

洪水到達時間に及ぼす降雨波形の影響

神戸大学工学部 正 員 神田 徹
 神戸大学工学部 正 員 神吉 和夫
 神戸大学大学院 学生員 ○田中 俊行
 神戸大学大学院 学生員 山田 敏

1. まえがき

前報¹⁾では、単一斜面の流域を対象とし、対称な三角波形降雨を用いて、洪水到達時間の実用的な推定を行った。本研究では、降雨のピーク生起時刻を任意とする三角波形降雨を用い、その降雨波形が洪水到達時間およびピーク流出量に及ぼす影響について検討する。

2. 洪水到達時間と平均降雨強度の関係

図1に示すピーク降雨強度 r_p 、降雨継続時間 t_r 、ピーク生起時刻 t_{rp} の三角波形降雨に対して、斜面下流端($x=b$)でのピーク流出量 q_p の発生時刻 t_{2p} とその特性曲線の斜面上流端($x=0$)での出発時刻 t_{1p} の時間間隔を洪水到達時間と定義する。

$$t_p \equiv t_{2p} - t_{1p} \quad (t_p \leq t_r) \quad (1)$$

降雨波形(t_r と r_p の組合せ)を適当に選び、 t_p と t_p 時間内の平均降雨強度 $r_{m,p}$ の関係を数値計算によって求めプロットしたものが図2である。 t_r に対する t_{rp} の比を $\mu = t_{rp}/t_r$ とし、前方集中型($\mu=0.2$)、中央集中型($\mu=0.5$)、後方集中型($\mu=0.8$)の3通りとした。なお、斜面流に対する基礎式： $h = k q^p$ の定数は $p=0.6$ 、 $k=1.25$ とし、斜面長 $b=1\text{km}$ とした。図中の実線は定常降雨($r_{m,p}$ に等しい一定降雨強度 r_0)に対する洪水到達時間 $t_{p,0}$ ～降雨強度 r_0 の関係を示す。この実線とプロットされた点との差が降雨の非定常性の影響を表わし、また μ の値の違いによるプロットされた点の相互の差が降雨波形の影響を表わしているといえよう。

3. 降雨波形の影響

降雨波形(降雨の非定常性)が洪水到達時間およびピーク流出量に及ぼす影響を定量評価するために、次の指標をとり定常降雨との差を調べる。

$$e_t = (t_p - t_{p,0}) / t_{p,0} \quad (2)$$

$$e_q = (q_p - q_{p,0}) / q_{p,0} \quad (3)$$

ここに、 $q_{p,0}$ ：定常降雨の場合のピーク流出量($=r_0 \cdot b$)。

b, k, p を一定にして、 t_r と r_p に対する無次元パラメーター d^*

($= (k b^p / (r_p / 2)^{1-p} t_r)^{1/p}$)の値を示したものが図3である。 d^* と e_t, e_q の関係($\mu=0 \sim 1$)を図4に示す。これらの図より、 e_t, e_q はともに $\mu=0$ の場合を除き d^* が増加すると増大するが、 d^* がある値を越えると減少する。また、 μ 値が大きいくほど e_t, e_q の値は大きい。すなわち、後方集中型の降雨波形では e_t, e_q が大きくなる。 d^* が0.6以下である降雨波形は、洪水流出を生ずる雨としてはよく観測されるが、 μ が0.5以上では e_t, e_q はほぼ等しい値をとる。 $d^*=0.4$ 以下の降雨波形では μ の値によらず e_t は5～6%であるから、定常降雨の場合とほぼ等しい洪水到達時間を与える。一方、ピーク流出量に関して、 μ が0.5以上の降雨波形では e_q は10%強の差があり降雨の非定常性の影響は無視できないが、 μ によらず d^* が0.2以下の降雨波形、または $\mu=0.1 \sim 0.2$ の降雨波形では数%となり、 q_p は定常降雨の場合のピーク流出量 $q_{p,0}$ を近似することができ

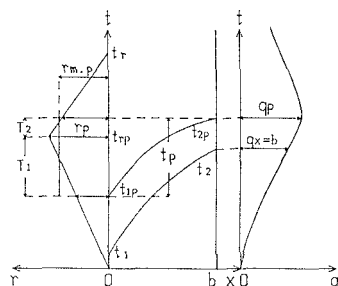
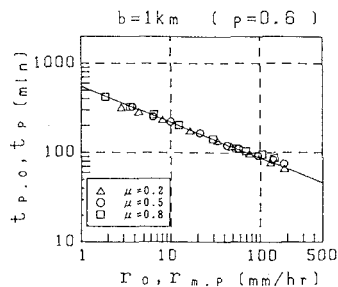


