

國產造林木材 應用於木構造建築



國產造林木材應用於木構造建築

目 次

一、前言.....	1
二、木構造建築之環境效益	2
(一) 木材利用之節能、減碳效果.....	2
(二) 木材利用之碳貯藏 (固定) 效果.....	3
(三) 木材利用之石化燃料替代效果.....	3
(四) 木構造建築在減碳、固碳之效果.....	4
三、國產造林木材在木構造應用之結構特性	6
(一) 製材.....	6
(二) 集成材.....	12
四、木構造建築之耐震性	20
(一) 建築物耐震性設計要件.....	20
(二) 對地震力之檢討 (地震力之計算)	25
(三) 風壓力之設計 (風壓力之計算)	25
(四) N 值之計算法	26
五、木構造建築之健康效益	35
(一) 濕度調節功能.....	35
(二) 木材之熱特性.....	36
(三) 嗅覺特性.....	37
(四) 視覺特性.....	38
(五) 聽覺特性.....	39
(六) 觸覺特性.....	41
(七) 木質地板可抑制蟎類之繁殖.....	42

II 國產造林木材應用於木構造建築

(八) 地板之滑動性	42
(九) 住宅內氫 (Rn) 之擴散量	43
六、木構造建築之生物防治措施	45
(一) 影響建築物耐久性之要因	45
(二) 防腐工法	46
七、木構造建築之防火措施	48
(一) 木構造建築物防火規劃基本原則	48
(二) 木構造防火設計	48

一、前言

IPCC 於 2013 年 9 月 27 日發表「2013 年氣候變化」報告，指出如今科學家比過去更確信地球暖化是人類活動所造成，尤其主要因為燃燒石化燃料、煤炭及森林被破壞。因此減少使用石化原料，並擴大森林面積及增加單位森林面積之林木蓄積量，為減緩地球暖化之重要手段。

近年來天然林禁伐，木材之來源係以永續經營之人工林所生產者為主。人工林須於最大生長過後，於適當時期，在適當地點作計畫性的收穫（伐採），再造林，即一般所稱之永續經營，從植林、育林、收穫、製造（加工）利用，解體廢棄，再造林整個流程需永續進行，如木材不使用，亦不進行疏伐作業，其綠循環（栽植→撫育→利用→栽植）之平衡會崩壞，森林亦會荒廢掉。收穫所得木材可供作建築材料之樑、柱、桁木、裝修材及家具用材使用。

面臨低碳社會的來臨，國際間已有地產地消之作法，其是地域產品在地域內消費。在日本已推動以都、道、府、縣產為單位，在行政上以「○○道產材」進行產地驗證。

國內正推動國產材產地證明制度，期望能與國際間之森林認證機構 FSC 或 PEFC 或 SFI 等相接軌。有關地產地消之「地域」定義，依美國之建築物（大樓）之環境性能評價系統之 LEED（Leadership in Energy and Environmental Design），對於地域資源定義為「在 500 miles 以內所生產、收穫、再生、加工製造之資材」。依此觀點，國內之國產材地產地消係可視為同一「地域」範圍。

日本為促進國產材之利用，已在東京都港區以二氧化碳削減為主軸，期能實現低碳社會制度，實施稱為「港區模式二氧化碳固定驗證制度」，具體來說此係對於在建築物內所使用國產材量可固定相當之 CO₂ 量（碳隔離，將木材中所涵存碳隔離出大氣中 CO₂ 循環系之外）加以驗證，保證林木伐採後係會再造林之自治體所生產木材之利用的協定為其特徵。此作法值得國內參考推動。

二、木構造建築之環境效益

(一) 木材利用之節能、減碳效果

木材製品如紙漿蒸解、木質板材類之熱壓、製材之人工乾燥等全部均在 200℃以下溫度即可完成。其比起需以 1000℃才能製造之鐵、水泥或陶瓷等製品，或需以 800℃溫度之塑膠，很明顯的木材製品係省能源材料。

如利用木質材料以取代那些高耗能材料時，其所消耗的能源之差的部分即可削減二氧化碳 (CO₂) 排放的部分，此可稱為木材利用之「減碳 (省能源)」效果。如表 1、2 所示。

表 1、各種木質材料生產過程之 CO₂ 排出量 (kg-CO₂/m³)

產品種類	材料 密度 Kg/m ³	原料 生產	運輸	製造工程					流通	合計
				製材	熱壓	天乾	人乾	防腐		
原木	450	27.3	39.6							66.9
製材	天乾	450	27.3	39.6	52.0		-		11.0	129.9
	人乾	450	27.3	39.6	52.0		34.9		11.0	164.8
	人乾	800	27.3	39.6	52.0		227.1		11.0	357.0
熱處理製材	450	27.3	39.6	52.0		101.4			11.0	213.3
防腐製材	450	27.3	39.6	52.0			34.9	1.8	11.0	166.6
合板，單板層積材	550	27.3	39.6	91.6					11.0	169.5
化粧單板貼面合板	550	27.3	39.6	91.6+	18.1				11.0	187.6
集成材 (冷壓)	550	27.3	39.6	52.0			34.9		11.0	164.8
集成材 (熱壓)	550	27.3	39.6	52.0	202		34.9		11.0	366.8
防腐集成材 (冷壓)	550	27.3	39.6	52.0			34.9	1.8	11.0	166.6
木製品	550	27.3	39.6	134.3			34.9		11.0	247.1
木製家具	650	27.3	39.6	246.4			131		11.0	455.3
粒片板	650		51.5		734				19.9	805.4
OSB	650	27.3	51.5		115.6				19.9	214.3
複合木質地板	650	27.3	39.6	91.6	256.5				11.0	426.0

註：(1)木材、集成材、合板之固碳率各為 50%、45%、45%。

(2)木材乾燥及集成材、合板加熱時熱源之燃料均為木材廢料，其為碳中性。

表 2、橫架材與被覆材以木質材料取代鋼材之 CO₂ 削減量

木質材料	棟樑材(每 1m)		大斷面樑(每 1m)		被覆材(每 1m ²)	
項目	鋼材 BP200/19	木材 300×50 mm	鋼材 310UB40	大斷面集成材 550×135 mm	鋼材 0.5 mm	合板 12 mm
密度(kg/m ³)		450		550		550
重量(kg)	5.6	6.75	40.0	40.8	4.7	6.6
CO ₂ 排放量(kg)	14.3	2.5	102.8	19.7	12.1	2.0
CO ₂ 固定量(kg)	0	12.4	0	67.4	0	10.9
CO ₂ 排放量 - CO ₂ 固定量(kg)	14.3	-9.9	102.8	-47.7	12.1	-8.9
鋼材與木質材料 之 CO ₂ 排放量之 差(kg)	24.2		150.5		21.0	
以木質材料取代 鋼材之 CO ₂ 削減 量(kg/kg)	4.3		3.8		4.5	

(二) 木材利用之碳貯藏 (固定) 效果

在煤炭火力發電廠等之 CO₂ 隔離已成為話題，但其只是不會使大氣中之 CO₂ 增加，並非是減少 CO₂ 量。若將循環之木材碳隔離在大氣碳循環系之外，具體的來說，使在建築物等木材製品貯藏量增加，係可使 CO₂ 純減，此可稱為木材利用之「碳貯藏 (固定)」效果。此係因木材內部涵存有 50%碳之故。木材構成元素為 50%碳 (c) · 43%氧 (O₂) · 6%氫 (H₂) 及 1%之 20 數種微量元素。因此增加木構造建築、室內裝修木材量，木質家具等均會增加碳貯藏量。

此可由表 3 看出，各種木質材料由生產過程所排放 CO₂ 量減去各材料固定 CO₂ 量，即產品碳足跡其均為負值，為 -458.8kg -CO₂/m³ ~ -1,111.0 kg -CO₂/m³。此意味著木質材料均為碳貯藏 (固定) 型材料。而其他鋼材、鋁、混凝土、鋼筋混凝土均為正值，此意味著其均為碳排放型材料。

(三) 木材利用之石化燃料替代效果

木材生質能當作能源使用、可以減少石化燃料之使用。木材燃燒時，其熱值雖只有燃料油之 1/4，即 1 公噸木材燃燒熱值相當於 0.279 公噸燃料油。但其排放

4 國產造林木材應用於木構造建築

全 CO₂ 量 66.4kg，只為燃料油 1,023kg 之 6.5%而已，而且又是碳中性。可說是減緩地球暖化之有效方法之一。

表 3、各種木質材料之碳足跡

產品種類		密度 kg/m ³	生產過程排放 CO ₂ 量 kg-CO ₂ /m ³	產品固定 CO ₂ 量 kg-CO ₂ /m ³	產品碳足跡 kg-CO ₂ /m ³
原木 ⁽¹⁾		450	66.9	825.8	-758.9
製材	天乾 ⁽¹⁾	450	129.9	825.8	-695.9
	人乾 ⁽¹⁾	450	164.8	825.8	-661.0
	人乾 ⁽¹⁾	800	357.0	1468.0	-1,111.0
熱處理製材		450	213.3	825.8	-612.51
防腐製材 ⁽¹⁾		450	166.6	825.8	-659.2
合板 ⁽²⁾ 單板層積材 ⁽²⁾		550	169.5	908.3	-738.8
化粧單板 ⁽²⁾ 貼面合板		550	187.6	908.3	-720.7
集成材 (冷壓) ⁽²⁾		550	164.8	908.3	-743.5
集成材 (熱壓) ⁽²⁾		550	366.8	908.3	-541.5
防腐集成材 (冷壓) ⁽²⁾		550	166.6	908.3	-741.7
粒片板 ⁽³⁾		650	805.4	1192.8	-387.4
OSB ⁽³⁾		650	214.3	1192.8	-978.5
木製品 ⁽¹⁾		650	247.1	1192.8	-945.7
複合木質地板 ⁽¹⁾		650	426.0	1192.8	-766.8
木製家具 ⁽¹⁾		650	455.3	1192.8	-737.5
鋼材		7600	19,524.4	0	19,524.4
鋁		2530	80,740.0	0	80,740.0
混凝土		2400	440.4	0	440.4
鋼筋混凝土		0	667.9	0	667.9

註：(1)、(2)、(3)之產品的固碳率各為 50%、45%、及 40%。

熱源之燃料：木廢料為碳中性。重油每公秉 (1,000L) 燃燒會排放 2950kg-CO₂，消耗 1 度電 (1Kwh) 會排放 0.532 kg-CO₂。

(四) 木構造建築在減碳、固碳之效果

就國內三種木構造建築與鋼筋混凝土造 (RC)，及輕鋼骨構造 (SC) 等之木質材料使用量，CO₂ 排放量及 CO₂ 固定量，如表 4 所示。可看出木構造建築之每

單位建築面積之木質材料使用量為 $0.2125 \text{ m}^3/\text{m}^2$ ，而 CO_2 排放量為 $55.03 \text{ kg}/\text{m}^2$ 。所使用木質材料（製材、合板及其他）數量雖較多，但其排放之 CO_2 量係較少，只佔全部之 16.90%，而所使用之非木質材料（包含混凝土及鋼筋等）量雖較少，但所排放 CO_2 量卻較多，佔 83.10%。如圖 1。

表 4、不同建築型式之單位面積之木質材料使用量， CO_2 排放量及固定量

建築工法		木質材料使用量 m^3/m^2	CO_2 排放量 kg/m^2	CO_2 固定量 kg/m^2
木構造建築	框組壁工法	0.2012	61.06	184.60
	柱樑工法	0.2014	50.83	184.78
	原木層疊工法	0.2351	53.21	215.70
	平均值	0.2125	55.03	195.03
非木構造建築	鋼筋混凝土造（RC）	0.020	236.12	18.35
	鋼骨構造（SC）	0.020	154.11	18.35



圖 1、地板面積 136m² 住宅構成材料生產時之 CO_2 排放量

RC 造及 SC 造建築之 CO_2 排放量各為 $236.12 \text{ kg}/\text{m}^2$ 及 $154.11 \text{ kg}/\text{m}^2$ ，其各為木構造建築之 $55.03 \text{ kg}/\text{m}^2$ 之 4.29 倍及 2.80 倍。

