

會議紀錄

壹、研商「冷軋型鋼構造建築物結構設計規範及解說」修正草案第3次會議

貳、開會時間：103年10月15日（星期三）上午9時30分

參、開會地點：本署B1第2會議室

肆、主持人：黃副組長仁鋼代

記錄：李豐易

伍、出（列）席單位及人員：（如後附簽到表）

陸、討論事項：略

柒、結論：

（一）本案第2次會議討論之冷軋型鋼構造建築物結構設計規範及解說本規範條文（增）修訂草案第4.5至第8章內容，經潘委員吉齡說明後，無須再修正。

（二）冷軋型鋼構造建築物結構設計規範及解說本規範條文（增）修訂草案第9章至第11章本文及解說部分，經與會各單位充分研討後，修正如後附。

（三）下次會議將賡續討論本規範第12章以後之內容。

捌、散會

會議簽到表

壹、開會事由：研商「冷軋型鋼構造建築物結構設計規範及解說」修正草案第3次會議

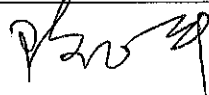
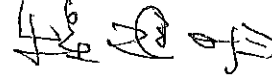

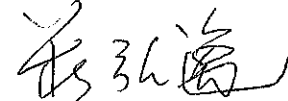
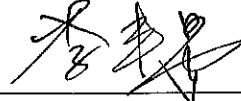
貳、開會時間：103年10月15日（星期三）上午9時30分

參、開會地點：本部營建署B1第2會議室

肆、主持人：謝組長偉松 黃仁鋼代 紀錄：李豐易

伍、出（列）席單位及人員：

單位或人員	職稱及簽名
潘委員吉齡	潘吉齡
林委員新華	林新華
陳委員碧潭	
劉委員瑞豐	劉瑞豐
洪委員百耀	
陳委員生金	
陳委員正誠	
蔡委員克銓	
施委員邦築	施邦築
張委員國鎮	
宋委員裕祺	
台灣輕型鋼構建築協會	
中華民國土木技師公會全國聯合會	

單位或人員	職稱及簽名
中華民國結構工程技師公會全國聯合會	
中華民國全國建築師公會	
內政部建築研究所	
經濟部標準檢驗局	
台灣鋼鐵工業同業公會	
中華民國不動產開發商業同業公會全國聯合會	
本署建築管理組	

第九章 中空圓管構材

9.1 適用範圍

本章的相關規定僅適用於中空圓管的外徑與壁厚比值(D/t)小於 $0.441E/F_y$ 值的構材。

解說：因為具有較大的旋轉半徑與面積之比值，在各方向上有相同的旋轉半徑，與較大的扭轉剛度等優點，薄壁的中空圓管在受壓與扭轉上為相當經濟的構材。正如其他的冷軋型鋼構材般，中空圓管在設計上不僅需提供足夠的力量以抵抗柱之整體挫屈外，同時，局部挫屈亦為考量的一個因素。一般在應用傳統的局部挫屈理論上，似乎對於中空圓管在長向受壓有過高估計的情形，另外，在不可避免的不完整性(imperfection)，與殘留應力的影響下，通常會造成中空圓管的實驗抗壓強度低於理論計算值。因此，基於大量實驗結果，本章的一項主要項目，乃在提供中空圓管局部挫屈的相關規定。

局部挫屈應力

在考量受軸向壓力的中空圓管之後挫屈行為，以及初始變形(不完整性)的重要因素，設計規範的原始理論來自於 Plantema 的示意圖，與實驗的結果[9.1]。

觀察受壓中空圓管的實驗結果，Plantema 發現 F_{ult}/F_y 比值與參數 $(E/F_y)(t/D)$ 有關，其中 t 為壁厚， D 為平均直徑， F_{ult} 為極限應力或破壞應力(collapse stress)。如圖 C-9.1-1 所示，線 1 代表破壞應力小於比例限(proportional limit)，線 2 表示破壞應力介於比例限與降伏點之間，線 3 則代表破壞應力發生在降伏點。在線 3 的區域內，局部挫屈則不會發生在應力到達降伏點之前，線 1 與線 2 的區域內，應力在未到降伏點之前，局部挫屈即可能發生，對於受壓中空圓管的設計，應盡量避免局部挫屈的發生。

依據保守的估算，AISI 規定—當 D/t 值小於或等於 $0.112 E/F_y$ 值時，中空圓管應可設計達到降伏。此規則乃基於圖 C-9.1-1 所示之 A_1 點，其 $(E/F_y)(t/D)$ 值為 8.93。

當 $0.112 E/F_y < D/t < 0.441 E/F_y$ 時，中空圓管的設計乃基於非彈性局部挫屈的準則。為了發展非彈性挫屈設計公式，圖 C-9.1-1 上之 B_1 點乃取決代表比例點之處。對於 B_1 點而言，其

$$\left(\frac{E}{F_y}\right)\left(\frac{t}{D}\right) = 2.27 \quad \frac{F_{ult}}{F_y} = 0.75 \quad (C-9.1-1)$$

利用線 A_1B_1 ，中空圓管的極大應力可由下式表示之：

$$\frac{F_{ult}}{F_y} = 0.037 \left(\frac{E}{F_y} \right) \left(\frac{t}{D} \right) + 0.667 \quad (C-9.1-2)$$

當 $D/t \geq 0.441E/F_y$ ，下式則代表圖 C-9.1-1 上的彈性局部挫屈區域-線 1：

$$\frac{F_{ult}}{F_y} = 0.328 \left(\frac{E}{F_y} \right) \left(\frac{t}{D} \right) \quad (C-9.1-3)$$

對於相關實驗及公式(C-9.1-2)與(C-9.1-3)間之關聯性，可參考圖 C-9.1-2，本章的相關規定僅適用於，中空圓管的外徑與壁厚比值(D/t)小於 $0.441E/F_y$ 值的構材，其因乃在於-非常薄壁的圓管易產生彈性局部挫屈，如此並不是一經濟的設計，再者，過大 D/t 值的薄壁中空圓，對於幾何不完整性則相當的敏感。

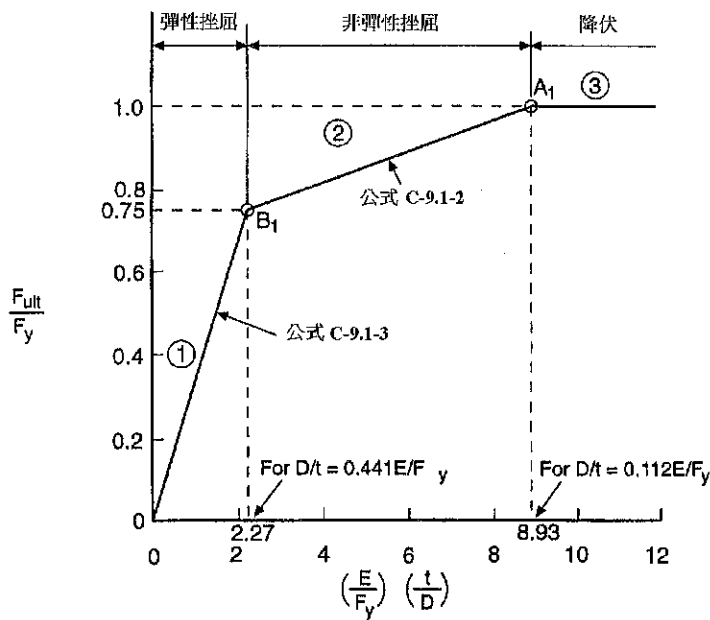


圖 C-9.1-1 中空圓管局部挫屈臨界應力示意圖

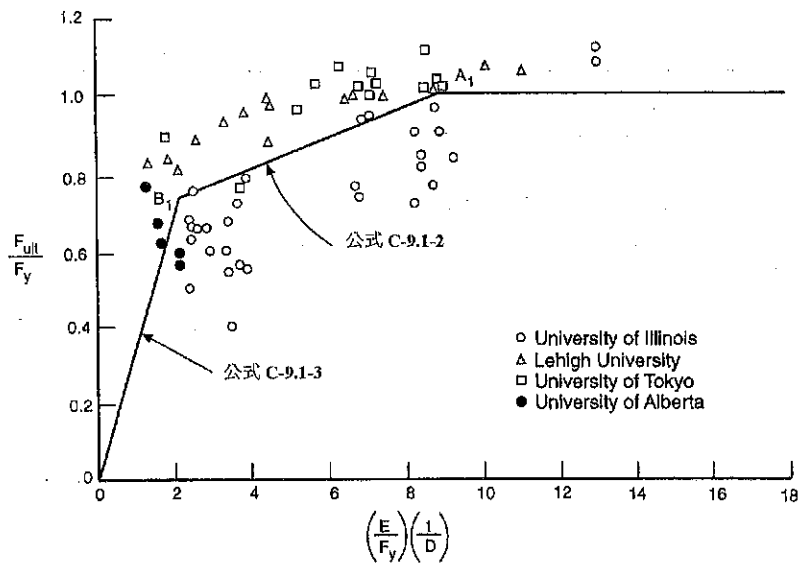


圖 C-9.1-2 中空圓管受軸向壓力實驗與局部挫屈準則之關係

9.2 撓曲強度

對於中空圓管構材之外徑與管壁厚比值 D/t 小於 $0.441E/F_y$ ，其標稱撓曲強度 M_n 應依下列規定計算之：

$$\Omega_b = 1.67 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi_b = 0.95 \quad (\text{LRFD})$$

當 $D/t \leq 0.0714E/F_y$

$$M_n = 1.25 F_y S_f \quad (9.2-1)$$

當 $0.0714 E/F_y < D/t \leq 0.318 E/F_y$

$$M_n = \left[0.970 + 0.020 \left(\frac{E/F_y}{D/t} \right) \right] F_y S_f \quad (9.2-2)$$

當 $0.318 E/F_y < D/t \leq 0.441 E/F_y$

$$M_n = [0.328E/(D/t)] S_f \quad (9.2-3)$$

其中

D = 中空圓管直徑

t = 圓管壁厚

S_f = 全斷面之彈性模數

刪除: (抵抗彎矩)

刪除: (抵抗彎矩)

解說：對於較厚的中空圓管撓曲而言，與軸向受壓載重情形相異，故不以初始降伏為其破壞基準。事實上，構材的塑性彎矩可大於 1.29 倍的初始降伏彎矩。再者，當構材發生非彈性局部挫屈時，其應力呈坡度的變化，此情形與構材受軸向壓力的情況亦不相同。

公式(9.2-1 至 9.2-3)乃依據 Sherman[9.2]的工作報告，同時，形狀因子(shape factor)乃假設為 1.25。

在中空圓管構材之行為和挫曲模態在前節(第 9.1 節)中討論。本節只適用於中空圓管構材外徑和管壁厚之比值 D/t ，不大於 $0.441E/F_y$ 之情形，因為極細管的設計將受彈性局部挫曲所限制，而導致不符合經濟原則的設計。

此外，中空圓管狀之構材常有較大的 D/t ，常容易造成幾何不平整(geometric imperfection)。厚壁中空圓管在承受撓曲時，一開始產生之降伏並不代表破壞的狀況。一般假設條件是軸向載荷。破壞是在塑性彎矩能力，其值至少為一開始降伏值之 1.29 倍。

刪除: (抗力)

9.3 軸向壓力強度

對於中空圓管構材之外徑與管壁厚比值 D/t 小於 $0.441E/F_y$ ，所有作用在構材上的外力可應用單一軸力穿過斷面形心。其彈性撓曲挫屈應力 F_e 應依第 7.2.1 節計算，有效斷面應依下列計算之：

$$A_e = A_o + R(A - A_o) \quad (9.3-1)$$

其中

$$A_o = \left[\frac{0.037}{(DF_y)/(tE)} + 0.667 \right] A \leq A \quad \text{當 } D/t \leq 0.441 (E/F_y) \quad (9.3-2)$$

其中

D = 中空圓管構材之外徑

F_y = 降伏應力

t = 中空圓管構材之厚度

E = 鋼材之彈性模數

A = 全斷面積

$$R = F_y / (2F_e) \leq 1.0 \quad (9.3-3)$$

解說：當中空圓管被使用為承受軸向載重的受壓構材，其標稱受壓強度依第七章規定計算之，但是其挫屈應力(F_e)，則以第 7.2.1 節計算，同時，其有效面積(A_e)，則依公式(9.3-1)計算之。當中空圓管斷面產生局部挫屈時，可採

用公式(9.3-2)計算斷面折減面積大小。當斷面產生非彈性挫曲應力時，公式(9.3-2)是由公式(C9.1-2)推導而得。

9.4 軸向壓力與撓曲作用強度

軸向壓力與撓曲作用強度組合應符合第八章之相關規定。

第十章 組合構材

10.1 適用範圍

本章乃針對常用之(1)C型鋼組合I型鋼構材、(2)C型鋼或Z型鋼的側向支撐、(3)冷軋型鋼框架構築、(4)樓板、屋頂或牆體構造，進行相關之規定。

解說：當同時使用冷軋鋼構材與其他結構材料形成複合系統(mixed system)時，除遵守本規範外亦須滿足其他使用材料之設計需求規範。

10.2 組合斷面

10.2.1 兩C型斷面構成I型斷面的撓曲構材

撓曲構材由兩C型斷面組合之I型斷面，其長向銲接(或其他連結物)之最大容許間距(S_{max})應為

$$S_{max} = \frac{L}{6} \leq \frac{2gT_s}{mq} \quad (10.2-1)$$

其中

L = 梁之跨距

T_s = 接合部之拉力強度(見第十一章)

g = 最接近上下翼板之二排連結物的垂直距離

m = 單一C型鋼之剪力中心至其腹板厚度中心的距離(可參考圖C-10.2-1)。

(1)若為無邊緣加勁材(突唇)之C型斷面

$$m = \frac{w_f^2}{2w_f + d/3} \quad (10.2-2)$$

(2)若為具邊緣加勁材(突唇)之C型斷面

$$m = \frac{w_f dt}{4I_x} \left[w_f d + 2D \left(d - \frac{4D^2}{3d} \right) \right] \quad (10.2-3)$$

w_f = 腹板內側面至翼板最外緣之距離，若C型斷面具有不同之翼板寬度， w_f 應採取較寬之翼板

d = 梁或C型鋼之深度

D = 邊緣加勁材之全深

I_x = 單一C型斷面對垂直其腹板之中性軸的慣性矩

q = 因數化載重(LRFD)或設計載重(ASD) q 的計算可由集中載重或支

承反力除以承壓長度而獲得。對於受均佈載重之梁而言， q 則均佈載重的三倍。如果在集中載重或支承處的承壓長度小於所需銲接的間距(s)，其在靠近集中載重或支承反力處的銲接或連結物所需設計強度則為：

$$T_s = P_s m / 2g \quad (10.2-4)$$

其中， P_s 乃基於因數化載重或設計載重下的集中載重或支承反力。

每處結合之最大容許間距(S_{max})，係以該處受最大載重時之接合間距定之。因此，如梁的整體長度採取均等間距的接合，其間距的決擇係以最大載重處之接合間距而定，但因此卻造成不經濟的結果，以下二種方法則可考慮採用：(1)連結物之間距依照載重大小的變化而有所不同；(2)可於集中載重之翼板處銲上加強蓋板。結合這些蓋板與翼板之連結物其設計剪力強度須用於 T_s 的計算，且 g 應採梁之深度。

解說：I 型斷面可由兩個背靠背的 C 型斷面連接而成，通常使用於受壓或撓曲構材。圖 C-4.1-2 (3), (7)和圖 C-4.1-3 (2), (8)所示為幾種組合 I 型斷面。

1. 壓力構材

對於 I 型斷面用於受壓構材時，其長向接合之間距必須不得超過依本規範公式(10.2-1)計算求得之值(S_{max})，其因乃為防止個別 C 型斷面在整體 I 型斷面挫屈前之較小載重下，先行在其平行腹板之軸上撓曲挫屈。此規定乃基於單一 C 型斷面在接合間的細長比 S_{max}/r_{ey} ，不得大於 I 型斷面細長比(L/r_1)的 1/2 [10.1, 10.2]，理由為考量一個接合處形成鬆脫或無效用。即使本節記載僅論及 I 型斷面，但是公式(10.2-1)亦可應用於由兩 C 型斷面接合的箱型受壓構材的最大銲接間距，此時 r_1 取箱型斷面中迴轉半徑較小者。

格式化: 縮排: 左: 1.8 cm

刪除: 二 C

2. 撓曲構材

對於 I 型斷面用於撓曲構材時，其長向接合之間距則於公式(10.2-2)內規範之，其第一個考量乃在於防止接合間的上翼板處產生過度的扭轉變形。第二個考量乃針對連結物的配置與強度，以及作用於梁的載重密度 [10.2]。第二個考量要求乃因為 C 型斷面的剪力中心既不在腹板上也與腹板不在同平面上，如圖 C-10.2-1 所示，當一載重 Q 作用於斷面腹板平面上時，將對於其剪力中心產生一扭矩(Qm)，則其上部連接物(接合處)的拉力(T_s)，可以由扭矩(Qm)與抵抗彎矩($T_s g$)相等而求得

$$Qm = T_s g \quad (C-10.2-1)$$

$$T_s = Qm/g \quad (C-10.2-2)$$

如圖 C-10.2-2 所示，如 q 為載重密度(單位載重)， s 為接合間距，則載重 $Q = qs/2$ ，因此，最大容許間距(S_{max})可輕易地將 Q 代入公式(C-10.2-2)中而求得，而載重密度 q 則根據作用於梁之載重類型而定。

