日支聯絡船の「タービン」故障に就て

協同員 武 藤 喬 木

Abstract

On the Turbine Accident of the Japan China Express Liner. By T. Muto.

The S. S. "Shanghai Maru" & "Nagasaki Maru" sister ships for the Japan China express liner, built by William Denny Bros. & Ltd. in 1922, and propelled by similar sets of Parsons geared turbines.

The blade accident of the low pressure turbine happened frequently on both steamers in past two years, and conditions of the accident seems to be same, but the cause of accidents is unknown.

The author describes on this paper, general observations and special investigations on the cause of the blade accident, concluding with his own opinion from the stand point of a practical engineer and gives some suggestions to designers and persons concerned.

茲で日支聯絡船と申しますのは日支快速聯絡船上海丸及長崎丸を意味するのでありまして、「タービン」故障に就てなどと題を掲げますと、如何にも高遠な論說でもあるかの如くお考へになるかも知れませぬけれども、實は私も昨年夏初めて長崎丸に乗船した許りでありまして、今日迄僅か半年餘りの極めて短かい而も浅い経験と、今年 2 月検査の時期及び其の前後に互つて試みました 1 つの小さい實驗に基いて考察をお話するに過ぎないので御座います。

のみならず本船新造以來今日までの經過に聊か事情詳かでない點もあり、又私共の企てゝ居ります實驗も今尚ほ其の途中にありますため、今日の話が題に相應しからぬ内容貧弱なものであることを甚だ遺憾に存じますが、今後 1 箇年あまりも之が順調な經過を見ましたならば或は今少し適確な結論を下すことが出来はせぬかと私かに期待して居る様な次第でありまして、聯絡船の「タービン」故障問題は未だ大きな question mark が附いたまゝ私共の前に置かれてあるので御座います。でこれは是非共皆様方の御援助に依りまして私共當事者が 1 日も早く解決を下さなければならぬ我が船用機關界の一問題ではないかと考へるのであります。

之に就きまして、今日私は茲に掲げてある様な順序で時間の許す限りお話して見たいと存じます。

第一 故障の歴史及其の狀態

第二 故障の原因に關する一般的考察

第三 故障原因及其の對策に就て三菱長崎造船所の研究調査の要點

第四 本船に於ける實驗と考察

第五 結論

第一、故障の歴史及其狀態であります、「ブレード」折損の時日、數、及處置の大略を表に致して置

きましたから、御一覽を願ひます。

さて問題の長崎丸及上海丸は何れも 1922 年の暮 Scotland の Dumbarton なる William Denny & Co. の建造に係るもので、總噸數 5,257 噸の twin screw passenger steamer でありまして、機關は Parsons geared turbine で single reduction system であります。boiler は single ended marine boiler 10 罐を有し、使用蒸氣壓力は 200 封度で蒸氣の過熱裝置は持つて居りません。燃料は石炭のみ使用して居ります。

普通平均速力 18 節で、定期航海を致しますには高壓「タービン」入口に於ける初壓力 150 封度前後で 8 罐を使用してゐますが、全罐使ひますれば 21 節は出ます。只今の處、東洋の海上で之を抜き得る商船は 1 隻もありません。さすが此種の船には經驗ある William Denny Co. だけあつて、船體、舵等の構造、engine の配列其の他一般の設計も仲々よく出来て居ると感心する點が多いので御座います。悲しいことには新造後 2 年目頃から低壓「タービン」の reaction blade の折損故障が頻發しました爲に、私共 engineer 仲間には非常に厄介な船として今日一般に知られて居る様な次第であります。夫れで其故障は一體どんな種類かと申しますに、茲に一二本 sample を持つて参りましたが、小さいのでよくお判りにならぬかも知れませぬけれども、こんな具合で翼には別に何等變形を起さず、丁度木の枯枝を折つた如く、しかも偶然單獨に折れるのであります。そして其折れる状態も、折れる段落も長崎丸上海丸の兩船全く同一でありまして、何れも舷の左右を選ばず、低壓「タービン」に 11 段落ある中の第 3、第 9、第 10 等の段落に限るのであります。只上海丸の方が長崎丸より約 1 年許り早く折れ始めたと云ふだけの相違に過ぎません。尤も折れた翼のために他の翼に及ぼした損傷の程度は、其の時と場合により異つてゐたことは申す迄も御座いません。我が長崎丸に於きまして此の reaction blade の折損故障が起り始めたのは、大正 14 年 2 月で新造後滿 3 年目から始まつたのであります。故障が一番頻繁に起つたのは一昨年の夏頃から昨年の 8 月に至る 1 箇年許りで、其の間海難報告を提出する程度にやつたのが 10 數回に及び、2 列乃至 3 列 blade 切除のまゝ航海した事も御座いました。然しながら故障の發生發見が大概の場合、長崎若しくは神戸入港時の機關操縦中即ち stand by engine 中であつたのと、翼の折れる段落が低壓「タービン」の比較的終りに近い處でありましたので、斯く故障が頻發したにも拘らず、航海の途中から引き返すといふ様なことは 1 回もなく、又先年彼の Empress of Australia 號が上海の河中で起した様な大破損を來たさなかつたのは不幸中の幸と謂はねばなりません。

