

## 서울特別市の 治水等危險線圖 決定

이 원 환 \* 박 상 덕 \*\* 최 성 열 \*\*\* 김 문 모 \*\*\*

### 1. 序 論

最近의 急激한 都市化와 이에 따른 人口增加는 지금까지 볼 수 없었던 都市水文事象의 變化를 招來하게 되었다. 특히 이러한 變化된 여러 水文事象이 複合的으로 結合된 都市內排水問題는 洪水時 內水浸害가 매년 끊이지 않고 發生되고 있음으로서 점차 그 重大性이 커지고 있는 實情이나, 현재 까지 이러한 內排水問題를 明確한 理論을 바탕으로 하고 또한 實用的인 면에서 간편하게 사용할 수 있는 手法을 確定論的으로 取扱한 경우는 매우 드문 實情이다.

治水計劃의 기본이 되는 安全度 평가는 尖頭流量 및 總流出量(總雨量)의 確率評價에 의한다. 만약 洪水가 河道나 排水펌프와 같은 排水施設에 의해서만 調節된다면, 排水能力을 超過하는 洪水가 發生할 確率이 設計頻度內에 存在하도록 排水施設을 設計하면 된다. 따라서 排水施設의 容量은 洪水의 尖頭流量에 대한 頻度解析에 의해 設計되어야 한다. 반대로 洪水가 貯水池와 같은 貯留施設에 의해서만 調節되어야 한다면 洪水時 總流出量을 貯留할 수 있는 規模가 貯留施設의 設計基準이 된다.

따라서 排水施設과 貯留施設이 一般的으로 竝行되는 경우의 洪水調節 시스템은 洪水 Hydrograph 上的 尖頭流量과 總流出量의 結合確率密度函數에 根據하여 設計되는 것이 合理的이라 하겠다.

本 論文에서는 尖頭流量과 總流出量의 結合確率分布의 概念을 基礎로 서울特別시의 4 個 支川에 위치한 遊水池(망원, 휘경, 신정, 한남)에 대한 排水容量과 貯留容量을  $x, y$  축으로 하는 等危險度線(Equi-Flooding Risk Line or Equi-Flooding Line)을 誘導하여 구체적이고도 매우 간편한 安全度 評價手法을 제시하고 서울시의 遊水池의 평가결과에 대해 綜合하였다.

\* 연세대학교 토목공학과 교수 \*\* 연세대학교 부설 산업기술연구소 선임연구원 \*\*\* 연세대학교 대학원 토목공학과 박사과정

## 2. 治水 等危險度線

### 가. 等危險度線의 定義

橫軸에 排水施設容量( $y_0$ ), 縱軸에 貯留施設容量( $z_0$ )을 취한 平面座標系上에 治水安全度を 一定하게 하는 조건을  $y_0$ 와  $z_0$ 의 函數關係로 표시할 수 있으며  $y_0$ 가 커지면  $z_0$ 가 작아질 것이고 반대로  $y_0$ 가 작아지면  $z_0$ 가 커질 것이다. 따라서 이러한  $y_0$ 와  $z_0$ 의 函數關係를 等危險度線으로 定義할 수 있다.(그림 1.)

### 나. 等危險度線

等危險度線의 이론으로 부터 유도된 최종 結果를 기술하면 다음과 같다. 橫軸에 排水施設容量( $y_0$ ), 縱軸에 貯留施設容量( $z_0$ )을 취하고 安全度( $k_0$ )를 일정하게 취하면 等危險度線의 方程式은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$z_0/z_0^u = \{ (y_0^u - y_0) / y_0^u \}^s \quad \text{----- (1)}$$

여기서

$z_0^u$  : 排水施設이 전혀 없을 때의 貯留施設 만에 의해 治수를 행할 때에 所要의 安全度を 갖기 위해 필요한 貯留施設의 容量(그림 1의 y 절편)

$y_0^u$  : 貯留施設이 전혀 없을 때의 排水施設 만에 의해 治수를 행할 때에 所要의 安全度を 갖기 위해 필요한 排水施設의 容量(그림 1의 x 절편)

s : 排水容量과 貯留容量에 의해 결정되는 常數로서 통상 2 ~ 3 사이의 값을 갖음.

