

洪水頻度計算法

Food-Frequency method

金 奎 煥

1. 序 論

洪水頻度計算法이란 한 주어진流域에對하여 洪水量을 決定하는데 流域의 크기에는 關係없이 測定한 流出量의 資料에 依하여 어떤 量의 洪水가 如何한 頻度로서 이러나는가를 推定하는 方法이다 이 方法은 더 廣範圍하게 使用하여 非測定流域에 對하여도 隣接地區에서 測定한 流出量資料로서 代 置하기도한다 이 洪水頻度計算은 Terrace 나 貯水池 또는 農業用沼, 排水施設其他의 工學的 諸般 構造物을 計劃하고 設計하는데 基本資料로서 使用 되며 또 事實 이러한 資料없이는 諸水文構造物의 設計는 不可能하다. 西紀1914년에 Allen Hazen은 이 方法의 使用을 實證을 通하여서 工學的인 面에 利 用코져 發表를 하였으며 이때 그는 Gauss 函數紙 (Gauss paper)에서 對數確率紙(Logarithmic probable paper)를 考案하여 그위에 貯水能力 分析의 값까지 發表하였다. 後에 그는 이에 關한 知識을 그의 著書를 通해 要約整理하므로써 더욱 發展 시켰다. 勿論 Hazen 以後로 Forster, Kimball, Gumbel 等의 諸學者가 洪水頻度分析에 關한 많은 方法을 發表하였다 그러나 오늘날 水文學에 關한 初步者에게 이 洪水頻度 計算法을 배우는데 많은 有用한 文獻들이 있기는 하지만 各其 一長一短이 있어서 論爭이 되고있다. 어떤 方法의 使用을 固執한다는 것은 좋지 않다. 어떤 工學者는 이 頻度計算法은 現場技術者들에게 大略의 判斷을 주기 爲한 指針으로 使用되는 것 以外는 아무런 價値가 있는 것은 아니라고 말하는 사람이 있으며 또 어떤 工學者는 消極的으로 其 方法은 現在 一般의 으로 많은 사람들에 依하여 使用하고있다는 事實을 보아 많은 文獻과 參考資料의 例를 드러서 어느 局限된 範圍內에서는 有用하며 充分히 利用

價値가 있다고 主張하는 사람도 있다. 그러나 여기 特記할 것은 現代의 高度로 發達된 數理統計學은 工學徒가 생각하는 것 以上으로 理論的인 것을 內包하고 있다는 事實이다. 단지 難點이 있다고 한다면 모든 水文學的 Data가 理論的統計學的의 諸條件에 꼭 드러맞지 않은 것도 있어서 水文學者가 追窮하는 것에 滿足할 만한 結果를 주지는 못한다는 것이다. 그러나 數理統計學은 數理統計學으로서의 強力한 理論上의 뒷받침에서 水文學的의 知識을 擴張시키는데 恒常 先頭에 선다는 것이다. 다음에 水文學的 Data를 整理하고 追窮하는 例를 드러서 說明하기로 한다.

2. 計算法의 概要

이 計算을 하는 데는 다음과 같은 順序로 한다.

(i) Data의 Selection

(ii) Data의 Arrangement

(iii) Gauss function paper frequency curve of Plot

(iv) Significant test.

