

한강 고안지점의 홍수위 환산과 홍수 빈도해석

Conversion of Flood Level and Flood Frequency Analysis for Goan Station in Han River

이 승 재* · 서 규 우** · 허 준 행*** · 조 원 철****
Yi, Seung Jae · Seo, Kyu Woo · Heo, Jun Haeng · Cho, Won Cheol

Abstract

In this study, the past flood levels of Goan station, which is one of major gaging stations and located at downstream of Paldang dam, were converted based on the 1994's cross section and the flood quantiles were estimated from flood frequency analysis. The recently established rating curve was used to convert flood levels. And the parameters of the several probability distributions commonly used in hydrologic analysis were estimated based on the method of probability weighted moments and the goodness of fit tests were applied to those distributions. As a result, the gamma-2 and gamma-3 distributions were selected as the appropriate models. The flood levels and quantiles for selected return periods were calculated based on those distributions. Furthermore, frequency analysis using historical flood information was performed to overcome the misleading caused by missing data.

요 지

본 연구에서는 한강의 주요 수위관측지점중 하나인 팔당댐 하류 고안지점의 과거 연최대 홍수위자료를 1994년 단면을 기준으로 홍수위를 환산하고 홍수 빈도해석을 통하여 확률홍수량을 산정하였다. 과거 홍수위자료에 대한 현 하상상태에서의 환산수위를 구하기 위해서 최근에 새롭게 확립된 수위-유량 관계곡선을 이용하였다. 기왕의 연최대 홍수량자료를 기본자료로 하여 수문해석에서 많이 이용되고 있는 10개의 확률분포형을 가지고, 확률가중 모멘트법에 의해 매개변수를 추정하고, 적합도 검정을 한 결과 gamma-2, gamma-3 분포형이 최적분포형인 것으로 나타났으며, 빈도해석을 통해 재현기간별로 확률홍수량 및 확률홍수위를 산정하였다. 또한, 결측된 자료를 보완하기 위하여 과거 홍수정보를 이용하는 기법을 사용하여 기왕의 홍수량에 대한 빈도해석을 실시하여 확률분포형에 의한 산정값과 비교하였다.

* 연세대학교 산업기술연구소 연구원

** 연세대학교 대학원 토목공학과 박사과정

*** 연세대학교 토목공학과 조교수

**** 연세대학교 토목공학과 교수

1. 서 론

팔당댐 하류 수위자료와 유량자료는 홍수시나 갈수시를 망라하고 한강하류부의 홍수관리, 용수관리 및 수자원의 변동상태를 파악할 수 있는 지극히 중요한 기본 자료가 된다. 하천의 수위자료는 실측되어지는 기본 수문자료이나, 자연하천에서는 하도의 구성재료와 유수의 작용에 의해 수위 관측지점에 단면변화가 일어나고 관측지점의 변동, 수공구조물의 건설, 토지이용의 변화 등에 따라 수집되어진 자료의 동질성에 영향을 받는다. 그러므로 기왕의 수위자료를 이용하기 위해서는 임의의 단면에 대해 기준화시킬 필요가 있다. 또한, 수자원의 효과적인 이용과 홍수의 피해를 줄이기 위하여 하천에 수공구조물이 설치된 것은 오래전부터이며, 산업화, 도시화에 따른 인구의 증가로 인하여 치수와 이수 목적으로 건설되는 수공구조물이 점점 많아지게 되었다. 이러한 수공구조물의 설계규모와 수자원계획을 결정하기 위해서는 특정구조물의 수문학적 측면을 고려하고, 자연현상을 충분히 해석하여 결정된 확률홍수량이 필수적이라 할 수 있다.

따라서 수도권을 포함하고 있는 한강 하류부에서 인도교 지점과 더불어 가장 오래되고 중요한 지점으로 관리되어 온 고안지점에 대한 확률홍수량 해석작업을 실시하고자 한다.

본 연구의 대상지점인 한강 고안 수위관측소는 경기도 남양주군 와부면 능내리에 위치하고 있으며, 유역면적은 23,608 km²로 임진강을 제외한 한강 유역 면적의 87.7 %를 차지하고 있다. 영점표고의 변동내용을 살펴보면, 1914년 11월 관측을 시작하여 보통수위표(영점표고, 10.284 EL.m)가 설치되었고, 1967년 8월에 자기수위표(영점표고, 10.255 EL.m)가 설치되었으며, 1968년 12월에 팔당댐 건설로 인하여 고안(을)지점에서 현재의 고안지점으로 이설하였고 1969년 부터는 현재의 고안지점에서 관측을 개시하여, 1981년 12월 영점표고가 8.795 EL.m로 변동된 이래 현재까지 계속 지속되고 있으며, 현재 고안지점의 지정홍수위는 6.5 m 이다. 1973년 12월에 팔당댐이 완공되어 1974년 7월 T/M이 설치되었고, 1978년 5월에

수문관측소 단일화계획에 의거 통폐합되어 현재 한강홍수통제소에서 관리하고 있다(한강유역조사보고서, 1979; 전국하천조사서, 1992).

고안지점의 수위-유량 관계곡선의 변화와 수위-유량 관계곡선식을 적용할 수 있는 기간을 알아보기 위해 각종 자료집을 조사하였고, 연도별로 정리하여 기왕의 수위-유량 관계곡선식을 표 1에 수록하였다(수자원관리기법 개발연구조사, 수위유량관계곡선 자료집, 1994; 한국 하천조사서, 1992; 한강 하천정비 기본계획보고서, 1978; 팔당댐 방류량 산정 개선에 관한 연구, 1995). 고안 수위관측소의 경년별 하상단면의 변화를 파악하기 위하여 과거 1929년~1994년 사이 측량된 횡단면 자료를 검토하였고, 여기에 1977년~1994년 사이의 현재 고안지점의 횡단면도를 그림 1에 나타내었다(한국수문조사서, 1963; 한국 하천조사서, 1974; 한강 하천정비 기본계획보고서, 1978; 팔당댐 방류량 산정 개선에 관한 연구, 1995).

