

木構造的接合設計



美國針葉材出口聯盟



“棲身” 身是從“木”開始的

《康熙字典》里“木”部首的字有1413个，其中超过400个与建筑有关。

梁柱桁椽檁枋栏楼梯楣桥栈椅
札杈杆杈杉杙材村杖杠杯杵櫛
杷杼松板极枇极枉枋析枕衲枚
枳枢枋枋枋枋枋枋枋枋枋枋
柄柜柢柱柴栅栈标带庐栋栋栏
栓栖栝株栲栳根样桃桅框桉桧
桤桥桦桶梁梗梢桨梯梳械棋棍
棒棚棗榿棺椁椅植椎椴椒槩椰
椹榿棟椿楠楣楫楮楹楹楼榄榆
榉榜榉榴榿榿榿榿槽檻櫻橫檄

大木作



小木作





纲要

- 木构造接合设计基本原则
- 含水率的影响
- 接合的基本设计
- 紧固件类型
- 其他

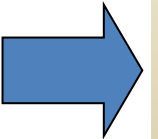
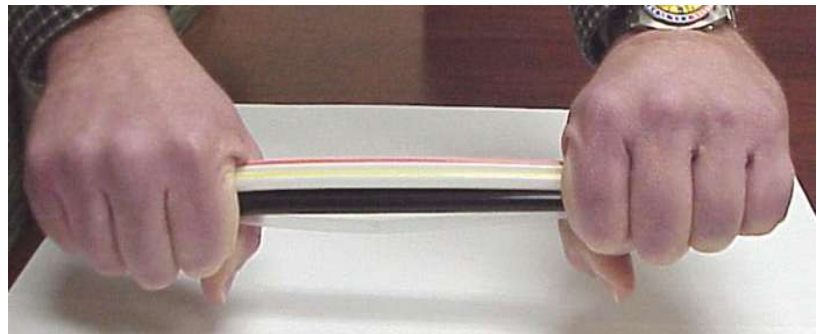
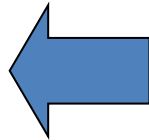
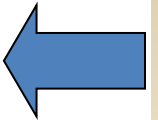
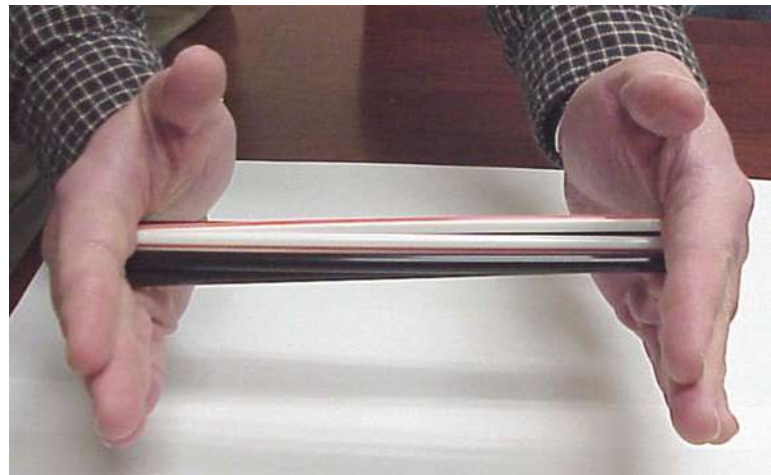
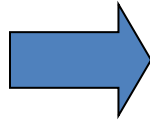
好的接合设计