格式化: 縮排: 左: 1.8 cm

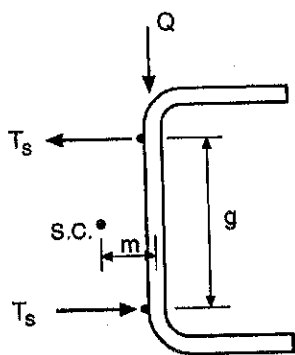


圖 C-10.2-1 C 型斷面上接合處之拉力

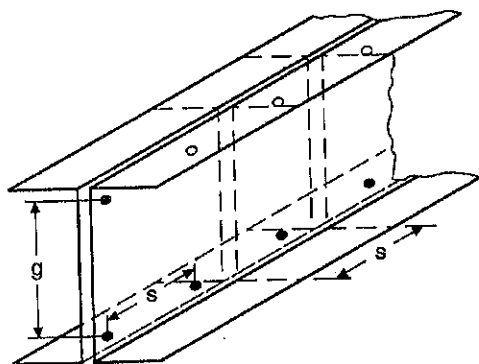


圖 C-10.2-2 接合間距示意圖

除了以上考量的接合強度需求外，接合間距不得大到因上翼板處的分離，而使得接合間有過大的扭矩。事實上 C 型斷面乃背對著背連接，最大的間隔限度或許可以採用 $L/3$ ，但考慮到一處的連結可能有缺陷，因此在公式 (10.2-2) 中將最大間隔限度 $L/6$ 作為首要條件。

10.2.2 兩斷面組合的受壓構材

對於受壓構材由 2 個斷面所構成，其受壓強度應由第 7.2 節的規定決定之；如果挫屈行為中有相當的變形，造成剪力發生在結合 2 個斷面的連接物上，受壓構材的 KL/r 須由 $(KL/r)_m$ 替代之。

刪除: (抗力)

$$\left(\frac{KL}{r}\right)_m = \sqrt{\left(\frac{KL}{r}\right)_o^2 + \left(\frac{a}{r_1}\right)^2} \quad (10.2-5)$$

其中

$(KL/r)_o$ = 組合構材整體斷面的細長比

a = 點銲或連結物的間距

r_1 = 組合構材內 2 個斷面中的最小迴轉半徑(未折減之斷面)

連結物的強度和其間距應符合下列的要求：

1. 點銲或連結物的間距(a)須限制在，讓 a/r_1 不得超過組合構材的細長比一半的情形下
2. 組合構材的兩端連結銲接的長度須超過構材最大的尺寸長度，或連結物的間距不得超過 4 倍連結物的直徑，且其連結長度要達到 1.5 倍構材最大的尺寸長度
3. 構材在長向中間部分連結的點銲或連結物，在任一方向須能承受 2.5% 的標稱軸向強度

刪除: (抗力)

解說：透過間隔式連結 2 個斷面所構成的受壓構材會有較小的剪力剛度，考量減少的剪力剛度對於挫屈應力的影響，修正的細長比(公式(10.2-5))可用於計算彈性臨界挫屈應力[10.3]。

本節的規定乃引用熱軋型鋼組合構材(銲接與螺栓接合)，目前熱軋型鋼規範也將其他連結物如冷軋型構造常用的螺絲納入考量，同樣的要求，連結物須能承受 2.5% 的剪力強度，且其間距須符合 a/r_1 不得超過組合構材的細長比一半 ($a/r_1 \leq 0.5(KL/r)_o$)。

10.2.3 受壓肢材之接合間距

以銲接、螺絲、螺栓或鉚釘將蓋板、鋼板或非為整體的受壓加勁材連接至其他構材時，其在應力作用線上的間距 s 不得超過下述各項：

1. 根據每一接合處的設計強度，計算傳遞連接部間之剪力所需的間距。
2. $1.16t\sqrt{E/f_c}$ ，其中 t 乃為蓋板或鋼板的厚度， f_c 為服務載重之下蓋板或鋼板內的應力
3. 影響該接合處之區間，其未加勁受壓肢材最窄翼板平板寬度 w 的三倍。

當 $w/t < 0.50\sqrt{E/F_y}$ 時其值不必小於 $1.11t\sqrt{E/F_y}$ ，或當 $w/t \geq 0.50\sqrt{E/F_y}$

時其值不必小於 $1.33t\sqrt{E/F_y}$ ，惟其值不得大於第 1. 項或第 2. 項之間距。

接合若為平行應力方向之間斷填角銲，間距應為填角銲間的淨距離加上 12.5 mm。其他接合方式的間距，應取連結物中心點間距離。

例外：本章之需求不適用於僅當作被覆材而非做為承載肢材之蓋板。

解說：當受壓肢材與組合構材之其他部分作不連續接合時，其連結物間距必須緊密到足以提供被連接肢材必要的強度，圖 C-10.2-3 顯示由一平板與一倒置的帽型斷面組合而成的箱型梁，假如適當的配置連結物，則此平薄板將可視為一加勁受壓肢材，而其寬度(w)相當於兩列連結物間的距離，構材斷面性質則依此原則計算之。

本節內第一款所述規定中之必要剪力強度，可由與計算螺栓翼板接合或鉚接板梁或類似結構，其相同之標準結構設計流程求得。本節第二款乃為了保證，平板在兩個鄰近的接合間，其應力小於 $1.67f_c$ 時不致產生圖 C-10.2-3 所示如柱般的挫屈，其中 f_c 為連接之受壓肢材在服務載重下的應力 [10.1, 10.2]，而此規定的依據為尤拉(Euler)柱挫屈公式：

$$\sigma_{cr} = \frac{\pi^2 E}{(KL/r)^2} \quad (C-10.2-3)$$

而以 $\sigma_{cr} = 1.67f_c$ ， $K = 0.6$ ， $L = s$ 與 $r = t/\sqrt{12}$ 代入而得之。此規定較保守，因為長度乃取連結物中心間之距離而不是以淨距離為依據，而係數 K 乃以 0.6 取代 0.5(柱兩端為固定端之理論值)。

本節第三款保證在大部分情況下合乎規定的間距，使平板之整列連接物具有如連續加勁的行為。[10.1, 10.2]。

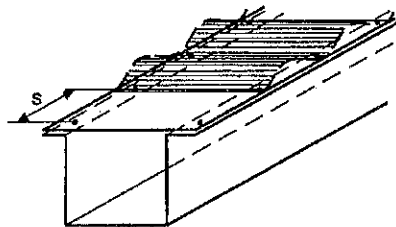


圖 C-10.2-3 組合斷面的接合間距

10.3 側向支撐

側向支撐的設計應使其能束制承載梁或柱的側向彎曲(或位移)或扭轉，同時，亦要避免支撐接觸點的局部皺曲。

解說：本節所涵蓋之應用範圍為對稱梁與柱，及用於屋頂系統上承受重力之 C 型斷面與 Z 型斷面梁。

10.3.1 對稱梁與柱

側撐與側撐系統（包括接合在內），其設計應考量強度與勁度要求。

解說：在鋼結構中，並沒有簡單的、一般可接受的手法用以決定分離的側支撐所需之強度與勁度。Winter [10.4]提供了局部的解決方式，而其他人延續此學理如 Haussler [10.5]、Haussler 和 Pabers [10.6]、Lutz 和 Fisher [10.7]、Salmon 和 Johnson [10.8]、Yura [10.9]、SSRC [10.10]。設計人員應多尋找相關文件，以正確的設計側支撐或其系統。

在受壓面上的側向支撐細長比不得超過 200。

10.3.2 C 型斷面與 Z 型斷面撓曲構材

本節針對承受腹板上載重的 C 型斷面與 Z 型斷面梁，以側支撐束制其扭轉時之相關規定。在本節中討論下述二種情形：(1)上翼板連接至鋼承板或外覆材，並能有效束制該翼板的側向位移；(2)無任一翼板以(1)方式連結。當兩翼板皆以(1)方式連接時，側向支撐就無存在的需要。

解說：C 型斷面與 Z 型斷面被當作梁使用，以承受與腹板平面相同方向的橫向載重，如果沒有提供足夠的側支撐則可能產生扭轉與側位移。本節內包含了二部分：(1)針對撓曲構材之單一翼板連接鋼承板或外覆材時的支撐需求；(2)撓曲構材之任一翼板皆未連接鋼承板或外覆材時，側撐之間距與設計需求。

刪除: 梁

刪除: 梁

刪除: 梁

10.3.2.1 翼板不與外覆材連結的 C 型斷面與 Z 型斷面

位於上下翼板處之每一中間支撐，應被設計成可抵抗本節規定之所需側向力 P_{L1} (位於第一象限的翼板所需的側支撐力)與 P_{L2} (另一個翼板所需的側支撐力)。

本節所應用的 x 軸為垂直於腹板方向上的斷面中心軸，y 軸為平行於腹板方向上的斷面中心軸，x 軸與 y 軸的設置應將一個翼板安排於第一象限內，可參考圖 C-10.3-1 有關座標系統的介紹。

1.對於均布力：

$$P_{L1} = 1.5[W_y K^2 - (W_x/2) + (M_z/d)] \quad (10.3-1)$$

$$P_{L2} = 1.5[W_y K^2 - (W_x/2) - (M_z/d)] \quad (10.3-2)$$

當均布力 W 作用於於平行於腹板方向時，也就是 $W_y = W$

$$P_{L1} = -P_{L2} = 1.5(m/d)W \quad \text{如爲 C 型斷面} \quad (10.3-3)$$

$$P_{L1} = P_{L2} = 1.5(I_{xy}/(2I_x))W \quad \text{如爲 Z 型斷面} \quad (10.3-4)$$

其中

W_x 、 W_y = 分別為設計載重(因數化載重)W 平行於 x 軸和 y 軸的分量，

W_x 與 W_y 為正值當其朝向正 x 軸和正 y 軸時

其中

W = 介於支撐點兩邊各 0.5a 距離間的設計載重(因數化載重)

其中

a = 側支撐間在長向上的間距

$$K' = 0 \quad \text{如爲 C 型斷面}$$

$$= I_{xy}/(2I_x) \quad \text{如爲 Z 型斷面} \quad (10.3-5)$$

其中

I_{xy} = 未折減全斷面的慣性積

I_x = 未折減全斷面對於 x 軸的的慣性矩

$M_z = -W_x e_{sy} + W_y e_{sx}$, W 對於剪力中心的扭轉彎矩

其中

e_{sx} 、 e_{sy} = x 軸和 y 軸的載重分量對於剪力中心的偏心距

d = 斷面的深度

m = 剪力中心到腹板中心線的距離

2.對於集中力：

$$P_{L1} = P_y K' - (P_x/2) + (M_z/d) \quad (10.3-6)$$

$$P_{L2} = P_y K' - (P_x/2) - (M_z/d) \quad (10.3-7)$$

當集中力 P 作用於於平行於腹板方向時，也就是 $P_y = P$

$$P_{L1} = -P_{L2} = (m/d)P \quad \text{如爲 C 型斷面} \quad (10.3-8)$$

$$P_{L1} = P_{L2} = (I_{xy}/(2I_x))P \quad \text{如爲 Z 型斷面} \quad (10.3-9)$$

其中

P_x 、 P_y = 分別爲設計載重(因數化載重) P 平行於 x 軸和 y 軸的分量，

P_x 與 P_y 爲正值當其朝向正 x 軸和正 y 軸時

$M_z = -P_x e_{sy} + P_y e_{sx}$, P 對於剪力中心的扭轉彎矩

P = 介於支撐點兩邊各 $0.3a$ 距離間的設計載重(因數化載重)，再加上

位於超過支撐點 $0.3a$ 但不得超過 $1.0a$ 距離間的設計集中載重

$1.4(1 - l/a)$ 倍的值

其中

l = 集中力到側支撐間的距離

側支撐力 P_{L1} 與 P_{L2} 爲正值，當其束縛支撐的翼板是防止往負 x 軸方向的移動。

此節所謂之側支撐乃指其能有效地束縛斷面，翼板端點及中間側支撐點的側向位移。

當作用於梁之所有載重和反力皆透過其他構架構材傳遞而來，且其傳遞力量之構材能有效地束縛彎曲構材斷面抵抗扭轉和側向位移時，將不再需要外加的支撐，除非其無法滿足第 6.2.2.1 節規定之所需強度。

刪除：梁

解說：假如 C 型斷面被單獨使用成爲梁，而不是以成對的 I 型斷面出現，則 C 型構材應以間隔方式支撐，以防止如同圖 C-10.3-2 旋轉情形發生，圖 C-10.3-3 顯示兩 C 型斷面相互支撐的情況，這情況頗與圖 C-10.2-3 所示的組合 I 型斷面雷同，除了原來的接合方式改以支撐方式形成，支撐的間距

刪除：二 C

通常比組合 I 型撓曲構材的接合間距來得大，也因此 C 型斷面本身在支撐間隔區域內可能產生少量的旋轉，導致在受到載重時，將比單純的撓曲構材撓曲情況會多一些額外的應力產生在斷面內。所以，支撐的安排應：(1) 讓額外增加之應力量減小而不致影響 C 斷面應有的承載能力(與連續性支撐條件相比較)；(2) 旋轉角度應儘可能減小(1 至 2 度之範圍內)。

刪除: 梁
刪除: 梁

爲了發展建立適當支撐相關規定之資料，在康乃爾大學進行了不同 C 型斷面之實驗 [10.11]，實驗則包含了全支撐，無側支撐與位於兩不同位置之中間支撐等，除了試驗外也發展近似分析法，用來印證實驗的結果。Winter, Lansing 與 McCalley[10.12]提出有關此之概要計算。於該參考文獻中指出假如支承間設置 3 個以上之等距支撐(即位於 1/4 跨度處或更近)，則上述規定對於大部分的撓曲構材載重分布皆能滿足。惟當大部分之撓曲構材總載重集中於跨度之較小區域時則爲例外；此情況下須於該載重處設置外加之支撐。相同的，先前版本之 AISI 規範(AISI, 1986; AISC, 1991)規定支撐間之距離不得大於 1/4 跨度，同時規定應於局部集中載重處設置外加支撐。

刪除: 梁
刪除: 梁

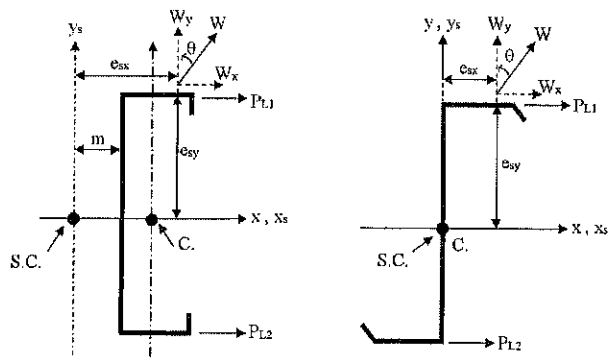


圖 C-10.3-1 座標系統與正值力量方向

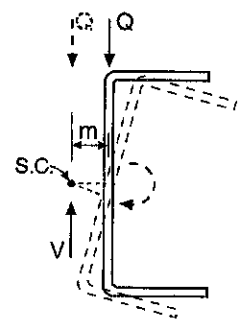


圖 C-10.3-2 C 型斷面旋轉示意圖

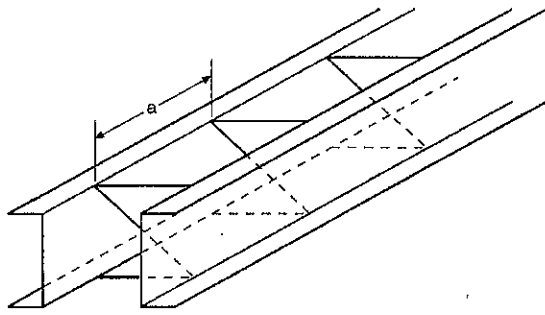


圖 C-10.3-3 兩 C 型斷面相互支撐的情況

刪除: 二 C

對於側支撐的要求不僅於其間距的安排，其本體強度是否可以防止 C 型斷面免於旋轉亦為考量的重點，因此有必要決定將會作用於支撐的力量。如圖 C-10.3-4 所示，當一載重作用於平行腹板的平面方向上，則將會產生扭矩(Qm)，此情形如同將載重施力於剪力中心(不產生扭矩)，另加上二平行力 $P = Qm/d$ 於 C 型斷面上(產生相同之扭矩 Qm)。另外 Winter, Lansing 與 McCalley[10.12]將此情形描述成如圖 C-10.3-5 所示，C 型斷面的半邊可以被視為一連續梁，承受橫向力且支承於支撐點，如此，橫向支撐力正如同連續梁的支承反力。本節內提出簡單與保守的方式以決定這些反力，其等於支撐於上下翼板所須抵抗之力 P_L 。

從 1956 到 1996 年間，AISI 規範規定支撐須與撓曲構材之上下翼板相連接於端部和小於 1/4 跨度間，以防止端部之傾倒和中間支撐處任一方向上下翼板之側向變形。規範提供之側向挫屈公式可用於預估構材的彎曲強度。近年來由 Ellifritt、Sputo 與 Haynes[10.13]所指導之撓曲構材實驗指出，對於標準斷面，中間支撐比起全無側撐梁，可降低服務載重水平撓度和轉動達 80%。無論如何，支撐之拘束效果可將破壞模式從側向-扭轉挫屈轉變為支撐處之翼板或緣端之扭轉挫屈。構材受到垂直載重時其自然傾向為，使緣端能緩和受壓似的扭轉與變形，當此種移動受到中間支撐之拘束時，加勁緣端之受壓將不會緩和或可能將增加。此種情況下，可能於比規範之側向挫屈公式預估之更小載重下發生局部挫屈。

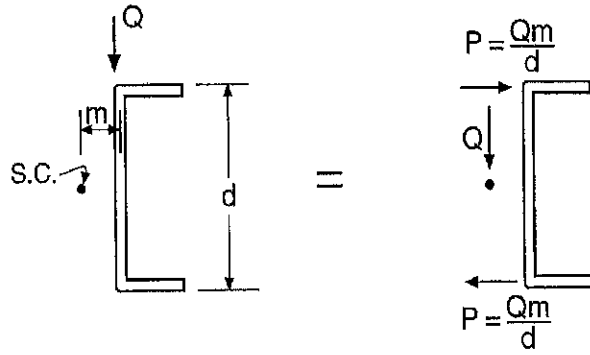
刪除: 梁

刪除: 梁

研究報告[10.13]也同時顯示出 AISC 規範有關側向挫屈公式預估之載重，對於使用一個中間支撐之情形為保守，但是對於使用一個以上中間支撐者可能為不保守。基於上述之研究發現，本節於 1996 年修正了 1/4 點支撐之需求。其建議使用於 C 斷面和 Z 斷面撓曲構材之中間支撐，最少要能控制服務載重下之側向位移和旋轉。

