

# 組合斷面 T 型接合之應用與設計

梁宇宸<sup>1</sup>、陳正平<sup>2</sup>

1. 東鋼鋼結構 結構技師
2. 結構技師、土木技師

## 一、前言

鋼板 T 型接合運用在鋼結構工程是非常常見的組合，如圖 1.1 所示幾種常見 T 型接合的情形，光一個斜撐系統就用到很多 T 型接合，但是每片 T 型接合之銲道設計並非相同，有些是剪力的需求有些是有拉力的需求，所以銲接量就會因需求而異，很難以一個標準圖來涵蓋所有的情形，諸如此類的 T 型設計在一個結構物興建中是一定會出現這種接頭的。圖 1.2 為結構技師公會 2007 年頒佈的銲道施作標準通圖，此標準銲道需求分成 S1 及 S2 的銲道需求，S1 為接頭強度等於母材全強度時之角銲尺寸、S2 為接頭強度約等於母材 67%強度或僅承受剪力時之角銲尺寸，以施工者及至監造者的角度，很難瞭解字面上的意義以及哪些該使用 S1 哪些該使用 S2 之銲道尺寸，目前工程界結構設計者常將此要求一字不漏的列入鋼結構設計標準通圖，但因前述所言銲道強度跟力學傳遞機制有關，若圖說上面沒有標示清楚常造成工程上的困擾，除了工地與設計的澄清意見單（RFI）往返頻繁外，若為便宜行事全採用 S1，如此將過於保守造成製作上極大的浪費，或製造者不小心全採用 S2 銲接，則部分桿件安全可能很有疑慮，甚至有些區域採用 S1 製作也未必就是保守的設計。

再者，該通圖在板厚 > 19mm 時採 A36 等級鋼板之銲道由填角銲接建議改成雙邊開槽半滲透銲接，A572 Gr.50 鋼板則無列出，若依表下之註解說明(2)，本表未註明之角銲尺寸，一律採全滲透開槽銲。這樣的規定不只是製作成本大幅度增加（半滲透開槽銲接轉變成全滲透銲接）也間接也限制了一些鋼構廠優良有效率的製程，而且若有設計者漏標示則會由說明(4)一律採 S1 施工，稍厚(板厚 > 19mm)的 A572 Gr.50 鋼板則需用全滲透銲接。

該 T 型銲接通圖原始用意是讓設計者所設計的斷面，依據力學傳遞自己選用銲接尺寸，無須再次計算之立意良好，但前提是設計者需詳加標註銲道需求於結

構圖上，否則就會發生如前述之增加製作成本及時間。本文將介紹目前常用的斷面製作之銲道選用及銲道強度之計算，讓銲道設計可以被正確設計使用。

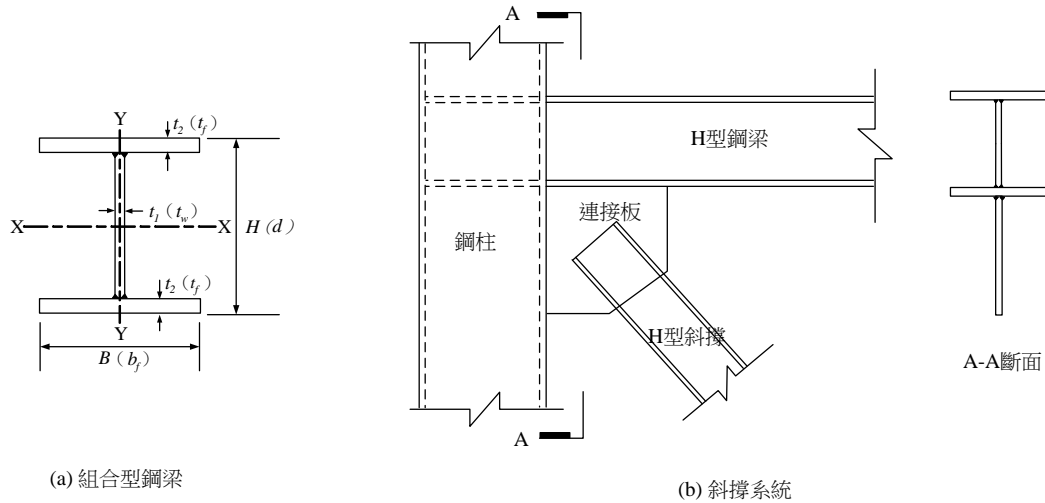


圖 1.1 T 型銲接組合運用例

角銲尺寸表

銲板板厚	A36 ( $F_y \leq 2.53 \text{ t/cm}^2$ )		A572 Gr.50 ( $F_y < 3.52 \text{ t/cm}^2$ )	
	S1	S2	S1	S2
4.5	4.5	3	4.5	3
6.0	6.0	4	6.0	4
9	7	5	9	6
10	8	6	10	7
12	9	6	12	8
13	10	7	13	9
16	12	8	16	11
19	15	10	19	13
22	17	12	22	15
25	19	13	25	17
28	21*	14	28	19
32	24*	16	32	
36	27*	18	36	
40	30*	20	40	
45	34*	23	45	
50	38*	26	50	

\* 厚板之角銲建議採用 (B) 之方式為之。

說明：(1) S1 為接頭強度等於母材全強度時之角銲尺寸。  
 S2 為接頭強度約等於母材 67% 強度或僅承受剪力時之角銲尺寸。  
 (2) 本表未註明之角銲尺寸，一律採全滲透開槽銲。  
 (3) 承受反復載重或有韌性需求者，一律採全滲透開槽銲。  
 (4) 設計詳圖上未標明銲接尺寸者，一律採用 S1。

圖 1.2 結構技師公會 2007 年版 T 型接合電銲標準通圖

## 二、T 型銲接之歷史背景

銲道之型式及尺寸會影響製作成本，包含開槽加工、銲接施工、銲接檢驗及銲接後矯正等。圖 2.1 為林肯電銲參考手冊中 BH 型鋼 T 型接合，在發揮腹板之全板剪力強度條件下，採用三種銲道型式之銲接成本曲線，成本計算包含開槽加工及銲接施工，但不包含背剷、銲接檢驗及銲接後矯正之費用等。依據該曲線，銲道型式(a)及(c)之最低成本轉換厚度約為 20mm，即腹板厚度不超過 20mm 時以採用圖 2.1(a)之填角銲道較為經濟，而當腹板厚度超過 20mm 時則以採用圖 2.1(c)之部分滲透開槽填角補強銲道較為經濟，這也是目前常看到的分界線。由上述討論可知圖 2.1(b)的銲道型式在各種腹板厚度下均非為最經濟之銲道型式。相較於圖 2.1(b)，採用全滲透銲道尚會增加背剷及銲接檢驗之成本，故全滲透銲道成本將遠高於圖 2.1(a)及(c)之銲道型式。雖然該文獻發行年份(1973)距今較久，且各鋼構廠之製作成本稍有不同，但仍不失為設計者良好之參考資料。所以依據當時背景所制訂的分界是 19mm，根據現有銲接設備與製程評估剪力接合之最低成本轉換厚度約介於 25~28mm 之間，所以在設計圖說硬性規定大於 19mm 的板厚就需開槽或是採全滲透銲接，實屬不合理之規定，應留下製作空間讓鋼構廠決定成本的分界線，設計者只需對銲道是屬於剪力接合或是拉力接合詳以界定，製作方面可讓鋼構廠依其製程選定最佳控管成本。

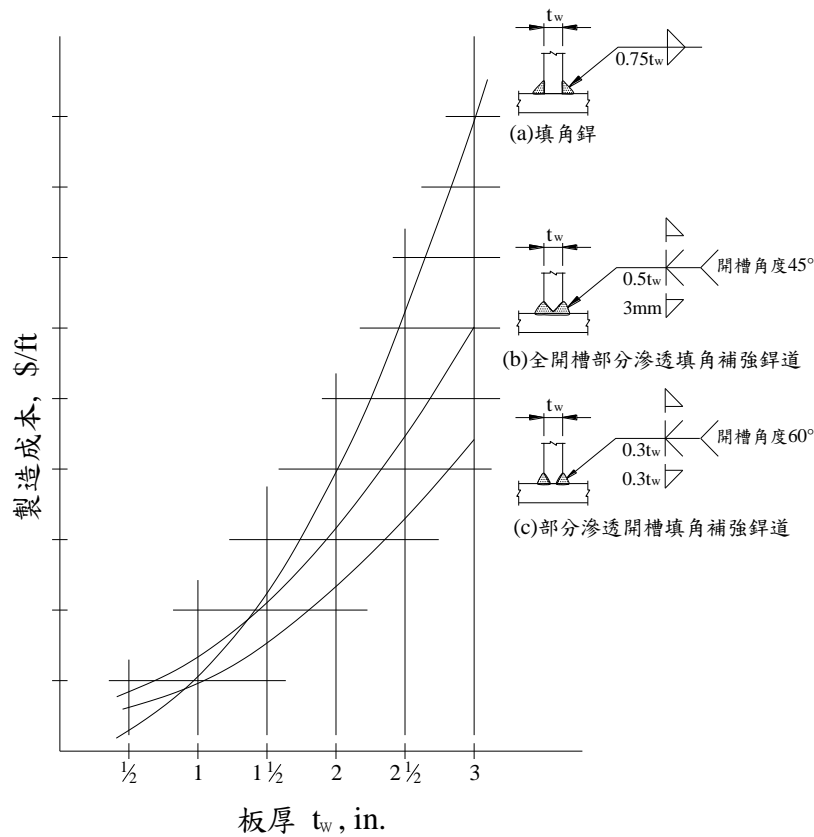


圖 2.1 BH 型鋼 T 型接合不同鐸道型式之成本

### 三、T 型鐸接之鐸道計算

無論梁或柱 T 型鐸接運用最普遍的地方是 H 形組合斷面 (BH) 之組立，一般情況下，BH 型鋼腹板與翼板間之鐸道強度僅須滿足發揮腹板全板剪力強度之需求，所在一般常用的斷面下，採用填角鐸道尺寸 S2 來進行組立，少部分有拉力需求的才會以 S1 來設計鐸道。鐸道尺寸與鐸接方法也有極大的不同，國內一級鋼構廠一般都是採用一次熔填量較大潛弧鐸接方法 (SAW) 如圖 3.1 所示，少部分會採用氣體遮護電弧鐸接 (GMAW) 或包藥鐸線電弧鐸接 (FCAW) 進行 BH 組立，如圖 3.2 所示。依據『鋼結構極限設計法規範及解說』第 10.2.2 節 填角鐸道之條款 1 條-(4)款來計算鐸道之有效面積，如使用潛弧鐸接，腳長等於或小於 10 mm 時，以腳長為有效喉厚；大於 10mm 時，有效喉厚可取理論喉厚加 3 mm。圖 3.3 為

