(昭和 28 年 11 月造船協会秋季講演会に於て講演)

進水時を利用した船体各部の応力 分布測定実験成績

正員 工学博士 木 下 昌 雄*

正員 工 学 士 西 牧 興**

Abstract

On the Measurement of the Stress Distributions induced
on the Hull of a Vessel during her Launching

By masao Kinoshita, *Kogokuhakushi, Member*

Ko Nishimaki, *Kogakushi, Member*

During the launching of a ship, a large sagging moment nearly equal to the maximum one which will be experienced throughout her life is induced. Availing themselves of this chance, the authors have measured the stress distributions and the stress concentrations induced on the several parts of her hull such as transverse sections, hatch corners, expansion joints, under deck girders and so on.

Genie, Christina, Nikko-maru, Yamazato-maru and Taiyu-maru were chosen as the experimental vessels.

The electric wire resistance strain gauge equipments which were researched and manufactured by the authors have been used in all cases of the experiments.

In this report the results of the measurement and brief considerations on them will be described.

目 次

- I. 緒 言
- II. 実験経過及び実験装置の概要
- III. 実験結果ならびにそれに対する簡単な考察
 - (1) 長船橋楼端舷端伸縮接手部の応力集中状況
 - (2) 艙口周辺部の応力分布状況
 - (A) 艙口隅部の応力分布
 - (B) INSERT PLATE と DECK PLATE との BUTT 接手部の応力分布
 - (C) 艙口間甲板に於ける応力状態
 - (D) 甲板下縦桁の応力分布
 - (3) 船楼端舷端の応力集中状況
 - (4) 油槽船各縦通材の横隔壁貫通部に於ける応力伝達状況
 - (A) 縦通肋骨の横隔壁貫通部
 - (B) 甲板下縦桁の横隔壁貫通部
 - (C) 縦通隔壁と横隔壁との交叉位置
 - (5) 船体横断面内の応力分布
 - (6) 進水作業に就いて
 - (A) 山里丸及び CHRISTINA 号に於ける進水時刻—船体応力曲線に現れた特異性に就いて

*, ** 日立造船株式会社 技術研究所

(B) 進水準備作業による船体応力の変動

IV. 結 言

I. 緒 言

船体が受ける外力によつて生ずる船体各部の応力値を実際に計測して船体強度の研究を行う試みは従来から屢々行われて来ている。然るに之等の航行中或は繋留中の計測実験は龐大な費用と日時とを要する上に、種々の困難な条件に遮られて簡単に之を行うことは出来ない。処が船の進水時には航行中波浪によつて生ずる最大の曲げモーメントにも匹敵する大きさの曲げモーメントが船尾浮揚の際に船体に働くので、これを利用して船体各部の応力状態を計測し船体構造研究の一助とすることができる。勿論この場合の荷重状況は波浪に基く場合のそれとは異つており、且又船台上での船の固まり工合が工事の進捗程度によつては完成した船体とは多少相違する事をも考慮する必要があると共に、その外力による曲げモーメントを正確に求めることは現在の所では甚だ困難である。然し之等の事項は船体の局部的な応力の分布状況を求める目的のためには、特殊な箇所を除いては全く差支ないものと考えられる。著者等は現在までに日立造船株式会社の各工場に於いて進水した船舶の内の5隻に対して、進水時の船体各部の応力状況を電気抵抗線歪計測装置によつて計測したので、その結果をここに報告する次第である。何等かの御参考になれば幸甚である。

II. 実験経過及び実験装置の概要

進水は船体始動後完全に浮揚するまで僅か 60 秒前後の極めて短時間の運動であり、この短時間の内に船体各部数十箇所の応力値を同時に且連続的に計測しなければならない。この連続的計測は測定値の信頼性及び利用性を増すために是非共必要な事であるが、戦後我国においても活潑に研究され始めた電気抵抗線歪計測装置はこの目的のためには極めて有利である。造船学界においては昭和 27 年始め頃東京大学、運輸技術研究所船舶構造部、日立造船技術研究所の三カ所において夫々独自の動的応力計測装置が完成され進水時の応力計測に利用される様になつた。(上記中東大および運研のものは何れも運輸省の研究補助金を得て完成されたものである。)

