

1. 序

ダム破壊や、津波の遡上の計算で、先端部の波形や圧力を対象とする際の解析方法は、現在不明のままである。水理実験を行なうにしても、波先端は移動境界であって水理量の測定は難しい。

そこで本研究では、波先端の水理特性を解明する手がかりを得るために、底面走行式水路を用いて波を静止させ、波形(水位)、流速分布を測定しその相似性、並びに抵抗則について検討した。

2. 実験装置

図-1に実験水路を示す。波先端の厚さのある程度の大きさにすまため、図のような仕切板を設け、水压を加えた。また仕切板附近から生じる水面振動を小さくするために発泡スチロールを水表面に浮べた。

測定項目は、平均水位、流速の時間的平均量である。まず平均水位はごく先端附近を除き図の水位計を用いて波先端より2cm間隔で48cmまで測定した。流速の測定には超小型(3mm)プロバ式流速計を用いた。その際平均化時間は、流速波形の最も長い変動周期の5倍に相当する40秒間とした。測定間隔は、流れ方向には平均水位の場合と同様である。水深方向の測定間隔は2mmまたは1mmである。

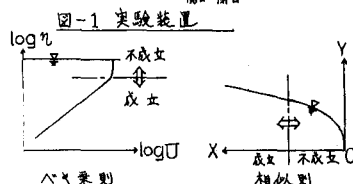
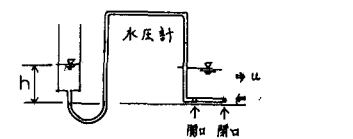
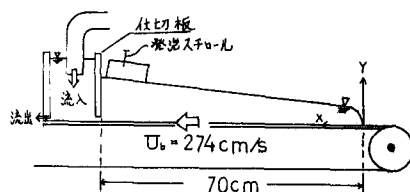


図-2 実験装置

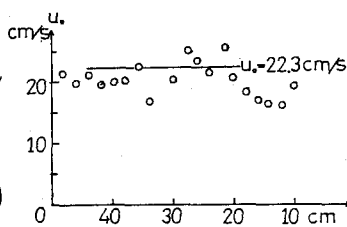
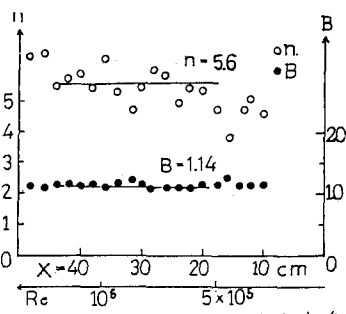
3. 結果

平板乱流境界層では近似的に対数則、或いはベキ乗則が成立する。そこで本実験においては、まず

各鉛直測線上で近似的にベキ乗則が成立する範囲を求め、そのベキ乗指数並びに係数を求めた。次にその値と比較し、流速分布の相似則が成立する領域を定める。ついで相似則の具体的な形を決定したのち、これより抵抗則を導き、更に相似則の成立しない領域についても若干の検討を行なう。(図-2)

(1) 相似の成立する領域の決定

流速 u 、測定の高さ z と右のパラメータにより、①式のように無次元化し、その関係を図に示すと、図-2のようにな

図-4 u の場所的変化図-5 n, B の場所的変化

U_b : 底面走行スピード (cm/s) h : 平均水位 (cm)

u_0 : ベキ乗近似可能な限界流速 U_b の流速 (cm/s)

$$U = \frac{u + U_b}{u_0 + U_b} = B \eta^{1/n}, \quad \eta = \frac{z}{h} \quad \text{--- ①}$$

。これによつてある値(δ_0)以上になるとベキ乗則が成立しないことがわかる。そこで成立しないと思える水面附近のデータを除いて求めた各測線のベキ乗指数 n 、係数 B 、 h 、及び u_0 の場所的变化(或いは $Re = U_0 x / \nu$ による変化、 x は波先端からの水平距離)を図-3、4、5に示す。この図より $h = 14 \text{ cm}$ で、 n, u_0 は $x = 20 \text{ cm}$ で変化傾向が変わることがわかる。そこで $x = 20 \text{ cm}$ 、或いは $Re = 5.5 \times 10^5$ をもつて、 Re 数が依存しない相似則が成立する限界とした。

(2)相似則

$Re > 5.5 \times 10^5$ に対応する相似則を以下のように示す。

n, B は Re 数に殆んど依存しないので定数($n = 5.6, B = 1.14$)とよくと、
 $\delta_0 = B^{-n} h = 0.494 h$ — ② (①式より)

一方水柱も $h = A(x - x_0)^m$ で近似して(x_0 は仮想原点) 回歸曲線を求めると

$$h = 0.277(x + 7)^{0.625} \quad x_0 = -7 \text{ cm} \text{ — ③}$$

②③式より求めた δ_0, h を実測値と比較したのが図-6である。更に δ_0 から水面($y = h$)まで流速分布を直線近似した時、連続の式より

$$u_0 = 0.0812 U_b = \alpha U_b \text{ — ④}$$

となる。④式の値と実測値の比較は、図-4に示される。

④式より次の流速分布式が導かれる。(図-7で実測値と比較)

$$u + U_b = 1.081 U_b (\alpha / \delta_0)^{1/5.6} \quad 0 < \alpha < \delta_0 \text{ — ⑤}$$

$$= 1.081 U_b \quad \delta_0 < \alpha < h$$

(3)相似領域における抵抗則

境界層の運動方程式を底面から水面まで積分したものに⑤式を代入しセシ断りて、更に局所摩擦係数(C_F)を導く。但し水圧は静水圧近似($P = \rho g h$)とすると、 $\tau = \rho U_b \delta_0 / \mu$

$$\tau_0 = \rho(1 + \alpha) U_b^2 \left\{ \frac{2 - \alpha n}{(n+1)(n+2)} \right\} \frac{d\delta_0}{dx} + \rho g B^{2n} \delta_0 \frac{d\delta_0}{dx}$$

以上より実験で求めた C_F を Re 数、または $F_0 = U_b / \sqrt{g \delta_0}$ で表示すると、

$$C_F = \frac{2 \tau_0}{\rho(u_0 + U_b)^2} = 0.68 Re^{-0.6} + 4.23 \times 10^{-5} Re^{0.4} \text{ — ⑥}$$

$$= 0.68 Re^{-0.6} + 0.743 F_0^{-2} x^{-0.325}$$

図-8で C_F の場所的变化と滑面平板境界層の場合と比較した。

(4)波先端の波形

相似性が成立しない領域で h の場所的变化を最小自乗法で求めると、

$$h = 0.70(x)^{0.37} \text{ — ⑦ (図-9参照)}$$

4. おわりに

本報告では、波先端において相似性の成立する限界を示し、その領域で成立する相似則、抵抗則を求めたが、ごく先端附近の物理特性を求めるのは非常に困難であり、波形と距離の間数で表示したにとどまった。

