

하천 홍수량의 크기 및 빈도 결정

A Determination of Magnitude and Frequency of River Floods

노재식* · 이길춘**

Noh, Jae Sik · Lee, Kil Choon

Abstract

In this study, six gaging stations(T/M bureau) in the Han River basin were selected for flood frequency analysis and was carried out frequency analysis by POT(Peaks Over a Threshold) model where existing flood data of short record length are available.

Frequency and magnitudes of each station floods in the river basins were estimated by POT model based on statistical method, and also were compared with standard errors to verify applicability of the estimates by POT model.

Furthermore, in order to evaluate for the adequate design flood which is needed for the design of the hydrologic structures in the ungaged watersheds, it is considered to be possible to develop the statistical regionalized model by regional frequency analysis.

요 지

본 연구에서는 한강유역의 6개 관측점(T/M국)에 대하여 단기간 기록년수의 홍수량 자료를 통계학적 방법에 기초된 홍수빈도해석모형인 POT모형에 적용하여 빈도해석을 실시함으로써 모형의 적용 타당성을 검토함과 아울러 하천유역의 지점별 홍수량의 빈도 및 크기를 추정하였고, 미계측 유역에서 수공구조물의 계획설계에 기준이 될 수 있는 설계 홍수량을 산정할 수 있는 지역빈도해석에 의한 통계학적 지역화 모형의 개발가능성을 검토 하였다.

1. 서 론

오늘날 자연하천의 개측 및 미계측 유역에서 이수 및 치수의 목적으로 댐, 제방, 암거 등의 각종 수공구조물이 축조되고 있으며 이러한 수공구조물의 수문학적 최적설계를 위해서는 보다 정확하고 합리적인 하천 홍수량의 추정이 요청되고 있다. 또한

정확한 하천 홍수량의 추정은 하천정비 및 수공구조물의 최적규모 결정 등의 기준이 될 뿐만 아니라 경제성과 안정성을 좌우하는 주요 요인으로서 그 중요성이 한층 더 인식되고 있다. 이와같이 그 중요성이 인식되고 있는 하천 홍수량에 확률(빈도)개념을 도입하면 수문학적 의미 및 경제적인 요청까지도 다함께 고려되므로 모든 수문학적 설계 계획에 편리한 수단을 제공 할 수 있다.

한편 국내에서 일반적으로 활용되고 있는 홍수량

* 정희원 · 단국대학교 대학원 토목공학과 박사과정

** 정희원 · 단국대학교 공과대학 토목공학과 교수

의 추정치는 실측자료의 부족 등으로 인하여 비교적 장기간의 측정자료가 있는 강수자료에 의해 빈도 해석을 실시함으로써 설계 홍수량 등을 추정하는 간접적인 수단을 이용하여 왔다. 하지만 그동안 국내에서 몇몇 주요 하천유역에 수문관측망이 확충되면서 홍수자료들이 어느정도 축적되어 있으므로 이들 자료를 최대한 활용하여 단편적이거나 홍수빈도 분석을 실시할 수 있게 되었다.

본 연구에서는 한강 홍수통제소에서 연속 14개년(1975 - 1988년)의 홍수위 기록을 보유하고 있는 한강유역내 24개 수위 관측점(T/M국)중에서 수위-유량 관계 곡선식이 구비되어 있는 주요 6개 관측점을 선정하여 홍수빈도 해석을 실시하였다. 이들 관측점들의 홍수자료들은 비교적 단기간의 기록년수자료이므로 부분 기간치 계열(partial duration series)의 연 초과치 자료를 대상으로 하는 POT(Peaks Over a Threshold) 모형⁽¹⁰⁾을 적용함으로써 한강 유역내 각 관측점의 홍수량 크기 및 빈도를 추정하였으며, 또한 재현기간별 홍수량 추정치의 표본 분산 및 표준오차를 구하여 POT모형의 적합성을 검증하였다.

2. 대상유역 및 기본자료

2.1 대상유역 및 지점 선정

대상유역은 국내의 최대 하천인 한강을 택하였으며 한강유역내 한강 홍수통제소의 24개 수위 관측점(T/M국)중에서 연속 14개년 홍수위 기록을 보유하고 있고 아울러 수위-유량관계 곡선식이 구비되어 있는 6개 관측점(인도교, 고안, 여주, 청평, 충주(문막), 영월)을 연구 대상 지점으로 선정하였다.

본 연구의 대상지점을 나타내고 있는 한강유역의 Telemeter 관측점의 위치도는 그림 1과 같다.

