

港 灣 技 研 資 料

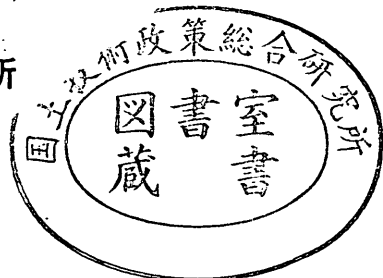
TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 102 June 1970

けい船柱の標準設計(案)

稲	垣	紘	史
山	口	孝	市
片	山	猛	雄

運輸省港湾技術研究所



けい船柱の標準設計（案）

目 次

要 旨	
1. ま え が き	3
2. けい船柱の配置基準および設計けん引耐力の提案	3
3. けい船柱の設計法および標準形の提案	4
3.1 使用材料	4
3.2 形状および基本寸法	5
3.3 応力計算法	5
3.4 摩もう（耗）および腐食厚さ	7
3.5 頭 部 穴	7
3.6 標 準 形	7
4. けい船柱の配置	7
4.1 各種けい留索の名称と役目	7
4.2 けい船柱の設置間隔および配置	13
5. けい船柱の必要けん引耐力	15
5.1 船舶のもっているけい留索の強さおよび本数	15
5.2 風圧および潮流により船舶の受ける力ならびにけい留索にかかる力	21
5.3 けい船柱の必要けん引耐力	27
6. 直柱の設計法	32
6.1 外力および方向	32
6.2 頭 部 の 設 計	32
6.3 胴 部 の 設 計	32
6.4 底 板 の 設 計	33
6.5 アンカボルトの埋込み深さおよびアンカ板の設計	38
7. 曲柱の設計法	40
7.1 外力および方向	40
7.2 頭 部 の 設 計	40
7.3 胴 部 の 設 計	41
7.4 底 板 の 設 計	41
7.5 アンカボルトの埋込み深さおよびアンカ板の設計	46
8. あ と が き	46
附 録	
1. けい船柱の現状調査	48
1.1 けい船柱の配置について	48
1.2 けい船柱の形式について	48
2. 神戸港新港ふ頭けい船状況調査	65

2.1	着岸および離岸時風力について	72
2.2	離着岸時の使用ひき船隻数およびつな取り人数について	72
2.3	離着岸時のきっ水について	73
2.4	けい留索の使用本数およびその種類について	73
2.5	曲柱、直柱の使用頻度およびけい船柱1本にかけられる索の本数について	84
2.6	けい留索の岸壁法線となす角度について	85
3.	船舶諸元の相互関係	95
4.	けい船柱載荷実験	96
4.1	供 試 体	96
4.2	実 験 装 置	96
4.3	実 験 方 法	96
4.4	実験結果および設計上の注意	97
5.	直柱の設計計算例	100
5.1	設 計 条 件	100
5.2	使 用 材 料	100
5.3	許 容 応 力 度	100
5.4	頭 部 の 設 計	100
5.5	胴 部 の 設 計	101
5.6	アンカボルトの設計	101
5.7	底板に作用する水平力によるアンカボルトの曲げ応力、せん断応力 および底板前面のコンクリートの支圧応力の検討	102
6.	曲柱の設計計算例	107
6.1	設 計 条 件	107
6.2	使 用 材 料	107
6.3	許 容 応 力 度	107
6.4	頭 部 の 設 計	108
6.5	胴 部 の 設 計	108
6.6	埋込み部の設計	108
6.7	底板に作用する水平力によるアンカボルトの曲げ応力、せん断応力 および底板前面のコンクリートの支圧応力の検討	115
	けい船柱の標準設計図	118

けい船柱の標準設計(案)

稲垣 紘史*
山口 孝市*
片山 猛雄**

要 旨

けい船柱の標準設計を行なったので報告する。けい船柱は10万総トン以下の船舶を対象として、直柱はけん引耐力 200トン以下のもの8種類、曲柱はけん引耐力 100トン以下のもの8種類であり、一般のけい船岸に使用するけい船柱をすべて含んでいる。

けい船柱の標準設計を行なうに先立ち、神戸港新港ふ頭けい船状況調査などにより、けい船柱の配置およびけん引耐力について再検討し、ここに新たにけい船柱の配置規準およびけん引耐力の提案を行なった。

けい船柱の過去の設計例をみると、経験的に決められた部分が多く、一部応力計算のなされたものについても理論的な誤りが数多くあり、公称耐力のないものも多い。そこで一部実験結果など考慮に入れ、新しくけい船柱の設計法を提案する。

この設計法により標準設計を行なうにあたっては、使用鋼材重量の比較をし、さらに製作および取付けの難易をも考え、最も経済的な形を採用した。また、けい留索をかける首部の形については、必要けん留索本数を安全に保持でき、さらにけい留索の取扱いの容易な形を考えている。

なお、調査解析および応力計算は当所の TOSBAC-3400 を用いて行なった。

1. ま え が き

設計基準課では、港湾構造物およびその部材のうち、使用頻度の高いものを標準化する作業を行ってきた。これまでに作成された標準設計(案)には、波返し、けい船浮標、車止めおよび防波堤用ケーソンがある。

けい船柱は、第1回設計標準作成委員会(昭和39年4月)において取り上げられ、早くからその標準化が望まれてきたテーマのひとつである。

同課では昭和40年、このテーマについてアンケートによる全国的な調査を行なったが、この調査のみではけい船柱の利用状況や、最適形状の決め方およびけい船柱の設計法に不明な点が多いため作業が中断されていた。そこで今回新たに、昭和39年から昭和41年までの3年間に神戸港新港ふ頭に接岸した1万隻におよぶ全船舶のけい船状況を解析し、さらに設計法の不明な点は、最近行な

われた実験結果を考慮して解析し、標準設計の作業を行なった。

今回は、対象船舶が10万総トンまでのけい船柱の標準設計を行なったが、附録にけい船柱各部寸法の計算図表を掲載したので、これ以上大きなものも必要に応じて、簡便に設計できる。

2. けい船柱の配置基準および設計けん引耐力の提案

荷役の作業中に岸壁後方にある直柱に索をかけると荷役に支障となるので、荷役作業時は岸壁水際線附近に設けた曲柱のみで風速10m/secまで安全に船舶をけい留でき、さらに曲柱のみで風速10m/secまで接岸および離岸作業が安全にできるよう曲柱の配置間隔および設計けん引耐力を決定する。

一方直柱は、風速25m/sec~30m/secの暴風時まで船舶を安全にけい留できるように、その配置間隔および設計けん引耐力を決定する。

* 設計基準部 設計基準課
** 設計基準部 設計基準課長

しかし直柱について避難勧告の出される港では、暴風時にけい留される船舶はなく、神戸港新港ふ頭けい船状況調査の結果に示されるように、一部特定の直柱を除き全く使用されず、ただ荷役作業交通の障害となっている。そこで、避難勧告の出される港では直柱を設置せず、その避難勧告の出される基準すなわち、風速15m/secまで船舶を安全にけい留できるよう、曲柱（バース最前端部曲柱および最後端部曲柱）の設計けん引耐力を大きくする。

表 2.1 けい船柱の配置基準および設計けん引耐力

対象船舶 (総トン)	曲 柱		直 柱		
	設計けん引耐力 (トン)	間 隔 (m)	バース当りの本数 (本)	設計けん引耐力 (トン)	バース当りの本数 (本)
200	5	10	4	15	2
500	10	15	4	15	2
1,000	15	15	4	25	2
2,000	15	15	4	35	2
3,000	25	20	4	35	2
5,000	25	20	6	50	2
10,000	25	25	6	70	2
15,000	(35) 25	25	6	100	2
20,000	(50) 35	25	8	100	2
50,000	(70) 35	35	8	150	2
100,000	(100) 50	45	8	200	2

注) ()内は直柱を用いない場合のバース最前端部および最後端部曲柱の設計けん引耐力を示す

以上の基本的な考えのもとに、4. けい船柱の配置および 5. けい船柱の必要けん引耐力に示す検討を行なった結果にもとずき表 2.1 に示す曲柱の配置および設計けん引耐力を提案する。

3. けい船柱の設計法および標準形の提案

けい船柱については、現在確立された設計法がなく、従来までに施工されたものをみると、経験的に決められた部分が多い。なお、応力計算のなされたものについても理論的な誤りがあり、危険側の設計になっているものがある。この点について、数少ない実験はあるが裏付けされたので、ここに新しくけい船柱の設計法を提案する。

この新しい設計法を用いて2. けい船柱の配置基準および設計けん引耐力の提案にもとずき直柱および曲柱につ

いてそれぞれ8種類のけい船柱の標準設計を行なった。

なお、この標準設計に際しては、使用鋼材重量を比較して最も経済的になるよう、またけい船柱の製作および取付けの難易を考慮して設計を行なった。

以下に標準設計にあたって検討した基本的事項および各応力の算定法を述べる。

3.1 使用材料

(1) けい船柱本体

けい留索のかけはずしが安全に行なえるように、索を掛ける部分はまるみをもたせるため鋳造品を使用する。

この場合、鋳鉄は引張強度が弱く、設計強度をもたせるためには、胴部肉厚の増加には限界があるので、胴径を大きくしなければならぬ。一方、胴径を大きくすると索のかけはずしが困難になり、ある程度以上大きくできない。そこで、胴部応力の大きくなる下部にいくに従って径を大きくしたものにならなければならないが、胴部に傾斜をつけたり曲率をつけると首部に索が集中し、必要な索の本数をかけることができず、また索の取りはずしに困難をとまらう。それ故引張強度の大きい鋳鋼を用いる。

なお、鋳鋼は JIS G 5101 炭素鋼鋳鋼品に規定する 3 種を用いる。その記号および機械的性質は次のとおりである。

材 質 SC 46
降 伏 点 23kg/mm² 以上
引張強さ 46kg/mm² 以上
許容応力 1400kg/cm²

(2) アンカボルト

入手が比較的容易な JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材に規定する 2 種の棒鋼を使用し、ねじ切りは呼径 M64 以下は JIS B 0205 メートル並目ねじ、呼径 M80 以上は JIS B 0207 メートル細目ねじによる。その記号および機械的性質は次の通りである。

材 質 SS 41
降 伏 点 23kg/mm² 以上
引張強さ 41kg/mm² 以上
許容応力 1400kg/cm²

(3) アンカ板

アンカボルトと同様、入手が比較的容易な JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材に規定する 2 種の鋼板を使用する。

なお、板厚の厚いもので鋼板の入手が困難な場合は、けい船柱本体に規定する鋳鋼品を使用してもよい。その記号および機械的性質は次の通りである。

材 質 SS 41 または SC 46

降伏点 23kg/mm² 以上
 引張強さ 41kg/mm² 以上
 許容応力 1400kg/cm²

(4) 六角ナットおよび平座金

六角ナットは JIS B 1181 六角ナットに規定する 1種、並 3 級、4T を使用する。

平座金は JIS B 1256 平座金に規定する黒丸、鋼を使用する。

3.2 形状および基本寸法

(1) 設計けん引耐力と対象けい船柱の胴径

港湾構造物設計基準 第 8 編 第 15 章に各けん引耐力に対するけい船柱の胴径の標準が決められている。

現在この基準によりけい船柱が設置されており、この胴径で索の掛けはらずしに支障はないと思われるので、この基準に準じ 表 3.1 のように胴径を決める。

表 3.1 けん引耐力とけい船柱胴径との関係

胴径 D (cm)	15	20	25	30	35	40	45	55	65
けん引耐力 P (トン)	5	10	15	25 35	50	70	100	150	200

なお、このけい船柱の胴径はその対象船舶のけい留索の径の 5 倍から 7 倍である。

(2) 頭部および胴部基本寸法

附録 2. 神戸港新港ふ頭けい船状況調査によると、直柱には同時に 4 本～6 本、曲柱には同時に 6 本～8 本のけい留索がかけられることがある。それ故これら本数の索を同時に、またかけはらずしも簡単にでき、さらに索が上方に引張られてもはずれることがないように 6. 直柱の設計法および 7. 曲柱の設計法で述べる検討を行ない各寸法の胴径との比を次のように定める。なお索が首部に集中しないように胴部は円筒型とする。

直柱 頭部 頭部幅 $B_0 = 1.5D$
 頭部高 $H_0 = 0.3D$
 胴部との接続部曲率半径 $R_0 = 0.05D$
 胴部 胴高 $H = 0.8D + 5\text{cm}$
 曲柱 頭部 頭部長さ $L_0 = 2.0D$
 頭部幅 $B_0 = 2.0D$
 胴部と接続部内側曲率半径 $R_0 = 0.2D$
 胴部 胴高 $H_0 = 0.8D + 5\text{cm}$

(3) 埋込み部の形状および基本寸法

6. 直柱の設計法および 7. 曲柱の設計法で述べるとおり一般に埋込み深さを深くするほど使用鋼材重量は増加し、一方アンカボルトについては径を太くすればするほど、

また本数を増すほど使用鋼材重量は減少する。

しかし、アンカボルトの頭をコンクリートより突き出すと索のかけはらずしが不便になり、またアンカボルトをあまり太くするとその加工が困難となり、本数を増すと施工に困難がともなう。以上の点を考慮して埋込み深さを胴径の 0.5～0.6 倍とする。

直柱の埋込み部の形状は、使用鋼材重量に比して剛性が大きい、すなわち胴部と底板部の接続部に応力集中が起らず、また底板幅も埋込み長さに比して大きくでき、しかも製作容易な逆漏斗型とする。

曲柱の底板の形状については、底板にかかる転倒モーメントを検討した結果、岸壁法線と直角方向および平行な方向とも同じになるので対称型とする。

(4) アンカボルトの形状および定着法

コンクリート打設後けい船柱本体を設置できるように、直柱の場合は全アンカボルトを鉛直に埋込む。曲柱の場合は、本体を岸壁水際線ぎりぎりに設置するので、7. 曲柱の設計法で詳述するように、岸壁法線に直角方向の水平力を受持つ底板前面コンクリートの抵抗力は期待できない。それ故アンカボルトを岸壁法線と直角方向に傾斜して埋込む。なおこの場合でもコンクリート打設後、曲柱本体を設置できるようにアンカボルト全部を岸壁法線と直角の方向に一定角度で埋込む。

アンカボルトの定着方法は、アンカボルト埋込み長さが長いと定着コンクリート下部より突き出る恐れがあるので、埋込み長さを短くできるようにアンカ板で固定することとする。

3.3 応力計算法

(1) 外力および方向

直柱では胴部上端にけん引力 P の大きさの水平力、中央鉛直方向上向きに $P/2$ を作用させる。曲柱では胴部と頭部の内側の接続部に P の力を、鉛直方向については水平から鉛直まで 90°、水平方向については岸壁法線と平行から海側へ 180° 変化させ、各部の応力が最大となる方向をとる (図 7.1 参照)。

(2) 胴部応力

底板と接続部の胴部応力 σ_s は片持ばりと考えて計算し許容応力度 σ_{sa} 以下となるようにする。

$$\sigma_s = \frac{M}{Z} + \frac{P_V}{A} \leq \sigma_{sa}$$

ここに M ; 胴部転倒モーメント
 P_V ; 上向き引張力
 Z ; 断面係数
 A ; 断面積

(3) 底板応力

曲柱底板応力は、リブで固定された2辺固定板と考えアンカボルト位置にアンカボルトの全強の荷重を作用させ、その時の底板の最大応力 σ_s が許容応力度 σ_{sa}' を越えないようにする。

$$\sigma_s = \frac{k_{max} \cdot \sigma_{sa} (\pi \phi^2 / 4)}{H_1^2 / 6} \leq \sigma_{sa}'$$

ここに k_{max} ; 2辺固定板の最大モーメント影響値

ϕ ; アンカボルト谷径

σ_{sa} ; アンカボルト許容応力度

H_1 ; 底板厚さ

(4) リブ応力

曲柱のリブの応力は、胴部外周の接線で固定された片持ばりと考え、荷重にはアンカボルト位置にアンカボルト全強の引張力を作用させリブ縁応力 σ_s が許容応力度 σ_{sa} を越えないようにする。

$$\sigma_s = \frac{M}{I} y \leq \sigma_{sa}$$

ここに M ; リブにかかる曲げモーメント

I ; 凸型断面の断面2次モーメント

y ; 中立軸からリブ縁端までの距離

(5) 転倒モーメントによるアンカボルトの引張応力および底板下面コンクリートの縁支圧応力

けい船柱に作用する転倒モーメントにより生ずるアンカボルトの引張応力 σ_s および底板下面のコンクリートの縁支圧応力 σ_c は次式により計算し、それぞれの応力が許容応力度 σ_{sa} および σ_{ca} を越えないようにする。

この応力算定にあたって、底板下面外のコンクリートを無視すると鉄筋コンクリートの偏心荷重を心外に受けた円形ばりの計算式が応用できる。

$$\sigma_c = \frac{P_V (R_1 - y)}{n G_s - G_c} \leq \sigma_{ca}$$

$$\sigma_s = \frac{P_V (R_1 + y)}{G_s - G_c / n} \leq \sigma_{sa}$$

ここに P_V ; 底板にかかる偏心軸方向引張力

y ; 中心軸と中立軸の距離

R ; 中心軸からアンカボルト位置までの距離

n ; アンカボルトとコンクリートの弾性係数比

G_c ; 圧縮側コンクリートの中立軸のまわりの断面1次モーメント

G_s ; 引張側アンカボルトの中立軸のまわ

りの断面1次モーメント

なお中立軸は外力モーメントと内力による抵抗モーメントが等しくなければならぬことより次式により算出する。

$$(n G_s - G_c)(e + y) = I_c + n I_s$$

ここに e ; 中心軸から偏心軸方向引張力の作用する位置までの距離

I_c ; 圧縮側コンクリートの中立軸のまわりの断面2次モーメント

I_s ; 引張側アンカボルトの中立軸のまわりの断面2次モーメント

また弾性係数比 n は15を用いる。なお、曲げ引張りを受ける鉄筋コンクリートばりの応力の計算式の適用の妥当性およびこの場合の弾性係数比については、7.直柱の設計法および付録4.けい船柱載荷実験を参照されたい。

(6) 底板に作用する水平力によるアンカボルト応力および底板前面コンクリートの支圧応力

① アンカボルトの曲げ応力

コンクリートを完全弾性体とし、アンカボルトを完全弾性体内に埋込まれたいと考えて、底板前面のコンクリートとアンカボルトの水平外力の分担率を求める。このアンカボルトの受けもつ水平力により生ずるアンカボルトの最大曲げ応力 σ_s' と(5)で求めた引張応力 σ_s の和がアンカボルトの降伏応力 σ_{sy} を越えないようにする。

$$\sigma_s + \sigma_s' \leq \sigma_{sy}$$

$$\text{ここに } \sigma_s' = \frac{M_{max}}{Z}$$

Z ; アンカボルトの断面係数

M_{max} ; アンカボルトにかかる最大曲げモーメント

② コンクリートの支圧応力

底板前面コンクリートの支圧応力はアンカボルトの水平力を無視して計算し、この支圧応力 σ_c がコンクリートの許容支圧応力を越えないようにする。この場合底板とコンクリートの摩擦抵抗力を考慮する。

$$\sigma_c = \frac{P_H - \mu P_{Vc}}{H_1 \cdot 2R_1} \leq \sigma_{ca}$$

ここに P_H ; 底板にかかる水平外力

μ ; 底板とコンクリートの摩擦係数

P_{Vc} ; コンクリートの支圧応力

H_1 ; 底板厚さ

$2R_1$; 底板幅

③ アンカボルトのせん断応力

アンカボルトのせん断応力 τ_s については、底板前面

のコンクリートの支圧応力および摩擦抵抗力を無視して計算し、これが許容せん断応力度 τ_{sa} を越えないようにする。

$$\tau_s = \frac{\frac{P_H}{N}}{\frac{\pi \cdot \phi^2}{4}} \leq \tau_{sa}$$

ここに $\frac{P_H}{N}$; アンカボルト1本にかかる水平力

ϕ ; アンカボルトの谷径

(7) アンカボルトの引抜き力によるアンカ板上ならびにコンクリートの支圧応力およびせん断応力

① アンカ板上力

アンカボルト全強の引張力と等価のアンカ板上の等分布荷重によるアンカ板の曲げモーメントを計算し、この曲げモーメントによるアンカ板応力 σ_s がアンカ板の許容応力度 σ_{sa} を越えないようにする

$$\sigma_s = \beta \cdot \frac{p(a/2)^2}{t^2} \leq \sigma_{sa}$$

ここに β ; 最大応力係数

t ; アンカ板厚

p ; 等分布荷重

a ; アンカ板幅

② コンクリートの支圧応力

アンカボルトの引抜き力に対して、底板上面のコンクリートの支圧応力 σ_c がコンクリートの許容支圧応力 σ_{ca} を越えないようにする。

$$\sigma_c = \frac{\phi^2}{a^2} \sigma_{sa} \leq \sigma_{ca}$$

ここに ϕ ; アンカボルト谷径

a ; アンカ板幅

σ_{sa} ; アンカボルト許容応力

③ コンクリートのせん断応力

アンカボルトの引抜き力に対して、底板より上方のコンクリートのせん断力 τ_c が、コンクリートの許容せん断応力度 τ_{ca} を越えないようにする。

$$\tau_c = \frac{\phi^2 \sigma_{sa}}{4La} \leq \tau_{ca}$$

ここに ϕ ; アンカボルト谷径

σ_{sa} ; アンカボルトの許容応力

L ; アンカボルト埋込み長さ

a ; アンカ板幅

3.4 摩もう(耗)および腐食厚さ

大阪市港湾局において昭和4年から昭和20年までに設

置されたけい船柱が、岸壁の沈下により昭和37年から昭和44年にかけて取りはずされ保管されている。この124基(直柱8基, 曲柱116基, 材質铸鋼)について摩もうおよび腐食厚調査の結果によると最大5mm程度と見込まれた。そこで摩もうおよび腐食厚さとして7mmを見込む。

3.5 頭部穴

けい船柱製作時、中子の安定のため頭部に穴をあけてもよい。

なお、穴をあけた場合、厚さ9mmの鋼板で穴埋めし、全周溶接をするものとする。

3.6 標準形

以上提案した設計法により、けい船柱の標準設計を行った。この標準形の基本寸法を表3.2、表3.3に、アンカボルトの基本寸法を表3.4に示す。

さらに各標準形けい船柱詳細図を巻末に示す。

4. けい船柱の配置

4.1 各種けい留索の名称と役目

各種けい留索のけい留方法は図4.1に示すとおりでありその名称は次のとおりである。

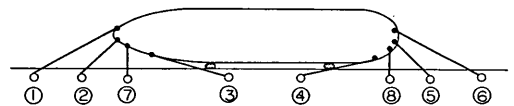


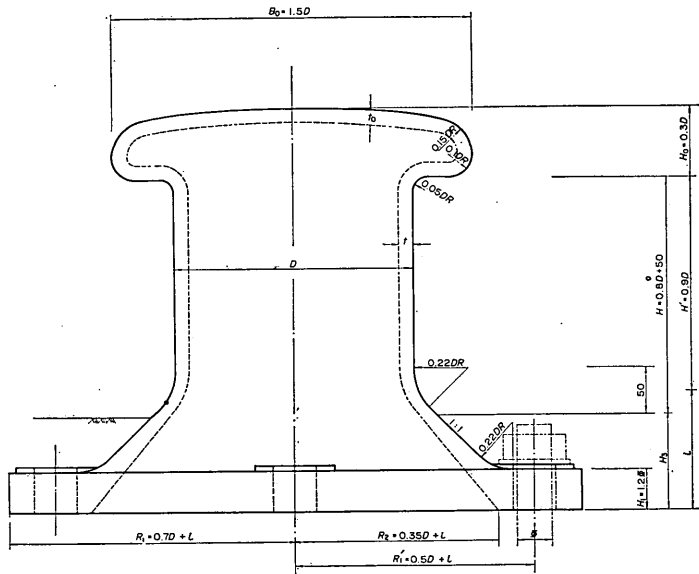
図 4.1 各種けい留索

- ① バウライン, おもてもやい, おもてながし
- ② バウライン, おもてもやい, おもてながし
- ③ バックスプリング, おもてスプリング, おもてさかもやい
- ④ アフトスプリング, ともしスプリング, ともしさかもやい
- ⑤ スターンライン, ともしもやい, ともしながし
- ⑥ スターンライン, ともしもやい, ともしながし
- ⑦ および⑧ プレストライン, おもて(ともしもやい, ちかもやい)

常時使用する索は、バウライン、スターンライン、バックスプリングおよびアフトスプリングである。

これらの各けい留索は、船のどの箇所から取る場合も水平に近い程効果的であり干満の差に対応しやすい状態であるといえる。しかしプレストライン以外のけい留索は、船体真横から吹く風や潮流に対して船体を保持す

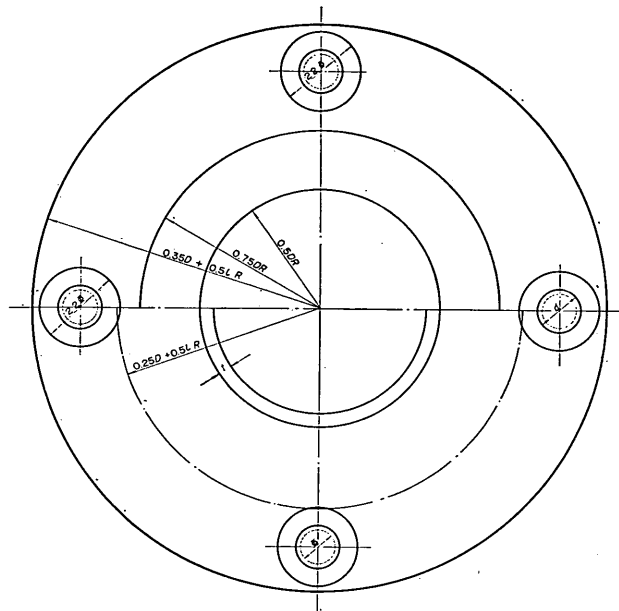
表 3.2 直柱基本寸法および許容最大けん引力



形 式 (ton)	胴 部			頭 部					アンカボルト		
	胴 径 D (mm)	胴 高 H (mm)	厚 さ t (mm)	頭 部 幅		頭 部 高		厚 さ t_0 (mm)	呼 径		本 数 (本)
				B_0 (mm)	B_0/D	H_0 (mm)	H_0/D		Φ (mm)	ピ ッ チ (mm)	
15	250	250	15	375	1.5	75	0.3	15	36	4	4
25	300	290	16	450	1.5	90	0.3	15	48	5	4
35	300	290	22	450	1.5	90	0.3	16	48	5	6
50	350	330	24	525	1.5	105	0.3	18	56	5.5	6
70	400	370	27	600	1.5	120	0.3	20	64	6	6
100	450	410	32	675	1.5	135	0.3	26	64	6	8
150	550	540	37	825	1.5	165	0.3	30	80	6	8
200	650	570	40	975	1.5	195	0.3	30	90	6	8

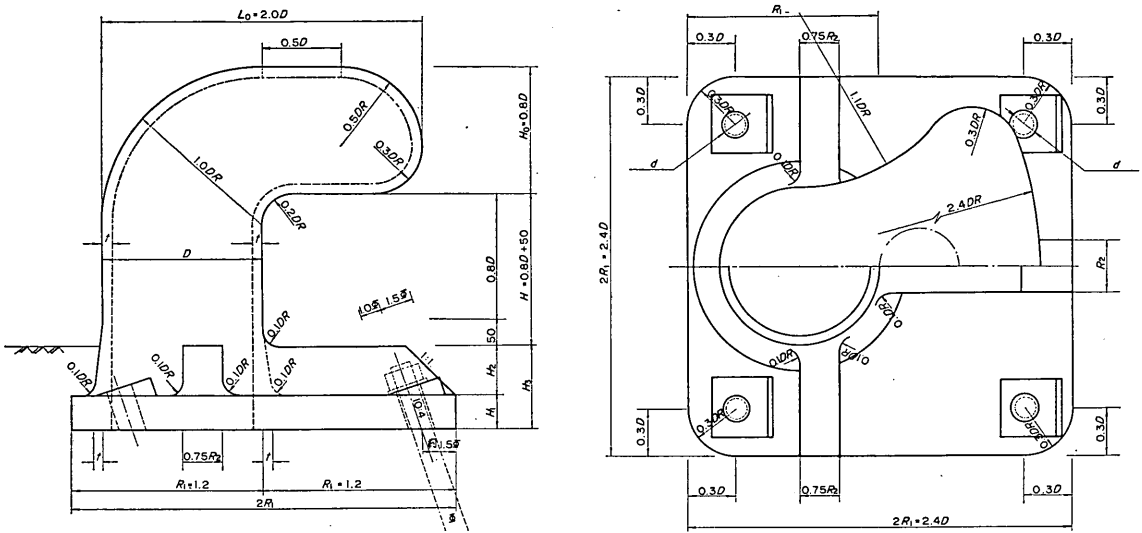
<規 格>

けい船柱本体は JIS G 5101 炭素鋼鋳鋼品に規定する 3 種, SC 46, 引張強さ 46kg/mm^2 以上, 降伏点 23kg/mm^2 以上のものを使用する。



底板 厚さ H_1 (mm)	底		板						アソカ ボルト 穴径 d (mm)	許容最大けん引 力 (ton)	安 全 率	重 量 (kg/個)
	埋込み深さ		外 径		ボルト位置径		内 径					
	H_3 (mm)	l/D	$2R_1$ (mm)	$2R_1/D$	$2R_1'$ (mm)	$2R_1'/D$	$2R_2$ (mm)	$2R_2/D$				
45	100	0.5	600	2.4	500	2.0	420	1.68	43	15.0	1.00	114
60	130	0.5	720	2.4	600	2.0	510	1.70	56	26.6	1.06	200
60	130	0.5	720	2.4	600	2.0	510	1.70	56	39.0	1.11	218
70	160	0.5	840	2.4	700	2.0	600	1.70	65	53.7	1.07	337
80	190	0.5	960	2.4	800	2.0	680	1.70	73	71.0	1.01	530
80	270	0.6	1180	2.62	1000	2.22	860	1.91	73	100.0	1.00	730
100	340	0.6	1440	2.62	1220	2.22	1040	1.91	92	157.3	1.05	1330
110	410	0.6	1700	2.62	1440	2.22	1240	1.91	103	204.5	1.02	2020

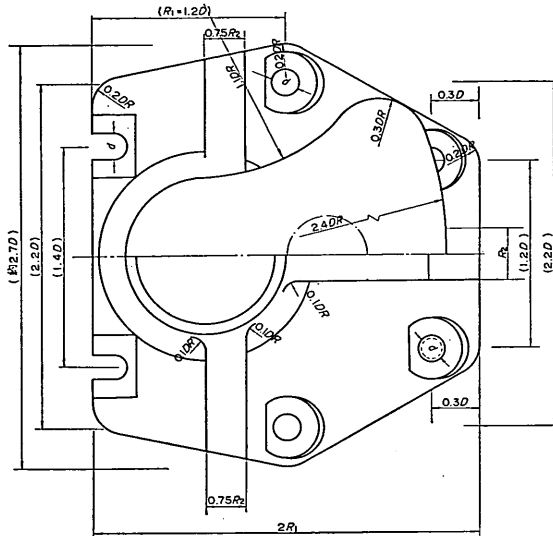
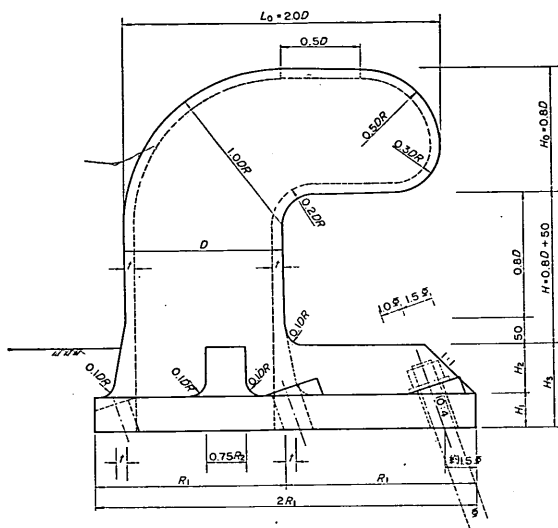
表 3.3 曲柱基本寸法および許容最大けん引力



形 式 (ton)	胴 部			頭 部					アンカボルト			
	胴 径 D (mm)	胴 高 H (mm)	厚 さ t (mm)	頭 部 幅		頭 部 高		厚 さ t_0 (mm)	呼 径		本 数 (本)	埋 込 角 (°)
				B_0 L_0 (mm)	B_0/D L_0/D	H_0 (mm)	H_0/D		Φ (mm)	ピッチ (mm)		
5	150	170	15	300	2.0	120	0.8	15	20	2.5	4	22
10	200	210	15	400	2.0	160	0.8	15	27	3	4	22
15	250	250	16	500	2.0	200	0.8	16	33	3.5	4	22
25	300	290	18	600	2.0	240	0.8	18	42	4.5	4	22
35	300	290	22	600	2.0	240	0.8	22	42	4.5	6	22
50	350	330	26	700	2.0	280	0.8	26	48	5	6	22
70	400	370	30	800	2.0	320	0.8	30	56	5.5	6	22
100	450	410	36	900	2.0	360	0.8	36	64	6	6	22

<規 格>

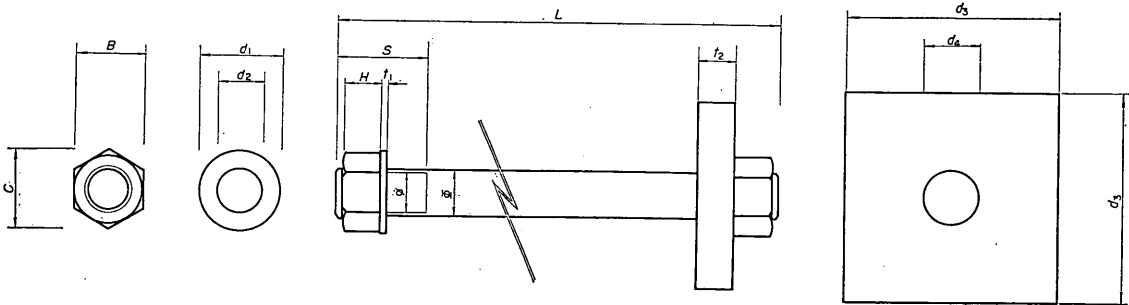
けい船柱本体は JIS G 5101 炭素鋼鋳鋼品に規定する 3 種 SC 46, 引張強さ 46kg/mm^2 以上, 降伏点 23kg/mm^2 以上のものを使用する。



注：()内は $R_1=1.2D$ の場合

底				板						ア ト ン カ 径 ボ ル d (mm)	許 容 最 大 けん 引 力 (ton)	安 全 率	重 量 (kg/ 個)
底 板 幅		底 板 厚 さ		リ ブ 幅		リ ブ 高		埋 込 み 深 さ					
$2R_1$ (mm)	$2R_1/D$	H_1 (mm)	H/D	R_2 (mm)	R_2/D	H_2 (mm)	H_2/D	H_3 (mm)	H_3/D				
360	2.4	30	0.20	50	0.33	60	0.40	90	0.60	27	5.3	1.07	64
480	2.4	40	0.20	60	0.30	70	0.35	110	0.55	35	10.7	1.07	128
600	2.4	50	0.20	80	0.32	80	0.32	130	0.52	42	17.3	1.15	232
720	2.4	65	0.22	100	0.33	95	0.32	160	0.53	54	27.5	1.10	408
720	2.4	65	0.22	100	0.33	95	0.32	160	0.53	54	35.8	1.02	420
840	2.4	70	0.20	140	0.40	100	0.29	170	0.49	60	50.0	1.00	644
1000	2.5	90	0.23	160	0.40	120	0.30	210	0.53	65	70.0	1.00	1083
1200	2.67	95	0.21	220	0.49	125	0.28	220	0.49	73	100.0	1.00	1670

表 3.4 アンカボルト基本寸法表



アンカボルト					六角ナット			平座金			アンカ板			1組当り重量 (kg)
呼径 ϕ (mm)	ピッチ P (mm)	内径 ϕ (mm)	長さ L (mm)	ねじ切り長さ S (mm)	H (mm)	B (mm)	C (mm)	d ₁ (mm)	d ₂ (mm)	t ₁ (mm)	d ₃ (mm)	d ₄ (mm)	t ₂ (mm)	
M20	2.5	17.294	450	60	16	30	34.6	40	22	3.2	80	22	16	2
M27	3	23.752	600	75	22	41	47.3	52	28.5	4.5	108	30	22	5
M33	3.5	29.211	700	75	26	50	57.7	62	36	6	132	36	25	8
M36	4	31.690	750	75	29	55	63.5	68	39	6	144	39	28	11
M42	4.5	37.129	850	100	34	65	75.0	78	45	6	168	45	35	17
M48	5	42.587	1,000	100	38	75	86.5	88	51	6	192	51	40	26
M56	5.5	50.046	1,150	120	45	85	98.1	105	61	9	225	61	45	40
M64	6	57.505	1,300	120	51	95	110	115	70	9	256	70	55	62
M80	6	73.505	1,600	150	64	115	133	140	86	12	320	86	65	115
M90	6	83.505	1,800	150	72	130	150	160	96	12	360	96	75	166

<規 格>

アンカボルト 材料は JIS G 3101 一般構造用圧延鋼材に規定する SS 41 を使用し、ねじ切りは呼径 M64 以下は JIS B 0205 メートル並目ねじ、呼径 M80 以上は JIS B 0207 メートル細目ねじによる。

六角ナット JIS B 1181 六角ナットに規定する 1 種、並 3 級、4 T を使用する。

平座金 JIS B 1256 平座金に規定する黒丸、鋼を使用する。

る力は弱い。

各けい留索の役目は次のとおりである。①②のパウラインと④のアフタスプリングは船を引きよせつつ船体が船尾方向に移動するのを防ぎ、⑤⑥のスターンラインと③のアフタスプリングは船を引きよせつつ船体が船首方向に移動するのを防ぐものであり、これらは一般的に曲柱にかける。

⑦⑧のプレストラインは、船体をけい留場所に引きつけておくのに役立つが岸壁水際線のけい船柱にけい留索を取ると、角度が急になることが多く、急傾斜にならないよう遠方にとると、陸上交通その他に邪魔になることが多いので商船ではあまり用いられない。しかし船を真横に引き寄せ場合効果的である。なお ③のバックスプリングはおおむね船首または船首附近から船尾方向にとるもので、その効果はけい留と操船に利用されることがきわめて多く重要なものである。すなわち接岸時には船の引き寄せおよび前進行脚の制御および位置決定確保用として欠くべからざるもので、離岸時には船の位置を確保しつつ船尾を開くのに利用される。なお、けい留索は操船用とけい留用とを問わずワイヤロープでない方が得策である。その理由はワイヤロープは弾性の少ないこと、水中にたれるため（水上に浮かかないので）綱取りが円滑に行かない上にスクリューにからまる可能性が多く、ひとたびからまった場合は取りはずすことがきわめて困難であることによる。しかし頻繁に使用する内航定期船や、さらに外航定期船でも上述のように操船によく用いるバックスプリングにはワイヤロープを常時使用しているものも多い。

次に船舶の離着岸方法について述べる。

船舶の着岸方法は、その岸壁環境や着岸時の風向、風速や潮流状況により種々の索の取り方があるが、一般的には、船首よりパウラインおよびバックスプリングを、そして船尾よりスターラインを取り岸壁とある角度を持って着岸する。大型船は平行接岸するものも多くこの場合はひき船を使用する。なお操船が悪いと、船舶の先行

止めとしてバックスプリングに大きな力がかかることがある。

神戸港では、使用ひき船隻数は 附図 2.5 に示すように入港時、出港時とも 3,000 総トンを超える船舶では、2 隻以上を使用しているものが多い。また、日本海難防止協会の離着岸用のひき船使用標準を 表 4.1 に示す。

表 4.1 船の大きさとひき船使用隻数および馬力

船の大きさ	ひき船使用数と馬力
総トン数3,000トンまで	500HP×1または400HP×2
〃 6,000 〃	800HP×1または $\begin{cases} 400HP \times 1 \\ 600HP \times 1 \end{cases}$
〃 10,000 〃	1,000HP×1または $\begin{cases} 600HP \times 1 \\ 800HP \times 1 \end{cases}$
〃 15,000 〃	$\begin{cases} 800HP \times 1 \\ 1,000HP \times 1 \end{cases}$
〃 20,000 〃	$\begin{cases} 1,000HP \times 1 \\ 1,200HP \times 1 \end{cases}$ または1,000HP×2
重量トン45,000	1,500HP×3
数 〃 70,000 〃	1,500HP×4または2,000HP×3
〃 100,000 〃	2,000HP×4または2,500HP×3

離岸方法は前の横索を張り、後部横索をゆるめて船尾を離し、ついで横索をレコーして後進し出港したり、状況に応じては前部横索を延ばして後部横索を張り、船首を離し、ついで横索をレコーして出港したりする。この時潮流や風を利用する場合があります、またエンジンやいかりを利用する場合もある。いずれにしても操船が悪いとけい留索には破断強度近くの張力が働く場合がある。

4.2 けい船柱の設置間隔および配置

(1) 曲柱

曲柱は、接岸およびけい留のために船首から前方、および船尾から後方の適当な位置にある必要がある。すなわちパウライン、あるいはスターンラインと法線のなす角を最少 α 、最大 β とすると、最大けい船柱間隔 l は、図 4.2 より

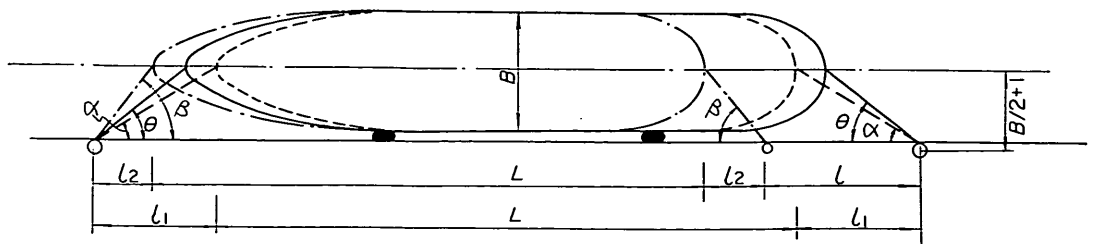


図 4.2 けい留索角度と船長の関係

$$l = L + 2l_1 - (L + 2l_2) = 2(l_1 - l_2)$$

$$\text{ここに } l_1 = \left(\frac{B}{2} + 1\right) \cot \alpha$$

$$l_2 = \left(\frac{B}{2} + 1\right) \cot \beta$$

ここで L ; 船長

B ; 船幅

$$\text{故に } l = (B+2)(\cot \alpha - \cot \beta) \quad (4.1)$$

船舶接岸時、バウラインやスターンラインは船舶を引き寄せる力に相当する強度が必要である。それ故、バウラインおよびスターンラインに力をかける時、その角度 θ は図 4.3 に示すように 45° 程度（着岸時 $30^\circ \sim 35^\circ$ ）に

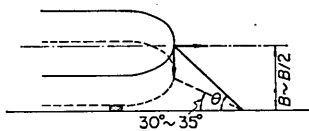


図 4.3 けい留索の船舶を引き寄せる力

なっているのが理想的である。

ここで、対象船舶を10,000総トンとし、そのけい留索角度を $\theta = 30^\circ \sim 35^\circ$ になるように曲柱配置間隔を式(4.1)で計算すると約7mとなる。

しかしながら、このような間隔に曲柱を多数設置するのは不経済であるので、けい留索角度を神戸港けい船状況調査の附図 2.14 より得られるけい船角度のばらつき $25^\circ \sim 45^\circ$ まで許すものとする、式(4.1)は

$$l = (B+2)(\cot 25^\circ - \cot 45^\circ) \\ \approx 1.146(B+2) \text{ (m)} \quad (4.2)$$

となる。

一方、各港けい船現状調査では附図 1.3 に示されるように、曲柱間隔は約20m~30mである。式(4.2)より対象船舶10,000総トンの曲柱間隔を計算すると約26mとなり、ほぼ現行通りの曲柱間隔となる。また、曲柱の配置間隔について、各港けい船担当者に意見を聞くと、この程度の間隔であればあまり不自由を感じないとのことなので曲柱間隔を式(4.2)で求めるものとする。

つぎに、1パス当り必要な曲柱の最低本数を求める。

神戸港新港ふ頭けい船状況調査によると、風潮のある時、3,000総トン以下の船舶では船首尾索各3本計6本で、3,000総トンから15,000総トンでは計8本~10本、15,000総トン以上では計12本~16本で、それぞれ図 4.4 のようなけい留方法をしているものが多い。以上より 3,000総トン岸壁では、1パス当り最低4本、3,000総トン~15,000総トンでは最低6本、さらに、15,000総トン以上の岸壁では最低8本の曲柱が必要である。

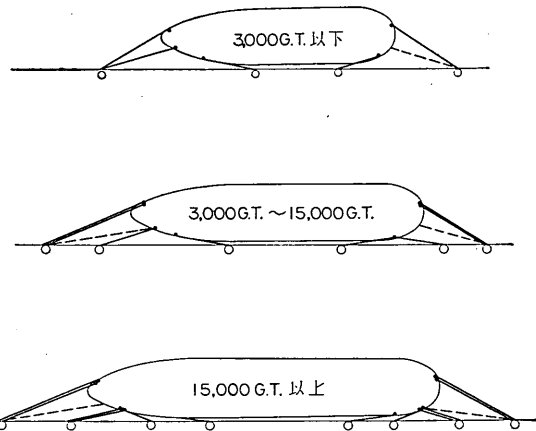


図 4.4 船の大きさと、けい留索使用方法の相違

以上の考察により、曲柱の配置間隔は図 4.5 の太線のように決定する。

(2) 直柱

操船時や常時のけい留には適当な配置に必要な強度の曲柱があるならば、直柱にけい留索をかけると荷役障害になるので、直柱は用いられていない。しかし、直柱がいくら荷役作業の障害となるものだからといって廃止して、暴風時まで曲柱のみでけい留できるようにしようとしても、曲柱は岸壁水際線に設置するので真横の風に対して、すなわち、船舶の岸壁法線と直角方向への動きに対して有効に働かず、船舶を安全にけい留しておくことはできない。このため暴風時にも船舶をけい留しておくこととすると真横からの風に対してプレストラインを取るための直柱を設置しなければならない。

しかし、いくら直柱を設けても、大型台風時のような強い風の吹く暴風時まで岸壁けい留することは、次の理由により困難である。

- ① 船の向きが固定されるので、風や流れが船の横方向から作用した時に大きな力を受け、これに耐えるだけのけい留索を船舶は持たない。
- ② けい留力を増すために数本のけい留索を取ることとは可能であるが各けい留索の張り合せ方がむずかしく、外力により船が移動すると、破断力に達した索から順次一本づつ切断してゆく。
- ③ うねりや高潮が入って船が動揺すると大きな張力が索にかかって索が切断する。

これらの理由により東京湾や大阪湾内の港のように暴風時として台風を対象とし、また港内静穏度が非常に悪い港では、一般に岸壁けい留船に対して避難勧告が出される。なおこのような港で避難勧告の出される規準は、

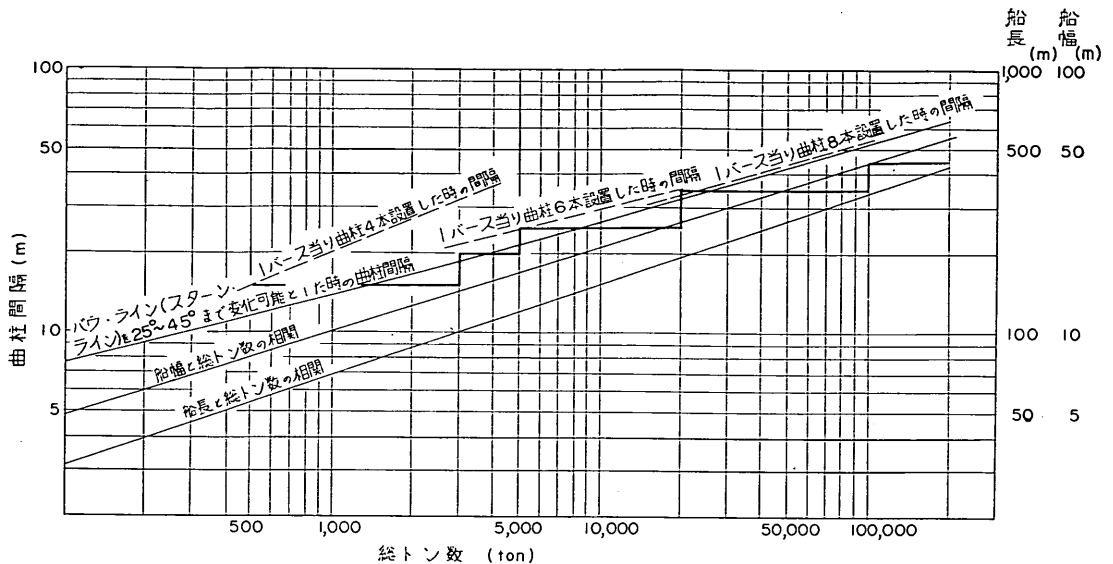


図 4.5 曲柱の配置間隔

風速15m/sec以上の風が予想される場合、この風速になるまでに避難が完了することを前提としている。避難勧告の出される港では風の強くなると予想される時直柱にけい留索をかけなおしたり、増取りすることなく、岸壁けい留船舶は離岸する。したがって曲柱の配置および強度は、風速15m/sec程度まで船舶をけい留できるようにしておけば直柱はまず使われない。

一方季節風、台湾ぼうずや日本海低気圧のような低気圧による風、および寒冷前線などによる突風を対象としている港では、その暴風の頻度が高く、持続時間の長いこと、およびその予測の困難なこと、またその最大風速も台風時ほど大きくないので一般に避難勧告は発令されない。それ故このような季節風および低気圧による風に耐えて、船舶をけい留しておけるように、けい留直柱を設置しておかなければならない。

以上の考察のもとに各港のけい留状況を次の2つに大別する。すなわち、15m/sec以上の風が予想される場合、避難勧告が発令され、それ以上の風が吹く場合、実際に船が岸壁にけい留していない所では直柱を設けない。一方、港内静穏度も高く、また対象暴風時の最大風速もあまり大きくない所は、避難勧告が出されないのので、この対象暴風時にも安全に船舶をけい留しておくことのできる強度の直柱を設置する。このように直柱を設置する場合の配置は、この直柱は船舶よりプレストラインをとるためのものであるから、その船首および船尾の位置にそれぞれ

1本ずつ配置し、岸壁法線からは、対象船舶の船幅程度の距離に設置する。なおこの設置位置は、できる限り荷役交通の障害とならない場所を選定すべきである。

以上考察した直柱は暴風時、船舶をけい留するための直柱であり、例えば突堤式岸壁の先端部の直柱のように、船尾より遠方にスターンラインを取るべき曲柱を設置できない所に設計する直柱は含まない。

5. けい留船柱の必要けん引耐力

5.1 船舶のもっているけい留索の強さおよび本数

(1) けい留索の破断強度

船舶設備規程第123条および第124条(昭和9年2月通信省令第6号)によると船舶けい留索(大索)の太さおよび本数は表5.1に示すように規定されており、現在運輸省で行なう検査の規準となっている。

注) 表中のぎ(儀)装数とは、船の幅と深さの和に長さに乗じたもの、すなわち、 $L \times (B+D)$ に次の数を加えたものである。

- ① 低船首楼や低船尾楼を有する場合
(船楼の長さ) × (長さ)
- ② 船首楼、船橋楼、船尾楼を有する場合
(船楼の長さ) × (長さ) × 3/4
- ③ 船の幅の1/2を越える長さまたは幅を有する甲板室、その他類似の構造を有する場合

表 5.1 船舶設備規程による挽索および大索

機 装 数	挽 索			大 索						
	長 び	麻 索 径	鋼 索 径	長 び	大			小		
					数	麻 索 径	鋼 索 径	数	麻 索 径	鋼 索 径
	m	mm	mm	m		mm	mm		mm	mm
80 ~ 90	110	28								
90 ~ 105	110	30								
105 ~ 140	110	32		80	1	20				
140 ~ 175	135	35		110	1	22				
175 ~ 220	135	40		135	1	22				
220 ~ 280	135	45	16 ○	165	1	22				
280 ~ 335	135	45	16	165	1	24				
335 ~ 445	135	50	18	165	1	32				
445 ~ 500	135	55	20	165	1	32	14			
500 ~ 620	135	60	20	165	1	40	16			
620 ~ 685	135	65	22	165	1	45	16			
685 ~ 750	135	70	22	165	1	45	18			
750 ~ 825	135	70	22	165	1	50	18	1	32	14
825 ~ 985	165	75	24	165	1	50	18	1	40	14
985 ~ 1,290	165		26	165	1	50	18	1	40	14
1,290 ~ 1,410	165		26	165	2	50	18	2	40	14
1,410 ~ 1,720	165		28	165	2	50	18	2	40	14
1,720 ~ 1,915	165		32	165	2	50	20	2	50	18
1,915 ~ 2,320	185		32	165	2	60	20	2	50	18
2,320 ~ 2,535	220		32	165	2	60	20	2	55	20
2,535 ~ 2,990	220		36	165	2	60	20	2	55	20
2,990 ~ 3,235	220		38	165	2	65	20	2	60	20
3,235 ~ 3,755	220		40 ○	165	2	65	22	2	60	20
3,755 ~ 4,015	240		40 ×	185	2	65	22	2	65	22
4,015 ~ 4,275	240		42	185	2	65	22	2	65	22
4,275 ~ 5,070	240		44	185	2	65	22	2	65	22
5,070 ~ 5,350	240		52	185	2	65	22	2	65	22
5,350 ~ 6,225	240		52	220	2	65	22	2	65	22
6,225 ~ 7,135	255		55	220	3	65	22	2	65	22
7,135 ~ 8,140	255		58 ×	220	3	65	22	3	65	22
8,140 ~ 9,755	275		65 △	220	3	65	22	3	65	22

備考 表中の○印欄鋼索は12本線6ツ撚柔軟鋼索を、×印欄鋼索は24本線6ツ撚特別柔軟鋼索を、△印欄鋼索は30本線6ツ撚特別柔軟鋼索を使用した場合の寸法とする。

表 5.2 日本海事協会鋼船規則によるけい留索

機装記号	機 装 数	引 鋼		け い 留 索		
		長 さ	切 断 荷 重	数	長 さ	切 断 荷 重
A 1	50 ~ 70	180	10,000	2	100	6,600
A 2	70 ~ 90	180	10,000	2	100	6,600
A 3	90 ~ 110	180	10,000	2	110	6,800
A 4	110 ~ 130	180	10,000	2	110	7,000
A 5	130 ~ 150	180	10,000	2	120	7,300
B 1	150 ~ 175	180	10,000	2	120	7,600
B 2	175 ~ 205	180	11,400	2	120	8,000
B 3	205 ~ 240	180	13,200	2	120	8,400
B 4	240 ~ 280	180	15,300	3	120	8,800
B 5	280 ~ 320	180	17,700	3	140	9,200
C 1	320 ~ 360	180	21,100	3	140	9,600
C 2	360 ~ 400	180	22,800	3	140	10,000
C 3	400 ~ 450	180	25,500	3	140	10,500
C 4	450 ~ 500	180	28,200	3	140	11,000
C 5	500 ~ 550	190	31,200	4	160	11,500
D 1	550 ~ 600	190	34,500	4	160	12,000
D 2	600 ~ 660	190	37,800	4	160	12,500
D 3	660 ~ 720	190	41,400	4	160	13,000
D 4	720 ~ 780	190	45,000	4	170	13,500
D 5	780 ~ 840	190	48,900	4	170	14,000
E 1	840 ~ 910	190	52,800	4	170	14,500
E 2	910 ~ 980	190	57,000	4	170	15,000
E 3	980 ~ 1,060	200	61,500	4	180	16,000
E 4	1,060 ~ 1,140	200	66,000	4	180	17,000
E 5	1,140 ~ 1,220	200	70,500	4	180	18,000
F 1	1,220 ~ 1,300	200	75,300	4	180	19,000
F 2	1,300 ~ 1,390	200	80,100	4	180	20,000
F 3	1,390 ~ 1,480	200	85,200	4	180	21,000
F 4	1,480 ~ 1,570	220	90,600	5	190	22,000
F 5	1,570 ~ 1,670	220	96,000	5	190	23,000
G 1	1,670 ~ 1,790	220	104,400	5	190	24,000
G 2	1,790 ~ 1,930	220	113,100	5	190	25,000
G 3	1,930 ~ 2,080	220	119,100	5	190	26,000
G 4	2,080 ~ 2,230	240	128,400	5	200	27,000
G 5	2,230 ~ 2,380	240	138,300	5	200	28,000
H 1	2,380 ~ 2,530	240	148,200	5	200	29,000
H 2	2,530 ~ 2,700	260	150,000	6	200	30,000
H 3	2,700 ~ 2,870	260	150,000	6	200	31,000
H 4	2,870 ~ 3,040	260	150,000	6	200	32,000
H 5	3,040 ~ 3,210	280	150,000	6	200	33,000
J 1	3,210 ~ 3,400	280	150,000	6	200	34,000
J 2	3,400 ~ 3,600	280	150,000	6	200	35,000
J 3	3,600 ~ 3,800	300	150,000	6	200	36,000
J 4	3,800 ~ 4,000	300	150,000	6	200	37,000
J 5	4,000 ~ 4,200	300	150,000	7	200	38,000
K 1	4,200 ~ 4,400	300	150,000	7	200	39,000
K 2	4,400 ~ 4,600	300	150,000	7	200	40,000
K 3	4,600 ~ 4,850	300	150,000	7	200	41,000
K 4	4,850 ~ 5,100	300	150,000	7	200	42,000
K 5	5,100 ~ 5,400	300	150,000	8	200	44,000
L 1	5,400 ~ 5,700	300	150,000	8	200	46,000
L 2	5,700 ~ 6,000	300	150,000	8	200	48,000
L 3	6,000 ~ 6,300	300	150,000	8	200	50,000

備考 ワイヤロープを使用する場合は、表の中で、*印は、(6×12)、⊕印は、(6×24)、◎印は(6×37)を標準とする。

表 5.3 各種けい留索の切断荷重

直 径	ナイロ ン		テ ト ロ ン		クレモナ1号		クレモナ5号		ハイゼックス サンライン エチロン	
	重量/ 200m	切 断 荷 重	重量/ 200m	切 断 荷 重	重量/ 200m	切 断 荷 重	重量/ 200m	切 断 荷 重	重量/ 200m	切断荷重 (索の温度 35℃)
mm	kg	t	kg	t	kg	t	kg	t	kg	t
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	17.6	2.40	22.2	2.0	—	—	—	—	15.2	1.2
14	23.9	3.20	30.2	2.6	—	—	—	—	20.4	1.8
16	30.8	4.00	39.5	3.3	—	—	—	—	26.4	2.2
18	38.7	4.95	50.0	4.2	—	—	—	—	33.7	3.0
20	48.0	6.00	61.7	5.1	49	3.56	53	3.96	41.6	3.6
22	57.9	7.05	74.7	6.1	60	4.19	65	4.54	50.5	4.2
24	69.5	8.20	88.9	7.1	71	4.95	76	5.44	59.8	5.0
26	81.3	9.50	104	8.3	82	5.80	89	6.29	70.7	5.8
28	95.3	10.9	121	9.5	95	6.70	103	7.29	81.4	6.5
30	108	12.4	139	10.8	109	7.65	119	8.28	93.2	7.4
32	123	14.0	159	12.2	125	8.55	138	9.36	107	8.2
34	139	15.6	179	13.8	142	9.54	154	10.4	120	9.2
35	145	16.5	188	14.6	149	10.1	163	11.0	—	—
36	155	17.4	201	15.4	156	10.6	172	11.6	135	10.4
38	174	19.3	223	17.2	175	11.7	192	12.7	150	11.5
40	191	21.2	247	19.0	192	12.9	213	14.1	166	12.5
42	213	23.2	272	21.0	209	14.0	236	15.3	183	13.5
45	244	26.4	313	24.0	240	15.8	271	17.6	209	15.5
50	302	32.2	386	29.0	295	19.1	332	21.3	258	19.0
55	367	38.8	467	34.0	353	22.7	402	24.5	314	22.0
60	438	46.0	555	39.0	427	26.2	479	28.5	373	26.0
65	513	53.5	652	44.0	511	30.0	561	33.0	440	30.0
70	596	62.0	756	49.0	585	34.5	626	38.5	509	35.0
75	686	71.0	868	54.0	674	39.0	748	44.5	583	40.0
80	779	80.0	988	60.0	767	44.0	855	50.5	663	45.0
85	—	—	1,115	66.0	860	50.5	958	56.5	750	50.0
90	—	—	1,251	73.0	967	56.5	1,075	63.5	842	55.0
95	—	—	1,393	81.0	1,079	63.0	1,201	71.0	936	60.0
100	—	—	1,544	90.0	1,190	70.0	1,327	79.0	1,048	65.0

注) 当表は3つよりロープ、ならびにエイトロープに適用する。

パイレンスパン		パイレンマルチ		パイレンモノ		ダンライン		マニラ		直径 mm
重量/ 200m	切断荷重 (索の温度) 35°C	重量/ 200m	切断荷重 (索の温度) 35°C	重量/ 200m	切断荷重 (索の温度) 35°C	重量/ 200m	切断荷重 (索の温度) 35°C	重量/ 200m	切 断 荷 重	
kg	t	kg	t	kg	t	kg	t	kg	t	mm
—	—	—	—	10.0	1.1	—	—	—	—	10
13.0	1.6	14.3	1.3	14.0	1.6	13.9	1.8	21.0	1.01	12
17.8	2.1	19.0	2.4	19.0	2.1	19.0	2.4	29.0	1.34	14
23.2	2.7	25.0	3.0	25.0	2.7	24.2	3.0	38.0	1.72	16
30.5	3.3	31.5	3.8	32.0	3.3	31.1	3.8	48.0	2.14	18
37.0	4.0	39.0	4.5	40.0	4.0	38.0	4.5	59.0	2.61	20
45.0	4.8	47.5	5.6	48.0	4.8	46.9	5.6	71.0	3.11	22
53.0	5.6	56.5	6.5	57.0	5.6	55.2	6.5	85.0	3.66	24
62.0	6.5	66.0	7.5	67.0	6.5	63.8	7.5	99.0	4.24	26
71.0	7.5	77.0	8.5	78.0	7.5	73.6	8.5	115	4.87	28
82.0	8.5	87.5	9.9	89.0	8.5	85.2	9.9	132	5.54	30
94.0	9.6	100	11.0	101	9.6	96.7	11.0	144	6.24	32
104	10.7	113	12.4	114	10.7	110	12.4	—	—	34
—	—	119	13.1	121	11.3	—	—	173	7.37	35
117	11.9	126	13.7	128	11.9	122	13.7	—	—	36
131	13.1	141	15.1	143	13.1	135	15.1	—	—	38
144	14.4	156	16.7	158	14.4	152	16.7	225	9.73	40
—	—	171	18.5	175	15.8	167	18.5	—	—	42
180	18.0	196	20.7	200	18.0	191	20.7	285	12.1	45
221	21.8	243	25.5	248	21.8	236	25.5	352	14.7	50
272	26.0	293	30.0	299	26.0	286	30.0	426	17.6	55
320	30.6	349	35.5	356	30.6	340	35.5	507	20.7	60
376	35.5	410	41.0	418	35.5	399	41.0	595	24.0	65
439	40.7	476	47.0	485	40.7	463	47.0	691	27.6	70
506	46.2	546	53.5	557	46.2	531	53.5	793	31.3	75
575	52.1	621	60.5	634	52.1	605	60.5	902	35.3	80
645	58.3	701	68.0	715	58.3	683	68.0	1,020	39.5	85
725	64.8	786	75.0	802	64.8	765	75.0	1,140	44.0	90
809	71.6	875	83.0	893	71.6	853	83.0	1,270	48.6	95
893	78.7	970	91.5	990	78.7	945	91.5	1,410	53.5	100

(その長さ) × (高さ) × 1/2

一方、昭和40年頃より、国際船級協会 (AB, BD, GL, LR, HK, NV, RI) のワーキングパーティにおいて鋼船規則の統一作業が行なわれ、表 5.2 に示すように統一された。それで昭和44年より、日本海事協会鋼船規則 (以下NK規則という) 24編にもこれが採用された。

注) NK 規則のぎ装数 (統一ぎ装数) は次の式により算出する。

$$W^{3/2} + 2.0hB + 0.1A$$

W は、満載排水量 (トン)

h および A は、次の各号の規定による値

① h は、次の式により算定される値

$$f + h'$$

f は、船体中央における満載きつ水線上から最

上層全通甲板のはりの船側における上面までの垂直距離 (m)

h' は、最上層全通甲板から幅が $B/4$ を越える船楼または甲板室のうちで最も高い位置にあるものの頂部までの高さ (m)。この高さの算定にあたっては、弦弧およびトリムはないものとして、計算してさしつかえない。また幅が $B/4$ を越える甲板室が幅が $B/4$ を越えない甲板室の上部にある場合は、幅が $B/4$ 以下の甲板室の高さは算入する必要はない。

② A は、次の算式により算定される値

$$fL + \sum h''l$$

f は前号の規定による値

$\sum h''l$ は、最上層全通甲板よりも上方にあって、

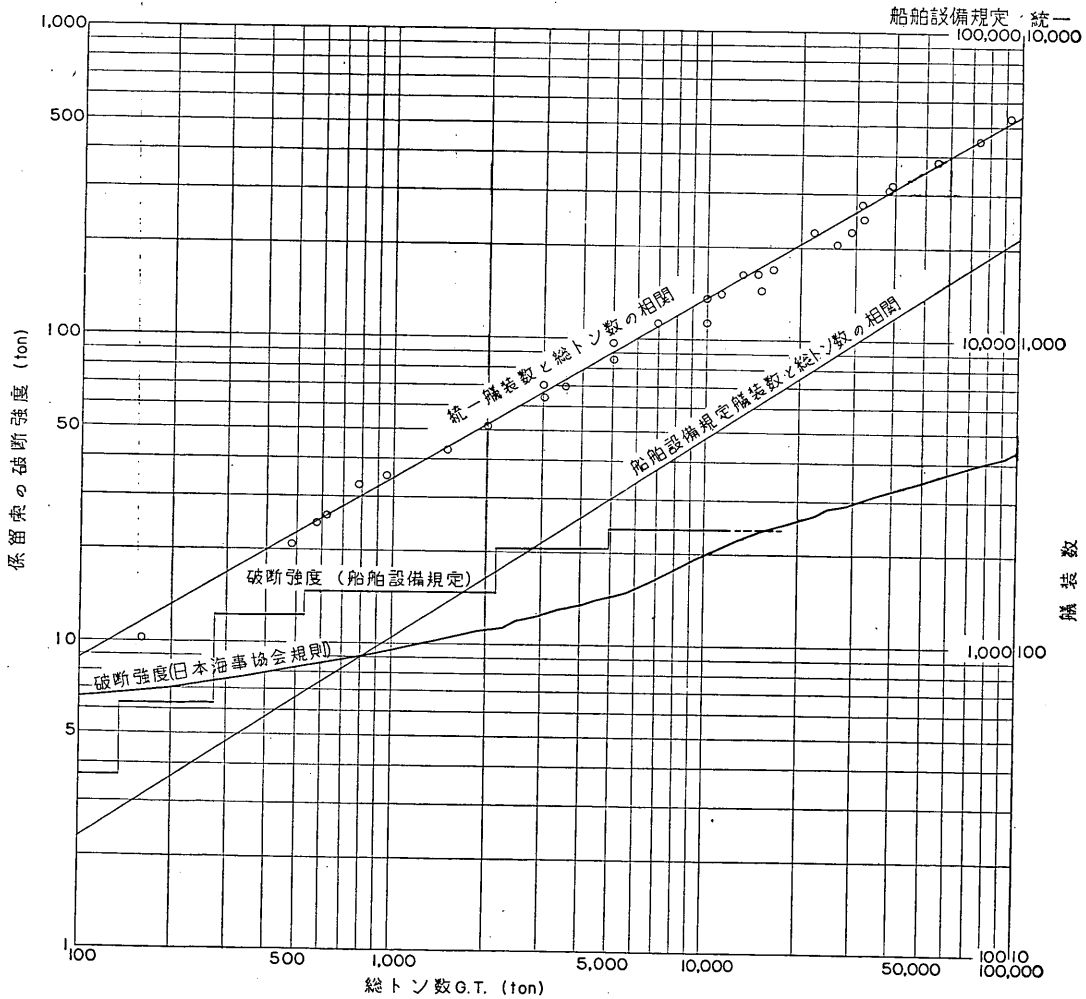


図 5.1 船舶のもつけい留索の強度

幅が $B/4$ を越え、高さが 1.5m を越える船楼、甲板室またはトランクの高さ h' (m) と長さ l (m) の積の和。ただし、 L の範囲外にあるものは算入する必要はない。

- ③ 前各号において、高さが 1.5m を越えるスクリーンまたはブルワークは、船楼または甲板室の一部とみなす。

ここで各ぎ装数と総トン数の相関式を用いて、各総トン数の船舶が持っている岸壁けい留索（大索）の破断強度を調べたものを図 5.1 に示す。なお各種ロープの破断強度は表 5.3 の NK 規格の値を用いた。

(2) けい留時使用するけい留索本数

けい留索本数についても、船舶設備規程や NK 規則に表 5.1 および表 5.2 の通り定められているが、これはあくまでも船舶の持つべき最低限を規定するもので、実際の船舶はこれより多くのけい留索を持っている。

神戸港における実際使用けい留索の本数調査によると、けい留索使用本数は、附図 2.8 および附図 2.10 に示す通りである。このように、風力の変化に対してはあまり変わらず、3,000 総トン以下では船首、船尾よりそれぞれ 2 本～3 本、3,000 総トン～12,000 総トンでは 3 本～4 本、12,000 総トン以上では 4 本～8 本の索を使用している。

5.2 風圧および潮流により船舶の受ける力ならびにけい留索にかかる力

船舶はけい留時、風圧力および潮流による抵抗力を受ける。さらに接岸時を考えると、これらの抵抗力の上に接岸抵抗を受ける。以下に各抵抗力の算定式を示し、各抵抗の大きさを検討する。

今、図 5.2 において

V_a ; 風速（船舶の受ける風圧力は、風が船体の真

横から吹いた場合最大となるので、船舶の真横から吹くものとする。）

U_w ; 船首（船尾）方向からの流速

V_{w1} ; 船側方向からの流速

とすると各抵抗力は次のようになる。なお、船舶の接岸速度を V_{w2} とすると、船舶と海水との相対速度 V_w は $V_{w1} + V_{w2}$ となる。

① 風圧力 R_a (kg)

$$R_a = \frac{1}{2} \rho_a V_a^2 C_a A_a \quad (5.1)$$

ここに ρ_a ; 空気密度 0.123 kg·sec²/m⁴

V_a ; 風速 (m/sec)

C_a ; 抵抗係数 1.2

A_a ; 水面上船体側面投影面積 (m²)

② 船舶の接岸と船側方向の流れにより船体を受ける抵抗力 R_{wV} (kg)

$$R_{wV} = \frac{1}{2} \rho_w V_w^2 C_{wV} A_w \quad (5.2)$$

ここに ρ_w ; 水密度 104.5 kg·sec²/m⁴

C_{wV} ; 抵抗係数 1.4～1.6

A_w ; 水面下船体側面投影面積 (m²)

V_w ; 船舶と水との船側方向相対速度 ($V_{w1} + V_{w2}$) (m/sec)

③ 船首（船尾）方向からの流れにより船体を受ける抵抗力 R_{wU} (kg)

$$R_{wU} = C_{wU} \cdot S \cdot U_w^2 \quad (5.3)$$

ここに C_{wU} ; 水抵抗係数 0.14 kg·sec/m⁴

S ; 浸水面積 (m²)

U_w ; 船首(船尾)からの流速 (m/sec)

以上により船体に作用する船側方向力 R_V は

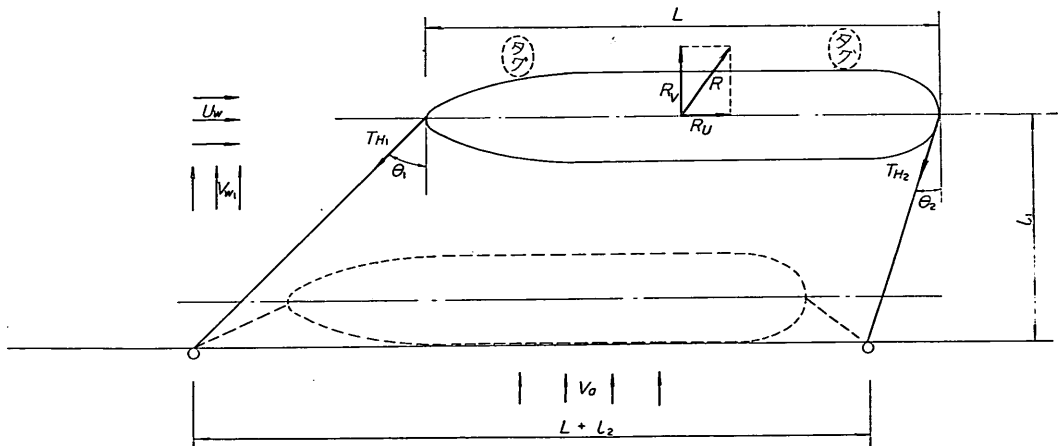


図 5.2 接岸時およびけい留時、船舶にかかる外力とけい留索張力

$$R_V = R_a + R_{wV} - nR_{T-G} \quad (5.4)$$

ここに n ; ひき船隻数

R_{T-G} ; ひき船推力

となる。また船体に作用する船首（船尾）方向力 R_U は

$$R_U = R_{wU} \quad (5.5)$$

となり、船舶に作用する抵抗力の合力 R は

$$R = \sqrt{R_V^2 + R_U^2} \quad (5.6)$$

となる。

次にけい留索に作用する水平投影張力を T_{H1} , T_{H2} とすると図 5.3 より

$$\frac{R}{\sin r} = \frac{T_{H1}}{\sin t_1} = \frac{T_{H2}}{\sin t_2} \quad (5.7)$$

