

Gamma 및 Generalized Gamma 분포 모형에 의한 적정 설계홍수량의 유도(II)

- Generalized Gamma 분포 모형을 중심으로 -

Derivation of Optimal Design Flood by Gamma and Generalized Gamma Distribution-Models(II)

- On the Generalized Gamma Distribution Model -

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

Summary

This study was conducted to derive optimal design floods by generalized gamma distribution model of the annual maximum series at eight watersheds along Geum, Yeongsan and Seomjin river systems. Design floods obtained by different methods for evaluation of parameters and for plotting positions in the generalized gamma distribution model were compared by the relative mean errors and graphical fit along with 95% confidence limits plotted on gamma probability paper.

The results were analyzed and summarized as follows.

1. Basic statistics and parameters were calculated by the generalized gamma distribution model using different methods for parameters.
2. Design floods according to the return periods were obtained by different methods for evaluation of parameters and for plotting positions in the generalized gamma distribution model.
3. It was found that design floods derived by sundry averages method for parameters and Cunnane method for plotting position in the generalized gamma distribution are much closer to those of the observed data in comparison with those obtained by the other methods for parameters and for plotting positions from the viewpoint of relative mean errors.
4. Reliability of design floods derived by sundry averages method in the generalized gamma distribution was acknowledged within 95% confidence interval.

* 충북대학교 농과대학

** 충북대학교 농업과학연구소

*** 충북대학교 대학원

키워드 : Generalized Gamma 분포, W-W Test, M-W Test, 매개변수, 기본통계치, 설계홍수량, 확률도시법

I. 서 론

1960년대 1차 경제개발이 시작되면서 부터 우리나라는 급진적인 경제발달로 인해 각종 생·공용수는 물론 물수요의 가장 큰 비중을 차지하고 있는 농업용수의 수요 증가에 민감하게 대처해야 하는 긴급한 전환점에 처해 있음은 주지의 사실이다.

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

또한, 최근에 전 세계적인 문제로 대두되는 엘니뇨 현상으로 인해 우리나라를 위시하여 세계각국에서는 예상치 못한 돌발적인 집중호우로 인해 막대한 인명 및 재산피해를 겪고 있다. 실례로 1997년 9월에는 하와이 근해에서 발생하는 허리케인이 일본 열도까지 진출하여 우리나라 남해안과 일본 열도에 강풍을 동반한 집중호우로 말미암아 막대한 피해를 안겨주었다.

이와 같은 홍수로 부터 야기되는 각종 수리구조물의 범람과 붕괴에 의한 위험도를 제거하고 안정성 있는 농업용수공급을 위해서는 각종 수리구조물의 설계를 위한 적정 설계홍수량의 제시가 무엇보다도 중요하다.

이에 본 연구에서는 홍수유출빈도분석을 위해 제I보²¹⁾에서 수행된 홍수자료의 동질성, 독립성 및 Outlier 검정을 바탕으로 Generalized Gamma 분포 모형에 관한 특성의 고찰과 함께 매개변수 유도방법과 프로팅 포지션법을 달리했을 때의 빈도별 설계홍수량의 유도와 제I보에서 수행한 연구 결과와의 비교 분석을 수행함으로써 적정한

매개변수 유도방법과 설계홍수량을 제시하고자 하며 이로서 우리나라 수자원개발 및 수방대책을 수립하는데 필수적인 설계기준을 제공하는데 기여하고자 한다.

II. Generalized Gamma 분포 모형의 이론적 분석

미국 수자원평의회(U. S. Water Resources Council)에서는 Log Pearson Type 3 분포를 홍수빈도분석에 적용하도록 권장하고 있으나, Log Pearson Type 3 분포형은 확률밀도함수의 매개변수인 척도매개변수, α 가 음수일때 확률누가곡선의 형상이 좌간왜곡되며 x_{max} 의 유한상한값을 가진다. 따라서 여러 학자들은 실제 홍수량을 변량으로 하여 Log Pearson Type 3 분포 모형에 적용하게되면 상기의 조건하에서 홍수량의 적용은 불완전하기 때문에 이러한 문제 해결을 위한 보완된 모형을 개발하는데 주력해왔으며 이를 위해 제시된 분포형이 곧 Generalized Gamma 분포형이다⁴⁾.

Generalized Gamma 분포의 확률밀도함수는 다음의 식 (1)과 같다.

$$f_{GG3}(x; s, \alpha, \lambda) = \frac{\alpha |s| e^{-[(\alpha x)^s]} (\alpha x)^{s(\lambda-1)}}{\Gamma(\lambda)} \dots\dots\dots (1)$$

여기에서 $\alpha > 0$ 일 때 $0 \leq x < +\infty$ 이며 $\alpha < 0$ 일 때 $-\infty < x \leq 0$ 이다. 변수 α 는 척도매개변수, λ 는 형상/떡매개변수(Power parameter), s 는 떡매개변수(형상매개변수 $d = s\lambda$)이며 $\Gamma(\lambda)$ 는 Gamma 함수이다.