2. 환산홍수위 산정

하천 수위는 하천의 개수계획수립시나 홍수의 규모를 파악하는 척도가 되는 수문량으로서 유량과 달리 항시 측정되고 있다. 그러나 수위관측지점의 횡단면 변화와 상하류구간의 하상경사변화 등으로 인하여 동일한 유량에 대하여도 각기 상이한 수위를 보이게 된다.

본 연구에서는 고안지점을 중심으로 한 한강의 팔당댐 하류부가 현재 안정하도에 가까운 평형하천 상태를 유지하는 것으로 가정하여 연구를 진행하였다. 고안지점에서의 계획하폭변화에 따른 연최고수위 자료의 동질성을 기준화시키는 방법으로 1995년에 새롭게 확립된 고안지점의 수위-유량 관계곡선(서규우 등, 1995; 팔당댐 방류량 산정 개선에 관한 연구, 1995)을 기준 수위-유량 관계곡선으로 하여 1917년 이후 고안지점에서 관측된 연최고수위자료를 현 하상상태에서의 수위로 환산하였다. 자료의 정확도는 수문해석 기법의 중요도에 못지않으므로, 신뢰성있는 자료를 선택하기 위하여 건설부를 비롯한 각급 관공서와 책임있는 연구기관에서 발간한 각종 보고서를 조사하였고, 해당년도의

표 1. 고안 지점에 대한 기왕의 수위-유량 관계곡선식

번호	h(m)	Q(cms)	이용년도	적용년도	수 록 문 헌
1	h ≥ 5.5 1.20 ≤ h ≤ 5.5 h ≤ 1.20	Q = -6141.47 + 1767.11h + 25.73h ² Q = 46h ^{2.66} Q = 4.60 - 139.00h + 82.62h ²	1921 1922 1927 1928	1921~29	조선하천조사서(1929)
2	1.00 < h < 2.45 2.45 < h < 12.00	Q = 19.61 - 92.17h + 108.30h ² Q = 59.49 - 181.18h + 137.95h ²		45년이후	한국수문조사서(1963)
3	전범위	Q = 71.80 - 239.99h + 200.56h ²	1956 1957		한국하천요람 제2편(1958)
4	h ≤ 2.00 h > 2.00	Q = 0.078 - 4.36h + 60.60h ² Q = 48.02h ^{2.498}	과거자료 1964	1963~66	한국수문조사연보(1964)
5	h ≥ 2.30	Q = 88.0h ^{2.16}	40년이전 적용	40년이전	한강유역조사사업 1968년도성과보고서(1969)
6	전범위	Q = 10.332 ^{2.273}			한국수문조사연보(1965)
7	h < 11.26 h ≥ 11.26	Q = 16.36h ^{2.96} Q = 1160.21h ^{1.22}	1979	1968~81	한국수문조사연보(1978)
8	전범위	Q = 3025.5 - 1867.12h + 130.76h ²	1984		한강홍수에정보 program 및 정수분석보고서(1978)
9	h ≤ 7.0 7.0 < h < 13.5	Q = 100.872 ^{2.2697} Q = 226.5648h ^{1.8639}	1984 1985	1982~85	충주다목적댐 건설에 따른 한 강홍수에정보 프로그램 개선 보고서(1985)
10	h ≤ 7.0 h > 7.0	Q = 100.872h ^{2.2697} Q = 177.246h ^{1.961}			한강홍수에정보(1986)
11	h < 5.9 h ≥ 5.9	Q = 198.244h ^{1.91167} Q = 226.5648h ^{1.8369}	1986	1986~87	한국수문조사연보(1986) 한강홍수에정보(1986)

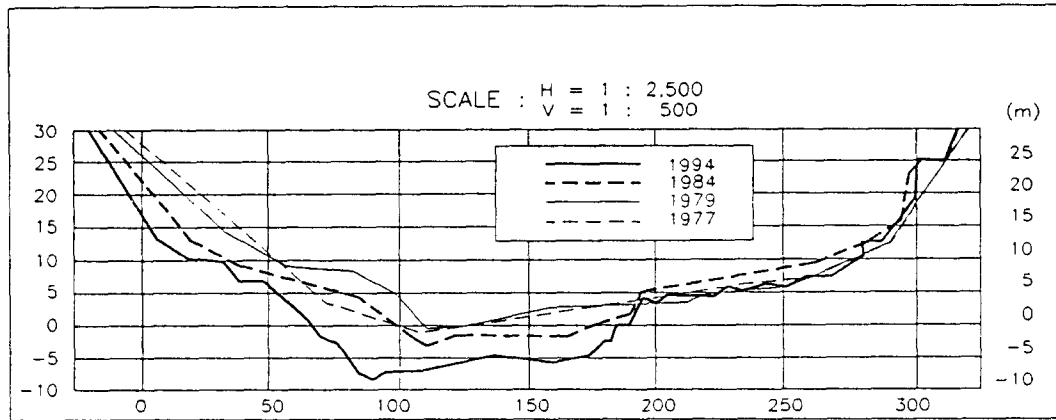


그림 1. 고안지점의 횡단면 변화도 (1977, 1979, 1984, 1994)

수위-유량 관계곡선으로 검토하여 선정하였다. 본 연구에서 이용한 연최고 수위와 유량은 조사된 수위-유량 자료들 중 가장 신뢰성이 높다고 판단한 1992년에 한국수자원공사에서 발간한 전국하천조사서(1992)에 수록된 자료를 이용하였다. 식 (1)

의 기준 수위-유량 관계곡선식을 이용하여 기왕의 홍수유를 현 하상상태에서의 수위로 환산하였으며, 그림 2에 본 연구에서 채택한 기준 수위-유량 관계곡선을 도시하였고, 표 2에 과거홍수위(H)와 환산홍수위(H')를 홍수량과 함께 수록하였다('84 대

