

## 第十章 接合設計

### 10.1 一般規定

接合部包含接合構件（如加勁板、連接板、角鋼、托座等）與接合物（如銲接、螺栓）。接合部之設計強度應依下列規定設計之：(1)依係數化組合載重，或(2)依接合構件強度之特定比例。

解說： 接合之受力模式宜簡單明確，傳力方式宜緩和漸變，以避免產生應力集中之現象。接合型式之選用以製作簡單、保養容易為原則，而接合設計在必要時，應依接合所在位置對整體結構安全影響程度酌予提高其設計之安全係數。「鉚釘接合」使用之歷史甚久，直至1950年代仍被廣泛使用，近年來則由於銲接技術急速進步及高強度螺栓之生產使用，而鉚釘施工時會產生極大的噪音，施工品質控制困難且技術工人難覓等因素，故本規範建議不予採用。

#### 10.1.1 簡支接合

除另有規定外，梁、大梁或桁架端部之接合得設計為簡支接合，且一般可設計為僅抵抗剪力。簡支之梁接合部應容許未束制之梁端轉動，因此接合部應具有非彈性之變形能力。

解說： 簡支接合在實務上不易做到理想之簡支條件，一般規範均允許藉梁端之非彈性變形能力來降低束制程度。使用雙角鋼接合型式時，為保有適當之柔度，角鋼厚度不宜超過16mm。

簡支接合若有偏心產生，或梁端尚須傳遞水平力、扭力或軸力時，應檢討接合之強度及變形量，以及接合桿件因偏心引致之二次應力。

#### 10.1.2 彎矩接合

受束制之梁、大梁和受束制桁架之端部接合，應依其接合處之勁度所計得彎矩與剪力之合成效應設計之。

#### 10.1.3 承受衝擊或反復荷重之接合

承受衝擊或振動之接合部，應使用銲接或摩阻型高強度螺栓設計之。因特殊需要而不容許螺栓滑動，或因承受反復荷重之接合部，亦應使用銲接或摩阻型高強度螺栓設計之。

#### 10.1.4 受壓構材承壓接合

當柱承載於承壓板或經銑平之柱端支壓於下柱時，應使用足夠之接合物使被接合構材保持正確位置。

其它受壓構材端經銑平使用於承壓時，其續接材料和其接合物應有適當配置以確保所有被接合構材能保持正確位置，並至少能承受構件強度之50%。

所有壓力支承座應足以抵抗由係數化載重所產生之拉力。壓力構材之接合部分應考慮構架受側向力時所可能引致之張力，而此張力之計算應假設75%靜載重且無活載重時構架承受側力所產生之合應力。

受地震力時應依本規範第十三章相關規定檢討。

#### 10.1.5 桁架之接合

桁架之構材其端部接合應能承擔其設計載重，但不得小於構材強度之50%。

#### 10.1.6 接合之最小強度

除繫條、吊桿、圍梁外，接合處之設計強度至少應能承受4.5噸係數化載重。

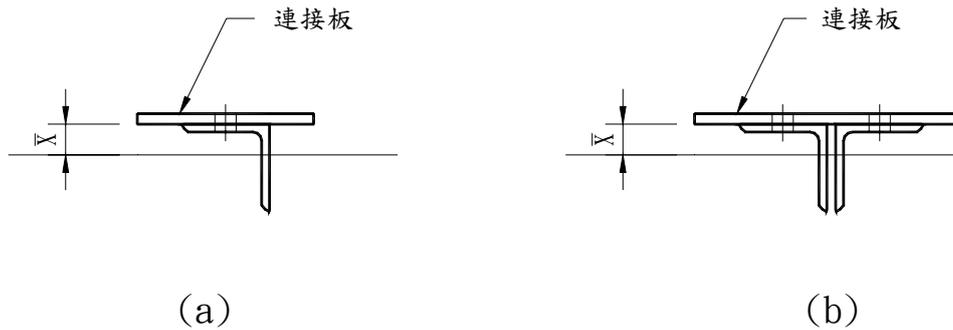
#### 10.1.7 銲接與螺栓之配置

在傳遞軸應力之構材中，其端部銲接或螺栓之重心應與構材之重心在同一位置。對於承受靜載重之單一角鋼、雙併角鋼和類似構材之端部接合當螺栓依據準距線配置時可不依上述規定，惟在構材承受疲勞載重時，仍須考慮接合重心與構材重心不一致所產生之偏心影響。

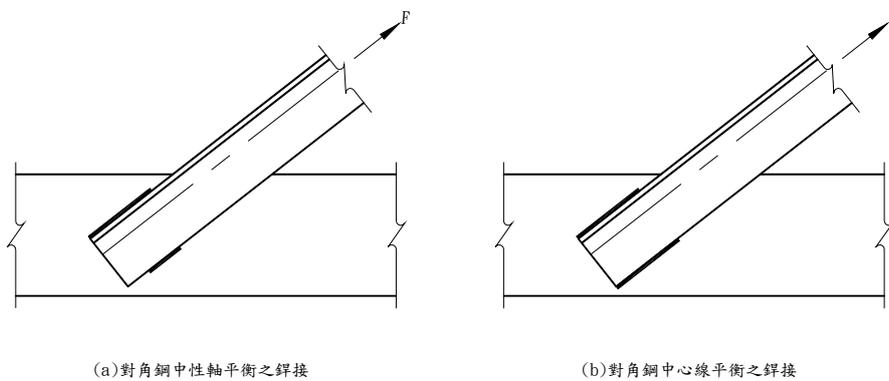
解說： 承受軸力之單角鋼和雙角鋼構材端部以螺栓接合時，構材斷面重心軸與接合螺栓重心間之輕微偏心對構材靜態載重強度之影響極小，一般均予忽略。類似情形亦可使用於承受靜態載重構材之銲接接合(Gibson and Wake 1942)。

角鋼構材以單腿接合時（見圖C10.1-1、圖C10.1-2），其斷面重心與連接板中心線間之偏心量較大，其對構材設計強度之影響應予考慮（參考4.3節之解說）。如概略計算，受拉構材之張力強度可取75%有效，受壓構材之壓力強度建議取50%有效（日本建築學會 1985）。

由疲勞試驗(Kloppel and Seeger 1964)亦顯示，承受偏心軸力之角鋼以銲接方式接合時，其疲勞強度甚低，因填角銲根部之銲接凹痕對承受垂直於銲軸方向之反復應力非常不利。同樣的情形亦可能發生在承受反復載重之角鋼而其端部銲接配置未與重心軸平衡之情況，因此這類桿件承受反復載重時應平衡其銲接配置（見圖C10.1-2）。



圖C10.1-1 角鋼之單腿接合



圖C10.1-2 端部銲接接合

### 10.1.8 螺栓與銲接之組合

承壓型接合之A307螺栓或高強度螺栓不得視為與銲接共同分擔載重，而應由銲接承擔接合之全部作用力。以摩阻型接合設計之高強度螺栓則可與銲接共同分擔載重，惟須先鎖緊高強度螺栓後再銲接。

既存結構如以銲接修改時，現存之摩阻型接合高強度螺栓可用以承受原有靜載重，而銲接僅分擔原靜載重外其他額外要求之設計強度。

解說： 承壓型螺栓與銲接組合之接合方式在極限載重發生前，接合面可能已產生滑動而導致銲道負擔不確定之較大載重，因此設計時承壓型螺栓及A307螺栓不得視為與銲接共同分擔載重。

摩阻型高強度螺栓與銲接共同分擔載重時，必須在銲接以前將高強度螺栓鎖緊。若先銲接則銲接熱量將使鋼板產生扭曲變形而影響摩阻面之密接作用，致影響其摩阻強度。若摩阻型螺栓在銲接前先鎖緊，則摩阻型螺栓與銲接可假設在共同剪力面可分擔剪力。螺栓附近之銲接熱量尚不致改變螺栓的機械性質。

既存結構修改時，可假定承壓型螺栓之滑動業已發生，因此於修改時業已存在的靜載重可由既有螺栓承受，其餘載重應全部由新加之銲接承受。

此處所指之銲接與螺栓組合不包括梁柱接頭之剪力板（此板與柱板銲接而與梁腹板栓接）或其他類似之接合情況。

### 10.1.9 螺栓與銲接接合之限制

下列所述之接合應使用高強度螺栓或銲接：

- (1) 高度在60m以上之多層立體構架中之柱續接。
- (2) 高度在30m至60m，而其最小水平尺度小於其高度40%之多層立體構架中之柱續接。
- (3) 高度在30m以下而其最小水平尺度小於其高度25%之多層立體構架中之柱續接。
- (4) 在結構高度超過36m時，所有梁與柱之接合及梁之接合。
- (5) 承載5噸以上吊車之結構物：屋頂桁架之續接、桁架與柱之接合、柱之續接、柱之斜撐、隅撐及吊車支撐。
- (6) 承載機器運轉或受衝擊、反復應力之結構之接合。
- (7) 註明於設計圖上之其它接合。

上列以外情況之接合，可使用ASTM A307螺栓或高強度螺栓栓緊至緊貼程度。所謂緊貼程度係用衝擊扳手數次衝擊或工人用盡全力旋緊，且使接合面緊密接觸。

## 10.2 銲接

### 10.2.1 開槽銲道

#### 1. 有效面積

開槽銲之有效面積為其有效銲長與有效喉厚之乘積。

開槽銲之有效銲長為其接合部分銲道之長度。

全滲透開槽銲之有效喉厚為其接合部較薄板之厚度。

部分滲透開槽銲之有效喉厚見表10.2-1。

表10.2-1 部分滲透開槽銲之有效喉厚

銲接方法	銲接位置	開槽角度	有效喉厚
遮護金屬電弧銲接(SMAW) 潛弧銲接(SAW)	所有位置	單斜或V接頭 $\geq 60^\circ$	槽深
氣體遮護金屬電弧銲接(GMAW)			
包藥銲線電銲弧接(FCAW)		單斜或V接頭 $< 60^\circ$ 但 $\geq 45^\circ$	槽深減3mm

喇叭形開槽銲，若為與實心圓桿或 $90^\circ$ 彎折之斷面之表面齊平時，其有效喉厚，如表10.2-2所示。惟須由各銲接程序之銲接成品中抽取樣品，或依設計規定製作試驗樣品，以證實可獲得均勻一致之有效喉厚。如製造廠商能提供可信之試驗資料，證明有效喉厚大於表10.2-2所列之值時，亦可採用，但試驗樣品應採取與構材軸垂直，位於銲道中部及端部之斷面。此試驗樣品須能涵蓋製造所使用範圍之各種尺寸之組合，或設計者之要求。

表10.2-2 喇叭形開槽銲之有效喉厚

銲道類型	有效喉厚
單斜喇叭形開槽銲	5R/16
喇叭形開槽銲	R/2 [a]
註[a]：當 $R \geq 25\text{mm}$ 時使用氣體被覆電弧 (短電弧銲接方法除外)之有效喉厚為3R/8。 其中，R為鋼棒之半徑或鋼板彎曲之半徑。	

## 2. 限制

部分滲透開槽銲有效喉厚之最小尺寸如表10.2-3。銲接最小尺寸係由接頭之兩部分中較厚板決定，惟銲接尺寸不須超過接頭之最薄板厚，但在此情形下，應有充分之預熱，以得到良好之銲接品質。

表10.2-3 部分滲透開槽銲有效喉厚之最小尺寸

接合部之較厚板厚，(mm)	有效喉厚之最小尺寸(mm)
$t \leq 6$	3
$6 < t \leq 12$	5
$12 < t \leq 19$	6
$19 < t \leq 38$	8
$38 < t \leq 57$	10
$57 < t \leq 150$	12
$t > 150$	16