扱て斯の如き故障が生じた場合、誰れしも第 1 に考へますことは材料良否の問題でありませうが、材料検査は兩船共何回も致しました。材質は銅 70 % 亜鉛 30 % の所謂 7、3 の眞鍮材で、抗張力試験や分析結果等に依りますれば、眞鍮材としては何等缺點を認めないのであります。

それから翼の折れますのは、多くの場合翼の根元に近い處から折れるのであつて、binding strip に銀鑲をかける時分熱の影響を受けて、材質が其の部分に於て脆弱となり、破損を來たす例もないでは

ありますまいが、兩船では只今申しました様に翼の根元に近い處から折れるのですから、鑢付工事は先づ關係ないと見て宜しからうと存じます。

次に遠心力及び steam thrust に依る stress、是は表の通りでありまして、御覽の通り之れも第 3 第 9 第 10 等の段落に限り特に故障を起すべき何等の理由を發見しないので御座います。

Centrifugal Stress on L.P. Turbine Blade

Expansion Stage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Blade Section	440 B	440 B	440 B	440 B	440 B	440 B	450 B	450 B	450 B	450 $\frac{1}{4}$ W	450 $\frac{1}{2}$ W
R.P.M.	2010										
Blade Height	2.875''	3.75''	4.875''	3.3125''	4.25''	4.875''	5.75''	6.75''	8''	8''	8''
Mean Dia.	34.875''	35.75''	36.875''	30.3125''	51.25''	51.875''	52.875''	53.75''	55''	55''	55''
Fc ton/コ''	0.78	1.04	1.395	1.295	1.69	1.96	2.36	2.81	3.42	3.42	3.42

Pressure Distribution

Stage	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Pressure lbs/コ''abs.	20.0	15.2	11.2	8.2	6.2	4.4	3.6	2.8	2.2	1.8	1.3
Steam Vel. ft./sec.	365	362	344	460	496	542	549	542	555	575	648

其の外固形物とか drain とかがやつて來て其衝擊に依つて翼を破損する例もありますけれども、斯の如き場合には先づ翼に多少 deform を生じ、夫が他の翼に接觸して damage を起すのが普通一般の徑路かと考へます。然るに本船の折れた時の状態を見ますに、少しも曲り等の變形なく或場合の如きは翼が折れたまゝ binding strip に依つて其の位置に保たれて居たこともありました。又時には binding strip が非常に振れて切れて居るのや又振れながら尙折翼を支へてゐるのを發見したのでありまして、binding strip の工作は概して良好と見て差支なからうと存じます。

尙ほ故障の原因としては取扱上の急激な温度の變化に依る影響なども考慮しなければならぬと考へますが、本船が長崎入港の際などに「タービン」管内に異音を聴取した場合には、入港後 finished engine になると同時に「タービン」の解放に着手しまして、2 時間もすると eduction pipe を取外し上部「ケーシング」位は捲き上げて仕舞ひます。夫から故障の程度を調べ、輕微な時には五六本の翼植替位で済むこともあり、ひどい時分には 1 列或は 2 列 blade 切除と云ふ様なことにもなりますけれども、兎に角二三時間で應急修理を施し、掃除の上直に取付け方にかゝります。之も亦 2 時間位で附けて仕舞ひ、終り次第 warming engine を始め 3 時間後には出帆と云ふ段取になります。是等は急激な温度の變化を及ぼす點から考へれば無論宜敷ない事は申す迄ありません。然しそれかと申しま

して頻發する故障の度毎に出帆 1 日延期を致しましては聯絡船の使命を全うすることは出来ないので事情止むを得なかつたので御座います。然し加熱冷却が此の場合直接折損の原因ではなかつたろうと思ひます。何となれば、斯かる温度の影響ならば兩船揃つて比較的中央部にある第 3、第 9、等の特殊段落に起る筈が無いからであります。

