

第 7 章 部材に関する一般事項

7.1 総則

7.1.1 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・補修などに便利なように、設計するものとする。なお、部材の限界状態の照査は6章（限界状態の照査）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が残しの原因になり、鋼材の腐食を早めることになる。

また、構造物を長期間健全な状態で使用していくためには、点検、補修も欠かせない。そのため、点検・補修など将来の維持管理を考慮して設計することも重要である。

7.1.2 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、自重による部材のたわみなどの影響により生じる二次応力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。二次応力をできる限り小さくするための留意点として、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) 自重による部材のたわみ

トラス部材のように軸方向力だけで設計する部材では、部材の自重による曲げ応力を小さくするためには、幅に比して高さを大きくした方がよいのであるが、幅に比べて高さが大きすぎると格点の剛性が大きくなり二次応力が大きくなることに注意しなければならない。

4) 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。

7.1.3 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】 切欠部などで、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、補強材による補強などにより、応力集中を緩和する対策を講ずる必要がある。

7.1.4 交番応力を受ける部材

引張力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な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。部材が引張力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な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。

7.1.5 最小板厚と腐食

- (1) 鋼材の最小板厚は、加工、運搬および現場施工時に変形しないよう、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。
- (2) 腐食代をもうける場合は、6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、腐食などを考慮して決定する必要がある。一般に、塗装、溶融亜鉛めっきなどの防食対策を施す構造物では、腐食代は考慮しないが、土中の構造物など、腐食環境が厳しく、将来の防食対策が困難な場合には腐食代を考慮して設計することもある。

道路橋示方書・同解説II 3.1.6¹⁾では鋼材の最小板厚として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7.5mm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。」

7.1.6 湾曲部材

湾曲部材を直線部材とし設計する場合には、湾曲による付加応力について十分な検討を行わなければならない。

【解説】 曲線 I 桁やアーチリブなどの湾曲部材を折れ線状の直線部材として設計する場合には、部材の軸方向応力の角度のずれによる曲線の半径方向の曲げによる付加応力を考慮して設計することが必要である。面外剛性の大きい曲線箱桁や曲率半径の大きなアーチリブなど、付加応力が設計応力に比て十分小さい場合には、湾曲部材を直線部材として設計してもよい。

7.1.7 細長比の大きい部材などの動的耐風設計

風による振動は橋げたのほかに、次に示す部材などに発生することがあるため、動的耐風設計の必要性を検討することとする。

- (1) 斜張橋および吊橋の塔
- (2) 斜張橋のケーブルおよび吊橋のハンガー
- (3) アーチ橋やトラス部材などのうち細長比の大きいもの
- (4) 照明柱など細長比の特に大きい柱状部材

【解説】 道路橋耐風設計便覧²⁾を参考に定めた。斜張橋や吊橋の塔は、完成系では一般に動的耐風設計を行う必要がないが、架設時などに動的耐風性への配慮が必要となる場合がある。斜張橋のケーブルは、実橋において振動が発生した事例が多い。ランガー橋の吊材や細長比の大きいトラス弦材、また、照明柱などに振動が発生する場合がある。

これらの部材の振動は、完全には解明されていないものもあり、また、構造物に対する風の乱れ強さなどにより異なるため、具体的な照査方法を示すことは難しい。したがって、道路橋示方書¹⁾や道路橋耐風設計便覧²⁾などにより、振動に対する検討を行うのが望ましい。

7.2 軸方向引張力を受ける骨組部材

7.2.1 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】 部材の高力ボルト継手部の母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 3 mm 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7.1)の w を各ボルト孔について控除したものとする。

$$w = d - \frac{p^2}{4g} \quad (mm) \quad (\text{解7.1})$$

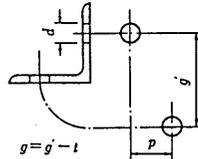
ここに、

d : ボルト孔の直径 (ボルトの呼び+3 mm) (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 7.1 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.



g' : 山形鋼背面に沿って測ったボルト線間距離 (mm)

t : 山形鋼の脚の厚さ (mm)

