

大型船の波浪中変動圧および縦通肋骨応力について

正員 戸 沢 秀* 正員 中 島 光 明*
 正員 土 岐 直 二* 正員 井 上 俊 司**
 正員 伏 見 彬***

Characteristics of Local Stresses and Wave Pressure Working on Hull Side in Seaways

by Shigeru Tozawa, *Member* Mitsuaki Nakashima, *Member*
 Naoji Toki, *Member* Shunji Inoue, *Member*
 Akira Fushimi, *Member*

Summary

Full-scale measurements of local stresses and wave pressure working on hull side in seaways were carried out on a VLCC. The measurements aimed at understanding the actual condition of working stresses on longitudinal members and wave pressure acting near the load water line. The findings made from the present study are as follows:

- (1) So far as the results of this full-scale measurements, higher order components of wave pressure owing to wave breaking and/or impact were not remarkable.
- (2) The mean periods of stresses on side longitudinals were shorter than those of deck or bottom longitudinals. This comes from the difference between the response characteristics in regular waves.
- (3) It was confirmed by the comparison with the results of full-scale measurement that the prevalent wave pressure estimation based on strip method well explained the short-term characteristics of stress on longitudinals.
- (4) For the evaluation of local stresses of structural members where various load elements act mutually Discrete Analysis Method (DISAM for short) was found to be effective.

1. 緒 言

船体の構造設計は有限要素法による直接強度計算の結果に基づいて行われるのが一般的になりつつある。しかし、構造解析手法の精密さに比べると、その入力条件とも言うべき船体に作用する荷重の推定精度は、未だ十分と言えないのが現状である。

この荷重の一つに船側変動水圧がある。波浪変動圧については、これまでもSR 131部会を始めとして、水槽試験との比較によりストリップ法ベースの推定手法の検証が行われてきた^{1)~3)}。その結果、現行推定法は実用上ほぼ差しかえない程度の精度を有していることが確認されたもの

の、斜波中における吃水線付近の Weather Side で実験値との差の大きいことが明らかとなっている。また、船長で300 mを越えるような大型船を想定した場合、航行中に出会う大部分の波の波長は船長の半分以下と考えられるので、相対的に短波長域での計算精度が重要となるが、この点については必ずしも十分な検証がなされていない。

この船側変動圧は外板を介して、船側縦通肋骨で分担する。当該船側縦通肋骨は、波浪、積荷による局部荷重を直接分担し、さらに、船体縦曲げ等による応力も加わるため、複雑な応力分布を呈するにも拘らず、作用する変動圧、発生している応力について、これまでに研究された例はほとんどない。また、従来の実船を供試した計測は縦強度に注目したものがほとんどであり、横強度については、ばら積兼鉱石運搬船のサイドフレーム、鉱石運搬船の船側および船底横桁、自動車運搬船の部分隔壁などを対象とした計測例が見られる程度である^{4)~7)}。このように、船側変動圧並び

* 三菱重工業(株)長崎研究所

** 三菱重工業(株)長崎造船所

*** 三菱重工業(株)本社 船舶海洋技術統括室

に船側縦通肋骨の局部応力については、これまで十分に検証されてこなかったものである。

斯かる背景から、本稿は大型船の船側変動圧と水線面付近の船側縦通肋骨応力の実態把握を目的に実施した実船計測の結果と解析結果について報告するとともに、併せて船側ロンジと他ロンジの相異、現状の荷重・応力推定手法の適用範囲について考察するものである。

2. 実 船 試 験

実船試験は平成2年8月から10月にかけて約260,000重量トンVLCCを供試して行った。以下にその概要と結果を示す。

2.1 実船試験の概要

2.1.1 供試船

対象船はVLCCとし、日本・ペルシア湾間の1往復について計測を実施した。本船の主要目を次に示す。

載荷重量：約260,000 DWT

主寸法： $L \times B \times D - d_{DES}$

$= 310 \text{ m} \times 58 \text{ m} \times 29.5 \text{ m} - 19.85 \text{ m}$

2.1.2 試験航路

試験中の航路をFig.1(a)(b)に示す。図中に示した積付条件のように、往航の日本からシンガポールまでの区間

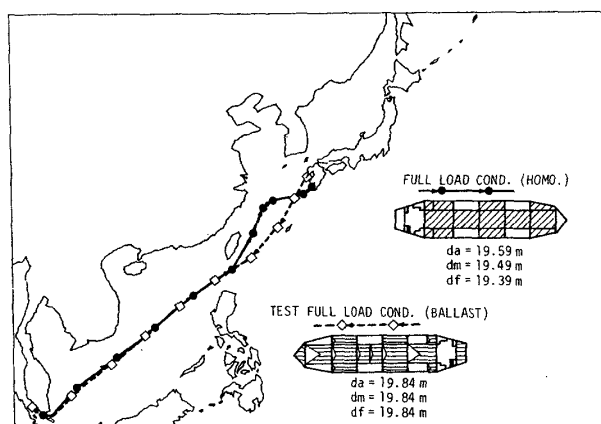


Fig. 1(a) Ship's route during voyage of measurement

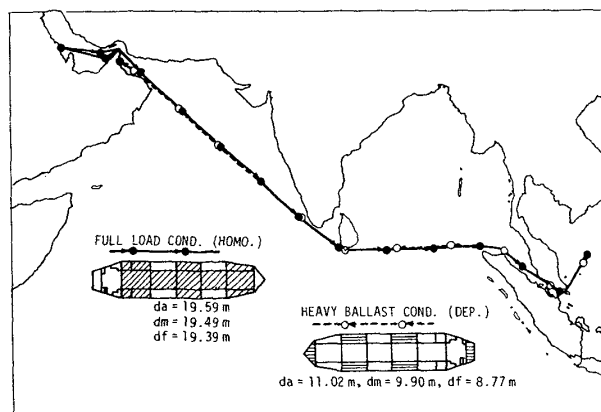


Fig. 1(b) Ship's route during voyage of measurement

ではバラストタンクおよびカーゴタンクに海水バラストを張り、吃水を満載時と同じにした状態で計測を行った。以下、この状態をTest Full と称することとする。すなわち、今回の実船試験は、次の3条件についての計測を実施したこととなる。

