

水利構造物の 破壊危險度와 設計洪水量에 관한 水文學的 研究(I)

—年最高值 系列을 中心으로—

Hydrological Studies on the Design flood and Risk of failure of the Hydraulic Structures(I)

—On the annual maximum series—

李 淳 赫* · 朴 明 根*
Lee, Soon Hyuk · Park, Myeong Keun

Summary

This studies were carried out to get characteristics of frequency distribution, probable flood flows according to the return periods, and the correlation between return periods and those length of records affect the Risk of failure in the annual maximum series of the main river systems in Korea. Especially, Risk analysis according to the levels were emphasized in relation to the design frequency factors for the different watersheds. Twelve watersheds along Han, Geum, Nak Dong, Yeong San and Seom Jin river basin were selected as studying basins.

The results were analyzed and summarized as follows.

1. Type 1 extremal distribution was newly confirmed as a good fitted distribution at selected watersheds along Geum and Yeong San river basin. Three parameter lognormal distribution was tested as a good fitted one at watersheds along Han, Nak Dong and Seom Jin river basin. Consequently, characteristics of frequency distribution for the extreme value series could be changed in connection with the watershed location even the same river system judging from the results so far obtained by author.
2. Evaluation of parameters for Type 1 extremal and three parameter lognormal distribution based on the method of moment by using an electronic computer.
3. Formulas for the probable flood flows were derived for the three parameter lognormal and Type 1 extremal distribution.
4. Equations for the risk of failure could be simplified as $\frac{n}{N+n}$ and $\frac{n}{T}$ under the condition of non-parametric method and the longer return period than the life of project, respectively.
5. Formulas for the return periods in relation to frequency factors were derived by the least square method for the three parameter lognormal and Type 1 extremal distribution.
6. The more the length of records, the lesser the risk of failure, and it was appeared

* 忠北大學校 農科大學

- that the risk of failure was increasing in propotion to the length of return periods even same length of records.
7. Empirical formulas for design frequency factors were derived from under the condition of the return periods identify with the life of Hydraulic structure in relation to the risk level.
 8. Design frequency factor was appeared to be increased in propotion to the return periods while it is in inverse proportion to the levels of the risk of failure.
 9. Derivation of design flood including the risk of failure could be accomplished by using of emprical formulas for the design frequency factor for each watershed.

I. 緒 論

댐(Dam), 余水吐, 교량, 암거, 堤防 등과 같은 各種 水利構造物의 設計, 施工, 作動 및 管理에 있어서 항상 基本危險度와 不確實性이 常存하게 된다^{6),12),24)}. 여기에서 言及되는 不確實性은 不充分하거나 不正確한 實測值에서 유발되는 誤差 및 確率分布模型의 不確實性, 確率分布模型에 使用되는 媒介變數의 求值에 대한 不確實性에서 주로 연유된다. Nash와 Amorcho¹⁶⁾는 危險度を 標本の 크기와 確率分布의 媒介變數들로 주어지는 一定한 再現期間에 相應한 洪水量의 標本推定值에 관한 標準誤차로 나타내었다. 또한 Yen^{21),22)}은 一定한 再現期間과 設計壽命期間을 갖는 水工構造物의 水文學的 設計에 있어서는 항상 파괴위험이 따르고 附加的인 위험은 制限된 資料, 水文學的 推計學의 特性和 水文學的 數學的 模型 推求에서 오는 不確實性에 起因된다고 主張하였으며 水利構造物의 安全設計를 위해서는 위험도와 安全도에 근거한 安全係數(Safety factor)의 決定이 重要하다고 發表하였다. Tang과 Yen¹⁹⁾은 基本危險度와 不確實性의 推求에 의한 破壞危險과 安全係數와의 關係를 定立하기 위하여 一階二次모멘트法을 사용하였으며 Yevjevich^{23),24)}는 水資源開發을 위하여 危險度와 不確實性의 구체적인 細分에 의한 파괴위험 분석에 관한 필요성과 중요성을 역설하였다. 보다 合理的인 水利構造物의 設計를 爲하여는 우선적으로 設計洪水量이 제시되어야 하나 아직 우리나라는 水系별 主要流域들에 대한 氣象 및 流域特性에 따른 洪水量 確率分布樣相의 變化有無와 이에 따른 設計洪水量이 完全定立되어 있지 못한 實情이며 設計洪水量이 제시되었다 하더라도 危險度を 고려한 設計洪水量의 提示가 없이

는 各種 水工構造物의 파괴로 인한 莫大한 人命과 財產被害를 막을 수 없다는 事實이다. 이에 本 研究에서는 우리나라 代表水系를 淸한 漢江, 錦江, 洛東江, 榮山江 및 蟾津江의 主要 12個 流域에 대한 年最高值 系列의 洪水確率分布特性의 分析比較와 確率分布特性에 따른 設計頻度별 洪水量의 誘導, 再現期間과 水文學資料觀測年數가 危險도에 미치는 影響 및 危險도를 考慮한 設計頻度係數 및 設計洪水量을 重點的으로 확대분석하는데 力點을 두고자 한다. 특히 危險度 및 信賴度 分析에 관한 研究를 위하여 筆者가 1984年 夏季 3個月간에 걸쳐 Colorado주립大學校에서 수행한 Colorado River, Gunnison 및 Missouri River에 관한 研究의 一部를 여기에 함께 報告함을 添言하는 바이다.

II. 使用基本水文學資料

1. 對象流域 및 河川概況

本 分析에 使用된 對象流域은 우리나라 主要水系인 漢江, 錦江, 洛東江, 榮山江 및 蟾津江의 12個 流域을 選定하였으며 이를 水系別로 보면 漢江은 鎭山, 여주, 광장의 3個流域, 錦江은 석화, 규암의 2個流域, 洛東江은 임하, 독산, 왜관, 진동의 4個流域, 榮山江은 마북, 나주의 2個流域 및 蟾津江의 암북流域으로서 都合 12個 流域이 되며 該當流域의 該當年에 상응하는 水位-流量曲線에 의해 年最高值 系列의 洪水量을 선정하였다^{7),8),9),10),11)}.

分析對象流域의 特性은 Table-1에서 보는 바와같이 流域面積은 685.0~24,653.9km²의 범위를 나타내고 있으며 主河川長은 56~476.9km에 이르고 平均幅은 12.23~57.08km이며 形狀係數는 0.07~0.36의 범위를 나타내고 있다.

Table-1. Gauging Stations and Watershed Physical Characteristics

River	Station	Area (km ²)	Length of Main Stream (km)	Average Basin Width(km)	Shape factor	Observed Duration (y _r)	Location
Han River	Jeong Sun	1,709.7	100.8	16.01	0.15	24	Long. 128°39' Lati. 37°22'
	Yeo Ju	11,036.0	347.1	31.79	0.10	24	Long. 127°38' Lati. 37°18'
	Kwang Jang	24,058.9	422.1	57.00	0.14	21	Long. 127°07' Lati. 37°33'
Geum River	Seog Hwa	1,834.7	85.0	21.58	0.25	29	Long. 127°22' Lati. 36°37'
	Gyu Am	8,273.0	338.0	24.48	0.07	29	Long. 126°54' Lati. 38°02'
Nak Dong River	Im Ha	1,360.5	97.2	14.00	0.14	20	Long. 128°53' Lati. 36°32'
	Dog San	2,298.0	120.0	19.15	0.16	16	Long. 129°04' Lati. 33°10'
	Wae Gwan	11,074.4	194.0	57.08	0.29	17	Long. 128°24' Lati. 35°06'
	Jin Dong	20,311.3	476.9	42.59	0.09	29	Long. 128°29' Lati. 35°23'
Yeong San River	Ma Reug	685.0	56.0	12.23	0.22	27	Long. 126°50' Lati. 35°09'
	Na Ju	2,058.0	75.1	27.40	0.36	25	Long. 126°14' Lati. 35°01'
Seom Jin River	Ab Nog	2,448.0	162.3	15.08	0.09	26	Long. 127°22' Lati. 35°11'

II. 分析結果 및 考察

本 分析에서는 다음의 4개 確率分布型을 사용하였다.

