

大阪大学工学部 正員 榎木 亨
大阪大学工学部 正員 岩田 好一朗
神戸商船大学 正員 久保 雅義

1. まえがき

深海から浅海へ波が進んできた場合などの様に変形してゆくかということは重要な問題であり、従来から多くの研究がある。その中で摩擦による波高減衰について理論的・実験的考察が多くの人々によってなされている。特に岩垣らは底部摩擦応力の測定装置によって波による底部摩擦を直接測定し、それが層流境界層理論に基づく理論値とよく一致する事を指摘している。しかし shear Plate 下の水の動きをとめる方法として水銀を用いたのど、側壁での shear を直接測定することはできなかった。そこで著者らは摩擦応力測定装置を試作し水路の底部での shear だけでなく側壁での shear もも直接測定し、その実測値と層流境界層での理論値との検討を行なった。

2. 摩擦応力測定装置の試作とその特性

波の影響を避ける為には shear Plate を下から支持した。その為にはモーメントの受感部を水中に入れなくてはならないので U ゲージは使えず、防水型の歪ゲージを用いた。力と変位との線形性の検定と Calibration は shear box を横にして行なったが、この結果によるとこの装置の線形性は充分である。また shear

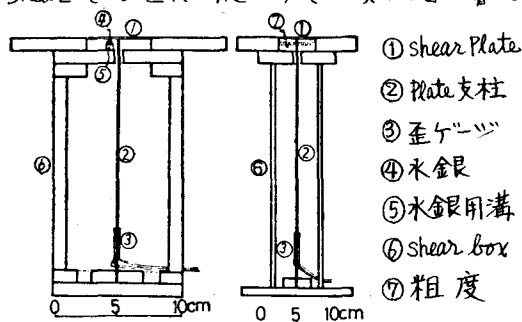


図-1 底部及び側壁での摩擦応力測定装置

meter の動特性は固有振動数が 4 Hz であり対数減衰率入が 0.5 であるので周期が 0.8, 1.0, 1.2 秒の今回の波に対しては修正の必要はなかった。shear Plate に働く力については岩垣らが詳しく述べているので重複は避けるが、Plate 下の水流についてはつぎのように考えられる。すなわち Plate 下の水が動くと図-2 に示す様に Plate 下での $\frac{\partial P}{\partial x}$ は Plate 上の $\frac{\partial P}{\partial x}$ よりも小さくなる。これは、差圧計で測定した結果 Plate 上の差圧の約半分であった。その為には Plate 端に働く差圧によるモーメント M_1 以外に別のモーメント M_2 が働くことになる。これらを計算すると

$$M_1 = \frac{\partial P}{\partial x} \cdot a \cdot 2b \cdot d \cdot l$$

$$M_2 = \int_{-b}^b \left(-\frac{1}{2} \frac{\partial P}{\partial x} x + k\right) x \cdot a \cdot dx = -\frac{a}{3} b^3 \cdot \frac{\partial P}{\partial x}$$

を得る。そこで $|M_1|$ と $|M_2|$ との比は

$$|M_2|/|M_1| = b^2/6 \cdot d \cdot l$$

となり、著者らの試作装置の値 $b=5\text{cm}$, $d=0.03\text{cm}$, $l=20\text{cm}$ を代入するとその比は 6.9 となり流れが存在することにより M_1 と逆方向

