

微少圧力用水圧計の試作について

若 桑 訥* 丹 羽 新**

On a Water Pressure Gauge

By

Totsu Wakakuwa and Shin Niwa

Abstract

One of the authors has been studying the berthing of ship theoretically as well as experimentally since 1957. The proto-type of this water pressure gauge —hand made— was used to measure the pressure on the hull of ship model in still water. The gauge was improved and refined so as to measure the wave forces in waves.

In this paper, details and characteristics of the gauge are described. Its ordinary pressure range and natural frequency are about 3 gr/cm^2 and 240 Hz, respectively. Both the values may be chosen arbitrarily by changing the thickness of a thin plate with strain gauges and the gain of an amplifier.

1. ま え が き

筆者の内の一人は昭和32年頃から船舶の接岸力の研究に従事してきた。研究の第1目標は平水中における接岸力の研究であるが、このための室内実験は、長さ2mの模型船を試験水槽中で横方向に種々の速度で引張って、陸岸に取り付けた接岸力計に衝突させ、そのとき船側に作用する水圧、接岸力、接岸速度を実測するものである。これら一連の実験に使用した水圧計は、いずれもストレインゲージを応用した手製のもので、試行錯誤的な方法で機会あるごとに改良を加えてきた。

平水中における接岸力の研究が一段落し^{1), 2), 3)} 研究の第2目標である波浪中における接岸力の研究へと発展を見たのであるが、この際水圧計に関する今までの知識や経験を生かしてさらに改良を加え、やや本格的な(手製でない)水圧計をつくることとした。以下今回試作した水圧計についてその構造と特性について述べる。

2. 構造と特性

この水圧計の受圧部は一端を固定した薄いリン青銅

の板バネで、その先端の受圧板に加わる力によって生じる板バネのたわみをストレインゲージでとり出す方式である。この水圧計を設計する上で特に留意した点は次の通りである。

1) 感度を高めることと受圧部の固有振動数を高くすることは、互に相反する要求であるが、4ゲージ法を採用すれば市販のストレインメータのゲインをかなり高くとることができるので、固有振動数を高めるために板バネの厚さを厚くしても感度不足になるおそれはあまりない。すなわち特別に難かしい要求でない限り、感度と固有振動数はかなり自由に定めうると云ってよい。ここでは常用圧力強度を 3 gr/cm^2 程度、固有振動数 200 Hz 程度を目標に、リン青銅板バネの厚さを 0.4 mm とした。

2) 受圧板付近の水密をどうして保つかは、この種の圧力計を使用するとき常に悩まされる問題である。板バネが僅かにたわんだ場合、Membrane Stress なるべく小さく、しかも機械的に強い薄膜で水圧計の前面を覆えばよいのであるが、後述するようにポリエチレン膜(厚さ 0.02 mm)よりもゴム膜(厚さ 0.04 mm)の方が、はるかに特性が良いことがわかったのでこれを採用した。しかしゴム膜は耐久性の点で劣り、その面をシリコングリスで保護してもたかだか1ヶ月位で風化してしまうし、機械的にも弱い。したがってゴム膜の風化や損傷をいとわず、これが破れた

* 元関連施設部 現秋田大学

** 海洋開発工学部

原稿受付 昭和46年1月13日

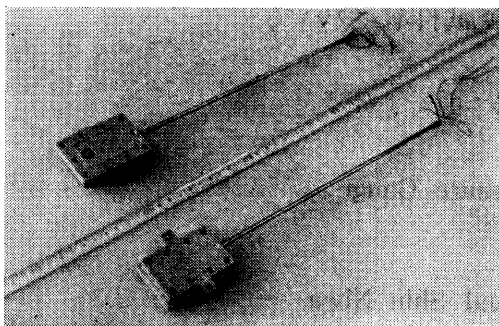


Photo 1 Front and Back Faces of the Water Pressur Gauges

ときは手軽に取り替えられるような構造とした。

3) 上述のように受圧面はゴムの薄膜で覆われているため、受圧板の外径と水圧計ケースとの間のギャップはある程度大きい方が直線性が良い。ここでは受圧板の径を 6 mm、ケース側の孔径を 10 mm とした。