◆ Test Full (日本→シンガポール)

◆ Ballast (シンガポール→ペルシア湾)

◆ Full (ペルシア湾→日本)

なお、往・復航ともに日本・シンガポール間は有人計測とし、その他の区間は無人計測とした。

2.1.3 計測項目と計測点配置

計測対象タンクは左舷側のNo.4 サイドタンク（バラストタンク）とした。これは、計測準備工事の容易さ等を配慮したことによる。前述したTest Full の状態は、当該タンクに海水バラストを張った状態であり、満載状態におけるカーゴタンクを模した計測を実施するために行ったものである。計測項目は各々次の通りである。

○圧力 2点

○応力 サイドロンジ：3点

ボトムロンジ：1点

デッキロンジ：1点

L. BHD 付ロンジ：1点

横曲げ応力* (ロンジの軸応力)：1点

計測項目の一覧をTable 1に、また計測点配置をFig.2に示す。

2.1.4 圧力の計測法

従来、実船計測において水圧の計測を実施する場合、水

Table 1 Measuring items

計測点	位 置
P	①部の変動圧
P'	②部の変動圧
SB	③部のT.BHD部応力
SR	④部のT.RING部応力
SR'	⑤部のT.RING部応力
HB	横曲げ応力
B	⑥部のBOTTOM LONGL応力
D	⑦部のDECK LONGL応力
L	⑧部のL.BHD付LONGL応力

〔・HBはロンジの中性軸上応力〕
〔・P, P'は内外圧の合成値を検出〕

* 横揺れによって生ずる浮力・重力の船体左右方向成分を含んだものであるため、これを横曲げモーメントと称し、それに起因する応力を横曲げ応力と称する。

圧計を用いるか、もしくは船体の板あるいは骨材の歪を単独に計測し圧力へ換算するといった方法が一般的であった。しかしながら、水圧計の場合、受圧面積が小さいために局部的な圧力を検出したり、取付け部の剛性の影響を受けるといった欠点がある。後者の場合でも、縦曲げモー

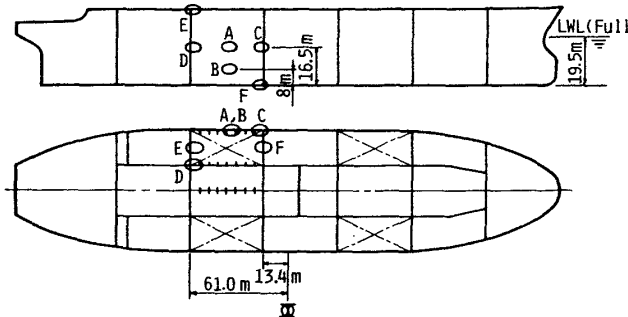
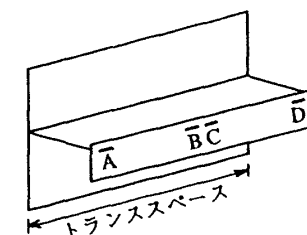
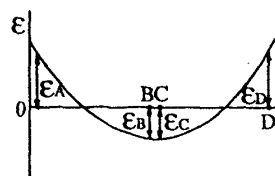


Fig. 2 Arrangement of measuring points and detail of strain gage arrangement



(a) 歪ゲージ貼付位置



(b) 歪の分布

$$\epsilon_b = (\epsilon_B - \epsilon_A) + (\epsilon_C - \epsilon_D)$$

(c) 取り出す値

Fig. 3 Measuring method of wave pressure

ントや温度変化に伴う補正が必要となり、精度の上で問題がある。そこで今回の計測では、Fig.3に示すように、A～Dの4枚のひずみゲージを計測位置の骨材に貼付し、その場で歪ゲージのブリッジを形成する方法を採用した。本方法によると、部材に作用する面外圧力による曲げ歪成分だけが2倍の感度で検出される。従って、縦曲げモーメントなどによる軸力や部材の固着度による端部モーメントによらず、面外圧力に対応する歪成分だけを計測できる。また、対象とした骨材内の温度差は無視できる程度であるので、温度補正も不要である。さらに、ロンジ材に直接作用する荷重を計測できるといった利点もある。歪から水圧への換算係数は、試運転時の水張り時を利用して求めた。なお、本方法は既に鉦石圧等の実船計測⁹⁾の場を通じて、その有効性を確認している。

2.2 試験結果

2.2.1 航路上の気象海象データ

目視データとの比較のため、参考として、航路上の気象海象調査を行った。これは、海象予測サービス会社に依頼して実施したものである。結果をTable 2に示す。

今回の1航海の間では、合成波高〔ここでは、有義波高を $\sqrt{(\text{うねり波高})^2 + (\text{風浪波高})^2}$ で求める。〕で見ても5mを越える波高には遭遇していない。