6 國產造林木材應用於木構造建築

如建築面積為 136 m^2 (約 40 建坪) 計算，則每棟木構造建築使用 28.9 m^3 木質材料，其 CO_2 排放量為 7.484 公噸，RC 造建築 32.112 公噸，SC 造建築 20.959 公噸。而木構造建築可固定 (相當隔離碳量) CO_2 量為 26.524 公噸，RC 造及 SC 造建築各為 2.495 公噸。

若以木構造建築取代 RC 造或 SC 造建築時，其削減 CO_2 排放量可由下式算出

$$\begin{aligned} \text{削減 } \text{CO}_2 \text{ 排放量} &= \text{RC 造或 SC 造之 } \text{CO}_2 \text{ 排放量} - \text{木構造建築 } \text{CO}_2 \text{ 排放量} \\ &\quad + \text{木構造建築 } \text{CO}_2 \text{ 固定量}。 \end{aligned}$$

木構造建築取代 RC 造建築時，削減 CO_2 排放量為

$$32.112 - 7.484 + 26.524 = 51.152 \text{ 公噸}。$$

木構造建築取代 SC 造建築時，削減 CO_2 排放量為

$$20.959 - 7.484 + 26.524 = 39.999 \text{ 公噸}。$$

三、國產造林木材在木構造應用之結構特性

(一) 製材

1、常用樹種分類

適用於「木構造建築物設計及施工技術規範」以下簡稱為「本規範」之結構用木材常用樹種分類，國產扁柏列在針葉樹 II 類，柳杉、杉木及台灣杉列在針葉樹 IV 類。如表 5 所示。

2、木材纖維方向之容許應力

依「本規範」，木材纖維方向之容許應力區分成

(1) 普通結構材，如表 6，及(2)上等結構材，如表 7 所示。

(2) 上等結構材

表 5、常用樹種分類

針闊葉樹別	類別	樹種
針葉樹	I 類	花旗松、俄國落葉松
	II 類	羅漢柏、扁柏、羅森檜、南方松 ⁽¹⁾
	III 類	赤松、黑松、落葉松、鐵杉、北美鐵杉、南方松 ⁽¹⁾ 、世界爺
	IV 類	冷杉、蝦夷松、椴松、朝鮮松、柳杉、西部側柏、雲杉、杉木、台灣杉、放射松
闊葉樹	I 類	檉木
	II 類	栗木、櫟木 ⁽²⁾ 、山毛櫟 ⁽²⁾ 、櫟木、油脂木、冰片樹、硬槭木
	III 類	柳桉

註：(1)硬木類之南方松歸屬 II 類，軟木類之南方松歸屬 III 類

(2)櫟木、山毛櫟之平均年輪寬在 1 mm 以上。

表 6、普通結構材纖維方向之容許應力

(單位：kgf/cm²)

樹種		長期容許應力				短期容許應力 sf
		Lf _c	Lf _t	Lf _b	Lf _s	
針葉樹	I 類	75	55	95	8	長期容許應力之 2 倍
	II 類	70	55	90	7	
	III 類	65	50	85	7	
	IV 類	60	45	75	6	
闊葉樹	I 類	90	80	130	14	
	II 類	70	60	100	10	
	III 類	70	50	90	6	

註：氣乾比重在 0.3 以下之柳杉、杉木、台灣杉取表中之值的 70%。

(a) 針葉樹纖維方向之容許應力，依表 7。

(b) CNS 444 闊葉樹製材分等列為上等材料且無闊葉樹特有缺點（脆心材等）之樹種，取表 6 中所對應樹種之值的 1.25 倍。

8 國產造林木材應用於木構造建築

表 7、上等結構材 (針葉樹) 纖維方向之容許應力

(單位 : kgf/cm²)

樹種		長期容許應力				短期容許應力 s_f
		Lf_c	Lf_t	Lf_b	Lf_s	
針 葉 樹	I 類	90	65	120	10	長期容許應力之 2 倍
	II 類	85	65	110	9	
	III 類	80	60	105	9	
	IV 類	75	55	95	7	

(3) 木材纖維方向之容許應力之誘導

以往之設計規範，係將針葉樹區分成兩類樹種群，但框組壁工法構造用製材標準制定後，為與北美產樹種群相整合，將針葉樹區分成四類樹種，而闊葉樹區分成三類樹種。

容許應力之誘導方法，基本上係以無缺點小試體之試驗所得之基準強度，如表 8 為基礎。

表 8、樹種群之基準強度值

(單位 : kgf/cm²)

樹種		抗壓強度	抗彎強度	抗剪強度	彈性模數($\times 10^3$)
針 葉 樹	I 類	450	800	90	100
	II 類	425	750	80	90
	III 類	400	700	80	80
	IV 類	350	650	70	70
闊 葉 樹	I 類	550	1100	160	100
	II 類	430	850	110	80
	III 類	410	750	70	70

結構設計之方針，係在短期應力時，木材之變形不會急增是必要的，因此，容許應力，係大概取其比例限度應力。又，對於長期載重係木材不會破壞為必要的，因此，作為容許應力，係取其潛變限度。即

$${}_sf = {}_oF \times \frac{2}{3} \times \alpha \quad (1)$$

$${}_Lf = \beta \cdot {}_sf \quad (2)$$

式中， ${}_sf$ ：短期容許應力

${}_Lf$ ：長期容許應力

${}_oF$ ：對於無缺點木材之樹種群之基準強度，乘上變異係數 $4/5$ 後所得值。

$\frac{2}{3}$ ：在壓縮、抗彎試驗為比例限度，對破壞強度之比例。抗張、抗剪係具有破壞強度之 $2/3$ 意味之係數，可考慮為對於破壞是具有 1.5 之安全率。

α ：缺點所引起的減低係數。

β ：長期強度對於短期強度之比。

而缺點所引起減低係數 α 係為節引起者之 kk ，弧邊引起者之 kw ，及纖維走向（木理走向）之傾斜引起者之 kg 的相乘積，即 $\alpha = kk \cdot kw \cdot kg$ 。在本規範，係取實體試體強度對無缺點小試體強度之比，即強度比。

依據以往試驗結果，普通結構材之減低係數 α 值，對於抗彎與壓縮應力係各取 0.45 及 0.62 。又，對於抗剪應力，是假想因割裂會發生在木材厚度之中央部位，而分成兩部分狀態，而取 0.5 。

上等結構材之 α 值，對於抗彎與壓縮應力，係各取 0.56 及 0.75 ，對於抗剪應力 α 值係與普通結構材取相同之 0.5 ，但作為 ${}_oF$ 值，係取基準強度之平均值，其結果抗剪容許應力會較普通結構材為高。

3、木材纖維垂直方向之容許壓縮應力

(1) 木材纖維垂直方向之容許壓縮（壓陷）應力，依表 9 之值。

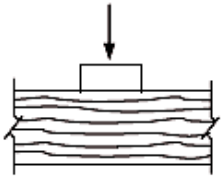
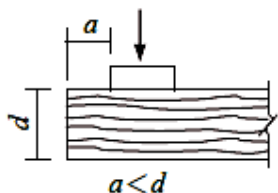
(2) 不同施力狀態下，容許部份壓縮應力之調整係數依表 10 之規定。

表 9、木材纖維垂直方向之容許壓縮應力

(單位：kgf/cm²)

樹種		長期容許應力		短期容許應力 s_f
		容許部分壓縮 (壓陷) 應力 $f_{c\perp}$	容許全面壓縮應力 $f_{c\perp}$	
針葉樹	I 類	30	9.5	長期容許應力之 2 倍
	II 類	25	9.0	
	III 類	25	8.0	
	IV 類	20	7.5	
闊葉樹	I 類	40	18	
	II 類	35	14	
	III 類	30	14	

表 10、木材纖維垂直方向容許部分壓縮 (壓陷) 應力之調整係數

樹 種	容許部分壓縮 (壓陷) 應力之調整係數	
針葉樹	1.00	0.80
闊葉樹	1.00	0.75
施力狀態	(a) 木材中間部分之壓陷 	(b) 木材端部之壓陷 

在木材纖維垂直方向之壓陷應力係不會受缺點之影響，因此容許壓陷應力係以氣乾狀態之無缺點小試體所得比例限度為基礎，將缺點所引起之減低係數定為 1.0。此結果是取在纖維方向之容許壓縮應力，乘上與施力狀態相對應係數，所得之值，而會比以往之值為大之值。

容許全面壓縮應力係在纖維方向之容許壓縮應力，乘上 0.125 (針葉樹) · 0.20 (闊葉樹) 之係數而得值。

4、抗剪

如表 6 及表 7 所示之值，係不會像合掌末端會隨著缺口，或乾裂之木材為對象者。因此，對於沒有缺口等，且不會顯著的發生乾裂之木材可取表 6 及表 7 之值的 1.5 倍。

5、壓陷

在發生稍許之壓陷亦沒關係之部分，例如在地檻材與柱之接合處，增額至容許壓陷應力之 50%亦可。另外，在變形較為重要之結構部位，例如屋架樑 (truss) 與斜撐材之接合處等，取容許應力以下之應力為宜。又在弦徑切面時之壓陷比例限度會得到較低之實驗值，所以取其 2/3 之值。

6、非破壞性檢測求得木材之容許應力

表 11、使用抗彎彈性模數誘導之容許應力之例 (柳杉正角材)

(單位： kgf/cm²)

抗彎彈性模數 MOE(10 ³)	長期容許應力					
	Lf _c	Lf _t	Lf _b	Lf _s	Lf' _c ⊥	Lf _c ⊥
50	50	37	62	6	20	7.5
60	58	44	73	6	20	7.5
70	67	50	84	6	20	7.5
80	76	57	95	7	20	7.5
90	85	64	106	7	20	7.5
100	94	70	117	7	20	7.5
110	102	77	128	7	20	7.5

又，所生產之木材之材質有可能會變動時，施加以上述方法分配之容許應力之 3 倍，相當載重之承載進行確認該製材品是不會破壞之保證載重試驗 (Proof loading test) 是必要的。又，同時，在每一定數量之製材品時，抽出樣本進行破壞試驗，必要相對應的加上變更迴歸直線等亦是重要的。

7、木材纖維方向之彈性模數

木材纖維方向之彈性模數，取表 12 所示之值。但主要構材若單獨使用或重視剛性之構材，在計算變形時，其 MOE_l 值取表 12 所示值之 80%。另外，以分等機械設備（grading machine）實測彈性模數時，得使用其量測值。

表 12、木材纖維方向之彈性模數

（單位： 10^3kgf/cm^2 ）

樹種		MOE_l	
		普通結構材	上等結構材
針 葉 樹	I 類	100	110
	II 類	90	100
	III 類	80	90
	IV 類	70	80
闊 葉 樹	I 類	100	110
	II 類	80	90
	III 類	70	80

註：氣乾比重在 0.3 以下之柳杉、杉木、台灣杉取表中之值的 70%。

木材之彈性模數是同一樹種亦與強度一樣含有廣範圍之分布。表 12 之值係構成樹種群之各個樹種的彈性模數之平均值之中，表示最低之值者。因此，一般之地板樑可取表 12 值，但以單獨支撐載重之木材，或在剛性或變形在使用上會成為特別重要之要素的構材，是考慮最小值，即建議取表 12 值之 80% 為宜。

（二）集成材

1、結構用集成材樹種分類

適用於「木構造建築設計及施工技術規範」以下簡稱為「本規範」之結構用集成材，依樹種分類，區分成 6 類，國產材之柳杉、杉木、台灣杉歸納在 6 類，與西部側柏等同類。如表 13 所示。

表 13、結構用集成材之樹種分類

樹種分類	樹種
1	硬槭木、樺木、山毛櫸、櫟木、櫟木、油脂木或具同等強度之樹種
2	光臘樹、榆樹或具同等強度之樹種
3	扁柏、花柏、落葉松、日本赤松、日本黑松、羅森檜、南方松、花旗松或具同等強度之樹種
4	鐵杉、阿拉斯加扁柏、鉛筆柏、放射松或具同等強度之樹種
5	冷杉、雲杉、柱松、黃松、歐洲赤松、柳桉或具同等強度之樹種
6	柳杉、台灣杉、杉木、西部側柏或具同等強度之樹種