4) 温度変化に備えて、ケースの内圧を常に外気圧と等しくする措置をとった。

5) 全体をなるべく小型で薄くした。

Photo 1 にこの水圧計の受圧側と裏面を、Fig. 1 に細部の構造を示す。大略の寸法は、65 × 45 mm、厚さ 14 mm で、本体ケース①、膜おさえ②、裏ぶた

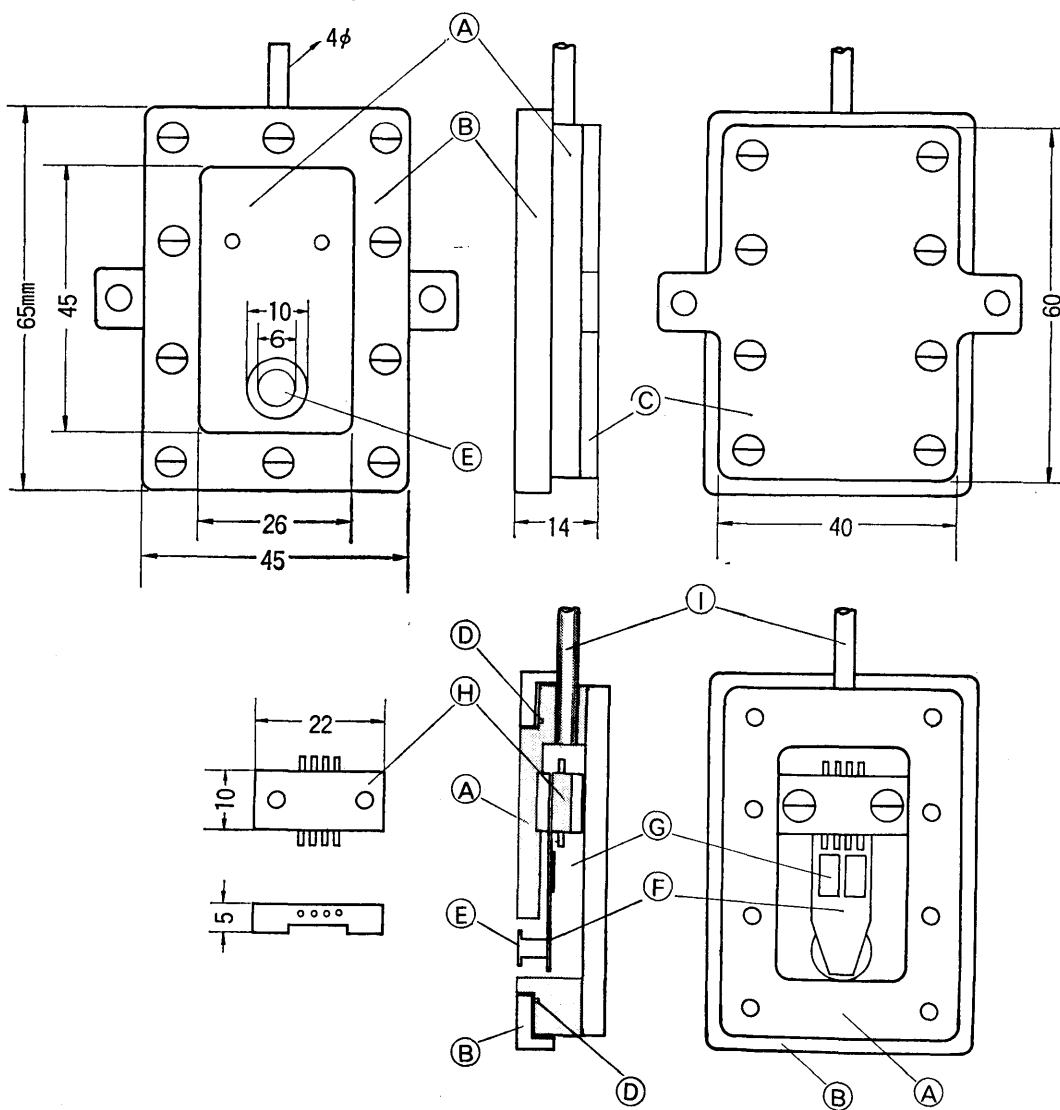


Fig. 1 Details of the Water Pressure Gauge

㉔, は耐蝕アルミ合金にアルマイト加工が施されており, 本体ケースに浅いみぞ㉕を切ってゴムひもを一周させて水密性を確実なものとすると同時に, ケースと膜おさえのはめ合いをやや甘くして, ゴム膜があまりにピンと張られないように, またゴム膜のしわを逃がすなどの細かい配慮がはらわれている。その他, 受圧板㉖, リン青銅板バネ㉗, ゲージ㉘, 板バネ押え兼ターミナルラグ㉙ (ベークライト製) で, このターミナルラグの上端からたリード線は, 径 4 mm のパイプ㉚の中を通して水面上に導かれると同時に, このパイプは通気孔の役目も兼ねている。

