

### 3. 各種基準に示されている静的耐力式

現在われわれが鋼管構造物の設計を行なう場合、表 3.1 に示すような各種の適用規準をもとに設計を進めているのが実状である。

そこでこれらの基準の中に鋼管構造の格別構造に関する耐力の規定がどの程度折込まれているかを国内の基準と外国の基準とに比べて調査した。以下にこの調査結果を報告する。

日本については日本建築学会「鋼管構造設計指針・同解説」が最近の新しき研究成果を折り込んだ基準として活用されている。

また海洋構造物については JSSC の報告<sup>5)</sup>が活用されている。

外国では特にアメリカにおいて、1950年代から活発化はじめて海洋石油生産用プラットフォームに多くの鋼管構造が採用され製作されてきた。そのため外国基準では、海洋構造物に関する基準の中で、鋼管構造物の設計を規定していることが多い。

これらのプラットフォームの建設数の増大と大型化に伴って、技術基準の制定化が進められ、他国に先かけてアメリカ石油協会は1969年に技術基準として API RP-2A 「Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore

Platforms」を制定した。この基準は現在でも、最新の研究成果を折り込み、毎年のように改訂が

加之らんとあり、1980年には第11回改訂版が発行された。現在、海洋構造物の設計、製作において世界で最も広く利用されている基準である。

その他海洋構造物を主として扱っている基準を表3.10に示す。

表, 3.1.(a)

対象構造物		適用基準・指針	発行年
陸 上 構 造 物	橋 梁 (含水管橋)	1. 「道路橋示方書・同解説」 日本道路協会  2. 「水管橋設計基準」(WSP) 日本水道鋼管協会	1980  1974
	一般鉄塔 送電鉄塔 煙 突 高架水槽	1. 「塔状鋼構造設計指針・同解説」 日本建築学会  2. 「鋼管構造設計施工指針・同解説」 日本建築学会  3. 「送電支持物設計標準」(JEC-127) 「技術基準」 電気学会	1980  1980
	球形タレ 支持部	1. 「高圧ガスの球形貯槽に関する基準」 高圧ガス保安協会  2. 「球形ガスホルダー指針」 日本瓦斯協会  3. 「JLPA. 201. 球形貯槽基準」 日本エルピーガスプラント協会	1980  1978  1981
	クレーン	1. 「クレーン鋼構造部分の計算規準」 JIS B 8821  2. 「鋼管構造設計施工指針・同解説」 日本建築学会	  1980

表, 3.1 (長)

	対象構造物	適用基準・指針	発行年
河 海 構 造 物	固定式 海洋構造物	1. API RP 2A 「Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms」 American Petroleum Institute	1980
		2. BS DD55 「Fixed Offshore Structures」 British Standard	1978
		3. BV 「Rules and Regulations for the Construction and Classification of Offshore Platforms」 Bureau Veritas (フランス)	1975
		4. 「Rules for the Construction and Inspection of Offshore Installations Volume 1 Offshore Units」 Germanischer Lloyd	1976
		5. DNV 「Rules for the Design, Construction and Inspection of Offshore Structures」 Det Norske Veritas (ノルウェー)	1977
		6. 「港湾の施設の技術上の基準・同解説」 日本港湾協会	1979
		7. 「海洋鋼構造物設計指針(案)解説」 土木学会	1973
	移動式 海洋掘削台	1. ABS 「Rules for the Construction and Classification of Mobile Offshore Drilling Units」 American Bureau of Shipping	1980
2. DNV 「Rules for Classification of Mobile Offshore Units」 Det Norske Veritas (ノルウェー)		1981	
3. 「Rules for the Construction and Classification of Mobile Offshore Units」 Lloyd's Register of Shipping (イギリス)		1972	
4. 「Mobile Offshore Units」 日本海事協会		1978	

対象構造物		適用基準・指針	発行年
河海構造物	ダム取水塔	1. 「水内鉄管技術基準」 水内鉄管協会	1978
		2. 「鋼構造設計基準」 日本建築学会	1970
溶接構造物		1. AWS D1.1-80「Structural Welding Code - Steel」 American Welding Society	1980

3-1. 日本国内基準に示されている静的耐力式.

①. 「道路橋示才書・同解説」 日本道路協会.

上記示才書には昭和48年2月発行分以降のものについては、  
 鋼管構造の項が独自に設けられており「鋼材」、「許容力」、「補剛材」、  
 「鋼管の継手」等の規定が記載されている。

許容応力の項には特に鋼管の局部脆性に対する許容圧縮応力  
 度と許容せん断応力の規定がある。

格真部については「構造細目」の項で分岐継手と格真構造が  
 採り分けられており、分岐継手については下記の事項が記載されている。

示才書 12.6.4 分岐継手

鋼管の分岐継手においては、次の条件を満足しなければならない(図-12.6.3)。

- (1) 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。
- (2) 支管の外径は、主管の外径の  $1/3$  以上であること。
- (3) 両管の交角が  $30^\circ$  以上であること。
- (4) 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  $d/4$  の範囲で偏心させることができる(図-12.6.4)。
- (5) 支管管端の切断は鋼管自動切断機によること。

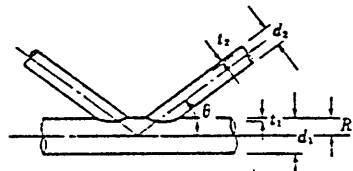


図-12.6.3 分岐継手

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

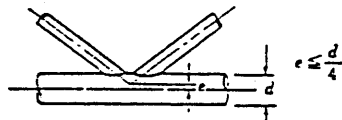


図-12.6.4 偏心のある分岐継手

本項目には特に支管荷重による主管の局部座屈による耐力に  
ついても規定は特にない。

格真構造部については「集中荷重が作用する格真部や支取部は  
局部的な変形を防止するために環補剛材または夕ヤフラムで補強  
するを原則とする。」とあり、一般的には夕ヤフラム等での補強が  
設計法が用いられる。なお格真部については変形量の規定が定め  
られている。

## ② 「水管橋設計基準」 日本水道鋼管協会

本基準には鋼管の「材料」、「許容応力度」の規定があるが、  
許容応力度については「道路橋示す書」に準ずるとある。

トラス補剛形式、ランガ-補剛形式等の水管橋には鋼管の分岐  
継手も使用されるが格真部の耐力に関する規定は無く、関係基準  
として次の基準が記載されている。

「道路橋示す書・同解説」 日本道路協会

「水内鉄管技術基準」 水内鉄管協会

「鋼管構造計算規準」 日本建築学会

「鋼管構造計算規準」 日本建築学会

## ③ 「鋼管構造設計施工指針・同解説」 日本建築学会

本指針は昭和37年に制定された「鋼管構造計算規準」にかかると  
して昭和55年2月に日本建築学会より発行されたものである。

本指針中には、2章で述べた過去10数年に関する合図管構造の研究  
 成果が38%と折り込まれており、分岐継手に対しては各種の継手形式  
 別に支管外力による主管の許容応力が示されている。