2、結構用集成材之容許應力

(1) 纖維方向之容許應力

結構用集成材纖維方向容許應力，依表 14、表 16 至表 17 之規定。

(2) 纖維垂直方向之容許壓陷應力

結構用集成材纖維垂直方向之容許壓陷應力，依表 15 之規定。

(3) 纖維傾斜方向之容許壓應力

結構用集成材纖維傾斜方向之容許壓陷應力，施力方向與纖維方向之角度 θ 為 0° 至 10° 時，取表 16 之 L_{fc} 值； θ 為 70° 至 90° 時，取表 15 之值； θ 為 10° 至 70° 間取直線內插之值。

(4) 纖維垂直方向之容許拉應力

結構用集成材纖維垂直方向之容許拉應力，取表 14 之 L_{fsx-x} 值的 $1/3$ 。

3、結構用集成材之彈性模數與潛變

(1) 纖維方向之彈性模數

結構用集成材纖維方向之彈性模數取表 16、表 17 及表 18 之值。另外，集成材之彈性模數亦可使用其實測值，或從各層集成元之實測值計算求得。

表 14、結構用集成材纖維方向之容許剪斷應力

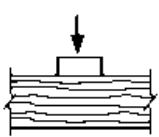
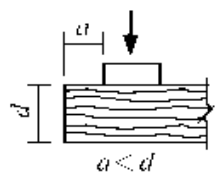
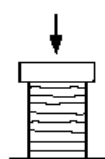
(單位：kgf/cm²)

樹種分類	長期容許剪斷應力 Lf_s		短期容許剪斷應力 sfs
	$Lf_{Sx-x}^{(1)}$	$Lf_{Sy-y}^{(1)}$	
1	16	14	長期容許應力之 2 倍
2	14	12	
3	12	10	
4	11	9	
5	10	8	
6	10	7	

註：(1)x-x 軸指載重方向或撓曲方向與層積面垂直時，y-y 軸為平行時。

表 15、結構用集成材纖維垂直方向之容許壓陷應力

(單位：kgf/cm²)

樹種分類	長期容許壓陷應力 $Lf_{c\perp}$			短期容許壓陷應力 $sfc_{\perp}$
	容許壓陷應力 $Lf_{c\perp}$		容許壓應力 $Lf_{c\perp}$	
	(a)在構材中間之壓陷	(b)在構材端部之壓陷	(c)全面壓縮	
		 1. $d \geq 100 \text{ mm}$ $a \leq 100 \text{ mm}$ 2. $d < 100 \text{ mm}$ $a \leq d$		
1	36	27	14	長期容許應力之 2 倍。
2	32	24	13	
3	27	22	10	
4	25	20	9	
5	22	17	8	
6	20	16	7	

(2) 纖維垂直方向之彈性模數

結構用集成材纖維垂直方向之彈性模數，取表 16、表 17 及表 18 之 $E_{//y-y}$ 值的 $1/25$ 。

(3) 剪斷彈性模數

結構用集成材之剪斷彈性模數，取表 16、表 17 及表 18 之 $E_{//y-y}$ 值的 $1/15$ 。

(4) 潛變

結構用集成材之潛變變形得比照木材（普通結構材及上等結構材）之處理方式。

表 16、結對稱異等級結構用集成材之長期容許應力及彈性模數

強度等級	長期容許應力 (kgf/cm ²)				彈性模數 $E_{//x-x}$ (10 ³ kgf/cm ²)	彈性模數 $E_{//y-y}$ (10 ³ kgf/cm ²)
	f_c	f_t	f_{bx-x}	f_{by-y}		
E170-F495	125	110	165	118	170	155
E150-F435	110	95	145	102	150	135
E135-F375	100	85	125	92	135	120
E120-F330	85	75	110	80	120	110
E105-F300	75	65	100	72	105	95
E95-F270	70	60	90	68	95	85
E85-F255	65	55	85	60	85	75
E75-F240	60	50	80	52	75	65
E65-F225	55	45	75	50	65	60

註：長期容許應力之值係用於厚度 30 公分以下之集成材；厚度超過 30 公分之集成材，需將表中數值乘上尺寸調整係數 (30/厚度) $1/9$ 求得容許應力值。(厚度單位：cm)

表 17、非對稱異等級結構用集成材之長期容許應力及彈性模數

強度等級	長期容許應力 (kgf/cm ²)						彈性模數 E _{// x-x} (10 ³ kgf/cm ²)	彈性模數 E _{//y-y} (10 ³ kgf/cm ²)
	Lf _c	Lf _t	正彎曲		負彎曲			
			Lf _{bx-x}	Lf _{y-y}	Lf _{bx-x}	Lf _{by-y}		
E160-F480	120	105	160	106	115	106	160	145
E140-F420	105	90	140	90	95	90	140	130
E125-F360	95	80	120	80	85	80	125	115
E110-F315	80	70	105	72	80	72	110	100
E100-F285	75	60	95	64	75	64	100	90
E90-F255	70	60	85	60	70	60	90	80
E80-F240	60	50	80	50	65	50	80	70
E70-F225	55	45	75	46	60	46	70	60
E60-F210	50	45	70	44	55	44	60	55

註：(1)長期容許應力之值係用於厚度 30 公分以下之集成材；厚度超過 30 公分之集成材，需將表中數值乘上尺寸調整係數 (30/厚度) 1/9 求得容許應力值。(厚度單位：cm)

(2)正彎曲係指將彈性模數較大之集成元置於拉伸側；負彎曲則指將彈性模數較大之集成元置於壓縮側。

表 18、同等級結構用集成材之長期容許應力及彈性模數

集成元 層積數	強度等級	長期容許應力(kgf/cm ²)			彈性模數 E _{// x-x} 及 E _{// y-y} (10 ³ kgf/cm ²)
		L _f c	L _f t	L _f b	
4 以上	E190-F615	165	145	205	190
	E170-F540	150	130	180	170
	E150-F465	130	115	155	150
	E135-F405	110	95	135	135
	E120-F375	100	85	125	120
	E105-F345	95	80	115	105
	E95-F315	85	75	105	95
	E85-F300	80	70	100	85
	E75-F270	75	65	90	75
	E65-F255	70	60	85	65

集成元 層積數	強度等級	長期容許應力(kgf/cm ²)			彈性模數 E _{//x-x} 及 E _{//y-y} (10 ³ kgf/cm ²)
		f _c	f _t	f _b	
3	E190-F555	150	145	185	190
	E170-F495	135	130	165	170
	E150-F435	120	115	145	150
	E135-F375	100	95	125	135
	E120-F330	90	85	110	120
	E105-F300	85	80	100	105
	E95-F285	80	75	95	95
	E85-F270	75	70	90	85
	E75-F255	65	65	85	75
	E65-F240	60	60	80	65
2	E190-F510	150	145	170	190
	E170-F450	135	130	150	170
	E150-F390	120	115	130	150
	E135-F345	100	95	115	135
	E120-F300	90	85	100	120
	E105-F285	85	80	95	105
	E95-F270	80	75	90	95
	E85-F255	75	70	85	85
	E75-F240	65	65	80	75
	E65-F225	60	60	75	65

註：長期容許應力之值係用於厚度 30 公分以下之集成材；厚度超過 30 公分之集成材，需將表中數值乘上尺寸調整係數(30/厚度)1/9 求得容許應力值。(厚度單位：cm)。

4、國產造林木應用於結構用集成材之開發

結構用集成材是採用小尺寸製材透過分等、配置、膠合層積、形成具有工程應用特性之材料，且無大徑原木之乾燥劈裂變形等缺點，當大徑原木匱乏時，尤能取代而成為重要之工程材料。結構用集成材於製造時具有尺寸不受限、天然缺點可分散、曲率可設定等多種一般實木不易達成之優點，尤其是品質均一性及強度等性質又較相同樹種之製材品為優，是值得在台灣開發製造之一結構用木質產

品。結構用集成材目前在國內主要是應用於體育館、橋樑、圖書館、展示館等公共大型建物之樑、柱結構體，另一重要的應用場合是運用在住宅、旅館等需長跨距及彈性空間設計，其市場需求潛力將可因木結構住宅之推動而大幅發展，利用國產造林木開發結構用集成材，不但可以減少對進口材之需求，故可說是國內新興之結構用木質工程材料，值得扶植國內林產工業之相關廠商進行開發，並降低對國外進口之需求。

國產造林木之利用如依據國家標準之建議，以應用於大斷面及中斷面集成材產品最具附加價值，能夠延伸或突破中小徑尺寸的限制。國內主要造林木中可以直接適用於生產結構用集成材之品質的樹種有柳杉、台灣杉、杉木、光臘樹，另外依同等強度之樹種，亦可考慮桃花心木造林木，如表 19 所示，透過目視分等後，其製成品或集成元之品質要求。另外，機械分等之集成元可依所測定之彈性模數數值，直接賦與相對應之等級，如光臘樹集成元可為 L140、L125、L110、L100，杉木集成元可為 L110、L100、L90、L80 作為對稱異等級集成材之運用。

表 19、造林木集成元之彈性模數品質要求

(10^3kgf/cm^2)

樹種分類	名稱	1 等		2 等		3 等	
		平均值	下限值	平均值	下限值	平均值	下限值
D	光臘樹	110	95	100	85	90	75
E	桃花心木	100	85	90	75	80	65
F	柳杉	90	75	80	65	70	60
	杉木						
	台灣杉						

造林木製材品或集成元亦要能滿足抗彎強度的要求，如表 20 所示。如以機械分等方式則光臘樹集成元的 L140、L125、L110 等級可分別對應表 20 之抗彎強度數值，杉木 L90、L80、L70 等級可分別對應表 20 之 1、2、3 等數值。根據柳杉 25~30 年生經製材分等後，主要可區分為 2、3 等佔全部之 85~91%，柳杉 32~39 年生者經製材分等後區分主要在 1、2 等材之間 (86~95%)，由於具有不同等級之

分布，開發異等級集成材產品較為適當。

表 20、造林木集成元之抗彎強度品質要求

(kgf/cm²)

樹種分類	名稱	1 等		2 等		3 等	
		平均值	下限值	平均值	下限值	平均值	下限值
D	光臘樹	450	340	420	315	390	295
E	桃花心木	420	315	390	295	360	270
F	柳杉 杉木 台灣杉	390	295	360	270	330	250

依據上述之造林木材質之品質，即可依不同等級的集成元進行適當的配置層積膠合，用以製造不同強度等級的同等級以及異等級結構用集成材，如表 21 所示。

表 21、主要國產造林木適用之結構用集成材產品

樹種	結構用集成材種類	集成材等級
光臘樹	同等級	E105-F345、E95-F315、E85-F300 三種
	異等級	E120-F330、E105-F300、E95-F270、E85-F255 四種
桃花心木	同等級	E95-F315、E85-F300、E75-F270 三種
	異等級	E105-F300、E95-F270、E85-F255、E75-F240 四種
柳杉 杉木 台灣杉	同等級	E85-F300、E75-F270、E65-F255 三種
	異等級	E95-F270、E85-F255、E75-F240、E65-F225 四種

其中等級符號之 E105 表示產品之平均彈性模數為 105×10^3 kgf/cm²，符號 F345 表示 95%之產品抗彎強度在 345 kgf/cm² 以上。柳杉造林木採用 L90 等級為外層及中層集成元，L60 為內層集成元進行 8 層之配置，可以製造 E75-F240 異等級結構用集成材，經試驗後，其平均彈性模數為 85×10^3 kgf/cm²，抗彎強度為 360 ± 12.5 kgf/cm²。另以 L80 等級為外層及中層，L70 等級為內層之 8 層配置，可以

製造 E65-F225 異等級集成材，經試驗後，其平均彈性模數為 $74 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ ，平均抗彎強度為 446 kgf/cm^2 ；當以 L110 等級為外層，L100 等級為中層及內層進行配置，可以製造 E95-F270 異等級集成材，經試驗後，其平均彈性模數為 $96 \times 10^3 \text{ kgf/cm}^2$ ，平均抗彎強度為 517 kgf/cm^2 ，故可了解，造林木木材經適當分級並以予配置後，確實能夠應用在結構用集成材產品的開發與利用，將能促進造林木之市場拓展。