解說：銲接設計應考慮母材之可銲性、銲材與母材之匹配、銲接效率、疲勞強度、銲接變形及接合板挫屈等因素，以及儘可能使製作、安裝和保養簡易並避免因銲接冷縮引起層狀撕裂現象。

有關銲接施工之相關規定應參照鋼結構施工規範辦理。

銲接接合之強度依母材及選用銲材之強度而定。一般而言，銲材承受靜態載重之強度常較母材為高，但伸長率略為降低。

銲接高強度鋼材時，較易引起熱影響區之材質脆化，致影響銲接接頭之韌性，故須依其材質之特性審慎訂定銲接程序。

主要構材之對銲接頭之起點及終點二端應銲上與接頭同樣開槽之首尾導銲板，再予銲接以防止銲接缺陷發生。可能承受疲勞載重之構材，並應將銲接完成後之首尾導銲板予以切除並磨平，溢銲部位視需要予以磨平以免應力集中。

設計者在設計接合時，若未指定製造者使用何種銲接方法及銲姿，則不必在設計圖上指定開槽深度。只須於設計圖上指定部分滲透開槽銲之有效喉深，並由製造者提出經設計者認可之銲接方法及銲姿製造合適之有效喉深。

開槽銲表面補強加銲之部分不得計入開槽銲之有效喉深。

## 10.2.2 填角銲道

### 1. 有效面積

- (1) 填角銲之有效面積為有效銲長與有效喉厚之乘積。
- (2) 除在圓孔與槽形孔中作填角銲外，填角銲之有效銲長得包括端彎在內之全部填角銲總長。
- (3) 填角銲之有效喉厚為自接合根部至銲道表面之最短距離。
- (4) 如使用潛弧銲接，腳長等於或小於10mm時，以腳長為其有效喉厚；大於10mm時，有效喉厚可取理論喉厚加3.0mm。
- (5) 圓孔及槽孔之填角銲有效銲長，為通過喉厚平面中心線之長度。填角銲搭疊時之有效面積，不得大於接觸面之圓孔或槽孔之標稱斷面積。

### 2. 限制

填角銲之最小尺寸如表10.2-4，最小銲接尺寸由接頭之兩部分中較厚板決定，但不得大於較薄板之厚度。若超出則應有充分之預熱，以確保銲接之品質。如應力計算需要，銲接尺寸可大於接合部之薄板厚度，在此種銲接情形，且銲接尺寸可確實掌握，則母材之邊緣與銲道趾端之距離，可小於1.5mm。

表10.2-4 填角銲最小尺寸

接合部之較厚板厚，t (mm)	最小銲腳尺寸[a] (mm)
$t \leq 6$	3
$6 < t \leq 12$	5
$12 < t \leq 19$	6
$19 < t \leq 38$	8
[a]填角銲之銲腳尺寸	

- (1)沿接合鋼板邊緣之填角銲最大尺寸為：  
沿厚度小於 6mm 鋼板邊緣銲接時，填角銲最大尺寸不得大於鋼板厚度。合鋼材厚度大於 6mm 以上時，除圖上特別註明須銲滿全厚之喉深外，沿鋼板邊緣之填角銲最大尺寸，不得大於該板厚減 1.5mm。
- (2)依強度計算所得之填角銲最小有效長度，不得小於填角銲尺寸之 4 倍，否則銲接尺寸僅能考慮為有效長度之 1/4。
- (3)受拉鋼板端部以填角銲連結時應依 4.3 節有關有效面積之規定折減。組合構材各構件之銲接亦可使用斷續填角銲。斷續填角銲中任何一段之有效長度，不得小於銲接尺寸之 4 倍，亦不得小於 40mm。
- (4)搭接接頭之最小搭接長度不得小於接合部較薄板厚之 5 倍，亦不得小於 25mm。承受軸應力之搭接接合板或棒條，除非搭接部分之變形受到充分束制外，應在搭接處之兩端作填角銲，以防止連接處承受最大載重時張開。
- (5)接合部或構件側面填角銲或端部之填角銲，分別在端部或側面終止時，在施工可能範圍下，應繼續圍繞轉角銲接，其長度不得小於銲接尺寸之 2 倍。此項規定亦適用於托架、梁座與類似接合且該平面中之頂面與側邊填角銲接合處承受彎矩。對於角鋼及簡支端板接合，接合處之勁度將視突出肢之勁度而定，轉角銲接長度不得超過銲接尺寸之 4 倍。填角銲存在於同一平面之對邊，應在角隅中止雙方共有之銲接。填角銲之轉角銲接應在設計圖與製造圖上註明。
- (6)圓孔或槽孔之填角銲，可用於傳遞搭接接頭之剪力，或防止搭接部分之挫屈或分離，並可用於銲接組合構材之各構件。此種填角銲可以重疊銲接，但需符合 10.2 節之規定，圓孔或槽孔之填角銲，不得視為塞孔銲或塞槽銲。
- (7)當作用力平行於銲道方向時（如搭接），填角銲計算應力之有效長度，不得大於填角銲尺寸之 70 倍。在此長度內之應力可視為均佈。

#### 解說：1.有效面積

填角銲之有效喉厚為自接合處根部至銲道表面間之最短距離，銲接滲透效果及表面加強銲均不包含於有效銲喉厚內。潛弧銲法可產生均勻穩定的滲透效果，填角銲如以潛弧銲方法為之，則部分滲透效果可計入有效銲喉厚內。於填角銲之腳長不超過 10mm 時，有效喉厚可為理論喉厚加 2.8mm，惟須先進行一小段之填角銲做試驗以便證明此一滲透效果確可達到；在實務上，通常是在工作初期切取此種接頭之零料作試驗。做完以後只要銲接程序沒有改變就不需實施進一步之試驗。

#### 2.限制

表 10.2-4 提供各種板厚之填角銲最小尺寸，此項最小尺寸並非基於強度需求，而是考慮厚鋼板用小銲接尺寸會因輸入熱量不足而致銲材與母材無法完全融合，及因冷卻過速而致銲道脆化失去韌性，更可能會因厚

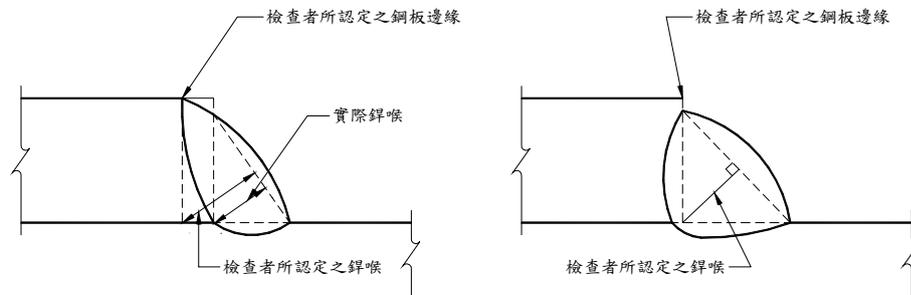
母材的冷縮產生束制而致鐸道開裂。在使用手鐸鐸接法時，一道鐸道施作所能達到的最大角鐸尺寸為8mm，故以8mm填角鐸做為厚度19mm以上鋼板之最小鐸接尺寸，但仍須符合AWS D1.1對於預熱及中間鐸道溫度之規定。

表10.2-3所示為部分滲透開槽鐸之最小有效鐸喉厚，其中鋼板厚度超過150mm時，最小鐸喉厚為16mm。然而表10.2-4中對於填角鐸鋼板厚度超過19mm時，填角鐸之最小腳長尺寸只有8mm。最小部分滲透開槽鐸比最小填角鐸所增加之鐸接尺寸，是為使鐸道尺寸與板厚之比例較為合理。

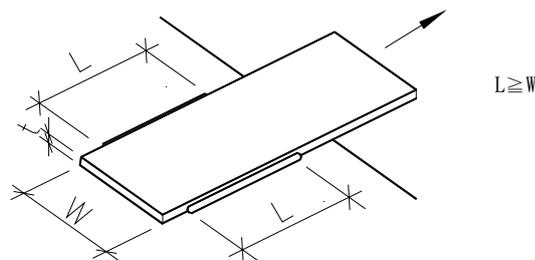
為方便檢驗者量取鐸腳尺寸，板厚達6mm以上時填角鐸應自鐸接處之鋼板外角邊緣後退1.5mm（見圖C10.2-1）。

接合處只沿作用力方向採用縱向填角鐸時（圖C10.2-2），10.2.2節2款所規定每一鐸道長度至少須等於接合板之寬度是因為考慮剪力遲滯的關係(Freeman 1930)，惟亦可參考4.3節之規定設計。如搭接接頭之最小疊合長度大於5倍較薄板厚時（見圖C10.2-3），受拉時所產生之接頭轉動將不致過大。填角鐸搭接接合處除非由如圖C10.2-4(a)所示之力束制，否則承受拉力時會如圖C10.2-4(b)所示張開且在鐸接根部產生撕裂現象。

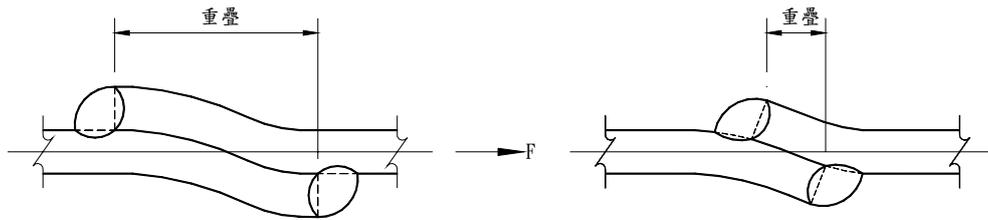
轉角鐸接並未明顯增加接合強度（見圖C10.2-5），但可提供接合部在破壞前有較大之極限變形能力，進而增加結構之承載能力。轉角鐸接亦可延緩接合部鐸接之初始撕裂。



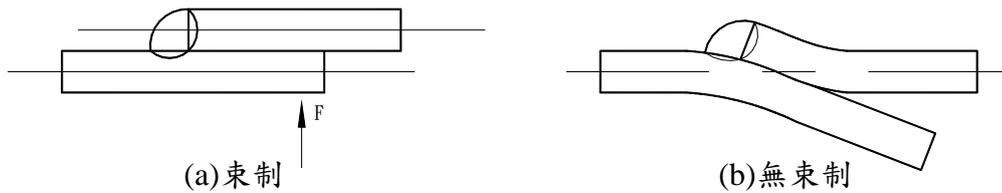
圖C10.2-1 填角鐸尺寸之認定



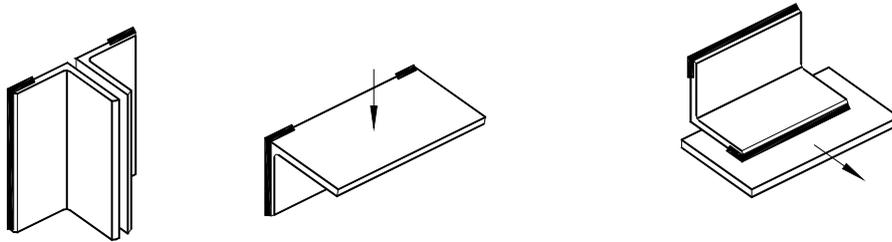
圖C10.2-2 縱向填角鐸



圖C10.2-3 最小疊接長度



圖C10.2-4 疊接接頭之束制



圖C10.2-5 轉角銲接

### 10.2.3 塞孔銲與塞槽銲

#### 1. 有效面積

塞孔銲與塞槽銲之有效剪力面積，為其接合平面上圓孔或槽孔之標稱面積。

#### 2. 限制

塞孔銲或塞槽銲可用於傳遞搭接接頭剪力，或防止搭接部分之挫屈，並可用於連接組合構材之各構件。塞孔銲之孔徑，不得小於開孔板厚加8mm，亦不可大於銲接厚度之2.25倍。塞孔銲之最小中心間距應為孔徑之4倍。

