

(IV-4) 抵抗の極めて大きい急斜面上の薄層流

神戸大学工学部 正員 工博○田 中 茂
同 正員 清水 進

1. 緒言 雨水が山腹の急斜面上を流下する場合に、その斜面が比較的密な地被植物で蔽われ、斜面の流水抵抗が極めて大きいとき、このような流れの特性を明らかにすることは水文学上および治水工学上極めて大切なことである。それにもかかわらずこの種の研究は今日まではほとんど行われていない状態である。そこで、上記のような斜面上を雨水などが流下する場合につき、才1に流れの平均流速公式を求め、才2に流れの抵抗法則を明らかにしようとしてこの研究を行ったものである。

2. 平均流速、流水抵抗に関する理論

簡単のために、いま上記のような流れが等速定流をなしている場合を考え、図-1に示すように流れのなかに断面①、②を考えこの断面間の水に作用する外力について考察してみる。なおこの場合、斜面には一定の距離間隔で均一な密度で斜面に直角に小さい径の棒多数が林立しているものとする。

この場合の2断面間にはさまれている水塊を斜面に平行に斜め下方に押しやろうとする力は次式で表わされる。

$$F_1 - F_2 + W \sin \alpha \quad (1)$$

一方これに反抗して反対むきに作用する力としては斜面の粗度に基づく抵抗力和斜面上に林立している棒から受ける抵抗力とが考えられる。後者を表わすのに、棒が均一な密度で斜面に直立していることから、斜面の単位面積上の棒が及ぼす抵抗力 f_0 にいま考えている2断面間の斜

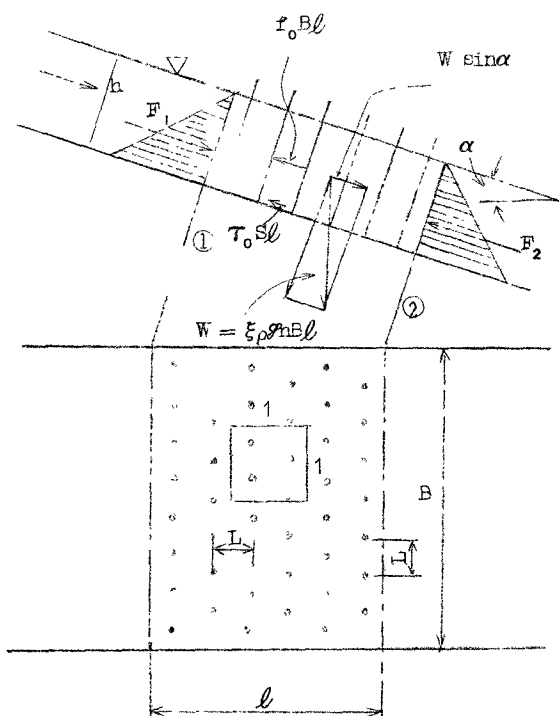


図-1 作用力の図

面の面積を乗じたものをもつてした。

そこで結局、この場合の抵抗力は

$$f_B \ell + \tau_0 s \ell \quad (2)$$

したがって等速定流であるから、

$$F_1 - F_2 + W \sin \alpha - f_0 B \ell - \tau_0 s \ell = 0 \quad (3)$$

ところが一方、 $F_1 = F_2$ であるから

$$f_0 = \xi \rho g h \sin \alpha - \tau_0 \frac{s}{B} \quad (4)$$

たゞし ξ は単位面積あたりの水面以下の棒の体積をさし引いた水のみ体積と 1・h との比 (無次元)

棒の密度が極めて大きいときには、式(4)の才 2 項は才 1 項に比して非常に小さくなり、これを無視することができるから、

$$f_0 = \xi \rho g h \sin \alpha \quad (5)$$

次に次元解析を行つて上記 f_0 に含まれている変数を求めてみると

$$f_0 = \rho V_m^2 \phi(\text{Re}, \text{Fr}, k, \sin \alpha) \quad (6)$$

ここに k はこの場合の流れの抵抗に関係ある無次元項であり、 V_m は平均流速である。

ところで、流れのなかに立つている 1 本の棒による抵抗力 D は一般に次式で表わされる。

$$D = \frac{\rho}{2} V_m^2 d h C_D \quad (7)$$

たゞし、 h は棒の流れに垂直な投影面積、 d は棒の平均径、 C_D は棒の形状係数

斜面単立面積当たり幾本かの棒が立つているときには、単位面積当りの棒による抵抗力 f_0 は棒の配置や密程度によつて異なり、式(7)の D の値に単位面積当りの棒の本数をかけたものにはならない。ここでは f_0 をつぎの形で表わすものとする。

