

第九章 鋼結構

9.1 材料及一般需求

9.1.1 符號

A : 斷面積, $\text{cm}^2(\text{m}^2)$, 見 9.2.4、9.2.7、9.3.7、9.3.10 及 9.3.18 節

A' : 彎矩係數, 見 9.3.10 節

A_F : 放大因數, 見 9.2.7 及 9.3.18 節

A_f : 翼板面積, $\text{cm}^2(\text{m}^2)$, 見 9.2.10、9.3.7、9.3.15 及 9.3.19 節

A_{fc} : 受壓翼板面積, $\text{cm}^2(\text{m}^2)$, 見 9.3.7 節

A_s : 鋼材斷面積, $\text{cm}^2(\text{m}^2)$, 見 9.2.9 及 9.3.17 節

d_0 : 中間加勁材之間距, $\text{cm}(\text{m})$, 見 9.2.4 及 9.3.7 節

b_f : 翼板寬度, $\text{cm}(\text{m})$, 見 9.1.18 節

E : 鋼材之彈性模數, 見表 9.8、9.2.6~9.2.7、9.2.10 及 9.3.17~9.3.18 節

F_a : 容許軸向應力, kgf/cm^2 MPa, 見表 9.8、9.2.6~9.2.7 節及 9.3.18 節

F_b : 容許彎曲應力, kgf/cm^2 MPa, 見表 9.8、9.2.7 節及 9.3.18 節

F_e : 歐拉挫屈應力, kgf/cm^2 MPa, 見 9.2.7 及 9.3.17~9.3.18 節

F_{cr} : 挫屈應力, kgf/cm^2 MPa, 見 9.3.12 及 9.3.17 節

$F.S$: 安全因數, 見表 9.8 及 9.2.6 節

F_v : 容許剪應力, kgf/cm^2 MPa 見表 9.8、9.2.2 節、9.2.4 節及 9.2.11 節

f_a : 計得之軸向應力, kgf/cm^2 MPa, 見 9.2.5~9.2.7 及 9.3.18 節

f_b : 計得之彎曲壓應力, kgf/cm^2 MPa, 見 9.2.4、9.2.7、9.2.10 及 9.3.18 節

f'_c : 混凝土圓柱試體 28 天之抗壓強度, kgf/cm^2 MPa, 見 9.2.9、9.3.4 及 9.3.10 節。

f_{dl} : 非合成靜重在上翼板所產生之壓應力, kgf/cm^2 MPa, 見 9.2.4 及 9.3.9 節

f_t : 作用載重所產生之拉應力, kgf/cm^2 MPa, 見 9.2.2 及 9.3.19 節

f_v : 剪應力, kgf/cm^2 MPa, 見 9.2.2 及 9.2.4 節

g : 聯結物間之行距, 見 9.1.23 及 9.2.5 節

- I : 慣性矩, cm^4 , 見 9.2.4、9.2.9 及 9.3.7 節
- J : 一個豎向加勁材與腹板之剛度需求比, 見 9.2.4 及 9.3.7 節
- K : 挫屈面上之有效長度因數, 見表 9.8、9.2.7 及 9.3.17 節, 及見附錄 G
- L_b : 未支撐間距, cm(m) , 見表 9.15、9.2.6、9.3.7 及 9.3.15 節
- M_u : 最大彎矩, 見 9.3.7、9.3.12、9.3.15 及 9.3.17 節
- r : 迴轉半徑, cm(m) , 見表 9.8、9.1.6、9.2.5、9.2.7、9.2.12、9.3.7 及 9.3.17~9.3.18 節
- S_s : 橫向加勁材之斷面模數, $\text{cm}^3(\text{m}^3)$, 見 9.2.10 及 9.3.7 節
- t_f : 翼板厚度, cm(m) , 見 9.1.18, 9.2.7 及 9.3.18 節
- t_s : 加勁材板厚, cm(m) , 見 9.2.7 及 9.3.18 節
- t_w : 腹板厚度, cm(m) , 見 9.1.15、9.2.4、9.2.7、9.2.11、9.3.7~9.3.8 及 9.3.18~9.3.19 節
- t' : 加勁材突出元件厚度, cm(m) , 見 9.2.10、9.3.12 節
- V : 剪力, 見 9.2.5、9.3.7 及 9.3.12 節
- V_p : 腹板之降伏剪力, 見 9.3.7 及 9.3.15 節
- V_u : 最大剪力, 見 9.3.7 及 9.3.15 節
- V_w : 腹板設計剪力, 見 9.2.10 及 9.3.12 節
- Z : 塑性斷面模數, $\text{cm}^3(\text{m}^3)$, 見 9.3.7、9.3.15 及 9.3.17 節
- β : 腹板斷面積除以受拉翼板斷面積, 見 9.2.11 及 9.3.15 節
- θ : 腹板對垂直線之傾斜角, 見 9.2.10 及 9.3.12 節

9.1.2 材料

本規範適用於下列各節內所列鋼材, 使用其他鋼材則須另外訂定其材料性質、強度、容許應力及工作性等規定。

1. 結構鋼材

結構鋼材應符合表 9.1.2 節 1. 項所列之規定, 表列應力之單位為 kgf/cm^2 MPa , 表列所有各級結構鋼材之彈性模數假定為 $2.1 \times 10^6 \text{kgf/cm}^2$ $2 \times 10^5 \text{MPa}$, 線膨脹係數為每攝氏一度 11×10^{-6} 。

2. 樞承、滾承及可搖動支承用之鋼材

本鋼材應符合表9.1.2節1.項或表9.1.2節2.項所列規格，或使用符合ASTM A 240或ASTM A 276 HNS 21800之不銹鋼材。

3. 聯結物－螺栓

聯結物可為碳鋼螺栓(ASTM A307)或AASHTO M164 (ASTM A325)，AASHTO M253(ASTM A490)高強度螺栓。設計應力，依「容許應力設計法」時應依照9.2.2節3.項，依「強度設計法」時應依照9.3.19節1.項(3)之規定。

4. 銲接材料

銲接材料，應符合ANSI/AASHTO/AWS橋梁銲接規範之需求。設計應力，依「容許應力設計法」時應依照9.2.2節2.項節，依「強度設計法」時應依照9.3.19節1.項(2)節之規定。

表 9.1 結構鋼材基本條件(括弧內數值以 MPa 為單位)

鋼 類	結構鋼 kgf/cm ²	高強度低合金鋼 kgf/cm ²		淬火及回火低 合金鋼(7) kgf/cm ²	高降伏強度 淬火及回火合金鋼(6) kgf/cm ²	
AASHTO 規格(3)(5)	M270 36 級	M270 50 級	M270 50W 級	M270 70W 級 & HPS70W	M270 100/100W 級(4)	
ASTM 相當規格(3) (5)	A709 36 級	A709 50 級	A709 50W 級	A709 70W 級 & HPS70W	A709 100/100W 級(4)	
板厚(mm) (1)	100 及 以下	100 及以下	100 及以下	100 及以下	64 及以下	大於 64 至 100
型鋼(2)	各組(1)	各組	各組	不適用	不適用	不適用
最小拉力強度 F_u	4060 (399.9)	4550 (448.2)	4900 (482.6)	6300 (620.6)	7700 (758.4)	7000 (689.5)
最小降伏點或最小降伏 強度 F_y	2520 (248.2)	3500 (344.8)	3500 (344.8)	4900 (482.6)	7000 (344.8)	6300 (620.6)

附註

- (1) 對於支承構件或非結構構件可使用板厚超過 100mm。
- (2) 除第 3、4 及 5 組外，第 1 組及第 2 組包括所有型鋼。
第 3 組包括厚度超過 19mm 之角鋼，超過 152kgf/m 之 HP 型鋼及下列 W 型鋼：
W36×230 至 300(單位:深度 mm，重量 kgf/m)
W33×200 至 240
W14×142 至 211
W12×120 至 190
第 4 組包括下列 W 型鋼:W14x219 至 550
第 5 組包括下列 W 型鋼:W14x605 至 730
對於第 1 及第 2 組之細節見 ASTM A6。
- (3) 除規定之衝擊韌性及可鉚性需求外，ASTM 規格與 AASHTO 規格相同。符合 AASHTO 需求之鋼材可用於鉚接橋梁。
- (4) 淬火及回火之合金結構型鋼與無縫機械鋼管之所有機械與化學性質能符合 ASTM A709 100/100W 級之需求者，除其規定最大拉力強度，用於結構型鋼時可為 9,800kgf/cm² 965.3MPa，用於無縫機械鋼管時可為 10,150kgf/cm² 999.7MPa 外，可視同 ASTM A709 100/100W 級之鋼材。
- (5) M270 36 級與 A709 36 級相當於 M183 與 A36。
M270 50 級與 A709 50 級相當於 M223 50 級與 A572 50 級。
M270 50W 級與 A709 50W 級相當於 M222 與 A588。
M270 70W 級與 A709 70W 級相當於 A852。
M270 100/100W 級與 A709 100/100W 級相當於 M244 與 A514。
- (6) 應審慎使用高降伏強度之鋼材。
- (7) 以 AASHTO M270 HPS70W 級取代 AASHTO M270 70W 級，此目的為推動使用高性能鋼材取代傳統橋梁鋼材，因其材料特性之提升。AASHTO M270 70W 級在業主同意情況下仍可使用。

表 9.2 樞承、滾承及可搖動支承鋼棒及鍛造鋼材基本條件
(括弧內數值以 MPa 為單位；伸脹滾承之直徑不得小於 100mm)

AASHTO 規格尺寸限制		M-169 直徑 100mm 或以下	M-102 至直徑 500 mm	M-102 至直徑 500 mm	M-102 至直徑 250 mm	M-102 至直徑 500 mm
ASTM 規格分類或等級		A-108 1016 至 1030	A-668 C 類	A-668 D 類	A-668 F 類	A-668* G 類
最小降伏點 kgf/cm ²	F _y	2520** (248.2)	2310 (227.5)	2630 (258.6)	3500 (344.7)	3500 (344.7)

* 可用同品質之軋型鋼代替。

** 僅適用於設計，並非 A108 規範之一部份。材料之補充需求規定，必須保證該材料能符合這些數值

5. 鑄鋼品、韌性鑄鐵品、可鍛鑄鐵品及鑄鐵品

(1) 鑄鋼品及韌性鑄鐵品

公路橋梁用之鑄鋼規格應符合AASHTO M192(ASTM A486)，一般用低或中強度碳鋼鑄鋼品規格AASHTO M103 (ASTM A27)，及一般用防蝕鉻鐵合金 (corrosion-resistant iron-chromium)、鉻鎳鐵或鎳合金(nickel based alloy)之鑄鋼品 AASHTO M163 (ASTM A 743) 及 ASTM A536 韌性鑄鐵品。

(2) 可鍛鑄鐵品

可鍛鑄鐵品應符合ASTM A47 35018級(最小降伏應力為2450kgf/cm²)規定之。

(3) 鑄鐵品

鑄鐵品應符合灰鐵鑄鐵品規格 AASHTO M105 (ASTM A48) 30 級之規定。

6. 青銅或銅合金

青銅鑄品應符合AASHTO M107 (ASTM B22) 銅合金913或911之規定，銅合金板應符合AASHTO M108 (ASTM B100)之規定。

9.1.3 重複載重及衝擊韌性之規定

1. 容許疲勞應力

構材及聯結物承受反復變化或正反方向之應力，設計時最大應力不得超出9.1.2與9.2.2節2.項所規定之基本容許應力；依表9.4所示之材料適當分類及位置與圖9.1所示實例，其實際應力差值不得超出表9.3所定之容許疲勞應力差值。構材全長度設有剪力連接器且滿足9.2.9節4.項規定者，可假設混凝土板在正彎矩及負彎矩皆完全

有效以計算其應力差值。

對於不作表面處理之耐候鋼(規格A709)，不論其級數為何，其容許疲勞應力差值依表9.3應力分類A'所示。其設計及細節應依循 FHWA Technical Advisory on Uncoated Weathering Steel in Structure, dated October 3, 1989。

承受拉力之主要承載構件可視為「非贅餘載重途徑結構物 (non redundant load path structures)」，設計時應依照表9.3「非贅餘載重途徑結構物」之容許應力差值規定。

應力差值，乃最大應力與最小應力之代數差。拉應力之符號應與壓應力相反。

表9.4中，“T”表示僅有拉應力範圍，“Rev.”表示應力範圍在一次應力循環中包括有拉應力與壓應力。

表 9.3 容許疲勞應力差值 kgf/cm² (括弧內數值以 MPa 為單位)

贅餘載重途徑結構物(1)					
應力分類 見表 9.4	反復次數	100,000次	500,000次	2,000,000次	2,000,000次以上
A		4410(434.4)	2590(255.1)	1680(165.5)	1680(165.5)
A'		3430 ^{**} (337.9)	2030 ^{**} (200.0)	1260 ^{**} (124.1)	1120 ^{**} (110.3)
B		3430(337.9)	2030(200.0)	1260(124.1)	1120(110.3)
B'		2730(268.9)	1610(158.6)	1015(100.0)	840(82.7)
C		2485(244.8)	1470(144.8)	910(89.6)	700(69.0) 840 [*] (82.7)
D		1960(193.1)	1120(110.3)	700(69.0)	490(48.3)
E		1540(151.7)	910(89.6)	560(55.2)	315(31.0)
E'		1120(110.3)	643(63.1)	410(40.0)	180(18.0)
F		1050(103.4)	840(82.7)	630(62.1)	560(55.2)

非贅餘載重途徑結構物(2)

應力分類 見表 9.4	反復次數 100,000次	500,000次	2,000,000次	2,000,000次以上
A	3500(344.8)	2030(200.0)	1680(165.5)	1680(165.5)
A'	2730 ^{**} (268.9)	1610 ^{**} (158.6)	1120 ^{**} (110.3)	1120 ^{**} (110.3)
B	2730(268.9)	1610(158.6)	1120(110.3)	1120(110.3)
B'	2170(213.8)	1260(124.1)	770(75.8)	770(75.8)
C	1960(193.1)	1120(110.3)	700(68.0) 840 [*] (82.7)	630(62.1) 770 [*] (75.8)
D	1540(151.7)	910(89.6)	560(55.2)	350(34.5)
E	1190 ^{***} (11.7)	700 ^{***} (69.0)	420 ^{***} (41.4)	161 ^{***} (15.9)
E'	840(82.7)	490(48.3)	280(27.6)	90(8.9)
F	840(82.7)	630(62.1)	490(48.3)	420(41.4)

* 用於銲接於大梁腹板或翼板之橫向加勁材。

** 用於A709所有級數之不作表面處理耐候鋼，其設計應依循 FHWA Technical Advisory on Uncoated Weathering Steel in Structure, dated October 3, 1989。

***部分銲長之蓋板不可使用於翼板厚度大於20mm之非贅餘載重途徑結構物。

附註:(1) 結構型式有多種載重傳遞途徑，當構材中一個構件破壞時，不致引起結構體崩塌。
例如並排簡支梁或由多根眼桿組成之桁架構材。

(2) 結構型式只有單一載重途徑，當一個構件破壞時導致結構體崩塌。例如單一或兩根梁橋之翼板與腹板、主要單件之桁架構材、吊索座板、單或雙柱排架之帽梁等。

表 9.4 應力分類

一般條件	情 況	應 力 種 類	應力分類 (見表 9.3)	實例 (見圖 9.1)
素材(plain material)	滾軋面或表面潔淨之母材具有 ANSI 1000 或以下粗糙度之焰切邊。	T 或 Rev.	A	1,2
組合構材	以連續全滲透開槽銲(去除背墊板)或以平行於應力方向連續填角銲所組成無附屬構件之構材，組合鋼板或型鋼之母材與銲接材料。	T 或 Rev.	B	3,4,5,7
	以連續全滲透開槽銲(未去除背墊板)或以平行於應力方向連續部份滲透開槽銲所組成無附屬構件之構材，組合鋼板或型鋼之母材與銲接材料。	T 或 Rev.	B'	3,4,5,7
	銲接於大梁腹板或翼板上之橫向加勁材趾部之計得彎曲應力。	T 或 Rev.	C	6
	部份銲接蓋板端處之母材，該蓋板端部為採用摩阻型高強度螺栓接合者。	T 或 Rev.	B	22
	部份銲接蓋板端處之母材，該蓋板寬度較翼板為窄，且端部為方形或漸變形，銲接或無銲接者；或蓋板寬度較翼板為寬且端部有銲接者：			
	(a)翼板厚度 $\leq 20\text{mm}$	T 或 Rev.	E	7
	(b)翼板厚度 $> 20\text{mm}$	T 或 Rev.	E'	7
	部份銲接蓋板端處之母材，該蓋板寬度較翼板為寬且端部無銲接者。	T 或 Rev.	E'	7
開槽銲	具相同斷面之熱軋或銲接組合構材用全滲透開槽銲續接時，其接頭處或其附近之母材及銲接材料，惟銲道應沿應力方向磨平，且銲接品質須經非破壞檢驗評定。	T 或 Rev.	B	8,10
	寬度以 610mm 半徑漸變之全滲透開槽銲續接，其接頭處或其附近之母材及銲接材料，惟銲道應沿應力方向磨平，且銲接品質須經非破壞檢驗評定。	T 或 Rev.	B	13
	寬度或厚度漸變之全滲透開槽銲接頭處或其附近之母材及銲接材料，銲道在應力方向須以不大於 $1:2\frac{1}{2}$ 之坡度磨平，銲接品質並須經非破壞檢驗評定者：			
	(a)母材材質為 AASHTO M270 100/100W 級 (ASTM A709)	T 或 Rev.	B'	11,12
	(b)母材為其他材質者	T 或 Rev.	B	11,12
	全滲透開槽銲接頭處或其附近之母材或銲接材料，以相同斷面或用不大於 $1:2\frac{1}{2}$ 之坡度續接，惟銲冠不磨平，銲接品質應經非破壞檢驗評定。	T 或 Rev.	C	8,10,11 12
開槽銲之附屬構件—應力方	以全部或部份滲透開槽銲之附屬構件附近之母材，其銲長 L 小於 50mm 者。	T 或 Rev.	C	6,15

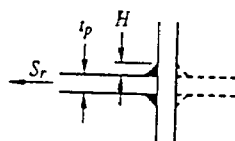
一般條件	情 況	應 力 種 類	應力分類 (見表 9.3)	實例 (見圖 9.1)
向平行鉚道	以全部或部份滲透開槽鉚之附屬構件附近之母材，其鉚長 L 介於 50mm 及 12 倍板厚之間，但不得大於 100mm 者。	T 或 Rev.	D	15
	以全部或部份滲透開槽鉚之附屬構件附近之母材，其鉚長 L 大於 12 倍板厚或 100mm 者：			
	(a)附屬構件板厚 < 25mm	T 或 Rev.	E	15
	(b)附屬構件板厚 ≥ 25mm	T 或 Rev.	E'	15
	漸變段半徑為 R，以全部或部份滲透開槽鉚之附屬構件附近之母材：			
	— 鉚接端部有磨平者	T 或 Rev.		16
	(a)漸變半徑 $R \geq 610\text{mm}$		B	
	(b) $610\text{mm} > \text{漸變半徑 } R \geq 150\text{mm}$		C	
	(c) $150\text{mm} > \text{漸變半徑 } R \geq 50\text{mm}$		D	
	(d) $50\text{mm} > \text{漸變半徑 } R \geq 0\text{mm}$		E	
	— 鉚接端部未磨平者	T 或 Rev.	E	16
開槽鉚之附屬構件—應力方向垂直鉚道	以全滲透開槽鉚之附屬構件接頭處之母材，其漸變段半徑為 R，垂直於應力方向之鉚接品質須經非破壞檢驗評定者：			
(1)	— 板厚相等，鉚冠磨除者	T 或 Rev.		16
	(a)漸變半徑 $R \geq 610\text{mm}$		B	
	(b) $610\text{mm} > \text{漸變半徑 } R \geq 150\text{mm}$		C	
	(c) $150\text{mm} > \text{漸變半徑 } R \geq 50\text{mm}$		D	
	(d) $50\text{mm} > \text{漸變半徑 } R \geq 0\text{mm}$		E	
	— 板厚相等，鉚冠不磨除者	T 或 Rev.		16
	(a)漸變半徑 $R \geq 150\text{mm}$		C	
	(b) $150\text{mm} > \text{漸變半徑 } R \geq 50\text{mm}$		D	
	(c) $50\text{mm} > \text{漸變半徑 } R \geq 0\text{mm}$		E	
	— 板厚不等，鉚冠不磨除者	T 或 Rev.		16
	(a)漸變半徑 $R \geq 50\text{mm}$		D	
	(b) $50\text{mm} > \text{漸變半徑 } R \geq 0\text{mm}$		E	
	— 板厚不等，鉚冠磨除者	T 或 Rev.	E	16
填角鉚接頭	鉚道垂直應力方向之填角鉚接頭處之母材：			16
	(a)鉚接板厚 ≤ 13mm	T 或 Rev.	C	14
	(b)鉚接板厚 > 13mm	T 或 Rev.	見附註(2)	
	不連續填角鉚接頭處之母材。	T 或 Rev.	E	
	填角鉚喉部之剪應力。	剪力	F	9
填角鉚之附屬構件—應力方向平行鉚道	附屬構件在應力方向鉚長 L 小於 50mm 之填角鉚接頭附近或大頭剪力樁鉚接處附近之母材。	T 或 Rev.	C	15,17
(1)(3)	附屬構件在應力方向之鉚長 L 在 50mm 以上，板厚之 12 倍以下，且小於 100mm 之填角鉚接頭處之母材。	T 或 Rev.	D	18,20
	附屬構件在應力方向之鉚長 L 大於板厚之 12 倍或大於 100mm 之填角鉚接頭處之母材：			15,17
	(a)鉚接板厚 < 25mm	T 或 Rev.	E	7,9,15,17

一般條件	情 況	應 力 種 類	應力分類 (見表 9.3)	實例 (見圖 9.1)
填角銲之附屬 構件－應力方 向垂直銲道 (3)	(b)銲接板厚 $\geq 25\text{mm}$ 不考慮附屬構件在應力方向之銲長，當漸變半 徑為 R 時其填角銲接頭處之母材：	T 或 Rev.	E'	7,9,15
	－銲接端部磨平者	T 或 Rev.	D	16
	(a)漸變半徑 $R \geq 50\text{mm}$		E	
	(b) $50\text{mm} > \text{漸變半徑 } R \geq 0\text{mm}$ －銲接端部未磨平者	T 或 Rev.	E	16
	不考慮附屬構件在應力方向之銲長，當漸變半 徑為 R 時，其填角銲接頭處之母材(銲喉之剪應 力由 F 類之應力控制)：			
	－銲接端部磨平者	T 或 Rev.	D	16
	(a)漸變半徑 $R \geq 50\text{mm}$		E	14
	(b) $50\text{mm} > \text{漸變半徑 } R \geq 0\text{mm}$ －銲接端部未磨平者	T 或 Rev.	E	16
	機械式聯結物 之接頭	T 或 Rev.	B	21
	承壓型高強度螺栓接頭總斷面處之母材，但軸 壓接頭導致構材結合處產生載重作用面外之彎 曲者除外。	T 或 Rev.	B	21
眼桿或樞板	鉚釘接頭淨斷面處之母材。	T 或 Rev.	D	21
	眼桿頭或樞板淨斷面處之母材。	T	E	23,24
	眼桿桿身或樞板全斷面處之母材：			
	(a)滾軋面或表面磨平者	T	A	23,24
	(b)焰切邊	T	B	23,24

附註：

- (1) 載重方向垂直銲道者，不得使用部份滲透開槽銲。
- (2) 載重方向垂直銲道之填角銲喉部，其容許疲勞應力差值為有效喉厚及板厚之函數：
(公式來源參見 Frank and Fisher, Journal of the Structural Division, ASCE, Vol. 105, No. ST9, Sept. 1979)

$$S_r = S_r^c \left(\frac{0.06 + 0.79H/t_p}{0.94t_p^{1/6}} \right)$$



此處 S_r^c 為表 9.3 中 C 類之容許疲勞應力差值。

- (3) 連接板僅以橫向填角銲銲於梁翼板者不得使用。

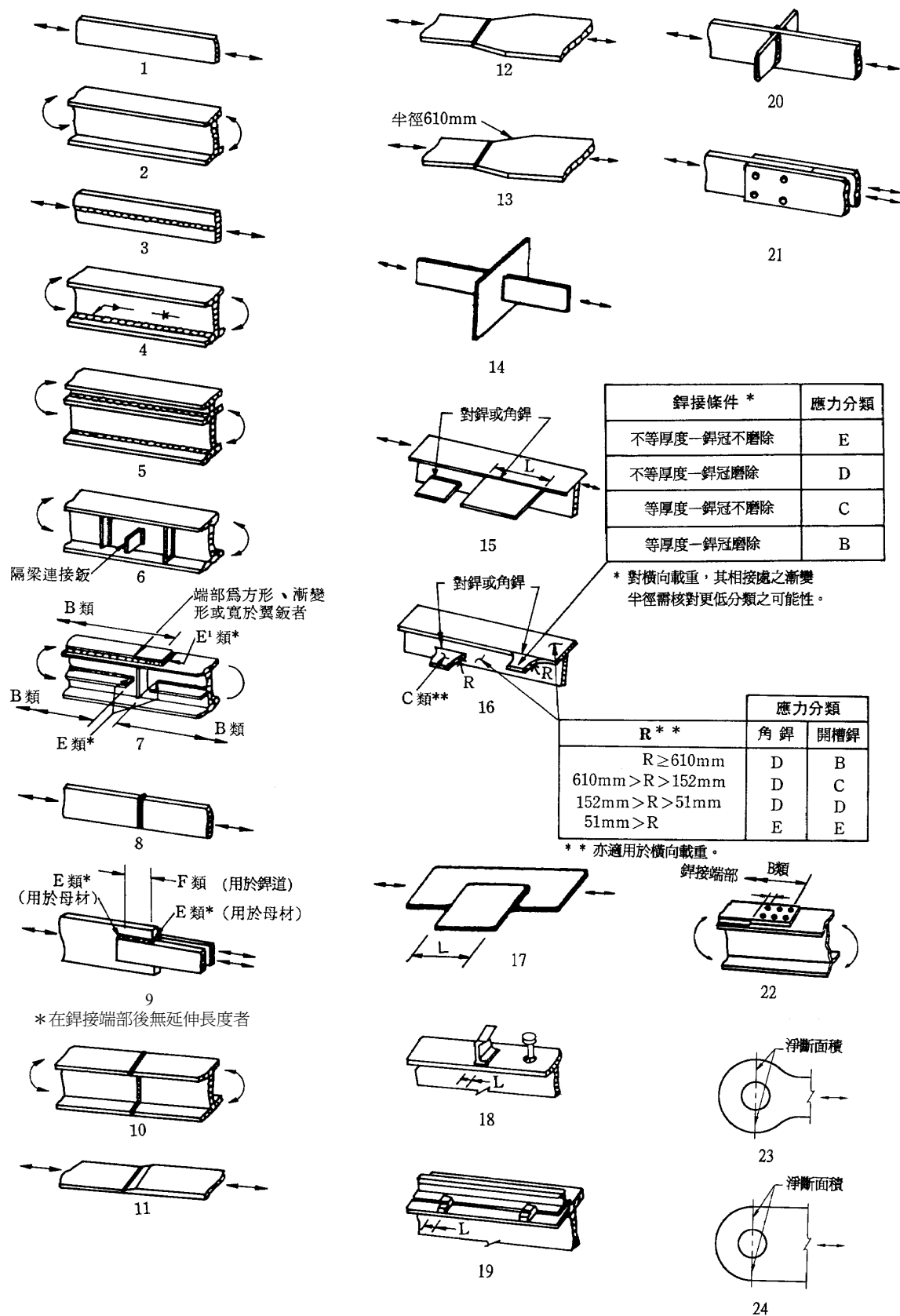


圖 9.1 (表 9.4 實例)

2. 載重循環次數

設計所考慮最大應力差值之載重反復次數，應依據表9.5選用，除非有交通量、地磅測定值、或其他具公信力之資料。對於疲勞應力檢核，得不採用大於HS20-44(MS18)之活重。

容許疲勞應力應適用於含活重或風力之各載重組合。

用於考慮風力與靜重組合時，除非結構物另有考慮不同之反復次數者，其應力差值之反復次數應為100,000次。

表 9.5 應力反復次數

承載主載重(縱向)之構材

道 路 型 式	類 別	單向平均 每天貨車量 (次)	貨 車 載 重 (次)	車 道 載 重 ⁽¹⁾ (次)
高速公路，快速公路， 主要公路及街道	I	2,500或以上	2,000,000 ⁽²⁾	500,000
高速公路，快速公路， 主要公路及街道	II	小於 2,500	500,000	100,000
不屬於 I 或 II 之其他 公路及街道	III		100,000	100,000

承受輪重之橫向構材及細部

道 路 型 式	類 別	單向平均 每天貨車量 (次)	貨 車 載 重 (次)
高速公路，快速公路， 主要公路及街道	I	2,500或以上	大於2,000,000 ⁽²⁾
高速公路，快速公路， 主要公路及街道	II	小於 2,500	2,000,000
其他公路及街道	III		500,000

附 註:(1) 縱向(橋軸方向)構材亦應以貨車載重核算之。

(2) 將一輛貨車置於橋上時，構材產生「超過二百萬次」之應力反復次數亦應核算。大梁所承受之輪重分擔係數可自4.1節2.項中之一個車道載重時查得。對單一貨車載重情況，大梁腹板之剪力不得大於 $0.58F_y D t_w C$ 。

3. 沙丕V形缺口(Charpy V-Notch)之衝擊需求

傳遞主載重之拉力構材必須符合材料規範內所述衝擊性能之補充需求。衝擊需求因鋼材類別，建造型式，銲接或機械聯結物及結構物可能承受之最小平均使用溫度而異。各種溫度區域級別列如表9.6

表 9.6 種溫度區域級別

最小使用溫度	溫度區域級別
-18°C 及以上	1
-19°C 至 -34°C	2
-35°C 至 -51°C	3

需要有衝擊性能之構材必須明訂於設計圖上，其適用之溫度區域級別應明訂於購料合約文件。

4. 剪力

屬於表9.5類別I之橋梁縱向構材，將一輛貨車置於橋上時，應檢核「超過二百萬次」之應力反復次數，此時大梁之總剪力不得大於 $0.58F_y D t_w C$ 。常數 C 乃挫屈剪應力及抗剪降伏應力之比值，其定義可參見9.2.4或9.3.7節。

9.1.4 跨徑之有效長度

計算應力時，跨徑之有效長度應假定為支承或與其他支點間之中心距離。

9.1.5 深度比

梁(含大梁)之深度與跨徑之比，應不小於1/25為宜。

合成梁之大梁總深度(混凝土橋面板加鋼梁深度)與其跨徑之比應不小於1/25，合成梁中之鋼梁深度與其跨徑之比，應不小於1/30為宜。

桁架之深度與跨徑之比，應不小於1/10為宜。

連續梁之深度比，其跨徑可視為靜重所產生反曲點間之距離。

上列有關梁橋之規定，如設計者能用公認之理論加以檢討者得不在此限。

9.1.6 構材長度之限制

主要受壓構材，或構材之主要應力來自靜重、活重或兩者兼有者，其細長比(即有效未支撐間距與其迴轉半徑之比) KL/r ，不得超過120。次要受壓構材，或構材之主要目的係

用作支撐以抵抗側向或縱向力者，或用以支撐或減小其他主或次要構材之未支撐間距者，其細長比不得超過140。

在決定迴轉半徑 r 時，為符合達到使用細長比 KL/r 之限制，可將構材任何部份之面積省略不計，但使用省略部份面積後之斷面與使用全斷面各依其 KL/r 所求得之構材強度，兩者均應等於或大於該構材應承受之總力。

有孔蓋板之受力構材計算其迴轉半徑及有效面積時，應取孔寬最大處之橫斷面。若相對兩蓋板之穿孔錯開時，則計算該構材之橫斷面仍應將此項穿孔視作在同一橫斷面內。

實際未支撐間距 L ，應假定如下：

半穿式桁架之上弦，應為9.2.5節11.項所規定橫向支撐之節點間間距；其他主構材，則應為節點間、支撐點中心間或端部接頭中心間之間距；次要構材，則應為此構材端部接頭間之中心間距或支撐點之中心間距。

除拉桿、眼桿、鋼索及鋼板外之受拉構材，主構材之未支撐間距與迴轉半徑之比不得超過200，支撐構材不得超過240，承受主構材正負相反應力者不得超過140。

9.1.7 撓度

此處所稱「撓度」係指依計算構材應力時之假設載重計算所得之撓度。

簡支或連續鋼梁之設計，以使活重加衝擊力所產生之撓度不超出跨徑之 $1/800$ 為宜，但市區內附有人行道之橋梁則以不超出 $1/1000$ 為宜，對於撓度檢核，不需採用大於HS20-44(MS18)之活重。

懸臂梁由活重加衝擊力所產生之撓度，以不超出懸臂長度之 $1/300$ 為宜，但附有人行道者以不超出 $1/375$ 為宜。

有橫撐或橫隔梁之鋼橋，且其橫撐與隔梁有充份深度與強度，能保證使載重作橫向分佈者，則其撓度可照H或HS(M或MS)標準載重計算之，並視所有鋼梁或縱梁(stringers)同時作用且具相等之撓度。

計算梁之撓度時，其慣性矩應以總斷面積計算。若梁為合成結構之一部分時，其使用活重可視為作用於合成斷面。

計算桁架之撓度時應以桁架上每一構材之總斷面計算。若用有孔蓋板時，其有效面積應為其淨體積除以孔與孔之中心間距。

有關梁系橋之上列規定，如設計者能用公認之理論加以檢討其撓度時（可參考AISC

“Bulletin No.19, Criteria for the Deflection of Steel Bridges ”)，得不在此限。

9.1.8 鋼材之最小厚度

結構鋼材(包括支撐、橫構架及各種連接板等)除軋型鋼之腹板，鋼橋面板之閉合肋條、填板及欄杆外，其厚度不得小於8mm。軋型鋼梁或槽型鋼之腹板厚度不得小於6mm，鋼橋面板之閉合肋條之厚度不得小於5mm。

鋼料曝露於嚴重腐蝕影響之處，除依規定做防蝕保護外，其厚度應酌量增加。

本規範對於填板、受壓構材之某些部分、及連接板等之厚度另有規定，應依下列相關章節為準。

對加勁材及角鋼之突出腳等，參閱9.1.10節。

對加勁材及其他鋼板，參閱「板梁」一節。

對受壓構材，參閱「桁架」一節。

9.1.9 受拉角鋼及T型鋼之有效斷面積

單角鋼受拉構材、T型鋼受拉構材、或兩個角鋼在連接板同一側背對背相接之雙角鋼受拉構材，其有效斷面積均應為連接部份之角肢或翼板之淨斷面積加其突出肢面積之一半。

若兩個角鋼或T型鋼受拉構材，以角鋼或T型鋼之翼板背與背分別連接在連接板之兩側者，其全淨斷面積均為有效。

當角鋼與分離之連接板結合，如雙腰桁架，角鋼由緊靠連接板之連繫板(stay-plate)結合，或另用其他有效辦法加固者，角鋼之全淨斷面積均為有效。若角鋼不用上法連接者，則僅其80%之淨斷面可視為有效。

