

< 논 문 >

洪水 頻度 豫測을 위한 統計學的 模型

The Statistical Model for Predicting Flood Frequency

慮 載 植* 李 吉 春**

NOH, Jae Sik · LEE, Kil Choon

Abstract □ This study is to verify the applicability of statistical models for predicting flood frequency at the stage gaging stations selected by considering whether the flow is natural condition in the Han River basin. From the result of verification, this statistical flood frequency models showed that is fairly reasonable to apply in practice, and also were compared with sampling variance to calibrate the statistical efficiency of the estimate of the T year flood Q(T)

by two different flood frequency models. As a result, it was showed that for return periods greater than about T=10 years the annual exceedance series estimate of Q(T) has smaller sampling variance than the annual maximum series estimate. It was showed that for the range of return periods the partial duration series estimate of Q(T) has smaller sampling variance than the annual maximum series estimate only if the POT model contains at least 2N (N: record length) items or more in order to estimate Q(T) more efficiently than the ANNMAX model.

요 지: 본 연구는 한강유역내 수위표지점 중에서 댐에 의한 인위적 유량 조작을 받지 않는 자연하천유역에서의 지점들을 대상으로 홍수빈도예측을 위한 통계학적 모형의 적용성을 비교 검토하였고 그 결과 적용 가능한 것으로 입증되었다. 또한 홍수빈도모형에 의한 홍수추정량으로부터 모형의 통계학적 효용성을 검토한 결과, 단기간 기록년수의 자료에서 유용한 부분기간치제열 방법에 의한 POT모형이 연최대치제열 방법에 의한 ANNMAX모형보다 효과적임이 판명되었다.

1. 서론

수자원개발계획 및 설계를 위해서는 정확하고 합리적인 하천홍수량의 추정은 하나의 주요과제로서 하천 정비 및 수공구조물의 최적규모결정 등의 기본자료가 될 뿐 아니라 경제성과 안정성을 평가함에 있어 매우 중요한 인자이다. 이와같이 그 중요성이 한층 인식되어 온 하천홍수량에 확률개념을 도입한 설계홍수량은 모든 수문학적 설계 및 계획에 있어서 편리한 수단을 제공하고 있으나 홍수를 유발하는 호우사상의 크기

및 발생시기는 수학적으로 명확하게 구명되지 못하는 한 이들의 결정은 결국 홍수발생확률 또는 빈도에 의존케 된다.

이미 여러나라에서 홍수빈도 및 크기 결정을 위한 각종의 빈도해석법들이 널리 이용되고 있지만 해석방법 및 관측자료의 부족, 측정오차 등의 이유로 인해 지역마다 상이하고 불합리한 결과를 가져오기도 한다. 한편 국내에서의 빈도해석에 의한 설계홍수량 추정은 실측자료의 부족으로 인해 비교적 장기간의 측정자료가 있는 강수량에 의한 빈도해석 결과를 이용하는 간

* 경희대학교 대학원 토목공학과

** 경희대학교 토목공학과 교수

접적인 수단이었거나, 또는 그동안 축적된 실측자료 들로써 단편적인 홍수빈도 해석이 수행되어왔다. 그러나 아직까지 수문통계학적 해석에 필요한 장기간의 자료와 관측망의 밀도 및 수위-유량 관계 곡선 등의 미흡으로 인해 활발한 연구가 부진한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 한강유역내의 기존 수위 관측 지점 중에서 실측자료 및 수위-유량 관계 곡선이 구비 되어 있고, 각 지점 공히 동일 기록년을 보유하고 있으면서 댐에 의한 인위적인 유량조작을 받지 않는 자연하천유역에서의 수위표 지점들을 대상으로 자료치 계열 추출방법에 근거한 통계학적 모형을 제시하고 그 적용성과 통계학적 효용성을 검토하고자 한다. 아울러 본 모형에 의한 국내 하천유역의 지점별 홍수량 크기 및 빈도의 추정치를 바탕으로 지역 빈도해석을 실시하여 미계측 지점에서의 홍수빈도예측을 위한 지역화 회귀모형 개발의 토대 마련에 목적이 있다.

