

지표홍수 빈도곡선의 개발에 의한 미 계측지점의 확률 홍수량 추정

An Estimation of Flood Quantiles at Ungauged Locations by Index Flood Frequency Curves

윤용남* / 신창건** / 장수형***

Yoon, Yong-Nam / Shin, Chang-Kun / Jang, Su-Hyung

Abstract

The study shows the possible use of the index flood frequency curves for an estimation of flood quantiles at ungauged locations. Flood frequency analysis were made for the annual maximum flood data series at 9 available stations in the Han river basin. From the flood frequency curve at each station the mean annual flood of 2.33-year return period was determined and the ratios of the flood magnitude of various return period to the mean annual flood at each station were averaged throughout the Han river basin, resulting mean flood ratios of different return periods. A correlation analysis was made between the mean annual flood and physiographic parameters of the watersheds i.e, the watershed area and mean river channel slope, resulting an empirical multiple linear regression equation over the whole Han river basin. For ungauged watershed the flood of a specified return period could be estimated by multiplying the mead flood ratio corresponding the return period with the mean annual flood computed by the empirical formula developed in terms of the watershed area and river channel slope. To verify the applicability of the methodology developed in the present study the floods of various return periods determined for the watershed in the river channel improvement plan formulation by the Ministry of Construction and Transportation(MOCT) were compared with those estimated by the present method. The result proved a resonable agreement up to the watershed area of approximately 2,000km². It is suggested that the practice of design flood estimation based on the rainfall-runoff analysis might have to be reevaluated because it involves too much uncertainties in the hydrologic data and rainfall-runoff model calibration.

Keywords : ungauged location, frequency-based flood, mean annual flood, uncertainty.

요 지

본 연구에서는 지표홍수 빈도곡선을 개발하여 미계측 지점에서의 확률 홍수량을 추정해 보았다. 홍수빈도 분석은 한강유역의 9개 지점에 대하여 연최대치 홍수량 자료를 이용하여 분석하였다. 홍수빈도 곡선을 작성한 후 각 지점별 연평균홍수량($Q_{2.33}$)을 결정하였고, 각 지점별 재현기간에 따른 연평균 홍수량에 대한 비를 산정 후 평균하였다. 그결

* 고려대학교 사회환경시스템공학과 교수

Professor, Dept. of Civil & Environmental Engr., Korea Univ., Seoul 136-701, Korea
(e-mail: ynyoon@korea.ac.kr)

** 고려대학교 사회환경시스템공학과 석사

Graduate Student, Dept. of Civil & Environmental Engr., Korea Univ., Seoul 136-701, Korea
(e-mail: kun76s@hanmail.net)

*** 고려대학교 사회환경시스템공학과 박사수료

Ph.D. Candidate, Dept. of Civil & Environmental Engr., Korea Univ., Seoul 136-701, Korea
(e-mail: angel452@korea.ac.kr)

과 재현기간별로 다른 홍수량비가 산정되었다. 연평균 홍수량과 유역의 지형인자와의 상관 분석을 통해 다중선형 회귀식을 도출하였다. 미계측 지점의 확률 홍수량은 그 지점의 유역면적과 하상경사를 이용하여 경험식에 의해 연평균 홍수량을 산정 한 후 재현기간에 따른 홍수량비를 곱하여 산정 할 수 있다.

본 연구의 검증을 위하여 하천정비 기본계획에 수록되어 있는 재현기간별 확률홍수량과 비교한 결과 유역면적 2,000km²이하의 유역에서는 유사한 값을 모의 할 수 있었다. 기존 강우-유출 해석을 기반으로 한 설계 홍수량 추정 방법의 적용은 재평가되어야 한다. 왜냐하면, 수문자료와 강우-유출모형은 많은 불확실성이 내포하고 있기 때문이다.
핵심용어 : 미계측 지점, 확률홍수량, 연평균홍수량, 불확실성

1. 서론 및 연구배경

홍수빈도 분석은 특정 빈도에 해당하는 홍수의 크기를 결정하는 것이다. 홍수빈도분석의 결과는 수공구조물의 규모를 결정하는 기준으로 이용되므로 경제·사회·정치적으로 매우 중요하다. 또한 홍수빈도분석 방법은 현재의 수문학적 기술로써 사회·경제적인 요소를 고려할 수 있는 유일한 방법이기도 하다.

홍수빈도분석은 그 중요성 때문에 금세기 초부터 수문통계학 분야에서 연구대상이 되어 왔다. 더욱이 최근의 홍수빈도분석에 대한 연구는 1980년대 이후 제시된 새로운 방법들이 '전통적인' 분석 방법보다 상대적으로 우수함이 입증되었고, 기존 방법이 편차가 크고 편(Bias)이 있는 결과를 가져오므로 그 사용을 재고해야 한다고 주장하고 있다.

