

鋼管柱與鋼梁接合之工法

陳正誠¹，蔡宛昀²

¹ 國立台灣科技大學營建工程系教授

² 國立台灣科技大學營建工程系碩士

一、前言

國內高樓結構使用到鋼結構時，大多會使用箱型鋼柱（圖 1），箱型鋼柱性能佳，但是造價也比 H 型鋼柱高。與箱型鋼柱斷面形狀類似的是結構用鋼管，過去受到生產設備能量、鋼材材質及鋼卷寬度的限制，鋼管斷面尺寸受到限制。以方型鋼管為例，所能生產的斷面最大寬度僅約 350 mm，最大厚度通常也不超過 12 mm。所以，雖然鋼管的造價比箱型柱低，但是過小的斷面讓鋼管柱在中、高層建築結構的應用一直難以推展。近年來，鋼管生產設備的能量大幅提昇，鋼板的規格與尺寸也能夠符合所需，鋼管斷面的尺寸也可以大幅增大，而造價較低的鋼管斷面已經可以應用於中、高層鋼結構建築物。

方形或矩形鋼管的製程可分成無縫鋼管、冷軋型鋼管及冷沖壓型鋼管。無縫鋼管，如圖 2(a)所示，沒有銲道，但斷面尺寸小很少使用於鋼管柱。冷軋型鋼管，如圖 2(b)，是由鋼捲滾軋成形並以 1 道縱向電阻銲熔接成圓管，之後再擠壓成矩形鋼管。其方管斷面尺寸，寬度可以達 550 mm、厚度可以達 22 mm、長度可以達 12 m。冷沖壓型鋼管，如圖 2(c)所示，先將鋼板沖壓成矩形斷面並以 1 道縱向潛弧銲銲接而成，或是先將鋼板沖壓成口並以 2 道縱向潛弧銲將兩個口形斷面銲接成矩形斷面。其方管斷面尺寸，以日本為例，寬度可達 1000 mm、厚度可達 40 mm、最大長度則在 8~11 m。這些冷軋型鋼管斷面尺寸已經大到可以使用在中、高層建築物，而冷沖壓型鋼管斷面尺寸甚至有機會使用在超高層建築物。

由於冷軋型及冷沖壓型鋼管的尺寸夠大，造價也比箱型柱低，因此若能將這些大斷面鋼管推廣至國內建築結構，可以落實環保的理念並達到經濟之效用。但是，鋼管柱的製作與箱型柱不同，因此國內常用箱型柱內橫隔板工法，未必適合鋼管柱使用，縱使鋼管柱採用內橫隔板，其施工方式也與箱型柱不同。本文針對鋼管柱與鋼梁間連接的構造型式，介紹幾種比較適合國內使用者，並提出外橫隔板 HH 韌性工法，供工程業界參考。

二、鋼管柱之梁柱接合型式

國內箱型柱由 4 片鋼板銲接而成，而柱內橫隔板則需要使用到電熱熔渣來和柱板連接。由於鋼管採用機械自動化設備製作，無法在製作過程安裝橫隔板，也無法以電熱熔渣銲將橫隔板與柱板接合在一起，而必需尋求不同的工法來製作內橫隔板，或是採用不同型式的結構細部來進行梁與柱間力量之傳遞。日本在這方面已經進行多年的研發，日本建築中心並編撰有施工手冊（日本建築中心，2008），根據該手冊的內容，梁與鋼管柱間力量之傳遞，有 4 種型式分別概述如後。

- (1) 通過式橫隔板：橫隔板尺寸比柱斷面大且切斷柱，然後再以銲道連接柱與橫隔板，如圖 3(a)。常用在日本的低矮型建築結構，但在日本兵庫縣南部地震時通過式橫隔板出現許多的破壞案例，大部分建築物均是在橫隔板與柱的接合處損壞，因此國人對這種梁柱接頭的接受度低。此外每層柱需要切成兩段，接頭多、銲接量多而不經濟，加上國人對安全的疑慮，因此比較不適合國內使用。
- (2) 內藏式橫隔板：內橫隔板藏在柱內，類似箱型柱，如圖 3(b)。為了銲接橫隔板，每層柱在梁柱接頭區中點處切斷，待橫隔板銲接完成後再將柱以全滲透銲續接。使用內藏式橫隔板時，每個樓層都需要續接柱一次，比箱型柱的每 3 個樓層續接一次多，但是鋼管柱縱向銲道的銲量比箱型柱少很多。梁與柱的連接還是可以使用國內慣用的翼板全滲透銲腹板栓接的方式進行，也可以使用國內慣用的韌性梁柱接頭，是適合國內使用的工法，第三章會有更詳細的說明。
- (3) 分解式橫隔板：為兩個 C 形鋼管在組合之前預先銲接兩塊內橫隔板，由於內橫隔板經切割後剛性不夠，所以在內橫隔板中央加上槽形加勁板以增加勁度，如圖 3(c)所示。此工法雖然柱不需要在每個樓層都切斷，但是橫隔板中間不連續，傳力路徑複雜且容易產生應力集中，此外橫隔板施工夾在鋼管的製作流程中，施工也未見方便，因此不適合國內使用。
- (4) 外橫隔板：以外部橫隔板將梁翼板的力量傳遞至柱，如圖 3(d)所示。外橫隔板具有內橫隔板的功能，適當設計下可以安全的使用，且製作時不需將柱切斷。不過，橫隔板突出柱面甚多，可能會影響到建築物美觀及使用性。在不影響美觀及使用性的情況下，適合國內使用，第四章會有更詳細的說明。

此外，台灣科技大學鋼結構工程中心，結合外橫隔板與梁柱韌性接頭的特性，開發出「外橫隔板 HH 韌性工法」，詳細說明詳第五章。

三、內藏式橫隔板工法

內藏式橫隔板需要由鋼管柱開口處進行銲接，以一節柱 3 層樓並設定節與節之間在梁上 1.2 m 處進行續接為例（圖 4 中暗影部分）。製作時鋼管先分成 4 段，由位於梁柱接頭區之梁深中點開口處進行內橫隔板與柱板之銲接，其後進行鋼管的續接，然後進行剪力連接板銲接，完成一節柱的製作。這樣的安排，鋼管的續接位於韌性需求低的梁柱交會區內，安全性佳，而包括 3 個樓層的一節柱會有 3 處鋼管續接。鋼管柱吊裝的方式與箱型柱相同，梁柱間的接合可以使用常用的翼板全滲透銲接腹板栓接（圖 5）。

橫隔板與鋼管間之銲接由鋼管開口處施作，適合採用單面開槽之全滲透銲，並設置背襯板，如圖 6 所示。為了方便定位並控制垂直度，背襯板可以考慮採用小角鋼斷面。由於鋼管冷彎轉角處有較高的殘餘應力，且彎曲的背襯板施作較不容易，故內橫隔板角落處可做切角處理，如圖 7 所示。為讓背襯板可以緊貼柱板，背襯板的長度不宜比柱板直線段長，為了避免受到鋼管製作誤差的影響，背襯板的端點應該自柱板直線段端點退後一小段距離，如圖 8 中之 b 。橫隔板與柱板連接的長度應該比背襯板的長度稍短，如圖 8 中距離 e 所示，以利銲道端部收尾。距離 e 的大小與橫隔板的厚度有關，而銲道端部橫隔板、背襯板、開槽的細部，施工單位應視施工方式而定。梁與柱交接時應該注意梁翼板與橫隔板之相對位置，考慮到力量傳遞的連續性及吊裝時可能的誤差，梁翼邊緣與內橫隔板切角處相距 10 mm 以上為佳，如圖 9 所示。