需要掌握下列知识：

- 木材特性
- 含水率作用
- 特别设计要求

木材的材料特性

顺文方向强度高（立木顶千斤）



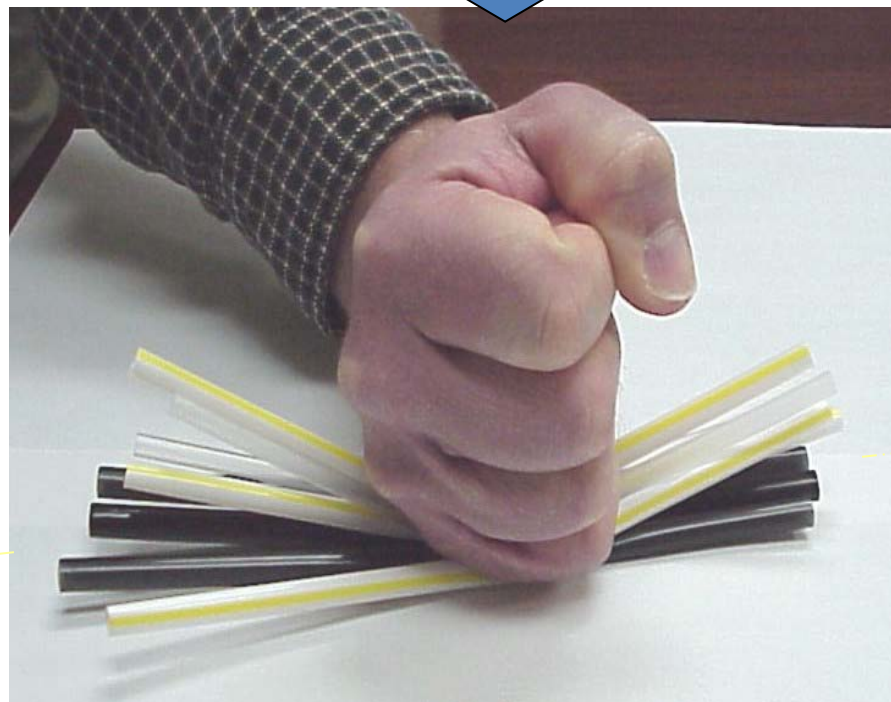




木材的材料特性

无横纹受拉设计值

横纹方向强度相对较弱



木材的材料特性

木材出现开裂是因为横纹方向
强度相对较弱

- 钉距离太近，类似楔子。



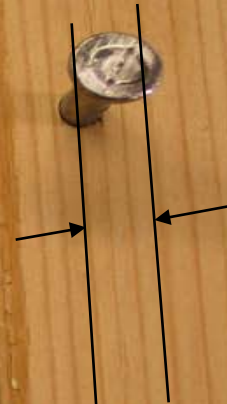
木材的材料特性

裂縫总是出现在
顺纹方向

裂縫不会出现在横
纹方向，不管钉的
距离有多近。

錯位

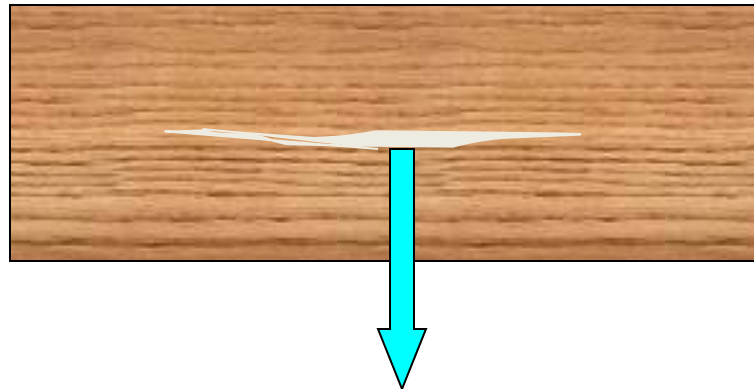
將平行木紋方向的釘
錯位以減少開裂



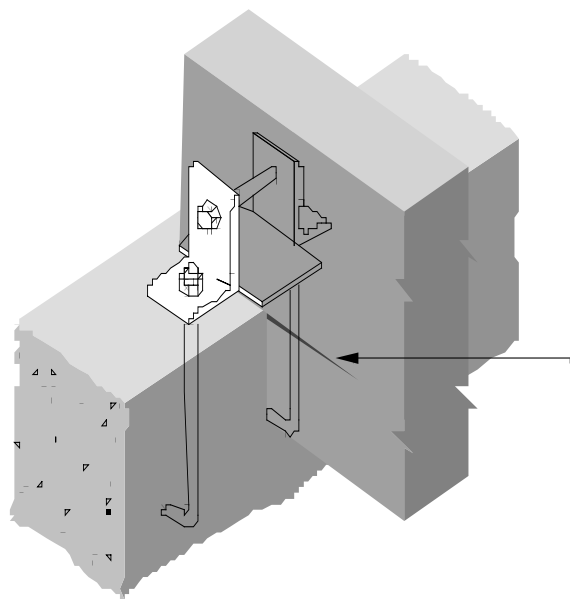
木材的接合

橫紋受拉

1. 大直徑緊固件
2. 懸掛載荷
3. 受緊固件限制



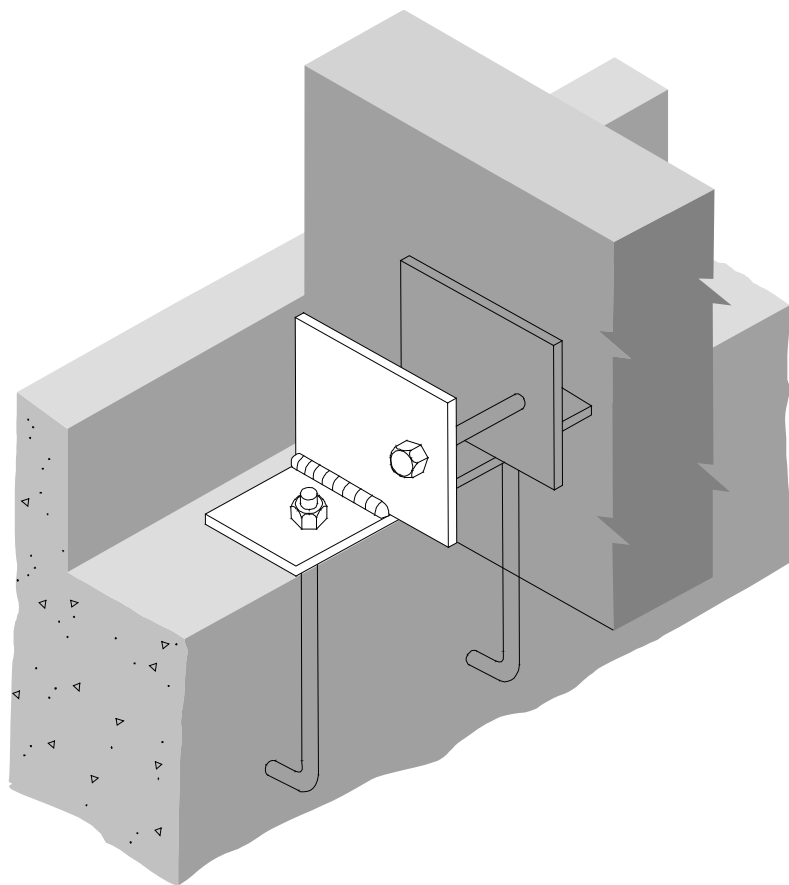
膠合梁在混凝土上的支座



- 缺口梁端部承載
- 產生橫紋受拉
- 水分吸收差異
- 密封端部



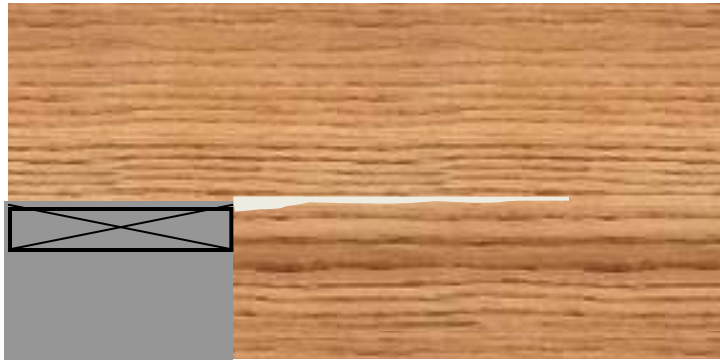
膠合梁在混凝土上的支座



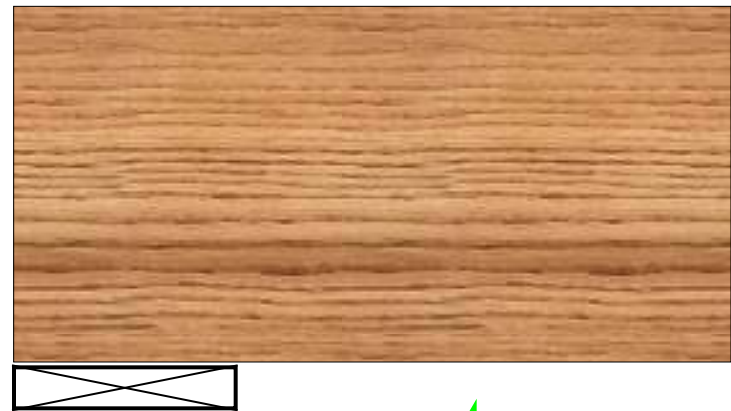
切口

問題

產生橫紋受拉

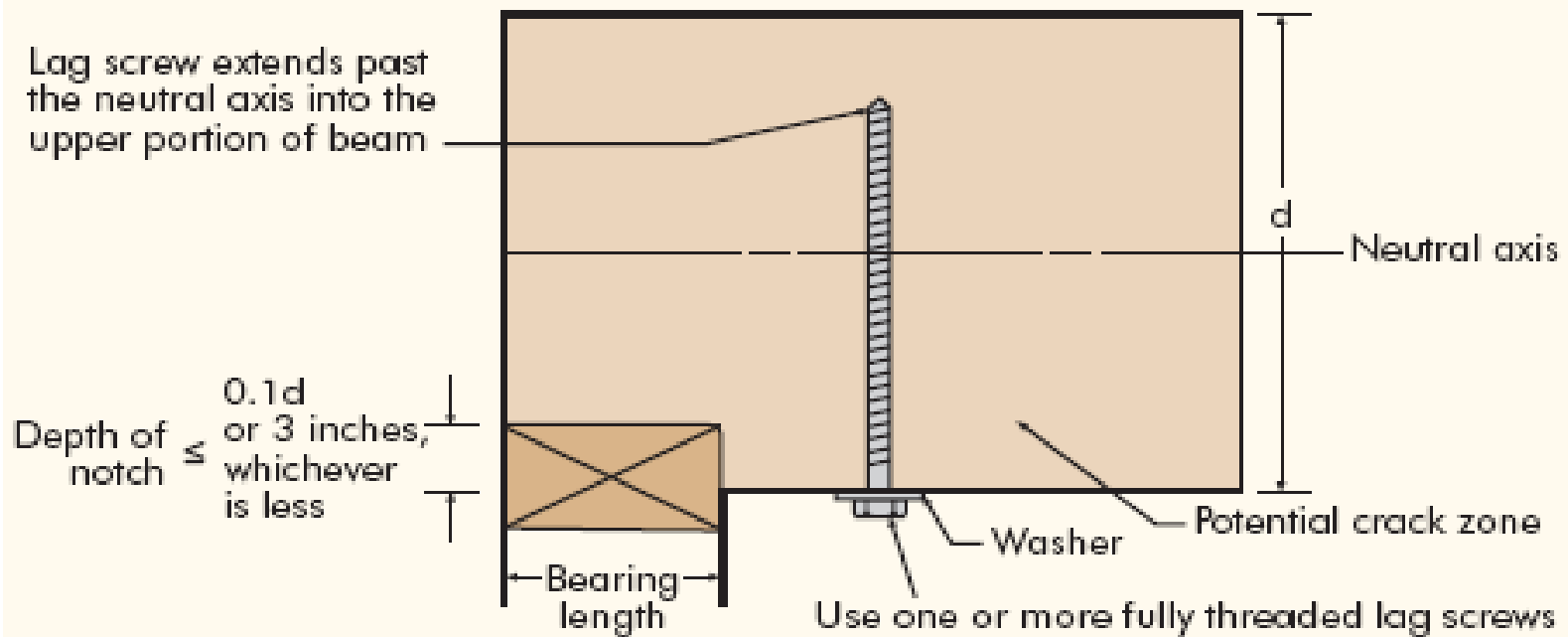


解決方法



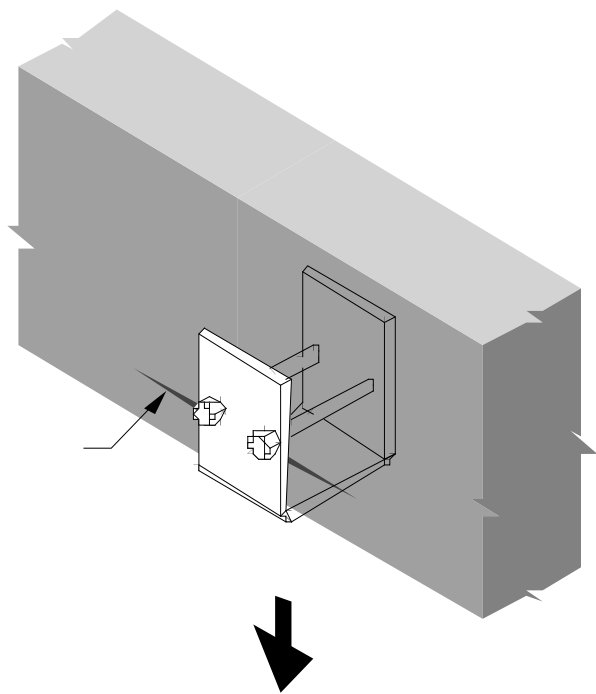
斷部切口的加強方法

A REINFORCEMENT TECHNIQUE TO MINIMIZE CRACK PROPAGATION AT END BEARING NOTCHES



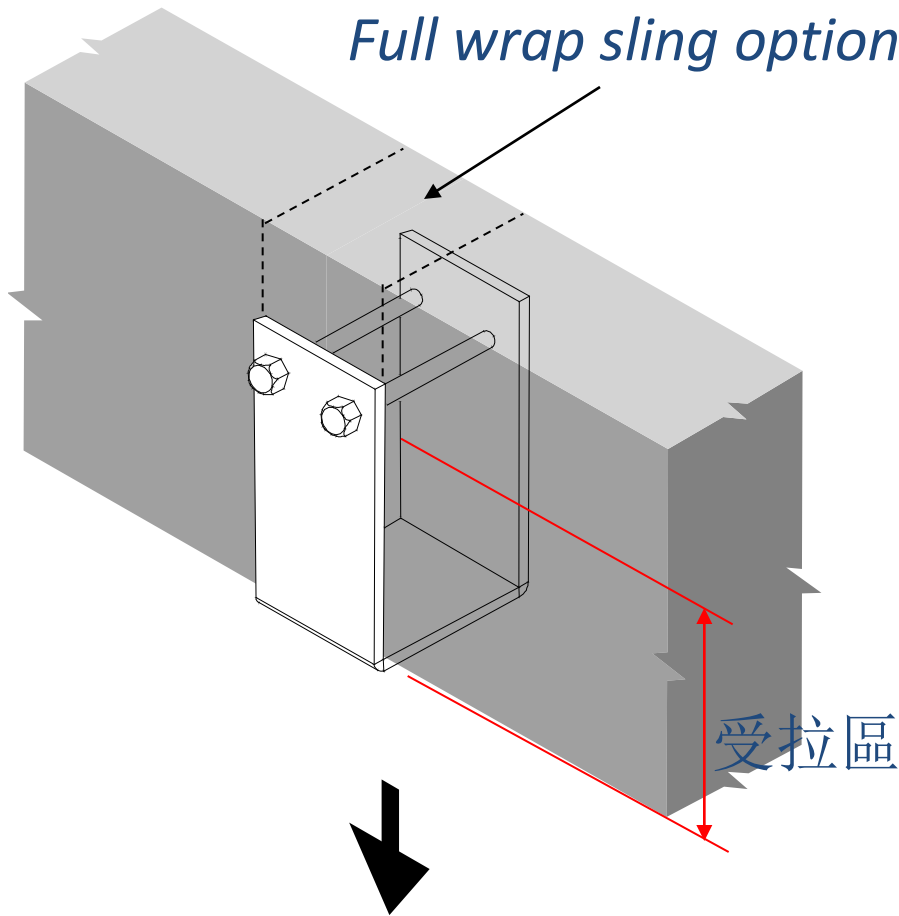
懸掛連接件與梁的接合

梁下部懸掛載荷－
產生橫紋受拉



懸挂連接件與梁的接合

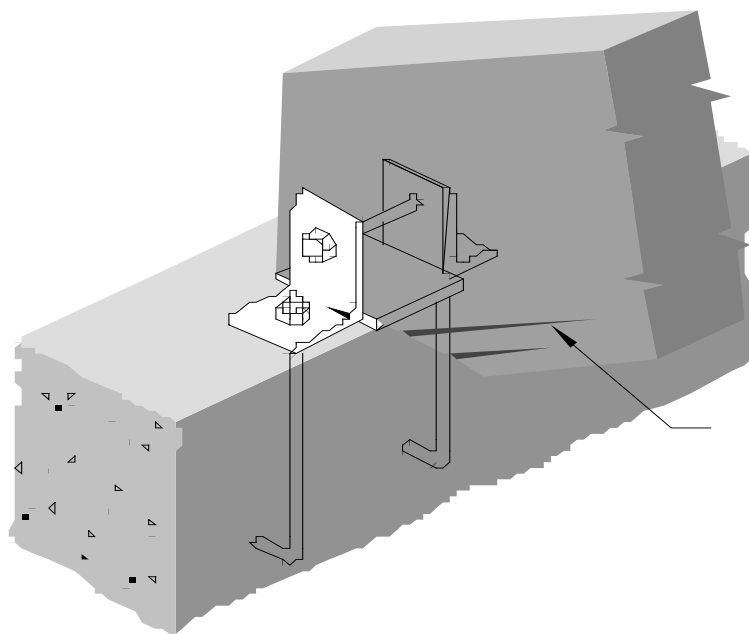
Full wrap sling option



載荷承載于梁的上半部
- 將兩側鋼板延伸到
木材受壓區



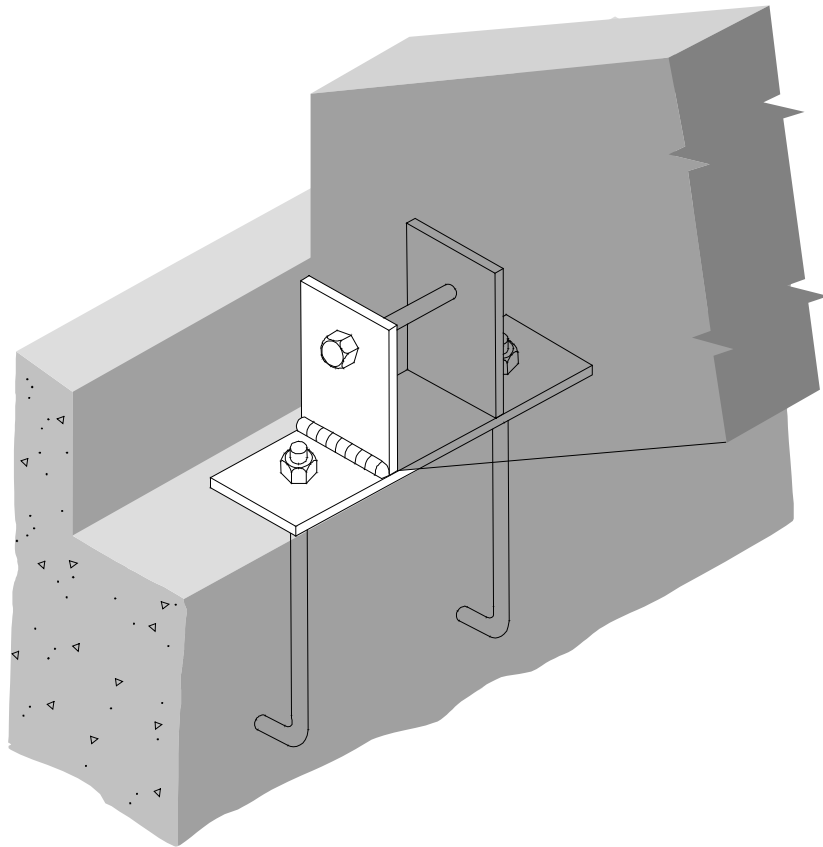
梁與混凝土基座



斜梁



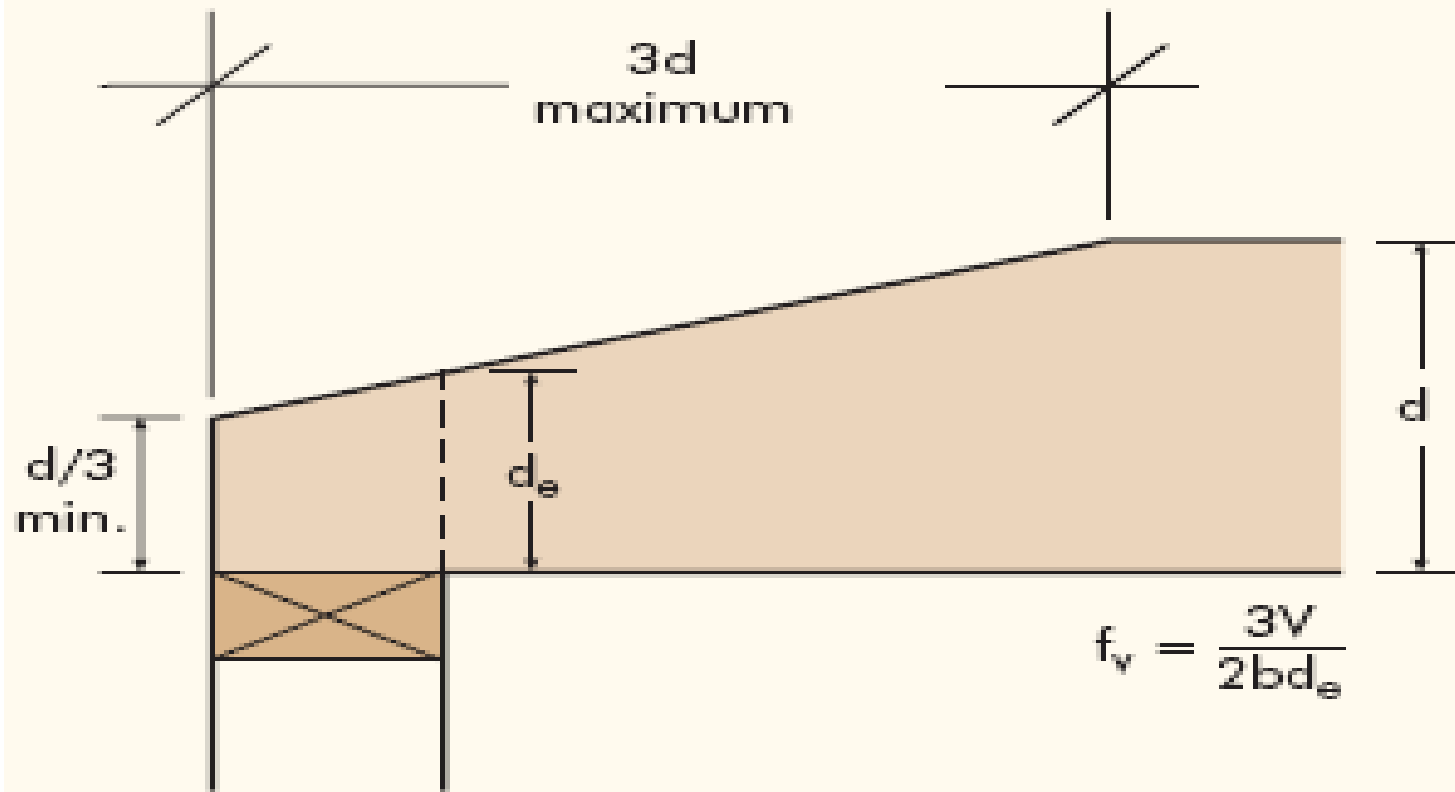
梁與混凝土基座



Sloped Beam

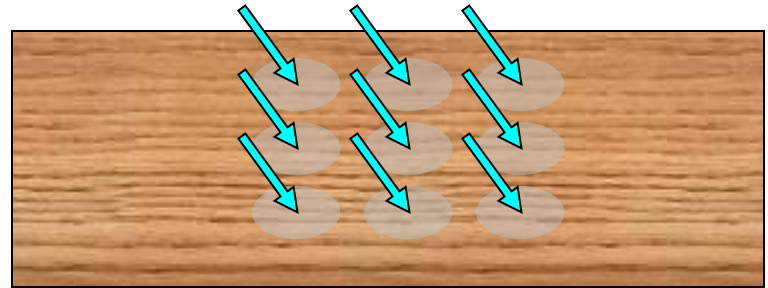
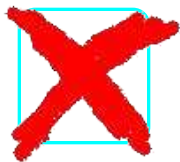
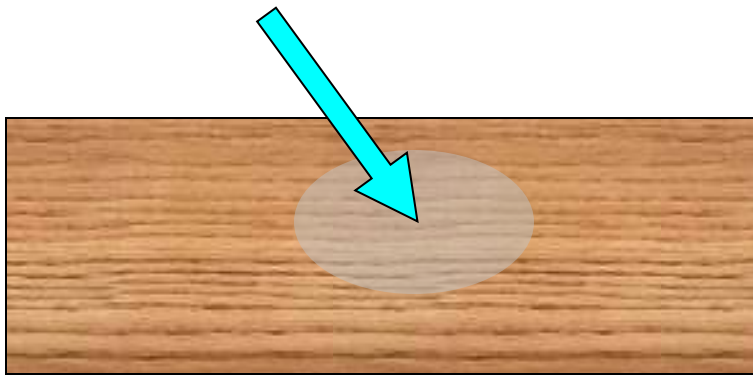


