

〈論 文〉

都市小流域의 流出解析을 爲한 水文模型의 開發과 應用

Development and Applications of Hydrologic Model of Storm
Sewer Runoff at Small Urban Area

李 榮 大* · 朴 承 禹**
Lee, Young Dai Park, Seung Woo

Abstract

The paper presents the development and applications of physically-based urban runoff analysis model, URAM, which is capable of simulating sewer runoff hydrographs and inundation conditions within a small urban catchment. The model considers three typical flow conditions of urban drainage networks, which are over-land flow, gutter flow, and conduit flow during a storm. Infiltration, retention storage and flow routing procedures are physically depicted in model.

It was tested satisfactorily with the field data from a tested catchment having drainage area of 0.049km². It was also applied to other urban areas and found to adequately simulate inundation areas and duration as observed during storms. The test results as well as model components are described in the paper.

요 지

都市化한 小流域에서 排水組織의 物理的 特性 變化에 依한 流出現象과 浸水狀況을 定性的으로 評價할 수 있는 都市流域에서의 流出解析模型(URAM)을 開發하여 試驗流域에서의 實測值와 本 模型을 利用한 模擬發生值를 比較하여 模型을 檢證한 後 實流域에 適用하여 應用性을 評價하였다.

URAM을 利用 試驗流域의 流出現象을 模擬發生한 結果 實測值와 잘 一致함을 보여 주었으며, 또한 常習浸水地域에 대하여 浸水現象을 模擬發生시킨 結果 計算된 浸水特性은 實際 現況과 定性的으로 잘 一致하여 本 模型은 都市小流域 流出解析에 利用價値가 높은 것으로 判斷되었다.

* 釜山工業大學 土木工學科 助教授

** 서울大學校 農科大學 農工學科 副教授

1. 序 論

都市의 生活環境을 快適하게 保全하고 改善시키기 위한 雨水排水組織은 流域의 地表水集水組織과 管渠組織으로 構成되어 있으며 排水組織을 通하여 흐르는 流出의 特性은 地表의 物理的 特性과 管渠의 幾何學的 形態, 配置 및 維持管理에 影響을 받는다¹.

近來 都市化가 加速化됨에 따라 地表의 物理的 特性과 管渠의 形態 및 材質이 크게 變化를 받고 있으며 管渠低部에는 堆積物이 쌓이는 등의 排水組織에 대한 物理的 特性變化는 暴雨時 管渠의 通水能力을 超過하여 浸水가 發生하는 등 下流地域에서의 水問題가 增加되는 狀況이다.

一般的으로 排水管渠의 規格은 合理式이나 單位圖法등을 이용하여 決定하는 데 이들은 排水組織內를 흐르는 流出에 影響을 미치는 流域의 空間의 特性과 管渠의 幾何學的特性 등 水文過程의 重要因子들을 表現하기에는 어려움이 많으며² 이러한 問題를 解決하기 위하여 ILLUDAS (Illinois Urban Drainage Area Simulator)³, SWMM(Storm Water Management Model)⁴ 등 많은 模型들이 開發되었다. 그러나, 既存의 大部分의 模型들은 地表에서의 貯溜, 管渠바닥의 堆積 등의 影響을 分析하거나 地面의 浸水問題 등에 대한 解析에 應用하기에는 어려운 實情이다.

本 研究의 目的은 都市流域에서의 合理的인 流出解析을 爲한 數學的 水文模型의 開發과 그 模型의 實用性을 檢討하기 爲하여 試驗流域을 選定하고 地上因子의 調査와 降雨 및 流出을 測定하여 計算値와 比較함으로써 模型의 補正 및 檢定을 하며 浸水狀況을 定性的으로 解析하므로써 模型의 應用性을 評價하고자한다.

都市流域에서의 降雨流出에 關한 研究는 다음과 같이 크게 4段階로 나눌 수 있다⁵. 첫 段階는 1850年代에 시작된 管經決定問題이고 둘째 段階는 물의 疏通問題였고 셋째 段階는 1960년도 後半부터 研究가 始作된 排水의 量的排除問題 뿐만

아니라 水質에 關한 問題이며 넷째 段階로서 1970년대 中반부터 始作된 最近의 動向은 排水路의 最適設計, 維持管理 및 浸水危險등에 관심을 두어 많은 研究結果가 發表되고 있으며 國內에서는 全(1988)¹¹이 管渠흐름의 追跡, 最適化, 不確實性과 危險度, 制限事項과 假定의 4觀點에서 排水管網 設計에 대하여 발표하였고, 李(1988)¹³, 崔(1988)¹⁷ 등이 都市地域洪水의 增大, 都市水害의 形態, 洪水防禦對策 등 都市洪水 問題에 대하여 發表한 바 있다.

