

# 國產木材應用於建築 領域所研發之工程木材 加工技術與特性

以結構用集成材與直交集成材為例

文圖 | 楊德新（中興大學森林學系教授／通訊作者）  
林志憲（行政院農業委員會林業試驗所博士後研究員）

2017年林務局稱之為國產材元年，陸續開始各項行動方案，「國產材」已不是名詞，而是逐步受到國人認識與認同，這幾年國產材更從國產材發展到規格材，更進一步到品質保證之CAS木材，並多次參與國際建材展，營造國產材臺灣館，憑藉木材獨有的氣質，成為關注的焦點。木材建材是一項可藉由人工栽植、經營撫育而從我們的土地上生長出來的建材，因此木材在綠建材標章中，是為生態綠建材亦為健康綠建材，在裝修與結構建材上均扮演重要角色，因為每一片木材都是獨一無二的，花紋、色澤、氣味、氣質均有其獨特之處。

我們從國家標準中可略知天然生針葉樹

原木之材積計算以末徑50cm以下以及52cm以上為一材積計算之區分；而人工林造林木之材種區分30cm以上則為大原木，可見現階段人工林木材之徑級尺寸受限。有鑒於此，如何更有效地利用人工林木材已成為國際趨勢，同時在國際淨零碳排之趨勢下，有效的應用人工林木材，並積極地造林，在此循環下可獲得較佳之碳吸存、碳固定與碳替代之效果，對於我國欲振興林業，提升自給率而言，更可參考日本之實際作為，大量利用國產木材作為建材使用，目前日本之合板工業已可生產國產柳杉合板於木構造建築中應用，並強化相關政策與產業發展措施，以相輔相成達其效益，依據日本農林水



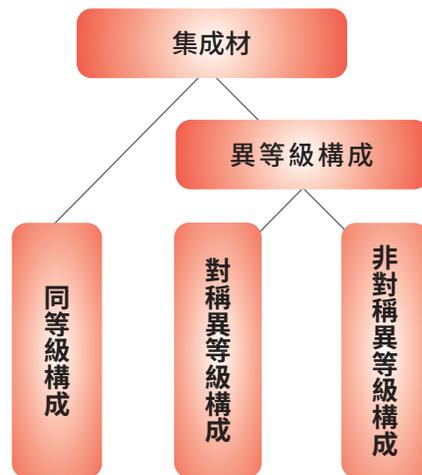
- ◀ 國產材柳杉結構用集成材 (Glued laminated timber, Glulam, GLT)
- ▶ 國產材柳杉直交集成材 (Cross laminated timber, CLT)

產省統計資料至2020年止，日本木材用材量自給率已達35.8%，整體自給率（包含用材、香菇用材、薪炭材等）更達41.1%，是自2000年起自給率最低之18.2%逐年上升、2005年為20.0%、2010年為26.0%、2015年為30.8%，而2020年已達35.8%，其中主要原因之一即如前述日本大量使用國產木材作為國產合板之開發利用所致，而目前結構用材與工程木材，日本同樣亦積極為達到自給率目標與呼應國際淨零碳排議題下，加速研發、生產利用並降低成本以符合市場效益。

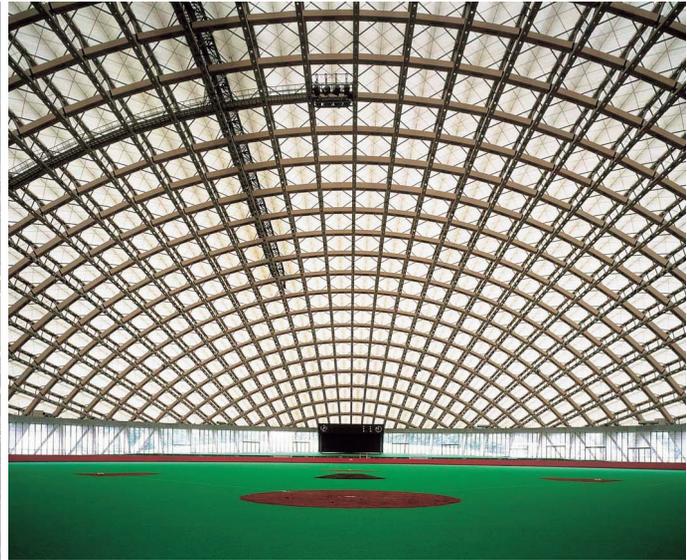
集成材與直交集成材兩者均為工程木材 (Engineered Wood)，可以量化生產品質穩定且自由度高的強度設計與尺寸，其木材必須經過乾燥及品質檢測後進行等級區分，讓木材可依據使用需求進行規劃設計，透過膠合設計無尺度上之限制，被視為是具有固碳或負碳的建築材料，對於營造低碳建築或低碳社會，更是不可或缺之建材。

