

## 5. シンプルジョイント 以外の継手

### 5-1. 補強付シンプルジョイントの静的耐力式

鋼管構造の接合部は本来無補強で使用するのだが、製作上からみて利点が多く経済的であるが、接合される主管の  $D/t$  が増大してくると継手効率も次第に低下して補強策の検討を必要とする。これら  $D/t$  の大きい薄肉の主管に対する補強方法としては次のような方法がある。

薄肉の主管に対しては何等かの補強を行なうことになるが、その補強方法としては次のような方法がある。

- ① 部分的にリブを取付ける 図5.1 (a), (d)
- ② 格点部をリングで補強する 図5.1 (b), (e)
- ③ 格点部の主管管厚を増す 図5.1 (c), (f) (g) (h)
- ④ 格点部に異形球又は球を用いる 図5.1 (i), (j)
- ⑤ 鋼管内部にリングスチフナー又は支柱を設ける 図5.1 (k), (l)

しかしこれらの補強方法についてはまだ系統的な研究は少なく、その都度設計の時点で確認実験を行なうという方法がとられている。

図5.1 (b), (c), (e), (f), (g) の補強方法については JSSC の研究報告<sup>(5)</sup> による耐力推定式を表. 5.1 に示す。

図5.1 (b), (e) に示すようなリングで補強する場合にはリングの剛性が主管管壁の局部変形に対する剛性よりはるかに大きく、この種の継手の耐力は、リングの耐力によって支配される。

