

# 船側におけるウェーブ・プロファイルの記録

高 橋 幸 伯

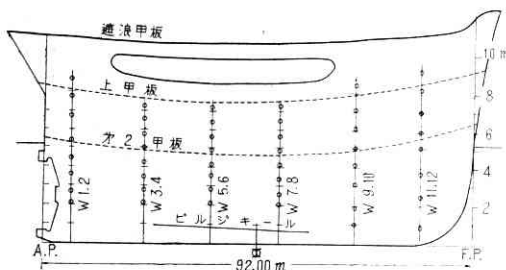
## 1. ま え が き

波浪中航走時の実船において、各種の性能試験や構造強度の試験を行うときには、軸馬力、プロペラ回転数、船速、動揺角、上下動、加速度および各部材の応力などの計測と並行して、外界条件として風の方向と速度、潮流の方向と速度、波の方向と速度、波形（波長と波高）および船体各部の受ける水圧などの同時計測を必要とすることが多い。

洋上における波浪の観測は沿岸における場合と異なり、測定の基準となるべき船体が絶えず動揺しているため非常に困難である。ステレオカメラや浮標などによって船の近傍の波を観測する方法や、船体に数多くの電気接点をつけて各断面の水位（喫水）の変化を測り、これから船側におけるウェーブ・プロファイルを求める方法<sup>1)</sup>などが試みられている。このウェーブ・プロファイルは船体によっていくらか崩された波のプロファイルであって、そのままその近傍の波の形状を示すものではないが、他の計測資料と照合して大体正確にそのときの海面状況を求めることは可能である。また船体強度試験においては、船体の受ける外力を計算するために、船側のプロファイルが求められている方が便利である。

筆者は日本造船研究協会が運輸省の科学技術応用研究補助金を得て行った、運輸省航海訓練所の練習船銀河丸の航走時の強度試験<sup>2), 3)</sup>の研究部会の一員として、主として波の観測を分担し船側のウェーブ・プロファイルの測定を行った。電気接点によって各断面の水位を測り、これからウェーブ・プロファイルを求めるものであるため、仮にこれを「水位計」と名付けた。その予備的な試験の結果については前にも述べたが<sup>7), 8)</sup>、銀河丸による本実験における水位計の概略とその計測結果の数例を以下に紹介する。

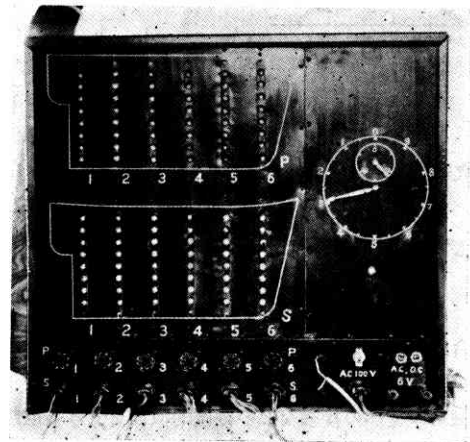
## 2. 水位計の構造および測定方法



第 1 図

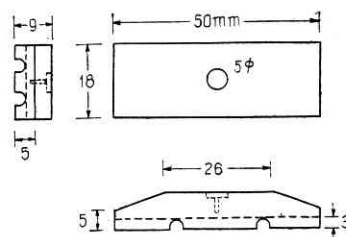
この水位計の特徴とするところは、(1) 応力、水圧および船体運動などの諸現象とともに船内の 1 ケ所で遠隔自動記録がとれるよう、電氣的測定方法を用いたこと、(2) 配線のために船側および船底板に穿孔することなく、すべて船外配線としたこと、(3) 配線工事の簡略化、流体抵抗の軽減および船の美観をそこなわないことなどの見地から、船外の配線は合成樹脂による外板への直接貼布としたことなどである。

接点は第 1 図に示すように、左右舷各 6 断面、1 断面に 8~9 個合計 96 個配置した。この接点の電極と船体との間に一定の電位差を与えておいて、接点が没水したときの海水による短絡電流によって各断面の水位を求めるものである。



