

第8章 部材に関する一般事項

8.1 総 則

8.1.1 一 般

部材の各部はなるべく簡単な構造にし、製作・運搬・現場施工・検査・塗装・維持管理・補修などに便利のように、設計するものとする。なお、部材の限界状態の照査は7章によるものとする。

【解 説】 道路橋示方書・同解説（日本道路協会）¹⁾ II 鋼橋編 1.2 を参考に定めた。同規定の解説文の一部を以下に引用する。複雑な構造を採用すると、製作・運搬・架設・検査・塗装・排水・維持管理などに種々支障がある。また、設計計算も煩雑であり、予期しない大きな二次応力が生じることにもなるので、構造の各部はなるべく簡単なものがよい。

すなわち、製作に不便な構造であればよい製作は望まれない。また、運搬に不便なものは運搬中に破損する原因となる。検査に不便な箇所は、検査が十分に行き届かない欠点を残すおそれがある。塗装に便利な構造でなければ塗り残しの原因になり、鋼材の腐食を早めることになる。

8.1.2 二次応力

構造物の各部材は、部材の偏心格点の剛性、断面の急変、部材の振動、などにより生じる二次応力などができる限り小さくなるように設計するものとする。

【解 説】 道路橋示方書・同解説 II 3.1.2 を参考に定めた¹⁾。構造物においては、各種の原因によって多少の二次応力が生じるのはさけられないが、設計計算にあたっては二次応力は無視し、その影響を安全率に含めるのが普通である。しかし、構造物の各部の設計にあたっては、二次応力をできる限り小さくするように配慮することが望ましい。二次応力を生ぜしめる原因として、道路橋示方書の解説では、次のような点が挙げられている¹⁾。

1) 部材の偏心

構造の細部を設計する場合、部材に偏心が生じるのをできる限り避けなければならない。やむを得ず偏心が生じる場合でも、その影響をできる限り小さくするように設計しなければならない。

2) 格点の剛性

一つの格点に集まる各部材に比べてその格点の剛性をあまり大きくすると二次応力が大きくなるので、部材の剛性に相応した格点の剛性とするのがよい。

3) その他

その他けたの可動端の摩擦、支点沈下、温度変化などの影響による二次応力や、断面の急変、腐食などによる応力集中について考慮をほらい、これらの応力をできるだけ小さくするようにしなければならない。

8.1.3 応力集中

部材に存在する切欠部または構造の不連続部に対して応力集中が影響を与える場合にはこれを設計において考慮するものとする。

【解 説】 切欠部等で、これにより局部的に著しく応力が集中して弱点となるときは、形状の変更、補強材による補強等により、応力集中を緩和する対策を講ずる必要がある。

8.1.4 交番応力を受ける部材

引張りおよび圧縮力を交番して受ける部材に対しては、それぞれの力に対して安全ように設計しなければならない。

【解 説】 道路橋示方書・同解説Ⅱ 3.1.4 に準拠して定めた¹⁾。道路橋示方書の解説文を以下に引用する。部材が引張りおよび圧縮力を交番して受けるとき、この部材を交番応力部材という。この場合は、各応力に対して所要断面積を求め、大きい方の断面積を用いなければならないことはもちろんであるが、同時に圧縮応力に対する座屈の照査を行わなければならない。たとえば、トラスの腹材には支間の中央付近で交番応力を生じるから、各応力に対して安全ように設計しなければならない。横構の腹材のように風向によって応力の符号が反対になる部材は、やはり交番応力部材であり、風向による引張、圧縮の各応力に対して抵抗できる断面としなければならない。

8.1.5 最小板厚と腐食代

- (1) 鋼材の板厚は、加工、運搬および現場施工時に形状が変化しないよう、また、腐食および摩耗などによる断面の損傷も考慮して定めるものとする。ここに、鋼材に対する板厚には使用する箇所を考慮して、腐食及び摩耗に対しての余裕（腐食代と呼ぶ）をつけるのを原則とする。ただし、特に腐食及び摩耗に対して十分な措置を施した場合は、腐食代を緩和することができる。
- (2) 腐食代をもうけた場合は、7章での限界状態照査での板厚は、これを除した板厚とする。

【解 説】 鋼材の最小板厚は加工・運搬・現場施工中の取り扱いの他、腐食代等を考慮して決定する必要がある。

腐食代は腐食環境、防食対策、構造物の耐用期間を考慮して決定するものとする。参考として道路橋示方書・同解説Ⅱ 3.1.6¹⁾ では以下のような規定を設けている。

『鋼材の板厚は、次の規定によるものとする。ただし、高欄用材、てん材、歩道橋床版などはこの規定によらなくてもよい。

- (1) 鋼材の板厚は8 mm以上としなければならない。ただし、I形鋼およびみぞ形鋼の腹部においては7.5 mm以上としてよい。
- (2) 主要部材として用いる鋼管の板厚は7.9 mm以上とし、二次部材として使用する鋼管の板厚は6.9 mm以上としなければならない。』

8.1.6 湾曲部材

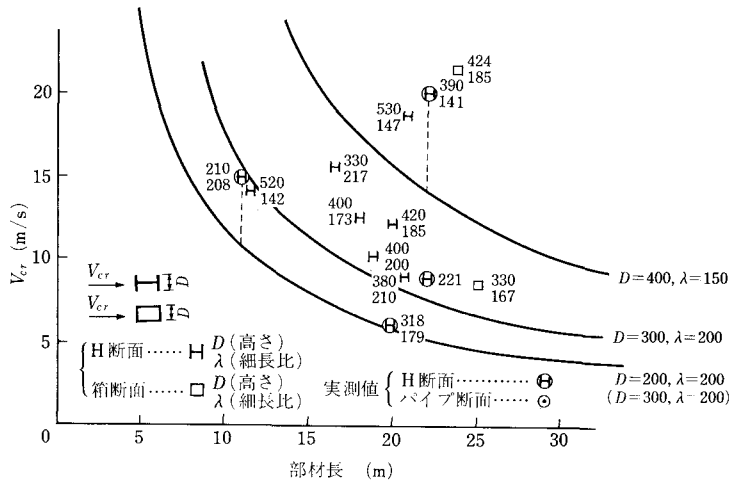
湾曲部材を直線部材として設計する場合には、湾曲による付加応力に十分配慮する必要がある。