以上述べました如く材料も及第であり工作上の缺點も見出さず又取扱上にも之と云ふ缺陷を認めないにも拘らず、同一の故障が兩船同じ段落に集中して起る點から考へますと、或は設計上何か缺陷があるのではないかと云ふ疑も生じて來るのでありますが、之を要するに此の reaction blade の折損は大なる steam thrust 又は外來物などの衝撃等に依て起るのではなくて、比較的小さい repeated stress 即ち繰返内力に依る material の fatigue に基くものと見るのが妥當なる一般的考察では無からうかと考へます。

夫れから第 3 の故障原因及び其對策に就て三菱造船所の研究調査でありますが、之は郵船會社から折れた翼の破片を送つて、材料試験を依頼すると同時に故障の原因及對策を研究して貰ひたいと云ふ要求に應じて造船所から發表されたものと思はれます。其の要點を搔摘んで申しますと、只今申しました一般的考察以外に残されてゐる最後のものとも云ふべきは repeated stress を起す原因としての翼振動であることを指摘して、其の振動の主因として次の 3 つを擧げて居ります。

即ち之を A, B, C に別けまして、

- A. rotor の unbalancing に依るもの、
- B. steam flow の ununiformity に依るもの、
- C. torsional vibration に依るもの、

此の 3 つの内、A の rotor の unbalancing に依るものは資料なきため調査することを得ずとなつてゐます。これは折れた翼を提供されただけでは全く調査の方法がない筈で、此の場合止むを得なかつたことと存じます。次に B の steam flow の ununiformity と云ふ項に於て兩船 turbine の stopper blade が上下 casing の合せ目の處にあつて、それが blade section でなく square section に近いものであるため、其の部分に於て蒸氣の流れが均齊を缺き 1 回轉毎に 2 度の割合を以て equal interval に shock を與へる。かるが故に「タービン」の回轉に $2N$ を乗じた數の自然振動を有する blade は危険なりと斷定を下して居りますが、是れは大變よい考察と思ひます。

105 頁の線圖は縦に L. P. turbine blade の natural frequency を取り、横に rev. per min. を取つたもので、blade の frequency No. は實際計つたものではありませんが、經驗上最も精確と思はれる Stodola の formula から算出したものであつて、一番上の curve が 6th expansion blade、次が 3rd 7th 8th 9th expansion blade であります。そして 4 つの直線は夫々 r. p. m. の 2 倍、4 倍、6 倍 8 倍の線で、9th expansion blade は turbine rev. が 1570 の時自然振動數が $4 \times$ r. p. m. となり、2 振動毎に 1 回の shock を受ける。此の場合船の速力は 15.6 kt. で 6, 7, 8, 3 段落は夫々回轉 1840,

1590, 1300, 1760 の時 3 振動毎に 1 回の shock を受け、其時の speed は 18.3kt. 15.8kt. 12.9kt. 17.5kt. に相當します。即ち 13~18 節の speed にて航走する場合、6, 7, 8, 9, 3 等の段落は危険状態にあり、特に 9th expansion blade は 2 振動毎に 1 回の shock を受ける故に最も危険率が多い譯であります。他の段落は 3 振動毎に 1 回の shock を受けるので damp せらるゝ傾向あり、且つ 6, 7, 8 の各段落は 3 段に比して steam velocity が著しく大なるを以て damping action も従つて大なるものと想像されます。

斯く考へる時、第 3 第 9 の兩段落の故障は如上の原因に歸し得るやも知れません。

次に C の原因に關しては、torsional vibration が 2000~3000 に達する場合なしと保し難きも計算すべき資料なきため調査し得ずとなつてゐますが、要するに本船の翼故障は翼振動によりて起る疑あるを以て今少し振動數高き翼を使用する必要があります。故障防止策として最も實行容易なるは、casing の stopper blade を blade section のものと取替へ蒸氣の流を出来る丈け均齊に保つと同時に rotor blade を次の如く改造し、

	第 3 段落	第 9 段落	第 10 段落	第 11 段落
従 來	440 B.	450 B	450 $\frac{1}{2}$ W	450 $\frac{1}{2}$ W
改 造	450 B	460 B	460 $\frac{1}{2}$ W	460 $\frac{1}{2}$ W

