

Log Pearson Type III 분포 모형에 의한 매개변수 유도방법별 설계홍수량의 비교 고찰

Comparative Studies on the Design Floods Derived by Different Methods for the Parameters of the Log Pearson Type III Distribution

이 순 혁*, 정 연 수**, 맹 승 진**, 유 경 식**
Lee, Soon-hyuk, Jong, Youn-su, Maeng, Sung-jin, Ryoo, Kyong-sik

Abstract

This study was conducted to derive optimal design floods by Log Pearson Type III distribution model of the annual maximum series at five watersheds along Geum, Yeong San and Seom Jin river systems. Design floods obtained by different methods for evaluation of parameters and for Weibull plotting positions in the Log Pearson Type III distribution model were compared by the relative mean errors and graphical fit along with 95% confidence interval plotted on gamma probability paper.

The results were analyzed and summarized as follows.

1. Adequacy for the analysis of flood flow data used in this study was confirmed by the tests of Independence, Homogeneity and detection of Outliers.

2. Basic statistics and parameters were calculated by Log Pearson Type III distribution model using Direct Method of Moments, Maximum Likelihood, Method of Mixed Moments and Indirect Method of Moments according to the corrected coefficients of skewness

3. It was found that design floods derived by the method of Indirect Method of Moments according to the three of the corrected coefficients of skewness, $(C_s)_1$, $(C_s)_2$ and $(C_s)_3$, are much closer to those of the observed data in comparison with those obtained by the other methods for parameters from the viewpoint of relative mean errors.

4. Reliability of derived design floods by Indirect Method of Moments according to the three of the corrected coefficients of skewness, $(C_s)_1$, $(C_s)_2$ and $(C_s)_3$, in the Log Pearson Type III distribution was acknowledged within 95% confidence interval.

I. 서 론

1960년대 제1차 경제개발이 시작되면서부터 우리나라는 급진적인 경제발달로 인해 각종 생

· 공용수는 물론 물 수요의 가장 큰 비중을 차지하고 있는 농업용수의 수요 증가에 민감하게 대처해야 하는 긴급한 전환점에 처해 있음은 주지의 사실이다.

* 충북대학교 농과대학

** 충북대학교 대학원

키워드 : Log-Pearson Type III 분포, W-W Test, M-W Test, 매개변수, 기본통계치, 설계홍수량, Weibull 플로팅 포지션(Plotting Position)법

또한 우리나라는 매년 6, 7, 8월에 태풍 동반 및 지역성 저기압의 생성에 따른 집중호우로 말미암아 막대한 인명과 재산상의 피해를 연례행사처럼 겪고있는 실정이다. 실례로 1996년 7월 26일부터 28일까지 내린 경기·강원 북부지방의 집중 호우로 인한 인명손실은 총 89명으로, 지난 1995년 8월 중부지방 대홍수시의 인명피해 54명을 훨씬 넘었다. 이재민도 10,963세대에 35,631명이 발생하였으며, 재산피해만도 5,313 억원으로 집계되었다.

위와 같은 홍수로부터 야기되는 각종 수리구조물의 범람과 붕괴에 의한 위험도를 제거하고 안정성 있는 농업용수공급을 위해서는 각종 수리구조물의 설계를 위한 적정설계홍수량의 제시가 무엇보다도 중요하다.

이에 본 연구에서는 홍수유출빈도분석을 위해 홍수자료의 동질성, 독립성 및 Outlier 검정을 수행하고 Log Pearson Type III 확률분포 모형에 관한 특성의 고찰과 함께 매개변수 유도 방법을 달리했을 때의 빈도별 설계홍수량의 유도 및 비교 분석을 수행하므로써 적정한 매개변수 유도 방법과 설계홍수량을 제시하고자 하며, 이로써 우리나라 수자원개발 및 수방대책을 수립하는데 필수적인 설계기준을 제공하는데 그 역점을 두고자 한다.

II. 이론 분석

1. 기본 이론

대수를 취한 연최고유량 자료에 대해 Beard¹³⁾가 최초로 Log-Pearson Type III 분포를 사용하였고, 미국 수자원평의회(US Water Resources Council)에서는 홍수빈도분석에 이 분포형을 적용하도록 권장하고 있다.¹⁵⁾ Log-Pearson Type III 분포의 확률밀도함수는 식(1)과 같다.

$$f_{LP}(x, \alpha, \lambda, m) = \frac{|\alpha|}{\Gamma(\lambda)} \frac{e^{-\alpha m}}{x^{1+\alpha}} [\alpha(\ln x - m)]^{\lambda-1} \quad (1)$$

여기에서 α 는 척도매개변수, λ 는 형상매개변수이고 m 은 위치매개변수이다. $\alpha \geq 0$ 일때 $1 \leq x < +\infty$ 이고 $\alpha < 0$ 일때 $0 \leq x \leq 1 = x_{max}$ 의 값을 가진다.

2. 매개변수 산정법

가. 직접 모멘트법(Direct Method of Moments, DMM)

직접 모멘트법은 Bobe'e¹⁵⁾에 의해서 제안된 방법으로 Log-Pearson Type III 분포의 매개변수 α , λ 및 m 은 원점에 관한 1, 2, 3차 모멘트방정식의 자연대수를 취하므로써 다음과 같이 정의되는 식(2), (3) 및 (4)에 의해 구할 수 있다.

$$\ln m'_1 = \frac{m}{k} - \lambda \ln(1 - \frac{1}{\beta}) \quad (2)$$

$$\ln m'_2 = \frac{2m}{k} - \lambda \ln(1 - \frac{2}{\beta}) \quad (3)$$

$$\ln m'_3 = \frac{3m}{k} - \lambda \ln(1 - \frac{3}{\beta}) \quad (4)$$

여기에서 $m'_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (x'_j)$ 이고 $\beta = \alpha k$ 이며 $k = \log_{10} e = 0.434$ 이다. 위의 3개 방정식은 다음의 식(5)로 표시될 수 있다.

$$\frac{\ln[(1-1/\beta)^3/(1-3/\beta)]}{\ln[(1-1/\beta)^2/(1-2/\beta)]} = \frac{\ln m'_3 - 3 \ln m'_1}{\ln m'_2 - 2 \ln m'_1} \quad (5)$$

$$\lambda = \frac{\ln m'_2 - 2 \ln m'_1}{\ln[(1-1/\beta)^2/(1-2/\beta)]} \quad (6)$$

$$m = k[\ln m'_1 + \lambda \ln(1-1/\beta)] \quad (7)$$

나. 최우법(Maximum Likelihood, ML)

최우법에 의한 매개변수 α , λ 및 위치매개변수, m 은 다음의 식(8), (9) 및 (10)에 의해 구할 수 있다.

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \alpha} = \frac{N\lambda}{\alpha} - \sum_{i=1}^N (k \ln x_i - m) = 0 \quad (8)$$

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \lambda} = N\Psi(\lambda) + \sum_{i=1}^N \ln[\alpha(k \ln x_i - m)] = 0 \quad (9)$$

$$\frac{\partial \ln L}{\partial m} = N\alpha - (\lambda - 1) \sum_{i=1}^N \frac{1}{(k \ln x_i - m)} = 0 \quad (10)$$

여기에서 $\Psi(\lambda)$ 는 Digamma 함수이다.