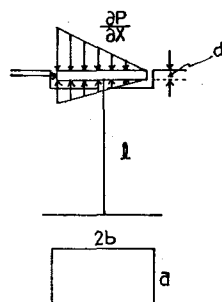


図-2 Plate 下の水の動きの効果

のモーメント M_2 が卓越する事がわかる。これは岩垣らの shear meter の様に上から Plate を支持する場合に M_1 と M_2 のモーメントの方向が同じになるので、水のとりがわるいと shear は大きく見積る事が生じる。事実水銀を入れないうちの場合の shear が大きく出ているのはこのことによるものと思われる。我々の場合には M_1 と M_2 は逆方向なので、shear と差圧の合力の波形と波の波形との位相の上に明確な違いを生じた。すなわち図3に示すように Plate 下の水の動きをとめた場合とそうでない場合には合力波形の Peak の位相が波の波形に対して全く逆になる事が理論的にも実験的にもわかった。このことから Plate 下の水の動きをとめる事は shear 測定の必須条件といえる。Plate 下での水の動きをとめる方法としては第一に水銀を用い、この方法によって底部 shear を測定した結果によれば水銀量が多すぎると、shear は理論値よりも小さくでた。これは水銀と Plate との接触の程度によるものと考えられる。しかしレーフの波の条件に対して shear が理論値と合致する様に水銀量を一度調整すれば、それ以後は他種の波の条件での shear の理論値と一致した。そこで著者らはこれをもっと適切な水銀量とみなした。この結果を図4に示す。今回の実験では側壁の shear を測る事が一つの目的でもあったので、くし型の粗度で水の動きをとめる方法も試みた。図5に示すように粗度の間隔が異なる三種類の粗度を用いて底部 shear を測定した結果、粗度中が広い方の粗度が理論値に最もよく一致した。又この場合の Plate 下での水の動きを調べる為に Plate 下にコンデンスミルクを溶かした液をトレーサーにして可視したところ流れはとめられていた事がわかった。そこでこれを用いて更に詳しく底部 shear を測定した結果が図6であり、側壁での shear の測定結果が図7である。この様にくし形の粗度により底部及び側壁での shear の実測から理論値の shear が正しいことが確かめられた訳であるが、この事から逆に先に述べた適切な水銀量というものが充分根拠のあるものと認められる。

参考文献

- 1) 岩垣, 堀, 坂井: 海底摩擦による波高減衰の基礎的研究(2) - 底面摩擦係数の測定について - 第1回海岸工学講演会講演集

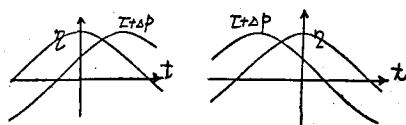


図3 波形状と shear Plate にかかる力の関係
(a) Plate 下の水が動く場合 (b) Plate 下の水が止まった場合

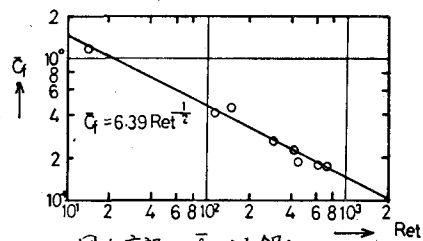


図4 底部での C_f (水銀)

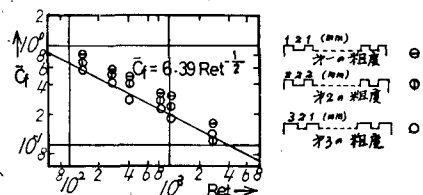


図5 粗度間隔と摩擦係数 C_f の関係

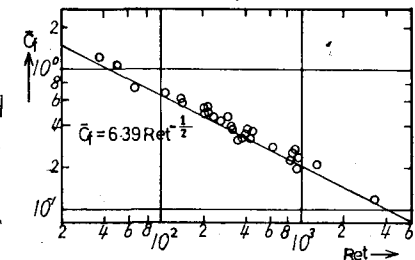


図6 底部での C_f (粗度)

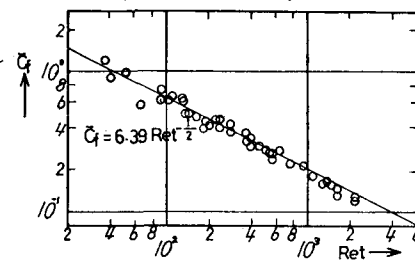


図7 側壁での C_f (粗度)