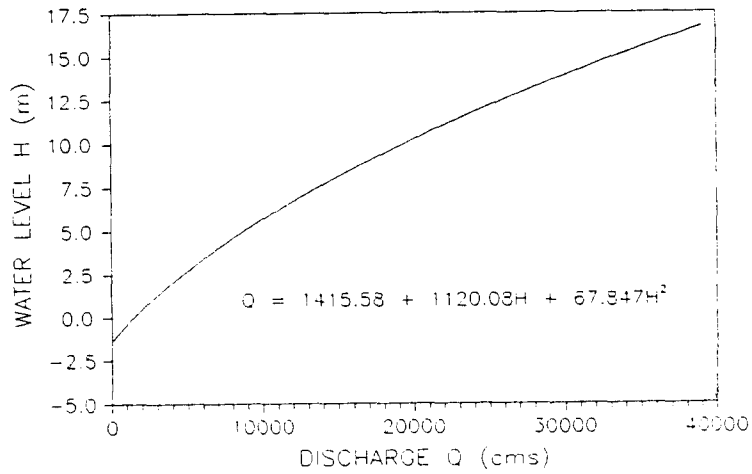


그림 2. 기준 수위-유량 관계곡선도

표 2. 과거홍수위와 환산홍수위 및 홍수량자료

발 생 일	관측 수위 (m)	홍수량 (cms)	환산 수위 (m)	발 생 일	관측 수위 (m)	홍수량 (cms)	환산 수위 (m)	발 생 일	관측 수위 (m)	홍수량 (cms)	환산 수위 (m)
1917. 9. 5	7.62	7,400	4.25	1938. 9. 5	8.15	8,600	4.94	1971. 8.12	8.30	9,100	5.21
1918. 8.17	9.46	12,100	6.77	1939. 5.13	3.50	1,100	-0.29	1972. 8.19	15.94	29,000	13.53
1919. 7. 7	11.08	16,600	8.83	1940. 9. 4	13.58	23,100	11.44	1973. 9. 1	7.40	6,900	3.95
1920. 7. 8	13.56	23,100	11.44	1946. 7.12	6.65	5,300	2.94	1974. 7. 9	8.94	9,180	5.26
1921. 7. 7	8.65	9,900	5.64	1947. 8. 7	10.46	14,900	8.08	1975. 7.28	8.50	15,790	8.48
1922. 7.30	12.75	21,000	10.63	1954. 7.29	9.02	10,860	6.14	1976. 8.14	9.41	17,880	9.38
1923. 8. 2	9.47	12,200	6.81	1955. 7. 4	8.28	9,020	5.17	1977. 7.14	6.48	11,340	6.39
1924. 7.25	10.50	15,000	8.13	1956. 7.16	9.95	13,350	7.37	1978. 8.20	10.75	19,840	10.18
1925. 7.18	19.38	37,000	16.09	1957. 7.18	7.76	7,720	4.44	1979. 6.26	8.52	15,830	8.50
1926. 8. 6	11.05	16,500	8.79	1958. 9. 6	11.40	17,500	9.22	1980. 7.23	7.37	13,270	7.33
1927. 7.15	10.24	14,200	7.76	1959. 9. 1	11.12	16,760	8.90	1981. 9. 2	8.89	16,680	8.87
1928. 9.16	6.79	5,580	3.13	1960. 6.29	8.20	8,700	4.99	1982. 8.15	5.80	6,920	3.96
1929. 8.18	6.60	5,100	2.81	1961. 7.13	7.00	5,800	3.27	1983. 9. 1	7.40	17,430	9.19
1930. 7.14	12.20	19,700	10.12	1962. 9. 8	8.60	9,800	5.59	1984. 9. 2	11.80	30,130	13.91
1931. 8.20	9.00	10,800	6.11	1963. 7.18	10.44	14,760	8.02	1985.10.14	5.61	6,120	3.47
1932. 8.31	10.28	14,300	7.81	1964. 8.12	10.12	13,860	7.60	1986. 8.29	5.84	5,790	3.26
1933. 7.30	9.37	11,900	6.67	1965. 7.16	15.27	27,000	12.85	1987. 8.31	7.00	8,080	4.64
1934. 7.24	9.10	11,100	6.27	1966. 7.26	14.42	25,100	12.17	1988. 7.14	5.41	5,040	2.77
1935. 7.23	12.70	20,900	10.60	1967. 7.20	8.12	8,500	4.88	1989. 7.28	4.32	3,330	1.56
1936. 8.12	14.55	25,500	12.32	1968. 8.24	8.20	8,700	4.99	1990. 9.12	13.55	28,693	13.43
1937. 7.20	9.03	10,900	6.17	1969. 7.31	11.30	17,300	9.13	1991. 7.25	5.19	5,348	2.97
				1970. 9.18	10.97	16,210	8.66	1992. 8.27	2.60	1,705	0.25

홍수, 1985; 전국하천조사보고서, 1992; 팔당댐 방류량 산정 개선에 관한 연구, 1995).

$$Q = 67.8474 \cdot H^2 + 1120.08 \cdot H + 1415.58, \quad (1)$$

(Q(cms), -1.0 ≤ H(m))

$$H' = -0.0368 \cdot H^2 + 1.9896 \cdot H - 8.7670, \quad (2)$$

(1917~1973)

$$H' = -0.0730 \cdot H^2 + 2.6136 \cdot H - 8.7606, \quad (3)$$

(1974~1992)

하천단면에 대한 기하학적인 특성이 변한다고 볼 때 그 단면에서의 유량에는 변화가 없다고 가정하면, 과거 유량이 현 하상상태에서도 동일한 규모의 유량을 나타내므로, 과거에 관측된 수위를 H, 유량을 Q라 하고, 유량 Q에 대한 현단면 상태에서의 수위를 H'라 할 때 수위와 유량의 관계는 다음 식으로 나타낼 수 있다. $Q=f(H)$, $Q=g(H')$ 에서 좌변은 동일하므로 $H'=g^{-1}(Q)$ 가 되며, $g(H)=f(H')$ 이므로 H'과 H를 $H'=I(H)$ 와 같은 함수관계로 가정한다(서규우 등, 1994; 정홍수, 1988). 이와 같은 방법으로 현 하상상태로 환산된 1917년 이후 연최고수위자료를 팔당댐 완공 이전(1917~1973)과 완공 이후(1974~1992)의 두기간으로 나누어서 최소자승법으로 회귀분석하여 회귀계수와 상관계수를 추정하였으며 관계식을 구하였다. 과거수위-환산수위 관계식은 식 (2), (3)과 같으며, 그림 3에 과거수위-환산수위 관계곡선을 도시하였다.

