

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適合之方法設計之：

- (1)依組合載重；
- (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、維護容易為原則，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

除設計圖說另有規定外，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，應使用銲接或摩擦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，亦應使用銲接或摩擦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組合載重所產生之拉力。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，接合處之計算應力至少應能承受3噸之載重。

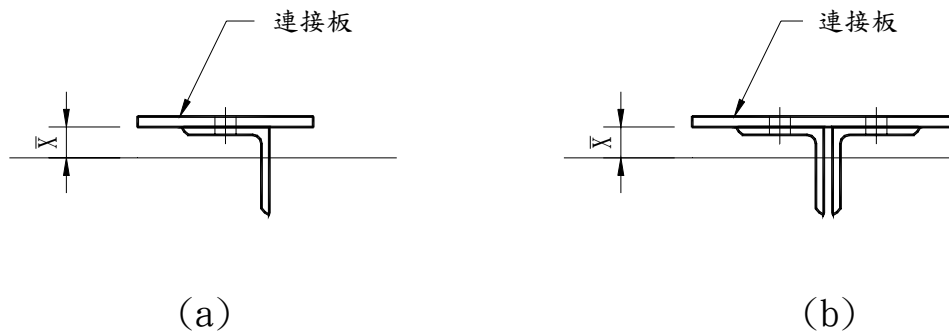
10.1.7 銲接與螺栓之配置

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。

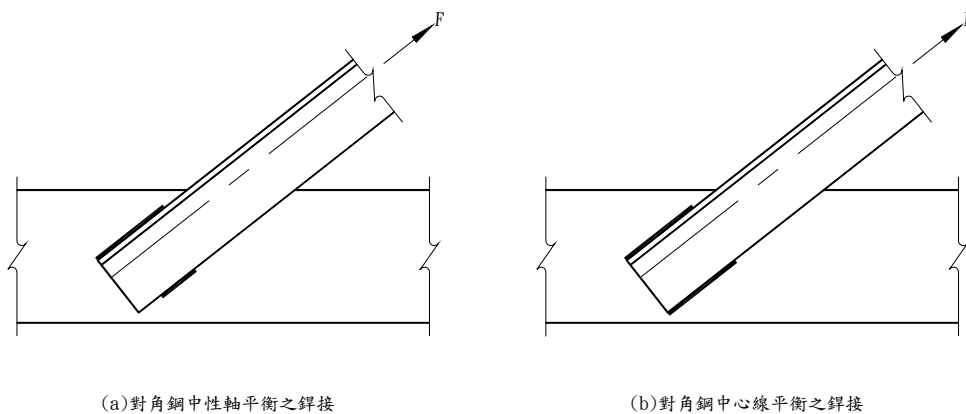
解說： 承受軸力之單角鋼和雙角鋼構材端部以螺栓接合時，構材斷面重心軸與接合螺栓重心間之輕微偏心對構材靜態載重強度之影響極小，一般均予忽略。由文獻(Gibson and Wake 1942)得知類似情形亦可使用於承受靜態載重構材之銲接接合。

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(Galambos 1978)，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

承壓型接合之螺栓或高強度螺栓不得視為與銲接共同分擔應力，而應由銲接承擔接合之全部應力。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，若現存之高強度螺栓已栓緊至摩阻型螺栓之要求時，則可用以承受原有靜載重之應力，而銲接僅分擔額外要求之應力。

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抗滑面之密接作用，致影響其抗滑強度。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，可假定螺栓之滑動業已發生且已進入承壓狀態，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翼板或梁腹板栓接）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)在設計圖上註明之其它接合。

上列以外情況之接合，可使用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板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)	所有位置	單斜或V接頭 $\geq 60^\circ$	槽深
潛弧銲接(SAW)			
氣體遮護金屬電弧銲接(GMAW)		單斜或V接頭 $< 60^\circ$ 但 $\geq 45^\circ$	槽深減3mm
包藥銲線電弧銲接(FCAW)			

喇叭形開槽鐸，若為與實心圓桿或 90° 彎折之斷面之表面齊平時，其有效喉厚，如表10.2-2所示。惟須由各鐸接程序之鐸接成品中抽取樣品，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，位於鐸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 喇叭形開槽鐸之有效喉厚

鐸道類型	有效喉厚
單斜喇叭形開槽鐸	5R/16
喇叭形開槽鐸	R/2 [a]
註[a]：當 $R \geq 25\text{mm}$ 時使用氣體被覆電弧 （短電弧鐸接方法除外）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

部分滲透開槽鐸有效喉厚之最小尺寸如表10.2-3。鐸接最小尺寸係由接頭之兩部分中較厚板決定，惟鐸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，以得到良好之鐸接品質。

表10.2-3 部分滲透開槽鐸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：鐸接設計應考慮母材之可鐸性、鐸材與母材之匹配、鐸接效率、疲勞強度、鐸接變形及接合板挫屈等因素，以及儘可能使製作、安裝和維護簡易並避免因鐸接冷縮引起層狀撕裂現象。

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

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

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材質及開槽之首尾導銲板，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。

有關銲接施工之相關規定參照鋼結構施工規範辦理。

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。

- (1) 沿接合鋼板邊緣之填角銲最大尺寸為：

沿厚度小於6mm含鋼板邊緣銲接時，填角銲最大尺寸不得大於鋼板厚度。接合鋼材厚度大於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。受拉扁鋼之端部接合僅使用軸向填角銲時，各填角銲長度不得小於銲接線之間距。用於拉力構材端部接合之軸向填角銲之橫向間距，除構材係依4.3節之有效淨面積所設計者外，不得大於200mm。
- (3) 如設計所需強度小於連續填角銲最小容許尺寸之銲接強度時，得使用斷續填角銲以傳遞通過接頭或接合面之應力。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40 mm。

- (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) 接合部或構材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。

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	

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喉厚內。於填角銲之腳長超過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