2.2 기본자료

2.2.1 자료수집 및 정리

한강유역의 홍수예경보 시스템 수립을 위하여 1975년부터 computer system을 포함한 Telemeter 통신시설을 이용하여 매시간별 동시 관측수위를 기록하고 있는 유역내 24개 수위관측점(T/M국)중 수위-유량관계 곡선식이 구비되어 있는 6개 관측점의

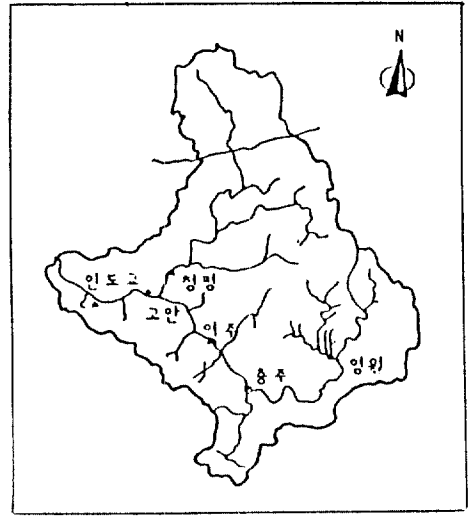


그림 1. 한강유역의 대상 Telemeter 수위관측점 위치도

1975-1988년(14개년)간 매시간 단위의 동시 관측수위를 대상으로 하였다. 기본자료의 수집은 우선 유역내에 댐과 같은 수공구조물의 인위적인 유량조절에 의해 각 관측점의 홍수량이 다수의 여러 호우기간동안 유역의 최원점 출구인 인도교 관측점으로 결국 유하되는 연유로, 기록년간 다수의 호우사상중 인도교 관측점에서 최대 홍수위를 기록한 단일 호우사상을 매년별로 선정하여 각 관측점 공히 이 단일 호우사상의 호우기간을 기준으로 하였다. 또한 본 연구의 해석 목적에 부합되게끔 한강 홍수 통제소의 한강 홍수 예경보^(14,15)와 한국 수문조사년보 및 한국 수문조사서^(17,18)를 참고로 부분 기간치 계열의 연 초과치 계열 홍수위 자료로 적출하여 수집 정리하였다.

한강유역의 인도교 관측점에서 매년 발생한 최대 홍수위 기록 현황은 표 1과 같다.

2.2.2 수위-유량관계곡선식 및 홍수량자료 정리

수위자료를 유량자료로 환산하기 위해서는 해당 수위관측점의 수위-유량 관계곡선식이 필요하다. 따라서 각 대상 관측점별로 현재까지 발표된 수위-유량 관계곡선식을 모두 수집 정리하여 그 관계 곡선식이 여러개 발표된 관측점의 경우에는 각 관측점의 변동 내역을 파악하여 시기별로 분류하고 선정 호우사상의 해당년도식으로 사용하였다.

표 1. 인도교 관측점의 선점호우사상 및 최대 홍수위 기록 현황

호우사상기간	최대홍수위(m)	최대홍수위 발생일시	비 고
1975. 7.24 - 8. 9	7.45	7월 26일 01시	인도교
1976. 8.12 - 8.20	8.41	8월 15일 06시	지정홍수위 : 4.5m
1977. 6.29 - 7.13	4.28	7월 9일 18 - 21시	
1978. 7. 9 - 7.22	5.71	7월 13일 05시	
1979. 7.30 - 8. 9	7.98	8월 6일 09시	
1980. 7.19 - 7.25	7.72	7월 23일 09 - 10시	
1981. 8.29 - 9. 4	8.12	9월 2일 11시	
1982. 8.13 - 8.16	4.99	8월 15일 17시	
1983. 7.29 - 8. 2	4.23	8월 2일 03시	
1984. 8.27 - 9. 8	11.03	9월 2일 20시	
1985.10. 9 - 10.14	4.58	10월 13일 14시	
1986. 8.26 - 8.31	5.05	8월 29일 16시	
1987. 7.26 - 7.30	7.00	7월 27일 13시	
1988. 7.19 - 7.25	5.46	7월 21일 04시	

또한 수집 정리된 관측점별 연초과치 계열의 홍수위 자료를 수위-유량 관계곡선식에 해당년도별로 적용하여 환산한 홍수량을 본 연구의 해석을 위한 기본자료로서 사용하였다. 이 홍수량 자료를 홍수빈도해석을 위한 POT모형의 기본자료로 이용하기 위해 연초과치 계열(POT모형자료)로 재정리하였다.

3. 홍수빈도해석 모형의 이론적 배경

홍수빈도해석에 있어서 보다 정확하고 합리적인 분석을 위해 광범위하고 종합적인 통계학적 분석방법이 필요하며 이를 바탕으로 지역적으로 상호 균형된 홍수량 추정이 요구된다. 홍수량 빈도해석을 위한 유용한 방법으로는 홍수량(Q)과 재현기간(T) 간의 관계를 추정할 수 있는 통계학적 모형인 Time Series(TS)model, Peaks Over a Threshold(POT) model, Annual Maximum (ANNMAX)model이 있다.⁽¹⁰⁾

본 연구에서는 자료의 기록년수가 비교적 짧은 경우에 유용하게 적용되고, 또한 작업이 간단하면서 결과가 정확한 것으로 알려진 통계학적 방법인 POT모형을 사용하여 홍수빈도해석을 실시하였다.