刪除: 梁

刪除: <sp>



格式化: 置中

圖 C-10.3-4 C 型斷面的橫向力

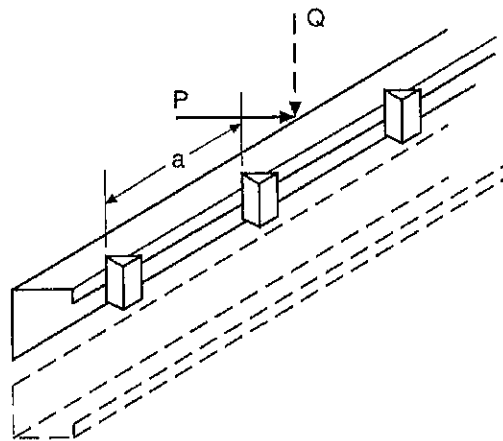


圖 C-10.3-5 視為連續梁的一半 C 型斷面

10.3.3 受軸向壓力構材的側支撐

束縛受軸向壓力構材在側支撐點側向位移，所需的支撐強度依下列公式計算：

$$P_{br} = 0.01P_n \quad (10.3-10)$$

束縛受軸向壓力構材在側支撐點側向位移，所需的支撐強度依下列公式計算：

$$\beta_{br} = \frac{2[4 - (2/n)]P_n}{L_b} \quad (10.3-11)$$

其中

P_{br} = 對於單一個受軸向壓力構材所需的支撐強度

刪除: (抗力)

刪除: (抗力)

P_n = 受軸向壓力構材的標稱抗壓強度

β_{br} = 對於單一個受軸向壓力構材所需的支撐勁度

n = 相等距離的側支撐數量

L_b = 側支撐間的距離

刪除: (抗力)

解說：對於單一個受軸向壓力構材所需的側支撐，是以 Green [10.14]的研究為基礎發展，單一個受軸向壓力構材所需的支撐強度計算與 AISC 規範[10.15]類似，由 Sputo 與 Beery[10.16]的研究中發現，這些規定的應用亦可適合不同的構材斷面。

10.4 冷軋型鋼框架式構造

應用於冷軋型鋼框架中的結構構材和非結構構材，其鋼材厚度介於 0.455 mm 與 3.0 mm 間，相關位置的運用應遵循下列之規定：

1. 框梁：設計應符合 AISI S212 的相關規定
2. 桁架：設計應符合 AISI S214 的相關規定
3. 牆立柱：設計應符合 AISI S211 的相關規定，或依地第 10.4.1 節全鋼的設計，或考量外覆材支撐影響的設計（依據適當的理論、實驗或合理的工程分析）
立柱兩端的接合處須能抵抗沿柱長軸方向之旋轉及垂直柱方向的水平位移
4. 樓板框架及屋頂系統：設計應符合 AISI S210 的相關規定

解說：前版規範在第 10.4 節僅規範了牆體隔間柱(立柱)與其組合，在立柱全鋼材系統的基準的設計考量方面，依然可按照第六章、第七章、第八章之相關規定予以計算，然在考量外覆材支撐的計算上似乎過於保守，因此本次在本節的修正上，移除了原有的內容，而採用與 AISI 規範同步的方式編列，除了考量有 AISI 具有大量的研究數據為基礎外，另外亦增加了其他構材，如框梁、桁架與樓板框架及屋頂系統的運用與規範。

以下敘述本節所提及的相關規範：

AISI S212 — North American for Cold-Formed Steel Framing – Header Design [Header Standard]

AISI S214 — North American for Cold-Formed Steel Framing – Truss Design [Truss Standard]

AISI S211 — North American for Cold-Formed Steel Framing – Wall Stud Design [Wall Stud Standard]

AISI S210 — North American for Cold-Formed Steel Framing – Floor and Roof System Design [FRSD Standard]

10.4.1 牆立柱組合的全鋼設計

全鋼設計的牆立柱組合應忽略來自外覆材所提供的結構貢獻，同時在抗壓強度上應符合第六章的相關要求，另外對於具圓孔或非圓孔腹板的有效斷面性質，應依第 4.3.2 節之規定計算。

解說：眾所皆知柱可因使用適當之支撐而提高其強度，即使支撐相對上較為柔性，此種情形對於經常使用作為承載牆立柱的斷面(較大的 I_x/I_y 比值)便是很好的範例。

冷軋型 I、C、Z 或箱形斷面經常作為牆體內之立柱使用，其腹板面垂直於牆面，而牆面板可能以纖維板、石膏板、合板等為材料，如果牆面材強度夠且與立柱作適當連結時，將可提供立柱側向的支撐能力，因此，牆面材因實質上增加立柱的強度而對於減少結構造價有幫助。

為了決定牆立柱所需的側向支撐條件，Green, Winter 與 Cuykendall [10.17] 進行相關的理論研究與實驗，此實驗共包含了 102 個立柱與 24 種不同牆面材，AISI 規範參考了此研究的成果發展出牆立柱之設計方法。

在 1970 年代，康乃爾大學與其他研究機構針對利用鋼隔板支撐之柱的結構行為進行研究。牆-支撐立柱的重新研究指出，鋼隔板提供給立柱之支撐為剪力隔板類型而非 1947 年研究時所考量的非線性類型。Yu [10.2] 整理了 Simaan [10.18] 及 Simaan 與 Pekoz [10.19] 的研究成果，針對利用外覆材支撐之 C 型與 Z 型斷面的牆立柱提出了強度計算程序。外覆材提供剪力勁度與旋轉束制的支撐效果，Simaan [10.18] 及 Simaan 與 Pekoz [10.19] 的研究內容相當完整，對於立柱僅有單翼板面有支撐，或兩翼板面皆有支撐的情況皆進行研究。有關具有穿孔之立柱的短柱實驗與其相關理論分析則可參考 Davis 與 Yu [10.20] 與文獻 21。

刪除: 間柱

刪除: 間柱

刪除: 間柱

刪除: 間柱

刪除: 間柱

刪除: 間柱

刪除: 間柱

刪除: 間柱

刪除: 間柱

刪除: 間柱

刪除: 間柱

刪除: 間柱

刪除: 間柱

10.5 樓板、屋頂或牆體鋼隔板構造

隔板面內的標稱剪力強度 S_n 得經計算求得或以實驗得之。

安全因子 Ω 與折減因子 ϕ 顯示於表 10.5-1 中，如在建立標稱剪力強度時未能定義其相關的極限狀態，表 10.5-1 的安全因子與折減因子應只限於“接合問題”的極限狀態中取得，另外，當連接物混搭運用於隔板系統時，應選取較保守安全的因子值。

刪除: 隔板

表 10.5-1 隔板之安全因子及強度折減因子

載重組合內含	接合形式	極限狀態			
		接合部分		板挫屈	
		Ω_d	ϕ_d	Ω_d	ϕ_d
地震力	銲接	3.00	0.55	2.00	0.80
	螺絲	2.50	0.65		
風力	銲接	2.35	0.70		
	螺絲	2.35	0.70		
其他	銲接	2.65	0.60		
	螺絲	2.50	0.65		

表 10.5-1 中板挫屈極限狀態是指板出平面的挫屈，而非接合物的局部挫屈。如使用其他的機械類的接合物，安全因子 Ω_d 不得小於表 10.5-1 中螺絲的值，折減因子 ϕ_d 不得大於表 10.5-1 中螺絲的值。

解說：於房屋結構上，通常會另行設置斜撐系統來抵抗風載重、爆炸力或地震等水平載重。然而，鋼樓板、鋼屋頂板或牆體鋼隔板不管是否填充混凝土，假如其適切地相互連接並連接至支承構架，則除了能加強梁抵抗重力載重外，也有能力抵抗水平載重。因此有效地運用鋼樓板和屋頂鋼承板可省去另設斜撐系統，而降低建築造價。相同的理由，牆格板不僅可提供空間之區隔和支承垂直載重外，亦可於其面內提供隔板之效用。

隔板束制之結構效用可根據計算或試驗來評估。數個分析程序概述於參考文獻內(Steel Deck Institute, 1988; Department of Army, 1985; and ECCS, 1977)。有關試驗之執行可參照 Standard Method for Static Load Testing of Framed Floor, Roof and Wall Diaphragm Construction for Buildings, ASTM E455 之標準程序。Yu [10.22]則提出結構性隔板行為之一般性討論。

機械性連接物之定量評估比銲接接合較易控制，且其效果較易預測。因此對於機械式連接物採用較大的折減因子與較小的安全因子。

刪除: 和

10.6 金屬屋頂與牆體系統

10.6.1 翼板以貫穿式接合於鋼承板或外覆板之梁

本節規定不適用於連續梁鄰近支承處之反曲點區域，亦不適用於懸臂梁。

承受載重於一平行於腹板之平面，其受張力翼板連接於鋼承板或外覆板且受壓力翼板側向不具支撐之 C 型或 Z 型斷面，其標稱撓曲強度 M_n 依下式計算：

$$M_n = R S_e F_y \quad (10.6-1)$$

$$\Omega_d = 1.67 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi_d = 0.9 \quad (\text{LRFD})$$

其中

$R = 0.4$	簡支梁 C 型斷面
$= 0.5$	簡支梁 Z 型斷面
$= 0.6$	連續梁之 C 型斷面
$= 0.7$	連續梁之 Z 型斷面

S_e 與 F_y 如第 6.2.1 節之定義。

上列折減因數 R 受到屋頂與牆系統之限制，其條件如下：

1. 構材深度小於 292 mm (11.5 英吋)
2. 翼板為邊緣加勁之受壓構材。
3. 深度／厚度比介於 60 與 170 之間。
4. 深度／翼寬比介於 2.8 與 4.5 之間。
5. 翼板平板寬／厚度比介於 16 與 43 之間。
6. 連續跨系統中之各內支點，其各方向搭接長度(支承中心至搭接段末端)不得少於 $1.5d$ 。
7. 構材跨長不得大於 10 公尺(33 英尺)。
8. 連續跨系統中之最長跨長度多於最短跨之長度不得超過 20%。
9. 支承處之上下翼板皆無上下移動之可能性。
10. 屋頂之鋼承板與牆之外覆板皆為鋼材，其包含保護膜最小厚度 0.48mm，肋材之最小深度為 25.4 mm，且最大中心至中心間距 310mm，其接合方式必須能有效防止外覆板與桁條間產生相對移動。
11. 隔熱板須為 0 到 152 mm 厚之玻璃纖維氈，填充於構材與承板之間並與所使用之栓緊材密合。
12. 栓緊材之形式：至少為 #12 自鑽式或自栓式金屬螺絲釘，或者 4.76 mm 鉚釘，以及 12.7mm 直徑之墊圈。
13. 栓緊材不可使用 standoff 型式螺絲釘(參考圖 C-10.6-1)。
14. 栓緊材之中心至中心間距不得大於 305mm，並須位於接近撓曲構材翼板中心之位置。

假若不符合上述任一限制條件，則需以全尺寸之試驗決定 R 值。

解說：對於以受張力翼板連接平板或外覆板，而受壓翼板無支撐之梁構材而言(如受風力吸力之屋頂橫梁或牆四周之橫梁)。其撓曲容量少於全支撐構材，但大於無支撐構材之容量。此項部分束制效果來自於格板與梁連接處，所提供之旋轉勁度。規範中所訂之折減因數為相較於全支撐材之減少後容量，係由簡支與連續跨梁之實驗資料所獲得之建議值[6.14-6.19]。其中連續跨試驗以三等跨連續梁進行，其 R 值之計算依據破壞載重造成最大正彎矩 $M=0.08wL^2$ 計算。

刪除：梁

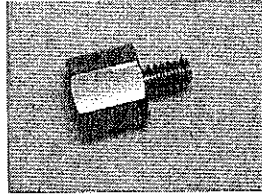


圖 C-10.6-1 Standoff 型式螺絲釘

La Boube [10.23] 的研究指出，上述格板與梁連接處之旋轉勁度，主要與構材厚度、平板厚度、螺栓型式與位置有關。為確保一依規範公式設計之屋頂與牆系統具有足夠之旋轉勁度，本節明白列舉合乎計算條件之各種格板與栓材型式。

10.6.2 翼板連接屋頂系統摺板之撓曲構材

上翼板支承摺板屋頂之 C 型或 Z 型斷面受平行於腹板之重力，其標稱撓曲強度 M_n 可以不連續點支撐依第 6.2.2 節規定計算或依下列公式計算：

$$M_n = R S_e F_y \quad (10.6-1)$$

$$\Omega_d = 1.67 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi_d = 0.9 \quad (\text{LRFD})$$

其中

R = 折減因數

由廠商根據 AISI 冷軋鋼設計手冊之相關試驗求得。

S_e 與 F_y 如第 6.2.1 節之定義

刪除: 梁

解說：對於支撐受重力作用之摺板屋頂系統(standing seam roof system)之梁(如受呆重與活重之屋頂橫梁)，其撓曲容量大於無支撐構材者，且可能等於完全支撐構材者。撓曲容量受力型式、重力或上揚力、及個別屋頂系統之特性影響。由於業界存在相當多不同型式摺板屋頂系統，目前並無任何解析方法被提出，用以計算正彎矩與負彎矩容量。本節僅列出 1996 年 AISI 規範所規定之標稱撓曲強度決定公式，其中折減因數 R 須由提供系統的廠商根據 AISI 的實驗求得。

10.6.3 翼板連接鋼承板或外覆板之受壓構材

本節僅適用於在沿縱軸承受集中載重的 C 或 Z 型斷面構材，且斷面僅一翼板與鋼承板或外覆板以貫穿式接合。

C 或 Z 型斷面受壓構材之標稱軸向壓力強度依下列規定計算之：

1. 弱軸的標稱軸向壓力強度

$$P_n = C_1 C_2 C_3 A E / 29500 \quad (\text{kg}) \quad (10.6-2)$$

$$\phi = 0.85$$

其中

A = C 或 Z 型斷面的全斷面積

$$C_1 = 0.79x + 0.54 \quad (10.6-3)$$

$$C_2 = 0.0461t + 0.93 \quad (10.6-4)$$

$$C_3 = 0.0984b - 0.0642d + 22.8 \quad (10.6-5)$$

b = C 或 Z 型斷面翼板寬 (單位: mm)

d = C 或 Z 型斷面深度 (單位: mm)

E = 鋼材的彈性模數(20,500 kg/mm²)

t = C 或 Z 型斷面厚度 (單位: mm)

x = Z 型斷面為扣件中心至腹板外緣之距離除以翼板寬

(如圖 C-7.5-1 所示)

C 型斷面為翼板寬減去扣件中心至腹板外緣之距離再除以翼板寬(如圖 C-10.6-2 所示)

公式(10.6-2)僅適用於牆與屋頂系統中，且符合下列之條件：

- (1) $t \leq 3.22 \text{ mm}$
- (2) $152 \text{ mm} \leq d \leq 305 \text{ mm}$
- (3) $70 \leq d/t \leq 170$
- (4) $2.8 \leq d/b \leq 5$
- (5) 翼板皆具邊緣加勁材
- (6) $16 \leq \text{翼板平板段寬度}/t \leq 50$
- (7) 支承處的兩翼板皆無側移
- (8) 牆及屋頂的鋼格板(steel panel)與構材連接的扣件，其中心間距不得大於 305 mm (12 in)，且其旋轉側向勁度(rotational lateral stiffness)不得小於 1,060 t/m/m (扣件在構材翼板寬度之中央)
- (9) C 或 Z 型斷面構材的鋼材降伏應力不得小於 23.0 kg/mm² (33 ksi)
- (10) 構材跨距不得超過 10 m (33 ft)

2. 強軸的標稱軸向壓力強度，則依第 7.2 節與第 7.3 節中計算彈性撓曲挫屈應力之規定計算。

解說：本節適用範圍乃為軸向上受集中載重的 C 或 Z 型斷面構材，斷面僅一翼板與鋼承板或外覆板連接，另一翼板則無任何支撐，如屋頂桁條(roof purlin)與牆圍梁(wall girt)在承受風力或地震力所產生之軸向壓力，此時，構材承載能力則介於構材完全側撐及無側撐情形之間。此種在弱軸挫屈方向的部分束制，與構材及鋼承板或外覆板間所提供的旋轉側向勁度(rotational lateral stiffness)有相當的關係。公式(10.6-2)乃適用於構材在弱軸方向上的強度計算，但此公式不適用於構材與摺板系統屋頂(standing seam roof)連接之情形。公式(10.6-2)乃由 Glaser、Kaehler 與 Fisher [10.24] 所推導出來，同時，參考了 Hatch、Easterling 與 Murray [10.25] 及 Simaan [10.19] 的報告。

在公式(10.6-2)的應用上，對於 C 或 Z 型斷面構材的鋼材降伏應力並無上限之設定，主要是因為公式(10.6-2)基於彈性挫屈考量。另外，公式(10.6-2)亦無針對構材長度做下限的設定，其因乃考量當構材跨距小於 4.6 m (15 ft) 時，使用公式(10.6-2)計算將得到較保守之結果。
本節所計算的軸向強度(強軸或弱軸控制)，可應用於本規範第八章構材承受彎矩及軸力的計算。

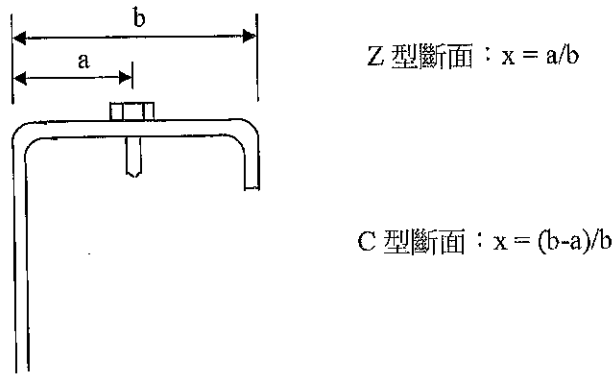


圖 C-10.6-2 x 值之定義圖

10.6.4 承受重力載重之屋頂系統的支撐之錨定—上翼板連結外覆材者

對於依據第 6.2.1 節設計的 C 型斷面與 Z 型斷面構材，且其上翼板連接鋼承板或外覆材的情形下，相對於桁條支承處之上翼板最大側向位移量，不得大於該桁條跨距/360 之值。如桁條的上翼板全朝向同一方向，則其錨定束縛系統需滿足本節第一款與第二款所列之相關規定。如桁條上翼板與緊鄰桁條上翼板朝相反之方向設置，則本節第一款與第二款所列之規定並不適用。

