



日本船舶振興会昭和46年度補助事業
“船体の構造計算方法の精密化に関する開発”

研究資料 No. 156

第124研究部会

大型鉍石運搬船の船首部波浪荷重 および鉍石圧に関する実船試験

報 告 書

昭和47年3月

社 団 法 人

日 本 造 船 研 究 協 会

は し が き

本報告書は日本船舶振興会の昭和46年度補助事業「船体の構造計算方法の精密化に関する開発」の一部として、日本造船研究協会が第124研究部会においてとりまとめたものである。

第124研究部会委員名簿（敬称略、順不同）

部会長	高橋幸伯（東京大学）		
幹事	安藤文隆（船舶技術研究所）	尾花皓（運輸省）	
	川上益男（広島大学）	郷田国夫（船舶技術研究所）	
	寺本晋（三菱重工業）	土井進一（大阪商船三井船舶）	
	長沢準（船舶技術研究所）	縄田卓生（三菱重工業）	
	萩原孝一（三菱重工業）	前田久明（東京大学）	
	元良誠三（東京大学）	山口勇男（日本海事協会）	
	山本善之（東京大学）		
委員	明田弘一郎（飯野海運）	秋田好雄（日本海事協会）	
	伊藤剛平（日本造船工業会）	岡田正次郎（日立造船）	
	岡田高（沖電気工業）	緒方洋二（新和海運）	
	上藤道雄（大阪造船所）	唐沢孝夫（三光汽船）	
	桑山則男（住友金属工業）	小坂正夫（協立電波）	
	後藤大三（石川島播磨重工業）	小林実（北辰電機製作所）	
	佐伯庄吾（三井造船）	滋野正明（佐野安船渠）	
	高城清（川崎汽船）	高屋鋪尙史（出光タンカー）	
	田辺正夫（かもめプロペラ）	難波篤直（川崎重工業）	
	福田淳一（九州大学）	藤野淳（昭和海運）	
	堀之北克朗（運輸省）	松山辰郎（富士通）	
	三沢敏夫（住友重機械工業）	三島尙三（名村造船所）	
	望月勇（白杵鉄工所）	森川卓（日本船主協会）	
	米谷満哉（日本郵船）	渡辺次郎（函館ドック）	
	綿屋悟郎（佐世保重工業）		

乗船計測員名簿（敬称略、順不同）

金井良助（三菱重工業）	能勢義昭（東京大学）
臼井久益（三菱重工業）	平原幸男（三菱重工業）
廣川紀夫（三菱重工業）	杉岡秀樹（三菱重工業）
佐伯修（三菱重工業）	佐藤信雄（日本海事協会）

日本造船研究協会・第124研究部会

大型鉍石運搬船の船首部波浪荷重
および鉍石圧に関する実船試験

研究資料 №156. 昭和47年3月

日本船舶振興会昭和46年度補助事業
“船体の構造計算方法の精密化に関する開発”

社 団 法 人
日 本 造 船 研 究 協 会

FULL SCALE MEASUREMENT OF WAVE LOADS AND
STRUCTURAL RESPONSE OF LARGE ORE CARRIERS

BY

The 124th Research Panel
The Shipbuilding Research Association of Japan

Research Memoir, No. 156

The Shipbuilding Research Association of Japan

March 1972

大型鉱石運搬船の船首部波浪荷重および鉱石圧に関する実船試験

目 次

1. ま え が き	1
2. 試 験 の 概 要	3
2.1 供試船主要要目	3
2.2 試験期間、航路および計測員	4
2.3 計測項目および計測位置	4
2.4 計測および記録装置	5
2.5 計 測 方 法	10
3. 計 測 結 果	12
3.1 海象、気象	12
3.2 波浪荷重	13
3.3 船体縦曲げ応力	13
3.4 波 浪	13
3.5 船体運動	13
3.6 鉱石圧力	14
4. 計測結果の説明および検討	15
4.1 波浪衝撃水圧	15
4.2 非衝撃変動水圧	16
4.3 船体縦曲げ応力	17
4.4 波 浪	17
4.5 船体 2 節振動	17
4.6 鉱石圧力	18
5. 自 動 計 測	21
5.1 目 的	21
5.2 計測装置	21
5.3 試験船および計測位置	23
5.4 計測結果	28
6. あ と が き	29
付 録	65

CONTENTS

1.	PREFACE	1
2.	OUTLINE OF RESEARCH	3
2.1.	Principal Dimensions of Measured ships	3
2.2.	Period, Voyage Route and Staff of Measurement	4
2.3.	Measuring Item and Position	4
2.4.	Measuring and Recording Apparatus	5
2.5.	Measuring Method	10
3.	RESULTS OF MEASUREMENT	12
3.1.	Weather and Sea State	12
3.2.	Wave Loads	13
3.3.	Longitudinal Wave Bending Stress	13
3.4.	Sea Wave	13
3.5.	Ship Motion	13
3.6.	Pressure by Ore Cargo	14
4.	CONSIDERATIONS ABOUT TEST RESULTS	15
4.1.	Impact Wave Pressure	15
4.2.	Non-Impact Wave Pressure	16
4.3.	Longitudinal Wave Bending Stress	17
4.4.	Sea Wave	17
4.5.	Two-Node Hull Vibration	17
4.6.	Pressure by Ore Cargo	18
5.	AUTOMATIC MEASUREMENT	21
5.1.	Purpose of Automatic Measurement	21
5.2.	Measuring Apparatus	21
5.3.	Test Ships and Measuring Position	23
5.4.	Results	28
6.	CONCLUSION	29
	Appendix (Illustrations and Oscillograms)	65

1. ま え が き

最近の大型鉱石運搬船は、その船殻構造、一般配置、積荷条件等が従来の一般貨物船や小型鉱石運搬船とは著しく異なり、船体の構造強度に関して特異な問題点が多くあるものと思われる。本研究はこれらの特異な問題点をとりあげて検討することを最終目標とするが、当面は、大型鉱石運搬船の就航時における船体に加わる波浪荷重、およびそれに対する船体の応答の実情を調査し、問題点の摘出と基礎的資料の収集をはかることを目的とするものである。

日本造船研究協会が124研究部会は、上記の目的のもとに、日本船舶振興会の補助金を得て、昨昭和45年度から3ヶ年計画で発足したものであるが、同年度中途から発足した「船体構造計算法の開発」という5ヶ年計画の大型研究の一環として、その実験試験部会を担当することとなり、昭和49年度まで継続することになった。

本年度は、昨年度準備工事を実施し1航海の予備的計測を行なった、大政商船三井船舶(株)の「笠木山丸」について、4航海の計測実験を行なった。計測項目は昨年度と同じく、波浪荷重・鉱石圧・船体応力・船体運動および波浪の5種類である。計測結果のほとんど大部分が、デジタルおよびアナログのデータ・レコードに記録されており、昨年12月の入渠時に計器を撤収揚陸してから、データの再生解析作業が始められるようになったばかりであるので、まだ十分は整理解析は行なわれていない段階であるが、これまでに得られた結果の概要をここに報告する。

なお、この4航海で行なったような総合的な実験計測は、ぼう大な労力と経費を要すること、計測に好適な海象条件に遭遇する機会が必ずしも多くないこと、統計的資料を蓄積するには不満足な点が多いことなどの問題もあるので、本年度からはこれと併行して、できるだけ多くの船でできるだけ長期にわたるデータを収集することを目的として、計測要員の便乗を必要としない自動計測を始めることとした。早に変動の平均値のみを求める簡単なデジタル計器と、荒天時の衝動現象も記録再生できるアナログ記録装置との、2種類の自動計測記録装置を開発製作し、上記の「笠木山丸」と、山下新日本汽船(株)のばら積船「若嶺丸」、およびオー中央汽船(株)の鉱石船「ぽーとらった丸」の3隻について自動計測を開始した。計測点はそれぞれ波浪水圧および船体応力の3〜4点である。この自動計測もまだ開始したばかりで、報告するに足る十分なデータはまだ得られていない。この3隻のほかは、明年度はさらに数隻を加え、いずれも昭和49年度まで継続して長期間のデータ収集を行なう予定である。

本研究に所協力をいただいた、日本船舶振興会・日本船主協会・大政商船三

井船船(株)・山下新日本汽船(株)・オー中央汽船(株)・三菱重工業(株)・日立造船(株)の関係者各位に心から謝意を奉ずる次第である。

2. 試 験 の 概 要

2.1 供試船主要要目

大型鉾石運搬船，笠木山丸について試験を行なった。笠木山丸の外観及び概略配置図を夫々図 2.1.1，図 2.1.2 に示す。主要要目は次のとおりである。

船主	大阪商船三井船舶株式会社
建造所	三菱重工業(株)広島造船所
竣工	昭和45年11月30日
長さ(垂線間長)	247.00 m
幅	40.60 m
深さ	23.00 m
満載吃水	16.00 m
満載航海速力	14.80 knot
載貨重量	117,571 KT
機関型式	8RND90
機関出力	22,400 P.S.

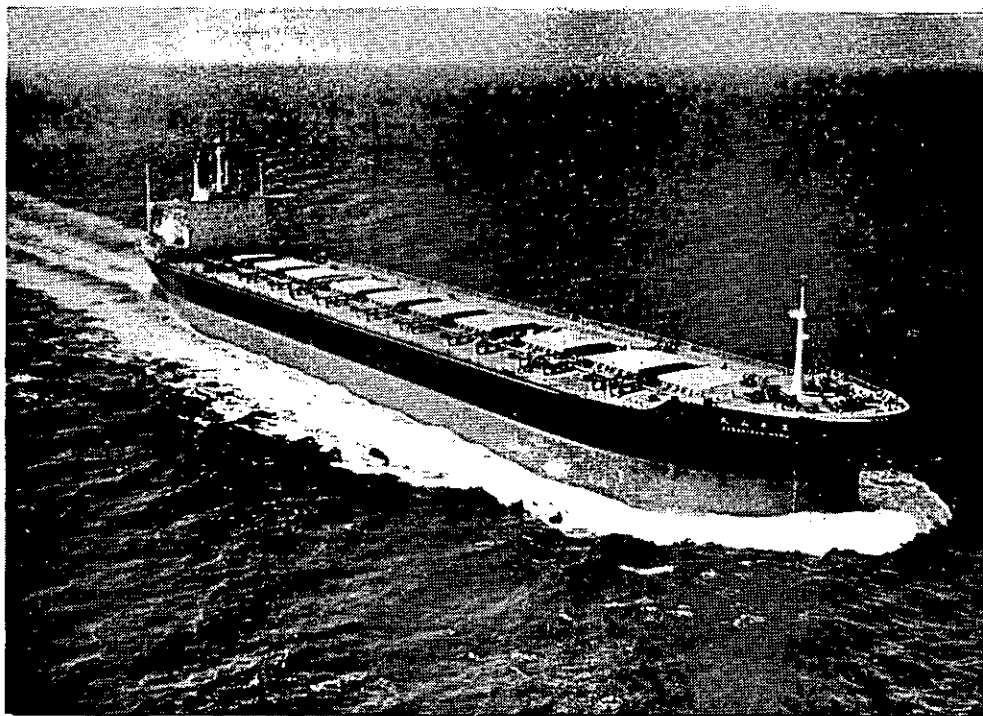


図 2.1.1 笠木山丸写真

2.2 試験期間，航路および計測員

第1次～第5次計測の計測期間，航路および計測員を表2.2.1に示す。

表2.2.1 計測期間，航路および計測員

計測次数	期 間	航 路	計 測 員
第1次計測 (第2次航)	1971-1.26~3.26	福山⇄ガヤカン(チリ)	縄田卓生(三菱重工広島造船所) 真崎鉄如(〃 広島研究所)
第2次計測 (第6次航)	1971-6.13~7.11	福山⇄ダニャ(豪州)	金井良助(三菱重工広島造船所) 能勢義昭(東京大学生産技術研究所)
第3次計測 (第7次航)	1971-7.14~8.8	〃	臼井久益(三菱重工船舶技術部) 平原幸雄(〃 広島研究所)
第4次計測 (第8次航)	1971-8.12~10.8	福山⇄モウメテス (ホ領西阿)	廣川紀夫(三菱重工広島研究所) 杉岡秀機(〃 広島造船所)
第5次計測 (第9次航)	1971-10.11~11.3	福山⇄ダニャ(豪州)	佐伯 修(三菱重工広島造船所) 佐藤信雄(日本海事協会技術研究所)

夫々の往復航の航路図を図2.2.1，図2.2.2に示す。

2.3 計測項目および計測位置

(1) 気象，海象，本船状態

風力、風速、風浪、うねり、その他気象、海象はすべて本船側の記録を用いた。船速は船の速度計により記録した。

(2) 波浪荷重

荒天時に船体に働く衝撃波圧力の計測を中心として、航海中に船体に働く波浪荷重を計測するために、FPの水線より上部の船側外板に1点、フォアホークタンク内Fr. 88½左右舷の船側外板に合計8点、右舷側船底外板に1点、No1バラストタンク内Fr. 84½左右舷の船側外板に合計10点、左舷側船底外板に1点、及びNo3バラストタンク内Fr. 64½左舷側船側外板に2点、船底外板に1点、総計24点、外板に34mm巾の開孔を設け水圧計をとりつけた。

これらの水圧計とは別に、サイドロンジのフェイスの応力を計測することにより船体に働く波浪荷重を求めた。そのために、フォアホークタンク内Fr. 88½左右舷のサイドロンジのフェイスに合計6点、No1バラストタンク

内Fr. 84 1/2 左右舷のサイドロンジのフェイスに合計12点, およびFr. 80 1/2 左舷側サイドロンジのフェイスに6点, 総計24点, 抵抗線歪ゲージをとりつけた。

これらの水圧計および抵抗線歪ゲージのとりつけ位置を図2.3.1～図2.3.6に示した。

(3) 鉍石圧力

積荷時および積卸時の鉍石圧力および航海中鉍石圧力の変動量を計測するために、No1バラストタンク内Fr. 80 1/2 およびFr. 84 1/2 左舷側の縦通隔壁付ロンジのフェイスに合計10点, 抵抗線歪ゲージをとりつけた。これらの抵抗線歪ゲージのとりつけ位置を図2.3.2 および図2.3.3に示した。

(4) 船体応力

船体の波浪による縦曲げ応力を計測するためにFr. 64 1/2 (船体中央部) 左右舷の上甲板に2点, Fr. 80 1/2 左舷側の上甲板に1点, Fr. 84 1/2 左右舷の上甲板に2点, およびFr. 88 1/2 左右舷の上甲板に2点, 合計7点, 抵抗線歪ゲージをとりつけた。

(5) 波 浪

船首近傍の立体的波浪分布を計測するために、コンパステッキにステレオカメラをとりつけた。

衝撃波圧力が船体に働くような荒天時に波高頻度分布を計測するために投込み式波高計を用いた。

(6) 船体運動

船体運動を計測するために、居住区に船体運動計測装置をとりつけた。

2.4 計測および記録装置

(1) 概 要

計測項目と記録装置との関係を一覧表にして表2.4.1に示す。

表2.4.1 計測項目および記録装置

計測項目	ヒックアップ	計測装置	記 録 器
波浪荷重	水圧計, 抵抗線歪ゲージ	多点切換ボックス	電磁オシログラフ, デジタルテープレコーダ アナログテープレコーダ
鉋石圧力	抵抗線歪ゲージ	動歪計	電磁オシログラフ デジタルテープレコーダ
船体応力	抵抗線歪ゲージ	低域濾波器	
船体運動	船体運動計測装置		
波 浪	投込式波高計	波高計受信器	記 録 計
	ステレオカメラ		

(2) 水圧計

水圧計の仕様を表 2.4.2 に構造図を図 2.4.1 に示す。

表 2.4.2 水圧計仕様

定 格 容 量	5 kg/cm ²
最大許容負荷	定格負荷の 150 %
定 格 出 力	2000 ± 10 % × 10 ⁻⁶ Strain (1 mV/V)
入出力抵抗	350 Ω ± 1 %
最大ブリッジ電圧	6 V
直 線 性	± 1 % F.S
使用温度範囲	0°C ~ 60°C
温 度 特 性	定格出力の ± 0.005 % / °C

(3) 歪ゲージ

水中での歪計測を行なう点が多く、歪ゲージの防水処理を十分に行なう必要があるが、入渠中の短期間に多数点の計測準備を行なうにはいろいろ難点があるので、今回の試験では図 2.4.2 に示すような防水ゲージをあらかじめ用意しておく、現場に取付けたゲージプロテクター（図 2.4.3）により、ゲージ貼付けと、防水処理、機械的保護を同時に行なう方式をとった（図 2.4.4）。この方式を採用することにより、

- (a) ゲージの防水処理が地上において入念に行なうことができること。
- (b) 現場の貼付け、圧着、コーティング、機械的保護などの作業が連続してできるので工期を短縮できること。
- (c) ゲージ貼付作業と導線キャブタイヤの配線工事とが独立して進行できること。
- (d) 圧着端子接続を利用することにより、ハンダ付け作業が不要となり、作業用電源も不要で、接続部の信頼性も高めることができること。

などの利点があり、大幅にゲージ関係の労力節減、工期短縮を達成することになった。

(4) 船体運動計測装置

船体運動計測装置の仕様を表 2.4.3 にフロッグ図を図 2.4.5 に示す。

表 2.4.3 船体運動計測装置仕様

最大出力	角度, 速度, 変位	DC 1K Ω $\pm 10V$ DC 30 Ω $\pm 10mA$
	加速度	DC 1K Ω $\pm 2V$ DC 30 Ω $\pm 10mA$
出力特性	角度	1.5 %
	加速度	1 %
	速度	1 %
	変位	1 %
出力感度	角度	$\pm 10V / \pm 10^\circ$
	加速度	$\pm 0.4V / \pm 100 \times 10^{-6}$
	速度, 変位	$\pm 10V$
周波数応答	5 CPS 以上までフラット (加速度を除く)	

(5) 投込式波高計

投込式波高計の仕様を表 2.4.4 に構造図を図 2.4.6, 図 2.4.7 に示す。

表 2.4.4 投込式波高計仕様

無線周波数	40 - 68 MHz
無線方式	FM - FM
送信出力	1 W
通達距離	10 km
送信部動作時間	1 時間
電源	DC 24 V
測定可能波高	1 m ~ 15 m 誤差 5%
測定可能周期	2 秒 ~ 20 秒

(6) ステレオカメラ

船首方向の波浪分布をステレオカメラにより撮影し、これを写真図化機で図化測定する。ステレオカメラの外観図を図 2.4.8 に示す。

(7) 多點切換ボックス

多點切換ボックスの仕様を表 2.4.5 に示す。

表 2.4.5 多點切換ボックス仕様

計測点	6 チャンネル 総測定点数 30
測定範囲	動歪計の測定範囲に同じ
使用ゲージ	標準 120Ω, 60Ω ~ 1000Ω 測定可能
平衡調整器	抵抗 ±0.6Ω 容量 2000 PF
安定度	安定度零点移動はスイッチン 20 分後より 1 時間毎に 5×10^{-6}

(8) 動歪計仕様

動歪計の仕様を表 2.4.6 に示す。

表 2.4.6 動歪計仕様

測 定 点 数	8 点												
静的歪測定	0 ~ 1 c/s 精度 3 % 以内												
動的歪測定	<table><tr><td></td><td>低インピーダンス</td><td>高インピーダンス</td></tr><tr><td>標準感度</td><td>3mA/100×10⁻⁶</td><td>1.2V/100×10⁻⁶ 歪</td></tr><tr><td>直 線 性</td><td>±18mA 1%</td><td>±8V 2%</td></tr><tr><td>現象周波数</td><td>0 ~ 1000 c/s</td><td>0 ~ 1000 c/s</td></tr></table>		低インピーダンス	高インピーダンス	標準感度	3mA/100×10 ⁻⁶	1.2V/100×10 ⁻⁶ 歪	直 線 性	±18mA 1%	±8V 2%	現象周波数	0 ~ 1000 c/s	0 ~ 1000 c/s
	低インピーダンス	高インピーダンス											
標準感度	3mA/100×10 ⁻⁶	1.2V/100×10 ⁻⁶ 歪											
直 線 性	±18mA 1%	±8V 2%											
現象周波数	0 ~ 1000 c/s	0 ~ 1000 c/s											
使用ゲージ	60 ~ 1000 Ω												
平衡調整器	歪ゲージの抵抗値の偏差1% 容量 2000 PF												
標準歪測定器	± 100, 300, 1000, 3000 × 10 ⁻⁶												
感 度 調 整	1, 1/3, 1/10, 1/30, 1/100, 0												
ブリッジ電圧	5000 c/s ± 5% 約 2 V												
使用温度範囲	-20°C ~ +50°C												

(9) 電磁オシログラフ

電磁オシログラフの仕様を表 2.4.7 に示す。

表 2.4.7 電磁オシログラフ 仕様

記録紙送り速度	0.5, 1, 2.5, 5, 10, 20, 50, 100 m/sec
光学長	330 mm
光源	超高圧水銀灯
刻時	1, 0.1, 0.01 sec
電源	AC 100V ±10V
ガルバノメータ	型式 M-400-23B, M-1K-22B

(10) 低域濾波器

低域濾波器の仕様を表 2.4.8 に示す。

表 2.4.8 低域濾波器仕様

周波数範囲	0.2 ~ 2 KHz
最小帯域幅	1/6 OCT
入力インピーダンス	1 MΩ
最大入力電圧	5 V
出力電圧	BO 1V 10KΩ負荷時
出力インピーダンス	BO 600Ω MO 10Ω
切断特性	40 dB/OCT
チャンネル数	6 チャンネル
電源	AC 100V

(11) 高速デ-タ集録装置 (DATAC 1500)

高速デ-タ集録装置の仕様を表 2.4.9 に示す。

表 2.4.9 高速デ-タ集録装置仕様

マルチプロセッサ	入力インピーダンス	10 KΩ 不平衡
	最大入力電圧	± 10.24 V
	精度	± 0.1 % フルスケール
	チャンネル数	30 チャンネル
AD/DA 変換器	入力インピーダンス	10 KΩ / 10 V
	入力電圧	+ 10.23V ~ -10.24 V
	変換時間	80 μs 以下
	変換精度	± 0.1 % フルスケール
磁気デ-タ装置	デ-タストロド	32 m/s, 1.6 m/s, 0.8 m/s, 64, 32, 16 mm/sec
	デ-タ幅	1/2"
電源		AC 100V ± 5V
使用温度範囲		15°C ~ 35°C
使用湿度範囲		75% 以内

02) アナログ磁気テ-プデ-タレコ-ダ

アナログ磁気テ-プデ-タレコ-ダの仕様を表2.4.10に示す。

表2.4.10 アナログ磁気テ-プデ-タレコ-ダ仕様

記録再生方式	周波数変復調
チャンネル数	7チャンネル
テ-プ速度	76.2, 38.1, 15.24, 7.62 cm/sec
連続記録時間	15分, 30分, 1時間15分, 2時間30分

2.5 計測方法

(1) 非衝撃的波浪荷重の計測

船体に働く波浪荷重の短期分布および長期分布の計測を目的として、往航時はFr. 64 1/2, Fr. 84 1/2, Fr. 88 1/2の船底の水圧計により、復航時はFr. 64 1/2, Fr. 84 1/2, Fr. 88 1/2の水線下の水圧計および歪ゲージにより毎日定時に10～20分間計測した。

(2) 非衝撃的波浪荷重随時計測

各断面毎に水圧、鉦石圧および船体応力の同時分布を計測することを目的として、復航時に各波浪階級ごとに2～3回随時計測を行なった。

(3) 荒天時の衝撃的波浪荷重の計測

荒天時に衝撃波圧力の出ている水圧計および歪ゲージを選出し衝撃波圧力の波形、継続時間および最大値の頻度分布を計測した。次いで荒天時の水圧および鉦石圧の同時分布を各断面ごとに計測した。

(4) 積荷時および積卸時の鉦石圧力計測

積荷時および積卸時に鉦石圧力およびストラットの軸力を積荷或は積卸前後に計測した。

(5) 船体応力計測

船体縦曲げ応力の短期分布および長期分布の計測を目的として、Fr. 64 1/2, Fr. 80 1/2, Fr. 84 1/2, Fr. 88 1/2のUpper Deckの応力を毎日定時に10～20分間計測した。

(6) 船体運動の計測

船体運動の計測は波浪荷重および鉦石圧の全計測時に、ピッチ角、ロール角、横方向の加速度および変位、上下方向の加速度および変位を計測した。

(7) 波浪計測

衝撃的波浪荷重の計測時に投込式波高形により30分～1.5時間連続的に波

高計測を行なった。

波浪荷重および鉋石圧力の全計測時に船首近傍の波浪分布をステレオカメラにより計測した。

計測の主要目を一覧表にして表2.5.1に、計測のフローチャートを図2.5.1に示す。

3. 計 測 結 果

3.1 海 象 気 象

第1次～第5次計測の航海中の海象記録結果を表3.1.1～表3.1.5に示す。
各次計測の海象気象は概略次の通りである。

(a) 第1次計測

往航時1月31日～2月3日の5日間にわたり、風浪階級6～7の荒天に遭遇したが本試験の主計測対象としてゐる復航時には荒天に遭遇せず荒天時計測を実施する機会がなかった。

(b) 第2次計測

往航時6月16日、フィリピン沖で台風の余波を受け、階級4のうねりに遭遇し又、6月19日には風力階級4の向い風を受けて、わずかにSpring-ingが生じ、高さ5～6Mのしぶきが上がった。

復航の7月4日風力階級6となったが風向が右斜め後方よりであったので、衝撃圧は計測出来なかった。

(c) 第3次計測

往航の17日はフィリピン沖で台風の前面を通過した為暴風雨となったが横波であった為、船体動揺は大きいが衝撃圧は余り観測されなかった。

復航の8月5日～6日は台風19号の余波でうねり階級4、風力階級5となり、時々衝撃圧が観測された。

(d) 第4次計測

往航8月15日、バシー海峡付近で台風21号の後方を通過し、風力5の向い風を受け、7～8 T/m^2 の衝撃圧を計測した。印度洋に入ると連日うねりが続いたが、8月25日にはうねり階級6となり、ローリング角度片舷 10° 以上となったが横波の為、衝撃圧は観測出来なかった。

復航では9月16日頃より向い風が強くなり、9月20日に風力6となり約33 T/m^2 の衝撃圧を記録した。10月3日～5日、南支那海からバリンタン海峡にかけて、台風31号の前面を通過した為、風力7の向い風を受け、約58 T/m^2 の衝撃圧を計測した。又、入港前日の10月7日、熱低(台風32号)に近接、風力7、風浪階級6の向い波を受けた。

(e) 第5次計測

出航早々の10月12、13日、台風33号の影響を受けて風力6～7となった。船尾から吹いてきた風は12日夜半から船首にまわったので衝撃水圧の計測を試みたが、観測された衝撃水圧は頻度波形共小さかった。

復航では10月31日から風波が強くなり、紀伊水道沖の11月3日、5次計測中で最大の荒模様となり、衝撃波形が多数計測された。衝撃水圧の最大値は約 37 t/m^2 程度である。

付録1.1～付録1.6に夫々の計測毎の風力階級頻度分布と5回の計測を通して全部の風力頻度を示す。

付録1.7～付録1.12は風浪階級の、又付録1.13～付録1.18はうねり階級の頻度分布である。

表3.1.6は各計測の出港時本船状態を一覧表にしたものである。

3.2 波 浪 荷 重

付録2.1～付録2.4に船首部衝撃水圧の波形例を示す。この内付録2.1，付録2.2は第1次計測、付録2.3は第4次計測、付録2.4は第5次計測で観測されたものである。付録2.5～付録2.23に衝撃水圧の同時計測例を示す。

付録2.24は衝撃水圧とその水圧計近傍の外板付縦通材のFaceの応力との同時計測結果である。

3.3 船体縦曲げ応力

付録1.19，付録1.20に波浪による上甲板の縦曲げ応力の短期分布を示す。付録2.25は船体中央部上甲板応力の計測例である。

3.4 波 浪 計 測

付録1.21，付録1.22及び付録1.23に投込式波高計によって計測した波高および波周期の短期分布を示す。付録2.26は波高計による計測例である。図3.4.1にステレオカメラによる船首部波面撮影例を示す。

3.5 船体運動計測

付録2.27に船体運動計測例を示す。付録1.24～付録1.26は縦揺れ、横揺れの短期分布、付録1.37はFole後端における上下加速度の短期分布である。

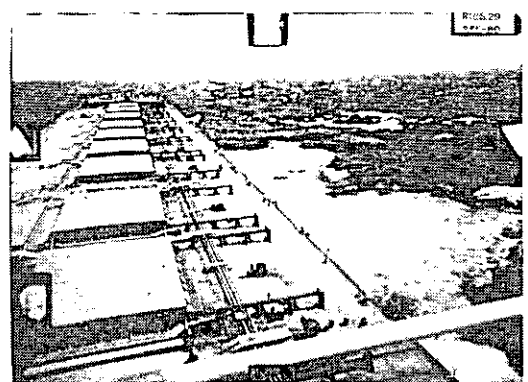
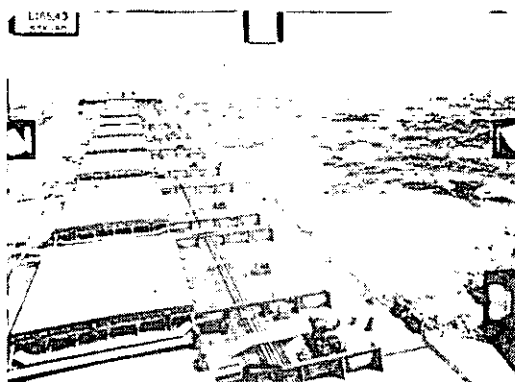


図3.4.1 ステレオ写真例

3.6 鉋石圧力

鉋石圧力の計測結果を表3.6.1～表3.6.3に示す。ここで得られた歪の計測値から圧力への換算は、次のような方法によった。

- (1) 両端固定はりとして SCHADE の方法により縦通隔壁板の有効幅を求める。
- (2) 歪計測値から縦曲げ歪成分を除く。ただし、船体の縦曲げ中立軸の位置は計算による。
- (3) 圧力の逆算は連続一様分布荷重はりとして行なうが、縦通隔壁付縦防とう材にはトランスバースリングの位置に、横倒れどめ肘板或は座屈防止用防とう材があるので、図3.6.1のような連続はりとして圧力を逆算した。

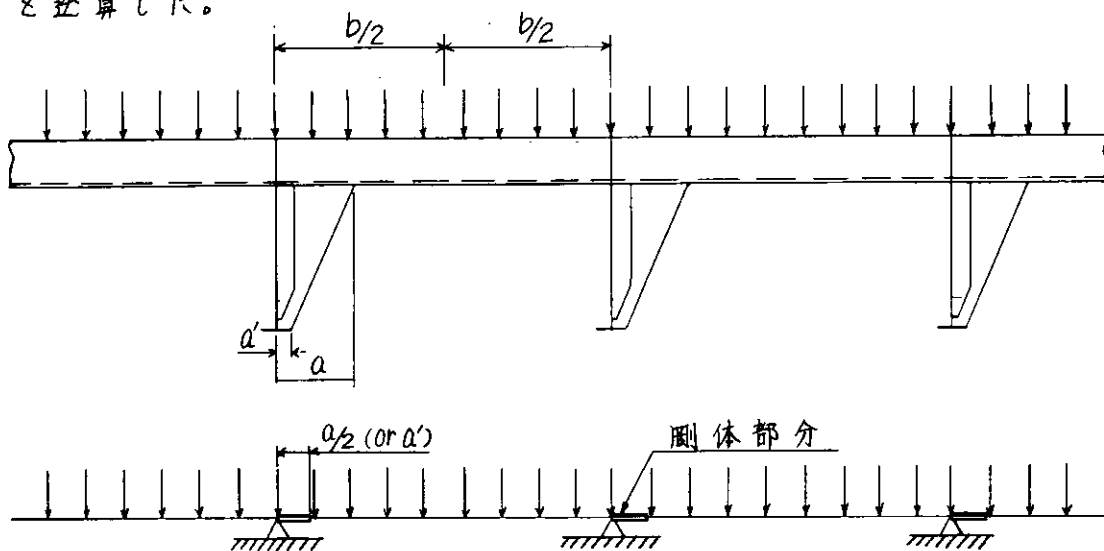


図3.6.1 圧力換算モデル

- (4) 必要な場合には舷側脚荷水槽の水圧変化分を差引く。

鉋石の積載状況例を図3.6.2および図3.6.3に示している。

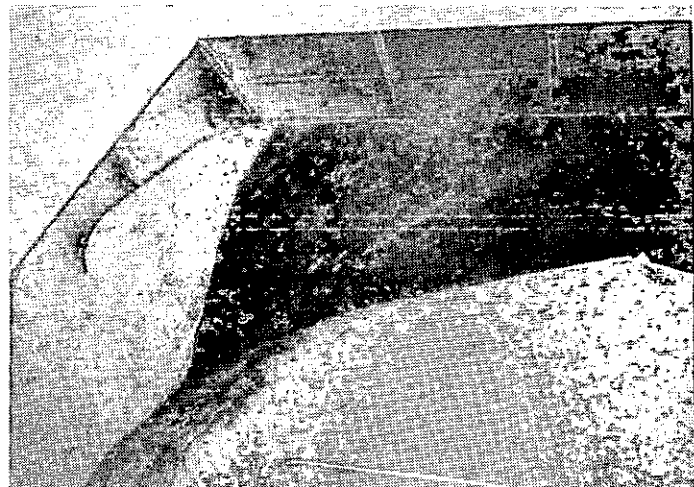


図3.6.3 鉋石積載状況

4 計測結果の説明および検討

4.1 波浪衝撃水圧

船首部衝撃水圧のオッシロ波形例を付録 2.28 に示す。衝撃水圧の観測された時の風力はビューフォースケール 4 以上であるが、風向はかならずしも向い風に限らず、横風、追い風の場合でも数 t/m^2 程度の衝撃圧は発生することがある。但し、 10 t/m^2 以上の衝撃圧の発生するのは殆んど向い風で 5 回にわたる実験計測を通して最大の約 58 t/m^2 を記録した時の風向は右舷約 15° であった(付録 2.7 参照)。又、このように風向が正面に近い場合には個々の波の向きが種々あるのも反対舷にも 20 t/m^2 以上の衝撃圧を受ける事もある(付録 2.19 参照)。

(1) 衝撃水圧の Peak 値

図 4.1.2 ~ 図 4.1.5 に衝撃水圧の深さ方向分布を示す。これらの図から見る限りでは衝撃水圧の同時発生領域はあまり広範囲に広か、まいたい模様である。

次に 1 回の計測、時間にして 20 分 ~ 1 時間程度における衝撃水圧の頻度分布を付録 1.27 ~ 付録 1.30 に示す。これを見ると衝撃水圧の発生頻度は大きくなると非常に小さくなり、この程度の Sample 数では最大値が飛び離れていう場合も多い。計測データより設計荷重を求めるときは問題となろう。

(2) 衝撃の継続時間、Peak 値との関係、衝撃効果

まず衝撃水圧の継続時間(呼称時間)を定義する。複雑な連続曲線である水圧 ~ 時間曲線のままでは種々の検討を進めるのに都合が悪い。通常衝撃の鋭さを表わす時間として“立ち上り時間”すなわち衝撃開始から Peak に達するまでの時間(図 4.1.1 の T_0)

を用いることが多いようである。しかし構造物の動的応答を見る場合など、Peak 到達後の低下部を考える必要がありここからは Peak 圧力の $\frac{1}{2}$ に対応する時間すなわち $\frac{P}{2}$ 以上の圧力が継続する時間(図 4.1.1 の $T_{1/2}$)を衝撃水圧継続時間を表わす量として用いることにする。このように定義された $T_{1/2}$ の頻度分布の例を示すと、図 4.1.8 のようになり非常にばらついていることが分る。

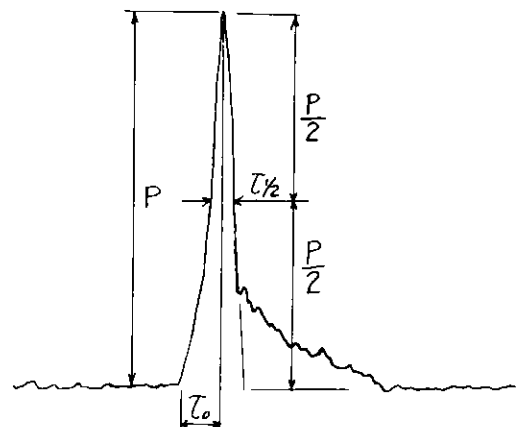


図 4.1.1 波浪衝撃水圧波形例

次に個々の衝撃水圧について、Peak値と $T_{1/2}$ の関係をプロットすると、図4.1.6のようになり $T_{1/2}$ の大きなものはPeakが低く、Peakの高いものは $T_{1/2}$ が小さい事がわかる。これはPeak値は非常に局所的な水面と船体の幾何学的関係に敏感であるが、衝撃部分のカ積すなわち(Peak値) $\times T_{1/2}$ で表わされる量は、波の大きさなど比較的マクロな量に依存すると考えられるので当然であろう。

衝撃水圧に対する船体構造の応答はその部分の固有振動周期(内部が空の時片面接水状態として)と継続時間の関係で非常に異なる。すなわち、前者に比して、後者が非常に短い時は単にカ積としての効果しかなくPeak値そのものは重要でない。またその反対に後者が非常に大きければ、Peak値を静的に加えた時の応答に近くなる。その中間では動的に応答計算をしなければならぬ。したが、マ船体強度を問題とするとき、Peak値そのものばかりでなく、その継続時間、さらには船体応力のPeak値を検討しなければならない。そこで衝撃水圧のPeak値とその近くのSide LongLに生じた応力の比較例を示すと図4.1.7のようになり、水圧Peakは大きくても応力のPeak値はかなり小さいことがわかる。図中の点線は横軸の水圧に相当する応力を両端固定梁として計算した値を示すものである。なお付録2.29に水圧と応力の同時記録例を示す。

図4.1.7に表われた差は、いわゆる動的応答のほか

- (a) 計測位置が多少ずれている。
- (b) 衝撃水圧の発生領域が狭いこと。
- (c) 両端固定梁として換算、即ち隣接Trans Spaceにも同水圧が発生していること。

等の原因が考えられる。

4.2 非衝撃変動水圧

次に非衝撃的な水圧変動について検討する。本項目の解析は、最終的に終了してないが、各部の水圧変動量の発生頻度例を付録1.31～付録1.36に示す。またこの各回の計測で、船側の変動量と船底の変動量の比を周期ベースにプロットしたのが図4.2.1である。これを見ると周期の小さいものは船底が小さく周期の大きくなるにつれて大きくなる。海象状態が変わればこの分布も変わるであろうが、大差ないと考えられる。なおこの例は、横揺れの比較的少ない日を選んだが船側部には横揺れによる相対水面の変化も入っていると考えられる付録2.30に船側および船底の変動水圧計測例を示す。

4.3 船体縦曲げ応力

横軸に風浪階級をとり、縦軸に縦曲げ応力の σ をとってプロットしたものを図4.3.1に、同様に横軸に出合角をとった場合を図4.3.2に示す。これを見ると全くばらついており明瞭な関係は見られない。これは波長、うねりの存在などここに考慮されていない要因がある上に、データ数が少ないためと思われる。したがって全解析が終了し、各種要因(はっきり判らないものもあるが)別にもう少し詳しく分類できれば、もっと相関関係の大きいものが得られると思われる。

4.4 波 浪 計 測

付録1.21に投込式波高計によって計測した波高の頻度分布を示す。付録1.22は波高 $0.2m$ 以下の小さな波を無視した場合の頻度分布である。図4.4.1に示すように小さな波を無視した波高の最大値平均値は全ての波を数えた場合に較べて $0.2 \sim 0.7m$ 程度大きくなってゐる。

図4.4.2に目視によるうねりの波高と投込式波高計による波高の最大値平均値との関係を示す。この図からみると波高計による波高と目視波高との差は、 $0.2 \sim 1.0m$ であるが、目視波高には普通 $1m$ 程度の個人差がある事を考えれば、この程度のばらつきはやむを得ないであろう。

4.5 船体二節振動

今回の計測には含まれていないが船体二節振動の記録が得られたので参考のため、付録1.38、付録1.39に示す。また当日のオッシロ波形を付録2.31に示すオッシロ波形を見るとこの日はいわゆる縦曲げ応力はほとんど見られず、振動応力のみが記録されていることがわかる。

4.6 鉍石圧力

4.6.1 圧力の大きさ

計測結果を理論計算値と比較して図4.6.1～図4.6.3に示している。

No.2倉口中央断面の結果は計測値にばらつきが大きく、理論計算値と比較検討することはむきないがNo.1倉口中央断面の結果について言えば、縦通隔壁に働く鉍石の全圧力では計測値とクーロンの主動圧により求めた理論計算値は略一致している。しかし鉍石圧の分布形状は理論計算値が直線的であるのに比し、計測値は鉍石表面付近で理論計算値より大きく、底部で小さくなる傾向にある。

陸揚時の計測値は、ばらつきはあるが大体において積荷時の計測値より小さい結果が得られている。

なお、ここで用いた鉍石圧の理論計算はクーロンの理論における主動圧によった。即ち、内部摩擦角 φ の鉍石におけるクーロンの全主動土圧 E は、よく知られているように次式で与えられる。

$$E = \frac{\gamma y^2}{2} \left[\frac{\operatorname{cosec} \beta \sin(\beta - \varphi)}{\sqrt{\sin(\beta + \varphi')} + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \varphi') \sin(\varphi - \delta)}{\sin(\beta - \delta)}}} \right]^2 \quad (4.6.1)$$

したがって、壁に垂直に働く単位面積当りの鉍石圧 P は次式であたえられる

$$P = \frac{dE}{dy} \cdot \cos \alpha = \gamma y K \cos \alpha \quad (4.6.2)$$

$$K = \left[\frac{\operatorname{cosec} \beta \sin(\beta - \varphi)}{\sqrt{\sin(\beta + \varphi')} + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \varphi') \sin(\varphi - \delta)}{\sin(\beta - \delta)}}} \right]^2$$

ここで

- γ : 鉍石のかさ比重
- y : 壁面と鉍石表面の交点からの深さ
- β : 壁と水平面のなす角(船倉内側で計る)
- α : 壁と垂直面のなす角
- φ : 鉍石の内部摩擦角
- φ' : 鉍石と壁面の間の摩擦角
- δ : 鉍石の表面傾斜角

計算に使用したこれらの諸数値を表4.6.1に示す。

表 4.6.1 鉍石圧計算諸数値

	δ	φ	φ'	θ	β	α
オ1次計測 (ガヤカン)	2.5	34°	0°	34°	104°	14°
オ2.3次計測 (タンビマ)	2.3	35°	0°	35°		

(註) ここでは $\varphi = \theta$ と仮定した。

4.6.2 計測値の信頼性に関する検討

前述の波浪荷重の計測のように短時間の計測であれば、歪計測の際のドリフトはそれほど問題にならず、計測値の信頼性は高いと考えられるが、積荷時および陸揚時の鉍石圧計測のように、1昼夜或は2昼夜にもおよぶ長時間の計測になれば、歪のドリフトが問題となり計測値に対する信頼性を検討しておく必要がある。

幸い、第2次計測および第3次計測においては、積荷港で沖持ちがあり、一定荷重状態での歪ドリフトの計測を行なった。その結果を表4.6.2に示す

表 4.6.2 歪ドリフト計測結果

計測点番号	ゲージ名	第2次計測				第3次計測				
		絶縁抵抗 (MΩ)	歪 (μ)			絶縁抵抗 (MΩ)	歪 (μ)			
			1日 13時	2日 13時	3日 17時		1日 10時	1日 16時	1日 22時	2日 9時
①	AΦP1	3.5	-40	-20	45	1	0	-5	-2	-3
②	AΦP2	6.5	2	0	5	2.2	0	4	-1	-1
③	AΦP3	500	-6	-4	5	200	0	12	-10	-9
④	AΦP4	12	-15	0	3	90	0	0	-2	-3
⑤	AΦP5	28	16	-4	-16	18	0	-2	-3	-5
⑥	AΦP	5	124	11	-114	80	0	332	380	-3000
①'	BΦP1	1	-34	78	-30	600K	0	40	-20	4
②'	BΦP2	100	31	5	-2	55	0	35	-22	-3
③'	BΦP3	5.4	6	-9	-10	2	0	0	-10	0
④'	BΦP4	1.6	-96	60	1425	2K	0	-90	-150	-129
⑤'	BΦP5	4.4	224	35	40	170K	0	276	-7	-7
⑥'	BΦP	4.4	42	21	-180	300K	0	-26	-42	-23

