) 寬度不得小於 7/16 吋且頂部須與框架構材之長向平行。
- 高負載(強度)橫隔版應依 Section 1705.5.1 之規定進行特殊查驗 (special inspection)。
- 若剪力載重為 ANSI/AWC NDS 所定義之一般性及永久性載重，表中之容許剪力須分別乘上 0.63 或 0.56。



注意事項: 嵌板端部及邊緣須保留 1/8 吋的間隙。適當控制 staples (釘子)排與排之間距(不得小於 3/8 吋)，並與嵌板邊緣保持至少 3/8 吋之距離。

TABLE 2306.3(1) 將木質結構嵌板以 STAPLES 釘附於花旗松或南方松框架^a而成之剪力牆於風力或地震力作用下之容許剪力^{b, f, g, i} (POUNDS PER FOOT)

嵌板等級 ^c	嵌板 最小標稱厚度 (inch)	釘入框架最小深度 (inches)	嵌板直接釘附於框架				嵌板與框架間隔著1/2"或5/8"之石膏覆面板					
			STAPLE 長度及號數 ^h (inches)	嵌板邊緣釘距 (inches)				STAPLE 長度及號數 ^h (inches)	嵌板邊緣釘距 (inches)			
				6	4	3	2 ^d		6	4	3	2 ^d
Structural I	3/8	1	1 1/2 16 Gage	155	235	315	400	2 16 Gage	155	235	310	400
	7/16			170	260	345	440		155	235	310	400
	15/32			185	280	375	475		155	235	300	400
Group 5 以外之 合板雨淋板 ^c 及 符合ANSI/APA PRP 210 雨淋板 ^e 之覆面板	5/16 ^c or 1/4 ^c	1	1 1/2 16 Gage	145	220	295	375	2 16 Gage	110	165	220	285
	3/8			140	210	280	360		140	210	280	360
	7/16			155	230	310	395		140	210	280	360
	15/32			170	255	335	430		140	210	280	360
	19/32		1 3/4 16 Gage	185	280	375	475	—	—	—	—	

For SI: 1 吋 = 25.4 mm, 1 pound per foot = 14.5939 N/m.

- 若以其它樹種作為框架材時，必須 (1)從 ANSI/AWC NDS 找出該樹種之比重 (2) 若該樹種之比重大於或等於 0.42，可將上表中使用 Structural I 嵌版之橫隔版容許剪力乘上 0.82 作為其容許剪力值，否則須將表中值乘上 0.65。
- 嵌板邊緣以標稱寬度不小於 2 吋之構材作為支撐。嵌板可以垂直或水平方式設置。若使用 3/8 吋及 7/16 吋之嵌板及間距 24 吋之間柱，嵌板內部框架材之釘距不得大於 6 吋；在其它狀況下，嵌板內部框架材之釘子中心距不得大於 12 吋。
- 若嵌板直接釘附在框架上作為外露雨淋板，建議使用厚度不小於 3/8 吋或跨度等級 16 吋以上之雨淋板。若使用溝槽式雨淋板，須以顯著處板厚作為嵌板之標稱厚度。
- 嵌板交界處框架構材之標稱寬度不得小於 3 吋。
- 表中所示之容許剪力適用於 all-veneer 合板，厚度由嵌板邊緣釘著處之厚度控制。
- 牆體兩面均使用嵌板且其中任一面之嵌板釘距小於 6 吋，嵌板接合位置須錯開並固定於不同框架材上、或使用標稱厚度不小於 3 吋之框架構材作為嵌板邊緣之固定件。
- 在 D、E、及 F 震區，若牆體之設計剪力超擴 350 lb/ft，所有位於嵌板邊緣之框架構材不得使用標稱厚度小於 3 吋或由兩支標稱厚度 2 吋依 2306.1 節所規定方式結合(釘合)之構材傳遞框架元件間之設計剪力。嵌板接合處及地檻板須以交錯方式(staggered)釘著。地檻板尺寸規定及錨定方式請參閱 AWC SDPWS。
- Staples 頂部 (crown) 寬度不得小於 7/16 吋且頂部須與框架構材之長向平行。
- 若剪力載重為 ANSI/AWC NDS 所定義之一般性及永久性載重，表中之容許剪力須分別乘上 0.63 或 0.56。

TABLE 2306.3(2) TYPE V 構造中以 STAPLES 釘著之纖維覆面板剪力牆於風力或地震力作用下之容許剪力^{a, b, c, d, e} (POUNDS PER FOOT)

等級及厚度 (inches)	STAPLE 等級與尺寸	容許剪力 (pounds per linear foot)		
		嵌板邊緣 STAPLE 間距(inches) ^a		
		4	3	2
1/2 or 25/32 Structural	No. 16 gage galvanized staple, 7/16" crown 1 3/4 inch long	150	200	225
	No. 16 gage galvanized staple, 1" crown 1 3/4 inch long	220	290	325

For SI: 1 吋 = 25.4 mm, 1 pound per foot = 14.5939 N/m.