1. 確率分布型 函數分析

1) Three parameter lognormal distribution

가. 確率分布型

2) Type I extremal distribution

Table-2. Basic Statistics

River	Station	Years Observed(N)	Mean (X)	Variance (S ²)	Standard deviation (S)	Coefficient of Variation (C _v)	Coefficient of Skewness (C _s)
Han River	Jeong Sun	24	500.50	79,436.9	281.85	0.56	1.476
	Yeo Ju	24	5,813.30	13,752,972	3,708.50	0.64	1.350
	Kwang Jang	21	10,337.60	70,966,200	8,424.15	0.82	1.003
Geum River	Seog Hwa	29	1,035.73	465,811	682.50	0.66	0.541
	Gyu Am	29	2,388.62	2,600,770	1,612.69	0.68	1.207
Nak Dong River	Im Ha	20	587.07	115,474	339.82	0.58	0.337
	Dog San	16	2,799.69	2,785,000	1,668.83	0.59	0.510
	Wae Gwan	17	3,135.42	5,034,440	2,243.75	0.72	0.639
	Jin Dong	29	5,089.66	3,465,890	1,861.69	0.34	0.359
Yeong San River	Ma Reug	27	441.96	62,694.5	250.39	0.57	0.822
	Na Ju	25	1,113.56	274,815.0	524.23	0.47	0.800
Seom Jin River	Ab Nog	26	2,211.54	1,342,270	1,158.56	0.52	0.344

- 3) Pearson type III distribution
- 4) Log Pearson type III distribution

나. 基本統計值

各流域別로 基本的인 統計值를 求한 結果는 Table-2와 같으며 標準偏差, S 는 250.39~8,424.15이며 왜곡도계수, C_s 와 분산계수, C_v 는 各各 0.337~1.496 및 0.34~0.82의 범위를 나타내고 있다.

다. 確率分布型 分析

各水系別 對象流域들에 대한 適正確率分布型的

모색을 위해 前述한 4개 確率分布函數에 必要한 媒介變數의 求值는 Moment法에 의거 忠北大 電算所 HP-Computer에 의해 計算되었으며 이에 관한 結果는 Table-3과 같다.

이로서 各流域에 대한 理論確率分布值를 구하였고 그 標本例로서 漢江 정신 유역의 結果는 Table-4와 같다.

Table-4와 같이 各流域별로 實測值에 의한 柱狀圖를 그리고 確率分布值의 分布型에 따른 確率密度

Table-3. Evaluation of parameters for different frequency distribution

River	Station	3 P.L.N.			Type 1	
		μ_y	σ_y	a	α	β
Han River	Jeong Sun	6.2408	0.4661	-72.48	0.00455	373.66
	Yeo Ju	9.0637	0.3843	-3,477.00	0.00035	4,149.50
	Kwang Jang	10.0443	0.3361	-14,020.00	0.00015	6,546.80
Geum River	Seog Hwa	18.1801	0.1863	-2,596.10	0.001879	728.60
	Gyu Am	8.2209	0.3874	-1,619.20	0.000795	1,662.90
Nak Dong River	Im Ha	7.9349	0.1204	-2,226.10	0.003774	434.15
	Dog San	9.0889	0.1837	-6,207.80	0.000769	2,048.70
	Wae Gwan	9.1617	0.2266	-6,637.90	0.000572	2,125.70
	Jin Dong	9.5974	0.1250	-9,751.40	0.000689	4,251.90
Yeong San River	Ma Reug	6.7491	0.2770	-444.76	0.005122	329.29
	Na Ju	7.5107	0.2714	-782.56	0.002447	877.66
Seom Jin River	Ab Nog	9.1305	0.1239	-7,095.80	0.001108	1,686.90

River	Station	P.T. III			L.P.T. III		
		α	β	γ	α	β	γ
Han River	Jeong Sun	325.00	0.7521	256.10	0.2596	5.1779	4.7210
	Yeo Ju	3,379.70	1.2040	1,749.10	0.1018	38.6390	4.5527
	Kwang Jang	6,886.00	1.4966	31.83	0.2079	18.7680	4.9993
Geum River	Seog Hwa	265.64	6.6010	-717.80	0.1559	24.2740	2.9067
	Gyu Am	1,400.10	1.3267	531.10	0.0282	564.50	-8.3430
Nak Dong River	Im Ha	95.48	12.67	-622.29	0.69444	1.2652	5.2745
	Dog San	794.84	4.41	-704.17	0.30210	5.2481	6.1554
	Wae Gwan	1,296.70	2.99	-747.01	0.60849	2.3453	6.3035
	Jin Dong	480.57	15.01	-2,122.3	0.37132	1.3908	8.0511
Yeong San River	Ma Reug	151.73	2.7233	28.761	0.3555	3.5567	4.6441
	Na Ju	318.18	2.7146	249.84	0.2188	5.5576	5.6834
Seom Jin River	Ab Nog	306.00	14.3060	-216.98	0.2467	6.2479	5.9986

3 P.L.N. : Three Parameter Lognormal, μ_y, σ_y : The mean and Standard deviation of $\ln(x-a)$.
 Type 1 : Type 1 extremal, α, β : Concentration and Measure of tendency parameter. P.T. III :
 Pearson Type III, α, β, γ : The scale, shape and location parameter, L.P.T. III : Log Pearson Type III.

Table-4. Theoretical probability for Jeong sun Watershed

Class	Class Mark	Freq.	Rel. Freq.	3 P.L.N.		Type 1		P.T. II		L.P.T. III	
				F(x)	Cum. F(x)	F(x)	Cum. F(x)	F(x)	Cum. F(x)	F(x)	Cum. F(x)
100~330	215	5	0.208	0.315	0.315	0.394	0.394	0.576	0.576	0.437	0.437
331~560	445	11	0.458	0.377	0.692	0.313	0.707	0.248	0.824	0.297	0.734
561~790	675	5	0.208	0.189	0.881	0.181	0.888	0.101	0.925	0.118	0.852
791~1020	705	2	0.083	0.078	0.959	0.074	0.962	0.045	0.970	0.106	0.958
1021~1250	1135	0	0.000	0.030	0.989	0.028	0.990	0.020	0.990	0.026	0.984
1251~1450	1365	1	0.042	0.011	1.000	0.010	1.000	0.010	1.000	0.016	1.000

Freq. : 도수, Rel. Freq : 상대도수, F(x) : 확률밀도함수, Cum F(x) : 누적확률밀도함수.

曲線을 그리므로서 適正한 確率分布型을 選別할 수 있으나 이러한 圖式的인 方法에 의한 判別이 용이하지 않으므로 여기에서는 各 分布型別 χ^2 및 Kolmogorov-Smirnov Test에 의한 Goodness of fit test를 수행하므로서 適正分布型의 選定을 試圖하였다^{9),12),20)}.

라. 確率分布型 檢定

χ^2 과 Kolmogorov-Smirnov test에 依한 各 流域別 檢定結果는 Table-5 및 Table-6과 같다.

