

(4-18) 転波列の水理特性について

正員 京都大学工学部 岩 垣 雄 一
 准員 同 ○岩 佐 義 朗

急斜面上の水流がいわゆる転波列をともなつて水路や斜面を流下する現象はしばしば自然界で見ることができ、これまで多くの人びとによつてこの興味ある現象の研究が行われ、またわれわれもこの水理特性について研究を続けている。

この転波列は層流においても乱流においても発生するもので、層流の場合についてはわれわれは運動量の方程式より出発し、波の速度で移動する座標系に変換してえられるただ一つの単一連続解を衝撃条件を用いて結合して不連続週期解を求めるという R.F. Dressler の方法により解析し、層流における転波列の水理特性は断面の平均流量、勾配および動粘性係数を与えればすべて決定されること、およびこのようにして求めた諸特性が実験結果とよく一致することを見出し、これについてはすでに発表した。

ここでは層流の場合と同じ方法によつて乱流の場合の転波列の解析を行い、これによつて得られた水理特性について述べる。

基礎方程式としては Manning 型の抵抗項をもつた運動量の方程式と連続式を用いた。この場合は Manning 型の流速公式を用いているので層流の場合とちがつて積分できず、数値積分によつて解を求めた。この結果、断面平均流量、勾配および粗度係数を与えることによつて、すべての水理特性が求められることを見出し、波および流れとしての水理学的性質を明らかにすることができた。

まず、転波列がその形を維持するに必要な維持条件として $U_0 \geq \sqrt{\frac{9}{25-21\alpha} g H_0 \cos \theta}$ をえた。ここに U_0 および H_0 は与えられた流量、勾配および粗度係数によつて定まる等流流速および等流水深、 θ は水路底面の傾斜角、 α は流速分布による補正係数である。この条件式において $\alpha=1$ および $\cos \theta=1$ とおけば V.V. Vedernikov とか G.H. Keulegan らが求めた発生条件と一致する。この条件とわれわれがすでに求めた層流の場合の維持条件 $U_0 \geq \sqrt{\frac{1}{3} g H_0 \cos \theta}$ とから、一定勾配の水路においても流量の変化に応じて転波列が発生、維持できる領域とできない領域とが明らかにされた。

また転波列の波の速度、波長、週期および波高などの波としての特性と流速、流量、摩擦速度などの流れとしての特性は $n^2 g / (H_0^{1/3} \tan \theta) = 1/F^2$ の函数として表わされ、それらが泥沙輸送に及ぼす効果についても理論的に考察される。ここに n は Manning の粗度係数、 g は重力の加速度および F は Froude 数である。この結果、波高および流れとしての特性の等流に対する比は層流の場合ほど大きくないことがわかつた。

実験は層流の場合と同様可変勾配の巾 19.6 cm 長さ 6 m, のアルミニウム製水路を用いて、粗度を種々変えて行い、自記水位計によつて波形を記録した。この実験結果によつて理論の妥当性を実証することができた。本研究にあたり、たえず石原教授の御指導を賜つたことを記し、感謝の意を表する。なおこの研究は文部省科学研究費(総合)の補助による研究の一部である。

(4-19) 雨水波列に関する一実験

正員 神戸大学工学部 工博 田 中 茂
 正員 同 杉 本 修 一
 准員 建設省関東地方建設局 ○山 本 高 義

1. 緒言 豪雨時に急勾配の山腹の斜面や築堤の法面に表面流出が生じ、きわめて薄い水深で流下している水の表面ははげしく動揺をしており、毛細波や雨水波列が顕著にあらわれることが特徴である。このうちで雨水波列に着目してその特性を明らかにするためにこの実験的研究を行つた。このような雨水波列には層流の領域において生じているものと、乱流の領域において生ずるものの2種類がある。層流領域において生ずる雨水波列に関