다. 혼합 모멘트법(Method of Mixed Moments, MMM)

혼합모멘트법(Mixed Moments)은 Rao²³⁾에 의해 제시된 기법으로 평균과 분산이 Log-Pearson Type III 분포에 의해 산정되고 대수로 변환된 수문자료의 평균이 Pearson Type III 분포를 따른다는 가정하에 임의의 차수 r_1, r_2 및 r_3 의 3개 원점에 관한 모멘트인 $u'_{r_1}, u'_{r_2}, u'_{r_3}$ 를 표본에 대응하는 모멘트인 m'_{r_1}, m'_{r_2} 및 m'_{r_3} 와 등식화 함으로써 매개변수 α, λ 및 m 는 다음의 식(11) 및 (12)에 의해 구할 수 있다.

$$\mu'_r(LP) = m'_r(x) \quad r = r_1, r_2, r_3 \quad (11)$$

식(11)은 식(12)로 나타낼 수 있다.

$$\frac{e^{mr/k}}{(1 - \frac{r}{\beta^k})} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N u'_i \quad r = r_1, r_2, r_3 \quad (12)$$

여기에서 $\beta = \alpha k$ 이고 $k = \log_{10} e = 0.434$ 이다. 만약 $r=0$ 일때 $\mu'_0(LP)$ 와 $m'_0(x)$ 는 각각 모집단 및 수문자료의 기하평균이다.

라. 간접 모멘트법(Indirect Method of Moments)

간접 모멘트법은 미국 수자원 평의회(U. S. WRC)²⁶⁾에 의해서 제안된 기법으로 이의 매개변수 α, λ 및 m 은 다음의 식(13), (14) 및 (15)에 의해 구할 수 있다.

$$\bar{z} = m + \frac{\lambda}{\alpha} \quad (13)$$

$$s^2 = \frac{\lambda}{\alpha^2} \quad (14)$$

$$C_s = \frac{2}{\sqrt{\lambda}} \quad (15)$$

여기에서 \bar{z}, s^2 및 C_s 는 각각 대수를 취한 수문자료의 평균, 분산 및 왜곡도 계수이다. 식(13), (14) 및 (15)에서 λ, α 및 m 에 관한 식으로 정리하면 다음의 식(16), (17) 및 (18)과 같다.

$$\lambda = \frac{4}{C_s^2} \quad (16)$$

$$\alpha = \frac{s \cdot C_s}{2} \quad (17)$$

$$m = \bar{z} - \frac{2s}{C_s} \quad (18)$$

여기에서 C_s 는 표본의 왜곡도계수로 다음의 식(19)에 의해 구한다.

$$C_s = \frac{m_3}{m_2^{3/2}} = \frac{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (z_i - \bar{z})^3}{[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (z_i - \bar{z})^2]^{3/2}} \quad (19)$$

이다.

미국 수자원평의회에서는 수문자료의 왜곡도 계수 산정에 있어서 왜곡도의 편의(偏倚)와 큰 오차 때문에 왜곡도계수의 지역성을 고려한 다음의 식(20)을 사용할 것을 권장하고 있다.

$$(C_s)_p = \omega C_s + (1 - \omega) \bar{C}_s \quad (20)$$

여기에서 \bar{C}_s 는 주변구역에서 구해진 지역왜곡도계수이며 ω 는 수문자료의 갯수에 대한 가중치로서, 이 가중치는 다음의 식(21), (22) 및 (23)에 의해서 구한다.

$$\omega = 0 \quad (N < 25) \quad (21)$$

$$\omega = (N - 25) / 75 \quad (25 \leq N \leq 100) \quad (22)$$

$$\omega = 1 \quad (N > 100) \quad (23)$$

지역 왜곡도 계수를 모르는 경우에는 왜곡도 계수의 편의를 줄이기 위해서 미국 수자원평의회는 식(24)의 $(C_s)_1$ 과 식(25)의 $(C_s)_2$ 를 추천하였고, Bober'e 와 Robitaille⁽⁶⁾는 식(26)의 $(C_s)_3$ 공식을 제시하였다.

$$(C_s)_1 = \frac{\sqrt{[N(N-1)]}}{N-2} C_s \quad (24)$$

$$(C_s)_2 = (C_s)_1 \cdot \left(1 + \frac{8.5}{N}\right) \quad (25)$$

$$(C_s)_3 = (C-s) \left[\left(1 + \frac{6.51}{N} + \frac{20.20}{N^2}\right) + \left(\frac{1.48}{N} + \frac{6.77}{N^2}\right) C_s^2 \right] \quad (26)$$

III. 기본수문자료와 분석방법

1. 수문자료와 유역특성

본 분석에 사용된 대상유역은 금강수계의 석화, 영산강수계의 마록, 남평 및 섬진강수계의 송정, 압록의 5개유역을 선정하였으며, 설계홍수량 유도를 위해 각 유역의 연최고치 자료⁽¹¹⁻¹⁴⁾를 사용하였고, 각 유역에 대한 유역 특성의 결과는 <Table 1>과 같다. 여기에서 유역면적은 576.2~4255.7km²의 범위를 나타내고 있고 주

하천장은 41.1~185.7km에 이르며, 평균폭은 1.21~22.92km, 형상계수는 0.093~0.341의 범위를 나타내고 있다.

2. 분석방법

가. 대상유역별 연최고치 자료의 기본 통계치 분석

매개변수 유도 방법별 Gamma 분포 모형들을 사용하여 설계홍수량을 유도하는데 기본적으로 필요한 통계치로서 평균치, 표준편차, 왜곡도계수 및 변동계수를 각 유역별로 구한다.

나. 연최고치 자료의 독립성 및 동질성 검정
대상유역별 연최고치 자료의 독립성 및 동질성 검정을 위해 각각 Wald-Wolfowitz(W-W) Test와 Mann-Whitney(M-W) Test⁽⁴⁾에 의해 각 유역별로 실시한다.

다. 연최고치 자료의 Outlier 검정

연최고치 자료의 일반적인 균형분포상태에서 벗어나는 Outlier의 유무를 위해 Grubbs-Beck 검정법을 각 유역별로 시행한다.

라. 사용수문자료의 기본통계치 분석 및 매개변수 산정

매개변수 유도방법별 Log Pearson Type III

<Table 1> Gauging stations and physical characteristics of watersheds

River	Station	Area (km ²)	Length of main stream (km)	Average basin width	Shape factor	Observed duration (yrs)	Location
Geum	Seoghwa	1590.4	72.6	21.91	0.302	30	Long. 127° 21' Lati. 36° 37'
Yeong San	Mareug	683.9	56.0	12.21	0.218	37	Long. 126° 50' Lati. 35° 09'
	Nampyeong	576.2	41.1	14.02	0.341	31	Long. 126° 51' Lati. 35° 03'
Seom Jin	Songjeong	4255.7	185.7	22.92	0.123	31	Long. 127° 34' Lati. 35° 11'
	Abrog	2447.5	162.3	15.08	0.093	23	Long. 127° 22' Lati. 35° 11'

분포 모형에 필요한 기본통계치로서 평균치, 표준편차, 왜곡도계수, 변동계수 및 매개변수를 각 유역별로 구한다.

마. 매개변수 유도방법별 Log Pearson Type III 분포 모형에 의해 유도된 설계홍수량의 비교

Log Pearson Type III 분포 모형에 있어서 매개변수 유도방법을 사용하여 빈도별 설계홍수량을 구하고 이들을 실측치의 Weibull 플로팅 포지션법에 의한 것과 비교 분석하기 위하여 상대평균오차 방법을 사용한다.

바. Log Pearson Type III 분포 모형의 적정 매개변수 유도방법에 의한 설계홍수량의 신뢰구간 검정

Log Pearson Type III 분포 모형을 위한 적정 매개변수 유도방법을 사용하여 구해진 설계홍수량의 95% 신뢰구간을 검정한다.

IV. 결과 및 고찰

1. 수문자료의 기본통계치 분석

석화, 마륵, 남평, 송정 및 압록유역에 대한 평균치, 표준편차, 왜곡도계수 및 변동계수의 기본통계치를 각 유역별로 구한 결과는 <Table 2>와 같으며, 전 유역에 걸쳐 평균치와 표준편차는 각각 362.9~2,869.4 및 127.2~1,068.1의 범위를, 그리고 왜곡도계수와 변동계수는 각각 0.426~1.321 및 0.349~0.625의 범위를 나타내었다.