3.1 기본이론

POT모형은 부분기간치계열의 연초과치계열 자료를 대상으로 하며 어떤 지정된 특정수위를 초과하는 모든 첨두유량을 나열한 후에 지정된 수위를 초과하는 첨두유량의 횟수(M)를 자료의 기록년수(N)로 나누어 초과율(λ)을 구한다.

초과율은 일정기간 동안에 지정된 특정수위를 초과하는 첨두유량의 횟수를 구하는데 사용된다. 즉 $\lambda = M/N$ 이다.

POT모형에서 어떤 지정된 특정 첨두유량(threshold) q_0 를 초과하는 모든 첨두유량의 분포는 다음과 같이 조건분포(conditional distribution)로 나타낼 수 있다.

$$PR(A \cdot B) = PR(A/B) PR(B) \quad (1)$$

여기에서, PR(A · B) : A와 B사상이 다함께 발생할 결합확률

PR(A/B) : B사상이 발생한 후 A사상이 발생할 조건부 확률

PR(B) : B사상이 발생할 확률

식(1)에서 첨두유량의 조건분포는 다음 식과 같이 지수형태로 표현 가능하다.

$$F(Q \leq q/q \geq q_0) = 1 - e^{-(q-q_0)/\beta} \quad (2)$$

또는 $PR(A/B) = PR(Q \leq q/q \geq q_0) = e^{-(q-q_0)/\beta}$ (3)

- 여기에서, q : 첨두유량(peak flow)
- q_0 : 기준유량(threshold flow)
- β : 축척 매개변수(scale parameter)
- A, B : q_0 를 초과하는 첨두유량의 발생사상(횟수)

상기와 같은 지수함수식은 연최대치자료 계열을 대상으로 하는 Type I 극치분포(Type I extreme value distribution)에도 부합된다.

3.2 모형의 유도

POT모형은 특정 기준유량(threshold flow)의 초과횟수와 크기로 부터 홍수량을 추정하는 대안적인 방법으로 연 또는 계절내 시간장경의 초과율 분포의 균등함 여부에 따른 가정, 즉 매년 특정기준유량 이상의 첨두치 횟수가 취급되는 방법에 따라 그 적용 모형이 다르다.^(1,2,4,6)

본 연구에서는 단기간 기록년의 자료만이 입수가 가능한 현 여건을 감안하여 매우 유용하면서 정확한 결과를 주고, 또한 홍수빈도해석상의 수문자료 시 계열 구성에도 부합되는 모형을 사용하였다.

$P_0, P_1, P_2, \dots, P_i$ 를 1년에 각각 threshold flow(q_0) 이상을 초과할 0, 1, \dots, i 의 확률이라 할 때 i 첨두가 1년에 q_0 를 초과하고 그중에서 $q \geq q_0$ 인 첨두유량이 r 회 발생할 확률은 다음과 같다.

$$PR(r \text{ peaks} > q/i) = \left[\begin{matrix} i \\ r \end{matrix} \right] (PR(A/B))^r (1-PR(A/B))^{i-r} \quad (4)$$

또한 q 보다 큰 r 첨두는 $r \leq i$ 경우에 어떤 i 값으로서 발생하므로 1년에 q 를 초과하는 첨두유량이 r 회 발생할 비조건 확률은 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} PR(r \text{ peaks} > q) &= \sum_{i=r}^{\infty} PR(r \text{ peaks} < q/i) P_i \\ &= \sum_{i=r}^{\infty} \left[\begin{matrix} i \\ r \end{matrix} \right] (PR(A/B))^r (1-PR(A/B))^{i-r} P_i \\ &= \sum_{i=r}^{\infty} \left[\begin{matrix} j+r \\ r \end{matrix} \right] (PR(A/B))^r (1-PR(A/B))^{j+r-r} P_{j+r} \quad (5) \end{aligned}$$

한편 1년에 threshold flow(q_0)를 초과하는 첨두유량의 발생횟수는 포아송 변량(Poisson variate)으로

서 표현된다.