2. 都市流域 流出解析 模型의 開發

2.1 都市流出 過程

流域에 떨어지는 降雨의 一部는 地上物 등에 의하여 遮斷되고 地面에 到達한 降雨의 일부는 地表凹凸部分에 貯溜되어 地中으로 浸透가 되며 요철부분의 貯溜를 充足시킨 물은 地表에 水深을 維持하며 下流로 흐른다.¹²)

都市流域의 雨水排水組織에서의 흐름특성은 Fig.1과 같이 地表흐름, 集水路 흐름 및 管渠 흐름의 3가지 要素로 概念化할 수 있다. 地表흐름은 流域의 物理的 特性을 單純化하여 階段式으로 이루어진 平面으로 假定할 수 있으며 集水路는 上流集水路 및 側面流入量을 받아 管渠로 流入한다.⁶ 運動場 등 地表흐름이 一時 貯溜되는 境遇에는 이를 地表貯溜場所로 假定하고 만약 관거의 節點에서 水位가 地表에 도달하면 해당 지점에 浸水가 發生된다.

本 研究에서는 이러한 都市流域의 水文解析을 爲하여 流域의 物理的 因子들을 概念化하여 分布形模型으로 水文循環 過程을 表現하고자 한다.¹¹

2.2 模型의 開發

2.2.1 地表 越流

가. 基本方程式

地表越流 解析을 爲한 連續方程式은 다음과 같다.¹⁰

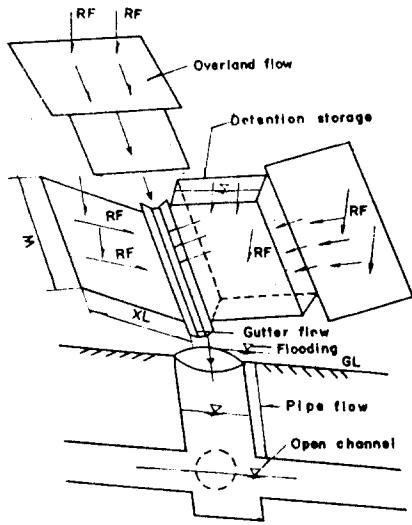


Fig. 1 Conceptual representation of drainage system

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial a h^N}{\partial x} = q \quad (1)$$

여기서 t 는 시간, x 는 流下길이, h 는 水深, q 는 有效降雨, N 은 地表粗度 및 幾何學의 特性에 관련되는 媒介變數이다. 運動量 方程式은 動水波로 假定하면 다음과 같다.

$$S_0 = S_f \quad (2)$$

여기서 S_0 는 地表傾斜, S_f 는 에너지 傾斜이다.

나. 初期損失 및 浸透

有效雨量을 決定하기 爲한 初期損失은 地表요철에 의한 값만 고려하였다. 初期 損失量 (DEPR)은 다음과 같이 주어지는 Chen과 Shubinski의 方程式¹⁴⁾과 經驗值를 이용하였다.

$$DEPR = (6.35 - 4.76P) \quad (3)$$

여기서 DEPR은 mm단위이며 P 는 不透水面積의 全面積에 대한 比率이다. 浸透率은 浸透能으로 表示하며 本 研究에서 利用한 Horton의 浸透能은 다음과 같다.³⁾

$$f = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt} \quad (4)$$

여기서, f 는 임의 시간 t 에서의 浸透能, f_0 는 乾燥한 土壤에서의 初期浸透能, f_c 는 最終浸透能, e 는 自然對數의 밑, k 는 土壤과 被服狀態에 따라 決定되는 常數, t 는 降雨持續時間이다. 사용한 f_0 와 f_c 및 k 값은 李¹¹⁾, 全¹²⁾등에서 주어지는 값을 이용하였다.

다. 有效降雨 計算

時間 t 에서 J 번째 地表平面의 距離-時間 格子網에서 距離軸上 L 번째 節點의 水深은 t 동안의 降雨增加分과 前時間 단계에서의 水深 및 上流로부터의 流入量의 合으로서 다음 式과 같이 表示할 수 있다.

$$RINC(J, L)t = RF(J)t \quad \Delta t + H1(J, L)_{t-1} + HUP \quad (5)$$

여기서 $RINC(J, L)_t$ 는 水深, $RF(J)_t$ 는 時間 t 에서의 降雨強度이며 $H1(J, L)_{t-1}$ 는 前時間 段階에서의 水深이고. HUP 는 上流로부터의 流入量이다.

J 번째 平面의 t 시간 동안의 浸透量增加分이 $FINC(J)_t$ 라면 浸透量을 除外한 水深은 다음과 같이 表示된다.

$$EINC(J, L)_t = RINC(J, L)_t - FINC(J)_t \quad (6)$$

여기서 $EINC(J, L)_t$ 는 有效水深이다.

끝으로 地表凹凸에 依한 손실량(DEPG)을 除外한 有效降雨는 다음과 같이 表示된다.

$$DRUN(J, L)_t = EINC(J, L)_t - DEPG \quad (7)$$

여기서 $DRUN(J, L)_t$ 는 有效降雨量으로서 式 (1)의 q 이다.

