

<論 文>

不定流 解析에 依한 錦江下流部 洪水位決定  
(Flood Stage Determination by Implicit Numerical Technique)

鮮 于 仲 皓\*  
Jungho Sonu

Abstract

One of the techniques to determine flood stages in natural channel is to find the solution of unsteady flow equations such as continuity and momentum equations. Since the exact analytic solution of these equations are not known, the implicit numerical scheme is widely accepted tool for the approximate solution of equations. This technique is applied to the downstream of Daechung Dam in Geum River for the determination of flood stage for given frequency. However the flood stages are greatly affected by the method of reservoir operation. Comparison of flood stages in downstream is made between two methods, Auto Reservoir Operation Method and Technical Operation Reservoir Method. Obviously, the Tech. ROM is found to be superior to Auto ROM.

<서 論>

자연하천에서 홍수량 또는 홍수위를 결정하는 방법으로서 수문학적 홍수추적 또는 수리학적 홍수추적으로 대변할 수 있다. 수문학적 홍수추적 방법은 수리학적 방법 보다 간편한 대신에 정확도가 후자에 비하지 못하기 때문에 보다 정확한 계산을 위하여서는 수리학적 추적 방법을 사용하고 있다. 수리학적 추적 방법은 기본적으로 부정류 공식인 운동량 공식과 연속 방정식을 말한다. 이 두개의 공식을 연립하여 푸는 해석적인 방법은 없으므로 결국은 數値解析 方法에 의하는 수밖에 없다.

부정류에 있어서 運動量公式와 連續方程式을 數値解析에 의하여 近似解를 구하는 方法으로서는 Explicit 方法, Implicit 方法 및 特性曲線法(Method of Characteristics)이 있다. Explicit 方法은 解가 安定되기 위하여 거리와 관계되는 시간 크기에 한계가 있기 때문에 짧은 기간동안의 수위 또는 유량의 변화를 계산하는데 있어서는 크게 어려움이 없으나 큰 하천에서의 장기간에 걸친 홍수파의 계산등에는 실제로 사용하기 곤란하다. 또한 特性曲線法에 依한 不定流의 計算

도 많이 實施되고 있으나, 이 方法은 急變하는 흐름에는 적용성이 좋으나 주어진 時間과 地點에서 흐름狀態를 觀察하기 위한 計算으로는 적합하지 않다. 長期間에 걸친 不定流의 解析은 上記의 두 方法보다 Implicit 方法에 依하는 경우가 많다. 이는 數値解析上 다른 복잡한 面과 電子計算式 所要시간이 많은 短點이 있으나 長期間에 걸친 不定流해석에는 우수성이 인정되고 있다.

本論文에서는 Implicit 方法에 의한 不定流解析을 自然河川(錦江 下流部)에 적용함으로써 上流의 設計洪水에 대한 洪水位 또는 洪水量을 決定할 수 있게 하였다.

<基本理論>

自然河川의 斷面에서의 不定流公式은 다음과 같다.

연속 방정식

$$(b+b_s) \frac{\partial z}{\partial t} + ub \frac{\partial h^*}{\partial x} + uh^* \frac{\partial b}{\partial x} + bh^* \frac{\partial u}{\partial x} - q = 0 \dots\dots\dots (1)$$

운동량 방정식

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{u}{h^*} \frac{\partial z}{\partial t} + 2u \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{u^2}{b} \frac{\partial b}{\partial x} + \frac{u^2}{h^*} \frac{\partial h^*}{\partial x} + g \frac{\partial z}{\partial x} + g \frac{n^2 u |u|}{(h^*)^{4/3}} = 0 \dots\dots\dots (2)$$

여기서

$b$  = 하천의 유동부분 수면폭

\* 正會員, 서울大學校 工科大學 副教授(工博)

