

# 洪水流入量 算定을 위한 模型의 比較

## (Comparison of Model for the Evaluation of Flood Inflow)

최 우 희 \*

선우 중 호 \*\*

### 1. 序論

매년 겪는 洪水害로 인해 막대한 재산의 피해와 인명의 손실을 가져온다. 이러한 피해를 줄이기 위해 4 대강 유역에 많은 多目的 댐이 건설되고 있다. 洪水期에 각 유역의 다목적 댐을 이용하여 洪水 減衰機能에 의한 下流部의 피해를 최소화 하고 수자원의 효율적인 운영과 관리를 위해 댐의 短期 運營方案의 수립이 중요하다.

기존의 이들 다목적 댐들의 洪水 豫警報를 위한 洪水 流入量의 算定은 貯留 函數法(Storage Function Method)를 이용하고 있다. 그러나 본 연구에서는 이와 더불어 일본의 방재과학기술센터에서 개발한 탱크모형(Tank Model)과 미국 공병단에서 개발한 HEC-1 모형을 既往의 洪水 高像에 대해 漢江水系의 소양강댐, 충주댐 그리고 금강수계의 대청댐에 적용하여 豫測 流入量 水文曲線을 구한 다음, 實測 流入量 水文曲線과 도해법 및 수치해법으로 비교하고 이를 토대로 각 모형의 長,短點을 比較·評價 하고자 한다.

---

\* 서울대 대학원 박사과정

\*\* 서울대 공대 교수

## 2. 模型의 理論

### 2.1 流域追跡

#### 2.1.1 貯留函數 模型

유역의 유출계산은 연속방정식의 각 항을 유역면적으로 나누어 운동량 방정식과 연속방정식을 사용한다.

$$S_1 = K \cdot q_1 \quad \text{-----} \quad (1)$$

$$f_{\text{ave}} \cdot A - q_1 = dS_1/dt \quad \text{-----} \quad (2)$$

여기서  $S_1$ 은 단위 貯留高(mm/hr)이고,  $q_1$ 은 단위 유출고(mm/hr)이며,  $f_{\text{ave}}$ 는 단위 유입량(mm/hr)이다.

유역에서의 總 流出量은

$$Q(t) = [f_1 \cdot q_1 + (f_{\text{sat}} - f_1) \cdot q_{\text{sat},1}] \cdot A / 3.6 + Q_b \quad \text{-----} \quad (3)$$

여기서  $Q(t)$ 는 運轉以前의 유량,  $q_1$ 은 식(1)에서의 유량( $R < R_{\text{sat}}$ ),  $q_{\text{sat},1}$ 은 식(3)에 의한 유량( $R > R_{\text{sat}}$ ),  $R$ 은 강우량(mm/hr),  $R_{\text{sat}}$ 는 飽和雨量(mm/hr),  $f_1$ 은 1차 유출율,  $f_{\text{sat}}$ 는 포화유출율,  $A$ 는 유역면적( $\text{km}^2$ ), 그리고  $Q_b$ 는 基低流量이다.

#### 2.1.2 탱크 模型

탱크모형은 그림 1에서 보듯이 여러개의 탱크가 일렬로 구성된 단순모형이다. 탱크모형에서 강우로 인한 유출현상은 다음과 같다. 강우가 먼저 제 1 단 탱크로 유입된다. 각 탱크에서 강우는 부분적으로 각각 鑄流出口를 통해 유출되거나, 바닥을 통해 滲透되어 다음 탱크에 도달된다. 강의 유량은 각 탱크에서 鑄流出口를 통해 유출된 유출량의 합계를 모사(Simulation)한 것이다.

탱크모형의 流域追跡은 단순탱크모형(Simple Tank Model), 저류모형(Storage Type Model), 그리고 선형탱크모형(Linear Tank Model)을 이용하여 洪水追跡時는 時間運轉效果가 나타나지 않게 하기위해 제 2 단 또는 제 3 단 탱크까지만을 고려해서 流域追跡을 한다.