위의  $z_0^u$ 와  $y_0^u$ 는 다음 式으로 부터 구할 수 있다.

$$z_0^u = F_z^{-1}(k_0) \quad \text{----- (2)}$$

$$y_0^u = F_y^{-1}(k_0)$$

여기서

$F_z$  : 總流出量의 懶積確率分布函數

$F_y$  : 尖頭流量의 懶積確率分布函數

式 (1)를 사용하여 等危險度線을 그리기 위해서는  $z_0^u$ ,  $y_0^u$  및 s 값을 결정하여야 하며,  $z_0^u$ 는 總流出量의 確率分布函數 또는 確率紙로 부

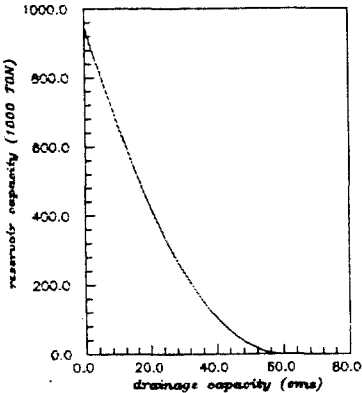


그림 1.治水等危險度線의 一例

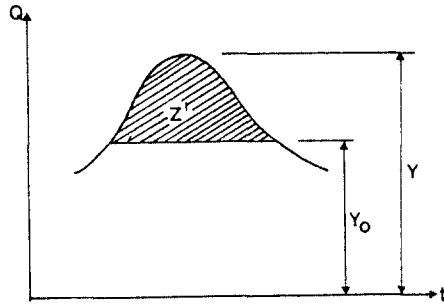


그림 2 一定量 排水形式

터 소요의 非超過確率  $k_0$  에 대응하는 값을 취함으로써 구할 수 있다. 마찬가지로 해서  $y_0''$  는 尖頭流量的 確率分布函數 또는 確率紙로 부터 구할 수 있다. 즉  $z_0''$  와  $y_0''$  는 尖頭流量과 總流出量의 結合確率分布에 관한 정보는 전혀 필요치 않다. 따라서 等危險度線의 형상은  $z_0''$  와  $y_0''$  를 연결하는 꼴이 되며 이 형상은  $s$  값으로 부터 결정된다. 이  $s$  값은 結合確率分布函數의 이론적인 檢討에 의해서 2 ~ 3 次의 指數函數線으로 近似시킬 수 있음이 증명되어 있으며 治水計劃上의 安全을 고려하여 2 로 하는 것이 安全側일 것이다. 그러나 보다 精確한 確率評價를 행할 경우는 실측 자료로 부터  $s$  를 구해야 한다.

다. 實測資料로 부터의  $s$  값의 推定

遊水池의 排水形態를 그림 2 와 같은 一定量 排水形態로 하여 실제 流出水文曲線으로 부터  $s$  값을 추정하는 순서를 要約하면 다음과 같다.

式(1)를 로그변환하면 다음 式으로 나타낼 수 있다.

$$\log(z_0/z_0'') = s \log\{(y_0'' - y_0)/y_0''\} \quad \text{-----} \quad (3)$$

여기서  $y_0''$  는 尖頭流量的 確率分布에서,  $z_0''$  는 總流出量의 確率分布에서 구할 수 있다. 따라서  $y_0$  와  $z_0$  가 주어진다면 式(3)에서  $s$  를 구할 수 있다. 위의 과정을 상세하게 나타내면 다음과 같다.

1) 代表水文曲線의 選定

① 初期流量  $y_B$  를 選定한다.

② 觀測流量  $q'$  가  $y_B$  보다 같거나 작다면 流量  $q$  는 영으로 놓는다. 그

리고  $q' > y_B$  이면  $q = q' - y_B$  이 된다.

- ③ 여기서 약 100 개 정도의 水文曲線을 채택할 수 있도록  $y_B$  를 선정하며  $y_B$  보다 큰 尖頭流量을 가진 水文曲線을 洪水時의 水文曲線으로 假定한다. 따라서  $y'$  를 실제 觀測尖頭流量이라고 하면  $y = y' - y_B$  가 된다. 위의 과정을 거친 水文曲線의 數를  $N$  이라 하면  $N$  개의  $y, z$  순서쌍을 얻게 된다.

## 2) $y_0^u$ 와 $z_0^u$ 推定

- ① 安全度  $k_0$  를 정한다.  
 ② 다음의 式으로  $y_0^u$  와  $z_0^u$  를 추정한다.

$$\begin{aligned} y_0^u &= F_y^{-1}(k_0) \\ z_0^u &= F_z^{-1}(k_0) \end{aligned} \quad \text{----- (4)}$$

여기서  $(y_0^u, z_0^u)$  는 실제 尖頭流量資料를 이용하여 母數統計分析(parametric statistical analysis)으로 부터 구하거나, 確率紙上에 資料를 Weibull Plotting等(그림 3)의 圖式方의으로 부터 구할 수 있다.