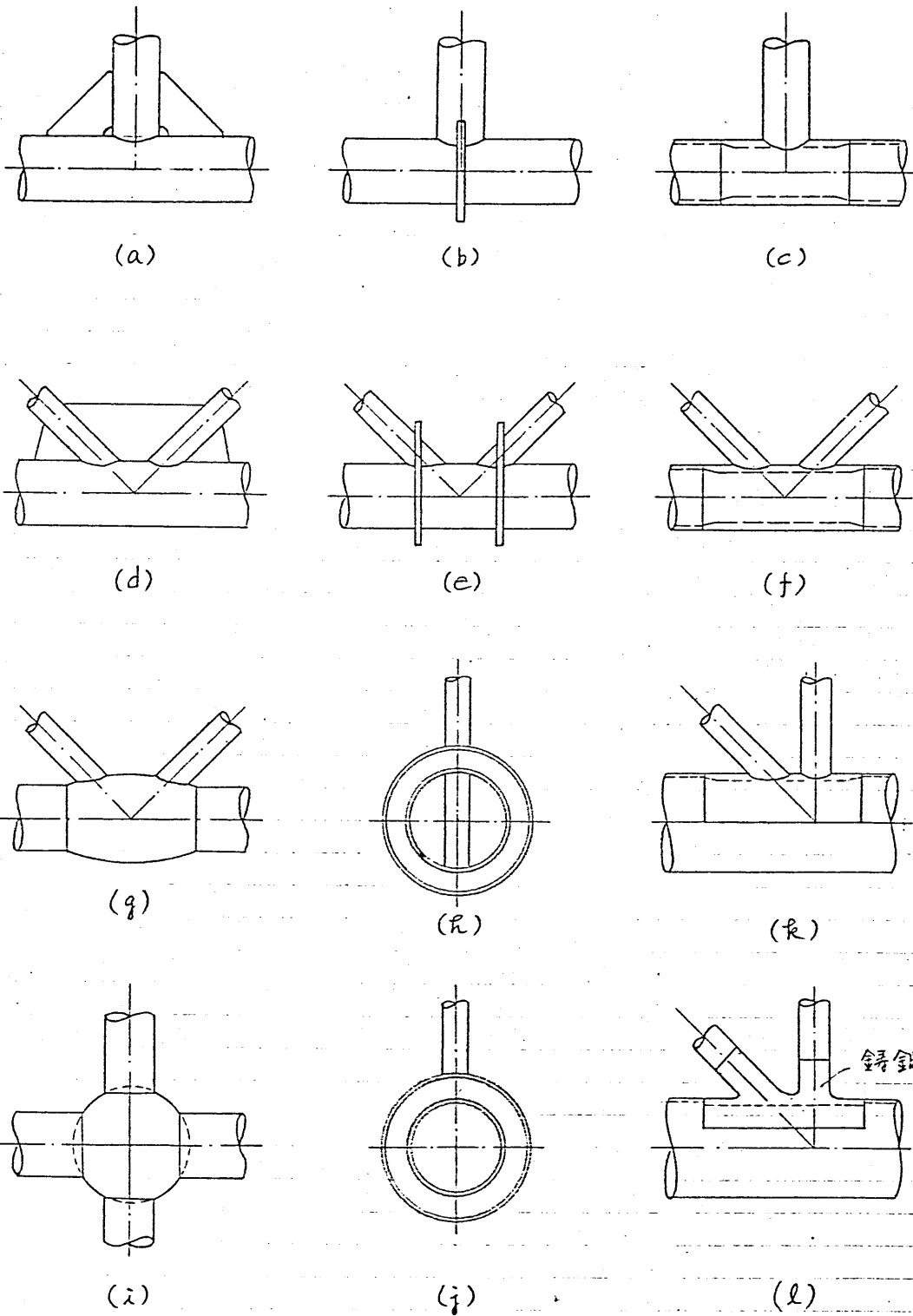


図 5.1. 格点部の補強方法

表 5-1

格点の補強方法

補強形式	適用例	設計方法
リングプレートによる補強		計算図表-※2 $P_r = \frac{P_p}{\sin \theta}$
		計算図表-※1 $P_r = \frac{P_p}{\sin \theta}$
		計算図表-※2 $P_r = \frac{P_p}{\sin \theta}$
		計算図表-※2 $M_r = P_p h$
主管管厚を 増大させる。		補強なしの場合の 実数式を用いる。 T-T' D-D' theta-theta' sigma_rl - sigma_r 適用範囲 T'/T ≤ 2 B ≥ 4D (1/tan theta + 1.2) 但し1支管が主管 に直交する場合は B ≥ D
		補強なしの場合の 実数式を用いる。 T-T' D-D' theta-theta' sigma_rl - sigma_r 適用範囲 T'/T = 2 D'/D = 1.4 B/D = 1.7

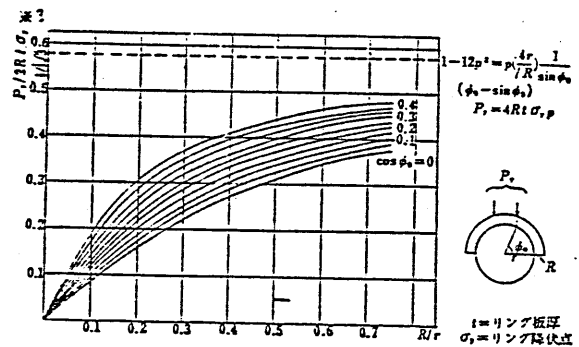
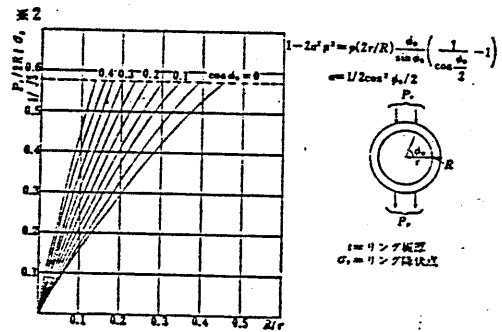
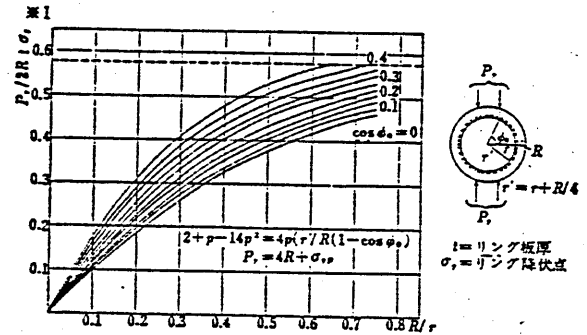


図5.1(c),(d)の様に主管管壁を増厚する場合の耐力の計算は、無補強の場合と同様であるが、主管の補強範囲が強度に及ぼす影響についての確認がまだ得られていないと報告されている。(5)

