

材料

軸組構法

Point

木造的結構形式主要可分成軸組構法與框組壁構法兩大類，在日本以軸組構法為大眾，是由柱與樑為主的結構來組立完成的構造。

柱樑組成的軸組

在日本的木造建築中，最普及的工法便是軸組構法 [1]。是種自古以來就被使用的工法，以柱與樑的組合先構成軸組，再將牆壁或樓地板裝置上去 [2]。材料部份選用杉木等。與SPF材用於框組材、OSB或結構用合板等板材則藉由鐵釘來組裝壁板，以形成整體結構的框組壁工法（2x4工法）的結構要件有很大的不同。

軸組構法的優點有隔間與天花板高度的自由度，可設置真壁等等 [參考58・59頁]。因柱與樑的組合相對自由，增建或改建時的隔間要變更也較容易。2x4工法則因壁面就是結構體，故自由度較低。在日本建築基準法中，規定結構牆的最大長度範圍是12m以下（開口部的寬度為4m以下）[平成13年（2001年）國土交通省告示第1540號]。

另外，2x4工法的優點則是具有對抗水平力（地震・風）的優勢。軸組構法僅靠柱與樑無法抵抗大型水平力，為了補強這項弱點，必須要配置一定數量的耐力壁。[參考3・48・49頁]。2x4工法中，牆壁和地板為一體，屬剛性較高的結構，即使有水平力的作用，也具有將其力分散至全體建築物的優點。

軸組中各部位的角色

在軸組構法中，結構要素及其主要角色依建築物底部開始依序介紹。

基礎—負責將建築物所負擔的載重傳至地盤的任務 [參考40・41頁]

木地盤（土台）—工作是由柱傳來的載重傳至基礎 [參考40・41頁]

柱—負責支撐建築物垂直載重，作為耐力壁的框架也能發揮其機能 [參考42・43頁]

樑—扮演著支撐建築物垂直載重的角色。作為耐力壁的框架也能發揮其機能 [參考44・45頁]

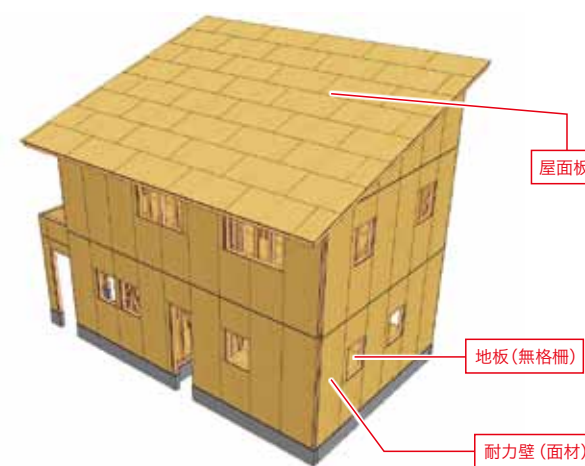
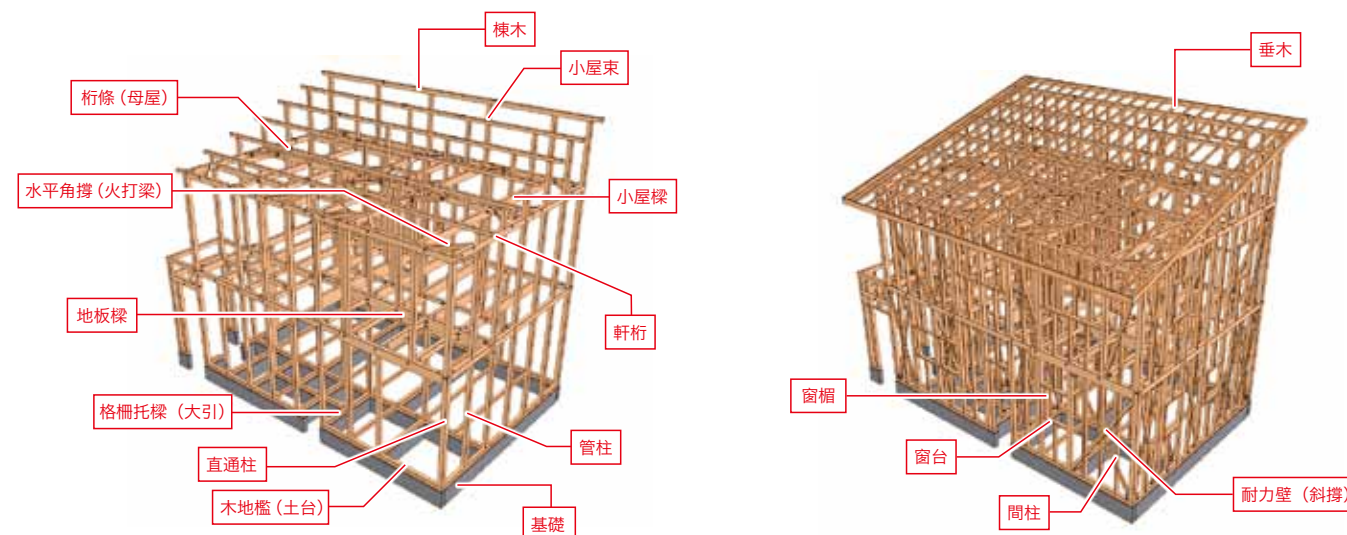
耐力壁—擔任抵抗水平力（風・地震）的職務 [參考48・49頁]

