

《論 文》

確定論的 模擬技法에 의한 都市流出 解析에 관한 研究

A Study on urban runoff by deterministic simulation techniques

李 殷 鎔*

Eun-Yong Lee

姜 琯 沅**

Kwan-Won Kang

ABSTRACT

In the past, the design flow of the urban storm drainage systems has been used largely on a basis of empirical and experience, and the the rational formula one of empirical method has been widely used for our country, as well as world wide.

But the empirical method has insufficient factor because minimal consideration is given to the relationship of the parameters in the equation to the processes being considered, and considerable use of experience and judgment in setting values to the coefficients in the equation is made.

The postcomputer era of hydrology has brought an acceleration development of mathematical methods, thus mathematical models are methods which will greatly increase our understanding in hydrology.

On this study, a simple mathematical model of urban presented by British Road Research Laboratory is tested on urban watersheds in Ju An Ju Gong Apartment. The basin is located in Kan Seog Dong, Inchon. The model produces a runoff hydrograph by applying rain all to only the directly connected impervious area of the basin.

To apply this model the basin is divided into contributing areas or subbasins. With this information the time area for contributing is derived.

The rainfall hyetograph for the basin flow has been obtained by determination of total rainfall and the temporal distribution of that rainfall determined on the basis of Huff's method from historical rainfall data of the basin. The inflows from several subbasins are successively routed down the network of reaches from the upstream end to the outlet. A simple storage routing technique is used which involves the use of the Manning equation to compute the stage discharge curve for the cross-section in question.

To apply the model to a basin, the pattern of impervious areas must be known in detail, as well as the slopes and sizes of all surface and subsurface drains.

要 旨

本研究는 確定論的 模擬技法中 英國道路試驗研究所에서 開發한 R.R.L法을 포장 지역이 넓은 인천에 位置한 간석동 아파트에 適用하여 그 實用性을 檢討하였다.

仁川地方의 全體의이고 合理的인 結果를 얻기 爲하여 과거 28년간 累加雨量 曲線에서 얻은 10mm 以上되는 降雨 450個를 5分 間격으로 읽어 確率頻度統計인 HUFF의 四分位法을 利用 確率頻度百分率曲線을 얻어 R.R.L法에 適用하였다.

仁川地方의 確率頻度百分率曲線은 第2 區間이 全體의 43.2%를 나타내므로 設計雨量의 雨量柱狀圖는 第乙 區間에서 抽出함이 바람직 하다.

1. 序 論

急速한 經濟成長과 産業의 發達에 따라 人口가 都市로 集中되고, 이에 都市化 現象이 深化되어가고 있다.

都市化로 大單位住宅團地가 조성되어 道路, 公共施設, 商業施設等이 나타나고 産業에 副應하여 工場施設이 增加됨에 따라 都市內에 不透水層이 增加 한다.

이에 浸透率이 減少되고, 流域의 粗度の 減少로 流達時間이 줄어들며 또 自然保有力이 감소하고 流達時

* 現代建設(株) 海外土木 事業本部(設計部)

**仁荷大學校 敎務處長 敎授 工博

間의 축소로 尖頭洪水量이 增加되고 基底流量이 減少된다.¹⁾

공장 굴뚝에서 나오는 열과 交通機關에 의한 人工熱의 上昇과 生活水準의 向上으로 電氣機械器具의 使用이 많아져서 電力이 전부 열로서 外氣로 방출된다. 따라서 都市는 郊外보다 年平均氣溫이 증가되게 되고, 또 內部的 高溫으로 大氣의 對流現象이 旺盛하여 대류성 구름이 생기게 된다. 起伏이 심한 建物の 영향으로 大氣의 亂流가 일어 나기 쉽고 혼탁한 都市 공기속의 먼지 매연 등은 수증기의 凝結核이 되어 周邊地域에 比하여 都市地域이 降水量이 많아지게 된다.^{20, 21)}

우리나라는 季節의 異로 여름 集中型的의 代表的인 季節風型이다. 年平均降水量은 1159mm로서 이중 약 3분 2에 該當하는 양이 6월부터 9月 사이에 降下한다. 年度別로 降水量 變動의 추세를 살펴보면 年降水量은 最低 약 600mm에서 最高 약 2000mm까지 變化하고 있으며 6月과 7月의 月降雨量 變動의 振幅을 보면 最大值와 最小值 사이에 약 20倍의 차이를 보여 주고 있다.²²⁾

過去에 널리 사용된 設計量式인 合理式이나 Meyer 公式를 우리나라 實情에 맞게 誘導한 kajiyama公式²⁰⁾ 1932年 sherman에 의해 開發한 單位流量圖 理論等 經驗的 公式은 水文量을 위한 直接的인 法方으로서 어떤 種類의 入力이 주어지면 出力을 바로 計算할 수 있는 數學方程式으로 表示된다. 따라서 水文現象은 여러 假定에 의해 單純化되며, 入力—出力 關係에 있어서의 各種 未知因子는 經驗과 判斷으로 決定되는 係數에 의해 處理 되므로 自然界의 水文現象을 究明하기에는 未洽한 點이 많이 따르게 된다. 그러나 高速電子計算機의 등장으로 대단히 複雜한 水文現象을 數學的 解析을 가능케 하여 各種 數學的 模型化를 시도케 하였다.

이러한 結果로 나타난 確定論的 模擬技法은 入力과 出力을 資料로 하여 水文循環의 諸 過程과 이들 過程間의 關係를 究明하여 自然界의 水文循環過程 全體를 連續的으로 模擬하는 方法으로서 加급적 經濟的인 要素를 배제하고 各 過程間의 解析的 關係에 의한다. 이 技法은 時間에 따라 尙상 變轉하는 水文循環過程을 解析的으로 表現하는 方法이라고 풀이할 수 있다. 他 模擬技法에 比해 適用範圍가 넓고 模擬試行 自體에 융통성이 많아 近來에 와서 活潑한 研究가 繼續되어 온 分野이다.

本 研究에서는 前述한 模型중 二 構造가 간단하고 入力資料가 比較的 적게 所要되는 RRL(British Road Research Laboratory)法의 解析節次를 把握하여 우리나라의 都市流出特性에 맞는 技法을 展開하여 電算프로그래밍화 하므로써 都市下水道網의 設計流量을 좀더 正確히 算定하고 現存下水道網의 能力評價는 물론 都

市化에 따른 設計流量을 把握할 수 있도록 하여 그 結果를 提示하였다.