今之等の実験経歴を回顧すれば、第 1 表の如く昭和 26 年度は謂はば計器試作期と見られ、その殆んどが計測失敗を繰返して居り、未だ船体構造力学の研究資料として十分な纏つた数の計測に成功して居ないが、昭和 27 年度に入つて著者等の GENIE 号を最初として続々その成果を挙げる事が出来る様になつた。

第 1 表

計 器 試 作 期					計 器 実 用 期					
	船 名	造船所	計測者	月 日		船 名	造船所	計測者	月 日	計測値
1	山照丸	日立四島	日立技研	26.6.20	1	GENIE号	日立四島	日立技研	27.7.10	39
2	銀光丸	日立櫻島	全 上	26.7.2	2	協優丸	日立造船	運 研	27.7.18	7
3	信貴春丸	日立四島	全 上	26.8.23	3	永真丸	浦賀 Dock	東大	27.7.26	23
4	日聖丸	日立造船	運 研	26.9.28	4	和光丸	石川島重工	運研 東大	27.8.5	12・24
5	日洋丸	全 上	運研東大	26.12.12	5	日光丸	日立四島	日立技研	27.9.6	38
6	熱海丸	東重横浜	全 上	26.12.25	6	ADRIAS号	日立造船	運研東大	27.10.1	22・24
7	永業丸	浦賀 Dock	全 上	27.1.25	7	香雅丸	石川島重工	全 上	27.11.2	24・24
8	祥雲丸	東重横浜	全 上	27.3.24	8	ALLIANCE号	川崎重工	全 上	27.11.19	24・24
					9	祐邦丸	日立造船	全 上	27.12.17	24・24
					10	山里丸	日立四島	日立技研	27.12.19	56
					11	大有丸	日立四島	全 上	28.1.29	89
					12	CHRISTINA号	日立四島	全 上	28.3.19	26

即ち著者等は第 2 表の如き 5 隻の船舶に対して、船体横断面内の応力分布、艙口隅の応力分布、長船楼甲板端部の伸縮接手、船楼端舷牆の応力集中、油槽船縦通材の横隔壁貫通部における連続性等について計測を行つた。

計測は著者等によつて設計製作された O. I. W 型動的応力測定用電気抵抗線歪計測装置⁽¹⁾を使用し、電動機駆動の 100 点切換スイッチによつて各計測点の計測値が 0.8 乃至 1.5 秒毎に記録し得る様にしてある。記録装

第 2 表

	船 名	船 種	計 測 目 標
1	GENIE号	D.W. 29,005t 油 槽 船	船体横断面内の応力分布、 船橋端応力分布
2	日光丸	D.W. 12,071t 遠洋甲板貨物船	船体横断面内応力分布、船橋端応力集中、 艙口隅部応力分布
3	山里丸	D.W. 10,388t 長船橋型貨物船	船体横断面内応力分布、艙口隅部応力分布、 舷窗伸縮接手応力集中
4	大有丸	D.W. 9,918t 長船橋型貨物船	全 上
5	CHRISTINA号	D.W. 19,950t 油 槽 船	各縦通舷の横隔壁貫通部の応力伝達 状況

置は横河電機 K. K 製 6 素成電磁オシログラフ及び三栄測器 K. K 製 12 素成電磁オシログラフを併用した。又進水実験の場合地上からの電源供給が非常に困難であるので、著者等の計測第 2 船までは多量の蓄電池を船内に持込んで電源としていたが、計器運送時（特に技術研究所と因島工場間の船便による輸送時）の破損或は長時間使用に対する消耗等で若干信頼性を欠くため、第 3 船以後は蓄電池の使用は取止めてヤンマーダイゼル K. K 製 2 馬力ダイゼル発電機 2 基を船内に持込み、進水の約 1 時間以前に、陸上電源から之に切換えて使用しているが、極めて好結果を得て来ている。第 1 図は各船における計測概略位置であり、計測結果の一例を示すと第 2 図の通りである。