樓地板—擔任支撐建築物垂直載重的角色。能將水平力傳至耐力壁。[參考54・55頁]

小屋組—擔任抵抗由屋頂傳來的垂直載重・水平載重的角色 [參考56・57頁]

簡單整理資訊如上。而這些構件會以對接・搭接的接合形式或特定的結構鐵件來進行固定 [參考3・2・23頁]

①軸組構法的整體



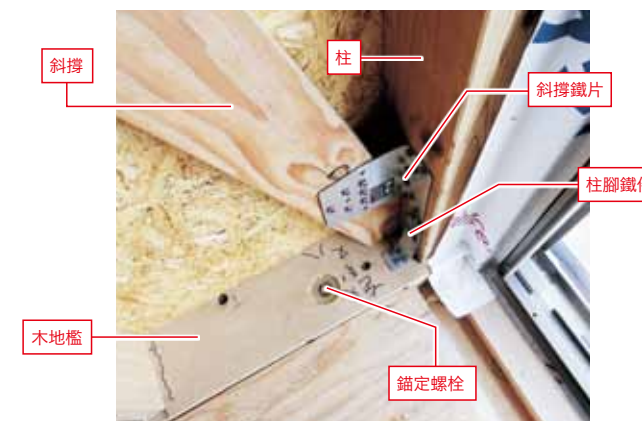
一般木造2層軸組構法之構架透視圖。由此圖可看出，空間上主要是由柱和樑所構成，並支撐屋頂或樓地板的載重。耐力壁（斜撐或面材）是抵抗水平力（地震・風）的重要結構要素，在全體建築物中配置

②由柱樑所構成的空間



軸組構法中，將結構體呈現的場合也很多，此處將柱與樑 [參考56・57頁] 外露，來作為內部裝修時的特色

③耐力壁與接合鐵件的重要性



以軸組構法來說，因對水平力的抵抗力較為貧乏，所以使用耐力壁（此處為斜撐）來補強抵抗力。另外，因為地震等因素，柱或橫向材（樑・木地盤）的接合可能變得不安定，故以斜撐鐵片（接合鐵件）來將柱與木地盤以柱腳鐵件固定

材料 樹種



用於木造建築物的樹種種類繁多，其中，作為軸組構法結構材，深具代表性的針葉樹種之一便是杉木。

杉木的結構用材

樹木有針葉樹與闊葉樹，使用於軸組構法中柱、樑的木材（結構材），則大多會選用樹木纖維筆直、輕量且加工容易的針葉樹。主要的樹種有杉木、檜木（日本國產材）、花旗松・加州鐵杉（進口材）等等，但利用最廣泛的仍為杉木 [1]。杉木在本州、四國、九州等日本列島廣為分佈，而宮崎縣所生產，被稱作飢肥杉的杉木種類繁多，杉木的生產量也從平成3年（1991年）開始連續都是日本第一。