2. 이론적 배경

2.1 모형의 개요

홍수빈도해석에 있어서 보다 정확하고 합리적인 분석을 위하여서는 광범위하고 종합적인 통계학적 분석이 필요하며 이를 바탕으로 지역적 상호균형된 홍수추정이 요구된다. 이러한 홍수량(Q)과 재현기간(T)간의 관계 추정은 원가비용절감분석(cost benefit analysis) 및 홍수보험 (flood insurance) 등 수경제 분석(hydroeconomic analysis)에서 뿐만 아니라 댐, 교량, 암거, 홍수조절 구조물 설계, 홍수조절 계획의 경제적 타당성 결정 등 수많은 공학적 목적에도 필요하다. 홍수기록으로부터 Q-T 관계를 추정하기 위한 홍수량 빈도 해석 방법으로는 부분기간치계열(partial duration series)방법, 연최대치계열(annual maximum series)방법, 시계열(time series)방법에 근거한 3개 유형의 통계학적 모형이 있다(NERC, 1975).

(a) 부분기간치계열 모형(Partial Duration Series Model), POT 모형(Peaks Over a Threshold Model)

(b) 연최대치계열 모형(Annual Maximum Series Model), ANNMAX 모형

(c) 시계열 모형(Time Series Model), TS 모형
 POT 모형에서의 빈도분포는 어떤 특정 기저(base) 또는 threshold값(q_0)을 초과하는 모든 홍수량 자료 계열에 적합하고, ANNMAX 모형에서는 연최대 홍수량 계열에 적합하며, TS모형은 일유량 자료에 적합한다. 장기간의 일유량 자료의 합성결과는 Q-T 관계로부터 얻어진다(O'Donnel, 1970 ; Quimpo, 1968). 또 다른 최근 방법은 crossing 이론으로 부터의 몇몇 결과를 이용하는 것들이 있다(Mejia, 1971). 이와같은 방법들의 이론적 비교 판단기준은 동일한 통계학적 조건하에서 Q-T 관계의 매개변수를 추정하는 방법에 따른 효용성에 있다고 할 수 있다.

2.2 모형의 확률분포 이론

POT 모형은 부분기간치 계열 자료를 대상으로 하며 어떤 지정된 특정 침두유량(threshold) q_0 를 초과하는 모든 침두유량의 분포와 침두유량의 발생횟수를 다음과 같이 표현할 수 있다.

(1) 매년 threshold q_0 를 초과하는 침두홍수량의 무작위 발생횟수 k' 은 평균 $k(=\lambda q_0)$ 인 포아송 분포(Poisson distribution)이며 그 확률은 다음과 같다.

$$PR(K'=k') = \exp(-k) \frac{k^{k'}}{k'!}, \quad k' = 0, 1, \dots \quad (1)$$

(2) threshold q_0 를 초과하는 침두홍수량 Q_i 는 독립변수이고 매개변수 q_0 와 β 를 가진 지수분포(exponential distribution)이다.

$$PR(Q_i > q \mid Q_i \geq q_0) = e^{-(q-q_0)/\beta} \quad (2)$$

한편 ANNMAX 모형의 경우에는 연최대홍수량이 q_0 보다 작을 수도 있고, 식(1)과 (2)에 대한 연최대 분포는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$PR(Q_{max} < q_0) = \exp(-k) \quad (3)$$

$$PR(Q_{max} < q) = \exp(-\exp(-q-u)/\alpha) = \exp[-\exp(-y)], \quad q > q_0 \quad (4)$$

$$\text{여기서, } \alpha = \beta \quad (5)$$

$$u = q_0 + \beta(\ln k + y(T)) \quad (6)$$

$$y(T) = -\ln[-\ln(1-1/T)] \quad (7)$$

이고 표준화된 또는 변환된 Gumbel분포의 (1/T x 100%)점이다.

2.3 모형의 Q(T) 추정량

재현기간 T년 홍수량 Q(T)는 매개변수(u, α) 또는 (q₀, β, k)에 관하여 표현될 수 있다. 연최대치계열은 (u, α)의 추정치를 유도하기 위해 사용되며 Q(T)를 연최대치계열로부터 얻어진 추정량임을 나타내는 Q(T)_{AM}으로 치환할 수 있고, 반면에 부분기간치계열은 (q₀, β, k)의 추정치를 얻기 위해 사용될 수 있는데 부분기간치계열로부터 얻어진 추정량임을 나타내는 Q(T)_{PD}로 치환 가능하다.