錨定支撐於每一斜屋面之每一桁條節間僅要連接至其中一列桁條，條件為其他列桁條能透過屋頂鋼承板和其連接系統將力傳遞至該桁條錨定支撐。錨定支撐應儘可能接近於鋼承板或外覆材連接的翼板處，每一桁條間內均應有桁條錨定支撐的設置。

對於支撐配置與本節第一款與第二款所列之情形不同時，應進行實驗以瞭解實際的行為表現作為設計之依據。

1. C 型斷面

採用 C 型斷面作為屋頂系統之桁條，且其受壓翼板全朝向同一方向時，束制系統需能額外承受 $0.05W$ 之載重， W 為所有受束制桁條所承受之設計載重，當一系列桁條上之支撐超過一組時，束制力 $0.05W$ 應等分至所有支撐。

2. Z 型斷面

對於屋頂系統含 4 至 20 組 Z 型斷面桁條，且上翼板全朝向屋頂斜坡上方，其束制支撐在桁條支承點、中間點、三分之一點處的設計承受力量依下列規定計

算：

- (1) 單跨距且束制支撐在支點處

$$P_L = 0.5 \left[\frac{0.220b^{1.50}}{n_p^{0.72} d^{0.90} t^{0.60}} - \sin \theta \right] W \quad (10.6-6)$$

- (2) 單跨距且束制支撐在 1/3 分點處

$$P_L = 0.5 \left[\frac{0.474b^{1.22}}{n_p^{0.57} d^{0.89} t^{0.33}} - \sin \theta \right] W \quad (10.6-7)$$

- (3) 單跨距且束制支撐在 1/2 分點處

$$P_L = \left[\frac{0.224b^{1.32}}{n_p^{0.65} d^{0.83} t^{0.50}} - \sin \theta \right] W \quad (10.6-8)$$

- (4) 多跨距且束制支撐在支點處

$$P_L = C_{tr} \left[\frac{0.053b^{1.88} L^{0.13}}{n_p^{0.95} d^{1.07} t^{0.94}} - \sin \theta \right] W \quad (10.6-9)$$

$C_{tr} = 0.63$ ，在外端支承點處支撐

$C_{tr} = 0.87$ ，在第一個內支承點處支撐

$C_{tr} = 0.81$ ，其他支撐

- (5) 多跨距且束制支撐在 1/3 分點處

$$P_L = C_{th} \left[\frac{0.181b^{1.15} L^{0.25}}{n_p^{0.54} d^{1.11} t^{0.29}} - \sin \theta \right] W \quad (10.6-10)$$

$C_{th} = 0.57$ ，最外跨距處之最外側支撐

$C_{th} = 0.48$ ，其他支撐

- (6) 多跨距且束制支撐在 1/2 分點處

$$P_L = C_{ms} \left[\frac{0.116b^{1.32} L^{0.18}}{n_p^{0.70} d^{0.50} t^{0.50}} - \sin \theta \right] W \quad (10.6-11)$$

$C_{ms} = 1.05$ ，最外跨距處之側支撐

$C_{ms} = 0.90$ ，其他支撐

其中

b = 翼板寬

d = 斷面深度

t = 厚度

L = 跨距長

θ = Z 型斷面的腹板面與垂直面之夾角(度)

n_p = 互相平行之桁條列數

W = 相鄰支點間所有桁條列所承受之所有設計載重

當支撐之功用為防止桁條翼板朝向屋頂上方的移動時， P_L 力為正值。對於系統少於 4 列桁條的情況，支撐力應為根據公式(10.6-6 至 10.6-11)且 $n_p = 4$ 所求得值的 1.1 倍，當系統多於 20 列桁條的情況，公式(10.6-6 至 10.6-11)仍可採用，但 n_p 值為 20，同時 W 之計算以總桁條列數為基準。

解說：在鋼構造屋頂系統中，除非提供外在的束制，否則整體系統將會產生側移之現象，所謂的束制或錨定可利用構材於沿著跨度之不同位置與桁條相連接，並設計該構材能承受抵抗系統側移之力。對於以 Z 桁條支撐屋頂系統的設計，可參考 Murray 與 Elhouar [10.11] 的一次彈性勁度模型。在設計支撐的問題上，公式(10.6-6)至(10.6-11)適用於決定單跨距與多跨距支撐於不同位置之束制力，這些公式以桁條的斷面積、桁條列數、跨距數、跨距長度與作用於系統之總載重等為參數計算，這些公式的精確性已由 Murray 與 Elhouar 利用六組原型與三十三組 1/4 比例之試體實驗中被證實。

第十一章 接合設計

11.1 一般規定

接合部包含接合構材與連結物。接合設計須使接合後之構材能傳遞最大設計載重。對於接合的偏心問題亦應適當考慮。

解說：冷軋型鋼的接合通常使用銲接、螺栓、螺絲、鉚釘和其它特別的裝置如金屬縫合和黏著[11.1]。本規範所規定之項目包含以銲接、螺栓接合與螺絲接合。對於鉚釘及其它特殊的裝置，則略述如下：

1. 鉚釘

熱作鉚釘較少運用在冷軋型鋼結構中，相對的冷作鉚釘則應用的較廣，特別是應用在特殊用途上，如塞脹鉚釘(blind rivet，僅由構材單側使用)、管狀鉚釘(tubular rivet，可增加軸承面積)、高剪力鉚釘(high shear rivet)、以及爆炸鉚釘(explosive rivet)。使用冷作鉚釘作接合設計，除了鉚釘剪力強度與螺栓接合可能相當不同之外，可以採用螺栓接合設計規定為一般準則。鉚釘強度的補充設計資訊，可以從製造商或試驗得來。

2. 特殊的裝置

特殊的裝置包括：(1)金屬縫合，使用工具(由一般辦公之釘書機)發展出的特殊效果；(2)藉著特殊工具將鋼板彎曲，以達到板與板間嵌接之方式。對於設計圖未詳細標明之接合，其資料及設計需求數據應以圖說規範涵蓋。

本章未涵蓋之接合方式與其傳遞之強度，須經建築主管機關認可之公證檢驗機構實驗證明之。

11.2 銲接接合

本節的設計準則乃應用於厚度較小之冷軋型鋼構材銲接接合之設計，其構材接合部中之最薄板的厚度不大於 4.57 mm。構材接合部的厚度大於 4.57 mm 時，銲接接合則須依「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」的規定而設計之。

對於接合部分中厚度等於或小於 4.57 mm 鋼材的電弧銲接的相關規定，除了本節規定外，須符合美國銲接協會 (AWS) AWS D1.3 以及其註解規定。銲接技工及銲接程序須符合於 AWS D1.3 的規定。有關於銲接位置的規定列於表 11.2-1 中。

電阻銲接須與 AWS C1.1 或 AWS C1.3 中所規定的程序一致。

表 11.2-1 銲接位置

接合構材	銲接位置					
	對接 開槽銲	電弧 點銲	電弧 縫銲	填角銲 疊接、T 接	斜角喇叭 型開槽銲	V 形喇叭 型開槽銲
鋼板對 鋼板	F H V OH	— — — —	F H — —	F H V OH	F H V OH	F H V OH
鋼板對支 承構材	— — — —	F — — —	F — — —	F H V OH	F H V OH	— — — —

(F=平銲, H=橫銲, V=立銲, OH=仰銲)

解說：用在冷軋型鋼的銲接可以分類成熔銲(或電弧銲)和電阻銲。熔銲可用於冷軋型鋼構材間之接合，與連接至熱軋鋼構架(如樓板與鋼構架梁之連結)。基本的應用可分為槽銲(groove weld)、電弧點銲(arc spot weld)、電弧縫銲(arc seam weld)、填角銲(fillet weld)及喇叭形開槽銲(flare groove weld)。本節有關於熔銲的相關規定，主要是依據康乃爾大學所從事的廣泛試驗所得的數據。針對試驗的結果，Pekoz 與 McGuire [11.2]的報告有詳細的記載，而在參考文獻[11.3]內有相關的綜合整理說明。所有可能的破壞模式都包含在本規範內。

在大部分由 Pekoz 與 McGuire[11.2]所進行的接合試驗中，並未針對初始降伏有做進一步的瞭解。因此本節的規定中，斷裂情形較降伏情形更適合作為破壞的標準。

康乃爾大學的研究提供了美國銲接協會(American Welding Society)在鋼板(片)銲接規範[11.4]的根據，因此在大部分事例中，本節的規定與 AWS 規範中的規定一致。

在銲接接合實驗中，如圖 C-11.2-1 至 C-11.2-6 所示，上部蓋板的最大總合鋼板厚度近 3.81 mm (0.15 in)。然而在本章第 11.2.1 至 11.2.6 節相關規定，乃延伸其有效性達銲接的最薄接合處厚度為 4.57 mm (0.18 in)或者更小。但對於電弧點銲規定內，一單層板(參照圖 C-11.2-3)的最大厚度以及雙層板(參照圖 C-11.2-4)結合起來的厚度則被設定為 3.81 mm(0.15 in)。

依據 Tangors, Schuster 與 LaBoube [11.5]之研究，本節所考慮之載重及強度係數設計法所計算之銲接強度，需予以修正。

11.2.1 對接開槽銲

單面銲或雙面銲的對接開槽銲接合的標稱強度 P_n 依下列公式計算之：

1. 承受垂直於有效面積或平行銲軸的拉力或壓力

$$P_n = L t_e F_y \quad (11.2-1)$$

$$\Omega = 1.70 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.90 \quad (\text{LRFD})$$

2. 有效面積上的剪力為公式(11.2-2)或(11.2-3)兩者中較小者

$$P_n = L t_e 0.6F_{xx} \quad (11.2-2)$$

$$\Omega = 1.90 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.80 \quad (\text{LRFD})$$

$$P_n = L t_e F_y / \sqrt{3} \quad (11.2-3)$$

$$\Omega = 1.70 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.90 \quad (\text{LRFD})$$

其中

P_n = 開槽銲接合的標稱強度

F_{xx} = 美國銲接協會電極分類中銲料金屬的強度編號

F_y = 強度最低母材之規定最低降伏點

L = 銲道長

t_e = 開槽銲的有效喉厚

解說：對接開槽銲(groove welds in butt joints)標稱強度的公式與國內「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」內相似，因此「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」定義的有效喉厚 t_e 同樣地運用在本節。

11.2.2 電弧點銲

本節所允許的電弧點銲，主要是用在鋼板(片)銲接於較厚支承材或鋼板(片)與鋼板(片)之間的平銲，對於銲接部分最薄處的厚度不可超過 3.81 mm，同時，二鋼板結合在一起時的總厚度亦不得超過 3.81 mm。

如圖 C-11.2-1 與 C-11.2-2 中所示，如果鋼板的厚度小於 0.711 mm 時，就得用銲接墊片。銲接墊片的厚度必須介於 1.27 mm 與 2.03 mm 之間，且必須具備一最小直徑為 9.53 mm 的預先沖孔。

電弧點銲須以最小有效熔融區之直徑 d_e 表示，最小的容許有效直徑(d_e)為 9.53 mm。

解說：電弧點銲(arc spot welds)是用在較薄的鋼板(片)接合的應用，而塞孔銲是用在較厚的鋼板，兩者的不同點，塞孔銲必須要有預先沖孔，但電弧點銲則不需沖孔。只須在上鋼板燒一個洞，再填入銲接金屬熔合到下鋼板或框架構材。

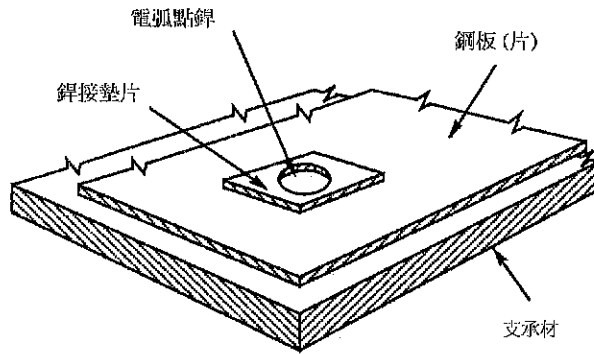


圖 C-11.2-1 典型銲接墊片示意圖

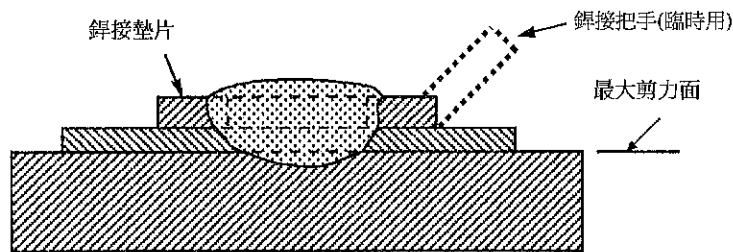


圖 C-11.2-2 採用銲接墊片之電弧點銲剖面圖

11.2.2.1 剪力

鋼板與鋼板間或鋼板與支承材間的電弧點銲標稱剪力強度 P_n 取決於下式中之較小者：

$$1. P_n = \frac{\pi d_e^2}{4} 0.75 F_{xx} \quad (11.2-4)$$

$$\Omega = 2.25 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.60 \quad (\text{LRFD})$$

$$2. \text{對於 } (d_a/t) \leq 0.815 \sqrt{(E/F_u)}$$

$$P_n = 2.20 t d_a F_u \quad (11.2-5)$$

$$\Omega = 2.20 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.70 \quad (\text{LRFD})$$

若 $0.815\sqrt{(E/F_u)} < (d_a/t) < 1.397\sqrt{(E/F_u)}$

$$P_n = 0.280 \left[1 + 5.59 \frac{\sqrt{E/F_u}}{d_a/t} \right] t d_a F_u \quad (11.2-6)$$

$\Omega = 2.80$ (ASD)

$\phi = 0.55$ (LRFD)

若 $(d_a/t) \geq 1.397\sqrt{(E/F_u)}$

$$P_n = 1.40 t d_a F_u \quad (11.2-7)$$

$\Omega = 3.05$ (ASD)

$\phi = 0.50$ (LRFD)

其中

P_n = 電弧點鋸的標稱剪力強度

d = 電弧點鋸外圍實際可視直徑

d_a = 對於單層鋼板 $d_a = d - t$

對於多層鋼板 $d_a = d - t$ (不超過四層，可參照圖 C-11.2-3、C-11.2-4)

d_e = 最大剪力傳遞面的熔融區有效直徑

$$= 0.7d - 1.5t \leq 0.55d \quad (11.2-8)$$

t = 在最大剪力傳遞面上的所有母材的總厚度(不計外層塗料)

F_{xx} = 為美國鋸接協會電極分類中鋸料的強度編號

E = 鋼材彈性模數

F_u = 抗拉強度

註：直徑尺寸的定義請參照圖 C-11.2-3 及圖 C-11.2-4。

鋼板與鋼板接合處之電弧點鋸標稱剪力強度 P_n 取決於下式中之較小者：

$$P_n = 1.65 t d_a F_u \quad (11.2-9)$$

$\Omega = 2.25$ (ASD)

$\phi = 0.70$ (LRFD)

其中

P_n = 鋼板與鋼板接合處之電弧點鋸的標稱剪力強度

t = 在最大剪力傳遞面上的所有母材的總厚度(不計外層塗料)

$d_a = d - t$

d_e = 最大剪力傳遞面的熔融區有效直徑

$$= 0.7d - 1.5t \leq 0.55d \quad (11.2-10)$$

F_u = 抗拉強度

除上述之外，下列條件亦需滿足

(1) $F_u \leq 4150 \text{ kg/cm}^2$ (407 Mpa)

$$(2) F_{xx} > F_u$$

$$(3) 0.71 \text{ mm} \leq t \leq 1.61 \text{ mm}$$

沿力的方向，從銲點中心點到鄰近下一個銲點邊緣的距離，或到接合部的最近邊緣的距離，不可小於下列所示的 e_{\min} 值：

$$e_{\min} = \frac{P\Omega}{F_u t} \quad (\text{ASD}) \quad (11.2-11)$$

$$e_{\min} = \frac{P_u}{\phi F_u t} \quad (\text{LRFD}) \quad (11.2-12)$$

當 $F_u/F_{sy} \geq 1.08$

$$\Omega = 2.20 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.70 \quad (\text{LRFD})$$

當 $F_u/F_{sy} < 1.08$

$$\Omega = 2.55 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.60 \quad (\text{LRFD})$$

其中

P = 構材標稱剪力強度

F_u = 銲接所傳遞的所需強度

t = 接合部中最大剪力作用之薄板的厚度

P_u = 構材標稱剪力強度

F_{sy} = 降伏應力

註：參照圖 C-11.2-5 及圖 C-11.2-6 中電弧銲接的邊距

此外，從銲點中心點到鄰近下一個銲點邊緣的距離，或到接合部的最近邊緣的距離，不可小於 $1.5 d$ 。同時，銲點到構材邊緣的淨間距應不得小於 $1.0 d$ 。

解說：由康乃爾大學的試驗[11.2]中確認電弧點銲的四種破壞模式為：

- (1) 在銲接的熔融區的剪力破壞；
- (2) 鋼板沿著銲點的周圍撕裂，一直蔓延到銲點的銲道的前緣；
- (3) 鋼板延著銲點邊緣撕裂並且挫屈；
- (4) 鋼板在銲點後方的撕裂。

在許多破壞模式中須留意的是板的撕裂，因為在撕裂前或同時，將會發生非彈性脫離平面的變形，如圖 C-11.2-7 所示，在銲接時縮小每個銲點間的問題，可避免這種情況的發生。當二鋼板用電弧點銲銲接在框式構材上(如圖 C-11.2-4 所示)，必須注意此二薄片之間發生剪力破壞。