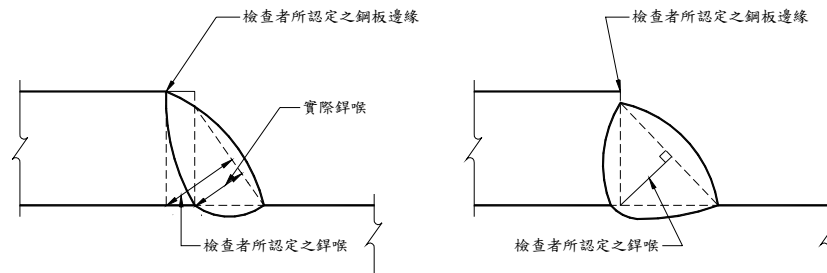
表10.2-4提供各種板厚之填角銲最小尺寸，此項最小尺寸並非基於強度需求，而是考慮厚鋼板用小銲接尺寸會因輸入熱量不足而致銲材與母材無法完全融合，及因冷卻過速而致銲道脆化失去韌性，更可能會因厚母材的冷縮產生束制而致銲道開裂。在使用手銲銲接法時，一道銲道施

作所能達到的最大角銲尺寸為8mm，故以8mm填角銲做為厚度19mm以上鋼板之最小銲接尺寸，但仍須符合AWS D1.1對於預熱及中間銲道溫度之規定。

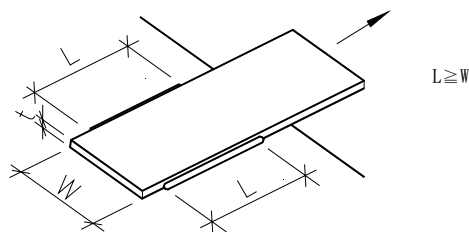
表10.2-3所示為部分滲透開槽銲之最小有效喉厚，其中鋼板厚度超過150mm時，最小喉厚為16mm。然而表10.2-4中對於填角銲鋼板厚度超過19mm時，填角銲之最小腳長尺寸只有8mm。最小部分滲透開槽銲比最小填角銲所增加之銲接尺寸，是為使銲道尺寸與板厚之比例較為合理。

為方便檢驗者量取銲腳尺寸，板厚達6mm以上時填角銲應自銲接處之鋼板外角邊緣後退1.5mm（見圖C10.2-1）。

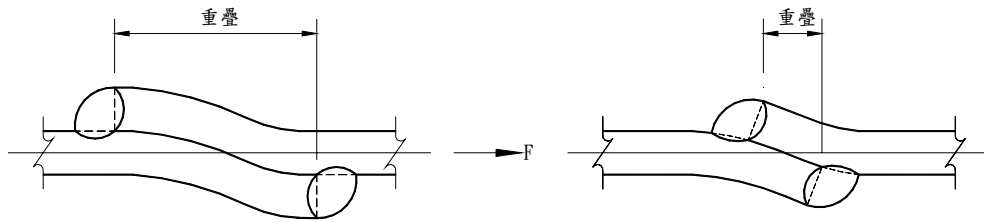
接合處只沿作用力方向採用縱向填角銲時（圖C10.2-2），10.2.2節2款所規定每一銲道長度至少須等於接合板之寬度是因為考慮剪力遲滯的關係，惟亦可參考4.3節之規定設計。如搭接接頭之最小疊合長度大於5倍較薄板厚時（見圖C.10.2-3），受拉時所產生之接頭轉動將不致過大。填角銲搭接接合處除非由如圖C10.2-4(a)所示之力束制，否則承受拉力時會如圖C10.2-4(b)所示張開且在銲接根部產生撕裂現象。轉角銲接（見圖C10.2-5）並未明顯增加接合強度，惟增加轉角銲接可增加銲接長度，對承受反復載重之簡支接頭可提高其疲勞抵抗。且可增加接頭之塑性變形能力。規範中之銲接承載能力及接頭承載能力並未考慮轉角銲接之存在，然經研究顯示，轉角銲接雖對強度無明顯之提昇，卻可大幅提昇接頭之塑性變形。惟對無法進行轉角銲接之接頭，若能提供足夠之銲接尺寸，且疲勞問題並非設計之主要考量時，仍可達到接頭之需求。



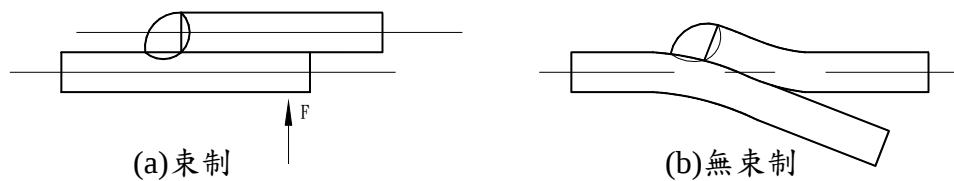
圖C10.2-1 填角銲尺寸之認定



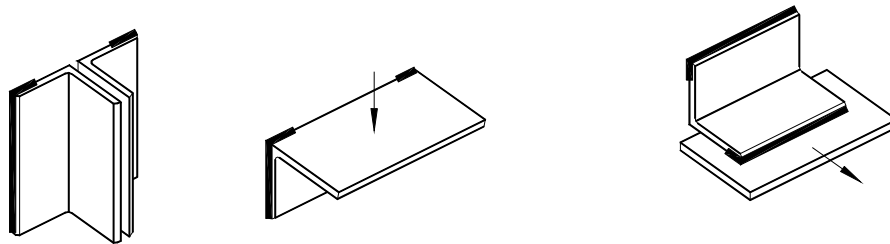
圖C10.2-2 縱向填角銲



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 轉角鉚接

10.2.3 塞孔鉚與塞槽鉚

1. 有效面積

塞孔鉚與塞槽鉚之有效剪力面積，為其接合平面上圓孔或槽孔之標稱面積。

2. 限制

- a. 塞孔鉚或塞槽鉚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。
- b. 塞孔鉚之孔徑，不得小於開孔板厚加8mm，並以1.5mm向上進位，亦不可大於鉚接厚度之2.25倍。
- c. 塞孔鉚之最小中心間距應為孔徑之4倍。
- d. 塞槽鉚之長孔長度不得超過鉚接厚度之10倍。
- e. 槽孔寬不得小於開孔板厚加8mm，並以1.5mm向上進位，亦不得大於鉚接厚度之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。