3. 확률홍수량 산정

본 연구에서는 한강 고안지점의 기본자료로 기왕의 홍수량자료(표 2)를 세기간(I: 1917~1940, II: 1954~1992, III: 1917~1992)으로 구분하여 사용하였다. 일반적으로 빈도해석을 하는 경우 상류의 수공구조물의 영향을 받지 않는(unregulated or uncontrolled) 자연하천상태의 자료를 사용하는 것이 가장 바람직하나, 본 연구대상 지점인 고안지점은 그동안 북한강 및 남한강유역에 세워진 많은 댐에 의해 유량이 조절되어 왔으며 상류댐들에 의해 조작된 방류량(홍수량)이 팔당댐 하류부에 위치한 서울에 직접적인 영향을 미치므로, 본 연구에서 사용한 고안지점의 홍수량자료(자료 I, II, III)는 댐에 의한 방류량 조작이 없는 자연하천상태에서의 홍수량으로 볼 때는 일관성에 문제가

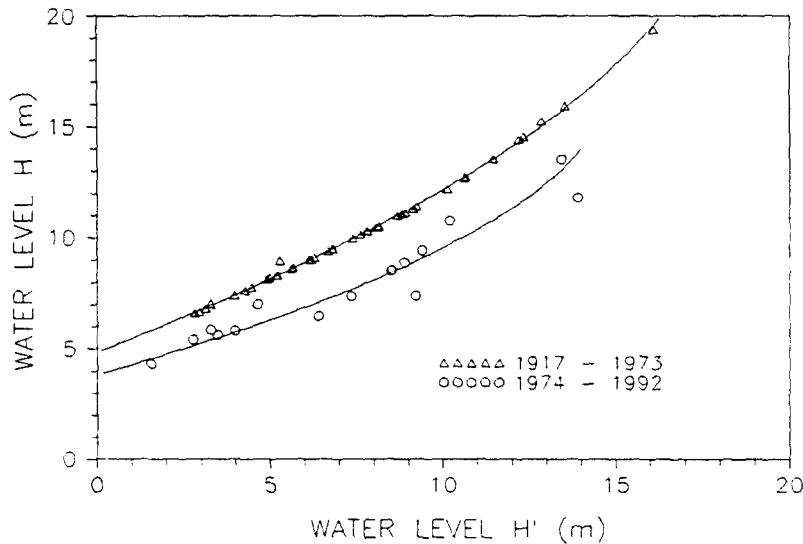


그림 3. 과거홍수위-환산홍수위 관계곡선도

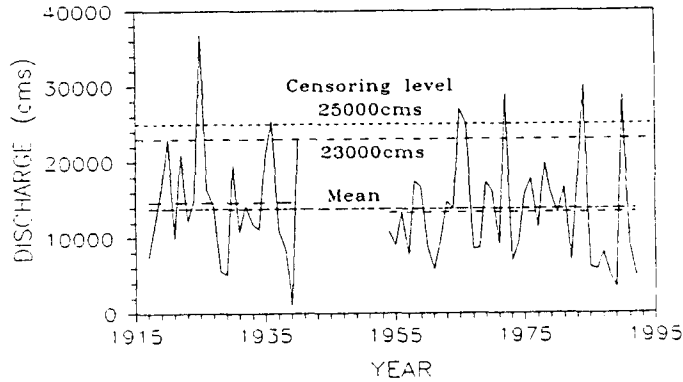


그림 4. 연도별 홍수량자료의 경향

표 3. 과거 홍수량자료의 기본통계값

구분	자료크기(년)	평균홍수량(cms)	표준편차	변동계수	왜곡도계수
I	24	14732.5	7809.7	0.530	0.888
II	39	13362.2	7177.3	0.537	0.898
III	63	13884.2	7392.5	0.532	0.882

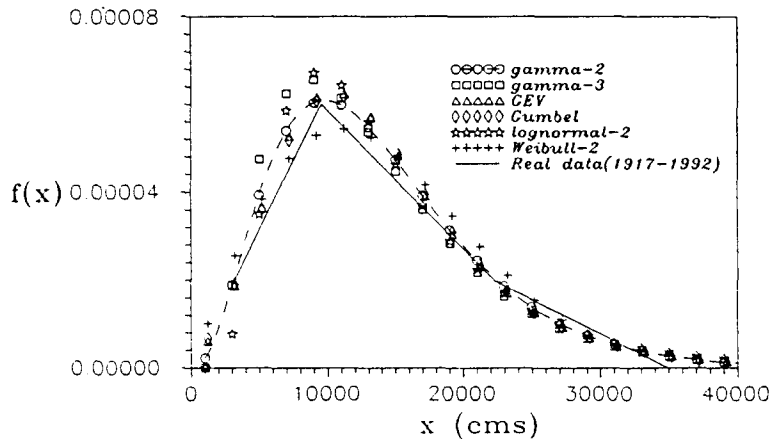


그림 5. 과거 홍수량의 경험 확률밀도함수와 적합 확률밀도함수

있다고는 할 수 있으나, 고안지점을 통과하는 홍수량이 실질적으로 하류부에 미치는 영향을 고려할 때는 일관성에 문제가 없다고 볼 수 있다. 왜냐하면 비록 고안지점 상류부 어떤 임의의 지점에서 호우로 인하여 보다 큰 홍수량이 발생할 수 있으나, 고안지점상류부에 위치한 일련의 댐에서의 홍수조절 등으로 첨두홍수량이 감소하여 고안지점으로 보

내지고 이것이 수도권을 통과하기 때문에 실질적으로 빈도해석을 해야하는 홍수량은 바로 고안지점의 첨두홍수량이기 때문이다.