2. 研究 背景

都市雨水渠網 設計에 있어서 過去에는 主로 經驗關係式을 基礎로 하여 設計를 遂行해 왔다.

雨水渠網 設計에 있어서는 合理式이 全世界의 으로 널리 채택되어 온 方法으로 1930年代初에 sherman의 單位流量圖法이 나오기 전까지는 별다른 技術的 進展 없이 그대로 쓰여져 왔었다. 發展과 더불어 1932年에 Gregory⁹⁾와 Arnold는 水路 흐름의 要素, 排水網의 形態, 流域의 傾斜 그리고 流域의 形狀을 考慮하여 合理式을 補正하였다.

1944年에 Hick¹³⁾는 Los Angeles의 都市流出計算方法에 對한 報告書에서 傾斜가 다른 土質 形態에서의 地表下水 決定, 浸透率의 決定에 對한 經驗的 研究 結果를 提示하였다. 1946年 Izzard⁹⁾는 鋪裝表面에 關한 흐름의 水理的 考察을 하였으며, 1953年에 Stanley와 Kavfman¹⁴⁾는 合理式에 包含하는 여러가지 要素를 實際的인 設計에 應用하였다.

1960年 Tholin와 Keifev⁹⁾가 開發한 雨水渠網을 考慮하는 Chicago 水文學解析法에 의해 流域 出口까지 흐름을 追跡하였고 여기서는 鋪裝된 道路, 지붕 잔디區域의 狀態를 記述하였다. 1963年 Kaltenbach⁹⁾는 Johns Hopkins大學 研究室에서 集水量에 對한 設計方法을 論述하였고 都市 發達과 더불어 1960年代에 들어서면서는 많은 技術者들이 都市流出 問題에 對한 關心을 갖게 되었고 이 問題를 定立하고 適切한 設計指針을 開發하기 爲한 많은 研究가 이루어졌다. 그 뒤 1967年에는 Colorado 주립대학에서 雨水排水斷面에 洪水追跡 개념을 導入하였으며 이 過程의 知識은 雨水渠網에 많은 寄與를 하였다.

前述한 Los Angeles 方法, Chicago 方法 그리고 Johns Hopkins大學 方法은 Jens와 Mcpherson¹⁵⁾에 의해 明確히 要約되었고, 또 Reich는 尖頭雨量을 豫測하는 여러가지 方法을 比較하였다. Eaglson¹⁶⁾은 降雨의 特性이 都市流域의 性格에 附合할 수 있는 정도와 單位雨量圖의 實用性을 論述하였고 Espey와 몇몇 학자들은¹⁷⁾ 1965年에 都市와 郊外의 二 小排水流域으로부터 單位雨量圖의 特性的 形狀分析의 重要性을 提示하였다.

英國道路試驗研究所에서 開發한 RRL法은 美國 일리노이 주립대학의 Terstrip와 Stall에 의해 좋은 方法이라고 評價되었다. 그 후 Terstrip와 Stall은 RRL 斷

用範圍를 넓혀 都市雨水渠網의 水文學的인 設計 基準을 直接 提供할 수 있는 ILLUDAS³¹⁾ 모델을 開發하였다. 이 ILLUDAS 모델이외도 다음과 같은 模擬技法이 開發되었다.

Rock Wood³²⁾가 1964년에 SSARR 모델을 完成했고 Stanford 大學의 Crawford와 Linsley³³⁾에 依해서 STORM 모델이 開發됐고 그외에도 HSP 모델 IDT 모델 UCUR 모델 等 20여개에 達하고 있다.

3. 都市 排水網의 流出 解析

3.1 設計 流量算定을 爲한 降雨形狀 分析

3.1.1 降雨의 時間的 分析

流出解析에 利用한 降雨資料는 自己雨量紙에서 總降雨量이 10mm 以上되는 降雨를 選定하였으며 先行降雨와 다음 降雨間에 3時間 以內의 無降雨 狀態는 流域의 滯滯等을 考慮할때 1聯의 降雨로 取扱하였다. 이렇게 擇하여 얻은 降雨의 總數는 449個이었다.

이와 같이 얻은 降雨의 形狀分析은 Huff^{5,6,7)}의 四分位法으로 全 降雨를 分類하였다. 이 分類法은 連續的인 一定 時間 間隔의 降雨量漸進累加曲線의 最大部位가 總降雨 持續時間의 4等分期間中 어느 部分에 나타나는가에 따른 分位 調査法이다. 즉 降雨持續時間을 4等分하여 降雨初期에 該當하는 1/4 區間을 第一區間 降雨型(First quartile), 다음 2/4區間은 第二區間 降雨型(Second quartile) 3/4區間에 있으면 第三區間 降雨型(Third quartile) 마지막 4/4區間을 第四區間 降雨型(Fourth quartile)으로 分類할 수 있다.

이와 같이 對象降雨 資料들을 四區間으로 나누는 것은 降雨形態가 流出에 미치는 影響이 크기 때문에 最大値가 發生하는 位置를 考慮하는 分類法은 意義가 있다고 본다.

3.1.2 降雨의 形狀分析

四區間으로 分類된 各 降雨資料들의 時間的 分布와 降雨量 分布를 無次元化 시키기 爲하여 個別 降雨時間의 累加降雨時間에 對한 百分率과 任意 個別 降雨時間까지의 累加降雨量의 總累加降雨量에 對한 百分率로 다음 式과 같이 計算한다.

$$PT_i = \frac{T_i}{T_t} \times 100(\%)$$

$$PR_i = \frac{R_i}{R_t} \times 100(\%)$$

여기서 PT_i = 累加降雨時間 百分率

T_t = 總 降雨持續時間

T_i = 降雨時間

PR_i = 累加降雨量 百分率

$R_t = T_t$ 에 對한 總 降雨量

$R_i = T_i$ 에 對한 降雨量

이와 같이 얻어진 累加降雨時間 百分率은 降雨持續時間이 다르고, 또 降雨量이 서로 달라서 이에 對한 累加降雨量 百分率의 값을 比較 分析하기 어려우므로 1% 間隔의 累加降雨量 百分率을 얻기 爲하여 補間法(Interpolator)으로 計算하였다.