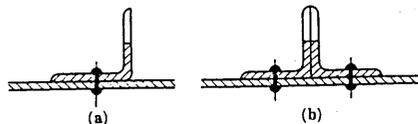
解説図 7.1 山形鋼の展開方法

7.2.2 引張形鋼の有効断面

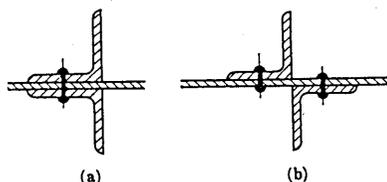
山形鋼・みぞ形鋼などをガセットプレートの片側にのみ設ける引張部材においては, 偏心の影響を考慮して設計しなければならない. ただし, 通常の場合, このような引張部材の設計は有効断面により行い, その際の有効断面積は, ガセットに連結された脚の純断面積に, 連結されていない脚の純断面積の1/2を加えて算出してよい.

【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 7.2(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 7.2(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.



解説図 7.2 ガセットの片側に取り付けた場合の山形鋼の有効断面



解説図 7.3 ガセットの両側に取り付けた場合の山形鋼の有効断面

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 7.3 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は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。

7.2.3 部材の細長比

引張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】 引張部材に対しても輸送時、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ために、また構造物全体の剛性を確保するためにも、細長比を制限することが必要であり、構造物の特性、部材の重要度などを考慮して決定することとした。

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 7.1 のように定めている。

解説表 7.1 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、ワイヤーロープはこの限りでない。

7.3 軸方向圧縮力を受ける骨組部材

7.3.1 圧縮応力を受ける板および補剛板の幅厚比

圧縮応力を受ける板および補剛板の最大幅厚比は鋼材種別、板の使用部位を考慮して決定するものとする。なお、圧縮応力を受ける板および補剛板の強度は5章による。

【解説】 軸方向圧縮力や曲げモーメントを受ける部材で圧縮応力を受ける板および補剛材の最大幅厚比についての原則を示したものである。

(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⁾、鋼構造塑性設計指針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 7.2 のように定めている。

解説表 7.2 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	SS400 または A36	15.5	10.0	9.0	8.5	8.5	16	12
	SM490 または A441	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	SS400 または A36	47.8	30.0	32.2	31.6		56f ²⁾	
	SM490 または A441	40.7	26.0	27.5	26.8		48f ²⁾	
柱の腹板 d/t ¹⁾	SS400 または A36	47.8	45.0	43.2	42.8	43.0		40
	SM490 または A441	40.7	39.0	36.8	36.3	36.4		34
はりの腹板 d/t	SS400 または A36	71.0	71.0	50.3	68.6	70.0	70	70
	SM490 または A441	60.6	61.0	42.9	58.2	59.3	60	60

(A36 などは ASTM 規格を示す)

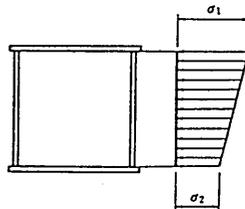
注) 1) 鋼構造設計規準、高層建築技術指針、水門鉄管技術基準以外の規定においては d は部材の全せいとする。ここで全せいとは部材の強軸まわりのフランジ厚さを含めた高さをいう。

2) $f = 0.65\phi^2 + 0.13\phi + 1.0$

$$\phi = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1}$$

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 7.4 参照)。



解説図 7.4 板の縁応力度

(2) 補剛材が取り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7.2) 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7.3) を満足すればよい。

$$\frac{b}{t} \leq \frac{2756fn}{\sqrt{F}} \tag{解7.2}$$

$$\frac{b}{t} \leq 80fn \tag{解7.3}$$

ここに、 F :表5.1に示す材料強度の規格値(kgf/cm²)

b :補剛板の全幅 (cm) (解説図7.4 参照)

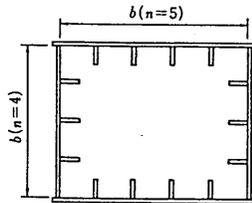
t :板厚 (cm)

n :縦方向補剛材によって区切られるパネル数 ($n \geq 2$)

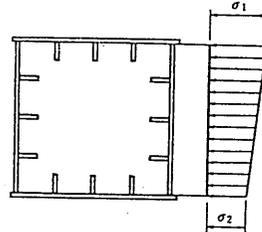
f :応力勾配による係数, $f = 0.65[\frac{\phi}{n}]^2 + 0.13[\frac{\phi}{n}] + 1.0$

ϕ : 応力勾配, $\phi = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\sigma_1}$ ($0 \leq \phi \leq 2$)

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7.5 参照).