塞槽銲之長孔長度不得超過銲接厚度之10倍。

槽孔寬不得小於開孔板厚加8mm，並以1.5mm向上進位，亦不得大於銲接厚度之2.25倍。槽端部應為半圓形，或為半徑不小於開孔板厚之圓角，當端部延伸至該板邊緣時，則不受此限。塞槽銲並排時，其最小中心間距，應為槽孔寬之4倍，塞槽銲縱排時，其最小中心間距應為槽孔長之2倍。

塞孔銲或塞槽銲之銲厚，在鋼材厚度等於或小於16mm時，應等於鋼材厚度。鋼材厚度大於16mm時，至少應為鋼材厚度之1/2，且不小於16mm。

### 10.2.4 設計強度

銲道之設計強度應低於  $\phi F_{BM}$  與  $\phi F_w$  之較小值，其中， $F_{BM}$  與  $F_w$  分別為母材及銲材之標稱應力強度， $\phi$ 、 $F_{BM}$  與  $F_w$  之規定如表 10.2-5。

解說：銲接強度係由母材或銲材二者之強度決定，表 10.2-5 中列有強度折減係數、標稱應力強度及相關之限制條件。

表 10.2-5 中填角銲之標稱強度係根據有效銲喉厚決定，而接合部母材之強度則是由其厚度決定。圖 C10.2-6 說明填角銲及母材之剪力面：

- 剖面 1-1 之強度係由母材 A 之剪力強度決定。
- 剖面 2-2 之強度係由銲材之剪力強度決定。
- 剖面 3-3 之強度係由母材 B 之剪力強度決定。

銲接接頭之強度取各剪力傳遞面所計得強度之最低者。剖面 1-1 及 3-3 取離開銲接熔合區以外的位置，由試驗 (Preece 1968) 顯示母材與銲材熔合區具足夠之剪力強度。

對不同強度母材之接合，其剪力面係由較低強度者之銲接熔合區所控制。

當部分滲透開槽銲之開槽縱軸與張力平行，或主要受壓力或承壓應力，則其可視為與母材所能承受之應力相同。

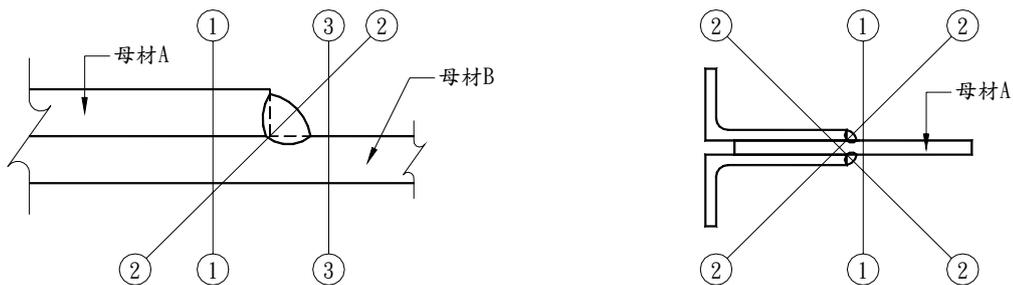


圖 C10.2-6 剪力面

表10.2-5 銲道之設計強度

銲道與應力型態[a]	材料	強度折減係數 $\phi$	標稱應力強度 $F_{BM}$ 或 $F_w$	所需銲材應力強度 [b,c]
全 滲 透 開 槽 銲				
垂直於有效面積之拉應力	母材	0.90	$F_y$	須採相稱之銲材
垂直於有效面積之壓應力	母材	0.90	$F_y$	可小於或等於相稱銲材[g]
平行於銲軸之拉應力或壓應力[d]				
有效面積上之剪應力	母材	0.90	$0.6F_y$	
	銲材	0.80	$0.6F_{EXX}$ [e]	
部 份 滲 透 開 槽 銲				
垂直於有效面積之壓應力	母材	0.90	$F_y$	可小於或等於相稱銲材[g]
平行於銲軸之拉應力或壓應力[d]				
平行於銲軸之剪應力	母材[f] 銲材	0.75	$0.6F_{EXX}$	
垂直於有效面積之拉應力	母材	0.90	$F_y$	
	銲材	0.80	$0.6F_{EXX}$	
填 角 銲				
有效面積上之剪應力	母材[f] 銲材	0.75	$0.6F_{EXX}$	可小於或等於相稱銲材[g]
平行於銲軸之拉應力或壓應力[d]	母材	0.90	$F_y$	
塞 孔 銲 或 塞 槽 銲				
與接觸面平行之剪應力 (在有效面積上)	母材[f] 銲材	0.75	$0.6F_{EXX}$	可小於或等於相稱銲材[g]
註：				
[a]有效面積之定義，詳見10.2節。				
[b]相稱銲材，詳見10.2.6節。				
[c]可允許較相稱銲材強度高一級之銲材。				
[d]連結組合構材各構件之填角銲與部分滲透槽銲，如翼板與腹板之接合，設計時可不需考慮各構件與銲軸平行之拉應力或壓應力。				
[e] $F_{EXX}$ 為銲接金屬之標稱拉力強度				
[f]接合母材之設計參考解說10.2.4之說明，並依據10.4、10.5節之規定計算之。				
[g]除設計圖說另有說明外，仍以使用相稱銲材為原則。				

### 10.2.5 銲接組合

一處接頭中合用兩種或兩種以上之銲道類型時，應對銲道群之中心軸分別計算各銲道類型之設計強度，以決定其組合設計強度。

解說： 開槽銲、填角銲、塞孔銲、塞槽銲等銲道類型共用時之銲接強度疊加方法並不適用於使用單斜槽之部分滲透開槽銲外加填角銲之銲接接頭。此種銲接組合之設計強度必須依據組合銲道之有效銲喉厚計算，其有效銲喉為銲道根部至銲道表面之最短距離減去3mm。

### 10.2.6 相稱銲材

銲材之選擇，應依據鋼結構施工規範之規定使用相稱銲材。

解說： 銲接時所需之相稱銲材（含熔填金屬、銲藥、保護氣體）與鋼材強度、銲接方法、銲接環境與受力型式等相關，就設計強度而言，相稱之主要條件為銲材之熔填金屬拉力強度須與銲接母材拉力強度相匹配，以手銲條為例；標稱拉力強度為50kgf/mm<sup>2</sup>等級的鋼板（如SN490、SM490、A572 Gr.50、A992等），其強度相稱之銲材為E70系列銲條，而標稱拉力強度為40 kgf/mm<sup>2</sup>等級的鋼板（如SN400、SM400、A36等），其強度相稱之銲材為E60及E70系列銲條，其中A36鋼材因材質無拉力強度之上限而常為同時滿足A572 Gr.50之雙規格製品，故如有破壞面不發生於銲道之設計考量時，其強度相稱之銲材以E70銲條為宜。而使用新開發之鋼板時，其相稱銲材亦應考慮鋼材之實際拉力強度等級。

當銲接兩種不同強度等級之鋼材時，其相稱銲材之熔填金屬係定義為強度匹配於較低強度之母材，惟需使用該系列銲條中之低氫系銲條及對應之低氫處理程序。銲接規範亦允許逕行使用合於較高強度母材之相稱銲材。

### 10.2.7 銲道之銲材

當銲材有衝擊韌性之需求時，銲接時應考慮點銲、打底銲道之銲材規格及銲接道數等程序是否與主要銲道之銲接程序相稱。以確保由其所完成之銲道亦符合衝擊韌性之規格。

解說： 不同銲材或銲接方法混合使用時，可能影響其銲道之衝擊韌性，例如點銲之電銲過程採用鋁還原劑自護電弧銲法，即使點銲的銲材符合衝擊韌性的規格，若主要銲道使用潛弧銲接，則將導致兩種銲材熔合區之衝擊韌性降低。

### 10.2.8 混合銲材

當銲材有衝擊韌性之需求時，銲接時應考慮點銲、打底銲道之銲材規格及銲接道數等程序是否與主要銲道之銲接程序相稱。以確保由其所完成之銲道亦符合衝擊韌性之規格。

解說： 不同銲材或銲接方法混合使用時，可能影響其銲道之衝擊韌性，例如點銲之電銲過程採用鋁還原劑自護電弧銲法，即使點銲的銲材符合衝擊韌性的規格，若主要銲道使用潛弧銲接，則將導致兩種銲材熔合區之衝擊韌性降低。

## 10.3 螺栓及螺牙桿件

### 10.3.1 高強度螺栓

高強度螺栓須使用符合3.4節規定之螺栓及合於F35之墊圈及CNS F10螺帽。

ASTM A449螺栓為桿徑較大之ASTM規格高張力螺栓，當設計要求旋緊至規定最小抗拉強度之50%以上時，該螺栓使用於拉力及承壓式剪力接合時，須有合於ASTM F436之墊圈置於螺栓頭下，且螺帽須合於ASTM A563之規定。組合時，所有接合面，包括與墊圈之接觸面，除緊密之鐵鏽外，須無鏽污。除以下所述之外，F10T(S10T)螺栓須旋緊至不少於表10.3-1所列之螺栓拉力，並須用合適方法檢測之。

不承受拉力載重之接合螺栓，其設計時不須考慮鬆動與因振動或反復載重引起之疲勞，且容許螺栓滑動時，此螺栓僅須旋緊至緊貼程度。表10.3-2所列承壓式接合之標稱應力強度為用於旋緊至緊貼程度之螺栓。螺栓僅須旋緊至緊貼程度者須清楚註明於設計及安裝圖上。

表10.3-1 螺栓最小預拉力

螺栓標稱直徑(mm)	F10T(S10T)螺栓(t)
12	5.9
16	10.6
20	16.5
22	19.9
24	23.7
27	30.0
30	37.1
註：等於最小抗拉強度之0.7倍	

表10.3-2 螺栓及螺牙桿件設計強度

	拉力強度		承壓式接合剪力強度	
	強度折減 係數 $\phi$	標稱應力強度 tf/cm <sup>2</sup>	強度折減 係數 $\phi$	標稱應力強度 tf/cm <sup>2</sup>
A307 螺栓	0.75	3.15[a]	0.75	1.68[b][e]
F10T(S10T)螺栓、螺紋在 剪力平面		7.50[d]		4.00[e]
F10T(S10T)螺栓、螺紋不 在剪力平面		7.50[d]		5.00[e]
螺牙桿件符合 3.4 節規定 且螺紋在剪力平面		0.75F <sub>u</sub> [a][c]		0.40F <sub>u</sub>
螺牙桿件符合 3.4 節規定 且螺紋不在剪力平面		0.75F <sub>u</sub> [a][c]		0.50F <sub>u</sub>
註：				
[a]僅適用於靜載重。				
[b]允許螺紋在剪力平面內。				
[c]擴頭桿螺紋部分之標稱拉力強度，依據主螺紋直徑之斷面積 A <sub>b</sub> ，須大於未放大部分 標稱桿身斷面積乘以標稱降伏強度 F <sub>y</sub> 值。				
[d]F10T 螺栓承受拉力疲勞載重時，其疲勞強度為 A490 螺栓之 0.95 倍，另見附錄 5。				
[e]續接拉力構材以承壓式接合時，螺栓及螺牙桿件排列形式，其在平行拉力方向上之 長度超過 125cm 時，表列各值須減少 20%。				