f.塞槽鉚並排時，其最小中心間距，應為槽孔寬之4倍，塞槽鉚縱排時，其最小中心間距應為槽孔長之2倍。

g.塞孔鉚或塞槽鉚之鉚厚，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 容許應力

除依第十一章之規定設計者外，鉚接之容許應力應符合表10.2-5之規定。

解說： 鉚接強度係由母材或鉚材二者之強度決定。

表10.2-5中填角鉚之容許應力係根據有效喉厚決定，而接合部母材之強度則是由其厚度決定。圖C10.2-6說明填角鉚及母材之剪力面：

a.剖面1-1之強度係由母材A之剪力強度決定。

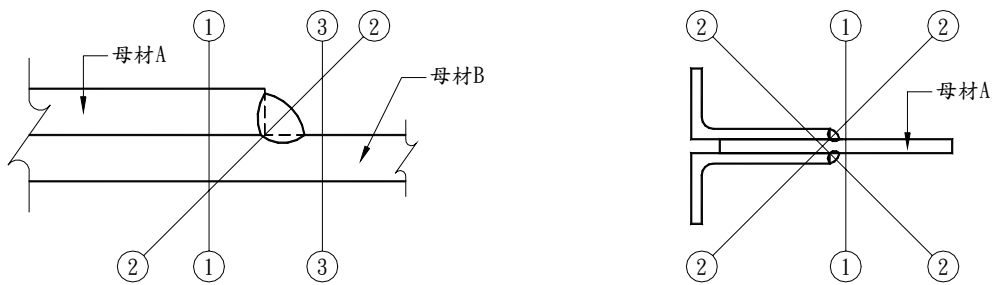
b.剖面2-2之強度係由鉚材之剪力強度決定。

c.剖面3-3之強度係由母材B之剪力強度決定。

鉚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取離開鉚接熔合區以外的位置，由試驗(Preece 1968)顯示母材與鉚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鉚接熔合區所控制，其容許剪應力為較低強度母材之拉力強度乘0.3倍。

當部分滲透開槽鉚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 銲道之容許應力[e]

銲道與應力型態[a]	容許應力	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	同母材	須採相稱之銲材
垂直於有效面積之壓應力	同母材	可採小於或等於相稱銲材[g]
平行於銲軸之拉應力或壓應力	同母材	
有效面積上之剪應力	0.3×(銲材標稱拉應力強度)	
部分滲透開槽銲[f]		
垂直於有效面積之壓應力	同母材	可採小於或等於相稱銲材[g]
平行於銲軸之拉應力或壓應力[d]	同母材	
平行於銲軸之剪應力	0.3×(銲材標稱拉應力強度)	
垂直於有效面積之拉應力	0.3×(銲材標稱拉應力強度) 但母材上之張應力<0.6× (母材降伏應力)	
填角銲		
有效面積上之剪應力	0.3×(銲材標稱拉應力強度)	可採小於或等於相稱銲材[g]
平行於銲軸之拉應力或壓應力[d]	同母材	
塞孔銲或塞槽銲		
與接觸面平行之剪應力 (在有效面積上)	0.3×(銲材標稱拉應力強度)	可採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]接合材料之設計依第五~七章之規定及10.2.4節解說之說明。		
[f]部分滲透開槽銲之限制見10.2.1節。		
[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（開槽銲、填角銲、塞孔銲、塞槽銲）時，應對銲道群之中心軸分別計算各銲道類型之容許承載，以決定其組合之容許承載。

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 50kg/mm^2 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 40kg/mm^2 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 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定。

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F10之相稱螺帽。

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F436之墊圈置於螺栓頭下，且螺帽須合於A563之規定。組合時，所有接合面，包括與墊圈之接觸面，除緊密之鐵銹外，須無銹污。除以下所述之外，所有F10T螺栓須旋緊至不少於表10.3-1所列之螺栓拉力，並須用旋轉螺帽法、直接拉力指示器或扭力扳手旋緊。

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所列承壓式接合之容許應力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 F10T(S10T) 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	

解說：目前國內所生產、使用之結構用高強度螺栓主要有美國ASTM規格：A325及A490螺栓及日本JIS規格F10T螺栓。同時生產日本及美國規格之螺栓，乃因目前國內所使用的設計規範主要係參考美國AISC規範；而鋼構廠之製造施工卻常依日本標準，以致目前國內建築工程大多使用日本規格之扭力控制型高強度螺栓，惟橋梁所使用之螺栓則仍以美規為主。

雖然目前CNS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%計算之（陳生金、張敬昌1983），如使用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。

高強度螺栓在安裝時除非規範有特殊規定，否則均需以旋轉螺帽法、直接拉力指示器或以扭力板鉗按規定的程序施予預拉力，而近年來扭矩控制螺栓(Torque Control Bolt簡稱T.C. Bolt)已廣泛應用於土木及建築工程結構物，該螺栓於安裝時，當螺栓尾端扭斷後，螺栓即可達到要求之預張力，可確保確實達到預張力。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。

對於設計上無明確指定預拉力的承壓型螺栓，安裝時則仍需鎖至「緊貼狀態(snug-tight)」。所謂緊貼狀態係使用衝擊扳手鎖至數次衝擊或使用一般板鉗用人工全力旋緊，使得接合面接觸的緊密狀態。一般而言，緊貼狀態下螺栓內已有部分預拉力。原則上，在不使螺栓破壞或改變螺栓永久變形的前提下，螺栓的預拉力愈高愈好。表10.3-1所規定的預拉力即是使螺栓有效應力達到螺栓試片所要求最小抗張強度70%時之載重值。

而在日本鋼構造設計規準(ASD)中，係以高拉力螺栓安裝時預拉力所產生的摩擦強度作為抵抗長期或短期載重造成的剪力，而其鋼構造限界狀態設計規準(LSD)則要求接合處高拉力螺栓提供的脫離強度與摩擦強度必須足以抵抗使用界限下於其應力方向的載重。所謂脫離強度即是以螺栓預拉力乘以一折減值，目的在確保接合處在受到使用界限載重時仍為密接狀態。

如使用ASTM A325、A490螺栓時，依據AISC容許應力設計規範之規定，當接頭分類屬於摩阻型及接頭承受直接拉力的螺栓必需依照表C10.3-1的規定預拉力安裝。ASTM A307螺栓一般僅使用於承受靜載重之輕型結構上，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^2 (M40-M75)。

表C10.3-1 A325、A490螺栓的最小預拉力 T_b

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 ¹ / ₈ ")	25.4	36.3
32 (1 ¹ / ₄ ")	32.2	46.3
35(1 ³ / ₈ ")	38.6	54.9
38 (1 ¹ / ₂ ")	46.8	67.2
等於最小抗拉強度之0.7倍		