四、木構造建築之耐震性

(一) 建築物之耐震設計要件

一般認為木構造建築具有耐震性，在此以樑柱工法（軸組工法）之耐震設計要點敘述於次：

1、地盤

建築基地選定時，儘可能為良好的地盤，但現狀良好地盤之選定是相當困難，因此對其建築基地之地盤需進行調查，以掌握地盤之特性是必要的。

2、建築物之形狀

建築物之立面及平面之形狀，係以能單純的收納良好者。此形狀不僅耐震性良好，從耐風性或耐久性方面亦較為良好。

例如，凹形之平面的建築物，風會容易被包藏，不但不利於耐風，且建築物之形狀成為複雜，亦容易發生漏雨。

3、剪力牆之配置

地震發生時，依剪力牆之配置，建築物會產生扭曲、變形或應力集中而破壞之危害。為防止扭曲（轉）之目的，剪力牆希望能依下列配置。

(1) 建築物之外周會以剪力牆線圍繞起來。

(2) 樓上與樓下之剪力牆線，使其盡可能上下成一致。

- (3) 在建築物之外周設置剪力牆，尤其在建築物之角落部位需要配置剪力牆。
- (4) 剪力牆在平面成平衡良好的配置。
- (5) 剪力牆在樑間 (X 方向，面寬方向)，桁間 (Y 方向，縱深方向) 各個平衡良好的配置。
- (6) 剪力牆並非係使用少量耐力係數大之剪力牆者，而是盡可能使用較多量之耐力係數小之剪力牆者。
- (7) 剪力牆之數量是盡可能的多量。

4、建築物之重量

使建築物能耐震是建築物之重量變輕會較有效，屋頂及地板等之重量大者，則剪力牆之數量或其厚度等有必要增加。

5、基礎

(1) 基礎之斷面

基礎之斷面，底盤為逆 T 字型 ($\perp$)。

(2) 基礎的構造

基礎的構造為一體之鋼筋混凝土造。

(3) 基礎的位置

基礎係設置在一樓之外牆及主要之隔間牆之下面。

(4) 基礎之配置

基礎是整體為連續成一體化者。

(5) 設置基礎之地盤

設置基礎之地盤是除去通常之表土的地方或掘下至設計地震力之支持層，或打入至支持層為止之基礎杭，基礎之底盤之下方，進行碎石施工使地盤能堅牢。

6、地盤

(1) 地檻之斷面

地檻之斷面尺寸是與柱材相同或較大。

(2) 地檻之樹種

地檻是使用耐久性高之檜木 (扁柏、紅檜)、羅漢柏等，或使用加壓注入防腐防蟻處理木材。

(3) 地檻之接合

地檻之縱向接合處之位置是避免在地板下方換氣口之同時，地檻是以錨栓 (anchor bolt) 與混凝土基礎相緊結。

7、錨栓 (anchor bolt)

(1) 錨栓之品質

錨栓為 **Z mark** 標示品或與其同等以上之接合金屬扣件。

(2) 錨栓之位置

錨栓設置在下述位置

- 斜撐之上端部會安裝柱之近接的下部。
- 使用合板等之面材的剪力牆之兩端近接的下部。
- 地檻切斷處，地檻縱向接合處及橫向接合處之上面木材端部。
- 其他是約在 3m 以內之位置。

8、柱

(1) 柱之尺寸

柱會將屋頂或地板等之載重傳達至地檻或基礎的構材，因此使用充分尺寸者。

(2) 柱之斷面缺損

柱之斷面切角時，該部分需加以補強。

(3) 柱之位置

加在柱之載重是盡可能在各個柱會均等配置之，盡可能的將上層樓的柱放置在下層樓之上面。

9、斜撐

(1) 斜撐之方向

斜撐係設置一對斜撐之方向不同者。

(2) 斜撐之接合

為使斜撐不致從地檻、柱、桁木或樑脫落的，以接合金屬扣件牢靠的固定之。

10、合板等之剪力牆

(1) 合板等之種類

使用合板等之剪力牆有結構用合板、粒片板、石膏板等，依其種類不同剪力牆耐力係數會不同。

(2) 合板等之釘著方法

- 合板等之面材是決定之鐵釘與間隔直接釘入柱、間柱、地檻或桁架等之橫架材。
- 合板等之面材原則是貼滿構成該剪力牆之軸組部分（框架部分），不能有貼剩部分。
- 貼上面材之柱與橫架材（樑、桁）之接合部是以接合金屬扣件補強。

11、樓（地）板、屋頂

(1) 使樓（地）板面堅固

- 樓（地）板組之角落部分（隅角部位）加入隅撐材（火打材）使整體不會變形。
- 釘上結構用合板作樓（地）板基板時，使樓（地）板構面堅固有很大之效

果。

- 在樓（地）板面設置挑高者，係在樓（地）板面設置很大的開口部，其會成為弱點。

(2) 使屋頂面堅固

- 在屋架組（小屋組）設置防止搖動，在屋架樑面之隅角部位加入隅撐材使整體不會變形。
- 屋頂屋面板釘上結構用合板等時，可使屋頂構面堅固有很大效果。

12、防腐、防蟻

結構材受到腐朽或白蟻之危害，不僅是耐久性、地震時之被害亦會很大，因此須進行次述之措施。

- (1) 地板下換氣口間隔是在 5m 以內設置，其大小為 300cm²。(有效換氣面積)以上，使地板下不會成為潮濕狀態。
- (2) 地檻使用高耐久性之檜木、羅漢柏等，或使用加壓注入防腐處理木材。
- (3) 將基礎抬高，使地檻及地板組遠離地盤，以防止吸濕。
- (4) 結構耐力上之主要構材之地檻、柱、斜撐等距地盤面之高度在 1m 以內部分均須進行加壓注入防腐處理。
- (5) 為使屋架裏能換氣，須設置有效的換氣口。
- (6) 浴室之牆壁或塗布膠泥之外牆等，有水分進入牆壁內部時，乾燥是非常慢，因此牆壁之內部需能進行充分的換氣。
- (7) 部分地域是以防蟻劑進行土壤處理，或使用混凝土基礎製成一體之版基礎，以防止來自地中之白蟻。

13、補強金屬扣件

- 補強金屬扣件是使用具 Z mark 標示之金屬扣件或與其同等以上者。
- 補強金屬扣件是緊結至在地震或颱風等之外力作用下，縱向接合處、橫向接合

處等之接合部位亦不容易脫落，並能將存在應力（設計上所發生外力）傳達至基礎。

（二）對地震力之檢討（地震力之計算）

地震力在 X 方向（面寬方向）、Y 方向（縱深方向）均相同。地板面積乘上表 22 之剪力牆耐力係數。

表 22、對地震力抵抗地板面積須乘上之剪力牆耐力係數

（ cm/m^2 ）

樓層數 屋頂種類	平房	二層樓	
		一樓	二樓
重屋頂 粘土瓦、水泥瓦、屋瓦	15	33	21
輕屋頂 金屬板、可樂瓦（colonial）	11	29	15

（三）風壓力之設計（風壓力之計算）

迎風面面積須乘上之剪力牆耐力係數（ cm/m^2 ），如表 23 所示。

表 23、對風壓力之抵抗，迎風面面積須乘上剪力牆耐力係數

（ cm/m^2 ）

區 域	構架組長度
一般區域	50
強風區域	50 以上，75 以下範圍

台灣之基準風速 $1/\sigma$ （ m/s ）

東部 300kg/m^2 54.4m/s

260 kg/m^2 50.6m/s

西部 230kg/m^2 44.9m/s

200 kg/m^2 39.8m/s

迎風面面積之計算須分別計算 X 方向（面寬方向）、Y 方向（縱深方向），一

樓部分為距基礎 1.35m 以上範圍之面積。二樓部分為距二樓基礎 1.35m 以上範圍之面積。如圖 2、圖 3

(四) N 值之計算法

為選擇在柱之柱腳及柱頭所使用之接合扣件之檢討方法，與剪力牆之配置相對應的，在柱所發生之軸向力 (N) 之值的計算法

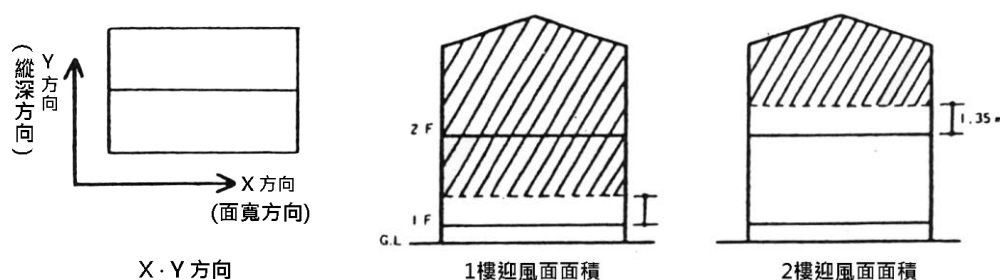


圖 2、迎風面面積之採取方法

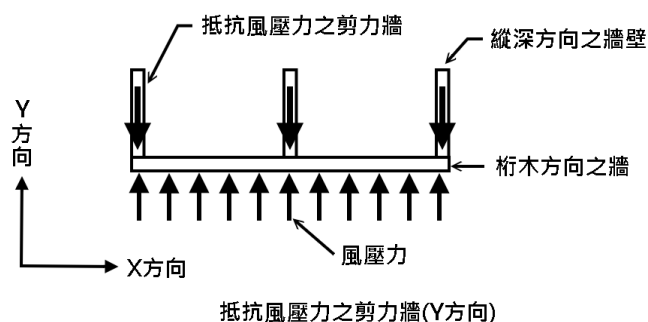


圖 3、抵抗風壓力之牆壁

(1) 平房建築或二層樓建築之二樓之柱的檢討式

$$N = A1 \times B1 - L \quad (1)$$

N：在柱所發生的軸向力

A1：在柱之兩側之構架組（軸組）之剪力牆耐力係數之差之值。

只在單側構架組安裝時，在該構架組之剪力牆耐力係數之值。但，設置斜撐構架組時，係加上補正之數值（表 24-26）。

B1：表示由於周邊之構材所引起的壓制（彎曲恢復）之效果的係數（0.5）。

但，在隅柱為 0.8。

L：表示垂直載重所引起壓制效果是 0.6。

但，在隅柱時為 0.4。

表 24、單側安裝斜撐之柱

斜撐之種類 \ 安裝位置	柱頭部	柱腳部	備考
15 mm×90 mm以上之木材 Ø9 以上之鋼筋	0.0	0.0	斜撐交叉安裝時 為 0
30 mm×90 mm以上之木材	0.5	-0.5	
45 mm×90 mm以上之木材	0.5	-0.5	
90 mm×90 mm以上之木材	2.0	-2.0	

表 25、在兩側安裝單斜撐之柱

一方之斜撐 \ 另一方之斜撐	30 mm×90 mm 木材	45 mm×90 mm 木材	90 mm×90 mm 木材	備考
30 mm×90 mm以上之木材	1.0	1.0	2.5	兩斜撐同時 安裝在柱腳 部時，加算 數值為 0.0
45 mm×90 mm以上之木材	1.0	1.0	2.5	
90 mm×90 mm以上之木材	2.5	2.5	4.0	

表 26、安裝兩側斜撐之柱

交叉安裝斜撐 \ 單斜撐	30 mm×90 mm 木材	45 mm×90 mm 木材	90 mm×90 mm 木材
30 mm×90 mm以上之木材	0.5	0.5	2.0
45 mm×90 mm以上之木材	0.5	0.5	2.0
90 mm×90 mm以上之木材	0.5	0.5	2.0