(註) 第2次計測では計測のたびに零点を取った(数値は

1日のドリフト量を示す)。第3次計測は途中での
零調整は行なっていない。

絶縁抵抗は全般的に悪くなっているが、表4.6.2と表3.6.1～表3.6.3の
鉍石圧計測結果を対比すれば明らかなように、鉍石圧の計測値がほぼ良好な
もの(AΦP3, BΦP2, BΦP3)については、ドリフト量も少く信頼性があ
ると考えられる。

一方、計測値が不良のものは比較的ドリフト量が大きく、不良の主な原因
が歪のドリフトにあると考えられる。

ドリフト量は少く計測値は不良という歪ゲージもあるが、これはゲージ剥
離などその他の原因によると考えられる。

5 自動計測

5.1 目的

波浪荷重に対する船体応答を総合的に検討するためには、釜木山丸で行なったような多数の計測長の同時計測による総合的実船計測が必要である。しかし、このような計測には多大の時間と労力とを必要とし、また、3航海程度の計測では、計測に好適な外界条件に遭遇することが必ずしも多くないという面がある。

波浪荷重と船体応答のような不規則変動現象の研究では、統計的検討により求められる部分が多いので、できるだけ数多くの条件下でのデータを集積することが望ましい。そこで、計測長数は最小限に限定しても、多くの船で長期間データを集積することのできる自動計測装置による計測を併行して進めることとした。

5.2 計測装置

5.2.1 自動R.M.S.計測装置

船体応答の統計値のみを求めるとを目的としたもので、これまで118研究部会で使用してきたR.M.S.計(研究資料No.120, 昭45.3 および No.135, 昭46.3)を自動化するとともに、3エレメントの計測ができるようにしたものである。

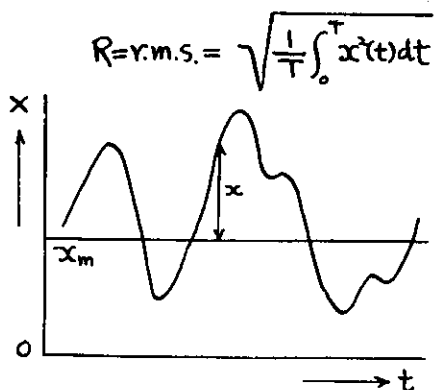


図5.2.1 R.M.S.演算

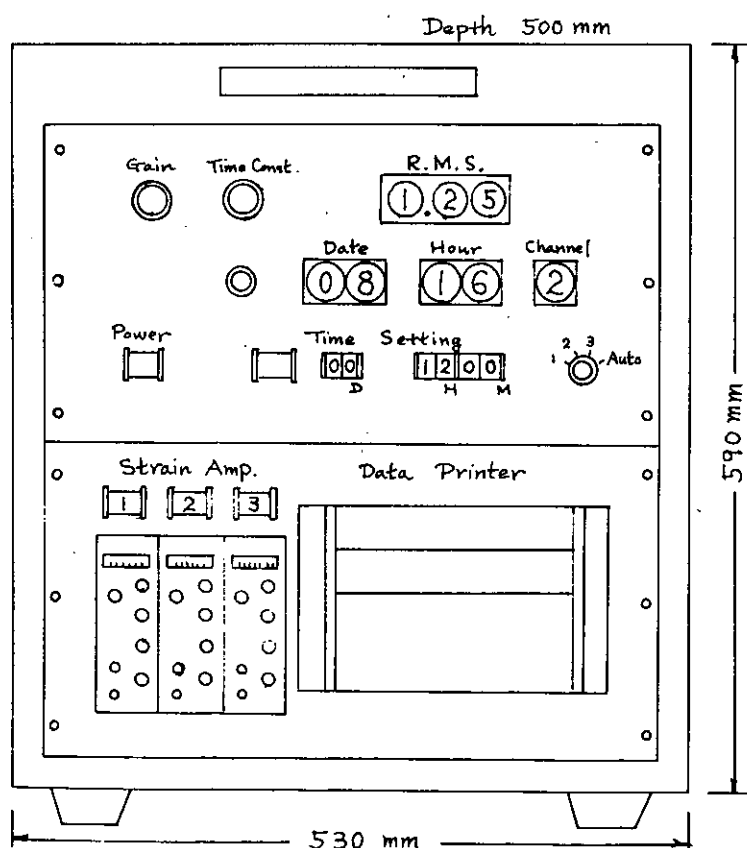


図5.2.2 自動R.M.S.計測装置

動的いずみ幅や格の出力からアナログ演算で R.M.S. 値を求めるが、荷役による変動や零負乗動などによる長周期の変動は無視し、平均レベルからの波浪荷重による変動分のみについて 図5.2.1 のように演算するようになっている。

本装置の外観を 図5.2.2 および 図5.2.3 に示す。三つのエレメントを一定時間間隔で順次切換え、刻々の R.M.S 値と、日付、時刻、エレメント番号が計数管でデジタル表示されており、エレメント切換え時にこれらの数字が印字記録されるようになっている。ここでは、換算および切換えの時定数は 20 分としてある。各エレメントとも 1 時間ごとに 20 分間の短期分布の統計値が求められるわけである。

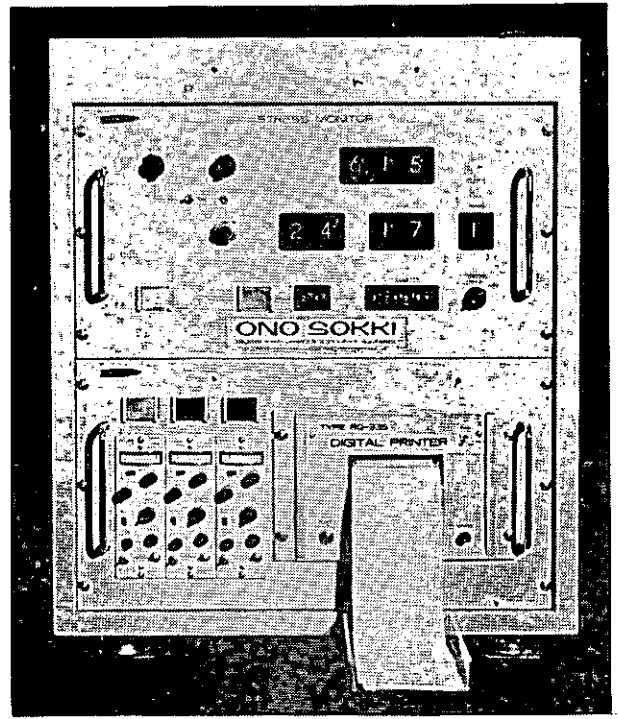


図5.2.3. 自動 R.M.S 計測装置

日付は日付変更線通過時の問題があるので、暦日ではなく出港からの通し日数とした。時刻は、本船の親時計と接続して自動的に時差修正して現地時間を示すようになっている。ログブック記載の外界条件と対照しやすいようにしてある。

5.2.2 ダイナミック自動データ集録装置

前項の R.M.S. 計では、船体応答の統計的パラメータは求められるが、異常値や過渡的応答に関する詳しい情報は知る事ができない。遭遇する波高はきわめ少はなけれども異常に大きい波浪荷重とそれに対する船体応答、衝動的な波浪荷重とこの応答などの詳しい情報に対する要望も大きいので、このような場合の変動現象の time history を再現できるように記録をとることを目的として、このダイナミック自動データ集録装置を開発した。

本装置は、水圧、船体応力その他の変動量 4 エレメントの自動計測記録を行なうものであるが、

- (1) 4 エレメント中適当に選んだ 1 エレメントについては、航海中連続して R.M.S. 値の換算および記録を行なう、
- (2) 荒天に遭遇して、上記の R.M.S. 値がある設定値を超えたと、データレコーダが起動して、一定時間 4 エレメントの連続アナログ記録をとる、

ようになっている。

すなわち、比較的平静なときには(1)により統計値のみを記録し、荒天で変動が大きい場合や衝面的波浪荷重の異常値の表われそうな場合には、(2)により連続記録をとって精密なデータ処理をしようとするものである。

本装置は、船に搭載する記録部と陸上で処理用に用いる再生部から成り立っているが、その仕様概要を 表5.2.1 に、記録部のブロック図を 図5.2.4 に示す。記録部は、

① 動的ひずみ幅巾部

④ 制御部

② データレコーダ部

⑤ 時刻印字部

③ R.M.S 演算記録部

⑥ 電務部

から構成されている。今回の計測では、R.M.S 演算の時定数は15分(1,000秒)とし、データレコーダの記録時間はい回15分間とし、記録終了後2時間間は休止時間とし、記録命令が来ても記録を再開しないよう制御することになっている。磁気テープ1巻で50時間の記録ができるので、約200回の記録が可能である。

時計装置は前項の自動R.M.S計と同様に、本船の親時計と連動するようになっている。⑤時刻印字部は、ログブックと対照するための日時と、テープの記録位置と検索するためのデータ番号とが印字されるようになっている。

本装置記録部の外観を 図5.2.5、5.2.6 および 5.2.7 に示す。

5.3 試験船および計測位置

本年度は3隻の船について自動計測を開始した。総合的な実船計測を行なった笠木山丸を自動計測方式に切替えたほか、新たにオー中央汽船(株)のぼーとらった丸と山下新日本汽船(株)の若幡丸の協力が得られることとなった。笠木山丸とぼーとらった丸ではそれぞれ応力2英、水圧2英計4英の計測とダイナミック自動データ集録装置で、若幡丸では応力3英の計測と自動R.M.S計測装置を計測記録することとした。いずれもほぼ同型の鉱石運搬船である。各船の主要要目と 表5.3.1 に示す。

表5.3.1 自動計測試験船要目

Ship		笠木山丸 Kasagisan Maru	ぼーとらった丸 Port Latta Maru	若幡丸 Wakahata Maru
L pp	(m)	247.00	237.00	240.00
B mid	(m)	40.60	38.50	36.80
D mid	(m)	22.00	19.30	17.60
d mid	(m)	16.00	14.10	12.80
D.W.	(t)	117,521	93,356	93,113
Speed	(kt)	14.80	15.38	15.71

表5.2.1 ダイナミック自動データ集録装置仕様

RECORDER			⑤ Time Recorder	Type Printing item	Syncro. motor Rec.No., Date, Hour
① Dynamic Strain Amp.	Gage resist.	60 ~ 1,000 Ω	⑥ Source	Input	AC 100-120V, 50/60 Hz
	Bridge input	0.5, 2.0 V; 5 kHz		Output	a) DC 24V 5 A b) DC 12V 2 A c) DC $\pm 12V$ 1 A
② Data Recorder	Output	50mA(30 Ω), 2V(5k Ω)		Battery	DC 12V 3 AH
	Freq. response	0 ~ 2,000 Hz $\pm 10\%$		DC Converter	DC 12V 3 A
	Modulation	FM	REPLAYER		
	Tape width	1/4 inch	① Data Recorder	Modulation	FM
	Tape speed	0.3 in/sec		Tape speed	3.0 in/sec
	Record. time	50 hr	② DC Amp.	Replay time	5 hr (1/10)
	Input	1V rms(100k Ω)		Output	$\pm 1.5V(600\Omega)$, $\pm 15mA(20\Omega)$
R.M.S. Computer	Freq. response	DC ~ 100 Hz ± 1 dB	③ Low-Pass Filter	Freq. response	DC ~ 1 kHz
	No. of channels	5		Amp. factor	1.5 about
③ R.M.S. Recorder	Type	Analog	④ Electro-Magnetic Oscillograph	Freq. response	DC ~ 15 kHz
	Time const.	0, 10, 100, 1000 sec		No. of channels	5
	Accuracy	< 5 %		Cut-off freq.	5, 10, 20, 40, 80, 160 Hz pass DC ~ 20 kHz
	Atten.	2, 5, 10		Input	$\pm 2V$ (p-p)
Slicer	Response speed	1 sec		Input impedance	10, 100 k Ω
	Width of chart	60 mm		Output impedance	10, 130 Ω
④ Controlling Part	Chart speed	1/2 in./hr		No. of channels	4
	Record. time	2 month		Line speed	900 m/sec
	Input	DC 0 ~ 1 mA		Optical pass	330 mm
	No. of levels	10		Width of chart	152 mm
Slicer	Accuracy	< 2 %		Chart speed	0.5, 1, 2.5, 5, 10 50, 100 cm/sec
				No. of channels	6
④ Controlling Part	Input	On-Off from slicer a) Start b) Level zero c) Time Record d) Calibration e) Stop f) Rest			
	Output				

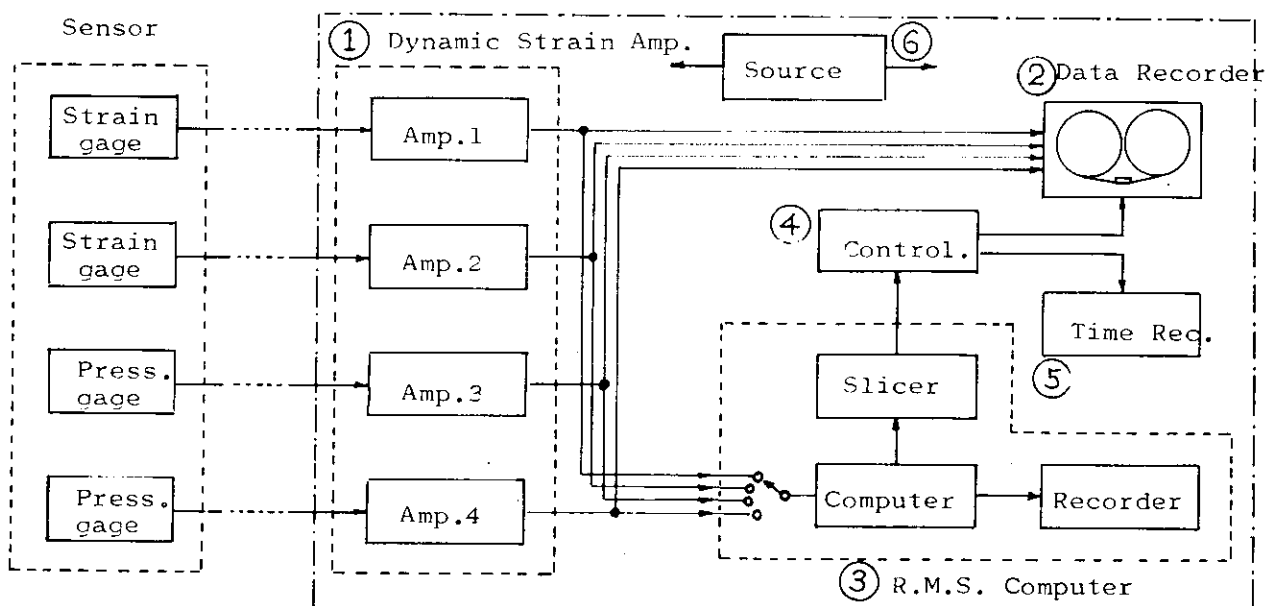


図5.2.4 ダイナミック自動データ集録装置ブロック図

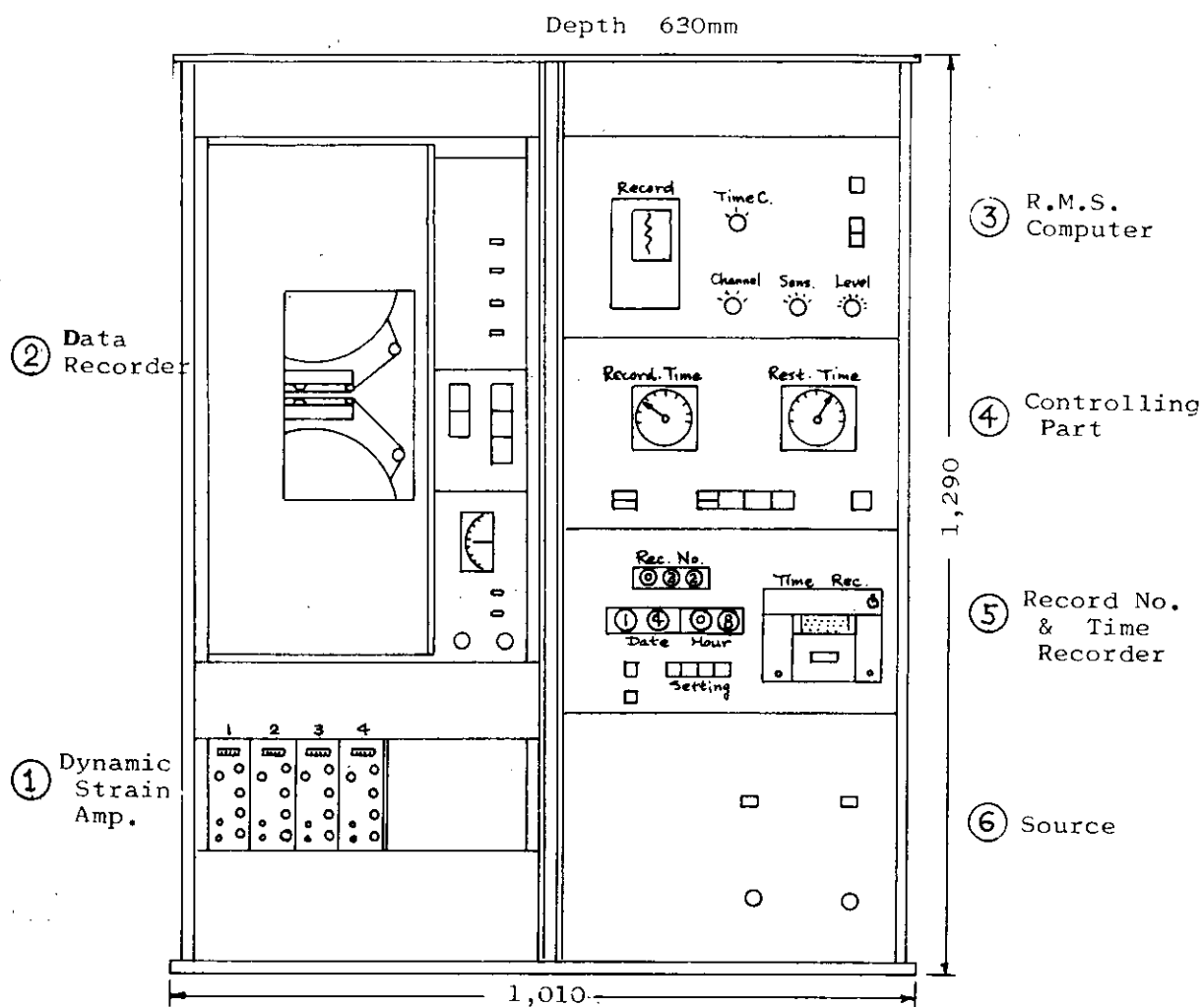


図5.2.5 ダイナミック自動データ集録装置. 記録部

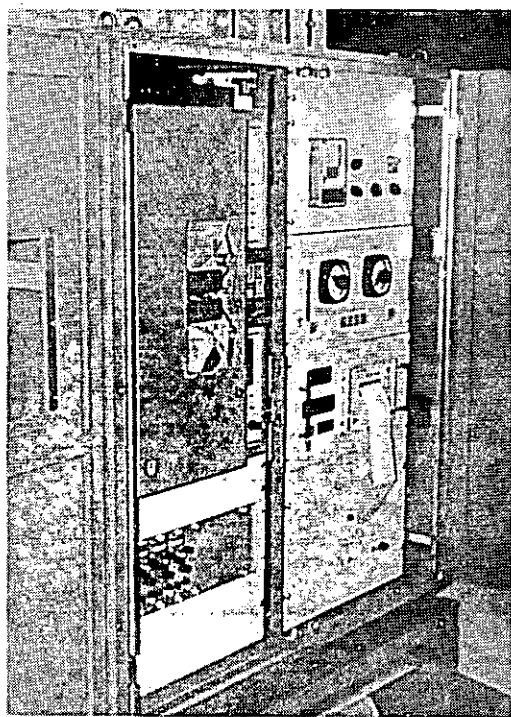


図5.2.6 記録部

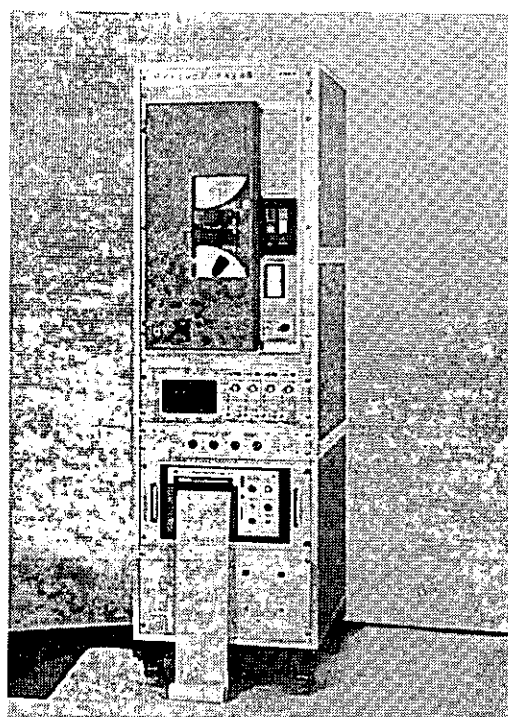


図5.2.7 再生部

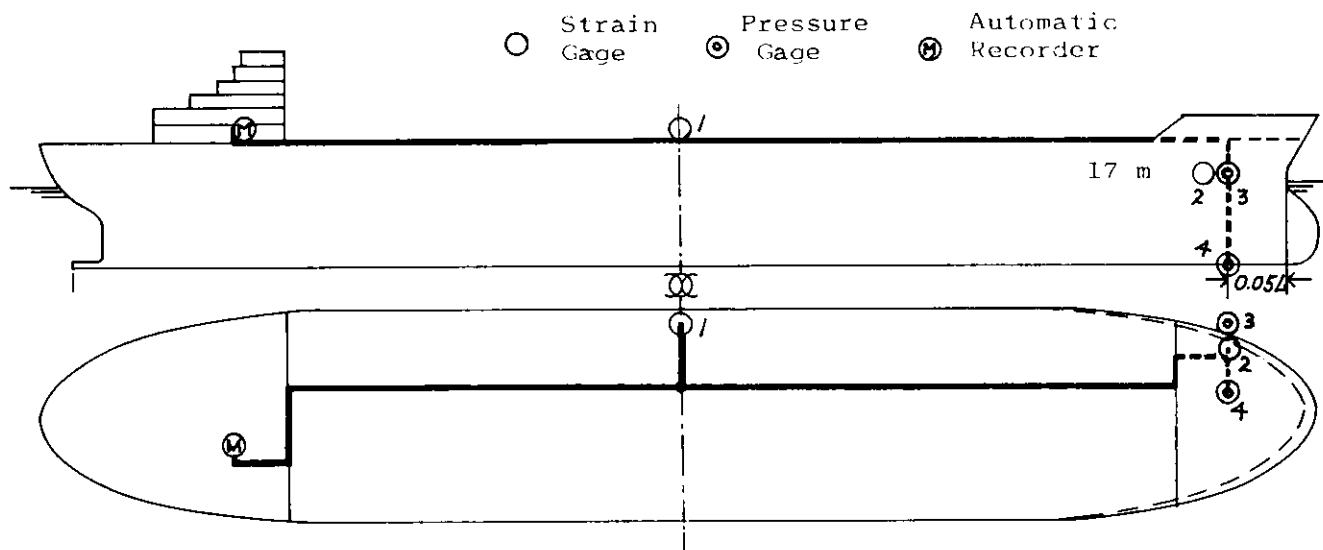


図5.3.1 皿木山丸計測具 (応力2, 水压2)

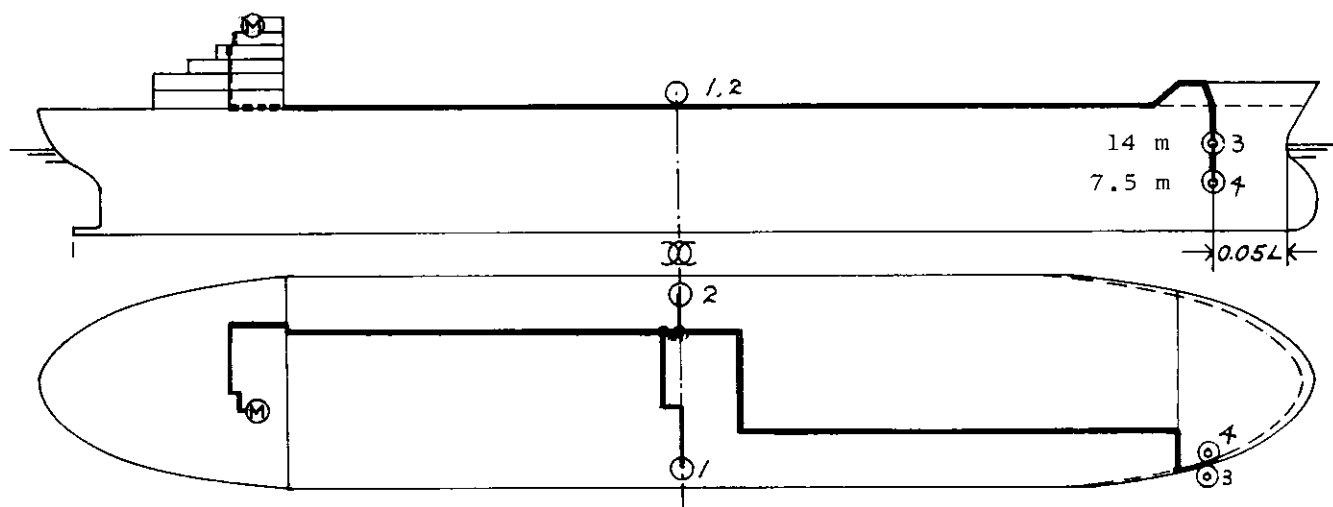


図5.3.2 ほくら丸計測具 (応力2, 水压2)

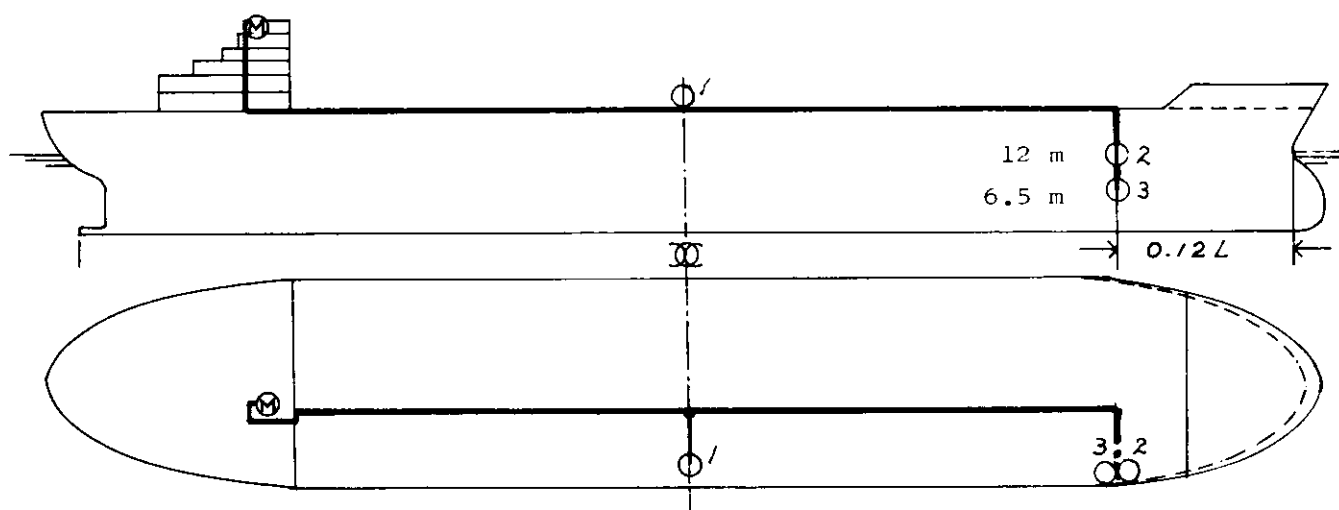


図5.3.3 若嶮丸計測具 (応力3)

また、各船の計測具位置を 図5.3.1, 5.3.2 および 5.3.3 に示す。笠木山丸のひずみゲージおよび水圧ゲージは、これまで使用してきたものもそのまま流用したが、他の2隻では、入渠時を利用して新たに取付けたものである。

笠木山丸における水圧ゲージは、図5.3.4 のように外板に孔をあけて船内から取付ける方式のものであったが、ぽーとらった丸では外板に孔をあけずに船外に取付ける方式を試みた。水圧ゲージは 図5.3.5 に示すような小型のもので、測定範囲は 50 kg/cm^2 まで、表面は金メッキを施した。取付要領は 図5.3.6 に示すとおりで、溶接した円弧状断面の軟鋼張プロテクターと、充填樹脂とによってゲージおよび導線も保護するようにした。

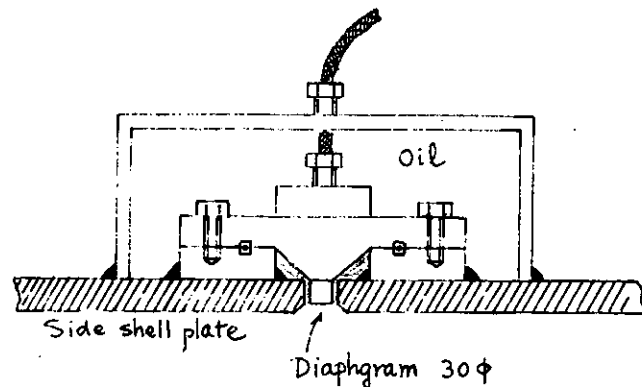


図5.3.4 笠木山丸 水圧計

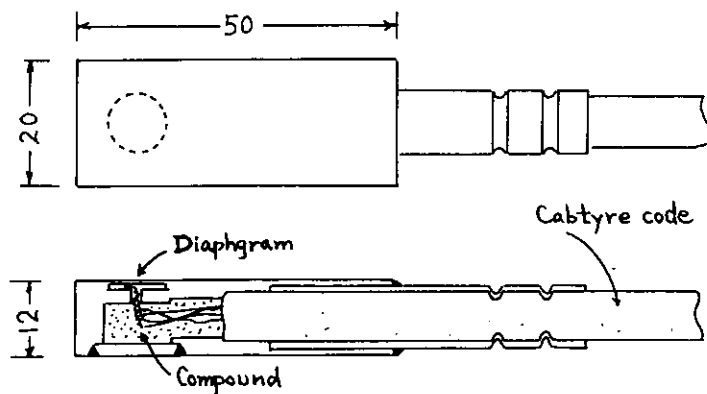


図5.3.5 ぽーとらった丸 水圧計

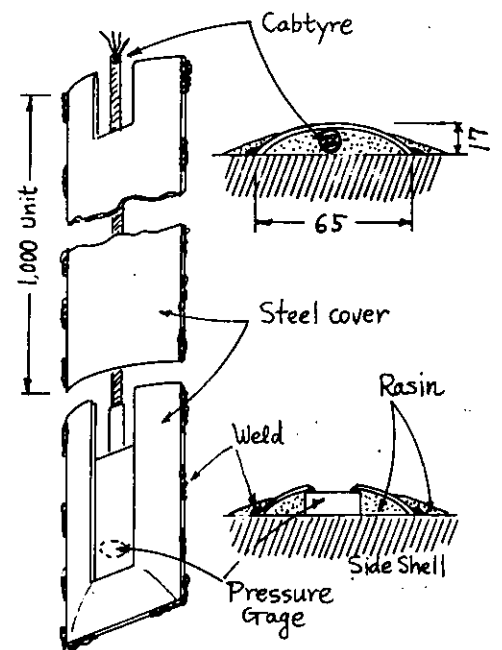


図5.3.6 ぽーとらった丸 水圧計 取付要領

なお、この新しい水圧ゲージの動特性検定のため、若干の衝激水圧試験を行った。使用歴が長く信頼できる管内圧用圧力ゲージと、本ゲージとを並接して取付け、落水実験装置（造船研究協会報告，第49号，昭和40.3）による落水衝激試験を行なったが，図5.3.7に示すとおり満足すべき動特性を有するものと認められる。記録用オシログラフのガルバノメータの固有振動数は300 Hzのもので使用した。

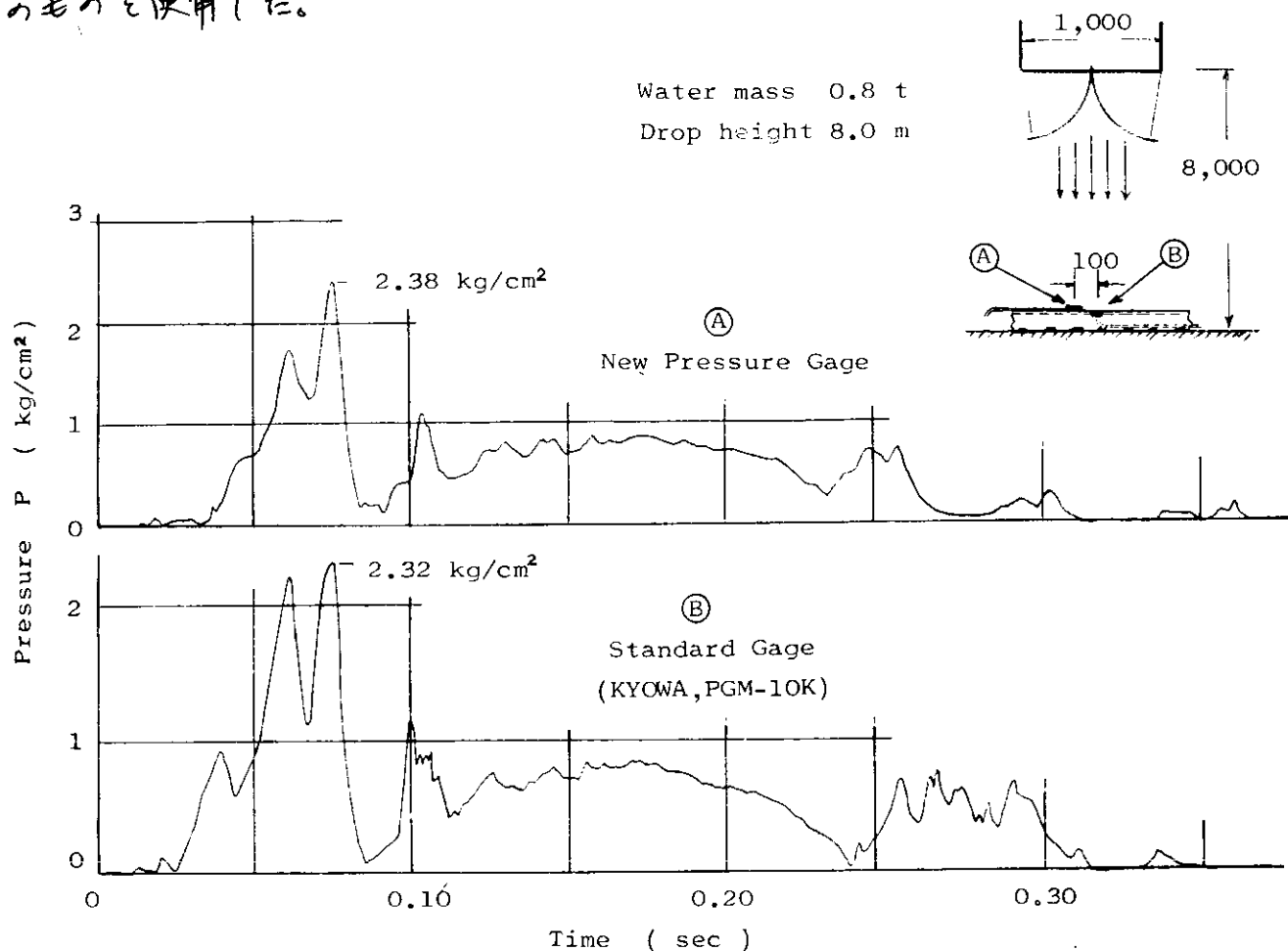


図5.3.7 落水衝激による水圧ゲージの検定

5.4 計測結果

自動計測開始後すでに1～2航海を終えたものもあるが，時差修正機構に若干の不備な点があり，記録日時が十分とれない部分があるため，統計的資料としてまとめるには現時点ではまだ得られていない。

6 あ と が き

昨年度準備工事を施して、第1次の予備計測を行なった大型航行艇“望木山丸”(117,571 t. D.W.)について、第2～5次の4航海の新測を行なった。記録装置も撤収揚陸し、再生解析に使用する関係で、まだ解析作業が十分進行している段階ではないうが、これまでに得られた知見の概略を述べた。

主として波浪水圧の新測結果の整理に重点をおいてきたので、その他の項目については、まだ記録データ全部も通算するまでに至っていない。

(1) 本年度4回の新測航海延べ130日余を通じて、海象は概して平穏であった。遭遇した最大の風力階級は、8～9(バラスト状態・横波)が1回、6～7程度(バラストおよび満載・向波および追波)が数回程度であった。

(2) 船首部水線附近の水圧計には、それほどの荒天であっても衝撃的な波形が数多く記録されたが、大部分は 10 t/m^2 以下の小さな値であり、しかもきわめて単発的・局部的なものであった。

(3) 荒天時には、船首部水線附近の衝撃水圧値が 30 t/m^2 を越えた例も3回記録された。ただし、いずれも $10 \sim 15 \text{ m.sec}$ 程度のきわめて急峻な単一のピークを示し、そのあとに続く大きな圧力変動の認められないこと、同じ箇所の船体応力(外板付き梁通材その他)には同じ瞬間に全く異常応力も生じていないことなどから、これらはいずれも船体強度上問題にすべき波浪荷重とは考えられない。

(4) 強度上はむしろ非衝撃的な duration の長い変動水圧の方が関心が深いと考えられるが、現在までのところ変動水圧値(p-p)の最大値は 6 t/m^2 程度である。

(5) 上甲板の波浪曲げ応力については、全資料の整理も終わっていないが、これまでのところ p-p の複振中の r.m.s. 値は 1.2 kg/mm^2 程度が最高である。

(6) バラスト状態では軽微な海象において、波浪曲げ応力はほとんどないのに、船体2次振動に相応する springing 応力が顕著に現われることがあった。この振動応力の複振中の r.m.s. 値は 1.3 kg/mm^2 を越えていた。

(7) 投込式波浪計は使用簡数がきわめて限定されているが、大体において良好な計測結果が得られた。計算処理の可能なようにはデータを得るためには、2重積分回路に関して若干改良の余地があるようである。

(8) ステレオ写真による波浪計測もほぼ順調であったが、精度を上げるためには基線長を思切りに大きくする必要があるようである。

“笠木山丸”による総合的な実船計測とは別に、計測員を必要としぬ自動計測装置による計測も本年度から開始した。できるだけ多くの船でできるだけ長期間のデータを収集することを目ざしているものである。本年度は、ダイナミック自動データ集積装置を“笠木山丸”と“ぼーとらっ丸”(93,356 t.D.W.)には、自動R.M.S.計測装置を“若峰丸”(93,113 t.D.W.)に装着して、3隻の船で自動計測を開始した。

来年度は、笠木山丸の総合実船試験の解析と併行して、さらに自動計測装置を4台増設し、合計7隻の船で長期間計測を実施する計画である。

表 圖

図 表 目 録

		ページ
図 2.1.1	笠木山丸写真	3
図 2.1.2	笠木山丸概略図	35
表 2.2.1	計測期間、航路および計測員	4
図 2.2.1	笠木山丸航路図(第1.4.次計測)	36
図 2.2.2	笠木山丸航路図(第2.3.5次計測)	37
図 2.3.1	中央断面(Fr 63 1/2)水圧計配置図	38
図 2.3.2	A断面(Fr 80 1/2)歪ゲージ配置図	39
図 2.3.3	B断面(Fr 84 1/2)水圧計および歪ゲージ配置図(左舷)	40
図 2.3.4	B断面(Fr 84 1/2)水圧計および歪ゲージ配置図(右舷)	41
図 2.3.5	C断面(Fr 88 1/2)水圧計および歪ゲージ配置図	42
図 2.3.6	水圧計および歪ゲージ配置図	43
表 2.4.1	計測項目および記録装置	5
表 2.4.2	水圧計仕様	6
図 2.4.1	水圧計	44
図 2.4.2	防水ゲージ	"
図 2.4.3	ゲージフロテフター	"
図 2.4.4	ゲージ貼布要領	"
表 2.4.3	船体運動計測装置仕様	7
図 2.4.5	船体運動計測装置ブロック図	45
表 2.4.4	投込式波高計仕様	7
図 2.4.6	投込式波高計(第1次計測)	45
図 2.4.7	投込式波高計(第2~5次計測)	46
図 2.4.8	ステレオカメラ	47
表 2.4.5	多点切換ボックス仕様	8
表 2.4.6	動歪計仕様	"
表 2.4.7	電磁オッシログラフ仕様	"
表 2.4.8	低域濾波器仕様	9
表 2.4.9	高速データ集録装置仕様	"
表 2.4.10	アナログ磁気テープデコーダ仕様	10
図 2.5.1	計測ブロックダイヤグラム	48
表 2.5.1	計測主要目	49
表 3.1.1	海象気象観測記録(第1次計測)	50,51

表 3.1.2	海象氣象観測記録 (第2次計測)	51
表 3.1.3	海象氣象観測記録 (第3次計測)	52
表 3.1.4	海象氣象観測記録 (第4次計測)	52, 53
表 3.1.5	海象氣象観測記録 (第5次計測)	54
表 3.1.6	出港時の本船状態	"
図 3.4.1	ステレオ写真例	13
表 3.6.1	鉍石圧力計測結果 (第1次計測)	55
表 3.6.2	鉍石圧力計測結果 (第2次計測)	"
表 3.6.3	鉍石圧力計測結果 (第3次計測)	56
図 3.6.1	鉍石圧力変換モデル	14
図 3.6.2	鉍石積載状況スケッチ	57
図 3.6.3	鉍石積載状況写真	14
図 4.1.1	波浪衝撃水圧波形例	15
図 4.1.2	船首部衝撃水圧同時分布 (1)	58
図 4.1.3	船首部衝撃水圧同時分布 (2)	"
図 4.1.4	船首部衝撃水圧同時分布 (3)	59
図 4.1.5	船首部衝撃水圧同時分布 (4)	"
図 4.1.6	衝撃水圧持続時間と水圧値との関係	60
図 4.1.7	衝撃水圧～船体応力図	"
図 4.1.8	衝撃水圧持続時間頻度分布	61
図 4.2.1	船底変動水圧と船側変動水圧の比	"
図 4.3.1	上甲板変動応力と波浪階級	62
図 4.3.2	上甲板変動応力と出合角	"
図 4.4.1	1/3最大平均波高	63
図 4.4.2	波高計による波高と目視波高	"
図 4.6.1	静的鉍石圧力の分布 (第1次計測)	64
図 4.6.2	静的鉍石圧力の分布 (第2次計測)	"
図 4.6.3	静的鉍石圧力の分布 (第3次計測)	"
表 4.6.1	鉍石圧計算諸数値	19
表 4.6.2	歪ドリフト計測結果	"
図 5.2.1	R.M.S.演算	21
図 5.2.2	自動 R.M.S 計測装置	"
図 5.2.3	自動 R.M.S 計測装置写真	22
表 5.2.1	ダイナミック自動データ集録装置仕様	24

図 5.2.4	ダイナミック自動データ集録装置ブロック図	24
図 5.2.5	ダイナミック自動データ集録装置、記録部	25
図 5.2.6	記録部写真	"
図 5.2.7	再生部写真	"
表 5.3.1	自動計測試験船要目	23
図 5.3.1	笠木山丸計測点	26
図 5.3.2	ほーとらゝた丸計測点	"
図 5.3.3	若幡丸計測点	"
図 5.3.4	笠木山丸水圧計	27
図 5.3.5	ほーとらゝた丸水圧計	"
図 5.3.6	ほーとらゝた丸水圧計取付要領	"
図 5.3.7	落水衝画による水圧ゲージの検定	28