この水圧計のキャリブレーションは, 水圧計を予め水深 3 cm に沈め, そこから 0.5 ~ 1 cm きざみに上下させ, そのときの電磁オシロのスポットのふれと水深との関係を定めた。Fig. 2 はこのようにして求めたもので, 受圧面を 0.04 mm のゴム膜で覆った場合である。これを 0.02 mm のポリエチレン膜にし, この膜をピンと張って行なったキャリブレーションの結果を Fig. 3 に示す。直線性やヒステリシスの点でゴム膜の場合と比べて格段に悪く, 使用に堪えない。

固有振動数の測定には, 自由振動法と強制振動法の両方を用い, いずれもゴム膜のない場合とある場合に

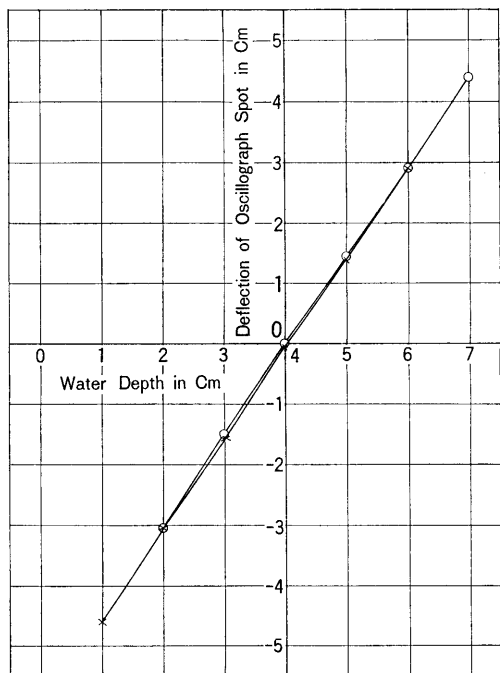


Fig. 2 Calibration of the Gauge, Pressure Disc covered with Rubber Membrane of 0.04 mm in Thickness

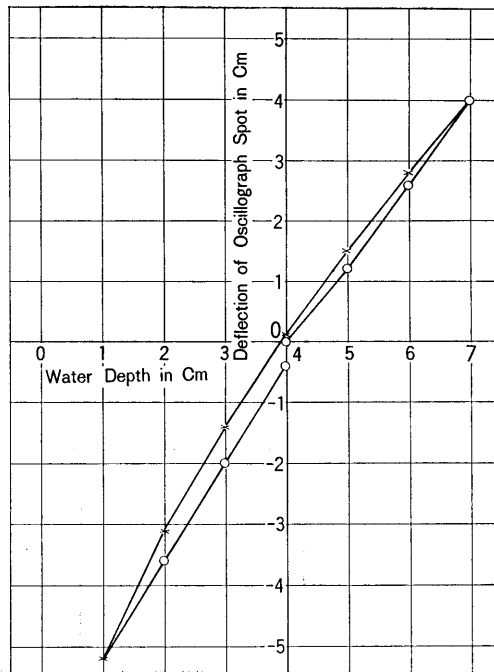


Fig. 3 Calibration of the Gauge, Pressure Disc covered with Polyethylene Membrane of 0.02 mm in Thickness