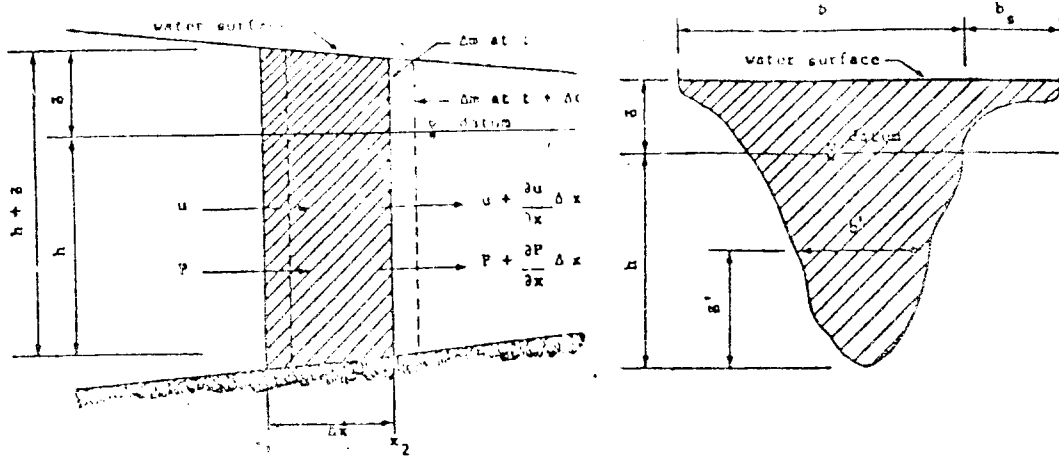


그림 1. 自然河川의 斷面

- $b_s$  = 하천의 저유부분 수면폭
- $z$  = 기준면으로부터 수면까지의 높이
- $t$  = 시간
- $u$  = 흐름방향 유속
- $h^*$  = 수리 평균심
- $x$  = 흐름 방향거리
- $q$  = 단위길이당 흐름 직각 방향의 유입량
- $g$  = 중력가속도
- $n$  = Manning의 조도계수

自然河川에서의 단면은 흐름에 기여하는 부분(그림 1에서 폭  $b$ 에 해당)과 저류효과만을 가지는 고수부지 형태의 부분(그림 1에서  $b_s$ 에 해당)으로 구분할 수 있기 때문에 연속 방정식에서 저류효과를 포함하는 (1)식의 첫째 항에는  $b_s$ 가 고려되어야 하나 其他 흐름의 항에서는 考慮될 필요가 없다. 따라서 (1) 및 (2)식은 自然河道에서의 連續方程式과 運動量方程式이라 할 수 있다.

앞에서도 記述한 바와 같이 不定流公式의 一般解는 알려져 있지 않기 때문에 (1) 및 (2)식은 수치해석법에 의하여 解를 구하는 수밖에 없다. 數値解析法中 Explicit 方法은 많은 制約條件이 수반되기 때문에 Implicit 方法에 依한 解析이 많이 사용되고 있다. 不定流計算에서 Implicit 方法은 1) 時間간격  $\Delta t$ 의 크기에 關係없이 결과는 항상 안정(Stable)하며 2) 경계 조건을 流域의 어느 地點에서든지 줄 수 있으며 3) 本流, 支流 및 湖水等の 處理가 용이하는 長點을 지니고 있다.

그림 2와 같은 격자에서  $x_m + \frac{\Delta x_m}{z}$ ,  $t_n + \theta \Delta t_n$ 에 위치한  $R$ 點에서의 임의의 미지수  $K$ 와 그의 편미분값은 각각 다음과 같이 표시한다.

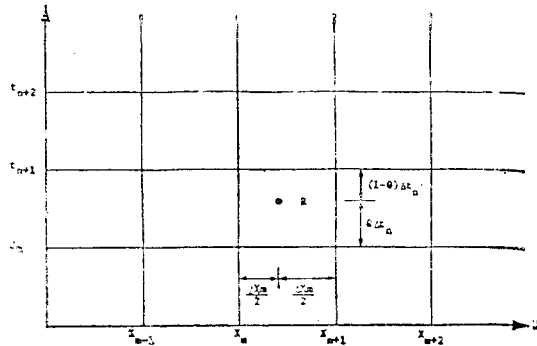


그림 2. 차분을 위한 Grid의 形成

$$K = \theta \left( \frac{K_m^{n+1} + K_{m+1}^{n+1}}{2} \right) + (1-\theta) \left( \frac{K_m^n + K_{m+1}^n}{2} \right) \dots (3)$$

$$\frac{\partial K}{\partial t} = \frac{1}{2\Delta t} (K_m^{n+1} + K_{m+1}^{n+1} - K_m^n - K_{m+1}^n) \dots (4)$$

$$\frac{\partial K}{\partial X} = \theta \left( \frac{K_{m+1}^{n+1} - K_m^{n+1}}{\Delta x} \right) + (1-\theta) \left( \frac{K_{m+1}^n - K_m^n}{\Delta x} \right) \dots (5)$$