국내에서 홍수량 실측자료의 부족과 홍수빈도분석에 대한 인식 부족 때문에 홍수빈도분석은 일부 다목적 댐 설계를 제외하고는 실무에서 거의 적용되지 못하고 있다. 일반적인 홍수추정 방법은 실측자료의 부족 등으로 측정자료가 긴 강우량 자료의 빈도분석으로 설계 강우량을 구한 후 강우-유출 관계 모형을 사용하여 빈도해석을 통한 설계홍수량을 산정하고 있다. 최근에는 수문 관측망의 중요성이 인식되면서 홍수자료의 축적이 증가하고 있는 실정이다. 이러한 유량자료시계열의 빈도분석은 지점빈도분석 보다 수문학적 동질성을 가지는 유역을 통하여 지역빈도 분석을 실시하는 것이 유리하다. 이는 각 지점간 차이에서 오는 분산의 증가보다는 자료의 증가에 의한 분산의 감소가 크기 때문에 빈도분석에 있어야 좀더 정확한 수문량을 추정할 수 있기 때문이다. 이러한 연구는 여러 연구자에 의해서 연구된바 있다(Hosking 등, 1985; Lettenmaier와 Potter, 1985; Lettenmaier와 Wallis 등, 1987).

미계측 유역에 대한 지역빈도 분석 중 본 연구에서는 지역빈도분석 방법중의 하나인 지표홍수법을 이용하였다. 지표홍수법(index flood method)은 서로 다른 자료 표본들로부터 대표 통계량(summary statistics)을

도출하는데 매우 유용한 방법이다. 'index flood'란 용어는 홍수해석을 위한 방법으로서 제안되었던 것을 의미하며, 지금까지 비단 홍수뿐만 아니라 다른 여러 종류의 자료에도 적용되고 있다.(Dalrymple, 1960; Pierre, 2002; Kjeldsen, 2002; 김남원, 1997; 김창남, 1991; 노재식, 1992).

본 연구에서는 한강 유역내 홍수량 실측지점의 연최대 홍수량 자료 계열을 빈도 분석하여 지표홍수빈도 곡선을 작성하고, 연평균 홍수량과 유역 특성인자간의 상관관계식을 유도하여 미계측 지점의 연평균 홍수량을 기준으로 하여 확률 홍수량을 추정할 수 있는 방법을 개발코자 한다.

2. 지역 빈도 분석

2.1 대상유역의 선정

본 연구에서는 홍수량계열자료의 신뢰도는 높지만 미 계측유역이 많아 본 연구를 통하여 개발된 지표홍수빈도 곡선을 이용할 경우 미계측 유역에서의 확률홍수량 추정이 효율적이라 판단하여 한강유역을 대상유역으로 하였다. 또한, 홍수량계측지점은 자료의 보유년수, 결측 등 전반적인 사항을 고려하여 한강수계 소양강댐, 충주댐, 영춘, 영월2, 거운, 방림, 하반정, 문막, 괴산댐 9개 관측지점을 채택하였다. 9개 지점의 실측홍수량 자료는 한국건설기술연구원(영춘, 영월2, 거운, 방림, 하반정, 문막), 한국수력원자력(괴산댐,소양강댐), 한국수자원공사(충주댐)의 자료를 이용하여 충주댐, 소양강댐, 괴산댐은 연최대 유입량 자료를 사용하였으며 그 이외의 5개 지점은 연최대치 수위자료를 이용하여 수위-유량곡선에 의하여 유량으로 환산하여 사용하였다.

2.2 지점별 홍수빈도 및 연평균 홍수량 산정

지점별 연최대치 홍수량자료를 이용하여 확률 홍수 분포의 매개변수를 추정한 후 적합성 검정을 통해 최적 확률 분포형은 Gumbel 분포형을 채택하여 확률 홍수량을 산정하였다.