第 2 図 水位指示パネル

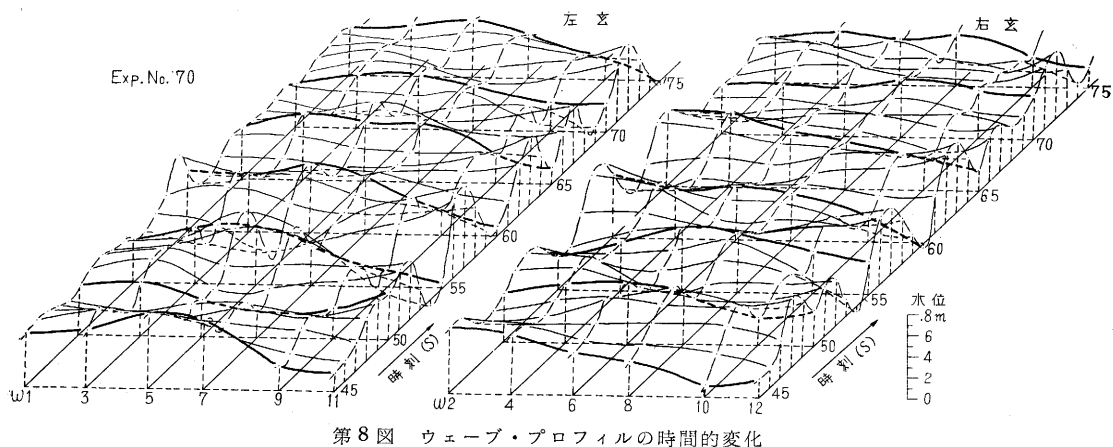
各接点からの配線をそれぞれ独立に測定室まで導き、第 2 図の水位指示パネルに配置した豆ランプを通して電源に接続する。接点の没水・浮上に応じて豆ランプが点滅すると 16 mm カメラで撮影記録するものである。水位指示パネルは電光ニュース式に刻々の船側のウェーブ・プロファイルを肉眼で観察することもできる。パネル



第 3 図 接点板

右側の文字盤はワレンモータによる時計で、長針が 6 rpm、短針が 1 rpm となっている。時計の直下にある豆ランプは、他の応力、加速度

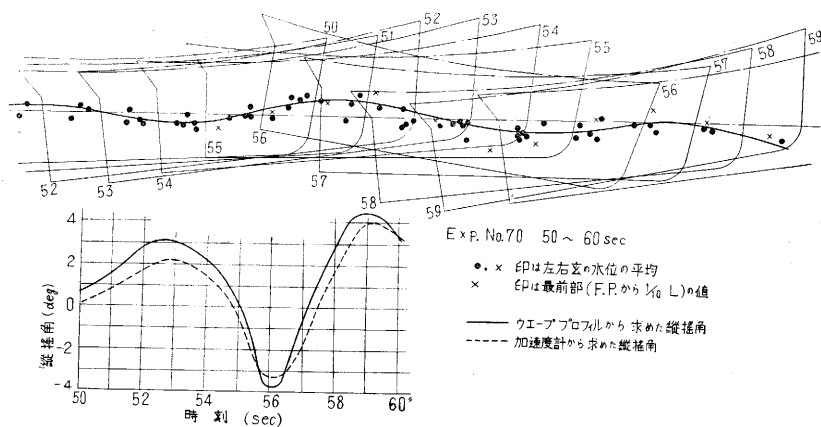




第 8 図 ウェーブ・プロファイルの時間的変化

をベースにした連続曲線で表わすと、第 8 図のように精密なウェーブ・プロファイルを描くことができる。図は 1/2 秒ごとのプロファイルの変化を示したものである。

向波 0 度で航行しているときでも左右舷の波形は必ずしも一致しないが、第 9 図は、左右舷の平均のウェーブ・プロファイルをとって、それらの点が円滑に連なるように並べて船の運動状況を示したものである。下のグラフはこのようにして求めた縦揺角 (実線) と動揺計から求めた縦揺角 (破線) を比較したものである。