在厚度小於 0.711 mm (0.028 in) 的鋼板上加裝銲接墊片的目的，主要為避免鋼板過度的燒穿，而影響銲接的品質。

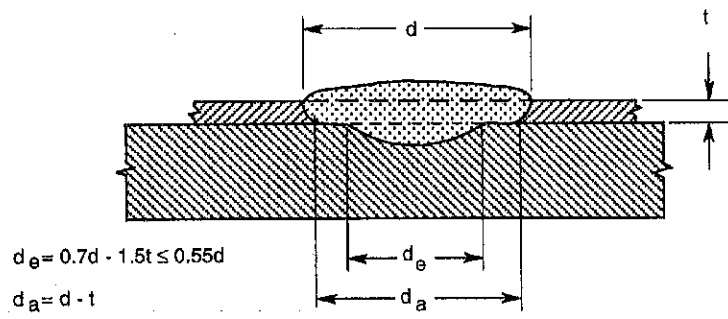


圖 C-11.2-3 電弧點銲 - 單層鋼板

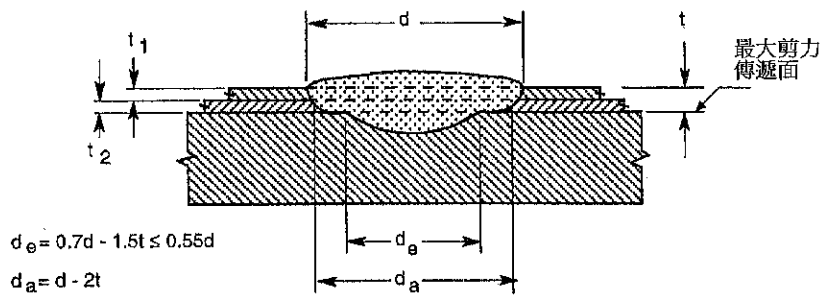


圖 C-11.2-4 電弧點銲 - 雙層鋼板

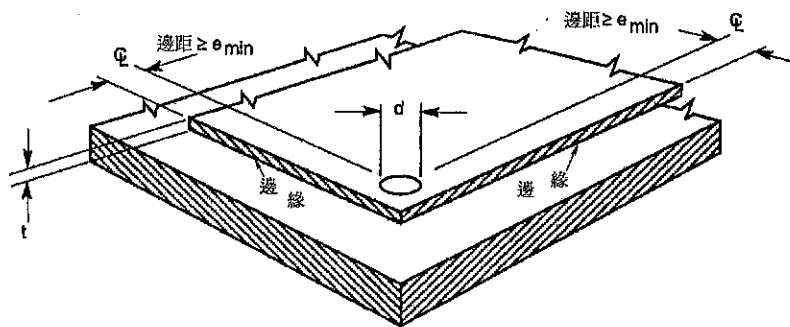


圖 C-11.2-5 電弧點銲的邊距 - 單層鋼板

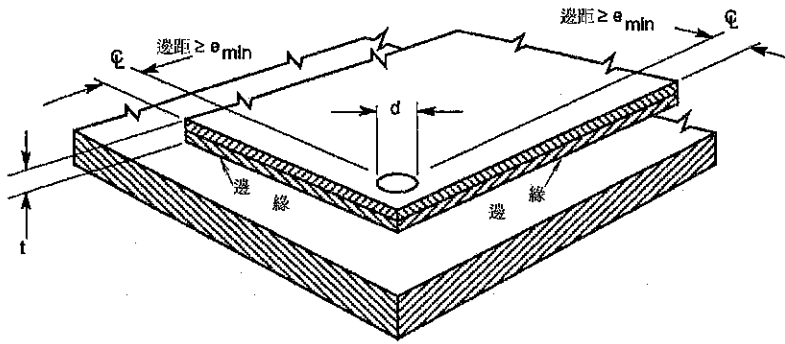


圖 C-11.2-6 電弧點銲的邊距 - 雙層鋼板

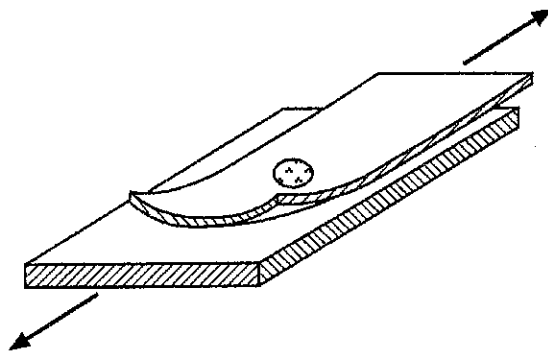


圖 C-11.2-7 銲接的扭曲破壞

經由 LaBoube [11.6、11.7] 採用 Luttrell 之 SDI [11.8] 分析模式，研究發現鋼板與鋼板接合處之電弧點銲厚度需小於 $0.75\text{mm}(0.029\text{ in})$ 。

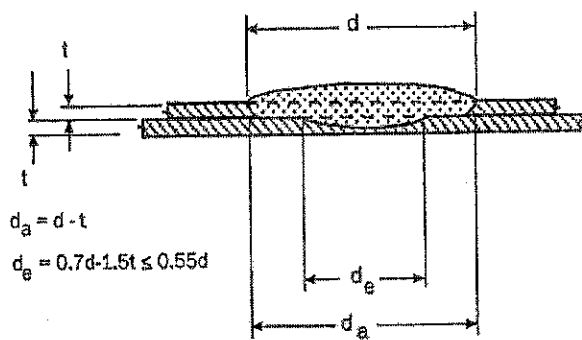


圖 C-11.2-8 鋼板與鋼板接合處之電弧點銲

11.2.2.2 拉力

連接鋼板及支承材的每一電弧點銲，於無偏心載重下，其上揚標稱拉力強度 P_n 取決於下列二種情況中較小者：

$$P_n = \frac{\pi d_e^2}{4} F_{xx} \quad (11.2-13)$$

$$P_n = 0.8(F_u/F_y)^2 t d_n F_u \quad (11.2-14)$$

若使用於天花板及屋頂板：

$$\Omega = 2.50 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.60 \quad (\text{LRFD})$$

若使用於其他結構：

$$\Omega = 3.00 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.50 \quad (\text{LRFD})$$

以下的限制亦須考慮：

$$t d_n F_u \leq 13.34 \text{ kN}$$

$$e_{\min} \geq d$$

$$F_{xx} \geq 42.2 \text{ kg/mm}^2 (414 \text{ MPa})$$

$$F_u \leq 57.6 \text{ kg/mm}^2 (565 \text{ MPa})$$

$$F_{xx} > F_u$$

其中所有參數都定義在第 11.2.2.1 節

若電弧點銲承受至上揚的偏心拉力，則標稱拉力強度為上述值之 50%。

對於多層鋼板的接合，標稱拉力強度在採用公式(11.2-14)時，須以多層鋼板的總厚度計算之。

在鋼承板或潛板系統的接合中，在其邊緣重疊部分銲接的標稱拉力強度為上述值之 70%。

解說：對於電弧點銲的拉力承載能力，設計規範是根據密蘇里大學-羅拉分校 [11.6、11.7] 所做的實驗，試驗結果顯示有兩種潛在的極限破壞狀態可能發生，(1) 其中最可能發生的破壞型式為鋼板在銲接周圍發生撕裂，此種破壞的狀況的影響因素分別為鋼板厚度、平均銲點直徑以及材料的拉力強度。(2) 在某些例子中，銲點的拉力破壞也可能發生，銲點的強度可以由熔融區的橫斷面積以及銲材的拉力來決定。試驗中 [11.6、11.7] 也顯示，如果加上銲接墊片作補強，薄鋼板的銲接接合可達到公式(11.2-14) 的設計強度。

本節之規定乃依據集中拉力載重對銲接部的實驗。屋頂板系統的銲接會承受由風力所造成的上揚力，實驗顯示，因為偏心力的影響將會有 50% 標稱接合強度會受到折減 [11.6、11.7]。

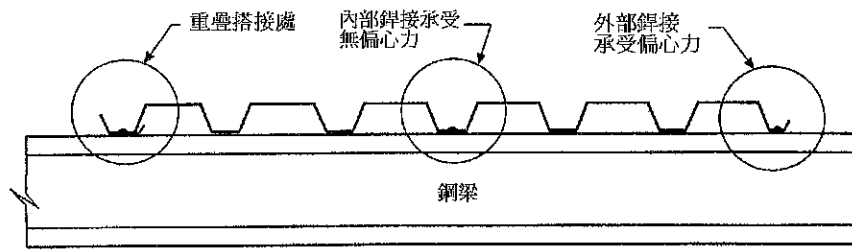


圖 C-11.2-9 屋頂板與鋼梁之接合

如圖 C-11.2-9 所示，偏心狀態可能發生於重疊搭接處。在兩個摺板斷面之間的搭接接合(如圖 C-11.2-8 所示)，未加勁的翼板長度以及銲接點侵入翼板長度的程度對銲接接合部分的強度將會有適度的影響[11.9]。因此，對於邊緣重疊部分銲接的標稱拉力強度為一般標稱拉力強度的 70%。

11.2.3 電弧縫銲

電弧縫銲(圖 C-11.2-10)僅適用在以下的接合型式：

1. 鋼板(片)對較厚支承材的平銲位置
2. 鋼板(片)對鋼板(片)的橫銲或平銲位置

電弧縫銲的標稱剪力強度 P_n 取決於下式中較小者：

$$P_n = \left[\frac{\pi d_e^2}{4} + L d_e \right] 0.75 F_{xx} \quad (11.2-15)$$

$$P_n = 2.5 t F_u (0.25L + 0.96d_a) \quad (11.2-16)$$

$$\Omega = 2.55 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.60 \quad (\text{LRFD})$$

其中

P_n = 電弧縫銲的標稱剪力強度

L = 不包括末端半圓部分的縫銲長度

(在計算時 L 的長度不得超過 $3d$)

d_a = 縫銲的平均寬度

對於單、雙層板 $d_a = d - t$

d_e = 電弧縫銲接熔融面上的有效寬度

$$= 0.7d - 1.5t$$

其中

d = 縫銲的寬度

而 F_u 及 F_{xx} 定義請參照第 11.2.2.1 節。最小邊距(e_{min})規定與第 11.2.2.1 節中電弧點鋸的一致。(參照圖 C-11.2-11)

解說：電弧縫鋸(arc seam welds)的一般行為相似於電弧點鋸。本節剪力破壞公式(11.2-15)，乃採用美國鋸接協會的鋼板鋸接規範[11.4]。

公式(11.2-16)是爲了避免連接蓋板受拉力撕裂及剪力的合成作用而致破壞。

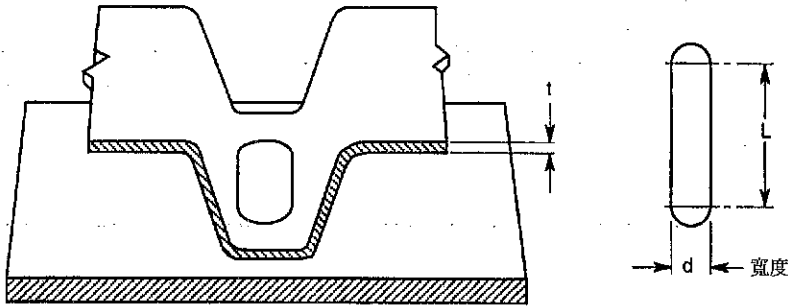


圖 C-11.2-10 電弧縫鋸 - 鋼板對支承構材的平鋸位置

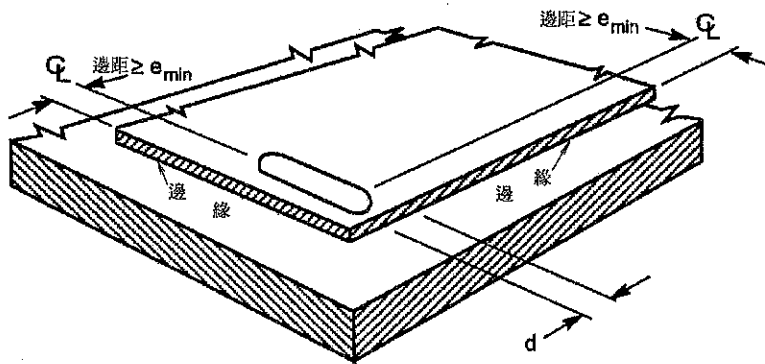


圖 C-11.2-11 電弧縫鋸的邊距

11.2.4 填角鋸

填角鋸適用於以下的鋸接接頭之各種鋸接位置：

1. 鋼板對鋼板
2. 鋼板對較厚的鋼構材

填角鐸的標稱剪力強度 P_n 依下列公式計算之：

1. 縱向載重

當 $L/t < 25$

$$P_n = \left(1 - \frac{0.01L}{t}\right)tLF_u \quad (11.2-17)$$

$$\Omega = 2.55 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.60 \quad (\text{LRFD})$$

當 $L/t \geq 25$ ：

$$P_n = 0.75tLF_u \quad (11.2-18)$$

$$\Omega = 3.05 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.50 \quad (\text{LRFD})$$

2. 橫向載重：

$$P_n = tLF_u \quad (11.2-19)$$

$$\Omega = 2.35 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.65 \quad (\text{LRFD})$$

其中 t 為圖 C-11.2-11 與圖 C-11.2-12 中 t_1 與 t_2 較小者。

此外，對於厚度 $t > 2.54$ mm 的情形，標稱強度不得超過下式計算之值：

$$P_n = 0.75t_wLF_{xx} \quad (11.2-20)$$

$$\Omega = 2.55 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.60 \quad (\text{LRFD})$$

其中

P_n = 填角鐸的標稱強度

L = 鐸道長

t_w = 有效喉厚 = $0.707w_1$ 或 $0.707w_2$ ，取兩者中較小者

w_1 及 w_2 = 鐸道腳長(參照圖 C-11.2-12 及圖 C-11.2-13)，在疊接時，

$w_1 \leq t_1$

F_u 及 F_{xx} 為第 11.2.2.1 節所定義。

解說：在康乃爾大學的研究試驗中[11.2]，疊接填角鐸的尺寸中 w_1 為鐸道腳長，通常與鋼板的厚度相同，而另一個鐸道腳長 w_2 通常為兩倍或三倍的 w_1 (參照圖 C-11.2-12)。此種疊接式的填角鐸喉厚通常都比同樣鐸接尺寸之習用的填角鐸喉厚還要大。填角鐸的極限破壞通常在鄰接鐸道的平板發生撕裂，參照圖 C-11.2-14。

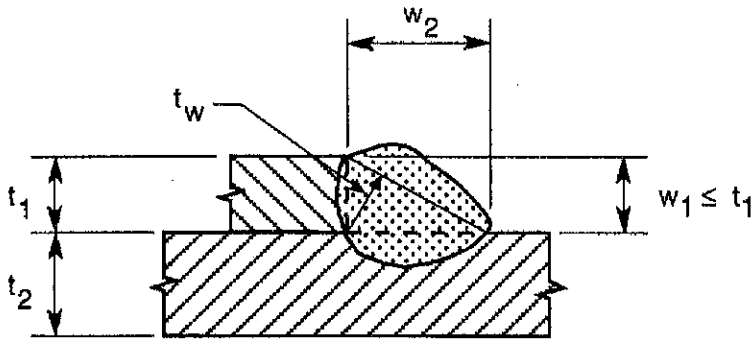


圖 C-11.2-12 疊接填角銲

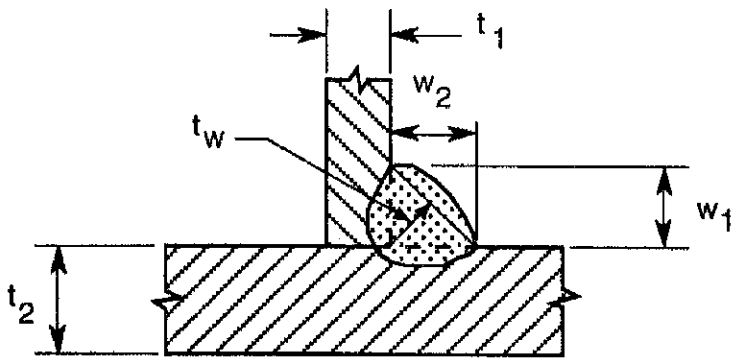


圖 C-11.2-13 T型填角銲

在大部分的例子中，銲材通常具有較高的強度，可避免發生銲道的剪力破壞，因此本節規定主要是基於鋼板的撕裂破壞。因為在康乃爾大學的研究試驗中[11.2]，試體尺寸厚度的上限值為 $3.81\text{mm}(0.15\text{ in})$ 。在本節的最後部分包含了試體尺寸厚度可能超過 $3.81\text{ mm}(0.15\text{ in})$ ，喉厚的尺寸可能小於蓋板的厚度，並且破壞較可能發生在銲道而不是在鋼板。澳洲雪梨大學研究指出降伏強度大於 448 MPa 之鋼材，當銲材厚度小於 $2.54\text{ mm}(0.1\text{ in})$ ，喉厚處不會產生破壞。

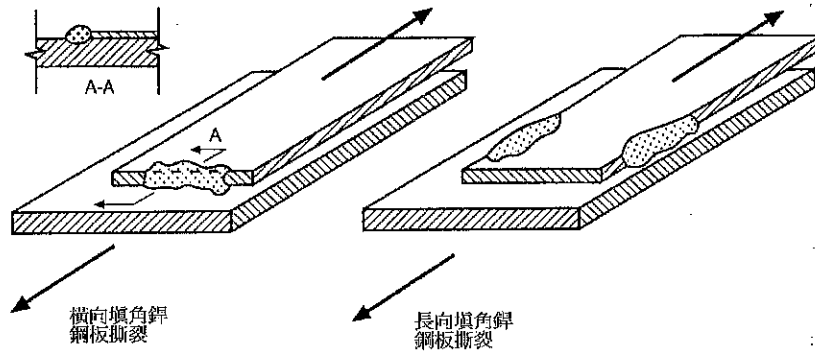


圖 C-11.2-14 填角鉚破壞型態

11.2.5 喇叭形開槽鉚

喇叭型開槽鉚適用於以下的鉚接接頭之各種鉚接位置：

1. 鋼板對鋼板的 V 型喇叭型開槽鉚
2. 鋼板對鋼板的斜角喇叭型開槽鉚
3. 鋼板對較厚的鋼構材的斜角喇叭型開槽鉚

喇叭型開槽鉚的標稱剪力強度 P_n 可以下列公式表示：

1. 斜角喇叭型開槽鉚，橫向載重(如圖 C-11.2-14)

$$P_n = 0.833tLF_u \quad (11.2-21)$$

$$\Omega = 2.55 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.60 \quad (\text{LRFD})$$