(v) 實際에의 應用

또 이것을 實際로 統計的 計算을 하는 데는 다음과 같은 Step으로 한다. 即

(i) 母集團에서 標本의 選擇

(ii) 標本에서의 統計值의 計算

(iii) 統計值의 Significant test

(iv) 母集團의 推定을 爲한 統計值의 應用

3. 實際의 計算法

1) Data의 Selection

個個의 結果나 또는 Data의 細目이 統計的으로 서로 獨立性을 維持하기 爲하여 一定한 統計的

規則에 따라야한다. 慣例적으로 記錄上에서 每回에 最大流量인 年洪水量을 量(m^3/sec or ft^3/sec)에는關係없이 洪水頻度分析에 알맞은 資料를 使用해왔으며 이러한 慣例은 統計學에서 쓰이는 基礎的인 原理이다. 우리가 여기에 쓸수있는 有益한 假定은 水文學 Data가 振幅과 길이에 있어서 모두 不規則한 年週期로서 일어난다는것이다. 이 週期는 日平均氣溫과 月平均氣溫이 降雨과 流去(Rainfall and Run off)에서보다 더 뚜렷하게 나타난다는것이다. 이러한 事情은 水文學上으로 흔히 나타나는 것이다. 이런 假定下에 週期の 特別한 部分 即 最高點만이 頻度分析에 有用하게 된다. 週期가 每年의 各己 다른 Date에서 始點과 終點에 있어서 不規則하므로 年流量이나 平均流量과 같이 合計를 基礎로한 Data는 每年 一定한 週期를 使用하는 分析方法보다는 使用價値가 적은것이다. 또 다른 問題點은 選擇된 Data가 特殊한 統計的인 分布를 形成하는가에 對한 觀察이다. 最大值나 年洪水는 이分析에 適合하다. 이러한 研究를 함에 있어서 每年에 이러나는 事象(Events)은 서로 獨立的으로 일어났다는 것이며 一且 이러한 date가 分析資料로 使用되는 限 其 date를 選擇하였다 하는것은 再論할 必要가 없게된다.

2) 實際에 使用한 資料의 準備

頻度分析의 最終의 結果인 洪水頻度曲線은 data의 平均值(Mean value)와 標準偏差(Standard deviation)를 使用하여 確率紙(Probable paper)에 Curve를 그리는 計算法과 特殊한 方程式을 使用하여 data를 plot할 位置를 計算하여 Gaussfunction paper에 plot한後 다시 自由롭게 頻度曲線을 그리는 plotting method의 두가지 方法이 發達되고 있다. 다시말하면 Computation method는 product moment라는 統計學的 方法이나, 最少自乘法을 말하는것으로 簡單한 경우에는 各己 個別的으로 計算하여도 同一한 結果를 나타낸다. 단지 最少自乘法을 使用할때는 Reduced Variate(補正偏差)를 加해 주어야 하는데 이 補正은 累積確率分布(Distribution of Cumulative probable)에 알맞게 하기爲한 一次補正을한 셈이다. Plotting method에서는 數種의 plotting equation을

使用하며 萬若에 data의 選擇에 慎重을 期하지 못했 다면 母集團分布의 標準偏差는 事實과 달라 母集團을 代表하지 못할 경우가 생긴다. 이러한 缺點으로 Product moment method가 훨씬 有利하며 또 計算하는 데도 簡便하다. 또한 Plotting position equation을 써서 여기서 推定된 頻度數는 Hazen paper에 data를 plot하는데 使用된다.

完壁한 方法에 依하여 다루어지는 plotting method에서 얻은 結果와 Product moment法에서 얻은 結果는 同一하게 나타나므로 最近의 研究結果에 依하면 Hazen의 Equation이 가장 有用性이 있다는 것으로 定評이 돌고있다.

i) Gauss paper 위에 頻度曲線의 作圖 Gauss function paper는 頻度計算등을 하는데 便利한 用紙이다. 이 paper를 使用하여 우리는 計算値를 一直線으로 그릴수 있으며 補插法이나 外插法 등의 數學的 處理를 쉽게 할 수 있게된다. 各種의 分布狀態에 따라 여러 種類의 用紙를 쓸수있으며 Semi-log paper나 或은 log-log paper 등도 使用할수있다. 確率分布狀況이 水文學的 data의 母集團을 가장 알맞게 나타내고 있는가 하는點에 있어서는 아직도 많은 工學者間에 意見의 差異를 나타내고있으며 一聯의 水文學的 測點들에 對하여서 算術平均과 標準偏差를 適用할수있다면 分布狀態가 適當한것 같은가 하는 簡單한 檢定은 할수있다. 例를 들면 降雨과 流去 data의 分布狀態는 對數正規分布를 要하는데 이分布에서는 data의 對數值들은 正規分布를 따르게 되는것이다. 如何間 가장 適合한 分布狀態를 擇하였다할지라도 여러가지 自然的인 原因 即 水面이 낮을때의 水路內의 損失과 같은 理由로서 一直線으로 되지않고 彎曲된 曲線이 얻어지게되며 다른 理由로서는 두個 或은 두個以上의 異質 母集團을 합쳤기때문에 이러나는 分布狀態일 경우도 있다.