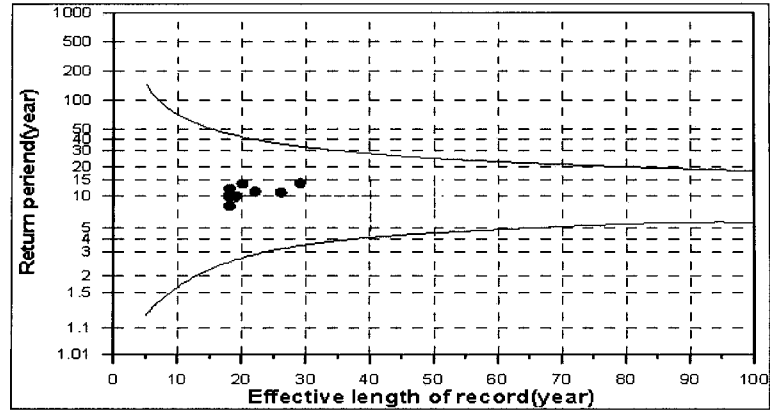


그림 3. 한강 유역의 9개 수위표 지점의 동질성 조사

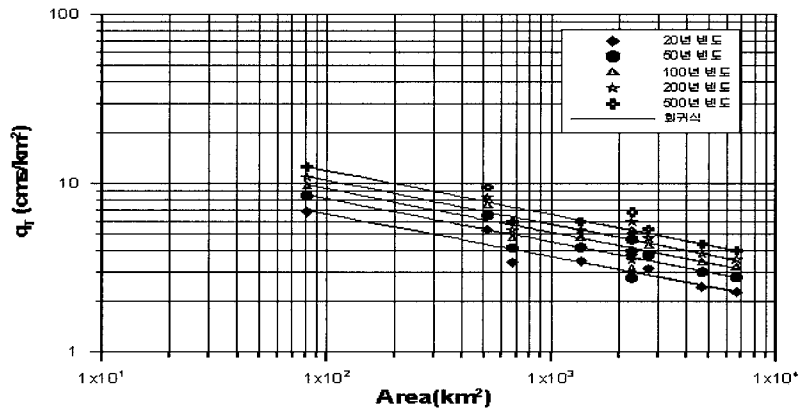


그림 4. 지점별 재현기간에 따른 비홍수량(q_T)과 유역면적과의 관계 곡선

$$\rho_{xy}(k) = \frac{\sigma_{xy}(k)}{\sqrt{\sigma_{xx}(0) \sigma_{yy}(0)}} \quad (k=0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots) \quad (2)$$

여기서, 교차 공분산함수($\sigma_{xy}(k)$)와 교차상관함수($\rho_{xy}(k)$)는 각각 자기공분산 함수와 자기 상관함수를 일반화시킨 것이다. 그림 5는 연평균 홍수량과 지형인자간의 상관관계를 알기 위해서 교차상관계수를 나타낸

그림이다. 그림 5에서 알 수 있듯이 유역면적, 유로연장, 유역평균폭과 연평균 홍수량의 상관성은 0.9이상이고 하상경사와는 -0.7정도로 음의 상관성을 가졌다. 따라서 이 결과를 이용하여 연평균 홍수량과 지형인자와의 회귀분석시 유역면적, 유로연장, 평균유역 폭은 양의 지수승을, 하상경사는 음의 지수승의 관계를 가질 것임을 추측할 수 있다.