表示된 降雨의 持續時間과 降雨量은 百分率로 表現되므로 이것은 資料가 지니는 特殊性을 歪曲시키지 않으며 分析의 便易性和 降雨들 간의 正確한 比較分析을 爲하여서는 合理的이라 할 수 있다. 그러므로 全降雨 資料를 利用하여 同一한 累加降雨時間 百分率에 對한 累加降雨量 百分率을 크기 順으로 나열하여 그에 對한 超過確率을 求할 수 있다.

3.2 流出水文曲線을 爲한 貯溜量追跡

前述한 降雨形狀分析에 依한 雨量柱狀圖 및 降雨強度 그리고 等時線으로 區分한 流域小面積 關係에서 誘導된 流入水文曲線으로 流出水文曲線을 求할 수 있다.

下水管內 貯溜量追跡을 爲한 流量-貯溜量 關係는 Manning의 流量公式를 利用하여 比例水深法으로 수립할 수 있다. 圓形管內를 물이 部分的으로 흐를 경우의 流量은 流入量이 많아짐에 따라 점점 차여지게 된다.

이 管內에 물이 流入하여 部分的으로 흘러 比例水深으로 점점 貯溜量이 많아 저서 管이 물로 차여질때 아래 그림 1과 같은 關係를 나타낸다.

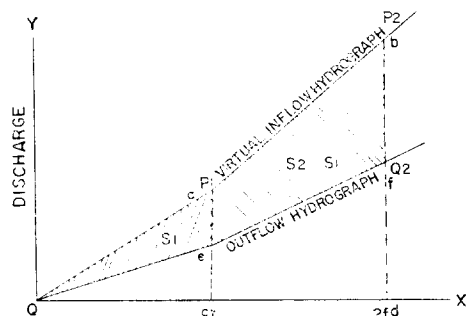


Fig. 1. Storage Routing Technique

그림 2에서 曲線 0-a-b는 流入水文曲線을 나타내며, 貯溜量 S_1 은 S_2 로 貯溜되는 것이다.

曲線 0-e-f는 流出水文曲線이며, 流出水文曲線의 計算에 利用되는 이 曲線은 單位時間 t 의 增加로 나타내는 線型曲線으로 假定할 수 있다.

P_1, P_2, Q_1 , 그리고 Q_2 는 a, b, e, f 로 Y 座標軸에 보

여 주고, 流出 始作後에 單位時間 t , $2t$ 時間으로 X 座標軸에 나타낸다. 또 S_1, S_2 는 時間 $t, 2t$ 에 貯溜되는 물의 양이다. 任意 기간의 流入水文曲線은 貯溜된 물의 양에 流出水文曲線을 더한 값과 같게 된다.

시간 0, t 로 부터

면적 oac =면적 oec +면적 oac

$$\text{or } \frac{1}{2}tP_1 = \frac{1}{2}tQ_1 + S_1 \dots \dots \dots (1)$$

t 와 P_1 의 값은 既知值 되므로 $\frac{1}{2}tQ_1 + S_1$ 의 값을 알 수 있으며, Q_1 와 S_1 의 값은 流量-貯溜量 關係式에서 決定할 수 있다.

시간 $t, 2t$ 에서

면적 $abcd$ =면적 $efdc$ +면적 $abfe$

$$\text{or } \frac{t}{2}(P_1 + P_2) = \frac{1}{2}t(Q_1 + Q_2) + (S_2 - S_1)$$

$$\text{or } \frac{t}{2}(P_1 + P_2 - Q_1) + S_1 = \frac{1}{2}tQ_2 + S_2 \dots \dots (2)$$

그러므로 (2)式的 좌변은 既知值가 되므로 Q_2 의 값은 Q_1 를 求한 (1)式과 같은 方法으로 決定될 수 있다. 계속해서 $(n-1)t, nt$ 까지는

$$\frac{t}{2}(P_n + P_{n-1} - Q_{n-1}) + S_{n-1} = \frac{1}{2}tQ_n + S_n \dots (3)$$

(3)式은 (2)式과 같이 얻을 수 있으므로, 이 誘導式에 따라 流出水文曲線을 求할 수 있다.

3.3 流出水文曲線의 誘導

過去의 降雨記錄資料로 부터 設計雨量柱狀圖를 決定하고 이에 依한 流入口에서의 流入水文曲線을 RRL法에 의해 算定한 후 流入水文曲線을 合成하여 이를 既存 下水道網에 따라 貯溜量 追跡함으로써 主管渠에 대한 流出水文曲線인 尖頭流量曲線을 求할 수 있다.

이들 都市流域에서의 降雨流出解析을 爲한 都市流出模型은 다음과 같이 誘導할 수 있다.

3.3.1 面積(comtributing area) 決定

排水流域의 物理的인 特性因子를 詳細히 調査한다. 直接的으로 都市雨水渠網에 影響을 미치는 不透水流域(impervius area)을 地形圖나 航海사진을 通하여 作成하고, 이에 雨水渠 길이, 流路傾斜 粗度 및 雨水渠網의 제원 등을 상세히 把握하며, 상대적으로 不透水排水流域에 直接的으로 관련되는 部分은 考慮하여야 한다.

3.3.2 流達時間(Travel Time) 決定

直接的으로 關聯된 不透水流域에 對하여 水理的 計算은 表面흐름, 측구 流入口 樣相에 따라 달라지며, 不透水流域의 流達時間은 流域內의 주어진 點으로 出口

까지 流出에 걸리는 時間으로 定義할 수 있다. 흐름樣相은 流域의 規模 降雨形態에 따라 달라지고, 流達時間은 出口까지의 거리에 따라 달라진다. 地表流下水는 直接的으로 降雨強度에 따라 달라지게 되며, 一般的으로 不透水流域에 있어서는 降雨強度에 따라 急變하게 되며, 滿管이 되면 이것이 더욱 빠른 變化가 일어난다. 따라서 開水路나 導管에서의 速度는 Horton에 依해서 評價되었고 粗度 n 의 값은 manning公式으로 부터 求할 수 있고, Jens와 Mcpherson에 依해서 提唱되었다. 그後 地表流下水의 流達時間에 對해서는 Hick에 依해서 發展시켰으며, 그리고 Jens와 Mcpherson가 RRL法에 應用되는 流達時間을 아래 方程式으로 주었다.

$$t_c = \frac{15.12L^{0.323}}{\sigma^{0.64}S^{0.448}} \dots \dots \dots (4)$$

여기서 t_c 는 流達時間(min), l 는 流路延長(m), σ 는 降雨強度(mm/hr)이고, S 는 流路傾斜(%)이다. 이식에서 降雨強度 σ 는 오랜期間의 많은 日雨量值로부터 地形因子와 水文學的 因子를 考慮한 確率降雨強度式을 利用하여 求할 수 있다.

