

L-모멘트 및 LH-모멘트 기법에 의한 적정 설계홍수량의 유도(Ⅱ)

- LH-모멘트법을 중심으로 -

Derivation of Optimal Design Flood by L-Moments and LH-Moments(Ⅱ)

- On the method of LH-Moments -

이 순 혁* · 박 명 근** · 맹 승 진***
Lee, Soon Hyuk · Park, Myeong Keun · Maeng, Sung Jin
정 연 수*** · 김 동 주*** · 류 경 식***
Jong, Youn Su · Kim, Dong Joo · Ryoo, Kyong Sik

Abstract

Derivation of reasonable design floods was attempted by comparative analysis of design floods derived by Generalized Extreme Value(GEV) distribution using methods of L-moments and LH-moments for the annual maximum series at ten watersheds along Han, Nagdong, Geum, Yeongsan and Seomjin river systems. LH-coefficient of variation, LH-skewness and LH-kurtosis were calculated by LH-moment ratio respectively. Parameters were estimated by the Method of LH-Moments. Design floods obtained by Method of LH-Moments using different methods for plotting positions in GEV distribution and design floods were compared with those obtained using the Method of L-Moments by the Relative Mean Errors(RME) and Relative Absolute Errors(RAE). The results was found that design floods derived by the method of L-Moments and LH-Moments using Cunnane plotting position formula in the GEV distribution are much closer to those of the observed data in comparison with those obtained by methods of L-moments and LH-moments using the other formulas for plotting positions from the viewpoint of Relative Mean Errors and Relative Absolute Errors. In view of the fact that hydraulic structures including dams and levees are generally using design floods with the return period of two hundred years or so, design floods derived by LH-Moments are seemed to be more reasonable than those of L-Moments in the GEV distribution.

*충북대학교 농과대학

**충북대학교 농업과학연구소

***충북대학교 대학원

키워드 : L-모멘트, LH-모멘트, L2-변동계수, L2-왜곡도, L2-첨예도, 모의발생, GEV 분포 모형, 설계홍수량

I. 서 론

우리나라의 과거, 댐 재해조사를 보면 저수지 파괴의 35% 정도가 물 넘이의 부적절한 설계에 기인되었다고 한다. 그리고, 1996년 임진강 홍수시 문산천의 제방이 100년 빈도의 홍수에 대비할 수 있는 실측자료의 통계학적 분석에 의한 빈도별 홍수량을 근거로 축조되었다고 하지만, 실제로 범람을 유발케 된 것은 실측자료의 통계학적 분석에 의한 빈도별 홍수량의 그릇된 제시에서 기인되었음이 추후 확인되었다.¹⁹⁾

이같은 홍수재해를 예방하기 위해서는 저수지, 하천제방, 암거와 같은 각종 수공구조물의 안정적인 설계를 위한 신빙성 있는 실측자료의 통계학적 분석에 의한 빈도별 홍수량의 제시가 무엇보다도 우선되어야 함은 주지의 사실이다.

본 연구의 제 I 보에서는 홍수자료의 동질성, 독립성 및 Outlier 검정, K-S 검정 및 L-모멘트비도에 의한 GEV 분포 모형의 적합성 판정, GEV 분포 모형의 모멘트법 및 L-모멘트법에 의한 매개변수 유도방법 및 플로팅 포지션법을 달리했을 때의 빈도별 홍수량을 유도하였다. 이와같은 빈도별 홍수량을 비교 분석한 결과, L-모멘트법과 Weibull 플로팅 포지션법에 의한 설계 홍수량이 모멘트법과 타 플로팅 포지션법에 의한 설계 홍수량보다 일반적으로 적정한 것으로 나타났다.

따라서, 본 연구에서는 고차확률가중모멘트의 선형조합인 LH-모멘트법을 사용하여 GEV 분포 모형의 매개변수를 추정하고 이에 의해 유도된 빈도별 홍수량과 제 I 보에서 L-모멘트법에 의해 유도된 것과는 비교 분석하여 적정한 매개변수 유도방법과 빈도별 홍수량을 제시함으로써, 장차 우리나라 수자원 개발계획과 보다 합리적인 수방 대책 및 방법을 도출하는데 기여하고자 한다.

II. 이론적 특성 분석

본 연구에 적용된 매개변수 추정법인 L-모멘트법과 LH-모멘트법의 근간이 되는 확률가중모멘트

법에 대해서는 제 I 보에서 서술하였다. 따라서, 본 보에서는 GEV 분포 모형에 대한 특성과 이 분포 모형의 매개변수 유도 방법인 L-모멘트법과 LH-모멘트법에 대한 이론을 고찰하고자 한다.