(2) 在二層樓建築之一樓的柱之檢討式

$$N = A1 \times B1 + A2 \times B2 - L \quad (2)$$

N：在柱所發生的軸向力

A1：在柱之兩側之構架組（軸組）之剪力牆耐力係數之差之值。

只在單側構架組安裝時，在該構架組之剪力牆耐力係數之值。但，設置斜撐構架組時，係加上補正之數值（表 24-26）。

B1：表示由於周邊之構材所引起的壓制（彎曲恢復）之效果的係數（0.5）。

但，在隅柱為 0.8。

B1：表示由於周邊之構材所引起的壓制（彎曲恢復）之效果係數為 0.5。

但，在隅柱為 0.8。

A2：在該柱相連續二層樓柱之兩側構架組（軸組）之剪力牆耐力係數之差的數值。

只在單側構架組安裝時，在該構架組之剪力牆耐力係數之數值。但，設置斜撐之構架組時，係加上補正之數值（補正表 24-26）。

（在該二層樓柱之拉拔力會由於其他柱等所引起而會被傳達到樓下時為 0）。

B2：表示在二樓周邊之構材所造成壓制（彎曲恢復）之效果之係數為 0.5。

但，在二樓部分之隅柱時為 0.8。

L：表示由於垂直載重所引起壓制之效果之係數為 1.6。

在隅柱時為 1.0。

考慮在構架組之柱安裝斜撐之應力分擔的補正值表如表 24-26

(3) 必要扣件之檢討式

必要抗拉耐力 T (KN) = 軸向力 (N) × 必要耐力 5.3 (3)

如表 27 接合部之設計。

表 27、接合部之設計

N 之值	記號	必要耐力 (kN)	金屬扣件之種類
0.0 以下	(1) α	0.0	短準頭接合，螞蝗釘

N 之值	記號	必要耐力 (kN)	金屬扣件之種類
0.65 以下	(2) β	3.4	長樁頭接合栓入栓，角型金屬扣件，釘上 CN65 鐵釘，5 支
1.0 以下	(3) γ	5.1	角型金屬扣件，釘上 CN65 鐵釘，5 支 山型鐵板扣件，釘上 CN90 鐵釘，8 支
1.4 以下	(4) δ	7.5	魚尾板螺栓， $\psi 12$ mm，短柵金屬扣件
1.6 以下	(5) ε	8.5	魚尾板螺栓， $\psi 12$ mm，L = 50 螺旋釘
1.8 以下	(6) ζ	10.0	10kN 用靠近金屬扣件（金屬抗拉拔支座扣件，hold down）
2.8 以下	(7) η	15.0	15kN 用靠近金屬扣件（金屬抗拉拔支座扣件，hold down）
3.7 以下	(8) θ	20.0	20kN 用靠近金屬扣件（金屬抗拉拔支座扣件，hold down）
4.7 以下	(9) ι	25.0	25kN 用靠近金屬扣件（金屬抗拉拔支座扣件，hold down）
5.6 以下	(10) κ	30.0	30kN 用靠近金屬扣件（金屬抗拉拔支座扣件，hold down）
超過 5.6		$N \times 5.3$	

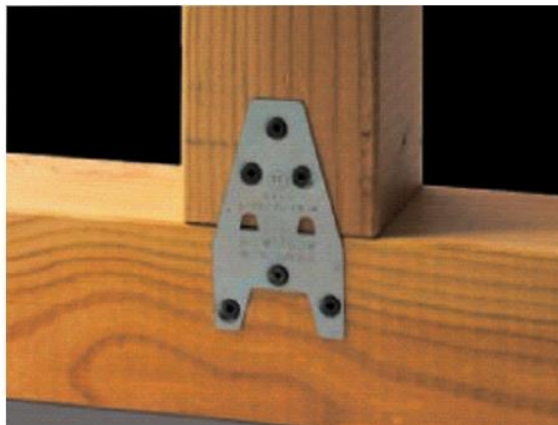
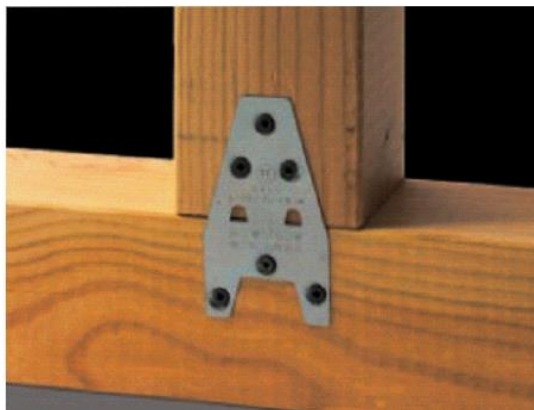
(1) N 值 = 0.0 時

必要體力 = 0.0kN 螞蝗釘



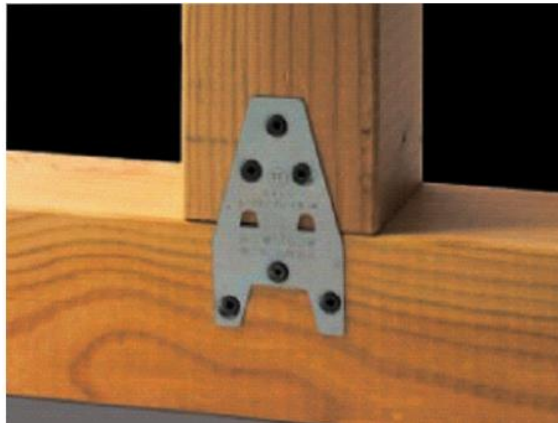
(2) N 值 = 0.65 以下時

必要體力 = 3.4 kN 以下，角型金屬扣件，釘上 CN65 鐵釘，5 支。



(3) N 值 = 1.0 以下時

必要體力 = 5.1 kN 以下，山型金屬扣件，釘上 CN90 鐵釘，9 支。



(4) N 值 = 1.4 以下時

必要體力 = 7.5 kN 以下，魚尾板金屬扣件， $\phi 12$ 。



(5) N 值 = 1.6 以下時

必要體力 = 8.5 kN 以下，魚尾板金屬扣件，L = 50 螺旋釘。



(6) N 值 = 1.8 以下時

必要體力 = 10.0 kN，靠近用金屬抗拉拔支座扣件 (hold down)。



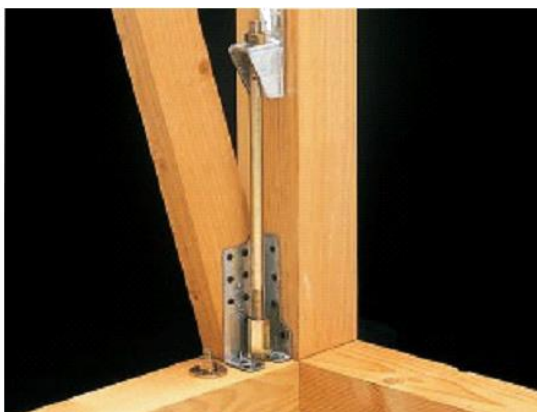
(7) N 值 = 2.8 以下時

必要體力 = 15.0 kN，靠近用金屬抗拉拔支座扣件 (hold down)。



(8) N 值 = 3.7 以下時

必要體力 = 20.0 kN，靠近用金屬抗拉拔支座扣件 (hold down)。



(9) N 值 = 4.7 以下時

必要體力 = 25.0 kN，靠近用金屬抗拉拔支座扣件 (hold down)。



(10) N 值 = 5.6 以下時

必要體力 = 30.0 kN，靠近用金屬抗拉拔支座扣件 (hold down)。

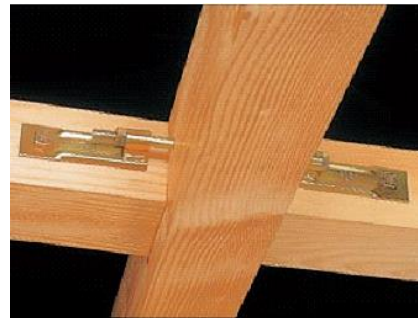


金屬扣件之種類

斜撐扣件



靠近用金屬扣件



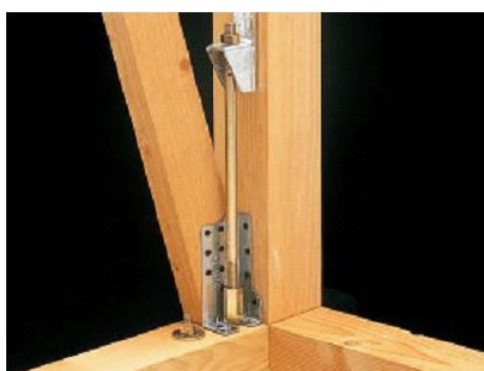
X1-Y1 T =必要抗拉耐力

2F $N=2.0 \times 0.8 - 0.4=1.20$ $T=1.20 \times 5.3=6.36\text{kN}$ 魚尾板螺栓

1F $N=2.0 \times 0.8 + 4.0 \times 0.8 - 1.0=3.80$ $T=3.80 \times 5.3=20.14\text{kN}$ HD-25kN



魚尾板螺栓



靠近金屬抗拉拔支座扣件 HD-25

X2-Y1 T=必要抗拉耐力

$$2F \quad N=1.0 \times 0.5 - 0.6 = -0.10 \quad N \leq 0$$

$$1F \quad N=1.0 \times 0.5 + 4.0 \times 0.5 - 1.6 = 0.90 \quad T=0.90 \times 5.3 = 4.77\text{kN} \quad \text{HD-5kN}$$



X4-Y1

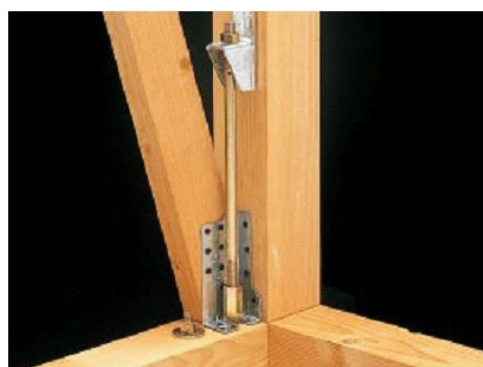
$$2F \quad N=1.0 \times 0.5 - 0.6 = -0.10 \quad N \leq 0$$

$$1F \quad N=1.0 \times 0.5 + 0.0 \times 0.5 - 1.6 = -1.10 \quad N \leq 0$$

X5-Y1

$$2F \quad N=1.0 \times 0.5 - 0.6 = -0.10 \quad N \leq 0$$

$$1F \quad N=1.0 \times 0.5 + 4.0 \times 0.5 - 1.6 = 0.90 \quad T=0.90 \times 5.3 = 4.77\text{kN} \quad \text{HD-5kN}$$



五、木構造建築之健康效益

(一) 濕度調節功能

木材係比混凝土、PVC 塑膠、玻璃、金屬等材料吸脫濕性高，透濕性大之材料。由木材所包圍之空間比起由吸濕性低材料所包圍空間，因溫度變化所發生之相對濕度 (RH) 之變動會較小，而使大氣中之 RH 能安定之效果。大氣中能含有水分量會依其溫度之飽和蒸汽壓而定。如在 1 m^3 大氣中，其所含水分 10°C 時 9.4g ， 20°C 時為 17.3g ， 30°C 為 30.4g 。另方面，厚度 5 mm ，面積 1 m^2 之木材，當其含水率變化 1% 時，比重為 0.4 之木材會吸脫濕 20g 之水分，比重為 0.6 之木材則會吸脫濕 30g 之水分。因此，被木材所包圍空間，不會使木材之含水率有太大變化，而能使室內空氣中之 RH 安定者。

台北市屬於高溫高濕地區，筆者實驗結果得知 A 房屋 (以 9 mm 厚杉木裝修室內) 之 RH 值一年四季平均會較 B 房屋 (無木材內裝者) 低 $8\sim 10\%$ ，且 RH 值在室內垂直方向之分布亦以 A 房屋之 $1.1\sim 5.7\%$ 會低於 B 房屋之 $4.2\sim 14.8\%$ 。一般輕質纖維板、木材、合板、粒片板、纖維板等均為良好之調濕材料。而玻璃、PVC 瓷磚、壓克力樹脂等調濕較差。室內 RH 會隨室溫變動而變化，當室溫升高，RH 會下降，此時內裝木材會脫濕，反之室溫下降，RH 會上升時，木材會吸濕，如此可使室內 RH 會維持一定。室溫一日會循環的變化，RH 亦會循環的變化，木材吸脫濕現象亦會如此，所以一日內木材調濕有效深度以台北地區而言，由筆者等實驗結果約為 4mm 。一般認為台灣太潮濕，所以不能使用木材，而實際上在台灣地區，室內以木材裝修才能調濕，所以木材內裝可說是一種不需消費能源之「自然除濕機」。如圖 4 為小型住宅之 RH 之變化情形。