內藏式橫隔板工法可以直接使用各式韌性梁柱接頭，圖 10 所示為使用切削方式梁柱接頭的例子。梁端點之設計彎矩（即係數化彎矩）為 M_u 的情況，梁端點（即柱面）所需彎矩強度 $(M_{ne})_{required}$ 可由式 (1) 求得。

$$(M_{ne})_{required} = M_u / \phi_b \quad (1)$$

假設所選用的型鋼斷面，其彎矩強度 M_{nb} 剛好可以滿足彎矩最低需求，則根據陳生金等人（1996）之建議，高韌性梁柱接頭中切削段梁彎矩強度應沿著 αM_{ne} 彎矩分佈線走（如圖 10），而 α 應介於 0.9 與 0.95 之間。

四、外橫隔板工法

4.1 外橫隔板之力量傳遞

外橫隔板的接頭型式，如圖 11 所示，乃利用外橫隔板將梁翼板的拉力或壓力傳遞至箱型柱的側向柱板。外橫隔板端部與梁連接，可以採用翼板全滲透銲接腹板栓接的方式進行外橫隔板與梁之連接，也可以使用切削式韌性梁柱接頭，圖 12 為一例。

4.2 外橫隔板之設計公式

日本 JIS 提供了外橫隔板的設計方法，而 Kurobane et. al. (2004)則提出強度設計公式。兩者設計原理相近，實驗結果顯示 JIS 規範偏保守。由於 Kurobane et. al. 使用較常用的強度設計方法，實驗結果也印證其可行性，適合作為設計的依據，現簡述如後。Kurobane et. al. 建議之設計公式包括式 (2) 至式 (6)，根據這些公式可以決定各部尺寸，各部尺寸所對應的符號詳圖 11。

$$17 \leq \frac{b_c}{t_c} \leq 67 \quad (2)$$

$$0.07 \leq \frac{h_d}{b_c} \leq 0.4 \quad (3)$$

$$0.75 \leq \frac{t_d}{t_c} \leq 2.0 \quad (4)$$

$$\frac{\frac{b_c}{2} + h_d}{t_d} \leq \frac{240}{\sqrt{f_{d,y}}} \quad (5)$$

$$P_{b,f}^* = 3.17 \left(\frac{t_c}{b_c} \right)^{2/3} \left(\frac{t_d}{b_c} \right)^{2/3} \left(\frac{t_c + h_d}{b_c} \right)^{1/3} b_c^2 \cdot f_{d,u} \quad (6)$$

4.3 外橫隔板之設計流程

以圖 13 所示彎矩需求為例，本節介紹一個可能的設計流程，敘述如後。實

際進行結構設計時，會先假設一個梁斷面以進行結構分析，這時候的設計流程和下述之流程應該會有不同，讀者應自行建構一個合適的設計流程。

1. 確認鋼管柱寬度與柱板厚度合乎式 (2) 之要求。
2. 接著根據式 (3) 及式 (4) 求得 h_d 及 t_d 之尺寸範圍，並據以選擇 h_d 及 t_d 。
3. 根據式 (5) 檢核所選擇之 h_d 及 t_d 是否合乎橫隔板局部挫屈性質之要求。
4. 根據橫隔板與梁縱向夾角的限制，推導 a 值容許範圍之計算式。

根據圖 11 中， $\theta \leq 30^\circ$ 之限制以及斜線三角形的幾何關係，可以建立 h_d 、 b_c 、

a 、 b_{bf} 之關係如式 (7) 並推導出 a 值容許範圍之計算式，如式 (8)。

$$\frac{(b_c + 2h_d) - b_{b,f}}{2(a - h_d)} \leq \tan 30^\circ \quad \text{式 (7)}$$

$$a \geq \frac{(b_c + 2h_d) - b_{b,f}}{2 \tan 30^\circ} + h_d \quad \text{式 (8)}$$

5. 選擇一個 H 斷面，其標稱彎矩強度為 M_{nb} ，斷面之深度、翼板寬度、腹板厚度及翼板厚度分別為 d 、 b_f 、 t_w 及 t_f 。
6. 令 $b_{b,f}$ 等於 b_f ，並根據式 (8) 求得 a 之範圍，然後選取一個 a 值。
7. 檢核梁彎矩強度。

由圖 13 可以建立距離柱面 a 處的彎矩 M_a 如式 (9)，而 M_a 即為所需之梁彎矩強度。檢核 M_{nb} 是否大於 M_a ，如果 M_{nb} 不符所需，則重新選擇一個 H 斷面，然後重複步驟 5 至 7，直至所選擇斷面之 M_{nb} 能夠滿足所需。

$$M_a = (M_{ne})_{required} \left(\frac{L - a}{L} \right) \quad \text{式 (9)}$$

8. 檢核外橫隔板強度。

檢核外橫隔板強度需先選用一個橫隔板厚度 d_d ，而 d_d 應該要大於或等於 d 。

然後根據式 (6) 求得橫隔板端部容許之翼板拉力或壓力 $P_{b,f}^*$ ，而 $P_{b,f}^*$ 應大於或等於梁斷面經由外橫隔板傳入柱板之最大拉力或壓力。由於鋼管柱內對應

於腹板位置是空的，梁斷面之彎矩應該全由外橫隔板來承擔，因此外橫隔板強度應該要大於或等於 $M_{nb}/(d-t_f)$ 。但是外橫隔板與梁所使用的實際降伏強度可能不一樣、梁也很可能進入應變硬化的階段，又梁使用翼板韌性切削時標稱強度會下降 5 至 10%，這些因素都會影響梁傳入外橫隔板的力。由於目前能夠取得的相關數據有限，尚無法詳盡的考慮上述因素並得到一個明確的外橫隔板強度需求。在沒有更詳細的研究成果之前，概略估計之，一個 1.25 的放大係數如式 (10) 應該可以使用於大部分的情況。

$$P_{b,f}^* \geq \frac{1.25M_{nb}}{d-t_f} \quad \text{式 (10)}$$

式 (10) 如能被滿足，則橫隔板段幾何形狀即可決定之；反之則回到步驟 2，選取一個較大的 h_d ，並重複步驟 2 至 8。

9. 梁韌性切割

假設所選取之梁斷面，其標稱彎矩強度 M_{nb} 剛好等於其彎矩需求 M_a ，則梁韌性切割後的彎矩容量分佈應如圖 13 所示，梁翼板韌性切削可根據此彎矩容量分佈設計之。

五、外橫隔板 HH 韌性工法

5.1 外橫隔板 HH 韌性工法之概念

相較於內藏式橫隔板，外橫隔板接頭銲接量大且施工比較複雜，若能結合外橫板及梁柱接頭韌性切削一起施作，一方面可以降低整體的施工量，另一方面還可以降低鋼材使用量。這種與外橫隔板合併處理的韌性切削，本文稱之為 horizontal haunch (HH) 韌性處理，而外橫隔板與韌性切削整合在一起的工法，本文稱之為「外橫隔板 HH 韌性工法。」