1. Generalized extreme-value 분포모형

Generalized extreme-value(GEV) 분포의 확률 밀도함수는 식 (1)과 같이 주어진다.

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \left[1 - \frac{k(x-\xi)}{\alpha} \right]^{(1/k)-1} \dots\dots\dots(1)$$

여기서 ξ 는 위치 매개변수, α 는 척도 매개변수, k 는 형상 매개변수이다.

가. L-모멘트법(Method of L-Moments, LM)

GEV 분포의 모집단 PWM은 식 (2)와 같이 표현된다.

$$\beta_r = \frac{1}{(1+r)} \left\{ \xi + \frac{\alpha}{k} [1 - (1+r)^{-k} \Gamma(1+k)] \right\} \dots\dots(2)$$

여기서 PWM은 $k > -1$ 이고 $k \neq 0$ 일 때 유효하다. 먼저 3개의 PWM $\beta_0, \beta_1, \beta_2$ 를 고려하면 GEV 분포의 매개변수 추정량은 다음 식으로부터 구할 수 있다.

$$\frac{1-3^{-k}}{1-2^{-k}} = \frac{3\beta_2 - \beta_0}{2\beta_2 - \beta_0} \dots\dots\dots(3)$$

$$\hat{\alpha} = \frac{(2\beta_1 - \beta_0)\hat{k}}{\Gamma(1+\hat{k})(1-2^{-\hat{k}})} \dots\dots\dots(4)$$

$$\hat{\xi} = \beta_0 + \left(\frac{\hat{\alpha}}{\hat{k}} \right) [\Gamma(1+\hat{k}) - 1] \dots\dots\dots(5)$$

식 (3)을 수치적으로 풀면 \hat{k} 을 구할 수 있으나 다음과 같이 근사적으로 풀 수도 있다.

$$\hat{k} = 7.859C + 2.9554C^2 \dots\dots\dots(6)$$

$$C = \frac{2\hat{\beta}_1 - \hat{\beta}_0}{3\hat{\beta}_2 - \hat{\beta}_0} - \frac{\ln(2)}{\ln(3)} \dots\dots\dots(7)$$

위의 근사식에서 구해지는 \hat{k} 의 오차는 $-0.5 < \hat{k} < 0.5$ 의 범위에서 대략 0.0009 정도이다.

나. LH-모멘트법(Method of LH-Moments, LH)

LH-모멘트법의 기본 이론은 본 연구의 제 I 보에서 언급된 확률가중모멘트법에 근거한다.

그리고, 제 I보에서 모집단의 L-모멘트와 확률가중모멘트의 관계를 식 (13)~식 (16)으로 나타낸 바 있다. 여기에서 다루게 되는 LH-모멘트법은 Wang⁽²⁹⁾의 연구결과에 의하면 고차확률가중모멘트의 선형조합인 LH-모멘트는 L-모멘트에 고차확률가중모멘트를 조화시킨 기법으로 보다 큰 재현기간에 상당한 극치사상의 신뢰성 있는 추정 가능성이 있다고 발표하였다. 이에 따라서 LH-모멘트법은 h차의 확률가중모멘트에 근거한 것으로 본보에서는 확률가중모멘트를 2차로 하는 L2-모멘트를 사용하기로 하고 L2-모멘트와 확률가중모멘트와의 관계식을 나타내면 다음의 식 (8)~식 (11)과 같다.

$$\lambda_1^2 = \beta_2 \dots\dots\dots(8)$$

$$\lambda_2^2 = 2\beta_3 - 2\beta_2 \dots\dots\dots(9)$$

$$\lambda_3^2 = 5\beta_4 - \frac{25}{3}\beta_3 + \frac{10}{3}\beta_2 \dots\dots\dots(10)$$

$$\lambda_4^2 = 14\beta_5 - \frac{62}{2}\beta_4 + \frac{45}{2}\beta_3 - 5\beta_2 \dots\dots\dots(11)$$

식 (8)~식 (11)의 4개식에 제시된 확률가중모멘트의 최저차가 2인고로 이를 차수 2의 L2-모멘트로 명칭한다. LH-모멘트에서 차수 2인 L2-모멘트비인 L2-변동계수, L2-왜곡도 및 L2-첨예도는 각각 다음의 식 (12)~식 (14)와 같이 정의된다.