図5.1(c)の球継手については、日本建築学会「鋼管構造設計施工指針 同解説(1980)」に次のように述べられている。(6)元々の文献は文献(21)(22)(23)である。

図5.2において

$$t_s \geq 2t$$

$$d_s \leq 3d$$

を満足すること。もしこの寸法比が守れない場合は、球を隔板で補強すること。

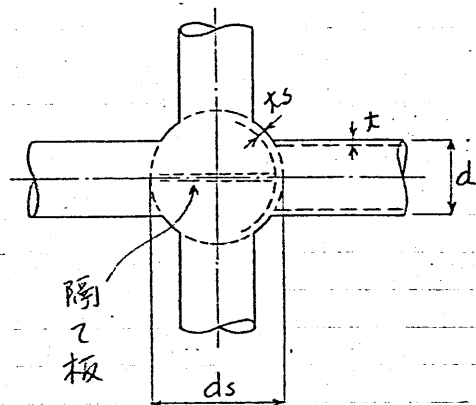


図5.2

図5.1(r),(j)の補強方法については、日本道路協会「道路橋示方書 同解説(1980)」に次のように述べられている(図5.3参照)。

荷重Pが作用したとき、主管の変形量δを

$$\delta \leq \frac{R}{500}$$

となるようにすること。

断面二次モーメントが一

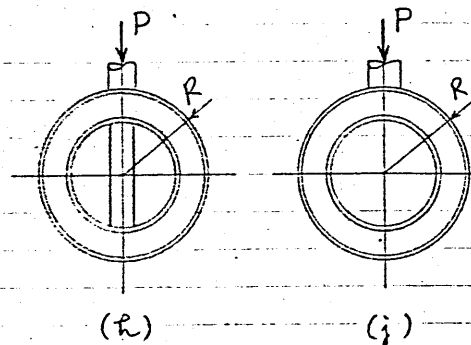
定の還補剛性を用いる場合のδは次式による。

図5.3(r)の場合  $\delta = 0.007 PR^3/[EI]$

図5.3(j)の場合  $\delta = 0.045 PR^3/[EI]$

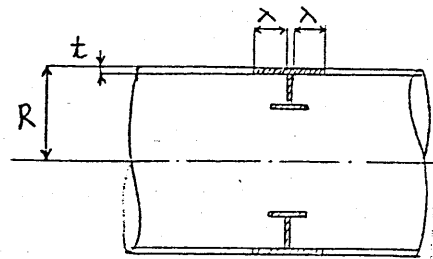
ここで P: 作用荷重

I: 還補剛性の断面二次モーメント



還補剛性の断面二次モーメント  
を算出するさいの鋼管の有効  
幅は次式による(図5.4参照)

$$\lambda = 0.78 \sqrt{R \cdot t}$$



λ: 有効幅  
図5.4

図5.1(カ)の補強方法は格点部の主管管厚を部分的に増厚したもので、坂本等<sup>(24)</sup>は  
80 kg/mm<sup>2</sup> フラスの鋼材を使用して実験している。斜めの支管に  
引張力を作用させて実験しているが、耐力は軟鋼格点と異なり、  
引張支管側主管壁の耐力で決定されると述べている。また部  
分増厚により、全体増厚とあまり変わらない耐力が得られるとしている。

図5.1(ク)の補強方法は格点部の一部を鋳鋼としたもので、坂本等<sup>(24)</sup>が  
実験している。鋳鋼格点は、溶接格点より耐力が大きくなる結果  
を得ている。

## 5-2 高張力鋼鋼管の静的耐力式

API RP 2A は  $53 \text{ kg/mm}^2$  75入の鋼管 (降伏点  $36 \text{ kg/mm}^2$ )  
で適用できる。これ以上の高張力鋼を考慮し  
しこの(5), 第2章で採りあげた文献から拾う  
と次の通り。数字は試験した鋼管のうちの最大降伏点を示す。

J. B. Reber <sup>(13)</sup>	$50.4 \text{ kg/mm}^2$
Robert B. Pan等 <sup>(16)</sup>	$60.0 \text{ kg/mm}^2$
Joseph A. Yura等 <sup>(17)</sup>	$50.4 \text{ kg/mm}^2$