10.3.2 有效承壓面積、剪力面積及張力面積

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。剪力面積及張力面積之計算採用螺栓之標稱直徑計得。

10.3.3 容許張應力及剪應力

螺栓及螺紋部未車牙標稱斷面之容許張應力及剪應力如表10.3-2所示，惟擴頭桿例外（見表10.3-2註腳c）。承受直接拉力載重之高強度螺栓，其標稱斷面上之平均張應力不得超過表10.3-2所列之值，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抬作用拉力之和。

解說：除依附錄4表A-4.4設計之螺栓外，接合物應考慮接頭變形所導致槓抬作用之拉力及直接承受拉力載重之和，因槓抬作用所增加之拉力大小與接合物及接合材料之相對勁度有關(Kulak et al. 1987)。

機械接合方式係藉由接合物之剪力來傳遞載重，其可分為摩阻型及承壓型二種。摩阻型接合乃經由高度之夾緊力(clamping force)來防止接頭於使用性狀態下所產生之滑動，而承壓型接合則藉由接合物與開孔邊緣之承壓來傳遞力量。ASTM A307螺栓之夾緊力為不可預知且在工作應力下，並不足以防止完全滑移發生，故僅能用於承壓型接合。而F10T螺栓則無此疑慮。

有關表10.3-2中註腳e之20%折減係根據butt-type滑動試片試驗所作修正。但此規定並不適用於板梁端部用以傳遞梁端反力至支承構件之接合角鋼，以及採用連接板於構件末端連結之拉力構材。

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。摩阻型接合之滑動大致發生於1.4至1.5倍使用載重下。對於不會發生完全應力反復之往復載重以及構架或構件本身變形等使用狀態而言，容許接頭因滑動而成為承壓式接合。其相對於容許應力之安全係數大於2.0，高於連結構件之設計安全係數。

對承壓式接合之螺牙桿件而言，因不能確定螺紋是存在於單剪平面內或雙剪平面內，故其容許應力係保守地由螺紋存在於雙剪平面內求得。而A307螺栓，因其螺紋部分較F10T螺栓長，故其容許應力係假定螺紋在剪力平面上折減後所得。

若採用ASTM之A325、A490螺栓設計時，表10.3-2之容許應力應修正如表C10.3-2所示。

表10.3-2 螺栓及螺牙桿件之容許應力(tf/cm²)

螺栓及螺牙桿件種類	容許張應力 (F_t)	容許剪應力 (F_v)				
		摩阻型接合[a , g]				承壓式接合
		標準孔	超大孔及短槽孔	長槽孔		
				載重垂直[f]	載重平行[f]	
A307螺栓	1.40					0.70 [b , e]
F10T(S10T) 螺栓、螺紋在剪力平面	3.62[d]	1.41	1.20	1.00	0.87	1.87 [e]
F10T(S10T) 螺栓、螺紋不在剪力平面	3.62[d]	1.41	1.20	1.00	0.87	2.68 [e]
螺牙桿件符合3.4節規定螺栓、螺紋在剪力平面	$0.33F_u$ [a , c]					$0.17F_u$
螺牙桿件符合3.4節規定螺栓、螺紋不在剪力平面	$0.33F_u$ [a]					$0.17F_u$
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_b ，須大於未放大部分標稱桿身斷面積乘以 $0.6F_y$ 。						
[d]F10T螺栓承受拉力疲勞載重時，其強度為附錄4中表A-4.4中A490螺栓疲勞強度之95%。						
[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%。						
[f]載重之作用方向相對於長槽孔之長軸。						
[g]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。						

表C10.3-2 ASTM規格高張力螺栓之容許應力值(tf/cm²)

	容許張應力(F_t)	容 許 剪 應 力				
		摩阻型接合				承壓型接合
		標準孔	加大孔或短槽孔	長槽孔		
				載重垂直	載重平行	
A325螺栓、剪力面含螺紋	3.05	1.19	1.05	0.84	0.70	1.45
A325螺栓、剪力面不含螺紋	3.05	1.19	1.05	0.84	0.70	2.10
A490螺栓、剪力面含螺紋	3.75	1.47	1.26	1.05	0.91	1.95
A490螺栓、剪力面不含螺紋	3.75	1.47	1.26	1.05	0.91	2.80

10.3.4 拉力與剪力同時作用之承壓式接合

螺栓承受拉力及剪力同時作用時，其標稱斷面 A_b 上之張應力不得超過表10.3-3所列公式計算之值，且在相同作用力作用時，其剪應力不得超過表10.3-2之 F_v 值。當作用力為考慮風力或地震力之組合載重時，表10.3-3所計容許張應力得提高1/3，但剪應力部分則不予提高。

表10.3-3 承壓式接合所用螺栓及螺牙桿件之容許張應力(F_t)，tf/cm²

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	$1.82 - 1.80 f_v \leq 1.40$	
F10T螺栓	$\sqrt{(3.62)^2 - 3.75 f_v^2}$	$\sqrt{(3.62)^2 - 1.82 f_v^2}$

解說：由試驗顯示，承受剪應力及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. 1974)。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。若採用ASTM之A325、A490螺栓設計時，表10.3-3之容許應力應修正如表C10.3-3所示。

表C10.3-3 A325、A490承壓式接合所用螺栓及螺牙桿件之容許張應力(F_t)， 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	$1.82 - 1.80 f_v \leq 1.40$	
A325螺栓	$\sqrt{(3.05)^2 - 4.39 f_v^2}$	$\sqrt{(3.05)^2 - 2.15 f_v^2}$
A490螺栓	$\sqrt{(3.75)^2 - 3.75 f_v^2}$	$\sqrt{(3.75)^2 - 1.82 f_v^2}$

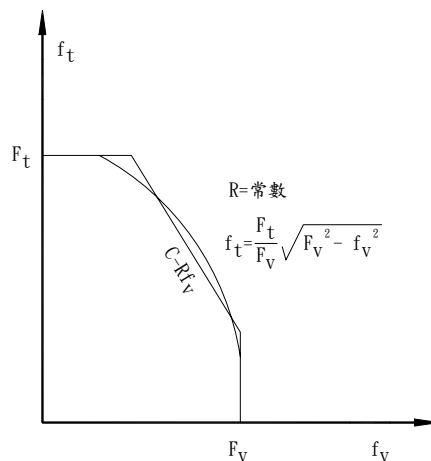


圖 C10.3-4 承壓式螺栓拉應力剪應力合應力強度圖

10.3.5 拉力與剪力同時作用之摩阻型接合

同時承受拉力及剪力作用之F10T螺栓，其容許剪應力須為表10.3-2之值乘以折減係數 $(1 - f_t A_b / T_b)$ ，式中 f_t 為螺栓之平均張應力， T_b 為表10.3-1所示最小預拉力。當作用力為包括風力或地震力時，前述之折減剪應力亦得提高1/3。