以上の 結果에서 보건데 우리나라 主要水系인 漢江, 錦江, 洛東江, 榮山江 및 蟾津江의 12個 流域에 대한 χ^2 檢定을 보면 一般的으로 Three Parameter Lognormal과 Type 1 extremal 分布가 他 確率分布型에 비해 有意性이 없거나 낮은 結果를 나타

내므로서 筆者¹⁰⁾가 이미 수행한 頻度分析의 結果와 比較해 보건데 本 分析에서는 Type 1 extremal 分布가 Three parameter lognormal에 비해 適正度가 더 높은 流域이 나타나므로서 Three parameter lognormal을 우리나라 全 流域에 適用할 수 없음이 새로이 確認되었다. 따라서 이들 2個 確率分布型의 適正性이 流域別로 認定되며 이 두 分布를 流域別로 보면 漢江의 鎭山, 여주, 廣津流域과 洛東江의 鎭山, 獨山, 왜관, 鎭東 및 蟾津江의 鎭山流域은 Three parameter lognormal이 Type 1 extremal 分布에 비해 다소 適合性이 높은 것으로 나타난 反面 錦江의 鎭山, 鎭山流域, 榮山江의 鎭山, 鎭山流域은 Type 1 extremal 分布가 다소 높은 것으로 나타

Table-5. χ^2 -Test for the different distributions

River	Station	Distribution	χ^2 -Test		3 P.L.N.		Type 1		P.T. II		L.P.T. III	
			χ^2	Test	χ^2	Test	χ^2	Test	χ^2	Test	χ^2	Test
Han River	Jeong Sun		3.982	O	7.243	O	16.300	N	8.351	S		
	Yeo Ju		8.580	S	9.557	S	18.300	N	6.951	S		
	Kwang Jang		3.804	O	3.950	S	4.368	S	8.114	N		
Geum River	Seog Hwa		9.256	N	8.489	S	11.638	N	9.589	N		
	Gyu Am		7.322	S	7.241	O	5.639	O	15.475	N		
Nak Dong River	Im Ha		0.469	O	1.464	O	0.465	O	45.296	N		
	Dog San		5.806	S	10.699	N	5.871	S	13.075	N		
	Wae Gwan		3.554	O	6.346	S	3.054	O	15.212	N		
	Jin Dong		1.915	O	8.666	S	2.034	O	26.733	N		
Yeong San River	Ma Reug		2.074	O	0.965	O	1.139	O	9.514	N		
	Na Ju		6.364	S	7.031	O	6.583	S	10.132	N		
Seom Jin River	Ab Nog		5.280	O	6.630	O	5.900	O	13.365	N		

O : Non significant, S : Significant, N : Highly significant.

Table-6. Kolmogorov-Smirnov Test for the different distributions

River	Station	Distribution K-S Test	3 P.L.N		Type 1		P.T. II		L.P.T. III	
			$D_n(\max)$	Test	$D_n(\max)$	Test	$D_n(\max)$	Test	$D_n(\max)$	Test
Han River	Jeong Sun		0.11	O	0.12	O	0.26	O	0.12	O
	Yeo Ju		0.06	O	0.09	O	0.06	O	0.19	O
	Kwang Jang		0.11	O	0.18	O	0.09	O	0.18	O
Geum River	Seog Hwa		0.17	O	0.08	O	0.16	O	0.16	O
	Gyu Am		0.23	O	0.08	O	0.15	O	0.27	S
Nak Dong River	Im Ha		0.19	O	0.08	O	0.19	O	0.17	O
	Dog San		0.13	O	0.10	O	0.13	O	0.10	O
	Wae Gwan		0.08	O	0.07	O	0.08	O	0.13	O
	Jin Dong		0.07	O	0.07	O	0.10	O	0.30	N
Yeong San River	Ma Reug		0.06	O	0.08	O	0.12	O	0.08	O
	Na Ju		0.09	O	0.09	O	0.10	O	0.12	O
Seom Jin River	Ab Nog		0.20	O	0.09	O	0.20	O	0.15	O

Table-7. Parameters for the Three Parameter Lognormal distribution

River	Station	μ	σ	z_1	z_2	a	r_1	w	μ_y	σ_y
Han River	Jeong Sun	500.5	281.85	0.5631	0.4926	-72.5	1.5947	0.4811	6.2408	0.4661
	Yeo Ju	5,818.3	3,708.5	0.6400	0.3989	-3,477.0	1.2604	0.5518	9.0637	0.3843
	Kwang Jang	1,033.8	8,424.13	0.8149	0.3458	-14,020.0	1.0789	0.5968	10.0443	0.3361
Nak Dong River	Im Ha	587.1	339.81	0.5788	0.1208	-2,226.1	0.3632	0.8344	7.9349	0.1204
	Dog San	2,799.7	1,668.83	0.5961	0.1853	-6,207.8	0.5622	0.7577	9.0889	0.1204
	Wae Gwan	3,135.4	2,243.75	0.7156	0.2296	-6,637.9	0.7008	0.7092	9.1617	0.2266
	Jin Dong	5,089.7	1,861.69	0.3658	0.1254	-9,751.4	0.3783	0.8286	9.5974	0.1250
Seom Jin River	Ab Nog	2,207.7	1,157.37	0.5242	0.1244	-7,095.8	0.3751	0.8299	9.1305	0.1239

μ : Mean, σ : Standard deviation, z_1 : Coefficient of variation of the distribution X ,
 z_2 : Coefficient of variation of the distribution $(X-a)$, a : Lower boundary, $(\mu - \frac{\sigma}{z_2})$,
 r_1 : Coefficient of skew of the distribution X , w : Coefficient of Replacement with r_1 ,
 μ_y : Mean of the Logarithm of $(X-a)$, σ_y : Standard deviation of logarithm of $(X-a)$.

이와같은 결과는 홍수량의 확률분포형 역시 確率降雨強度가 流域 및 地點別로 다른것과 같이 該當流域의 氣候的인 特性과 地相的인 特性에 의해 左右될 수 있는 것으로 史料되며 同一水系라 하더라도 流域의 位置에 따라 確率分佈特性이 달라질 수 있음을 시사하고 있다^{9),10)}.

다음에 Kolmogorov-Smirnov Test에서는 各分佈型別로 구해진 理論分佈函數와 觀測值에 대한 Weibull plotting과의 차이에서 오는 最大值를 5%

有意水準에 해당하는 D_n 值를 基準으로 檢定한 結果 Table-6에서 보는 바와 같이 Log Pearson Type III에서 錦江의 均質과 洛東江의 均質이 각각 5% 및 1%간의 有意性을 보인것을 除外하고는 全流域에 걸쳐 이들 分佈型이 수락되는 고로 本分析에서는 前述한바와 같이 χ^2 -Test結果에서 適合性이 認定된 Three parameter lognormal과 Type 1 extremal分佈를 채택하고 該當流域別로 分析考察하기로 한다.

2. 適正確率分布型에 의한 設計頻度別 洪水量

가. Three parameter lognormal 分布

1) 媒介變數(Parameters)

3變數型 對數正規分布의 確率密度函數는 前述한 바와 같으며 各 Parameter들의 계산은 Moment法에 의거하였고 이를 各 流域에 대해서 구해진 매개 변수치는 Table-7과 같다.

2) 設計頻度別 洪水量方程式 誘導

Three parameter lognormal에 있어서 General frequency equation은

$$y_T = \mu_y + t \cdot \sigma_y \text{로서 이는 } \ln(X_T - a) \text{와 같다.}$$

$$\text{即 } y_T = \mu_y + t \cdot \sigma_y = \ln(X_T - a) \dots\dots\dots(1)$$

上記 方程式, y_T 는 μ_y, σ_y 및 正規 및 對數正規 分布의 頻度係數인 t 의 媒介變數에 의해 결정되며 再現期間別 頻度係數, t 는 Table-8과 같다.