若加接角鋼(lug angles)連結之聯結物數量超過由應力計算所需之數量至少三分之一時，則該角鋼之傳遞應力可認為有效。

9.1.10 角鋼之突出腳

受壓角鋼之突出腳寬度(用鋼板加勁者除外)，不得超過下列規定：

用於主構材承受軸向應力者：厚度之12倍。

用於支撐及其他次要構材者：厚度之16倍。

其他限制參閱 9.2.5 節 14.項。

9.1.11 膨脹與收縮

所有橋梁應在設計時考慮能抵抗溫度應力，或對於溫度變化所產生之移動應予以適當處置，因活重應力所產生之跨徑變化亦應計入。跨徑90m以上之橋梁，其橋面應能容許膨脹及收縮，膨脹端須防止發生橫向移動。

9.1.12 撓曲構材

除於「強度設計法」使用結實斷面時須依照9.3.7節1.項、9.3.10節1.項與9.3.11節1.項規定外，撓曲構材應使用彈性斷面模數設計。在計算受拉翼板有開孔之撓曲構材斷面強度時，應依據公式(9-4g)取有效翼板面積 A_e 計算彈性斷面性質。開孔直徑應依據表9.7計算，在「強度設計法」中，受拉翼板有開孔之結實斷面強度不得大於起始降伏彎矩容量。

9.1.13 蓋板

軋型鋼梁上之蓋板長度，不得小於 $(2d+0.915)$ 公尺，其中 d 為梁之深度，以公尺為單位。

鋼梁翼板上所附加之單塊蓋板，其厚度不得大於翼板厚度之2倍，所有蓋板之總厚亦不得大於翼板厚度之 $2\frac{1}{2}$ 倍。

蓋板之厚度與寬度可依照9.1.16節需求設置漸變段，用不同厚度或寬度之鋼板予以對銲銲接，此類蓋板應在銲接於翼板前先行組合銲接，並加以磨平。蓋板可以較翼板寬度稍寬或稍窄。蓋板寬度大於翼板寬度時必須有橫向端銲，該端銲可以回繞翼板端部停銲於過翼板趾部一小段。

部份銲接蓋板之長度應自理論終端延伸一定距離(*terminal distance*)，或延伸至一斷面，該斷面處之梁翼應力差值等於「填角銲接頭部份或其附近之母材」之容許疲勞應力差值，並採用其中較大者。蓋板之理論終端若採用「容許應力設計法」時，乃大梁無蓋板時之翼板應力等於不考慮疲勞時之翼板容許使用載重應力處。若採用「強度設計法」，則蓋板之理論終端為大梁無蓋板時之翼板強度等於不考慮疲勞時之設計載重所需強度處。所謂一定距離，乃蓋板端部不銲接時，為其標稱寬度之兩倍，端部銲接時，為其標稱寬度之 $1\frac{1}{2}$ 倍。漸變型蓋板之端部寬度不得小於76mm。於一定距離內連接蓋板與翼板之銲道，必須連續且有足夠尺寸以傳遞不小於蓋板在其理論端處所計得之總應力。所有蓋板與翼板之銲接均應連續並不得小於9.1.22節2.項所規定之填角銲最小尺寸。

「非贅餘載重途徑結構」承受反復載重導致構材產生拉力或相反應力時，厚度超過

20mm之翼板不得採用部份銲接蓋板。

於蓋板終端以螺栓部份接合之蓋板長度，應自理論終端延伸相當於螺栓接合部份長度之一定距離(terminal distance)，或延伸至一斷面，該斷面處之梁翼應力範圍等於「採摩阻型(slip-critical)高強度螺栓(表9.4)之部份銲接蓋板終端部份母材」之容許疲勞應力差值。於蓋板終端以螺栓接合之梁應依循下列之製造程序：鑽孔、清除密接表面、安裝螺栓、銲接。以螺栓接合之蓋板，其理論終端與以銲接接合之蓋板相同。連接蓋板與翼板之摩阻型螺栓數目應足以提供於蓋板理論終端處所計得之載重。接合螺栓之滑動阻力若採「容許應力設計法」，可依9.2.2節3.項之規定求得；若採「強度設計法」，則依9.3.19節1.項之規定求得。連接蓋板與梁翼之縱向銲接應為連續且於第一排螺栓前之一個螺栓間距處停止。

9.1.14 拱度

大梁應加預拱以抵消靜重撓度。並須符合縱斷面坡度所需之豎曲度。

9.1.15 熱彎軋型梁及銲接板梁

1. 範圍

本節適用於熱軋型梁及銲接I型板梁用熱彎以獲得水平曲度者。除HPS70W外，鋼材規定標稱降伏應力大於3,500kgf/cm²者，不得使用熱彎。

2. 最小曲率半徑

熱彎梁沿腹板中心線之水平曲率半徑不得小於45m，且全長中所有斷面之曲率半徑不得小於下列二公式中計得之較大者：

$$R = \frac{117bD}{\sqrt{F_y \phi t_w}} \quad \frac{1.162bD}{\sqrt{F_y \phi t_w}} \quad (9-1)$$

$$R = \frac{527300b}{F_y \phi} \quad \frac{51.69b}{F_y \phi} \quad (9-2)$$

式中， F_y ：大梁腹板鋼材之規定標稱降伏應力，kgf/cm² MPa。

ϕ ：總橫斷面積與兩翼板斷面積之比。

b ：最寬翼板之寬度，cm(m)。

D ：兩翼板間之淨距離，cm(m)。

R ：半徑，cm(m)。

除上述需求外，當翼板厚度超出75mm，或翼板寬度超出760mm時，其曲率半

徑不得小於305m。

3. 拱度

為補償熱彎大梁在使用時可能因其殘留應力之消散致拱度減少，大梁全長L中，任一斷面上之拱度 Δ ，以cm(m)為單位須等於：

$$\Delta = \frac{\Delta_{DL}}{\Delta_M} (\Delta_M + \Delta_R) \quad (9-3)$$

$$\Delta_R = \frac{0.02L^2 F_y}{EY_0} \left(\frac{305 - R}{259} \right) \quad (9-4)$$

$$\Delta_R = 0, \text{ 當 } R > 305\text{m}$$

式中， Δ_{DL} 為在長度 L 中任何一點之拱度，以 cm(m) 為單位。該拱度以通常方式計算，用以抵消靜重或其他特定載重所產生之撓度。

Δ_M 為在長度 L 中 Δ_{DL} 之最大值，cm(m)。

E ：彈性模數，kgf/cm² MPa。

F_y ：大梁翼板之標稱降伏應力，kgf/cm² MPa。

Y_0 ：中立軸至最外緣之距離，cm(m)。(不對稱斷面用最大距離)。

R ：曲率半徑，以 cm(m) 計。

L ：簡支單跨徑之長度、或簡支端至靜重反曲點之距離、或為連續跨徑上靜重反曲點間之距離，cm(m)。

橋墩附近之靜重反曲點間之拱度消失量很小，可以忽略不計。

註：在橋梁施工中產生一部份拱度之消失，歸因於施工之載重，全部拱度消失，將在負擔使用載重數月後完成。因此，在橋梁縱坡度內應含有一部份增加之拱度(約計 50%)。此項性質之拱度消失量(通常並不大)在直線大小梁上亦會發生，那是眾所周知的。

9.1.16 續接

1. 通則

(1) 設計強度

續接可使用高強度螺栓或銲接。除本節其他規定外，一般而言，不論拉力、壓力、彎矩或剪力之續接，採用「容許應力設計法」或「強度設計法」

設計應取不小於續接點之需求設計強度與設計構材強度之平均值，且不得小於設計構材強度之75%。撓曲構材之螺栓續接須滿足9.1.16節2.項之需求；受壓構材之螺栓續接須滿足9.1.16節3.項之需求；受拉構材之螺栓續接須滿足9.1.16節4.項之需求；鉚接續接須滿足9.1.16節4.項之需求。若續接處斷面有變化時，上述續接設計使用較小一邊之斷面。

(2) 填板

對於軸向載重構材使用大於6mm以上填板之螺栓續接，包括板梁翼板續接，應加額外之聯結物以均佈分散構材總應力於構材與填板之組合斷面，填板應延伸超出續接材料並外加螺栓鎖固，或另對延伸之填板以相當數量之螺栓包含於續接中。等於或小於6mm之填板不必加以延伸發展，惟若以「強度設計法」依據9.3.19節1.項(3)以「容許應力設計法」依據表9.10之聯結物設計剪力強度須乘以以下折減係數 R ：

$$R = [(1 + \gamma)/(1 + 2\gamma)] \quad (9-4a)$$

式中： $\gamma = \frac{A_f}{A_p}$

A_f =被連接板之上下填板面積和

A_p =被連接板或被連接板之上下續接板面積和之較小值

對於設計滑動力，以「強度設計法」依據9.3.20節3.項(1)及以「容許應力設計法」依據表9.11，摩阻型(slip-critical)之連接不必因填板效應而調整。除工程師特別允許外，等於或大於6mm以上之填板不得使用多於兩片鋼板作組合。

腹板差異小於1.6mm之螺栓續接，不需設置填板。

鉚接續接之填板應符合 ANSI/AASHTO/AWS D1.5 Bridge Welding Code 之規定。

(3) 翼板續接板之設計力

對於使用內外續接板之翼板，當連接處內外續接板兩者面積差不超過10%時，翼板設計力可假設由內外續接板平分；當內外續接板兩者面積差超過10%時，連接處每續接板之設計力應將翼板設計力依內外續接板面積比率分擔，在此情況下，連接處之剪力強度應檢核計算續接板單剪(single shear plane)之最

大剪力強度。不論如何，翼板以內外續接板連接，使用高強度螺栓之抗滑剪力強度皆應取兩滑動面平分翼板設計力加以檢核。

(4) 桁架弦桿及柱

桁架弦材及柱材之續接處應儘可能接近節點，通常設置於較小應力發生之側。鋼板，角鋼及其他續接物之配置應使能充分抵抗續接構材之軸向力及力矩兩者所產生之應力。

2. 撓曲構材

(1) 通則

連續跨徑橋之續接，應儘量設置於靜載重反曲點或其附近為宜。

翼板及腹板之續接，其接頭每邊應至少使用兩行以上之螺栓。

過大孔或槽型孔不得使用於螺栓接頭中之構材或續接板。

翼板及腹板使用高強度螺栓續接設計時，應考量在鋼構架設及澆鑄或安置橋面板過程中不致發生滑動。

在「強度設計法」中，續接處之結實斷面強度不得大於依據9.1.12節規定，考慮有開孔受拉翼板計算得之起始降伏彎矩容量。

在反復應力區之翼板及腹板續接，其正彎曲及負彎曲皆應加檢核。

以螺栓作角鋼翼板之續接應包含兩個角鋼，在撓曲構材每側各一。

(2) 翼板續接

- a. 在「強度設計法」中，控制翼板(controlling flange)之續接板應至少以設計力 P_{cu} 設計之，控制翼板應取續接處較小斷面的上翼板或下翼板，該翼板在因數載重條件下，板厚中央(mid-thickness)的彈性彎曲應力與其最大強度之比須為最大者。 P_{cu} 應取為設計應力 F_{cu} 乘以續接處兩邊之較小有效翼板面積 A_e ， A_e 依9.1.16節2.項(2)節定義， F_{cu} 定義如下：

$$F_{cu} = \frac{(|f_{cu} / R| + \alpha F_{yf})}{2} \geq 0.75 \alpha F_{yf} \quad (9-4b)$$

式中

$\alpha = 1.0$ 除非在受壓翼板處斷面之 M_u 小於 M_y 則可使用較小值(M_u/M_y)

M_u = 受正負彎曲續接處斷面之最大彎曲強度，此彎曲對所考量翼板在因數載重條件下，在其厚度中央(mid-thickness)產生最大壓應力

M_y = 用以計算 M_u 之續接處斷面起始降伏之彎矩容量，對合成斷面而言，

M_y 應依9.3.9節3.項計算，對混合斷面而言， M_y 應依9.3.14節計算

f_{cu} = 續接處之控制翼板在因數載重條件下，其厚度中央(mid-thickness)之彈性彎曲應力

R = 混合大梁依據 9.3.15 節 2.項之折減係數；當 f_{cu} 小於或等於 F_{yw} 時，

R 應取為 1.0，其中 F_{yw} 為腹板之規定最小降伏強度；對均質梁而言，

R 一律取為 1.0。

F_{yf} = 翼板之規定最小降伏強度。

非控制翼板(noncontrolling flange)應至少以設計力 P_{ncu} 設計之， P_{ncu} 應取為設計應力 F_{ncu} 乘以續接處兩邊之較小有效翼板面積 A_e ， F_{ncu} 定義如下：

$$F_{ncu} = R_{cu} (|f_{ncu} / R|) \geq 0.75 \alpha F_{yf} \quad (9-4c)$$

式中

R_{cu} = 控制翼板其 F_{cu} / f_{cu} 之絕對值

f_{ncu} = 非控制翼板在續接處，其板厚中央(mid-thickness)與 f_{cf} 同時發生之彎曲應力

在計算 f_{cu} 、 f_{ncu} 、 M_u 、 M_y 及 R 時，應依9.1.12節之規定考慮受拉翼板之開孔。翼板以內外續接板連接者，翼板之設計力應依9.1.16節1.項(3)之規定由內外續接板及其連接物共同分擔。每一續接板之有效面積 A_e 應足以分擔計算設計力不致發生降伏，有效面積 A_e 應依據9.1.16節2.項(2)定義。對於接頭處上下翼板之續接，依據9.3.19節1.項(3)計算藉由螺栓剪力及螺栓孔承壓力發展之強度，至少應足以承受翼板設計力。需要使用填板者，亦應滿足9.1.16節1.項(2)之需求。

- b. 在「強度設計法」中，上下翼板續接以高強度螺栓連接者，至少應可承受超載設計力 P_{fo} ，不致發生滑動。對於所考慮翼板， P_{fo} 值計算如下：

$$P_{fo} = |f_o / R| A_g \quad (9-4d)$$

式中

f_o = 在續接點對所考慮翼板較小斷面者受 $D + \beta_L (L + I)$ 載重所產生最大彎曲應力

R = 混合大梁依據 9.3.15 節 2.項之折減係數；當 f_o 小於或等於 F_{yw} 時， R 應取為 1.0，其中 F_{yw} 為腹板之規定最小降伏強度；對均質梁而言， R 一律取為 1.0

A_g = 續接兩邊翼板全斷面積較小者

f_o 及 R 應取構材全斷面積計算，接頭之抗滑動強度應依公式(9-172)計算

- c. 在「容許應力設計法」中，控制翼板(controlling flange)之續接板至少應以設計力 P_{cf} 設計之，控制翼板應取續接處上翼板或下翼板較小斷面者，其翼板在其厚度中央(mid-thickness)之彈性彎曲應力與其容許應力比較，佔有最大比率。 P_{cf} 應取為設計應力 F_{cf} 乘以續接處兩邊之較小有效翼板面積 A_e ， A_e 依 9.1.16 節 2.項(2)定義， F_{cf} 定義如下：

$$F_{cf} = \frac{\left(|f_{cf} / R| + F_b \right)}{2} \geq 0.75F_b \quad (9-4e)$$

式中

f_{cf} = 控制翼板在續接處，其厚度中央(mid-thickness)之最大彈性彎曲應力

F_b = 在續接點對所考慮翼板之容許彎曲應力

R = 混合大梁依據 9.2.11 節 2.項(1)之折減係數；當 f_{cf} 小於或等於腹板之容許彎曲應力時， R 應取為 1.0；對均質梁而言， R 一律取為 1.0

非控制翼板(noncontrolling flange)之續接板至少應以設計力 P_{ncf} 設計之， P_{ncf} 應取為設計應力 F_{ncf} 乘以續接處兩邊之較小有效翼板面積 A_e ， F_{ncf} 定義如下：

$$F_{ncf} = R_{cf} \left(|f_{ncf} / R| \right) \geq 0.75F_b \quad (9-4f)$$

式中

R_{cf} = 控制翼板其 F_{cf} / f_{cf} 之絕對值

f_{ncf} = 續接處之非控制翼板在其厚度中央(mid-thickness)之彎曲，與 f_{cf} 同時發生

在計算 F_{cf} 、 f_{ncf} 、 R 時，應依 9.1.12 節之規定考慮受拉翼板之開孔。翼板以內外續接板連接者，翼板之設計力應依 9.1.16 節 1.項(3)之規定由內外續接板及其連接物共同分擔。每一續接板之有效面積 A_e 應足以分擔計算設

計力不致超出容許彎曲應力，有效面積 A_e 應依據9.1.16節2.項(2)定義。對於接頭處上下翼板之續接，依據表9.10計得藉由螺栓剪力及螺栓孔承壓力發展之強度，至少應足以承受翼板設計力。需要使用填板者，亦應滿足9.1.16節1.項(2)之需求。高強度螺栓接頭至少亦應足以承受在D+(L+I)載重條件下，對所考慮續接處較小斷面計得翼板厚度中央最大彈性彎曲應力乘以續接兩邊較小翼板全斷面積所得力量而不致發生滑動，接頭之抗滑動強度應依據9.2.2節3.項(3)規定。

- d. 在檢核翼板續接強度上，對於翼板及個別續接板應使用有效面積 A_e 如下：
對於翼板及個別續接板受張力者：

$$A_e = W_n t + \beta A_g \leq A_g \quad (9-4g)$$

式中

W_n = 依據 9.2.5 節 13.項計算翼板或續接板之最小淨寬

A_g = 翼板或續接板全斷面積

β = 0.0 用於 M270 100/100W 級鋼材，或當開孔直徑大於 32mm
= 0.15 用於其他鋼材，或當開孔直徑不大於 32mm

開孔直徑應依據9.2.5節13.項計算。

對受壓力之翼板及其續接板

$$A_e = A_g \quad (9-4h)$$

(3) 腹板續接

一般而言，腹板續接板及其接頭應分擔剪力、在續接點因偏心剪力產生之彎矩，及部分假設由腹板分擔之彎矩*，腹板應以兩側對稱之鋼板續接；實務上，腹板續接板應儘可能延伸接近翼板間之全梁深。

*另關於結實鋼材斷面之做法，可參考 Firas I. Sheikh-Ibrahim and Karl H. Frank, "The Ultimate Strength of Symmetric Beam Bolted Splices," AISC Engineering Journal, 3rd Quarter, 1998, 及 "The Ultimate Strength of Unsymmetric Beam Bolted Splices", AIAC Engineering Journal, 2nd Quarter, 2001.

在「強度設計法」中，腹板續接板及其接頭至少應以續接處之腹板設計剪力 V_{wu} 設計之， V_{wu} 定義如下：

對於 $V < 0.5V_u$

$$V_{wu} = 1.5V \quad (9-4i)$$

對於 $V \geq 0.5V_u$

$$V_{wu} = \frac{[V + V_u]}{2} \quad (9-4j)$$

式中

V = 因數載重下續接處腹板之最大剪力

V_u = 續接處腹板之剪力強度

在「強度設計法」中，腹板續接板及其接頭至少應以續接處由設計剪力偏心產生之腹板設計彎矩 M_{vu} 設計之， M_{vu} 定義如下：

$$M_{vu} = V_{wu}e \quad (9-4k)$$

式中

V_{wu} = 續接處之腹板設計剪力，如公式(9-4i)或(9-4j)

e = 自續接中心線至所考慮接頭一側中心點之距離

在「強度設計法」中，腹板續接板及其接頭至少應足以承受續接處之腹板設計彎矩 M_{wu} ，作為假設由腹板分擔抵抗之彎矩， M_{wu} 應作用於腹板深度中間。對於中性軸不在腹板深度中間之斷面，應加考慮一設計水平合力 H_{wu} 作用於腹板深度中間， M_{wu} 與 H_{wu} 可計算如下：

$$M_{wu} = \frac{t_w D^2}{2} |RF_{cu} - R_{cu} f_{ncu}| \quad (9-4l)$$

$$H_{wu} = \frac{t_w D}{2} (RF_{cu} + R_{cu} f_{ncu}) \quad (9-4m)$$

式中

F_{cu} = 續接處控制翼板(controlling flange)之設計應力，如公式(9-4b)，拉力為正，壓力為負

R = 混合大梁依據 9.3.15 節 2.項之折減係數；當 f_{cu} 小於或等於 F_{yw} 時，

R 應取為 1.0，其中 F_{yw} 為腹板之規定最小降伏強度；對均質梁而言，

R 一律取為 1.0

R_{cu} =控制翼板其 F_{cu}/f_{cu} 之絕對值

f_{ncu} =續接處之非控制翼板在因數載重條件下，其厚度中央(mid-thickness)之彎曲應力，與 f_{cu} 同時發生(拉力為正，壓力為負)

在「強度設計法」中，腹板續接板及其接頭至少應足以承受由 V_{wu} 、 M_{vu} 、 M_{wu} 及 H_{wu} 組合之控制力。接頭設計須考慮偏心載重，依據9.3.19節1.項(3)計算藉由螺栓剪力及螺栓孔承壓力發展之強度應足以承受偏心載重設計力。此外，最低條件下，接頭受偏心載重時，腹板以高強度螺栓續接應在下列最具控制性之組合(most critical combination)條件下不致發生滑動：(1)超載設計剪力 V_{wo} (2)超載剪力偏心作用所產生設計彎矩 M_{vo} (3) 超載設計彎矩 M_{wo} ，作用於腹板深度中間假設由腹板分擔抵抗之彎矩(4)對於中性軸不在腹板深度中間之斷面，應另加考慮超載下之水平設計合力 H_{wo} 作用於腹板深度中間，如下：

$$V_{wo}=V_o \quad (9-4n)$$

式中

V_o =受 $D+\beta_L (L+I)$ 載重，在續接點腹板所產生之最大產生剪力， β_L 依 3.23 節定義

$$M_{wo}=V_{wo} e \quad (9-4o)$$

M_{wo} 及 H_{wo} 可計算如下：

$$M_{wo} = \frac{t_w D^2}{12} |f_o - f_{of}| \quad (9-4p)$$

$$H_{wo} = \frac{t_w D}{2} (f_o + f_{of}) \quad (9-4q)$$

式中

f_o = 在續接點對所考慮較小斷面者受 $D+\beta_L (L+I)$ 載重所產生翼板厚度中央最大彎曲應力(拉力為正，壓力為負)

f_{of} = 所考慮較小斷面另一翼板受 $D+\beta_L (L+I)$ 載重所產生翼板厚度中央之彎曲應力，與所考慮翼板之 f_o 同時發生(拉力為正，壓力為負)

f_o 及 f_{of} 應以構件全斷面計算。受偏心載重接頭之最大合成力不得超過以公式(9-172)取 $N_b=1.0$ 計得之抗滑動強度。

在「容許應力設計法」中，腹板續接板及其接頭至少應以續接處腹板之

設計剪應力 F_w 設計之， F_w 定義如下：

對於 $f_v < 0.5 F_v$

$$F_w = 1.5 f_v \quad (9-4r)$$

對於 $f_v \geq 0.5 F_v$

$$F_w = \frac{(f_v + F_v)}{2} \quad (9-4s)$$

式中

f_v = 續接處腹板之最大剪應力

F_v = 續接處腹板之容許剪應力

在「容許應力設計法」中，腹板續接板及其接頭至少應以續接處由設計剪力偏心產生之腹板設計彎矩 M_v 設計之， M_v 定義如下：

$$M_v = F_w D t_w e \quad (9-4t)$$

式中

F_w = 續接處腹板之最大剪應力，依(9-4r)或(9-4s)定義

D = 腹板深度

t_w = 腹板厚度

在「容許應力設計法」中，腹板續接板及其接頭至少應足以承受續接處之腹板設計彎矩 M_w ，作為假設由腹板分擔抵抗之彎矩， M_w 應作用於腹板深度中間。對於中性軸不在腹板深度中間之斷面，應另加考慮一設計水平合力 H_w 作用於腹板深度中間， M_w 與 H_w 可計算如下：

$$M_w = \frac{t_w D^2}{12} |R F_{cf} - R_{cf} f_{ncf}| \quad (9-4u)$$

$$H_w = \frac{t_w D}{2} (R F_{cf} + R_{cf} f_{ncf}) \quad (9-4v)$$

式中

F_{cf} = 續接處控制翼板(controlling flange)之設計應力，如公式(9-4e)，拉力為正，壓力為負

R = 混合大梁依據 9.2.11 節 2.項(1)之折減係數；當 F_{cf} 小於或等於腹板之容許彎曲應力時， R 應取為 1.0；對均質梁而言， R 一律取為 1.0

R_{cf} = 控制翼板其 F_{cf}/f_{cf} 之絕對值

f_{ncf} = 續接處之非控制翼板在其厚度中央(mid-thickness)之彎曲應力，與
 f_{cf} 同時發生(拉力為正，壓力為負)

在「容許應力設計法」中，腹板續接板及其接頭至少應足以承受由 $F_w D t_w$ 、 M_v 、 M_w 及 H_w 組合之控制力。接頭設計須考慮偏心載重，依據表9.10計得藉由螺栓剪力及螺栓孔承壓力發之展強度應足以承受偏心載重設計力。此外，最低條件下，接頭受偏心載重時，續接點腹板以高強度螺栓續接應在 $D+(L+I)$ 所產生剪力、彎矩、及水平力最具控制性之組合(most critical combination)條件下不致發生滑動。假設由腹板分擔之彎矩部分及水平合力應以構材全斷面計算。受偏心載重接頭之最大合成力不得超過依據9.2.2節(3)取 $N_b=1.0$ 計得之抗滑強度。

3. 受壓構材

用螺栓續接之受壓構材如柱與弦材等，其材端應密接。在週密檢查下製作及安裝，材端磨平至完全密接之受壓構材接頭，可用續接板及高強度螺栓連接，以固定其位置，其設計應力不得小於續接斷面之較低容許設計應力之50%。以續接板及高強度螺栓連接之受壓構材強度應以全斷面計算。

4. 受拉構材

受拉構材之續接至少應以設計力 P_u 設計之， P_u 等於9.1.16節1.項(1)所規定之設計強度乘以構材有效面積 A_e ，定義如下：

$$A_e = A_n + \beta A_g \leq A_g \quad (9-4w)$$

式中：

A_n = 依據 9.2.5 節 13.項計算之構材淨斷面積

$\beta = 0.0$ 用於 AASHTO M270 100/100W 級(ASTM A709 100/100W 級)鋼材，或當開孔直徑大於 32mm

$= 0.15$ 用於其他鋼材，或當開孔直徑不大於 32mm

A_g = 構材全斷面積

開孔直徑應依據9.2.5節13.項計算。「強度設計法」依9.3.19節1.項(3)計算，「容許應力設計法」依據表9.10計算，續接藉由螺栓剪力及螺栓孔承壓力發展之強度至少應足以承受設計力。

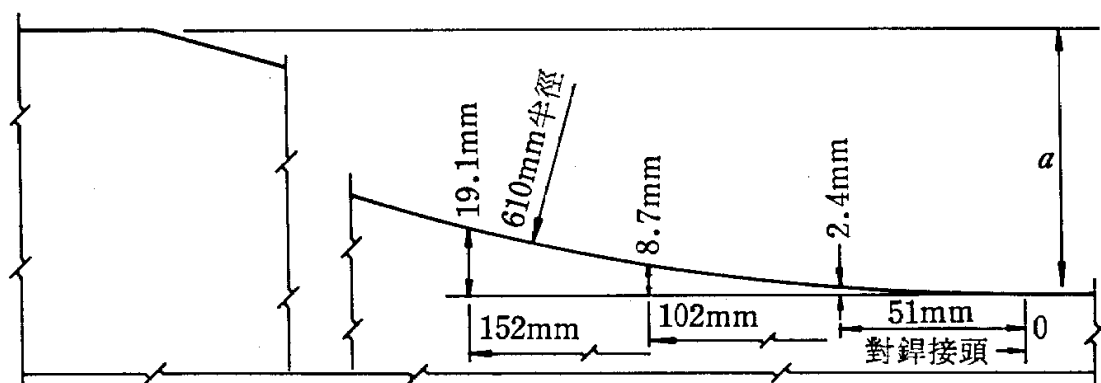
在「強度設計法」中，受拉構材以高強度螺栓連接者至少應以超載設計力 P_o 設計之， P_o 等於構材受 $D + \beta_L (L + I)$ 載重所產生之最大張應力乘以構材全斷面積，其中 β_L 依3.23節定義，接頭之抗滑強度應依公式(9-172)計算。在「容許應力設計法」中，以高強度螺栓連接者至少應足以承受構材受 $D + (L + I)$ 載重所產生之最大張應力乘以構材全斷面積之設計力，不致發生滑動，續接之抗滑強度依據9.2.2節(3)計算。

5. 銲接

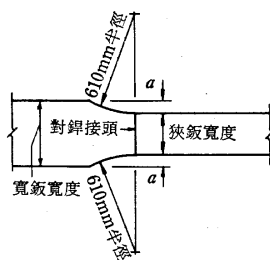
受拉與受壓構材，宜採用全滲透開槽銲而少用續接板。

工地銲接之佈置宜儘量少用仰銲。

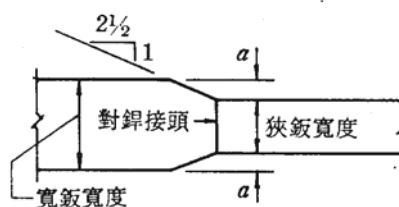
以對銲將不同寬度鋼材續接，應依照圖9.2之規定作成漸變形，漸變形式之疲勞應力分類應與表9.4中開槽銲接之規定一致。厚度不同之鋼材對銲續接時，應以不大於 $1:2\frac{1}{2}$ 之坡面連接不同厚度之兩板表面。



寬度漸變段詳圖



(a) 610mm 半徑漸變



(b) 直線漸變

圖 9.2 續接之細節

9.1.17 接頭強度

1. 通則

除另有規定者外，以「容許應力設計法」設計主要構材接頭時，其設計應力應不小於接點處構材之計得應力及同點構材容許應力之平均值，但不得小於該構材容許應力之75%。以「強度設計法」設計主要構材接頭時，其強度不得小於接點處之需求強度與同點構材強度之平均值，且不得小於構材強度之75%。

接頭配置應儘量對稱於該構材之重心軸。除繫條及扶手外，所有接頭至少須有兩個以上聯結物或相當之銲接強度。

構材，包括支撐，其接合應使其重心軸相交於一點為宜。偏心連接應儘量避免，若無法避免時，則應使組合最大應力不超出容許軸向設計應力。

接頭若傳遞構材端點全部剪力，則全斷面應取為所連接構材之全斷面。

2. 橫梁與縱梁之端部接合

橫梁與縱梁之端部接合應依規定之載重設計之。橫梁與縱梁之端部接合角鋼，其加工後之厚度應不小於9mm。除特殊端橫梁之細部設計外，橫梁與縱梁之每一端部接合處應使用2根角鋼，此項角鋼之長度，在梁翼之許可範圍內應儘量加長。托架(bracket)或架形(shelf)角鋼用於架設時支持用者，不應視為用作決定傳遞末端剪力用之聯結物數量。

端部接合之細部設計應特別注意，使工地接合時有足夠工作空間。縱梁與橫梁之端部接合最好使用強力螺栓，但使用銲接亦可。採用銲接時，應依照構材由撓度所產生之垂直力與端部彎矩設計之。

木縱梁與鋼橫梁接合時，應用架形角鋼及其加勁材以承受全部反力，架形角鋼之厚度不得小於11mm。

3. 隔板與橫構架之端部接合

直線滾軋梁及板梁其隔板或橫構架之端部接合須以計得之構材載重設計之。

垂直連接板例如連接隔板或橫構架之豎向加勁板須同時與上翼板及下翼板剛性連結。

9.1.18 隔板(DIAPHRAGMS)、橫構架及側向支撐

1. 通則

熱軋型梁及板梁橋應於每一支點設置橫構架或隔板，所有跨度中亦應設置中間橫構架或隔板，其間距不超過7.6公尺。熱軋型梁之隔板深度至少應為梁深之1/3，最好為1/2，而板梁則至少為1/2，最好為3/4。橫構架應儘可能做深。中間橫構架以交叉型(cross type)或V型為宜。端橫構架或隔梁應足以傳遞所有側向力於支承上。當支點斜度大於20°時，中間橫構架應垂直於主大梁。水平曲線鋼梁橋之橫構架應視為主構材設計，使足以傳遞所有大梁翼板之側向力。

2. 上翼板具側向支撐時之風載重應力

(1) 翼板

結構中各大梁下翼板風載重引致之最大應力(induced stresses)F可由下式算得：

$$F = R_x \cdot F_{cb} \quad (9-5)$$

$$\text{式中 } R = (0.339L - 4.98)S_d^{-2/3} \quad \text{底部無側向支撐} \quad (9-6)$$

$$R = (0.1068L - 0.353)S_d^{-1/2} \quad \text{底部有側向支撐} \quad (9-7)$$

$$F_{cb} = \frac{600M_{cb}}{t_f \cdot b_f^2} (\text{kgf/cm}^2) \quad \frac{6M_{cb}}{t_f \cdot b_f^2} (\text{Pa})$$

$$M_{cb} = 0.08WS_d^2 \quad \text{kg-m N-m} \quad (9-9)$$

W：沿外翼板之風載重，kg/m N/m。

S_d：隔板間距，m (m)。

L：跨徑，m (m)。

(2) 隔板及橫構架

橫向隔板與構架之最大水平力F_D可由下式求得：

$$F_D = 1.14W \cdot S_d \quad \text{有或無側撐} \quad (9-10)$$

3. 上翼板無側向支撐時之風載重應力

應力計算應根據所考慮翼板平面之結構系統而定。

4. 側向支撐

應否設置側向支撐須詳加研討。上翼板連接於混凝土板或其他較剛強之板足以

提供側向束制者，可不須設置頂部側向支撐。底部側向抗風支撐可依據9.1.18節2.項之規定，計算風力載重所產生下翼板之應力，判斷應否設置。

根據3.15節規定之水平風力應作用於上部結構之受風面積。每一翼板平面承受一半之風力。其容許應力應依據3.23節之規定。

需要設置側向支撐時，該支撐應置於隔板或橫構架間之外架，且應置於或靠近所需支撐翼板平面上。

作為全橋主構材之梁為抵抗橫向變形，得採用連接板(gusset plates)或具有實心腹板之角隅撐(knee braces)予以加勁，此角隅撐應與主構材及橫梁之加勁板相連結。若連接板(或實心腹板)之無支撐長度大於其厚度之60倍時，此板或腹板沿無支撐邊應附加加勁板或角鋼。