彎曲된 曲線을 data에 適用 하는데 Computational method法이 쓰이기는 하지만 計算의 時間이 걸리고 精密性에서 볼때 結果에 對해서 아무런 도움이 되지 않는다. 이 彎曲의 原因을 研究하여 그것을 고치는것이 우리의 慾望 이기는 하지만 一般의으로는 簡單한 圖解의 方法이 타

당 할것이다.

그림 3에서 보는 바와 같이 記錄年數가 15年 以下인 조그마한 Sample 을 썼을 때의 彎曲은 우연한 것이지만 이것은 Sample 數가 增加 한에 따라 없어질것이다.

ii) 記錄期間의 妥當性을 爲한 檢定 各가지 方法에 依해 求한 頻度曲線이 實際目的에 適當 한 가를 確認하기 爲하여 實驗方法도 並行해서 繼續 되어왔다. 그러나 頻度曲線은 한 測點에 對한 相異한 標本의 數의 增加에 따라서 相當히 變化한다. 그러므로 技術者들은 比較的 安定性을 保全하기 爲하여 頻度曲線의 設置에 充分한 data를 가지고 있을 境遇에 判斷 할수있는 어떤 基準을 必要로 하게 되었다 이 基準은 普通 統計學的인 有意性限界(Critical Level)라는 것에 基準을 두는 것이다.

iii) 曲線으로서 計劃과 設計에 對한 應用

一般頻度曲線이 그려지고 그 曲線의 妥當性 檢定에서 受納이된後에는 그 曲線으로부터 必要한 頻度值를 찾아 내는 것은 쉬운일인同時에 그 曲線에 依하여 이 河川에 對한 水文學的 構造物 設計에 統計的 其他의 理由에서 알맞는 示方值를 찾아 낼수 있게 된다. 即 設計를하는 境遇에 50年 洪水가 얼마可量 될것인가하는 單純한 값이 必要한 것이다. 여기서 洪水 頻度值의 說明을하는데 하나注意할 일은 統計學的인 基礎가 따른다는 것이다.

예를들어 說明하자면 頻度曲線에서 10年 洪水量이 推定되었다고 假定하면 이量은 다음 둘의 하나라고 說明할수있는 것이다. 即

a) 이것은 平均하여 每 10年에 한번 일어나는 程度의 流出量으로서 그값은 적어도 求한값보다는 적다는 것이다.

b) 이것은 平均하여 어느 探擇한 해에求한 流出量이 일어날 確率은 10%를 가지고 있다는 것이며 그 量은 計算에 依해 求한값 보다는 적지는 않다.

그러나 100年間에 10年洪水가 꼭 열번 있다고 말하는것은 옳지 않으며 그 代身 平均하여 100年이라는 期間에 10年 洪水量과 같거나 或은 약간 많은 量이 10번程度 있을 것이다 라고 하여야 옳을 것이다.

(Example)

A. 計算方法에 依해서 頻度曲線을 求하는 方法

이 方法의 代表的인 計算方式과 順序는 下記와 같으며 對數 正規分布이므로 計算을 하기前에 각 Data의 값들을 對數로 바꾸어 놓았다.

對數의 (—) 符號가 있는것은 0~1 magnitude를 가진 data를 使用한것이며 計算은 모두 對數的 計算이다.

이 方法의 長點은 同一한 data를 各己 두 사람이 獨立的으로 計算하였을때 同一한 結果를 나타낸다는 點이며 短點은 미리 date를 plot하지 않는다면 data의 分布가 不規則한 境遇 이를 容易하게 할수없다는 點이다(Table 1과 그림 1 참조)

Table 1. Computing method를 使用한 方法

年	年雨量	$\log P = X$	$X^2 = (\log P)^2$
1905	38.1	1,581	2,500
1906	39.0	1,591	2,531
1907	31.8	1,502	2,256
1908	39.7	1,599	2,557
1909	30.2	1,480	2,190
1910	24.0	1,380	1,904
1911	35.5	1,550	2,402
1912	30.9	1,490	2,220
1913	22.7	1,356	1,839
1914	23.0	1,362	1,855
1915	45.4	1,657	2,746
1916	30.4	1,483	2,199
1917	17.9	1,253	1,570
1918	33.8	1,529	2,338
1919	22.1	1,344	1,806