라. 一時貯溜

一時 地表貯溜란 Fig.2에서 처럼, 流域의 一部

에 一時的으로 물이 貯溜되어 制御를 받지 않는 貯水池처럼 舉動하며 越流部는 廣頂웨어로 模型化하고 越流幅은 可變的인 것으로 한다.

貯溜地內 單位時間當 流入量(I)은 다음과 같이 表示할 수 있다.

$$I = [RF(J) + Q(J-1)/A(J) - f] \times A(J) \quad (8)$$

J번째 地表貯溜地로부터 單位時間當 流出量(Q)는 다음과 같이 表示된다.

$$Q = C \times W(J) [H(J) - H_0]^{3/2} \quad (9)$$

여기서 C는 Weir의 流量係數, W(J)는 weir의

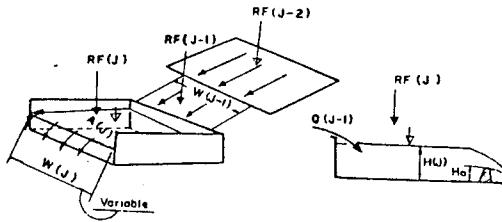


그림 2 Conceptual representation of surface detention storage basin

幅, H₀는 물넘이 턱, H(J)는 水深이다.

2.2.2 集水路 流出

上流集水路 및 側面 流入量을 받는 三角形, 四角形 및 梯形集水路에서의 連續方程式은 다음과 같다.

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = ql \quad (10)$$

여기서 A는 斷面積, Q는 集水路의 流出量, ql은 單位幅當 側面流入量이다.

2.2.3 管水路 流出

가. 흐름의 轉移

Fig. 1에서 開水路와 管水路間 轉移의 基準은

合流點(節點)의 潛水與否로 하며, 非潛水時는 開水路로 潛水時는 管水路로 解析한다.

나. 合流點 解析

合流點(節點)에서의 水理解析은 흐름의 種類에 따라 開水路形 및 管水路形 合流點으로 나누어 連續方程式을 利用하며 다음과 같이 表示할 수 있다.³⁾

$$\sum Q_i = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (11)$$

여기서 t는 合流點으로 流出入되는 流量의 合이며 S는 時間增分 時間 동안의 貯溜量의 變化이다.

다. 開水路 흐름解析

開水路 흐름은 漸變不定流로서 다음과 같은 運動波 方程式으로 表現할 수 있다.³⁾

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gAS_f - 2V \frac{\partial A}{\partial t} - V \frac{\partial A}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} = 0 \quad (12)$$

여기서 Q는 管渠內 流量 g는 重力加速度, t는 時間, V는 管渠內의 流速, A는 流水斷面積, H는 절점에서의 水位 Sf는 에너지 傾斜이다.

라. 管水路 흐름 解析

節點에서의 水位가 가장 높은 流入管渠의 管頂高와 地盤高사이에 있을때 節點은 단지 管渠의 連結役制만 하고 貯溜效果가 없다면 식(11)의 連續方程式은 다음과 같다.

$$\sum Q_i = 0 \quad (13)$$

排水管渠低部に 維持管理의 不完全으로 因하여 堆積이 되어 있는 部分은 斷面積에서 除外하는 것으로 한다.

2.2.4 浸水 計算

水位가 地表에 도달하면 浸水가 되면서 절점의

斷面積이 급擴大되므로 水位는 더 以上の 變動없이 地盤高에 固定되는 것으로 가정한다. 浸水面積은 節點을 基準으로 逆圓錐形, 三角뿔기형 및 四角形으로 浸水되는 것으로 假定한다. 浸水量은 다음 式과 같이 表示할 수 있다.

$$FLD(M) = (\sum Q_{Min} - \sum Q_{Mout}) \Delta t \quad (14)$$

여기서 FLD(M)는 節點 M에서의 累加浸水量이며 Q_{Min} , Q_{Mout} 는 水深이 地表에 到達한 以後의 節點 M에서의 累加流入量 및 累加流出量이다.

浸水가 Fig. 3과 같이 逆圓錐形으로 發生한다면 浸水深(SUBH)과 浸水斷面積(SUBA)은 다음 式으로 표시할 수 있다.

$$SUBH(M) = [3 \cdot FLD(M) / S_o]^{1/3} \quad (15)$$

$$SUBA(M) = 3.14 [SUBH(M) / S_o]^2 \quad (16)$$

浸水가 Fig. 4와 같이 三角뿔기형으로 發生한다면 浸水深과 浸水斷面積은 다음 式으로 표시할 수 있다.

