

<論 文>

對流-擴散 모델을 이용한 洪水追跡에 關한 研究

(A Study on the Flood Routing using a Convective-Diffusion Model)

南 宣 祐*
Sun-Woo, Nahm

朴 翔 雨**
Sang-Woo, Park

Abstract

The prediction of a design-flood hydrograph at a particular site on a river may be based on the derivation of discharge or stage hydrograph at an upstream section, together with a method to route this hydrograph along the rest of river.

On the other hand, flood routing methods provide a useful tool for the analysis of flooding in all but the smaller catchment, and these methods are largely stored into hydrological method and hydraulic method.

Although the Muskingum Method as a hydrological method ignores dynamic effects on the flood wave, Muskingum-Cunge Method based on hydraulic method is possible to improve the method so that it gives a good approximation to the solution of the linear convective-diffusion equation. This is made on the basis of the finite difference equation for the Muskingum Method. In this study, the outflows predicted by Muskingum-Cunge Method are compared with the observed outflows of the Pyung Chang River.

1. 序 論

河川의 上流에 發生한 洪水波가 下流의 都市들을 통과할 때 最大水位와 所要 時間등을 豫測하는 것은 治水 水面에서 매우 必要하며, 이를 위한 工學의 手段의 하나로 洪水追跡技法이 이용된다.

洪水追跡은 開水路의 흐름을 설명하는 連續方程式으로 부터 貯溜方程式을 이용한 水文學的 追跡과 不定流(unsteady flow)에 대한 連續方程式 및 運動量方程式을 푸는 水理學的 追跡으로 크게 分類될 수 있다.

水文學的 追跡중에서 流入과 流出간의 關係로 係數 K와 X를 결정하는 Muskingum 方法이 주로 이용되는

데, 이 方法의 短點은 摩擦과 같은 動力學的인 影響(dynamic effects)을 포함시키지 않은 것이다. 그러나 이런 短點은 流出現象을 Kinematic Wave로 가정한 對流-擴散 方程式으로 改善할 수 있다.^{15),16)} Cunge(1969)는 Muskingum 方法에서의 係數 K와 X를 Kinematic Wave의 速度인 媒介變數 w의 函數로 수정하고, 有限差分式을 根據로 하여 線型 對流-擴散 方程式에 근접한 Muskingum-Cunge 方法(M.C.M)을 提案하였다.^{10),14)}

따라서 本 研究에서는 Muskingum 方法에서의 係數 결정을 관측된 流入·流出에만 의존하지 않고, 河幅의 變化와 河床傾斜의 變化에 따른 貯溜 效果로 인한 洪水波의 減少因子的 導入, 平均值를 통한 尖頭流量의 導

* 東國大學校 工科大學 土木工學科 教授

** " 大學院卒

入, 追跡區間的 길이, 洪水尖頭流量的 流下時間 등을 직접 연관시킨 Muskingum-Cunge 方法에 南漢江의 支流인 平昌江의 資料를 적용하여 流出水文曲線을 구하고, 實測 資料와 比較檢討 및 誤差의 算定으로 實際 河川에 대한 Muskingum-Cunge 方法의 適合性 與否를 確立하고자 한다.

2. 洪水追跡의 理論

(1) 基本方程式^{3),11)}

開水路의 漸變流(gradually varied flow)를 支配하는 公式은 St. Venant 方程式인 連續方程式과 運動方程式이라 할 수 있다.

$$\text{連續方程式: } \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{運動方程式: } \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) = A \cdot g \left(s - \frac{\partial y}{\partial x} - s_f \right) + qv \dots\dots\dots(2)$$

여기서, A=河川의 斷面積 Q=流量
g=重力加速度 s=河床傾斜
 $\frac{\partial y}{\partial x}$ = 水面傾斜 s_f=摩擦傾斜
q=水路의 單位길이당 側面流入量
v=流速

式(2)를 地表面流(overland flow)에서와 같이 Kinematic Wave 로 간주하고, 摩擦傾斜 s_f를 Stricker-Manning의 公式에 적용하면 다음과 같다.