ジャッキアップリフの脚に  $80 \text{ kg/mm}^2$  75入の鋼管 (降伏  
点  $70 \text{ kg/mm}^2$ ) が多く使用されるが、設計では Robert  
B. Pan等<sup>(16)</sup> によって提案された静的耐力式において  $\sigma_y$  を  
 $70 \text{ kg/mm}^2$  とし、式はそのまゝに利用することが多い。

### 5-3 半潜水型石油掘削装置のコラム／ブレイシング格点の

#### 静的耐力の評価法

##### 1) はじめに

半潜水型石油掘削装置にとって、コラム／ブレイシング格点<sup>(主管)</sup><sub>(支管)</sub>は構造上最も重要な部分である。

図5.7 に示す格点構造は、単なる一例にすぎず、国内外で設計されているこの種の格点構造とや2つ同一のものばかりではなく、各々の構造物で工夫をこらしている。

この大型格点の構造的特徴は、主管壁内に支管の方向に連続した補強材例がバルブヘッド形状を設けたり、支管をそのまゝ貫通させたりして、主管壁の荷重の負担を少なくしている点である。

一般的に、コラムの外径は10m前後、ブレイシングの外径は2.0m前後のパイプ形状をとり、もしコラム内に

ブレイシングから連続している補強材がないならば、コラム壁はブレイシングからの軸力や曲げモーメントにより容易に変形し破壊してしまう。(コラム壁の板厚は20mm前後)。一方

比較的小径の(300φ~1000φ)パイプ格点では、格点部の板厚を増すとにより、 $T/D$  (T:パイプ板厚, D:パイプ外径)を大きくとり、管壁の径方向の剛性を増して、主管の内部に補強材を入れなくても十分な耐力をもった格点の設計が可能である。

この実例は、ジャケットやジャッキアップのシフトの構造設計に見る事ができる。

以下に半潜水型石油掘削装置のコラム/グレース 構造の静的耐力と念入りの強度を評価する方法、一つを簡単に述べる。

尚 図 5.5 は半潜水型石油掘削装置の全体図。

図 5.6 は三次元有限要素モデル図

図 5.7 はコラム/グレースの<sup>(構造)</sup>詳細図を示す。

## 2 計算方法

半潜水型石油掘削装置は、構造的に非常に複雑で、完全

かつ詳細な応力解析をすることはむづかしい。このため

多数の有限要素の集合として構造物を理想化し解析する有限要素法プログラム

が開発されているが、経済性を考えた場合 大規模な負荷を伴うので、

特別な状態を除いて 半潜水型石油掘削装置全体を有限要素法で解析

することは難しい。

経済的な方法として、三次元有限要素からなる単純化されたモデル

をオーストラリアとして使用し、オーストラリアとして有限要素モデルを使用する方法がとられる。  
(局部的解析に)

船殻構造解析の経験から判断しても この単純化されたモデルで

計算された応力は、薄板構造物で成り立っている構造物に適用しても、



妥当な結果を与える。

図5.6は図5.5に示す半潜型石油掘削装置の1つの三次元骨組構造モデルを示す。

尚骨組モデルに使用される要素は、強度メンバーの中心軸に配置される。

(1) 設計手順

(a) 設計条件として PLATFORM が使用される海域での最大波高、潮流、風速、水深を定める。

(b) 設計荷重として PLATFORM の自重 (STEEL, EQUIPMENT, BALLAST) 浮力、波の抗力、質量力、運動による慣性力、アキカ - カ 等を決定する。(波の方向等により何種類かの計算を行う。)