$$\tau_2^2 = \frac{\lambda_2^2}{\lambda_1^2} \equiv L2\text{-변동계수} \\ \text{(LH-coefficient of variation)} \dots\dots\dots(12)$$

$$\tau_3^2 = \frac{\lambda_3^2}{\lambda_2^2} \equiv L2\text{-왜곡도 (LH-skewness)} \\ \dots\dots\dots(13)$$

$$\tau_4^2 = \frac{\lambda_4^2}{\lambda_2^2} \equiv L2\text{-첨예도 (LH-kurtosis)} \\ \dots\dots\dots(14)$$

$k \neq 0$ 시의 GEV분포의 확률가중모멘트는 다음의 식(15)와 같고 r , $r+1$ 및 $r+2$ 차의 확률가중모멘트간의 관계를 나타내면 식 (15)~식 (17)과 같다.

$$(r+1)\beta_r = \xi + \frac{\alpha}{k} [1 - (r+1)^{-k} I(1+k)] \dots\dots\dots(15)$$

$$(r+2)\beta_{r+1} - (r+1)\beta_r \\ = \alpha \frac{I(1+k)}{k} [(r+1)^{-k} - (r+2)^{-k}] \dots\dots\dots(16)$$

$$\frac{(r+2)\beta_{r+1} - (r+1)\beta_r}{(r+3)\beta_{r+2} - (r+1)\beta_r} \\ = \frac{(r+1)^{-k} - (r+2)^{-k}}{(r+1)^{-k} - (r+3)^{-k}} \dots\dots\dots(17)$$

여기에서 $r=0$ 이면 식 (15)~식 (17)은 다시 식 (3)~식 (5)와 같이 표현되며, 이는 곧 L-모멘트법에 의한 매개변수 추정법이다. 한편, LH-모멘트법에서는 $r=2$ 로 했을 때 매개변수 ξ , $\hat{\alpha}$ 및 \hat{k} 를 추정은 식 (15)~식 (17)을 연립하여 구할 수 있다. 여기에서 식 (17)을 반복법을 사용하여 수치적으로 풀면 \hat{k} 을 구할 수 있으나 계산이 복잡하므로 다음의 식 (18), (19)을 사용하여 근사적으로 구할 수 있다.

$$\hat{k} = 15.9316C + 2.7301C^2 \dots\dots\dots(18)$$

$$C = \frac{(r+2)\hat{\beta}_{r+1} - (r+1)\hat{\beta}_r}{(r+3)\hat{\beta}_{r+2} - (r+1)\hat{\beta}_r} \\ - \frac{\ln(r+2) - \ln(r+1)}{\ln(r+3) - \ln(r+1)} \dots\dots\dots(19)$$

여기에서 $\hat{\xi}$ 의 오차는 $-0.5 < \hat{\xi} < 0.5$ 의 범위에서 대략 0.00018이다.

III. 기본 수문자료와 분석방법

1. 기본 수문자료와 유역특성

본 분석에 사용된 대상유역은 한강수계의 여주, 낙동강수계의 산양, 월포, 왜관, 금강수계의 공주, 영산강수계의 남평, 나주, 마륙 및 섬진강수계의 압록, 송정의 10개 유역²³⁾을 선정하였으며 설계홍수량 유도를 위해 각 유역의 연최고치 자료^{10~16,17)}를 사용하였고, 각 유역에 대한 유역 특성의 결과는 제 I 보의 Table 1²³⁾과 같다.

Table 1. Results of LH-coefficient of variation(L2-CV), L2-skewness and L2-kurtosis

River	Station	LH-moment ratios		
		L2-CV	L2-skewness	L2-kurtosis
Han	Yeoju	0.3876	0.3598	0.2079
	Sanyang	0.2294	0.1794	0.0483
Nagdong	Wolpo	0.3180	0.3878	0.2772
	Waegwan	0.1958	0.2995	0.1702
Geum	Kongju	0.2945	0.2357	0.0938
	Nampyeong	0.1653	0.2716	0.1672
Yeongsan	Mareuk	0.2330	0.2878	0.1977
	Naju	0.2127	0.1360	0.0824
Seomjin	Abrog	0.2720	0.2036	0.0738
	Songjung	0.1592	0.3593	0.2969

2. 분석방법

가. LH-모멘트비 산정

확률가중모멘트의 선형조합인 LH-모멘트비 즉, LH-변동계수, LH-왜곡도 및 LH-첨예도를 구한다.

나. 적용 확률 분포모형의 적합도 검정

본 분석에서는 연최고치계열에 일반적으로 많이

사용되고있는 GEV 분포 모형을 선정하고, 유역별로 LH-모멘트법에 따른 GEV 분포 모형에 대한 적합도 검정을 위해 매개변수 방법인 K-S (Kolmogorov-Smirnov) test에 의해 적합도를 판정한다.