- 纖維覆面板不得作為混凝土或磚牆之支撐材料。
- 嵌板邊緣須以標稱寬度不小於 2 吋之花旗松或南方松作為支撐。若以其它樹種作為支撐時，須：(1)從 ANSI/AWC NDS 找出該樹種之比重，(2) 若該樹種之比重大於或等於 0.42，可將表中值乘上 0.82 作為其容許剪力值，否則須將表中值乘上 0.65。
- 表中值適用於單面釘著纖維覆面板之剪力牆，嵌板長向可與間柱平行或垂直。
- 嵌板內部框架材之釘距須為 6 吋。
- 表列之值不適用於 D、E、及 F 震區。

TABLE 2306.3(3) 以 STAPLES 釘著之抹灰板 (lath) 或石膏板 (plaster or gypsum board) 剪力牆組件於風力或地震力作用下之容許剪力

板材形態	板厚	是否具橫擋	STAPLE 最大間距 ^b (inches)	容許剪力 ^{a,c} (plf)	STAPLE 最小尺寸 ^{d,e}
1. 展開金屬 (Expanded metal) 或織線抹灰板 (woven wire lath) 及波特蘭水泥石膏板 (Portland cement plaster)	7/8"	Unblocked	6	180	No. 16 gage galv. staple, 7/8" legs
2. 平面或孔洞式 (plain or perforated) 石膏灰泥板 (gypsum lath)	3/8" lath and 1/2" plaster	Unblocked	5	100	No. 16 gage galv. staple, 1 1/8" long
3. 石膏覆面板	1/2" × 2' × 8'	Unblocked	4	75	No. 16 gage galv. staple, 1 3/4" long
	1/2" × 4'	Blocked ^d Unblocked	4 7	175 100	
4. 石膏板、石膏基板 (gypsum veneer base)、或防水石膏背板 (water-resistant gypsum backing board)	1/2"	Unblocked ^d	7	75	No. 16 gage galv. Staple, 1 1/2" long
		Unblocked ^d	4	110	
		Unblocked	7	100	
		Unblocked	4	125	
		Blocked ^e	7	125	
		Blocked ^e	4	150	
	5/8"	Unblocked ^d	7	115	No. 16 gage galv. Staple 1 1/2" legs, 1 5/8" long
			4	145	
		Blocked ^e	7	145	
			4	175	
Blocked ^e Two-ply	Base ply: 9 Face ply: 7	250	No. 16 gage galv. staple 1 5/8" long No. 15 gage galv. staple, 2 1/4" long		

For SI: 1 吋 = 25.4 mm, 1 呎 = 304.8 mm, 1 pound per foot = 14.5939 N/m.

- 此種剪力牆不得作為混凝土或磚牆之載重支撐 (see AWC SDPWS)。表中之值為地震或風力所引起之短期載重。若作為抵抗地震力用途時並須符合 ASCE 7 Section 12.2.1 之規定。用於一般載重時，表中之值須折減 25%。
 - 適用於間柱、牆框頂板及底板 (top and bottom plates)、與橫檔釘著處。
 - 除特別標註者外，框架材之中心距不得超過 16 吋。
 - 框架材中心距不得超過 24 吋。
 - 所有嵌板邊緣均須具備橫檔，所有支撐材及嵌板邊緣均適用邊緣釘距之規定。
 - Staples 頂部 (crown) 於釘腳外部之量測寬度不得小於 7/16 吋，且頂部須與框架構材之長向平行。
- 用於固定石膏灰泥板 (gypsum lath) 與織線抹灰板 (woven wire lath) 之 Staples 頂部 (crown) 於釘腳外

參考書目

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), FPIinnovations, 2013

木構造建築物高度、樓層數相關設計規定檢討研究

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：**陳建忠、蔡孟廷、黃昭勳、李育帆、黃國倫、
周楷峻、林法勤、陳致呈**

出版年月：108年12月

版次：第1版

ISBN：978-986-5448-65-3（平裝）