(c) 三次元骨組モデルに上記設計荷重を 集中荷重 又は 分布荷重 として分布させ

部材に生ずる内力及び応力を計算する。

(d) 格点部の静的耐力

図5.7に示す着色部を板の有限要素に分割する。

水平、斜め、ブレース、コラム端部には 三次元骨組計算より

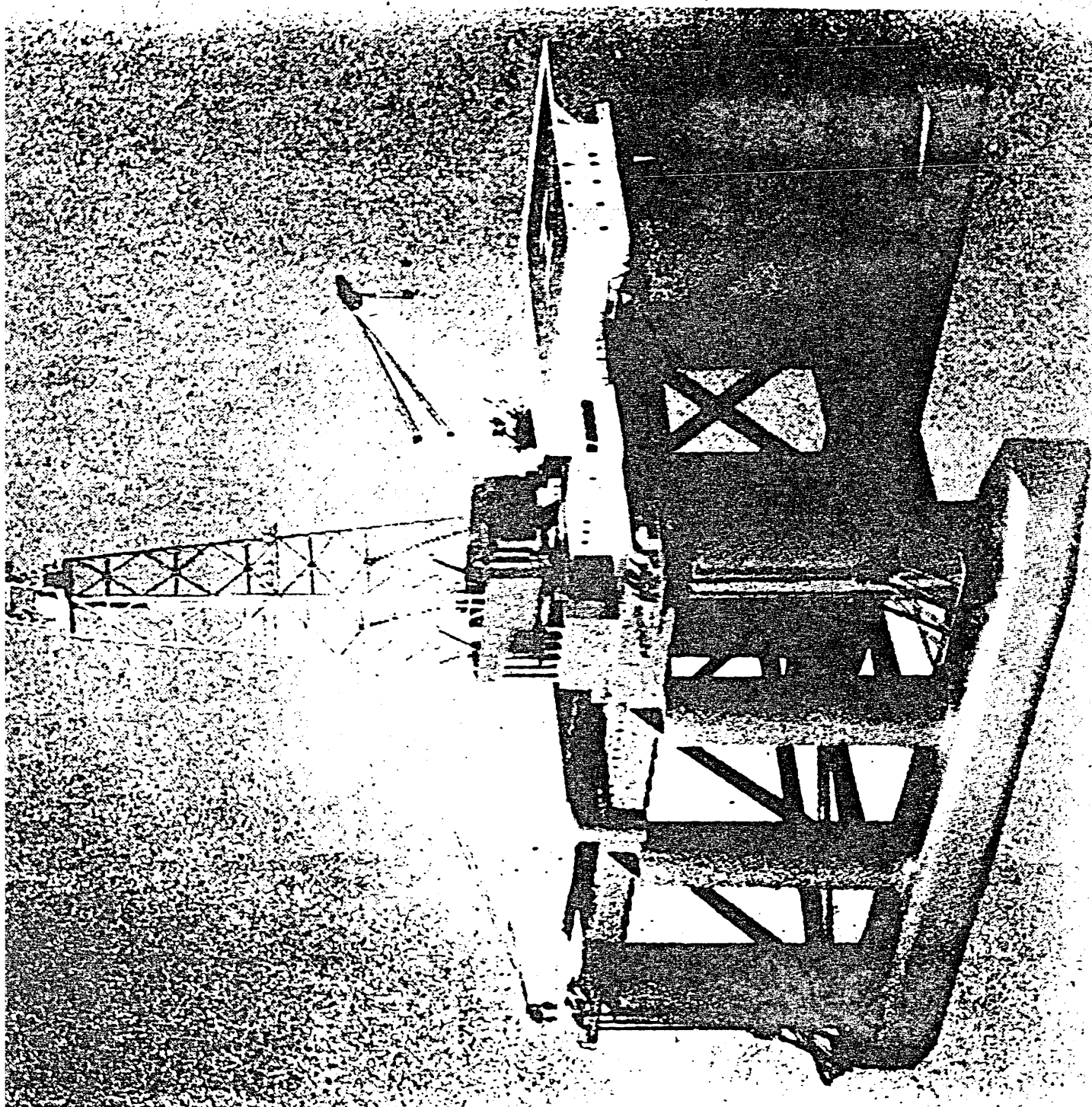
得られた最大曲げモーメント、軸力、剪断力を作用させ、有限要素解析を行う。

計算されたそれぞれの要素ごとの相当応力が降伏点を越えない値ならば、パイプの局部的座屈 あるいは

局部的変位は伴うにしても、今までの実績から判断して静的耐力としては十分な強度をもつ。

### 3 結 語

ジャケット等々使用される小径パイプの格点の静的耐力の計算式は、構造が比較的簡單なため実験を通じて公式化しやすいが、半潜水型石油掘削装置の大型格点は構造的にも複雑であり形式サイズも多様であるので静的耐力を公式化することは容易ではないと思われる。この問題は今後の課題として設計者が取り組むべきテーマである。