2.3.1 Q(T)_{AM} 추정량 및 표본분산 (sampling variance)

연최대치계열에 대한 재현기간 T년 홍수량 Q(T)를 추정하기 위한 ANNMAX 모형은 식(4)와 (6)으로부터 다음과 같이 표현된다.

$$Q(T)_{AM} = u + \alpha y(T) \quad (8)$$

여기서, u: 위치매개변수(location parameter)

α: 축척매개변수(scale parameter)

y(T): Gumbel 변환 변량(Gumbel reduced variate)

식(8)의 확률모형으로써 사용된 극치분포의 홍수빈도해석에서는 연최대치계열 자료 표본으로부터 매개변수 추정이 필요하고 그 추정식은 식(4)와 극치분포함수 F=F(x), x=x(F) 관계로부터 다음과 같이 성립된다(Greenwood, 1979).

$$x = u - \alpha \ln(-\ln F) \quad (9)$$

식(9)의 경우에는 두개의 확률 가중모멘트(Probability Weighted Moments)가 필요하고 기대치 E(x)의 최소 분산 불편향 추정량은 다음과 같이 나타낼 수 있다(Phien, 1987).

$$B_k = E [x F^k], \quad k = 0, 1 \quad (10)$$

또한

$$B_k = \{ u + \alpha [\ln(1+k)+\gamma] \} / (1+k) \quad (11)$$

따라서

$$B_0 = u + \gamma \alpha = E(x) \\ B_1 = \{ u + \alpha (\ln 2 + \gamma) \} / 2 \quad (12)$$

그러므로 α와 u의 PWM추정량은 다음과 같다.

$$\hat{\alpha} = (2b_1 - b_0) / \ln 2 \quad (13)$$

$$\hat{u} = b_0 - \gamma \alpha = b_0 - 0.5772 \alpha \quad (14)$$

여기서, b₀와 b₁은 B₀와 B₁의 추정량이므로

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N q_i \quad (15)$$

$$b_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (i-1) q_i / (N-1) \quad (16)$$

$$\gamma = \text{Euler's 상수} (= 0.5772)$$

그러므로 식(13)과 (14)의 매개변수 추정량으로써 재현기간 T년 홍수량 Q(T)의 최소분산 불편향(Minimum Variance Unbiased, MVU) 추정량은 다음식으로부터 얻어지고

$$\hat{Q}(\hat{T})_{AM} = \hat{u} + \hat{\alpha} y(T) \quad (17)$$

또한 그 표본분산은 다음식과 같다(Kimball, 1949).

$$\text{Var}(\hat{Q}(T)_{AM}) = \frac{\alpha^2}{N} \left\{ 1 + \frac{6}{\pi^2} (1-\gamma+y(T))^2 \right\} \quad (18)$$

또는

$$\text{Var}(\hat{Q}(T)_{AM}) = \frac{\alpha^2}{N} \left\{ 1 + 0.61(0.4228 + y(T)) \right\} \\ = \frac{\alpha^2}{N} \left\{ 1.11 + 0.52y(T) + 0.61y^2(T) \right\} \quad (19)$$

식(19)에서 우측항의 1/β식은 T에만 좌우되고 AM(T)로 치환될 수 있으므로 식(5)의 관계로부터 α = β이므로 다음식으로 간단히 표현 가능하다.

$$\text{Var}(Q(T)_{AM}) = \frac{\beta^2}{N} AM(T) \quad (20)$$

2.3.2 Q(T)_{PD} 추정량 및 표본분산(sampling variance)

부분기간치계열로부터 Q(T)를 추정하기 위해서는 모형의 매개변수 (q₀, β, k)의 결정이 필요하고 그 추정치의 유도는 관측자료로부터 침두유량을 추출하기 위해 사용된 두 경우의 방법에 좌우된다. 그 중 한 방법은 threshold q₀를 초과하는 침두유량의 발생횟수에서 연 및 계절간의 변화가 무시되고 일정한 초과율(k)이 매년 발생하는 것으로 가정함으로써 threshold q₀가 고정된 경우이고, 반면에 나머지 다른 방법은 threshold q₀를 초과하는 침두유량의 발생횟수에서 연간 변화가 균일하게 고려되면서 1년내 계절간의 변화가 무시되는 평균 k인 무작위 변수인 것으로 가정된 경우의 일반적인 방법으로서 시계열상의 구성에 부합되면서 매우 간편하고 명확한 자료 추출법이므로 홍수빈도해석시에 널리 사용된다. 그 우도(likelihood)는 다음식으로 표현된다(Weissman, 1978 ; Buishand, 1989).

$$L(q_1, q_2, \dots, q_M ; q_0, \beta) = \prod_{i=1}^M \frac{1}{\beta} e^{-\frac{(q_i - q_0)}{\beta}} \\ = \frac{1}{\beta^M} e^{-M(\bar{q} - q_0)/\beta} \quad (21)$$

여기서, $\bar{q} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M q_i$ (22)

q₀와 β의 최우 추정량(maximum likelihood estimators)은 다음과 같다.