## 集成材

工程木材中最廣為人知的集成材是由集成元 (Lamina，木材) 與膠合劑 (Adhesives) 組成，使用經過機械等級區分之厚度為25mm至50mm集成元，排列方式為平行木理堆疊2層以上，以符合的壓力加壓製作而成。機械等級排列可分成同等級構成和異等級構成，異等級構成再區分對稱和非對



▲ 集成材之構成方式



◀ 樹海巨蛋（圖片來源：MakMax Taiyo Kogyo CO.）。  
▶ 大館樹海巨蛋之集成梁結構

稱，其中更有符合載重需求的結構用集成材。

Falk（1997）分析美國與歐洲之集成材設計之不同，美國最早將集成材當作結構使用，其木材使用量達 $600,000\text{m}^3$ ／年，並且依據性能基礎（Performance-base）設計集成材，可以使用不同樹種與機械等級的集成元，製作符合機械強度設計的集成材，將機械等級較高的集成元配置於高應力處，低等級則配置於低應力處，達到工程性能需求即可。歐洲的集成材之設計採用均質之集成元組成（Homogeneous lay-up）或兩個等級集成材組成（Combined lay-up）。相較於同尺寸之天然木料，集成材分散了木材既有的缺點，強度性質更穩定，相同材料重量之條件下，集成材比鋼筋更有韌性，即能減輕結構體自重，建築設計上更能自由發揮。除了價格考量之外，集成材具有更好的穩定性，林憲德（2000）將集成材分為以下優點：

1. 去除木材中的大節、龜裂等缺點，獲得材質均勻且機械強度差異較小的材料。
2. 大斷面原木之乾燥作業時間較長，期間容易龜裂、反翹變形、材質不穩定，使用乾燥完全的小木料組合集成材則能避免這些缺點。
3. 使用小木料進行膠合，可以生產自由度較高的造型，彎曲、變斷面、大跨度梁柱。
4. 大斷面集成材即具有優良的耐火性，利用木材炭化速度 $0.6\text{mm}/\text{min}$ 進行，更安全的結構設計，並且不需要額外增加耐火被覆。
5. 小木料進行防腐處理較為容易且完整。
6. 集成材為比重小、比強度大、火害強度衰減小、導熱性小、耐酸鹼、容易加工等木材優點。

目前世界最大型的木構造建築物為大館



溪頭自然教育園區柳杉集成材構成之銀杏橋

樹海巨蛋（Ohdata Jukai Dome），位於日本秋田縣大館市，由日本伊東豐雄設計，使用秋田縣當地直徑20cm以上的60年生柳杉約25,000棵，製成2,472支集成材（Glued laminated timber, Glulam, GLT），穹頂跨度達178m，最高高度為52m，1997年6月完工後主要作為棒球場使用，由集成材與金屬所構成的視覺享受，是現今木構造獨有的特殊氣質。

國產之柳杉和臺灣杉集成材強度雖然不及進口的花旗松和南方松集成材，但是經過機械等級區分，柳杉與臺灣杉木材同樣可以設計出符合結構用途之結構用集成材（楊德新，2007）。惟目前國人對於結構用集成材與裝修用集成材之概念尚不明確，以致國內相關製造集成材之工廠品質參差不齊，作為美觀用途之裝修用集成材無礙，但發展為結構用途之結構用集成材則較為缺乏目視等級區分與機械等級區分之觀念，而此更有賴於目前CAS木材之推動以因應，CAS木材將

標示木材等級，生產工廠可依據需求選購適合之等級木材進行集成材之生產，除可達設計品質外，更具有節省成本之效益。

國產材之集成材研究中，本團隊曾直接利用經CNS 14630針葉樹結構用製材分等後之柳杉集成元，進行結構配置，研製同等級與異等級集成材，以求達到適材適用並符合經濟效益，配置方式與試驗結果如表1所示，其中No.1、No.4、No.7組為同等級集成材，No.2、No.3、No.5、No.6組為異等級集成材，使用間苯二酚甲醛樹脂（Resorcinol Formaldehyde Resin, Rf）進行膠合作業，並依國家標準進行抗彎強度試驗，至抗彎破壞後進行抗彎強度與抗彎彈性模數之計算與破壞面評估。研究結果顯示集成材之抗彎性質隨著集成元等級增加而增加，其中異等級集成材之配置，不僅符合經濟效益外，亦有效提升整體集成材之強度性質，且利用集成元預測集成材之強度（Epredict）與實際試驗結果皆相近，即集

