一般貨物船の強力甲板における倉口隅部

応力集中について (実船実験)

正員 大 川 喜 伴* 正員 久 保 正 大*
正員 重 成 彊* 正員 武 正 敏 孝*

Experiments on Stress Concentration in Hatch Corner

By Yoshitomo Okawa, *Member* Masataka Kubo, *Member*
Tsuyoshi Shigenari, *Member* Toshitaka Takemasa *Member*

Abstract

There seem to exist some different opinions among several classification societies of shipping as for the stress concentration at the hatch corner together with the reinforcement thereto. In order to provide some data necessary for clarifying the problem, the author made a series of experiments on the stress concentration for various radii of hatch corners in 9 sister ships. Measurements were carried out when the vessels were launched and records of stress arising at the hatch corner and main deck were taken continuously by the strain meter.

The major factor influencing the stress concentration has been found to be the value of radius at the hatch corner in correlation with the breadth of the hatch, and conventional reinforcement by inserting thicker plate at the hatch corner seems to have little contribution to this problem.

In this paper, the author reports the results of these experiments.

I. 緒 言

一般に貨物船の有効甲板の倉口隅部における応力集中に関し各船級協会の見解は異り必ずしも統一されておらず、各々その対策としての隅部の最小半径およびその補強方法を規定しているが、その定説となるものは少いようである。わが国においてもこの種の応力集中の問題に関して早くから研究が進められ、少数の理論的取扱に加え旧海軍にて行われた有孔板の光弾性実験を始め、2, 3 の模型試験および実船試験が行われて来た。しかるにその合理的結論を得るにはまだ資料に乏しく、ここに系統的な実船および模型試験の必要が痛感されていた。今回当浦賀造船所において 150 m 型貨物船 8 隻 (略同型船) の建造の機会を得たのでその進水を利用して同貨物船 6 隻を中心に他 3 隻を含む合計 9 隻の貨物船につき上記目的の系統の実船実験を行ったものである。実験は隅部半径を 300 m/m から 1,500 m/m 迄変えると共に、隅部挿入厚板と 2 重張りの採用不採用および甲板上倉口隅部における倉口縁材を角型および丸型とした場合等各組合につき実船実験を行い現在種々問題とされている強度および艤装上より見た隅部半径の最適値の決定補強対策としての隅部挿入厚板および 2 重張りが有効であるか否かの問題および甲板上隅部における倉口縁材形状の応力集中におよぼす影響等につき調査したものである。なお上記において設計予定である隅部半径 300 m/m および 610 m/m 以上の隅部半径および比較としての 2 重張り補強と丸型倉口縁材は船主および船級協会の御了解の下に進水時に特に応力測定の為施行したもので、進水後所定の寸法および構造に復旧したものである。ここに船主および船級協会関係者更に現場工事関係者の理解ある御援助に対し深く感謝する次第である。以下その結果につき報告する。

II. 測 定 方 法

試験時の外力としては、船が進水する時の船尾浮揚時に起る曲げモーメントを利用した。この曲げモーメント

原稿受付 昭和 34 年 1 月 10 日

* 浦賀船渠浦賀造船所

第1図 水位計配置状態の一例

の最大値は一般に貨物船においては海上において実験用として人為的に作り得る値に比して相当に大きい。故にこの種の実船応力測定に進水を利用した例は極めて多いがここに注意すべきことは、この曲げモーメントの分布は前後方向に変化が激しいので、実験に当つてはその変化の少い所を選ぶ必要がある。この点については後述の通り著者の選んだ測定範囲ではほぼ一定とみなし得るのでこの測定方法は本目的に対し充分その目的を達したものと云えよう。次に本実験において行われた測定方法の概略を述べる。

応力測定

測定は電気抵抗線歪計を使用し進水時の発進と同時にタイム記録を附し連続的に記録した。応力の零点は各船とも船体の完全浮揚時とし各時刻の応力値を測定記録した。

船尾浮揚位置の測定

測定は滑台より電氣的の接点を出し固定台の側面に等間隔に設けた接点を滑台が通過する時の回路より生じた瞬間電圧を電磁オシロに入れ応力測定と同一タイムベースで記録した。これより求められた走行距離と走行時間の関係と応力記録曲線より推定して得られた船尾浮揚発生時刻から船尾浮揚位置を求めたものである。