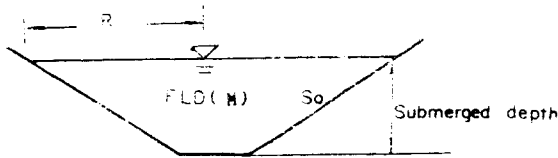


Fig. 3 Reverse-cone type flood area

$$SUBH(M) = [FLD(M) \times S_o / W(M)]^{1/3} \quad (17)$$

$$SUBA(M) = 2 \cdot W(M) \times SUBH(M) / S_o \quad (18)$$

단순히 流入面積위에 浸水가 發生한다면 다음 과 같이 표시된다.

$$SUBH(M) = FLD(M) / AREA(M) \quad (19)$$

여기서 AREA(M)는 節點 M로 直接流入하는

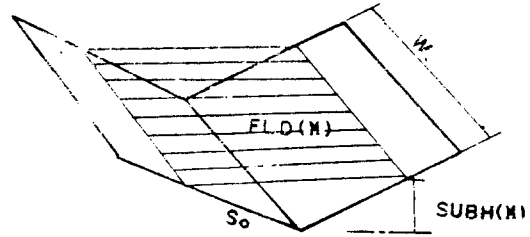


Fig. 4 Wedge-type flood area

區分流域面積이다.

2.2.5 初期 및 境界條件

地表越流에서의 初期條件 즉 $t=0$ 일 때 모든 地表平面은 乾燥되어 있고 最上流端의 上流側 境界에서는 外部流入量이 없고 上流區分流域으로부터 流出量은 下流區分流域의 上流部로 流入되는 것으로 가정하며 管渠에서의 初期條件은 計算時點의 $Q(X, 0)$, $H(X, 0)$ 가 될 수 있다. 또한 管渠의 出口는 河川이나 潮位의 影響을 받으며 外水位가 管渠내의 水位보다 높으면 管渠속의 初期水位값을 外水位와 같게 놓는다.

2.3 模型의 構成

2.3.1 流域要素

流出解析을 爲한 流域分割은 格子法을 應用한 連鎖法을 使用하고 區分流域의 面積計算은 直接 測量 및 排水平面圖를 利用한다.

地表流下길이는 地表面積을 區分流域의 平均 幅으로 나눈 값으로 하며 傾斜는 區分流域내에서의 表高差를 그 流下길이로 나눈 값으로 하고 集水路의 傾斜는 集水路 兩端의 高低差를 集水路길이로 나눈 값을 使用한다.

土壤의 分類는 土壤圖 또는 現場踏査를 통하여 調査하며 都市流域에서는 不透水流域이 많이 차지하므로 植生에 의한 損失量은 無視한다.

2.3.2 管路網의 構成

節點의 표시는 上流端에서 시작하여 出口를 향하여 番號를 부여하였으며 入力資料가 주어지면

上流管渠에서 下流管渠를 向하여 管渠別로 順次的으로 時間 t에서의 水文計算이 이루어지도록 構成하였다. URAM의 흐름도는 Fig 5와 같다.

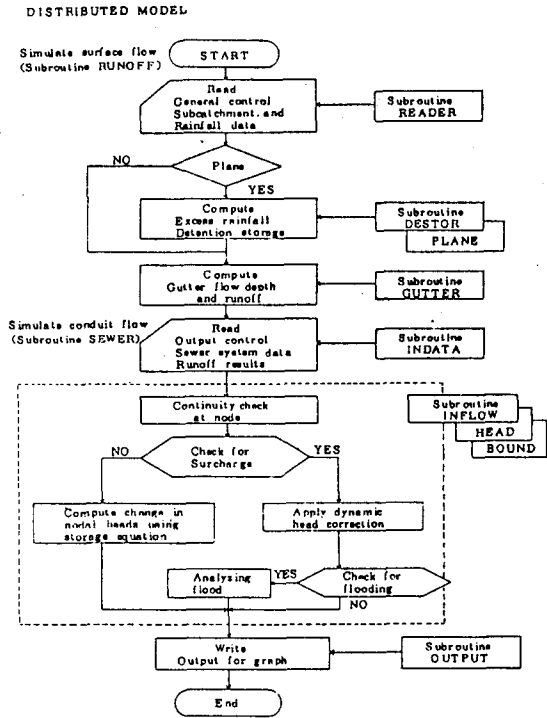


Fig. 5 Flow chart for URAM

2.3.3 入力 資料 RAM

入力資料는 1) 模擬發生 調節 情報, 2) 降雨資料, 3) 流域의 物理的 資料, 4) 浸透量 模擬 發生 資料, 5) 集水路의 物理的 資料, 6) 管渠의 幾何學的 資料, 7) 管渠組織 資料로 構成되어 있다. 模擬發生 調節情報에는 時間增分, 模擬發生時點, 積分回數, 出力할 節點 및 管渠의 番號, 出力間隔, 地表越流 流入點, 反復計算回數 등이며 降雨資料로는 區分流域 및 時間別 降雨量으로서 표시할 수 있다. 物理的 資料는 地表의 粗度 地表凹凸에 의한 初期損失量, 地表貯溜與否, 土地利用狀態, 透水與否 등으로 나타낼 수 있다.

