

海底験潮器について

山田紀男*・岩佐欽司**

ON OFF-SHORE TIDE GAUGE

Toshio Yamada and Kinji Iwasa

Received 27 July 1971

Abstract

The Hydrographic Office of Japan conducted a joint hydrographic Survey of the Malacca Strait in co-operation with the three littoral countries from October to December 1970.

On that occasion we developed a new type of tide gauge which is set on the sea bottom to observe changes in water pressure, and was successful in obtaining tidal records at the depth of about 20 metres for 32 days.

This is the introduction of the gauge and its operation.

1. ま え が き

海上保安庁水路部では昭和45年10月から約80日間にわたり、インドネシア、マレーシア、シンガポール各国と共同してマラッカ、シンガポール海峡の水路調査を行なった。その際海底験潮器の試作実用に成功したのでここに報告する。

マラッカ、シンガポール海峡は世界最大の長水路の水道で、潮汐は水道の両端の方向は勿論のこと、対岸方向にも変化しており、陸岸で観測した潮位では、水道中央部の航路上の測深値に対する潮位改正が正しく行なうことができるか否かに疑問が持たれ、測深地点の海底に験潮器を設置することとなり、開発したものである。

2. 機器の規格と性能

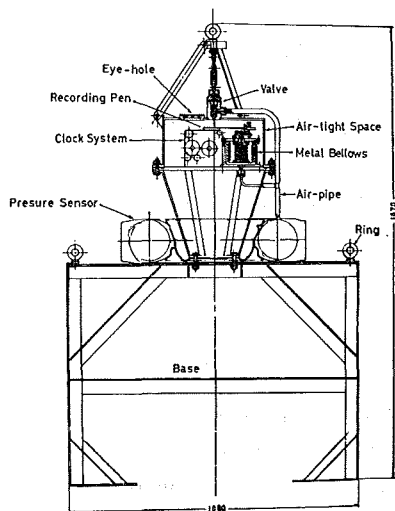
| 項 目 | 規格または性能 | 項 目 | 規格または性能 |
|---------|-----------|--------|---------------|
| 最大設置深度 | 50 m | 連続観測期間 | 約1ヶ月 (34日間) |
| 記録縮率 | 3/100 | 時計装置 | 自動捲(自動スイッチ方式) |
| 記録巾 | 5 m | 電源 | 単1乾電池4個 |
| 記録紙送り速度 | 12 mm/1 h | 重量(本体) | 空中 70 kg |
| 記録紙 | ロール式 10 m | " (本体) | 水中 30 kg |
| 記録ペン | サファイア針 | " 架台 | " 100 kg |

3. 機構の概要

* 水路部海洋研究室

** 水路部海象課

Off-Shore Tide Gauge
Type: DT-II



本器は記録器、受圧部、架台からなっている。記録器は水密の記録函に納められている。受圧部は乗用自動車のタイヤチューブを使用し、受圧部で受けた水圧を記録函内の金属ベローズの内部に送り、金属ベローズの伸縮を記録紙に画かせる。海底に到達するまでの間に掛かる水圧を除くため、受圧部と金属ベローズを結ぶパイプに枝パイプをつけて開閉バルブを通じて記録函内へも空気圧を送り込む、設置時はバルブを開いておけば海中の水圧による圧力変化は金属ベローズ記録函内の双方に等しく掛るのでペンは作動しない。設置後バルブを閉じると、水面の高さの変化が金属ベローズ内に及び、記録函内との圧力差が記録される。

受圧部のタイヤチューブには設置する水深に応じて次表に示す空気圧を結めておく。この程度の空気圧は手動ポンプで可能である。

記録ペンは予め潮時によって任意の高さにセットしておくことができるので記録曲線をなるべく記録紙の中央に画かせるようにセットすることが望ましい。

設置に際し受圧部に注入すべき空気圧力 P_1 は、受圧部の容量を $V_1(23.5 l)$ 、記録室内の空気容量を $V_2(10.0 l)$ 、設置水深による水圧を P_2 、受圧チューブの減量係数を α とすれば

$$P_1 = \frac{P_2(V_1\alpha + V_2)}{V_1 + V_2}$$

ここで、 $\alpha=1/3$ として P_1 を求めて次表に示す。

設置時の空気圧力

| 水 深 | 圧 力 | 水 深 | 圧 力 |
|-----|------------------------|------|------------------------|
| 5 m | 0.3 kg/cm ₂ | 30 m | 1.6 kg/cm ₂ |
| 10 | 0.5 | 40 | 2.1 |
| 20 | 1.1 | 50 | 2.7 |

本器の問題点の1つに Back Pressure がある。すなわちバルブを閉じた後でメタルベローズが伸縮するので記録室内の容量が変化し、このために記録誤差が生ずることとなる。その値は記録室内の圧力によって異なるので厳密には一定縮率の記録が得られないわけである。ここで ΔP を潮位による水圧変化量、 ξ を ΔP によるメタルベローズの伸縮量、 P を設置状態の圧力、 A をメタルベローズの受圧面積 (69.4 cm^2)、 K をベローズと内部スプリングの反力 (18.4 kg/cm^2)、 V を記録室の空気容量 (10.0 l)、 l を記録拡大率 (20.0)、メタルベローズの伸縮による Back Pressure を $\Delta P'$ とすれば、