따라서 流域 및 再現期間別로 y_T 의 값을 구한 결과 Table-9와 같이 나타났다.

以上에서 구한 매개변수 및 빈도계수에 의해 유역별, 設計頻度別 確率洪水量方程式과 確率洪水量을 유도한 결과는 Table-10과 같고 이에 관한 標本例로 섬진강수계의 압록유역을 극치확률지수에 작도한 결과는 Fig. 1과 같다. 이로부터 일반적으로 수계별 확률홍수량은 유역면적과 재현기간이 커질수록 비례하여 증가됨을 볼 수 있다^{9),10)}.

Table-8. Frequency factors for the Three parameter lognormal distribution

Return Periods ($y_{r,t}$)	2	5	10	20	50	100
Frequency factor	0	0.8416	1.2816	1.6449	2.0538	2.3264

Table-9. y_T Values according to the return periods

Return periods($y_{r,t}$)		Return periods($y_{r,t}$)					
		2	5	10	20	50	100
Han River	Jeong Sun	6.2408	6.6331	6.8382	7.2075	7.1981	7.3251
	Yeo Ju	9.0637	9.3872	9.5563	9.6959	9.8531	9.9578
	Kwang Jang	10.0443	10.3272	10.4750	10.5972	10.7346	10.8262
Nak Dong River	Im Ha	7.9349	8.0362	8.0892	8.1329	8.1822	8.2150
	Dog San	9.0889	9.2435	9.3264	9.3911	9.4662	9.5163
	Wae Gwan	9.1617	9.3524	9.4521	9.5344	9.6271	9.6889
	Jin Dong	9.5974	9.7026	9.7576	9.8030	9.8541	9.8882
Seom Jin River	Ab Nog	9.1305	9.2348	9.2893	9.3343	9.3850	9.4187

Table-10. Formulas for the probable flood flow and probable flood flow according to the return periods for the watersheds (3 P.L.N.)

Unit : Cms

River	Station	Formula (X_T)	Return Periods ($y_{r,t}$)					
			2	5	10	20	50	100
Han River	Jeong Sun	$-72.5 + e^{y_T}$	440.8	687.3	860.3	1,032.4	1,264.4	1,445.4
	Yeo Ju	$-3,477.0 + e^{y_T}$	5,159.0	8,458.3	10,656.0	12,773.8	15,539.8	17,638.7
	Kwang Jang	$-14,020.0 + e^{y_T}$	9,004.2	16,532.4	21,398.9	26,002.6	31,897.4	36,302.1
Nak Dong River	Im Ha	$-2,226.1 + e^{y_T}$	567.0	864.7	1,033.0	1,178.6	1,350.6	1,469.9
	Dog San	$-6,207.8 + e^{y_T}$	2,648.6	4,129.4	5,022.8	5,733.5	6,707.9	6,941.4
	Wae Gwan	$-6,637.9 + e^{y_T}$	2,963.8	4,888.6	6,097.0	7,189.4	8,532.5	9,499.6
	Jin Dong	$-9,751.4 + e^{y_T}$	4,975.0	6,608.7	7,533.7	8,336.5	9,284.8	9,945.2
Seom Jin River	Ab Nog	$-7,095.8 + e^{y_T}$	2,136.8	3,151.8	3,725.8	4,223.9	4,812.6	5,220.8

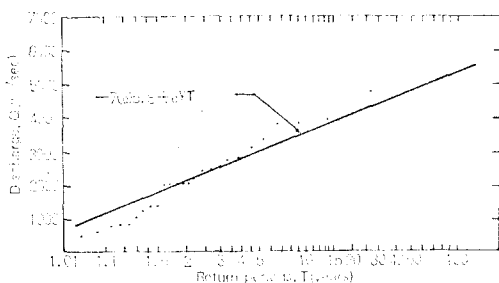


Fig. 1. Probable flood flows according to return periods at Ab Nog Watershed in Seom Jin river system

나. Type 1 extremal 分布

1) 媒介變數(Parameters)

Type 1 極值分布에서의 媒介變數에 관한 求值역시 Moment法에 의거 HP-Computer에 의해 계산되었으므로 매개변수인 α, β 의 값은 Table-3과 같다. 前述한 Type 1極值分布의 누적확률밀도함수는 다음과 같이 유도된다.

$$p(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \quad (2)$$

式 (2)에서 $y = \alpha(x-\beta)$ 로 하면

$$p(x) = e^{-e^{-y}} \quad (3)$$

이 된다. 또한 재현기간, T 는

$$T = \frac{1}{1-p(x)} \quad (4)$$

이 되며 식 (3)과 식 (4)에 의해

$$y_T = -\ln\left(-\ln\frac{T-1}{T}\right) \quad (5)$$

이 된다. 한편 式 (5)는 $T = \frac{n+1}{m}$ 에 의거 다음의 식 (6)과 같이 된다.

$$y_m = -\ln\left(-\ln\frac{n+1-m}{n+1}\right) \quad (6)$$

Series $y_m (m=1, 2, \dots, n)$ 에 대한 平均, μ_y 와 分散 σ_y^2 는 다음의 식 (7) 및 (8)에 의해 구해진다.

$$\mu_y = \sum_{m=1}^n y_m / n \quad (7)$$

$$\sigma_y^2 = \sum_{m=1}^n (y_m - \mu_y)^2 / n \quad (8)$$

그리고 μ 와 σ^2 이 기록치에서 구해진 平均과 分散이면 α 와 β 는 다음의 식 (9) 및 (10)에 의해서 정해진다.

$$\alpha = \sigma_y / \sigma \quad (9)$$

$$\beta = \mu - \mu_y / \sigma \quad (10)$$

上記 관계식들을 변환변수인 y 에 관련시키면

$$y_m = \alpha(x - \beta) \quad (11)$$

이 되고 이를 다시 x 에 대해서 정리하면

$$x = \mu + (y_m - \mu_y) \sigma / \sigma_y \quad (12)$$

가 된다. 따라서 Type 1 극치분포의 대상유역들에

Table-11. Parameters for the Type 1 Extremal distribution

River	Station	Sample size (n)	Discharges (cms)		Mean and Standard deviation of Order statistics for various sample-size	
			μ	σ	μ_y	σ_y
Geum River	Seog Hwa	29	1,035.7	682.5	0.5349	1.1036
	Gyu Am	29	2,388.6	1,612.7	0.5349	1.1086
Yeong San River	Ma Reug	27	441.96	250.4	0.5331	1.1006
	Na Ju	25	1,113.60	524.2	0.5309	1.0914

Table-12. Reduced variable, y_T values according to the return periods

Return Period (y_{T_s})	Reduced Variable, y_T
2	0.3665
5	1.4999
10	2.2504
20	2.9702
50	3.9019
100	4.6001

대한 매개변수치는 Table-11과 같이 구해진다.

또한 再現期間別 변환변수 y_T 의 값은 Table-12와 같다.

식 (12)에서 빈도계수, K 는 다음의 식 (13)이 된다.

$$K = \frac{y_m - \mu_y}{\sigma_y} \quad (13)$$

따라서 표본의 크기 및 재현기간에 따른 빈도계수치를 구한 결과는 Table-13과 같다.