또한, 대상유역의 연최고치자료에 의한 LH-모멘트비도를 작성하고, 난수발생에 의해 모의발생된 표본들의 LH-모멘트비도를 작성하여 GEV분포 모형의 적합성 여부를 판별한다.

다. GEV분포 모형의 LH-모멘트법에 따른 매개변수 산정

GEV 분포 모형의 매개변수를 LH-모멘트법에 의해 각 유역별로 구한다.

라. GEV 분포 모형의 LH-모멘트법에 따른 설계홍수량 유도 및 고찰

GEV 분포 모형에서 LH-모멘트법에 의해서 구해진 매개변수를 사용하여 유도된 설계홍수량과 L-모멘트에 의한 것 및 실측치의 플로팅 포지션법에 의한것과를 상대평균오차(Relative Mean Error, RME)와 상대절대오차(Relative Absolute Error, RAE)의 방법으로 비교분석한다.

IV. 결과 및 고찰

1. 사용수문자료의 기본통계치 분석

본 분석을 위한 대상유역별 연최고치자료의 기본통계치로서 평균치, 표준편차, 왜곡도계수, 변동계수 및 첨예도의 기본 통계치를 각 유역별로 구한 결과는 제 I 보의 Table 2²³⁾와 같다.

2. 연최대홍수량의 독립성, 동질성 및 Outlier 검정

대상유역별 연최대홍수량의 독립성, 동질성 및 Outlier검정은 각각 Wald-Wolfowitz Test, Mann-Whitney Test 및 Grubbs-Beck 검정법에 의해 실시하였으며 이에 대한 결과로서, 연최대홍수량의 독립성 및 동질성이 인정되었고 Outlier 검정 결과

Table 2. Kolmogorov-Smirnov test for the generalized extreme-value distribution using methods of LH-moments

River	Station	Method of LH-moments		
		D_n	$D_{0.05}$	Test
Han	Yeoju	0.0761	0.2099	○
Nagdong	Sanyang	0.1004	0.2617	○
	Wolpo	0.1690	0.2617	○
	Waegwan	0.0764	0.2150	○
Geum	Kongju	0.1106	0.2124	○
Yeongsan	Nampyeong	0.0860	0.2443	○
	Mareuk	0.1090	0.2236	○
	Naju	0.0804	0.2206	○
Seomjin	Abrog	0.0931	0.2267	○
	Songjung	0.1574	0.2443	○

○ : Significance level can't be acknowledged

는 High Outlier나 Low Outlier가 없음이 확인되었다.²³⁾

3. LH-모멘트비에 의한 L2-변동계수, L2-왜곡도 및 L2-첨예도 계산

확률가중모멘트의 선형조합으로서 LH-모멘트값을 각 유역별로 구하고 LH-모멘트값의 비인 L2-변동계수, L2-왜곡도 및 L2-첨예도를 구한 결과는 Table 1과 같다. 전 유역에 걸쳐 LH-모멘트비인 L2-변동계수, L2-왜곡도 및 L2-첨예도는 각각 0.1592~0.3876, 0.1360~0.3878 및 0.0483~0.2969의 범위를 나타내고 있다.

4. 적합도 검정

가. K-S 검정에 의한 적합도 검정

LH-모멘트법에 따른 GEV 분포형에 대한 적합도 판정은 K-S 검정을 이용하였으며 각 유역에 대한 결과는 Table 2와 같다.

이상의 결과를 보건데 대상유역 전반에 걸쳐

LH-모멘트법에 따른 GEV분포모형의 적합도가 5% 유의수준에서 인정되었다.

나. LH-모멘트비도에 의한 GEV분포 모형의 적합성 판별

대상유역에 적용된 GEV 분포모형의 적합성 여부를 판별하기 위해 LH-모멘트법에 따른 GEV분포모형의 LH-왜곡도계수와 LH-첨예도계수의 무차원 LH-모멘트관계인 LH-모멘트비도의 관계를 구하고 이들을 도시한 결과는 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서 나타난 바와 같이 대상유역, 10개 지점의 LH-왜곡도계수와 LH-첨예도계수의 LH-모멘트비도를 플로팅한 결과 무차원 LH-모멘트 플로팅점이 GEV 곡선을 중심으로 위와 아래에 고루 산포되어 있고 LH-왜곡도계수를 평균한 값($\tau_3=0.27$)이 GEV 곡선상에 위치하고 있음을 볼 수 있다. 그리고 LH-왜곡도계수의 평균값을 $\tau_3=0.27$ 로 하는 GEV 분포 모형을 난수발생에 의해, 모의발생시켜 LH-모멘트비도를 작성한 결과는 Fig. 2와 같다. Fig. 2의 결과에서 보면 플로팅 포지션점이 GEV 곡선 주위에 주로 산포해 있으며 LH-왜곡도계수의 평균치 역시 GEV 선상에 위치하고 있다. 이상의 결과로 보아 적용된 10개 유역의 연최고치 자료는 GEV 분포 모형에 적합한 것으로 나타났다.