#### 2.1.3 HEC-1 模型

유역의 追跡方法으로는 Clark 合成單位流量圖 方法, Snyder 合成單位流量圖 方法, SCS 無次元 合成單位流量圖 方法, Kinematic Wave 方法이 있다. 위에서 열거된 방법중 Kinematic Wave 방법은 水理學的 추적방법이고 다른 방법들은 水文學的 추적방법이다.

Snyder는 단위유량도의 遲滯時間과 침투유량등을 조사하면서 地形因子와 相關關係를 수립하였다. 지체시간  $t_1$ 은

$$t = C_t (L \cdot L_0)^{0.3} \quad \text{-----} \quad (4)$$

여기서  $t_1$ 은 지체시간(hr), L은 하천의 길이(mile),  $L_0$ 는 유역출구로부터 유역의 중심과 가장 가까운 하천지점까지의 거리(mile), 그리고  $C_t$ 는 계수(1.8-2.2)이다. 유효강우의 지속시간  $t_R$ 은

$$t_R = t_1 / 5.5 \quad \text{-----} \quad (5)$$

尖頭流量  $Q_p$ 는

$$Q_p = 640 \cdot C_p \cdot A / t_1 \quad \text{-----} \quad (6)$$

여기서  $Q_p$ 는 침투유량(cfs),  $C_p$ 는 계수(0.4-0.8), A는 유역면적(mile<sup>2</sup>)이다. 基低時間 T는  $T = 3 + t_1 / 8$  ----- (7)

유효강우량의 지속시간이 식(5)로 구한  $t_R$ 과 다른 경우 다음 식에 의해 지체시간( $t_{p1}$ )을 구하고, 이를 식(6)과 식(7)에 대한  $Q_p$ 와 T를 구한다.

$$t_{p1} = t_1 + (t_r - t_R) / 4$$

여기서  $t_r$ 은 새로운 지속시간이다.

## 2.2 河道追跡

### 2.2.1 貯留函數 模型

하도구간에서 홍수유출량을 계산을 위한 운동량 방정식은 다음과 같다. 正常流인 경우

$$S_0 = K Q_0^p \quad \text{-----} \quad (8)$$

非正常流인 경우

$$S_2 = K Q_1^p - T_1 \cdot O_1 \quad \text{-----} \quad (9)$$

여기서  $Q_0$ 는 정상류에서의 유량(cms)이고,  $O_1$ 은 비정상류에서 흐름(=Q)이고,  $Q$ 는 하천구간에서 상류및 하류의 평균 유량(cms)이다.

식 (9)를  $O_1$ 에 대해 미분하면

$$\frac{dS}{dO_1} = K \cdot P \cdot O_1^{p-1} - T_1 = 0.5$$

$$O_1 = [(T_1 + 0.5) / KP]^{1/(p-1)} \quad \text{-----} \quad (10)$$

### 2.2.2 탱크 모델

하도추적모형에 적용하는 탱크모형으로는 그림 2와 같이 단순탱크모형(a), 2개의 흡유출구를 갖는 탱크모형(b), 그리고 유출량의 자승에 비례하는 탱크모형(c)에 각각 적용하여 각 구역의 하도추적에 가장 잘 맞는 최적모형을 찾아야한다.

### 2.2.3 HEC-1 모델

HEC-1 모형에서 하도추적에 사용되는 방법은 Kinematic Wave 방법, Muskingum Routing 방법, Working R and D 방법으로서 Kinematic Wave 방법은 수리학적 추적방법이고, Muskingum Routing 방법은 수문학적 추적방법이며, Working R and D 방법도 수문학적 추적방법의 하나로 Modified Pulse 방법의 한 변형이다.

## 3. 모델의 適用 및 結果

한강수계의 소양강댐, 충주댐, 그리고 금강수계의 대청댐에 대해 既往의 洪水 高像에 대해 저류함수 모형, 탱크 모형, 그리고 HEC-1 모형을 적용하였다. 소양강댐 유역은 1984년과 1989년 홍수사상에 대해 분석하였고, 충주댐 유역은 1988년과 1989년 홍수사상에 대해 분석하였으며, 그리고 대청댐은 1989년 홍수사상에 대해 분석하였다. 위의 분석은 각 모형에서 3개 또는 10개의 홍수 사상에 대해 각 모형의 검증용을 통해 각 구역의 공통적인 유역변수를 찾았다. 소양강댐 유역에 대한 저류함수 모형, 탱크 모형 그리고 HEC-1 모형의 비교는 그림 3에 있고, 충주댐은 그림 4 있으며, 대청댐은 그림 5에 있다.