Table-13. Frequency factors for the Type 1 extremal distribution according to the return periods

Sample size (n)	Return Periods (y_{rs})					
	2	5	10	20	50	100
25	-0.1506	0.8879	1.5754	2.2350	3.0886	3.7284
27	-0.1514	0.8784	1.5603	2.2143	3.0609	3.6953
29	-0.1519	0.8705	1.5474	2.1967	3.0372	3.6670

Table-14. Formulas for the probable flood flow and probable flood flow according to the return periods (Type 1 Extremal distribution) Unit : cms

River	Station	Formula (X_T)	Return Periods (y_{rs})					
			2	5	10	20	50	100
Geum River	Seog Hwa	1,035.7+682.5K	932.0	1,629.8	2,091.8	2,534.9	3,108.6	3,538.4
	Gyu Am	2,388.6+1,612.7K	2,143.6	3,792.5	4,884.1	5,931.2	7,286.7	8,302.4
Yeong San River	Ma Reug	441.96+250.4K	404.0	661.9	832.7	996.4	1,208.4	1,367.3
	Na Ju	1,113.60+524.2K	1,034.7	1,579.0	1,939.4	2,285.2	2,732.6	3,068.0

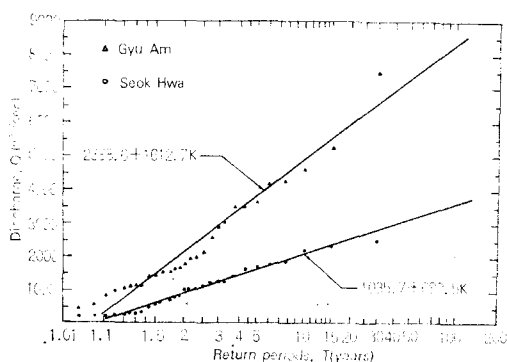


Fig. 2. Probable flood flows according to the return periods at Gyu Am and Seok Hwa Watershed in Geum river system

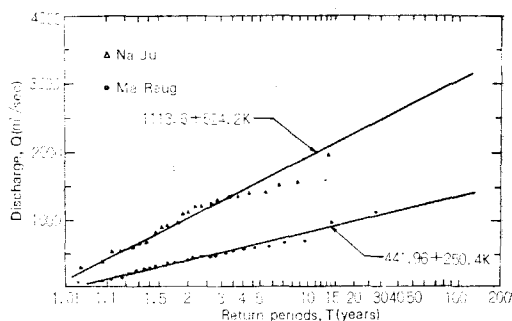


Fig. 3. Probable flood flows according to the return periods at Na Ju and Ma Reug Watershed in Yeong San river system

2) 設計頻度別 洪水量方程式 誘導 및 設計頻度別 洪水量

前述한 媒介變數에 의해 유도된 Type 1 極值分布의 流域 및 設計頻度別 洪水量方程式 誘導結果와 設計頻度別 洪水量을 구한 결과는 Table-14와 같고 각 水系別로 極值確率紙상에 作圖한 결과는 Fig. 2 및 Fig. 3과 같다.

다. 危險度와 設計洪水量과의 關係

1) 設計頻度 및 設計壽命期間과 危險度와의 關係 분석

各種 水利構造物의 設計에 있어서 設計洪水量을

결정하는데는 그 設計洪水量의 發生頻度인 設計再現期間이 決定되어야만 한다. 따라서 上記한 設計再現期間은 設計壽命期間과 함께 經濟性 및 水文學의 面에서 본 危險度を 고려하여 決定하여야 한다. 水文學의 設計에 사용되는 基本的인 危險度는 設計洪水量보다 큰 變量 x 의 發生確率로서 設計壽命期間 n 年내의 危險度は 다음의 식 (14)와 같다¹³⁾.

$$p(x > Q) = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad (14)$$

또한 函數의 極限定理에 의해 식 (14)는 식 (15)로 된다.

$$p(x > Q) = 1 - e^{-\frac{x}{T}} \quad (15)$$

한편 水文記錄值 中에서 m 번째 큰 事象의 發生 確率은 非媒介變數의 確率에 의해 나타낼 수 있다. p_0 가 크기 x 보다 작은 값에 대한 확률이라면 x 보다 크거나 같은 값에 대한 確率은 $1 - p_0$ 이다.

Bernoulli定理에 의하여 x 가 n 번의 시도에서 r 번 같거나 超過할 確率은 二項連續의 展開에서 $r+1$ 번째 項과 같게될 것이다.

$$p[p_0, n, r] = \binom{n}{r} (1-p_0)^r p_0^{n-r} \quad (16)$$

이와 유사한 方法으로 3項母集團으로 부터 N 개의 과거 관측치중 p_0 의 確率을 갖는 m 번째 크기의 값을 선택하는 確率은

$$p[p_0, N-1, m-1] = \binom{N}{m} p_0^m (1-p_0)^{N-m} \quad (17)$$

여기에서 p_0 를 變量으로하여 N 개의 관측치중 n 번의 시도하에 m 번째 크기의 값을 초과하는 數의 累加確率은 식 (16)과 (17)에 의한 2개 확률의 積의 積分에 같게된다.

$$p(N, m, n, r) = \int_0^1 p[p_0, n, r] p[p_0, N-1, m-1] dp_0 \\ = \binom{N}{m} \binom{n}{r} \frac{\Gamma(N-m+n-r+1)}{\Gamma(N+n)} \frac{\Gamma(m+r)}{n+1} \quad (18)$$

여기에서 $1 \leq m \leq N$, $0 \leq r \leq n$, 및 $\sum_{r=0}^n p(N, m, n, r) = 1$ 식 (18)은 N 개의 과거 기록치중 m 번째 크기의 값이 n 번의 시도중 r 번 초과되거나 같게되는 확률로서 위험도를 나타내는 $m=1$ 이고 $r=0$ 인 경우에 식 (18)은 다음의 식 (19)가 된다^{8),12)}.

$$p[N, 1, n] = \frac{N}{N+n} \quad (19)$$

또한 基本危險도에 있어서 設計壽命期間은 再現期間, T 가 증가함에 따라서 線型관계로 접근된다. 즉 식 (15)를 Series로 展開하면 식 (20)이 된다.

$$p(x > Q) = \frac{n}{T} - \frac{n(n-1)}{2!T^2} + \frac{n(n-1)(n-2)}{3!T^3} + \dots \quad (20)$$

식 (20)에서 再現期間이 設計壽命期間보다 크게되면 식 (20)은 다음의 식 (21)과 같이 單純化된다.

$$p(x > Q) = \frac{n}{T} \quad (21)$$

上記 식 (21)은 再現期間이 클 시에 危險度の 신속한 近似推定을 위한 식이 된다. 以上에서 언급된 위험도식 (15)(19) 및 (21)에 의한 再現期間, 100년 일때의 危險度 曲線을 그리면 Fig. 4와 같다.