빈도해석을 위해 각 자료들에 대한 기본적인 통계값을 계산하였고 10가지 확률분포형 (gamma-2, gamma-3, GEV, Gumbel, log-Gumbel-2, lognormal-2, lognormal-3, log-Pearson type

표 4. 확률분포형의 매개변수와 적합성

적용분포형	자료 구분	자료 크기	location parameter	XMIN	XMAX	scale parameter	shape parameter	판정
gamma-2	I	24	0	1100	37000	4313.67	3.415	OK
	II	39	0	3330	30130	4010.21	3.332	OK
	III	63	0	1100	37000	4094.51	3.391	OK
gamma-3	I	24	-3030.3	1100	37000	4678.44	5.084	OK
	II	39	1625.3	3330	30130	4088.78	2.509	OK
	III	63	-18.8	1100	37000	6472.99	3.400	OK
GEV	I	24	11231.9	1100	37000	6472.99	0.038	OK
	II	39	9896.8	3330	30130	5412.90	-0.600	OK
	III	63	10431.7	1100	37000	5838.97	-0.014	OK
Gumbel	I	24	11121.0	1100	37000	6256.85		OK
	II	39	10049.0	3330	30130	5740.16		OK
	III	63	10469.4	1100	37000	5916.19		OK
log-Gumbel-2	I	24	0	1100	37000	10310.84	2.686	OK
	II	39	0	3330	30130	9300.83	2.659	OK
	III	63	0	1100	37000	9701.84	2.678	OK
lognormal-2	I	24	0	1100	37000	9.52	0.545	OK
	II	39	0	3330	30130	9.38	0.549	OK
	III	63	0	1100	37000	9.44	0.546	OK
lognormal-3	I	24	-1153.8	1100	37000	10.12	0.299	OK
	II	39	-3246.6	3330	30130	9.63	0.431	OK
	III	63	-6083.7	1100	37000	9.83	0.368	OK
log-Pearson type 3	I	24	11.3	1100	37000	-0.19	9.550	OK
	II	39	11.2	3330	30130	-0.19	9.573	OK
	III	63	11.3	1100	37000	-0.19	9.683	OK
Weibull-2	I	24	0	1100	37000	16621.94	1.988	OK
	II	39	0	3330	30130	15071.42	1.961	OK
	III	63	0	1100	37000	15663.59	1.980	OK
Weibull-3	I	24	1348.8	1100	37000	15036.86	1.770	NG
	II	39	3020.4	3330	30130	11379.97	1.427	OK
	III	63	2366.6	1100	37000	12826.90	1.575	NG

