

第六章 構材接合部設計

6.1 一般規定

6.1.1 容許應力與使用應力

- (1) 本節適用於機械性接合，包括 6.2 節至 6.12 節所述之接合器，但 6.13 節之膠合接合除外。決定機械性接合部位之容許應力時，應考慮接合部位之樹種（比重）、設計斷面、載重角度、接合扣件之配置間距、載重條件、偏心、木材接合部位之含水率等。
- (2) 短期容許應力依長期容許應力乘上係數求得。
- (3) 接合部位之使用應力依其容許變形量，在容許應力內訂定之。

6.1.2 樹種分類及基準比重

進行接合部位之設計時，木材之樹種依其基準比重區分為表 6.1-1 所示三群。

表 6.1-1 接合部位設計所使用樹種群與基準比重（下限比重）

樹 種 群		基準比重
J1	花旗松、黑松、赤松、落葉松、鐵杉、南方松、俄國落葉松	0.42
J2	美檜、北美鐵杉、羅漢松、扁柏、冷杉、羅森檜、紅檜	0.37
J3	蝦夷松、椴松、朝鮮松、雲杉、柳杉、西部側柏、台灣杉、杉木、放射松、西部黃松、長葉世界爺	0.32

註：樹種群內之基準氣乾比重（含水率 15% 為下限比重），依下式求出：
基準比重 = 平均比重 - (1.645 × 標準差)，未列於表中之樹種得依此式計算之。

6.1.3 載重角度

載重角度為施加於一個接合扣件之外力合力方向與構材長軸之夾角。載重角度介於 0° 與 90° 間之容許應力依下式計算：

$$R_{\theta} = \frac{R_0 \cdot R_{90}}{R_0 \sin^2 \theta + R_{90} \cos^2 \theta} \quad (6.1)$$

式中 R_{θ} ：角度 θ 時之容許應力；
 R_0 ：纖維平行方向之容許應力；
 R_{90} ：纖維垂直方向之容許應力；
 θ ：載重角度（度）。

【解說】

- (一) 釘、樁(dowel)類之容許耐力，取容許變位所對應之耐力 P_{δ} 與 (最大載重) / (安全係數 ν) 二者之較小值為佳。如圖 6.1-1 所示之 A、B 兩種接合器的載重－變位曲線，A 接合器以 $A P / \nu$ 為容許耐力設計即可，但 B 接合器因變位較大，有必要取 $B P_{\delta}$ 為容許耐力進行設計。

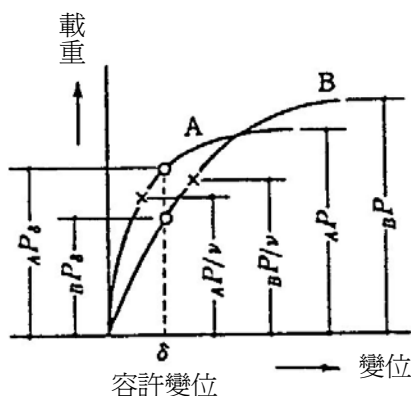


圖 6.1-1 容許耐力與使用耐力

容許變位 δ 及安全係數 ν 之值，應依結構物或框架之型式及使用目的而定。例如，設計屋架(truss)型式之結構物時，應先決定其在預定載重作用下之容許變形，再求出其相對應之各接合部的容許變形量，例如屋架使用金屬板接合時，其容許變位 δ 為 0.38mm。

- (二) 載重角度 (載重及木材纖維方向所成角度)

木材為直交異方性材料，木材強度會隨著木材纖維及載重所成角度增大而減低，其變化趨勢如圖 6.1-2 所示，此關係可以 Hankinson 式表示，即 (6.1) 式。接合部之耐力亦可比照木材強度做相同之考量。

6.1.4 接合扣件之配置

- (1) 接合扣件間距係指扣件之中心距離，分為縱距及橫距，如圖 6.1-2 所示。
- (2) 邊距為接合扣件中心至構件最近邊緣之距離，分為載重承擔側邊距 (圖 6.1-3 (a) 之 A) 與載重非承擔側邊距 (圖 6.1-3 (a) 之 B) 兩種。
- (3) 端距係自接合扣件中心至構材端部之距離，如圖 6.1-3 (a) 之 C。構材端部被切斷成傾斜時，其為自接合扣件中心偏移 $D/4$ (D 為扣件直徑) 之點至端部之距離，如圖 6.1-3 (b) 之 C。
- (4) 接合扣件之間距、邊距及端距應適當配置，使接合扣件發揮必要之耐力。
- (5) 接合扣件軸指在接合部位之同一面內，相鄰兩個接合扣件中心之連結線；接合扣件軸角度指接合扣件軸與構材長軸之夾角，在決定接合扣件之配置間距時，須考慮到此角度。

【解說】

接合扣件之間距、邊距及端距定義，如圖 6.1-2 及 6.1-3 所示。

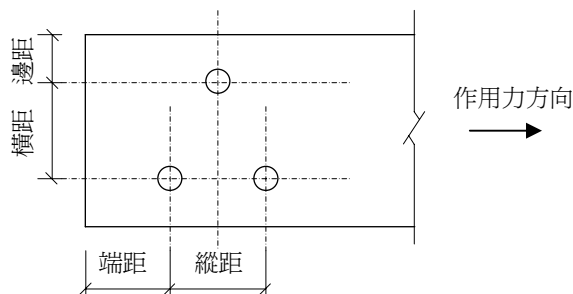


圖 6.1-2 接合扣件之間距、邊距及端距

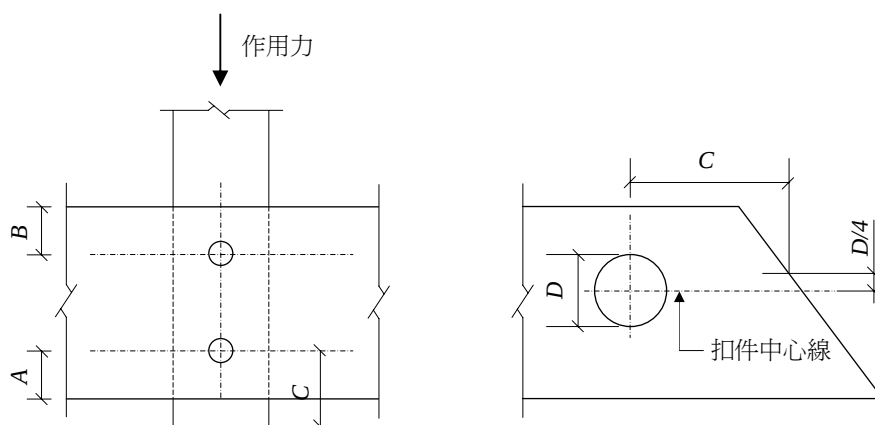


圖 6.1-3 扣件位置邊距及端距

6.1.5 偏心

主要接合部之接合器配置，應使力作用線通過接合器（群）之重心；若無法通過重心時，應考慮偏心影響。

【解說】

數支受軸力之構材接合時，應使各重心軸交會於一點，否則應考慮由於偏心所生之撓曲應力。

6.1.6 含水率

設計時若考慮施工或使用狀態下，木材之平均含水率無法保持在 19% 以下時，接合部位之容許應力應予減少 1/3。

6.1.7 接合部之剪應力

以裂環、剪力板、螺栓及穿孔釘等接合之構材，如圖 6.1-4 所示，當載重角度大於 0° 時，接合部剪應力 F_v 依下式求出，且應小於構材之容許剪應力。

$$F_v = k \frac{3Q}{2bh_e} \quad (6.2)$$

式中 Q ：構材之剪力，取 Q_1 、 Q_2 中較大值（圖 6.1-4）；

θ ：載重角度；

b ：構材寬度；

h_e ：構材之深度減去載重非承擔側邊距之值（接合器為裂環及剪力板時，係指從邊緣至最近之邊緣；為螺栓時則指從邊緣至最近螺栓中心之距離）。

k ：接合部位端距；當 C 為構材深度之 5 倍以上時， k 取 $2/3$ （插入鋼板接合形式時， k 取 1.0 ），未達 5 倍時， $k = h/h_e$ 。

