

急勾配粗面上の薄層流に関する実験的研究(第2報)

徳島大学工学部 正員 端野 道夫
会計検査院 正員 ○藤原 敏

1. まえがき: 実山地斜面においては、中間流出最大強度を超える雨量強度を持つ降雨によって、斜面上に表面流が生じ、特に小流域において斜面流の流出に及ぼす影響は大きい。このようなことから昨年に引き続き斜面上の、特に水深の小さい流れについて、等流ならびに降雨による2種類の実験とこれにとつた数値計算により、粗度パラメータを検討し斜面抵抗に関する二、三の考察を行う。

2. 実験概要: 実験水路は幅 22.5 cm、長さ 510 cm の可変勾配水路で、水路全体にわたってベニヤ板上に一層の人工軽量骨料、または砂レキを接着した水路床を設け、各種の水深および勾配について抵抗の測定を行った。ただし水深測定には 1/10 mm 読みのポイントゲージを、流量の測定には水路下流端に設けられた小流量用の特殊三角堰を用い、流量が特に小さい場合にはノズルシンダーを使用した。その他、実験装置の詳細については、昨年度の講演概要集 75 P を参照して頂きたい。

3. 実験結果と考察: 等流実験並びに降雨実験で得られた摩擦損失係数 $f = 8g/v^2$ と Reynolds数 $Re = 8/v$ との関係を示せば、図-1 (I), (II) のようである。ここに (I) は等流実験によるもので、本実験結果に加えて昭和 47 年度に行われた、粒径 0.5 mm くらい 3.0 mm の粗度を用いたこう配 1/60 ~ 1/200 の等流実験値も描いている。(II) は降雨シミュレータを用いた実験である。これらの図より次のことがわかる。

1. 各種の勾配において $f = C/Re$ なる関係で表わされる層流領域が存在する。
2. 本実験のような相対粗度の大きな流れでは、降雨の影響は顕著ではない。