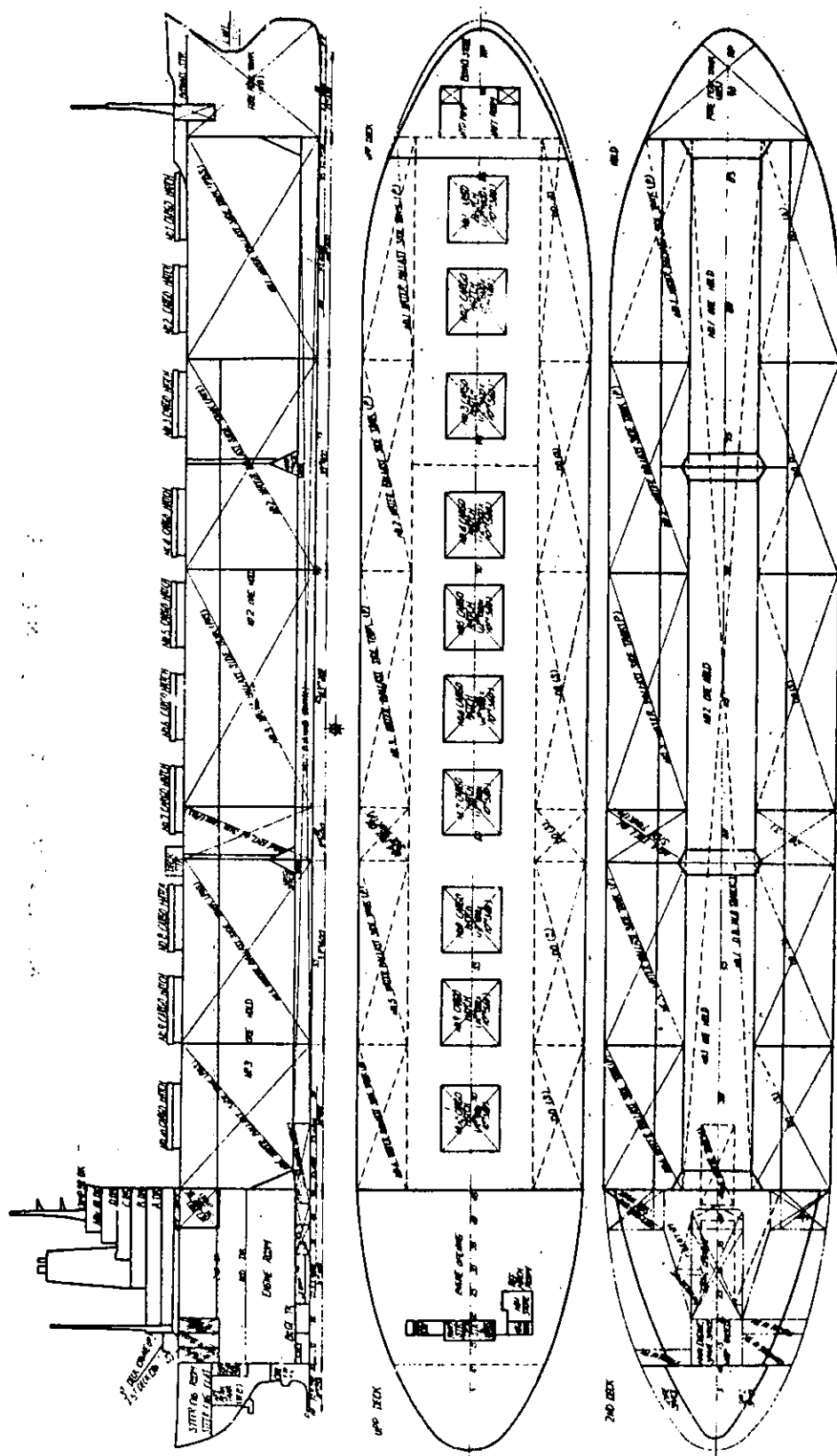


图2.1.2 笠木山丸概略图

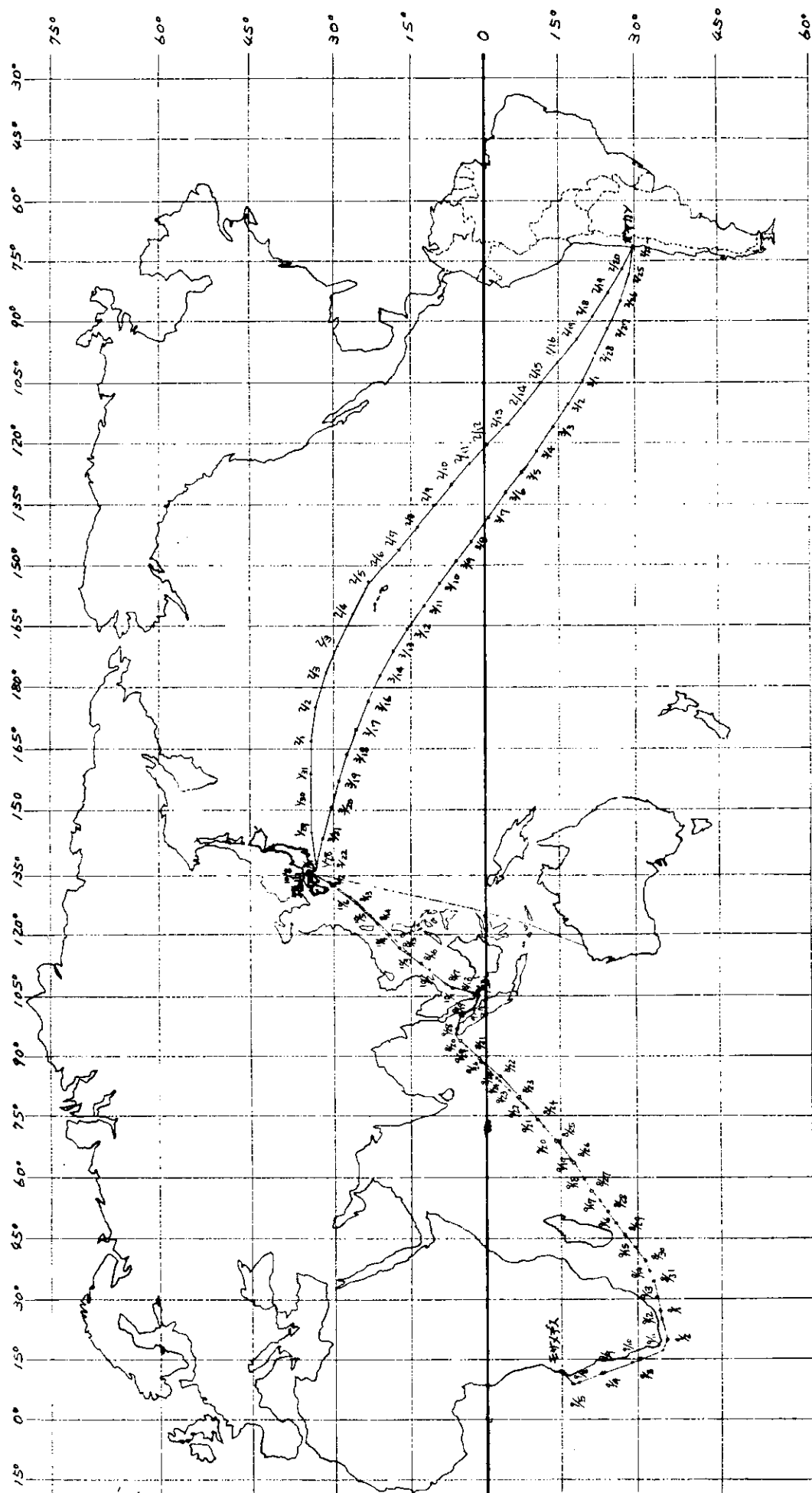


圖 2.2.1 望木山丸航路圖 (第1次計劃, 第4次計劃)

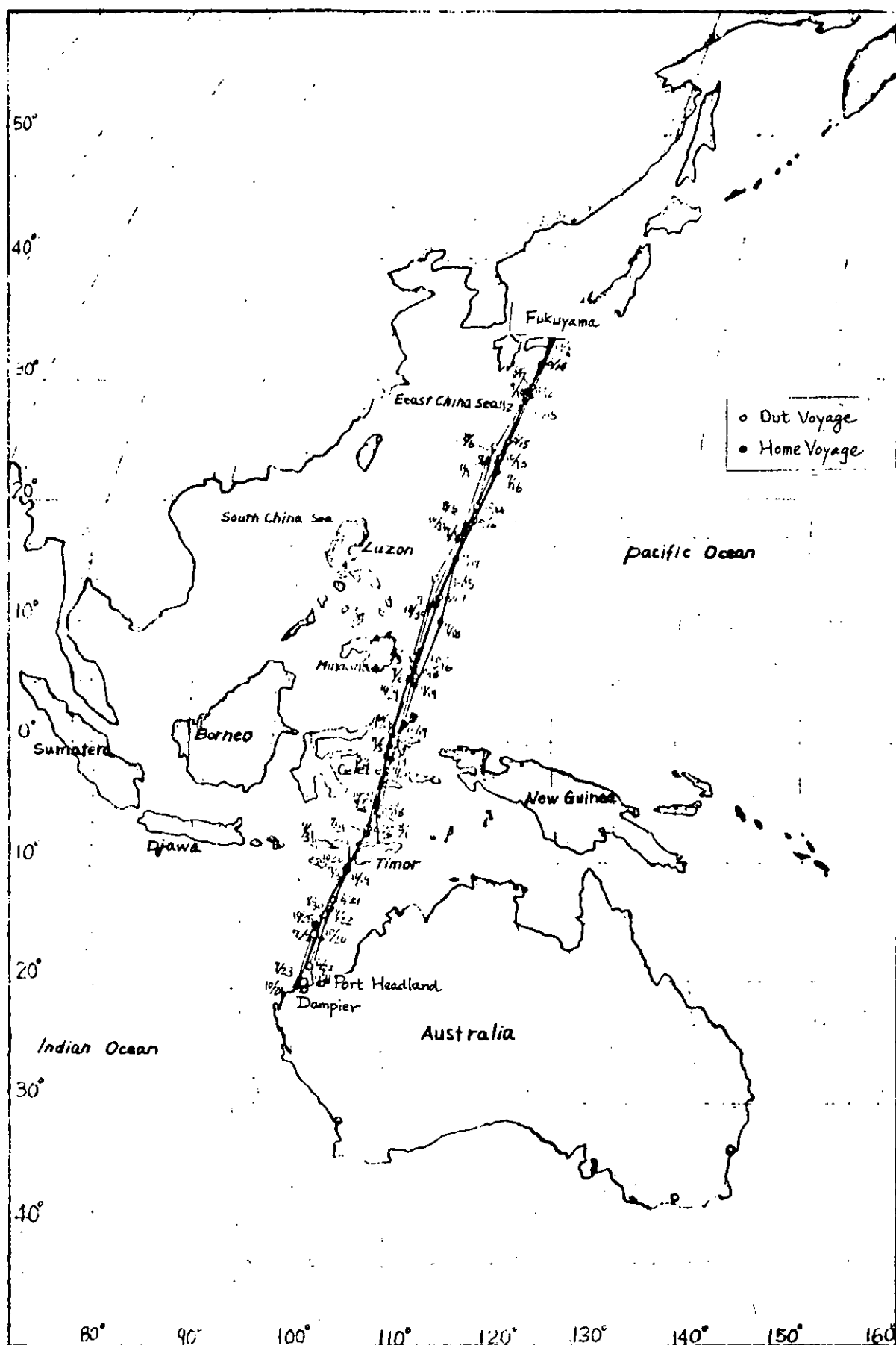


图 2.2.2 箕山丸航路图 (第2次计划, 第3次计划, 第5次计划)

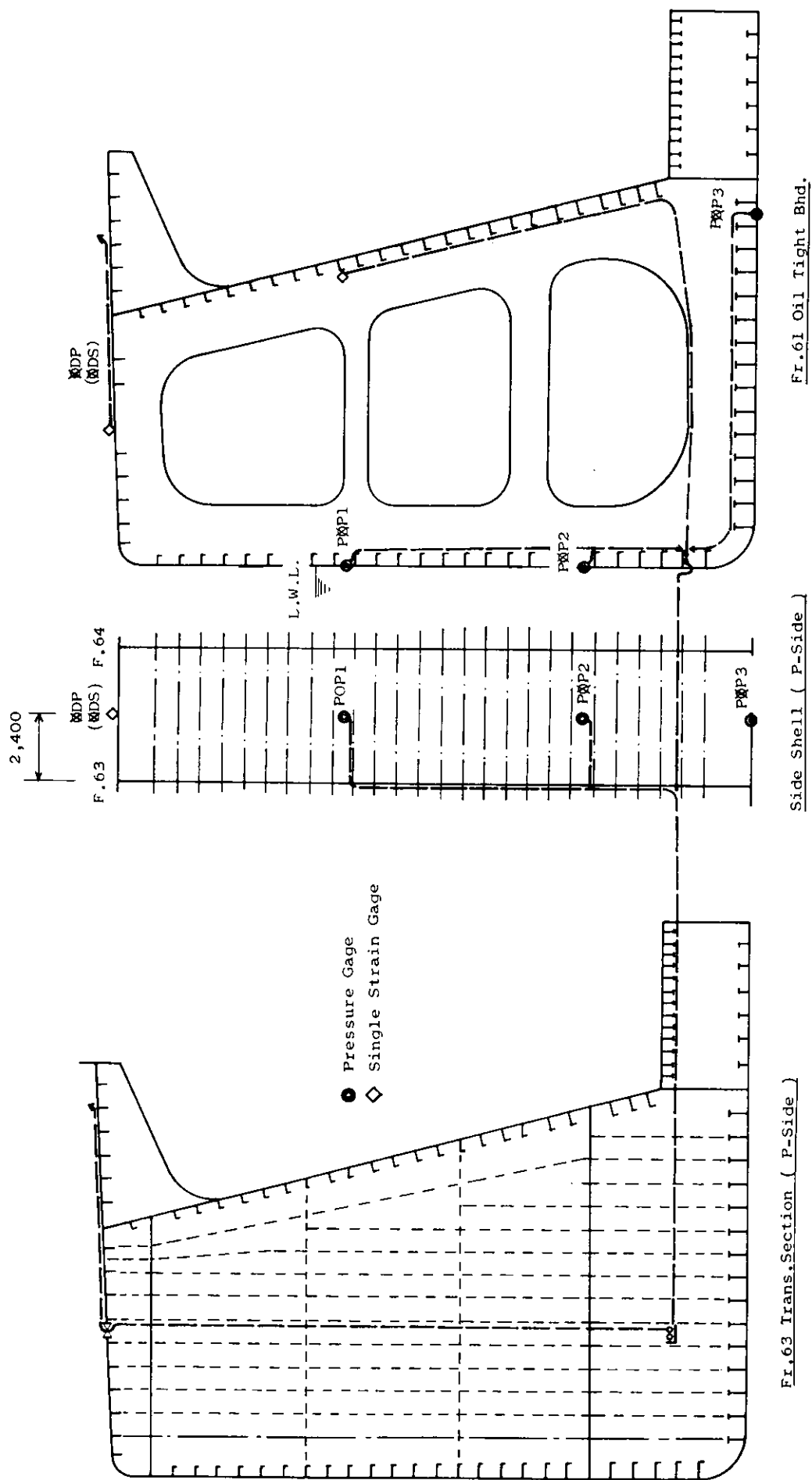


图 2.3.1 中央断面 (Fr. 63 1/2) 水压计及びゲージ配置图

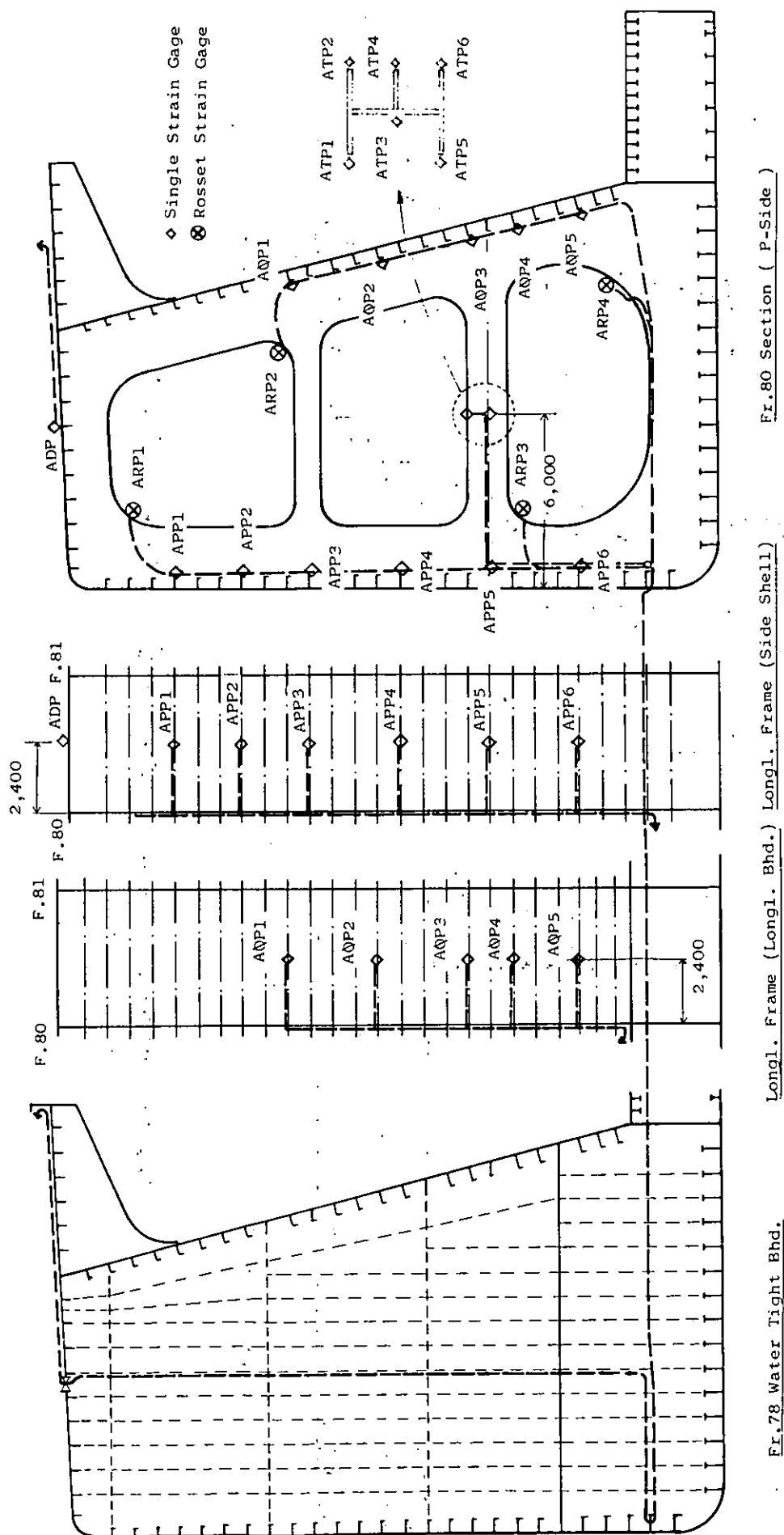


図2.3.2 A断面 (Fr. 80 1/2) 至ゲージ配置図 (P-Side)

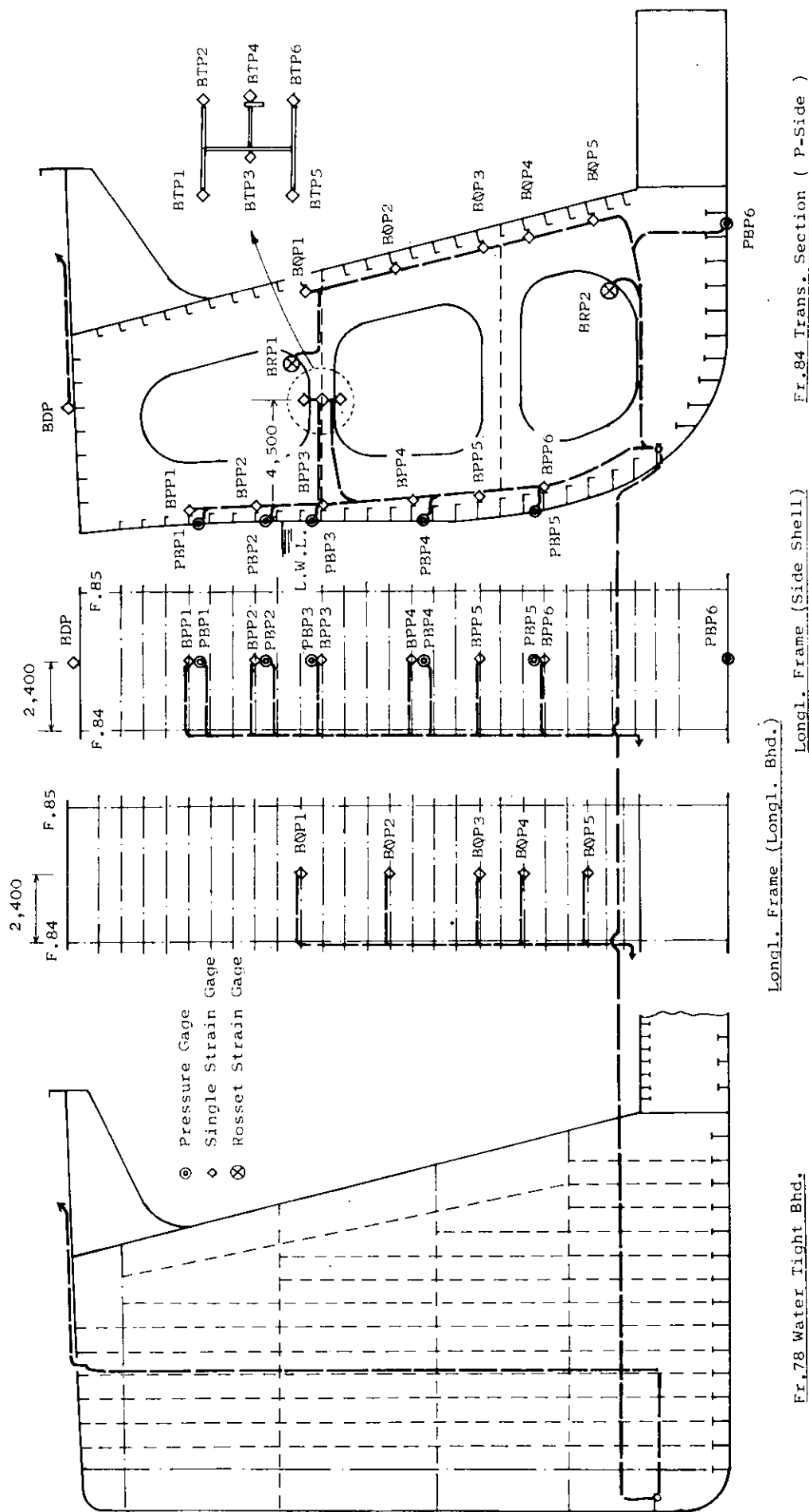
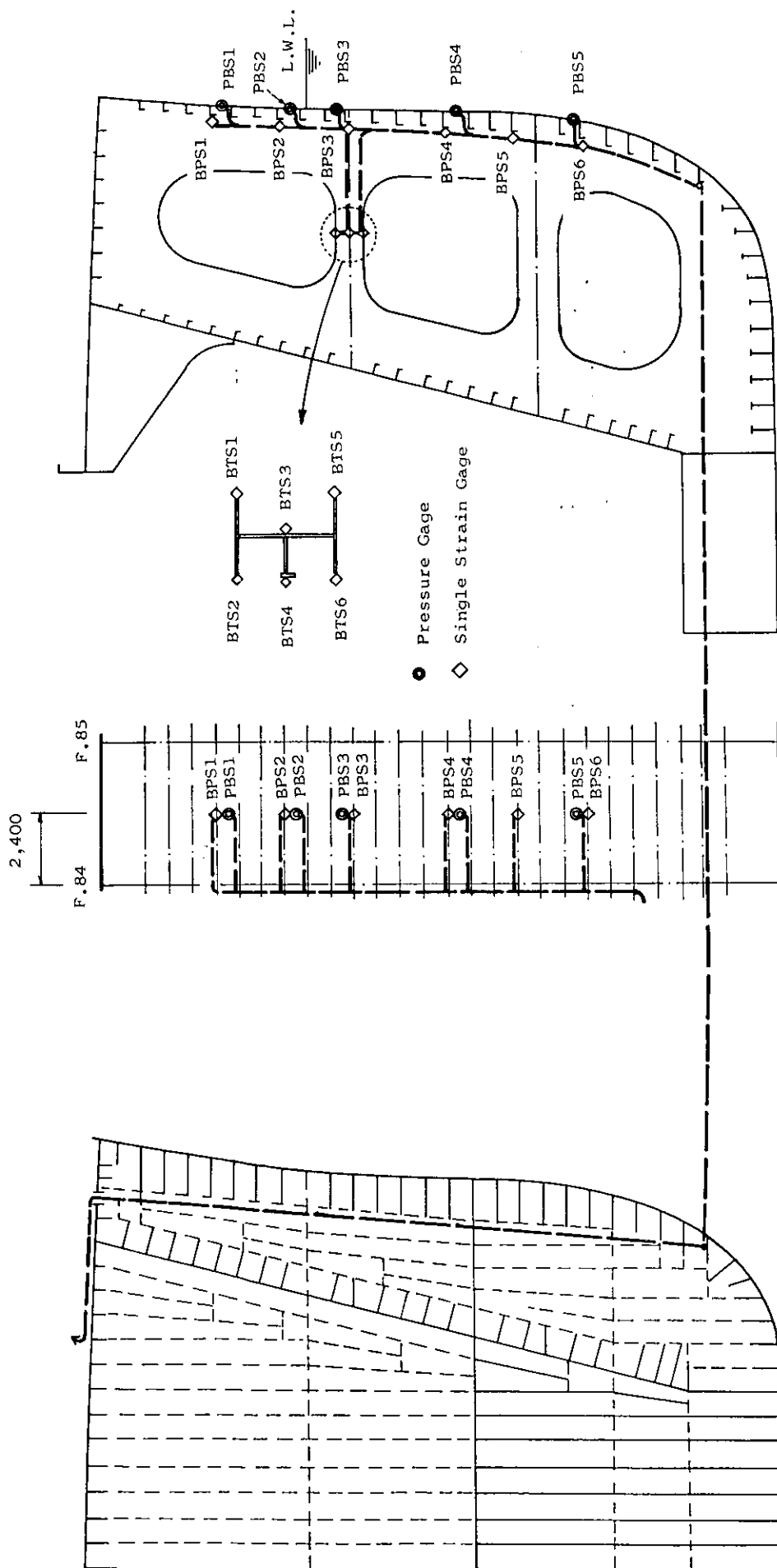


図2.3.3 B断面 (Fr. 84 1/2) 水圧計および歪計配置 (P. Side)

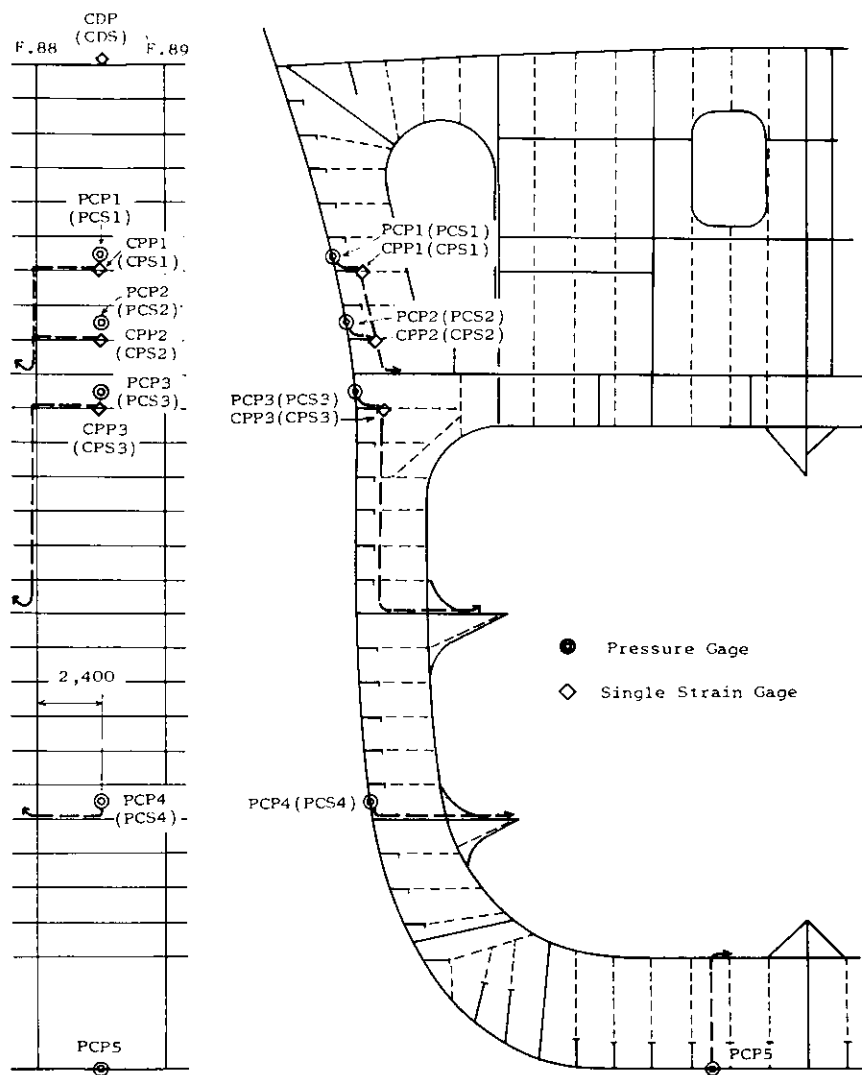


Fr.87 Water Tight Bhd.

Longl.Frame (Side Shell)

Fr.84 Trans Section (S-Side)

図2.3.4 B断面 (Fr 84 1/2) 水圧計および歪ゲージ配置 (S. Side)



Side Shell (P. & S. Side)

Fr.88 Section

図 2.3.5 C断面 (Fr.88 1/2) 水圧計及歪ゲージ配置

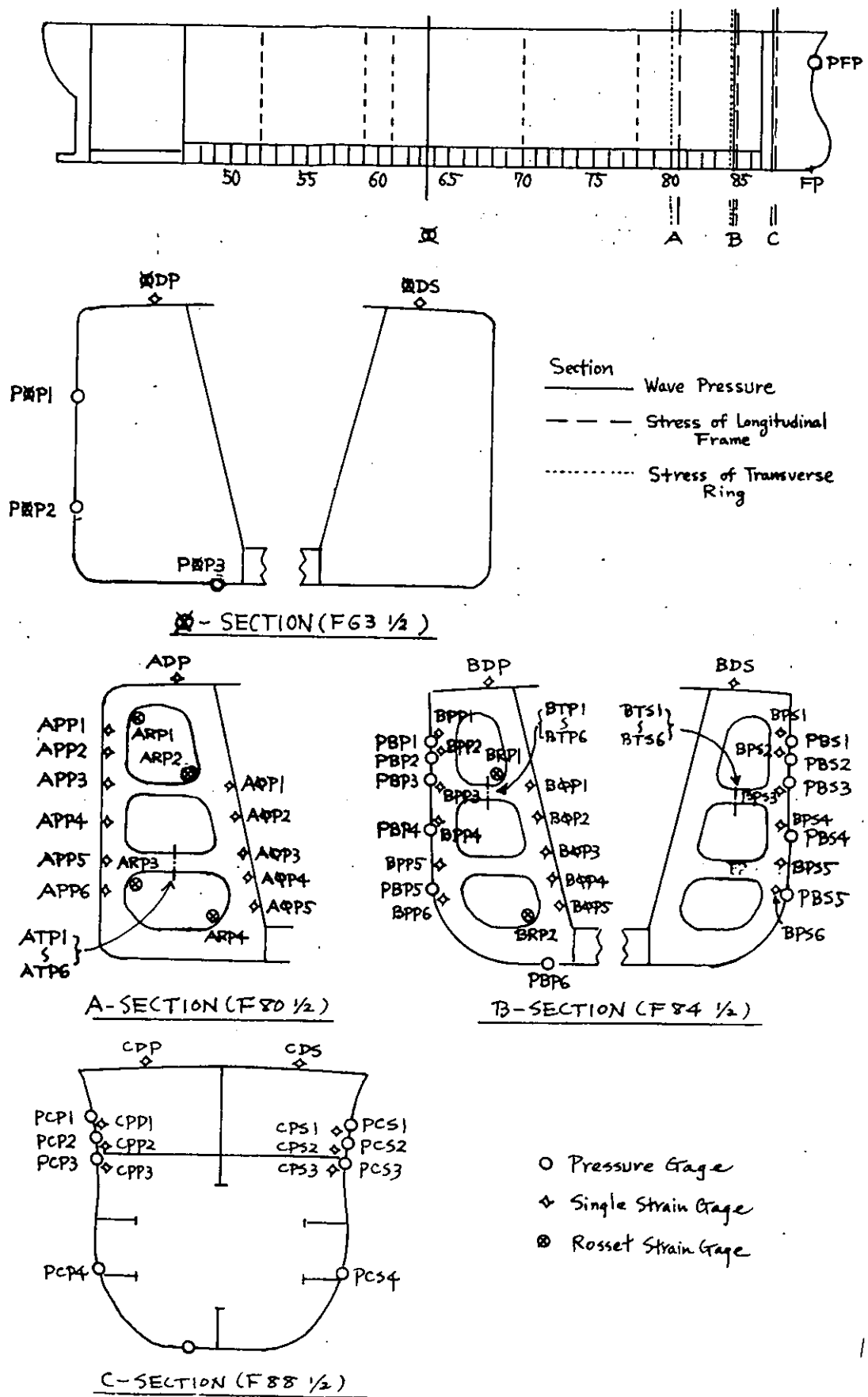


図2.3.6 水圧計および歪ゲージ配置

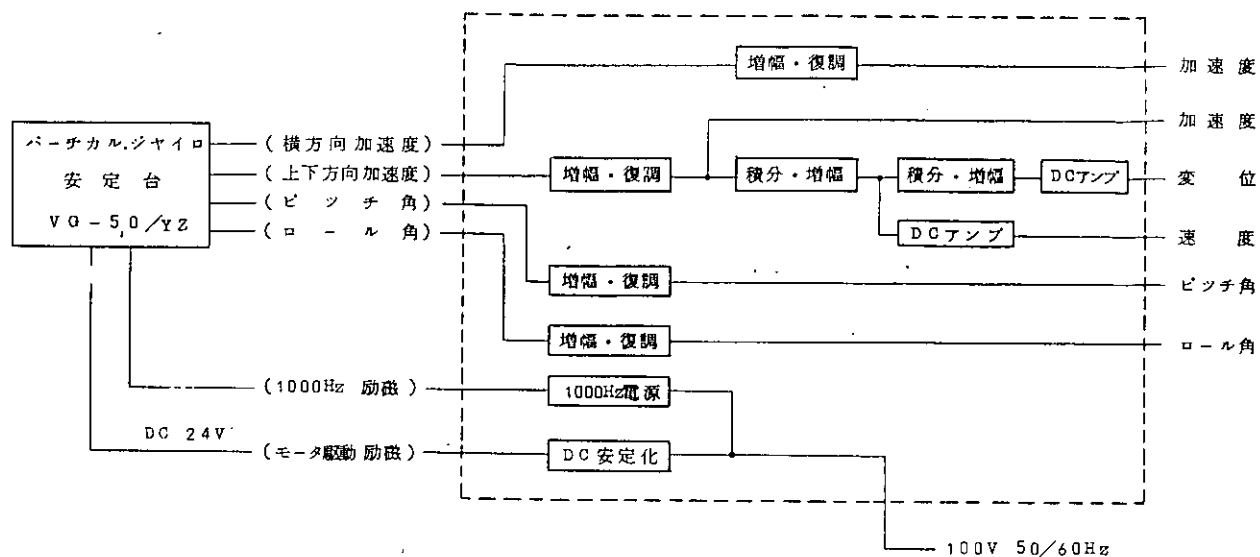


図2.4.5 船体運動計測装置ブロック図

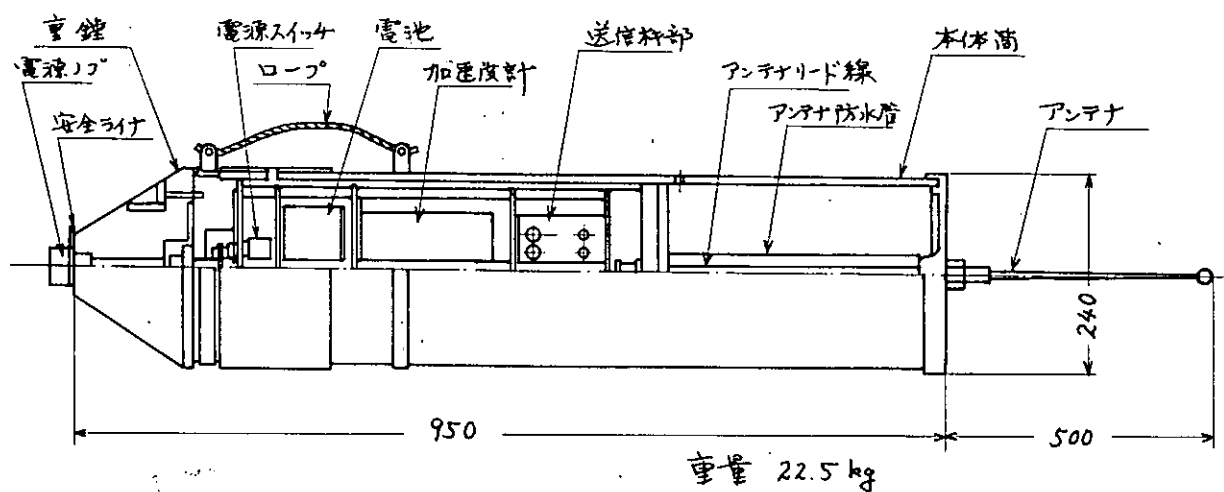


図2.4.6 投込式波高計 (方1次計測)

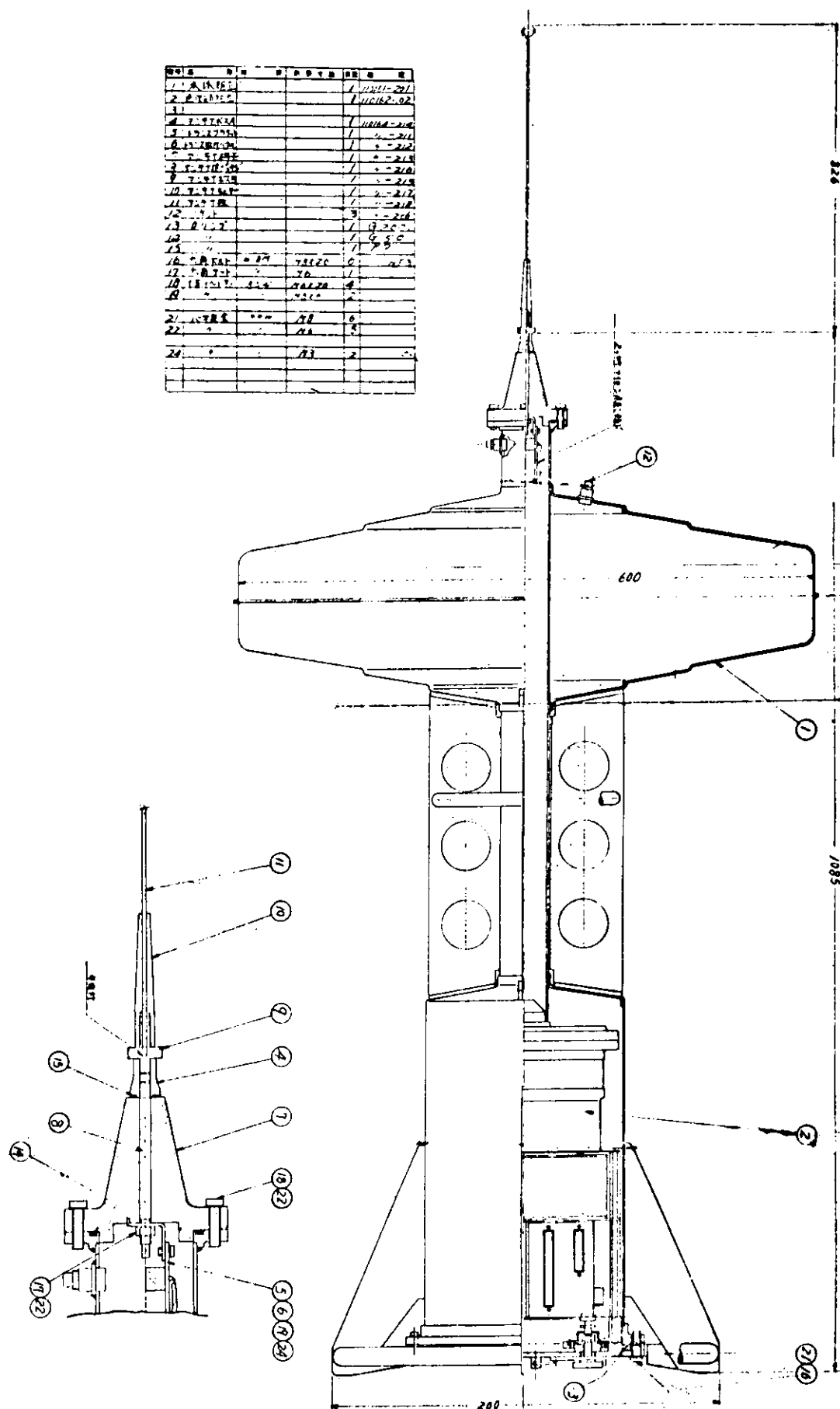


图 2.4.7 投达式浪高计 (第2~第5次计型)