考慮屋面排水的斜面



木材的接合

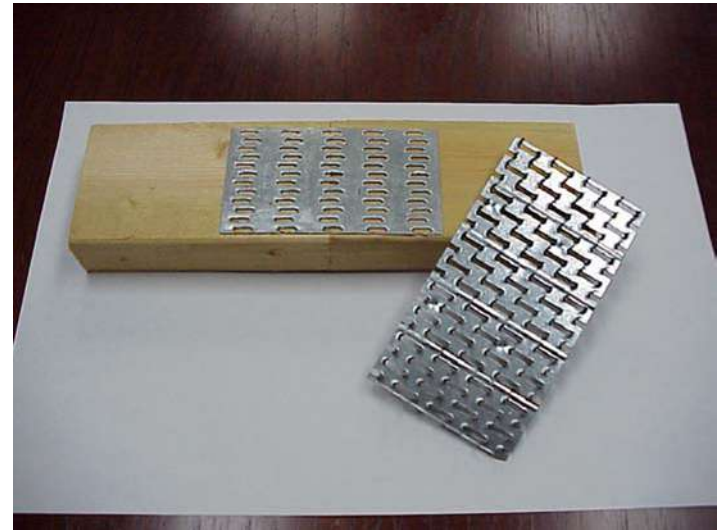
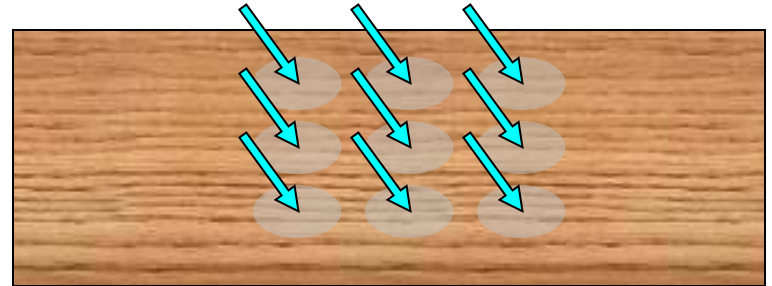
將載荷分散，增加超靜定數量，避免應力集中



木材的接合

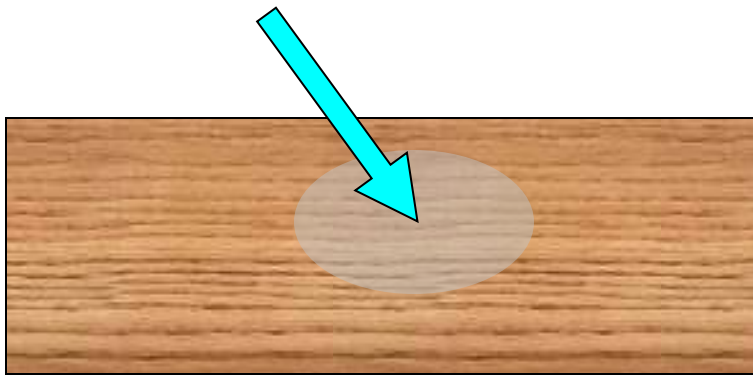
機械連接件

- 採用小直徑緊固件
- 增加數量
- 相對於木構件緊固件的尺寸應小



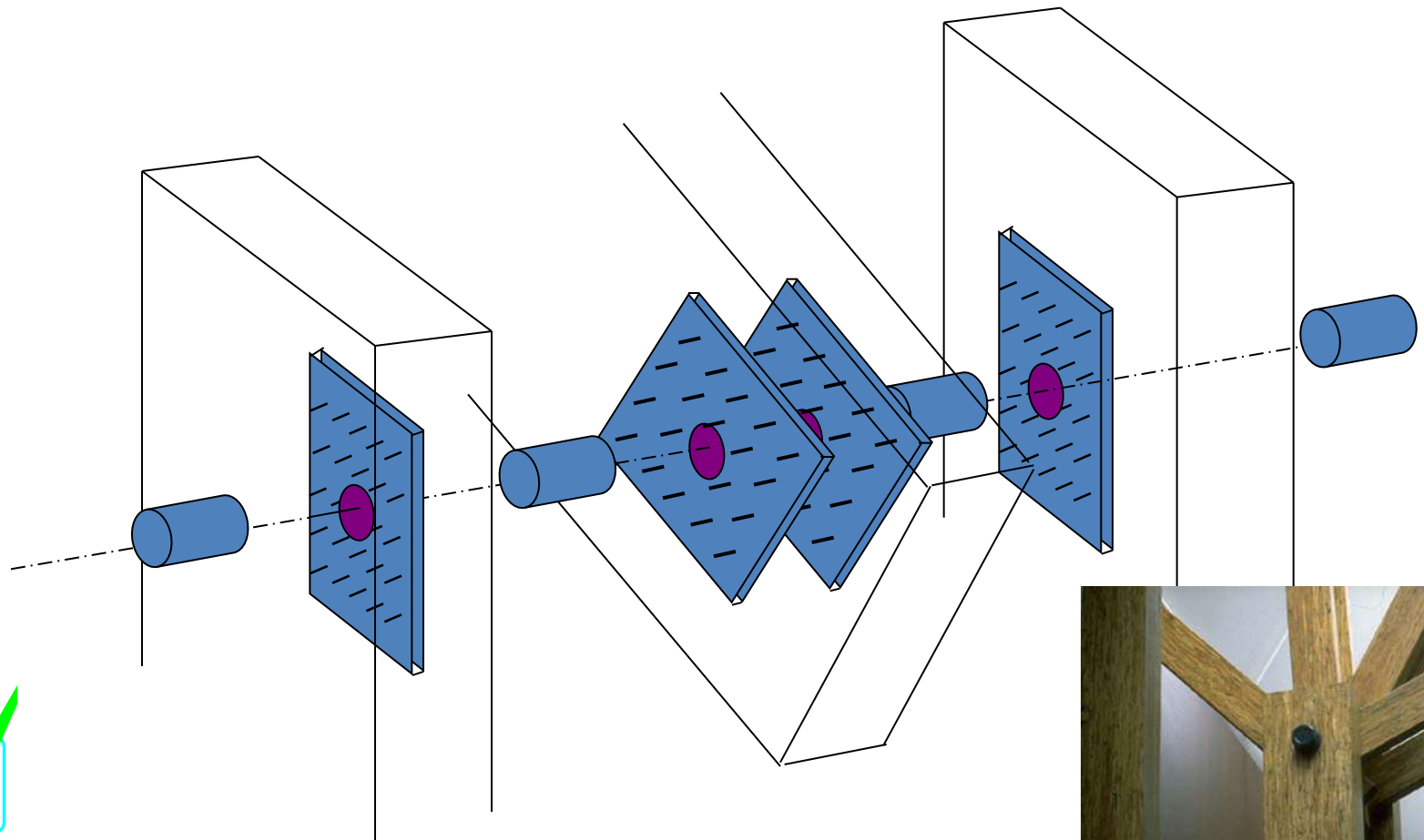
木材的接合

單螺栓連接多個構件？



木材的接合

事實上...

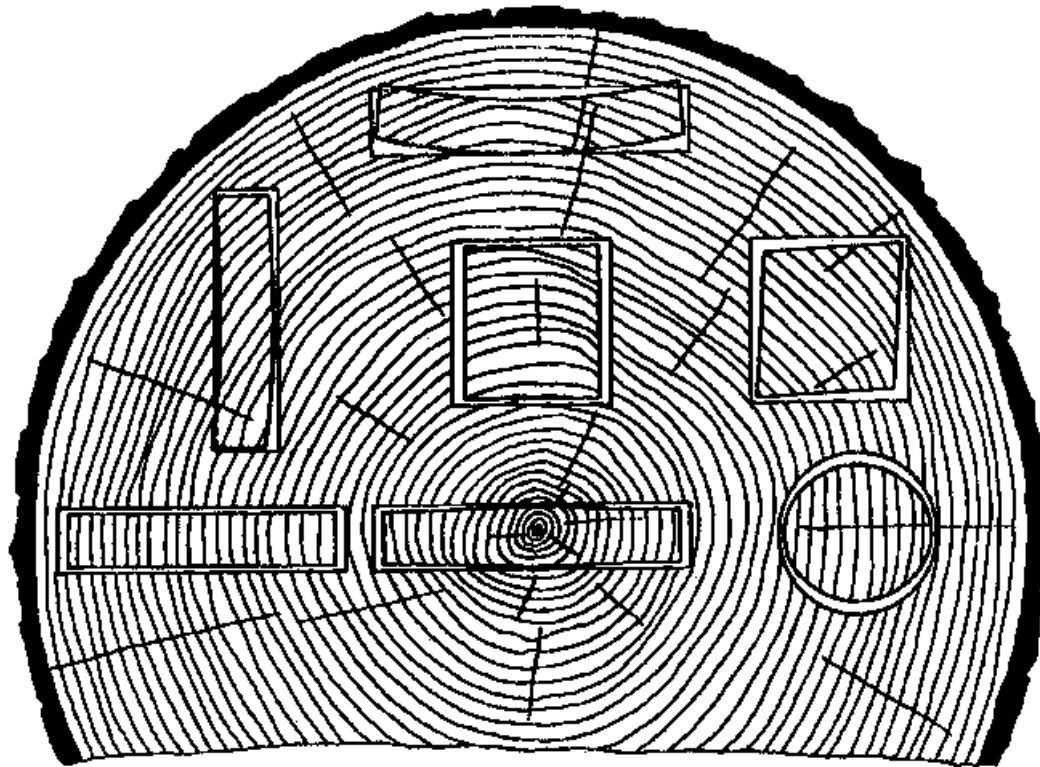


下一步...

- 木构造接合设计基本原则
- 含水率的影响
- 接合的基本设计
- 紧固件类型
- 其他

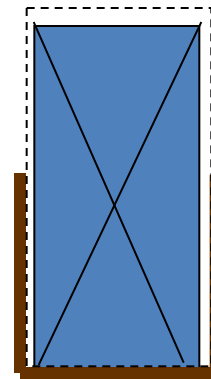
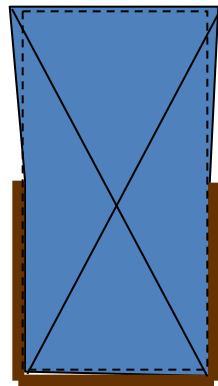
木材中的水分變化

會產生橫紋方向上尺寸的變化



木材的接合

木材和其他材料一樣，在不同的環境中會產生變化



接合的使用條件

- 環境條件以及木材的平衡含水率 (EMC)

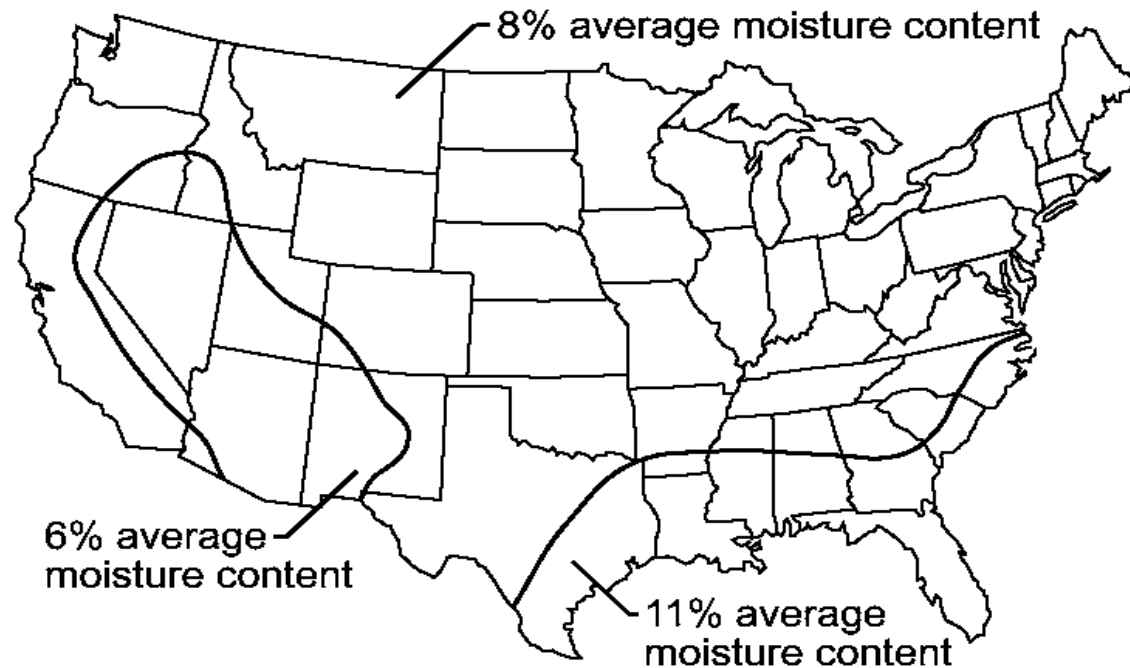
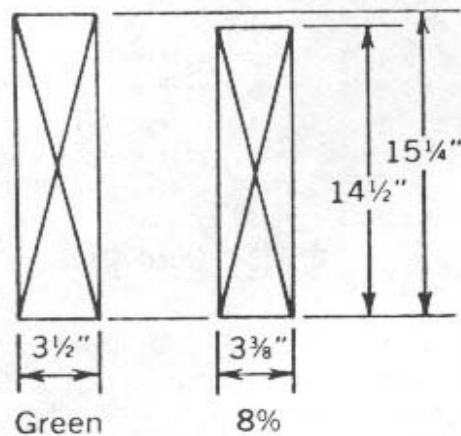