表1 國產柳杉集成材之構成方式與抗彎性質

No.	E-rate grade						$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Epredict (GPa)	MOE (GPa)	MOR (MPa)
	I	II	III	IV	V	VI				
1	E110	E110	E110	E110	E110	E110	503	11.8	9.1	75.1
2	E110	E90	E90	E90	E90	E110	511	10.9	9.8	65.5
3	E110	E50	E50	E50	E50	E110	477	9.0	8.2	47.4
4	E90	E90	E90	E90	E90	E90	488	9.1	9.2	65.7
5	E90	E50	E50	E50	E50	E90	476	8.0	8.7	68.1
6	E70	E70	E70	E70	E70	E70	432	7.4	7.3	55.2
7	E50	E50	E50	E50	E50	E50	478	6.0	6.6	35.0

表2 集成材與直交集成板之組成方式

組成單元	排列方式	
	組成單元間 木理平行	組成單元間 木理垂直
單板	單板層積材	合板
集成元	集成材	直交集成板

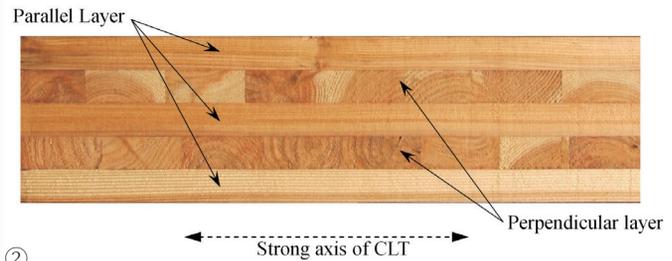
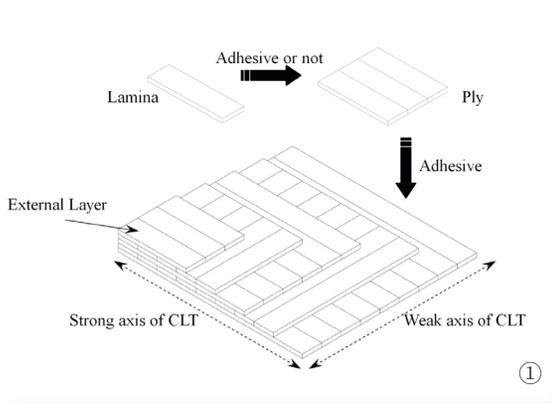
成材具有強度可設計且品質穩定之特性。因此集成材並非木材隨意組合，選擇並使用通過標準要求的集成材，透過集成材工程數值並符合建築設計要求，為集成材最大優點。目前國產柳杉集成材亦應用於臺灣大學實驗林管理處溪頭自然教育園區內之銀杏橋，是首次以國產柳杉為材料在戶外建構之曲形橋。

表3 相同厚度集成元之CLT配置與厚度比例

Layer	Ply	Composition	Thickness Ratio of Strong Axis	
			Parallel (%)	Perpendicular (%)
3	3	= $\perp$ =	66.7	33.3
	4	= $\perp$ $\perp$ =	50.0	50.0
	5	== $\perp$ ==	80.0	20.0
5	5	= $\perp$ = $\perp$ =	60.0	40.0
	6	= $\perp$ == $\perp$ =	66.6	33.3
	7	== $\perp$ = $\perp$ ==	71.4	28.6
	8	== $\perp$ == $\perp$ ==	75.0	25.0
7	7	= $\perp$ = $\perp$ = $\perp$ =	57.1	42.9
	9	== $\perp$ = $\perp$ = $\perp$ ==	66.6	33.3
9	9	= $\perp$ = $\perp$ = $\perp$ = $\perp$ =	55.6	44.4

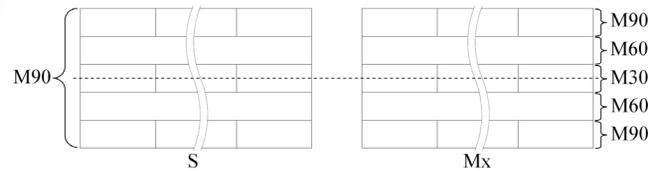
## 直交集成板

集成材的特點為梁柱結構，而直交集成板（Cross Laminated Timber, CLT）則是近年來歐洲和北美地區開始發展的板狀型態工程木材（Gsell *et al.*, 2007; Steiger *et al.*, 2008），表2整理常見的木質材料組成方式，以國內裝修常用的木質材料說明能快速理解，將組成單元分成單板



