

II-198 開水路における底面摩擦の直接測定について

大成建設株式会社 正会員 ○勝 井 秀 博

〃 〃 花 村 哲 也

東京電力株式会社 〃 田 村 滋 美

1. はじめに

固体境界面のせん断力を測定するには、間接的には、理論を応用した多くの方法が知られているが⁽²⁾、未だ理論の及ばない条件、たとえば浸透層内のせん断力分布などを知るには、せん断力を直接測定する必要がある。直接測定法としては、壁面に板を取り付けてこれに働くせん断力を板の変位として取出す方法⁽¹⁾⁽²⁾が試みられた例がある。我々は、サーボ機構を応用して、板を変位させずに、直接、力としてせん断力を取出すことを試み、良好な結果を得たので、ここに報告する。

2. せん断力計の概要

新しく開発したせん断力計は、図-1に示すように、せん断力 F を受ける shear plate, plate を支持する吊りバネ、plate を常に平衡点へ戻すよう電磁氣的復元力を発生する駆動部とから構成されている。今、shear plate に水平力 F が働いて平衡点からずれると、検出部によってこのずれを検出し、サーボ増幅器と駆動部は、ずれに比例した電磁氣的復元力を発生させて

shear plate を元の位置に戻す。

従って、この時発生した電圧 E_0 を計れば、shear plate を平衡点に維持したまま、外力 F を測定することができる。本装置の特徴は、このように shear plate を最終的に全く変位させずに力を取出すことができる事、吊りバネの剛さや、ヒステリシスの影響を受けない事である。また、バネと減衰を適当に選べば、変動する外力も測定できる。図-2に、せん断力計の検定を示す。図中の F_0 は水平載荷重、 F は目盛（直読式）の読みを表わす。両者の直線性は良好であることがわかる。

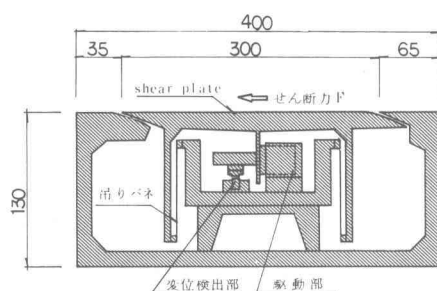


図-1 せん断力計の概略図

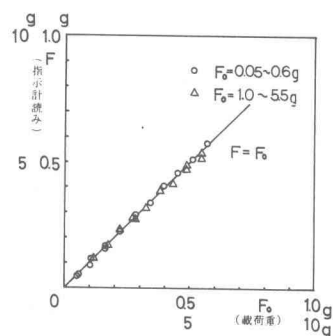


図-2 水中におけるせん断力計の検定図

3. せん断力の測定方法

以上述べたせん断力計を用いて、開水路の底面摩擦力を測定した。実験は、 $0.2^B \times 0.35^H \times 6.5^L m$ の2次元循環流水路の中間部にせん断力計を設置し、滑底面の条件下で行なった。(写真-1)。水理条件は、底勾配 $i = 0 \sim 2.5 \times 10^{-3}$ 、水深 $h = 1.2 \sim 16 cm$ 、平均流速 $U = 7 \sim 72 cm/sec$ (Froude 数 $Fr = 0.16 \sim 0.71$) で、水面勾配はポイント・ゲージ、流速の鉛直分布は $\phi 3 mm$ のピトー管を用いて測定した。また、用いたせん断力計の shear plate の面積は、 $A = 8 \times 30 cm$ である。せん断力計の読みを F とすると、それによるせん断力は次式に算出する。

$$\tau_E = F/A \quad \dots\dots\dots(1)$$

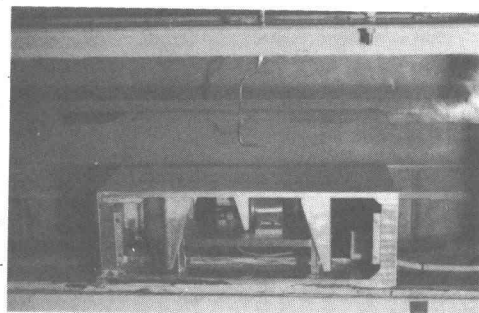


写真-1 測定状況

4. 実験結果

4.1 セン断力の比較

開水路のエネルギー勾配 I_e と径深 R から求めたせん断力を τ_I とすると

$$\tau_I = w R I_e \dots\dots\dots(2)$$

せん断力計から求めた τ_E と τ_I の比較を、図-3 に示す。両者は良く一致しており、せん断力計の実際の流れへの応用が可能であることが、確認された。

4.2 摩擦速度

流速の鉛直分布を図-4 に掲げる。図によれば底面付近では、ほぼ対数則に合致しているとみなせるので、次式により摩擦速度 U_*L を計算した。ここで $\kappa = 0.4$ とした。