翼自然振動數と強力を増大を計り、兩々相俟つて故障を除かうと云ふのが、三菱造船所の改造要領の様であります。

三菱造船所から此の改造案が發表されたのは昨年 of 初めでありましたが、當時兩船共引續き故障が起るので、郵船本社當局でも大變焦慮せられまして愈造船所の主張通り、兩船低壓「タービン」翼の一部改造を斷行する事に決定したのが昨年 9 月の事で、改造の時期は次の定期検査時期即ち本年 2 月に行ふ豫定でありました。處が本船に於ては改造決定と相前後して 9 月の中間入渠期が來ました。僅か中一週間許りの時日でありましたけれども、當時損傷のため切放しのまゝになつてゐた左舷第 9 第 10 第 11 段落に新しい翼を植ゑ、序に右舷の方も危険と思はれた第 3 第 9 の兩段落も翼全部を新換しました。尙是より先き昨年の 2 月定期検査の際にも右舷第 10 第 11 段落の翼新換を行つて居りますので、丁度昨年の 2 月及 9 月の 2 回に互つて、危険段落は殆んど全部新しい翼に取替へられて仕舞つた譯であります。扱て第 3、第 9、第 10 等の段翼が全部新しくなつて、定期航海に就て見ますと、さすが新しいもの丈けあつて少しも折れないのであります。

故障の盛な時分には夫れが頭の大部分を支配してゐて外のことは餘り考へる餘裕もありませんでしたけれども、愈翼が折れなくなつて見ますと自然考へも他に移る様になつて來ました。

當時船體を傳つて來る振動が自室の電燈の filament を 4 日或は 5 日目位にうるさく切る。又どうかすると部屋の「ドア」や「コップ」杯をがたがた云はせるので、可なり不快を感じる場合もありました

或る日のこと後甲板を散歩してゐますと、傍の derrick に懸つてゐる1個の「テークル」が綱の締具合にでも依るものか、特に激しく、しかも週期的に振動を起してゐるのに氣がつき、何心なく其微妙なる振動を凝視してゐました。其瞬間に blade 損傷の原因も亦ここに潜んでゐるのでは無いかと云ふ1つの考が恰も天籟の聲の如く、私の頭に閃いて來ました。これが長崎丸に於ける vibration 研究の動機となつたので御座います。

それは丁度昨年秋のことで、爾來 vibration と turbine blade の關係を研究して見ますと、どうしても次回の検査修理には turbine blade の改造よりも vibration 防止問題の方が、此の際むしろ急務である様に感じて參りました。

實は本船の turbine blade 折損故障に就きましては、吾々當事者は相當長い間、幾多の苦い經驗を嘗めながら、如何とも施す術がなかつたのであります。然るに幸ひ危險段落と認めらる部分が全翼新換せられて、漸く故障も絶え稍小康を得つゝある際、改造の爲とは云ひながら、再び之を切取つて新換するのは如何にも惜しい感じが致しますのみならず。今回の改造案なるものも決して徹底的のものではなく、又故障原因の確定せぬ今日、兩船共同時に同様の改造を試みるのは研究上餘り望ましきことでもないと思ひましたから、私は會社當局の同意を求めまして、差當り長崎丸だけは翼の改造を一時見合せ、専ら vibration 防止に全力を注ぎ今後の経過を見、かたがた僚船の改造結果とも比較し研究を續けることに致しました。

就ては豫め修理前の振動から調査して置きたいと思ひましたけれども、船には振動計と云ふ様な氣のきいたものはありませぬから自分の娛樂用の camera でも持ち出して、航海中例の甲板上の「テークル」などに表はれる振動の effect でも寫して参考にしようと種々工夫を凝らして居た處へ、折よく三菱造船所の修繕部長が見えましたので早速自分の意中を話しました處が、其の企を殊の外賛成して呉れまして、態々 Geiger の vibragraph と torsigraph を貸して頂く許りでなく、専門の技師まで差向けて研究して下さつたために、案外容易く、しかも組織立つた研究調査が出来た様な次第であります。

其の調査中、造船所側では今迄少しも豫期しなかつた1つの有益な發見をされたのであります、其の内容に就ては遺憾ながら茲で詳しく申上げる譯に參りません。然し是れは大變價値ある發見でありまして、何れ近く一大論文として發表されることゝ信じます。

斯の如くして調査しました結果、各部の有する振動の程度も性質も大體知ることが出来ました。機關室内の主なる振源體として計測した「タービン」及び減速車室の振動圖丈け大略茲に掲げます。

圖中上部に 3000/12 と記してある波形は時間を表はし、下部の線が振動を表はすので、3000/12 の 3000は時間表示の波1つが 1/3000 minute を示し、12 は下方の波の高低が實際の振幅の12倍なることを表はすのであります。

備後灘 SERVICE FULL POWER

P. H. P. F.

VERTICAL VIBRATION.

第一圖

備後灘 SERVICE FULL POWER

S. H. P. F.

VERTICAL VIBRATION

第二圖

備後灘 SERVICE FULL POWER

P. H. P. A.

VERTICAL VIBRATION

第三圖

備後灘 SERVICE FULL POWER

S. H. P. A.

VERTICAL VIBRATION

第四圖

備後灘 SERVICE FULL POWER P L P F

VERTICAL VIBRATION.

