

金沢大学工学部 正員 高瀬信忠

金沢大学工学部 学生員 O鈴木秀利

1. はじめに

確率洪水の概念は水工計画に大きな役割を果たしている。この確率洪水の発生確率、ある観測期間における最大値の特性を理論的に求め、イリノイ州を流れる10地点の実際河川の洪水資料に適用した。また洪水をシュミレーションすることによって、将来発生の予測に対する方法を示したものである。

2. 洪水の発生確率

T年洪水以上の洪水がN年間に一度も起こらないであろう確率Fは、Nが比較的大きければ、次式によって求められる。

$$F = (1 - \frac{1}{T})^N \approx e^{-\frac{N}{T}} \quad \text{----- (1)}$$

ただし、 $\frac{1}{T} < 1$

(1)式において、 $T = N$ とすれば

$$F = e^{-1} \approx 0.37 \text{----- } N \text{年以上の洪水流量が} N \text{年間に一度も起こらないであろう確率}$$

同様にして、 $T = 5N$, $10N$ および $20N$ とすれば、同じく一度も起こらないであろう確率Fは、それぞれ、 $F \approx 0.82, 0.90, 0.95$ となる。

これはN年間の安全を仮に95%で期待するためには、常に20N年洪水を考えなければならないことを意味している。

3. 計画高水流量を超過する確率

T年洪水とT年洪水の間の大きさの洪水がN年間に起きるであろう確率Pは、次式で求めることができる。

$$P = (1 - \frac{1}{T})^N - (1 - \frac{1}{T})^N \quad \text{----- (2)}$$

一例として $T = 100$ 年とし、(2)式を両対数紙上に図化したものが図-1である。この図より計画高水流量に100年洪水で計画したものが10年間、100年間で超過するであろう確率は26%、63.4%で、一方、130年洪水で計画したものが10年間、100年間の超過確率は75%、53.8%となり、100年洪水での計画と130年洪水での計画では、長期間になればその差は相対的にだんだん小さくなる。

4. M年間最大値洪水の特性

計画高水流量を決めるのに、しばしば過去M年間の観測値の最大値を一つの目安とすることがあるが、M年間の最大値を計画値とした場合、Cをある年の洪水流量のとり超過確率であり、Cの値は0

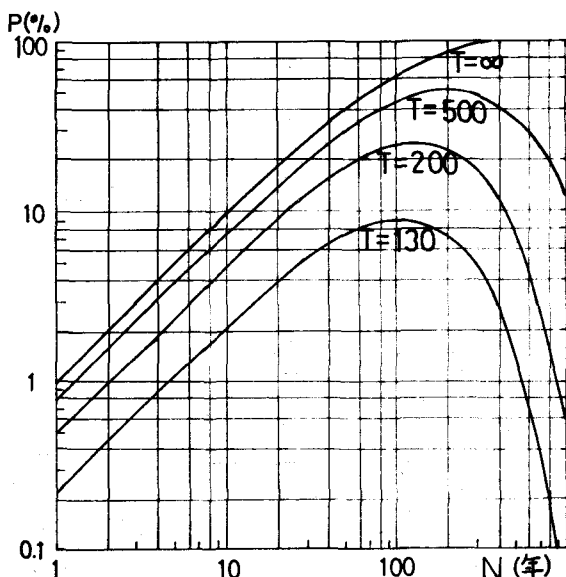


図-1

から1まで一様な確率分布をとるものとすれば、M年間の最大値を計画高水流量として、その値がN年間は超過しないであろう確率Xを求めてみると、

$$X = \int_0^1 (1-c)^{N-1} \cdot c \cdot M(1-c)^{M-1} dc = \frac{M}{(M+N-1)(M+N)} \quad \text{----- (3)}$$

(3)式はMとNに関係することになるが適当に変形して¹⁾、少なくともN年間は超過しないという期待値Lは、 $N=M$, $\frac{1}{2}M$, $\frac{1}{10}M$, および $\frac{1}{50}M$ とすれば、それぞれ $L=0.50, 0.83, 0.91, 0.95$ となる。これらは各々N年、5N年、10N年、20N年の最大値で計画した場合、その値でN年間の寿命である確率である。以上は $N \leq M$ の場合であるが、 $N > M$ の場合を考えると、同様にして、 $N=5M, 10M, 20M$ では、 $L=0.17, 0.091, 0.048$ となる。