$$U_*L = \kappa \cdot du/d\ln Z \dots\dots\dots(3)$$

そこで、 τ_E から計算した摩擦速度 U_{*E} と、 U_{*L} を比較すると図-5 のようになる。図によれば、 U_{*E} と U_{*L} はおおむね一致するが、かなりのバラ付きを示す。これは流速分布が完全な対数則になっていないことと、流速分布の勾配を求める際の誤差が原因であると思われる。

5. 結 論

以上述べたように、サーボ機構によるせん断力計は、底面のせん断力を十分な精度で測定できることが確かめられた。このせん断力計は、最小 $F = 1 \text{ mg}$ 、せん断力にして $\tau = 4 \times 10^{-6} \text{ g/cm}^2$ まで測定することが可能である。今後、これを用いて、微小で、かつ理論の届かない、浸透層内のせん断力を測定する予定である。

本研究にあたって、実験および解析に、大成建設 富吉従夫氏の協力を得たことを付記する。

参 考 文 献

- 1) 余越正一郎・角屋睦; Wall Shear の直接測定、京大防災研究所年報第7号、昭和39年3月
- 2) K.C.Brown, P.N.Joubert; The measurement of skin friction in turbulent boundary layers with adverse pressure gradients, J. Fluid Mech. 1969, vol. 35

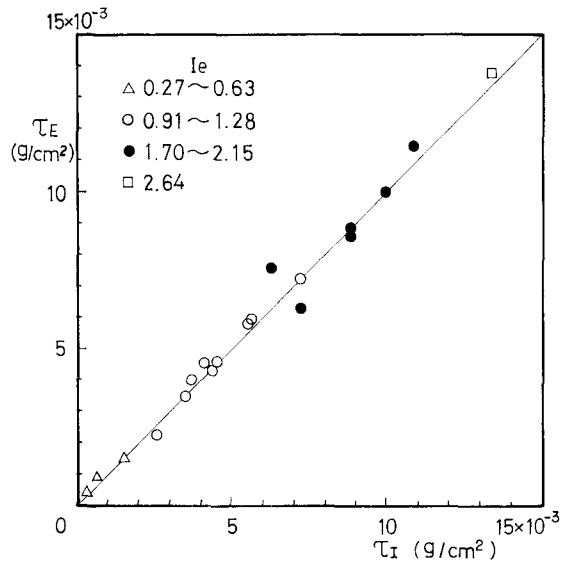


図-3 τ_I と τ_E の比較

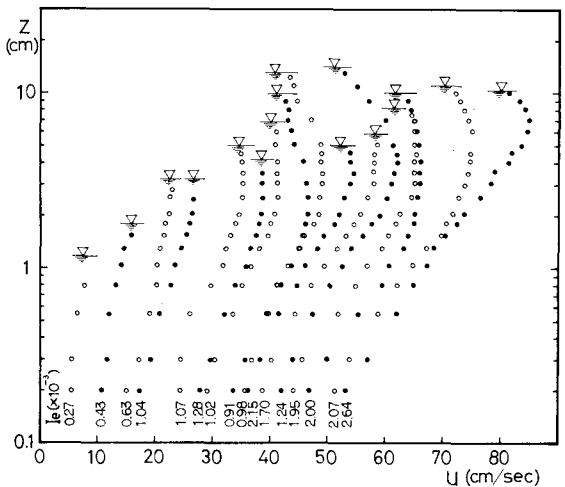


図-4 流速の鉛直分布

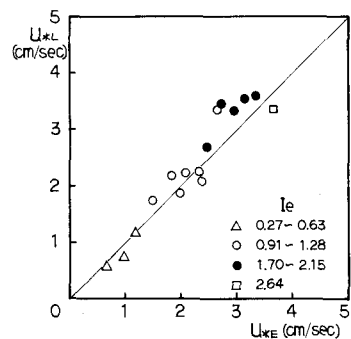


図-5 U_{*L} と U_{*E} の比較