1. 매개변수 산정법

가. 모멘트법(Method of Moments, MM)

Generalized Gamma 분포의 매개변수인 α , λ 및 s 는 원점에 관한 1, 2, 3차 모멘트 방정식인 다음의 식 (2), (3) 및 (4)로 부터 산정될 수 있다.

$$m'_1(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \frac{\beta \Gamma(\lambda+1/s)}{\Gamma(\lambda)} \dots\dots\dots (2)$$

$$m'_2(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2 = \frac{\beta^2 \Gamma(\lambda+2/s)}{\Gamma(\lambda)} \dots\dots\dots (3)$$

$$m'_3(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^3 = \frac{\beta^3 \Gamma(\lambda+3/s)}{\Gamma(\lambda)} \dots\dots\dots (4)$$

여기에서 $\beta=1/\alpha$ 이며, β 는 다시 다음의 식 (5) 및 (6)에 의해 식 (7)로 나타낼 수 있다.

$$\beta^2 \Gamma(\lambda+2/s) - m_2(x) \Gamma(\lambda) = 0 \dots\dots\dots (5)$$

$$\beta^3 \Gamma(\lambda+3/s) - m_3(x) \Gamma(\lambda) = 0 \dots\dots\dots (6)$$

$$\beta = \frac{m'_1(x) \Gamma(\lambda)}{\Gamma(\lambda+1/s)} \dots\dots\dots (7)$$

나. 최우법 (Maximum Likelihood, ML)

Generalized Gamma 분포에 있어 크기 N의 표본에 대한 최우함수의 대수는 다음의 식 (8)로 나타낼 수 있다.

$$\ln L = N \ln |s| + N \ln a - N \ln \Gamma(\lambda) - a \cdot \sum_{i=1}^N x_i^s + (s\lambda - 1) \sum_{i=1}^N \ln x_i \dots\dots\dots (8)$$

여기에서 $a = \alpha^s$ 이다. 매개변수 α , λ 및 s 에 대한 L의 편미분을 영으로 놓고 결과되는 3개 방정식을 풀므로써 최우법에 의한 매개변수의 추정치 α , λ 및 s 를 구할 수 있으며 각각 다음의 식 (9), (10) 및 (11)로 된다.

$$\frac{\lambda}{a} - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^s = 0 \dots\dots\dots (9)$$

$$\frac{1}{s} - a \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i^s \ln x_i) + \frac{\lambda}{N} \sum_{i=1}^N \ln x_i = 0 \dots\dots\dots (10)$$

$$\ln a - \frac{\partial \ln \Gamma(\lambda)}{\partial \lambda} + \frac{s}{N} \sum_{i=1}^N \ln x_i = 0 \dots\dots\dots (11)$$

식 (9), (10)을 a 와 λ 로 정리하면 다음의 식 (12), (13)으로 나타낼 수 있다.

$$a = \left\{ s \left[\frac{\sum (x_i^2 \ln x_i)}{N} - \frac{\sum x_i^2 \sum \ln x_i}{N^2} \right] \right\}^{-1} \dots\dots\dots (12)$$

$$\lambda = \frac{a \sum x_i^2}{N} \dots\dots\dots (13)$$

다. 썬드리 평균법 (Sundry Averages Method, SAM)

썬드리 평균법에서 3개의 매개변수 α , λ 및 s 는 산술평균, 조화평균 및 기하평균에 대한 다음의 식 (14), (15) 및 (16)에 의해서 구해진다.

$$\bar{x} = m'_1(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \beta \Gamma(\lambda+1/s) \Gamma(\lambda) \dots\dots\dots (14)$$

$$\frac{1}{H} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{1}{x_i} = \frac{1}{\beta} \Gamma(\lambda-1/s) / \Gamma(\lambda) \dots\dots\dots (15)$$

$$\ln G = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln x_i = \ln \beta + \Psi(\lambda) / s \dots\dots\dots (16)$$

여기에서 $\beta=1/\alpha$, $\Psi(\lambda) = \frac{d \ln \Gamma(\lambda)}{d \lambda}$: Digamma 함수이다.

라. 혼합모멘트법 (Method of Mixed Moments, MMM)

3개의 매개변수 α , λ 및 s 는 산술평균, 분산 및 기하평균에 대한 다음의 식 (17), (18) 및 (19)에 의해 구해진다.

$$\bar{x} = m'_1(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \beta \Gamma(\lambda+1/s) \Gamma(\lambda) \dots\dots\dots (17)$$

$$m'_2(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2 = \beta^2 \Gamma(\lambda+2/s) / \Gamma(\lambda) \dots\dots\dots (18)$$

$$\ln G = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln x_i = \ln \beta + \Psi(\lambda)/s \dots\dots\dots (19)$$

여기에서 $\beta = 1/\alpha$, $\Psi(\lambda) = \frac{d \ln \Gamma(\lambda)}{d \lambda}$: Digamma 함수이다.