3.3.3 流入水文曲線 決定

流達時間이 같은 等時線(Isochrone)의 간격은 (4)式에 나타난 것과 같이 流域의 物理的 要素인 流路傾斜와 降雨強度, 그리고 流路延長에 따라 달라지게 된다. 그러므로 이에 따른 流達時間에 依한 流域小面積을 求할 수 있다. 이렇게 얻어진 流域小面積이 流出이 始作된 後 任意의 流達時間에 寄與하는 不透水流域面積이 되는 것이다. 이 等時線에 依한 單位流達時間에 寄與하는 A_1, A_2 그리고 A_3 는 아래 그림 2와 같다.

單位流達時間 t 만큼 增加하는 데의 降雨強度는 그

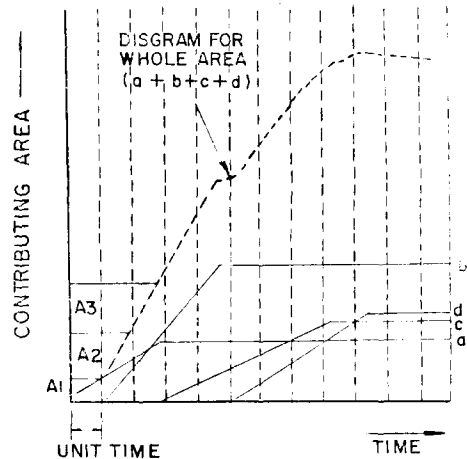


Fig. 2. Time-Area Relationship Diagram

림(3)과 같이 I_1, I_2 그리고 I_3 의 雨量柱狀圖 값이며 이 값은 3.1에서 記述한 過去累加降雨記錄에 의한 確率降雨의 形狀分析으로부터 얻을 수 있다.

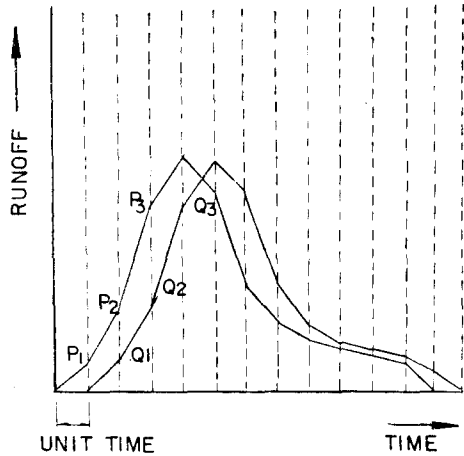


Fig. 3. Design Storm Histogram

前述한 流達時間—流域小面積 關係와 雨量柱狀圖에 의한 降雨強度로부터 流入水文曲線을 아래와 같이 求할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 P_0 &= 0 \\
 P_1 &= I_1 A_1 \\
 P_2 &= I_2 A_1 + I_1 A_2 \\
 &\vdots \\
 P_n &= I_n A_1 + I_{(n-1)} A_2 + \dots + I_1 A_n
 \end{aligned}$$

여기서 $P_0, P_1, P_2 \dots P_n$ 는 流入水文曲線의 값이고 $I_1, I_2 \dots I_n$ 는 降雨強度, 그리고, $A_1, A_2 \dots A_n$ 는 等時線으로부터 얻어지는 流域小面積이고, 그림 4와 같이 流入水文曲線을 얻을 수 있다.

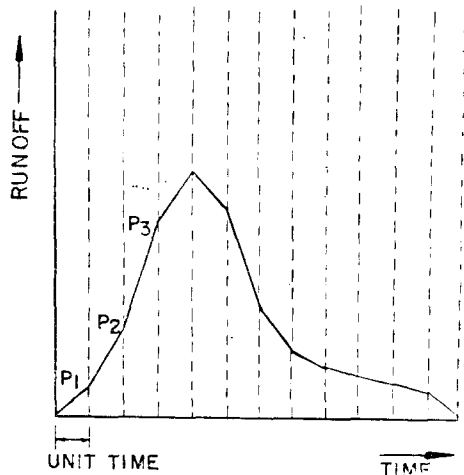


Fig. 4. Virtual Inflow Hydrograph

3.3.4 流出水文曲線 決定

前述한 方法에 依해서 流入水文曲線을 얻을 수 있으며, 決定한 流入水文曲線을 3.2에서 敘述한 貯溜量 追跡에 依해서 流出水文曲線의 流出量인 Q_1, Q_2, Q_3 이 그림 5과 같이 나타냄을 알 수 있다.

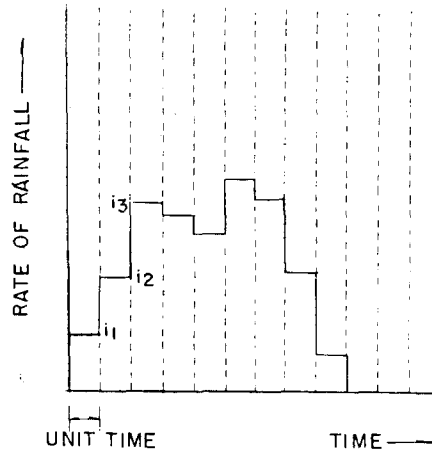


Fig. 5. Outflow Hydrograph

4. 資料處理 및 結果分析

여기서 利用한 雨量資料는 仁川氣象臺에 보관중인 過去 28年間(1953~1980)의 自己累加降雨記錄紙에서 얻었으며 都市流出模型의 評價가 될 수 있고 都市雨水 渠網으로서 設計流量을 設定할 수 있는 流出水文曲線에 分析될 수 있는 地域으로 仁川市의 주안 간석동 주공아파트 단지를 對象排水流域으로 擇하였다.