となる。

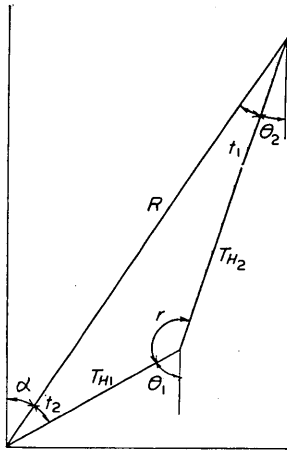


図 5.3 R と T_{H1} , T_{H2} の関係

$$\text{ここに } t_2 = \theta_1 - \alpha$$

$$t_1 = \alpha - \theta_2$$

$$r = \pi - (t_1 - t_2) = \pi - (\theta_1 - \theta_2)$$

一方、船体の受ける抵抗力とけい留索にかかる張力の関係は

$$R^2 = T_{H1}^2 + T_{H2}^2 + 2T_{H1} \cdot T_{H2} \cos r$$

となる。また、バウラインとスターンラインをかけた曲柱の距離を $L + l_2$ とすると

$$l_2 = l_1 \tan \theta_1 - l_1 \tan \theta_2$$

$$\text{故に } \frac{l_2}{l_1} = \tan \theta_1 - \tan \theta_2 \quad (5.8)$$

以上の式(5.7), 式(5.8)よりけい留索に作用する水平投影張力 T_{H1} および T_{H2} が求まり、けい留索に作用する張力 T_1 , T_2 は、けい留索の水平となす角を φ_1 , φ_2 とすると

$$T_1 = T_{H1} / \cos \varphi_1 \quad (5.9)$$

$$T_2 = T_{H2} / \cos \varphi_2 \quad (5.10)$$

により求められる。

以上により、けい留索に作用する張力が求められるが各抵抗力の大きさを検討する。

今、風速 V_a を 10m/sec, 船舶と水との船側方向相対速度 V_w を 0.3m/sec (ウインチ最大巻上速度 0.3 m/sec), また船首（船尾）からの流速 U_w 1.0m/sec (2ノット) とすると風圧力 R_a は、

$$R_a = 0.0738 A_a \cdot V_a^2 = 7.38 A_a \quad (\text{kg})$$

船舶の接岸と船側方向の流れにより船体が受ける抵抗力 R_{wV} は、

$$R_{wV} = 90 \cdot A_w \cdot V_w = 8.1 A_w \quad (\text{kg})$$

船首（船尾）方向からの流れにより船体が受ける抵抗力 R_U は、

$$R_U = 0.14 \cdot S \cdot U_w^2 = 0.14 S \quad (\text{kg})$$

となる。

ここで水面上船体側面投影面積 A_a , 水面上船体側面投影面積 A_w および浸水面積 S と総トン数との相関を附録 3. 船舶諸元の相互関係の式を用いて、それぞれの抵抗力を各総トン数に対して求めると、表 5.4 に示すとおりとなる。

表 5.4 によると、船首（船尾）方向力は船側方向力の最大 4% 程度にしかならないのでこれを無視すると、図 5.2 は図 5.4 のとおりとなる。

図 5.4 において、図 5.2 の θ_1 および θ_2 は θ となるため式(5.7) および式(5.8) よりけい留索に作用する水平投影張力 T_H は、

$$T_H = \frac{R_V}{2} \cdot \frac{1}{\cos \theta} \quad (5.12)$$

となる。故に、けい留索の水平となす角を φ とするとけい留索の張力 T は

$$T = T_H \cdot \frac{1}{\cos \varphi} = \frac{R_V}{2} \cdot \frac{1}{\cos \theta \cdot \cos \varphi}$$

で表わされる。また θ , φ は、

$$\begin{aligned} \cos \theta &= \frac{l_1}{\sqrt{l_1^2 + \left(\frac{l_2}{2}\right)^2}} \\ \cos \varphi &= \frac{\sqrt{l_1^2 + \left(\frac{l_2}{2}\right)^2}}{\sqrt{l_1^2 + \left(\frac{l_2}{2}\right)^2 + (H-h)^2}} \end{aligned} \quad (5.13)$$

で表わされるから、

表 5.4 船舶にかかる抵抗力 ($V_a=10\text{m/sec}$)

満 載 時

総 ト ン 数 (ト ン)	1,000	5,000	10,000	50,000	100,000
水面上側面投影面積 $A_a(\text{m}^2)$	238	600	833	2,400	3,660
風 圧 力 $R_a(\text{kg})$	1,683	4,428	6,148	17,712	27,010
水面下側面投影面積 $A_w(\text{m}^2)$	284	769	1,020	3,220	4,960
$R_{wv}(\text{kg})$	2,300	6,229	8,262	26,082	40,176
船 側 方 向 力 $R_v(\text{kg})$	3,983	10,657	14,410	43,794	67,186
浸 水 面 積 $S(\text{m}^2)$	973	2,800	4,420	12,700	20,050
船 首 方 向 力 $R_U(\text{kg})$	136	392	619	1,778	2,807
R_U/R_v (%)	3.4	3.7	4.3	4.1	4.2

軽 荷 時

総 ト ン 数 (ト ン)	1,000	5,000	10,000	50,000	100,000
水面上側面投影面積 $A_a(\text{m}^2)$	418	1,020	1,790	4,940	7,670
風 圧 力 $R_a(\text{kg})$	3,085	7,528	13,210	36,457	55,605
水面下側面投影面積 $A_w(\text{m}^2)$	101	235	339	791	1,015
$R_{wv}(\text{kg})$	818	1,904	2,746	6,407	8,222
船 側 方 向 力 $R_v(\text{kg})$	3,903	9,432	15,956	42,864	63,827
浸 水 面 積 $S(\text{m}^2)$	582	1,660	2,600	7,430	10,150
船 首 方 向 力 $R_U(\text{kg})$	81	232	364	1,040	1,421
R_U/R_v (%)	2.1	2.5	2.3	2.4	2.2

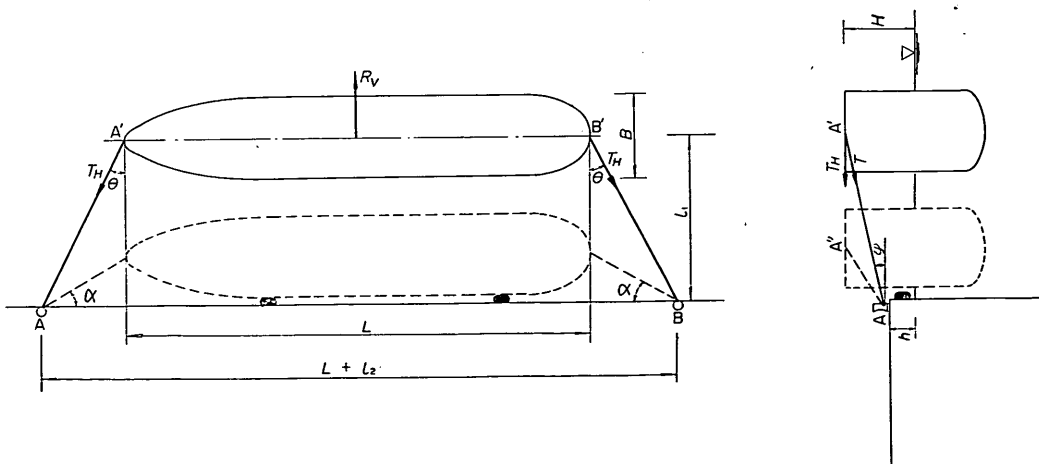


図 5.4 接岸時およびけい留時, 船舶にかかる外力とけい留索張力 ($R_U=0$)

$$T = \frac{R_V}{2} \cdot \frac{\sqrt{l_1^2 + \left(\frac{l_2}{2}\right)^2 + (H-h)^2}}{l_1} \quad (5.14)$$

つぎに接岸中、けい留索に最大張力の働く l_2 の値について考察する。

$$R_V = R_a + R_{wV} - n R_{T \cdot G}$$

$$R_a = 0.0738 A_a \cdot V_a^2$$

$$R_{wV} = 90 A_w \cdot V_w^2$$

今、ひき船の押す力を無視し、また船側方向の潮流を接岸速度の中に含めて考えると、あるいはひき船と船側方向の潮流の抵抗力を相殺して考えると

$$V_w = \frac{l_1}{\sqrt{l_1^2 + \left(\frac{l_2}{2}\right)^2 + (H-h)^2}} \cdot v$$

v ; ウインチ巻上げ速度 $18\text{m}/\text{min} = 0.3\text{m}/\text{sec}$

$$\text{また } k = \frac{\sqrt{l_1^2 + \left(\frac{l_2}{2}\right)^2 + (H-h)^2}}{l_1} \quad \text{とすると}$$

$$R_{wV} = 90 A_w \cdot \frac{v^2}{k^2}$$

$$R_{wV_0} = 90 A_w \cdot v^2 \quad \text{とすると}$$

$$R_{wV} = R_{wV_0} \cdot \frac{1}{k^2}$$

故に、けい留索の張力は式(5.15)のように書き変えられる

$$T = \frac{1}{2} (R_a + R_{wV_0} \cdot \frac{1}{k^2}) \cdot k \\ = \frac{1}{2} (R_a \cdot k + R_{wV_0} \cdot \frac{1}{k}) \quad (5.15)$$

満載時において、表 5.4 に示すとおり、 $R_a \ll R_{wV_0}$ であるから、 k が最少の時、すなわち、 l_1 が大きい時係留索に働く張力は最大となる。一方、軽荷時で、 $R_a \gg R_{wV_0}$ の時は、 k が最大の時すなわち、 l_1 が小さい時にけい留索に働く引張りは最大となる。すなわち満載時は接岸を始めようとした時 ($l_1 = 4B$ と仮定)、軽荷時は接岸し終えた時 ($l_1 = \frac{B}{2} + 1\text{m}$) の時けい留索に働く張力は最大となる。

つぎに着岸時のけい留索水平角度 α について考える。

神戸港けい船状況調査によると、けい留索の平均角度 α は、10,000 総トン以上は 35° 、10,000 総トン以下は 30° であるが 5° づつ危険側の場合も考える。そしてこの角度 α を用いると l_2 は式(5.16)より求められる。

$$l_2 = 2 \cdot \left\{ \left(\frac{B}{2} + 1 \right) \cdot \cot \alpha \right\} \quad (5.16)$$

なお、接岸時のけい留索が水平面となす角 φ は、式(5.13)より求め、式中のきつ水線上の高さ H は船の型深ときつ水の差として与えられる。また、岸壁の高さが小さい程索の水平角度 φ が大きくなるので満潮時を考える。満潮時の海面から岸壁の高さまでの距離 h は、港湾構造物設計基準によると $h = 1.0\text{m}$ となっているのでこの値を用いる。

けい留索の張力が最大になるような以上の各値を用い、また船舶の各投影面積および型深や型幅などの船舶諸元は附録 3. 船舶諸元の相互関係で用いた各船舶ごとのデータを利用して日本船について式(5.14)により満載きつ水時および軽荷きつ水時のけい留索の張力を $V_a = 15\text{m}/\text{sec}$ として求めると表 5.5、および図 5.5、図 5.6 に示すとおりとなる。これによると各船種とも総トン数に対して非常によい相関を示し、また各船種すなわち、貨物船、鉱石船、およびタンカの相違は、ほとんどないので、各

表 5.5 けい留索にかかるけん引力 T と総トン数 $G \cdot T$ の関係

軽荷時 (風速 $V = 15\text{m}$)

船型別	係数A	係数B	相関係数	船舶隻数
貨物船	-1.159	0.661	0.971	161
鉱石船	-0.902	0.589	0.969	77
タンカー	-1.032	0.617	0.989	262
平均	-0.969	0.622	0.984	500

満載時 (風速 $V = 15\text{m}$)

船型別	係数A	係数B	相関係数	船舶隻数
貨物船	-1.497	0.663	0.971	161
鉱石船	-1.248	0.584	0.984	77
タンカー	-1.326	0.598	0.995	262
平均	-1.203	0.577	0.983	500

注) 各係数、 A 、 B はけい留索にかかる力 (T トン)

と総トン数 ($G \cdot T$ 総トン) の関係

$$\log T = A + B \log G \cdot T.$$

とした時の係数である。

船種ごとに区別せず任意の風速について、満載きつ水時および、軽荷きつ水時、さらに平均きつ水時についてけい留索にかかる張力を求めると図 5.7、図 5.8、および図 5.9 に示すとおりとなる。

注) 神戸港けい船状況調査によると、附図 2.7 に示すとおり、貨物船は満載きつ水と軽荷きつ水との

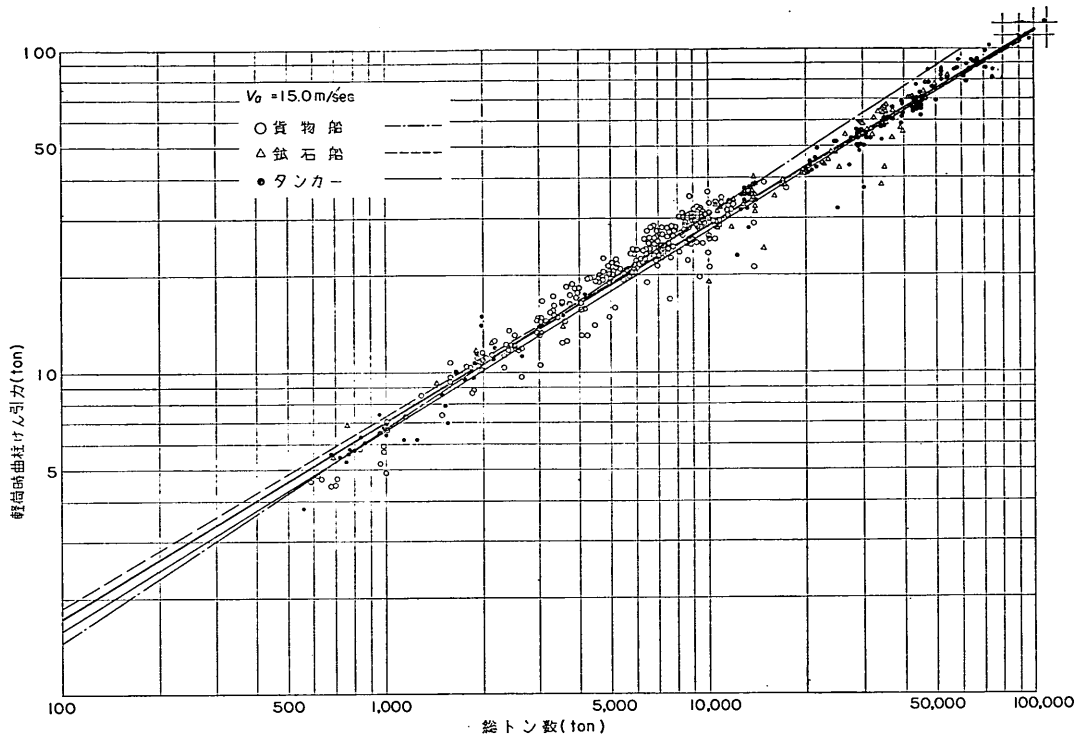


図 5.5 けい留索にかかるけん引力と総トン数の関係 (軽荷時) $V=15\text{m/sec}$

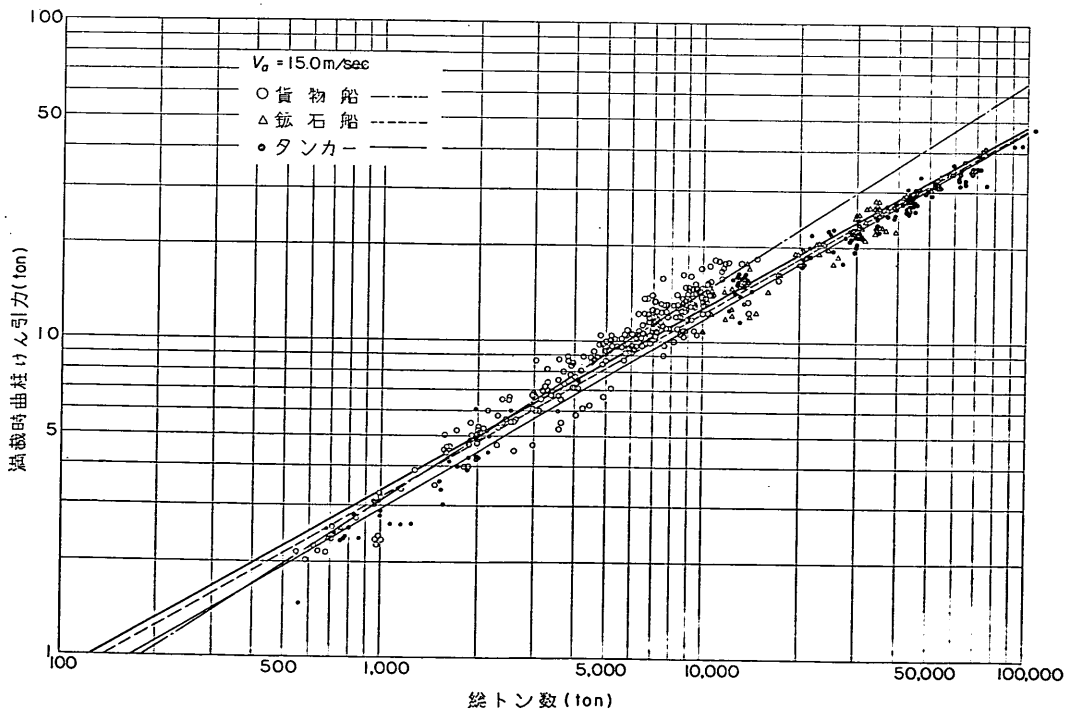


図 5.6 けい留索にかかるけん引力と総トン数の関係 (満載時) $V=15\text{m/sec}$

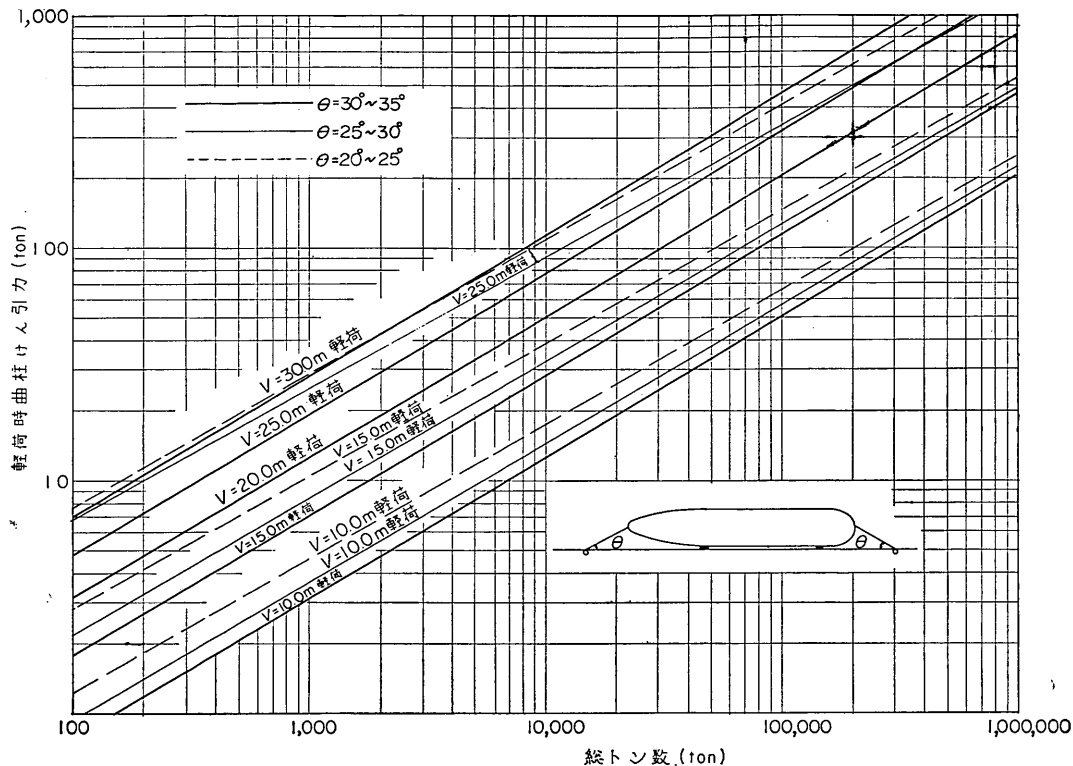


図 5.7 風速によるけい留索にかかるけん引力の変化 (軽荷時)

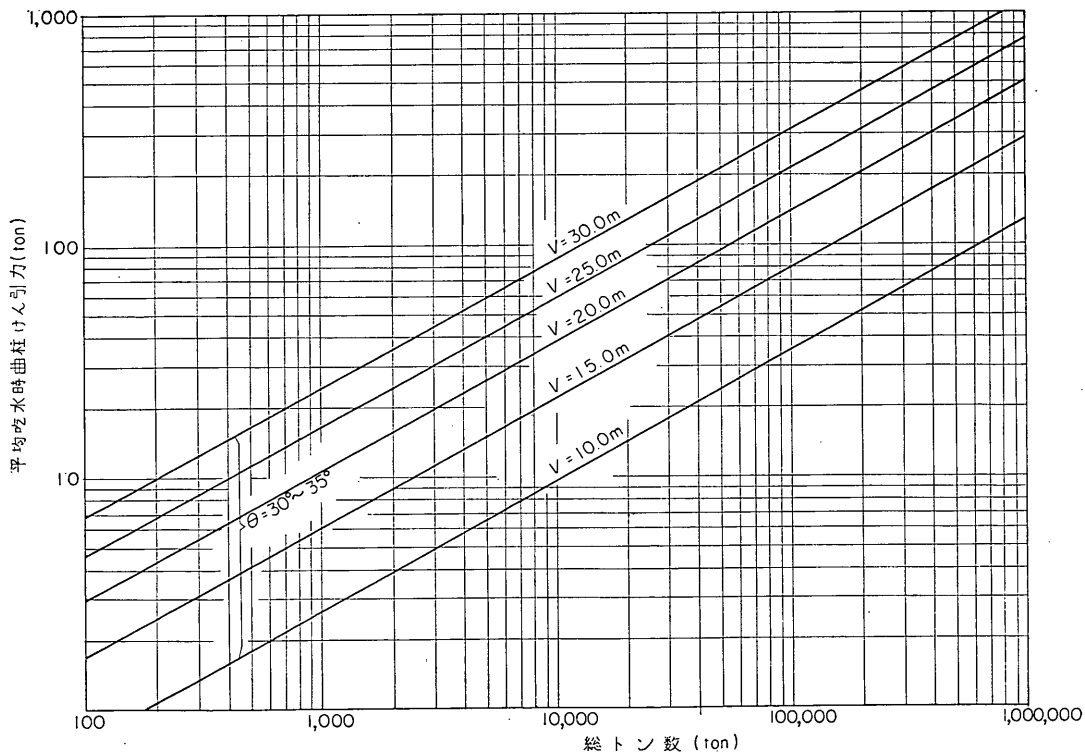


図 5.8 風速によるけい留索にかかるけん引力の変化 (平均きっ水時)

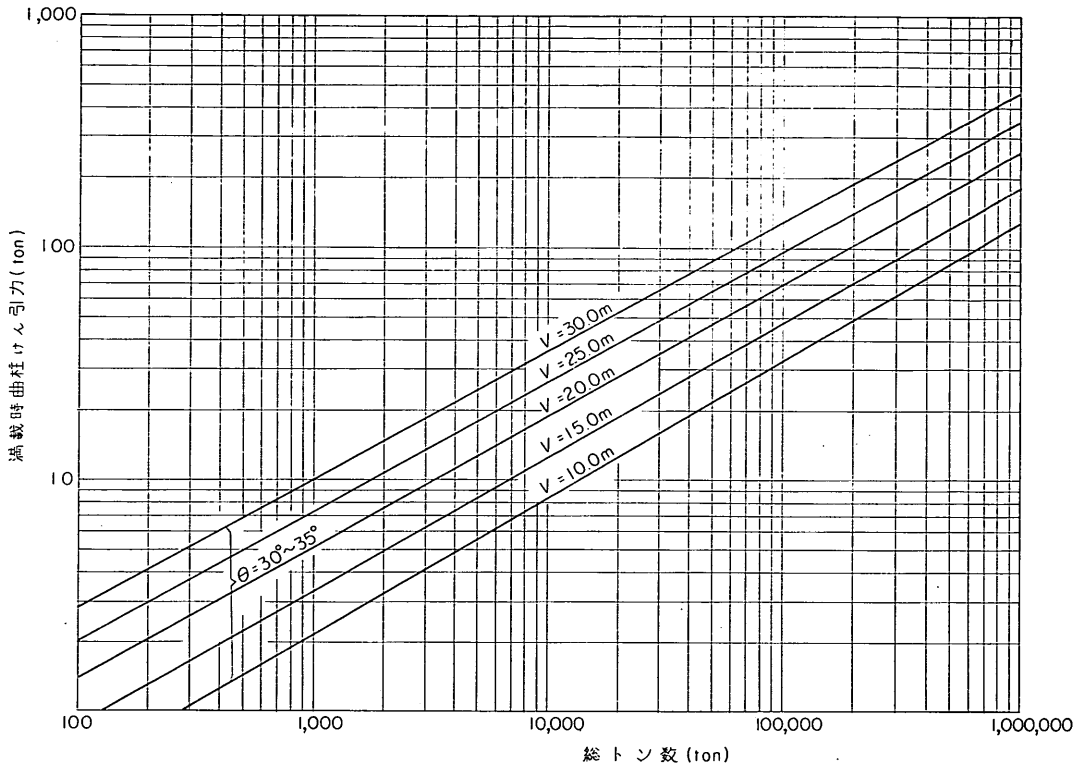


図 5.9 風速によるけい留索にかかるけん引力の変化 (満載時)

差の20%以下の軽荷きっ水で入港したり、出港したりする船舶はほとんどないので、貨物船の軽荷きっ水を、式(5.17)により修正した。

貨物船軽荷きっ水 = 軽荷きっ水 + 0.2 (満載きっ水 - 軽荷きっ水) (m) (5.17)

5.3 けい船柱の必要けん引耐力

(1) 離着岸時風力およびけい留時風力

神戸港けい船状況調査によると、附図 2.4 に示されるとおり着岸時風力は、船舶総トン数にはあまり関係なく風力 5 (8.0m/sec~10.7m/sec) 以下であり、離岸時風力は、風力 7 (13.9m/sec~17.1m/sec) 以下である。なお船舶の操船上からも風力が10m/secを越えると、着岸操作は一般に困難となり、15m/sec以上の風が吹き始めると、港内における船舶の操船(ひき船使用を含む)はきわめて困難となる。それ故離岸作業もできない。そこで着岸時風力として、10m/secを考え離岸時風力は、15m/secを考慮すれば適当と考えられる。

けい留時最大風速については、4.2 けい船柱の設置間隔および配置の項で考察したように、避難勧告の発令される港と発令されない港に区別して考えるのが合理的で

ある。

避難勧告の発令される港では、風速が15m/sec以上になると予想されると風速が15m/secになる前に避難を終えるよう避難勧告が発令されるので、このような港では逆に風が少強くなっても、直柱に大索をかけなおしたり増取りしたりすることはしないので、風速 15m/secまで船舶を安全にけい留しておけるように曲柱を設計しておかなければならない。

一方、避難勧告の出されない港では、風が強くなり、一般に風速が10m程度を越えて荷役作業ができなくなると、直柱にプレストラインを取る。したがって、曲柱は10m/secまで船舶を安全に係留しておけるよう設計しておけばよい。直柱については、4.2項で述べたように季節風および低気圧による風に対して、船舶を安全にけい留できるように直柱の強度を設計しておかなければならない。

各地の最大風速を、日本気候表の7. 観測開始以来の極値および順位、気象庁、昭和38年3月によると、表 5.6 に示されるとおりである。

表 5.6 において台風以外の季節風や低気圧による最

表 5.6 各地の観測最大風速

都 道 府 県 名	地 名	最大風速 (m/sec)	起 生 時 (西曆)	備 考
北 海 道	稚 留	27.0	55. 2. 11	
	内 蒔	36.7	35. 2. 21	
	樽 路	27.9	54. 8. 27	24.8 (52. 5. 14)
	小 釧 路	24.9	12. 3. 18	
	室 蘭	37.2	54. 9. 26	30.0 (58. 1. 2)
青 森	小 苦 函	31.8	54. 9. 26	28.4 (59. 1. 16)
	森 館	25.8	54. 9. 26	25.0 (48. 1. 14)
	青 森 戸	26.2	59. 4. 10	
	八 宮	32.3	43. 10. 3	26.5 (58. 2. 18)
	手 田 古	22.0	41. 7. 23	
岩 手 山 宮 福 東 神 新 富	秋 酒 石	33.4	02. 1. 8	
	形 田 卷	33.2	57. 12. 13	
	城 小 名 浜	27.4	58. 9. 27	26.5 (57. 12. 13)
	島 京 浜	28.4	17. 10. 1	24.7 (41. 7. 23)
	京 東 横 浜	31.0	38. 9. 1	22.6 (51. 2. 15, 55. 3. 18)
奈 川 鴻 山	新 伏 木	37.4	38. 9. 1	30.0 (51. 2. 15)
	富 山 木	29.0	44. 9. 18	24.8 (50. 1. 10, 49. 3. 2)
	山 伏	29.5	50. 9. 3	18.7 (54. 1. 23, 36. 4. 25)
	富 山 沢	26.0	47. 4. 1	
	金 沢 賀 屋	32.8	50. 9. 3	27.0 (51. 12. 27)
石 福 愛 京 大 兵	敦 名 舞 大 姫 神 和	30.4	50. 9. 3	25.1 (60. 4. 8)
	古 屋 鶴 阪 路 戸 津	37.0	59. 9. 26	19.8 (23. 6. 22)
	古 屋 鶴 阪 路 戸 津	36.5	59. 9. 26	22.9 (51. 2. 4)
	大 姫 神 和	42.0	34. 9. 21	24.0 (14. 1. 7)
	庫 戸 津	22.8	54. 9. 26	16.6 (56. 2. 27)
和 鳥 島	歌 山 下 郷 田 山 島	33.4	50. 9. 3	23.9 (37. 3. 11)
	歌 山 下 郷 田 山 島	36.5	50. 9. 3	29.5 (11. 6. 19)
	山 下 郷 田 山 島	25.0	93. 10. 14	23.3 (07. 6. 13)
	根 郷 田 山 島	26.8	54. 9. 8	23.3 (46. 4. 18)
	西 浜 岡 山 島	29.6	22. 3. 23	
岡 山 山 島	岡 山 島	25.8	96. 8. 18	17.2 (47. 4. 2)
	岡 山 島	33.9	51. 10. 15	19.9 (54. 2. 27)
	岡 山 島	27.0	55. 1. 30	
	岡 山 島	34.2	42. 8. 27	29.8 (35. 6. 3, 30. 7. 18)
	岡 山 島	24.4	54. 9. 26	19.6 (50. 1. 31)
山 香 愛 高 長	媛 山 島 知 原 保 崎	25.4	45. 9. 17	21.0 (14. 6. 3)
	高 松 山 島 知 原 保 崎	31.7	35. 6. 3	
	宇 高 山 島 知 原 保 崎	26.2	45. 9. 17	20.1 (49. 6. 21)
	高 松 山 島 知 原 保 崎	26.5	59. 9. 17	23.2 (49. 6. 21)
	高 松 山 島 知 原 保 崎	21.4	55. 9. 30	19.4 (59. 2. 7)
大 宮 鹿	佐 長 分 津 島 瀬	26.1	56. 8. 17	23.2 (57. 12. 12)
	分 津 島 瀬	25.0	45. 9. 18	21.8 (14. 6. 3)
	分 津 島 瀬	41.6	54. 9. 7	27.1 (60. 6. 11)
	分 津 島 瀬	49.6	99. 8. 15	24.4 (49. 6. 20)
	分 津 島 瀬	32.0	50. 11. 11	19.6 (49. 6. 20)

注) 起生最大風速が台風によるものと想像されるものについては備考欄に台風以外の最大風速を記入した。

大風速を調べるとほぼ 25m/sec~30m/secなのでこの程度までの風速を考慮しなければならないと思われる。また台風時を考慮しても一般に避難勧告の出されない港すなわち、北陸、東北、および北海道においては、台風時でもその起生最大風速は約 30m/secなので、この程度の風速を考慮しておけば十分に思われる。

(2) けい船柱の必要強度

港湾構造物設計基準 第1編 第2章によると、大型けい船岸における直柱および曲柱の定義を「直柱は、バースの両端に設置し、船舶の引綱を取るけい船柱をいい、曲柱は、バースの中間に配置し、船舶の大索を取るけい船柱をいう」とし、曲柱および直柱の強度を、それぞれ大索および引綱の1本の破断強度より決定している。しかしながら、けい船柱にかけられている索の種類について現状を調査してみると、引綱は本来の意味通り船舶相互のえい(曳)航にのみ用いられる。それ故、直柱の強度を引綱の破断強度より決定する現在の方法は不合理である。一方曲柱についても大索一本の破断強度より決定する現在の設計方法は、曲柱には同時に多数の大索(けい留索)がかけられ

ている現状より不合理である。そこで船舶けい留時のけい留索の取り方、各けい留索に作用する張力、けい船柱の配置などを考慮して各けい船柱の必要強度について考察する。

まず曲柱について考える。附録 2. 神戸港新港ふ頭けい船状況調査によると利用頻度の高い曲柱と、そうでない曲柱は明瞭に分かれ、また1本の曲柱に同時にかかる索の本数の多い曲柱と、少ない曲柱とははっきり区別される。したがって、各岸壁に同一強度のものを設置するのは不経済である。すなわち、バウラインおよびスターンラインをかける曲柱とスプリングラインをかける曲柱の強度を区別して設置するのが合理的である。

まず、スプリングラインをかける曲柱の必要強度について考察する。

① スプリングライン用曲柱(バース中間部曲柱)の必要強度

この曲柱は、接岸時および離岸時船舶操船のため大きな力がかかる時がある。すなわち、4.1項の接離岸の方法で述べた通り接岸時の船舶の先行止、または離岸時の船舶の回船等で、操作が悪いとスプリングラインに大き

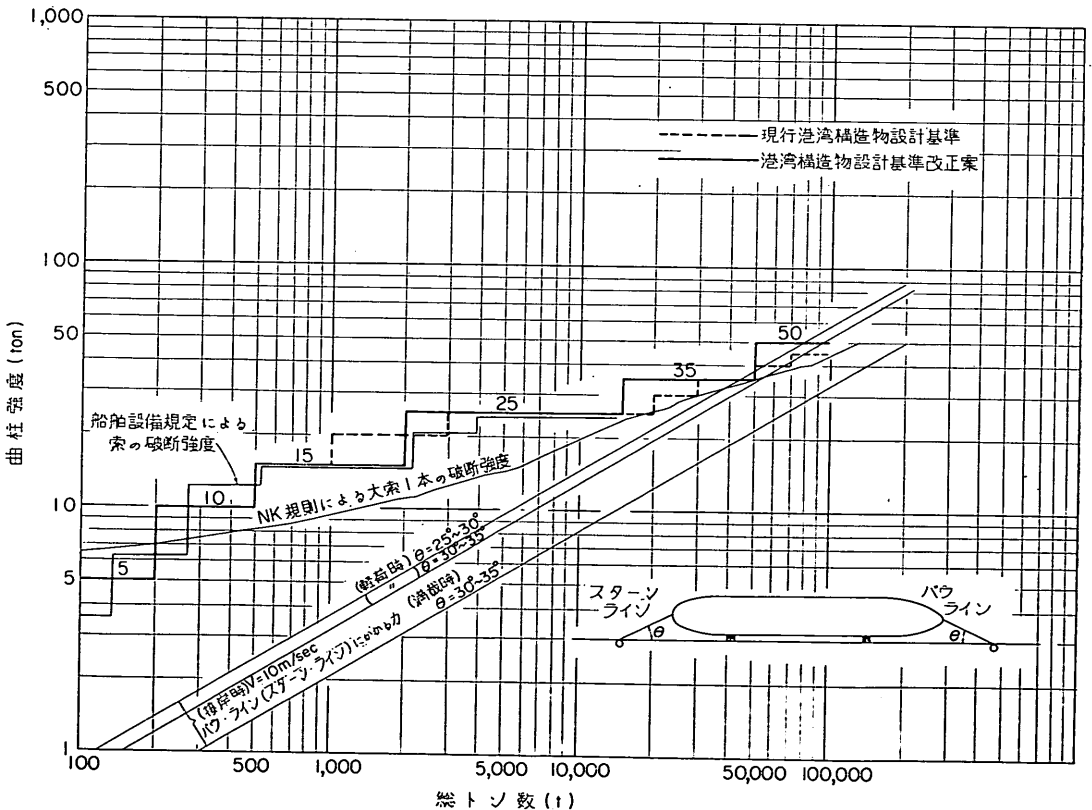


図 5.10 曲柱の必要けん引耐力

な力がかかる場合がある。しかし、このような場合でも曲柱には、同時に1本のけい留索しかかけられないので、これら曲柱はけい留索1本の切断荷重以上の強度があれば十分である。なお、これら曲柱をこの程度の強度にしておけば、 $V=10\text{m/sec}$ 程度までこれら曲柱を用いて接岸できる。なお、大型船においては少し強度が不足気味に思えるが、10,000総トンを超える船舶は、けい留索のみによって接岸することなく、ひき船の力を借りるので、曲柱をけい留索1本の破断強度以上にしておけば十分である。

以上の考察のもとに、バース中間部の曲柱は図 5.10 の太線の強度のものが必要である。

② バウラインおよびスターンライン用曲柱強度

つぎにバウラインおよびスターンライン用曲柱の必要強度について考察すると避難勧告の出される港では、すなわち、直柱を用いない岸壁では、風速 15m/sec まで船舶を安全にけい留しておくる曲柱が必要である。

また、1本の曲柱にかけられる索の本数は、附図 2.12 に示される通りバウラインおよびスターンラインをかける曲柱には、3,000総トン以下では1船から同一曲柱に

2本、3,000総トン以上では3本である。しかしこれら各けい留索に同程度の張力がかかるように張合せることはむずかしく、また図 5.11 のように3本のけい留索が張られている場合その長さも方向も異なるので曲柱はけい留索2本の破断強度以上の強度があれば十分である。

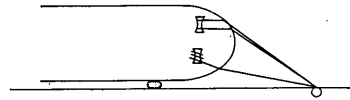


図 5.11 バウラインまたはスターンラインの取り方

なお、神戸港新港ふ頭けい船状況調査によると附図 2.13に示されるとおり、連続バースの場合その接続部のバウラインおよびスターンラインを取る曲柱は2船の索が

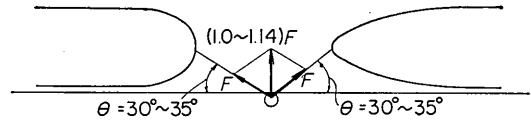


図 5.12 1本の曲柱に2船よりけい留索がとられた場合のけん引合力

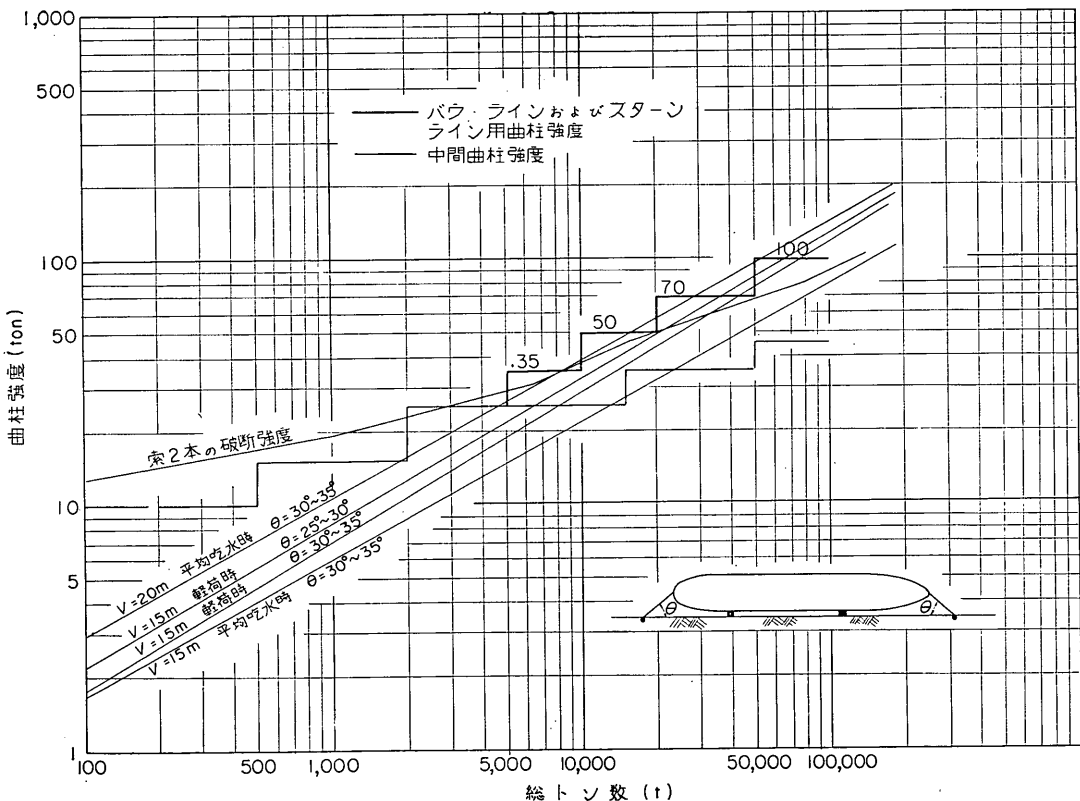


図 5.13 バウラインまたはスターンラインを取る曲柱の必要けん引耐力 (直柱を設置しない場合)

交差し、6本～8本の多数の索がかけられる場合も多い。しかし、かけられる索の方向が異なり、その合力は図 5.12 に示すとおり1船からのけん引力よりほとんど大きくならないで、この曲柱の強度を大きくする必要はない。以上の考慮のもとにバウラインおよびスターンラインをかける曲柱は 図 5.13 の大線の強度のものを配置する。

一方、避難勧告の出されない港すなわち直柱を設置する港では、風が出てきて荷役作業が困難になってくると、すなわち風速が10m/secを越えて来ると直柱にプレストラインを取り、船体の真横方向への動きをこのプレストラインで受持つ。それ故、バウラインおよびスターンラインを取る曲柱を特別に大きくする必要はなく10m/secの風まで船舶を安全にけい留できる強度のもの、すなわちバース中間部の曲柱強度と同じものでよい。すなわち1バースには同一強度のものを配置する。

③ 直柱の必要強度

直柱にプレストラインを取った場合、そのプレストラインにかかる張力は曲柱のバウラインおよびスターンラインにかかる張力と同様に計算できる。なおこの計算において岸壁法線と直柱の距離は、近年エプロン幅が広く

なる傾向にあり、十分に船の幅だけ遠くに設置できるので図 5.14 に示す通り計算においては船幅とする。またけい留索角度については、直柱は船首および船尾の位置

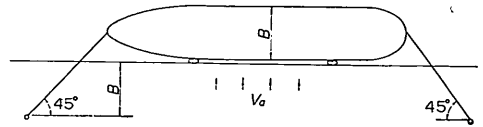


図 5.14 プレストラインの取り方

に設置するため岸壁法線に対してほぼ直角となるが、連続バースの場合は、1本の直柱で2船の索がかけられるよう連続バース中間に設置する場合もあるのでけい留索と岸壁法線のなす角度は45°として索の張力を計算する。

風速については、5.3(1)項で考察した通り、 $V=25\text{m/sec} \sim 30\text{m/sec}$ の風速の場合でも安全に船舶がけい留できるよう考慮しなければならない。一方、直柱には暴風時船舶から多くの増取りをするので、10,000総トン以下の船舶では索の3本の破断強度、10,000総トンを越える船舶では4本の破断強度以上の強度が必要である。なお、1,000総トン以下の小型船は、避難勧告が出されても避難しない場合があるので、 $V=35\text{m/sec}$ 程度の台風時に

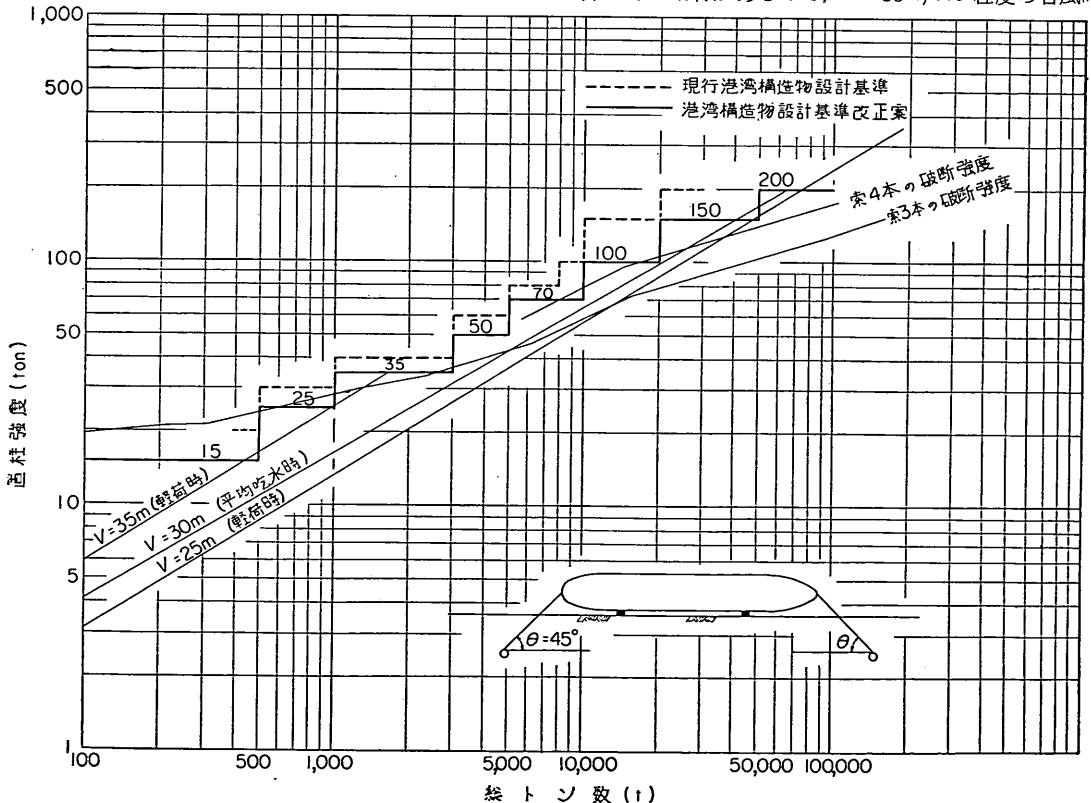


図 5.15 直柱の必要けん引耐力

も安全にけい留できる直柱を設置しておく。

以上の考察のもとに、図 2.15 の太線の強度の直柱を設置する。

以上、4. けい船柱の配置および 5. けい船柱の必

要けん引耐力の各章でけい船柱の配置および強度を考察してきたが、これを各総トン数別に整理すると表 5.7 に示すとおりになる。

表 5.7 けい船柱の配置間隔と必要けん引耐力

対象船舶 (総トン)	索の径 (mm)	索の破断強度 N. K. 規格 (トン)	曲柱強度 (トン)	直柱強度 (トン)	船首船尾索 用曲柱強度 (直柱を用 いない場 合)(トン)	曲柱間隔 (m)	1 バース当 りの曲柱本 数 (本)	
200	(32)	7.3 (6.24)	5	15	一般 曲柱 強度と 同じ	10	4	
500	(45)	8.4 (12.1)	10	15		15	4	
1,000	(50)	9.6 (14.7)	15	25		15	4	
2,000	(50)	11.5 (14.7)	15	35		15	4	
3,000	(60)	13.0 (20.7)	25	35		20	4	
5,000	(65)	14.5 (24.0)	25	50		20	6	
10,000	(65)	20.0 (24.0)	25	70		35	25	6
15,000		24.0	25	100		50	25	6
20,000		26.0	35	100		50	25	8
50,000		35.0	35	150		70	35	8
100,000		44.0	50	200	100	45	8	

() は船舶設備規程による

6. 直柱の設計法

6.1 外力および方向

図 6.1 に示すように索を水平より上向に θ の角度で引張る時、直柱にかかる力は、けん引力を P とすると、首部に水平方向 $P \cos \theta$ 、中央鉛直上方向に $P \sin \theta$ の力に分解できる。今近似的に

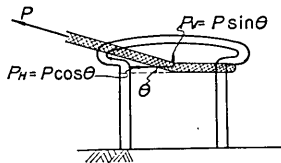


図 6.1 設計外力の方向

$$P_H = P \cos \theta \approx P$$

$$P_V = P \sin \theta = \frac{P}{2}$$

とする。

なお外力方向については、突堤終端部などでは、全く逆方向に引張られることもあるので、方向性をもたせない。

6.2 頭部の設計

附録 2. 神戸港新港ふ頭けい船状況調査の附図 2.12 に

示すように、直柱には平均 4 本、最大 6 本程度けい留索がかかけられている。そこで索が 2 重にかけられてもはずれない様な頭部の大きさが必要である。今、対象船舶 10,000 総トンについて考えると、表 3.1 より直柱は 70 ン型 (胴径 $D=40\text{cm}$) であり、使用マニラ麻ロープ径 ϕ は 65mm である。図 6.2 のように考えると、 B'_0/D は 1.56 となる。一方、現在設置されている直柱は附図 1.4 に示されるように B_0/D の比は 1.5 のものが多い。そこで B_0/D を 1.5 とする。

6.3 胴部の設計

(1) 胴高 H

直柱にかけられる索の本数は附図 2.12 に示される通り平均 4 本であるので、その 4 本の索が重ならずかけら

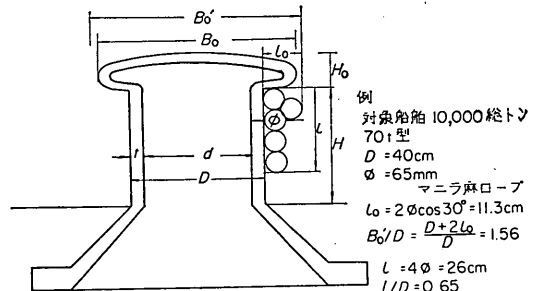


図 6.2 直柱頭部幅および胴高

れるためには、図 6.2 のように胴高は最低 0.65D 必要である。しかしあまり背の低い直柱は索をかけにくいので、後述の曲柱と同様

$$H=0.8D+5 \quad (\text{cm})$$

とする。なお現在設置されている直柱は附図 1.6 に示されるように H/D の比は 1.0 のものが多い。

また、図 6.3 のように胴部を傾斜したものは、首部に索が集中して、索の取りはずしが困難となり、またかけられる索の本数も少なくなるので胴部の径は一定とする。

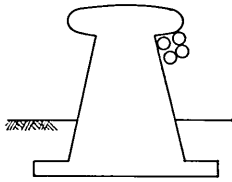


図 6.3 胴部を傾斜した直柱断面

(2) 肉厚 t

底板と接続部の胴部応力は片持ちばりと考えて式(6.1)により計算される応力度 σ_s が、用いる材料の許容曲げ引張り応力度以下となるように肉厚をきめる。

$$\sigma_s = \frac{M}{Z} + \frac{P_V}{A} \quad (6.1)$$

ここに $M = P_H H = PH$

$$P_V = \frac{P}{2}$$

$$Z = \frac{\pi}{32D} (D^4 - d^4)$$

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

$$d = D - 2t$$

なお、この式が用いられるのは、底板の剛度が非常に大きい場合で、図 6.4 のような場合は底板の曲げ応力が胴部に伝達され、胴部応力はこの式で求められるものよ

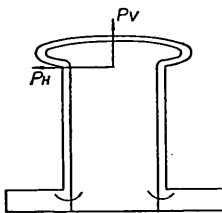


図 6.4 胴部と底板との接続部に応力集中の起る例

りも、附録 4. けい船柱載荷実験の附図 4.7 に示されるように、計算値の 2 倍近くの応力が生ずる。それ故、なるべく底部の剛性の大きな形式を考え、また応力集中の起らないような形式を考える。

6.4 底板の設計

(1) 埋込み長さ H_3

現在用いられている直柱の埋込み部の形は色々あり、附図 1.8 に示すように埋込み長さも種種ある。

図 6.5 のような直柱モデルとコンクリートの応力状態を考え、埋込み長さ和使用鋼材重量を比較し、経済的な形を求める。

けん引力 P によって直柱には転倒モーメントが作用するが、近似的に底板下面の中央点を不動点と仮定するとけん引力 P により生ずる転倒モーメント M_1 は、

$$M_1 = P_H(H + H_3) = P(H + H_3)$$

となる。この転倒モーメントを基準寸法 D で表わす。

今、対称船舶を 10,000 総トンとし、けん引力を 70 トン、対象直柱胴径 D を 40 cm とし、単位はけん引力を kg、長さを cm とすると

$$P \approx 44D^2$$

$$M_1 = 44(H + H_3)D^2$$

ここで $H \approx D$, $H_3' = H_3/D$ とすると、

$$M_1 = 44(1 + H_3')D^3 \quad (6.2)$$

これに対して側面コンクリートの支圧による抵抗モーメント M_2 は、コンクリートの許容支圧応力度 σ_{ca} を 90 kg/cm² とすると、

$$M_2 = \frac{1}{6} \sigma_{ca} D H_3^2 \quad (6.3)$$

$$= 15 D H_3^2$$

$$= 15 H_3'^2 D^3$$

故に底板にかかる曲げモーメント M は、

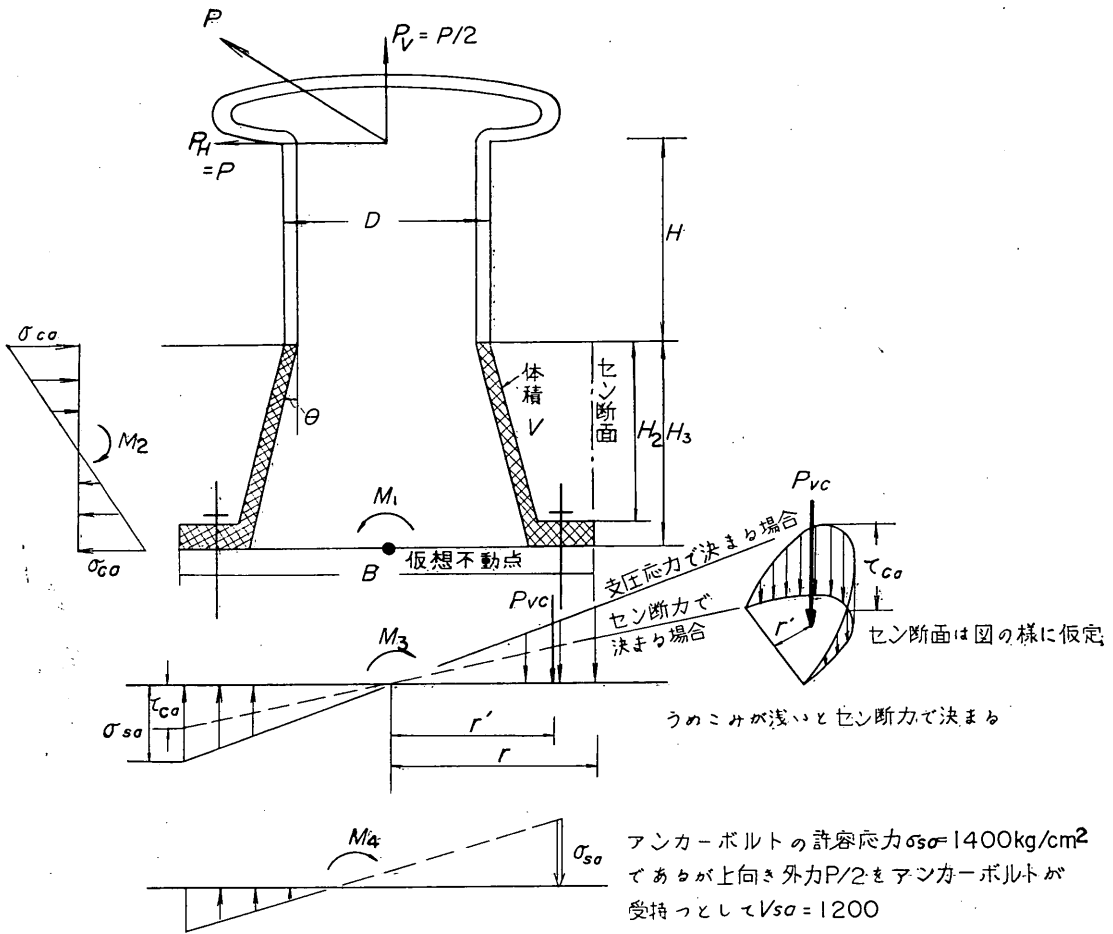
$$M = M_1 - M_2$$

$$= (44 + 44H_3' - 15H_3'^2) D^3 \quad (6.4)$$

各埋込み深さ H_3' の値に対して底板にかかる転倒モーメント M を表 6.1 に示す。また、 M が最大値となる H_3' は 1.47 となる。すなわち、胴径 D の約 1.5 倍まで埋込めば埋込むほど、底板が受持つ抵抗モーメントは大きくなる。

さらに、コンクリートの抵抗モーメントとして底板上面のコンクリートの支圧応力、または底板縁をとおる鉛直面でコンクリートがせん断されると考えて、このせん断応力による抵抗モーメントを考慮する。

ここで支圧による抵抗モーメントとせん断によるそれを比較すると後者の方が小さいので、底板上面コンクリ



底板の傾斜角 θ は胴部と肉厚が同じになりように曲げモーメントの増加に対して傾ける。

図 6.5 コンクリート中に埋込まれた直柱の応力

底板の抵抗モーメント M_3 は

$$M_3 = 2 P_{vc} r' \quad (6.5)$$

ここに P_{vc} ; せん断抵抗力の合力

$$P_{vc} = H_2 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \tau_{ca} \cdot \cos \theta \cdot r \, d\theta$$

$$= 2 \tau_{ca} r H_2$$

H_2 ; 底板上面からコンクリート上面までの距離

τ_{ca} ; 許容せん断応力度

r ; 底板半径

r' ; せん断応力の合力の作用点

表 6.1 埋込み深さの相違による転倒モーメントと抵抗モーメントの変化

H_3 (D)	M_1 (D ³)	M_2 (D ³)	M_3 (D ³)	$M_1 - M_2$ (D ³)	$M_1 - M_2 - M_3$ (D ³)
0	44	0	0	44	44
0.5	66	3.75	2.64	62.25	59.61
1.0	88	15	9.40	73	63.60
1.5	110	33.75	22.53	76.25	54.22
2.0	132	60	42.30	72	29.70
2.5	154	93.75	71.97	60.25	—

注) $M_1 = 44(1 + H_3') D^3$

$M_2 = 15 H_3'^2 D^3$

$M_3 = 2.35(1 + H_3')^2 H_3' D^3$

表 6.2 使用鋼材量と D^3 の比 (埋込み部のみ, ただしアンカボルトを含む)

アンカボルト径比 ϕ/D	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10	0.09
埋込み深さ比 H_3/D							
0.5	(2.16) 0.962	(2.30) 1.080	(2.46) 1.228				
1.0	(2.15) 2.230	(2.27) 2.335	(2.43) 2.482	(2.60) 2.641			
1.5	(2.04) 2.120	(2.14) 2.205	(2.26) 2.312	(2.38) 2.421	(2.53) 2.561		
2.0	(1.83) 1.910	(1.90) 1.965	(1.98) 2.032	(2.08) 2.121	(2.20) 2.231	(2.30) 2.324	(2.43) 2.447

ただし () 内は底板幅比 B/D

$$r' = H_2 \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} \tau_{ca} \cdot \cos \theta \cdot r^2 d\theta / P_{vc}$$

$$= \frac{\pi}{4} r$$

ここで許容せん断応力 τ_{ca} を 6kg/cm^2 , また H_2 を近似的に H_3 とすると,

$$M_3 = 2P_{vc} r'$$

$$= \frac{\tau_{ca}}{2} \pi r^2 H_2$$

$$\doteq \frac{\pi}{8} \tau_{cb} \cdot (2r)^2 \cdot H_2$$

$$= 2.35(2r)^2 H_3$$

ここで底板幅 $(2r)$ を $D+H_3$ とすると

$$M_3 = 2.35(D+H_3)^2 \cdot H_3$$

$$= 2.35(1+H_3')^2 \cdot H_3' \cdot D^3 \quad (6.6)$$

故に, アンカボルトで受持たなければならない抵抗モーメントを M_4 とすると,

$$M_4 = M_1 - M_2 - M_3 \quad (6.7)$$

このアンカボルトで受持たなければならない抵抗モーメントを表 6.1 に示す。

このように M_4 は胴径の 1.5 倍程度以上埋込まなければ減少せず, かえって増加する。

以上のようにコンクリートの抵抗モーメントを仮定すると埋込み長さに対して, その底板広さを決めればアンカボルトの所要太さが求まる。このアンカボルトを含めた埋込み部分の鋼材重量を計算しこれを表 6.2 に示す。

この表に示される通り, 一般に埋込み長さを長くするほど使用鋼材重量は増加する。また, アンカボルト径を細くすればするほど使用鋼材重量は増加する。それ故, 埋込み深さを浅く, 太いアンカボルトを用いた方が鋼材重量は少なくなり, 経済的なものになる。

しかし, アンカボルトの頭をコンクリート上に突出すと索のかけはずしに不便になり, また, あまりアンカボルトを太くすると, その加工, 施工に困難がともなう。以上の点を考慮して, 埋込み深さを胴径の 0.5~0.6 倍とする。さらに埋込部の形状は使用鋼材重量のわりには剛性が大きく, すなわち, 胴部と底板部の接続部に応力集中が起こらず, また底板幅も埋込み長さに対し, 大きくできる図 6.2 のような形にする。

(2) アンカボルトの引張応力およびコンクリートの縁支圧応力の計算

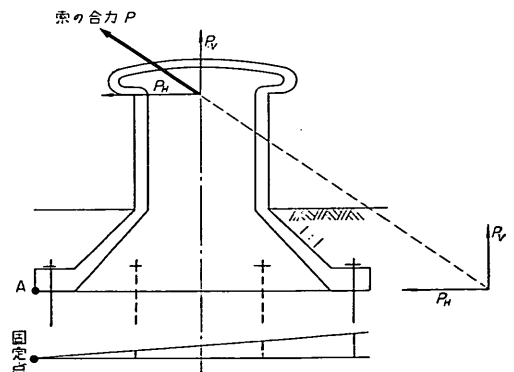


図 6.6 アンカボルトの転倒抵抗モーメントの従来の計算法

底板には偏心外力 P_V により転倒モーメントが生ずるが、これに抵抗するモーメントの計算にあたっては、従来は図 6.6 のように底板端部の A 点を固定点とした回転を考えて、アンカボルトの径を決めているものが多い。しかし、この解法は理論的にもあきらかに誤りであり、また実験により実際の中立軸が対称軸近くにあることが確かめられた今、非常に危険側の設計である。そこで、抵抗モーメントの計算にあたっては、鉄筋コンクリートの偏心荷重を心外に受ける円形ばりの計算式を応用する。

図 6.7 においてコンクリートに作用する支圧応力度の合力 P_{Vc} およびアンカボルトの全引張力 P_{Vs} は、コンクリートおよびアンカボルトの中立軸に対する断面 1 次モーメントをそれぞれ G_c 、 G_s とすると、

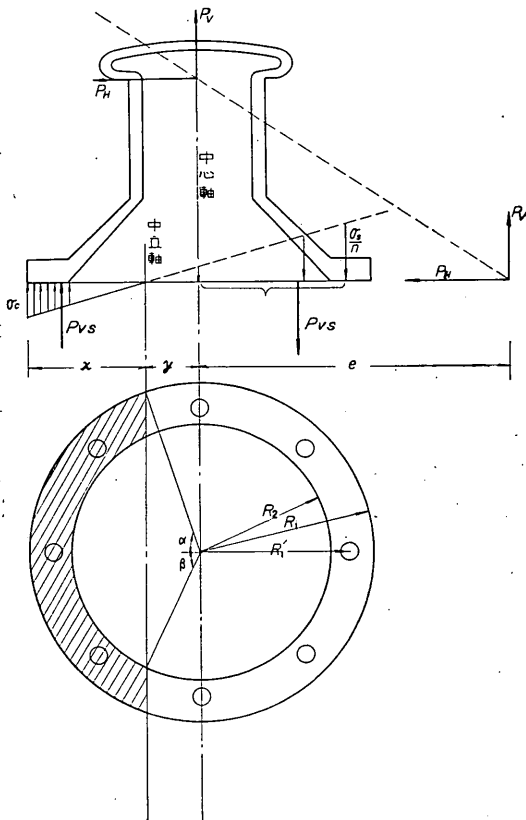


図 6.7 コンクリートの圧縮を考慮したアンカボルトの転倒抵抗モーメントの計算法

$$P_{Vc} = \frac{\sigma_c}{x} G_c \quad (6.8)$$

$$P_{Vs} = \frac{n\sigma_c}{x} G_s \quad (6.9)$$

ここに σ_c : コンクリート縁応力

$$G_c = \frac{R_1^3}{3} [\sin \alpha (2 + \cos^2 \alpha) - 3 \alpha \cos \alpha]$$

$$- \frac{R_2^3}{3} [\sin \beta (2 + \cos^2 \beta) - 3 \beta \cos \beta]$$

$$G_s = A_s (R_1' + y) \quad (4 \text{ 本型})$$

$$G_s = 2A_s \left[\frac{\sqrt{3}}{2} (R_1' + y) + y \right] \quad (6 \text{ 本型})$$

$$G_s = A_s (R_1' + y) + 2A_s \left(\frac{R_1'}{\sqrt{2}} + y \right) + 2A_s y \quad (8 \text{ 本型})$$

A_s : アンカボルト有効断面積

R_1 : 底板外半径

R_1' : アンカボルト位置半径

R_2 : 底板内半径

断面が釣り合い状態にあるためには $\sum V = 0$ でなければならない。

$$P_V = \frac{\sigma_c}{x} [nG_s - G_c] \quad (6.10)$$

また、中立軸のまわりの外力 P による転倒モーメントは

$$M = P_V [e + y] \quad (6.11)$$

であり、抵抗モーメントはコンクリートおよびアンカボルトの中立軸に対する断面 2 次モーメントをそれぞれ I_c 、 I_s とすると、

$$M = \frac{\sigma_c}{x} (I_c + nI_s) \quad (6.12)$$

$$\text{ここに } I_c = R_1^4 \left[\alpha \left(\frac{1}{4} + \cos^2 \alpha \right) - \sin \alpha \cos \alpha \left(\frac{5}{4} \right. \right.$$

$$\left. - \frac{1}{6} \sin^2 \alpha \right) - R_2^4 \left[\beta \left(\frac{1}{4} + \cos^2 \beta \right) \right.$$

$$\left. - \sin \beta \cos \beta \left(\frac{5}{4} - \frac{1}{6} \sin^2 \beta \right) \right]$$

$$I_s = A_s (R_1' + y)^2 + 2A_s y^2 \quad (4 \text{ 本型})$$

$$I_s = 2A_s \left[\frac{\sqrt{3}}{2} (R_1' + y)^2 + y^2 \right] \quad (6 \text{ 本型})$$

$$I_s = A_s (R_1' + y)^2 + 2A_s \left(\frac{R_1'}{\sqrt{2}} + y \right)^2 + 2A_s y^2$$

(8 本型)

であって、この両者は等しくなければならない。式(6.11)に式(6.10)および式(6.12)の右辺を代入して σ_c を消去すれば式(6.13)に示すようになる。

$$(nG_s - G_c)(e + y) = I_c + nI_s \quad (6.13)$$

上式を解いて中立軸を求めることができ、式(6.10)からコンクリート縁支圧応力を求めると、

$$\sigma_c = \frac{P_V x}{n G_s - G_c} \quad (6.14)$$

また、アンカボルトの引張応力は、

$$\sigma_s = n \sigma_c \frac{R_1' + y}{x} = \frac{P_V (R_1' + y)}{G_s - \frac{1}{n} G_c} \quad (6.15)$$

この式を用いるにあたって、コンクリートの支圧面ははりのようなものではなく、また、底板も完全剛体ではないので弾性係数比 n の取り方に問題が起った。

そこで附録 4. けい船柱の載荷実験に示す実験によりこの式の適用の可能性と弾性係数比を求めた。その結果は、附録 4.10, 4.11 に示す通り $n=15$ とすると実験と非常によく合い、アンカボルトの引張応力の誤差は数%であった。

なお、以上の計算においては埋込みが浅いので、底板上面および側面のコンクリートの抵抗モーメントは考えない。

(3) 底板にかかる水平力 P_H によるアンカボルトの曲げ応力および底板前面のコンクリートの支圧応力の検討
底板上面より上側のコンクリートに水平力が働くと図 6.8 に示すように、この抵抗力 F_H は底板上面とコンク

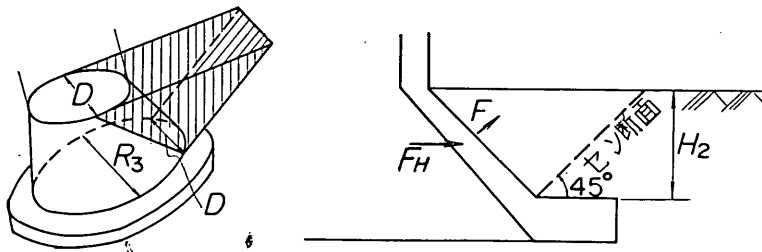


図 6.8 コンクリートせん断面

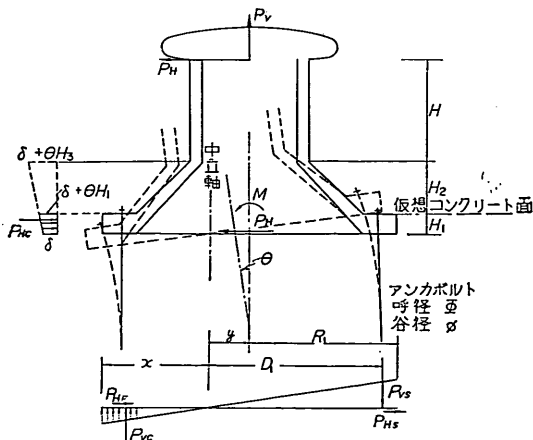


図 6.9 直柱の変位と応力

リート上面までの距離を H_2 とすれば、

$$F_H = \sqrt{2} F = \sqrt{2} (\sqrt{2} H_2 D + 2 H_2^2) \tau_{ca} \quad (6.16)$$

となり、この抵抗力 F_H は水平外力 P_H の 10% 程度と非常に小さいので無視する。

今、図 6.9 のように直柱を完全剛体とし、コンクリートを完全弾性体と考え、外力により角 θ 、水平変位 δ の変形が生じたとし、アンカボルトの分担水平力を求めると、この水平力により生じるアンカボルトの最大曲げ応力は非常に大きくなり無視できない。

それ故、アンカボルトが他の部材に比し特に弱くならないよう次の①、②および③の検討を行なう。

① アンカボルトの曲げ応力の検討

コンクリートを完全弾性体と考え、アンカボルトを完全弾性体内に埋込まれたいと考え、水平外力の底板前面のコンクリートとアンカボルトの分担率を求め、このアンカボルトの受持つ水平力により生ずるアンカボルトの最大曲げ応力 σ_s' と (2) で検討した引張応力 σ_s の和がアンカボルトの降伏応力 σ_{sv} を越えないようにする。

図 6.9 において水平力のつり合より

$$P_H = P_{HC} + N P_{HS} + P_{HF} \quad (6.17)$$

ここに P_{HC} ; コンクリートの水平抵抗力

P_{HS} ; アンカボルトの水平抵抗力

P_{HF} ; コンクリートと底板の摩擦抵抗力

N ; アンカボルト本数

であり、各抵抗力は底板前面のコンクリートの応力とひずみの関係を $p = E_c' \delta$ (p ; 単位幅あたりの応力) およびアンカボルト前面のコンクリート応力とひずみの関係を $p = E_c'' \delta$ とすると、

$$P_{HC} = E_c' (\theta H_1 + 2\delta) \times \frac{H_1}{2} \quad (6.18)$$

$$P_{HS} = \frac{E_c''}{2\beta} \delta \quad (6.19)$$

$$P_{HF} = \mu P_V C \quad (6.20)$$

$$\text{ここに } \beta = \sqrt[3]{\frac{E_c''}{4E_c I}}$$

μ = 摩擦係数

P_{VC} = 転倒モーメントによるコンクリートの支圧合力

と表わせる。また近似的に

$$E_c' \doteq E_c'' \doteq E_c$$

E_c ; コンクリートの弾性係数

となる(附録 5. 直柱の計算例参照)。ここで式(6. 18)の変位角 θ は底板にかかる曲げモーメントによるアンカボルトの伸びより、

$$\theta = \frac{\sigma_s}{E_s} \cdot \frac{L}{D_1} \quad (6. 21)$$

ここに σ_s ; アンカボルト応力

L ; アンカボルト長

D_1 ; 中立軸と引張アンカボルト位置までの距離

この式により変角 θ を求め、この変角 θ を用いて、式(6. 17)を解けば、各底板厚さ H_s に対する水平変位量 δ が求まる。

この δ を用いて、アンカボルト 1 本が受持つ水平力が次式より求まる。

$$P_{HS} = \frac{E_c''}{2\beta} \delta$$

この水平力によるアンカボルトの最大曲げモーメントは

$$\begin{aligned} M_{max} &= \frac{P_{HF}}{\beta} e^{-\frac{\pi}{4}} \sin \frac{\pi}{4} \\ &= 0.3224 \frac{P_{HS}}{\beta} \end{aligned} \quad (6. 22)$$