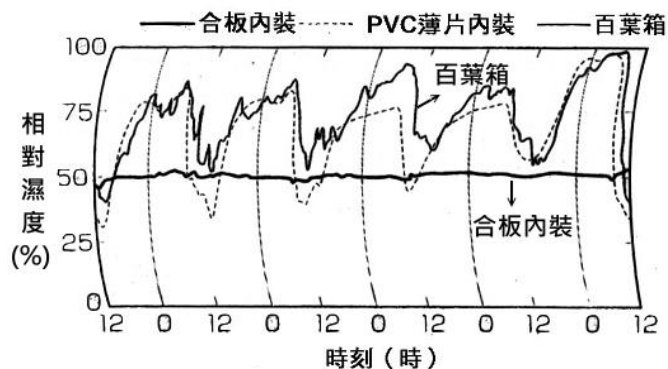


圖 4、小型住宅之相對濕度變化

(二) 木材之熱特性

熱擴散率：木材為 8×10^{-4} (m^2/h)，混凝土為 2×10^{-3} (m^2/h)，鐵為 5×10^{-2} (m^2/h)

熱傳導率：將各種材料含水率調整至 12% 時，其熱傳導率：杉木縱切面為 0.240 ($\text{kcal}/\text{mh}^\circ\text{C}$)，橫切面為 0.430 ($\text{kcal}/\text{mh}^\circ\text{C}$)，紅磚為 2.316 ($\text{kcal}/\text{mh}^\circ\text{C}$)，混凝土為 3.651 ($\text{kcal}/\text{mh}^\circ\text{C}$)。木材是低熱傳導率，而混凝土為高熱傳導率，在陽光照射下會成為一種蓄熱體，表面溫度會較氣溫高出甚多，當在中午氣溫 30°C ，混凝土表面會蓄熱至溫度高出 65°C ，此亦是造成熱島效應原因之一。

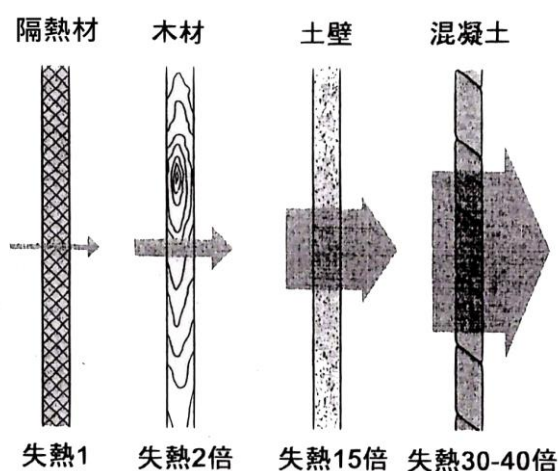


圖 5、各種素材之隔熱性

木材與隔熱材為同厚度之材料進行比較時，隔熱材之失熱為 1 時，木材為 2，泥土牆為 15，混凝土為 30 之比例，熱會被奪去。

(1) 從熱移動性觀點考量時

由於木材熱傳導率及熱擴散率均小，比熱又較大，所以在寒冷冬天或炎熱的夏天，當我們赤足（腳）在木地板上站立或走動，或小孩在木地板上玩耍，身體熱量不容易會被奪去（被吸收）。當室溫 18°C ，時間 60 分鐘，在不同材料之地板上讀書的測試者，他的腳背、小腿肚及膝蓋等之皮膚溫度的變化如下：混凝土地板，各部位的皮膚溫度減低程度各為腳背 $4-7^\circ\text{C}$ ，膝蓋 $2-3^\circ\text{C}$ 。塑膠地板，腳背 $2-5^\circ\text{C}$ ，膝蓋 $1-3^\circ\text{C}$ ，小腿肚幾乎不變。木材地板：腳背 $2-3^\circ\text{C}$ ，膝蓋 1°C ，小腿肚幾乎不變或稍增高。

(2) 適當的溫冷感

「溫冷感」是指人的手腳接觸材料時，所引起的「熱的移動」，即在認知範圍內所感覺的溫度變化。材料之溫度與人對溫度之舒適感，通常會受到環境的支配。如在冬天令人感到冰冷的物體，在夏天卻可能讓人感到舒適。當手指接觸材料時，兩者（手指與材料）之間溫度差所引起的熱移動量如次：金屬類 $5\sim7\times10^{-3}$ (cal/s)，混凝土及陶器類為 4×10^{-3} (cal/s)，塑膠及木質材料為 3×10^{-3} (cal/s)，羊毛、發泡材料類及一部分木材為 1×10^{-3} (cal/s)。而室溫 20°C 時，成人的基礎代謝量為 1×10^{-3} (cal/s)，坐姿時為 1.4×10^{-3} (cal/s)，步行時為 2.4×10^{-3} (cal/s)，快走時為 6×10^{-3} (cal/s) 以上。

從熱移動量與溫冷感之心理量的關係得知，木材與毛毯、棉布很接近，屬於較為暖和一類，故內裝材料使用木材時，在冬天會令人感到溫暖，而磁磚及大理石等材料則會使人感到冰冷。木材為「冬溫夏涼」的裝修材料。

(三) 嗅覺特性

一定濃度之木材香氣會刺激人的副交感神經，使人的心情放鬆或提高肝功能，對於腦部亦會給予良好的影響。當吸入柳杉香氣之主成分之 α -pinene 及 Limonene 時，收縮期血壓與腦血液之血色素 (hemoglobin: Hb) 濃度均會減低，意味著心情會放鬆。又，在含有 α -pinene 香氣環境下睡覺時，其疲勞恢復會較快，在翌日工作的效率會提高。血液的流動會變良好，可使血壓安定。當吸入台灣扁柏粒片或精油揮發出之香氣時，可使收縮期血壓降低 11%，心跳脈搏等亦會降低。

當正在進行電腦工作受到心理上壓迫感者，可看到在作業中，其心跳數會上升，但吸入上述 α -pinene 及 Limonene 時，其心跳上升只為沒有吸入任何香氣者的一半。此意味著柳杉之香氣有讓人心情放鬆之效果。

讓男性大學生吸入由柳杉粒片揮發出之香氣後，每間隔 1 秒鐘連續測定受驗者之腦部活動與自律神經活動以作為評價其舒適性。而香氣之刺激是在閉眼，坐姿狀態下進行 90 秒鐘。感覺強度是從「無臭」至「無法忍受程度之氣味」區分成六個階段。結果可發現吸入香氣會使受驗者之收縮期血壓有統計上顯著性降

低，在腦部活動亦在刺激 90 秒鐘後半部會顯著的被鎮靜化，在主觀評價亦會感到舒服且自然。另外，受驗者對於柳杉之香氣雖評價為不愉快，但收縮期血壓並不會上升，並且不會發生精神緊張狀態。

（四）視覺特性

以往常聽說「在木造校舍上學的小孩較不易罹患近視眼」。又，平常我們去海水浴或滑雪時，常戴著太陽眼鏡以保護眼睛，此均因紫外光（波長 $< 380\text{nm}$ ）會傷害到眼角膜，眼淚會滲出，並會感到疼痛。而木材主成分之木質素會吸收 280nm 附近之紫外光成分，而反射人們會感到溫暖之長波長（ $> 780\text{nm}$ ）之紅外光，而具有抑制晃眼感之性質。當我們觀看強烈的陽光照射下的純白色建築物時，一定會因反射光過於強烈而令眼睛張不開，這就牽涉到素材所具有之「反射率」的問題。通常木材之反射率亦和人的肌膚相同，約為 50-60%。木材之反射光線是不會太晃（耀）眼，對眼睛較為柔和。

家具或櫥櫃、門等之住宅內裝材喜歡使用木材之理由，係木材會給人平靜的印象，此係與 YR 系（黃、紅）之色相會給予溫暖的印象，又，木材為細胞集合體會給予深度味道之質感有關。平靜、感覺良好，自然的印象係以能看到素色之木材或木理有關。此係年輪由早晚材會在每年重疊而成。即使徑切面，弦切面均為年輪模樣而不會交叉，而形成流墨的模樣，會給予感覺良好的模樣。又如徑切面是有方向性者，會給予心情舒暢的印象。樓（地）板之拼花或集成材之桌子亦以具有方向性者會給予感覺良好的印象。

年輪間隔會受到每年之天候的影響。其是在規則中帶有變動，搖幌，此種變動對於自然的印象甚具效果。材色本身亦有長週期的變動，此亦和自然的印象有關。由早材向晚材之移行是連續的，而相對的，從晚材向早材之濃淡的移行則為不連續，此種組合會給予自然，且舒暢的印象。

一般凝（注）視木材紋理時，會促進腦部 α -波之發生，對於視覺上具有安慰效果。另外，可給予人們最舒服，且讓人心情柔和感之「 $1/f$ 的搖晃」，其在蠟燭之火焰、微風、小溪流之流水聲等各種自然現象或在人們的心跳間隙、古典音樂、

手工作品等當中多數會被發現。

(五) 聽覺特性

室內之餘響(反響)時間，鋼筋混凝土造(RC)室內在高頻(4KHz)為 2.6~2.7 秒，中頻(250 KHz~2KHz)約 3~5 秒，低頻(125 KHz)為 4.5~5.4 秒，該室內如以杉木(或柳杉)壁板(約 9 mm 厚)，壁板與 RC 牆之間有 3cm 空間進行內裝時，則可使室內過長之餘響時間縮短，噪音值降低。餘響時間可縮短，在高頻約 20-30%，中頻約 50-60%，低頻約 60%，對音響品質可充分改善。

在此聲音之餘響時間定義為一個聲音，從其最初強度降低至百萬分之一時所需時間(秒)，此係等於降低 60 分貝(dB)所需時間。最適合演講的餘響時間通常小於 1 秒。餘響時間越短，演講詞可聽得愈清晰，否則回聲會混合下一波所發出的聲波，而使演講效果大為降低。

噪音對人健康的影響，就居住生活最重要的睡眠品質之影響考量時，如噪音位準達 30phon 時約有 10%，40phon 時約有 40%，70phon 時則有 90%的人會被吵醒，且有年齡愈高者愈容易受到影響。

在居家內各種家事均會發出相當大的燥音位準。如鋸切材料聲為 70-80dB·A，炒菜聲為 55-65dB·A，洗碗碟聲為 60-80dB·A，蒸、煮、煎的聲為 45-50dB·A，吸塵器、洗衣機及換氣扇等的聲約為 70dB·A。因此，在室內使用有適當吸音率之材料，如木材及木質材料，再施以內裝設計以達到降低燥音位準。由於木材是一種「細胞構造體」，故具有「多孔質吸音特性」。在室內裝潢時，木板(壁板)與牆壁之間施以 2-3 cm 空間設計，則會產生「板振動型」的吸音特性，對於消除噪音公害的效果極大。

RC 造住宅與木構造住宅之聲壓位準的頻譜特性，如圖 6、7 所示，在可聽域的隔音性，因有玻璃窗之影響，故構造所引起的差異不明顯，但超高音域時，則構造所引起的差異會變成顯著，RC 造住宅會將超高音域之聲音完全遮斷，而通不過，但木構造住宅對超高音域之聲音可通過良好。如表 28 所示。此表示木構造住宅含有多數自然，且豐富的環境音，很容易形成舒服的氣氛。此係超過可聽