②

③



- ① 5層5單片構成CLT之組成示意圖
- ② 5層5單片構成柳杉CLT之強軸方向斷面圖
- ③ 同等級與異等級構成之CLT示意圖

與集成元，組成方式則為構成元素均為木理平行方向，以及構成元素層間木理方向相互直交者，表（Laminated Veneer Lumber, LVL）和集成材（GLT），構成元素層間木理方向相互直交者則為合板（Plywood）和直交集成板（CLT），CLT與合板同為奇數層之直交設計，目前研究與產品以3層和5層直交結構為主，由於木材為異方向性之材料，各層直交膠合可以降低木質材料不同方向之收縮膨脹率差異，達到改善尺寸安定性。圖①為5層5單片構成CLT組成示意圖，CLT由層（Layer）與單片（Ply）以對稱方式堆疊膠合，依據表層（External Layer）之木材纖維方向定義CLT之方向，平行於表層木材纖維方向為強軸方向（Strong Axis, Major Strength Direction），垂直於表層木材纖維方向為弱軸方向（Weak Axis, Minor Strength Direction）。

CNS 16114（2019）之CLT尺寸為厚度36mm至500mm，寬度300mm以上，長

度900mm以上，由國產柳杉所生產之CLT強軸方向之斷面顯示（圖②），各層依據纖維方向分為平行層（Parallel Layer）與直交層（Perpendicular Layer or Cross Layer），可以調整層數或厚度，達到有效利用各種尺寸集成元之效益。表3為相同厚度集成元之CLT配置，常用配置3層3單片構成CLT之強軸方向斷面積顯示，平行層（Parallel Layer,  $\parallel$ ）為66.7%和直交層（Perpendicular Layer,  $\perp$ ）為33.3%和5層5單片構成CLT之斷面積比例則為60.0%和40.0%，斷面積最直接影響CLT之承重能力，並且隨著平行層增加而提高（林志憲，2020）。

如同前述集成材有效利用各等級木材的目標，以及符合CLT製作與現場施工效益，CNS 16114（2019）依據各單片（Ply）之集成元等級分成同等級構成（S）或異等級構成（Mx）（圖③），CLT單片厚度與等級配置為對稱型式之構成。

表4 四種構成之柳杉CLT抗彎性質

No.	MC (%)	D (kg/m <sup>3</sup> )	Strong axis				Weak axis		
			MOE (GPa)		MOR	Allowable stress (MPa)	MOE (GPa)		MOR (MPa)
			Avg.	Min.	(MPa)		Avg.	Min.	
Mx90-3-3	13.0 <sup>a</sup>	462 <sup>a</sup>	10.8 <sup>a</sup>	10.0	59.7 <sup>a</sup>	16.4	0.7 <sup>a</sup>	0.5	11.1 <sup>a</sup>
	(4.0)	(5.1)	(10.1)		(16.2)		(8.0)		(10.5)
Mx60-3-3	12.5 <sup>b</sup>	396 <sup>b</sup>	8.5 <sup>b</sup>	7.4	51.5 <sup>ab</sup>	19.2	0.5 <sup>a</sup>	0.4	7.3 <sup>b</sup>
	(4.1)	(8.4)	(10.1)		(9.2)		(19.3)		(13.5)
S90-3-3	12.9 <sup>ab</sup>	466 <sup>a</sup>	10.6 <sup>a</sup>	9.5	59.4 <sup>ab</sup>	16.8	0.7 <sup>a</sup>	0.5	10.8 <sup>a</sup>
	(3.9)	(5.3)	(13.2)		(17.5)		(27.6)		(25.5)
3	12.6 <sup>b</sup>	390 <sup>b</sup>	8.3 <sup>b</sup>	7.5	46.6 <sup>b</sup>	18.8	0.6 <sup>a</sup>	0.5	9.7 <sup>ab</sup>
	(2.6)	(4.5)	(9.5)		(6.6)		(8.6)		(20.1)

Values in parentheses are coefficient of variation.