$$\hat{q}_0 = q_{min} \quad (23)$$

$$\hat{\beta} = \bar{q} - q_{min} \quad (24)$$

여기서,

q_{min}: 침두유량 계열의 최소치(threshold, q₀)

\bar{q} : 침두유량 계열의 평균치

그러나 식(23)과 (24)의 q₀와 β는 편향되므로 다음식과 같은 불편향 추정량이 필요하다.

$$\hat{q}_0 = \frac{M}{M-1} (\bar{q} - q_{min}) = \frac{\sum_{i=1}^M (q_i - q_{min})}{M-1} \quad (25)$$

$$\hat{\beta} = \frac{M}{M-1} (\hat{q} - q_{min}) \quad (26)$$

따라서 식(25) 및 (26)과 같은 최소 분산 불편향 매개변수 추정량식을 이용하여 재현기간 T년 홍수량 Q(T)의 추정량은 다음식으로 부터 얻어지고

$$\hat{Q}(T)_{PD} = \hat{q}_0 + \hat{\beta} (\ln k + y(T)) \quad (27)$$

그 표본분산은 다음과 같다.

$$\text{Var}(\hat{Q}(T)_{PD}) = \frac{\frac{\beta^2}{N} \left[\frac{(1 - \ln k - y(T))^2}{Nk - 1} + (\ln k + y(T))^2 \right]}{k} \quad (28)$$

식(28)에서 β²/N은 T와 k뿐만 아니라 N에도 좌우되므로 PD(T, k, N) = (1 - ln k - y(T))² / (Nk - 1) + (ln k + y(T))² / k 로 치환함으로써 다음과 같이 간단히 표현할 수 있다.

$$\text{Var}(\hat{Q}(T)_{PD}) = \frac{\beta^2}{N} PD(T, k, N) \quad (29)$$

3. 모형의 적용 및 분석

3.1 대상유역 및 지점 선정

대상유역 및 지점은 국내 최대하천인 한강유역내 수위관측점 중에서 댐에 의한 인위적인 유량조절을 받지 않는 자연유출 상태를 유지하며, 사료의 기록년수가 동일하면서 수위-유량 관계곡선도 하상 변동내역에 따라 작성되어있는 댐 상류 수위표 지점들을 대상으로 하였다. 자연하천유역에서의 수위표 지점들 중 수위자료가 양호하고 수위-유량 관계곡선의

적용이 가능한 지점들을 파악하여 최종 6개 지점으로 선정하였다. 선정된 수위 관측점들의 위치는 그림1에 나타내었다.

3.2 자료수집 및 정리

기본수위자료는 유역내 6개 수위 관측점의 1969-1988년간의 일 평균수위를 건설부의 한국 수문조사서(수위·유량편)와 수문조사년보의 자료를 이용하였고, 수위자료를 유량으로 환산하기 위한 수위-유량 관계 곡선은 기발표된 각종 연구보고서에서 수집하였다. 수집된 일 평균 수위자료를 본 연구 해석 목적에 부합되게 각 수위관측별로 부분기간치 계열 자료와 연최대치 계열 자료로 적출하여 정리하였고, 정리된 관측점 및 수위자료를 수위-유량 관계 곡선에 적용하여 유량자료로 환산하였다. 이때 수위-유량 관계 곡선은 관측점의 변동내역을 파악하여 작성년도 중심으로 시기별로 분류하여 적용하였다. 환산된 유량 자료는 본 연구의 홍수빈도해석을 위한 통계학적 모형에 적용하기 위한 기본 유량자료로 사용하기 위해 부분기간치 계열 및 연최대치 계열로 재정리하였다.

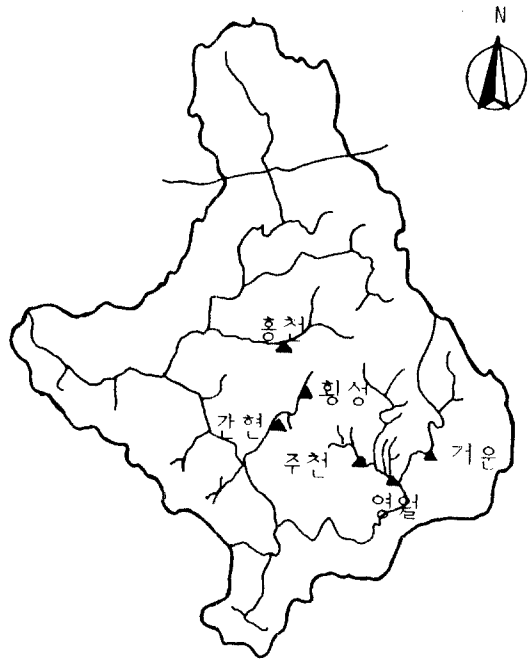


그림1. 대상 수위 관측점의 위치도

3.3 홍수량 크기 및 빈도 결정

3.3.1 모형의 매개변수 추정

재현기간별 홍수량 $Q(T)$ 를 추정하기 위해서는 우선 통계학적 홍수빈도 모형 변수인 축척 및 위치 매개변수 추정이 필요하므로 식 (13) (14)와 식 (25) (26)을 이용하여 구하였고 그 추정량을 지점별로 표1에 나타내었다.