穿式桁架橋、上承式桁架橋及側撐拱橋(spandrel braced arches)之頂面及底面均應設置側向支撐。

支撐應以角鋼、其他型鋼或鉚接斷面組成。側向支撐之最小角鋼應為75 x 65mm。角鋼端部之接合，不得少於兩個聯結物或相當強度之鉚接尺寸。

使用雙重支撐系統時，此等構材若符合受拉及受壓構材之需求時，每組支撐可視為同時有效。構材應被連接於其相交點上。

受壓弦材之側向支撐宜與弦材之深度相同，並與弦材之兩翼板有效連接。

9.1.19 穿式跨徑上主構材之數目

梁或桁架用於穿式跨徑時其主構材以使用兩根為宜。此等構材應有充分之中心間距以防止因假設之側向力而傾覆。

9.1.20 各部位之維修考量

結構物在設計時應注意構材之適當配置及細部設計，俾能接近而易於檢查、清掃及油漆等作業。

9.1.21 封閉斷面及袋形部份

封閉斷面、袋形或窪陷處足以積水者，須盡量避免。袋形部份應鑽以有效之排水孔或填以防水材料。

細部佈置應使雜物之聚積減至最少，若用角鋼時不論單根或成對均應使其垂直

肢向下。

9.1.22 銲接

1. 通則

銲接之母材、銲接材料以及銲接之細部設計，均應符合ANSI／AASHTO／AWS
橋梁銲接規範之規定。

銲接符號應符合美國銲接學會最新版AWS. A2.4之規定。

鋼橋製造應符合經核定之有關規範。

2. 填角銲最大尺寸

在接頭設計中所假定之填角銲最大尺寸，應使其鄰近母材之應力不超過9.1.2節
中所訂容許數值。沿連接部份邊緣之最大銲接尺寸如下：

- (1) 沿材料邊緣之厚度小於6mm者，其最大銲接尺寸可等於該材料之厚度。
- (2) 沿材料邊緣之厚度等於或大於6mm時，其最大銲接尺寸應為該材料厚度減去
1.5mm，惟在設計圖上特別註明須有充分喉厚者，不在此限。

3. 填角銲最小尺寸

填角銲最小尺寸應如下表所示，且應一次完成最小尺寸填角銲(Single-pass weld)。

較厚部份之厚度 mm	角銲最小尺寸*,** mm
20(含)以下	6
大於 20	8

* 銲接尺寸不需超過較薄部份之厚度，如有超過，應特別注意提供
充足的預熱程序以確保銲道之完整性

** 若經工程司之認可，可依實際應力大小及適當之預熱程序採用較
小之填角銲尺寸。

4. 填角銲最小有效長度

填角銲最小有效長度應為其銲接尺寸之4倍，並在任何情況下不得小於40mm。

5. 填角銲端彎

承受不平行於銲接軸之拉力或須抵抗反復應力之填角銲，不得在構材或材片轉
角處終止，應在同一面內以銲接尺寸之兩倍長度繞過轉角用相同銲接尺寸連續銲
接。填角銲端彎應註明於設計圖及詳細圖上。

6. 封銲

封銲宜採用連續銲接，使具有封閉及強度功能。銲接斷面變更僅限於因母材厚度變化使得強度需求或所需之最小填角銲尺寸變更時才使用。

9.1.23 聯結物(螺栓)

1. 通則

除另有說明者外，設計剪力及拉力聯結物時，應使用其標稱直徑。

高強度螺栓可代替ASTM A307螺栓。當AASHTO M164 (ASTM A325)高強度螺栓用以替代ASTM A307 螺栓時，應由工人以螺栓鉗用力栓緊即可。

除高強度螺栓外，所有螺栓均應使用單自鎖螺帽(single self-locking nuts)或雙螺帽。

用於抵抗連接部份間剪力之接頭可選用摩阻型或承壓型。摩阻型接頭為需承受正負交替應力、極大衝擊載重、強烈震動或由於滑動使得應力、應變不利於結構使用性處之接頭，包括：

- (1) 承受疲勞載重之接頭。
- (2) 採用擴大孔之螺栓接頭。
- (3) 除經工程司指示或於合約文件中述明者外，螺栓接頭載重與槽孔方向不垂直者。
- (4) 承受極大正負交替應力之接頭。
- (5) 於相同密接面以銲接及螺栓同時傳遞載重之接頭。
- (6) 經由工程司之判定，若接頭滑動對接頭或結構行為影響甚鉅，則設計合約及規範中可指定採摩阻型。

高強度螺栓若承受計算拉力或聯合剪力與計算拉力時，應採用摩阻型螺栓。

承壓型接頭使用高強度螺栓時，應限於受壓構材及次要構材。

聯結物之有效承壓面積應為其直徑乘以其承壓金屬之厚度。承壓金屬之厚度小於9mm者，埋頭聯結物(countersunk fasteners)應假定不承載應力。承壓金屬之厚度等於或大於9mm者，計算承壓面積時，埋頭螺栓之一半深度應省略不計。

為決定螺紋需否伸出於剪力面之外，螺栓之螺紋長度計算應比規定螺紋長度大兩條螺紋。

承壓型接頭中，板之拉出剪力(pull out shear) 應於板端與末行聯結物之間核算之(參見表9.10，附註h)。

2. 螺栓孔型式

高強度螺栓接頭之螺栓孔型式有標準、擴大、短槽及長槽。各型式螺栓孔之標稱尺寸不得大於表9.7所列之值。

表 9.7 螺栓孔標稱尺寸

螺栓 直徑 d(mm)	螺 栓 孔 尺 寸			
	標準孔 直徑(mm)	擴大孔 直徑(mm)	短槽孔 寬×長(mm×mm)	長槽孔 寬×長(mm×mm)
16	18	21	18×22	18×40
19	21	24	21×25	21×48
22	24	27	24×29	24×56
25	27	32	27×34	27×64
≥29	d+2	d+8	(d+2)×(d+10)	(d+2)×(2.5d)

高強度螺栓接頭在未經工程司同意其他螺栓孔型式時，應採用標準孔。擴大、短槽及長槽孔在工程司同意之情況下，可依下列接頭細節需求之不同而採用。

- (1) 擴大孔可使用於符合9.2.2節3.項或9.3.20節3.項規定之所有接頭，但不得使用於承壓型接頭。
- (2) 若載重方向近乎垂直孔軸方向，短槽孔可使用於符合表9.10或表9.17規定之所有高強度螺栓接頭。若符合9.2.2節3.項(2)或9.3.20節3.項之規定，短槽孔可被採用於任何接頭而不考慮其載重方向。
- (3) 若載重方向近乎垂直孔軸方向，長槽孔可使用於符合表9.10或表9.17規定之高強度螺栓接頭中任一密接面之一個接合部份。若符合9.2.2節3.項(2)或9.3.20節3.項之規定，長槽孔可被採用於任一密接面之一個接合部份而不考慮其載重方向。

3. 墊圈

有關高強度螺栓接頭之墊圈設計細節規定如下：

- (1) 當接合構件外露面之斜率大於1:20(相對於垂直螺栓軸之平面)時，應採用硬質斜墊圈以抵補二者間之不平行。
- (2) 使用AASHTO M164(ASTM A325)及AASHTO M253(ASTM A490)螺栓時，可不採用硬質墊圈。
- (3) 當以校正螺旋鉗法(calibrated wrench method)栓緊構件時，應採用硬質墊圈。
- (4) 若不論栓緊方法為何，於材料降伏點低於2800kgf/cm²，螺栓材質為AASHTO

M253(ASTM A490)時，螺栓頭及螺帽處均應採用硬質墊圈。

- (5) 於接頭外層使用擴大孔或短槽孔安裝任何尺寸之AASHTO M164(ASTM A325)螺栓或直徑不大於25mm之AASHTO M253(ASTM A490)螺栓時，應採用符合ASTM F436之硬質墊圈。
- (6) 於接頭外層使用擴大孔或短槽孔安裝直徑大於25mm之AASHTO M253(ASTM A490)螺栓時，螺栓頭及螺帽處均應採用符合ASTM F436，厚度不小於8mm之硬質墊圈。若採用多層墊圈，雖其總厚度不小於8mm，亦不適用於此。
- (7) 於接頭外層使用長槽孔安裝任何尺寸之AASHTO M164(ASTM A325)螺栓或直徑不大於25mm之AASHTO M253(ASTM A490)螺栓時，應採用標準孔，厚度不小於8mm之鋼板墊圈或連續鋼條。此墊圈或鋼條之尺寸應足以於安裝後完全覆蓋槽孔，材質應與構材之級數相同，但不必為“硬質”。若安裝直徑大於25mm之AASHTO M253(ASTM A490)螺栓時，應採用符合ASTM F436，厚度不小於8mm之單層硬質墊圈，總厚度相同之多層硬質墊圈不適用於此。

4. 聯結物尺寸(強力螺栓)

聯結物之尺寸應依照圖樣之指示，但通常採用19mm或22mm兩種直徑。16mm直徑之聯結物，除角鋼之肢寬為65mm及斷面之翼板需用該項聯結物外，其他承受計算應力之構材不得使用。承受計算應力之角鋼所用聯結物，其直徑不得超過栓接肢寬度之1/4。

角鋼尺寸如不以應力計算決定者，50mm角鋼可用16mm直徑之聯結物，65mm角鋼可用19mm直徑之聯結物，75mm之角鋼可用22mm直徑之聯結物，90mm角鋼可用25mm直徑之聯結物。

除扶手欄杆外，結構型鋼不得使用16mm直徑之聯結物。

5. 聯結物之間距

聯結物之間距乃順主應力方向沿一行或數行聯結物線上量得之相鄰聯結物之中心距離，聯結物之行距乃相鄰兩行聯結物或自角鋼或其他型鋼之背面至第一行聯結物線之距離。聯結物之間距，應視其作為封口或綴合用等需要而定，應採用其最小者。

聯結物中心間之最小距離應為聯結物直徑之3倍，但以不小於下列數值為宜：

25mm 聯結物	90mm
----------	------

22mm 聯結物	75mm
19mm 聯結物	65mm
16mm 聯結物	60mm

採用擴大孔或槽孔時，相鄰兩孔緣之最小淨距離不得少於聯結物直徑之2倍。

聯結物間之最大距離應符合9.1.23節4.項之規定。

6. 封口及綴合聯結物之最大間距

(1) 封口聯結物

於接頭處為防止濕氣滲入之封口，其單行封口聯結物之間距，在緊靠外板或型鋼之自由邊者不得超過 $100\text{mm}+4t$ 或 180mm 。倘若該行之內側另有第二行聯結物，其行距 g 小於 $38\text{mm}+4t$ ，且其各聯結物位置與第一行均勻相錯開者，則此兩行相錯開聯結物之間距不得超過 $100\text{mm}+4t-3g/4$ ，或 180mm ，但不需小於單行聯結物間距之一半。此處 t 為外板或型鋼中較薄板之厚度， g 為聯結物間之行距，單位以 mm 計。

(2) 綴合聯結物

凡由二塊或二塊以上之鋼板或型鋼接合之組合構材，應使用綴合聯結物以使其行為類似單一構材並防止受壓構材挫屈。受壓構材順應力方向之任何單行綴合聯結物之間距不得超過 $12t$ ，除非鄰行之聯結物與其錯開排列，且該行與較遠一行之行距 g (若有多於二行之聯結物時)小於 $24t$ ，則二行之相錯間距應小於 $12t$ 或 $15t-3g/8$ ，但相鄰兩行之行距不得超過 $24t$ 。此處 t 為較薄外板或型鋼之厚度(mm)。受拉構材之聯結物間距不得超過受壓構材所定聯結物間距之2倍，行距不得超過受壓構材所訂者。

組合構材之聯結物最大間距應由封口或綴合聯結物之需求中取小者決定之。

受壓構材端部之聯結物間距，參照第9.2.5節12.項之規定。

7. 聯結物之邊距

(1) 通則

任何聯結物之中心至剪斷或焰切邊之最小距離應為：

25mm 聯結物	45mm
22mm 聯結物	38mm
19mm 聯結物	32mm

16mm 聯結物	30mm
----------	------

任何聯結物之中心至滾軋邊或鉋光邊之最小距離，除梁及槽鋼之翼板外，應為：

25mm 聯結物	38mm
22mm 聯結物	32mm
19mm 聯結物	30mm
16mm 聯結物	25mm

在梁及槽鋼之翼板，任何聯結物之中心至翼板邊之最小距離應為：

25mm 聯結物	32mm
22mm 聯結物	30mm
19mm 聯結物	25mm
16mm 聯結物	22mm

從任何聯結物之中心至任何邊緣之最大距離，應為最薄外板厚度之8倍，但不得超過125mm。

- (2) 於標準孔或短槽孔，若沿載重方向僅有一排橫向聯結物，其螺栓孔中心至被接合構材邊緣之距離不得小於聯結物直徑之1.5倍，除非於表9.10中對承壓型聯結物或9.3.19節1.項(3)中另有規定者外。
- (3) 採用擴大孔或槽孔時，孔緣至構材邊緣之淨距離不得小於螺栓之直徑。

9.1.24 樞接受拉構材

1. 淨斷面積

除眼桿以外之樞接合受拉構材，其穿過樞孔之淨斷面不得小於構材本身所需淨斷面之140%，在樞孔背後之淨斷面不得小於構材所需淨斷面之100%。其淨寬度(穿過樞孔，橫過構材軸)與其厚度之比，不得大於8。不支承於樞上之翼板，不得計入於橫過樞孔之淨斷面積內。

2. 樞軸之位置

樞軸之位置應位於構材之重心軸上使彎曲應力減至最小。

3. 樞軸之尺寸

樞軸之尺寸，應視其所連接構材之應力所產生之最大剪力及彎矩而定。若在連接部份中含有眼桿，則樞軸之直徑不得小於下值：

$$\left[\frac{3}{4} + \frac{\text{鋼材之降伏應力}}{28,000} \right] \times \text{眼桿桿身之寬度, (以 cm 計)}$$

$$\left[\frac{3}{4} + \frac{\text{鋼材之降伏應力 (MPa)}}{2,760} \right] \times \text{眼桿桿身之寬度, (以 m 計)} \quad (9-11)$$

4. 樞板

如因斷面積或支承面積之需要，每一部材在樞孔處之斷面用鋼板加以增大，鋼板之配置應使此部材之偏心減至最少。部材每側所設一塊鋼板應與懸出板緣能容許之寬度同寬。每一部材至少有一塊全寬鋼板須伸入至繫板之遠邊，其餘鋼板可伸至近邊之15cm外。此項鋼板須用足夠之螺栓或填角銲及塞銲連接以傳遞支承壓力，並使均勻分佈於全部斷面上。

5. 樞軸及樞帽

樞應有足夠之長度，俾能確實傳遞其所有接合各部之全部支承力。樞應以六角凸緣螺帽或六角實體螺帽及墊圈固定之。若樞為中空者，則可用帶墊圈之穿桿。樞帽須為可鍛鑄鐵品或鋼。應使用開口樞以固定於螺紋端，或使螺紋端有足夠之長度以備打手固定之。對於斜交之橋梁，構材須保持對樞無橫向移動及扭曲變形。

9.1.25 桿端加粗

有螺紋之桿端規定須將其加粗時，螺紋根部之斷面應較主體之淨斷面至少增大15%。

9.1.26 眼桿

1. 厚度與淨斷面積

眼桿應用均勻厚度，不在樞孔處補強。眼桿之厚度不得小於其寬度之1/8，或13mm，亦不得大於50mm。經過樞孔中心之眼桿頭部斷面，應較桿身所需斷面積至少大35%。樞孔背後之淨斷面不得小於桿件本身所需淨斷面之75%。眼桿頭與桿身之漸變半徑應等於或大於經過樞孔中心線之桿頭寬度。

2. 眼桿之裝設

一組眼桿應對桁架之中央面成對稱，並儘可能使成平行。各眼桿間應互相扣緊以防側向移動，但在同一節間相鄰近之眼桿，至少應相距1.5cm。

互相交叉之斜桿如其相距不足以使其一直相互分開，則在兩桿之交叉點處應緊

扣在一起。必要時，應使用鋼製環型填充材以防止眼桿或其他連接於樞構件之側向移動。

9.1.27 叉尾(FORKED ENDS)

僅在不可避免之情況下可使用叉尾，叉尾處須使用足夠之樞板以使每叉之斷面與構材之斷面相等。樞板須有足夠之長度，俾使樞板超過繫板近邊，但其長度不得小於9.1.24節4.項之規定。

9.1.28 固定及活動支承

1. 通則

固定端應錨碇堅實，跨徑小於15m者，其支承可以不考慮撓度影響，跨徑等於或大於15m者，則須採用鉸承座、弧形承板、人造橡膠墊座、或樞等支承以適應撓度影響之需求。

跨徑小於15m者，得使用可滑動之光面金屬板且不考慮撓度，跨徑大於15m者，則應設滾承、搖動支承或滑板以應伸縮需求，並用鉸承座、弧形承板或樞之支承以應撓度需求。上項需求亦可使用人造橡膠支承墊(詳見第十章)。

2. 青銅及銅合金可動支承

青銅及銅合金滑板之末端應削角，其位置需確實固定，通常均埋入於橋墊座金屬或座板內，並應防止積聚髒物導致阻礙跨徑之活動。

3. 滾承

可動滾承應以堅實之邊桿連接且須用齒輪或其他有效設施以防止橫向移動、斜扭或潛變。滾承及支承板應善加保護，免致髒物及雨水浸入。設計時應考慮勿使雨水積留且使滾承窠易於檢查及清理。

4. 座板及圬工上之支承板

座板及圬工上之支承板最小厚度應為19mm。跨徑在坡度大於1%而非鉸承座支承者，除非座板之底面彎曲，應使用斜座板以使座板之底面保持水平。

5. 圬工上之支承

圬工面上之梁及桁架等，其支承方法應使其下弦或翼板高出於橋座面上，以不小於15cm為宜。

6. 錨碇螺栓

桁架、大梁及熱軋型鋼梁最好應錨固於下部結構。錨碇用螺栓，應挖槽或加刻紋，俾能與填孔之填充物產生錨固作用。

每一支承之最低要求如下：

如為熱軋型鋼梁，其外梁每端應使用二根螺栓錨碇之，其直徑為25mm，埋入圬工中長度為25cm。

如為桁架或大梁：

跨徑15m及以下者，用二根直徑25mm螺栓，埋入圬工中25cm。

跨徑15m以上至30m者，用2根直徑32mm螺栓，埋入圬工中30cm。

跨徑30m以上至45m者，用2根直徑38mm螺栓，埋入圬工中40cm。

跨徑45m以上者，用4根直徑38mm螺栓，埋入圬工中40cm。

錨碇螺栓承受上舉力者，應依照3.17節之規定辦理。

7. 承座及支承

承座及支承應用鑄鋼或結構鋼製造為宜。上下支承板面寬度之差，應不超過二者間距離之二倍，如為鉸支承，距離應自鉸軸之中心算起。組合承座及支承靠其腹板及角鋼與底板相連接，其厚度不得小於16mm，若承座之尺寸許可，腹板之橫向接合必須牢固。鑄鋼承座之最小厚度應為25mm，承座及支承之設計應使其所支承之載重平均分佈於整個支承上。

腹板及腹板樞孔之安排應使偏心為最小。通過孔之淨斷面應為透過承座及支承傳遞實際應力所需淨斷面之140%。樞軸應有足夠長度以獲致全部支承力。樞軸應使用適當之螺帽及墊圈以保持其確切位置，承座及支承之各部應皆能抵抗樞軸之側向移動。

9.1.29 橋面系

1. 縱梁

縱梁宜連接於橫梁。支撐於橫梁上翼板之縱梁應連續跨過兩個或兩個以上節間為宜。

2. 橫梁

橫梁須垂直並固結於桁架或大梁上。橫梁之連接應使側向支撐系能以銜接橫梁

與主要支持構材。在樞接合之桁架上，若橫梁設於下弦樞之下，則豎向桿件應充分延長至樞之下方俾與橫梁連接牢固。

3. 橫構架

具有木橋面及鋼縱梁之橋梁，若縱梁長度在6m以上，縱梁間應設置中間橫構架(或隔板)。

4. 伸縮縫

為容納膨脹及收縮而產生之移動，橋面應在每孔之活動端或其他需要處所設置伸縮縫。

如使用懸出板以掩蓋接縫者，應使固接於端橫梁且須儘量使橋面髒物不致積聚於橋座為宜。

5. 橫梁與縱梁之端部接合

端部接合應依規定之載重設計之。橫梁與縱梁之端部接合角鋼，其加工後之厚度應不小於9mm。除特殊端橫梁之細部設計外，橫梁與縱梁之每一端部接合處應使用2根角鋼，此項角鋼之長度，在梁翼之許可範圍內應儘量加長。托架(bracket)或架形(shelf)角鋼用於架設時支持用者，不應視為用作決定傳遞末端剪力用之聯結物數量。

端部接合之細部設計應特別注意，使工地接合時有足夠工作空間。縱梁與橫梁之端部接合最好使用強力螺栓，但使用銲接亦可。採用銲接時，應依照構材由撓度所產生之垂直力與端部彎矩設計之。

木縱梁與鋼橫梁接合時，應用架形角鋼及其加勁材以承受全部反力，架形角鋼之厚度不得小於11mm。

6. 端橫梁

方形端部之桁架橋或大梁橋，橋端應設置端橫梁，至於斜橋亦以使用為宜。用於桁架橋之端橫梁，其設計以能允許在其下使用千斤頂將上部結構頂起為宜。此時其容許應力可增加50%。

端橫梁之佈置應使梁靠近橋之背牆面，有空間可施油漆。

7. 斜橋之端節間(End Panel)

斜橋如無端橫梁時，其端節間之縱梁須用尾撐(end struts)將其連接於主桁架或大梁上以保持其正確位置。端節間之側向斜撐應連接於主桁架或大梁，亦須連接於

尾撐上，並應設置允許縱梁膨脹移動之適當設施。

8. 人行道托架

人行道托架之接合，應使彎曲應力能直接傳遞至橫梁。

9. 現場免拆橋面模板(Stay-in-Place Deck Forms)

(1) 混凝土橋面底板

預鑄預力橋面底板用於梁、縱梁或大梁間做為永久性模板時，應符合第七章有關橋面底板之規定。

(2) 金屬現場免拆模板

金屬現場免拆模板用於梁、縱梁或大梁間做為永久性模板時，除了支撐混凝土重量，設計還應考慮至少包含 250kgf/m^2 之施工載重及模板自重。於施工載重作用下，模板應以彈性設計法設計之。因模板自重、混凝土及鋼筋所產生之彈性變位則不得大於下列規定：

$\text{Min}(L/180, 13\text{mm})$ ，若模板跨徑 $L \leq 3\text{m}$

$\text{Min}(L/240, 19\text{mm})$ ，若模板跨徑 $L > 3\text{m}$

9.2 容許應力設計法

9.2.1 範圍

容許應力設計係使用工作載重，使構材產生之應力不得超過容許應力之設計，作為結構構材設計之一種方法。

9.2.2 容許應力

1. 鋼材

鋼材之容許應力依照表9.8規定辦理。

2. 銲接材料

除另有規定者外，銲接金屬之降伏點及極限強度應等於或大於其母材之最小規定值，銲接金屬有效面積之容許應力如下：

對銲—

與所連接之母材相同，但如連接之母材有不同降伏應力，則以低者為準。

填角銲－

$$F_v = 0.27F_u \quad (9-12)$$

式中，

F_v ＝容許剪應力：

F_u ＝銲條等級之拉力強度。

為淬火及回火鋼材設計填角銲時，設計者可使用低於母材強度之銲條等級，但應在設計圖上註明。

塞銲－

$$F_v = 868 \text{ kgf/cm}^2 \quad 85.5\text{MPa} \quad \text{僅用於抗剪力之容許剪應力}$$

3. 螺栓

(1) 容許應力

聯結物之容許應力詳列於表9.9、9.10及摩阻型(slip-critical)接合的容許應力詳如9.2.2節3.項(3)。

表 9.8 結構鋼材之容許設計應力(括弧內數值以 MPa 為單位)

鋼 類		結構鋼 kgf/cm ²	高強度低合金鋼 kgf/cm ²		淬火及回火 低合金鋼(12) kgf/cm ²	高降伏強度 淬火及回火合金鋼(11) kgf/cm ²	
AASHTO 規格(7)(10)		M270 36 級	M270 50 級	M270 50W 級	M270 70W 級& HPS70W	M270 100/100W 級(8)	
ASTM 相當規格(7)(10)		A709 36 級	A70950 級	A709 50W 級	A709 70W 級& HPS70W	A709 100/100W 級(8)	
板厚(mm) (5)		100 及 以下	100 及以下	100 及以下	100 及以下	64 及以下	大於 64 至 100
型鋼(6)		各組(5)	各組	各組	不適用	不適用	
最小拉力強度 F_u		4060 (399.9)	4550 (448.2)	4900 (482.6)	6300 (620.6)	7700 (758.4)	7000 (689.5)
最小降伏點或最小降伏強度 F_y		2520 (248.2)	3500 (344.8)	3500 (344.8)	4900 (482.6)	7000 (344.8)	6300 (620.6)
構材無開孔之軸向拉應力	0.55 F_y	1400 (137.9)	1890 (186.2)	1890 (186.2)	2660 (262.0)	不適用	
	0.46 F_u	不適用				3542 (348.9)	3220 (317.2)
構材有開孔之軸向拉應力，以 及有開孔之熱軋型鋼，熱軋型 梁，組合斷面等構材受彎曲產 生最大拉應力，應同時檢核總 斷面積及淨斷面積應力	總斷 面積 0.55 F_y	1400 (137.9)	1890 (186.2)	1890 (186.2)	2660 (262.0)	不適用	
	淨斷 面積 0.46 F_u	1869 (184.0)	2093 (206.2)	2254 (222.0)	2898 (285.5)	3542 (348.9)	3220 (317.2)
構材總斷面之軸向壓應力，板梁加勁材。 連接板之總斷面壓應力。 0.55 F_y		1400 (137.9)	1890 (186.2)	1890 (186.2)	2660 (262.0)	3850 (379.2)	3430 (337.8)
熱軋型鋼、熱軋型梁及組合斷面梁受彎曲時 總斷面之最大壓應力，當壓力翼板為： (a)全長埋藏於混凝土內有側向支撐時 0.55 F_y (b)部份支撐或未支撐時 (1)(2).....		1400 (137.9)	1890 (186.2)	1890 (186.2)	2660 (262.0)	3850 (379.2)	3430 (337.8)
$F_b = \frac{3.5 \times 10^6 C_b \left(\frac{I_{yc}}{\ell} \right)}{S_{xc}} \left[0.772 \frac{J}{I_{yc}} + 9.87 \left(\frac{d}{\ell} \right)^2 \right] \leq 0.55 F_y$ $C_b = 1.75 + 1.05(M_1/M_2) + 0.3(M_1/M_2)^2 \leq 2.3$ 其中 M_1 與 M_2 分別為梁中未支撐間距中端彎矩較小值與較大值；若彎矩造成逆轉曲率時， M_1/M_2 取正號，若彎矩造成單一曲率時， M_1/M_2 取負號。 $C_b = 1.0$ ，用於無支撐懸臂梁，或者當桿件中未支撐間距內有彎矩值大於等於其較大端彎矩時。							
軸向載重柱之壓應力(3) 式中 $C_c = (2\pi^2 E / F_y)^{1/2} =$ 當 $KL/r \leq C_c$ $F_a = \frac{F_y}{F.S.} \left[1 - \frac{(KL/r)^2 F_y}{4\pi^2 E} \right] =$ 當 $KL/r > C_c$ $F_a = \frac{\pi^2 E}{F.S. (KL/r)^2} = \frac{9,450,052}{(KL/r)^2}$ 式中 F.S.=2.12		126.1 1190-0.037 $\times \left(\frac{KL}{r} \right)^2$ (117.1-0.004 $\times \left(\frac{KL}{r} \right)^2$)	107.0 1650-0.07 $\times \left(\frac{KL}{r} \right)^2$ (162.6-0.007 $\times \left(\frac{KL}{r} \right)^2$)	107.0 1650-0.07 $\times \left(\frac{KL}{r} \right)^2$ (162.6-0.007 $\times \left(\frac{KL}{r} \right)^2$)	90.4 2310-0.14 $\times \left(\frac{KL}{r} \right)^2$ (227.5-0.014 $\times \left(\frac{KL}{r} \right)^2$)	75.7 3300-0.29 $\times \left(\frac{KL}{r} \right)^2$ (325.1-0.028 $\times \left(\frac{KL}{r} \right)^2$)	79.8 2970-0.23 $\times \left(\frac{KL}{r} \right)^2$ (292.7-0.023 $\times \left(\frac{KL}{r} \right)^2$)
大梁腹板總斷面之剪應力 $F_v = 0.33 F_y$		840 (82.7)	1190 (117.2)	1190 (117.2)	1610 (158.6)	2310 (227.5)	2100 (206.8)
磨平加勁材與其他鋼材接觸(螺栓除外) 面之承壓應力 0.80 F_y		2030 (199.9)	2800 (275.8)	2800 (275.8)	3920 (386.1)	5600 (551.6)	5040 (496.4)
樞承之最外纖維應力(4) 0.80 F_y		2030 (199.9)	2800 (275.8)	2800 (275.8)	3920 (386.1)	5600 (551.6)	5040 (496.4)

鋼 類	結構鋼 kgf/cm ²	高強度低合金鋼 kgf/cm ²		淬火及回火 低合金鋼(12) kgf/cm ²	高降伏強度 淬火及回火合金鋼(11) kgf/cm ²	
樞承剪應力 $F_v=0.40F_y$	980 (96.5)	1400 (137.9)	1400 (137.9)	1960 (193.1)	2800 (275.8)	2520 (248.2)
不轉動樞承之承壓應力(9) $0.80F_y$	2030 (199.9)	2800 (275.8)	2800 (275.8)	3920 (386.1)	5600 (551.6)	5040 (496.4)
轉動樞承(如搖動支承及鉸樞)之承壓應力 $0.40F_y$	980 (96.5)	1400 (137.9)	1400 (137.9)	1960 (193.1)	2800 (275.8)	2520 (248.2)
接合材料採用低碳鋼螺栓 (ASTM A307)，旋製螺栓，加肋螺栓之承壓應力參見表 9.9。						

表 9.8 之附註

(1) 若欲採用較大之 C_b 值，參見 Structural Stability Research Council Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures, 3rd Ed., p. 135。採用蓋板時，理論終端處之靜力容許應力應由該公式決定之。

(2) ℓ ：側向接頭、隅撐(knee bracing)或其他支撐間之未支撐翼板間距，cm。

I_{yc} ：受壓翼板對於腹板面內垂直軸的慣性矩，cm⁴。

d ：大梁深度，cm
 $J = \frac{1}{12}[(bt^3)_c + (bt^3)_t + (Dt_w^3)]$ (cm⁴)，其中 b 與 t 分別表示受壓及受拉翼板之寬度與厚度， D 為翼板間之淨距離。

S_{xc} ：受壓翼板之斷面模數，cm³。

(3) L ：實際未支撐間距。

本公式有關圖表，詳見附錄 F。本公式不適用於慣性矩變化之構材，對慣性矩變化之構材，設計步驟可參考下列資料：

"Engineering Journal", American Institute of Steel Construction, January, 1969 Volume 6, No.1 及 October, 1972, Volume 9, No.4 與 "Steel Structures" by William McGuire, 1968, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.。對於偏心載重之構材見第 9.2.6 節。單對稱及不對稱受壓構材如角鋼或 T 形斷面，雙對稱受壓構材如十字形或薄壁組合斷面，同樣也需考慮彎曲扭轉(flexural-torsional)及扭轉挫曲(torsional buckling)效應，可參考 "Manual of Steel Construction, 1989, American Institute of Steel Construction"。

(4) 見 9.1.2 節 2.項。

(5) 對於支承構件或非結構構件可使用板厚超過 100mm。

(6) 除第 3、4 及 5 組外，第 1 組及第 2 組包括所有型鋼。

第 3 組包括厚度超過 19mm 之角鋼，超過 152kgf/m 之 HP 型鋼及下列 W 型鋼：

W36x230 至 300(單位:深度 mm，重量 kgf/m)

W33x200 至 240

W14x142 至 211

W12x120 至 190

第 4 組包括下列 W 型鋼:W14x219 至 550

第 5 組包括下列 W 型鋼:W14x605 至 730

對於第 1 及第 2 組之細節見 ASTM A6。

(7) 除規定之衝擊韌性及可鉚性需求外，ASTM 規格與 AASHTO 規格相同。符合 AASHTO 需求之鋼材可用於鉚接橋梁。

(8) 淬火及回火之合金結構型鋼與無縫機械鋼管之所有機械與化學性質能符合 A709 100/100W 級之需求者，除其規定最大拉力強度，用於結構型鋼時可為 9,800kgf/cm² 965.3MPa，用於無縫機械鋼管時可為 10,150kgf/cm² 999.7MPa 外，可視同 A709 100/100W 級之鋼材。

(9) 本表適用於以軸向載重為主之構材，如桁架構材與鋼索、調整鏈等之樞承，不適用於構材因伸脹或撓曲產生轉動之構材樞承。

(10) M270 36 級與 A709 36 級相當於 M183 與 A36。

M270 50 級與 A709 50 級相當於 M223 50 級與 A572 50 級。

M270 50W 級與 A709 50W 級相當於 M222 與 A588。

M270 70W 級與 A709 70W 級相當於 A852。

M270 100/100W 級與 A709 100/100W 級相當於 M244 與 A514。

(11) 應審慎使用高降伏強度之鋼材。

(12) 以 AASHTO M270 HPS70W 級取代 AASHTO M270 70W 級，此目的為推動使用高性能鋼材取代傳統橋梁鋼材，因其材料特性之提升。AASHTO M270 70W 級在業主同意情況下仍可使用。

(2) 通則

除另有說明者外，設計聯結物之剪力或拉力時應使用以標稱直徑為基準的橫斷面積。

聯結物之有效承壓面積應為其直徑乘以其承壓金屬之厚度。承壓金屬之厚度小於9mm者，埋頭聯結物應假定不承載應力。承壓金屬之厚度等於或大於9mm者，計算承壓面積時，埋頭聯結物一半深度應省略不計。

為決定螺紋是否在剪力面以外，螺栓之螺紋長度計算應比規定螺紋長度多兩條螺紋以作為伸出剪力面之容許範圍。

承壓型接合中，應於板端與末行聯結物之間檢討板之拉出剪力撕裂(Pull out shear)。參閱表9.10。

除高強度螺栓外，所有依9.1.23節規定旋緊之螺栓均應使用單自鎖螺帽(Single self-locking nut)或雙螺帽。

連接部份需要抵抗剪力而使用高強度螺栓時，可選用摩阻型(參閱9.1.23節)或承壓型接合。承受反復應力之剪力接合或不允許滑動之處應使用摩阻型接合。載重期間，接頭的潛在滑移應予檢視，尤其是位於合成區域的接頭。

3.23節載重組合所示單位應力增加百分比適用於高強度螺栓摩阻型接合之容許應力。惟容許應力百分比不超過133%，且不可超過9.2.2節3.項(4)之規定。

承壓型螺栓接合應限用於受壓構材及次要構材。

(3) AASHTO M164 (ASTM A325)及AASHTO M253(ASTM A490)螺栓之容許剪應力、承壓應力及拉應力如表9.10所列。

如9.1.23節所定義作用於摩阻型接頭之力除本節之容許應力規定外，不得超過下式容許的接頭滑動力 P_s 。

$$P_s = F_s A_b N_b N_s \quad (9-13)$$

式中， F_s ：表 9.11 所示每單位螺栓面積之標稱抗滑動力， kgf/cm^2 MPa

A_b ：螺栓標稱面積， cm^2 。

N_b ：接頭之螺栓個數。

N_s ：滑動面個數。

除下文所允許者之外，表9.11所定義之A、B或C級之栓接構材表面狀況始得用於摩阻型接合設計。

具有摩擦係數小於0.33之塗料，若經由工程師之同意可依下述之規定，藉試驗建立其平均滑動係數以及建立每單位面積的抗滑力，則得使用之，每單位面積抗滑力將取等於表9.11中孔型及栓型A級塗刷的每單位面積抗滑力乘上藉試驗所決定的摩擦係數再除以0.33。