図1 雨水擾乱の伝播過程

図2 $t_p \sim r_{m,p}$ の関係

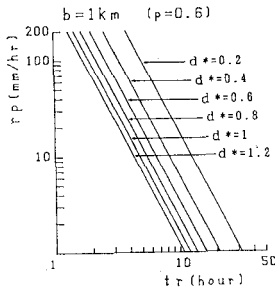


図3 $d^* \sim t_p, r_p$ の関係

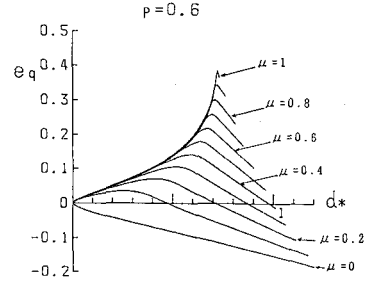
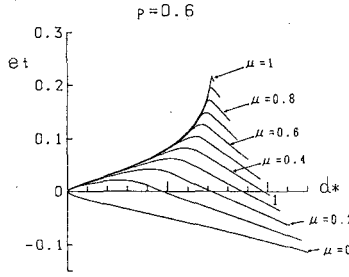


図4 $e_t, e_q \sim \mu, d^*$ の関係

る。次に、 $r_p=100\text{mm/hr}$ 、 $t_p=7\text{hr}$ の降雨波形のときの p による μ と e_t の関係を示したのが図5である。この図より、 e_t は p 値が大きいくほど小さくなり、また $\mu=0\sim0.1$ の範囲では降雨の非定常性の影響が無視でき定常降雨の洪水到達時間と等しくなる。

4. 対称な三角波形降雨との比較

対称な三角波形降雨の場合の洪水到達時間およびピーク流出量との差を定量評価するために、次の指標をとる。

$$f_t = (t_p(\mu) - t_p(0.5)) / t_p(0.5) \quad (4)$$

$$f_q = (q_p(\mu) - q_p(0.5)) / q_p(0.5) \quad (5)$$

ここに、 $t_p(\mu)$ 、 $q_p(\mu)$ ：任意の μ ($=0\sim1$)の洪水到達時間、ピーク流出量。

d^* と f_t 、 f_q の関係を図6に示す。 f_t 、 f_q のいずれにおいても d^* の増加とともに差は大きくなる。洪水到達時間に関しては、 d^* が0.6以下となる降雨波形において、 $\mu=0.4\sim1$ の同じ降雨波形(d^* が等しい)ではほぼ等しい洪水到達時間を与える。 μ が0.1 $\sim$ 0.3の降雨波形では、 d^* の値が小さいときはほぼ同じ洪水到達時間を与えるが、 d^* が0.3以上では μ 値が小さくなるにつれて洪水到達時間は相対的に短くなる。ピーク流出量に関しては、最大約10%の差があり、同じ降雨波形に対して μ が大きいくほどピーク流出量は大きい。次に、 $r_p=100\text{mm/hr}$ 、 $t_p=7\text{hr}$ の降雨波形のときの p による μ と f_t の関係を示したのが図7である。この図より、 f_t は p 値が小さいほど大きくなる。また、 p 値が大きいくときは $\mu=0.5$ のときの洪水到達時間と等しくなる。

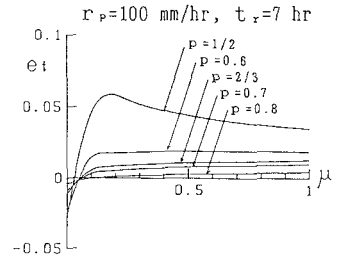


図5 $e_t \sim \mu, p$ の関係

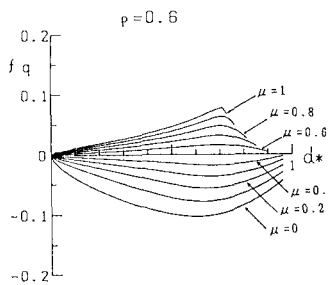
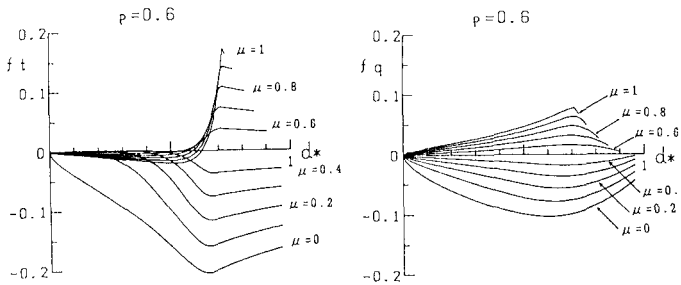


図6 $f_t, f_q \sim \mu, d^*$ の関係

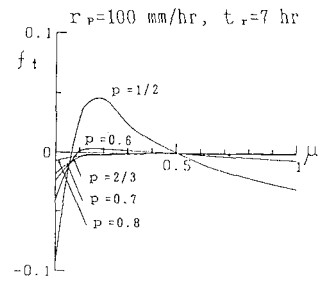


図7 $f_t \sim \mu, p$ の関係

5. あとがき

ピーク生起時刻が任意の三角波形降雨に対する洪水到達時間は、前方集中型と後方集中型では定常降雨との差が異なることがわかった。また、洪水到達時間は、対称な三角波形降雨と比べて後方集中型ではほぼ等しくなり、前方集中型では短くなるという結果が得られた。前報¹⁾では、 t_p は T_2 (降雨ピークと流出量ピークの時間間隔)の定数倍として推定できるとしているが、非対称降雨波形ではその倍率を検討し洪水到達時間の適切な推定法を考える必要がある。

参考文献：神田・神吉・田中：合理式の洪水到達時間について：水文・水資源学会要旨集，1989。