

水利構造物の破壊危險度と設計洪水量에 관한 水文學的 研究(Ⅱ)

—非年超過值 系列을 中心으로—

Hydrological Studies on the design flood and risk of failure of the Hydraulic Structures(Ⅱ)

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

Summary

This studies were established to find out the characteristics of frequency distribution for the number of occurrence and magnitude, probable flood flows according to the return periods, design floods, and design frequency factors for the studying basins in relation to the risk levels which can be correlated with design return period and the life of structure in the non-annual exceedance series. Eight watersheds along Han, Geum, Nak Dong and Seom Jin river basin were selected as studying basins.

The results were analyzed and summarized as follows.

1. Poisson distribution and Exponential distribution were tested as a good fitted distributions for the number of occurrence and magnitude for exceedance event, respectively, at selected watersheds along Han, Geum, Nak Dong and Seom Jin river basin.
2. Formulas for the probable flood flows and probable flood flows according to the return periods were derivated for the exponential distribution at the selected watersheds along Han, Geum, Nak Dong, and Seom Jin river basin.
3. Analysis for the risk of failure was connected return period with design life of structure in the non-annual exceedance series.
4. Empirical formulas for the design frequency factors were derivated from under the condition of the return periods identify with the life of structure in relation to the different risk levels in the non-annual exceedance series.
5. Design frequency factors were appeared to be increased in proportion to the return periods while those are in inverse proportion to the levels of the risk of failure. Numerical values for the design frequency factors for the non-annual exceedance series were appeared generally higher than those of annual maximum series already published by the first report.

* 忠北大學校 農科大學

** 忠北大學校 大學院

6. Design floods according to the different risk levels could be derivated by using of formulas of the design frequency factors for all studying watersheds in the non-annual exceedance series.

I. 緒 論

各種 水利構造物의 設計에 있어서 가장 문제가 되는 것은 設計洪水量의 決定이다. 이와 같은 設計洪水量은 設計壽命期間과 再現期間을 얼마로 할 것이며 또한 不確實性和 基本的인 危險度의 許容範圍를 얼마로 할 것이냐에 따라 다르게 된다. 破壞危險度를 고려치 않는 不適切한 設計는 곧 水利構造物의 破壞와 함께 수 많은 人命과 莫大한 財産被害를 가져 오게 된다. American Water Works Association¹⁾과 Biswas 및 Chatterjee²⁾의 댐 파괴에 관한 報告에 의하면 파괴된 댐들의 35%가 물넘이의 설계 잘못에 起因되었다고 發表하였으며 Bernier³⁾는 洪水量 推定에서 나타나는 不確實性을 具體化하기 위해 이의 계속적인 應用研究가 수행되었으며 Davis, Kiesel 및 Duckstein⁴⁾ 역시 水文設計에 Bayesian 理論의 適用妥當性을 역설하였다. 또한 Yen과 Ang⁵⁾은 不確實性의 追求와 함께 危險度 分析을 基本으로 한 設計方法을 제시하였다. 한편 Yen⁶⁾은 再現期間과 設計壽命期間에 따른 破壞危險과 不充分한 資料와 資料의 數學的 模型 追求에서 오는 不確實性의 分析에 關係 發表하였으며 Tang과 Yen²⁸⁾은 파괴 위험에 대한 安全設計를 위해 安全係數의 定立이 필요하다고 주장하였으며 Yevjevich⁷⁾는 水利構造物의 安全設計를 위해 危險度와 不確實性의 細分에 의한 精密分析에의 必要性을 力說하였다. 이와 같은 사실에 비추어 設計洪水量과 再現期間 및 設計壽命

期間에 따른 破壞危險度와의 相關關係를 究明함이 무엇보다도 重要大한 選擇課題로서 思料되와 本 研究에서는 우리 나라 主要水系인 漢江, 錦江, 洛東江 및 蟾津江의 8個 流域에 대한 非年超過值 系列의 洪水確率分布 特性和 이에 따른 設計頻度별 洪水量, 設計頻度 및 設計壽命期間과 危險度와의 關係分析 및 破壞危險도와 水準별 設計頻度係數 및 設計洪水量의 誘導에 關係 그 力點을 두고자 한다.

II. 使用 水文資料

1. 對象流域 및 河川概況

非年超過值 系列의 分析을 위해 사용된 對象流域은 漢江은 경선, 여주의 2個 流域, 錦江은 석화, 규암의 2個 流域, 洛東江은 입하, 동촌, 현풍의 3個 流域 그리고 蟾津江은 압록 流域으로서 都合 8個 流域을 選定하였으며 非年超過值 系列의 水文資料는 每年 最大洪水量值만으로 구성된 年最高系列과는 달리 超過基準值 이상의 尖頭洪水로서 이루어지며 時系列의 獨立性을 위하여 美國水資源協議會(Water Resources Council)에서 제시한 流域面積(mile²)의 自乘에 自然對數를 取한 값에 5일을 더한 時間間隔에 準하여 洪水量을 選定하였다^{10,14,15,16,17,18}.