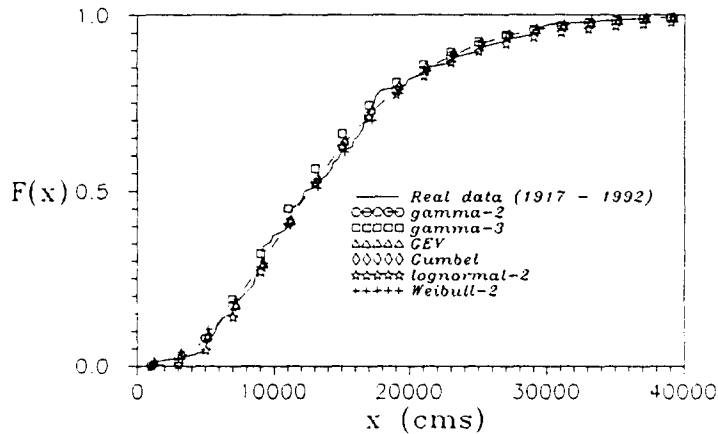


그림 6. 과거홍수량의 경험 누적분포함수와 적합 누적분포함수

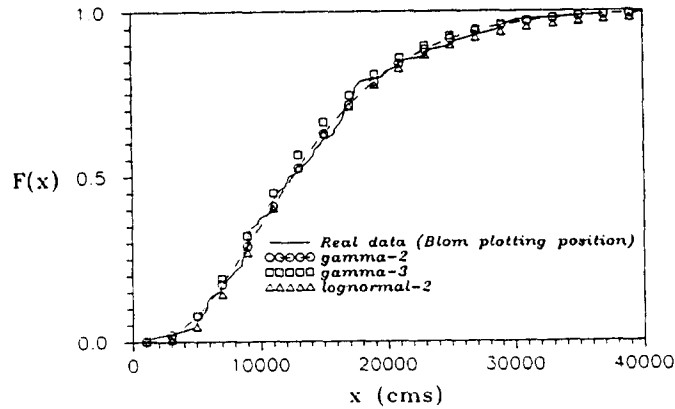


그림 7. Blom 도시위치 공식에 의한 과거 홍수량의 경험 누기분포함수와 적합 누기분포함수

표 5. 매개변수의 적합도 검정

적용 분포형	검정 방법	자 료 구 분								
		I (1917-1940)			II (1954-1992)			III (1917-1992)		
		계산값	표 값	판 정	계산값	표 값	판 정	계산값	표 값	판 정
gamma-2	χ^2 검정	0.67	5.99	Ho	2.67	7.81	Ho	0.10	7.81	Ho
	K-S검정	0.07	0.24	Ho	0.11	0.19	Ho	0.05	0.15	Ho
	CVM검정	0.03	0.46	Ho	0.06	0.46	Ho	0.02	0.46	Ho
gamma-3	χ^2 검정	0.67	3.84	Ho	4.21	5.99	Ho	0.10	5.99	Ho
	K-S검정	0.07	0.24	Ho	0.10	0.19	Ho	0.05	0.15	Ho
	CVM검정	0.03	0.46	Ho	0.06	0.46	Ho	0.02	0.46	Ho
GEV	χ^2 검정	1.42	3.84	Ho	7.00	5.99	Ha	0.24	5.99	Ho
	K-S검정	0.08	0.24	Ho	0.12	0.19	Ho	0.06	0.15	Ho
	CVM검정	0.03	0.46	Ho	0.03	0.46	Ho	0.03	0.46	Ho
Gumbel	χ^2 검정	1.42	9.49	Ho	7.00	11.07	Ho	2.05	11.07	Ho
	K-S검정	0.07	0.24	Ho	0.12	0.19	Ho	0.06	0.15	Ho
	CVM검정	0.03	0.46	Ho	0.07	0.46	Ho	0.03	0.46	Ho
log-Gumbel-2	χ^2 검정	4.33	5.99	Ho	8.85	7.81	Ha	8.14	7.81	Ha
	K-S검정	0.12	0.24	Ho	0.14	0.19	Ho	0.13	0.15	Ho
	CVM검정	0.17	0.46	Ho	0.21	0.46	Ho	0.33	0.46	Ho
lognormal-2	χ^2 검정	0.58	5.99	Ho	6.38	7.81	Ho	2.05	7.81	Ho
	K-S검정	0.08	0.24	Ho	0.12	0.19	Ho	0.08	0.15	Ho
	CVM검정	0.03	0.46	Ho	0.07	0.46	Ho	0.03	0.46	Ho
lognormal-3	χ^2 검정	1.42	3.84	Ho	7.00	5.99	Ha	2.24	5.99	Ho
	K-S검정	0.08	0.24	Ho	0.11	0.19	Ho	0.06	0.15	Ho
	CVM검정	0.03	0.46	Ho	0.06	0.46	Ho	0.03	0.46	Ho
log-Pearson type III	χ^2 검정	5.67	3.84	Ha	4.21	11.07	Ho	2.65	5.99	Ho
	K-S검정	0.17	0.24	Ho	0.11	0.19	Ho	0.07	0.15	Ho
	CVM검정	0.17	0.46	Ho	0.06	0.46	Ho	0.07	0.46	Ho
Weibull-2	χ^2 검정	0.58	5.99	Ho	6.69	7.81	Ho	3.19	7.81	Ho
	K-S검정	0.08	0.24	Ho	0.12	0.19	Ho	0.07	0.15	Ho
	CVM검정	0.04	0.46	Ho	0.08	0.46	Ho	0.04	0.46	Ho
Weibull-3	χ^2 검정	NG			4.54	5.99	Ho	NG		
	K-S검정				0.10	0.19	Ho			
	CVM검정				0.15	0.46	Ho			

Ho: 채택, Ha: 기각, NG: 모수적합성 기각

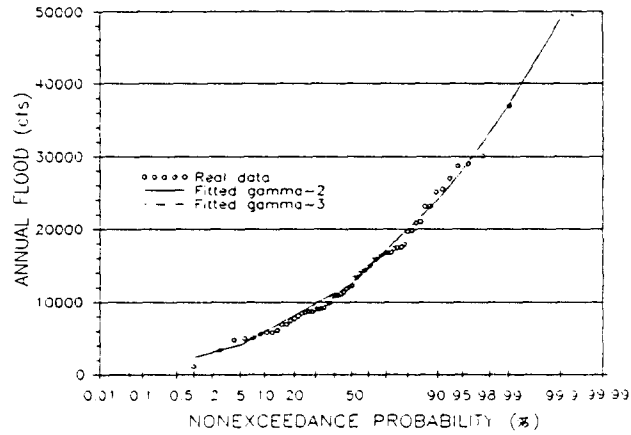


그림 8. 정규 확률지에 의한 확률홍수량

표 6. 재현기간별 확률홍수량

재현기간 (year)	gamma-2 (cms)	gamma-3 (cms)	lognormal-2 (cms)	Gumbel (cms)
2	12546.1	12546.4	12581.7	12637.7
10	23994.8	23992.6	25332.0	23783.0
20	28147.3	28142.9	30893.0	28041.6
50	33329.3	33321.9	38622.4	33554.0
100	37091.0	37080.7	44820.7	37684.8
200	40751.6	40738.9	51360.5	41800.4
300	42855.8	42841.5	55355.7	44204.2
400	44333.8	44318.6	58269.7	45908.6
500	45473.0	45456.3	60576.7	47230.4
1000	48977.5	48953.5	68011.1	51334.1

표 7. 재현기간별 확률홍수위

재현기간 (year)	gamma-2 (m)	gamma-3 (m)	lognormal-2 (m)	Gumbel (m)
2	6.98	6.98	7.00	7.03
10	11.77	11.77	12.26	11.69
20	13.24	13.24	14.16	13.21
50	14.95	14.95	16.58	15.02
100	16.12	16.11	18.35	16.30
200	17.20	17.20	20.11	17.50
300	17.80	17.80	21.12	18.18
400	18.22	18.21	21.85	18.65
500	18.53	18.53	22.41	19.01
1000	19.48	19.47	24.14	20.10

III, Weibull-2, Weibull-3)을 적용하여 확률가중 모멘트법으로 매개변수를 추정하고 추정된 매개변수의 적합성을 확인하였다. 추정한 매개변수에 대해 확률분포형별로 χ^2 검정, Kolmogorov-Smirnov(K-S) 검정, Cramer von Mises(CVM) 검정 등 3 가지 방법을 이용하여 적합도 검정을 하였고, 검정결과와 확률밀도함수와 누가분포함수를 비교분석하여 최적분포형을 선정, 수자원 계획과 수공구조물의 계획규모를 결정하기 위한 확률홍수량을 산정하였다. 그림 4는 홍수량자료의 연도별 경향도를 나타낸 것이며, 표 3은 고안지점의 기왕의 홍수량자료에 대한 기본통계값을 나타낸 것이다.