分岐継手の許容力については主管の局部変形破壊に対する設計  
 耐力を示しており、部材の元たわみ、製作誤差による偏<sup>心</sup>や二次的  
 な曲げモーメントの影響も含まれるとしている。K継手における支管の  
 重心線の交点と主管の重心線との距離が主管径の1/4以下<sup>の</sup>ば  
 偏<sup>心</sup>による曲げモーメントが継手の許容応力に及ぼす影響は考  
 慮しなくてもよいとしている。※(P-39A, 39Bを続く)

分岐継手の許容力は  $P_a = \frac{P_u}{1.7}$  とされている。

この安全率1.7の値は接合部が圧縮材と同じ破壊確率と  
 なるように信頼性解析に基づいて求められたもので、通常建築学会に  
 用いている長期と短期の許容応力度の比“1:1.5”とは桁が  
 異なるものである。P<sub>u</sub>には2-1⑤に示す黒羽らの提案式ならび  
 にJSSCの実験式を採用している。

次に本指針中より分岐継手に関する項目を抜粋転載する。

※ 重心が一真に合せず偏<sup>心</sup>量が多い場合は、節真に偏<sup>心</sup>に  
 よる曲げモーメントが生ずる。この場合、図-3.1に示すように剛節骨起の

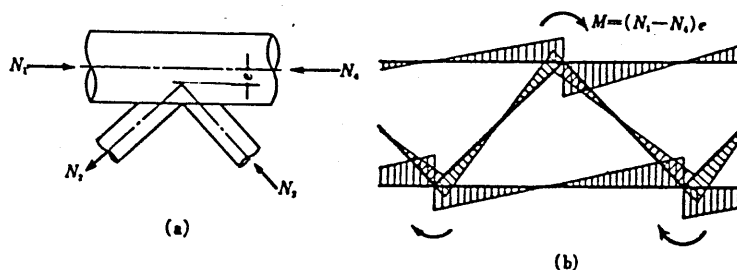


図 3.1  
3.1



節套 = 4.5 の モーメントが外力として作用するものと見做す。各部材に生ずる曲げモーメントを計算する = 7 が 2 であるといふ。簡易計算法としては、この節套 = 4.5 の モーメントを節套に集まる部材の剛度  $EI/l$  に比例して分配し求めよといふといふ。

鋼管トラスは一般に偏心を小さく設計できるが、主管と支管の径の比によつては多少の偏心を生じた方が工作が簡単になる。(図-3.2)(b) 接合部の局部破壊に対して強さが増はります(図-3.3)(b) 多少の偏心を生じた設計の方が適当である場合がある。

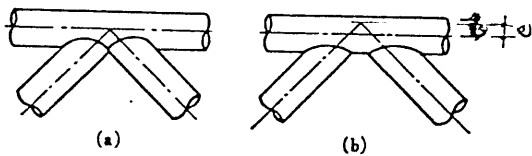


図 3.2

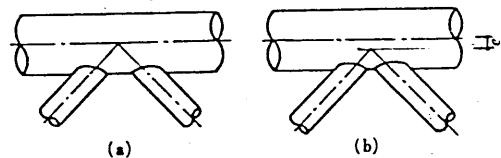


図 3.3

#### 設計 4.4.3 項

##### 分岐継手

- (1) 1つの管(主管)に、ほかの管(支管)の端部を突き付けて溶接する分岐継手の形状は次のとおりとする。
  - (a) 主管外径は、支管外径以上とする。
  - (b) 主管の管軸は、支管の管軸と交わる。
  - (c) 両管の管軸の交角は、30°以上とする。
  - (d) 支管の端部は、全周溶接とする。
  - (e) 支管の端部の溶接継目の形状は、図1のとおりとしてよい。
- (2) 分岐継手の溶接継目の有効面積は、(支管の端部の相貫線の長さ)×(有効のど厚)とする。有効のど厚は、継目の形状を図1のとおりにしたときには、 $1.4t$  または  $T$  のいずれか小さいほうとしてよい。ここに、 $t$  は支管の、 $T$  は主管の管厚である。
- (3) 分岐継手は、管壁の過大な局部変形や溶接部のきれつを生じないように、各部材の管径・管厚・継手形状について適切な設計をする必要がある。  
円形鋼管分岐継手は表3(a)に示す式を、角形鋼管分岐継手は表3(b)に示す式を用いて継手の許容力を算定してよい。

表3 (a) 円形鋼管分岐継手の許容力

【注】

(1) 短期応力のときには、表3 (a), (b) の許容力を50%増しとする。

(2) 記号

- A: 主管(柱材)の断面積 (cm<sup>2</sup>)
- D: 主管の外径。角形鋼管の場合には主管フランジ面の辺長 (cm)
- d: 支管の外径。角形鋼管の場合には支管フランジ面の辺長 (cm)
- e: K継手において、支管重心軸の交点と主管重心軸との偏心距離。支管側に偏心するときは負の値とする (cm)
- F: 許容応力度の基準値で、ここでは主管の鋼材に対する値をとる (N/cm<sup>2</sup>)
- $f_0, f_g, f_s, f_n$ : 継手の形状により決まる変数
- $f_s$ : 支管の軸方向力により決まる変数
- g: K継手において主管および支管の表面の相真線の間の距離。支管どうしが交差するときは負の値とする (cm)

H: 角形鋼管の主管のウェブ面の辺長 (cm)

h: 角形鋼管の支管のウェブ面の辺長 (cm)

N: 主管の軸方向力。作用位置および方向は図示による (t)

P: 支管の軸方向力 (t)

$P_0$ : Pの許容力 (t)

T: 主管管厚 (cm)

t: 支管管厚 (cm)

$\theta$ : 主管と支管との交角 (度)

$\beta = d/D$  または  $(d_1 + d_2)/2D$ :

角形鋼管における支管と主管の管径比

添字

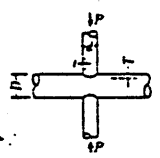
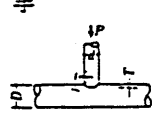
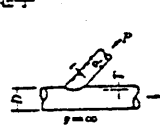
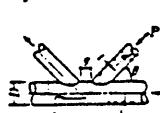
1, 2...: 多数の支管のある場合に、各支管を区別する番号。区別が不要の場合には省略する。