對象流域의 流域特性은 Table-1에서 보는 바와 같이 流域面積은 1,709.7~14,000.9km²의 범위를 나타내고 있으며 主河川長은 85~367km에 이르고 平均幅은 14~38.15km이며 形狀係數는 0.07~0.18의 범위를 나타내고 있다.

Table-1. Gauging Stations and Watershed physical characteristics for the non-annual exceedance series

River	Station	Area (km ²)	Length of Main Steram (km)	Average Basin Width (km)	Shape factor	Observed Duration (yrs)	Location
Han River	Jeong Sun	1709.7	100.8	16.01	0.15	24	Long. 128°39' Lati. 37°22'
	Yeo Ju	11036.0	347.1	31.79	0.10	24	Long. 127°38' Lati. 37°18'
Geum River	Seog Hwa	1834.7	85.0	21.58	0.25	29	Long. 127°22' Lati. 36°37'
	Gyu Am	8273.0	338.0	24.48	0.07	29	Long. 126°54' Lati. 38°02'

Nak Dong River	Im Ha	1360.5	97.2	14.00	0.14	20	Long. 128°53' Lati. 36°32'
	Dong Chon	1543.9	92.5	16.70	0.18	26	Long. 128°38' Lati. 35°53'
	Hyon Pung	14000.9	367.0	38.15	0.10	31	Long. 128°26' Lati. 35°41'
Seom Jin River	Ab Nog	2448.0	162.3	15.08	0.09	26	Long. 127°22' Lati. 35°11'

2) Exponential distribution

$$f_Y(y) = \frac{1}{r} \exp[-(y-b)/r] \dots\dots\dots(2)$$

$f_Y(y)$: Exponential probability density function

r : Parameter associated with exponential distribution function

b : Base flow y : Peak flow magnitude

III. 分析結果 및 考察

1. 確率分布型 函數分析

가. 確率分布型

本 分析에서는 다음의 2個 確率分布型을 사용하였다.

1) Poisson distribution

$$f(n; \nu t) = \frac{(\nu t)^n}{n!} e^{-\nu t} \quad n=0, 1, 2, \dots\dots\dots(1)$$

$f(n; \nu t)$: Poisson Probability density function

ν : The mean occurrence rate.

나. 基本統計值

各 對象流域별로 基本統計值를 구한 결과는 Table-2와 같으며 平均值는 398.59~4322.82이고 標準偏差와 分散係數는 各各 513.50~215.35 및 0.33~0.80의 범위를 나타내고 있다.

Table-2. Basic statistics for the nonannual exceedance series

River	Station	Years observed (N)	Numbers of N Ae	Mean (X)	Variance (S ²)	Standard deviation (C _s)	Coefficient of variation (C _v)
Han River	Jeong Sun	24	56	398.59	46,334	215.4	0.54
	Yeo Ju	29	57	4322.82	4,551,440	2133.4	0.49
Geum River	Seog Hwa	29	61	902.39	263,675	513.5	0.57
	Gyu Am	29	57	2169.44	1,651,310	1285.0	0.59
Nak Dong River	Im Ha	20	42	478.93	73,581	271.3	0.57
	Dong Chon	26	58	669.48	289,683	538.2	0.80
	Hyon Pung	31	70	2564.90	713,958	845.0	0.33
Seom Jin River	Ab Nog	26	70	1749.69	909,986	953.9	0.55

다. 確率分布型 分析

1) 프아손(Poisson) 分布

非年超過值 系列事象의 確率分布에 대한 展開를 위해서는 우선적으로 어느 時間間隔 t 에 있어서 危險事象의 發生數에 대한 確率分布를 고려함이 必須的이다. N 를 時間區間, t 사이에 發生되는 危險事象의 數라면 다음과 같은 식(3)의 確率累加函數(probability mass function)가 된다^{2,11)}.

$$F_N(n) = P(N=n) \quad n=0, 1, 2, \dots\dots\dots(3)$$

이러한 過程에서 危險事象의 發生數, N 가 다음의

特性을 갖게 되면, 即 첫째로 N 는 어느 時刻에서나 無作爲로 發生할 수 있고, 두번째로 주어진 時間區間에서 發生하는 事象은 重複되지 않는 다른 區間에 대하여 獨立的이며, 세번째로 N 는 다만 어떤 危險事象에 어느 순간에 생겨질 수 있는 하나의 過程이고 그리고 네번째로 微小區間 dt 이내에서 發生할 危險事象의 確率은 dt 에 비례하며 νdt 로 구할 수 있는 특성으로 주어진다면 이 過程은 프아손 確率法則에 따르게 되고 N 는 前述한 식(1)의 確率函數를 갖게 된다. 따라서 N 의 期待值는 다음의 식(4)가 된다.

$$E(N) = \nu t \dots\dots\dots(4)$$

포아손 분포함수에 필요한 유일한 媒介變數인 危險事象의 發生率인 ν 는 Table-3과 같다.