首先介紹結構用杉木的特徵。作為結構用木材，針對壓力、拉力、抗彎、剪力等都必須要有一定的抵抗強度 [2]。在建築基準法 [平成12年（2000年）建設省告示第1452號] 中，則針對木材的基準強度訂定了其規範。針對無等級材 [參考第12・13頁] 的基準強度依各樹種比較後可發現 [8頁3]，杉木在數種針葉樹中，性能屬較劣勢的樹種。但是，依楊氏係數 [※] 測定的機械等級區分 [參考第12・13頁] 來比較基準強度的話，若楊氏係數相同的情況下，比起花旗松・加州鐵杉，杉木的強度更佔上風 [8頁4]。

根據『木質結構設計基準・同解說』（日本建築學會），無等級區分的楊氏係數，花旗松是10.0kN / mm²（≒E110）、加州鐵杉是8.0kN / mm²、杉木則為7.0kN（≒E70），然而若考慮杉木易變形之特性來進行結構計算，僅需將材料尺寸加大，則可與楊

氏係數高之樹種發揮同等的性能。用在樑材的話，將樑深稍微加大亦可發揮同等結構效益 [8頁6]。

“飢肥杉”的優點

宮崎縣所生產的“飢肥杉”，還有其他優點 [8頁6]。飢肥杉的特徵是，比起其他杉木含有更豐富的樹脂，對抗白蟻（大和白蟻或台灣乳白蟻）的效果也很強。這是因為飢肥杉的心材 [參考第10・11頁] 所蘊含杉木精油的成分發揮了效果的緣故。[9頁7]。白蟻因為討厭精油的味道，所以不易寄生於木材。這項說法已經過室外的暴露試驗而得到了實證，飢肥杉與赤松、雲杉・SPF相比，能發揮極高的耐蟻性能。