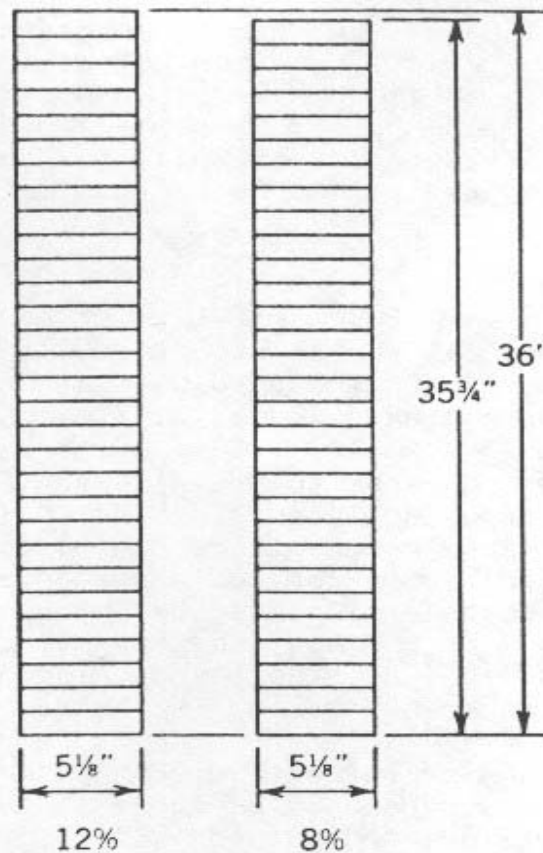
Figure 12-1. Recommended average moisture content for interior use of wood products in various areas of the United States.