확률분포형을 적용하여 확률가중 모멘트법으로 매개변수를 추정하고 적합성 유무를 판정한 결과 대부분의 확률분포형의 매개변수는 적합하였으나, 3변수 Weibull 확률분포형의 매개변수는 위치 매개변수가 자료의 최소값보다 크므로 적합하지 않은 것으로 판정하였다. 표 4에 추정된 확률분포형의 매개변수와 그 적합성 유무를 나타내었다. 그림 5에 경험 확률밀도함수와 적합 확률밀도함수를 도시하였고, 그림 6과 7에 도시위치 공식에 의한 경험 누가분포함수와 적합 누가분포함수를 도시하였다.

추정된 매개변수가 적합한 확률분포형에 대하여 χ^2 검정, Kolmogorov-Smirnov 검정, Cramer von Mises 검정의 방법으로 적합도 검정을 한 결과, 가장 적합도가 좋은 확률분포형은 gamma-2, gamma-3 분포형이었고, 그 다음으로 Gumbel, lognormal-2의 확률분포형 순이었다. 표 5에 적용한 확률분포형에 대한 매개변수의 적합도 검정결과를 나타내었다.

확률홍수량을 산정하기 위하여 적정 확률분포형에 대해 각 확률지에 재현기간별로 도시하였고, 재현기간별 확률홍수량을 산정하였다. 적정 확률분포형에 의해 재현기간별 확률홍수량을 산정한 결과, 확률분포형중에서 lognormal-2 분포형에 의한 확률홍수량만이 다른 분포형에 의한 홍수량보다 크게 나타났으며, 다른 분포형은 비슷한 확률홍수량을 나타내었다. 그림 8은 정규확률지에 gamma-2 및 gamma-3와 Blom 공식에 의한 비초과 확률에 따른 유량을 도시한 것이다. 표 6과 표 7은 적합한

확률분포형에 대한 재현기간별 확률홍수량과 확률홍수위를 수록한 것이다.

4. 과거홍수정보를 이용한 결측자료의 보완

고안지점과 같이 관측기간 중간에 결측값이 있는 경우 발생할 수 있는 빈도해석의 불확실성을 감소시키기 위해 과거홍수정보를 이용하여 결측자료를 보완하는 방법으로 홍수량에 대한 재현기간을 산정하였다. 본 연구에서는 Hirsch(1987)가 제안한 도시위치공식 (4)를 이용하였다. 식 (4)에서 관측자료의 기간을 s, 과거 홍수정보의 기간을 h라 하면, 전체자료기간 n은 $n=h+s$ 이다. 이때, 기준값(censoring level)을 x_0 라 하면, e는 관측기간에서 기준값보다 큰 자료의 수이며, e'은 과거 홍수기간에서 기준값보다 큰 자료의 수이다. 자료를 크기순으로 배열했을때, 1 부터 k 까지는 식 (4a)를 적용하고, k+1 부터 g 까지는 식 (4b)를 적용한다 (Hirsch, 1987).

$$F(i) = \frac{i-\alpha}{k+1-2\cdot\alpha} \cdot \left[\frac{k}{n}\right], \quad i=1, \dots, k \quad (4a)$$

$$= \frac{k}{n} + \left[1 - \frac{k}{n}\right] \cdot \frac{i-k-\alpha}{s-e+1-2\cdot\alpha}, \quad i=k+1, \dots, g \quad (4b)$$

여기서, $k=e+e'$ 이고 $g=s+k-e$ 이다.

본 연구에서는 식 (4)에서 α 를 3/8(Blom 도시위치공식의 계수)으로 설정한 식을 이용하여 그림 4에서와 같이 기준값(censoring level)으로 23,000cms와 25,000cms의 두가지 경우로 나누어 1941년~1953년 사이의 결측된 자료를 보완하여 재현기간을 산정하였으며, 그림 9는 과거 홍수정보를 이용하여 산정한 확률홍수량을 도시한 것이다. 과거 홍수량에 대한 재현기간은 표 8에 수록하였다. 과거 홍수정보를 이용하여 기왕의 홍수량에 대한 재현기간을 산정한 결과 확률분포형에 의한 재현기간보다 크게 나타났으며, 기준값에 접근할 수록 그 차이는 줄어들음을 알 수 있었다.

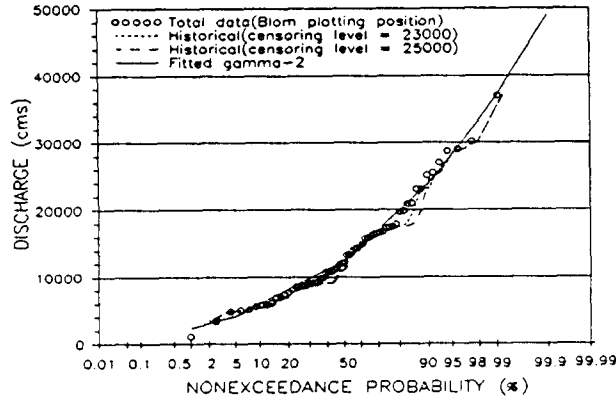


그림 9. 과거 홍수정보를 이용한 확률홍수량 (정규 확률지)

표 8. 과거 홍수정보를 이용한 확률홍수량에 대한 재현기간

기준값 23000(cms)				기준값 25000(cms)			
연 도	순 위	유량(cms)	재현기간 (year)	연 도	순 위	유량(cms)	재현기간 (year)
1925	1	37,000	125	1925	1	37,000	126
1984	2	30,130	48	1984	2	30,130	49
1972	3	29,000	30	1972	3	29,000	30
1990	4	28,693	22	1990	4	28,693	22
1965	5	27,000	17	1965	5	27,000	17
1936	6	25,500	14	1936	6	25,500	14
1966	7	25,100	12	1966	7	25,100	12
1920	8	23,100	10	1920	8	23,100	10
1940	9	23,100	10	1940	9	23,100	10
1978	10	19,840	7	1978	10	19,840	7
1976	11	17,880	6	1976	11	17,880	6
1958	12	17,500	5	1958	12	17,500	6