III. 実験結果ならびにそれに対する簡単な考察

(1) 長船橋端舷窗伸縮接手部の応力集中状況

長船橋型船舶の長船橋先端の上甲板舷窗には、船橋端の応力集中を避ける目的で第 3 図の如き伸縮接手を設ける事がある。この構造では舷窗頂部における応力の集中は一応避けることができるが、却つて伸縮接手底部の小曲率部に新たな応力集中を生ずる恐れがあり、且それが氷抜孔と極めて近接しているために更に複雑な応力分布を呈することが予想される。そこで山里丸及び大有丸において夫々 14 及び 11 箇の歪計を貼布して計測を行つた。即ち左舷は接手の LOOSE BOLT を十分に緊締して舷窗を一応連続と見做し得る状況の下におき、右舷は LOOSE BOLT を取除いて完全にこの部分を切離

してその場合の両舷の対称点に於ける応力値の比較を行つた。第 3 図における計測点配置は大有丸の場合であ

第 1 図 計測位置概要図

(1) 木下，安田，西牧「抵抗線歪計の試作ならびにその応用に関する研究」

造船協会昭和 27 年度秋期講演会において発表

第2図 時刻一応力曲線例

第3図 大有冗長船橋接端伸縮機手計測位置

を受けた瞬間（船体始動後 20.0 秒）及び最大の SAGGING MOMENT を受けた瞬間（船体始動後 28.0 秒）の各点の応力値ならびに甲板上の標準応力値を基として各々の高さにおける想定標準応力値に対する応力集中率を求めると第3表の如くなる。即ち

イ) ①及び⑥より舷壁は右舷側は伸縮接手によつて完全に切離され、左舷側は十分連続と見做すことができる。

ロ) 両舷を比較すると接手底部及び水抜孔の曲率止り部における応力集中は明かに BOLT を取除いた右舷側が大きい値を示している。即ち伸縮接手を設けたために却つてその底部に大きな応力集中を生じていることが認められる。

第 3 表

大有冗長船橋接端伸縮機手計測位置

右舷側 (BOLT 取除)				左舷側 (BOLT 差締)					
20 秒		28 秒		20 秒		28 秒			
応力値 (kg/mm^2)	集中率	応力値 (kg/mm^2)	集中率	応力値 (kg/mm^2)	集中率	応力値 (kg/mm^2)	集中率		
①	0.5	0.18	-1.8	0.39	⑥	4.8	1.81	-5.8	1.05
②	7.5	2.92	-7.8	1.86	⑦	3.1	1.41	-7.1	1.61
③	6.1	2.35	-9.1	2.17	⑧	5.0	2.27	-6.7	1.52
④	2.0	0.77	-5.8	1.38					
⑤	2.6	1.00	-4.2	1.00	⑨	2.2	1.00	-2.2	1.00
⑩	0.5		-1.9						
⑪	-0.5		0.0						

る。即ち①～⑤及び⑩、⑪は LOOSE BOLT を取除いた右舷側、⑥～⑨は之を十分差締した左舷側における計測点であり、①、⑥により伸縮接手が働いているか否かを調べ、②、⑦により接手底部の曲率止りの位置における応力集中を、③、⑧により接手部に最も近い水抜孔の曲率止りにおける応力集中を求めた。又⑤、⑨は上甲板上にあつてこの部分における標準応力値を求めるためのものであり、⑩、⑪は伸縮接手を完全に切離した場合に舷壁の支肘板(A)は底辺を甲板上に、側辺を甲板とは半ば独立して変化する舷壁に溶着されているので支肘板の板面内で曲げ作用を受けるものと予想され、これを計測する目的でその踵部の両面に貼布された歪計である。

今計測結果より最大の HOGGING MOMENT

ハ) 支肘板(A)に貼布した歪計⑩、⑪によつて支肘板は HOGGING 状態において船首側に凸、SAGGING 状態においてはその反対の曲げモーメントを受けていることが判る。

以上の計測結果より、この部分においては斯様な型式の伸縮接手を設けたために構造上却つて不利になっていると云うことが出来る。又若し LOOSE BOLT を十分に締付けた時には多少条件は緩和されるが、実際に就航中の船舶においては BOLT はゆるんで、本実験における