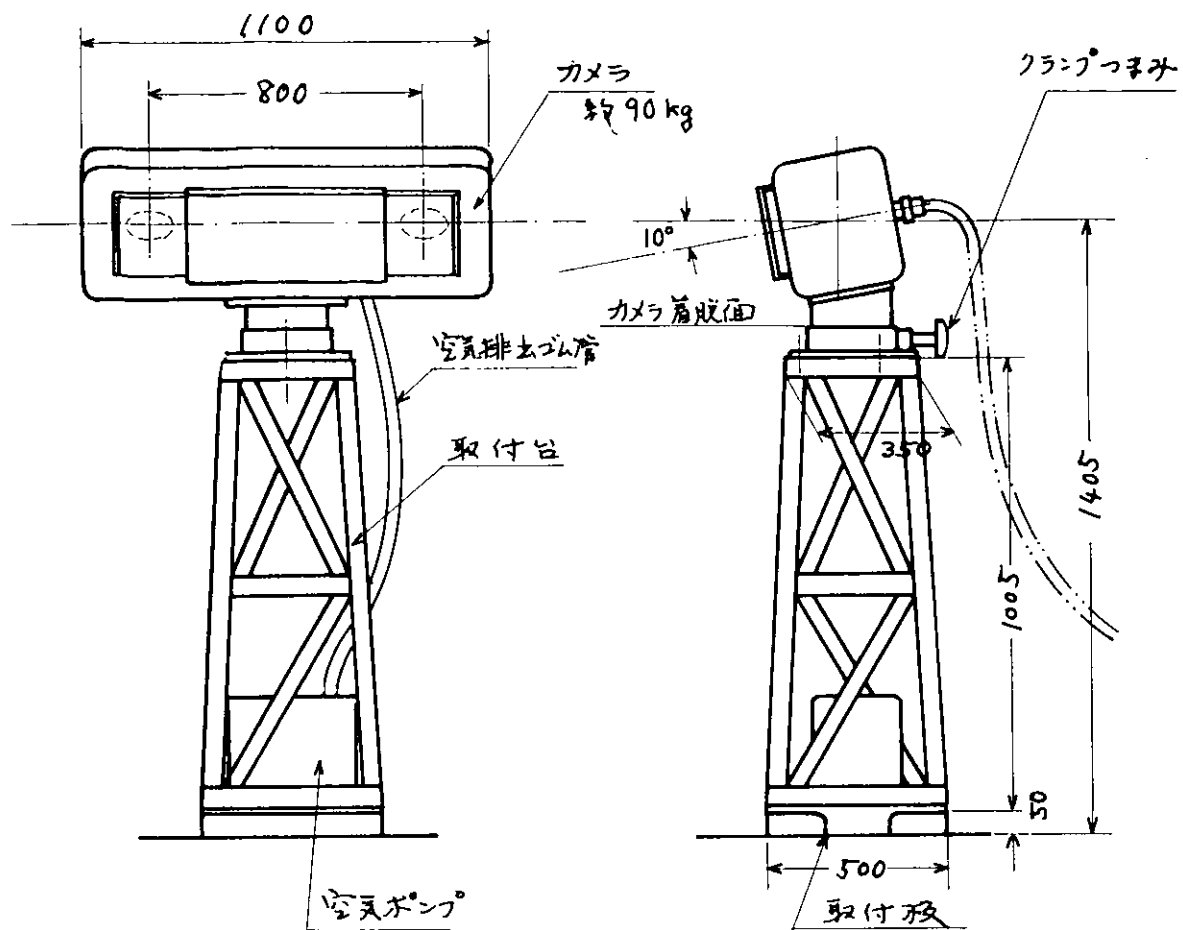


図 2.4.8 ステレオカメラ

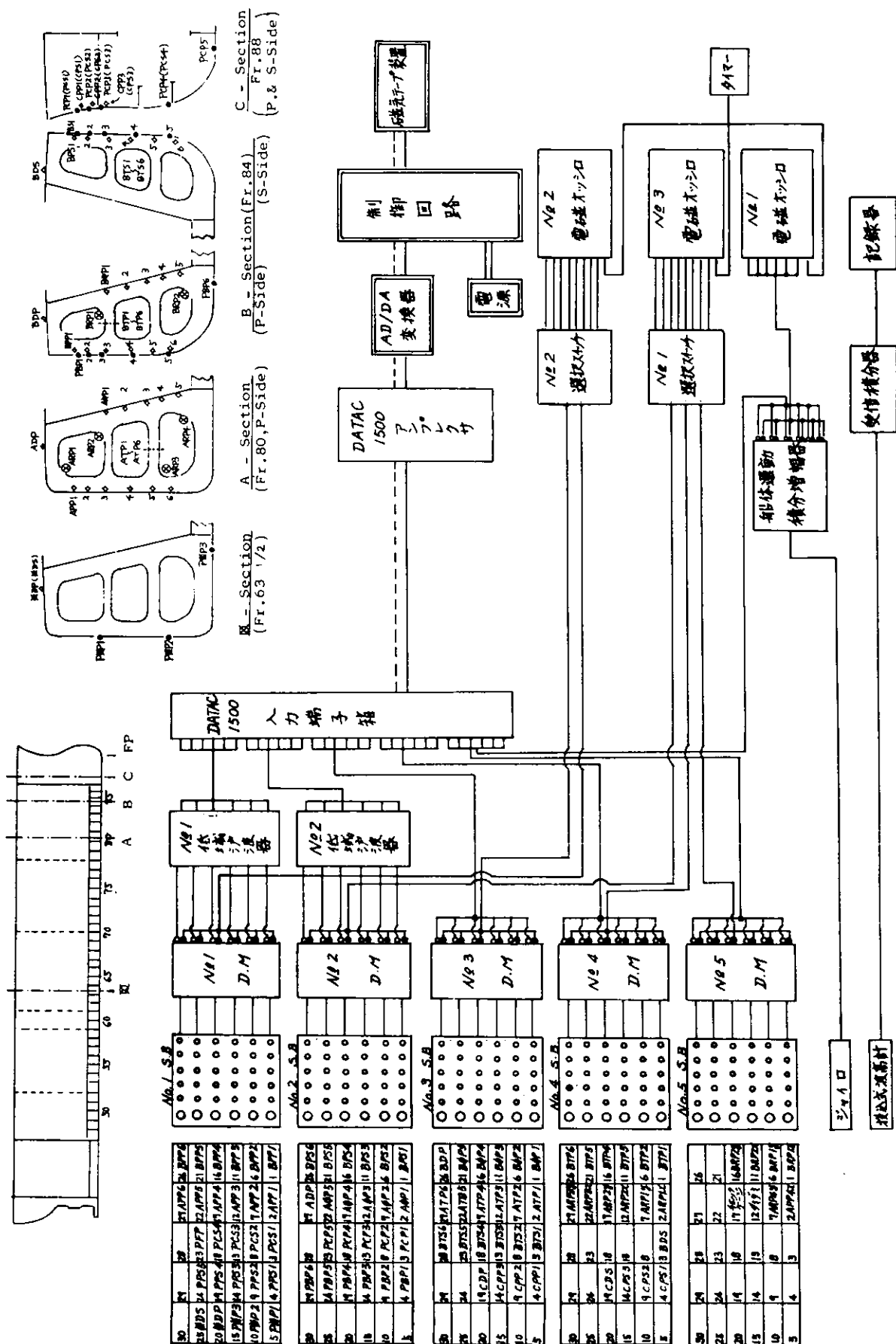
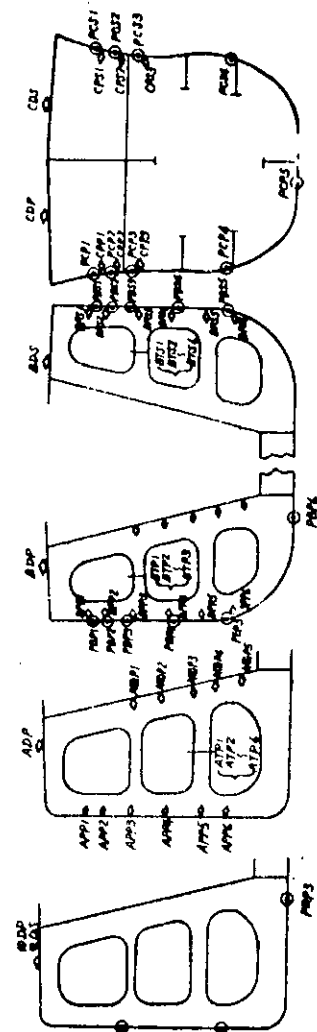


図 2.5.1 計測ブロックダイヤグラム

表 2・5・1 波浪荷重計測主要目

計 測 方 法				解 析 方 法	
計測種類	計測対象	計測項目	計測点	計測種類	使用計器
波浪荷重	衝撃荷重	圧力波形	① ② ③ ④ ⑤ ⑥	定時計測	電磁オシロスコープ (FMステレオグラフ)
		圧力同時発生領域	○ ○ ○ ○ ○ ○	○	衝撃圧力の波形及び継続時間を読む。 1回の計測の衝撃圧力最大値頻度分布を求める。
	非衝撃荷重	同時分布	○ ○ ○ ○ ○ ○	○	水圧計と歪計の比較 ある瞬間の圧力分布及び断面毎の同時分布
		頻度分布	○ ○ ○ ○ ○ ○	○	断面毎の同時分布
鉱石圧力	積載荷重	積載時	○ ○ ○ ○ ○ ○	○	DATA C
		降揚時	○ ○ ○ ○ ○ ○	○	DATA C
	動荷重		○ ○ ○ ○ ○ ○	○	DATA C
船体応力	頻度分布		○ ○ ○ ○ ○ ○	○	鉱石の変動圧力を求める
			○ ○ ○ ○ ○ ○	○	長期分布及び短期分布を求める
波浪計測				○	ロケット波高計 ステレオカメラ
船体運動計測				○	動揺計

- (注) ① 船側部水圧計
 ② 船底部水圧計
 ③ 船側外板付 Long 歪計
 ④ 校通隔壁付 Long 歪計
 ⑤ Strut 歪計
 ⑥ Upper Transverse Ring Corner 歪計



DE - SEC (P-side) F804 - SEC (P-side) F804 - SEC (S-side) F804 - SEC

表3.1.1 海象气象观测记录 (第1次计划)

日期	天气	浪			风			能见度 (km)	气压 (hPa)
		波高 (m)	周期 (s)	浪向	风速 (m/s)	风向	浪高 (m)		
2月17日	晴	2	1	20	2	100	3	4	15.9
2月18日	雾	2	1.5	30	2	100	4	8	15.2
2月19日	雾	2	1.5	20	2	100	4	8	15.4
2月20日	晴	3	2.5	50	3	100	4	5	15.5
2月25日	雾	2	2	30	2	100	2	3	15.3
2月26日	雾	1	0.5	30	1	100	3	5	15.4
2月27日	雾	2	2	100	2	100	4	6	15.4
2月28日	晴	2	2	100	2	100	4	8	15.2
3月1日	晴	2	2	130	2	100	2	4	15.4
3月2日	晴	3	3	100	3	100	3	4	15.9
3月3日	雾	1	1	100	1	100	4	5	15.9
3月4日	晴	1	1	50	1	50	4	5	15.9
3月5日	晴	1	1	100	1	100	4	7	15.6
3月6日	晴	1	1.5	100	1	100	4	7	15.6
3月7日	晴	2	2	100	2	100	3	7	15.4
3月8日	雾	2	2	50	2	50	1	3	15.1
3月9日	雾	2	1.5	50	2	50	5	5	15.2
3月10日	雾	2	2	50	2	50	5	6	15.3
3月11日	快晴	2	1.5	50	2	50	5	6	15.3
3月12日	晴	3	2.5	50	3	50	6	6	15.4
3月13日	晴	2	1.5	50	2	50	4	5	15.4
3月14日	晴	2	1.5	50	2	50	5	6	15.3

日期	天气	浪			风			能见度 (km)	气压 (hPa)
		波高 (m)	周期 (s)	浪向	风速 (m/s)	风向	浪高 (m)		
1月28日	晴	3	3	30	3	100	5	10	16.0
1月29日	雾	3	2	30	3	100	5	12	15.9
1月30日	雾	3	2	30	3	100	3	5	15.2
1月31日	雾	6	3	50	6	100	7	9	15.0
2月1日	快晴	5	3	40	5	100	7	15	16.2
2月2日	晴	4	3	20	4	100	5	10	16.2
2月3日	雨	4	4	30	4	100	6	15	16.3
2月4日	晴	4	3	30	4	100	6	12	15.0
2月5日	快晴	3	2	50	3	100	2	3	15.0
2月6日	雾	3	2	50	3	100	3	4	15.7
2月7日	晴	2	2	30	2	100	0	0	16.5
2月8日	晴	1	1	50	1	100	3	4	15.5
2月9日	快晴	3	2	30	3	100	4	5	15.6
2月10日	快晴	2	2	30	2	100	4	6	15.5
2月11日	晴	1	1	30	1	100	4	10	15.4
2月12日	晴	2	1	70	2	100	3	6	15.5
2月13日	雾	1	1	50	1	100	2	3	15.3
2月14日	雾	2	2	30	2	100	4	7	15.2
2月15日	雾	3	2	30	3	100	4	10	15.1
2月16日	快晴	2	2	30	2	100	3	7	15.4
2月17日	晴	2	2	30	2	100	4	8	15.9

表 3.1.1 海象气象观测记录 (第 1 次计划) (续)

计划日	天候	浪			风		能见度 (km)	700h 能见度 (km)
		浪高 (m)	浪向	浪速 (m/s)	风向	风速 (m/s)		
3月16日	晴	2	1.5	20	3	4	15.0	92.3
3月17日	雪	2	1.5	50	4	7	15.5	112.3
3月18日	晴	1	1	50	4	7	14.6	113.2
3月19日	快晴	2	2.5	100	3	2	14.6	113.2
3月20日	晴	1	1	50	2	3	14.9	113.2
3月21日	快晴	1	1	20	3	4	15.6	113.4
3月22日	晴	1	1	30	4	7	13.8	113.5

表 3.1.2 海象气象观测记录 (第 2 次计划)

计划日	天候	浪			风		能见度 (km)	700h 能见度 (km)
		浪高 (m)	浪向	浪速 (m/s)	风向	风速 (m/s)		
46.6.14	晴	1	1	30	2	3	16	115.5
46.6.15	"	1	1	30	2	3	16.5	116
46.6.16	快晴	4	3	70	3	4	15.5	115
46.6.17	"	3	2	60-70	2	4	16.2	116
46.6.18	晴	1	0.5	15	3	5	16.6	115.3
46.6.19	晴	1	1	200	3	3	14.5	115
46.6.20	晴	1	1	15	3	4	16.0	115.5
46.6.21	"	2	1	15	3	4	16.1	115.1
46.6.22	快晴	3	1.5	30	4	3	16.5	115.8
46.6.23	"	3	2	40	2	3	15	112.7
46.6.24	"	1	0.8	5	5	6	16	115.7
46.6.25	雨	3	2	40	3	6	13/2	115.7
46.6.26	晴	1	0.3	5	1	1	15/4	115.7
46.6.27	"	1	0.4	20	2	3	15	115.7
46.6.28	晴	1	0.7	15	2	3	15	115
46.6.29	晴	2	1	25	1	2	15	115
46.6.30	"	2	1.3	40	3	4	14/2	115.2
46.7.1	晴	2	1	25	3	5	14.5	115.8

表3.1.3 海象氣象觀測記錄 (第3次針測)

計測日	天候	うねり				風				風		加圧 自來水 (kPa)
		波高		周期	波の向き	階級	周期	波の向き	階級	波の向き		
		階級	高さ									
往	7月15日	晴	1	2.0	8	30°	0	—	0	0	0	16.56/15.7
"	7月16日	晴	4	3	40	9	60°	5	5	9	60°	16.41/15.3
"	7月17日	曇	7	4	40	9	120°	8	5	9	90°	16.25/15.0
"	7月18日	曇	5	3.5	60	9	80°	6	4	5	30°	14.38/12.9
"	7月19日	曇	2	1.3	25	6	15°	3	3	4	20°	14.42/15.3
"	7月20日	曇	2	1.0	15	5	60°	2	3	6	30°	16.21/15.5
"	7月21日	快晴	1	0.6	8	4	60°	1	2	6	40°	17.08/15.7
"	7月22日	快晴	2	1.0	40	7	40°	1	2	2	10°	17.19/15.5
往	7月23日	快晴	3	2.0	30	9	180°	4	5	8	60°	16.58/15.6
復	7月30日	快晴	2	2	260	20	30°	2	3	3	4	15.30/15.6
"	7月31日	快晴	2	2.5	260	20	30°	1	2	2	2.5	15.04/15.3
"	8月1日	快晴	1	1	20	6	20°	3	5	3	5	14.47/15.6
"	8月2日	晴	—	—	—	—	—	2	3	3	5	15.33/15.4
"	8月3日	晴	2	1	10	6	20°	2	3	3	5	15.63/14.6
"	8月4日	薄曇	3	2.5	40	9	30°	3	4	5	8.6	15.37/15.3
"	8月5日	曇	4	3.5	60	8	180°	4	4	5	9	15.00/15.8
"	8月6日	曇	4	3	80	10	20°	4	5	5	9	14.61/15.6
復	8月7日	快晴	2	1.5	80	7	45°	3	3	4	8	15.17/15.7

表3.1.4 海象氣象觀測記錄 (第4次針測)

計測日	天候	波										風力	加圧 自來水 (kPa)
		うねり					波						
		階級		高さ		周期	うねり		波		周期		
		階級	高さ	階級	高さ		階級	高さ	階級	高さ			
7-12	晴	1	1.0	20	5	1	1	1	2	33	14.85	115.8	
8-13	晴	3	1.5	40	6	4	2	5	9		15.63		
8-14	薄曇	2	1.5	60	9	3	∞	4	8		15.42		
8-15	薄曇	4	2.5	60	5	4	1	5	103		14.47		
8-16	晴	-	-	-	-	1	T<1	2	3		15.18	113.1	
8-17	晴	-	-	-	-	2	1	3	56		16.58	115.9	
8-18	薄曇	-	-	-	-	2	T<1	2	2		15.96	115.5	
8-19	雨	1	0.4	4	8	1	-1	2	3		17.24	115.5	
8-20	雨	3	3	60	6	4	2	5	8		16.12	115.6	
8-21	本曇	3	2.5	50	7	1	1	2	25		14.76	115.6	
8-22	晴	3	2.0	40	7	1	1	2	3		15.39	115.8	
8-23	晴	3	2.5	80	10	2	2	3	4		16.08	115.8	
8-24	本曇	4	2.5	50	6	5	4	6	113		16.04	115.9	
8-25	晴	6	6	100	9	6	5	7	16		15.75	115.2	
8-26	晴	3	2	60	11	3	3	4	7		15.76	115.1	
8-27	快晴	1	1	40	∞	1	T<1	2	2		16.58	115.7	
8-28	晴	3	1.5	150	7	3	2	4	6		14.78	114.1	
8-29	晴	8	1.0	250	10	3	4	4	7		14.56	114.6	
8-30	快晴	3	4	150	8	2	2	2	3		14.20	113.9	
8-31	薄曇	3	2	40	7	3	2	4	8		14.69	115.0	
9-1	本曇	4	3	80	5	2	3	3	55		15.01	114.1	
9-2	晴	3	2	50	7	2	1	2	3		13.81	112.2	
9-3	晴	2	1.5	40	11	2	1	3	4		15.53	115.5	

表 3.1.4 海象氣象觀測記錄(第 4 次計測)(純)

[illegible][illegible]

表 3.1.5 荷重、気象観測記録 (第5次計測)

計測日	天候	波				風				船速 (knots)	加圧 回轉数 (rpm)
		波高 (m)	波長 (m)	周期 (sec)	波向 (°)	波速 (m/sec)	波高 (m)	波長 (m)	波向 (°)		
往	10月11日	1	0.5	6	5	2	2	3	20	10.62	98.0
・	10月12日	3	3	60	7	5	7	12	15	15.04	110
・	10月13日	4	4	150	10	7	7	16	10	11.71	113.1
・	10月14日	1	1	30	10	2	5	75	45	12.88	109.5
・	10月15日	1	0.5	40	10	3	5	4	35	15.92	113.7
・	10月16日	2	0.8	40	10	2	2	3	33	16.29	113.8
・	10月17日	—	—	—	—	1	T<1	1	10	16.23	113.9
・	10月18日	1	0.3	5	2	—	—	—	—	16.67	113.7
・	10月19日	—	—	—	—	3	3	4	7	16.38	113.6
・	10月20日	3	1.5	25	4	4	2	5	9	15.46	113.6
・	10月21日	—	—	—	—	4	2	5	9	14.62	111.6
・	10月24日	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
・	10月25日	2	1	30	00	1	2	4	5	15.0	116
・	10月26日	—	—	—	—	1	T<1	2	2	14.42	113.2
・	10月27日	1	0.2	2	2	—	—	—	—	15.03	113.8
・	10月28日	1	0.6	30	4	1	T<1	2	3	14.36	114.8
・	10月29日	3	1	50	5	2	1	3	4.5	15.13	114.7
・	10月30日	2	1	30	4	2	1	3	5	14.75	114.6
・	10月31日	2	1	40	5	3	1	4	7	14.88	114.5
・	11月1日	3	1.5	70	6	3	2	4	8	14.65	114.5
・	11月2日	3	1.5	40	6	4	3	5	8.5	14.5	114
・	11月3日	5	4	60	7	7	8	20	11	13.92	113.5

表 3.1.6 出港時の本船状態

	第1次計測		第2次計測		第3次計測		第4次計測		第5次計測	
	往航	復航	往航	復航	往航	復航	往航	復航	往航	復航
吃水 (m)	8.60	14.51	6.54	14.85	6.62	15.20	6.50	15.62	6.54	14.53
船首	10.40	15.43	8.31	15.14	8.15	15.09	8.91	16.24	8.24	14.67
船尾	18550	—	13485	—	13160	—	13223	—	17172	—
バラスト重量 (t)	22294	—	16545	—	16360	—	16001	—	16116	—
載重量 (t)	11108	—	7993	—	7695	—	7816	—	7830	—
載重量 (t)	—	32725	—	32393	—	32826	—	34442	—	30683
載重量 (t)	—	38820	—	40973	—	43561	—	45618	—	40383
載重量 (t)	—	30694	—	33834	—	32826	—	34442	—	32309

表 3.6.3 鉛石圧力計測結果 (第3次計測)

NR 2 HATCH 中央断面

計測位置 計測要		縦通隔壁防り材					上甲板
要計測値	圧力	①	②	③	④	⑤	⑥
横断計測	横断前歪計の読値 ($\times 10^{-4}$)	0	0	0	0	0	—
	横断後歪計の読値 ($\times 10^{-4}$)	-6	19	19.5	0	10	—
	縦断修正歪計の読値 ($\times 10^{-4}$)	—	—	—	—	—	—
	真の歪 ($\times 10^{-4}$)	-6	19	19.5	0	10	—
	圧力 (t/m^2)	0	0.92	11.95	0	0.87	—
	水圧変化分 (t/m^2)	0	2.87	6.15	7.79	10.15	—
	鉛石圧 (t/m^2)	—	—	5.80	—	—	—
縦断計測	縦断前歪計の読値 ($\times 10^{-4}$)	0	0	0	0	0	0
	縦断後歪計の読値 ($\times 10^{-4}$)	14	27	-138	-28	6	—
	縦断修正歪計の読値 ($\times 10^{-4}$)	—	—	—	—	—	—
	真の歪 ($\times 10^{-4}$)	14	27	-138	-28	6	—
	圧力 (t/m^2)	—	—	8.45	2.10	—	—
	鉛石圧 (t/m^2)	—	—	—	—	—	—

NR 1 HATCH 中央断面

計測位置 計測要		縦通隔壁防り材					上甲板
要計測値	圧力	①	②	③	④	⑤	⑥
横断計測	横断前歪計の読値 ($\times 10^{-4}$)	0	0	0	0	0	0
	横断後歪計の読値 ($\times 10^{-4}$)	-6.5	296	330	72	430	-45
	縦断修正歪計の読値 ($\times 10^{-4}$)	-19	-9	3	9	17	—
	真の歪 ($\times 10^{-4}$)	-46	305	327	63	413	—
	圧力 (t/m^2)	—	14.71	20.03	4.70	35.83	—
	水圧変化分 (t/m^2)	0	2.87	6.15	7.79	10.15	—
	鉛石圧 (t/m^2)	—	11.90	13.88	—	25.68	—
縦断計測	縦断前歪計の読値 ($\times 10^{-4}$)	0	0	0	0	0	—
	縦断後歪計の読値 ($\times 10^{-4}$)	31	-89	-261	—	-50	—
	縦断修正歪計の読値 ($\times 10^{-4}$)	—	—	—	—	—	—
	真の歪 ($\times 10^{-4}$)	31	-89	-261	—	-50	—
	圧力 (t/m^2)	—	4.31	15.98	—	4.34	—
	鉛石圧 (t/m^2)	—	—	—	—	—	—

— 印計測値不良を示す。

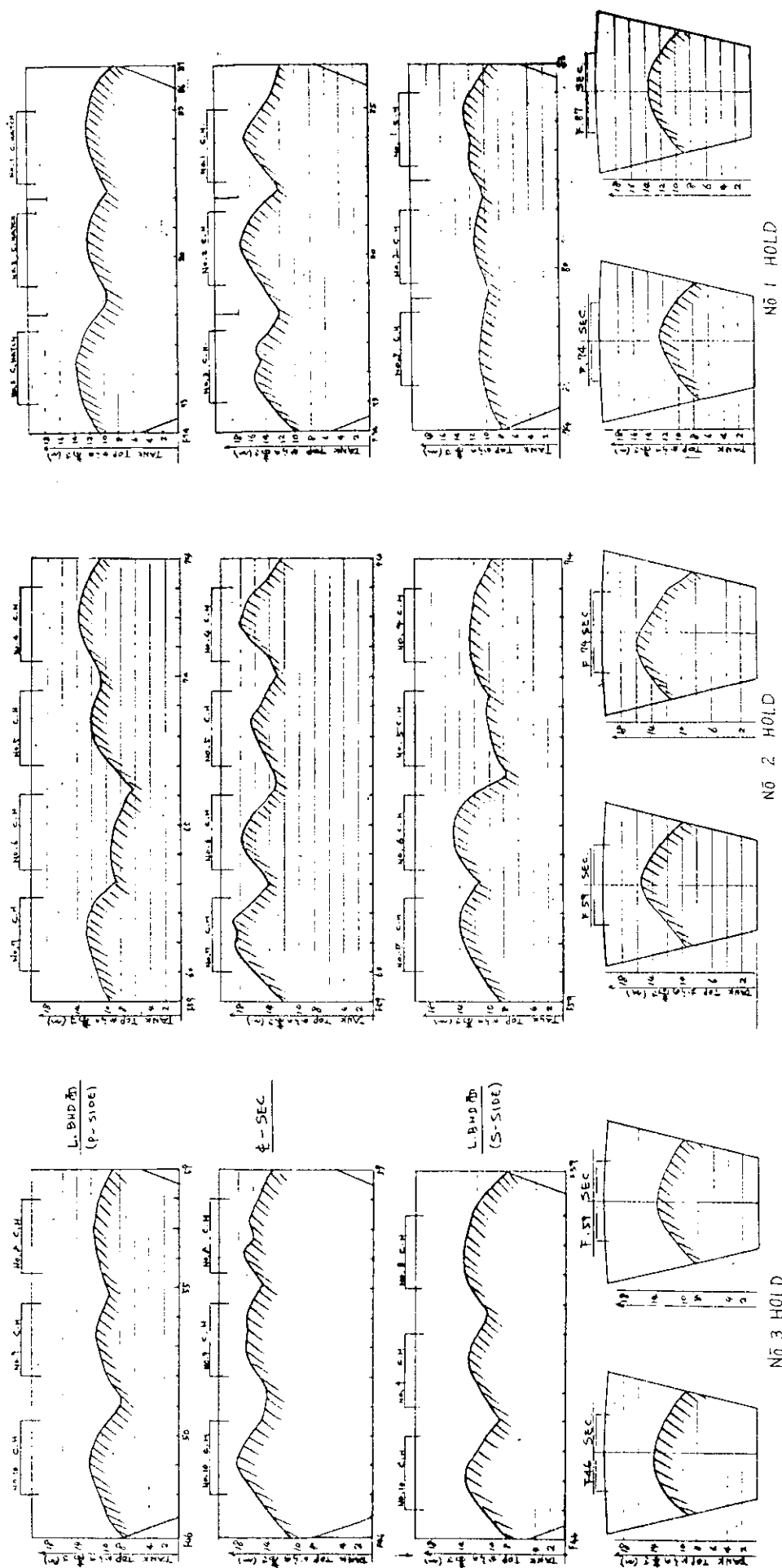
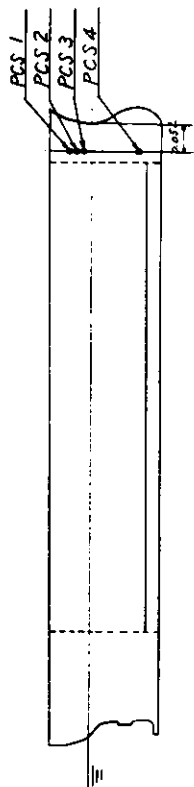


図 3.6.2 磁石横断状況スナップ



年月日	1980年11月3日
计划时间	1时15分
船速	13.92 Knot
风浪情况	7
主机功率	5
主合角	30°

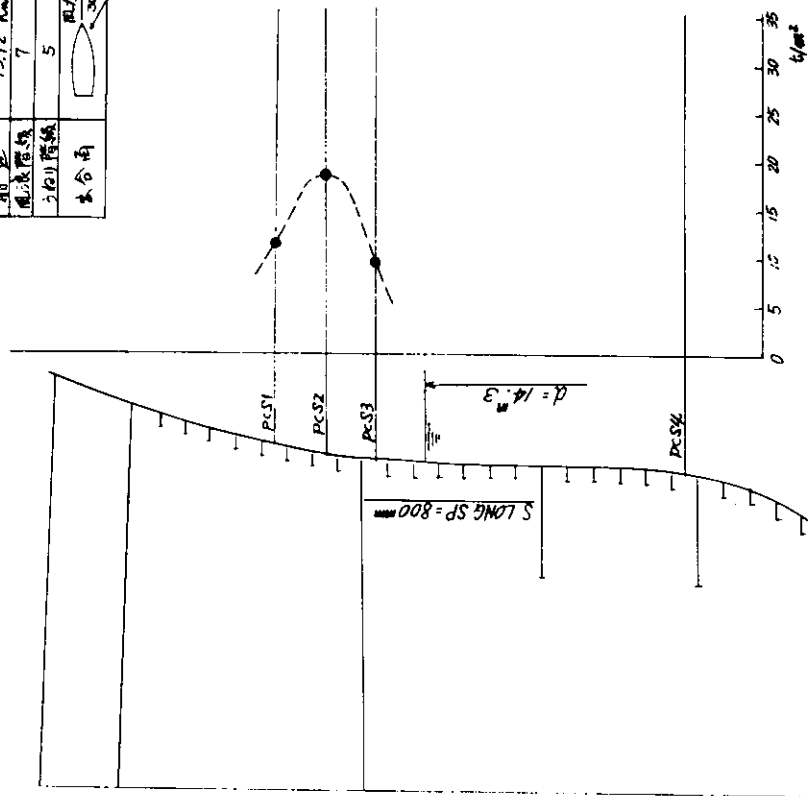
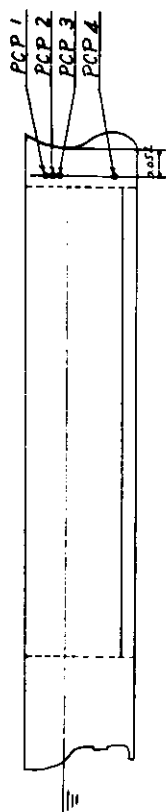


图4-1-3 船首部衡翼压力同时分布 - (2)



年月日	1980年9月20日
计划时间	16时45分
船速	12.55 Knot
风浪情况	5
主机功率	4
主合角	40°

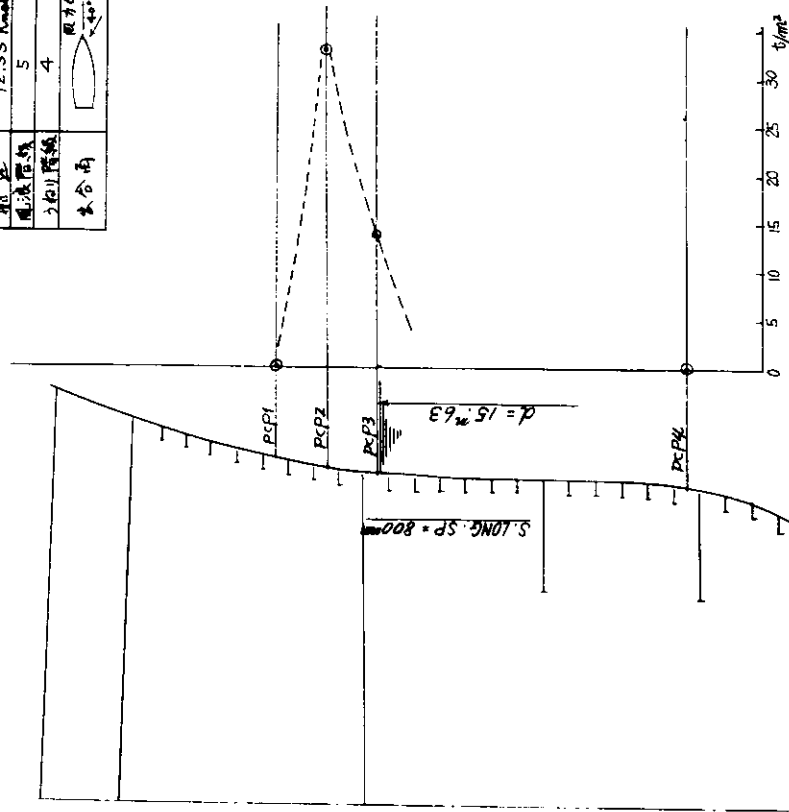
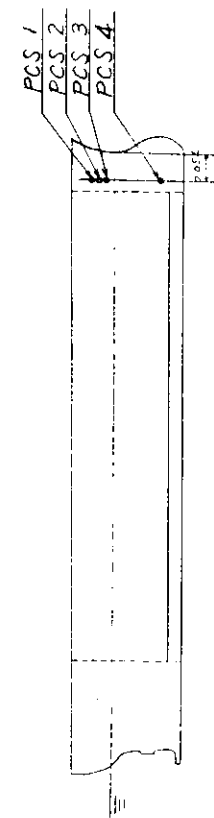


图4-1-2 船首部衡翼压力同时分布 - (1)



年月日	881048 11月3日
计划时间	1 时 40 分
船速	13.92 Knot
风浪情况	7
观测员	5
主合司	图 28

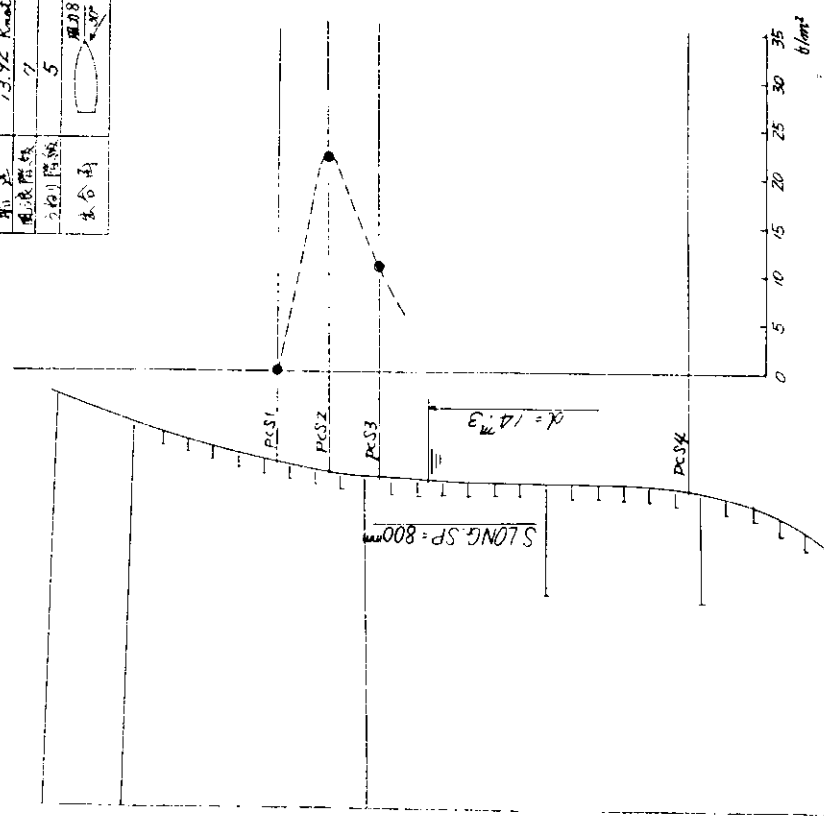
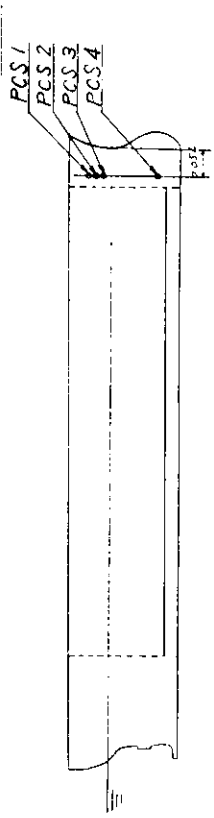


图 4.1.4 船首部衡算压力同时分布 - (3)



年月日	881048 11月3日
计划时间	1 时 00 分
船速	13.92 Knot
风浪情况	7
观测员	5
主合司	图 28

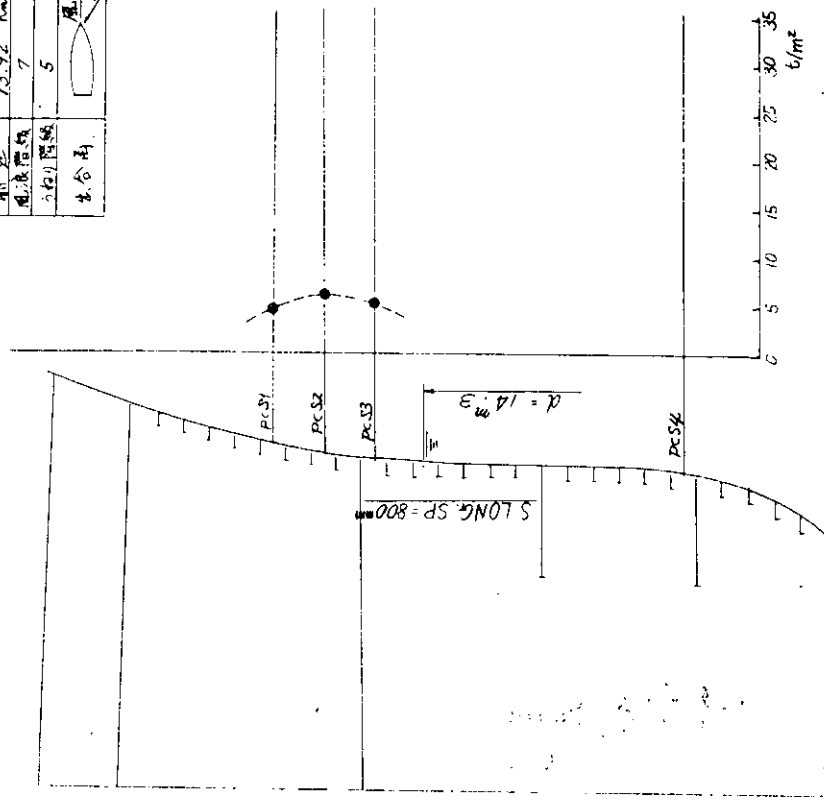


图 4.1.5 船首部衡算压力同时分布 - (4)