接合的使用條件

水分流失產生
的收縮



鋸材



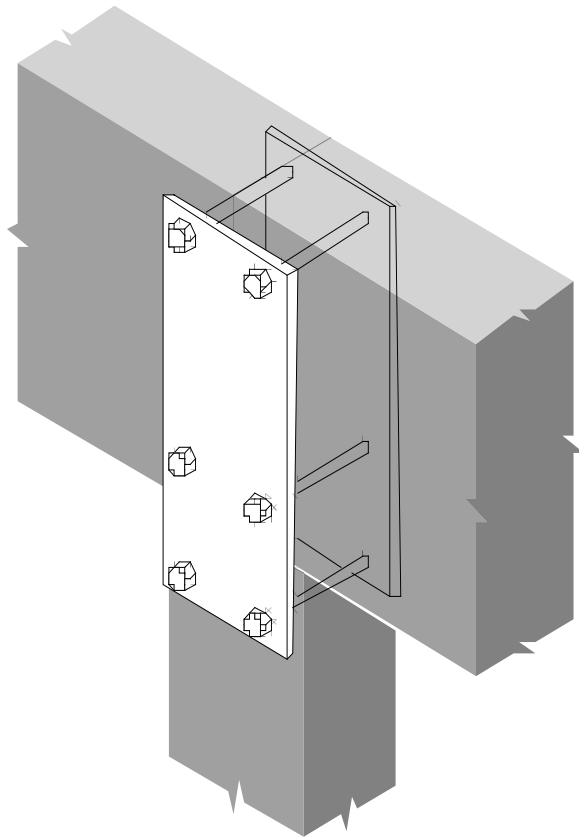
膠合梁

接合方法

板之間留3mm縫隙



梁與柱的連接

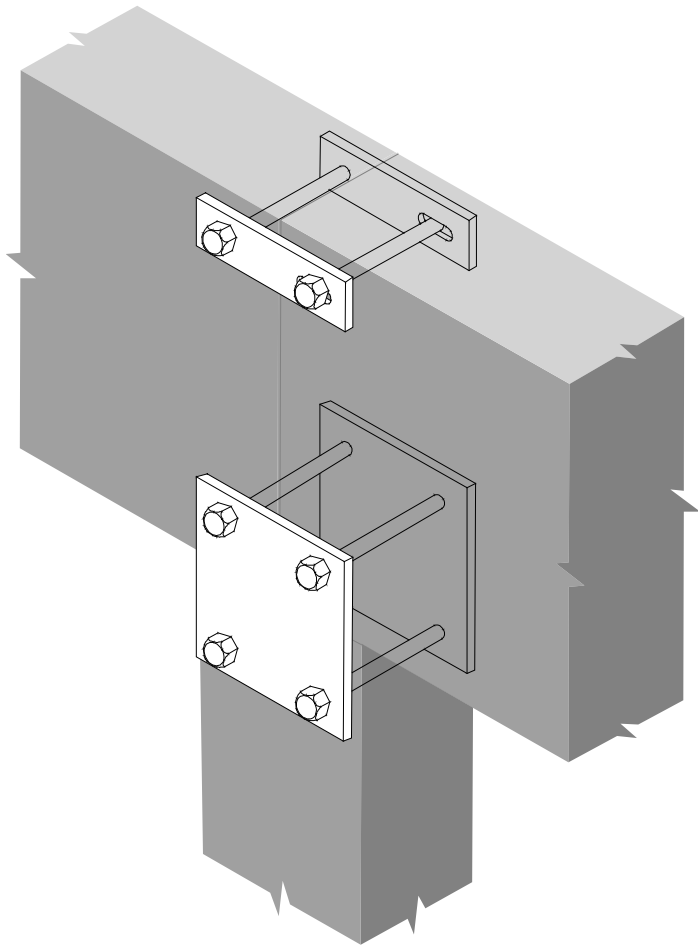


側面鋼板與梁等高

- 產生開裂
- 限制了木材的自由收縮



梁與柱的連接



減小側板尺寸

– 傳遞受力

– 允許木材收縮



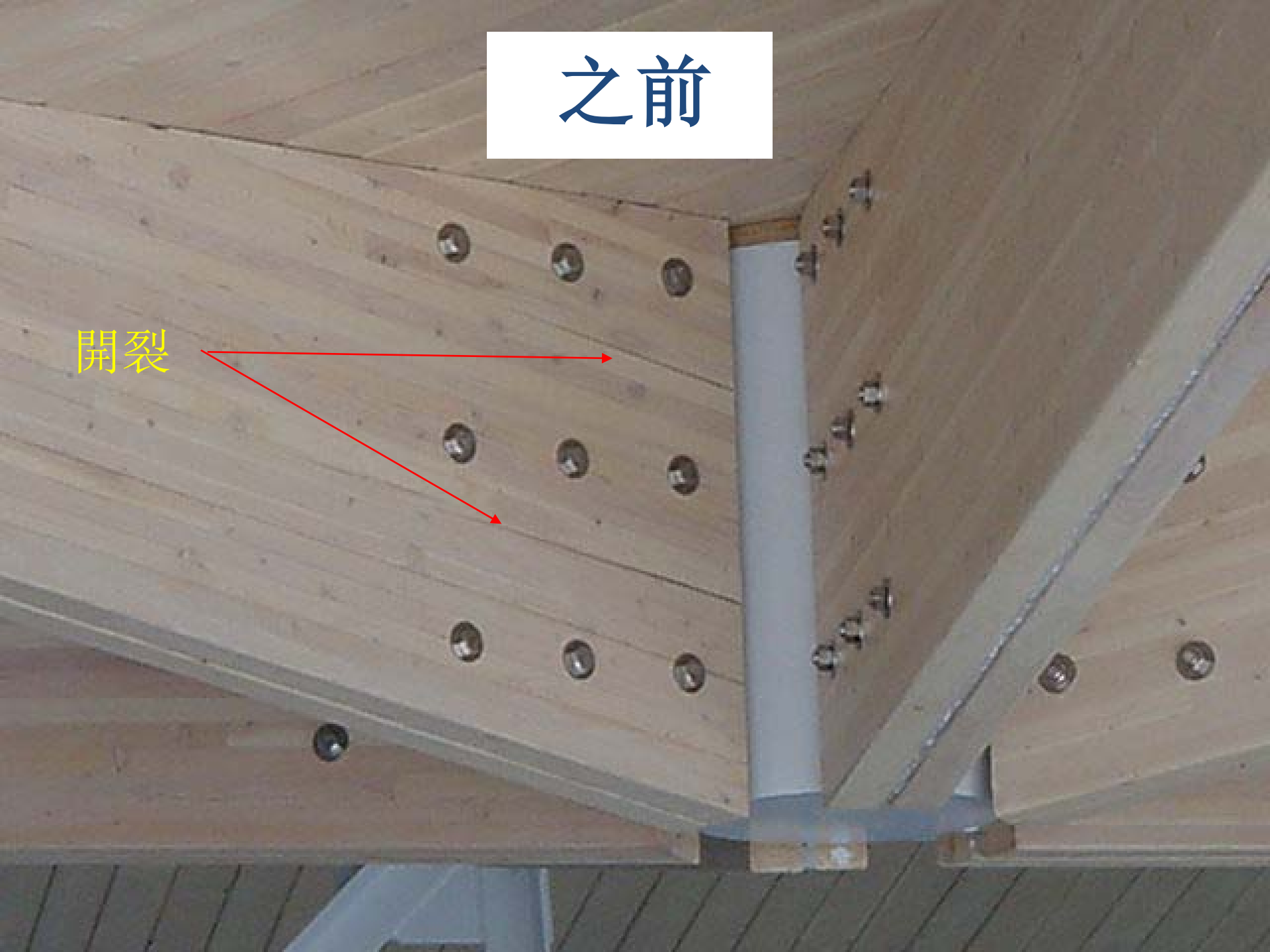
Starlight Theater Rockford, IL





之前

開裂



之後



之前



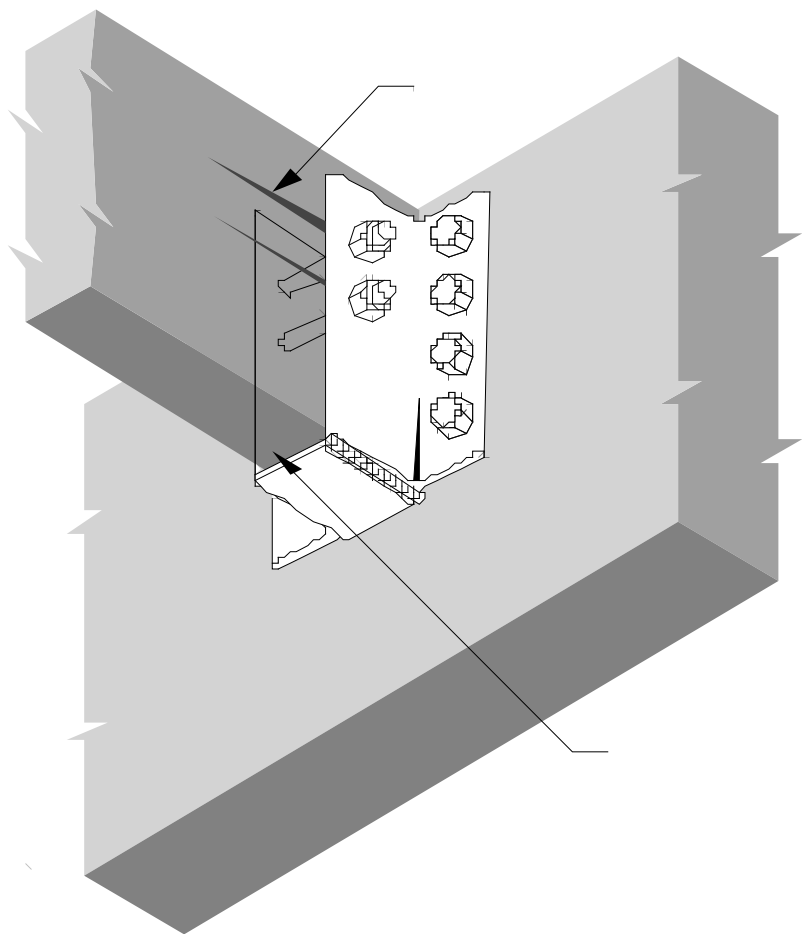
之後



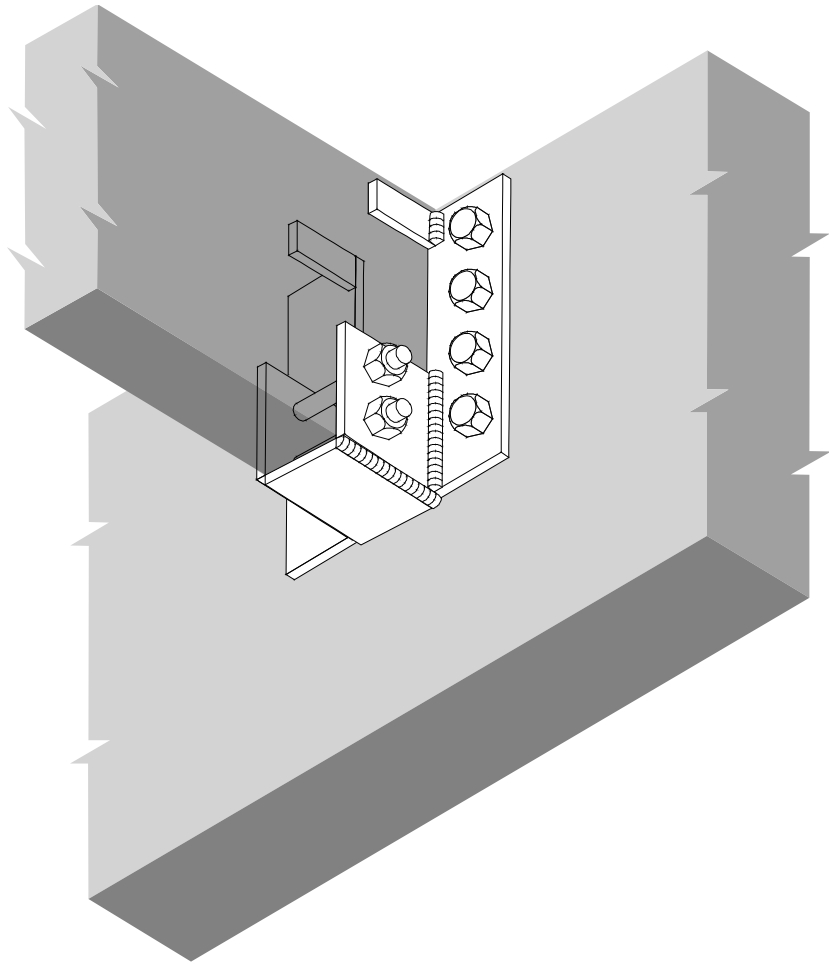
梁與梁的接合

梁托

- 緊固件安裝在梁的頂部
- 木材產生收縮
- 可能產生開裂
- 不建議使用



梁與梁的接合

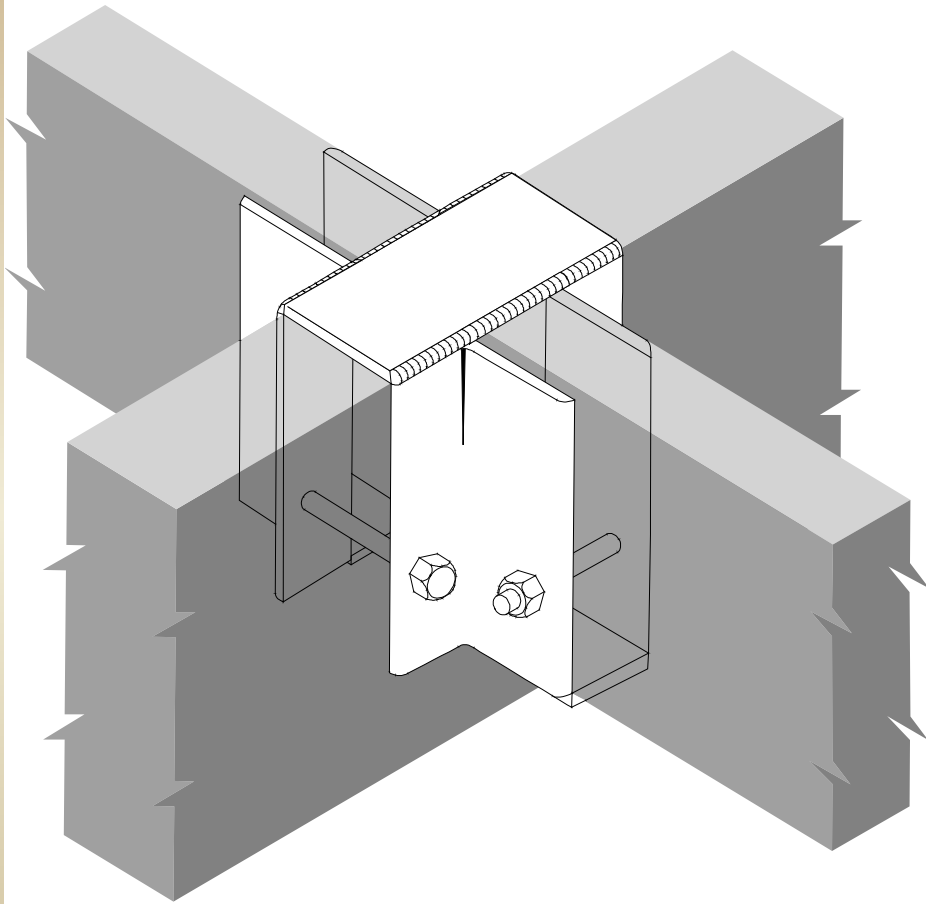


梁托

- 緊固件安裝在底部
- 允許木材變形
- 防止側向移動



梁與梁的接合



焊接梁托

- 採用嵌入式結構
- 將梁嵌入到梁托中

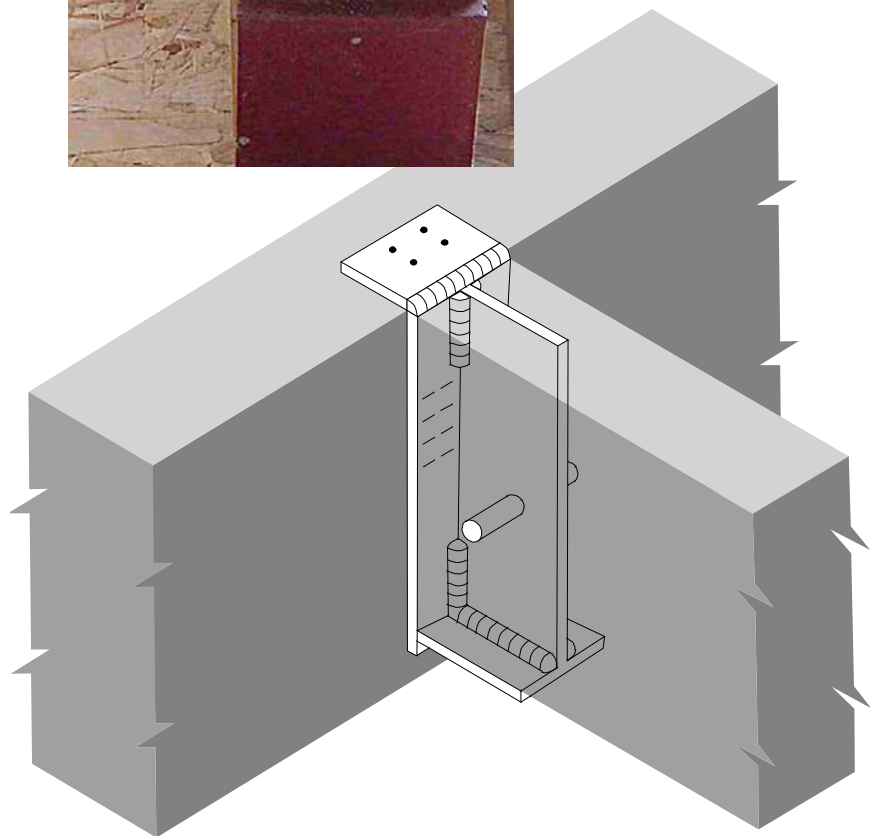


梁與梁的接合



密封接合

- 嵌槽必須能容納鋼板和焊縫
- 銷孔



梁與梁的接合

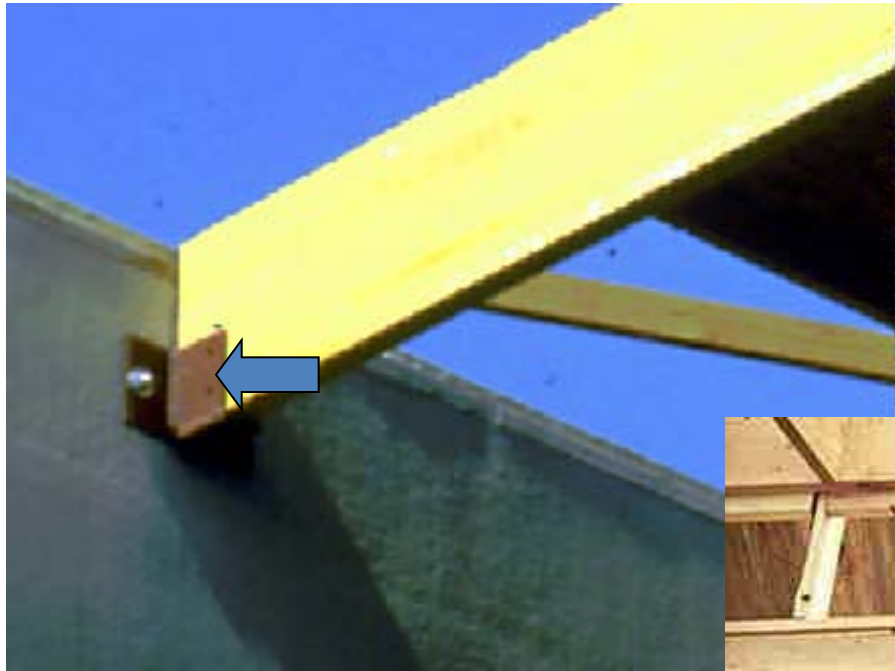


問題

- 收縮
- 橫紋受拉



梁與牆的接合I



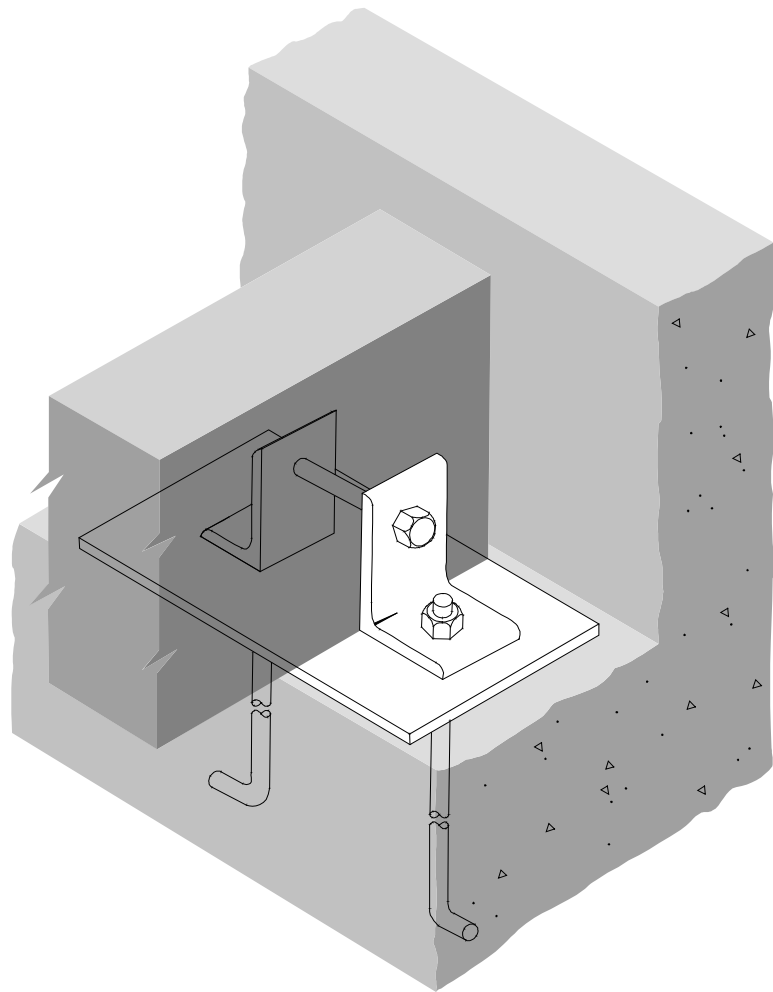
扁圓孔

解決方法:

— 允許木材收縮



梁與混凝土接合



梁與混凝土

- 防止直接與混凝土接觸



梁與砌體結構



應用

- 梁下安裝承壓板
- 防止與氣體直接接觸



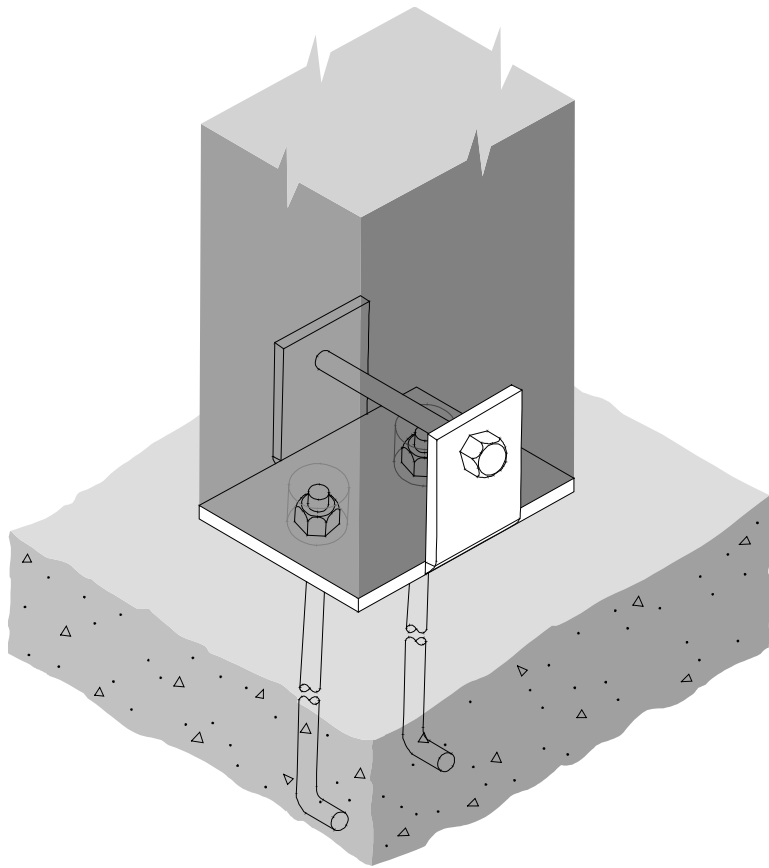
梁與砌體結構



梁端和砌體之間需要預留
13mm空隙。



柱與基礎



承壓板

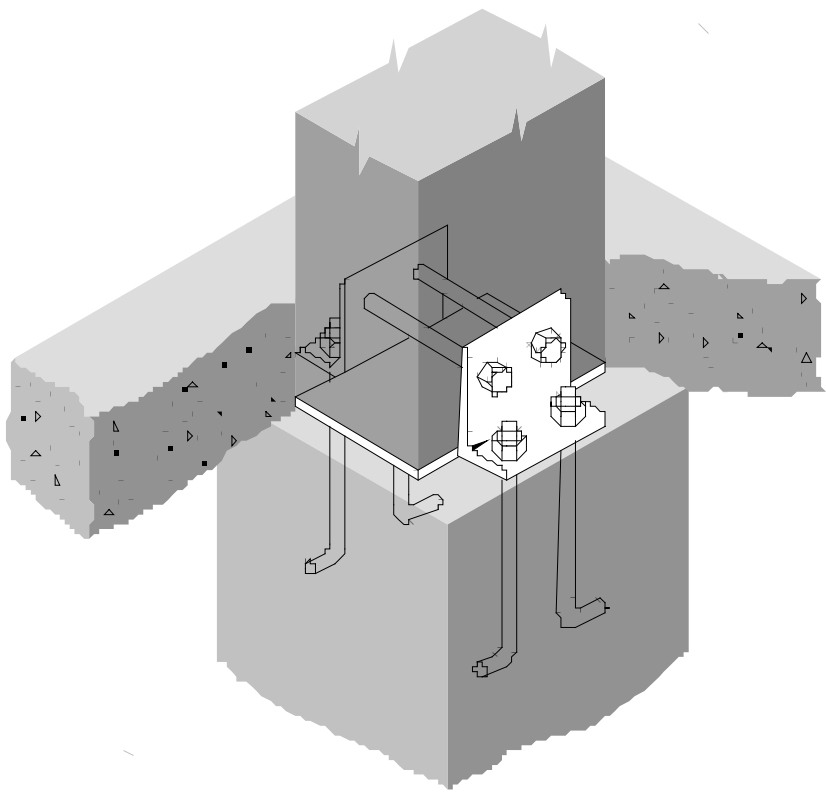
- 錨栓安裝在承壓板上。
- 柱端部預留嵌入孔。



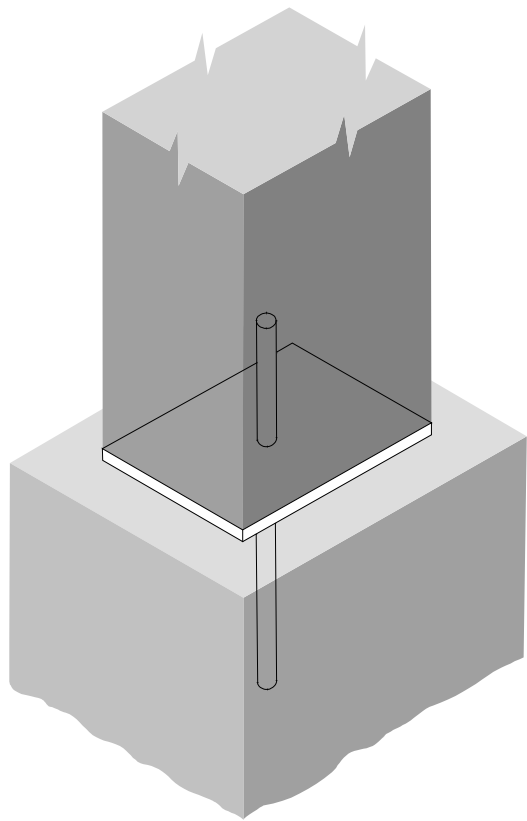
埋入式柱基

混凝土樓板澆注在接合上

- 引起腐朽
- 不建議



柱與基礎



鋼銷連接

– 底板

– 傳遞剪力



柱與基礎



問題

- 封閉的柱靴中沒有排水孔
- 水分聚集
- 腐朽難免



柱與基礎



- 沒有底板
- 採用灌漿
- 水分滲入木材



拱基礎支座



問題

- 端部吸收水分
- 造成潛在腐朽



拱基礎支座

胶合拱端部采用密封柱靴

无泻水孔保证排水



接合使用條件

問題：
誰分直接侵入
無洩水孔



拱基礎支座

正確接合

- 避免橫紋受拉
- 防止腐朽



接合使用條件

問題：水分直接侵入
水分在端部最易進入



接合使用條件

问题: 水分是否直接透入到木材中

- 引导水分避开连接部位
- 采用防腐胶合梁或天然耐腐胶合梁



端部采用盖板或泛水



下一步...

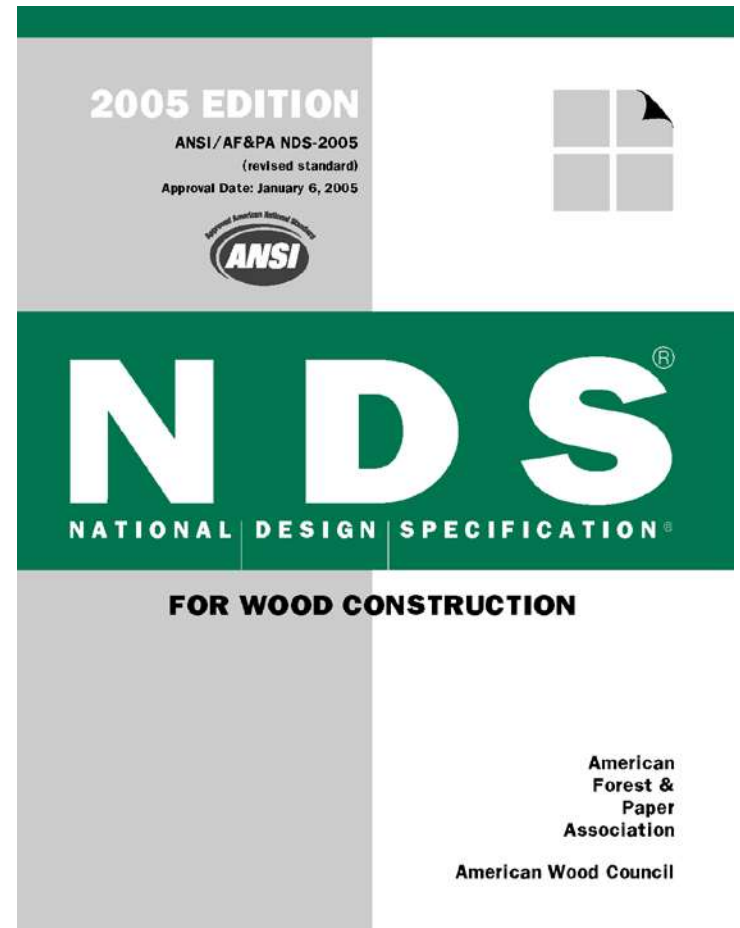
- 木构造接合设计基本原则
- 含水率的影响
- **接合的基本设计**
- 紧固件类型
- 其他

接合設計

《美國木結構設計法規》
(NDS)中提供了設計方法

允許應力 = 名義應力 x 調整係數

調整係數全面考慮了不同使用
條件



確定接合強度

側向載荷

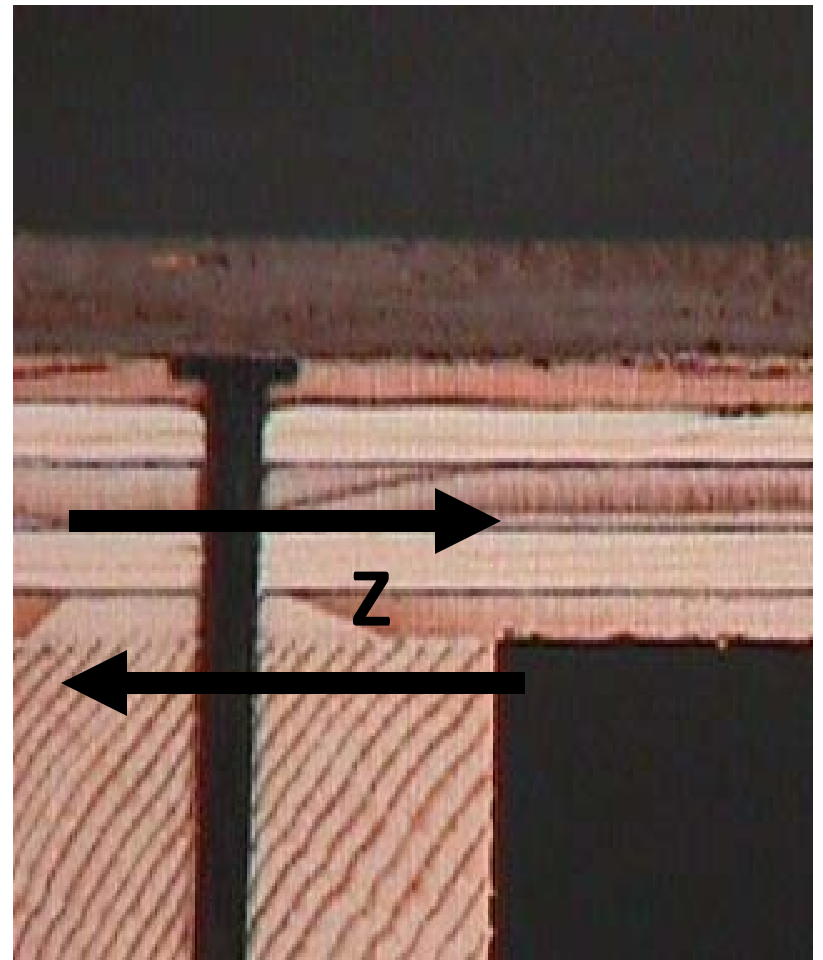
- 基於力學原理的屈服模式
- 4種破壞模式，6個相關公式

外拔載荷

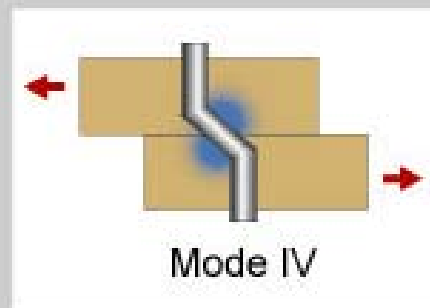
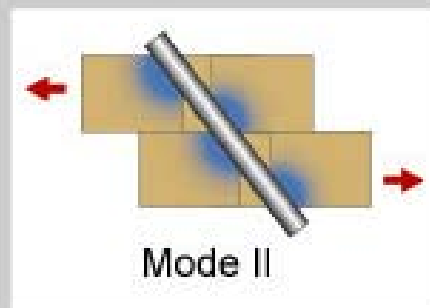
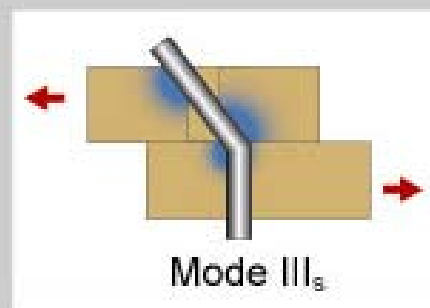
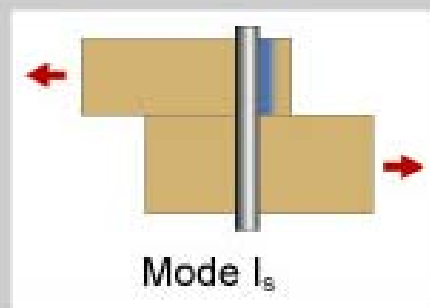
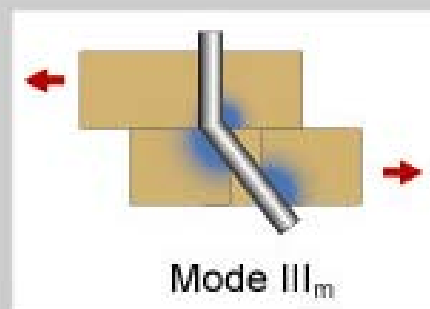
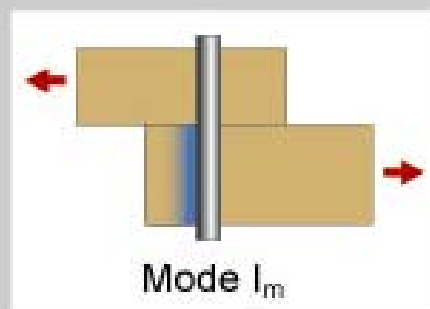
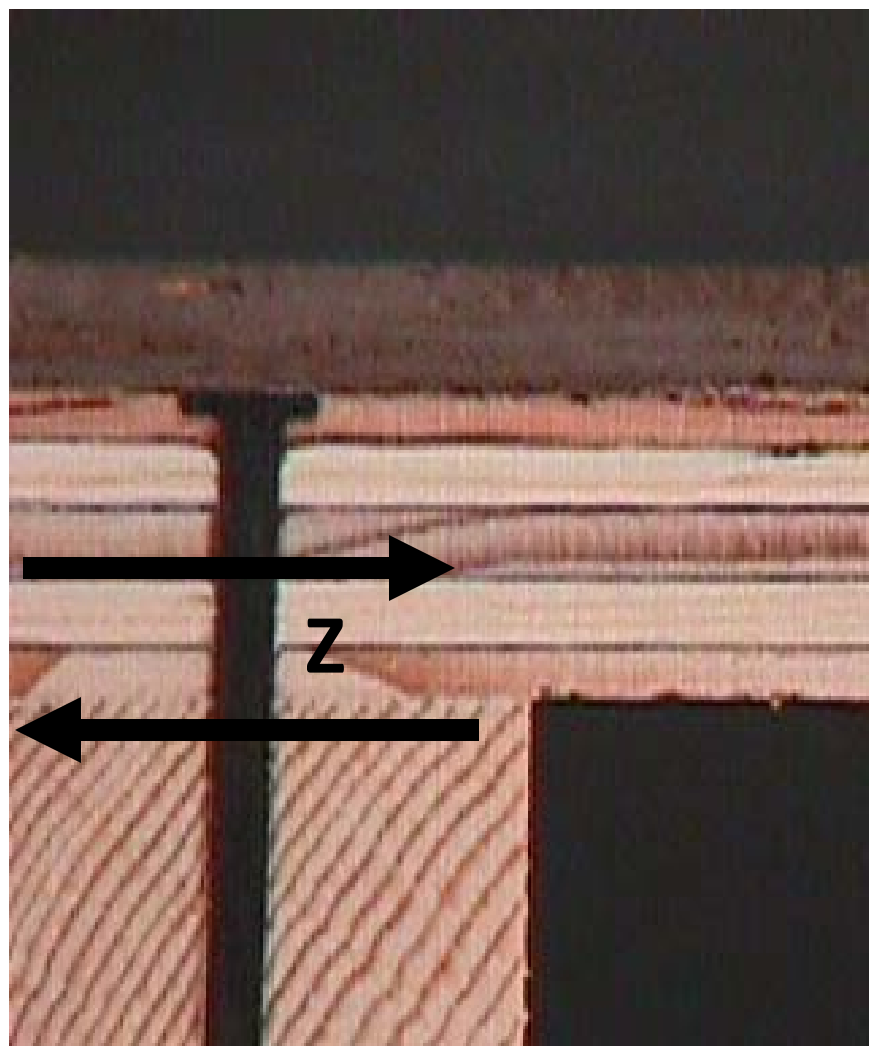
- 基於試驗的經驗公式