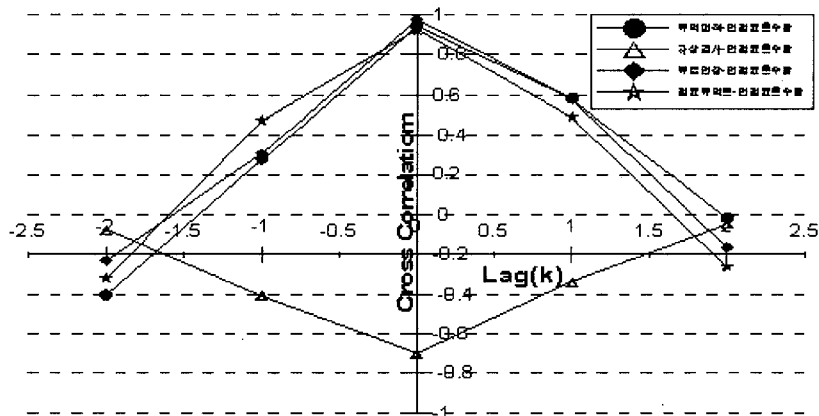


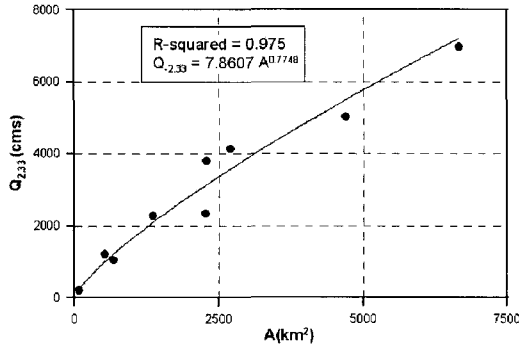
그림 5. 연평균 홍수량과 지형인자의 교차 상관성

2.4.2 연평균 홍수량과 지형인자와의 상관 관계분석

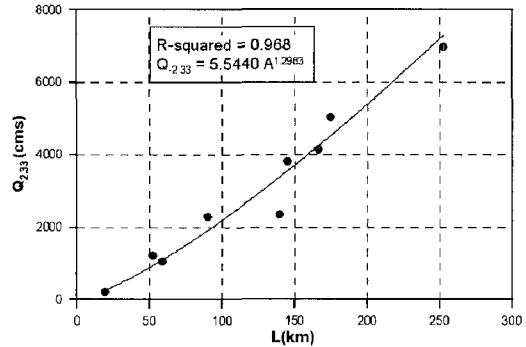
그림 6은 한강유역의 연 평균 홍수량($Q_{2.33}$)과 유역 특성인자(유역면적, 유로연장, 유역평균폭, 하상경사)와의 단순상관관계를 분석하여 나타내었다. 연평균 홍수량과 유역인자와의 상관성을 분석한 결과 그 상관계수가 0.79~0.98으로 비교적 높은 상관성을 보였으며 특히

유역면적과 유로 연장이 높은 상관성을 보였다.

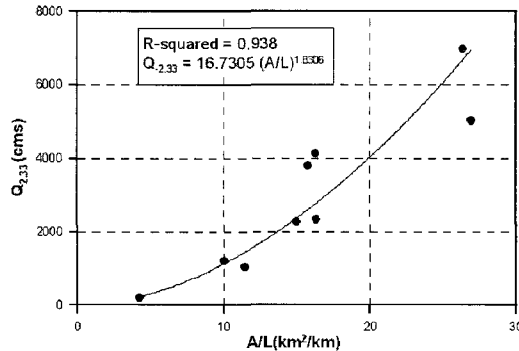
또한, 연평균 홍수량과 유역특성인자 상호간의 상관 관계를 중선형분석을 통하여 검토하였다. 표 1과 같이 상관성 분석결과 대부분의 관계에서 결정계수가 약 0.95로 매우 높은 것으로 분석되었다.



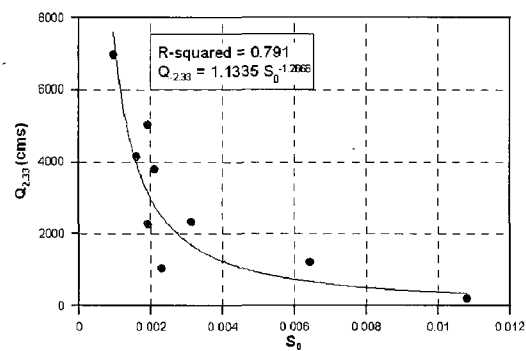
(a) 연평균 홍수량-유역면적



(b) 연평균 홍수량-유로연장



(c) 연평균 홍수량-유역평균폭



(d) 연평균 홍수량-하상경사

그림 6. 지형인자와 연평균 홍수량과의 관계

표 1. $Q_{2.33}$ 와 유역 지형인자간의 회귀식

지형 인자	회귀식	결정계수
$Q_{2.33} = \phi(A, S_0)$	$Q_{2.33} = 7.2142 A^{0.7569} S_0^{-0.0360}$	0.976
$Q_{2.33} = \phi(A, L)$	$Q_{2.33} = 7.0720 A^{0.5747} L^{0.3386}$	0.976
$Q_{2.33} = \phi(A, A/L)$	$Q_{2.33} = 7.0720 A^{0.9133} (A/L)^{-0.3386}$	0.976
$Q_{2.33} = \phi(A, A/L^2)$	$Q_{2.33} = 7.0720 A^{0.7440} (A/L^2)^{-0.1693}$	0.976
$Q_{2.33} = \phi(L, S_0)$	$Q_{2.33} = 4.5133 L^{1.2200} S_0^{-0.0950}$	0.975
$Q_{2.33} = \phi(L, A/L)$	$Q_{2.33} = 7.0720 L^{0.9133} (A/L)^{0.5747}$	0.975
$Q_{2.33} = \phi(L, A/L^2)$	$Q_{2.33} = 7.0720 L^{1.4879} (A/L^2)^{0.5747}$	0.975
$Q_{2.33} = \phi(S_0, A/L)$	$Q_{2.33} = 8.9318 S_0^{-0.2202} (A/L)^{1.5724}$	0.943
$Q_{2.33} = \phi(S_0, A/L^2)$	$Q_{2.33} = 0.9149 S_0^{-0.9178} (A/L^2)^{-1.1828}$	0.849
$Q_{2.33} = \phi(A, L, S_0)$	$Q_{2.33} = 6.4900 A^{0.5569} L^{0.3386} S_0^{-0.0361}$	0.976
$Q_{2.33} = \phi(L, S_0, A/L)$	$Q_{2.33} = 2.4485 L^{0.8955} S_0^{-0.0361} (A/L)^{0.5569}$	0.976
$Q_{2.33} = \phi(L, S_0, A/L^2)$	$Q_{2.33} = 4.2731 L^{1.4524} S_0^{-0.03601} (A/L^2)^{0.5569}$	0.976
$Q_{2.33} = \phi(S_0, A/L, A/L^2)$	$Q_{2.33} = 12.9964 S_0^{0.2213} A/L^{1.6102} (A/L^2)^{-1.1121}$	0.976