また、この曲げモーメントのためアンカボルトに生ずる曲げ応力は、

$$\sigma_s' = \frac{M_{max}}{Z} \quad (6. 23)$$

で求まる。この曲げ応力に、底板にかかる転倒モーメントのためアンカボルトにかかる引張応力を加えたものがアンカボルトの最大縁応力である。

なお、最大縁応力の生ずる深さ l_m は、

$$\begin{aligned} l_m &= \frac{\pi}{4\beta} \\ &= 0.144D \end{aligned}$$

となり、この部分にはネジが切っていないため、アンカボルトの呼径で計算する。この縁応力がアンカボルト

の降伏点応力を起えないように設計する。このような計算法の適用において問題があったが実験結果によれば、1 回の実験であるがその妥当性が認められた(附録 4. けい船柱の載荷実験参照)。なお、この計算にあたっては横変位量が小さいので、摩擦抵抗力は働かないものとする。

② 底板前面コンクリートの支圧応力の検討

アンカボルトの埋込み前面のコンクリートが圧壊し、アンカボルトの水平抵抗力が低下した場合も考慮し、底板前面コンクリートの支圧応力のみで水平力に抵抗した場合を考え、コンクリートの支圧応力が許容応力を越えないようにする。なお、この場合は摩擦抵抗力を加味してもよい。なお、摩擦係数 μ は 0.3 とする。

③ アンカボルトのせん断抵抗力の検討

この計算にあたってはコンクリートの支圧応力、摩擦抵抗力が働かないものとし、これが許容せん断応力を越えないようにする。

6.5 アンカボルトの埋込み深さおよびアンカ板の設計

アンカボルトの定着には、フックをつけて埋込む形式、定着板(アンカ板)をつけて固定する形式などが考えられる。フックをつけた場合、鉄筋コンクリート示方書によると埋込み長さはアンカボルト径の 40 倍必要となり、曲柱をさん橋上部工に取付けた場合等、アンカボルトが突き出る恐れがある。また、アンカボルトが太いとフックの加工が困難となる。そこで、アンカ板で固定する形式を採用する。

(1) アンカ板幅

アンカボルトに引抜き力が作用した時、コンクリートに働く支圧応力が、コンクリートの許容支圧応力を越えないようにアンカ板幅を決める。

今、アンカボルト引張全強を P_{VS} とすると、

$$\sigma_{ca} \frac{\pi}{4} a^2 \geq P_{VS} = \sigma_{sa} \cdot \frac{\pi}{4} \phi^2 \quad (6. 24)$$

ここに σ_{ca} ; コンクリート許容支圧応力度

$$\left(\frac{180}{2} \text{kg/cm}^2 \right)$$

σ_{sa} ; アンカボルト許容引張応力度(1,400kg/cm²)

a ; アンカ板幅

ϕ ; アンカボルトねじの谷径

となり、そこで必要アンカ板幅 a は

$$a = 3.94\phi$$

となる。アンカボルトの呼径 Φ で表わすと、

$$a \doteq 3.94 \times (0.9\Phi)$$

$$= 3.55\Phi$$

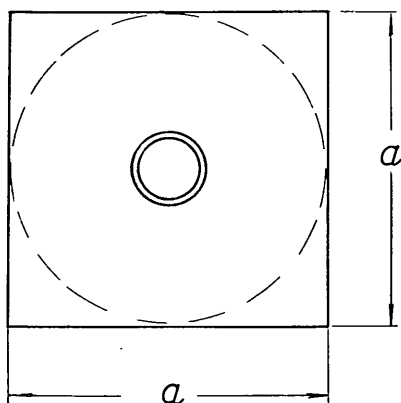
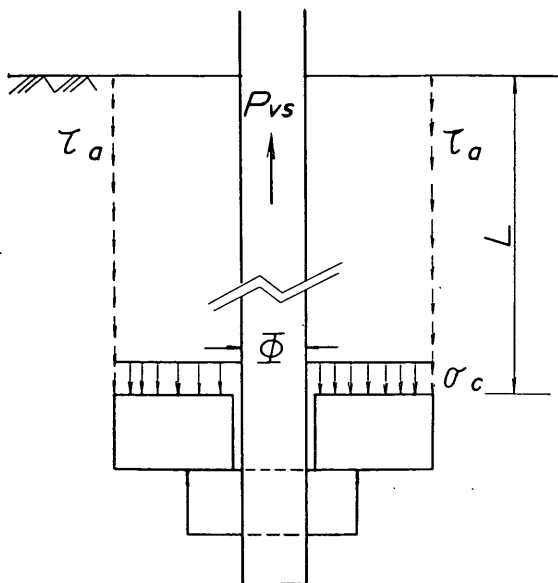


図 6.10 アンカボルトの引抜き力による
コンクリート応力

余裕をみてアンカ板幅 a を呼径の 4 倍とする。

なお、計算では円形板として計算したが、図 6.10 のような一辺 a の正方形板を用いる。

(2) アンカボルト長 L

アンカ板を底面とする円柱形のコンクリートのせん断抵抗力が、アンカボルト引張全強を有するように決める。

$$\tau_{ca} L \cdot (\pi a) \geq P_{vs} = \sigma_{sa} \cdot \frac{\pi}{4} \phi^2 \quad (6.25)$$

ここに τ_{ca} ; コンクリート許容せん断応力

$$\left(\frac{180}{30} \text{ kg/cm}^2 \right)$$

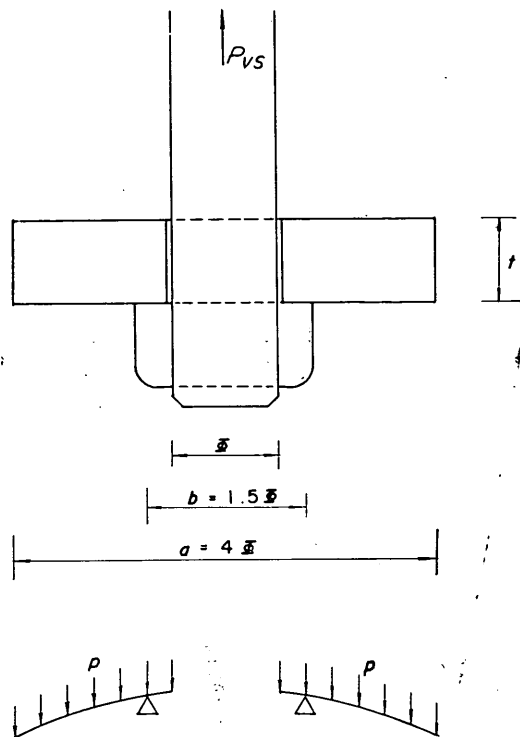


図 6.11 アンカ板にかかる曲げモーメント

L ; アンカボルト埋込み長

故に

$$L = 14.8\phi$$

$$= 13.3\phi$$

余裕をみて 15ϕ 埋込むものとし、底板側突き出し部長さを 3ϕ 、アンカ板側突き出し部を 2ϕ としてアンカボルト全長を 20ϕ とする。

(3) アンカ板厚さ t

図 6.11 に示すように、アンカボルトに引張全強 P_{vs} が作用した時、アンカ底板に等分布の支圧応力 p が働くものとすると、

$$p = P_{vs} / \left[\frac{\pi}{4} (4\phi)^2 - \frac{\pi}{4} (\phi)^2 \right] \quad (6.26)$$

$$= \frac{\sigma_{sa} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \phi^2}{\frac{\pi}{4} \cdot 15 \cdot \phi^2}$$

$$= \frac{\sigma_{sa}}{15} (0.9)^2$$

$$= 0.054 \sigma_{sa}$$

この等分布荷重 p によるアンカ板の曲げ応力 σ_s を対称

荷重を受ける平円板の理論より解くと、最大縁応力 σ_{max} は、次式のようになる。

$$\sigma_{max} = \beta \frac{p \left(\frac{a}{2} \right)^2}{t^2} \quad (6.27)$$

ここに β は最大応力の係数である。この場合、外径 a と支点間 b の比は

$$\frac{b}{a} = \frac{1.5\phi}{4\phi} = 0.375 \quad (6.28)$$

より、 $\beta=3$ となる（機械工学便覧、日本機械学会参照）。この最大応力がアンカ板の許容応力 σ_{sa}' を越えないようにアンカ板厚さを決める。

$$t^2 \geq \frac{\beta \cdot p \cdot \left(\frac{a}{2} \right)}{\sigma_{sa}'}$$

故に、 $t^2 \geq 0.648 \frac{\sigma_{sa}}{\sigma_{sa}'} \phi^2$

アンカ板に SS 41材を用いるとすると、 $\sigma_{sa} = \sigma_{sa}'$ より
 $t \geq 0.8\phi$ (6.29)

故に、アンカ板厚さを 0.8ϕ とする。

7. 曲柱の設計法

7.1 外力および方向

スプリングワイヤをけい船柱にかける場合、その引張方向は岸壁法線と平行近くにもなるので曲柱にかかる外力方向は図7.1に示すように海側に 180° の方向をもたせ、またブレストラインとして索を取ると、真上に引張られることもあるので図7.1のように水平から鉛直までの一番危険な状態について応力計算を行なう。

7.2 頭部の設計

曲柱は真上に引張られることもあるので、首部のみに索が集中することがあり、このような場合でも、安全に3本の索が首部にかかるよう頭の大きさを決定する。

今、対象船舶10,000総トンで考えると、船舶設備規程によると船舶の装備しているけい留索はマニラ麻ロープで径 $\phi 65\text{mm}$ である。一方、その対象となる曲柱は25トン型~35トン型であり、胴径 $D=30\text{cm}$ である。そこで図7.2のように考えると、頭部長さ L_0 は

$$l = 3\phi = 19.5\text{cm} \approx 0.7D$$

$$L_0/D = (D + l + 0.3D)/D = 2.0$$

となり、頭部長さ L_0 は胴径 D の約2倍必要である。なお、現在設置されている曲柱の L_0 と D の関係は附図1.9に示すようにその比が1.6~2.0のものが多い。しかし、その比の小さいものは索を多数かけその索が上方向に引張ら

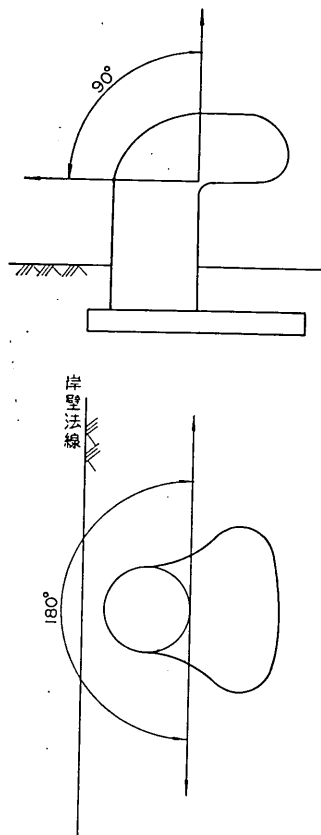


図 7.1 けん引力の方向

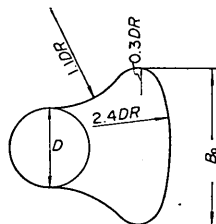
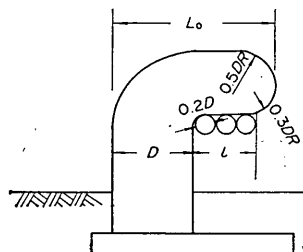


図 7.2 曲柱頭部必要幅

れた場合、よくはずれることを見聞する。そこで、当設計においては L_0/D の比に 2.0 を採用する。また、首部と胴部接続部の内側曲率半径の大きい方が 2 船から索をとった場合、索同志がくいこむことがなくはずしやすいが、曲率半径を大きくすると、同時に多数の索をかけた時、索がはずれる危険性があるためあまり大きくしない。なお、索をかける時、図 7.3 のように“中ぬき”をすれば先にかけた索を先にはずすことは可能である。また頭部幅 B_0 の現状は附図 1.11 に示すように胴径 D との比が 1.25~2.3 と種種ある。当設計においては L_0 を $2D$ としたので、それに真横方向から引張られてもはずれないように曲率をつける図 7.2 に示すように $B_0 = 2D$ となる。

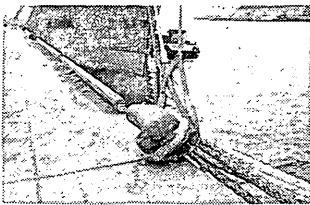


図 7.3 けい留索の“中ぬき”法

7.3 胴部の設計

(1) 胴高 H

附図 2.12 および附図 2.13 に示すように 1 船から 1 本の曲柱にかけられる索の本数は 1 本~3 本であり、多い場合は 4 本の索が同時にかけられる場合もある。さらに連続バース中間部の曲柱は 6 本~8 本の索が同時にかけられることも多い。そこで、胴部に図のように 4 本の索を並べることができるように胴高を決定する。曲柱の胴径と対象とするマニラロープ径比は約 0.2 である。故に、胴高 H は最低 $0.8D$ 必要である。そこでに図 7.4 示すように余裕高 5cm をつけ

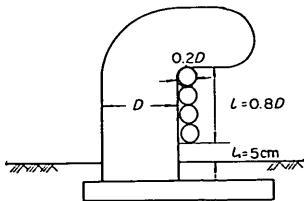


図 7.4 曲柱胴高の必要高さ

$H = 0.8D + 5(\text{cm})$ とする。

なお現在設置されている曲柱の胴高と胴径の比は 1.0 のものが多い。

(2) 肉厚 t

胴部応力は図 7.5 のコンクリート上面で計算する。なお応力 σ_s の計算は直柱と同様片持バリと考慮して計算すると応力 σ_s は

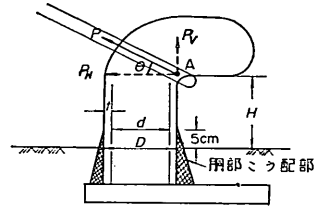


図 7.5 胴部のこう配部

$$\sigma_s = \frac{M}{Z} + \frac{P_V}{A} \quad (7.1)$$

$$\text{ここに } M = P_H H + P_V \frac{D}{2}$$

$$P_H = P \sin \theta$$

$$P_V = P \cos \theta$$

$$Z = \frac{\pi}{32D} (D^4 - d^4)$$

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

$$d = D - 2t$$

ここで胴部応力が最大となる角 θ は

$$\frac{d\sigma_s}{d\theta} = 0 \text{ より}$$

$$-\frac{H}{D} \sin \theta + \frac{\cos \theta}{2} + k \cos \theta = 0$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{D}{H} \left(\frac{1}{2} + k \right) \quad (7.2)$$

$$\text{ここに } k = \frac{D^2 + d^2}{8D^2}$$

より求まる。

なお、直柱の項で検討したように底板曲げモーメントの伝達応力を考慮して胴部にこう配部をもうけて肉厚を増加させる。なおこの均配部の高さは前項(1)で決めた余裕高 5cm とする。

7.4 底板の設計

(1) 埋込み長さ H_0

直柱の項で述べた様に浅いうめ込み長さの形式は経済的であるし、また通常曲柱を設置するのは岸壁法線近くになるので下部コンクリートは鉄筋も入っている。それ故その鉄筋に邪魔にならないよう考慮し、一方アンカーボルトも上部に突出ないようにすると $H_0 = 0.5D$ になる。

(2) 底板の形の決定

索の方向が岸壁法線と直角および平行の両方向とも図 7.6 に示すように底板にかかる転倒モーメントは同じに

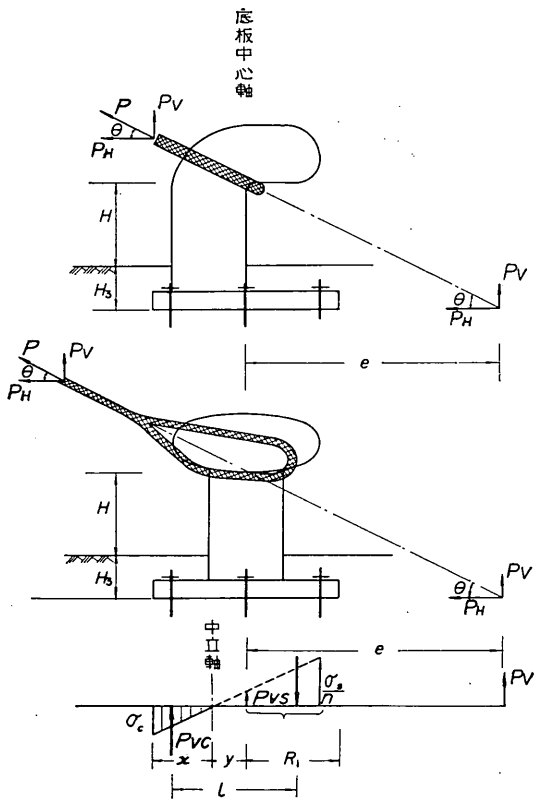


図 7.6 底板にかかる転倒モーメントと抵抗モーメント

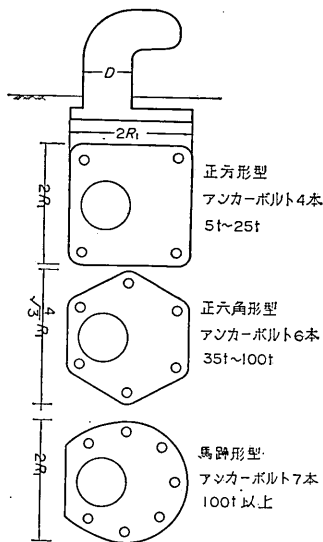


図 7.7 底板の基本的形状

なり

$$M = P \sin \theta (e + y) \quad (7.3)$$

である。そこで、底板は対称形が理想的である。また、できるだけ耐曲げモーメントのアーム l が大きくなる形として図 7.7 の 3 つの形を設計に用いる。

(3) アンカボルト埋込み角 α の決定

直柱の項で検討したようにコンクリートに埋込んだアンカボルトの水平抵抗力は非常に小さい。そこで、アンカボルトの縁応力が降伏点近くになった場合、側面のコンクリートでその水平力を受持つように設計するのが経済的である。しかしながら曲柱は岸壁水際線ぎりぎりに設置するので、岸壁法線に直角方向に引張られる場合、けん引力に対して水平力を受持つコンクリートは、支圧応力ではなくせん断応力で決まる。そして、このせん断抵抗力では水平力に抵抗することはできない。

注) 底板端部と水際線までを $0.5D$ 底板幅を $1.2D$ とするとせん断抵抗力 F は

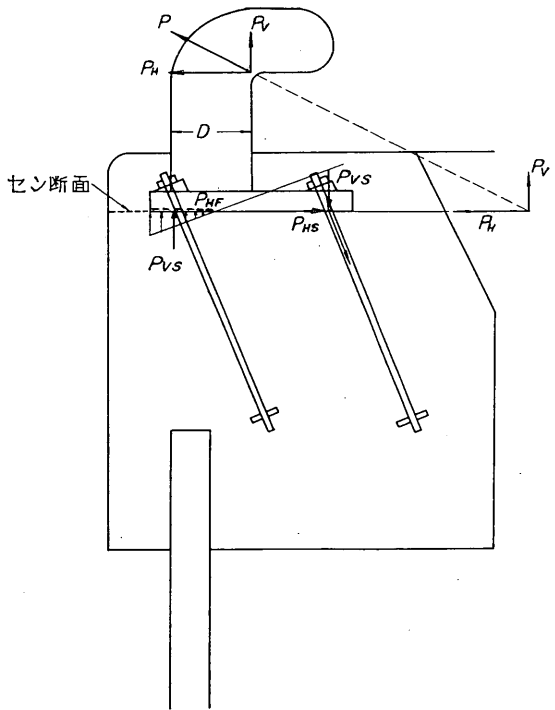


図 7.8 水平力に対する抵抗力

$$F = \{0.5D \times 2.4D + 2 \times (0.5D)^2\} \tau_{ca} = 1.7D^2 \tau_{ca} \quad (7.4)$$

$\tau_{ca} = 6 \text{ kg/cm}^2$ とすると

$$S = 10.2D^2 \text{ kg}$$

$D=45\text{cm}$ とすると

$F=20\text{トン}$

一方底板にかかる水平力 P_H は 100トンであり、

故に $F \ll P_H$

そこでこの水平力を受持たなければならないアンカボルトを鉛直に入ると、転倒モーメントによるアンカボルトの引張応力と水平力によるアンカボルトの曲げ応力とはほぼ等しくなる。

注) アンカボルトの曲げ抵抗力の検討

図 7.9 においてアンカボルト径を ϕ とすると

$$I = \frac{\pi}{64} \phi^4 = 0.0491 \phi^4$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \phi^3 = 0.0982 \phi^3$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{E_c I''}{4 E_s I}}$$



図 7.9 アンカボルトの水平抵抗力

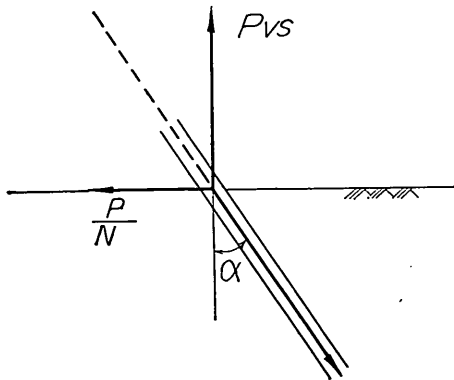


図 7.10 アンカボルトの埋込み角

$E_c I''$; コンクリートの弾性係数

$$= 1.4 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

E_s ; アンカボルトの弾性係数

$$= 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

故に $\beta = 0.7633/\phi$

(7.5)

アンカボルトの最大曲げモーメント M_{max} はアンカ

ボルト 1 本に働く水平力を $\frac{P_H}{N}$ とすると

$$M_{max} = 0.3224 \frac{P_H}{N \beta}$$

(7.6)

$$= 0.422 \phi \frac{P_H}{N}$$

故に、最大縁応力 σ_{max} は

$$\sigma_{max} = \frac{0.422 \phi}{0.0982 \phi^3} \cdot \frac{P_H}{N}$$

$$= 4.3 \frac{P_H}{N \phi^2}$$

(7.7)

ここで P_H ; けん引力の水平方向分力

N ; アンカボルト本数

今、けん引力 25トン型の場合、アンカボルト径 42mm を 4 本用いるとすると

$$\sigma_{max} = \frac{4.3}{4} \times \frac{25,000}{4.2^2} = 1,523 \text{ kg/cm}^2$$

また、けん引力 100トン型の場合、アンカボルト径 64mm を 6 本用いるとすると

$$\sigma_{max} = \frac{4.3}{6} \times \frac{100,000}{6.4^2} = 1,312 \text{ kg/cm}^2$$

それ故、この両方の合成力に対して安全なアンカボルトの必要径を求めると非常に大きいものとなる。また、アンカボルトの径を大きくすると、偏心曲げ応力により生ずるコンクリートの支圧縁応力は大きくなるので、底板もまた大きくしなければならない場合もある。また、アンカボルトの径を大きくしてもアンカボルト周囲のコンクリートは圧壊することになる。それ故、アンカボルトは傾斜してうめ込む。しかし、種々の方向の水平力に対してアンカボルトのみで抵抗するようにアンカボルトを多方向に傾斜させて埋め込むとアンカボルト埋込み後、曲柱本体をセットする施工法がとれない。それ故、アンカボルトを全部岸壁方向と直角な方向に一定角度でうめこむ。このように設置した曲柱の水平力に対するアンカボルト応力および側面のコンクリートの支圧応力計算にあたっては、その水平力の岸壁法線と直角方向成分はこのアンカボルトの傾斜角で受持たせ、平行方向成分は側面コンクリートの支圧応力とアンカボルトの曲げ抵抗で受持つよう設計する。

①水平力の岸壁法線と直角方向成分に対する検討

(2)底板の形の決定の項で、底板の形をなるべく対称となるように考えたが、完全な点対称ではない。そこでアンカボルトの応力算定にあたって、アンカボルトに作用する外力を次のように最悪の状態を考える。

図 7.10 に示すようにアンカボルトの水平方向成分力には $\frac{P}{N}$ を作用させ、上向引張力 P_{Vs} の算定にあたっては、7.1 外力および方向の項で検討したように索を水平方向 180° 、鉛直方向 90° の範囲に動かし上向引張力 P_{Vs} の最大値を用いる。そしてこの合成力の方向にアンカボルトを埋込み、アンカボルトの最大応力時には引張力のみが働き、曲げモーメントを受けないようにする。

なお、施工上から考えてこの埋込み角 α があまり大きくならないようにアンカボルトの径、底板幅等を決定する。

②水平力の岸壁法線と平行方向成分に対する検討

この成分力として P を作用させ直柱の項で記述した通り 3 つの検討を行なう。なお側面コンクリートの底板上のコンクリートは薄く、その支圧応力が期待できないので、支圧応力の計算にあたっては附図 6.7 に示すように底板側面だけの支圧応力を考える。

(4) アンカボルトの引張応力およびコンクリート縁

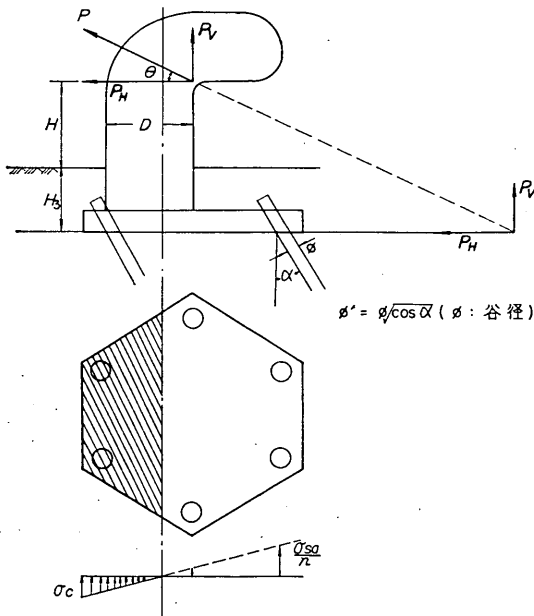


図 7.11 転倒モーメントに対する抵抗モーメント

支圧応力の計算

転倒モーメントによる、アンカボルトの引張応力およびコンクリート縁支圧応力は、図 7.11 に示すように直柱の場合に準じて行なう。この場合、けん引力 P の方向は、水平方向については岸壁法線と平行から海側へ 180° 変化させ、上方へは水平から鉛直まで変化させて、それぞれの応力が最大となる方向とする。

なお応力の最大となる方向は、コンクリート縁支圧応力に対しては水平、アンカボルトの引張応力については水平面から上方へ $10^\circ \sim 30^\circ$ の範囲にある。しかしこの方向を求めるにははな雑な試算によって求めなければならず、また、水平方向との誤差は図 7.12 に示すように 10%

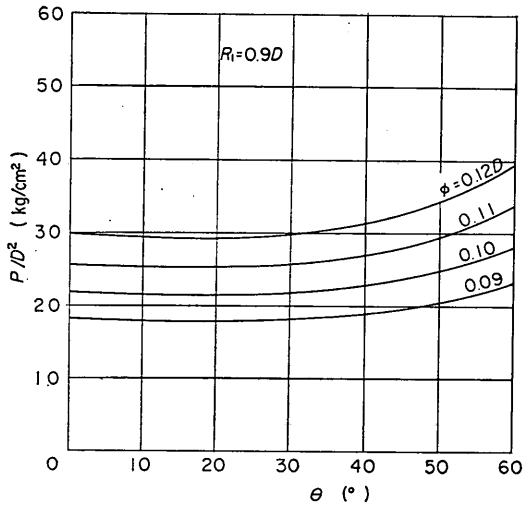


図 7.12(a) けん引力方向の変化によるアンカボルト引張応力の変化 ($R_1=0.9D$)

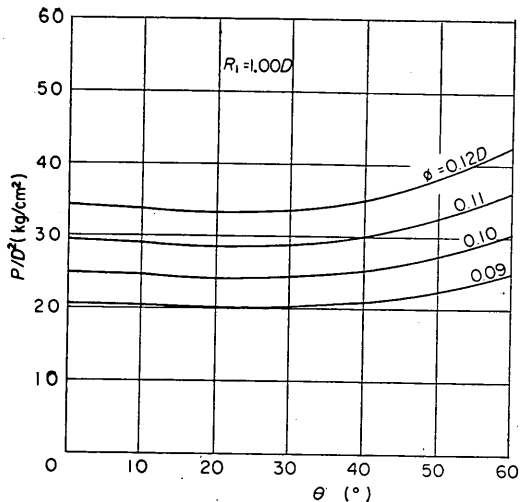


図 7.12(b) けん引力方向の変化によるアンカボルト引張応力の変化 ($R_1=1.0D$)

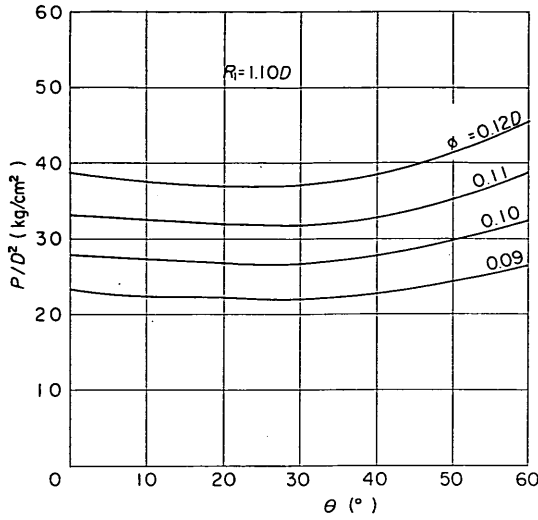


図 7.12(c) けん引力方向の変化によるアンカボルト引張応力の変化 ($R_1=1.1D$)

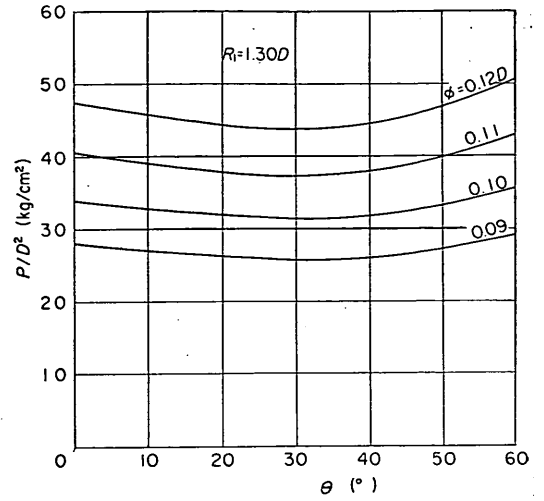


図 7.12(e) けん引力方向の変化によるアンカボルト引張応力の変化 ($R_1=1.3D$)

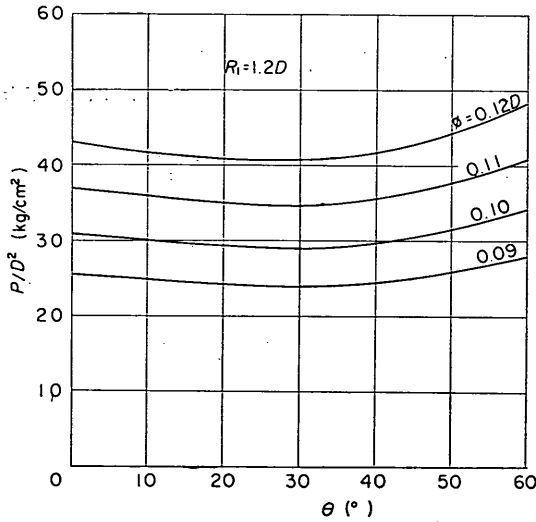


図 7.12(d) けん引力方向の変化によるアンカボルト引張応力の変化 ($R_1=1.2D$)

以内であるので水平方向($\theta=0^\circ$)として計算し、図7.12より得られる誤差を割増して計算してもよい。なお、アンカボルトは傾斜して埋込むので、アンカボルト引張応力算出の有効断面積 A_s は

$$A_s = \frac{\pi}{4} \phi^2 \cos \alpha \quad (7.8)$$

ϕ ; アンカボルト谷径

α ; アンカボルト埋込み角

である。

(5) 底板厚さ H_1

図 7.13 のように底板応力はリップ面で固定された2辺固定板として近似的に解かれる。そこで、荷重位置をアンカボルト位置にし、そこにアンカボルトの全強の荷重を考慮して底板厚さを決定する。

2辺固定板のモーメントの影響線は、版の計算図表第

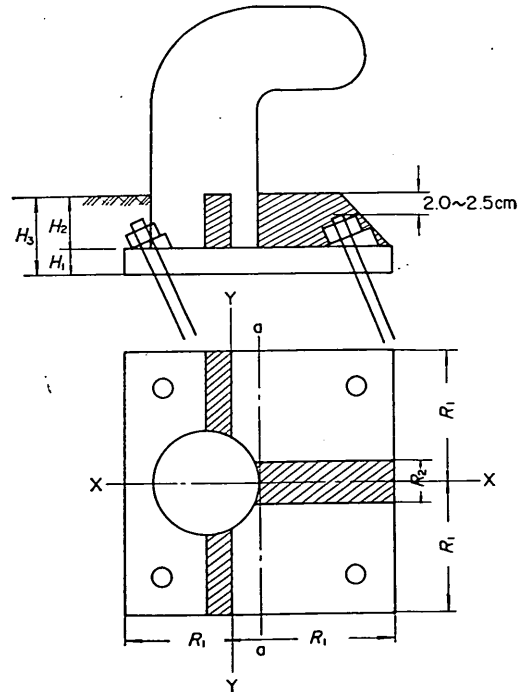


図 7.13 底板の設計

2集（運輸省第二港湾建設局，横浜調査設計事務所）より図 7.14 のように求まる。これによると，最大モーメント影響値は 0.520 である。

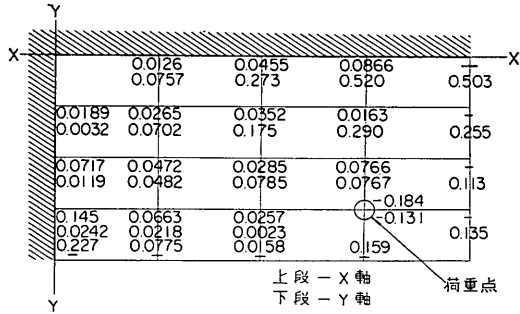


図 7.14 2辺固定，2辺自由板の曲げモーメント影響図

アンカボルトの許容引張抵抗力 P_{VS} は

$$P_{VS} = \frac{\pi}{4} \phi^2 \sigma_{sa} \quad (7.9)$$

ここで ϕ ; アンカボルト谷径

σ_{sa} ; アンカボルト許容応力

であるから，最大曲げモーメント M_{max} は

$$M_{max} = 0.52 P_{VS} \\ = 0.52 \times \frac{\pi}{4} \phi^2 \sigma_{sa} \quad (7.10)$$

一方，最大曲げモーメントの生ずる点の底板の縁応力 σ_{max} は

$$\sigma_{max} = \frac{M}{Z} = \frac{0.52 \times \frac{\pi}{4} \phi^2 \sigma_{sa}}{H_1^2/6} \quad (7.11)$$

ここに $Z = H_1^2/6$

ここで底板材質に SC 46 を用いるとすると

$$\sigma_{max} \leq 1,400 \text{ kg/cm}^2$$

でなければならない。

また，アンカボルトの材質を SS 41 とすると

$$\sigma_{sa} = 1,400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{故に } H_1 \geq 2.43 \phi$$

$$H_1 \geq 1.56 \phi$$

アンカボルトの呼径 Φ と谷径 ϕ の関係はピッチを約 0.1 ϕ とすると，

$$\phi = \Phi - 1.0825 \times 0.1\Phi$$

$$= 0.89\Phi$$

$$\therefore H_1 \geq 1.39\Phi$$

底板に剛性をもたせるため底板厚さ H_1 は

$$H_1 = 1.5\Phi$$

とする。

(6) リブ幅 R_2 およびリブ高 H_2

アンカボルトがコンクリート上面に出ると索の取りはずしに不便を感じるので図 7.13 のようにアンカボルト上面が，コンクリート表面下 2.0cm ~ 2.5cm になるように設計する。そして，底板上面とコンクリート上面の間の高さのリブを設ける。リブ幅は図 7.15 に示すように X-X 面固定の片持ばりとしてアンカボルト応力最大時のモーメントを計算し凸型断面の縁応力が許容応力内にあるように決定する。

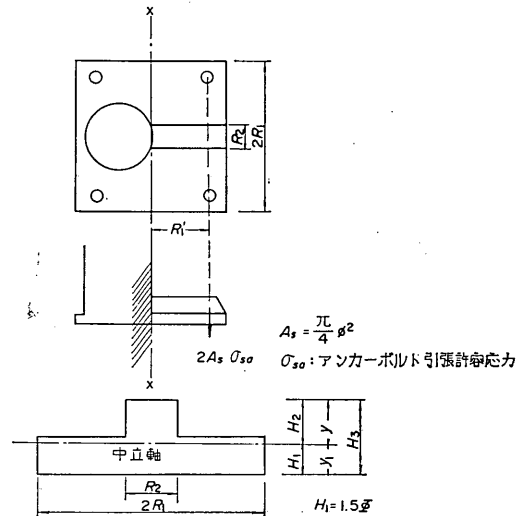


図 7.15 底板リブの設計

7.5 アンカボルトの埋込み深さおよびアンカ板の設計

これらは 6. 直柱の設計法の項に準じて計算する。

8. あとがき

以上のように，各調査結果および実験結果を解析して，新たにけい船柱の配置基準およびけん引耐力，さらにけい船柱の設計法を提案し，標準設計を作成した。

しかし，当標準設計のけい船柱の製作および施工を実際に行なってみて検討の足りなかった点，さらに実際に使用してみて，けい留索の掛けはずしなど検討の不足な点が現われてくるかもしれない。今後これらの点について，御指摘の程心から願います次第である。

最後に，本標準設計作成にあたって，種種御教示下さった東京商船大学鞠谷教授，当研究所の武下機械課長，青木材料施工研究室長，関技官および計算室の諸氏に感謝する。

また多くの資料を心よく提供して下さった神戸市港湾局新港ふ頭管理事務所、大阪市港湾局技術部設計課、日本海難防止協会、日本海事協会、各港湾建設局および貴重な実験データを心よく提供して下さった日本鑄造株式会社技術部の皆様に謝意を表する。

参 考 文 献

北原久一 “港内の操船” 成山堂
鴨川忠一 “船舶運航の基礎” 海文堂
杉浦昭典 “ロープの結び方” 海文堂
日本造船研究協会 “造船研究 Vol. 6 No. 3” 日本造船研究協会 昭和40年2月
J. Keelty, “Mooring date Booklet”
Shipbuilding and Shipping Record, November
15, 1968

片山猛雄 他 “船舶諸元の相互関係” 港湾技研資料
No. 101 (1970)
運輸省船舶局 “船舶設備関係法令” 海文堂
日本海事協会 “船級登録および構造検査等に関する規則集” 日本海事協会 昭和44年版
宮本 博 “3次元弾性論” 裳華房
千々岩健児 “鑄造品の設計と材質” 朝倉書店
横浜調査設計事務所 “設計資料第2集” 横浜調査設計事務所 昭和38年2月
日本機械学会編 “機械工学便覧” 日本機械学会
改訂第4版
近藤泰夫他 “鉄筋コンクリートの設計” オーム社
奥山育英他 “港湾のシステム分析のための統計資料のMTへの整理について” 港湾技研資料 No. 96
(1969)

(1970. 3. 31受付)

附録 1. けい船柱現状調査

設計基準課では、昭和40年に、附表 1.1に示す調査表を、各港湾建設局、各港工事事務所長宛に送付しけい船柱に関する調査を依頼した。

その調査結果は附表 1.2に示すとおりである。

以下現状のけい船柱の各調査要目について、解析する。

1.1 けい船柱の配置について

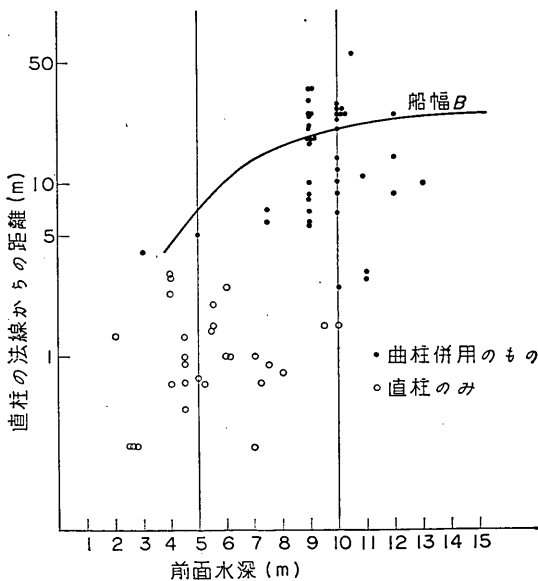
①直柱の岸壁法線からの距離は、附図 1.1 に示すとおり、直柱のみ設置の場合4 m以下であり、曲柱を併用する場合は、5 m～35mの間隔に分散している。一方曲柱の岸壁法線からの距離は全部2 m以下である。

②けい船柱間隔については、直柱の場合附図 1.2 に示すとおり、直柱のみ岸壁に設置する場合は、10m～35mであり、曲柱併用の場合は、100m～270mに設置されている。一方、曲柱間隔は附図 1.3 に示すとおり、10m～40mの間隔に分散している。

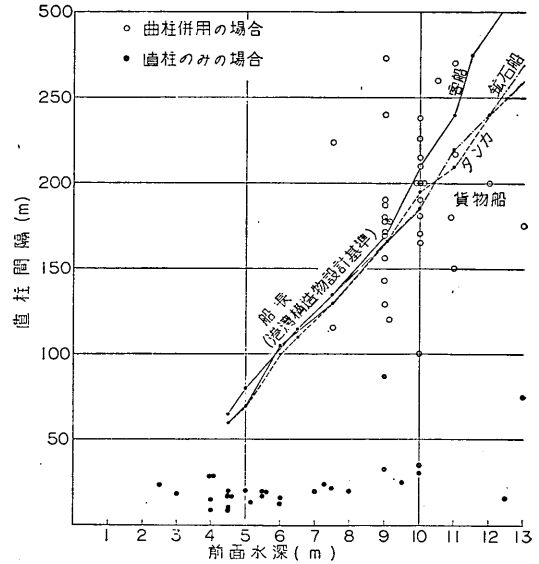
以上各けい船柱の配置について、岸壁前面水深との関係にほとんどない。

1.2 けい船柱の形式について

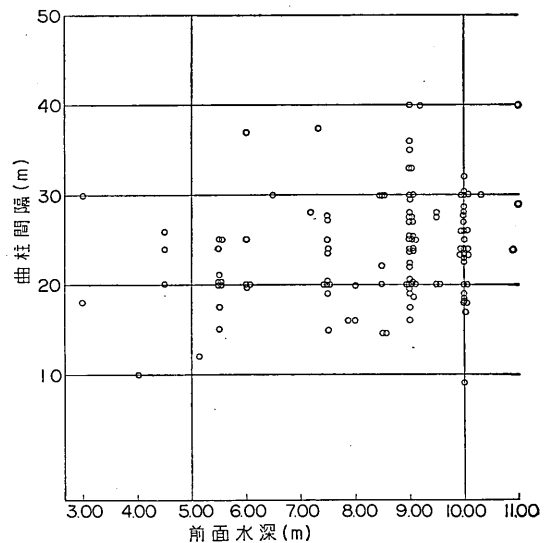
①けい船柱の基礎形式は、小型けい船岸では、Aの埋込み状のものが多く、中、大型けい船岸では、C型のものが半数を占め、残りを他の形式で分けている。すなわち直柱では、ある程度埋め込み、アンカボルトで固定



附図 1.1 直柱の法線からの距離と前面水深の関係



附図 1.2 直柱間隔と岸壁水深の関係



附図 1.3 曲柱間隔と岸壁水深の関係

したものが44%を占め、曲柱ではアンカボルトで固定し、そのアンカボルトを斜めに埋め込んだものが55%を占めている。

②けい船柱の胴径 D に対する各寸法の大きさは附図 1.4～附図 1.13 に示されるとおりである。このように、非常にばらつきがあり、今まで各港で種類の形式のけい船柱が採用されて来たことを示している。

附表 1.1 けい船柱調査表

※1	港名		4	施工年度	年度	※7	バース当りの延長		
※2	施設名		※5	対称船舶		8	設計者		
※3	岸壁構造型式		6	主な用途		9	施工者		
設計条件	※10	設計水位	H.W.L		L.W.L		11	基準面	
	※12	天端高		※13	岸壁水深		※14	エプロン幅	
		15	型式		16	能力		17	軌条幅員
		18	岸壁法線から軌条までの距離						
構造並びに利用状況	※19	間隔	直曲	※20	法線からの距離	直曲	※21	材質	
	※22	アンカー方法	1. 埋込(ヒレ付き, 底板つき等) 2. アンカーボルト			3. 鋼棒 4. その他(説明つける)			
	※23	ロープ何本かけるか	直最大	本平均	本	※	接岸方法	1. タグボート 2. 直柱 3. 曲柱 4. その他	
	25	塗装	有	無	※26	ロープの種類	1. マニラ 2. ワイヤ 3. ナイロン 4. その他(名称をあげる)		
27	利用上の問題点, その他意見	1. 利用上の頻度(直柱) 2. ロープと岸壁との角度(水平, 垂直)直, 曲について 3. 形状及び配置についての利用上からの意見 4. その他破壊の例があれば, その原因, 摩耗及びはなはだしい腐蝕の例 5. その他							

※28 直柱	例-1図 	A. 円筒状で埋込であるもの 	C. 埋込とアンカーボルト 	型式	
				B0	cm
				D	cm
				H	cm
※29 曲柱		B. 埋込なしでアンカーボルト 	D. 埋込で鉄筋コンクリート 	H0	cm
				t	cm
				H3	cm
		A. 	C. 	型式	
				B0	cm
				D	cm
				H	cm
		H0	cm		
		t	cm		
		L0	cm		

記入要領

3. 例えば, ケーソン重力式, 鋼管直杭式棧橋等, 22. 番号に○印をつけて下さい。その他説明については, 別紙に記載する。
 24. 26. は22と同様に記載する。
 27. は1. 2. 3. 4. について簡単に書いて下さい。
 28. 29. については代表的な型を例として選びましたが, 型式の欄には, これらの形に類似するものを記入し, 各寸法を例図にしたがって記載する。
 ◎調査の対象となっただけの船柱の設計図ならびに, 計算書, 配置図を添付する。
 ※印については, 必ず記載する。

附表 1.2(a) けい船柱に関する調査一覧表 (直柱)

港名	施設名	岸壁構造形式	施工年度 (昭和)	岸壁水深 (m)	パース長 (m)	天端高 (m)	エプロン 幅 (m)	H. W. L (m)
酒田	西ふ頭物揚場	矢板	39	-2.0	148.5	1.70	6.0	0.50
新潟	東港船溜護岸	〃	39	-2.0~-4	160	2.00	7.0	0.50
博多	中央ふ頭	L型	4~11	-4.0	110	3.40		2.23
四日市	第一ふ頭 F.G	棧橋	25	-4.0	179	4.00	10.0	2.36
名古屋	稲永 A 区	ブロック	39~40	-2.5		4.30	6.0	2.60
〃	稲永 C 区	〃		-2.5				
〃	稲永 D 区	〃						
下松	下松公共ふ頭	矢板		-4.0	320	4.50	40.0	3.60
北九州	旭硝子岸壁	〃	5	-4.0	80	2.25	9.9	
敦賀	金ヶ崎物揚場	〃	36~37	-4.5~-7.5	68.5	2.06	5.7	0.60
横浜	本牧5~11号物揚	L型	40	-4.5		3.80	10.0	2.00
大阪	安治川口岸壁	横棧橋	36	-7.5	160	4.10	6.0~8.0	1.60
尾道	西御所岸壁	ブロック	12	-7.5	135	4.70	10.0	3.54
宇部	壱素突堤棧橋	ケーン	12	-7.0	70.5	5.00	8.0	3.60
〃	セメント7m岸壁	矢板	29~34	-7.0	153	5.20	14.0	3.60
津久見	-4.5m 県営岸	重力	21	-4.5	104	3.50	3.1	1.90
苅田	石炭岸壁	L型	18~27	-4.5	386	5.50	1.8	4.20
長崎	元船突堤	ブロック		-7.5	125			
鹿兒島	新港北ふ頭	ケーン	37~39	-5.5	80	3.80	10.0	2.90
〃	新港水産ふ頭	〃		-5.0	83.3		8.0	
唐津	石炭ふ頭	ドルフィン	24~28	-7.5	110	3.40		2.43
〃	〃	L型	33~34	-4.5	100	3.40		2.43
水俣	3号岸壁	ブロック	24	-5.2	138	4.26	2.0	3.66
大分	0,1号岸壁	ケーン	34~36	-4.5		3.50	5.0	2.56
〃	4号岸壁	〃		-7.3		3.50	6.0	2.56
小倉	用炭棧橋	ブロック	37	-6.0		3.50		2.00
柳井	5.5m 岸壁	〃	39	-5.5	90	4.10	8.0	3.10
北九州	若松新ふ頭	〃	36~39	-5.5	90	2.80	8.0	
〃	若松第一	〃	大正10	-6.0	105	2.80	8.0	1.82
洞海	石炭棧橋	練石	34	-5.5	80	3.00		2.145
秋田	中島1号	重(セルラー)	34~38	-9.0	160	2.00	15.0	0.40
酒田	大浜ふ頭	セル	33~39	-9.0	165	2.00	15.0	0.50
青森	浜町ふ頭	〃	36~38	-9.0	155	3.30	19.0	1.00
〃	〃	〃	38	-9.0	150	3.30	10.0	1.00
八戸	白銀ふ頭	ケーン	29~37	-9.0	165	3.159	10.0	1.40
塩釜	貞山1号	セル	29~33	-9.0	160	3.10	12.0	1.60
〃	貞山2号	棧橋	35~39	-9.0	160	3.10	20.0	1.60
小名浜	2号岸壁	〃	39	-10.0	185	3.00	14.95	1.40
〃	3号岸壁	矢板	31	-9.0	150	3.00	10.8	1.40
〃	1号岸壁	〃	38	-10.0	195	3.00	10.0	1.40

けい船柱位置		利用状況			材質	けい船柱形式							塗装の	
間隔 (m)	岸壁法線からの距離 (m)	接岸方法	ロープの種類	1本にかけられるけい船索本数		形式	B ₀ (cm)	D (cm)	H (cm)	H ₀ (cm)	t (cm)	H _s (cm)	有	無
50	1.3	②	①		SC	C	30	20	24	10	1.5	36		×
19.2	2.0	②			SS41	A	60	40	30	20	0.79	66.5		×
28.5	2.8	④	①		鋼被覆		70	38	40	20				×
38.5	2.3	②	②		鉄筋コンクリート	D	90	60	60	20	2.0	140		×
24	0.3				SC42	A	40	20	30	15	2.5	45	○	
25	0.3	④	①		SC42	A	40						○	
24	0.3	④	①		SC42	A	40						○	
15	3.0		①②③		SC	A	50	30	30	25	0.7	100	○	
9	0.69	②	①③		鉄筋コンクリート	B	38	23	23	15				×
16	1.0	②	①		コンクリート		37.5	25	30	12.5		45		×
8.85	0.5				SC42	A	40	20	30	15	2.5	45	○	
224.3	7.1~7.3	①③			SC	C	75						○	
	6.0	②③	①②③		鉄	A	55	34	56	14				×
	0.3	②③	①②		SC	B	27	20	25	4				×
20	1.0	①②	②		鉄筋コンクリート	D	55	40	40	10			○	
17.5	0.9		②③		鉄筋コンクリート	A	50	30	22	18	0.3	50		
55					鉄筋コンクリート	D	42	30	50	15		95		×
16	0.50~1.17	②	①③											
115	15.0				SC46	C	41.5	40	75	15	4	25	○	
20	1.5				FC		40	35	35	15	2	13	○	
20	0.75				SC		45	34	32	15			○	
21.6	0.9				鉄	D	45	34	32	15				×
16.5	1.0	②	①		鉄	D	52	45	45	20	0.9	60		×
13.3	0.7	②③	②		FC	C	30	20	22	10	1	100		×
20	1.3	②	①②		鉄筋コンクリート	D	46	30	30	20	0.3	100		×
24	0.7	②	⑦		SC	A	90	50	45	35				×
13	1.0	②	①		SC	B	75	50	45	35				
17	2.0	②	①②		鉄筋コンクリート	D	40	70	70	70				
20	1.4	②	①		SC	A	50	40	40	10	0.6	190	○	
20					SC	A	40	27	47	18	2.5	10	○	
37	2.5	①②			SC	D	50	40	52	20				
		①	①②③		鉄筋コンクリート	C	50	20	30	15	0.3	130	○	
179.67	18.0	①	①		SC46	C	60	40	48	20	4	50	○	
171	21.5~29.1	①	①		SC	C	75	50	57	28	5	70		×
190	10.0	②	②		SC42	C	90	60	70	20	5	80	○	
128	18.0	②	②		SC42	C	70	50	50	20	2.5	80	○	
	35.0	①②	①③		SC46	C	55	47	52	17	5	31	○	
177.5	16~18	①	①②			D	90	60	60	20	4	100		×
	30.2	①	①②		SC		60	50	40	20	2.5	90	○	
	23~35	①	③		SC	C	70	50	52	18	2.5	80	○	
	18.0	①	③		SC	C	80	55	82	13	4	35	○	
23.5~30	8.0	①	③		SC	C	68	47	77	23	4.5	42	○	

附表 1.2(a) けい船柱に関する調査一覧表 (直柱) つづき

港名	施設名	岸壁構造形式	施工年度 (昭和)	岸壁水深 (m)	バース長 (m)	天端高 (m)	エプロン 幅 (m)	H. W. L (m)
横 浜	本 牧 27~29	棧 橋	40	-10.0	200	3.80	20.0	2.00
〃	本 牧 30, 31	矢 板	41	-12.0	200	3.80	20.0	2.00
〃	山 下 5, 6 号	棧 橋	35	-10.0	180	3.80	15.0	2.00
〃	山 下 7, 8 号	〃	35	-10.0				
神 戸	7 突 西 側	〃	26~28	-10.0	200	4.00	6.5	1.73
〃	7 突 東 側	〃	28~30	-10.0	200	4.00	6.5	1.73
〃	8 突 西 側	〃	30~34	-10.0	200	4.00	6.5	1.73
〃	マヤふ頭18号バ ース	〃	35~37	-12.0	220	4.00	20.0	1.73
尼 崎	-10m 岸 壁	デ タ ッ チ	40	-10.0	170	4.10	6.0	1.60
堺	石 炭 ふ 頭	矢 板	40	-10.0	300	4.50	2.5	2.30
〃	石 油 棧 橋	デ タ ッ チ	38	-12.5	240	5.00	2.5	1.80
〃	石 油 棧 橋		39	-16.0	110	4.00	13.3	
広 島	1万トンふ頭	横 棧 橋	28~37	-10.0	170	5.00	18.0	3.90
大 阪	梅町ドルフィン	重 (ウエル)	35	-12.0		4.60		1.60
〃	桜 島 1 号	横 棧 橋	28	- 9.0	275	3.60	14.5	1.60
〃	中 突 南 岸 壁	ラ ー メ ン	38~40	-10.0	185	4.40		1.60
〃	安 治 川 1 号	〃	23	- 9.0	230	3.15	13.0	1.60
〃	安 治 川 2 号	棧 橋	33	-10.0	360	4.05	14.5	1.60
境	-9.0m 岸 壁	〃	40	- 9.0	170	1.80	12.0	0.60
小 松 島	〃	〃	35	- 9.0	150	4.00	12.1	1.80
坂 出	-8.0m 岸 壁	ブ ロ ッ ク	26	- 8.0	150		11.5	
松 山	-10.0m 岸 壁	ケ ー ソ ン	38~	-10.0	185	4.70	15.0	3.60
新 居 浜	別 子 岸 壁	ウ ェ ル	18	-10.0	103	5.20	10.3	3.50
姫 路	石 油 ふ 頭	ドルフィン	38	-13.0	100	5.00		
〃	関 東 岸 壁	棧 橋	30	- 9.5	165	3.70	17.6	1.60
宇 部	9 m 公 共 岸 壁	ケ ー ソ ン L		- 9.0	151.2			
〃	窒 素 - 9 m 岸 壁	棚 式	29~34	- 9.0	140.5	5.20	13.0	3.70
八 代	-9.0m 岸 壁	矢 板	33~39	- 9.0	165	5.50	15.0	4.30
三 角	-9.0m 岸 壁	ケ ー ソ ン	10	- 9.0	160	5.50	4.0	4.00
小 倉	住 金 東 部	L 型	32~36	-10.0	246	3.30		2.00
〃	砂 津 共 同	棧 橋	35	- 9.0		3.50	6.0	1.82
門 司	田ノ浦1,2バース	セ ル ラ ー		- 9.0	170			
清 水	村 松 第 二	棧 橋		- 9.0	156			
〃	村 松 岸 壁	〃		- 9.0	170			
〃	日 之 出 ふ 頭	ケ ー ソ ン		-10.0	199			
四 日 市	第 一 ふ 頭 D, E	棧 橋		- 9.1	215			
名 古 屋	重 量 物 岸 壁	セ ル		- 9.0	200	4.20	22.5	2.60
〃	屑 鉄 ふ 頭	セ ル	37~35	-10.0	180	4.80	15.0	2.60
〃	稻 永 第 二	セ ル	37~40	-10.0		4.80	20.0	2.60
神 戸	新 港 3 突	ケ ー ソ ン	3	-10.9	185	3.33	6.8	1.67

けい船柱位置		利用状況			材質	けい船柱形式						塗装の		
間隔 (m)	岸壁法線から の距離 (m)	接岸 方法	ロープ の種類	1本にかけ られるけい 船索本数		形式	B ₀ (cm)	D (cm)	H (cm)	H ₀ (cm)	t (cm)	H _s (cm)	有	無
200	23.55				SC42	例-1	70	50	50	20	25	80	○	
200	25.0				SC42	例-1	90	60	60	20	5	110	○	
190	15.0	①	①③		SC42	例-1	90	60	70	20	5	110	○	
180	16.75					例-1	90	60	70	20	5	110		
210	8~10.2	①	③		SC	C	60	55	82	16	7	42		
215	5.5~10.2	①	③		SC	C	66							
400	10.2	①	③		SC	C								
568	14.3	①	③		SC	C	60	55	84	16	7	40		
2	27.0	①	③		SC	B	60	84	30	16	7	40		
40	1.5	①	③		SC	A	104	80	72	8	2.5	80	○	
15	1.5		①②			A	96.7	60	30	50	7	97	○	
8.5														
7.5	6.0				SS41		114	71	83	31	4.5	35.5	○	
5.5														
170	25.0	①②	②		鉄筋コン クリート	C	60	35	124	16	7	28	○	
50~154	8~9.3	①③			SC	C	75	45	65	25	4.5	30	○	
273	6.8~6.9	①③	①②		SC	C	69	39	55	25	4	30	○	
98.3~	20.2~22.4	①③			SC	C	69	39	55	25	4	30	○	
100.3		①③			SC	C	75	45	65	25	4.5	30	○	
237.63	10.6~14.6	①③			SC	C	75	45	65	25	4.5	30	○	
161~		①③	①②		SC	C	75						○	
172.5	25.0	①③	①②		SC	C	75						○	
240	35.0	①③	①②		SC	B	60	55	76	22	7	255	○	
	3.0	①	②③		SC	C	60	55	66	16	7	52	○	
20	0.8	①	③		石	A	45	40	38	7				×
200	6.65				FC	C	60	55	82	16	7.5	42		
35	2.5	①	①③		FC	C	75	60	45	15	0.6	60	○	
90					SC	B	75	52	40	20	6	75	○	
		①	②③		SC	C	70	50	60	20	4	100		×
176.70	26.3	①②	①②		鉄筋コン クリート	D	62	62	53	31		285		×
	22.0		③											
129	22.0	①②	①②		鉄筋コン クリート	D	76	56	60	24		285		×
	20.0		③											
87	21.0	②	②		SC	B	72	55	67	17	4	28		×
143	8.5		①③			D	78	65	18	20	0.6		○	
1基					SC	C	85	60	70	20	5	30		
33	25.0	①	③		RC鋼管	D	60	41	31	12	0.9	150	○	
						B	72	53	62	22	4.2	180		
1基	1.0	①	①②		SC	A	90	60	70	20	5	100	○	
1基	1.7				SC	A	76	55	66	27	6	120		×
1基	8.8	①	①		SC	A	68	46	54	18				×
120	7.6				SC		70	45	70	17	—	—	○	
	3.6				SC	C	70	40	60	21	7	20	○	
		①	①③		SC	C	70	50	62	18	2.5	70	○	
	13.5	①	①③		SC	C	70	50	62	18	2.5	70	○	
	14.0	①	①		SC41	例-1	70	50	52	18	2.5	80	○	
180	11.0	①	②③		FC	C	70	40~70	73	17	7	240		×

附表 1.2(a) けい船柱に関する調査一覧表 (直柱) つづき

港名	施設名	岸壁構造形式	施工年度 (昭和)	岸壁水深 (m)	バース長 (m)	天端高 (m)	エプロン 幅 (m)	H. W. L (m)
神戸	東部2区丸紅	〃		-11.0				
〃	昭和産業	〃	38	-11.0	210	3.60	3.8	1.67
水島	東鉄専用	矢板	36	-9.50	300	3.60	6.0	3.30
〃	三石2号	セ ル	36	-13.0		4.50		3.84
〃	日鉱棧橋	セ ル	35	-13.0		4.60		3.94
〃	日興ドルフィン	セ ル	37	-10.5		6.00		3.29

けい船柱位置		利用状況			材質	けい船柱形式						塗装の有無		
間隔 (m)	岸壁法線からの距離 (m)	接岸方法	ロープの種類	1本にかけられるけい船索本数		形式	B_0 (cm)	D (cm)	H (cm)	H_0 (cm)	t (cm)	H_s (cm)		
150	3				FC	C	80	50	50	28	5	55		
217	2.8				FC	C	60	36~60	86	16	7	23		
25	1.50	①	①②		SC	C	55	28	20	16	3.5	14	○	
40~175	10.0	①	①③		SC	DB	100	76	75	19	3		○	
69~75	40.0	①	②③		SC	C	145	95	50	60	2.5	70	○	
260	55	①	②③		SC	D	70	40	52	23	2.5	30	○	

附表 1.2(b) けい船柱に関する調査一覧表 (曲柱)

港名	施設名	岸壁構造形式	施工年度 (昭和)	岸壁水深 (m)	バース長 (m)	天端高 (m)	エプロン 幅 (m)	H. W. L (m)
新潟	水産物揚場	矢板	39	- 4.0	234	2.50	15.7	0.50
富山	西部物揚場	〃	31	- 3.0	175	2.00	6.0	0.70
伏木	新島物揚場	〃	38	- 3.0	200	1.80	6.0	0.70
〃	能町物揚場	〃	38	- 2.0	390	1.20	6.0	0.60
酒田	大浜物揚場	〃	37	- 4.5	65	1.90	8.0	0.50
新潟	南ふ頭岸壁	〃	39	- 7.5	277.3	2.50	16.3	0.50
大尾	阪安治川口岸壁	〃		- 7.5				
高知	西御所岸壁	ブロック	12	- 7.5	135	4.70	10.0	3.54
高松	潮江岸壁	ケーソン	7~22	- 7.3	120	3.50	11.5	2.00
高松	中央突堤	セルラー	36~41	- 7.5	130	3.50	10.0	2.68
高松	2号岸壁	ケーソン	10~11	- 7.5	130	3.00	3.0	1.60
〃	夢前岸壁	矢板	15	- 7.5	145	3.50	3.8	
大分	住吉ふ頭	矢板	40	- 6.0	105	3.40	8.0	2.20
大分	第2突堤	L型	32~33	- 5.5	73	5.00	8.0	3.60
〃	窒素突堤棧橋	ケーソン	12	- 7.0	70	5.00	8.0	3.60
〃	セメント7m岸壁	矢板	29~34	- 7.0	153	5.20	14.0	3.60
刈田	石炭岸壁	L型	27~29	- 5.5	150	5.50	1.0	4.20
〃	〃	〃		- 6.5				
長崎	元船突堤	〃	39	- 5.5	128.5	4.02		3.30
〃	〃	ブロック	39	- 7.5	125	4.00	10.0	3.30
別府	第一ふ頭	ケーソン	39	- 4.5	65	3.50	6.0	2.10
〃	第二ふ頭	〃		- 5.5	100	3.50	10.0	2.10
鹿兒島	新港北ふ頭	〃	38~39	- 5.5	80	3.80	10.0	2.90
〃	〃	〃		- 7.5	125		10.0	
博多	博多ふ頭	セルラー	34	- 5.5	101	3.40	6.0	2.23
水俣	3号岸壁	ブロック	24	- 5.2	138	4.26	2.0	3.66
水俣	新岸壁	ブロック	36	- 6.5	100	4.90	8.0	3.40
小倉	紫川-5.5	セルラー	24~26	- 5.5	160	3.30		2.00
衣浦	石炭ふ頭	棚式	34~37	- 7.5	125	3.50	11.0	3.50
三河	-7.5m岸壁	セルラー	34~39	- 7.5	130	3.30	10.0	2.30
田子の浦	石油岸壁	ドルフィン	38	- 5.5	70	3.00		1.60
〃	東	棧橋		- 5.5	75			
〃	北	矢板		- 5.5				
〃	吉原岸壁	矢板	36~39	- 7.5	125	4.00		1.60
名古屋	稲永B区	矢板	39	- 4.5		4.30	6.0	2.60
神戸	三菱石油	ケーソン	39	- 6.0	120	4.00	3.56	1.67
徳山下	築港ふ頭	L型	39	- 6.0	105	4.50	13.0	3.60
戸畑	石灰石6.7	棧橋	37	- 6.0	197	3.50	33.4	2.00
八幡	堂山製品岸壁	L型	大正11	- 7.5	394	3.40	32.0	2.00
北九州	若松第一	ブロック	大正10	- 6.0	105	2.80	8.0	1.82
秋田	中島1号	重(セルラー)	34~38	- 9.0	160	2.00	15.0	0.40
酒田	大浜ふ頭	井筒	33~39	- 9.0	165	2.00	13.4	0.50
新潟	山ノ下岸壁	矢板	36~37	-10.3	330	2.70	9.0	0.46

けい船柱位置		利用状況			けい船柱形式								塗装の有無	
間隔 (m)	岸壁法線からの距離 (m)	接岸方法	ロープの種類	1本にかけられるけい船索本数	材質	形式	B_0 (cm)	D (cm)	H (cm)	H_0 (cm)	t (cm)	L_0 (cm)	有	無
10	1.175	③	①②		SC	A	45	25	64	22	4	45		×
30	0.40	③	①③		SC	A	34	30	71	14	3	37	○	
18	2.0	③			SC	A	33	20	95	18	2	47		×
15	2.0	③	①③		SC	A	33	20	95	18	2	47		×
20	1.2	③	①		SC	B	45	25	20	20	2.5	50		×
27.2	1.65	①	①		SC	C	60	30	40	30	3	58		×
37.5	0.15				SC									
19	0.70	②③	①②③		鉄	A	80	40	24	28		72		×
28	0.50	③	③			C	55	20	18	20	3	50		×
15	0.6		①②③		SC	C	100	30	20	22	3	56	○	
25	0	①	②③		SC	C	55	30	20	20	4	50		×
20	0	①	①		SC	C	60	35	25	23	4	55		×
25	2.35		③		SC46	B	60	30	34	30	2.5	60	○	
21	0.30	③	②③		SC	C	25	18	22.5	17.5	3.5	40		×
	0.40	②③	①②		SC	B	30	25	21	18		51		×
	6.0	①②	②		SC	C	40	32	23.5	26.5	4.2	67	○	
20	0	③			SC	C	40	25	20	20		45		×
20	0				SC	C								
22.8~26.6	0.50				SC46	B	45	35	30	35	2	60	○	
24	0.50				SC46	B	50	25	30	20	3	50	○	
26	0.50	③	②		SC	C	35	17.5	17.5	17.5	1.5	44	○	
16~19	1~2	③	②		SC	D	52	39	32	15	2.5~	45		×
20	0.45				SC	C	45	25	20	20	3.0	55	○	
20	0.50				SC	C	55	25	25	25	3~4	68	○	
15	0.35	④	①		鋼	C	40	20	35	20	3.0	40		×
12	0.32	②③	②		FC	C	30	30	24	20	2	65		
30	0.5	③	②		FC	C	48	25	28	22	2	50		×
24	0.8				SC	C	50	34	30	20	2.5	54		
20	0.8	④	①		FC	C	62	30	41	25	3	50	○	
20	1.15	①③	①②		FC	C	70	30	55	25	3	52.5	○	
25	11.05	①	②		SC	B	50	25	31	25	2.5	50	○	
20	1.2				SC	B							○	
20	0.7				SC	B							○	
27.6	0.68	①	②		SC	B	60	30	36	30	3	60	○	
24	0.35	①	①		SC42	B	60	30	38	25	2.5	50	○	
75	0.5	③	①		FC	C	34.5	27	25	25	4	60		×
20	0.8				FC	C	45	25	21	20	3	49.5		
20	0.4	③	①②③		SC	C	50	35	35	15	3	45		×
24	0	③	①②③		FC	C	20	16.5	23	13	2.2	35.5		×
37	2.5	①②			SC	A	20	18	18	12		23		
25.15	0.9	①	①		SC42	C	60	35	22.5	35	3.5	70	○	
40.8	0.4	①	①		SC	B	58	40	15	40	3	70		×
30	1.0	①	①③		SC	C	60	30	40	30	3	60		×

附表 1.2(b) けい船柱に関する調査一覧表 (曲柱) つづき

港名	施設名	岸壁構造形式	施工年度 (昭和)	岸壁水深 (m)	バース長 (m)	天端高 (m)	エプロン 幅 (m)	H. W. L (m)
新富	北ふ頭岸壁	矢板	39	- 9.5	342.3	2.50	16.1	0.50
	0号岸壁	"	39	- 9.0	165	1.80	11.0	0.70
伏木	左岸1号岸壁	棚式	S10 30~31	- 8.5	160	1.90	10.0	0.70
	左岸2号岸壁	"	S 9 31~32	- 8.5	170	1.90	10.0	0.70
"	左岸3号岸壁	"	S 9	- 8.5	145	1.70	10.0	0.70
七尾	第2ふ頭東側	"	24~26	- 9.0	180	1.60	10.0	0.60
	金ヶ崎岸壁	矢板	34~36	- 9.5	180	2.40	7.0	0.60
敦賀	浜町ふ頭西	セ	36~38	- 9.0	155	3.30	19.0	1.00
	浜町ふ頭東	"	38	- 9.0	150	3.30	10.0	1.00
八戸	白銀ふ頭	ケ一ソ	29~37	- 9.0	165	3.157	10.0	1.40
	貞山1号	セ	29~33	- 9.0	160	3.10	12.0	1.60
"	貞山2号	棧橋	35~39	- 9.0	160	3.10	20.0	1.60
小名	2号岸壁	棧橋	39	-10.0	185	3.00	14.95	1.40
	3号"	矢板	31	- 9.0	150	3.00	10.8	1.40
"	1号"	"	38	-10.0	195	3.00	10.0	1.40
横浜	本牧27~29	棧橋	40	-10.0	200	3.80	20.0	2.00
	本牧30, 31	矢板	41	-12.0	200	3.80	20.0	2.00
"	山下5, 6号	棧橋	35	-10.0	180	3.80	15.0	2.00
"	山下7, 8号	"	"	-10.0	"	"	"	"
神戸	7突西側	棧橋	26~28	-10.0	200	4.00	6.5	1.73
	7突東側	"	28~30	-10.0	200	4.00	6.5	1.73
"	8突西側	"	30~34	-10.0	200	4.00	6.5	1.73
"	マヤブー	頭ス	35~37	-12.0	220	4.00	20.0	1.73
尼崎	-10.0岸壁	デタッチ	40	-10.0	170	4.10	26.0	1.60
	石炭ふ頭	"	38	-12.5	240	5.00	6.0	1.80
"	鉱石岸壁	"	40	-14.5	255	4.50	2.5	1.80
広島	一万トン岸壁	横棧橋	28~37	-10.0	170	5.00	2.2	3.90
	北港石炭岸壁	棧橋	35~36	-10.0	250	6.60	18.0	0.60
"	梅町ドルフィン	"	"	-12.0	"	"	"	"
"	桜島1号	"	"	"	"	"	"	"
"	鉄鋼岸壁	棚式	35~37	- 9.0	290	4.35	"	1.60
"	中突南岸壁	ラ一メン	38~40	-10.0	185	4.40	"	1.60
"	1, 2, 6号岸壁	横棧橋	38	-10.0	436	4.00	9.0~17.0	1.60
"	安治川1号	"	"	- 9.0	"	"	"	"
"	安治川2号	棧橋	33	-10.0	360	4.05	14.5	1.60
糸舞	1号	プロック	8~15	- 8.5	135	4.80	9.0	3.37
	第2ふ頭	棧橋	31~33	- 9.0	168	1.80	14.5	0.50
"	第4ふ頭	"	34~40	-10.0	185	"	10.0	0.50
境	-9.0m岸壁	"	40	- 9.0	170	1.80	12.0	0.60
	-9.0m岸壁	"	35	- 9.0	150	4.00	12.1	0.80