第五圖

備後灘 SERVICE FULL POWER S. L. P. F.

VERTICAL VIBRATION

第六圖

備後灘 SERVICE FULL POWER P. L. P. A

VERTICAL VIBRATION

第七圖

備後灘 SERVICE FULL POWER S. L. P. A

VERTICAL VIBRATION

第八圖

GEAR CASE
備後灘 SERVICE FULL POWER P. H.P. SIDE

VERTICAL VIBRATION

第九圖

GEAR CASE
備後灘 SERVICE FULL POWER S. H.P. SIDE

VERTICAL VIBRATION

第十圖

GEAR CASE
備後灘 SERVICE FULL POWER P. L.P. SIDE

VERTICAL VIBRATION

第十一圖

GEAR CASE
備後灘 SERVICE FULL POWER S. L.P. SIDE

VERTICAL VIBRATION

第十二圖

第一圖より八圖迄は「タービン、ローター」の振動計測圖で、右舷の方が左舷より幾分大ですが、概して振動は些細であります。之は昨年施した balancing に未だ狂ひを生じないことを物語つてと思ひます。

第九圖〜第十二圖は「ギヤー、ケース」の振動で「タービン」の回轉に對して 2nd degree の振動を有し、右舷の振幅は左舷に比して 2 倍以上の大きさを示して居ます。これに依て見ますれば「タービン」の振動は案外少くないのでありますが、こゝで一寸御話して置かねばならぬと思ひますことは、二三年前曾つて本船に乗て居た人々に會ふ度毎に聞いて見ますと、皆異口同音に振動の相當強かつたことを語る一事であります。

例へば船橋では log-book を書くのに字が振へて書きにくかつたとか、engineer の部屋で寝てゐると丁度 electric vibrator をかけてゐる様でよく眠れたとか、或は機關長は航海中日誌が書けぬから上海碇泊の 1 日を利用して書くことにして居るといふ様な話を聞くのであります。

それから段々調べて見ますと、本船は新造當時 rotor の dynamic balancing を行はず、昨年 2 月即ち新造後 4 年目に初めて三菱長崎造船所に於て末廣式 balancing の洗禮を受けたことがわかりました。

夫れ以來振動が非常に減つたと云ふことは船長始め皆が認めてそう云つて居るのであります。然らば何故新造當時 balancing を行はなかつたかと不審を抱いて受取に行つた engineer の 1 人に聞いて見ました處が、受取當時英國で balancing の必要を云ひ出したのであるが、日本人は神經過敏だと云ふて相手にしなかつたそうであります。

それ位「タービン」の製作に自信を持つのは誠に結構なことでありませう。之は William Denny Co. の engineer か Parsons Co. の人の言かは存じませんが、今日私共から考へますれば、ちと亂暴な話してはなからうかと思はれます。何故かと申しますに、輓近 turbine 機に reduction gear が流行するにつれて、自然「タービン」の回轉數は著しく増加の傾向で、今日では 3000 乃至 4000 と云ふ回轉は普通になつて參りました。斯の如く「タービン」の回轉が高速となるに従ひ efficient balancing といふことが特に必要となつて來たのであります。曾て亞米利加で或る high speed の turbine 船を新造した時分、工場に於て充分なる dynamic balancing を施し、一二航海は極めて満足な状態なりしものが、何等判然たる理由を認めないにも拘らず、rotor が急に balancing を失ひ、船體の或る局所に迄大變振動を感じて來たそうであります。そんなことを度々經驗するに及んで其の對策として近頃米國では新造の際 seasoning process と dynamic balancing とを併せ行ふこととして居るが、大變成績が良いと云ふ話で御座います。此の seasoning process なるものは可なり大仕掛にやるのでありまして、工場に於て一通り balancing を終へた rotor を特殊な steam tight casing に入れて先づ華氏の 600 度位まで一様に暖めるのであります。そして之を designed service speed より 20% 許り多い回轉數で 30 分間餘り廻した後回轉機と縁を切り、rotor の自然に止るのを待つて普通の溫度ま

で下げるのであります。夫れから再び dynamic balancing を施すのでありますが、この seasoning process を行へば、必らず最初の balancing は相當の狂ひを生ずるそうで御座います。

是等の事實から考へましても、本船位高速の船では矢張り最初から efficient balancing を施すことが必要ではなかつたかと思ひます。假令 William Denny Co. が turbine の製作上如何に自信が有つたとしても、4 年間あの高速で、しかも潮流の急激な瀬戸内海や上海の河を航海し續けたのでありますから、其間 balancing や centering に相當狂ひを生ずるのが寧ろ當然では無かろうかと考へます。新造 4 年目に初めて balancing を施して非常に振動が減つたと云ふ。其の後に乗船した私が尙且つ當時の振動に不安を抱いて種々調査致しました結果それが甚だ恐るべき性質のものであることを知つた様な始末であります。