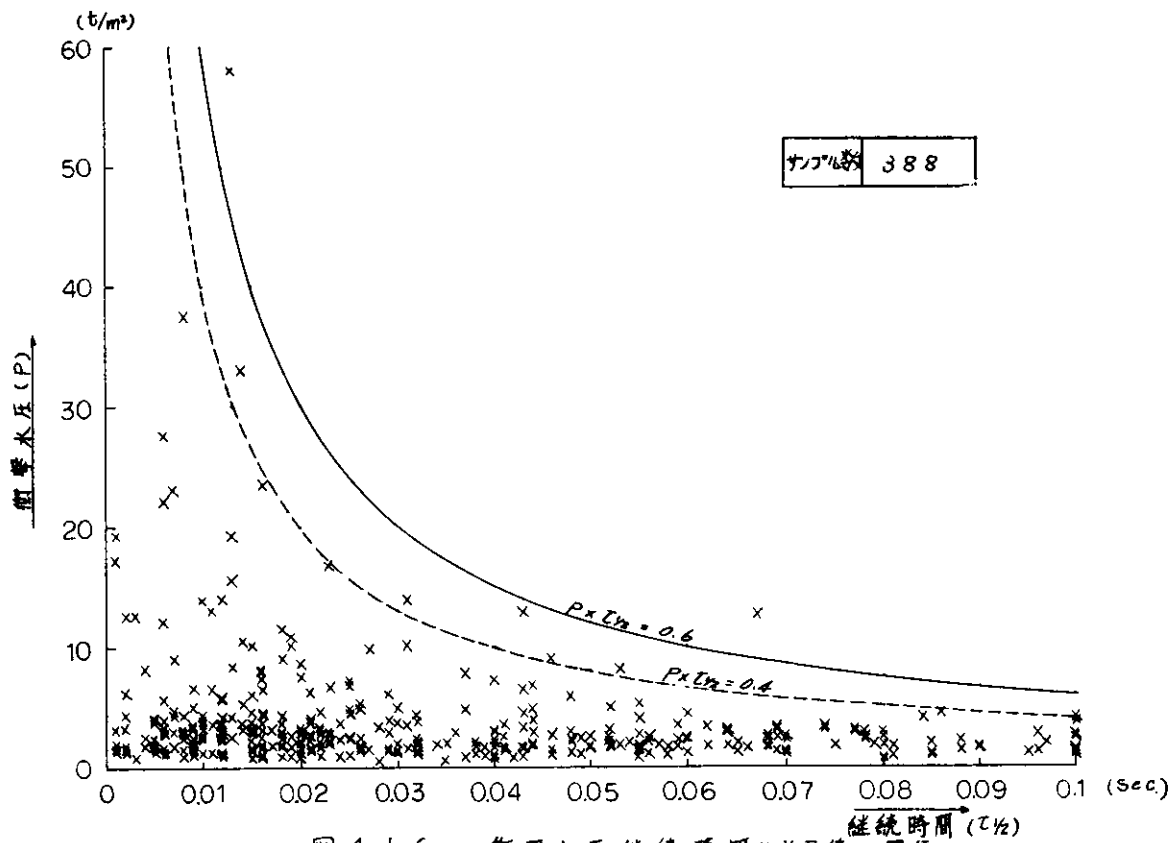


図 4-1-6 衝撃水圧継続時間と水圧値との関係

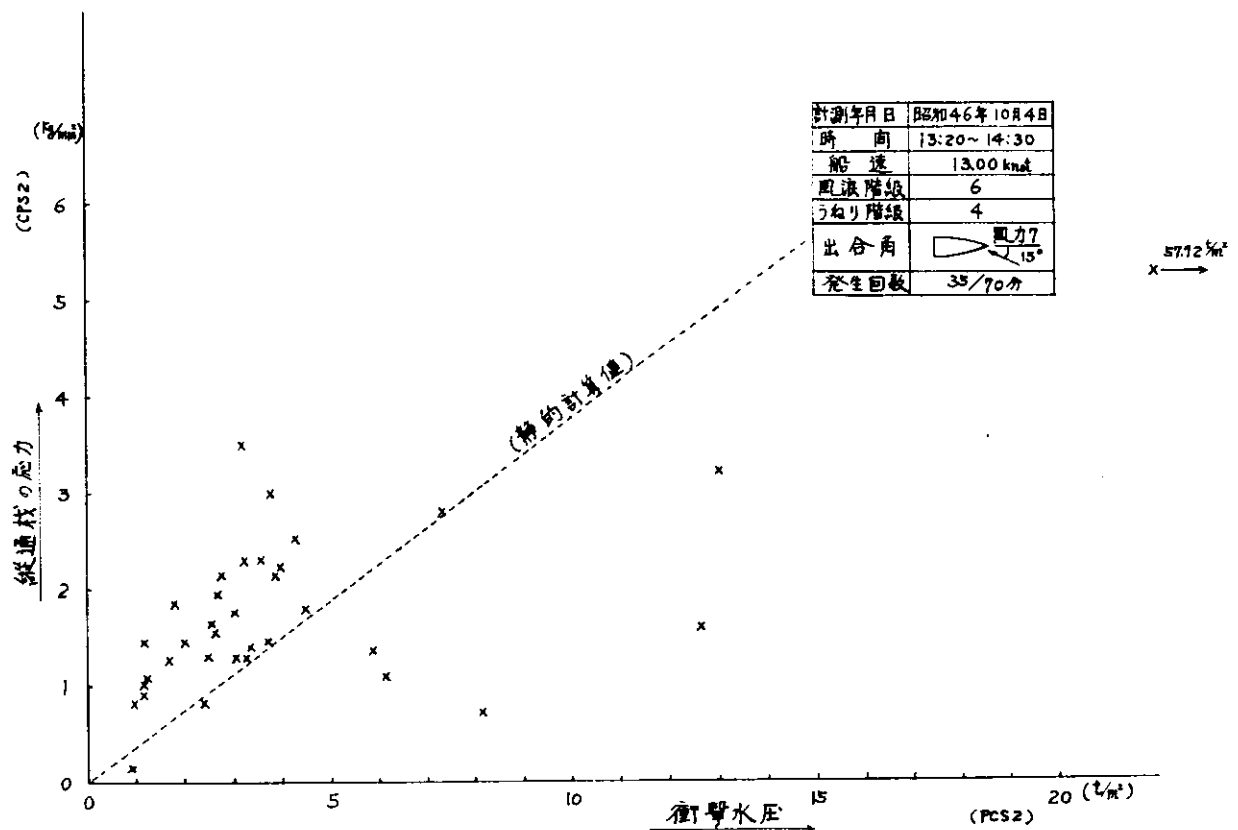


図 4-1-7 衝撃水圧～船体応力図

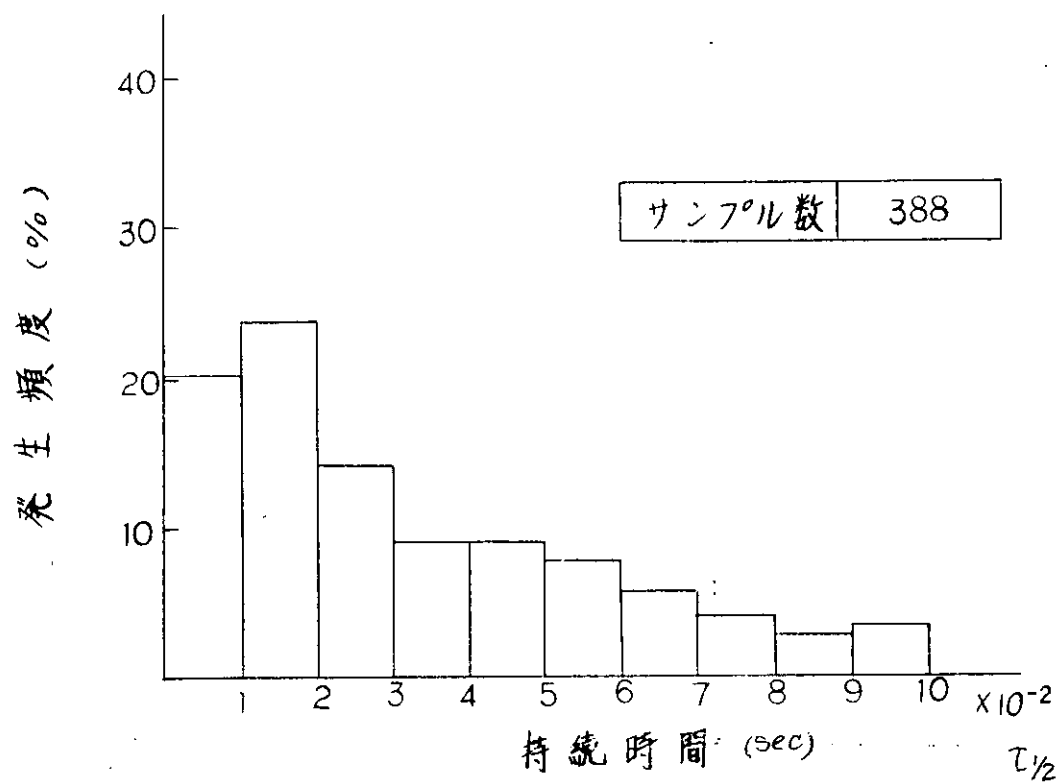


図4.1.8 衝撃水圧持続時間頻度分布

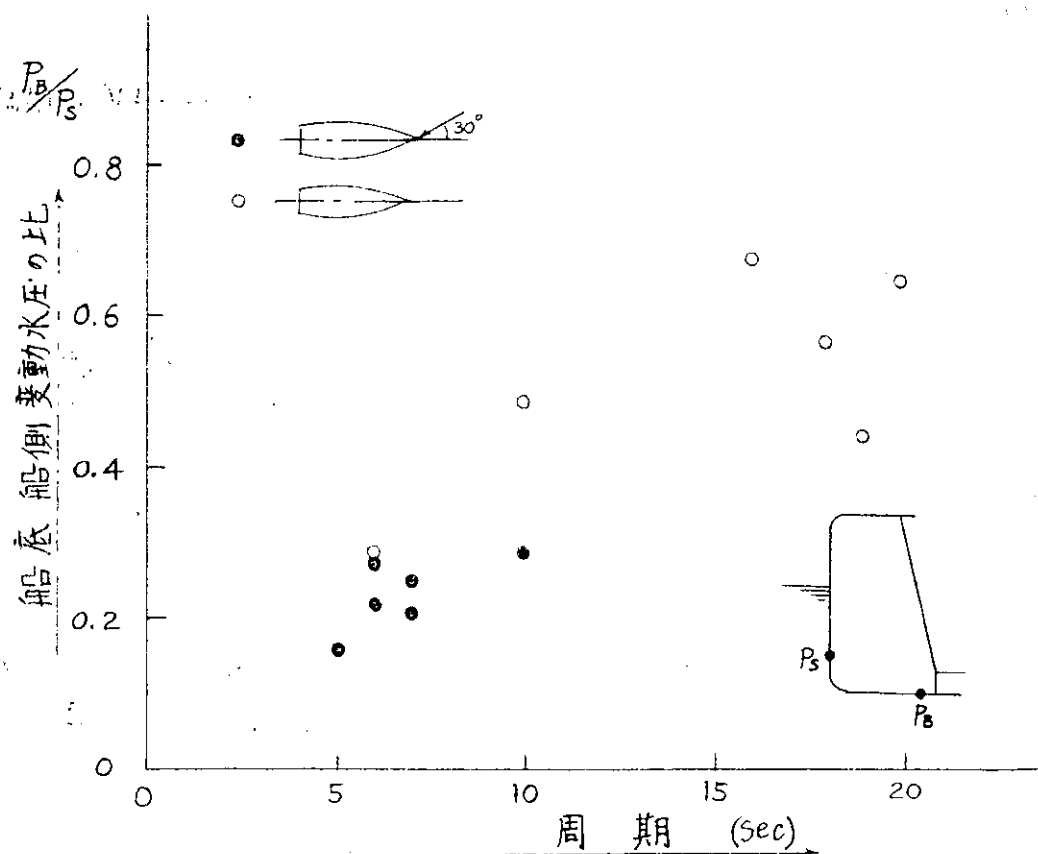


図4.2.1 船底変動水圧と船側変動水圧の比

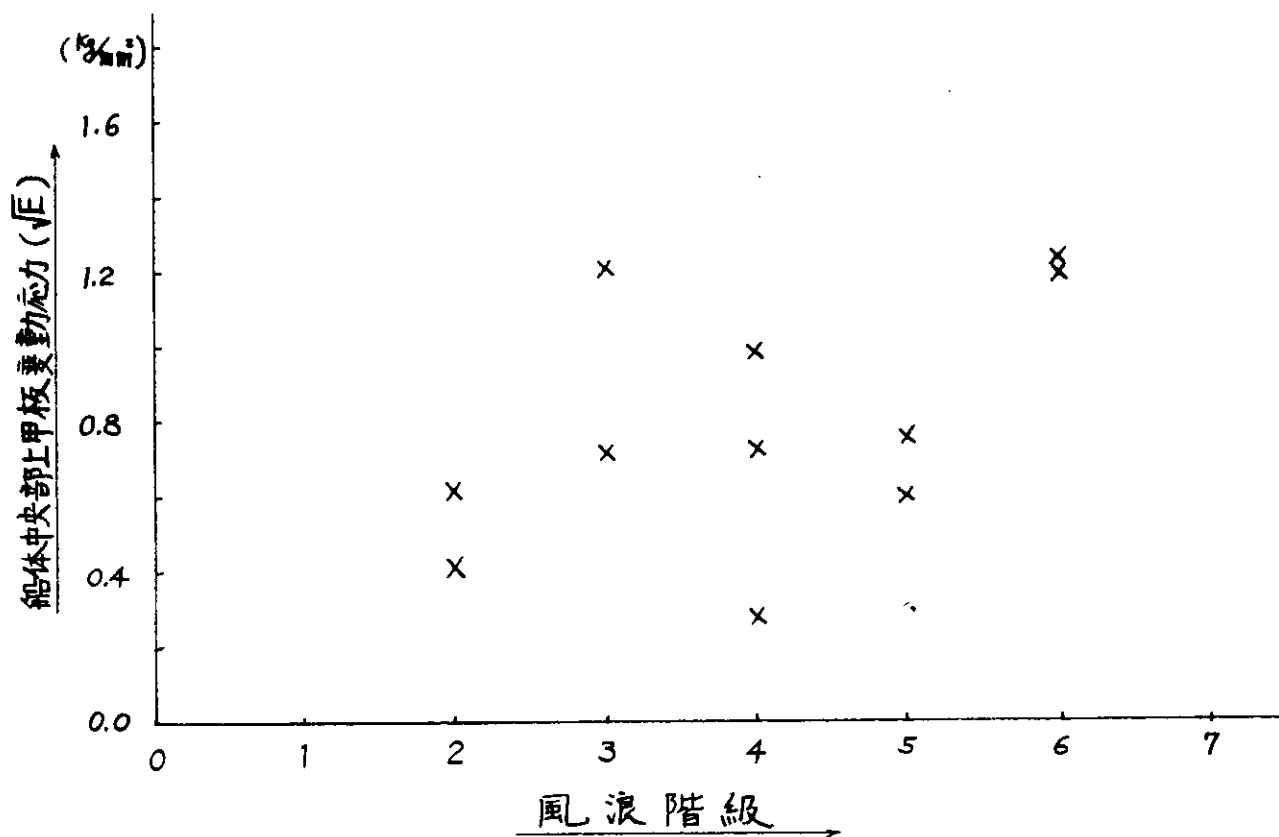


図 4.3.1 上甲板変動応力と風浪階級

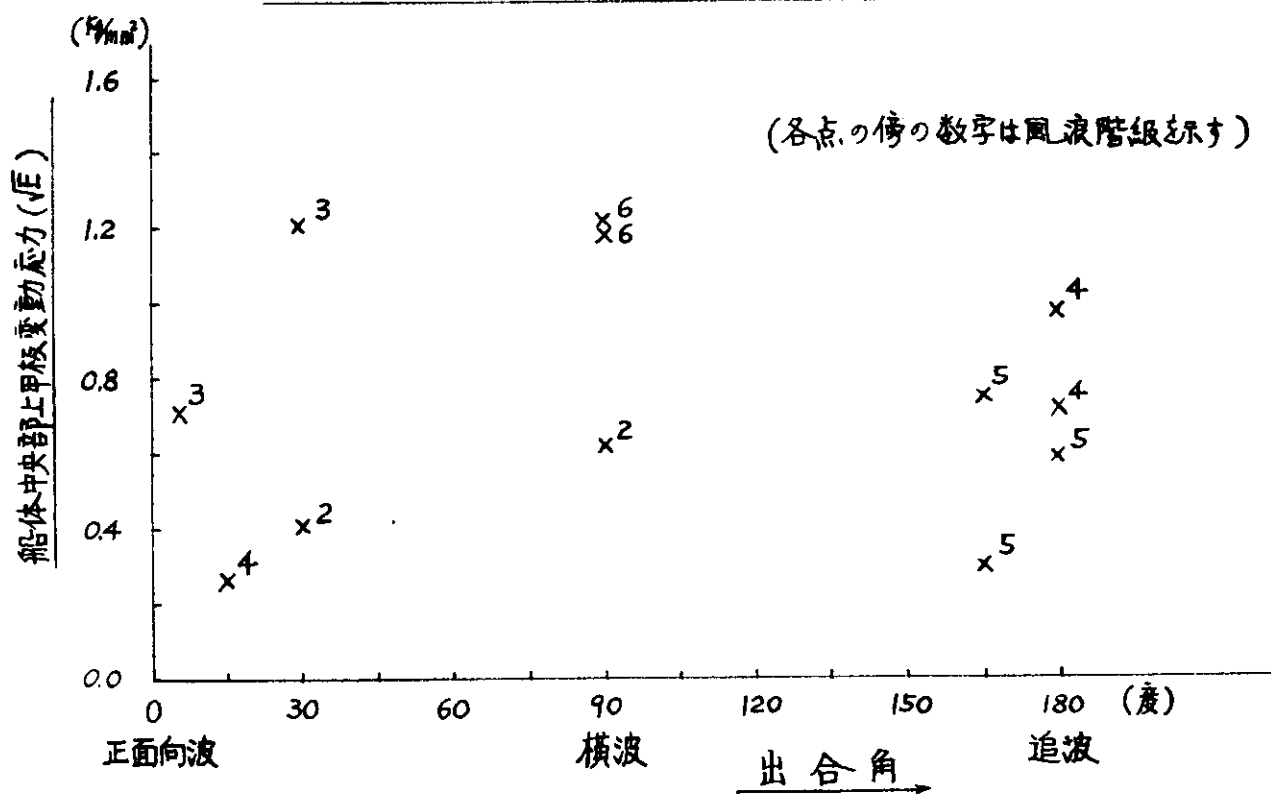


図 4.3.2 上甲板変動応力と出合角

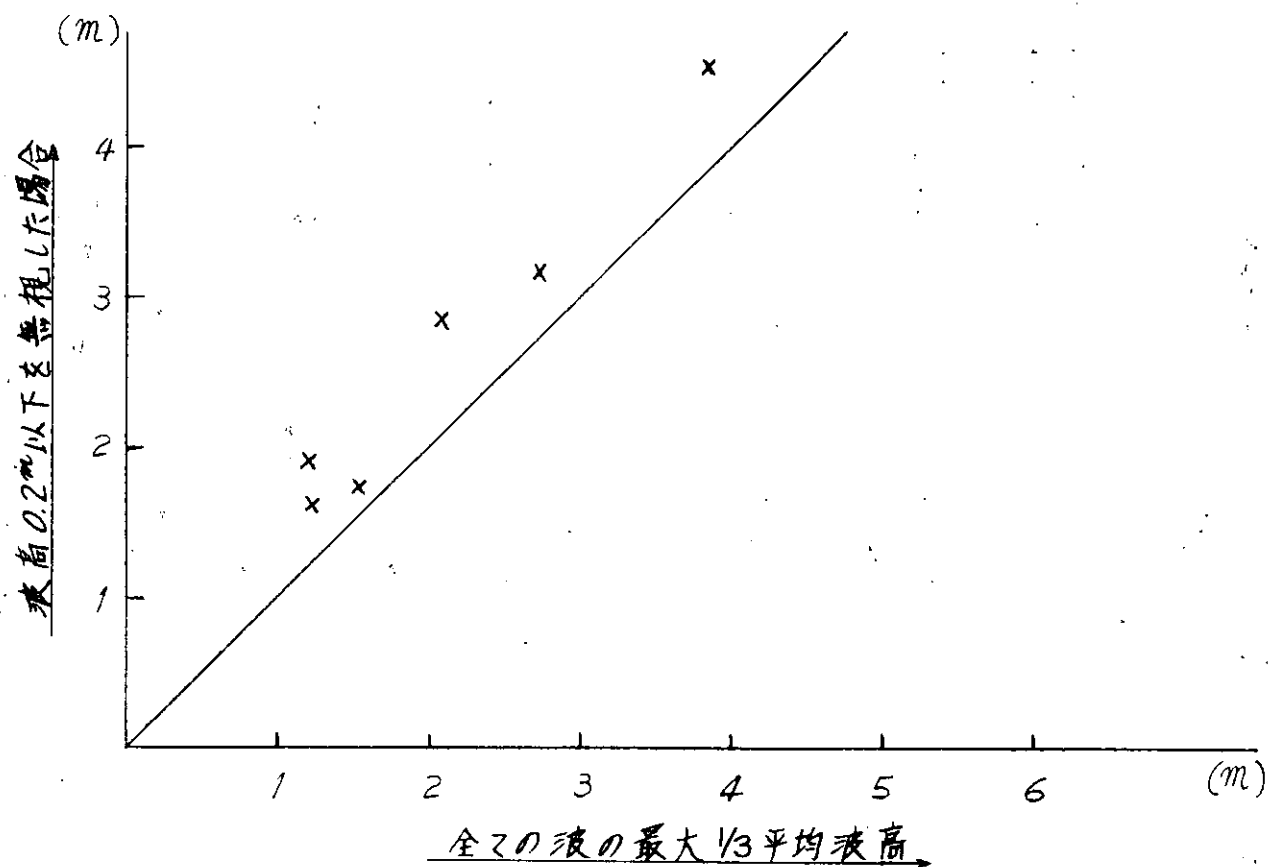


図 4.4.1 最大 1/3 平均 波 高

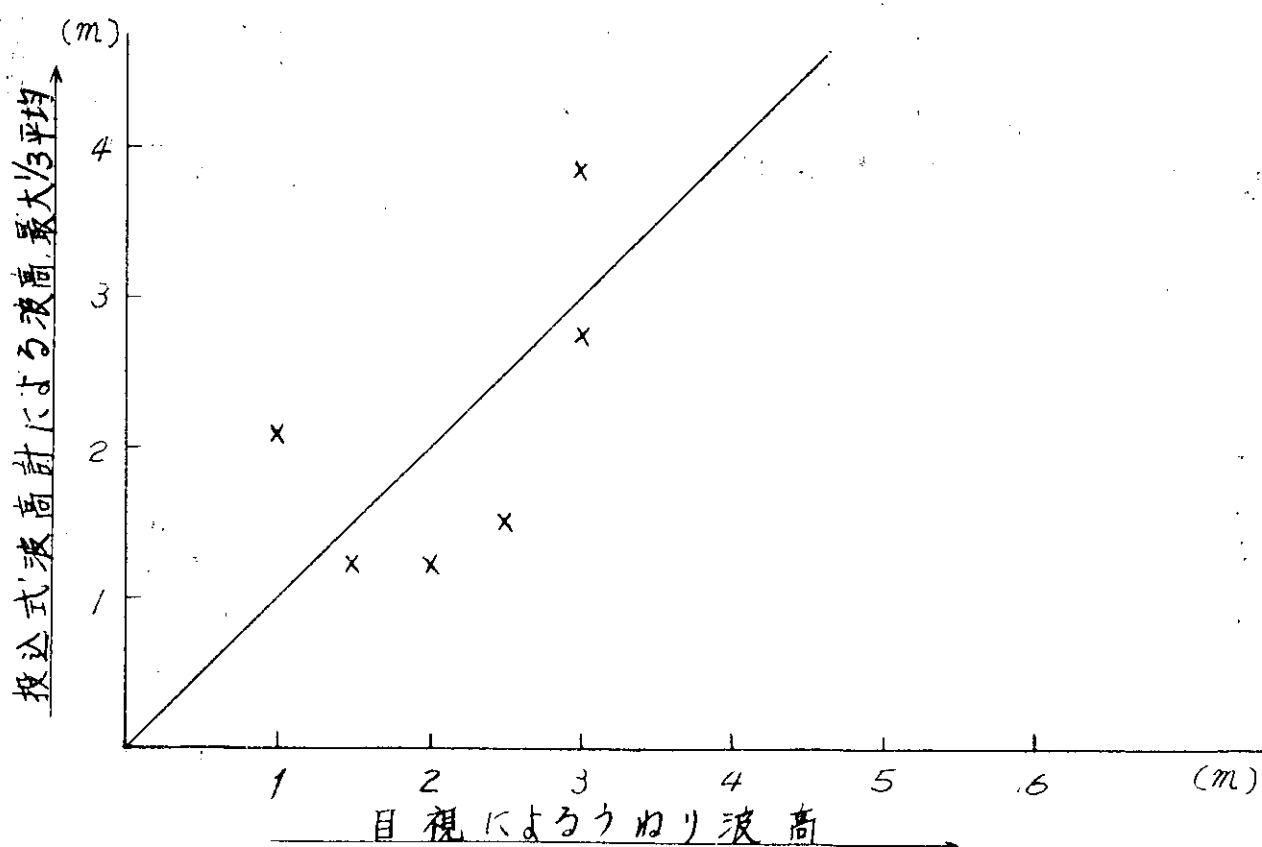


図 4.4.2 波高計による波高と目視波高

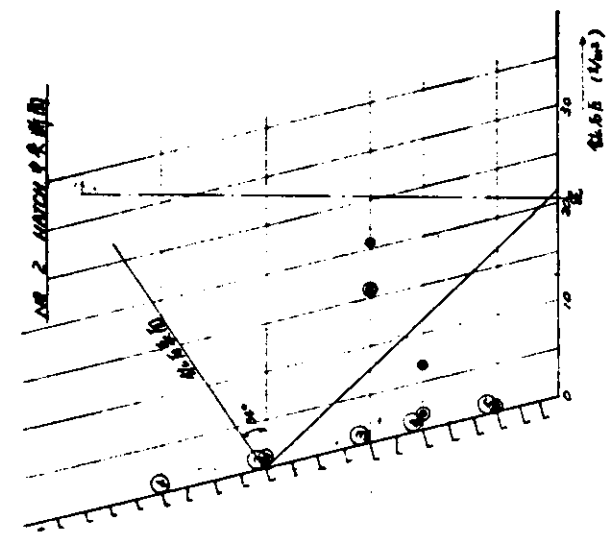


图 4.6.1 静的铅石压力分布(第1次测量)

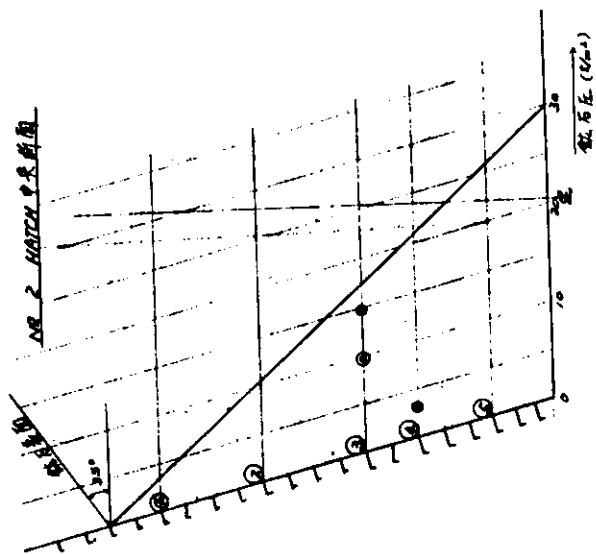


图 4.6.2 静的铅石压力分布(第2次测量)

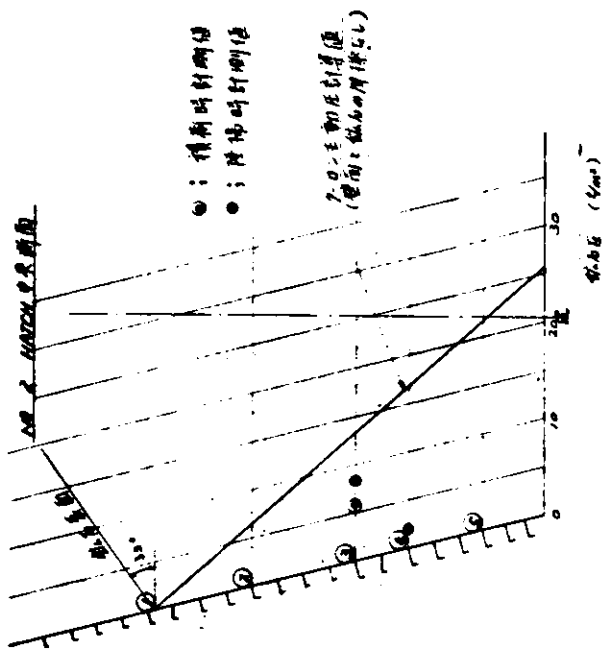


图 4.6.3 静的铅石压力分布(第3次测量)

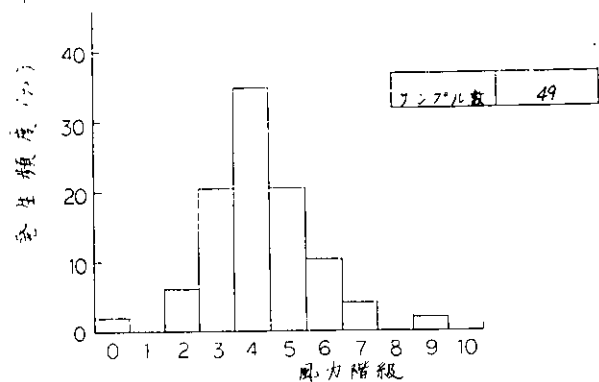
付

録

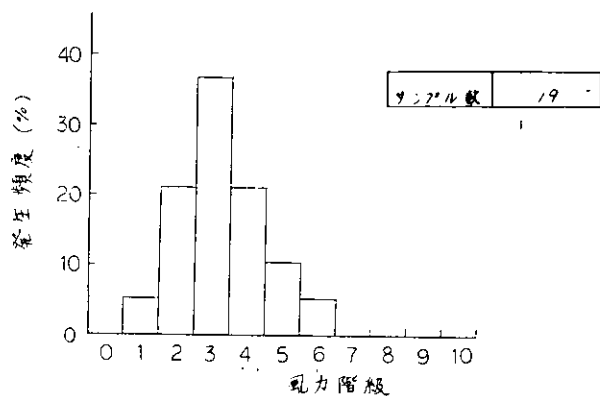
付 録 目 録

	ページ
付録 1.1 風力階級頻度(第1次計測)	69
付録 1.2 : : (第2次 :)	"
付録 1.3 : : (第3次 :)	"
付録 1.4 : : (第4次 :)	"
付録 1.5 : : (第5次 :)	"
付録 1.6 : : (第1~5次計測)	"
付録 1.7 風浪階級頻度(第1次計測)	70
付録 1.8 : : (第2次 :)	"
付録 1.9 : : (第3次 :)	"
付録 1.10 : : (第4次 :)	"
付録 1.11 : : (第5次 :)	"
付録 1.12 : : (第1~5次計測)	"
付録 1.13 うねり階級頻度(第1次計測)	71
付録 1.14 : : (第2次 :)	"
付録 1.15 : : (第3次 :)	"
付録 1.16 : : (第4次 :)	"
付録 1.17 : : (第5次 :)	"
付録 1.18 : : (第1~5次計測)	"
付録 1.19 中央断面上甲板変動応力の短期分布例	72
付録 1.20 B断面上甲板変動応力の短期分布例	"
付録 1.21 ロボット波高計による波高短期分布例	73
付録 1.22 波高短期分布例(波高0.2m以下を無視)	74
付録 1.23 ロボット波高計による波周期分布例	75
付録 1.24 船体動揺の短期分布例(1)	76
付録 1.25 : : (2)	"
付録 1.26 : : (3)	"
付録 1.27 衝撃水圧発生頻度分布例(1)	77
付録 1.28 : : (2)	"
付録 1.29 : : (3)	"
付録 1.30 : : (4)	"
付録 1.31 船体中央船側変動水圧の短期分布例	78
付録 1.32 : 船底 :	"
付録 1.33 B断面船側変動水圧の短期分布例	"

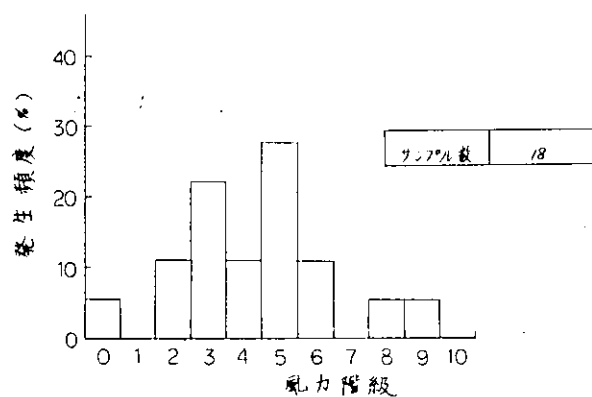
付録 2.28	衝撃水圧波形	98
付録 2.29	衝撃水圧に対する縦通材歪ゲージの応答	99
付録 2.30	船側および船底変動水圧記録例	100
付録 2.31	船体中央部上甲板応力および船底船側の水圧	"



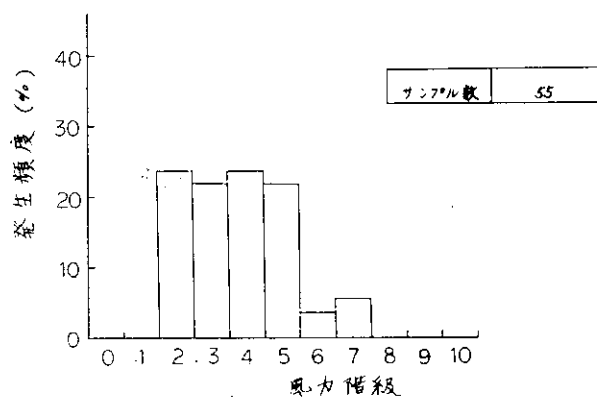
付録1.1 風力階級頻度(第1次計測)



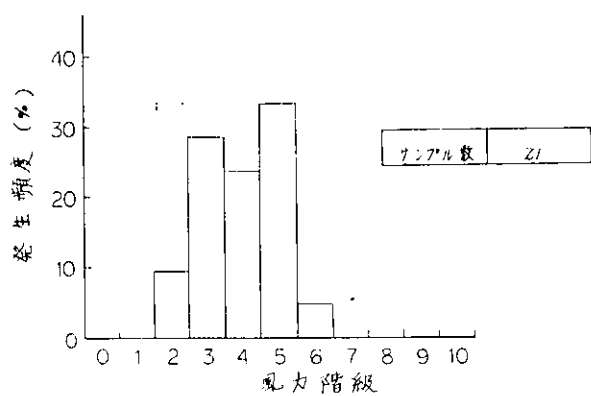
付録1.2 風力階級頻度(第2次計測)



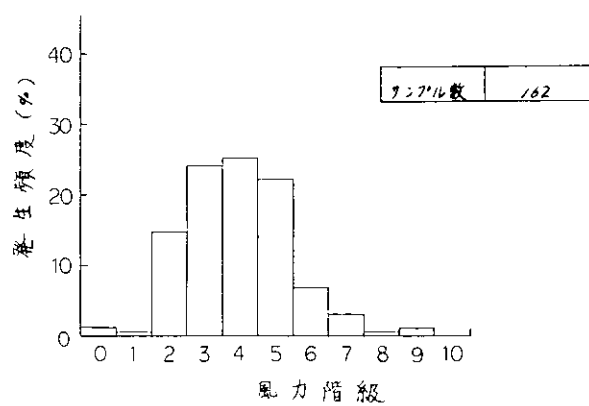
付録1.3 風力階級頻度(第3次計測)



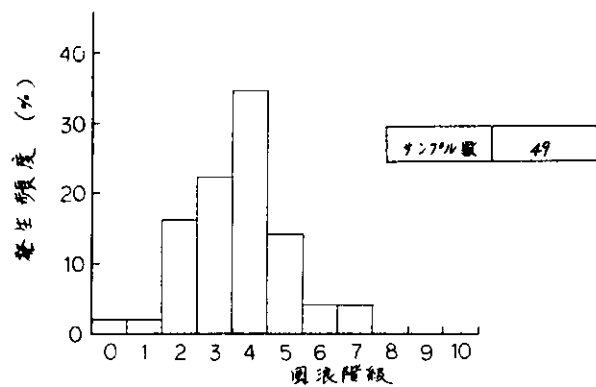
付録1.4 風力階級頻度(第4次計測)



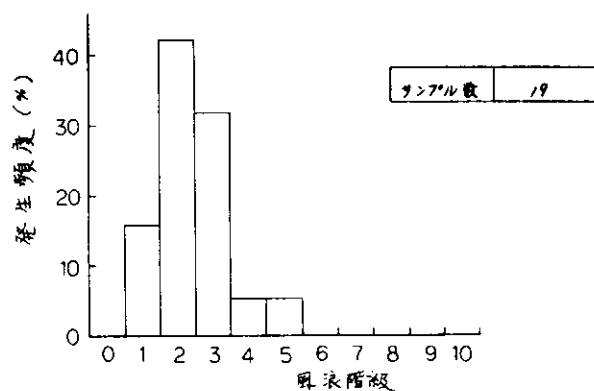
付録1.5 風力階級頻度(第5次計測)



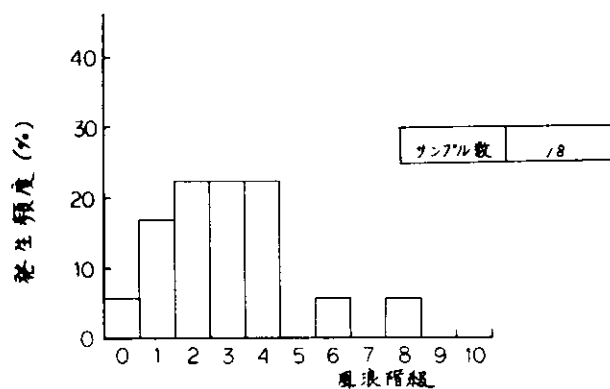
付録1.6 風力階級頻度(第1次~5次計測)



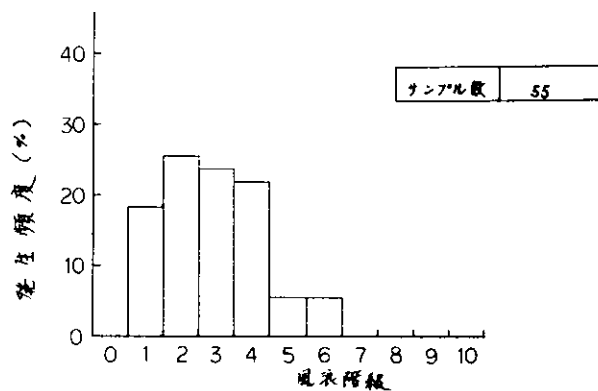
付録1.7 風浪階級頻度 (第1次計測)



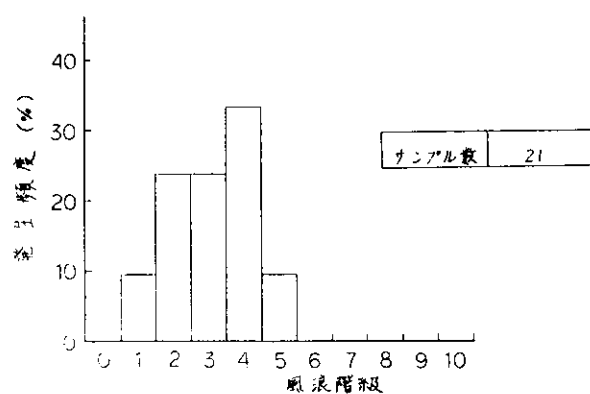
付録1.8 風浪階級頻度 (第2次計測)



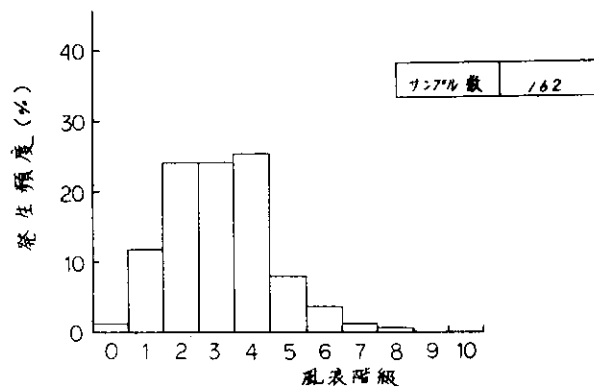
付録1.9 風浪階級頻度 (第3次計測)



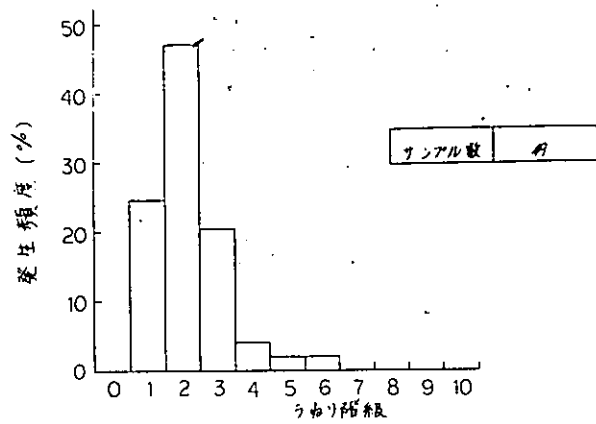
付録1.10 風浪階級頻度 (第4次計測)



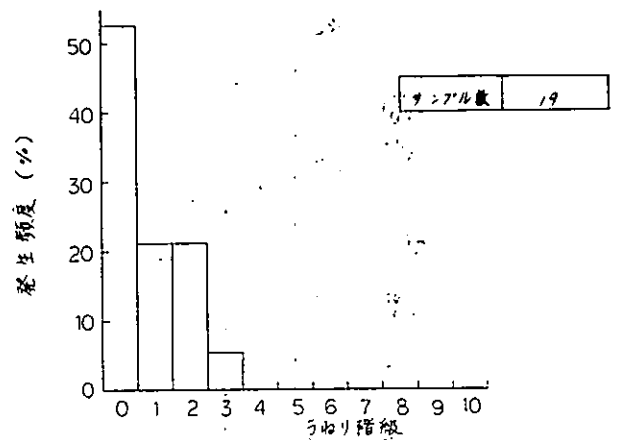
付録1.11 風浪階級頻度 (第5次計測)



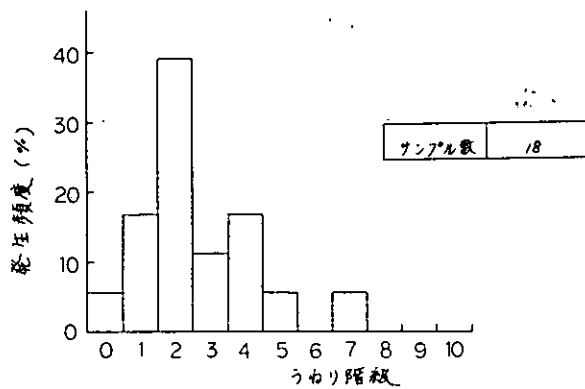
付録1.12 風浪階級頻度 (第1次～5次計測)



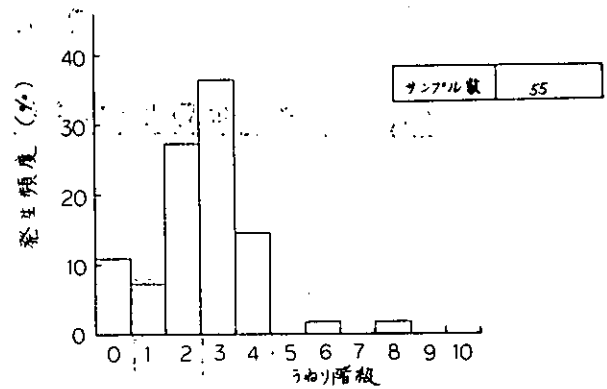
付録 1-13 うねり階級頻度 (第1次計測)



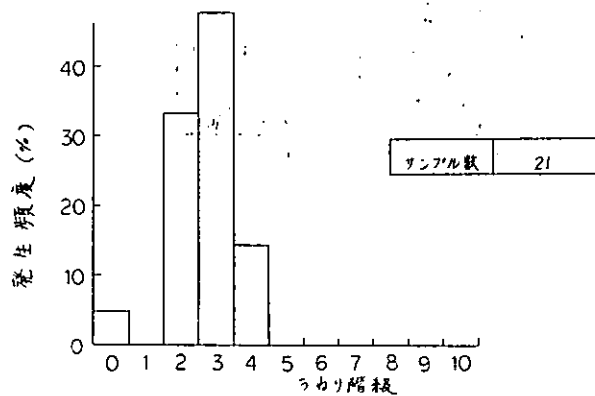
付録 1-14 うねり階級頻度 (第2次計測)



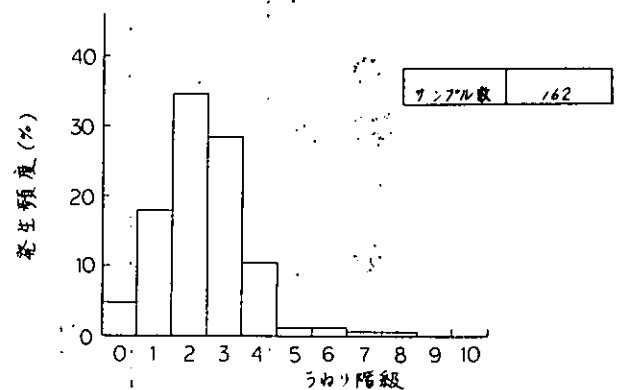
付録 1-15 うねり階級頻度 (第3次計測)



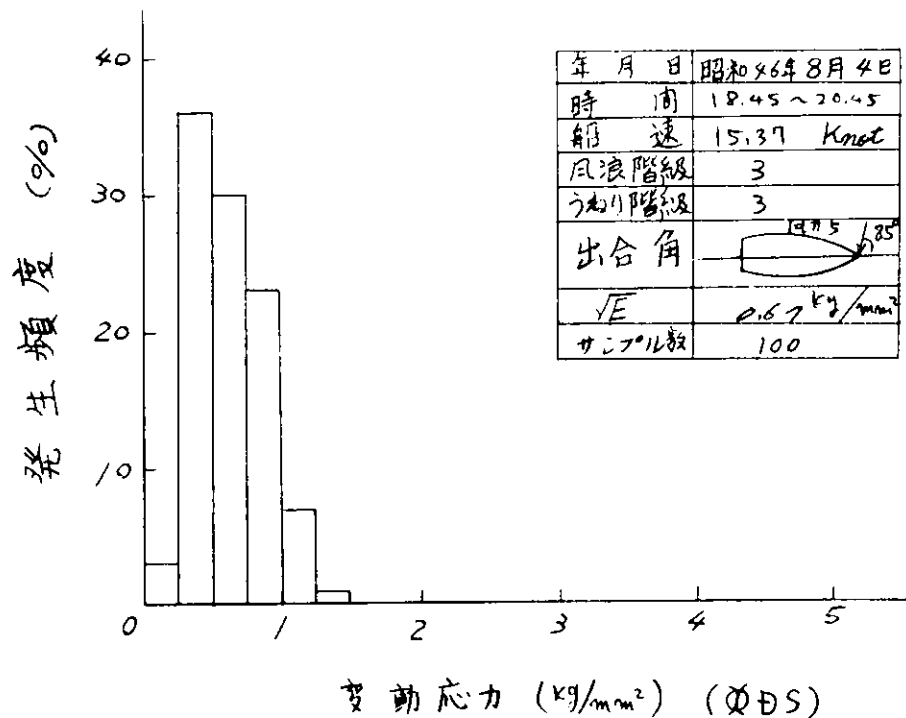
付録 1-16 うねり階級頻度 (第4次計測)



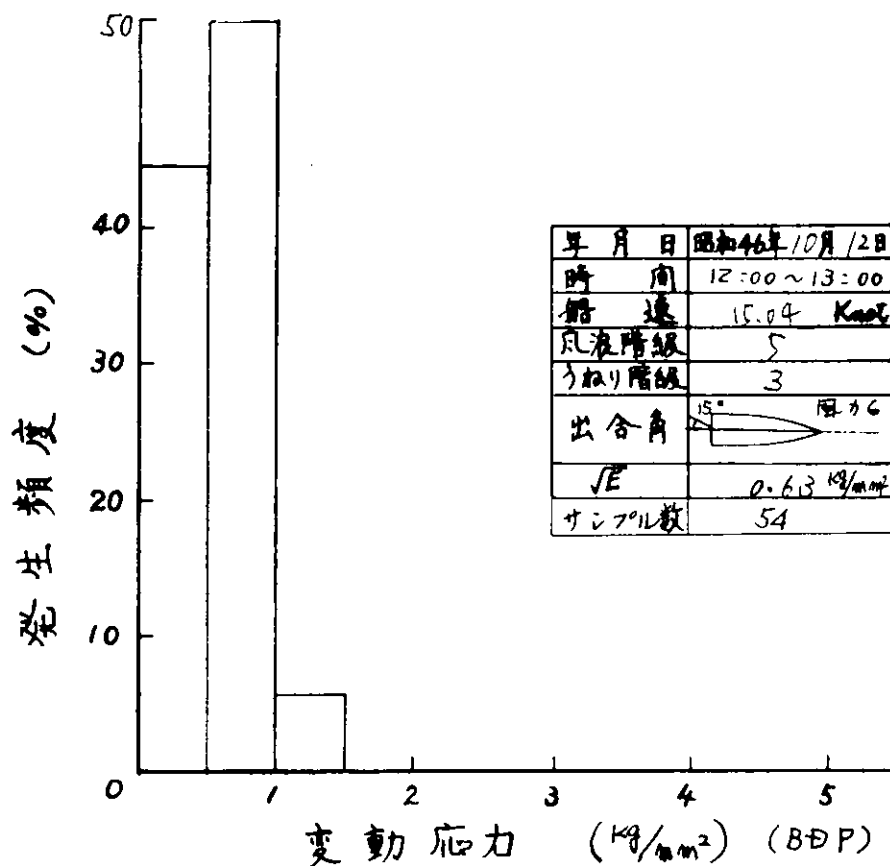
付録 1-17 うねり階級頻度 (第5次計測)