解說：對梁及支承構件採用摩阻型接合同時承受拉力與剪力作用時，其張力主要係由梁腹平面彎矩所產生，而其剪力相較於張力而言甚小可忽略，此乃因承受直接拉應力之接合物因梁壓力側壓應力增加而上提，造成接合物拉力區無剪力發生。

當摩阻型接合承受軸向拉力時，其夾緊力會折減，故 F_v 須依預張力之損失而折減。若採用ASTM之A325、A490螺栓設計時，則依表C10.3.2及C10.3.2計算容許應力。

10.3.6 螺栓孔容許承壓應力

當 L 大於 $1.5d$ 而螺栓孔中心距離大於 $3d$ 時，且作用力線上有二個（含）以上之螺栓時，其容許承壓應力為

$$F_p = 1.2F_u \quad (10.3-1a)$$

在長槽孔且其方向與載重垂直：

$$F_p = 1.0F_u \quad (10.3-1b)$$

對於最靠邊緣且在作用線上邊距小於 $1.5d$ 之螺栓，或接合不包括在式(10.3-1a)和(10.3.1b)範圍內者，其容許承壓應力為

$$F_p = L_e F_u / 2d \leq 1.2F_u \quad (10.3-1c)$$

當螺栓孔之位移不為設計之主要考量，且螺栓之間距及邊距均符合10.3.9節及10.3.10節之規定時，式(10.3-1a)可以下式取代

$$F_p = 1.5F_u \quad (10.3-1d)$$

且式(10.3-1c)之右項限制增加為 $1.5F_u$ 。

其中：

d = 標稱螺栓直徑，cm

L_e = 作用力線上，標準孔或超大孔或槽孔端半圓中心至接合物邊緣之距離，cm

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。

由最近的試驗(Frank and Yura 1981)顯示，當螺栓孔之承壓強度超過式(10.3-1a)及(10.3-1b)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。而式(10.3-1d)係考慮橢圓孔之影響。

承壓應力 $1.5F_u$ 為設計時無需考量螺栓孔變形時之最大容許值。其僅適用於螺栓邊距及間距在載重作用方向之接合足以防止在橫向淨斷面破裂前於載重於平行力量線上之接頭先產生劈裂現象。

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10.3.3節及10.3.9節之規定，以確保最小安全係數為2.0及防止接頭破壞。

10.3.7 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型孔，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，且螺栓剪應力不需折減為槽孔之剪應力。
3. 超大型螺栓孔可用於摩阻型接頭之任一層或所有各層之鋼板上，但不可用於承壓型之接頭。此種超大型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，而與載重方向無關；但對於承壓型接頭，其槽孔之長向必須與載重方向垂直。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，而與載重方向無關；但對於承壓型接頭，其槽孔之長向必須與載重方向垂直。

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型孔之螺栓接頭時，必須使用符合CNS F10，且其最小厚度為8mm之硬化墊圈。

表10.3-5 高強度螺栓之最大螺栓孔尺寸，mm

標稱直徑 d (mm)	孔徑(直徑)(mm)			
	標準	超大	短槽形(寬×長)	長槽形(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	$d+1.5$	$d+8$	$(d+1.5) \times (d+10)$	$(d+1.5) \times 2.5d$

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提供了三種擴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10.3.9節及10.3.10節之規定。

10.3.8 長夾距

若A307螺栓之夾距（螺栓頭與螺帽間之淨距）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%。

解說： A307螺栓會因其接合部有長夾距之情況而降低螺栓強度（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 et al. 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。

10.3.9 最小間距

所有標準型孔、超大型孔、及槽孔中心至中心之距離不得小於8/3倍螺栓之標稱直徑，亦不得小於由式(10.3-2)計得之值。

若 F_p 由式(10.3-1a)或(10.3-1b)求得，則沿著力量傳遞方向之螺栓孔中心距不得小於3倍螺栓標稱直徑，否則此螺栓孔中心距(S)須符合下列規定：

1.對標準型孔而言：

$$S \geq \frac{2P}{F_u t} + \frac{d}{2} \quad (10.3-2)$$

其中：

P = 接合處之臨界部位中(包括連接板或桿件本身)一支螺栓傳遞之力，tf

F_u = 接合處之臨界部位之標稱極限抗拉應力，tf/cm²

t = 接合處之臨界部位之厚度，cm

d = 標準螺栓孔之直徑，cm

2.對超大型孔和槽孔而言，其中心距為上述1款所規定標準型孔之中心距加上表10.3-6所列之增量 C_1 ，但螺栓孔間之淨距不得小於一個螺栓之直徑。

表10.3-6 間距增量 C_1 (單位：mm)

螺栓及螺牙桿件 標稱直徑	超大型孔	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	3.6
≥ 27	6.5	0	8.0	1.5d-1.5

註[a]：若所用之槽形孔孔長小於表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： 螺栓孔最大承壓應力達到容許承壓應力時，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)。式(10.3-2)為標準螺栓孔依單一螺栓傳遞之力計得之最小間距。表10.3-6為沿作用力方向之螺栓孔尺寸增大時，螺栓孔間距所必須配合調整之增量。

10.3.10 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，亦不得小於由式(10.3-3)計得之值。

若 F_p 由公式(10.3-1a)、(10.3-1b)求得，則沿著作用力傳遞方向之螺栓孔中心至連接構件邊緣之距離不得小於 $1.5d$ 。否則此螺栓孔邊距(L_e)須符合下列之規定

$$L_e \geq \frac{2P}{F_u t} \quad (10.3-3)$$

其中， P 、 F_u 、 t 之定義見10.3.9節。

超大型孔和槽孔之邊距為標準型孔之邊距加上表10.3-8所列之增量 C_2 。

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， tf/cm^2

F_u = 接合部鋼材之最小標稱拉力強度， tf/cm^2

ℓ_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

上式若以安全係數2.0修正，就成為式(10.3-2)及(10.3-3)之基本式。

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 或瓦斯切割邊[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

註[a]：對於超大型孔或槽孔，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]：若角鋼用於梁之接頭，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	超大型孔	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]	
≤ 22	1.5	3.0	0.75×直徑	0
24	3.0	3.0		
≥ 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半予以減小。