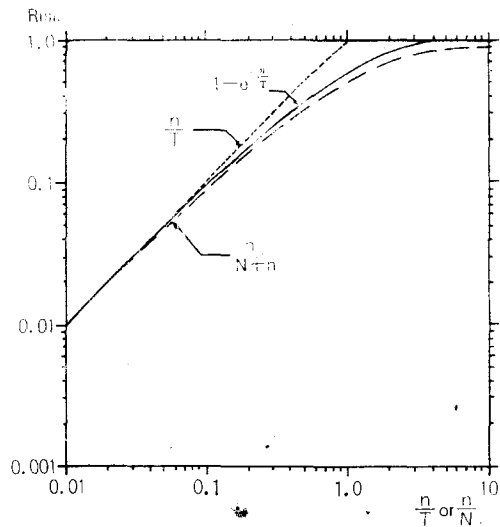


Fig. 4. Comparison among the risk curves based on the different approaches ($T=100y_{rs}$)

Table-15. Frequency factors according to return Period (Three parameter lognormal)

Rivers	Stations	Return Period, y_{rs}					
		2	5	10	20	50	100
Han River	Jeong Sun	-0.2118	0.6628	1.2766	1.8872	2.7103	3.3525
	Yeo Ju	-0.1780	0.7110	1.3028	1.8741	2.6200	3.1861
	Kwang Jang	-0.1583	0.7353	1.3130	1.8595	2.5592	3.0821
Nak Dong River	Im Ha	-0.0591	0.8170	1.3123	1.7408	2.2469	2.5980
	Dog San	-0.0905	0.7968	1.3321	1.7580	2.3419	2.7395
	Wae Gwan	-0.0765	0.7814	1.3199	1.8068	2.4054	2.8364
	Jin Dong	-0.0616	0.8159	1.3128	1.7440	2.2534	2.6081
Seom Jin River	Ab Nog	-0.0613	0.8157	1.3117	1.7421	2.2507	2.6034

Table-16. Frequency factors according to return period (Type 1 Extremal)

Rivers	Stations	Return Period, y_r					
		2	5	10	20	50	100
Geum River	Seog Hwa	-0.1519	0.8705	1.5474	2.1966	3.0370	3.6665
	Gyu Am	-0.1520	0.8710	1.5480	2.1967	3.0372	3.6670
Yeong San River	Ma Reug	-0.1516	0.8784	1.5605	2.2142	3.0609	3.6954
	Na Ju	-0.1505	0.8878	1.5754	3.2350	3.0885	3.7283

2) 頻度係數와 再現期間과의 關係

Three parameter lognormal과 Type 1 極值分布에 의한 確率洪水量을 식 (22)에 의거 再現期間別로 頻度係數를 구한 결과는 Table-15 및 Table-16과 같고 標本例로 洛東江의 임하 및 錦江의 규암유역에 關係 作圖한 結果는 Fig. 5와 같다.

$$K' = (X_T - \mu) / \sigma \quad (22)$$

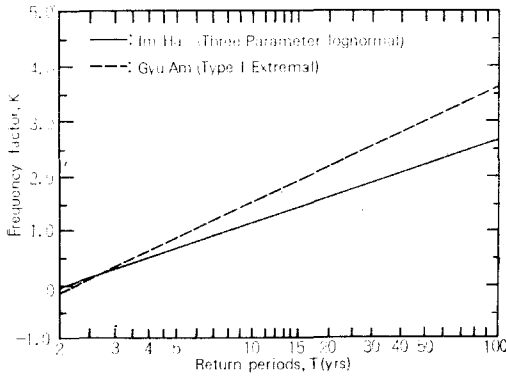


Fig. 5. Relationship between frequency factor and return periods at Im Ha watershed along Nak Dong River and Gyu Am watershed along Geum River

Table-17. Formulas for the return periods Concerned with frequency factor (Three parameter lognormal)

Rivers	Stations	Formulas
Han River	Jeong Sun	$2.4707e^{1.1047K'}$
	Yeo Ju	$2.2860e^{1.1730K'}$
	Kwang Jang	$2.0784e^{1.2469K'}$
Nak Dong River	Im Ha	$1.7326e^{1.4812K'}$
	Dog San	$1.8619e^{1.5955K'}$
	Wae Gwan	$1.6700e^{1.4875K'}$
	Jin Dong	$1.7419e^{1.4745K'}$
Seom Jin River	Ab Nog	$1.7392e^{1.4774K'}$

Table-18. Formulas for the return periods Concerned with frequency factor (Type 1 Extremal)

Rivers	Stations	Formulas
Geum River	Seog Hwa	$2.1483e^{1.0825K'}$
	Gyu Am	$2.1500e^{1.0838K'}$
Yeong San River	Ma Reug	$2.1451e^{1.0250K'}$
	Na Ju	$2.1402e^{1.0165K'}$

Fig. 5에서 보건대 Type 1 極值分布의 규암유역이 Three parameter lognormal分布의 임하유역보다 재현기간이 커짐에 따라서 빈도계수의 값이 커짐을 읽을 수 있으며 이는 주로 유역면적의 크기에서 오는 확률홍수량의 차이에서 기인되는 것으로 사료된다. Table-15 및 16에서 구한 再現期間별 頻度係數와 이에 대응하는 재현기간의 기간치들을 最少自乘法에 의해 상관시키므로서 K' 를 변수로하는 再現期間方程式을 流域별로 구하였으며 그 결과는 Table-17 및 18과 같다.

3) 觀測資料年數와 危險度와의 關係

緒論에서 言及한바와 같이 水文學的 不確實性에 있어 水文資料의 制限性에서 오는 再現期間에 관한 危險度로 究明함이 매우 重要함에 비추어 本 分析에서는 適正分布의 하나로 採擇된 Type 1 極值를 이용하여 再現期間으로 인한 危險度分析을 수행하였다. 또한 觀測資料年數의 補完을 위해 實測資料年數가 25~29年 사이인 錦江의 규암, 석화 및 榮山江의 마북, 나주유역에 대해서 筆者가 1984年 美國 Colorado大學校에서 研究遂行한 Type 1 extremal分布에 적응하는 Table-19와 같은 基本統計值를 갖는 Colorado River의 Roaring Fork (A : 3,779.7km²), Hot Sulphur Spring (A : 2,024.5km²), Gunnison River의 Grand Junction (A : 20,374.5km²) 및 Missouri River의 Omaha (A : 835,690.

Table-19. Basic Statistics

River	Station	Mean	Standard deviation	Coefficient of variance	Coefficient of skewness
Colorado River	Roaring fork	10,373.7	4,328.21	0.18733×10^8	1.35892
	Hot Sulphur Spring	4,072.1	2,325.40	0.54075×10^7	0.44915
Gunnison River	Grand Junction, Colo.	15,802.9	7,283.52	0.53050×10^8	0.44995
Missouri River	Omaha, Neb.	113,527.0	65,326.70	0.42676×10^{10}	2.17346

8km²)에 4個 流域에 대한 記錄年數가 37~62年인 長期間의 新빙성있는 資料를 토대로 分析考察하기로 한다²⁰⁾.

(1) 媒介變數(Parameters)

Table-20. Parameters and Length of records (y_{rs})

River	Station	Parameter		
		α	β	n
Colorado River	Roaring fork	0.0002963	8,426	52
	Hot Sulphur Spring	0.0005515	3,026	62
Gunnison River	Grand Junction, Colo.	0.0001761	12,525	49
Missouri River	Omaha, Neb.	0.0000196	84,130	37

(2) 再現期間과 推定母數再現期間 및 危險度와의 관계

前述한 식 (3)(4)(5)로 부터 T 에 관한 식 (23)이 유도될 수 있다. 즉

$$T = [1 - \exp\{-\exp(-\hat{y})\}]^{-1} \quad (23)$$

그런데 $\hat{y} = \alpha(x - \beta)$ 에서

$$x = \beta + \frac{1}{\alpha} \hat{y} \quad (24)$$

따라서 식 (24)는 다음과 같은 線型回歸式으로 나타낼 수 있다.

$$x = \hat{A} + \hat{B}\hat{y} \quad (25)$$

또한 推定係數인 \hat{A} 와 \hat{B} 의 眞值, A 및 B 는 다음의 식 (26)과 (27)에 의해 구할 수 있다.

$$B = \hat{B} + \frac{S_x}{S_y} \frac{t}{\sqrt{n-2}} \quad (26)$$

$$A = \bar{x} - B\bar{y} \quad (27)$$

여기에서 S_x , S_y 는 각각 x , y 에 대한 標準偏差이며 t 는 自由度 $n-2$ 에서의 95% 信賴限界에 대한 Student- t 값이다. 식 (25)에 의거 \hat{y} 에 대한 母數 Y 는

$$Y = \frac{x - A}{B} \quad (28)$$

우리나라 錦江水系의 석회, 규암 및 榮山水系의 마륙, 나주流域에 대한 媒介變數는 Table-3과 같으며 前述한 美國 4個流域에 대한 媒介變數 및 觀測年數는 Table-20과 같다.