解說：雖然目前國家標準之高強度六角頭螺栓係以 JIS 為藍本，其最大直徑規格為 30mm(M30)，但因鋼構設計規範與相關施工規範係參考美國 AISC 規範，故設計時不可直接使用日本規範之螺栓設計強度，而為求設計精神與施工規範之一致，高強度螺栓之安裝與設計準則在我國之國家標準尚未訂定前，以符合美國結構接合研究學會 (Research Council on Structural Connections) 所認可之「ASTM A325 或 A490 結構接合螺栓規範」為原則。而本規範中係以 CNS 11328 F10T 六角頭螺栓為規定對象，M25 以下之螺栓，其安裝預力與設計強度係依據 A490 相同直徑螺栓的 95% 計算(陳生金、張敬昌 1983)，如使用 A325 及 A490 螺栓 (最大直徑規格為 38mm) 時可以由表 C10.3-1 及表 C10.3-2 求得相關參數。又如使用日本鋼結構協會 (JSS) 規格之 S10T 圓頭螺栓時，其設計強度則可比照 F10T 計算。

表 10.3-1 之螺栓最小預張力係以螺栓淨斷面積乘以螺栓拉力強度之 70% 計算而得，其中實際螺栓淨斷面積與單位長度之螺牙數目有關，一般可依螺栓不含螺牙面積之 75% 估算之。

A307 螺栓一般僅使用於承受靜載重之輕型結構，且因其預拉力不大，故僅能使用於承壓式接合而不得使用於摩阻型接合。A449 螺栓則建議使用於 M38 (A325 及 A490 規格之上限) 以上尺寸之螺栓使用，其淨斷面積標稱抗拉強度為 6.3 tf/cm<sup>2</sup> (M40-M75)。

表C10.3-1 ASTM螺栓最小預拉力

螺栓標稱直徑(mm)	A325 螺栓 (tf)	A490 螺栓(tf)
13 (1/2")	5.4	6.8
16 (5/8")	8.6	10.9
19 (3/4")	12.7	15.9
22 (7/8")	17.7	22.2
25 (1")	23.2	29.1
28 (1 <sup>1</sup> / <sub>8</sub> ")	25.4	36.3
32 (1 <sup>1</sup> / <sub>4</sub> ")	32.2	46.3
35(1 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> ")	38.6	54.9
38 (1 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ")	46.8	67.2
等於最小抗拉強度之0.7倍		

註：較常用之螺栓直徑為3/4"至1"

表C10.3-2 ASTM規格螺栓及螺牙桿件設計強度

	拉力強度		承壓式接合剪力強度		
	強度折減 係數 $\phi$	標稱應力強度 tf/cm <sup>2</sup>	強度折減 係數 $\phi$	標稱應力強度 tf/cm <sup>2</sup>	
A307 螺栓	0.75	3.15[a]	0.75	1.68[b][e]	
A325 螺栓、螺紋在剪力平面		6.30[d]		3.36[e]	
A325 螺栓、螺紋不在剪力平面		6.30[d]		4.20[e]	
A490 螺栓、螺紋在剪力平面		7.95[d]		4.20	
A490 螺栓、螺紋不在剪力平面		7.95[d]		5.25	
A449 螺桿、螺紋在剪力平面		6.30 (直徑 ≤ 25mm)		3.36 (直徑 ≤ 25 mm)	
		5.51 (38 mm ≥ 直徑 ≥ 27 mm)		2.94 (38 mm ≥ 直徑 ≥ 27 mm)	
		4.72 (直徑 ≥ 40 mm)		2.52 (直徑 ≥ 40 mm)	
螺牙桿件符合 3.4 節規定且螺紋在剪力平面				0.75F <sub>u</sub> [a][c]	0.40F <sub>u</sub>
螺牙桿件符合 3.4 節規定且螺紋不在剪力平面				0.75F <sub>u</sub> [a][c]	0.50F <sub>u</sub>
註：					
[a]僅適用於靜載重。					
[b]允許螺紋在剪力平面內。					
[c]擴頭桿螺紋部分之標稱拉力強度，依據主螺紋直徑之斷面積 A <sub>b</sub> ，須大於未放大部分標稱桿身斷面積乘以標稱降伏強度 F <sub>y</sub> 值。					
[d]對於 A325 與 A490 螺栓承受拉力疲勞載重，見附錄 5。					
[e]續接拉力構材以承壓式接合時，螺栓及螺牙桿件排列形式，其在平行拉力方向上之長度超過 125cm 時，表列各值須減少 20%。					

### 10.3.2 有效承壓面積

螺栓及螺牙桿件之有效承壓面積為其直徑與承壓長度之乘積。

### 10.3.3 設計拉力強度或剪力強度

螺栓與螺牙桿件之設計強度須為強度折減係數 $\phi$ 與表10.3-2所列螺栓及螺紋部未車牙之標稱斷面之標稱應力強度相乘積，惟擴頭桿例外。承受直接拉力載重之高強度螺栓，其強度須依據標稱斷面積計算，且不考慮初始旋緊力。計算之載重須為外在荷重與因接合部變形所導致槓檯作用拉力之和。

解說： 螺栓承受拉力載重時，通常會因接合部受力變形而伴隨產生彎矩，因此螺栓設計拉力強度之強度折減係數 $\phi$ 相當低。表10.3-2所示之標稱強度值係由下式求得

$$R_n = 0.75A_b F_u \quad (C10.3-1)$$

上式係考量高強度螺栓接頭而得 (Kulak et al., 1987)，該式亦可使用於螺牙桿件。

對僅用少量螺栓之接頭，其受剪應變對承壓型螺栓剪力的影響幾可忽略(Kulak et al. 1987 and Fisher et al. 1978)。對較長的接頭，不同的應變在螺栓間產生不均勻的力量分佈（接近端部的螺栓將分擔較大力量），因此須折減螺栓之強度。1978年之AISC鋼結構設計規範允許接頭長度在125cm以內之螺栓接頭，其螺栓之最大剪力強度不必折減。因此承壓式接頭螺栓剪力強度之強度折減係數 $\phi$ 已予調整以配合相同範圍之接頭長度。

表10.3-2中所示之標稱強度係以下式求得(Kulak et al. 1987)：

$$\text{螺紋不在剪力平面時} \quad R_n / mA_b = 0.5F_u \quad (C10.3-2)$$

$$\text{螺紋在剪力平面時} \quad R_n / mA_b = 0.40F_u \quad (C10.3-3)$$

其中，m為剪力平面數。本公式亦可適用於螺牙桿件。對A307螺栓，表列數值係由公式(C10.3-3)求得，與螺紋之位置是否在剪力面內無關。表C10.3-2中之A325螺栓，雖然直徑超過25mm以上時其最小規定抗拉強度 $F_u$ 較低(105 ksi)，惟考量已使用較低的強度折減係數、大尺寸螺栓的有效面積比值較大及其他補償因素，故設計強度不依螺栓尺寸區分之。

### 10.3.4 承壓式接合同時承受拉力與剪力作用

螺栓承受拉力及剪力同時作用時，其設計應使係數化載重所產生在標稱面積 $A_b$ 上之拉應力 $f_t$ 不超過表10.3-3所列公式計算之數值 $\phi F_t$ ， $\phi = 0.75$ 。同時係數化載重產生之剪應力 $f_v$ 須不超過表10.3-2之規定值。

表10.3-3 承壓型接合所用螺栓及螺牙桿件之極限拉應力( $F_t$ )， $\text{tf/cm}^2$ 

螺栓及螺牙 桿件種類	螺紋在剪力平面	螺紋不在剪力平面
A307螺栓	$4.13 - 2.5f_v \leq 3.2$	
F10T螺栓	$9.8 - 2.5f_v \leq 7.5$	$9.8 - 2.0f_v \leq 7.5$

解說：由試驗顯示，承受剪應力或拉應力共同作用之承壓式螺栓，其合應力強度變化之圖形幾近橢圓 (Kulak et al. 1987)。此一曲線見圖C10.3-4所示，如稍加以修改可用三段直線取代。取代後之圖形當其中之剪應力或拉應力相當大時，另外之拉應力或剪應力可不必再加修正。表10.3-3對承壓型螺栓採用此線性方法表示，對拉應力 $F_t$ 則限制其最大值，並以 $f_v$ 之函數來表示。

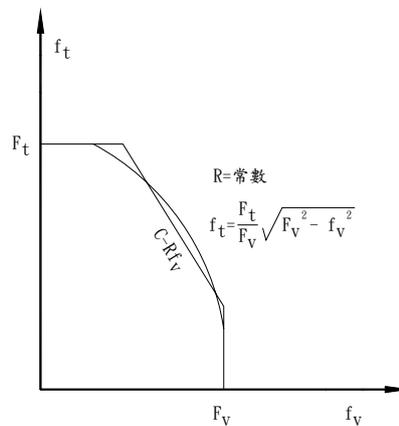


圖 C10.3-4 承壓式螺栓拉應力剪應力合應力強度圖

表C10.3-3 承壓型接合所用螺栓及螺牙桿件之極限拉應力( $F_t$ )， $\text{tf/cm}^2$ 

螺栓及螺牙 桿件種類	螺紋在剪力平面	螺紋不在剪力平面
A307螺栓	$4.13 - 2.5f_v \leq 3.2$	
A325螺栓	$8.19 - 2.5f_v \leq 6.3$	$8.19 - 2.0f_v \leq 6.3$
A490螺栓	$10.29 - 2.5f_v \leq 7.9$	$10.29 - 2.0f_v \leq 7.9$
A449螺栓	$6.17 - 2.5f_v \leq 4.7$	$6.17 - 2.0f_v \leq 4.7$

### 10.3.5 在工作載重下摩阻型接合之設計

摩阻型接合之設計抗剪力應利用表10.3-4數值乘以 $\phi=1.0$ ，但載重沿長槽孔之槽向時則取 $\phi=0.85$ 。工作載重下之螺栓剪力不得大於表列數值。當載重包括靜載重，活載重及風力或地震力時，其載重組合之總結果可乘以0.75。

在摩阻型接合上之螺栓亦承受拉力(T)時，表10.3-4所列容許剪力強度須乘以折減係數 $(1 - T/T_b)$ ，式中 $T_b$ 為表10.3-1所示最小預拉力。

表10.3-4 高強度螺栓容許摩阻剪應力強度[a]，tf/cm<sup>2</sup>

螺栓型式	容許剪應力強度			
	標準孔	擴大孔與短槽孔	長槽孔	
			載重平行於槽孔長向	載重垂直於槽孔長向
F10T	1.40	1.20	0.85	1.00

[a]潔淨銹皮與噴氣清除及表面塗以護膜者，其滑動係數應在0.33以上，或參考10.3.6節之滑動係數修正設計強度值。

解說：當摩阻型接合高強度螺栓發生滑動時，並不表示該接合已達到最大承載能力。發生滑動僅為一種使用性之極限狀態。惟當摩阻型接合承受反復載重而產生較大反復應力時，如發生滑動可能降低其疲勞強度。若在超大孔或槽孔之接合產生滑動，其剛體運動現象可能產生二次效應而降低結構物之載重能力。由於摩擦強度受到鋼板表面摩擦係數與螺栓安裝預張力大小所控制而有相當大的變異性，摩阻型接合之容許摩阻剪力強度大致為平均滑動強度的70%倍。此一設計標準約可達到90%可靠度。

當摩阻型接合在預期之使用載重下發生滑動而進入承壓情況之可能性不大時，該接頭仍須符合10.3.9節之規定，以防最大載重下發生接頭破壞。

表C10.3-4 高強度螺栓容許摩阻剪應力強度[a]，tf/cm<sup>2</sup>

螺栓型式	容許剪應力強度			
	標準孔	擴大孔與短槽孔	長槽孔	
			載重平行於槽孔長向	載重垂直於槽孔長向
A325	1.19	1.05	0.71	0.84
A490	1.40	1.20	0.89	1.05