2.2.2 時系列および周波数解析例

Fig.4(a)～(c)に各積付状態に対応した時系列の例を示す。ここでは、全計測時間に亘るmean levelをまず求め、それを0点としている。また、圧力は外圧が正、応力は引張が正である。時系列データより、Pはそれより8.5m下

Table 2 Wind and wave conditions along ship's route

月/日	位置		風		風浪		うねり		
	緯度	経度	方位	力	波高 (m)	波周期 (s)	方向	波高 (m)	波周期 (s)
8/21	30.0° N	128.2° E	SSE	5	2.0	6	S	2.5	8
8/22	26.4° N	126.4° E	SSW	5	2.0	5	SSW	3.0	8
8/23	22.8° N	123.5° E	SSE	4	1.0	3	SSW	2.0	7
8/24	19.6° N	119.5° E	SW	3	0.5	3	SSW	3.0	8
8/25	16.1° N	116.0° E	SW	4	1.0	4	SW	3.0	8
8/26	12.2° N	112.6° E	WSW	5	2.0	5	SW	2.0	6
8/27	8.4° N	109.5° E	SW	5	2.0	5	SW	2.5	7
8/28	4.1° N	106.1° E	SSW	4	0.5	3	SSW	1.0	5
8/29	1.9° N	102.4° E	SSW	3	0.5	3	CALM		
8/30	5.6° N	97.7° E	W	4	1.0	4	WNW	2.0	7
8/31	6.1° N	91.9° E	SW	4	1.0	4	WSW	2.0	7
9/1	6.0° N	86.1° E	SW	5	2.0	4	WSW	2.0	7
9/2	5.8° N	80.5° E	WSW	5	1.5	4	WSW	2.5	9
9/3	9.2° N	75.8° E	WNW	3	0.5	3	W	2.0	6
9/4	13.2° N	71.4° E	WNW	5	2.0	4	W	2.0	6
9/5	16.9° N	67.2° E	SW	6	2.5	5	SW	3.0	6
9/6	20.6° N	62.8° E	SSW	5	2.0	4	SW	3.5	8
9/7	24.3° N	57.9° E	SE	4	0.5	3	ESE	1.0	5
9/8	9/8-9/17 入港中								
9/17									
9/18	26.2° N	54.5° E	NE	3	0.5	3	ENE	0.5	5
9/19	24.1° N	58.7° E	SSW	3	0.5	3	CALM		
9/20	20.3° N	63.1° E	SW	4	1.0	4	SW	2.5	7
9/21	16.7° N	67.3° E	WNW	4	1.0	4	WSW	1.5	6
9/22	13.1° N	71.5° E	NW	4	1.0	4	W	1.5	6
9/23	9.5° N	75.5° E	WNW	3	0.5	3	WNW	1.0	6
9/24	6.1° N	79.8° E	WSW	4	1.0	3	W	1.0	6
9/25	5.8° N	85.1° E	W	5	1.5	5	W	2.0	7
9/26	6.0° N	90.0° E	W	3	0.5	3	W	2.0	6
9/27	6.2° N	95.1° E	WSW	3	0.5	3	W	1.0	7
9/28	3.9° N	99.7° E	NE	3	0.5	3	CALM		
9/29	1.1° N	103.7° E	CALM		CALM		CALM		
9/30	5.0° N	106.5° E	NW	4	1.0	4	NW	2.0	8
10/1	9.2° N	109.9° E	NNW	4	1.0	4	N	2.0	6
10/2	13.4° N	113.5° E	SW	7	3.0	5	NE	3.0	8
10/3	17.6° N	117.2° E	SE	3	0.5	3	S	2.5	6
10/4	21.0° N	121.4° E	NE	5	1.5	5	NE	1.0	6

方の圧力 P' とほぼ同位相で変動していることが分かる。ただし、Ballast 時は吃水が浅いため、 P は内圧の変動を計測していることになる。また、サイドロンジ以外のロンジ応力は低いレベルである。Fig.4(b)に見られるように、船底および甲板ロンジの応力は、船側変動圧あるいはサイドロンジ応力に比べ長い周期で変動している。これは、変動圧あるいはサイドロンジ応力が入射波の卓越した周波数に対応して変動するのに対し、船底および甲板ロンジ応力は、入射波中の長周期成分による船体全体荷重に対応して変動するためと考えられる。Fig.5(a)~(c)は、Fig.4(a)

~(c)の各状態と同日に計測されたデータを周波数解析した結果である。これは振幅スペクトルを示したもので、位相は P との位相差で表している。

船側変動圧について見ると、何れの状態においても卓越する周波数は一つであることが分かる。すなわち、ここでの結果を見る限り、船側変動圧において、衝撃・碎波等起因した高次の成分は有意ではないものと考えられる。また、 P と P' が共に波浪変動圧を計測している場合 (Test Full および Full) には、両者は同位相となっており、時系列の傾向とも一致する。

2.2.3 各所の応力比較

Fig.6 は今回の計測期間を通じて得られた◎部 T. BHD 部の応力 SB の振幅頻度分布を示したものである。さらに Fig.7 は得られた累積頻度結果をワイブル確率紙上へプロットしたものである。ここでは、ピークカウント法としてレインフロー法を採用した。今回取得できたデータ数は、以下の通りである。

SB カウント数	Test Full	7×10^4 (平均周期 3.9 sec)
	Ballast	4×10^5 (平均周期 3.0 sec)
	Full	3×10^5 (平均周期 3.7 sec)