3.3.2 모형의 추정량 $Q(T)$ 결정

재현기간 및 지점별 홍수량 $Q(T)$ 를 결정하기 위해서는 표1의 지점별 매개변수 추정량과 식 (17)과 (27)을 이용하여 구하였으며, 추정량의 결과는 표2와 같고 그림3에 각 지점별 홍수빈도 곡선을 비교하여 도시하였다.

3.3.3 평균 연홍수량 $\hat{Q}(2.33)$ 산정

홍수량 자료를 도식적으로 처리하여 도표화하는 홍수빈도 해석방법인 지표홍수량법(index-flood)에

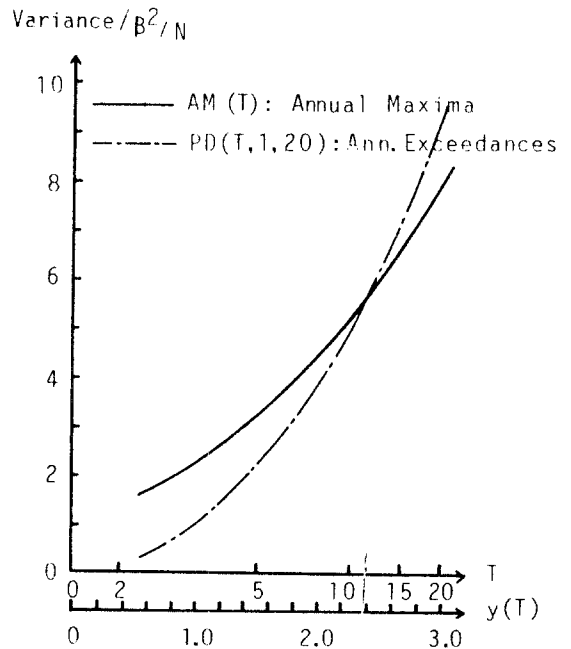


그림2. 모형에 의한 추정량 $\hat{Q}(T)$ 의 표본분산 비교도

서의 평균 연홍수량(mean annual flood) $Q(2.33)$ 은 각 지점의 홍수빈도곡선을 극치확률지상에서 작성한 후에 재현기간 2.33년에 해당하는 홍수량을 찾아서 구한다. 평균 연홍수량에서 $T = 2.33$ 년을 사용하는 이유로는 관측된 연최대치 계열 자료의 평균인 연평균사상이 재현기간 2.33년에 발생됨이 실험적으로 증명되었기 때문이다(Benson, 1960). 본 연구에서 각 지점에 대한 재현기간별 홍수량 추정 모형식 (17) 및 (27)을 이용하여 다음과 같이 간단히 산정

할 수 있다.

$$\hat{Q}(2.33)_{AM} = \hat{u} + \hat{a} y(2.33)$$

$$\hat{Q}(2.33)_{PD} = \hat{q}_0 + \hat{\beta}(\ln k + y(2.33)) \quad (30)$$

식 (30)에 의한 각 지점별 평균 연홍수량 추정량 $\hat{Q}(2.33)$ 의 결과는 표3에 나타내었다.

표1. 지점별 모형 매개변수 추정량

매개변수		지 점					
		홍 천	간 현	횡 성	주 천	영 월	거 운
ANNMAX 모 형	\hat{a}	634.93	534.17	365.40	572.23	1984.38	1924.80
	-	522.0	617.46	468.07	331.87	1596.97	1556.10
POT 모 형	$\hat{\beta}$	518.82	505.52	396.76	582.27	2078.01	1523.51
	q_0	666.14	671.79	399.31	428.46	2412.74	1703.22

표2. 모형의 추정량 $\hat{Q}(T)$

(단위 : CMS)

