波先端の乱流境界層

東北大学　工学部　学生員○河村巨逸
東北大学　工学部　正　員　首藤伸夫

1. 序

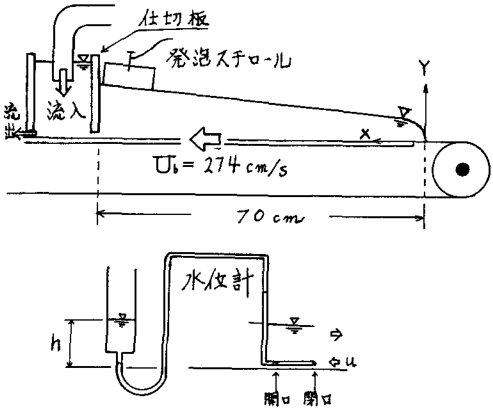
ダム破壊や，津波の遡上の計算で，先端部の波形や圧力を対象とする際に，どのような方程式を用いれば良いかは，現在不明のままである。水理実験を行なうにしても，波先端は移動境界であって水理量の測定は難しい。

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。

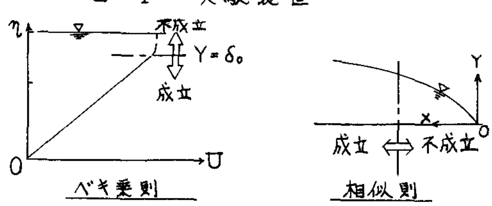
2. 実験装置

図－1に実験水路を示す。波先端の厚さをある程度の大きさにするため，図のように仕切板を設け，水圧を加えた。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h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）プロペラ流速計を用いた。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－1　実験装置



図－2　限界線

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。次にその値を比較し，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，相似則の成立しない領域について若干の検討を行なう。（図－２）

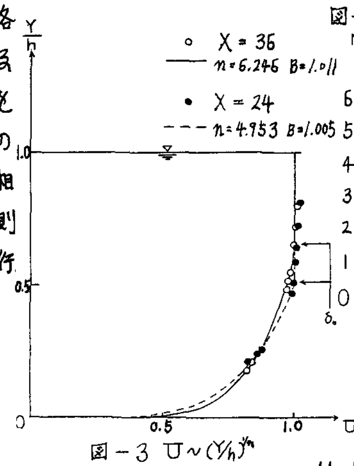
(1)相似の成立する領域の決定

流速u，測点の高さyを

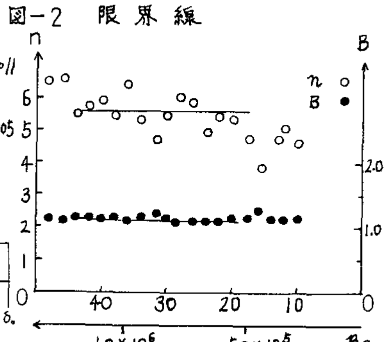
U_b：底面の走行スピード＝２７４

h　：平均水位（ｃｍ）

u_0：ベキ乗則近似可能な限界測点δ_0の流速（cm/s）



図－3　U～(Y/h)^(1/n)



図－4　n.B

$$\mathrm{U} = \frac{u + U_b}{u_0 + U_b} = B\eta^{1/n}, \quad \eta = \frac{y}{h} \quad —①$$

以上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－3に示した。これによるとyがある値(δ_0)以上になるとUの勾配が0に近づきべき乗近似と矛盾する。そこでべき乗則が成立しないと思える水面付近のデータを除いて求めた各測線のべき乗指数n，係数B，水位h，及び流速u_0の場所的変化(或いは$Re = U_b x/\nu$による変化，但しxは波先端から測った距離)を図－4，5，6に示す。この図を見るとhは$x=14$cmで，n，u_0は$x=20$cmで変化の傾向が変わっている。そこで$x=20$cmをもって相似則が成立つ限界とした。つまりRe数に依存しない相似則が成立つ限界は$x=20$cm，または$Re=5.5\times10^5$である。

(2)相似則の検討

n，Bは上記の限界内では，Re数に殆んど依存しないので常数($n=5.6$，$B=1.14$)とおき，(1)式に$y=\delta_0$を代入し

$$\delta_0 = B^{-n} h = 0.494h \quad — ②$$

一方水位も$h=A(x-x_0)^m$で近似して(x_0は仮想原点)回帰曲線を求めると

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

(2)(3)式より求められるδ_0と実測値を比較したのが図－7である。更にδ_0から水面まで流速分布を直線で近似した時，連続の式より

$$u_0=0.0812\,U_b \quad — ④$$

となる。4式の値とu_0の実測値を比較したのが図－6である。

以上より

$Re>5.5\times10^5$に対応する相似則は，

$$\delta_0=0.494h$$

$$h=0.277(x+7)^{0.625}$$

$$u+U_b=1.081\,U_b \qquad \delta_0<y<h$$

$$=1.081\,U_b\,(y/\delta_0)^{1/5.6} \qquad 0<y<\delta_0 \quad (図－9)$$

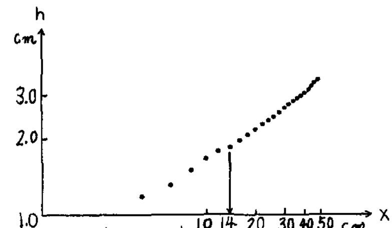
(3)波先端の波形

相似性が成立しない領域で，水位hを求めるのは流速分布を求める程困難ではない。$x=4\sim14$(cm)のデータを用いて最小自乗法で求めると(図－8，参照)

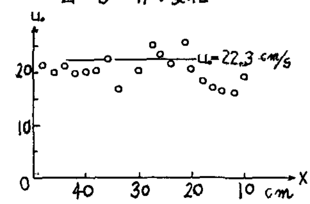
$$h=0.70(x)^{0.37} \quad — ⑤$$

4，おわりに

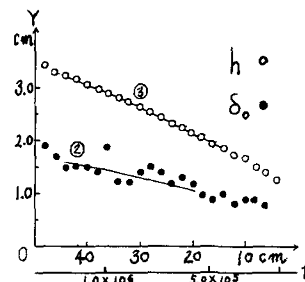
本報告では，波先端において相似性の成立つ限界を示し，その領域内で成立つ相似則を求めたが，ごく先端附近の水理特性を求めるのは，非常に困難であり，今回は波形を距離の関数で表示したにとどまった。



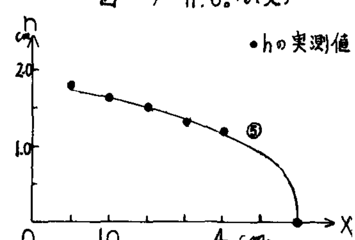
図－5 hの変化



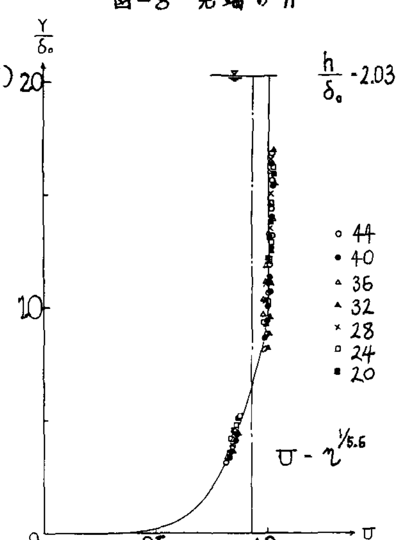
図－6 u₀の変化



図－7 h.δ₀~(x)^m



図－8 先端のh



図－9 $U\sim(Y/\delta_0)^{1/n}$