10.3.11 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15cm。連續連結之板或板與型鋼，其螺栓之縱向間距須依下述規定：

- (1) 對未暴露於腐蝕環境之油漆或未油漆構件，其最大間距不得超過24倍較薄板厚或30cm。
- (2) 未經油漆處理而暴露於空氣中之耐候鋼之螺栓接頭，其最大間距不得超過14倍較薄板厚或18cm。其最大邊距不得超過8倍較薄板厚或12cm。

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 塊狀剪力撕裂

破壞斷面沿通過螺栓孔之剪力斷面或破壞斷面沿通過螺栓孔之剪力斷面及與此斷面垂直之拉力斷面所構成之撕裂情況，如上翼板被切除之梁端接合處及類似接合，其容許應力為

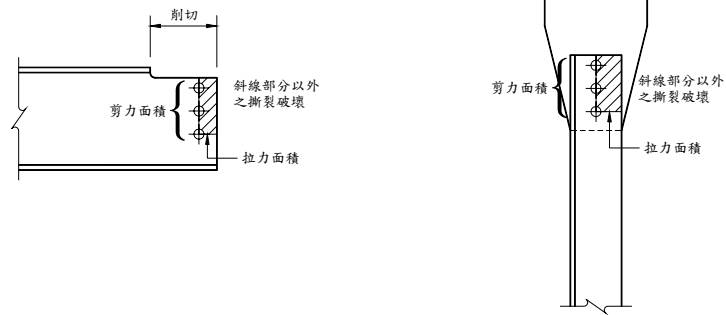
$$F_v = 0.30F_u \quad (10.4-1)$$

上式作用於剪力淨斷面上，且

$$F_t = 0.50F_u \quad (10.4-2)$$

上式作用於張力淨斷面上。以鉚接接合亦應檢核邊緣之最小淨破壞路徑。

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。其可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。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。在沿著鉚接接合之周圍亦須檢核塊狀剪力破壞模式。對雙角鋼接合之薄板開孔亦須檢核此種破壞模式。



圖C10.4-1 撕裂模式之破壞面

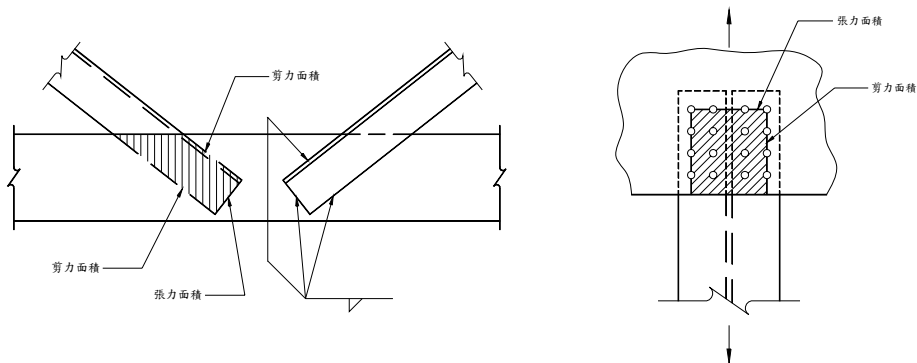


圖 C10.4-2 剪力面積與張力面積示意圖

10.5 連結構件

本節應用於連結構件之設計，如：加勁板、連接板、角鋼，托架以及梁柱接頭之梁柱腹板交會處。

10.5.1 偏心接頭

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。

10.6 填板

螺栓接合，除使用摩阻型強力螺栓外，如其填板之厚度超過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。如採用鉚接接合，填板之厚度超過6mm時，填板須延伸至連接板外，且應以足夠之鉚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，其鉚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到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。

填板亦可使用於以鉚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鉚續接，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。

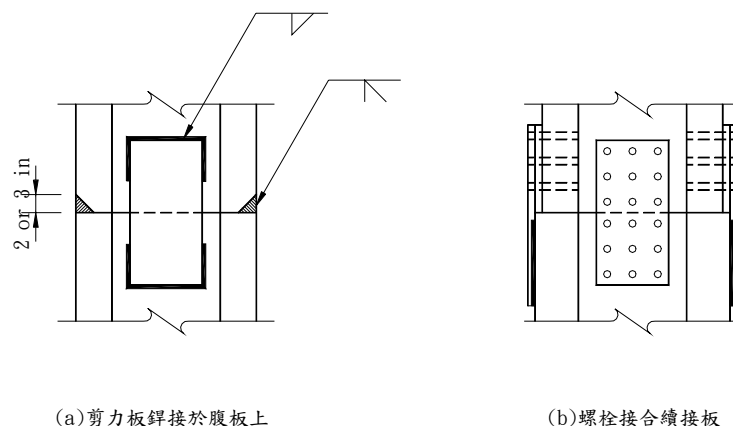
當這些斷面之拉應力由全滲透開槽銲之續接所傳遞時，其母材應於21°C時應有27焦耳(J)之CVN衝擊能量，且應滿足相關之加工、預熱、銲接與檢驗要求，以槽銲續接時之預熱溫度並應高於175°C。此斷面於拉力續接時，銲接之起弧板導板應切除且表面須磨平。此外受壓構材以及因風力與地震力作用之受拉構材續接時，可使用續接板來達成，以避免過度之銲接收縮應變。

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。

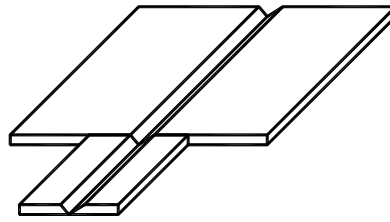
由於銲接過程的反復加熱及冷卻將造成銲道附近金屬之不均勻膨脹及收縮，造成殘留應變的產生，當構件之間有極大的銲量無法自由收縮時，此種應變可能超過降伏應變，特別是當材料相當厚時，厚度方向與長、寬二方向對銲道造成束制而形成三軸應力，而限制鋼材延展性變形的能力，可能造成脆性斷裂。過去曾有不少巨型斷面，在以銲接方法續接時，當銲接完成時即因此種殘留應力之影響而產生斷裂，因此對此類構件需要續接時須加特別之規定，一般可採用螺栓續接或填角銲搭接，或是以銲接與螺栓組合的方式續接以避免銲接收縮造成斷裂（見圖C10.7-1）。