지 점	모 형	초 과 확 률 (P), %						
		2	5	10	25	50	100	200
		재 현 기 간 (T), yrs.						
		2	5	10	25	50	100	200
홍 천	ANNMAX	754.7	1474.5	1950.9	2553.2	2999.6	3446.0	3886.1
	POT	856.3	1444.4	1833.7	2325.9	2690.6	3055.4	3415.0
간 현	ANNMAX	813.2	1418.8	1819.6	2326.3	2701.8	3077.4	3447.7
	POT	857.1	1430.1	1809.4	2289.0	2644.4	2999.8	3350.2
횡 성	ANNMAX	602.0	1016.2	1290.3	1637.0	1893.9	2150.8	2404.0
	POT	544.7	994.5	1292.2	1668.6	1947.5	2226.5	2501.5
주 천	ANNMAX	541.6	1190.3	1619.6	2162.5	2564.8	2967.1	3363.7
	POT	641.9	1301.9	1738.8	2291.2	2700.5	3109.9	3513.3
영 월	ANNMAX	2324.3	4573.7	6062.6	7945.2	9340.2	10735.4	12110.8
	POT	3174.3	5529.9	7089.1	9060.5	10521.3	11982.4	13422.7
거 운	ANNMAX	2261.5	4443.5	5887.7	7713.7	9066.9	10420.2	11754.3
	POT	2261.6	3988.6	5131.7	6577.1	7648.1	8719.3	9775.2

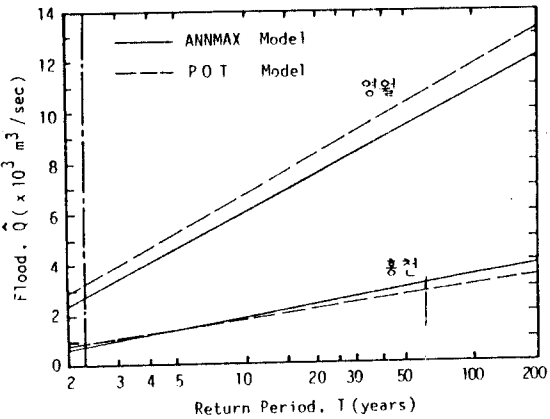
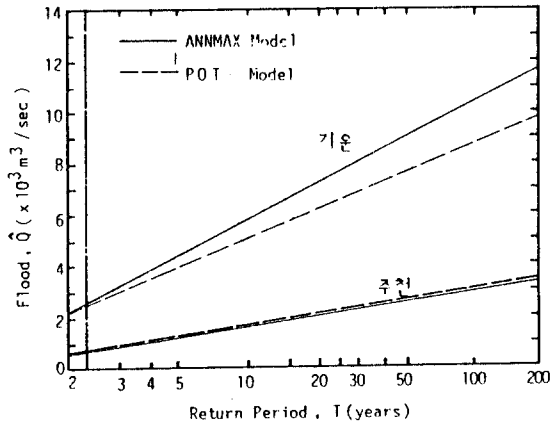
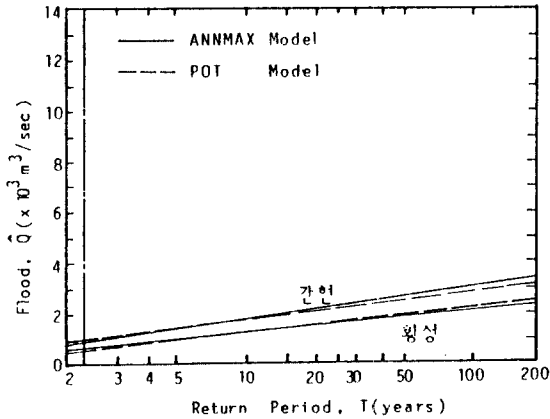


그림3 지점의 홍수빈도곡선

4. 비교 검토 및 고찰

4.1 모형의 적용성 검증

본 연구에서 제안한 모형의 적용성을 검증하기 위

해 각 모형에 따른 추정량(Q(T))의 표본분산 (sampling variance of estimators)을 식(19)와 (28)에 의해 구하여 표준오차 (standard error of estimators)로 환산하였다. 그 결과는 표4에 수록하였다.

