

## 第七章 撓曲構材

### 7.1 適用範圍

本章適用於載重通過對稱平面之單對稱或雙對稱梁，亦適用於載重通過剪力中心且與腹板平行或於載重點及支承點均能提供扭轉束制之槽型鋼梁。

一般撓曲構材之設計請參閱7.2至7.6節，對於腹板深厚比 $h/t_w$ 大於 $260/\sqrt{F_y}$ 之板梁應依7.8節之規定設計，其中， $h$ 為腹板在兩翼板間之淨深度， $t_w$ 為腹板厚度， $F_y$ 為降伏應力， $\text{tf/cm}^2$ 。

### 7.2 容許撓曲應力：工型或槽型斷面受強軸彎曲時

#### 7.2.1 具結實斷面之構材

符合下列(1)至(3)之所有條件，對稱於弱軸，且載重通過弱軸之結實斷面，其拉力外緣及壓力外緣之容許撓曲應力為：

$$F_b = 0.66F_y \quad (7.2-1)$$

- (1)符合第4.5節之結實斷面要求（但不含鋼材 $F_y$ 大於 $4.55 \text{ tf/cm}^2$ 之構材或混合梁）；
- (2)翼板與腹版全部連續連接；
- (3)構材壓力翼板之側向未支撐間距 $L_b$ 不大於 $L_c$ ， $L_c$ 為以下兩者之較小值：

$$\frac{20b_f}{\sqrt{F_y}} \quad \text{或} \quad \frac{1400}{(d/A_f)F_y}$$

連續梁或固接於柱之梁（不含鋼材 $F_y$ 大於 $4.55 \text{ tf/cm}^2$ 之構材或混合梁），除懸臂梁外可依其承受垂直載重端部最大負彎矩十分之九設計之，且其最大正彎矩應增加其平均負彎矩之十分之一。柱與梁固接時，柱之負彎矩於承受軸應力及撓曲應力之合力時，可減少十分之一，但其軸壓應力，應小於容許軸壓應力之百分之十五。

解說：研究顯示，若鋼骨斷面滿足本規範中結實斷面之規定，則該斷面在達到其塑性彎矩容量之前均不致發生局部挫屈現象。一般熱軋鋼之形狀因子大多超過1.12，且均滿足結實斷面寬厚比之要求，因此其容許撓曲應力可由 $0.6F_y$ 提高10%至 $0.66F_y$ 。有關本節中減少十分之一構材端點彎矩之規定主要係基於塑性設計之邏輯而訂定。它考慮到結實斷面構材應力重新分配之能力。圖C7.2-1顯示，三種構材端點彎矩重新分配之情形。