여기서

$\theta = 1$ 이면 Backward Implicit Scheme

$\theta = 0$ 이면 Explicit Scheme

이며

$0.5 < \theta \leq 1.0$ 인 경우에 결과는 무조건 안정이다. 이와 같이 (3), (4) 및 (5)식의 原則을 사용하여 (1)식 및 (2)식을 差分方程式으로 表現하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \frac{1}{4\Delta t} \left[ (b + b_s)_m + (b + b_s)_{m+1} \right] \cdot \left[ z_m + z_{m+1} - (z_m^n + z_{m+1}^n) \right] \\ & + \frac{1}{4\Delta x} \left[ \theta (u_m + u_{m+1}) + (1-\theta) (u_m^n + u_{m+1}^n) \right] \left[ b_m + b_{m+1} \right] \\ & \left[ \theta (z_{m+1} - z_m) + \left\{ h_{m+1} - h_m + (1-\theta) (z_{m+1}^n - z_m^n) \right\} \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & + \frac{1}{4\Delta x} \{ (\theta(u_m + u_{m+1}) + (1-\theta)(u_m^n + u_{m+1}^n)) [b_{m+1} - b_m] \\
 & \quad [ \theta(z_{m+1} + z_m) \{ h_{m+1} + h_m + (1-\theta)(z_m^n + z_{m+1}^n) \} ] \\
 & + \frac{1}{4\Delta x} [ b_m + b_{m+1} ] [ \theta(z_m + z_{m+1}) + \{ h_{m+1} + h_m + (1-\theta)(z_m^n \\
 & \quad + z_{m+1}^n) \} ] \cdot \\
 & \quad [ \theta(u_{m+1} - u_m) + (1-\theta)(u_{m+1}^n - u_m^n) ] \\
 & - q = 0 \dots \dots \dots (6) \\
 & \frac{1}{2\Delta x} \{ u_m + u_m + u_{m+1} - (u_m^n + u_{m+1}^n) \} \\
 & + \frac{1}{2\Delta t} [ \{ \frac{\theta(u_m + u_{m+1}) + (1-\theta)(u_m^n + u_{m+1}^n)}{\theta(z_m + z_{m+1}) + h_{m+1} + h_m + (1-\theta)(z_m^n + z_{m+1}^n)} \} \\
 & \quad \cdot \{ z_m + z_{m+1} - (z_m^n + z_{m+1}^n) \} ] \\
 & + \frac{1}{\Delta x} [ \{ \theta(u_m + u_{m+1}) + (1-\theta)(u_m^n + u_{m+1}^n) \} \{ \theta(u_{m+1} - \\
 & \quad u_m) + (1-\theta)(u_{m+1}^n - u_m^n) \} ] \\
 & + \frac{1}{\Delta x} [ \theta(u_m + u_{m+1}) + (1-\theta)(u_m^n + u_{m+1}^n) ]^2 \cdot \\
 & \quad [ \frac{b_{m+1} - b_m}{-b_{m+1} + b_m} ] \\
 & + \frac{1}{2\Delta x} [ \frac{\{ \theta(u_m + u_{m+1}) + (1-\theta)(u_m^n + u_{m+1}^n) \}^2}{\{ \theta(z_m + z_{m+1}) + h_{m+1} + h_m + (1-\theta)(z_m^n + z_{m+1}^n) \}} ] \\
 & \quad \cdot [ \theta(z_{m+1} - z_m) + h_{m+1} - h_m + (1-\theta)(z_{m+1}^n - z_m^n) ] \\
 & + \frac{g}{\Delta x} [ \theta(z_{m+1} - z_m) + (1-\theta)(z_{m+1}^n - z_m^n) ] \\
 & + \frac{gn^2}{2} \frac{[ \theta(u_m + u_{m+1}) + (1-\theta)(u_m^n + u_{m+1}^n) ] \cdot [ \theta(u_m + \\
 & \quad u_{m+1}) + (1-\theta)(u_m^n + u_{m+1}^n) ]}{[ \theta(z_m + z_{m+1}) + h_{m+1} + h_m + (1-\theta)(z_m^n + z_{m+1}^n) ]^{4/3}} \\
 & = 0 \dots \dots \dots (7)
 \end{aligned}$$

(6)식과 (7)식에서 時間에 대한 添字가 表示되지 않은 項들은 전부  $n+1$ 이다. 이 식들 중에서 時間  $t_n$ 에서의 모든 變수  $u$ 와  $z$ 는 기존의 값으로 한다면 時間  $t_{n+1}$ 에서의 미지수  $u$ 와  $z$ 는  $x$ 方面의 斷面數가  $N$ 개라 할 때 총  $2N$ 의 미지수가 된다. 그러나 (6)식과 (7)식의 총수는  $2(N-1)$ 이 되므로 결국 (6)과 (7)식의 해를 구하기 위하여서는 2개의 식이 더 필요하게 된다. 이 두개의 식은 境界조건으로 주어질 수 있으며 自然 하천에서 境界 조건들은 다음과 같은 것을 생각할 수 있다.