使用於摩阻型接合之密接表面的塗料，必須依據如the Research Council on Structural Connections 所採用之“Test Method to Determine the Slip Coefficient for Coatings Used in Bolted Joints”藉試驗予以檢定。參見The Research Council on Structural Connections出版的“Allowable Stress Design Specification for Structural Joints Using ASTM A325 or A490 Bolts”的附錄A。

(4) 拉力、聯合拉力與剪力

聯結物承受拉力或承受拉力與剪力聯合作用時，宜採用高強度螺栓。螺栓藉直接拉力支持載重時，其平均拉應力計算應根據螺栓標稱斷面積且不超過表9.10所列適當應力。作用載重應為外載重與因槓桿作用而引起拉力之和。由槓桿作用產生之拉力為：

$$Q = \left(\frac{3b}{8a} - \frac{t^3}{328} \right) T \quad (9-14)$$

式中， Q ：每支螺栓之槓桿拉力(負數時，視為零)。

T ：每支螺栓由外力產生之直接拉力。

a ：所考慮螺栓群中心至板邊緣之距離，cm。

b ：所考慮螺栓群中心至填角銲趾之距離，cm。

t ：最薄接合構材之厚度，cm。

剪力與拉力共同作用之摩阻型接合的高強度螺栓，在作用力減少鉗夾力之摩擦面處，其每單位面積之抗剪應力 f_v 不得超過下列公式求得之數值

$$f_v = F_s (1 - 1.88 f_t / F_u) \quad (9-15)$$

式中， f_t ：由作用載重包括槓桿作用引起之拉應力， kgf/cm^2 MPa

F_s ：螺栓的每單位面積標稱抗剪應力，由表 9.11 查得。

$F_u = 8,400 \text{ kgf/cm}^2$ 823.8MPa M164(A325)直徑 25mm(含)以下螺栓

$$= 7,350 \text{ kgf/cm}^2 \quad 720.8 \text{ MPa} \quad \text{M164(A325) 直徑 25mm 以上螺栓}$$

$$= 10,500 \text{ kgf/cm}^2 \quad 1029.7 \text{ MPa} \quad \text{M253(A490) 螺栓}$$

當高強度螺栓同時承受剪力及拉力時，其拉應力不得超過下式之數值：

$$F'_t = F_t \quad f_v / F_v = 0.33 \quad (9-16)$$

$$F'_t = F_t \sqrt{1 - (f_v / F_v)^2} \quad f_v / F_v > 0.33 \quad (9-17)$$

式中， f_v ：螺栓計算所得之剪應力， kgf/cm^2 。

F_v ：螺栓之容許剪應力，由表 9.9 或 9.10 查得， kgf/cm^2 。

F_t ：螺栓之容許拉應力，由表 9.9 或 9.10 查得， kgf/cm^2 。

F'_t ：由於剪應力作用，螺栓折減之容許拉應力， kgf/cm^2 。

註：原規範式(8-18)已刪除。

(5) 疲勞

承受拉力疲勞載重時，由使用載重加上因使用載重之作用所引致之槓桿力所產生的螺栓拉應力不可超過下列設計應力 kgf/cm^2 MPa。計算螺栓應力時應使用螺栓標稱直徑，槓桿力不得超過外載重的60%。

反復次數	AASHTO M164 (ASTM A325)	AASHTO M253 (ASTM A490)
20,000 以下	2670 261.7	3300 323.4
20,000~500,000	2500 245	3100 303.8
500,000 以上	1930 189.1	2390 234.2

表 9.9 低碳鋼螺栓之容許應力 kgf/cm^2 MPa

聯結物之型式	拉應力 ^b	支壓應力 ^c	剪應力， 承壓型連接 ^b
低碳鋼螺栓 ^a ，旋製螺栓 (ASTM A307)，及加肋螺栓	1260 124.1	1400 137.9	770 ^d 75.8 ^d

附註：a. ASTM A307 螺栓不能用於抵抗疲勞之連接。

b. 適用於以標稱栓體直徑為基準的聯結物橫斷面積。

c. 適用於聯結物標稱直徑乘以鋼材厚度。

d. 傳遞軸力之續接，其平行於力量方向最外兩端聯結物之間之長度超過 127cm 時，表內值應折減少 20%。

表 9.10 高強度螺栓容許應力 kgf/cm² MPa

載 重 條 件	AASHTO M164 (ASTM A325) ^j 螺 栓	AASHTO M253 (ASTM A490) ^j 螺 栓
靜態拉力 ^{b,c}	2675 ^a 262.2	3300 323.4
剪力(F _v)，螺紋在剪力面 ^{d,e}	1330 ^a 131.0	1690 165.6
承壓應力 F_p ，在所連接的材料上為標準孔，過大、短槽孔型，在任何方向承受載重或平行於作用承壓力之長槽型孔	$\frac{0.5L_c F_u}{d} \leq F_u^{f,g,h,i}$	
承壓應力， F_p ，在所連接的材料係為垂直於作用承壓力的長槽型孔	$\frac{0.4L_c F_u}{d} \leq 0.8F_u^{f,g,h,i}$	

附註：a. 直徑大於 2.54cm M164(A325)螺栓的拉力強度應予折減，表列設計值適用螺栓至 2.54cm 直徑，直徑大於 2.54cm 者，其設計值應乘以 0.875。

b. 螺栓必須符合 9.1.23 節之規定。

c. 承受拉力疲勞之螺栓詳見 9.2.2 節(5)。

d. 傳遞軸力之接頭，其平行軸力方向最外端螺栓間之長度超過 1.3m 時，表內值應減少 20%。

e. 假如鋼材厚度或接合細節使得螺紋不在剪力面，表內數值乘 1.25。

f. F_u 為連接構材之規定最小拉力強度。

g. 載重作用力方向非近似正交於孔的軸線(介於 80 至 100 度)之槽型高強度螺栓接頭以及使用過大型孔螺栓接頭應依照 9.2.2 節 3.項(3)作抗滑設計。

h. L_c 係沿作用力方向孔間或孔與邊緣間之淨距； d 為螺栓標稱直徑； L_c 及 d 皆以 cm(m)為單位。

i. 接頭之容許承壓力等於接頭中螺栓個別的容許承壓力總和。

j. AASHTO M164 (ASTM A325)及 AASHTO M253(ASTM A490)強力螺栓有三種型式，即型式 1，型式 2 及型式 3。如用未塗漆之 AASHTO M270(ASTM A709 Grade 50w)鋼材，應採用型式 3 之螺栓。

表 9.11 摩阻型接頭之標稱抗滑剪應力
(每單位螺栓面積抗滑力 F_s ， kgf/cm^2 MPa)

栓接構材表面狀況	孔型及載重作用方向							
	任何方向				側向		平行	
	標準型		過大型及短槽型		長槽		長槽	
	AASHTO M 164 (ASTM A325) ^a	AASHTO M 253 (ASTM A490)	AASHTO M 164 (ASTM A325) ^a	AASHTO M 253 (ASTM A490)	AASHTO M 164 (ASTM A325) ^a	AASHTO M 253 (ASTM A490)	AASHTO M 164 (ASTM A325) ^a	AASHTO M 253 (ASTM A490)
A級(滑動係數0.33) 去黑皮、噴砂處理 表面並使用A級塗料 ^b	1050 103.4	1330 131.0	910 89.6	1120 110.3	770 75.8	910 89.6	630 62.0	770 75.8
B級(滑動係數0.50) 噴砂處理或噴砂處理 表面並使用B級塗料 ^b	1610 158.6	2040 199.9	1330 131.0	1680 165.5	1120 110.3	1400 137.9	980 96.5	1190 117.2
C級(滑動係數0.33) 熱浸鍍鋅並以鋼刷 作粗糙處理	1050 103.4	1330 131.0	910 89.6	1120 110.3	770 75.3	910 89.6	630 62.0	770 75.8

- a. 直徑大於 25mm 之 M164(A325)螺栓拉力強度將折減，表列設計值適用螺栓直徑至 25mm，直徑大於 25mm 之設計值必須乘以 0.875。
- b. 分類如 A 級或 B 級塗料分別包含了平均滑動係數不小於 0.33 或 0.50 之塗料，以“Testing Method to Determine the Slip Coefficient for Coatings Used in Bolted Joints”所決定者。見 9.2.2 節 3.項(3)。

4. 樞承、滾承及搖動支承

樞軸之有效承壓面積應為其直徑乘以其所支承材料之厚度。當接觸部份具有不同之降伏應力時， F_y 應採用較小值。

冷拉面、標準品質之 AASHTO M169 (ASTM A108) 碳鋼棒及普通工業用 AASHTO M102 (ASTM A668) 碳合金鍛造鋼之設計容許應力見表 9.12。

表 9.12 樞承、滾承及可搖動支承鋼棒及鍛造鋼材之容許設計應力
(括弧內數值以 MPa 為單位；伸脹滾承之直徑不得小於 100mm)

AASHTO 規格尺寸限制		M-169 直徑 100mm 或以下	M-102 至直徑 500 mm	M-102 至直徑 500 mm	M-102 至直徑 250 mm	M-102 至直徑 500 mm
ASTM 規格分類或等級		A-108 1016 至 1030	A-668 C 類	A-668 D 類	A-668 F 類	A-668* G 類
最小降伏點 kgf/cm ²	F_y	2520** (248.2)	2310 (227.5)	2630 (258.6)	3500 (344.7)	3500 (344.7)
最外纖維應力 kgf/cm ²	$0.80F_y$	2030** (199.9)	1820 (179.3)	2100 (206.8)	2800 (275.8)	2800 (275.8)
剪應力 kgf/cm ²	$0.40F_y$	980** (96.5)	910 (89.6)	1050 (103.4)	1400 (137.9)	1400 (137.9)
不轉動樞軸之承壓應力 ***kgf/cm ²	$0.80F_y$	2030** (199.9)	1820 (179.3)	2100 (206.8)	2800 (275.8)	2800 (275.8)
轉動樞承(如搖動支承及 鉸承)之承壓應力 kgf/cm ²	$0.40F_y$	980** (96.5)	910 (89.6)	1050 (103.4)	1400 (137.9)	1400 (137.9)

* 可用同品質之軋型鋼代替。

** 僅適用於設計，並非 A108 規範之一部份。材料之補充需求規定，必須保證該材料能符合這些數值

*** 本項僅適用於以軸向載重為主之樞軸，如桁架構材及鋼索，調整鏈(cable adjusting links) 等之樞軸上。不適用於因伸脹或撓曲而產生轉動之構材樞軸上。

5. 鑄鋼品、韌性鑄鐵品、可鍛鑄鐵品及鑄鐵品

(1) 鑄鋼品及韌性鑄鐵品

符合公路橋梁用之鑄鋼規格AASHTO M192(ASTM A486)，一般用低或中強度碳鋼鑄鋼品規格AASHTO M103 (ASTM A27)，及一般用防蝕鉻鐵合金(corrosion-resistant iron-chromium)、鉻鎳鐵或鎳合金(nickel based alloy)之鑄鋼品 AASHTO M163 (ASTM A 743) 及 ASTM A536 韌性鑄鐵品之容許應力應符合表9.13規定，表列應力之單位應為kgf/cm²(MPa)。

不同降伏應力之鑄鋼品或鋼材相接合時，其容許承壓應力應依其降伏應力較低者為準。

(2) 可鍛鑄鐵品

符合ASTM A47 35018級(標稱降伏應力為2450kgf/cm²)規定之可鍛鑄鐵品，其容許應力(以kgf/cm² MPa為單位)如下：

拉力	1,260	124.1
最大彎曲應力	1,260	124.1
彈性模數	1,750,000	172,000.0

(3) 鑄鐵品

鑄鐵品應符合灰鐵鑄鐵品規格 AASHTO M105 (ASTM A48)30B 級之規定，其容許應力(以 kgf/cm^2 MPa為單位)如下：

最大彎曲應力	210	20.7
剪應力	210	20.7
軸壓應力(短柱)	840	82.7

表 9.13 鑄鋼品及韌性鑄鐵品之容許應力表 kgf/cm^2 (括弧內數值以 MPa 為單位)

AASHTO 規格	M103	M192	M192		M163	
ASTM 規格	A27	A486	A486		A743	A536
分類或等級	70-36	70	90	120	CA-15	60-40-18
標稱降伏應力 F_y	2520 (248.2)	4200 (413.7)	6650 (655.0)	4550 (448.2)	2800 (275.8)	
軸拉應力	1020 (100.0)	1580 (155.1)	2380 (234.4)	1680 (165.5)	1120 (110.3)	
最大拉應力	1020 (100.0)	1580 (155.1)	2380 (234.4)	1680 (165.5)	1120 (110.3)	
軸壓應力	1400 (137.9)	2100 (206.8)	3150 (310.3)	2240 (220.6)	1540 (151.7)	
最大壓應力	1400 (137.9)	2100 (206.8)	3150 (310.3)	2240 (20.6)	1540 (151.7)	
剪應力	630 (62.1)	950 (93.1)	1470 (144.8)	980 (96.5)	700 (68.9)	
鋼材接觸面之承壓應力	2100 (206.8)	3150 (310.3)	4760 (468.8)	3360 (330.9)	2310 (227.5)	
不轉動樞軸之承壓應力	1820 (179.3)	2800 (275.8)	4200 (413.7)	3010 (296.5)	1960 (193.1)	
轉動樞軸之承壓應力 (用於搖動鉸樞及鉸樞)	910 (89.6)	1400 (137.9)	2100 (206.8)	1510 (148.2)	980 (96.5)	

6. 青銅或銅合金

青銅鑄品應符合AASHTO M107 (ASTM B22) 銅合金913或911之規定，銅合金板應符合AASHTO M108 (ASTM B100)之規定。

青銅鑄品或銅合金板之容許承壓應力應為 140kgf/cm^2 13.8MPa。

7. 圬工之承壓應力

各類圬工材料之容許承壓應力(以 kgf/cm^2 MPa為單位)如下：

花岡岩	56	5.5
砂岩及石灰岩	28	2.8

上項橋梁支座之單位應力，僅適用於該支座之邊緣超出橋梁支承之底座或底板邊緣外平均至少8cm，否則容許應力應為上列數值之75%。

混凝土圬工之容許承壓應力依照6.2.2節1.項之規定。

9.2.3 軌型梁

1. 通則

軌型梁，包括具有鉚接蓋板者，應依慣性矩法設計。軌型梁具有螺栓接合蓋板者，其設計應與螺栓接合板梁之原則一致。

支持木橋面之軌型梁，除非橋面及其聯結物經特殊設計具有足夠支持力，其橋面不得考慮作為受壓翼板之側向支撐。

2. 支承加勁材

軌型梁支承處附近腹板之剪應力超過腹板容許應力75%時，軌型梁之腹板應予加強，可參照9.2.4節6.項之規定使用適當之加勁材。

9.2.4 板梁

1. 通則

板梁應依照慣性矩法設計。主要受撓曲構材計算拉應力及壓應力時，應用整個總斷面。對於不大於32mm之高強度螺栓開孔，假如每一翼板所移除之面積不超過翼板15%，則其開孔可予以忽略；超過15%的面積應從總斷面積扣除。

支持木橋面之板梁，除非橋面及其聯結物經特殊設計具有足夠支持力，其橋面不得考慮作為受壓翼板之側向支撐。

2. 翼板

(1) 鉚接梁

每一翼板可用多塊鋼板以端對端全熔透對鉚連接製成。翼板面積變化可用不同厚度及/或寬度之鋼板或另加蓋板組成之。不同厚度或寬度鋼板之連接處，其續接應依照9.1.16節之規定，鉚縫應於連接腹板前磨平。組合I型梁受壓翼板寬度 b 宜不小於0.2倍腹板深度，但不得小於0.15倍腹板深度，如受壓翼板

面積小於受拉翼板面積，則最小翼板寬度可取為兩倍受壓腹板深度而不用腹板高度。受壓翼板厚度 t 宜不小於1.5倍腹板厚度；受拉翼板之寬厚比 b/t 不得超過24。

使用蓋板時，應依照9.1.13節之規定設計。

受壓翼板之寬厚比，不得超過下式之值：

$$\frac{b}{t} = \frac{862}{\sqrt{f_b}} \quad \frac{270}{\sqrt{f_b}} \quad \text{但 } b/t \text{ 不得超過 } 24 \quad (9-19)$$

當計得之彎曲壓應力等於 $0.55 F_y$ 時，各級鋼材之 b/t 比不得超過下列數值：

(其中Y.P. Min為鋼材之最小降伏點)

2,520kgf/cm² 248.2MPa Y.P. Min. $b/t=23$

3,500kgf/cm² 344.7MPa Y.P. Min. $b/t=20$

4,900kgf/cm² 482.7MPa Y.P. Min. $b/t=17$

6,300kgf/cm² 620.5MPa Y.P. Min. $b/t=15$

7,000kgf/cm² (689.5MPa) Y.P. Min. $b/t=14$

以上 b 為翼板寬度， t 為厚度， f_b 為計得之最大彎曲壓應力(混合鋼梁參閱9.2.11節3.項)。

合成梁受壓上翼板之寬厚比不得超過下式數值：

$$\frac{b}{t} = \frac{1024}{\sqrt{f_{d1}}} \quad \frac{320}{\sqrt{f_{d1}}} \quad \text{但 } b/t \text{ 不得超過 } 24 \quad (9-20)$$

式中 f_{d1} 係由非合成靜載重所造成上翼板之壓應力。

(2) 螺栓接合梁

翼板角鋼應儘可能佔翼板面積之大部份。除角鋼之厚度超過22mm或必要者外不得使用側板。

受壓翼板角鋼之突出腳除用鋼板加強者外，其寬厚比不得超過下式數值：

$$\frac{b'}{t} = \frac{431}{\sqrt{f_b}} \quad \frac{134.875}{\sqrt{f_b}} \quad \text{但 } b'/t \text{ 不得超過 } 12 \quad (9-21)$$

當計得彎曲壓應力等於 $0.55 F_y$ 處，各級鋼材之 b'/t 比不得超過下列數值：

(其中Y.P. Min為鋼材之最小降伏點)

2,520kgf/cm² 248.2MPa Y.P. Min. $b'/t=11$

3,500kgf/cm ²	344.7MPa Y.P. Min. $b'/t=10$
4,900kgf/cm ²	482.7MPa Y.P. Min. $b'/t=8.5$
6,300kgf/cm ²	620.5MPa Y.P. Min. $b'/t=7.5$
7,000kgf/cm ²	669.5MPa Y.P. Min. $b'/t=7$

合成梁受壓上翼板角鋼之突出腳除用鋼板加強者外，其寬厚比不得超過下式數值：

$$\frac{b'}{t} = \frac{512}{\sqrt{f_{dl1}}} \quad \frac{160.2}{\sqrt{f_{dl1}}} \text{ 但 } b'/t \text{ 不得超過 } 12 \quad (9-22)$$

以上 b' 為翼板角鋼之寬度， t 為厚度， f_b 為計得之最大彎曲壓應力，而 f_{dl1} 為非合成靜載重所引致之上翼板最大彎曲壓應力。

除合成設計者外，受壓翼板之總面積不得小於受拉翼板之總面積。

各翼板應為相同厚度或應自翼板角鋼向外遞減其厚度。所有翼板之厚度均不得大於翼板角鋼之厚度。

除翼板有混凝土覆蓋者外，上翼板至少應有一塊蓋板延伸至板梁之全長。非全長之任一蓋板，應延伸至其理論切斷點之外相當距離，以充分發揮其功能，或延伸至某一斷面使剩餘翼板之應力等於其容許疲勞應力，擇其大者用之。蓋板之理論切斷點，係指翼板不加蓋板時之應力，不考慮疲勞因素，等於其容許應力之斷面處。

連接翼板角鋼與腹板上之聯結物數量，應足將翼板增加應力以及直接作用於翼板之任何載重之合力傳遞至翼板角鋼。

角鋼突出腳之寬度等於或大於150mm者，連接於腹板上時應有二行聯結物。蓋板之寬度超過350mm者，應使用四行聯結物。

3. 腹板厚度

(1) 無縱向加勁之大梁

不使用縱向加勁材之板梁腹板厚度，不得小於下式數值：

$$t_w = \frac{D\sqrt{f_b}}{6100} \quad \frac{D\sqrt{f_b}}{1909} \quad (\text{見圖 9.3}) \quad (9-23)$$

無論如何，厚度均不得小於 $D/170$ 。

翼板計得之最大彎曲壓應力等於容許彎曲應力處，腹板厚度(腹板是否加強視豎向加勁材之需求決定)不得小於下列數值(其中Y.P. Min. 為翼板材料之最小標稱應力)：

$$2,520\text{kgf/cm}^2 \quad 248.2\text{MPa} \quad \text{Y.P. Min. } D/165$$

$$3,500\text{kgf/cm}^2 \quad 344.7\text{MPa} \quad \text{Y.P. Min. } D/140$$

$$4,900\text{kgf/cm}^2 \quad 482.7\text{MPa} \quad \text{Y.P. Min. } D/115$$

$$6,300\text{kgf/cm}^2 \quad 620.5\text{MPa} \quad \text{Y.P. Min. } D/105$$

$$7,000\text{kgf/cm}^2 \quad 689.5\text{MPa} \quad \text{Y.P. Min. } D/100$$

(2) 有縱向加勁之大梁

有縱向加勁之板梁腹板厚度，不得小於下式數值：

$$t_w = \frac{D\sqrt{f_b}}{1072\sqrt{k}} \quad \frac{D\sqrt{f_b}}{335\sqrt{k}} \quad (9-24)$$

$$\frac{d_s}{D_c} \geq 0.4 \quad k = 5.17 \left(\frac{D}{d_s} \right)^2 \geq 9 \left(\frac{D}{D_c} \right)^2 \quad \frac{d_s}{D_c} < 0.4 \quad k = 11.64 \left(\frac{D}{D_c - d_s} \right)^2$$

但無論如何，厚度不得小於 $D/340$ 。屬對稱大梁者見圖9.3。

D = 腹板高度 cm(m)，翼板構件間之無支撐淨距。

f_b = 翼板計得之最大彎曲壓應力 kgf/cm^2 MPa

t_w = 腹板厚度。

k = 挫屈係數。

d_s = 縱向加勁板中心或加勁角鋼之行距線(gage line)至受壓翼板內側面或腳間之距離。

D_c = 各載重階段累計應力計算所得腹板受壓深度。

承受負彎矩之合成斷面其腹板受壓深度 D_c 可不必取各載重階段累計應力計算。當腹板兩邊皆受壓時，取 $k=7.2$ 。

翼板計得最大彎曲應力等於容許彎曲應力時，對稱大梁具有豎向加勁材及距離受壓翼板 $D/5$ 位置有一根縱向加勁材之腹板厚度，不得小於下列數值(其中Y.P. Min. 為翼板材料之最小標稱應力)：

$$2,520\text{kgf/cm}^2 \quad 248.2\text{MPa} \quad \text{Y.P. Min. } D/327$$

3,500kgf/cm ²	344.7MPa	Y.P. Min. D/278
4,900kgf/cm ²	482.7MPa	Y.P. Min. D/235
6,300kgf/cm ²	620.5MPa	Y.P. Min. D/207
7,000kgf/cm ²	689.5MPa	Y.P. Min. D/196

腹板之高度 D 為翼板間無支撐之淨距離，以cm(m)計。

4. 豎向中間加勁材

在考慮斷面上，若腹板總斷面計得之平均剪應力 f_v 小於下式值時，豎向中間加勁材可省略不用。

$$F_v = \frac{5.16 \times 10^6}{(D/t_w)^2} \leq F_y / 3 \quad \frac{505385}{(D/t_w)^2} \leq F_y / 3 \quad (9-25)$$

式中， D ：翼板間腹板之無支撐高度，cm(m)。

t_w ：腹板厚度，cm(m)。

F_v ：容許剪應力，kgf/cm² MPa。

需用豎向中間加勁材處，其間距應使其實際剪應力不超過下列公式之數值。其最大間距限為 $3D$ ，且以下列處理規定為條件。

$$F_v = \frac{F_y}{3} \left[C + \frac{0.87(1-C)}{\sqrt{1+(d_o/D)^2}} \right] \quad (9-26)$$

式中

$$C = \begin{cases} 1.0 & ; D/t_w < \frac{1590\sqrt{k}}{\sqrt{F_y}} \\ \frac{1590\sqrt{k}}{(D/t_w)\sqrt{F_y}} & ; \frac{1590\sqrt{k}}{\sqrt{F_y}} \leq (D/t_w) \leq \frac{1990\sqrt{k}}{\sqrt{F_y}} \\ \frac{3.17 \times 10^6 k}{(D/t_w)^2 F_y} & ; D/t_w > \frac{1990\sqrt{k}}{\sqrt{F_y}} \end{cases} \quad (9-27)$$

$$k = 5 + \frac{5}{(d_o/D)^2} \quad (9-28)$$

式中， d_o ：中間加勁材之間距。

F_y ：腹板降伏強度，kgf/cm²。

其中， $F_y/3$ ：可用表9.8中之容許剪應力代替。

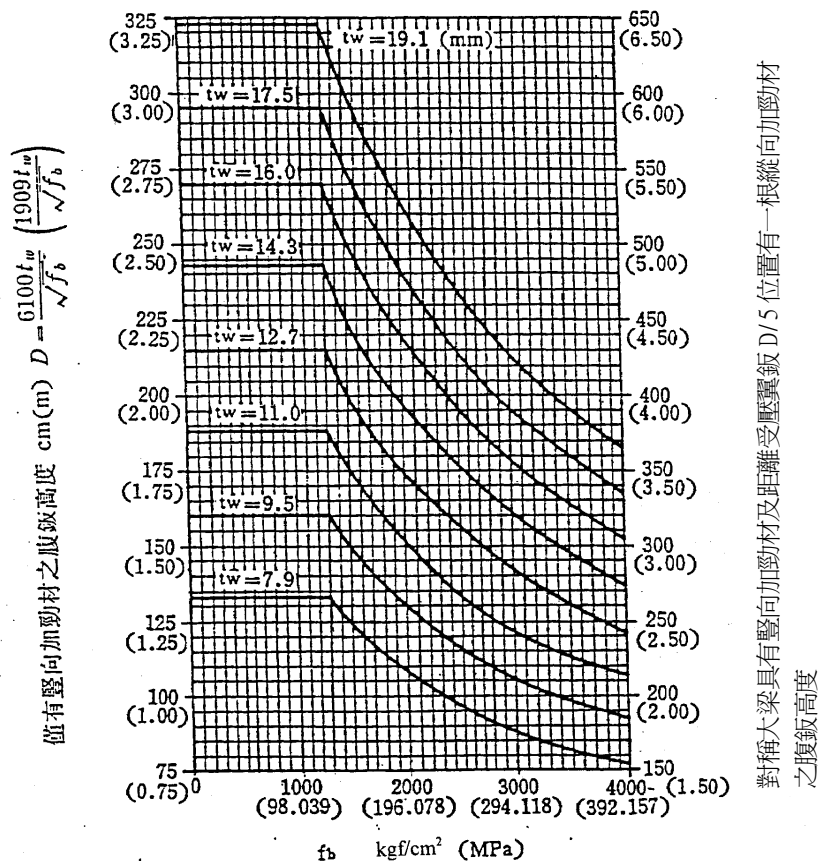


圖 9.3 腹板厚度與大梁高度之關係(彎曲應力之函數)

假如 D/t_w 大於 150 則須配置豎向加勁材。加勁材間距不得超過 $D[260/(D/t_w)]^2$ 。板梁之簡支端，其第一中間加勁材之間距，應使其端格間之剪應力不超過下式數值。其最大間距限制為 $1.5D$ 。

$$F_v = CF_y / 3 \leq F_y / 3 \quad (9-29)$$

板梁之格間若同時承受剪力與彎矩，且其剪應力大於 $0.6 F_v$ 時，其彎曲受拉應力 (F_s) 應限制為

$$F_s = (0.754 - 0.34 f_v / F_v) F_y \quad (9-30)$$

式中， f_v = 斷面上計得之平均剪應力。在此斷面上，其活重應能產生最大彎矩者。

F_v = 前列公式所得之數值。

若計得之剪力等於容許剪應力，且腹板之厚度不小於下列數值時，豎向中間加勁材可省略不用：

2,520kgf/cm ²	248.2MPa Y.P. Min. D/78
3,500kgf/cm ²	344.7MPa Y.P. Min. D/66
4,900kgf/cm ²	482.7MPa Y.P. Min. D/56
6,300kgf/cm ²	620.5MPa Y.P. Min. D/50
7,000kgf/cm ²	689.5MPa Y.P. Min. D/47

中間加勁材用於銲接板梁上者宜用鋼板，用於螺栓接合板梁上者宜用角鋼。加勁材可以成對設置，腹板每側連接一個，並密接於受壓翼板上。但亦可使用單加勁材連接於腹板之一側，而僅設於腹板一側之加勁材必須與受壓翼板銲接並與受拉翼板密接。然而連接橫隔梁或橫向撐構至大梁或板梁之豎向加勁板則須固接於上、下翼板。

當加勁材成對時，其慣性矩應對腹板之中心線計算。加勁材單側使用時，其慣性矩應對其與腹板之接觸面計算，任何型式之豎向加勁材之慣性矩，不得小於下式數值：

$$I = d_0 t_w^3 J \quad (9-31)$$

$$J = 2.5\left(\frac{D}{d_0}\right)^2 - 2, \text{ 但不得小於 } 0.5 \quad (9-32)$$

式中 I ：任何型豎向中間加勁材之最小需求慣性矩，cm⁴(m⁴)。

d_0 ：加勁材間之實際距離，cm(m)。

D ：豎向加勁梁翼板間之腹板無支撐距離，cm(m)，或縱向加勁梁之最大次格間深度，cm(m)。

t_w ：腹板厚度，cm(m)。

中間豎向加勁材之總橫斷面積應大於下式數值：

$$A = \left[0.15B \frac{D}{t_w} (1 - C) \left(\frac{f_v}{F_v} \right) - 18 \right] \frac{F_{y_{web}}}{F_{cr}} t_w^2 \quad (9-32a)$$

$$\text{式中 } F_{cr} = \frac{631750}{\left(\frac{b'}{t} \right)^2} \leq F_{y_{stiffener}} \quad (9-32b)$$

式中 $F_{y_{stiffener}}$ ：加勁材降伏強度

$B = 1.0$ 成對加勁材

$= 1.8$ 單角鋼

=2.4 單片板

C：9.2.4 節 4.項計算所得之值。

當上式計得之A值趨近於0或為負值時，則豎向加勁材只須符合公式(9-31)慣性矩規定以及本節末有關加勁板寬度之相關規定即可。

豎向中間加勁材無須承壓於受拉翼板上。加勁材銲縫末端至腹板與翼板間填角銲縫之近邊距離不得小於 $4t_w$ ，亦不得大於 $6t_w$ 。在集中載重點之加勁材應成對設置，並應依照9.2.4節6.項之規定設計。

中間加勁板或中間加勁角鋼突出腳之寬度，不得小於5cm(0.05m)加1/30板梁高度，且不小於板梁翼板全寬1/4為宜。加勁板或加勁角鋼突出腳之厚度，不得小於其寬度之1/16。中間加勁材可用A36級鋼材。

5. 縱向加勁材

對稱大梁之縱向加勁板中心線或縱向加勁角鋼之行距線(Gage Line)至受壓翼板之內側面或腳間之距離 d_s 取 $D/5$ 為最佳。對非對稱合成大梁受正彎矩區可以下式計算：

$$\frac{d_s}{D_{cs}} = \frac{1}{1 + 1.5 \sqrt{\frac{f_{DL+LL}}{f_{DL}}}} \quad (9-32c)$$

式中

D_{cs} ：非合成鋼梁或大梁腹板受壓深度。

f_{DL} ：受壓翼板非合成靜重應力。

f_{DL+LL} ：在腹板斷面應力最大處受壓翼板之全部合成及非合成靜重加合成活重應力

合成斷面負彎矩區加勁板之距離 d_s 取 $2D_c/5$ 為最佳， D_c 為合成斷面在腹板斷面應力最大處腹板受壓深度。

縱向加勁材之設計應符合：

$$I = Dt_w^3 \left(2.4 \frac{d_0^2}{D^2} - 0.13 \right) \quad (9-33)$$

式中， I ：縱向加勁材對其與腹板接觸面之最小慣性矩， $\text{cm}^4(\text{m}^4)$ 。

D ：翼板間之無支撐距離， $\text{cm}(\text{m})$ 。

d_0 ：豎向加勁材間之實際距離， $\text{cm}(\text{m})$ 。

t_w ：腹板厚度， $\text{cm}(\text{m})$ 。

縱向加勁材之厚度不得小於：

$$\frac{b'\sqrt{F_y}}{690} \geq \frac{b'\sqrt{F_y}}{216} \quad (9-34)$$

式中， b' = 加勁材之寬度 cm(m)。

F_y = 縱向加勁材之降伏強度 kgf/cm² MPa。

加勁材之應力不得大於其鋼材本身之基本容許彎曲應力。

縱向加勁材通常僅設置於腹板之一側，並不須連續且可終止於與豎向加勁材相會之處。

縱向加勁梁之豎向加勁材應依照9.2.4節4.項規定之剪應力，空出 d_o 之距離，但不大於1.5倍腹板深度。9.2.4節4.項所述之處置規定不適用於縱向加勁梁。縱向加勁梁簡支端之第一道豎向加勁材的距離應使得端節間之剪應力不超過9.2.4節4.項規定之值。其最大距離為1.5倍腹板深度。以9.2.4節4.項決定縱向加勁梁之容許剪力時，應以全腹深度 D 計算之。具有縱向加勁材板梁格間之豎向加勁材應依9.2.4節4.項設計。

6. 支承加勁材

(1) 鉚接板梁

鉚接板梁之端支承上及連續鉚接板梁之中間支承上，必須設置加勁材。加勁材應儘量延伸至翼板外緣為宜，且最好使用鋼板置於腹板之兩側。支承加勁材應依柱之方法設計，其與腹板之連接應能傳遞全部端反力於支承上。使用兩塊鋼板之加勁材，其柱斷面應假定包括該兩鋼板與其中之腹板帶，腹板帶寬度不得大於其厚度之18倍。使用四塊或更多之鋼板所組成之加勁材，其柱斷面應假定包括該四塊或更多鋼板與其中之腹板帶，腹板帶寬度等於該四塊或更多之鋼板所包含之寬加以不超過18倍之腹板厚度。(混合板梁參閱9.2.11節4.項)。柱之迴轉半徑應以腹板之中心線為軸計算之。加勁材應磨平密貼於翼板面，或以全熔透開槽鉚接連接於翼板上，俾可承受全部反力。僅翼板與腹板鉚縫以外之部份可視為加勁材之有效承壓部份。支承加勁材之厚度不得小於下式：

$$\frac{b'}{12} \sqrt{\frac{F_y}{2325}} \quad \frac{b'}{12} \sqrt{\frac{F_y}{228}} \quad (9-35)$$

加勁材之容許壓應力及承壓應力不得超過9.1.2節之規定值。

(2) 螺栓接合板梁

螺栓接合板梁之末端支承上必須設置加勁角鋼，角鋼之突出腳應儘量延伸至翼板角鋼之外緣。支承加勁角鋼應依支承於翼板角鋼之突出腳設計，其與翼板角鋼墊塊相連接之腳不得考慮在內。支承加勁材應妥為安排，其與腹板之連接應能傳遞全部反力於支承上，且不得摺曲。其加勁材厚度不得小於下式數值：

$$\frac{b'}{12} \sqrt{\frac{F_y}{2325}} \quad \frac{b'}{12} \sqrt{\frac{F_y}{228}} \quad (9-36)$$