즉,

$$P_i = \frac{e^{-\lambda} \lambda^i}{i!} \quad (6)$$

식(5)에 P_{j+r} 을 대입하면

$$\begin{aligned} PR(r \text{ peaks} > q) &= \sum_{j=0}^{\infty} \left[\begin{matrix} j+r \\ r \end{matrix} \right] (PR(A/B))^r (1-PR(A/B))^j \left[\frac{e^{-\lambda} \lambda^{j+r}}{(j+r)!} \right] \\ &= \frac{e^{-\lambda} \lambda^r}{r!} (PR(A/B))^r \sum_{j=0}^{\infty} \frac{\lambda^j (1-PR(A/B))^j}{j!} \\ &= \frac{e^{-\lambda} \lambda^r PR(A/B)^r}{r!} e^{\lambda(1-PR(A/B))} \\ &= \frac{e^{-\lambda PR(A/B)} [\lambda PR(A/B)]^r}{r!} \quad (7) \end{aligned}$$

식(7)은 q_0 보다 큰 첨두유량 q 를 초과하는 첨두유량의 횟수 분포도 역시 매개변수 $\lambda PR(A/B)$ 를 가진 Poisson 분포임을 보여주고 있고, 이러한 Poisson variate의 성질로 인해 λT 년동안 q 를 초과하는 첨두유량의 발생횟수도 평균 $\lambda T PR(A/B)$ 인 Poisson variate이다. 즉,

$$\lambda T PR(A/B) = 1 \quad (8)$$

또는 식(2),(3)에 식(8)을 $PR(A/B)$ 에 대해 대입하면

$$F(Q \leq Q_T / Q_T \geq q_0) = 1 - \frac{1}{\lambda T} \quad (9)$$

또한 $F(Q \leq Q_T / Q_T \geq q_0)$ 가 지수일 때 식(9)는 다음과 같이 된다.

$$Q_T = q_0 + \beta \ln \lambda + \beta \ln T \quad (10)$$

식(10)과 같은 확률이론의 POT모형을 사용하여 재현기간 T 년 홍수량을 구하기 위해서는 다음과 같은 매개변수의 산정이 필요하다.

$$\hat{q}_0 = \frac{M q_{\min} - \bar{q}}{M - 1} = q_{\min} - \frac{\hat{\beta}}{M} \quad (11)$$

$$\hat{\beta} = \frac{M(\bar{q} - q_{\min})}{M - 1} \quad (12)$$

- 여기에서, \hat{q}_0 : 위치 매개변수(location parameter)
- $\hat{\beta}$: 척척 매개변수(scale parameter)
- \bar{q} : 자료계열집단의 평균치
- Q_{min} : 자료계열집단의 최소치(threshold flow)
- M : 자료의 갯수(발생횟수) ($M = N\lambda$)
- N : 자료의 기록년수

그러므로 위와 같은 매개변수 산정식을 사용하여 재현기간 T년 홍수량 Q_T 의 추정치는 다음 식으로부터 얻어진다.

$$\hat{Q}_T = \hat{q}_0 + \hat{\beta}(\ln\lambda + \ln T) \quad (13)$$

4. 모형의 적용 및 검증

4.1 침투유량의 분포

POT모형에 적용되는 침투유량의 지수분포에 대한 변환변량(reduced variate) y의 도시위치(plotting position)는 다음 식으로부터 얻어진다.

$$y_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^i \frac{1}{M+1-j}} \quad (14)$$

여기에서, M : 자료의 갯수($M = N\lambda$)

본 연구에서 변환변량 y의 개개치들이 표본자료의 하단부(lower end)에서 근사하게 밀집되어 집중분포되므로 도시(plotting)의 편의상 침투홍수량과 대응하는 y값을 계산하여 자료집단의 순위별 평균치로써 도시한 결과 침투홍수량자료 모두 지수분포(exponential distribution)에 일치함을 알 수 있었다.

그림 2, 3, 4에 분량상 인도교 관측점에 대해서만 침투홍수량 자료의 적합성을 나타내었다.

4.2 매개변수 결정

POT모형에 의한 침투유량(홍수량)의 빈도 및 크기를 추정하기 위하여 식(11)과 (12)를 사용하여 각 6개 관측점의 척척 및 위치매개변수를 구하여 그 결과를 표 2에 수록하였다.

4.3 재현기간별 홍수량 Q_T 추정

재현기간 및 관측점별 홍수량은 식(13)을 이용하여 각 관측점에 대한 홍수량을 재기년(빈도)과 결

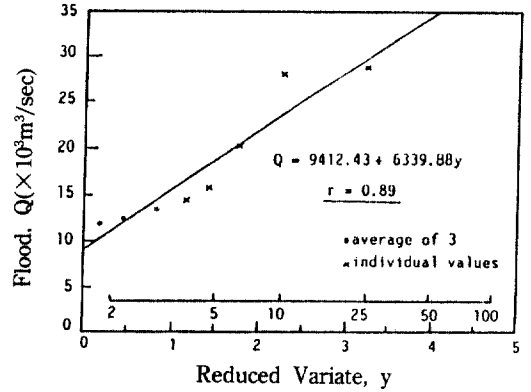


그림 2. 침투홍수량의 지수분포에 대한 도시위치도(인도교: $\lambda=1$)

