

浮遊式海洋構造物の実海域実験

Ⅶ. 設計値と実測値

吉元博文\* 加藤俊司\*

At-Sea Experiment of a Floating Offshore Structure

Ⅶ. Comparisons between design Values and Measured Data

By

Hirofumi YOSHIMOTO and Shunji KATO

Abstract

The Design Wave Method is applied to design of test structure "POSEIDON". This paper describes the outline of the design standard of "POSEIDON" concerning environmental conditions, motions of structure, strength of structure, and mooring line tensions. The environmental conditions of the test area in 50 years return period were assumed as follows ;

- (1) Wave ; Maximum wave height  $H_{max}$  ( individual wave height ) is 12.0 m.
- (2) Wind ; Maximum wind speed  $U_{10}$  ( an average for 10 minites at 10 m height ) is 35.0 m/sec.
- (3) Current ; Maximum current velocity is 0.5 m/sec.

These design values were compared with the measured data, and it was found that measured  $H_{max}$  was higher than the design value and the air-gap was not sufficient.

目次			
記号表		3. 2. 2 設計波	115
1. はじめに	111	3. 3 設計流速の設定	118
2. POSEIDON号の設計条件	111	4. 動揺特性の把握と構造強度及び係留ラインの検討	119
2. 1 設計方法	111	4. 1 動揺特性の把握	119
2. 2 実験海域周辺の海洋地形	111	4. 2 構造強度の検討	120
2. 3 設計条件	111	4. 2. 1 許容応力設計	120
3. 設計外力の推定	112	4. 2. 2 疲労強度	121
3. 1 設計風の設定	112	4. 3 係留ラインの検討	122
3. 1. 1 実験海域周辺の既存観測資料の調査	112	4. 3. 1 係留ラインの展張状態の検討	123
3. 1. 2 設計風	112	4. 3. 2 係留ラインに作用する最大張力の予測	123
3. 2 設計波の設定	114	5. 代表的なストーム中での実測データの最大値	125
3. 2. 1 実験海域周辺の既存観測資料の調査	114	5. 1 自然環境条件	126
* 海洋開発工学部		5. 2 風圧差、加速度、動揺、相対水位	126

5.3 構造歪	126
5.4 長周期運動と係留力	126
5.5 考察	138
6. おわりに	138

参考文献

記号表

$C_D$	: 部材の抗力係数
$D_a$	: 累積疲労被害率
$F_a$	: ブレースの中間継ぎ手に働く軸力
$g$	: 重力加速度
$H_{max}$	: 最大波高
$H_{1/3}$	: 有義波高
$L$	: 波長
$n_i$	: 波荷重の繰り返し数
$N$	: 極大値の個数
$N_i$	: 各応力レベル $S_B$ に対する繰り返し数
$P$	: 風荷重あるいは流れ荷重
$P_x$	: Surge方向の平均風圧差
$P_{xmax}$	: Surge方向の最大瞬間風圧差
$P_y$	: Sway方向の平均風圧差
$P_{ymax}$	: Sway方向の最大瞬間風圧差
$R_{r1/3}$	: 船首相対水位の極大値の有義値
$R_{rmax}$	: 船首相対水位の最大極大値
$R_{a1/3}$	: 船尾相対水位の極大値の有義値
$R_{amax}$	: 船尾相対水位の最大極大値
$S$	: 部材の風向あるいは流向方向への投影面積
$S_B$	: 応力
$T_{A1/3}$	: 係留力の極大値の有義値
$T_{Amax}$	: 係留力の最大極大値
$T_{H1/3}$	: 有義波周期
$T_{Hmax}$	: 最大波周期
$T_z$	: 波のZero-up cross平均周期
$U_{max}$	: 最大瞬間風速
$U_z$	: 観測高度 $Z$ における平均風速
$U_{10}$	: 海面上10mの高さの10分間平均風速
$U'_{10}$	: 地上10mの高さの平均風速
$U_{19.5}$	: 海面上19.5mの高さの平均風速
$U_{27.6}$	: 地上27.6mの高さの10分間平均風速
$V_c$	: 平均流速

$V_{cmax}$	: 最大瞬間流速
$\chi_A$	: Surgeの片振幅
$\chi_{A1/3}$	: Surgeの両振幅の有義値
$\chi_{Amax}$	: Surgeの両振幅の最大値
$\ddot{\chi}_{A1/3}$	: Surge方向の加速度の両振幅の有義値
$\ddot{\chi}_{Amax}$	: Surge方向の加速度の最大値
$\bar{\chi}_s$	: Surge方向への定常変位置
$\chi_{s1/3}$	: Surgeの極大値の有義値 (長周期運動)
$\chi_{smax}$	: Surgeの片側最大振幅、あるいは最大極大値 (長周期運動)
$Y_A$	: Swayの片振幅
$Y_{A1/3}$	: Swayの両振幅の有義値
$Y_{Amax}$	: Swayの両振幅の最大値
$\ddot{Y}_{A1/3}$	: Sway方向の加速度の両振幅の有義値
$\ddot{Y}_{Amax}$	: Sway方向の加速度の両振幅の最大値
$\bar{Y}_s$	: Sway方向への定常変位置
$Y_{s1/3}$	: Swayの極大値の有義値 (長周期運動)
$Y_{smax}$	: Swayの片側最大振幅、あるいは最大極大値 (長周期運動)
$Z_A$	: Heaveの片振幅
$Z_{A1/3}$	: Heaveの両振幅の有義値
$Z_{Amax}$	: Heaveの両振幅の最大値
$\ddot{Z}_{A1/3}$	: Heave方向の加速度の両振幅の有義値
$\ddot{Z}_{Amax}$	: Heave方向の加速度の両振幅の最大値
$Z$	: 風の観測高度
$\alpha$	: べき乗則のパラメーター
$\varepsilon_{Amax}$	: 構造歪の最大極大値
$\zeta_A$	: 入射波の片振幅
$\theta_A$	: Pitchの片振幅
$\theta_{A1/3}$	: Pitchの両振幅の有義値
$\theta_{Amax}$	: Pitchの両振幅の最大値
$\kappa$	: 波数
$\sigma_x^2$	: Surgeの分散
$\rho$	: 空気の密度あるいは水の密度
$\Phi_A$	: Rollの片振幅
$\Phi_{A1/3}$	: Rollの両振幅の有義値
$\Phi_{Amax}$	: Rollの両振幅の最大値
$\chi$	: 入射波の波向
$\phi_{A1/3}$	: Yawの両振幅の有義値
$\phi_{Amax}$	: Yawの両振幅の最大値

## 1. はじめに

POSEIDON号（以下、P号と略す）の設計値が、実測値に対してどうであったのか？これは、極めて素朴な疑問であるが、実海域実験の最終目的を端的に表したものであり、また、他より今回の実験に寄せられる期待もこの点にあったと言って過言ではない。本論文は、こうした点を踏まえ、

### ・ P号の設計条件と設計値

・実験期間中の各計測データの最大値と設計値の比較という2つの点について記述するものである。しかしながら、特に、「実験期間中の各計測データの最大値と設計値の比較」に関しては、実験期間が4年間と短いこと、極めてデータの取得状況の悪いものがあること<sup>1)</sup>等の理由により、必ずしも満足のいく検討を行うことができなかった。また、P号の設計条件にしても、P号建造の際の時間等の制約により必ずしも整合性のとれたものとなっていない。

しかし、以下に述べる設計条件のもとにP号が建造されたということは事実であり、P号の設計段階で採られた種々の仮定あるいは設計値の設定方法等が、実際の海域で試されたという点から見れば極めて意味深いことである。本報告に関しては、いまだ十分検討しつくしていない点も多々あるが、以下に設計段階で行われた検討結果を中心に報告する。

## 2. POSEIDON号の設計条件

### 2.1 設計方法

海洋構造物の設計法は、次のように3つに分類することができる<sup>2)</sup>。

- ・ Design Wave Method
- ・ Design Spectrum Method
- ・ Non-linear Time History Simulation Method

P号の設計は、疲労強度、係留ラインを除いて、Design Wave Methodで行われた。この方法は、1940年代の終わりごろから石油掘削リグの設計の基本として長く用いられている方法であり、波浪の長期統計から50年ないし100年の再現期間における最大波を求め、それと同じ波高をもつ規則波に置き換えて設計波とする考え方である。この方法の場合、最大波の決定方法が大きなウエイトを占めることになる。

### 2.2 実験海域周辺の海洋地形

設計条件の設定に際しては、実験海域周辺の海洋地形を把握することがまず要求される。

図-1は、実験海域周辺の海岸線及び等深線を示したものである。P号設置地点（北緯38度44分、東経139度40分）は、水深約40m、海底土質は細かい砂であり、沖からの海底勾配は1/200となっている。また、海岸線はほぼ北北東に走り、等深線もこれに平行に走っている。200mの等深線はほぼ20km沖合いにあり、その先は500～600mの水深となり、さらにその先の50～70kmには鳥海礁、最上堆等150m台の礁が佐渡島の列に通じてほぼ海岸線に平行して存在している。その沖は1500m台の深海となっている。

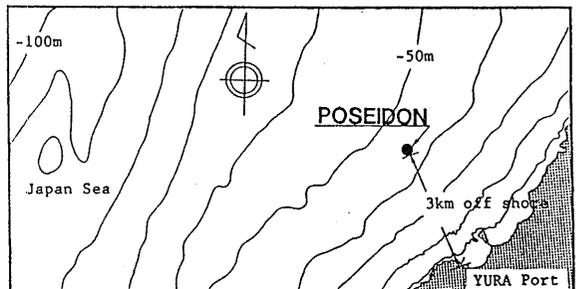


図-1 実験海域周辺の海洋地形

### 2.3 設計条件

設計条件は以下に示す通りとした。

- 1)設計外力としては、風、波、流れを考慮する。
- 2)P号の耐用年数は5年とする。
- 3)風、波に関しては再現期間50年とする。
- 4)風、流れの変動性は考慮しない。
- 5)潮位の変動、地震、高潮の影響等は、係留方式として弛緩係留方式を採用するため、P号の設計上、考慮しない。
- 6)津波については考慮しない。
- 7)積雪荷重、氷荷重については考慮しない。
- 8)生物付着等の影響は考慮しない。

### 3. 設計外力の推定

#### 3.1 設計風の設定

設計風は、長期にわたる観測資料をもとに決定される。海洋構造物の設置海域において長期観測資料がある場合には、それを用いて設計値を設定することができるが、このようなケースはまれであり、なんらかの手法により推定しなければならない。今回の実海域実験の場合も、実験海域の風、波の長期観測資料はなく、周辺の既存の観測資料をもとに、設計風の推定を行うこととした。

##### 3.1.1 実験海域周辺の既存観測資料の調査

実験海域周辺の主要な風の観測所には、気象庁の山形、酒田、新庄、新潟、相川（新潟県佐渡）測候所等があげられる。これらの観測地点のうち山形、新庄は内陸部に位置し、その観測データは海域のデータとしては不相当である。また新潟は佐渡ヶ島の影響が大きいと考えられるので、実験海域に最も近い酒田測候所（実験海域の北北東約25.5km）の観測結果を設計資料として用いることにした。

##### 3.1.2 設計風

設計風の設定は、次の条件のもとに行った。

- 1) 気象庁の風の観測は、過去に観測方法やデータ処理等に変更があり観測資料の質が均一でない。現在の観測体制になったのは1961年からである<sup>3)</sup>。そこで、設計風設定の観測資料としては、できるだけ資料の質を均一化するために、1959年から1984年の観測資料<sup>4)</sup>を用いる。

- 2) 設計風は、海面上10mの高さの10分間平均風速 $U_{10}$ を用いる。酒田測候所の風速計の設置高度は27.6mであり、高さ10mの風速に換算する必要がある。換算は、次のべき乗数則<sup>5)</sup>を用いて行う。

$$U_z/U_{10} = (z/z_0)^\alpha \quad (1)$$

ここに、 $U_0$ は観測高度 $z_0$ における平均風速、 $U_z$ は観測高度 $z$ における平均風速を意味する(図-2)。なお、 $\alpha$ の値については、表-1<sup>5)</sup>より、1/5の値を採用した。さらに、海上風への換算は、本州四国連絡橋耐風設計指針<sup>6)</sup>を採用し、酒田の観測資料から予測される結果を1.17倍する。

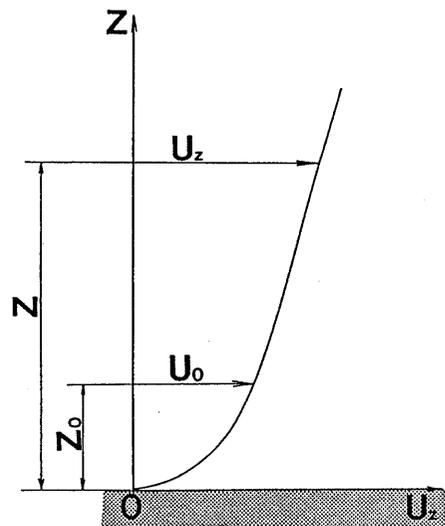


図-2 べき乗則の概念図

表-1 べき乗則のパラメーター $\alpha$ の観測例<sup>5)</sup>

研究者	場所	測定高 (m)	地表条件	$\alpha$
Sherlock	Ann Arbor (アメリカ)	75	開けたやや起伏のある農地	1/7
Frost	Cardington (イギリス)	305	孤立樹のある平らな農地	1/6.7
Deacon	Sale (オーストラリア)	153	いくらか樹木のあるやや起伏のある放牧地	1/6.25
亀井	日本	—	凹凸のある海岸	1/5
Francken-borger & Rudloff	Quickborn (ドイツ)	700	周囲に多くの樹や垣根のある平らな牧場	1/4.35
Smith	Upton (アメリカ)	125	一様な生育不良な高さ30mの「かし」や「まつ」の平地	1/4
塩谷	園分寺 (東京)	45	林や畑のある住宅地	1/4
東京管区気象台	東京タワー (東京)	200	市街地	1/4
Rathbun	Empire State Building (ニューヨーク)	385	大都市中心	1/1.6

3) 50年再現期待値は、観測資料にFisher-TippetのI型分布をあてはめてることにより推定する<sup>7)</sup>。推定の際の基礎データとしては、年最大の $U_{1.0}$ を用いる。

4) 資料に対する観測地点の地形の影響、または推定結果に対する実験海域周辺の地形の影響は特に考慮しない。

図-3は、1959年から1984年の各月最大の平均風速 $U_{27.6}$ （地上27.6mの高さの10分間平均風速）を示したものである。なお、図中には、1968年、1972年~1978年のデータが記載されていないが、この期間については設計当時入手できなかった。今回は、こうした欠

測に関しては特に配慮しなかった。

図より、年間最大の平均風速 $U_{27.6}$ の出現は冬期が主であるが、1961、65、81、82、84の各年では8月あるいは9月に発生していることがわかる。これらのケースは全て台風によるものであった。また、この間での最大値は、1961年9月に来襲した台風6118号（第2室戸台風）による37.7m/sec（最大瞬間風速49m/sec、風向WSW）であった。

設計風を推定するにあたり、観測資料の高度補正を行い地上10mの高さの平均風速 $U'_{1.0}$ に換算した。補正は(1)式のべき乗則により行い、さらに、トーマス・プロット<sup>7)</sup>によって平均風速 $U'_{1.0}$ の非超過確率を求めた。図-4は、非超過確率を2重指数確率紙にプロットした結果である。第2室戸台風による値を除いて、観測資料の非超過確率はFisher-TippetのI型分布ではほぼ近似できることがわかる。こうした異常値の取扱については様々な議論があるが、ここでは特に考慮していない。図より、50年再現期待値は29.6m/secと推定される。さらに、この値を1.17倍して35m/secを設計風速とした。