2. 斜角喇叭型開槽鉚，縱向載重(如圖 C-11.2-15 ~ C-11.2-17d)

(1) 當 $t \leq t_w < 2t$ 或者唇緣高度 h 小於鉚道長度 L

$$P_n = 0.75tLF_u \quad (11.2-22)$$

$$\Omega = 2.80 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.55 \quad (\text{LRFD})$$

(2) 當於 $t_w \geq 2t$ 且唇緣高度 h 等於或大於鉚道長度 L

$$P_n = 1.50tLF_u \quad (11.2-23)$$

$$\Omega = 2.80 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.55 \quad (\text{LRFD})$$

此外，對於厚度 $t > 2.54\text{mm}$ 的標稱強度不得超過下式計算之值：

$$P_n = 0.75t_wLF_{xx} \quad (11.2-24)$$

$$\Omega = 2.55 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.60 \quad (\text{LRFD})$$

其中

P_n = 鉚接的標稱強度

h = 唇緣高度
 L = 銲道長
 t_w = 喇叭形開槽銲與 90 度彎折之斷面表面齊平時之有效喉厚(參照圖 C-11.2-18a 及圖 C-11.2-18b)
 斜角喇叭形開槽銲 = $5/16R$
 V 型喇叭形開槽銲 = $1/2R$ (當 $R > 12.7\text{mm}$ 時為 $3/8R$)
 = 喇叭形開槽銲與 90 度彎折之斷面表面沒有齊平時之有效喉厚 = $0.707w_1$ 或 $0.707w_2$ ，取兩者中較小者(參照圖 C-11.2-18c 及圖 C-11.2-18d)
 = 如果經量測證明採用之銲接程序可產生較大之 t_w 時，可容許比前述較大的有效喉厚值
 R = 鋼板彎折處外皮的轉彎半徑
 w_1 、 w_2 = 銲道腳長(參照圖 C-11.2-18c 及圖 C-11.2-18d)
 F_u 、 F_{xx} 為第 11.2.2.1 節所定義。

解說：喇叭形開槽銲的冷軋型鋼斷面不論是受橫向加載或軸向加載，其主要的破壞模式為在銲道周圍的鋼板撕裂。(如圖 C-11.2-19)

除了公式 11.2-24 外，本節的規定主要是為了防止鋼材的剪力撕裂破壞。公式 11.2-24 隱含了一可能行為，對於較厚的斷面而言，有效喉厚可能會比槽型鋼的厚度還小，故銲道的破壞可能產生。

圖 11.2-18a 及圖 11.2-18b 顯示銲道與 90 度彎折之斷面表面齊平，此種銲接模式為 AWS D1.1-96[11.18]所規定的有效喉厚的型式，同時，喇叭形開槽銲的單剪與雙剪型式，亦表示在此二圖上。

圖 11.2-18c 及圖 11.2-18d 顯示在冷軋型鋼結構的喇叭形銲接，通常銲道與 90 度彎折之斷面表面沒有齊平。垂直銲角 w_1 可大於鋼板外彎半徑值(如圖 11.2-18c)，或小於鋼板外彎半徑值(如圖 11.2-18d)。而在此二圖中，可發現到水平銲腳位置的定義上並不相同。

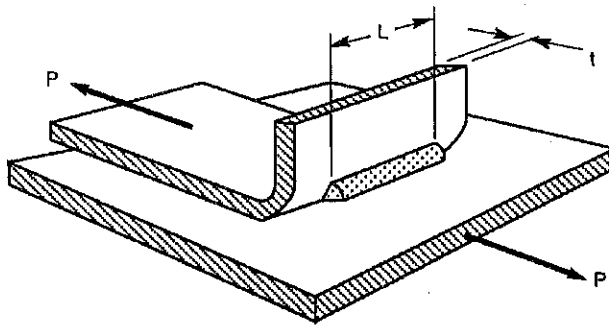


圖 C-11.2-15 斜角喇叭型開槽銲

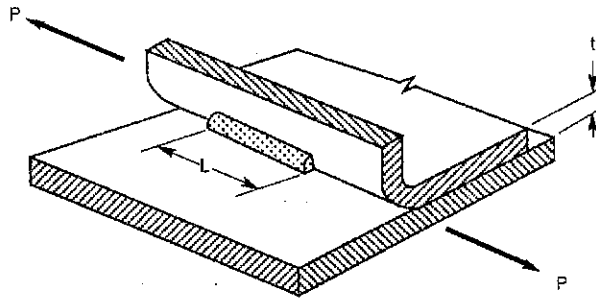


圖 C-11.2-16 斜角喇叭型開槽銲

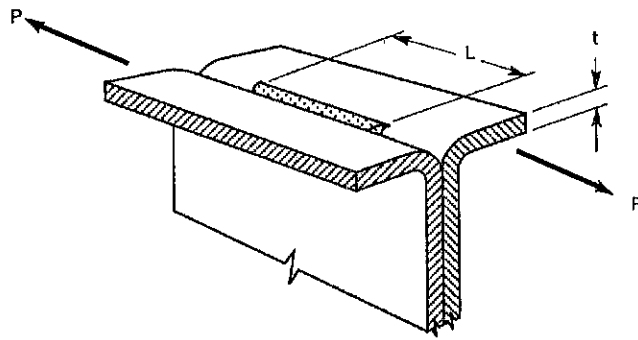


圖 C-11.2-17 V型喇叭型開槽銲

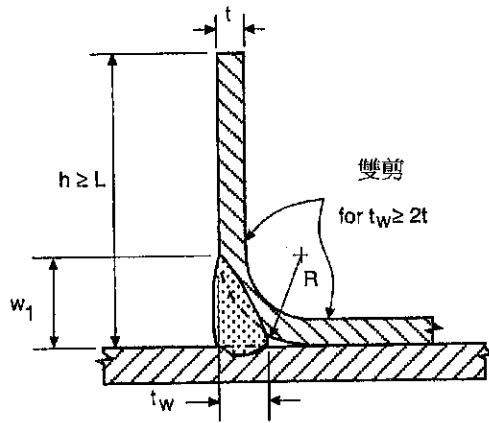


圖 C-11.2-18a 斜角喇叭型開槽銲($w_1=R$)(銲道與表面齊平)

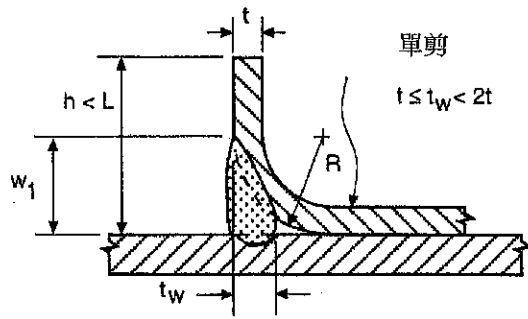


圖 C-11.2-18b 斜角喇叭型開槽鐸($w_1=R$) (鐸道與表面齊平)

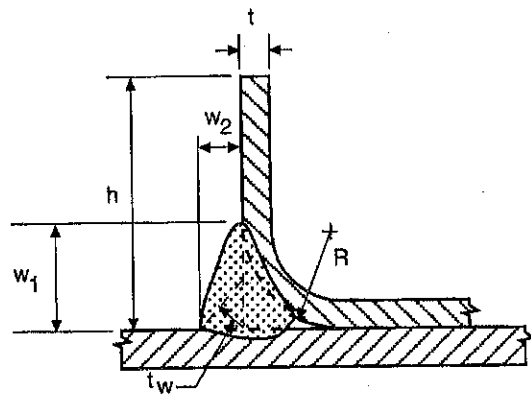


圖 C-11.2-18c 斜角喇叭型開槽鐸($w_1>R$) (鐸道與表面不齊平)

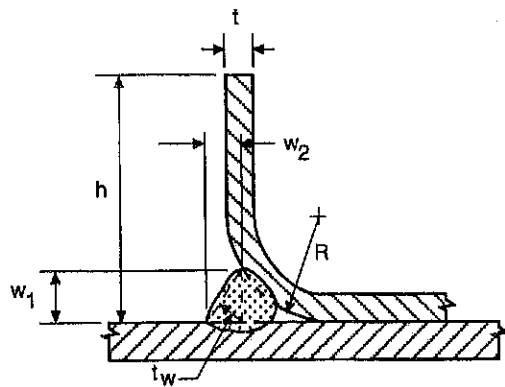


圖 C-11.2-18d 斜角喇叭型開槽鐸($w_1<R$) (鐸道與表面不齊平)

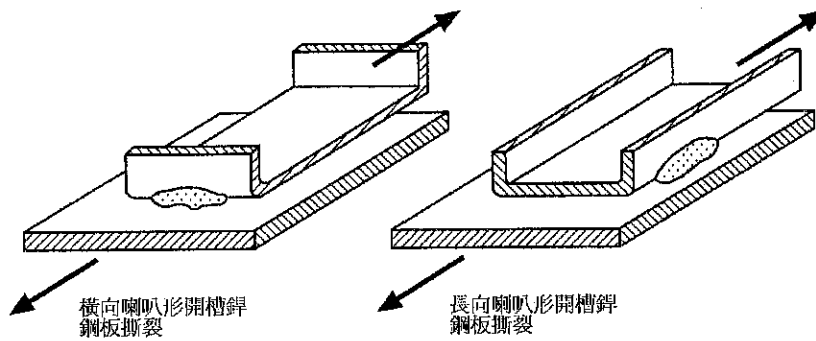


圖 C-11.2-19 喇叭型開槽鉚破壞模式

11.2.6 電阻鉚接

點鉚的標稱剪力強度 P_n 之計算公式如下：

(1) 當 $0.25 \text{ mm} \leq t < 3.56 \text{ mm}$:

$$P_n = 5.51t^{1.47} \quad (11.2-25)$$

(2) 當 $3.56 \text{ mm} \leq t \leq 4.57 \text{ mm}$:

$$P_n = 7.6t + 8.57 \quad (11.2-26)$$

$\Omega = 2.35$ (ASD)

$\phi = 0.65$ (LRFD)

P_n = 鉚接的標稱強度(kN)

t = 最薄之板厚(mm)

解說：對於外側鋼板厚度小於 3.18 mm ($1/8 \text{ in}$)，其剪力強度可依「Recommended Practice for Resistance Welding Coated Low-Carbon Steel」，AWS C1.3-70(表 2.1-鍍鋅低碳鋼點鉚)；而大於 3.18 mm ($1/8 \text{ in}$) 的外側板厚之剪力值乃依據「Recommended Practice for Resistance Welding」，AWS C1.1-66(表 1.3-低碳鋼脈衝式電阻鉚)，並且如點鉚一樣適用於脈衝式電阻鉚。未包覆或鍍鋅強度為 2.7 N/mm^2 的鋼板或更小者，其剪力強度值是根據 AWS C1.3-70 表 2.1 及 AWS C1.1-66 表 1.3。以上所述之剪力強度值亦可運用在中碳鋼及低合金鋼，此些鋼材如果用點鉚的方式，其剪力強度會較為高些，但是它們可能會有一些特別的鉚接限制。對於所有的鉚接情況，都需根據 AWS C1.3-70 及 AWS C1.1-66[11.11、11.12]。有關點鉚的標稱剪力強度可參考 AWS C1.1-2000 [11.13]。目前分析時均採用上述公式計算點鉚的標稱剪力強度，取代以前表列之板厚與標稱剪力強度。

11.2.7 淨斷面積之破壞(非平板之剪力遲滯)

對斷面於銲接處產生有效淨斷面積之破壞及降伏現象，其標稱剪力強度 P_n 之計算公式如下：

$$P_n = A_e F_u \quad (11.2-27)$$

$$\Omega = 2.50 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.60 \quad (\text{LRFD})$$

其中

F_u = 鋼板銲接處之抗拉強度

$A_e = AU$ = 鋼板銲接處之有效淨斷面積

當橫向載重作用時：

A = 銲接接合處之面積

$U = 1.0$

當只有縱向載重作用及橫向載重與縱向載重同時作用時：

A = 構材之全斷面積

當縱向載重作用於全斷面積時： $U = 1.0$

而其他載重作用方式之 U 值則以下列方式計算之：

(1) 角鋼：

$$U = 1.0 - 1.20 \frac{\bar{x}}{L} < 0.9, \text{ 但 } U \geq 0.4 \quad (11.2-28)$$

(2) 槽鋼：

$$U = 1.0 - 0.36 \frac{\bar{x}}{L} < 0.9, \text{ 但 } U \geq 0.5 \quad (11.2-29)$$

其中 \bar{x} 為剪力面至斷面形心之距離

L = 縱向銲接長度

解說：剪力遲滯現象對斷面張力強度有顯著之影響，當計算 U 值時，需考慮縱向銲接長度，橫向之銲接長度影響較小，其 \bar{x} 之計算方式可參考圖 C-11.2-20 所示。

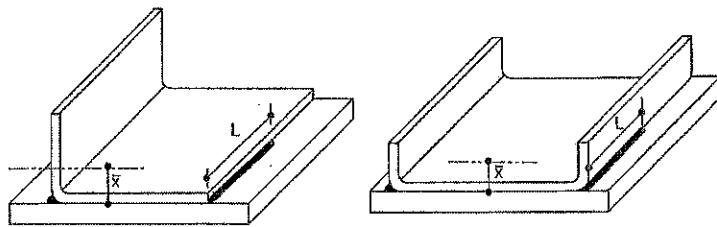


圖 C-11.2-20 \bar{x} 值之計算方式

11.3 螺栓接合

本節的設計準則乃應用於厚度較小之冷軋型鋼構材以螺栓接合之設計，其構材接合部分中其最薄厚度小於 4.76 mm。對於構材接合部分的厚度皆等於或大於 4.76 mm 時，螺栓接合則依「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」的規定而設計之。

螺栓、螺帽與墊圈應依下列規定選用(以美國 ASTM 為例)：

ASTM A194/A194M, Carbon and Alloy Steel Nuts for Bolts for High-Pressure and High-Temperature Service

ASTM A307 (Type A), Carbon Steel Bolts and Studs, 60000 PSI Tensile Strength

ASTM A325, Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength

ASTM A325M, High Strength Bolts for Structural Steel Joints [Metric]

ASTM A354 (Grade BD), Quenched and Tempered Alloy Steel Bolts, Studs, and Other Externally Threaded Fasteners (for diameter of bolt smaller than 1/2 inch)

ASTM A449, Quenched and Tempered Steel Bolts and Studs (for diameter of bolt smaller than 1/2 inch)

ASTM A490, Heat-Treated Steel Structural Bolts, 150 ksi Minimum Tensile Strength

ASTM A490M, High Strength Steel Bolts, Classes 10.9 and 10.9.3 for Structural Steel Joints [Metric]

ASTM A563, Carbon and Alloy Steel Nuts

ASTM A563M, Carbon and Alloy Steel Nuts [Metric]

ASTM F436, Hardened Steel Washers

ASTM F436M, Hardened Steel Washers [Metric]

ASTM F844, Washers, Steel, Plain (Flat), Unhardened for General Use

ASTM F959, Compressible Washer-Type Direct Tension Indicators for Use with Structural Fasteners

ASTM F959M, Compressible Washer-Type Direct Tension Indicators for Use with Structural Fasteners [Metric]

使用以上所示之外的連結物及材料，在設計圖上須詳細註明接合連結物的型式和尺寸，及其設計標稱強度。

螺栓之裝置及旋緊，需達到滿足接合部分之功能。

較大的孔徑可允許用在柱基腳，或結構系統與混凝土牆的接合上，一般螺栓的孔徑不可超過表 11.3-1 所規定的尺寸。

除了經設計者認可使用擴大孔或開槽孔外，螺栓接合皆應使用標準孔。開槽孔的長度需垂直於剪力的方向。除非有實驗證明得知其適用性，否則墊圈或墊板

需加裝於擴大孔或開槽孔的最外層。

表 11.3-1 最大螺栓孔尺寸 (單位: mm)

標稱螺栓直徑 d	標準孔直徑 d _h	擴大孔直徑 d _h	短槽孔尺寸	長槽孔尺寸
<12.7	d + 0.8	d + 1.6	(d+0.8)×(d+6.4)	(d+0.8)×(2.5d)
≥12.7	d + 1.6	d + 3.2	(d+1.6)×(d+6.4)	(d+1.6)×(2.5d)

解說：冷軋型鋼結構的螺栓接合與熱軋型鋼有些許不同，主要是因為在接合處厚度的差異上。先前的研究及試驗顯示出，相當厚度的冷軋型鋼構材在螺栓接合上的結構行為，與熱軋型鋼構材的接合相似。

1. 範圍

本規範標準主要乃針對冷軋型鋼構材厚度小於 4.76 mm(0.188 in)的接合做一規定。對於厚度大於 4.76 mm(0.188 in)的冷軋型鋼構材接合，則依「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」[11.14]的規定而設計之。

因為缺少適當的測試數據，以及甚多的表面狀況，所以本節規範內並不提供摩擦型接合的設計規定。當摩擦型接合設計用在冷軋型鋼構材(厚度小於 4.76 mm(0.188 in))，本規範建議可經由試驗以證實設計的要求。試驗的資料應確認接合的設計容量，並可提供足夠的安全來抵抗初始滑動，同時，需符合「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」內所規定之事項。此外極限承載能力的設計，也至少需等於本規範對於承載型接合所規定的內容。