III. 기본수문자료와 분석방법

1. 기본수문자료와 유역특성

본 분석에 사용된 대상유역으로는 제 I보에서 언급된 바와 같이 금강수계의 수동, 석화, 용담, 영산강수계의 나주, 마루 및 섬진강수계의 송정, 압록유역을 선정하였으며 설계홍수량 유도를 위해 각 유역의 연최고치 자료^{9,12)}를 사용하였고, 각 유역에 대한 유역 특성의 결과는 제 I보의 Table 1과 같다.²¹⁾

2. 분석방법

가. 매개변수 유도방법별 Generalized Gamma 분포 모형에 의한 사용수문자료의 기본통계치 분석 및 매개변수 산정

매개변수 유도방법별 Generalized Gamma 분포 모형에 필요한 기본통계치로서 평균치, 표준편차, 왜곡도계수, 변동계수 및 매개변수를 각 유역별로 구한다.

나. 매개변수 유도방법별 Generalized Gamma 분포 모형에 의해 유도된 설계홍수량의 비교

Generalized Gamma 분포 모형에 있어서 매개변수 유도방법과 서로 다른 플로팅 포지션 방법을 사용하여 빈도별 설계홍수량을 유도하고 플로팅 포지션 방법에 따른 매개변수 유도방법별 Generalized Gamma 분포 모형의 적합도 판정을 위해 상대평균오차를 각 유역별로 비교 분석한다.

다. 적정 매개변수 유도 방법에 따른 Generalized Gamma 분포 모형에 의해 유도된 설계홍수량의 신뢰도 분석

적정 매개변수 유도방법에 따른 Generalized

Gamma 분포형의 빈도해석에 의해 구해진 설계홍수량을 95% 신뢰한계 분석에 의해 신뢰도를 검증한다.

IV. 결과 및 고찰

1. 연최대홍수량의 독립성, 동질성 및 Outlier 검증

대상유역별 연최대홍수량의 독립성, 동질성 및 Outlier검정은 각각 Wald-Wolfowitz Test, Mann-Whitney Test 및 Grubbs-Beck검정법에 의해 실시 하였으며 이에 대한 결과는 연최대홍수량의 독립성 및 동질성이 인정되었고 Outlier검정결과는 High Outlier나 Low Outlier가 없음이 확인 되었다.²¹⁾

2. 매개변수 유도방법별 Generalized Gamma 분포 모형에 의한 사용수문자료의 기본통계치 분석 및 매개변수 산정

매개변수 유도방법별 Generalized Gamma 분포 모형에 의한 평균치, 표준편차, 왜곡도계수 및 변동계수의 기본통계치와 척도매개변수 α , 형상/떡매개변수(Power parameter) λ , 떡매개변수(형상매개변수 $d = s\lambda$) s 를 각 유역별로 구한 결과는 Table 1과 같다.

3. 매개변수 유도방법별 Generalized Gamma 분포 모형에 의한 설계홍수량의 유도

매개변수 유도방법별 Generalized Gamma 분포 모형에 의해 유도된 각각의 재현기간별 홍수량을 3개 수계의 유역별로 구한 결과는 Table 2와 같고 매개변수 유도 방법별 Generalized Gamma 분포 모형의 적합도 검정을 위하여 매개변수 유도 방법별로 Generalized Gamma 분포 모형에 의해 유도된 각각의 설계홍수량을 플로팅 포지션법인 Weibull, Hazen, Chegodayev 및

Table 1. Parameter and basic statistic calculated by Generalized Gamma Distribution using Method of Moments, Maximum Likelihood, Sundry Averages Method and Method of Mixed Moments