使用外橫隔板 HH 韌性工法的梁跨，由兩段托架梁及一支中段梁組成，如圖 14 所示。托架段梁為一變斷面桿件，托架段梁包括外橫隔板段、HH 段及續接段，如圖 15 所示。外橫隔板段依第四章外橫隔板之設計方法設計之，HH 段為消能段，其彎矩強度與彎矩需求密切配合，使該段梁能夠同時降伏，如圖 15 之彎矩

分佈曲線所示。續接段為一等斷面梁段，右端與中段梁續接。中段梁為一等斷面桿件，其標稱彎矩強度需求 M_g 與托架段梁的長度 g 有關，可依式 (11) 求得。

$$M_g = (M_{ne})_{required} \left(\frac{L-g}{L} \right) \quad \text{式 (11)}$$

5.2 托架段梁與中段梁之接合

托架段梁與中段梁間可以採用常用的腹板栓接-翼板全滲透銲接的方式續接，如圖 16 所示。採用此種接合型式時，托架段梁斷面與中段梁斷面之深度及翼板厚度要相同，才方便進行翼板全滲透銲道對接。當中段梁使用 BH 斷面時，斷面深度及翼板厚度的配合比較容易。當中段梁使用 RH 斷面時，斷面深度及梁翼板厚度之配合比較會受到限制。

翼板除了全滲透銲接接合外，還可採用蓋板 (cover plate) 接合，如圖 17 所示。此時托架段梁的深度應保持與中段梁的深度一致，如此上下蓋板才可採用填角銲接合。考慮到銲接性，應採用上蓋板寬比上翼板小、下蓋板寬度比下翼板大的設計。腹板採用螺栓接合，以使用兩塊剪力連接板之雙剪螺栓為宜，如此可以有較大的施工容許誤差。另外，使用蓋板接合時，梁端不需設置扇形孔且梁翼板也不需開槽，因此施工技術要求較低，設備的需求也較少。

使用上述兩種接合方式時，托架段梁及中段梁之斷面深度及翼板厚度都需要仔細相互配合，因此中段梁以採用 BH 斷面較為方便。若中段梁要使用 RH 斷面，可以考慮使用端板 (end plate) 對接接合，如圖 18 所示。使用端板接合時，托架段梁與中段梁斷面之深度及翼板厚度可以有一些差異，設計上比較方便。不過採用端板接合時，考慮到中段梁吊裝的方便性，端板之間需要預留一間隙，等中段梁到位後以間隙板填充預留的間隙 (圖 18)，然後再安裝螺栓。

5.3 外橫隔板 HH 韌性工法設計流程

外橫隔板 HH 韌性工法中，外橫隔板與 HH 段翼板使用同一塊鋼板，腹板也是同樣的情況。而通常的外橫隔板工法中，不論是翼板或腹板，外橫隔板與梁都使用不同的鋼材，換句話說兩者鋼材的規格縱使相同，但是實際降伏強度基本上

是不同的。如圖 15 所示，外橫隔板的端部與 HH 段連接，HH 段起始點及終點分別稱為 S1 及 S2 斷面，外橫隔板端點接到 S1 斷面，因此圖 11 中之 b_{bf} 即為圖 15 中 S1 斷面之翼板寬度 b_{f1} 。根據外橫隔板 HH 韌性工法的概念，一個可能的設計流程敘述如後。

1. 確認鋼管柱寬度與柱板厚度合乎式 (2) 之要求。
2. 接著根據式 (3) 及式 (4) 求得 h_d 及 t_d 之尺寸範圍，並據以選擇一組 h_d 及 t_d 。
3. 根據式 (5) 檢核所選擇之 h_d 及 t_d 是否合乎橫隔板局部挫屈性質之要求。
4. 根據橫隔板與梁縱向夾角的限制，以及 S1 斷面先降伏的要求，求得 a 值容許範圍之計算式。

根據圖 11 中， $\theta \leq 30^\circ$ 之限制以及斜線三角形的幾何關係，可以建立 h_d 、 b_c 、 a 、 b_{f1} 之關係如式 (12)。

$$a \geq \frac{(b_c + 2h_d) - b_{f1}}{2 \tan 30^\circ} + h_d \quad \text{式 (12)}$$

參考圖 15，斷面 S1 之彎矩需求 M_1 可以根據式 (13) 求得，而為確保 HH 段先降伏，斷面 S1 的標稱塑性彎矩 M_{p1} 應該要等於 M_1 。 M_{p1} 可根據式 (14) 求得，式 (14) 中之 d_d 為上橫隔板上緣到下橫隔板下緣之距離。令式 (13) 右側等於式 (14) 最右側，可以求得 b_{f1} 之表示式如式 (15)，再將式 (15) 代入式 (12) 即可求得 a 之容許範圍，如式 (16)。

$$M_1 = \alpha (M_{ne})_{required} \left(1 - \frac{a}{L} \right) \quad \text{式 (13)}$$

$$M_{p1} = F_y Z_1 = F_y \left[(b_{f1} \cdot t_d)(d_d - t_d) + \left(\frac{d_d}{2} - t_d \right)^2 \cdot t_w \right] \quad \text{式 (14)}$$

$$b_{f1} = \frac{\frac{\alpha(M_{ne})_{required}}{F_y} \left(1 - \frac{a}{L}\right) - \left(\frac{d_d}{2} - t_d\right)^2 \cdot t_w}{t_d(d_d - t_d)} \quad \text{式 (15)}$$

$$a \geq \frac{t_d(b_c + 3.15h_d)(d_d - t_d) + \left(\frac{d_d}{2} - t_d\right)^2 \cdot t_w - \frac{\alpha(M_{ne})_{required}}{F_y}}{1.15t_d(d_d - t_d) - \frac{\alpha(M_{ne})_{required}}{F_y \cdot L}} \quad \text{式 (16)}$$

5. 根據式 (16) 求得 a 之容許範圍，在容許範圍內選取一個 a 值，將此 a 值代入式 (15) 即可求得斷面 S1 之翼板寬度 b_{f1} 。由於 S1 斷面腹板的應力可以直接傳遞至外橫隔板段之腹板，因此 S1 斷面不需滿足 $Z_f/Z \geq 0.7$ 的要求。
6. 檢核外橫隔板強度。

根據式 (6) 求得橫隔板端部容許之翼板拉力或壓力 $P_{b,f}^*$ ，而 $P_{b,f}^*$ 應大於或等於 S1 斷面經由外橫隔板傳入柱板之最大拉力或壓力。由於鋼管柱內對應於腹板位置是空的，S1 斷面之彎矩應該全由外橫隔板來承擔，因此橫隔板強度應該要大於或等於 $M_{p1}/(d_d - t_d)$ 。但是試驗結果顯示 S1 斷面有顯著的應變硬化行為，因此建議將強度需求放大 1.2 倍，而 $P_{b,f}^*$ 也就應該滿足式 (17) 的要求。式 (17) 如能被滿足，則橫隔板段幾何形狀即可決定之；反之則回到步驟 2，選取一個較大的 h_d ，並重複步驟 2 至 6。

$$P_{b,f}^* \geq \frac{1.2M_{p1}}{d_d - t_d} \quad \text{式 (17)}$$

7. 決定 β 值並求取 b_{f2} 。

HH 段的長度以 βd_d 表示之，根據陳生金等人 (1996) 之建議， β 應介於 0.5 與 0.75 之間。 β 決定後，S2 斷面的彎矩需求 M_2 可以採用式 (18) 求得。令斷面 S2 的標稱塑性彎矩 M_{p2} 等於 M_2 ，可以由式 (19) 求得 S2 斷面所需翼板寬度 b_{f2} 。

$$M_2 = \alpha (M_{ne})_{required} \left[1 - \frac{(a + \beta d_d)}{L} \right] \quad \text{式 (18)}$$

$$b_{f2} = \frac{\frac{\alpha (M_{ne})_{required}}{F_y} \left(1 - \frac{a + \beta d_d}{L} \right) - \left(\frac{d_d}{2} - t_d \right)^2 \cdot t_w}{t_d (d_d - t_d)} \quad \text{式 (19)}$$