표4의 검증결과에 의하면 재현기간이 클 경우에 ANNMAX모형이 표준오차가 작은 반면에 POT모형은 크고, 동일 재현기간의 경우에는 전자의 모형이 단기간(2, 5, 10년)의 재현기간에서 큰값을 보이고, 후자의 모형은 장기간(25, 50, 100, 200년)의 재현기간에서 대체로 큰값을 나타내고 있다. 이와같이 T=10을 기준으로 반전현상을 보임은 ANNMAX모형이 장기간 재현기간에서, POT모형이 단기간의 재현기간에서 보다 신뢰성있는 결과를 주는 것으로 평가될 수 있으므로 본 연구의 홍수빈도모형은 목적하는 바의 수공구조물의 중요성 및 종류에 따라 ANNMAX 모형은 표준설계홍수량(Standard Project Flood, SPF)으로서, POT모형은 최대가능홍수량(Probable Maximum Flood, PMF) 등의 설계빈도 예측시에 채택할 수 있을 것으로 사료되며, 아울러 그 적합성이 입증될 수 있으므로 지점 및 재현기간별 홍수량 추정시도 적용가능할 것으로 판단된다.

4.2 모형에 의한 추정량(Q(T))의 효용성 비교 검토

모형에 의한 추정량(Q(T))의 효용성을 비교 검토하기 위해 식(20)과 (29)로부터 다음과 같이 나타내었다.

$$E = \text{Var}(\hat{Q}(T)_{AM}) / \text{Var}(\hat{Q}(T)_{PD}) = AM(T) / PD(T, k, N) \quad (31)$$

식(31)에 의한 결과는 그림 2에 도시하였다.

그림2의 결과로부터 고찰해 보면 POT모형의 PD(T, k, N)곡선에서 N=20yrs이고 k=1일 경우 부분기간치계열이 연초과치계열과 일치하고 기록년수 N에 따라 크게 변하지 않음을 알 수 있으므로 식(31)에서 E=1이 된다. k값 또한 N에 크게 좌우되지 않음을 알 수 있다. 또한 PD(T, 1, 20)은 T=10년 이하에서 AM(T)보다 작은값을 보이고 T=10년 이상에서는 AM(T)가 작음을 나타내고 있으므로 10년이상의 재

표3. 지점별 평균연홍수량 추정량 ($\hat{Q}(2, 33)$) (단위 : CMS)

모형	홍천	간현	횡성	주천	영월	거운
ANNMAX	889.4	926.5	679.5	663.0	2745.1	2669.8
POT	966.3	964.3	628.9	765.4	3615.1	2584.7

표4. 지점 및 재현기간별 모형 추정량 ($\hat{Q}(T)$)의 표준오차 (단위 : %)

지점	모형	재현기간 (To, yrs)						
		2	5	10	25	50	100	200
홍천	ANNMAX	22	17	17	17	17	17	17
	POT	5	12	14	16	17	18	18
간현	ANNMAX	17	15	15	15	15	15	15
	POT	5	12	14	16	17	18	18
횡성	ANNMAX	16	15	15	15	15	15	15
	POT	6	13	16	17	18	19	19
주천	ANNMAX	28	19	18	18	18	17	17
	POT	8	15	17	18	19	20	20
영월	ANNMAX	22	18	17	17	17	17	17
	POT	6	13	15	17	17	18	19
거운	ANNMAX	22	17	17	17	17	17	17
	POT	6	13	15	17	18	18	19

현기간에서 $E < 1$ 이 됨을 알 수 있다. 따라서 $T > 10$ 년의 경우에 POT모형의 결과보다 ANNMAX모형의 결과가 더욱 더 효과적으로 사용될 수 있음이 확인되고 이는 모형의 적용성 검증결과와도 일치하고 있다.

한편 장기간 재현기간의 경우에 $E=1$ 이 될 k 값은 약 2에 접근되어감을 확인할 수 있어, 동일 재현기간시에 POT모형이 자료 기록년수의 2배, 즉 $2N$ 개 자료수 ($M=2N$) 이상을 가지게 되면 ANNMAX모형보다 더욱 효과적으로 재현기간별 홍수량을 추정할 수 있음이 판명될 수 있다. 따라서 홍수빈도해석을 위한 정확한 장기간 기록년수의 홍수량 자료가 획득 곤란한 국내의 현실정을 미루어 볼 때 단기간의 자료로써 비교적 정확하고 합리적인 재현기간별 홍수

량을 추정할 수 있는 POT모형이 ANNMAX모형의 대안적 방법으로서 매우 유용하게 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

5. 결론

본 연구는 국내 한강유역의 기존 수위계측지점에서 동일 기록년의 실측자료와 수위-유량 관계 곡선이 구비되어 있으면서 댐에 의한 인위적인 유량조작이 없는 자연하천유역에서의 수위 관측지점들을 대상으로 홍수빈도 예측을 위한 통계적 모형의 적용성 및 효용성을 비교 검토한 내용으로서 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 홍수빈도 예측을 위한 통계학적 모형의 적용성을

검토한 바 연최대치계열 방법의 ANNMAX모형은 장기 재현기간에서, 연초과치계열 방법의 POT모형은 단기간 재현기간의 홍수량 추정에 더욱 적합한 것으로 판명되며 그 적용성을 입증하였다.