バルブを閉止した後にメタルベローズに掛る力は

$$\Delta PA = K\xi + \Delta P'A,$$

設置水深による圧力を受けた状態の記録室内容量と、その圧力の微小変化 PV は、

$$PV = (P + \Delta P')(V - \xi A), \text{ 従って Back Pressure } \Delta P' \text{ は、}$$

$$\Delta P' = \frac{PA\xi}{V - \xi A}, \text{ 潮位変化による水圧 } \Delta P \text{ は、} \Delta P = \frac{(KV + PA^2)\xi - KA\xi^2}{AV - A^2\xi}, \text{ 微小項を整理すれば}$$

$$\Delta P \doteq \frac{(KV + PA^2)\xi}{AV} \text{ となる。また記録誤差 } E \text{ は、} E = \frac{\Delta P'A l}{K}.$$

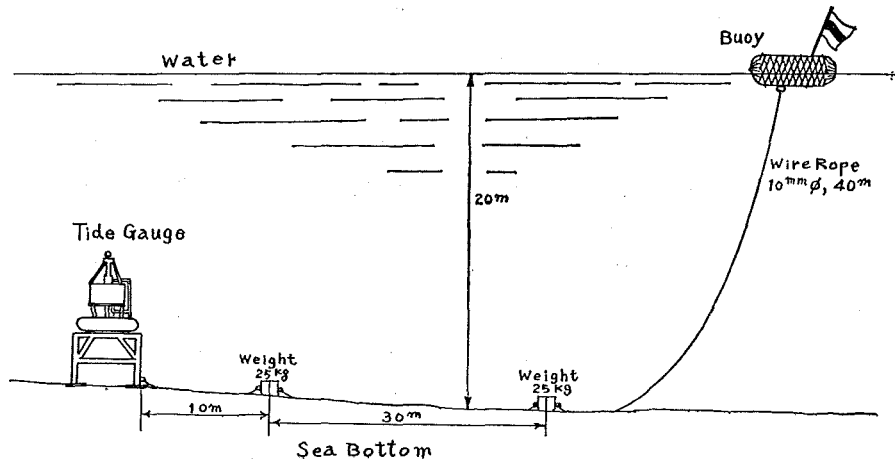
Back Pressure による記録誤差 E を水深 20 m、および 50 m について潮差 150 cm として計算するとそれぞれ 1.2 cm、2.4 cm が得られた。この値が水圧式験潮器の許容誤差を越えるか否かの論議はさておいて、あらかじめ設置水深による試験検査を行ない、この試験結果による読取補正を行なうことが望ましい。

4. 予備テスト

試作完成時に平塚の科学技術庁国立防災センターの海洋観測塔の水深 20 m の海底に設置し、同塔の験潮器と同時観測値を比較した。比較結果は良好で、この結果から読取補正值を求めた。

5. シンガポール海峡における設置状況

シンガポール海峡の Off Shore (水深 20 m) にインドネシア海軍水路部の測量艦ブルジュラサ号の前部甲板デリックで 10 mm ϕ ワイヤで海底に吊り降ろした。着底後、下図の目印ブイを設けて、潜水員 (スキンドイバー) がバルブを閉じた。設置開始からの所要時間は約 20 分間であった。その後約 1 時間経過してから再びダイ



バーが潜水して記録器の上面にある視窓から記録状況を視認し、順調に作動を開始したことを確認した。以後、目印しに設置した浮標に取りつけた自記驗流器の記録紙の交換のため、2~3日間隔で見廻ったので、その都度潜水員によって記録状況を調査すると共に time check を行なった。time check は潜水員が受圧部を手で押して記録ペンを振らせ、潜水時計で時間を確認してくるわけである。