4.1 仁川地方의 降雨形狀分析

前述한 Huff의 方法에 따른 仁川地方의 降雨形狀分析에 使用한 降雨資料의 總數는 28年間分의 449個이었으며 降雨初期 1/4에 該當하는 First quartile은 全體의 33.4%인 150個이었으며, Second quartile은 194個로서 全體 43.2%를 차지하고, Third quartile 105個로서 23.4%를 나타냈고, 그리고 마지막 區間인 Fourth quartile에 該當하는 降雨는 없었다. 이와같이 나타난 降雨를 統計學的 降雨形狀分析을 하여 各 Quartile形에 따른 降雨의 持續期間 및 降雨量에 對한 頻度百分率은 그림 6~8과 같고 이 頻度百分率에 對한 雨量柱狀圖는 다음 그림 9와 같이 나타냄을 알 수 있다.

4.2 排水流域의 都市流出模型 適用

이 排水流域에 對한 物理的인 因子들은 지형도 및 항공사진을 通하여 수집하였으며 下水道의 管網設計는

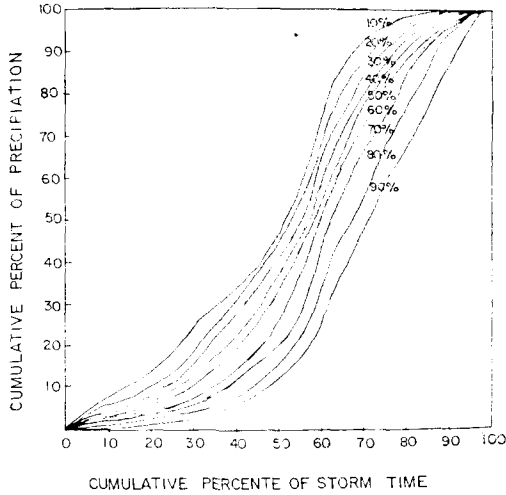


Fig. 6. Time Distribution Of First-Quartile Storms

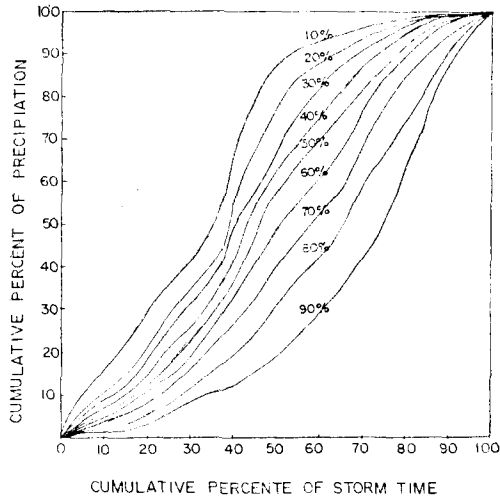


Fig. 7. Time Distribution Of Secod-Quartile Storms

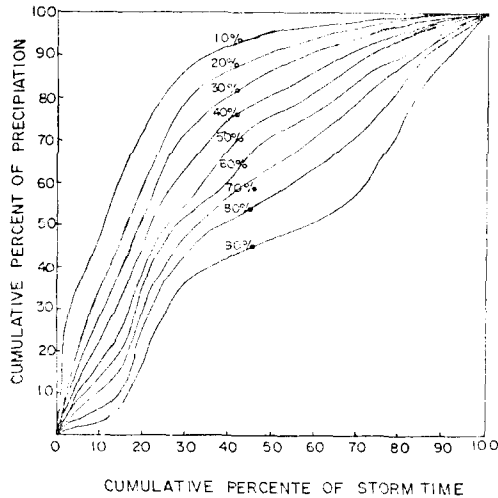


Fig. 8. Time Distribution Of Third-Quartile Storms

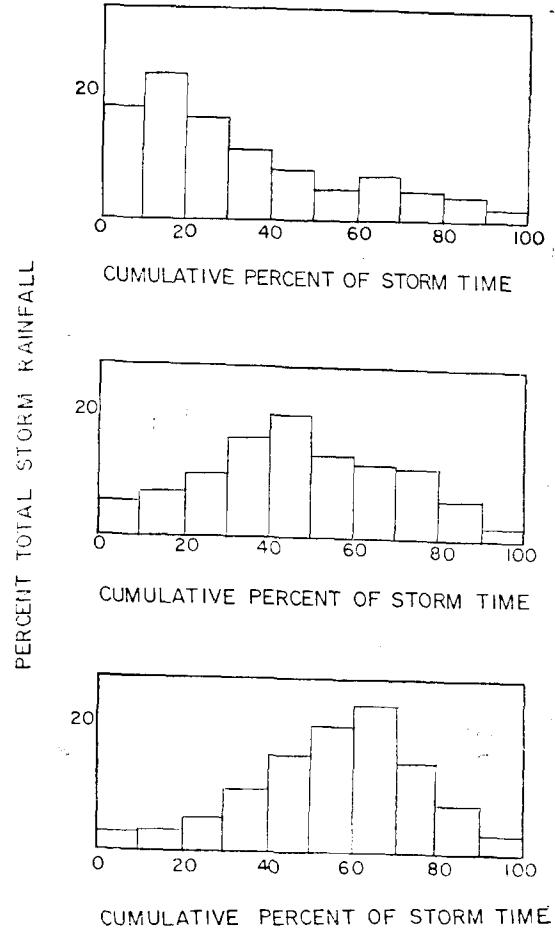


Fig. 9. Selected Histograms For Each Quartile Storms

普通 再現期間 5年の 降雨強度를 使用한다. 仁川地方에서의 再現期間 5年の 確率強度式은 다음과 같다.

$$\rho = \frac{400}{\sqrt{t} + 0.39} \dots \dots \dots (5)$$

等時線을 作成하기 爲한 流達時間 流路傾斜 그리고 流路延長 等の 關係式인 (4)式과 確率強度式인 (5)式을 利用하여 그림 10과 같은 結果를 얻었고 이 結果를 利用할 때 等時線에 따른 流達時間—流域小面積 關係 曲線을 얻었다.