## 3) $y_0$ 와 $z_0$ 의 순서쌍

- ①  $y_0$  를 假定한다.  
 ②  $y_0$  보다 큰 尖頭流量이 있는 水文曲線을 선정한다.  
 ③ 선정된 水文曲線에서  $y_0$  를 超過하는 總流出量  $z'$  를 계산한다.  
 ④ 다음 式으로 부터 주어진  $y_0$  와  $k_0'$  에 대한  $z_0$  를 推定하거나 또는  $z'$  을 Weibull plot 하여  $z_0$  을 구한다.

$$z_0 = F_z^{-1}(k_0') \quad \text{----- (5)}$$

- ⑤  $y_0$  를 조금씩 늘리면서 ①~④의 過程을 반복하여  $y_0, z_0$  의 순서쌍들을 구한다.

## 4) $s$ 의 推定

- ① 각 순서쌍  $(y_0, z_0)$  에 대해 對數 正規確率紙上에  $\{(y_0^u - y_0)/y_0^u, z_0/z_0^u\}$  을 plot한다.  
 ② 적정하게 適合된 직선의 기울기를  $s$  로 추정한다.

그림 4 은 위의 과정을 통해 얻어진 한남遊水池의 再現期間 10 年에 해당하는 그림이며 직선의 기울기는 2 를 약간 상회하는 것으로 나타났다. 실제 관측자료로 부터  $s$  를 추정해 본 결과  $s = 1.3 \sim 3.5$  로 나타나며 觀測誤差를 고려하여 볼 때  $s$  는 2~3 사이가 適切한 것으로 볼 수 있다.

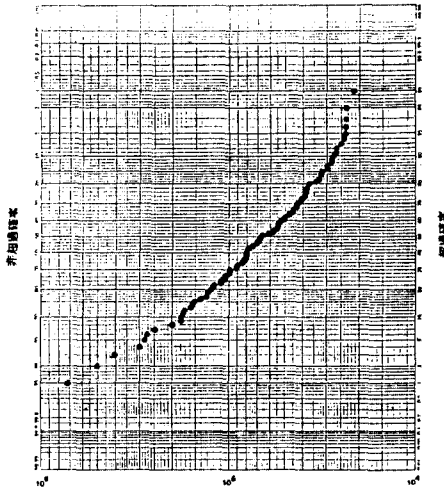


그림 3 Weibull Plotting 技法에 의한 圖式的  
方法(한남, 總流出量)

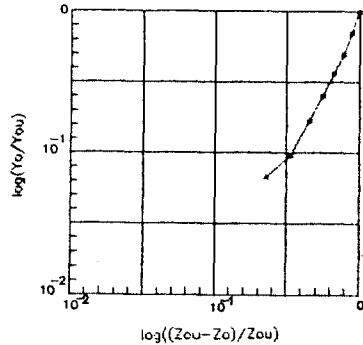


그림 4 s 값의 추정

### 3. 서울특별시 治水等危險線 分析

#### 가. 適用流域과 基本資料

위의 過程들을 貯留施設과 排水施設이 동시에 존재하는 서울특별시의 遊水池(한남, 신정, 망원, 휘경)에 적용하였다. 時間降雨資料는 1962.1 ~ 1990.12 까지의 29 년간을 사용하여 一雨降雨를 선정했으며, 이에 대해 流出模型을 적용, 流量系列로 변환시켰다. 여기서 거론된 一雨降雨란 無降雨 連續時間이 12 時間 보다 커지면 별도의 降雨로 보기로 한다. 또한 無降雨의 선정에 임의성이 存在하기 ●문에 本 論文에서는 주로 工學的인 견지에서 洪水到達 時間內的 平均降雨強度를 確率評價하여 그 計劃規模 相當值의 5% 로 한다. 都市河川에서는 到達時間이 1 時間 內外이며, 計劃規模는 10 年 程度이므로 서울지방의 10 年 確率時間雨量の 5% (3.14 mm) 이하를 無降雨로 보기로 한다.

#### 나. 서울특별시 治水等危險度線 分析

서울특별시의 각 遊水池에 대한 治水 等危險度線을 그려보면 그림 5 ~ 그림 8 과 같다.