8. 決定續接段長度並檢核續接段端部彎矩強度。

續接段的長度要考量續接段與中段梁續接所需之空間，另一方面也要考慮到端部彎矩強度是否合乎所需。續接段為等斷面，其彎矩強度為 M_{p2} ，而彎矩需求 M_g 可由式(20)求得，為了不讓續接段端部產生過度的降伏，應保持 M_{p2} 大於或等於 M_g 。若無法滿足 M_{p2} 大於或等於 M_g 的需求，加長續接段可以解決這個問題。

$$M_g = (M_{ne})_{required} \left(1 - \frac{g}{L} \right) \quad \text{式 (20)}$$

5.4 外橫隔板 HH 韌性工法之經濟效益

內藏式橫隔板工法中內橫隔板所使用的材料，比外橫隔板少。但是，與外橫隔板連接的梁，其彎矩強度需求降低，因此可以使用斷面較小的梁。使用內橫隔板時，由圖 10 可看出梁的彎矩需求為 $(M_{ne})_{required}$ ；使用外橫隔板時，由圖 13 及式 (9) 可看出梁的彎矩需求為 $(L-a)/L$ 倍之 $(M_{ne})_{required}$ ；使用外橫隔板 HH 韌性工法時，由圖 15 及式 (20) 可得到梁的彎矩需求為 $(L-g)/L$ 倍之 $(M_{ne})_{required}$ 。在一個設計例中，外橫隔板 HH 韌性工法的梁彎矩需求，比內橫隔板工法少 40%，估計使用外橫隔板 HH 韌性工法可節省材料使用量達 30% 以上。

六、結論

近年來，鋼管生產設備的能量大幅提昇，冷軋型及冷沖軋型鋼管斷面的尺寸也大幅增大，這些造價比箱型柱低的鋼管斷面，已經可以應用於中、高層鋼結構建築物。使用鋼管柱不但可以提升鋼結構在中、高樓層建築結構的競爭力，也可以落實綠建築、環保的理念。但是箱型柱採用的橫隔板施工方式，無法直接應用於鋼管柱，因此需要引用或研發適合鋼管柱使用之梁-柱接合方式。

在現有梁柱接合型式種類中，內藏式橫隔板工法與外橫隔板工法是比較適合國內使用的工法，本文分別介紹之。此外，結合外橫隔板與翼板韌性切削，研發出外橫隔板 HH 韌性工法，本文也將其概念及設計方法作介紹。此外，外橫隔板 HH 韌性工法，概估可節省大梁之材料使用量達 30% 以上，銲道數量也較少，可以降低造價，提升鋼結構的競爭力。

參考文獻

Kurobane, Y., Packer, J.A., Wardenier, J., Yeomans, N., (2004) “Design guide for structural hollow section column connections”, ISBN 3-8249-02802-6, TÜ V-V erlag, Germany, p136.

日本建築中心（財團法人），2008，「冷間成形角形鋼管設計及施工手冊」。

陳生金、陳舜田、葉禎輝、周作隆，1996，「強烈地震下鋼骨梁柱接頭之破壞及高韌性接頭之開發」，結構工程，第十一卷，第四期。

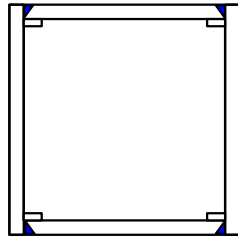
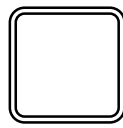
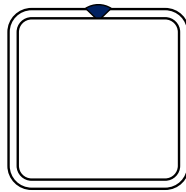


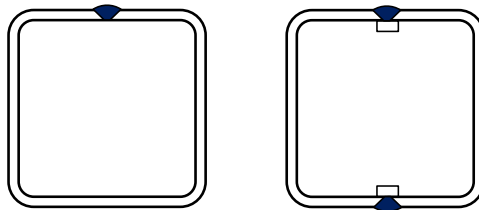
圖 1 箱型鋼柱斷面



(a) 無縫鋼管

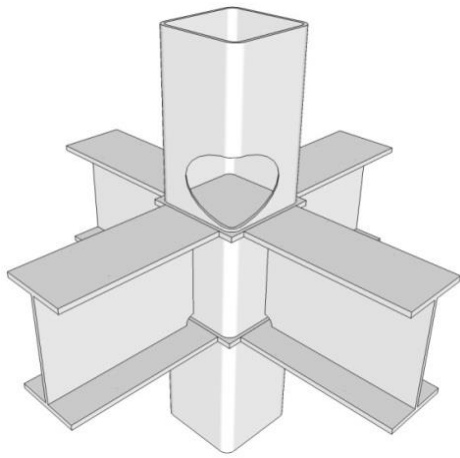


(b) 冷軋型

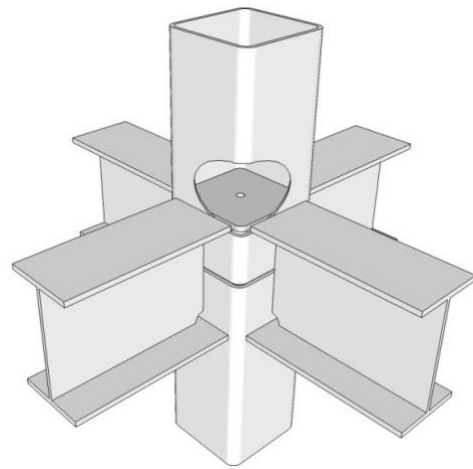


(c) 冷沖壓型

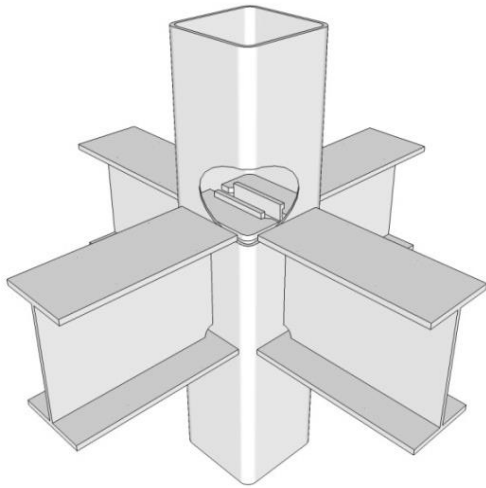
圖 2 鋼管斷面



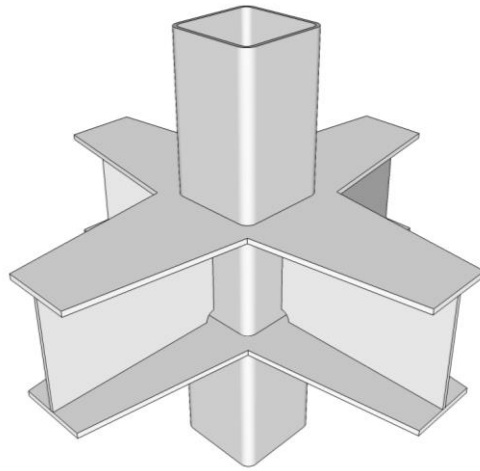
(a)通過式橫隔板



(b)內藏式橫隔板



(c)分解式橫隔板



(d)外橫隔板

圖 3 使用鋼管之橫隔板型式 (日本建築中心, 2008)