設置後31日目に約3トンの作業艇で潜水員が架台から記録器と受圧部とを外して収容した。架台は後日ブルジユラサ号で引揚げた。

海底は砂混じりの泥であったが、55日間に架台底部は約15cmの泥に覆われていた。記録は全期間完全な曲線を得た。記録紙の紙送り誤差は10分間であった。

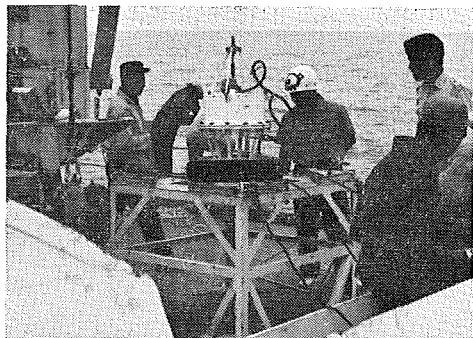
成 果

観測成果を解析して潮汐調和常数を求めた結果を次表に示す。

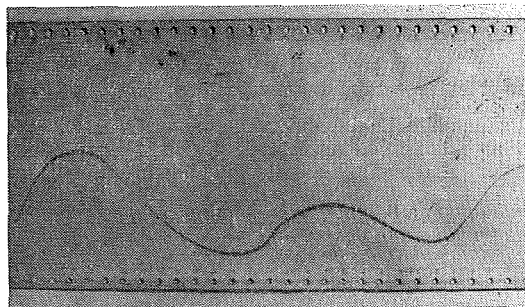
潮 汐 調 和 常 数

| | |
|--------|----------------|
| 地 名; | OFF SHORE |
| 緯 度; | 01° 08' 11"N |
| 経 度; | 103° 36' 41" E |
| 使 用 時; | 7h E |
| 計算中央日; | Nov. 3rd 1970 |

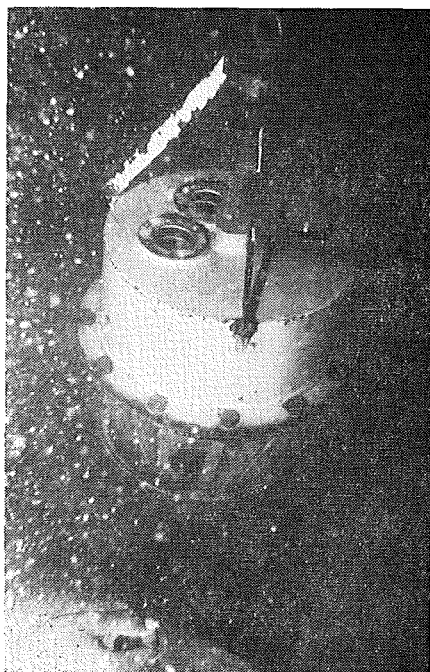
| 分 潮 | H(cm) | κ (°) | g(°) | 分 潮 | H(cm) | κ (°) | g(°) |
|---------|-------|--------------|-------|---------|-------|--------------|-------|
| So | 121.6 | | | MN4 | 2.0 | 225.8 | 213.3 |
| Mm | 10.2 | 33.4 | 37.2 | M4 | 4.0 | 209.5 | 200.8 |
| MSf | 6.8 | 60.0 | 67.1 | SN4 | 0.7 | 358.6 | 353.2 |
| Q1 | 4.8 | 50.7 | 40.9 | MS4 | 3.4 | 246.7 | 245.2 |
| O1 | 25.2 | 98.9 | 92.9 | 2MN6 | 0.9 | 26.3 | 9.5 |
| M1 | 1.1 | 109.3 | 107.1 | M6 | 1.6 | 38.1 | 25.1 |
| K1 | 23.6 | 141.0 | 142.7 | MSN6 | 0.8 | 81.3 | 71.6 |
| J1 | 0.7 | 100.5 | 106.0 | 2MS6 | 3.1 | 59.9 | 54.0 |
| OO1 | 1.0 | 105.2 | 114.6 | 2SM6 | 0.8 | 87.4 | 88.6 |
| μ_2 | 2.3 | 74.2 | 62.7 | P1 | 7.8 | 141.0 | 142.1 |
| N2 | 16.0 | 298.4 | 290.3 | TK1 | 0.5 | 141.0 | 141.8 |
| M2 | 89.0 | 308.9 | 304.6 | RP1 | 0.2 | 141.0 | 143.0 |
| L2 | 1.3 | 26.3 | 25.8 | KP1 | 0.3 | 141.0 | 143.3 |
| S2 | 39.4 | 349.3 | 352.1 | K2 | 10.7 | 349.3 | 352.7 |
| 2SM2 | 3.3 | 214.3 | 224.2 | T2 | 2.3 | 349.3 | 351.8 |
| MO3 | 4.6 | 9.7 | 359.4 | ν_2 | 3.1 | 298.4 | 290.8 |
| M3 | 2.1 | 113.2 | 106.7 | 2N2 | 2.1 | 288.0 | 276.0 |
| MK3 | 5.5 | 8.4 | 5.8 | | | | |



Ajustment operation of Recorder



Marigraph

Setting operation of Gauge aboard
"R. I. Burudjulasad"

Gauge Set on Sea Bed

6. む す び

海底験潮器の問題点は 1) 設置のたび毎に観測基準面が変わる. 2) Tide pole との比較ができない. 3) 潜水員を使用しなければならない. 4) 目印しの浮標を強固にしておかないと見失うおそれがある. 5) 海底面の底質によっては沈降するおそれがある. 等が考えられるので今後はこれらの点について改良につとめたい.

おわりに本器の製作, 使用に当って全面的に御援助賜わった, マラッカ海峡協議会 (理事長 亀山信郎氏), マラッカ海峡水路調査団 (日本班長 佐藤一彦氏), 設計製作に当られた協和商工株式会社 (社長 岩崎秀人氏) ならびに設置, 回収に協力されたインドネシア海軍水路部, 測量艦ブルジュラサ号 (艦長 Lumanauw 少佐) の諸氏に厚くお礼申しあげる.