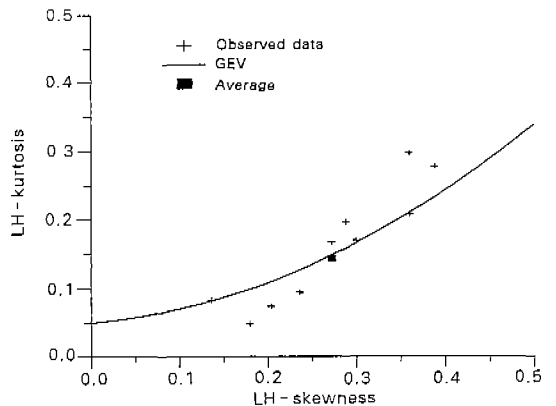


Fig. 1. LH-skewness versus LH-kurtosis for 10 sites in GEV distribution

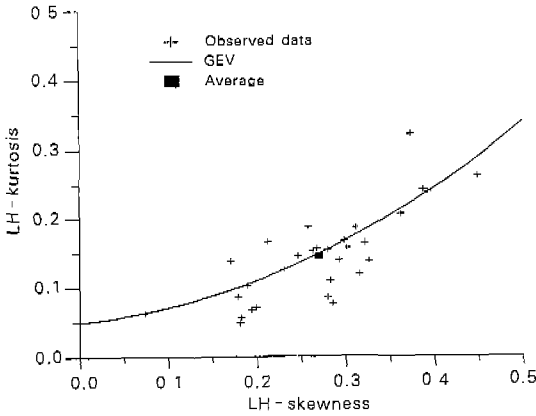


Fig. 2. LH-skewness versus LH-kurtosis for 30 samples simulated from GEV distribution with $\tau_3 = 0.27$

5. LH-모멘트법에 의한 GEV분포 모형의 매개변수 산정

고차확률가중모멘트의 차수를 2로 했을때의 LH-모멘트법에 따른 GEV 분포의 위치매개변수, ξ 척도매개변수, α 및 형상매개변수, k 를 각 유역별로 구한 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. Parameters calculated by Generalized extreme-value distribution using methods of LH-moments

Method	River	Station	ξ	α	k
LH	Han	Yeouju	2,623.1560	2,040.1760	-0.1728
		Sanyang	123.0097	93.9373	0.1926
	Nag-dong	Wolpo	419.3333	194.8479	-0.2267
		Waegwan	3,100.3860	1,165.5930	-0.0543
	Geum	Kongju	1,817.4970	1,625.9220	0.0750
	Yeongsan	Nampyeong	300.4603	104.6246	0.0019
		Mareuk	291.5313	142.2879	-0.0309
		Naju	1,138.4120	874.3285	0.2856
	Seomjin	Abrog	1,599.7400	1,398.7550	0.1416
		Songjung	2,508.0660	565.4766	-0.1717

LH : Method of LH-moments

6. GEV 분포 모형의 LH-모멘트법에 따른 설계홍수량의 유도

GEV분포모형의 L-모멘트법과 LH-모멘트법에 의한 다른 재현기간별 홍수량을 유역별로 구한 결과는 Table 4와 같다.²³⁾

또한, 실측치의 Weibull, Hazen, Cunnane 및 Gringorton 플로팅 포지션법에 의한 설계홍수량과 GEV분포모형의 L-모멘트 및 LH-모멘트법에 의해 유도된 빈도별 설계홍수량의 비교 분석을 위해 상대평균오차(Relative Mean Error, RME) 및 상대절대오차(Relative Absolute Error, RAE)^{22,23,27)}를 대상유역별로 구한 결과는 Table 5와 같다.

Table 5에서 GEV분포 모형의 L-모멘트법 및 LH-모멘트법에 의해 유도된 설계홍수량과 실측치의 플로팅 포지션법들에 의해 유도된 설계홍수량과의 상대평균오차 및 상대절대오차의 결과를 보면 전 유역에 걸쳐 Cunnane 플로팅 포지션법에 의한 LH-모멘트법과 L-모멘트법이 타 플로팅 포지션법에 의한 것보다 일반적으로 작게 나타나는 좋은 결과를 나타내었다.