Method	River	Station	α	λ	s	Mean	Standard deviation	Coefficient of skewness	Coefficient of variation
MM	Geum	Sutong	0.00053	0.69636	2.45702	1383.10	733.016	0.513	0.530
		Seoghwa	0.00087	1.07844	1.57280	1090.90	682.127	0.950	0.625
		Yongdam	0.00189	1.65381	1.54404	685.759	350.411	0.776	0.511
	Yeong-san	Naju	0.00067	1.24465	3.23852	1471.360	441.074	0.056	0.30
		Mareug	0.00827	3.24698	1.05228	367.757	193.980	1.028	0.527
		Nampyeong	0.44E+19	518.4397	0.12815	362.903	127.176	1.039	0.350
	Seom-jin	Songjeong	0.21E-06	39.00357	-0.4875	2869.387	1004.062	1.321	0.350
		Abrog	0.00038	1.066	2.315	2412.087	1068.083	0.426	0.443
ML	Geum	Sutong	0.00069	1.11728	1.91650	1385.469	709.914	0.643	0.512
		Seoghwa	0.0013	1.44702	1.36060	1091.317	672.679	1.033	0.616
		Yongdam	0.00303	2.56539	1.24121	685.819	346.015	0.894	0.505
	Yeong-san	Naju	0.00067	1.28621	3.27148	1472.984	429.462	0.043	0.292
		Mareug	0.03251	6.35139	0.07549	367.791	194.030	1.192	0.528
		Nampyeong	0.36E-03	9.12496	-1.0322	363.403	131.323	1.682	0.361
	Seom-jin	Songjeong	0.96E-05	16.74500	-0.7642	2870.481	1000.975	1.458	0.349
		Abrog	0.00049	1.57020	1.90625	2414.089	1040.047	0.527	0.431
SAM	Geum	Sutong	0.00245	3.37332	0.99633	1383.10	755.823	1.095	0.546
		Seoghwa	0.00886	4.69183	0.70026	1090.90	725.072	1.550	0.665
		Yongdam	0.02109	6.85353	0.73013	685.759	360.350	1.202	0.525
	Yeong-san	Naju	0.00141	3.76681	1.73838	1471.360	440.846	0.392	0.30
		Mareug	1.39729	16.87396	0.45814	367.757	199.201	1.419	0.542
		Nampyeong	0.44E-04	19.386	-0.7019	362.903	127.467	1.438	0.351
	Seom-jin	Songjeong	0.38E-05	21.81498	-0.6683	2869.387	992.717	1.394	0.346
		Abrog	0.00205	4.92141	0.99762	2412.087	1089.89	0.905	0.452
MMM	Geum	Sutong	0.00078	1.33522	1.71677	1383.100	714.456	0.719	0.517
		Seoghwa	0.00111	1.41749	1.37948	1090.900	970.661	1.021	0.615
		Yongdam	0.00272	2.35820	1.30299	685.759	344.316	0.862	0.502
	Yeong-san	Naju	0.00085	2.00897	2.49760	1471.360	432.163	0.201	0.294
		Mareug	0.01395	4.41786	0.91481	367.757	191.341	1.086	0.520
		Nampyeong	0.45E-11	150.5461	-0.2470	362.903	125.108	1.185	0.345
	Seom-jin	Songjeong	0.63E-06	32.49109	-0.5443	2869.387	987.734	1.324	0.344
		Abrog	0.00055	1.84586	1.73334	2412.087	1044.606	0.586	0.433

MM : Method of Moments

SAM : Sundry Averages Method

ML : Maximum Likelihood

MMM : Method of Mixed Moments

Cunnane 공식에 의해 비초과확률을 Gamma 확률지상에 도시하였다.

4. Generalized Gamma 분포형에 의해 유도된 설계홍수량과 실측치의 플로팅 포지션법별 설계홍수량의 비교

4개 플로팅 포지션법과 매개변수 유도 방법별 Generalized Gamma 분포 모형에 의해 유도된 빈도별 설계홍수량의 비교 분석을 위해 상대평균오차(Relative Mean Error, RME)를 제 I보의 2변수 Gamma분포모형과 Log Pearson Type 3분포모형의 결과와 함께 대상유역별로 구한 결과는 Table

3과 같다.

Table 3의 결과를 종합해 보건데 일반적으로 Gamma 분포 모형들과 Generalized Gamma 분포 모형에 사용된 4개 플로팅 포지션법 중에서 Cunnane 플로팅 포지션법에 의해 유도된 빈도별 설계홍수량의 상대평균오차가 Weibull, Hazen 및 Chagodayev 플로팅 포지션법에 의한 것 보다 전

반적으로 작게 나타났다. Cunnane 플로팅 포지션법에 의한 설계홍수량과 매개변수 유도 방법별 Generalized Gamma 분포 모형의 것과는 표본 예로 금강 수계의 용담과 영산강 수계의 마륵유역에 대해 Gamma 확률지에 도시한 결과는 각각 Fig. 1 및 2와 같다.

이상의 Table 3과 Fig. 1 및 Fig. 2의 결과를

Table 2. Comparison of design floods calculated by different methods for derivation of parameters