5. 비교 고찰

기왕의 수위자료를 현 하상상태에서 이용할 수 있도록 과거의 홍수위자료에 대하여 기준 수위-유량 관계곡선식을 이용하여 현 하상상태에서의 수위로 환산하였으며, 과거수위와 환산수위와의 관계를 상관분석하여 관계식을 구하였다. 과거수위를 현 하상상태에서의 수위로 환산한 결과, 환산수위는 과거수위에 비해 상당히 감소함을 알 수 있었고, 특히 1973년 팔당댐 건설 이후 유송토사의 차단과

경기도 관내의 한강 하상골재 채취로 인하여 팔당댐 하류부에 위치한 고안지점에서의 하상조각의 파괴와 하도단면의 큰 변화가 일어나서, 하상저하에 수반된 수위저하가 발생했음을 알 수 있었다.

다음으로 과거의 홍수량자료에 10가지 확률분포형을 적용하여, 매개변수를 추정하고 추정된 매개변수의 적합성을 확인하였으며, 적합도 검정을 실시하여 최적분포형을 선정하였다. 적합도가 좋은 확률분포형은 gamma-2, gamma-3 분포형이었고, 두 확률분포형은 거의 동일한 결과를 나타내었다. 그 다음으로는 Gumbel, lognormal-2의 확률

표 9. 고안지점에서의 기왕의 최대홍수 비교

발생년도(year)		1925	1966	1972	1984	1990
침투홍수량(cms)		37,768	25,100	29,000	30,130	28,693
최고수위(m)	관측수위	19.38	14.42	15.94	11.80.	13.55
	환산수위	16.09	12.17	13.53	13.91	13.44
재현기간 (year)	gamma-2	98	12	23	28	22
	기준값 23,000cms	125	12	30	48	22
	기준값 25,000cms	126	12	30	49	22

분포형순이었다. 선정된 최적확률분포형을 이용하여 수자원계획과 수공구조물 설계시 꼭 필요한 기본수문량인 확률홍수량과 확률홍수위를 재현기간별로 산정하였다. 결측된 자료를 보완하는 방법으로 과거홍수정보를 이용하여 기준값을 23,000 cms와 25,000 cms로 나누어 홍수량에 따른 재현기간을 산정하였으며, 기준값을 25,000 cms로 했을 경우의 재현기간이 23,000 cms로 했을 경우보다 크게 나타남을 알 수 있었다. gamma-2 확률분포형에 의한 재현기간과 과거홍수정보를 이용한 재현기간의 비교에서는 과거홍수정보를 이용한 경우에 재현기간이 더 크게 나타났으며, 기준값에 근접할수록 그 차이는 줄어들음을 알 수 있었다. 한강유역내 기왕의 대홍수(서규우 등, 1992)들을 대상으로 본 연구에서 산정한 환산수위와 재현기간 등을 비교해 보면 다음 표 9와 같다. 참고로 1984년의 고안지점 침투홍수량은 결측되어 팔당댐의 침투방류량으로 대체된 것이다('84 대홍수, 1985).

6. 결 론

본 연구에서는 현 하상상태를 기준으로 하여 수립된 수위-유량 관계곡선을 이용하여, 기왕의 홍수위 자료로부터 환산수위를 산정했으며, 환산홍수위 자료와 과거홍수량 자료를 기본자료로 하여 빈도해석을 통해 확률홍수위 및 확률홍수량을 산정하는 내용으로, 얻어진 성과를 정리하면 다음과 같다.

1. 한강 고안 수위 관측지점의 기준 수위-유량 관계곡선을 이용하여 과거 하상상태에서 경년별로 측정된 기왕의 수위, 유량 관측성과를 현 하상상태의 수리량으로 환산하였으며, 과거홍수위와 환산홍수위의 상관식을 유도하였다.

2. 과거홍수량 자료에 확률분포형을 적용하여 매개변수를 추정하고 적합도를 검정한 결과, 최적분포형은 gamma-2, gamma-3, Gumbel, lognormal-2 순이었으며, 최적 확률분포형에 의한 재현기간별 확률홍수량을 산정하였다.

3. 과거홍수정보를 이용하는 방법으로 결측된 자료를 보완하여 홍수량에 따른 재현기간을 산정한 결과, 확률분포형에 의한 재현기간보다 크게 나타남을 알 수 있다.

참 고 문 헌

'84. 대홍수. (1985). 건설부.
 서규우, 이원환, 조원철 (1992). "한강유역내 기왕의 이상홍수 해석." 대한토목학회 학술발표 개요집(Ⅱ).
 서규우, 허준행, 조원철, 이원환 (1994). "한강 인도교 지점에서의 이상홍수 해석." 연세대학교 산업기술연구소, 제26집, 제1권, pp. 29-37.
 서규우, 허준행, 조원철, 이원환 (1995). "팔당댐방류량검정을 위한 고안지점의 수위-유량관계곡선의 재작성." 한국수자원학회지. (개재예정)
 수자원관리기법 개발연구소사, 수위유량관계곡선 자료집. (1994). 건설기술연구원.
 정홍수 (1988). "하상의 경년변화에 따른 수위-유량관계 곡선의 해석," 석사학위 논문, 연세대학교 산업대학원.
 전국하천조사보고서. (1992). 한국수자원공사.
 팔당댐 방류량 산정 개선에 관한 연구. (1995). 한국전력공사 기술연구원.
 한강 유역조사보고서. (1979). 한국수자원공사.
 한강 하천정비 기본계획 보고서. (1978). 건설부.
 한국 수문조사서. (1963). 건설부.

한국 하천 조사서. (1992). 한국수자원공사.
Hirsch, R.M. (1987). "Probability plotting position
formulas for flood records with historical in-

formation". *Journal of Hydrology*, Vol. 96, pp.
185-199.

〈접수: 1995년 6월 23일〉