Cunnane 플로팅 포지션법에 의한 설계홍수량과 GEV분포모형의 L-모멘트법 및 LH-모멘트법에

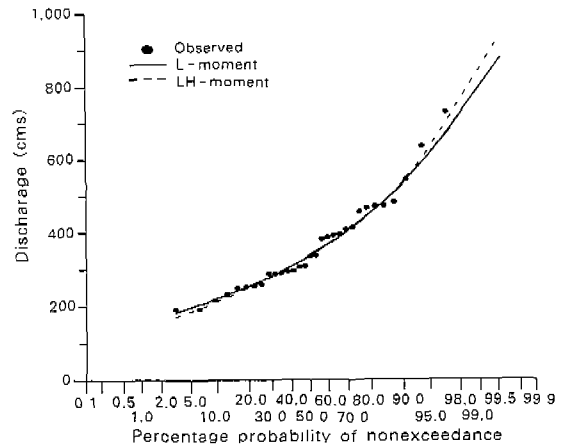


Fig. 3. Comparison of design floods estimated using methods of L-moments and LH-moments with Cunnane plotting position at Nampyeong watershed of Yeongsan river

Table 4. Comparison of design floods calculated by different methods (Unit : m³/s)

Method	River	Station	Return period(yrs)					
			5	10	20	50	100	200
LM*	Han	Yeosu	5,999.04	8,104.05	1,0466.52	14,117.14	17,370.87	21,133.37
	Nagdong	Sanyang	233.24	287.41	340.75	411.86	466.72	522.75
		Wolpo	792.93	1,020.54	1,260.11	1,604.40	1,890.30	2,201.39
		Waegwan	4,995.72	5,965.89	6,892.49	8,086.07	8,976.22	9,859.50
	Geum	Kongju	3,896.45	5,004.83	6,159.73	7,800.61	9,148.12	10,600.32
	Yeongsan	Nampyeong	454.01	535.19	616.12	725.49	811.00	899.36
		Mareuk	514.34	629.39	739.46	881.52	987.67	1,093.17
		Naju	2,138.25	2,571.56	2,953.91	3,404.61	3,712.43	3,995.79
	Seomjin	Abrog	3,344.65	4,206.45	5,045.79	6,151.00	6,993.30	7,844.73
		Songjung	3,594.22	4,195.87	4,778.00	5,538.86	6,114.51	6,692.79
LH	Han	Yeosu	6,100.41	8,215.08	10,529.72	14,006.48	17,021.00	20,425.06
	Nagdong	Sanyang	240.82	291.21	336.09	389.54	426.43	460.69
		Wolpo	784.46	1,013.15	1,259.73	1,623.86	1,934.37	2,280.04
		Waegwan	4,950.42	5,919.26	6,866.79	8,120.29	9,080.00	10,053.96
	Geum	Kongju	4,044.31	5,113.35	6,137.02	7,459.45	8,448.51	9,432.33
	Yeongsan	Nampyeong	456.47	544.74	630.19	748.40	852.40	926.48
		Mareuk	516.74	629.55	735.69	870.10	968.67	1,065.09
		Naju	2,191.49	2,582.14	2,894.12	3,223.17	3,424.24	3,592.65
	Seomjin	Abrog	3,449.10	4,263.54	4,993.94	5,870.67	6,480.36	7,050.30
		Songjung	3,549.86	4,145.89	4,741.47	5,548.66	6,181.54	6,837.04

* The first report²³⁾

다른 설계홍수량의 결과를 표본 예로 영산강 수계의 남평유역에 대해 정규확률지에 도시한 결과는 Fig. 3 및 Fig. 4와 같다.

표본 예인 Fig. 3 과 Fig. 4의 결과와 타 대상유역을 종합해 보건데, 재현기간 10년 이상의 설계홍수량을 사용할 때에는 GEV분포모형의 LH-모멘트법과 Cunnane 플로팅 포지션법에 의해 유도된 설계홍수량이 L-모멘트법과 타 플로팅 포지션법에 의한 것보다 좋은 결과를 보여 주었다.

그런데, 실제로 수리구조물의 설계에는 200년

내외의 설계홍수량이 주로 많이 사용되는 사실에 비추어 볼 때 표본예인 Fig. 3 및 Fig. 4에서 보는 바와 같이 재현기간이 커질수록 LH-모멘트법에 의한 설계홍수량이 L-모멘트법에 의한 것보다 더 적응성이 높은 것으로 나타났고 기타의 대상유역에서도 같은 결과를 보여주었다.