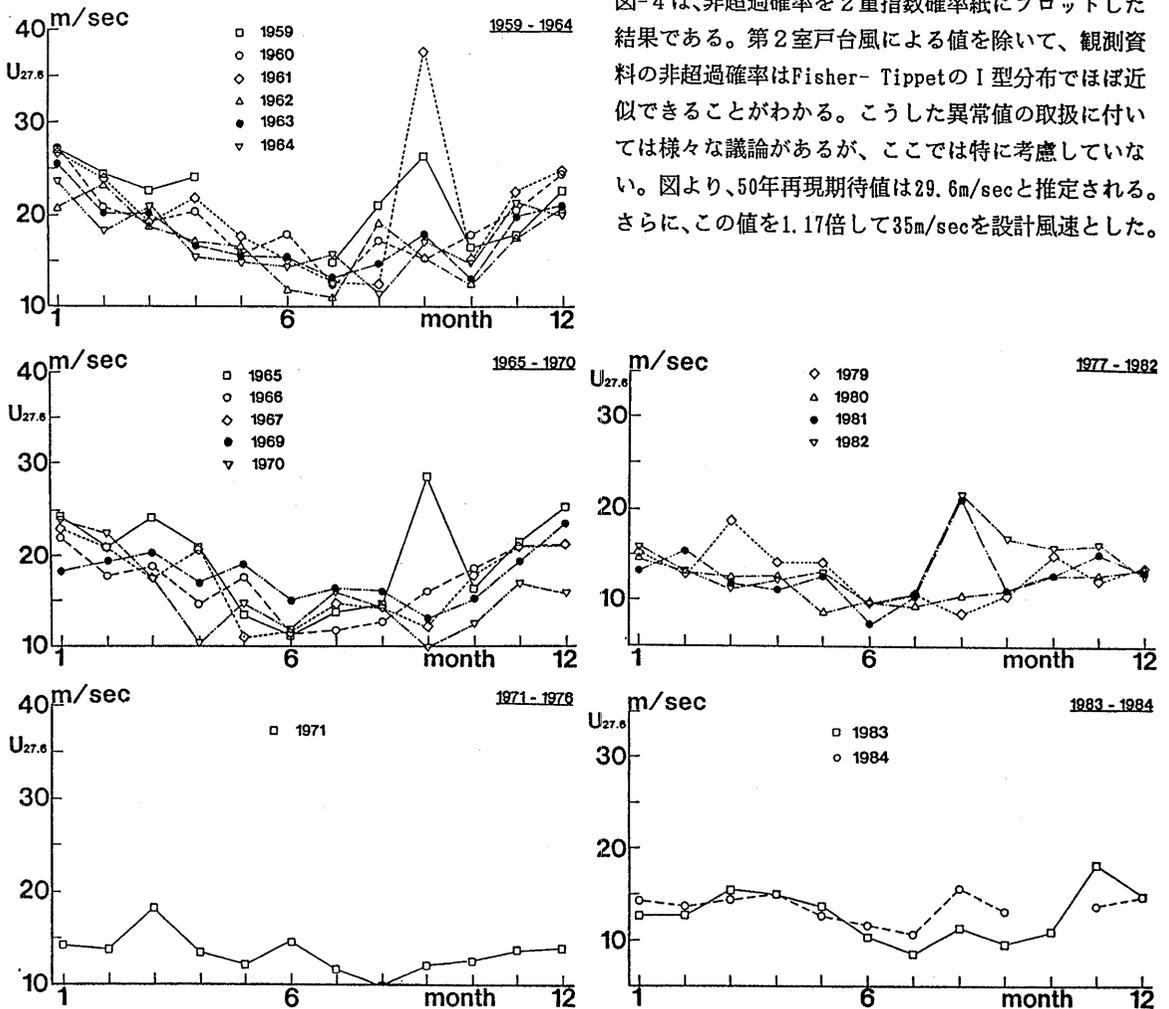


図-3 月最大の平均風速 $U_{27.6}$  (1959年~1984年)

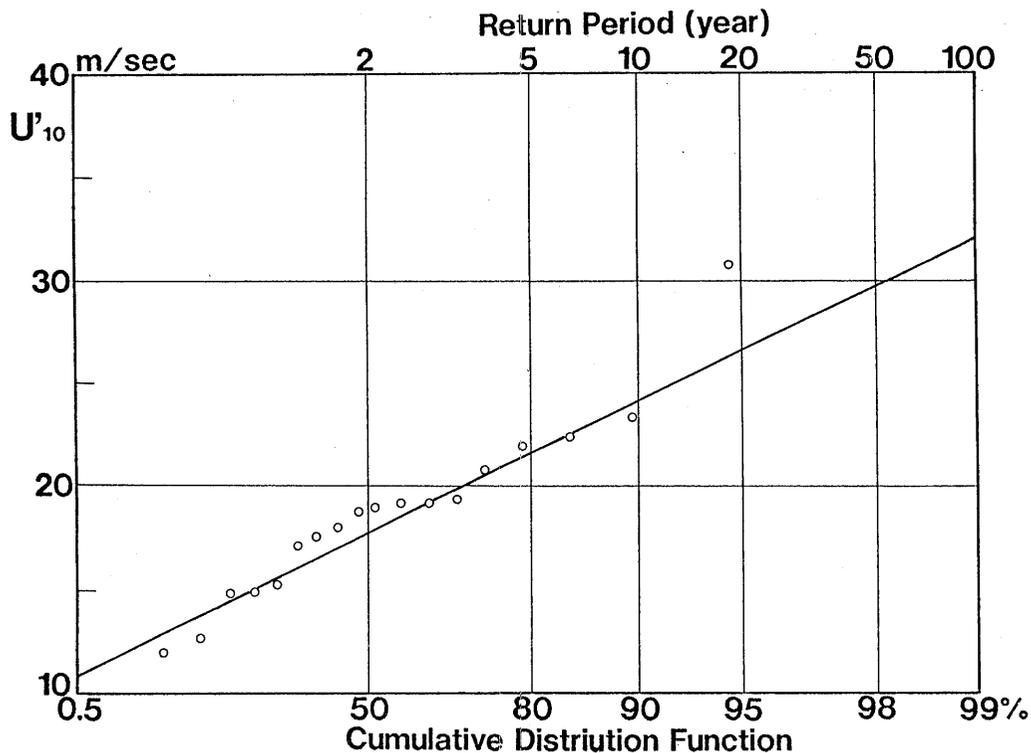


図-4 年最大の平均風速 $U'_{10}$ の非超過確率

### 3.2 設計波の設定

設計波の設定においても、設計風の設定と同様のフローにより、まず、実験海域周辺の既存観測資料の調査から開始した。

#### 3.2.1 実験海域周辺の既存観測資料の調査

実験海域周辺の主要な波浪の観測所は、温海（気象庁山形地方気象台）と酒田（第一港湾建設局酒田港工事事務所）である。風の観測資料に比べ、波浪の観測の歴史は浅く、最も長い連続観測でも10数年程度しかない。また、時代により観測機器等の変更もあり、観測期間、観測機器の変遷等を十分に考慮する必要がある。

##### (1) 温海

温海は、実験海域に最も近い波浪観測拠点（実験海域の南西約14km）であり、海底地形や水深等の地理的条件が極めて実験海域の条件に近い。しかし、観測開始は、1981年3月25日であり、設計の時点までに約4

年間の観測資料<sup>9)</sup>しかない。観測機器は超音波式波高計であり、観測地点は温海町五十川沖合い約2kmの海域（北緯38度40分49秒、東経139度35分50秒）であり、水深は45mである。また、波浪追算モデルによる波向き情報が記載された気象庁波浪数値計算資料<sup>9)</sup>などがある。

##### (2) 酒田

酒田の波浪観測開始は1964年である。観測当初、観測機器は水圧式摺動抵抗型波高計であり、波高計設置水深は10mであった。その後、1969年に水深15mに移設され、1973年から観測機器は超音波式波高計となり、水深20mに設置され現在に至っている。観測地点は、酒田港沖合い2kmの海域（北緯38度56分47秒、東経139度47分58秒）である。

### 3.2.2 設計波

設計波の設定は、次の条件のもとに行った。

1) 設計波設定のための基礎データとしては、理想的には、温海の観測資料を用いることが望ましいと考えられるが、観測期間が短いために、統計的な有意性に問題がある。

図-5は、1981年から1983年のデータについて、温海と酒田の月最大の有義波高 $H_{1/3}$ 、有義波周期 $T_{H1/3}$ 、最大波高 $H_{max}$ 、最大波周期 $T_{Hmax}$ の比較を行ったものである。両者はよく一致していることから、ここでは、酒田の観測資料を用いることにした。酒田の資料の場合、水深の相違あるいは観

測機器による資料の質の問題等が残るが、観測資料の個数が少ないために、1970年から1984年の観測資料<sup>10), 11)</sup>を用いる。観測機器による補正、水深の補正等を行わない。また、波向に関しては、波浪推算モデルによる推算結果を用いる。

2) 設計波設定の基礎データとしては、最大波高 $H_{max}$ を用いる。

3) 50年再現期待値は、観測資料にFisher-TippetのI型分布をあてはめてることにより推定する<sup>7)</sup>。

4) 資料に対する観測地点の地形の影響、または推定結果に対する実験海域周辺の地形の影響は考慮しない。

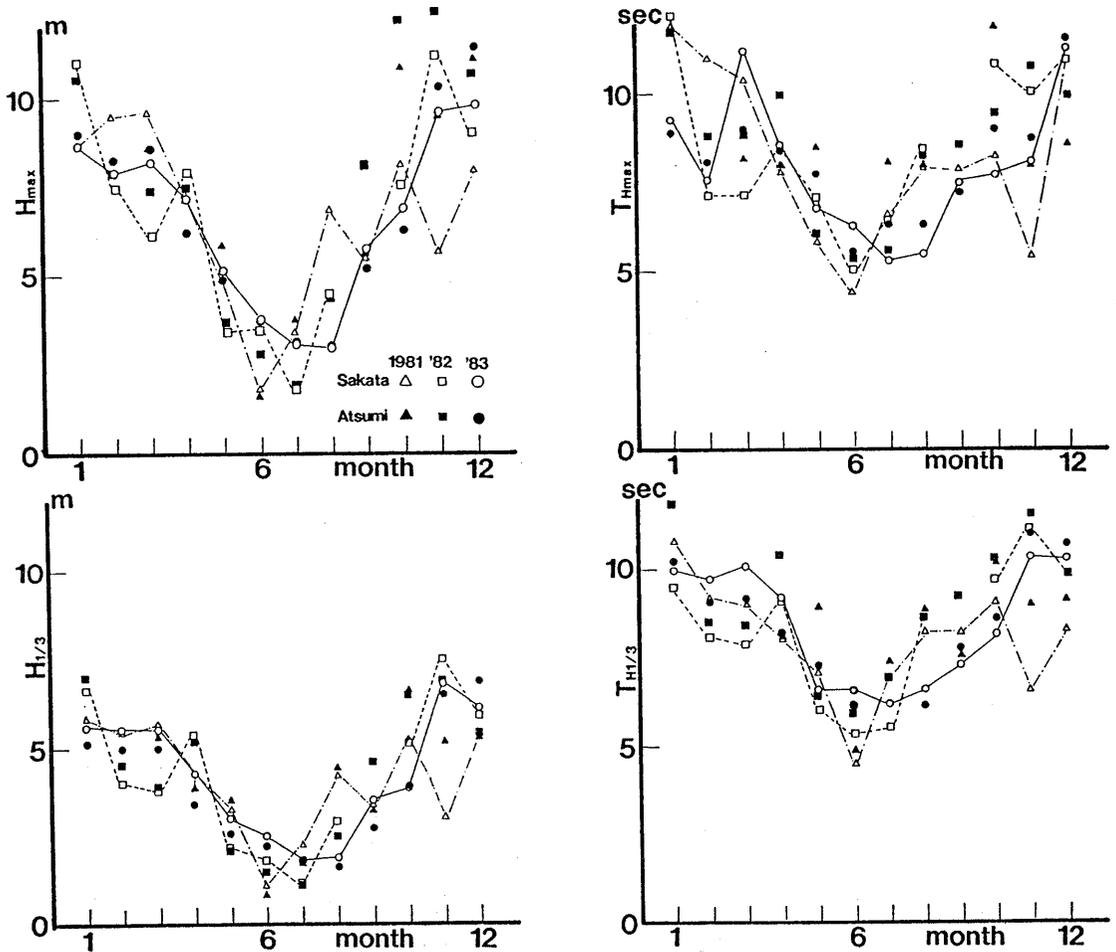


図-5 温海と酒田の波高と周期の比較

(1) 酒田の観測資料

表-2<sup>11)</sup>は、1970年から1984年にかけて酒田港で観測された波浪の出現状況を示したものであり、有義波高 $H_{1/3}$ の大きい順に上位30ケースを記載してある。実験海域周辺では、設計上問題となるような高波は、ほぼ11月から3月にかけて発生していることが注目される。また、3.1.2節で述べたように、81、82、84年には台風が実験海域周辺に来襲しているが、表-2には含まれていない。従って、P号の設計上問題となるような波浪は、冬期に発生すると考えられる。そこで、設計波としては冬期波浪を対象として行い、台風については考慮しなかった。

(2) 冬期波浪の波向きの分布

図-6は、1983年1月～3月、同11月～12月、1984年1月～3月、同11月～12月の気象庁沿岸波浪数値計算資料<sup>9)</sup>をもとに、温海での冬期波浪の波向きの分布を求めた結果である。図から、波向きはほぼWSW～Nの方向に限られていることがわかる。推算値のこうした傾向は、温海海域の冬期における季節風の卓越風向、

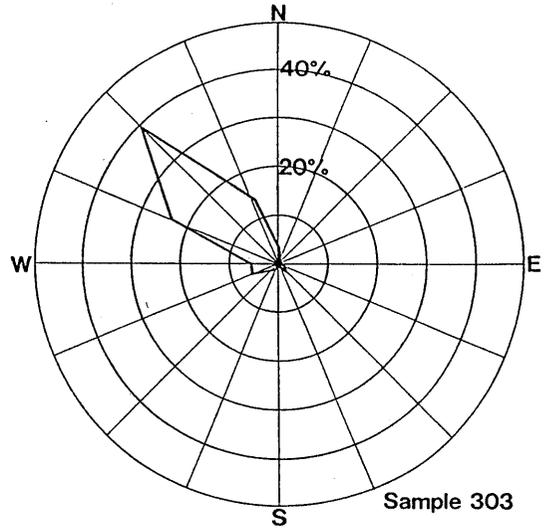


図-6 冬期波浪の波向きの頻度分布

また第1章で述べた海底地形の影響を強く反映したものと考えられる。こうした温海海域の特性を踏まえ、実験海域の波の来襲方向をWSW～Nの方向とした。

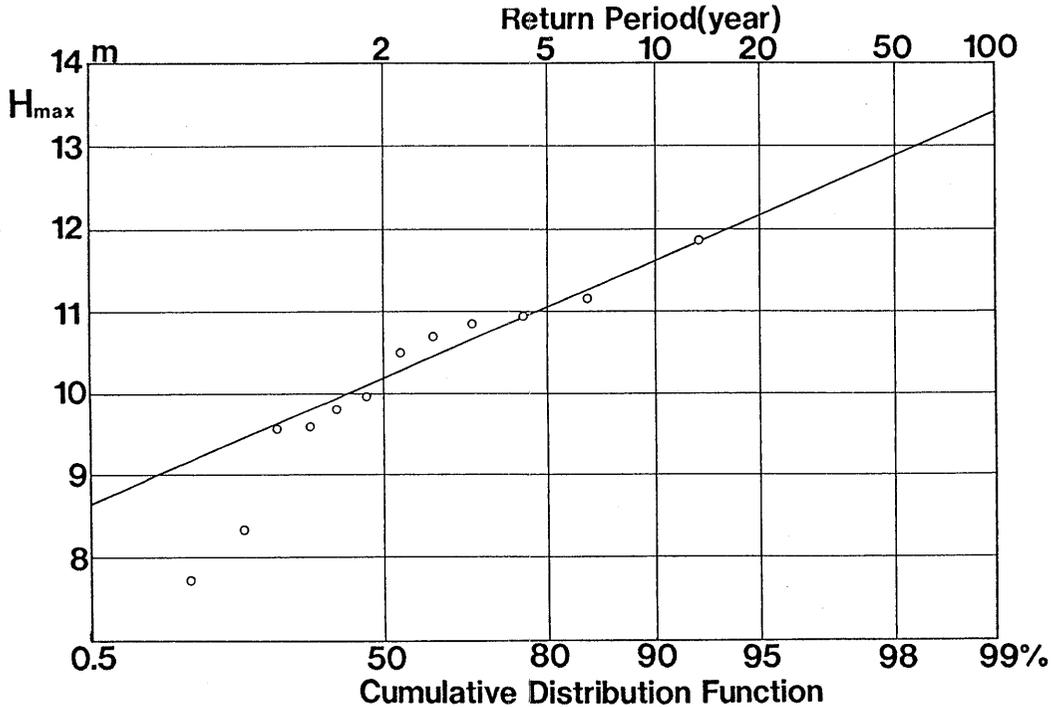


図-7 年最大波高 $H_{max}$ の非超過確率

表-2 酒田における波浪の出現状況<sup>1)</sup>

UNIT( $H_{1/3}$  :m,  $T_{H1/3}$  :sec,  $H_{max}$  :m,  $T_{Hmax}$  :sec)