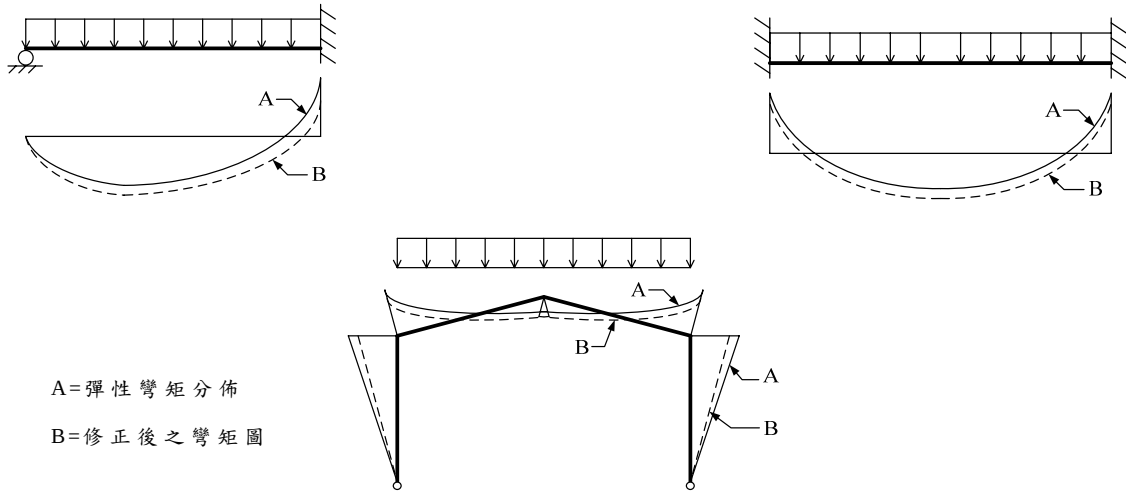


圖 C7.2-1 彎矩重分配效應

### 7.2.2 具半結實斷面之構材

- (1) 符合7.2.1節規定之構材，但其斷面翼板為半結實者（不含鋼材 $F_y$ 大於4.55 tf/cm<sup>2</sup>之構材或組合斷面梁），其拉力外緣及壓力外緣之容許撓曲應力為：

$$F_b = F_y \left[ 0.79 - 0.0075 \left( \frac{b_f}{2t_f} \right) \sqrt{F_y} \right] \quad (7.2-2)$$

- (2) 符合7.2.1節規定之組合斷面構材，但其斷面翼板為半結實者（不含鋼材 $F_y$ 大於4.55 tf/cm<sup>2</sup>之構材或混合梁），其拉力外緣及壓力外緣之容許撓曲應力為：

$$F_b = F_y \left[ 0.79 - 0.0075 \left( \frac{b_f}{2t_f} \right) \sqrt{\frac{F_y}{k_c}} \right] \quad (7.2-3)$$

其中，

當 $h/t_w > 70$ 時， $k_c = 4.05/(h/t_w)^{0.46}$

當 $h/t_w \leq 70$ 時， $k_c = 1.0$

- (3) 對於未包含於上述規定之半結實斷面構材，若其受壓區之側向未支撐間距不超過 $20b_f / \sqrt{F_y}$ 且載重通過斷面剪力中心，其拉力外緣及壓力外緣之容許撓曲應力為：

$$F_b = 0.60F_y \quad (7.2-4)$$

解說： 當I型斷面之翼板一半寬度與其厚度之比值介於 $17/\sqrt{F_y}$ 與 $25/\sqrt{F_y}$ 之間時( $F_y$ : tf/cm<sup>2</sup>)，公式(7.2-2)顯示梁的容許撓曲應力由 $0.66F_y$ 減至 $0.6F_y$ 。此時梁的韌性將不足以提供梁端彎矩重新分配之能力。

### 7.2.3 側向未支撐間距大於 $L_c$ 且具結實或半結實斷面之構材

對於側向未支撐間距大於7.2.1節中之 $L_c$ 且具結實或半結實斷面之撓曲構材，其拉力外緣之容許撓曲應為：

$$F_b = 0.60F_y \quad (7.2-5)$$

其壓力外緣之容許撓曲應力應依下列規定：

- (1)斷面對稱於腹板且外力作用於腹板平面之撓曲構材，其壓力外緣之容許撓曲應力應為公式(7.2-6)或(7.2-7)，再與公式(7.2-8)比較取較大者，但不得大於 $0.6F_y$ ：

$$(a) \text{當 } \sqrt{\frac{7160C_b}{F_y}} \leq \frac{L}{r_T} \leq \sqrt{\frac{35800C_b}{F_y}} : \quad (7.2-6)$$

$$F_b = \left( \frac{2}{3} - \frac{F_y(L/r_T)^2}{107600C_b} \right) F_y \leq 0.6F_y$$

$$\text{當 } \frac{L}{r_T} > \sqrt{\frac{35800C_b}{F_y}} : \quad (7.2-7)$$

$$F_b = \frac{12000C_b}{(L/r_T)^2} \leq 0.6F_y$$

- (b)壓力翼板如為實心矩形斷面，且其斷面積不少於拉力翼板時，

$$F_b = \frac{840C_b}{Ld/A_f} \leq 0.6F_y \quad (7.2-8)$$

- (2)槽型鋼受強軸彎曲時，其壓力外緣之容許撓曲應力為：

$$F_b = \frac{840C_b}{Ld/A_f} \quad (7.2-9)$$

上述公式中，

$L$ =構材受壓翼板之側向未支撐長度，若懸臂梁僅受固定端側支撐時，其 $L$ 可保守取為構材實際長度。

$r_T$ =包括壓力翼板及1/3的受壓腹板面積所組成之斷面以腹板為軸之迴轉半徑。

$C_b = 1.75 + 1.05(M_1/M_2) + 0.3(M_1/M_2)^2 \leq 2.3$ ，構材側向未支撐段兩端彎矩之較小者為 $M_1$ ，大者為 $M_2$ ，且 $M_1/M_2$ 在雙曲率彎曲時為正值，單曲率彎曲時為負值。當側向未支撐段內任一點之彎矩大於或等於 $M_2$ 時， $C_b$ 取為1.0。若為懸臂梁， $C_b$ 可保守的取為1.0。