船尾浮揚時の船尾部附近の水面状態の測定

水位の測定は水位計により行い応力測定と同一タイムベースで記録した。第1図の写真は水位計配置状態の一例を示す。

なお上記船尾浮揚位置および船尾附近水面状態の測定は後述する船尾浮揚時の曲げモーメント計算の資料とするもので後述する第5船についてののみ行われたものである。

第2図 第1船、第2船および第3船遮浪甲板構造

第3図 第4船、第5船および第6船遮浪甲板構造

応力測定部は進水時に最大曲げモーメントを起すと考えられる倉口附近を選んだ。150m 型貨物船の測定部附近の構造を第2図および第3図に示す。甲板は縦通梁方式で鋼製倉口蓋のために倉口前端部はその格納場所となり後端部はウインチプラットフォームがあり多少の構造上の差異が存在する。この差異については応力集中に関連して多少の問題がある様であるがその影響については後で述べる。

測定点は各船で幾分相違はあるが、1隻 40 点乃至 50 点であつた。その代表的一例を第4図に示す。なお第5図の写真は隅部における抵抗線歪計の配布状態の一例を示す。

なお本応力測定の実差はゲージファクターなどの誤差により平均 10% 前後と思われるも各船において種々の測定がそれら誤差に対し任意に行われている故それらは互に消し合つてその平均としては大体妥当な値を取つているものと思われる。

III. 実験経過

実験の測定船としては第1表の9隻を選んだ。この中第1船より第6船迄は同型船で大別して倉口幅 7.600m および 8.500m の2種類になる。

実験は上記同型貨物船6隻を中心に行われ第1船においては隅部応力測定と同時に各構造部材の応力の伝達状況とその分布について測定したがほぼ予期された結果を得たので第2船からは隅部半径の応力集中におよぼす影響にその重点を置き、併せて隅部挿入厚板の応力集中におよぼす影響につき測定を行つた。さらにこの実験の補足として第8船において補強対策としての隅部挿入厚板と2重張りとの比較および甲板上倉口隅部における倉口縁材形状の応力集中におよぼす影響につき測定を行つた。また第9船において近時倉口隅対策として行われている隆起甲板構造の隆起甲板倉口隅部における応力集中を測定し普通型構造の強力甲板における隅部応力集中との比較を併せ行つた。

なおさらに上記同型貨物船の応力集中に大きく影響する問題として次の2項目につき測定が併せ行われた。即ち

- i) 曲げモーメントの分布状況
- ii) 第3倉口前後部における構造上の差異が各隅部応力におよぼす影響

上記2項について i) に対しては甲

第4図 測定点配置の一例(第4船測定点配置)

第5図 抵抗線歪計配布状態の一例

板間の相当の長さにわたり応力の測定を行い、さらに先に述べた如く船尾浮揚時の曲げモーメント計算の資料として船尾浮揚位置および船尾浮揚時の船尾部附近の水面状態を記録した。ii) に対しては第3倉口前後の倉口側線内甲板の各断面の応力分布を測定し応力の倉口側線内への流入状況を調査した。

IV. 測定結果および考察

1) 応力記録曲線について

応力記録曲線の一例を第6図に示す。船尾浮揚の直前に普通ティピングの為の甲板面における引張応力が見られる筈であるが今回の実験ではその現象が現れなかった。これは船のキール傾斜および船台の長さとの相互関係に依るものであらうと思われる。

船尾浮揚は滑り開始後大体 21 秒の附近において見られた。その直後 25 秒附近に振動応力が記録されているがこれは船首抱台内の柔材の崩壊に起因するものと思われる。

2) 倉口隅周辺部の応力分布

各船の倉口隅部附近の応力分布については大体同じ模様であるがその一例として第1船にて計測せる第3倉口周辺の応力分布を第7図に示す。いずれも船尾浮揚時の最大圧縮応力時の分布状態である。

本船のこの附近の基礎応力となるべき遮浪甲板内の応力分布は2つの断面において測定した。平均応力値は①断面 3.4 kg/mm^2 、②断面 3.1 kg/mm^2 であるが隅部近くの①断面は②断面に比べ少しく高い値を示している。