※區分材料變形難易度之數值。機械等級區分材料從E50（≒5.0kN / mm²）到E150（15.0kN / mm²）分成6個層級

① 用作結構材的針葉樹

a：杉



日本產。多使用於柱或樑，價格相對低廉

b：檜



日本產。耐久性高或外觀的質感十分有魅力，價格較高

c：花旗松



北美產。具有強度且因不易變形，多用於樑材等

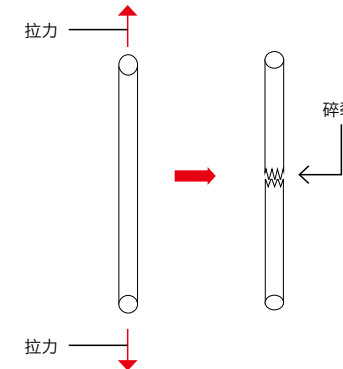
d：加州鐵杉



北美產。在木地板必須保存處理後再使用

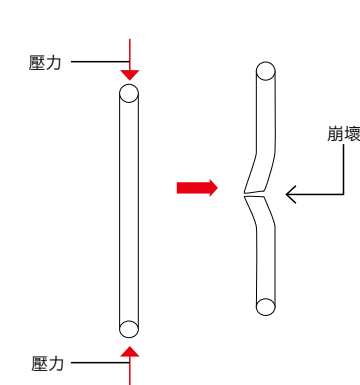
② 作用於結構材之力

a：拉力



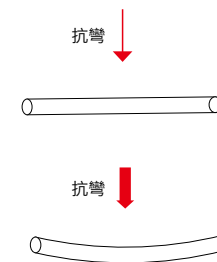
將構件延伸拉開之力。若拉開之力過強，則構件會開裂

b：壓力



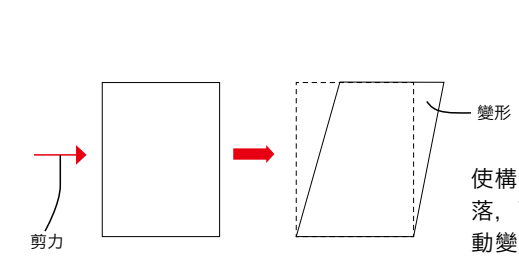
將構件壓縮之力。若壓縮力過大，則構件會變形

c：彎曲



將構件彎曲之力。支配柱・樑等線狀構件的彎曲變形

d：剪力



使構件呈脫離掉落，而使構件移動變形之力。主要影響耐力壁等面材的剪斷變形

③無等級材杉木之強度

■無等級材 (JAS中未明定之木材) 的基準強度比較

樹種	樹種	基準強度 (單位N/mm)			
		Fc	Ft	Fb	Fs
針葉樹	赤松、黑松及花旗松	22.2	17.7	28.2	2.4
	唐松、羅漢柏、檜木及美檜	20.7	16.2	26.7	2.1
	鐵杉及加州鐵杉	19.2	14.7	25.2	2.1
	日本冷杉、蝦夷松、椴松、紅松、杉、花旗杉木及雲杉	17.7	13.5	22.2	1.8
闊葉樹	青剛櫟	27.0	24.0	38.4	4.2
	栗木、橡木、山毛櫸、櫟木	21.0	18.0	29.4	3.0

*節取自2000年建設省告示第1452號 *Fc:壓縮、Ft:拉力、Fb:彎曲、Fs:剪力
比較無等級材料基準強度的數據。在用於結構材的針葉樹中，杉木的基準強度與其他樹種相比相當低

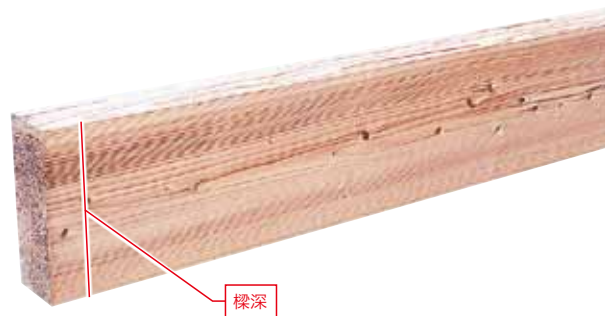
④依據機械等級區分之杉木強度

■據機械等級區分之基準強度 (花旗松、加州鐵杉及杉木)

樹種	等級	基準強度 (單位N/mm)				樹種	等級	基準強度 (單位N/mm)			
		Fc	Ft	Fb	Fs			Fc	Ft	Fb	Fs
花旗松	E50	-	-	-	-	杉木	E50	19.2	14.4	24.0	1.8
	E70	9.6	7.2	12.0	E70		23.4	17.4	29.4		
	E90	16.8	12.6	21.0	E90		28.2	21.0	34.8		
	E110	24.6	18.6	30.6	E110		32.4	24.6	40.8		
	E130	31.8	24.0	39.6	E130		37.2	27.6	46.2		
加州鐵杉	E150	39.0	29.4	48.6	E150	41.4	31.2	51.6			

*節取自2000年建設省告示第1452號 *Fc:壓縮、Ft:拉力、Fb:彎曲、Fs:剪力
先依楊氏係數將各樹種分類，再比較其基準強度後所得。杉木的基準強度與其他樹種相比，可知杉木亦毫不遜色

⑤杉木用於樑材時的注意事項



断面尺寸	10.5 x 21			10.5 x 24		
	區分	E70	E90	E110	E70	E90
撓曲 (cm)	2.52	1.96	1.61	1.69	1.31	1.08

■ : 杉 ■ : 檜 ■ : 花旗松

杉木因屬柔軟的材種，與其他針葉樹相比楊氏係數較低。因此，垂直載重下容易導致樑材之撓曲變形。此時適當地增大樑深，亦能得到與其他樹種同等之結構性能

⑥ 鈹肥杉的施工事例

含有豐富樹脂的樹脂鈹肥杉，不只具有良好的彈性，與一般的杉木相比用作結構材的性能也較高。鈹肥杉的基準強度不只高於其他杉木，也是其他針葉樹遠遠所不及的。也很適用於獨棟以外的中・大規模建築物



木之花巨蛋 (Konohana-dome宮崎縣全天候型運動施設)



かりこぼうず大橋 (Karikobouzu-Bridge西米良大木橋)