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

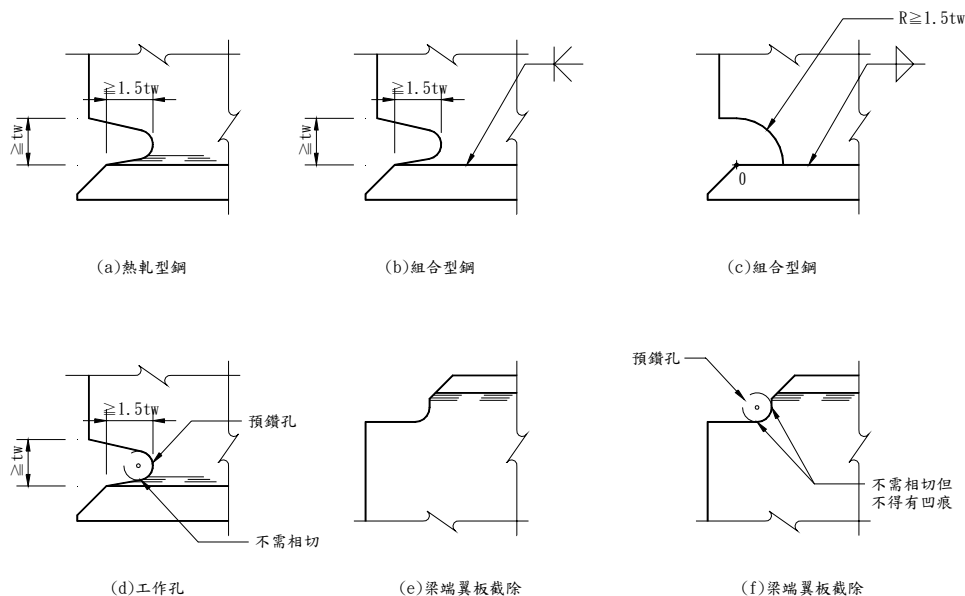
10.7.3 梁翼板切除與扇形銲接孔

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之組合型鋼，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 容許承壓應力

對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：

$$F_p = 0.90F_y \quad (10.8-1)$$

其中：

$$F_y = \text{標稱降伏應力，tf/cm}^2$$

對伸縮滾動支承和搖動支承：

$$F_p = \frac{(F_y - 0.91)}{20} 0.26d \quad (10.8-2)$$

其中：

$$d = \text{直徑，cm}$$

解說：對樞孔及螺栓而言，其承壓應力並不相同。對樞孔而言， $0.90F_y$ 之容許承壓應力即可提供板開孔之不穩定及高集中應力等足夠之防護(Johnston 1939)。

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 柱基與混凝土間之承壓應力

混凝土之容許承壓應力可表示為：

$$\text{支承於砂岩或石灰岩上} \quad F_p = 0.028t / \text{cm}^2$$

$$\text{支承於水泥砂漿砌磚上} \quad F_p = 0.018t / \text{cm}^2$$

$$\text{支承於混凝土之全面積上} \quad F_p = 0.35f'_c$$

$$\text{承壓面積小於混凝土全面積} \quad F_p = 0.35f'_c \sqrt{A_2 / A_1} \leq 0.7f'_c$$

其中，

$$f'_c = \text{混凝土抗壓強度，tf/cm}^2$$

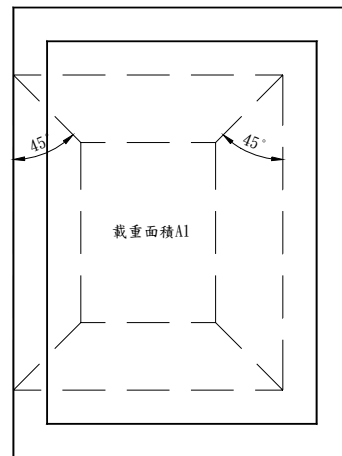
$$A_1 = \text{鋼材在混凝土支承上之承載面積，cm}^2$$

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

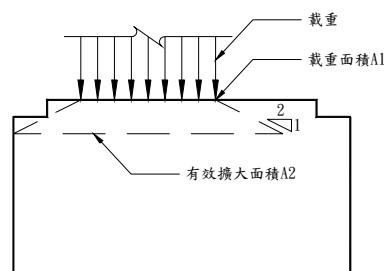
解說：本節並非要對砂石材料之承壓強度作一明確規範，主要係使整個設計流程能達到完整流暢。規範中之規定係參照ACI 318-83之極限強度狀態，且其靜載重與活載重之載重因子均為1.7，這使得其相較於採用靜載重放大因子1.4之ACI規範更為保守。

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 $\sqrt{A_2 / A_1} \leq 2$ 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積或承壓基座之斷面積。



平面圖



剖面圖

圖C.10.9-1 有效截頭錐面積

10.10 錨栓與埋置物

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。

10.10.2 埋置物

混凝土支承結構的設計需安全支承載重，故埋入深度需有一適當之安全因子，以確保埋置強度不會因局部或全部支承混凝土結構之破壞而折減。

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、承载力或聯合作用力，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，其傳遞係藉剪力突出物或剪力摩擦來傳遞。

抵抗剪力之容許摩擦力依下式計算

$$V = 0.5\mu P \quad (10.10-1)$$

其中：

P = 垂直力(壓力)

μ = 摩擦係數

當型鋼與混凝土接觸面之埋置深度大於板厚時，摩擦係數 μ 取0.9，當型鋼與混凝土（或灌漿）之接觸面與混凝土表面一致時 μ 取0.7，若型鋼與灌漿接觸面高於混凝土體之表面，則 μ 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強度必須大於錨栓之容許拉應力 $\times A_t$ 。混凝土抗拉出應力錐（見圖C10.10-1）之強度等於（混凝土容許拉力強度 $0.53\sqrt{f'_c} \text{ kg/cm}^2$ ） $\times$ （錨栓群應力錐之有效投影面積）。若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應力 V 如下