2.4.3 연평균 홍수량과 지형인자간의 최적 상관관계식의 선택

모형의 선택에 있어서 변수의 수가 같을 경우에는 결정계수(R^2)의 크기가 적정 모형의 판단기준이 될 수 있으나, 변수의 수가 다를 경우에는 결정계수가 판단의 기준이 될 수 없다. 일반적으로 결정계수는 변수가 증가할수록 1에 접근하는 경향이 있기 때문이다. 실제로 모든 변수가 다 들어간 모형의 결정계수는 다른 어떤 모형의 결정계수보다 크다. 따라서 본 연구에서는 이러한 결정계수의 결점을 보완하기 위한 방법인 수정 결정계수를 이용하여 최적 회귀식을 선택하였다.

- 수정 결정계수

($\overline{R^2}$: Adjusted coefficient of determination)

$$\begin{aligned} \overline{R^2} &= 1 - \frac{n-1}{n-p-1}(1-R^2) \\ &= 1 - \frac{n-1}{n-p-1} \frac{SSE_p}{TSS} = 1 - \frac{n-1}{TSS} \cdot MSE_p \end{aligned} \quad (3)$$

여기서, SSE_p , MSE_p 는 변수의 수가 p 인 모형의 오차 평방향 및 오차평균평방향이며 n 은 자료의 수이다.

- Mallows의 C_p

$$C_p = \frac{SEE_p}{MSE_k} + 2(p+1) - n \quad (4)$$

Mallows(1973)의 C_p 는 C_p 를 Y축에 p 를 X축에 잡고 plot 하였을 때 제일 작은 p 를 찾아내고 이에 해당하는 모형이 최적의 회귀 모형이 된다.

본 연구에서 사용된 변수들간의 수정 결정계수와 C_p 산정 결과 표 2에서와 같은 3가지 모형을 선정 할 수 있었다.

또한, 유역 특성인자 산정에 있어서 유로 연장은 그 유역의 하상경사 산정시 하나의 종속변수로 사용된다. 따라서 본 연구에서는 수정 결정계수 및 C_p 값 등을 고

려하여 한 유역을 대표 할 수 있고, 독립변수인 면적과 하상경사를 이용한 회귀식을 선택하였다.

$$Q_{2.33} = 7.2142A^{0.7569}S_0^{-0.0360} \quad (5)$$

2.8 유역의 대표 지표홍수빈도 곡선의 작성

미계측 유역에 대한 확률홍수량은 본 연구에서 제안한 연평균 홍수량의 회귀식(식 5)과 I_T 와 관계를 이용하여 재현기간별로 구할 수 있다.

$$Q_T = I_T \times Q_{2.33} = I_T \times 7.2142A^{0.7569}S_0^{-0.0360} \quad (6)$$

여기서, I_T 란 각 재현기간별 확률홍수량 (Q_T)의 연평균 홍수량($Q_{2.33}$)에 대한 비($Q_T/Q_{2.33}$)이다. 본 연구에서는 9개 지점별 I_T 의 평균치를 사용하였고, I_T 는 표준정규 분포를 따르고 이때 유의수준 5%에 대한 신뢰구간은 표 3과 같다.

3. 미계측 유역에의 적용

본 연구에서 개발된 지표홍수 빈도곡선의 미계측유역 적용성을 확인하기 위해 하천정비기본계획에서 산정된 바 있는 하천유역별, 재현기간별 확률홍수량과 비교·검토하였다. 그러나, 하천정비 기본계획에서 산정된 확률홍수량은 강우-유출의 관계를 이용하여 산정하였기 때문에 본 연구에서 개발된 지표홍수 빈도곡선을 이용하여 산정된 확률 홍수량과의 절대적 비교대상은 될 수 없지만 개략적 판단기준은 될 수 있을 것으로 판단된다.