けい船柱位置		利用状況			けい船柱形式								塗装の有無	
間隔 (m)	岸壁法線から の距離 (m)	接岸 方法	ロープ の種類	1本にかけ られるけい 船索本数	材 質	形式	B_0 (cm)	D (cm)	H (cm)	H_0 (cm)	t (cm)	L_0 (cm)	有	無
28	0.815	①	①③		SC	C	60	30	40	30	3	60	○	
19	0.85	③	①②		SC	B	64	30	26.5	25	3	65	○	
30	0.65	①	①②③		SC	A	50	30	12.3	27	4	65		×
30	0.65	①	①②③		SC	A	50	30	12.3	27	4	65		×
30	0.35	①③	①②③		SC	B	58	30	50	25	3	52		×
18~21	0.72	①③	①②		SC	A	45	34	20	30	4	70	○	
27.5	0	①	①		SC	B	58	40	15	40	3	70	○	
33	1.0	②	②		SC42	B	62	30	35	25	2.5	50	○	
25.35	0.5	②	②		SC42	B	62	30	41	25	2.5	50	○	
20	0	①②	①③		SC46	C	46.5	36	21	12	3	57.5		×
27.5	0.5	①	①②		SC	B	62	30	35	30	2.5~4	60	○	
20	0.5	①	①②		SC	B	60	30	41	25	2.5	50	○	
22.5		①	③		SC	B	62	25	41	25	2.5	50	○	
20	0.5	①	③		SC	C	49	25	25	20	3	45	○	
	1.5	①	③		SC	C	60	34	30	30	3	60	○	
23	0.38				SC42	B	62	30	40	25	2.5	50	○	
	0.38				SC42	B	62						○	
25	0.55	①	①③		SC42	B	62						○	
30	0.38					B	62						○	
21.7~24.8	0	①	③		SC	C	52	31	25	25	4	60		
21.7~24.8	0	①	③		SC	C	52							
21.7~24.8	0	①	③		SC	C	52							
30.95~ 35.05	0	①	③		SC	C	52	31	25	25	5	60		
9	0.5	①	③		SC	C	60	31	25	25	5	60		
15	1.25		①②③			C	90	50	30	35	5	79.4	○	
30	0.1	①	①		SC46	C	80	50	60	25	4	65	○	
37	0	①②	②		FC	C	60	30	20	30	5	60	○	
24	0.2	①③	①②③		SC	C	70	30	40	25	4	50	○	
27~72	0.15													
27	0.16	①③	①②		SC									
24	0.15	①③			SC	C	70	30	40	25	4	50	○	
10.75~ 24.71	0.15	①③			SC	C	70	30	40	25	4	50	○	
9.1~17.3	0.15	①③	①②		SC	C	70	30	40	25	4	50	○	
27	0.15				SC									
19~21	0.15	①③	①②		SC	C	70	30	40	25	4	50	○	
22		①	①②③		SC	A	80	30	25	30		70		×
30	0	①	①		SC	D	66	33	25.4	17.8	0.5	43.2		×
26.5~29.0	0	①	①		SC	D	60	30	20	30	2.5	60		×
27	0.52	①③	①②		SC	C	60	31	20	30	5	60	○	
18.7~ 22.35	0.20	①	②③		SC	C	52	31	25	25	4	60	○	

附表 1.2(b) けい船柱に関する調査一覧表 (曲柱) つづき

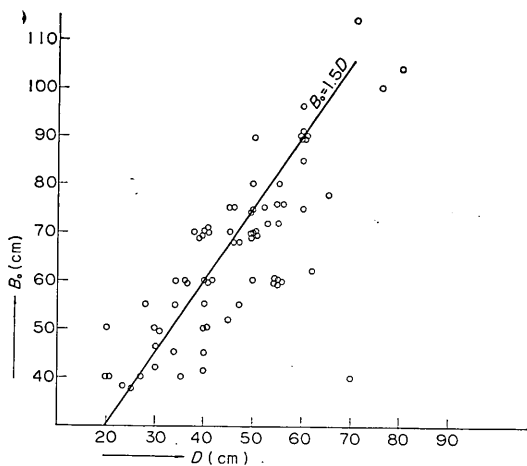
港名	施設名	岸壁構造形式	施工年度 (昭和)	岸壁水深 (m)	バース長 (m)	天端高 (m)	エプロン 幅 (m)	H. W. L (m)
坂出	-10.0m岸壁	ケ-ソン	38	-10.0	180	4.30	15.0	3.206
宇野	第1突堤	横さん橋	27	-8.5	150	3.50	16.0	2.55
松山	丸善2号	ケ-ソン	31~32	-12.0		4.80		3.60
〃	-10m岸壁	〃	38~	-10.0	185	4.70	15.0	3.60
新居浜	住友菊本第二	ウ-ェ-ル	32	-9.3	120	5.20	10.0	3.50
〃	別子岸壁	〃	18	-10.0	103	5.20	15.0	
姫路	新公共岸壁	ケ-ソン	35	-10.0	170	1.50	9.0	1.60
〃	関電岸壁	棧橋		-9.5				
〃	鶴田岸壁	矢板		-9.5				
〃	中央岸壁	〃		-12.0				
〃	汐入岸壁	〃		-9.5				
宇部	9m公共岸壁	ケ-ソン L	26~28	-9.0	151.2	4.80	12.65	3.60
〃	窒素9m公共岸壁	棚式		-9.0	140.5			
津久見	-9m県営岸壁	棧橋	24	-9.0	164	4.10	9.3	1.90
博多	中央ふ頭	棧橋	26~31	-9.0	150	3.40	16.7	2.23
〃	〃			-7.8				
三角倉	-9.0m岸壁	ケ-ソン	10	-9.0	160	5.50	10.0	4.00
〃	砂津1号岸壁	ケ-ソン	11	-9.0	165	3.30	12.0	
〃	住友東部10m岸壁	L型	32~36	-10.0	246	3.30		2.00
門司	新浜岸壁	L型	13	-9.0	170	4.00	12.0	2.88
〃	田の浦1,2バース	セルラー	29	-9.0	170	5.50	12.0	2.05
〃	外貿岸壁	ケ-ソン	10~5	-10.0	189	4.09	12.0	2.88
清水	石炭ふ頭	デタッチ	30~31	-9.0	115	2.70	4.0	1.60
〃	興津第一ふ頭	棧橋		-10.0	185	3.00	20.0	1.70
〃	村松第二	〃	37	-9.0	156	2.70	14.0	1.60
〃	村松岸壁	〃	34~35	-9.0	170	2.70	14.0	1.60
〃	日之出ふ頭	ケ-ソン	15~10	-10.0	199	3.30	9.7	1.60
四日市	第一ふ頭D・E	棧橋	11	-9.1	215	4.00	20.0	2.36
〃	第二ふ頭2A	〃	35	-10.0	190	4.00	20.0	2.36
田子の浦	吉原岸壁	セ-ル		-9.0	170			
〃	中央ふ頭	矢板		-9.0	210			
〃	富士ふ頭	矢板	35	-9.0	170	3.50	15.0	1.60
名古屋	重量物岸壁	セ-ル	33	-9.0	200	4.20	22.5	4.20
〃	稲永第一	棧橋	26~33	-10.0	205	4.80	15.0	2.60
〃	屑鉄ふ頭	セ-ル	37~39	-10.0	180	4.80	15.0	2.60
〃	稲永南側	セ-ル		-10.0				
〃	稲永北側	矢板		-10.0				
〃	稲永東側	セ-ル		-10.0				
〃	稲永北側	棧橋		-10.0				
神戸	新港三突	ケ-ソン	3	-10.9	185	3.33	6.8	1.67
〃	東部2区丸紅	〃	38	-11.0	270	3.60	3.8	1.67
〃	〃			-11.0				
〃	昭和産業	ケ-ソン	38	-11.0	210	3.60	3.8	1.67

けい船柱位置		利用状況			けい船柱形式							塗装の有無		
間隔 (m)	岸壁法線からの距離 (m)	接岸方法	ロープの種類	1本にかけられるけい船索本数	材質	形式	B ₀ (cm)	D (cm)	H (cm)	H ₀ (cm)	t (cm)	L ₀ (cm)	有	無
30	0.50	①	③		SC	C	116	44	24	22	4	71	○	
14.65	0	①	③		SC	C	50	30	19.5	26.5	4	54		×
45~90	38	①	①③		SC	C	80	50	35	35	4~5	75		
30	0				FC	C	60	38	30	30	5	60		
40	1	①	①		FC	C	80	43	40	32.2	3	85	○	
26	1	①	①③		FC	C		40	27	25	4.5	76	○	
18.2	0	①	②③		SC	C	66	45	25	30	4	80		×
	0	①	②③		SC	C	60	40	40	30	4	80		×
20	0	①	②③		SC	C								×
20	0	①	①②③		SC	C								×
20	0	①	①		SC	C								×
29.6	0.31	①②	①②③		SC	C	40	32	23.5	26.5	4.2	67		×
35	3.50	①②	①②③		SC	C	40	32	23.5	26.5	4.2	67		×
24		③	②③			C	65	44	37.5	32.5	3	100		×
16	5.40	①③	①		鋼	B	70	36	26	18	3.8	50		×
16	0.27					B	70							
22	0		①②			C	40	37	23	25		71		×
36	0.8	①	③		FC		76	25	33	31	0.32	74	○	
18	0.2	①	③		SC	C	50	52	25	25	4.2	75		
20.28	0.9	①	③			C	65	60	62.5	32.5	5.0	100		×
30	0.5	①			鋼	C	50	65	25	25	4.2	67		×
24	0.5	①			鋼	C	61	43.2	28.9	30.5	3.5	81.9		×
15~20	0.2	③	①②		SC	B	60	35	35	30	3.2	60		×
19	0.3				SC	B	62	30	41	25	2.5	50		×
24	1.3	①	①②		SC	B	62	30			2.5		○	
22	1.3	①	①②		SC	B	60	35	74	30	2.5	60		×
28	1.1	①	①		SC	A	80	40	24	40	3.8	80		×
18.5	0.2	①	①		SC		58	30	15	16		45	○	
18	0.3	①	①		SC	B	71	30	20	30	3.8	60	○	
27.6	0.68	①	②		SC	B	60						○	
24	0.68	①	②		SC	B	60						○	
25	0.40	①	②		SC	C	75	41.2	37	30	3	88	○	
31~35	0.35	①	①③		SC	B	71.1	30.5	25	30.5	3.8	58	○	
30	0.45	①	①③		SC	B	71.1						○	
28.75	0.45	①	①③		SC	B	62	30	38	25	2.5	50	○	
26	0.35	①	①		SC42	B	60						○	
24	0.34				SC42	B	60						○	
26	0.35				SC42	B	60						○	
20	0.35					B	60						○	
24	0.41	①	②③		FC	C	60	45	24	30	6	82		
40	0.3				FC	C	34.5	25.5	13	17	2.5	48.5		×
90	0.45				FC	B	50	30	40	30	3	50		×
29	0.35				FC	B	50	30	35	30	3	50		

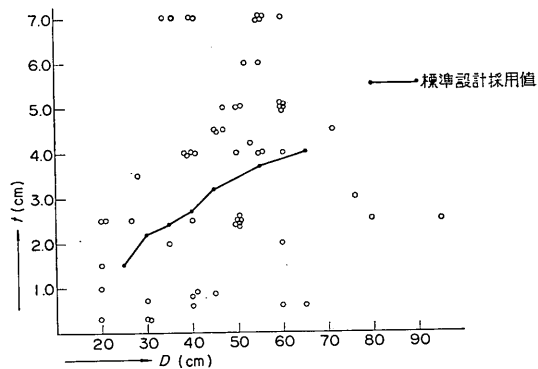
附表 1.2(b) けい船柱に関する調査一覧表 (曲柱) つづき

港名	施設名	岸壁構造形式	施工年度 (昭和)	岸壁水深 (m)	パース長 (m)	天端高 (m)	エプロン 幅 (m)	H. W. L (m)
水島	三石2号	セ ル	36	-13.0		4.50		3.34
"	日興ドルフィン	セ ル		-10.5		6.00		3.29
須崎	大峯岸壁	矢板	38~39	-9.0	165	4.00	10.0	1.80
東京	品川外貿	棧橋	38	-10.0	190	4.00	25.0	2.10
"	晴海棧橋	"	36	-9.0	154		14.0	
戸畑	鉦石岸壁	セ ル	35	-13.3	250	3.50	27.4	2.00
洞海	西八幡鉄屑	矢板	35	-9.0	320	4.50	23.5	2.00
八幡	洞岡鉦石岸壁	矢板	14	-8.5	410	3.50	88.5	2.00
"	"	ケ ー ソ ン	10	-9.0	750	3.50	40.0	2.00
洞海	内浦製品岸壁	矢板	18	-8.0	281	3.50	3.0	2.00
北九州	若松第二	ケ ー ソ ン	12	-8.0	180	2.80	9.0	1.82

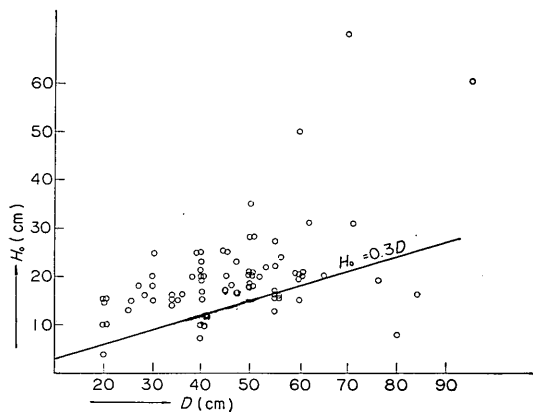
けい船柱位置		利用状況			けい船柱形式								塗装の有無	
間隔 (m)	岸壁法線からの距離 (m)	接岸方法	ロープの種類	1本にかけられるけい船索本数	材質	形式	B_0 (cm)	D (cm)	H (cm)	H_0 (cm)	t (cm)	L_0 (cm)	有	無
90	58.65				SC	B	80	35	37	38	4	80	○	
60	1.2	①	②③		SC	B	60	30	30	30	3.5	60	○	
25	0.5	③	①		FC	B	62	47	22	25	5	62		×
32	0.65				SC42								○	
28	0.65				SC42	C	72	42	20	30	3	70	○	
22.7	0.1	①	①②③		SC	C	80	50	45	25	4	65		×
25	0	①	①②③		SC	C	60	35	35	15	3	45		×
20	0	①	①②③		SC		60	35	25	23	4	55		×
20	0	①	①②③		SC	C	50	35	25	20	4	45		×
20	0	③	①②③		FC	C	60	35	25	23	4	55		
16	0	①			SC	B	70	37	27	17		50		



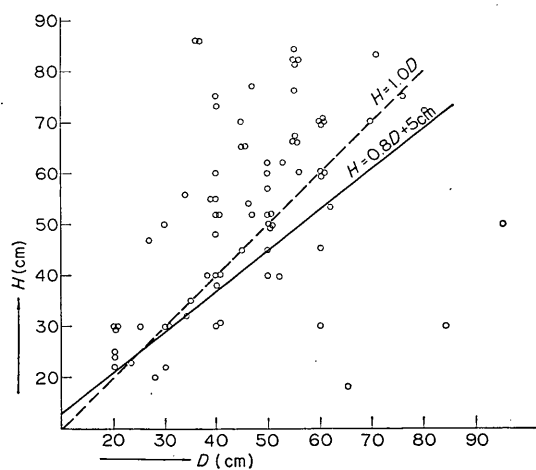
附図 1.4 直柱の胴径 D と頭部幅 B_0 の関係



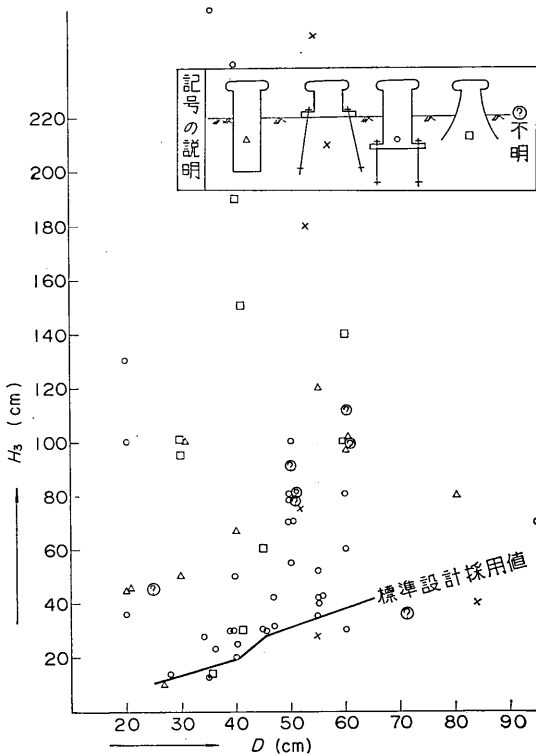
附図 1.7 直柱の胴径 D と厚さ t の関係



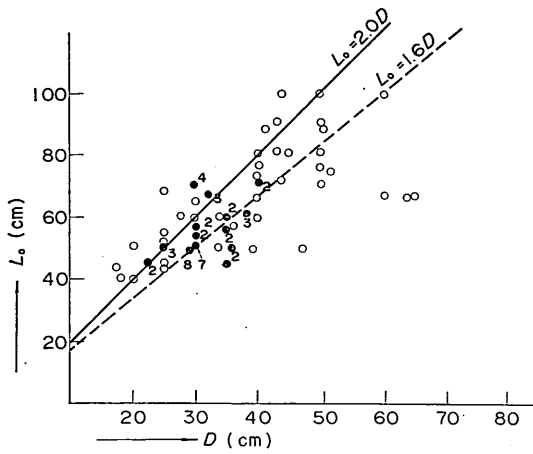
附図 1.5 直柱の胴径 D と頭部高 H_0 の関係



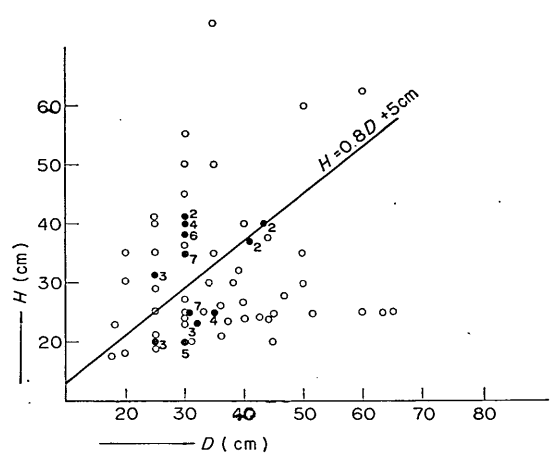
附図 1.6 直柱の胴径 D と胴高 H の関係



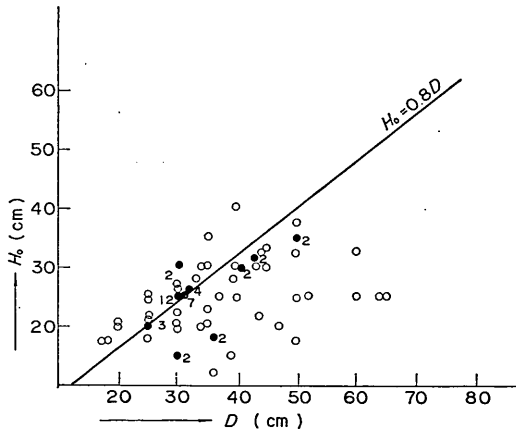
附図 1.8 直柱の胴径 D と埋込み長さ H_s の関係



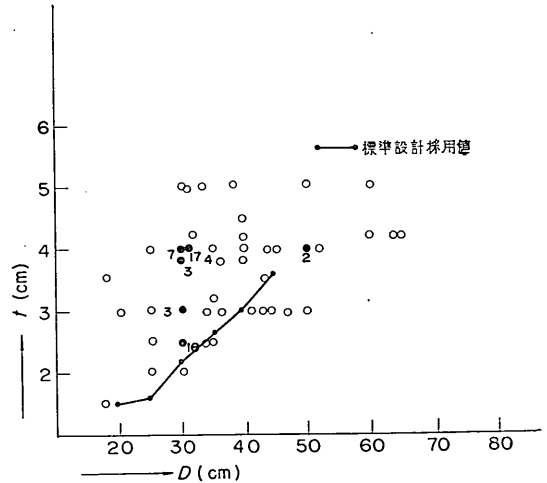
附図 1.9 曲柱胴径 D と頭部長さ L_0 の関係



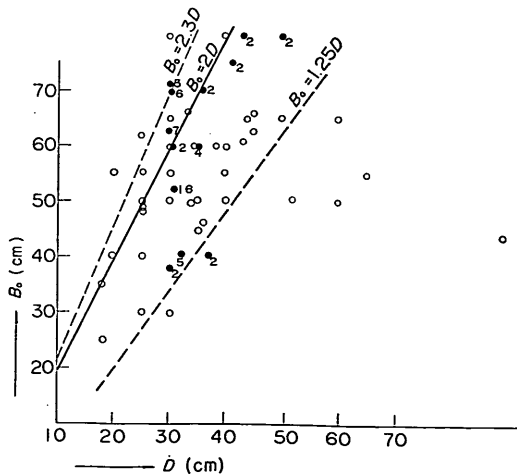
附図 1.12 曲柱の胴径 D と胴高 H の関係



附図 1.10 曲柱の胴径 D と頭部高さ H_0 の関係



附図 1.13 曲柱の胴径 D と厚さ t の関係



附図 1.11 曲柱の胴径 D と頭部幅 B_0 の関係

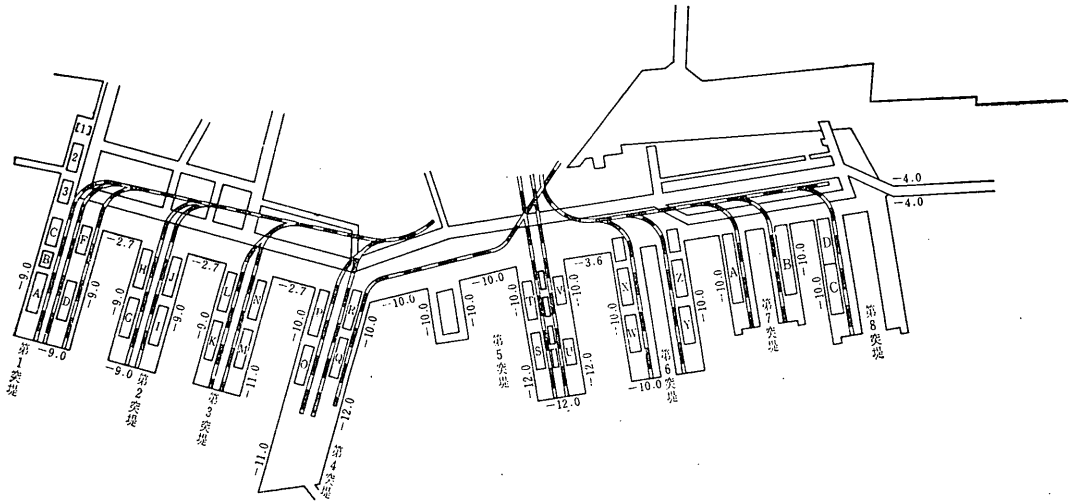
附録 2. 神戸港新港ふ頭けい船状況調査

けい船柱の必要強度、および曲柱や直柱の適正な配置を決定するうえで、また一本のけい船柱にかけられるけい留索の本数により決まるけい船柱の高さなどを決定するため、神戸市港湾局新港ふ頭管理事務所けい船係で保存しているけい船原簿をもとに、昭和39年1月1日～昭和41年12月31日までの3ヶ年間に、神戸港新港ふ頭に接岸した全船舶のけい船状況を解折した。なおこの資料は港湾のシステム分析のための統計資料として当研究所計算室が磁気テープに整理したものである（港湾技研資料 No. 96 (1969) 参照）。調査船舶は約1万隻である。

月日	船名	船席	けい船状況
18/1	LDART	4-P	前 276H, 13H 後 8H, 10H
19/1	GT AGT FLAG		
18/1	2811 PTL USA PLASKA HALL	3-K	前 716, 644H 後 6H, 2H
18/1	769K EVE USA		
18/1	真 昭 丸	3-END	前 214W, 17W 後 9H, 2W
18/1	1562 NYK NIP		
18/1	大 鷗 丸	6-Z	前 2174, 150 後 104, 120
20/1	1586 OSK NIP		
19/1	VAN HEEMSKERCK	2-J	前 2154, 120 後 84, 104
22/1	5925 KIL DUT PRES. HAYES	4-R	前 2184, 150 後 94, 104, 20
20/1	9278 APL USA		
19/1	石 狭 丸	2-H	前 2154, 120 後 716, 84, 104
20/1	7371 NYK NIP		
19/1	土 佐 善 丸	3-N	前 2154, 120 後 716, 84, 104
23/1	8981 SNK NIP		

時刻	吃水	水先人	引船	綱取	天気概況	備考
10 20	前 6-08 後 4-10	長山	神尾丸 善王丸	7人	BC-W-1	船首 1440 船尾 2200 船橋 2260
16 40	前 4-06 後 7-05	丹下	瑞鳳丸 信丸	6人	BC-W-4	入港 5時 出港 5時
12 30	前 25-2 後 24-06	佐 木	神尾丸 善王丸	7人	BC-W-6	船首 6420 船尾 3760 船橋 1760
00 05	前 24-03 後 24-06	東		6人	BC-W-7	入港 5時 出港 5時
13 00	前 35-05 後 24-06	石 早	早雲丸	6人	BC-W-6	船首 船橋 船尾
20 00	前 3-00 後 2-05	石 早	早雲丸	6人	BC-W-6	入港 5時 出港 5時
16 00	前 3-20 後 2-55	丸	早雲丸 瑞鳳丸	7人	BC-W-4	船首 1440 船尾 2200 船橋 2260
17 10	前 1-02 後 2-60	丸	早雲丸 瑞鳳丸	6人	BC-W-2	入港 5時 出港 5時
09 15	前 20-9 後 21-0	松島	瑞鳳丸 瑞鳳丸	7人	BC-W-5	船首 1160 船尾 2200 船橋 2260
07 50	前 後	No. att'd	No. att'd			入港 5時 出港 5時
16 25	前 19-10 後 29-2	佐 木	瑞鳳丸 瑞鳳丸	7人	BC-W-2	船首 1440 船尾 2200 船橋 2260
05 10	前 27-0 後 27-6	佐 木	瑞鳳丸 早雲丸	6人	BC-W-1	入港 5時 出港 5時
17 10	前 4-20 後 6-90	田 村	早雲丸 瑞鳳丸	7人	BC-W-3	船首 1440 船尾 2200 船橋 2260
10 10	前 4-99 後 6-20	田 村	瑞鳳丸	6人	BC-W-2	入港 5時 出港 5時
17 50	前 3-15 後 5-50	伊 丹	瑞鳳丸 瑞鳳丸	7人	BC-W-3	船首 7440 船尾 1160 船橋 2260
10 05	前 4-35 後 7-25	松島	瑞鳳丸 瑞鳳丸	6人	BC-W-4	入港 5時 出港 5時

附図 2.1 けい船原簿記載例



附図 2.2 神戸港新港ふ頭における船席位置図

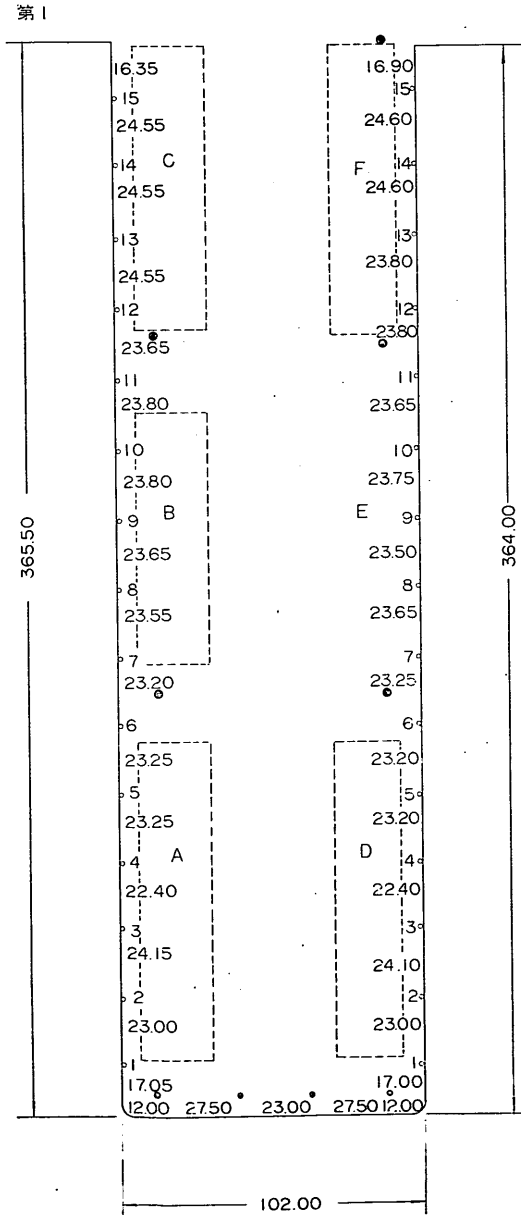
調査原簿は附図 2.1 に示されるように、接離岸時刻、船名、総トン数、船会社、国籍、船席、船首船尾のけい船状況、接岸離岸時の前きっ水および後きっ水、水先人氏名、引船名、綱取人数、天気概況、船首、船橋、船尾の位置、ならびにけい船担当者氏名がのっている。

附図 2.1 のけい船状況記号は、たとえば 8H₃6W

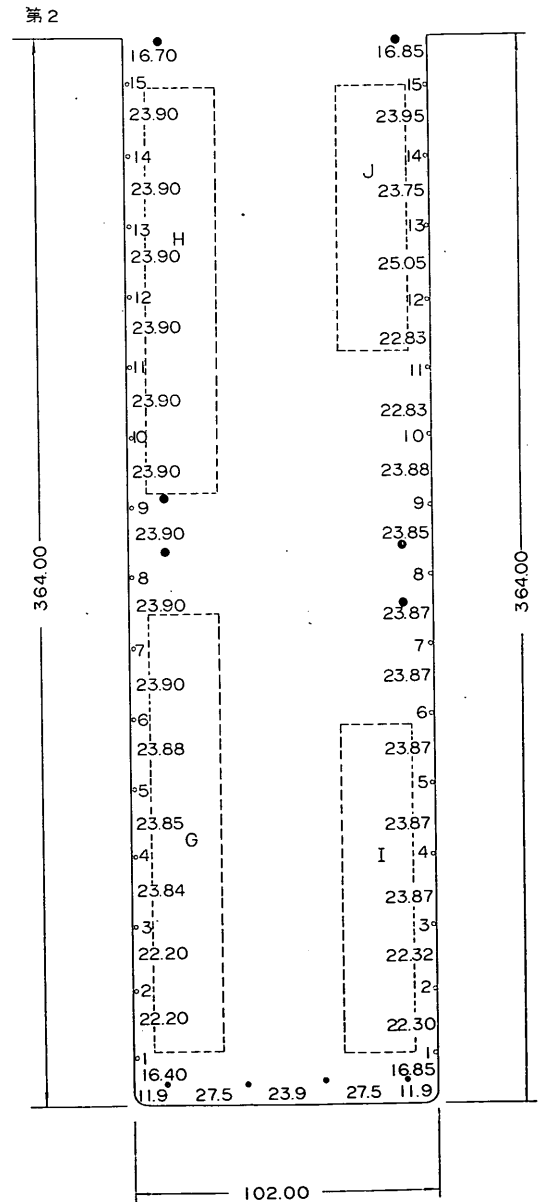
は、いかり使用で、8 番曲柱にホーサを 3 本、6 番曲柱にワイヤを 1 本取って、けい船していることを示す。直柱を使用した時は、けい船原簿では G を用いている。天気概況欄は 1 番目が天候、2 番目が風向、3 番目が風力である。

附図 2.2 に神戸港新港ふ頭における船席位置を示す。

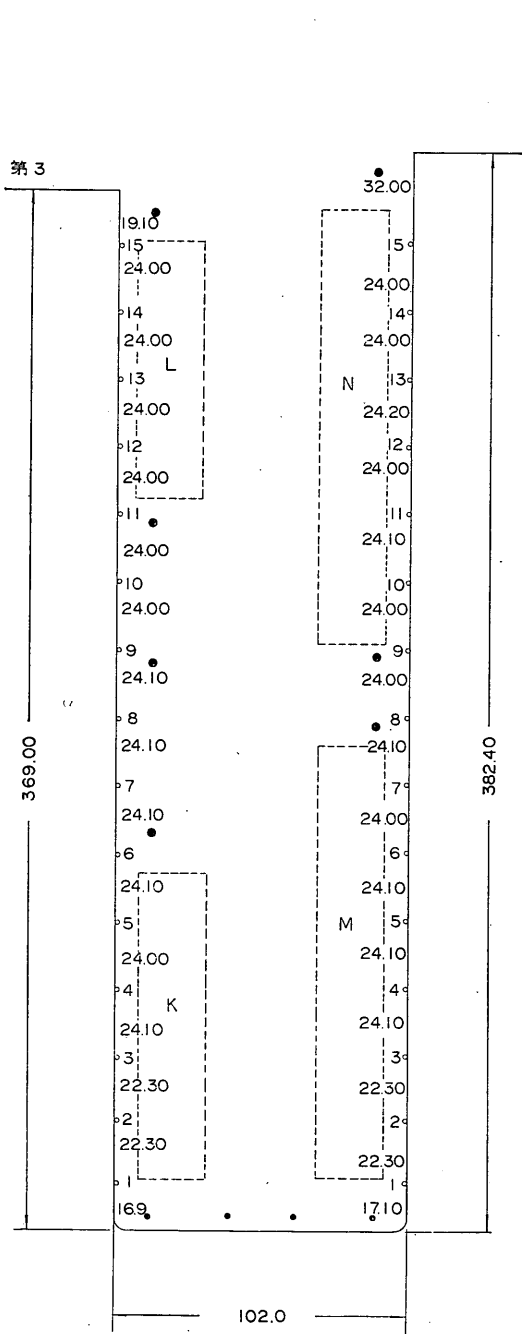
附図 2.3 に各突堤の曲柱 (○印) の位置と番号および直柱 (●印) の位置を、また各けい船柱間の距離 (m) を示す。



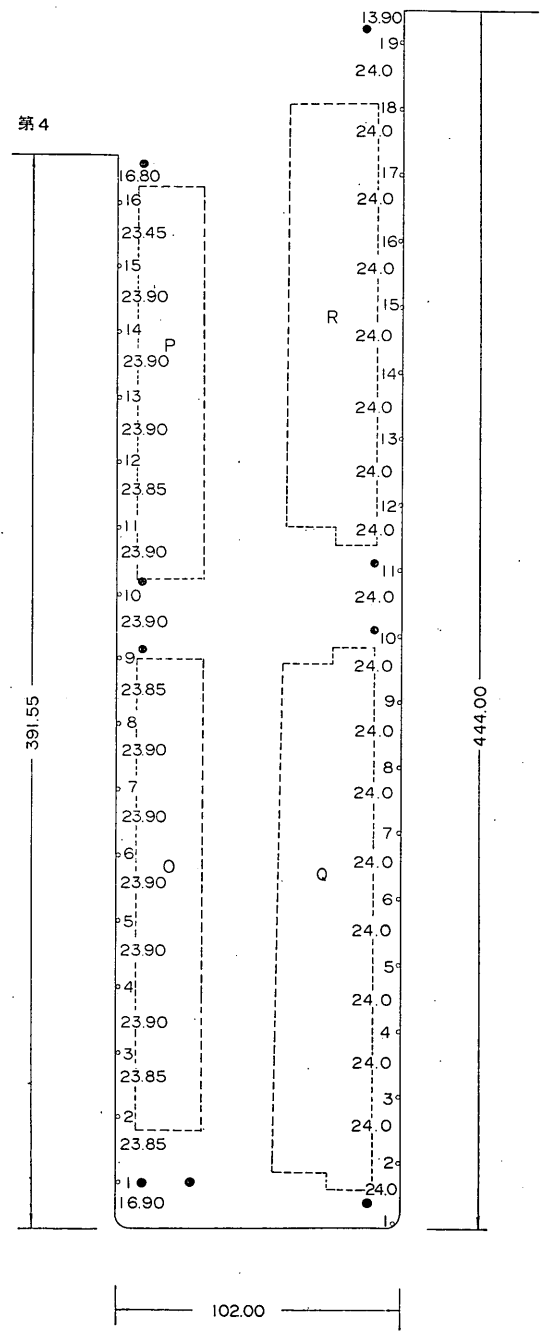
附図 2.3(a) 神戸港新港ふ頭配置図 (第1突堤)



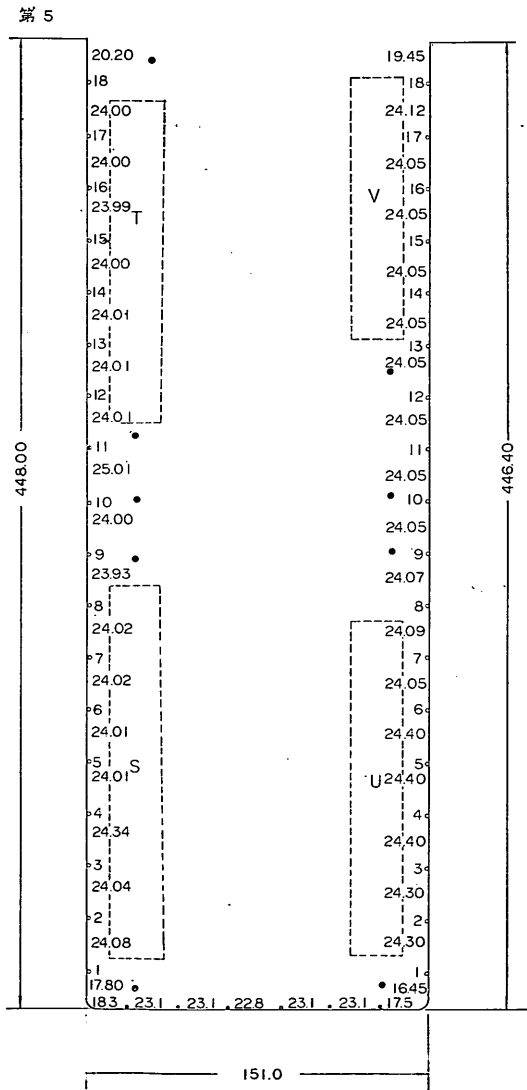
附図 2.3(b) 神戸港新港ふ頭配置図 (第2突堤)



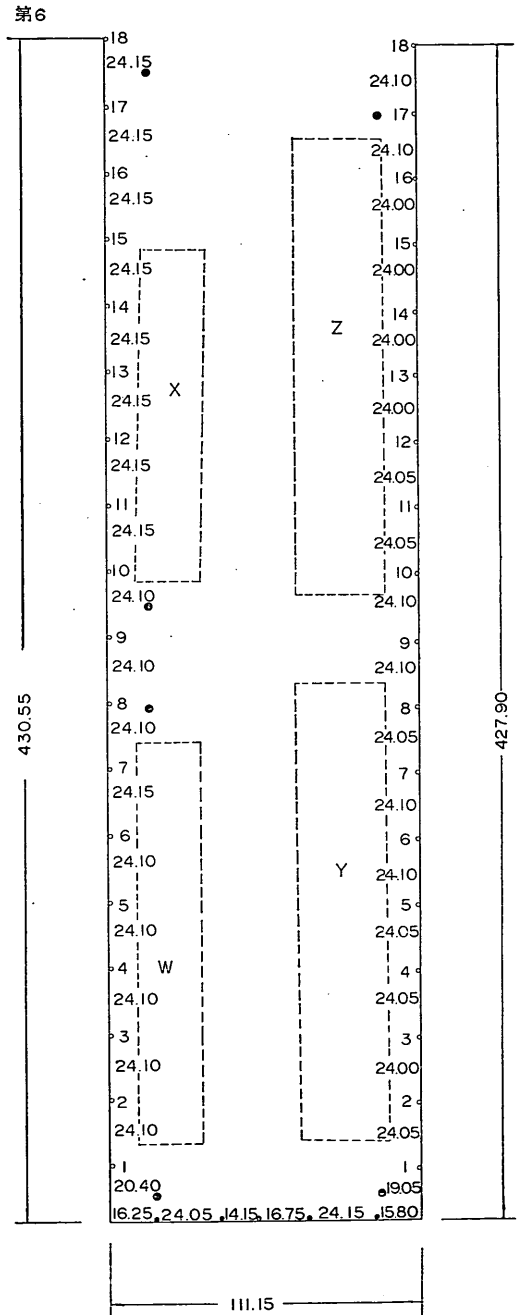
附圖 2.3(c) 神戸港新港ふ頭配置図(第3突堤)



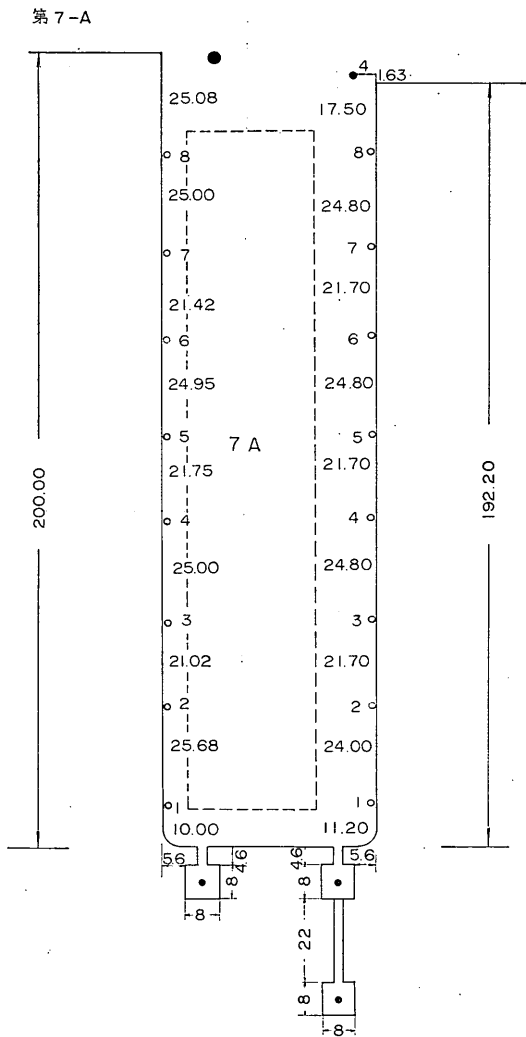
附圖 2.3(d) 神戸港新港ふ頭配置図(第4突堤)



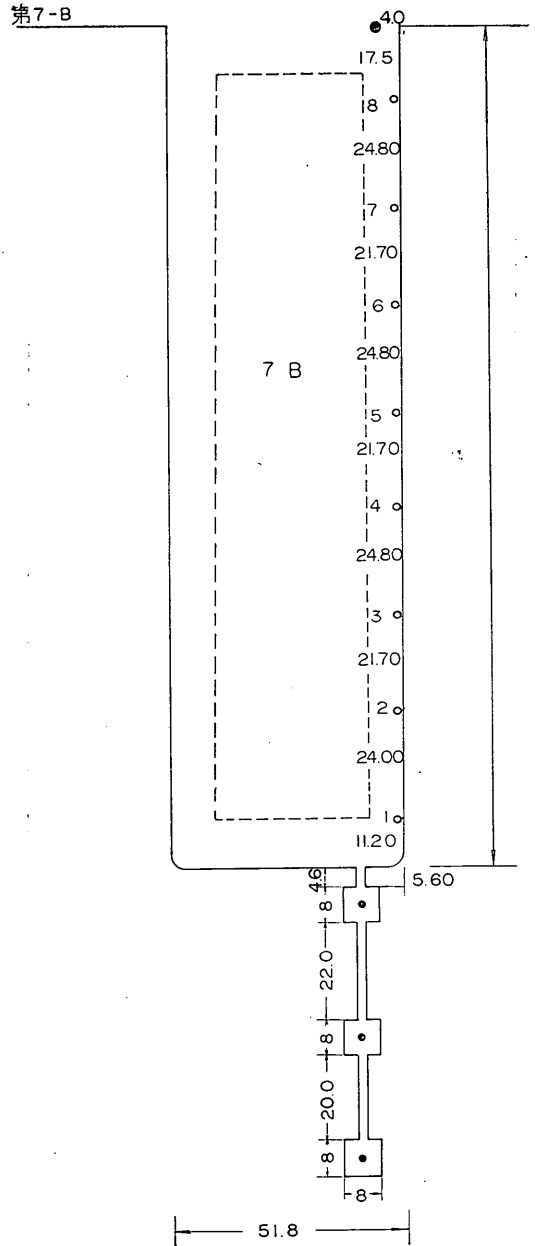
附圖 2.3(e) 神戸港新港ふ頭配置図 (第5突堤)



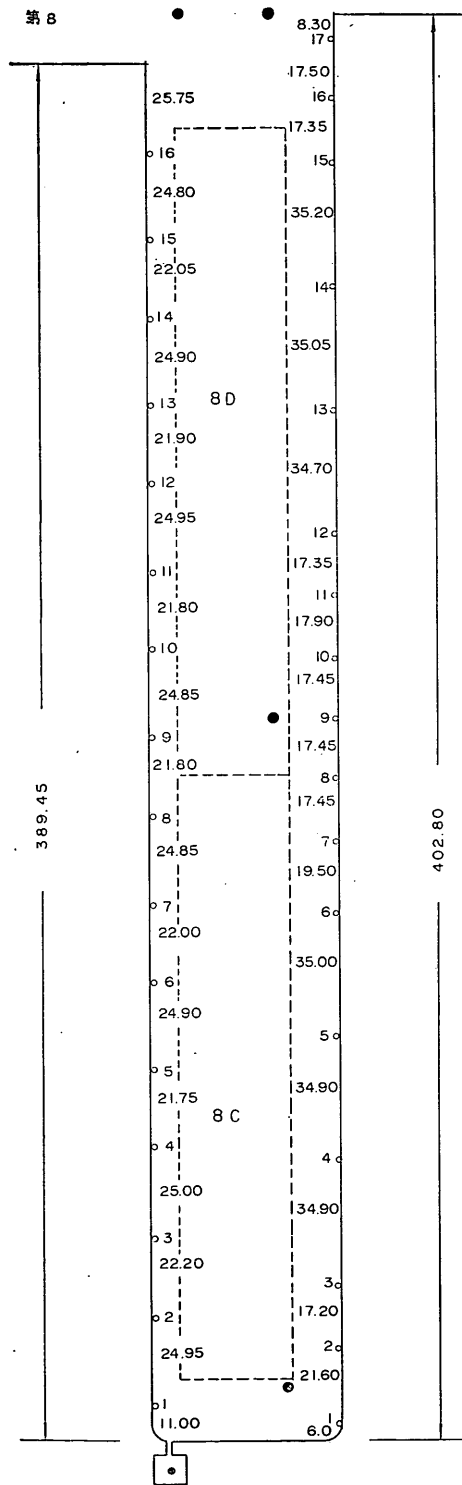
附圖 2.3(t) 神戸港新港ふ頭配置図 (第6突堤)



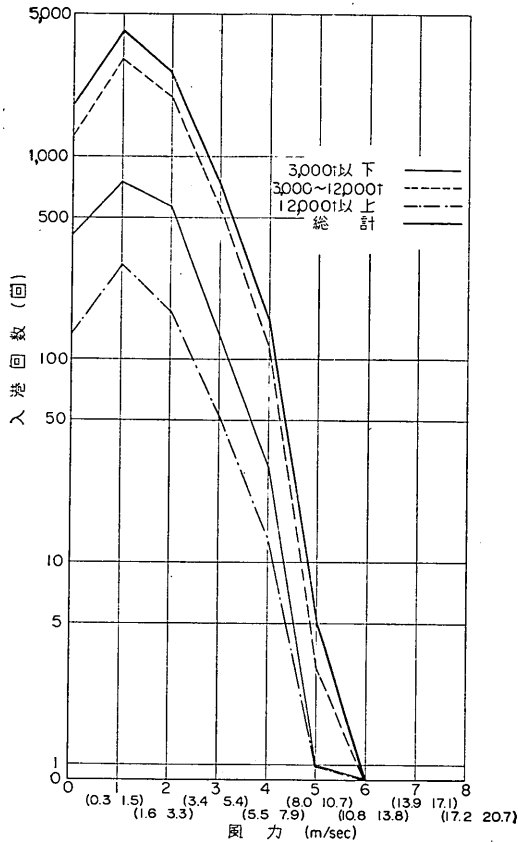
附圖 2.3(g) 神戸港新港ふ頭配置図 (第7突堤A)



附圖 2.3(h) 神戸港新港ふ頭配置図 (第7突堤B)



附圖 2.3(i) 神戸港新港ふ頭配置圖 (第8突堤)



附図 2.4(a) 風力別着岸回数

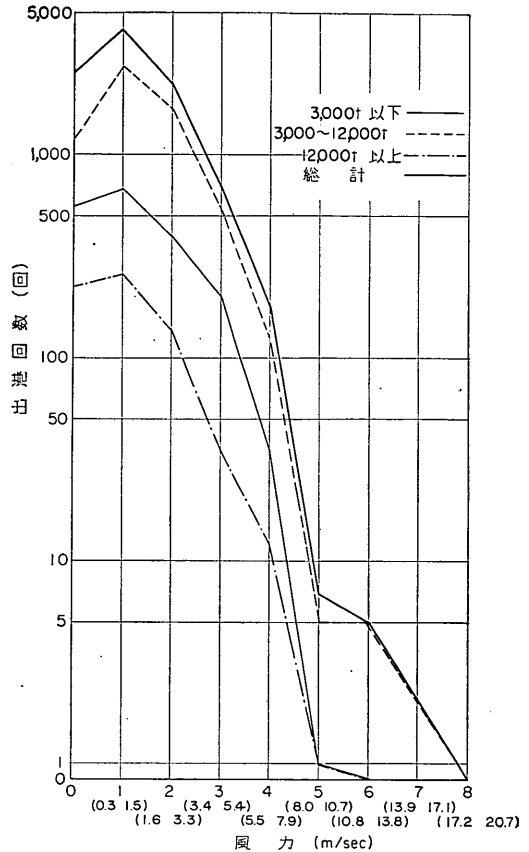
2.1 着岸および離岸時風力について

神戸港新港ふ頭に入港した船舶の風力別の着岸回数、および離岸回数は附図 2.4 に示す通りである。これによると風力別着岸回数、または離岸回数は、船舶総トン数にあまり関係なく、着岸時風力はその90%まで風力2以下であり、風力3の時に着岸したものが8%、風力4の時に着岸したものが2%ある。さらに風力5の時に着岸したのものもあるが、これは1万隻の内2隻である。

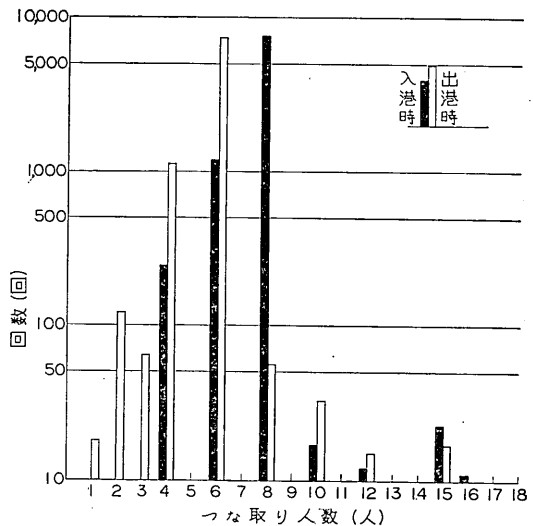
一方、離岸時も着岸時と同様に、90%までが風力2以下で離岸しており、風力3の時に離岸したものが8%ある。一方船舶の離岸時の最大風力は7であり、これは1万隻の内2隻である。

2.2 離着岸時の使用ひき船隻数、およびつな取り人数について

附図 2.6 に示す通り出入港時とも、ひき船の使用隻数はあまり変わらず、3,000総トン以下では0~1隻、3,000総トン~12,000総トン以下では1~2隻、12,000総トン以上では2~3隻を使用している。なお現在の神戸港ではひき船も完備され、これより少し多くひき船が使用されている。

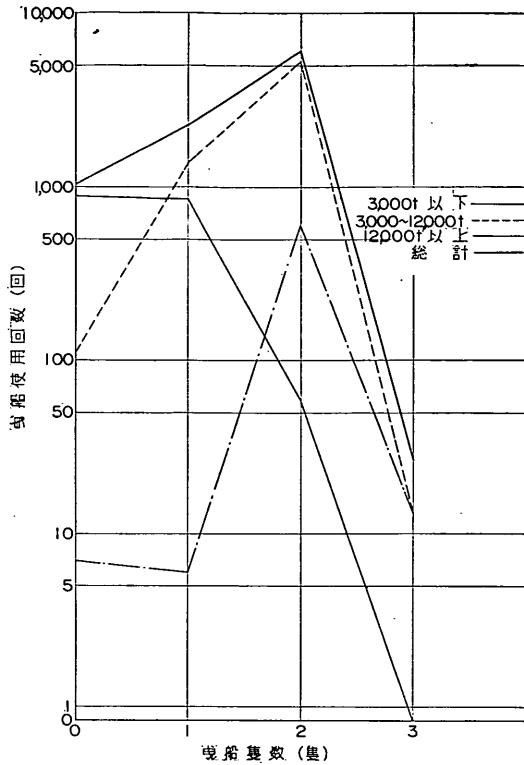


附図 2.4(b) 風力別離岸回数

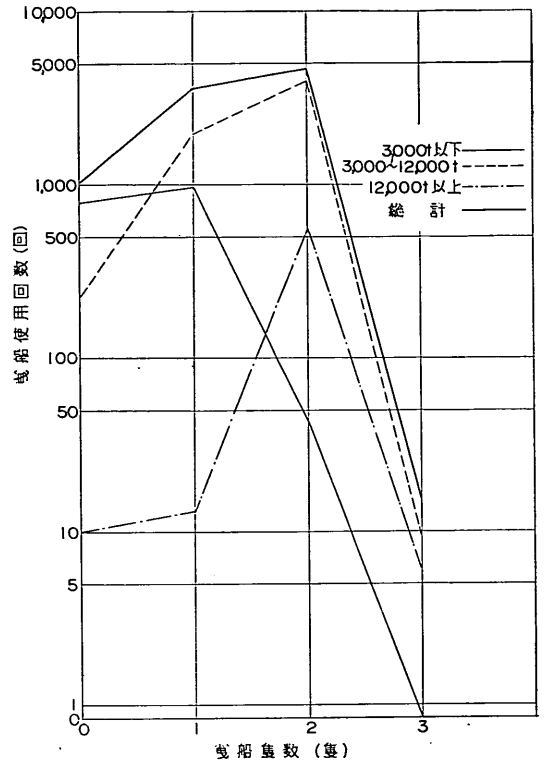


附図 2.5 つな取り人数調査

一方、つな取り人数は、6人または8人で1パーティを組んでおり、船舶の大きさにより多少その人数は変るが附図 2.5 に示されるとおり着岸時8人、離岸時6人の



附図 2.6(a) 入港時使用ひき船隻数



附図 2.6(b) 出港時使用ひき船隻数

場合が多い。

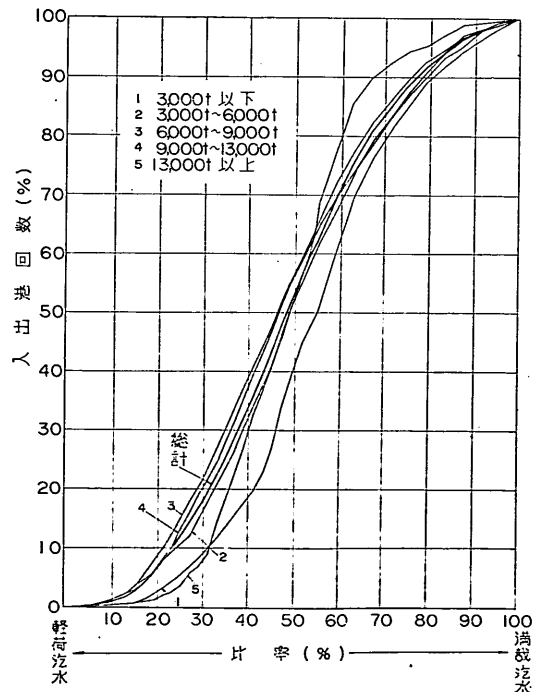
2.3 離着岸時のきっ水について

船舶の離着岸時のきっ水はどの程度になっているかを解析すると、附図 2.7 のようになり、船舶総トン数にはあまり関係なく、軽荷きっ水近くで離着岸したものから満載きっ水近くで離着岸したものまで平均的に分散している。

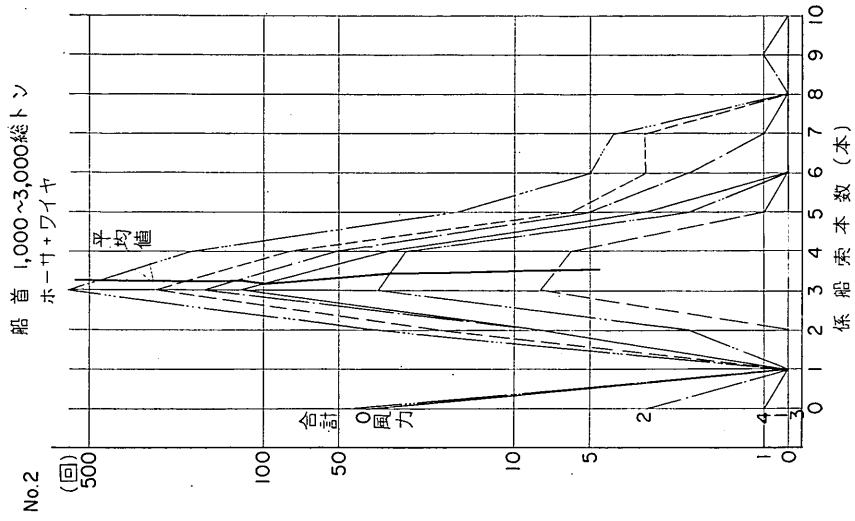
しかし、極端な軽荷きっ水で離着岸したものは少なく、満載きっ水の 20% 以下の軽荷で入港したものは、わずか 5% 程度である。

2.4 けい留索の使用本数およびその種類について

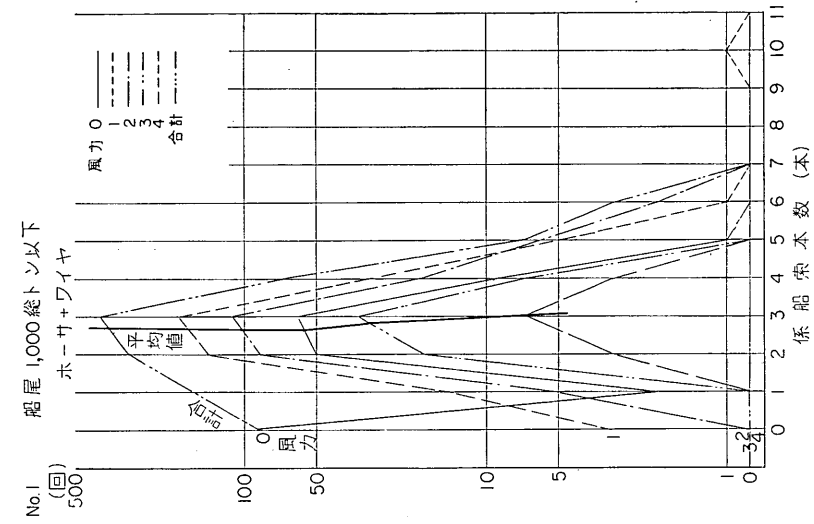
船舶の持たなければならないけい留索の本数については、船舶設備規程や鋼船規則に定められているが、これはあくまでも必要最低限で実際の船舶はこれより多くのけい留索を持っている。そこで神戸港新港ふ頭における実際使用けい留索の本数を、総トン数別、船首船尾別、風力別に解析すると附図 2.8 に示される通りである。これによると風力にはほとんど関係なく、また船首と船尾



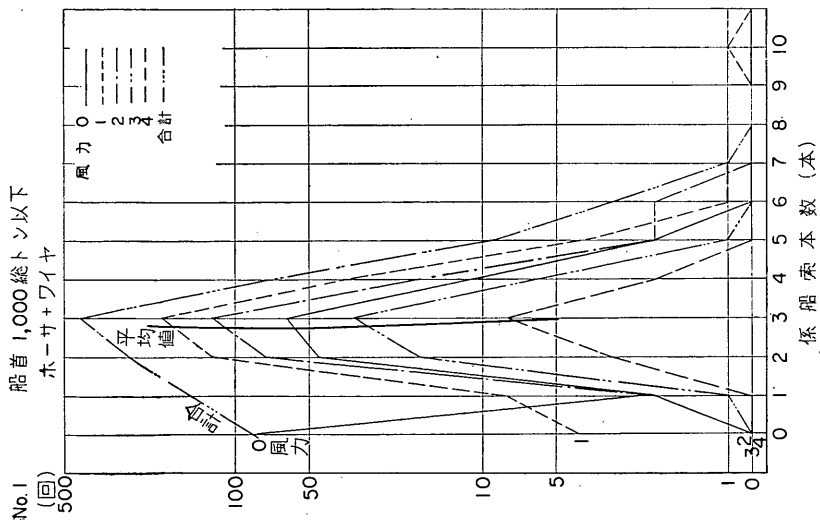
附図 2.7 出入港時さっ水累加曲線



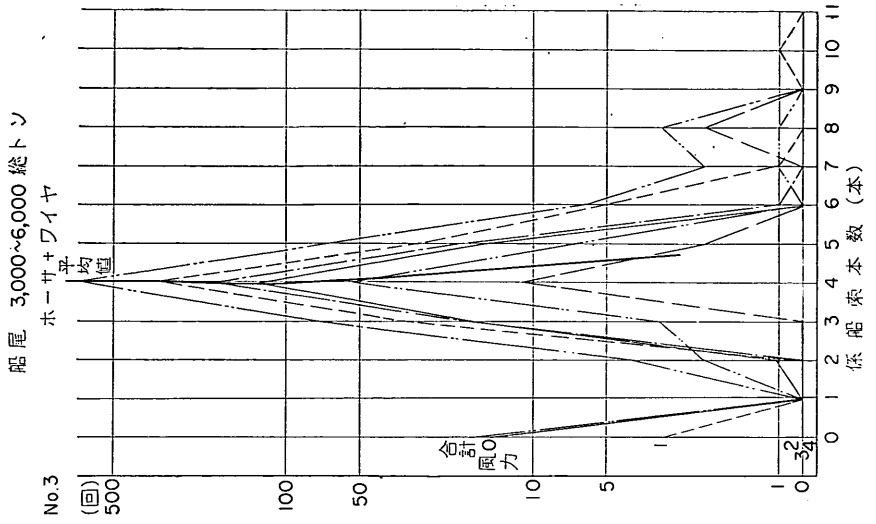
附図 2.8(c) 総トン数別、船首船尾別、風力別、
索使用本数別回数



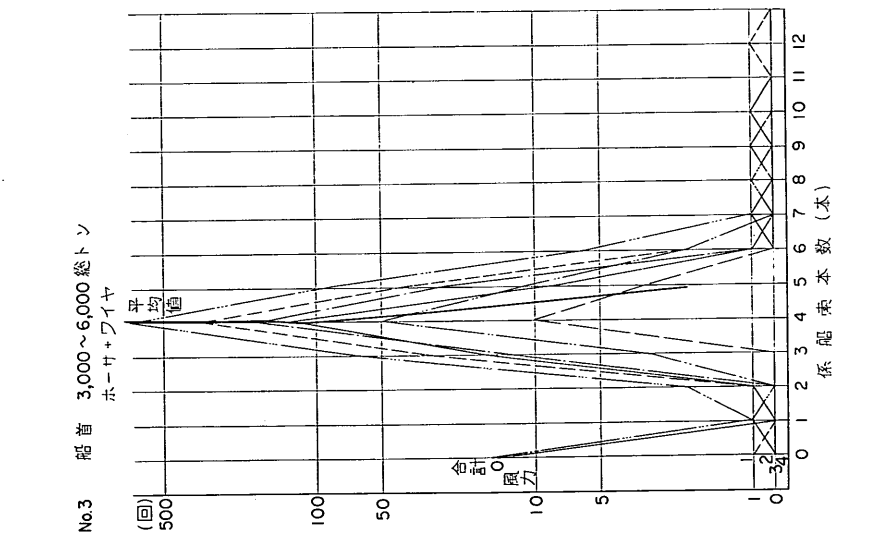
附図 2.8(b) 総トン数別、船首船尾別、風力別、
索使用本数別回数



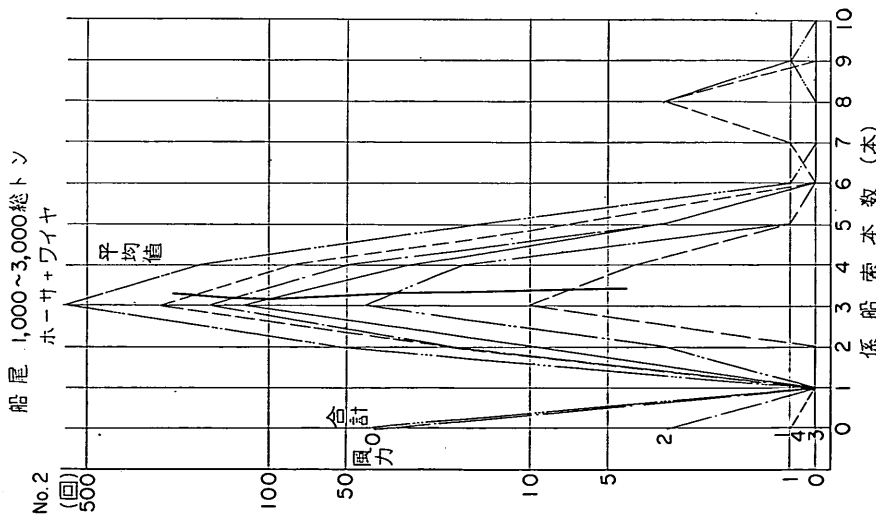
附図 2.8(a) 総トン数別、船首船尾別、風力別、
索使用本数別回数



附図 2.8(f) 総トン数別、船首船尾別、風力別、索使用本数別回数

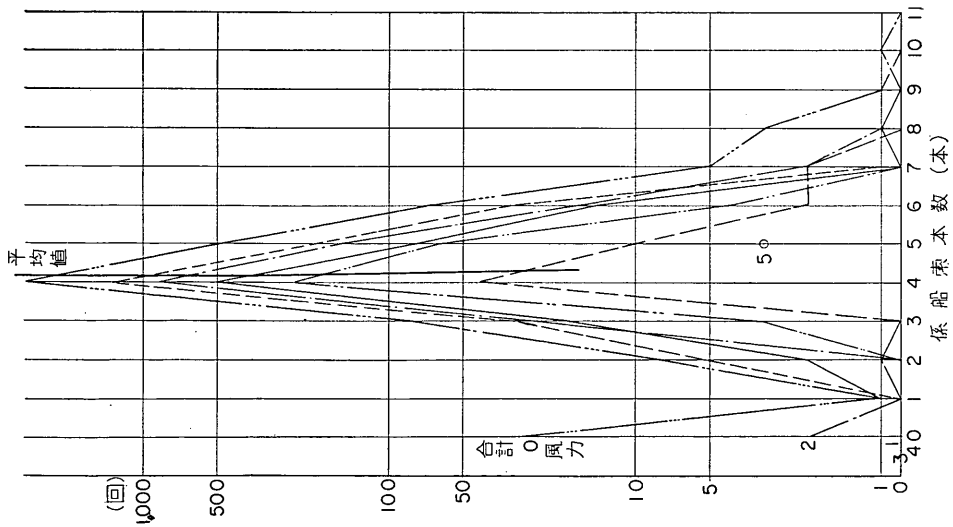


附図 2.8(e) 総トン数別、船首船尾別、風力別、索使用本数別回数



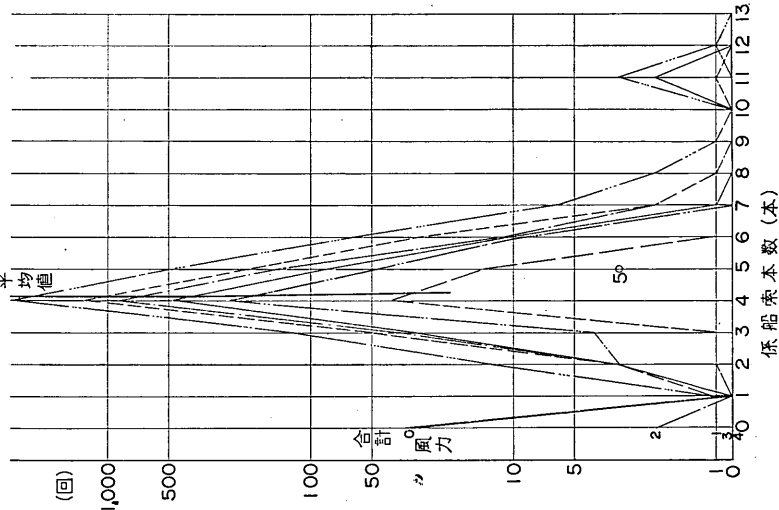
附図 2.8(d) 総トン数別、船首船尾別、風力別、索使用本数別回数

No. 4 船首 6,000 ~ 9,000 総トン
ホーサ+ワイヤ



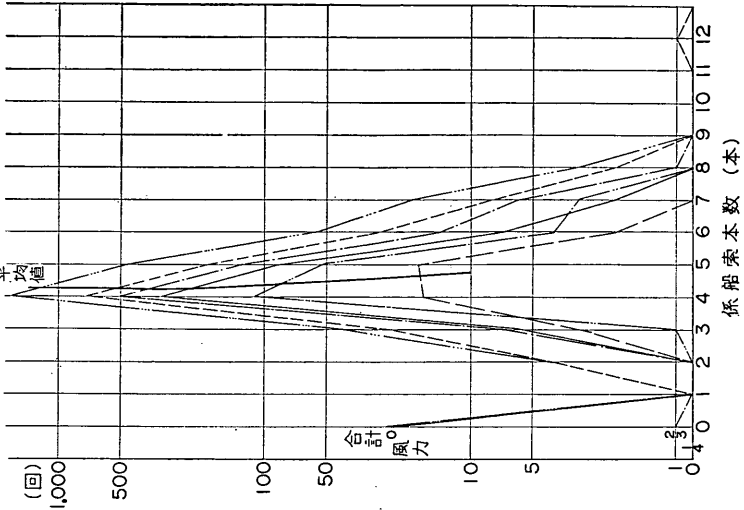
附図 2.8(g) 総トン数別、船首船尾別、風力別、
索使用本数別回数

No. 4 船尾 6,000 ~ 9,000 総トン
ホーサ+ワイヤ



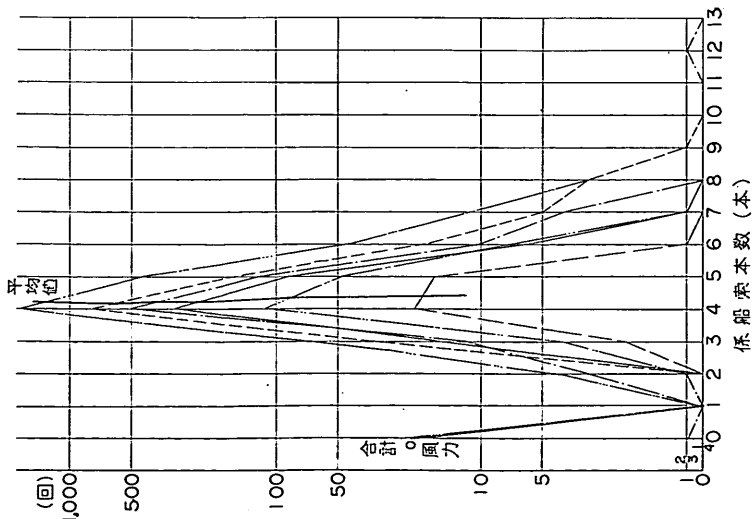
附図 2.8(h) 総トン数別、船首船尾別、風力別、
索使用本数別回数

No. 5 船首 9,000 ~ 12,000 総トン
ホーサ+ワイヤ



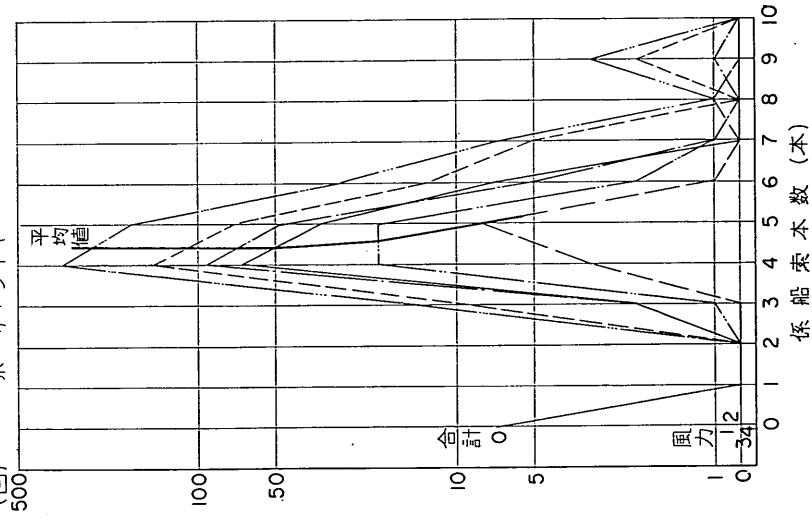
附図 2.8(i) 総トン数別、船首船尾別、風力別、
索使用本数別回数

No.5 船尾 9,000 ~ 12,000 総トン
ホーサ+ワイヤ



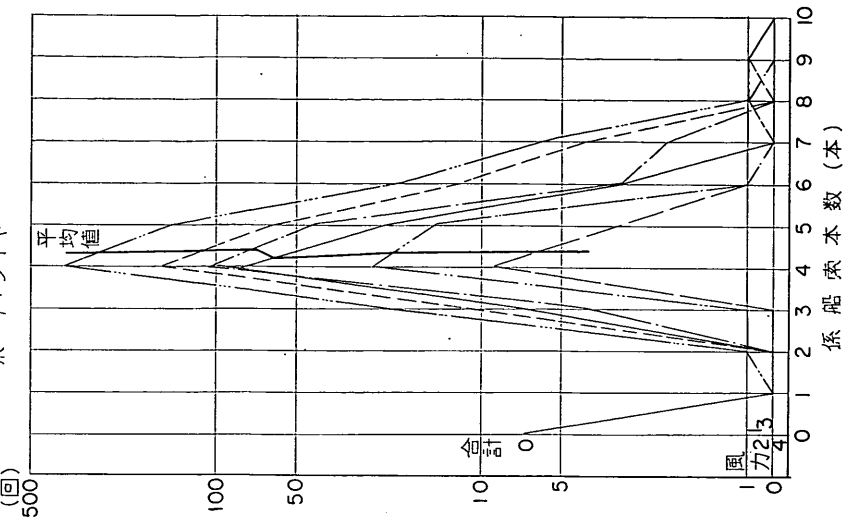
附図 2.8(j) 総トン数別、船首船尾別、風力別、
索使用本数別回数

No.6 船首 12,000 ~ 15,000 総トン
ホーサ+ワイヤ



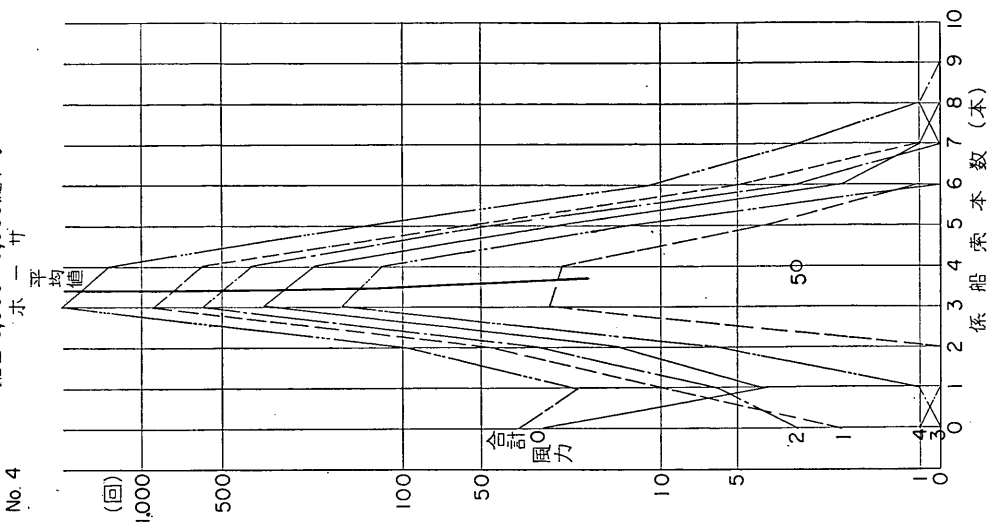
附図 2.8(k) 総トン数別、船首船尾別、風力別、
索使用本数別回数

No.6 船尾 12,000 ~ 15,000 総トン
ホーサ+ワイヤ



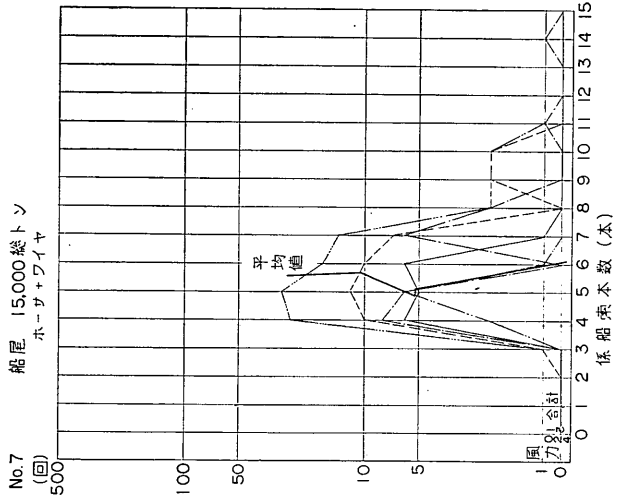
附図 2.8(l) 総トン数別、船首船尾別、風力別、
索使用本数別回数

No. 4 船首 6,000~9,000総トン
平均



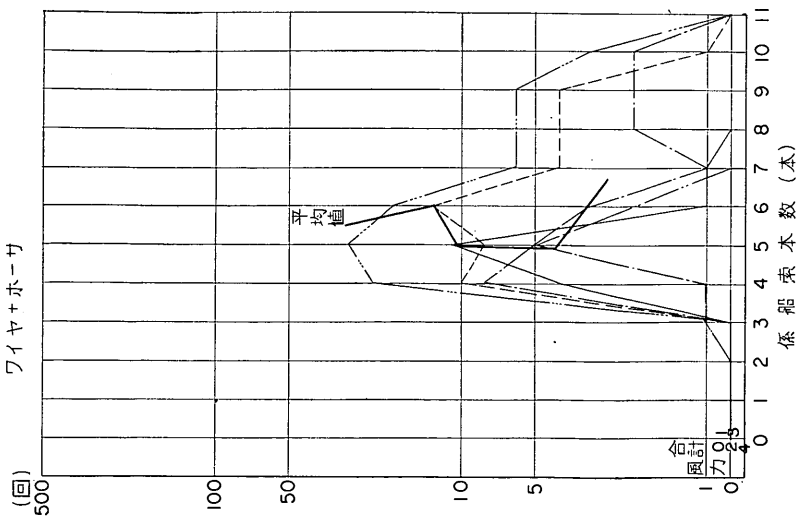
附図 2.9(a) 総トン数別、船首船尾別、風力別、
索の種類別、索使用本数別回数