對混合梁而言，公式(7.2-6)與(7.2-7)中之 $F_y$ 係指壓力翼板之降伏應力。公式(7.2-8)不適用於混合梁。本7.2.3節之規定不適用於T型斷面梁於未側撐段間其斷面腹板有受壓之情況。

解說：對於具單對稱斷面之構材受強軸彎曲時，若其側向未支撐間距大於  $20b_f / \sqrt{F_y}$  或  $1400 / [(d / A_f) F_y]$ ，則其壓力外緣之容許撓曲應力應予適當降低以避免壓力翼板發生挫屈。

公式(7.2-6)或(7.2-7)及公式(7.2-8)提供了一個合理且方便之設計依據。公式(7.2-6)及(7.2-7)係假設僅有受壓翼板之撓曲剛度提供避免該翼板發生側向位移所需之剛度。

簡化公式(7.2-8)則同時考慮了撓曲剛度與St. Venant扭轉剛度對抵抗側向扭轉挫屈之貢獻。對於St. Venant扭轉剛度較高之均質斷面，如雙對稱且具有較低  $d / A_f$  比值之斷面，公式(7.2-8)可以得到與由更精確複雜之公式相近之結果(Galambos 1988)。

對於混合梁而言，由於翼板與腹板之降伏應力並不相同，此種構材的側向扭轉挫屈強度之計算公式應基於斷面翼板的warping torsion勁度來推導，因此公式(7.2-8)並不適用於混合梁之情形。

如果構材斷面的受壓翼板面積明顯的小於其受拉翼板面積時，公式(7.2-8)將導致不保守之結果。因此公式(7.2-8)將限於應用在受壓翼板面積至少與受拉翼板面積相同之情形。

對板梁而言，由於它比一般的 W 型鋼具有更大的  $d / A_f$  比值，因此公式(7.2-8)將導致較保守之結果。此時，採用公式(7.2-6)或(7.2-7)所容許的較大撓曲應力將可較正確的預測板梁的挫屈強度。雖然公式(7.2-6)及(7.2-7)因忽略St. Venant扭轉剛度而低估了構材的挫屈強度，但對這種斷面而言，因其扭轉剛度較低，故其所導致之誤差亦有限。

公式(7.2-8)係基於彈性挫屈之情況所推演出來的。本節並未提供另一漸變公式以考慮非彈性應力之影響。研究顯示，在實際荷重狀況下，忽略此一漸變公式所導致之誤差甚小。

當梁之兩端受不相等端彎矩作用時，經由使用修正係數  $C_b$  將可得到更合理之結果。對於具側向支撐之構架，當以公式(8.2-1)計算其容許撓曲應力  $F_{bx}$  時， $C_b$  值應取為1.0。

公式(7.2-6)與(7.2-7)可再進一步修正以包含St. Venant 及 Warping扭轉之效應。這可以經由採用一個稱為等值迴轉半徑  $(r_T)_{eq}$  來取代原本公式中之  $r_T$  值(Galambos 1988)。對雙對稱之 I 型梁而言，

$$(r_T)_{eq} = \sqrt{\left(\frac{I_y}{2S_x}\right) \sqrt{d^2 + \frac{0.156L^2 J}{I_y}}} \quad (C7.2-1)$$