BH 型鋼以 SAW 銲接方式組立斷面後之巨觀腐蝕，以單一道自動 SAW 銲接填角尺寸是 14mm 則可以發現 SAW 之滲透性良好，有效銲喉比理論銲喉多了 4.6mm，所以能夠符合規範允許多出 3mm 計入有效喉厚。AISC 360-10 已將此條款修正為實際使用銲接之方法與銲接程序，經試驗驗證可得穩定之銲道根部滲透深度，則可依試驗結果決定有效喉厚。



圖 3.1 潛弧銲機進行 BH 型鋼製作



圖 3.2 半自動銲接機進行 BH 型鋼組立 (GMAW)

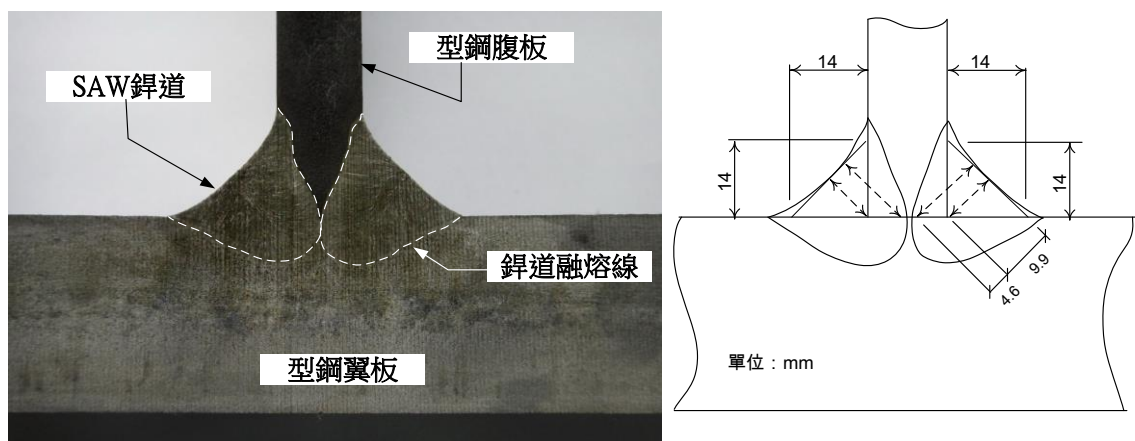


圖 3.3 SAW 組立 BH 型鋼銲道巨觀剖面圖 (東鋼鋼結構提供)

若腹板過厚採用填角銲道尺寸過大，製作成本將會增加，一般鋼構廠則會採雙邊開槽部分滲透銲接來進行型鋼的組立，依據 AWS D1.1 規定在開槽的底部靠近根面處，在銲接時容易產生瑕疵，計算有效銲喉時最短距離需再扣除 3mm (單側)，如圖 3.4 所示，但這會隨著銲接方法及銲接細部設計之不同，是否扣除 3mm 之有效銲喉而有所不同。圖 3.5 為預檢定之部分滲透開槽銲道接合詳細圖，採用 SAW

銲接，開槽角度 60 度，平銲時則有效銲喉可以不需扣除 3mm，但若採用 FACW 或 GMAW 時，預檢定開槽角度是 45 度（AISC 360-10 與 AWS D1.1 2015 相同）與目前國內的設計規範不一樣（圖 3.6），目前現行規範預檢定角度是 60 度時可以不用扣除 3mm 有效喉厚，造成這樣的差異是由於一開始國內鋼結構規範參考 AISC 1989 年的規範版本，雖然 AISC 在 2005 年將此修正為 45 度，並將此限制在平銲及水平銲為預檢定細部設計。但筆者認為採用 GMAW 或 FCAW 以開槽角度 60 度，採平銲或水平銲的方式進行銲接，理論上應該是更不容易產生缺陷或瑕疵在根部優於 45 度開槽，60 度的開槽角度也是目前國內鋼構廠製成上使用多年的角度。所以對於新規範規定這部分可以由 45 度加上允許調整 10 度的細部施工圖裕度，再加上 5 度的組裝裕度來達成施工完成面一樣是 60 度的開槽角度，只是施工誤差僅 +5~-5 度，依照目前的施工精度是沒有問題的。統一 60 度開槽如此有個好處，鋼構廠施工管理上較容易，無需區別過多不同的接頭之開槽。

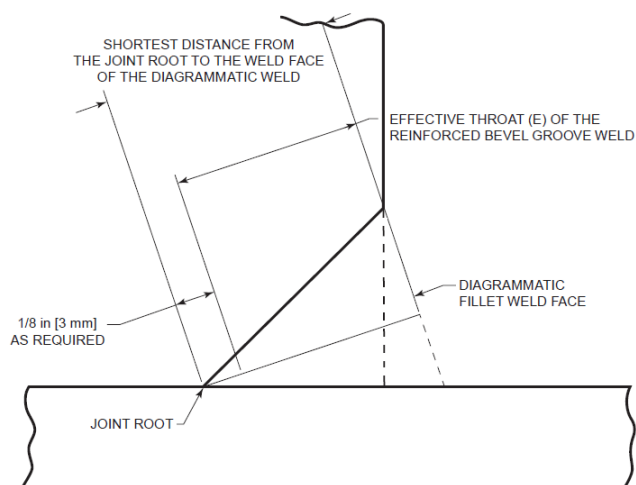


圖 3.4 開槽填角補強銲道有效喉厚示意圖（摘自 AWS D1.1-2015）

銲接方法	銲接記號	母材厚度 (U:無限制)		開槽準備			容許銲接姿勢	總銲道尺寸 (S <sub>1</sub> +S <sub>2</sub> )	備註
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	根部間隙 根面 開槽角度	公差				
					細部圖 裕度	組裝後 公差			
SMAW	BTC-P5	8 最小	U	R=0 f=3 最小 α=45°	+2,-0 +U,-0 +10°,-0°	+3,-2 ±2 +10°,-5°	全姿勢	D <sub>1</sub> +D <sub>2</sub> -6	5,6,7, 9,10,11
GMAW FCAW	BTC-P5-GF	12 最小	U	R=0 f=3 最小 α=45°	+2,-0 +U,-0 +10°,-0°	+3,-2 ±2 +10°,-5°	F,H V,OH	D <sub>1</sub> +D <sub>2</sub> D <sub>1</sub> +D <sub>2</sub> -6	1,6,7, 9,10,11
SAW	TC-P5-S	20 最小	U	R=0 f=6 最小 α=60°	±0 +U,-0 +10°,-0°	+2,-0 ±2 +10°,-5°	F	D <sub>1</sub> +D <sub>2</sub>	6,7,9, 10,11

圖 3.5 預檢定之部分滲透開槽銲道銲接詳細圖 (AWS D1.1-2015)

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) 氣體遮護金屬電弧銲接(GMAW)	所有位置	單斜或 V 接頭 ≥ 60°	槽深
包藥銲線電弧銲接(FCAW)		單斜或 V 接頭 < 60°但 ≥ 45°	槽深減 3mm

圖 3.6 國內鋼結構設計規範對部分滲透開槽銲接之規定 (現行規範)

以下將針對銲道強度做一合理的計算。

### 3.1 雙邊填角銲道銲道計算

銲道形狀及尺寸詳圖 3.7。



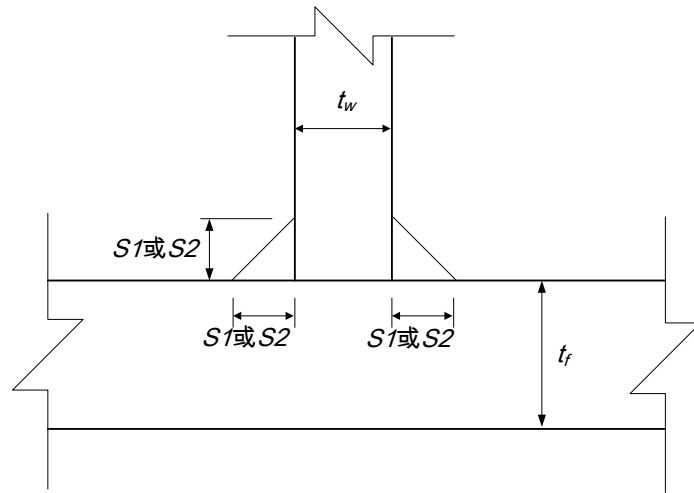


圖 3.7 雙邊填角銲道接合示意圖

3.1-1 一般梁、柱桿件，組成型鋼腹板發揮全剪力強度時：

以下計算以單位長度為之，並假設翼板與腹板採相同材質。一般來說檢核兩種破壞模式，一是銲道最短距離破壞，另一個是母材熱影響區破壞，鋼板強度太低則可能由此模式破壞如圖 3.8 所示。取腹板設計剪力強度  $\phi V_n$  為銲道設計力：

$$\phi V_n = 0.9 \times 0.6 \times F_y \times t_w$$

(a) 極限狀態為銲道有效銲喉破壞

銲道設計強度：

$$\phi R_n = 2 \times 0.75 \times 0.6 \times F_{EXX} \times S2_a \times \cos 45^\circ$$

$$\text{令 } \phi V_n = \phi R_n$$

$$\text{求得 } S2_a = 0.849 \frac{F_y t_w}{F_{EXX}}$$

採用 AWS E70XX 銲條時，所需  $S2_a = 0.173 F_y t_w$

採用 AWS E80XX 銲條時，所需  $S2_a = 0.152 F_y t_w$

(b) 極限狀態為銲道與母材交界面破壞

銲道設計強度：

$$\phi R_n = 2 \times 0.75 \times 0.6 \times F_u \times S2_b$$

$$\text{令 } \phi V_n = \phi R_n$$

$$\text{求得 } S2_b = 0.6 \frac{F_y t_w}{F_u}$$

所需銲道尺寸  $S2 = \max(S2_a, S2_b)$

如前述鋼結構設計規範，若使用潛弧銲接（SAW），銲道尺寸等於或小於 10mm 時以銲道尺寸為其有效銲喉；大於 10mm 時有效喉厚可以取理論喉厚加 3mm。各種不同母材及銲條之組合下，使用 SMAW、GMAW 及 FCAW 銲接方法時所需銲道尺寸如表 3.1 所示，使用 SAW 銲接方法時所需銲道尺寸如表 3.2 所示。