이 된다. 이로서 推定되는 母數再現期間은 식 (23)에 의해 다음의 식 (29)가 된다.

$$T' = \left[1 - \exp\left\{ -\exp\left(-\frac{X-A}{B} \right) \right\} \right]^{-1} \quad (29)$$

따라서 再現期間에 관련된 危險度(%), R 은 다음과 같이 定義된다.

$$R = \frac{T - T'}{T} \times 100 \quad (30)$$

上記한 방법에 의해서 各 流域별로 구한 T 와 T' 및 R 의 결과는 Table-21 및 22와 같다.

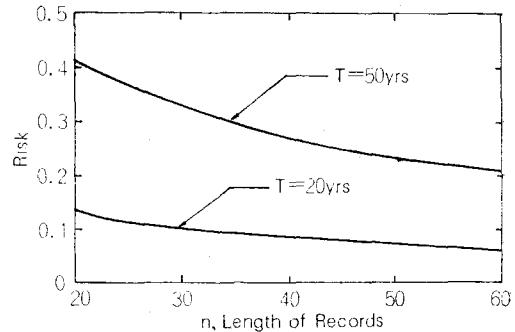


Fig. 6. Relationship between the risk and the length of records

Table-21. Evaluation of T, T' and R according to the length of records, n (Korea)

Gyu Am, n=29			Seog Hwa, n=29			Ma Reug, n=27			Na Ju, n=25		
T	T'	R(%)	T	T'	R(%)	T	T'	R(%)	T	T'	R(%)
20	17.9	10.5	20	18.0	10.0	20	17.0	15.0	20	18.0	10.0
30	24.0	20.0	30	24.2	19.3	30	23.8	20.7	30	23.8	20.7
40	29.2	27.0	40	29.4	26.5	40	29.4	26.5	40	28.6	28.5
50	33.4	33.2	50	34.5	31.0	50	34.5	31.0	50	33.9	32.2
60	38.5	35.8	60	40.0	33.3	60	38.5	35.8	60	39.0	35.0

Table-22. Evaluation of T, T' and R according to the length of records, n (U.S.A.)

Omaha, Nebr. n=37			Grand Junction, Colo. n=49			Roaring fork, Colo. n=52			Hot Sulphur Spring Colo. n=62		
T	T'	R(%)	T	T'	R(%)	T	T'	R(%)	T	T'	R(%)
20	19.2	4.0	20	18.2	9.0	20	18.9	5.5	20	18.2	9.0
30	23.8	20.6	30	25.0	16.7	30	25.0	16.7	30	25.0	16.7
40	29.4	26.5	40	30.3	24.3	40	31.3	21.7	40	31.9	20.3
50	38.5	23.0	50	37.0	26.0	50	37.6	24.8	50	38.5	23.0
60	40.0	33.3	60	41.7	30.5	60	43.5	27.5	60	43.5	27.5

따라서 Table-21 및 22에 의한 관측자료년수와 위험도와의 관계를 선형회귀식으로 구한다음 이들 8개 유역에 대한 재현기간 20, 50년별 記錄年數와 위험도간의 관계를 그린 결과는 Fig. 6과 같다.

Fig. 6에서 보는바와 같이 資料의 觀測年數가 커질수록 위험도는 감소되며 같은 관측자료년수에서도 재현기간이 커질수록 위험도가 커짐을 읽을 수 있다. 또한 再現期間 20년에서의 觀測年數 30년에

대한 觀測年數 60년의 危險度比 $\frac{R_{60}}{R_{30}}$ 은 0.60이고 再現期間 50년에서의 危險度比 $\frac{R_{60}}{R_{30}}$ 은 0.64로서 再現期間 50년일때가 20년에 비해 다소 높은 危險度比를 나타내고 있다.

4) 破壞危險度를 고려한 水準별 設計頻度係數 및 設計洪水量

設計壽命期間을 設計再現期間과 같도록 設計함

Table-23. Formulas for design frequency factor according to risk levels

Rivers & stations	Formulars Risk Level	Design frequency factor		
		2 %	5 %	8 %
Han River	Jeong Sun	0.9052(ln 20.0369T)	0.9052(ln 7.8927T)	0.9052(ln 4.8530T)
	Yeo Ju	0.8525(ln 21.6450T)	0.8525(ln 8.5251T)	0.8525(ln 5.2466T)
	Kwang Jang	0.8007(ln 23.8186T)	0.8007(ln 9.3791T)	0.8007(ln 5.7690T)
Geum River	Seog Hwa	0.9685(ln 23.0436T)	0.9685(ln 9.0744T)	0.9685(ln 5.5800T)
	Gyu Am	0.9690(ln 23.0440T)	0.9690(ln 9.0750T)	0.9690(ln 5.5813T)
Nak Dong River	Im Ha	0.6752(ln 28.5722T)	0.6752(ln 11.2509T)	0.6752(ln 6.9024T)
	Dog San	0.7166(ln 26.5887T)	0.7166(ln 10.4696T)	0.7166(ln 6.4400T)
	Wae Gwan	0.6957(ln 29.6437T)	0.6957(ln 11.6726T)	0.6957(ln 7.1798T)
	Jin Dong	0.6782(ln 28.4204T)	0.6782(ln 11.1908T)	0.6782(ln 6.8837T)
Yeong San River	Ma Reug	0.9756(ln 23.0782T)	0.9756(ln 9.0876T)	0.9756(ln 5.5897T)
	Na Ju	0.9838(ln 23.1310T)	0.9838(ln 9.1083T)	0.9838(ln 5.6026T)
Seom Jin River	Ab Nog	0.6769(ln 28.4641T)	0.6769(ln 11.2081T)	0.6769(ln 6.8942T)

가장 이상적이라는 사실에 비추어 양자를 같게하고
 危險度水準을 2,5,8%로 하는 경우 各各의 水準에
 대한 危險度와 觀測記錄年數 및 設計壽命期間의 값
 을 浬라하여 危險度에 관련시키므로서 設計頻度係
 數에 관한 經驗式을 各 流域別, 危險度 水準別로
 구하였다. 이에 관한 結果는 Table-23과 같으며 標
 本例로 漢江의 經綫, 錦江의 석화 및 洛東江의 淸
 하유역에 浬해 작도한 浬과는 Fig. 7~Fig. 9와 같

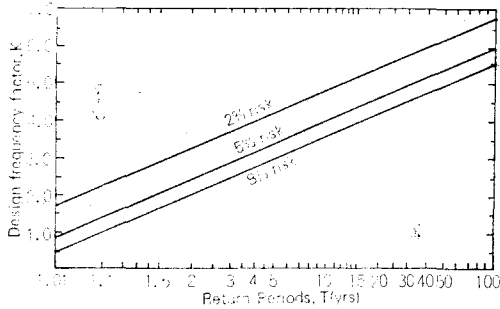


Fig. 7. Design frequency factor according to risk levels at Jeong Sun along Han River

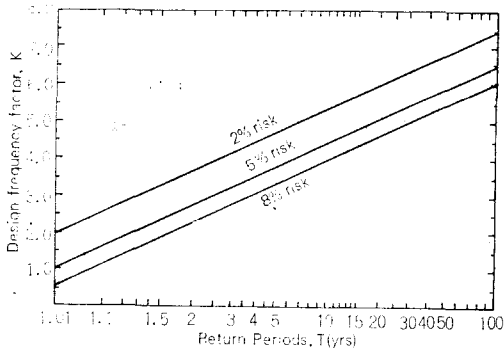


Fig. 8. Design frequency factor according to risk levels at Seog Hwa along Geum River

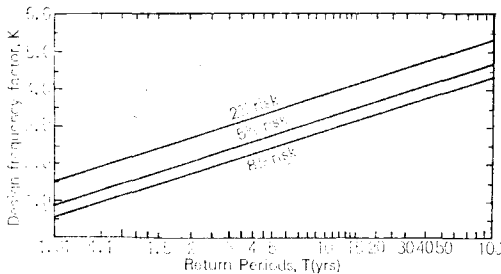


Fig. 9. Design frequency factor according to risk levels at Im Ha along Nak Dong River

다.