$$V \leq 0.4\mu F_y$$

其中

F_y = 錨栓之降伏強度， tf/cm^2

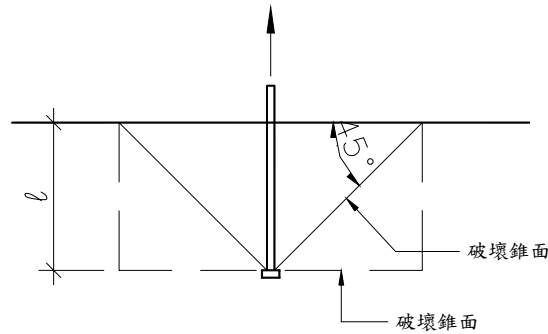
μ = 摩擦係數（見圖C10.10-4）

(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。

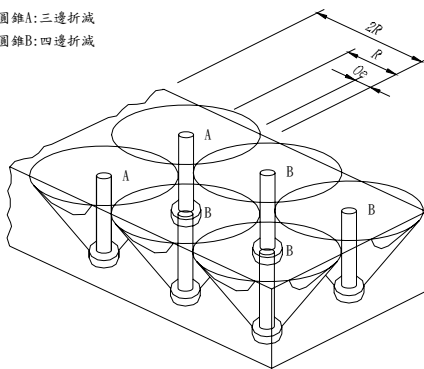
(6)錨栓之承壓強度除須考慮錨栓本身之剪力與拉力之合應力外，亦須考慮混凝土應力錐同時承受剪力與拉力之影響。

- (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）。
- (8) 混凝土強度控制不易或使用高強度錨栓時應加錨碇鋼板以確保錨碇應力之傳遞。

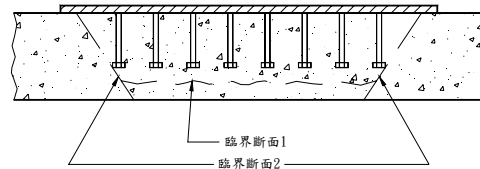


圖C10.10-1 混凝土抗拉出應力錐

圓錐A:三邊折減
圓錐B:四邊折減

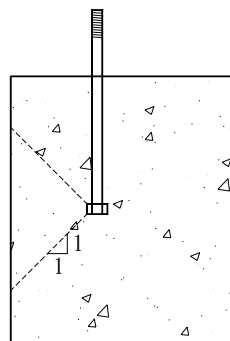


(a) 應力錐重疊或超出外緣

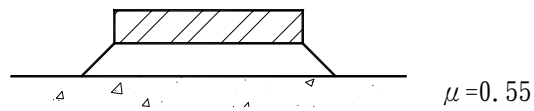


(b) 受版厚限制

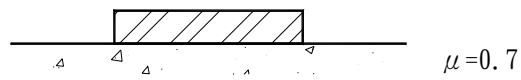
圖C10.10-2 混凝土應力錐有效投影面積



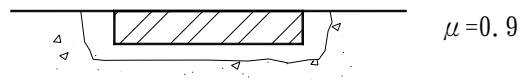
圖C10.10-3 錨頭附近可能爆開模式



(1) 支承於外灌漿襯墊上

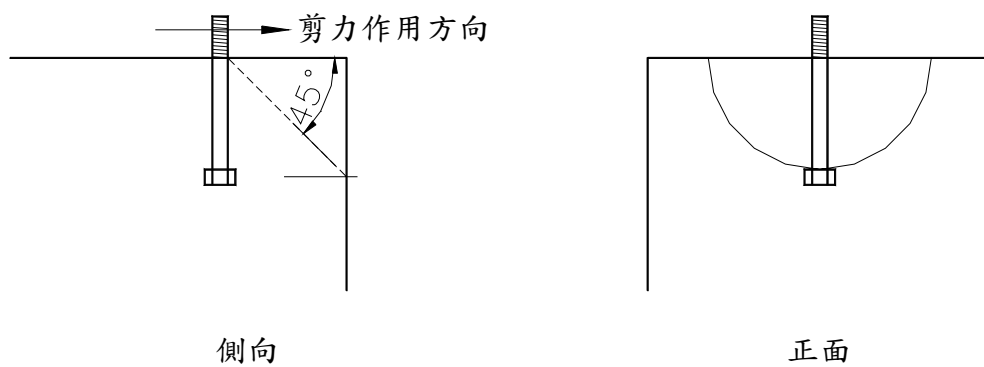


(2) 支承於硬化混凝土面上

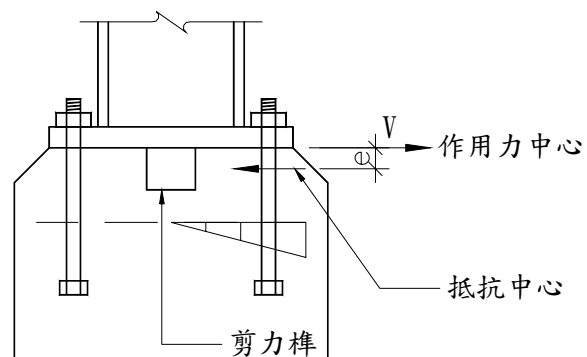


(3) 埋置於灌漿內

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 剪力樺及二次彎矩示意圖

10.11 符號說明

- A_b = 螺栓標稱斷面積， cm^2
 A_b = 擴頭桿在主螺紋直徑處的斷面積， cm^2
 A_t = 錨栓拉應力錐之有效投影面積
 A_1 = 支承於混凝土之鋼材承壓面積， 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， cm^2
 C_1 = 超大孔及槽孔計算螺栓最小間距之間距增量。
 C_2 = 邊距之增量。
 F_{BM} = 母材容許應力， tf/cm^2
 F_w = 鉚材容許應力， tf/cm^2
 F_p = 螺栓及螺牙桿件容許承壓應力， tf/cm^2
 F_p = 混凝土容許承壓應力， tf/cm^2
 F_{pcr} = 臨界承壓應力， tf/cm^2
 F_t = 螺栓及螺牙桿件容許拉應力， tf/cm^2
 F_v = 螺栓及螺牙桿件容許剪應力， tf/cm^2
 F_u = 鋼材或螺栓及螺牙桿件之標稱拉力強度， tf/cm^2
 F_y = 鋼材之標稱降伏應力， tf/cm^2 ，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）。
 L_e = 作用力線上，標準孔或超大孔或槽孔端半圓中心至接合物邊緣之距離， cm
 P = 接合處之臨界部位中一支螺栓傳遞之力， tf
 P = 軸力， tf
 S = 螺栓孔中心距， cm
 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^2
 f_t = 螺栓之計算拉應力， tf/cm^2
 f_v = 螺栓之計算剪應力， tf/cm^2
 l = 鉚道長度， cm
 l = 錨栓錨定長度， cm
 l_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

t =接合部之厚度，cm

μ =摩擦係數