順位	起日	$H_{1/3}$	$T_{H1/3}$	$H_{max}$	$T_{Hmax}$	気象要因
1	2 Feb. '70	8.63	12.60	9.94	11.50	冬型
2	17 Mar. '70	8.07	11.70	9.97	11.00	二つ玉L
3	22 Nov. '74	7.82	11.80	9.00	12.50	二つ玉L
4	24 Nov. '82	7.67	11.00	11.16	10.00	冬型
5	4 Dec. '80	7.61	11.70	11.10	14.00	冬型
6	3 Dec. '78	7.56	10.40	10.68	13.00	日本海L
7	27 Dec. '76	7.20	11.40	10.08	11.00	二つ玉L
8	7 Mar. '70	7.20	11.10	9.68	10.50	冬型
9	14 Feb. '72	7.10	11.30	9.61	10.50	日本海
10	1 Apr. '72	7.06	12.10	10.59	10.50	冬型
11	18 Nov. '74	6.99	11.40	9.80	12.00	二つ玉L
12	28 Feb. '72	6.86	12.40	8.86	12.50	二つ玉L
13	19 Nov. '83	6.81	10.30	9.60	8.10	日本海L
14	29 Jan. '82	6.67	9.50	11.05	12.10	冬型
15	23 Dec. '73	6.66	11.20	9.90	11.00	冬型
16	17 Nov. '73	6.60	11.80	9.18	8.50	前線性日本海L
17	13 Dec. '80	6.57	11.70	11.90	12.00	冬型
18	11 Nov. '70	6.56	13.00	8.64	13.00	冬型
19	7 Nov. '72	6.48	10.30	8.52	10.50	冬型
20	19 Dec. '76	6.42	10.10	9.42	13.50	二つ玉L
21	23 Oct. '74	6.41	11.00	8.52	6.00	二つ玉L
22	1 Nov. '80	6.34	10.90	8.82	14.80	冬型
23	1 Nov. '74	6.32	10.00	9.70	11.50	冬型
24	19 Jan. '82	6.32	10.00	8.20	8.50	日本海L
25	22 Mar. '74	6.28	13.60	8.22	10.50	二つ玉L
26	14 Dec. '74	6.28	11.30	8.30	10.00	二つ玉L
27	24 Jan. '74	6.21	11.10	9.18	10.00	冬型
28	20 Feb. '72	6.18	11.70	8.03	12.50	冬型
29	15 Nov. '76	6.16	10.50	8.28	8.50	日本海L
30	30 Nov. '70	6.12	11.20	8.15	10.00	冬型

注) Lは低気圧の略

### (3) 設計波高

図-7は、設計風と同様にトーマス・プロット<sup>7)</sup>によって最大波高 $H_{m,max}$ の非超過確率を求めた結果である。最大波高 $H_{m,max}$ の非超過確率は、波高の低いところでやや外れる傾向にあるが、設計上問題となる波高の高い部分はFisher-TippetのI型分布でほぼ近似できることがわかる。図より、最大波高の50年再現期待値は12.9mと推定される。しかし、実際の設計では設計波高として12m(15年再現期待値に相当)が用いられた。

### 3.3 設計流速の設定

風、波の観測資料に比べ、流れの観測資料は非常に少なく、代表的なものとしては海上保安庁水路部で行

われている観測などがあげられるにすぎない。図-8は、海洋科学技術センター(以下、JAMSTECと略す)の資料<sup>12)</sup>に掲載されている日本海海流図である。図から日本海の主流は対馬海流であり、対馬海流のうち、本州西北岸域に沿った流れと隠岐諸島の北側を通過する流れは、能登半島沖合いで合流し、山形県の沖合いをほぼ岸に平行に流れていることがわかる。また、山形県沖では、岸近くで流速0.5~0.9kt、沖合いで1.0~1.9ktとなっている。

実験海域での流れの具体的な観測としては、極めて短い期間ではあるが、夏期に行われたJAMSTECの観測例<sup>12)</sup>がある。

JAMSTECの観測地点は、由良港沖合い約3kmの海域であり、実験海域と同一地点である。観測機器は、水深20mの位置に設置された自記式流向流速計である。報告には、「7月には流速2ktを越える日があったが、8月には最大流速は0.9ktでNE方向に向かって流れる。また、流向流速の変化は、長い期間で見ると半月を周期とした潮汐の大きさにより、また、短い期間では、半日または一日を周期とした潮汐流により変動している。」とある。

図-9は、観測された流速をN、E成分に分離した観測結果である。流向は、流れの進行する方向を流向と定義している。北東方向の流れが主流であるが、時にはSW方向の流れが存在することがわかる。

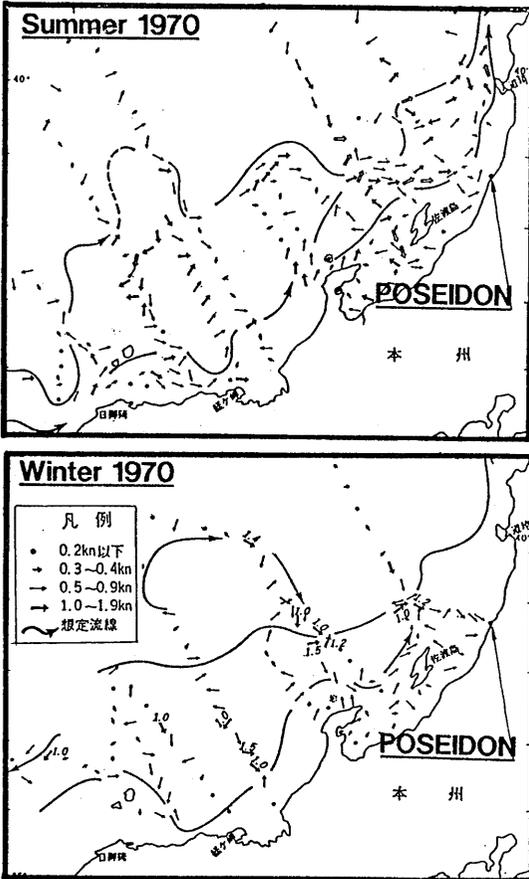


図-8 日本海海流図<sup>11)</sup>

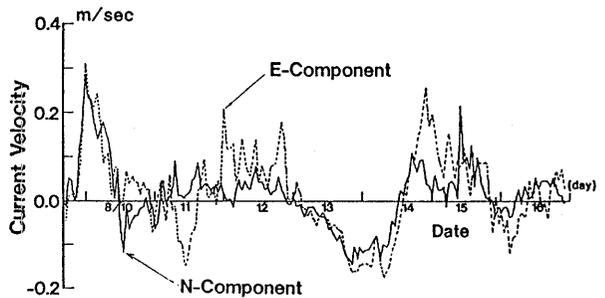


図-9 流速の流向成分分離例(JAMSTECデータ)

以上の資料より実験海域の流れの特徴を次のように推定した。

- 1) 実験海域の流れは、対馬海流の影響を受けている。
- 2) 流速は、平均的には0.5kt~0.9ktであり、最大2ktに達するケースもある。

以上のことから判断すると、設計流速としては、2 knotという値を用いるのが妥当であると思われるが、実際に設計流速として用いられた値は0.5m/sec(約1 knot)であった。

#### 4. 動揺特性の把握と構造強度及び係留ラインの検討

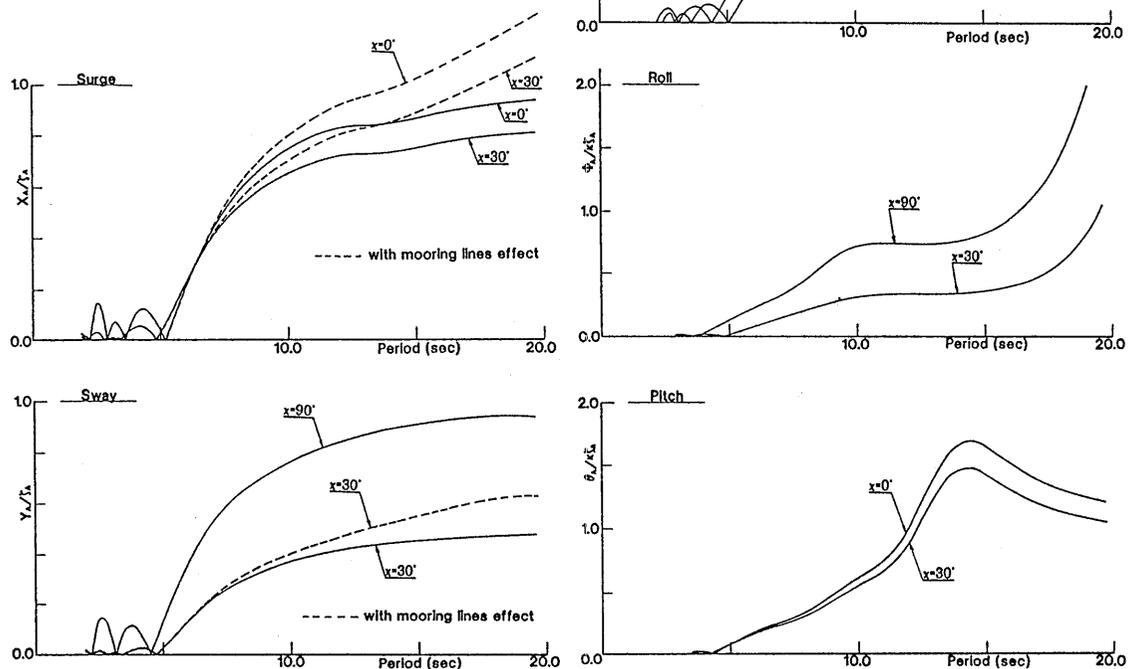
表-3は、以上の設計条件をまとめたものである。なお、計算の際には、P号に対する風及び流れ荷重の作用方向は、波の入射方向と同じ方向にとっている。これらの値を用いてP号の動揺、構造強度及び係留ライン張力等について検討を行った。

##### 4.1 動揺特性の把握

海洋構造物の基本計画時には、海洋構造物の稼働率の観点などから動揺性能が設定されるケースがあるが、P号については、実験海洋構造物であるために設定は

表-3 設計条件

	設計値	方向
設計波高 : $H_{max}$	12m	WSW~N
設計風速 : $U_{10}$	35m/sec	WSW~N
設計流速 : $V_c$	0.5m/sec	WSW~N



行わなかった。しかし、構造強度、係留ライン等の設計には、構造物の動揺特性に関する情報が必要不可欠であり、P号の基本設計でも第一ステップとして、その動揺特性を把握することから行った。なお、本節で扱う動揺とは、線型な波力による運動であり、長周期運動は含まれていない。

計算は、次の2つの状態について行った。

##### 1) 係留ラインの影響を考慮した状態

入射波の波向  $\alpha = 0^\circ, 30^\circ$  の2方向につき Surge と Sway の2成分 ( $\alpha$  は船首方向より波が入射してくる場合を  $0^\circ$  としている)

##### 2) 係留ラインの影響を考慮しない状態

入射波の波向  $\alpha = 0^\circ, 30^\circ$  及び  $90^\circ$  の3方向につき Surge、Sway、Heave、Roll、Pitch の5成分

係留ラインについては、この段階において詳細な決定がなされていなかったため、係留ラインとしてバネ定数3.0ton/mの線型バネを想定し、Surge、Sway方向の動揺だけ係留ラインの影響を考慮している。バネはその他の方向の運動との連成は考慮しておらず、振幅によらず一定とした。

設計波高は、12mあるいはL/10(Lは波長)のうち小さい方を採用し、周期は2～20秒の範囲で計算を行った。係留ラインを考慮した状態では、定常外力として、設計風35m/sec、設計流速0.5m/secを考慮し、波の入射方向( $\chi=0^\circ、30^\circ$ )と同じ方向に設定した。なお、風荷重と流れ荷重の評価は次式<sup>19)</sup>によった。

$$P=1/2\rho V^2 C_D S \quad (2)$$

ここに、Pは風荷重あるいは流れ荷重、 $\rho$ は空気あるいは水の密度、Vは設計風速あるいは設計流速、 $C_D$ は部材の効力係数、Sは部材の風向あるいは流向方向への投影面積である。

波強制力は、特異点分布法<sup>19)</sup>で求めており、コラム単体についての結果を重ね合わせることで、全体に作用する波強制力を推定している。各コラム間の相互干渉は考慮していない。

図-10は、動揺計算の結果を応答関数の形で示したものである。図中の、 $X_A、Y_A、Z_A、\Phi_A、\theta_A、\xi_A$ は、各々、Surge、Sway、Heave、Roll、Pitch、入射波の振幅を表し、 $\kappa$ は波数を表す。P号の固有周期は、Heaveは8.7秒、Rollは20.0秒、Pitchは18.5秒となった。

#### 4.2 構造強度の検討

許容応力設計と疲労強度の2つに大別して検討を行った。

##### 4.2.1 許容応力設計

許容応力設計の目的は、P号の波浪外力に対する構造応答を明らかにすること、さらに、設計外力によって主要部材に働く部材力がルール等で要求される部材の許容応力以下であるかどうかを調べることにある。ここでは、設計外力によって主要部材に働く部材力と日本海事協会(以下、NKと略す)、あるいはDet Norske Veritas(以下、DnVと略す)のルールで要求される部材の許容応力を比較した結果について述べる。計算は有限要素法を用いており、P号を梁要素にモデル化して計算を行った。

外力としては次の荷重を考えた。

- ・自重：P号の重量分布に従って荷重をかける。
- ・浮力：自重に釣り合うバネの反力としてフーティ

表-4 主要部材に対する強度計算結果

部材	最大荷重条件	支配的荷重	部材力	実応力 (ton/cm <sup>2</sup> )	許容応力 (ton/cm <sup>2</sup> )
コラム	$\chi=0^\circ$	曲げ	16716t・cm	0.540	1.768
		軸力	16.8ton	0.027	1.768
ブレース	$\chi=0^\circ$	軸力	27.8ton	0.348	1.46
		曲げ	68t・cm	0.086	1.42
Iガーダー 中央部	$\chi=0^\circ$	曲げ	27932t・cm	1.135	1.18
		軸力	18.2ton	0.040	
		合計		1.175	

ングに作用させる。

- ・外力：波高は12m、またはL/10（Lは波長）のうち小さい方を採用し、浮体に対して波の位相を $\pi/6$ ずつシフトさせて各部材力の最大値を求める。入射波の波向きは $\chi=0^\circ$ と $90^\circ$ とし、周期は4、6、8、12秒の4つについて行う。
- ・係留ラインによる外力：係留ラインは線形バネと仮定し、 $\chi=0^\circ$ の状態についてのみ検討を行う。この際、定常力として、風荷重のみを考慮し、漂流力及び流れ荷重は考慮しない。

主要部材に対する計算結果を表-4に示す。表に示す部材力は有限要素法によって求めた値であり、波浪外力によって部材に働く最大の曲げモーメント、軸力を示しており、実応力は部材力を応力に換算した結果である。各部材の許容応力は、NKの鋼船規則P編「海洋構造物及び作業船等」<sup>14)</sup>、座屈についてはDnVのCLASSIFICATION NOTE<sup>15)</sup>に従って評価した。表から、各部材に働く応力はNK、DnVで要求される許容応力以下であることがわかる。

#### 4.2.2 疲労強度

P号の疲労強度の解析には、頻度分布法<sup>16)</sup>を用いた。頻度分布法とは応力の1変動が波の1変動に対応すると仮定し、応力と1波ごとの波高と周期の関係により決定する方法である。そのため、波の結合頻度分布を与える必要がある。これまでに述べた動揺特性の把握、許容応力の計算には、酒田の観測資料を用いたが、ここでは、温海の観測資料<sup>9)</sup>を用いて検討を行った。

図-11は、疲労強度の検討に際して用いたS-N線図<sup>17)</sup>である。このS-N線図は、材料にあるレベルの繰返し応力 $S_b$ を作用させるとある回数Nで破壊する、すなわち、変動応力と繰返し数の関係を示しており、部材の接合形式の違いなどによりコード別に区分されている（図中の、D、F、T、Eの記号は、接合形式のコードに相当しており、具体的な分類については参考文献<sup>17)</sup>を参照）。

各部材の累積疲労被害率はマイナーの仮説<sup>18)</sup>によって求めた。マイナーの仮説では、ある応力 $S_1$ の時のS

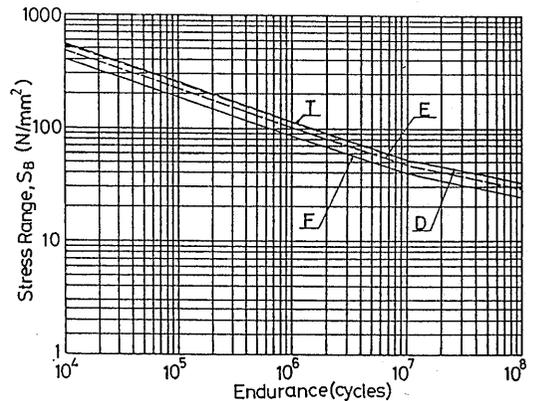


図-11 疲労強度の検討に用いたS-N線図

-N線図から求めた繰返し数 $N_1$ 、 $S_2$ の時の繰返し数 $N_2$ というように任意レベルの $S_n$ まで $N_n$ を求め、実際に加わった繰返し数を $n_1$ 、 $n_2$ 、 $\dots$ 、 $n_n$ とした時、累積疲労被害率 $D_a$ を次のように表す。

$$D_a = (n_1/N_1) + (n_2/N_2) + \dots + (n_n/N_n) = \sum (n_i/N_i) \quad (3)$$

累積疲労被害率 $D_a$ が1に達する時、その材料は破壊すると考える。

疲労強度の検討は、次の条件のもとに行った。

- ・耐用年数：P号の耐用年数は5年。
- ・外力：1983年、1984年の温海の観測資料<sup>9)</sup>より、5年間の波浪による総繰返し数を予測する。また、波浪の方向性に関しては詳細なデータがないため、一方向のみ（ $\chi=0^\circ$ ）とする。
- ・応答特性：4.2.1節で述べた構造計算から求められる構造応答を用いる。
- ・疲労強度検討箇所：疲労強度の検討は次の4つの箇所（図-11参照）について行い、波力と慣性力を作用させた場合を検討する。
  - 1) コラムと上部構造物の継手(Joint class D)
  - 2) コラム(Joint class F)
  - 3) ブレースの中間継手(Joint class E)
  - 4) ブレースとコラムの継手(Joint class T)
ここで、Joint class D、F、E及びTは参考