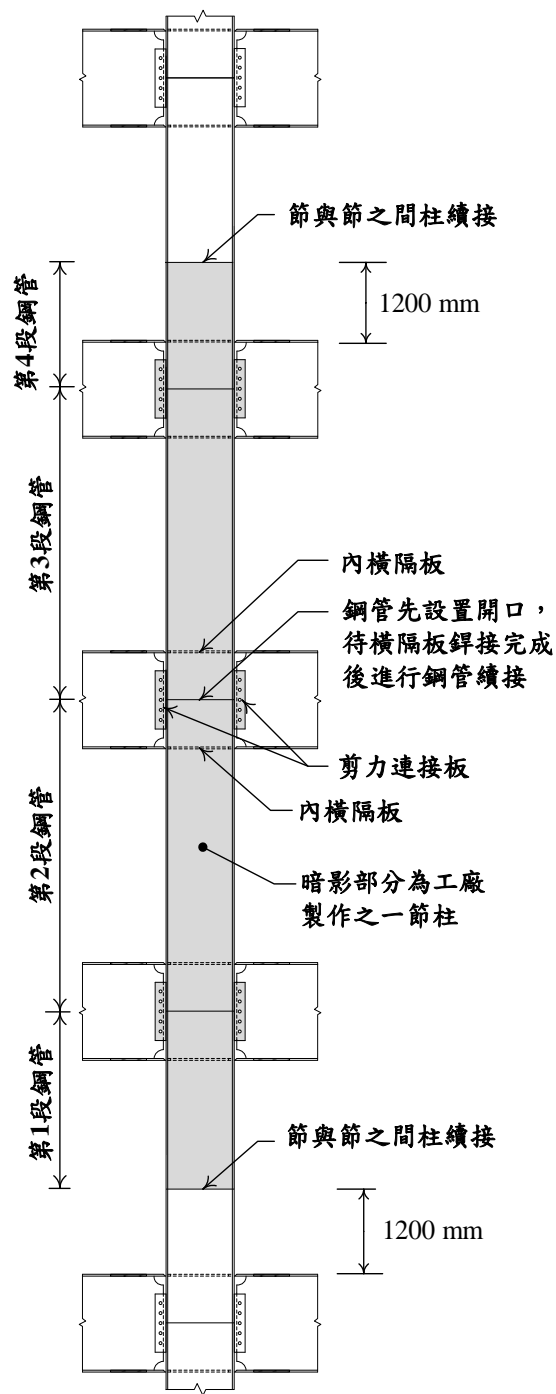


圖 4 一節柱之組成方式

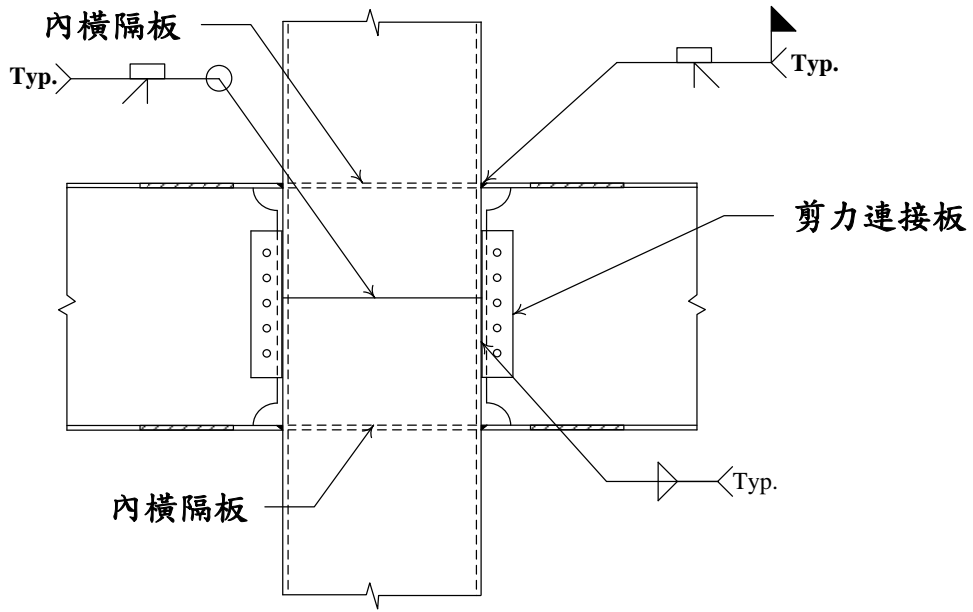


圖 5 內藏式橫隔板工法梁柱接合處之構造

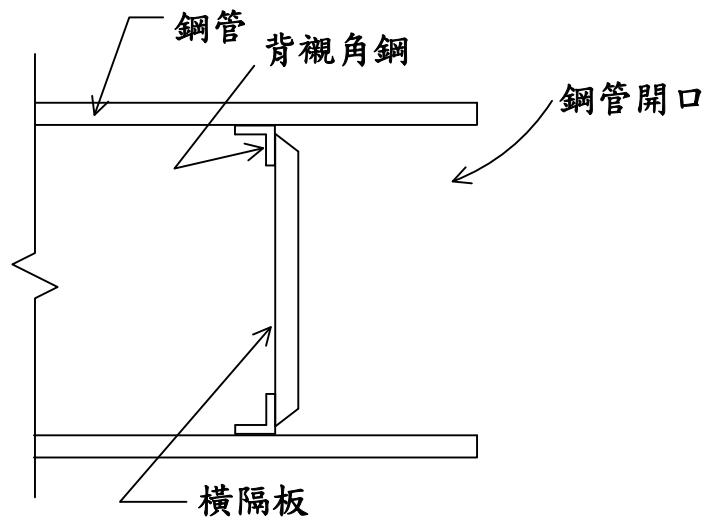


圖 6 內藏式橫隔板工法鉚接細部