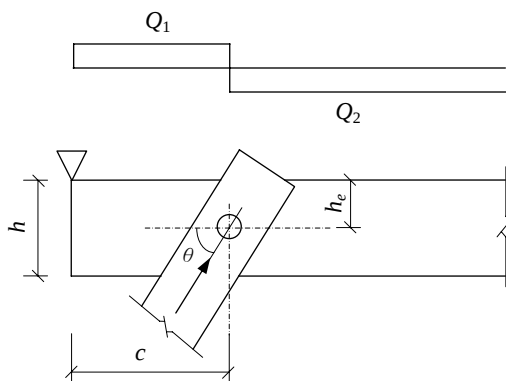


圖 6.1-4 接合部位之剪應力

6.1.8 接合扣件群之容許應力折減

接合部位有多個接合扣件並列配置在載重方向時，其容許應力應依一系列中之接合扣件數目折減。如圖 6.1-5 所示，接合扣件成交錯配置時，列間距 y 比接合扣件之最短距離 x 的 $1/4$ 為小時，此二列得考慮成一系列，適用折減係數。

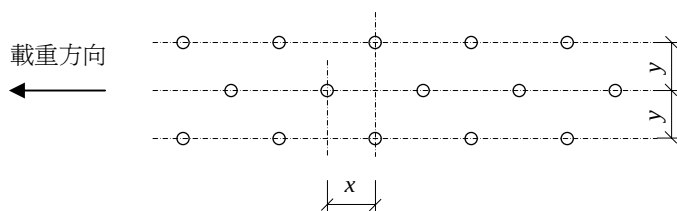


圖 6.1-5 接合扣件群

【解說】

多個接合扣件在載重方向並列配置時，由於孔洞或接合部位構材之變形的影響，使施加於各個接合扣件之作用力會不同，因此，接合部之耐力不能以各個接合扣件之耐力和表示，需予適當之折減。

依美國 NDS(National Design Specification for Wood Construction)之規定，對於一系列中之接合扣件個數之折減係數如表 6.1-2 及表 6.1-3 所示。

表 6.1-2 折減係數（木材側材）

A_1/A_2^*	$A_1(\text{in}^2)^{\#}$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0.5	<12	1.00	0.92	0.84	0.76	0.68	0.61	0.55	0.49	0.43	0.38	0.34
	12~19	1.00	0.95	0.88	0.82	0.75	0.68	0.62	0.57	0.52	0.48	0.43
	>19~28	1.00	0.97	0.93	0.88	0.82	0.77	0.71	0.67	0.63	0.59	0.55
	>28~40	1.00	0.98	0.96	0.92	0.87	0.83	0.79	0.75	0.71	0.69	0.66
	>40~64	1.00	1.00	0.97	0.94	0.90	0.86	0.83	0.79	0.76	0.74	0.72
	>64	1.00	1.00	0.98	0.95	0.91	0.88	0.85	0.82	0.80	0.78	0.76
1.0	<12	1.00	0.97	0.92	0.85	0.78	0.71	0.65	0.59	0.54	0.49	0.44
	12~19	1.00	0.98	0.94	0.89	0.84	0.78	0.72	0.66	0.61	0.56	0.51
	>19~28	1.00	1.00	0.97	0.93	0.89	0.85	0.80	0.76	0.72	0.68	0.64
	>28~40	1.00	1.00	0.99	0.96	0.92	0.89	0.86	0.83	0.80	0.78	0.75
	>40~64	1.00	1.00	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88	0.85	0.84	0.82	0.80
	>64	1.00	1.00	1.00	0.99	0.96	0.93	0.91	0.88	0.87	0.86	0.85

註：(1) A_1 ：構材斷面積

(2) A_2 ：側材斷面積和

*： $A_1/A_2 > 1.0$ 時，； $0 < A_1/A_2 < 1.0$ 時，

#： $A_1/A_2 > 1.0$ 時，

表 6.1-3 折減係數（鋼板側材）

A_1/A_2	$A_1(\text{in}^2)$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2~12	5~8	1.00	0.78	0.64	0.54	0.46	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
	9~16	1.00	0.85	0.73	0.63	0.54	0.48	0.42	0.38	0.34	0.30	0.26
	17~24	1.00	0.91	0.83	0.74	0.66	0.59	0.53	0.48	0.43	0.38	0.33
	25~39	1.00	0.94	0.87	0.80	0.73	0.67	0.61	0.56	0.51	0.46	0.42
	40~64	1.00	0.96	0.92	0.87	0.81	0.75	0.70	0.66	0.62	0.58	0.55
	65~119	1.00	0.98	0.95	0.91	0.87	0.82	0.78	0.75	0.72	0.69	0.66
	120~199	1.00	0.99	0.97	0.95	0.92	0.89	0.86	0.84	0.81	0.79	0.78
12~18	17~24	1.00	0.94	0.88	0.81	0.74	0.67	0.61	0.55	0.49	0.43	0.37
	25~39	1.00	0.96	0.91	0.86	0.80	0.74	0.68	0.62	0.56	0.50	0.44
	40~64	1.00	0.98	0.94	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.67	0.62	0.58
	65~119	1.00	0.99	0.96	0.93	0.90	0.86	0.82	0.79	0.75	0.72	0.69
	120~199	1.00	1.00	0.98	0.96	0.94	0.92	0.89	0.86	0.83	0.80	0.78
	200 以上	1.00	1.00	1.00	0.98	0.97	0.95	0.93	0.91	0.90	0.88	0.87
18~24	40~64	1.00	1.00	0.96	0.93	0.89	0.84	0.79	0.74	0.69	0.64	0.59
	65~119	1.00	1.00	0.97	0.94	0.92	0.89	0.86	0.83	0.80	0.76	0.73
	120~199	1.00	1.00	0.99	0.98	0.96	0.94	0.92	0.90	0.88	0.86	0.85
	200 以上	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.96	0.95	0.93	0.92	0.92	0.91