- a) 두 지점에서의 同時 水位
- b) 두 지점에서의 同時 流速
- c) 水位에 對한 流量
- d) 流速에 對한 流量

자료의 可用性에 따라 위의 4가지 境界 조건으로부터 2개를 택하여 數式化함으로써 앞에서 要求되는  $2N$ 개의 公式를 만들 수 있다. 이  $2N$ 개의 公式를 聯立하여

풀므로서 不定流 狀態의 흐름을 해석할 수 있다.

만일 合流點이 있는 경우에는 連續方程式 및 다음의 條件을 만족시키도록 하여야 한다. 즉

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 \dots \dots \dots (8)$$

$$z_1 = z_2 = z_3 \dots \dots \dots (9)$$

여기서 침자 1과 2는 지류를 말하며 3은 합류 이후의 結점을 나타낸다. 또한 境界 조건이 時間에 따라 變化가 심한 경우에는  $Q$ 의 값은 1.0에 가까운 값을 擇하며, 그렇지 않은 경우에는  $Q$ 는 0.55근처의 값을 택하면 된다.

〈錦江 下流部의 洪水量 및 洪水水位決定〉

錦江 流域의 總面積은 南韓全體의 約 1/10에 해당하는 9,800km<sup>2</sup>이며 河川의 延長은 400km이다. 河床경사는 上流로부터 中流部까지는 1/1000~1/3000이며 中流部에서 下流部까지는 1/5000~1/8000이다. 특히, 公州 부근에서의 河床경사는 1/4500으로서 완만한 편이다. 本流域의 年平均 강우량은 1,230mm이나 그 變化는 상당한 차이를 보여주고 있어 約 600~2,000mm의 폭으로 되어 있다.

錦江流域은 1980年 12월에 大清댐의 준공을 보았으며 이 댐의 水門조작에 따라 大清댐 下流의 洪水水位는 많은 變化를 주게 된다. 따라서 大清댐 조작方法에 따라 洪水水位의 變化를 調査하는 것은 意義있는 일이다. 大清댐 下流部의 빈도별 홍수량 및 홍수위를 決定하기 위하여 大清 및 美湖川의 빈도별 設計流入 水文曲線을 決定한 후 이를 河道에 따라서 追跡을 實施함으로써 地點別 洪水量 및 洪水水位를 결정할 수 있다. 大清下流의 支川인 甲川도 錦江流域에 主要支流로 볼 수 있을 정도의 流域面積을 갖고 있으나 甲川은 本流 침투홍수량에 미치는 영향이 크지 않은 것으로 判斷되어 本解析에서는 除外하였다.

各地點의 洪水量 決定은 單位圖 合成方法의 一種인 Nakayasu方法을 使用하였으며 이 方法은 이미 係數의 調整이 錦江流域調査 당시 實施된 바 있어 이를 그대로 使用하는데 큰 問題는 없으리라 思慮되었으며 단지 降雨의 配分은 既調査된 (金熙鍾 韓國河川의 流出에 關한 研究 博士學位 論文 1971) 資料를 利用하였다. 上記調査에 依하면 公州地方에 있어서 침투강우가 일어나는 時間은 全體降雨時間의 約 58% ( $r=0.58$ )에 해당하는 時間에 發生하는 것으로 나타나 있다. 이는 1964~1966사이의 14個 호우에 對하여 實施한 調査로서 公州地點의 降雨로부터 洪水水文線을 合成하는데 있어서 降雨의 配分을 이 結果에 依하여 實施하였다.

降雨의 配分은  $0.58 \times 24$ 에서 最大値가 發生하는 것으로 하며 이를 中心으로 하여 均等하게 配分하였다.

즉

$$r = \frac{r_{24}}{24} \left( \frac{24}{T} \right)^{2/3}$$

그림 3은 上記 方法에 依한 미호천의 빈도별 홍수 水文曲線이며 그림 4는 대청지점에서의 빈도별 홍수 수문곡선이다.