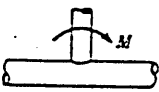
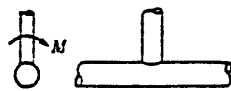
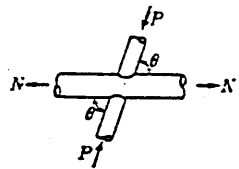
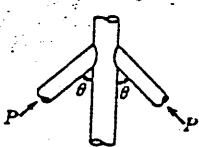
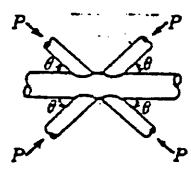
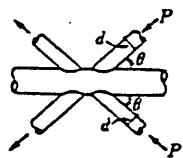
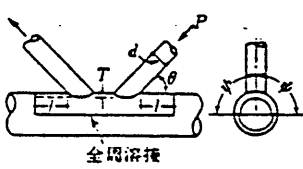
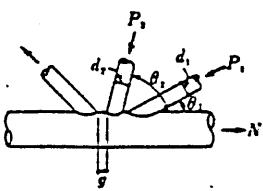
c, s: 圧縮支管および引張支管を区別する記号。区別が不要の場合あるいは添字なしでも明らかな場合には省略する。

Fの値

(t/cm<sup>2</sup>)

鋼材種別	一般構造用		溶接構造用			
	SS 41 STK 41 STKR 41 SSC 41	SM 41	SM 50 SM 50 Y STK 50 STKR 50 SCW 50-CF	SM 53	SM 58	
F	厚さ 40 mm 以下	2.4	2.4	3.3	3.6	4.1
	厚さ 40 mm を超えるもの	2.2	2.2	3.0	3.4	4.1

継手形状	許容力 (t)		適用範囲
	Pが圧縮のとき	Pが引張りのとき	
X 継手 	$P_0 = f_s T^2 F$ (1) ここに、 $f_s = \frac{3.86}{1 - 0.810 d/D}$	左の値の1.5倍	$0.19 \leq d/D \leq 1.0$ $18 \leq D/T \leq 95$ $d/t \leq 50$
T 継手 	$P_0 = f_s T^2 F$ (2) ここに、 $f_s = 3.78 \left\{ 1 + 4.60 \left( \frac{d}{D} \right)^2 \right\}$	左の値の1.5倍	$0.19 \leq d/D \leq 1.0$ $17 \leq D/T \leq 94$ $d/t \leq 50$
T, Y 継手 	$P_0 = f_s f_g f_s f_n T^2 F$ (3) ここに、 $f_s = 1.24 \left( 1 + 12.1 \frac{d}{D} \right)$ $f_g = 1 + 3.88 \left( 1 - 20.9 \frac{T}{D} \right) \left( 1 - 0.530 \frac{d}{D} \right)$ $\cdot \left\{ 1 + \frac{2}{\pi} \tan^{-1} \left( 0.237 - 0.183 \frac{g}{T} \right) \right\}$ ただし、1.0 以上 $f_n = \frac{1 - 0.167 \cos \theta + 0.049 \cos^2 \theta}{\sin \theta}$ $f_n = 1 + 0.262 \pi - 0.391 \pi^2$ $n = \frac{N}{AF}$	T, Y 継手の場合には左の値の1.5倍 K継手の場合には圧縮支管の許容力とつりあう力	$0.19 \leq d/D \leq 0.82$ $21 \leq D/T \leq 102$ $-21 \leq g/T$ $ e  \leq 0.25 D$ $d/t \leq 50$
K 継手 			

継手形状	許容力 $P_a$ (t) または許容曲げモーメント $M_a$ (t·cm)	適用範囲
(1) 	$M_a = \left(0.15 \frac{D}{T} + 2.5\right) \left(\frac{d}{D}\right)^2 DT^2 F$ 記号 $M$ : 支管の橋面内材端モーメント	$0.3 \leq \frac{d}{D} \leq 0.5$ $35 \leq \frac{D}{T} \leq 95$
(2) 	$M_a = \left(-0.015 \frac{D}{T} + 3.1\right) \left(\frac{d}{D}\right)^2 DT^2 F$	同上
(3) 	$P_a = \frac{3.29}{1 - 0.810 \frac{d}{D} \sin \theta} f_n T^2 F$ 記号 $f_n$ : 表 3 (a) に示す関数	$0.19 \leq \frac{d}{D} \leq 1.0$ $18 \leq \frac{D}{T} \leq 95$
(4) 	$P_a = \frac{3.29}{1 - 0.810 \frac{d}{D} \sin \theta} T^2 F$	$0.2 \leq \frac{d}{D} \leq 1.0$ $20 \leq \frac{D}{T} \leq 50$
(5) 	$P_a = \frac{1.64}{1 - 0.810 \frac{d}{D} \sin \theta} T^2 F$	不明
(6) 	$P_a = 1.06 \left(1 + 12.1 \frac{d}{D}\right) f_g f_n T^2 F$ ここに, $f_g, f_n, f_n$ は表 3 (a) に示す関数	$0.2 \leq \frac{d}{D} \leq 0.4$ $35 \leq \frac{D}{T} \leq 75$
(7) 主管の一部を増厚した分枝継手 	$P_a = 3.22 \left\{1 + 4.60 \left(\frac{d}{D}\right)^2\right\} T^2 F$ (T 継手) $P_a = 1.06 \left(1 + 12.1 \frac{d}{D}\right) f_g f_n T^2 F$ (K 継手) 記号 $T$ : 増厚部分の管厚。カバープレートを用いるときは厚いほうの管厚 $f_g, f_n, f_n$ は表 3 (a) に示す関数	$l \geq \frac{D}{4}$ $\psi \geq 90^\circ$ そのほかは不明
(8) KT 継手 	$\frac{P_{a1}}{f_{n1}} + \frac{P_{a2}}{f_{n2}} = 1.06 \left(1 + 6.05 \frac{d_1 + d_2}{D}\right) f_g f_n T^2 F$ 記号 $f_{n1} = (1 - 0.167 \cos \theta_1 + 0.049 \cos^2 \theta_1) / \sin \theta_1$ $f_{n2} = (1 - 0.167 \cos \theta_2 + 0.049 \cos^2 \theta_2) / \sin \theta_2$ $f_g, f_n$ は表 3 (a) に示す関数	$0.19 \leq \frac{d}{D} \leq 0.82$ $21 \leq \frac{D}{T} \leq 102$ $-21 \leq \frac{\psi}{T}$

④ 「塔状鋼構造設計指針・同解説」 日本建築学会

本規準は昭和37年に発行された日本建築学会「鉄塔構造計算規準・同解説」と昭和40年に発行された日本建築学会「鋼製煙突構造計算規準・同解説」が一本化され、さらに昭和55年10月に改訂が加えられて新たに発行されたものである。