計算順序

1) 記錄年數의 合 = $N = 15$

2) X 의 合 = $S(x) = 22.157$

3) 算術平均 = $\frac{S(x)}{N} = \frac{22.157}{15} = 1.477$

4) (x^2) 의 合計 = $S(x^2) = 32.913$

5) $[S(x)]^2 = (22.157)^2 = 490.933$

6) $\frac{[S(x)]^2}{N} = \frac{490.933}{15} = 32.729$

7) $S(x^2) - \frac{[S(x)]^2}{N} = S(d^2) = 32.913 - 32.729 = 0.184$

8) 分散 = $\frac{S(d^2)}{N-1} = (S^2) = \frac{0.184}{14} = 0.0131$

- 9) 표준편차 = $\sqrt{S^2} = (S) = \sqrt{0.0131} = 0.114$
- 10) + 평균 $(S) = 1.477 \div 0.144 = 1.591$
- 11) - 평균 $(S) = 1.477 - 0.144 = 1.363$
- 12) Antilog(逆對數) 평균 = Antilog 1.477 = 30.0''
그림 1에 50% chance 위에도 30.0'' 를 Plot 한다.
- 13) 逆對數 평균 + S = 逆對數 1.591 = 39.0'' 를 그림 1의 15.9% chance 線上에 plot 한다.
- 14) 逆對數 평균 - S = 逆對數 1.363 = 23.1'' 를 그림 1의 84.1% chance 線上에 Plot 한다.
- 15) 이 3點을 지나는 直線을 긋는다.

B. plotting method 에 依해서 頻度曲線을 求하는 方法

一般的으로 이 方法은 쉽고 計算이 빠르고 신빙성이 弱한 data를 使用 하므로서 일어나는 영향을 쉽게 고칠수 있어 자주 쓰인다. 그러나 各己 個別的으로 計算하여 얻어진 曲線은 서로 약간씩 다르므로 註釋을 붙일 必要가 있다.

Hazen 方程式으로서 求한 data의 位置를 表示한 table이 끝까지 使用된다.

計算順序 Table 2에서

1. 年洪水量은 圖表(table)로 作成한다(2란)
2. 年洪水量은 크기 順으로 나열한다(4란)
3. Hazen 方程式을 써서 data의 plot하는 點의 位置를 計算하고 圖表로 作成한다.

$$\text{Hazen 方程式 } Fa = \frac{100(2n-1)}{2y}$$

여기서 F : plot 하는 位置(%)
 n : 洪水量을 크기로 羅列했을 때의 順位數(3란)
 y : 總觀測年數

4. Hazen 紙(縱軸은 對數正規分布 Seale.
 例 : 그림 2)에 Fa 에 對한 洪水量을 plot한다.
5. 點들의 分布狀態를 보고 너무 밖으로 나간 點들은 無視 하고 大略的인 기울기를 豫測한後 分布部分의 下部와 上部를 지나는 平行線을 補助線으로 그은 後 그 中間을 지나는 直線을 그어 線上에 있지않은 點들의 約半은 그 直線 上部에 있고 約半은 下部에 있게 한다.

이 直線이 그 data를 代表하는 洪水頻度 曲線이다. (Table 2, 그림2 참조)

Table 2.

年 度	年洪水量 (c.f.s)	3	$ga(c.f.s)$	$Fa(\%)$
1929	880	1	2700	2.5
1930	683	2	2170	7.5
1931	840	3	2050	12.5
1932	1330	4	1710	17.5
1933	1330	5	1540	22.5
1034	1540	6	1330	27.5
1935	1280	7	1330	32.5
1036	1100	8	1280	37.5
1937	920	9	1220	42.5
1938	2050	10	1170	47.5
1939	854	11	1100	52.5
1940	760	12	1080	57.5
1941	2170	13	920	62.5
1942	871	14	880	67.5
1948	1170	15	871	72.5
1944	488	16	854	77.5
1945	1080	17	840	82.5
1946	1220	18	760	87.5
1947	2700	19	683	92.5
1948	1710	20	688	97.5