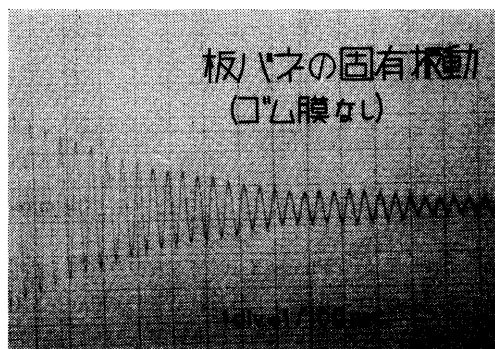


Photo 2 Free Vibration of the Gauge without Membrane

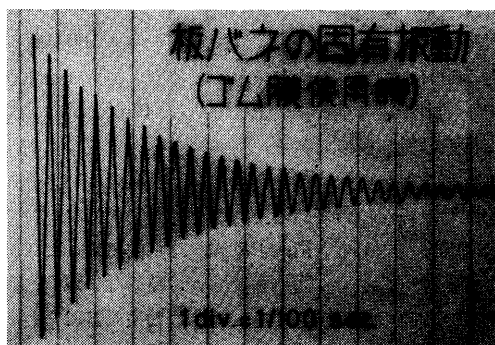


Photo 3 Free Vibration of the Gauge with Rubber Membrane

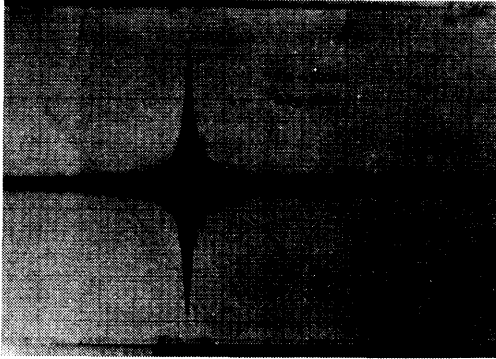


Photo 4 Forced Vibration of the Gauge. Sharp Resonance at 223 Hz

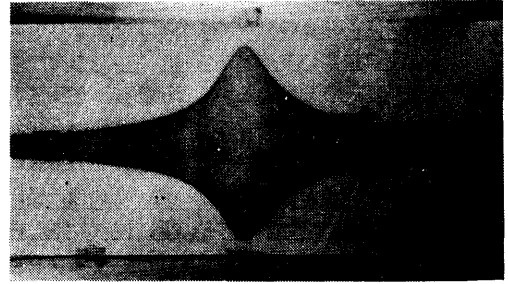


Photo 5 Fine Structure in the Vicinity of Resonance Point

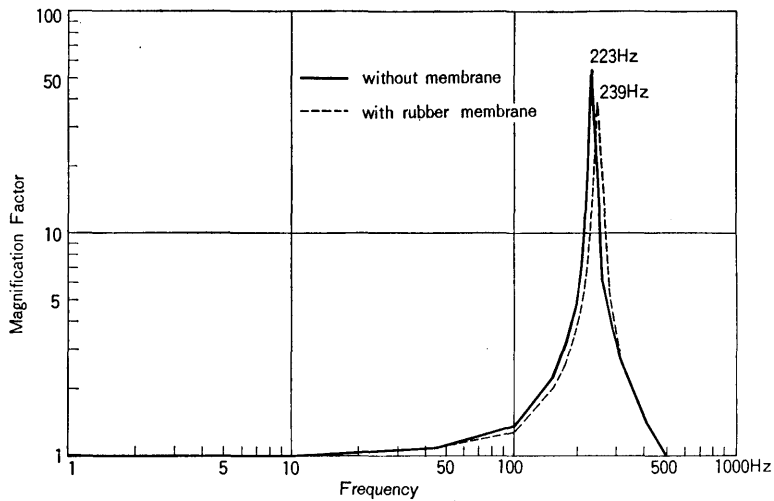


Fig. 4 Resonance Curves of the Gauge

ついて行なった。Photo 2 はゴム膜のない場合の自由振動で、固有振動数は 225 Hz であり、Photo 3 はゴム膜を張って使用状態にしたときのもので、固有振動数は 240 Hz である。ゴム膜の有無によってその値には大差がない。