Table-3. Evaluation of parameters for poisson and exponential distributions

River	Station	Poisson	Exponential	
		ν	b (cms)	r (cms)
Han River	Jeong Sun	2.333	200	198.59
	Yeo Ju	1.966	2000	2322.82
Geum River	Seog Hwa	2.103	300	602.39
	Gyu Am	1.966	1000	1169.44
Nak Dong River	Im Ha	2.100	190	288.93
	Dong Chon	2.231	220	449.48
	Hyon Pung	2.333	1500	1064.90
Seom Jin River	Ab Nog	2.077	790	959.69

2) 指數(Exponential) 分布

非年超過值 系列에서 危險事象의 크기에 대한 頻度分布 상황을 보던 對象全體流域에서 指數分布函數의 樣相을 나타내었다. 이에 관한 標本例로서 漢江의 여주, 錦江의 석화, 洛東江의 임하, 蟾津江의 압록 流域에 대한 發生頻도와 危險事象인 超過值系列 洪水量과의 關係를 柱狀化한 頻度分布(frequency distribution)를 보던 Fig. 1~Fig. 4와 같다.

따라서 이와 같은 指數分布函數는 식 (5)로 나타낼 수 있다.

$$F_Y(y) = 1 - e^{-\frac{(y-b)}{r}} \quad y > b, r < 0 \dots\dots\dots(5)$$

식 (5)에 대한 確率密度函數는 식 (2)와 같다. 指數分布函數에 요구되는 2개의 媒介變數인 b 즉, 非年超過值系列의 選定基準値와 r 인 指數函數의 媒介變

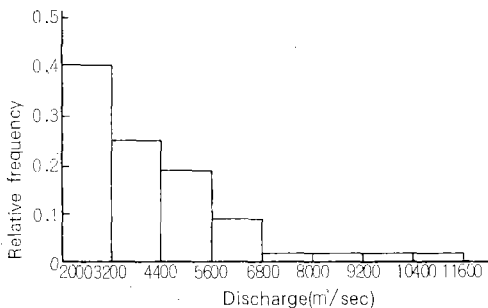


Fig. 1. Frequency of partial duration flows for Yeo Ju Watershed along Han river

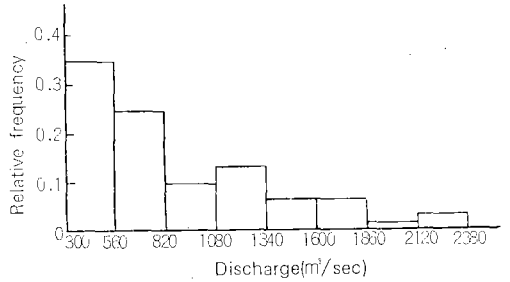


Fig. 2. Frequency of partial duration flows for Seog Hwa Watershed along Geum river

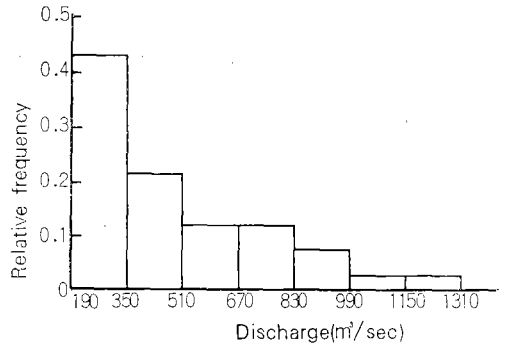


Fig. 3. Frequency of partial duration flows for Im Ha Watershed along Nak Dong river

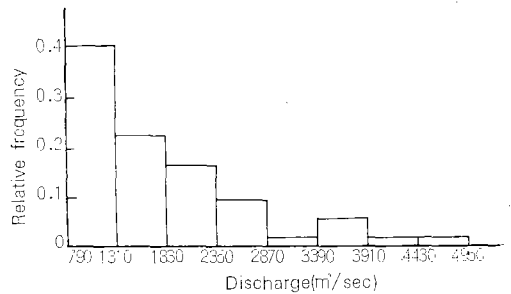


Fig. 4. Frequency of partial duration flows for Ab Nog Watershed along Seom Jin river

數의 값을 유역별로 구한 結果는 Table-3과 같다.

라. 確率分布型 檢定

1) 포아손 分布의 χ^2 Test.

本 分析에서의 poisson 分布는 該當流域에 대한 非年超過值系列 事象의 發生數에 대한 適合性與否만을 判定하는 것이므로 여기에서는 K-S Test를 略한 χ^2 Test만에 의해서 檢定하였고 그 結果는 Table-4에

서 보는 바와 같이 대상유역 전체가 有意性이 없으므로 해서 비교적 높은 適合度를 나타내고 있다.