其中，

$I_y$  = 斷面弱軸慣性矩

$S_x$  = 斷面主軸斷面模數

$$J = \frac{2b_f t_f^3}{3} + \frac{d t_w^3}{3}$$

### 7.3 容許撓曲應力：工型斷面弱軸彎曲

對於受弱軸彎曲且荷重通過斷面剪力中心之構材，或對於具有相等強軸與弱軸撓曲強度構材，無須側向支撐。

#### 7.3.1 具結實斷面之構材

雙對稱之工型構材符合第4.5節之結實斷面要求（但不含鋼材 $F_y$ 大於 $4.55\text{tf/cm}^2$ 者）其翼板與腹板係全部連接，當受弱軸彎曲時，其拉力外緣與壓力外緣之容許撓曲應力為：

$$F_b = 0.75F_y \quad (7.3-1)$$

解說： 公式(7.3-1)採用較大的容許撓曲應力之理由主要是考慮到工型結實斷面受弱軸彎曲時，其斷面能提供比對主軸彎曲時更大的形狀因子(Shape Factor)以發揮更佳的塑性能力。此外，工型結實斷面受弱軸彎曲時亦無須考慮側向扭轉挫屈之問題。

#### 7.3.2 具半結實斷面之構材

- (1)受弱軸彎曲之構材若其斷面未符合第4.5節結實斷面之規定，且未符合第7.4節之規定者，其拉力外緣與壓力外緣之容許撓曲應力為：

$$F_b = 0.60F_y \quad (7.3-2)$$

- (2)受弱軸彎曲之雙對稱工型構材(不含鋼材 $F_y$ 大於 $4.55\text{tf/cm}^2$ )，其翼板符合第4.5節半結實之要求且與腹板全部連續連接時，則其拉力外緣與壓力外緣之容許撓曲應力可依下式計算：

$$F_b = F_y \left[ 1.075 - 0.019 \left( \frac{b_f}{2t_f} \right) \sqrt{F_y} \right] \quad (7.3-3)$$

解說： 當 I 型斷面之翼板寬厚比 $b_f / 2t_f$ 介於 $17/\sqrt{F_y}$ 與 $25/\sqrt{F_y}$ 時，公式(7.3-3)顯示梁的容許撓曲應力由 $0.75F_y$ 遞減至 $0.6F_y$ 。

### 7.4 容許撓曲應力：箱型斷面、矩型或圓型鋼管受彎曲時

#### 7.4.1 具結實斷面之構材

符合下列(1)至(5)之所有條件，當構材受強軸或弱軸彎曲時，其拉力外緣與壓力外緣之容許撓曲應力為：

$$F_b = 0.66F_y \quad (7.4-1)$$

- (1)符合第4.5節結實斷面之規定；  
(2)翼板與腹板全部連續連接一體；

- (3)箱型斷面之深度不得大於其寬度之6倍；  
 (4)箱型斷面翼板之厚度不得大於其腹板厚度之2倍；  
 (5)箱型斷面之撓曲構材，其側向未支撐間距 $L_b$ 不得大於下式 $L_c$ 之規定：

$$L_c = \left( 137 + 84 \frac{M_1}{M_2} \right) \frac{b}{F_y} \quad (7.4-2)$$

其中， $b$ 為寬度。但上式不須小於 $84(b/F_y)$ ，其中 $M_1$ 與 $M_2$ 係構材未支撐段兩端對強軸彎曲之端點力矩， $M_1$ 為較小者， $M_2$ 為較大者。 $(M_1/M_2)$ 之正負值與7.2.3節之規定相同。

解說：實驗結果顯示，當箱型斷面構材受彎矩作用時，公式(7.4-1)可適當反應梁端彎矩梯度之影響並可得到偏保守之結果(Sherman 1976)。

一般而言，箱型斷面均具有很高的扭轉剛度，若欲求取箱型斷面梁之臨界側向扭轉撓曲應力，則可以應用公式(C7.4-1)並採用一個等值之長細比 $(L/r)_{eq}$ 來取代原來的 $(L/r)$ 值(Galambos 1988)。

$$\left( \frac{L}{r} \right)_{eq} = \sqrt{\frac{5.1LS_x}{\sqrt{J}I_y}} \quad (C7.4-1)$$

其中，

$L$  = 梁未支撐間距，cm

$S_x$  = 斷面對主軸之斷面模數， $\text{cm}^3$

$I_y$  = 斷面對弱軸之慣性矩， $\text{cm}^4$

$J$  = 斷面扭轉常數， $\text{cm}^4$

當箱型斷面梁之 $d < 10b$ 且 $L/b > 175/F_y$ 時，依上述公式所計得之翼板容許壓應力將接近 $0.6F_y$ 。若超過此一限度，則梁之位移常比應力更可能控制設計。