2. 연최고치 자료의 독립성 및 동질성 검정

대상유역별 사용수문자료에 대한 독립성 검정은 Wald-Wolfowitz Test에 의해 실시하였으며, 동질성 검정은 Mann-Whitney Test에 의해 수행하였다.

<Table 2> Basic statistic

River	Station	Mean (\bar{x})	Standard deviation (S)	Coefficient of skewness(Cs)	Coefficient of variation(Cv)
Geum	Seoghwa	1,090.9	682.1	0.949	0.625
Yeong	Mareug	367.8	193.9	1.028	0.527
	Nampyeong	362.9	127.2	1.039	0.350
Seom	Songjeong	2,869.4	1,004.1	1.321	0.349
Jin	Abrog	2,412.1	1,068.1	0.426	0.443

<Table 3> Test for independence and homogeneity of observed flows

River	Station	Wald-Wolfowitz's test for Independence			Mann-Whitney's test for Homogeneity		
		$ u _1$	$u\alpha/2$	Test	$ u _2$	$u\alpha/2$	Test
Geum	Seoghwa	1.184	1.96	○	0.66	1.96	○
Yeong	Mareug	1.477	1.96	○	0.58	1.96	○
	Nampyeong	0.918	1.96	○	0.04	1.96	○
Seom	Songjeong	1.119	1.96	○	1.42	1.96	○
Jin	Abrog	1.427	1.96	○	0.49	1.96	○

$|u|_1, |u|_2$: W-W and M-W test statistic

$u\alpha/2$: Standardized normal deviate corresponding to a probability of exceedance $\alpha/2$

○ : Accept at a 5% level of significance

<Table 4> Grubbs and Beck test for detection of outliers

River	Station	Grubbs and Beck test			Test
		K_N	X_H	X_L	
Geum	Seoghwa	2.563	5,590.3	137.5	○
Yeong San	Mareug	2.650	1,381.6	74.1	○
	Nampyeong	2.577	812.5	145.2	○
Seom	Songjeong	2.577	6,360.3	1,162.5	○
Jin	Abrog	2.448	7,221.7	652.4	○

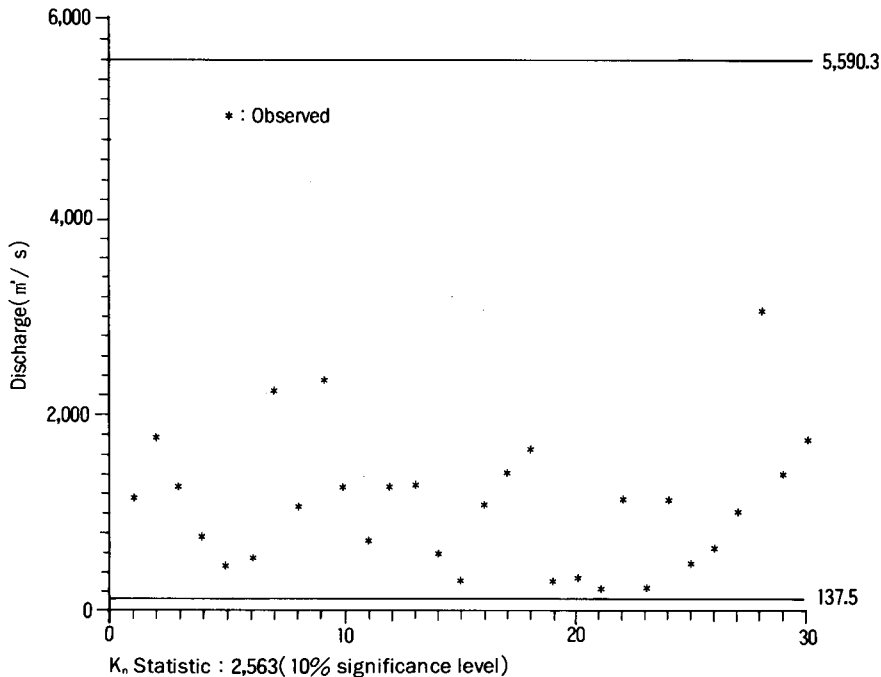
K_N : G-B statistic tabulated for various sample size and 10% significance level.
 X_H : Critical quantity of high outliers
 X_L : Critical quantity of low outliers
 ○ : Accept at a level of 10% significance

본 분석에서 적용된 각 유역의 수문자료에 대한 독립성 및 동질성 검정에 대한 결과는 <Table 3>과 같다.

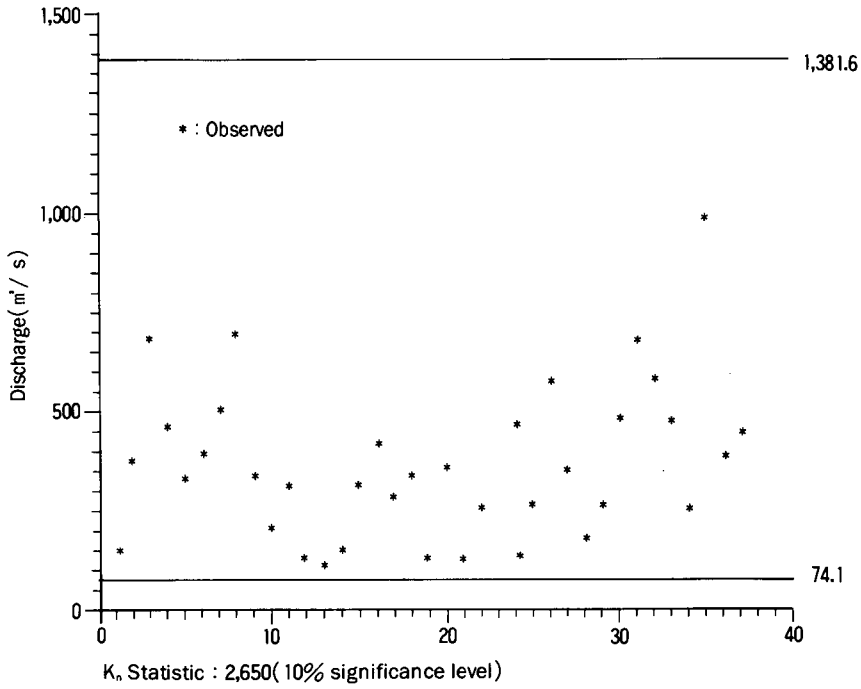
3. 연최고치 자료의 Outlier 검정

일련의 수문자료계열에서 자료의 일반적인 균형분포의 상태에서 훨씬 위나 또는 아래로 격

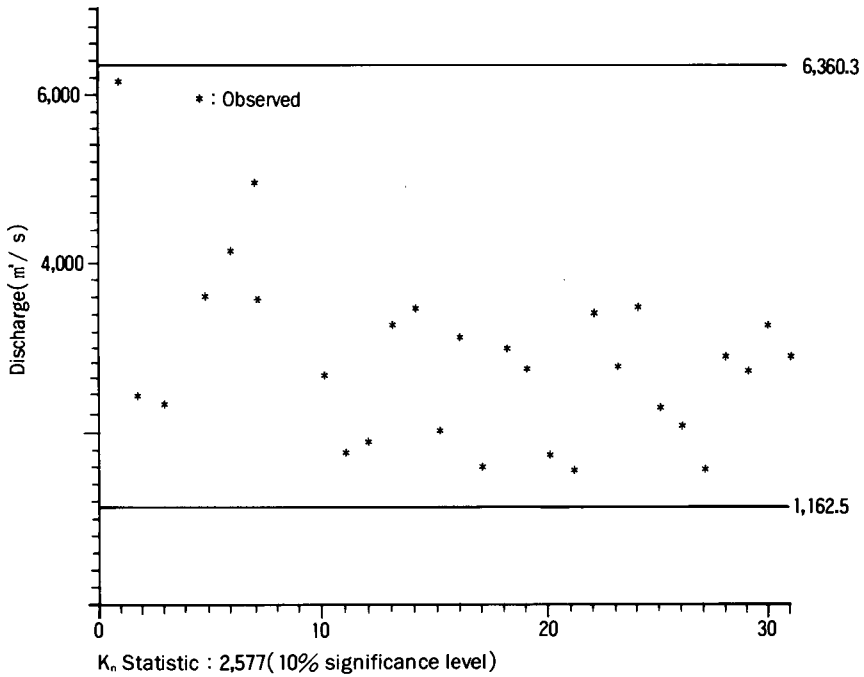
리되는 Data Point를 나타내는 Outlier의 유발로 인해 부적절한 통계학적 매개변수의 유도로서 설계수문량의 제시에 불확실성을 초래하게 된다. 이에 본 분석에서는 Grubbs-Beck에 의한 검정법을 사용하여 Outlier의 유무를 검정하였다. 본 분석에 적용된 유역의 수문자료에 대한 검정결과를 보면 <Table 4> 및 대표예로 <Fig.1>~<Fig.3>에서 보는 바와 같이 전 유역