文献17)による接合形式の分類を表す。

- ・係留ラインの影響：波の影響に比べて小さいので考慮しない。

疲労被害の算定には、まず、5年間の波浪の出現頻度を推定する必要がある。表-5は、温海の観測資料をもとに、5年間の波浪の出現日数を推定した結果である。推定に際しては、資料の有義波高 $H_{1/3}$ を表に示すNo.1~No.7の7段階に分けて各波高レベルの出現総日数を求め、さらに、各出現総日数を5年間に外挿することによって、5年間の各波高レベルの出現日数を推定した。表中のZero-up cross平均周期 $T_z$ は、温海の観測資料の平均的な値として設定している。

表-6は、疲労強度検討の代表例として、ブレースの中間継手(Joint class E)についての検討結果を示したものである。表中の $F_a$ は、各レベルの波高によってブレースの中間継手に働く軸力であり、4.2.1節で述べた構造計算から求められた結果である。 $S_B$ は部材に働く応力を表しており、 $(F_a/\text{ブレースの中間継手の有効断面積}) \times 2$  (2は安全係数)として求めた。な

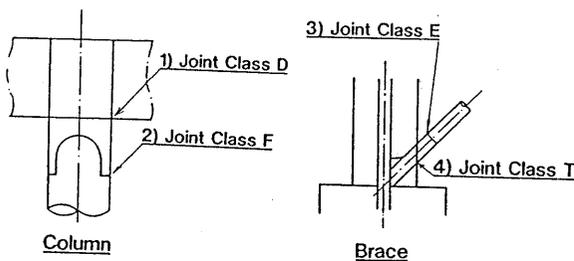


図-12 疲労強度の検討箇所

表-6 ブレースの中間継手に対する疲労強度計算結果

波高レベル	$F_a$ (ton)	$S_B$ (kg/mm <sup>2</sup> )	$n_i$	$N_i$	$n_i/N_i$
No. 1	1.8	0.84	$1.43 \times 10^7$	-	
No. 2	5.1	2.37	$9.00 \times 10^6$	-	
No. 3	8.4	3.91	$4.63 \times 10^6$	$1.3 \times 10^7$	0.36
No. 4	10.1	4.70	$3.57 \times 10^6$	$1.05 \times 10^7$	0.34
No. 5	10.4	4.84	$7.71 \times 10^5$	$1.0 \times 10^7$	0.08
No. 6	10.0	4.65	$4.21 \times 10^5$	$1.05 \times 10^7$	0.04
No. 7	9.7	4.51	$1.04 \times 10^5$	$1.2 \times 10^7$	0.01
Da = $\sum n_i/N_i$					0.83

お、有効断面積は建造時の加工精度を考慮し43cm<sup>2</sup>(理想的には80cm<sup>2</sup>)とした。さらに、 $n_i$ は波浪荷重の繰り返し数(表-5に示した各波高レベルの5年間の出現日数/ $T_z$ )、 $N_i$ は各応力レベル $S_B$ に対する繰り返し数であり図-11に示したS-N線図から求めた。表中の'-'は、疲労被害をあたえるような応力レベルに達していないことを表している。 $n_i/N_i$ は $n_i$ と $N_i$ の比であり、その下段には(3)式で示したマイナーの仮説に従って累積疲労被害率を推定した結果を示した。推定した累積疲労被害率は0.83であり1より小さくなっている。従って、ブレースの中間継手は十分な疲労強度を有していることがわかる。

表-6と同様な推算手法により、図-12に示した1)~4)の部材に対する5年間の累積疲労被害率の推定結果を表-7に示す。表中の'-'は、疲労被害を与えるような応力レベルに達していないことを表している。表から、ブレースの中間継手以外の箇所も十分な疲労強度を有していることがわかる。

表-5 P号の耐用年数期間の各波高レベルの出現日数

波高レベル	$H_{1/3}$ (m)	5年間の出現日数	$T_z$ (sec)
No. 1	0.4 (0.2~0.6)	662.5	4.0
No. 2	1.0 (0.8~1.2)	500.0	4.8
No. 3	1.6 (1.4~1.8)	295.0	5.5
No. 4	2.2 (2.0~2.4)	260.0	6.3
No. 5	2.8 (2.6~3.0)	62.5	7.0
No. 6	3.4 (3.2~3.6)	37.5	7.7
No. 7	4.0 (3.8~4.2)	10.0	8.3

表-7 各継手（図-12）に対する疲労強度計算結果

検討箇所	累積疲労被害率	判定
コラムと上部構造物の継ぎ手	-	-
コラム自身	0.17	1より小さい
ブレースの中間継ぎ手	0.83	1より小さい
ブレースとコラムの継ぎ手	-	-

#### 4.3 係留ラインの検討

係留ラインの設計は、次の2段階に分けて行った。

- 1) 係留ラインの展張状態の検討
- 2) 係留ラインに作用する最大張力の予測

1)については、参考文献19)で、すでに詳細な報告がなされており、ここではその概要を示す。

##### 4.3.1 係留ラインの展張状態の検討<sup>19)</sup>

係留ラインの展張状態は、外力に対し各係留ラインに作用する張力ができるだけ均一となるように設定する必要がある。

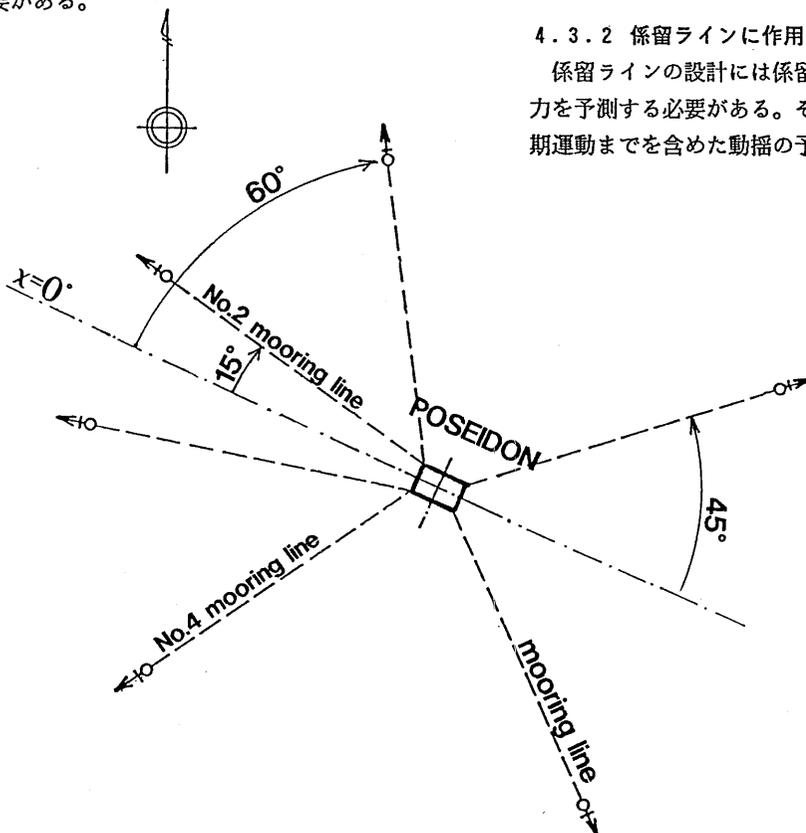


図-13 係留ラインの展張状態

まず、係留ラインの長さであるが、水深の6倍以上の長さを目安とし260mとした。また、ラインの本数は、外力の作用方向を考慮して、沖側4本、陸側2本の計6本とした。また、係留ラインは、JIS第3種スタッド付き50mmチェーン(水中重量47.6kg/m)、破断荷重200tonのものを想定した。

P号の各係留ラインの展張状態は、次のような方法によって決定した。すなわち、係留ラインの展張方向をパラメーターにして、外力の作用する方向を変化させ、一連の計算結果により、各係留ラインに作用する張力がほぼ均一になる状態を求めることにより、決定する方法である。また、作用する外力は定常力とし、風荷重、波漂流力、流れ荷重を仮定した。なお、張力の計算はカテナリー理論<sup>19)</sup>による。求められた展張状態を図-13に示す。

##### 4.3.2 係留ラインに作用する最大張力の予測

係留ラインの設計には係留ラインに作用する最大張力を予測する必要がある。そのためには、P号の長周期運動までを含めた動揺の予測が必要となる。

最大張力の予測は、次の条件のもとで行った。

- 1) P号の動揺としては、外力の主な作用方向を考慮しSurgeのみを考える。
- 2) 外力としては、風荷重、波力を考慮する。風荷重は設計風を用い35m/sec、波は、再現期待値50年の設計風速をもとに、Wilsonの式<sup>20)</sup>から有義波高 $H_{1/3}=10\text{m}$ 、有義波周期 $T_{H1/3}=12\text{sec}$ 、 $T_{H1/3}=1.139T_z$ <sup>21)</sup>の関係を用いゼロアップクロス平均周期 $T_z=10.5\text{sec}$ と設定した。なお、外力の作用方向は船首方向( $\chi=0^\circ$ )とする。
- 3) 係留ラインは線形バネでモデル化し、動的な影響は考慮しない。
- 4) 係留ラインに作用する最大張力は、風荷重による成分とP号の長周期運動による成分の重ね合わせによって推定する。

(1) 風荷重による水平張力

風荷重の評価は(2)式により、風向は $\chi=0^\circ$ の時、10tonとなった。

(2) 長周期運動による水平張力

P号の長周期運動による水平張力の予測には、P号の

長周期運動の最大変位量を推定する必要がある。しかし、長周期運動を含めた最大変位量の推定は、非常に困難である。ここでは、極めてラフな方法ではあるが、P号の1/14.3の模型実験結果<sup>22)</sup>から推定したSurgeの定常変位量 $\bar{x}_s$ (=2.2m)と分散 $\sigma_x^2$ (=8.41m)をもとに、著者の一人によって理論的に示された長周期運動の最大期待値<sup>22)</sup>から、P号のSurgeの最大変位を推定した。

図-14<sup>22)</sup>は、長周期運動を含めたP号のSurgeの最大片振幅 $X_{smax}$ のN個の極大値中の最大期待値を示したものであり、図中の黒丸はP号の1/14.3の模型を用いた実験結果である。図より、最大片振幅 $X_{smax}$ の最大期待値は、600個の極大値中の最大期待値を用いれば、 $5.5\sigma_x$ (=16m)となる。なお、今回の係留ラインの設計では、海象の継続時間として実機で3時間以上を目安としており、係留ラインの設計では安全側として600個の極大値中、実機換算で13.3時間(=600×P号のSurgeの固有周期 80sec<sup>22)</sup>)に相当での最大期待値を用いている。

以上の結果からSurgeの片側最大変位量は、

$$\bar{x}_s + X_{smax} = 2.2\text{m} + 16\text{m} = 18.2\text{m}$$

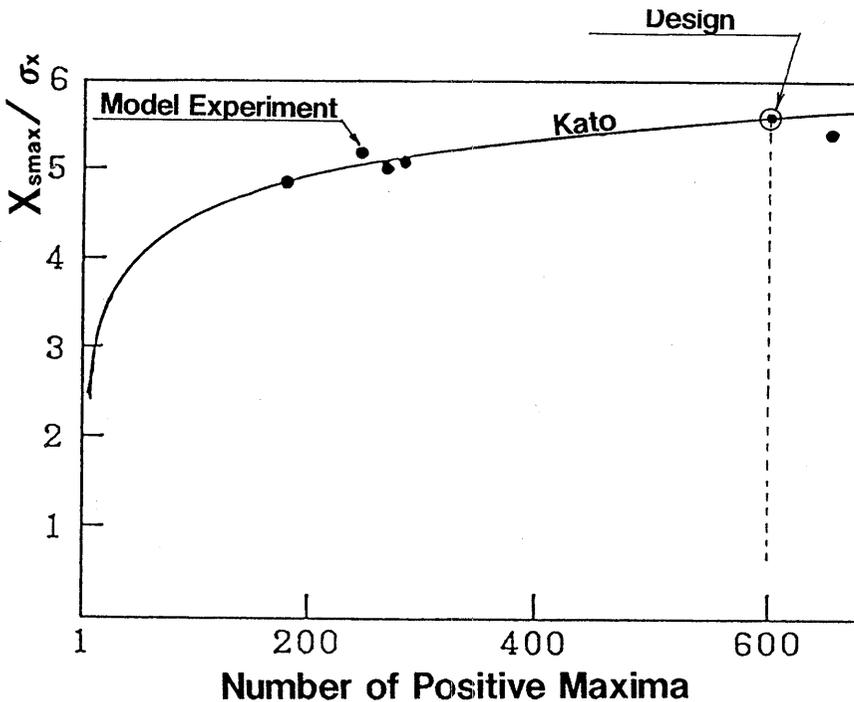


図-14 Surgeの片側最大振幅 $X_{smax}$ のN個の極大値中の最大期待値

と推定される。図-13の状態でのSurge方向のバネ定数は0.491ton/mであり、従って、Surgeの片側最大変位量による水平方向の最大張力は、8.9tonとなる。

(3)検討結果

(1)、(2)の結果からP号に作用する水平方向の最大張力は、18.9tonとなる。この張力をNo.2のライン(図-13参照)だけで受けたと仮定すると、約67.3tonの張力が作用することになり、係留ラインの初期張力(約2.5ton)を合わせて約70tonが作用することになる。想定した係留ラインの破断荷重は200tonであり、十分な強度を有していることがわかった。

P号の係留ラインの疲労強度については、検討を行わなかった。

5. 代表的なストーム中の実測データの最大値

P号の設計条件、動揺、構造強度と係留ラインの設計について、その概要を示した。本章では、これらの設計値に対して実測値がどうであったかについて述べる。ここでは、実験期間中に来襲した代表的なストームを選び、そのストーム期間内に発生した各計測項目の最大値を抽出し比較を行った。

本章で定義するストーム期間とは、低気圧の通過とともに風が吹き始めてから減衰するまでの区間をさしている。ストーム期間の例を図-15に示す。図-15は、1987年12月13日から23日までの有義波高 $H_{1/3}$ 、有義波周期 $T_{H1/3}$ 及び平均風速 $U_{19.5}$ (海面上19.5mの高さの平均風速)の経時変化を示したものであり、17日

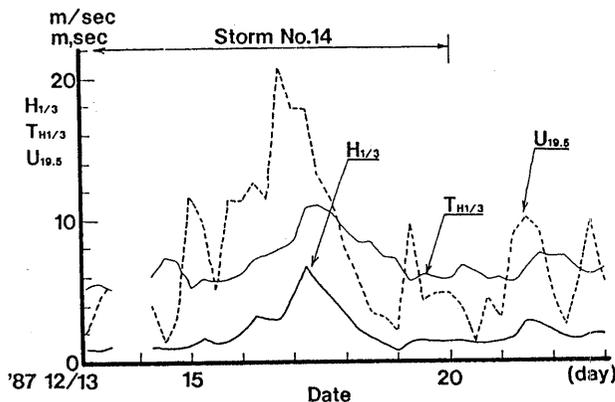


図-15 ストームの定義

前後に実験海域の沖合いを通過した低気圧によって有義波高 $H_{1/3}$ が6mを越えるような高波が発生していることがわかる。このケースでは、図中に矢印で示す区間(12月13日~12月20日)がストーム期間に相当する。ストームの抽出に際しては、ストーム最盛期の有義波高 $H_{1/3}$ が5m以上であるという条件を課した。この条件のもとに、4年間のデータから、表-8に示す計23ケース(内、台風3ケース)を抽出した。

表-9~18は、代表的な計測項目(計測箇所については参考文献23)を参照)について、表-8に示す各ストーム期間での最大値を抽出した結果である。例えば表-9は、左の列よりストーム番号(表-8のStorm No.に対応)、平均風速 $U_{19.5}$ の最大値が出現した日付とそのデータのサンプリング開始時刻(例えば、ストーム番号1番の時刻8:59は、データ収録が8時59分から開始されたデータであることを示しており、最大値の発生時刻ではない)、平均風速 $U_{19.5}$ の最大値とその時の最大瞬間風速 $U_{max}$ と風向、さらに最大瞬間風速 $U_{max}$ の最大値が出現した日付とそのデータのサンプリング