River	Station	Methods for parameters	Return period(yrs)					
			5	10	20	50	100	200
Geum	Sutong	MM	2005.71	2383.89	2699.16	3054.74	3291.41	3507.39
		ML	1968.45	2351.0	2680.76	3064.43	3326.55	3570.35
		SAM	1946.87	2396.46	2813.82	3335.10	3713.69	4082.38
		MMM	1960.72	2353.99	2697.76	3102.95	3382.84	3645.28
	Seoghwa	MM	1625.59	2025.48	2382.30	2809.95	3109.15	3392.17
		ML	1606.39	2006.52	2369.95	2813.13	3127.91	3429.08
		SAM	1581.65	2040.74	2489.59	3078.19	3523.81	3971.56
		MMM	1605.85	2003.86	2364.67	2803.9	3115.39	3413.07
	Yongdam	MM	965.19	1160.79	1333.81	1540.08	1683.98	1819.91
		ML	954.36	1152.38	1331.38	1549.40	1704.36	1852.84
		SAM	947.39	1163.94	1368.74	1629.65	1822.65	2013.39
		MMM	954.76	1150.51	1326.58	1539.98	1691.03	1835.29
Yeongsan	Naju	MM	1849.75	2044.38	2202.17	2376.32	2490.34	2593.23
		ML	1841.27	2029.98	2182.89	2351.60	2462.02	2561.66
		SAM	1835.10	2055.31	2244.06	2463.47	2613.61	2753.58
		MMM	1836.21	2038.56	2206.88	2397.09	2524.13	2640.44
	Mareug	MM	514.33	628.28	733.22	863.31	957.21	1048.22
		ML	509.01	625.52	735.53	875.43	978.74	1080.70
		SAM	505.69	627.97	746.86	902.67	1020.96	1140.29
		MMM	510.31	623.56	728.92	860.90	957.05	1050.96
	Nampyeong	MM	457.10	530.28	599.04	686.62	751.68	816.36
		ML	449.56	528.50	608.04	717.45	804.87	897.16
		SAM	450.30	526.15	600.85	701.04	779.22	860.18
		MMM	452.93	526.03	595.97	686.87	755.73	825.39
Seomjin	Songjeong	MM	3573.21	4166.56	4743.47	5506.31	6093.75	6695.71
		ML	3554.16	4150.14	4738.39	5529.50	6148.38	6790.50
		SAM	3555.53	4144.43	4721.88	5492.80	6091.85	6710.06
		MMM	3561.26	4144.57	4712.12	5463.34	6042.44	6636.35
	Abrog	MM	3312.0	3848.81	4299.57	4812.16	5155.92	5471.43
		ML	3272.15	3813.13	4277.57	4816.83	5184.94	5527.24
		SAM	3249.60	3871.34	4438.61	5137.05	5638.77	6123.69
		MMM	3264.95	3817.94	4297.58	4859.90	5246.93	5609.04

Table 3 Relative Mean Errors by Gamma Distribution models and Generalized Gamma Distribution model using different plotting position formulas and different methods for parameters in selected watersheds