3.1 하천정비 기본계획상의 비홍수량 비교

본 연구에서 사용된 비홍수량곡선을 기존 하천정비 기본계획에서 고시되어 있는 비홍수량과 비교해 본 결과 그림 7에서 보는바와 같이 본 연구에서 산정된 비홍수량이 유역면적이 증가함에 따라 다소 큰 값을 보였다.

표 2. $Q_{2.33}$ 와 유역 지형인자간의 수정 결정계수 및 C_p

변수	R-Square	수정 R-Square	C_p	기타
A, S0	0.975	0.971	3.477	
A, L	0.975	0.971	3.580	
A, S0, L	0.978	0.973	3.452	

표 3. 9개 지점을 이용한 재현기간 별 I_T

구분	20	50	80	100	200	300	500
평균치	2.280	2.797	3.060	3.184	3.570	3.795	4.079
유의수준(±5%)	0.082	0.115	0.132	0.140	0.165	0.179	0.197

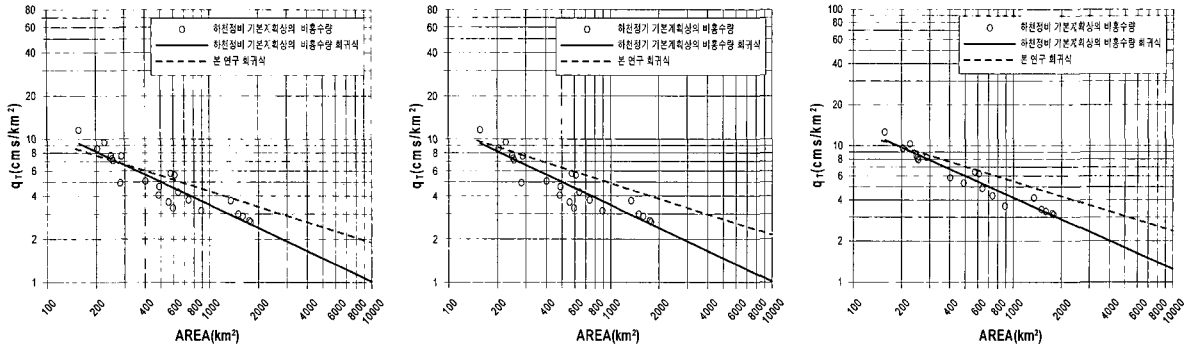


그림 7. 하천정비 기본계획과 본 연구에서의 비홍수량 곡선 비교

3.2 하천정비 기본계획에서의 지점별 A~QT의 비교

본 연구에서 채택된 회귀식의 검정을 위하여 기존 하천정비 기본계획에 고시되어 있는 확률홍수량과 하천정비기본계획수립 및 하천대장 작성지침(2003)에 제시된 회귀식과 비교해 보았다. 하천정비기본계획수립 및 하천정비대장 작성지침(2003)에서의 100년 빈도 확률홍수량 산정 경험공식 및 면적 범위는 표 4와 같다.

강우-유출모형에 의해 산정된 기존 하천정비기본계

획상에서 산정된 확률홍수량과 본 연구에서 개발한 회귀식을 이용하여 산정한 확률홍수량을 표 5 및 그림 8과 같이 비교하였으며, 결과적으로 하천정비 기본계획에서 산정된 확률홍수량보다 본 연구에서 산정한 확률홍수량이 다소 크게 산정되었는데 이는 강우-유출 모형에 의해 산정된 홍수량이 일반적으로 홍수빈도분석에 의해 산정된 홍수량보다 작게 산정되는 경향 때문으로 판단된다.

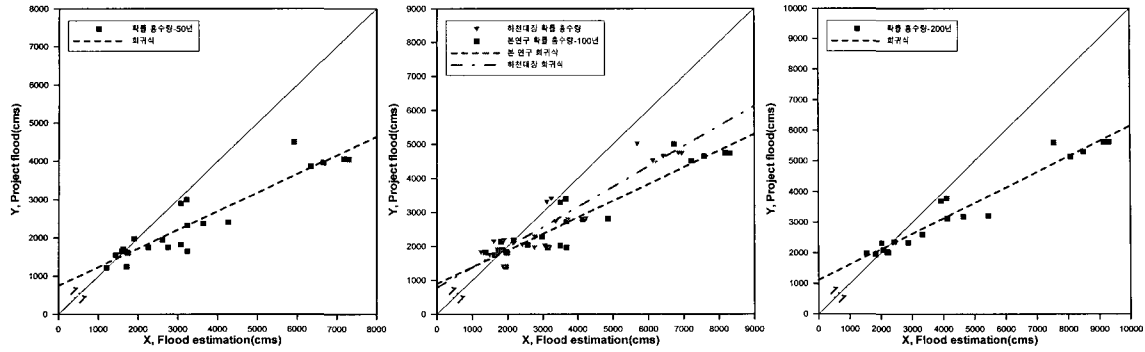
표 4. 하천정비 기본계획수립 및 하천정비대장 작성 지침

경험공식	적용 범위 (km)	재현기간 (년)
$Q = 34.732A^{0.7074}$	100 ≤ A ≤ 20,000	100

표 5. 본연구의 경험식을 이용한 확률홍수량 산정

(단위: cms)