[a]潔淨銹皮與噴氣清除及表面塗以護膜者，其滑動係數應在0.33以上，或參考10.3.6節之滑動係數修正設計強度值。

### 10.3.6 係數載重下摩阻型接合之設計

摩阻型高強度螺栓在係數化載重時之抗滑強度 $\phi R_{str}$ 應大於或等於其需求強度。 $R_{str}$ 依下式計算：

$$R_{str} = 1.13\mu T_b N_b N_s \quad (10.3-1)$$

其中，

$T_b$  = 螺栓最小預張力，見表10.3-1

$N_b$  = 接頭之總螺栓數

$N_s$  = 鋼板摩擦面數

$\mu$  = 鋼板接合面之滑動係數，依表面塗裝狀況選用下列數值或由試驗求得

=0.33，去除黑皮後未塗裝之鋼板面，或噴砂後進行A級塗裝之鋼板面

=0.50，噴砂後未塗裝之鋼板面，或噴砂後進行B級塗裝之鋼板面

=0.35，熱浸鍍鋅後進行表面粗糙化處理

$\phi$  = 強度折減係數

=1.0，標準孔

=0.85，超大孔及短槽孔

=0.70，垂直於在載重方向之長槽孔

=0.60，平行於在載重方向之長槽孔

解說：係數載重下之摩阻型接合強度係以平均試驗強度為計算基準，其強度因表面摩擦係數之增加而提高，基於可靠度之關係，螺栓依此設計仍有可能在設計載重下滑動而進入承壓階段，因此螺栓之極限強度仍以螺栓或鋼板之承壓強度為限。

### 10.3.7 拉力與剪力同時作用之摩阻型接合

在工作載重下摩阻型接合承受拉力作用時，依10.3.5節之計算值應再乘以一折減因子：

$$1 - \frac{T}{0.8T_b N_b}$$

在係數化載重下摩阻型接合承受拉力  $T_u$  作用時，依10.3.6節之計算值應再乘以一折減因子：

$$1 - \frac{T_u}{1.13T_b N_b}$$

其中， $T_b$  為高強度螺栓之預拉力，見表10.3-1。

### 10.3.8 螺栓孔大小及用途

1. 高強度螺栓之最大螺栓孔尺寸如表10.3-5所列。
2. 除設計者特別指定採用超大孔，短槽孔或長槽孔外，標準型螺栓孔一般用於桿件間之螺栓接頭。厚度小於6mm的填隙片可用於摩阻型接頭之螺栓標準型孔上，且螺栓剪力強度不需折減為槽孔之剪力強度。

表10.3-5 高強度螺栓之最大螺栓孔尺寸，mm

標稱直徑	孔徑(直徑)(mm)			
	d(mm)	標準	超大	短槽形(寬×長)
12	13.5	15	13.5×17.5	13.5×31.5
16	17.5	21	17.5×22.5	17.5×40.0
20	21.5	25	21.5×26.5	21.5×49.0
22	23.5	27	23.5×28.5	23.5×55.5
24	25.5	30	25.5×32.0	25.5×62.0
≥ 27	d+1.5	d+8	(d+1.5)×(d+10)	(d+1.5)×2.5d

3. 超大螺栓孔可用於摩阻型接頭之任何一層或所有各層之鋼板上，但不可用於承壓型之接頭。此種超大螺栓孔接頭之最外層鋼板必須採用強化墊圈。
4. 短槽螺栓孔可用於摩阻型或承壓型接頭之任何一層或所有各層之鋼板上。對摩阻型接頭而言，槽孔之長向可任意置放，而與受力方向無關；但對於承壓型接頭，其槽孔之長向必須與受力方向垂直。此種短槽螺栓孔接頭之最外層鋼板必須使用強化墊圈。
5. 長槽螺栓孔只限用於摩阻型或承壓型接頭某一接合面上。對摩阻型接頭而言，槽孔之長向可任意置放，而與受力方向無關；但對於承壓型接頭，其槽孔之長向必須與受力方向垂直。如長槽螺栓孔用於最外層之鋼板上，必須以具有標準螺栓孔之鋼板或鋼板條作為墊板，且此鋼板或鋼板條之大小必須完全蓋過此長槽螺栓孔。若所用之螺栓為高強度螺栓，這些作為墊板之鋼板或鋼板條之厚度必須大於 8mm，且其材質必須為結構用鋼材。若要使用經硬化處理之墊圈於高強度螺栓上，這些硬化墊圈必須放在作為墊板之鋼板或鋼板條之最外面。
6. 若直徑大於 25mm 之 F10T 高強度螺栓用於最外層具有槽孔或超大孔之螺栓接頭時，必須使用符合 CNS F10 且其最小厚度為 8mm 之硬化墊圈。

解說： 為了使構架在吊裝組合時有較大之彈性調整空間，表10.3-5提供了三種超大孔之型式及標稱最大尺寸，但使用時必須經原設計者認可。

這些超大孔限用於以螺栓組立之接頭，且須符合10.3.11節及10.3.12節之規定。

### 10.3.9 螺栓孔承壓強度

承壓型及摩阻型接合皆須檢核螺栓孔之承壓強度。當採用超大孔或平行於作用力方向之槽孔時，僅能採用摩阻型接合。

螺栓孔之承壓強度為  $\phi R_n$ ，其中， $\phi=0.75$ ， $R_n$  依下列公式計算：

1. 標準孔或摩阻型超大孔、短槽孔或作用力方向與槽之長向平行的摩阻型接合。

(1) 當螺栓孔附近之變形為設計之考量因素時

$$R_n = 1.2L_c t F_u \leq 2.4dt F_u \quad (10.3-2)$$

(2) 當螺栓孔附近之變形非為設計之考量因素時

$$R_n = 1.5L_c t F_u \leq 3.0dt F_u \quad (10.3-3)$$

2. 作用力方向與槽孔之長向正交的接合。

$$R_n = 1.0L_c t F_u \leq 2.0dt F_u \quad (10.3-4)$$

其中，

$R_n$  = 螺栓孔之標稱承壓強度

$L_c$  = 力量作用方向之淨距離，為兩個螺栓孔邊緣之距離或螺栓孔邊緣至結構  
桿件邊緣之距離

$t$  = 連接桿件之板厚

$F_u$  = 連接桿件之標稱張力強度

$d$  = 螺栓標稱直徑

解說： 本節不適用於樞梢孔之承壓強度。本節所規定之螺栓孔承壓值並非用來保護螺栓本身，螺栓承壓面不須保護。螺栓之承壓值與螺栓之剪力強度或剪力面有無通過螺紋等均無關，相同之承壓值可適用於所有以螺栓接合之接頭。

由試驗顯示(Kulak et al. 1987)，當螺栓孔之承壓應力超過式(10.3-2)及(10.3-4)所計得之值時，特別是在螺栓同時承受很大拉應力的情況下，螺栓孔附近之變形量將大於6mm，惟此時螺栓仍不致斷裂，而其標稱強度上限值即為式(10.3-3)所計得之值。

### 10.3.10 長夾距

若A307螺栓之夾距大於5倍之螺栓直徑，則夾距每增加1.5mm，所使用之螺栓數目就必須增加1%，且最大夾距不得大於8倍螺栓直徑。

解說： A307螺栓會因其接合部之夾距（締結物之厚度或螺栓頭與螺帽間之淨距）較長時而降低螺栓強度（可大致以隨夾距增加而增加螺栓數目來彌補）。高強度螺栓則不受夾距影響。由試驗顯示(Bendigo, Hansen, and Rumpf 1963)相當夾距為8至9倍螺栓直徑之高強度螺栓，其極限剪力強度並不低於較短夾距之同類螺栓。

### 10.3.11 最小間距

所有標準型孔、超大孔、及槽孔中心至中心之距離不得小於3倍螺栓之標稱直徑，並檢核10.3.9節之螺栓孔承壓強度。當沿作用力方向之螺栓孔尺寸較標準孔大時，螺栓孔間距所必須依據表10.3-6調整之增量。

表10.3-6 間距增量 $C_1$  (單位：mm)

螺栓及螺牙桿 件標稱直徑	超大孔	槽形孔		
		垂直於力量 之傳遞方向	平行於力量之傳遞方向	
			短槽孔	長槽孔[a]
≤ 22	3.0	0	5.0	1.5d-1.5
24	5.0	0	6.5	36.5
≥ 27	6.5	0	8.0	1.5d-1.5

註[a]：若所用之槽形孔長小於表10.3-5所規定之最大值，則 $C_1$ 按表10.3-5中所規定之最大值與實際上所用值之差予以減小。

解說： 螺栓孔最大承壓強度達到標稱強度 $R_n$ 時，螺栓中心沿作用力方向至接合部邊緣間之最小邊距不得小於該螺栓直徑之1.5倍(Kulak et al. 1987)。同理，欲達到最大承壓強度，從任一螺栓孔中心沿作用力方向至鄰近螺栓孔中心之距離不得小於該螺栓直徑的3倍。由試驗顯示，螺栓孔之承壓強度與前述定義之間距成正比，但前述間距超過3倍螺栓孔直徑時則承壓強度不再增加(Kulak et al. 1987)。

### 10.3.12 最小邊距

標準型螺栓孔中心至連接構件邊緣之距離不得小於表10.3-7所列之值，並檢核10.3.9節之承壓強度要求。

表10.3-7 最小邊距 (單位：mm) (標準型螺栓孔中心[a]至連接構件邊緣之距離)

螺栓及螺牙桿件 標稱直徑	剪 斷 邊	鋼板，型鋼或鋼條之軋壓 邊或熱切割邊[b]
13	22.0	19.0
16	28.5	22.0
20	32.0	25.0
22	38.0[c]	28.5
24	44.5[c]	32.0
27	50.0	38.0
30	57.0	41.0
> 30	1.75×直徑	1.25×直徑

[a]：對於超大孔或槽孔，參閱表10.3-8。  
 [b]：若構件在螺栓孔處之實際應力不大於此構件最大設計強度之25%，則此欄內之邊距可以減小3mm。  
 [c]：若角鋼用於樑之接頭，則其兩端之邊距可為32mm。

表10.3-8 邊距之增量 $C_2$  (單位: mm)

螺栓及螺牙桿 件標稱直徑	超大孔	槽形孔		
		垂直於構件之邊緣		平行於構件 之邊緣
		短槽形	長槽形[a]	
$\leq 22$	1.5	3.0	0.75×直徑	0
24	3.0	3.0		
$\geq 27$	3.0	4.5		

註[a]: 若所用之槽形螺栓孔小於表10.3-5所規定之最大值, 則 $C_2$ 可按表10.3-5中所規定之最大值與實際上所用值之差之一半予以減小。

解說: 螺栓孔之臨界承壓應力與承壓鋼材之張力強度、螺栓間距及沿作用力方向由螺栓孔中心至接合部邊緣間之距離等因素有關。由試驗顯示(Kulak et al. 1987), 螺栓孔的臨界承壓應力與接合鋼材張力強度的比值和螺栓沿作用力方向之間距與所用螺栓直徑之比值成線性關係。下式提供單根螺栓以標準孔接合, 由試驗數據所得之下限值, 此值並可保守地用於具適當間距之多根螺栓接頭:

$$\frac{F_{pcr}}{F_u} = \frac{\ell_e}{d}$$

其中,  $F_{pcr}$  = 臨界承壓應力,  $\text{tf/cm}^2$

$F_u$  = 接合部鋼材之標稱抗拉應力,  $\text{tf/cm}^2$

$\ell_e$  = 沿作用力方向由螺栓孔中心至最近之螺栓孔邊緣或連接板邊緣間之距離, cm

$d$  = 螺栓直徑, cm

### 10.3.13 最大邊距及間距

任一螺栓孔中心至最近之連接板邊緣之距離不得大於連接板厚度之12倍, 亦不得大於150mm。鋼板面間採連續密接時, 螺栓之縱向間距需符合下列規定:

- (1) 塗裝構材或不受腐蝕之未塗裝構材: 螺栓孔間距不得大於較薄板厚之24倍或300mm
- (2) 未經油漆處理而暴露於空氣中之耐候鋼之螺栓接頭, 其螺栓孔間距不得大於較薄板厚度之14倍或180mm。

解說: 螺栓孔之最大邊距不得大於接合部外側連接板厚之12倍, 亦不得大於15cm, 主要目的為避免油漆損壞時濕氣浸入而發生腐蝕現象, 甚至累積而迫使接合部位分離。至於曝露於大氣而未經油漆處理的鋼構接頭則需要更嚴格的規定。

## 10.4 設計斷裂破壞強度

### (1) 剪力撕裂強度

主要構件中，沿著剪力破壞路徑，其極限設計強度為  $\phi R_n$ 。

其中：

$$\begin{aligned}\phi &= 0.75 \\ R_n &= 0.6F_u \cdot A_{nv} \\ A_{nv} &= \text{剪力作用之淨斷面積}\end{aligned}\tag{10.4-1}$$

### (2) 張力斷裂強度

主要構件中，沿張力斷裂路徑上之極限設計強度為  $\phi R_n$ 。

其中：

$$\begin{aligned}\phi &= 0.75 \\ R_n &= F_u \cdot A_{nt} \\ A_{nt} &= \text{張力斷裂淨斷面積}\end{aligned}\tag{10.4-2}$$

### (3) 塊狀撕裂強度

塊狀撕裂強度為剪力撕裂強度及與其垂直面上張力斷裂強度之和，其設計強度為  $\phi R_n$ 。

當  $F_u A_{nt} \geq 0.6F_u A_{nv}$  時

$$\phi R_n = \phi(0.6F_y A_{gv} + F_u A_{nt}) \leq \phi(0.6F_u A_{nv} + F_u A_{nt})\tag{10.4-3}$$

當  $0.6F_u A_{nv} \geq F_u A_{nt}$  時

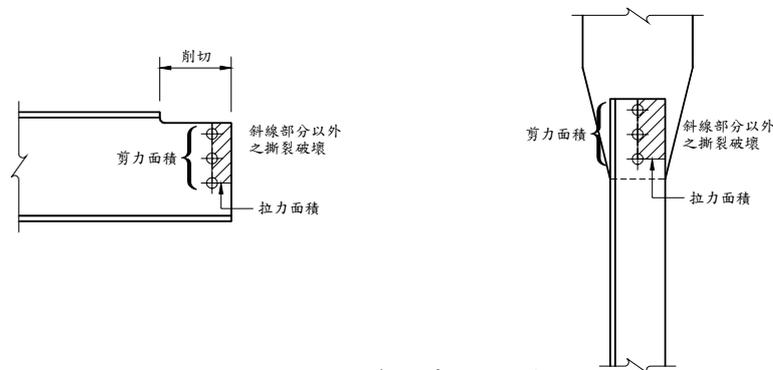
$$\phi R_n = \phi(0.6F_u A_{nv} + F_y A_{gt}) \leq \phi(0.6F_u A_{nv} + F_u A_{nt})\tag{10.4-4}$$

其中：

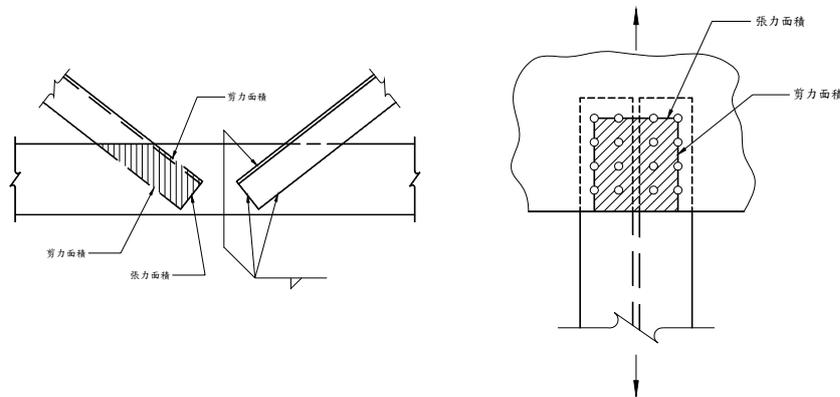
$$\begin{aligned}\phi &= 0.75 \\ A_{gv} &= \text{剪力全斷面積} \\ A_{gt} &= \text{張力全斷面積} \\ A_{nv} &= \text{剪力淨斷面積} \\ A_{nt} &= \text{張力淨斷面積}\end{aligned}$$

解說：由試驗顯示梁端翼板截除之接頭可能發生沿著螺栓孔周圍撕裂破壞之模式（如圖C10.4-1）。這種塊狀剪力模式係由一個斷面之張力強度及垂直此斷面之剪力強度組合而成。1989年版之AISC容許應力設計法規範所採用的分析模式為取張力淨斷面積強度及剪力淨斷面積破裂強度之和來估計塊狀剪力強度。剪力破裂強度取 $0.6F_u$ 。破壞路徑為取通過各螺栓孔中心之連線。塊狀剪力破壞模式在梁端翼板未截除之接頭亦可能發生。其他之例子見圖C10.4-2。在沿著銲接接合之周圍亦須檢核塊狀剪力破壞模式。

根據最近更多的試驗研究(Recles and Yura 1983, and Hardash and Bjorhovde 1985), AISC-LRFD規範已採用較保守的模式去評估塊狀剪力強度。以前的模式(AISC ASD 1989)為總和了二種互相垂直斷面的破裂強度,這表示此二斷面的極限破壞強度是同時發生的。但假如先在一個斷面上發生破壞,則其強度將會喪失,而全部力量必須由另一垂直斷面承受。根據試驗結果乃建議將一斷面的降伏強度加上另一垂直斷面的破壞強度可得到較為合理的結果。因此二者可能產生的塊狀剪力強度就可以計算出來;在受拉淨斷面上的張力破壞強度伴隨總剪力斷面的剪力降伏強度 $0.6F_y$ ,另一種為剪力淨斷面之破壞剪力強度 $0.6F_u$ 合併總受拉斷面上之降伏強度,如公式(10.4-1)、(10.4-2)。此與第五章受拉構材之理論一致,其總斷面積用來承受降伏限界而淨斷面積用來承受破裂限界。二式之控制式為產生較大力量者。此點可由圖C10.4-2中二個極端的例子來解釋,在左例中,全部的力量主要由剪力承受,因此為剪力破裂控制此塊狀剪力撕裂模式而非剪力降伏,所以使用(C10.4-4)式。在右例中,公式(10.4-3)中須達到受拉斷面破裂後塊狀撕裂模式才形成。如果公式(10.4-4)用來檢核右例(剪力面積很小,受拉面積很大),則將得到較小之值。事實上,當受剪面積愈來愈小至趨近於零時,右例中使用公式(10.4-4)所得到塊狀撕裂強度將全部由總受拉斷面積之降伏強度提供。塊狀撕裂為一種破壞或撕裂現象而非降伏限界,因此用來檢核此種情況之較適當公式為破壞強度項大於降伏強度項者。



圖C10.4-1 撕裂模式之破壞面



圖C10.4-2 剪力面積與張力面積示意圖

## 10.5 連接元件

本節應用於連接構件之設計，如：連接板、角鋼，托架以及梁柱接頭之接合區。

### 10.5.1 偏心接合

軸向應力構件交會時其斷面重心軸線宜交於一點，否則應考慮偏心而產生之彎曲應力和剪應力。

解說： 承受軸向應力構件平面交會時，其重心軸線除應交於一點外亦應考慮其面外之側向穩定性。如未能交會於一點，除應考慮前述現象及因偏心所產生之彎曲應力、剪應力及變形量與使用性外，亦應注意接合處面內之轉動穩定性。

梁端承受剪力之簡支接頭在實務上常未能接合於理論支點上，其因偏心產生之彎矩影響應予考慮。

### 10.5.2 連接元件之設計強度

以鉚道或螺栓接合之元件在張力作用下其設計強度 $\phi R_n$ 為連接元件之降伏強度、斷裂強度和塊狀撕裂三項中之最小者。

(1) 連接元件之拉力降伏強度

$$\begin{aligned}\phi &= 0.9 \\ R_n &= A_g F_y\end{aligned}\quad (10.5-1)$$

(2) 連接元件之拉力斷裂強度，在此 $A_n \leq 0.85A_g$

$$\begin{aligned}\phi &= 0.75 \\ R_n &= A_n F_u\end{aligned}\quad (10.5-2)$$

(3) 連接元件之塊狀撕裂強度依據10.4節計算。

其它連接元件，設計強度由 $\phi R_n$ 決定，其中， $R_n$ 是依據連接構件之幾何形狀與載重型式而計得之標稱極限強度。在剪力極限狀態依下式計算：

(1) 連接元件之剪力降伏強度

$$\begin{aligned}\phi &= 0.90 \\ R_n &= 0.6A_g F_y\end{aligned}\quad (10.5-3)$$

(2) 連接元件之剪力斷裂強度

$$\begin{aligned}\phi &= 0.75 \\ R_n &= 0.6A_n F_u\end{aligned}\quad (10.5-4)$$

當連結構件中受壓力時應分析其極限狀態下之受力行為。

解說： 由試驗顯示，當 $A_n/A_g \geq 0.85$ 時(Kulak et al. 1987)，在淨斷面積上之受拉斷裂強度達到之前，總斷面積上的降伏會先發生。因為連結構件之長度遠比構材長度為小，總斷面積僅能產生有限的非彈性變形量，因此連結構件於計算斷裂強度時其有效淨斷面積 $A_n$ 應限制在 $0.85A_g$ 內，以便反應此有限之非彈性變形量及提供較佳之承載。

## 10.6 填板

螺栓接合，除使用摩阻型強力螺栓外，如其填板之厚板超過6mm時，填板應延伸至連接板外，在其延伸之長度內應配置足夠之螺栓，使構材之應力均勻傳遞於構材與填板之組合斷面。當填板厚度介於6mm與19mm之間，且未依規定延伸至連接板外，螺栓之容許剪應力須乘以 $(1.1 - 0.16t)$ 折減之，其中， $t$ 為填板之總厚度（公分），且不大於19mm。如採用銲接接合，填板之厚度超過6mm時，填板須延伸至連接板外，且應以足夠之銲道將連接板全部應力經填板傳遞至構材，並應考慮偏心之影響。厚度6mm以下之填板可裁成與連接板齊平，其銲接尺寸應為傳遞連接板應力所需之尺寸及填板厚度之和。

解說： 以高強度摩阻型螺栓接合之接頭，不須以額外的螺栓來固定填板即可達各剪力接合構件發揮整體效果。此種接頭之接合部與填板間之摩阻效果與無填板之接頭相同。

填板亦可使用於以銲接方式疊接不同板厚之續接接頭或有錯位續接的情況。

## 10.7 續接

### 10.7.1 梁之續接

在板梁及梁中之開槽銲續接，其強度應發展至較小續接斷面之全部強度，在板梁和梁中之其它種型式之續接強度，應為續接點所需抵抗之作用力。

### 10.7.2 巨型斷面之續接

本節應用於厚度超過40mm之熱軋型鋼或由厚度超過 50mm之鋼板以銲接方式組合而成之組合型鋼斷面，其續接斷面受拉力或彎矩所產生之主要拉應力所作用。

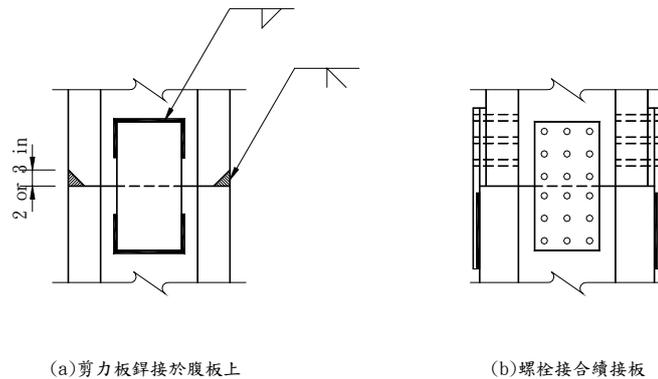
當這些斷面之拉應力由全滲透開槽銲之續接所傳遞時，其母材於21°C時應具有 27焦耳(J)之CVN衝擊能量，且應滿足相關之加工、預熱、銲接與檢驗要求，以槽銲續接時之預熱溫度並應高於175°C。此斷面於拉力續接時，銲接之起弧板導板應切除且表面須磨平。此外受壓構材以及因風力與地震力作用之受拉構材續接時，可使用續接板來達成，以避免過度之銲接收縮應變。