위의 분석을 위해 도해법인 소위 eye-fitting 방법과 수치해법을 이용하여 분석하였다. 각 모형의 수문곡선에서 첨두유량값, 첨두유량 도달시간 그리고 전체적인 유출용적도 비교하였다. 소양강댐에 대한 모델의 比較에서 저류함수모형과 탱크모형의 유입량 수문곡선은 實測 流入量 水文曲線과 尖頭流量값, 尖頭流量 到達時間 모두 거의 일치하였으나 전체적인 流出容積은 약간 크다. HEC-1 모형에 의한 유입량 수문곡선은 실측 유입량 수문곡선 보다 첨두유량값이 약간 크게 나타나고, 전체적인 유출용적이 크다. 충주댐에 대한 모형의 비교는 저류함수모형은 실측 유입량 수문곡선에 비해 첨두유량값이 작게 나타나고, 첨두유량

도달시간은 지체되어 나타난다. 탱크모형은 첨두유량값 및 첨두유량 도달시간이 거의 일치함을 알 수 있다. HEC-1 모형은 實測 流入量 水文곡선에 비해 첨두유량값은 작게 나타나고 첨두유량 도달시간도 遲滯 되었다. 대형댐에 대한 모형의 비교는 저류함수 모형과 탱크모형은 실측 유입량 수문곡선에 비해 첨두유량값이 약간 작게 算定되었다. HEC-1 모형은 실측치에 비해 첨두유량값이 다소 크게 나타났다.

#### 4. 結論

洪水時 홍수 유입량의 정확한 算定을 위해 3 기의 多目的 댐에 저류함수 모형, 탱크 모형, 그리고 HEC-1 모형을 적용하여 비교한 결과 다음과 같은 結論에 도달하였다.

먼저 저류함수 모형과 탱크모형의 入力資料는 매우 간단하고 적지만 실측수문곡선과 거의 일치하였으나, HEC-1 모형의 입력자료는 방대하였으나 실측 수문곡선과의 近接度가 차이가 있었다.

둘째로 저류함수 모형과 탱크모형은 프로그램의 용량이 작고 運行時間이 짧아 개인용 콤퓨터를 이용하여 작업할 수 있으나, HEC-1 모형은 프로그램의 용량이 크기에 대형 콤퓨터를 이용하여야 하므로 작업의 불편함뿐만 아니라 콤퓨터 使用料도 비싸다.

셋째로 각 模型에서 계산된 洪水 流入量 豫測 水文曲線을 實測 流入量 水文曲線과 비교해 보면 다음과 같다. 현재 각 댐의 홍수 예경보에 사용되는 저류함수 모형은 비교적 실측 수문곡선과 일치하나 첨두유량값이 다소 작게 나타나고, 탱크 모형은 비교적 실측 수문곡선과 일치함을 알 수 있다. HEC-1 모형은 저류함수 모형과 탱크 모형에 비해 실측 수문곡선과의 近接度가 떨어지는 데, 그 이유는 저류함수와 탱크 모형에서 사용된 變數들은 유역이 가지는 特性인 비선형성을 고려할 수 있는 데 반하여 HEC-1 모형은 고려할 수 없기 때문이다.

네째로 저류함수 모형은 流域이 작은 경우에 예측 유입량 수문곡선의 정확도가 좋으나 탱크모형은 유역의 면적이 10 - 20,000 km<sup>2</sup> 까지도 적용할 수 있으므로 대상유역이 큰 경우에는 탱크모형의 적용이 유리하다.

위의 결과를 토대로 각 流域의 洪水 流入量을 算定하기 위해서는 HEC-1 모형보다는 저류함수 모형이나 탱크 모형의 적용이 豫測 流入量 水文曲線의 정확도,

계산시간의 단축, 작업의 편리성, 그리고 비용의 절감면에서 유리하다. 저류함 수 모형과 탱크 모형의 유입량 예측 수문곡선을 실측 유입량 수문곡선에 대해 정확도를 비교해 보면 탱크 모형이 좀 더 정확도가 높으므로 탱크모형의 사용이 유리하다.