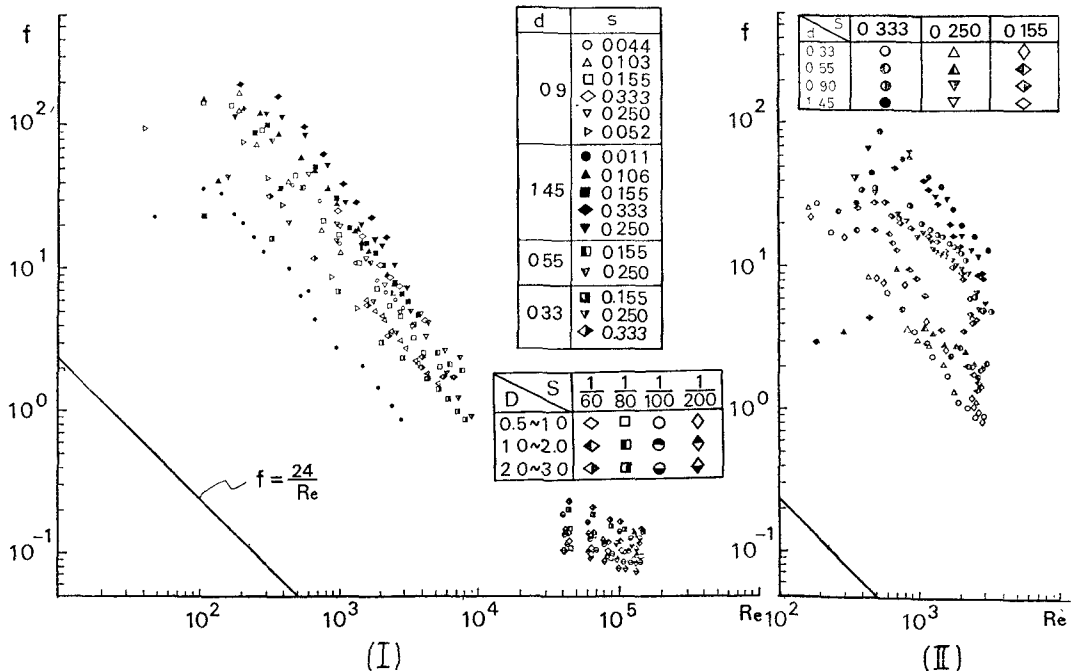


図-1

3. 本実験の対象領域では(約 $100 < Re < 約 7000$)、水路勾配の急なる程 C 値は大きい。
4. 層流領域と遷移・乱流領域の限界 Reynolds 数は数万のオーダーと思われる。
5. 低 Reynolds 数(数百以下)の領域では、 f が逆に Re と共に増加する傾向が見られる。この傾向を示す領域は、勾配が太なる程広がっている。これは Reynolds 数なら相対水深の小さい場合は、斜面流は粗度要素の間隙をぬうような流れとなり、中間流と類似するためその抵抗則は Darcy 則を仮定して $v = KS$, K : 透水係数 が成り立つとすれば

$$(1) \quad f = \frac{8ghS}{v^2} = \frac{8gU}{K^2 S^2} \cdot Re$$

となり、 $f \propto Re$ となることから説明できるであろう。

4. 実験結果の解析: 本実験で取り扱ったような層流の摩擦損失係数 f は、各種のパラメータの関数形で表わすことができる。例えば Chen¹⁾ は、芝生面上の層流の f を次式のように表わしている。

$$(2) \quad f = \frac{510000 S^{0.662}}{Re}$$

しかし本実験の場合では粗度要素が粒形であるため $f = F(S, \frac{d}{L}, Re)$ のような関数形を仮定して 2 変数解析を行った結果

$$(3) \quad f = 4.051 \times 10^9 \cdot S^{0.699} \left(\frac{d}{L}\right)^{1.586} Re^{-1.217}$$

を得た。ただし重相関係数は 0.975 である。また C 値を一定と仮定して 実験ハイドログラフに最も近い計算ハイドログラフを求めた場合、 C 値は (3) 式で求めた値とほぼ一致し、定常実験で得た抵抗則が非定常時に使用可能と考えられる。このことを考慮して (3) 式を用いて摩擦項を評価し、kinematic wave 式により数値計算したハイドログラフを、次のような仮定 α により求めてみた。

1. Reynolds 数が 100 以下の場合には $f \propto Re$ が成立し、比例定数 K は実験値と合うように設定する。
2. Reynolds 数が 100 を越えた時点で (3) 式が成り立つとし、流達計算を行う。
3. 運動式中の水深は実測間隙率を考慮した見かけの水深を用いる。

このようにして得たハイドログラフと実験ハイドログラフは下図-2 のようになる。これからわかるように、上界部ではかなりの適合性が見られるが、減衰部では計算ハイドログラフが早く減衰しすぎる傾向が見られる。これは、摩擦損失係数 f を推定する際に、時間分割 Δt だけ以前の値を現在の f 値として採用して計算を進めたために、流量変化の激しい減衰部で推定した f 値が過少となったためと考えられる。

5. あとがき: 本実験結果を考察から次のようなことが言える。① 相対水深の小さい粒状粗度上の流れの抵抗は、勾配、粗粒径、Reynolds 数により主に規定される。② 本実験結果からの f の推定式中、 S の指数は Chen の結果と同じ程度である。③ 非定常流に対しても、定常流実験で求めた抵抗則がある程度適用できる。また今後の問題点として、低 Reynolds 数における f の変化や、遷移・乱流と層流との限界 Reynolds 数を追求する必要があると思われる。

参考文献

- 1) Cheng-lung Chen, FLOW RESISTANCE IN BROAD SHALLOW GRASSED CHANNELS HY3. ASCE 1976

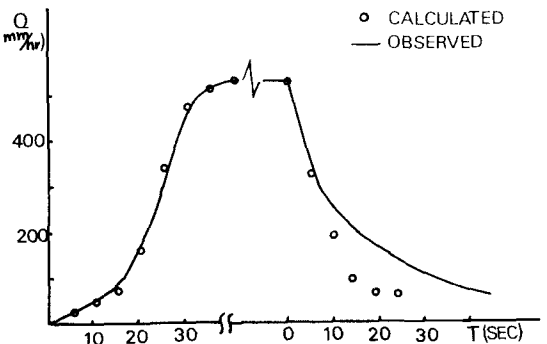


図-2