第一表 試験要目

船名	要目 (L x B x D x d)(m)	倉口長 L(m)	倉口巾 b(m)	隅部半径 r(mm)	隅部挿入 厚板	隅部 二重張り	甲板上隅部 倉口線形状	測定箇所	測定期日 (年 月 日)		
第1船 SANTA MARIA	150.00x19.00x12.60x9.34 AFT. ENG. SS. CARGO BOAT TWO DECKER	10.400	7.600	300	有	無	角型	第3倉口後端	31. 6. 7.		
第2船 NATIONAL POWER				700	〃	〃	〃	〃	31. 9. 17		
第3船 SANTA DESPINA				1,250	〃	〃	〃	〃	〃	〃	
				300	〃	〃	〃	〃	前端	32. 2. 28	
				610	〃	〃	〃	〃	〃		
第4船 NATIONAL PRESTIGE		10.400	8.500	1,500	〃	〃	〃	〃	後端	31. 12. 30	
				610	無	〃	〃	〃	〃		
1,180				〃	〃	〃	〃	〃	〃		
第5船 PACIFIC PIONEER				650	〃	〃	〃	〃	〃	前端	32. 5. 14
				1,000	〃	〃	〃	〃	〃	後端	
				1,200	〃	〃	〃	〃	〃	〃	
				1,500	〃	〃	〃	〃	〃	前端	
第6船 PACIFIC CONQUEROR				610	〃	〃	〃	〃	〃	〃	32. 6. 31
					610	〃	〃	〃	〃	〃	
第7船 SUNEK	157.00x20.40x12.50x9.12 BULK CARGO CARRIER (WITH TWO ROW HATCH)	14.400	6.100	300	有	〃	丸型	第2倉口前端	33. 7. 28		
第8船 宝来丸	136.00x18.90x11.85x8.85 MID ENG. SS. CARGO BOAT	14.400	7.200	〃	〃	〃	〃	〃	33. 8. 19		
				〃	〃	〃	〃	〃		〃	
				〃	〃	〃	〃	〃		〃	
				〃	〃	〃	〃	〃		〃	
		14.400	7.200	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	
				〃	無	有	〃	〃	〃	〃	
第9船 豊国丸	128.00x18.20x11.40x8.50 MID ENG. SS. CARGO BOAT RAISED DECK	13.500	7.200	300	〃	無	〃	第2倉口後端	31. 2. 25

第6図 応力記録曲線の一例(第4船記録例)

隅部廻りの応力分布においては最大応力値は隅部半径の前後方向R止りより船内部へ約 25° 入った点に生じている。この点については後述するように他船において種々隅部半径が変つても最大応力値は大体平均として 30° 前後に生じている。また普通一般に甲板部より隅部挿入厚入板部へ移るさいに応力は厚板部で若干低くなつてはいるが、その変化は余り認められない。

次に倉口縁材については倉口中央部附近では縦通材として有効に働くが端部に近づくにつれその有効性は著しく減少しているがこれは当然の事であろう。

さらに当然の事ながら甲板下縦桁は応力伝達に完全に働いている事が分る。甲板下縦桁の面材における倉口隅部応力集中は殆ど無かつた。これは横部材が倉口端梁であり左右方向の拘束が極めて小さく横方向の倉口端梁の面材内に応力が伝達され難いためであろうと考えられる。

なお一般甲板下縦通梁は同図に示すように縦通材として完全に働いているのが分る。

3) 船尾浮揚時の曲げモーメント分布

船尾浮揚時に生ずる曲げモーメントの分布は一般に船の前後方向で大きく変化する。このことは後述する応力集中度の計算の基礎応力を測定隅部の近くにとるか、また相当離れている所にとるかにより応力集中度の絶対値に変化を生じてくることになるので、第3倉口周辺の曲げモーメントの分布を調査し、平均基礎応力の取方を検討する必要が生じた。曲げモーメントの調査は次に示す方法で第5船につき行つたものである。

- i) 第3倉口を含む前後相当広い範囲内の甲板応力の測定
- ii) 計算による船尾浮揚時の曲げモーメント分布

なお計算をより正確に行うため前述の如く船尾浮揚位置および船尾浮揚時の船尾部附近水面状態を実測し計算の資料とした。

上記2項目の測定および計算結果は次の如くであつた。

第7図 倉口隅周辺部応力分布(第1船計測結果) 最大圧縮応力時

第8図 第3倉口周辺遮浪甲板応力分布 (第5船計測結果)
最大圧縮応力時

第9図 走行距離—走行時間曲線 (第5船 計測結果)
[上記「船尾浮揚開始」は応力記録曲線の勾配の変化開始時刻の位置を示す。]