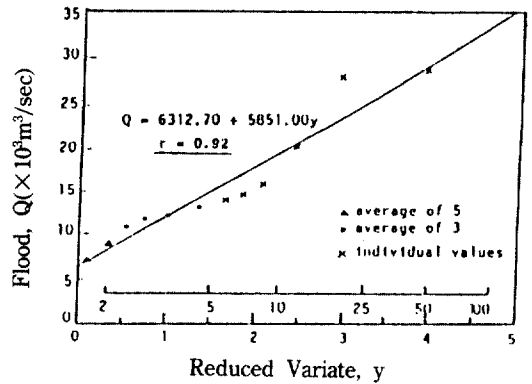


그림 3. 침투홍수량의 지수분포에 대한 도시위치도(인도교: $\lambda=2$)

부시켜 초과확률(재현기간)별로 구하였으며 그 결과는 표 3에 수록하였다.

4.4 평균 연홍수량($Q_{2.33}$) 산정

일반적인 홍수빈도해석 방법인 지표 홍수량법(index-flood method)에서의 평균 연홍수량 ($Q_{2.33}$)은 각 관측점의 홍수량 빈도곡선을 극치 확률지 상에 작성한 연후에 재현기간 2.33년에 해당하는 홍수량을 찾아서 구한다.⁽⁷⁾ 여기서 $T=2.33$ 년을 사용하는 이유는 관측된 연최대치자료계열의 평균인 연평균 사상이 재현기간 2.33년에 발생함이 실험적으로 증명되었기 때문이다.⁽³⁾

본 연구에서는 각 관측점에 대한 재현기간별 홍수량 추정식(13)에 의해 다음과 같이 간단하게 산정할 수 있다.

표 2. 관측점별 매개변수 값

매개변수	초과율 (λ)	관측점					
		인도교	고안	여주	청평	충주	영월
β	1	4292.0	5436.0	3558.8	3023.9	1840.0	2154.6
	2	5889.3	4248.1	3141.9	3167.1	2578.8	1441.9
	3	5773.3	4554.8	2572.9	2670.3	2217.6	1103.8
q̂ ₀	1	11653.7	7616.9	4388.3	4873.0	4238.6	1573.8
	2	6504.7	5694.0	2733.0	2680.9	1620.8	1017.6
	3	4334.6	3455.6	2190.7	2010.4	1013.4	874.9

표 3. 한강유역 수위 관측점의 재현기간별 홍수량 추정치(Q̂_T)

(단위 : CMS)

관측점	초과율(λ)	초과 확률 (P), %						
		50	20	10	4	2	1	0.5
		재현 기간 (T), yrs.						
		2	5	10	25	50	100	200
인도교	1	14628.7	18561.4	21536.4	25469.1	28444.1	31419.0	34394.0
	2	14669.0	20065.4	24147.6	29543.9	33626.1	37708.3	41790.4
	3	14670.0	19969.1	23970.8	29260.9	33262.6	37264.4	41266.2
고안	1	11384.9	16365.8	20133.7	25114.6	28882.5	32650.5	36418.4
	2	11583.1	15475.6	18420.2	22312.7	25257.3	28201.9	31146.4
	3	11616.6	15790.1	18747.3	23120.8	26277.9	29435.0	32592.1
여주	1	6855.1	10115.9	12582.7	15844.2	18311.0	20777.1	23243.8
	2	7088.5	9967.4	12145.1	15024.0	17201.7	19379.5	21557.3
	3	6800.7	9158.3	10941.7	13299.2	15082.6	16866.0	18649.4
청평	1	6969.9	9739.8	11835.8	14606.5	16702.5	18798.5	20894.5
	2	7071.5	9973.5	12168.7	15070.7	17266.0	19461.3	21656.6
	3	6795.0	9241.8	11092.7	13539.5	15390.5	17241.4	19092.3
충주	1	5514.0	7200.0	8475.0	10161.3	11436.7	12712.1	13987.5
	2	5195.8	7558.7	9346.2	11709.1	13496.6	15284.1	17071.6
	3	4986.8	7018.8	8559.9	10587.9	12125.0	13662.1	15199.2
영월	1	3067.2	5041.5	6534.9	8509.2	10002.6	11496.1	12989.6
	2	3016.5	4337.7	5337.1	6658.3	7657.8	8657.2	9659.7
	3	2852.6	3864.0	4629.1	5640.5	6405.6	7170.7	7935.8

$$\hat{Q}_{2.33} = \hat{q}_0 + \hat{\beta}(\ln\lambda + \ln 2.33) \quad (15)$$

식(15)에 의한 각 관측점의 평균 연홍수량 추정치(Q̂_{2.33}) 및 재현기간별 홍수량 추정치(Q̂_T)와 평균 연홍수량 추정치(Q̂_{2.33})와의 비(Q̂_T/Q̂_{2.33})를 표 4에 나타내었다.