STRUCTURAL MODEL

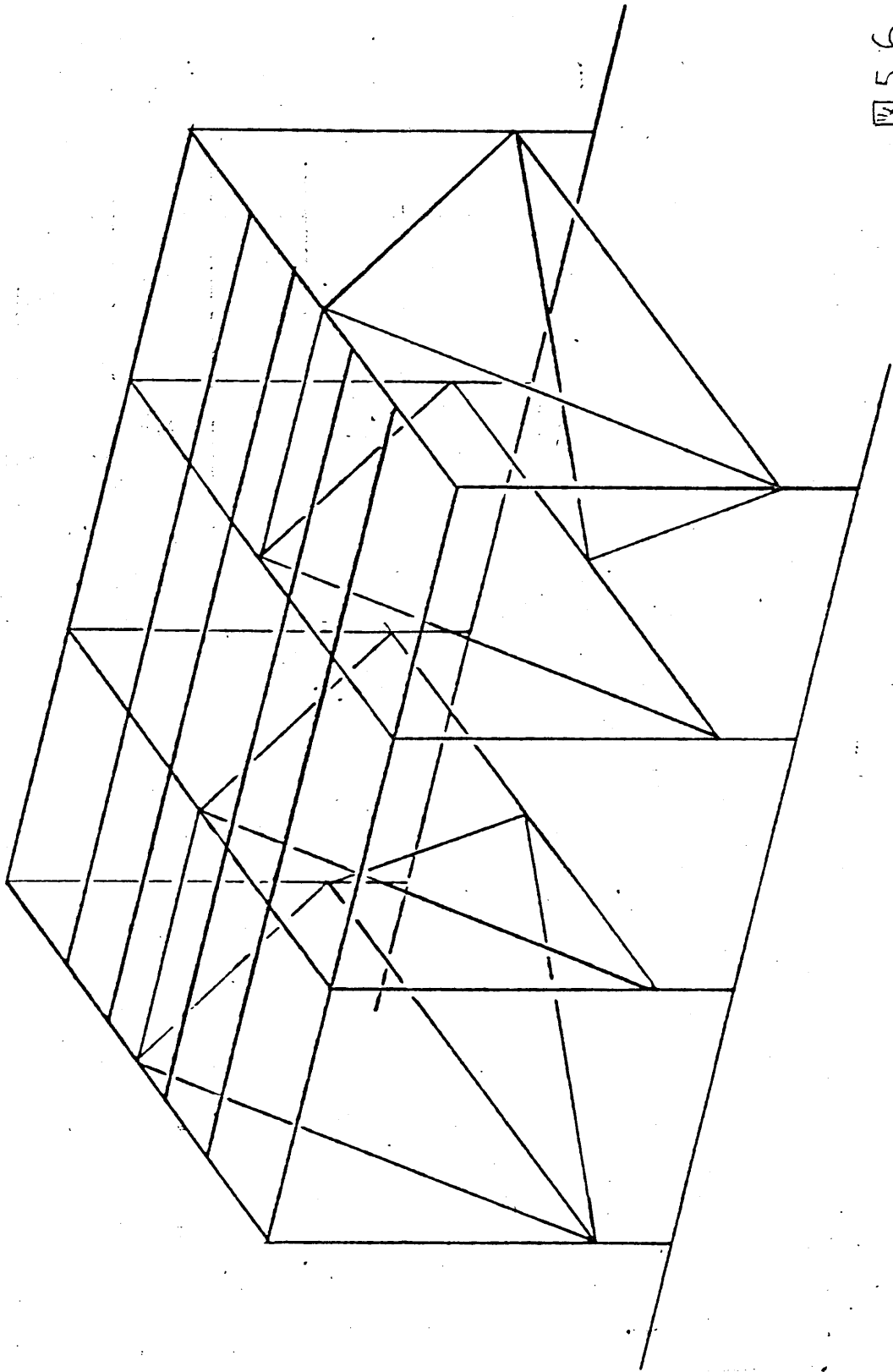


Fig 5.6

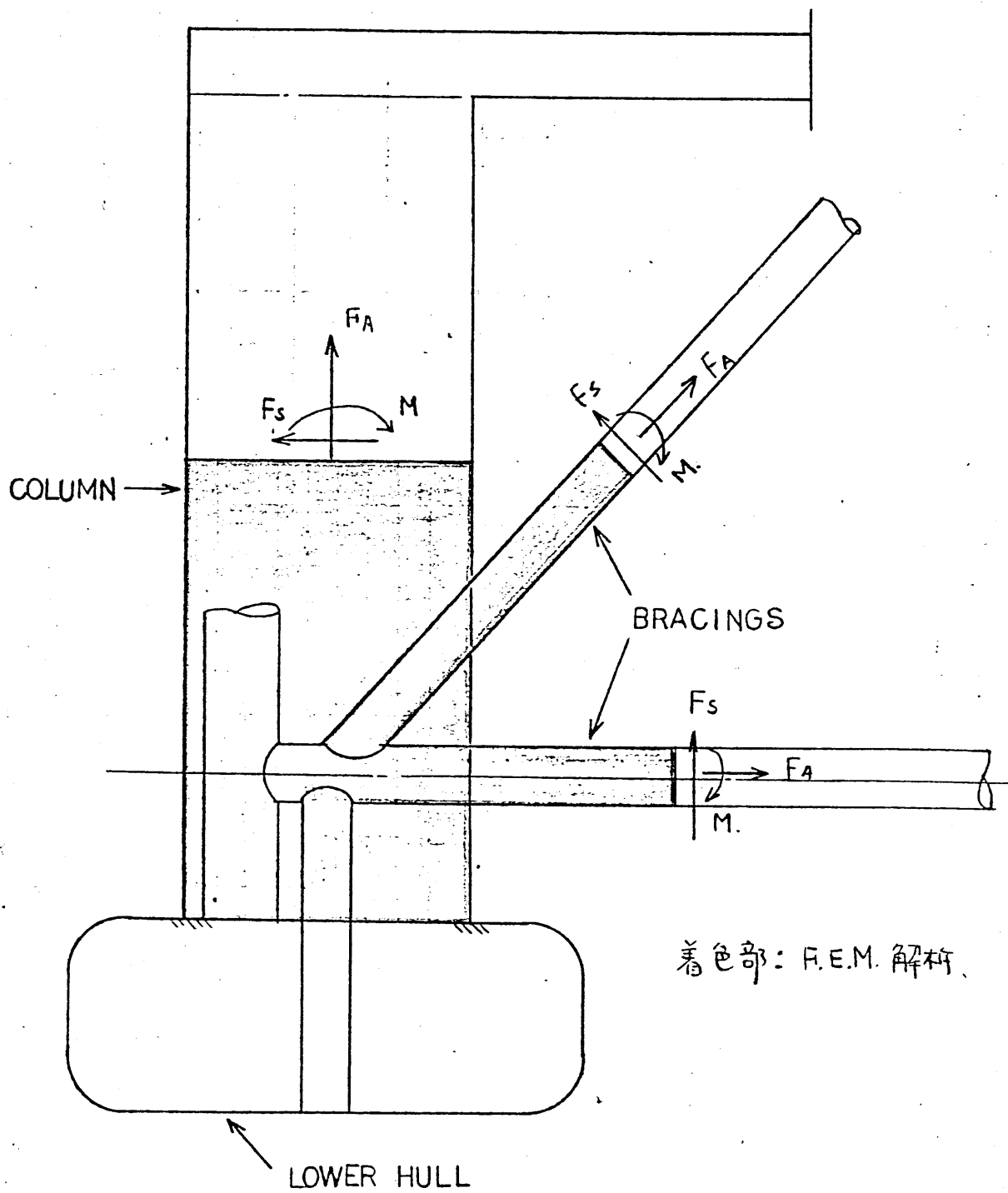


图 5.7

引用文献

- (1) Donnell, L. H. and Wan, C. C. : Effect of Imperfections on Buckling of Thin Cylinders and Columns Under Axial Compression, Journal of Applied Mechanics, Vol. 17, pp. 73-83, Mar. 1950.
- (2) 金谷他:「鋼管接合部の局部変形に関する実験的研究(その1, その2, その3)」日本建築学会論文報告集, 才108~110号, 昭40.2~4.
- (3) 鷲尾, 東郷, 三井:「鋼管と鋼管の十字形接合部の研究(その1, その2)」日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭42.10.
- (4) 鷲尾, 東郷, 三井:「鋼管トラス接合部と弦架管の局部破壊に関する実験的研究(その1, その2, その3)」日本建築学会論文報告集, 才138~140号, 昭42.8~10.
- (5) 秋山, 矢島, 秋山, 木竹:「鋼管構造格真の耐力に関する実験報告」JSSC, Vol. 10, NO. 102, 昭49.6.
- (6) 牧野, 黒羽, 三井:「鋼管継手の局部変形耐力の推定—支管が圧縮力を受ける場合—」日本建築学会論文報告集, 才251号, 昭和52年1月.
- (7) 黒羽, 牧野, 菟田, 井手:「鋼管 Double K 継手の静的耐力の実験」日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和56年9月.
- (8) 牧野, 黒羽, 菟田:「支管が引張力を受けた場合の鋼管 Y, T 継手の耐力」日本建築学会中岡・九州支部研究報告才5号, 昭和56年3月.