解説図 7.5 補剛板の全幅



解説図 7.6 補剛板の縁応力度

(3)(2)により設計される補剛板の補剛材について道路橋示方書・同解説II3.2.4¹⁾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個の断面二次モーメント I_l (cm⁴) および断面積 A_l (cm²) は、それぞれ式(解7.4) および式(解7.5)を満足するものとする。

$$I_l \geq \frac{bt^3}{11} \gamma_{l.req} \tag{解7.4}$$

$$A_l \geq \frac{bt}{10n} \tag{解7.5}$$

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

$\gamma_{l.req}$: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 $\gamma_{l.req}$ 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個の断面二次モーメント I_l (cm⁴) が式(解7.7)を満足する場合

$$\gamma_{l.req} = 4\alpha^2 n \left[\frac{t_0}{t} \right]^2 (1 + n\delta_l) - \frac{(\alpha^2 + 1)^2}{n} \quad (t \geq t_0)$$

$$\gamma_{l.req} = 4\alpha^2 n (1 + n\delta_l) - \frac{(\alpha^2 + 1)^2}{n} \quad (t < t_0) \tag{解7.6}$$

$$I_l = \frac{bt^3}{11} \frac{1 + n\gamma_{l.req}}{4\alpha^3} \quad (\text{解7.7})$$

b)a)に規定する以外の場合

$$\begin{aligned} \gamma_{l.req} &= \frac{1}{n} \left[\left[2n^2 \left[\frac{t_0}{t} \right]^2 (1 + n\delta_l) - 1 \right]^2 - 1 \right] & (t \geq t_0) \\ \gamma_{l.req} &= \frac{1}{n} \left[\left[2n^2 (1 + n\delta_l) - 1 \right]^2 - 1 \right] & (t < t_0) \end{aligned} \quad (\text{解7.8})$$

ここに、 α :補剛板の縦横寸法比、 $\alpha = \frac{a}{b}$ (解説図7.7 参照)

α_0 :限界縦横寸法比、 $\alpha_0 = \sqrt[3]{1 + n\gamma_l}$

a :横方向補剛材間隔 (cm)

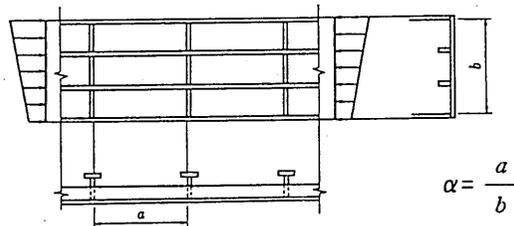
δ_l :縦方向補剛材1本の断面積比、 $\delta_l = \frac{A_l}{bt}$

γ_l :縦方向補剛材の剛比、 $\delta_l = \frac{I_l}{\frac{bt^3}{11}}$

t_0 :補剛板の板厚、 $t_0 = \frac{b\sqrt{F}}{1378fn}$

F :表5.1に示す材料強度の規格値 (kgf/cm²)

f : (2)に示す応力勾配による係数



解説図7.7 補剛板の縦横寸法比

- 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。
- 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。
 - 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。

7.3.2 孔あき板

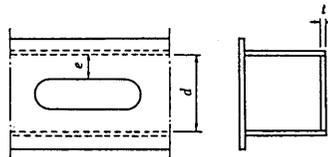
圧縮力を受ける孔あき板の板厚は、溶接線間距離、溶接線から孔までの幅を考慮して決定するものとする。

【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) 孔あき板の最小厚板および内側溶接線から孔までの最大幅は、解説表 7.3 に示す値とする。

解説表 7.3 孔あき板

鋼種	最小板厚 (cm)	内側溶接線から 孔までの最大幅 (cm)
SS400, SM400 SMA400W	$\frac{d}{50}$	13t
SM490	$\frac{d}{40}$	11t
SM400Y, SM520 SMA490W	$\frac{d}{40}$	11t
SM570, SMA570W	$\frac{d}{35}$	10t