倉口中央部附近で最大値 3.0 kg/mm^2 となり倉口前後端間での変化は極めて小さいことが判る。また計算値と実測値との相違は動的な応力値と静的な進水計算から出発した計算応力値との差および計算上の諸仮定の妥当性の問題等によるものと考えられる。

上記のように第3倉口前後端間で一定値とみなされる 3.4 kg/mm^2 という測定値を得たことは同区間における曲げモーメントの変化が極めて小さい事を示し倉口間中央部の甲板平均応力を応力集中度計算の平均基礎応力として良いと云うことが云えよう。

4) 平均基礎応力

隅部における応力集中度の解析に使用した平均基礎応力としては倉口平行部の中央における甲板応力の平均値

i) 第3倉口を含む前後相当広い範囲内甲板応力の測定

該応力分布を第8図に示す。応力値は第3倉口にわたりほぼ一定で 3.4 kg/mm^2 であった。

ii) 計算による船尾浮揚時の曲げモーメント分布

起行距離～走行時間曲線を第9図に示す。走行後 16.5 秒において曲線の彎曲することは船体が水中に入り始めた為であろう。図中「船尾浮揚開始」とあるのは応力記録曲線の勾配の変化開始時刻を示している。

次に船尾浮揚時の船尾部附近の水面状態を第10図に示す。

上記船尾浮揚時の実際の水面状態を基にして計算せる曲げモーメント分布を第11図に示す。これより求めたサッキングによる応力値に浮揚時のホッピングの応力値を加えたものが実験の応力と比較さるべきものであるが、その応力値は第3倉

第10図 船尾浮揚時の船尾部附近水面状態 (第5船計測結果)

σ_A を採用した。(第 12 図参照) 従来一般に用いられた前述の有孔板の光弾性試験結果にも使用されている平均基礎応力は σ_B をもって表わされているがここでは σ_A を使用した。第 2 表に示すように平均基礎応力は同型船 6 隻については各船とも $3.4 \sim 3.8 \text{ kg/mm}^2$ であった。

5) 応力集中度

応力集中度の定義としては隅部の最大応力値 $\sigma_{\max}$ を平均基礎応力 σ_A で割つたものを採用する事にした。

i) 隅部半径の応力集中度におよぼす影響

隅部廻りにおける各点の応力 σ と σ_A との比 σ/σ_A とその角度との関係を第 13 図に示す。角度は船の前後方向の R 止りから船内部へ向け計つたものである。隅部の最大応力値 $\sigma_{\max}$ は前後方向の R 止りから一般に約 30° 入った点に生じ隅部半径に無関係に同様な傾向を示している。各船の最大応力値、角度、および応力集中度を第 2 表に示す。隅部半径比 r/b (b は倉口の全幅) に対する応力集中の値を旧海軍にて行われた光弾性実験結果と共に第 14 図に示す。この場合有孔板の光弾性実験結果は本稿における如く σ_A を平均基礎応力とした値に修正してある。第 14 図の結果が示すように r/b が大きくなると応力集中度は急激に減少して行くが $r/b > 0.2$ になると変化はほとんどなくなり大体一定値に落ちつくと思われる。しかし実船の場合倉口艤装上の問題として r を無制限に、たとえば $r/b > 0.2$ になるように大きくすることは不可能であろう。いま実用範囲として $300 \sim 1,500 \text{ m/m}$ を考えれば応力集中度は r/b により敏感に影響される。

本実験の結果を前記光弾性の実験結果と比較するとその B/b および l/b の影響を考慮してもかなり実船に

第 13 図 応力集中とその位置の関係

第 11 図 船尾浮揚時曲げモーメントおよび剪断力曲線

第 12 図 平均基礎応力の説明

おいては集中度が大きく出ている。この理由として早急の結論を下すにはまだ不十分であるが光弾性試験の精度および実船と単平板模型との差異によるものではないかと考えられる。

本実験は第 1 表に示す如く倉口幅 7.600 m および 8.500 m すなわち $B/b=2.50$ および 2.24 , $l/b=1.37$ および 1.22 の 2 系列について行われたのであるが結果としてこの程度の差異による影響は表わ