本指針中鋼管構造に関する事項は③に示す「鋼管構造設計施工指針・同解説」によると、<sup>2が主となる。</sup>12であるため本節では鉄塔固有の問題の記載事項の~~2が主となる。~~格真構造については規定は持たないが、煙突等径厚比の大きい円筒を対象に曲げ圧縮応力度については、径厚比が  $100 < D/t < 583$  と  $D/t \geq 583$  の2種について局部座屈を考慮した計算式が示されている。

⑤ 「送電用支持物設計標準」 電気学会

「材料」、「許容応力度」については鋼管の規定が含まれているが格真部については規定はない。なお、管径厚比については④の「塔状鋼構造設計指針・同解説」と同様の規定が折り込まれている。

⑥ 「球形ガスホルダー指針」 日本瓦斯協会

球形タンクの支持構造物として鋼管について「材料」、「許容応力度」の規定があるが格真部の耐力に関する規定はない。許容応力度は長期と短期に分けており日本建築学会「鋼構造設計規準」と同一である。

④ 「JLPA 201 球形貯槽基準」、日本エルビ-ガスフロント協会

鋼管構造に関する規定は「材料」と「許容応力度」のみで格桌部に関する規定はない。

⑤ 「港湾の施設の技術上の基準」 日本港湾協会

「材料」、「許容応力度」に関する規定のみであり、鋼管の許容応力度は日本道路協会「道路橋示方書・同解説」に準用しているとされている。

⑥ 「海洋鋼構造物設計指針(案)解説」 土木学会

鋼管構造に関する規定は材料、鋼管の座屈(管の曲げによる座屈、軸力による局部座屈、せん断座屈)、部材の連絡(格桌構造)についての項がある。格桌構造については解説のとおりでT形継手の強度計算と格桌部の補強法についての説明が若干ある。

主な参考文献には「円形格桌の静的強度の実験式」として日本鋼管構造協会の実験式<sup>(5)</sup>とJ. B. Refel<sup>(13)</sup>のT形継手の式が記載されている。

### 3-2. 外国基準に示されている静的耐力式

#### ① API RP-2A 「Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms」

American Petroleum Institute

Eleventh Edition January 1980

この基準は、固定式海洋構造物の計画、設計、製作、据付、検査、完成後の点検について規定している。

分岐継手の設計については、静的耐力設計方法と疲労設計方法について規定しているが、ここでは静的耐力設計方法について述べる。

静的耐力は、支管の軸力が主管壁の面外せん断で直接伝わるものとする、いわゆる「せん断破壊法」により求められている。

次に本基準より、関連ある項目を抜粋して述べる。

#### 2.5.5c 管継手

1. 単継手 シンプルチューブラージョイント、即ち、三要素材の重ね合せや、ガゼットがなく、又、ダイヤフラム、スティフナーのないようなものは、次のガイドラインを使用すること。

(a) 構造物の保全に重要なブレースの軸方向荷重及び曲げモーメント<sup>\*\*</sup>は、作用するバンチングシアアの計算に含められなければならない。

斜めブレースに関しては、弦材壁に垂直な荷重成分だけを考慮すれば良く、そして帯云的破損表面の増加された長さから得られる全利点を用いることができる。

作用パンチング・シアーは、任意の承認されている方法によって、又は次のように計算してもよい。

$$\text{作用 } V_p = \tau \left[ \frac{f_a \sin \theta}{k_a} + \frac{f_b}{k_b} \right] \dots\dots\dots (2.5.5-1)$$

ここに  $\theta$  及び  $\tau$  は図 2.5.5-1 により定義される。

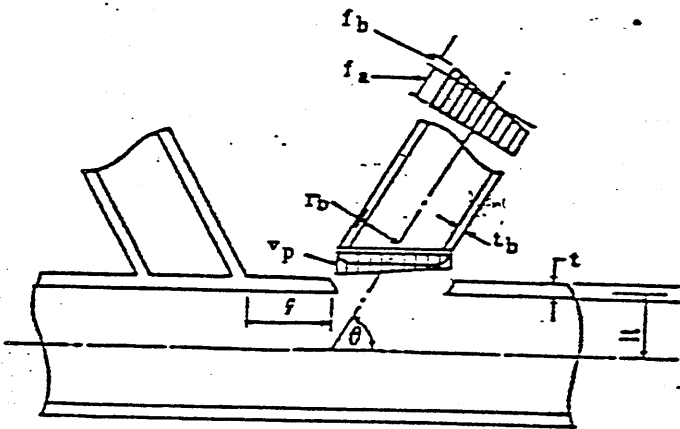
$f_a$  は軸方向応力

$$f_b = \sqrt{f_{by}^2 + f_{bz}^2}$$

$f_{by}$  は内面曲げ応力

$f_{bz}$  は外面曲げ応力

$k_a$  及び  $k_b$  は図 2.5.5-2 に定義される。



- $g$  = 隙間, in(mm)
- $t_b$  = プレス厚, in(mm)
- $t$  = 弦材厚, in(mm)
- $r_b$  = プレス半径, in(mm)
- $R$  = 弦材半径, in(mm)