右舷側の状態に近くなつて了つているものと想像される。又この条件の下に舷牆支肘板(A)は波浪中では常に繰返し曲げを受けていることになり、万一溶接施工の不良の場合等には損傷の一原因となり得る危険性があるものと思われる。

山里丸の場合にも大有丸の場合と同様な目的の下にこの部分において 14 箇所の計測を試みたが歪計取付位置の関係上防禦箱を取付けることが不可能であつたために天候及び輻輳する現場工事に拘束されて歪計の大部分に絶縁不良或は断線を生じ結局計測し得た点は第 3 図における③, ④, ④' (左舷) 及び⑦の 4 点のみであつた。船尾浮揚時 (船体始動後 30.2 秒) における応力値及び ④, ④' を標準応力値と仮定して求めた応力集中率を第 4 表に示した。

表 4 第

右舷側 (BOLT 開放)			左舷側 (BOLT 締結)		
	応力値 (kg/mm^2)	集中率		応力値 (kg/mm^2)	集中率
	—	—	⑦	-13.0	2.8
③	-7.0	2.0		—	—
④	-3.5	1.0	④'	-4.6	1.0

第 4 図 LOOSE BOLT スリップ試験光

第 5 図 LOOSE BOLT スリップ試験

尚進水終了後調べた処では左舷側 LOOSE BOLT のスリップは全く見られなかつたが更に第 4 図の如き模型を作製して 50 ton アムスラー万能試験機で引張試験を行い、スリップ限界を求めた。すなはちボルト締付用レバーの長さを 3 種に変えて作業員 1 人で十分に締付けて引張試験を行つた結果第 5 図の如くなつた。即ちこの場合のボルト 1 本当りのスリップ限界は約 5 ton である。大有丸の LOOSE BOLT 1 本当りの受持つ張力を舷牆頂部に加つた応力値が全接手部に加つたものと仮定して求めると 4.63 ton となる。実際に之を締付ける場合には約 1 米レバーのスパナにより 2 人掛りで締付けているのでスリップ限界は 5 ton よりも、更に上廻つてゐるものと推定され、この部のボルトがスリップして計測値に影響を及ぼした恐れはないと考えられる。又實際之等の点の歪 (応力) の連続記録の上にも、スリップを起した事を示す様な突然変化は全く現れていない。

(2) 艙口周辺部の応力分布状況

貨物船の艙口周辺部は屢々問題となるところであり、この部分に関する研究は従来から理論的および実験的に多く行われて來ているが、実船の如き複雑な構造に対しては勿論、之を比較的単純化した場合に対してすら結論を得られていない実情である。著者等はこの問題に関する実船の実測資料を得るために、大有丸、山里丸および日光丸において艙口隅部、甲板下縦桁或は INSERT PLATE と甲板の接手部等における応力分布状況を計測した。

(A) 艙口隅部の応力分布

第 6 図は大有丸、第 7 図は山里丸における艙口隅部の応力分布計測結果である。但し大有丸ではこの部分における計測値が船尾浮揚時にオツシログラム上で SCALE OUT したために、最大 HOGGING MOMENT 時における応力値を示した。これらの計測結果を通覧して判明した事項を述べると次の如くなる。

イ) 第 8 図は INSERT PLATE と DECK PLATE との板厚比 n に対して、夫々の標準応力の比 m 、及び受持つ力の比 $m \times n$ の値を大有丸及び山里丸の場合に就いて置点したものである。即ち大有丸及び山里丸で n の

第6図 大角丸船口周辺応力分布

第7図 小角丸船口周辺応力分布

第8図 INS PLとDK PLの板厚比に対するm, nの応力比及びw'力比

値は夫々1.5倍及び2.1倍であるのに対し、応力は夫々90%及び75%に減少して居るに過ぎない事が判る。但しこの2隻の場合 INSERT PLATEの幅は何れも710 mmであつた。上述の事実は板厚比の増加に比べて応力比の減少する割合が小さい事、即ち INSERT PLATEは周囲の変形に強制されて板厚一定の場合よりも多くの力の伝達を受持つて居ると云える。しかも $m \times n$ 曲線からも判る通り、受持つ力の比は板厚の増加には、完全には比例せず、その増加率は板厚の増加につれて次第に減少している。