$$s - \frac{\partial y}{\partial x} - \frac{Q^2 n^2}{A^2 R^{4/3}} = 0 \dots\dots\dots(3)$$

式(3)을 Q에 관하여 整理하여 式(1)에 代入하면 式(4)와 같이 變數 A(또는 y)만을 갖는 Kinematic Wave의 支配公式이 된다.

$$\frac{\partial A}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{1}{n} A \cdot R^{2/3} \left(s - \frac{\partial y}{\partial x} \right)^{1/2} \right] = q \dots\dots\dots(4)$$

여기서, R=水理半徑 n=Manning의 粗度係數

(2) 對流-擴散 方程式¹²⁾

氾濫原(flood plain)에 대한 洪水의 研究는 河川의 總流量을 水路안쪽에 대한 流量 Q_c(inbank flow)와 氾濫原위의 流量 Q_f(flow over flood plain)로 나누어 설명할 수 있고, 또한 氾濫原의 水位가 主要水路의 일반적인 方向으로 均一하다고 가정한다. 이때 水路와 氾濫原에 대한 式(1)과 式(3)을 적용하여 全體 시스템의 흐름을 나타내면 다음과 같다.

$$\left(1 + \sigma \frac{\partial A_f}{\partial A_c} \right) \frac{\partial A_c}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q \dots\dots\dots(5)$$

$$Q = Q_c + Q_f = \left(\frac{A_c \cdot R_c^{2/3}}{n_c} + \sigma^{3/2} \frac{A_f \cdot R_f^{2/3}}{n_f} \right)$$

$$\left(s - \frac{\partial y_c}{\partial x} \right)^{1/2} \dots\dots\dots(6)$$

여기서, σ=氾濫原에 대한 水路의 屈曲率

添字 c와 f=각각 水路와 氾濫原을 나타냄.

式(6)을 t에 관하여 微分하여 式(5)와의 사이에서 $\frac{\partial A_c}{\partial t}$ 를 消去하고 水路의 幅에 대한 水路길이의 比가 매우 크다고 가정하면 다음과 같다.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} - w \left(1 + \frac{1}{s} \frac{\partial y_c}{\partial x} \right)^{3/10} \left(-\frac{\partial Q}{\partial x} - q \right) = \frac{1}{2} Q \left(s - \frac{\partial y_c}{\partial x} \right)^{-1} \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{1}{\lambda B_c} \left(-\frac{\partial Q}{\partial x} - q \right) \right] \dots\dots\dots(7)$$

여기서, B=水路의 幅

$$w = \frac{Q}{\lambda (Q_c \cdot n_c)^{3/5} B_c^{2/5} s^{31/10}} \left(1 + \frac{2}{3} \frac{A_c}{R_c} \cdot \frac{\partial R_c}{\partial A_c} + \theta \right) \dots\dots\dots(8)$$

$$\lambda = 1 + \sigma \frac{B_f}{B_c} \dots\dots\dots(9)$$

$$\theta = \sigma^{3/2} \frac{A_f R_f^{2/3}}{n_f} \left[\frac{A_c}{R_f} \frac{B_f}{B_c} \left(1 + \frac{2}{3} \frac{A_f}{R_f} \frac{6R_f}{\partial A_f} \right) - \left(1 + \frac{2}{3} \frac{A_c}{R_c} \frac{\partial R_c}{\partial A_c} \right) \right] \times \left(\frac{A_c R_c^{2/3}}{n_c} + \sigma^{3/2} \frac{A_f R_f^{2/3}}{n_f} \right)^{-1} \dots\dots\dots(10)$$

만일 氾濫原이 浸水되지 않았거나 流量이 滿堤流量보다 적을 경우, 式(9)와 式(10)에서 λ=1, θ=0이 된다.