側向載荷強度, Z

- 木材的承載力
- 構件的尺寸
- 緊固件的尺寸和強度



單剪屈服模式



屈服方程(根據不同模式)

根據力學原理:

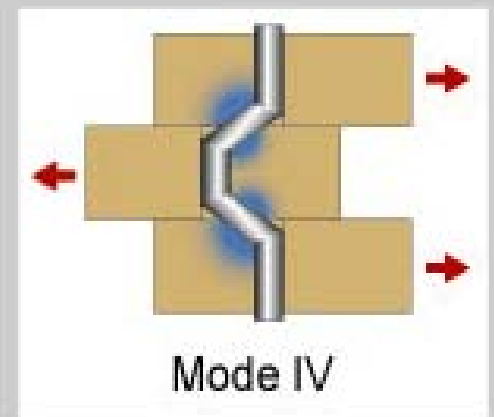
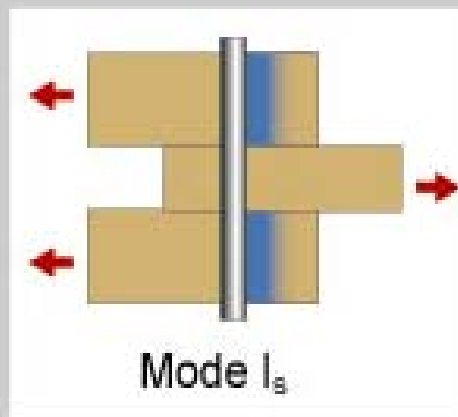
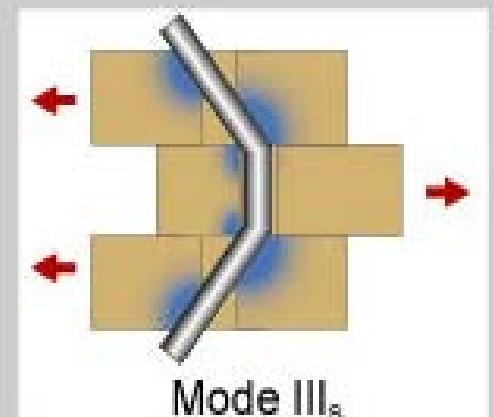
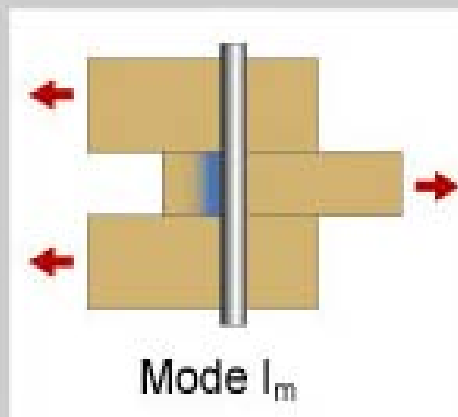
4种模式

6 各方程

Yield Mode	Applicable Equation
I _m	$Z = \frac{Dt_m F_{em}}{R_d} \quad (A1-1)$
I _s	$Z = \frac{Dt_s F_{es}}{R_d} \quad (A1-2)$
II	$Z = \frac{k_1 Dt_s F_{es}}{R_d} \quad (A1-3)$ <p>where: $k_1 = \frac{\sqrt{R_e + 2R_e^2(1 + R_t + R_t^2) + R_t^2 R_e^3} - R_e(1 + R_t)}{(1 + R_e)}$</p>
III _m	$Z = \frac{k_2 Dt_m F_{em}}{(1 + 2R_e)R_d} \quad (A1-4)$ <p>where: $k_2 = -1 + \sqrt{2(1 + R_e) + \frac{2F_{yb}(1 + 2R_e)D^2}{3F_{em}t_m^2}}$</p>
III _s	$Z = \frac{k_3 Dt_s F_{em}}{(2 + R_e)R_d} \quad (A1-5)$ <p>where: $k_3 = -1 + \sqrt{\frac{2(1 + R_e)}{R_e} + \frac{2C_1 F_{yb}(2 + R_e)D^2}{3F_{em}t_s^2}}$</p>
IV	$Z = \frac{D^2}{R_d} \sqrt{\frac{2C_2 F_{em} F_{yb}}{3(1 + R_e)}} \quad (A1-6)$

雙剪接合

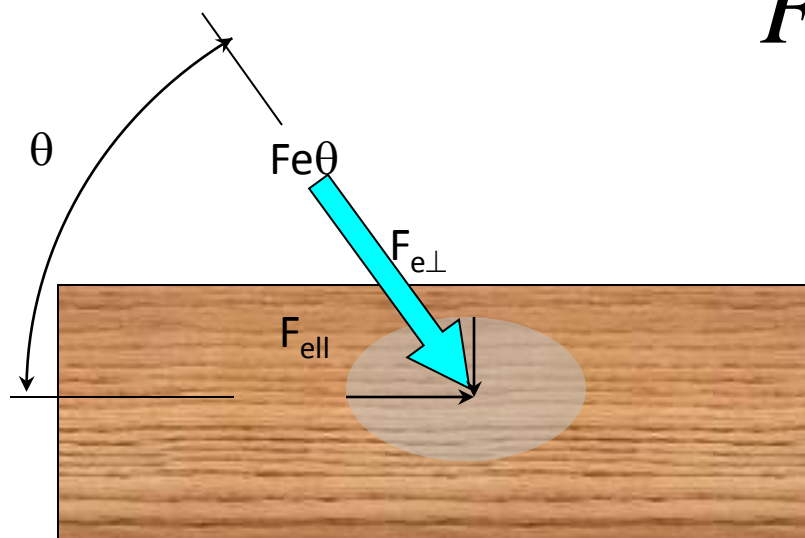
Similar equations
are used for
double shear
connections



載荷與木紋斜交時的調整

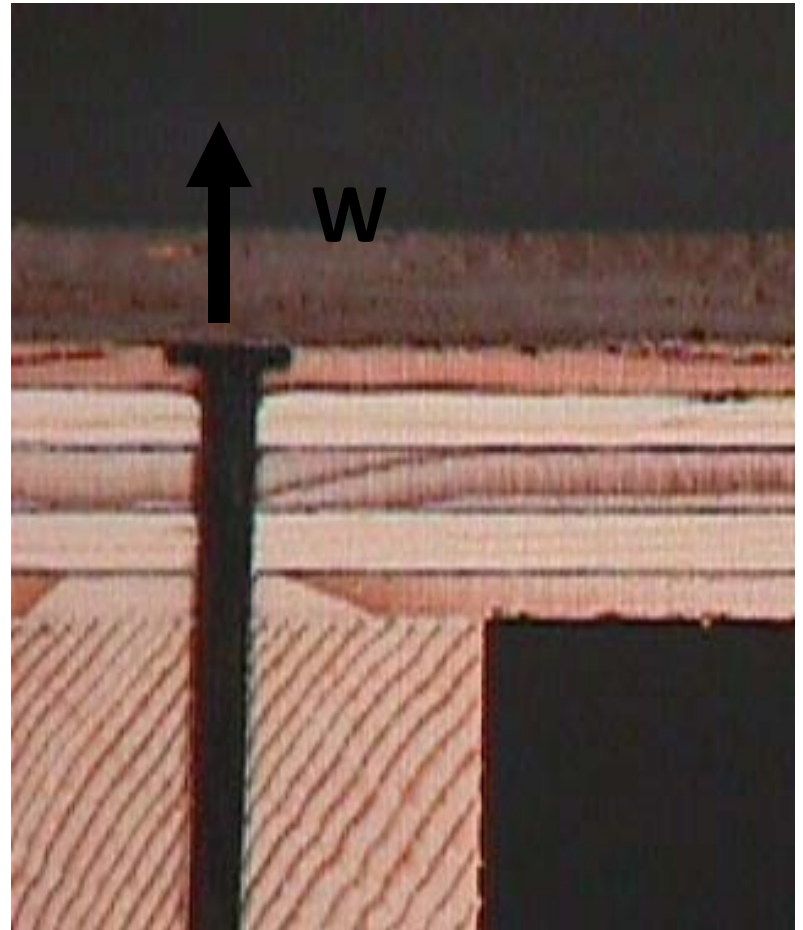
木材的承載力 F_e , (當直徑 $\geq 0.25''$)

$$F_{e\theta} = \frac{F_{e\parallel} F_{e\perp}}{F_{e\parallel} \sin^2 \theta + F_{e\perp} \cos^2 \theta}$$



外拔強度, w

- 貫入長度
- 緊固件尺寸和類型
- 木材樹種



調整係數

C_D – 在和周期

C_M – 含稅率

C_t – 溫度

C_g – 組合效應

C_{Δ} – 幾何尺寸（邊距、間距、端距等）

....,

下一步...

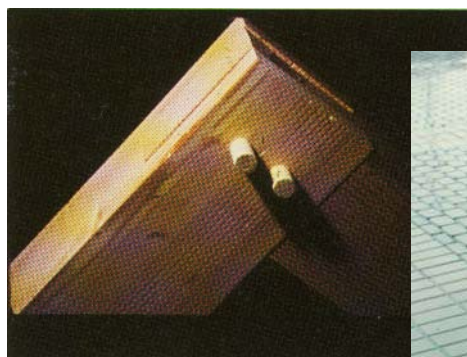
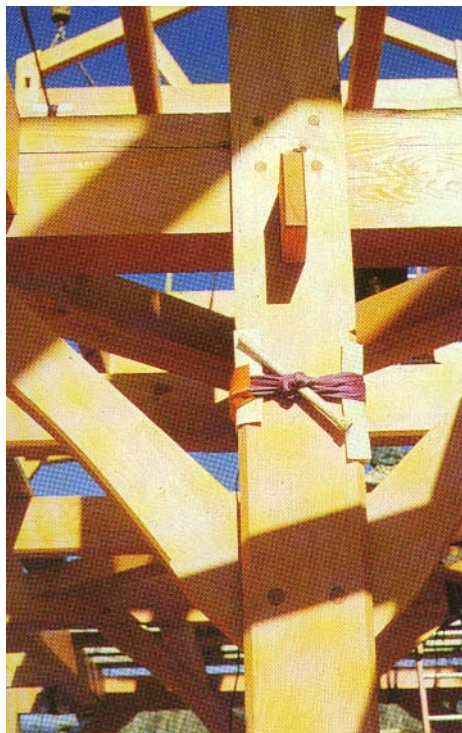
- 木构造接合设计基本原则
- 含水率的影响
- 接合的基本设计
- **紧固件类型**
- 其他

機械連接

以摩擦力為基礎或承壓承載為基礎的：

- 銷類緊固件
- 特殊緊固件
- 定型五金件
- 機械連接系統

機械連接



緊固件類型



常用緊固件類型

- 釘 (動力或人力釘入)
- 騎馬釘
- 六角頭木螺絲、木螺絲
- 螺栓
- 膠合梁鉚釘
- 剪板和裂環

釘

種類:

- box nail
- common nail
- ring shank
- sinker, cooler, ...

不同尺寸

(Pennyweights) :

- 2d, 4d, 6d, 8d, 10d, ...

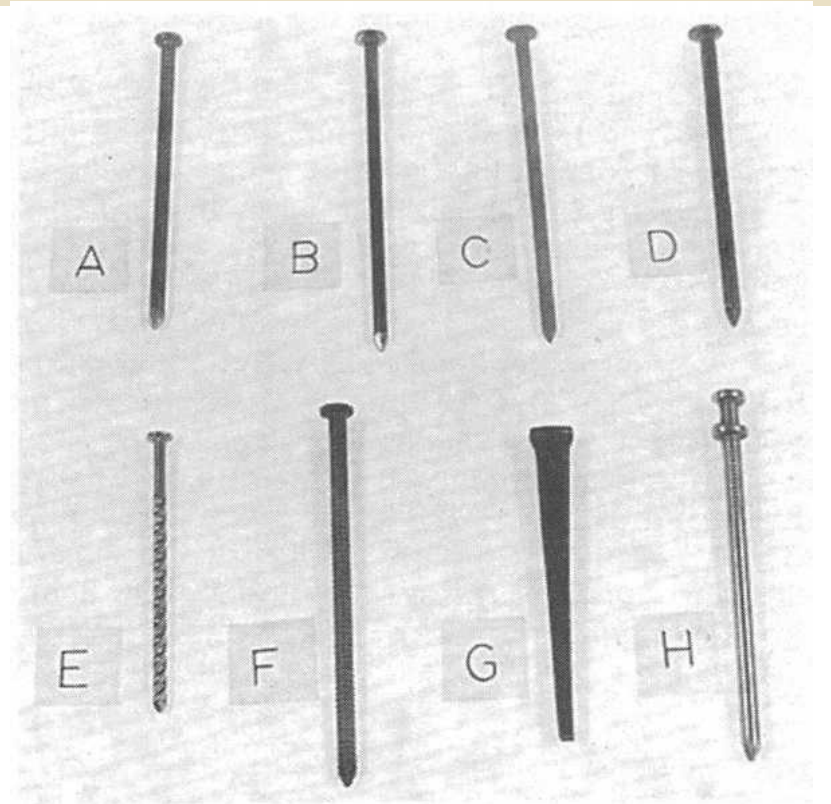


FIG. 5.2 Nails: (A) common wire nail; (B) box nail; (C) zinc-coated; (D) cement-coated; (E) helically threaded; (F) annularly threaded; (G) cut nail; (H) double-headed construction nail.