ロ) 応力の集中は艀口隅の湾曲部止り及び INSERT PLATE と DECK PLATE の BUTT 接手の部分に生ずる。

ハ) 湾曲部止りの応力集中率は DECK PLATE 内の標準応力値に対して山里丸の場合 1.9, 大有丸は 1.73 である。又応力分布形状が進水中を通

じて全く相似であることから考えて、Philip Schuyler⁽²⁾ 号の計測結果における如く、この構造の一部に降伏を生じた如き様子は全く見当らない。

ニ) 艀口縁材より 150 乃至 200 mm 離れた船首尾方向線上の応力分布は BUTT 接手の部分を除いて殆んど完全に一定値を示している。

ホ) 艀口縁では標準応力値よりも 10~20% 程度大きな応力値を示すが、艀口縁から 150~200 mm 離れるとその影響は全くなくなる。

ヘ) 第9図における日光丸の計測結果から、艀口端を外れた部分では主応力の方向は何れも舷側方向に 9° 程度開いており、応力値の増加は殆んど見られない。

ト) INSERT PLATE と DECK PLATE のシーム接手の位置では歪量従つて応力値は連続である。

以上の事項を総括すると INSERT PLATE は DECK PLATE の標準応力値に対する隅部彎曲部の応力集中率を低下せしめるために有効であると云えよう。又艙口縁を僅か離れると応力値は一定となる事より INSERT PLATE の巾を現状よりも小さくすることができるのではないかと予想されるが、唯それによつて INSERT PLATE 内の均一応力値が大となり、その結果彎曲部応力の DECK PLATE 応力に対する集中率を高める結果となることが想像されるので、適当な巾の選択には更に考慮を要するものと思われる。

(B) INSERT PLATE と DECK PLATE の BUTT 接手部の応力分布

INSERT PLATE と DECK PLATE の BUTT 接手部に損傷を生ずることは屢々伝えられるので著者等は日光丸においてこの部の溶接線をはさんで 2 個の歪計を船首尾方向に取付けて計測したところ、船尾浮揚時に厚板側に -5.3 kg/mm^2 薄板側に -2.0 kg/mm^2 という表面応力値が求められた。そこで更に大有丸及び山里丸

第10図 日光丸艙口周応力

最大となり、DECK PLATE 側では艙口縁を離れるに従つて大きくなる。

ニ) 計測値より求めた単位巾当りの曲げモーメント分布は第13図の如くになり、最大値は INSERT PLATE 側に生じ、約 115 kg-mm である。

ホ) 軸応力は明かに DECK PLATE 側が大であるが、艙口縁に近づくにつれてその差は小となる。

ヘ) 最大表面応力は艙口縁より約 250 mm 離れた DECK PLATE 側に生じ、その集中率は約 2.5 倍という大きな値を示している。

以上の如くこの部分の応力の増加は板中性軸の喰違いに基くものと考えられ、その増加率も相当に高いので、この部分における板厚の急変は避ける必要があるものと思われる。

(C) 艙口間甲板に於ける応力状態

第10図は日光丸に於ける No. 2 及び No. 3 艙口間甲板の歪計貼布位置並びに船尾浮揚時の各応力値を示す。即ち甲板部には船首尾方向に圧縮応力を生じている時にも拘らず、この部分では逆に引張応力が見られる。又船側方向には相当大きな圧縮応力を生じており、これは曩に(A)の(ヘ)に於て述べ、第9図に示した応力分布の事実と共に艙口間甲板による横方向の拘束が比較的強力であることを示すものであり P. Schuyler 号の結果と同じである。

(D) 甲板下縦桁の応力分布

艙口隅の応力分布に関連して、その部の甲板下縦桁の船首尾方向応力分布を計測した結果第14図の如くになった。すなはち一般に甲板下縦桁は十分有効に働いており、隅部彎曲止り部の縦桁上縁附近における応力集中率

第9図 日光丸艙口周応力分布

において例えば第11図の如く甲板の上下両面に30個の歪計を分布して計測を行つた。第12図(a), (b)は夫々大有丸における船首尾方向及び船側方向断面の応力分布計測結果である。この結果次の如き諸事項を知ることができる。