그리고 式(7)에서 q가 一定하고 $|\partial y_c / \partial x|$ 가 s와 비교하여 작다고하면 式(7)은 다음과 같은 對流-擴散 方程式으로 표현된다.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + w \frac{\partial Q}{\partial x} = Q \frac{\partial}{\partial x} \left(a \frac{\partial Q}{\partial x} \right) + \frac{aQ}{s} \frac{ds}{dx} \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{3}{5} a c \left(\frac{\partial Q}{\partial x} \right)^2 + wq \dots\dots\dots(11)$$

式(11)에서 左側 項에서의 w는 式(8)과 같이 流量 Q의 對流速度(convection speed)를 나타내며, 右側 項에서의 a는 擴散(diffusion)을 나타낸다.

(3) 對流-擴散 方程式의 解와 尖頭流量的 減少¹⁵⁾,

式(11)이나 또는 水位를 從屬變數로서 갖는 類似한 式들은 대부분의 간단한 洪水追跡方法의 基礎가 되고 할 수 있다. 이러한 모델들은 w와 a, 그리고 aQ가 時間과 空間의 常數라고 가정되며, 式(11)의 右側 項이 左側項보다 작다고 한다면 다음과 같이 1次元 모델로 쓸 수 있다.

$$\frac{\partial Q_1}{\partial t} + w_1 \frac{\partial Q_1}{\partial x} = 0 \dots\dots\dots(12)$$

式(12)는 速度 w₁이로 移動하는 Kinematic Wave를 나타내며, Q₁은 Q에 대한 1次元모델을 표시한다. 이런 波의 尖頭流量은 水路의 geometry에 의한 영향은 받지 않으나, w₁이 河道길이 x와 流量 Q의 函數이

므로 w_1 의 變化는 河道의 Kinematic Wave에 대한 流出水文曲線의 形狀에 직접적인 영향을 준다. 그러나 式(11)의 右側 項들은 실제로 Kinematic Wave의 解를 修正시키므로 다음과 같은 2次元모델을 拔萃할 수 있다.

$$\frac{\partial Q_2}{\partial t} + w_1 \frac{\partial Q_2}{\partial x} + w_2 \frac{\partial Q_1}{\partial x} = Q_1 \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(a^1 \frac{\partial Q_1}{\partial x} + \frac{a_1}{s} - \frac{ds}{dx} \frac{\partial Q_1}{\partial x} \right) \right] + \frac{3}{5} a_{1c} \left(\frac{\partial Q_1}{\partial x} \right)^2 + wq \dots (13)$$

式(13)의 完全解는

$$Q_2 = \int_x^0 q dx + \frac{Q_1}{w_1} \frac{d}{dt} \left(\frac{\alpha}{w_1^2} \frac{dQ_1}{dt} \right) + \frac{3}{5} \frac{a_c}{w_1^3} \left(\frac{dQ_1}{dt} \right)^2 \dots (14)$$

이다. 여기서 \bar{w} 는 平均 對流速度이며, α 는 減少因子 (attenuation factor)로서 다음과 같다.

$$\alpha(Q_1, x) = \frac{1}{2B_c} \left(\frac{1}{L} \int_s^L \frac{\lambda}{S^{1/3}} dx \right)^{-3} \int_s^x \left(\frac{\lambda}{s} \right)^2 dx \dots (15)$$

여기서, L =河道의 길이.

水文學의 追跡의 短點중의 하나는 水位와 流量의 關係가 一定하다고 假定한 것이다. 그러나 실제로 自然 洪水의 觀測에서 河道에 대한 水位-流量 關係는 loop rating curve로 나타나므로 尖頭流量의 減少가 發生한다. 그런데 만일 河道가 流量水文曲線의 尖頭에서 $\partial Q / \partial t = 0$ 이 되도록 충분히 짧다고 假定한다면, 이때 尖頭流量의 減少量 Q^* 는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$Q^{*2} = \frac{\alpha(Q_1, x)}{w_1^3} Q_1 \left| \frac{d^2 Q_1}{dt^2} \right| \dots (16)$$