Different letters (a,b) in a given row indicate significant differences at the 0.05 level by Tukey

至於同等級構成方面，Park *et al.* (2003, 2006) 研究5種日本常用樹種製作3層3單片結構之CLT和GLT，直交設計之CLT會降低強軸方向之抗彎性質，弱軸方向之抗彎性質則相對GLT有明顯的提升。CLT之配置與組成近似於GLT，內層使用機械等級區分較低之集成元，可以有效利用機械等級較低之集成元，透過異等級構成方式獲得與同等級構成性質相近之CLT。

本團隊依據CNS 16114 (2019)，進行國產材柳杉CLT之基本性質試驗，國產柳杉集成元依標準可區分M30級、M60級、M90級與M120級4個等級，而整體國產柳杉主要多集中於M90與M60等級，分別占整體集成元之32.3%與57.2%，由於板狀結構之CLT需要較多數量之同等級集成元進行膠合集成。因此，以此兩種等級集成元進行3層結構之同等級構成 (S90-3-3和S60-3-3) 與異

等級構成 (Mx90-3-3和Mx60-3-3) 共4種等級之CLT研製與性質評估。

表4為柳杉CLT之基本性質試驗結果，四種等級CLT之抗彎強度、抗彎彈性模數、煮沸剝離、膠合強度和膠合木破率均能符合國家標準之要求，而且統計分析結果顯示，同等級構成與異等級構成CLT之抗彎性質、膠合性質和抗壓強度均無顯著差異，經過強度設計與配置可以有效利用各等級集成元進行CLT之生產。

臺灣位於環太平洋地震區域，注重建築材料之抗震性質，剪力牆為建築物中抵抗水平位移之結構牆，透過水平載重試驗並觀察受損木結構建築和分析建築結構元素，了解地震和強風對木結構建築之影響。相較於其他板類工程木材產品，CLT可以應用於強度需求更高的結構處，CLT之尺寸隨加工機械製作能力而定，外觀與重量為工程木材之

最，亦有Mass timber之稱，可以取代建築之水泥部分作為承重牆、剪力牆與樓板等結構牆體。CLT建築結構主要分成CLT牆體與金屬緊固件，考量CLT製作或運輸之尺寸限制，牆體設計可分為單面與多面，經由結構設計並評估所需金屬緊固件型式、數量與位置，進行牆體和樓板之固定，達到強度要求與組裝快速之目的。

CLT建築採用預先製作方式，以電腦數值控制（Computer Numerical Control, CNC）裁切牆體與地板之開口，配合金屬緊固件使CLT建築施工更容易，固定方式多為螺釘與螺栓設計，安裝架設不需特別設備輔助，可以大幅減少建築現場作業時間，達到降低建築碳排放的效益（Popovski *et al.*, 2010; Polastri *et al.*, 2016），對於CLT建築受水平載重之損壞，牆體本身並無損害，僅需更換金屬緊固件並降低建築維修成本。

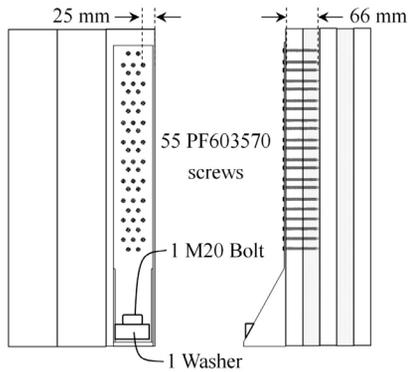
Karacabeyli and Douglas (2013) 曾比較3層樓、5層樓和8層樓之CLT、非木質

材料（鋼構、磚造或RC）和一般木構造建築之建築費用，結果發現3層樓之CLT建築成本無法低於RC建築，但是5層樓之RC建築成本已超過CLT建築，並隨樓層高度增加提高，CLT建築則維持穩定之成本，未隨樓層高度增加。當建地基礎皆為RC配置下，6層樓CLT與RC建築之建造成本相近（Laguarda-Mallo and Espinoza, 2016），鋼構及RC建築之重量隨樓層增加而提高，輕質高強度的CLT對於增建設計具有強大的優勢（Thiruvengadam *et al.*, 2004）。由行政院主計總處統計資料結果顯示，1993年起營造業就業人數逐年下降，由整體就業人數之10至11%，下降至8%，2014年人力資源調查結果更顯示平均年齡層多集中於40至50歲，55歲以上者亦高於25至30歲青壯年比例（石素梅，2014），對於往後建築與施工方式具有一定衝擊，因應國內營造業人數逐年下降且平均年齡增加的情況，CLT之建築施工方式可以大幅減少人力與時間（Laguarda-Mallo and Espinoza, 2014）。