イ) この部分における不規則応力分布は明かに板厚の相違による板中性軸の喰違に基く局所的な曲げによつて生じている。

ロ) 甲板上下面の表面応力の差は艙口縁を離れるに従つて急激に増大している。これは艙口縁の剛性が大であるための現象である。

ハ) 上記の曲げ作用に基く曲げモーメントは INSERT PLATE 側では艙口縁から 250 mm 程度離れた位置で

第11図 大丸有 INSERT PLATE と DECK PLATE の BUTT 接手部における計測点配置

(a) 船首尾方向断面の応力分布

第12図 大丸有計測結果

a

1.7~2.0倍を最高として下縁並びに船首尾方向に移るにつれて応力値は減少していることが判る。之により甲板下縦桁は艙口隅部における過大な力の流れの或る部分を吸収して、その部に於ける過度の応力集中を緩和するのに極めて役立っているものと認められる。

(3) 船楼端舷牆の応力集中状況

遮浪甲板船日光丸の船橋楼端部と舷牆との取合部構造は第15図の如く船橋楼隔壁が舷側より350mm船内に引込み、舷牆は折曲つて隔壁に接続されている。この部分の舷牆頂部手摺より100mm下の線上に3個の歪計を図の如く取付け計測を行った結果、最大のHOGGING及びSAGGING状態における応力値および応力集中率は第5表の如くになった。即ち計測点①においては2.1~2.2倍の応力集中率を示し、②及び③においては圧縮時と引張時とによつてその集中率は異つている。計測位置の鋼板両面に歪計を取付けていないために確実なことは判らないが、之は恐らく局部的な曲げの影響であろうと想像せられる。尙本船が就航後、航行中に第15図に示した位置に損傷を生じているが、之は上述の応力集中に基くものであると共に直接打つた波浪の影響も加つての損傷ではないかと考えられる。

(4) 油槽船各縦通材の横隔壁貫通部に於ける応力伝達状況

縦肋骨方式の油槽船に於いて各縦通部材が横隔壁を貫通する部分の応力伝達状況は種々問題となり、前記の東大及び運研による進水実験にも屢々採上げられており、又大型模型による実験も度々行われている。著者等はCHRISTINA号において縦通肋骨、甲板下縦桁及び縦通隔壁が夫々横隔壁と交差する点における応力伝達状況を合計52点にわたつて計測を試みた。然しオツシログラフ

第12図 大穴計測結果 b

第13図 大穴位置より曲げモーメント分布

のフィルム捲取装置の故障により、結局 23 点のみを計測し得るに止つた。

(A) 縦通肋骨の横隔壁貫通部

計測位置及び船尾浮揚時に於ける応力分布を第 16 図に示す。即ち大きな応力の集中は船底部の基準応力値 4.0 kg/mm^2 に対して、貫通肘板基部において 20% 増、縦肋骨端船底外板において 10% 増である。又肋板における応力分布は図の如く下縁から離れるに従つて急激に減少しており、肘板の高さを余り高くすることは縦強度に関する限り無意味であることを示している。またこの部分における力の伝達に対しては船底外板が多くの割合を占め、貫通肘板は期待された程の役割を演じていないと云える様である。運研及び東大によつ

て計測された結果と比較すると良く一致した傾向を示しているが、前述二カ所の応力集中が CHRISTINA 号の場合、割合に低い事が注目される。W.R. CAMBELL⁽³⁾ の模型実験に拠れば縦肋骨端部の半円形切欠は応力集中を高めるといふ結果を示しており、CHRISTINA 号の場合、肋骨深さに対する切欠半径の比較的小であることがこの結果を齎したものである。

(B) 甲板下縦桁の横隔壁貫通部

計測し得た結果は第 17 図の通りである。即ち前項に於いて述べたと同様のことを甲板下縦桁に就いても云うことが出来る。この部分に於ける基準応力値は -4.4 kg/mm^2 であり、最大応力集中は縦桁の端部甲板で 22% 増加である。