【解 説】 部材が湾曲していることによる付加応力度が、設計応力に比し十分小さい場合は、湾曲部材を直線部材として設計できる。

8.1.7 風による振動を受ける部材

トラスの腹材、アーチの吊材など風によって振動を生ずるおそれのある部材に対しては、十分な対策を講ずるものとする。

【解 説】 道路橋示方書・同解説Ⅱ 12.6.6¹⁾ 解説によれば『細長比の大きい支柱、吊材などは比較的低風速の風が吹く場合、カルマン渦の周期的な発生により振動を起し、部材端の連結部から疲労破壊する場合があります。単一の鋼管部材ではとくにこの傾向が著しい。』ことから風によって振動を生ずるおそれのある部材に対して十分な対策を講ずるものとした。「長大鋼橋研究委員会」第2次報告書アーチ橋の実績調査報告²⁾によれば、アーチ吊材のカルマン渦共振風速に対し解説図8.1が調査結果として報告されている。



解説図8.1 風の影響を考慮した部材のカルマン渦共振風速

解説図8.1では、風の影響を考慮した部材の共振風速を部材長に対してプロットし、現地で振動が観測された部材の共振風速を大きな印でプロットした。また、曲線は式(解8.1)、(解8.2)で算定した曲げ一次固有振動数 N のピン、固定の中間値を用い、ストローハル数 $S_t=0.12$ と仮定した値である。破線はパイプ断面について $S_t=0.18$ と仮定して算定した値である。

$$N_{\text{ピン}} = 8.8 \times 10^3 / (\lambda l) \dots\dots\dots (解 8.1)$$

$$N_{\text{固定}} = 2.0 \times 10^4 / (\lambda l) \dots\dots\dots (解 8.2)$$

ここで、 N ：部材の曲げ一次固有振動数

λ ：部材細長比

l ：部材長 (cm)

S_t ：ストローハル数 $\frac{nd}{v}$

v ：流速

n ：渦が円柱の後流に出される回数

d ：円柱の径

8.2 軸方向引張力を受ける骨組部材

8.2.1 有効断面積

引張部材の有効断面積は純断面積とする。

【解 説】 部材の有効断面積の算定方法について道路橋示方書同解説Ⅱ 4.3.7では(1)~(4)のように定めている¹⁾。

- (1) 引張材の純断面積は材片の純幅と板厚との積とする。この場合、材片の純幅はその総幅からボルト孔により失われる幅を除いたものとする。
- (2) 部材の純断面積を算定する場合のボルト孔の径は、ボルトの呼びに3mmを加えたものとする。
- (3) 千鳥にボルト締めされた材片の純幅は、総幅から考えている断面の最初のボルト孔についてその全幅を控除し、以下順次に式(解8.3)の w を各ボルト孔について控除したものとする。

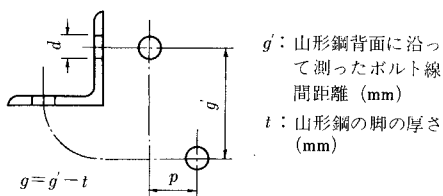
$$w = d - \frac{p^2}{4g} \text{ (mm)} \dots\dots\dots \text{ (解 8.3)}$$

ここに、 d ：ボルト孔の直径（ボルトの呼び+3mm）(mm)

p ：ボルトのピッチ (mm)

g ：応力直角方向のボルト線間距離 (mm)

- (4) T形、H形などの組合せ断面の純断面積は、各材片ごとに上記の方法により求めた純断面積の総和とし、圧延形材の場合もこれに準じるものとする。ただし、山形鋼、みぞ形鋼では、解説図8.2に示すように展開した形で純断面積の算出を行うものとする。
- (5) スロット溶接・プラグ溶接は、有効断面積に加算することはできない。また、I断面などのフランジと隅肉溶接部も同様とする。



解説図 8.2 山形鋼の展開方法

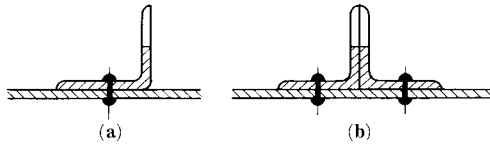
8.2.2 偏心による有効断面積の減少

山形鋼・みぞ形鋼などをガセットプレートの片側のみ設ける場合は、偏心の影響を考慮して設計する。ただし、通常の場合、その有効断面から突出脚の1/2の断面を減じた断面によって算定してもよい。

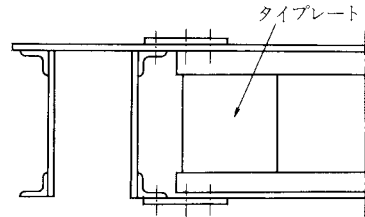
【解 説】 道路橋示方書・同解説Ⅱ 3.6を参考に定めた¹⁾。同規定の解説文を以下に引用する。

1本の山形鋼からなる引張材をガセットに取り付ける場合は、ガセットに取り付けられる脚と取り付けられない脚とができる。この場合、連結部における力の作用線と引張材の図心線との間にはかなりの偏心があり、この偏心によって曲げモーメントが働くことになる。これに対してこの規定を設けたもので、ガセットに取り付けられた脚の断面積はそのまま有効に働くものとし、ガセットに連結されない脚の1/2は無効とする(解説図8.3(a))。すなわち、等辺山形鋼であれば山形鋼の全純断面積から純断面積の1/4を減じることになる。解説図8.3(b)のように、1枚のガセットの同じ側に2本の山形鋼が取り付けられた場合にはガセットと山形鋼の間に偏心があるから、ガセットに連結されない脚の1/2は無効とする。

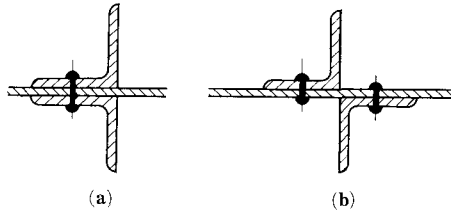
ただし、トラスの上横構などでしばしばみられるように、ガセットの片側に取り付けられた2組の山形鋼が、タイプレートなどで連結されていて(解説図8.4参照)、偏心を考える必要がない場合には全純断面積を有効と考えてよい。



解説図 8.3 山形鋼の有効断面積



解説図 8.4 タイプレートで連結された場合の山形鋼の有効断面積



解説図 8.5 ガセットの両側に取付けた場合の山形鋼の有効断面積

2本の山形鋼が1枚のガセットの両側に取り付けられた引張材（解説図 8.5 参照）では全純断面積を有効と考えることができる。(a)の場合には、部材の重心線と連結位置が一致していないため、ガセット面に平行な軸直角方向には偏心が生じるが、ガセットと山形鋼との間にかなりの摩擦があることを考えて、偏心の影響を無視した。(b)の場合は偏心がない連結とみなされる。