第 9 図 波浪中の船の運動状況

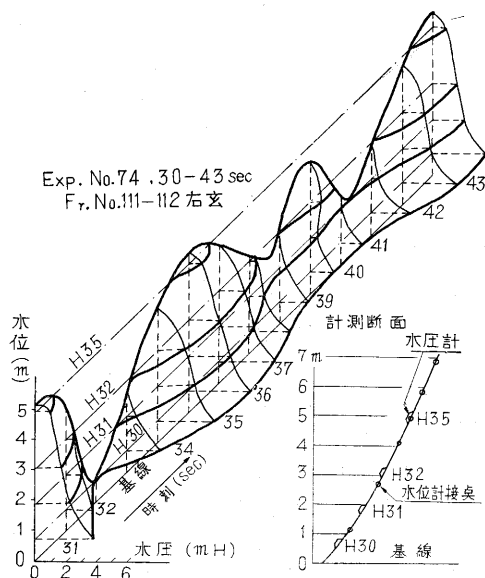
第 10 図は船首部断面における水圧と水位の関係を示すものの 1 例で、胴周に沿った水圧分布が船の運動によってどのように変るかがよくわかる。

## 5. あとがき

以上荒天中の実船試験に使用した船側のウェーブ・プロファイルの記録装置について、その構造、取付方法および記録例などの概略を説明した。

もともと本装置が求めるウェーブ・プロファイルは、実船強度試験における歪計、水圧計、加速度計などの記録解析の補助資料として用いられるものである。この記録を用いた解析事項、たとえば水位変化と水圧変化の関係、水圧分布とウェーブ・プロファイルの関係、あるいは船首部断面におけるスラミング時の水圧分布と水位の関係などについての詳細については、ここでは触れなかった。

今回の試験の経験によれば、接点板の取付強度は十分過ぎる程であるから、接点板や導線はさらに簡易化してもよいと思われる。その代りに接点数を増加して間隔を密にする方が、解析がずっと容易になる。



第 10 図 船首部断面の水圧分布

実航試験においては、計測器や装置の取付などのために、船殻自体に相当の加工工事を必要とすることが多い

が、実験専用船を用意しうる場合は別として、時間的、経済的その他いろいろの制約を受けることが多い。ここに述べた装置は原理的には別に新奇な点はないが、特に大規模の船体工事や装置を必要とせず、比較的簡便に所期の目的が達せられるという点で、なんらかの参考になれば幸である。

終りに本装置の試作、改良、および試験実施に対して終始ご指導ご援助を賜った、日本造船研究協会第 10, 17 および 24 各研究部会の部会長 および 諸先輩、ならびに運輸省航海訓練所の関係各位に対して厚く謝意を表す。

## 付 録

### 樹脂の接着強度試験

接点板および導線の取付けに使用した樹脂は、アラルダイト・タイプ 121N と称し、エポキシ樹脂に増量材を混入しペースト状の充填材料として市販されているものである。筆者の場合はこの上さらに大量の砂（カーボランダム）を混入して増量を計ったので、その強度および接着力について以下のような数種の予備実験を試みた。