<Fig. 1> G-B test for detection of high and low outliers at Seoghwa watershed of Geum river



〈Fig. 2〉 G-B test for detection of high and low outliers at Mareug watershed of Yeong San river



〈Fig. 3〉 G-B test for detection of high and low outliers at Songjeong watershed of Seom Jin river

에 걸쳐 High Outlier 및 Low Outlier가 없음이 확인되었다.

이상의 결과에서 보건데 독립성, 동질성 및 Outlier 검정 결과 대상구역의 연최고치 자료에 관한 독립성과 동질성이 인정됨과 동시에 연최고치 자료의 균형분포에서 상, 하로 격리되는 Outlier가 없음이 검정되므로서 수문자료로서 분석 타당성이 인정되었다. 이에 본 분석에서는 상기의 5개 유역을 대상으로 매개변수 유도방법별 Log-Pearson Type III 분포 모형에 따른 재현기간별 홍수량을 유도하고 이들을 실측치의 Weibull 플로팅 포지션법에 의한 결과와 비교 분석하고자 한다.

4. 매개변수 유도방법별 Log-Pearson Type III 분포 모형에 의한 연최고치 자료의 기본통계치 및 매개변수 산정

직접모멘트법(DMM), 최우법(ML), 혼합모멘트법(MMM) 및 간접모멘트법(IMM, $C_s = (C_s)_1, (C_s)_2, (C_s)_3$)에 따른 Log-Pearson Type III 분포에 의한 평균치, 표준편차, 왜곡도계수 및 변동계수의 기본통계치와 척도매개변수, α 형상매개변수, λ 및 위치매개변수, m 를 각 구역별로 구한 결과는 <Table 5> 및 <Table 6>과 같다.

5. 매개변수 유도방법별 Log-Pearson Type III 분포 모형에 의해 유도된 설계홍수량과 실측치의 Weibull 플로팅 포지션법에 의한 설계홍수량의 비교

직접모멘트법, 최우법, 혼합모멘트법 및 수정된 왜곡도 계수별 간접모멘트법에 따른 Log-Pearson Type III 분포에 의해 유도된 각

<Table 5> Parameters and basic statistic calculated by Log-Pearson Type III distribution using Direct Method of Moments, Maximum Likelihood and Method of Mixed Moments

Method	River	Station	α	λ	m	Mean (m ³ /s)	Standard deviation	Coefficient of skewness	Coefficient of variation
DMM	Geum	Seoghwa	-7.76110	5.96237	3.71054	1,090.903	670.662	0.902	0.615
	Yeong san	Mareug	-16.19716	15.34430	3.45134	367.758	191.341	0.986	0.520
		Nampyeong	-196.10806	833.76660	6.78659	362.904	125.108	0.988	0.345
	Seom	Songjeong	102.85769	213.51121	1.35841	2,869.385	987.733	1.256	0.344
	Jin	Abrog	-10.54280	5.26317	3.83393	2,412.090	1,044.606	0.397	0.433
ML	Geum	Seoghwa	-7.91161	6.12424	3.71689	1,090.111	668.727	0.909	0.614
	Yeong san	Mareug	-19.48517	21.44761	3.60574	367.584	191.844	1.083	0.522
		Nampyeong	33.26284	22.84693	1.84899	363.732	133.694	1.785	0.368
	Seom	Songjeong	48.25633	46.43107	2.47226	2,871.731	1,010.443	1.514	0.352
	Jin	Abrog	-10.55453	5.11368	3.82107	2,414.382	1,028.312	0.368	0.426
MMM	Geum	Seoghwa	-7.92389	6.16217	3.72048	1,090.000	670.661	0.915	0.615
	Yeong san	Mareug	-18.22921	18.92827	3.54338	367.757	191.341	1.045	0.520
		Nampyeong	168.91832	587.94194	-0.94478	362.903	125.108	1.183	0.345
	Seom	Songjeong	78.43826	122.37825	1.87425	2,869.387	987.734	1.318	0.344
	Jin	Abrog	-12.96089	7.46697	3.91269	2,412.087	1,044.606	0.523	0.433

DMM : Direct Method of Moments
 ML : Maximum Likelihood
 MMM : Method of Mixed Moments

〈Table 6〉 Parameters and basic statistic calculated by Log-Pearson Type III distribution using Indirect Method of Moments according to the corrected coefficients of skewness

Method	River	Station	α	λ	m	Mean (m ³ /s)	Standard deviation	Coefficient of skewness	Coefficient of variation
IMM (Cs) ₁	Geum	Seoghwa	-11.28948	12.56160	4.05549	1,103.771	733.514	1.322	0.665
	Yeongsan	Mareug	-29.83535	51.20308	4.22064	369.820	202.993	1.365	0.549
		Nampyeong	56.47682	67.16357	1.34663	363.725	130.701	1.469	0.359
	Seomjin	Songjeong	62.23458	79.43257	2.15809	2,875.023	1,014.430	1.414	0.353
		Abrog	-17.72719	14.29259	4.14282	2,425.489	1,109.962	0.791	0.458
IMM (Cs) ₂	Geum	Seoghwa	-8.79700	7.62722	3.80983	1,095.709	691.815	1.043	0.631
	Yeongsan	Mareug	-24.26985	33.85920	3.90014	369.233	199.085	1.247	0.539
		Nampyeong	44.32358	41.36785	1.60254	363.887	132.440	1.591	0.364
	Seomjin	Songjeong	48.84233	48.92466	2.43275	2,876.151	1,026.555	1.523	0.357
		Abrog	-12.94366	7.61982	3.92526	2,417.960	1,060.090	0.544	0.438
IMM (Cs) ₃	Geum	Seoghwa	-9.47042	8.83966	3.87620	1,098.236	704.645	1.127	0.642
	Yeongsan	Mareug	-26.06645	39.05766	4.00342	369.448	200.507	1.290	0.543
		Nampyeong	48.12924	48.77657	1.52240	363.827	131.794	1.545	0.362
	Seomjin	Songjeong	53.05557	57.72938	2.34634	2,875.733	1,022.038	1.482	0.355
		Abrog	-14.17021	9.13236	3.98105	2,420.321	1,075.501	0.620	0.444

IMM (Cs)₁, IMM(Cs)₂, IMM(Cs)₃: Indirect Method of Moments according to the corrected coefficients of skewness

각의 재현기간별 홍수량을 유역별로 구한 결과는 〈Table 7〉과 같고, 매개변수 유도 방법별 분포 모형들의 적합도 검정을 위하여 매개변수 유도 방법별 Log-Pearson Type III 분포 모형에 의해 유도된 각각의 설계홍수량을 플로팅 포지션법에서 Weibull 공식에 의한 비초과 확률인 다음의 식(27)에 의해 Gamma 확률지에 도시하였다.

$$P=1-m/(N+1) \quad (27)$$

여기에서 N은 표본크기이며, m은 가장 큰값부터 나열한 순서이다.