解說： 巨型斷面以銲接方式續接時，因熱量輸入較大，在冷縮過程中容易產生變形，故銲道設計時在對稱位置宜為相同之銲法且能夠同時進行銲接為原則，並須配合預熱、後熱及銲道非破壞檢驗等措施以避免扭曲並確保銲接品質。

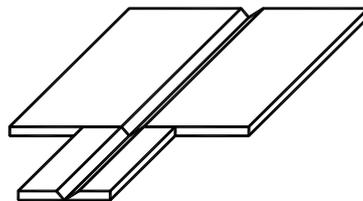
由於銲接過程的反復加熱及冷卻將造成銲道附近金屬之不均勻膨脹及收縮，造成殘留應變的產生，當構件之間有極大的銲量無法自由收縮時，此種應變可能超過降伏應變，特別是當材料相當厚時，厚度方向與長、寬二方向對銲道造成束制而形成三軸應力，而限制鋼材延展性變形的能力，可能造成脆性斷裂。過去曾有不少巨型斷面，在以銲接方法續接時，當銲接完成時即因此種殘留應力之影響而產生斷裂，因此對此類構件需要續接時須加特別之規定，一般可採用螺栓續接或填角銲搭接，或是以銲接與螺栓組合的方式續接以避免銲接收縮造成斷裂（見圖C10.7-1）。

由於巨型斷面之材質常因軋製過程而致其衝擊韌性較低，故對材質須規定其最小衝擊能量值。

對銲接頭或填角銲接頭之起點及終點二端應銲上與接頭同樣開槽方式之首尾導銲板，並於電銲完成後予以切除並磨平，以防銲接缺陷之發生（見圖C10.7-2）。



圖C10.7-1 巨型斷面之續接



圖C10.7-2 導銲板

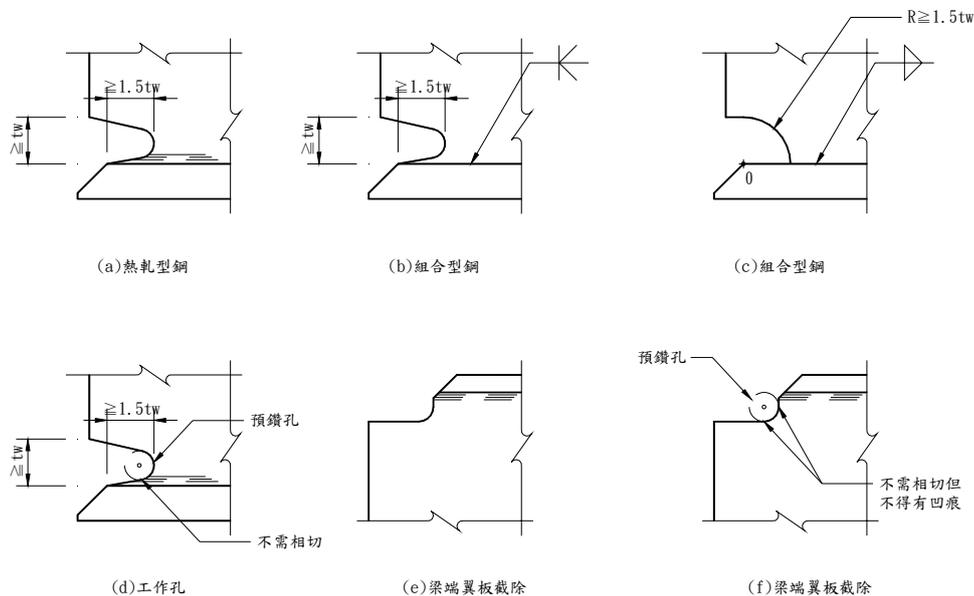
### 10.7.3 梁翼板切除與扇形銲接孔

所有扇形銲接孔之長度須能使得銲接處離預定銲道趾部之距不大於開孔之1.5倍。扇形銲接孔之高度應足夠容納與鄰接板間之銲材且提供墊板之空隙。梁翼板切除與扇形銲接孔採熱切割時表面應加以磨平以消除其刻痕或尖銳之凹角。對於巨型型鋼及厚度超過50mm之組合金鋼，並應使用磁粉探傷或滲透液探傷法檢驗之。若扇形銲接孔或梁翼板切除之彎曲轉變段以預先鑽孔或鋸孔，則不需再磨平。

解說： 巨型斷面續接時銲接之表面處理及細部方面除須滿足一般規定外，另須符合下列規定：

1. 採用較大且平滑的扇形銲接孔以減少銲接的收縮應變，避免垂直方向之銲接過於接近，並在孔位的準備、銲接與檢測上提供良好工作性，且應避免製作扇形切角時可能產生之尖銳凹痕或裂痕，圖C10-7-3所示為幾種可行方法。
2. 熱切割前必須預熱以減少硬表層的形成。
3. 切割面必須研磨或加工並以磁粉探傷或滲透液探傷檢測，可去除硬表層及保持平滑轉接面。

桁架弦材、撓曲構件拉力側的翼板及其他承受拉力的巨型斷面，接合之設計與製造過程均須符合上述之規定。



圖C10.7-3 扇形銲接孔之施工

## 10.8 承壓強度

承壓表面之設計強度為  $\phi R_n$ ，其中， $\phi = 0.75$ ， $R_n$  為標稱承壓強度，其定義如下：

1. 經研磨之表面或擴孔、鑽孔及搪孔之樞梢承壓加勁板之端部

$$R_n = 1.8F_y \cdot A_{pb} \quad (10.8-1)$$

其中：

$$F_y = \text{規定最小降伏應力，tf/cm}^2$$

$$A_{pb} = \text{投影承壓面積，cm}^2$$

2. 滾動支承和搖動支承

$$R_n = 1.2(F_y - 0.91)\ell d/20 \quad (10.8-2)$$

其中：

$$d = \text{直徑，cm}$$

$$\ell = \text{承壓長度，cm}$$

解說： 本規範所指的「研磨或加工表面」包含以任何適當的方法精確地鋸平或修平達到真實平面即可。

## 10.9 混凝土之承壓強度

混凝土之設計承壓強度為  $\phi_c P_p$ ，其計算如下

$$\phi_c = 0.6$$

由混凝土之全部面積支承

$$P_p = 0.85f'_c A_1 \quad (10.9-1)$$

承壓面積小於混凝土全部面積

$$P_p = 0.85f'_c A_1 \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \quad (10.9-2)$$

$$A_1 = \text{鋼材在混凝土支承上之承壓面積，cm}^2$$

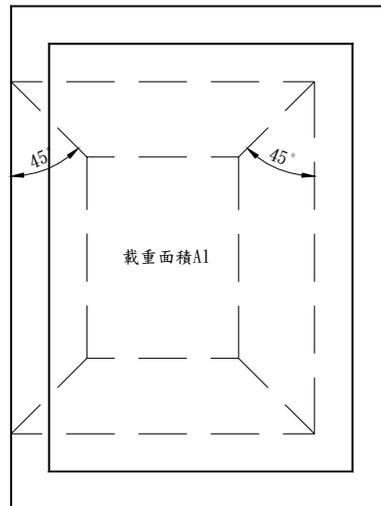
$$A_2 = \text{在混凝土支承面上與載重面積同心且幾何圖形相似之最大面積，cm}^2$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 2$$

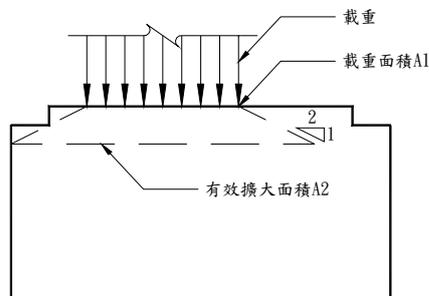
解說： 此節對混凝土承壓強度所用  $\phi = 0.6$  與 ACI 規範所使用之  $\phi = 0.7$  不同，其差別係因 ACI 所採用之載重係數較大的緣故。

當基板承壓面積之四周均小於混凝土基座之支承面積時，周圍之混凝土可對承壓區產生圍束作用，故可依  $\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 2$  來提高承壓強度。當支承基

座之頂部為截頭錐形或階梯形時，只要其周圍的坡度不致太陡，則可利用此種圍束之效果。圖C10.9-1說明如何應用截頭錐來決定 $A_2$ ，圖中所示截頭錐之坡度與載重向四周擴散及向下傳遞之路徑不同，實際傳遞之坡度較為陡峭。截頭錐之四周坡度取較為平緩之坡度係為確保高承壓應力區之周圍立即有混凝土圍束。 $A_1$ 為載重面積但不得大於基板面基或承壓基座之斷面積。



平面圖



剖面圖

圖C10.9-1 有效截頭錐面積

## 10.10 錨栓和埋置

### 10.10.1 錨栓

錨栓之設計需能抵抗在各種載重組合下，柱端所承受之拉力和剪力，包含由柱底部束制產生之彎矩所引致之淨拉力分量。埋置之錨栓可使用高強度錨栓，必要時可施加預力錨定於混凝土結構。

解說： 將錨栓設置於混凝土結構內時，澆灌混凝土之前避免以電銲方式先予固定，如電銲無法避免，錨栓之材質應選用可銲性鋼材，以免產生脆化現象。

柱基如以鉸接的方式進行分析時應考慮接頭應具有足夠的轉動能力，否則勁度應合理模擬以分析柱底部束制所產生之彎矩。

為減少長細高聳結構物之撓度及減低錨栓受疲勞影響，得採用高強度錨栓。預力錨栓之錨定板須有足夠的勁度以防承壓而變形，同時螺桿須被覆潤滑材料以利施加預力。錨栓設計時須考慮適當的錨栓變形長度以便施加預力並有效傳遞至錨定結構。

CNS 4426 B2246基礎螺栓之基本強度區分為3.6（3代表最小抗拉強度為 $300\text{N/mm}^2$ ，6表示降伏應力之最小值為抗拉強度的60/100），因其強度較低（抗拉強度 $3\text{tf/cm}^2$ ，降伏強度 $1.8\text{tf/cm}^2$ ）且制式形狀與建築常用規格不同，故較少使用。ASTM A307螺栓一般僅使用於無預力施加需求之基礎螺桿。A449則建議使用於螺桿與高強度錨定螺栓使用，其標稱抗拉強度隨直徑之增加而減小，分別為 $8.4\text{tf/cm}^2$ (M6-M25)、 $7.35\text{tf/cm}^2$ (M27-M38)、 $6.3\text{tf/cm}^2$ (M40-M75)。因A307、A449主要為材料規格，設計圖說仍需就錨定螺栓訂定其幾何形狀等。ASTM F1554則為已包含彎勾、錨頭等多種制式之錨定螺桿規格，其標稱抗拉強度分為 $2.52\text{tf/cm}^2$ 、 $3.85\text{tf/cm}^2$ 及 $7.35\text{tf/cm}^2$ 三種等級。