なお、この条の規定は細長比の算定の際に考慮する必要がなく、断面二次半径は部材の総断面積について算出してよい。

偏心のある二次部材に対しては、簡単のためにこのように計算してもよいが、偏心は本来好ましいものではないから主要引張材については、なるべく偏心を小さくするようにするのがよい。

8.2.3 部材の細長比

部材の最大細長比は、構造物の特性を考慮して決定するものとする。

【解 説】 引張部材に対しては輸送時、現場施工時の損傷防止、ならびに使用中の振動の低減などに対し部材の剛性を確保する面から、最大細長比の規定を設けている。

引張部材の最大細長比について、AISC⁴⁾、道路橋示方書¹⁾、水門鉄管技術基準⁵⁾では解説表 8.1 のように定めている。

解説表 8.1 引張部材の最大細長比

	AISC	道路橋示方書 水門鉄管技術基準
主要部材	240	200
二次部材	300	240

ただし、アイバー、棒鋼、ワイヤロープはこの限りでない。

8.3 軸方向圧縮力を受ける骨組部材

8.3.1 圧縮応力を受ける板および補剛板

圧縮応力を受ける板および補剛板の幅厚比は鋼材種別、板の使用部位を考慮して決定するものとする。

【解 説】 ここでは、軸方向圧縮力および曲げモーメントを受ける板で圧縮応力を受ける板について規定したものである。

(1) 圧縮応力を受ける板の最大幅厚比について、鋼構造設計規準³⁾、塑性設計指針⁶⁾、高層建築技術指針⁷⁾、AISC⁴⁾、ASCE⁸⁾、道路橋示方書¹⁾、水門鉄管技術基準⁵⁾では解説表 8.2 のように定めている。

解説表 8.2 圧縮応力を受ける板の最大幅厚比

	鋼 種	鋼 構 造 設 計 規 準	塑 性 設 計 指 針	高 層 建 築 技 術 指 針	AISC-Spec. (Part II)	ASCE Plastic Design	道 路 橋 示 方 書	水 門 鉄 管 技 術 基 準
H形断面材などの 自由突出板 b/t	SS 41 または A 36	15.5	10.0	9.0	8.5	8.5	16.0	12.0
	SM 50 または A 441	13.2	8.5	8.5	7.0	7.0		
箱形断面材のフ ランジプレート b/t	SS 41 または A 36	47.8	30.0	32.2	31.6		$56 f^{2)}$	
	SM 50 または A 441	40.7	26.0	27.5	26.8		$48 f^{2)}$	
柱 の 腹 板 $d/t^{1)}$	SS 41 または A 36	47.8	45.0	43.2	42.8	43.0		40.0
	SM 50 または A 441	40.7	39.0	36.8	36.3	36.4		34.0
は り の 腹 板 d/t	SS 41 または A 36	71.0	71.0	50.3	68.6	70.0		70.0
	SM 50 または A 441	60.6	61.0	42.9	58.2	59.3		60.0

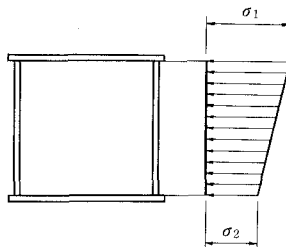
(A 36 などは ASTM 規格を示す)

注) 1) 鋼構造設計規準、高層建築技術指針、水門鉄管技術基準以外の規定においては d は部材の全せいとする。ここで全せいとは部材の強軸まわりのフランジ厚さを含めた高さをいう。

2) $f = 0.65\psi^2 + 0.13\psi + 1.0$ ($1.0 \leq f \leq 3.86$)

$$\psi = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1} \quad (0 \leq \psi \leq 2)$$

σ_1, σ_2 : それぞれ板の両縁での縁応力度、ただし圧縮応力を正とし、 $\sigma_1 \geq \sigma_2$ とする (解説図 8.6 参照)。



解説図 8.6 板の縁応力度

(2) 補剛材が取付けられた両縁支持板(補剛板)の幅厚比については道路橋示方書・同解説Ⅱ 3.2.3¹⁾では以下のように考えている。

圧縮応力を受ける両縁を支持された補剛板に、(3)の規定を満足する補剛材が等間隔に配置されている場合は、補剛板の幅厚比は式(解8.4)によるものとする。ただし、現場施工時のみに一時的に圧縮応力を受ける補剛材の板厚は、式(解8.5)を満足すればよい。

$$\frac{b}{t} \leq \frac{2756fn}{\sqrt{F}} \dots\dots\dots (解8.4)$$

$$\frac{b}{t} \leq 80fn \dots\dots\dots (解8.5)$$

ここに、 F ：表5.1に示す設計強度 (kgf/cm²)

b ：補剛板の全幅 (cm) (解説図8.7参照)

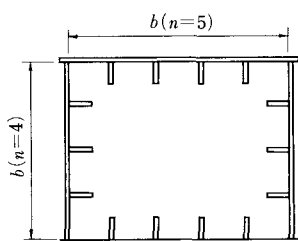
t ：板厚 (cm)

n ：縦方向補剛材によって区切られるパネル数 ($n \geq 2$)

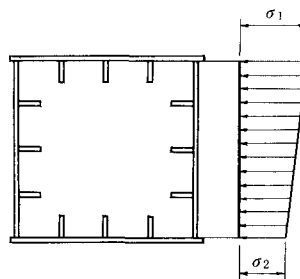
f ：応力勾配による係数、 $f = 0.65 \left(\frac{\psi}{n}\right)^2 + 0.13 \left(\frac{\psi}{n}\right) + 1.0$

ψ ：応力勾配、 $\psi = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1}$ ($0 \leq \psi \leq 2$)

σ_1, σ_2 ：それぞれ補剛板両縁での縁応力度 (kgf/cm²)。ただし、圧縮応力を正とし $\sigma_1 \geq \sigma_2$ とする (解説図8.8参照)。