ここに、

- t : 孔あきの板厚(cm)
- d : 内側溶接線間距離(cm)
- e : 内側溶接線から孔までの幅(cm)

解説図 7.8 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40mm以上としなければならない。

7.3.3 偏心による曲げモーメントの影響

山形鋼、T形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を考慮して設計しなければならない。

【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定し、曲げと圧縮を受ける部材として 6章により照査するのが望ましい。しかし部材ごとにこの照査を行う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 7.9 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7.9)により設計してもよい。

$$\frac{P}{A_g \sigma_{cug} \left[0.5 + \frac{l/\gamma_e}{1000} \right]} \leq 1 \quad (\text{解7.9})$$

ここに、 P :安全率を考慮した軸方向圧縮力 (kgf)

A_g :部材の総断面積 (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 7.9 の x 軸)のまわりの断面二次半径 (cm)

$\sigma_{cug}:l/r_x$ を用いて次式より算出した軸方向圧縮強度 (kgf/cm²)

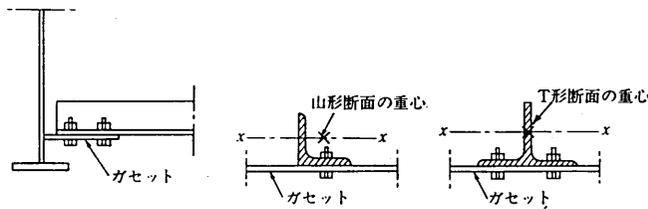
$$\begin{aligned} \sigma_{cug} &= F & (\lambda \leq 0.2) \\ &= [1.109 - 0.545(\lambda - 0.2)]F & (0.2 < \lambda \leq 1.0) \\ &= \frac{1.0}{(0.773 + \lambda^2)} F & (1.0 < \lambda) \end{aligned}$$

λ :細長比パラメータ

$$\lambda = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{F l}{E r_x}}$$

F :表 5.1 に示す材料強度の規格値 (kgf/cm²)

E :表 2.3 に示す鋼のヤング係数 (kgf/cm²)



解説図 7.9 山形および T 形断面を有する圧縮部材

7.3.4 部材の細長比

圧縮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 7.4 のように定めている。

解説表 7.4 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
鋼構造設計基準	200	柱材
	250	圧縮材
道路橋示方書	120	主要部材
水門鉄管技術基準	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

7.4 曲げを受ける骨組部材

7.4.1 圧縮応力を受ける板および補剛板の幅厚比

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

【解 説】 7.3.1 に準ずるものとする。

7.4.2 引張フランジの垂直応力度

引張フランジにボルト、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して設計するものとする。

【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、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7.10）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を総断面として考えなければならない。

$$\sigma_b = \frac{M}{I}y \quad (\text{解7.10})$$

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 (kgf・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)

7.4.3 たわみ、不静定力などを計算する場合の有効断面

たわみ、不静定力などを計算する場合の曲げ剛性は、フランジの有効幅に対応した有効断面に対するものとする。

【解 説】 道路橋示方書・同解説II 1.4¹⁾を参考に定めた。構造解析における部材断面性能として、ボルト孔などを考慮する必要はないが、曲げ剛性は有効幅を考慮して算出する必要がある。

7.4.4 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し、その設計は次の規定によるものとする（図7.1 参照）。

- 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1m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30cm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。

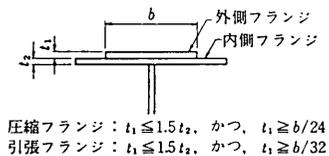


図7.1 外側フランジの板厚

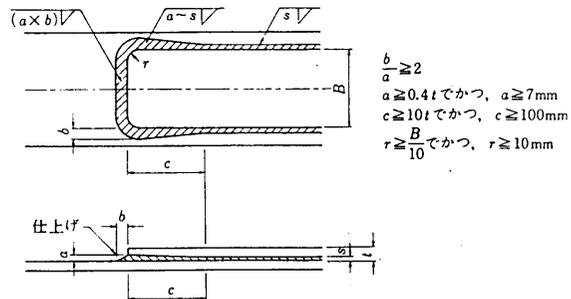


図7.2 外側フランジの端部の溶接細目

- 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7.2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、鉄道構造物等設計標準・同解説⁹⁾の規定を用いることが望ましい。