規範中的規定只提供在接合面中無縫隙者。設計人員必須體認在構材的螺栓接合中，如接合面中存在縫隙則其接合強度會比無縫隙者低。因此，在構材接合中存在無可避免的縫隙，則需經由實驗得知實際之強度。

2. 材料

本節條列了適用冷軋型鋼構材的五種類型連結物。在實際應用上，A325 及 A490 螺栓乃使用於直徑在 12.7 mm(1/2 in)以上者，而 A449 及 A354 Grade BD 螺栓則是用於直徑在 12.7 mm(1/2 in)以下者。

近年來其他類型的連結物，不管有無特殊的墊圈，已廣泛的使用在冷軋鋼結構構材上。這些連結物的設計應需經由實驗的證實。

3. 螺栓的安裝

使用在冷軋型鋼結構上的螺栓接合，一般或高強度鋼螺栓通常被設計為承壓型接合。而螺栓的預拉力是不需要的，因為螺栓接合的極限強度與螺栓本身的預力是相互獨立的事項。在安裝上必須確定在使用時螺栓的裝配不會分離。經實驗顯示螺栓安裝到合適的緊度時，在正常的建造狀態而不是在振動或疲勞的狀態下，一般不會產生鬆脫的現象。

4. 孔徑尺寸

在表 11.3-1 內所述之最大螺栓孔徑尺寸，對於螺栓直徑大於 12.7 mm(1/2 in) 的規定(除了擴大孔直徑的要求外)，則依據參考文獻[11.15、11.16]內表格一的內容所定之。

對於螺栓直徑小於 12.7 mm(1/2 in)者，其標準孔直徑乃是以螺栓直徑加上 0.8 mm(0.0315 in)規定之。

在表 11.3-1 中對於擴大孔、開槽孔的設計規定，乃是因這些孔在實際上是為了預留在裝配上尺寸的誤差。然而，在使用擴大孔時，設計人員需注意的是確保滑動所引起的過大變形將不會發生在工作載重上。會發生在開槽方向上的過大變形，可以使用螺栓的預拉力來預防。

短槽孔通常視為與擴大孔一樣的行爲。墊圈或墊板應用於擴大孔或短槽孔的最外層，除非較適當的性能有被實驗所證實。對於長槽孔的接合，規範第 11.3.4 節要求使用墊圈或墊板，同時，因可能會遭遇到強度的折減，螺栓的剪力能力需經由實驗測定。

11.3.1 接合部剪力強度、間距及邊距

接合部的標稱剪力強度(P_n)，係受到施力方向間距與邊距的影響，其強度依下式計算之：

$$P_n = t e F_u \quad (11.3-1)$$

當 $F_u/F_{sy} \geq 1.08$

$$\Omega = 2.00 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.70 \quad (\text{LRFD})$$

當 $F_u/F_{sy} < 1.08$

$$\Omega = 2.22 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.60 \quad (\text{LRFD})$$

其中

P_n = 單一螺栓的標稱強度

F_u = 接合部材料的抗拉強度

F_{sy} = 接合部材料的降伏強度

e = 沿著受力方向，從標準孔中央點至最鄰近孔邊緣的距離，或至接合部的邊界距離

t = 接合部最薄的厚度

此外，相鄰兩孔中央點間的最小距離，必須提供足夠的空間予螺栓頭、螺帽、墊圈與螺栓鉗，且不能小於三倍標稱螺栓直徑(3d)。同時，從任一標準孔中央點到構材端緣或連接構材的其他的邊界的距離，不得小於 1.5 倍的標稱螺栓直徑(1.5d)。

對於擴大孔與開槽孔，兩個鄰近孔外緣的距離，以及從孔的邊緣至構材端緣或在應力線之上之連接構材的其他的邊界的距離，不得小於 $e - d_h/2$ 的值，其中 e 為前式所示，而 d_h 為表 11.3-1 所定義的標準孔直徑。另外，下列之限制亦必需

符合，兩個鄰近孔的邊緣間的淨間距，不得小於兩倍的標稱螺栓直徑(2d)，以及孔的邊緣至構材的端緣不得小於標稱螺栓直徑(d)。

解說：在接合部的任一最小邊距 e_{min} ，取決於鋼材的抗拉強度(F_u)，以及接合部的厚度。根據不同的 F_u/F_y 的比值範圍，兩種不同的安全係數來用在所需要最小邊距上。這些規定主要是基於由試驗結果所建立的基本方程式：

$$e = \frac{P}{F_u t} \quad (C-11.3-1)$$

其中

e = 避免在接合部產生剪力破壞所需之最小邊距

P = 單一螺栓所傳遞的力量

t = 接合部最薄的厚度

公式(C-11.3-1)乃依據 Winter [11.17、11.18]與 Yu [11.3,11.19-11.21]的研究成果所推導得來的。

11.3.2 接合部淨斷面之破壞(剪力遲滯)

在接合部淨斷面的標稱拉力強度 P_n ，其計算公式如下：

1. 接合部材料無開孔情形

(1)螺栓頭與螺帽處皆使用墊圈與構材表面相接合

若單一或單一排螺栓排列方向與作用力互相垂直

$$F_t = (0.1+3d/s)F_u \leq F_u \quad (11.3-2)$$

若多個螺栓排列方向與作用力互相平行

$$F_t = F_u \quad (11.3-3)$$

若為雙剪力

$$\Omega = 2.00 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.650 \quad (\text{LRFD})$$

若為單剪力

$$\Omega = 2.22 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.55 \quad (\text{LRFD})$$

(2)螺栓頭與螺帽處皆無使用墊圈，或僅有其一使用墊圈與構材表面相接合

若單一或單一排螺栓排列方向與作用力互相垂直

$$F_t = (2.5d/s)F_u \leq F_u \quad (11.3-4)$$

若多個螺栓排列方向與作用力互相平行

$$F_t = F_u \quad (11.3-5)$$

$$\Omega = 2.22 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.55 \quad (\text{LRFD})$$

其中

A_n = 接合部的淨斷面積

刪除：剪力延遲

F_t = 接合部材料的標稱抗拉強度

d = 螺栓標稱直徑

s = 螺栓間之行距(當計算 F_t 時採用)

F_u = 接合部材料的抗拉強度

2. 接合部材料有開孔情形

$$F_n = A_n F_t \quad (11.3-6)$$

$$\Omega = 2.20 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.65 \quad (\text{LRFD})$$

其中

F_t 可由公式(11.3-2)、(11.3-3)、(11.3-4)或(11.3-5)計算

$$A_n = 0.90[A_g - n_b d_h t + (\Sigma \frac{s'^2}{4g} t)] \quad (11.3-7)$$

A_g = 接合部的全斷面積

s' = 螺栓間之縱向間距

g = 螺栓間之橫向間距

n_b = 接合部材料之螺栓開孔數

d_h = 螺栓之開孔直徑

3. 其他接合部材料

$$F_n = A_e F_u \quad (11.3-8)$$

$$\Omega = 2.22 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.65 \quad (\text{LRFD})$$

其中

$A_e = A_n U$, U 值之計算方式如下：

$U = 1.0$ (當載重直接作用於斷面時，否則應依下列公式計算折減係數)

(1) 當角鋼於受力方向有兩個或兩個以上之螺栓使用時

$$U = 1.0 - 1.20 \frac{\bar{x}}{L} < 0.9 \quad \text{但 } U \geq 0.4$$

(2) 當 C 型槽鋼於受力方向有兩個或兩個以上之螺栓使用時

$$U = 1.0 - 1.20 \frac{\bar{x}}{L} < 0.9 \quad \text{但 } U \geq 0.5$$

\bar{x} = 斷面剪力之作用面與斷面形心之距離

L = 接合部之長度

解說：本節的設計規定中的重要特點：

1. 規範中所適用的基本條件是接合部材料最薄的厚度必需小於 4.76 mm(0.187 in)，對於大於 4.76 mm(0.187 in)厚度的張力問題，則依「鋼構造建築物鋼結構設計技術規範」的規定而計算之。

2. 在連接構材淨斷面處的張力強度(P_n)是根據接合部的抗拉強度(F_u)、 r 值與 d/s 值。

3. 根據接合部有無墊圈的情況，其公式亦有所不同[11.22]。
4. 根據接合型式的不同(單剪接頭或雙剪接頭)，連接構材淨斷面處的標稱張力強度(P_n)亦有所不同。

11.3.3 承壓強度

針對螺栓接合之承壓強度可依 11.3.1 節及 11.3.2 節之計算方式，對於在本節未提供的狀況，其螺栓接合的設計承壓強度應由試驗決定之。

1. 不考慮螺栓接合處變位之承壓強度

在螺栓開孔周圍之變位可忽略不計之情形，其結合處之標稱承壓強度為：

$$P_n = C m_f d t F_u \quad (11.3-9)$$

$$\Omega = 2.50 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.60 \quad (\text{LRFD})$$

其中

C = 承壓強度係數，可由表 11.3-2 計算

m_f = 不同接合方式之修正係數，可由表 11.3-3 決定

d = 標稱螺栓直徑

t = 未有披護之鋼板厚度

F_u = 鋼板抗拉強度

(1) 當角鋼於受力方向有兩個或兩個以上之螺使用時

$$U = 1.0 - 1.20 \frac{x}{L} < 0.9 \quad \text{但 } U \geq 0.4$$

表 11.3-2 承壓強度係數(C)

接合處的厚度 t (mm)	接合處直徑與構 材厚度之比值 d/t	C
$0.61 \leq t < 4.76$	$d/t < 10$	3.0
	$10 \leq d/t \leq 22$	$4 - 0.1(d/t)$
	$d/t > 22$	1.8

表 11.3-3 承壓接合方式之修正係數(m_f)

承壓接合方式	m_f
接合處受單剪力或外側鋼板受雙剪力作用,而其兩側螺栓頭及螺帽使用墊圈	1.00
接合處受單剪力或外側鋼板受雙剪力作用,而其兩側螺栓頭及螺帽未使用墊圈或僅使用一墊圈	0.75
接合處之內側鋼板受雙剪力作用	1.33

2. 考慮螺栓接合處變位之承壓強度

在螺栓開孔周圍之變位不可忽略之情形,其結合處之標稱承壓強度為:

$$P_n = (4.64\alpha t + 1.53)dtF_u \quad (11.3-10)$$

$$\Omega = 2.22 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.65 \quad (\text{LRFD})$$

其中

α = 單位換算係數

= 1 (當 t 單位採用 inches)

= 0.0394 (當 t 單位採用 mm)

= 0.394 (當 t 單位採用 cm)

解說: 依據現有試驗資料顯示, 螺栓接合的承壓強度(bearing strength), 與以下的情況有關, 如: 接合部的抗拉強度、接合部的厚度、單剪力或雙剪力的連接、 F_u/F_{sy} 比值、以及墊圈的有無 Yu [11.19、11.21]、Rogers [11.23] 與 Wallace [11.24]。接合部的標稱承壓強度, 根據不同的情況列於表 11.3-2 及表 11.3-3。

11.3.4 螺栓的剪力及拉力

由剪力、拉力或是由剪力及拉力共同作用的標稱螺栓強度 P_n , 其計算公式如下:

$$P_n = A_b F_n \quad (11.3-11)$$

其中

A_b = 螺栓的全斷面積

F_n = 螺栓的標稱強度

1. 當螺栓受剪力或拉力作用時:

F 為表 11.3-4 中的 F_{nv} 或 F_{nt}

ϕ 值列於表 11.3-4 內

2.當螺栓受剪力及拉力的組合作用時：

ASD：

$$F_{nt}' = 1.3F_{nt} - \frac{\Omega F_{nt}}{F_{nv}} f_v \leq F_{nt}$$

LRFD：

$$F_{nt}' = 1.3F_{nt} - \frac{F_{nt}}{\phi F_{nv}} f_v \leq F_{nt}$$

F_{nt}' = 螺栓標稱拉應力含剪應力強度之組合作用

F_{nt} = 螺栓標稱拉應力強度(參考表 11.3-4)

F_{nv} = 螺栓標稱剪應力強度(參考表 11.3-4)

f_v = 所需剪應力強度

Ω = 螺栓剪力強度之安全係數(參考表 11.3-4)

ϕ = 螺栓剪力強度折減係數(參考表 11.3-4)

螺栓所需剪應力強度(f_v)不能超過容許剪應力強度 F_{nv}/Ω (ASD)或剪應力設計強度 ϕF_{nv} (LRFD)。

表 11.3-4 螺栓的標稱拉力及剪力強度

接合螺栓型式	拉力強度			剪力強度		
	安全係數 Ω (ASD)	強度折減 係數 ϕ (LRFD)	標稱應力 $F_u \cdot t/cm^2$ (MPa)	安全係數 Ω (ASD)	強度折減 係數 ϕ (LRFD)	標稱應力 $F_{nv} \cdot t/cm^2$ (MPa)
A307 螺栓， Grade A6.4 mm≤d<12.7 mm	2.25	0.75	2.84(279)	2.4	0.65	1.68(165)
A307 螺栓， Grade A d≥12.7 mm	2.25		3.16(310)			1.90(186)
A325 螺栓，螺 紋在剪力平面	2.0		6.33(621)			3.79(372)
A325 螺栓，螺 紋不在剪力平 面			6.33(621)			5.05(496)
A354 Grade BD 螺栓 6.4 mm≤d<12.7 mm 螺紋在剪力平 面			7.09(696)			4.15(407)
A354 Grade BD 螺栓 6.4 mm≤d<12.7 mm 螺紋不在剪力 平面			7.09(696)			6.33(621)
A449 螺栓 6.4 mm≤d<12.7 mm 螺紋在剪力 平面			5.69(558)			3.3(324)
A449 螺栓 6.4 mm≤d<12.7 mm 螺紋不在剪力 平面			5.69(558)			5.05(496)
A490 螺栓 6.4 mm≤d<12.7 mm 螺紋在剪力 平面			7.91(776)			4.74(465)
A490 螺栓 6.4 mm≤d<12.7 mm 螺紋不在剪 力平面			7.91(776)			6.33(621)

解說：對於直徑小於 12.7 mm (1/2 in.)的 A307、A449 與 A354 螺栓，與直徑大於

12.7 mm (1/2 in.)的螺栓相比較之下，其容許拉應力則減少 10%，其因乃為如 6.35 mm (1/4 in.)與 9.63 mm (3/8 in.)直徑螺栓的平均拉應力面與全斷面比值(tensile-stress area / gross-area)為 0.68，而 12.7 mm(1/2 in)與 25.4 mm(1 in.)直徑螺栓的平均拉應力面與全斷面比值為 0.75，兩者間相差約 10%。表 11.3-4 提供了對於各種的螺栓接合型式之標稱拉力與剪力強度，也提供了 LRFD 設計法的強度折減係數。

對於螺栓接合設計，當螺栓承受拉力時，在連接鋼板(片)的部分極可能在螺栓頭、螺帽或墊圈處產生拔出破壞(pull-out failure)，而在厚度較薄鋼板(如屋頂蓬)的情形上尤為嚴重。對於非對稱的構材斷面，如 C 型斷面或 Z 型斷面被使用來當副梁或小梁，其在連接薄鋼板時，由於構材在扭轉時產生對於鋼板的垂直推拉力，拔出破壞的情形更形嚴重。設計人員必須參考產品的相關規格與規定，或經由其它文獻與測試瞭解相關應用。

11.4 螺絲接合

以下是有關本節所使用到之符號及所代表的意義：

$\Omega = 3.00$ (ASD)

$\phi = 0.50$ (LRFD)

d = 標稱螺絲直徑 (圖 C-11.4-1)

d_h = 螺絲頭直徑或六角螺絲頭與墊圈直徑

d_w = 墊圈直徑

d_w^2 = 有效抵抗拔出直徑

P_{ns} = 單個螺絲的標稱剪力強度

P_{ss} = 單個螺絲的標稱剪力強度(由製造商提供或由試驗得知)

P_{not} = 單個螺絲的標稱拔出強度

P_{nov} = 單個螺絲的標稱穿刺強度

P_{ts} = 螺絲的標稱拉力強度(由製造商提供或由試驗得知)

t_1 = 與螺絲頭或墊圈接觸的構材厚度

t_2 = 未與螺絲頭或墊圈接觸的構材厚度

t_c = 取構材穿入深度與 t_2 之較小值

F_{u1} = 與螺絲頭或墊圈接觸的構材拉力強度

F_{u2} = 未與螺絲頭或墊圈接觸的構材拉力強度

所有第 11.4 節之規定僅應用於直徑在 2.03 mm(0.08 in.)到 6.35 mm(0.25 in.)之間的自攻螺絲。螺絲的螺紋皆應為一體成型或車牙完成，而是否在其端點處具自鑽鑽孔點或無自鑽鑽孔點皆可適用。對於特別的應用，其設計值可經由實驗測試而得。對於隔板的應用，則依第 10.5 節之規定。

螺絲的安裝應遵循製造商的說明書上的說明。

每一個由螺絲接合的構材之淨斷面積標稱拉力強度，不得超過第五章規定的構材抗拉強度或第 11.2.3 節所規定的標稱拉力強度。

解說：超過 3500 個世界各地的實驗結果被應用於螺絲接合規範條文的擬定 [11.25]。同時，歐洲的規定 [11.26] 與英國國家標準 [11.27] 亦被採納且經修正後置入本規定內。因為規範應用於許多不同的螺絲接合及連結物的細節，其中有相當程度乃以隱含保守的規定呈現於規範內，即使無充分數目之實驗結果可供參酌，這些條文仍刻意用於特殊之應用上。任何一種特殊的應用，皆可經由以實驗獲得較高的正確性 [11.28]。

如何正確地上緊螺絲，以確保螺絲的效用，具可調整扭矩和可控制深度功能的電動工具是需要。

雖然用來推導規範中螺絲接合公式之測試試體，包括了單一連結物及多個連結物，然而在安裝接合時，建議使用至少二個螺絲，如此可對於扭距產生多餘的力量，同時可防止接合構材在受到剪力時的錯位或翹曲現象。