表-8 P号に来襲した代表的ストーム

Storm No.	期間
1	'86/11/13 5:35 ~ /11/19 23:35
2	'86/11/24 5:35 ~ /11/29 23:35
3	'86/12/30 5:35 ~ '87/ 1/ 1 23:35
4	'87/ 1/ 2 5:35 ~ / 1/ 7 23:35
5	'87/ 1/ 5 5:35 ~ / 1/13 23:35
6	'87/ 1/16 5:35 ~ / 1/23 23:35
7	'87/ 2/ 9 5:35 ~ / 2/22 23:35
8	'87/ 2/22 5:35 ~ / 3/ 2 23:35
9	'87/ 3/23 5:35 ~ / 3/31 23:35
10 (台風)	'87/ 8/31 17:35 ~ / 9/ 3 23:35
11 (台風)	'87/10/16 5:35 ~ /10/22 23:35
12	'87/11/23 11:35 ~ /11/27 23:35
13	'87/11/30 5:35 ~ /12/ 9 23:35
14	'87/12/13 5:35 ~ /12/20 23:35
15	'88/ 1/ 6 5:35 ~ / 1/14 23:35
16	'88/ 1/21 5:35 ~ / 1/28 23:35
17	'88/ 2/ 1 17:35 ~ / 2/ 6 23:35
18	'88/12/13 5:35 ~ /12/20 23:35
19 (台風)	'89/ 8/26 5:35 ~ / 8/31 23:35
20	'89/11/17 5:35 ~ /11/27 23:35
21	'90/ 1/ 9 5:35 ~ / 1/13 23:35
22	'90/ 1/23 5:35 ~ / 1/30 23:35
23	'90/ 3/11 5:35 ~ / 3/16 23:35

開始時刻、 $U_{10.5}$ の最大値とその時の平均風速 $U_{10.5}$ と風向を記してある。

表中の「\*」は、臨時計測データ<sup>1)</sup>であることを示しており、解析は、連続したデータを30分毎に分割して各種の統計解析を行った。一方、「\*」のついていない定時計測データ<sup>1)</sup>は、波については計測時間20分間の解析結果、流れについては1時間の解析結果（サンプリング2分であり、データは2分間の平均値として収録）、波と流れ以外の項目については計測時間34分8秒間の解析結果を用いた。

### 5.1 自然環境条件 (表-9～表-11)

波はZero-up cross法<sup>24)</sup>、風、流れは極大値について頻度解析を行った結果である。これらの表より、次のことがわかる。

- 1) 風と流れの最大値は、 $U_{10.5}$ は27.8m/sec、 $V_c$ は1.02m/secであり、No.1～No.23までのストームには含まれていない。
- 2) 87年8月に来襲した台風（ストームNo.10）は、有義波高 $H_{1/3}$ が6.7mを記録しており、実験期間中4番目の高波をもたらした。
- 3) 実測された最大波高 $H_{max}$ と平均流速 $V_c$ は、設計値を超えているケースがある。

### 5.2 風圧差、加速度、動揺、船首尾相対水位 (表-12～表-15)

加速度と動揺はZero-up cross法、風圧差と船首尾相対水位は極大値について頻度解析を行った。風圧差は、Surge方向についてはP号の船首尾の風圧差であり、船首の風圧が船尾より大きい場合を正、Sway方向については左右舷の風圧差であり、右舷の風圧が大きい場合を正としている。表-14(a)～(c)に示すSurge、Sway及びHeaveは加速度を2重積分して求めたものであり、長周期運動の影響は含まれていない。なお、相対水位は波高が高くなるとデータ不良が頻発し、そのため表に示すデータが必ずしもストーム中の最大値となっていない。

これらの表より、次のことがわかる。

- 1) 風圧差の最大値はSurge方向よりSway方向の風圧差が大きい傾向にある。

2) Heave方向の最大加速度は、4.82m/sec<sup>2</sup>であった。

3) Surge、Sway、Heaveの最大値は、それぞれ、8.75m、3.93m、10.95mであった。

4) Roll、Pitch、Yawの最大値は、10.44°、22.40°、8.97°であった。

5) P号のair-gapは5.5mであるが、しばしば、このair-gapを上回る相対水位が発生しているケースがある。

### 5.3 構造歪 (表-16)

構造歪の解析の代表例として、構造歪①、⑨に対し極大値について頻度解析を行った結果を表-16に示した。①と⑨は歪の計測場所<sup>25)</sup>を示しており、①は船首の中央部のコラムの曲げ歪、⑨は船首側右舷のプレースの軸歪を表している。表から、最大で約200 $\mu$ Sの構造歪が生じたことがわかる。

### 5.4 長周期運動と係留力 (表-17～表-18)

長周期運動計測は、有義波高 $H_{1/3}$ が3m以上になると計測装置にノイズが混入し、今回の実験では海洋構造物の設計上重要となる考えられる高波時のデータは取得することができなかった<sup>1)、25)</sup>。そのため、表-17に示したデータは、解析した中での最大変位量である。また、係留力についても、信頼性の高いデータが取得できたのはStrainstall社製の係留力計<sup>1)、25)</sup>を使用した実験の最終1年間であり、高波時のデータが十分に取得できていない。なお、表-17、18は、長周期運動と係留力の極大値について頻度解析を行った結果である。表-18の係留ラインNo.5、係留ラインNo.6は、No.2、No.4の係留ライン（図-13参照）に取り付けた係留力計<sup>25)</sup>によるデータであることを示している。表-18から、取得したデータの中で、係留ラインに作用した最大の変動張力は、30.31tonであることがわかる。

表-9 平均風速 $U_{10.5}$ 及び最大瞬間風速 $U_{max}$

<風>		UNIT(m/sec)				
		$U_{10.5}$ が最大のケース		$U_{max}$ が最大のケース		
No.	日付時刻	$U_{10.5}(U_{max})$	風向	日付時刻	$U_{max}(U_{10.5})$	風向
1	86/11/16* 8:59	18.9(24.7)	WNW	86/11/16* 9:59	26.0(18.1)	WNW
2	86/11/26 5:35	18.7(25.7)	WNW	86/11/26 5:35	25.7(18.7)	WNW
3	87/ 1/ 1 5:35	18.1(26.3)	NW	87/ 1/ 1 5:35	26.3(18.1)	NW
4	87/ 1/ 3 17:35	20.9(27.4)	WNW	87/ 1/ 3 17:35	27.4(20.9)	WNW
5	87/ 1/10 11:35	18.2(26.7)	WNW	87/ 1/10 5:35	26.5(18.9)	WNW
6	87/ 1/17* 20:58	20.1(27.1)	W	87/ 1/17 17:35	31.4(20.0)	W
7	87/ 2/14* 23:38	15.8(22.1)	WNW	87/ 2/14* 23:38	22.1(15.8)	WNW
8	87/ 2/26* 0:38	17.7(27.3)	W	87/ 2/26* 7: 8	26.1(19.6)	W
9	87/ 3/25* 13:58	23.8(32.0)	SW	87/ 3/25* 13:58	32.0(23.8)	SW
10						
11						
12	87/11/24 5:35	15.0(19.8)	WNW	87/11/24* 19:42	21.6(13.6)	WNW
13	87/12/ 1 23:35	18.2(24.1)	NNW	87/12/ 1 23:35	24.1(18.2)	NNW
14	87/12/16 23:35	20.8(30.0)	WNW	87/12/16 23:35	30.0(20.8)	WNW
15	88/ 1/ 9* 22:18	16.8(22.7)	WNW	88/ 1/ 9* 21: 8	23.1(16.4)	WNW
16	88/ 1/28 5:35	19.1(25.5)	W	88/ 1/28 5:35	25.5(19.6)	W
17	88/ 2/ 2* 19:13	20.6(27.2)	W	88/ 2/ 3* 7:13	28.9(17.6)	WNW
18	88/12/15* 8:33	22.4(31.0)	WSW	88/12/14* 6:33	32.4(20.9)	WSW
19	89/ 8/27* 17:42	20.9(27.7)	E	89/ 8/27* 18:24	30.7(19.0)	E
20	89/11/19* 18:12	21.8(29.8)	W	89/11/19* 15:42	31.9(15.7)	WSW
21	90/ 1/10 23:35	23.0(31.7)	SW	90/ 1/10 23:35	31.7(23.0)	SW
22	90/ 1/23* 16:34	19.0(25.3)	WNW	90/ 1/25* 17:34	27.4(17.8)	WNW
23	90/ 3/12 23:35	18.4(26.8)	WNW	90/ 3/12 23:35	21.8(13.5)	WNW
実験期間内の最大値						
90/ 4/16 23:35		27.8(36.5)	SSW	90/ 4/16 23:35	36.5(27.8)	SSW

表-10 有義波高 $H_{1/3}$ 及び最大波高 $H_{max}$

<波>		UNIT( $H_{1/3}$ , $H_{max}$ : m, $T_{H1/3}$ , $T_{Hmax}$ : sec)								
		$H_{1/3}$ が最大のケース				$H_{max}$ が最大のケース				
No.	日付時刻	$H_{1/3}$	$T_{H1/3}$	$H_{max}$	$T_{Hmax}$	日付時刻	$H_{max}$	$T_{Hmax}$	$H_{1/3}$	$T_{H1/3}$
1	86/11/16 11:35	6.2	11.0	9.5	10.3	86/11/16 11:35	9.5	10.3	6.2	11.0
2	86/11/26 14:35	6.1	10.6	9.3	9.8	86/11/26 14:35	9.3	9.8	6.1	10.6
3	87/ 1/ 1 5:35	5.3	9.1	11.5	9.7	87/ 1/ 1 5:35	11.5	9.7	5.3	9.1
4	87/ 1/ 4*11:18	5.5	9.5	9.1	9.7	87/ 1/ 4*12:18	10.8	9.5	5.3	9.2
5	87/ 1/10 14:35	6.0	9.1	8.5	8.0	87/ 1/10 14:35	8.5	8.0	6.0	9.1
6	87/ 1/18* 7:28	5.3	10.7	9.3	8.8	87/ 1/18*10:28	10.0	11.1	4.8	9.6
7	87/ 2/16 11:35	5.3	9.5	11.2	10.1	87/ 2/16 11:35	11.2	10.1	5.3	9.5
8	87/ 2/26*15:39	5.9	10.0	9.5	8.8	87/ 2/26*23:39	11.3	10.2	5.7	10.1
9	87/ 3/25*18:28	6.2	10.8	10.9	10.5	87/ 3/25*17:58	11.1	9.8	5.9	10.4
10	87/ 9/ 1* 2:18	6.7	11.7	13.1	10.2	87/ 9/ 1* 2:18	13.1	10.2	6.7	11.7
11	87/10/18* 2: 2	4.1	7.8	7.2	7.1	87/10/18* 2: 2	7.2	7.1	4.1	7.8
12	87/11/24*12:42	5.5	11.2	9.1	9.9	87/11/24*11:42	13.6	10.5	5.1	10.8
13	87/12/ 1 23:35	6.1	9.4	9.5	10.0	87/12/01 23:35	9.5	9.0	6.1	9.4
14	87/12/17*11:13	7.6	11.2	14.4	11.6	87/12/17*10:13	14.6	10.0	7.1	10.6
15	88/ 1/ 9*23:18	5.6	9.5	8.8	10.2	88/ 1/ 9*22:48	10.9	9.6	5.3	9.2
16	88/ 1/24 17:35	5.3	9.2	7.5	9.8	88/ 1/24 17:35	9.1	10.4	5.0	9.5
17	88/ 2/ 3*14:43	7.4	11.6	12.0	9.9	88/ 2/ 3*11:13	14.9	12.7	6.7	11.2
18	88/12/15* 8: 3	6.2	10.8	9.8	9.6	88/12/15* 9: 3	12.8	9.6	6.0	10.9
19	89/ 8/28*10:42	2.9	6.8	4.9	7.0	89/ 8/28*10:54	6.1	6.7	2.8	6.8
20	89/11/19*20:12	7.0	10.5	11.5	9.7	89/11/19*23:42	12.4	11.9	6.8	10.9
21	90/ 1/11 5:35	5.3	8.8	8.8	7.6	90/ 1/11 5:35	8.8	7.6	5.3	8.8
22	90/ 1/25*17:34	5.4	9.5	10.0	8.8	90/ 1/25*18:34	10.7	8.2	5.1	9.5
23	90/ 3/13 5:35	5.4	10.0	9.7	10.4	90/ 3/13 5:35	9.8	10.6	5.3	10.3
実験期間内の最大値										
87/12/17 11:13		7.6	11.2	14.4	11.6	88/ 2/ 3 11:13	14.9	12.7	6.7	11.2

表-11 平均流速 $V_c$ 及び最大瞬間流速 $V_{cmax}$ 

<流れ>					UNIT(m/sec)				
No.	$V_c$ が最大のケース				$V_{cmax}$ が最大のケース				
	日付	時刻	$V_c$ ( $V_{cmax}$ )	流向	日付	時刻	$V_{cmax}$ ( $V_c$ )	流向	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19	89/ 8/28	7:00	0.72( 0.79)	ENE	89/ 8/28	6:00	0.82( 0.65)	ENE	
20	89/11/21	3:00	0.63( 0.67)	ENE	89/11/21	3:00	0.67( 0.63)	ENE	
21	90/ 1/10	23:00	0.53( 0.62)	ENE	90/ 1/10	23:00	0.62( 0.53)	ENE	
22	90/ 1/27	6:00	0.13( 0.19)	NE	90/ 1/27	6:00	0.19( 0.13)	NE	
23	91/ 3/12	22:00	0.59( 0.64)	NE	90/ 3/12	22:00	0.64( 0.57)	NE	
実験期間内の最大値									
89/ 4/17 6:00 1.02( 1.12) NE					89/ 4/17 6:00 1.12( 1.02) NE				

表-12(a) Surge方向の平均風圧差 $P_x$ 及び最大瞬間風圧差 $P_{xmax}$ 

<風圧差:Surge方向>					UNIT(kgf/m <sup>2</sup> )				
No.	$P_x$ が最大のケース				$P_{xmax}$ が最大のケース				
	日付	時刻	$P_x$ ( $P_{xmax}$ )	流向	日付	時刻	$P_{xmax}$ ( $P_x$ )	流向	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18	88/12/15 * 7: 3		20.7 ( 52.8 )		88/12/15 * 6:33		58.9 ( 17.3 )		
19									
20	89/11/19 *18:12		25.3 ( 59.2 )		89/11/19 *17:42		66.2 ( 24.9 )		
21	90/ 1/11 5:35		15.9 ( 31.2 )		90/ 1/10 23:35		42.9 ( 15.0 )		
22	90/ 1/25 *22: 4		21.6 ( 45.7 )		90/ 1/25 *17:34		49.6 ( 19.5 )		
23	90/ 3/12 23:35		21.4 ( 53.2 )		90/ 3/12 23:35		53.2 ( 21.4 )		
実験期間内の最大値									
89/11/19 *18:12 25.3 ( 59.2 )					89/11/19 *17:42 66.2 ( 24.9 )				

表-12(b) Sway方向の平均風圧差 $P_y$ 及び最大瞬間風圧差 $P_{ymax}$

<風圧差:Sway 方向> UNIT(kgf/m<sup>2</sup>)

No.	P <sub>y</sub> が最大のケース		P <sub>ymax</sub> が最大のケース	
	日付	時刻	日付	時刻
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18	88/12/15 * 3: 3	-23.1 (-46.1)	88/12/15 * 8:33	-47.8 (-22.3)
19				
20	89/11/19 *16:12	-19.4 (-42.8)	89/11/19 *17:42	-46.8 (-13.4)
21	90/ 1/10 23:35	-26.8 (-52.6)	90/ 1/10 23:35	-52.6 (-26.8)
22	90/ 1/26 * 2: 4	-11.6 (-34.3)	90/ 1/26 * 1:34	-36.8 (-10.3)
23	90/ 3/12 23:35	-13.5 (-39.9)	90/ 3/12 23:35	-39.9 (-13.5)
<b>実験期間内の最大値</b>				
	89/ 4/16 23:35	-38.3 (-74.6)	89/ 4/16 23:35	-74.6 (-38.3)

表-13(a) Surge方向の加速度の両振幅の有義値 $\ddot{\chi}_{A1/s}$ 及び最大値 $\ddot{\chi}_{Amax}$

<SURGE ACC.> UNIT(m/sec<sup>2</sup>)