이상의 Weibull 플로팅 포지션법과 매개변수 유도 방법별 Log-Pearson Type III 분포 모형에 의해 유도된 빈도별 설계홍수량의 비교 분석을 위해 상대평균오차²⁰⁾(Relative Mean Error, RME)를 다음의 식(28)에 의해 대상유

역별로 구한 결과는 〈Table 8〉과 같다.

$$RME = \frac{1}{N} \left[\sum_{i=1}^N \left(\frac{Q_o - Q_c}{Q_o} \right)^2 \right]^{0.5} \quad (28)$$

이상의 결과에서 보건데 매개변수 유도 방법별 Log-Pearson Type III 분포 모형에 의해 유도된 설계홍수량과 실측치의 Weibull 플로팅 포지션법에 의해 유도된 설계홍수량과의 상대평균오차는 전 유역에 걸쳐 간접모멘트법(IMM, Cs = (Cs)₁, (Cs)₂, (Cs)₃)이 타 매개변수 유도방법들 보다 작게 나타나는 좋은 결과를 가져왔으며, 간접모멘트법 내의 3가지 왜곡도계수식에 따른 차이는 별로 나타나지 않았다.

Weibull 플로팅 포지션법에 의한 설계홍수량과 매개변수 유도 방법별 Log-Pearson Type III 분포 모형을 대표 예로 금강 수계의 석화, 영산강 수계의 마륵 및 섬진강 수계의 압록유역에

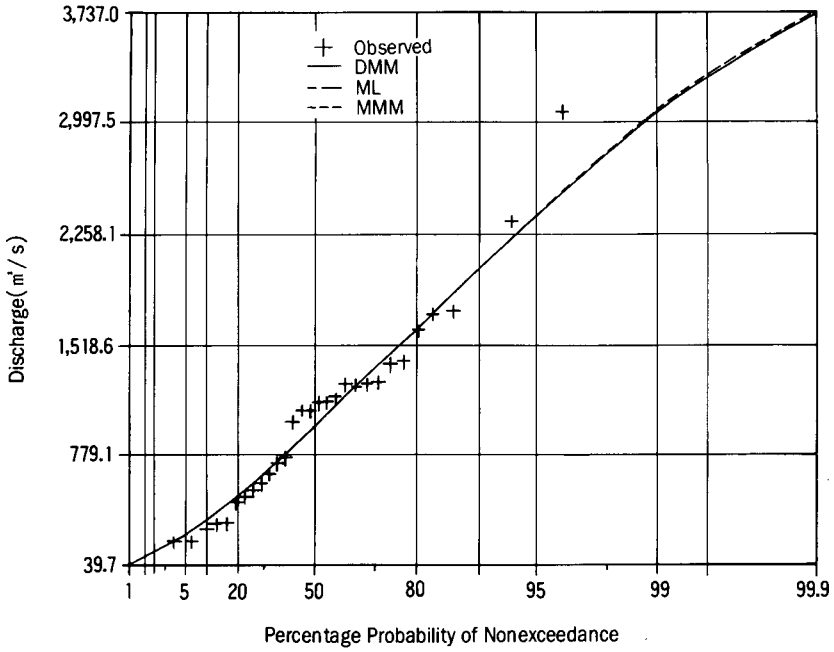
〈Table 7〉 Comparison of design floods calculated by different methods for parameters

River	Station	Methods for the parameters	Return period(yrs)					
			5	10	20	50	100	200
Geum	Seoghwa	DMM	1,627.58	2,032.22	2,382.76	2,781.20	3,041.79	3,272.36
		ML	1,623.81	2,027.57	2,378.30	2,778.31	3,040.84	3,273.84
		MMM	1,625.39	2,030.84	2,383.46	2,786.11	3,050.67	3,285.69
		IMM(C _s) ₁	1,628.73	2,096.11	2,536.28	3,085.89	3,480.20	3,857.24
		IMM(C _s) ₂	1,628.55	2,055.94	2,438.28	2,888.91	3,194.34	3,472.76
		IMM(C _s) ₃	1,628.87	2,069.17	2,469.81	2,951.11	3,283.54	3,591.36
Yeong San	Mareug	DMM	514.23	627.63	730.71	855.87	943.93	1,027.14
		ML	510.96	625.92	732.31	864.18	958.88	1,049.99
		MMM	512.07	626.24	731.20	860.32	952.38	1,040.37
		IMM(C _s) ₁	512.13	637.14	757.58	913.57	1,030.50	1,147.16
		IMM(C _s) ₂	512.58	634.05	749.22	895.77	1,003.77	1,109.95
		IMM(C _s) ₃	512.43	635.20	752.31	902.31	1,013.55	1,123.53
	Nam-pyeong	DMM	456.48	527.97	594.67	679.00	741.23	802.81
		ML	449.73	531.18	613.81	727.98	819.50	916.35
		MMM	452.95	526.06	596.05	687.02	755.91	825.49
		IMM(C _s) ₁	452.84	531.12	608.37	712.03	792.89	876.56
		IMM(C _s) ₂	452.14	532.08	611.87	720.23	805.71	894.98
		IMM(C _s) ₃	452.40	531.74	610.59	717.22	800.98	888.17
Seom Jin	Song-jeong	DMM	3,570.43	4,151.59	4,712.67	5,448.52	6,010.48	6,582.07
		ML	3,554.80	4,161.48	4,762.82	5,573.68	6,209.13	6,869.30
		MMM	3,562.22	4,146.52	4,714.45	5,464.68	6,041.49	6,631.45
		IMM(C _s) ₁	3,573.82	4,178.84	4,772.69	5,565.17	6,180.22	6,814.09
		IMM(C _s) ₂	3,568.96	4,185.85	4,797.79	5,623.53	6,271.05	6,944.06
		IMM(C _s) ₃	3,570.79	4,183.32	4,788.58	5,602.00	6,237.44	6,895.86
	Abrog	DMM	3,316.84	3,850.26	4,278.97	4,734.60	5,016.38	5,255.84
		ML	3,308.78	3,828.08	4,242.93	4,681.10	4,950.53	5,178.45
		MMM	3,290.07	3,845.06	4,308.91	4,824.59	5,158.25	5,452.75
		IMM(C _s) ₁	3,305.86	3,935.11	4,492.67	5,153.82	5,609.61	6,033.82
		IMM(C _s) ₂	3,305.98	3,872.94	4,348.57	4,879.33	5,223.94	5,528.92
		IMM(C _s) ₃	3,306.48	3,893.49	4,394.98	4,966.07	5,344.37	5,684.81

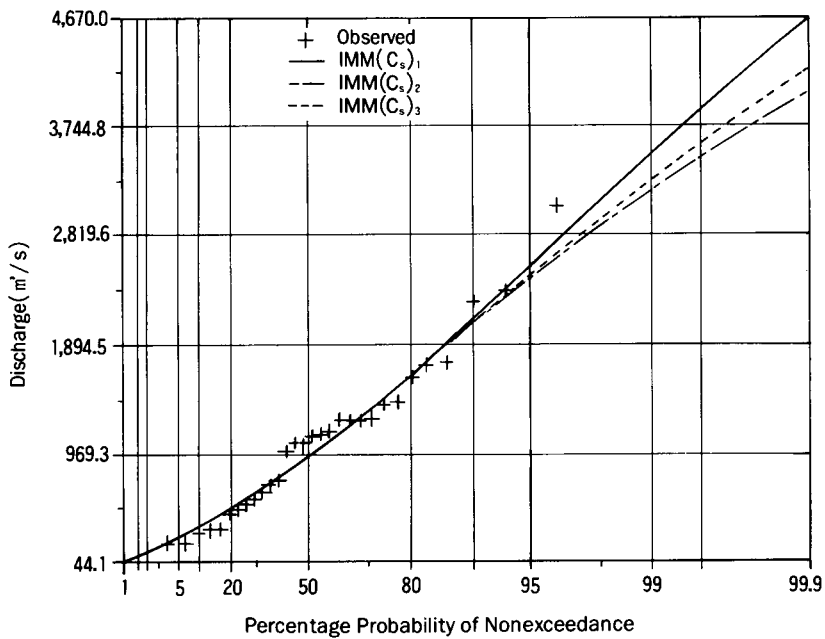
대해 Gamma 확률지에 도시한 결과는 〈Fig.4〉 ~〈Fig.6〉과 같다.