解説図8.7 補剛板の全幅



解説図8.8 補剛板の縁応力度

(3) (2)により設計される補剛材について道路橋示方書・同解説Ⅱ 3.2.4¹⁾では以下のように考えている。

- 1) 縦方向補剛材の鋼種は、補剛される板の鋼種と同等以上のものとする。
- 2) 4)項により算出された縦方向補剛材1本の断面二次モーメント I_t (cm⁴) および断面積 A_t (cm²) は、それぞれ式(解8.6)および式(解8.7)を満足するものとする。

$$I_t \geq \frac{bt^3}{11} \cdot \gamma_{t.req} \dots\dots\dots (解8.6)$$

$$A_t \geq \frac{bt}{10n} \dots\dots\dots (解8.7)$$

ここに、 t ：補剛板の板厚 (cm)

b ：補剛板の全幅 (cm)

n ：縦方向補剛材によって区切られるパネル数

$\gamma_{t.req}$ ：3)項により算出した縦方向補剛材の必要剛比

3) 縦方向補剛材の必要剛比 $\gamma_{t.req}$ は次のとおりとする。

- a) $\alpha \leq \alpha_0$ かつ 4)項により算出した横方向補剛材1本の断面二次モーメント I_t (cm⁴) が式(解8.9)を満足する場合。

$$\begin{aligned} \gamma_{i, req} &= 4 \alpha^2 n \left(\frac{t_0}{t} \right)^2 (1 + n \delta_i) - \frac{(\alpha^2 + 1)^2}{n} \quad (t \geq t_0) \\ &= 4 \alpha^2 n (1 + n \delta_i) - \frac{(\alpha^2 + 1)^2}{n} \quad (t < t_0) \dots \dots \dots (\text{解 8.8}) \end{aligned}$$

$$I_i \geq \frac{b t^3}{11} \cdot \frac{1 + n \gamma_{i, req}}{4 \alpha^3} \dots \dots \dots (\text{解 8.9})$$

b) a) に規定する以外の場合

$$\begin{aligned} \gamma_{i, req} &= \frac{1}{n} \left[\left\{ 2 n^2 \left(\frac{t_0}{t} \right)^2 (1 + n \delta_i) - 1 \right\}^2 - 1 \right] \quad (t \geq t_0) \\ &= \frac{1}{n} \left[\left\{ 2 n^2 (1 + n \delta_i) - 1 \right\}^2 - 1 \right] \quad (t < t_0) \dots \dots \dots (\text{解 8.10}) \end{aligned}$$

ここに、 α : 補剛板の縦横寸法比、 $\alpha = \frac{a}{b}$ (解説図 8.9 参照)

α_0 : 限界縦横寸法比、 $\alpha_0 = \sqrt[4]{1 + n \gamma_i}$

a : 横方向補剛材間隔 (cm)

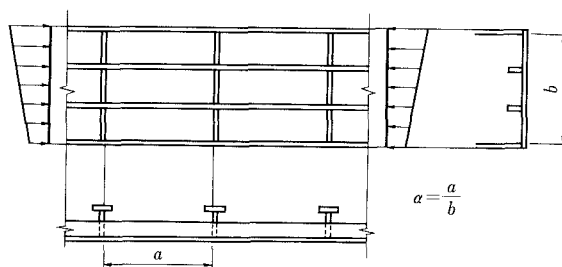
δ_i : 縦方向補剛材 1 本の断面積比、 $\delta_i = \frac{A_i}{b \cdot t}$

γ_i : 縦方向補剛材の剛比、 $\delta_i = \frac{I_i}{\frac{b t^3}{11}}$

t_0 : $\frac{b \sqrt{F}}{1378 f n}$ (cm)

F : 表 5.1 に示す設計基準強度 (kgf/cm²)

f : (2) に示す応力勾配による係数



解説図 8.9 補剛板の縦横寸法比 α

4) 補剛材の断面二次モーメントは、次の規定により算出するものとする。

- a) 補剛材が補剛される板の片側に配置されている場合は、補剛される板の補剛材側の表面に関する断面二次モーメントとする。
- b) 補剛材が補剛される板の両側に配置されている場合は、補剛される板の中立面に関する断面二次モーメントとする。

8.3.2 孔あき板

圧縮力を受ける孔あき板の板厚は溶接線間距離、溶接線から孔までの幅を考慮して決定するものとする。

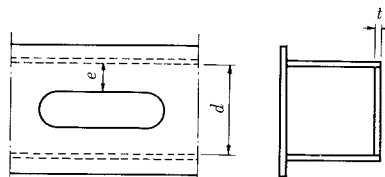
【解説】 一般に作業用孔などで、孔をあけた部材を用いる場合がある。この場合、孔あき板の板厚があまり

薄すぎると、局部座屈が生じる可能性がある。道路橋示方書・同解説Ⅱ 3.4¹⁾では以下のように定めている。

- (1) 孔あき板の最小板厚および内側溶接線から孔までの最大幅は、解説表 8.3 に示す値とする。

解説表 8.3 孔あき板

種類	最小板厚 (cm)	内側溶接線から孔までの最大幅 (cm)
SS 41, SM 41, SMA 41	$\frac{d}{50}$	13 t
SM 50	$\frac{d}{40}$	11 t
SM 50 Y, SM 53, SMA 50	$\frac{d}{40}$	11 t
SM 58, SMA 58	$\frac{d}{35}$	10 t



解説図 8.10 孔あき板

- (2) 応力方向に測った孔の長さは孔の幅の2倍以下としなければならない。
- (3) 応力方向に測った孔と孔との間の板の長さは d より大きくしなければならない。ただし、端部の孔の縁と孔あき板の端までの距離は $1.25d$ より大きくしなければならない。
- (4) 孔の縁の曲率半径は 40 mm 以上としなければならない。

8.3.3 有効断面積

圧縮部材の有効断面積は総断面積とする。

【解説】 国鉄建造物設計標準解説（土木学会）鋼鉄道橋 6.5 の規定に準拠した⁹⁾。普通ボルトやピンは孔と円筒部との間に空間があるため、圧縮力を受ける場合であってもそれらの孔を総断面積から控除することとする。

8.3.4 偏心による曲げモーメントの影響

山形鋼、T型鋼などをガセットプレートの片側にのみ設ける場合は、偏心による曲げモーメントの影響も含めて検討するものとする。

【解説】 山形およびT形断面を有する圧縮部材は偏心による曲げモーメントを算出し計算するのが望ましい。しかし部材ごとにこの計算をするのはいたずらに計算を煩雑にするだけなので、略算式により計算してもよい。道路橋示方書・同解説Ⅱ 3.5¹⁾では略算式を以下のように考えている。

解説図 8.11 のようにフランジがガセットに連結された山形およびT形断面圧縮部材は式（解 8.11）により設計してもよい。

$$\nu \frac{P}{A_g \sigma_{cus} \left(0.5 + \frac{l/r_x}{1000} \right)} \leq 1 \dots\dots\dots \text{(解 8.11)}$$