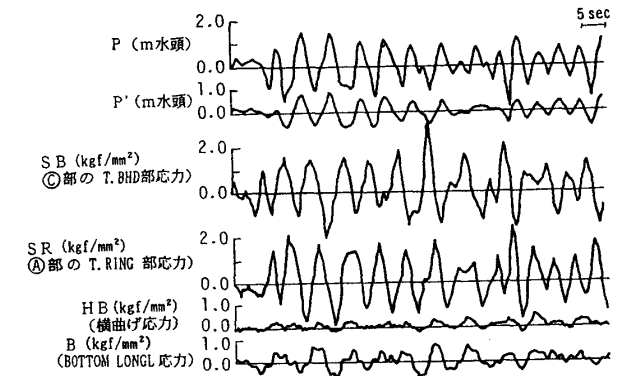


Fig. 4(a) Examples of measured time histories (Test Full 8/22)

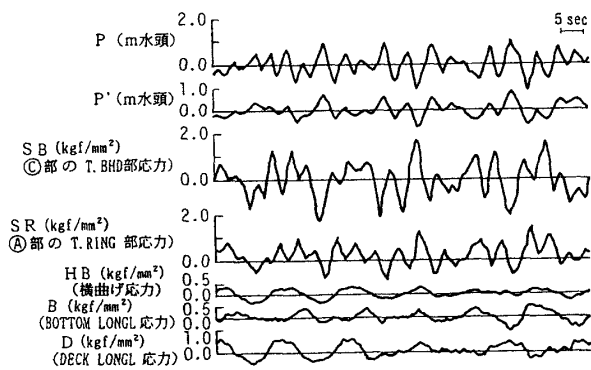


Fig. 4(b) Examples of measured time histories (Ballast 9/6)

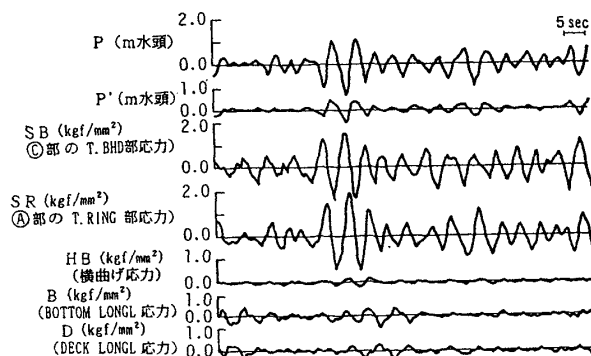


Fig. 4(c) Examples of measured time histories (Full 10/2)

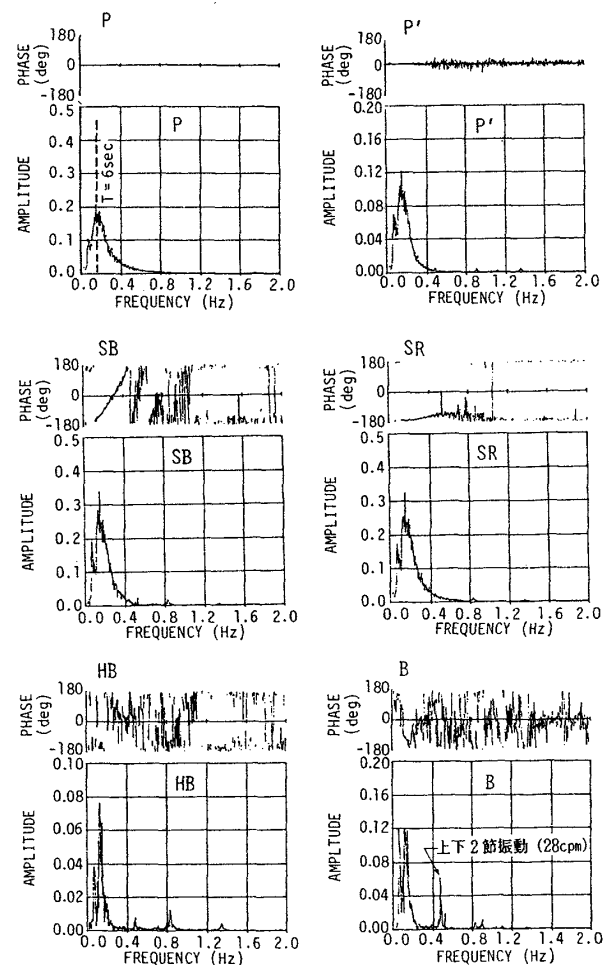


Fig. 5(a) Examples of linear spectrum obtained by fourier analysis (Test Full 8/22)