$$\tau = \frac{t_b}{t}$$

$$\beta = \frac{r_b}{R}$$

$$\gamma = \frac{R}{t}$$

$$\eta = \beta / \sin \theta$$

$$\zeta = g/D$$

図 2.5.5-1 単純円筒状橋手に関する用語及び幾何的パラメータ

非円交面に対する相貫長さとの相貫断面の係数

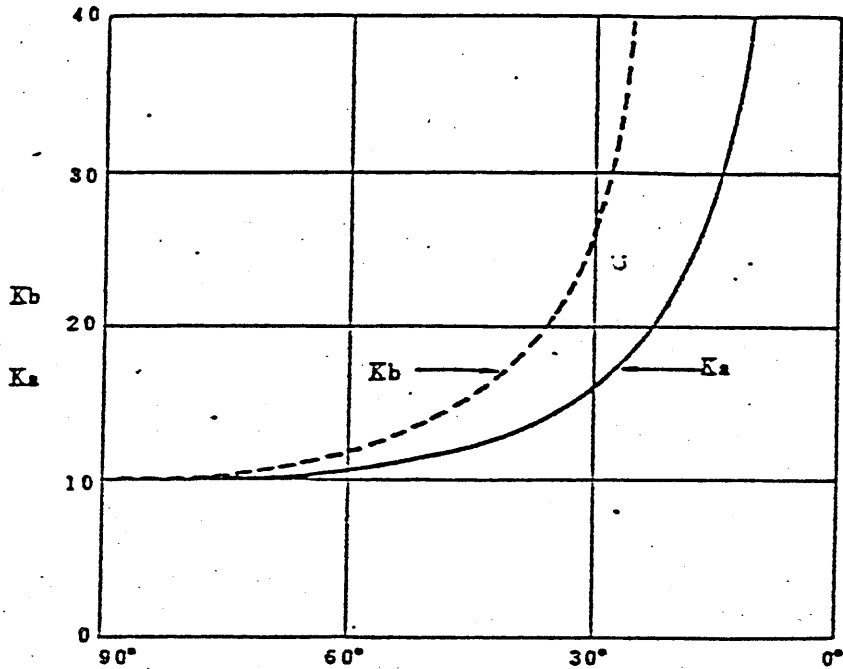


図 2.5.5-2 非円交面に対する相貫長さとの相貫断面の係数

K 継手としてそれらの荷重の一部を、また T 及び Y 又はクロス継手として一部を担うブレースに対しては、全体の中の部分の割合に基づいて挿入する。

図は 2.5.5-3 に例が示されている。

※※ 継手のたわみ性又は非弾性弛みによる 2 次(たわみにより惹起された) 曲げモーメントの減少は考慮されてもよい。

(b) K、T 及び Y 又はクロスとしての継手分類は、各荷重ケースに対してのそれらの荷重パターンによって個別のブレースに適用する。

K-継手としては、ブレースの押し抜き荷重は、継手の同じ側の同じ平面内における他の諸ブレースの諸荷重によって釣合いがとられるものをいう。

T 及び Y 継手においては、押し抜き荷重の反力は弦材のビームせん断となる。

クロス継手においては、押し抜き荷重は弦材を通して、反対側のブレースに送られる。



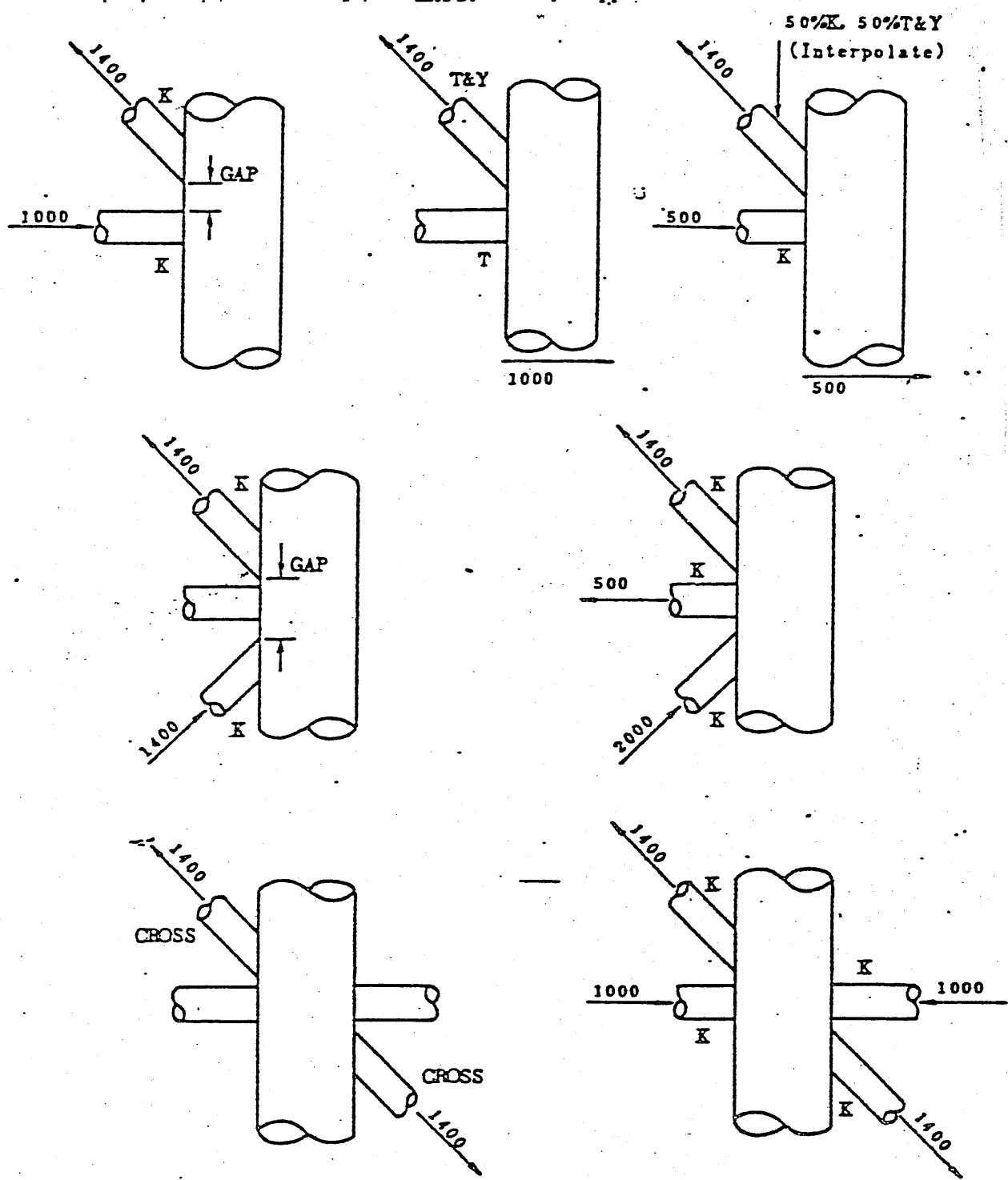


図 2.5.5-3 継手の分類の例

- (c) 弦材壁に作用するパンチング・シア- $V_p$ は、AISCのせん断許容応力、又は次の  
( $0.4 F_y$ )  
パンチング・シア-許容応力のいずれをも超えてはイケない。

$$V_p = Q_q Q_p Q_f \frac{F_y}{0.9 \tau^{0.7}} \left( \begin{array}{l} \text{適用できる場合には} \\ \text{プラス } 1/3 \text{ の増加} \end{array} \right) \dots\dots\dots (2.5.5-2)$$

ここに

$F_y$  = その点における弦材の降伏強度 (又はそれより小さければ引張強度の $\frac{2}{3}$ )

ksi (MPa)

$\tau = (R/t)$  弦材の半径と板厚の比

in/in (mm/mm)

- (d)  $Q_q$  は、表 2.5.5 の脚注 (1) に示された幾何と共に、荷重のタイプの効果を考慮するための係数である。

- (e)  $Q_p$  は、塑性予偏係数である。表 2.5.5 の脚注 (1) を見よ。下記により与えられる。

$$Q_p = \cos \left[ (90^\circ) \left( \frac{f_a}{f_a + f_b} \right) \right] + \left( \frac{f_a}{f_a + f_b} \right)$$