이상의 〈Fig.4〉~〈Fig.6〉의 결과를 보더라도 전반적으로 간접모멘트법(IMM, C_s = (C_s)₁, (C_s)₂, (C_s)₃)에 따른 Log-Pearson Type III 분

포 모형에 의한 설계 홍수량이 타 매개변수 유도방법들에 의한 것 보다 전반적으로 좋은 결과를 보여 주었으며 기타 대상유역들도 전반적으로 이와 같은 결과를 나타내었다.

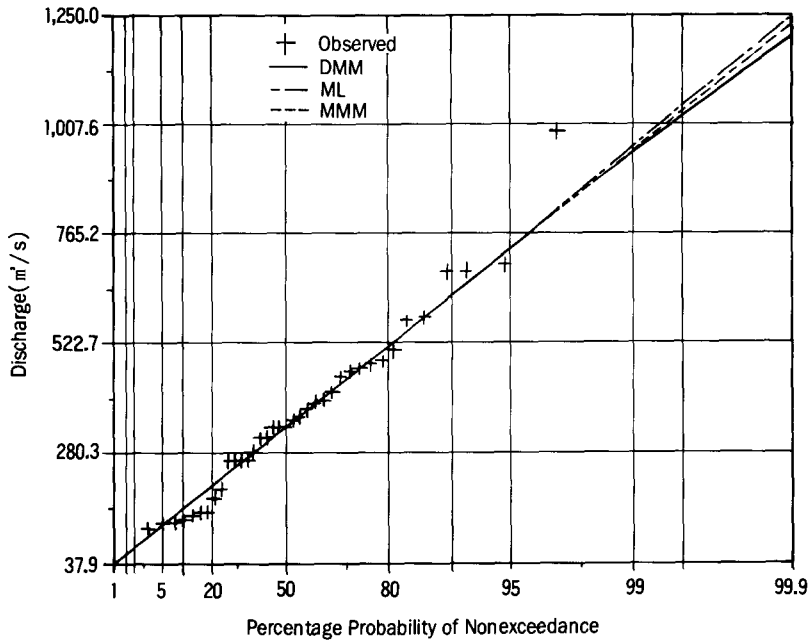


(a) Direct Method of Moments, Maximum Likelihood and Method of Mixed Moments

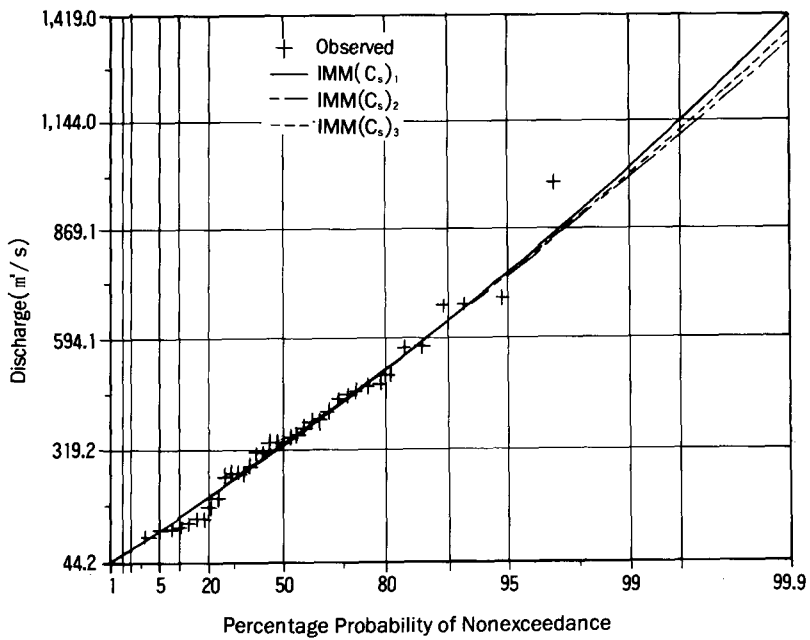


(b) Indirect Method of Moments according to the corrected coefficients of skewness

<Fig. 4> Comparison of design floods estimated using different methods for the parameters with Weibull plotting position at Seoghwa watershed of Geum river

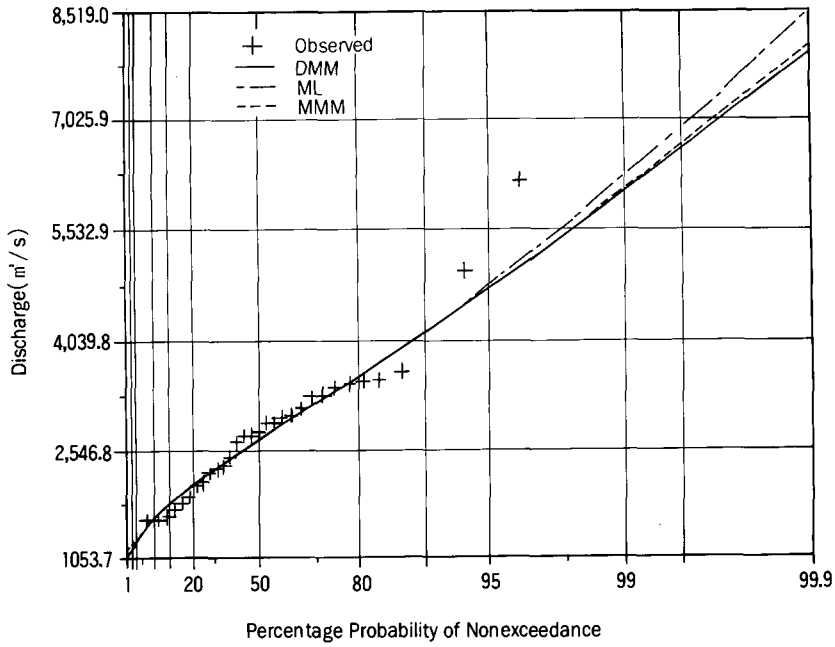


(a) Direct Method of Moments, Maximum Likelihood and Method of Mixed Moments

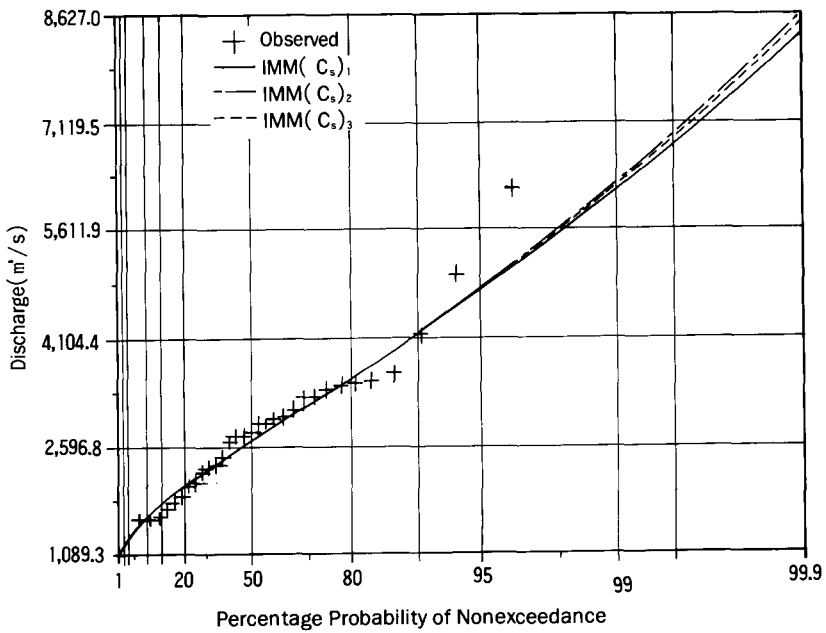


(b) Indirect Method of Moments according to the corrected coefficients of skewness