持續期間이 60分일때 (5)式에서 降雨強度가 49.16 mm이 된다. 이를 仁川地方의 降雨累加記錄紙를 利用하여 前述한 Huff의 降雨頻度率曲線으로 부터 確率 50%인 設計雨量의 柱狀圖를 求할 수 있다. 이렇게 얻은 것이 그림 11이다.

또 等時線에 따른 流達時間—流域小面積 關係 曲線과 設計雨量柱狀圖로 부터 集水量을 求할 수 있으므로

排水網 流入口에서의 流達時間에 따른 流入水文曲線을 얻을 수 있다. 이렇게 求한 것이 表 1이며 이것을 圖示한 것이 그림 12이다.

排水管內 貯溜量追跡을 爲한 流量-貯溜量 關係는 3.2에서 記述하였으며, 滿管과 部分的으로 흐르는 管인 QP/QF와 SP/SF 關係曲線은 그림 13과 같이 얻었다. 流入水文曲線을 貯溜量追跡하여 流出水文曲線이 얻어지게 되며 流入口間의 流入水文曲線에서 流出口의 流出水文曲線이 얻어지는 計算節次를 取扱한 地域에 對해 記述하면 다음과 같다.

첫째로 그림 14에서 流入口 1에서 부터 流入口31 地點까지의 流入水文曲線을 3.3에서의 方法에 따라 計算한다.

둘째로 앞에서 計算된 流入口 1 水文曲線을 區間 1에서 2까지의 貯溜量을 追跡하여 流出口 2에 對한 水文曲線을 얻게 되며 그리고 앞에서 얻어진 流入口 2 水文曲線과 合成하여 流入口 2에 對한 水文曲線을 얻는다. 이렇게 計算한 것이 表 2이다.

셋째로 앞의 節次로 流入口까지 計算하고 區間 4에서 6까지 貯溜量을 追跡하고 流入口 6의 流入水文曲

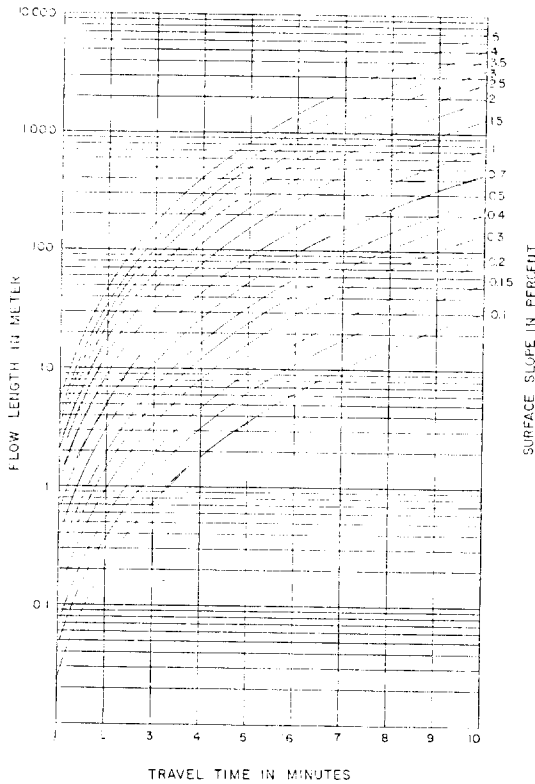


Fig. 10. Flow Length-Travel Time-Slope Relation Diagram

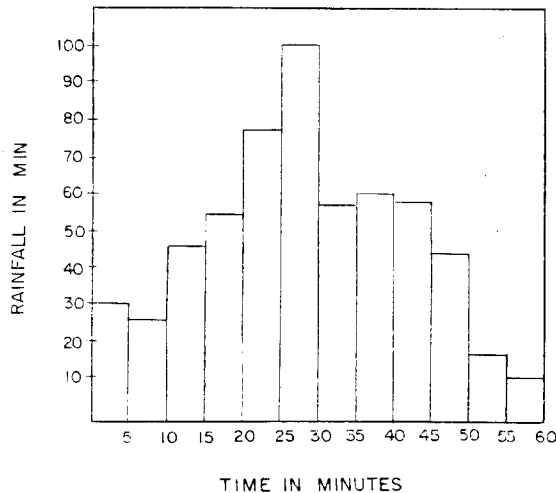


Fig. 11. Design Storm Histogram Of Inchoen

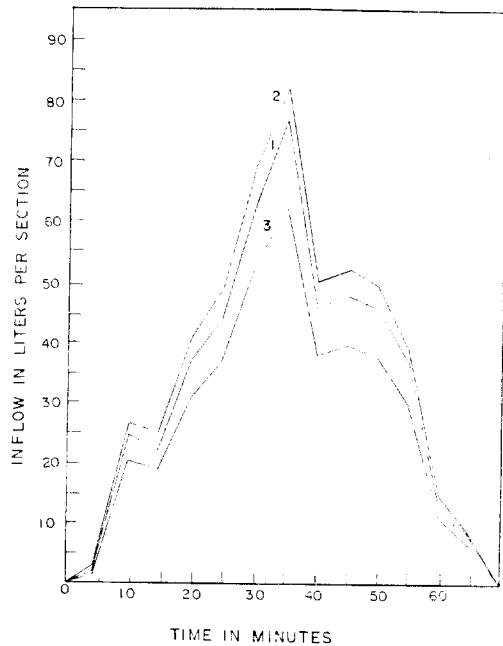


Fig. 12. Inflow Hydrograph For Inlet

表 1. 各流入口에 對한 流入水文曲線
Computation of Virtual Inflow Hydrograph

Number of Inlet=1			Area(1)=165	Area(2)=2691	
Step	Time	Rain	Q(1)	Q(2)	Inflow(l/s)
1	0	0.00	0.000	0.000	0.000
2	5	31.44	1.441	0.000	1.441
3	10	26.76	1.227	23.503	24.730
4	15	45.96	2.107	20.005	22.111
5	20	54.24	2.486	34.358	36.844
6	25	77.52	3.553	40.548	44.101
7	30	99.96	4.582	57.951	62.533
8	35	57.60	2.640	74.726	77.366
9	40	60.72	2.783	43.059	45.843
10	45	58.32	2.673	45.392	48.065
11	50	48.48	2.222	43.598	45.820
12	55	17.88	0.820	36.242	37.061
13	60	11.04	0.506	13.366	13.872
14	65	0.00	0.000	8.253	8.253
15	70	0.00	0.000	0.000	0.000