24~30	40~64	1.00	0.98	0.94	0.90	0.85	0.80	0.74	0.69	0.65	0.61	0.58
	65~119	1.00	0.99	0.97	0.93	0.90	0.86	0.82	0.79	0.76	0.73	0.71
	120~199	1.00	1.00	0.98	0.96	0.94	0.92	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81
	200 以上	1.00	1.00	0.99	0.98	0.97	0.95	0.93	0.92	0.90	0.89	0.89
30~35	40~64	1.00	0.96	0.92	0.86	0.80	0.74	0.68	0.64	0.60	0.57	0.55
	65~119	1.00	0.98	0.95	0.90	0.86	0.81	0.76	0.72	0.68	0.65	0.62
	120~199	1.00	0.99	0.97	0.95	0.92	0.88	0.85	0.82	0.80	0.78	0.77
	200 以上	1.00	1.00	0.98	0.97	0.95	0.93	0.90	0.89	0.87	0.86	0.85
35~42	40~64	1.00	0.95	0.89	0.82	0.75	0.69	0.63	0.58	0.53	0.49	0.46
	65~119	1.00	0.97	0.93	0.88	0.82	0.77	0.71	0.67	0.63	0.59	0.56
	120~199	1.00	0.98	0.96	0.93	0.89	0.85	0.81	0.78	0.76	0.73	0.71
	200 以上	1.00	0.99	0.98	0.96	0.93	0.90	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78

註：A₁、A₂同表 6.1-2。

6.1.9 共同注意事項

- (1) 接合部所使用之鋼板及其銲接，應依鋼構造設計規範及銲接要求之規定。
- (2) 各接合部位應依結構計畫施作，並應考慮因結構物之變形而於接合部發生之二次應力。
- (3) 接合部位之設計，應能安全承載外力且能確保必要之剛性。
- (4) 重視剛性之結構物，於變形計算時應考慮接合部之變形。
- (5) 在同一處接合部位使用不同之接合法時，除經實驗證實外，兩者之容許應力不得疊加。另外，凹凸所引起構材相互之壓陷與其他接合法之應力，亦不得疊加。
- (6) 本章未規定之接合扣件，其容許應力應由實驗決定之。
- (7) 接合部位所使用之金屬扣件，應依建築物及金屬扣件之使用條件、期望之耐用年數等，施以必要之防銹處理。

【解說】

在同一處接合部位使用不同之接合法時，兩者之容許應力不得疊加。以釘與螺栓在同一接合部位併用為例，其各個單獨使用時，載重—變位曲線如圖 6.1-6 所示，A 點及 B 點分別表示釘與螺栓之容許耐力；當二者併用時，此二容許耐力不能疊加，因為當變位為 δ 時，釘達到其容許耐力 A 點，而此時螺栓僅達到 A 點之抵抗力，故此接合部位應取同一變位下之抵抗力之合。同理，木材樁頭接合之接觸耐力與其他接合扣件之容許耐力亦不能疊加，例如屋架之合掌末端的螺栓容許耐力與合掌及陸梁間之切口的接觸耐力，二者不能直接相加。

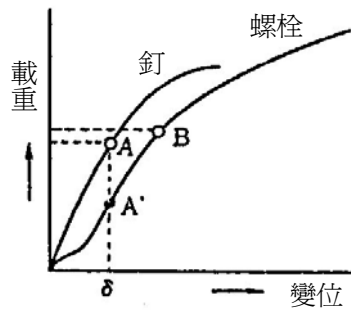


圖 6.1-6 釘及螺栓接合部之載重－變位曲線

6.2 釘接合

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。

6.2.2 釘之容許剪力

(1) 單剪接合之容許剪力

釘入木材側面之鐵釘（與纖維成垂直方向），不論外力方向，其單剪之長期容許剪力依下式求出，單剪之短期容許剪力為長期之 2 倍。

$$P = kd^{1.8} \quad (6.3)$$

式中 P：單剪之長期容許剪力（kgf）；

k：依表 6.1-1 分類之樹種群而定之係數，對於 J1、J2 及 J3 各取 255、230 及 200；

d：釘徑（cm）。

側材厚度應為釘徑之 6 倍以上，釘長為側材厚度之 2.5 倍以上。

(2) 雙剪接合之容許剪力

釘入木材側面之鐵釘，其雙剪接合之容許剪力得取單剪容許剪力之 2 倍；惟各構材厚度應為釘徑之 6 倍以上，且釘應貫通三構材，或釘入第三支構材深度為釘徑之 9 倍以上。

(3) 容許剪力之增減

(a) 受拉構材端部之釘的容許剪力，得依下述比例折減：

(i) 與外力同方向之單列釘數在 10 支以上時，折減 10%；

(ii) 與外力同方向之單列釘數在 20 支以上時，折減 20%。

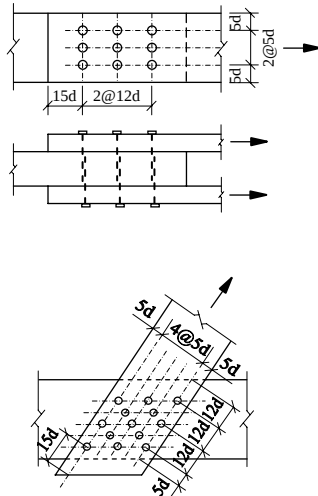
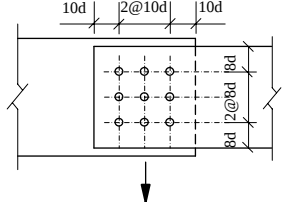
(b) 側材為鋼板（厚度為釘徑之 0.4 倍以上）時，其容許剪力可增加 25%。

- (c) 接合異樹種之構材（在針葉樹間）時，其容許剪力應依剪力較小樹種之值。
- (d) 施工中或使用狀態下，木材之含水率在 19% 以上時，適用 6.1.6 節之規定。
- (e) 釘接方法採用木材橫切面釘接及傾斜釘接者，其容許剪力應各折減 1/3 及 1/6。
- (f) 釘子使用於易生銹之環境時，應採用經適當防銹處理之鐵釘。

(4) 注意事項

- (a) 釘接支數：
釘接合每處之釘接支數應為 2 支以上。
- (b) 釘子之配置
釘配置之最小間距，依表 6.2-1 之規定。釘在構材纖維方向應採錯列式釘接方式。
- (c) 考慮割裂
對於薄板或容易割裂之構材，為防止釘接時產生割裂，在平行於纖維方向宜採用較大之間距。

表 6.2-1 鐵釘在構材配置之最小間距，cm （d：釘徑）

外力平行 纖維方向	外力方向	釘間距 12d	
		釘受壓側之端距 15d	
	外力之直角方向	釘列間距 5d	
		邊距 5d	
外力垂直 纖維方向	外力方向	釘間距 8d	
		邊距 8d	
	外力之直角方向	同一纖維之釘間距 10d	
		端距 10d	

6.2.3 以合板為側材之釘容許剪力

(1) 單剪接合之容許剪力

釘入木材側面之鐵釘（與纖維成垂直方向），不論外力方向，其單剪之長期容許剪力依（6.3）或（6.4）式計算，取較小值；單剪之短期容許剪力為長期之 2 倍。

$$P = 187\rho_p^{1.5} \cdot t^{0.75} \cdot d_h^{1.7} \quad (6.4)$$

式中 P：單剪之長期容許剪力（kgf）；

d_h ：釘頭部之直徑（cm）；

ρ_p ：合板之比重；

t：合板之厚度（cm）。

ρ_p 值可使用表 6.1-1 之數值，柳桉合板與 J1 同等。兩種以上樹種所構成之合板，應取較低值。另外，釘入主構材之釘長應為釘徑之 9 倍以上，且為側材厚度之 1.5 倍以上。此容許剪力可適用於釘徑為 2.7mm 以上之鐵釘。