4.5 모형의 적합성 검증

본 연구에서의 모형의 적합성 검증은 관측치와 계산치간의 차이를 자승하여 합산하는 통계학적 기준의 평가수단인 상관계수, 표준편차, 분산, 표준오차 등을 계산하는 통계학적 방법중에서 표본분산(sam-

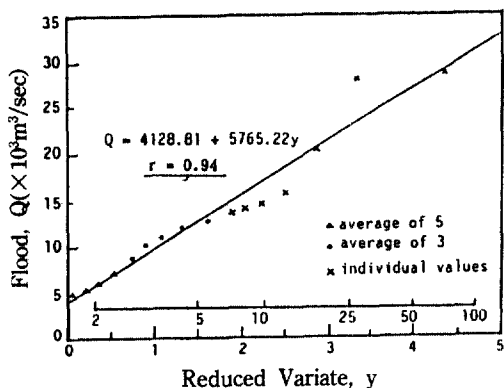


그림 4. 첨두홍수량의 지수분포에 대한 도시위치도(인도교: $\lambda=3$)

pling variance) 및 표준오차(standard error)를 구하여 그 적합성의 여부를 검토하였다. 본 POT모형에서의 표본분산 및 표준오차 산정식은 다음과 같다.

$$\text{Var } \hat{Q}_T = \frac{\hat{\beta}^2}{N} \left[\frac{(1 - \ln\lambda - \ln T)^2}{N\lambda - 1} + \frac{(\ln\lambda + \ln T)^2}{\lambda} \right] \quad (16)$$

표 4. 관측점 및 재현기간별 홍수량 추정치(\hat{Q}_T)와 평균 연홍수량($\hat{Q}_{2.33}$)의 비

관측점	λ	$\hat{Q}_{2.33}$	재현 기간 (T), yrs						
			2	5	10	25	50	100	200
인도교	1	15285.2	0.96	1.21	1.41	1.67	1.80	2.06	2.25
	2	15568.5	0.94	1.29	1.55	1.90	2.16	2.42	2.68
	3	15560.7	0.94	1.28	1.54	1.88	2.14	2.39	2.65
고안	1	12215.0	0.93	1.34	1.65	2.06	2.36	2.67	2.98
	2	12231.9	0.95	1.27	1.51	1.82	2.06	2.31	2.55
	3	12312.3	0.94	1.28	1.52	1.88	2.13	2.39	2.65
여주	1	7398.6	0.93	1.37	1.70	2.14	2.47	2.81	3.14
	2	7568.4	0.94	1.32	1.60	1.99	2.27	2.56	2.85
	3	7193.7	0.95	1.27	1.52	1.85	2.10	2.34	2.59
칭평	1	7430.8	0.94	1.31	1.59	1.97	2.25	2.53	2.81
	2	7555.1	0.94	1.32	1.61	1.99	2.29	2.58	2.87
	3	7202.8	0.94	1.28	1.54	1.88	2.14	2.39	2.65
충주	1	5795.0	0.95	1.24	1.46	1.75	1.97	2.19	2.41
	2	5589.6	0.93	1.35	1.67	2.09	2.41	2.73	3.05
	3	5325.5	0.94	1.32	1.61	1.99	2.28	2.57	2.85
영월	1	3396.3	0.90	1.48	1.92	2.51	2.95	3.38	3.82
	2	3236.7	0.93	1.34	1.65	2.06	2.37	2.67	2.98
	3	3021.2	0.94	1.28	1.53	1.87	2.12	2.37	2.63

또는

$$\text{Var } \hat{Q}_T = \frac{\hat{\beta}^2}{N} PD^2(T, \lambda, N) \quad (17)$$

$$\text{Standard Error (SE)} = \sqrt{\text{Var } \hat{Q}_T} \quad (18)$$

식(17), (18), (19)를 이용하여 구한 POT모형의 표준오차는 다음 표 5와 같고 그 산정치가 비교적 양호하므로 본 모형의 적용성이 적합 타당한 것임을 확인할 수 있었다.

4.6 결과 분석 및 비교 고찰

한강유역내 동일 수위 관측점에 대해 한강 홍수 통제소의 통계해석결과⁽¹⁶⁾와 본 연구의 POT모형에 의한 재현기간별 홍수량 추정치를 비교하여 인도교 관측점의 경우만 홍수 빈도 곡선으로 도시한 것이 그림 5와 같다.