一般 BH 型鋼組立常採用 SAW 銲接方式，一次銲接的腳長是 14-15 mm（圖 3.3 所示），由表 3.2 中看出鋼板降伏強度  $\leq 3.5\text{tf/cm}^2$ 、板厚 28mm（含）內，以及鋼板降伏強度  $\leq 4.7\text{tf/cm}^2$ 、板厚 25mm（含）內，填角銲道 SAW 一道就可以完成，如此可以增加銲接的施工效率，這也是為何鋼構廠製程上若採全自動 SAW 銲接時，剪力接合控制在 25mm~28mm 以內不做開槽半滲透銲接時最為節省成本。

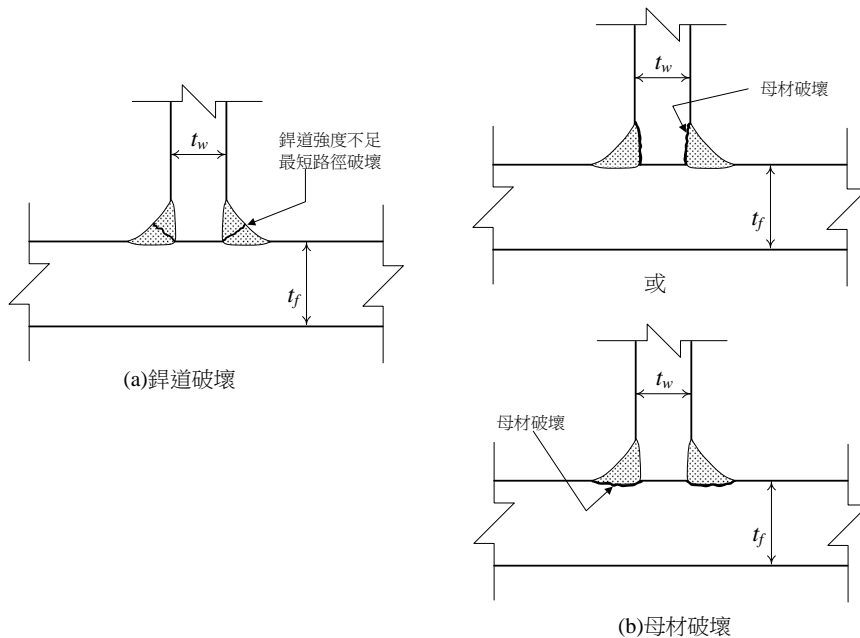


圖 3.8 T 型接合填角銲破壞模式

表3.1 SMAW,GMAW,FCAW腹板發揮全剪力強度時所需填角鐸道尺寸S2 (mm)

腹板 厚度 $t_w$	母材與鐸條強度之組合			
	母材 $F_y=2.5 \text{ tf/cm}^2$	母材 $F_y=3.5 \text{ tf/cm}^2$	母材 $F_y=4.3 \text{ tf/cm}^2$	母材 $F_y=4.7 \text{ tf/cm}^2$
	母材 $F_u=4.1 \text{ tf/cm}^2$	母材 $F_u=4.6 \text{ tf/cm}^2$	母材 $F_u=5.8 \text{ tf/cm}^2$	母材 $F_u=5.8 \text{ tf/cm}^2$
	鐸條AWS E70系列	鐸條AWS E70系列	鐸條AWS E80系列	鐸條AWS E80系列
9	5	6	6	7
10	5	7	7	8
12	6	8	8	9
14	7	9	10	10
16	7	10	11	12
18	8	11	12	13
19	9	12	13	14
20	9	13	14	15
22	10	14	15	16
25	11	16	17	18
28	13	17	19	20

備註： 1. 本表僅適用於使用低氫系鐸條之條件。  
 2. 須依據翼板厚度決定鐸接時之預熱及道間溫度。

表3.2 SAW腹板發揮全剪力強度時所需填角銲道尺寸S2 (mm)				
腹板厚度 $t_w$	母材與銲材強度之組合			
	母材 $F_y=2.5 \text{ tf/cm}^2$ 母材 $F_u=4.1 \text{ tf/cm}^2$ 銲條AWS E70系列	母材 $F_y=3.5 \text{ tf/cm}^2$ 母材 $F_u=4.6 \text{ tf/cm}^2$ 銲條AWS E70系列	母材 $F_y=4.3 \text{ tf/cm}^2$ 母材 $F_u=5.8 \text{ tf/cm}^2$ 銲條AWS E80系列	母材 $F_y=4.7 \text{ tf/cm}^2$ 母材 $F_u=5.8 \text{ tf/cm}^2$ 銲條AWS E80系列
	9	5	5	5
10	5	5	5	6
12	5	6	6	7
14	6	7	7	8
16	6	8	8	9
18	7	9	9	10
19	7	9	9	10
20	8	10	10	11
22	9	11	11	12
25	10	12	13	14
28	11	13	15	16

備註：1. 本表僅適用於使用低氫系銲條之條件。  
2. 須依據翼板厚度決定銲接時之預熱及道間溫度。

### 3.1-2 腹板發揮全拉力強度時

以下計算以單位長度為之，並假設翼板與腹板採相同材質。

取腹板設計拉力強度  $\phi T_n$  為銲道設計力：

$$\phi T_n = 0.9 \times F_y \times t_w$$

(a) 極限狀態為銲道有效銲喉破壞

銲道設計強度：

$$\phi R_n = 2 \times 0.75 \times 0.6 \times F_{EXX} \times S1_a \times \cos 45^\circ$$

$$\text{令 } \phi T_n = \phi R_n$$

$$\text{求得 } S1_a = 1.414 \frac{F_y t_w}{F_{EXX}}$$

採用 AWS E70XX 銲條時，所需  $S1_a = 0.289 F_y t_w$

採用 AWS E80XX 銲條時，所需  $S1_a = 0.253 F_y t_w$

(b)極限狀態為銲道與母材交界面破壞

因為連接處母材拉力斷裂強度  $\phi R_n = 0.75A_n F_u$  還是大於母材剪力斷裂強度  $\phi R_n = 0.75 \times 0.6A_n F_u$ ，所以還是由母材剪力斷裂強度所控制，如圖 3.9 所示。

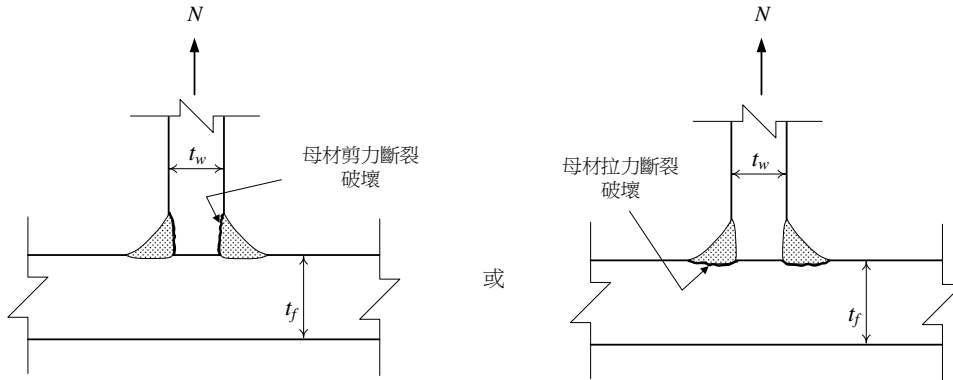


圖 3.9 受拉力時母材破壞模式

銲道設計強度：

$$\phi R_n = 2 \times 0.75 \times 0.6 \times F_u \times S1_b$$

$$\text{令 } \phi T_n = \phi R_n$$

$$\text{求得 } S1_b = \frac{F_y t_w}{F_u}$$

所需銲道尺寸  $S1 = \max(S1_a, S1_b)$

依據鋼結構設計規範，若使用潛弧銲接（SAW），銲道尺寸等於或小於 10mm 時以銲道尺寸為其有效銲喉；大於 10mm 時有效喉厚可以取理論喉厚加 3mm。各種不同母材及銲條之組合下，使用 SMAW、GMAW 及 FCAW 銲接方法時所需銲道尺寸如表 3.3 所示，使用 SAW 銲接方法時所需銲道尺寸如表 3.4 所示。拉力接合鋼構廠一般在板厚大於 19mm 時會採雙邊開槽半滲透銲接的形式（銲道尺寸為 14-15mm），這樣銲道的鎔填量較少且一道 SAW 自動銲接就可以完成，一般來說最常用的板降伏強度大都  $\leq 3.5t_f/\text{cm}^2$ ，表 3.4 所示可以用 SAW 填角銲一次銲的方式銲至 19mm 厚的鋼板，所以在此做為填角或開槽分界上屬合理，且低於 19mm 鋼板進行開槽銲接時，容易因銲接而產生變形，所以於拉力接合之 T 型接頭銲接接合時，鋼構廠控制在 19mm（含）以內不做開槽辦滲透銲接時最為節省成本。