### 5. 參考文獻

- 1) 건설부 한강홍수 통제소, 충주 다목적 댐 건설에 따른 한강 홍수 예정보 프로그램 개선 보고서, 1985.12
- 2) 건설부 한강홍수 통제소, 금강 홍수 예정보시설 기본설계 종합 보고서, 1988.7
- 3) 김 현영, 관계용 저수지의 일별 유입량과 방류량의 모의 발생, 서울대학교 박사학위 논문, 1988
- 4) 한국수자원공사, 저수지 수문조작을 위한 홍수 유입량의 예측모형 개발 연구 보고서, 1990.4
- 5) M.Sugrwa, I.watanabe, E.Ozaki and Y.Katsuyama, Tank Model with Snow Component, Research Notes on the National Research Center for Disaster Prevention No. 65, Japan, Nov. 1984
- 6) N.R.Farnum and L.W.stanton, Quantitative Forecasting Methods, PWS-KENT Publishing Co., 1989
- 7) US Army Corps of Engineers, HEC-1 Flood Hydrograph Package Users Manual, Hydorlogic Engineering Center, Sep. 1981

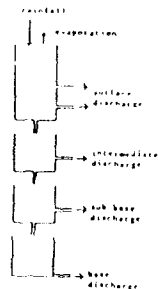


그림 1. 탱크모형의 구성

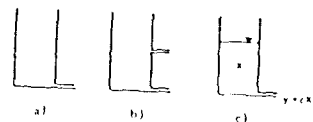


그림 2. 탱크모형의 하도추적

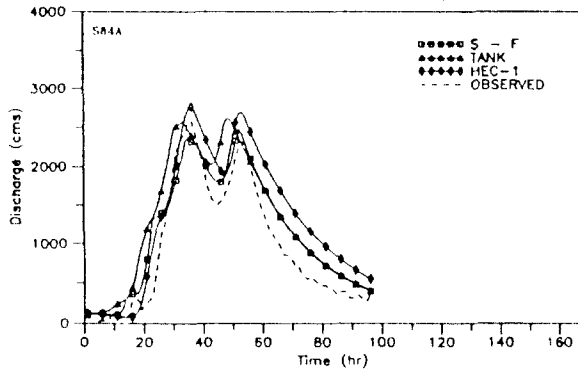


그림 3. 소양강댐에 대한 모형의 비교

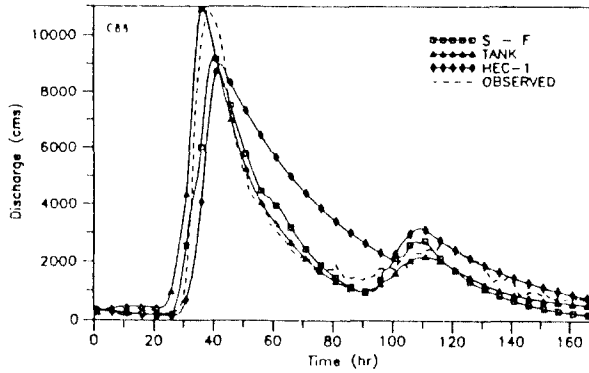


그림 4. 충주댐에 대한 모형의 비교

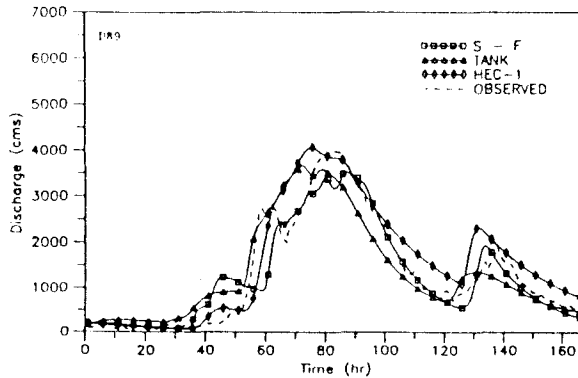


그림 5 대청댐에 대한 모형의 비교