7.4.5 せん断力を受けもつ有効断面

せん断力を受けもつ有効断面は、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については、厳密なせん断流理論に基づく簡易方法によるか、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。

7.5 鋼管

7.5.1 鋼管の径厚比

鋼管部材の最大径厚比は局部座屈を考慮して決定するものとする。なお、鋼管部材の強度は5章による。

【解 説】 鋼管部材の強度特性は、径厚比 (D/t) によって大きく支配される。鋼製脚、パイプアーチなど D/t が比較的大きい構造物では、局部座屈が発生しやすいので補剛材やダイヤフラムが設けられる。

一方、海洋ジャケット構造物など、 D/t が比較的小さい鋼管を用いる場合は、一般に補剛材は設けられていない。

なお、補剛材を設けなくともよい D/t について、鋼構造設計規準7.2³⁾、鋼管構造設計施工指針・同解説4.1²⁾では以下のように規定している。

$$\frac{D}{t} \leq \frac{240000}{F} \quad (\text{解7.11})$$

D : 鋼管の公称外径 (cm)

t : 管厚 (cm)

F : 表5.1に示す材料強度の規格値 (kgf/cm^2)

7.5.2 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III12.4¹⁾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部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7.12)を満足しなければならない。

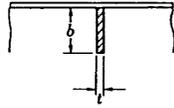
$$b \geq \frac{d}{20} + 70$$

$$t \geq b/17 \quad (\text{解7.12})$$

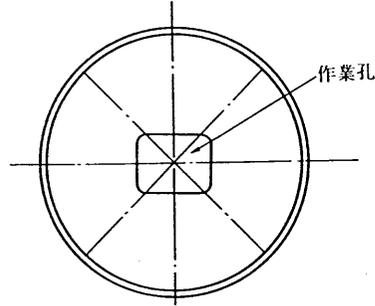
ここに、 b : 環補剛材の突出脚の幅 (mm)

t : 環補剛材の板厚 (mm)

d : 鋼管の外径 (mm)



解説図 7.10 環補剛材



解説図 7.11 ダイヤフラム

7.5.3 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II12.6.5¹⁾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7.13)を満足しなければならない。

$$\delta \leq \frac{R}{500} \tag{解7.13}$$

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7.14)により算出してよい。

支材と併用する場合

$$\delta = 0.007 \frac{PR^3}{EI}$$

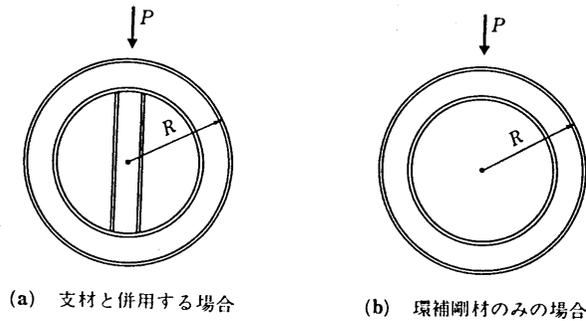
環補剛材のみの場合

$$\delta = 0.045 \frac{PR^3}{EI} \tag{解7.14}$$

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)

E : 表2.3に示す鋼のヤング係数(kgf/cm²)

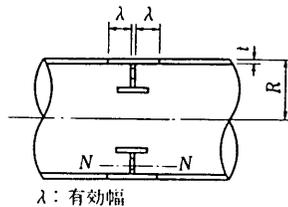


解説図 7.12 環補剛材の形式

(3) 環補剛材の二次モーメントを算出する場合の鋼管の有効幅は、式 (解7.15) によるものとする。

$$\lambda = 0.78\sqrt{Rt} \tag{解7.15}$$

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 7.13 鋼管の有効幅

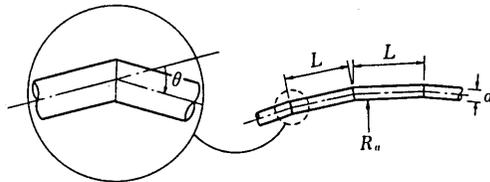
7.5.4 屈曲管

屈曲部の曲げ角度が小さい場合、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7.16) を満足する場合は、直線部材として設計してよい¹⁾。式 (解7.16) は、部材が折曲がっていることによる付加応力度が、直線部材の応力度のほぼ2%以下となるよう定めたものである。