び第 14 図からわかるように丸型形状のものが角型形状のものに比べその応力集中度は若干低く出ているが、その差はほとんどないと考えられる。ただ最大応力の生ずる位置が角型形状の場合 30° 附近に生ずるが丸型形状になると 20° 附近に移動している。なお丸型倉口縁材は実験終了後角型に復旧した。

iv) 倉口側線内甲板構造の応力集中度におよぼす影響

第 14 図からわかるように第 3 倉口前端隅部応力集中は後端部のものに比べ一点を除いて一様に低く出ている。この理由として一応前後方向の曲げモーメントの相違によるものでないかと考えられたが 3) において述べたようにその相違は極めて小さいのでこれとは別に倉口前後の倉口側線内における甲板構造の剛性の差によるものでないかと考えられその差異を確認するため第 6 船において第 3 倉口前後端隅部半径を等しく 610mm とするとともに第 3 倉口前後の倉口側線内甲板の応力分布を調べた。

同船における倉口隅および倉口側線内甲板の応力分布を第 17 図に示す。応力集中度は第 2 表に示すように

第 16 図 倉口隅部における倉口縁材形状 (第 8 船第 2 倉口前後端倉口隅)

第二表 応力集中度

船名	倉口中 b(m)	隅部半径 r(mm)	隅部半径比 r/b	隅部最大応力 $\sigma_{\alpha} (\% \sigma_s)$	隅部最大応力 $\sigma_{\max} (\% \sigma_s)$	応力集中度 $\frac{\sigma_{\max}}{\sigma_{\alpha}}$	隅部最大応力の位置 α (度)	隅部側線内甲板	隅部二重線	甲板上隅部 倉口縁材形状	測定箇所
第1船	7.600	300	0.039	3.1	10.0	3.22	24.5	有	無	角型	第2倉口後端
第2船		700	0.092	3.8	9.1	2.40	25.0	“	“	“	“
		1,250	0.164	“	7.6	2.00	30.0	“	“	“	“
第3船		300	0.039	3.8	9.8	2.58	30.9	“	“	“	前端
		610	0.080	“	9.1	2.39	28.7	“	“	“	“
		1,500	0.197	“	6.1	1.61	24.5	“	“	“	後端
第4船		610	0.072	3.8	9.8	2.58	25.5	無	“	“	“
		1,180	0.139	“	8.2	2.16	28.5	“	“	“	“
第5船	8.500	650	0.076	3.4	9.0	2.65	25.0	“	“	“	前端
		1,000	0.118	“	7.7	2.26	30.0	“	“	“	後端
		1,200	0.141	“	7.4	2.18	30.0	“	“	“	“
		1,500	0.176	“	5.5	1.62	27.5	“	“	“	前端
第6船		610	0.072	3.5	8.1	2.31	29.0	“	“	“	“
		“	“	“	9.2	2.62	27.5	“	“	“	後端
第7船	6.100	360	* (0.030)	1.8	6.1	3.39	17.5	有	“	丸型	第2倉口前端
		“	“	2.6	8.7	3.35	20.0	“	“	“	後端
第8船	7.200	300	0.042	2.8	10.0	3.57	30.0	“	“	角型	第2倉口前端
		“	“	“	9.8	3.50	19.3	“	“	丸型	“
		“	“	2.9	10.7	3.69	32.0	“	“	角型	後端
		“	“	“	9.7	3.34	25.5	“	“	丸型	“
		“	“	3.3	11.9	3.61	23.0	“	“	角型	第3倉口前端
第9船 (RAISED DECK)	7.200	300	0.042	2.6	7.2	2.77	30.0	“	無	—	第2倉口後端

註 ※ : 並列倉口なる故隅部半径比の b とし倉口中の 2 倍を用いている。

第17図 倉口隅部および倉口間甲板応力分布 (第6船計測結果)
最大圧縮応力時

違すなわち第3倉口後部のウインチプラットフォーム、デリックポスト等の存在により後部の甲板間構造は前部に比べその剛性が相当に増している為であろうと考えられる。

v) 隆起甲板における隅部応力集中について

最近倉口隅部の応力集中を避退する対策として上甲板面内に開口隅部を造らず隆起甲板型として応力集中を避ける方法が取られている。然しながらこの種の構造においても結局上甲板における隅部応力集中が隆起甲板面内に移動した形となりこの部分で同様な応力集中を起すことが考えられる。この問題に対し隆起甲板構造の第9船において上甲板、隆起甲板および隆起甲板開口隅部における応力分布を求め、隆起甲板に対する応力の伝達および開口隅部における応力集中度を調べた。