이들 結果에서 보건데 設計頻度係數는 再現期間
 에는 比例하여 증가하고 危險度의 水準이 커질수록
 작아지는 反比例現象을 나타내고 있다. 이상에서
 구해진 流域別 設計頻度係數와 μ 및 σ 와 함께 最終
 的으로 소기하는 위험도를 고려한 水準別 設計洪水
 量의 유도가 가능하게 된다. 여기에서 구해진 設計
 洪水量은 設計壽命期間을 設計再現期間과 같게 하고
 위험도가 고려되었기 때문에 前述한 各 流域의 確
 率洪水量보다 다소 높게 나타나는 것이 事實이다.

IV. 摘 要

本 研究는 우리나라 代表水系를 浬라한 漢江, 錦
 江, 洛東江, 榮山江 및 蟾津江의 主要 12個 流域들
 에 浬한 年最高值 系列의 確率分布特性의 分析比較
 와 設計頻度別 洪水量의 誘導는 물론 再現期間과
 觀測年數가 危險度에 미치는 영향을 구명하고, 終
 局的으로 危險度를 고려한 流域別 設計頻度係數와
 設計洪水量을 유도하고자 하는것으로 本 研究에서
 얻어진 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. Type 1 極值分布가 錦江 및 榮山江의 選定流
 域에서 適正分布型으로 나타났음이 새로이 浬인되
 었으며 漢江, 洛東江 및 蟾津江의 대상유역들은
 Three parameter lognormal分布가 적정분포형으
 로 검정되었다.

이로서 筆者의 기浬의 연구결과와 比較해 보건데
 同一水系라 하더라도 流域의 位置에 따라 浬률분포
 特性이 달라질 수 있음을 발견할 수 있었다.

2. Three parameter lognormal과 Type 1 ex-
 tremal分布의 媒介變數는 모멘트浬법에 의해 구하였
 다.

3. Three parameter lognormal과 Type 1 ex-
 tremal 分布에 의한 流域 및 設計頻度別 浬률홍수
 浬 방浬식이 유도되었다.

4. 非媒介變數의 浬法和 再現期間이 設計壽命期
 間보다 클 시의 危險度式이 各各 $\frac{n}{N+n}$ 및 $\frac{n}{T}$ 으로
 單浬化될 수 있었다.

5. Three parameter lognormal과 Type 1 ex-
 tremal의 浬률特性에 의한 再現期間 經驗式을 頻度
 係數와 浬연시켜 最少自浬法에 의해서 유역별로 유
 도하였다.

6. 觀測資料年數와 危險度간의 浬關分析에서 浬

測資料年數가 커질수록 危險度는 감소되며 같은 觀測資料年數에서도 再現期間이 커질수록 위험도가 높아짐을 읽을 수 있다.

7. 設計壽命期間과 設計再現期間을 같게하고 危險度 水準을 달리한 設計頻度係數에 관한 經驗式을 誘導하였다.

8. 設計頻度係數는 再現期間에 比例하여 증가하고 危險度 水準이 커질수록 작아지는 反比例 現象을 나타내고 있다.

9. 流域별로 유도된 設計頻度係數에 의거하여 危險度를 고려한 最終的인 設計洪水量의 유도를 가능하게 하였다.

本 研究는 1984年度 前半기 韓國科學財團의 研究費 支援에 의하여 遂行된 것임.

參 考 文 獻

1. Ang, Alfredo H.S. and Tang, W.H.(1975) : Probability Concepts in Engineering Planning and Design, Vol. 1. John Wiley & Sons, Inc. pp.261-318.
2. Cervantes, J.E. and et al. (1983) : A Cluster Model for flood Analysis, W.R.R. Vol. 19, No. 1, pp.209-224.
3. Chow. V.T. (1979) : Risk and Reliability Analysis applied to water Resources in practice, W.R.P., pp.243-252.
4. Emir Zelenhasic (1970) : Theoretical probability distributions for flood peaks, Hyd. Papers, No.42, C.S.V., pp.1-21.
5. Gumbel, E.J. (1954) : The calculated risk in flood control, Appl. Sci. Res. Section A, Vol. 5, pp.273-280.
6. Kite, G.W. (1977) : Frequency and Risk analysis in Hyd-ology, W.R.P., pp.69-127.
7. 建設部 (1962-1978) : 韓國水文調查書(雨量, 水位).
8. _____ (1974) : 韓國河川調查書.
9. _____ (1964) : 韓國水文調查年報.
10. _____ (1979-1982) : 韓國水文調查年報.
11. _____ (1983) : 洪水量測定調查報告書.
12. Lee, H.L. and Mays, L.W. (1983) : Improved risk and reliability Model for Hydraulic structures, W.R.R., Vol. 19, No. 6, pp.1415-1422.
13. 李淳赫, 朴明根(1983) : 適正洪水頻度와 危險度 分析에 關한 研究. 韓國農工學會誌, Vol. 25, No. 3, pp.79-86.
14. Mays, L.W. and Tung, Y.K. (1981) : Risk Models for flood levee Design, W.R.R., Vol. 17, No. 4, pp.833-841.
15. Nash, J.E. and Amorocho, J. (1966) : The accuracy of the prediction of floods of High Return Period, W.R.R. Vol. 2, No. 2, pp. 191-198.
16. Paintal, A.S. (1973) : Stochastic Model of flood risk evaluation, Proc. Int. Symposium, W.R.P. pp.343-348.
17. Stedinger, J.R. (1980) : Fitting Lognormal distributions to Hydrologic Data, W.R.R. Vol. 16, No. 3, pp.481-490.
18. Tang, W.H. and Yen, B.C. (1972) : Hydrologic and Hydraulic Design under uncertainties, Int. Symposium on uncertainties in Hydrologic and Water Resources Systems, Univ. of Arizona, pp.868-882.
19. Todorovic, P. (1978) : Stochastic Models of floods, W.R.R. Vol. 14, No. 2, pp.345-356.
20. U.S. Geological Survey (1900-1965) : Runoff Records (Colorado, Gunnison and Missouri River)
21. Yen, B.C. (1970) : Risks in Hydrologic Design of Engineering Projects, Jour. of Hydraulic. Div. ASCE. Vol. 96, No. HY4, pp. 959-966.
22. _____ (1978) : Safety Factor in Hydrologic and Hydraulic Engineering Design, Proc. International Sym. on Risk and Reliability in water Resources, Univ. of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada, June.
23. Yevjevich, V. (1972) : Probability and Statistics in Hydrology, W.R.P. Colorado.
24. _____ (1973) : Analysis of risks and uncertainties in flood control, W.R.P. pp. 363-374.