2) 指數分布의 χ^2 및 Kolmogorov-Smirnov Test.

危險事象의 크기에 대한 指數分布의 適合性 與否를 χ^2 및 K-S Test에 의해서 檢定한 結果는 Table-5에서 보는 바와 같이 兩 Test에서 共히 높은 適合性이 認定되었다. 이와 같은 高度의 適合性은 資料의 部分期間 系列의 하나인 非年超過值 系列이 모두 尖頭流量에 相關된 分布函數의 尾部에 相應하는 母集團으로부터 抽出된 標本이기 때문인 것으로 思料된다^{11),22)}.

Table-4. χ^2 Goodness of fit test for the poisson distribution

River	station	χ^2	Test
Han River	Jeong Sun	7.390	0
	Yeo Ju	3.751	0
Geum River	Seog Hwa	6.273	0
	Gyu Am	0.450	0
Nak Dong River	Im Ha	1.068	0
	Dong Chon	1.617	0
	Hyon Pung	1.590	0
Seom Jin River	Ab Nog	3.550	0

0 : Non significant

Table-5. χ^2 and Kolmogorov-Smirnov test for the exponential distribution

River	Station	χ^2		K-S		
		χ^2	Test	Dn	Dn 0.05	Test
Han River	Jeong Sun	5.120	0	0.089	0.270	0
	Yeo Ju	2.144	0	0.191	0.246	0
Geum River	Seog Hwa	4.976	0	0.173	0.246	0
	Gyu Am	4.412	0	0.200	0.246	0
Nak Dong River	Im Ha	1.597	0	0.123	0.294	0
	Dong Chon	9.277	0	0.240	0.260	0
	Hyyon Pung	11.812	0	0.205	0.240	0
Seom Jin River	Ab Nog	0.271	0	0.199	0.260	0

率洪水量 公式를 誘導하였다.

$$y_d = b + r \ln \left[\frac{-\nu t}{1_n \{1 - G_T(t)\}} \right] \dots\dots\dots(11)$$

식(11)을 期待再現期間에 關連하여 정리하면 最終의므로 다음의 식(12)가 된다.

$$y_d = b + r |n(\nu E[T]) \dots\dots\dots(12)$$

2. 適正確率分布型에 의한 設計頻度별 確率 洪水量 誘導

가. 포아손 및 指數分布

非年超過值系列에서 危險事象의 發生數와 크기에 대해 適正分布型으로 設定된 포아손 分布와 指數分布에 필요한 媒介變數의 結果值는 Table-3과 같다.

基準洪水量值 이상인 尖頭洪水量의 期待值, Y는 다음과 같이 定義될 수 있다^{2),11)}.

$$E[Y|Y>b] = \int_b^{\infty} y f_Y(y) dy \dots\dots\dots(6)$$

또한 식(6)은 部分積分에 의해 다음의 식(7)과 같이 單純化 될 수 있다.

$$E[Y|Y>y^b] = b + r \dots\dots\dots(7)$$

그리고 設計洪水量을 超過하는 事象의 크기에 대한 確率 $P(y_d)$ 는 指數分布가 되므로

$$P(y_d) = P[Y>y_d] \dots\dots\dots(8)$$

結果的으로

$$P(y_d) = 1 - F_Y(y_d) \dots\dots\dots(9)$$

$$\text{또는 } P(y_d) = e^{-\frac{(y_d - y^b)}{r}} \dots\dots\dots(10)$$

여기에서 y_d 는 確率洪水量을 나타낸다. 식(10)을 非年超過時系列의 設計頻度 및 設計壽命期間과 危險度와의 關係 분석에서 後述되는 식(23), 식(27) 및 식(29)를 식(10)과 聯立시키므로써 다음과 같은 確

以上에서 구한 媒介變數들과 誘導된 確率洪水量의 一般式을 이용한 流域별 經驗公式과 再現期間별 洪水量의 결과치는 Table-6과 같으며 標本例로 漢江의 여주, 錦江의 석화, 洛東江의 임하 및 蟾津江의 압록 流域의 結果를 半對數紙상에 作圖한 結果는 Fig. 5~Fig. 8과 같다.

Table-6. Formulas for the flows and probable flood flows according to the return periods for the watersheds

River	Station	Formula (Q_d)	Return periods(yrs)					
			2	5	10	20	50	100
Han River	Jeong Sun Yeo Ju	$200+398.59\ln(2.33T)$	505	688	825	963	1145	1282
		$2000+4322.82\ln(1.97T)$	5185	7313	8923	10533	12662	14272
Geum River	Seog Hwa Gyu Am	$300+602.39\ln(2.10T)$	1164	1716	2134	2552	3103	3521
		$1000+1169.44\ln(1.97T)$	2604	3675	4486	5296	6368	7178
Nak Dong River	Im Ha Dong Chon Hyon Pung	$190+288.93\ln(2.10T)$	605	869	1070	1270	1535	1735
		$220+449.48\ln(2.23T)$	892	1304	1615	1927	2339	2650
		$1500+1064.90\ln(2.26T)$	3106	4082	4820	5558	6534	7272
Seom Jin River	Ab Nog	$790+959.69\ln(2.08T)$	2158	3037	3703	4368	5247	5912