式(16)에서 右側의 모든 函數는 상류의 尖頭流量에 대하여 計算되어야 하며, q 는 0으로 假定한다. 그러나 豫測減少量 Q^* 는 2次元모델의 完全解를 應用하기 위해서 원래의 尖頭流量 Q_p 의 10%以內이어야 한다는 制限이 있다. 만일 Q^* 가 Q_p 의 10%以上이라면 Q^* 는 다음과 같이 Q^{*new} 로 再定義된다.

$$Q^{*new} = Q_p \left[1 - \exp \left(- \frac{Q^*}{Q_p} \right) \right] \dots (17)$$

한편, 주어진 河道에 대한 減少因子 α 를 算定하는 가장 편리한 方法은 전체河道를 몇 개의 小區間으로 나누어 다음과 같이 구한다.

既往 最大洪水에 대하여 :

$$\alpha = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{L} \sum_{n=1}^M \frac{P_m}{s_m^{1/3}} \right)^{-3} \sum_{n=1}^M \left(\frac{P_m^2}{L_m s_m^2} \right) \dots (18)$$

氾濫原에 미치지 않는 洪水에 대하여 :

$$\alpha = \frac{1}{2B_c} \left(\frac{1}{L} \sum_{n=1}^M \frac{L_m}{s_m^{1/3}} \right)^{-3} \sum_{n=1}^M \left(\frac{L_m}{s_m^2} \right) \dots (19)$$

여기서 P_m 은 浸水된 m 번째 小區間의 氾濫原과 水路의 面積合이고 L_m 과 s_m 은 각각 P_m 에 對應하는 水路의 길이와 河床傾斜이며, B_c 는 平均 水路幅이다.

(4) 對流速度의 誘導¹⁵⁾

式(11)을 線型 對流-擴散 方程式으로 표현하면 다음과 같다.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + w \frac{\partial Q}{\partial x} = \mu \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} \dots (20)$$

여기서, $\mu = \frac{\alpha(Q_p)}{L} Q_p \dots (21)$

式(21)에서 μ 는 擴散을 나타내는 媒介變數이고, \bar{Q}_p 는 平均 尖頭流量이다. 式(20)에 基本洪水波(elementary flood wave)의 解를 考慮하면

$$Q = Q_r \cdot \exp \left[\left(\frac{w}{2\mu} - P_r \right) x \right] \cdot \sin(\nu_r t - q_r x) \dots (22)$$

이다. 式에서 P_r 과 ν_r 는 基本洪水波의 解에 이용되는 媒介變數, Q_r 은 $x=0$ 일때의 尖頭流量이며, $x=0$ 일때 水文曲線의 尖頭部의 曲率은 $\nu_r^2 Q_r$ 이 된다.

$$\left(\frac{P_r}{q_r} \right) = (2\mu)^{-1/2} \left\{ \left[\left(\frac{w^2}{4\mu} \right)^2 + \nu_r^2 \right]^{1/2} \pm \frac{w^2}{4\mu} \right\}^{1/2} \dots (23)$$

이때 洪水尖頭의 觀測速度는 $\nu_r/q_r = L/T_p$ 가 되며, 특히 $w^2/4\mu \gg \nu_r^2$ 일때 ν_r/q_r 은 式(24)와 같이 된다.

$$\nu_r/q_r = L/T_p = w + \frac{2\mu^2 \nu_r^2}{w^3} \dots (24)$$

여기서, T_p =觀測된 尖頭의 流下時間

만일 $\mu = \frac{\alpha \cdot Q_r}{L}$ 이라면 河道에서의 減少流量 Q^* 는

$$\begin{aligned} Q^* &= Q_r \left\{ 1 - \exp \left[\left(\frac{w}{2\mu} - P_r \right) L \right] \right\} \\ &= Q_r \frac{\mu \nu_r^2 L}{w^3} \\ &= \frac{\alpha \cdot Q_r}{w^3} \nu_r^2 Q_r \dots (25) \end{aligned}$$

이다. 따라서 對流速度 w 는 式(24)와 式(25)로부터 다음과 같이 된다.