土壤의 浸透量 模擬發生 資料로는 初期含水量, 初期浸透能, 最小浸透能, 減少係數 등으로 流域을 效果의으로 나타낼 수 있게 하였으며, 集水路의 物理的 資料는 길이, 規格, 傾斜 등이며 管渠의 幾何學적 資料로는 圓管일 경우에는 直徑, 四角形일 경우에는 幅과 높이, 梯形일 경우에는 低幅과 側面 傾斜와 높이가 된다. 管渠 組織에 대한 정보는 管低高, 管頂高, 管渠 및 管渠 양단의 節點番號 등이다.

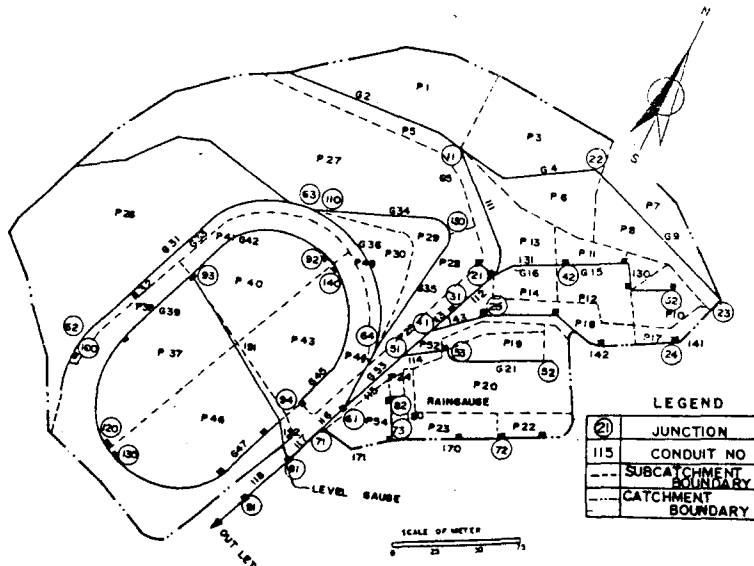


Fig. 6 Experimental catchment for URAM

3. 模型의 應用

3.1 對象流域

3.1.1 試驗流域

본 模型의 補正과 檢定을 위하여 사용한 試驗流域은 管渠維持狀態가 좋고 計測施設의 설치 및 維持管理가 容漁한 釜山 南區 龍塘에 위치한 釜山工業大學 캠퍼스를 이용하였다. 流域面積은 약 0.049km²이며 이중 약 67%는 運動場과 같은 透水流域이며 나머지 약 33%는 建物 道路와 같은 不透水流域이다. 流域分割은 Fig.6과 같이 區分流域 35개, 集水路 17개, 管渠 20개로 하였다. 區分流域面積은 218m²에서 7274m² 범위이며 평균은 1405m² 標準偏差는 1393m²이었다. 集水路는 L형 側溝로부터 0.6m×0.8m 範圍의 값이다.

管渠는 21개의 節點과 19개의 管渠로 構成되어 있으며 管渠의 規格은 直徑 0.3m에서 0.6m 範圍이며 길이는 14m에서 111m 範圍이다.

3.1.2 凡川流域

面積이 약 1.6km²로서 이중 약 60%는 住居地등의 不透水地域으로 構成되어 있고 나머지 약 40%는 透水地域으로 土深이 얇은 山林地이다. 流域의 上流端은 地表가 急傾斜를 이루고 出口에 가까와 질수록 傾斜가 緩慢해진다. 流域의 分割은 Fig.7과 같이 平面要素 60개, 集水路 21개 管渠 25個로 分割하였다.

平面要素의 範圍는 3500m²에서 158800m²이고 平均은 26700m² 標準偏差는 26300m²였다. 集水路의 規格은 0.4m×0.5m에서 5.0m×3.0m 範圍를 가졌고 管渠의 規格은 0.45m×0.45m에서 3.0m×10.0m이며 길이는 15m에서 222m 사이 값이다.