Plotting position formula	Models and Methods for derivation of parameters	Geum			Yeong san			Seom jin		Remark
		Su-tong	Seog-hwa	Yong-dam	Naju	Ma-reug	Nam-pyeong	Song-jeong	Abrog	
Weibull	Generalized Gamma, MM	1.40	2.53	1.59	1.21	0.86	1.84	1.04	1.73	The first report ²¹⁾
	Generalized Gamma, ML	2.36	2.73	1.80	1.31	0.86	1.77	1.11	2.02	
	Generalized Gamma, SAM	2.84	3.00	1.98	1.46	0.87	1.70	1.12	2.21	
	Generalized Gamma, MMM	2.49	2.68	1.82	1.36	0.89	1.85	1.11	2.04	
	Two Parameter Gamma, MM	5.67	4.30	1.95	1.44	1.59	1.02	1.14	2.29	
	Two Parameter Gamma, ML	5.45	2.34	1.85	1.40	1.67	1.04	1.17	2.07	
	Log-Pearson 3, DMM	2.28	3.76	2.21	2.67	2.20	1.12	1.70	2.34	
	Log-Pearson 3, ML	2.62	3.92	2.32	2.39	2.20	1.65	1.67	2.44	
	Log-Pearson 3, MMM	3.19	3.10	2.36	2.53	2.20	1.11	1.68	2.60	
	Log-Pearson 3, IMM(C _s) ₁	2.96	2.98	2.26	2.63	2.16	1.12	1.66	2.35	
Log-Pearson 3, IMM(C _s) ₂	2.94	3.04	2.30	2.52	2.23	1.03	1.64	2.27		
Log-Pearson 3, IMM(C _s) ₃	2.80	2.92	2.34	2.55	2.11	1.03	1.59	2.20		
Hazen	Generalized Gamma, MM	1.67	2.83	1.74	1.19	0.87	1.54	1.00	1.88	The first report ²¹⁾
	Generalized Gamma, ML	1.17	2.80	1.59	1.18	0.72	1.66	0.98	1.74	
	Generalized Gamma, SAM	1.54	2.67	1.69	1.19	0.77	1.68	0.96	1.74	
	Generalized Gamma, MMM	1.14	2.81	1.66	1.15	0.80	1.73	0.99	1.71	
	Two Parameter Gamma, MM	1.74	2.70	1.58	1.30	1.61	1.19	1.22	1.92	
	Two Parameter Gamma, ML	1.33	2.16	1.53	1.26	1.63	1.03	1.16	1.73	
	Log-Pearson 3, DMM	1.41	2.68	2.03	2.03	2.58	1.05	1.56	2.15	
	Log-Pearson 3, ML	1.68	2.84	1.95	2.63	2.17	1.50	1.56	2.15	
	Log-Pearson 3, MMM	1.38	2.71	3.26	2.42	2.17	1.03	1.53	2.09	
	Log-Pearson 3, IMM(C _s) ₁	1.26	2.70	2.04	2.30	2.12	0.92	1.58	1.88	
Log-Pearson 3, IMM(C _s) ₂	1.32	2.62	1.81	2.27	2.20	0.93	1.61	1.88		
Log-Pearson 3, IMM(C _s) ₃	1.24	2.91	1.97	2.23	2.13	0.95	1.66	1.95		
Chego-dayev	Generalized Gamma, MM	1.29	2.63	1.52	1.11	0.84	1.68	1.00	1.69	The first report ²¹⁾
	Generalized Gamma, ML	1.49	2.53	1.61	1.17	0.75	1.60	0.96	1.72	
	Generalized Gamma, SAM	1.91	2.17	1.71	1.23	1.77	1.63	0.98	1.86	
	Generalized Gamma, MMM	1.59	2.72	1.64	1.20	0.79	1.69	1.02	1.78	
	Two Parameter Gamma, MM	2.42	2.73	1.61	1.35	1.51	1.07	1.11	1.94	
	Two Parameter Gamma, ML	2.04	2.17	1.59	1.42	1.48	1.03	1.10	1.83	
	Log-Pearson 3, DMM	1.51	2.81	1.96	2.55	2.02	1.09	1.64	1.98	
	Log-Pearson 3, ML	1.63	3.01	2.03	2.32	2.08	1.85	1.69	2.09	
	Log-Pearson 3, MMM	2.05	2.81	2.07	2.45	2.10	0.97	1.67	2.10	
	Log-Pearson 3, IMM(C _s) ₁	1.98	2.53	2.04	2.28	2.15	1.49	1.68	2.23	
Log-Pearson 3, IMM(C _s) ₂	1.76	2.53	2.02	2.19	2.02	0.88	1.55	1.96		
Log-Pearson 3, IMM(C _s) ₃	1.69	2.55	2.03	2.26	2.01	0.91	1.55	1.88		
Cunnane	Generalized Gamma, MM	1.46	2.80	1.59	1.13	0.88	1.63	0.99	1.81	The first report ²¹⁾
	Generalized Gamma, ML	1.27	2.56	1.56	1.18	0.71	1.67	0.96	1.75	
	Generalized Gamma, SAM	1.01	2.34	1.41	1.17	0.70	1.49	0.95	1.54	
	Generalized Gamma, MMM	1.39	2.60	1.72	1.16	0.78	1.71	0.96	1.73	
	Two Parameter Gamma, MM	2.09	2.16	1.68	1.30	1.54	1.15	1.20	1.85	
	Two Parameter Gamma, ML	1.57	2.20	1.58	1.25	1.68	1.02	1.09	1.67	
	Log-Pearson 3, DMM	1.48	2.72	1.93	2.20	2.12	1.10	1.61	2.04	
	Log-Pearson 3, ML	1.60	2.72	2.00	2.38	2.20	1.42	1.57	2.15	
	Log-Pearson 3, MMM	1.93	2.73	1.96	2.17	2.23	0.97	1.61	2.15	
	Log-Pearson 3, IMM(C _s) ₁	1.57	2.71	2.09	2.26	2.17	0.97	1.67	2.08	
Log-Pearson 3, IMM(C _s) ₂	1.50	2.68	1.95	2.25	2.11	0.90	1.56	2.05		
Log-Pearson 3, IMM(C _s) ₃	1.31	2.71	1.91	2.21	2.17	0.87	1.55	2.12		

보건데 썬드리 평균법에 따른 Generalized Gamma 분포 모형에 의한 설계홍수량의 상대평균오차가 타 매개변수 유도 방법별 Gamma 분포 모형들과 Generalized Gamma 분포 모형에 의한 것 보다 작게 나타났고 기타의 대상유역들도 전반적으로 이와 같은 결과를 보여 주었다.