本團隊將國產材柳杉CLT，配合二種商用金屬緊固件進行CLT剪力牆架設，分別為HD系統CLT剪力牆和X系統CLT剪力牆（左圖），剪力牆頂部無垂直加載，依據ASTM E-2126（2019）標準進行剪力牆之單一和反覆水平載重試驗（林志憲，2020）。圖④為HD系統CLT之組合方式，牆底二側分別使用直徑5mm螺釘與M20螺栓固定，此為目前CLT建築較為廣泛的形式。圖⑤和圖



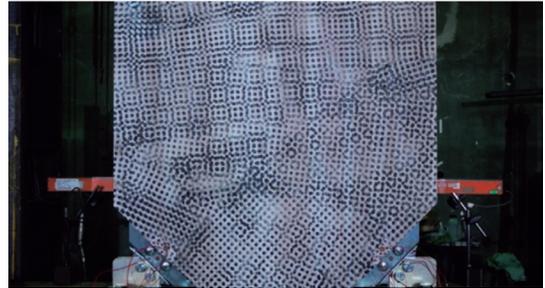
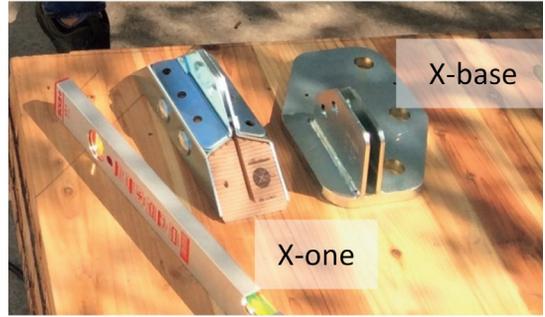
柳杉CLT剪力牆試驗；左圖為HD系統，右圖為X系統。



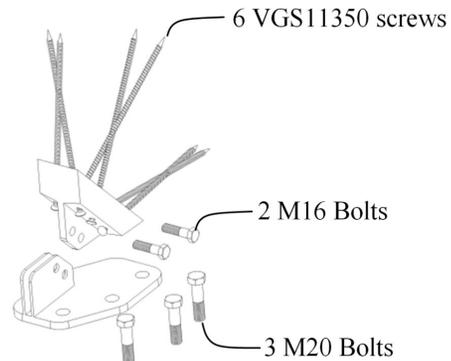
④HD系統CLT剪力牆之配置

⑥為X系統CLT之組合方式，固定套件分成X-one和X-base，其中X-one必須預先固定於CLT，當施工現場基礎安裝完畢後，僅需使用2之螺栓即可固定，比較HD系統和X系統之安裝時間顯示，預先固定好的金屬件可以有效降低施工現場的時間，但是施工現場能修正的程度則大幅下降，必須完全按照規劃位置進行安裝。

單一水平載重方面，二種系統CLT剪力牆呈現轉動變形模式，當抗拉側金屬緊固件破壞則剪力牆失去抵抗能力（低於最大載重80%），圖⑦為二種系統CLT剪力牆之單一水平載重和位移圖，X系統CLT剪力牆之最大載重位移較HD系統多，但是二種系統CLT剪力牆之最大載重相近。圖⑧和圖⑨為二種系統抗拉側之金屬緊固件破壞模式，CLT剪力牆受水平載重後形成牆體底部抗拉