No.7 船尾 15,000総トン
ホーサ+ワイヤ



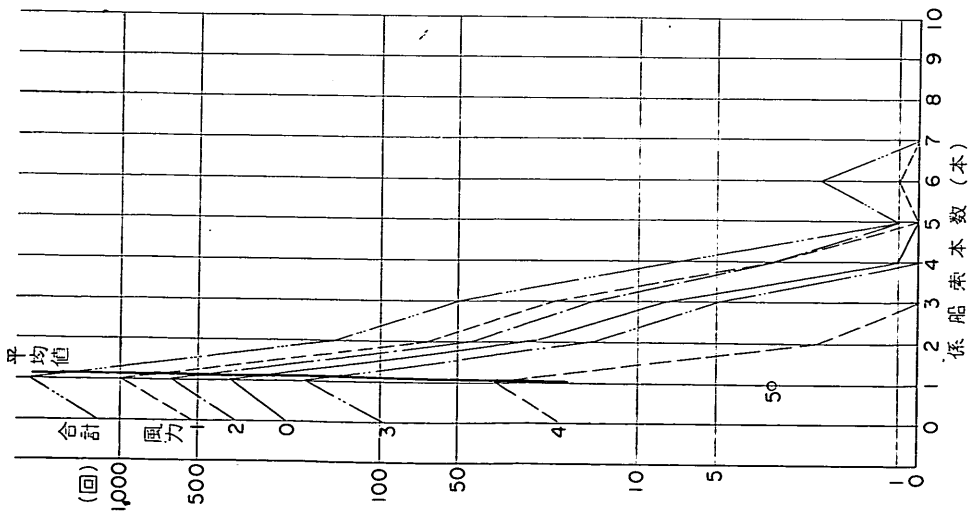
附図 2.8(m) 総トン数別、船首船尾別、風力別、
索使用本数別回数

No.7 船首 15,000総トン以上
ワイヤ+ホーサ



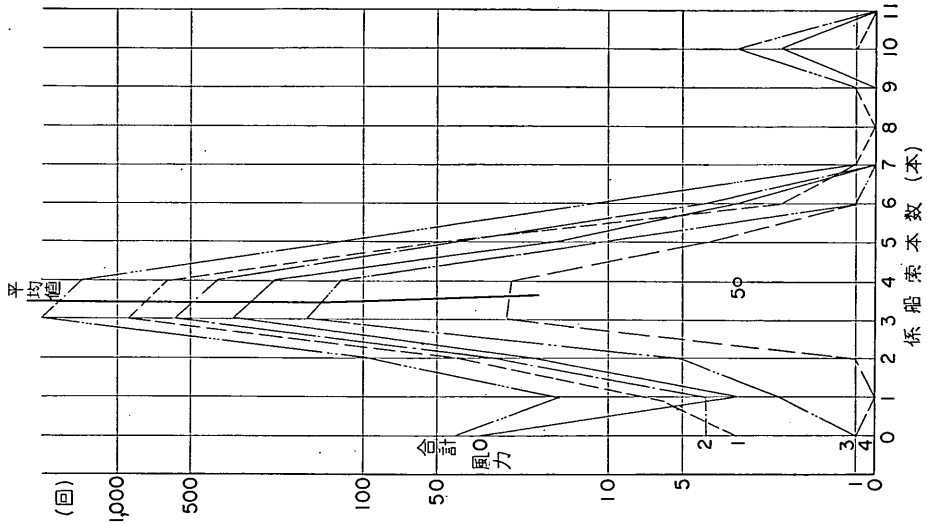
附図 2.8(n) 総トン数別、船首船尾別、風力別、
索使用本数別回数

No.4 船首 6,000~9,000 総トン
ワイヤ



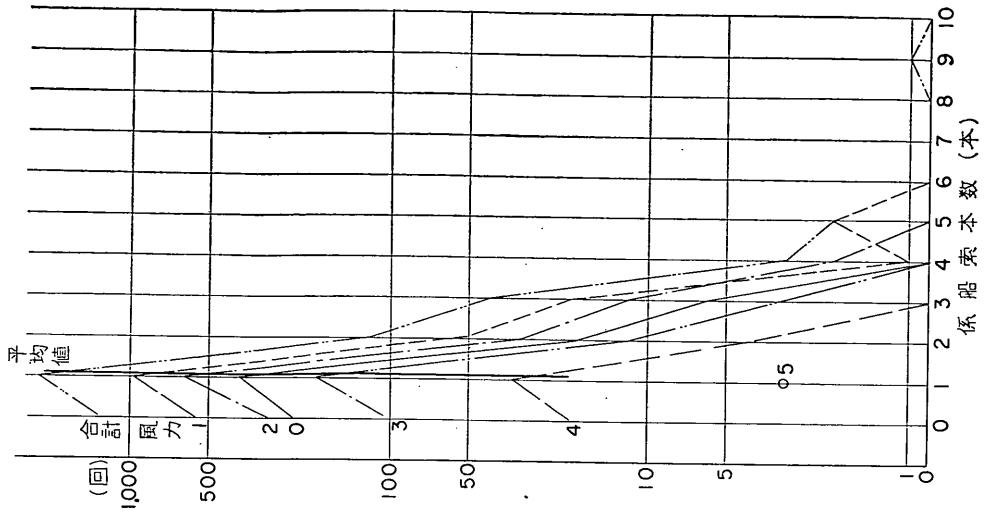
附図 2.9(b) 総トン数別, 船首船尾別, 風力別, 索の種類別, 索使用本数別回数

No.4 船尾 6,000~9,000 総トン
ホーク

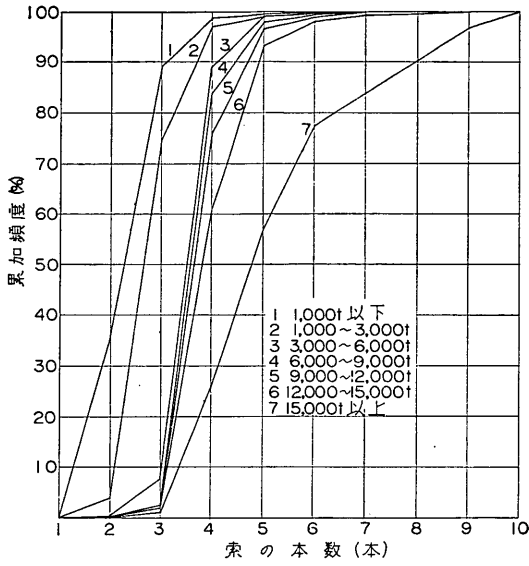


附図 2.9(c) 総トン数別, 船首船尾別, 風力別, 索の種類別, 索使用本数別回数

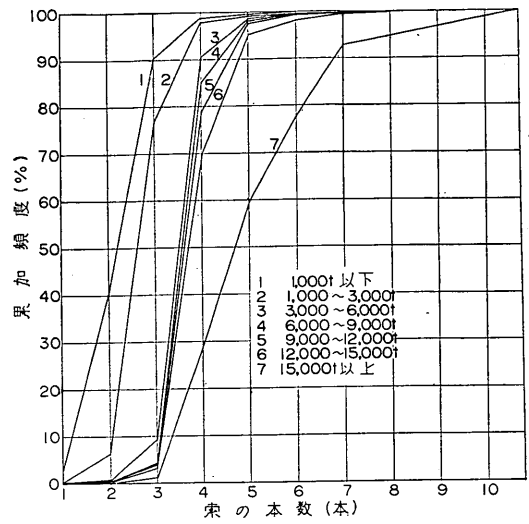
No.4 船尾 6,000~9,000 総トン
ワイヤ



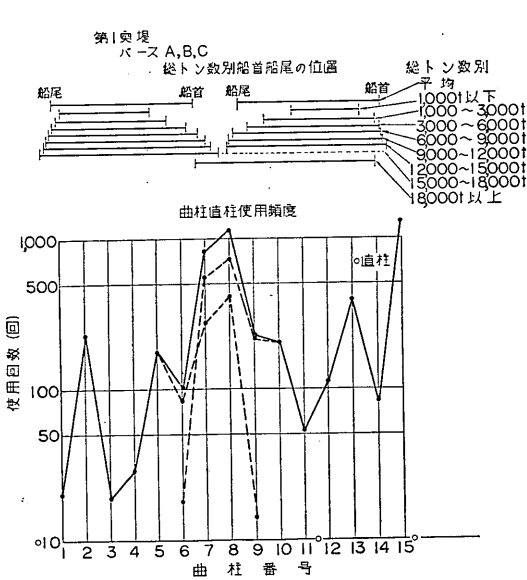
附図 2.9(d) 総トン数別, 船首船尾別, 風力別, 索の種類別, 索使用本数別回数



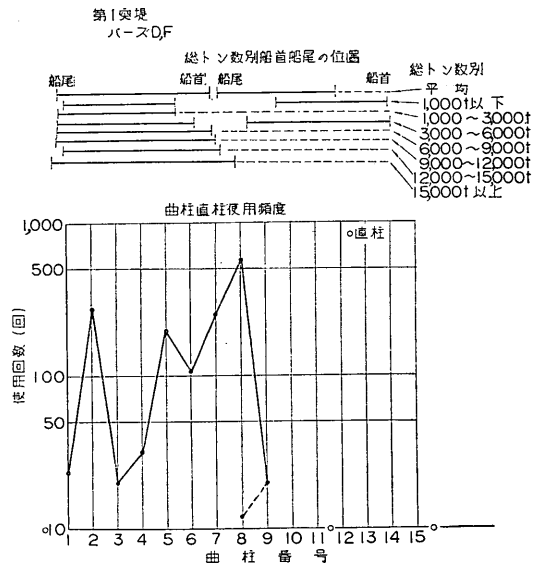
附図 2.10(a) 船首より取った索の本数累加曲線



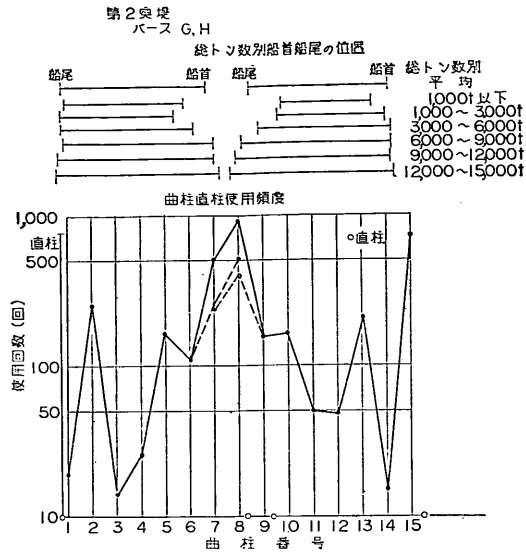
附図 2.10(b) 船尾より取った索の本数累加曲線



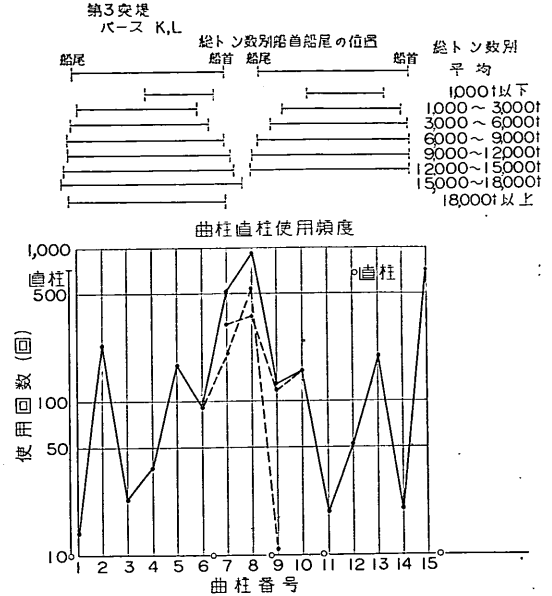
附図 2.11(a) 曲柱、直柱使用頻度および総トン数別平均船首船尾の位置 (第1突堤 A, B, Cバース)



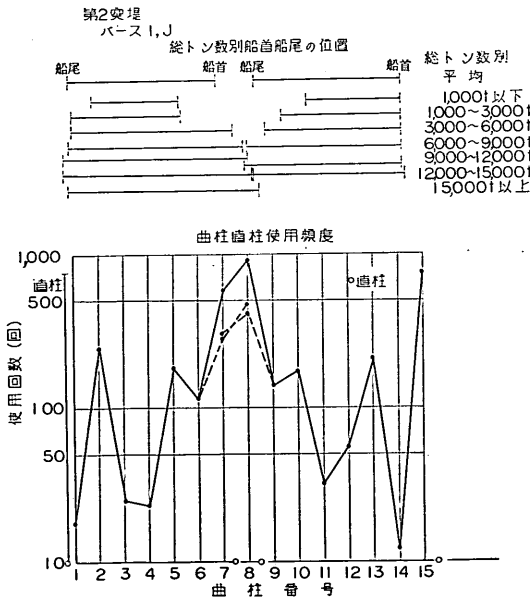
附図 2.11(b) 曲柱、直柱使用頻度および総トン数別平均船首船尾の位置 (第1突堤 D, Fバース)



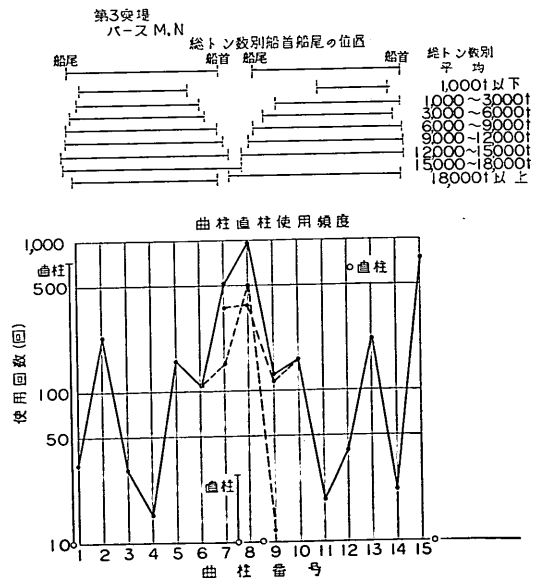
附図 2.11(c) 曲柱, 直柱使用頻度および総トン数別
平均船首船尾の位置
(第2突堤 G, H バース)



附図 2.11(e) 曲柱, 直柱使用頻度および総トン数別
平均船首船尾の位置
(第3突堤 K, L バース)

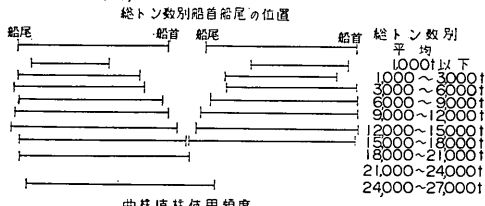


附図 2.11(d) 曲柱, 直柱使用頻度および総トン数別
平均船首船尾の位置
(第2突堤 I, J バース)

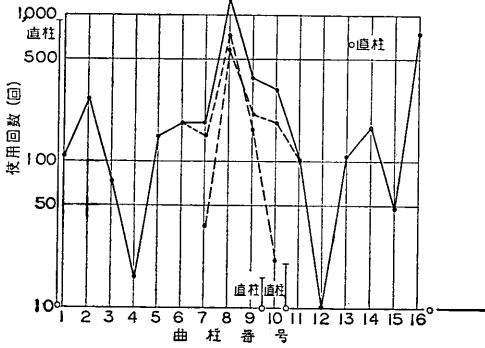


附図 2.11(f) 曲柱, 直柱使用頻度および総トン数別
平均船首船尾の位置
(第3突堤 M, N バース)

第4突堤
バース O, P

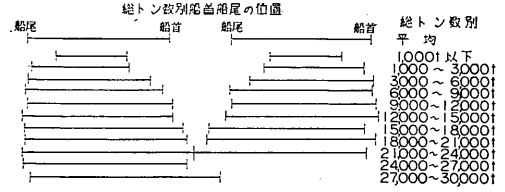


曲柱直柱使用頻度

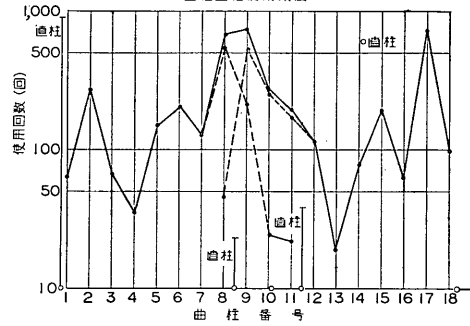


附图 2.11(g) 曲柱、直柱使用頻度および総トン数別平均船首船尾の位置
(第4突堤 O, Pバース)

第5突堤
バース S, T

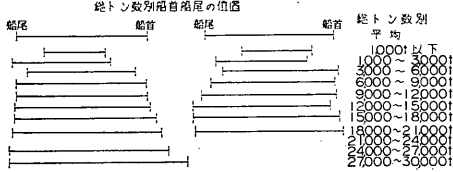


曲柱直柱使用頻度

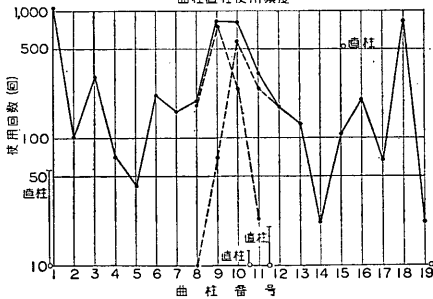


附图 2.11(i) 曲柱、直柱使用頻度および総トン数別平均船首船尾の位置
(第5突堤 S, Tバース)

第4突堤
バース Q, R

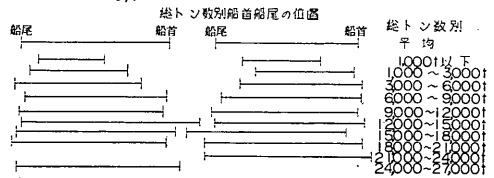


曲柱直柱使用頻度

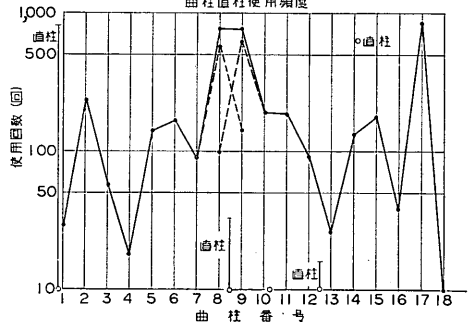


附图 2.11(h) 曲柱、直柱使用頻度および総トン数別平均船首船尾の位置
(第4突堤 Q, Rバース)

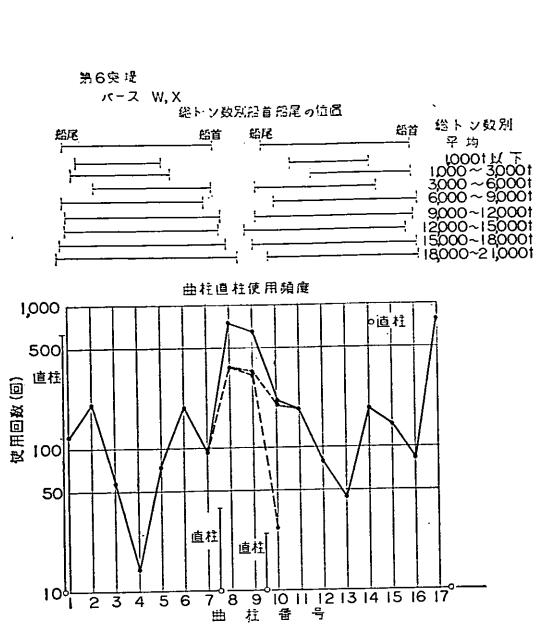
第5突堤
バース U, V



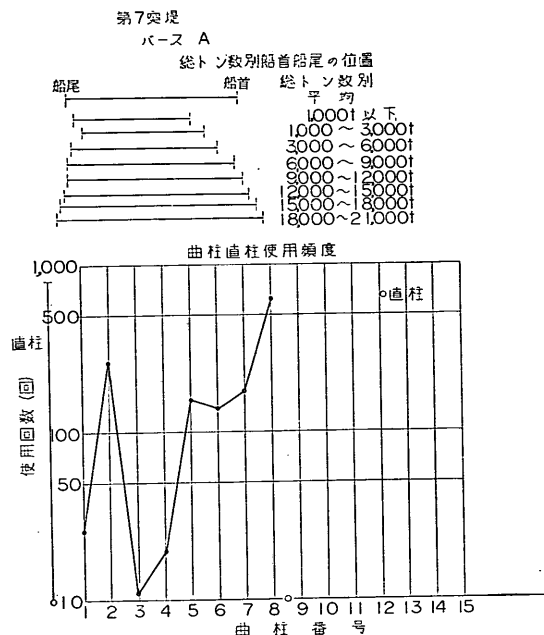
曲柱直柱使用頻度



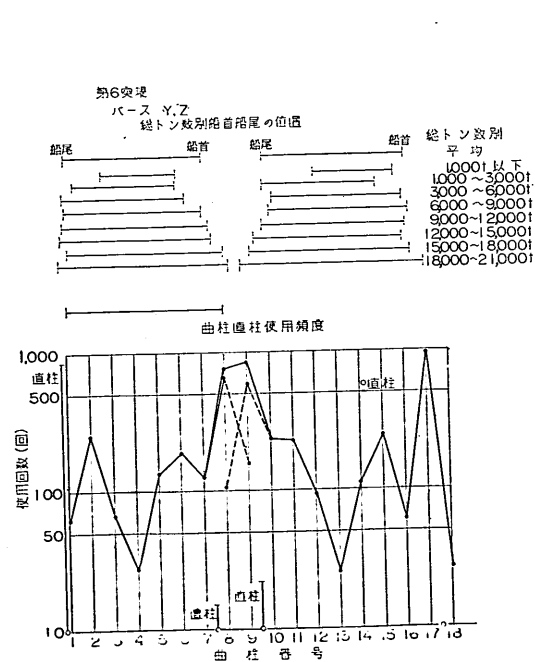
附图 2.11(j) 曲柱、直柱使用頻度および総トン数別平均船首船尾の位置
(第5突堤 U, Vバース)



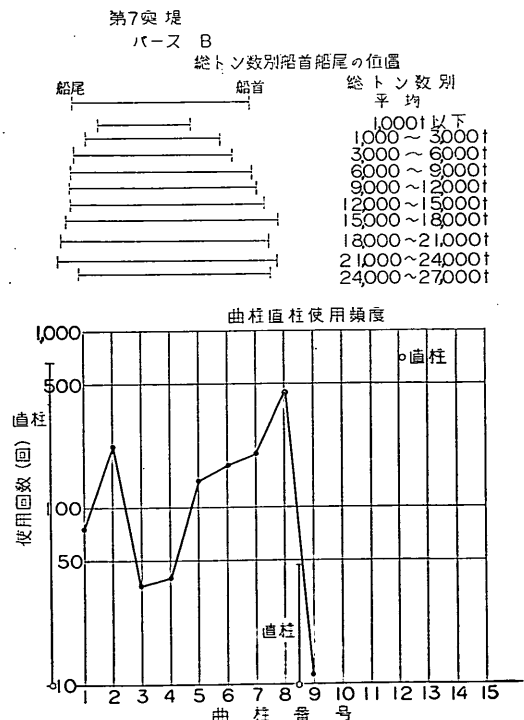
附図 2.11(k) 曲柱、直柱使用頻度および総トン数別平均船首船尾の位置 (第6突堤 W, Xバース)



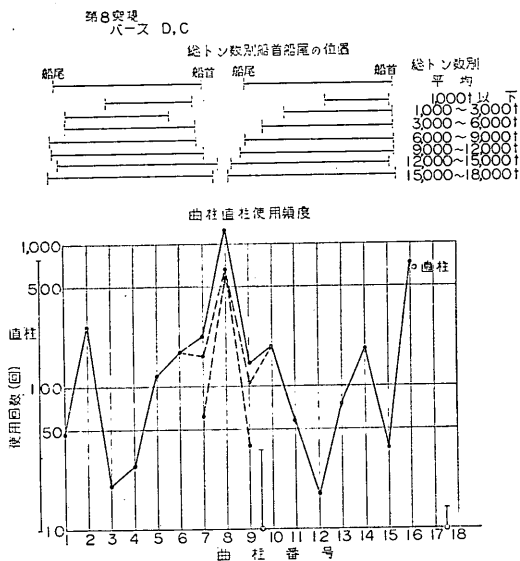
附図 2.11(m) 曲柱、直柱使用頻度および総トン数別平均船首船尾の位置 (第7突堤 Aバース)



附図 2.11(l) 曲柱、直柱使用頻度および総トン数別平均船首船尾の位置 (第6突堤 Y, Zバース)



附図 2.11(n) 曲柱、直柱使用頻度および総トン数別平均船首船尾の位置 (第7突堤 Bバース)



附図 2.11(オ) 曲柱、直柱使用頻度および総トン数別平均船首船尾の位置 (第8突堤 C, D パース)

からは、ほぼ同数の索を出しており、附図 2.10 に示されることく 3,000総トン以下では船首および船尾からそれぞれ2本~3本、3,000総トン~15,000総トンでは3本~4本、これを越える船ではすなわち15,000総トンを越えると4本~8本の索を用いている。なおここで 3,000総トンから15,000総トンまではほとんど索の本数が変わらないのは各船がそれぞれの船の大きさに応じた太さの索を持っているからと言える。

一方、けい留索のホーサ(マニラロープ、またはナイロン等の合成繊維索を用いた索)とワイヤロープのそれぞれの本数を調査すると附図 2.9 に例を示すように船首、船尾ともそれぞれ、全然用いていないか、1本~2本のワイヤロープを用いている。なおこれらのワイヤロープはほとんどの場合スプリングラインとして用いられている。

2.5 曲柱、直柱の使用頻度およびけい船柱1本にかけられる索の本数について

附図 2.11 に各パースの総トン数別の船首、船尾の位置の平均、および曲柱、直柱の使用頻度の解析結果を示す。なおこの使用回数の算出にあたっては同時に同じ曲柱に n 本の索がかけられた場合、累積して使用回数を算出した。また点線は隣接パースからの使用回数を示す。これによるとよく使用されている曲柱とほとんど使用されていない曲柱の差は非常に大きく、この解析結果だけでも

現在のように一律に、等間隔に等強度の曲柱を設置することは問題があるように思われる。

一方、直柱はさらにその使用頻度の差は大きく、全く用いられていない直柱も多くある。なおよく用いられている直柱は神戸港新港ふ頭の場合、突堤先端の直柱のみである。この直柱が多く用いられている理由は、突堤先端においては船尾より曲柱にスターンラインを取ろうとしても突堤が短かく曲柱がないため直柱にプレストラインを取ったためである。なおこの場合、直柱に索を取っても突堤先端のため、あまり荷役作業のための交通車の障害とならないことも、この直柱がよく利用されている原因である。このように、神戸港新港ふ頭においてはパース中間および突堤取付部の直柱はほとんど使用されていない、ただ交通の障害となっているといっても過言ではない。それ故、直柱の設置にあたっては、その配置について再考しなければならない点があると思われる。

附図 2.12 に1船から1本の曲柱および直柱に同時にかけられた索の本数についての解析結果を示す。

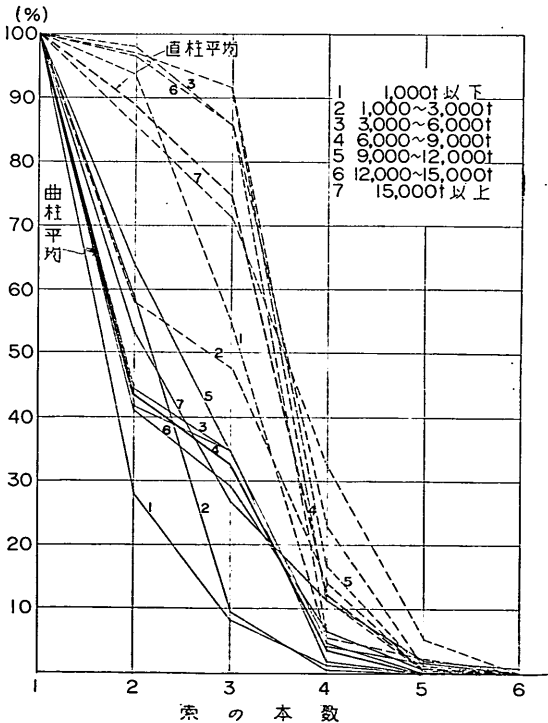
これによると、1本の曲柱には 3,000総トン以下では同時に1本~2本のけい留索がかけられることが多く、3,000総トン以上では同時に1本~3本のけい留索がかけられることが多い。なお時折、3,000総トン以下でも3本、3,000総トン以上では同時に4本の索が1本の曲柱にかけられることもある。なお直柱については同時に2本~4本のけい留索がかけられることが多い。

以上は1船について1本の曲柱および直柱にかけられた索の本数であるが、連続パースの場合、パース中間の曲柱には1本の曲柱に2船から索がかけられる場合がある。これを解析したものを附図 2.13 に示す。この解析にあたっての頻度累積時刻は、対象パースに船舶が接岸あるいは離岸した時刻である。すなわち、調査対象曲柱に索をかけたり、はずしたりした時点であり、その時点において1本の曲柱にかけられている索の本数を調査し、その本数別に頻度を累積したものである。この解析結果によると、多数の索のかけられている曲柱と1本ぐらしかかけられることのない曲柱の区別が非常にはっきりしている。すなわち、パース中間の曲柱はスプリングラインしかかけられないので、ほとんどの場合、同時に1本の索しかかけられることはなく、パース前端、後端の曲柱はパウラインまたはスターンラインをかけるため、同時に3本のけい留索がかけられることが多い。さらに連続パースの中間部の曲柱は2船よりパウラインおよびスターンラインの索が交差してかけられるため、1本の曲柱に同時にかけられる索の本数は非常に多くなり、6本

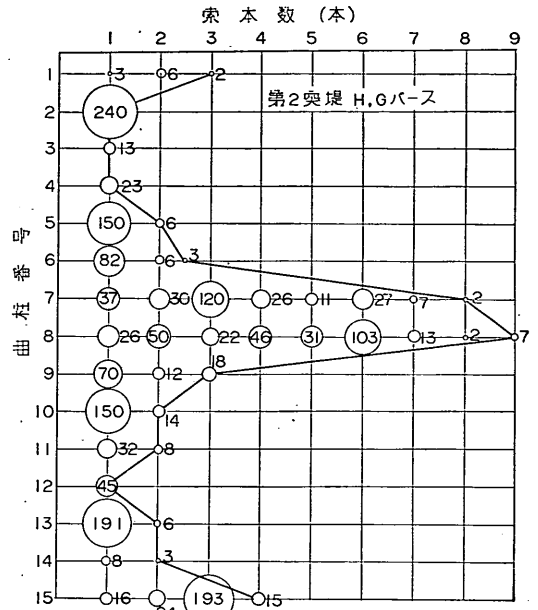
かけられることも多く、さらに多くの8本もの索が同時にかけられることがある。このように曲柱の設置位置により同時にかけられる索の本数は非常に異なり、また利用頻度も非常に異なるので、現在のように同一曲柱を等間隔に設置するのは再考の余地があると思われる。

2.6 けい留索の岸壁法線となす角度について

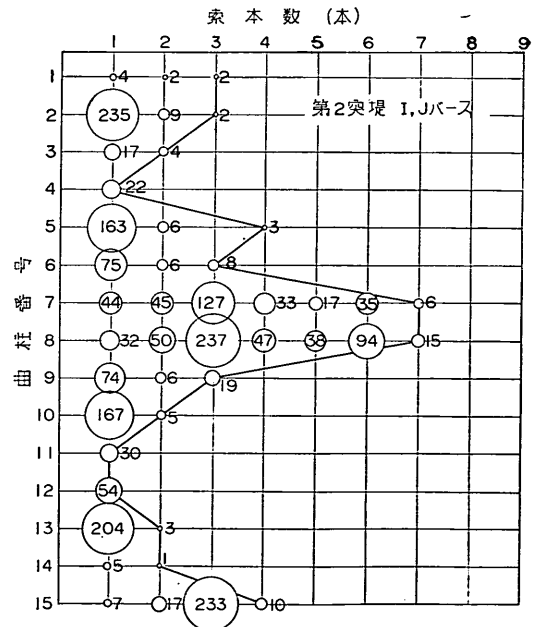
船首および船尾の位置とけい留索をかけた曲柱の位置を各船ごとに解析し総トン数別に集計したものの1例として、6,000総トン～8,000総トン および 8,000総トン～10,000総トンのものを附図2.14に示す。曲柱は神戸港新港ふ頭の場合、約24mごとに設置されており、索をかけるようとする場所に曲柱がない場合、その前後の曲柱に索をかけなければならないので、多少のばらつきはあるが、バウラインまたはスターンラインおよびスプリングラインのかけられる範囲が、ほぼわかる。これによりバウライン、スターンラインおよびスプリングラインのかけられた位置の平均値を出し各けい留索の岸壁法線となす角を求めると附図2.15のようになる。これによると、10,000総トン以下ではスターンラインおよびバウラインの岸壁法線となす角度は約25°～30°、10,000総トン以上では、35°～40°になっている。



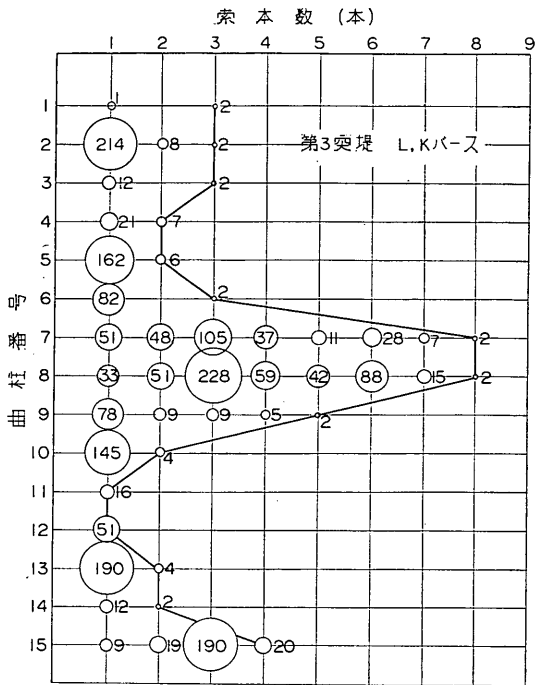
附図 2.12 1船から1本のけい船柱にかけられた索の本数



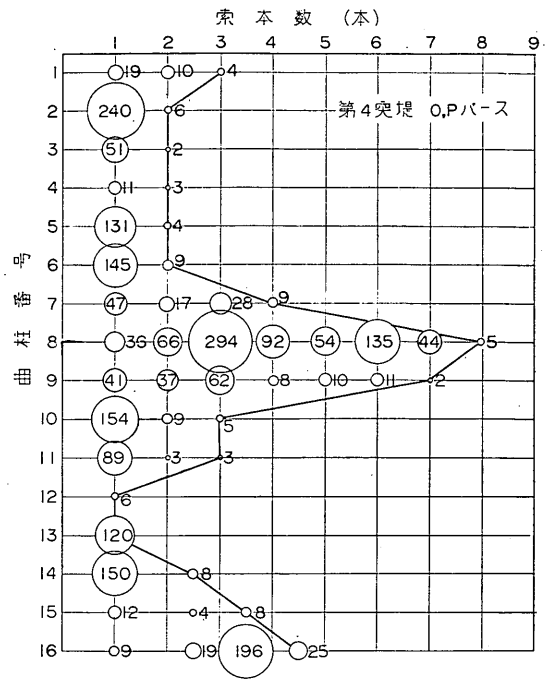
附図2.13(a) 同時にかけられた索の本数別曲柱利用頻度 (第2突堤 H, G パース)



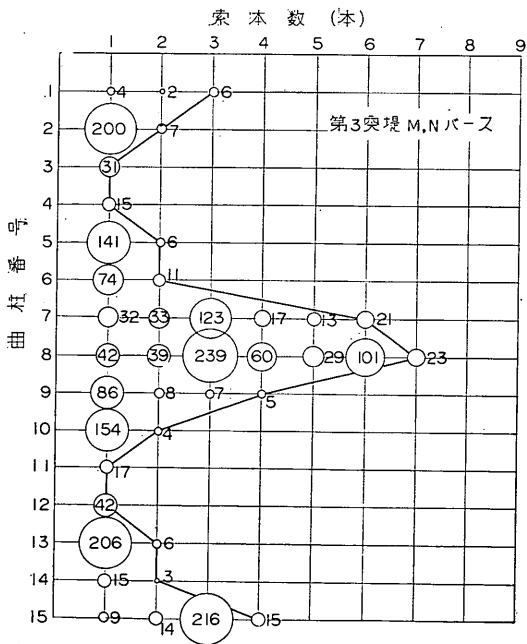
附図2.13(b) 同時にかけられた索の本数別曲柱利用頻度 (第2突堤 I, J パース)



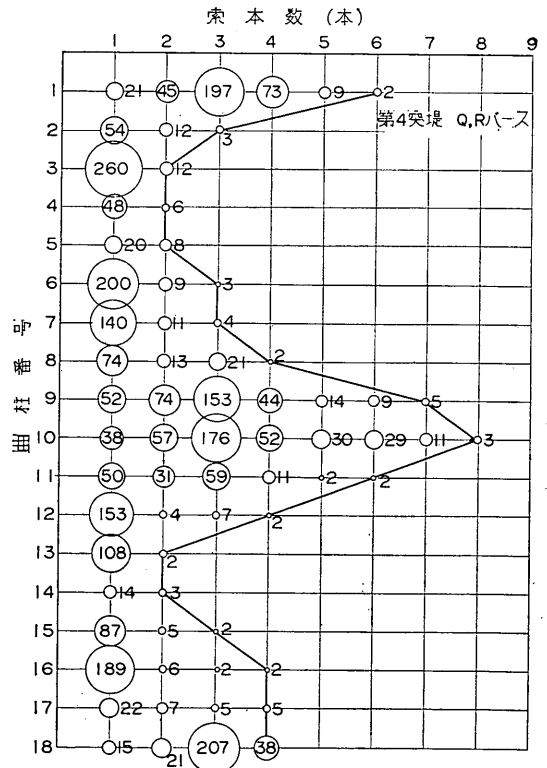
附図2.13(c) 同時にかけられた索の本数別曲柱利用頻度 (第3突堤 L, K バース)



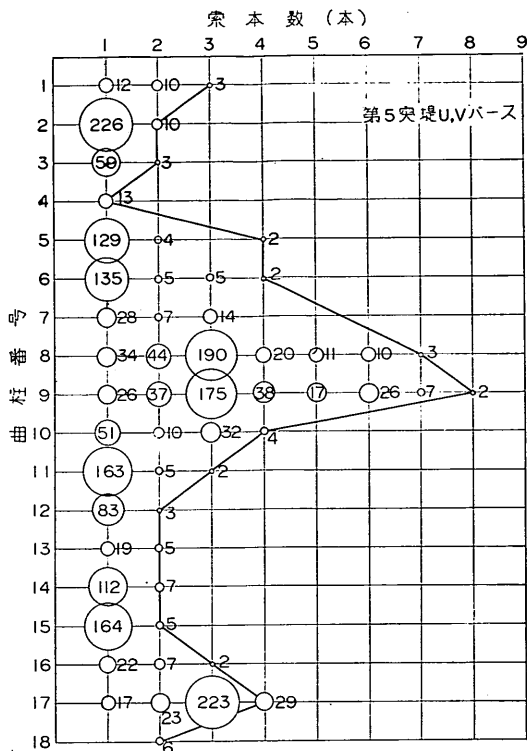
附図2.13(e) 同時にかけられた索の本数別曲柱利用頻度 (第4突堤 O, P バース)



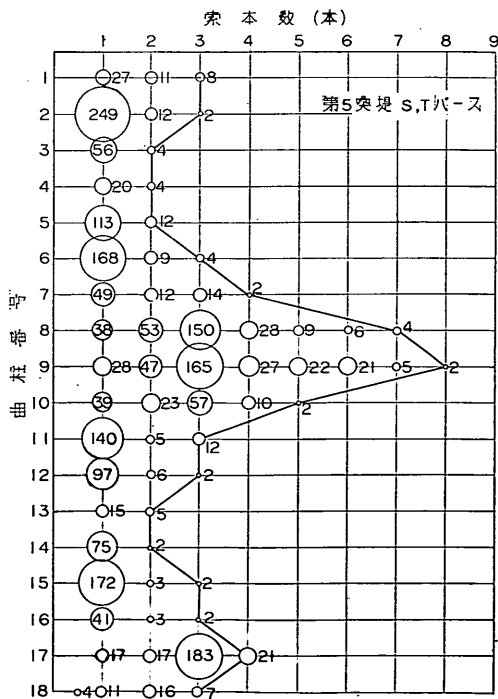
附図2.13(d) 同時にかけられた索の本数別曲柱利用頻度 (第3突堤 M, N バース)



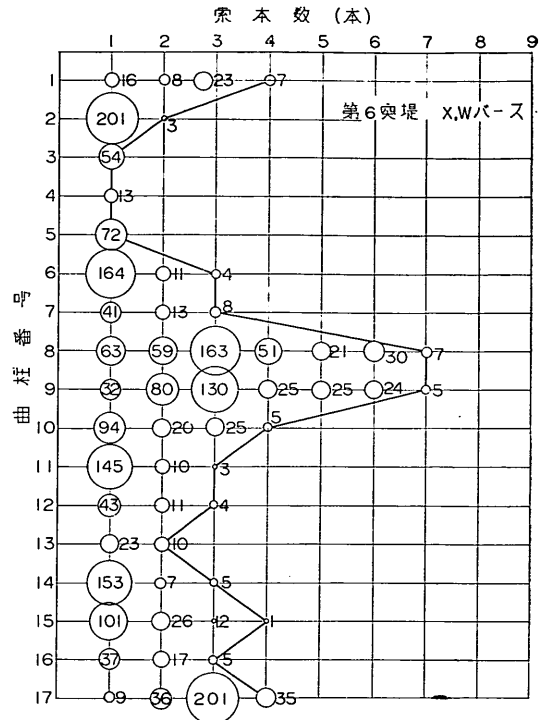
附図2.13(f) 同時にかけられた索の本数別曲柱利用頻度 (第4突堤 Q, R バース)



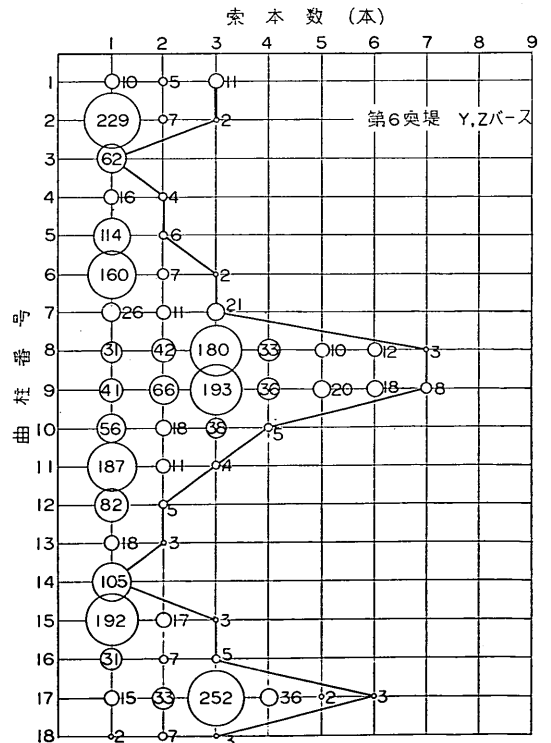
附図2.13(e) 同時にかけられた索の本数別曲柱利用頻度 (第5突堤 S, Tバース)



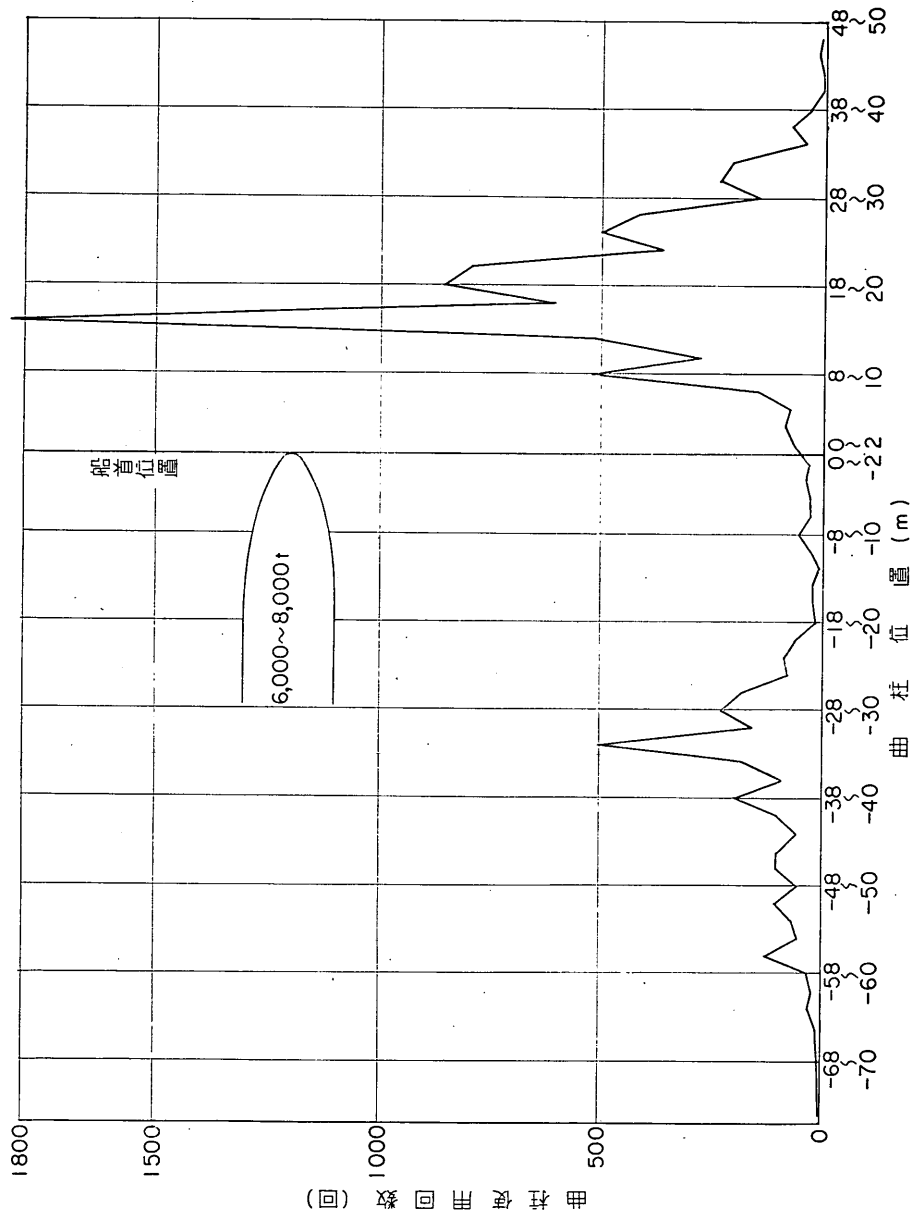
附図2.13(b) 同時にかけられた索の本数別曲柱利用頻度 (第5突堤 U, Vバース)



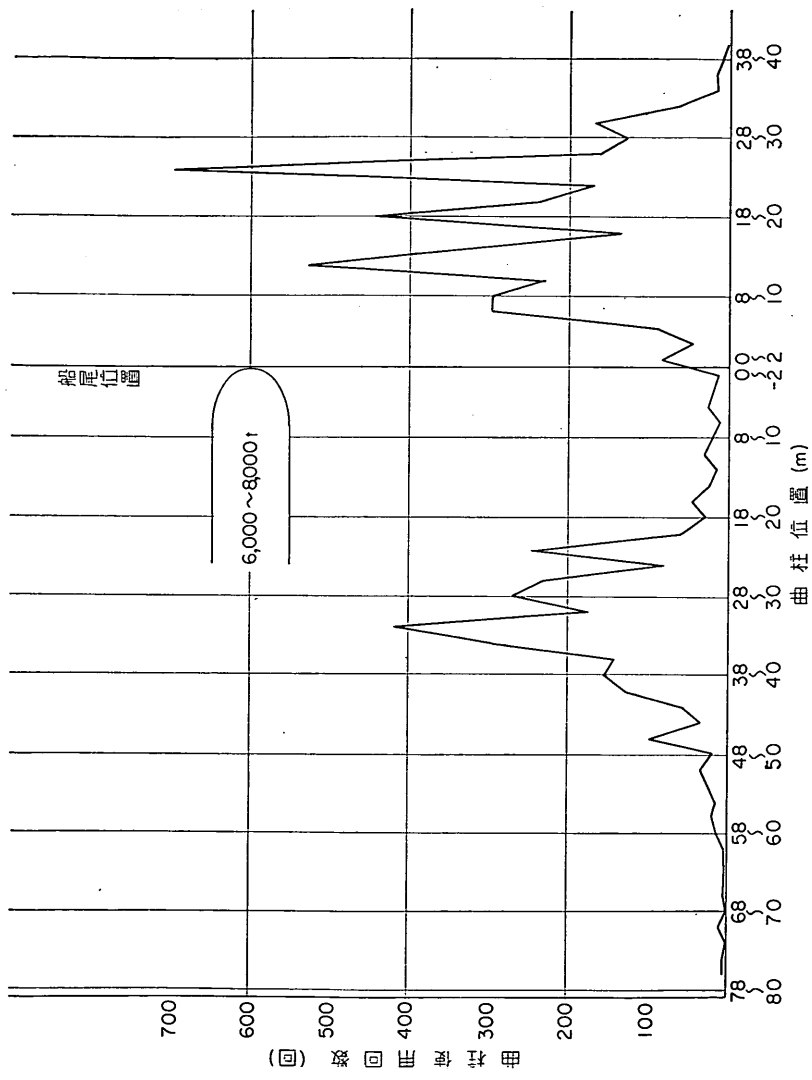
附図2.13(i) 同時にかけられた索の本数別曲柱利用頻度 (第6突堤 X, Wバース)



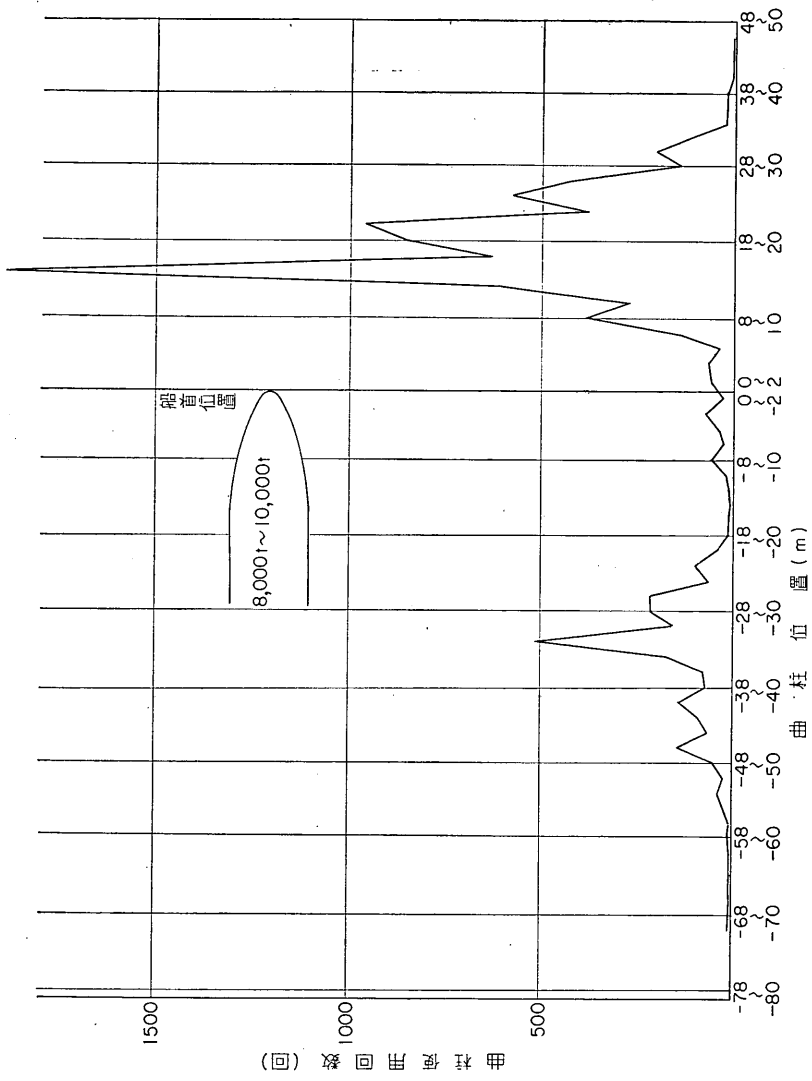
附図2.13(j) 同時にかけられた索の本数別曲柱利用頻度 (第6突堤 Y, Zバース)



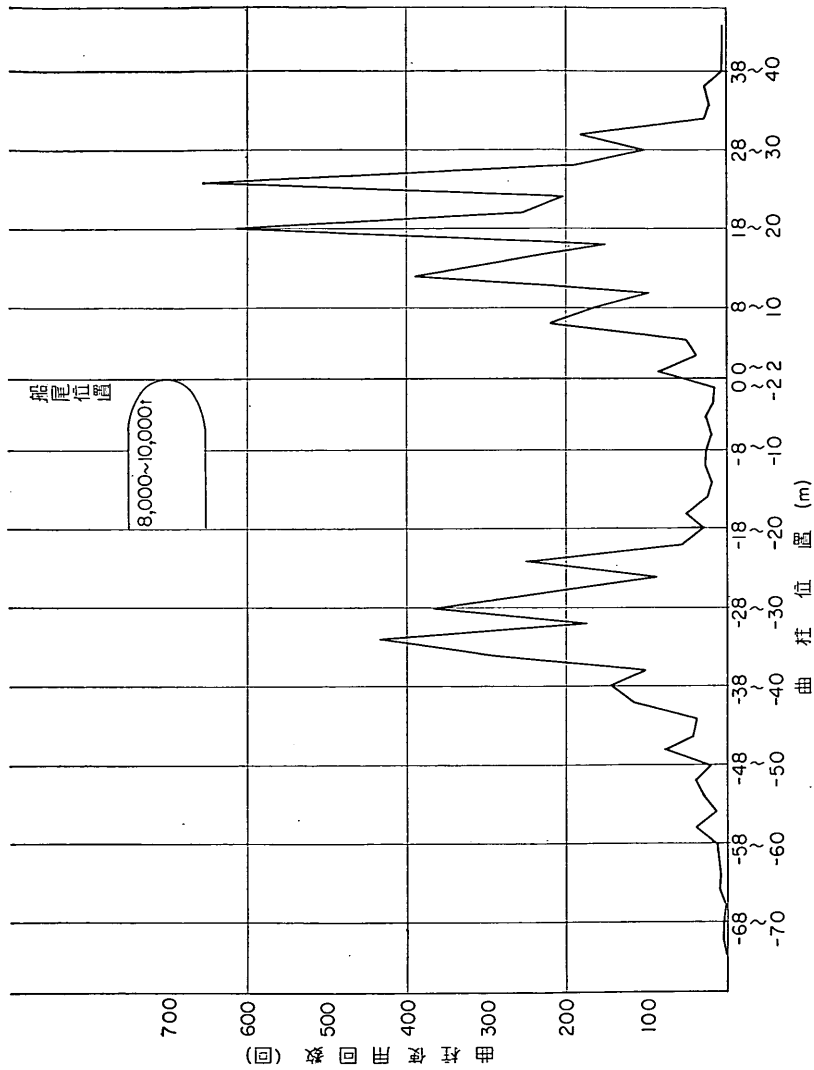
附図 2.14(a) 船首位置と船首索のかけられた曲柱との距離 (6,000~8,000総トン)



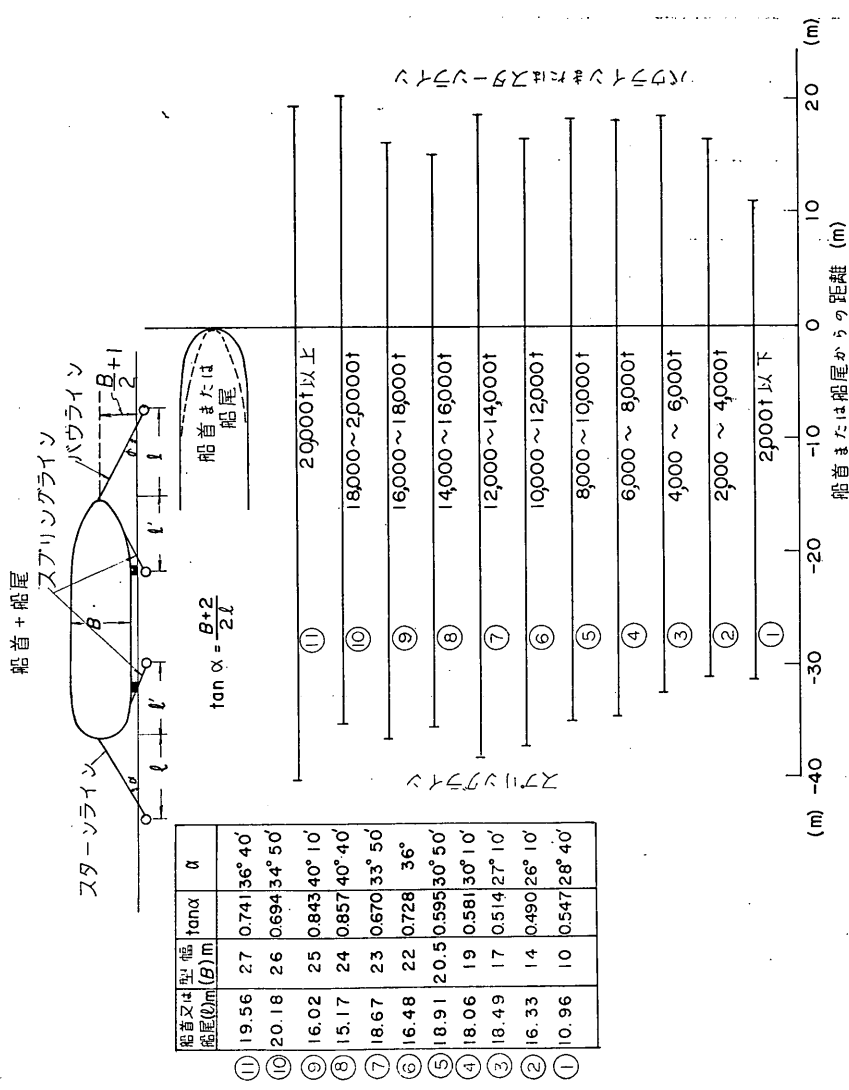
附図 2.14(b) 船尾位置と船尾索のかげられた曲柱との距離 (6,000~8,000総トン)



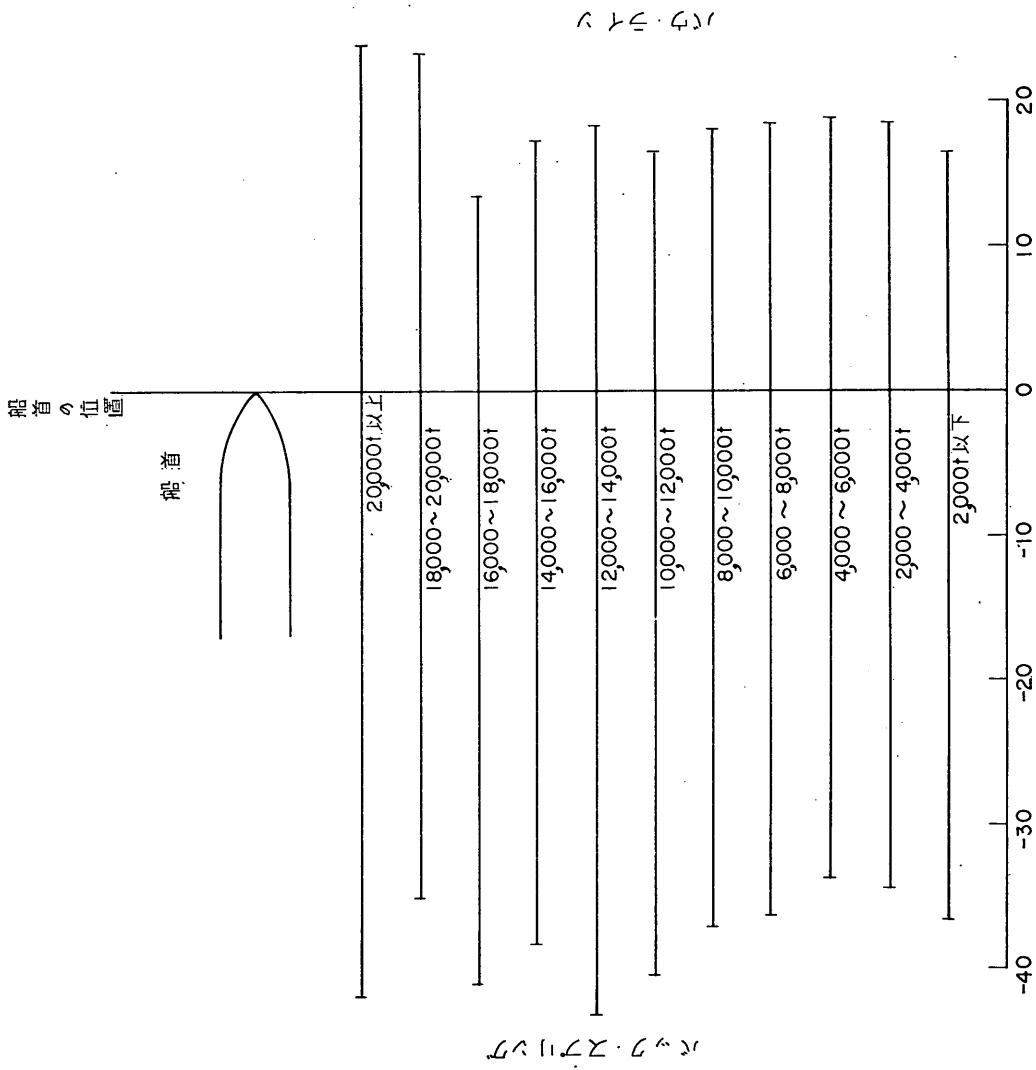
附図 2.14(c) 船首位置と船首索のかけられた曲柱との距離 (8,000~10,000総トン)



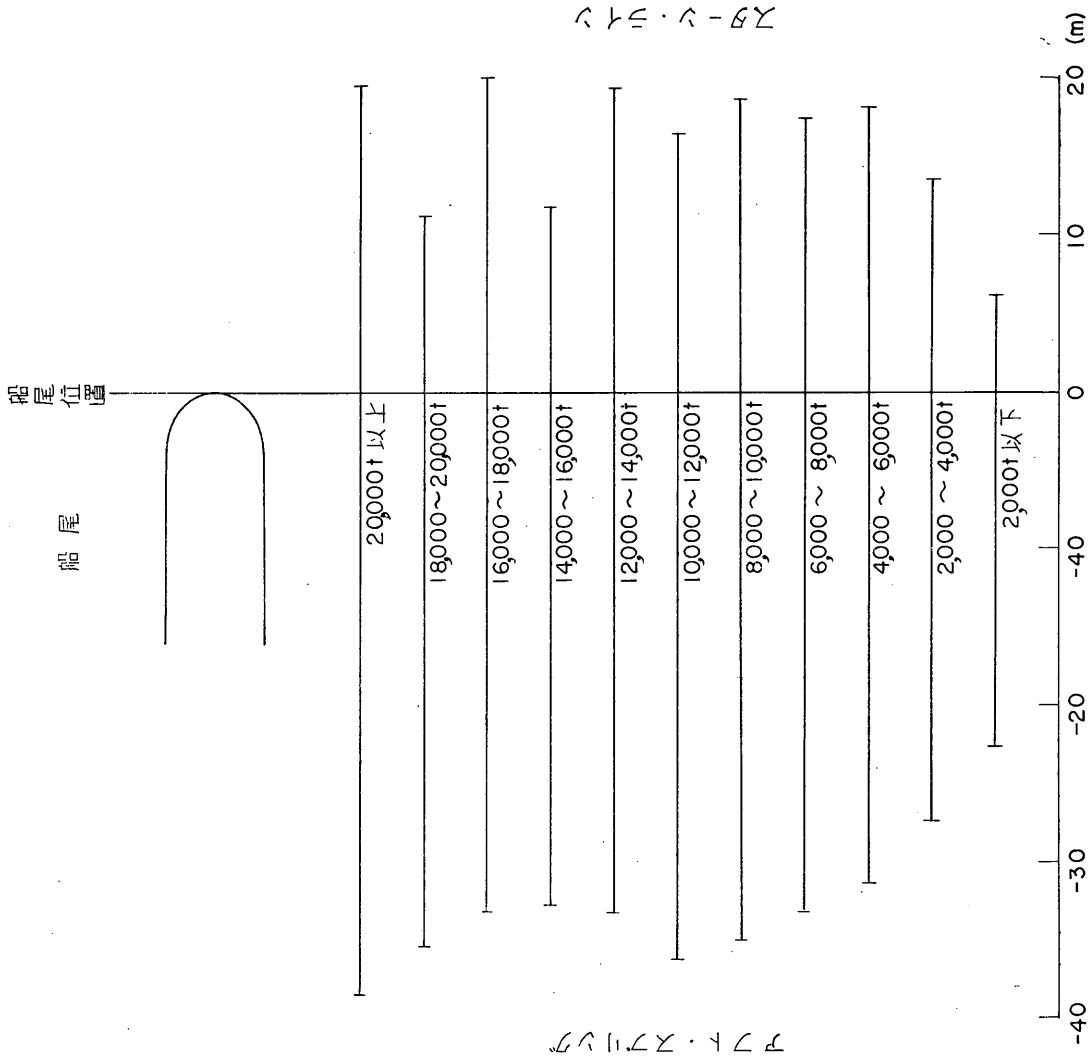
附図 2.14(d) 船尾位置と船尾索のかけられた曲柱との距離 (8,000~10,000総トン)



附図 2.15(a) 船首または船尾からの索をかけた曲柱までの平均距離



附図 2.15(b) 船首から索をかけた曲柱までの平均距離



附録 3. 船舶諸元の相互関係

現在設計基準課において、日本の貨物船、鉱石船、タンカーおよびコンテナ船の各諸元のうち、港湾施設の計画および設計上必要となる諸元の相互関係を調べるため、各船舶の諸元を日本船舶明細書（昭和43年度版）および各造船会社に対するアンケートにより求め回帰分析を行っている。

このデータを利用し、この資料に必要な船舶の総トン数と他の各諸元の相関式および相関係数を算出した。この結果を附表 3.1 に示す。

注) データのサンプルリング方法および相互関係を表示する関数の考察および計算方法については港湾技研資料 No. 101 船舶諸元の相互関係参照

附表 3.1 船舶諸元と総トン数 G. T の関係

船の種類 諸元		貨物			鉱石			タンカー		
		係数		相関係数	係数		相関係数	係数		相関係数
		A	B		A	B		A	B	
満載排水量 (D. T)	トン	0.571	0.729	0.995	0.432	0.969	0.999	0.405	0.980	0.999
重量トン数 (D. W)	トン	0.423	0.930	0.987	0.142	1.014	0.999	0.153	1.016	0.999
全長 (L)	m	0.763	0.357	0.992	0.828	0.336	0.996	0.820	0.338	0.996
登録長 (L _r)	m	0.702	0.367	0.993	0.762	0.347	0.997	0.752	0.350	0.997
垂線間長 (L _{pp})	m	0.669	0.366	0.992	0.764	0.345	0.996	0.754	0.348	0.996
型幅 (B)	m	0.126	0.296	0.982	0.016	0.328	0.995	0.003	0.333	0.997
型深 (D)	m	-0.436	0.380	0.985	-0.269	0.332	0.995	-0.314	0.341	0.997
満載きっ水 (d _f)	m	-0.231	0.296	0.867	-0.114	0.261	0.992	-0.139	0.270	0.943
軽荷きっ水 (d _i)	m	-0.586	0.264	0.786	-0.083	0.112	0.363	-0.181	0.137	0.689
ぎ装数 (E _n)		0.979	0.678	0.992	1.039	0.658	0.997	1.106	0.637	0.969
軽荷排水量 (L. T)	トン	-0.004	0.937	0.974	0.415	0.813	0.926	0.345	0.828	0.971
満載時浸水面積 (A _{f浸})	m ²	1.066	0.641	0.935	0.980	0.666	0.996	1.004	0.664	0.998
軽荷時浸水面積 (A _{i浸})	m ²	0.813	0.646	0.932	0.738	0.670	0.986	0.884	0.637	0.970
満載時水面上側面投影面積 (A _{f上側})	m ²	0.354	0.669	0.931	0.712	0.560	0.954	0.579	0.581	0.988
軽荷時水面上側面投影面積 (A _{i上側})	m ²	0.656	0.658	0.974	0.823	0.606	0.971	0.696	0.633	0.989
満載時水面上正面投影面積 (A _{f上正})	m ²	0.132	0.588	0.863	0.484	0.492	0.824	0.186	0.547	0.974
軽荷時水面上正面投影面積 (A _{i上正})	m ²	0.298	0.582	0.907	0.433	0.543	0.953	0.156	0.603	0.964
満載時水面下側面投影面積 (A _{f下側})	m ²	0.644	0.612	0.855	0.528	0.629	0.893	0.582	0.626	0.997
軽荷時水面下側面投影面積 (A _{i下側})	m ²	0.026	0.649	0.912	0.617	0.466	0.795	0.623	0.466	0.954
満載時水面下正面投影面積 (A _{f下正})	m ²	-0.093	0.588	0.931	-0.114	0.592	0.992	-0.121	0.600	0.976
軽荷時水面下正面投影面積 (A _{i下側})	m ²	-0.562	0.580	0.919	-0.021	0.419	0.780	-0.220	0.468	0.957