故に balancing を行ふ前に持つて居りました振動が blade の材料を疲労せしむるに就て如何に有力な一原因を爲してゐたかと云ふことは推察に難くないと存じます。何も turbine に限る譯ではありませんが、centering とか balancing とか云ふことは、engineering の primary な問題であつて、場合の如何を問はず決して等閑に附してはならぬものであることは今更論する筈もないと同時に vibration に就ても新造當時から研究調査を續ける必要が大いにあると思ひます。

それから今 1 つは多少 blade 損傷の一因をなしてゐはしなかつたかと思ひますのは濕蒸氣であります。御存じの通り turbine 機の船では一般に priming を起し易く、boiler から wet steam を導く場合の多いことは定説で、特に多數の boiler を使用する高速力の「タービン」船では猶更其の傾向が著しいことも容易に首肯される處であります。然るに日支聯絡船には super heater の裝置がないにも拘らず、main steam pipe line に drain separator の設備が全くありません。現今では過熱蒸氣を使用する船でも separator を備へてゐるのが一般の practice の様に見受けます。此の點は William Denny & Co. の設計上の不注意ではなかつたかと私は考へます。

drain separator を有たぬ本船に於ては boiler の觸火面から發生して汽泡は上昇して何等の障礙もなく steam space から steam pipe に入り、只 1ヶ所稍狹隘なる通路をなす操縦弁の處で幾分絞らるるだけで「タービン」の回轉習慣性によつて常に priming を誘發する様な恰好になつてゐますから、少しでも罐水の不純とか火力の不均衡などがあると、直ちに濕蒸氣を「タービン」に導く恐れがあります。然るに生憎悪いことには main condenser が新造後 2 年目頃から tube の腐蝕漏洩を始めて此の 3 年間殆んど絶間なく海水が洩つて罐内に入つて居りました。之が drain separator のない事と相俟つて常に濕蒸氣を「タービン」に送つて居た證據として turbine blade の汚れの甚しいことと rotor 及 casing の erosion の激しいのは餘り例を見ない程度でありました。rotor に於ける erosion の甚しい部分は今年 2 月 balancing を施す前に削りました。其の時分紀念に撮つて置いた寫眞を御参考に供します。

然し私共が「タービン」に濕蒸氣を嫌ひますのは只單に erosion とか汚れとかのみでなく、夫れが

drain となつて直接 blade に損傷を與へる可能性を有し、又程度に依つては rotor に振動を起す場合があるから恐れるのであります。夫れが rotor 自身の振動と synchronize した場合もあるでせうし又上海の河中、關門海峡、瀬戸内海の潮流強き處を通過する時や舵を急に採つた時に起る vibration などが寄り集つて翼材料の疲れを招致したのでは無からうかと私は想像しました。

夫れで今年2月検査修理の時期には、「タービン」翼の改造を見合せた代りに、rotor は全部 balancing を充分にし rotor shaft, gear shaft, tunnel shaft 等の alinement を調整すると共に、問題の condenser tube も思ひ切つて5100餘本、之を延尺にして8海里に達する tube を全部住友製の solid piercing tube に新換して仕舞ひました。其の結果振動も非常に遞減し、罐水も純粋な蒸溜水となつたので目下大なる興味を以て経過を監視して居るのであります。

尙 drain separator も最近の機會に是非共新設したい希望で、取付け場所其他計畫中で御座います。其外長崎丸では右舷 reduction gear が以前から相當強い振動と噪音を發してゐました。之も blade には幾分影響を及ぼしてゐたかと思はれます。

以上述べました blade 故障に就ての考察を更に一步進んで觀察しますれば、從來吾が長崎丸に於きましては、日支聯絡船といふ重大なる使命を繋ぐ chain の中に、3つの相關聯した危険な weak link があつたことに氣付くのでありませう。

その第1は turbine blade の折損故障であり、もう1つは condenser tube の腐蝕漏洩であつて、他の1つは右舷 reduction gear の惡い齒車でありました。

此の内 turbine と condenser の方は、今年の2月一先づ故障防止の手段を採り得たと思ひますが、残る1つの reduction gear の方は、右舷齒車の持つてゐた厭な振動と噪音に就て私共は昨年來調査しました結論として、右舷「ビオン」の齒の圓周上に1ヶ所或は二三ヶ所に何か不正のあるべき筈だといふ推定を下し、今年2月態々陸揚して検査致しましたけれども、遺憾ながら其の缺點を發見し得ずに其の儘使用してゐました。處が去る3月8日の朝神戸より長崎に向け航海中、崎戸沖合に於て、突然一大音響を發すると共に、高壓「ビオン」の齒が2本一部分缺落し、gear に大破損を生じて仕舞つたのであります。