表3.3 SMAW,GMAW,FCAW腹板發揮全拉力強度時所需填角銲道尺寸S1 (mm)				
腹板 厚度 $t_w$	母材與銲條強度之組合			
	母材 $F_y=2.5$ tf/cm <sup>2</sup>	母材 $F_y=3.5$ tf/cm <sup>2</sup>	母材 $F_y=4.3$ tf/cm <sup>2</sup>	母材 $F_y=4.7$ tf/cm <sup>2</sup>
	母材 $F_u=4.1$ tf/cm <sup>2</sup>	母材 $F_u=4.6$ tf/cm <sup>2</sup>	母材 $F_u=5.8$ tf/cm <sup>2</sup>	母材 $F_u=5.8$ tf/cm <sup>2</sup>
	銲條AWS E70系列	銲條AWS E70系列	銲條AWS E80系列	銲條AWS E80系列
9	7	10	10	11
10	8	11	11	12
12	9	13	14	15
14	11	15	16	17
16	12	17	18	19
18	13	19	20	22
19	14	20	21	23
20	15	21	22	24
22	16	23	24	27
25	19	26	28	30
28	21	29	31	34

備註：1. 本表僅適用於使用低氫系銲條之條件。  
2. 須依據翼板厚度決定銲接時之預熱及道間溫度。

表3.4 SAW腹板發揮全拉力強度時所需填角銲道尺寸S1 (mm)				
腹板 厚度 $t_w$	母材與銲條強度之組合			
	母材 $F_y=2.5$ tf/cm <sup>2</sup>	母材 $F_y=3.5$ tf/cm <sup>2</sup>	母材 $F_y=4.3$ tf/cm <sup>2</sup>	母材 $F_y=4.7$ tf/cm <sup>2</sup>
	母材 $F_u=4.1$ tf/cm <sup>2</sup>	母材 $F_u=4.6$ tf/cm <sup>2</sup>	母材 $F_u=5.8$ tf/cm <sup>2</sup>	母材 $F_u=5.8$ tf/cm <sup>2</sup>
	銲條AWS E70系列	銲條AWS E70系列	銲條AWS E80系列	銲條AWS E80系列
9	6	7	7	8
10	7	8	8	9
12	8	10	10	11
14	9	11	11	13
16	10	13	14	15
18	11	14	16	18
19	12	15	17	19
20	13	16	18	20
22	14	18	20	22
25	16	22	23	26
28	18	25	27	29

備註：1. 本表僅適用於使用低氫系銲條之條件。  
2. 須依據翼板厚度決定銲接時之預熱及道間溫度。

### 3.2 部分滲透開槽銲外加填角補強銲道型式一

如 3.1 節所述剪力接合或拉力接合之 T 型接頭銲接，鋼板銲道形狀及尺寸詳圖 3.10 所示。選用開槽角度 60 度，此時依據設計規範不論採用何種銲接方法或姿勢有效

喉厚均不須減 3mm。這種接頭的破壞模式跟填角銲一樣有兩種，一是銲道最短路徑破壞，另一個是銲道熱影響區處母材撕裂破壞。

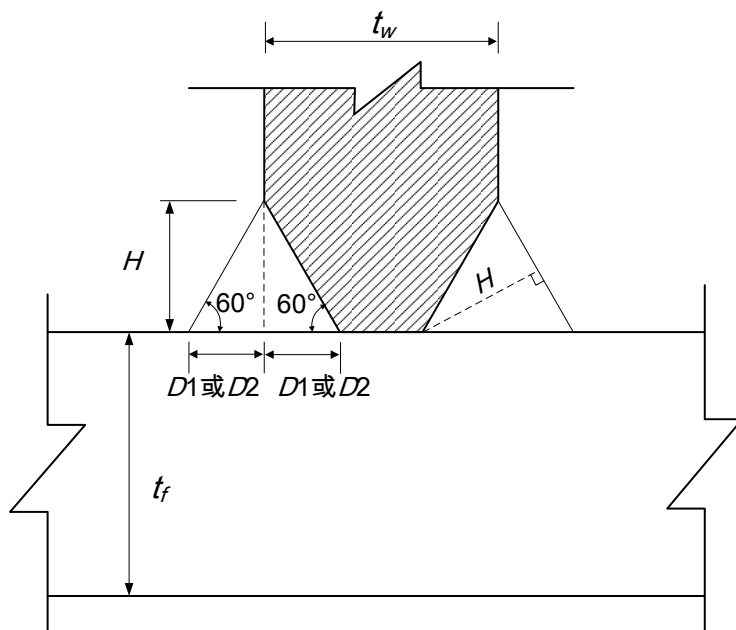


圖 3.10 部分滲透開槽銲外加填角補強銲道型式一

### 3.2-1 腹板發揮全剪力強度時

以下計算以單位長度為之，並假設翼板與腹板採相同材質。

取腹板設計剪力強度  $\phi V_n$  為銲道設計力：

$$\phi V_n = 0.9 \times 0.6 \times F_y \times t_w$$

(a) 極限狀態為銲道有效銲喉破壞

銲道設計強度：

$$\phi R_n = 2 \times 0.75 \times 0.6 \times F_{EXX} \times \sqrt{3} \times D2_a$$

$$\text{令 } \phi V_n = \phi R_n$$

$$\text{求得 } D2_a = 0.346 \frac{F_y t_w}{F_{EXX}}$$

採用 AWS E70XX 銲條時，所需  $D2_a = 0.0707 F_y t_w$

採用  $F_{EXX} \geq 5.9 \text{tf/cm}^2$  之 AWS E80XX 銲條時，所需  $D2_a = 0.0587 F_y t_w$

(b) 極限狀態為銲道與母材交界面破壞

銲道設計強度：

$$\phi R_n = 2 \times 0.75 \times 0.6 \times F_u \times 2 \times D2_b$$

$$\text{令 } \phi V_n = \phi R_n$$

$$\text{求得 } D2_b = 0.300 \frac{F_y t_w}{F_u}$$

所需開槽深度  $D2 = \max(D2_a, D2_b)$

各種不同母材及銲條之組合下所需開槽深度如表 3.5 所示。



表3.5 腹板發揮全剪力強度時所需部分滲透開槽銲外加填角補強所需尺寸 $D_2$  (mm)

腹板厚度 $t_w$	母材與銲條強度之組合			
	母材 $F_y=2.5$ tf/cm <sup>2</sup>	母材 $F_y=3.5$ tf/cm <sup>2</sup>	母材 $F_y=4.3$ tf/cm <sup>2</sup>	母材 $F_y=4.7$ tf/cm <sup>2</sup>
	母材 $F_u=4.1$ tf/cm <sup>2</sup>	母材 $F_u=4.6$ tf/cm <sup>2</sup>	母材 $F_u=5.8$ tf/cm <sup>2</sup>	母材 $F_u=5.8$ tf/cm <sup>2</sup>
	銲條AWS E70系列	銲條AWS E70系列	銲條 $F_{EXX} = 5.9$ tf/cm <sup>2</sup>	銲條 $F_{EXX} = 5.9$ tf/cm <sup>2</sup>
20	5	5	6	6
22	5	6	6	7
25	5	7	7	7
28	6	7	8	8
32	6	8	9	9
36	7	9	10	10
40	8	10	11	12
45	9	12	12	13
50	10	13	13	14

備註：1. 本表僅適用於使用低氫系銲條之條件。  
 2. 須依據翼板厚度決定銲接時之預熱及道間溫度。  
 3. 開槽角度為60°， $D$ 之定義詳圖3.10。

### 3.2-2 腹板發揮全拉力強度時

以下計算以單位長度為之，並假設翼板與腹板採相同材質。

取腹板設計拉力強度 $\phi T_n$ 為銲道設計力：

$$\phi T_n = 0.9 \times F_y \times t_w$$

(a)極限狀態為銲道有效銲喉破壞

銲道設計強度：

$$\phi R_n = 2 \times 0.75 \times 0.6 \times F_{EXX} \times \sqrt{3} \times D1_a$$

$$\text{令 } \phi T_n = \phi R_n$$

$$\text{求得 } D1_a = 0.577 \frac{F_y t_w}{F_{EXX}}$$

採用 AWS E70XX 銲條時，所需  $D1_a = 0.118F_y t_w$

採用  $F_{EXX} \geq 5.9 \text{tf/cm}^2$  之 AWS E80XX 銲條時，所需  $D1_a = 0.0978F_y t_w$

(b) 極限狀態為銲道與母材交界面破壞

銲道設計強度：

$$\phi R_n = 2 \times 0.75 \times 0.6 \times F_u \times 2 \times D1_b$$

$$\text{令 } \phi T_n = \phi R_n$$

$$\text{求得 } D1_b = 0.500 \frac{F_y t_w}{F_u}$$

所需開槽深度  $D1 = \max(D1_a, D1_b)$

各種不同母材及銲條之組合下所需開槽深度如表 3.6 所示，表中標註 SAW 不適用是因為雙邊開槽後，根面小於 SAW 預檢定允許的最小 6mm 之要求。

表3.6 腹板發揮全拉力強度時所需部分滲透開槽銲外加填角補強所需尺寸D 1 (mm)				
腹板厚度 $t_w$	母材與銲條強度之組合			
	母材 $F_y=2.5 \text{ tf/cm}^2$ 母材 $F_u=4.1 \text{ tf/cm}^2$ 銲條AWS E70系列	母材 $F_y=3.5 \text{ tf/cm}^2$ 母材 $F_u=4.6 \text{ tf/cm}^2$ 銲條AWS E70系列	母材 $F_y=4.3 \text{ tf/cm}^2$ 母材 $F_u=5.8 \text{ tf/cm}^2$ 銲條 $F_{EXX} = 5.9 \text{ tf/cm}^2$	母材 $F_y=4.7 \text{ tf/cm}^2$ 母材 $F_u=5.8 \text{ tf/cm}^2$ 銲條 $F_{EXX} = 5.9 \text{ tf/cm}^2$
20	7	不適用，雙邊開槽後 根面小於3mm。	不適用，雙邊開槽後 根面小於3mm。	不適用，雙邊開槽 後根面小於3mm。
22	7			
25	8	11 (SAW不適用)	11 (SAW不適用)	
28	9	12 (SAW不適用)	12 (SAW不適用)	
32	10	14 (SAW不適用)	14 (SAW不適用)	
36	11	15	16 (SAW不適用)	
40	13	17	17	
45	14	19	19	21 (SAW不適用)
50	16	21	22	23 (SAW不適用)