하천	산정 지점	하천정비 기본계획상 확률홍수량			본 연구 경험식 홍수량			하천대장
		50년빈도	100년빈도	200년빈도	50년빈도	100년빈도	200년빈도	
양서구천	북한강 합류점	3,000	3,400	3,800	3,213	3,658	4,101	3,235
	수입천 합류후	2,900	3,300	3,700	3,071	3,496	3,920	3,106
	수입천 합류전	1,700	1,900	2,100	1,620	1,844	2,067	1,708
섬강	문막 수위표	4,500	5,000	5,600	5,910	6,728	7,543	5,683
평창강	대화천 합류전	1,745	2,042	2,341	2,251	2,562	2,873	2,414
	대화천 합류후	1,942	2,273	2,607	2,610	2,971	3,331	2,771
	계촌천 합류후	2,323	2,723	3,126	3,233	3,680	4,126	3,353
	고길천 합류후	2,371	2,780	3,191	3,637	4,141	4,643	3,723
	주천강 합류전	2,403	2,810	3,217	4,262	4,851	5,440	4,230
	주천강 합류후	3,860	4,501	5,147	6,340	7,217	8,092	6,132
	쌍용천 합류후	3,966	4,637	5,307	6,658	7,579	8,498	6,418
	문곡천 합류후	4,055	4,735	5,622	7,177	8,170	9,161	6,855
곡릉천	곡릉천 하구	1,601	1,805	2,009	1,741	1,982	2,223	1,741
	청룡두천 합류후	1,626	1,832	2,038	1,721	1,959	2,196	1,725
	급촌천 합류전	1,547	1,746	1,946	1,430	1,628	1,826	1,489
안양천	안양천 하구	1,976	2,175	2,364	1,899	2,161	2,423	1,898
	도립천 합류전	1,647	2,138	2,328	1,584	1,804	2,022	1,602
청미천	청미천 하구	1,650	1,960	-	1,204	1,370	1,536	1,244
	금곡천 합류전	1,820	2,020	-	3,235	3,682	4,129	3,181
	설성천 합류전	1,750	1,960	-	3,071	3,496	3,920	3,042
	직할하천 시점	1,240	1,390	-	2,749	3,129	3,508	2,752



주) 하천대상 : 하천정비 기본계획수립 및 하천정비대상 작성 지침에서의 비홍수량 공식에 의한.

그림 8. 빈도별의 홍수량 비교

이러한 이유로써 강우-유출모형과 본 연구에서 개발한 회귀식에 내재되어 매개변수의 불확실성을 들 수 있다. 강우-유출 모형에서는 일반적으로 유출량 산정시 모형의 매개변수는 지형도나 수치지도를 이용하여 유역의 특성인자를 추출 후 경험공식에 적용하여 산정되며, 유출곡선지수 CN값 등은 토지이용도나 지질도를 이용하여 산정된다. 따라서, 지형도나 수치지도에서 유역의 특성인자 추출시 불확실성을 포함하고 있으며, 매개변수 산정시 이용되는 경험공식의 적용에서도 불확실성을 포함 하는 것으로 판단된다. 반면 본 연구에서 개발한 회귀식에서는 각 지점별로 홍수량 산정시 이용되는 수위-유량곡선의 신뢰성 여부가 가장 큰 불확실성이 있는 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 큰 하천유역내의 지류하천유역에 대한 확률 홍수량을 강우-유출관계 모형에 의하지 않고 실제로 관측된 홍수량 자료계열의 지역빈도 분석 결과와 지표홍수량과 유역특성인자간의 관계식을 연계하여 추정하는 방법의 개발을 목표로 하였다.