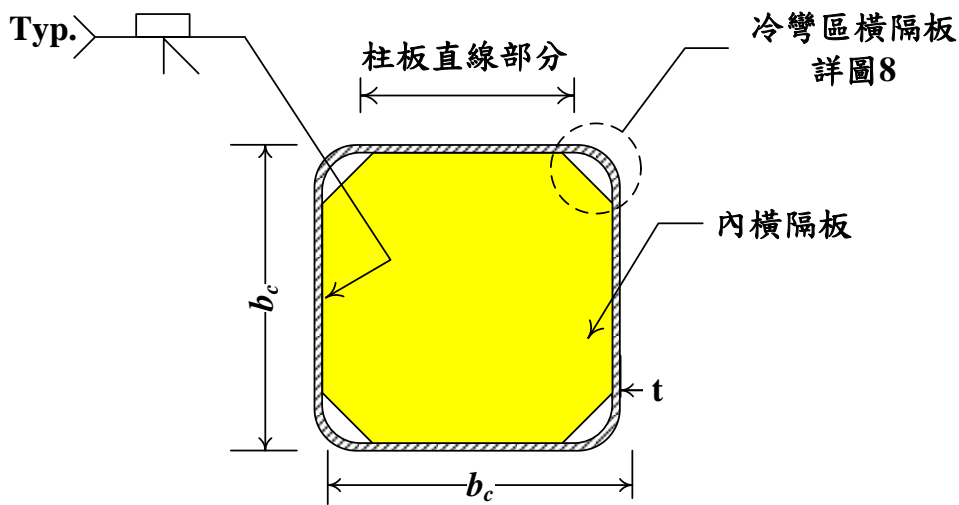


圖 7 內藏式橫隔板之切角

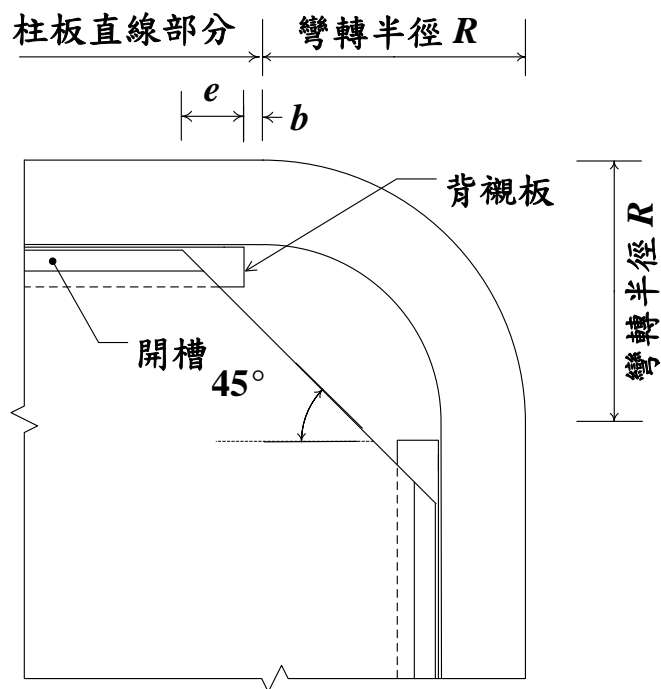
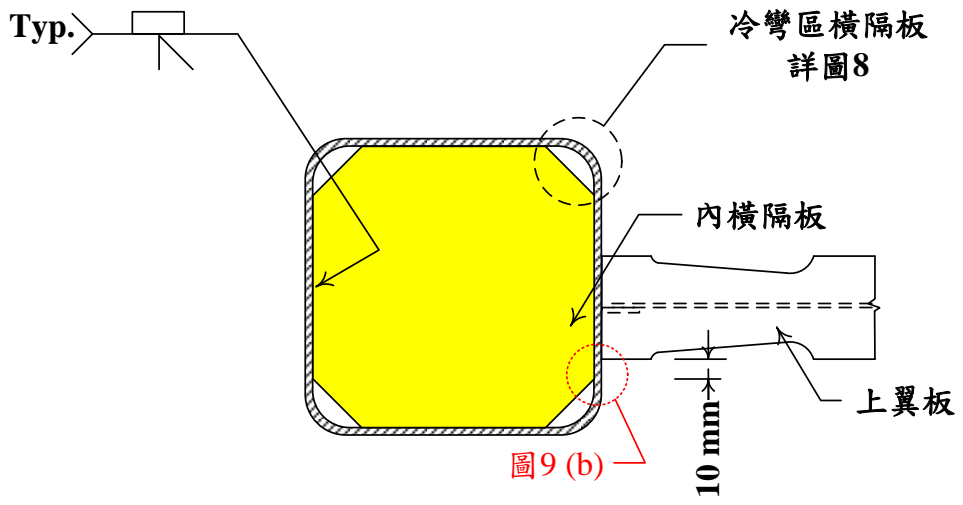
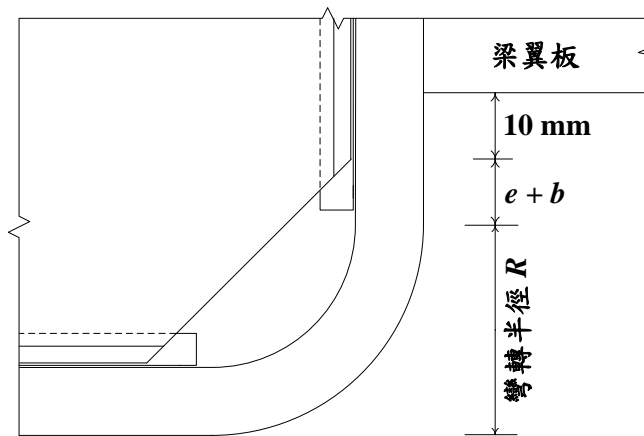