只今の處は應急修理のまゝ辛うじて定期航海を續けて居りますが来る5月末には新しい齒車が三菱長崎造船所に於て出来る筈で、出來次第取替の豫定になつて居ります。夫で是が完成しました際には最後の weak link も取除かれる譯でありまして、吾が長崎丸は Japan China Express といふ大使命に對し信頼するに足る立派なものになるであらうと私共は大に期待して居る様な次第で御座います。

最後に私は一言所感を申述べまして、本講演を終りたいと存じます。私共は敢て長崎丸の「タービン」故障が斯の如くにして、全く取去られて仕舞つたと妄斷するものではありません。夫れは今後の實績に待たねばならぬ事ではありますが、少なくとも今日は過去に比し、より根本的な故障原因を掴み得たと信ずるのでありまして、今後は曾て嘗めた幾多の苦い經驗も或は繰返さずに済みはせぬかと、

私かに悦んで居るので御座います。のみならず今回造船所側で有益な発見をされましたことは、無論発見當事者の天才と熱心とによる處でありますが、又一面に於て吾々海上技術者と陸上造機設計者との協力共助といふ start に依つて初めて到達し得たものであると思ひます時に、私は今更ながら感激を禁じ得ないものであります。

甚だ平凡なことを永々申述べまして御清聴を煩しました。(終り)

討 論

○會長(今岡純一郎君) 御質問なり御討論なりありましたらどうぞ御述べを願ひます。皆さんは「タービン」の故障に就ては可なり御経験のあることと思ひますから、どうぞ御討論を願ひたいものです。

○土屋藤丸君 今の御講演の連絡船の故障の内に「コンデンサー、チューブ」の御話がありましたが、夫はどう云ふ故障がどう云ふ風に起るのですか。

○武藤喬木君 「コンデンサー」の故障と申しますのは、「チューブ」の腐蝕漏洩であります。兩船共新造後二年目頃から同じ状態で細管の海水側から腐蝕して漏り始めまして、此三年の間毎航海若くは一航海置き位に兩舷何れも數本づゝ悪い「チューブ」を新換して來ましたが、其の間常に多少海水が漏つて罐内に進入してゐました。「チューブ」の漏洩箇所をさかし出して新換する作業は、本船の如き碇泊日數の少ない船では可なり厄介な仕事に屬しますし、又「ブライミング」を誘發する原因にもなりますので、一日も早く全管取替を致したかつたのでありますが、それには相當の日數と費用とを要しますので長い間苦痛を忍んでゐた譯であります。ところが近年其腐蝕管も次第に數を増し毎航海十數本づつ新換を要する様になり危険と認められた(漏洩が激しくなると航海を停止しても新換の必要が起ります)のと、本年二月三週間の修繕日數が與へられたので更に思ひ立つて、五千餘本の「チューブ」を全部新らしく致しました次第で御座います。

○田原得三君 船の出來た二年目から始まつたと云ふやうに伺ひましたが、矢張り其二年目、三年目、四年目と全體に振動が多くなつたやうに伺ひましたが、初の一年間はどうかつて居りましたか。

○武藤喬木君 最初新造以來の經過に聊か詳かでない點があると申しましたが、御質問の新造當時の振動及其後の振動變化の状態も、よくわからないのであります。只私の聞きました範囲内では最初から相當の振動を持つてゐた様であります。假令最初左程振動が無かつたと致しましても、あの高速力で潮流の急な場所ばかりを數年間繰返し航海して居るのでありますから、相當振動も増したことと思はれます。昨年初めて「バランシング」を施して以來非常に振動が減じましたことは、當時から乗つてゐます本船々長も云ふて居りますが、其程度も非常にと云ふだけで、其性質などは無論詳かでないのであります。

○會長(今岡純一郎君) 尙外に御質問なり御討論なりありましたら・・・

○島谷敏郎君 大變有益な御講演で裨益する所多かつたことを御禮を申し上げます。先程の御話に依りますと長崎丸と云ひ、上海丸と云ひ、何れも三、九、十と云ふ風に同じ「エキスパンション」に故障を生ずると云ふことでありますが、上海丸に於て振動の測定をせられました結果、其の同一箇所に故障の來ると云ふ原因がお判りになつたのでありませうか。