(C) 縦通隔壁と横隔壁との交叉位置

油槽船縦通隔壁と横隔壁とが交叉する位置に於いて、縦通隔壁を船首尾方向に完全に一直線上に乗せることは特に波型隔壁の場合現場工作上非常に困難な作業と察せられるが、この中心線が第 18 図 (a) の如く喰違つている場合にはこの部分に不規則な曲げを生じ、縦通材としての効力を減ずるものと予想せられる。著者等は CHRISTINA 号においてこの交叉部に 8 個の歪計を取付けて計測を試みたが、前述のオツシログラムのフィルム捲取装置の故障のため求め得たのは第 18 図 (b) の 4 点のみであつた。同図に示した応力値は船尾浮揚時の値である。今計測点③④を見ると応力値は正負逆に出ているが、これは引張力のために第 18 図 (a) の如く変形したものと考えれば理解することが出来る。実際にこの部の喰違量を (b) 図の④～⑥の断面に就いて計測して見ると

(3) W.R. CAMBELL "Stress Studies of Welding Ship Structure Specimens"; W.J. '51/2.

第14図 溶口隔部甲板下横桁の応力分布

じたものであろう。

第15図 日光丸船橋楼端部

第 5 表

時 刻	この筋までの 標準応力 kg/mm ²	①		②		③	
		応力値	集中率	応力値	集中率	応力値	集中率
17.40 (HOG.)	2.02	4.2	2.10	2.9	1.24	1.6	0.80
25.30 (SAG)	-4.04	-9.6	2.17	-3.0	0.68	-2.1	0.47

(a) 図の如き喰違の方向を正として第18図(c)の値を得た。即ちこの結果から見ると定性的には本実験値の如くなり得ることは首肯出来るが、計測点不足のために定量的に検討することは出来ない。又計測点①及び②に関しては中性軸からの距離よりこの位置の標準引張応力値を求めると①で 2.0 kg/mm², ②で 2.3 kg/mm² となり①は喰違による曲げの影響により、②は波型の傾斜部における応力の集中⁽⁴⁾によつて夫々計測値の如き値を生

(5) 船体横断面内の応力分布

船体横断面内の応力分布を知り各縦通部材の有効性或は中性軸位置を明確にすることは、従来経験的に行われている梁理論に拠る船体縦強度の決定方法を検討するために極めて重要なことと考えられるので、著者等は各進水船舶に対して船体中央部附近の船体横断面内に於ける各縦通部材の応力分布を計測することによつて、この問題に対する測定資料を求めた。その結果は第6表の如くなつた。

第19図は GENIE 号及び CHRISTINA 号における応力分布である。即ち応力分布は船体を単純梁と見做した梁理論と極めて良く一致し、中性軸位置も全縦通材を完全に有効とした場合と良く合致すると云うことが出来る。NEVERITA号の実験結果⁽⁵⁾に於いては縦通隔壁の縦強度に対する効果は低いような計測結果を生じているが、これは同隔壁が波型型構でなく平板構造であるための結果であらうと考えられる。

第20図は日光丸の計測結果である。中性軸位置は全縦通材を含んだ場合の計算値よりも僅かに高いがこの理由は計測点不足のため

(4) W.R. CAMBELL : "Stress Studies of Bulkhead Intersections for Welded Tanker" W.J. '52/2.

(5) The LORDS COMMISSIONERS OF THE ADMIRALTY ; "Structural Investigation in Still Water on the Welded Tanker 'Neverita' "

第16図 CHRISTINA号機助壁の横隔壁貫通部の応力分布

に明かではない。

又第21図及び第22図は夫々山里丸及び大有丸の計測結果である。これらの中性軸位置は計算値と相当な差違を示しているが、これは計測断面として船橋楼甲板の端部に近い艀口の中央部が選ばれており、この部分で強力甲板が上甲板より船橋楼甲板に移っているために正常な横断面応力分布を求めるために十分な条件を具備していないためと考えられる。

又一般に甲板上では舷側部および艀口縁材部において多少の応力集中を生じていることが判る。

第23図は GENIE 号において計測した船橋楼中央部における応力分布である。即ち船橋楼最外側側壁は中性軸からの距離に比例した応力分布を示しているが、それより内側の室壁及び甲板部の応力値は上方に行くに従つて遙かに小さくなっている。