圖 8 內橫隔板角落處細部



(a) 梁配置示意圖



(b) 梁配置細部

圖 9 梁柱交接相對位置

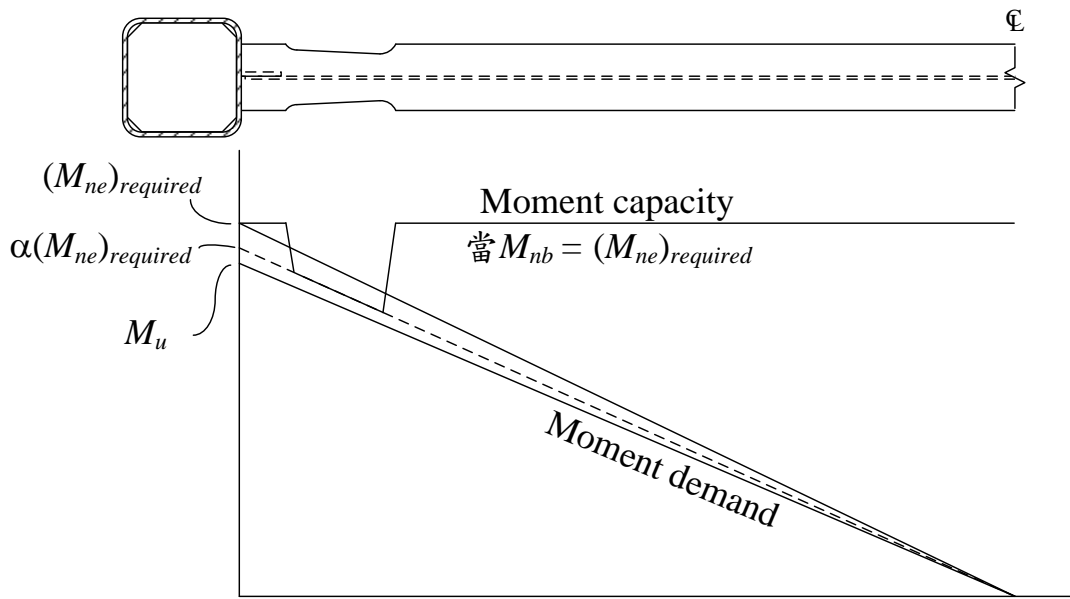


圖 10 內藏式橫隔板使用切削式韌性接頭之彎矩分佈

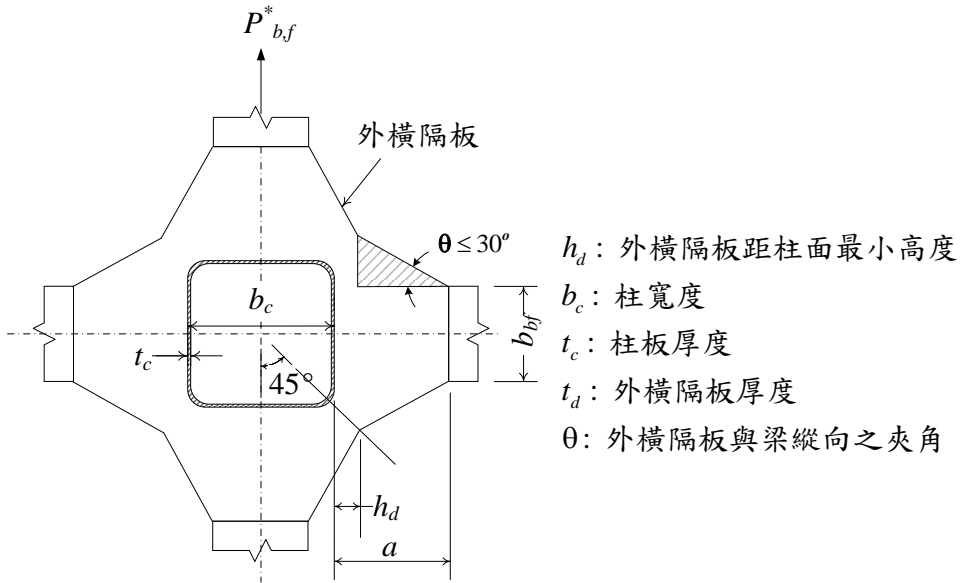
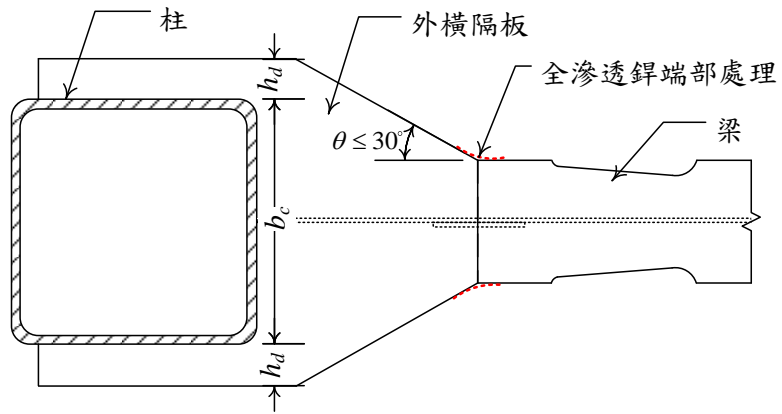
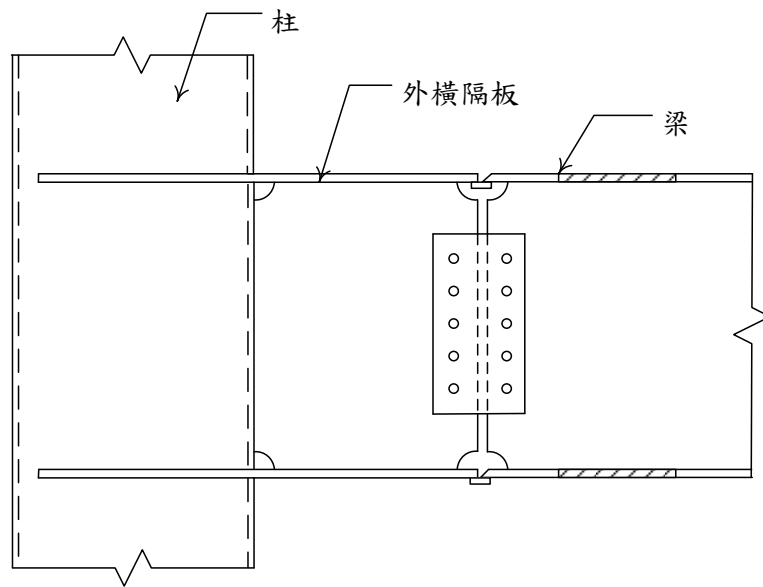