〈Fig. 5〉 Comparison of design floods estimated using different methods for the parameters with Weibull plotting position at Mareug watershed of Yeong San river

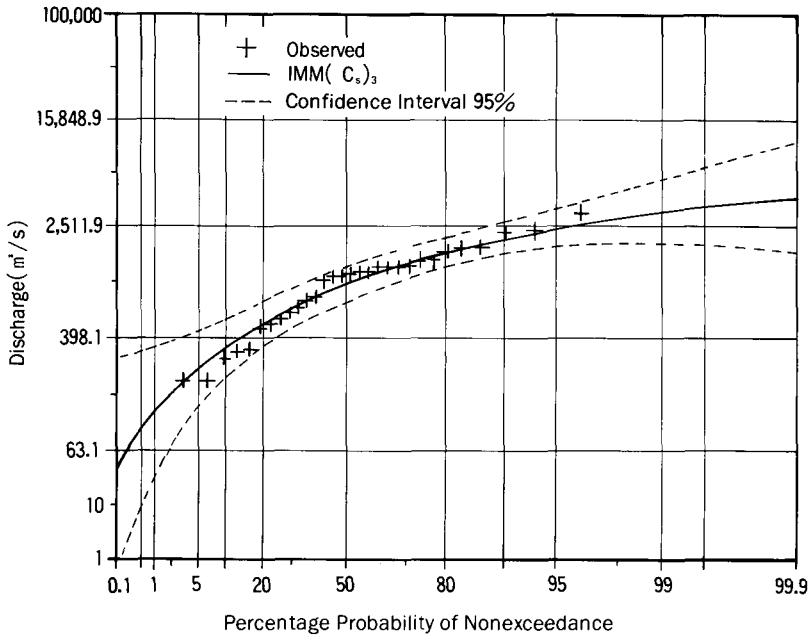


(a) Direct Method of Moments, Maximum Likelihood and Method of Mixed Moments

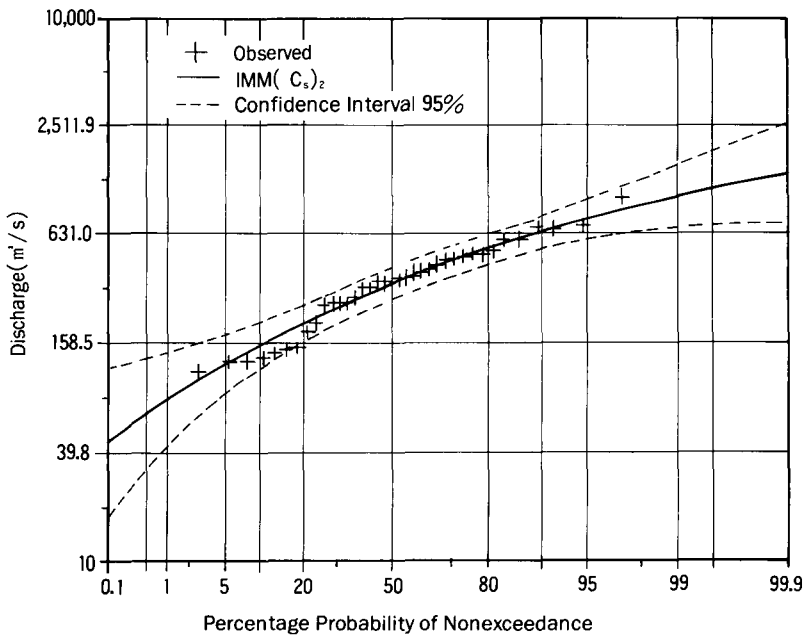


(b) Indirect Method of Moments according to the corrected coefficients of skewness

<Fig. 6> Comparison of design floods estimated using different methods for the parameters with Weibull plotting position at Songjeong watershed of Seom Jin river



〈Fig. 7〉 Design Floods fitted by Log Pearson Type III distribution using Indirect Method of Moments according to the corrected coefficients of skewness((C_s)₃) with 95% confidence interval at Seoghwa watershed of Geum river.



〈Fig. 8〉 Design Floods fitted by Log Pearson Type III distribution using Indirect Method of Moments according to the corrected coefficients of skewness((C_s)₂) with 95% confidence interval at Mareug watershed of Yeong San river.

<Table 8> Relative Mean Errors calculated by Log-Pearson Type III distribution model using Weibull plotting position formulas and different methods for parameters

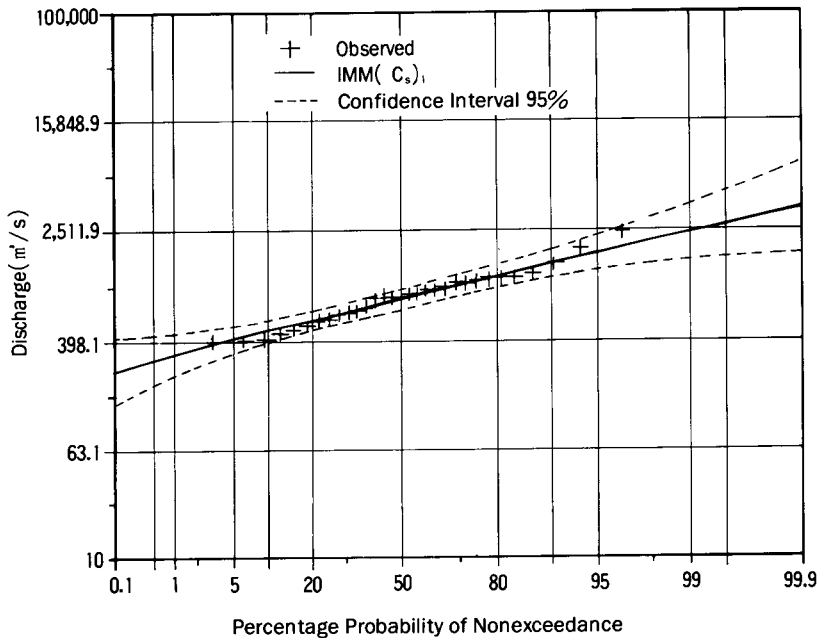
Plotting position formula	Methods for the parameters	Yeong San			Seom Jin	
		Geum Seoghwa	Mareug	Nampyeong	Songjeong	Abrog
Weibull	DMM	3.27	2.22	1.15	1.75	2.45
	ML	3.19	2.33	1.76	1.85	2.56
	MMM	3.23	2.27	1.20	1.78	2.70
	IMM(C _s) ₁	3.02	2.24	1.10	1.75	2.35
	IMM(C _s) ₂	2.99	2.22	1.10	1.80	2.33
	IMM(C _s) ₃	2.96	2.26	1.09	1.79	2.42

6. Log Pearson Type III 분포 모형의 적정 매개변수 유도방법에 의한 설계홍수량의 신뢰구간 검정

설계홍수량의 신뢰도 검정을 위해 본 분석에서는 적정 매개변수 유도방법으로 판정된 간접모멘트법(IMM, C_s = (C_s)₁, (C_s)₂, (C_s)₃)에 따

른 Log-Pearson Type III 분포 모형의 빈도해석에 의해 구해진 재현기간별 홍수량의 95% 신뢰구간을 검정하고자 한다.