Computation of Virtual Inflow Hydrograph

Number of Inlet=2			Area(1)=336	Area(2)=2777	
Step	Time	Rain	Q(1)	Q(2)	Inflow(l/s)
1	0	0.00	0.000	0.000	0.000
2	5	31.44	2.935	0.000	2.935
3	10	26.76	2.498	24.254	26.752
4	15	45.96	4.920	20.644	24.934
5	20	54.24	5.063	35.456	40.519
6	25	77.52	7.236	46.843	49.079
7	30	99.96	9.330	59.803	69.133
8	35	57.60	5.376	77.114	82.491
9	40	60.72	5.668	44.436	50.103
10	45	58.32	5.444	46.842	52.286
11	50	48.48	4.525	44.991	49.516
12	55	17.88	1.669	37.400	39.069
13	60	11.04	1.030	13.794	14.824
14	65	0.00	0.000	8.517	8.517
15	70	0.00	0.000	0.000	0.000

線과 區間 5에서 6까지 貯溜量을 追跡하여, 이 세가지 水文曲線을 合成하여 流入口 6의 全體水文曲線을 얻게 된다.

넷째로 이와 같이 얻어진 水文曲線으로 貯溜量을 追跡하고 또 첫째 計算된 流入口水文曲線을 全 管水路의 流水方向에 따라 計算하며 合成해가면 最終 流出口 31에 對한 全體의인 流出水文曲線을 그림 15와 같이 얻

을 수 있다.

5. 結 論

여기에서 展開한 仁川地方의 降雨形狀分析으로 부터 얻은 降雨頻度曲線을 利用한 都市流出模型을 주안 간 석동 주공아파트 단지에 適用해본 結果 다음과 같은

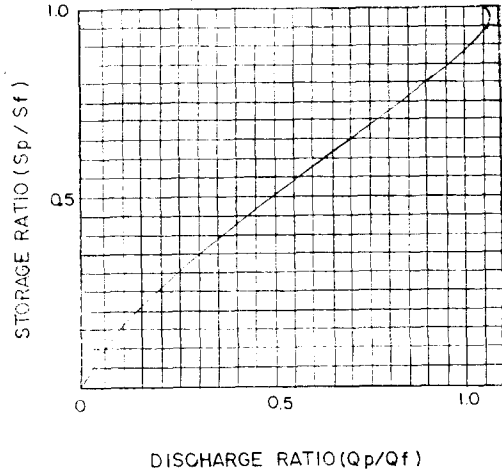


Fig. 13. Storage-Discharge Relationship Diagram

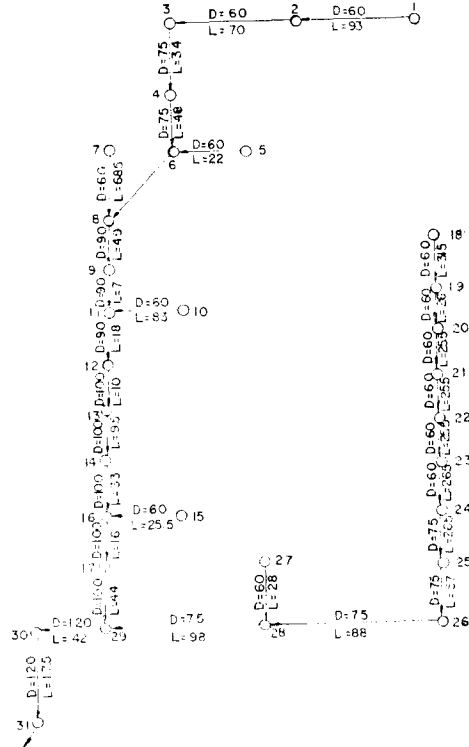


Fig. 14. Storm Drainage Systems For Juan Jugong Apartment

表 2. 流入口 1에서 부터 流入口 2까지 貯溜量追加
Computation of Actual Hydrograph
Routed From Inlet-1 To 2

Step	Time	Rain	Inflow	$P_n + P_{n-1}$	$Q_n + S_n$	$2S_n/T$	Actual
1	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	5	31.44	1.44	1.44	1.53	1.17	0.37
3	10	26.76	24.73	26.17	27.29	14.15	13.14
4	15	45.96	22.11	46.84	47.46	22.32	25.14
5	20	54.24	36.84	58.96	56.82	25.86	30.96
6	25	77.52	44.10	80.94	74.83	32.35	42.48
7	30	99.96	62.53	106.63	97.77	40.18	57.59
8	35	57.60	77.37	139.90	122.94	48.36	74.58
9	40	60.72	45.84	123.84	97.77	40.18	57.59
10	45	58.32	48.07	93.91	77.57	33.31	44.26
11	50	48.48	45.82	93.88	83.15	35.24	47.91
12	55	17.88	37.06	82.88	69.48	30.46	39.02
13	60	11.04	13.87	50.93	43.05	20.60	22.44
14	65	0.00	8.25	22.13	20.61	11.20	9.41
15	70	0.00	0.00	8.25	9.80	5.97	3.83
16	75	0.00	0.00	0.00	2.07	1.53	0.54
17	80	0.00	0.00	0.00	1.06	0.84	0.23
18	85	0.00	0.00	0.00	0.67	0.54	0.12

19	90	0.00	0.00	0.00	0.35	0.30	0.05
20	95	0.00	0.00	0.00	0.35	0.30	0.05
21	100	0.00	0.00	0.00	0.35	0.30	0.05
22	105	0.00	0.00	0.00	0.35	0.30	0.05
23	110	0.00	0.00	0.00	0.35	0.30	0.05
24	115	0.00	0.00	0.00	0.35	0.30	0.05
25	120	0.00	0.00	0.00	0.35	0.30	0.05
26	125	0.00	0.00	0.00	0.35	0.30	0.05
27	130	0.00	0.00	0.00	0.35	0.30	0.05
28	135	0.00	0.00	0.00	0.35	0.30	0.05
29	140	0.00	0.00	0.00	0.35	0.30	0.05
30	145	0.00	0.00	0.00	0.35	0.30	0.05