## 7.4.2 具半結實斷面之構材

箱型或鋼管構材符合第4.5節半結實斷面之要求時，其拉力外緣與壓力外緣之容許撓曲應力為：

$$F_b = 0.60F_y \quad (7.4-3)$$

當箱型撓曲構材之斷面深度小於6倍寬度時無須側向支撐。若其斷面深寬比大於6時，則應以合理分析決定是否須予側向支撐。

## 7.5 容許剪應力

(1)當腹板深厚比 $h/t_w \leq 100/\sqrt{F_y}$ 時，腹板之容許剪應力為：

$$F_v = 0.40F_y \quad (7.5-1)$$

此時腹板的受剪面積應取為斷面全深與腹板厚度之乘積。

(2)當 $h/t_w > 100/\sqrt{F_y}$ 時，腹板之容許剪應力為：

$$F_v = \frac{F_y}{2.89}(C_v) \leq 0.40F_y \quad (7.5-2)$$

此時腹板之受剪面積應取為腹板介於兩翼板間之淨深度與腹板厚度之乘積。

上式中

當 $C_v \leq 0.8$ 時：

$$C_v = \frac{3100K_v}{F_y(h/t_w)^2} \quad (7.5-3)$$

當 $C_v > 0.8$ 時：

$$C_v = \frac{50\sqrt{K_v/F_y}}{h/t_w} \quad (7.5-4)$$

其中，

當 $a/h \leq 1.0$ 時：

$$K_v = 4.00 + \frac{5.34}{(a/h)^2} \quad (7.5-5)$$

當 $a/h > 1.0$ 時：

$$K_v = 5.34 + \frac{4.00}{(a/h)^2} \quad (7.5-6)$$

$a$ =垂直加勁板間之淨距

$h$ =腹板在兩翼板間之淨深度減去2倍趾部或角隅半徑之距離

解說：雖然結構鋼材之剪力降伏應力多介於0.5~0.6倍的鋼材拉伸降伏應力（一般取作 $F_y/\sqrt{3}$ ），但在AISC規範中，自其1923年第一次發布以來，容許剪力降伏應力均取為2/3倍的基本容許張應力，故 $F_v = (2/3)(0.6F_y) = 0.4F_y$ 。 $F_v = 0.4F_y$ 之規定雖然可以應用到梁腹板的全部區域，但是當腹板與翼板之接合處的長度明顯的小於腹板之深度時，則應審慎檢視此一規定之適用性。

當梁之深厚比 $h/t_w \leq 260$ 時，若計算所得之梁腹板平均剪應力小於公式(7.5-2)之值時，則無需配置中間加勁板。此種梁亦無需考慮張力場效應之問題。