- (9) 梅井:「鋼管構造溶接継手の強度に関する研究の展望」石川島播磨技報, 才15巻才1号, 昭和50年1月.

- (10) J. G. Bouwkamp ; " Tubular Joints under Static and Alternating Loads ", Report No. 66-15, Structural Engineering Laboratory, Univ. of California, Berkeley, California, June 1966.
- (11) L. A. Beale and A. A. Toprac ; " Analysis of Inplane T, Y and K Welded Tubular Connections " Report No. S.F.R.L., Tech. Rpt. PP.550-559, Univ. of Texas, Austin, Texas, April 1967.
- (12) A. A. Toprac, M. Natarayan, H. Ergurumlu and A. L. J. Kanoo : " Research in Tubular Joints : Static and Fatigue Loads ", OTC 1062, 1969.
- (13) J. B. Reber ; " Ultimate Strength Design of Tubular Joints ", OTC 1664, 1972.
- (14) M. S. Lee, A. P. Cheng, C. T. Sun and R. Y. Lai : " Plastic Consideration on Punching Shear Strength of Tubular Joints ", OTC 2641, 1976.
- (15) " Recommended Practice for Planning, Designing, and Constructing Fixed Offshore Platform, " API RP 2A Sixth Edition, January 1975.
- (16) Robert B. Pan, Fred B. Plummer and J. G. Kuang : " Ultimate Strength of Tubular Joints ", OTC 2644, 1976.
- (17) Joseph A. Yura, Nicholas Zettlemoyer and Iran F. Edwards " Ultimate Capacity Equations for Tubular Joints " OTC 3690 1980

(18) "Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platform", API RP 2A, Fourth Edition, 1973

(19) "Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platform", API RP 2A, Ninth Edition, 1977.

(20) P. W. Marshall and A. A. Toprac:

"Basic for Tubular Joint Design Codes",

ASCE National Structural Engineering Meeting, April 9-13, 1973 - San Francisco, California.

(21) 加藤, 秋山: 「軸対称荷重時の球殻の応力解析とその応用」  
日本建築学会論文報告集, 第92号, 昭和38年11月。

(22) 武田, 岡田, 高橋: 「パイプ部材と球ジョイントによる立体トラスの実験的研究」,  
日本建築学会大会学術講演梗概集, 昭和43年10月。

(23) Von K. Klöppel und W. Guder: "Kugelförmiger Knoten mit sechs angeschlossenen Zugstäben aus Rohrprofilen",  
Der Stahlbau, Feb. 1961.

(24) 坂本, 大竹 他: 「海洋構造物用高張力鋼格点の強度」,  
住友金属, Vol. 30, No. 1, Jan. 1978.