$$w = \frac{L}{T_p} - \frac{2\alpha \cdot Q^*}{L^2} \dots (26)$$

(5) Muskingum-Cunge 方法

河道의 상류에서 流入量을 Q_j , 流出量을 Q_{j+1} 이라 하면, Muskingum 方法에서의 貯溜方程式은 다음과 같이 표현된다.

$$K \frac{d}{dt} \{ X Q_j + (1-X) Q_{j+1} \} = Q_j - Q_{j+1} \dots (27)$$

여기서 K 는 貯溜常數이고, X 는 流入·流出量의 相對的 중요성을 나타내는 常數이다. 그러나 Muskingum-Cunge 方法에서는 支流에 의한 側面流入量을 計算에 포함하게 되므로, 式(27)을 Fig. 1을 이용한 有限差分型으로 바꾸어 쓰면

$$\begin{aligned} \frac{K}{\Delta t} \{ X Q_j^{n+1} + (1-X) Q_{j+1}^{n+1} - X Q_j^n - (1-X) Q_{j+1}^n \} \\ = \frac{1}{2} (Q_j^{n+1} - Q_{j+1}^{n+1} + Q_j^n - Q_{j+1}^n) \dots (28) \end{aligned}$$

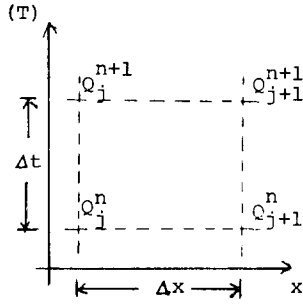


Fig. 1 Finite difference net

이다. 이때 특히 K 와 X 는 각각 다음과 같이 定義된다.

$$K = \Delta x / w \dots\dots\dots(29)$$

$$X = \frac{1}{2} - \frac{\alpha Q_p}{Lw\Delta x} \dots\dots\dots(30)$$

여기서 Δx 는 河道의 小區間의 길이, Δt 는 洪水波가 區間 Δx 를 통과하는 時間이다. 또한 式(28)은 式(20)과 같은 Kinematic Wave 方程式을 有限差分型으로 표현한 것이라 하겠다. 河道의 하류 끝부분에서 Muskingum-Cunge 方法에 의한 流出水文曲線은 다음과 같이 표시된다.

$$Q_{j+1}^{n+1} = C_1 Q_j^n + C_2 Q_j^{n+1} + C_3 Q_{j+1}^n + C_4 \dots\dots\dots(31)$$

여기서 $C_1 = \frac{KX + 0.5\Delta t}{K(1-X) + 0.5\Delta t}$

$$C_2 = \frac{0.5\Delta t - KX}{K(1-X) + 0.5\Delta t}$$

$$C_3 = \frac{K(1-X) - 0.5\Delta t}{K(1-X) + 0.5\Delta t} \dots\dots\dots(32)$$

$$C_4 = \frac{q\Delta t\Delta x}{K(1-X) + 0.5\Delta t}$$

그런데 式(31)의 正確度는 X 의 크기에 從屬되었다고 할 수 있으며, Δx 를 $L/10$ 으로 놓으면 $\Delta x/(w \cdot \Delta t)$ 와 X 의 關係는 Fig. 2와 같은 關係曲線을 나타내므로

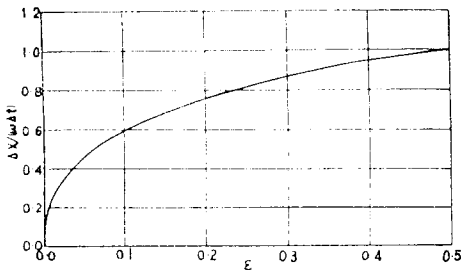


Fig. 2. Curve for $\Delta x/(\omega\Delta t) : \omega$ (taken from Cunge)

이때 Δt 가 決定된다.

(6) 洪水追跡의 解析過程 및 誤差 檢定方法

앞에서와 같은 理論을 적용하여 다음과 같은 過程을 따라 Muskingum-Cunge 方法에 의한 洪水追跡을 할 수 있다.