ここに、 ν ：6章の安全率

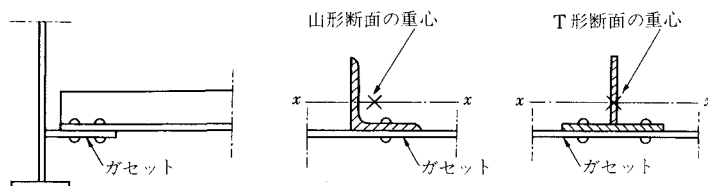
P ：軸方向圧縮力 (kgf)

A_g ：部材の総断面積 (cm²)

σ_{cus} ： l/r_x を用いて 5.2.1 の規定により算出した軸方向圧縮強度 (kgf/cm²)

l ：有効座屈長 (cm)

r_x ：断面の重心を通り、ガセット面に平行な軸（解説図 8.11 の x 軸）のまわりの断面二次半径 (cm)



解説図 8.11 山形およびT形断面を有する圧縮部材

8.3.5 部材の細長比

部材の最大細長比は、構造物の特性を考慮して決定するものとする。

【解説】 圧縮部材の最大細長比について、AISC⁴⁾、鋼構造設計規準³⁾、道路橋示方書¹⁾、水門鉄管技術基準⁵⁾、DIN¹⁰⁾、BS¹¹⁾では解説表 8.4 のように定めている。

解説表 8.4 圧縮部材の最大細長比

種類	許容最大細長比	備考
AISC	240	主要部材
	300	筋かい、2次部材
鋼構造設計規準	200	柱材
	250	圧縮材
道路橋示方書 水門鉄管技術基準	120	主要部材
	150	2次部材
DIN 4114	250	圧縮材
BS 5400	180	固定荷重を受ける材
	250	風力を受ける材

8.4 曲げモーメントを受ける骨組部材

8.4.1 圧縮応力を受ける板および補剛板

圧縮応力を受ける板および補剛板の幅厚比は鋼材種別、板の使用部位を考慮して決定するものとする。

【解説】 8.3.1 に準ずるものとする。

8.4.2 有効断面積

引張側フランジにボルト、リベットなどの孔がある場合には、孔による断面の欠損を考慮するものとする。

【解説】 道路橋示方書・同解説Ⅱ 8.2.1¹⁾を参考に定めた。同規定の解説文の一部を以下に引用する。断面二次モーメントや中立軸（断面弾性主軸）の位置などは、ボルト、リベットなどの孔があることを考慮しない総断面について計算するものとし、主として曲げによる引張応力度を受ける引張側フランジにボルト、リベットなどの孔がある場合は式（解 8.12）によって計算された引張フランジ応力度に（引張フランジ総断面積/引張フラ

ンジ純断面積) を乗じ、引張フランジの孔による欠損を考慮するものとする。支間長に比べてフランジの幅が広いプレートガーターでは、いわゆる「せん断遅れ」の影響を考慮しなければならないことがある。この場合にはフランジの有効幅に対応する有効断面積を総断面積としなければならない。

$$\sigma_b = \frac{M}{I} y \dots\dots\dots (解 8.12)$$

ここに、 σ_b : 曲げモーメントによる垂直応力度 (kgf/cm²)

M : 曲げモーメント (kg・cm)

I : 総断面の中立軸まわりの断面二次モーメント (cm⁴)

y : 中立軸から着目点までの距離 (cm)

8.4.3 たわみ、不静定力等を計算する場合の有効断面積

たわみ、不静定力等を計算する場合の有効断面積は総断面積とする。

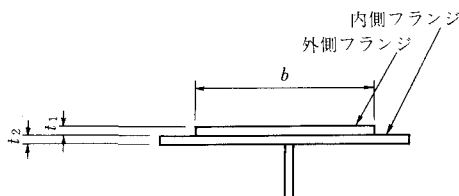
【解 説】 国鉄建造物設計標準解説 (土木学会) 鋼鉄道橋 6.6⁹⁾ に準拠して定めた。

8.4.4 重ね合せフランジ

鋼板を重ね合せてフランジとするカバープレート部に関しては外側フランジは一枚を原則とする。

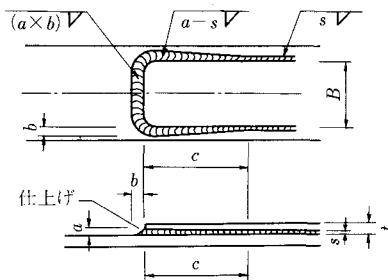
外側フランジの設計は次の規定によるものとする (図 8.1)。

- 1) 外側フランジの板厚は内側フランジの板厚の 1.5 倍以下とする。
- 2) 圧縮フランジに用いる外側フランジの板厚は外側フランジの幅の 1/24 以上とする。
- 3) 引張フランジに用いる外側フランジの板厚はフランジの幅の 1/32 以上とする。
- 4) 外側フランジの長さはけた高 (m) の 2 倍に 1 m を加えた値以上としなければならない。
- 5) 外側フランジの端部には、理論端より 30 cm 以上で、かつ、外側フランジ幅の 1.5 倍以上の余長をつけなければならない。
- 6) 引張フランジに用いる外側フランジは、外側フランジを除いた断面で算出したフランジの応力度が鋼材の強度を安全率で除した値の 90 % 以下となるところまで延長しなければならない。



圧縮フランジ : $t_1 \leq 1.5 t_2$ かつ、 $t_1 \geq b/24$
 引張フランジ : $t_1 \leq 1.5 t_2$ かつ、 $t_1 \geq b/32$

図 8.1 外側フランジの板厚



$b \geq 2a$
 $a \geq 0.4t$ かつ、 $a \geq 7\text{mm}$
 $c \geq 10t$ かつ、 $c \geq 100\text{mm}$
 $r \geq \frac{b}{10}$ かつ、 $r \geq 10\text{mm}$