대상유역으로 선정된 한강유역의 9개 홍수량 관측지점의 홍수량 자료계열은 통계학적으로 동질성이 있음이 확인되었으며, 연최대 홍수량 자료 계열의 지점 빈도분석으로 홍수량 빈도 곡선이 작성되었고 재현기간 2.33년에 해당하는 연평균 홍수량을 결정하였다. 9개 지점별, 재현기간별 홍수량을 각 지점의 연평균 홍수량으로 나눈 홍수량비를 대상유역 전체에 걸쳐 평균하여 한강유역을 대표하는 평균 홍수량비(I_T)로 설정하였다. 한편 대상유역의 연평균 홍수량과 유역특성인자간의 최적 상관관계는 유역특성인자로 유역면적과 하상경사를 택했을 경우에 수립됨이 확인되었다. 따라서, 한강유역내

미계측 지점에 대한 확률홍수량을 산정하기 위해서는 다음의 절차를 따르게 된다.

- 첫째, 미계측지점 유역의 면적과 하상경사를 측정하여 재현기간 2.33년인 연평균 홍수량($Q_{2.33}$)을 도출된 경험식으로 계산한다.
- 둘째, 9개지점에 대하여 결정된 재현기간별 홍수량과 연평균 홍수량의 비를 유역평균치(I_T)를 이미 분석되어 있는 값으로부터 선택한다.
- 셋째, 재현기간 T년인 확률 홍수량 $Q_T = I_T \times Q_{2.33}$ 에 의해 선정한다.

본 연구에서 사용된 9개 지점의 유역면적의 범위는 $81.4\text{km}^2 \sim 6657.3\text{km}^2$ 로 유역면적이 81.4km^2 이하이거나 6657.3km^2 인 유역에 적용하게될 경우 외삽이 되어 신뢰성이 상당히 떨어질 것으로 판단되며, 신뢰성을 감안하면 소하천 유역의 경우도 유역면적이 100km^2 이상인 유역에 적용하는 것을 추천하는 바이다.

그리고, 강우-유출모형의 불확실성을 감안하면 실무에서 통용되고 있는 강우-유출 모형에 의한 확률 홍수량 추정은 여러 측면에서 그 적정성을 검토할 필요가 있으며, 본 연구에서와 같이 홍수빈도분석을 통한 회귀식의 추정은 홍수량 자료의 지속적인 축적으로 불확실성을 최소화하는 통계학적 확률 홍수량 산정 방법으로 발전시켜 나가야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2003년도 고려대학교 교수특별연구비 지원으로 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

건교부 (2003). 하천정비 기본계획수립 및 하천정비대

장 작성 지침

- 김남원 (1997). "미계측유역의 확률홍수량 산정을 위한 동력학적 홍수빈도모형개발", 박사학위논문, 강원대학교.
- 김창남 (1991). "확률홍수량 산정을 위한 지역빈도분석", 석사학위논문, 한양대학교.
- 노재식 (1992). "하천 홍수량 크기 및 빈도 결정", **대한토목학회 논문집**, Vol. 12(2), pp.141-150.
- Darymple, T. (1960). Flood-frequency analyses, U. S. Geol. Surv. Water Supply paper, 1543A.
- Hosking, J.R. M., Wallis, J.R., and Wood, E.F. (1985). "Estimation of the Generalized Extreme-Value Distribution by the Method of Probability-Weighted Moments." *Technometrics*, 27: pp. 251-261.
- Lettenmaier, D.P., Potter, K.W. (1985). "Testing flood frequency estimation methods using a regional flood generation model", *Water Resources Research*, Vol. 21(12), pp. 1903-1914.
- Lettenmaier, D.P., Wallis, J.R., and Wood, E.F. (1987). Effect of Regional Heterogeneity on Flood Frequency Analysis. *Water Resources Research*, 23(2), pp. 313-323.
- Linslev, R.K., Kohler, M.A., and Paulhus, J.L., (1982). *Hydrology for engineers*. New York, McGraw-Hill, pp. 508.
- Mallow, C.L. (1973). Some comments on Cp, *Technometrics* 15, pp. 661-675.
- Pierre Javelle, Taha B.M.J. Ouarda, Michel Lang, Bernard Bobée, Gilles Galéa and Jean-Michel Grésillon, (2002). "Development of regional flood-duration - frequency curves based on the index-flood method", *Journal of Hydrology*, Vol. 258(1-4), pp. 249-259.
- T.R. Kjeldsen, J.C. Smithers and R.E. Schulze, (2002). "Regional flood frequency analysis in the KwaZulu-Natal province, South Africa, using the index-flood method", *Journal of Hydrology*, Vol. 255(1-4), pp. 194-211.
- Viessman, W. and G.L. Lewis, (1996). *Introduction to Hydrology*, Fourth Edition. Harper Collins College Publishers, New York, NY, pp. 760.

(논문번호:04-82/접수:2004.08.19/심사완료:2004.12.13)