加勁材之容許壓應力及承壓應力不得超過9.2.2節之規定值。

9.2.5 桁架

1. 通則

單一桁架構材之各部份可用銲接或強力螺栓連接之。

桁架之腹材系統以用單交式為宜。其構材應與桁架中央面對稱。

桁架以設置斜端柱為宜。無側向支撐之隅角節點應予避免。

主桁架間應有足夠之距離以抵抗假定之橫向力所產生之傾覆作用。

分析應力時，桁架之有效高度假定如下：

螺栓接合桁架，應為弦材重心間之距離。

樞接桁架，應為弦材樞中心間之距離。

2. 桁架構材

桁架之弦材與腹材，常使用下列形狀：

「H」形斷面，由兩邊部材(角鋼或鋼板組成)與實心腹材、有孔腹材、或聯繫板及繫條腹材所組成。

槽形斷面，由兩邊側角鋼與實心腹材、有孔腹材、或聯繫板及繫條腹材所組成。

單孔箱形斷面，以邊側槽鋼、I型梁、角鋼及鋼板或僅用鋼板之邊部材與頂面使用有孔鋼板或聯繫板及繫條所連接而成。

單孔箱形斷面，以邊側槽鋼、I型梁、角鋼及鋼板或僅用鋼板之邊部材與頂面

使用實心蓋板，底面用有孔鋼板或聯繫板及繫條所連接而成。

雙孔箱形斷面，以邊側槽鋼、I形梁、角鋼及鋼板或僅用鋼板之邊部材，中間用一塊實心腹板與頂底兩面使用有孔鋼板或聯繫板及繫條所連接而成。

如桁架形狀許可，其受壓弦材應予連續。

弦材以角鋼構成之槽形構材，其角鋼之突出腳應朝下設置為宜。

如腹材承受正負交替應力時，其端接頭不能使用樞接。交向斜構材(Counters)最好使用剛性接頭。如使用可調整之交向斜構材應有開口鬆緊螺旋扣(Open turnbuckle)，設計該構材時應用4540kgf 44480N作為其初應力。任一節間，僅限有一組可調整之交向斜構材。套筒螺帽(Sleeve Nuts)及環頭桿(Loop Bars)均不能使用。

3. 二次應力

結構設計應儘量使二次應力減小。任一構材如其平行於扭曲面之寬小於其長度之1/10，通常不必考慮桁架之扭曲與橫梁撓度所生之二次應力。如受拉構材之二次應力超過 280kgf/cm^2 27.6MPa及受壓構材之二次應力超過 210kgf/cm^2 20.7MPa時，其超出值應視為主應力處理。構材由於撓曲產生之靜重彎曲應力應視為增加之二次應力。

4. 隔板

桁架內橫梁之端接頭處應設置隔板。

桁架端連接墊座樞軸(Pedestal Pin)之連接板應使用隔板連接之。同理，墊座之腹材亦儘可能以隔板連接之。

如主構材端之繫板距離構材之交會點達到1.2m或以上時，則主構材之連接板間應以隔板連接之。

5. 拱度

桁架構材之長度應可使桁架拱度等於或大於靜重所產生之撓度。

6. 工作線及重心軸

主構材之重心軸應儘量安排接近於其斷面之中心。

不對稱斷面之受壓構材，諸如弦材含有邊部材及一塊蓋板者，其斷面之重心軸應儘可能與其工作線重合，除非由偏心可以抵消靜重之彎矩。由兩角鋼所構成之下弦構材或斜構材，其工作線可以為角鋼最接近背面之行距線(Gage Line)或為銲接桁

架之重心。

7. 橋門與抗搖撐構

穿式桁架橋應設置橋門撐構，以雙面式或箱式為宜，應固結於端柱及上弦材之翼板上，其高度儘量伸至淨空所許可者。如採用單面橋門撐構，則其位置最好設於端柱之橫向中央平面內，端柱之腹板間應設置隔板，以分佈門撐之應力。橋門撐構設計時應能承受上弦材橫撐系統之全部反力，且端柱應能傳遞此項反力於桁架支承上。

穿式桁架中間節點處應設置1.5m或更高之抗搖撐構。頂橫撐(Top Lateral Struts)之高度至少應與上弦材相同。

上承式桁架橋應在端柱平面及所有中間節點處設置抗搖撐構。此項撐構應延伸至橋面系以下桁架之全部高度。桁架端之抗搖撐構應能負荷全部頂部橫向力經由端柱傳遞至支承上。

8. 填板

填板應參照9.1.16節之規定辦理。

9 有孔蓋板及繫條

垂直於繫條面或連續有孔蓋板面內構材之剪力應假定平均分配於所有此種平行面上。剪力應包括由於構材重量及任何其他外力產生者。對於受壓構材應另加下列公式求得之剪力：

$$V = \frac{p}{100} \left[\frac{100}{\frac{l}{r} + 10} + \frac{\frac{l}{r} F_y}{232500} \right] \quad \frac{p}{100} \left[\frac{1000}{\frac{l}{r} + 10} + \frac{\frac{l}{r} F_y}{22754} \right] \quad (9-37)$$

式中， V ：垂直於構材之剪力，kgf N。

P ：構材之容許軸力，kgf N。

l ：構材之長度，cm(m)。

γ ：斷面對垂直於繫條面或有孔鋼板之軸之迴轉半徑，cm(m)。

F_y ：所用鋼材規定之最小降伏點，kgf/cm² MPa。

(1) 有孔蓋板

使用有孔蓋板時應依照下列規定設計：

- 順應力方向，孔之長度與寬度比不得大於2。
- 順應力方向，孔間淨距離不得小於支持點間之距離。

- c. 端孔與蓋板端之淨距離不得小於支持點間距離之1.25倍。
- d. 支持點應在連接有孔蓋板與翼板之聯結物內線或填角銲線上。如鋼板用對銲連接於軋型鋼翼板邊時，當軋型鋼突出緣之寬厚比小於7時，其支持點可在銲縫上，否則支持點應在軋型鋼翼板之根部。
- e. 孔周圍任一點之最小半徑應為38mm。
- f. 金屬厚度應依照9.2.5節14.項之規定辦理。

(2) 繫條

使用繫條時應依照下列規定設計：

- a. 受壓構材之繫條間距，應使繫條連接點間翼板部份之細長比不大於40，亦不大於構材本身細長比之2/3。
- b. 繫條之斷面應依照軸向壓力柱之公式決定之，其中 l 應為單繫條在主部材上連接點間之長度。雙繫條則為此長度之70%。
- c. 如橫過構材翼板聯結物線間之距離大於38cm，使用一個聯結物之繫條應改用雙繫條並在其交點以聯結物固定。
- d. 構材軸與繫條所成之角度，雙繫條約為 45° ，單繫條約為 60° 。
- e. 繫條可用型鋼或扁鋼。在主構材中，扁鋼繫條之最小厚度，單繫條不得小於順繫條方向接頭間距之1/40，雙繫條為1/60。在支撐構材中其限制為單繫條1/50，雙繫條1/75。
- f. 繫條聯結物之直徑不得超過繫條寬度三分之一。翼板寬度大於12.5cm者，繫條每端至少須用兩個聯結物連接於該翼板上。

10. 連接板

除用樞接者外，主構材之連接宜使用連接板。各構材之連接聯結物應儘量與構材之軸線成對稱，且應考慮構材之各元件能充份發揮其強度。連接板應具有足夠之厚度以抵抗作用於最弱或臨界斷面之剪力、直接力及彎曲等所產生之最大應力。

凹入之切割，除因外觀上須作成曲線者外，應儘量避免。

若連接板無支撐邊之長度，超過下式乘以厚度之數值時，則其邊緣應予加強。

$$\frac{2910}{\sqrt{F_y}} \quad \frac{913}{\sqrt{F_y}} \quad (9-37a)$$

各級鋼材之 $\frac{2910}{\sqrt{F_y}}$ $\frac{913}{\sqrt{F_y}}$ 值如下：

2,520kgf/cm ²	248.2MPa	Y.P. Min. 58
3,500kgf/cm ²	344.7MPa	Y.P. Min. 49
4,900kgf/cm ²	482.7MPa	Y.P. Min. 42
6,300kgf/cm ²	620.5MPa	Y.P. Min. 37
7,000kgf/cm ²	689.5MPa	Y.P. Min. 35

11. 半穿式桁架

半穿式桁架橋之豎向構材、橫梁及其接頭之設計應足以抵抗作用於各桁架之上弦材節點處不小於450kgf/m 4350N/m之橫力。

上弦材應視為在節點處有彈性橫向支撐之柱。依此所求得柱之臨界挫屈力應大於靜重、活重及衝擊力在上弦材任一節間所產生之最大力之50%。

12. 受壓構材端部之聯結物間距

在受壓構材之端部，其連接各部份之聯結物間距，從端部至構材最大寬度之1.5倍長度範圍內不得超過聯結物直徑之4倍。過該長度之同一長度範圍內，其間距逐漸遞增，達到最大間距為止。

13. 高強度螺栓連接之受拉構材淨斷面

高強度螺栓連接之受拉構材淨斷面為其組合部份淨斷面之和。組合部份之淨斷面積為其厚度與其最小淨寬度之乘積。

橫貫部材之任一連串孔，其部份之淨寬應自其總寬減去沿此連串孔各孔徑之和，一連串之每一行距應再另加下式數值：

$$\frac{s^2}{4g} \quad (9-37b)$$

式中，s：兩連續孔中心之縱距，平行於應力方向

g：兩連續孔中心之橫距，垂直於應力方向

部材淨斷面應由產生最小淨寬之一連串孔求得。

角鋼之總寬應為腳寬之和減其厚度。角鋼相對兩腳上孔，其行距為自角鋼背面之行距之和減其厚度。

在續接處被續接構材之全部應力應由聯結物傳遞至續接材料上。

無論續接材料或被續接構材，在決定其最小淨寬之應力時應考慮由聯結物傳來鄰接斷面之應力。

除依照9.1.23節之規定許可有較大之孔徑者外，計算孔徑應較強力螺栓之標稱直徑大3.2mm。

14. 受壓構材及其板厚

受壓構材之設計應使斷面之主要元件直接連接於連接板、樞或其他構材上。

組合斷面之重心應儘量與斷面之中心相合。各構成部份最好使用實心腹板或有孔蓋板連接之。

單邊支持之板、角鋼之突出腳及有孔板--突出板、角鋼之突出腳及有孔板之開口處，用於受壓構材時，板或角鋼之 b/t 不得大於下式之數值：

$$\frac{b}{t} = \frac{431}{\sqrt{f_a}} \quad \frac{135}{\sqrt{f_a}} \quad (9-38)$$

無論如何，主要構材之 b/t 不得大於12，次要構材不得大於16。

(註： b 為板之邊緣或開口之邊緣至支持點之距離)

當壓應力等於 $\frac{0.55F_y}{1.25}$ 時，上述各構成部份之各級鋼材之 b/t 不得大於下列數值：

2,520kgf/cm ²	248.2MPa	Y.P. Min. $b/t=12$
3,500kgf/cm ²	344.7MPa	Y.P. Min. $b/t=11$
4,900kgf/cm ²	482.7MPa	Y.P. Min. $b/t=9$
6,300kgf/cm ²	620.5MPa	Y.P. Min. $b/t=8$
7,000kgf/cm ²	689.5MPa	Y.P. Min. $b/t=7.5$

兩邊支持之板或主要組部件材之腹板--含有主鋼板、軋型斷面、或由組部件材與蓋板等所組成箱型構材用於受壓構材時，其主鋼板或部件材腹板之 b/t 應不得大於下式之數值：

$$\frac{b}{t} = \frac{1061}{\sqrt{f_a}} \quad \frac{332}{\sqrt{f_a}} \quad (9-39)$$

無論如何， b/t 不得大於45。

(註： b 為板之支持點間之距離及軋型部件材翼板根部間之腹板高度。)

當壓應力等於 $\frac{0.55F_y}{1.25}$ 時，上述板與部件材之構成部份之各級鋼材其 b/t 不得大

於下列數值：

2,520kgf/cm ²	248.2MPa	Y.P. Min. b/t=32
3,500kgf/cm ²	344.7MPa	Y.P. Min. b/t=27
4,900kgf/cm ²	482.7MPa	Y.P. Min. b/t=23
6,300kgf/cm ²	620.5MPa	Y.P. Min. b/t=20
7,000kgf/cm ²	689.5MPa	Y.P. Min. b/t=19

兩邊支持之實心蓋板連接於主構材或部材之腹板--含有實心蓋板、連接於主鋼板或部材之實心腹板所組成之H型或箱型構材用於受壓構材時，其實心蓋板或腹板之b/t不得大於下式之數值：

$$\frac{b}{t} = \frac{1326}{\sqrt{f_a}} \quad \frac{415}{\sqrt{f_a}} \quad (9-40)$$

無論如何b/t不得大於50。

(註：b為支持點之無支撐距離。)

當壓應力等於 $\frac{0.55F_y}{1.25}$ 時，上述蓋板或腹板各級鋼材之b/t不得大於下列數值：

2,520kgf/cm ²	248.2MPa	Y.P. Min. b/t=40
3,500kgf/cm ²	344.7MPa	Y.P. Min. b/t=34
4,900kgf/cm ²	482.7MPa	Y.P. Min. b/t=28
6,300kgf/cm ²	620.5MPa	Y.P. Min. b/t=25
7,000kgf/cm ²	689.5MPa	Y.P. Min. b/t=24

兩邊支持之有孔蓋板--箱型構材含有孔蓋板連接於主鋼板或部材者，當用於受壓構材時，有孔蓋板之b/t不得大於下式數值：

$$\frac{b}{t} = \frac{1593}{\sqrt{f_a}} \quad \frac{498}{\sqrt{f_a}} \quad (9-41)$$

無論如何b/t不得大於55。

(註：b為支持點間之距離，注意開孔處之板厚，即單邊支持板亦應符合需求。)

當壓應力等於 $\frac{0.55F_y}{1.25}$ 時，有孔蓋板各級鋼材之b/t不得大於下列數值：

2,520kgf/cm ²	248.2MPa	Y.P. Min. b/t=48
3,500kgf/cm ²	344.7MPa	Y.P. Min. b/t=41
4,900kgf/cm ²	482.7MPa	Y.P. Min. b/t=34

6,300kgf/cm² 620.5MPa Y.P. Min. $b/t=30$

7,000kgf/cm² 689.5MPa Y.P. Min. $b/t=29$

前列各公式中

f_a ：計得壓應力。

b ：寬度(依照各公式之規定)。

t ：板或腹板之厚度。

支持點應為聯結物內線或鋼板與主部材連接之填角銲，如鋼板使用對銲連接於軋型斷面之翼板邊上，而該軋型部材突出翼板之寬厚比小於7時，其銲縫可視為支持點，否則支持點應為軋型斷面翼板之根部。對銲之末端應予磨平。

15. 連繫板

受壓構材開口側不用有孔蓋板連接處，應設置繫條並於儘量靠近兩端處設置連繫板。繫條終止處之中間點亦須設置連繫板。主要構材之端連繫板其端聯結物間之長度不得小於其支持點間距離之1.25倍，中間連繫板之長度不得小於該距離之0.75倍，橫撐及其他次要構材，兩端及中間連繫板之每塊總長度不得小於其支持點間距離之0.75倍。

支持點應為聯結物內線或鋼板與主部材連接之填角銲。如連繫板使用對銲連接於軋型斷面之翼板邊上，而該軋型部材突出翼板之寬厚比小於7時，其銲縫可視為支持點，否則支持點應為軋型斷面翼板之根部。當連繫板以對銲連接於構材之軋型部材上時，構材之容許應力應依9.1.3節之規定處理。對銲之末端應予磨平。

由型鋼組成之受拉構材，其各構成部份可用有孔板、連繫板或端連繫板及繫條連接之。受拉構材之端連繫板最小長度應與主要受壓構材之連繫板規定相同。而中間連繫板之最小長度為主要受壓構材中間連繫板所規定長度之0.75倍，受拉構材連繫板間之淨距離不得超過0.9m。

連繫板之厚度在主要構材不得小於支持點間距離之1/50，在支撐構材為1/60。連繫板之每邊不得以小於三個聯結物連接，構材含有繫條者，連繫板之最末端聯結物以能通過鄰近繫條之末端為宜。

9.2.6 合應力

構材同時承受軸向壓力與彎曲應力者，其設計應符合下列需求：

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{C_{mx} f_{bx}}{(1 - \frac{f_a}{F'_e}) F_{bx}} + \frac{C_{my} f_{by}}{(1 - \frac{f_a}{F'_e}) F_{by}} \leq 1.0 \quad (9-42)$$

$$\text{及：} \frac{f_a}{0.472 F_y} + \frac{f_{bx}}{F_{bx}} + \frac{f_{by}}{F_{by}} \leq 1.0 \text{ (在支持點處)} \quad (9-43)$$

$$\text{式中 } F'_e = \frac{\pi^2 E}{F.S. (K_b L_b / r_b)^2} \quad (9-44)$$

f_{bx} 或 f_{by} ：各對 X 軸及 Y 軸計得之彎曲壓應力。

F_a ：不考慮彎曲面，軸向力單獨存在時之容許軸向壓應力。

F_{bx} 或 F_{by} ：分別對 X 軸或 Y 軸彎矩單獨存在時之容許彎曲壓應力，依照表 9.8

中求得。

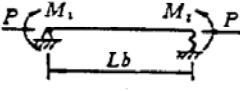
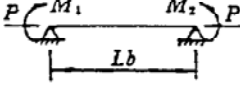
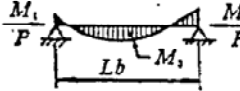
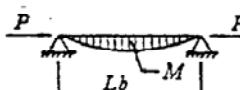
K_b ：彎曲面之有效長度因數。(見附錄 F、附錄 G、附錄表 G.2)

L_b ：彎曲面之實際支撐長度。

r_b ：彎曲面之迴轉半徑。

C_{mx} 或 C_{my} ：分別對 X 軸或 Y 軸之係數，可由表 9.14 求得。

表 9.14 彎矩-軸力互制係數

載 重 情 況	備 註	C_m
最大計算彎矩在端點，端點並允許有位移。		0.85
最大計算彎矩在端點，無橫向載重，端點不允許有位移。		$[(0.4) \frac{M_1}{M_2} + 0.6]$
有橫向載重，端點不允許有位移。		0.85
有橫向載重，端點不允許有位移。		1.0

M_1 ：較小之端彎矩。

M_1/M_2 當構材之彎曲成單曲度時其值為正。

當構材之彎曲成反向曲度時其值為負。

所有情況 C_m 值可保守採用 1.0。

9.2.7 實心肋拱

1. 彎矩放大與容許應力

活重加衝擊力之彎矩若按不考慮拱肋撓度之影響而分析決定時，應乘以放大因數 A_F 。

$$A_F = \frac{1}{1 - \frac{1.70 T}{AF_e}} \quad (9-45)$$

式中， T ：拱肋在四分之一處，由靜重加活重加衝擊力所計得之軸力。

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (\text{歐拉挫屈應力}) \quad (9-46)$$

L ：拱肋長度之一半。

A ：橫斷面積。

r ：迴轉半徑。

K ：有效長度因子。

拱肋之設計應符合下列需求：

$$\frac{f_a}{F_a} + \frac{f_b}{F_b} \leq 1 \quad (9-47)$$

式中， f_a ：計得之軸向應力。

f_b ：為最外纖維之計得彎曲應力，包括彎矩放大值。

F_a ：容許之軸向應力。

F_b ：容許之彎曲應力。

垂直面上之挫屈應力：

$$F_a = \frac{F_y}{2.12} \left[1 - \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^2 F_y}{4\pi^2 E} \right] \quad (9-48)$$

計算 F_e 及 F_a 所用之 K 值

高跨比	三鉸拱	兩鉸拱	固端拱
0.1-0.2	1.16	1.04	0.70
0.2-0.3	1.13	1.10	0.70
0.3-0.4	1.16	1.16	0.72

側向細長比之影響應計入計算。將繫材與橋面系統懸吊於拱肋上之繫拱肋，不考慮彎矩放大， F_a 所根據之有效長度應等於沿拱軸上懸吊材之間距。但較小之吊索斷面可能使有效長度較懸吊材之間距稍長。

2. 腹板

無縱向加勁材之腹板，其深度與厚度比 D/t_w 不得大於下式值：

$$\frac{D}{t_w} = \frac{1325}{\sqrt{f_a}} \quad \frac{415}{\sqrt{f_a}} < 60 \quad (9-49)$$

如在腹板高度中央使用一縱向加勁材時，其最大 D/t_w 值應為

$$\frac{D}{t_w} = \frac{2000}{\sqrt{f_a}} \quad \frac{622.5}{\sqrt{f_a}} < 90 \quad (9-50)$$

且加勁材對其基底平行於腹板軸之慣性矩應為：

$$I_s = 0.75Dt_w^3 \quad (9-51)$$

如在腹板高度 D 之 $1/3$ 處使用兩縱向加勁材時，其最大之 D/t_w 值如下：

$$\frac{D}{t_w} = \frac{2650}{\sqrt{f_a}} \quad \frac{830}{\sqrt{f_a}} < 120 \quad (9-52)$$

且其每一加勁材之慣性矩應為：

$$I_s = 2.2Dt_w^3 \quad (9-53)$$

腹板加勁材任一突出元件，其寬厚比 b'/t_s 不得大於下式值：

$$\frac{b'}{t_s} = \frac{430}{\sqrt{f_a + \frac{f_b}{3}}} \quad \frac{135}{\sqrt{f_a + \frac{f_b}{3}}} < 12 \quad (9-54)$$

使用上列腹板公式時其限制如下：

$$0.2 \leq \frac{f_b}{f_a + f_b} \leq 0.7 \quad (9-55)$$

3. 翼板

腹板間之翼板寬度，其 b/t_f 不得大於下式值：

$$\frac{b}{t_f} = \frac{1130}{\sqrt{f_a + f_b}} \leq \frac{350}{\sqrt{f_a + f_b}} < 47 \quad (9-56)$$

翼板之突出緣寬度，其 b'/t_f 不得大於下式值：

$$\frac{b'}{t_f} = \frac{430}{\sqrt{f_a + f_b}} \leq \frac{135}{\sqrt{f_a + f_b}} < 12 \quad (9-57)$$

9.2.8 排架及塔架(BENTS AND TOWERS)

1. 通則

排架宜由兩根支柱組成，且通常應成對連接以構成塔架。排架及塔架構材之設計，應依照本規範「一般需求」與「桁架」各節之規定辦理。

2. 單獨排架

單獨排架應具有鉸接端，否則應設計使其可抵抗彎曲。

3. 傾斜排架(Batter)

排架之基底最好應予足夠之擴展，以防止假設之側向載重所導致之上揚。通常排架之基底寬度，不得小於其高度之1/3。

4. 支撐(Bracing)

塔架應以強勁構材設置橫向及縱向支撐，以鉚接、強力螺栓連接之。每一節間縱向支撐構材之斷面不得小於其同節間橫向支撐構材之斷面。長柱之支撐，設計時應使柱之兩方向固定於同一點或相近點上。柱之續接應置於斜撐節點處或接近之上方。有兩個以上垂直節間之所有塔架，應在交替之中間節點設置水平對角斜撐。

5. 底撐(Bottom Struts)

塔架之底撐應有足夠強度使結構物於無載重狀態下，假定摩擦係數為0.25時，可使活動支承移動。塔架支撐之伸脹規定應在柱之支承上決定。

9.2.9 合成梁

1. 通則

本節規定適用於鋼梁與混凝土板，藉剪力連接器連結之結構。

有關混凝土與鋼結構設計之一般規定，凡能適用於合成梁之設計者，均應遵守。合成後之梁與橋面板應使用合成慣性矩法設計及計算應力，且應與預定使用各種材料之性質一致。

鋼材之彈性模數(2,100,000kgf/cm²) 200,000MPa與各種設計強度之常重混凝土(w=2,400kgf/m³)之彈性模數比如下：

n =鋼材之彈性模數與混凝土之彈性模數比，其值如下：

$f'_c=140\sim160\text{kgf/cm}^2$	13.8~15.9MPa	$n=11$
170~195kgf/cm ²	16.5~19.3MPa	$n=10$
200~245kgf/cm ²	20.0~24.1MPa	$n=9$
250~315kgf/cm ²	24.8~31.0MPa	$n=8$
320~415kgf/cm ²	31.7~40.7MPa	$n=7$
420以上	41.4MPa以上	$n=6$

凡合成梁之靜重係由合成斷面承受者，設計時應考慮潛變之影響。此類結構物其合成斷面因靜重所產生之應力及水平剪力，應按上列 n 值計算，或將此值乘以3計算，選用二者中產生較高之應力及剪力者。

如採用具有膨脹性之混凝土，應將膨脹特性納入設計考量。

簡支跨以及連續跨正彎矩區域之合成斷面應適當設計以使其中性軸能置於鋼梁頂面下方。位於中性軸拉力側之混凝土，計算抵抗力矩時不可將其計入。於連續跨負彎矩區計算抵抗力矩時，僅能考慮板鋼筋與鋼梁合成作用。混凝土面板與鋼梁之接合平面間需配置剪力連接器，俾使二者結合成一體以傳遞該平面上之應力。

計算撓度用之慣性矩包括計算彎矩與剪力及依據9.1.3節1.項與9.2.9節5.項(1)計算疲勞應力範圍與疲勞剪力範圍所用勁度因子之決定，則位於中性軸拉力側之混凝土可考慮之。

鋼梁，尤其在未設置中間施工架支撐者，在澆築混凝土時及混凝土未硬化前，對其穩定性及強度應詳加檢討。計算鋼梁斷面之彎矩與剪力時應依設計圖規定合成斷面混凝土面板之澆置順序考慮之，翼板最大受壓應力不得大於表9.8之有部份支撐或未支撐受壓翼板容許應力之1.4倍且不大於 $0.55F_y$ 。非合成及合成斷面靜重於腹板之加成剪力不得大於腹板剪力挫屈容量之1.35倍及下式容許應力：

$$F_v=0.45CF_y\leq 0.33F_y \quad (9-57a)$$

其中 C 依公式(9-27)計算

2. 剪力連接器

在鋼梁及橋面板交接面配置剪力連接器，其目的在使該處具有抵抗剪力之能力，俾能產生合成作用。剪力連接器須符合有關材料之各項規定。剪力連接器之型式，應使混凝土能徹底搗實以確保連接器全周面均能與混凝土接觸。剪力連接器應能抵抗混凝土板與鋼梁間之水平及垂直移動。

銲接於鋼梁上之剪力釘或槽鋼剪力連接器之剪力強度，應依第9.2.9節5.項之規定辦理。槽鋼剪力連接器沿其跟部及趾部至少應有5mm之填填角銲。

覆蓋於剪力連接器頂部之混凝土保護層淨厚不得小於5公分，且剪力連接器至少應伸入橋面板底以上5公分。

鋼梁翼板邊與剪力連接器邊緣之淨距不得少於2.5公分。相鄰連接器中心至中心距離不得少於4倍的直徑。

3. 有效翼板寬

合成梁結構中，可視同T型梁翼板之橋面板，其有效寬度不得超過下列數值：

- (1) 梁跨徑之1/4。
- (2) 梁間之中心距離。
- (3) 橋面板最小厚度之12倍。

如合成梁具單側翼板，則其有效寬度不得超過下列數值：

- (1) 梁跨徑之1/12。
- (2) 梁間中心距離之一半。
- (3) 最小板厚之6倍。

4. 應力

灌鑄橋面板混凝土時如不使用臨時支撐，則鋼梁之最大壓應力及拉應力，應為靜重單獨作用於鋼梁上所產生之應力與其他後加載重作用於合成梁所產生應力之和。如灌鑄橋面板混凝土時，在跨徑間備有足夠之有效臨時支撐，並支持至混凝土強度達到28天所需強度之百分之七十五時，則其靜重與活重所生之應力應按合成斷面計算。

連續合成橋梁可在正彎矩或橋梁全長使用剪力連接器加以建造。正彎矩部份可以簡支跨徑之合成斷面設計。埋置於混凝土中之鋼筋被視為合成斷面之一部份時，負彎矩區域應設置剪力連接器。如埋於混凝土內之鋼筋不計入負彎矩之斷面性質

時，則此部份跨徑不需剪力連接器，但應依照9.2.9節5.項(1)之規定，在靜重反曲點區域加設錨碇連接器。剪力連接器之設置依照9.2.9節5.項之規定辦理。

當施工載重或設計載重使混凝土面板縱向拉應力大於7.2.2節1.項(1)規定之容許應力 f_t 時，包含縱向分配鋼筋在內之最小縱向鋼筋面積，應等於或大於混凝土板斷面積之1%，混凝土板面積取結構厚度乘以橋面板全寬，使用不大於19 ϕ 鋼筋，間距不大於30cm，且此項鋼筋之2/3應置於混凝土板上層。分佈鋼筋可不依4.3節9.項之規定擺置。。

負彎矩區內如不使用剪力連接器時，則其縱向鋼筋應予延伸至正彎矩區內，且需伸入錨碇連接器至少有40倍鋼筋直徑之距離。塗佈環氧樹脂的鋼筋，其延伸至正彎矩區越過錨碇連接器之長度應照7.1.13節修正之。

5. 剪力

(1) 水平剪力

剪力連接器之最大間距不得超過60公分，但跨越連續梁內支點處可以使用較大間距，以避免連接器配置於受拉翼板之高應力處。

為抵抗水平剪力應在混凝土橋面板與鋼梁之交接面設置剪力連接器。剪力連接器應為機械性裝置，以規則或變化間隔橫向配置於梁翼板上。剪力連接器之設計應符合疲勞之規定，並校核其極限強度。

a. 疲勞

水平剪力差值，應依下式計算：

$$S_r = \frac{V_r Q}{I} \quad (9-58)$$

式中， S_r ：在跨徑內所考慮點之混凝土板與梁交接處之水平剪力差值，
kgf/m N/m。

V_r ：由活重及衝擊力所生之剪力差值，kgf N。在任一斷面上，
剪力差值應取最小與最大剪力之差數(不含靜重)。

Q ：混凝土受壓部份之換算面積，或埋置於混凝土內之負彎矩鋼筋面積對合成斷面中性軸之面積力矩， m^3 。

I ：正彎矩區內為換算後合成梁之慣性矩；負彎矩區內為鋼梁含或不含埋置於混凝土內鋼筋面積之慣性矩， m^4 。

(上述受壓混凝土之面積應換算為等值鋼材面積，可由混凝土翼板有效寬度除以彈性模數比" n "而得之。)

每一連接器之水平剪力容許差值，" Z_r "，以kgf N為單位時如下所示：

槽鋼

$$Z_r = BW \quad (Z_r = 975.6BW) \quad (9-59)$$

鉚接剪力釘(H/d 等於或大於4)

$$Z_r = \alpha d^2 \quad (Z_r = 98490\alpha d^2) \quad (9-60)$$

式中， W ：槽鋼剪力連接器在梁翼橫方向之長度，cm(m)。

d ：剪力釘之直徑，cm(m)。

$\alpha = 910(100,000 \text{ 反復次數時})$

$742(500,000 \text{ 反復次數時})$

$550(2,000,000 \text{ 反復次數時})$

$385(\text{超過 } 2,000,000 \text{ 反復次數時})$

$B = 720(100,000 \text{ 反復次數時})$

$540(500,000 \text{ 反復次數時})$

$432(2,000,000 \text{ 反復次數時})$

$378(\text{超過 } 2,000,000 \text{ 反復次數時})$

H ：剪力釘之高度，cm(m)。

剪力連接器之所需間距係以鋼梁某一橫斷面上所有剪力連接器之合計水平剪力容許差值($\sum Z_r$)除以水平剪力差值 S_r 。連續梁之內支點上，為避免連接器配置於受拉翼板之高應力處，在保持所需連接器總數不變之原則下，間距可以調整。

b. 極限強度

為疲勞規定而設置之連接器數量，應檢查其數量是否足夠極限強度所需。所需之剪力連接器數量，應等於或大於下式所得之值：

$$N_1 = \frac{P}{\phi S_u} \quad (9-61)$$

式中， N_1 ：最大正彎矩點至鄰近端支點間之連接器數量。

S_u ：剪力連接器極限強度。

φ ：折減因數，0.85。

P ：橋面板上之作用力，如下所示之 P_1 或 P_2 。

在最大正彎矩點，橋面板之作用力取下式中之較小值：

$$P_1 = A_s F_y \quad (9-62)$$

$$\text{或 } P_2 = 0.85 f'_c b c \quad (9-63)$$

式中， A_s ：包括蓋板在內之鋼梁總斷面積。

F_y ：所用鋼材之規定最小降伏點。

b ：9.2.9 節 3.項規定之有效翼板寬度。

c ：混凝土橋面板之厚度。

最大正彎矩點與鄰近最大負彎矩點間之連接器數量 N_2 ，應等於或大於下式計得之值：

$$N_2 = \frac{P + P_3}{\varphi S_u} \quad (9-64)$$

在最大負彎矩點，橋面板之作用力：

$$P_3 = A_s^r F_y^r \quad (9-65)$$

式中， A_s^r ：在內支點處有效翼板寬內之縱向鋼筋總面積。

F_y^r ：鋼筋之規定最小降伏點。

當埋置於橋面板之鋼筋不計入於負彎矩斷面性質時， P_3 為零。

剪力連接器之極限強度如下：

槽鋼：

$$S_u = 146(h + \frac{t}{2})W\sqrt{f'_c} \quad 45.7 \times 10^6 (h + \frac{t}{2})W\sqrt{f'_c} \quad (9-66)$$

鉚接剪力釘($H/d > 4$)：

$$S_u = 0.4d^2\sqrt{f'_c E_c} \quad 4 \times 10^5 d^2\sqrt{f'_c E_c} \leq 4200A_{sc} \quad 41200A_{sc} \quad (9-67)$$

式中， E_c ：混凝土之彈性模數， kgf/cm^2 MPa

$$E_c = w^{3/2}(0.1368)\sqrt{f'_c} \quad w^{3/2}(0.0428)\sqrt{f'_c} \quad (9-68)$$