図 8.2 外側フランジの端部の溶接細目

- 7) 外側フランジの端部の溶接は不等脚の連続すみ肉溶接とし、その溶接細目は図 8.2 に示すとおりとする。

【解 説】 道路橋示方書・同解説Ⅱ 8.3.3¹⁾に準じた。

カバープレート部に直接荷重が載荷されたり、カバープレート部の疲労に特に留意する場合は、国鉄建造物設計標準解説（土木学会）⁹⁾の規定を用いることが望ましい。

8.5 せん断力あるいはせん断力とねじりモーメントを受ける骨組部材

8.5.1 せん断力を受けもつ有効断面積

せん断力を受けもつ有効断面積は、部材の断面形状に応じて適切に定めるものとする。

【解 説】 道路橋示方書・同解説Ⅱ 8.2.2¹⁾の解説によれば、『曲げに伴うせん断応力度の断面内での分布は、プレートガーダーのような薄肉断面のほりでは、せん断力が各板の中央の中央線に沿った方向に流れると考えた、いわゆるせん断流理論によるのが厳密な値を与えることが知られている。』とした上で、『しかし、一般のプレートガーダーでは、曲げに伴うせん断力の大部分が腹板で受け持たれ、しかもこれは腹板内にはほぼ均一に分布すると考えても上述の理論との誤差は少ないので、(曲げに伴うせん断力)/(腹板の総断面積)の簡易式で算出してもよい』としている。

ここでは、せん断力を受けもつ有効断面積については、厳密なせん断流理論に基づくか簡易方法によるか、部材の断面形状に応じて責任技術者の判断により適切に定めるものとした。

8.6 面内力を受ける板

8.6.1 最小板厚と最大板厚

最小板厚は 6 mm を標準とし、最大板厚は 50 mm を標準とする。

【解 説】 水門鉄管技術基準第 2 章 21 条⁵⁾の規定に準拠して最小板厚 6 mm を定めた。

8.6.2 幅厚比

板の幅厚比は、板の所要強度・所要変形能力の確保を前提条件に、構造物の特性を考慮して決定するものとする。

【解 説】 平板の最大幅厚比は 8.3.1 の規定を準用するものとする。ただし、曲面構造ゲートの扉体などについては適切な検討が必要である。

8.6.3 補剛材

補剛材で区画された板の周辺支持条件を単純支持とみなして限界状態照査を行う場合には補剛材の剛度、鋼種、板厚について十分配慮するものとする。

【解 説】 8.3.1 に準ずるものとする。

8.7 面外力を受ける板

8.7.1 最小板厚と最大板厚

最小板厚は 3.2 mm を標準とし、最大板厚は 50 mm を標準とする。

【解 説】 構造物標準設計図集Ⅱ（鋼橋編）（日本道路公団）¹²⁾ を参考に定めた。

8.7.2 た わ み

面外力を受ける板のたわみは実用上支障のない範囲におさめるよう配慮するものとする。

【解 説】 道路橋示方書・同解説Ⅱ 6.2.5¹⁾ では鋼床版におけるデッキプレートのたわみについて以下のように解説されている。

『デッキプレートの厚さは少なくとも強度、剛性、施工性を考慮して決定されるべきものである。一方、今までの経験によると、デッキプレートの剛性が不足していると舗装に悪影響をおよぼすので現在の舗装技術ではデッキプレートの輪荷重によるたわみを縦リブ間隔の 1/500 以下に制限するのがよいと考えられる。』

水門鉄管技術基準第 2 章 22 条⁵⁾では、水門等の扉体の曲げによるたわみについて以下のように規定されている。

『扉体の曲げによるたわみは、径間の 1/800 以下としなければならない。ただし、特殊な場合はこの限りではない。』

8.8 面内力と面外力を受ける板

8.8.1 最小板厚と最大板厚

最小板厚は 6 mm を標準とし、最大板厚は 50 mm を標準とする。

【解 説】 水門鉄管技術基準第 2 章 21 条⁵⁾の規定に準拠して定めた。

8.8.2 幅 厚 比

板の幅厚比は、構造物の特性を考慮して決定するものとする。

【解 説】 平板の最大幅厚比は 8.3.1 の規定を準用するものとする。

8.8.3 補 剛 材

補剛材で区画された板の周辺支持条件を単純支持とみなして限界状態照査を行う場合には補剛材の剛度、鋼種、板厚について十分配慮するものとする。

【解 説】 8.3.1 に準ずるものとする。

8.8.4 たわみ

板のたわみは実用上支障のない範囲におさめるよう配慮するものとする。

【解 説】 8.7.2 に準ずるものとする。

8.9 鋼 管

8.9.1 鋼管の最小板厚

構造耐力上、主要な部材には管厚 2.0 mm 以上の鋼管を使用するものとする。

【解 説】 鋼管構造設計施工指針同解説 1.2¹³⁾ を参考に定めた。同規定の解説文を以下に引用する。

円形断面の場合、その強度ならびに剛性は管の外径と厚さの比に関係する。したがって、設計に際して管厚は各種の条件、特に接合部の状況を考慮し、管の外径との比において決定すればよいはずであるが、管厚があまり薄くなると製作・運搬ならびに建方などにおいて有害な断面のひずみや部材のたわみを生じやすく、所期の部材強さが発揮されなくなるおそれがあること、ならびに腐食による断面欠損の影響が大きいことや溶接欠陥を生じやすいことなどを考慮して、構造耐力上主要な部材の管の最小厚さを 2.0 mm に抑えたが、寸法公差を考えれば、2.2 mm 以上のものを使用するのが望ましい。鋼材量の節減によって経済性を追求しようとするのは一見有効なようであるが、構造耐力上の問題が派生しやすいので、計算結果に盲従することなく、構造物としての種々の条件を考慮して、適正な厚さをもつ鋼管を選定しなければならない。

8.9.2 鋼管の径厚比

鋼管部材の径厚比は局部座屈を考慮して決定するものとする。

【解 説】 鋼管部材の径厚比は局部座屈を考慮して決定する。鋼管部材の局部座屈強度は式 (5.10) による。なお、鋼構造設計規準 8.2³⁾、鋼管構造設計施工指針・同解説 4.1³⁾ では以下のように規定している。

$$\frac{D}{t} \leq \frac{240\,000}{F} \dots\dots\dots (\text{解 } 8.13)$$

D : 鋼管の公称外径 (cm)

t : 管厚 (cm)

F : 設計強度 (kgf/cm²) (表 5.1 参照)

8.9.3 単一鋼管部材

細長比の大きい鋼管部材を使用する場合には、風による振動を考慮して設計するものとする。

【解 説】 道路橋示方書・同解説 II 12.6.6¹⁾ を参考に定めた。細長比の大きい支柱、吊材などは比較的低風速の風が吹く場合、カルマンうずの周期的な発生により振動を起し、部材端の連結部から疲労破壊する可能性がある。

道路橋示方書では以下のように定められている。

(1) 鋼管を細長比の大きい吊材、支柱、トラス部材などに使用する場合は、風による振動を制限するため、鋼管の外径は式 (解 8.14) を満足しなければならない。ただし、特別な振動対策を講じたうえその効果を風洞