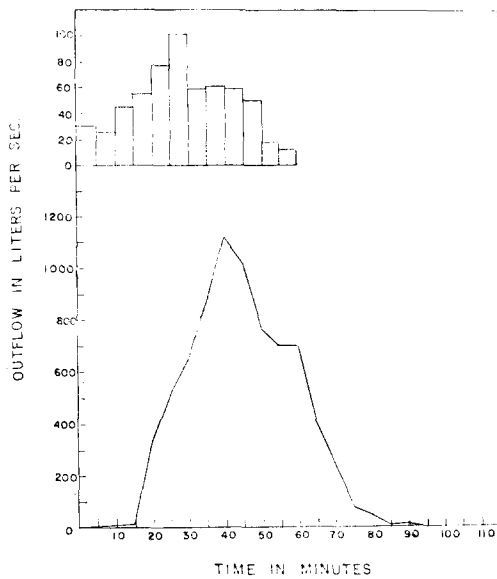


Fig. 15. Outflow Hydrograph For Outlet

結論을 얻을 수 있다.

1) 仁川地方에서도 Second Quartile形 降雨頻도가全體의 43%를 나타내므로 設計流量의 雨量柱狀圖는 Second Quartile 降雨頻度確率曲線에서 抽出함이 바람직 하다.

2) 對象排水流域의 尖頭流出量을 計算한 結果 1122.2 l/sec로 算定되었고, 여기에서 使用한 頻度百分率確率曲線은 都市流出模型에 適用됨이 有用하리라 判斷된다

3) 여기에서 開發한 都市流出模型을 現存의 雨水渠網에 適用하여 實測流量과 比較 檢討 하려고 하였으나 雨水渠網에 對한 正確한 資料 및 實測流量資料의 不足으로 試圖하지 못 하였다. 이를 爲해선 앞으로 좀더 水文學의이고 水理學의인 排水渠網圖가 要請되고, 實測流量資料를 얻을 수 있는 契機가 있으면 한다.

4) 最近에 電子計算機를 利用한 都市流出模型이 많

이 開發되었다. 이에 副應하여 人力資料인 過去로 부터 測定한 降雨量의 統計學的인 處理에 依한 時間分布型이 地方形狀에 맞게 決定되어야 하므로 이를 爲해선 各 地方에 따른 設計雨量의 算定에 正確하고 폭 넓은 연구가 있어야 겠다.

參考文獻

- 1) Jens, S.W. & M.B. Mcpherson "Hydrology of Urban Areas" Section 20 in Hand Book of Applied Hydrology, V.T. 1964.
- 2) George Fleming "Computer Simulation Techniques in Hydrology," Elsevier, Environmental Science Series, 1977.
- 3) Donald E. Overton & Michael Medows "Storm Water Modeling Academics Press, 1976, pp. 87~123.
- 4) Arved. J. Raukivi, "Hydrology" Pergamon Press, 1979, pp.271~307
- 5) Huff, F.A., "Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms", Water Resources Research Vol. No. 4, 1967, pp.1007~1019
- 6) Huff, F.A. and Shipp, W.L., Spatial Distribution Characteristics of Rainfall Rates, in Illinois Transactions Illinois, 1969, pp.57~62
- 7) Huff, F.A., "Time Distribution Characteristics of Rainfall Rates" Water Resources, Vol. No. 6, 1970.
- 8) Ray, K. Linsley, Jr. Max, A. Kohlr, "Hydrology for Engineers", Mc Graw Hill, 1975, pp.2 87~318
- 9) Papadakis N., Herbet, C. Preul, "Testing of Method for Determination of Urban Runoff,"

- Journal of the Hydraulics Div., 1973, pp.1319~1335.
- 10) Jones D. Earl, Jr. M. "Where is Urban Hydrology Practice Today," Journal of the Hydraulics Div., 1971, pp.257~264
 - 11) Constantine Papadakis Herbert C. Preul, "University of Cincinnati Urban Runoff Model," Journal of the Hydraulics Div., 1972, pp.1789~1804
 - 12) Road Research "Technical Paper, "The Design of Urban Sewer Systems," Department of Scientific and Industrial Research, 1962.
 - 13) Murray B., Mcpherson, George F. Margan, "A.S.C.E. Urban Water Research Program," Journal of the Hydraulics Div., 1975, pp.847~855
 - 14) Midael L., Terstrip, John B. Stall, Urban Runoff by Road Research Laboratory Method," Journal of the Hydraulics Div. 1969, pp.1809~1834.
 - 15) Michael Terstrip, John B. Stall, "The Illinois Urban Drainage Area Simulator ILLUDAS," Illinois State Water Survey, 1974.
 - 16) Ramachandra A. Rao, Jacguies W. Delleur, "Conceptual Hydrologic Models for Urbanizing Basin," Journal of the Hydraulics Div., 1972, pp.1205~2220
 - 17) John B. Stall, Michiael, Terstrip, Floyd A. Huff, "Some Effects of Urbanization on Floods," Meeting Preprint 1130, A.S.C.E., 1970.
 - 18) Warren Vissman Jr. John W. Kmapp "Introduction to Hydrology, IEP Adun-Donnelley Publisher, pp.503~576
 - 19) Carl W. Chen, Robert P. Shubinski, "Computer Simulation of Urban Storm Water Runoff," Journal of the Hydraulics Div., 1971, pp.298~301
 - 20) The Committee on Surface-Water, Hydrology of the Hydraulics Division, "Aspects of Hydrological Effects of Urbanization" Journal of the Hydraulics Div., 1975, pp.449-465.
 - 21) 金連王, 氣候學概論, 正益社, 1978, pp.341-369
 - 22) 한국 수자원개발공사, 한국의 물자원, pp.7~75
 - 23) 李元煥, "都市河川 및 下水道 改修計劃上의 計劃降雨量設定에 關한 推計學的 解析", 大韓土木學會誌, 28卷 4號 1980, pp.81~94
 - 24) 朴贊寧外 3인, "小流域의 設計流量算定을 爲한 降雨形狀分析에 關한 研究", 한국수문학회지, 14卷 4號, 1981
 - 25) 大韓住宅公社, 仁川 주공아파트단지 대지조성 배수 평면도
 - 26) 尹龍男, 水文學, 1976
 - 27) 仁川觀象臺, 自己雨量記錄紙(1953~1980)