S_u ：剪力連接器之極限強度， kgf N。

A_{sc} ：剪力釘之斷面積， $\text{cm}^2(\text{m}^2)$ 。

h ：槽鋼翼板之平均厚度， $\text{cm}(\text{m})$ 。

t ：槽鋼之腹板厚度， $\text{cm}(\text{m})$ 。

W : 槽鋼剪力連接器之長度, cm(m)。

f'_c : 混凝土 28 天壓力強度, kgf/cm² MPa。

d : 剪力釘之直徑, cm(m)。

H : 剪力釘高度, cm(m)。

w : 混凝土之單位重量, kgf/m³。

c. 橋面板應力發展用附加連接器

當埋置於混凝土內之鋼筋不計入於負彎矩之斷面性質時, 反曲點上所需之附加連接器數量, 應依下式計算之:

$$N_c = A_r^s f_r / Z_r \quad A_r^s f_r \times 10^6 / Z_r \quad (9-69)$$

式中,

N_c : 每根梁在反曲點處所需之附加連接器數量。

A_r^s : 每根梁在內支點處之橋面板縱向鋼筋總面積, cm²(m²)。

f_r : 支點處橋面板鋼筋由活重加衝擊力所產生之應力差值

(f_r 可用 700kgf/cm² 68.9MPa 代替精確計算)。

Z_r : 每支剪力連接器之水平剪力容許差值, kgf N。

附加連接器之數量 N_c , 應配置於靜重反曲點附近相當於橋面板有效寬度之1/3長度內, 亦即可配置於反曲點之任一側或兩側。現場接頭設置時以避開連接器位置為宜。

(2) 垂直剪力

計算合成梁剪應力之基本原則, 是所有外加剪力皆由鋼梁腹板承受, 而不計鋼梁翼板及混凝土面板之效用。剪力可假定為平均分佈於腹板之全斷面積內。

6. 撓度

9.1.7節中關於由活重及衝擊力所產生撓度之規定, 仍適用於合成梁之設計。

澆注混凝土橋面板時, 如鋼梁中間無施工架或其他有效之臨時支撐, 則在混凝土強度尚未達28天所需強度之75%以前, 由混凝土橋面板重量及其他永久載重所產生之撓度, 應以非合成作用計算之。

9.2.10 合成箱型梁

1. 通則

本節規定適用於兩根或多根單室合成箱梁組成之中等長度簡支或連續跨徑橋梁之設計。就開口箱梁而言，各箱梁之左右兩翼板中心距離必須相等，且相鄰箱梁之翼板中心平均距離不得大於1.2倍亦不得小於0.8倍之各箱梁左右兩翼板中心距離。此外，若箱梁不平行排列時，在支承處之相鄰箱梁左右兩翼板中心距離，不得大於1.35倍亦不得小於0.65倍之各箱梁翼板中心距離。橋面板懸出長度(包括緣石與胸牆)應小於相鄰箱梁翼板中心平均距離之60%，亦不得大於1.85m。

除9.2.10節1.項至9.2.10節8.項特別規定外，本規範其他相關規定亦應遵守。

2. 計算彎矩時載重之橫向分配

每一箱型梁之活重彎矩，應由作用於該大梁上之輪載重(包括前後輪)分擔係數 W_L 決定之。 W_L 依下式計算：

$$W_L = 0.1 + 1.7R + \frac{0.85}{N_w} \quad (9-70)$$

$$\text{式中， } R = \frac{N_w}{\text{箱梁根數}}, 0.5 < R < 1.5 \quad (9-71)$$

$N_w = W_c / 3.66$ ，非整數時減為最接近之整數。

W_c ：緣石間之路寬， m 。若無緣石時則為欄杆間之路寬。

當箱梁係由上式計得之分擔係數 W_L 設計時，不得適用第3.10節載重折減之規定。

3. 腹板設計

(1) 垂直剪力

腹板之設計剪力 V_w 應依下式計算：

$$V_w = V_v / \cos \theta \quad (9-72)$$

式中， V_v ：垂直剪力。

θ ：腹板對垂直線之傾斜角。

(2) 二次彎曲應力

腹板可為垂直(對下翼板成 90°)或傾斜。若腹板對於下翼板之垂直面所成之傾斜不大於1比4，且其下翼板之寬度不大於其跨徑20%時，則跨徑之扭曲所產生橫向彎曲應力、梁斷面之扭曲與下翼板振動所產生之橫向彎曲應力等，

均可不需考慮。由公用設施等附屬載重所產生橫向彎曲應力不得超過 350kgf/cm^2 34.2MPa 。

超過這些限制之結構物，對任何原因所產生之橫向彎曲應力，均必須詳加核算。這些應力不得超過最大應力或應力範圍 $1,400\text{kgf/cm}^2$ 137.9MPa 。

4. 下翼板設計

(1) 受拉翼板

簡支跨徑，若下翼板之寬度不超過其跨徑之 $1/5$ ，於抵抗彎矩時其下翼板應視為全部有效。若下翼板寬度超過跨徑之 $1/5$ ，則有效寬度僅可考慮 $1/5$ 之跨徑。連續跨徑時，上項規定所稱之跨徑應適用於反曲點間之長度。

(2) 無加勁受壓翼板

依基本容許應力 $0.55F_y$ ，設計之無加勁受壓翼板，其寬厚比應等於或小於下式計得之值：

$$\frac{b}{t} = \frac{1628}{\sqrt{F_y}} \quad \frac{509.62}{\sqrt{F_y}} \quad (9-73)$$

式中， b ：腹板間之翼板寬度， cm(m) 。

t ：翼板厚度， cm(m) 。

b/t 值大於上式計得之值但不超過 $\frac{3527}{\sqrt{F_y}}$ $\frac{1103.9}{\sqrt{F_y}}$ 時，無加勁下翼板之應力

不得超過下式計得之值：

$$f_b = 0.55F_y - 0.224F_y \left[1 - \sin\left(\frac{\pi}{2} \times \frac{3527 - \frac{b\sqrt{F_y}}{t}}{1899}\right) \right] \quad (9-74)$$

$$0.55F_y - 0.224F_y \left[1 - \sin\left(\frac{\pi}{2} \times \frac{1104 - \frac{b\sqrt{F_y}}{t}}{594}\right) \right]$$

b/t 值超過 $\frac{3527}{\sqrt{F_y}}$ $\frac{1103.9}{\sqrt{F_y}}$ 時，翼板之應力不得超過下式計得之值：

$$f_b = 4.05\left(\frac{t}{b}\right)^2 \times 10^6 \quad 396,854\left(\frac{t}{b}\right)^2 \quad (9-75)$$

除靜重反曲點附近之低應力區外， b/t 值以不超過 60 為宜。

b/t 值超過 45 時，應加設縱向加勁材。

無加勁受壓翼板也應滿足9.2.10節4.項(1)之規定，有效翼板寬度用以計算翼板彎曲應力，全翼板寬度用以計算翼板容許彎曲應力。

(3) 縱向加勁之受壓翼板

縱向加勁材應以等間距配置於梁翼全寬，且每一加勁材對於平行於翼板之加勁材底部之慣性矩至少應等於：

$$I_s = \phi (t_f)^3 w \quad (9-76)$$

式中， ϕ ：0.07 $K^3 n^4$ ， n 值大於 1 時。

ϕ ：0.125 K^3 ， $n=1$ 時。

t_f ：翼板厚度

w ：縱向加勁材間翼板之寬度，或腹板與最近之縱向加勁材之距離。

n ：縱向加勁材根數。

K ：挫屈係數，不得超過 4。一般可假設 K 值介於 2 至 4。

含加勁材在內之翼板，依基本容許應力 $0.55 F_y$ 設計時，其 w/t 值不得超過下式計得之值：

$$\frac{w}{t} = \frac{814\sqrt{K}}{\sqrt{F_y}} \quad \frac{254.810\sqrt{K}}{\sqrt{F_y}} \quad (9-77)$$

$$w/t \text{ 值大於上式計得之值但不超過 } 60 \text{ 或 } \frac{1763\sqrt{K}}{\sqrt{F_y}} \quad \frac{551.950\sqrt{K}}{\sqrt{F_y}} \text{ 兩者之較小}$$

者，含加勁材在內之翼板應力，不得超過下式計得之值。

$$f_b = 0.55 F_y - 0.224 F_y \left[1 - \sin\left(\frac{\pi}{2} \times \frac{1763\sqrt{K} - \frac{w\sqrt{F_y}}{t}}{949\sqrt{K}}\right) \right] \quad (9-78)$$

$$0.55 F_y - 0.224 F_y \left[1 - \sin\left(\frac{\pi}{2} \times \frac{552\sqrt{K} - \frac{w\sqrt{F_y}}{t}}{594\sqrt{K}}\right) \right]$$

$$w/t \text{ 值大於 } \frac{1763\sqrt{K}}{\sqrt{F_y}} \quad \frac{515.950\sqrt{K}}{\sqrt{F_y}} \text{ 但不超過 } 60 \text{ 時，含加勁材在內之翼板應}$$

力，不得超過下式計得之值：

$$f_b = 1.01 K (t/w)^2 \times 10^6 \quad 9.94 K (t/w)^2 \times 10^4 \quad (9-79)$$

使用縱向加勁材時，在其靜重反曲點附近宜至少設置一處橫向加勁材，橫向加勁材之尺寸應與縱向加勁材相同。

若縱向加勁材之最大 w/t 值係依基本容許設計應力 $0.55 F_y$ 設計，且數量過2時，則應設置橫向加勁材。

縱向加勁受壓翼板也應滿足9.2.10節4.項(1)之規定，有效翼板寬度用以計算翼板彎曲應力，全翼板寬度用以計算翼板容許彎曲應力。

(4) 縱向及橫向加勁之受壓翼板

縱向加勁材應以等間距配置於翼板全寬，且每一加勁材對於平行於翼板之加勁材底部之慣性矩至少應等於：

$$I_s = 8t_f^3 w \quad (9-80)$$

橫向加勁材必須適當選用，以使每一橫向加勁材對於通過其斷面中心而平行下翼板之軸之慣性矩，至少應為：

$$I_t = 0.10(n+1)^3 w^3 \frac{f_s}{E} \frac{A_f}{a} \quad (9-81)$$

式中， A_f ：包括縱向加勁材之下翼板斷面積。

a ：橫向加勁材之間距。

f_s ：橫向加勁材兩側節間翼板之最大縱向彎曲應力。

E ：鋼材之彈性模數。

含加勁材在內之翼板，依基本容許應力 $0.55 F_y$ 設計時，其縱向加勁材之 w/t 值，不得超過下式計得之值：

$$\frac{w}{t} = \frac{814\sqrt{K_1}}{\sqrt{F_y}} \quad \frac{254.810\sqrt{K_1}}{\sqrt{F_y}} \quad (9-82)$$

$$\text{式中， } K_1 = \frac{[1 + (a/b)^2]^2 + 87.3}{(n+1)^2 (a/b)^2 [1 + 0.1(n+1)]} \quad (9-83)$$

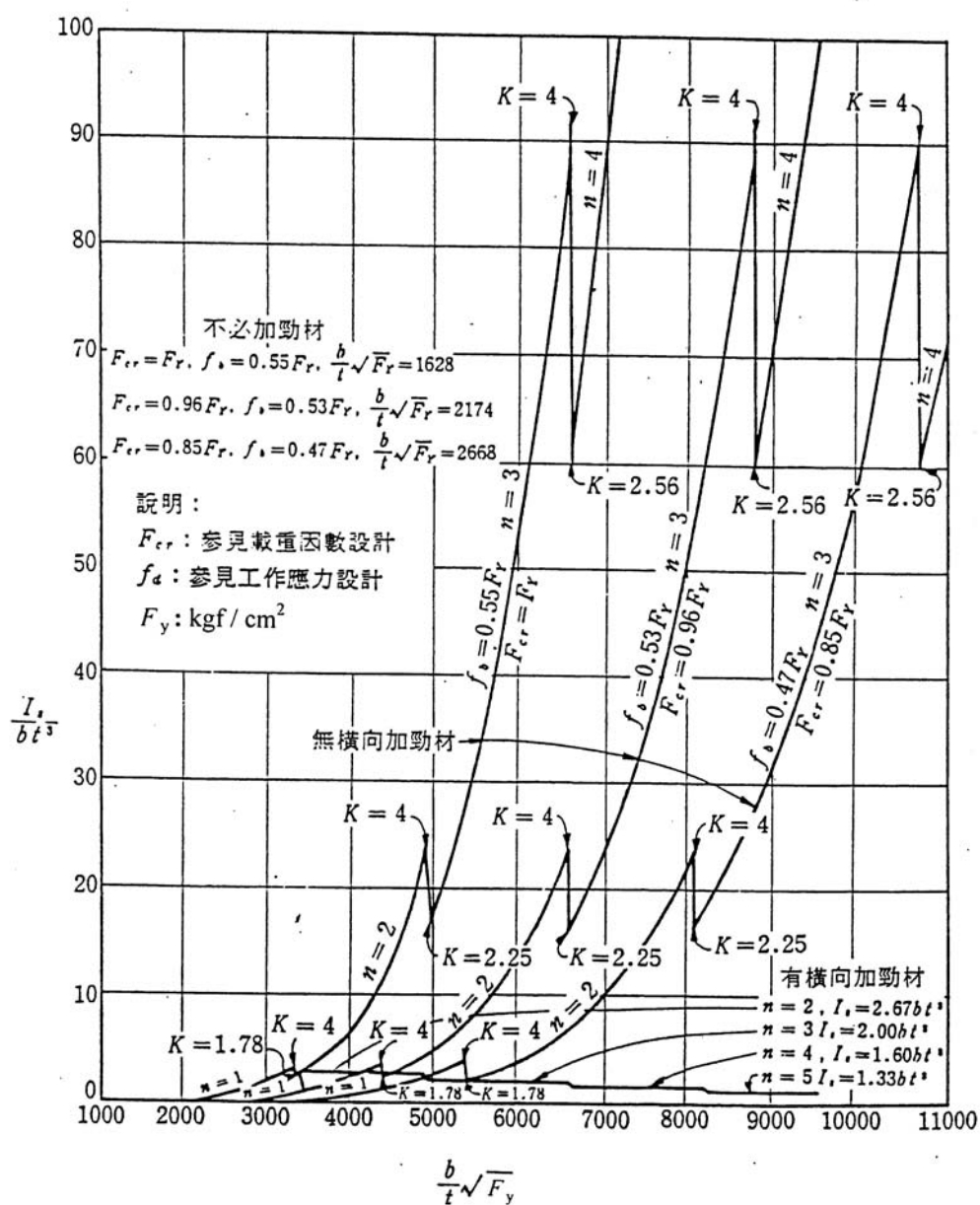


圖 9.4 有縱向加勁材之箱型梁受壓翼板

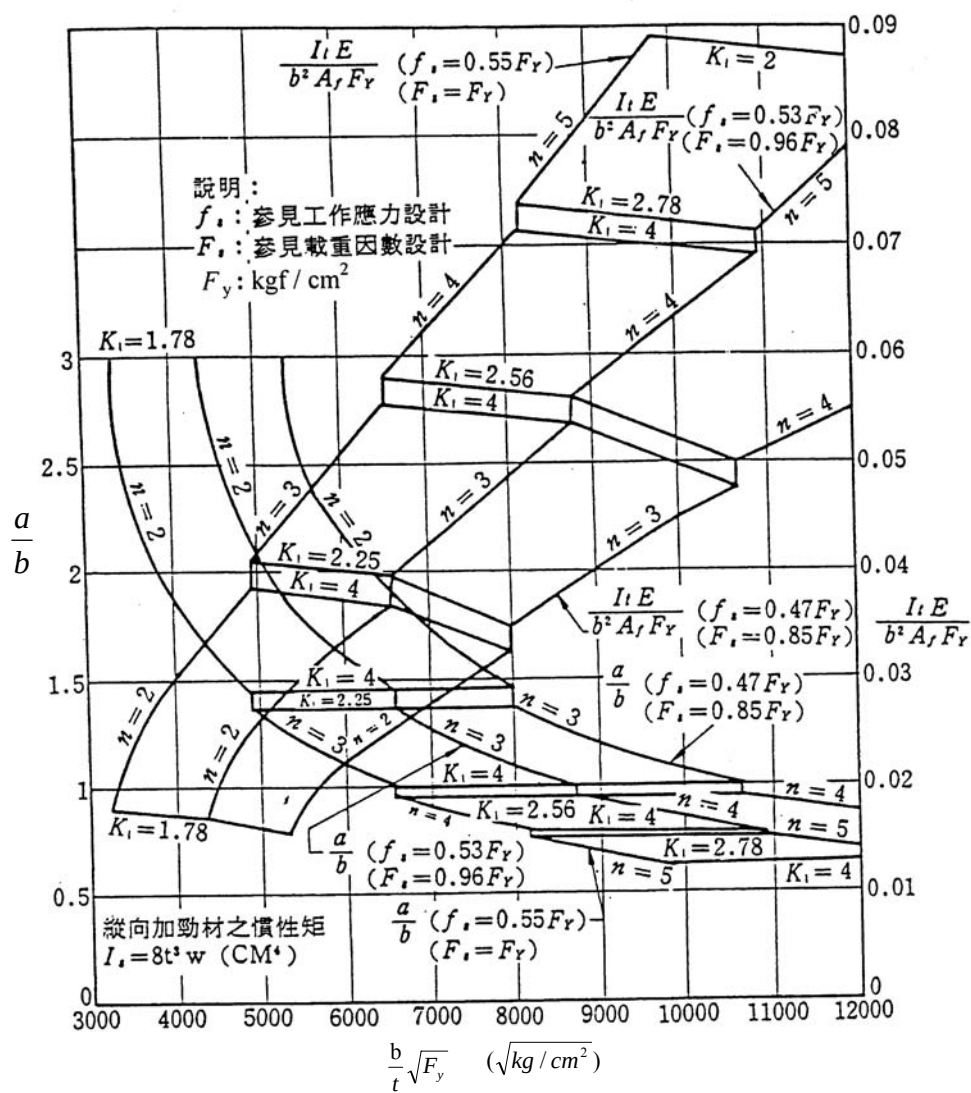


圖 9.5 橫向加勁材之間距及尺寸(用於縱向及橫向加勁之翼板)

w/t 值大於上式計得之值但不超過 60，或 $\frac{1763\sqrt{K_1}}{\sqrt{F_y}}$ $\frac{551.950\sqrt{K_1}}{\sqrt{F_y}}$ 兩者之較小

者，含加勁材在內之翼板應力不得超過下式計得之值：

$$f_b = 0.55F_y - 0.224F_y \left[1 - \sin\left(\frac{\pi}{2} \times \frac{1763\sqrt{K} - \frac{w\sqrt{F_y}}{949\sqrt{K}}t}{t}\right) \right] \quad (9-84)$$

$$0.55F_y - 0.224F_y \left[1 - \sin\left(\frac{\pi}{2} \times \frac{552\sqrt{K} - \frac{w\sqrt{F_y}}{297\sqrt{K}}t}{t}\right) \right]$$

w/t 值大於 $\frac{1763\sqrt{K_1}}{\sqrt{F_y}}$ $\frac{55.950\sqrt{K_1}}{\sqrt{F_y}}$ 但不超過 60 時，含加勁材在內之翼板應

力不得超過下式計得之值。

$$f_b = 1.01K_1\left(\frac{t}{w}\right)^2 \times 10^6 \quad 9.94 \times 10^4 K_1\left(\frac{t}{w}\right)^2 \quad (9-85)$$

挫屈係數 K_1 之最大值應為 4，當 K_1 為最大值時，橫向加勁材之間距 a 應等於或小於 $4w$ 。若 a/b 值超過 3 時，不須設置橫向加勁材。

橫向加勁材不必連接於翼板，但應連接於箱梁之腹板及每一縱向加勁材。與腹板之連接設計應能抵抗下式之垂直力：

$$R_w = \frac{F_y S_s}{2b} \quad (9-86)$$

與每一縱向加勁材之連接設計，應能抵抗下式計得之垂直力：

$$R_s = \frac{F_y S_s}{nb} \quad (9-87)$$

縱向及橫向加勁受壓翼板也應滿足 9.2.10 節 4. 項 (1) 之規定，有效翼板寬度用以計算翼板彎曲應力，全翼板寬度用以計算翼板容許彎曲應力。

(5) 受壓翼板加勁材之一般規定

翼板加勁材之任何突出元件之寬厚比，不得大於下式計得之值：

$$\frac{b'}{t} = \frac{690}{\sqrt{F_y}} \quad \frac{216}{\sqrt{F_y}} \quad (9-88)$$

式中， b' ：加勁材突出元件寬度。

縱向加勁材應延伸至翼板最大應力不超過鄰近或填角銲接合之母材容許應力

處。

5. 翼板與腹板之銲接設計

腹板與翼板之銲接總有效厚度不得小於腹板之厚度。但當每跨具有2個或以上之內部中間隔板時，9.1.22節所規定最小尺寸之填角銲可予以使用。不管所用銲接之型式，被連接之翼板或腹板之兩側必須予以銲接。

6. 隔板

隔板、橫構架或其他方式之組構等應設置於每一支點上之箱梁內部，以抵抗橫向轉動、位移及扭曲。

依照本規範所設計之箱梁鋼橋，不需設置中間隔板或橫構架。

7. 橫向支撐

在各箱梁之間一般不需設置橫向支撐系統。應以 245kgf/m^2 $2,394\text{N/m}^2$ 之水平風力作用於箱梁外側立面，其中一半水平力作用於下翼板面上，而抵抗此一水平載重之斷面應假設包括將下翼板當做腹板及12倍腹板厚當做翼板之斷面。如規定之水平力與鋼梁及橋面板靜重所產生之組合應力超過容許設計應力之150%時，應設置橫向支撐系統。

8. 進出孔及排水孔

為供作模板拆除、檢查、維護及排水等使用，在橋面板或箱梁所設置之人孔或其他開口，應考慮配合氣候狀況、位置及材料。

9.2.11 混合梁

1. 通則

本節規定適用於腹板鋼材之強度比其中一翼板或兩翼板之強度為低之大梁設計，可適用於合成或非合成板梁及合成箱梁。在任何斷面之任一翼板彎曲應力超過腹板鋼材規定最小降伏強度之55%時，則受壓翼板面積不得少於受拉翼板面積。凡任何部份之橋面板、鋼筋與鋼梁合成者，上翼板面積應包括該換算面積。

除9.2.11節1.項至9.2.11節4.項之特別規定外，本規範之其他相關規定亦應遵守。

2. 容許應力

(1) 彎曲

每一翼板之應力若不超過9.1.2或9.1.3節中規定之鋼材容許應力乘以折減

因數 R 之值時，腹板之彎曲應力可超過其鋼材之容許應力。

$$R = 1 - \frac{\beta\Psi (1-\alpha)^2(3-\Psi+\Psi\alpha)}{6+\beta\Psi (3-\Psi)} \quad (9-89)$$

(見圖9.6及9.7)

式中， α =腹板之最小規定降伏強度除以受拉翼板之最小規定降伏強度。

β =腹板斷面積除以受拉翼板斷面積。

Ψ =自受拉翼板之外緣至(合成梁換算斷面之)中性軸之距離除以鋼梁斷面之高度。

合成梁中混凝土橋面板之彎曲應力不得超過混凝土之容許應力乘以 R ；上下翼板彎曲應力皆小於容許應力時，取 $R=1.0$ 。腹板縱向加勁材不宜設置於腹板降伏部分。

(2) 剪力

除9.2.4節4.項中具豎向加勁之非混合梁的腹板平均剪應力改以豎向加勁混合梁之腹板平均剪應力，如下式取代之外，混合梁腹板設計應依照9.2.4節3.項之規定設計之。

$$F_v = cF_y / 3 \leq F_y / 3 \quad (9-90)$$

式中， F_y 為腹板最小降伏強度。公式(9-34a)之 A 值及公式(9-32)並不適用於混合梁。

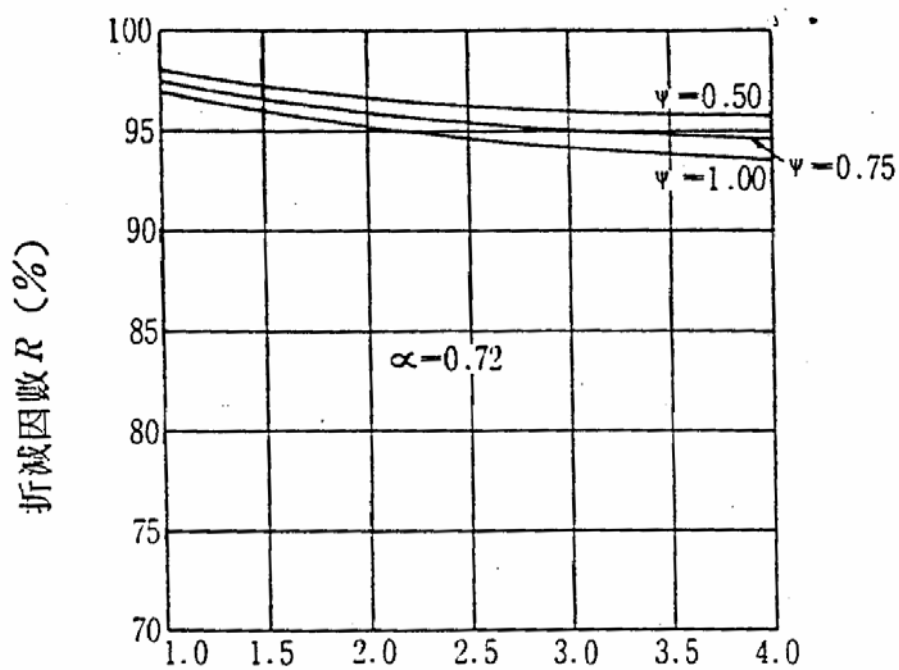
9.2.4節4.項中有關彎曲應力(F_s)之限制以及中間豎向加勁材總橫斷面積計算不適用於混合梁。

(3) 疲勞

混合梁應依9.1.3節表9.3所規定之容許疲勞應力差值設計之。

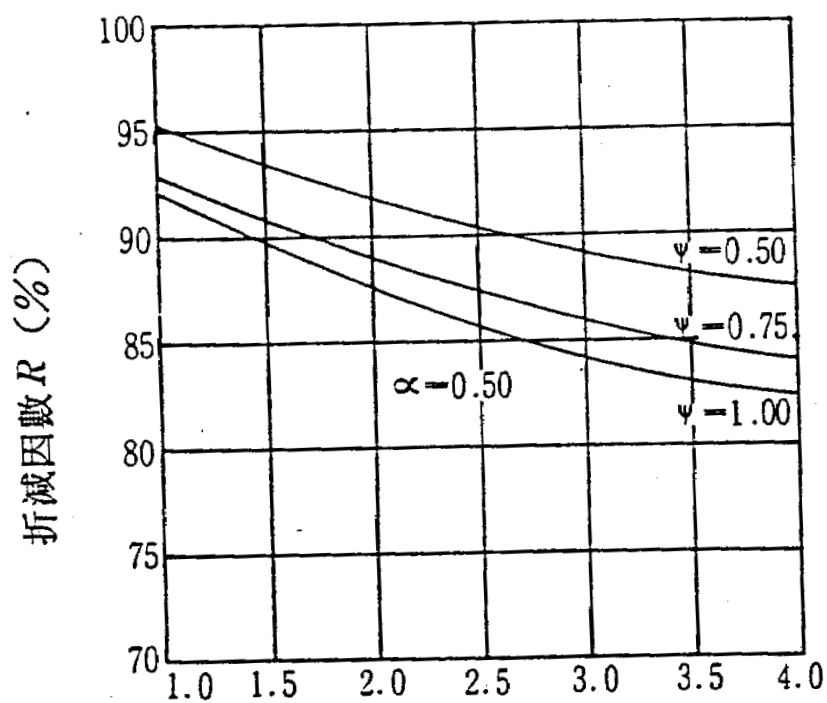
3. 板厚規定

計算翼板之最大寬厚比應依9.2.4節2.項之規定，腹板之最小厚度應依9.2.4節3.項之規定， f_b 值取受壓翼板之計算彎曲應力除以折減因數 R 或受壓翼板之容許彎曲應力之較小值。



腹板面積與受拉翼板面積比 β

圖 9.6 $\alpha = 0.72$ 時之折減因數 R



腹板面積與受拉翼板面積比 β

圖 9.7 $\alpha = 0.5$ 時之折減因數 R

4. 支柱加勁材規定

設計連續混合梁內支點處之支壓加勁材時，其 α 值小於0.7者，應假定腹板不承受支壓。

9.2.12 鋼橋面板之上部結構

1. 通則

本節規定適用於以加勁鋼板做為橋面板之鋼橋設計，通常此種橋面板是使用縱向肋條及橫梁加勁，橋面板之有效寬度可視為肋條及橫梁之上翼板。通常包括縱向肋條之橋面板可視為主箱型梁或板梁之上翼板。9.2.12節1.項至9.2.12節10.項中所稱之肋條及橫梁係含橋面板有效寬度在內之斷面。

除9.2.12節1.項至9.2.12節10.項之特別規定外，本規範之其他相關規定亦應遵守。適當之彈性分析法如等值直交異向板法(Equivalent-orthotropic-slab method)或等值格子梁法(Equivalent-Grid Method)可用於鋼橋面板之設計。等值勁度性質應妥為選擇，俾能正確模擬實際之橋面板。適當之彈性分析法如考慮斷面形狀扭曲變形效應之薄壁梁分析法(Thin-Walled-Beam Method)，可用於鋼橋面板箱梁橋之設計。箱梁設計必須核算車道或車輛載重在各種排列下所產生最大變形(扭曲)之影響。

另一種設計法(載重因數設計)見9.3.23節之規定。

2. 輪重接觸面積

3.5節所規定之輪重，應平均分佈於下列規定之矩形面積橋面板上：

輪重 Ton(KN)	垂直於行車方向之寬度 cm(m)	平行於行車方向之長度 cm(m)
3.65(36)	50.8+2t(.508+2t)	20.3+2t(.203+2t)
5.5(54)	50.8+2t(.508+2t)	20.3+2t(.203+2t)
7.3(72)	61.0+2t(.610+2t)	20.3+2t(.203+2t)

上表中， t 為磨耗層之厚度cm(m)

3. 橋面板之有效寬度

(1) 肋條及橫梁

充當縱向肋條或橫梁之上翼板橋面板之有效寬度可用被認可之近似方法*計算之。

(2) 大梁

若大梁之有效跨徑不小於:(1)大梁腹板間最大距離之5倍及(2)橋面板邊緣至最近大梁腹板之最大距離之10倍時，則充當大梁上翼板之橋面板全寬皆屬有效。另一方面，有效跨徑在簡支跨徑時應取實際跨徑，連續跨徑時應取反曲點間距離。有效寬度可用被認可之分析方法決定之。

箱梁下翼板之有效寬度應依9.2.10節4.項(1)之規定計算。

4. 容許應力

(1) 橋面板之局部彎曲應力

所謂局部彎曲應力係指橋面板因輪載重作用於肋條及橫梁而產生之應力。橋面板由於規定輪載重加30%衝擊力所產生之局部橫向彎曲應力，除非能以更精細之疲勞分析或以適當之疲勞試驗證明有較高容許應力者外，不得超過 2100kg/cm^2 206.842MPa。橫梁間距至少為

縱向肋條腹板間距三倍之橋面板配置方式，其局部縱向及橫向彎曲應力不需與下列(2)與(3)項之彎曲應力組合。

(2) 縱向肋條之彎曲應力

縱向肋條之總彎曲應力，由(1)肋條之彎曲與(2)大梁之彎曲所組合者，可超過9.1.3及9.2.2節所規定容許應力之25%。但此二者之每一單項彎曲應力不得超過9.1.3與9.2.2節所規定之容許彎曲應力。

(3) 橫梁之彎曲應力

橫梁之彎曲應力不得超過9.1.3與9.2.2節規定之容許彎曲應力。

* "Design Manual for "Orthotropic Steel Plate Deck Bridges" AISC, 1963 或 "Orthotropic Bridges, Theory and Design" by M.S. Troitsky, Lincoln Arc Welding Foundation, 1967.