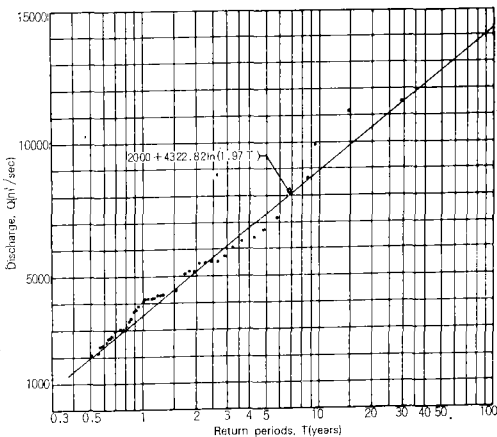


Fig. 5. Probable flood flows according to return periods at Yeo Ju Watershed along Han river system

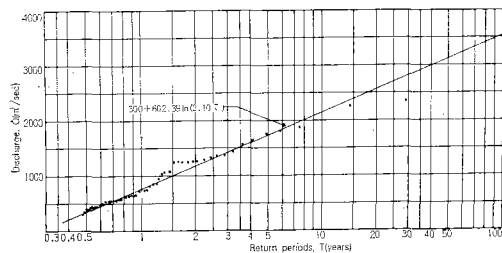


Fig. 6. Probable flood flows according to return periods at Seog Hwa Watershed along Geum river system

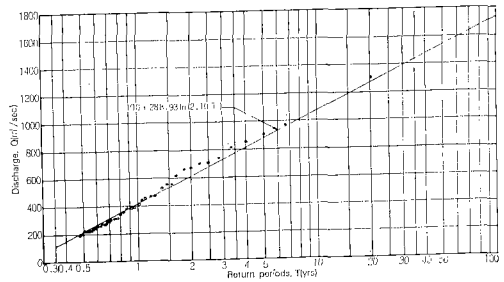


Fig. 7. Probable flood flows according to return periods at Im Ha Watershed along Nak Dong river system

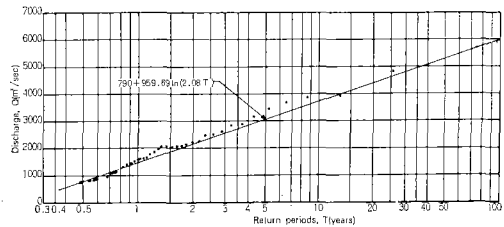


Fig. 8. Probable flood flows according to return periods at Ab Nog Watershed Seom Jin river system

3. 設計頻度 및 設計壽命期間과 危險度와의 관계분석

가. 再現期間의 確率分布函數

非年超過值系列에 있어서 再現期間은 어떤 任意로 選定된 始點에서 첫번째 超過事象이 發生할 때까지의 時間間隔으로 定義될 수 있다. 超過事象의 發生

數에 대한 確率分布는 前述한 바와 같이 포아손 法則에 따르게 되며 超過事象의 發生數에 대한 確率累加函數(Probability mass function)는 各各의 危險事象에 대한 Bernoulli 變量, B_i 에 의해서 決定될 수 있다. 이로서 Bernoulli 變量을 알므로서 確率洪水量을 超過하는 크기를 갖는 超過事象數를 알 수 있게 된다. N_e 를 同一時間 間隔에 있어서의 超過事象의 發生數라 하면

$$N_e = \sum_{i=1}^N B_i \dots\dots\dots(13)$$

여기에서 N 은 모든 B_i 에 대해 獨立인 無作爲變量이며 各各의 B_i 역시 獨立의이다. Bernoulli 變量의 確率累加函數는 다음의 식(14)가 된다.

$$F_B(b) = \begin{cases} P(y_d) & b=1 \\ 1-P(y_d) & b=0 \\ 0 & b=0 \text{이나 } 1 \text{ 이외의 수} \end{cases} \dots\dots\dots(14)$$

여기에서 $P(y_d)$ 는 設計洪數量을 超過하는 크기를 갖는 危險事象確率을 나타낸다. 設計洪水量을 超過하는 事象數인 M 의 確率累加函數, $F_M(m)$ 은

$$F_M(m) = \sum_{n=m}^{\infty} F_N(n) [F_B(m)]^n \dots\dots\dots(15)$$

이 된다. 여기에서 $F_N(n)$ 은 N 의 확률누가함수이며 이항확률누가함수인 $[F_B(m)]^n$ 은 다음의 식(16)으로 전개된다.