이상의 본 연구결과를 종합 고찰해 보면, 표 3의 각 관측점에서 재현기간별 홍수량의 추정치가 λ 값에

표 5. 관측점 및 재현기간별 $\hat{Q}(T)$ 의 표준오차

(단위 : %)

관측점	λ	재현 기간 (T), yrs						
		2	5	10	25	50	100	200
인도교	1	5	10	12	15	16	17	18
	2	10	13	14	15	15	16	16
	3	11	12	13	13	13	14	14
고 안	1	9	14	17	19	20	21	22
	2	10	12	13	14	15	15	16
	3	11	12	13	13	14	14	14
여 주	1	10	15	18	20	21	22	22
	2	12	14	15	16	16	16	17
	3	10	12	12	13	13	14	14
칭 평	1	8	13	16	18	19	20	21
	2	12	14	15	16	16	16	17
	3	11	12	13	13	14	14	14
충 주	1	6	11	13	16	17	18	19
	2	13	15	16	16	17	17	17
	3	12	13	14	14	14	14	15
영 월	1	13	18	21	22	23	24	24
	2	13	15	15	16	17	17	17
	3	11	12	13	13	13	14	14

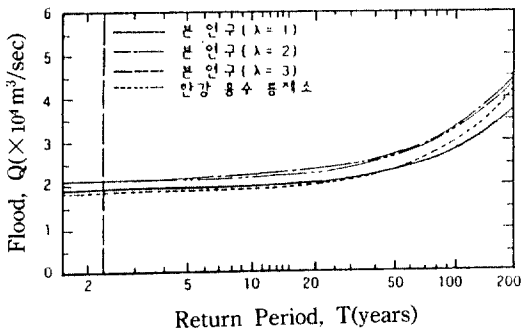


그림 5. 홍수빈도곡선의 비교(인도교)

따라 어느정도 차이 있음은 대상 관측점의 적용자료가 유역내 댐과 같은 수공구조물의 인위적 유량조절 효과를 감안하여 인도교 관측점에서 최대홍수위를 기록한 호우기간을 기준으로 매년별 각 관측점 공히 부분기간치 계열의 연초과치($\lambda=1$)과 비년초과치 계열($\lambda=2, \lambda=3$) 홍수위 자료로 적출하여 선

정되었고, $\lambda=M/N$ 의 관계에서 λ 의 증가는 M의 증가, 즉 통계년수의 증가를 가져오기 때문에 자료집단내 홍수유량 크기의 변동폭이 그 만큼 커지는 연유에 기인된 것으로 판단된다. 특히 영월 관측점의 경우에는 남한강 상류부에 위치하면서 여타 5개 관측점과는 달리 홍수유량의 흐름특성이 다른 인위적 유량조절 효과를 받지 않는 자연하천유역에서의 관측점 유량이었고, 충주 관측점도 1985년 충주댐의 완공으로 수위표 관측점이 1984년 문막으로 이전되어서 1984년 이후의 수위 및 수위-유량 관계곡선식을 문막자료로 사용하여서 두 관측점 모두 λ 및 M의 증가에 따라 홍수유량의 크기의 변동폭이 더욱 컸기 때문인 것으로 생각된다. 이와같은 사실은 홍수빈도해석시에 하천수계내 인위적 유량조절 효과의 유무에 따라 적용대상 관측점이 구분되어 해석되어야 하고, 수문자료의 동질성 및 일관성을 충족토록 자료치계열이 구성되어야 함을 반증하고 있다. 또한

관측점 및 재현기간별 홍수량 추정치나 λ 값에 따라 단기간보다는 오히려 장기간의 재현기간에서 대체로 큰 차이를 보이고 있음은 본 연구의 POT모형이 단기간 재현기간의 홍수량 측정에서 더욱 신뢰도 있는 결과를 주는 것으로 평가할 수 있고 이는 모형의 적합성 검증에서도 확인되고 있다.

한편, 그림 5에서 본 연구결과가 한강홍수통제소의 통계해석 결과와 어느정도 차이를 가지면서 대체로 큰값을 보이고 있는데 이는 자료 기록년수가 각 관측점 공히 동일 기간의 자료가 아니며, 최근의 극치 호우사상이 포함되지 않은 자료 수집기간의 차이 및 해석 방법과 수위-유량 관계곡선식의 적용 등의 상이함에 기인된 것으로 판단된다. 따라서 본 연구 결과는 이상기후로 인한 강우량 증가 및 극치 호우사상의 최대발생 추세로 미루어 보아 치수 방재면에서 설계 홍수량 설정기준이 될 수 있을 것으로 사료되며, 앞으로 보다 많은 자료 기록년수 및 관측망의 확충 등 포괄적인 자료 수집과 아울러 중소하천유역의 홍수예경보 확대, 댐수문조작 가능한 다목적댐 증설, 한강하류부 개발 및 골재채취 등으로 인한 수위-유량관계곡선 및 하상변동에 대한 검토와 같은 지역적으로 균형있고 종합적인 연구가 요망된다.