(2) 雙剪接合之容許剪力

釘入木材側面之鐵釘，其雙剪接合之容許剪力得取單剪容許剪力之 2 倍；惟釘子應貫穿合板，在釘徑 5 倍以上部分須折彎。

(3) 合板之釘子配置

釘子之間距、邊距及端距應適當配置，即使在短期容許剪力之 2 倍外力作用下，合板亦不得剪斷。

(4) 容許剪力之增減

合板當作側材時，得依 6.2.2（3）節之規定，將容許剪力折減。

【解說】

本節之規定係針對以合板做連接板、合板釘接構成之組合梁、具表皮應力之板 (stress-skin panel)、剪力牆、水平構面等構材之接合部為對象。

側材使用合板時，不會像使用製材時會發生割裂，但若合板厚度較薄或合板比重較低時，會發生釘頭貫穿(punch shear)合板之破壞模式，使接合耐力減低。(6.4) 式之容許剪力計算式，係以厚度為 5mm 以上之構造用合板為對象，經實驗後誘導而得者。

表 6.2-2 表示樹種群 J1（花旗松、落葉松、柳桉等）之構造用合板，以 CN 鐵釘釘接時之容許剪力。

表 6.2-2 樹種群 J1 之構造用合板以 CN 鐵釘釘接時之容許剪力（單剪、長期）

單位：kgf

釘	製材樹種群	合板厚度（mm）			
		7.5	9	12	15 以上
CN 50	J1	21	24	27	27
	J2	21	24	24	24
	J3	21	21	21	21
CN 65	J1	23	26	33	35
	J2	23	26	32	32
	J3	23	26	27	27
CN 75	J1	27	31	39	44
	J2	27	31	39	40
	J3	27	31	34	34
CN 90	J1	32	37	46	51
	J2	32	37	46	47
	J3	32	37	40	40

註：粗框內之容許剪力係由貫穿剪力控制

6.2.4 容許拉拔力

（1）釘之容許拉拔力

釘入木材纖維直角方向之鐵釘，其長期容許拉拔力依下式求出；被釘入之木材厚度應為釘徑之 6 倍以上，釘入後木材不得發生割裂。短期容許拉拔力為長期之 2 倍。

$$P_w = 150\rho^{2.5}d \cdot l \quad (6.5)$$

式中 P_w ：長期容許拉拔力（kgf）；

ρ ：木材之氣乾比重（可使用表 6.1-1 之數值）；

d ：釘徑（cm）；

l ：釘入深度（cm）。

（2）容許拉拔力之增減

施以表面加工或表面處理之特殊釘，其容許拉拔力依實驗決定。

（3）注意事項

（a）主要構材應避免由鐵釘直接承受拉拔方向作用力。

（b）釘入木材橫斷面處之鐵釘，不得用於抵抗拉拔作用。

（c）側材抵抗釘頭貫穿之強度如較拉拔力為小時，釘頭貫穿抵抗強度應作為鐵釘接合部之耐力。

【解說】

拉拔力係藉由木材與鐵釘間之摩擦阻抗而產生，因此受到木材比重、割裂、釘徑、釘入深度、釘端狀況等影響，木材之比重依實際狀態取表 6.1-1 所示之值即可；

另外，釘接時木材有可能發生割裂，因此規定木材之最小厚度應為釘徑之 6 倍以上。

6.3 木螺絲釘接合

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。

【解說】

木螺絲釘及鐵釘同為簡便且效果高之接合器，除家具、裝修外，在建築結構中亦廣泛使用。在本規範中，將木螺絲釘列入結構接合扣件之一，其接合設計需檢核容許剪力與容許拉拔力。木螺絲釘之尺寸繁多，其材質包括鐵、不銹鋼、黃銅等，可參照 CNS 之相關規定。

6.3.2 容許剪力

(1) 單剪接合之容許剪力

在木材側面拴入木螺絲釘，不論外力方向，其單剪之長期容許剪力依下式求出；側材厚度應為木螺絲釘標稱直徑之 6 倍以上，木螺絲釘長度應為側材厚度之 2.5 倍以上；單剪之短期容許剪力為長期之 2 倍。

$$P = 870 \rho^{1.8} d^2 \quad (6.6)$$

式中 P：單剪之長期容許剪力 (kgf)；
 ρ ：木材之氣乾比重（可使用表 6.1-1 之數值）；
d：木螺絲釘之標稱直徑 (cm)。

- (2) 以木螺絲釘接合之側材使用鋼板（厚度為木螺絲釘標稱直徑之 0.4 倍以上）時，其容許剪力可增加 25%。
- (3) 在木材橫切面拴入木螺絲釘之單剪容許剪力，取木材側面拴入時之 2/3 值。
- (4) 容許剪力之增減得比照 6.2 節之規定。
- (5) 異樹種之木材接合時，其容許剪力取耐力較小之樹種所對應之值。另外，以木材以外之材料作為側材時，其接合依實驗而定。

6.3.3 容許拉拔力

(1) 木螺絲釘之容許拉拔力

在木材纖維垂直方向拴入之木螺絲釘，其長期容許拉拔力依下式求出。短期容許拉拔力為長期之 2 倍。

$$P_w = 130 \rho^{1.5} l d \quad (6.7)$$

式中 P_w ：長期容許拉拔力 (kgf)；
 ρ ：木材之氣乾比重 (可使用表 6.1-1 之數值)；
 l ：螺紋部之栓入深度 (cm)；
 d ：木螺絲釘之標稱直徑 (cm)。

- (2) 主要結構構材應避免使用木螺絲釘直接承受拉拔力。
- (3) 在木材橫切面栓入之木螺絲釘，不能用於抵抗拉拔作用。
- (4) 栓入高比重闊葉樹之木螺絲釘易受拉破斷，其容許拉拔力不得超過木螺絲釘谷徑之拉斷強度。
- (5) 注意事項
 - (a) 木螺絲釘接合之導引孔徑依表 6.3-1 之規定；導引孔深度為栓入主構材深度之 2/3 左右。
 - (b) 木螺絲釘應使用適當工具栓入，不得以鐵鎚敲打。
 - (c) 為使木螺絲釘容易栓入且不使木螺絲釘損傷，得使用潤滑油。

表 6.3-1 導引孔直徑

樹種	導引孔直徑	
	主構材	側材
針葉樹	0.6d	0.8d
闊葉樹	0.8d	1.0d

d：木螺釘之標準直徑 (cm)

【解說】

針對比重高之樹種，木螺絲釘有發生拉伸破斷之虞，因此其容許拉拔力不得超過木螺絲釘谷徑之拉伸破斷強度。

以木螺絲釘接合時，木螺絲釘不能如鐵釘一樣以敲打方式釘入，而應使用適當之工具栓入。在栓入木螺絲釘前，得先預鑽如表 6.3-1 所示直徑之導引孔，其深度為木螺絲釘栓入深度之 2/3。使用在針葉樹及闊葉樹之導引孔直徑會改變，而木螺絲釘栓入比重較大之闊葉樹時，木螺絲釘因有拉伸破斷之虞，故當栓入困難或避免木螺絲釘損傷時，得使用潤滑油。