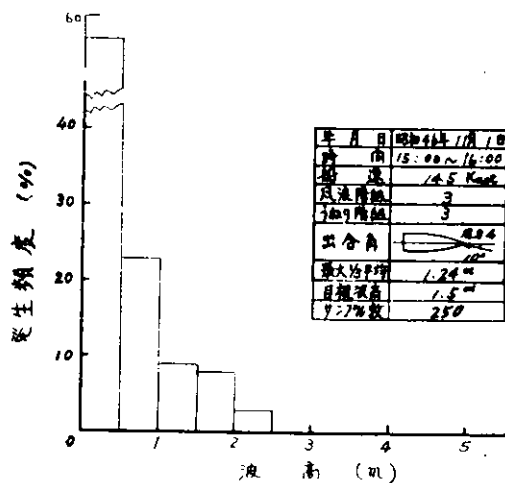
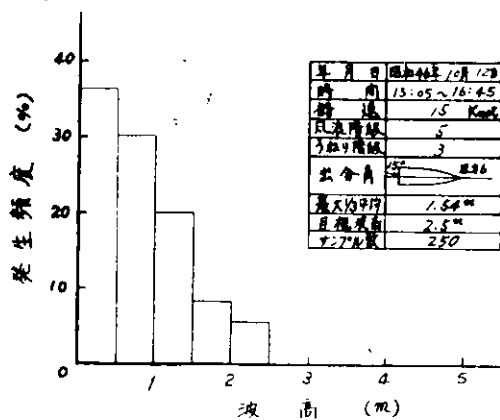
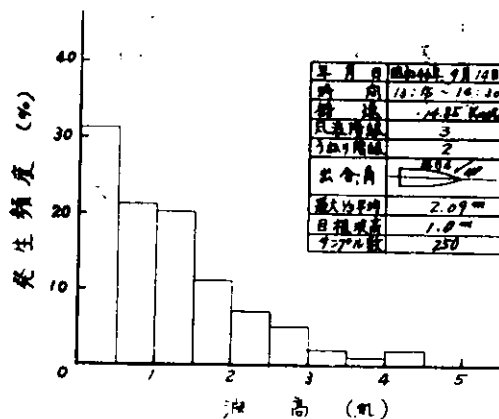
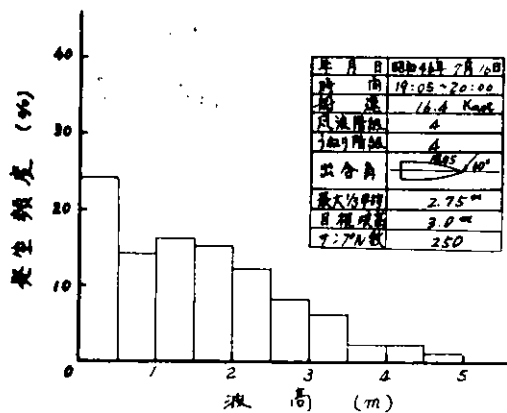
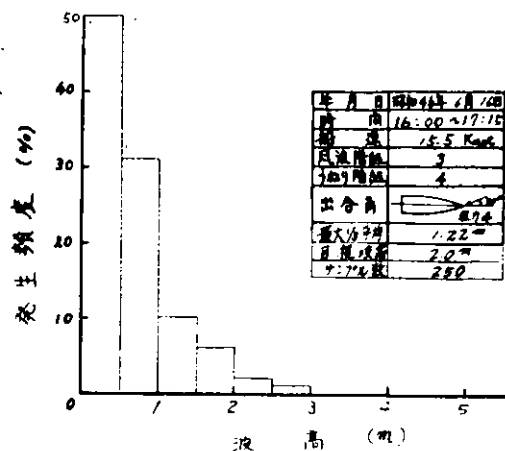
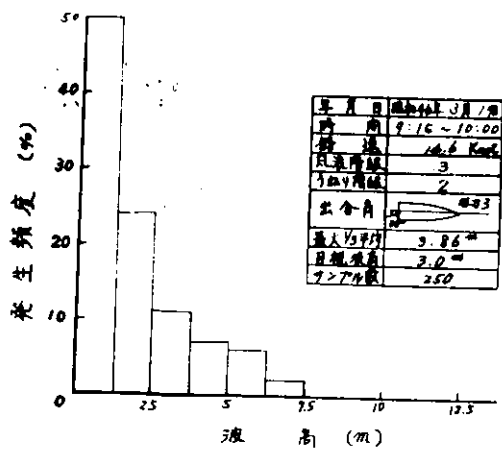
付録 1-18 うねり階級頻度 (第1~5次計測)



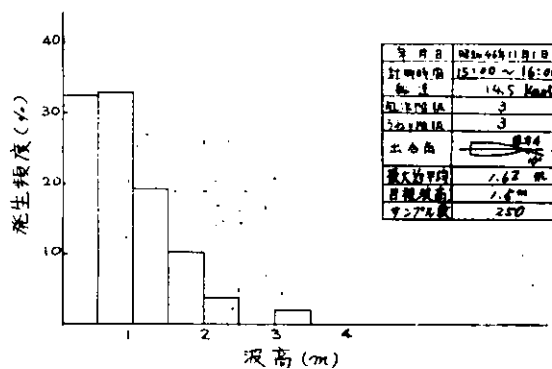
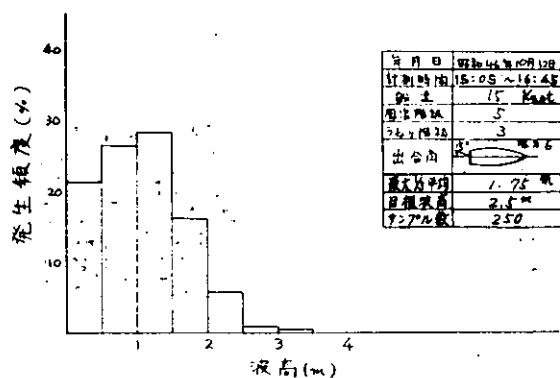
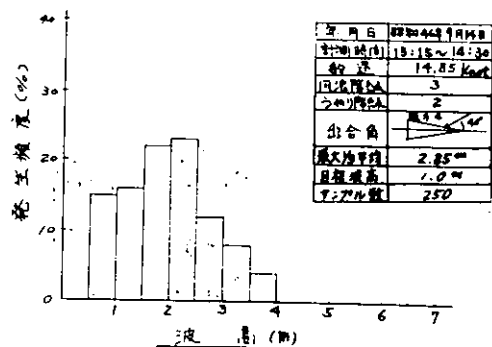
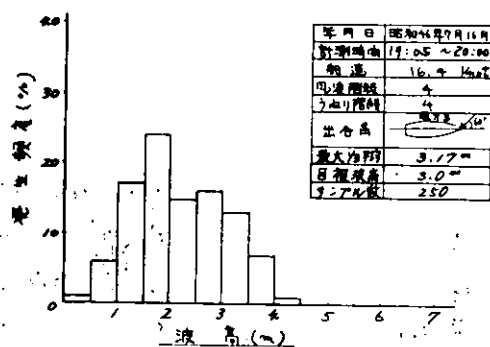
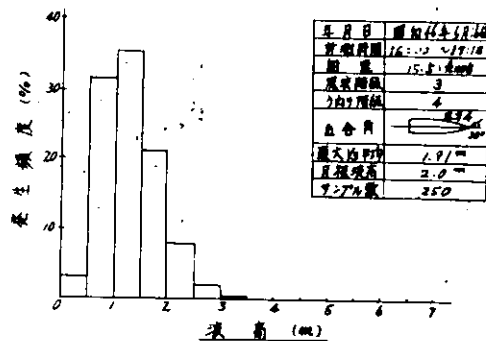
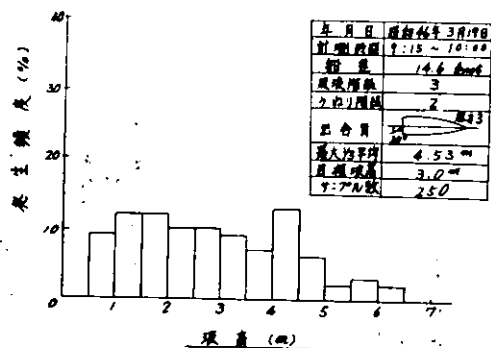
付録1.19 中央断面上甲板変動応力の短期分布例



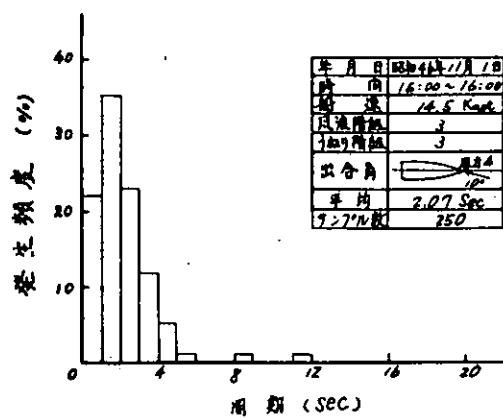
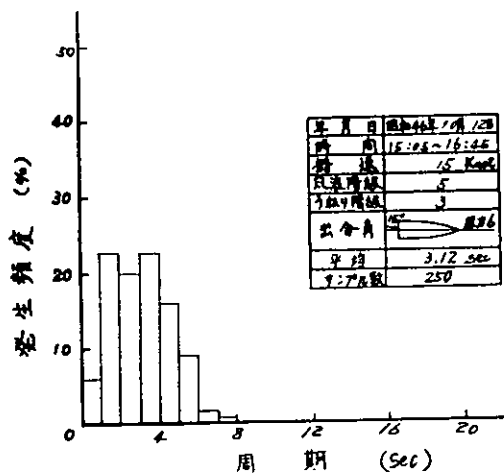
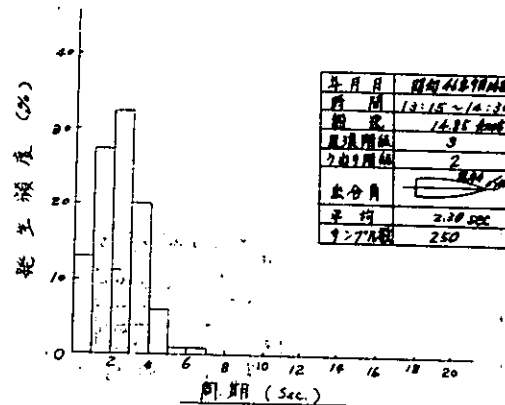
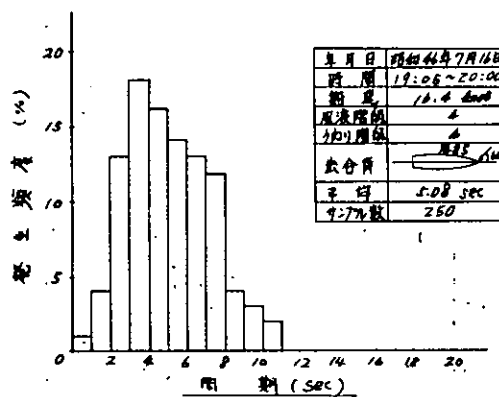
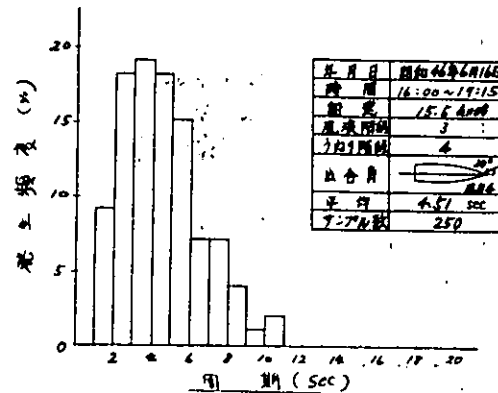
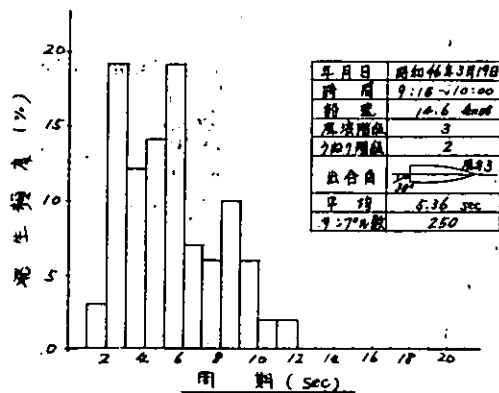
付録1.20 B断面上甲板変動応力の短期分布例



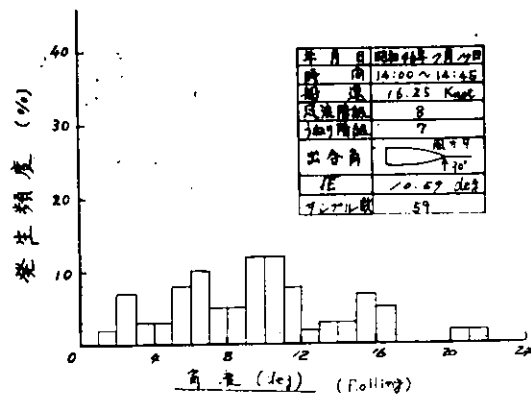
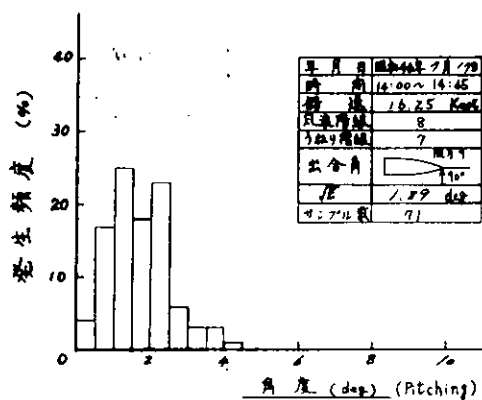
付録1.21 日本気象協会による波高観測分布例



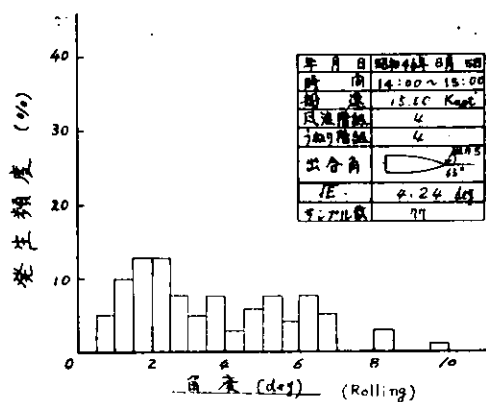
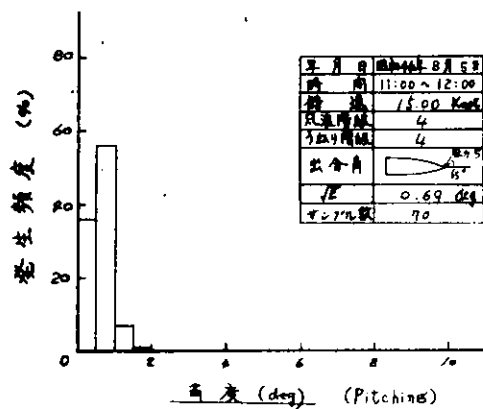
付録 1.22 日本ト波高計による浪高短期分布例(浪高0.2m以下を無視した例)



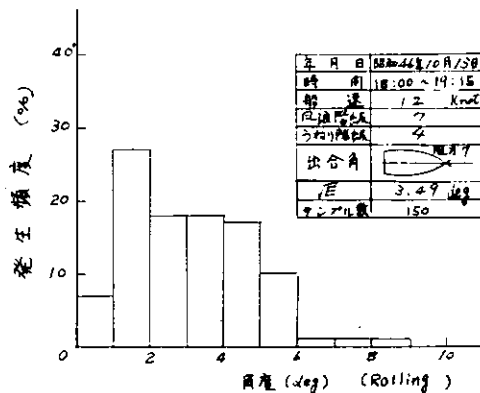
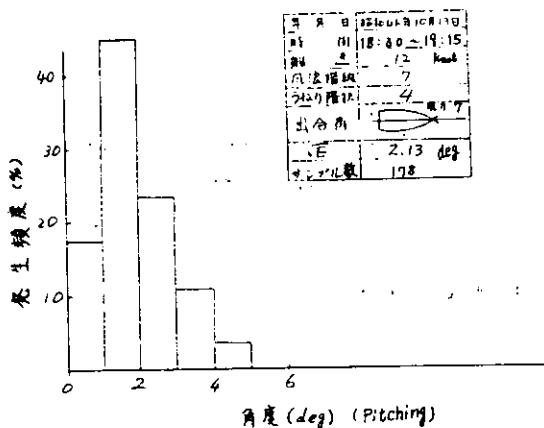
付録 1.23 日本ト波高計による波周期短期分布例



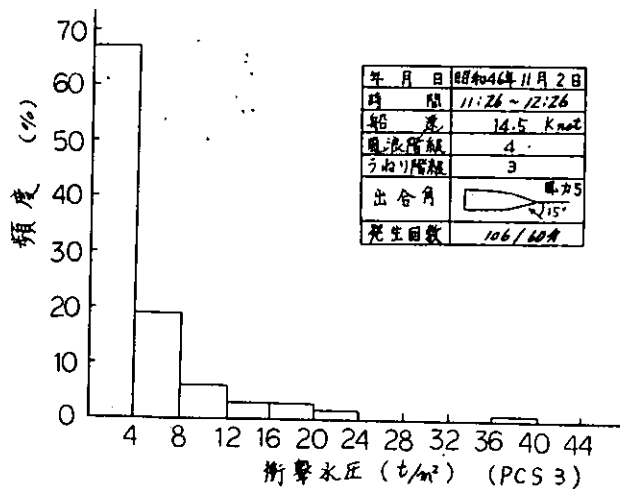
付録1.24 船体動揺(横振中)の短期分布例



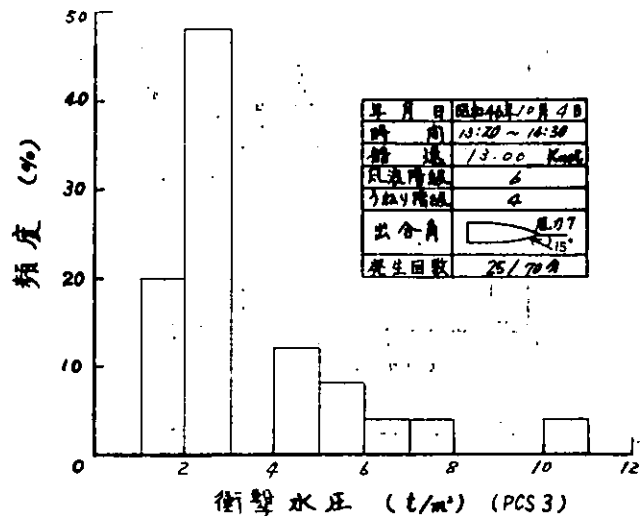
付録1.25 船体動揺(横振中)の短期分布例



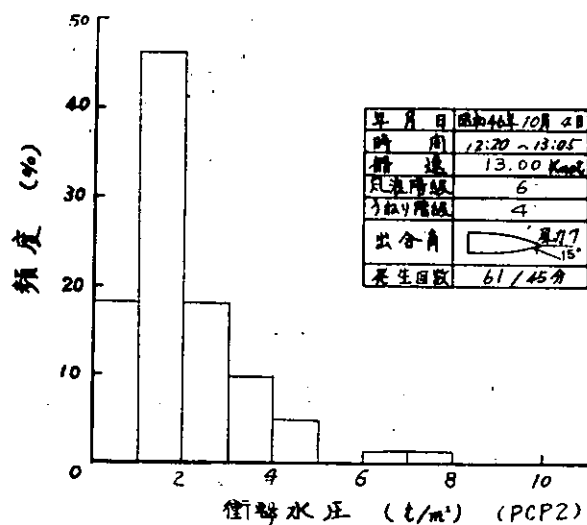
付録1.26 船体動揺(横振中)の短期分布例



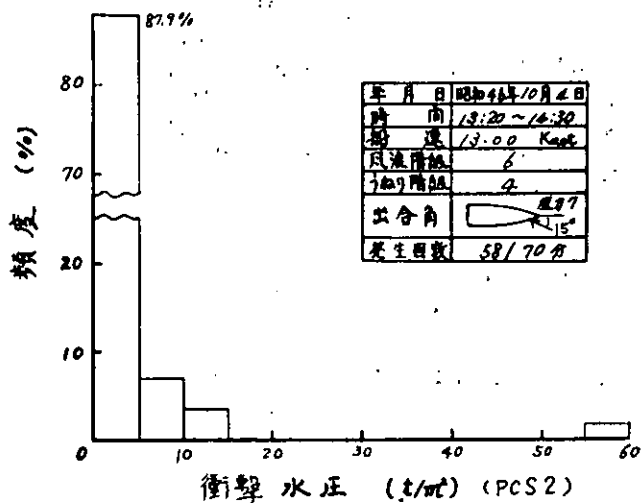
付録 1.27 衝撃水圧発生頻度分布例(1)



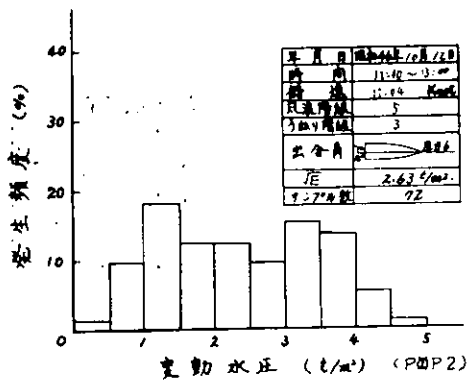
付録 1.28 衝撃水圧発生頻度分布例(2)



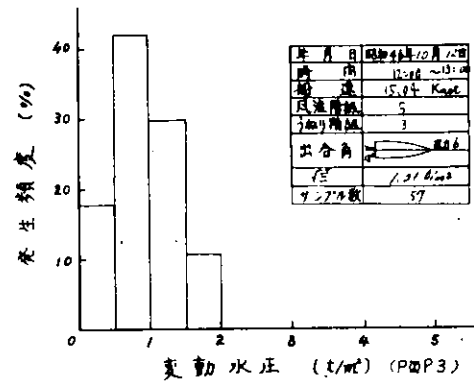
付録 1.29 衝撃水圧発生頻度分布例(3)



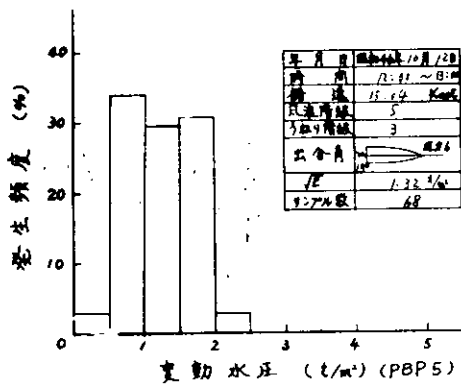
付録 1.30 衝撃水圧発生頻度分布例(4)



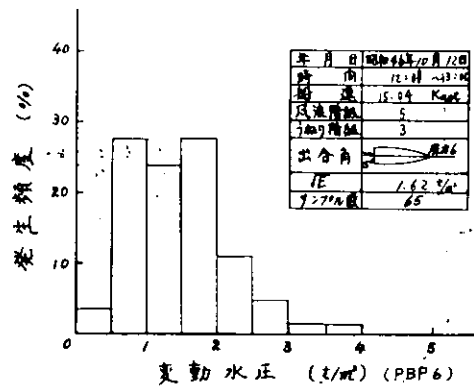
付録 1.31 船中中央船底変動水圧(船底中)の短期分布例



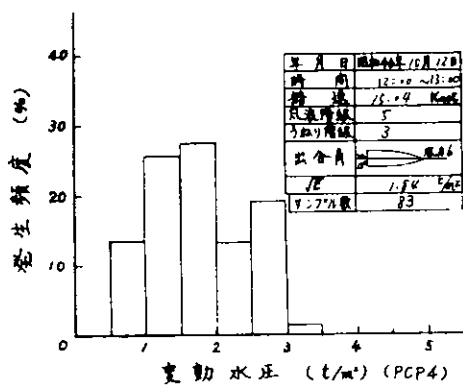
付録 1.32 船中中央船底変動水圧(船底中)の短期分布例



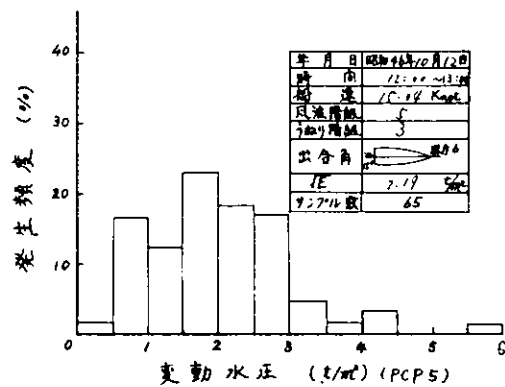
付録 1.33 B断面船側水圧の短期分布例



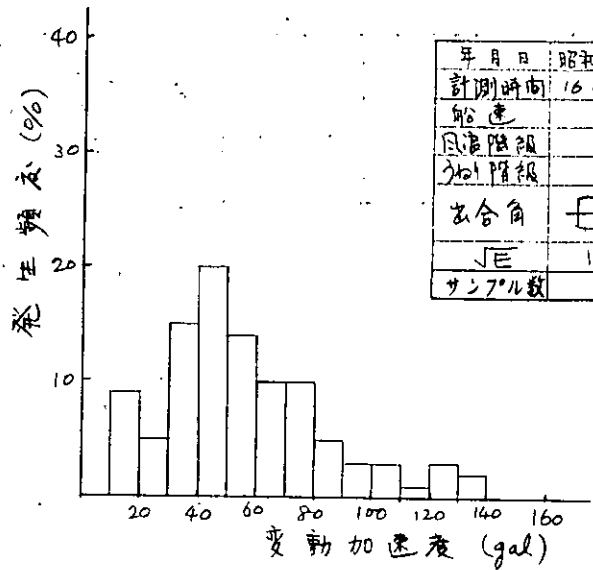
付録 1.34 B断面船底変動水圧の短期分布例



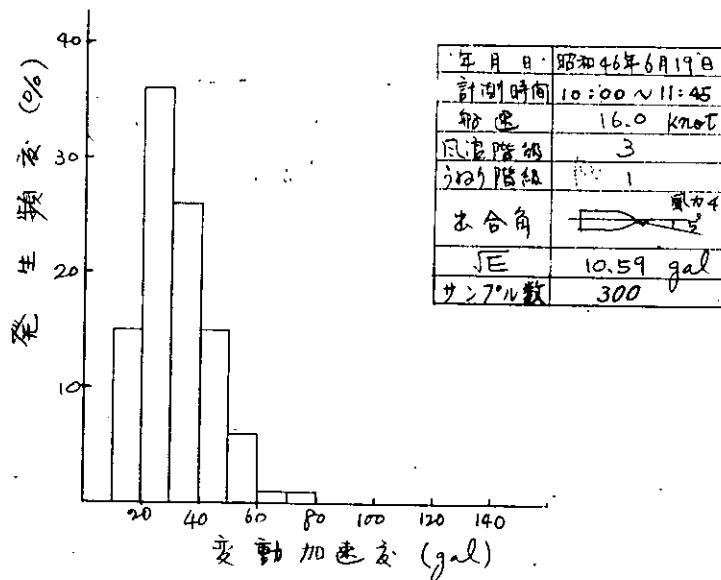
付録 1.35 C断面船側変動水圧の短期分布例 (1)



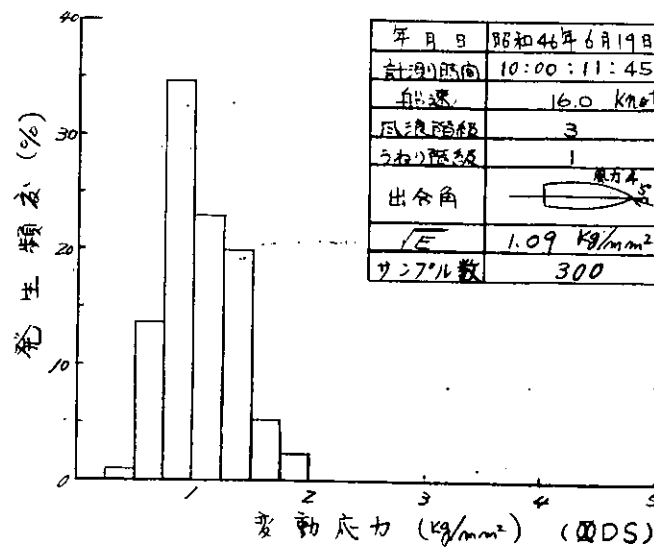
付録 1.36 C断面船側変動水圧の短期分布例 (2)



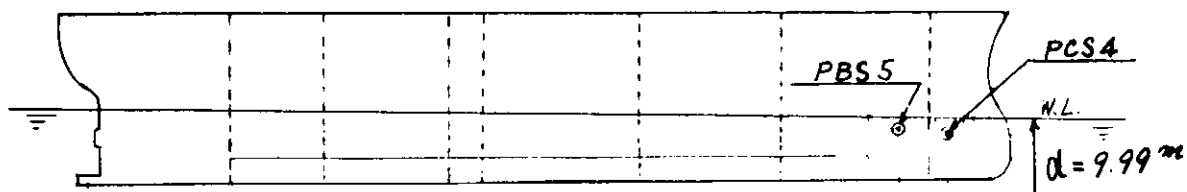
付録 1.37 船体上下加速度の短期分布例

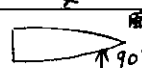


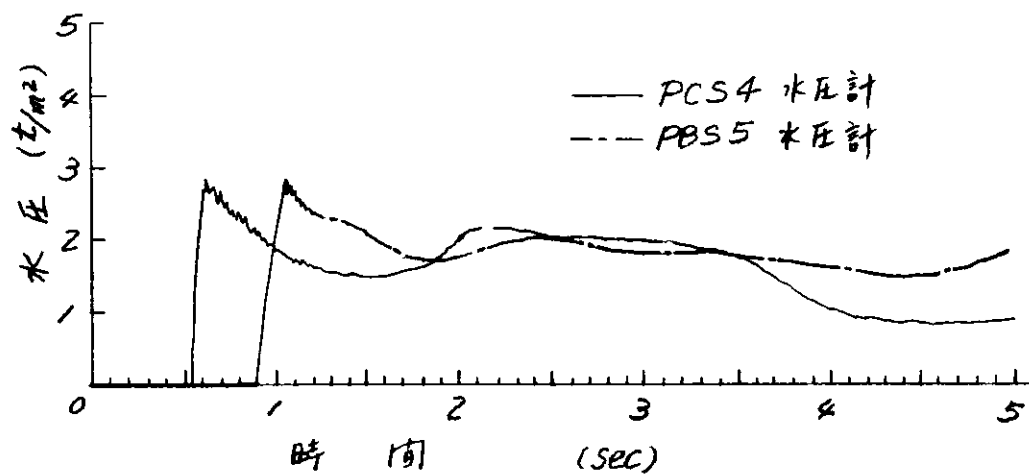
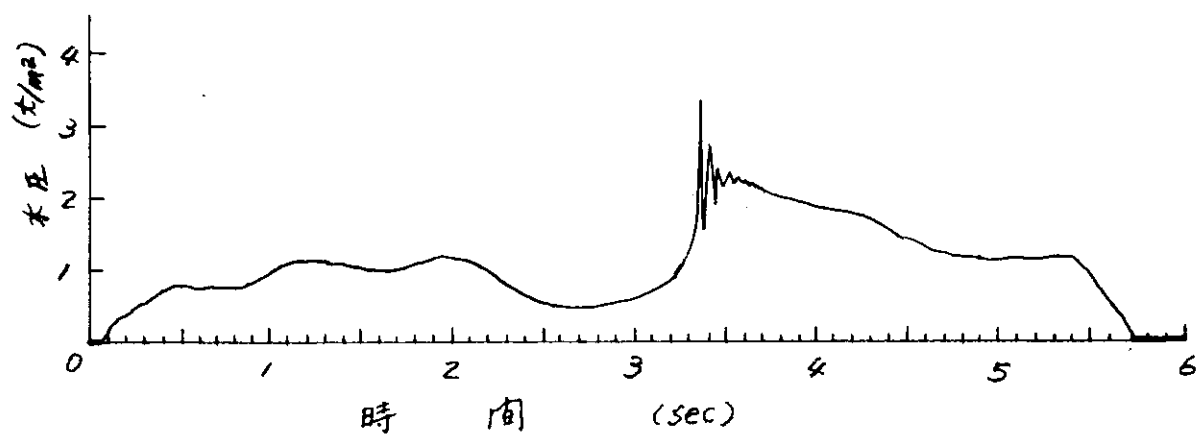
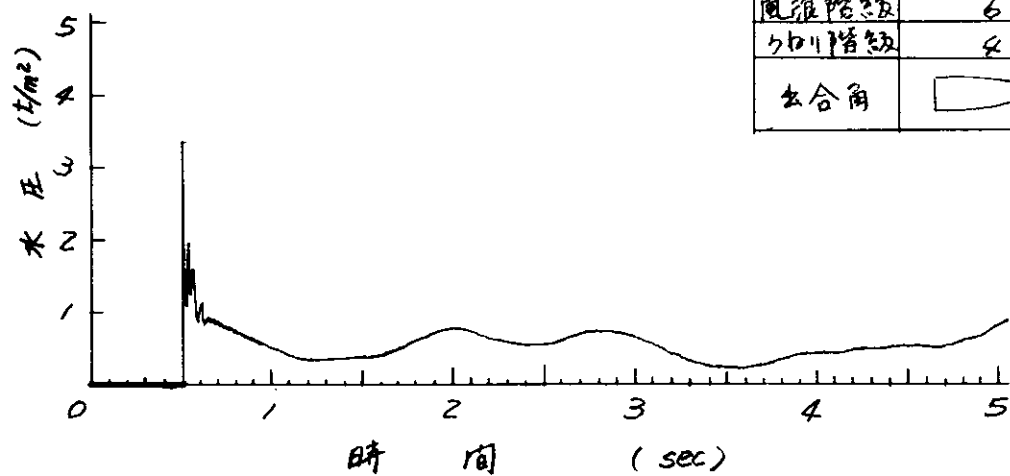
付録 1.38 船首楼後端における船体2節振動による上下加速度の短期分布例



付録 1.39 船体2節振動による中央部上甲板変動応力の短期分布例

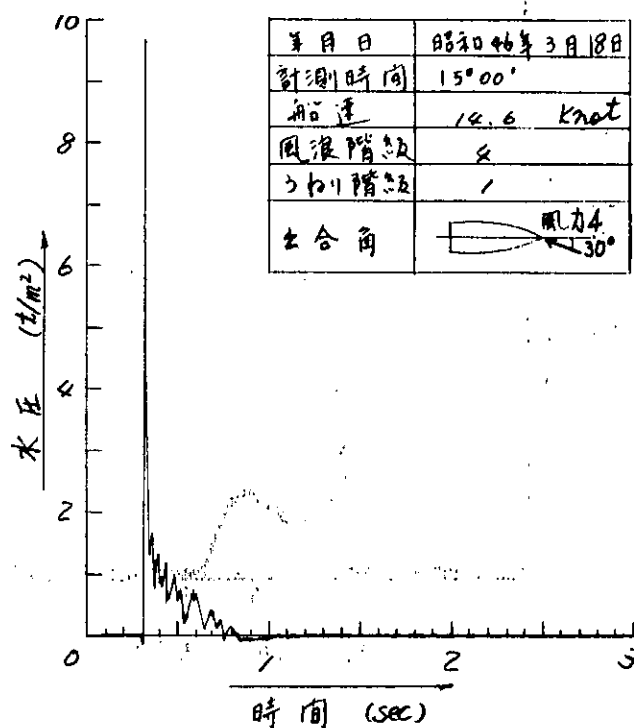
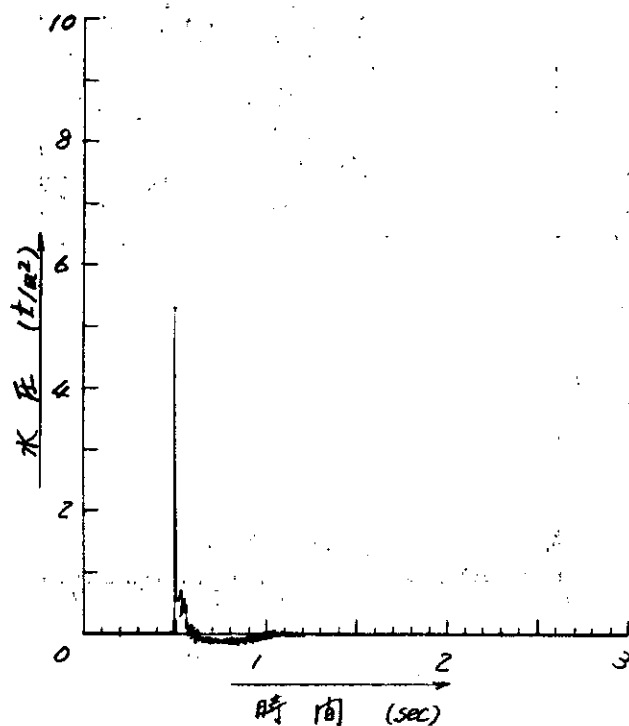
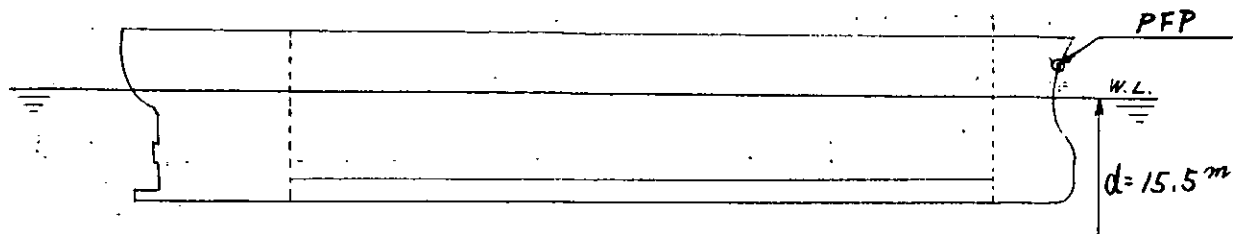


年月日	昭和46年2月3日
時間	14 ⁰⁰ ' ~ 14 ³⁰ '
速度	16.3 Knot
風浪階級	6
潮流階級	4
会合角	 風力7 ↑90°

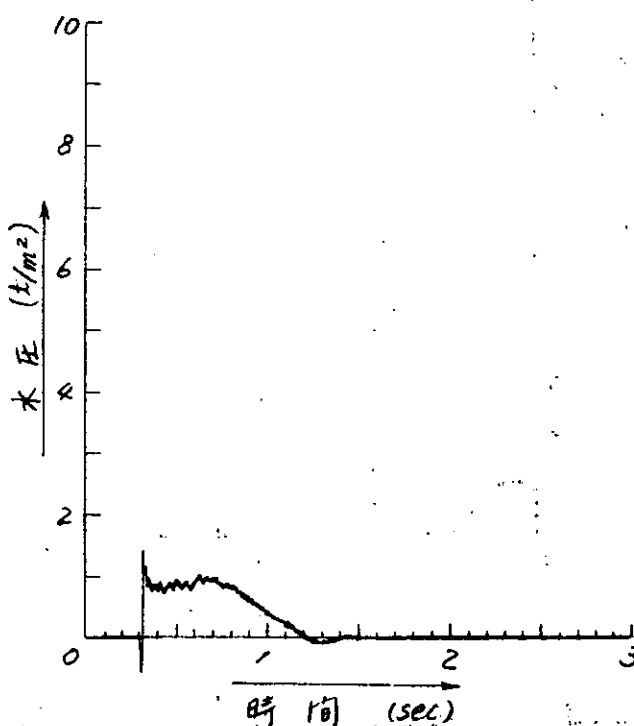
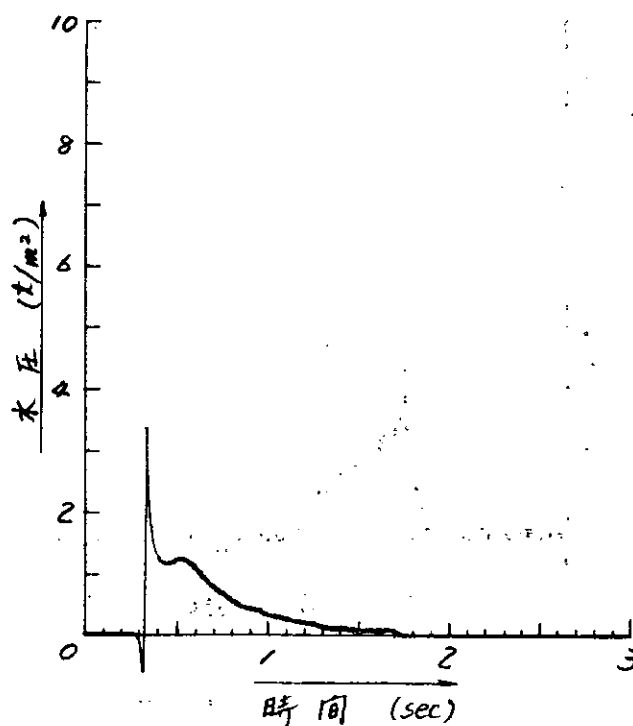


付録2.1 船首部衝撃水压波形

(PCS4)