### 10.10.2 埋置物

混凝土中埋置物之設計需能安全支承其上之載重，故其埋入深度需有一適當之安全因子，以確保埋置強度不會因支承混凝土結構之局部或全部破壞而折減。

利用螺栓，鋼釘及鋼棒所構成之埋置構件，以抵抗拉力載重時，設計時需將載重藉握裹力、剪力、承載力或聯合作用力，傳遞至混凝土上。

剪力載重應考慮經由埋置部分傳至混凝土，其傳遞係藉剪力樺或剪力摩擦來傳遞。

抵抗剪力之摩擦力依下式計算

$$V = \mu P \quad (10.10-1)$$

其中：

$P$  = 垂直力

$\mu$  = 摩擦係數

當鋼構件與混凝土接觸面之埋置深度大於支承板厚時，摩擦係數 $\mu$ 取0.9，當鋼構件與混凝土（或灌漿）之接觸面與混凝土表面一致時 $\mu$ 取0.7，若鋼構件與灌漿接觸面高於混凝土體之表面，則 $\mu$ 取0.55。

解說：(1)錨栓需有適當的錨錠長度，錨頭（或錨板）亦需有足夠的承壓面積。為確保超載時錨栓仍有韌性行為，混凝土應力錐之抗拉出設計強度 $\phi R_n$ 必須大於錨栓之最小規定抗拉強度 $F_u A_t$ 。混凝土抗拉出應力錐（見圖

C10.10-1) 之設計強度等於  $[\phi \times (\text{混凝土抗拉標稱應力強度}) \times (\text{錨栓群應力錐之有效投影面積})]$ 。其中， $\phi=0.75$ ，混凝土抗拉標稱應力強度  $=1.06\sqrt{f'_c} \text{ kg/cm}^2$ 。如果錨栓間距太近或離混凝土基座之邊距太小，其投影面積須扣除應力錐重疊部分及超出混凝土基座邊緣的面積，同時有效面積亦受混凝土總厚度的限制（見圖C10.10-2）。

(2) 錨栓過於接近混凝土基座的邊緣時，錨頭附近之混凝土由於周圍側向束制情況不同，可能會產生向外爆開現象（見圖C10.10-3）。此種現象係由於錨頭附近受高承壓力所致，可能爆開之形狀類似水平向外之受張應力錐。

(3) 錨栓藉摩擦力傳遞剪力時其設計剪力強度如下：

$$V_u \leq \phi A_{vf} \mu F_y$$

其中，

$F_y$  = 錨栓之降伏強度， $\text{tf/cm}^2$

$A_{vf}$  = 錨栓之張力面積， $\text{cm}^2$

$\phi$  = 強度折減係數 = 0.75

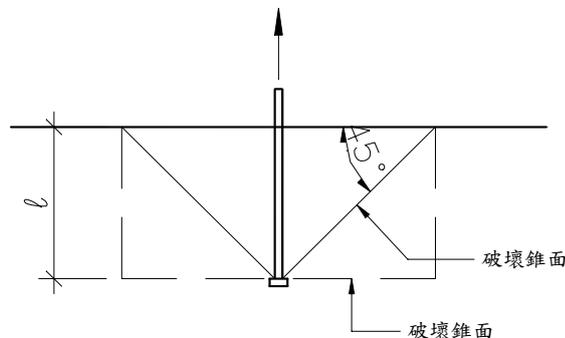
$\mu$  = 摩擦係數（見圖C10.10-4）

(4) 承受剪力之錨栓如過於接近混凝土基座邊緣，當剪力往外側方向作用時，在未完全發揮摩擦力之前，由於錨栓之變形會產生半圓錐形向外劈開之破壞模式（見圖C10.10-5），半圓錐形頂端位於錨栓上部與混凝土承壓處，為使錨栓達到最大剪力強度，必須保留適當的邊距。

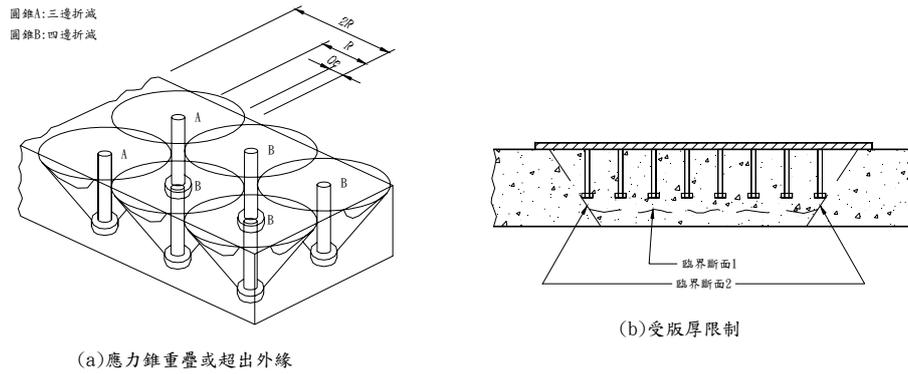
(5) 當埋置深度或邊距無法達到需求時，應以鋼筋補強之。

(6) 錨栓之承壓強度除須考慮錨栓本身之剪力與拉力之合應力外，亦須考慮混凝土應力錐同時承受剪力與拉力之影響。

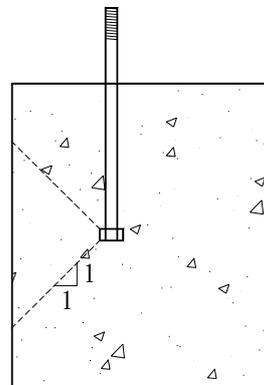
(7) 當柱基之剪力非由錨栓承受，而以剪力突出物（剪力樺）傳遞剪力至混凝土基座時，基板及剪力樺須有足夠的勁度以免過度變形而致混凝土局部承壓力集中。同時由於剪力作用位置與抵抗中心間之偏心彎矩應計入整體基板設計中（見圖C10.10-6）。



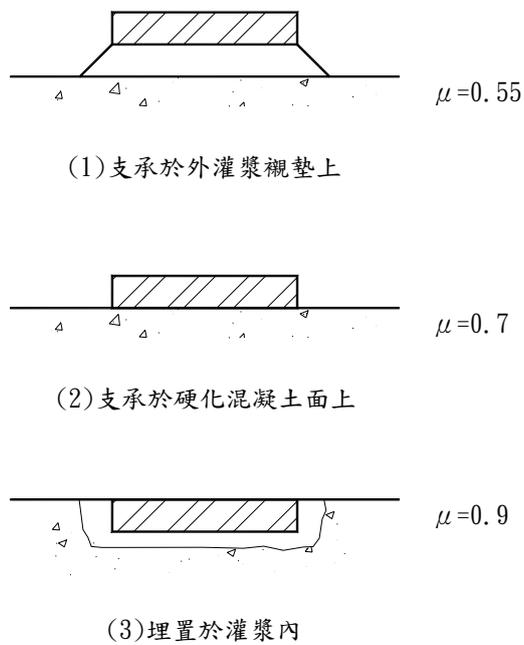
圖C10.10-1 混凝土抗拉出應力錐



圖C10.10-2 混凝土應力錐有效投影面積



圖C10.10-3 錨頭附近可能爆開模式



圖C10.10-4 基板支承情況

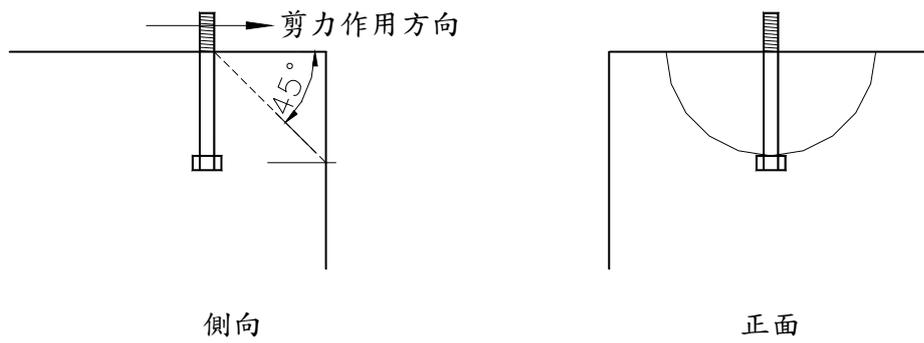
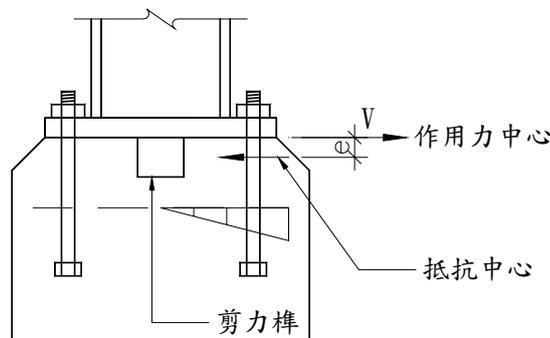


圖 C10.10-5 剪力向外側作用可能劈開模式



圖C10.10-6 剪力樁及二次彎矩示意圖

### 10.11 符號說明

- $A$  = 斷面積
- $A_b$  = 螺栓標稱斷面積， $\text{cm}^2$
- $A_b$  = 擴頭桿在主螺紋直徑處的斷面積， $\text{cm}^2$
- $A_e$  = 有效淨斷面積， $\text{cm}^2$
- $A_g$  = 全斷面積， $\text{cm}^2$
- $A_n$  = 受軸拉桿件之淨斷面積， $\text{cm}^2$
- $A_{pb}$  = 投影承壓面積， $\text{cm}^2$
- $A_1$  = 支承於混凝土之鋼材承壓面積， $\text{cm}^2$
- $A_2$  = 在混凝土支承面上與載重面積同心且幾何形相似之最大面積， $\text{cm}^2$
- $C_1$  = 擴大孔及槽孔計算螺栓最小間距之間距增量。
- $C_2$  = 邊距增量。
- $F_{BM}$  = 母材標稱應力強度， $\text{tf}/\text{cm}^2$
- $F_w$  = 鐸材標稱應力強度， $\text{tf}/\text{cm}^2$

$F_t$	=螺栓及螺牙桿件極限拉應力強度，tf/cm <sup>2</sup>
$F_v$	=螺栓及螺牙桿件極限剪應力強度，tf/cm <sup>2</sup>
$F_u$	=鋼材或螺栓及螺牙桿件之標稱拉力強度，tf/cm <sup>2</sup>
$F_y$	=鋼材之標稱降伏應力，tf/cm <sup>2</sup> ，本規範中「降伏應力」係指規定最小降伏點（鋼材具降伏點者）或規定降伏強度（鋼材未具降伏點者）。
$J$	=斷面之扭轉常數，cm <sup>4</sup>
$L_c$	=槽形剪力接合器之長度，cm
$N_b$	=螺栓總數
$N_s$	=滑動面總數
$p_p$	=混凝土承壓強度，tf
$R$	=支承反力或集中載重，tf
$R_{str}$	=摩阻型接合之抗滑強度。
$R_n$	=標稱強度
$T$	=螺栓承受之拉力，tf
$T_b$	=強力螺栓之規定預拉力，tf
$V$	=剪力，tf
$V$	=摩擦力，tf
$V$	=梁柱接頭區之剪力強度，tf
$d$	=接合器標稱直徑，cm
$d_h$	=標準孔之直徑，cm
$f_c'$	=混凝土之規定抗壓強度，tf/cm <sup>2</sup>
$f_t$	=螺栓之計算拉應力，tf/cm <sup>2</sup>
$l$	=銲道長度，cm
$t$	=接合部之厚度，cm
$\mu$	=摩擦係數
$\phi$	=強度折減係數