$$[F_B(m)]^n = \binom{n}{m} [P(y_d)]^m [1-P(y_d)]^{n-m} \dots\dots\dots(16)$$

식(15), (16)을 다시 쓰면 식(1)과 식(16)에 의해

$$F_M(m) = \sum_{n=m}^{\infty} \frac{(\nu t)^n}{n!} e^{-\nu t} \binom{n}{m} [P(y_d)]^m [1-P(y_d)]^{n-m} \dots\dots\dots(17)$$

식(17)을 다시 정리하면

$$F_M(m) = \frac{[\nu t P(y_d)]^m}{m!} e^{-\nu t} \sum_{n=m}^{\infty} \frac{\{[1-P(y_d)]\nu t\}^{n-m}}{(n-m)!} \dots\dots\dots(18)$$

또한 $n-m = p$ 로 하면

$$\sum_{p=0}^{\infty} \frac{\{[1-P(y_d)]\nu t\}^p}{p!} = e^{[1-P(y_d)]\nu t} \dots\dots\dots(19)$$

가 되므로 결과적으로

$$F_M(m) = \frac{[\nu t P(y_d)]^m e^{-\nu t P(y_d)}}{m!} \quad m=0, 1, 2, \dots\dots(20)$$

이 된다. 따라서 식(20)을 이용하여 再現期間의 確率分布函數, $G_T(t)$ 를 이끌어 낼 수 있다. 여기에서 T 를 어느 임의로 선정될 始點 t_0 에서 다음의 분포함

수식(21)을 갖으며 첫번째 超過事象이 發生할 때까지의 시간이라하면 적어도 하나의 超過事象이 시간간격 $[t_0, t_0+t]$ 사이에 반드시 발생하게 된다.

$$G_T(t) = P(T \leq t) \quad t \geq 0 \dots\dots\dots(21)$$

식(20)으로부터 일정한 시간간격 $[t_0, t_0+t]$ 사이에서 超過事象이 나타나지 않을 確率은

$$F_M(0) = e^{-\nu t P(y_d)} \dots\dots\dots(22)$$

이 된다.

$$\text{따라서 } G_T(t) = 1 - e^{-\nu t P(y_d)} \dots\dots\dots(23)$$

$E[T]$ 를 再現期間의 期待値라하면

$$E[T] = \int_0^{\infty} t d G_T(t) \dots\dots\dots(24)$$

식(23)을 식(24)에 대입하면

$$E[T] = \int_0^{\infty} \nu P(y_d) t e^{-\nu t P(y_d)} dt \dots\dots\dots(25)$$

식(25)에서 $\nu P(y_d)t = x$ 로 하면

$$E[T] = \frac{1}{\nu P(y_d)} \int_0^{\infty} x e^{-x} dx \dots\dots\dots(26)$$

따라서

$$E[T] = \frac{1}{\nu P(y_d)} \dots\dots\dots(27)$$

이 된다.

나. 再現期間 및 設計壽命期間과 危險度와의 관계
 水工構造物の 設計壽命期間내에 발생되는 超過事象의 確率을 Encounter Probability, U 라 하며 이는 危險度の 尺度가 된다¹⁰⁾. 이 Encounter Probability 역시 식(20)으로부터 결정될 수 있다. 設計壽命期間을 R 이라 하면

$$F_M(0) = e^{-\nu R P(y_d)} \dots\dots\dots(28)$$

이 된다.

상기한 식(27)과 식(28)을 연립시키므로서 期待再現期間과 設計壽命期間에 관련된 Encounter Probability를 다음의 식(29)와 같이 구할 수 있다.

$$U = 1 - e^{-\frac{R}{E[T]}} \dots\dots\dots(29)$$

4. 破壞危險度を 고려한 設計洪水量 誘導

設計壽命期間을 設計再現期間과 같도록 設計함이 가장 理想的이라는 사실에 비추어 兩 期間을 같게 하고 危險度 水準을 2, 5, 8%로 하는 경우 各各의 水準에 대한 設計頻度係數, K 에 관한 經驗式을 設計再現期間과 관련시켜 各 流域별로 구하였으 며 이에 관한 結果는 Table-7과 같고 標本例로 漢江의 경선, 錦江의 석화, 洛東江의 임하유역 및 騰津江의 압록流域에 관해 作圖한 結果는 Fig. 9~Fig. 12와

Table-7. Formulas for design frequency factors according to risk levels for the nonannual exceedance series