域的限界 20 KHz。聽取含有多數超過 30 KHz 以上之超高頻音（超高音）成分之自然環境音，可使在腦波內 α 波會發生。如圖 8 所示。 α 波為 8-13 Hz 之腦波上的波，將環境音域遮斷， α 波會消失，腦波之頻率 18-30 Hz 之 β 波會活性化。 α 波會因噪音或不舒服音的存在而減少，其原因音消失又會再次增加。尤其在緊張或精神壓力下， α 波或較慢的波會減少， β 波等較快的波會變多，適當量的超音頻音之成分存在的結果，腦波之 α 波， θ 波等較慢的波會顯著的增加，此與舒適的心理態狀或禪坐之冥想狀態之現象相同的。老年痴呆症時 α 波會減少， θ 波或 δ 波會增加，已由醫學方面加以確認。

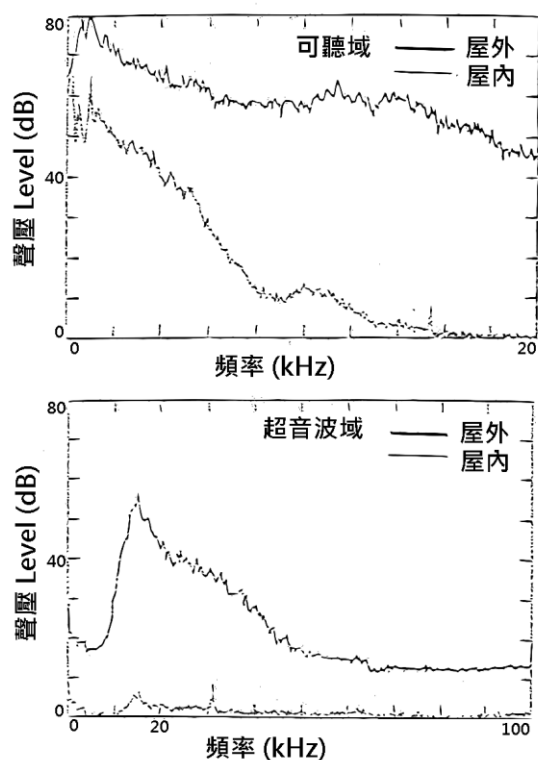


圖 6、RC 造(混凝土造膠泥內裝)之頻譜特性

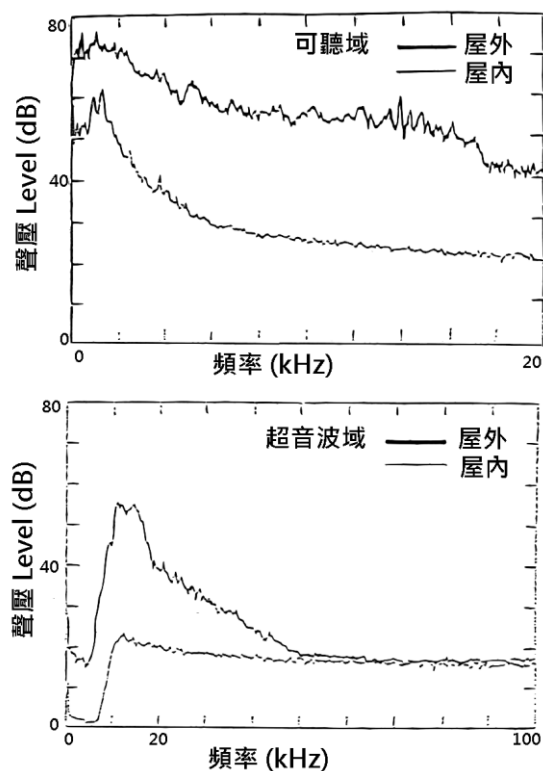
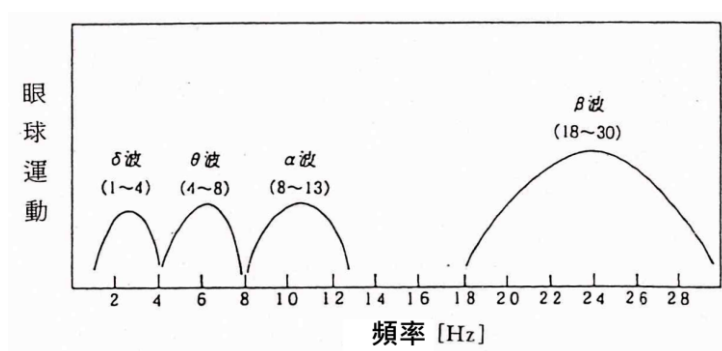


圖 7、木造住宅之頻譜特性

表 28、建築物之構造所引起可聽域與超音波域之遮音性能

住宅種類 \ 音域	可聽域	超音波域
木造	21.9	13.3
RC 造內裝木質材料	28.3	26.3
RC 造內裝混凝土	24.9	28.8

圖 8、腦波之 δ 、 θ 、 α 及 β 波的發生頻率

(六) 觸覺特性

觸覺有溫冷感、硬軟感、乾濕感、粗滑感等。材料之溫冷感係與其熱傳導率及熱擴散率有關，如前所述。

硬軟感是與材料之壓縮彈性模數相關。木材是屬於中或稍硬的材料，可讓人有舒服感，又木材是具有較能吸收衝擊力之性質，地板或家具類使用木材時，跌倒時受傷情形較少，可讓人有安心感。體育館之地板使用材，因具有適度的彈力性，障礙發生率是極低。

乾濕感與溫冷感或粗滑感有高的相關性，當感到溫暖或滑動性者會讓人感到乾燥，反之，感到冰冷或粗糙者會讓人覺得潮濕。玻璃、岩石、鉛等潮濕木材或纖維是會感到乾燥的。

粗滑感是與材料之表面粗糙度有關係。木材會給予適度的粗糙感。與粗滑感有關聯的滑動感係與摩擦係數有高相關。例如，有關地板之步行感，地板之摩擦

係數太大時，疲勞會增加，太小時又會變成容易滑動。而靜摩擦係數與動摩擦係數之差愈小時會感到容易步行。木材之摩擦係數係適度的高，靜摩擦係數與動摩擦係數之差幾乎沒有。對於步行感是具備有較 PVC 地磚為佳的條件。又，地板之滑動感一般依地板表面之水分狀態而變化。PVC 地磚或瓷磚表面濕潤時很容易滑動，但木材則不會容易滑動。

(七) 木質地板可抑制蟎類之繁殖

蟎類會造成皮膚炎或過敏性疾病之原因，對於身體有不良的影響。蟎類在室內濕度 70% 以下時會激減。木質地板，不僅會調整室內濕度外，亦不會使成為蟎類之營養源之灰塵，垃圾累積，因此具有抑制蟎類繁殖之效果。另外，依樹種，其精油會發揮抑制蟎類繁殖之效果。尤其，檜木、柳杉之香氣對蟎類之繁殖是有抑制效果。如圖 9 所示。

此係將原來使用地毯、榻榻米之地板改建為檜木之地板後，蟎類數目進行調查，可看到改建後，蟎類數目減少甚多

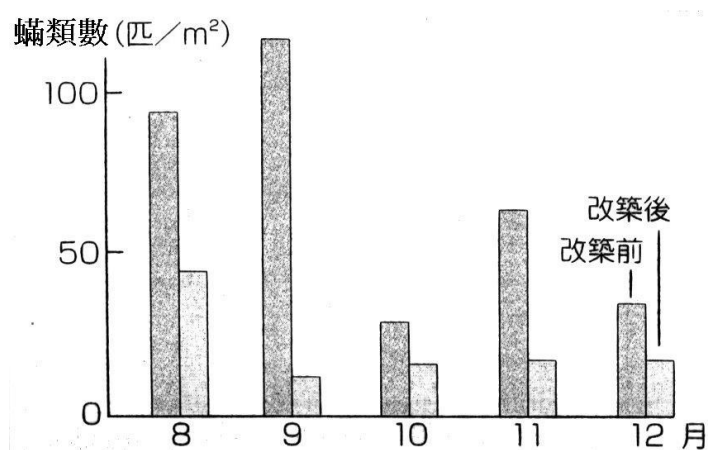


圖 9、蟎類數目之比較

(八) 地板之滑動性

滑動性不僅會大大的影響到步行感，運動感，當滑動性不適當時，疲勞會增加之同時，亦會使其發生腳腰部位之傷害。依建築現場所發生的災害事故統計，滑倒者佔 38%，踏空者佔 25%，板折斷者佔 11%，滑倒之比例為最大。

小野開發出滑動性試驗 (O-Y Pull Slip Meter)，將滑動片貼在所使用之鞋底，使其接觸地板，再加上 80kgf 之鉛直載重，將滑動片向傾斜上方拉伸時所得到最大載重 ($P_{\max}$)，以 $P_{\max}$ 除以 80 kgf，即以 $P_{\max}/80$ 值表示滑動性抵抗 (C.S.R：滑動性抵抗係數)。

步行時及運動時人們對滑動性的評價與滑動性抵抗之關係均有其最適值，太過於滑動，或太過於不會滑動均不適當。步行時最適當之滑動抵抗大概在 0.4 左右，運動時最適滑動抵抗為 0.7 左右，激烈運動時 有必要較步行為大之滑動抵抗。

又地板之滑動性會依地板表面存在水、油、埃塵等媒介物，或鞋底之性狀等不同會變動，是相當複雜的現象。因此評價實際地板滑動性時須考慮這些要因。

木質系之地板整修之場合，滑動抵抗一般不施以塗裝場合，穿鞋時為 0.5～0.9，穿襪子時為 0.3～0.6，施以塗裝場合，穿鞋時為 0.4～1.0，穿襪子時為 0.2～0.4。

使用皮製拖鞋之底部以測定其滑動摩擦係數時，木質系地板會得到較容易滑動之結果。當作居住用地板之步行感觸是具有某種程度之滑動容易性會被感覺到較易於步行者。

在內裝材料，有關手足之觸感的良好性，接觸所引起感覺的舒服性等是和材料的滑動摩擦、溫冷感覺 (熱移動)、硬度、表面粗糙度等有關。

當作地板性能應具有某種程度之滑動停止的性能。但其他內裝材料、家具等則具有易滑性者會讓人有舒服感。當在地板上面步行時，因體重會附加上去，所以它較手指之接觸 (在此即使是較大者亦僅有 300 克) 是大許多之載重。在低載重所引起手指的接觸過程之易滑性，是材料表面之平滑性與易滑性，柔軟性等相混合之性狀會較其表面的平坦性為重要。

(九) 住宅內氡 (R_n) 之擴散量

自然放射線是人類曝露在放射線中的最大比率，它佔全體之 83%，其中之 57% 為氡 (Radon)、釷 (Thoron) 與其他放射物。

鈾 (Uranium, U) 系列之鐳 (Radium, Ra) 同位體 ^{226}Ra 與釷 (Thorium, Th)

系列之 ^{224}Ra 的 α 衰變所生成的不活性稀有氣體之自然放射性核種 ^{222}Ra ， ^{220}Ra 是各為氡 (Rn)、釷 (Th)。 ^{226}Ra ，在岩石、土壤，多種建材等均會存在，衰變後會成為 ^{222}Ra (氡)，其中一部份會擴散至大氣中，氡與釷是混合氣體，其放射能量相近，很難嚴密的分離測定之：一般是當作氡與釷加以測定。但釷之半衰期為 55.6 秒，它較氡之 3.8 日短很多，但通常是不成問題。

氡、釷與其放射物在衰變時放射出來的 α 線是具有 4.6~7.69 MeV 之高能量。所以對於生物體引起很強之電離作用。尤其人類之支氣管上皮組織，如直接被 α 線照射時，會引起其染色體異常之高危險性。氡與其他放射物如達 $0.001\mu\text{m}$ 之微粒子狀，會在空中飄浮附著在煙霧質 (Aerosol) 而吸入肺部，其中部份會附著在肺之支氣管粘膜上，包含其他放射物的平均半衰期約 40 分鐘以上的附著時，因 α 衰變而近距離照射支氣管上皮，一般認為這是引起肺癌的原因之一。

鈾 (Uranium) 礦山之氡濃度與肺癌死亡率之關係的免疫學研究發現，兩者之間有正相關之關係。所以美國及 FAO 委員會均將氡 (Radon) 列為一種對人類有害的物質。

渡邊等對各種建材及住宅進行氡放射量之研究結果提出，木質建材 (合板) 與混凝土 (RC) 建材放射之氡 (Rn) 濃度在玻璃乾燥器內達平衡時，可看出木質系建材仍然保持在大氣中時同程度的濃度，但水泥系建材 (包含木絲水泥板) 則會較木質建材高達一百倍。