## 7.6 橫向加勁板

當撓曲構材之腹板深厚比 $h/t_w$ 大於260，或是當外力引起的腹板剪應力 $f_v$ 大於公式(7.5-2)之容許值時，應於腹板配置中間加勁板。

中間加勁板之間距與腹板淨深之比， $a/h$ ，應小於3.0並滿足下式之要求：

$$a/h \leq \left( \frac{260}{(h/t_w)} \right)^2 \quad (7.6-1)$$

且應使得腹板剪應力  $f_v$  不大於公式(7.5-2)之容許剪應力。

解說： 基於製造與安裝等因素，梁腹板加勁區之寬深比  $a/h$  乃被限制在公式(7.6-1)的範圍內。

## 7.7 腹板變深之構材

關於腹板深度漸變撓曲構材之設計請參閱附錄2。

## 7.8 板梁

載重作用於通過腹板之平面之單軸對稱或雙軸對稱之單腹板板梁（含混合梁），且符合下述規定，可依本節板梁之相關規定設計。

(1)無加勁板之板梁其  $h/t_w$  須小於260。

(2)含加勁板之板梁其  $h/t_w$  須小於下列規定：

當  $a/h \leq 1.5$  時：

$$(h/t_w) \leq 530 / \sqrt{F_{yf}} \quad (7.8-1)$$

當  $a/h > 1.5$  時：

$$(h/t_w) \leq \frac{985}{\sqrt{F_{yf}(F_{yf} + 1.16)}} \quad (7.8-2)$$

其中，

$a$  = 橫向加勁板間之淨距

$h$  = 為兩翼板間之淨間距

$t_w$  = 腹板厚度

$F_{yf}$  = 翼板之標稱降伏應力，tf/cm<sup>2</sup>

解說： 當板梁以橫向加勁板(transverse stiffener)加勁且其  $a/h$  值小於1.5時，板梁之腹板深厚比  $h/t_w$  之限制已略為放寬。這是因為這種加勁板配置方式有助於防止板梁之受壓翼板在達到其降伏強度前即產生向腹板方向挫屈之情形。公式(7.8-1)中， $(h/t_w) \leq 530 / \sqrt{F_{yf}}$  之規定係基於對均質板梁或混合板梁實驗所得之結果，該實驗採用規定降伏強度達100 ksi (7 tf/cm<sup>2</sup>)之翼板及強度相近或較低之腹板鋼材(ASCE-AASHTO 1968)。

### 7.8.1 容許撓曲應力

當構材腹板之深厚比  $h/t_w$  大於  $260 / \sqrt{F_{yf}}$  時，其壓力外緣之容許撓曲應力為：

$$F_b' = F_b R_{PG} R_e \quad (7.8-3)$$

其中，

$F_b$  = 依7.2至7.4節決定之容許撓曲應力



$$R_{PG} = 1 - 0.0005 \frac{A_w}{A_f} \left( \frac{h}{t} - \frac{200}{\sqrt{F_b}} \right) \leq 1.0 \quad (7.8-4)$$

$$R_e = \text{混合梁因子(若非混合梁, } R_e=1.0) \\ = \left[ 12 + (A_w / A_f)(3\alpha - \alpha^3) \right] / \left[ 12 + 2(A_w / A_f) \right] \leq 1.0 \quad (7.8-5)$$

$A_w$  = 腹板斷面積

$A_f$  = 受壓翼板斷面積

$$\alpha = 0.6F_{yw} / F_b \leq 1.0$$

解說： 公式(7.8-3)中的 $R_{PG}$ 與 $R_e$ 可視為板梁容許撓曲應力的折減因子(reduction factor)。 $R_{PG}$ 主要是考慮當板梁受到較大的彎矩作用時，由於板梁腹板之厚度一般均比翼板薄很多，因此腹板的受壓部分將可能產生平面外位移變形，以致於導致腹板過早失敗並使得翼板要承擔較大之撓曲應力。所以本節採用一個小於1.0的折減因子 $R_{PG}$ 來反應這種可能的抗彎強度損失。

當採用混合梁時，通常腹板的降伏應力小於翼板之值，因此當混合梁受撓曲作用時，可能發生腹板比翼板先降伏之現象（尤其在兩者交接附近）。為了考慮腹板局部降伏所引起的抗彎強度損失，本節採用了一個 $R_e$ 的折減因子來適度降低翼板的容許撓曲應力。折減程度之大小與腹板和翼板之面積比及其降伏應力比值有關。

## 7.8.2 容許剪應力

- (1)若不考慮張力場作用時，板梁之容許剪應力可依第7.5節之規定設計。
- (2)考慮張力場作用時，板梁滿足7.8.3節中有關橫向加勁板之規定且為非混合梁，當 $C_v \leq 1$ 時，則其容許剪應力可以下式取代公式(7.5-2)

$$F_v = \frac{F_y}{2.89} \left[ C_v + \frac{1 - C_v}{1.15 \sqrt{1 + (a/h)^2}} \right] \leq 0.40F_y \quad (7.8-6)$$

解說： 張力場作用(tension field action)主要是考慮板梁之腹板在發生剪力挫屈時仍具有挫屈後強度(post buckling strength)之現象，基於這種考量,公式(7.8-6)適度的提高了板梁的容許剪應力。換言之，該式中括號的部分代表對剪力挫屈後強度的承認，可以導致較經濟的設計結果。基本上，薄板與柱的挫屈行為在「挫屈後強度」的行為上有明顯的不同。通常柱不具有挫屈後強度，但是薄板則具有明顯的挫屈後強度，且其大小與薄板之寬厚比及束制狀況有關。