実験などで確かめた場合、および直接風の影響を受けない部材についてはこの限りでない。

$$d \geq \frac{l}{30} \sqrt{\frac{8}{t}} \quad \text{ただし、} d \geq \frac{l}{40} \dots\dots\dots \text{(解 8.14)}$$

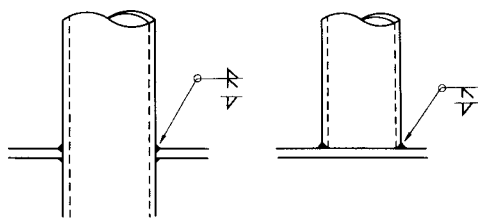
ここに、 l ：部材長もしくは有効座屈長 (m)

d ：鋼管の外径 (mm)

t ：鋼管の板厚 (mm)

(2) (1) の規定に従って設計した鋼管部材の端部を溶接により連結する場合は、全周溶接するものとする。またその形状は、一般にすみ肉溶接とし、 d が $l/25$ 以下の場合は、解説図 8.12 のようにレ形溶接とする。

(3) やむを得ずガセットプレートやリブを取り付ける場合は、8.9.7 の解説を参考にするものとする。



解説図 8.12 単一鋼管部材の端部の溶接方法 ($d \leq l/25$)

8.9.4 補剛材

鋼管部材には環補剛材またはダイヤフラムを設けるのを原則とする。

【解説】 道路橋示方書・同解説Ⅱ 12.4¹⁾ を参考に定めた。鋼管部材にはせん断およびねじれによる座屈または局所的な変形を防止するため、環補剛材またはダイヤフラムを設けるのを原則とする。道路橋示方書では以下のように定められている。

(1) 補剛材の最大間隔：鋼管部材には環補剛材またはダイヤフラムを設けるのを原則とし、その最大間隔は鋼管の外径の3倍とする。ただし、 $R/t \leq 30$ の範囲にある場合は、これを省略することができる。

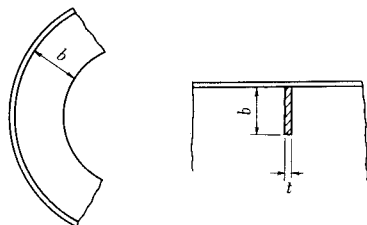
(2) 環補剛材の剛度：環補剛材の突出脚の幅および厚さは、それぞれ式(解 8.15)を満足しなければならない。

$$\left. \begin{aligned} b &\geq \left(\frac{d}{20}\right) + 70 \\ t &\geq b/17 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots \text{(解 8.15)}$$

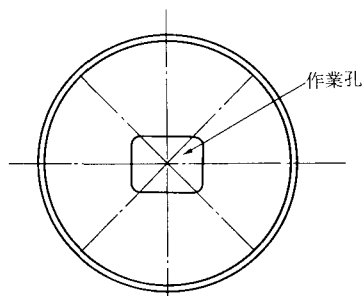
ここに、 b ：環補剛材の突出脚の幅 (mm)

t ：環補剛材の板厚 (mm)

d ：鋼管の外径 (mm)



解説図 8.13 環補剛材



解説図 8.14 ダイヤフラム

8.9.5 格点部

集中荷重が作用する格点部や支承部は、局所的な変形を防止するために環補剛材またはダイヤフラムで補強するのが原則とする。

【解 説】 道路橋示方書・同解説Ⅱ 12.6.5¹⁾に準拠して定めた。鋼管は軸方向圧縮力やねじれなどに対しては有利な反面、集中荷重を受けた場合、局所的な変形が生ずる。したがって格点部や支承部は、環補剛材またはダイヤフラムで補強するのが原則とする。環補剛材を用いた場合の局所的な変形量については、道路橋示方書では次のように規定している。

(1) 格点部の変形量は式(解8.16)を満足しなければならない。

$$\delta \leq \frac{R}{500} \dots\dots\dots (解 8.16)$$

ここに、 δ ：格点部変形量 (cm)

R ：鋼管の半径 (cm)

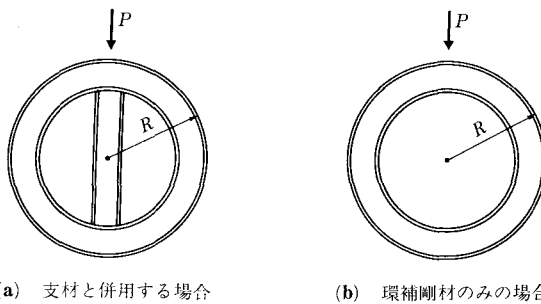
(2) 環補剛材の格点部の変形量は式(解8.17)により算出してよい。

$$\left. \begin{array}{l} \text{支材と併用する場合} \quad \delta = 0.007 \frac{PR^3}{EI} \\ \text{環補剛材のみの場合} \quad \delta = 0.045 \frac{PR^3}{EI} \end{array} \right\} \dots\dots\dots (解 8.17)$$

ここに、 P ：作用荷重 (kgf)

I ：環補剛材の断面二次モーメント (cm⁴) ただし、断面二次モーメントは周方向に一定とする。

E ：ヤング係数 (kgf/cm²)



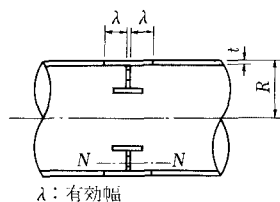
解説図 8.15 環補剛材の形式

(3) 環補剛材の断面二次モーメントを算出する場合の鋼管の有効幅 λ は、式(解8.18)によるものとする。

$$\lambda = 0.78\sqrt{Rt} \dots\dots\dots (解 8.18)$$

ここに、 λ ：鋼管の有効幅 (cm)

t ：鋼管の板厚 (cm)



λ ：有効幅

解説図 8.16 鋼管の有効幅

8.9.6 屈曲管

屈曲部の曲げ角度が小さい場合は、これを直線部材として扱ってもよい。

【解 説】 道路橋示方書・同解説Ⅱ 12.6.7¹⁾ に準拠して定めた。すなわち屈曲管を用いて部材を構成する場合、折曲げ角度が式(解 8.19)を満足する場合は、直線部材として設計してよい¹⁾。

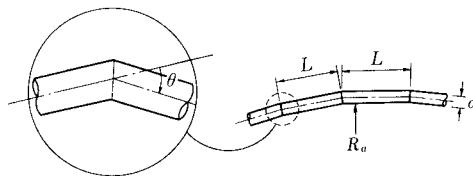
$$\theta \leq 0.04 \frac{d}{L} \dots\dots\dots (解 8.19)$$