(4) 肋條、橫梁及大梁之接合點

肋條與橫梁腹板之連接、為使肋條能穿過橫梁腹板之開孔、橫梁與大梁腹板之連接及肋條之續接等若位於拉應力區內，將影響橋梁之疲勞壽命。上項細部設計必須依9.1.3節所列最大應力循環次數及容許疲勞應力之規定辦理；並應以合理疲勞分析設計之。縱向肋條腹板與橋面板之接合設計，應使其足以承受因輪載重而產生於腹板之橫向彎曲疲勞應力。

5. 鋼板厚度

(1) 縱向肋條及橋面板

構成縱向肋條之鋼板及肋條腹板間之橋面板應符合9.2.5節14.項所規定之最小厚度。 f_a 值可取由(1)肋條之彎曲及(2)大梁之彎曲所產生壓應力總和之75%，但不得小於此二者之各別彎曲模式所產生之壓應力。

(2) 大梁及橫梁

箱梁、板梁及橫梁之鋼板應符合9.2.4節2.項至9.2.4節6.項及9.2.10節4.項之規定。

6. 縱向肋條之最大細長比

縱向肋條之細長比 L/r ，除以詳細分析證明橋面板不致因大梁彎曲所產生之壓應力而發生整體挫屈者外，不得超過下式計得之值。

$$\left(\frac{L}{r}\right)_{\max} = 1000 \sqrt{\frac{105.2}{F_y} - \frac{189.8F}{F_y^2}} \quad 1000 \sqrt{\frac{10.34}{F_y} - \frac{18.62F}{F_y^2}} \quad (9-91)$$

式中， L ：橫梁間距。

r ：含有效橋面板寬度在內之肋條對通過水平中心軸之迴轉半徑。

F ：橋面板視為大梁之上翼板時，在橋面板所產生之最大壓應力， kgf/cm^2 MPa；此應力應為正數。

F_y ：肋條材料之降伏強度， kgf/cm^2 MPa。

7. 隔梁

隔梁、橫構架或其他方式之組構等應設置於每一支點上，以傳遞側向力於支承並抵抗橫向旋轉、位移及扭曲變形。中間隔梁或橫構架之設置位置應與大梁之分析相符合。

中間及支點上之隔梁或橫構架之勁度及強度應與大梁分析相符合。

8. 勁度需求

(1) 撓度

肋條、橫梁及大梁因活重加衝擊力所產生之撓度，可大於9.1.7節之限制，但以不超過其跨徑之 $1/500$ 為宜。撓度計算應與其應力計算之分析相符合。

為防止磨耗層之過度惡化，鋼橋面板因規定輪載重加30%衝擊力所產生之撓度，以小於肋條腹板間距之 $1/300$ 為宜。橋面板撓度計算時不得考慮磨耗層之勁度效應。

(2) 振動

橋梁之振動特性應予考慮，使能有合理之設計。

9. 磨耗層

磨耗層必須充分固結於橋面板上，以使橋面平順且不滑，並能保護板面以防止銹蝕與磨損。磨耗層之材料應具有：

- (1) 足夠之延性以調和加諸於橋面板之膨脹及收縮，避免產生開裂或剝脫。
- (2) 足夠之疲勞強度以抵抗因橋面鋼板撓度而產生之撓曲裂縫。
- (3) 足夠之耐久性以抵抗車轍、推撞及磨損。
- (4) 對水、機動車燃料及油類等具有不滲透性。
- (5) 抵抗因除冰鹽(Deicing Salts)、油類、汽油、柴油燃料及煤油等所產生之變質。

10. 閉合斷面肋條

閉合斷面肋條可不設檢查、清潔、及油漆用之開孔。此類肋條之(i)肋條腹板與橋面板之接合；(ii)肋條之續接及(iii)隔梁或橫梁腹板與肋條之末端之接合處，必須用連續鉚密閉以防止水份進入。

9.3 強度設計法—載重因數設計

9.3.1 範圍

載重因數設計係依設計載重乘以因數以設計各構材之方法。為確保結構物之供用能力與耐久性，結構物在超載時永久變形之控制、在使用載重時之疲勞特性、及在使用載重時活重撓度之控制，均應考慮。參閱9.2節使用載重設計即容許應力設計法，係另一種設計方法。

9.3.2 載重

使用活重為無需特殊載重許可而能合法通行於公路上之車輛。

在設計上使用載重係為第三章所述之靜重、活重與衝擊載重等。

超載重係指在不產生永久損害下，偶而作用於結構上可被允許之活重。設計時最大超載重為 $5(L + I)/3$ 。

最大載重依9.3.6節之規定辦理。

9.3.3 設計理論

除9.3.7節1.項(3)節另加修正者外，所有彎矩、剪力及其他力量應假定結構物在彈性行為下決定之。

所有構材之設計應依本規範9.3.7至9.3.19節所規定之方法辦理。其最大強度至少應等於依其設計載重乘以3.23節所規定之相關載重因數所產生之總值。

使用行為應依照本規範9.3.20至9.3.22節之規定檢核。

9.3.4 假定

1. 撓曲構材內之應變應假定與自其中性軸之距離成正比。
2. 鋼材之應力低於所用鋼材之降伏強度 F_y 時，應為E值($2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$)乘以該鋼材之應變。若應變大於鋼材降伏強度之應變，其應力則與應變無關，並等於降伏強度 F_y 值。此項假定並應適用於混凝土橋面板負彎矩區內之縱向鋼筋，若該區域內設有剪力連接器以確保其合成效用。
3. 在最大強度時，合成梁混凝土橋面板之壓應力與應變無關，其值等於 $0.85 f'_c$ 。
4. 除非符合9.3.20節2.項及9.3.21節2.項(2)之規定，撓曲計算時混凝土之拉力強度應省略不計。

9.3.5 結構鋼材之設計應力

結構鋼材之設計應力，應依9.1.2節所規定之各種所用鋼材之標稱降伏點或降伏強度 F_y 值設計。

9.3.6 最大設計載重

承受應力之構材所能承受之最大彎矩、剪力或軸力，應依3.23節之公式計得。結構物

之每一部份應依合適之分類載重與分類載重組合所需之最大設計載重設計。

9.3.7 撓曲構材

除9.3.8至9.3.24節有適用之規定可取代外，撓曲構材應符合本節下列需求。組合I型梁受壓翼板寬度 b 宜不小於0.2倍腹板深度，但不得小於0.15倍腹板深度。如受壓翼板面積小於受拉翼板面積，則最小翼板寬度可取為兩倍受壓腹板深度而不用腹板高度。受壓翼板厚度 t 宜不小於1.5倍腹板厚度；受拉翼板之寬厚比 b/t 不得超過24。

1. 結實斷面

有適當側向支撐、固定梁深、無腹板縱向加勁材、受拉翼板無開孔且具高度抗局部挫屈強度之撓曲構材斷面者，可視為結實斷面。

滾軋或組合撓曲構材斷面，若符合下列(1)節之規定者，應視為結實斷面，其最大強度為：

$$M_u = F_y \cdot Z \quad (9-92)$$

式中， F_y ：所用鋼材之規定降伏點

Z ：斷面塑性模數*

(1) 結實斷面應符合下列需求：（某些常用鋼材之需求見表9.15）

a. 受壓翼板

$$\frac{b}{t} \leq \frac{1089}{\sqrt{F_y}} \quad \frac{341.2}{\sqrt{F_y}} \quad (9-93)$$

式中， b ：翼板之寬度

t ：翼板厚度

b. 腹板厚度

$$\frac{D}{t_w} \leq \frac{5098.6}{\sqrt{F_y}} \quad \frac{1596.2}{\sqrt{F_y}} \quad (9-94)$$

式中， D ：翼板間之淨距離

t_w ：腹板厚度。

* 滾軋斷面之 Z 值表列於「Manual of Steel Construction, Ninth Edition, 1989, AISC」；AASHTO Standard Specification for Highway Bridge, 2002 之附錄 D 提供有 Z 值計算方法。

當 $\frac{b}{t}$ 及 $\frac{D}{t_w}$ 兩者均超過上述上限值之75%時，應符合下式：

$$\frac{D}{t_w} + 4.68\left(\frac{b}{t}\right) \leq \frac{8917.9}{\sqrt{F_{yf}}} \quad \frac{2793.2}{\sqrt{F_{yf}}} \quad (9-95)$$

式中， F_{yf} ：受壓翼板降伏強度。

c. 受壓翼板側向支撐之間距

$$\frac{L_b}{r_y} \leq \frac{[2.53 - 1.55(M_\ell/M_u)] \times 10^5}{F_y} \quad (9-96)$$

$$\frac{[2.48 - 1.52(M_\ell/M_u)] \times 10^4}{F_y}$$

式中，

L_b ：受壓翼板之側向支撐點間之距離

r_y ：對 Y-Y 軸之迴轉半徑

M_ℓ ：無支撐範圍端之較小彎矩

$M_u = F_y Z$ ，無支撐範圍另端之極限彎矩。

當彎矩在兩支撐點間僅產生單一曲率時 M_ℓ/M_u 為正，產生反向曲率時 M_ℓ/M_u 為負。

所需側向支撐應能防止主構材之側向位移及扭轉，或將受壓翼板之頂部及側部埋設於混凝土內。

d. 最大軸向壓力

$$P \leq 0.15F_y A \quad (9-97)$$

構材之軸向載重超過 $0.15F_y A$ 時，應依9.3.17節2.項之規定以梁－柱理論設計。

- (2) 上項9.3.7節1.項之規定適用於能實際達到 M_p 之鋼材。如AASHTO M270 Grades 36, 50及50W(ASTM A709 Grades 36, 50及50W)及AASHTO M270 Grade HPS70W (ASTM A709 Grade HPS70W)之鋼材，均符合該項需求。上述第(1)節之限制詳表9.15：

表 9.15 結實斷面之限制

F_y kgf/cm ² MPa	2520 248.21	3500 344.74	4900 482.64
b/t	21.7	18.4	15.5
D/t_w	101	86	72
$L_b/r_y (M_\ell/M_u = 0^*)$	100	72	51
$L_b/r_y (M_\ell/M_u = 1^*)$	39	28	20

* : M_ℓ/M_u 非 0 與 1 時，由公式(9-96)計算。

- (3) 依第9.3.7節1.項(1)之規定設計AASHTO M270 Grades 36, 50及50W(ASTM A709 Grades 36, 50及50W)鋼材負彎矩支承處為結實斷面之連續梁，以彈性分析所決定支承點上之負彎矩在超載重及最大載重時最大可減少10%，但跨內之彎矩應增加等值反向靜態下兩相鄰支承點所減少之負彎矩。例如，跨徑中央之彎矩應增加兩相鄰支承點上所減少彎矩之平均值。此項折減不適用於懸臂載重所產生之負彎矩。

前述10%之彎矩重分布不適用於及AASHTO M270 Grade HPS70W 或 Grade 70W (ASTM A709 Grade HPS70W or Grade 70W)鋼材之結實斷面。

2. 有側向支撐之非結實斷面

不符合9.3.7節1.項(1)之需求但合於下列(1)節規定之滾軋或組合撓曲構材，其最大強度應計算如下取小值：

$$M_u = F_y S_{xt} \quad (9-98)$$

$$\text{或 } M_u = F_y S_{xc} R_b \quad (9-99)$$

配合9.3.7節2.項(3)規定，式中

$$F_{cr} = \left(1167 \frac{t}{b} \right)^2 \leq F_y$$

b =受壓翼板寬度

t =受壓翼板厚度

S_{xt} =受拉翼板之斷面模數

S_{xc} =受壓翼板之斷面模數

R_b =依據 9.3.7 節 4.項計算之翼板應力折減係數，使用公式(9-103b)時以 f_b 代替

$$M_r / S_{xc}$$

f_b = 受壓翼板之因數化彎曲應力，不大於 F_y

(1) 上項公式適用於符合下列需求之斷面：

a. 受壓翼板

$$\frac{b}{t} \leq 24 \quad (9-100)$$

b. 腹板厚度

腹板厚度須符合公式(9-104)或公式(9-109)，並符合9.3.8節2.項或9.3.8節3.項相關需求。無加勁之腹板，其腹板厚度不得小於 $D/150$ 。

c. 受壓翼板側向支撐之間距

$$L_b \leq \frac{1406000 A_f}{F_y d} \quad \frac{1379 \times 10^8 A_f}{F_y d} \quad (9-101)$$

式中， d ：小梁或大梁之梁深。

A_f ：翼板面積。

如不滿足公式(9-101)條件，則以公式(9-99)計算所得之 M_u 不得大於9.3.7節4.項(1)規定。

d. 最大軸向壓力

$$P \leq 0.15 F_y A \quad (9-102)$$

構材之軸向載重超過 $0.15 F_y A$ 時，應依9.3.17節2.項之規定以梁一柱理論設計。

(2) 上述第(1)節之限制，詳表9.16：

表 9.16 有側向支撐非結實斷面之限制

F_y kgf/cm ² MPa	2520 248.2	3500 344.7	4900 482.6	6300 620.5	7000 689.5
b/t^*	23.2	19.7	16.6	14.7	13.9
$L_b d / A_f$	556	400	286	222	200
D/t_w	參見 9.3.7 節 5.項(1)，9.3.7 節 6.項(1)，9.3.8 節 2.或 3 項適用條件，無加勁之腹板，其值不得大於 150				

*此項限制用於 $F_{cr}=F_y$ ，另參見 9.3.7 節 2.項及 9.3.7 節 2.項(1)(a)

3. 漸變(Transitions)

除構材腹板厚度應符合9.3.7節1.項(1)(b)之規定者外，構材之幾何性質介於9.3.7節1.項與9.3.7節2.項限制間者，其最大強度可採用直線內插法計算。

4. 部分側向支撐構材

構材不符合9.3.7節2.項(1)(c)側向支撐需求者，應於間距 L_b 位置設有不連續側向支撐點，以使所考慮斷面強度滿足9.3.7節4.項(1)節需求，側向支撐應設置以束制受壓翼板之側向變位及防止整個斷面扭轉。

- (1) 如構材不滿足9.3.7節2.項(1)(c)側向支撐需求，且壓力側翼板與構材斷面對腹板垂直軸之慣性矩比 I_{yc} / I_y ，在 $0.1 \leq I_{yc} / I_y \leq 0.9$ 之範圍，其最大強度應按下列計算：

$$M_u = M_r R_b \quad (9-103a)$$

式中，

$R_b = 1$ ，適用於縱向加勁梁若其細長比滿足下式需求：

$$\frac{D}{t_w} \leq 1447.7 \sqrt{\frac{k}{f_b}} \quad \frac{D}{t_w} \leq 453 \sqrt{\frac{k}{f_b}}$$

式中，

$$\frac{d_s}{D_c} \geq 0.4 \quad k = 5.17 \left(\frac{D}{d_s} \right)^2 \geq 9 \left(\frac{D}{D_c} \right)^2$$

$$\frac{d_s}{D_c} < 0.4 \quad k = 11.64 \left(\frac{D}{D_c - d_s} \right)^2$$

d_s = 縱向加勁板中心或加勁角鋼之行距線(gage line)至受壓翼板內側面或腳間之距離。

f_b = 受壓翼板之因數化彎曲應力

當腹板兩邊皆受壓時，取 $k=7.2$ 。否則，不論有無縱向加勁材之大梁， R_b 計算如下：

$$R_b = 1 - 0.002 \left(\frac{D_c t_w}{A_{fc}} \right) \left[\frac{D_c}{t_w} - \frac{\lambda}{\sqrt{\frac{M_r}{S_{xc}}}} \right] \leq 1.0 \quad (9-103b)$$

式中，

D_c ：腹板受壓深度(cm)，對於合成梁 D_c 依據 9.3.9 節 2.項規定計算。

t_w : 腹板厚度(cm)。

A_{fc} : 受壓翼板面積(cm^2)。

M_r : 側向扭轉挫屈彎矩或降伏彎矩，見下述定義(kgf-cm)。

S_{xc} : 受壓翼板之斷面模數(cm^3)。活重時使用合成斷面之斷面模數。

$\lambda = 4080$ ，適用於所有 D_c 小於或等於 $D/2$ 之斷面。

$= 3310$ ，適用於所有 D_c 大於 $D/2$ 之斷面。

構材之彎矩容量 M_r 不得超過降伏彎矩 M_y 。除此外， M_r 亦不能超過下

列之側向扭轉挫屈彎矩：

符合 $\frac{D_c}{t_w} \leq \frac{\lambda}{\sqrt{F_y}}$ 或腹板有縱向加勁之斷面：

$$M_r = 6.40 \times 10^6 C_b \left(\frac{I_{yc}}{L_b} \right) \sqrt{0.772 \frac{J}{I_{yc}} + 9.87 \left(\frac{d}{L_b} \right)^2} \leq M_y \quad (9-103c)$$

符合 $\frac{\lambda}{\sqrt{F_y}} < \frac{D_c}{t_w}$ 之斷面：

當 $L_b \leq L_p$ 時，

$$M_r = M_y \quad (9-103d)$$

當 $L_r \geq L_b > L_p$ 時，

$$M_r = C_b F_y S_{xc} \left(1 - 0.5 \left(\frac{L_b - L_p}{L_r - L_p} \right) \right) \leq M_y \quad (9-103e)$$

$$L_r = \left(\frac{402 \times 10^5 I_{yc} d}{F_y S_{xc}} \right)^{1/2} \quad (9-103f)$$

當 $L_b \geq L_r$ 時，

$$M_r = C_b \frac{F_y S_{xc}}{2} \left(\frac{L_r}{L_b} \right)^2 \leq M_y \quad (9-103g)$$

其中 L_b : 受壓翼板無側向支撐長度。

$$L_p = 2519 r' / \sqrt{F_y}, \text{ cm}。$$

r' : 受壓翼板對腹板面垂直軸之迴轉半徑(cm)。

I_{yc} : 受壓翼板對腹板面垂直軸之慣性矩(cm^4)。

d : 梁深，cm。

$$J = \frac{((bt^3)_c + (bt^3)_t + Dt_w^3)}{3}, \text{ 式中 } b \text{ 與 } t \text{ 分別為受壓與受拉翼板之寬度及厚度, (cm}^4\text{)}。$$

$C_b = 1.75 + 1.05(M_1/M_2) + 0.3(M_1/M_2)^2 \leq 2.3$ ， M_1 及 M_2 分別為無側向支撐部份端點較小及較大彎矩，當產生反向曲率時 M_1/M_2 取正值，產生單一曲率時 M_1/M_2 取負值。

$C_b = 1.0$ ，當構材為無側向支撐懸臂梁或構材在側向支撐間有彎矩大於或等於二端點之較大者。*

受壓翼板須滿足9.3.7節2.項(1)(a)之需求，腹板厚度應符合公式(9-104)或公式(9-109)，並符合9.3.8節2.項或9.3.8節3.項相關需求。無加勁之腹板，其腹板厚度不得小於 $D/150$ 。

(2) 構材之軸向載重大於 $0.15 F_y A$ 時，應依9.3.17節2.項之規定以梁—柱理論設計。

5. 豎向加勁大梁

(1) 大梁之剪力不符合9.3.7節8.項(1)之需求時，則大梁之腹板需加設豎向加勁板。

設有豎向加勁板但無縱向加勁板之大梁，其腹板厚度應符合下列公式之需求：

$$\frac{D}{t_w} \leq \frac{9678}{\sqrt{F_y}} \quad \frac{3029.5}{\sqrt{F_y}} \quad (9-104)$$

配合9.3.8節2.項腹板厚度需求，各種鋼材之 D/t_w 限制如下：

D/t_w	F_y (kgf/cm ²)	MPa
192	2520	248.2
163	3500	344.7
138	4900	482.6
122	6300	620.5
115	7000	689.5

如腹板細長比 D/t_w 超過上限時，則須修改斷面以符合要求或須提供縱向加勁材。

(2) 豎向加勁大梁若符合第9.3.7節5.項(1)之需求時，其最大彎曲強度應依9.3.7節1.項、9.3.7節2.項、9.3.7節4.項(1)、9.3.9節至9.3.12節或9.3.14節之規定計算，並符合9.3.7節8.項(2)之需求。

* 使用較大 C_b 時，另參見"Structural Stability Research Council Guide to Stability Design Crittria for Metal Structures, 4th Ed., pg. 135.

(3) 豎向加勁大梁之剪力強度應依9.3.7節8.項之規定計得，其加勁材之寬厚比應為：

$$\frac{b'}{t} \leq 16 \quad (9-105)$$

式中， b' ：加勁材之突出寬度。

中間豎向加勁材之總斷面積應不小於：

$$A = [0.15B \frac{D}{t_w} (1 - C) \left(\frac{V}{V_u} \right) - 18] \frac{F_{y_{web}}}{F_{cr}} t_w^2 \quad (9-106a)$$

$$\text{式中 } F_{cr} = \frac{634458}{\left(\frac{b'}{t} \right)^2} \leq F_{y_{stiffener}} \quad (9-106b)$$

$F_{y_{stiffener}}$ ：加勁材降伏強度，(kgf/cm²)。

$B=1.0$ 適用於成對之加勁材。

=1.8 適用於單側之加勁角鋼。

=2.4 適用於單側之加勁板。

C 由9.3.7節8.項(1)公式計得。當公式(9-106a)計得之 A 值近乎零或負值時，加勁材僅須符合公式(9-105)寬厚比、及公式(9-107)慣性矩及第9.2.4節4.項規定之需求。

豎向加勁材對腹板之慣性矩不得小於下式：

$$I = d_o t_w^3 J \quad (9-107)$$

$$\text{式中，} J = 2.5(D/d_o)^2 - 2, \text{ 但不小於 } 0.5 \quad (9-108)$$

d_o ：豎向加勁材之間距。

若加勁材成對，則慣性矩以腹板中心線計得，若單側則以加勁材與腹板接合面計得。

豎向加勁材不需承壓於受拉翼板上。加勁材銲縫末端至腹板與翼板間填角銲縫之近邊距離不得小於 $4t_w$ ，亦不得大於 $6t_w$ 。為使僅設於腹板一邊之加勁材有效起見，加勁材應能承壓，但不需連結固定於受壓翼板上。若豎向加勁材用作隔板或橫構架與小梁或大梁之連接，則應與上、下翼板剛性連接。

6. 縱向加勁大梁

- (1) 對稱大梁之腹板厚小於9.3.7節5.項(1)之規定時，應設置縱向加勁材，並應設置於距受壓翼板內面 $D/5$ 處。

設置豎向加勁材及一根縱向加勁材之板梁，其腹板厚度應符合下式之需求：

$$\frac{D}{t_w} \leq \frac{19356}{\sqrt{F_y}} \quad \frac{6059}{\sqrt{F_y}} \quad (9-109)$$

各種鋼材之 D/t_w 限制如下：

D/t_w	F_y (kgf/cm ²)	MPa
385	2520	248.2
326	3500	344.7
276	4900	482.6
243	6300	620.5
231	7000	689.5

單對稱大梁須符合9.3.8節3.項規定

- (2) 縱向加勁大梁若符合9.3.7節6.項(1)之規定時，其最大彎矩強度應依9.3.7節2.項、9.3.7節4.項(1)、9.3.10節2.項至9.3.11節2.項、9.3.12節或9.3.14節之規定計算，計算，並符合9.3.7節8.項(2)之需求。
- (3) 設置有一根縱向加勁材之大梁，其剪力強度應依9.3.7節8.項之規定計算。

縱向加勁材尺寸應為：

- a. 縱向加勁材之厚度不小於9.2.4節5.項之規定，且縱向加勁材之因數化彎曲應力不大於縱向加勁材之降伏強度
- b. 加勁材之剛度不得小於：

$$I \geq Dt_w^3 \left[2.4 \left(\frac{d_0}{D} \right)^2 - 0.13 \right] \quad (9-110)$$

式中，

I =縱向加勁材對與腹板接合面計得之慣性矩。

- c. 加勁材之迴轉半徑不得小於： $r \geq \frac{d_0 \sqrt{F_y}}{6099} \quad \frac{d_0 \sqrt{F_y}}{1909} \quad (9-111)$

計算上述 I 及 r 值時，應考慮以不超出 $18t_w$ 寬之腹板為縱向加勁材之一部份。具有縱向加勁材之大梁格間，其豎向加勁材之設計，除用次格間

之深度代替其全格間深度 D 外，應依9.3.7節5.項(5)之規定設計。又豎向加勁材之斷面模數，應不小於：

$$S_s = \frac{1}{3}(D/d_0)S_t \quad (9-112)$$

式中， D ：全格間之深度(翼板部材間之淨距)。

S_t ：配置於 $D/5$ 處之縱向加勁材斷面模數。

7. 支承加勁材

梁之支承加勁材其設計應依9.2.3與9.2.4節之規定設計。

8. 剪力

(1) 滾軋型或組合撓曲構材腹板之剪力強度應計算如下：

腹板無加勁者，其剪力強度受限於塑性或挫屈剪力，按下式計算：

$$V_u = CV_p \quad (9-113)$$

腹板加勁且符合9.3.8節8.項(3)條件者，其剪力強度由張力場作用下挫屈後之抵抗力決定，按下式計算

$$V_u = V_p \left[C + \frac{0.87(1-C)}{\sqrt{1 + \left(\frac{d_0}{D}\right)^2}} \right] \quad (9-114)$$

V_p 等於塑性剪力，其值由下式計算

$$V_p = 0.58F_y D t_w \quad (9-115)$$

係數 C 等於挫屈剪應力除以降伏剪應力，由下列計算

$$\text{當 } \frac{D}{t_w} < \frac{1590\sqrt{K}}{\sqrt{F_y}} \text{ 時，}$$

$$C=1.0$$

$$\text{當 } \frac{1590\sqrt{K}}{\sqrt{F_y}} \leq \frac{D}{t_w} \leq \frac{1990\sqrt{K}}{\sqrt{F_y}} \text{ 時，}$$

$$C = \frac{1590\sqrt{K}}{\left(\frac{D}{t_w}\right)\sqrt{F_y}} \quad (9-116)$$

$$\text{當 } \frac{D}{t_w} > \frac{1990\sqrt{K}}{\sqrt{F_y}} \text{ 時，}$$

$$C = \frac{3.165 \times 10^6}{\left(\frac{D}{t_w}\right)^2 F_y} \quad (9-117)$$

式中除對無加勁梁取 K 為5外，挫屈係數 $K=5/(d_o/D)^2$ 。

D ：翼板間無支撐之淨距。

d_o ：豎向加勁材間距。

F_y ：腹板降伏應力，(kgf/cm²)。

- (2) 如大梁格間由公式(9-114)控制且同時受剪力及大於 $0.75M_u$ 之彎矩作用，其剪力不得超過：

$$\frac{V}{V_u} = 2.2 - 1.6 \frac{M}{M_u} \quad (9-118)$$

如合成非結實斷面大梁格間由公式(9-114)控制且同時受剪力及彎矩所致因數化彎曲應力 f_s 大於 $0.75F_u$ 之作用，其剪力則不得超過：

$$\frac{V}{V_u} = 2.2 - 1.6 \frac{f_s}{F_u} \quad (9-118a)$$

式中，

f_s =上翼板或下翼板之因數化彎曲應力，取其 $\frac{f_s}{F_u}$ 大者。

F_u =上翼板或下翼板之最大彎曲強度，取其 $\frac{f_s}{F_u}$ 大者。

- (3) 須設置豎向中間加勁材處，中間加勁材間距須依照9.3.7節8.項所述最大所能承受剪力規定之 d_o 設置，但不得大於 $3D$ 。中間加勁材符合下列吊裝需求下，若梁所受最大剪力小於9.3.7節8.項(1)公式(9-113)之剪力值，該部份梁豎向中間加勁材可省略。

若 D/t_w 值大於150，須設置豎向中間加勁材。對無縱向加勁之梁，豎向中間加勁材間距不得超過 $D(260/(D/t_w))^2$ ，以確保梁之組立施工製造；對有縱向加勁之梁，豎向加勁材須依9.3.7節8.項(1)規定之間距設置，但不得超過分割後最大次格間梁深之1.5倍。腹板之全深 D 應用在9.3.7節8.項(1)及下式中，以決定縱向加勁梁之最大剪力強度。

對縱向或豎向加勁梁之簡支端，其第一中間加勁材之設置應使其端點之剪力不超過塑性或挫屈剪力，其值由下式計算

$$V = CV_p \quad (9-119)$$

對豎向加勁梁，其第一中間加勁材之間距不得超過 $1.5D$ 。對縱向加勁梁，其第一中間加勁材之間距不得超過分割後最大次格間梁深之 1.5 倍。

9.3.8 單對稱梁

1. 通則

斷面與其垂直軸成對稱，但與水平中心軸不對稱時，9.3.7節1.項至9.3.7節4.項之規定應可適用。

2. 豎向加勁之單對稱斷面

設有豎向加勁材之大梁，應依9.3.7節5.項之規定設計，但當受壓翼板與其中性軸之淨距 D_c 超過 $D/2$ 時，則腹板之厚度 t_w 應符合下式規定：

$$\frac{D_c}{t_w} \leq \frac{4839}{\sqrt{F_y}} \quad \frac{1514.75}{\sqrt{F_y}} \quad (9-120)$$

如腹板細長比 D_c/t_w 超過上限，則斷面應修改至符合限制或設置一縱向加勁材。

3. 縱向加勁之單對稱斷面

單對稱斷面之腹板厚度小於9.3.7節5.項(1)或9.3.8節2.項之規定時，應設置縱向加勁材。

設置有一根縱向加勁材及豎向加勁材之大梁，應適用9.3.7節6.項對稱斷面之規定以及下列條件：

- (1) 對稱大梁其縱向加勁板或加勁角鋼之行距線(gage line)至受壓翼板內側面或腳間之最佳距離 d_s 為 $D/5$ 。單對稱合成梁正彎矩區之最佳距離 d_s 可以下式計算：

$$\frac{d_s}{D_{cs}} = \frac{1}{1 + 1.5 \sqrt{\frac{f_{DL+LL}}{f_{DL}}}} \quad (9-121)$$

D_{cs} ：非合成鋼梁或大梁腹板受壓深度。

f_{DL} ：受壓翼板非合成靜重應力。

f_{DL+LL} ：在腹板斷面應力最大處受壓翼板之全部合成及非合成靜重加合成活重應力。

合成斷面負彎矩區加勁板之距離 d_s 取 $2D_c/5$ 為最佳， D_c 為在腹板斷面應力

最大處合成斷面腹板受壓深度。

(2) 當 D_c 超過 $D/2$ 時，腹板之厚度 t_w 應符合下式需求：

$$\frac{D_c}{t_w} \leq \frac{9678}{\sqrt{F_y}} \quad \frac{3029.5}{\sqrt{F_y}} \quad (9-122)$$

4. 有側向支撐單對稱非結實斷面

有側向支撐單對稱軋型或組合撓曲構材之非結實斷面應依第9.3.7節2.項(1)之規定設計與計算。

5. 部分支撐單對稱斷面

不包括公式(9-101)側向支撐條件規定，單對稱斷面符合9.3.7節2.項(1)之需求者其最大強度以公式(9-98)或公式(9-99)計算所得 M_u 取小值，惟以公式(9-99)計算所得之 M_u 不得大於依9.3.7節4.項(1)規定計算得之 M_u 。

9.3.9 合成梁

合成梁之設計應符合下列規定：

1. 任何斷面之最大強度，不得小於該斷面所受彎矩乘以適當載重因數之和。
2. 鋼材斷面之腹板應能承受所有外剪力，並需符合9.3.7及9.3.8節之有關規定。 D_c 值應視為對合成斷面之中性軸與受壓翼板間之淨距，在正彎矩區， D_c 應依個別斷面承受各載重所產生應力加總計算，合成斷面受負彎矩作用時受壓腹板深度 D_c 可取為不累計各階段載重所產生應力之合成斷面受壓腹板深度。符合9.3.10節1.項(2)，腹板在最大設計載重下之結實性及韌性需求，受壓腹板深度 D_{cp} 應以不考慮載重順序之完全塑性斷面計算。腹板細長比超出9.3.7節5.項(1)節或9.3.8節2.項限制之大梁斷面應修改至符合限制或或設置一縱向加勁材。
3. 起始降伏彎矩強度應考慮靜重及活重作用於鋼梁及合成斷面加以計算。
4. 鋼梁應滿足9.3.24節施工性之需求。

9.3.10 正彎矩斷面

1. 結實斷面

結實合成梁正彎矩區之最大強度 M_u 應依9.3.10節1.項(2)規定計得。鋼材之應力—應變圖中應變硬化前應顯示降伏平台區(Yield-Plateau)，如AASHTO M270 Grade

36, 50及50W (ASTM A709 Grade 36,50及50W)之鋼材均應符合此項需求。

(1) 完全塑性應力分佈所產生之總彎矩可如下計算之：

a. 橋面板之壓力 C ，為下列公式中所得之最小值：

$$C = 0.85 f'_c b t_s + (AF_y)_c \quad (9-123)$$

式中， b 為橋面板之有效寬度(依第 9.2.9 節 3.項規定)， t_s 為橋面板之厚度。

$(AF_y)_c$ 為橋面板壓力區內之鋼筋降伏點與其面積之乘積。

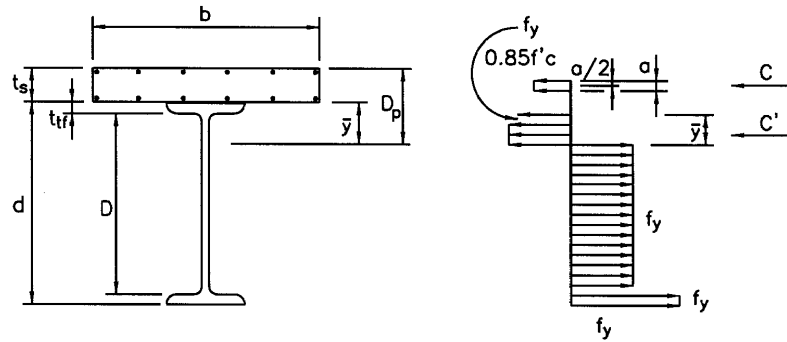


圖 9.8 塑性應力分佈

$$C = (AF_y)_{bf} + (AF_y)_{tf} + (AF_y)_w \quad (9-124)$$

式中， $(AF_y)_{bf}$ 為鋼材斷面之下翼板斷面積(包括蓋板)與其降伏點之乘積。

$(AF_y)_{tf}$ 為鋼材斷面之上翼板斷面積與其降伏點之乘積。

$(AF_y)_w$ 為鋼材斷面之腹板斷面積與其降伏點之乘積。

b. 應力分佈塊之深度，應由橋面板內之壓力計算：

$$a = \frac{C - (AF_y)_c}{0.85 f'_c b} \quad (9-125)$$

c. 橋面板內之壓力小於上節公式(9-124)之值時，鋼材斷面頂部承受之壓力如下：

$$C' = \frac{\Sigma(AF_y) - C}{2} \quad (9-126)$$

d. 鋼材斷面內之中性軸位置，自鋼材頂部之距離可以下式決定：

當 $C' < (AF_y)_{tf}$

$$\bar{y} = \frac{C'}{(AF_y)_{tf}} t_{tf} \quad (9-127)$$

$$\text{當 } C' \geq (AF_y)_{tf}$$

$$\bar{y} = t_{tf} + \frac{C' - (AF_y)_{tf}}{(AF_y)_w} D \quad (9-128)$$

e. 斷面承受彎曲時，其最大強度為所有力對中性軸所產生之一次彎矩，設所有力及力臂均為正值。

(2) 固定深度之合成斷面於正彎矩區無腹板縱向加勁材且受拉翼板無開孔，當鋼材斷面之腹板符合下式需求時，可視為結實斷面：

$$\frac{2D_{cp}}{t_w} \leq \frac{5098}{\sqrt{F_y}} \quad (9-129)$$

式中， D_{cp} 為依第9.3.10節1.項(1)計得塑性彎矩時之腹板壓力區深度， t_w 為腹板厚度。如塑性彎矩時中性軸位於腹板之上，則上式符合；否則 D_{cp} 為依公式(9-128)計得之 $\bar{y}$ 值再減去 t_{tf} ，此外橋面板頂至塑性彎矩中性軸之距離 D_p 應符合

$$\frac{D_p}{D'} \leq 5 \quad (9-129a)$$

其中， $D' = \beta \frac{(d + t_s + t_h)}{7.5}$

$\beta = 0.9$ ， $F_y = 2520 \text{ kgf/cm}^2$ 時。

$= 0.7$ ， $F_y = 3500 \text{ kgf/cm}^2$ 時。

d ：梁深。

t_s ：橋面板厚度。

t_h ：上翼板上方之混凝土托肩厚度。

當最大翼板應力不超過規定之最小翼板降伏應力時，則不須檢核 D_p / D' ，是否小於等於5。

簡支結實合成梁或具結實非合成或合成負彎矩墩柱處斷面之連續跨徑正彎矩區，其最大彎矩強度應取下列之值：

當 $D_p \leq D'$ 時

$$M_u = M_p \quad (9-129b)$$

當 $D' < D_p \leq 5D'$ 時

$$M_u = \frac{5M_p - 0.85M_y}{4} + \frac{0.85M_y - M_p}{4} \left(\frac{D_p}{D'} \right) \quad (9-129c)$$

式中， M_p ：依第 9.3.10 節 1.項(1)計得之合成正彎矩斷面之塑性彎矩強度。

M_y ：由 F_y 乘上拉力翼板處之斷面模數所計得之合成正彎矩斷面起始降伏彎矩，並應使用模數比 n 轉換斷面性質。

具結實合成正彎矩斷面，但於墩柱處斷面為非結實非合成或合成負彎矩之連續跨徑，其合成彎矩斷面之最大彎曲強度 M_u 應取依第 9.3.9 節 3.項規定計得之起始降伏彎矩強度或如下：

$$M_u = M_y + A' (M_u - M_s)_{pier} \quad (9-129d)$$

式中，

M_y ：依第 9.3.9 節 3.項計得之結實正彎矩斷面起始降伏彎矩強度。

$(M_u - M_s)_{pier}$ ：墩柱處非結實斷面之彎矩強度為依 9.3.7 節 2.項或 9.3.7 節 4.項計得之 M_u ，扣除在跨徑內產生最大正彎矩之載重下，於墩柱處之彈性彎矩 M_s 。對於內跨取兩墩柱處斷面差值之較小者。

內跨時， $A'=1$ 。

邊跨時， A' =自端支承至最大正彎矩處距離除以跨徑長度。

依公式(9-129d)計得之 M_u 不得超過依公式(9-129b)或(9-129c)計得之適用值。

依公式(9-129d)計算正彎矩斷面最大彎矩強度之連續跨徑，在相鄰墩柱處產生最大負彎矩之載重下，其跨徑內之最大正彎矩不得超過 M_y 。不符合公式(9-129)或(9-129a)需求之正彎矩區域內之合成斷面，其 M_u 應依第 9.3.10 節 2.項(2)之規定計得。

2. 非結實斷面

若鋼材斷面不符合 9.3.10 節 1.項(2)之結實斷面規定，個別斷面所承受應有載重之彎曲應力總和不得超過最大強度 F_u ，受拉翼板取為 F_y 或最大強度 F_u ，受壓翼板取為 $F_y R_b$ ，其中 R_b 為依第 9.3.7 節 4.項(1)規定計得之翼板應力折減係數，當 R_b 以公式(9-103b)計算，則 f_b 應以 M_r/S_{XC} 取代， A_{FC} 應取為上翼板與混凝土板轉換合成面積，並依據 9.3.9 節 2.項計算得 D_c ， f_b 為不大於 F_y 之受壓翼板係數化彎曲應力，所得之係數 R_b 應依相對勁度比率分配於上翼板及混凝土板。另應符合 9.3.7 節 2.項(1) (b)規定。