Log-Pearson Type III 분포 모형에 있어서 간접모멘트법(IMM, C_s = (C_s)₁, (C_s)₂, (C_s)₃)에 의해 매개변수를 유도하고 이들에 의해 유도된 설계홍수량을 Gamma 확률지에 도시하고



<Fig. 9> Design Floods fitted by Log Pearson Type III distribution using Indirect Method of Moments according to the corrected coefficients of skewness((C_s)₁) with 95% confidence interval at Songjeong watershed of Seom Jin river.

95%의 확률로서 설계홍수량을 포함할 수 있는 95%의 신뢰구간을 구하였으며 이에 관한 대표 예의 결과는 <Fig.7>~<Fig.9>와 같다.

<Fig.7>~<Fig.9>의 결과에서 보는 바와 같이 Log-Pearson Type III 분포 모형에 있어서 간접모멘트법(IMM, $C_s = (C_s)_1, (C_s)_2, (C_s)_3$)에 의해 구해진 설계홍수량이 모두 95% 신뢰구간내에 포함됨을 보여주고 있으며 기타의 적용 영역에서도 같은 결과를 나타내었다.

IV. 결론

본 연구는 금강, 영산강 및 섬진강 수계의 5개 유역에 대한 연최고치 자료를 중심으로 독립성, 동질성 검정 및 Outlier 검정을 수행하므로써 자료분석 타당성 여부를 판정하고 Log-Pearson Type III 분포 모형의 매개변수 유도방법들과 실측치의 Weibull 플로팅 포지션법에 의한 설계홍수량을 유도하며 Log-Pearson Type III 분포 모형의 적합도 판정을 위한 비교 분석과 매개변수 유도방법에 따른 설계홍수량의 95% 신뢰구간에 관한 검정을 수행한 것으로 이에 관한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 독립성, 동질성 및 Outlier 검정 결과 대상 유역의 수문자료에 대한 독립성과 동질성은 물론 상,하 Outlier 제한선 밖에 수문자료점이 없음이 확인되므로써 설계홍수량 유도를 위한 자료분석의 타당성이 인정되었다.

2. 대상 유역별로 매개변수 유도방법에 따른 Log-Pearson Type III 분포 모형의 기본통계치 및 매개변수를 구하였다.

3. Log-Pearson Type III 분포 모형에 있어서 매개변수 유도방법과 Weibull 플로팅 포지션법에 의해 구한 설계홍수량의 상대평균오차를 비교한 결과 Log-Pearson Type III 분포 모형에 있어서 간접모멘트법(IMM, $C_s = (C_s)_1, (C_s)_2, (C_s)_3$)에 의해 구해진 설계홍수량이 타 매개변수 유도방법에 의한 설계홍수량 보다 적

정한 것으로 나타났다.

4. Log-Pearson Type III 분포 모형에 있어서 적정 매개변수 유도방법으로 판정된 간접모멘트법(IMM, $C_s = (C_s)_1, (C_s)_2, (C_s)_3$)에 의해 유도된 설계홍수량의 95% 신뢰구간을 검정한 결과 그 신뢰도가 인정 되었다.

참고문헌

1. 건설부, 1962~1978. 한국수문조사서(우량, 수위편).
2. 건설부, 1964. 한국수문조사년보.
3. 건설부, 1967~1969. 한국의 홍수.
4. 건설부, 1974. 한국하천조사서.
5. 건설부, 1979~1990. 한국수문조사년보.
6. 건설부, 1983. 홍수량측정조사보고서.
7. 건설부, 1991. 홍수수문자료집.
8. 윤용남, 1989. 공업수문학, 청문각, pp.420~494.
9. 이순혁, 박명근, 1985. 수리구조물의 파괴위험도와 설계홍수량에 관한 수문학적 연구 (I), 한국농공학회지, 27(2) : pp.23~37.
10. 이순혁, 박명근, 1986. 수리구조물의 파괴위험도와 설계홍수량에 관한 수문학적 연구 (II), 한국농공학회지, 28(3) : pp.69~78.
11. 이순혁 외, 1984. 응용수문학, 향문사, pp.66~301.
12. Aitchison, J. and J.A.C. Brown, 1957. The Lognormal Distribution, Cambridge University Press, pp.1~176.
13. Beard, L. R. , 1974. Flood Flow Frequency Techniques, Technical Report, University of Texas at Austin, Texas.
14. Benjamin, J. R. and C. A. Cornell, 1970. Probability, Statistics and Decision for Civil Engineers, McGraw-Hill, New York, pp.370~500.
15. Bobe'e, B. and F. Ashkar, 1991. The Gamma Family and Derived Distributions applied in Hydrology, Water Resources Publications.
16. Bobe'e, B. and R. Robitaille, 1975. Correction of bias in the estimation of the coefficient of skewness. Wat. Res. Res.

11(6) pp.851~854.

17. Cross, W.P., 1946. Floods in Ohio, Magnitude and Frequency, Bull. 7, The Ohio Water Resources Board, Columbus, Ohio.

18. Foster, H.A., 1924. Theoretical Frequency Curves and Their Application to Engineering Problems, Trans. Am. Soc. Civil Engrs. 87 : pp.142~173.

19. Fuller, W.E., 1914. Flood Flows, Trans. ASCE, 77 : pp.564~617.

20. Gumbel, E. J., 1941. Probability Interpretation of the observed Return Period of Flood, Trans. Ame. Geophysics Union, 21 : pp.836~850.

21. Kite, G.W., 1977. Frequency and Risk Analysis in Hydrology, Water Resources Publication, pp.69~127.

22. Lee, H. L. and L. W. Mays, 1983. Improved Risk and Reliability Model for Hydraulic Structures, W.R.R., 19(16) : pp.1415~1422, Snyder, F.F.(1938)

23. Rao, A.R. and P.S. Arora, 1987. An Empirical Study of Probability Distribution of Annual Maximum Floods, Proc. of the Int. Symposium on Flood Frequency and Risk Analysis in Hydrologic Frequency Modelling edited by Singh, V.P., pp.449~466.

24. Reich, B.M. and D.J. Jackson, 1971. Flood Prediction Methods for Pennsylvania Highway Crossings, Final Report to Penn. Dot, The Civil Engineering Dept., The Pennsylvania State University, pp.1~197.

25. Singh, V.P. and K. Singh, Parameter Estimation for Log-Pearson Type III Distribution by POME, Journal of Hydraulic Engineering, 114(1) : pp.112~123.

26. Tefaruk Haktanir, 1992. Comparison of Various Flood Frequency Distributions using Annual Flood Peaks Data of Rivers in Anatolia, Journal of Hydrology, 136 : pp. 1~31.

27. U.S. Water Resources Council, Hydrology Committee, A Uniform Technique for Determining, Flood Flow Frequency, Bill. 15, Washington, D.C.

28. U.S. Water Resources Council, Hydrology Committee, Guidelines for Determining, Flood Flow Frequency, Bill. 17, Washington, D.C.

약 력

이 순 혁



1965. 서울대학교 농과대학 농공학과 졸업
 1967. 서울대학교 대학원 농학석사
 1969. 캐나다 McGill 대학교 연구원
 1977. 서울대학교 대학원 농학박사
 1980. 미국 네브라스카 주립대학교 연구교수
 1984. 미국 콜로라도 주립대학교 객원교수
 1987. 일본 경도대학 방재연구소 연구교수
 현재 충북대학교 농공학과 교수
 한국농공학회 부회장
 KCID 이사

정 연 수



1994. 충북대학교 농과대학 농공학과 졸업
 현재 충북대학교 대학원

맹 승 진



1990. 충북대학교 농과대학 농공학과 졸업
 1995. 충북대학교 대학원 농학석사
 현재 한국수자원공사 수자원연구소 연구원

류 경 식



1997. 충북대학교 농과대학 농공학과 졸업
 현재 충북대학교 대학원