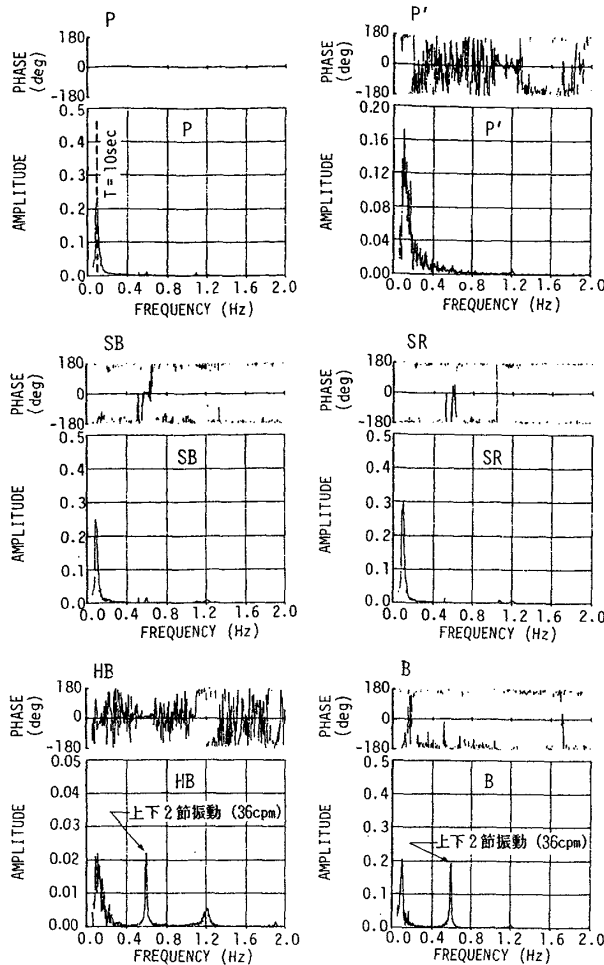


Fig. 5(b) Examples of linear spectrum obtained by fourier analysis (Ballast 9/6)

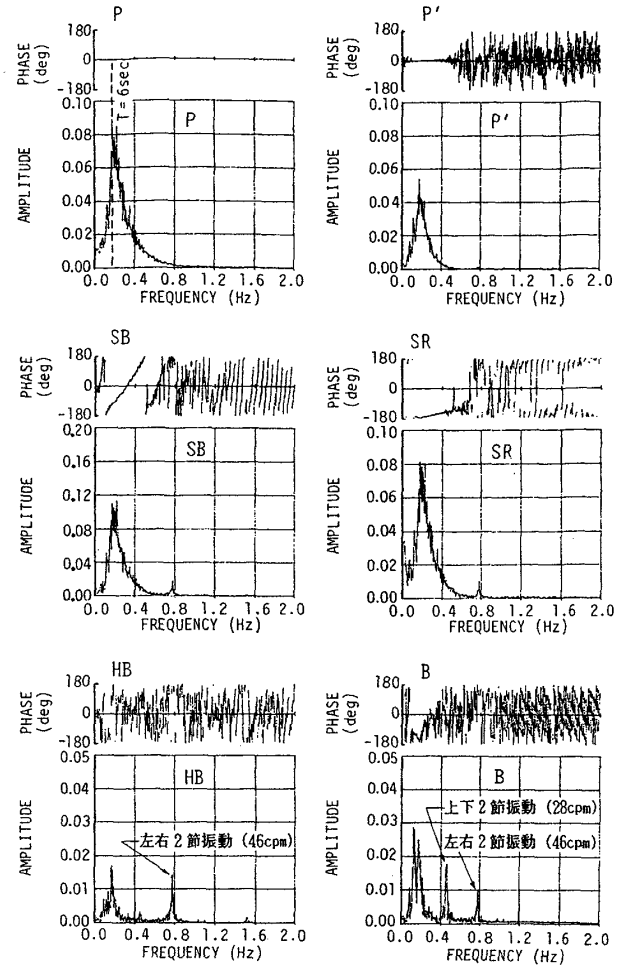


Fig. 5(c) Examples of linear spectrum obtained by fourier analysis (Full 10/2)

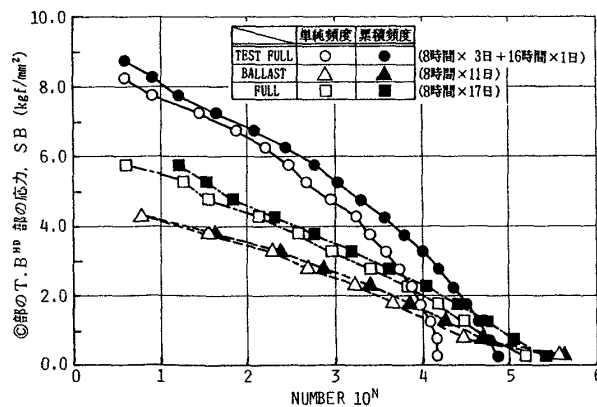


Fig. 6 Histogram of side longl. stress close to Trans. BHD.

長期分布の絶対値評価には十分なデータ量ではなく、長期間に亘る連続計測の実施が望まれる所であるが、各所の応力比較、 P と P' の比較といった相対的評価については耐え得るデータだと考えられ、以下そうした観点から述べ Table 3は、累積確率99%に相当する値で、各場所の応力を比較した結果である。これより、船底、甲板、L. BHD.

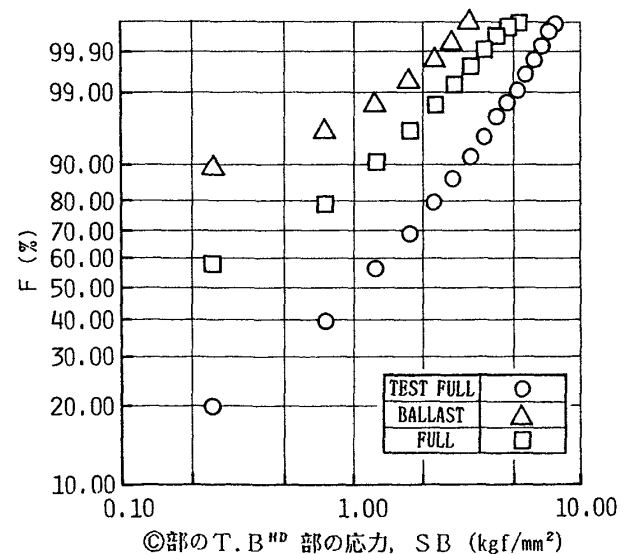
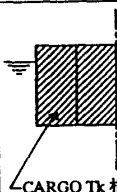
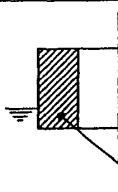
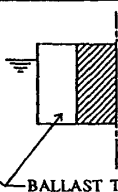


Fig. 7 Weibull plot of cumulative probability functions of side longl. stress close to Trans. BHD.