(注) 各係数 A, B は各船舶諸元 (X) と総トン数 (G. T) の関係を $\log X = A + B \log G. T$ とした時の係数である。

附録 4. けい船柱載荷実験

けい船柱の標準設計にあたって、その各部の応力計算法に不明な点が多数生じた。そこでけい船柱の載荷実験結果により理論式の適用の可否の検討、さらに設計式の誘導を試みた。

以下に供試体、実験装置、実験方法、実験結果およびこの実験により明らかとなった設計上の注意点を述べる。

なおこの実験は供試体の製作から実験施設の準備、応力測定および測定結果の整理まですべて日本鑄造株式会社で行なったものである。そしてそのデータのうち今回必要なものを取りあげて当所で標準設計のために解析したものである。

4.1 供試体

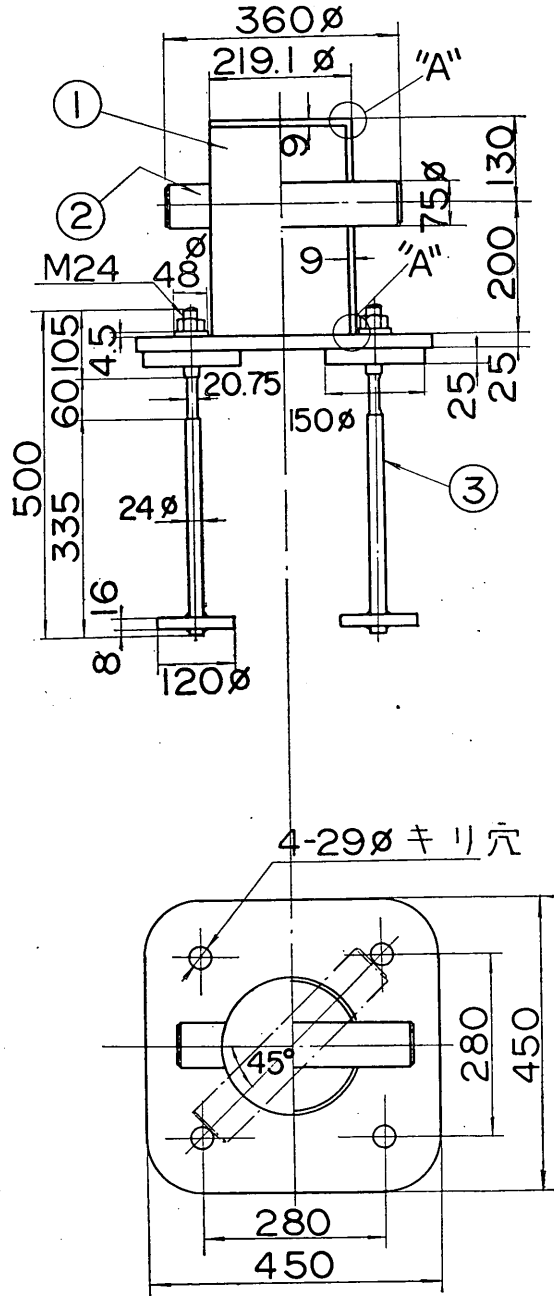
載荷実験に用いた供試体の寸法および形状は附図 4.1 に示すとおりである。つり手の位置は荷重方向を変えるため附図 4.1 に示すように 2 種類とした。

4.2 実験装置

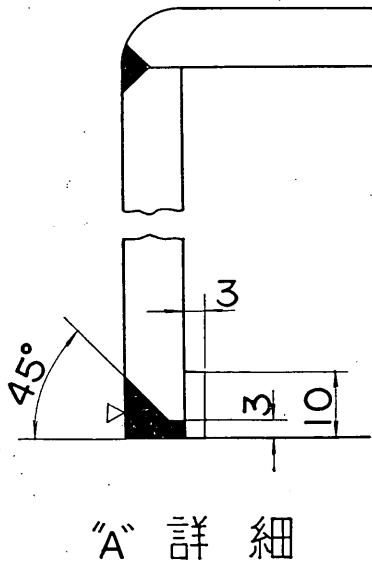
実験装置の概略は、供試体にアンカボルトを取付けて底板上面までコンクリート（28日強度 240kg/cm²）に

うめ込み、セットした。載荷装置は附図 4.2 のように側面から水平力、上方から上向きに引張力が供試体にかかるようなものを作製した。載荷は油圧ジャッキを用い、荷重の検出はロードセルを用いて行なった。

4.3 実験方法

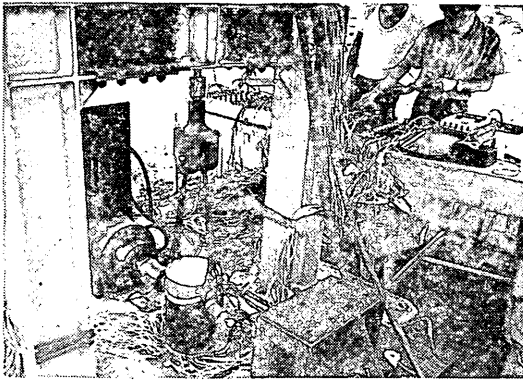


単位:mm

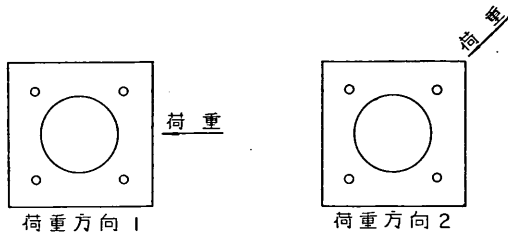


"A" 詳細

附図 4.1 けい船柱試験体詳細図



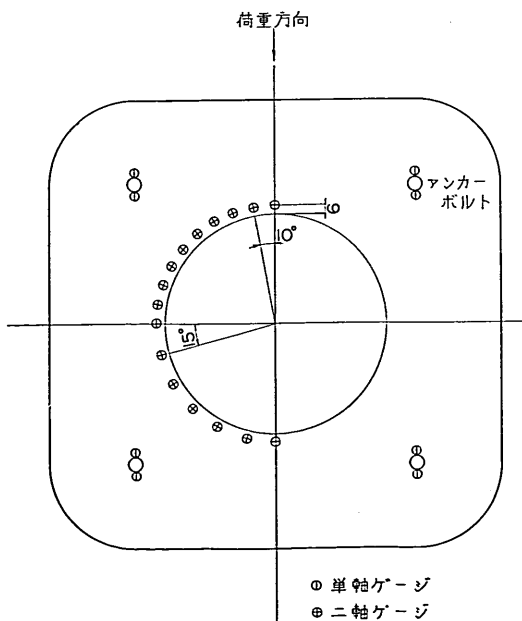
附図 4.2 荷重装置および実験状況



附図 4.3 荷重方向

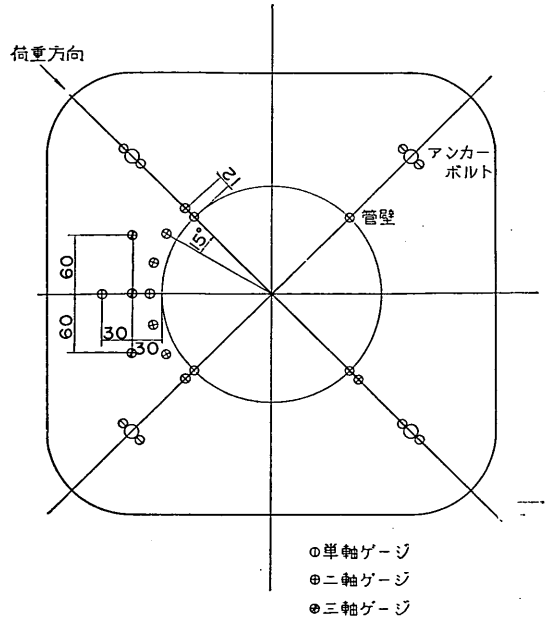
供試体に横荷重を加える方向は附図 4.3 のように 2 方向とし、横荷重と上向引張荷重の比は 2 : 1 とした。

供試体には応力分布を知るためひずみゲージをはり付けひずみを測定した。

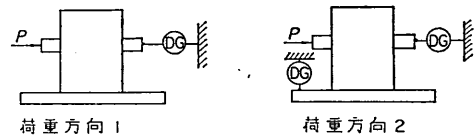


附図 4.4 ひずみゲージはり付け位置 (荷重方向 1)

ひずみゲージのはり付け位置は附図 4.4 および附図 4.5 に示す。また変形を測定するため附図 4.6 のようにダイヤルゲージをセットした。



附図 4.5 ひずみゲージはり付け位置 (荷重方向 2)



附図 4.6 ダイヤルゲージ取付け位置

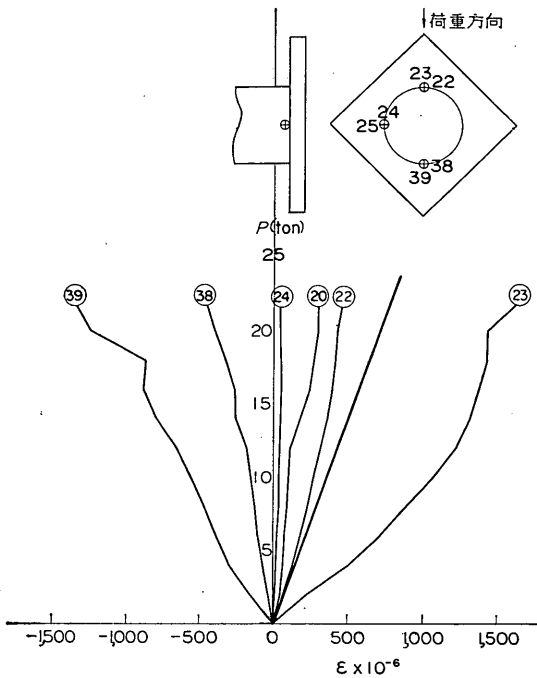
4.4 実験結果および設計上の注意

(1) 胴部管壁の応力

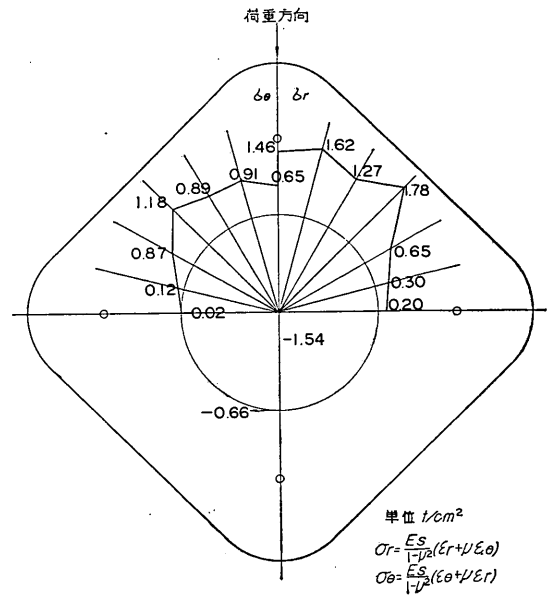
管壁の応力を底板近くの管壁表面にひずみゲージをはり、荷重方向 2 の場合について応力を測定した。その結果は附図 4.7 に示すとうりである。なお図中太線は 23 の位置の応力を片持ばりで計算した値である。この実験結果によると、底板付近の胴部曲げ応力は底板より伝達される曲げモーメントのため、片持ばりで計算した曲げ応力よりもかなり大きな応力が生じていることがわかる。それ故に船柱胴部肉厚の設計にさいしては、この底板より伝達される曲げモーメントも考慮する必要がある。

(2) 底板の応力

底板の管理附近の応力は附図 4.8、附図 4.9 に示すとうりである。なお底板の管壁近くのひずみゲージは溶



附図 4.7 荷重ひずみ曲線図 (荷重方向 2 の管壁)



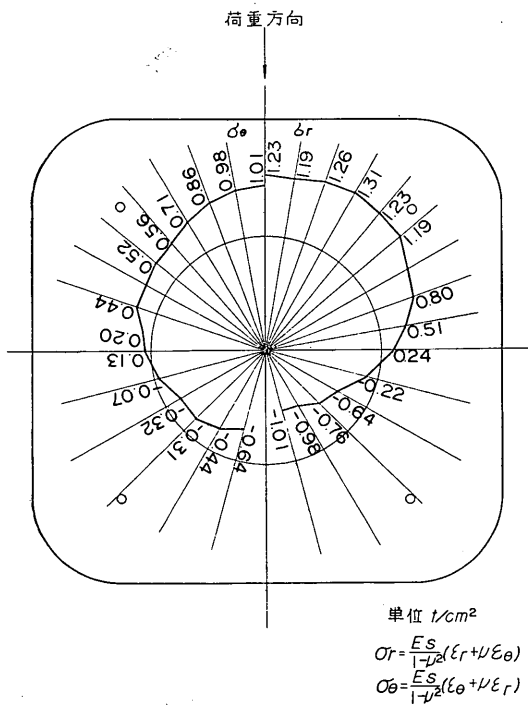
附図 4.9 荷重10トン時の応力分布 (荷重方向 2 の底板)

接部の関係で管壁より少し離れた所にはり付けたため、管壁にごく近い所では大きくなり、荷重方向 2 の場合 $1.8t/cm^2 \sim 2t/cm^2$ 程度になると考えられる。しかし、荷重方向 1 の場合も 2 の場合もその曲げ応力はかなり広い範囲にはほぼ等しい大きさで分布しており、極端な応力集中は見られない。これ故底板に関しては応力集中を考慮しなくてもよいと考えられる。

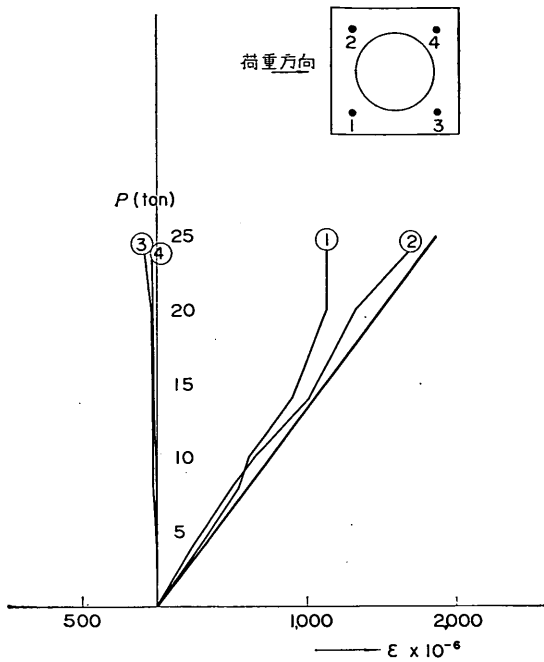
(3) アンカボルト応力

底板にかかる転倒モーメントによるアンカボルトの純引張応力、および底板に作用する水平力によりアンカボルトに働く曲げモーメントのために生じるアンカボルトの縁応力を測定するため、アンカボルトに荷重方向と平行な方向にひずみゲージ 2 枚をはり付け、荷重方向 1 および 2 の場合について応力測定を行なった。転倒モーメントによる純引張応力はアンカボルトの両面にはられたひずみゲージより得られた応力の平均値として求まる。この結果は附図 4.10 および附図 4.11 に示すとおりである。図中の太線はアンカボルトの引張応力を本文で述べたごとく偏心曲げモーメントを受けた鉄筋コンクリートばかりとして計算したものである。なおこの計算にあたってはアンカボルトとコンクリートのヤング係数比 n を 15 とした。この理論応力と実験値とを対応させてみると非常によく合致しており、アンカボルトの純引張応力の算出にはこの理論を適用するのがよいと思われる。

次に底板に作用する水平力のためアンカボルト頭部に

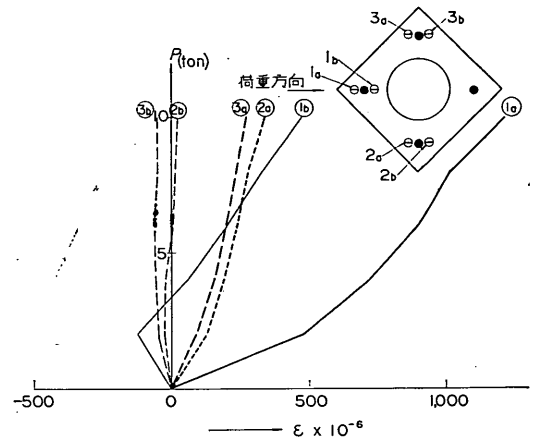


附図 4.8 荷重10トン時の応力分布 (荷重方向 1 の底板)

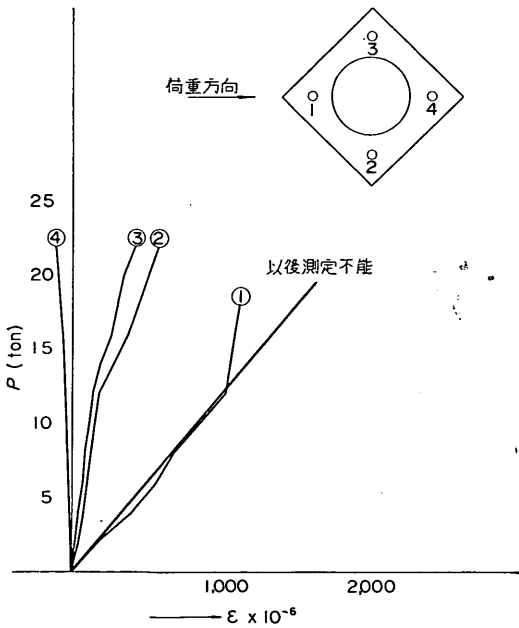


附図 4.10 アンカボルトの荷重ひずみ曲線
(荷重方向 1 の場合)

この応力の大きさは附図 4.12 のそれぞれのひずみゲージ a, b 応力の差の 1/2 として表わされる。この値は純引張応力の 0.5~1.0 倍と非常に大きく無視できない。これ故アンカボルトの設計に際してはアンカボルトに加わる曲げモーメントも考慮して設計しなければならない。

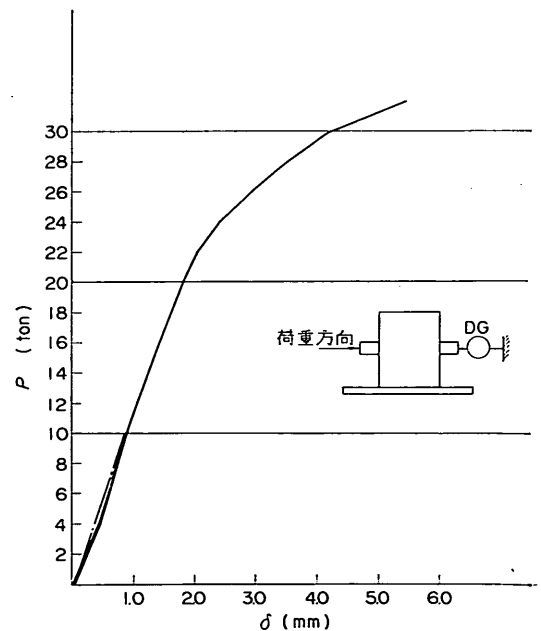


附図 4.12 アンカボルトの荷重ひずみ曲線
(荷重方向 2 の場合)
アンカボルトに働く曲げ応力のために生ずる繰応力の相違

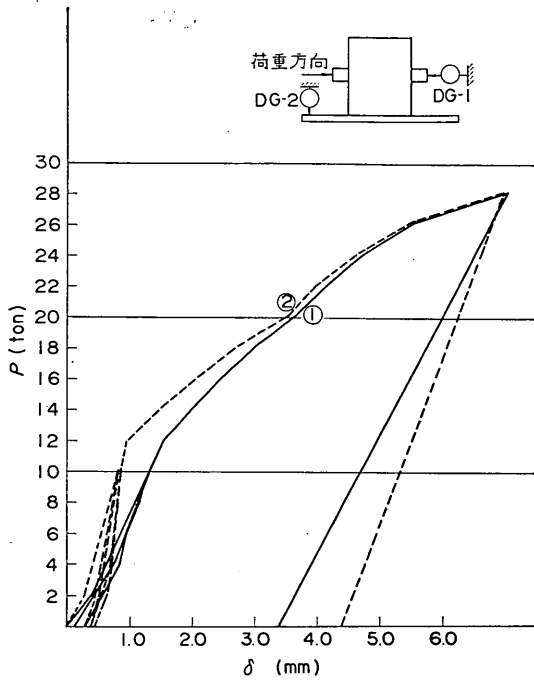


附図 4.11 アンカボルトの荷重ひずみ曲線
(荷重方向 2 の場合)

水平力が作用し、このためにアンカボルトに曲げモーメントが作用する。



附図 4.13 荷重変形曲線 (荷重方向 1 の場合)



附図 4.14 荷重変形曲線 (荷重方向 2 の場合)

(4) アンカボルトのアンカ板の応力

今回の実験では附図 4.13 および附図 4.14 に示すように荷重方向が 1 の場合、荷重が 20 トン近くで、また荷重方向が 2 の場合、荷重が 12 トン近くでアンカボルトのひずみは全く増えず、変位のみ大きくなって来ているがこれはアンカボルトの抜け出しによると判断される。この時のアンカボルトのひずみの平均は $\epsilon = 1100 \times 10^{-6}$ で、応力は 2300 kg/cm^2 であり、アンカボルトにかかっていた引抜力は 7.8 トンである。この時のアンカボルトの引抜力によるコンクリートのせん断応力および支圧応力を本文 7.5 アンカボルトの埋込み深さおよびアンカ板の設計の項の式(6.25)で計算すると、それぞれせん断力 4 kg/cm^2 、支圧応力 54 kg/cm^2 となるのでコンクリートが破壊したものでなくアンカ板が破壊したものと考えられる。引抜力によるアンカ板にかかる曲げ応力は本文式(6.27)を用いて計算すると $\sigma_{max} = 3,800 \text{ kg/cm}^2$ となり、この値は保障降伏点を越えているのでアンカ板が曲げ応力で降伏したと考えられる。したがってアンカ板の設計にあたってはアンカ板の大きさおよび板厚を十分に考慮して設計する必要がある。

附録 5. 直柱の設計計算例

5.1 設計条件

対象船舶; 30,000 総トン
 けん引力 P ; 100 トン
 直柱胴径 D ; 45 cm

5.2 使用材料

直柱本体 SC 46 保証降伏点 $2,300 \text{ kg/cm}^2$ 以上
 (JIS G 5101)
 アンカボルト SS 41 保証降伏点 $2,300 \text{ kg/cm}^2$ 以上
 (JIS G 3101)
 アンカ板 SS 41 保証降伏点 $2,300 \text{ kg/cm}^2$ 以上
 または SC 46 (JIS G 3101)
 コンクリート 設計基準強度 σ_{cd}
 180 kg/cm^2 以上

5.3 許容応力度

直柱本体 SC 46 引張, 圧縮, 曲げ
 $\sigma_{sa} = 1,400 \text{ kg/cm}^2$
 せん断 $\tau_{sa} = 800 \text{ kg/cm}^2$
 アンカボルト SS 41 引張, 圧縮, 曲げ
 $\sigma_{sa} = 1,400 \text{ kg/cm}^2$
 せん断 $\tau_{sa} = 800 \text{ kg/cm}^2$
 アンカ板 SS 41 引張, 圧縮, 曲げ
 または SC 46 $\sigma_{sa} = 1,400 \text{ kg/cm}^2$
 せん断 $\tau_{sa} = 800 \text{ kg/cm}^2$
 コンクリート 支圧 $\sigma_{ca} = 90 \text{ kg/cm}^2$ ($1/2 \sigma_{cd}$)
 付着 $\tau_{oa} = 7 \text{ kg/cm}^2$ ($1/25 \sigma_{cd}$)
 せん断 $\tau_{ca} = 6 \text{ kg/cm}^2$ ($1/30 \sigma_{cd}$)

注) 港湾構造物設計基準第 3 編材料では、許容支圧応力度 σ_{ca} は

$$\sigma_{ca} = \frac{1}{2.5} \sigma_{cd}$$

と定められている。しかし、鉄筋コンクリート標準示方書 170 条によると、局部的載荷の場合は割増して、

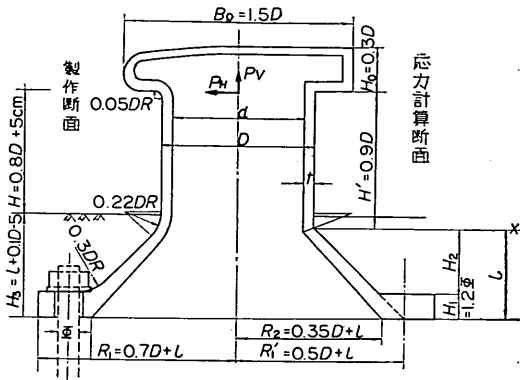
$$\sigma_{ca} = \frac{\sigma_{cd}}{2}$$

としてもよいとしている。そこで当設計では局部的載荷であるので、

$$\sigma_{ca} = \frac{1}{2} \sigma_{cd} = 90 \text{ kg/cm}^2$$

とした。

5.4 頭部の設計



附図 5.1 直柱基本寸法の記号

各基準寸法の記号を附図 5.1 のように定める。

- (1) 頭部幅 B_0

$$B_0 = 1.5D = 67.5 \text{ cm}$$

- (2) 頭部高 H_0

$$H_0 = 0.3D = 13.5 \text{ cm}$$

5.5 胴部の設計

- (1) 胴高 H

$$H = 0.8D + 5 = 41 \text{ cm}$$

- (2) 肉厚 t

本文式(6.1)より求める。ただし、胴部応力は X-X 断面で考える。

$$\sigma_{sa} = \frac{M}{Z} + \frac{V}{A} \quad (5.1)$$

ここで $M = P_H H' = 0.9DP$

$$P_V = \frac{P}{2}$$

$$Z = \frac{\pi}{32D} (D^4 - d^4)$$

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

$$d = D - 2t$$

故に、胴部応力 σ_s が許容応力度 σ_{sa} になる最大けん引力 P は、

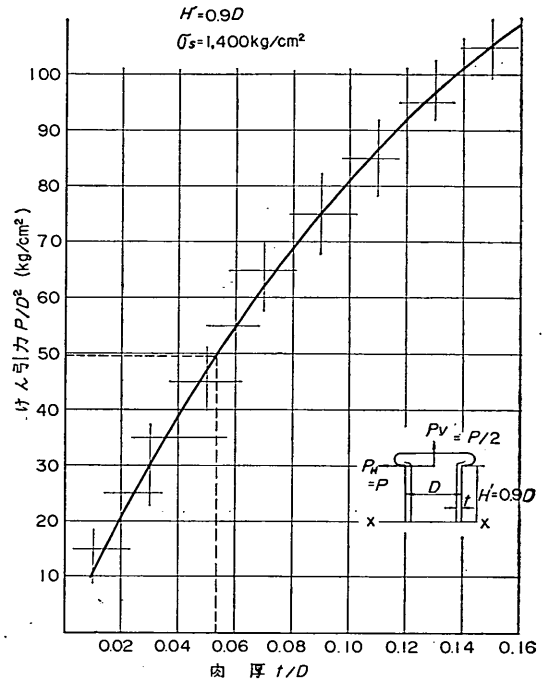
$$P = \sigma_{sa} \left(\frac{H'}{Z} + \frac{1}{2A} \right)$$

$$P = \sigma_{sa} \left(\frac{0.9D}{\frac{\pi}{32D} (D^4 - d^4)} + \frac{1}{2 \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)} \right)$$

$$P/D^2 = \sigma_{sa} \left(\frac{28.8}{\pi \left\{ 1 - \left(\frac{d}{D} \right)^4 \right\}} + \frac{2}{\pi \left\{ 1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \right\}} \right) \quad (5.2)$$

$$\text{ここに } \frac{d}{D} = 1 - \frac{2t}{D}$$

ここで、 $\sigma_{sa} = 1400 \text{ kg/cm}^2$ の時のけん引力比 P/D^2 および肉厚比 t/D の関係を附図 5.2 に示す。



附図 5.2 肉厚比 (t/D) とけん引耐力 (P/D^2) の関係

$$\text{この場合 } P/D^2 = \frac{100,000}{45^2} = 49.38 \text{ kg/cm}^2$$

$$t/D = 0.054$$

$$t = 2.43 \text{ cm}$$

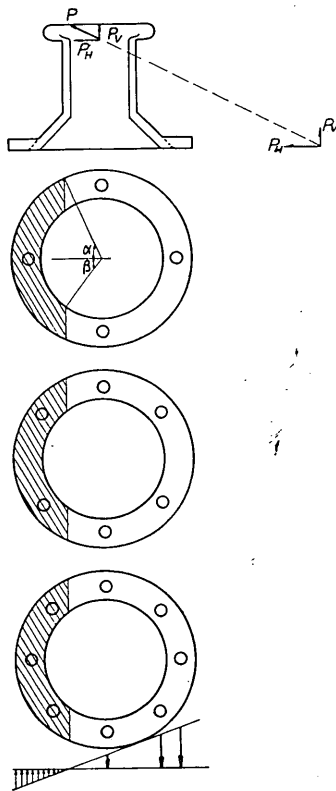
故に、 $t = 2.5 \text{ cm}$ とする。(けん引耐力 $P = 103.34 \text{ トン}$)
摩ろうおよび腐食厚として 7 mm 見込むと胴厚 t は

$$t = 3.2 \text{ cm}$$

5.6 アンカボルトの設計

今、埋込み部の形を附図 5.1 に示すようなものとする。アンカボルトの引張応力の計算式は本文式(6.8)～式(6.15)に示すとおりである。なお、同じけん引力に対して、アンカボルトの引張応力が最大となるけん引力方向を附図 5.3 に示す。

ここで、埋込み深さ l およびアンカボルトの本数と径



附図 5.3 設計けん引力方向

を決めれば、式(6.14)および式(6.15)よりアンカボルト引張応力およびコンクリート縁支圧応力が求まる。そしてそれぞれの値が許容応力以下でなければならぬ。

$$\sigma_c < \sigma_{ca} = 90 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_s < \sigma_{sa} = 1,400 \text{ kg/cm}^2$$

しかし、本文式(6.13)の中立軸の計算は高次式の解法となるので、電子計算機により解く。

そして、各埋込み比 l/D に対して、コンクリートおよびアンカボルトが許容応力時の最大けん引耐力およびその時の支圧応力度を附図 5.4 に示す。

ここで、埋込み比 l/D を 0.6、アンカボルト本数を 8 本とすると附図 5.4(c)においてけん引耐力比 P/D^2 は、

$$P/D^2 = \frac{100,000}{45^2} = 49.38 \text{ kg/cm}^2$$

より必要アンカボルト谷径 ϕ は

$$\phi/D = 0.1295$$

$$\phi = 5.8275 \text{ cm}$$

今、使用アンカボルトに呼径 ϕ 、M64 を用い、ねじピッチを 6 mm とすると

$$\phi = 5.7505 \text{ cm}$$

となり、やや断面不足であるがこれを用いる。なお、このときけん引耐力 P は、

$$P/D = 1.28$$

$$P/D^2 = 48.18$$

$$P = 97.56 \text{ (トン)}$$

となり、けん引耐力が 2.5% 不足するが埋込コンクリートの抵抗モーメントを加味すると十分に 100 トンのけん引耐力があるのでこのアンカボルトを用いる。

5.7 底板に作用する水平力によるアンカボルトの曲げ応力、せん断応力および底板前面のコンクリートの支圧応力の検討

(1) アンカボルトの最大縁応力

本文図 6.9 において、今けん引力により角 θ 、横移動 δ の変位が起ったとすると、本文式(3.17)より、

$$P_H = P_{HC} + N \cdot P_{HS} + P_{HF} \quad (5.3)$$

ここに P_{HC} ; コンクリートの水平抵抗力

P_{HS} ; アンカボルトの水平抵抗力

P_{HF} ; コンクリートと底板の摩擦抵抗力

N ; アンカボルト本数

底板前面のコンクリートの単位幅応力 p とひずみ δ の関係を $p = E_c' \delta$ とすると、

$$\begin{aligned} P_{HC} &= E_c' (\theta H_3 + \delta) \cdot \frac{1}{2} \cdot H_3 \\ &= E_c' \cdot \frac{H_3}{2} (2\delta + \theta H_3) \end{aligned} \quad (5.4)$$

で表わされる。また、摩擦抵抗力 P_{HF} は

$$P_{HF} = \mu P_{VC} \quad (\mu; \text{摩擦抵抗係数})$$

で表わされる。

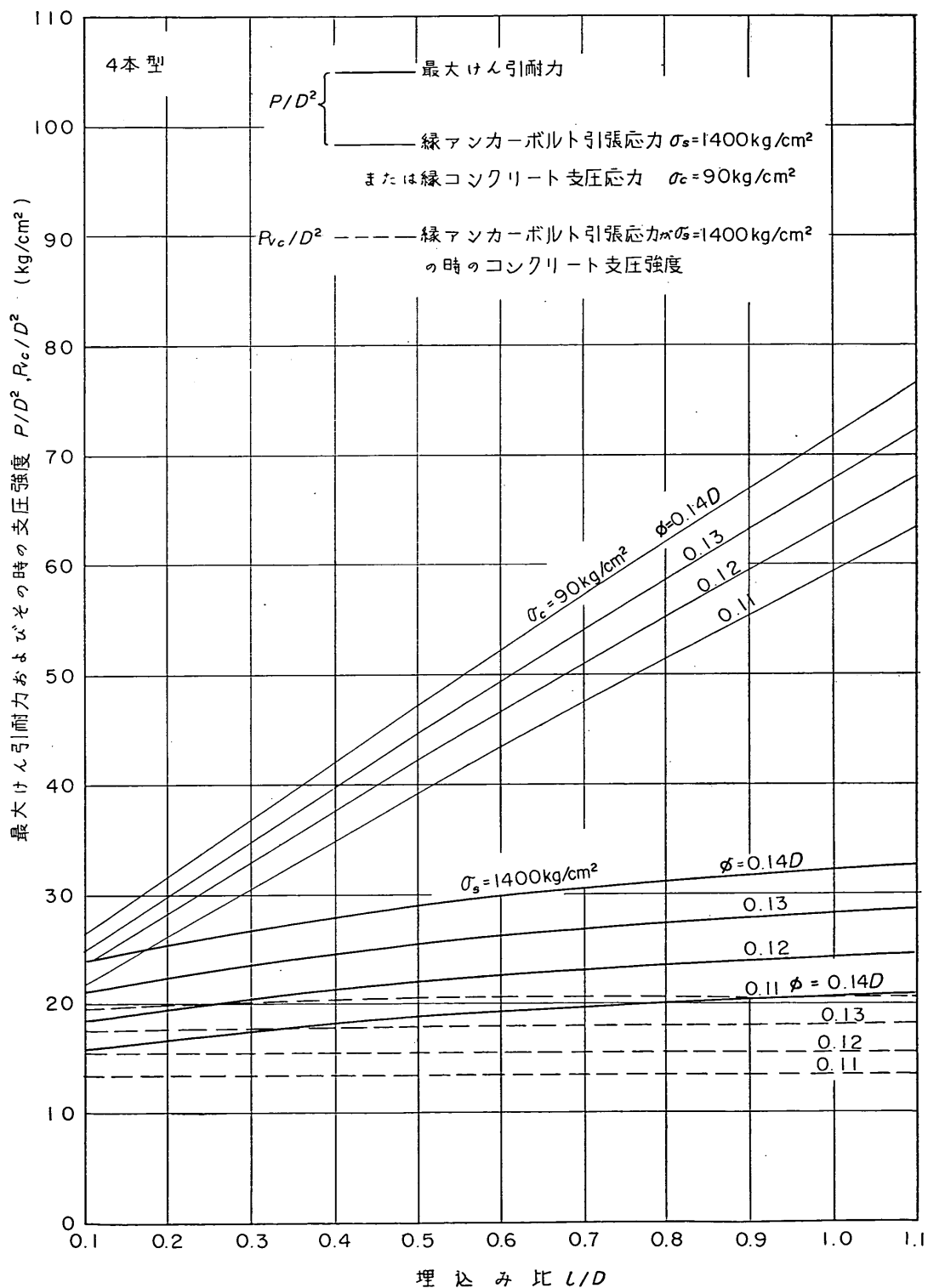
一方、アンカボルトの水平変位と抵抗力の関係を弾性基礎のくいの横抵抗として解く(くい頭自由)。コンクリート表面変位 δ は、アンカボルト前面のコンクリートの単位幅応力 p とひずみ ϵ の関係を $p = E_c'' \epsilon$ とすると

$$\delta = \frac{2P_{HS}\beta}{E_c''} \quad (5.5)$$

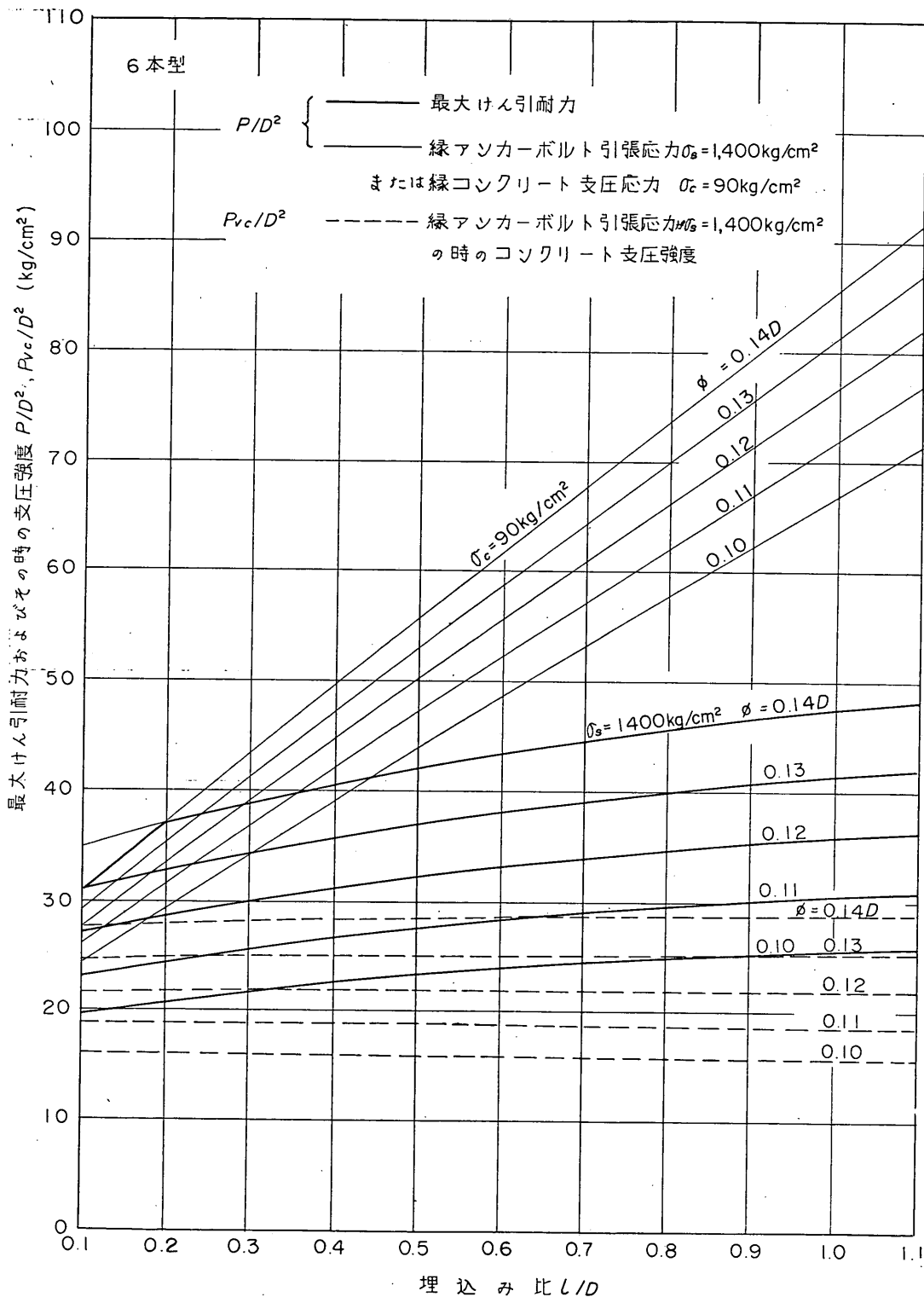
$$\text{故に、} P_{HS} = \frac{E_c'' \delta}{2\beta} \left(\beta : \sqrt{\frac{E_c''}{4E_s I}} \right)$$

故に式(5.3)より、

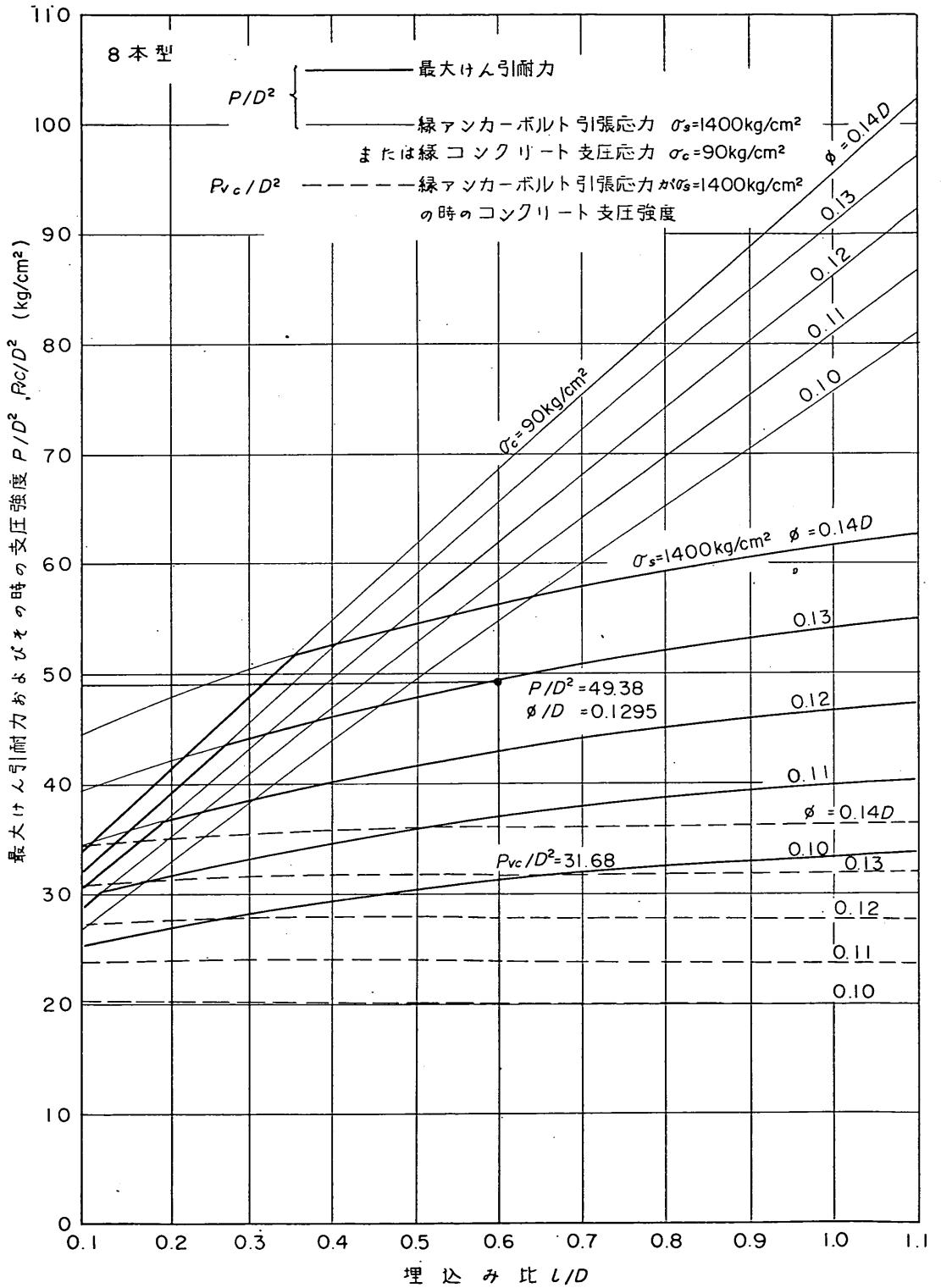
$$\begin{aligned} P_H &= P_{HC} + N \cdot P_{HS} + P_{HF} \\ &= E_c' \cdot \frac{H_3}{2} (2\delta + \theta H_3) + \mu P_{VC} + \frac{N \cdot E_c'' \delta}{2\beta} \end{aligned}$$



附図 5.4(a) 埋込み比 (l/D) と最大けん引耐力 (P/D^2) の関係 (アンカーボルト4本型)



附図 5.4(b) 埋込み比 (l/D) と最大けん引耐力 (P/D^2) の関係 (アンカーボルト 6本型)



附図 5.4(c) 埋込み比 (l/D) と最大けん引耐力 (P/D^2) の関係 (アンカーボルト8本型)

$$= \delta(E_c' H_3 + \frac{NE_c''}{2\beta}) + E_c' \cdot \theta H_3^2 / 2 + \mu P_{vc} \quad (5.6)$$

ここで、摩擦抵抗力 μP_{vc} の値を $\mu=0.3$, $P_{vc}=0.7P$ とすると、(P_{vc} の値を実際に解いてみるとこの程度の値になる) $P_{HF} \approx 0.2P_H$ と小さな値であり、またこの作用力と変位の関係は不明であるので省略する。そこで、式 (5.6) は次式に変形できる。

$$\delta = \frac{P_H - E_c' \theta H_3^2 / 2}{E_c' H_3 + \frac{N \cdot E_c''}{2\beta}} = \frac{2P_H - E_c' \theta H_3^2}{2E_c' H_3 + \frac{N \cdot E_c''}{\beta}} \quad (5.7)$$

なお、本文 6.4 底版の設計の(3)項で述べたように底版上面より上側のコンクリートは本文図 6.8 に示すようにせん断力により破壊するものとし、この抵抗力を本文式 (6.16) により求めると、

$$\begin{aligned} F_H &= \sqrt{2} F \\ &= \sqrt{2} (\sqrt{2} H_2 D + 2H_2^2) \tau_{ca} \\ &= 16.4 \end{aligned}$$

と水平外力 100 トンに比し小さいので無視する。

すなわち、埋込み深さ H_3 を底版厚さ H_1 としなればならない。故に式 (5.7) は

$$\delta = \frac{2P_H - E_c' \theta H_1^2}{2E_c' H_1 + \frac{N \cdot E_c''}{\beta}} \quad (5.8)$$

となる。

ここで、100 トン型の各寸法の値を代入して、アンカボルトにかかる水平力を求める。

今、埋込み比 $l/D=0.6$ より

埋込み深さ底版厚さ $H_3=0.6D=27\text{cm}$

底版厚さ $H_1=1.2\phi=8\text{cm}=0.178D$

アンカボルト呼径 $\phi=6.4\text{cm}$

アンカボルト谷径 $\phi=5.75\text{cm}$

アンカボルト長 $L=25\phi \approx 1,300\text{cm}$

アンカボルト本数 $N=8$ 本

底版外半径 $R_1=0.7D+l=1.3D \approx 59\text{cm}$

アンカボルト位置半径 $R_1'=0.5D+l=1.1D \approx 43\text{cm}$

底版内半径 $R_2=0.35D+l=0.95D \approx 43\text{cm}$

ここで、コンクリートを完全弾性体、支圧体を完全剛体とすると、弾性体の圧縮量と応力の関係は、式 (5.9) のように表わされる。

$$\delta = qB \frac{1-\nu^2}{E_c} I_\rho \quad (5.9)$$

ここに q ; 単位面積当りの荷重

ν ; ポアソン比

E_c ; コンクリートの弾性係数

I_ρ ; 載荷面の長さ l と幅 b の比の関数

B ; 載荷幅

今、底版幅 $2R_1$ と底版厚さ H_1 の比は、

$$\frac{2R_1}{H_1} = \frac{118}{8} = 14.75$$

となり、長さ l と幅 b の比は大きいので $I_\rho \approx 1$ である。

故に式 (5.9) は、

$$\delta = qB \frac{1-\nu^2}{E_c}$$

一方、単位幅当りの応力 p とひずみ δ の関係を

$$p = E_c' \delta$$

とおいたので

$$\frac{p}{E_c'} = qB \frac{1-\nu^2}{E_c}$$

なお、 $p=qB$ より

$$\frac{E_c}{E_c'} = 1-\nu^2$$

ポアソン比を 0.3 とすると、

$$\frac{E_c}{E_c'} = 0.91$$

故に、 $E_c' \approx E_c$

なお、同様にして

$$E_c' = E_c$$

と表わせる。

すなわち、 E_c' および E_c'' を近似的にコンクリートの弾性係数 E_c と等しいとして以下の計算を行なう。

$$\begin{aligned} \beta &= \sqrt[4]{\frac{E_c''}{4E_s I}} = \sqrt[4]{\frac{1.4 \times 10^5}{4 \times 2.1 \times 10^6 \times 0.0491 \phi^4}} \\ &= 0.7631 \phi = 5.45/D \end{aligned} \quad (5.10)$$

つぎに、アンカボルトの伸びを ΔL 、アンカボルトと中立軸までの距離を D_1 とすると、変位角 θ は、

$$\begin{aligned} \theta &= \frac{\Delta L}{D_1} \\ &= \frac{\sigma_s L}{D_1 E_s} \end{aligned} \quad (5.11)$$

ここで σ_s ; 転倒モーメントによるアンカボルト

引張応力

$$\sigma_s \approx 1400 - \frac{V}{8A} = 1,200 \text{kg/cm}^2$$

L ; アンカボルト長

$$L=20\phi=2.84D$$

また D_1 は

$$D_1=2.6D-0.15D-x \quad (5.12)$$

と表わされ、この計算例では $x=0.933D$ であるので

$$D_1 \doteq 1.5D$$

また、アンカボルトのヤング係数 E_s を $2.1 \times 10^6 \text{kg/cm}^2$ とすると変位角 θ は

$$\theta=1.14 \times 10^{-3}$$

これより水平移動量 δ は式(5.8)に β, θ の各値を代入することにより

$$\delta = \frac{3.57 - 5.7 \left(\frac{H_1}{D} \right)^2}{\left(\frac{H_1}{D} \right) + 0.734} \times 10^{-4} D \quad (5.13)$$

ここで、 $H_1=0.178D$ を代入すると、

$$\delta=0.37D \times 10^{-3}$$

故に、式(5.4)より底板前面のコンクリートの水平抵抗力 P_{HC} は、

$$P_{HC}=13.2D^2=27 \text{ トン}$$

また、式(5.5)よりアンカボルトの1本当りの水平抵抗力 P_{HS} は、

$$P_{HS}=4.6D^2=9.3 \text{ トン}$$

故に、アンカボルトにかかる水平力によるアンカボルト縁応力 σ_s' は

$$\begin{aligned} M_{max} &= 0.3224 \frac{P_{HS}}{\beta} \\ &= 24.7 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned} \quad (5.14)$$

$$\begin{aligned} \text{より } \sigma_s' &= \frac{M}{Z} = \frac{M}{0.0982\phi^3} \\ &= 920 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned} \quad (5.15)$$

一方、引張による縁応力 σ_s は、

$$\sigma_s = 1,400 \times \frac{\pi\phi^2}{\pi\phi^2} = 1,100 \text{ kg/cm}^2$$

故に、アンカボルトの最大縁応力 σ_s は、

$$\begin{aligned} \sigma_{smax} &= \sigma_s + \sigma_s' \\ &= 2,020 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned} \quad (5.16)$$

この値は降伏点応力 $2,300 \text{ kg/cm}^2$ を越えない。

(2) 底板前面コンクリートの支圧応力

この検討にあたっては、本文 6.4(3)の②項で述べた通り、アンカボルトの受持つ水平力を無視して検討しなければならない。

底板前面コンクリートの支圧応力を σ_c とすると、

$$P_H = \sigma_c \times 2R_1 \times H_1 + P_{HF} \quad (5.17)$$

摩擦抵抗力 P_{HF} は前に述べたとおり、

$$P_{HF} \doteq 0.2P$$

$$\therefore \sigma_c = \frac{0.8P}{2R_1 \times H_1}$$

$$= \frac{80,000}{2 \times 59 \times 8}$$

$$= 84.7 \text{ kg/cm}^2$$

この値は許容支圧応力度 90 kg/cm^2 を越えない。

③ アンカボルトのせん断応力

この検討にあたっては、本文 3.4(3)の③項で述べたとおり、コンクリートの受持つ水平抵抗力を無視して検討しなければならない。

アンカボルトに働くせん断応力を τ_s とすると、

$$\tau_s = \frac{P_H/N}{\frac{\pi}{4}\phi^2} \quad (5.18)$$

$$= \frac{12,500}{25.95} \text{ kg/cm}^2$$

$$= 482 \text{ kg/cm}^2$$

この値は許容せん断応力度 800 kg/cm^2 を越えない。

附録 6. 曲柱の設計計算例

6.1 設計条件

対象船舶; 10,000総トン

けん引力 P ; 25トン

曲柱胴径 D ; 30cm

6.2 使用材料

曲柱本体 SC 46 保証降伏点 $2,300 \text{ kg/cm}^2$
以上 (JIS G 5101)

アンカボルト SS 41 保証降伏点 $2,300 \text{ kg/cm}^2$
以上 (JIS G 3101)

アンカ板 SS 41 保証降伏点 $2,300 \text{ kg/cm}^2$
または SC 46 以上 (JIS G 3101)

コンクリート 設計基準強度 σ_{cd} 180 kg/cm^2 以上

6.3 許容応力度

曲柱本体 SC 46 引張, 圧縮, 曲げ

$$\sigma_{sa} = 1,400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{せん断 } \tau_{sa} = 800 \text{ kg/cm}^2$$

アンカボルト SS 41 引張, 圧縮, 曲げ

$$\sigma_{sa} = 1,400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{せん断 } \tau_{sa} = 800 \text{ kg/cm}^2$$

アンカ板 SS 41 引張, 圧縮, 曲げ
または SC 46

$$\sigma_{sa} = 1,400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{せん断 } \tau_{sa} = 800 \text{ kg/cm}^2$$

コンクリート 支圧 $\sigma_{ca} = 90\text{kg/cm}^2 \left(\frac{1}{2}\sigma_{cd}\right)$

付着 $\tau_{oa} = 7\text{kg/cm}^2 \left(\frac{1}{25}\sigma_{cd}\right)$

せん断 $\tau_{ca} = 6\text{kg/cm}^2 \left(\frac{1}{30}\sigma_{cd}\right)$

注) 港湾構造物設計基準第3編材料では、コンクリートの許容支圧応力度 σ_{ca} を一律に

$$\sigma_{ca} = \frac{1}{2.5}\sigma_{cd}$$

と定めている。しかし、鉄筋コンクリート標準示方書170条では、局部的載荷の場合、割増して

$$\sigma_{ca} = \frac{1}{2}\sigma_{cd}$$

としてもよいとしている。そこで当設計では局部的載荷であるので

$$\sigma_{ca} = \frac{1}{2}\sigma_{cd} = 90\text{kg/cm}^2$$

とした。

6.4 頭部の設計

各基準寸法の記号を附図 6.1 のように定める。

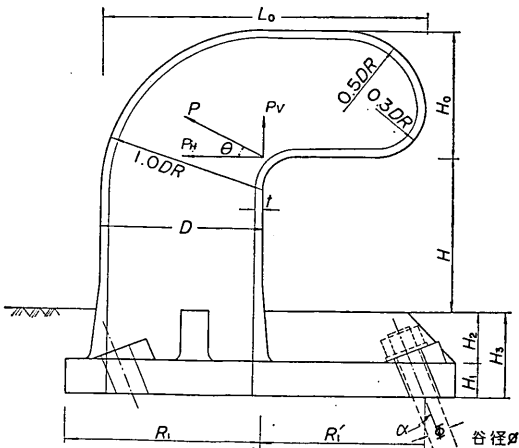
(1) 頭部幅 L_0

$$L_0 = 2.0D = 60\text{cm}$$

(2) 頭部高 H_0

$$H_0 = 0.8D = 24\text{cm}$$

6.5 胴部の設計



附図 6.1 曲柱基本寸法の記号

(1) 胴高 H

$$H = 0.8D + 5 = 29\text{cm}$$

(2) 肉厚 t

本文式(7.1)式より求める。但し胴部応力は、コンクリート上面で求めるが、胴部下方の肉厚の増加は考えない。胴部最大応力は次式で計算するが許容応力を越えないためには

$$\sigma_{sa} \geq \frac{M}{Z} + \frac{V}{A} \quad (6.1)$$

ここに $M = P_H H + P_V \frac{D}{2}$

$$P_V = P \sin \theta$$

$$P_H = P \cos \theta$$

$$Z = \frac{\pi}{32D} (D^4 - d^4)$$

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

$$d = D - 2t$$

なお、胴部応力が最大となるけん引力の方向 θ は

$$\theta = \tan^{-1} \frac{D}{H} \left(\frac{1}{2} + k \right)$$

$$= \tan^{-1} \frac{D}{0.8D + 5} \left(\frac{1}{2} + k \right) \quad (6.2)$$

ここに $k = \frac{D^2 + d^2}{8D^2}$

ここで、式(6.2)において t/D の比を決めれば、各胴径の胴部応力が最大となる角 θ が決まり、式(6.1)より胴部応力が許容応力となる最大けん引耐力 P が求まる。この各肉厚比 t/D の時の最大けん引耐力 P を附図 6.2 に示す。

今、肉厚 t を 1.1cm とすると、肉厚比 t/D は 0.0367 となり、胴部応力が許容応力と等しくなるようなけん引力 P は、

$$P = 26.79\text{トン} (\theta = 37.15^\circ)$$

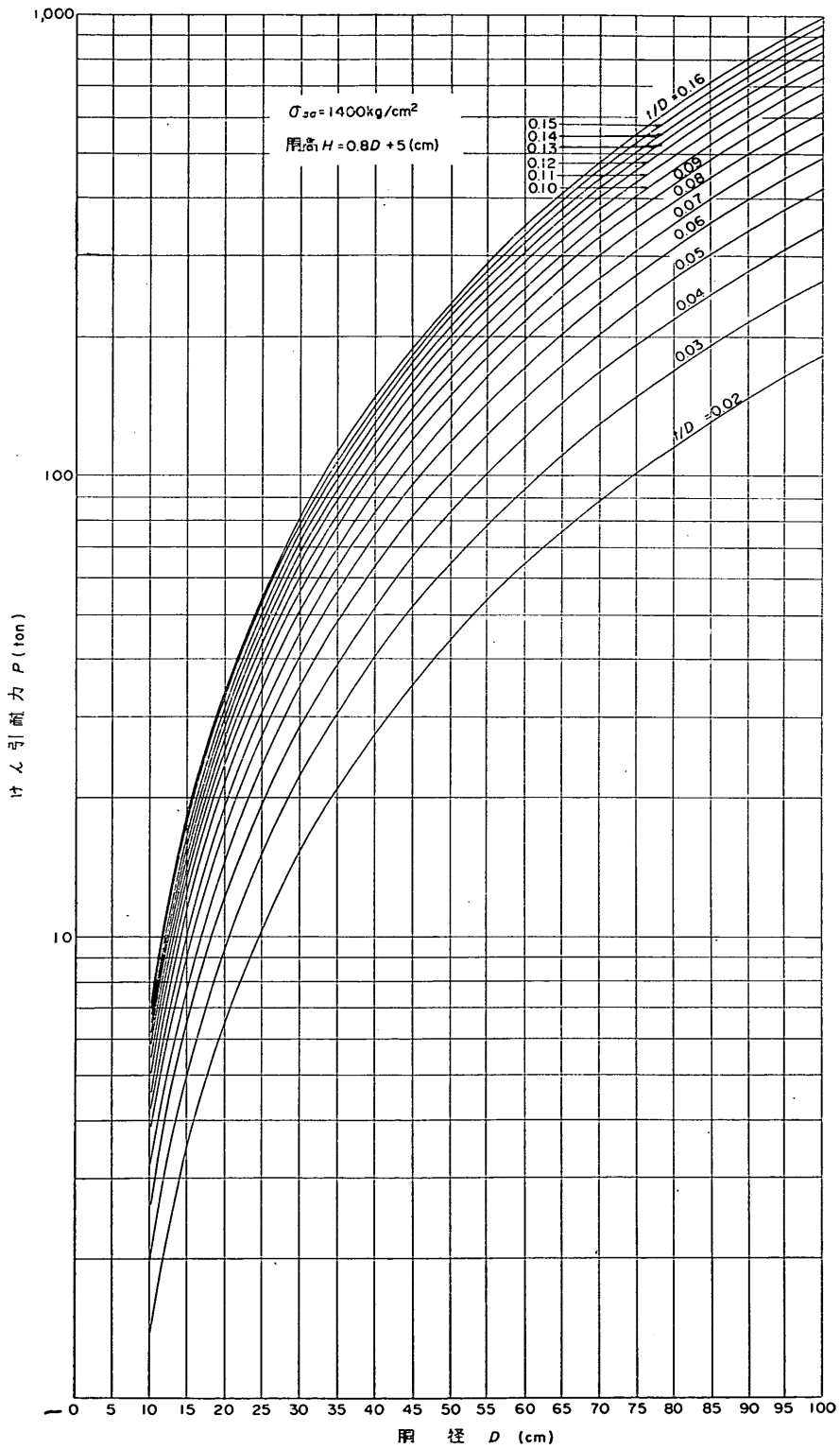
さらに、摩りおよび腐食厚として 7mm 見込むと、胴厚 t は

$$t = 1.1 + 0.7 = 1.8\text{cm}$$

6.6 埋込み部の設計

(1) 使用アンカボルト径 ϕ

施工の難易を考慮して、アンカボルト埋込み角 α を 22° (10:4) 以下とすると、アンカボルトの最小必要径 ϕ が決まる。



附図 6.2 胴径 (D) とけん引耐力 (P) の関係

底板に水平力 P が作用した時、アンカボルトが許容応力内にあるためには

$$\sigma_{sa} \geq \frac{P - P_{HF}}{N \frac{\pi}{4} \phi^2 \sin \alpha} \quad (6.3)$$

ここに P_{HF} ; 底板とコンクリートの摩擦抵抗力
 N ; アンカボルト本数
 ϕ ; アンカボルト谷径

ここで、底板とコンクリートの摩擦抵抗力は、

$$P_{HF} = \mu P_{VC}$$

ここに μ ; 摩擦係数

P_{VC} ; けん引力 P が作用した時、底板がコンクリートを押える強さ

で表わされる。なお、 P_{VC} の大きさは底板幅に関係するが、底板幅 $2R_1$ を $2.0D \sim 2.6D$ とすると、

$$P_{VC} \approx 0.7P$$

である。また摩擦抵抗係数 μ は0.3より

$$P_{HF} = \mu P_{VC} \approx 0.2P$$

故に、式(6.3)は式(6.4)に変形できる。

$$\phi^2 \geq \frac{0.8P}{N \frac{\pi}{4} \sigma_{sa} \sin \alpha} \quad (6.4)$$

ここで、アンカボルトを4本用いるとすると

$$\phi^2 = \frac{0.8 \times 25,000}{4 \times \frac{\pi}{4} \times 1400 \times 0.372}$$

$$\phi \geq 3.496 \text{ cm}$$

今、使用するアンカボルトの呼径 ϕ をM42とし、ねじのピッチを4.5mmとすると、ねじの谷径は

$$\phi = 3.7129 \text{ cm}$$

なお逆に、使用したアンカボルトをM42—4.5とすると、けん引耐力 P は

$$P = 28.25 \text{ トン}$$

(2) 底板厚さ H_1

使用アンカボルトをM42—4.5とすると、底板厚さ H_1 は、本文式(7.5)より決まる。

$$H_1 = 1.5\phi = 6.3$$

$$\approx 6.5 \text{ cm}$$

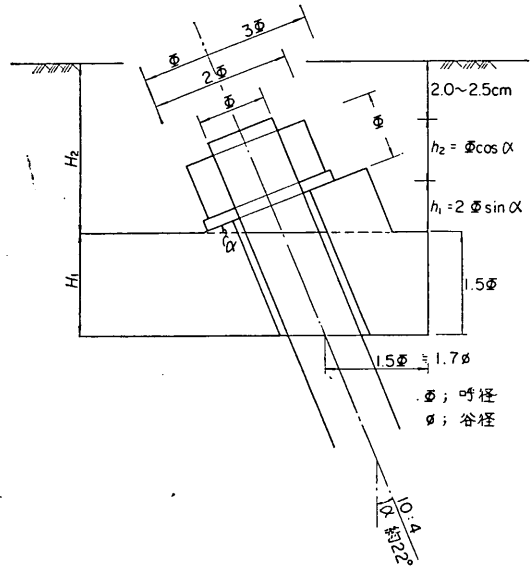
(3) 埋込み深さ H_3

アンカボルトがコンクリートより突出ないように、埋込み深さ H_3 を決定する。附図6.3に示すごとく2.5cmの余裕を見込むと胴部の埋込み深さ H_2 は、

$$H_2 = h_1 + h_2 + 2.5 = 9.5 \text{ cm}$$

$$\text{ここに } h_1 = 2.0\phi \sin \alpha$$

$$h_2 = 1.0\phi \cos \alpha$$



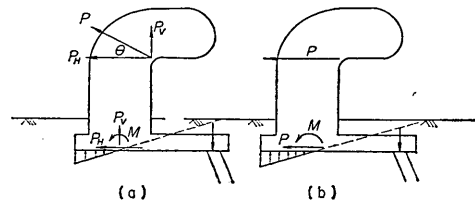
附図 6.3 アンカボルト締付け詳細図

故に、埋込み深さ H_3 は、

$$H_3 = H_1 + H_2 \\ = 16 \text{ cm}$$

(4) 底板幅 $2R_1$

附図6.4(a)のように、けん引力 P が作用した時のアンカボルトの引張応力計算には、その引張応力が最大となる角 θ を求めなければならない。しかし、本文7.5(5)項で検討したように、附図6.4(b)に示すようにけん引力方向を水平として、アンカボルトの引張応力を計算し、その誤差を本文図7.12より求めけん引力を割増して計算する。そして、アンカボルト応力が許容応力となるように底板幅 $2R_1$ を求める。



図附 6.4 荷重方向による転倒モーメントの相違

底板にかかる転倒モーメント M は、

$$M = P(H + H_3) \quad (6.5)$$

一方、アンカボルト応力が許容応力 σ_{sa} となる抵抗モーメント M_s は、

$$M_s = \frac{\sigma_{sa}}{y+R_1} \left(I_s + \frac{I_c}{n} \right) \quad (6.6)$$

ここに y ; 底板の中心軸から中立軸までの距離
 R_1 ; 底板の中心軸から底板縁端までの距離

I_s ; アンカボルトの中立軸に対する断面
 2次モーメント

I_c ; コンクリートの中立軸に対する断面
 2次モーメント

n ; アンカボルトとコンクリートの弾性
 係数比

また、コンクリートの縁支圧応力が許容応力 σ_{ca} となる耐曲げモーメント M_c は、

$$M_c = \frac{\sigma_{ca}}{x} (I_c + n I_s) \quad (6.7)$$

ここに $x = R_1 - y$

また、中立軸は鉛直力のつり合より計算できる。

$$n G_s - G_c = 0$$

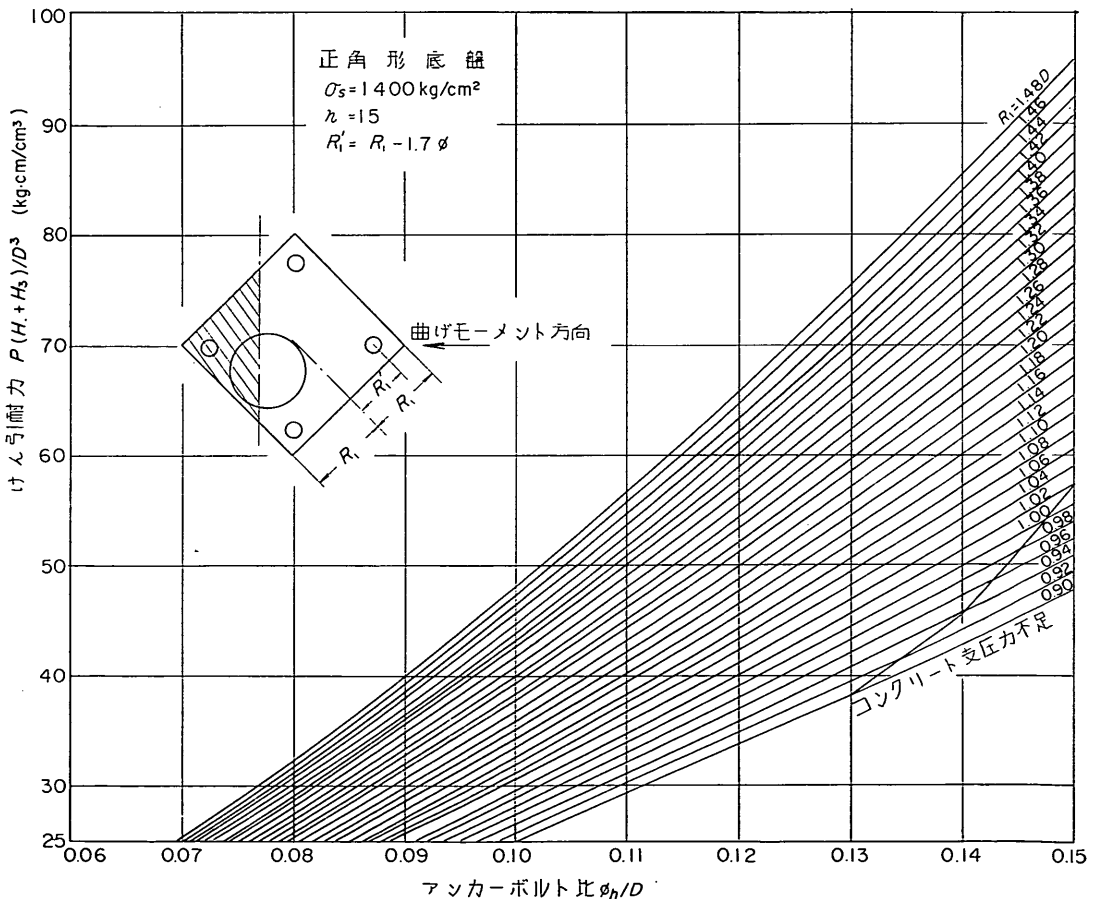
ここに G_s ; アンカボルトの中立軸に対する断面
 1次モーメント

G_c ; コンクリートの中立軸に対する断面
 1次モーメント

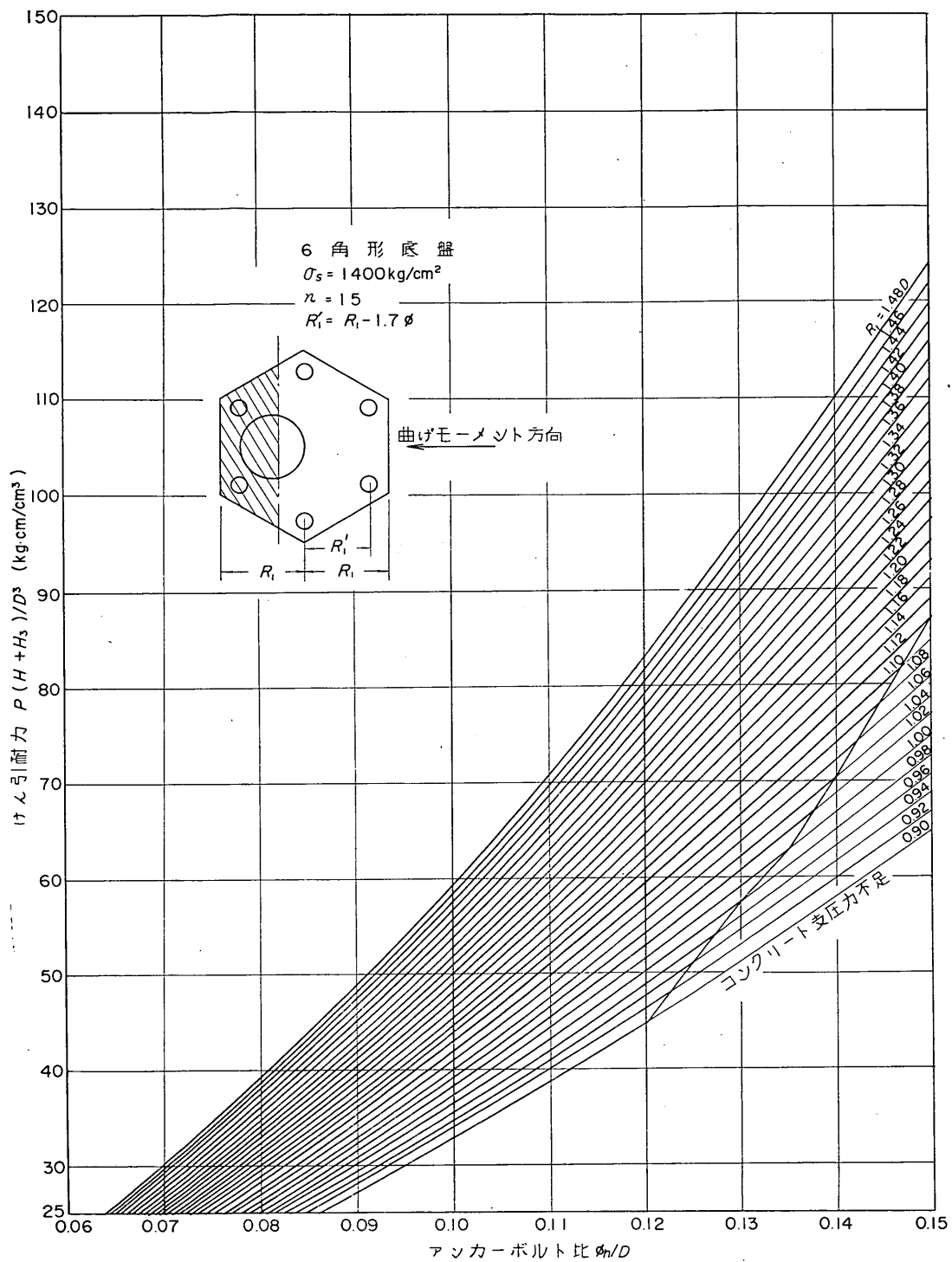
なお、この計算においても高次式の解法となるので、各アンカボルト比 ϕ/D および底板幅比 R_1/D の時の最大抵抗モーメント比 $P(H+H_s)/D^3$ を附図 6.5 に示す。なおこの図の抵抗モーメントは、アンカボルトの引張応力およびコンクリートの縁支圧応力が最大となる方向で計算した。