$a$  及び  $b$  は、分枝部材におけるそれぞれ軸方向応力及び曲げ応力である。

- (f)  $Q_f$  は弦材における軸方向荷重の存在に関する設計係数である。

$$Q_f = 1.0 \quad A \leq 0.44 \text{ に対し}$$

$$Q_f = 1.22 - 0.5 A \quad A > 0.44 \text{ に対し。}$$

ここに  $A$  は、弦材に対する AISC 比である。

即ち、

$$A = \frac{|f_a| + |f_b|}{0.6 F_y} \quad (1/3 \text{ の増加は分母に対し適用できる})$$

$f_a$  及び  $f_b$  は、それぞれ弦材における軸方向応力及び曲げ応力である。

- (g) 接合部における弦材の板厚の増加を必要とするならば、その部分は、最小、弦材直径の  $1/4$  又はテーパ部を含めて 12 インチ (305 mm) のいずれか大きい方だけブレースの外端から延長されなければならない。

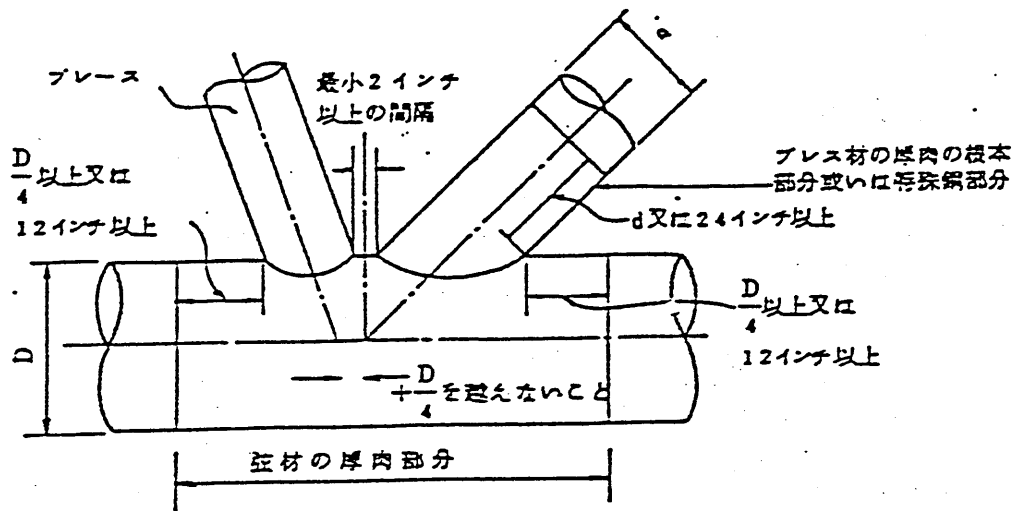


図 2.5.5-4 シンプルジョイントの詳細

- (h) 増加した板厚又は特殊な鋼が円筒状継手領域におけるブレースに使用される場合には、ブレースのその部分は、最少で、テーパ部を含めて、ブレース直径又は24インチ(610mm)のいずれか大きい方だけ、接合部から延長させなければならない。
- (i) 同心継手と呼ばれるものは、重なり合っていないブレース間の最小空隙距離2インチ(51mm)を得るため又は弦材の重畳の長さを減ずるために、作動点(ブレース及び弦材の中心線の交点)のオフセットがいずれの方向においても最大で、弦材の直径の1/4であるような細部を持った継手である。

図 2.5.5-4 を見よ。

- (j) 上記(i)に規定されたように、作動点の許容オフセットの限界内でブレース間の最小空隙距離、2インチ(51mm)を設けるよう細部指定できない単純継手は、応力伝達に対して下記の2.5.5c 2項に論議されているように設計され、図面において詳述されなければならない。

表 2.5.5 Qq に対する値

$\beta, \eta, \theta, C$  は図 2.5.5-1 に示すように  
ジョイントの形状を示すパラメータ  $Q\beta = \frac{0.3}{\beta(1-0.833\beta)}$   
 $\tau$  と  $t$  は板厚のパラメータ

		分岐部材の荷重のタイプ (2)(3)			
		軸方向 引張	軸方向 圧縮	平面内 曲げ	平面外 曲げ
継手の形式及び形状	オーバーラップ (1) $C < .15$ $C > .15$ $\beta > .6$ $\eta > 1.0$	15 plus see 222.c.2 13-2C 10 $Q\beta$ (上記の値)/ $\eta$		25 225 225 225 (上記の値)/ $\eta$ (但し, 15 以上)	10 10 10 $Q\beta$ (上記の値)/ $\eta$ (但し, 10 以上)
	T&Y 継手 $\beta < .6$ $\beta > .6$ $\eta > 1.0$	14 14 と $Q\beta$ のうち大きい方 (上記の値)/ $\eta$	10 $Q$	20 20 (上記の値)/ $\eta$ (但し, 15 以上)	10 $Q\beta$ (上記の値)/ $\eta$ (但し, 10 以上)
	クロス継手 $\beta < .5$ $\beta > .6$ $\eta > 1.0$ 2.5.5 c.4(a) に規定されている ダイヤフラム付	10 $Q\beta$ (上記の値)/ $\eta$ 上記と同じ	$0.7Q\beta$ 但し, 10 未満 $0.7Q\beta$ 引張のものに 同じ	14 14 (上記の値)/ $\eta$ (但し, 10 以上) 20	0.7 $0.7Q\beta$ (上記の値)/ $\eta$ (但し, 0.7 以上) $Q\beta$ 但し, 14 未満

注 (1)  $\eta$  が 1.0 より小さい場合には或る種のクロス継手を除き (2.5.5 c 4 項を見よ)

$Qq$  及び  $Qp$  は 10 としてよい。

(2) 2 軸曲げに関しては,  $fb^2 = fby^2 + fbz^2$  に対する面内の  $fby$  及び面外の  $fbz$  の寄与分を補間すること。

普通に受け入れられている公式は

$$Q_b = \frac{Q_{by} fby^2 + Q_{bx} fbz^2}{fb^2}$$

(3) 組合わされた軸方向荷重及び曲げに関しては, 各々の  $f_a + f_b$  に対する寄与分に差をつけて線形的に補間すること。ここに  $f_a$  及び  $f_b$  はそれぞれ, 分岐部材における軸方向応力及び曲げ応力である。

(4) 運用できる間隙は, それらの押抜き荷重が実質的にバランスしている分岐部材間である。

2 オーバーラップ継手。オーバーラッピング即ち、普通の溶接で、ある斜材から他に直接荷重の一部が伝えられるような継手は、次のように設計されなければならない。

(a) 弦材に垂直に作用する許容総荷重  $P$ , kips(N) は次に従うこと。

$$P = (V_p t l_1) + (2 V_w t_w l_2) \dots\dots\dots (2.5.5-3)$$

ここに  $V_p$  は、2.5.5.1c. に定義した許容パンチングシア—ksi(MPa)

$t$  = 弦材の厚さ, in. (mm)