V. 결 론

본 연구는 한강, 낙동강, 금강, 영산강 및 섬진

Table 5. Relative Mean Errors and Relative Absolute Errors calculated by return period over 5 years estimated by generalized extreme-value distribution using different plotting position formulas and Methods of L-moments and LH-moments

Method	River	Station	Weibull		Hazen		Cunnane		Gringorton	
			RME	RAE	RME	RAE	RME	RAE	RME	RAE
LM*	Han	Yeoju	5.16	13.93	4.71	11.98	4.69	11.26	4.68	11.51
	Nagdong	Sanyang	1.73	3.17	1.50	2.75	1.33	2.71	1.38	2.72
		Wolpo	5.99	10.58	3.10	5.45	3.71	6.82	3.46	6.31
		Waegwan	2.51	6.05	2.03	4.55	2.03	4.60	2.02	4.41
	Geum	Kongju	1.78	6.09	1.49	3.46	1.41	2.99	1.43	3.17
	Yeongsan	Nampyeong	2.34	4.72	1.51	2.99	1.53	3.16	1.50	3.00
		Mareuk	2.89	6.04	1.99	4.16	2.07	4.57	2.02	4.41
		Naju	1.80	3.68	1.76	3.97	1.68	3.65	1.71	3.78
	Seomjin	Abrog	2.11	4.37	2.21	4.59	2.08	4.42	2.12	4.49
		Songjung	3.77	6.88	1.84	3.73	2.25	4.53	2.08	4.23
LH	Han	Yeoju	5.17	13.89	4.68	11.94	4.66	11.18	4.66	11.45
	Nagdong	Sanyang	2.65	5.31	2.68	4.94	2.40	4.94	2.49	4.93
		Wolpo	5.51	9.23	3.93	7.53	4.17	7.69	4.06	7.64
		Waegwan	2.49	5.89	2.01	4.33	2.00	4.32	2.01	4.38
	Geum	Kongju	2.14	5.22	1.97	4.78	1.81	4.40	1.86	4.55
	Yeongsan	Nampyeong	2.31	4.62	1.50	3.02	1.50	3.14	1.55	3.09
		Mareuk	2.81	5.69	2.19	4.96	2.25	5.05	2.22	5.02
		Naju	1.77	3.63	1.75	3.96	1.66	3.62	1.69	3.75
	Seomjin	Abrog	2.49	5.43	2.13	4.23	2.05	4.20	2.09	4.21
		Songjung	3.73	7.71	3.00	6.82	3.12	7.11	3.07	7.01

RME : Relative Mean Error *The first report²³⁾
 RAE : Relative Absolute Error

강 수계의 10개 유역에 대한 연최대홍수량을 사용하여 LH-모멘트비도에 의한 LH-변동계수, LH-왜곡도 및 LH-첨예도를 구하고 LH-모멘트비도와 K-S검정에 의해 GEV 분포 모형의 적합도를 검정하였다. 제 I 보에서 적절한 매개변수 유도방법으로 판정된 GEV 분포 모형의 L-모멘트법에 의한 설계홍수량과 본 연구에서 적용된 LH-모멘트법에 의한 설계홍수량을 비교 분석하였으며, 이에

대한 결과를 요약하면 다음과 같다.
 1. GEV 분포 모형의 적합성을 판별하기 위해 K-S 검정 및 LH-모멘트비도의 결과 이의 적정성이 인정되었다.
 2. GEV 분포 모형의 LH-모멘트법에 따른 매개변수와 설계홍수량을 각각 유도하였다.
 3. GEV 분포 모형의 LH-모멘트법에 의한 설계홍수량을 제 I 보에서 결과된 L-모멘트법에 의한

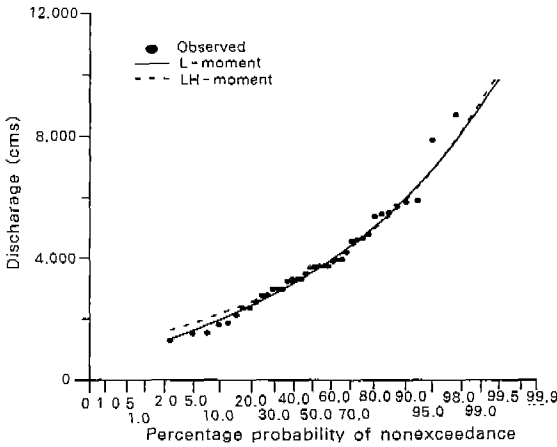


Fig. 4. Comparison of design floods estimated using methods of L-moments and LH-moments with Cunnane plotting position at Waegwan watershed of Nakdong river

설계홍수량과 상대평균오차 및 상대절대오차에 의해 비교한 결과 Cunnane 플로팅 포지션법에 의한 LH-모멘트와 L-모멘트법이 일반적으로 작게 나타나는 좋은 결과를 나타내었다.