Rivers and Stations	Risk levels	Formulas		
		2%	5%	8%
Han River	Jeong Sun	$0.9225(\ln 42.3729T)$	$0.9225(\ln 16.6945T)$	$0.9225(\ln 10.2669T)$
	Yeo Ju	$1.0888(\ln 35.8423T)$	$1.0888(\ln 14.1243T)$	$1.0888(\ln 8.6881T)$
Gueum River	Seog Hwa	$1.1733(\ln 38.1679T)$	$1.1733(\ln 15.0602T)$	$1.1733(\ln 9.2593T)$
	Gyu Am	$0.9099(\ln 35.8423T)$	$0.9099(\ln 14.1243T)$	$0.9099(\ln 8.6957T)$
Nak Dong River	Im Ha	$1.0650(\ln 38.3142T)$	$1.0650(\ln 15.0602T)$	$1.0650(\ln 9.2678T)$
	Dong Chon	$0.8355(\ln 40.6504T)$	$0.8355(\ln 15.9744T)$	$0.8355(\ln 9.8328T)$
	Hyon Pung	$1.2602(\ln 41.1523T)$	$1.2602(\ln 16.2075T)$	$1.2602(\ln 9.9701T)$
Seom Jin River	Ab Nog	$1.0060(\ln 37.8788T)$	$1.0060(\ln 14.9254T)$	$1.0060(\ln 9.1743T)$

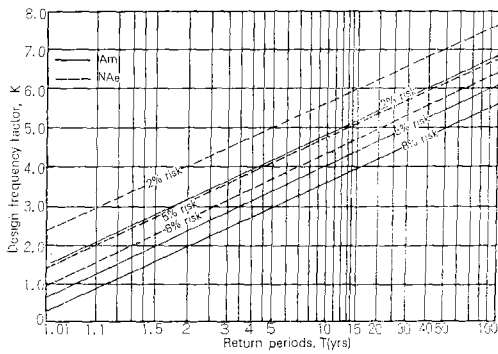


Fig. 9. Design frequency factor according to risk levels at Jeong Sun along Han river

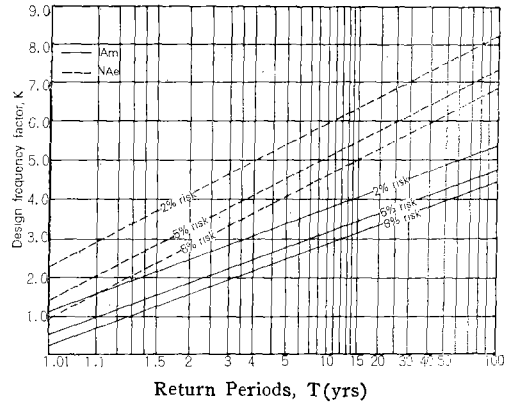


Fig. 11. Design frequency factor according to risk levels at Im Ha along Nak Dong river

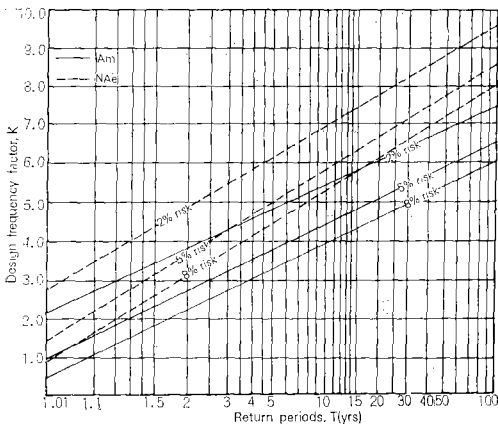


Fig. 10. Design frequency factor according to risk levels at Seog Hwa along Gueum river

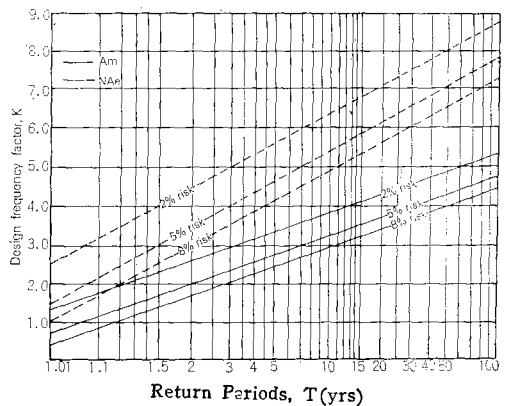


Fig. 12. Design frequency factor according to risk levels at Ab Nog along Seom Jin river

같다. 이들 結果에서 보진데 全 流域에 걸쳐 設計頻度係數는 再現期間에는 比例하여 增加하는 反面, 危險度 水準이 커질수록 작아지는 反比例 現象을 나타내고 있다. 또한 筆者²⁰⁾가 第1報에서 發表한 年最高時系列의 設計頻度係數와 비교해본 結果 非年超過值系列의 값이 전반적으로 年最高值系列의 값보다 훨씬 큰을 읽을 수 있다.

以上에서 구해진 流域별 設計頻度係數와 平均值 및 標準偏差와 함께 最終的으로 所期하는 危險도를 고려한 水準별 設計洪水量의 誘導가 가능하게 된다.