$l_1$  = 弦材に接する斜材の周長 (実際の長さ), in. (mm)

$V_w$  = 斜材間の溶接に対する AISC の許容せん断応力度, ksi(MPa)

$t_w$  = 溶接のど厚又は薄い方のブレースの板厚  $t_b$  の小さい方, in. (mm)

$l_2$  = 重ね合わせて溶接した部分で、弦材から垂直に測ったところの投影した弦材の長さ (片方), in. (mm)

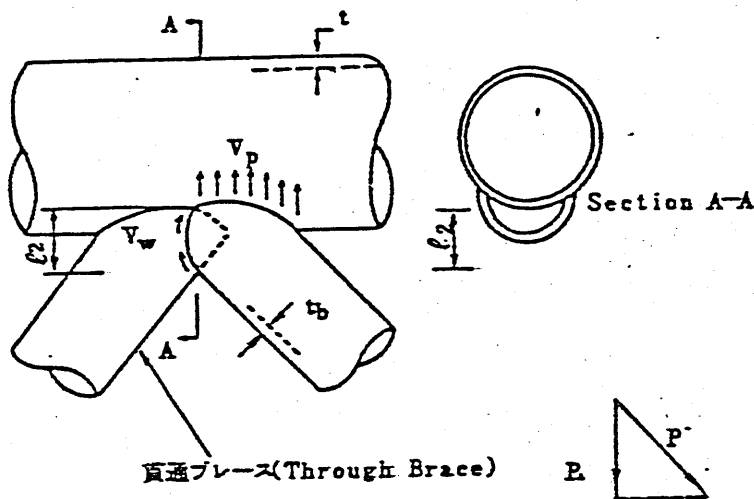


図 2.5.5-5 重ね合わせ接合部の詳細

(b) オーバーラップは少なくとも、実応力の  $P_1$  の 5 割を受け持つようにしなければならない。斜材の肉厚は決して弦材の肉厚を越えてはならない。

(c) 斜材の作用線の偏心により生ずるモーメントを、構造解析にかり込まなければならない。

(d) 斜材が、色々な荷重を同時に受けるところとか、片方の斜材の肉厚が他方よりも厚いようなところでは、厚い方の斜材を (Fig 2.5.5-5 に図解するように) むしろ貫通斜材とし弦材に完全に全周溶接されるべきである。

参考 「API RP 2A の公式の由来」

API RP 2A の基準にある各式の由来については文献 (20) にその概要が記されている。この文献から次の点を読み取れる。

- 1) 破壊形状は図3.4のように、支管に引張力が作用し、主管壁のホットスポットが降伏し（一次降伏）、クラックが発生し（一次クラック）、遂には shear によって切断する（破壊）。

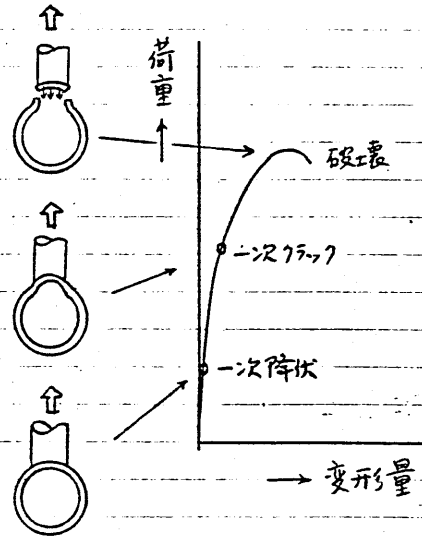


図3.4

この一次クラック発生時を継手の破壊と定義し、このときの Punching Shear Stress ( $V_p$ ) を

$$V_p = \frac{F_y}{0.5\gamma^{0.7}} \quad \text{と求めた (図3.5参照)}.$$

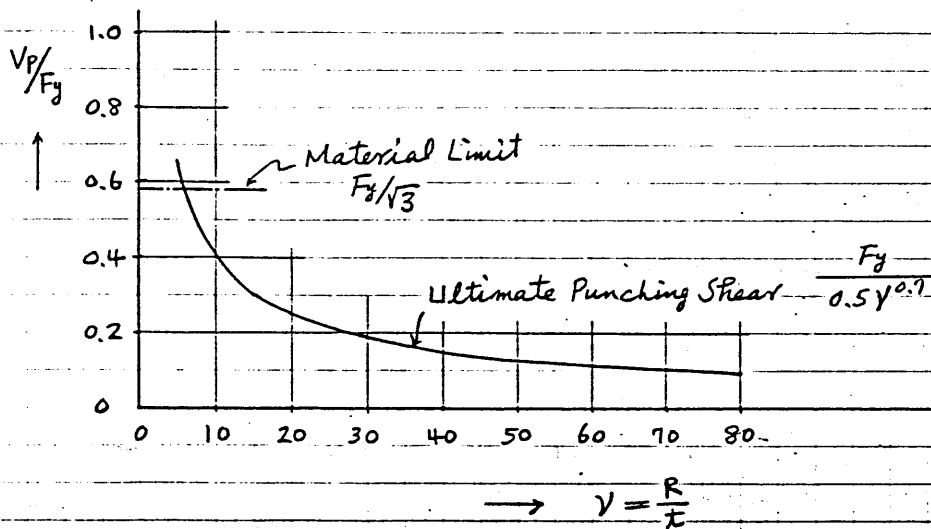


図3.5

2) パンチングシアーの許容応力は、破壊応力(一次クラック発生時)に対する安全率として 1.8 をとり

$$V_p = \frac{F_y}{0.9 \sqrt{0.7}}$$

とす。

3)  $\beta = r_b/R$  の影響について

過去のデータを元にして

$$Q_g = 1.0 \quad \beta \leq 0.6 \text{ とす}$$

$$Q_g = \frac{0.3}{\beta(1-0.833\beta)} \quad \beta > 0.6 \text{ とす}$$

とした。  $\beta$  が非常に小さくなると  $Q_g > 1.0$  となるが、データが少ないため基準では  $Q_g = 1.0$  とした (図3.6参照)。