○武藤喬木君 夫はよく判りませぬ。兩船共第三、第九、第十等の特殊段落に故障が起る理由は、先程申しました三菱造船所で研究された翼自然振動數に關するものゝ外別に何も發見されませぬ。多少是等の段落の邊に「ドレーン」が集まり易いのではないかと云ふ疑はあります。

○島谷敏郎君 夫からもう一つお尋ねしますが、故障のあつた各「エキスパンション」は概して何列目に當つて居りますか。

○武藤喬木君 第三「エキスパンション」は四列ありまして第九、第十等の段落は各一列になつて居りますが、第三「エキスパンション」も何列に限ると云ふことはない様であります。

○島谷敏郎君 一番終りの「エキスパンション」の材質は他の「エキスパンション」のものと同質か又は異つたものを使用して居りますか。

○武藤喬木君 材質は皆同じ眞鍮材であります。今回上海丸は第三、第九、第十「エキスパンション」の翼を大きく改造すると同時に「ブロンズ」材に致しました。「ブロンズ」材の方が彈性係數の大なるだけ宜しからうと存じます。

○島谷敏郎君 上海丸の方は翼の厚さを増し且つ異つた材質のもので故障の箇所を修理し、長崎丸の方は以前と同一の翼及び材質をお用ひになつたと云ふことでありますが、是は兩船とも「ローター」の「バランス」をお行ひになつたのでありませうか。

○武藤喬木君 兩船共修理後「ローター」の「バランス」をやつたのです。

○島谷敏郎君 「ローター」の「バラランシング」を行はずに試験したら有益な材料が得られて面白かつたでせうに……

○武藤喬木君 それもそうでありませうが、「バラランシング」は翼改造をしなくとも必要と認められたのでありまして、翼の一局部を新換して「バラランシング」を施さぬのは少し危険と思ひます。研究もさることながら、快速聯絡といふ大使命を持つてゐますので、あまりきわどい事は致しかねます。

○會長(今岡純一郎君) 外に御質問がありませぬか。

○小方愛朔君 發航と歸着との場合に炭水等消耗の關係で吃水に相當の變化を來たすと思はれますが、之に因る振動狀態の變化はどうなつて居りますか。

○武藤喬木君 毎航海往復共長崎港で炭水等の補充を致しますし、荷物も少ないので吃水の變化は極めて少くないので、吃水の變化に因る振動も殆んど變りません。夫よりは上海の河、關門海峡、來島水道等の如き潮流の速い所を通過する時や、舵を急に採つた時などが非常に振動を起します。それが大變悪いと考へますが、どうも之は避け難いことと思ひます。

○久野五十男君 一寸伺ひますが、「ブレード」に故障の起つた時の「タービン」の廻轉は極まつて居りは致しませぬか。

○武藤喬木君 故障が起つたと云ふのは、私共が異音を聴取した時を申しますので、大概入港出帆の時徐速或は「エンジン」停止後惰性で廻轉してゐる時分に氣付くのが多いのでありますが、必ずしも無疵の翼が突然其の時に折れるのではなからうと思ひます。一分間に二千も回轉してゐるのですから全速航進中に折れたら相當ヒドイ損傷になるだらうと考へます。本船に於ては比較的小さい故障であつた點から考へますと、減速した時とか逆轉した拍子に、非常に弱つてゐる翼が折れるのではないかと思ひます。別に或る一定の回轉數の時に折れるのでもない様で御座います。

○會長(今岡純一郎君) 此問題は却々重要な價值のある問題で、各種の船に起つて居ると云ふやうな問題であります、皆さんの御意見なり御質問なりを御發表を願ひたいと云ふ事を申し上げましたが、此御講演は武藤君が御自分で乗つて居らるる船に就て、斯様な技術者が共同して御調査になり頗る有力なる御發見があつたやうに思ひます。是は誠に有益な論文で、實は私は兼てから外の「エンヂニア」で實際に使はれる方々として、日本では連絡が取れない。其結果として造船所で同じ事を繰返して居ると云ふことを往々耳にして居る。且つ又是は實驗した結果斯う云ふ風になつて居ると云ふことは外の「エンヂニア」と連絡して調査する進路を開かれたもので、非常に喜ばしい現象であります。將來續々此種の研究を御發表になつたならば、日本の造船技術の發達に便益のあることと思ふ。此意味に於きまして武藤君が本會に此論文の御發表は吾々と致しまして、非常に結構と思ひます。どうか此上とも、是ばかりでなく各種のことに就きまして御研究になつたことを一つ本會に御發表を願ひたいと思ひます。茲に諸君と共に拍手をしまして、此有益なる論文の御發表に對して御禮を申し上げたいと思ひます。

(一同拍手)