木造住宅之一樓與二樓的氡 (Rn) 濃度，在一年內約為 $3\sim 22\text{ Bq/m}^3$ ，而 RC 造連棟住宅為 $25\sim 46\text{ Bq/m}^3$ ，RC 造住宅內之氡濃度約為木造住宅內之濃度的 1.6 倍。主要係其發生源為混凝土 (RC) 所致。

木造校舍之一樓與 RC 建校舍之一樓的教室之氡的濃度是木造校舍內為 $7\sim 18\text{ Bq/m}^3$ ，相對的 RC 造校舍內為 $52\sim 82\text{ Bq/m}^3$ ，RC 造校舍會較木造住宅高達五倍。

如 RC 造圖書館內通風良好，但其外部無換氣，其氡 (Rn) 之濃度為 $21\sim 111\text{ Bq/m}^3$ ，它與 RC 造校舍內大概同程度。而館內，尤其在關閉狀態的倉庫因被 RC 地板及 RC 塊所包圍的狹窄房間，其氡濃度特別高，可達 $253\sim 1116\text{ Bq/m}^3$ 。而縮

影影片 (Microfilm) 資料室亦是由無機質建材內裝，亦與倉庫同樣是關閉狀態的房間，所以其濃度高達 $88-325 \text{ Bq/m}^3$ 。此係從 RC 及無機質建材放射出的氡滯留以致增高其濃度。

RC 建造物內及木造住宅地板下方之氡的濃度可看出季節性之變動，它會從高溫多濕之春天向夏天增高。又木造住宅之氡的濃度會由地板下方向一樓，二樓逐漸的減低。此係氡從木造住宅地板下方放射的結果：一樓之濃度可看出有偏高之傾向，但如在地板下方之地面經防濕處理，結果氡之放射會減低，此係土壤亦是引起氡放射之原因。

國內不同建築型態之室內所測得之氡濃度各為：原木屋室內平均值為 $36 \pm 11.12 \text{ Bq/m}^3$ ，最大值 80.5 Bq/m^3 ，最小值 0 Bq/m^3 。樑柱工法木屋室內平均值 $7 \pm 4.3 \text{ Bq/m}^3$ ，最大值 35.8 Bq/m^3 ，最小值 0 Bq/m^3 。框組壁工法室內平均值 $10.2 \pm 6.6 \text{ Bq/m}^3$ ，最大值 35.8 Bq/m^3 ，最小值 0 Bq/m^3 。鋼筋混凝土造 (RC) 室內平均值 $38.0 \pm 12 \text{ Bq/m}^3$ ，最大值 93.3 Bq/m^3 ，最小值 11.9 Bq/m^3 。(葉民權等)。

六、木構造建築之生物防治措施

(一) 影響建築物耐久性之要因

(1)使用材料之耐久性能，如斷面尺寸及防腐、防蟻處理等；(2)使材料劣化之外力條件，如腐朽菌之生物劣化、浸水或沾水部位之劣化及接合鐵件在海岸或溫泉區之腐蝕等，(3)建築物各部之構法，如材料避免浸水之構法，水分或濕氣侵入後易排出屋外之構法，水分浸入後不易與材料直接接觸之構法等，前述之構法可採用架高之基礎或 RC 構築、其他如採取通氣容易之外壁，有多個換氣孔之筏基或屋頂等，(4)耐久性相關之施工管理 (含檢查)，包括材料性能確認，材料之儲存及施工條件等，(5)建築物之維護管理。

(二) 防腐工法

在「木構造建築物設計及施工技術規範」第八章 8.2 節規定，防腐工法採(1)利用構法：對於建築物之屋頂、內外牆、地板開口構材、排水周邊部位等，應設置防雨、防水、防露設施，而對於屋架、樑柱、牆壁組、地板組之內部，應保持乾燥並兼顧換氣及除濕。(2)利用防腐劑處理法：使用木材防腐劑，施以加工注入、浸漬噴塗等處理。

- 1、防腐工法之實施，採(1)利用構法：(a)主要部分之木材應使用乾燥材。(b)對於特別容易之場所，應使用耐腐朽性佳之木材。基礎構造為木地檻、地板、外牆等應為耐腐朽之構造，並應設置適當之換氣口。(c)廚房、浴室等排水周圍部分，應施予防水措施，並應注意使水分不會滯留，且容易乾燥。(d)屋架組內之換氣，必要設置相應之換氣口，並注意防露。(2)利用防腐劑處理法：(a)木材防腐劑及其吸收量應依 CNS14495「木材防腐劑」及 CNS3000「加壓注入防腐處理木材」之規定。(b)木材防腐劑處理應考量處理效果，安全管理及施工性等，選擇適當之方法。
- 2、防白蟻工法之實施，(1)構法：(a)將基礎設計成為階梯狀，使木地檻與基礎之接觸減少。(b)設置防蟻之被覆金屬板，以防止白蟻由地面侵入。(c)地板下面地盤鋪設混凝土。(d)注意地板下方、牆壁內部、屋架組內之換氣。(e)廚房、浴室及洗臉台等之排水周圍部分盡可能集中在一處，使其構材成為不會濕潤之構造。(2)防蟻劑處理法：(a)木材防蟻劑應依 CNS14495「木材防腐劑」之標準。(b)木材防蟻處理應考量處理效果，安全管理及施工性等，選擇適當之方法。並依 CNS3000「加壓注入防腐處理木材」及 CNS14730「防腐處理木材之防腐劑吸收量測定法」進行。(c)即使為防蟻處理木材，對於橫向接合處或縱向接合處之加工部分，應進行再處理。

上述木材腐朽與白蟻危害處常會重疊，國內常見之白蟻有家白蟻、黃肢散白蟻、黑翅土白蟻、乾木白蟻等，尤其以台灣家白蟻危害最嚴重。溫度、濕度（水分）、氧氣等乃昆蟲繁殖之必要條件。因此，可從調節室內溫濕度與通風等環境控制方法著手，將室內相對濕度長期間維持在 80%以下，則木材含水率可保持在

16%以下，如此可減低白蟻為害之機會。

3、木構造建築物易遭受家白蟻危害之場所如下：

- (1) 地檻、隅撐地檻、地板托樑，一樓地板墊頭樑及地板支柱、窗台。
- (2) 柱、間柱及斜撐之下部。
- (3) 下方被覆材、基礎材之下部。
- (4) 柱及橫架材之接合部。
- (5) 橫架材、台輪、隅撐樑與二樓樑之橫向接合面及簷桁木 (pole plate) 之接合面。
- (6) 陸樑、隔間桁架、合掌、隅撐樑等之承桁木 (Wall plate)，以及簷桁木之橫向接合面。
- (7) 大壁內部之構材。

4、木構造建築物容易發生構材腐朽之部位如下

- (1) 與混凝土、磚石、土壤及其他類含水物質接觸或埋入之構材。
- (2) 鄰近給、排水管之木質構材部分。
- (3) 外牆內易使水分滯留之底部構材，如地檻、柱及斜撐之底部等。
- (4) 塗抹水泥砂漿之基礎部。
- (5) 地板托樑及地板欄柵。
- (6) 柱與窗台之橫向接合部分。

為延長木構造建築之生命週期，上述所使用之木材及木質材料須採用環境友善之木材防腐劑，如 ACQ、CuAz、MCA、DDAC 或硼化合物等任何之一，依 CNS3000 規定進行加壓注入處理。其防腐劑之滲透長度，滲透面積及吸收量則依 CNS14730 規定利用鑽孔或切斷方式採取試片進行確認。其吸收量基準須達 CNS3000 之 K3 或 K4 危害分級之要求，且不僅須符合吸收量之適合基準，並須符合有效成分之最低吸收量。

七、木構造建築之防火措施

依木構造建築物設計及施工技術規範第九章規定

(一) 木構造建築物防火規劃基本原則

木構造建築物為非防火構造者，應依下列事項，考量必要之防火措施：

- (1) 防火區劃依規定設置，以各種構造及防火設備區隔達到規定之防火時效。
- (2) 內部裝修依相關內部裝修限制設計。
- (3) 外牆及屋頂、以使用不燃材料建造或覆蓋為原則。
- (4) 走廊、通道及出入口，應符合逃生避難安全要求。
- (5) 防火間隔依規定留設，避免火災延燒至鄰棟建築物。

木構造建築物為防火構造者，除依上項規定外，並須考量主要構造之柱、樑承重牆壁，樓地板及屋頂應具備規定之防火時效。

(二) 構造防火之設計

(1) 樑柱構造

- (a) 構材之最小斷面應依防火時效設計，於時效內燃燒之殘餘斷面須符合結構設計承載能力所需之最小斷面尺寸規定。
- (b) 不同材種集成材燃燒炭化深度依表 29。但經中央主管機關認可者得依認可炭化深度辦理。
- (c) 木構材接合部位以金屬扣件接合時，應使用適當之防火被覆材或將金屬扣件設置於規定防火時效之安全斷面內，以確保接合部之強度。

(2) 框組壁式

- (a) 壁體、樓板及屋頂之主構材斷面應符合該系統相關設計及施工規範最小斷面尺寸之規定。

表 29、不同材種集成材燃燒實驗炭化深度

材 種		實驗時間	側邊炭化深度	底部炭化深度	備 註
集 成 材	杉 木	30 分鐘	20.0 mm	23.5 mm	1. 實驗方法採 CNS12514「建築物 構造部份之耐火試 驗法」。 2. 試體三面受火。 3. 30 分鐘實驗：試體斷 面尺寸 260 mm × 140 mm。 4. 60 分鐘實驗：試體斷 面尺寸 260 mm × 203 mm。
		60 分鐘	43.4 mm	46.0 mm	
	柳 杉	30 分鐘	20.4 mm	21.5 mm	
		60 分鐘	42.1 mm	46.8 mm	
	台 灣 杉	30 分鐘	22.7 mm	23.5 mm	
		60 分鐘	45.4 mm	49.0 mm	
	花 旗 松	30 分鐘	19.2 mm	20.8 mm	
		60 分鐘	37.4 mm	37.9 min	
	南 方 松	30 分鐘	17.0 mm	17.2 mm	
		60 分鐘	32.8 mm	34.0 mm	
其他材種	30 分鐘	25 mm			
	60 分鐘	50 mm			
非集成材		30 分鐘	30 mm		
		60 分鐘	60 mm		

(b) 防火被覆用板材與填充材等應於防火時效內能維持壁體或樓板之防火性能。兩側採用厚度為 15 mm 以上之耐燃一級石膏板材或厚度為 12 mm 以上之耐燃一級矽酸氫板之防火被覆用板材，與壁內填充材為厚度 50 mm 以上密度 60 kg/m³ 以上之岩棉所構成壁體，防火時效可認定為一小時。

(c) 防火被覆用板材之接縫處理，應於規定防火時效內能維持板材間接縫密合狀態外，並於接縫內側須設置能阻檔延燒之材料，以達設計之防火性能。

(d) 在牆壁、天花板、樓板及屋頂內中空部位等相互交接處，應設置阻擋延燒構造，避免火燄之竄燒蔓延。

(3) 原木層疊 (Log House System)

原木層疊系統除依樑柱構架系統考慮炭化率計算構材之安全斷面與接合部依樑柱構架系統規定處理外，其餘依相關設計及施工規範處理。

(4) I 型托樑'桁架及其他構造系統之防火設計，應經中央主管建築機關認可。

書名：國產造林木材應用於木構造建築

編著者：中華木質構造建築協會

出版者：行政院農業委員會林務局

發行人：李桃生

發行所：台北市杭州南路一段二號

電話：(02) 23515441

網址：<http://www.forest.gov.tw/>

編審小組：王松永教授、葉民權教授、蔡明哲教授、卓志隆教授、邱祈榮副教授、
楊德新副教授、羅盛峰助理教授

主編：王松永名譽教授

企畫執行：江上筠

印刷：萬達打字印刷有限公司

出版年月：2014 年 10 月 22 日

版次：初版

工本費：50