當板梁之腹板受到適當的橫向加勁板加勁時，即使腹板發生剪力挫屈，挫屈後的腹板（產生45°方向皺折）將與加勁板與梁翼板共同形成如同Pratt桁架般的作用繼續支承新增的荷載。

有關張力場作用的理論研究可以參考文獻(Basler and Thurlimann 1963; Basler 1961)。在實驗方面則可參考文獻(Basler et al., 1960)。公式(7.8-6)即根據上述研究而發展來的。不過此公式暫不適用於 $(0.6F_y)/\sqrt{3} \leq F_v \leq 0.4F_y$ 之情形，亦不可用於 $a/h > 3.0$ 之板梁。此外，在未有新研究成果確定以前，此公式亦不適用於混合梁。

### 7.8.3 橫向加勁板

板梁橫向加勁板之配置應符合第7.6節之規定。

加勁板之最小慣性矩 $I_{st}$ 以梁腹板為軸，並符合以下規定：

$$I_{st} \geq (h/50)^4 \quad (7.8-7)$$

上式之規定適用於成對之加勁板或單邊配置之加勁板。

依公式(7.8-6)腹板剪應力計得需要之橫向加勁板，其每對之全斷面積不得小於以下規定：

$$A_{st} = \frac{1 - C_v}{2} \left[ \frac{a}{h} - \frac{(a/h)^2}{\sqrt{1 + (a/h)^2}} \right] Y D h t_w \quad (7.8-8)$$

其中，

Y = 腹板與翼板降伏應力之比值。

D = 1.0，若加勁板成對配置。

= 1.8，若加勁板為單側角鋼。

= 2.4，若加勁板為單側鋼板。

當外力所造成之最大剪應力小於公式(7.8-6)之值時，則所需加勁板之斷面積可依相同比例折減之。

依公式(7.8-6)腹板剪力計得所需之橫向加勁板，應考慮其每單位長度傳遞之剪力不得小於

$$f_{vs} = h \sqrt{\left( \frac{F_y}{140} \right)^3} \quad (7.8-9)$$

其中， $F_y$ 為腹板之降伏應力。

當外力所造成之最大剪應力小於公式(7.8-6)之值時，則所需傳遞之剪力可依相同比例折減之。

橫向加勁板與大梁腹板以螺栓連接時，其間距不得大於30cm。若用斷續填角鉚時，則其跳鉚間之淨距不得大於腹板厚度之16倍，也不得大於25cm。

非承壓式之中間加勁板無須與張力翼板連結。連結於腹板之中間加勁板，其鉚道終止端距腹板與翼板鉚趾上緣之距離不得小於4倍亦不得大於6倍腹板厚度。若使用單側之橫向加勁矩形板於抵抗向上之扭曲作用時，則應連接於壓力翼板。

除非翼板是由角鋼組合而成，否則當側向支撐與一側或二側加勁板連結時，加勁板應與壓力翼板連結，且此側向支撐應可傳遞整體翼板應力之1%以上。

解說： 公式(7.8-7)對加勁板慣性矩之限制主要是希望提供板梁腹板充份的側向支撐。不過，在多數狀況下，本節中對加勁板斷面積之需求即可滿足對慣性矩之需求。加勁板斷面積之大小主要視 $a/h$ 與 $h/t_w$ 而定。對於僅在腹板配置單側加勁板的板梁，本節要求採用較多的加勁板面積，這主要是基於偏心荷載的考量。

公式(7.8-9)提供了一個保守的傳遞剪力需求值，它可以用來設計腹板和加勁板間的填角銲尺寸。

#### 7.8.4 腹板受剪應力與張應力組合作用

考慮張力場作用之板梁，當其腹板受剪應力與張應力組合作用時，其由作用於腹板平面內所引起之撓曲張應力不得大於  $0.60 F_y$ ，亦不得大於下式之值：

$$\left(0.825 - 0.375 \frac{f_v}{F_v}\right) F_y \quad (7.8-10)$$

其中，

$f_v$  = 腹板平均剪應力（即剪力除以腹板面積）

$F_v$  = 公式(7.8-6)之容許剪應力

當板梁之翼板與腹板之材料降伏應力大於  $4.55 \text{ tf/cm}^2$  且其翼板受到大於  $0.75 F_b$  之撓曲應力時，則其腹板之容許剪應力不得大於公式(7.5-2)之值。