しては京都大学の石原博士、岩垣助教授、その他の諸氏の研究がある。乱流領域において生ずるこの種の雨水波列は毛細波などの水面の動揺をつねにともなっており、波速もかなり大きく、週期も短かいので、観測が非常に困難になる。また Robert F. Dressler 氏が衝撃波の理論を応用してこの波列を数学的に解析したもの及びその他数氏の研究があるが、なお未開発のままに残されている面も少なくない。そこで著者等は両面ガラス張りの粗面水路を用いて数多くの急勾配を与えて 1 cm 内外の薄い水深で水を流し、主として乱流領域で発生する雨水波列の特性を調べてみた。なお、流水が層流領域より乱流領域に移行してゆく際には層流領域において発生していた雨水波列が層流と乱流の遷移領域附近において一旦消失して毛細波のみが観察せられ、乱流領域に入るとふたたび波列の発生がみられる。そして流量従つて流速が増加するにつれて波列も発達するが、一方、毛細波が大きくなり波列の識別は次第に困難さを増す。

2. 実験 実験に用いた水路は杉製鉋削りで、巾 20 cm、深さ 15 cm、全長約 3.6 m で、両側はガラス張りである。底面はガラス板に白ペンキを塗つた上に相馬標準砂を厚さ約 1 mm になるように撒布してコテでならして乾燥させたものを水路底に敷いた。勾配は 1/20 より 1/2 までの間で 8 通り変化させ、流量は $100 \text{ m}^3/\text{sec}$ 以下の適当な値 (層流領域で波列が最もよくあらわれる流量)、100, 200, 300, 500, 800, 1200, 1600, $2000 \text{ m}^3/\text{sec}$ の 9 種類とした。小型 pitot 管や point gauge を用いて波頂間の平坦部の流速測定や波頂、波底の水路床よりの高さを求め、さらに、16 mm 高速度撮影機やカメラを用いて波列の profile を側面ガラス越しに撮影した。

実験結果のうちのおもなものを摘記すると次のようである。

a. 雨水波列の発生限界については H. Jeffrey 氏の条件式を満足しているようである。

b. 波列の profile はおよそ 図-1 のようである。

c. 波速と平均流速との関係は放物線的に平均流速が大きくなれば波速も大きくなるようである。

d. 波速と Froude 数とは 図-2 のように一定勾配では直線関係にあり、急より緩になるにつれて同じ Froude 数のもとでは波速は大きくなる。

e. 波長と Froude 数との間並びに波長と径深との間には逆比例的な曲線関係が存在する。

f. 波高と平均流速、波高と波速、波高と Reynolds 数、などの諸関係はそれぞれ放物線関係をもっている。

g. 波高と Froude 数とは直線関係にある。

その他なお多くの重要な特徴を明らかにし得たが、これらについては講演のときにゆずる。

なお、この実験は昭和 28 年度文部省科学研究費の補助を受けたものの一部である。

図-1

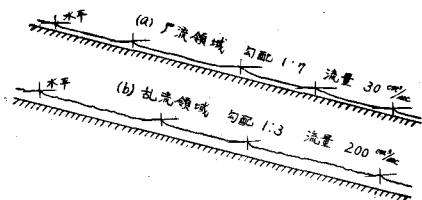
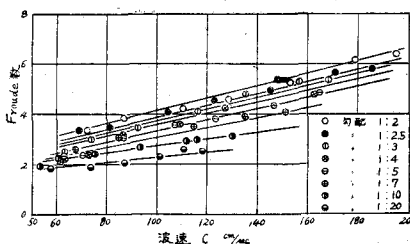


図-2



(4-20) 横から一様な流入のある場合の流出現象について

——雨水の流出機構に関する研究 (第 1 報)——

正員 京都大学工学部 岩 垣 雄 一
准員 同 ○末 石 富 太 郎

雨量と流出量との関係を知ること、は、水文学、河川工学上の重要な課題となつており、その一方法としての単位図法は米国で広く用いられているが、最近わが国の河川に対しても次第に適用されるようになってきた。しかしこの単位図法の水理学的根拠は明確でなく、實際上その適用が疑問視される場合も少なくないようである。この研究は単位図法の水理学的妥当性を検討し、さらに降水が河川に出て湖海に至るまでの流出機構を究明しようとする研究の一部である。

河川の流域に降つた雨は大小の支川その他により、漸次本流に集まり流下するが、上流山地の 1 本の流れをとりあげると、それは横から流入のある場合の流れと考えることができる。本研究においてはこのような流れを単