車站建築 (JR日向市駅)

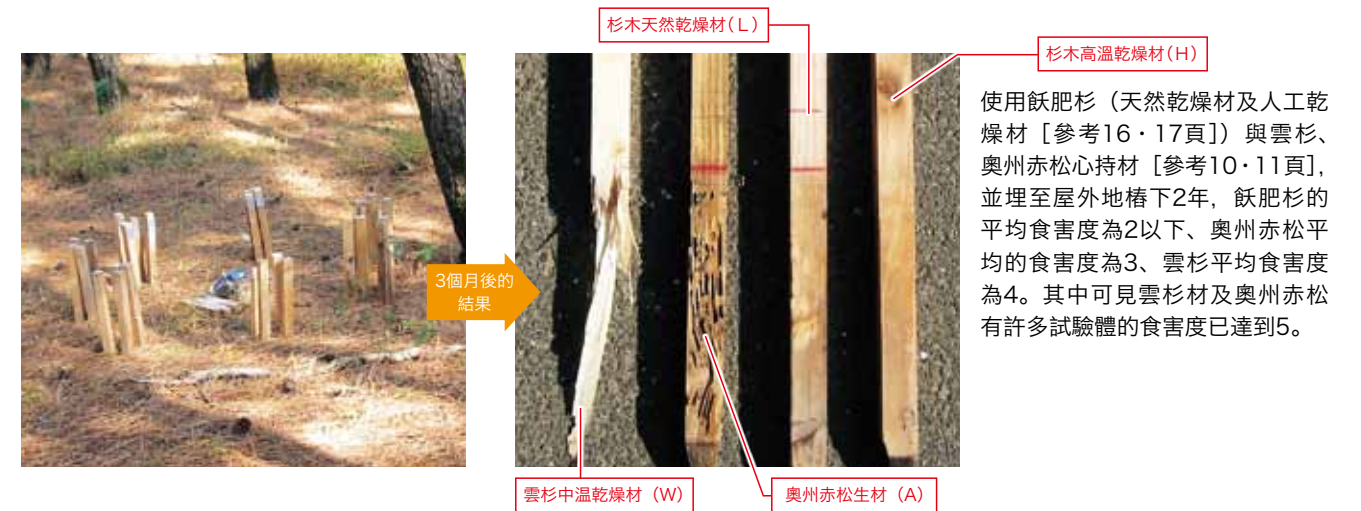
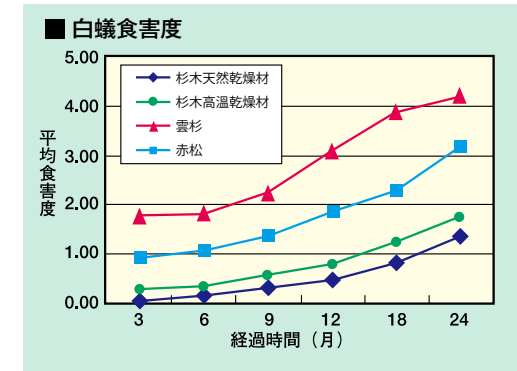
⑦ 鈹肥杉的高耐蟻性

鈹肥杉的高耐蟻性也已透過實驗獲得證實。透過在此介紹2項實驗結果，就可了解到鈹肥杉與其他木材不同，幾乎完全不受白蟻蛀食。

a: 鈹肥杉、雲杉及赤松的的屋外樁耐蟻性試驗

■食害度評定

食害度	觀察狀態
0	健全
1	部分遭嚴重蟲害
2	整體遭嚴重蟲害
3	部份較2的狀態受到激烈性食害
4	全面遭激烈性蟲害
5	因蛀食導致形狀崩塌



b: 鈹肥杉 (心持材) 與歐洲產集成材之耐白蟻試驗比較



選擇鈹肥杉心材柱 [參考10・11頁] (120mm角) 與奧州赤松及雲杉 (120mm角) 針對白蟻之耐蟻性進行約3年半的土中埋設試驗，結果顯示鈹肥杉的食害度為2、奧州赤松及雲杉的食害程度為5