表 1. 各 遊水池의 排水容量과 貯留容量

遊水池	排水容量 (M <sup>3</sup> /min.)	貯留容量 (TON)
한남	390	85,000
망원	1,338	162,000
신정	5,340	256,000
회경	780	138,000

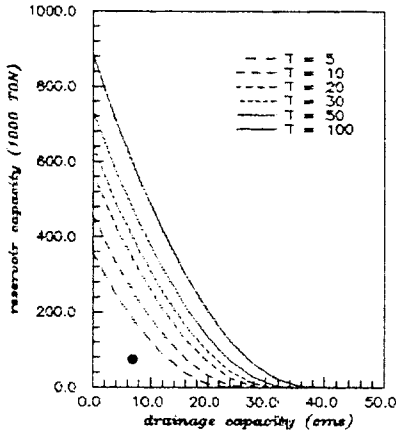


그림 5 한남遊水池의 等危險度線

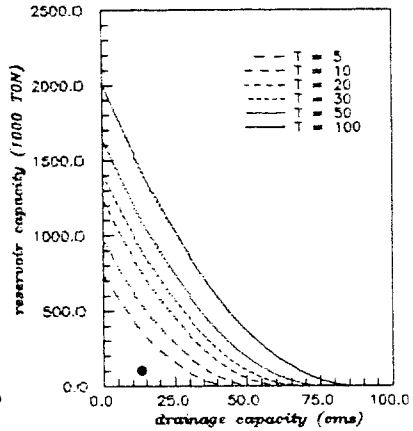


그림 6 망원遊水池의 等危險度線

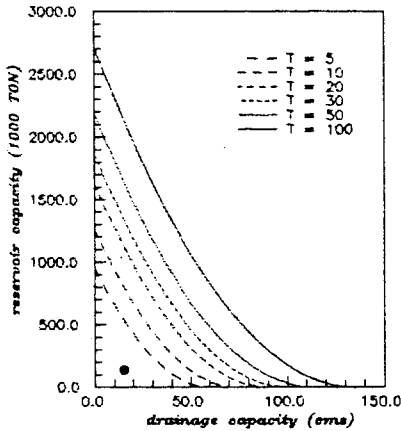


그림 7 신정遊水池의 等危險度線

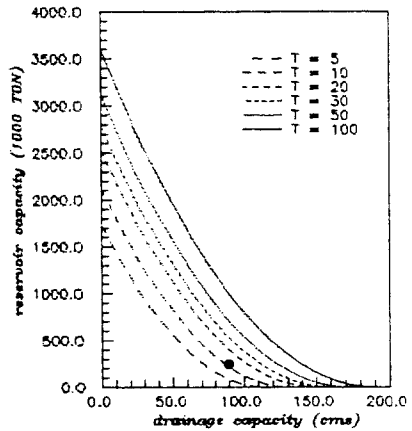


그림 8 회경遊水池의 等危險度線

각 遊水池의 기존의 排水容量과 貯留容量을 살펴보면 表 1 과 같으며 治水 等危險度線상에 '●' 로 표시되어 있다. 서울특별시의 각 遊水池의 특징을 살펴보면 그림에서 보는 바와 같이 대체로 排水容量에 비하여 遊水池의 貯留容量이 매우 부족한 실정이며, 따라서 排水施設에 이상이 생기는 경우 內水浸害가 극심해지며 이를 막을수 있는 대책이 없는 실정이다.

#### 4. 結果

治水等危險度線 分析을 통해 얻어진 結果를 要約하면 다음과 같다.

- ① 遊水池의 安全度를 判明할 수 있는 治水等危險度線의 決定節次를 提示하였으며 실제 遊水池 安全度 評價에 容漁하게 適用할 수 있을 것으로 判斷된다.
- ② 서울시의 4 個所 遊水池에 適用할 결과, 대체로 排水容量에 비해서 貯留容量이 작아서 排水施設의 可動 不能時 심각한 內水浸害가 우려된다.
- ③ 等危險度線의 形象을 決定하는 常數 S 값은 1.3 ~ 3.5 로 推定되었으며 治水安全度を 考慮할 때 2 가 適切할 것으로 사료된다.

#### 5. 參考文獻

1. 李 元煥, 水文學, 문운당, 1990.
2. 尹 龍男, 工業水文學, 청문각, 1988.
3. 江藤 剛治, 室田 明, "一雨降雨의 1 確率模型", 土木學會 論文集, Vol.345, No.11-1, 1984.5, pp. 101-109.
4. 中西 祐啓, 江藤 剛治, 室田 明, "等危險度線によろ 遊水池計劃의 安全度 評價의 例", 近畿大學 理工學部 研究報告書, 制 20 號, 1984.9, pp. 261-269.
5. 江藤 剛治, 室田 明, 柳本 速雄, "貯留施設と 排水施設● 併用した 高水計劃의 安全性", 制 28 回 水理學講演會論文集, 1984.2, pp. 359-367.
6. 中西 祐啓, 江藤 剛治, 室田 明, "大坂의 等危險度線", 近畿大學 理工學部 研究報告書, 制 21 號, 1985.9, pp. 175-183.