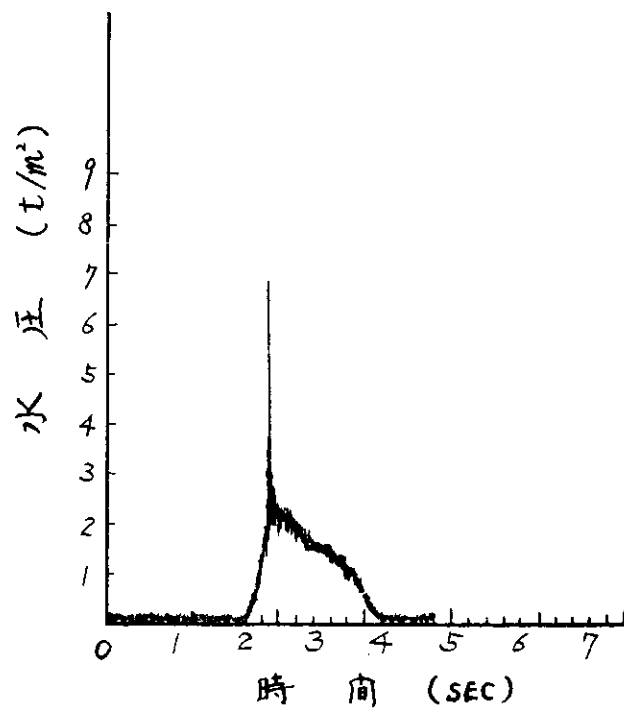
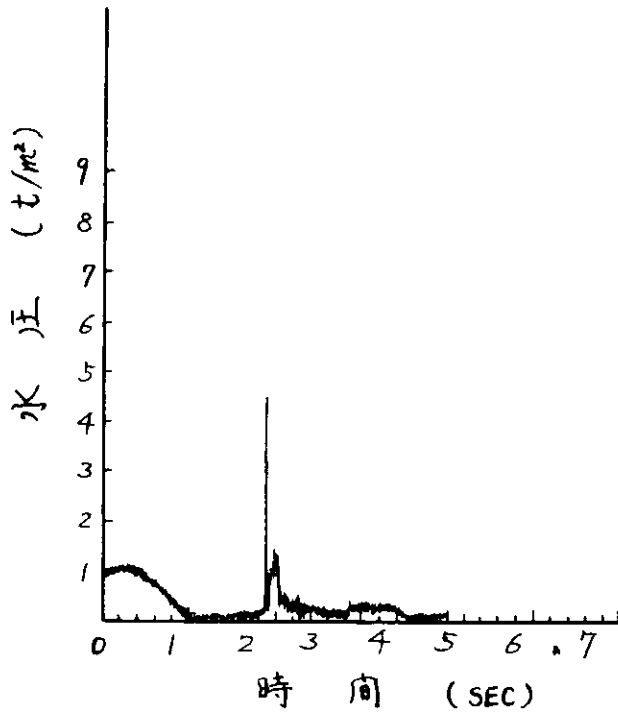
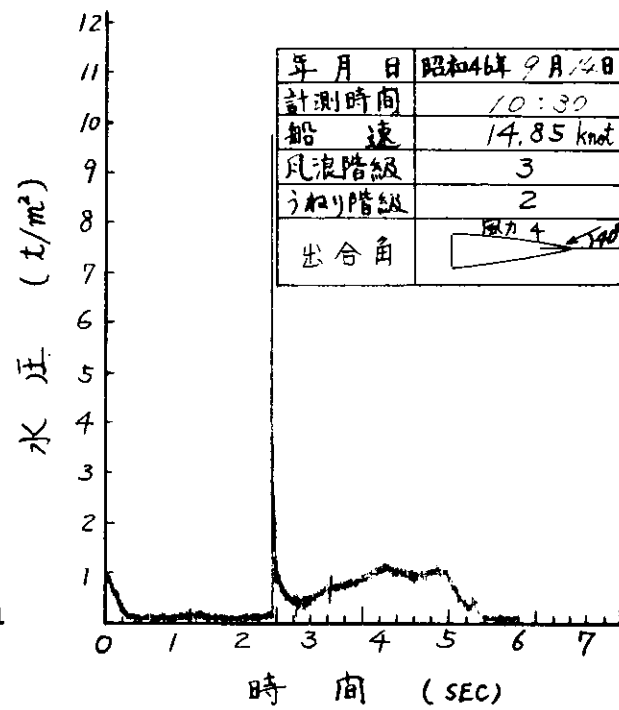
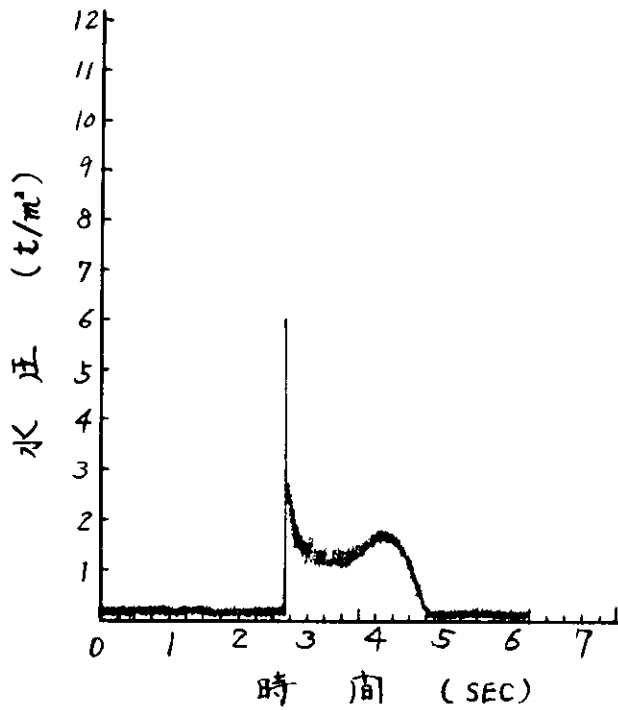
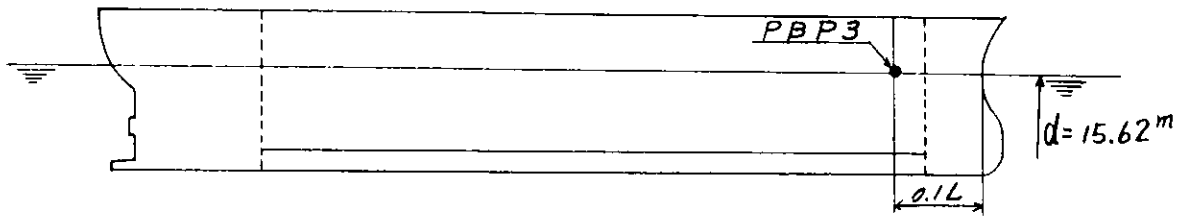


年月日	昭和46年3月18日
計測時間	15:00'
船速	12.6 Knot
風浪階級	2
波創階級	1
土合角	風力4 30°



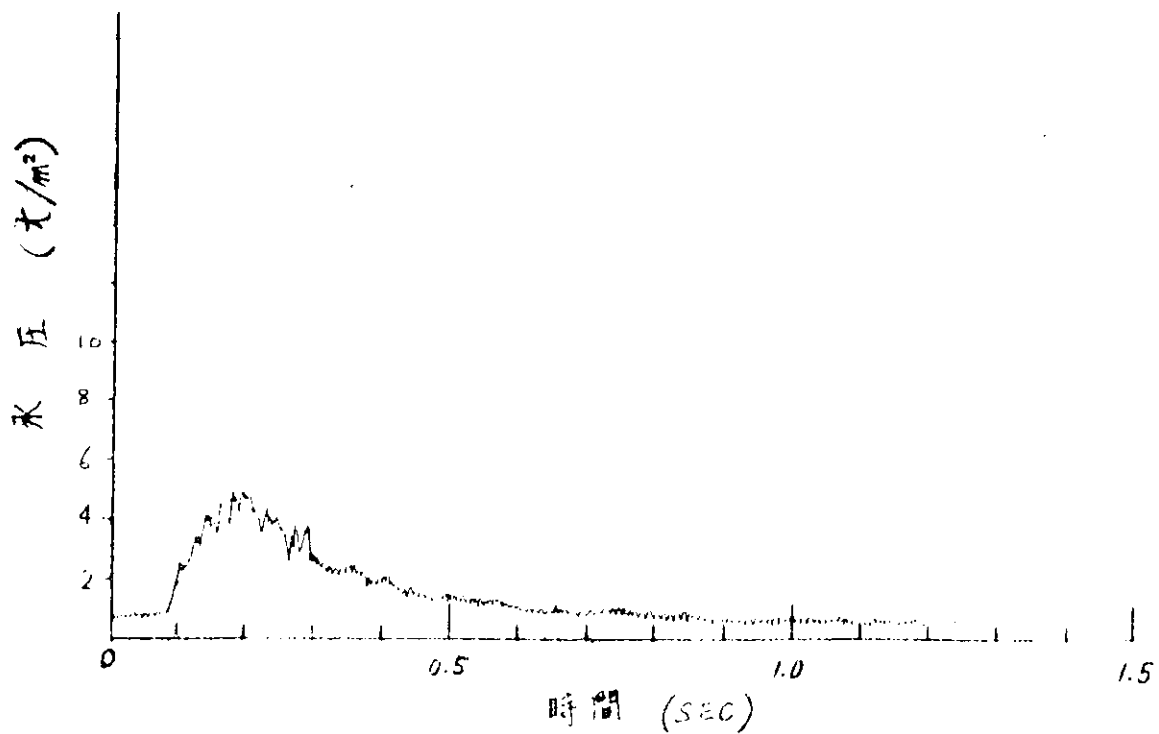
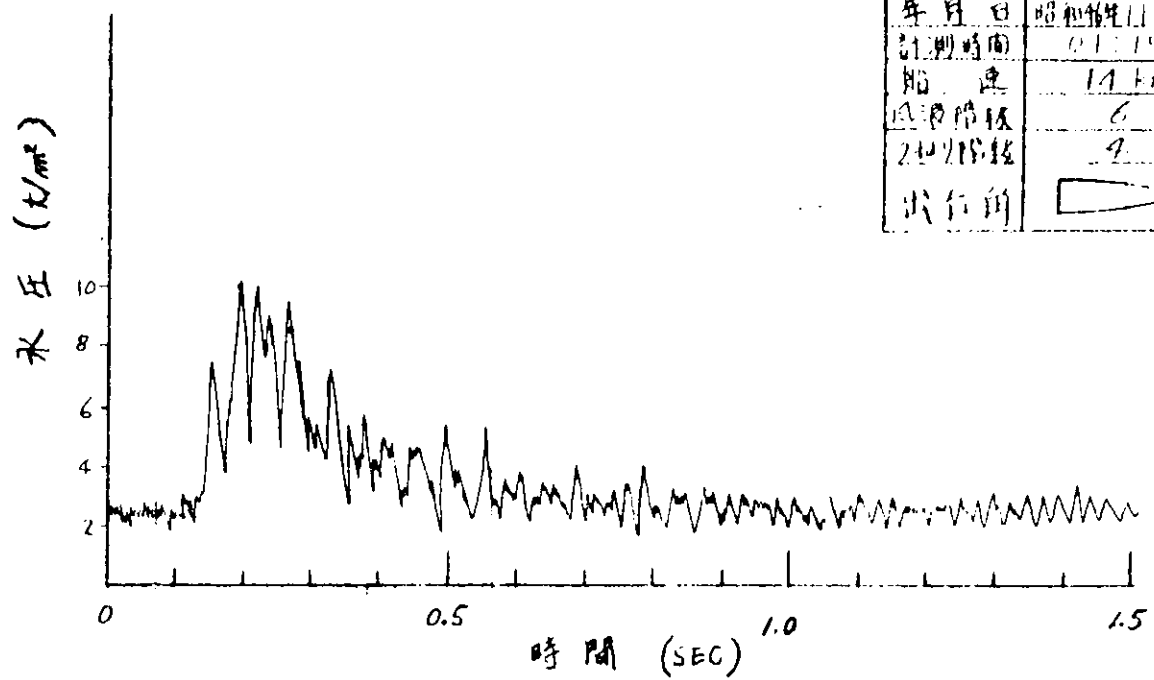
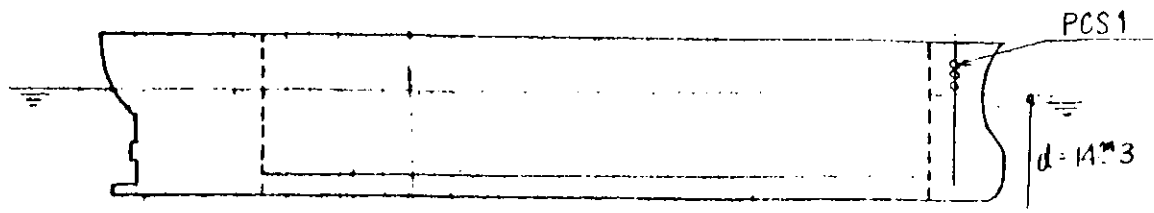
付録2.2 船首部衝撃水圧波形

(PFP)



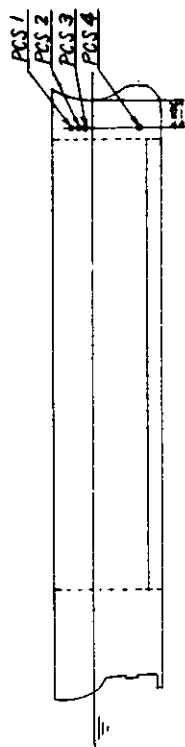
付録 2.3 船首部衝撃水圧波形

(PBP3)

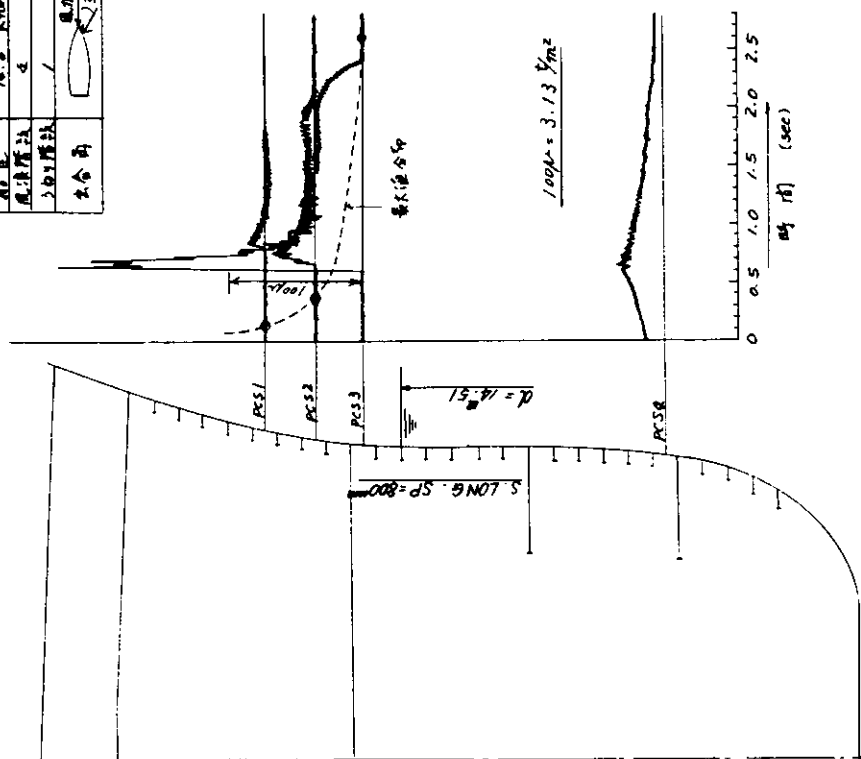


付録 2.4 船首部横型水圧波形

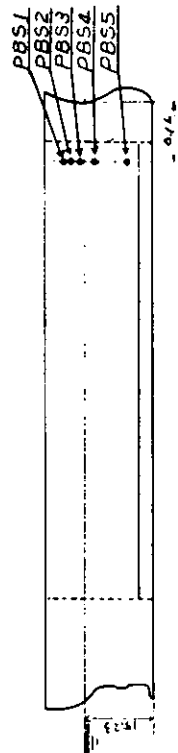
(PCS1)



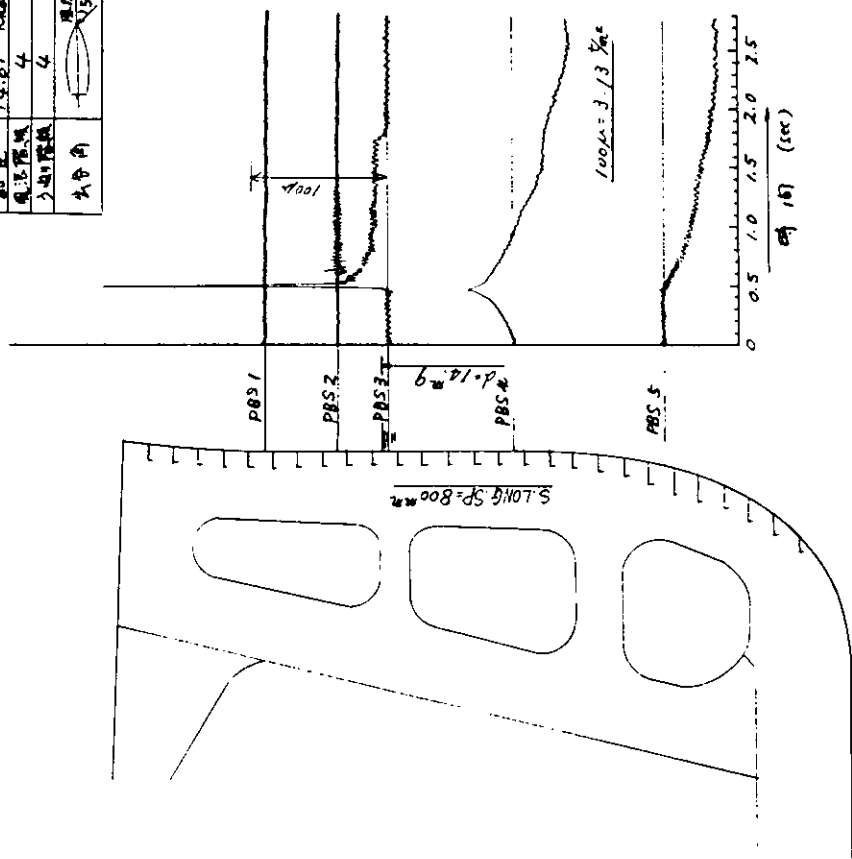
年月日	1950年4月3日180
计划时间	15:00
船名	10.6 K. 400
风速	4
浪高	1
天气	晴
水角	30°



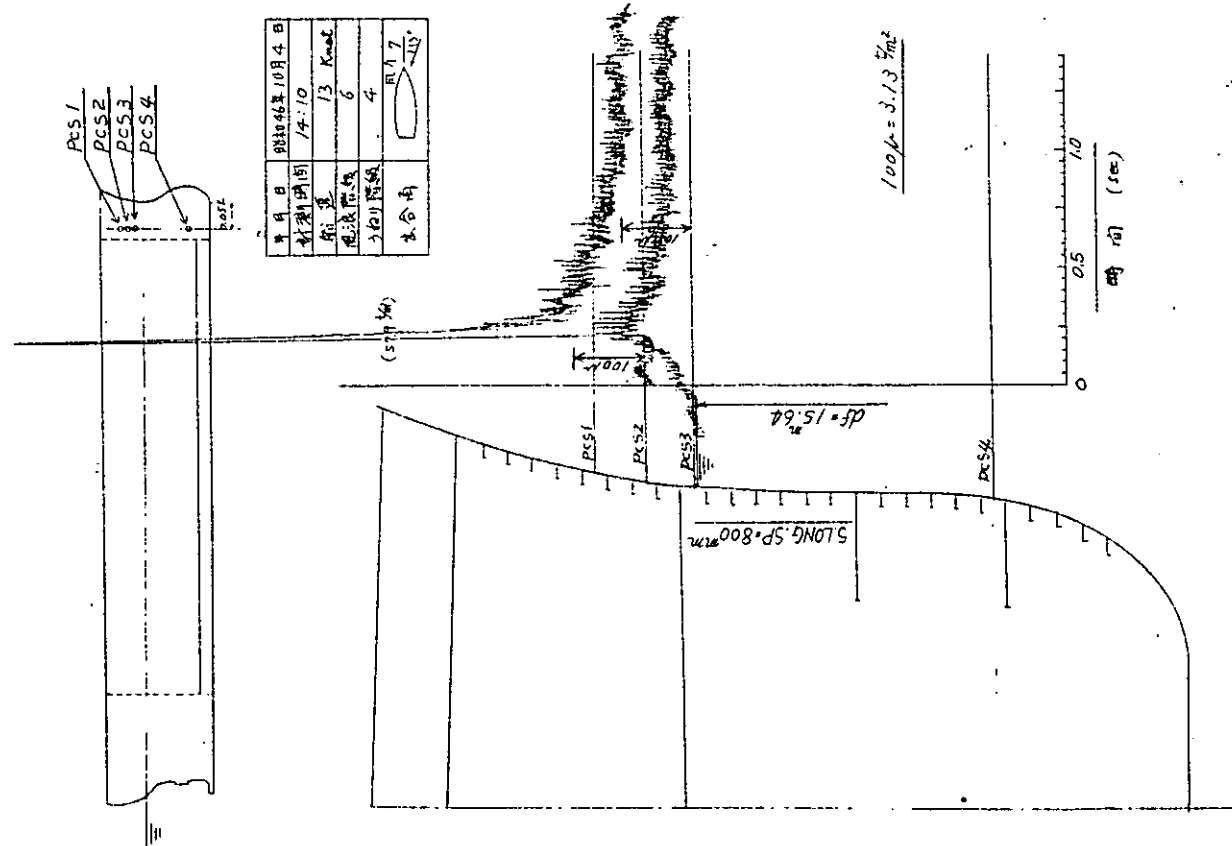
付録2.5 船首部衝撃圧力同時分布-(1)



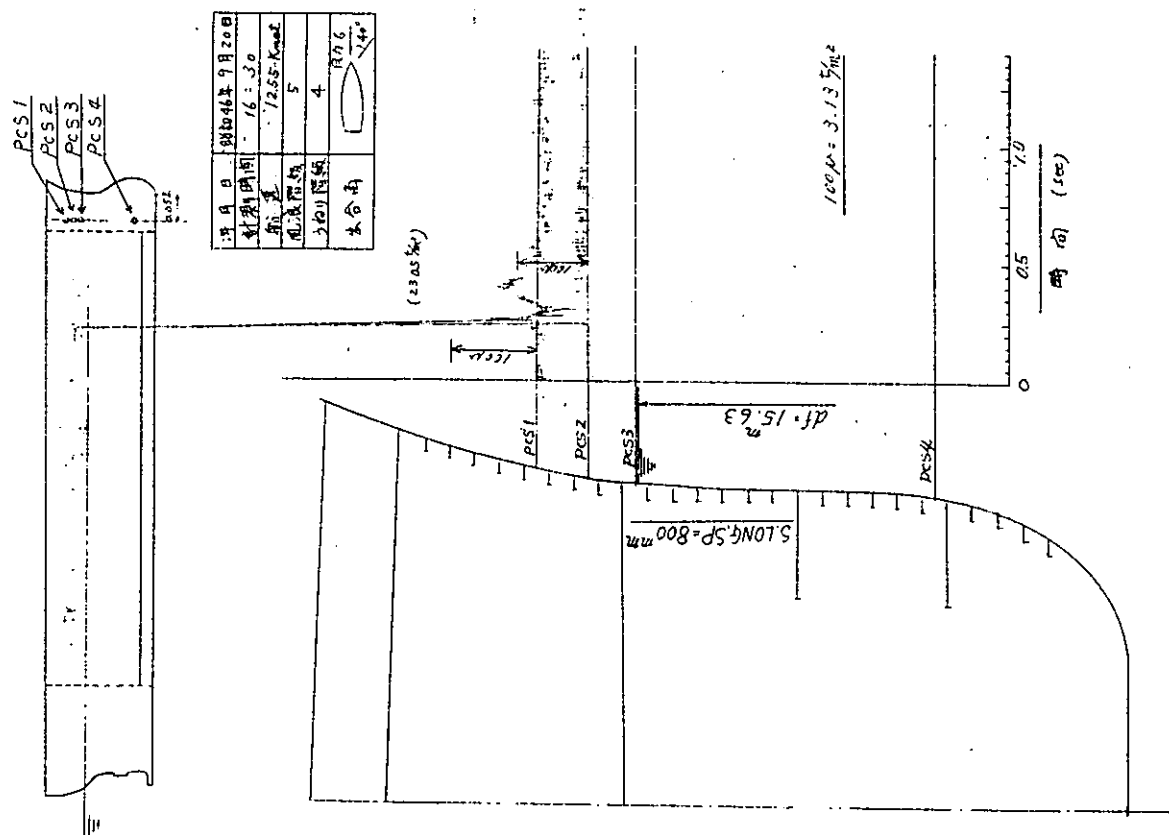
年月日	1950年4月6日
计划时间	14:00
船名	10.6 K. 400
风速	4
浪高	4
天气	晴
水角	30°



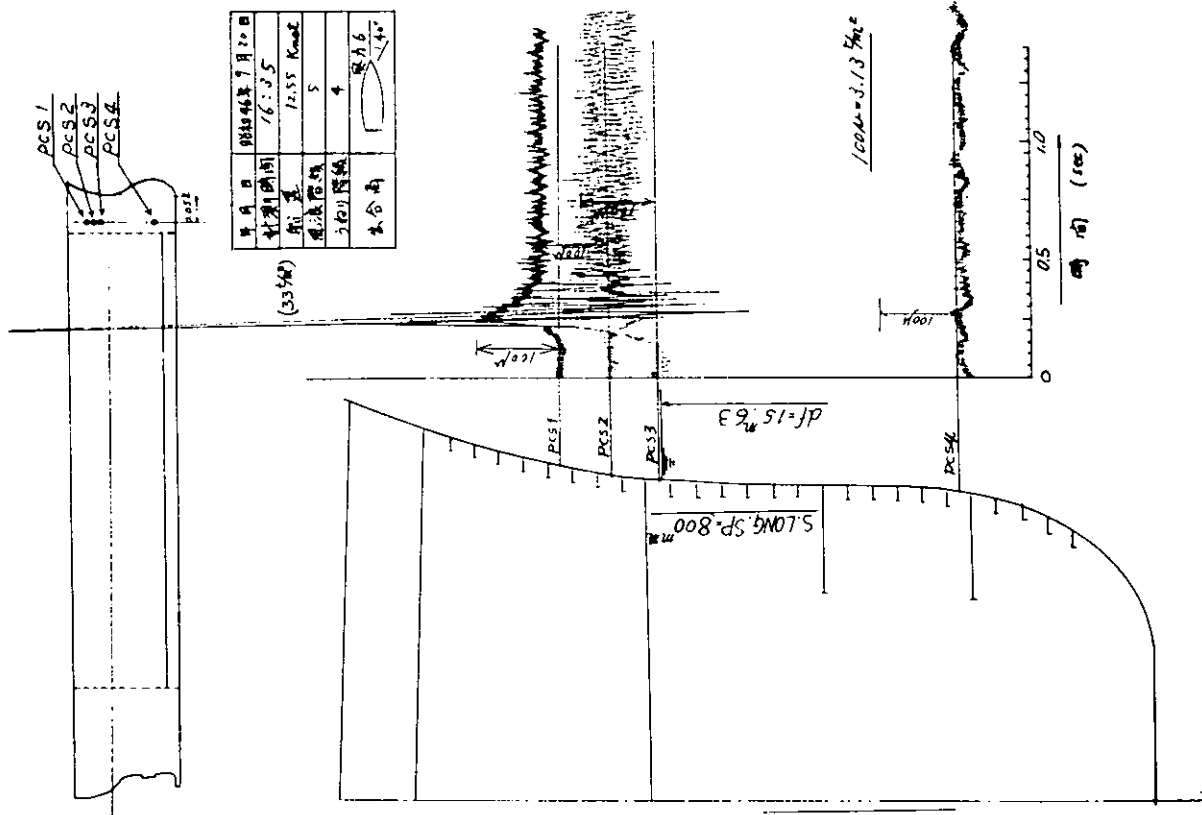
付録2.6 船首部衝撃圧力同時分布-(2)



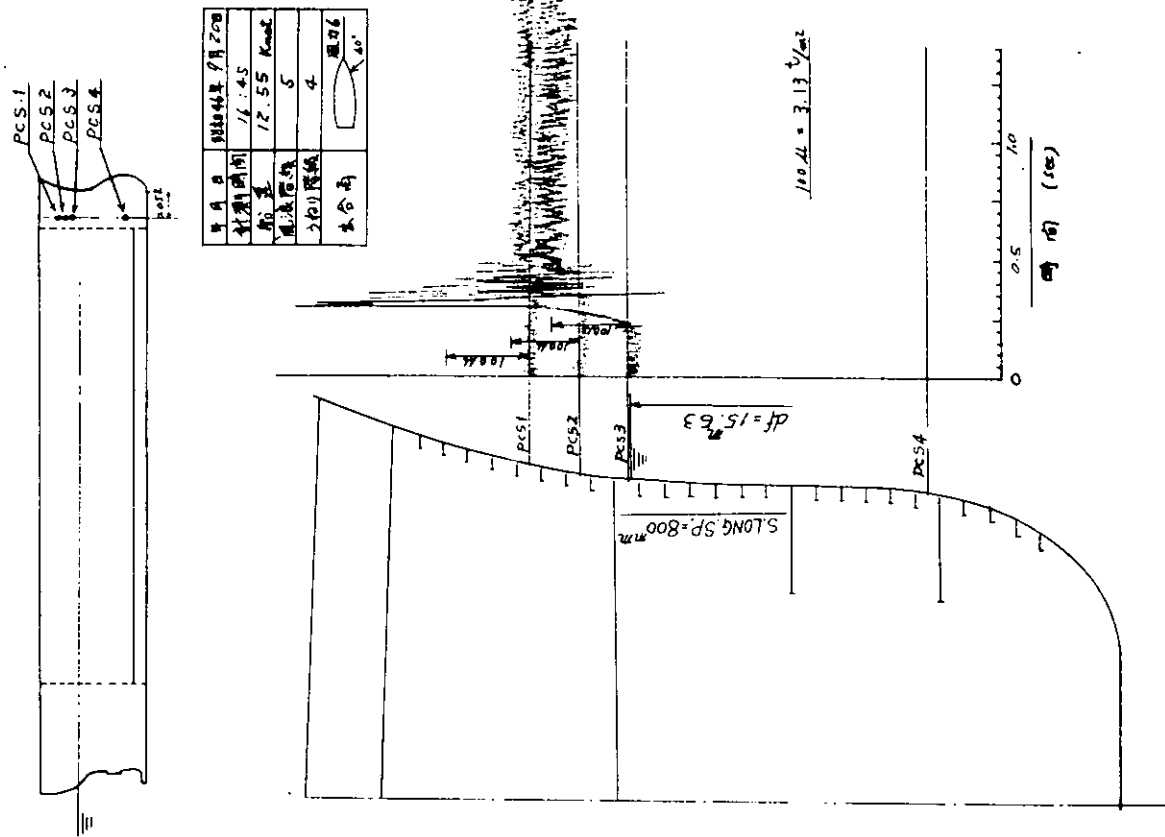
付録2.7 船首部衝撃圧力同時分布 - (3)



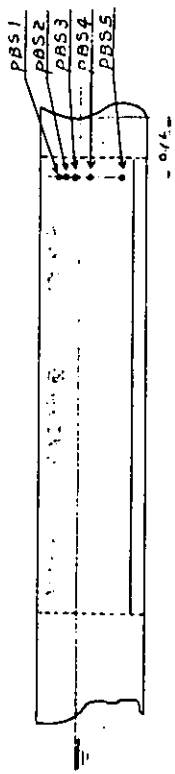
付録2.8 船首部衝撃圧力同時分布 - (4)



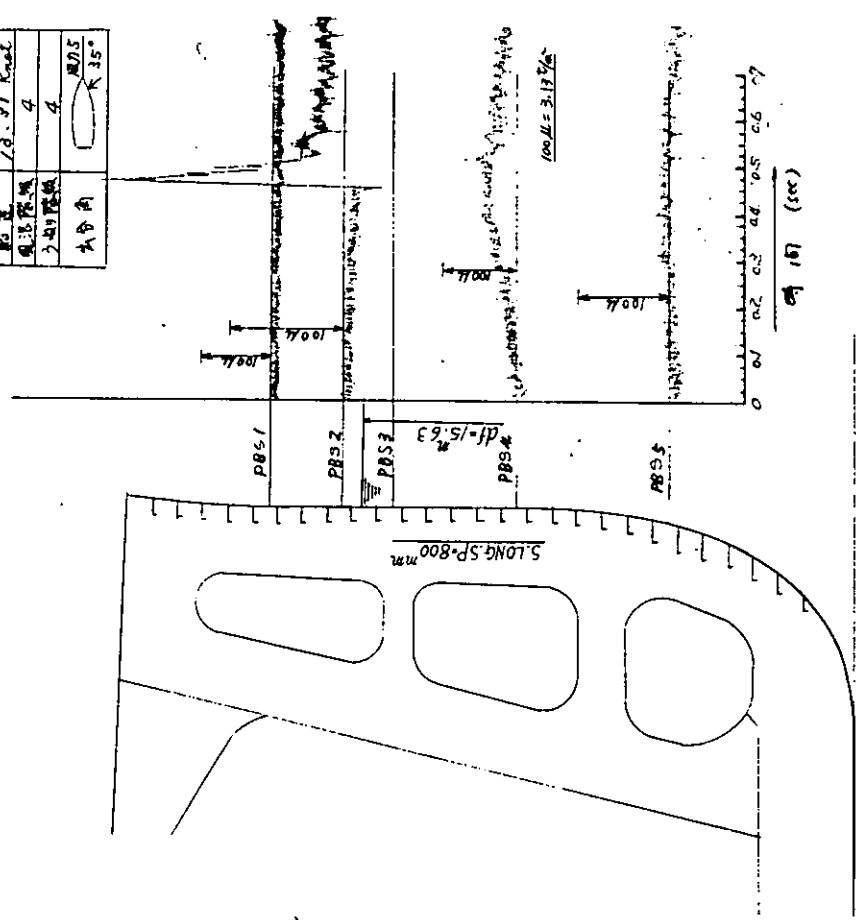
付錄 2.9 船首部衝擊壓力同時分布 - (5)



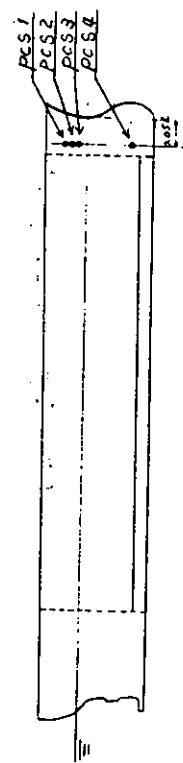
付錄 2.10 船首部衝擊壓力同時分布 - (6)



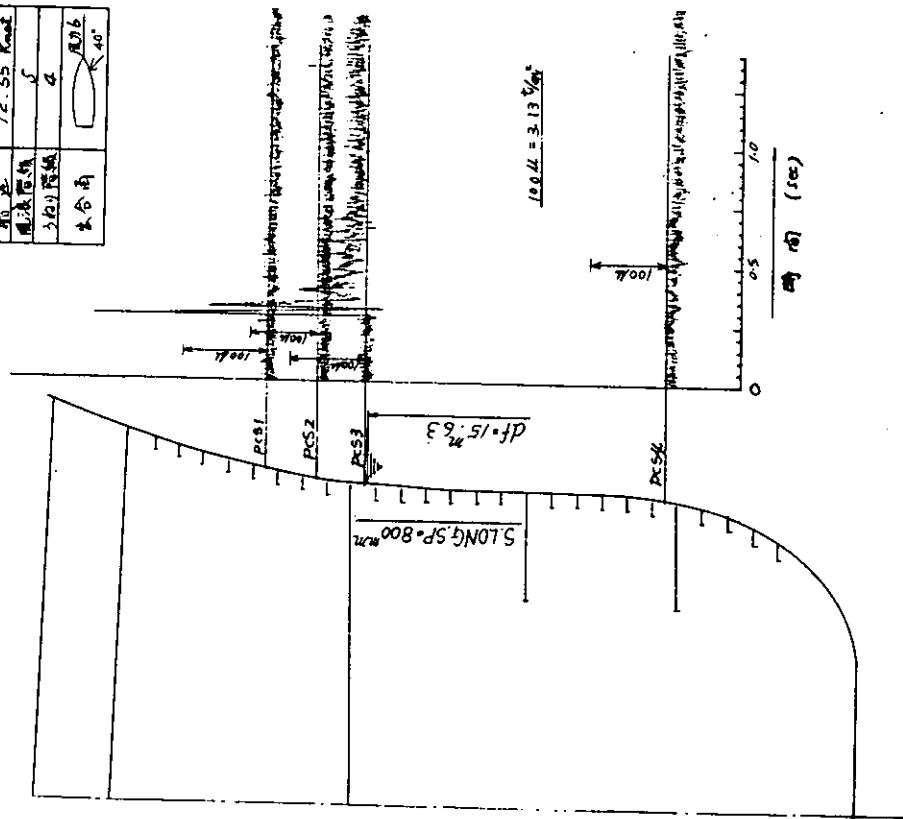
年月日	1980年 9月 19日
材料(时间)	16:55
位置	18.81 Km
风速(等级)	4
风向(角度)	4
水合角	40°



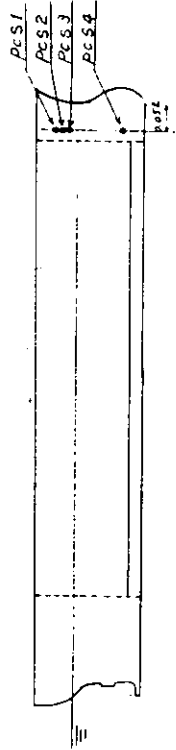
付録2.12 船首部衝撃圧力同時分布 - (8)



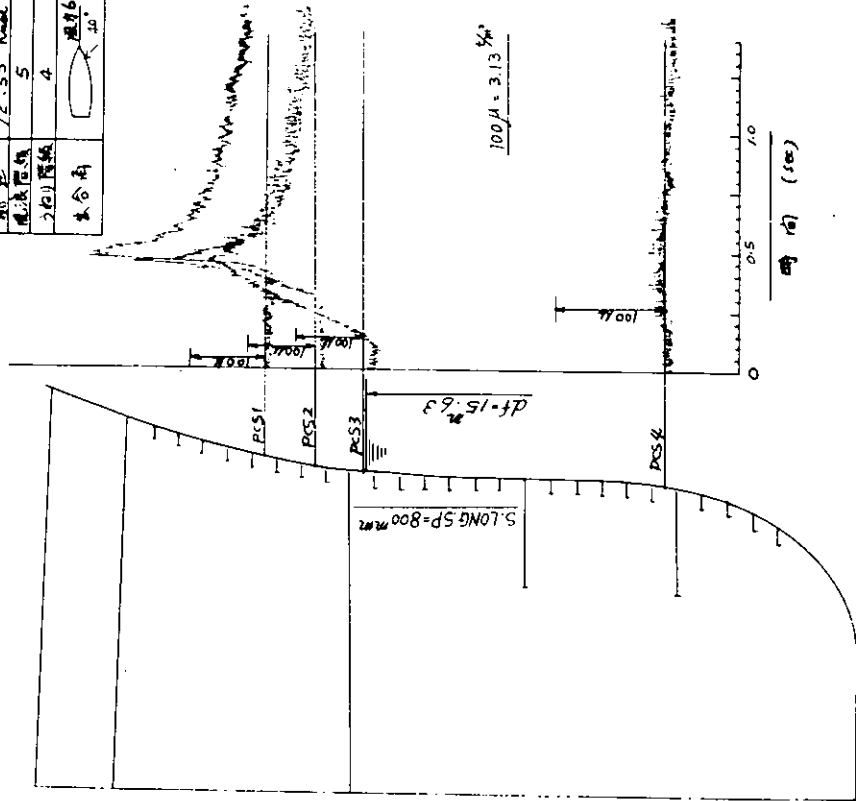
年月日	1980年 9月 20日
材料(时间)	16:15
位置	12.55 Km
风速(等级)	5
风向(角度)	4
水合角	40°



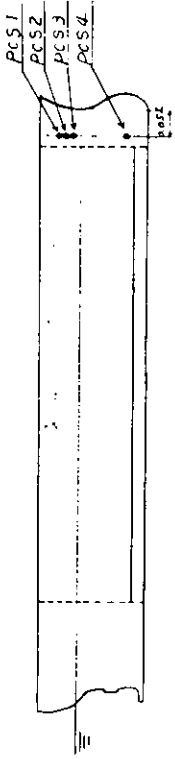
付録2.11 船首部衝撃圧力同時分布 - (7)



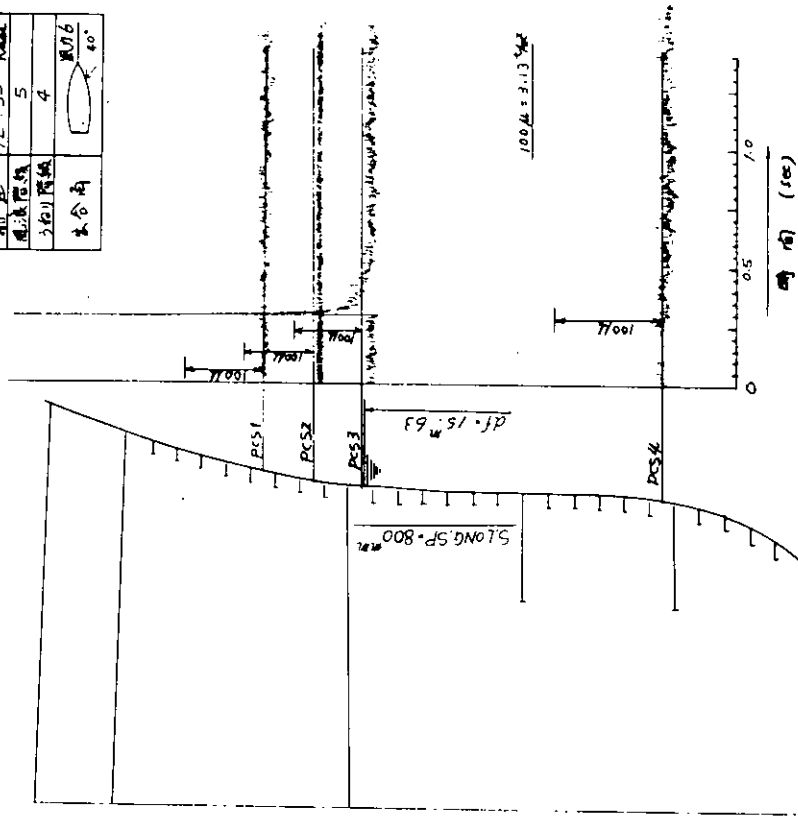
年月日	1984年9月20日
测量时间	11:00
航速	12.55 Knot
波浪高度	5
浪向/浪级	4
水合角	40°



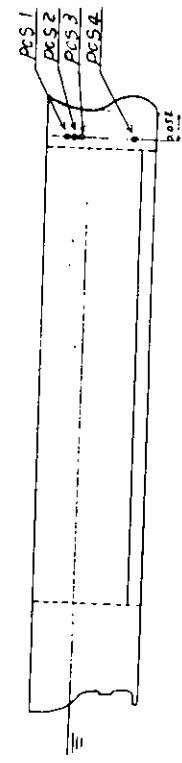
付録2.13 船首部衝撃圧力同時分布 - (9)



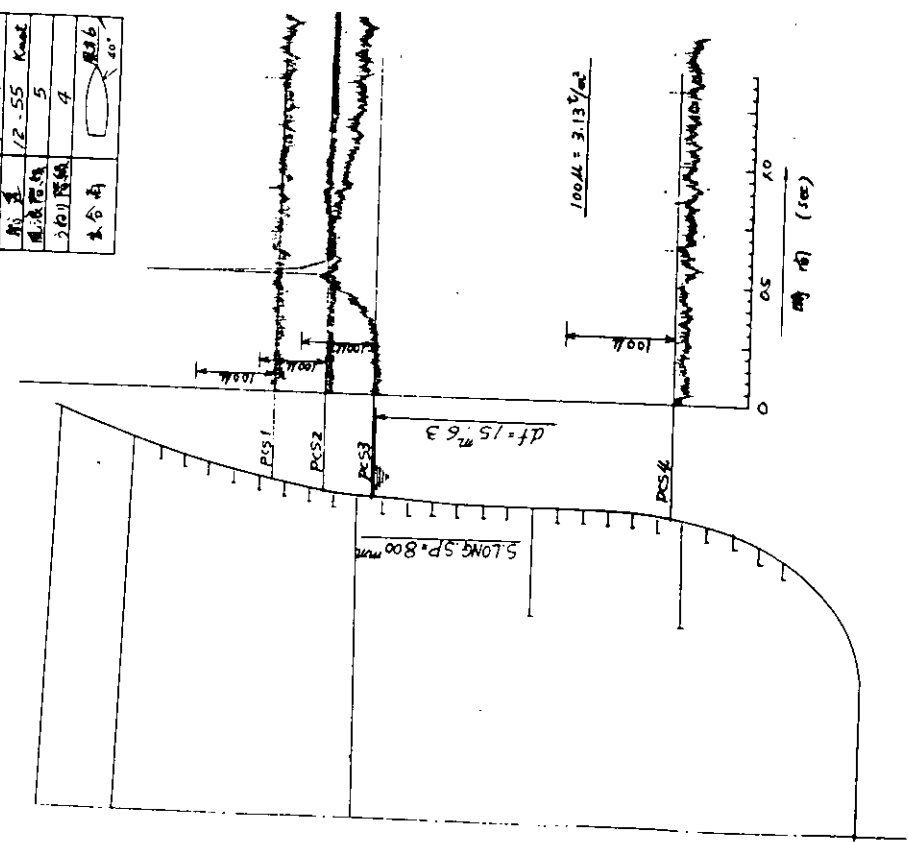
年月日	1984年9月20日
测量时间	10:30
航速	12.55 Knot
波浪高度	5
浪向/浪级	4
水合角	40°



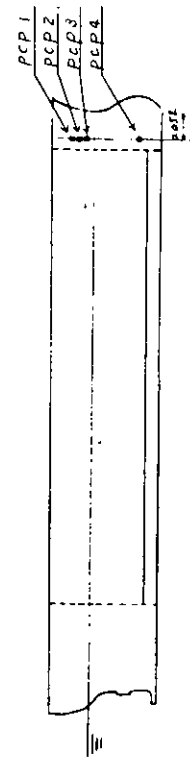
付録2.14 船首部衝撃圧力同時分布 - (10)