6.4 螺栓接合

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。螺栓所使用之墊圈尺寸及厚度依表 6.4-1 之規定。

表 6.4-1 螺栓墊圈之尺寸及厚度 (mm)

墊圈的大小 \ 螺栓直徑		8	10	12	16	20	24
受拉螺栓	厚度	4.5	4.5	6	9	9	13
	角形墊圈之一邊	40	50	60	80	105	125
	圓形墊圈之直徑	45	60	70	90	120	140
受剪螺栓	厚度	3.2	3.2	3.2	4.5	6	6
	角形墊圈之一邊	25	30	35	50	60	70
	圓形墊圈之直徑	30	35	40	60	70	80

(2) 形狀

(a) 螺栓頭應與螺栓一體成形。

(b) 螺栓拴緊時之作用長度應使螺帽至少突出二圈螺牙。

6.4.2 螺栓接合之容許拉力

螺栓接合之長期容許拉力依 (6.8) 與 (6.9) 式計算，取較小值，墊圈應具有充分之厚度，使其不會發生有害變形；短期容許拉力依 (6.8) 式所得值之 1.5 倍或 (6.9) 式所得值之 2 倍計算，取較小值。

$$P_t = 0.5 F A_z \quad (6.8)$$

$$P_t = f_e A_w \quad (6.9)$$

式中 P_t ：螺栓接合之長期容許拉力 (kgf)；

F ：螺栓鋼材之基準強度 (依 4.7 節強度區分之螺栓強度應為 2400 kgf/cm² 以上)；

f_e ：木材之長期容許壓陷應力 (kgf/cm²)；

A_z ：螺栓斷面積；

A_w ：墊圈之面積。

6.4 螺栓接合

6.4.3 螺栓接合之容許剪力

(1) 螺栓承受剪力時，由於螺栓與螺栓孔有間隙存在，應避免結構部位引起有害之滑動。

(2) 螺栓接合之容許剪力

(a) 螺栓接合之長期容許剪力依下式求得。短期容許剪力為長期容許剪力之 2 倍。

$$P_a = \frac{1}{3} P_y \quad (6.10)$$

式中 P_a ：螺栓接合之長期容許剪力 (kgf)；

P_y ：螺栓接合之降伏力 (kgf)。

(b) 螺栓接合之降伏力依 (6.11) 式求得：

$$P_y = C \cdot F_e \cdot d \cdot l \quad (6.11)$$

式中 P_y ：螺栓接合之降伏力 (kgf)；

F_e ：主構材之承壓強度 (kgf/cm²)，取主構材長期容許壓應力 f_c 之 3 倍。(f_c 在木材纖維方向依表 4.3-1 及表 4.5-4、4.5-5、4.5-6，木材纖維垂直方向依表 4.3-2 及表 4.5-3，與木材纖維方向成傾斜時，取 4.3.3 節所示數值)；

l ：主構材厚度 (cm)；

d ：螺栓直徑 (cm)；

C ：依接合形式與其破壞形式而定之係數。

(c) 係數 C 值與接合形式有關 (參照圖 6.4-1)，依下列 (i) 至 (v) 所述方式計算之：

(i) 木材之主構材及木材側材之接合 (取下述中較小值)：

$$2\alpha\beta, 1, \sqrt{\frac{8\alpha^2\beta^2(1+\beta)}{(2\beta+1)^2} + \frac{8\beta\gamma(\frac{d}{l})^2}{3(2\beta+1)}} - \frac{2\alpha\beta}{2\beta+1}, \frac{d}{l} \sqrt{\frac{8\beta\gamma}{3(1+\beta)}}$$

(ii) 木材之主構材及鋼板側材之螺栓接合 (取下述中較小值)：

$$1, \frac{d}{l} \sqrt{\frac{8\gamma}{3}}$$

(iii) 在木材之主構材中央插入鋼板之螺栓接合 (取下述中較小值)：

$$1, \sqrt{2 + \frac{8}{3}\gamma(\frac{d}{l})^2} - 1, \frac{d}{l} \sqrt{\frac{8}{3}\gamma}$$

(iv) 單面剪斷螺栓 (木材與木材) (取下述中較小值)：

$$1, \alpha\beta, \sqrt{\frac{\beta + 2\beta^2(1+\alpha+\alpha^2) + \alpha^2\beta^2}{1+\beta}} - \beta(1+\alpha),$$

$$\sqrt{\frac{2\beta(1+\beta)}{(2+\beta)^2} + \frac{2\beta\gamma(\frac{d}{l})^2}{3(2\beta+1)}} - \frac{\alpha\beta}{2+\beta},$$

$$\sqrt{\frac{2\beta(1+\beta)}{(2+\beta)^2} + \frac{2\beta\gamma(\frac{d}{l})^2}{3(2\beta+1)}} - \frac{\alpha\beta}{2\beta+1}, \frac{d}{l} \sqrt{\frac{2\beta\gamma}{3(1+\beta)}}$$

(v) 單面剪斷螺栓（木材與鋼板）（取下述中較小值）：

$$1, \sqrt{2 + \frac{2}{3}\gamma \left(\frac{d}{l}\right)^2} - 1, \frac{d}{l} \sqrt{\frac{2}{3}\gamma}$$

以上各式中之符號定義如下：

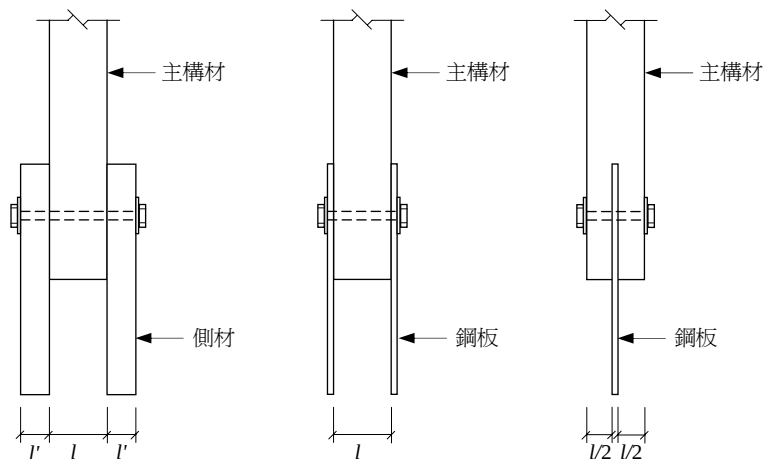
α ：側材厚度/主構材厚度（ l'/l ）；

β ：側材與主構材之支壓強度比（ F'_e/F_e ）；

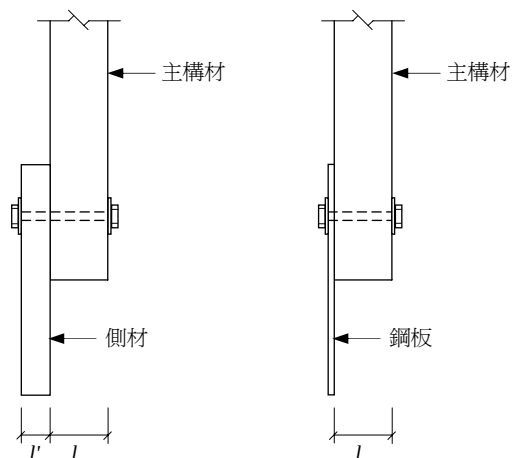
γ ：螺栓鋼材之基準強度與主構材之支壓強度比（ F/F_e ）；

F ：螺栓鋼材之基準強度（ kgf/cm^2 ）；

F_e 及 F'_e ：主構材及側材之承壓強度（ kgf/cm^2 ），取其長期容許壓應力 f_c 及 f'_c 之 3 倍。（ f_c 及 f'_c 在木材纖維平行方向取表 4.3-1 及表 4.5-4、4.5-5、4.5-6 之值，木材纖維垂直方向取表 4.3-2 及表 4.5-3 之值，與纖維成傾斜時，取 4.3.3 節所示值）。