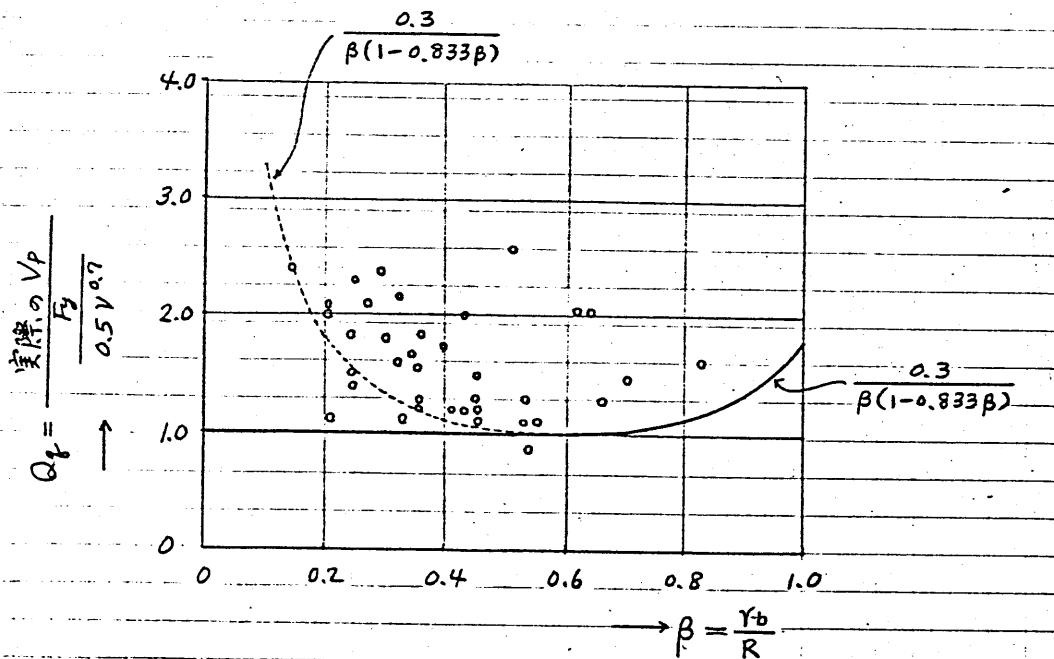


図 3.6

4) 主管に存在する応力の影響について

4-2 で述べるように 鷲尾等の研究成果<sup>(4)</sup> を参考と

していると思われるが、 $Q_f$ の値を求める式は非常に簡単にしている。

また次のように述べている。

(a) 一般に継手部では主管板厚を増すので、主管に存在する応力は見掛け上減る。この為  $A$  の値は 0.44 以下となり、主管に存在する応力の影響はほとんど無くなるだろう。

(b)  $K, X$  継手で、主管と支管の直径が等しく ( $D=d$ )、主管板厚を増すより高い応力が主管に存在するような場合  $Q_g, Q_f$  を考慮しても 逆に耐力は考慮しない場合に比し約 30% 増加する。

$$D=d \text{ のとき } Q_g = 1.80$$

$$f_a = 0.6F_y \text{ のとき } Q_f = 0.72$$

$$\therefore Q_g \times Q_f = 1.296 \doteq 1.30 \quad 30\% \text{ 増加}$$

## ② BS DD55 「Fixed Offshore Structures」

British Standard 1978年

分岐継手の設計については、静的耐力設計方法と疲労設計方法について規定している。

静的耐力は「せん断破壊法」によって求められており、その内容は API RP 2A と大同小異である。

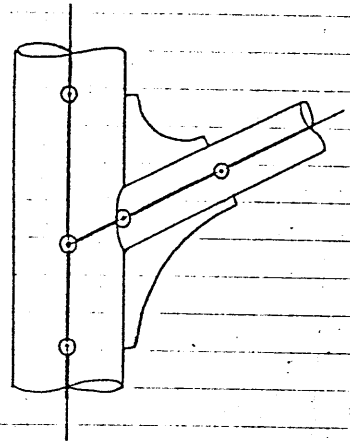
通用鋼材の降伏量は  $19.9 \text{ kg/mm}^2 \sim 52.0 \text{ kg/mm}^2$  の範囲にある。



③ BV 「Rules and Regulations for the Construction and Classification of Offshore Platforms」

Bureau Veritas 1975年

分岐継手の設計については、鋼管構造物全体を立体骨組構造として電子計算機で計算するときの格算の設定方法について規定している。例として右図のようなかセットプレート付の分岐継手を挙げ、格算を細かく設けるよう規定している。しかし各部材の剛性の決め方など詳細な規定は何も記されていない。



静的耐力に関する規定もない。

④ 「Rules for the Construction and Inspection of Offshore Installations Volume I Offshore Units」

Germanischer Lloyd 1976年

分岐継手の耐力に関する規定はなく、むしろ「別注」API RP 2A に依りて設計しなさいと記されているのである。

⑤ DNV 「Rules for the Design, Construction and Inspection of Offshore Structures」

Det Norske Veritas 1977年

分岐継手の耐力に関して本文の規定はない。但し

Design Guidance として出されている Appendix の中

T, Y, X, K 継手の耐力式が与えてある。

式の形は、次頁の① DNV 「Rules for Classification of Mobile Offshore Units」で示した形と同じである。

⑥ ABS 「Rules for the Construction and Classification of Mobile Offshore Drilling Units」

American Bureau of Shipping 1980年

分岐継手に関する規定は何も無い。

⑦ DNV 「Rules for Classification of Mobile Offshore Units」

Det Norske Veritas 1981年

分岐継手に関しては最も単純な T-Y 継手に関して「せん断破壊法」により耐力を計算することと規定している。

$$\frac{t}{T} \cdot \frac{2 \sin^2 \theta}{1 + \sin \theta} \cdot \sigma_F < 0.45 \sigma_F' \quad \text{及び} \quad 0.77 \sigma_{uk}$$

t : 支管の板厚

T : 主管の板厚

$\theta$  : 主管と支管の交差角度

$\sigma_F$  : 支管材料の降伏点

$\sigma_F'$  : 主管材料の降伏点

$$\sigma_{uk} = \frac{1.75 f}{(1.2 - \beta) \beta Y} \quad 0.2 < \beta < 1.0$$

$$\beta = Y/R \quad f = R/T$$

R : 主管の半径      Y : 支管の半径

他の継手形式については規定していない。

⑧ 「Rules for the Construction and Classification of Mobile Offshore Units」

Lloyd's Register of Shipping 1972年

分岐継手の耐力に関する規定はなし。特に疲労破壊が発生しないよう、応力集中係数が小さくなるよう設計をする必要があると述べているわけである。

⑨ 「Mobile Offshore Units」

日本海事協会 1978年

分岐継手に関する規定は何もない。

⑩ AWS D1.1-80 「Structural Welding Code-Steel」

American Welding Society 1980年

この基準は鋼構造物（建築、橋梁、鋼管構造物）の溶接設計、溶接方法、資格、検査について規定しており、鋼管構造物に関しても、かなりの頁を割いて述べている。

分岐継手の設計については、静的耐力設計方法と疲労設計方法について規定している。

静的耐力は「せん断破壊法」によって求められており、その内容は API RP 2A と大同小異である。

適用鋼材の降伏量は、 $17.6 \text{ kg/mm}^2 \sim 70.3 \text{ kg/mm}^2$  の範囲である。