解說： 若設計者並未考慮板梁張力場作用之影響，則無須受公式(7.8-10)之限制。

根據參考文獻(Basler 1979)，受張力場作用之腹板可依以下之原則設計之：

- (1) 若同時作用於腹板之剪應力  $f_v$  不超過0.6倍的容許剪應力  $F_v$  時，則可僅依照容許撓曲應力  $F_b$  之規定來設計；或者
- (2) 若同時作用於腹板之撓曲應力  $f_b$  不超過 0.75倍的容許撓曲應力  $F_b$  時，則可僅依照容許剪應力  $F_v$  之規定來設計。

若超過上述界限，公式(7.8-10)提供了一個簡化線性交互公式以供遵循。更詳細之資料可參考文獻(Basler 1979)之研究成果。

#### 7.9 符號說明

$A_f$  = 翼板斷面積， $\text{cm}^2$

$A_{st}$  = 成對或單邊之加勁板全斷面積

$A_w$  = 腹板斷面積， $\text{cm}^2$

|              |                                                    |
|--------------|----------------------------------------------------|
| $C_b$        | =撓曲修正係數                                            |
| $C_v$        | =依線性挫屈理論所求得之「臨界」腹板應力與腹板材料降伏應力之比值                   |
| $D$          | =板梁中橫向加勁板類型係數                                      |
| $F_b$        | =容許撓曲應力， $\text{tf/cm}^2$                          |
| $F_u$        | =標稱抗拉強度， $\text{tf/cm}^2$                          |
| $F_v$        | =容許剪應力， $\text{tf/cm}^2$                           |
| $F_y$        | =標稱降伏應力， $\text{tf/cm}^2$                          |
| $F_{yf}$     | =翼板之規定降伏應力， $\text{tf/cm}^2$                       |
| $F_{yw}$     | =腹板之標稱降伏應力， $\text{tf/cm}^2$                       |
| $I_{st}$     | =橫向加勁板之慣性矩， $\text{cm}^4$                          |
| $I_y$        | =斷面弱軸慣性矩， $\text{cm}^4$                            |
| $J$          | =斷面之扭轉常數， $\text{cm}^4$                            |
| $L$          | =構材受壓翼板之側向未支撐長度， $\text{cm}$                       |
| $L_b$        | =側向未支撐間距， $\text{cm}$                              |
| $L_c$        | =採用 $0.66F_y$ 容許彎曲應力之側向無支撐長度之臨界值                   |
| $(L/r)_{eq}$ | =等值之長細比                                            |
| $M_1$        | =梁構材中無支撐段之較小端部彎矩， $\text{tf-cm}$                   |
| $M_2$        | =梁構材中無支撐段之較大端部彎矩， $\text{tf-cm}$                   |
| $R_e$        | =混合梁因子                                             |
| $R_{PG}$     | =板梁撓曲強度折減係數                                        |
| $S_x$        | =斷面主軸斷面模數， $\text{cm}^3$                           |
| $Y$          | =腹板與翼板降伏應力之比值                                      |
| $A$          | =橫向加勁板間之淨距， $\text{cm}$                            |
| $B$          | =受壓構件寬度， $\text{cm}$                               |
| $b_f$        | =翼板寬度， $\text{cm}$                                 |
| $d$          | =構材總深度， $\text{cm}$                                |
| $f_v$        | =腹板平均剪應力， $\text{tf/cm}^2$                         |
| $f_{vs}$     | =單位長度傳遞之剪力， $\text{tf/cm}$                         |
| $h$          | =腹板在兩翼板間之淨深度， $\text{cm}$                          |
| $k_c$        | =腹板挫屈係數                                            |
| $r_T$        | =包括壓力翼板及1/3的受壓腹板面積所組成之斷面以腹板為軸之迴轉半徑，<br>$\text{cm}$ |
| $(r_T)_{eq}$ | =等值迴轉半徑， $\text{cm}$                               |
| $t_f$        | =翼板厚度， $\text{cm}$                                 |
| $t_w$        | =腹板厚度， $\text{cm}$                                 |