2) 홍수빈도모형에 의한 재현기간별 홍수량 추정량으로 부터 모형의 통계학적 효용성을 검토한 결과, 동일 기록년수의 정확한 장기간 수위 및 유량자료가 부족한 국내의 현실에 비추어 볼 때 단기간의 자료로서도 합리적인 지점별 홍수량의 크기 및 빈도 예측이 가능한 부분기간치계열 방법의 POT모형이 효과적이라고 판단된다.

3) 본 연구 결과는 국내 하천유역의 지점별 홍수량 크기 및 빈도 예측을 위한 수문학적 정보의 제공수단이 될 수 있을 것으로 사료되며, 앞으로 관측점의 확충 및 자료수집과 수위-유량 관계 곡선이 구비되면 지점빈도해석의 결과로써 지역빈도해석이 수행되어 미계측 지점의 홍수량 빈도 예측이 가능한 지역화 회귀모형 개발이 가능할 것이다.

참 고 문 헌

1. 건설부 수자원국(1979), 한국수문조사서(우량-수위:1962-1978).
2. 건설부 한강 홍수통제소(1989), 한국수문조사서(수량-수위 : 1979-1988).
3. 건설부(1969-1988), 한국수문조사년보.
4. 건설부 산업기지 개발공사(1974), 한국하천조사서.
5. 고 재웅(1977), 한국하천 홍수량의 빈도분석에 관한 연구, 대한토목학회지, 5(4), PP. 95-102.
6. 고 재웅(1981), 유역특성으로 부터 확률홍수량의 유도에 관한 연구, 한국 수문학회지, 14(3), PP. 37-46.
7. 이 원환(1974), 우리나라 지점강우의 수문통계학적 특성에 관한 연구, 대한토목학회지, 22(1), PP. 1-20.
8. 이 원환(1989), 수문학, 문운당.
9. 윤 용남(1989), 공업수문학, 청문각.
10. 한국건설기술연구원(1989), 설계홍수량산정을 위한 단위유량도의 합성방법개발연구보고서, 88-WR-111.
11. Ashkar, F. and Rousselle, J. (1987), Partial Duration

- Series Modeling under the Assumption of a Poissonion Flood Count, J. Hydrol., 90 : 135-144.
12. Benson, N.A. (1960), Characteristics of Frequency Curves Based on a Theoretical 1000 Years Record, USGS, Water Supply Paper, 1543-A : 51073.
13. Buishand, T. A. (1989), The Partial Duration Series Method with Fixed Number of Peaks, J. Hydrol., 109 : 1-9.
14. Buishand, T. A. (1989), Statistics of Extremes in Climatology, Stat. Neerl. in press).
15. Cunnane, C. (1979), A Note on the Poisson Assumption in Partial Duration Series Models, WRR., 15(2) : 489-494.
16. Greenwood, J. A. etal. (1979), Probability Weighted Moments : Definition and Relation to Parameters of Several Distribution Expressable in Inverse Form, WRR., 15(5) : 1049-1054.
17. Kimball, B.F. (1949), An Approximation to the Sampling Variances of an Estimated Maximum Value of Given Frequency Based on the Fit of Doubly Exponential Distribution of Maximum Values, Ann. Math. Statist., 20 : 110-113.
18. Mejia, J. M. (1971), On the Generation of Multivariate Sequences Exhibiting the Hurst Phenomenon and Some Flood Frequency Analysis, Thesis, Colorado. State University.
19. National Environmental Research Council (1975), Flood Studies Report, Vol. 1: Hydrological Studies, London.
20. O'Donnell, T., etal. (1970), The Analysis and Generation of Hydrological Time Series, Lecture Course, Dep. Civil Eng., Imperial College of Science and Technology, London.
21. Phien, H. N. (1987), A Review of Methods of Parameter Estimation for the Extreme Value Type-I Distribution, J. Hydrol., 90 : 251-269.
22. Quimpo, R. G. (1968), Stochastic Analysis of Daily Flows, Proc. ASCE., J. Hydraul. Div., 94(HY1) : 43-57.
23. Raghunath, H. M. (1985), Hydrology (Principles, Analysis and Design), John Wiley & Sons.
24. Weissman, I. (1978), Estimation of Parameters and Large Quantiles Based on the k Largest Observations, J. Am. Stat. Assoc., 73 : 812-815.