圖 11 外橫隔板之幾何形狀及各部尺寸



(a) 平面圖



(b) 側立面圖

圖 12 外橫隔板與梁之翼板全滲透銲腹板栓接

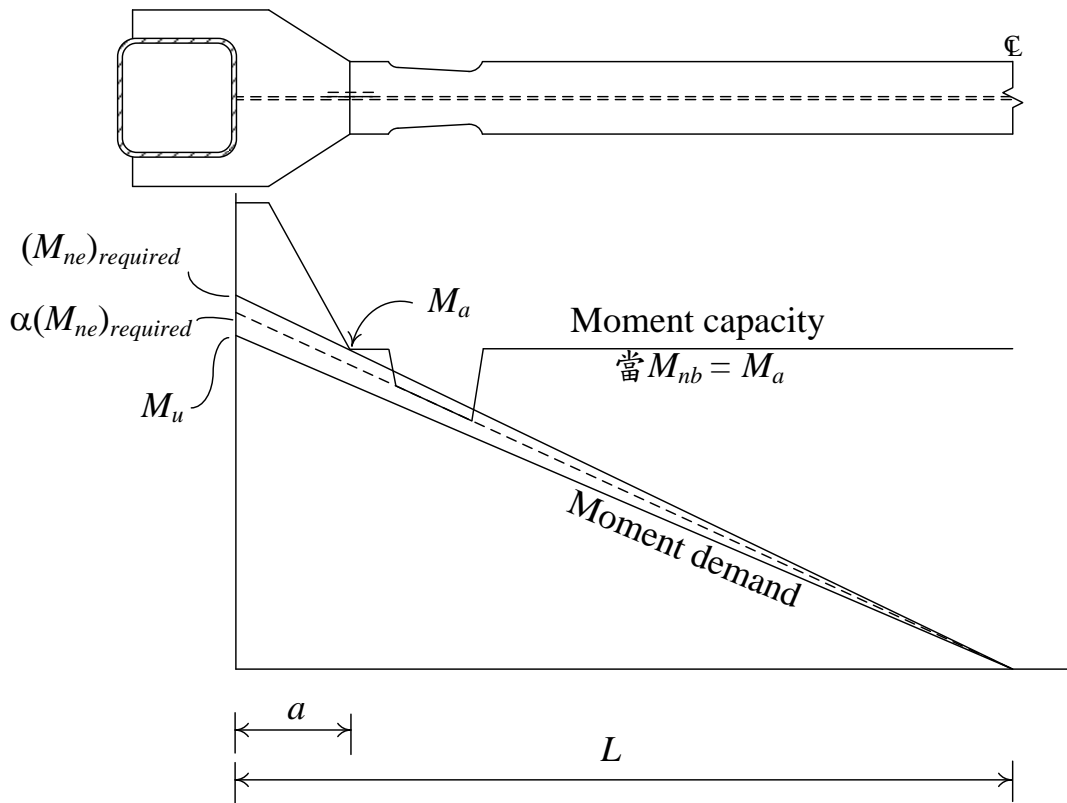


圖 13 外橫隔板使用切削式韌性接頭之彎矩分佈

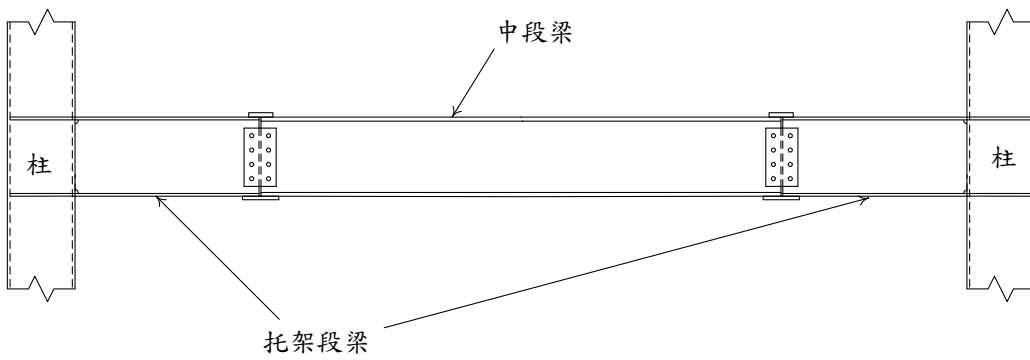


圖 14 一個梁跨中梁之組成

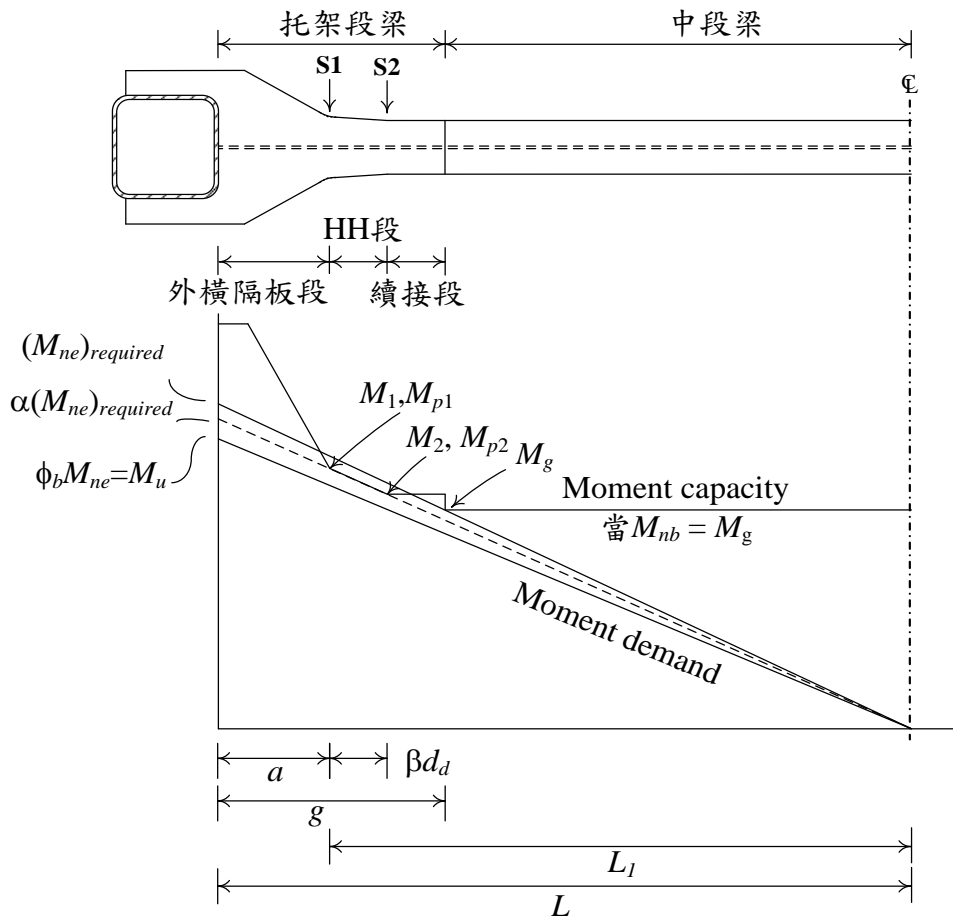


圖 15 托架段梁平面及梁彎矩分佈

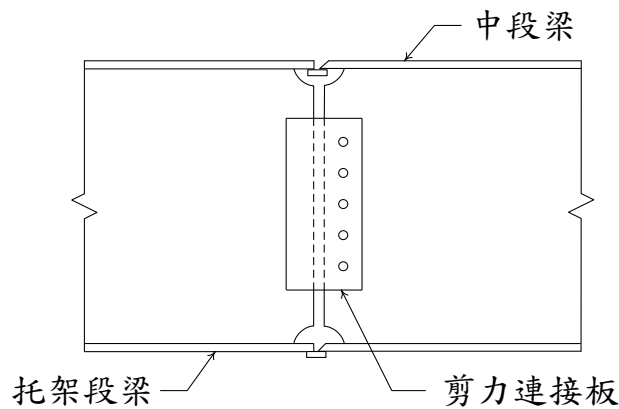


圖 16 翼板全滲透銲腹板栓接之梁續接

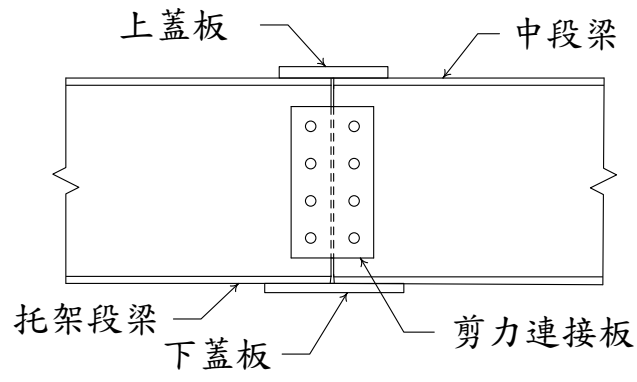


圖 17 托架梁與中段梁之蓋板接合

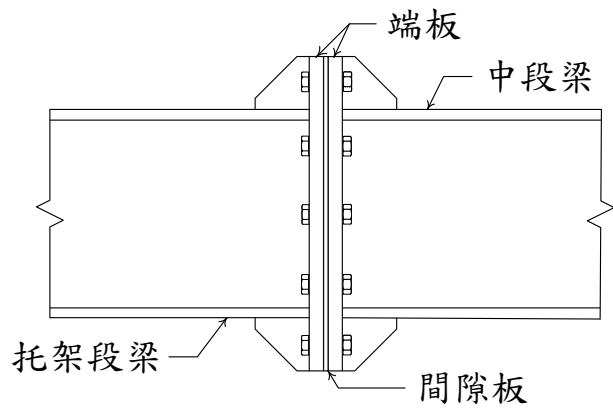


圖 18 托架梁與中段梁之端板接合