(a) 雙剪(木材側材) (b) 雙剪(鋼板側材) (c) 雙剪(鋼板插入)



(d) 單剪(木材與木材) (e) 單剪(木材與鋼板)

圖 6.4-1 承受剪力之螺栓接合形式

(3) 螺栓接合之容許剪力折減

使用兩支以上螺栓接合時，若施工時螺栓與螺栓孔能密接，其容許剪力得取各螺栓接合之容許耐力和；但使用支數更多時，考慮外力作用條件及使用狀況，其容許剪力應適當折減。

【解說】

本節針對圖 6.4-1 所示之接合形式，假設其降伏模式如圖 6.4-2 所示，在各種模式中，由力的平衡條件求出對應之降伏載重。一般螺栓之降伏特性與材厚及螺栓徑之比（ l/d ）成比例。木材厚度比螺栓徑為小時，木材會因壓陷而達到降伏點；木材厚度比螺栓徑為大時，在木材因壓陷而降伏時，假定螺栓因彎曲亦同時達降伏點。本規範規定木材之承壓強度，在木材纖維方向取表 4.3-1 及表 4.5-4、4.5-5、4.5-6 之容許壓應力的 3 倍；木材纖維垂直方向取表 4.3-2 及表 4.5-3 之容許壓陷應力的 3 倍；與木材纖維方向成傾斜時，取中間值。

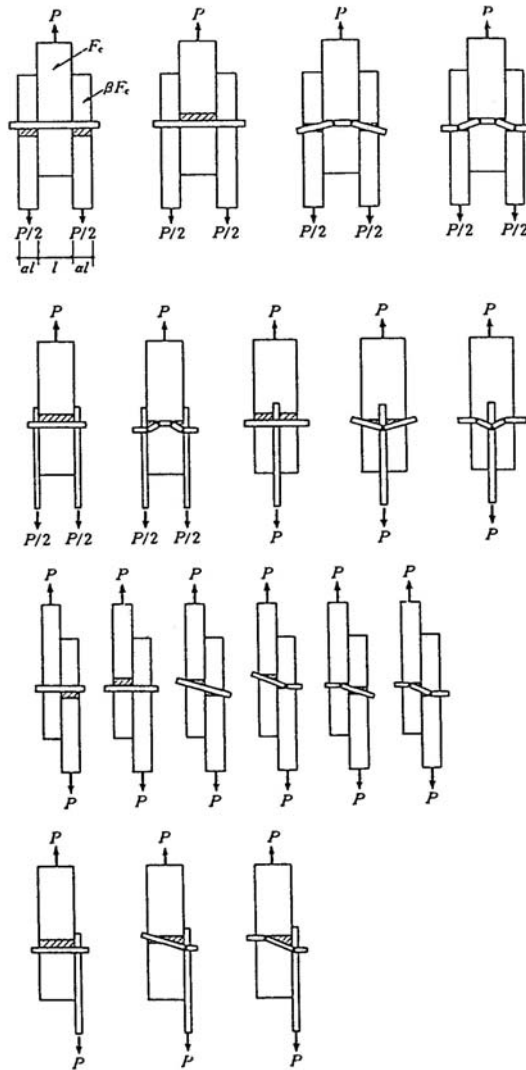


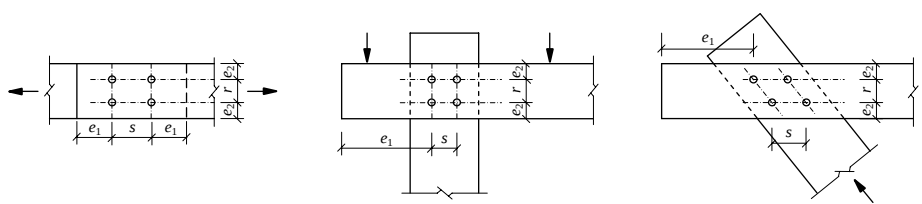
圖 6.4-2 各種接合形式之降伏模式

(摘自日本建築學會「木質構造設計規準・同解說」，1995)

6.4.4 承受剪力之螺栓配置

- (1) 承受剪力之螺栓配置依表 6.4-2 之規定。
- (2) l/d 較小時， e_1 及 s 值應取較表 6.4-2 所定之值為大； e_2 及 r 值係考慮外力之作用條件及使用狀況，取適當之值。
- (3) 構材承受拉力之接合部，構材有效斷面積之拉應力不得超過容許拉應力。
- (4) 除木材纖維平行方向以外，承受外力之接合部，以 (6.2) 式所得之剪應力，不得超過構材之容許剪應力。

表 6.4-2 承受剪力之螺栓配置

距離 間距	加 力 方 向		
	纖維方向	纖維之垂直方向	中間角度
s	7d 以上	3d ($l/d=2$) 3d~5d ($2\leq l/d<6$) 5d 以上 ($l/d\geq 6$)	依角度相對 應的取纖維 方向與纖維 成直角方向 值之中間值
r	3d 以上	4d 以上	
e ₁	7d 以上 (載重承擔側) 4d 以上 (載重非承擔側)	7d 以上	
e ₂	1.5d 以上 $l/d>6$ 時為 1.5d 以上 , 且 r/2 以上	4d 以上 (載重承擔側) 1.5d 以上 (載重非承擔側) 依 (6.2) 式進行檢討	
			

6.4.5 注意事項

- (1) 在螺栓接合部附近有節、木理傾斜等缺點時，容許耐力應適當折減。
- (2) 螺栓接合部有隨木材之乾燥而使接合部發生鬆動之虞時，應使用乾燥之木材。不得已而使用未乾燥材時，應考量螺栓可隨時重新拴緊之措施，且應注意乾燥可能引起之割裂。
- (3) 承受剪力之螺栓接合部，應注意下述事項：
 - (a) 接合部施工時，應使各構材之鑽孔孔徑一致，且盡量使螺栓與孔密著。
 - (b) 拴緊螺栓時，將使螺栓本身產生適當之拉力，一般墊圈會稍許壓陷入木材。
 - (c) 重視結構變位之接合部，應使用直徑大之螺栓；而重視結構極限強度之接合部，則應使用直徑小之螺栓。
 - (d) 在木材之纖維垂直方向及木材纖維之傾斜方向施加外力時，應考量不會發生劈裂（割裂）之適當措施，且應適當折減其容許耐力。