Table 3 Comparison of longl. stresses (99% Exceedance value)

		応力範囲 (kgf/mm ²)		
		TEST FULL [4日分]	BALLAST [11日分]	FULL [17日分]
SB [C部 T.BHD部]		5.9 [2.0]	1.4	2.5 [1.5]
SR [A部 T.RING部]		5.7 [1.9]	1.8	2.2 [1.3]
B [BTM LONGL]		1.8	2.1	1.7
D [DECK LONGL]		1.6	1.8	1.5
L [L.BHD LONGL]		1.2	0.4	1.0
(SB)－(HB) [横曲げを除いた]		4.5 (1.3)	1.6	2.4 (1.3)
(SR)－(HB) [横曲げを除いた]		4.5 (1.3)	2.0	2.1 (1.2)
(参考)	積付			
	P (V/m ³) [A部変動圧]	3.4	1.5	1.8
	P' (V/m ³) [B部変動圧]	1.7	3.0	0.6
	平均波高 (m)	3.0	2.3	1.7

(注1) [] 内は、平均波高で除した値。() 内は、Pで除した値。

(注2) 平均波高は、気象海象推算値における

$$\sqrt{(\text{風浪})^2 + (\text{うねり})^2}$$

付の各ロンジ応力は、サイドロンジ応力に比べて概して低レベルであることが分かる。また、L. BHD.付ロンジの応力Lのレベルから見て、内圧の変動は小さかったものと思われる。これは遭遇した海象から考えても、大きな船体運動を伴わなかったためと考えられる。表中、(SB)-(HB)あるいは(SR)-(HB)は、時系列の段階で演算してサイドロンジ応力から横曲げによる成分を取り除いた結果であり、直接圧に起因した応力成分と見做せるものである。この結果と横曲げ成分を含むSB, SRの結果から、以下の傾向が窮える。

◆ FullおよびTest Full……水圧と横曲げが重畳する方向で作用

◆ Ballast……水圧(内圧)と横曲げが相殺する方向で作用

この傾向は、既に示した時系列および周波数解析結果からもある程度読み取ることができる。また、横曲げ成分を取り除いた応力をPで除した結果は、ほぼ一定の値となっており、圧力並びに応力の計測法は妥当であることを示している。

3. 考 察

3.1 推定値と計測値の比較

Test Fullの状態に対して、STF法ベースのストリップ

法による波浪変動圧の推定結果と今回の実測から得られた計測値との比較を行った。Fig.8は船体中央の吃水線位置における船側変動圧と船体中央での波浪縦曲げモーメントの規則波中応答計算結果を有次元表示したものである。なお、波高としては各波長における上限に近い値を想定し、短波長域では(波高)/(波長)=1/15、長波長域では10mとしている。これより、波浪縦曲げモーメントは波長200~400m付近で大きくなるのに対し、船側変動圧は、主として波長200m(波長/船長=0.6)以下の相対的に短波長域で大きくなるのが分かる。これは、前述した通り変動圧が入射波の卓越した周波数に対応して変動するのに対し、縦曲げモーメントは入射波中の長周期成分による船体全体荷重に対応して変動するためと考えられる。今回の実船計測における遭遇海象はTable 2に示す通り全て相対的に短い波長域に含まれるものであったことから、こうした短波長域での計算精度が、特に大型船の場合に重要であると言える。

Fig.9はFig.8の規則波中応答関数を基に推定した短波頂不規則波中の応答であり、単位波高当りの有義振幅値で

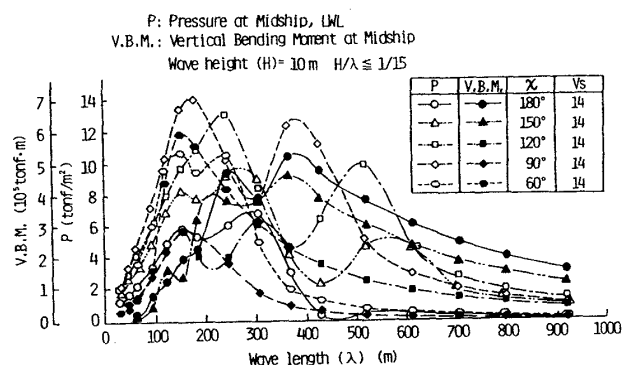


Fig. 8 Response function of wave pressure and vertical bending moment in regular waves estimated by linear theory (Full Load)

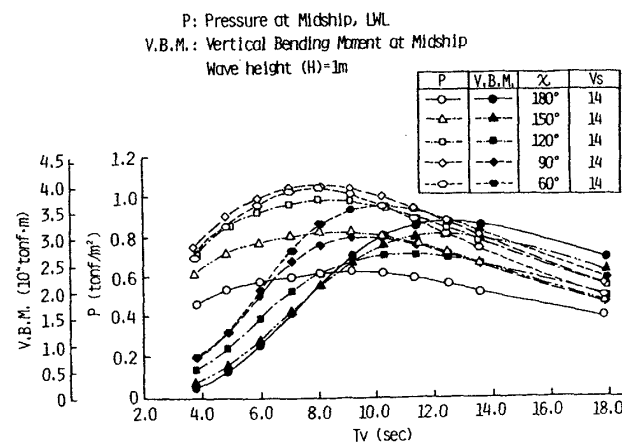


Fig. 9 Significant values of wave pressure and vertical bending moment in short crested irregular waves (Full Load)