5. 年最大洪水流量系列のシュミレーション

洪水流量の発生予想の一手段として、シュミレーションを行ない、その方法、そして観測値との適合結果について考察する。観測値を対数確率紙上にプロットすると、非超過確率が大体20~40%の所で交点をもつ二直線上にのることが認められた。直線の値を図上より読みとり、直線の方程式 $\log Q = \frac{1}{\alpha}x + \log Q_0$ の係数 $\frac{1}{\alpha}$, $\log Q_0$ を決定する。非超過確率は各々の極値に対して等価確率であるから、非超過確率 S_x に一樣乱数をあてはめ、 S_x を z に変換して、洪水流量 Q を求めた。観測値とシュミレーション結果との比較においては図-2より両者はよく一致していることがわかる。また観測値の10年間での最大値が、シュミレーション結果系列の10年間ごとに正切って考えて、その非超過確率を調べたところ0.50(N_{0.1}河川)、0.52(N_{0.8}河川)^{とわり}、理論値

0.50とよく適合していることがわかった。

6. イリノイ州河川への適用

右表はイリノイ州河川における年最大洪水流量資料を Weibull's Plotting Position formulaの graphical plotting でそれぞれ河川ごとに確率計算し、これら河川ごとの全資料によって確率計算したT年(5, 10, 15, 20……)年洪水流量およびM年間の最大洪水流量以上の値が実際洪水資料において、前者の場合には観測開始年、さらにそれ以降1年づつずらして、後者の場合にはM年間の翌年、さらにその翌年以降1年づつずらして、それ以後N年間に生起しなかった確率を示している。

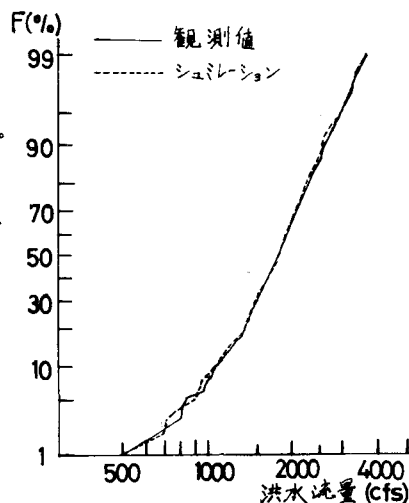


図-2

No.	河川名	Torm	N	5N	10N	20N	期間(年)	資料数(年)
1	Mississippi R.	0.77 0.52	0.97 0.83	0.99 0.89	1.00 0.92	1851~1969	93	
2	Pecatonica R.	0.37 0.57	0.95 0.90	0.99 0.99	1.00 1.00	1914~1969	56	
3	Desplaines R.	0.50 0.51	0.94 0.87	0.98 0.91	1.00 0.95	1914~1969	56	
4	Kankakee R.	0.37 0.50	0.97 0.81	0.99 0.92	1.00 0.98	1915~1969	55	
5	Spoon R.	0.40 0.48	0.90 0.85	0.96 0.96	0.99 0.99	1916~1969	53	
6	Sangamon R.	0.44 0.59	0.97 0.85	0.99 0.94	1.00 0.99	1908~1969	61	
7	Kaskaskia R.	0.27 0.41	0.93 0.72	0.98 0.77	1.00 0.86	1908~1969	59	
8	Big Muddy R.	0.28 0.53	0.63 0.80	0.72 0.84	0.74 0.89	1909~1969	59	
9	Embaras R.	0.29 0.46	0.96 0.82	0.99 0.91	1.00 0.95	1910~1969	58	
10	Little Wabash R.	0.48 0.64	0.96 0.85	0.99 0.90	1.00 0.93	1915~1969	55	
11	No.1~10の 算術平均	0.42 0.52	0.92 0.83	0.96 0.90	0.97 0.94			
12	理論値	0.37 0.50	0.82 0.83	0.90 0.91	0.95 0.95	上段(1)式 下段(2)式		

文献・1)高瀬・鈴木：大雨および洪水発生の特性に関する研究、土木学会第25回年次学術講演会(1970)。