備註：1. 本表僅適用於使用低氫系銲條之條件。  
2. 須依據翼板厚度決定銲接時之預熱及道間溫度。  
3. 開槽角度為 $60^\circ$ ， $D$ 之定義詳圖3.10。  
4. 本表不適用者可採用圖3.11及表3.7、3.8之作法。

### 3.3 部分滲透開槽銲外加填角補強銲道型式二

銲道形狀及尺寸詳圖 3.11。選用開槽角度  $60^\circ$ ，此時依照設計規範不論採用何種銲接方法或姿勢其有效喉厚均不需減 3mm。

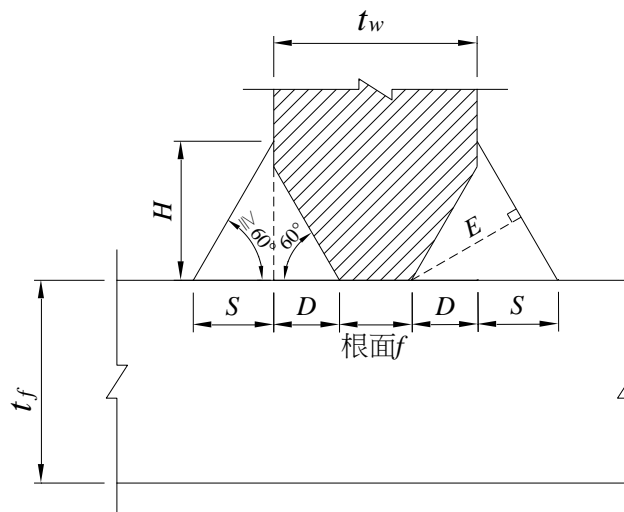


圖 3.11 部分滲透開槽銲外加填角補強銲道型式二

取腹板設計拉力強度  $\phi T_n$  為鉚道設計力：

$$\phi T_n = 0.9 \times F_y \times t_w$$

(a) 極限狀態為鉚道有效鉚喉破壞

鉚道設計強度：

$$\phi R_n = 2 \times 0.75 \times 0.6 \times F_{EXX} \times E_a$$

$$\text{令 } \phi T_n = \phi R_n$$

$$\text{求得 } E_a = 1.0 \frac{F_y t_w}{F_{EXX}}$$

採用 AWS E70XX 鉚條時，所需  $E_a = 0.204 F_y t_w$

採用  $F_{EXX} \geq 5.9 \text{tf/cm}^2$  之 AWS E80XX 鉚條時，所需  $E_a = 0.169 F_y t_w$

(b) 極限狀態為鉚道與母材交界面破壞

鉚道設計強度：

$$\phi R_n = 2 \times 0.75 \times 0.6 \times F_u \times D + S$$

$$\text{令 } \phi T_n = \phi R_n$$

$$D + S = \frac{F_y t_w}{F_u}$$

$$E_b = \frac{\sqrt{3}}{2} D + S$$

$$\text{求得 } E_b = 0.866 \frac{F_y t_w}{F_u}$$

所需鉚道有效喉厚  $E = \max(E_a, E_b)$

$$D = \frac{1}{2}(t_w - f), \text{ 無條件捨去小數}$$

其中  $f = 6 \text{ mm(SAW)}$  ;

$$= 3 \text{ mm(其他銲接方法)}$$

$$S = \frac{2}{\sqrt{3}}E - D, \text{ 無條件進位至整數}$$

當  $S \geq D$  時,  $H = \sqrt{3}S$ , 無條件進位至整數

當  $S < D$  時,  $H = \sqrt{3}D$ , 無條件進位至整數

各種不同母材及銲條之組合下, 使用 SMAW、GMAW 及 FCAW 銲接方法時所需銲道尺寸如表 3-7 所示, 使用 SAW 銲接方法時所需銲道尺寸如表 3-8 所示。

表3.7 SMAW,GMAW,FCAW腹板發揮全拉力強度時所需部分滲透開槽鐸外加填角補強  
所需尺寸 $D,S,H$  (mm)

腹板 厚度 $t_w$	母材與鐸條強度之組合								
	母材 $F_y=3.5$ tf/cm <sup>2</sup> 母材 $F_u=4.6$ tf/cm <sup>2</sup> 鐸條AWS E70系列			母材 $F_y=4.3$ tf/cm <sup>2</sup> 母材 $F_u=5.8$ tf/cm <sup>2</sup> 鐸條 $F_E = 5.9$ tf/cm <sup>2</sup>			母材 $F_y=4.7$ tf/cm <sup>2</sup> 母材 $F_u=5.8$ tf/cm <sup>2</sup> 鐸條 $F_E = 5.9$ tf/cm <sup>2</sup>		
	$D$	$S$	$H$	$D$	$S$	$H$	$D$	$S$	$H$
20	8	9	15	8	9	16	8	11	19
22	9	10	16	9	10	17	9	12	20
25	11	10	20	11	11	20	11	12	21
28	12	12	21	12	12	21	12	14	24
32	14	13	25	14	13	25	14	16	27
36	16	14	28	16	15	28	16	18	30
40	18	15	32	18	16	32	18	19	33
45	21	17	37	21	17	37	21	21	37
50	23	19	40	23	20	40	23	23	40

- 備註：1. 本表僅適用於使用低氫系鐸條之條件。  
 2. 須依據翼板厚度決定鐸接時之預熱及道間溫度。  
 3. 開槽角度為60°， $D,S,H$ 之定義詳圖3.11。  
 4. 陰影部分可與表3.6擇一使用。

表3.8 SAW腹板發揮全拉力強度時所需部分滲透開槽銲外加填角補強所需尺寸 $D, S, H$  (mm)

腹板厚度 $t_w$	母材與銲條強度之組合								
	母材 $F_y=3.5$ tf/cm <sup>2</sup> 母材 $F_u=4.6$ tf/cm <sup>2</sup> 銲條AWS E70系列			母材 $F_y=4.3$ tf/cm <sup>2</sup> 母材 $F_u=5.8$ tf/cm <sup>2</sup> 銲條 $F_E = 5.9$ tf/cm <sup>2</sup>			母材 $F_y=4.7$ tf/cm <sup>2</sup> 母材 $F_u=5.8$ tf/cm <sup>2</sup> 銲條 $F_E = 5.9$ tf/cm <sup>2</sup>		
	$D$	$S$	$H$	$D$	$S$	$H$	$D$	$S$	$H$
20	7	10	17	7	10	18	7	12	20
22	8	11	18	8	11	19	8	13	22
25	9	12	21	9	13	21	9	14	25
28	11	13	21	11	13	22	11	15	26
32	13	14	24	13	14	25	13	17	29
36	15	15	26	15	16	27	15	19	32
40	17	16	30	17	17	30	17	20	35
45	19	19	33	19	19	33	19	23	39
50	22	20	39	22	21	39	22	24	42

備註：1. 本表僅適用於使用低氫系銲條之條件。  
 2. 須依據翼板厚度決定銲接時之預熱及道間溫度。  
 3. 開槽角度為60°， $D, S, H$ 之定義詳圖3.11。  
 4. 陰影部分可與表3.6擇一使用。

表 3.5～表 3.8 CSC SM570M 母材降伏強度  $F_y = 4.3$  tf/cm<sup>2</sup> 及 CNS SM570

$F_y = 4.7$  tf/cm<sup>2</sup>所使用的銲條強度  $F_E = 5.9$  tf/cm<sup>2</sup> 略高於 E80XX (AWS 標準) 銲條之強度，因為美規 E80XX 銲材強度 ( $F_{E80} = 5.6$  tf/cm<sup>2</sup>) 對台規 CNS SM570 等級 ( $F_u = 5.8$  tf/cm<sup>2</sup>) 標準之鋼板之匹配有些微差異，這是因為材料的規格是參考日規 JIS，而銲材使用美國 AWS 的標準，為了符合全滲透銲時母材與銲材能夠匹配，銲材廠商會生產強度稍高能符合 JIS 與 AWS 雙標準之銲材來因應，所以會有銲條強度  $F_E = 5.9$  tf/cm<sup>2</sup> 等產品，如圖 3.12 所示為適用 SM570M 全滲透銲接之銲材規格。

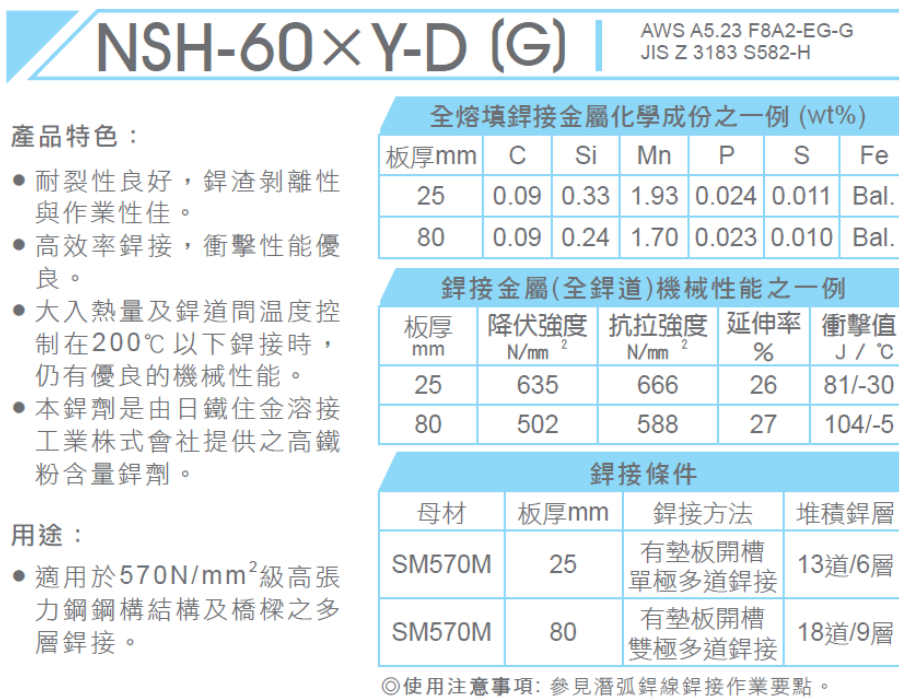


圖 3.12 高強度鋼板用銲材

#### 四、各種銲接形式之時機

T 型接合除了依據力學需求有剪力及拉力接合下，一般情況下，BH 型鋼腹板與翼板間之銲道強度僅須滿足發揮腹板全板剪力強度之需求，還有些應當考慮其功能性的要求進行全滲透銲接或特殊形狀處理。當 BH 型鋼翼板承受面外集中載重或其他狀況，使得腹板與翼板間之銲道承受額外應力，此時銲道應檢討不只有強度而已，還需考慮桿件韌性需求並據以進行細部設計。當檢討結果銲道須滿足發揮腹板全板拉力強度時，除特殊情況下須採全滲透銲道外，可採用較經濟之填角銲道或部分滲透開槽填角補強銲道，其銲道型式及所需尺寸可參考第三節之計算方式。以下僅列舉五種 BH 型鋼腹板與翼板間銲道可能承受額外應力及特殊韌性需求之情況進行說明。