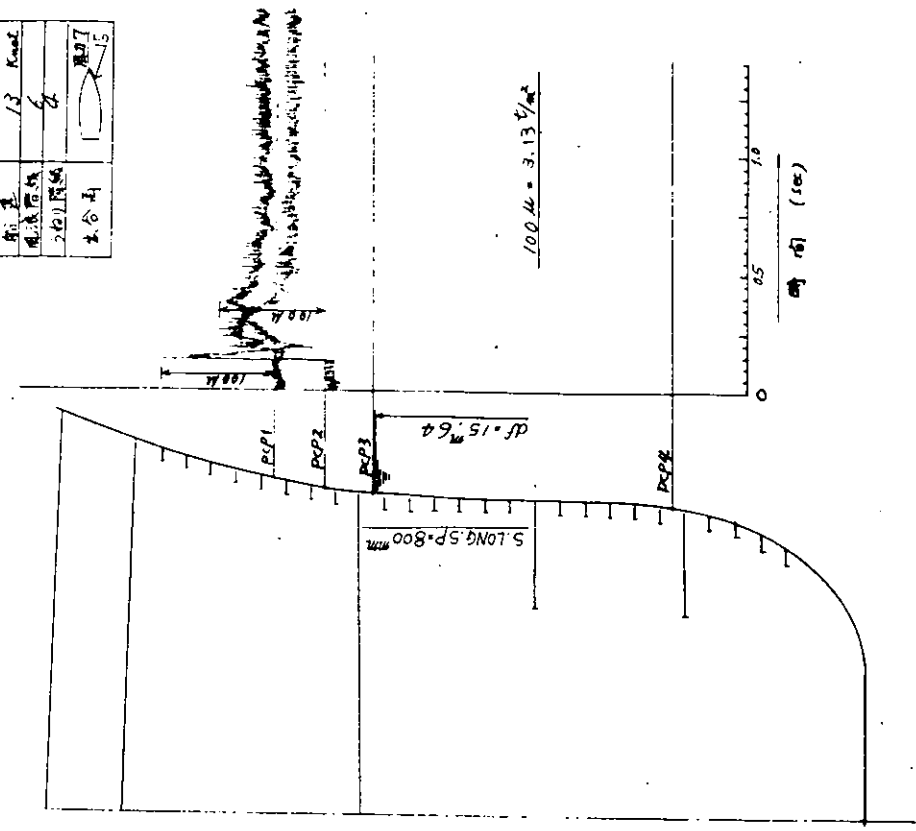
日期	1984年9月20日
计划时间	9:30
航速	12.55 Knot
风浪情况	5
观测员	4
本台号	836 40°



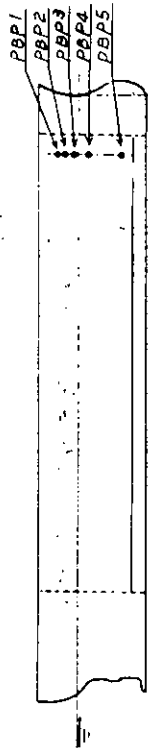
付錄2.15 船首部衝擊壓力同時分布 - (11)



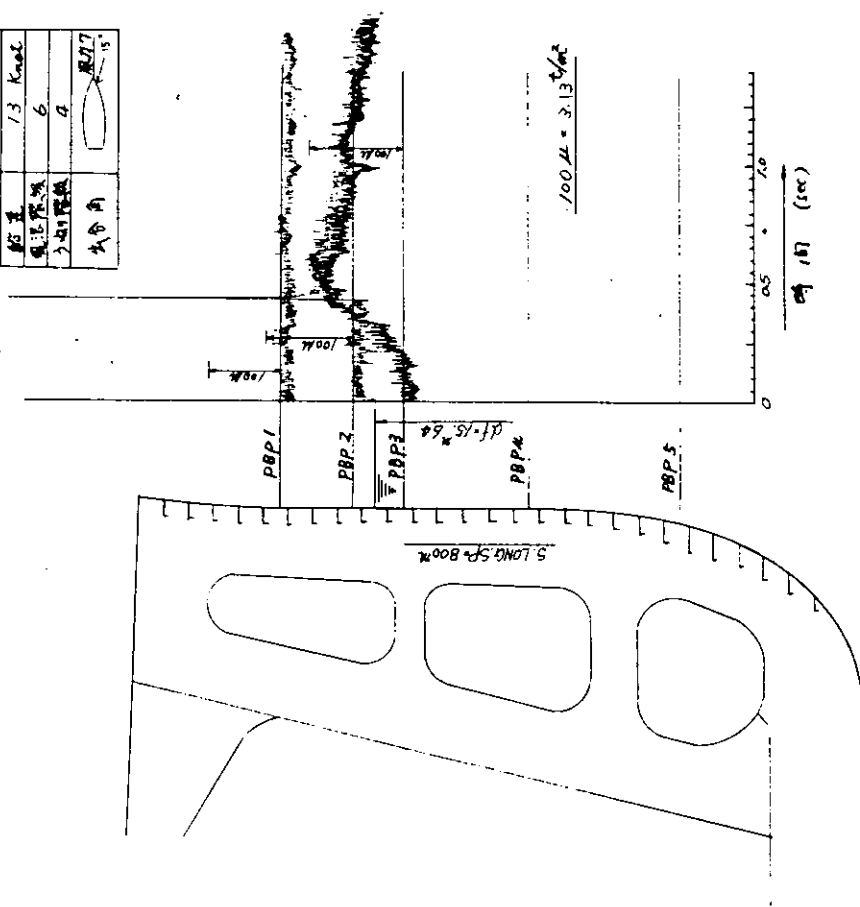
日期	1984年10月4日
计划时间	12:25
航速	13 Knot
风浪情况	6
观测员	2
本台号	837 15



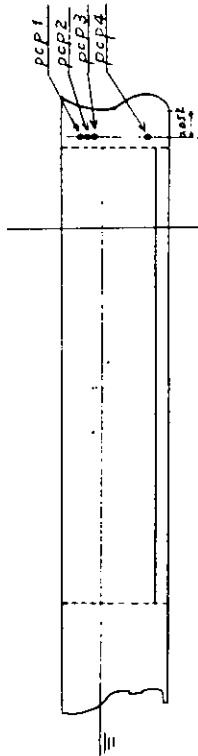
付錄2.16 船首部衝擊壓力同時分布 - (12)



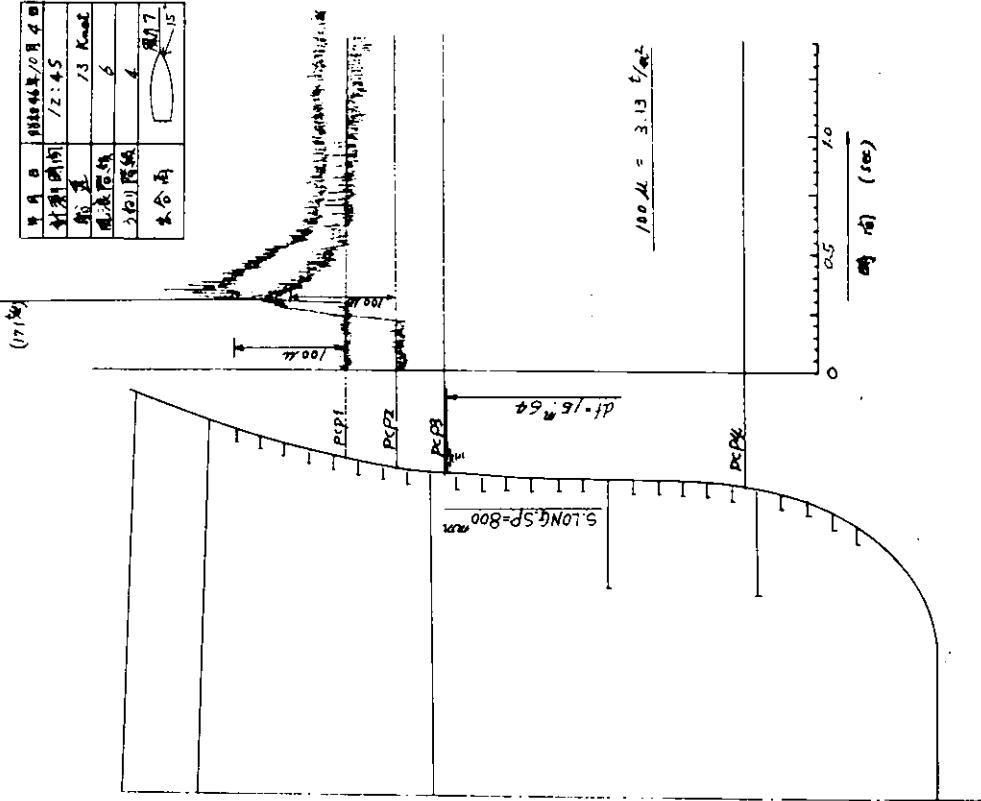
年月日	1988年10月6日
计划时间	12:35
船名	13 Kuel
风速/浪高	6
观测员	4
天气	晴
水角	15°



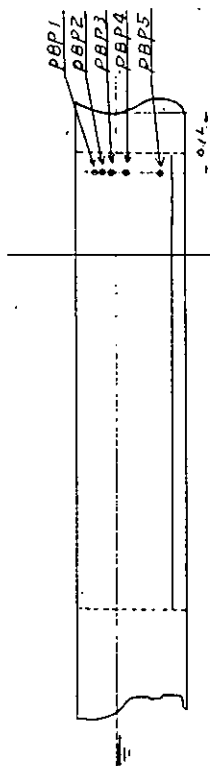
付録2.17 船首部衝撃圧力同時分布 - (13)



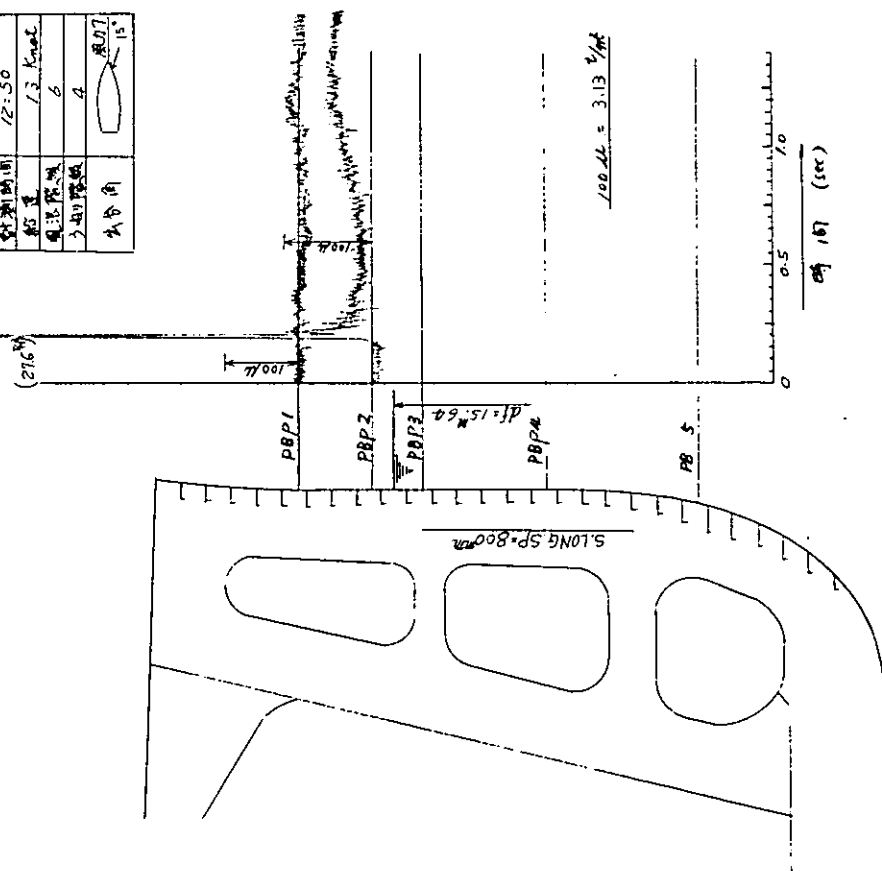
年月日	1988年10月6日
计划时间	12:45
船名	13 Kuel
风速/浪高	6
观测员	4
天气	晴
水角	15°



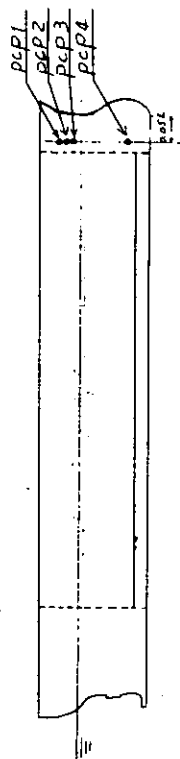
付録2.18 船首部衝撃圧力同時分布 - (14)



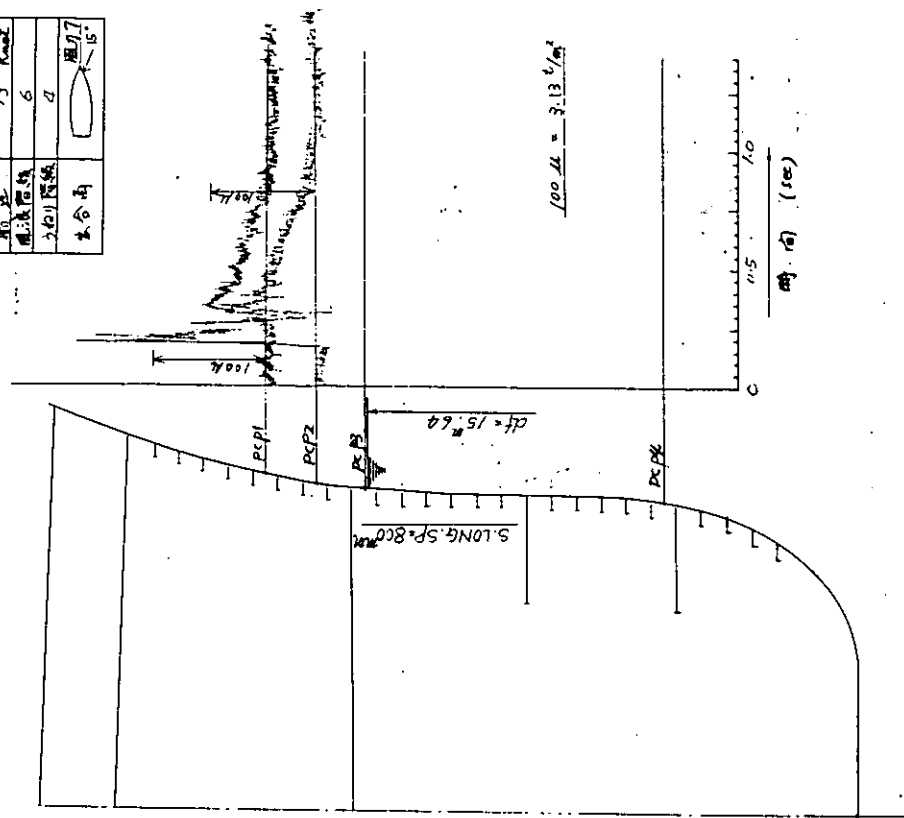
年月日	昭和44年12月4日
計測時間	12:50
船速	13 Knot
風速	6
波高	4
水角	15°



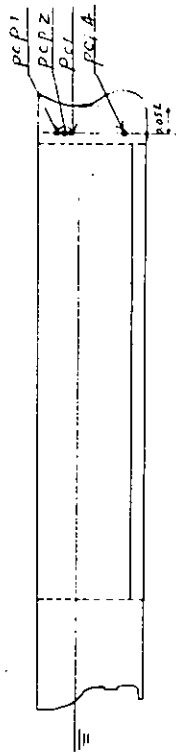
付録2.4 船首部衝撃圧力同時分布 - (15)



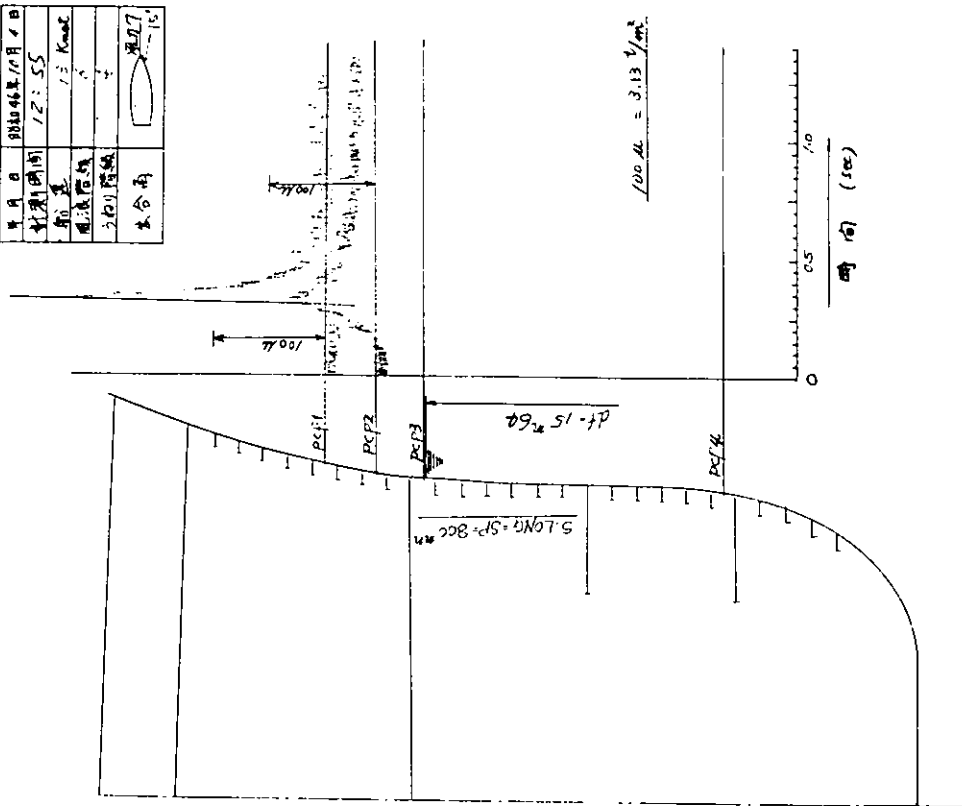
年月日	昭和44年10月2日
計測時間	12:55
船速	13 Knot
風速	6
波高	4
水角	15°



付録2.20 船首部衝撃圧力同時分布 - (16)

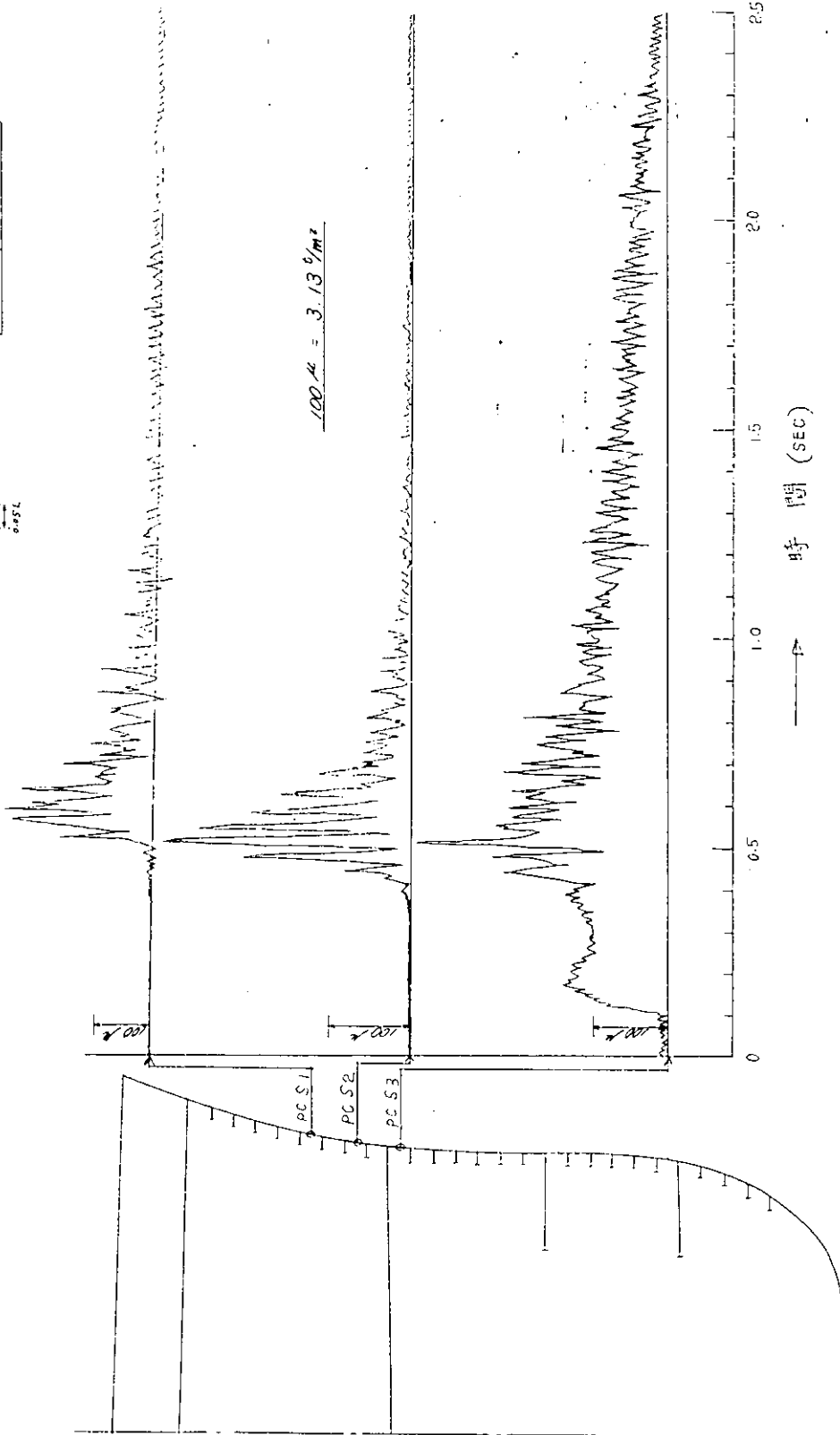
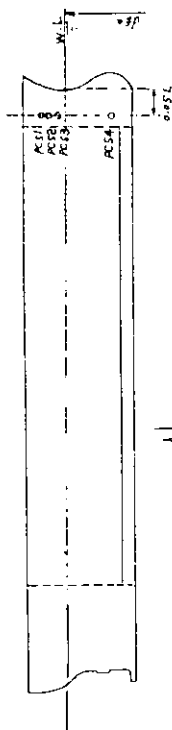


年月日	1984年10月4日
计划时间	12:55
船名	12 Kuei
航线	5
观测站	5
观测员	张明

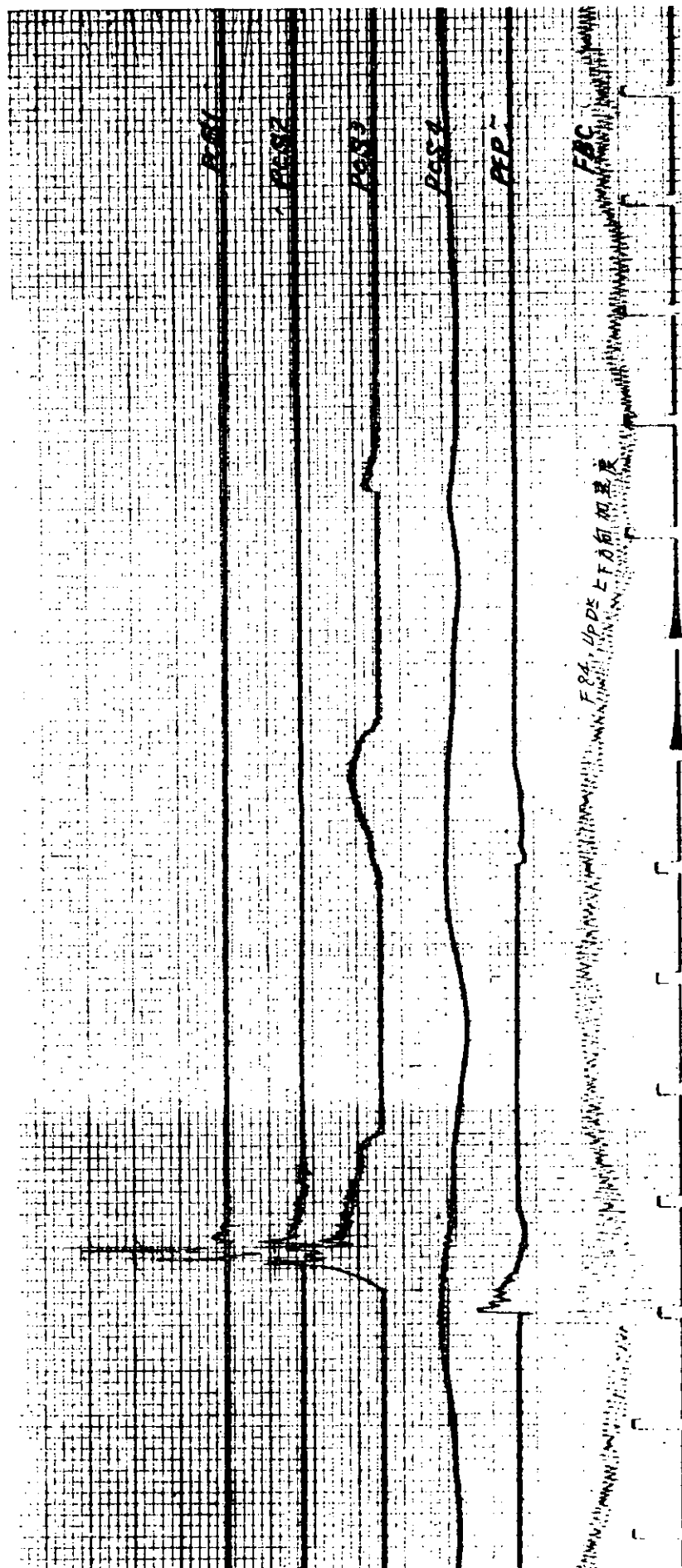


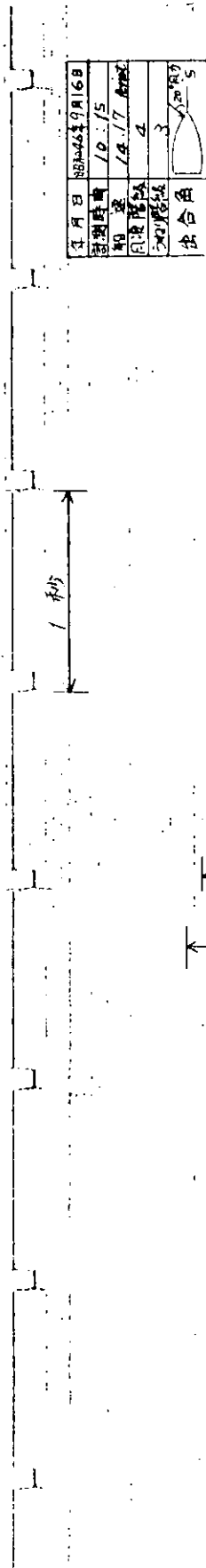
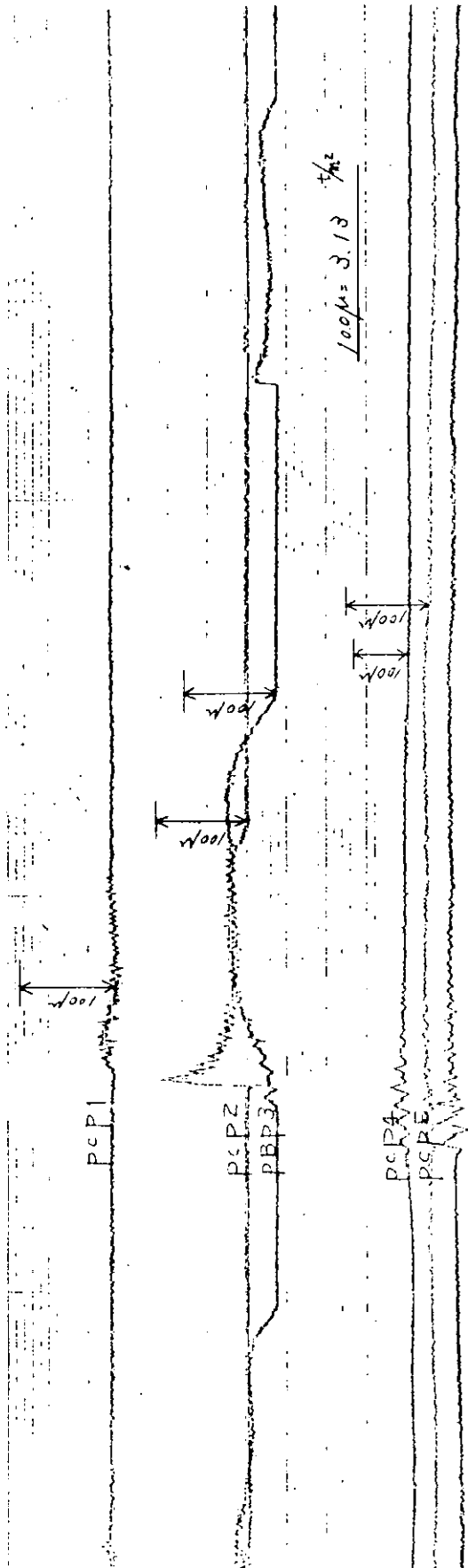
付録 2.21 船首部衝撃圧力同時分布 - (17)

年月日	昭和廿四年八月三日
計測時間	01:15
船速	14 Knot
波浪高	6
計測機	4
出合角	78°



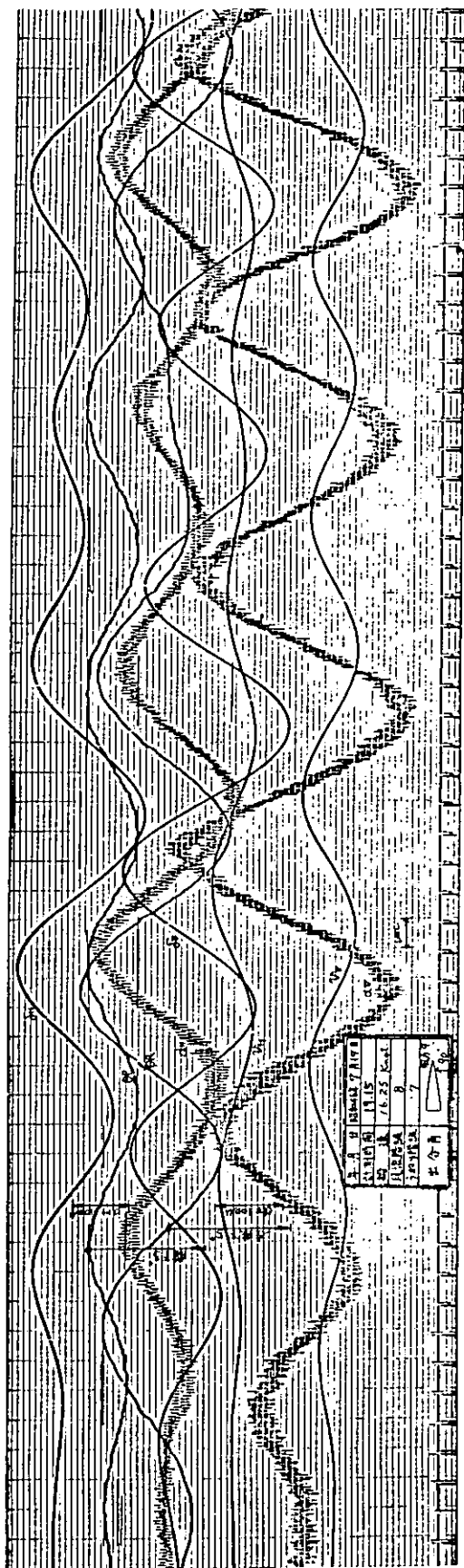
付録 2-22 船首部衝撃圧力周時分布 - (13)





年月日	昭和24年9月16日
測時	10:15
測者	18.17 400
測器	4
測法	3
測角	5

付録 2-24 衝撃水圧の測定記録例



月	日	時刻	11:38
計測時間	01:00		
船速	14	kt	
凡能路	6		
凡能路	4		
出合	4		



265
4



時間 20 倍圧縮

PCS1

PCS1

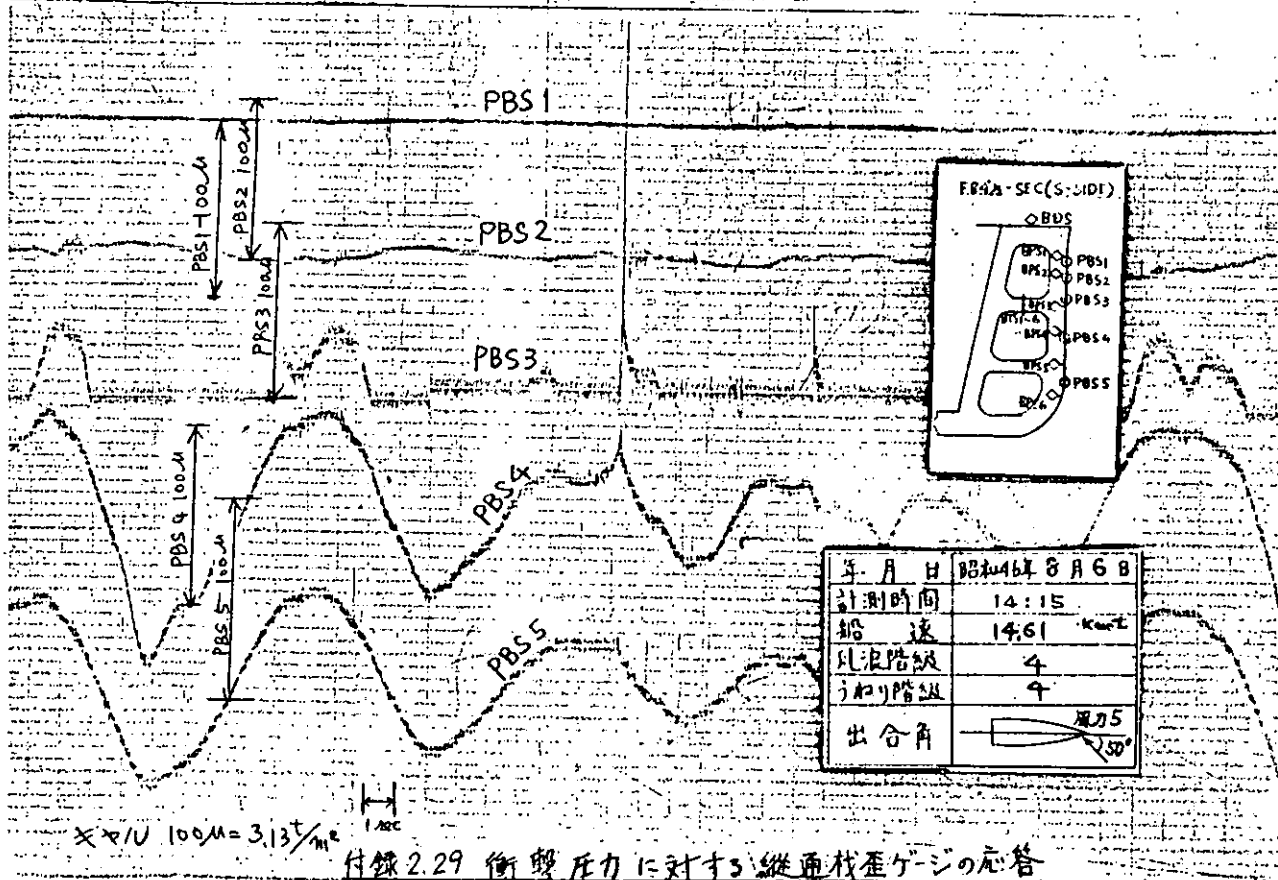
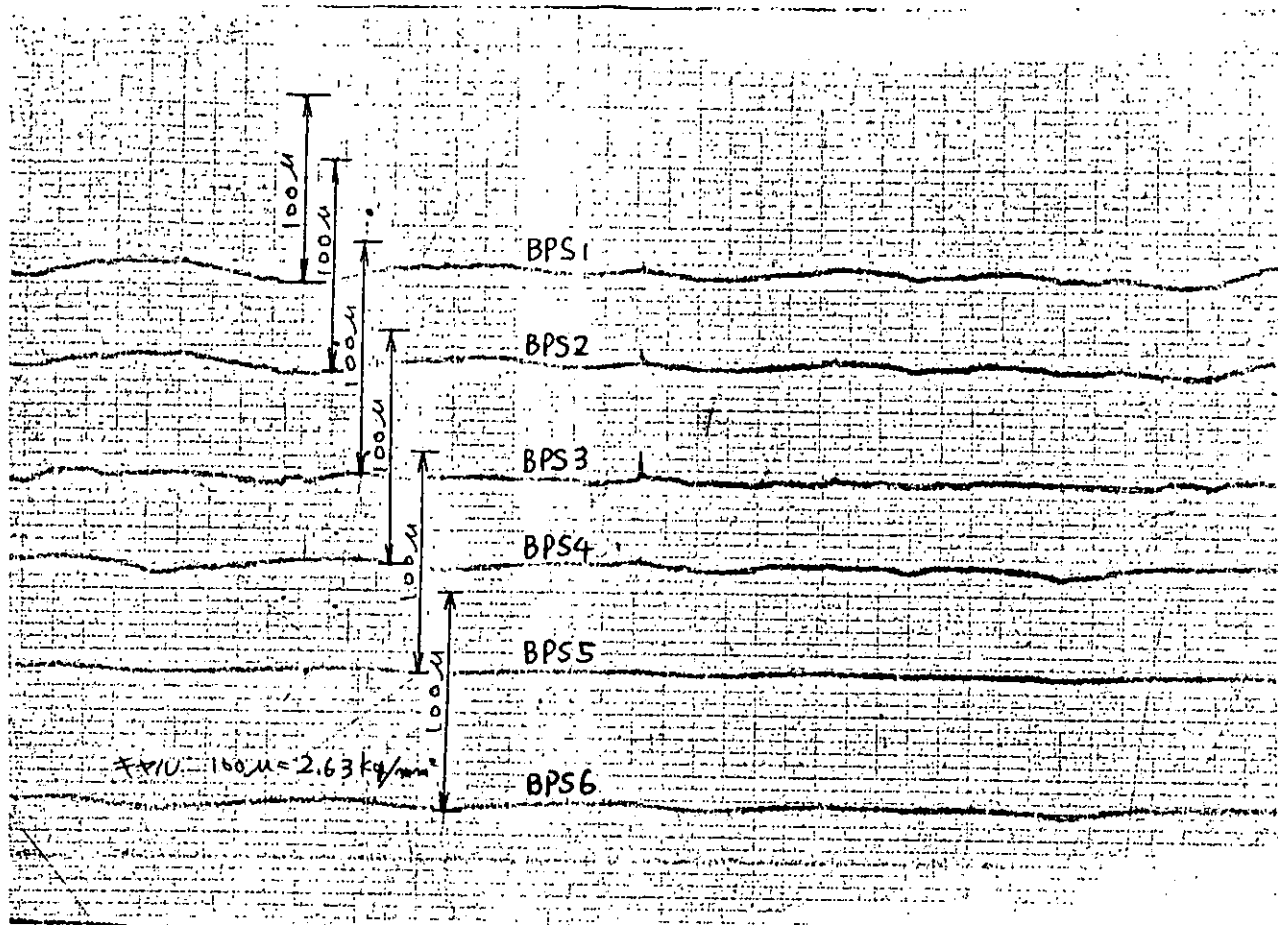
PCS2

PCS2

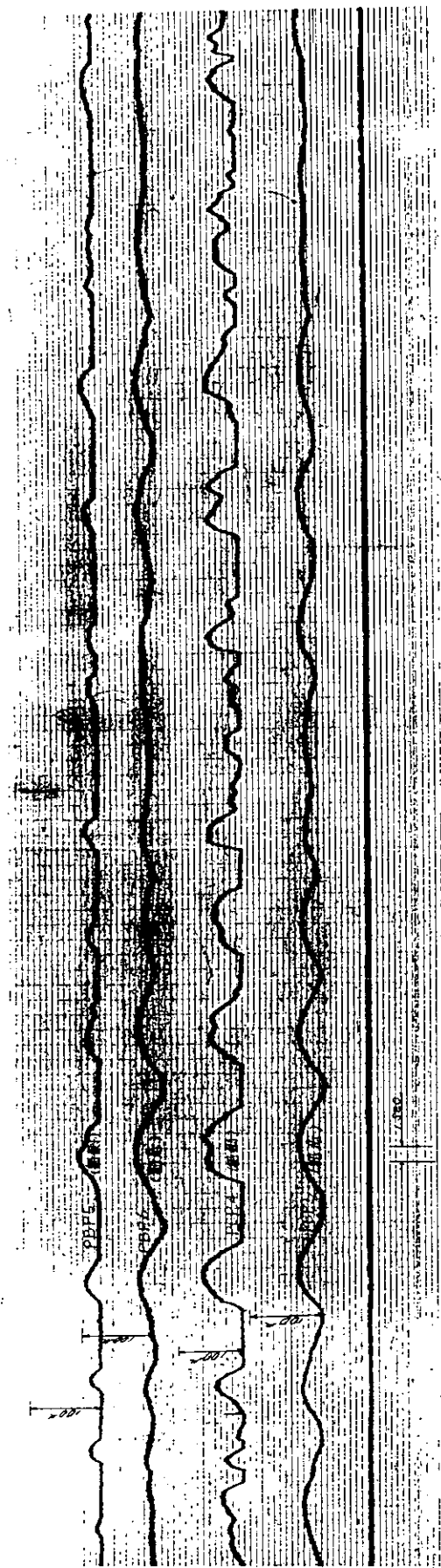
PCS3

付録 2.28 衝撃水压波形



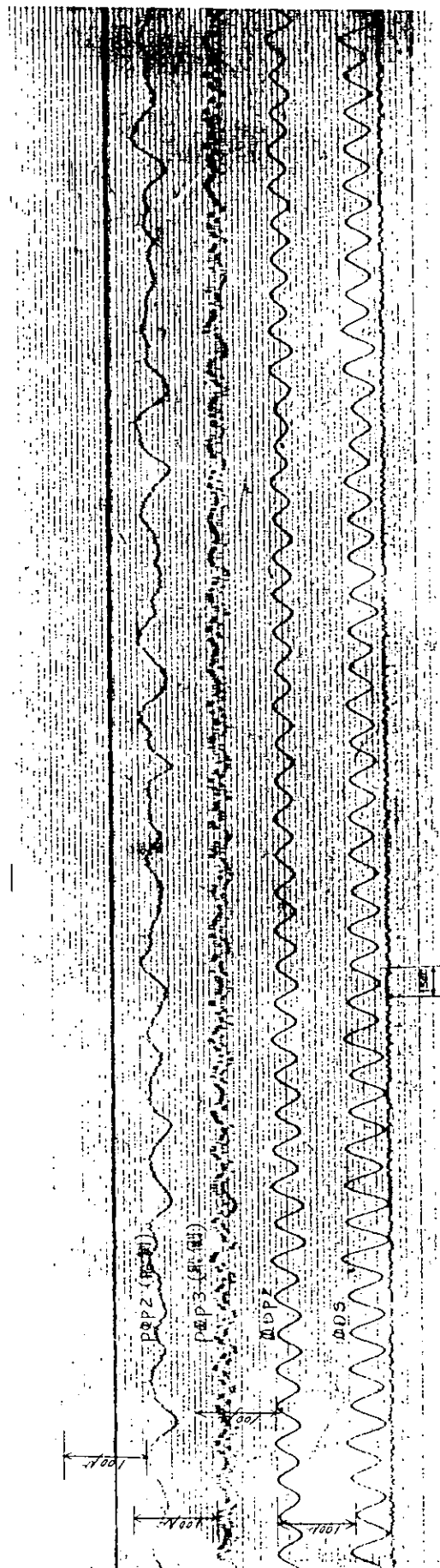


付録2.29 衝撃圧力に対する縦通桁歪ゲージの応答



付録 2.30 船底変形新式記録例

400, 100m = 25/100 = 3.136/m



付録 2.31 船体中央部上甲板応力および船底鉛直の水圧

100m = 25/100 = 3.136/m

100m = 25/100 = 2.637/m