- a) 式(18)과 式(19)로부터 減少因子 α_p 를 구한다.
- b) 上流 水文曲線의 尖頭에서의 曲率을 다음 式으로부터 計算한다.

$$\frac{d^2 Q_p}{dt^2} = \frac{Q_{p-1} + Q_{p+1} - 2Q_p}{(\delta t)^2}$$

여기서 Q_{p-1} 과 Q_{p+1} 은 Q_p 를 전후로 한 Δt 간격의 流量이고, δt 는 $T_p/5$ 와 $3hr$ 중 작은 값을 이용한다.

- c) b)項의 값을 이용하여 다음 式으로부터 減少流量 Q^* 를 구한다.
- d) 만일 $Q^*/Q_p > 0.1$ 이 되면, Q^{*new} 를 式(17)에 의해 다시 구한다.
- e) 對流速度 w_p 를 式(26)로부터 구한다.
- f) 平均 尖頭量을 다음 式으로부터 計算한다.

$$\bar{Q}_p = Q_p - \frac{1}{2}Q^*$$

- g) 媒介變數 K 와 X 를 式(29) 및 式(30)에서 구한다.
- h) Δx 를 $L/10$ 으로 하고, g)項과 Fig. 2를 이용하여 Δt 를 구한다.

以上과 같이 구한 媒介變數들의 값들을 式(31) 및 式(32)에 적용하여 하류에서의 流出水文曲線을 豫測할 수 있다.

自然河川에서 洪水를 얼마나 正確하게 模擬發生시켰는가를 決定하는 것은 매우 중요한 意味를 갖으며, 이를 위한 洪水追跡의 檢定이 필요하다. 本 研究에서는 다음과 같은 4가지의 誤差媒介變數를 考慮하여 觀測 流量水文曲線과 豫則 流量水文曲線을 比較 檢定하였다.

- i) 減少量의 誤差(%) = $\frac{OPD - PPD}{OPD} \times 100$
- ii) 洪水尖頭의 速度誤差(%) = $\frac{OV - PV}{OV} \times 100$
- iii) 標準偏差(%) = $\left[\frac{1}{2n+1} \sum_{n=1}^{2n+1} (OD - PD)^2 \right]^{1/2} \times \frac{100}{AOD}$
- iv) 平均偏差(%) = $\frac{AOD - APD}{AOD} \times 100$

여기서 OPD =觀測尖頭流量, PPD =豫測尖頭流量
 OV =觀測速度, PV =豫測速度
 OD =觀測流量, PD =豫測流量
 AOD =平均觀測流量, APD =平均豫測流量

3. 研究 對象流域의 資料

本 研究의 對象流域인 平昌江은 山岳地形인 江原道 平昌郡에 位置한 南漢江의 支流로서 7個所에 自記水位觀測所가 있는데, 本 研究에서는 Fig.3과 같이 平昌江의 本流이며 한개의 支流를 갖고 있는 上安末와 平昌사이의 流路 區間을 擇하였다. 4) 上安末와 平昌의 流域面積은 약 390.08km², 流路길이는 33.1km 이며, 小區間의 길이와 氾濫原의 面積, 河床傾斜는 1:50,000 地形圖에서 求한 결과 Table 1과 같다.