No.	$\ddot{\chi}_{A1/s}$ が最大のケース		$\ddot{\chi}_{Amax}$ が最大のケース	
	日付	時刻	日付	時刻
1	86/11/16 *10:29	1.14 ( 2.01 )	86/11/16 * 9:29	2.08 ( 1.13 )
2	86/11/26 *15:28	1.15 ( 1.93 )	86/11/26 *15:28	1.93 ( 1.15 )
3	87/ 1/ 1 5:35	0.74 ( 1.38 )	87/ 1/ 1 5:35	1.38 ( 0.74 )
4	87/ 1/ 4 *11:18	1.19 ( 1.93 )	87/ 1/ 4 *12:48	2.06 ( 1.07 )
5	87/ 1/10 11:35	0.73 ( 1.29 )	87/ 1/10 17:35	1.72 ( 0.65 )
6	87/ 1/18 * 7:28	1.08 ( 1.61 )	87/ 1/17 *23:58	2.36 ( 0.95 )
7	87/ 2/14 17:35	0.62 ( 1.31 )	87/ 2/14 17:35	1.31 ( 0.62 )
8	87/ 2/26 *13:08	1.17 ( 1.83 )	87/ 2/26 * 5:38	2.40 ( 1.11 )
9	87/ 3/25 *18:28	1.23 ( 2.61 )	87/ 3/25 *17:28	3.14 ( 1.08 )
10				
11	87/10/18 * 1: 2	1.00 ( 1.65 )	87/10/18 * 1:32	2.02 ( 0.97 )
12	87/11/24 *10:12	1.22 ( 2.11 )	87/11/24 * 9:42	2.30 ( 1.15 )
13	87/12/ 1 23:35	1.23 ( 1.97 )	87/12/ 1 23:35	1.97 ( 1.23 )
14	87/12/17 *11:13	1.60 ( 2.68 )	87/12/17 *10:13	2.90 ( 1.57 )
15	88/ 1/ 9 *23:18	1.30 ( 2.44 )	88/ 1/10 * 4:48	2.59 ( 1.25 )
16	88/ 1/24 17:35	1.18 ( 1.88 )	88/ 1/24 17:35	1.88 ( 1.18 )
17	88/ 2/ 3 *15:43	1.52 ( 3.21 )	88/ 2/ 3 *15:43	3.21 ( 1.52 )
18	88/12/15 *12:33	1.28 ( 2.03 )	88/12/15 * 3:33	2.32 ( 1.07 )
19	89/ 8/28 *11:24	0.56 ( 1.09 )	89/ 8/28 *11:24	1.09 ( 0.56 )
20	89/11/19 *21:12	1.38 ( 2.40 )	89/11/19 *22:42	3.37 ( 1.33 )
21	90/ 1/11 5:35	0.98 ( 1.50 )	90/ 1/11 5:35	1.50 ( 0.98 )
22	90/ 1/25 *18: 4	1.17 ( 2.09 )	90/ 1/25 *18:34	2.24 ( 1.13 )
23	90/ 3/13 5:35	1.04 ( 1.63 )	90/ 3/13 5:35	1.63 ( 1.04 )
<b>実験期間内の最大値</b>				
	87/12/17 11:13	1.60 ( 2.68 )	89/11/19 22:42	3.37 ( 1.33 )

表-13(b) Sway方向の加速度の両振幅の有義値 $\ddot{Y}_{A1/3}$ 及び最大値 $\ddot{Y}_{Amax}$ 

<SWAY ACC.>		UNIT(m/sec <sup>2</sup> )			
No.	日付時刻	$\ddot{Y}_{A1/3}$ が最大のケース		$\ddot{Y}_{Amax}$ が最大のケース	
		$\ddot{Y}_{A1/3}$ ( $\ddot{Y}_{Amax}$ )	日付時刻	$\ddot{Y}_{Amax}$ ( $\ddot{Y}_{A1/3}$ )	日付時刻
1	86/11/16 *10:29	0.65 ( 0.94 )	86/11/16 * 9:59	1.25 ( 0.59 )	
2	86/11/26 *15:28	0.61 ( 0.95 )	86/11/26 *15:58	0.98 ( 0.58 )	
3	87/ 1/ 1 5:35	0.60 ( 1.20 )	87/ 1/ 1 5:35	1.20 ( 0.60 )	
4	87/ 1/ 4 *11:18	0.57 ( 0.90 )	87/ 1/ 4 *15:18	1.18 ( 0.53 )	
5	87/ 1/10 5:35	0.55 ( 1.22 )	87/ 1/10 5:35	1.22 ( 0.55 )	
6	87/ 1/17 *22:58	0.68 ( 1.14 )	87/ 1/17 *20:58	1.16 ( 0.65 )	
7	87/ 2/14 17:35	0.54 ( 0.85 )	87/ 2/14 11:35	0.94 ( 0.45 )	
8	87/ 2/26 *12:08	0.64 ( 1.06 )	87/ 2/26 *11: 8	1.31 ( 0.62 )	
9	87/ 3/25 *13:58	0.89 ( 1.32 )	87/ 3/25 *18:28	1.94 ( 0.85 )	
10					
11	87/10/18 * 1: 2	0.60 ( 1.08 )	87/10/18 * 0:32	1.10 ( 0.58 )	
12	87/11/24 *13:12	0.61 ( 1.02 )	87/11/24 *15:42	1.21 ( 0.58 )	
13	87/12/ 2 5:35	0.84 ( 1.96 )	87/12/ 2 5:35	1.96 ( 0.84 )	
14	87/12/17 *11:43	0.86 ( 1.59 )	87/12/17 *10:43	1.96 ( 0.80 )	
15	88/ 1/10 * 0:18	0.64 ( 1.00 )	88/ 1/10 * 0:48	1.22 ( 0.62 )	
			88/ 1/10 * 7:48	1.22 ( 0.55 )	
16	88/ 1/24 5:35	0.57 ( 1.04 )	88/ 1/24 11:35	1.15 ( 0.56 )	
17	88/ 2/ 3 *12:43	0.81 ( 1.43 )	88/ 2/ 3 *11:43	2.63 ( 0.78 )	
18	88/12/15 * 1: 3	0.87 ( 1.45 )	88/12/15 *10: 3	1.56 ( 0.71 )	
19	89/ 8/28 *11:24	0.45 ( 0.67 )	89/ 8/28 *10:24	0.81 ( 0.42 )	
20	89/11/19 *17:12	0.71 ( 1.10 )	89/11/19 *19:12	1.30 ( 0.68 )	
21	90/ 1/10 23:35	0.76 ( 1.46 )	90/ 1/10 23:35	1.46 ( 0.76 )	
22	90/ 1/25 *18: 4	0.57 ( 0.92 )	90/ 1/25 *17: 4	1.11 ( 0.54 )	
23	90/ 3/13 5:35	0.88 ( 1.34 )	90/ 3/13 5:35	1.34 ( 0.88 )	
実験期間内の最大値					
	87/ 3/25 13:58	0.89 ( 1.32 )	88/ 2/ 3 11:43	2.63 ( 0.78 )	

表-13(c) Heave方向の加速度の両振幅の有義値 $\ddot{Z}_{A1/3}$ 及び最大値 $\ddot{Z}_{Amax}$ 

<HEAVE ACC.>		UNIT(m/sec <sup>2</sup> )			
No.	日付時刻	$\ddot{Z}_{A1/3}$ が最大のケース		$\ddot{Z}_{Amax}$ が最大のケース	
		$\ddot{Z}_{A1/3}$ ( $\ddot{Z}_{Amax}$ )	日付時刻	$\ddot{Z}_{Amax}$ ( $\ddot{Z}_{A1/3}$ )	日付時刻
1	86/11/16 * 8:59	1.69 ( 2.76 )	86/11/16 *10:29	2.82 ( 1.56 )	
2	86/11/26 *15:28	1.67 ( 2.49 )	86/11/26 *14:58	2.53 ( 1.48 )	
3	87/ 1/ 1 5:35	1.65 ( 2.39 )	87/ 1/ 1 5:35	2.39 ( 1.65 )	
4	87/ 1/ 4 *11:18	1.69 ( 2.98 )	87/ 1/ 4 *11:18	2.98 ( 1.69 )	
5	87/ 1/10 11:35	1.54 ( 2.30 )	87/ 1/10 17:35	2.49 ( 1.44 )	
6	87/ 1/17 *22:58	1.55 ( 2.29 )	87/ 1/18 * 4:28	2.88 ( 1.49 )	
7	87/ 2/14 11:35	1.36 ( 2.19 )	87/ 2/14 11:35	2.19 ( 1.36 )	
8	87/ 2/26 *13: 8	1.72 ( 2.21 )	87/ 2/26 * 7: 8	3.38 ( 1.59 )	
9	87/ 3/25 *18:28	1.71 ( 2.76 )	87/ 3/25 *17:28	3.38 ( 1.63 )	
10					
11	87/10/18 * 1:32	1.24 ( 1.30 )	87/10/18 * 1: 2	2.17 ( 1.22 )	
12	87/11/24 * 8:42	1.52 ( 2.13 )	87/11/24 * 9:42	2.51 ( 1.41 )	
13	87/12/ 1 23:35	1.60 ( 2.29 )	87/12/ 2 5:35	2.34 ( 1.29 )	
14	87/12/17 *11:13	2.01 ( 4.24 )	87/12/17 *11:13	4.24 ( 2.01 )	
15	88/ 1/ 9 *23:18	1.63 ( 2.72 )	88/ 1/ 9 *23:18	2.72 ( 1.63 )	
16	88/ 1/24 17:35	1.44 ( 2.11 )	88/ 1/24 17:35	2.11 ( 1.44 )	
17	88/ 2/ 3 * 9:43	1.87 ( 3.16 )	88/ 2/ 3 *13:13	4.82 ( 1.73 )	
18	88/12/15 * 9:33	1.53 ( 2.28 )	88/12/15 *12: 3	2.78 ( 1.49 )	
19	89/ 8/28 *11:24	0.63 ( 1.02 )	89/ 8/28 *10:24	1.13 ( 0.57 )	
20	89/11/19 *17:42	1.97 ( 3.02 )	89/11/19 *19:12	3.46 ( 1.77 )	
21	90/ 1/11 5:35	1.42 ( 2.06 )	90/ 1/10 23:35	2.27 ( 1.35 )	
22	90/ 1/25 *18: 4	1.59 ( 2.54 )	90/ 1/25 *22: 4	2.57 ( 1.34 )	
23	90/ 3/13 5:35	1.64 ( 2.44 )	90/ 3/12 23:35	2.47 ( 1.52 )	
実験期間内の最大値					
	87/12/17 11:13	2.01 ( 4.24 )	88/ 2/ 3 13:13	4.82 ( 1.73 )	

表-14(a) Surge方向の動揺の両振幅の有義値 $X_{A1/3}$ 及び最大値 $X_{Amax}$

<SURGE>		UNIT(m)			
No.	日付時刻	$X_{A1/3}$ が最大のケース		$X_{Amax}$ が最大のケース	
		$X_{A1/3}$ ( $X_{Amax}$ )	日付時刻	$X_{Amax}$ ( $X_{A1/3}$ )	
1	86/11/16 *10:29	2.90 ( 5.09 )	86/11/16 *10:29	5.09 ( 2.90 )	
2	86/11/26 *15:28	3.10 ( 4.28 )	86/11/26 *15:58	4.91 ( 2.60 )	
3	87/ 1/ 1 5:35	2.47 ( 4.02 )	87/ 1/ 1 5:35	4.02 ( 2.47 )	
4	87/ 1/ 4 *13:48	2.89 ( 4.43 )	87/ 1/ 4 *12:18	4.55 ( 2.74 )	
5	87/ 1/10 5:35	2.49 ( 3.84 )	87/ 1/10 17:35	4.62 ( 2.27 )	
6	87/ 1/18 * 7:28	3.18 ( 4.68 )	87/ 1/18 * 5:28	5.67 ( 3.09 )	
7	87/ 2/14 17:35	1.88 ( 2.93 )	87/ 2/14 17:35	2.93 ( 1.88 )	
8	87/ 2/26 *13: 8	3.12 ( 4.12 )	87/ 2/26 * 8: 8	5.00 ( 2.96 )	
9	87/ 3/25 *18:28	3.26 ( 5.05 )	87/ 3/25 *17:28	7.09 ( 2.99 )	
10					
11	87/10/18 * 1:32	1.66 ( 3.12 )	87/10/18 * 1:32	3.12 ( 1.66 )	
12	87/11/24 *13:12	3.75 ( 6.25 )	87/11/24 *10:12	6.28 ( 3.43 )	
13	87/12/ 1 23:35	2.83 ( 4.36 )	87/12/ 1 23:35	4.36 ( 2.83 )	
14	87/12/17 *11:13	4.51 ( 8.59 )	87/12/17 *11:13	8.59 ( 4.51 )	
15	88/ 1/ 9 *23:18	3.03 ( 6.10 )	88/ 1/ 9 *23:18	6.10 ( 3.03 )	
16	88/ 1/24 17:35	2.95 ( 4.15 )	88/ 1/24 17:35	4.15 ( 2.95 )	
17	88/ 2/ 3 * 9:43	4.67 ( 6.61 )	88/ 2/ 3 *11:13	8.75 ( 4.32 )	
18	88/12/15 *10: 3	3.71 ( 5.74 )	88/12/15 *12:33	6.17 ( 3.60 )	
19	89/ 8/28 *11:24	0.83 ( 1.49 )	89/ 8/28 *11:24	1.49 ( 0.83 )	
20	89/11/20 * 0:42	3.85 ( 5.43 )	89/11/19 *21:12	6.52 ( 3.85 )	
21	90/ 1/11 5:35	2.18 ( 3.32 )	90/ 1/11 5:35	3.32 ( 2.18 )	
22	90/ 1/25 *18: 4	2.91 ( 4.28 )	90/ 1/25 *18:34	4.82 ( 2.75 )	
23	90/ 3/13 5:35	2.85 ( 4.44 )	90/ 3/13 5:35	4.44 ( 2.85 )	
実験期間の最大値					
	88/ 2/ 3 * 9:43	4.67 ( 6.61 )	88/ 2/ 3 11:13	8.75 ( 4.32 )	

表-14(b) Sway方向の動揺の両振幅の有義値 $Y_{A1/3}$ 及び最大値 $Y_{Amax}$

<SWAY>		UNIT(m)			
No.	日付時刻	$Y_{A1/3}$ が最大のケース		$Y_{Amax}$ が最大のケース	
		$Y_{A1/3}$ ( $Y_{Amax}$ )	日付時刻	$Y_{Amax}$ ( $Y_{A1/3}$ )	
1	86/11/16 *10:29	1.65 ( 2.34 )	86/11/16 * 9:59	2.90 ( 1.46 )	
2	86/11/26 *15:28	1.50 ( 2.25 )	86/11/26 *14:58	2.63 ( 1.48 )	
3	87/ 1/ 1 11:35	1.57 ( 2.67 )	87/ 1/ 1 11:35	2.67 ( 1.57 )	
4	87/ 1/ 4 *18:48	1.34 ( 1.90 )	87/ 1/ 4 *17:48	2.44 ( 1.23 )	
5	87/ 1/10 17:35	1.40 ( 2.42 )	87/ 1/10 17:35	2.42 ( 1.40 )	
6	87/ 1/17 *22:58	1.54 ( 2.28 )	87/ 1/18 * 3:28	3.08 ( 1.38 )	
7	87/ 2/14 17:35	1.15 ( 1.61 )	87/ 2/14 23:35	2.08 ( 1.08 )	
8	87/ 2/26 *11: 8	1.66 ( 2.70 )	87/ 2/26 *12: 8	2.92 ( 1.59 )	
9	87/ 3/25 *18:28	2.10 ( 3.57 )	87/ 3/25 *17:28	3.78 ( 2.02 )	
10					
11	87/10/18 * 5:32	1.08 ( 1.90 )	87/10/18 * 5:32	1.90 ( 1.08 )	
12	87/11/24 *13:12	1.63 ( 2.61 )	87/11/24 *11:42	2.88 ( 1.41 )	
13	87/12/ 1 23:35	1.88 ( 2.97 )	87/12/ 2 5:35	3.15 ( 1.82 )	
14	87/12/17 *11:43	2.30 ( 3.93 )	87/12/17 *11:43	3.93 ( 2.30 )	
15	88/ 1/10 * 0:18	1.39 ( 2.09 )	88/ 1/10 * 7:18	2.49 ( 1.20 )	
16	88/ 1/24 11:35	1.56 ( 2.45 )	88/ 1/24 23:35	2.56 ( 1.55 )	
17	88/ 2/ 3 * 9:43	2.13 ( 3.49 )	88/ 2/ 3 * 8:13	3.83 ( 2.07 )	
18	88/12/15 *14: 3	1.88 ( 2.68 )	88/12/15 *11:33	2.99 ( 1.71 )	
19	89/ 8/28 *11:24	0.70 ( 1.15 )	89/ 8/28 *11:24	1.15 ( 0.70 )	
20	89/11/19 *17:12	1.70 ( 2.98 )	89/11/19 *17:12	2.98 ( 1.70 )	
21	90/ 1/11 5:35	1.43 ( 2.56 )	90/ 1/11 5:35	2.56 ( 1.43 )	
22	90/ 1/25 *17: 4	1.25 ( 2.43 )	90/ 1/25 *17: 4	2.43 ( 1.25 )	
23					
実験期間内の最大値					
	87/12/17 11:43	2.30 ( 3.93 )	87/12/17 11:43	3.93 ( 2.30 )	