Photo 4 はゴム膜を張らない水圧計を 100 Hz から 500 Hz まで、加速度一定の条件で、加振機を用いて空気中で振ったときの記録であり、Photo 5 は共振点付近の微細構造である。主共振点を過ぎてからもう 1 つの小さいピークが見られるが、これは板バネ先端部に受圧板が付いているために生じる局所的な曲げ振動の共振点である。Fig. 4 に強制振動法によって求めた共振曲線を示す。図中実線はゴム膜のない場合、点線はゴム膜のある場合であって、共振振動数はそれぞれ 223 Hz、および 239 Hz であって、自由振動法によって求めた値と良く一致する。この図から 30 Hz

の振動に対しては約 6%、50 Hz では約 10% の誤差を測定値の中を含むことがわかる。

3. 実測例

Fig. 5 のように水圧計を取り付け、波の周期を 0.9 秒、0.61 秒、0.53 秒と変え、波の漂流力によって模型船が接岸力計に衝突したときのオシログラム 3 枚を

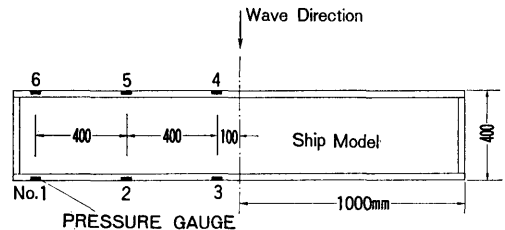


Fig. 5 Arrangement of the Gauges in Ship Model.