また、アンカボルト位置は附図 6.3 に示すように、底板端より 1.5ϕ (1.7ϕ) 離れた。

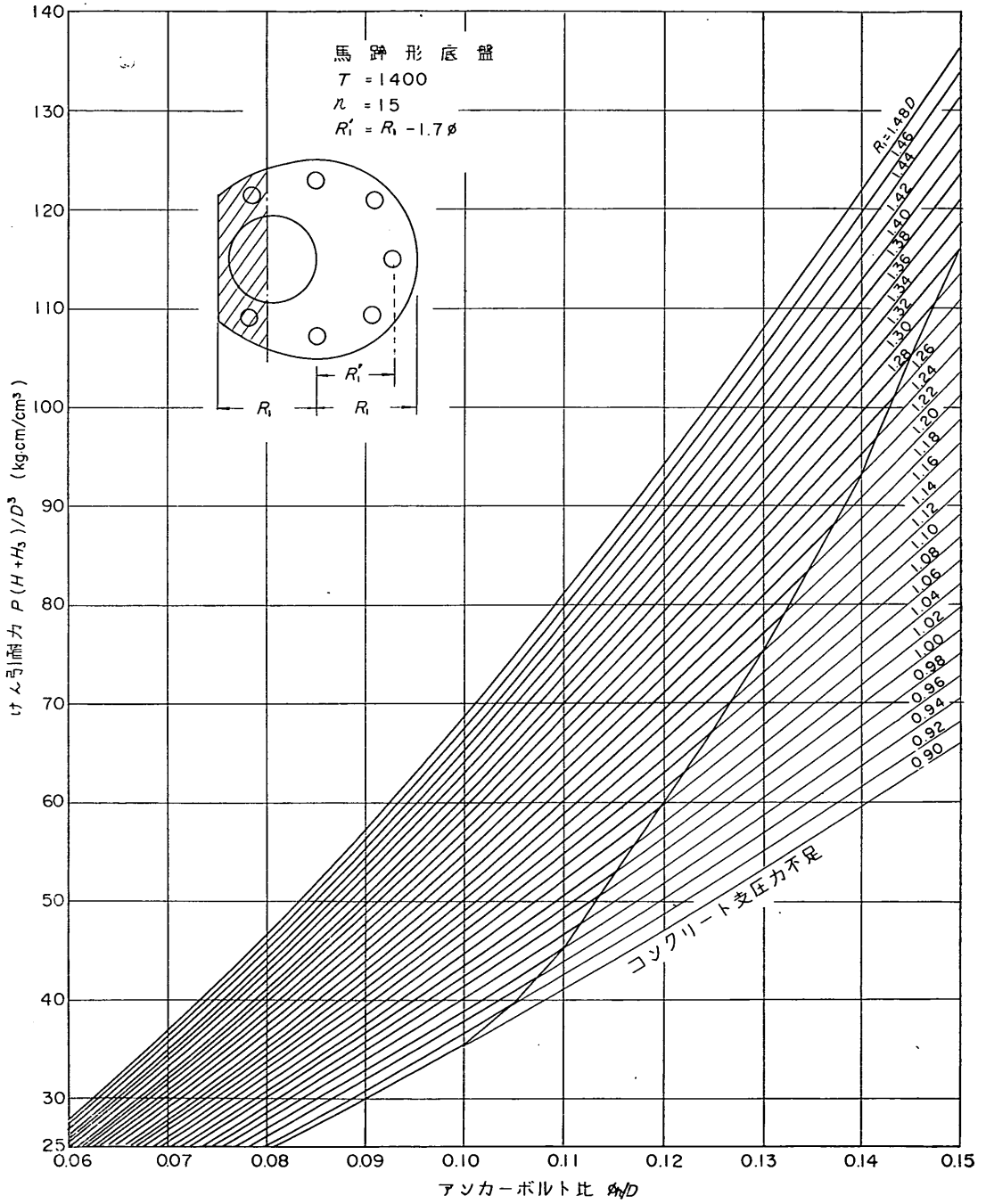
なお、アンカボルトは傾斜しているので、アンカボルト引張応力算定の有効断面積は、その鉛直方向有効断面



附図 6.5(a) アンカボルト鉛直方向有効断面積比 (ϕ_h/D) とけん引耐力 $\left(\frac{P(H+H_s)}{D^3} \right)$ の関係 (4 本型)



附図 6.5(b) アンカーボルト鉛直方向有効断面積比 (ϕ_h/D) とけん引耐力 $\left(\frac{P(H+H_s)}{D^3}\right)$ の関係 (6 本型)



附図 6.5(c) アンカーボルト鉛直方向有効断面積比 (ϕ_h/D) とけん引耐力 $\left(\frac{P(H+H_s)}{D^3}\right)$ の関係 (7 本型)

積を用いる。すなわち

$$\phi h = \phi \sqrt{\cos \alpha}$$

ここで $\Phi = 4.2 \text{ cm}$

$$\phi = 3.7129 \text{ cm}$$

$$P = 25 \text{ トン}$$

$$H = 29 \text{ cm}$$

$$H_3 = 16 \text{ cm}$$

$$\cos \alpha = 0.928$$

より, $\phi h/D = \frac{\phi}{D} \sqrt{\cos \alpha} = 0.119$

また本文図 7.12(d) より割増けん引力は次式より 7% である

$$\frac{43.5 - 40.5}{43.5} = 0.07$$

転倒モーメント比 M/D^3 は

$$M/D^3 = \frac{1.07P(H+H_3)}{D^3} = 44.58 \text{ kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}^3$$

故に, 底板の最底必要幅 R_1 は, $M/D_3 = 44.58$,

$\phi h/D = 0.119$ より, 附図 6.5(a) を用いて,

$$R_1/D = 1.11 \quad (\text{中立軸 } x = 1.08D)$$

今, 余裕をみて $R_1/D = 1.2$ とすると,

$$R_1 = 36 \text{ cm}$$

この時の抵抗モーメントは

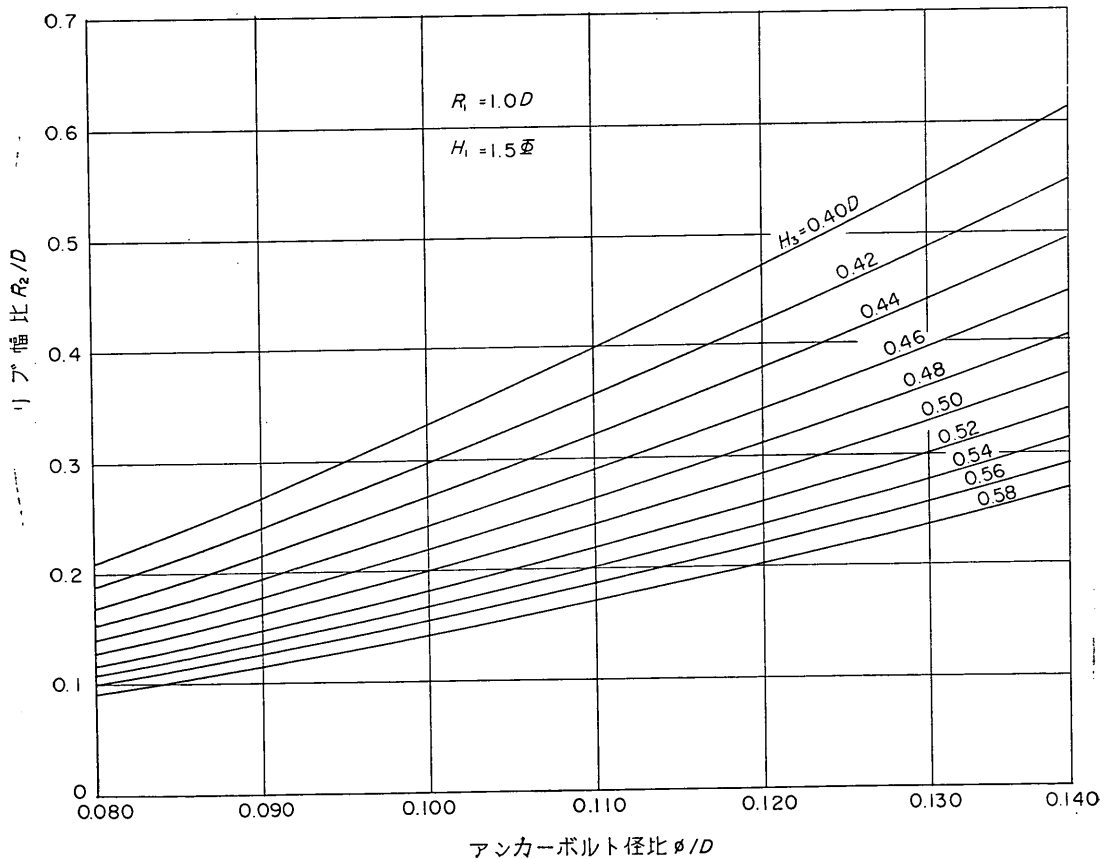
$$M = 49.10 \text{ kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}^3$$

故に, けん引耐力 P は

$$P = \frac{MD^3}{1.07(H+H_3)} = 27.53 \text{ トン}$$

(5) リブ幅 R_2

本文図 7.15 に示すように X-X 断面の曲げモーメント M により, 底板およびリブ縁応力が許容応力度を越えないようにリブ幅を決める。なお, X-X 断面の曲げモーメント M は X-X 断面より右側を片持ばりと考え, アンカボルト位置にアンカボルト全強の引張力が作用するものとして計算する。



附図 6.6(a) アンカボルト径比 ϕ/D とリブ幅比 ($R_2 = 1.0D$)

$$M = 2\sigma_{sa} \frac{\pi\phi^2}{4} R_1 \quad (6.8)$$

ここに σ_{sa} ; アンカーボルトの許容応力
この曲げモーメントによりリブ上面の縁応力 σ_s は、

$$\sigma_s = \frac{M}{I} y \quad (6.9)$$

ここに I ; 中立軸のまわりの断面 2 次モーメント

y ; 中立軸からリブ上端までの距離

なお、中立軸および断面一次モーメントは

$$y_1 = \frac{(H_1 + H_2)^2 R_2 + H_1^2 (2R_1 - R_2)}{2(2R_1 H_1 + R_2 H_2)}$$

$$y = H_1 + H_2 - y_1$$

$$I = \frac{R_2 y^3 + 2R_1 y_1^3 - (2R_1 - R_2)(y_1 - H_1)^3}{3}$$

で表わされる。

式(6.8) および式(6.9) より、リブ縁応力が許容応力

σ_{sa}' 内にあるためには、

$$\sigma_s = \frac{2\sigma_{sa} \cdot \frac{\pi}{4} \phi^2 R_1' y}{I} \leq \sigma_{sa}' \quad (6.10)$$

一方、底板厚さ $H_1 = 1.5\phi$ 、またアンカーボルト位置 $R_1' = R_1 - 1.5\phi$ より、底板幅 R_1 、埋込み深さ H_2 およびアンカーボルト谷径 ϕ が決まれば式(6.10)より必要最低リブ幅が求まる。これを附図 6.6 に示す。ここでは、

$$R_1 = 1.2D$$

$$H_2 = 16\text{cm} = 0.533D$$

$$\phi = 3.713\text{cm} = 0.124D$$

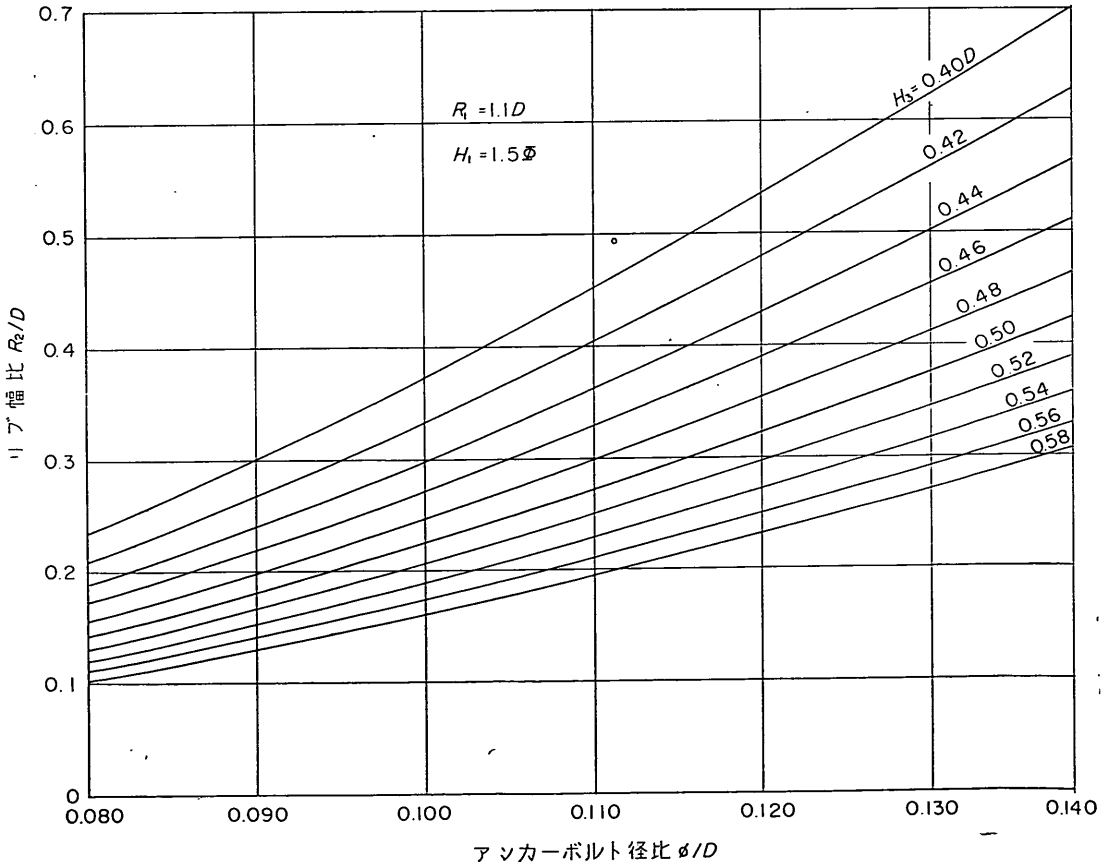
であるので、附図 6.7(c) より、

$$R_2/D = 0.34$$

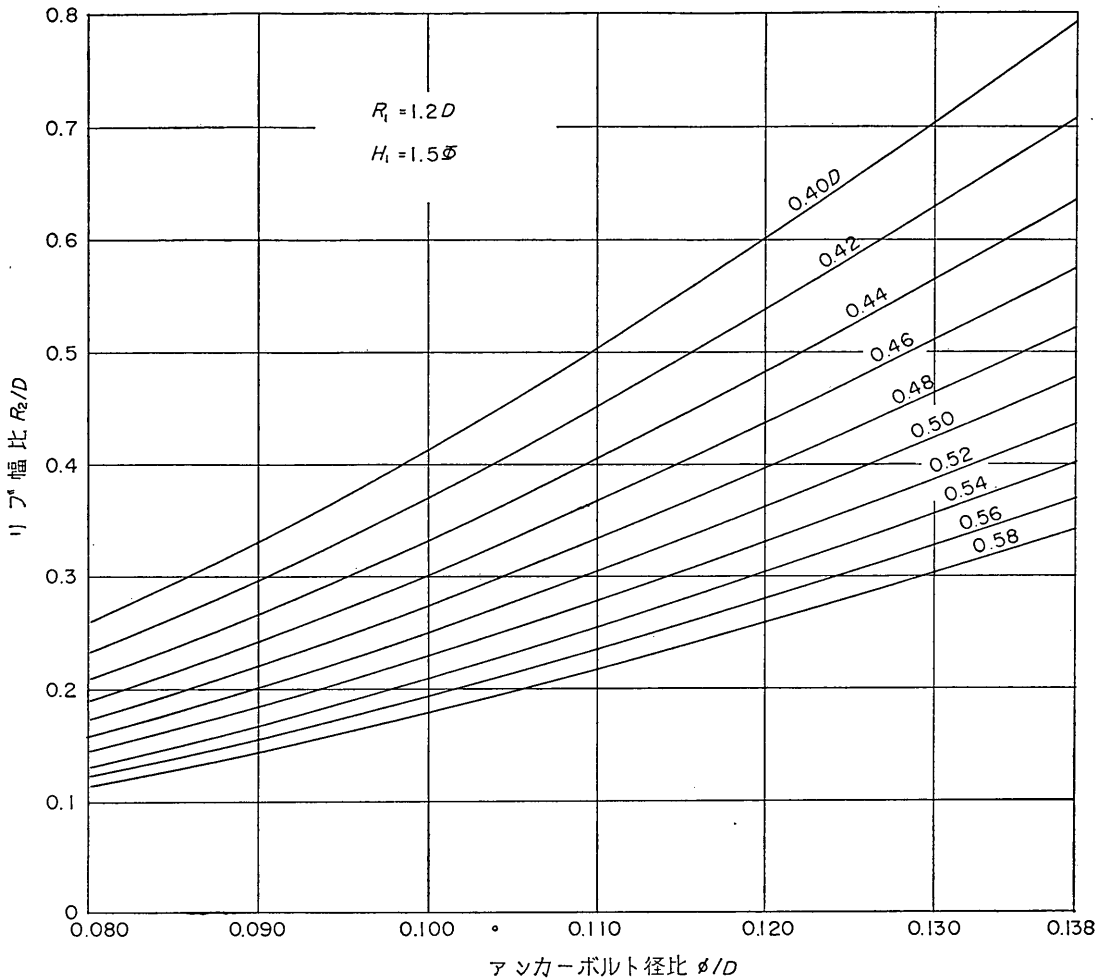
$$R_2 = 10.2\text{cm}$$

ここで、リブ幅 R_2 を 10cm とする。

6.7 底板に作用する水平力によるアンカーボルトの曲げ応力、せん断応力および底板前面のコンクリートの支圧応力の検討



附図 6.6(b) アンカーボルト径比 ϕ/D とリブ幅比 ($R_2 = 1.1D$)



附図 6.6(c) アンカーボルト径比 ϕ/D とリブ幅比 ($R=1.2D$)

アンカーボルトは、岸壁方向と直角の一方にしか傾斜して埋込んでいないので附図 6.7 に示すように岸壁法線と平行方向のけん引力に対しては、アンカーボルトの縁応力、コンクリートの底板前面の支圧応力およびアンカーボルトのせん断応力について検討しなければならない。ここではアンカーボルトの縁応力については、直柱の計算例で詳しく述べたので省略する。

(1) 底板前面コンクリートの支圧応力

底板前面コンクリートの支圧応力を σ_c とすると

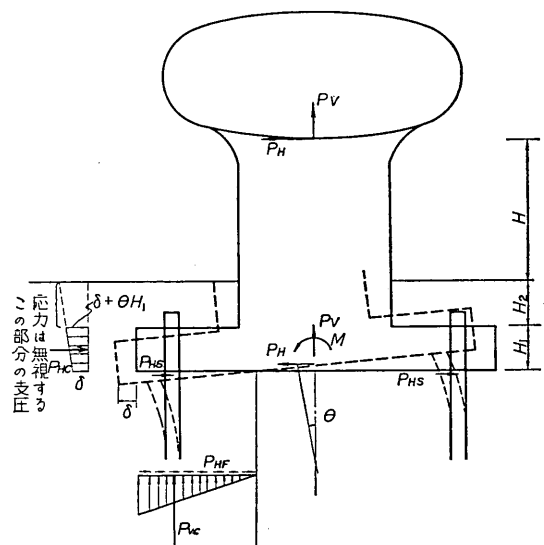
$$P_H = P = \sigma_c \times 2R_1 \times H_1 + P_{HF}$$

摩擦抵抗力 P_{HF} は、

$$P_{HF} \approx 0.2P$$

故に

$$\sigma_c = \frac{0.8P}{2R_1 \times H_1}$$



附図 6.7 曲柱の変形による水平抵抗力の分担

$$= \frac{0.8 \times 25,000}{2 \times 36 \times 9.5}$$

$$= 29.3 \text{ kg/cm}^2$$

この値は、許容支圧応力度 90 kg/cm^2 を越えない。

(2) アンカボルトのせん断力

この検討にあたっては、コンクリートの受持つ水平抵抗力を無視して検討しなければならない。

アンカボルトに働くせん断応力を τ_s とすると、

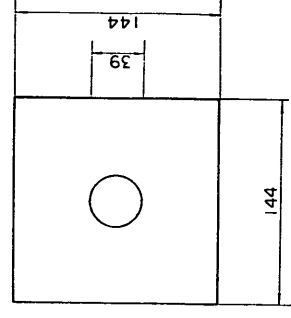
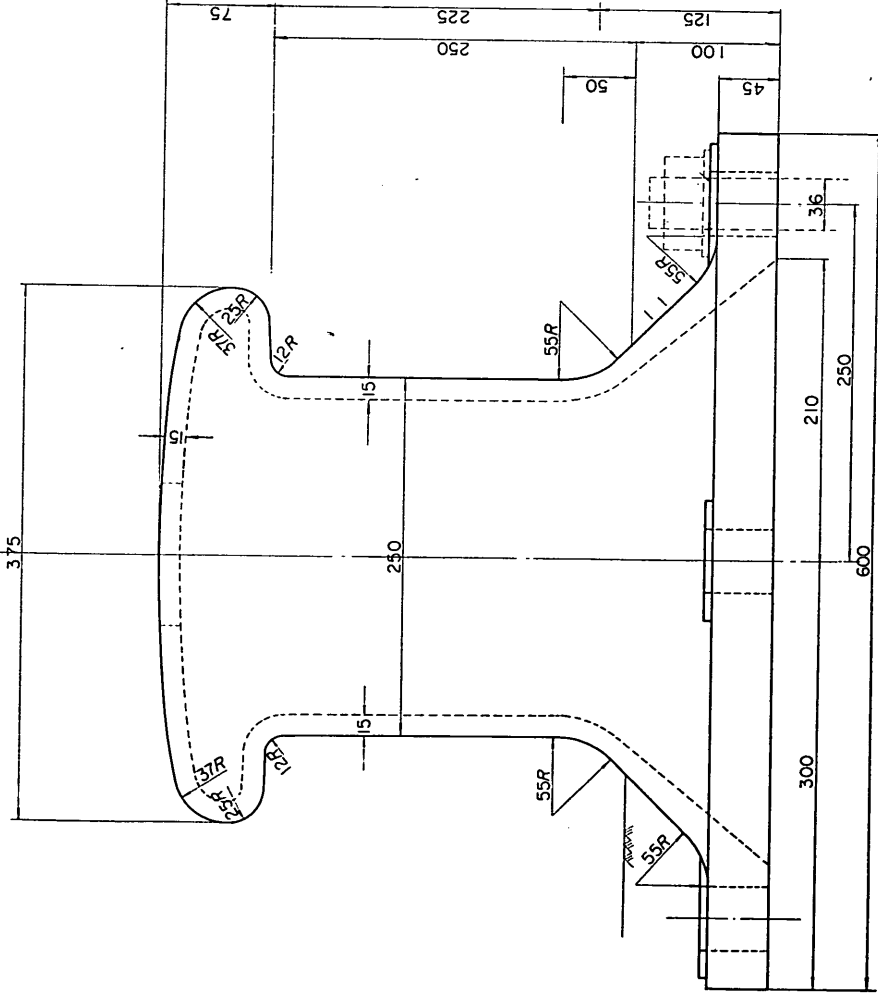
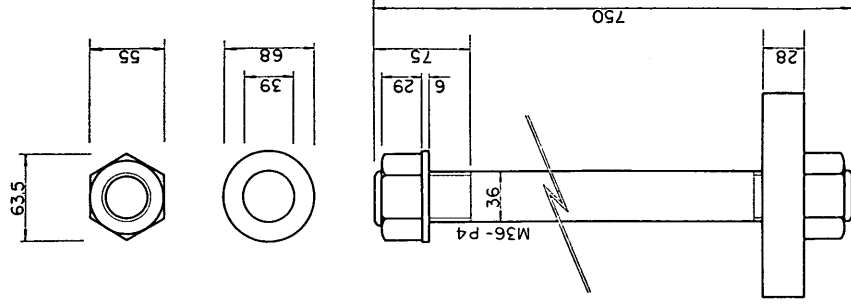
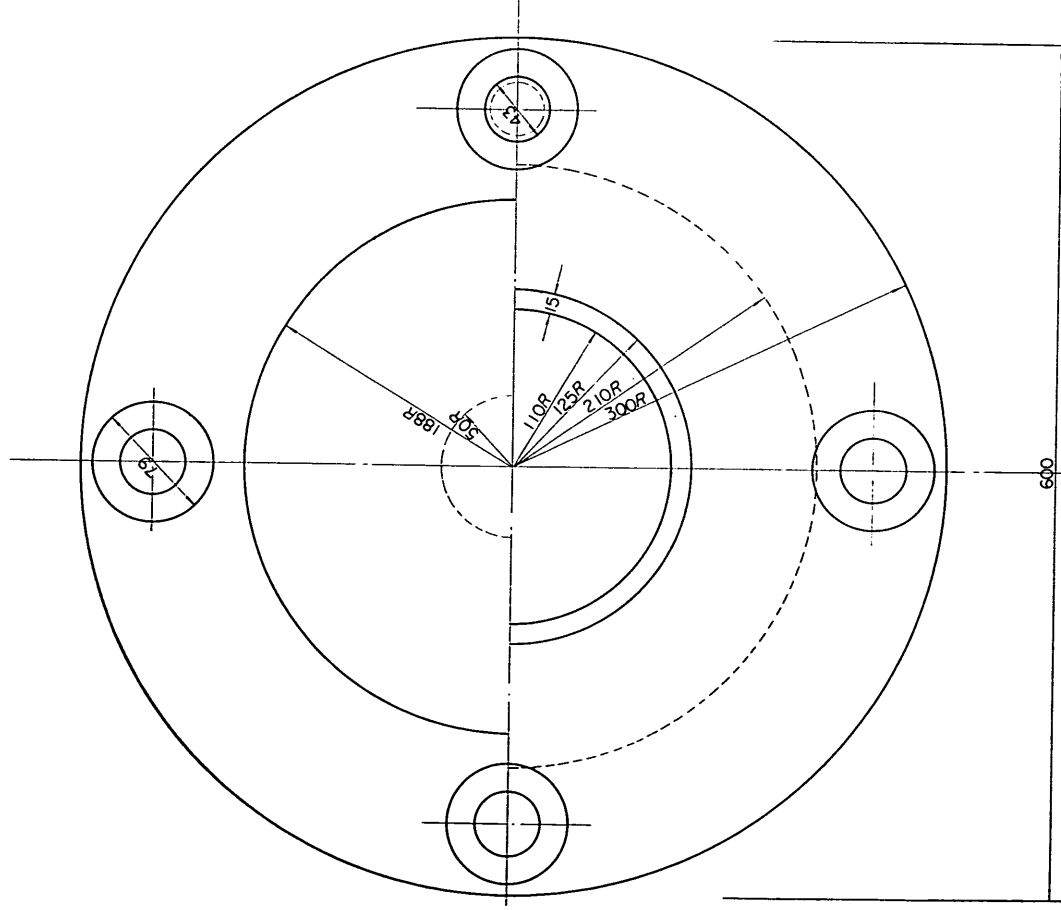
$$\tau_s = \frac{P/N}{\frac{\pi}{4} \phi^2}$$

$$= \frac{25,000/4}{\frac{\pi}{4} \times 3.713^2} = 577 \text{ kg/cm}^2$$

この値は許容せん断応力度 800 kg/cm^2 を越えない。

けい船直柱15t型詳細図

単位 mm

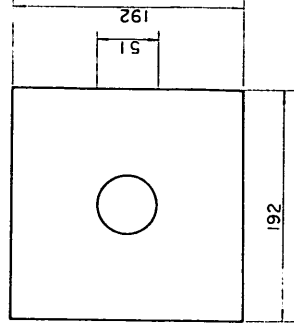
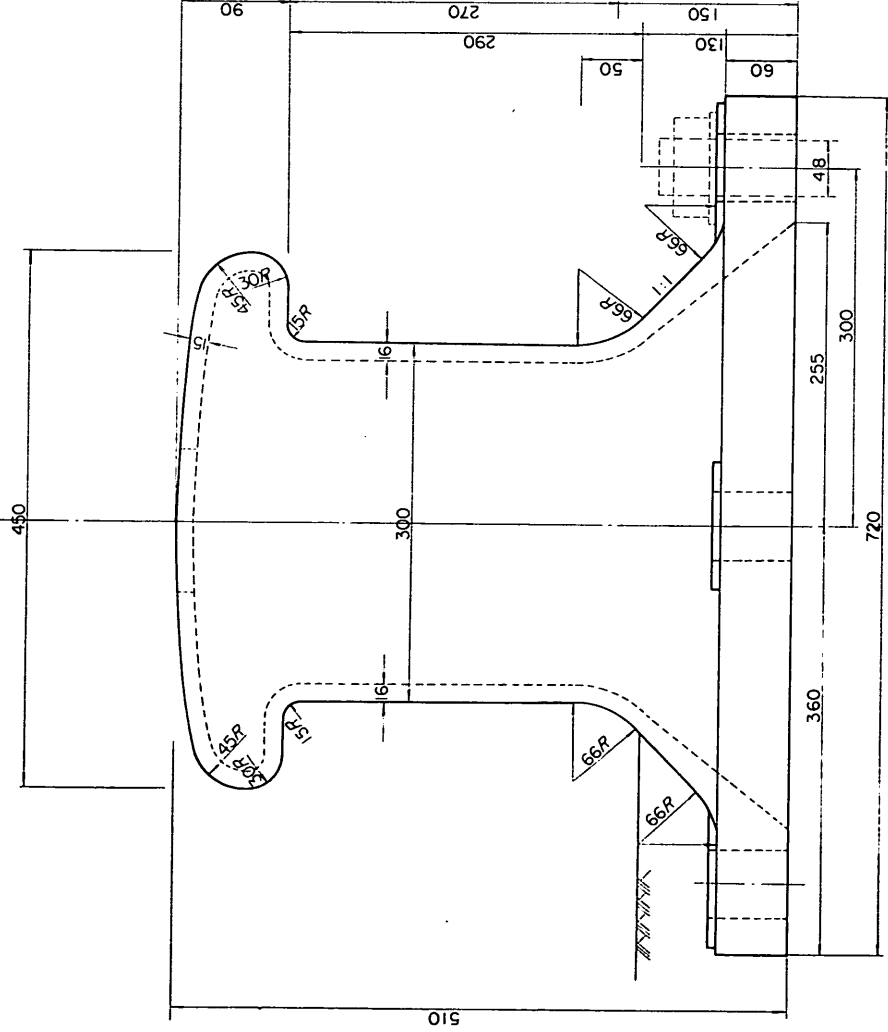
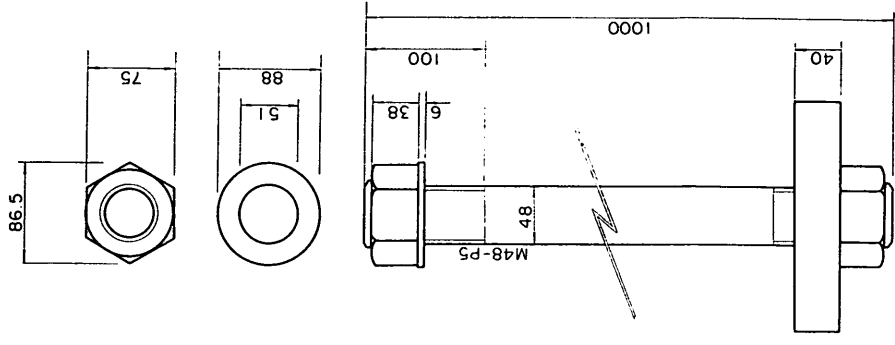
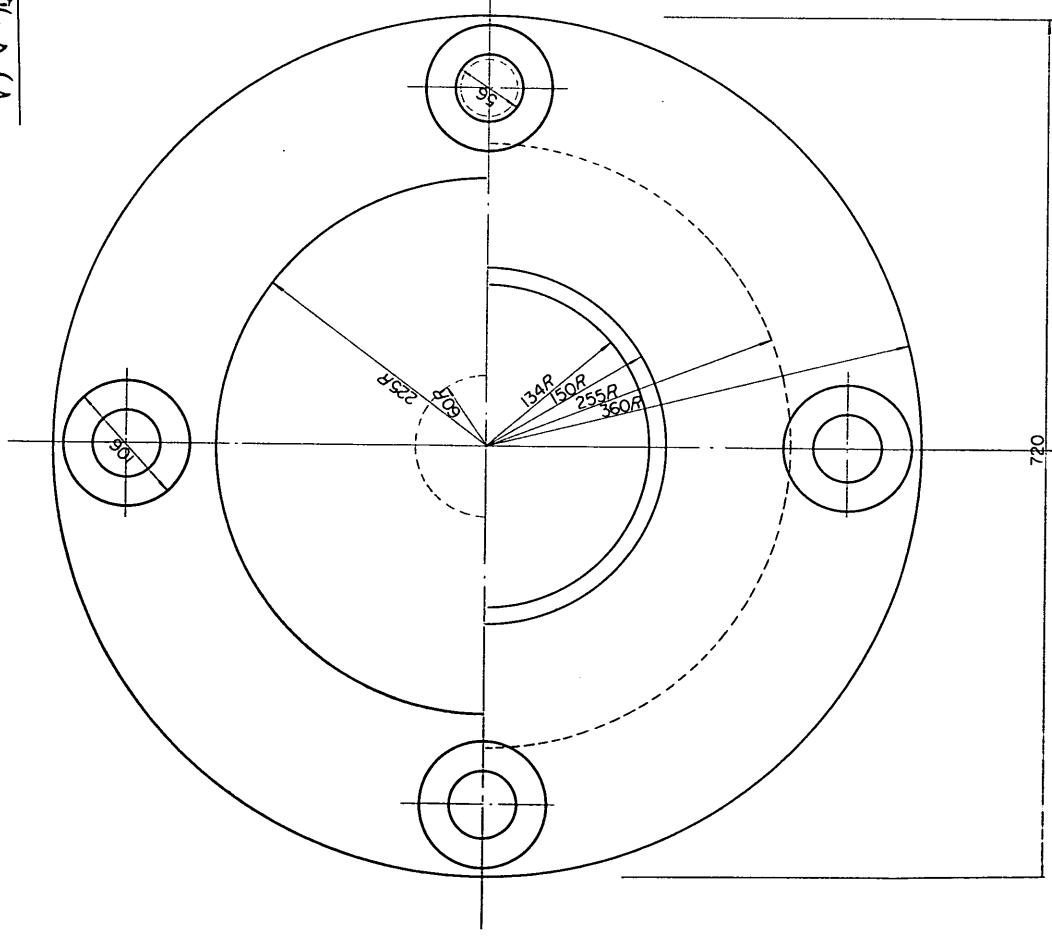


使用材料および重量

名称	材料および規格	許容応力度 (kg/cm ²)	個数 (個)	1個当り重量 (kg)	重量 (kg)
本体	JISG5101 3種SC46	1,400	1	114	114
アソカボルト	JISG3101 2種SS41 JISB0205M36-4	1,400	4	6	24
六角ナット	JISB1181 1種, 並3級, 4T, N36-4	—	8	—	—
平座金	JISB1256 黒丸, 鋼	—	4	—	—
アソカ板	JISG3101 2種SS41 またはJISG5101 3種SC46	1,400	4	5	20

けい船直柱25t型詳細図

単位 mm

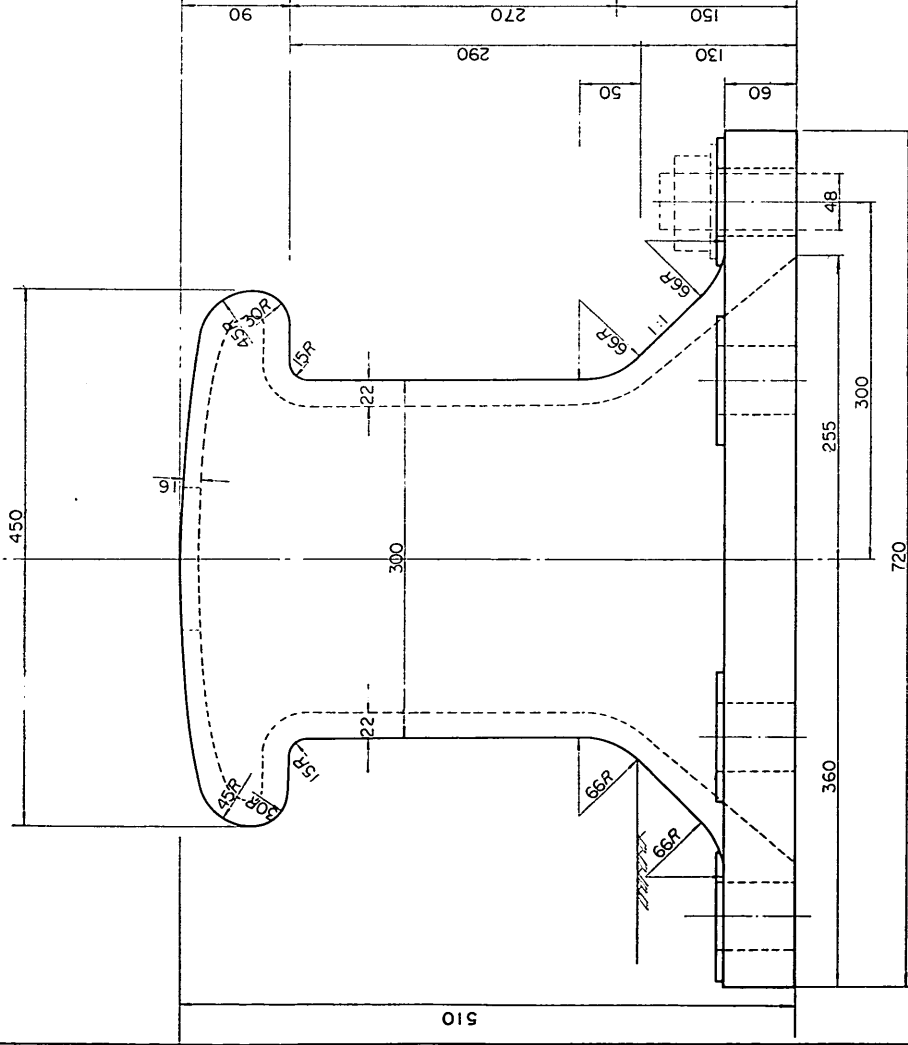
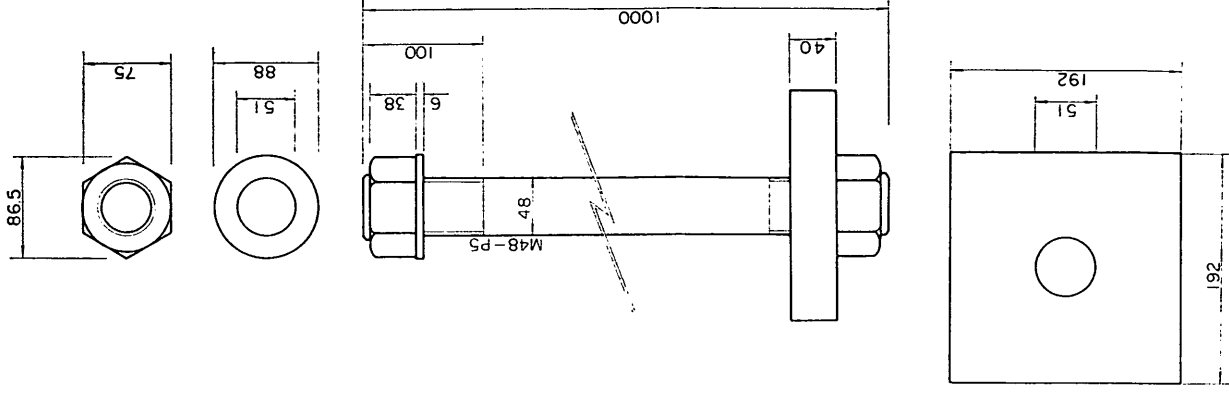
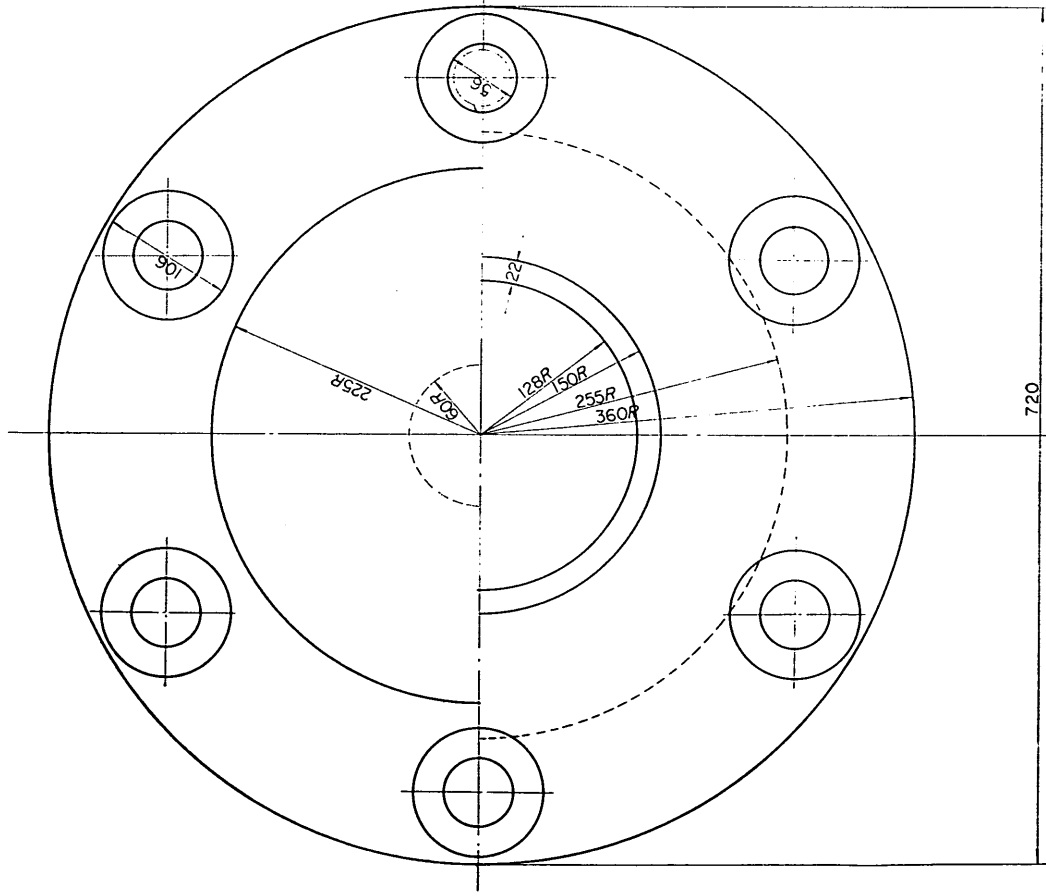


使用材料および重量

名称	材料および規格	許容応力度 (kg/cm ²)	個数 (個)	1個当り重量 (kg)	重量 (kg)
本体	JISG5101 3種SC46	1,400	1	200	200
アンカボルト	JISG3101 2種SS41 JISB0205 M48-5	1,400	4	14	56
六角ナット	JISB1181 1種, 並3線, 4T, M48-5	—	8	—	—
平座金	JISB1256 黒丸鋼	—	4	—	—
アンカ板	JISG3101 2種SS41 またはJISG5101 3種SC46	1,400	4	12	48

けい船直柱35t型詳細図

単位mm

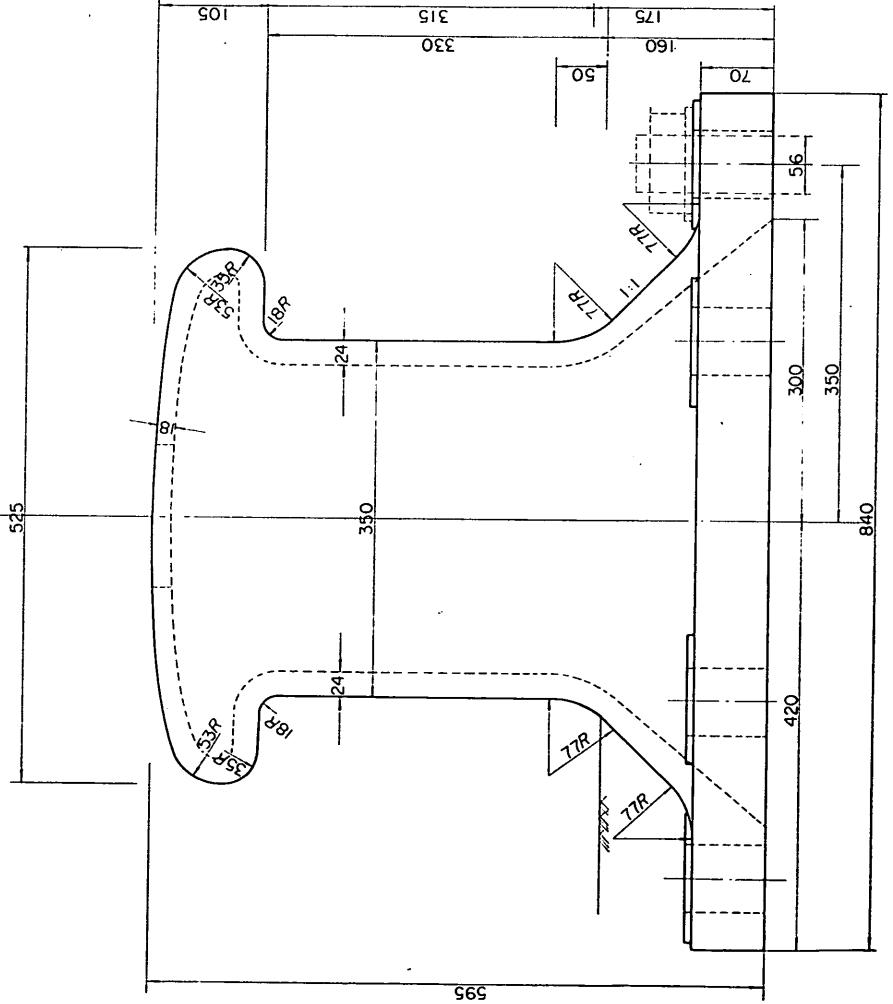
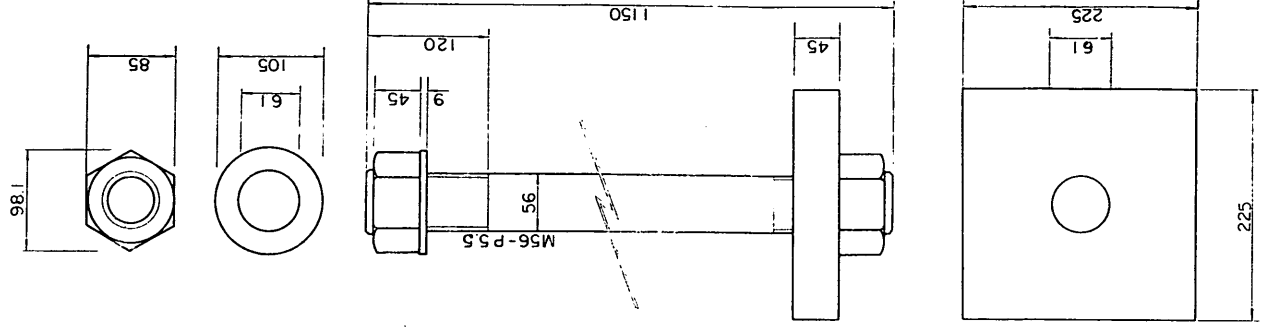
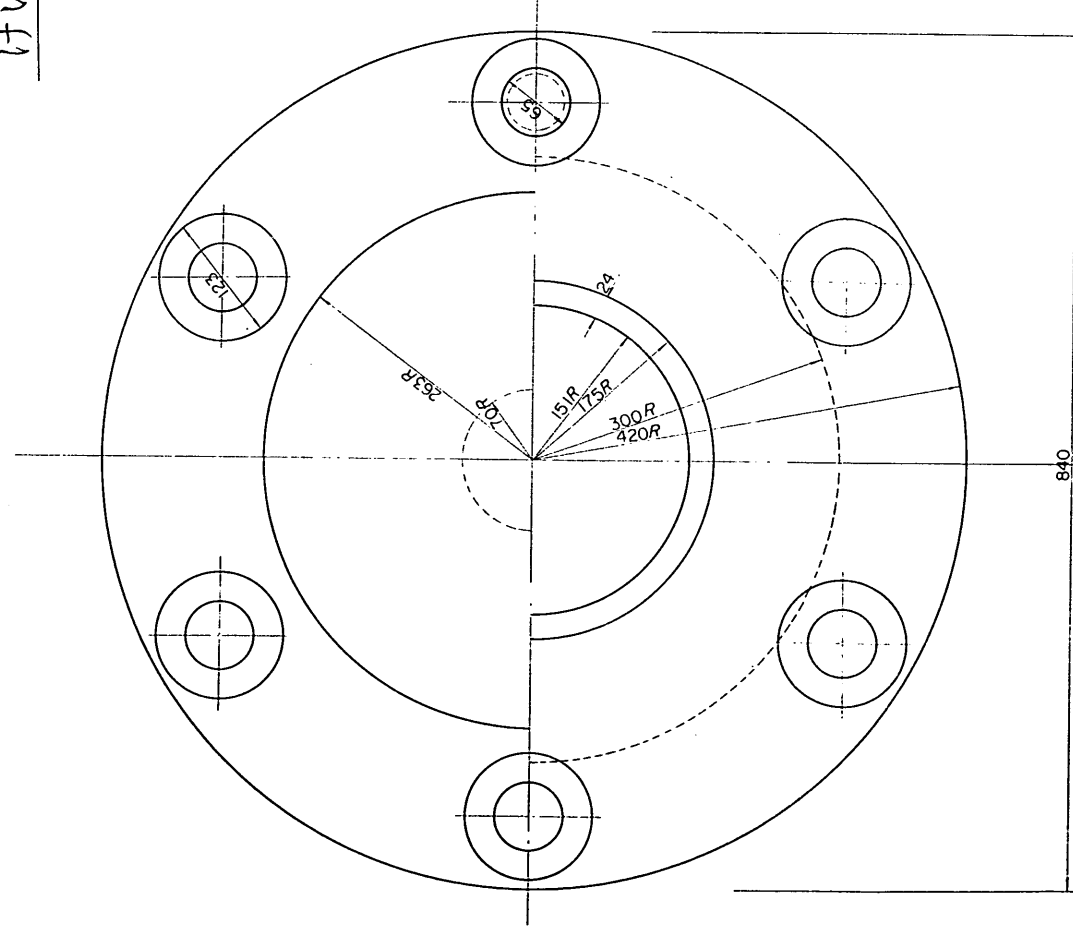


使用材料および重量

名称	材料および規格	許容応力度 (kg/cm ²)	個数 (個)	1個当り 重量(kg)	重量 (kg)
本体	JISG5101 3種SC46	1,400	1	218	218
アンカボルト	JISG3101 2種SS41 JISB2025 M48-5	1,400	6	14	84
六角ナット	JISB1181 1種, 並3級, 4T, M48-5	—	12	—	—
平座金	JISB1256 黒丸鋼	—	6	—	—
アンカ板	JISG3101 2種SS41 またはJISG5101 3種SC46	1,400	6	12	72

けい船直柱50t型詳細図

単位: mm

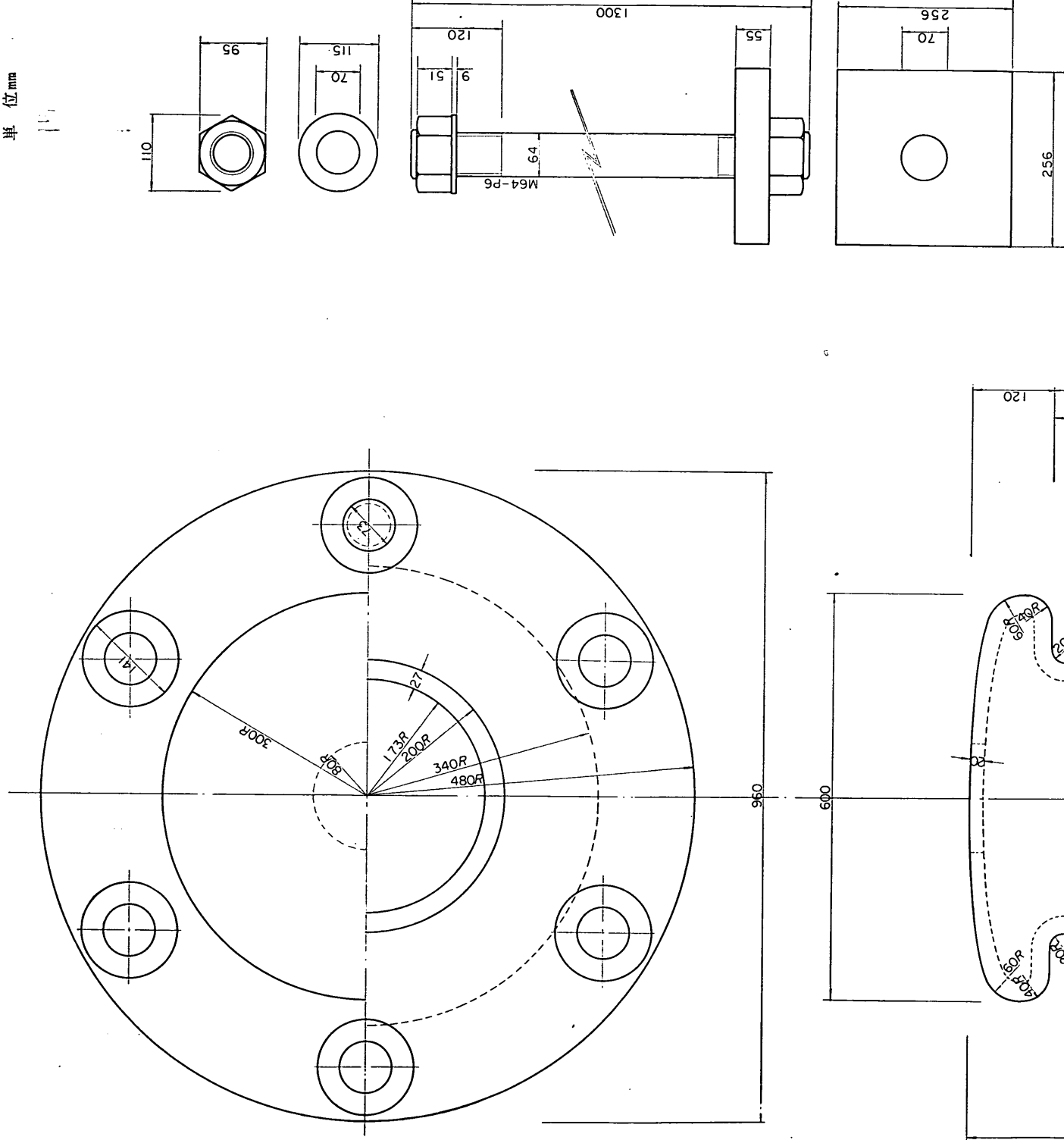


使用材料および重量

名称	材料および規格	許容応力度 (kg/cm ²)	個数 (個)	1個当り重量 (kg)	重量 (kg)
本体	JISC5101 3種SC46	1,400	1	337	337
アンカボルト	JISC3101 2種SS41 JISB0205 M56-5.5	1,400	6	22	132
六角ナット	JISB1181 1種並3級, 4T, M56-5.5	—	12	—	—
平座金	JISB1256 黒丸鋼	—	6	—	—
アンカ板	JISC3101 2種SS41 またはJISC5101 3種SC46	1,400	6	18	108

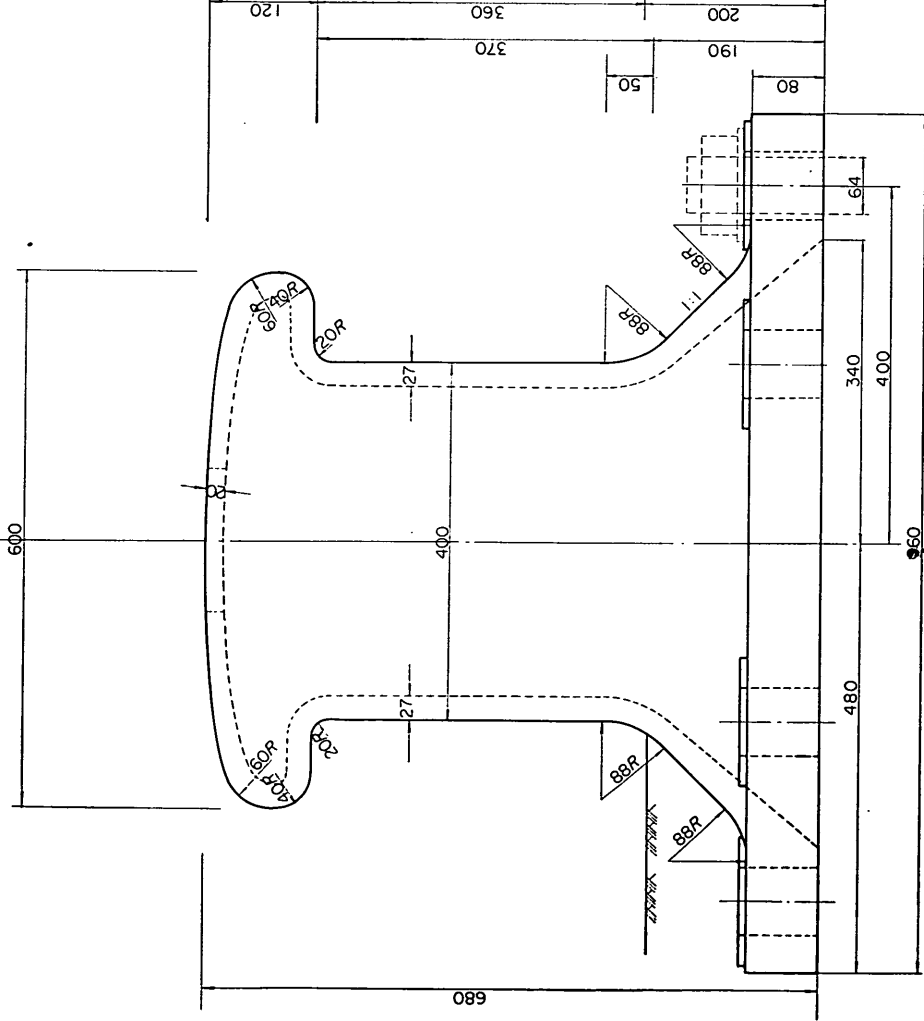
けい船直柱70t型詳細図

単位:mm



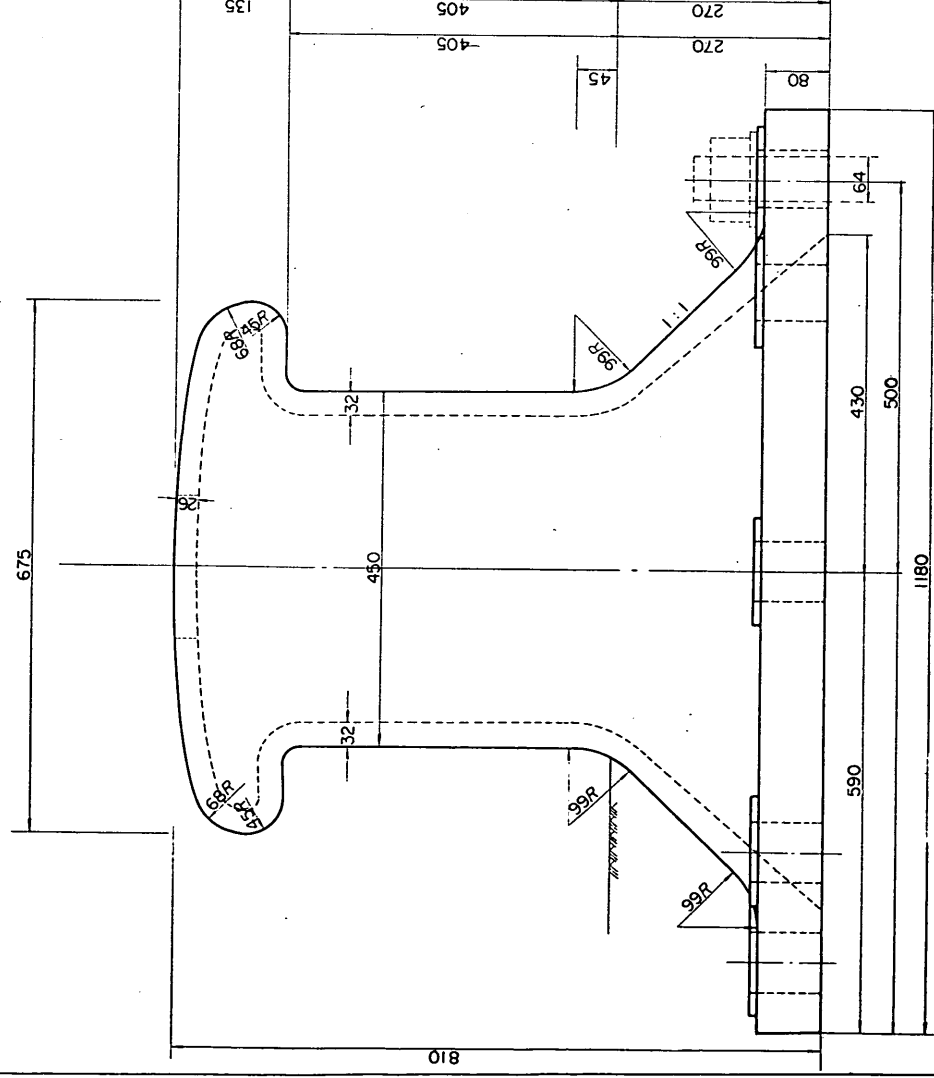
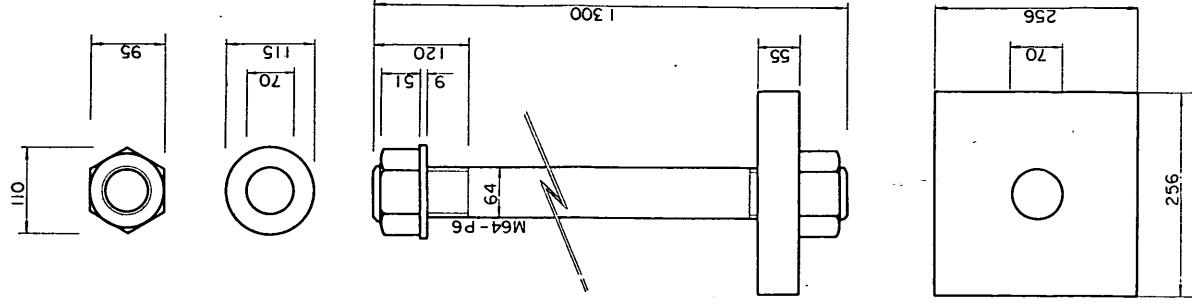
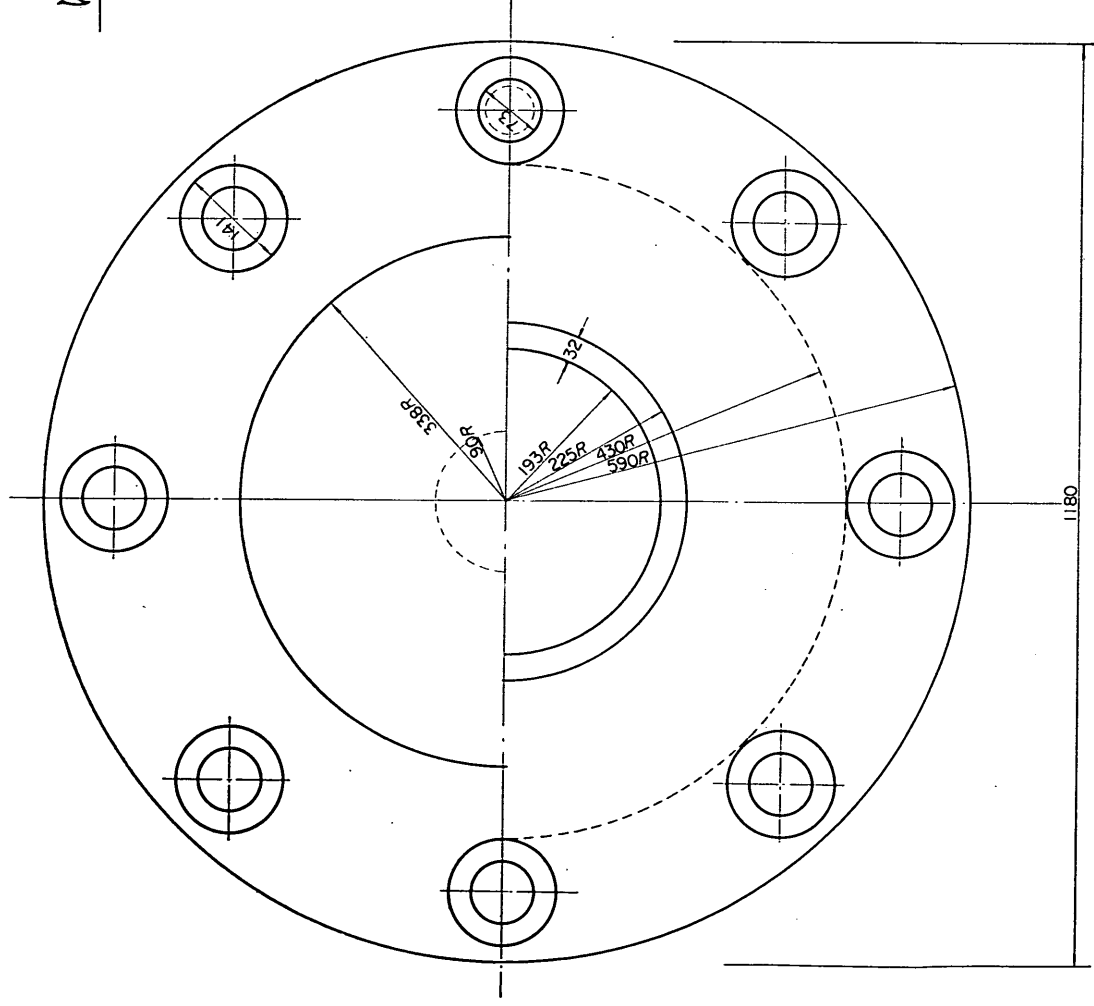
使用材料および重量

名称	材料および規格	許容応力度 (kg/cm ²)	個数 (個)	1個当り 重量(kg)	重量 (kg)
本体	JISG5101 3種SC46	1,400	1	530	530
アンカボルト	JISG3101 2種SS41 JISB0205 M64-6	1,400	6	33	198
6角ナット	JISB1181 1種,並3級, 4T, M64-6	-	12	-	-
平座金	JISB1256 黒丸,鋼	-	6	-	-
ワシカ板	JISG3101 2種SS41 またはJISG5101 3種SC46	1,400	6	29	174



けい船直柱100t型詳細図

単位mm

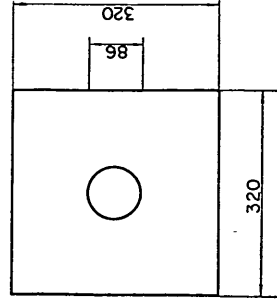
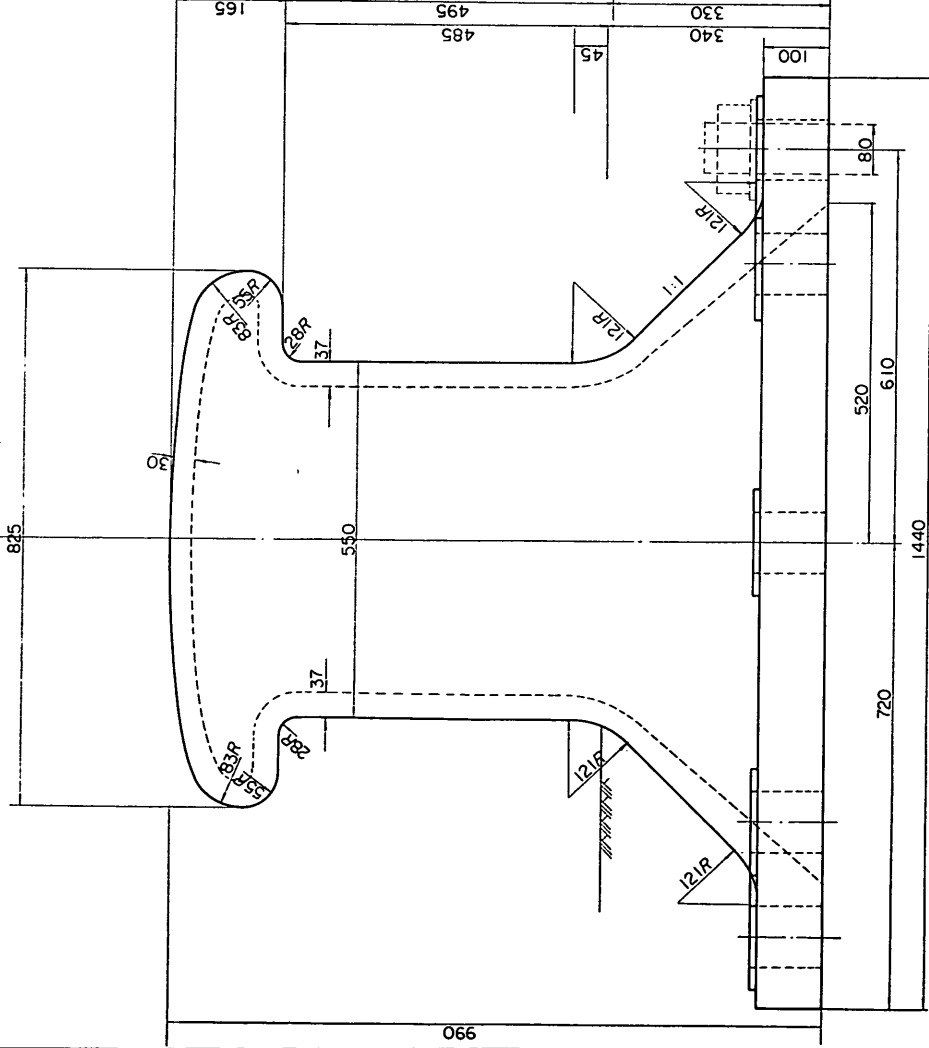
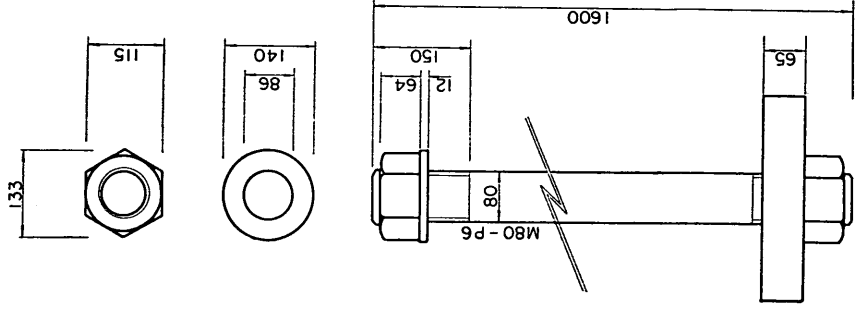
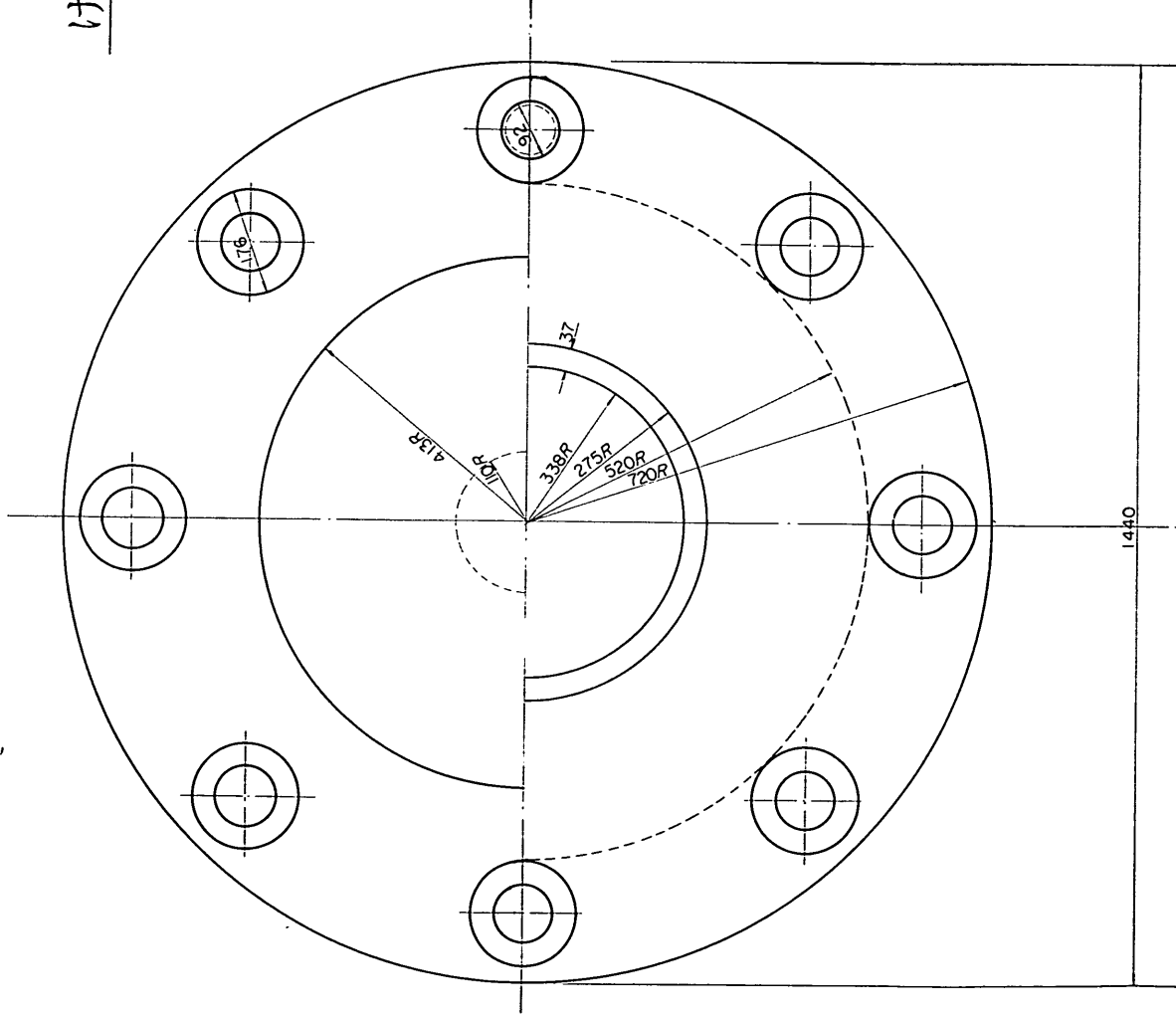