(6) 進水作業に就いて

(A) 山里丸及び CHRISTINA 号に於ける進水時刻一船体応力曲線に現れた特異性に就いて

一般に進水時刻一船体応力の曲線は第24図(a)の如く応力値は船尾浮揚時において一つの最大値を有するのみであるのが普通であるが、桜島工場で進水した山里丸の場合は第24図(b)の如く船体始動後24.5秒及び30.2秒の2回にわたつて大略等しい応力の極大値を示しており、又同工場で進水した CHRISTINA 号に於いても、山里丸の場合程顕著ではないが第24図(c)の如く20~25秒のあたりで稍平坦な形を呈して、29.5秒で最大値を生じている。かかる特異な曲線を生じた原因として次の二つの事柄が考えられる。即ちその第1は、本来ならば第24図(d)の①の如くなるべきところ、船首受台部の柔軟木材が極めて有効に働いた為に、或る一定以上

第17図 CHRISTINA号甲板縦材の横隔壁貫通部の応力分布

第18図 CHRISTINA号機助壁と横隔壁の交点部の応力分布図

第 6 表

船名	船種	型番 (mm)	計 算 値				計 測 値 中流船高 (m)
			全板道板をAの場合 $\frac{1}{8}$ (mm)の巾 性船高	両舷の水線位置に30 $\frac{1}{8}$ (mm)の巾 性船高	船底の巾 性船高	船底の巾 性船高	
GENIE	滑槽船	12 000	9773.239	5 93	—	—	0.02(男算) 5.85 5.30(簡算) (平均)
CHRISTINA	・	12 000	9773.239	5 93	—	—	5.95
日光	速渡 平板船	12 200	6653.662	5 85	5582.026	5 59	6.09(SAG) 6.00(HOG)
山里	長船 平板船	10 500	5099.621	5 40	4420.170	4.75	4.30(24.5秒) 4.50(30.2秒)
犬有	・	10 300	4315.083	5 44	4164.464	5 00	5.86(SAG HOG)

の応力の上昇を抑え得たとするものであり、第2は(d)の点線で示した如く、二つの極大値の何れか一方を船尾浮揚時の最大値として普通の時刻—応力曲線となる可きところ、何等かの予期しない別個の外力によって、今一方の応力極大値を生じたものとするものである。本実験と全く別個に計測された船尾浮揚時刻は山里丸に於いて 23.5 秒 CHRISTINA 号に於いて 28.0 秒である。山里丸では船体始動時刻の BASE の不一致の為にこの値を参考とすることは出来ないが、CHRISTINA 号の結果によつて、第1の考え方即ち船首受台部における柔

軟木材が極めて有効に働いたものと考えて差支ないと思われる。

(B) 進水準備作業による船体応力の変動

進水準備作業中、キール盤木及びビルヂ盤木或は支柱を除去する毎に船体各部に外力が加り、応力値の変動を

第19図 GENIE号 CHRISTINA号の船体中央部横断面における応力分布

生ずるものと予想されるので CHRISTINA 号で若干の点に就いて之を計測した結果第 25 図の如くになった。

即ち船体は全体として作業開始前に比べて SAGGING の状態になっているが、それによつて生じた応力の値は大体 1.0 kg/mm^2 以内の比較的小さい値であることが判る。

IV. 結 言

船体強度研究における実船計測実験の一手段として、昭和 27 年度内に日立造船株式会社の各工場に於いて進水した船舶の内の 5 隻に対して、電気抵抗線歪計測装置に依つて進水時に於ける船体各部の応力を計測し、船体構造力学上種々有用な資料を得ることが出来た。今後更に機会を求めて同様な実験を行うと共に、尚ほ並行して模型実験或は理論的な解析を行つて行き度いと考へている。

この実験を行うにあつて進水前の多忙な時期にも拘らず全面的な援助を惜まれなかつた桜島工場造船部及び因島工場造船部並びに電気課の関係各位に厚く感謝の意を表する次第である。

第24図 進水時刻一船体応力曲線の一例

図20 進水時中の応力変動