表-14(c) Heave方向の動揺の両振幅の有義値 $Z_{A1/3}$ 及び最大値 $Z_{Amax}$ 

< HEAVE >		UNIT(m)			
		$Z_{A1/3}$ が最大のケース		$Z_{Amax}$ が最大のケース	
No.	日付 時刻	$Z_{A1/3}$ ( $Z_{Amax}$ )	日付 時刻	$Z_{Amax}$ ( $Z_{A1/3}$ )	
1	86/11/16 * 9:29	4.22 ( 6.36 )	86/11/16 *10:29	7.08 ( 4.07 )	
2	86/11/26 *15:28	4.52 ( 6.44 )	86/11/26 *15:28	6.44 ( 4.52 )	
3	87/ 1/ 1 5:35	3.83 ( 5.90 )	87/ 1/ 1 5:35	5.90 ( 3.83 )	
4	87/ 1/ 4 *14:18	4.09 ( 6.24 )	87/ 1/ 4 *11:18	6.52 ( 4.02 )	
5	87/ 1/10 5:35	3.63 ( 5.36 )	87/ 1/10 17:35	5.95 ( 3.51 )	
6	87/ 1/18 * 3:58	4.26 ( 6.54 )	87/ 1/18 * 7:58	7.73 ( 4.00 )	
7	87/ 2/14 17:35	2.96 ( 4.60 )	87/ 2/15 5:35	4.61 ( 2.95 )	
8	87/ 2/26 *13: 8	4.75 ( 6.26 )	87/ 2/26 * 8: 8	7.90 ( 4.41 )	
9	87/ 3/25 *18:28	4.83 ( 8.70 )	87/ 3/25 *17:28	8.77 ( 4.55 )	
10					
11	87/10/18 * 2: 2	2.40 ( 3.50 )	87/10/18 * 1:32	3.93 ( 2.31 )	
12	87/11/24 *13:12	4.44 ( 6.53 )	87/11/24 * 9:42	6.90 ( 3.85 )	
			87/11/24 *15:12	6.90 ( 3.80 )	
13	87/12/ 1 23:35	3.84 ( 6.22 )	87/12/ 1 23:35	6.22 ( 3.84 )	
14	87/12/17 *11:13	6.10 (10.95)	87/12/17 *11:13	10.95 ( 6.10 )	
15	88/ 1/ 9 *23:18	4.09 ( 7.73 )	88/ 1/ 9 *23:18	7.73 ( 4.09 )	
16	88/ 1/24 17:35	3.80 ( 5.65 )	88/ 1/24 17:35	5.65 ( 3.80 )	
17	88/ 2/ 3 * 9:43	5.77 ( 8.84 )	88/ 2/ 3 *11:13	9.58 ( 5.43 )	
18	88/12/15 *10: 3	4.55 ( 7.85 )	88/12/15 *10: 3	7.85 ( 4.55 )	
19	89/ 8/28 *11:24	0.96 ( 1.57 )	89/ 8/28 *11:24	1.57 ( 0.96 )	
20	89/11/19 *21:12	5.75 ( 9.09 )	89/11/19 *17:42	9.73 ( 5.72 )	
21	90/ 1/11 5:35	3.42 ( 5.00 )	90/ 1/11 5:35	5.00 ( 3.42 )	
22	90/ 1/25 *18: 4	4.21 ( 5.96 )	90/ 1/25 *19: 4	7.21 ( 4.01 )	
23	90/ 3/13 5:35	4.85 ( 6.61 )	90/ 3/13 5:35	6.61 ( 4.85 )	
実験期間内の最大値					
	87/12/17 11:13	6.10 (10.95)	87/12/17 11:13	10.95 ( 6.10 )	

表-14(d) Roll方向の動揺の両振幅の有義値 $\Phi_{A1/3}$ 及び最大値 $\Phi_{Amax}$ 

< ROLL >		UNIT(degree)			
		$\Phi_{A1/3}$ が最大のケース		$\Phi_{Amax}$ が最大のケース	
No.	日付 時刻	$\Phi_{A1/3}$ ( $\Phi_{Amax}$ )	日付 時刻	$\Phi_{Amax}$ ( $\Phi_{A1/3}$ )	
1	86/11/16 * 9:59	2.80 ( 5.04 )	86/11/16 *10:29	5.92 ( 2.78 )	
2	86/11/26 5:35	2.96 ( 4.89 )	86/11/26 11:35	5.60 ( 2.91 )	
3	87/ 1/ 1 5:35	3.29 ( 6.06 )	87/ 1/ 1 5:35	6.06 ( 3.29 )	
4	87/ 1/ 4 *12:48	3.21 ( 5.70 )	87/ 1/ 4 *12:48	5.70 ( 3.21 )	
5	87/ 1/10 5:35	3.05 ( 5.04 )	87/ 1/10 11:35	5.32 ( 2.89 )	
6	87/ 1/17 *22:58	3.29 ( 5.11 )	87/ 1/18 * 2:58	6.01 ( 3.09 )	
7	87/ 2/14 17:35	2.89 ( 4.39 )	87/ 2/14 17:35	4.39 ( 2.89 )	
8	87/ 2/26 * 4:38	3.34 ( 4.93 )	87/ 2/26 * 5:38	7.07 ( 2.86 )	
9	87/ 3/25 *17:28	4.97 ( 9.78 )	87/ 3/25 *17:28	9.78 ( 4.97 )	
10					
11	87/10/18 * 0:32	3.16 ( 6.31 )	87/10/18 * 0:32	6.31 ( 3.16 )	
12	87/11/24 *18:12	3.21 ( 5.60 )	87/11/24 * 8:42	7.65 ( 3.05 )	
13	87/12/ 1 23:35	3.92 ( 6.85 )	87/12/ 1 23:35	6.85 ( 3.92 )	
14	87/12/17 *11:43	4.37 ( 7.01 )	87/12/17 *10:13	9.89 ( 4.27 )	
15	88/ 1/ 9 *22:48	3.53 ( 6.49 )	88/ 1/ 9 *22:48	6.49 ( 3.53 )	
16	88/ 1/24 5:35	3.12 ( 5.62 )	88/ 1/24 11:35	5.70 ( 2.87 )	
17	88/ 2/ 2 *19:43	4.83 (10.4)	88/ 2/ 2 *19:43	10.44 ( 4.83 )	
18	88/12/15 *12: 3	4.66 ( 8.18 )	88/12/15 * 7: 3	8.52 ( 4.40 )	
19	89/ 8/28 *10:24	2.47 ( 4.05 )	89/ 8/28 *10:24	4.05 ( 2.47 )	
20	89/11/19 *17:42	4.52 ( 8.58 )	89/11/19 *15:12	9.19 ( 3.98 )	
21	90/ 1/10 23:35	4.34 ( 8.42 )	90/ 1/10 23:35	8.42 ( 4.34 )	
22	90/ 1/25 *21:34	3.30 ( 5.88 )	90/ 1/26 * 5:34	6.73 ( 2.83 )	
23	90/ 3/13 11:35	3.91 ( 6.15 )	90/ 3/13 5:35	6.52 ( 3.91 )	
実験期間内の最大値					
	87/ 3/25 *17:28	4.97 ( 9.78 )	88/ 2/ 2 19:43	10.44 ( 4.83 )	

表-14(e) Pitch方向の動揺の両振幅の有義値 $\theta_{A1/3}$ 及び最大値 $\theta_{Amax}$

<PITCH>		UNIT(degree)			
No.	日付時刻	$\theta_{A1/3}$ が最大のケース		$\theta_{Amax}$ が最大のケース	
		日付時刻	$\theta_{A1/3}(\theta_{Amax})$	日付時刻	$\theta_{Amax}(\theta_{A1/3})$
1	86/11/16 11:35	86/11/16 11:35	6.74 (11.61)	86/11/16 *10:29	14.02 ( 6.33 )
2	86/11/26 5:35	86/11/26 5:35	7.29 (12.03)	86/11/26 11:35	13.51 ( 7.10 )
3	87/ 1/ 1 5:35	87/ 1/ 1 5:35	5.51 (10.31)	87/ 1/ 1 5:35	10.31 ( 5.51 )
4	87/ 1/ 4 *11:18	87/ 1/ 4 *11:18	6.37 (11.24)	87/ 1/ 4 *14:18	12.01 ( 5.85 )
5	87/ 1/10 5:35	87/ 1/10 5:35	5.32 (10.66)	87/ 1/10 17:35	11.47 ( 4.92 )
6	87/ 1/18 * 7:28	87/ 1/18 * 7:28	7.41 (10.59)	87/ 1/18 * 5:28	14.10 ( 6.94 )
7	87/ 2/14 17:35	87/ 2/14 17:35	4.24 ( 8.40 )	87/ 2/14 17:35	8.40 ( 4.24 )
8	87/ 2/26 *13: 8	87/ 2/26 *13: 8	7.83 (11.54)	87/ 2/26 * 8: 8	15.62 ( 7.35 )
9	87/ 3/25 *18:28	87/ 3/25 *18:28	10.69 (15.66)	87/ 3/25 *17:28	20.30 ( 9.22 )
10					
11	87/10/18 * 1: 2	87/10/18 * 1: 2	4.31 ( 8.53 )	87/10/18 * 1: 2	8.53 ( 4.31 )
12	87/11/24 *13:12	87/11/24 *13:12	8.18 (12.26)	87/11/24 * 9:42	15.06 ( 6.51 )
13	87/12/ 1 23:35	87/12/ 1 23:35	6.71 (11.23)	87/12/ 1 23:35	11.23 ( 6.71 )
14	87/12/17 *11:13	87/12/17 *11:13	12.16 (22.40)	87/12/17 *11:13	22.40 (12.16)
15	88/ 1/ 9 *23:18	88/ 1/ 9 *23:18	6.77 (14.19)	88/ 1/ 9 *23:18	14.19 ( 6.77 )
16	88/ 1/24 17:35	88/ 1/24 17:35	5.78 ( 9.76 )	88/ 1/24 17:35	9.76 ( 5.78 )
17	88/ 2/ 3 * 9:43	88/ 2/ 3 * 9:43	11.53 (18.40)	88/ 2/ 3 *12:43	18.94 ( 9.92 )
18	88/12/15 * 8:33	88/12/15 * 8:33	9.94 (15.77)	88/12/15 *10: 3	19.63 ( 9.68 )
19	89/ 8/28 *10:24	89/ 8/28 *10:24	2.58 ( 4.57 )	89/ 8/28 *11:24	5.32 ( 2.43 )
20	89/11/19 *21:12	89/11/19 *21:12	10.93 (17.94)	89/11/19 *22:42	21.12 (10.19)
21	90/ 1/10 23:35	90/ 1/10 23:35	4.97 (10.35)	90/ 1/10 23:35	10.35 ( 4.97 )
22	90/ 1/25 *18: 4	90/ 1/25 *18: 4	6.60 (10.54)	90/ 1/25 *19: 4	12.95 ( 6.28 )
23	90/ 3/13 5:35	90/ 3/13 5:35	6.61 (10.98)	90/ 3/13 5:35	10.98 ( 6.61 )
実験期間内の最大値		87/12/17 11:13	12.16 (22.40)	87/12/17 11:13	22.40 (12.16)

表-14(f) Yaw方向の動揺の両振幅の有義値 $\phi_{A1/3}$ 及び最大値 $\phi_{Amax}$

<YAW>		UNIT(degree)			
No.	日付時刻	$\phi_{A1/3}$ が最大のケース		$\phi_{Amax}$ が最大のケース	
		日付時刻	$\phi_{A1/3}(\phi_{Amax})$	日付時刻	$\phi_{Amax}(\phi_{A1/3})$
1	86/11/16 * 8:59	86/11/16 * 8:59	2.82 ( 4.45 )	86/11/16 * 9:29	4.79 ( 2.67 )
2	86/11/26 17:35	86/11/26 17:35	2.60 ( 4.08 )	86/11/26 5:35	4.34 ( 2.29 )
3	87/ 1/ 1 5:35	87/ 1/ 1 5:35	2.78 ( 4.46 )	87/ 1/ 1 5:35	4.46 ( 2.78 )
4	87/ 1/ 4 *11:18	87/ 1/ 4 *11:18	2.78 ( 5.90 )	87/ 1/ 4 *11:18	5.90 ( 2.78 )
5	87/ 1/10 17:35	87/ 1/10 17:35	2.23 ( 4.04 )	87/ 1/10 11:35	4.28 ( 2.20 )
6	87/ 1/18 * 4:28	87/ 1/18 * 4:28	2.06 ( 3.29 )	87/ 1/18 * 9:28	4.29 ( 1.85 )
7	87/ 2/15 5:35	87/ 2/15 5:35	2.06 ( 3.08 )	87/ 2/14 23:35	4.19 ( 1.96 )
8	87/ 2/25 *18:38	87/ 2/25 *18:38	2.40 ( 4.18 )	87/ 2/25 *16:38	4.96 ( 2.20 )
9	87/ 3/25 *18:28	87/ 3/25 *18:28	3.05 ( 5.03 )	87/ 3/25 *18:28	5.03 ( 3.05 )
10					
11					
12	87/11/24 *22:12	87/11/24 *22:12	2.64 ( 4.58 )	87/11/24 *20:12	4.94 ( 1.95 )
13	87/12/ 1 23:35	87/12/ 1 23:35	3.32 ( 5.28 )	87/12/ 1 23:35	5.28 ( 3.32 )
14	87/12/17 *11:13	87/12/17 *11:13	3.63 ( 6.85 )	87/12/17 *10:13	8.97 ( 3.40 )
15	88/ 1/10 *13:48	88/ 1/10 *13:48	2.56 ( 4.73 )	88/ 1/ 9 *18:48	7.25 ( 1.86 )
16	88/ 1/24 17:35	88/ 1/24 17:35	2.36 ( 4.93 )	88/ 1/24 5:35	5.38 ( 2.01 )
17	88/ 2/ 3 * 8:43	88/ 2/ 3 * 8:43	3.28 ( 5.17 )	88/ 2/ 2 *23:13	6.78 ( 2.38 )
18	88/12/15 *10: 3	88/12/15 *10: 3	2.92 ( 6.62 )	88/12/15 8: 3	7.69 ( 2.39 )
19	89/ 8/28 *10:24	89/ 8/28 *10:24	1.82 ( 3.47 )	89/ 8/28 *10:24	3.47 ( 1.82 )
20	89/11/19 *23:12	89/11/19 *23:12	2.54 ( 4.07 )	89/11/19 *14:12	5.53 ( 1.95 )
21	90/ 1/10 23:35	90/ 1/10 23:35	2.89 ( 4.81 )	90/ 1/10 23:35	4.81 ( 2.89 )
22	90/ 1/25 *21: 4	90/ 1/25 *21: 4	2.36 ( 4.17 )	90/ 1/26 * 1: 4	4.66 ( 1.97 )
23	90/ 3/13 5:35	90/ 3/13 5:35	2.45 ( 4.17 )	90/ 3/13 5:35	4.17 ( 2.45 )
実験期間内の最大値		87/12/17 11:13	3.63 ( 6.85 )	87/12/17 10:13	8.97 ( 3.40 )

表-15(a) 船首相対水位の極大値分布の有義値 $R_{r1/s}$ 及び最大極大値 $R_{rmax}$  表-15(b) 船尾相対水位の極大値分布の有義値 $R_{a1/s}$ 及び最大極大値 $R_{amax}$ 

<船首相対水位>				UNIT(m)			
$R_{r1/s}$ が最大のケース				$R_{rmax}$ が最大のケース			
No.	日付	時刻	$R_{r1/s}$ ( $R_{rmax}$ )	日付	時刻	$R_{rmax}$ ( $R_{r1/s}$ )	
1	86/11/16	11:35	2.35 ( 4.31 )	86/11/16	11:35	4.31 ( 2.35 )	
2	86/11/26	5:35	2.42 ( 4.65 )	86/11/26	5:35	4.65 ( 2.42 )	
3	87/ 1/ 1	5:35	2.49 ( 4.62 )	87/ 1/ 1	5:35	4.62 ( 2.49 )	
4	87/ 1/ 4	*11:18	2.58 ( 4.88 )	87/ 1/ 4	*13:18	5.65 ( 2.30 )	
5	87/ 1/10	11:35	2.54 ( 4.28 )	87/ 1/10	5:35	4.69 ( 2.49 )	
6	87/ 1/17	*22:58	2.41 ( 5.38 )	87/ 1/18	* 9:58	6.05 ( 2.22 )	
7	87/ 1/16	11:35	2.57 ( 4.63 )	87/ 2/14	11:35	5.23 ( 2.33 )	
8	87/ 2/26	* 8: 8	2.59 ( 4.72 )	87/ 2/26	* 4: 8	5.90 ( 2.36 )	
9	87/ 3/25	* 0:28	2.18 ( 4.67 )	87/ 3/25	* 3:28	5.16 ( 2.08 )	
10							
11	87/10/18	* 0: 2	2.60 ( 4.39 )	87/10/17	*23:02	5.71 ( 2.08 )	
12	87/11/23	23:35	2.64 ( 5.15 )	87/11/25	* 2:12	5.40 ( 2.12 )	
13	87/12/ 1	23:35	2.75 ( 5.09 )	87/12/ 1	23:35	5.09 ( 2.75 )	
14	87/12/17	*21:43	2.83 ( 4.41 )	87/12/17	*22:13	4.94 ( 2.19 )	
15	88/ 1/10	* 2:18	2.74 ( 4.46 )	88/ 1/10	* 7:18	5.91 ( 2.20 )	
16	88/ 1/24	5:35	2.52 ( 4.20 )	88/ 1/23	11:35	4.89 ( 1.77 )	
17							
18							
19	89/ 8/28	*10:24	1.45 ( 2.40 )	89/ 8/28	*11:24	2.94 ( 1.41 )	
20							
21	90/ 1/11	5:35	1.98 ( 3.57 )	90/ 1/10	5:35	4.31 ( 1.92 )	
22	90/ 1/26	* 2: 4	2.28 ( 4.44 )	90/ 1/25	*19:34	4.95 ( 2.24 )	
23	90/ 3/13	5:35	2.11 ( 4.18 )	90/ 3/13	5:35	4.18 ( 2.11 )	
<u>実験期間内の最大値</u>							
	88/ 1/ 9	2:18	2.74 ( 4.46 )	87/ 1/18	9:58	6.05 ( 2.22 )	