그림 1. Computation에 依한 頻度曲線

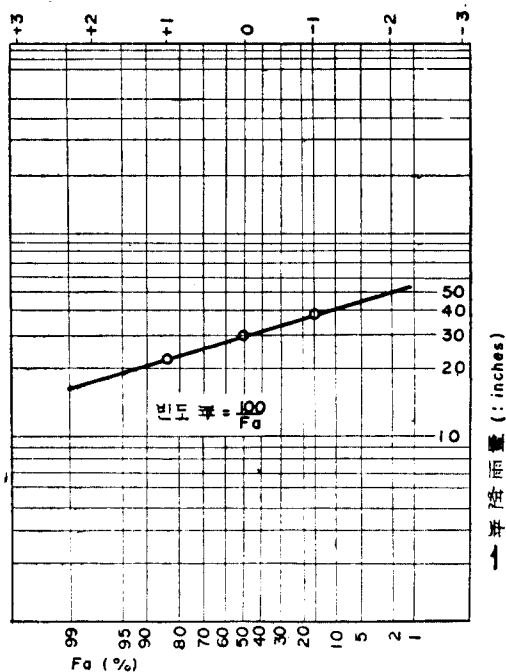
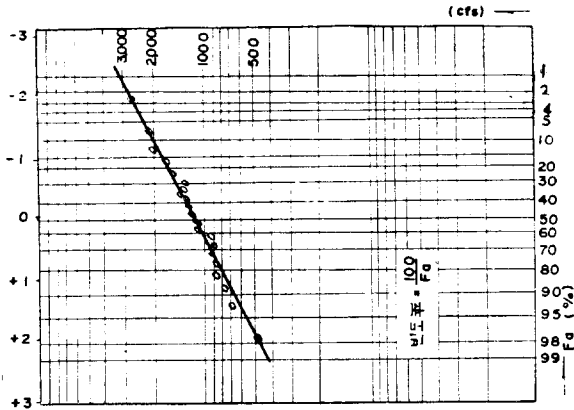


그림 2. Plotting 法에 의한 頻度曲線

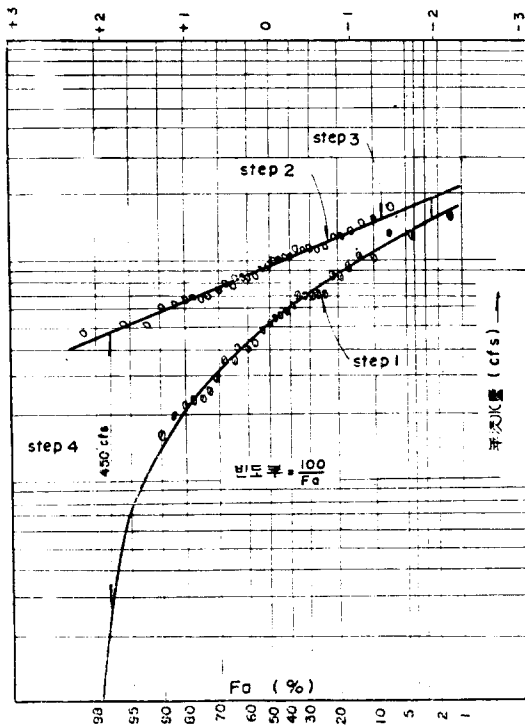


C. 不合理한 Data 의 補正

Data 를 Hazen 紙上에 Plot 하여 作圖한直線이 彎曲이된 曲線으로 나타나는것은 많은 누수가있는 河流에서 擇한 Data 를 使用했을때 나타나는 것을 알수있다. 어떤境遇에는 彎曲의모양이 全然反對인 境遇도있으며 相似의으로 常數를 消滅하므로서 補正할수있다.

補正順序

1. Data 들을 Hazen 紙上에 Plot 한다.



2. 試算法에 依해 여러번 計算한結果 常數 450 c.f.s 를 얻었다면 修正 Data 는 처음에 450 을 加한다.