示している。波浪スペクトラムとしては ISSC (1964 年) スペクトラム⁹⁾ を適用した。縦曲げモーメントの場合には、 $Tv=10\sim13$ sec 付近にあるピークから短波長側に移るにつれ急激に減少していくのに対し、船側変動圧の場合には $Tv=8$ sec 付近のピーク値に近い値が 4 sec 付近でも保たれているが、これは上記のような規則波中の応答特性の差が反映されたものである。こうした規則波中応答計算および不規則波中短期予測を P, P' に対応する位置に対して実施し、実測値との比較を行った。結果を Table 4 に示す。目視結果と波浪推算結果の両方の波浪データを使用したのが、波浪推定値の相違によって計算値相互には多少の差が認められるものの、 P, P' の推定値と実測値とはほぼ一致していると考えられる。次に、平均周期について見る。一例として、8/22 の海象を目視ベースの $Tv=5.5$ sec, $\chi=135^\circ$ と仮定すると、短期予測結果より P の平均周期は 4.7 sec と推定される。一方、実測されたピークのカウンツ数より平均周期を求めると、4.0 sec となった。従って、平均周期についても 20% ほどの差でほぼ一致している。

以上から、今回の計測の範囲内では現行のストリップ法に基づく推定手法は、ほぼ妥当な結果を与えるものと判断

される。

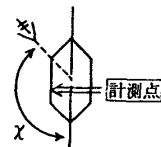
3.2 複合荷重を考慮した局部応力シミュレーション法の検証

強度評価に必要な局部応力は、その場所の部材寸法を反映したものであることはもちろん、さらにその場所に対する各荷重成分の影響をも反映したものでなければならない。こうした異なる荷重成分間の位相のずれを考慮して、局部応力を求めるには、膨大なケース数の構造解析を必要とすることから、現実的には時間、コスト等の面から実施し難いものと考えられてきた。この欠点を補って合理的、効率的に局部応力を推定する手法として著者らの一部は、これまでに離散化解析法 (DISAM: Discrete Analysis Method) と呼ぶ手法の提案を行ってきた^{3), 10), 11)}。

この手法の骨子は、あらかじめ、想定する荷重に対応して多数の単位荷重に対する構造応答を求めておき、規則波中における船体運動計算によって加速度、波浪変動圧等が求められると、それら各荷重成分の線形結合によって応力の応答関数を求めようとするものである。ここでは、サイドロンジ応力を対象として実船計測の結果により、DISAM の検証を行うこととした。そのため、荷重成分とし

Table 4 Comparison of wave pressure measured in full scale and estimated by linear theory

月/日	海 象									
	(A) 目 視			気 象 海 象 推 算 調 査						
				(B) 風 浪			(C) うねり			$\sqrt{(\text{風浪})^2 + (\text{うねり})^2}$ H (m)
	χ (deg)	H (m)	T (s)	χ (deg)	H (m)	T (s)	χ (deg)	H (m)	T (s)	
8/22	135	4	5~6	180	2.0	5	180	3.0	8	3.6
8/23	180	3	6~7	120	1.0	3	150	2.0	7	2.2
8/24	150	2	6~7	180	0.5	3	165	3.0	8	3.0
8/25	180	2	6~7	180	1.0	4	180	3.0	8	3.2



	月/日	PおよびP'の有義値 (m水頭) [両振幅値]				実測値
		ストリップ法ベースの短期予測値				
		上表(A)による	上表(B)による ①	上表(C)による ②	左欄より $\sqrt{①^2+②^2}$	
P	8/22	4.2～4.9	1.5	2.8	3.2	3.0
	8/23	2.5～2.7	0.6	2.4	2.5	2.7
	8/24	2.2～2.4	0.2	3.3	3.3	2.4
	8/25	1.6～1.8	0.6	2.8	2.9	1.5
P'	8/22	1.7～3.9	0.4	1.7	1.7	1.6
	8/23	1.0～1.4	0.0	0.2	0.2	1.5
	8/24	1.0～1.3	0.0	2.1	2.1	1.4
	8/25	0.7～0.9	0.0	1.7	1.7	0.8

	月/日	計算値(A)ベース	実測値ベース
$\frac{P}{P'}$	8/22	1.6	1.9
	8/23	2.2	1.8
	8/24	2.6	1.7
	8/25	2.1	1.9
	平均	2.1	1.8

P: A 部の変動圧 (内外圧の合成)

P': B 部の変動圧 (内外圧の合成)

て以下の各成分を考慮した。

- ◆外水圧（静水圧+波浪変動圧）
- ◆内圧（静内圧+荷油圧あるいはバラスト水圧の船体加速度による変動）
- ◆縦曲げモーメント
- ◆横曲げモーメント
- ◆（外水圧+内圧）によって生じるトランスリング間の相対変位および回転

なお、ここで適用した DISAM の詳細については、参考文献¹²⁾を参照されたい。実測値と比較を行うため、DISAM によって得られた局部応力の規則波中応答から ISSC (1964) スペクトラムを適用して短期予測を行った。Table 5 は④部および⑤部のトランスリング部応力 SR, SR' の実測値と DISAM 結果との比較を示したものである。また、Fig.10 は SR について実測値を DISAM の短期予測結果の図中に

Table 5 Comparison of side longl. stresses measured in full scale and estimated by DISAM