為了讓設計人員更方便，在表 C-11.4-1 中條列了標號與螺絲標稱直徑的關係。而圖 C-11.4-1 為螺絲直徑(d)的示意圖。

t_1 、 t_2 請詳見圖 C-11.4-3、圖 C-11.4-4 所示。

表 C-11.4-1 螺絲標稱直徑編號

設計的號數	標稱直徑 d mm (in.)
0	1.52 (0.060)
1	1.85 (0.073)
2	2.18 (0.086)
3	2.51 (0.099)
4	2.84 (0.112)
5	3.18 (0.125)
6	3.51 (0.138)
7	3.84 (0.151)
8	4.17 (0.164)
10	4.83 (0.190)
12	5.49 (0.216)
1/4	6.35 (0.250)



圖 C-11.4-1 螺絲直徑示意圖

11.4.1 最小間距

在兩個連接物中心點間的最小間距不應小於三倍直徑(3d)。

解說：螺絲最小間距與螺栓接合的規定一致。

11.4.2 最小邊距

從連結物中心點到任一邊緣的距離(即邊距)不得小於 1.5 倍直徑(1.5d)。

解說：試驗中顯示螺絲接合在承受剪力時，當螺絲的中心點到自由邊的距離小於 1.5 倍螺絲直徑時，通常會產生邊緣破壞。

11.4.3 剪力

11.4.3.1 接合部剪力

單一螺絲的標稱剪力強度(P_{ns})以下列各式計算之：

對於 $t_2/t_1 \leq 1.0$ ， P_{ns} 為以下最小者：

$$P_{ns} = 4.2 \sqrt{t_2^3 d} F_{u2} \quad (11.4-1)$$

$$P_{ns} = 2.7 t_1 d F_{u1} \quad (11.4-2)$$

$$P_{ns} = 2.7 t_2 d F_{u2} \quad (11.4-3)$$

對於 $t_2/t_1 \geq 2.5$ ， P_{ns} 為以下最小者：

$$P_{ns} = 2.7 t_1 d F_{u1} \quad (11.4-4)$$

$$P_{ns} = 2.7 t_2 d F_{u2} \quad (11.4-5)$$

對於 $1.0 < t_2/t_1 < 2.5$ ， P_{ns} 值為由以上兩種情況的線性內插分決定之。

解說：承受剪力的螺絲接合可能發生一種模式破壞或者以數種組合模式破壞。這些模式包括了螺絲剪斷、洞孔邊緣撕裂、螺絲偏斜及其引發的螺絲拔出破壞、以及接合材料的承壓破壞。

如圖 C-11.4-2 所示，對於一般的連接承載強度，螺絲偏斜而引發螺紋撕裂下方連接板，降低了接合的剪力能力。

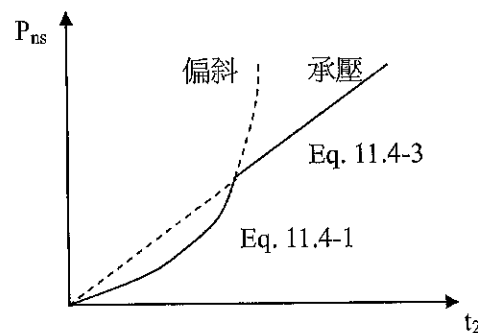


圖 C-11.4-2

這些規定主要是針對偏斜及承壓破壞模式。這兩種情況則依接合構材的厚度比而定。在正常的情况下，螺絲頭會裝設在較薄的接合構材上(如圖 C-11.4-3 所示)。然而當兩種構材皆同厚度時，或者當螺絲頭是接觸在較薄的構材時(如圖 C-11.4-4)，將需要考慮偏斜。

在計算承載能力時，則依據兩種接合構材的個別的厚度及其抗拉強度的乘積之較低值的承載力決定之。

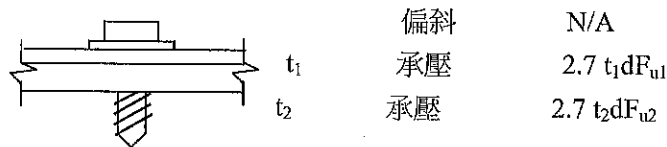


圖 C-11.4-3

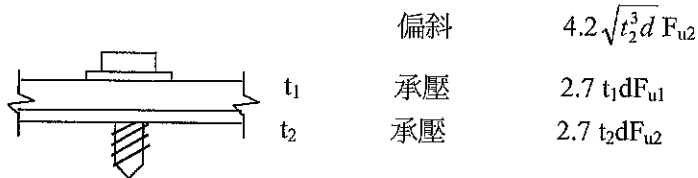


圖 C-11.4-4

11.4.3.2 邊距大小影響連結物之剪力強度

沿著受力方向，從標準孔中央點至接合部最鄰近孔邊緣的距離，可計算螺絲的標稱剪力強度：

$$P_{ns} = teF_u \quad (11.4-6)$$

$$\Omega = 3.00 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.50 \quad (\text{LRFD})$$

其中

t = 構材邊距厚度

e = 沿著受力方向，從標準孔中央點至接合部最鄰近孔邊緣的距離

F_u = 構材拉力強度

11.4.3.3 螺絲的剪力強度

螺絲的標稱剪力強度應依據實驗來確定。螺絲的標稱剪力強度不應小於

1.25 倍的 P_{ns} 。極限強度設計法的強度折減係數亦應依據實驗來確定。

解說：螺絲連結物的剪力強度必須由試驗來證實。廠商所生產螺絲的強度，應明白地建立在其手冊或型錄上。爲了避免脆化及螺絲會突然的剪斷，規範第 11.4.3.2 節要求螺絲本身剪力強度不得小於規範第 11.4.3.1 節所要求的剪力強度的 1.25 倍。

11.4.4 受拉強度

對於承載拉力的螺絲而言，螺絲頭或是有墊圈，其直徑 d_w 或 d_h 應不得小於 7.94 mm，而墊圈至少需 1.27 mm 的厚度。

刪除：者

刪除：(如果有提供)

解說：螺絲接合在承受拉力時，其可能產生破壞的情形有三：(1) 拔出破壞 (pull-out failure) - 螺絲與其接合板脫離、(2) 穿刺破壞 (pull-over failure) - 接合物與其接近之螺絲頭或墊圈處脫離、(3) 螺絲本身的拉力破壞。可使用之墊圈與螺絲頭的樣式與尺寸有相當多。但墊圈厚度必需要在 1.27 mm (1/20 in.) 以上，如此才不致於受彎而變形。

11.4.4.1 螺絲拔出破壞

標稱拔出強度 (P_{not}) 可由下式計算之：

$$P_{not} = 0.85 t_c d F_{u2} \quad (11.4-7)$$

其中 t_c 爲鑽入深度或厚度 t_2 ，取兩者較小者。

解說：對於拔出的極限狀態，公式 11.4-6 的推導乃修正歐洲的規定 [11.21] 及依據大量試驗的結果。拔出設計考量的資料統計是由 Pekoz 所提出 [11.23]。

11.4.4.2 螺絲穿刺破壞

標稱穿刺強度 (P_{nov}) 可由下式計算之：

$$P_{nov} = 1.5 t_1 d'_w F_{u1} \quad (11.4-8)$$

其中 d'_w 爲有效螺絲頭直徑，其決定方式如下：

1. 螺絲若爲圓頭或六角型頭，其與構材間使用墊圈 (圖 C-11.4-5(a) 與圖 C-11.4-5(b))，則 d'_w 計算方式如下：

$$d'_w = d_h + 2t_w + t_1 \leq d_w \quad (11.4-9)$$

其中

d_h = 螺絲頭直徑或六角型螺絲頭墊圈之直徑

t_1 = 與螺絲頭或墊圈接觸的構材厚度

t_2 = 未與螺絲頭或墊圈接觸的構材厚度

t_w = 墊圈厚度

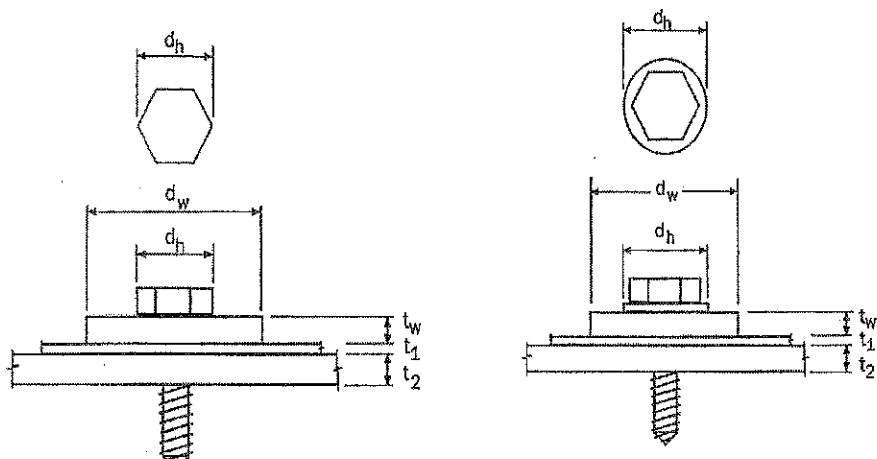
d_w = 墊圈直徑

格式化：縮排：第一行：4.5 字元

2. 螺絲若為圓頭或六角型頭，其與構材間未使用墊圈，其 $d'_w = d_h$ ，但不超過 12.7 mm。

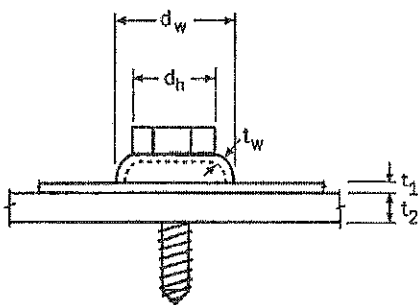
3. 若為半球型頭墊圈(圖 C-11.4-5(c))，其 d'_w 計算方式依方程式(11.4-9)，但不超過 16 mm。

解說：對於穿剌的極限狀態，公式(11.4-8)的推導乃修正英國國家標準[11.29]，及由 Pekoz [11.28]所做的一系列試驗結果。



(a) 圓頭或六角型頭螺絲且使用墊圈

(b) 本身具有墊圈之圓頭或六角型頭螺絲且使用墊圈



(c) 使用半球型頭墊圈

圖 C-11.4-5 墊圈使用之示意圖

11.4.4.3 螺絲拉力強度

單一螺絲的標稱拉力強度(P_{ts})不得小於 1.25 倍的 P_{not} 或 P_{nov} 兩者較小者。

極限強度設計法的強度折減係數 ϕ 亦應依據實驗來確定。

解說：螺絲拉力強度必須由試驗來證實。廠商所生產螺絲的強度，應明白地建立在
在其手冊或型錄上。為了避免脆裂及螺絲的突然拉力破裂，螺絲的拉力強度
必須不得小於 1.25 倍的拔出強度及穿刺強度兩者中之較小者。

11.4.5 剪力與穿刺力之交互作用

11.4.5.1 ASD 方式

當螺絲同時承受剪力與張力同時交互作用時，下列方程式需滿足：

$$\frac{Q}{P_{ns}} + 0.71 \frac{T}{P_{nov}} \leq \frac{1.10}{\Omega} \quad (11.4-10)$$

其中

Q = 連結處之容許剪力強度

T = 連結處之容許拉力強度

$$P_{ns} (\text{連結處之標稱剪力強度}) = 2.7t_1 d F_{u1} \quad (11.4-11)$$

$$P_{nov} (\text{連結處之標稱穿刺力強度}) = 1.5t_1 d_w F_{u1} \quad (11.4-12)$$

而 d_w = 取螺絲頭直徑或墊圈直徑之較大值

$$\Omega = 2.35$$

且為符合公式 11.5-1 之應用，下列之限制條件需滿足：

(1) $0.724\text{mm} \leq t_1 \leq 1.130\text{mm}$

(2) 使用自攻螺絲 12 號或 14 號，墊圈之使用可有可無

(3) $d_w \leq 19.1\text{mm}$

(4) $F_{u1} \leq 483\text{MPa}$ 或 4920kg/cm^2

(5) $t_2/t_1 \geq 2.5$

當連結處有偏心載重作用，造成連結處之穿刺力分佈不均勻時，連結處標稱穿刺力強度為 P_{nov} 之一半。

解說：若偏心載重造成螺絲穿刺力不均勻作用於連結處，螺絲標稱穿刺力強度為 50% 之連結處之標稱穿刺力強度 (P_{nov})。

11.4.5.2 LRFD 方式

當螺絲同時承受剪力與張力同時交互作用時，下列方程式需滿足：

$$\frac{V_u}{P_{ns}} + 0.71 \frac{T_u}{P_{nov}} \leq 1.10\phi \quad (11.4-13)$$

其中

$$P_{ns} (\text{連結處之標稱剪力強度}) = 2.7t_1 d F_{u1} \quad (11.4-14)$$

$$P_{nov} (\text{連結處之標稱穿刺力強度}) = 1.5t_1 d_w F_{u1} \quad (11.4-15)$$

而 d_w = 取螺絲頭直徑或墊圈直徑之較大值

功能變數代碼變更

$$\phi = 0.65$$

且為符合公式 11.5-1 之應用，下列之限制條件需滿足：

(1) $0.724\text{mm} \leq t_1 \leq 1.130\text{mm}$

(2) 使用自攻螺絲 12 號或 14 號，墊圈之使用可有可無

(3) $d_w \leq 19.1\text{mm}$

(4) $F_{u1} \leq 483\text{MPa}$ 或 4920kg/cm^2

(5) $t_2 / t_1 \geq 2.5$

當連結處有偏心載重作用，造成連結處之穿刺力分佈不均勻時，連結處標稱穿刺力強度為 P_{nov} 之一半。

解說：若偏心載重造成螺絲穿刺力不均勻作用於連結處，螺絲標稱穿刺力強度為 50% 之連結處之標稱穿刺力強度 (P_{nov})。

11.5 撕裂

11.5.1 剪力撕裂

通常梁翼板在其端點連接處被裁剪，因此沿著梁接合的平面處易產生破壞，其標稱剪力強度 (V_n)，則依下式計算之：

$$V_n = 0.6 F_u A_{wn} \quad (11.5-1)$$

$$\Omega = 2.00 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.75 \quad (\text{LFRD})$$

其中

$$A_{wn} = (d_{wc} - n d_h) t$$

d_{wc} = 被裁剪區域的腹板深度

n = 臨界平面的孔洞數

d_h = 洞孔直徑

F_u = 構材材料的抗拉強度

t = 被裁剪區域的腹板厚度

解說：由 Birkemoe 與 Gilmore [11.30] 所進行的接合實驗指出，在如圖 C-11.5-1 所示，梁在被裁剪區域會沿著孔洞週邊發生撕裂破壞。本節所規定的剪力撕裂已在“鋼構造建築物鋼結構設計規範”內被採用 [11.14]。本節所採用的規定乃採保守的出發點而設計，對於拉力面的力量以予忽略。對於拉力撕裂強度與剪力塊狀撕裂強度相關設計資訊，可參考“鋼構造建築物鋼結構設計規範” [11.14]。

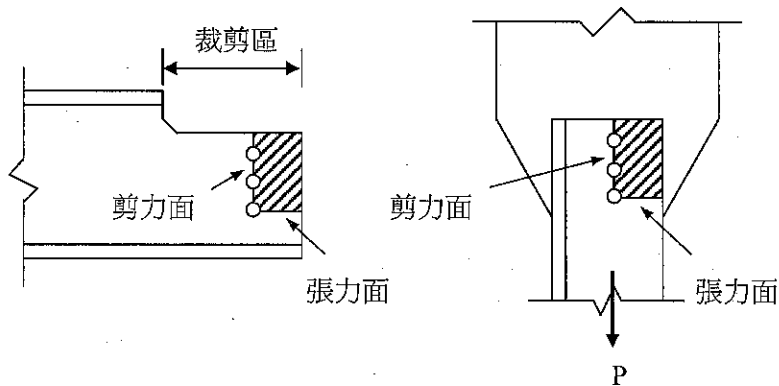


圖 C-11.5-1 撕裂破壞示意圖

11.5.2 張力撕裂

針對連接處不論採用焊接或螺栓之結合方式，其容許張力撕裂強度可由 11.2.7 節及 11.3.2 節之公式計算得之。

11.5.3 塊狀剪力撕裂

若連接處板之最薄厚度小於 4.76 mm 時，其標稱塊狀剪力可依下列計算之：

$$R_n = 0.6 F_y A_{gv} + F_u A_{nt} \quad (11.5-2)$$

$$R_n = 0.6 F_u A_{nv} + F_u A_{nt} \quad (11.5-3)$$

若為螺栓結合：

$$\Omega = 2.22 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.65 \quad (\text{LRFD})$$

若為焊接結合：

$$\Omega = 2.50 \quad (\text{ASD})$$

$$\phi = 0.60 \quad (\text{LRFD})$$

其中

A_{gv} = 承受剪力作用之全斷面積

A_{nv} = 承受剪力作用之淨斷面積

A_{nt} = 承受拉力作用之淨斷面積

11.6 其他材料的接合

11.6.1 承壓力

由規範中鋼構材的軸力及彎矩所引起的承壓力，在轉移到鄰近的其他材料之結構構材，須適當地予以規定。

11.6.2 拉力

靠近連接物(螺栓或螺絲)頭部位的鋼板(片)，其可能產生的剪力及拉力之穿刺力量，應予以考慮。由接合組件之其他材料傳遞至連接物之拉出力，亦應予考慮。

連接物的標稱拉力強度及於連接結構組件中的嵌入強度，皆應該由適當的產品規範認可，或者由相關的產品說明書或產品文件來決定。

解說：規範中之所以會列出本節，主要是爲了提高設計者對於連接物及接合構材拉力的重視。

11.6.3 剪力

規範所規定的相關剪力計算乃針對於鋼構材，同樣地，適當的規定亦需針對鄰近其他材料結構構材。鋼板剪力及承載強度不應超過本規範之允許的值，同樣地，連接物及其他材料的剪力設計值也都不應該超過。連接構材之埋設規定必須符合。剪力與其它應力之合力亦應有適宜之規範。

解說：本節之所以被規範包含，是爲了提高設計者的重視。