

岐阜大学工学部 正会員 羽村 三郎

岐阜大学大学院 学生会員 〇谷 幹雄

1)はじめに 薄層流、とくに、その層流状態での挙動が、従来、薄層流の発生場所として、舗装道路表面や飛行場等の都市内不透透区域を考え研究されてきた。しかしながら、遷移領域、乱流領域についてまで言及した研究は少ない。そこで著者等は、山地斜面上で発生する雨水流が斜面段差に種々の影響を与えたと考え、層流領域から乱流領域にわたる粗面上の薄層流に、降雨発生装置による人工降雨を与え、その諸性質について実験的研究を行った。

2)解析方法及び実験方法 降雨の影響をうける薄層流を流れの剪断応力について関数表示すると

$$\tau_0 = \text{func}(V, y_0, S_0, k, \mu, \rho, i, U, d, \eta, g) \quad (1)$$

ここに τ_0 : 流れの剪断応力, V : 流れ方向の局所平均流速, y_0 : 水路床に対し直前に測定した測定点での水深, S_0 : 水路床勾配, k : 水路床上の粗度, μ : 流水の粘性係数, ρ : 水の密度, i : 降雨強度, U : 水面での雨滴落下速度, d : 雨滴の直径, η : 降雨の形態に関するパラメーター, g : 重力の加速度

となる。1)式を無次元表示すると、流水特性、粗度特性、水路特性、降雨特性のいずれかのパラメーターに分類できる。そこで、名々から代表的なパラメーターについて関数表示すると

$$f = \text{func}(V\%/\text{cm}, k\%/\text{cm}, S_0, i\%/\text{cm}) \quad (2) \quad \text{となる。}$$

ここに f : 摩擦損失係数, $V\%/\text{cm} = Re$ (流水のレイノルズ数), $k\%/\text{cm}$: 相対粗度, $i\%/\text{cm} = Ri$: 降雨レイノルズ数である。著者等は降雨を伴う薄層流について、2)式の5つのパラメーターの相関関係を明らかにするために、この配可変水路上に人工降雨発生装置を設置し(図-1)実験的研究を行った。

実験は、層流領域、遷移領域、乱流領域の各流れと、局所的な集中豪雨による降雨の影響まで考慮に入れて、0.00055 から 0.0077 までの15種類のこの配、0mm/hr から500mm/hr 前後までの約4種類の降雨強度、そして0.18から0.55までの約4種類の相対粗度について、平均粒径0.357cmの礫石粗度要素を用いた粗度密度0.1の粗面上で行った。水深の測定には、降雨の流入による水面形の著しい乱れを除去するために、ピトー管に接続した傾斜マノメーターを使用した。

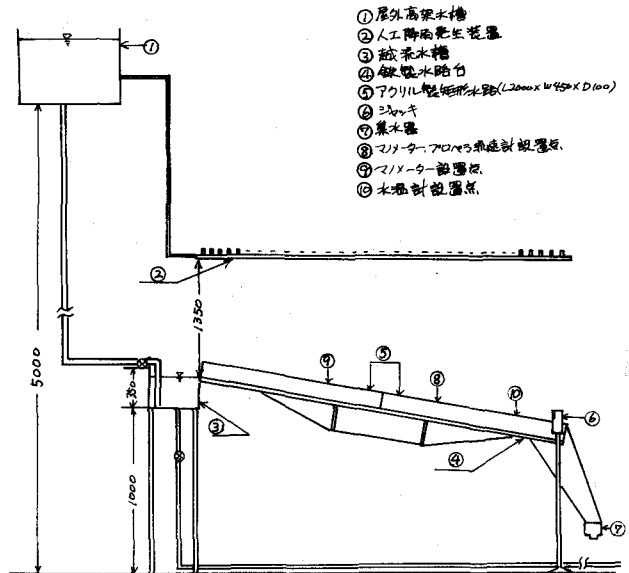


図-1 実験装置 (単位 mm)