POINT	月/日	応力有義値 (kgf/mm ²)	
		DISAM	実 測
SR (④部の T.RING部応力)	8/22	5.3	3.9
	8/23	4.0	3.6
	8/24	3.4	3.2
	8/25	2.7	1.8
SR' (⑤部の T.RING部応力)	8/22	1.8	1.0
	8/23	1.0	0.8
	8/24	1.0	0.7
	8/25	0.7	0.4

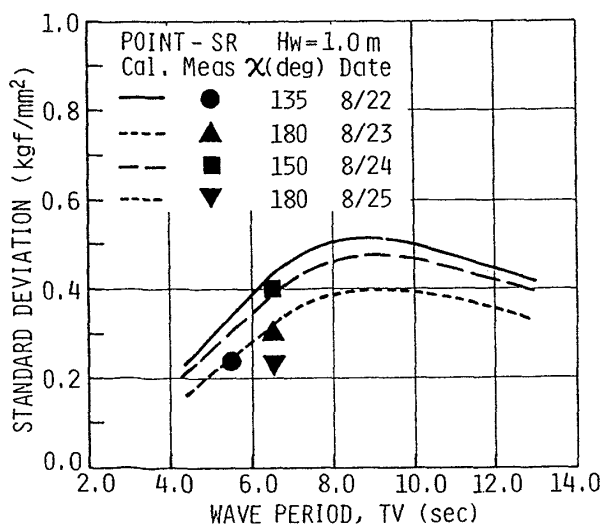


Fig. 10 Standard deviation of side longl. stress in short crested irregular waves estimated by DISAM

プロットしたもので、単位波高当りの標準偏差で整理している。波方向が同一であった8月23日と25日の推定曲線は一本となっている。これより、実測値と計算値は概ね一致していることが分かる。サイドロンジのように、各荷重成分が複雑に作用しあう箇所の局部応力を精度良く推定することは、ここで適用した各荷重成分の位相差まで考慮した荷重・応力一貫解析法 (DISAM) によって初めて現実的に可能となったものであり、当該箇所の局部応力評価の上で極めて有効な手法であるものと考えられる。

4. 結 言

大型船の船側変動圧と水線面付近の船側縦通肋骨応力の実態把握を目的に、約260,000重量トンVLCCを供試して日本・ペルシア湾間の一航海について実船計測を実施した。さらに、計測結果を基にいくつかの側面から検討を行った。その結果、以下の知見が得られた。

- (1) サイドロンジ応力に比べ、船底、甲板、L.BHD.付ロンジといった他ロンジの応力は概して低レベルであった。また、内圧変動も小さかった。ただし、遭遇した海象は波長・船長比で0.5以下、波高で5m以下という大きな船体運動を伴わない条件下のものである。
- (2) サイドロンジのように各荷重成分が複雑に作用しあう箇所の局部応力を高精度かつ効率的に推定する上で、荷重・応力一貫解析法 (DISAM) は極めて有効な手法であることが確認された。
- (3) 今回の計測の範囲内では船側変動圧において、衝撃・砕波等に起因する高次の成分は有意ではなかった。
- (4) ストリップ法に基づく現行の船側変動圧の推定手法は、今回のデータと短期予測結果を比較する限りでは、ほぼ妥当な結果を与えている。

今回の実船試験の実施に当たっては、新和海運(株)海務部、新和マリン(株)船舶第一部並びに本船乗組員の皆様の多大なる御協力を得た。また、(財)日本海事協会技術研究所船体研究室の御協力もいただいた。ここに深甚なる謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 日本造船研究協会：“波浪外力に関する水槽試験”，第131研究部会 (1976)
- 2) 日本造船研究協会：“波浪荷重推定法の比較検討に関する調査研究”，第200研究部会 第12分科会 (1983)
- 3) 川村昭宣，橋本州史，井上俊司，倉本美男，土岐直二：“波浪外力総合評価による船体構造設計 (第1報)”，日本造船学会論文集，第160号 (1986)
- 4) 日本造船研究協会：“航海中の船体応力頻度に関する実船試験”，第99研究部会 (1969)
- 5) 日本造船研究協会：“大型鉱石運搬船の船体各部応力に関する実船試験”，第118研究部会 (1972)
- 6) 日本造船研究協会：“実船試験の展望”，第200研究部会 (1983)

- 部会 第1分科会 (1977)
 - 7) 新田頭, 岡吉則, 熊野厚, 湯浅通史, 鈴木康平: “船体強度に関する長期実船計測”, 日本海事協会誌, No.178 (1982)
 - 8) 倉本美男, 川本要次, 橋本州史, 永元隆一: “鉾石圧力の実船試験と設計荷重の考察”, 日本造船学会論文集, 第162号 (1988)
 - 9) W. H. Warnsinck: Report of Committee 1 on Environmental Conditions, Proceedings of 2nd ISSC 1964, Delft
 - 10) 川村昭宣, 橋本州史, 井上俊司, 倉本美男: “波浪外力総合評価による船体構造設計 (第2報)”, 日本造船学会論文集, 第161号 (1987)
 - 11) 倉本美男, 川村昭宣, 橋本州史, 井上俊司: “波浪外力総合評価による船体構造設計 (第3報)”, 日本造船学会論文集, 第163号 (1988)
 - 12) 倉本美男, 戸沢秀, 白木原浩, 井上俊司, 伏見彬: “波浪中の船体局部応力のシミュレーション手法に関する研究”, 日本造船学会平成3年度秋季講演会にて発表予定 (1991)
-