【解說】

螺栓孔應儘可能與螺栓徑一致，尤其是節點較多或重視結構剛性之構架，使其不會因螺栓孔與螺栓之間隙而引起初期滑動。另外，在同一接合部使用多個螺栓時，若螺栓孔及螺栓間有間隙存在，螺栓之耐力不可疊加，尤其當木材厚度比螺栓徑為

小時，其極限耐力會顯著降低，因此容許耐力減低是有必要的，例如使用 $l/d = 4$ 之螺栓 6 支，且在作用力方向（木材纖維方向）配置成一系列時，其耐力會減低 40%。

6.5 突端螺釘接合

6.5.1 突端螺釘之品質

本節適用於使用規格化材質及形狀之突端螺釘接合。

【解說】

突端螺釘（lag screw）亦稱大木螺釘，其形狀依製造團體之標準或德國 DIN 標準，參考圖 6.5-1，材質可參考 JIS G3507 所規定之冷間壓延用碳素鋼線材 SWRCH10R 或具有同等以上之強度者。

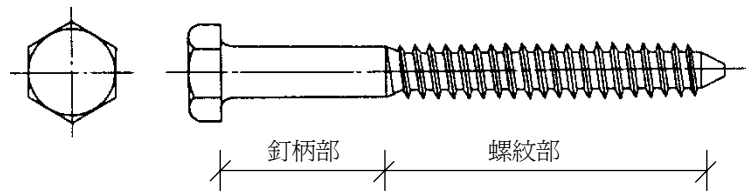


圖 6.5-1 突端螺釘之形狀

6.5.2 突端螺釘接合之容許剪力

- (1) 以鋼板為側材且於木材纖維方向承受外力時，突端螺釘接合之長期容許剪力依下式求出；短期容許剪力為長期之 2 倍。

$$\begin{aligned} 4 \leq l/d \leq 10 \text{ 時} \quad & P_a = 62 \rho d l \\ l/d > 10 \text{ 時} \quad & P_a = 625 \rho d^2 \end{aligned} \quad (6.11)$$

式中 P_a ：突端螺釘接合之長期容許剪力（kgf）；
 d ：突端螺釘之軸徑（cm）；
 l ：突端螺釘之栓入長度（cm）；
 ρ ：木材之氣乾比重（可使用表 6.1-1 之值）。

上述之容許剪力適用於鋼板厚度至 13mm 為止者，厚度超過 13mm 時，以突端螺釘栓入長之比折減。鋼板材質依鋼構造設計規範之規定。

- (2) 在木材纖維之垂直方向承受外力時，突端螺釘之容許剪力為在纖維平行方向承受外力時之耐力的 1/2。
- (3) 在接合部使用多數個突端螺釘時，其容許剪力應適當折減。
- (4) 突端螺釘接合之容許剪力與含水率有關，應依 6.1.6 節進行調整。

(5) 載重角度在 0°與 90°之間時，可適用 (6.1) 式。

(6) 突端螺釘拴入木材橫切面時，其容許剪力取拴入側面時之 2/3。

6.5.3 突端螺釘接合之容許拉拔力

- (1) 突端螺釘之螺紋每單位長度之長期容許拉拔力 P_w ，依下式求出；但需確認突端螺釘之螺紋根部（螺絲谷部）不會超過容許受拉應力。短期容許拉拔力為長期之 2 倍。

$$P_w = 60\rho^{0.8}d \quad (6.12)$$

式中 P_w ：突端螺釘接合之長期容許拉拔力 (kgf/cm)；

ρ ：木材之氣乾比重（可使用表 6.1-1 之值）；

d ：突端螺釘之直徑 (cm)。

- (2) 主要結構部分應避免使用突端螺釘直接抵抗拉拔力。不得已使用時，不能超過側面拴入之值的 3/4。

6.5.4 同時承受剪力與拉拔力

載重以斜角施加於木材表面時，突端螺釘接合會同時承受剪力與拉拔力，應將剪力與拉拔力分開檢討。

6.5.5 突端螺釘之配置及墊圈

突端螺釘之配置間距、邊距及端距、以及使用墊圈，得適用相同直徑之螺栓的規定。

6.5.6 注意事項

- (1) 釘柄之導引孔與釘柄直徑相同，其長度與釘柄為同尺寸。螺紋部之導引孔部份，樹種群 J1 為螺釘徑之 60～75%，其他樹種群為 40～70%，其長度至少與螺紋部之長度相同。
- (2) 突端螺釘應利用其導引孔以螺絲起子拴入，不得用鐵鎚敲入；為使其容易拴入，可使用潤滑油。

