

II-118 流出現象の水理学的モデルの検討

東京工業大学 正員 吉川 秀夫

〃 正員 福岡 捷二

〃 学生員 〇字 多高明

降雨一流出現象を解析する方法は、従来から多く研究されてきた。その中に不定流の連続方程式と運動方程式として Manning 式を用い流域の境界条件から流出を解析する方法がある。これは特性曲線法と呼ばれている。本来 Manning 式中の粗度 n は流路の粗度を示すものであるが、特性曲線法では斜面および流路も含めた流域の特性を代表するものとして用いられる。従ってその値は当然流路自体の粗度とは異なった値を持つと考えられる。特性曲線法で実際の資料に対して計算したところ我が国の山地流域では $n \approx 1.5$ という非常に大きな値をもつことが明らかになった¹⁾。このような大きな n の値が計算されたことに対して 実験によってその理由を調べるのが研究の目的である。

実験装置と方法

実験装置を図-1 に示す。アクリル製の水路の上流端から一定流量流下している水路側壁の両側に高さを定めることができる constant head tank から引いたパイプを 10cm 間隔に 28 本ずつすえつけ横流入量 (q_*) を調節した。水路底は図示されているように滑面と粗面の両方である。

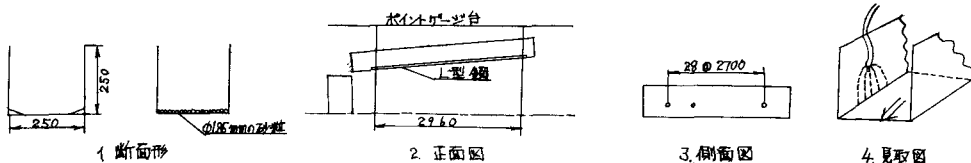


図-1 実験装置

実験結果とその考察

降雨一流出の関係は横流入を連続的に受ける流れにモデル化することが出来る(図-2)。 Q は流量に q_* は雨量強度(完全に流出するとして)に相当する。前に述べた特性曲線法の粗度係数を N と書き等価粗度係数と呼ぶことにすれば、運動方程式は

$$Q = \frac{1}{N} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} A \quad (1)$$

一より完全な形の運動方程式は

$$-i + \frac{dh}{dx} + \alpha \frac{d}{dx} \left(\frac{V^2}{2g} \right) + \frac{n^2 V^2}{R^{\frac{4}{3}}} + \frac{2\alpha Q q_*}{g A^2} = 0 \quad (2)$$

① ② ③ ④ ⑤

ここに $Q = Q_0 + q_* x$ 。

(1) 式 = (2) 式と比較すると形式的に(2)式の①②③⑤の働きをすべて N に集めていいることがわかる。

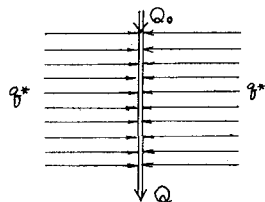


図-2

従つて流路に横流入を受けるときに N が流路自体の n に対しどのような値をもつかを調べる。不等流での実験に先んじて等流状態で種々の流量に対して水理量を測定しし下流方向に4断面、各断面で20点水路の粗度係数 n を決定した。常流、射流のいずれの場合もほぼ一定値 ($n=0.01$) であった。表-1 に示された水理条件のもとでの常流、射流の水面形の一例を図-3 に示す。各断面での流量及び水深の測定から、方程式 (2) の各項の大きさを見積ることが出来る。射流の場合の各項の大きさを図-4 に示す。図-4 より (2) 式の (4) 項及び (5) 項が (2) ③項に比して重要な意味を持っていることが知れる。したがって等価粗度係数 N は流路の粗度と横流入量に關係する項の大きさによって支配されることからわかる。常流、射流について各断面での N/n をプロットしたものが図-5 である。 N の値は射流ではほぼ一定で n の2倍程度であり、常流では N/n は1.5~2.5 の範囲にある。

自然の流路を考えると流域の粗度は流域の地質、地被状態、斜面の凹凸、流路密度などによつて大きく変化するが平均的におよそ $n=0.035$ と仮定すると前述の $N=1.5$ に対して $N/n \approx 40$ となり、これは室内実験で得られた値よりはるかに大きな値となる。この差は前述の流域の粗度の違いが大きい關係していることはいふまでもない。更には次の要因も挙げられるであろう。(2) 式の N と n の關係を調べてみると、流路が矩形断面と仮定すると (3) 式の關係が得られる。

$$N^2 = n^2 + \frac{2\alpha q_b^2}{g\pi} \quad (3)$$

室内実験では横流入量 q_b に限度があるため q_b がそれほど大きな値をとれず $N/n = 2$ 程度であったが q_b が十分に大きな値をとると N は本実験で得られたものよりかなり大きな値となり、山地流域で得られた $N/n \approx 40$ に近づく傾向がある。

最後に本研究は昭和45年度文部省科学研究費による研究の一部であることを付記しここに謝意を表す。

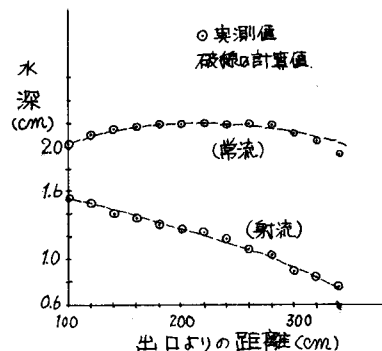


図-3 水面形

	常流	射流
固有流量 Q_0 (cc/sec)	218	223
横流入量 q_b (cc/sec)	2.9	4.16
下流端流量 Q (cc/sec)	1034	1380

表-1 実験条件

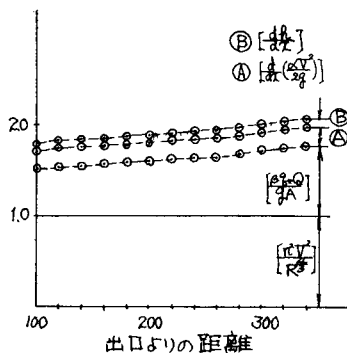


図-4

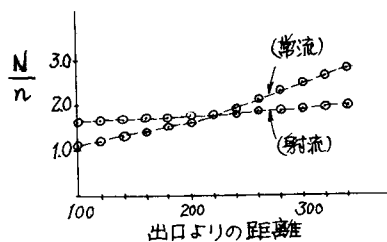


図-5

- 1) 竹内俊雄, 吉川秀夫: 特性曲線法を利用した流出解析についての考察, 文部省科学研究費特定研究(水文学)最終報告書, 1970年3月