3.2 模型의 補正 및 檢定

降雨量은 試驗流域에 顛倒형 雨量計를 設置하여 測定하였으며 1988, 1989年度의 資料를 利用

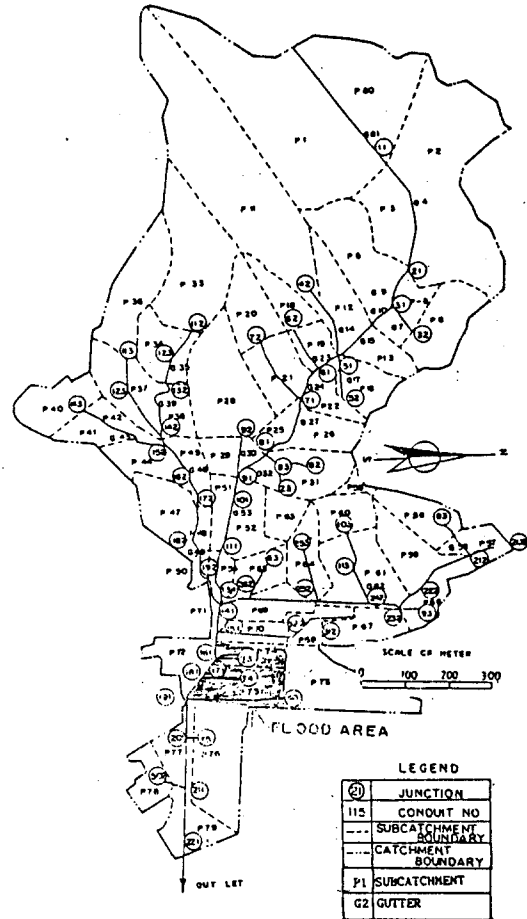


Fig. 7 Bumcheon catchment for URAM application

하였고 水位는 節點(맨홀)에 設置된 水位感知用 센서에서 보내온 신호를 遠隔記錄裝置에서 그래프형으로 記錄된 같은 期間의 測定資料를 使用하였다.

3.2.1 模型의 補正

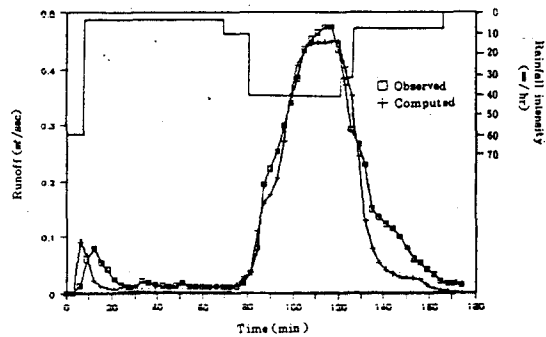
測定記錄이 良好한 10개의 降雨事象(持續時間은 57分에서 320分이며 總降雨量(8mm-39mm사이임)에 대한 試驗流域의 實測流量과 計算流量을 비교하여 Table.1과 같은 結果를 얻었으며 總流出量 및 尖頭流量에 대한 散布度는 Fig.8에 표시하였다.

Table.2 Verification results by URAM

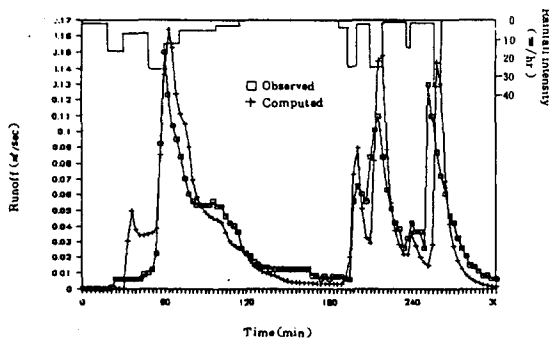
Event date	Total rain-fall(mm)	Duration time (min)	Total volume (m ³)		Ratio (Sim) /Obs	Peak runoff (m ³ /sec)		Ratio (Sim) /Obs	Peak time (min)	
			Obs	Sim		Obs	Sim		Obs	Sim
			6/24/89	15.44		130	280		283	1.01
6/27/89	17.10	215	303	299	0.98	0.0462	0.0430	0.93	204	213
7/11/89	6.50	30	65	62	1.04	0.1081	0.0977	0.90	15	15
7/12/89	10.49	93	116	131	1.13	0.0796	0.0790	0.99	39	39
7/29/89	167.77	880	결측	5879			0.5020			582
8/21/89	52.33	290	1071	1078	1.00	0.3320	0.3958	1.19	204	204
8/22/89	33.95	290	805	843	1.05	0.3764	0.4426	1.17	57	63
8/29/89	29.47	258	627	623	1.01	0.1500	0.1644	1.11	60	63
9/ 1/89	35.00	210	1039	1052	1.01	0.1821	0.2150	1.18	189	189
9/17/89	17.50	103	440	371	0.84	0.2026	0.3200	1.58	12	15

Note : Obs : Observed value

Sim : Simulated(computed)value



a) 補正 July 15, 1988



b) 檢定 August 29, 1989

Fig. 10 Observed and computed runoff hydrograph

3.2.2 模型의 檢定

補正에 사용한 同一流域에 媒介變數 補正시와 다른 時間대의 降雨資料를 이용하여 流出을 模擬

發生시켰으며 그 結果는 Table.2로서 補正時 統計値와 거의 비슷한 값으로서 檢定結果가 良好함을 보여주었다. 總流出量 및 尖頭流量에 대한 實測流量과 計算流量을 比較한 結果에 대한 散布度는 Fig.9이다. 補正 및 檢定時의 水文曲線중에서 대표적인 하나씩을 圖示하면 Fig.10과 같다.