4. 수리구조물의 설계홍수량은 주로 200년 내의 설계빈도가 많이 사용되는 사실에 비추어볼 때 GEV분포모형의 LH모멘트법에 의한 설계홍수량이 L-모멘트법에 의한 것 보다 더 적정한 것으로 나타났다.

이 논문은 1997년 한국학술진흥재단의 공모 과제 연구비에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

1. Bobee B. and F. Ashkar, The Gamma Family and Derived Distributions applied in Hydrology, Water Resources Publications, 1991.
2. Greenwood, J. A., Landwehr, J. M., Matalas, N. C. and J. R. Wallis, Probability Weighted Moments: Definition and Relation to Parameters of Several Distributions Expressible in

- Inverse Form, Water Resources Research, Vol 15, No. 5, pp. 1049~1054, 1979.
3. 한국수자원학회, '95 분과위원회 연구과업 보고서, 확률가중 모멘트법을 이용한 대개변수 추정과 적용, 1996.
4. Hazen, A., Flood Flows, A Study of Frequencies and Magnitudes, (John Wiley & Sons Inc.) New York, 1930.
5. Hosking, J. R. M., The Theory of Probability Weighted Moments, Research Report RC12210, IBM T. J. Watson Research Center, Yorktown Heights, New York, 1986
6. Hosking, J. R. M., L-Moments: Analysis and Estimation of Distributions using Linear Combinations of Order Statistics, Journal of Royal Statistical Society, Vol. 52 No. 1, pp. 105~124, 1990.
7. Hosking, J. R. M., Fortran Routines for Use with the Method of L-Moments Version 2, Research Report RC17079, IBM T. J. Watson Research Center, Yorktown Heights, New York, 1991
8. 김양수, 리준행, 류희정, 모멘트법과 PWM의 비교분석(강우빈도해석을 중심으로), 수공학 연구발표회논문집, pp. 251~257, 1994
9. Kite, G. W., Frequency and Risk Analysis in Hydrology, Water Resources Publication, pp. 69~127, 1977.
10. 건설부, 한국수문조사서(우량, 수위편), 1962~1978.
11. 건설부, 한국수문조사년보, 1964.
12. 건설부, 한국수문조사년보, 1979~1990.
13. 건설부, 홍수수문자료집, 1991.
14. 건설부, 한국하천조사서, 1974.
15. 건설부, 한국의 홍수, 1967~1969.
16. 건설부, 홍수량측정조사보고서, 1983.
17. 건설부, 하천시설기준, 1993.
18. 건설기술연구원, 수위유량관계곡선, 1994.
19. 건설기술연구원, 1996.7 임진강유역 대홍수, 1996.

20. 이순혁 외, 응용수문학, 향문사, pp. 66~301, 1984.
21. 이순혁, 홍성표, 박명근, Low Outliers 를 고려한 홍수빈도분석에 관한 연구, 한국농공학회지, Vol. 30, No. 4, pp. 62~70, 1988.
22. 이순혁 외, Gamma 및 Generalized Gamma 분포 모형에 의한 적정 설계홍수량의 유도(I), 한국농공학회지, Vol. 39, No. 3, pp 65~77, 1997.
23. 이순혁 외, L-모멘트 및 LH-모멘트 기법에 의한 적정 설계홍수량의 유도(I), 한국농공학회지, Vol. 40, No. 4, pp 45~57, 1998.
24. National Environment Research Council, Flood Studies Report, Volume No. 1 Hydrological Studies, Whitefriars Press Ltd., London.
25. Pearson, C. P., New Zealand Regional Flood Frequency Analysis using L-Moments, Journal of Hydrology, Vol 30, No. 2, New Zealand, 1991.
26. Salas, J. D., Smith, R. A., Tabios, G. and Heo, Jun-Haeng, Statistical Computer Techniques in Hydrology and Water Resources, Department of Civil Engineering Colorado State University, 1993.
27. Singh, V. P., Distribution by POME, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 114, No. 1, 1988.
28. Tefaruk Haktanir, Comparison of Various Flood Frequency Distributions using Annual Flood Peaks Data of Rivers in Anatolia, Journal of Hydrology, Vol. 136, pp. 1~31, 1992.
29. Wang Q. J., Using Higher Probability Weighted Moments for Flood Frequency Analysis, University of Melbourne, 1997.
30. World Meteorological Organization, Statistical Distributions for Flood Frequency Analysis, Operational Hydrology Report No. 33, Secretariat of the World Meteorological Organization, Geneva Switzerland, 1989.