IV. 摘 要

本 研究는 우리 나라 主要水系인 漢江, 錦江, 洛東江 및 騰津江의 8個 流域에 대한 非年超過值系列의 發生數 및 크기에 대한 確率分布特性과 이에 따른 設計頻度별 洪水量, 設計頻度 및 設計壽命期間과 危險度와의 關係를 분석하고 總括적으로 水準별 危險度を 考慮한 流域별 設計頻度係數와 設計洪水量을 誘導하고자 하는 것으로 本 研究에서 얻어진 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 漢江, 錦江, 洛東江 및 騰津江의 選定流域에 있어서 超過事象의 發生數는 Poisson 分布가, 超過事象의 크기는 指數分布가 各各 適正分布型으로 檢定되었다.

2. 指數確率分布에 의한 流域별 및 再現期間별 確率洪水量式과 確率洪水量을 誘導하였다.

3. 非年超過值系列에서의 再現期間 및 設計壽命期間과 危險度와의 相關關係式을 定立하였다.

4. 危險度の 水準을 달리하고 再現期間과 設計壽命期間을 같게 한 設計頻度係數에 관한 經驗式을 流域별로 誘導하였다.

5. 設計頻度係數는 再現期間에 比例하여 增加하고 危險度水準이 커질수록 작아지는 反比例 現象을 나타내었으며 第1報에서 얻어진 年最高值系列의 頻度係數와의 比較에서는 全體 危險度 水準에 걸쳐 非年超過值系列의 값이 훨씬 높게 나타났다.

6. 流域별로 誘導된 設計頻度係數에 의거하여 危險度 水準을 고려한 設計洪水量의 誘導를 가능하게 하였다.

考 文 獻

1. American Water Works Association(1966) : Spillway design practice, AWWA manual, No. M13, New York.
2. 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.
3. Bernier, J. (1967) : Les Methodes Bayesienes en Hydrologie statistique, 1st Intern. Hydrology symp., Vol. 1, pp.459-470, C.S.U., Fort collins, Colo..
4. Biswas, A.K. and S. Chatterjee(1971) : Dam disasters, J. Engineering Institute of Canada Vol. 54, No. 3, pp.3-8.
5. Chow, V.T. (1950) : Discussion of annual floods and the partial duration flood series, Trans. of the Ame. Geophy. Union, 31, p. 939.
6. _____ (1964) : Handbook of Applied Hydrology (Section 8), McGraw-Hill Book CO., New York.
7. _____ (1979) : Risk and Reliability analysis applied to Water Resources in Practice, W. R.P., pp.243-252.
8. Conover, W.J. (1971) : Introduction to Bayesian methods using the Thomas-Fiering Model, W.R.R. Vol. 7, No. 2, pp.406-409.
9. Davis, D.R., Kisiel, C.C., and Duckstein, L. (1972) : Bayesian decision theory applied to design in Hydrology, W.R.R., Vol. 8, No. 1, pp.33-41.
10. Emir Zelenhasic(1970) : Theoretical probability distributions for flood peaks, Hyd. papers, No. 42, C.S.U., pp.1-21.
11. Feller, W. (1957) : An Introduction to probability theory and its applications, Vol. 1, John Wiley and Sons, New York.
12. Haan, C.T. (1977) : Statistical methods in Hydrology, I.S.U. Press, Ames.
13. Kite, G.W. (1977) : Frequency and Risk analysis in Hydrology. W.R.P., pp.69-127.
14. 建設部(1962-1978) : 韓國水文學調查書

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

15. _____ (1974) : 韓國河川調查書
16. _____ (1979--1982) : 韓國水文調查年報
17. _____ (1978) : 錦江流域調查報告書(水文編)
18. _____ (1983) : 洪水量測定調查報告書
19. 李淳赫, 朴明根(1983) : 適正洪水頻度와 危險度分析에 관한 研究, 韓國農工學會誌, Vol. 25, No. 3, pp.79-86.
20. _____ (1985) : 水利構造物의 破壞危險度와 設計洪水量에 관한 水文學的 研究(I), 韓國農工學會誌, Vol. 27. No. 2, pp.23-37.
21. Mays, L.W. and Tung, Y.K. (1981) : Risk models for flood levee design, W.R.R., Vol. 17, No. 4, pp.833-841.
22. Shane, R.M. (1966) : A Statistical analysis of Base flow flood discharge data, PhD thesis, Cornell University.
23. Tang, W.H. and Yen, B.C. (1972) : Hydrologic and Hydraulic design under uncertainties, Int. Symp. on uncertainties in Hydrologic and Water Resources Systems, Univ. of Arizona, pp.868-882.
24. Yen, B.C. (1970) : Risks in Hydrologic design of Engineering Projects, Jour. of Hydraulic Div. ASCE. Vol. 96, No HY4, pp.959-966.
25. _____ and Ang, A.H.S. (1971) : Risk analysis in design of Hydraulic Projects, Stochastic Hydraulics, 1st International Symposium on Stochastic Hydraulics, pp.694-709.
26. Yevjevich, V. (1972) : Probability and Statistics in Hydrology, W.R.P. Colorado.
27. _____ (1973) : Analysis of risks and uncertainties in flood control, W.R.P. pp. 363-374.