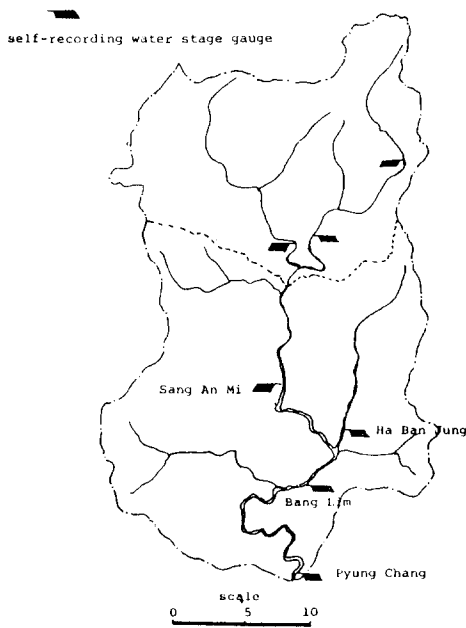


Fig. 3. Location of Gauging Station and Basin Map

Table 1. Basin Data of the Pyung Chang River

小區間의 길이 (km)	氾濫原의 面積 (km ²)	河床傾斜	備 考
7.3	1.23	2.6 × 10 ⁻³	上安末
10.3	2.92	2.2 × 10 ⁻³	
7.5	1.28	2.8 × 10 ⁻³	
8.0	2.52	4.9 × 10 ⁻³	平昌
計 : 33.1 計 : 7.95 平均 : 3.15 × 10 ⁻³			

平昌江의 下流에서 洪水追跡을 하기 위한 觀測資料는 1983年 7月 24일부터 7月 26日까지의 流出量資料와 1984年 7月 3日부터 7月 6日까지의 流出量資料를 入力 水文資料로 하였다. 그러나 支流인 하반정의 自記水位觀測所가 1983年 이후에 設置되었기에 하반정에 의한 支流의 影響은 1984年の 洪水追跡에서만 試圖하였다.

4. 洪水追跡의 結果分析

本 研究에서 1983年 및 1984年の 平昌江 水文資料를 利用하여 Muskingum-Cunge 方法으로 洪水追跡을 시도한 結果 Table 2, 와 같은 媒介變數, 尖頭流量의 減少量 및 誤差를 얻었으며, 이에 따른 水文曲線은 Fig. 4 및 Fig. 5 와 같다.

그러나 1683年的 洪水追跡은 資料의 미비로 인하여 支流의 影響을 考慮하지 못했기 때문에 水文曲線의 誤差가 상당히 컸으며, 1984年の 洪水追跡은 觀測 水文曲線과 完全히 一致하지는 않으나 尖頭流量 및 尖頭流量下時間은 거의 正確하게 豫測될 수 있었다.

Table 2. Parameters, Attenuations and Errors for floods in the Pyung Chang River

洪水發産日	尖頭流量 $Q_p(m^3/s)$		尖頭流下時間 및 速度				平均尖頭 $Q_p(m^3/s)$
	上安末	平 昌	$T_p(hr)$	$L/T_p(m/s)$	$\frac{d^2Q_p}{dt^2}(m^3/s)$	$w(m/s)$	
1983. 7. 24	279.40	248.40	5.0	1.84	-0.185×10^{-5}	1.79	276.83
1984. 7. 3	992.80	914.10	4.5	2.30	-0.762×10^{-5}	2.28	976.03
貯 溜 常 數		尖頭減少量 $Q^*(m^3/s)$		追跡誤差 (%)			
K		X		觀 測 值	豫 測 值	標準偏差	平均偏差
1.808		0.316		31.0	56.8	19.71	5.67
1.454		0.290		144.0	178.8	15.10	2.05

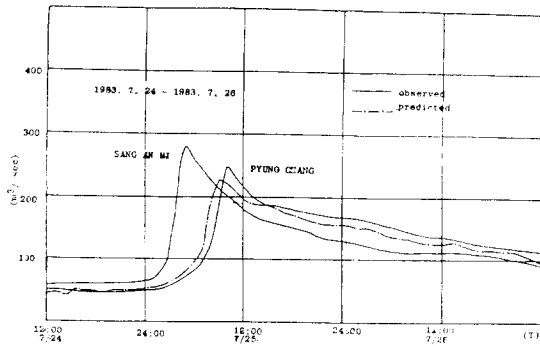


Fig. 4. Predicted and Observed Hydrograph in the Pyung Chang River(1983. 7. 24~7. 26)