當不使用臨時支撐架設承受澆置之靜載重時，單獨作用於鋼梁上 $1.30 D_s$ 與作用於合成梁上 $1.30(D_c+5(L+I)/3)$ 所產生應力之和，不得超過梁上任一斷面之降伏強度。 D_s 與 D_c 分別為靜重作用於鋼梁與合成梁所產生之彎矩。

當大梁設置有效之中間支撐，並保持至混凝土28天強度之75%時，則以 $1.3(D+5(L+I)/3)$ 作用於合成梁所產生之應力，不得超過梁上任一斷面之降伏強度。

9.3.11 負彎矩斷面

梁負彎矩區內之最大強度 M_u 應依9.3.11節1.項及9.3.11節2.項之適當規定計得。混凝土板應假定不承受拉應力。當橋面板之鋼筋連續跨過中間支點，則此鋼筋可視為與鋼材斷面構成合成作用。

1. 結實斷面

負彎矩區之結實合成梁，其鋼斷面須符合9.3.7節1.項(1)規定，且鋼材之應力—應變圖中應變硬化前應顯示降伏平台區，如AASHTO M270 Grades 36, 50及50W(ASTM A709 Grades 36, 50及50W)之鋼材均應符合此項需求。 M_u 為斷面於完全塑性應力分佈時所計得之彎矩。

如中性軸至壓力翼板之距離大於 $D/2$ 時，公式(9-94)及公式(9-95)之結實斷面條件，須以 $2D_{cp}$ 替代 D 予以修正，其中 D_{cp} 為塑性彎矩時之腹板壓力區深度。

2. 非結實斷面

鋼斷面不符合9.3.11節1.項之條件，但符合9.3.7節2.項(1)時，個別斷面所承受應有載重之彎曲應力總和不得超過最大強度 F_u ，受拉翼板取為 F_y 或最大強度 F_u ，受壓翼板取為 $F_{cr}R_b$ ，其中 F_{cr} 為9.3.7節2.項所定受壓翼板之控制應力且 R_b 為依第9.3.7節4.項(1)規定計得之翼板應力折減係數，當 R_b 以公式(9-103b)計算，則 f_b 應以 M_r/S_{XC} 取代， f_b 為不大於 F_y 之受壓翼板係數化彎曲應力。除側向支撐依公式(9-101)計算，其他皆滿足9.3.7節2.項(1)條件時，受壓翼板之 F_u 應取為 $F_{cr}R_b$ 但不大於 M_u/S_{XC} ，其中 M_u 及 S_{XC} 依9.3.7節4.項(1)計算，依9.3.7節4.項(1)計算 C_b 時，在大梁無支撐節塊兩端 f_b 之較小及較大值應分別代入端點彎矩之較小及較大值 M_1 及 M_2 。

3. 當係數化施工載重或9.3.20節所定超載載重致使混凝土板縱向張應力超過 $0.9f_r$ 時，含縱向分佈鋼筋之最小縱向鋼筋量必須大於1%之混凝土板斷面積；其中 f_r 為7.2.2節1.項(1)規定之開裂模數，混凝土板之面積應取為結構厚度乘以橋面板全寬，需求鋼筋

量應以不大於 19ϕ 鋼筋間距不大於30cm配置，其中三分之二之鋼筋須配置於混凝土板上層。分佈鋼筋可不依4.3.9節之規定擺置。

4. 負彎矩區內之剪力聯結物取消時，縱向鋼筋須延伸至正彎矩區，並超過錨碇聯結物至少40倍鋼筋直徑之長度。

9.3.12 合成箱型梁*

本節規定適用於由兩根或多根單室合成箱梁組成之中等長度簡支或連續跨徑橋梁之設計。其相鄰箱梁之翼板中心距離不得大於1.2倍亦不得小於0.8倍之各箱梁翼板中心距離。此外，若箱梁不平行排列時，在支承處之相鄰箱梁翼板中心距離，不得大於1.35倍亦不得小於0.65倍之各箱梁翼板中心距離。橋面板懸出長度，包括緣石與胸牆應小於相鄰箱梁之相鄰上翼板中心距離之60%，亦不得大於1.85m。

1. 最大強度

決定箱梁之最大強度應依9.3.7至9.3.11節之有關規定辦理。其負彎矩部份之最大強度應受下式限制。

$$M_u = F_{cr} S \quad (9-130)$$

式中， F_{cr} ：下翼板之挫屈應力，見9.3.12節5.項

2. 橫向分配

每一箱梁之活重彎矩應依9.2.10節2.項之規定決定之。

3. 腹板

腹板之設計剪力 V_w 應依下式計得：

$$V_w = V / \cos \theta \quad (9-131)$$

式中， V ：每一箱梁總垂直剪力之1/2值。

θ ：腹板對垂直面所成之傾斜角。

腹板對垂直面之斜度不得大於1：4。

4. 受拉翼板

若簡支跨徑下翼板之寬度不超過1/5跨徑，則下翼板寬度抵抗撓曲時應視為全部有效。若下翼板之寬度超過其1/5跨徑，則下翼板有效寬度僅可考慮為1/5之跨徑。

對於連續跨徑，上項規定所稱之跨徑應為反曲點間之長度。

* 關於長跨徑鋼箱型梁橋之設計資訊可利用美國聯邦高速公路局(Federal Highway Administration)編號FHWA-TS-80-205報告“Proposed Design Specification for Steel Box”。

5. 受壓翼板

- (1) 未加勁之受壓翼板以降伏應力 F_y 設計時，其寬厚比應等於或小於下式之值：

$$\frac{b}{t} = \frac{1628}{\sqrt{F_y}} \quad \frac{509.62}{\sqrt{F_y}} \quad (9-132)$$

式中， b ：腹板間之翼板寬度，cm(m)。

t ：翼板之厚度，cm(m)。

- (2) b/t 值大於上式計得之值但不超過 $\frac{3527}{\sqrt{F_y}} \quad \frac{1103.9}{\sqrt{F_y}}$ (9-133)

其未加勁下翼板之挫屈應力應以下式計得：

$$F_{cr} = 0.592F_y \left(1 + 0.687 \sin \frac{c\pi}{2}\right) \quad (9-134)$$

式中 c 值應為

$$c = \frac{3527 - \frac{b}{t} \sqrt{F_y}}{1899} \quad \frac{1103.9 - \frac{b}{t} \sqrt{F_y}}{594} \quad (9-135)$$

- (3) b/t 值大於 $\frac{3527}{\sqrt{F_y}} \quad \frac{1103.9}{\sqrt{F_y}}$ (9-136)

翼板之挫屈應力為：

$$F_{cr} = 7.38 \left(\frac{t}{b}\right)^2 \times 10^6 \quad 0.724 \left(\frac{t}{b}\right)^2 \times 10^6 \quad (9-137)$$

- (4) 若設置縱向加勁材時，則應以等距離分設於翼板寬度上，並使每一加勁材對其底部平行翼板方向軸之慣性矩至少應等於：

$$I_s = \phi t^3 w \quad (9-138)$$

式中， $\phi = 0.07K^3 n^4$ ，當 $n=2,3,4$ 或 5 時。

$\phi = 0.125K^3$ ，當 $n=1$ 時。

w ：縱向加勁材間翼板之寬度或腹板與最近縱向加勁材之距離。

n ：縱向加勁材之根數。

K ：挫屈係數，但不得超過 4。

以降伏強度 F_y 設計之縱向加勁之翼板，其 w/t 比不得超過下式計得之值：

$$\frac{w}{t} = \frac{814\sqrt{K}}{\sqrt{F_y}} \quad \frac{254.81\sqrt{K}}{\sqrt{F_y}} \quad (3-139)$$

$$w/t \text{ 值大於上式計得之值，但不超過 } \frac{1763\sqrt{K}}{\sqrt{F_y}} \quad \frac{552\sqrt{K}}{\sqrt{F_y}} \quad (8-140)$$

則加勁翼板之挫屈應力應依 9.3.12 節 5.項(2)之規定辦理。其 c 值應依下式決定：

$$c = \frac{1763\sqrt{K} - \frac{w}{t}\sqrt{F_y}}{950\sqrt{K}} \quad \frac{552\sqrt{K} - \frac{w}{t}\sqrt{F_y}}{297\sqrt{K}} \quad (9-141)$$

$$w/t \text{ 值大於 } \frac{1763\sqrt{K}}{\sqrt{F_y}} \quad \frac{552\sqrt{K}}{\sqrt{F_y}} \quad (9-142)$$

則加勁翼板之挫屈應力應依下式計得：

$$F_{cr} = 1.84\left(\frac{t}{w}\right)^2 \times 10^6 \quad 0.181\left(\frac{t}{w}\right)^2 \times 10^6 \quad (9-143)$$

使用縱向加勁材時，在其靜重反曲點附近至少設置一處橫向加勁材為宜，其尺寸應與縱向加勁材相同。縱向加勁材個數不宜超過2個，若使用超過2個縱向加勁材，則應考量使用額外之豎向加勁材。

(5) 翼板上任一突出加勁元件之寬厚比應不超過下列公式之值：

$$\frac{b'}{t'} = \frac{689}{\sqrt{F_y}} \quad \frac{215.8}{\sqrt{F_y}} \quad (9-144)$$

式中， b' ：任一突出加勁元件之寬度。

t' ：突出加勁元件之厚度。

F_y ：突出加勁元件之降伏強度。

受壓翼板亦須滿足9.3.12節4.項之規定，有效翼板寬應用以計算係數化翼板彎曲應力，計算翼板挫屈應力時則採用全翼板寬度。

6. 隔板

隔板、橫構架、或其他方式之組構等應設置於每一支點上之箱梁內部，以抵抗橫向轉動、位移及扭曲。

依照本規範所設計之箱梁鋼橋，不需設置中間隔板或橫構架。

9.3.13 剪力連接器

1. 通則

在簡支梁之全部或連續梁之正彎矩部份，應設置剪力連接器以承受混凝土板和鋼梁間之水平剪力。在負彎矩部份，若埋設於混凝土內之鋼筋被考慮為合成斷面之一部份時，亦應設置剪力連接器。若埋置於混凝土內之鋼筋，不包括於計算負彎矩斷面時，則此部份可不設置剪力連接器，但須依9.2.9節5.項(1)(c)之規定，在靜重反曲點上應加設剪力連接器。

2. 連接器之設計

剪力連接器之數量應依9.2.9節5.項(1)(b)節規定決定之，並應依9.2.9節5.項(1)(a)與9.2.9節5.項(1)(c)節之規定核算其疲勞應力。

3. 最大間距

剪力連接器之最大間距不得超過60cm，除連續梁內支點處附近可使用較大間距，以避免連接器配置於受拉翼板之高拉應力處。

9.3.14 混合大梁(HYBRID GIRDERS)

本節規定適用於腹板鋼材強度比其中一翼板或兩翼板之強度為低之大梁設計，可適用於合成或非合成之板梁及合成箱梁。在任何斷面任一翼板在最大設計載重作用下，所產生彎曲應力超過腹板鋼材最小規定降伏強度時，受壓翼板面積不得少於受拉翼板面積。任何部份之橋面板或鋼筋被考慮與鋼梁有合成作用者上翼板面積應包括該換算面積。

本規範9.3.7至9.3.13節之各項規定除依下列修正外，均可適用於混合梁之設計。除下列(1)、(2)項情況外，各節公式中之 F_y 值，應為所用鋼材之最小規定降伏強度。

- (1) 在9.3.7節1.項(1)(b)、9.3.7節2.項(1)、9.3.7節4.項(1)、9.3.7節5.項(1)、9.3.7節6.項(1)、9.3.8節2.項與9.3.8節2.及3項與9.3.9節4.項中， F_y 用於受壓翼板。
- (2) 在本節9.3.7節6.項(3)(a)與9.3.7節6.項(3)(c)各節中， F_y 用於相鄰翼板。9.3.20節1.項及9.3.20節2.項節適用於翼板但不適用於混合梁之腹板。

本規範9.2.11節4.項之規定亦適用，腹板縱向加勁材不宜設置於腹板降伏部分。

9.3.15 非合成混合大梁

1. 結實斷面

9.3.7節1.項公式中混合梁結實斷面之最大強度應以下式代替：

$$M_u = F_{yf} Z \quad (9-145)$$

式中， F_{yf} 為翼板之最小規定降伏強度。計算 Z 值時，腹板之厚度應乘以腹板之最小規定降伏強度 F_{yw} 與翼板最小規定降伏強度 F_{yf} 之比值。

2. 有側向支撐之非結實斷面

9.3.7節2.項中非結實斷面之最大強度應以下式代替：

$$M_u = F_{yf} S_{xt} R \quad (9-146)$$

$$M_u = F_{cr} S_{xc} R_b R \quad (9-146a)$$

對稱斷面：

$$R = \frac{12 + \beta(3\rho - \rho^3)}{12 + 2\beta} \quad (9-147)$$

式中 $\rho = F_{yw}/F_{yf}$

$$\beta = A_w/A_f$$

非對稱斷面：

$$R = 1 - \left[\frac{\beta\Psi (1-\rho)^2(3-\Psi+\rho\Psi)}{6+\beta\Psi (3-\Psi)} \right] \quad (9-148)$$

式中， Ψ 為受拉翼板最外纖維至中性軸之距離除以鋼材斷面之深度，最大設計載重引致斷面兩翼板應力不超過腹板之規定最小降伏強度時， R 取為 1.0。

3. 部分支撐構材

不滿足公式(10-101) 側向支撐條件之部分支撐非結實混合斷面強度，應取公式(10-146)或公式(10-146a)計算所得 M_u 之較小值，以公式(10-146a)計算所得 M_u 不致大於由9.3.7節4.項(1)節計算且以下式代替 (10-103a)：

$$M_u = M_r R_b R \quad (9-148a)$$

降伏彎矩，

$$M_y = F_{yf} S R \quad (9-148b)$$

式中，適當之 R 值，應依上述 2.項計得， R_b 則依 9.3.7 節 4.項之式計得。

4. 豎向加勁大梁

9.3.7節8.項(1)節之規定及豎向加勁大梁之剪力強度，應以下式代替：

$$V_u = V_p C \quad (9-149)$$

9.3.7節8.項(2)節所述及9.3.7節5.項(3)中有關 A 之公式，不適用於混合大梁。

9.3.16 合成混合大梁

合成斷面之最大強度應為翼板剛產生降伏強度時之彎矩乘以9.3.15節2.項之 R 值，指不對稱斷面而言，其 Ψ 值為受拉翼板之最外纖維至變換斷面中性軸之距離除以鋼材斷面之深度。

9.3.17 受壓構材

1. 軸向載重

(1) 最大容量

柱承受軸向載重時，其最大容量以下式計得：

$$P_u = 0.85A_s \cdot F_{cr} \quad (9-150)$$

式中， A_s 為柱斷面之有效總面積，挫屈強度 F_{cr} 由下列二式之一計得：

$$\text{當 } \frac{KL_c}{r} \leq \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} \quad (9-151)$$

$$F_{cr} = F_y \left[1 - \frac{F_y}{4\pi^2 E} \left(\frac{KL_c}{r} \right)^2 \right] \quad (9-152)$$

$$\text{當 } \frac{KL_c}{r} > \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{F_y}} \quad (9-153)$$

$$F_{cr} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL_c}{r} \right)^2} \quad (9-154)$$

式中， L_c 為構材支撐點間之長度，cm(m)。

(2) 有效長度

有效長度因數 K 應決定如下：

a. 構材之兩端，其兩方向均有側向支撐者：

$K=0.75$ ，若末端為由螺栓或銲接接合。

$K=0.875$ ，若末端為樞接合。

b. 構材之兩端，其側向不完全受側向斜撐支撐或鄰近構造物聯結者，其有效長度因數應另以公認之合理方法決定之。

2. 軸向載重及彎矩合併作用

(1) 最大容量

受偏心載重之梁柱體，當最大軸向載重 P 與最大彎矩 M (考慮 x, y 雙向)合併作用於其上時，應滿足下式之需求：

$$\frac{P}{0.85A_s F_{cr}} + \frac{M_x C_{mx}}{M_{ux} \left(1 - \frac{P}{A_s F_{ex}}\right)} + \frac{M_y C_{my}}{M_{uy} \left(1 - \frac{P}{A_s F_{ey}}\right)} \leq 1.0 \quad (9-155)$$

$$\frac{P}{0.85A_s F_y} + \frac{M_x}{M_{px}} + \frac{M_y}{M_{py}} \leq 1.0 \quad (9-156)$$

式中， F_{cr} 為 9.3.17 節 1.項所決定之挫屈強度。 M_u 為 9.3.7 節 1、2.或 4 項所決定之最大強度。

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL_c}{r}\right)^2} \quad \text{彎曲平面內之 Euler 挫屈應力} \quad (9-157)$$

C_m 為當量彎矩因素，如以下(2)節之規定。

$M_p = F_y Z$ ，斷面之全塑性彎矩。

$\frac{KL_c}{r}$ 為彎曲面上之有效細長比。

(2) 等量彎矩因數 C_m

當量彎矩因數 C_{mx} ， C_{my} 可依表9.14求得。在所有情況下， C_m 值可保守採用 1.0。

9.3.18 實心肋拱

載重因數及組合參見第3.23節之規定。乘載重因數之載重，以「使用載重設計法」計算時其公式應改變如下：

1. 彎矩放大及容許應力

$$A_F = \frac{1}{1 - \frac{1.18T}{AF_e}} \quad (9-159)$$

$$F_a = \frac{F_y}{1.18} \left(1 - \frac{\left(\frac{KL}{r}\right)^2 F_y}{4\pi^2 E}\right) \quad \text{且} \quad F_b = F_y \quad (9-160)$$

2. 腹板

$$\text{無縱向加勁材時， } D/t_w = \frac{1790}{\sqrt{f_a}} \quad \frac{560}{\sqrt{f_a}} \quad (9-161)$$

$$\text{一縱向加勁材時， } D/t_w = \frac{2691}{\sqrt{f_a}} \quad \frac{8425}{\sqrt{f_a}} \quad (9-162)$$

$$\text{兩縱向加勁材時， } D/t_w = \frac{3580}{\sqrt{f_a}} \quad \frac{1121}{\sqrt{f_a}} \quad (9-163)$$

加勁材之 b'/t_s 值應為：

$$\frac{b'}{t_s} = \frac{583}{\sqrt{f_a + \frac{f_b}{3}}} \quad \frac{185.6}{\sqrt{f_a + \frac{f_b}{3}}} < 12 \quad (9-164)$$

3. 翼板

$$\text{腹板間翼板之寬度， } \frac{b}{t_f} = \frac{1511}{\sqrt{f_a + f_b}} \quad \frac{473}{\sqrt{f_a + f_b}} \quad (9-165)$$

$$\text{懸臂寬度， } \frac{b'}{t_f} = \frac{583}{\sqrt{f_a + f_b}} \quad \frac{182.6}{\sqrt{f_a + f_b}} \leq 12 \quad (9-166)$$

9.3.19 續接、連接及其細節

1. 連接器

(1) 通則

連接器及連接之設計，應使如本節所述可適用之設計強度 ϕR (最大強度與折減係數之乘積)，至少應等於其設計載重乘以第3.23節所規定之對應載重係數。

(2) 銲接

開槽銲或填角銲銲接時，銲接材料之極限強度應等於或大於母材之極限強度，除非設計者註明以填角銲銲接淬火及回火鋼材時，可使用小於母材強度之銲條。銲接程序及銲接材料應慎重選用，以確保銲接品質。有效銲接面積應依照ANSI/AASHTO/AWS D1.5橋梁銲接規範第2.3節之規定。

(3) 螺栓

設計聯結物時，斷面積應使用標稱直徑。

AASHTO M164 (ASTM A325)及AASHTO M253 (ASTM A490)高強度螺栓受拉力或剪力之設計強度 ϕR 由下式計得：

$$\phi R = \phi F A_b \quad (9-166a)$$

式中， ϕF ：表 9.17 中螺栓單位面積之設計強度， kgf/cm^2 。

A_b ：對應標稱直徑之螺栓面積， cm^2 。

在連接材以標準、過大或短槽孔型受任何方向之載重或長槽型孔受平行開槽方向作用力時，設計承壓強度應為：

$$\phi R = 0.9L_c t F_u \leq 1.8 d t F_u \quad (9-166b)$$

在連接材以長槽型孔受垂直向作用力時，設計承壓強度應為：

$$\phi R = 0.75L_c t F_u \leq 1.5 d t F_u$$

接頭設計承壓強度等於個別螺栓設計承壓強度之和。

式中：

ϕR ：設計強度， kgf 。

F_u ：連接材之最小拉力強度， kgf/cm^2 。

L_c ：孔與孔或孔與連接材邊緣在作用力方向之淨距， cm 。

d ：螺栓標稱直徑， cm 。

t ：連接材厚度， m 。

高強度螺栓用在拉力或拉力與剪力同時作用下作為連結材。

當拉力與剪力同時作用時，螺栓數量應足以使拉應力不超過下列之值：

當 $f_v/F_v \leq 0.33$ 時，

$$F'_t = F_t \quad (9-167)$$

當 $f_v/F_v > 0.33$ 時，

$$F'_t = F_t \sqrt{1 - \left(\frac{f_v}{F_v}\right)^2} \quad (9-167a)$$

式中，

f_v ：螺栓計算之剪應力， kgf/cm^2 。

F_v ：表 9.17 或表 9.18 所列之設計剪力強度， kgf/cm^2 。

F_t ：表 9.17 所列之螺栓設計拉力強度， kgf/cm^2 。

F'_t ：由於剪應力作用，螺栓降低強度後之設計拉力。

表 9.17 聯結物之設計強度表

聯結物之型式	強度(ϕF)	
槽 鋁(1)	$1.00 F_y$	
角 鋁(2)	$0.45 F_u$	
低碳鋼螺栓(ASTM A307)		
拉力	2,100 kgf/cm ²	206.8MPa
剪力面具螺紋之剪力	1,260 kgf/cm ²	124.1MPa
剪力，一級	1,750 kgf/cm ²	172.4MPa
剪力，二級	2,100 kgf/cm ²	206.8MPa
高強度螺栓 AASHTO M164(ASTM A325)		
適用於靜態拉力(3)	4,780 kgf/cm ²	468.8 MPa
剪力面具螺紋之剪力(3) (4) (5)	2,460 kgf/cm ²	296.4MPa
AASHTO M253(ASTM A490)		
適用於靜態拉力	5,970 kgf/cm ²	468.8MPa
剪力面具螺紋之剪力(4) (5)	3,020 kgf/cm ²	296.4MPa

附註：(1) F_y ：連接材料之降伏點。

(2) F_u ：鋁條之最小強度，但不得大於連接部份之拉力強度。

(3) M164(A325)螺栓之直徑大於 25mm 者，其拉力強度應予減少。表中數字為直徑至 25mm 之數值。直徑大於 25mm 之螺栓，其設計值應乘以 0.875。

(4) 承壓型接合，每塊續接板平行軸力方向最外端螺栓間之長度超過 1.3m 時，表內數值應減少 20%。

(5) 如剪力面無螺紋，其值乘以 1.25。

(4) 摩阻型接合

避免超載時滑動，摩阻型接合應依照9.3.20節設計，但至少要能符合9.1.16及9.1.17節所述，滿足螺栓達最小剪力及承載強度之要求。潛在之接頭滑動在載重階段就應加以檢核，特別是位在合成區域內的接頭。

2. 接合部受槓桿作用之螺栓

螺栓以直接拉力方式支持載重，設計時應為外加載重與連接件間變形造成槓桿作用所產生拉力之和。其總拉力應不得超過表9.17之值。

槓桿作用所生拉力計算如下：

$$Q = \left(\frac{3b}{8a} - \frac{t^3}{328} \right) T \quad \left(\frac{3b}{8a} - \frac{t^3}{328 \times 10^{-4}} \right) T \quad (9-168)$$

式中，

Q ：每支螺栓之槓桿拉力(負數時取 0)

T ：每支螺栓由外力所產生之直接拉力。

a：板之邊緣至螺栓中心之距離。

b：螺栓中心至連接件之填角銲縫趾之距離。

t：最薄連接件之厚度，cm(m)。

3. 剛性連接

以剛性接合設計之所有剛構接頭之剛度，應如設計基本之假定，著重於連續性，並應能抵抗最大載重作用時所產生之彎矩、剪力及軸向載重。

梁之腹板厚度應等於或大於下式之值：

$$t_w \geq \sqrt{3} \left(\frac{M_c}{F_y d_b d_c} \right) \quad (9-169)$$

式中，

M_c ：柱之彎矩。

d_b ：梁高。

d_c ：柱深。

當連接腹板之厚度小於上式之值時，腹板應在連接區設斜向加勁板或用補強板補強。

在接頭處，若一構材之兩翼板以剛性構架連接於另一構材之翼板時，後一構材之腹板厚度(t_w)與其翼板厚度(t_c)應以下式核算。

$$\text{當 } t_w < \frac{A_f}{t_b + 5k} \quad (9-170)$$

在前一構材受壓翼板相對面，後一構材之腹板處應設加勁板。

$$\text{當 } t_c < 0.4 \sqrt{A_f} \quad (9-171)$$

在前一構材拉力翼板相對面，後一構材之腹板處應設加勁板。

式中， t_w ：需加勁腹板之厚度。

k ：翼板外邊至需要加勁構材之腹板填角銲縫趾部之距離。

t_b ：傳遞集中力之翼板厚度。

t_c ：需加勁構材之翼板厚度。

A_f ：傳遞集中力之翼板面積。

9.3.20 超載

AASHTO對於H或HS貨車載重之超載定義為 $D+5(L+I)/3$ ，除非梁以GROUP IA載重組

合設計時，超載定義為 $D+2.2(L+I)$ 且 $(L+I)$ 假設佔有單一車道且無其他車道載重同時發生。梁依營運主管機關所選定之超載車重以GROUP IB載重組合設計時，超載定義為 $D+(L+I)$ 。若符合9.3.7節1.項(3)規定允許彎矩重分配，則該修正彎矩應受9.3.20節1.項及9.3.20節2.項之規定限制，對原始彎矩則不受此限。腹板彎曲挫屈應依公式(9-173)檢核超載載重， D_c 應依9.3.9節2.項計算，不滿足公式(9-173)規定之斷面，則應修改斷面使符合需求。

1. 非合成梁

非合成梁中，由超載載重產生之最大翼板應力不得大於 $0.8F_y$ 。

2. 合成梁

合成梁中，超載載重所產生之最大翼板應力不得超過 $0.95F_y$ ，當計算靜重應力時，應考慮施工時有無臨時支撐。對於構材全長度設有剪力連接器且滿足9.3.11節3.項規定者，計算超載作用於相當合成斷面所產生之最大翼板應力時，可假設混凝土橋面板在正負彎矩皆為有效；在此情形下，檢核腹板彎曲挫屈之合應力應包含計算 D_c 時載重作用於非合成斷面之應力。

3. 摩阻型接合

(1) 聯結物除須符合9.3.19節1.項(3)需求外，並在 $D+5(L+I)/3$ 載重下，於摩阻型接合所產生之力量，不可超過如下之設計滑動力量 ϕR_s ：

$$\phi R_s = \phi F_s A_b N_b N_s \quad (9-172a)$$

式中，

$$\phi F_s = \phi T_b \mu$$

依表9.18規定之每單位螺栓面積之設計摩阻強度， kg/cm^2 。

A_b ：螺栓標稱面積， cm^2 。

N_b ：接合螺栓個數。

N_s ：滑動面個數。

T_b ：螺栓規定拉力。

μ = 滑動係數；

=0.33，去除黑皮及A級塗裝。

=0.50，噴砂處理表面及B級塗裝。

=0.33，熱浸鍍鋅及粗糙化表面。

ϕ = 1.00，標準孔

=0.85，過大及短槽孔。

=0.70，受橫向力之長槽孔。

=0.60，受縱向力之長槽孔。

除被第9.3.20節3.項(2)所允許者外，摩阻型接合之栓接部位應採用如表9.18定義之A、B或C級表面條件。

- (2) 假如已依符合第9.3.20節3.項(3)節需求之試驗及已建立之單位面積滑動抗阻得到平均滑動係數，在經工程司核可下，則滑動係數小於0.33之塗裝可被使用。對於單位面積滑動阻抗，依據其開孔型式及螺栓種類，其值可取為表9.18中A級塗裝欄之單位面積滑動阻抗乘上試驗所決定之滑動係數再除以0.33。
- (3) 用在摩阻型接合的密接表面上的塗裝，應配合The Research Council on Structural Connections 採用的”Test Method to Determine the Slip Coefficient for Coatings Used in Bolted Joints” 來評估。參見The Research Council on Structural Connections 出版的Allowable Stress Design Specification for Structural Joints Using ASTM A325 or A490 Bolts 的附錄A。
- (4) 對於外力會減低摩擦面夾緊力之摩阻型接合，在剪力與拉力同時存在時，其設計滑動力不得超過依下式計得之：

$$\phi R'_s = \phi R_s (1 - 1.88 f_t / F_u) \quad (9-172b)$$

式中，

f_t ：包括所有外力及槓桿作用計得之螺栓拉應力。

ϕR_s ：依公式(9-172a)計得之設計滑動力。

$F_u = 8,430 \text{ kgf/cm}^2$ ，適用 M164(A325)螺栓直徑 $\leq 25\text{mm}$ 。

$= 7,380 \text{ kgf/cm}^2$ ，適用 M164(A325)螺栓直徑 $> 25\text{mm}$ 。

$= 10,540 \text{ kgf/cm}^2$ ，適用 M253(A490)螺栓。

表 9.18 摩阻型接合之設計摩阻強度
(螺栓每單位面積之摩阻強度，kgf/cm²)

表面等級	連接構材 表面狀況	開孔型式及作用力方向							
		任 何 方 向				橫 向		平 行 向	
		標 準 孔		過大孔及短槽孔		長 槽 孔		長 槽 孔	
		M164 (A325) ^a	M253 (A490) ^a	M164 (A325) ^a	M253 (A490) ^a	M164 (A325) ^a	M253 (A490) ^a	M164 (A325) ^a	M253 (A490) ^a
A 滑動係數 =0.33 ^b	去除黑皮及噴砂 處理 A 級塗裝	1476	1827	1265	1546	1054	1265	914	1125
B 滑動係數 =0.50 ^b	噴砂處理及噴砂 處理 B 級塗裝	2249	2811	1898	2390	1546	1968	1335	1687
C 滑動係數 =0.33	熱浸鍍鋅處理及 鍍鋅鋼刷粗糙化處理	1476	1827	1265	1546	1054	1265	914	1125

- a. 直徑大於25mm之M164(A325)螺栓拉力強度將折減，表列設計值適用螺栓直徑至25mm，直徑大於25mm之設計值必須乘以0.875。
- b. 分類如A級或B級塗料分別包含了平均滑動係數不小於0.33或0.50之塗料，以“Testing Method to Determine the Slip Coefficient for Coatings Used in Bolted Joints”所決定者。見9.2.2節3.項(3)。

9.3.21 疲勞

1. 通則

鋼構材或鋼材接頭在使用載重下，其發生疲勞之可能性分析與疲勞之容許應力範圍，應依照9.1.3節之規定辦理，但9.1.3節1.項內基本設計規範所加之限制不予使用。對於構材全長度設有剪力連接器且滿足9.3.11節3.項規定者，計算應力範圍可採合成斷面，假設混凝土橋面板在正負彎矩皆為有效

2. 合成構造

(1) 橋面板之鋼筋

當負彎矩區域內具有合成作用時，橋面板鋼筋之應力範圍應限制為1400kgf/cm² 137.4MPa。

(2) 剪力連接器

剪力連接器之疲勞設計應依9.2.9節5.項(1)之規定辦理。

3. 混合梁

混合梁之疲勞設計應依9.1.3節之規定辦理。

9.3.22 撓度

鋼結構或鋼與混凝土合成結構之撓度控制應依9.1.7節之規定辦理。

9.3.23 鋼橋面板之上部結構

依本規範以強度設計法作合理之分析時，可視為符合本規範之設計標準。

9.3.24 施工性

鋼小梁或大梁之彎矩及剪力強度應滿足下面需求以控制腹板及受壓翼板發生局部挫屈，並防止非合成斷面在橋面板硬固前之靜載重下發生側向扭轉挫屈。應考量設計圖上混凝土橋面板之澆鑄及安置順序以確定作用的彎矩及剪力，於計算作用彎矩及剪力時應使用載重因數 $\gamma=1.3$ 。

1. 腹板彎曲挫屈

腹板因數化非合成靜載重最大受壓彎曲應力不得超過下式計得數值：

$$f_b \leq \frac{1834000\alpha k}{\left(\frac{D}{t_w}\right)^2} \leq F_{yw} \quad \text{kgf/cm}^2 \quad f_b \leq \frac{180000\alpha k}{\left(\frac{D}{t_w}\right)^2} \leq F_{yw} \quad \text{MPa} \quad (9-173)$$

式中

F_{yw} = 腹板之規定最小降伏強度

D_c = 鋼梁或大梁之受壓腹板深度

D = 腹板深度

t_w = 腹板厚度

$k = 9(D/D_c)^2$ 用於無縱向加勁材之構材

$\alpha = 1.3$ 用於無縱向加勁材之構材

$\alpha = 1.0$ 用於無縱向加勁材之構材

無法滿足公式(9-173)需求之無縱向加勁材斷面應修改至符合需求條件，或應於腹板加一縱向加勁材，其位置同時滿足公式(10-173)及所有強度需求，可不一定符合 9.3.8 節 3.項(a)規定之最佳位置。對有縱向加勁材之大梁，挫屈係數計算如下：

$$\frac{d_s}{D_c} \geq 0.4 \quad k = 5.17 \left(\frac{D}{d_s} \right)^2 \geq 9 \left(\frac{D}{D_c} \right)^2$$

$$\frac{d_s}{D_c} < 0.4 \quad k = 11.64 \left(\frac{D}{D_c - d_s} \right)^2$$

式中

d_s =縱向加勁板中心或加勁角鋼之行距線(gage line)至受壓翼板內側面或腳間之距離。

不論構材有無縱向加勁材，當腹板兩邊皆受壓時，取 $k=7.2$ 。

有關9.3.7節5.項(1)、9.3.7節6.項(1)、9.3.8節2.項及9.3.8節3.項(b)規定腹板厚度需求不適用於考量施工性時之載重條件。

2. 腹板剪力挫屈

合成及非合成因數化靜載重之剪力和不得超過9.3.7節8.項(1)公式(9-113)計得之剪力挫屈強度。

3. 斷面之側向扭轉挫屈

非合成因數化靜載重彎矩之最大值不得超過依9.3.7節4.項(1)公式用以計算鋼小梁或大梁強度之 M_u ，亦不得超過 M_y

4. 受壓翼板之局部挫屈

正彎矩區受壓上翼板之寬厚比不得超過下式計得數值：

$$\frac{b}{t} = \frac{1164}{\sqrt{f_{dl}}} \leq 24 \quad \frac{b}{t} = \frac{365}{\sqrt{f_{dl}}} \leq 24 \quad (9-174)$$

公式中 f_{dl} 為非合成因數化靜載重引致之上翼板受壓應力除以 R_b ，但不大於 F_y ， R_b 依據9.3.7節4.項(1)計算。