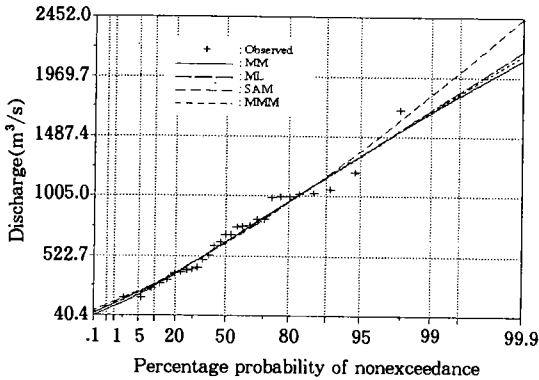


Fig. 1. Comparison of design floods estimated using different methods for the parameters with Cunnane plotting position at Yongdam watershed of Geum river

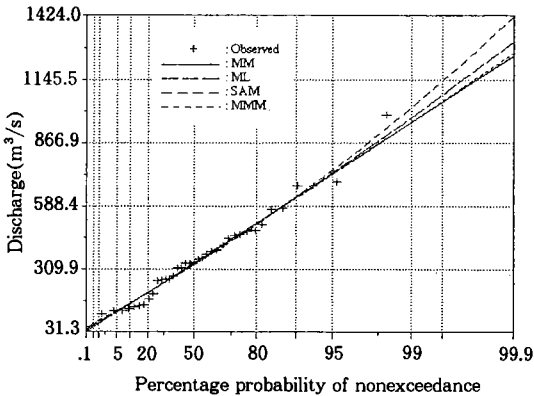


Fig. 2. Comparison of design floods estimated using different methods for the parameters with Cunnane plotting position at Mareug watershed of Yeongsan river

5. Generalized Gamma 분포 모형의 적정 매개변수 유도방법에 의한 설계홍수량의 신뢰한계 검정

설계홍수량의 신뢰도 검정을 위해 본 분석에서는 적정 매개변수 유도방법으로 판정된 썬드리 평균법에 따른 Generalized Gamma 분포 모형의 빈도해석에 의해 구해진 재현기간별 홍수량의 95% 신뢰한계를 검정하고자 한다.²¹⁾

Generalized Gamma 분포 모형에 있어서 썬드리 평균법에 의해 매개변수를 유도하고 이들에 의해 유도된 설계홍수량을 Gamma 확률지에 도시하고 95%의 확률로서 설계홍수량을 포함할수 있는 95%의 신뢰구간을 구하였으며 이에 관한 표본 예로 금강수계의 용담 및 영산강 수계의 마륙유역의 결과는 각각 Fig. 3 및 Fig. 4와 같다.

Fig. 3 및 Fig. 4의 결과에서 보는 바와 같이 Generalized Gamma 분포 모형에 있어서 썬드리 평균법에 의해 구해진 설계홍수량이 모두 95% 신뢰구간내에 포함됨을 보여주고 있으며 기타의 적용 유역에서도 같은 결과를 나타내었다.

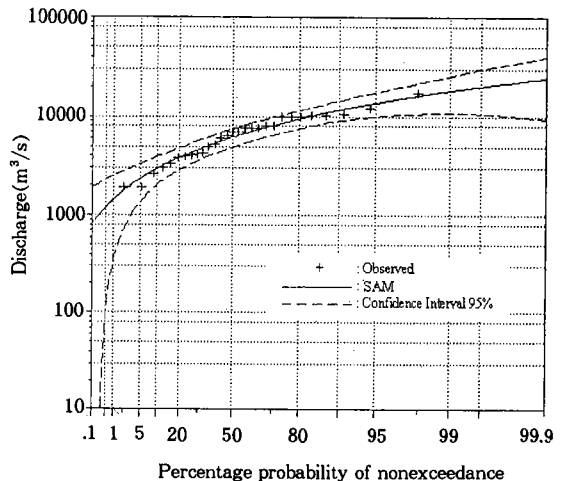


Fig. 3. Design Floods fitted by Generalized Gamma Distribution using Sundry Averages Method with 95% confidence interval at Yongdam watershed of Geum river

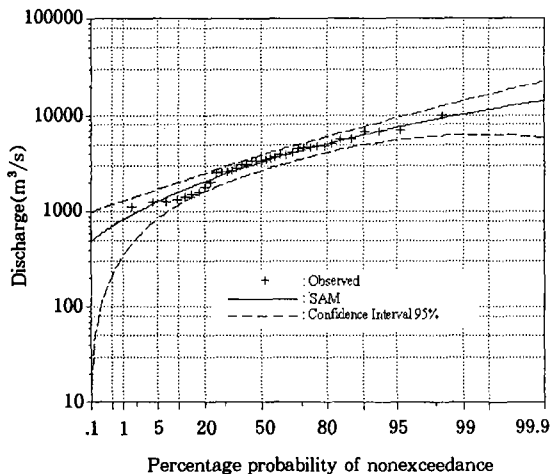


Fig. 4. Design Floods fitted by Generalized Gamma Distribution using Sundry Averages Method with 95% confidence interval at Mareug watershed of Yeongsan river

IV. 결 론

본 연구는 금강, 영산강 및 섬진강 수계의 8개 유역에 대한 연최대홍수량을 사용하여 Generalized Gamma 분포 모형의 매개변수를 유도방법 별로 구하였으며 매개변수 유도방법과 플로팅 포지션 방법을 달리하여 빈도별 설계홍수량을 유도하였다. 또한 플로팅 포지션법에 따른 Generalized Gamma 분포 모형의 적합도 판정을 위해 상대평균오차를 비교 분석하였으며 이에 대한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. Generalized Gamma 분포모형에 있어서 매개변수 유도방법별 기본통계치와 매개변수를 대상유역별로 유도하였다.