ここに、 θ ：折曲げ角度(ラジアン)、円弧アーチの場合 $\theta = \frac{L}{R_a}$

d ：鋼管の直径(m)

L ：直線部材長(m)

R_a ：アーチの曲率半径(m)



解説図 8.17 屈曲管

8.9.7 鋼管の継手

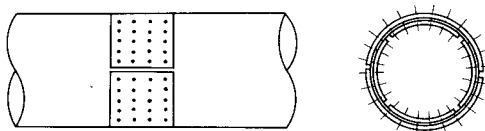
(1) 鋼管と鋼管とを軸方向に連結する場合は、高力ボルト、リベットまたは溶接による直継手を原則とする。ただし、二次部材でやむを得ない場合は、フランジ継手とすることができる。

(2) 部材軸の方向が異なる他の部材と鋼管とを連結する場合は、ガセット継手または、分岐継手とする。

【解 説】 道路橋示方書・同解説Ⅱ 12.6.1～12.6.4¹⁾ を参考に定めた。

(1) 直継手

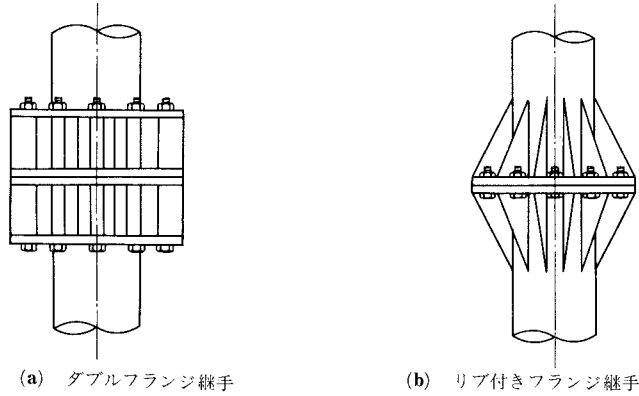
高力ボルトまたは、リベットによる区間の直継手では、高力ボルトまたはリベットの間隔は円周方向に一定とし、線間距離およびピッチを変化させないものを原則とする。なお、連結板の分割は4か所以内を原則とする¹⁾。



解説図 8.18 連結板の4分割使用例¹⁾

(2) フランジ継手

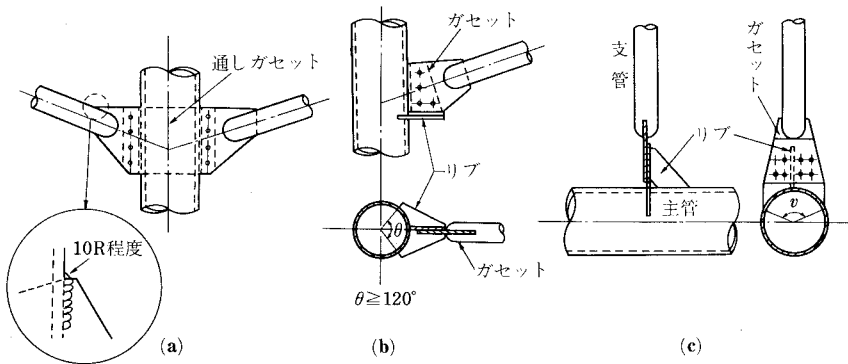
フランジ継手は原則としてダブルフランジ継手またはリップ付きフランジ継手とする。リップなしフランジ継手を使用する場合は、フランジの変形等十分な確認を行うものとする。



解説図 8.19 フランジ継手¹⁾

(3) ガセット継手

- (a) ガセットプレートを主管の管軸線方向に取付ける場合は、通しガセットとするかリブを付けて主管を補強することを原則とする (解説図 8.20 (a), (b))
- (b) 環補剛材のない格点における管軸直角方向のガセットおよび補剛リブの取付け幅は、鋼管の中心角が 120 度以上となるように定めるものとする (解説図 8.20 (b), (c)). なお、解説図 8.20 (c) のような場合は、必要に応じてガセットプレートはリブなどで補強するものとする。また、ガセットプレートの支管側先端はまわし溶接を行なった後になめらかに仕上げるものとする (解説図 8.20 (a)).

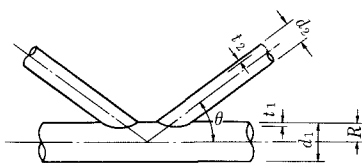


解説図 8.20 ガセット継手¹⁾

(4) 分岐継手

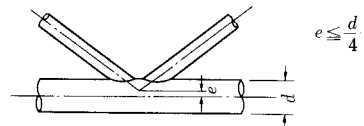
鋼管の分岐継手においては、次の条件を満足するものとする (解説図 8.21).

- (a) 主管の板厚は $R/30$ 以上とし、原則として支管の板厚以上であること。
- (b) 支管の外径は、主管の外径の $1/3$ 以上であること。
- (c) 両管の交角が 30 度以上であること。



解説図 8.21 分岐継手¹⁾

- 1) $t_2 \leq t_1, t_1 \geq \frac{R}{30}$
- 2) $d_2 \geq \frac{1}{3} d_1$
- 3) $\theta \geq 30^\circ$



解説図 8.22 偏心のある分岐継手¹⁾

- (d) 両管の管軸に偏心がないこと。ただし、支管が二次部材でやむを得ない場合は、支管側へ1/4の範囲で偏心させることができる（解説図8.22）。
- (e) 支管管端の切断は鋼管自動切断機によること。

参 考 文 献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，1980年2月。
- 2) 長大鋼橋研究委員会：第2次報告書アーチ橋の実績調査報告，1985年6月。
- 3) 日本建築学会：鋼構造設計規準，1973年5月。
- 4) AISC：Specifications for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings, 1978.11.
- 5) 水門鉄管協会：水門鉄管技術基準，1981年11月。
- 6) 日本建築学会：鋼構造塑性設計指針，1975年11月。
- 7) 日本建築学会：高層建築技術指針，1973年4月。
- 8) ASCE：Plastic Design in Steel, ASCE M & R, No.41, 1971.
- 9) 土木学会：国鉄建造物設計標準解説，1983年4月。
- 10) Deutscher Normenausschuß：DIN 4114, 1952.
- 11) BSI：BS 5400, 1980.
- 12) 日本道路公団：構造物標準設計図集Ⅱ（鋼橋編），1981年4月。
- 13) 日本建築学会：鋼管構造設計施工指針・同解説，1980年2月。