3) 実験結果及び考察 両対数紙の縦軸を f 、横

軸を Re とした図 (以後 $f-Re$ 図と呼ぶ) において、滑溜の層流は、 $f = 24/Re$ の直線となる。粗面上の薄層流については $f-Re$ 図を描くと、流れは層流領域では $f = 24/Re$ に平行な $f = C/Re$ の関係を持つ。ここに C は水路こう配あるいは相対粗度に関する係数である。PHELPS¹⁾ は相対粗度の増加による C の増加を指摘し、WILLIAMS²⁾ は水路こう配の増加による C の増加を述べた。これらの傾向は著者等の実験でも確認することができた。相対粗度をパラメーターとした $f-Re$ 図では、レイノルズ数が $250 \sim 1500$ の範囲でレイノルズ数の増加とともに摩擦損失係数が増加する点があり、さらにレイノルズ数が $150 \sim 1500$ 増加すると摩擦損失係数が一定値をとる³⁾。この一定値になった時の流れは遷移領域を経て乱流領域に入、た流れであるといえる。

降雨を伴う薄層流については、 $f-Re$ 図を描くと、薄層流は相対粗度あるいは水路こう配のいずれかをパラメーターにしても、降雨強度の増加に伴って係数 C が増加する (図-2、図-3)。今この領域を降雨を伴う層流領域とする。水路こう配をパラメーターにした $f-Re$ 図では、流れが降雨を伴う層流領域からはずれると、各降雨強度について特有の変動を経て降雨強度のちいさな流れから順次無降雨時の乱流領域の $f-Re$ 値 ($f-Re$ 図上で示される値) に近づいていく。一方、相対粗度をパラメーターにした $f-Re$ 図では、 $f = C/Re$ の C の値は、降雨強度の増加とともに増加し、その後レイノルズ数の増加とともに摩擦損失係数が増加する領域を経て、ほぼ同値の摩擦損失係数をとる領域に入り、その後、レイノルズ数の増加とは無関係に一定の摩擦損失係数をとるようである。

以上のことから、降雨を伴う薄層流について、相対粗度をパラメーターにした $f-Re$ 図から、前述の3つの領域の性質を考察することができた。現在、これらの3つの領域について、(2)式で示された f 、 Re 、 S_0 、 b/g 、 i の5つのパラメーターについての関数関係を研究中であり、これらの結果については随時報告する。

参考文献

- 1) H.C. PHELPS, "Friction coefficients for laminar and film over rough surface", Proc. Inst. Civ. Engrs. Part 2, 1975, 59, Mar. PP. 21~41.
- 2) U.C. WILLIAMS and E.E. BLANK, "Laminar flow in rough rectangular channels", Journal of Geophysical Research, Vol. 66, No. 3, Dec. 1961, PP. 4207~4217.
- 3) 河村・谷, "雨水の摩擦損失係数に関する研究", 土木学会誌, 昭和51年, PP. 83~84.

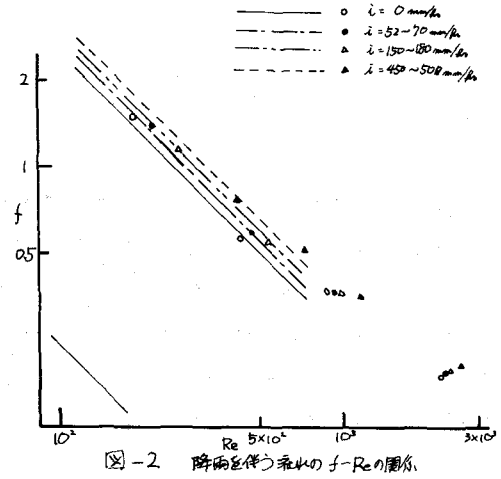


図-2 降雨を伴う流れの $f-Re$ の関係

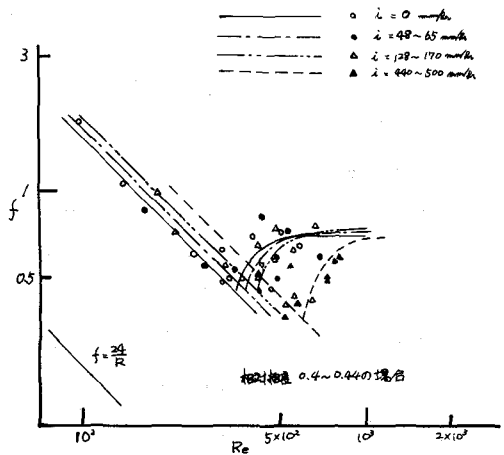


図-3 降雨を伴う流れの $f-Re$ の関係