5. 결 론

본 연구는 국내 한강유역의 6개 수위 관측점(T/M국)에 대해 단기간 기록년수의 홍수량 자료를 홍수빈도해석 모형인 POT모형에 적용하여 빈도해석을 실시함으로써, 모형의 적용성을 검토한 내용으로 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 단기간 기록년수의 홍수량자료를 POT모형에 적용하여 비교적 정확한 재현기간별 지점 홍수량 및 평균 연홍수량을 추정할 수 있다.

2) 재현기간별 홍수량 추정치 결과로 부터 본 POT모형의 적용성을 검토한 바, 그 적합성이 입증되었으며 그 적용방법이 매우 간편하여 단기간의 수문자료 보유 지점의 홍수량 추정에 쉽게 이용할 수 있다.

3) 본 연구 결과는 하천유역의 지점별 홍수량의 빈도 및 크기를 제시하여 수공구조물의 계획 설계에

기준이 될 수 있을 것으로 사료되며, 앞으로 보다 많은 관측점의 확충과 자료수집 및 관측점들의 수위-유량 관계식 또는 관계곡선이 구비되면 지역빈도해석에 의해 유역내 미계측 지점에 대한 설계홍수량을 추정할 수 있는 통계학적 모형을 유도할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 1991년도 한국 과학 재단의 연구비 지원에 의하여 수행되었기에 동재단에 심심한 차의를 표합니다.

참 고 문 헌

1. Askar, F. and Rousselle, J., "Some Remarks on the Truncation Used in Partial Flood Series Models", *WRR*, 19, PP. 477 - 480, 1983.
2. Askar, F. and Rousselle, J., "Partial Duration Series Modelling Count", *J. Hydrol.*, 90, PP. 135 - 144, 1987.
3. Benson, M.A., "Characteristics of Frequency Curves Based on a Theoretical 1000 yr. Record", U. S. Geological Survey Water Supply Paper, 1543 - A, P. 51073, 1960.
4. Buishand, T. A., "The Partial Duration Series Method with Fixed Number of Peaks", *J. Hydrol.*, 109, PP. 1 - 9, 1989.
5. Borgman, L. E., "Risk Criteria, Journal of the Waterways and Harbours Division", *Proceedings of the ASCE*, Vol.89, PP. 1 - 35, 1963.
6. Cunnane, C., "A Note on the Poisson Assumption in Partial Duration Series Models", *WRR*, 15(2), PP. 489 - 494, 1979.
7. Hann, C. T., *Statistical Methods in Hydrology*, Iowa State Univ. Press, Ames, 2nd ed., 1979.
8. Kendall, M. G. and Stuart, A., *The Advanced Theory of Statistics*, Vol.1, PP. 231 - 232, Vol. 2, PP. 522 - 527, Charles Griffin and Co., London, 1961.
9. Kottegoda, N. T., *Stochastic Water Resources Technology*, London, MacMillan Press, 1980.
10. Natural Environment Research Council, *Flood Studies Report*, Vol. 1 : Hydrological Studies, London, 1975.

11. Shane, R. M. and Lynn, W. R., "Mathematical Model for Flood Risk Evaluation", *Journal of the Hydraulics Division, Proceedings of the ASCE*, HY 6, 90, PP.1 - 20, 1964.
12. Todorovic, P. and Zelenhasic E., "A Stochastic Model for Flood Analysis", *WRR.*, 6, PP. 1641 - 1648, 1970.
13. Yevjevich, V., *Probability and Statistics in Hydrology*, Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, 1972.
14. 건설부 한강홍수 통제소, **한강홍수자료집**, 1983.
15. 건설부 한강 홍수 통제소, **한강홍수에경보**, 1984 - 1988.
16. 건설부 한강 홍수 통제소, **한강홍수에경보**, 1986.
17. 건설부 한강 홍수 통제소, **한국수문조사서** (우량, 수위 ; 1979 - 1988), 1989.
18. 건설부, **한국 수문 조사 년보**, 1975 - 1985.
19. 김 량, 김영하, 정동국, 고재용, 윤용남, "1990년 충주댐 유역 홍수분석", **제11회 한국댐학회 학술 발표회 논문집**, PP. 1 - 63, 1991.
20. 고재용, "한국 하천 홍수유량의 빈도분석에 관한 연구", **대한토목학회지**, 제 25권 제 4호, PP. 95 - 102, 1977.
21. 양동윤, 고재용, "유역특성으로 부터 확률홍수량의 유도에 관한 연구", **한국수문학회지**, 14(3), PP. 37 - 46, 1981.
22. 이원환, "우리나라 지점강우의 수문통계학적 특성에 관한 연구", **대한토목학회지**, 22(1), PP. 1- 20, 1974.
23. 이원환, **수문학**, 문운당, 1989.
24. 윤용남, **공업수문학**, 청문각, 1989.

(接受 : 1992. 3. 30)