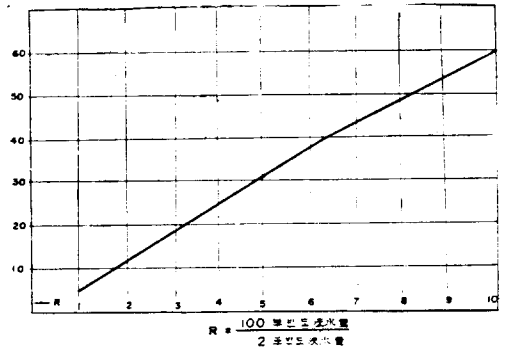
3. 修正된 Data 들에 對해서 이 點들을 通하는 直線을 긋는다. 이 直線은 完全한 洪水頻度曲線을 얻기爲한 補助直線이다.

4. 補助直線에서 450 c.f.s 를 減한 直線을 긋는다 完全한 洪水頻度曲線이다. (그림 3 참조)

D. 適當하게 記錄期間을 取하기 爲한 基準

이것은 Student's t 값을 적용하는 代表的인 統計的 試驗法이며 log normal paper 위에 쓰기 爲해서 修正을 하였다. 萬若 圖解的 方法을 쓴다면 R 이라는것은 log 標準편차 보다도 쓰는데 편리하다. 統計的 基準으로서는 有意性限界를 10%로 잡고 있는데 이것은 現在의 모든 水文學的 Data 로 利用 하는데 매우높은 정도인것이다. 有意性이라는 말은 檢定에서 通過된것을 平均하여 10 中 9는 長期의 線을 나타내는데 充分하다는것이 며 檢定에 通過 되지 못한 直線은 推算에 있어서 인정된 가까운 地域으로부터 擇한 附加的인 Data 이던가 或은 효용성이 없어 擇하지 못한 Data 라는 것이다.

그림 4. 許容할수 있는 最少記錄年數의 基準 그림표



結 論

上記한 方法은 水文 data 의 分布模樣이 對數正規分布(Logarithmic Normal Distribution function)의 경우 적용되는것 即 分布의 mode 가 左側에 位置하여 統計學的으로 말하는 Left side squnnes distribution function 의 경우에 적용 되는 것이다. 事實 日最大降雨量 洪水의 頻度는 其 大部分의 分布樣相이 위와같은 分布函數이며 計算된 값에 對하여 最終的으로 實測值과의

χ^2 -Goodness Fitting test 를 해본 結果는 5%의 Significant level에서 거의 全部가 Accept 되는것 을 보았을때 위의 計算法은 훌륭한 것이라고 생각되며 우리나라의 水文計算에서도 極 利用價値

있는 것이라고 생각된다. 서울大學校農科大學의 水文學敎室에서 많은 實測值에 依하여 比較해본 結果 위와 같은 結論을 得하였다.

서울大學校農科大學水文學敎室

指導教授 朴 成 宇

“原 稿 募 集”

本會에서는 아래와 같은 規定으로 原稿를 募集하오니 公私間多忙하실줄 思料되오나 本會를 育成하는 뜻에서 많이 投稿하여 주시기 바랍니다.

I. 類別은 技術에 關한 論說, 研究 報告 (工事施工 設計 計算) 討議 農業土木隨想, 現場閑談, 技術行政, 技術經營, 技術相談, 等 農業土木技術에 關한 全般임.

II. 原稿는 200字 原稿用紙에 써어 쓰기로 橫書하고 枚數의 制限은 없으며,

a. 數字는 아라비아 數字를 使用할 것.

b. 圖表는 드레싱 紙一빠에 墨入하고 順

序를 必記하여 編輯에 差誤없도록 할 것.

c. 記事分類는 로마文字(I, II, III) 알파벳드 文字(a, b, c) 아라비아 數字(1, 2, 3)의 順序로 할 것.

d. 表題는 國文과 英文을 併記하고 本文이 國文일때는 英文의 Summary 를, 英文일때는 國文抄를 必記할 것.

III. 會誌에 揭載한 原稿에 限하여 本會所定의 謝禮金을 드리며 一段 提出한 原稿는 一切 返還치 않으며 編輯必要에 따라 體裁와 用語의 一部訂正 或은 省略하는 境遇 이를 許容하여 주시기를 바랍니다.

IV. 原稿提出은 隨時