2. Generalized Gamma 분포모형에 있어서 매개변수 유도방법과 플로팅 포지션법을 달리한 빈도별 설계홍수량을 대상 유역별로 구하였다.

3. Gamma 분포 모형들과 Generalized Gamma 분포 모형에 있어서 매개변수 유도방법과 플로팅 포지션법을 달리하여 구한 설계홍수량의 상대평균오차를 비교한 결과 Generalized

Gamma 분포 모형에서 썬드리 평균법과 Cunnane 플로팅 포지션법에 의한 설계홍수량이 타 매개변수 유도방법과 타 플로팅 포지션법에 의한 설계홍수량 보다 일반적으로 적정한 것으로 나타났다.

4. Generalized Gamma 분포 모형에 있어서 적정 매개변수 유도방법으로 판정된 썬드리 평균법에 의해 유도된 설계홍수량의 95% 신뢰한계를 검정한 결과 그 신뢰도가 인정 되었다.

이 논문은 1996년도 한국학술진흥재단의 공과과제 연구비에 의하여 연구 되었음.

참 고 문 헌

1. Aitchison, J. and J. A. C. Brown, The Lognormal Distribution, Cambridge University Press, pp. 1 ~ 176, 1957.
2. Beard, L. R., Flood Flow Frequency Techniques, Technical Report, University of Texas at Austin, Texas, 1974.
3. Benjamin, J. R. and C. A. Cornell, Probability, Statistics and Decision for Civil Engineers, McGraw-Hill, New York, pp.370~500, 1970.
4. Bobee B. and F. Ashkar, The Gamma Family and Derived Distributions applied in Hydrology, Water Resources Publications, 1991.
5. 한국건설기술연구원, 1996년 7월 임진강 유역 대홍수, 1996.
6. Hazen, A., Flood Flows, A Study of Frequencies and Magnitudes, (John Wiley & Sons Inc.) New York, 1930.
7. Gumbel, E. J., Probability Interpretation of the observed Return Period of Flood, Trans. Ame. Geophysics Union, Vol. 21, pp. 836~850, 1941.

8. Kite, G. W., Frequency and Risk Analysis in Hydrology, Water Resources Publication, pp. 69~127, 1977.
9. 건설부, 한국수문조사서(우량,수위편), 1962~1978.
10. 건설부, 한국수문조사년보, 1964.
11. 건설부, 한국수문조사년보, 1979~1990.
12. 건설부, 홍수수문자료집, 1991.
13. 건설부, 한국하천조사서, 1974.
14. 건설부, 한국의 홍수, 1967~1969.
15. 건설부, 홍수량측정조사보고서, 1983.
16. 이순혁, 박명근, 적정홍수빈도와 위험도분석에 관한 연구, 한국농공학회지, Vol. 25, No. 3, pp. 79~86, 1983.
17. 이순혁, 박명근, 수리구조물의 파괴위험도와 설계홍수량에 관한 수문학적 연구(I), 한국농공학회지, Vol. 27, No. 2, pp 23~37, 1985.
18. 이순혁, 박명근, 수리구조물의 파괴위험도와 설계홍수량에 관한 수문학적 연구(II), 한국농공학회지, Vol. 28, No. 3, pp 69~78, 1986.
19. 이순혁, 홍성표, 박명근, Low Outliers 를 고려한 홍수빈도분석에 관한 연구, 한국농공학회지, Vol. 30, No. 4, pp. 62~70, 1988.
20. 이순혁 외, 응용수문학, 향문사, pp. 66~301, 1984.
21. 이순혁 외, Gamma 및 Generalized Gamma 분포 모형에 의한 적정 설계홍수량의 유도 (I), 한국농공학회지, Vol. 39, No. 3, pp 65~77, 1997.
22. Reich, B. M. and D. J. Jackson, Flood Prediction Methods for Pennsylvania Highway Crossings, Final Report to Penn. Dot, The Civil Engineering Dept., The Pennsylvania State University, pp. 1~197, 1971.
23. 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.
24. U. S. Water Resources Council, Hydrology Committee, A Uniform Technique for Determining, Flood Flow Frequency, Bill. 15, Washington, D. C.
25. Yevjevich, V., Probability and Statistics in Hydrology, W.R.P., Colorado, pp. 118~167, 1972.