(イ) 応力の伝達および分布状況

上甲板および隆起甲板周辺の応力分布を第18図に示す。同図において分る如く上甲板における応力分布は倉口端梁の位置で僅かに上昇しているが目立つた応力集中がなく本構造の主目的が一応達成されている。次に隆起甲板上の応力分布はその外側部において上甲板と同程度の応力が伝達され特に上甲板上縦桁(倉口縁材)線上においては上甲板面より高く縦桁面材と略同程度の応力が伝達されている。縦桁線より内側においては応力は急激に低下している。

上甲板上縦桁(倉口縁材)の応力伝達は非常によくその応力値は船体断面の中立軸よりの距離の比だけ上甲板面内より高い値を示している。

(ロ) 応力集中度

(イ)に述べたように隆起甲板には応力の伝達が非常によく従つて隆起甲板上の開口隅部には高い応力集中を生じてい

前端隅部は後端のものに比べ約10%低い。またその位置は前後端隅部ともほぼ等しく前後方向R止りからそれぞれ船内部へ約28°入った点に生じている。

倉口側線内甲板の応力分布は第17図に示すように倉口前後では明らかに差異を生じ前部甲板に比し後部では外側部よりの内方への流入が大きい。この原因として倉口側線内甲板の形状および構造の相

第18図 隆起甲板および上甲板応力分布 (第9船計測結果)
最大圧縮応力時

る。その値を第 14 図に置点した。平均基礎応力として上甲板上における平均応力を中立軸よりの距離に比例して隆起甲板上に修正したものを取るのが妥当と考えられるが、参考として上甲板における平均応力を平均基礎応力とした場合も併せ記入した。第 14 図からわかるように応力集中度は強力甲板における場合に比べ若干低いが、中立軸よりの距離が遠いだけその応力値は大きくその取扱いは強力甲板における隅部と同様に慎重にすべきである。なお同図に記載した隆起甲板船 KAVODORO 号および協泰丸は石川島造船所、旧久丸は鶴見造船所の実測結果である。

V. 結 論

以上の結果より直ちに結論を出すにはなお多少不十分な所もあると思われるが有効甲板および隆起甲板における隅部応力集中およびその対策として次の事が云えると思われる。

1. 隅部応力集中度は隅部半径比 r/b が大きくなると急激に減少していくが r/b が 0.2 以上になれば最早その変化はほとんどなくなる。
2. 補強対策としての隅部挿入厚板および 2 重張りは隅部応力集中に対しほとんど有効でないと考えられる。
3. 甲板上の倉口縁材形状は隅部応力集中に影響をおよぼさない。
4. 隅部応力集中度は倉口間甲板形状およびその構造に影響されその構造が剛なる程集中度は高い。
5. 隆起甲板構造の隆起甲板開口部に於ける応力集中度は普通型甲板構造の有効甲板のそれに比べ若干低いが中立軸よりの距離が遠いだけにその応力値は大きく有効甲板面における倉口隅部と同様その取扱いは十分に慎重を要すると考えられる。
6. 以上の事より今後倉口隅対策として船の遭遇する甲板応力を想定しその応力および本実験より判明せる隅部応力集中度より判断した最大隅部応力が材料の降伏応力値を越えざる様に必要最小隅部半径の選定をする必要があると考えられる。

VI. あ と が き

現在残されている問題として応力集中度と倉口間の甲板長さ、構造との関係、および実船と平板模型との相違の原因の究明等があるが今後その解明に努力したいと思う。

今回の実験に当り東京大学工学部吉識、木原両教授、大阪大学工学部寺沢教授を始め関東構造研究委員会会員各位の熱心なる御助言と御指導を賜った。

なお本実験は東京大学工学部船舶工学科および運輸技術研究所船舶構造部との協同実験の形で行われたもので東大船舶工学部三波助手、運研構造部石山技官を始め両所の皆様に終止変らぬ御協力をいただいた。

また解析に当つて石川島重工石川島造船所および日本鋼管鶴見造船所の実測結果を使わしていただいた。

ここに併記し、もつて謝意を表する次第である。

最後に本実験を行わしていただいた浦賀船渠狩野副所長および大園設計部長を始めとして会社幹部の方々に深く感謝する次第である。