$$\theta \leq 0.04 \frac{d}{L} \tag{解7.16}$$

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7.14 屈曲管

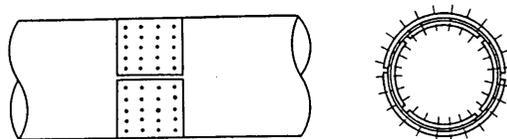
7.5.5 鋼管の継手

- (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、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。

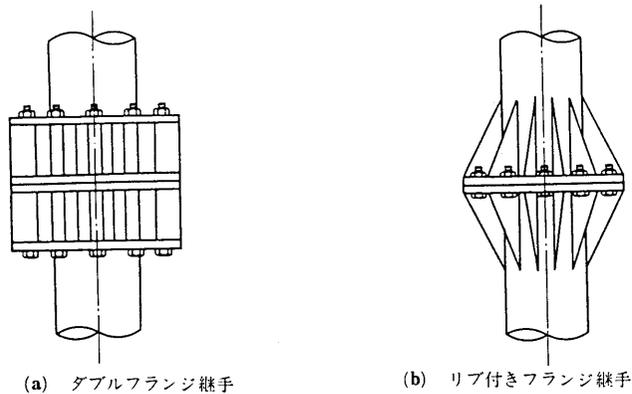
(1) 直継手

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7.15 連結板の4分割使用例¹⁾

(2) フランジ継手

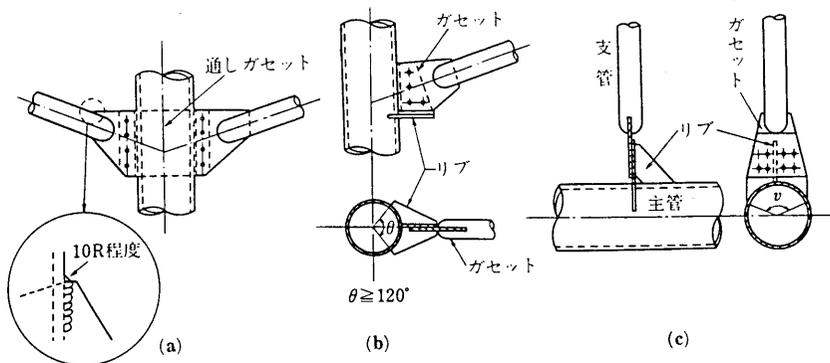
フランジ継手は原則としてダブルフランジ継手またはリブ付きフランジ継手とする。リブなしフランジ継手を使用する場合は、フランジの変形等十分な確認を行うものとする。



解説図7.16 フランジ継手¹⁾

(3) ガセツ継手

- (a) ガセツプレート主管の管軸線方向に取付ける場合は、通しガセツ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7.17(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ツ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7.17(b)(c)）。なお、解説図7.17(c)のような場合は、必要に応じてガセツプレートはリブなどで補強するものとする（解説図7.17(a)）。

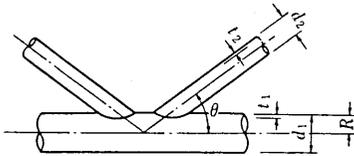


解説図7.17 ガセツ継手¹⁾

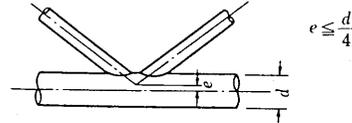
(4) 分岐継手

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7.18）。

- (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。



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



$$e \leq \frac{d}{4}$$

解説図 7.18 分岐継手¹⁾解説図 7.19 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 7.19）。
- (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，1996年12月
- 2) 日本道路協会：道路橋耐風設計便覧，1990年7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, 1978.8
- 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) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説，1992年11月
- 10) Deutscher Normenausschuss：DIN 18800-2, 1990.
- 11) BSI：BS5400, 1980.
- 12) 日本建築学会：鋼管構造設計施工指針・同解説，1980年2月