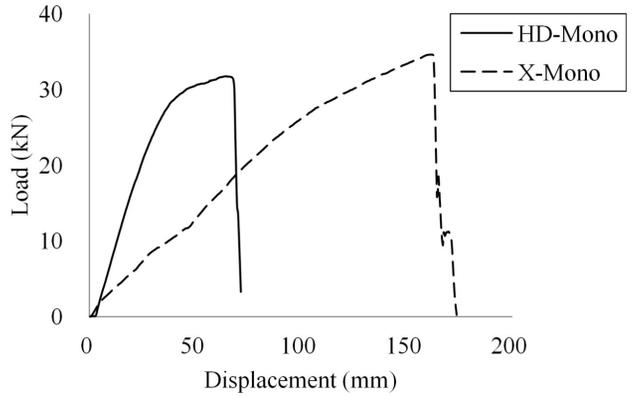
▲ ⑤ X系統剪力牆之X-one和X-Base金屬緊固件



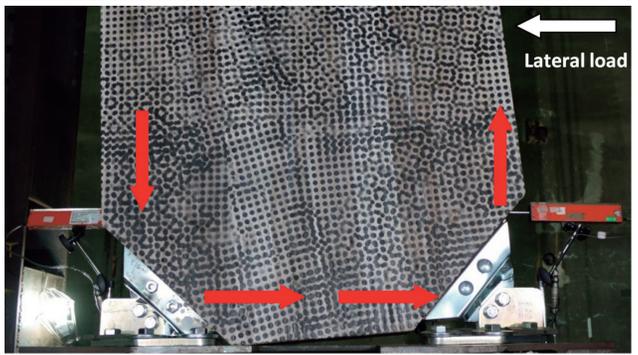
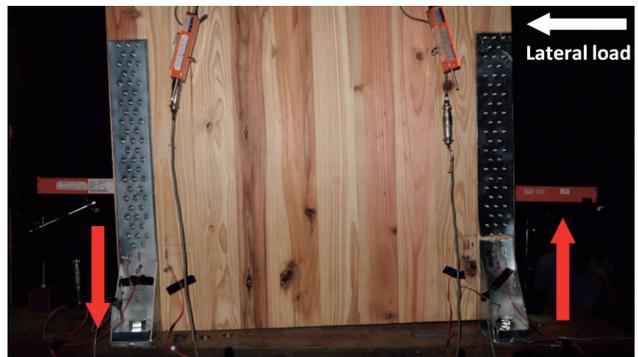
▲ ⑥ CLT裁切與X系統金屬緊固件示意圖

側之抬升，造成金屬緊固件受力破壞。HD系統CLT剪力牆破壞位置為WHT 620加極板至第一組螺釘之間，對牆鋼板延展後頸縮並沿第一排螺釘孔位置橫向斷裂，所有螺釘並無抽出或破壞CLT，此破壞模式與Polastri *et al.* (2019) 抗拉試驗結果相同，但是水平載重除了形成固定點之垂直力，其偏心的固定方式（僅正面安裝HD金屬緊固件）亦造成WHT620產生厚度方向位移（圖⑩左）。X系統CLT剪力牆之水平載重初期抗拉側之載重集中於對牆之X-one，當包覆鋼板逐漸壓潰內部LVL後，對基礎（X-Base）無螺栓側隨著水平載重增加而逐漸彎曲，剛性（斜率）有提高的趨勢。水平載重位移為160.5mm之載重為34.59kN，X-one之上部螺釘組螺釘之釘頭拉拔破壞；水平載重位移為166.4mm之載重為18.54kN，中部螺釘組之螺釘破壞依然維持水平載重（圖⑩右）；水平載重位移為170.7mm之載重為10.82 kN，其後則完全失去載重能力。

反覆水平載重試驗中，反覆載重為模擬地震發生時之牆體表現，試驗結果顯示單一水平載重之CLT剪力牆並無明顯厚度方向位移，經過反覆水平載重則產生較多厚度方向位移，HD系統CLT剪力牆單一水平載重厚度方向位移為2mm，反覆水平載重為33mm，反覆水平載重亦造成金屬緊固件挫曲，其破壞位置有下降的趨勢，水平載



⑦ 二種系統剪力牆之單一水平載重與位移



⑧  
—  
⑨  
—  
⑩

- ⑧ HD系統CLT剪力牆之水平和垂直傳力模式
- ⑨ X系統CLT剪力牆之水平和垂直傳力模式
- ⑩ 二種系統金屬緊固件受單一水平載重之破壞模式



⑪ HD金屬緊固件拆除後之CLT與螺釘



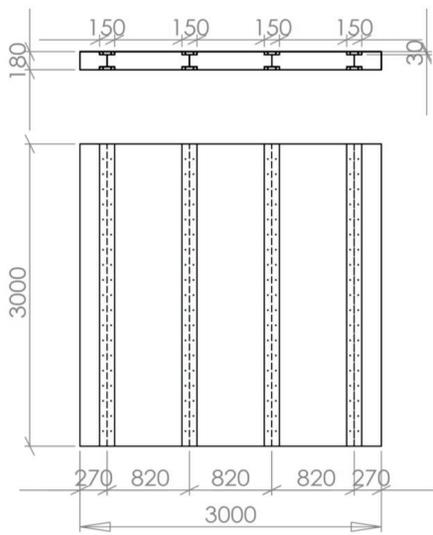
⑫ X系統反覆水平載重金屬緊固件破壞模式

重試驗後之CLT並無損壞，而且螺釘可以輕易拆除（圖⑪）。X系統CLT剪力牆方面，反覆水平載重正循環和負循環皆造成X系統金屬緊固件之X-one內LVL壓潰，X-Base則隨載重方向產生彎曲或復原（圖⑫），X系統CLT剪力牆單一水平載重厚度方向位移為4mm，反覆水平載重為11mm。X系統金屬緊固件之破壞模式相對於HD系統金屬緊固件穩定，具有較大的位移容許能力，當LVL與螺釘尚未破壞前，可以更換彎曲之X-Base部件即可復原剪力牆。

