

実験による模型斜面での雨水流出特性の検討

日本大学 生産工学部 正会員 坪 松 学
 日本大学 生産工学部 正会員 三 浦 晃
 日本大学 生産工学部 正会員 西 川 肇

降雨による流域斜面からの流出波形を詳細に予測する方法の検討は未だ十分でない。それは、流出波形の形状は降雨の強度分布や地形その他多くの要因による総合的な結果であり、実際の降雨や流出及び流域の資料からは、各要因による流出波形への影響を区別し、特性を知る事が困難である事に一因している。ここでは雨水の斜面上での流れの特性を知る一助として行なった実験結果について述べる。実験は雨水の斜面表面流出波形に影響を与える多くの要因のうち、降雨強度、降雨継続時間、斜面勾配、及び粗度が流出波形にどのような影響を与えるかを、降雨の単位時間中の設定の仕方とともに解析に用いた式の係数の違いとして表現した。

連続する降雨からの流出波形は、それよりも短じかい時間中の各々の降雨による分布波形の合成により近似されるという線形的な考え方を基にし、この各々の分布波形が指数関数を描くと仮定すれば、その流出波形の特性を示すものとして指数関数の係数値とした。この分布関数を

$q = C \theta e^{-\alpha t}$ (q 時刻 t における流出量, C 降雨強度と流域面積などによる係数, α 分布関数の形状に関する係数, t 時刻 にそれぞれを対応させる。)とした。用いた実験装置は、長さ180cm、巾60cmの斜面に1200本のノズルから強度や降雨時間が制御された雨滴を発生する事が出来るもので、任意の斜面勾配の選択と、斜面上に置かれた最大650枚のスレート小片により粗度の値を変える事が可能である。流出量の計測は出来る限り波形をくずさない様にしり字管内の流速から求めた。実験は先に述べた4つの要因に対し、それぞれ4つの値をパラメータとして行なった。

実験結果の一例として 図-1 に降雨強度13.5 mm/hの降雨が16秒間 斜面粗度 1.18×10^{-2} に降った時の斜面の勾配の違いによる流出波形を示してある。図-2は流出波形の特性として各降雨に用いる分布波形の係数を求める解析手順を示したもので、図-1に示す勾配7.5°の斜面に16秒間降り続いた降雨による流出波形(実線)が、仮りに4秒間を1単位時間と考え4秒間ずつの連続する4つの降雨による各々の流出波形の合成により得られるとした場合、各波形の合成波形と実験波形とのずれの2乗誤差が最少になる様、各波形に用いる係数をパラメータとして試算を行ない各波形に用いる最良の係数を求めた。4つの降雨による各波形の組み合わせ(点線)と、その合成波形(点線)を示してある。

この時各波形の係数の値は、分割した降雨の発生量(N)に

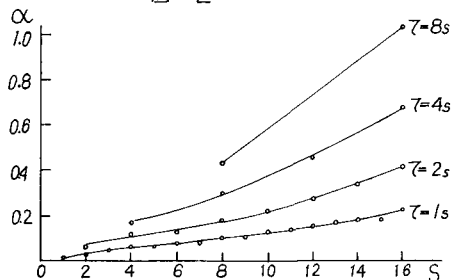
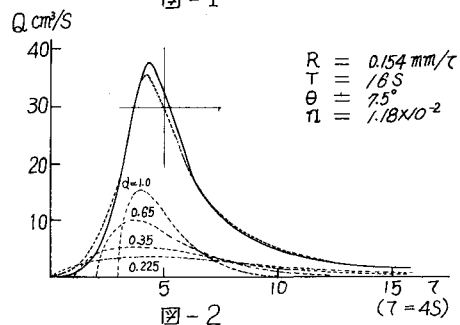
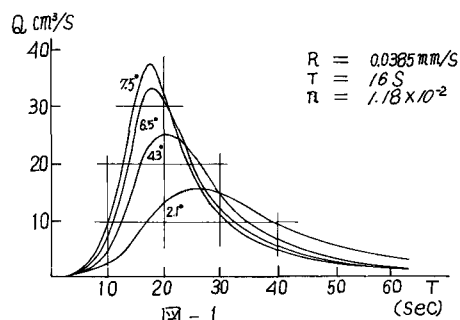


図-3

異なっており、又単位時間中のとり方により係数の値の変化を示したものが図-3である。これは図-1に示す勾配4.3°の斜面に1/6秒間続く降雨による流出波形が1秒毎の1/6秒の降雨による流出波形により合成されるとした場合、及び、2秒、4秒、8秒を単位時間中(7)と考え、それぞれ、8ヶ、4ヶ、2ヶの降雨による流出波形で合成されるとした場合のそれぞれの最良の係数の値を発生順に示してある。

先きに述べた4種類の要因をパラメータとし、2秒間を単位時間中にした結果を図-4～7に示してある。図-4は降雨強度、降雨時間及び斜面粗度を同じくし、勾配を変えた時のそれぞれの流出波形に近似するよう、計算に用いた各分割降雨からの最良の波形の係数の値を分割降雨の順に示してある。この係数は値が高くなるに従い、分布波形のピークは高く、早い時刻に現われ、従って減衰が急なとがった波形を示すもので、斜面の勾配が急になる程、又分割された後の降雨程高、係数を用いる事によって実験波形に近似する事が判る。図-5は図に示してある様な粗度をパラメータとしたもので、やはり粗度が少なくなる程係数の値は高くなる。図-6は、降雨強度をパラメータとしたものである。図-7は降雨発生時間をパラメータとしたもので、降雨開始からクロスする時間範囲ではいずれも似た様な係数の変化を示しているが、後の降雨程、波形後方の違ひの影響から係数の値は異なって来る。又流出が定常となるに従い値は一定に近づく。図-8は図-4の値を分割された降雨に用いる係数と、それ以前の降雨による斜面での残留高との関係を示してある。これらの結果は異なる時間中での解析においても全く同様な傾向を示す。

この様な方法で斜面上での雨水の流れの特性を求めようとした場合、雨水が流れ易くなる様な状況に従い、用いる係数は高い値をとり、一連の降雨による流出波形を分割した降雨からの波形の合成により求める場合、流出が定常に近づくまでは、分割した後の降雨程高、係数を用いる事によってよく実験値に近似する。雨水の流れは複雑であり、一概に特性を述べる事は出来ないが、流出波形をこの様な方法で近似する場合、分布波形に用いる係数は比較的規則性を持っている事が、今回の実験により判明した。この事は、流出波形を線形的に取扱うための有効な要因であると思われ、これらの事についての考察を学会当日述べる予定である。