6.6 穿孔釘接合

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。

【解說】

穿孔釘之形狀及應用範例可參考圖 6.6-1 所示。

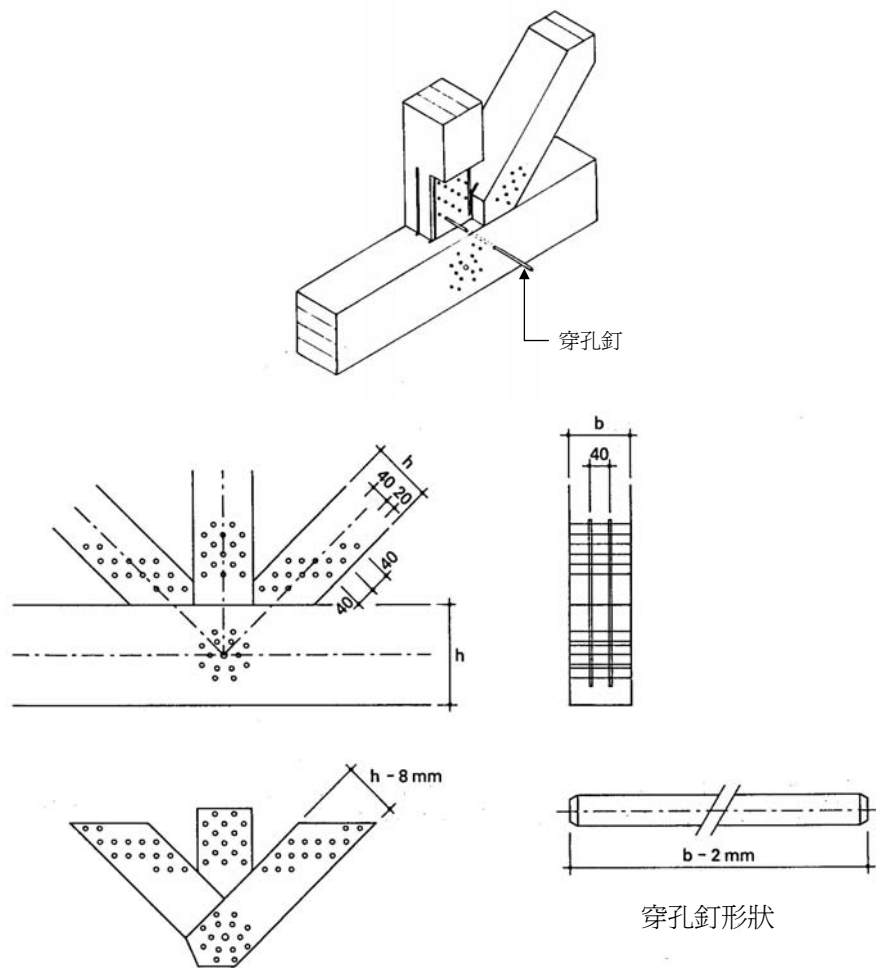


圖 6.6-1 穿孔釘之形狀及應用範例

6.6 穿孔釘接合

6.6.2 穿孔釘接合之容許剪力

- (1) 穿孔釘接合之長期容許剪力依下式計算之。短期容許剪力為長期容許剪力之 2 倍。

$$P_a = \frac{1}{3} P_y \quad (6.13)$$

式中 P_a ：穿孔釘接合之長期容許剪力 (kgf)；
 P_y ：穿孔釘接合之降伏強度 (kgf)。

- (2) 穿孔釘接合之降伏強度依下式求出：

$$P_y = C \cdot F_e \cdot d \cdot l \quad (6.14)$$

式中 P_y ：穿孔釘接合之降伏強度 (kgf)；

F_e ：主構材之承壓強度 (kgf/cm²)，為主構材之長期容許壓應力 f_c 之 3 倍。(f_c 值在木材纖維平行方向取表 4.3-1 及表 4.5-4、4.5-5、4.5-6 之值，木材纖維垂直方向取表 4.3-2 及表 4.5-3 之值，木材纖維傾斜方向取 4.3.3 節及 4.5.2 節所示之值)

l ：主構材厚度 (cm)；

d ：穿孔釘之軸徑 (cm)；

C ：依接合形式與破壞形式所定之係數。

(3) 係數 C 值與接合形式有關 (參照圖 6.6-2)，依下列 (a) 至 (c) 所述方式計算之：

(a) 木材之主構材及木材側材之接合 (取下述中較小值)：

$$2\alpha\beta, 1, \sqrt{\frac{8\alpha^2\beta^2(1+\beta)}{(2\beta+1)^2} + \frac{8\beta\gamma(\frac{d}{l})^2}{3(2\beta+1)}} - \frac{2\alpha\beta}{2\beta+1}, \frac{d}{l} \sqrt{\frac{8\beta\gamma}{3(1+\beta)}}$$

(b) 在木材之主構材中央插入鋼板之接合 (取下述中較小值)：

$$1, \sqrt{2 + \frac{8}{3}\gamma(\frac{d}{l})^2} - 1, \frac{d}{l} \sqrt{\frac{8}{3}\gamma}$$

(c) 單剪接合 (木材與木材) (取下述中較小值)：

$$1, \alpha\beta, \sqrt{\frac{\beta + 2\beta^2(1+\alpha+\alpha^2) + \alpha^2\beta^2 - \beta(1+\alpha)}{1+\beta}},$$

$$\sqrt{\frac{2\beta(1+\beta)}{(2+\beta)^2} + \frac{2\beta\gamma(\frac{d}{l})^2}{3(2+\beta)}} - \frac{\beta}{2+\beta},$$

$$\sqrt{\frac{2\alpha^2\beta^2(1+\beta)}{2(\beta+1)^2} + \frac{2\beta\gamma(\frac{d}{l})^2}{3(2\beta+1)}} - \frac{\alpha\beta}{2\beta+1}, \frac{d}{l} \sqrt{\frac{2\beta\gamma}{3(1+\beta)}}$$

以上各式中之符號定義如下：

α ：側材厚度/主構材厚度 (l'/l)

β ：側材與主構材之承壓強度比 (F_e'/F_e)

γ ：穿孔釘之鋼材的基準強度與主構材之承壓強度之比 (F/F_e)

F ：穿孔釘之鋼材的基準強度 (kgf/cm²)

F_e 及 F_e' ：主構材及側材之承壓強度 (kgf/cm²)，分別取其長期容許壓

應力 f_c 及 f'_c 之 3 倍。(f_c 及 f'_c 之值在木材纖維平行方向取表 4.3-1 及表 4.5-4、4.5-5、4.5-6 之值，木材纖維垂直方向取表 4.3-2 及表 4.5-3 之值，木材纖維傾斜方向取 4.3.3 節及 4.5.2 節所示之值)。

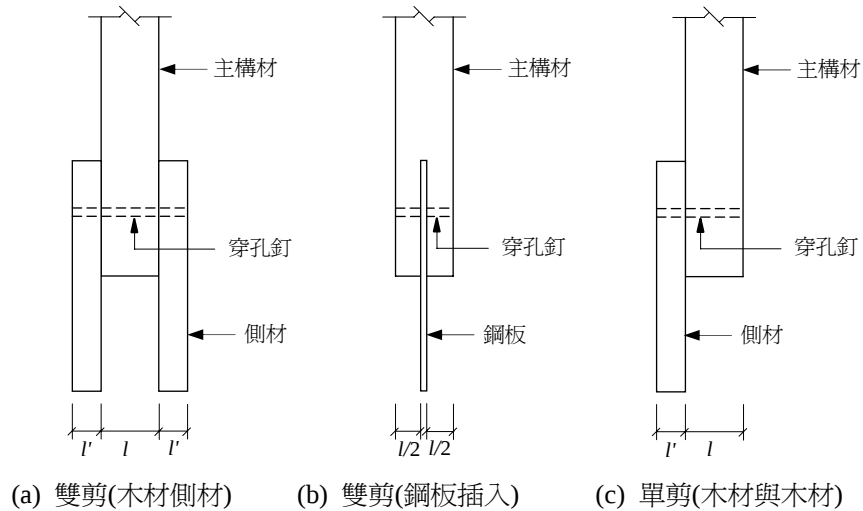


圖 6.6-2 承受剪力之穿孔釘的接合形式

(4) 容許剪力之折減

使用 2 支穿孔釘以上之接合，若施工時穿孔釘與導引孔能密接，其容許剪力得取各穿孔釘接合之容許剪力和。但使用支數更多時，考慮外力之作用條件及使用狀況，其容許剪力應適當折減。

【解說】

本節有關穿孔釘接合之容許剪力的規定與螺栓接合相同，係根據降伏理論，將降伏強度的三分之一作為長期容許剪力。因此，穿孔釘接合與螺栓接合一樣，需注意木材有剪斷或割裂而發生破壞之狀況。

穿孔釘接合與螺栓接合不同之處，在於其沒有相當於螺栓頭、螺帽及墊圈等部份，在大變形時，無法如同螺栓能承受拉力，因此對於與木材纖維平行方向之載重，將看不到於其降伏後載重承擔能力之上升，既使穿孔釘之間距、邊距、端距皆充分時，其極限強度亦約略與降伏強度相同。本規範中，木材之承壓強度取容許壓應力之三倍，因此計算所得之降伏強度較實際降伏強度略低，極限強度考慮為短期容許耐力之 1.5 倍左右。

對於與木材纖維垂直方向之載重，若穿孔釘之間距、邊距、端距皆充分時，因穿孔釘之壓陷變形使其耐力提升之故，其極限強度會與纖維平行方向加載之情況相同。