##### 1. BH 型鋼翼板承受面外地震反復載重之情況



圖 4.1 為 BH 型鋼柱、圖 4.2 為 BH 型鋼梁之翼板承受面外地震反復集中載重之狀況，此時應於 BH 型鋼腹板兩側配置連續板，使集中載重可透過連續板傳遞至 BH 型鋼之腹板或其他相連桿件，而腹板與翼板間之銲道強度僅須滿足發揮腹板全板剪力強度之需求。故 BH 型鋼腹板與翼板間之銲道可採填角銲道或部分滲透開槽填角補強銲道，但連續板與翼板之接合則須採全滲透銲道，且連續板之厚度應配合連續板與翼板之有效接合寬度進行檢討，使連續板具有足夠之強度可傳遞翼板所承受之面外集中載重。

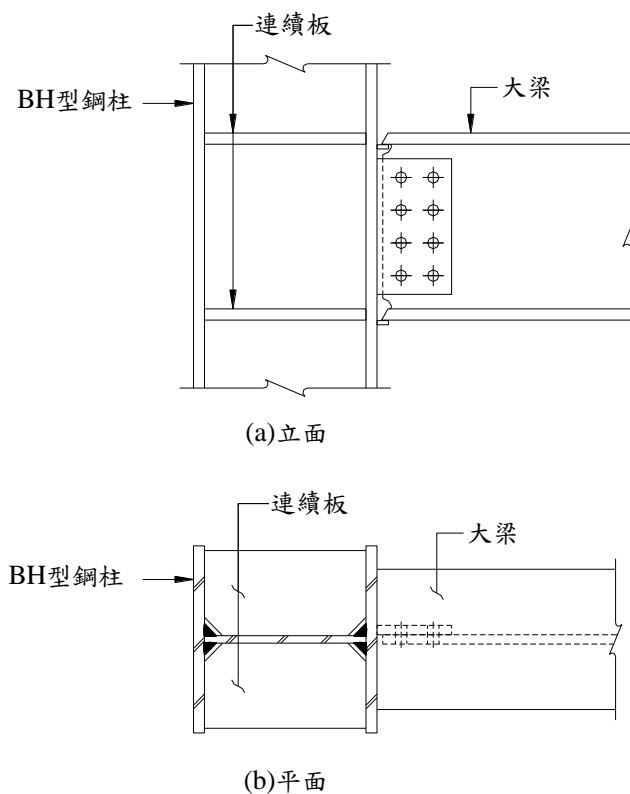


圖 4.1 大梁與 BH 型鋼柱接合示意圖

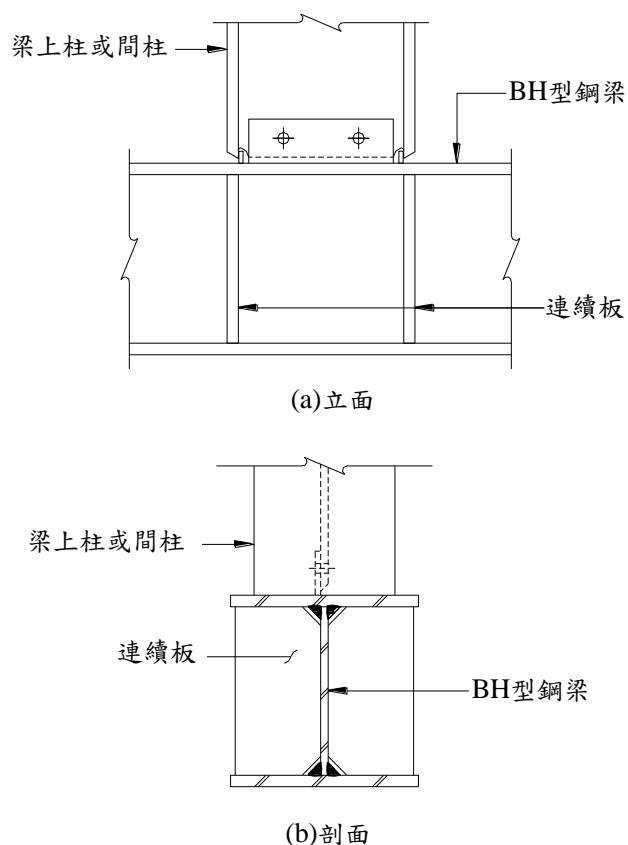


圖 4.2 梁上柱及間柱與 BH 型鋼梁接合示意圖

為避免接頭之加勁板與 BH 型鋼組合銲道產生衝突，通常須於加勁板角隅處截角，截角可為圓弧或三角斜切，如圖 4.3 所示。採用圓弧截角時，圓弧半徑通常為 30 ~ 35mm，採用三角斜切截角時，其兩直角邊截角尺寸則通常為 30mm。此截角會造成連續板與翼板之接合斷面減少，設計者應依據實際截角尺寸計算連續板與 BH 型鋼翼板之有效接合寬度及強度，當 BH 型鋼翼板寬度大於接合桿件之寬度時，計算連續板與 BH 型鋼翼板有效接合寬度時，可自接合桿件鋼板外緣延伸不超過一倍 BH 型鋼翼板厚度之距離，如圖 4.3 所示。當接合強度無法滿足需求時，應調整連續板厚度以符合需求。

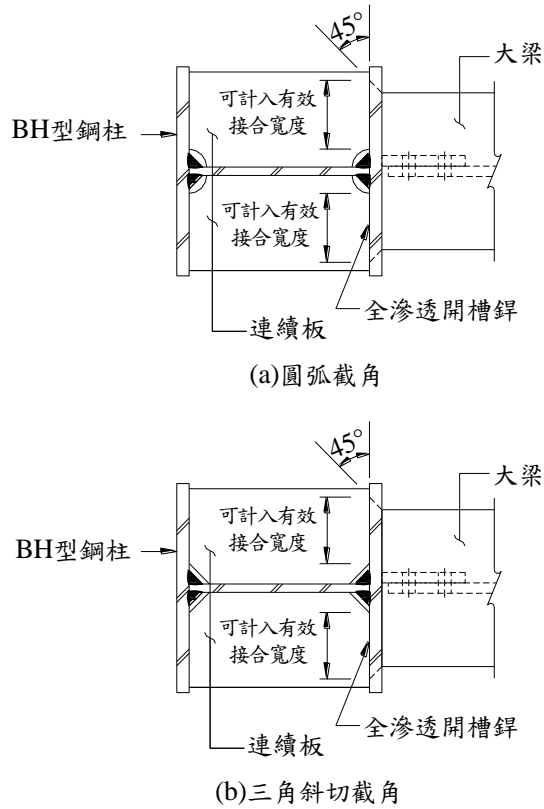
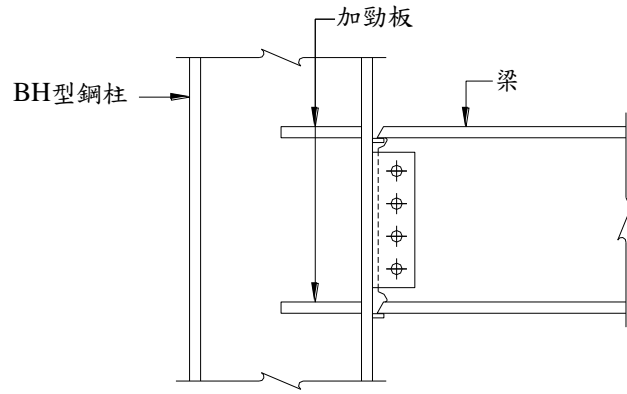


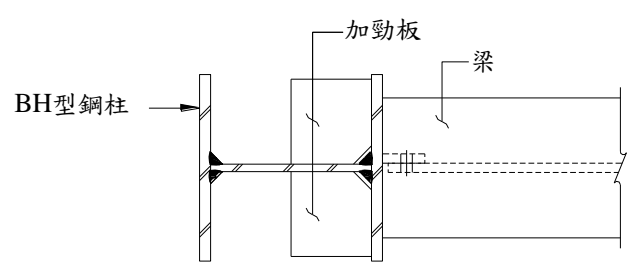
圖 4.3 BH 型鋼連續板之截角及有效接合寬度示意圖

## 2. BH 型鋼翼板承受非地震引致之面外載重之情況

圖 4.4 為 BH 型鋼柱、圖 4.5 為 BH 型鋼梁之翼板承受非地震力造成之面外集中載重且不承受高週次疲勞載重的狀況，此時可於腹板兩側配置不小於 BH 型鋼深度一半之加勁板或不配置加勁板。當腹板兩側有配置加勁板時，BH 型鋼組合銲道可採滿足發揮腹板全板剪力強度之銲道即可，但加勁板與翼板之接合則須採滿足發揮加勁板全板拉力強度之銲道，且加勁板之厚度應配合加勁板與翼板之有效接合寬度進行檢討，使加勁板具有足夠之強度可傳遞翼板所承受之面外集中載重，有效接合寬度之計算同前述。當腹板兩側無加勁板時，為確保集中載重可傳遞至 BH 型鋼之腹板，此時除應依規範檢核翼板局部彎曲、腹板局部降伏、腹板壓皺及腹板側向挫屈強度等外，且組合銲道之剪力強度應足以發揮腹板全板剪力強度，而該組合銲道之拉力強度應足以承受因翼板面外載重產生之拉力。