使用材料および重量

名称	材料および規格	許容応力度 (kg/cm ²)	個数 (個)	1個当り重量 (kg)	重量 (kg)
本体	JISG5101 3種SC46	1,400	1	730	730
アンカボルト	JISG3101 2種SS41 JISB0205M64-6	1,400	8	33	264
六角ナット	JISB1181 1種,並3級, 4T, M64-6	-	16	-	-
平洗金	JISB1256 黒丸鋼	-	8	-	-
アンカ板	JISG3101 2種SS41 またはJISG5101 3種SC46	1,400	8	29	232

けい船直柱150t型詳細図

単位 mm

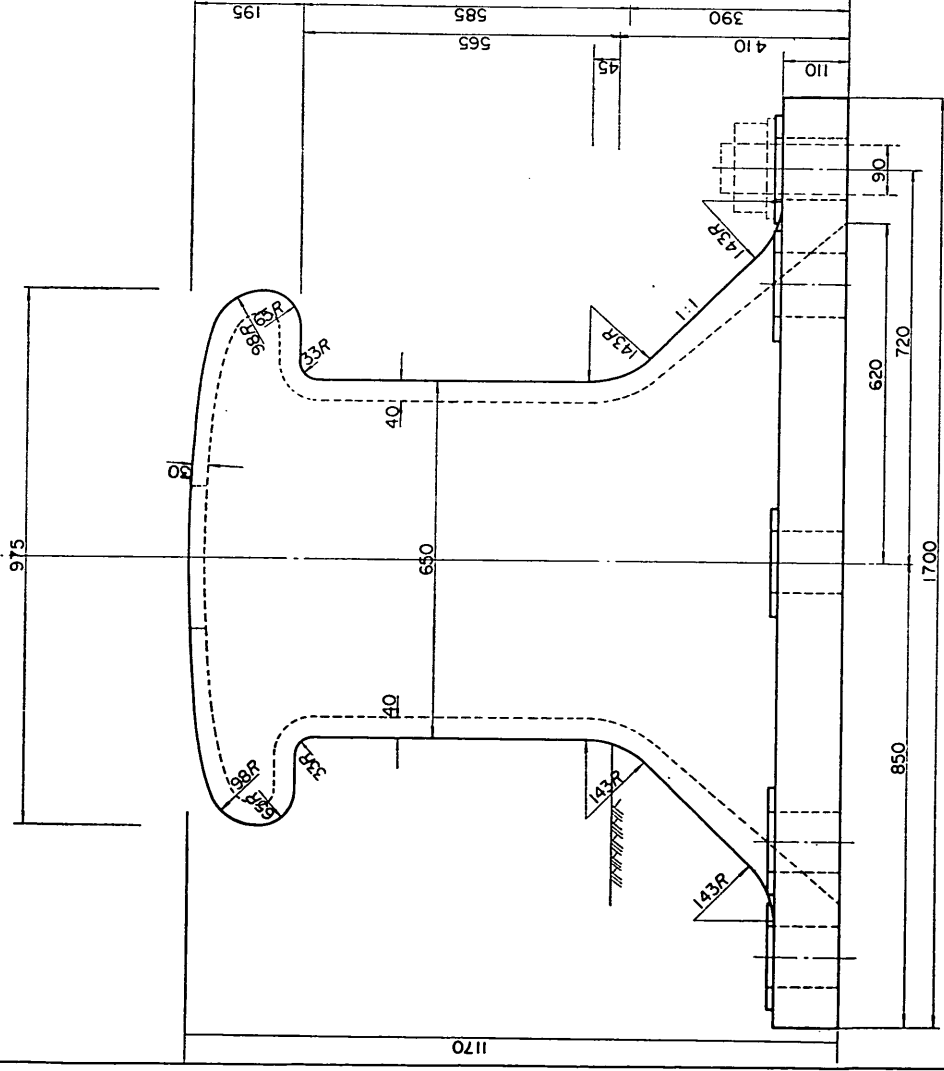
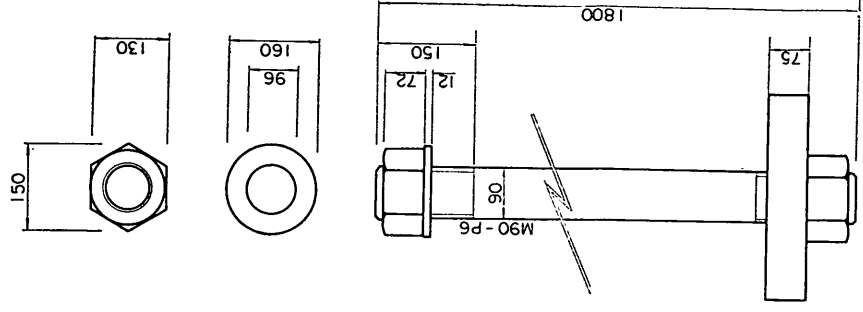
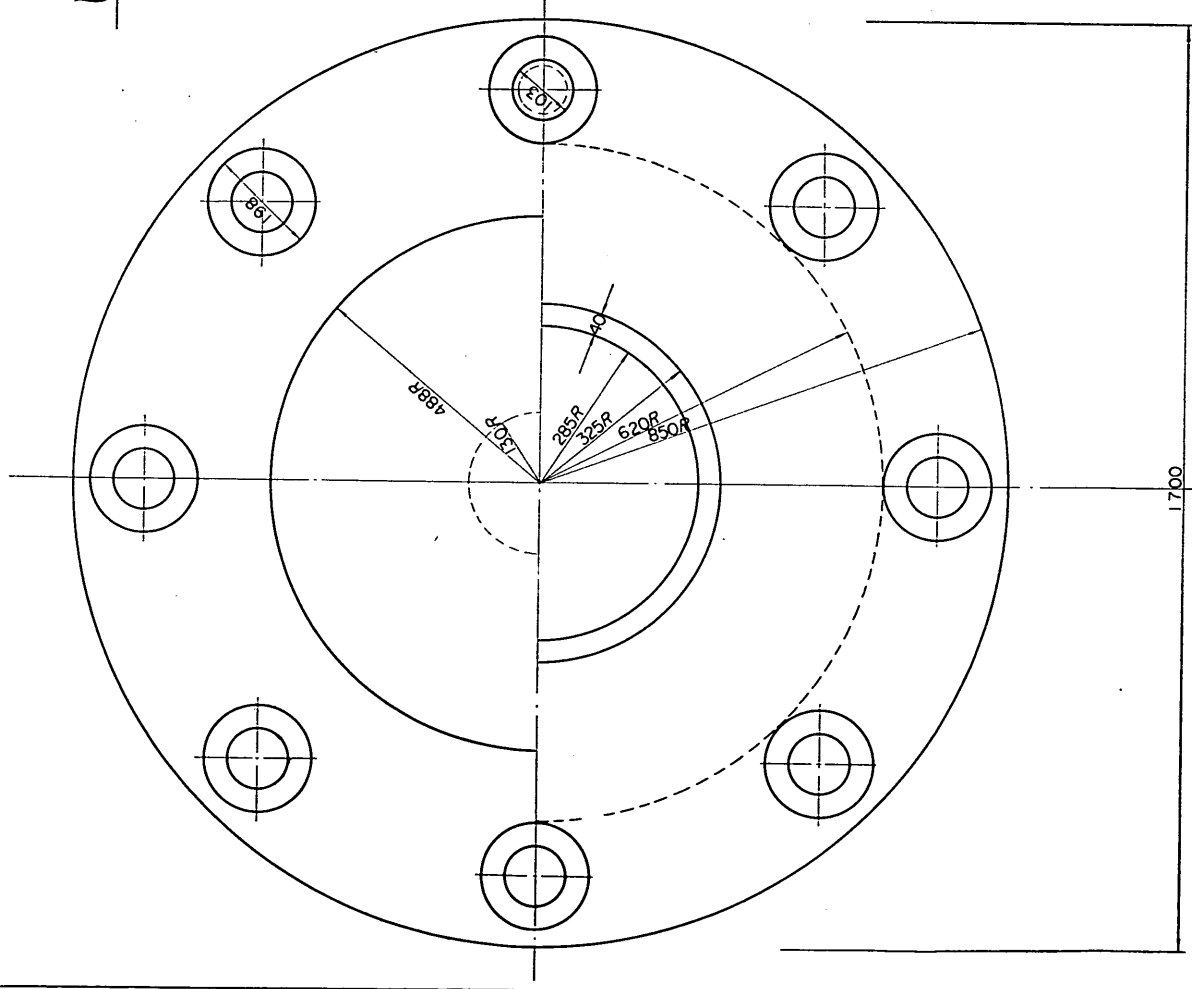


使用材料および重量

名称	材料および規格	許容応力度 (kg/cm ²)	個数 (個)	1個当り重量 (kg)	重量 (kg)
本体	JISC5101 3冊SC46	1,400	1	1330	1330
アンカボルト	JISC3101 2冊SS41 JISB0207 M80-6	1,400	8	63	504
六角ナット	JISB1181 1冊並3級, 4T, M80-6	—	16	—	—
平座金	JISB1256 黒丸鋼	—	8	—	—
アンカ板	JISC3101 2冊SS41 またはJISC5101 3冊SC46	1,400	8	52	416

けい船直柱200t型詳細図

単位:mm

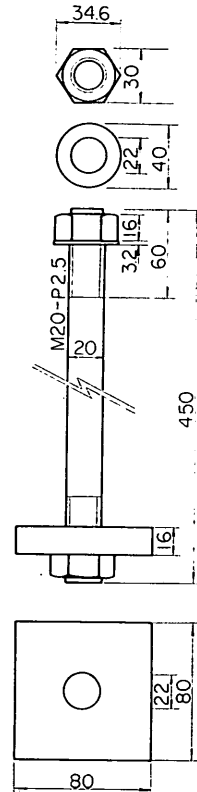
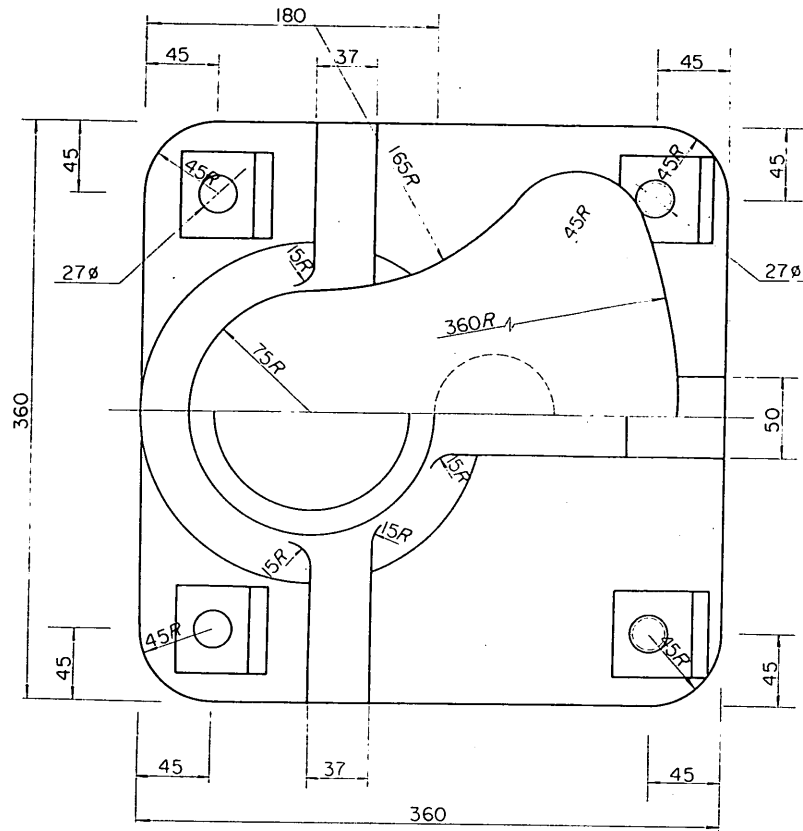


使用材料および重量

名称	材料および規格	許容応力度 (kg/cm ²)	個数 (個)	1個当り重量 (kg)	重量 (kg)
本体	JISC5101 3種SC46	1,400	1	2,020	2,020
アンカボルト	JISC3101 2種SS41 JISB0207M90-6	1,400	8	90	720
六角ナット	JISB1181 1種, 並3級, 4T, M90-6	—	16	—	—
平座金	JISB1256 皿丸, 鋼	—	8	—	—
アンカ板	JISC3101 2種SS41 またはJISC5101 3種SC46	1,400	8	76	608

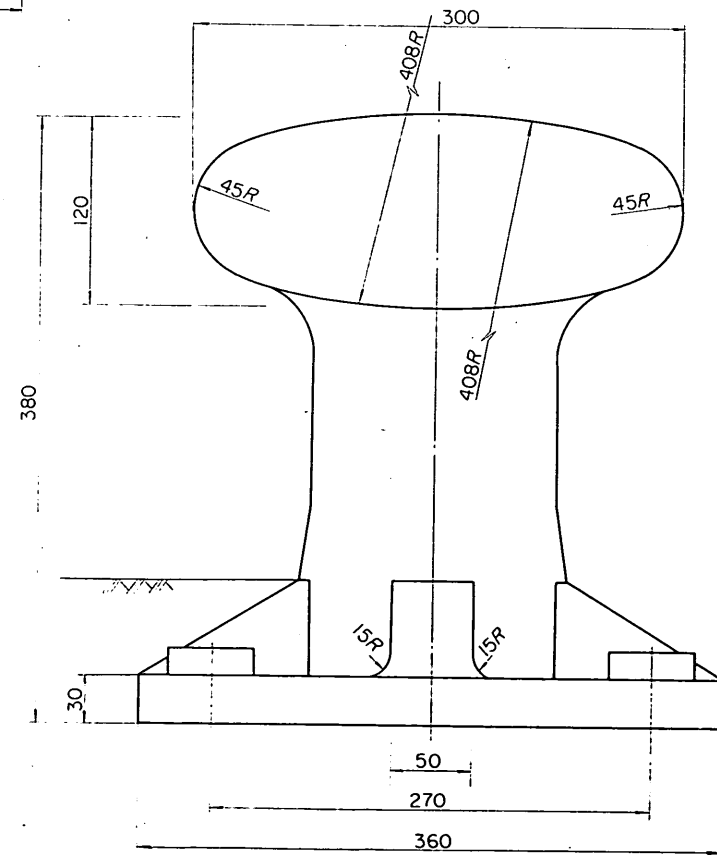
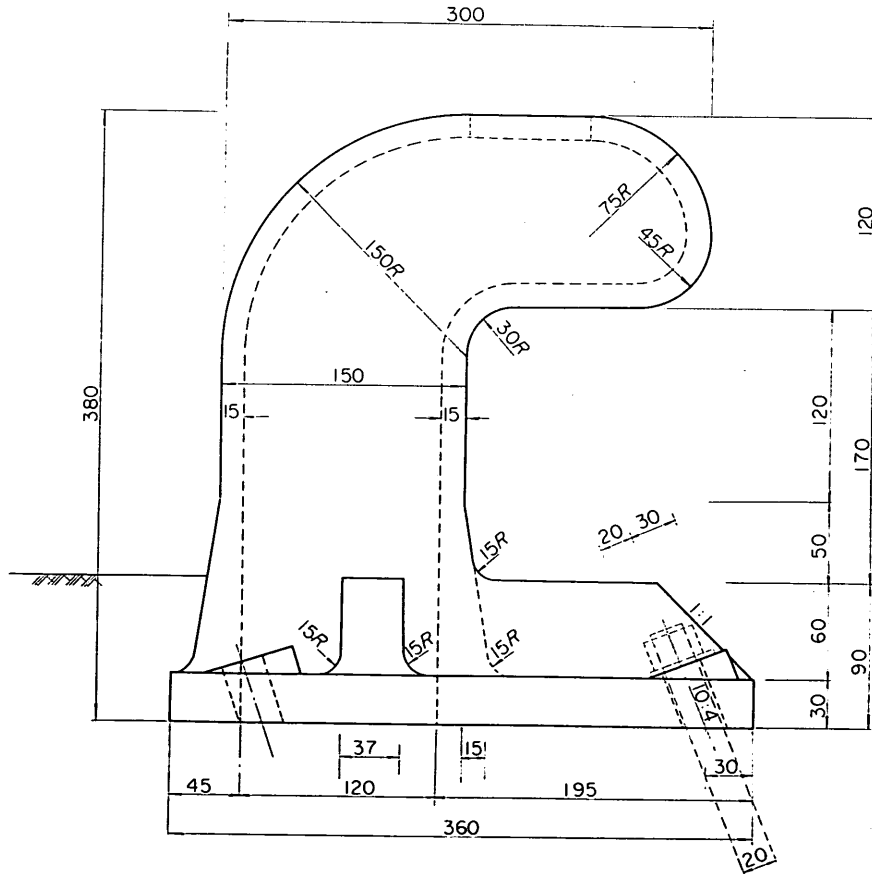
けい船曲柱5t型詳細図

単位 mm



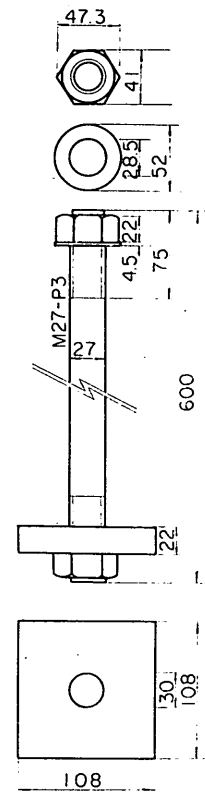
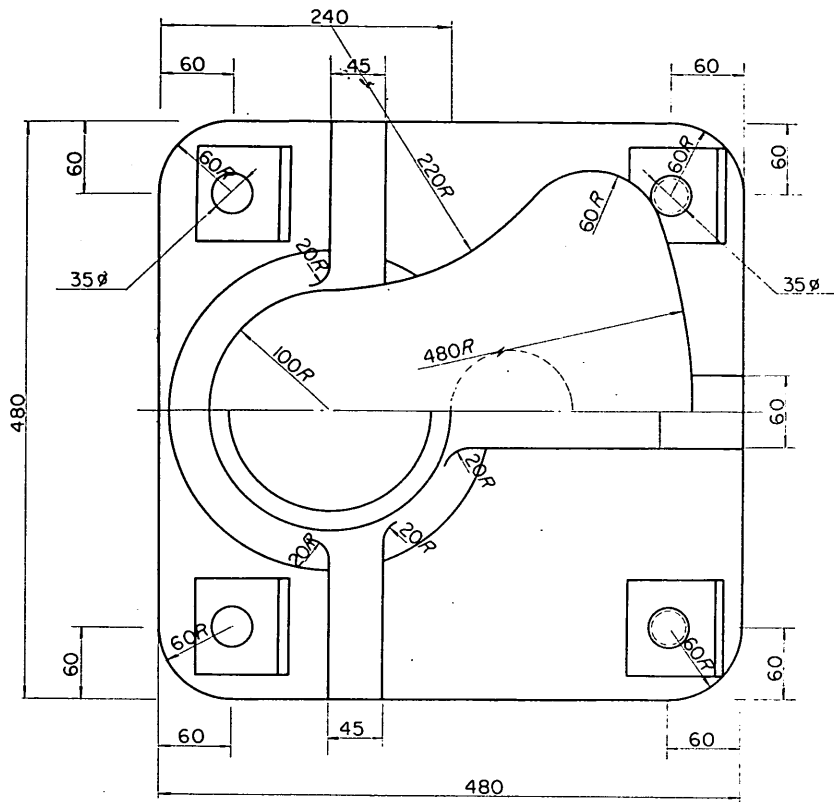
使用材料および重量

名称	材料および規格	許容応力度 (kg/cm ²)	個数 (個)	1個当り重量 (kg)	重量 (kg)
本体	JISG5101 3種SC46	1,400	1	64	64
アンカボルト	JISG3101 2種SS41 JISB0205 M20-2.5	1,400	4	1	4
六角ナット	JISB1181 1種, 並3級, 4T, M20-2.5	—	8	—	—
平座金	JISB1256 黒丸, 鋼	—	4	—	—
アンカ板	JISG3101 2種SS41 またはJISG5101 3種SC46	1,400	4	1	4



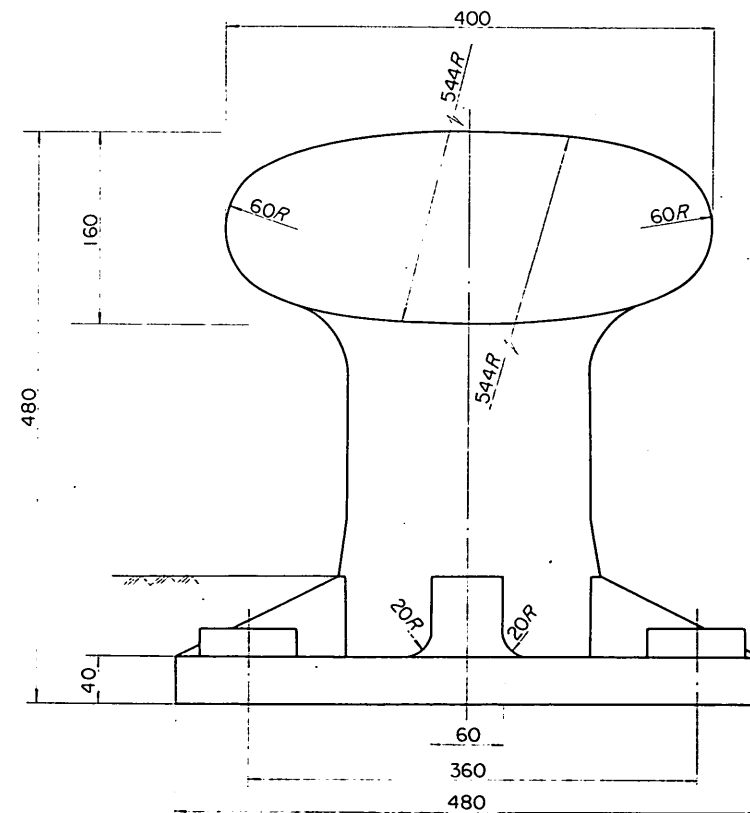
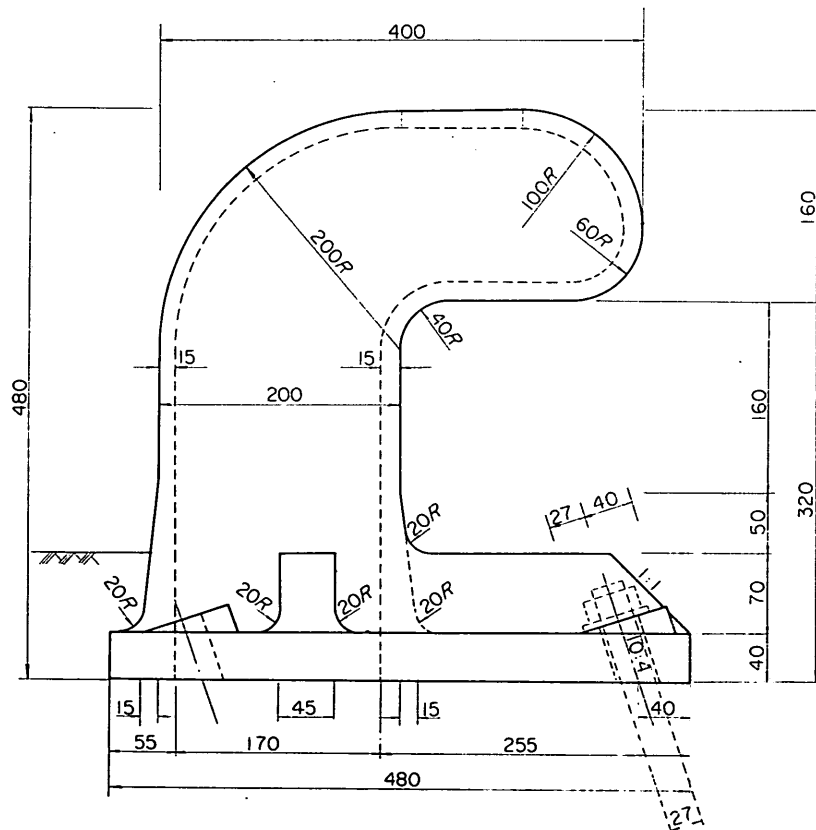
けい船曲柱10t型詳細図

単位mm



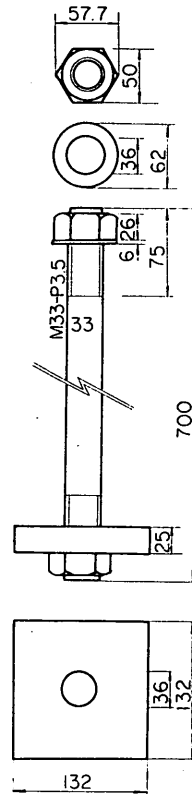
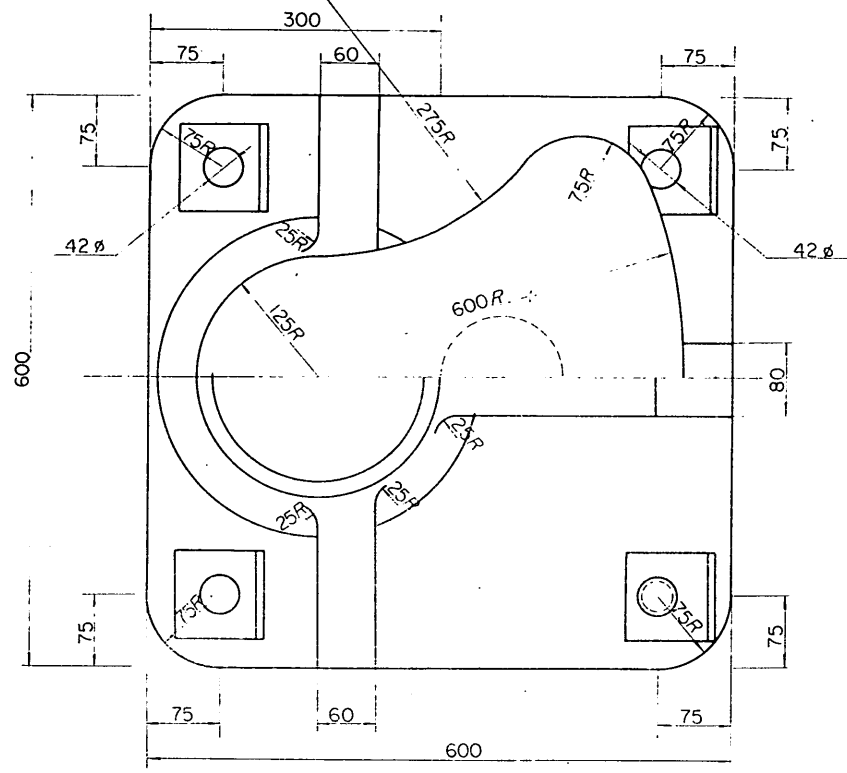
使用材料および重量

名称	材料および規格	許容応力度 (kg/cm ²)	個数 (個)	1個当り重量 (kg)	重量 (kg)
本体	JISG5101 3種SC46	1,400	1	128	128
アンカボルト	JISG3101 2種SS41 JISB0205 M27-3	1,400	4	3	12
六角ナット	JISB1181 1種, 並3級, 4T, M27-3	—	8	—	—
平座金	JISB1256 黒丸, 鋼	—	4	—	—
アンカ板	JISG3101 2種SS41 またはJISG5101 3種SC46	1,400	4	2	8



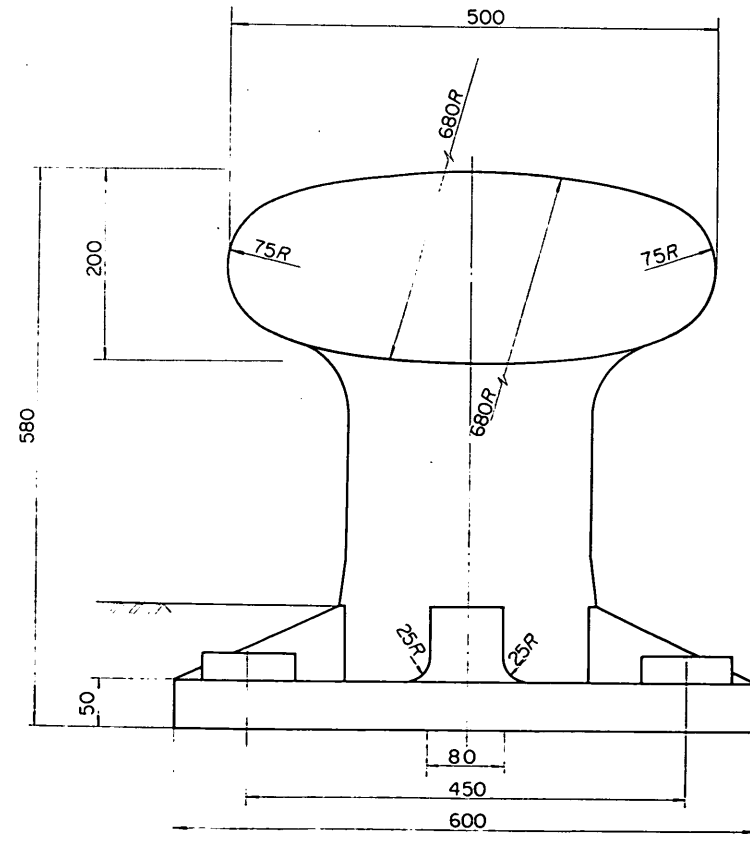
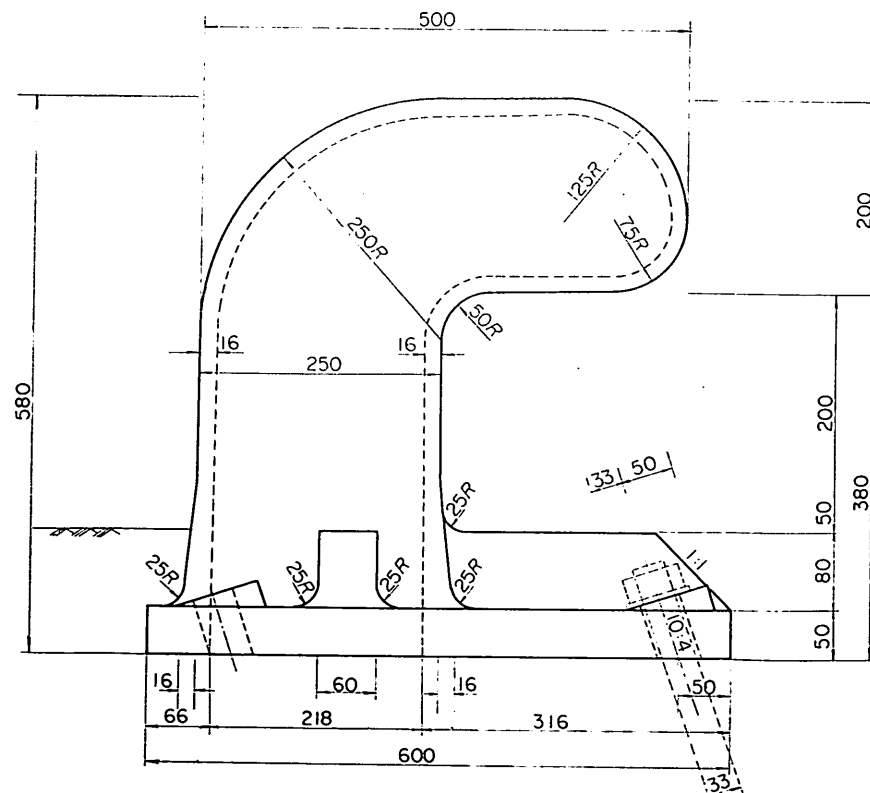
けい船曲柱15t型詳細図

単位 mm



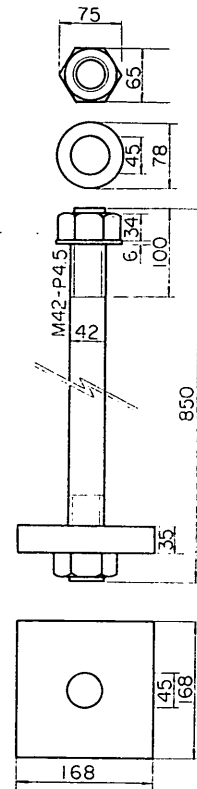
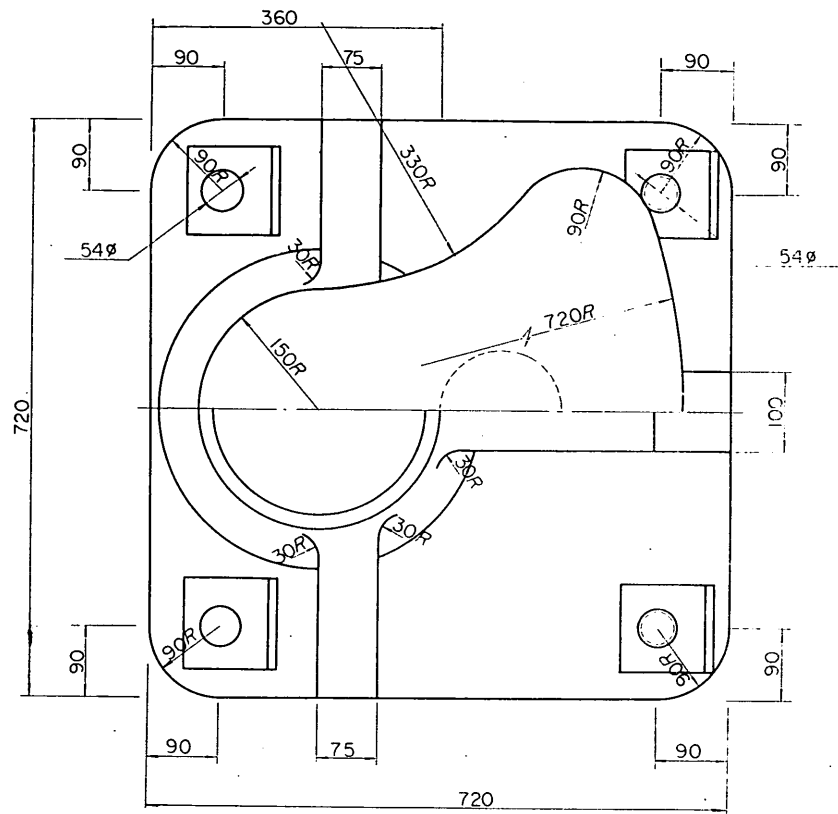
使用材料および重量

名称	材料および規格	許容応力度 (kg/cm ²)	個数 (個)	1個当り重量 (kg)	重量 (kg)
本体	JISG5101 3種SC46	1,400	1	232	232
アンカボルト	JISG3101 2種SS41 JISB0205 M33-3.5	1,400	4	5	20
六角ナット	JISB1181 1種, 並3級, 4T, M33-3.5	—	8	—	—
平座金	JISB1256 黒丸, 鋼	—	4	—	—
アンカ板	JISG3101 2種SS41 または JISG5101 3種SC46	1,400	4	4	16



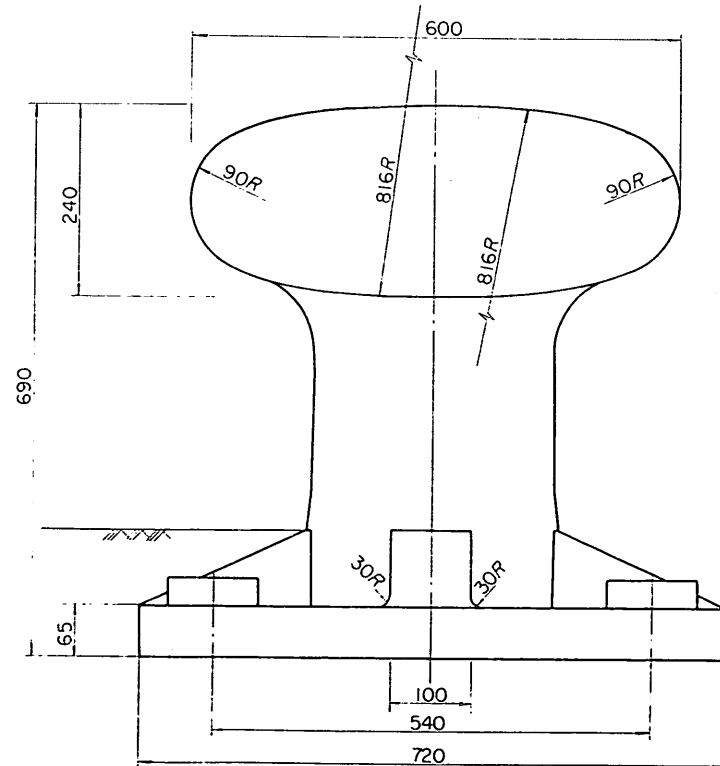
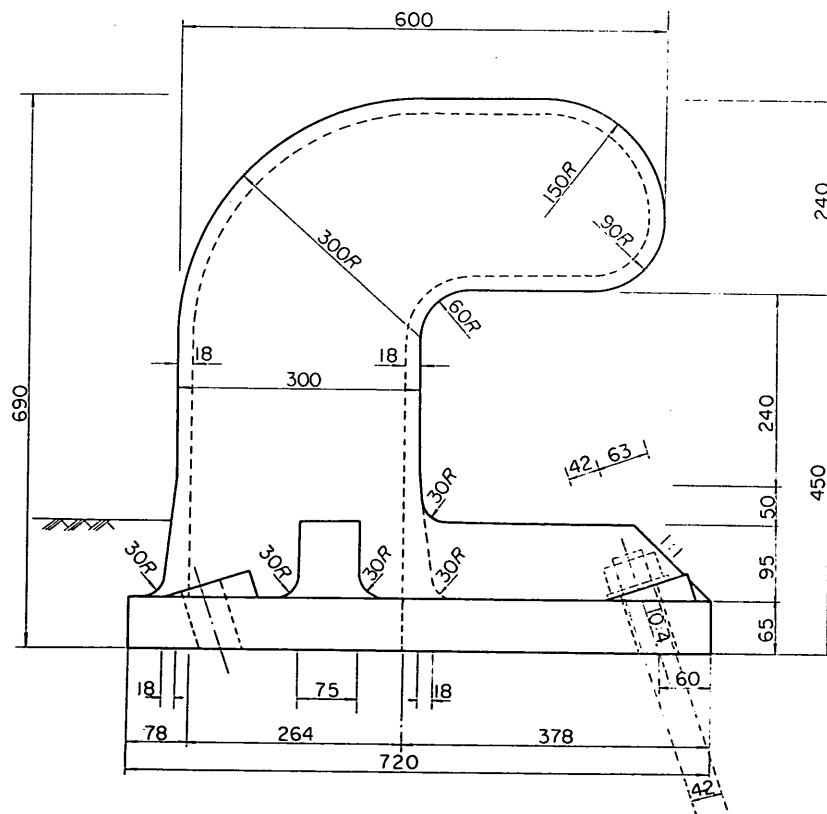
けい船曲柱25t型詳細図

単位mm



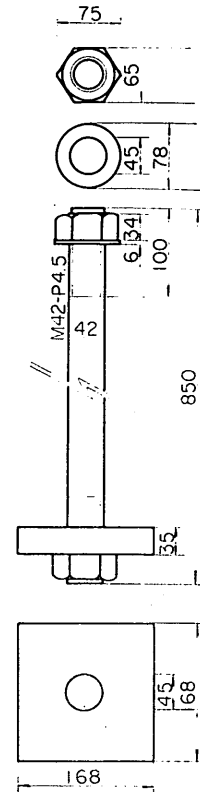
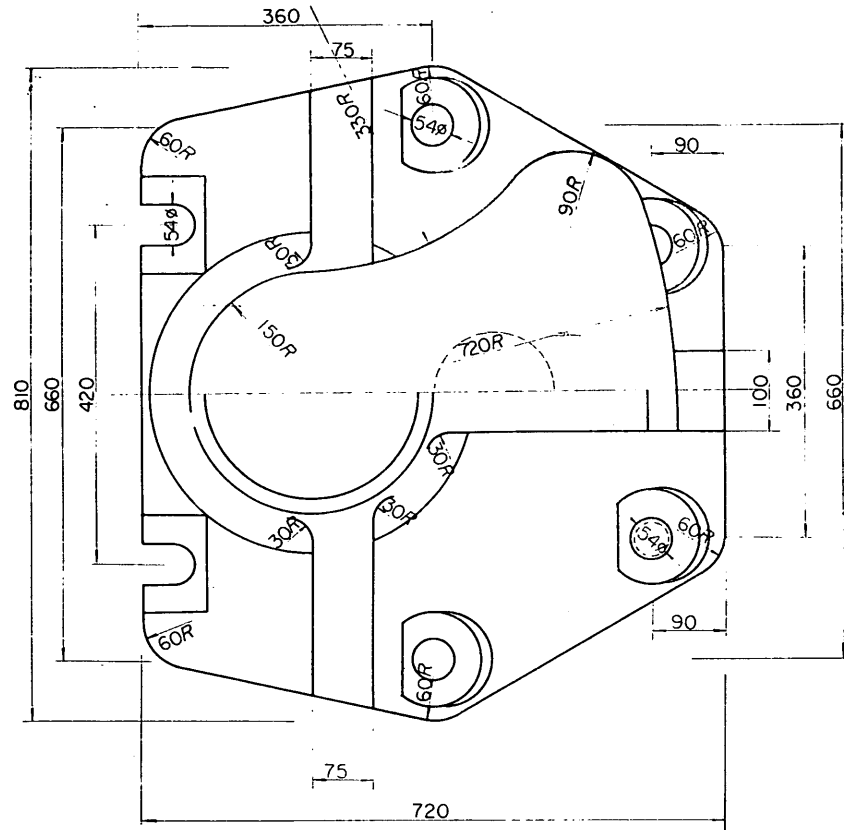
使用材料および重量

名称	材料および規格	許容応力度 (kg/cm ²)	個数 (個)	1個当り 重量(kg)	重量 (kg)
本体	JISG5101 3種SC46	1,400	1	408	408
アンカボルト	JISG3101 2種SS41 JISB0205 M42-4.5	1,400	4	9	36
六角ナット	JISB1181 1種, 並3級, 4T, M42-4.5	—	8	—	—
平座金	JISB1256 黒丸, 鋼	—	4	—	—
アンカ板	JISG3101 2種SS41 またはJISG5101 3種SC46	1,400	4	8	32



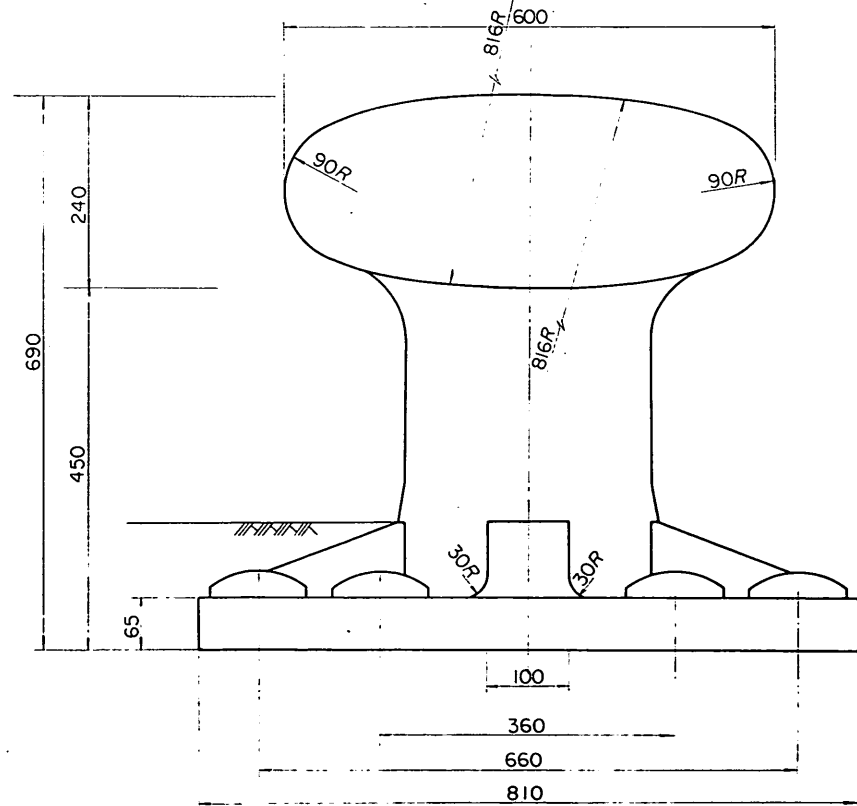
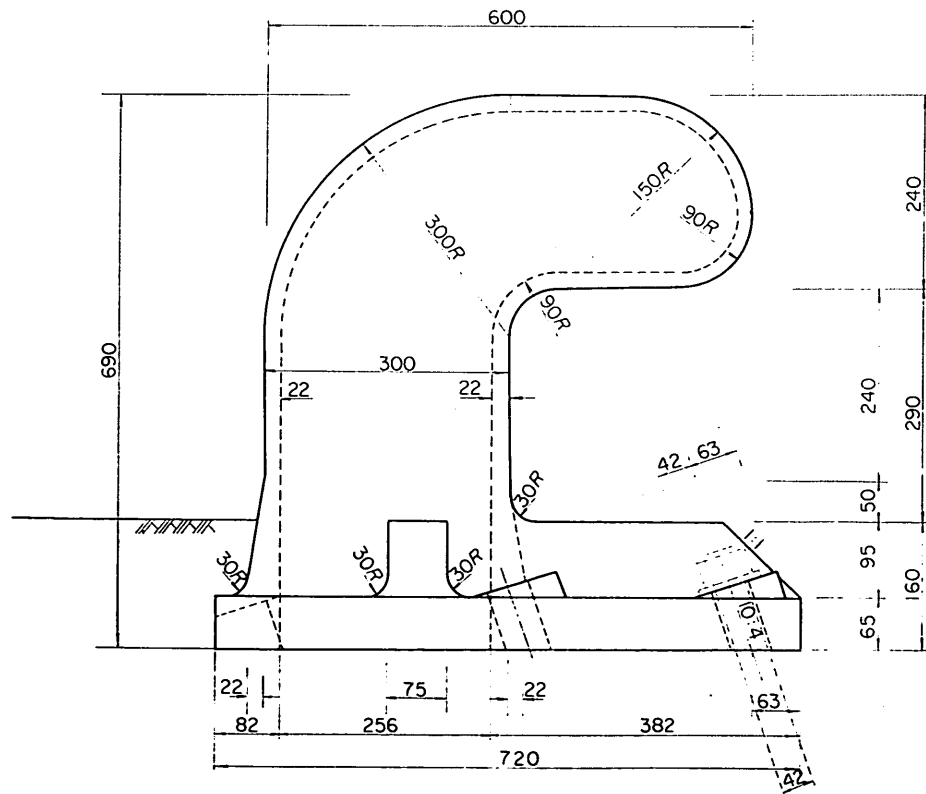
けい船曲柱35t型詳細図

単位 mm



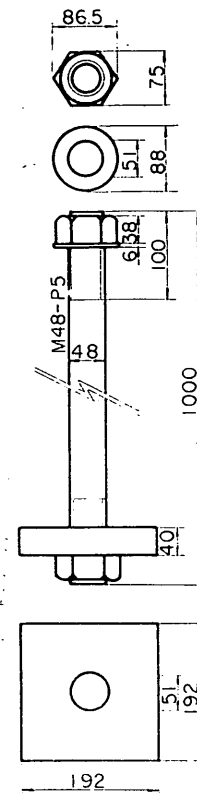
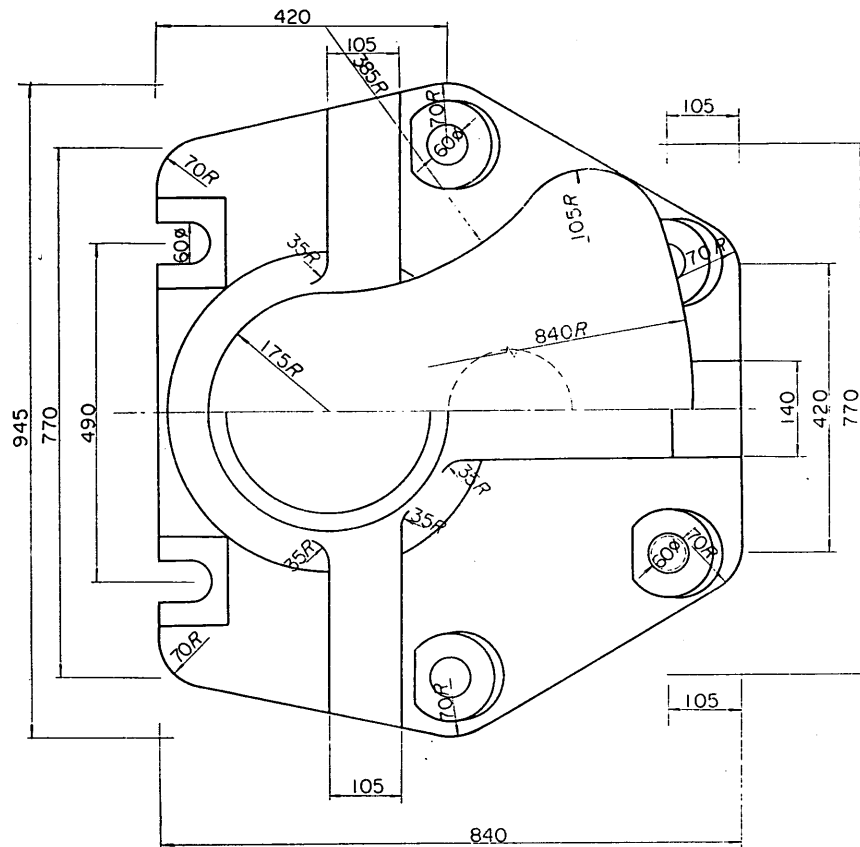
使用材料および重量

名称	材料および規格	許容応力度 (kg/cm ²)	個数 (個)	1個当り重量 (kg)	重量 (kg)
本体	JISG5101 3種SC46	1,400	1	420	420
アンカボルト	JISG3101 2種SS41 JISB0205 M42-4.5	1,400	6	9	54
六角ナット	JISB1181 1種, 並3級, 4T, M42-4.5	—	12	—	—
平座金	JISB1256 黒丸, 銅	—	6	—	—
アンカ板	JISG3101 2種SS41 または JISG5101 3種SC46	1,400	6	8	48



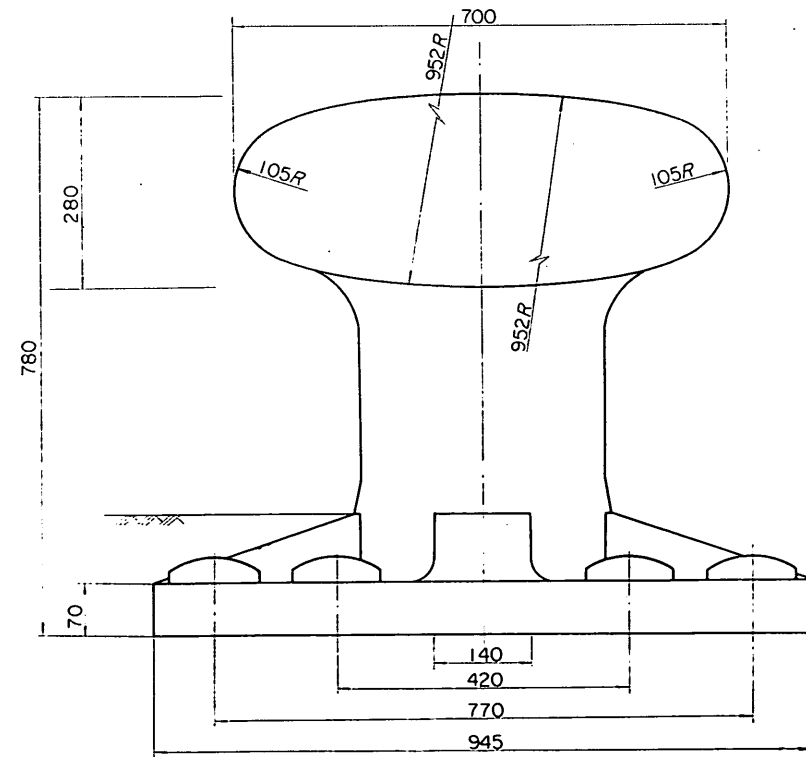
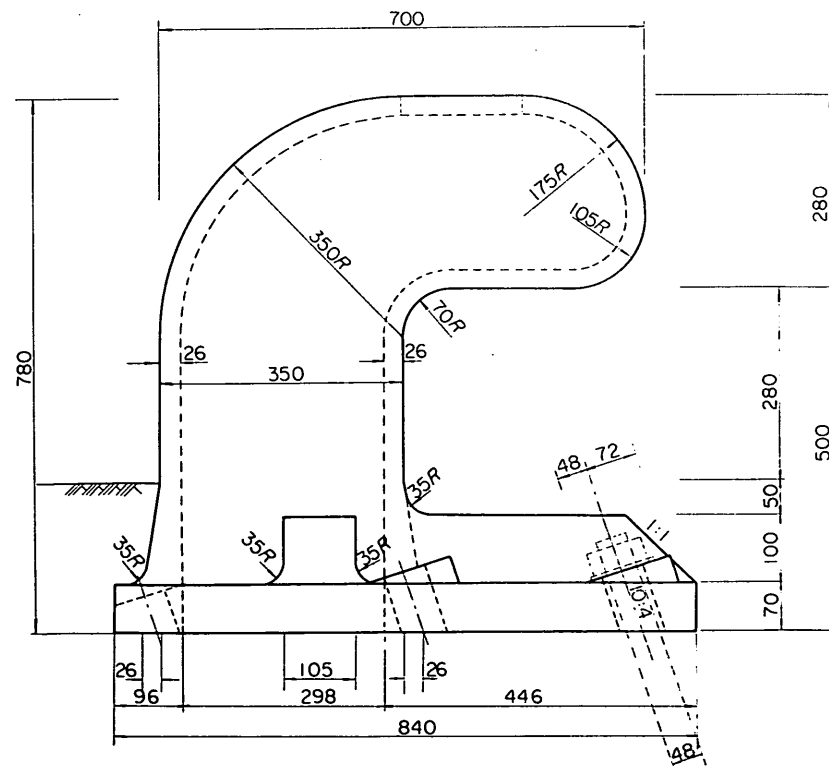
けい船曲柱50t型詳細図

単位mm



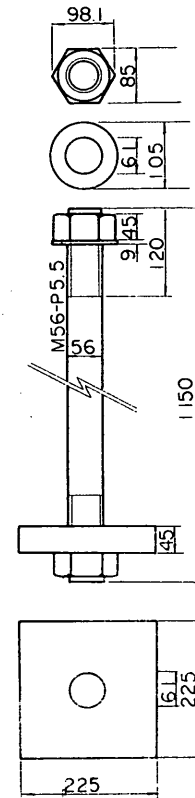
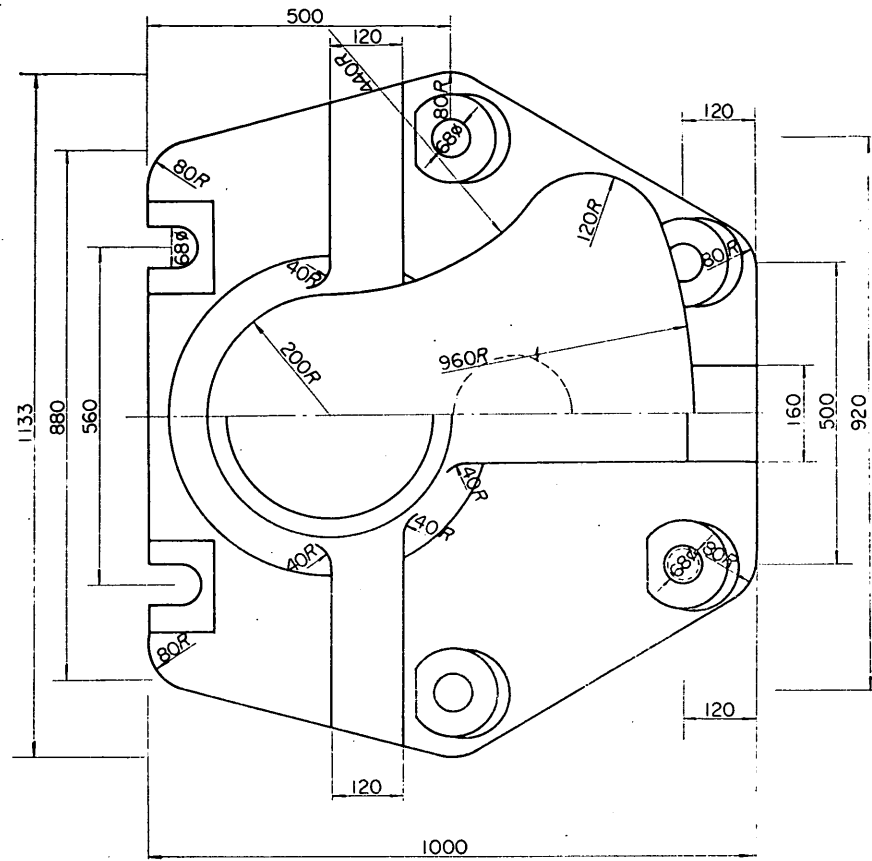
使用材料および重量

名称	材料および規格	許容応力度 (kg/cm ²)	個数 (個)	1個当り重量 (kg)	重量 (kg)
本体	JISG5101 3種SC46	1,400	1	644	644
アンカボルト	JISC3101 2種SS41 JISB0205 M48-5	1,400	6	14	84
六角ナット	JISB1181 1種, 並3級, 4T, M48-5	—	12	—	—
平座金	JISB1256 黒丸鋼	—	6	—	—
アンカ板	JISC3101 2種SS41 またはJISG5101 3種SC46	1,400	6	12	72



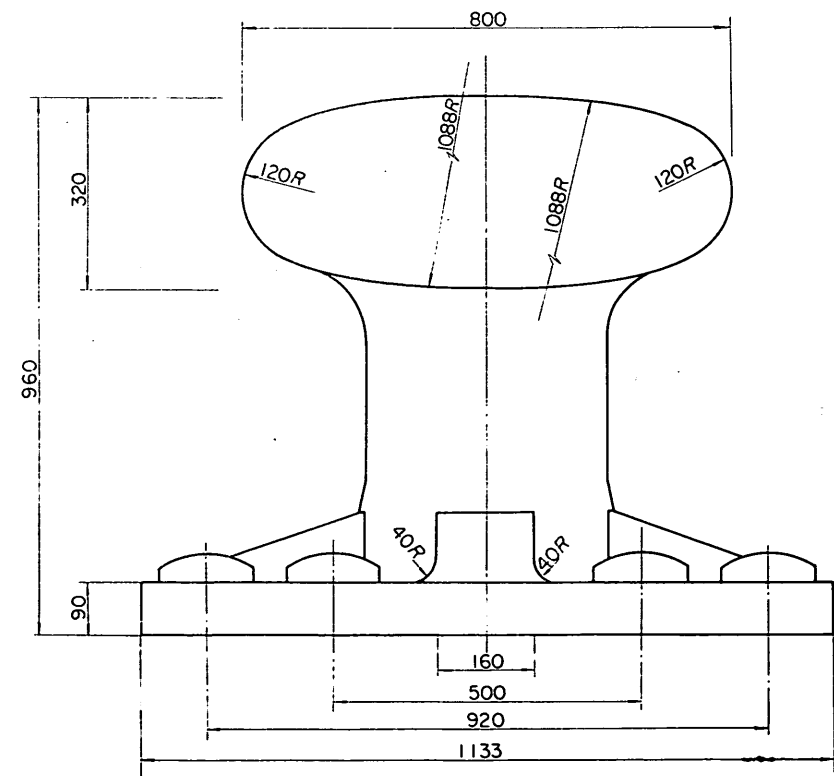
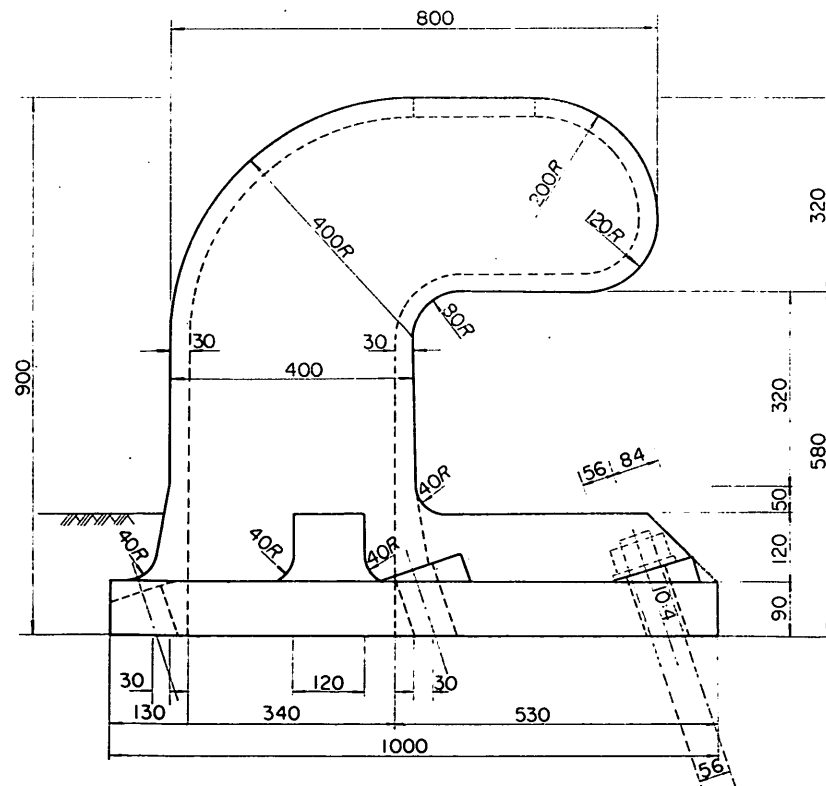
けい船曲柱70t型詳細図

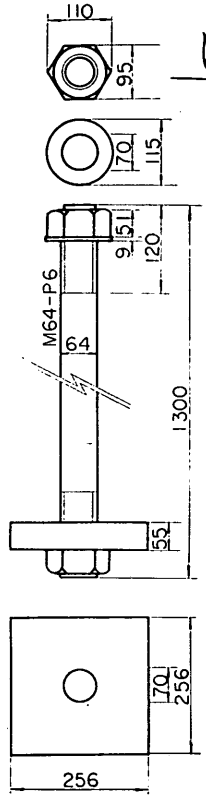
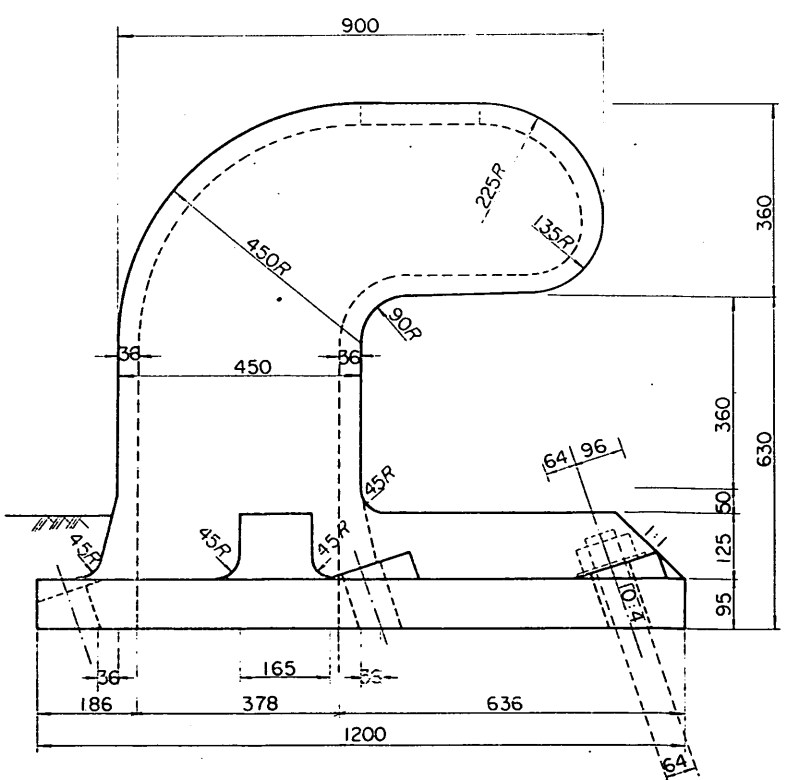
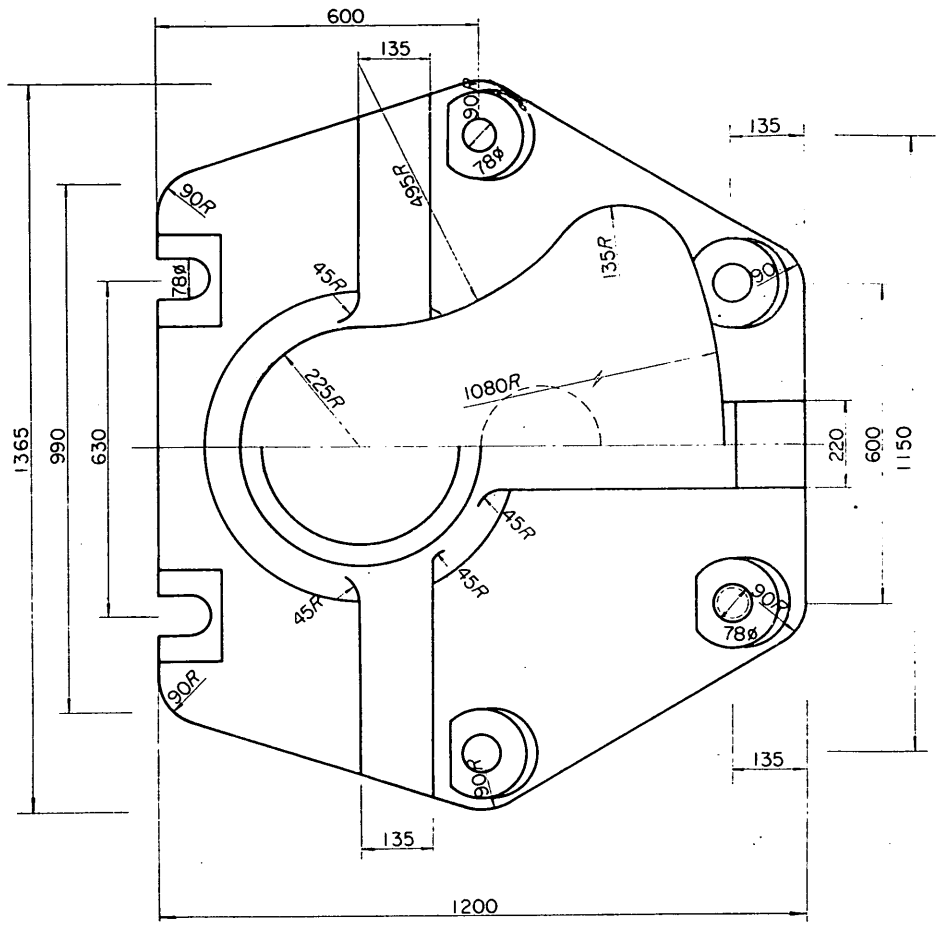
単位mm



使用材料および重量

名称	材料および規格	許容応力度 (kg/cm ²)	個数 (個)	1個当り重量 (kg)	重量 (kg)
本体	JISG5101 3種SC46	1,400	1	1083	1083
アンカボルト	JISG3101 2種SS41 JISB0205 M56-5.5	1,400	6	22	132
六角ナット	JISB1181 1種, 並3級, 4T, M56-5.5	—	12	—	—
平座金	JISB1256 黒丸鋼	—	6	—	—
アンカ板	JISG3101 2種SS41 またはJISG5101 3種SC46	1,400	6	18	108



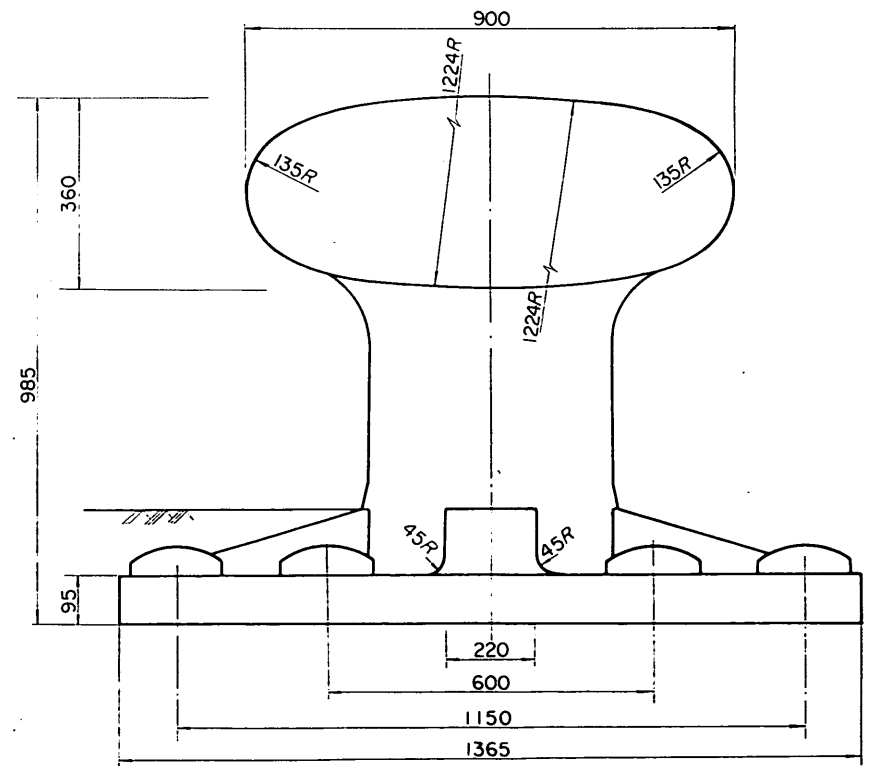


けい船曲柱100t型詳細図

単位mm

使用材料および重量

名称	材料および規格	許容応力度 (kg/cm ²)	個数 (個)	1個当り重量 (kg)	重量 (kg)
本体	JISG5101 3種SC46	1,400	1	1670	1670
アンカボルト	JISG3101 2種SS41 JISB0205 M64-6	1,400	6	33	198
六角ナット	JISB1181 1種, 並3級, 4T, M64-6	—	12	—	—
平座金	JISB1256 黒丸銅	—	6	—	—
アンカ板	JISG3101 2種SS41 またはJISG5101 3種SC46	1,400	6	29	144



港 湾 技 研 資 料 No. 102

1970. 6

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
 横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 ヨシダ印刷株式会社亀戸工場
 東京都江東区亀戸4丁目52番12号

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.