$$f_0 = \rho V_m^2 d h C_0 \quad (8)$$

ここに C_0 は単位面積当りの棒の流水に対する抵抗力の強さの程度を表わす係数で $[1/L^2]$ の元をもつ。

式(5)と式(8)とより

$$\begin{aligned} \frac{f_0}{\rho} &= \frac{\xi g h \sin \alpha}{C_0 d} \\ \tau_0 &= \sqrt{\xi g h C_0 d \sin \alpha} \end{aligned} \quad (9)$$

$$V_m = K \sqrt{\sin \alpha} \quad (9')$$

これより、このような流れの平均流速は棒の形状、寸法、配置、密度などによつて支配せられると同時に斜面上の水流の水面勾配（斜面勾配）にも支配されるが 水深には影響せられないことが分る。

また、式(6)と式(8)とから、

$$C_0 = \frac{1}{dh} \phi (Re, Fr, k, \sin \alpha) \quad (10)$$

あるいは、 $C_0 dh = C'_0$ とおくと、(C'_0 は無次元量)

$$C'_0 = \phi (Re, Fr, k, \sin \alpha) \quad (11)$$

この式の k として L/h 、(L は棒と棒との距離間隔) をとりあげてみると

$$C'_0 = \phi (Re, Fr, L/k, \sin \alpha) \quad (12)$$

3. 実験 長さ 16.5 m、巾 23.4 cm、高さ 35 cm の銅棒製両面ガラス張り、勾配可変水路を使用し、この水路床には工作用竹ひご多数を 5 cm の長さに切つてこれを等距離間隔 $L =$ 一定に図-1 に示すように杉板の上面に垂直に立てたものを敷いた。実験はこのかうな斜面につき、勾配、竹ひごの距離間隔、流量などをいろいろに変化させてその都度、水深、流速分布などを測定した。

図-2、図-3 はこのようにして得られた鉛直方向の流速分布を求めた例を示す。これらの結果の特性の主なものはつぎのようである。

a 平均流速は勾配が一定ならば、水深が大きく変化しても僅かしか変わらず、特に棒の密度がある程度密になると平均流速は水深に無関係にはゞ一定で、且つこの種の流れに対しては式(9)の公式が適合し、Chezy や Manning 型の公式はあてはまらない。

b 流速分布は流量がある値以下になると、また L がある値以下に小さくなると流速の水面から底に至る間の変化が底部付近および水面付近を除いてはゞ一定になる。

その他実験結果をとりまとめて整理したものについては紙面の都合でここでは省略し講演のときによずる。本研究は京大石原教授を主班とした昭和34、35年度の総合研究「道路排水に関する基礎的研究」の分担研究「法面浸食に関する研究」の一部であり、研究費の補助を受けたことを深謝するものである。

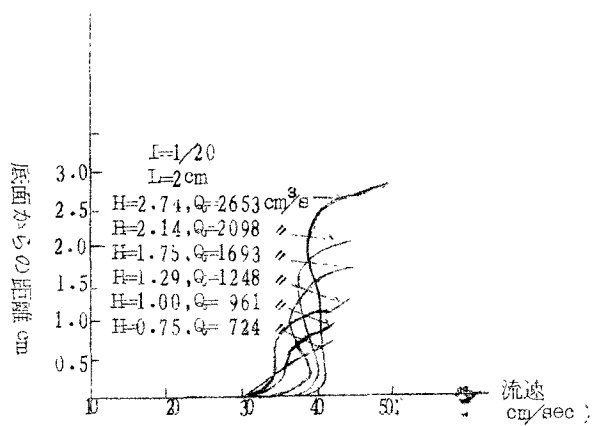


図-2 流速分布

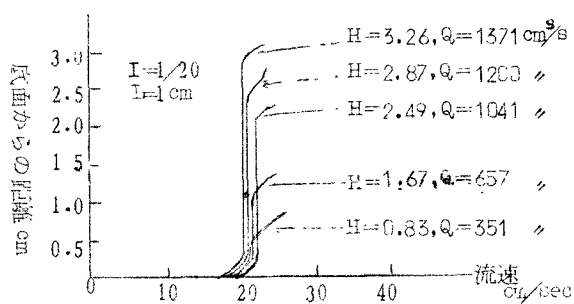


図-3 流速分布