(a) 立面



(b) 平面

圖 4.4 梁與 BH 型鋼柱接合示意圖

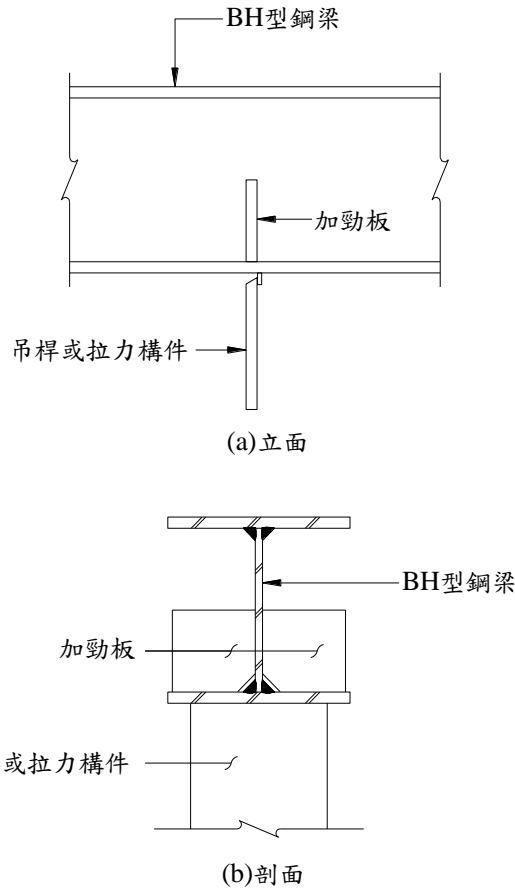


圖 4.5 吊桿及拉力構件與 BH 型鋼梁接合示意圖

### 3. BH 型鋼用於天車道梁之情況

一般常見之天車有單軌及雙軌天車。

使用於雙軌天車之天車道梁，如圖 4.6 所示，常因天車軌道載重對腹板之偏心以及天車行駛時產生之側向衝擊載重，造成 BH 型鋼組合鉚道承受垂直於鉚軸之拉應力。若組合鉚道未採用全滲透鉚道，則腹板與翼板間之縫隙有如一道初始裂縫，將大幅降低鉚道之抗疲勞能力。為避免組合鉚道產生高週次疲勞破壞，腹板與上翼板間之組合鉚道應採用全滲透鉚道。

使用於單軌天車之天車道梁，如圖 4.7 所示，通常採用熱軋 I 型鋼。若有特殊情況採用 BH 型鋼時，因其腹板與下翼板間之組合鉚道會承受垂直於鉚軸之拉

應力，若該組合銲道未採用全滲透銲道，則腹板與下翼板間之縫隙有如一道初始裂縫，將大幅降低銲道之抗疲勞能力。為避免組合銲道產生高週次疲勞破壞，腹板與下翼板間之組合銲道應採用全滲透銲道。所以天車道梁除非不得已之情況下非得採用 BH 型鋼，否則應以 RH 型鋼設計之。

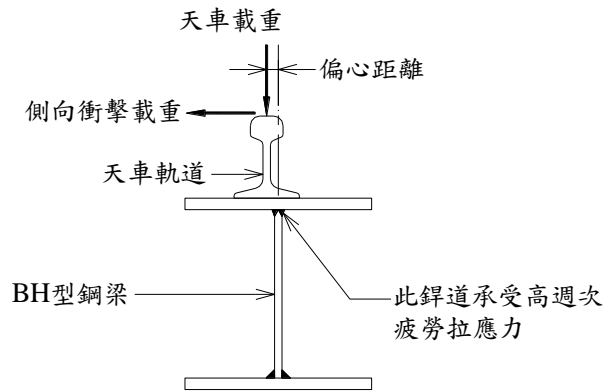


圖 4.6 BH 型鋼使用於雙軌天車道梁示意圖

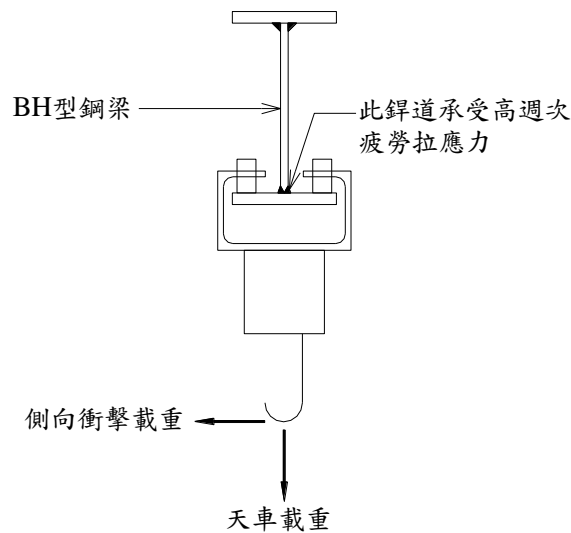


圖 4.7 BH 型鋼使用於單軌天車道梁示意圖

#### 4. BH 型鋼用於偏心斜撐構架連桿梁之情況

於設計地震力作用下，偏心斜撐構架之連桿梁預期會發生剪力降伏、撓曲降伏或兩者同時發生。為確保連桿梁之塑性變形能力，梁腹板與翼板間之組合銲道，於連桿梁段及斜撐接合段應使用全滲透銲道，如圖 4.8 所示。

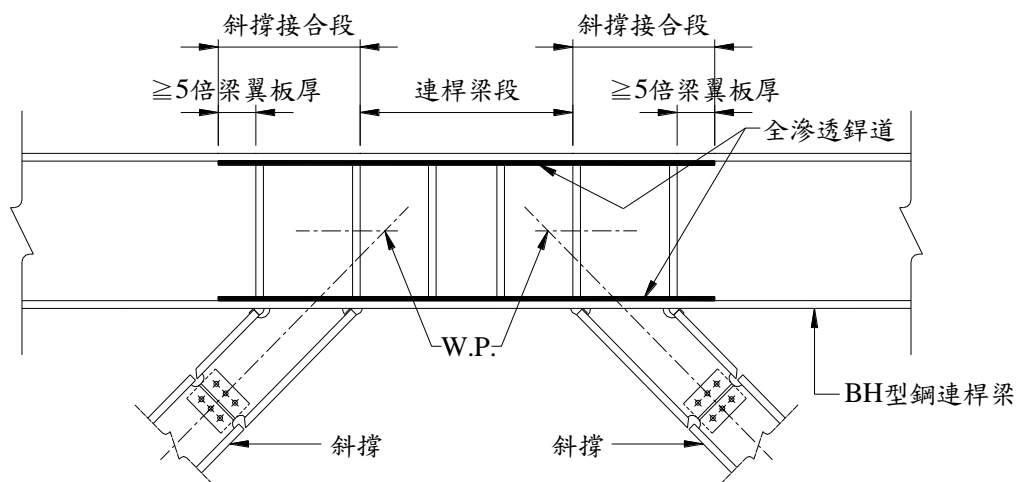


圖 4.8 BH 型鋼連桿梁須採全滲透銲道範圍示意圖

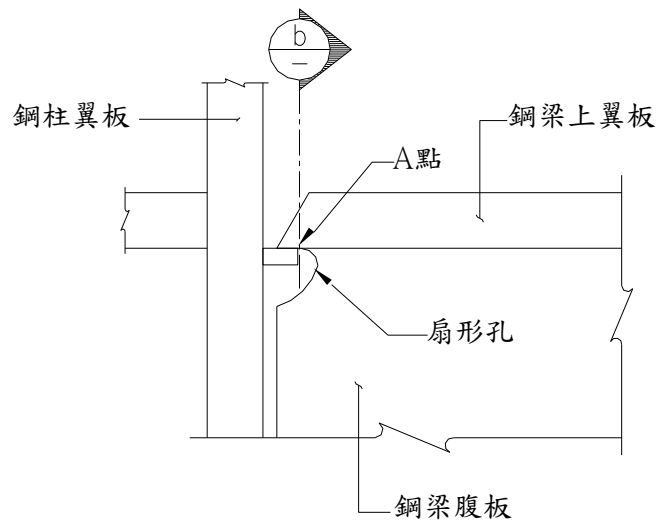
#### 5. BH 型鋼梁腹板於梁柱接頭施作扇形孔之情況

梁柱接頭處鋼梁翼板常於工地採銲接接合，此時鋼梁腹板需設置扇形孔(weld access hole)以利銲接施工，而扇形孔之形狀與施工方式對梁柱接頭韌性之發展有顯著之影響，詳細內容可參考本協會第 002 號之技術備忘錄「H 梁扇形孔細部設計」。BH 型鋼梁因腹板與翼板間以銲道連接，此銲道之施作方式及順序對於 BH 型鋼梁扇形孔幾何形狀之平順度及梁柱接頭韌性之發展有很大影響，以下僅針對幾種施作方式進行說明，其作法概略彙整於表 4.1。

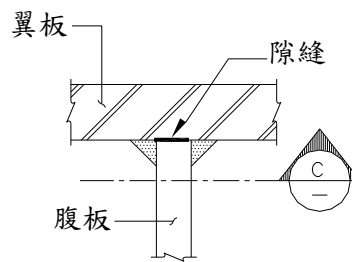
##### (1) 自動銑刀加工

BH 型鋼梁之扇形孔如於銲接組合完成後採自動銑刀設備施作，則扇形孔幾何形狀之準確度及平順度甚高，此作法為目前最佳之加工方式。雖然 BH 型鋼梁腹板與翼板間之組合銲道採填角銲道或部分滲透開槽外加填角補強銲道施作時，於扇形孔銑孔完成後，BH 型鋼梁之扇形孔切割面腹板與翼板間(如圖 4.9 之 A 點)存在一隙縫；但是此隙縫與主要應力方向平行，對裂縫之發展及梁柱接頭之韌性影響很小。此隙縫若以如圖 4.9 所示之圍繞銲道修補，一方面會造成扇形孔幾何形狀不平順，另一方面圍繞銲道與主要應力方向垂直，將更容易引致裂縫之發展。故採自動銑刀設備施作之扇形孔，其腹板與翼板間之組合銲道，可採填角銲道或部分滲透開槽外加填角補強銲道施作，無須進行額外考量，且扇形孔端部腹板與翼板間不應以圍繞銲道修補。但要以這樣的銲道設計組合 H 型鋼，需要由過去的試驗經驗詳加驗證後才可以以此銲道設計（採用腹板承受拉力或剪力設計），因為這也跟梁柱接頭之形式（梯型高韌性切削、圓弧對稱切削或蓋板補強等）有極大的關係，所以這些接頭形式與接頭細部的組合搭配必須考量在一起，方可以使用試驗認證後的結果，否則還是需以最小根面部分滲透開槽銲接外加填角補強為之，補強範圍如規範所規定。試驗認證必須以具有代表性的試體為之。