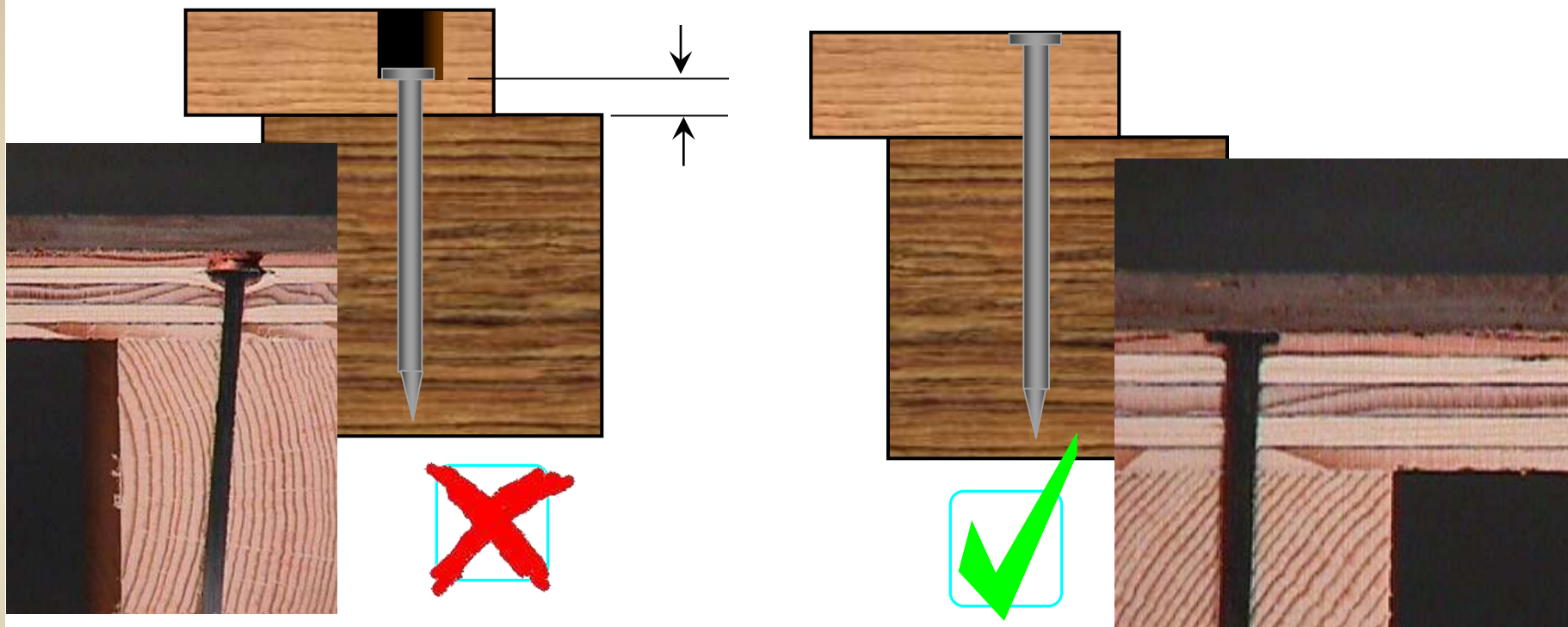
釘的說明

ASTM F 1667 同時使用penn單位和長度單位定義
釘種類

- **Ex: 10d common = 0.148" x 3"**

過度釘入

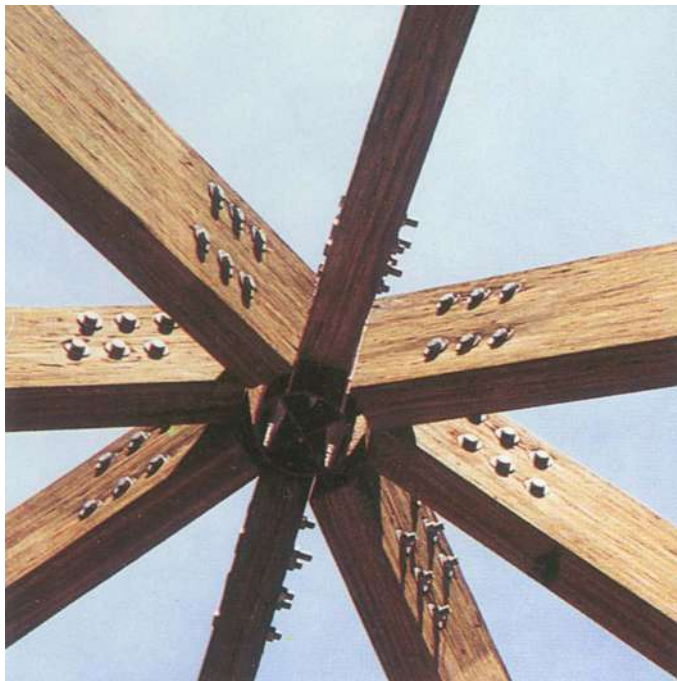
過度釘入會降低性能表現



APA TT-012 discusses issue and presents solutions

螺栓

大尺寸緊固件



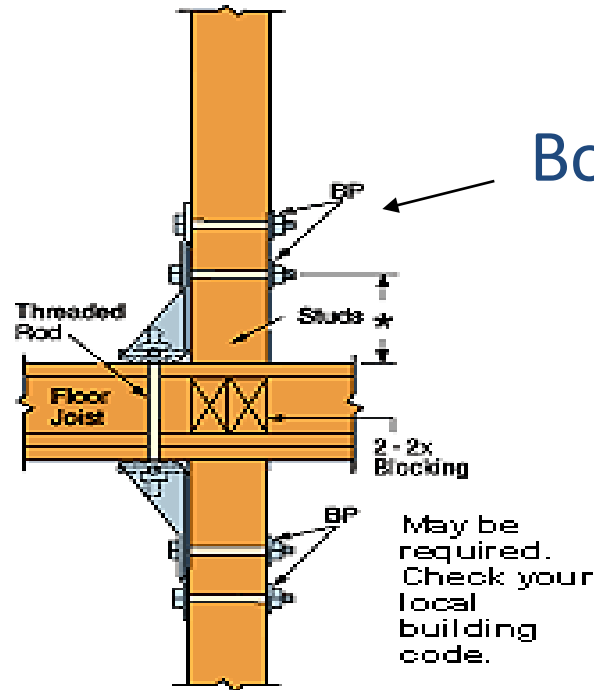
螺栓

- 木構造中承載用螺栓的直徑不得超過**25.4mm**。
- 直徑大於**25.4mm**的螺栓會在螺孔處產生橫紋受拉應力，產生開裂。

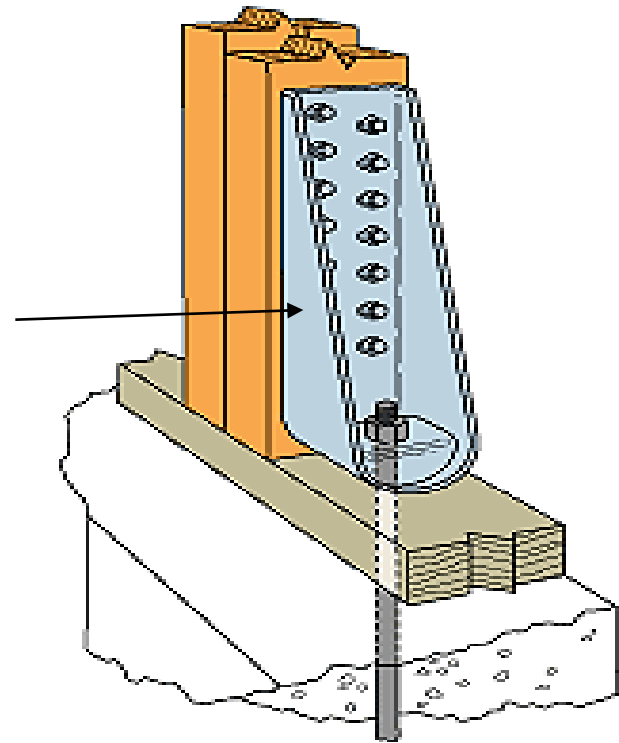


螺栓連接

會產生較大的滑移現象因為安裝螺栓時需要預先鑽孔。



SDS
Screw



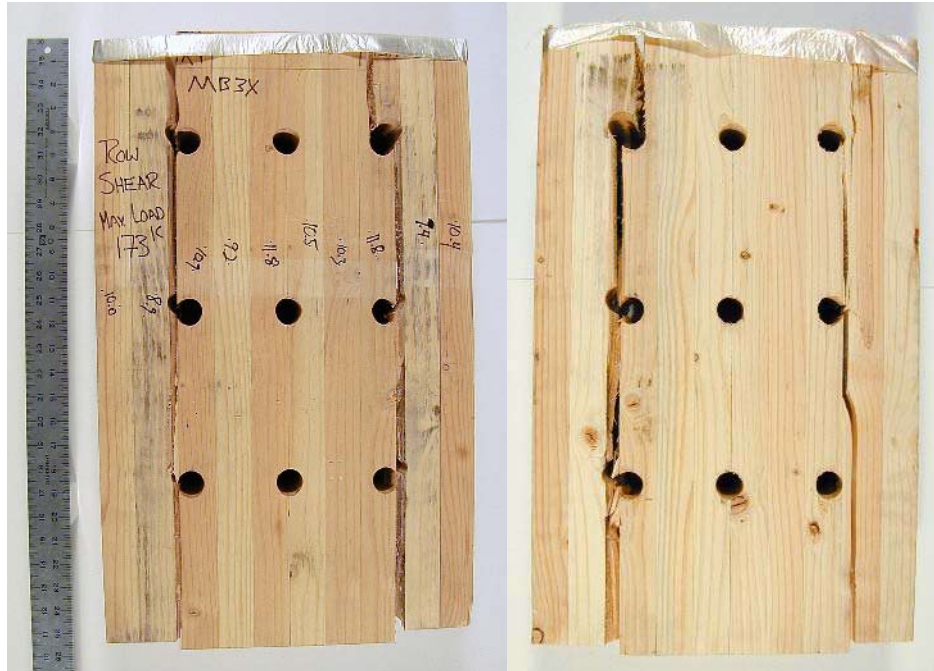
緊固件組合中的局部應力



- 間距較近的緊固件
 - 脆性破壞
 - 較低的承載力
- 設計中應考慮木材破壞機理（這是指除了屈服模式計算）



緊固件組合中的局部應力



- 適當增加緊固件間距
 - 增加延性
 - 提高強度



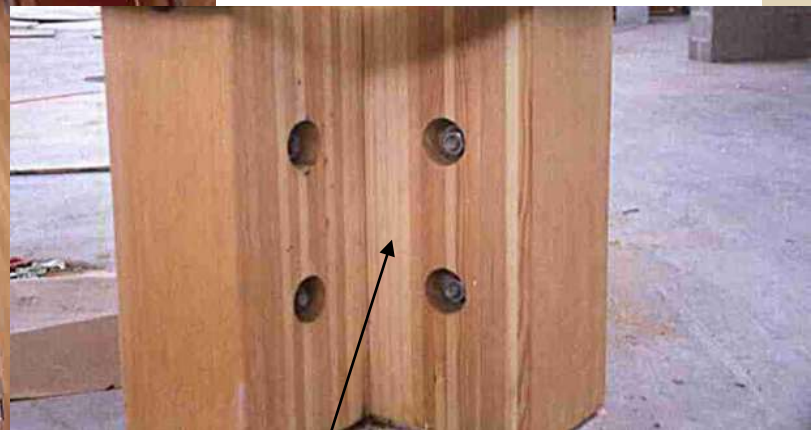
接合技術

螺栓和鋼板用在重型桁架中



接合技術

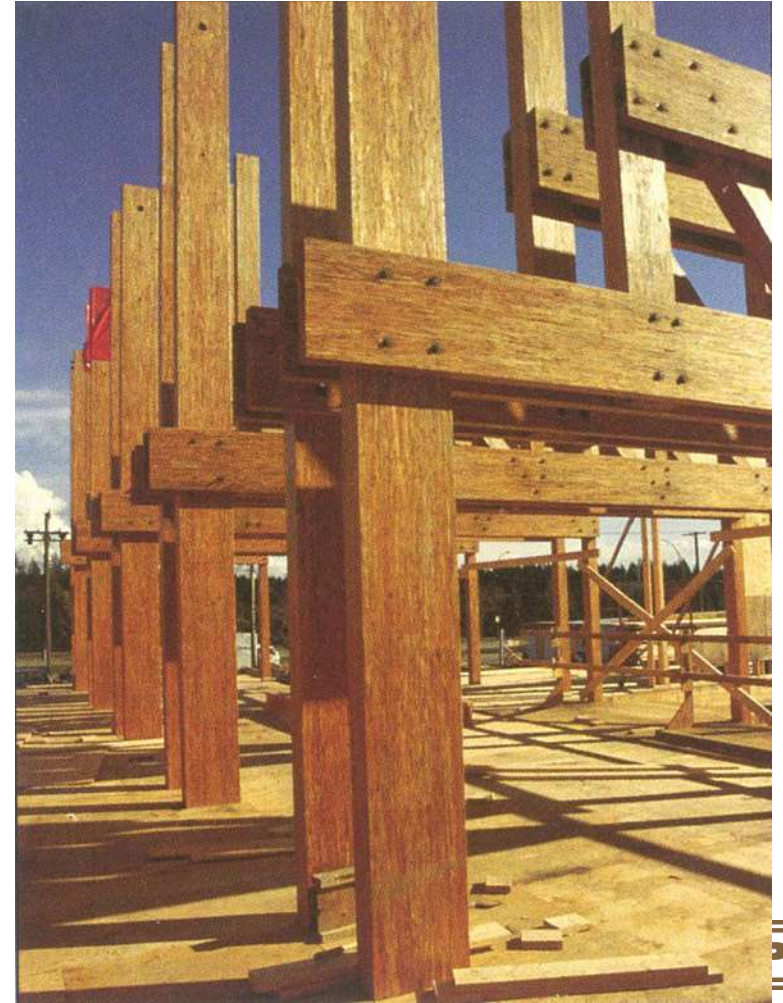
柱中部分密封的鋼螺栓



Hidden kerf plates

特殊連接件

- 剪板



特殊連接件



特殊連接件

- 裂環



特殊連接件

哪個是哪個？



下一步...

- 木构造接合设计基本原则
- 含水率的影响
- 接合的基本设计
- 紧固件类型
- **其他**

Web sites...

www.apawood.org

www.awc.org

www.cwc.ca

www.southernpine.com

總結..

- 1) 連接中應避免橫紋抗拉
- 2) 考慮構件因含水率變化引起的尺寸變化。
- 3) 減少端部水分吸收
- 4) 避免水分在連接中的堆積
- 5) 採用多個小尺寸的連接，增加超靜定次數。