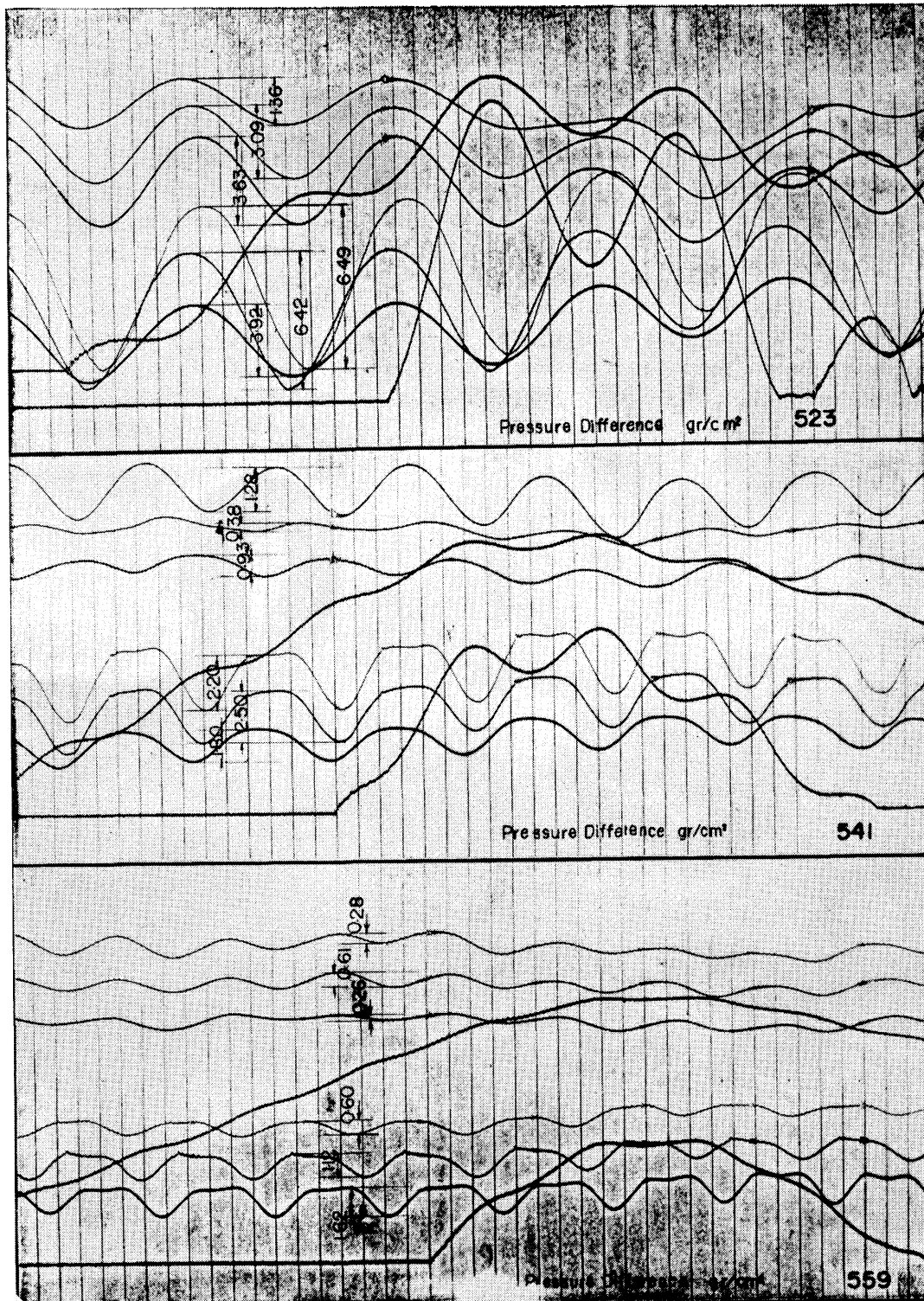


Photo 6 Oscillograms of Water Pressure of 6 Gauges, Berthing Velocity and Berthing Force

Photo 6 に示す。3例とも peak to peak の値が記入されている波形が水圧計の記録であって、上から No. 1, 2, 3, 4, 5, 6 の順にならんでいる。定常波形を画いていない2本の記録は上から接岸速度計、および接岸力計のものである。この3枚の記録の中では水圧の最大値は peak to peak で約 6.5 gr/cm^2 、最小値は約 0.3 gr/cm^2 である。

4. むすび

この水圧計をフルスケール 3 gr/cm^2 程度の感度で使用する場合、ストレインメータのゲインになおかなりの余裕があるので、リン青銅板バネの厚さを厚くし、固有振動数をさらに高くすることは容易であり、使用目的に応じて感度と固有振動数をかなり大幅に自由に選ぶことができる。また必要ならば特性をこのままに保って、全体の大きさをもうひとまわり小さくつ

くことも可能である。

船舶の接岸力の模型実験用につくられた水圧計であるが、他の目的の水圧測定にも利用しうるのではないかと考え、あえて報告した次第である。

参 考 文 献

- 1) 若桑訥, 船舶の接岸力について, 運輸技術研究所報告, 第11巻第10号, 1961年10月, pp. 1~54
- 2) 若桑訥, 船舶の接岸力について(偏心接岸の場合), 船舶の接岸力について(防衛工のバネ常数との関係), 岩国港における10万吨船舶用ドルフィン接岸実験, 船舶技術研究所報告, 第1巻第1号, 昭和39年1月, pp. 1~44
- 3) 若桑訥, 柔軟な緩衝工と船舶の接岸力, 船舶技術研究所報告, 第4巻第2号, 昭和42年3月, pp. 1~31