#### 試験材料：

樹脂：アラルダイト・タイプ 121N

硬化剤：No. 951, 定量（重量比 4.5%）

増量剤：カーボランダム 40 番, 重量比 0, 30, 60 % 混入の 3 種

試験条件：塗装なしで清水中浸漬 0, 15, 30 日間の 3 種

試験種類：引張、圧縮、引張剝離および剪断剝離試験

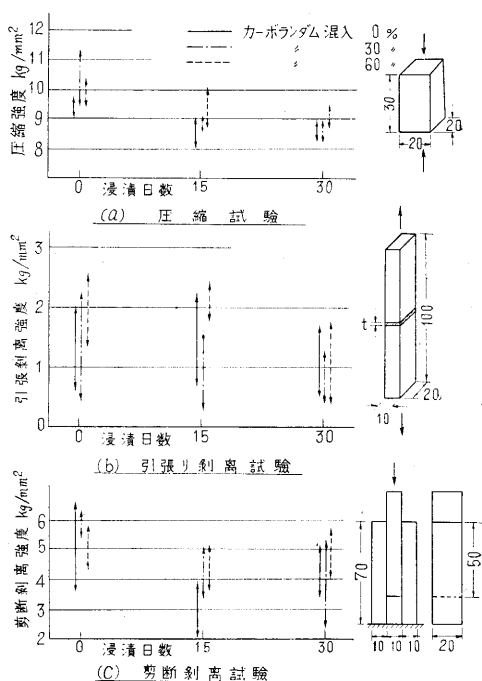
(1) 引張試験：10mm 角の棒を砂の混入率 3 種について各 3 本ずつ作り、いずれも水に浸漬しないで引張試験を行った。ヤング係数は  $425 \sim 760 \text{ kg/mm}^2$  で、砂の混入率との間に明らかな関係は認められない。ただ砂を入れない場合は  $425 \sim 520 \text{ kg/mm}^2$  程度であるのが、砂の量が増すと測定値の分散が大きくなるようである。引張強度は  $1.25 \sim 2.55 \text{ kg/mm}^2$  の間に分散し、やはり砂の混入率との関連は認めにくい。

(2) 圧縮試験：同一条件 3 個ずつ合計 27 個の試験を行った。試験片寸法および試験結果は第 11 図(a) の通りである。水に浸漬しないもののヤング係数は引張のときと同様に、樹脂のみの場合  $420 \sim 430 \text{ kg/mm}^2$ , 砂を混入したものを含めると  $390 \sim 550 \text{ kg/mm}^2$  程度の分散を示す。圧縮強度は砂の混入率が増すと上昇し、浸漬日数が長くなると低下している。

(3) 引張剝離試験：第 11 図 (b) のように 2 個の鋼片を貼り合わせたもので、同一条件 6~7 個ずつ合計 61 個の試験を行った。樹脂層の厚さ  $t$  は  $0.5 \sim 4.0 \text{ mm}$  の間でいろいろ変えてみたが、砂を入れない場合は  $t$  の小さい程引張強度が大きく  $t$  との間に大体直線関係が成立つが、砂を混入した場合は全く無関係のようである。

図に見る通り浸水によって強度は僅かに低下するが、砂の混入による悪影響は認められない。破断は樹脂と鋼の接着面で起るものと樹脂内部で切れるものと半分ずつくらいで、接着力はほぼ引張強度と同程度のものと考えられ、前項 (1) の引張試験結果とも一致している。

(4) 剪断剝離試験：第 11 図 (c) のような試験片で同一条件 3 個ずつ合計 9 個の試験を行った。樹脂層の厚さは 2mm で一定とした。この場合も砂の混入および



第 11 図 アラルダイト強度試験（単位 mm）

水中浸漬による悪影響は明らかには認めにくい。

以上の試験結果から見て、50% 程度の砂の混入による性能低下はないものと考えてよく、浸水の影響も塗料をぜんぜん使用しないでも 30 日程度では問題でないことがわかった。（1958. 5. 21）

## 文 献

- (1) G. Weinblum & W. Block; *Jahrbuch der Schiffbautech. Gessel.*, **37** (1936), s. 214~250.
- (2) 田宮真; 生産研究, **8**, 3 (1956), p. 87~90.
- (3) Weiss; *Jahrbuch der Schiffbautech. Gessel.*, **37**(1936), s. 251~259.
- (4) A.J. Johnson & A.V. Ridler; *Trans. Inst. Naval Arch.*, **91** (1949), p. 55~85.
- (5) 安藤良夫・高橋幸伯; 生産研究, **8**, 7 (1956), p. 295~299.
- (6) 日本造船研究協会第 24 研究部会報告, 1957年 3 月.
- (7) 高橋幸伯; 生産研究, **6**, 6 (1954), p. 161.
- (8) 高橋幸伯; 生産研究, **7**, 5 (1955), p. 118.