3.2.3 浸水狀況 模擬 發生

凡川流域(Fig.7)에서 模擬發生 降雨資料는 1989.7.28일 16시 30분부터 7월29일 07시까지 약 14時間 30분 동안에 내린 167mm의 降雨를 利用하였다. 管渠에는 堆積 및 施設物로 因하여 斷面이 縮小되고 粗度係數가 增加되어 116, 173, 174의

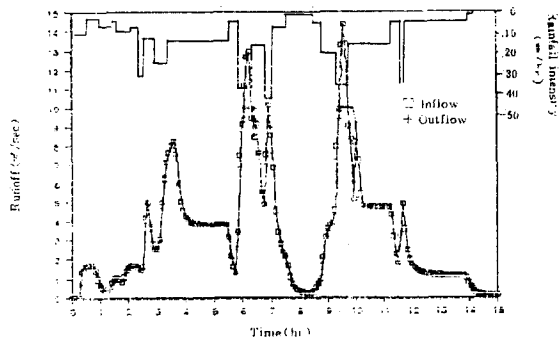


Fig. 11 Computed inflow and outflow hydrograph (conduit 116)

Table. 3 Results of flood simulation by URAM

Flood junction (node)	Flood		
	Volume(m ³)	Area(m ²)	Depth(cm)
73	—	44	0.1
74	141	9589	2.9
171	3682	26854	28.8

Table. 4 Runoff results according as different levels of discretization

Levels of discretization	Total inflow (m ³)	Total outflow (m ³)	Peak		Runoff ratio (%)	Flooded node
			Runoff (cms)	Time (min)		
81	267794	203098	11.29	580	76	74, 171
40	267794	202691	11.25	575	76	73, 171
24	267794	203466	11.27	580	76	73, 171
17	267794	206572	10.90	575	77	73, 171
9	267794	205266	11.94	575	77	73, 171

3個管渠에서 一時浸水가 發生하였으며 이중 116번 管渠에 대한 模擬發生 水文曲線을 나타내면 Fig. 11이고 3個管渠에 대한 浸水量의 變化는 Table. 3 및 Fig. 12과 같으며 이는 實際現場에서 發生한 現況과 비교적 一致함을 보여주고 있다.

장 큰 1989. 8. 21일의 降雨와 釜山地方의 5년 빈도 確率降雨強度인 66mm/hr를 사용하였다. 웨어의 流量係數(C)의 값은 1.7을 사용했으며 웨어의 越流幅은 區分流域의 全幅, 全幅의 60%, 全幅의 30%일 때의 3가지에 대해 검토 했으며 2%~7%의 尖頭流量 減少效果를 보여주고 있다.

3.3 模型의 應用性 檢討

3.3.1 排水組織의 分割

排水組織의 흐름을 解析할때 分割하는 區分流域의 數에 따라 어떤 影響이 있는지를 檢討하기 爲해 凡川流域(Fig 7)의 區分流域數를 81, 40, 24, 17, 9개로 分割하였으며 分割數에 따른 流域의 模擬發生 水文特性值를 要約하면 Table. 4와 같았다. 이 結果에서 알 수 있드시 分割 갯수에 따른 水文特性의 差異는 거의 없다.

3.3.2 地表貯溜

地表貯溜地의 構成 比率이나 位置등은 檢討대상에서 除外하고 Fig. 6의 區分流域 20, 37을 一時地表貯溜地(全面積의 약 10%)로 假定하여 模型의 舉動을 檢討하고자 한다. 實測 流出量중 가

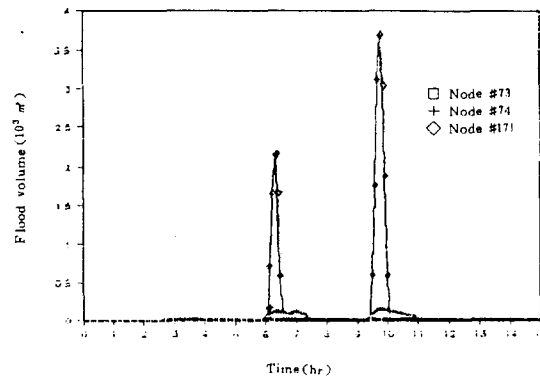


Fig. 12 Flood volume

3.3.3 境界條件의 變化

外水位가 管低高와 管頂高사이 에 있고 流域내의 다른 流入點의 地盤高 보다도 낮으며 管渠내를 흐르는 流出量이 管渠의 通水能力限界내에 있

을 때는 外水位에 큰 影響을 받지 않음을 보여 주는데 이는 管渠에서의 動水傾斜線이 크게 변치 않기 때문에 판단된다. 다만 外水位가 出口의 管頂高를 넘어서 地盤高에 가까워짐에 따라 下流境界水位가 流域의 流出特性에 미치는 影響이 커지며 尖頭流量은 다른 경우보다 적어지는데 이는 管渠내의 動水傾斜를 減少시켜 流入量이 減少되기 때문에 판단된다.