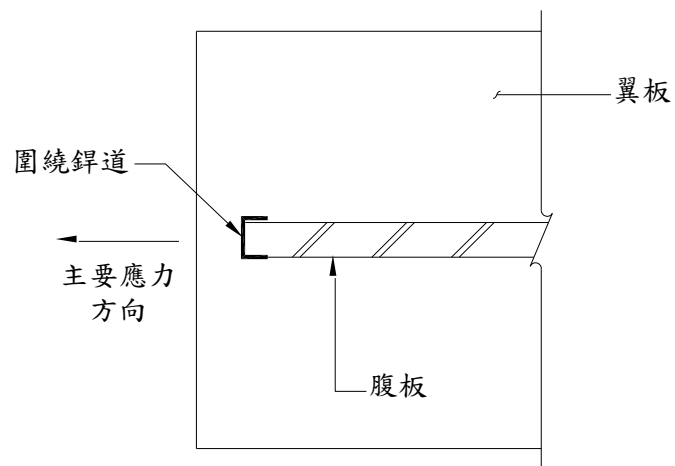




(a) 立面圖



(b) 剖面圖



(c) 剖面圖

圖 4.9 梁柱接頭處鋼梁腹板扇形孔細部示意圖

## (2)先組銲後火焰切割

當 BH 型鋼梁尺寸超過自動銑刀設備可施作之範圍，BH 型鋼梁之扇形孔可於銲接組合完成後採火焰切割方式施作。當 BH 型鋼梁腹板與翼板間之組合銲道採填角銲道或部分滲透開槽外加填角補強銲道施作時，焰切過程中之高溫會將如圖 4.10 所示之局部腹板熔蝕，將造成扇形孔幾何形狀之不平順，後續即便採銲道修補，仍難以排除缺陷，且易造成銲道與主要應力方向垂直，將更容易引致裂縫之發展。故採上述方式施作之扇形孔，鄰近扇形孔處腹板與翼板間之組合銲道，建議採最小根面且開槽角度為  $60^\circ$  之部份滲透開槽銲道施作，如圖 4.11 所示，將腹板與翼板間縫隙儘可能填滿，以避免上述局部腹板熔蝕現象之發生，惟不須採全滲透開槽銲道。須採最小根面部份滲透開槽銲道施作，**施做之範圍為梁柱交接面距塑性鉸區域再外加 1 倍梁深之範圍。**

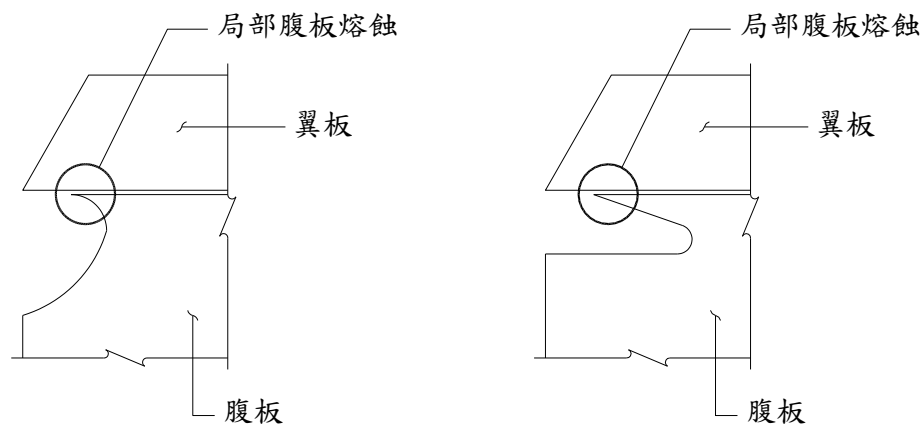


圖 4.10 採火焰切割施作扇形孔時局部腹板熔蝕示意圖

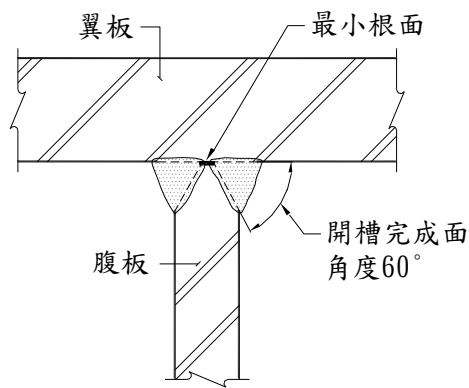


圖 4.11 最小根面部份滲透開槽銲道示意圖

### (3) 先火焰切割後組銲

BH 型鋼梁之扇形孔如於銲接組合完成前，先採 NC 設備於腹板進行切割，切割完成後再進行銲接組合，則於施作組合銲道過程中會將局部腹板熔蝕 (如圖 4.9 所示之 A 點)，將造成扇形孔幾何形狀之不平順，後續即便採銲道修補，仍難以排除缺陷，且易造成銲道與主要應力方向垂直，將更容易引致裂縫之發展，故應避免採此方式施作扇形孔。

### (4) AISC 358-10 彎矩接合預檢定接頭之規定

AISC 358-10 在韌性抗彎矩構架，採用預檢定接頭（圓弧對稱切削式、蓋版補強式）其桿件斷面採 BH 組合金鋼時，另有規定。BH 型鋼使用在梁桿件時，梁塑性鉸區域腹板與翼板需以全滲透銲接接合，這樣在梁塑性鉸產生後翼板會局部挫屈，進而翼板與腹板間之翻轉產生，造成銲道產生反復拉力若在這區域採填角或半滲透銲接，可能因鋼梁存在之初始縫隙，裂縫由此產生。但這樣的規定與台灣目前 BH 製作的情形大不相同，美國 H 型鋼大部分使用是熱軋型鋼，很少使用組立 H 型鋼，所以對這方面的研究其

實算是資料有限，早期台灣試驗中之梁柱接頭，在扇形孔沒有詳細處理的情況下確實有從扇形孔與這地方交界處產生撕裂，但因施工機具精進採用自動銑刀加工後，再以填角或半滲透銲接 BH 型鋼之梁柱接頭試體，以此試驗之試體已無在此撕裂破壞之現象產生。故 BH 銲道之施做可採較為放寬的方式，以最小根面半滲透銲道外加填角補強銲道之方式施做。這樣有兩個理由，一是以最小根面施做半滲透銲時，根面幾乎都可以被銲道熔透；二是採用全滲透銲接時勢必要進行高入熱量的背剷，通常鋼梁腹板厚度屬薄板，背剷後母材熱影響區衝擊韌性下降且腹板容易有不規則波浪之變形，所以現行施工條件在此採全滲透銲接未必就是較好的選擇，這好比 AISC 會要求梁柱接頭梁下翼板銲接後被襯板需要移除，但國內規範為顧及移除背襯板可能會傷及柱板及補強銲道需要品質較差的仰銲施工，所以有所修正這方面的規定。

另外對於 BH 柱之規定，於梁柱接頭上下 300 mm 範圍內需全滲透銲的規定，應只需在一樓柱可能產生塑性鉸的範圍內施做，依據上述類似之理由，在這範圍一樣採用最小根面半滲透銲道外加填角補強銲道，這部分之規定會較電銲組合箱型柱寬鬆是因為箱型柱在此塑性鉸產生後鋼板會局部挫屈，進而會造成箱型柱相鄰兩柱板組立銲道開裂，但 H 型鋼較無此問題發生，所以考量國內施工環境下在這範圍採用最小根面半滲透銲道外加填角補強銲道。

表 4.1 鄰近扇型孔處之組合銲道要求

扇型銲接孔 施作方式	扇型孔幾何形狀	韌性(塑鉸)發展 區組合銲道要求	備註
自動銑刀加工	弧形耐震扇型孔	最小根面部份 滲透開槽銲道+ 拉力區求	1.建議優先採用 2.若有可靠試驗的 經驗結果，可採其 銲道設計(剪力需求 或拉力需求)
先組銲後火焰 切割	弧形耐震扇型孔 AWS 耐震扇型孔	最小根面部份 滲透開槽銲道+ 拉力需求	自動銑刀加工設備 無法施作時採用
先火焰切割後 組銲	不建議採用 (BH 接合採全滲透銲接)		

## 五 結語

一般來說組合型鋼 BH 腹板會比翼板小，若以過大的銲接進行常會造成變形過大的缺點，尤其是 T 型銲接一般是採兩邊銲接，若採用全滲透銲接勢必要採用背鑷的方式銲接，無法如組合箱型斷面一樣使用背襯板就可以進行全滲透銲接，如此將造成 BH 腹板過薄，背剷後鋼板變形嚴重，即使是整型後之桿件，有些還是無法滿足製作之精度要求。綜合一些設計與施工考量，設計者應在設計圖說上將必要銲接施做方式，詳註於設計圖上，如此也可以避免掉不必要的加工浪費桿件變形。

## 參考文獻

1. AISC (1989), Specification for Structural Steel Buildings—Allowable Stress Design and Plastic Design, American Institute of Steel Construction, Chicago, IL.
2. AISC (2010a), Specification for Structural Steel Buildings, ANSI/AISC 360-10, American Institute of Steel Construction, Chicago, IL.
3. AISC (2010b), Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications, ANSI/AISC 358-10, American Institute of Steel Construction, Chicago, IL.
4. The Procedure Handbook of Arc Welding, 12th Edition, Lincoln Electric Company, June 1973.
5. 營建署(2007b), ” 鋼結構極限設計法規範及解說”
6. TISC 鋼結構協會(2017) 技術備忘錄第 003 號