<船尾相対水位>				UNIT(m)			
$R_{a1/s}$ が最大のケース				$R_{amax}$ が最大のケース			
No.	日付	時刻	$R_{a1/s}$ ( $R_{amax}$ )	日付	時刻	$R_{amax}$ ( $R_{a1/s}$ )	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20	89/11/19	5:35	1.45 ( 2.96 )	89/11/19	5:35	3.16 ( 1.15 )	
21	90/ 1/10	20:35	2.00 ( 3.36 )	90/ 1/10	17:35	3.74 ( 1.95 )	
22	90/ 1/26	*20:34	1.15 ( 2.40 )	90/ 1/25	* 2: 4	2.64 ( 1.13 )	
23	90/ 3/13	5:35	1.63 ( 2.49 )	90/ 3/13	11:35	2.52 ( 1.41 )	
<u>実験期間内の最大値</u>							
	90/ 1/10	20:35	2.00 ( 3.36 )	90/ 1/10	17:35	3.74 ( 1.95 )	

表-16 構造歪の最大極大値  $\varepsilon_{Amax}$

<構造歪①>		UNIT( $\mu$ S)		<構造歪②>	
$\varepsilon_{Amax}$ が最大のケース		$\varepsilon_{Amax}$ が最大のケース			
No.	日付時刻	$\varepsilon_{Amax}$	日付時刻	$\varepsilon_{Amax}$	
1	86/11/16 * 9:29	75.9			
2	86/11/26 *15:28	78.1			
3					
4	87/ 1/ 4 *14:18	77.8			
5					
6	87/ 1/17 *21:28	87.7			
7					
8	87/ 2/26 * 6:38	88.2			
9	87/ 3/26 * 0:58	78.5	87/ 3/25 *20:58	66.2	
10					
11	87/10/17 *23:32	173.9	87/10/17 *23:02	128.4	
12	87/11/24 * 9:42	179.0	87/11/24 *19:12	159.6	
13	87/12/ 2 11:35	174.2	87/12/ 1 23:35	149.4	
14	87/12/17 *14:43	188.3	87/12/17 *10:13	204.1	
15	88/ 1/10 * 5:18	197.1	88/ 1/11 * 5:18	174.3	
16	88/ 1/23 23:35	171.5	88/ 1/24 17:35	127.0	
17	88/ 2/ 2 *22:43	196.5	88/ 2/ 3 *15:43	196.6	
18	88/12/15 *12:33	201.1	88/12/15 *12:03	179.3	
19	89/ 8/28 *11:24	144.6	89/ 8/28 *11:54	107.5	
20	89/11/19 *22:42	197.5	89/11/19 *23:42	191.7	
21	90/ 1/11 23:35	76.8	90/ 1/11 5:35	139.9	
22	90/ 1/25 *17:34	186.8	90/ 1/25 *19:04	180.3	
23	91/ 3/13 5:35	199.6	91/ 3/12 23:35	146.6	
実験期間内の最大値					
	88/12/15 12:33	201.1	87/12/17 10:13	204.1	

表-17(a) Surge方向の長周期運動の極大値の有義値 $\chi_{S1/3}$ 及び最大極大値 $\chi_{Smax}$

<長周期運動 : SURGE>				UNIT(m)			
$\chi_{S1/3}$ が最大のケース				$\chi_{Smax}$ が最大のケース			
No.	日付時刻	$\chi_{S1/3}(\chi_{Smax})$	$\bar{\chi}_s$	日付時刻	$\chi_{Smax}(\chi_{S1/3})$	$\bar{\chi}_s$	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19	89/ 8/28 17:35	0.97 ( 1.26 )	-1.25	89/ 8/27 11:35	1.85 ( 0.84 )	0.77	
20	89/11/19 5:35	1.86 ( 3.74 )	-5.65	89/11/19 5:35	3.74 ( 1.86 )	-5.65	
21							
22							
23	90/ 3/12 23:35	2.29 ( 4.59 )	-6.22	90/ 3/12 23:35	4.59 ( 2.29 )	-6.22	
実験期間内の最大値							
	90/ 3/12 23:35	2.29 ( 4.59 )	-6.22	90/ 3/12 23:35	4.59 ( 2.29 )	-6.22	

表-17(b) Sway方向の長周期運動の極大値の有義値 $Y_{s1/s}$ 及び最大極大値 $Y_{smax}$

<長周期運動: SWAY> UNIT(m)

No.	$Y_{s1/s}$ が最大のケース			$Y_{smax}$ が最大のケース				
	日付	時刻	$Y_{s1/s} (Y_{smax})$	$Y_s$	日付	時刻	$Y_{smax} (Y_{s1/s})$	$Y_s$
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19	89/ 3/27	11:35	0.77 ( 1.1 )	0.32	89/ 8/27	11:35	1.59 ( 0.76 )	-2.63
20	89/11/18	23:35	1.48 ( 5.24 )	-2.34	89/11/18	23:35	5.24 ( 1.48 )	-2.34
21								
22								
23	90/ 3/12	23:35	1.62 ( 4.26 )	-4.22	90/ 3/12	23:35	4.26 ( 1.62 )	-4.22
<b>実験期間内の最大値</b>								
	90/ 3/12	23:35	1.62 ( 4.26 )	-4.22	89/11/18	23:35	5.24 ( 1.48 )	-2.34

表-18(a) 係留カラインNO. 2に対する張力変動の極大値の有義値 $T_{A1/s}$ 及び最大極大値 $T_{Amax}$

<係留力NO. 5> UNIT(ton)

No.	$T_{A1/s}$ が最大のケース			$T_{Amax}$ が最大のケース		
	日付	時刻	$T_{A1/s} (T_{Amax})$	日付	時刻	$T_{Amax} (T_{A1/s})$
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11	87/10/18 * 1: 2		1.08 ( 3.16 )	87/10/18	1: 2	3.16 ( 1.08 )
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18	88/12/15 * 7: 3		6.96 (24.59)	88/12/15	7: 3	24.59 ( 6.96 )
19						
20	89/11/19 *21:12		10.12 (22.27)	89/11/19	17:42	30.31 ( 9.89 )
21	90/ 1/11	5:35	3.79 ( 8.48 )	90/ 1/11	5:35	8.48 ( 3.79 )
22	90/ 1/25 *16:34		5.00 (11.17)	90/ 1/25	18:34	17.61 ( 4.81 )
23	90/ 3/12	23:35	4.96 (11.07)	90/ 3/12	23:35	11.07 ( 4.96 )
<b>実験期間内の最大値</b>						
	89/11/19	21:12	10.12 (22.27)	89/11/19	17:42	30.31 ( 9.89 )

表-18(b) 係留力ラインNO.4に対する張力変動の極大値の有義値 $T_{A1/s}$   
及び最大極大値 $T_{Amax}$

<係留力NO.6>

UNIT(ton)

No.	$T_{A1/s}$ が最大のケース		$T_{Amax}$ が最大のケース	
	日付時刻	$T_{A1/s}$ ( $T_{Amax}$ )	日付時刻	$T_{Amax}$ ( $T_{A1/s}$ )
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20	89/11/19 *17:42	11.16 (20.92)	89/11/19 *15:12	31.03 ( 6.60 )
21	90/ 1/11 5:35	1.33 ( 3.33 )	90/ 1/11 5:35	3.33 ( 1.33 )
22	90/ 1/25 *18: 4	2.61 ( 4.85 )	90/ 1/25 *23: 4	6.77 ( 2.49 )
23	90/ 3/12 23:35	2.13 ( 5.39 )	90/ 3/12 23:35	5.39 ( 2.13 )
実験期間内の最大値				
	89/11/19 17:42	11.16 (20.92)	89/11/19 15:12	31.03 ( 6.60 )

## 5.5 考察

表-19は、以上の実測値と設計段階で予測した結果を比較したものである。表-10~19までの結果を、設計という観点からまとめると、次のようになる。

- 1) 風、波、流れの最大値の発生時期は、必ずしも一致していない。海洋構造物の設計では、こうした外力の発生確率は独立した事象として取り扱われており、設計の際には同時に発生しているとして、P号の設計はかなり安全側の設計となっている。このことは、より合理的な設計を目指すためには、各現象の相関を考慮した外力の設定が必要であることを示唆している。
- 2) 相対水位のデータから判断すると、P号のair-gapは十分ではなかったと思われる。これを傍証するものとして、波浪衝撃によるものと思われる部材

の変形がボックスガーダー下面に見られた(写真-1)。air-gapが十分でなかった理由としては、設計波の設定値が小さかった等が考えられる。

- 3) 実測された構造歪 (船首側右舷のブレースの軸歪) も予測値より大きかった。実測値は変動成分のみであり、実際にはさらに大きい可能性がある。構造計算をする際のモデル化の問題、設計波の問題等、さまざまな原因が考えられる。

## 6. おわりに

以上、P号の設計の概要、実測値の一例を示し、P号の設計上のいくつかの問題点を指摘した。これらの問題点について、現在、詳細な検討を行っており、その成果は続報として発表する予定である。

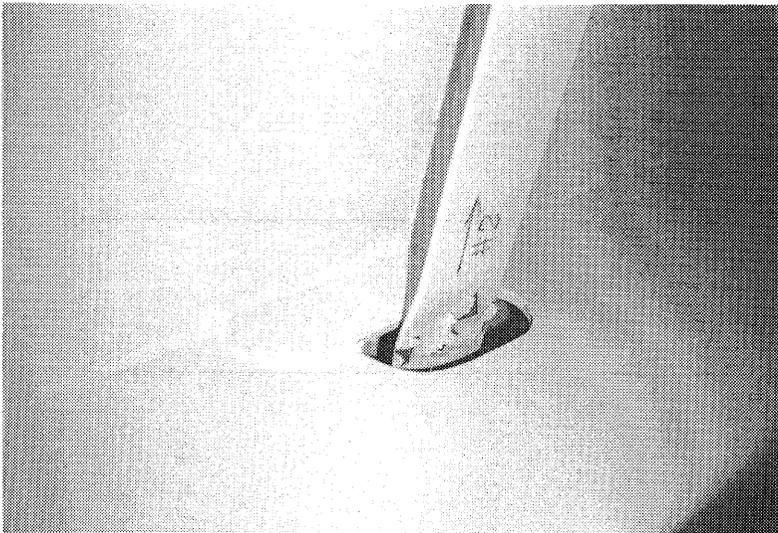


写真-1 ボックスガーダー下面の変形

表-19 設計値と実測値の比較

項 目	設計値	実測値	備考
最大波高 : $H_{max}$	12.0 ( m )	14.9 ( m )	
平均風速	35.0 (m/s)	27.8 (m/s)*4	
流 れ : $V_c$	0.50 (m/s)	< 1.02 (m/s) >	
風圧差(Surge方向): $P_x$	—	< 25.3 (kgf/m <sup>2</sup> ) >	
風圧差(Sway方向): $P_y$	—	<-38.3 (kgf/m <sup>2</sup> )>	
Surge 加速度 : $\ddot{X}_{Amax}$	—	3.37 (m/sec <sup>2</sup> )	
Sway 加速度 : $\ddot{Y}_{Amax}$	—	2.63 (m/sec <sup>2</sup> )	
Heave 加速度 : $\ddot{Z}_{Amax}$	—	4.82 (m/sec <sup>2</sup> )	
Surge ( $G_1$ ) : $X_{Amax}^{*1}$	—	8.75 ( m )	加速度の2重積分
Surge ( $G_1+G_2$ ) : $X_{Smax}^{*2}$	18.2 ( m )	< 4.59 ( m ) >	片振幅
Sway ( $G_1$ ) : $Y_{Amax}^{*1}$	—	3.93 ( m )	加速度の2重積分
Sway ( $G_1+G_2$ ) : $Y_{Smax}^{*2}$	—	< 5.24 ( m ) >	片振幅
Heave : $Z_{Amax}$	—	10.95 ( m )	加速度の2重積分
Roll : $\Phi_{Amax}$	—	10.44 (deg.)	
Pitch : $\theta_{Amax}$	—	22.40 (deg.)	
Yaw : $\phi_{Amax}$	—	8.97 (deg.)	
船首相対水位 : $R_{rmax}$	5.50 ( m )	< 6.05 ( m ) >	
最大歪① : $\varepsilon_{Amax}$	257 ( $\mu S$ ) <sup>*3</sup>	201.1 ( $\mu S$ )	実測値は変動成分
最大歪② : $\varepsilon_{Amax}$	165 ( $\mu S$ ) <sup>*3</sup>	204.1 ( $\mu S$ )	実測値は変動成分
最大係留力 : $T_{Amax}$	70 ( ton )	< 30.31 ( ton ) >	実測値は変動成分

注) < > のついているデータは参考値。取得したデータの中で、最大のものを示している。

\*1 :  $G_1$ は線形成分のみであることを意味する。

\*2 :  $G_1+G_2$ は長周期成分を含んでいることを意味する。

\*3 : 表-4 から、 $\varepsilon = \sigma / E$ として換算。(  $\sigma$  は応力、 $E$  はヤング率)

\*4 : 実測値は、海面上19.5mの高さで計測されたものであり、34分08秒間の平均値であるために、直接、設計値と比較できない。

### 参考文献

- 1) 佐藤宏他; 浮遊式海洋構造物の実海域実験、VI. データ取得状況、船舶技術研究所報告、別冊13号、1992
- 2) 高橋雄他; 海洋構造物の設計と海象、日本造船学会誌第609号、pp. 85-99、1980
- 3) 社団法人国際海洋科学技術協会; 海洋構造物の振動問題 - 振動源となる外乱及び外力の予測技術 -、pp. 7-11、1988
- 4) 気象庁; 気象要覧、第714~1024号、1959~1984
- 5) 岡内功他; 耐風構造、丸善、1977
- 6) 日本土木学会; 本州四国連絡橋技術調査第1報告書付属資料、耐風設計指針(1964)解説、本州四国連絡橋技術調査委員会、1965
- 7) 春日屋伸昌; 水文統計学概説、鹿島出版会、pp. 46-49、1986
- 8) 気象庁; 気象庁波浪観測資料、No. 5~No. 8、1981~1984
- 9) 気象庁; 気象庁沿岸波浪数値計算資料、No. 1、No. 2、1983、1984
- 10) 高橋智晴他; 波浪に関する拠点10か年統計(昭和45年~昭和54年)、港湾技研資料、No. 401、1981
- 11) 菅原一晃他; 沿岸波浪15か年統計(昭和45年~昭和59年)、港湾技研資料、No. 554、1986
- 12) 海洋科学技術センター; 海域利用調査 山形県沖合海域調査報告書、p. 10、1979
- 13) 元良誠三他; 船体と海洋構造物の運動学、成山堂書店、1982
- 14) 日本海事協会; 日本海事協会鋼船P編「海洋構造物及び作業船等」、1982
- 15) Det Norske Veritas; DnV Classification Note (No. 30.1) BUCKLING STRENGTH ANALYSIS OF MOBILE OFFSHORE UNIT, 1984
- 16) Joseph, K. et al.; Evaluation of fatigue considerations in the design of framed offshore structures, 8th O. T. C., pp. 907-924, 1976
- 17) Department Energy in U. S. A.; Offshore Installations: Guidance on Design and Construction, 1984
- 18) 中原一郎; 材料力学上巻、養賢堂版、p. 354、1982
- 19) 星野邦弘; 係留ラインに働く静的および動的張力特性について、船舶技術研究所報告、第25巻、第2号、pp. 1-33、1988
- 20) 高木又男他; 気象および海象の統計と推定、日本造船学会誌第609号、pp. 115-138、1980
- 21) 日本造船学会 海洋工学委員会設計分科会; 海洋構造物の設計ガイド - 自然環境条件 - その2、日本造船学会誌第670号、pp. 12-30、1985
- 22) Shunji KATO, Takeshi KINOSHITA; Nonlinear Response of Moored Floating Structures in Random Waves and its Stochastic Analysis Part.1 Theory and Model Experiments, Papers of Ship Research Institute, Vol. 27, No. 4, pp. 1-143, 1990
- 23) 矢後清和他; 浮遊式海洋構造物の実海域実験、V. データ計測及び解析処理、船舶技術研究所報告、別冊13号、1992
- 24) 平山次清; 海洋波の統計的性質、日本造船学会誌第609号、pp. 139-159、1980



由良沖に浮かぶPOSEIDON号