4. 要約 및 結論

都市化한 小流域에서 排水組織의 物理的 特性變化에 依한 流出現象과 既存排水管渠의 通水能力 및 浸水狀況을 定性的으로 評價할 수 있는 都市流域에서의 流出解析模型 URAM을 開發하여 試驗流域에서의 實測値와 本 模型을 利用한 模擬發生値를 比較하여 模型을 檢定한 後 實流域에 適用하여 그 結果로부터 다음과 같은 結論을 얻었다.

(1) URAM을 利用 試驗流域의 流出現象을 模擬發生한 結果 實測値와 잘 一致함을 보여 주었으며 本 模型은 都市小流域 流出解析에 利用價値가 높은 것으로 判斷되었다.

(2) 都市 常習浸水地域에 대하여 URAM을 利用 浸水現象을 模擬發生시킨 結果 計算된 浸水特性은 實際 現況과 定性的으로 잘 一致하였다.

(3) 排水組織의 區分流域 개수를 5가지로 달리 分割하여 模擬發生시킨 流出의 特性을 相互 比較한 結果 分割 개수에는 影響을 거의 받지 않음을 보여주었다.

(4) 試驗流域의 一部에 一時地表貯溜池가 存在할시 模擬發生流出特性을 檢討한 結果 越流幅이 좁을 수록 尖頭流量 調節效果가 좋았다.

(5) 出口의 境界水位가 出口의 管頂高 및 流域內 任意 節點의 地盤高以下이며 流出量이 管渠의 通水能力 限界內의 값일 때는 出口에서의 境界水位는 流出現象에 큰 影響을 미치지 않음을 보여 주었는데 이는 管渠內의 動水傾斜가 거의 一定하

게 維持되기 때문에 判斷되었다.

參考文獻

1. Haan, C.T., H.P. Johnson and Brakensiek, D.L., (1982). *Hydrologic modeling of small watersheds*, ASAE, Michigan, pp.409-509.
2. Harms, R.W., (1981). *Application of standard unit hydrograph in storm sewer design*, Second international conference on urban storm drainage, University of Illinois, pp.257-265.
3. Linsley, R.K., Kohler, M.A. and Paulhus, J.L.H., (1982). *Hydrology for engineers*, McGraw-Hill, New York, pp.234-310.
4. Richard, M.C. and Stanley, L.W., (1984). *Estimating urban time of concentration*, ASCE, Vol.110, No.7, July, pp.887-903.
5. Roesner, L.A., Shubinski, R.P., and Aldrich, J.B., (1984). *Storm water mangement model user's manual*, Version 3, Addendum I EXTRAN, Cincinnati, Ohio, pp.95-131.
6. Rovey, E.W., Woolhiser, D.A., and Smith, R.E., (1977). *A distributed kinematic model of upland watersheds*, Hydrology papers No.93, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, pp.5-52.
7. Terstriep, M.L., and Stall, J.B., (1974). *The Illinois Urban Drainage Area Simulator*, ILLUDAS Bullitin 58, Urbana, Illinois, U.S.A., pp.1-89.
8. Yen, B.C., (1987). *Topics in urban drainage hydraulics and hydrology from art to science*, Fourth international conference on urban storm drainage, pp.1-24.
9. Yen, B.C., (1986). *Hydraulics of sewers*, University of Illinois Urbana Champaign, Urbana, Illinois, U.S.A.
10. Yevjevich, V., and Barnes, A.H., (1970). *Flood routing through storm drains Part I*, Solution of problem of unsteady free surface flow in storm drain, Hydrology paper, No.43., Colorado State University.

11. Zaghoul, N.A., (1981), *SHMM model and level of discretization*, Journal of Hy. Div. ASCE, Vol.107, pp.1535-1545.
12. 朴承禹, (1984), 小流域 水文模型的開發과 應用, 韓國農工學會誌, 第26卷, 第2號, pp. 125-132.
13. 李元煥, (1988), 都市地域의 內排水處理施設管理, 大韓土木學會誌 第36卷 第2號.
14. 李榮大, (1990), 都市小流域의 流出解析을 爲한 數學的 模型的 開發, 서울大學校 博士 學位論文.
15. 全炳浩, (1988), 雨水管網設計, 韓國水文學會誌, 第21卷, 第3號, pp. 263-270.
16. 全炳浩, (1988), 都市開發에 따른 水害加重 影響 分析 및 對策研究.
17. 崔榮博, (1988), 都市洪水, 大韓土木學會誌, 第36卷 第2號, pp. 40-49.