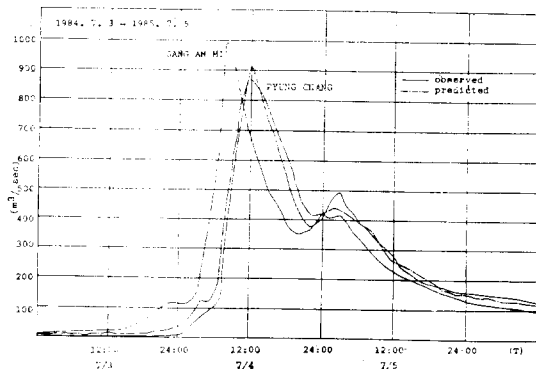


Fig 5. Predicted and Observed Hydrograph in the Pyung Chang River(1984. 7. 3~7. 6)

5. 結論

洪水追跡의 目的은 河道나 貯水池를 지나 洪水波의 時間的, 空間的 變化를 豫測하며, 既知의 上流 水文曲線으로 부터 下流에 대한 流出水文曲線을 決定함으로써 洪水의 豫警報에 도움을 주고자 함이다. 그러나 時間的, 空間的으로 變化無常한 洪水流量을 追跡하여 正確하게 豫測한다는 것은 不可能하나, 本 研究에서는 河道의 幾何學的 因子와 洪水의 特性因子를 Muskingum-Cunge 方式으로 決定하여 追跡한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

- 1) 支流의 影響을 考慮하지 않았을 경우 尖頭流量과 尖頭波의 流下時間의 豫測에 있어서 誤差가 發生하였으며, 支流의 影響을 考慮하였을 경우 比較的 正確한 結果를 얻을 수 있었다.
- 2) 尖頭流量의 크기가 전반적으로 작게 나타 나는데, 이는 이 流域이 많은 石灰岩地域을 갖고 있으며, 또한 媒介變數 X에 의한 峯기貯溜의 影響때문이라고 생각된다.

3) 觀測值와 豫測值의 誤差가 比較的 적으므로 支流를 갖는 다른 河川에 대하여 媒介變數의 계산 來오, 數值的인 追跡의 실패등을 注意한다면 실제 河川에 대한 Muskingum-Cunge 方法의 適用 可能性이 크리라 생각된다.

參考文獻

1. 漢江洪水統制所 “漢江洪水豫警報 流出 및 常數分析 報告書”, 1979. 12.
2. 尹龍男, “水文學”, 淸文閣, 1976.
3. 鮮于仲皓, “水文學”, 東明社, 1983.
4. 建設部, “國際水文開發計劃(I.H.P.)”, 1982, 1983.
5. Linsley. R.K., Kohler. M.A. & Paulhus. J.L., “Hydrology for Engineers”, McGraw-Hill, New York, 1958.
6. Warren Viessman. J.R., “Introductin to Hydrology”, Harper & Row. Publishers, New York, 1977.
7. Henderson. F.M.. “Open Channel-Flow.”, Macmillan and Company, New York, 1966.
8. Chow. V.T., “Open ChannelHydraulics”, McGraw-Hill, New York, 1959.
9. Brutsaert. W., “De Saint-Venant equations experimentally verified”. ASCE, 97, HY 9, pp.13 87-1401, 1971.
10. Thomas. I.E. & Wormleaton. P.R., “Finite difference solution of flood diffusion equation.”, J. of Hydrology, 12, pp.211~221, 1971.
11. Price. R.K., “Flood routing in natural river.”, Proceedings, 55, pp.913~930, 1973.
12. Thomas. I.E., “Flood routing using a convective diffusion model”, Civil Eng. and Public works Review, 65.
13. Silvio. G., “Flood wave modification along Channels.”, ASCE, HY9, pp.1589~1614, 1969.
14. Cunge. J.A., “On the subject of a flood propagation method.”, J.Hydraulic. Res., No.2, pp.225 ~230, 1969.
15. Hyami. S., “On the propagation of food waves”, Bulletin, No.1, Disaster Previation Research Institute, Kyoto. Univ., 1951.
16. Hayashi. T., “Propagation and deformation of flood waves in natural channels.”, 80th Anniversary Bulletin, pp.67~80. Chuo. Univ., 1965.