凡是提起木構造建築，國人最在乎的就是火災問題，本團隊於內政部建築研究所防火實驗中心進行國產材柳杉CLT承重牆之燃燒試驗，承重牆尺寸為 $3,000 \times 3,000 \text{ mm}^2$ ，CLT組合與束制框架安裝方式如圖⑬所示，並依據CNS 12514-1 (2014) 升溫曲線進行60分鐘之燃燒試驗。燃燒試驗期間，牆體背火側之溫度並無明顯提升，而且沒有明火竄出，圖⑭為試驗完成後之火場內部與CLT牆體碳化表面，國產材CLT有效抵擋火勢並通過額定載重壓力下，牆體仍維持完整性。

## 國產材之應用

木材特有的氣質、創新多變的使用設計，一直以來吸引許多目光，許多人嚮往住在木屋裡，感受樹木並置身木材環繞中，具備天然、舒適與溫暖，是我們一如既往的認知。多數國人希望身邊存在一處天然且溫暖的依靠，即使裝潢價格較高，不那麼冰冷的木質地板，沒有那麼多塑膠質感的木質傢俱，選擇木材產品甚至能夠替減緩溫室氣體盡一份心力，木材已然是人們身邊不可缺少的材料。尤其國內木材市場需求具有相當規模，王義仲（2011）之臺灣進口木材來源與市場偏好研究結果顯示，臺灣生產或銷售木製品廠商中，58%以上完全使用進口木材，34%部分使用國產材，8%完全使用國產材，臺灣對於木材產品使用量大，有鑑於各國重視木質材料永續經營，降低進口木材的依賴與提升木材自給率，國產材之生產與利用應妥善規劃。陳勁豪等（2007）研究早已顯示，使用經過永續森林認證之木材與提高國內木材自給率，已經是國際利用森林資源之趨勢，使用木材產品具有固碳的效



⑬ CLT承重牆組合與燃燒試驗裝置



⑭ CLT承重牆之面火側實照

益，減緩二氧化碳回到大氣之碳循環速度，更可減少非法木材流通且有助於環境保護與全球暖化問題。

因此，生產國產材具有循環利用、減少碳足跡、環境友善、促進林農生計等，讓在地環境與人民都有正面回饋，並且區隔合法和非法木材來源，隨著國內林業政策推動使用國產木材，當運輸受到外在因素影響時，各國皆以提高木材自給率為目標，過去國產材多以客制化為主，下訂至取得必須花費長久時間等待，然而亦有林木伐採後都乏人問津的情形，為了提振國內木材使用，農委會林務局規劃階段目標，由國產材的市場、品質和產量三階段進行規劃，提高消費者使用國產材的意願，從小量、穩定並產銷資訊公開透明開始，縮減消費者下訂至取得產品的時間，提高市場接受度。品質與產量方面，目前農委會林務局已公布5家取得CAS驗證之林產品業者，分布於臺灣北、中、南、東部地區，常態備料100立方公尺以上。林務局建議使用通過CAS驗證的規格材，不論用在建築、裝潢、歷史建物的整建、治山防洪工程，或是傢俱、家飾、手作材料等，都可

方便取得並安心使用。參與驗證之CAS木材生產者亦指出，當國產材依照規格生產，林地即可分徑級與分切原木，讓木材最大化使用並減少客製化的時間與人力成本，取得林木產量資料，當市場資料完善後，可以讓供需預期更精確。

多年前到訪迄今1,300餘年的日本法隆寺，環抱不了的木材圓柱，是阿里山神木級的檜木，來自四分之一圓的傳統技術，不包含木材髓心避免開裂，在木材呼吸伸展下，仍保持完美外觀，直到需抽換維護時，已找不到相同規格徑級的木材。在現代工程木材技術下，利用預開溝的方式，讓小徑級原木釋放內部應力，透過科學的方式已能有效利用每一支木材，雖然大型的原木建築已經越來越少，但是由集成材和直交集成板所帶領的木構造建築已經悄悄呈現在國人眼前，是穩定的、可設計的、強度可信賴的、品質均一的工程木材產品。🌲

(參考文獻請逕洽作者)