地 點	洪 水 量 m <sup>3</sup> /sec			
	50年	80年	100年	200年
대청댐지점	8,500	9,200	9,500	10,700
미 호 천	6,122	6,612	6,831	7,574

表 1. 대청 및 미호천지점에서 빈도별 홍수량

大清댐 地點에서 放流되는 洪水波와 美湖川으로 부터의 洪水波의 첨두치가 同時에 만날 수 있는 確率이란 極히 적은 것이며 이 두 個의 洪水波는 어떤 時間的인 差異를 두고 만난다. 이는 各流域의 形態, 河川의 경사 및 연장 등에 따라 다르며 이를 반영시키는 要素는 洪水첨두유량을 나타내는 지체時間(lag time)이라 할 수 있다.

錦江流域報告書에 依하던 大清댐地點에서의 지체時間은 25時間이며 美湖川에서의 지체時間은 約 7.5時間으로서 두 流域에서의 水文曲線은 約 18時間의 差異를 둔다고 볼 수 있다. 따라서 錦江水流의 美湖川 合流點에 洪水波는 美湖川의 洪水 水文曲線과 大清에서의 洪水 水文曲線을 18時間의 差異를 두고 合成하였다.

錦江下流部(大清下流부터 公州 水位標地點까지)의 빈도별 洪水水位의 計算은 水理學의 追跡方法에 의거 大清댐 築造以前과 以後의 狀況에 대하여 計算하였다. 大清댐 築造以前이란 大청댐에서의 水門조작에 의한 水文曲線의 變化가 없는 것을 의미하여 이는 순수한 河道가 水文曲線에 미치는 影響을 分析하기 위한 것으로 빈도별 洪水水位를 決定하기 위한 것은 아니다.

그림 5는 大清댐築造以前에 大清댐 地點에서의 100年 빈도 홍수 수문곡선을 公州지점까지 河道追跡한 결과이다. 즉 本區間에서 河道의 貯溜 및 첨두유량의 지체현상은 約 200m<sup>3</sup>/sec와 4시간으로 나타났다. 이는 洪水波의 모양이 크게 變함이 없이 傳達되는 것을 알 수 있다. 公州水位標地點의 洪水 水文曲線을 구하기 위하여 그림 3 및 4에서의 大清地點과 美湖川의 빈도별 水文曲線을 18시간 지체시켜 合成시키며 追跡을 實施한 결과는 그림 6과 같다. 이 水文曲線은 2個의 첨두치를 가지는 것으로 나타나며 이는 美湖川의 水文曲線이 18시간 앞서 本流로 流入되기 때문이다. 本計算의 結果值를 利用하여 水位流量의 關係를 구할 수 있으며

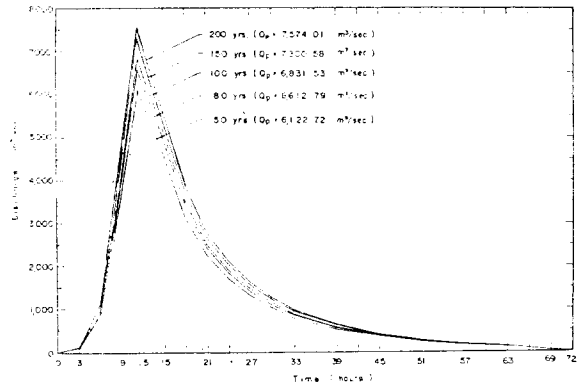


그림 3. 미호천에서의 빈도별 홍수 수문곡선

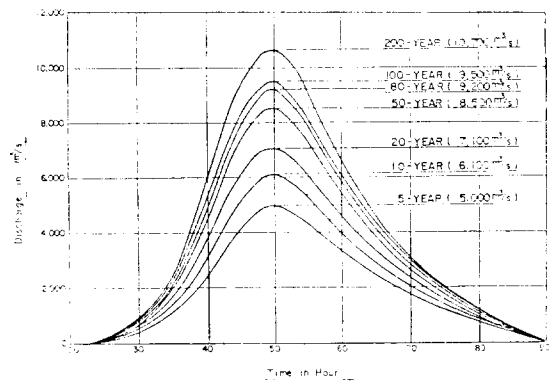


그림 4. 대청댐 지점에서의 빈도별 홍수 수문곡선

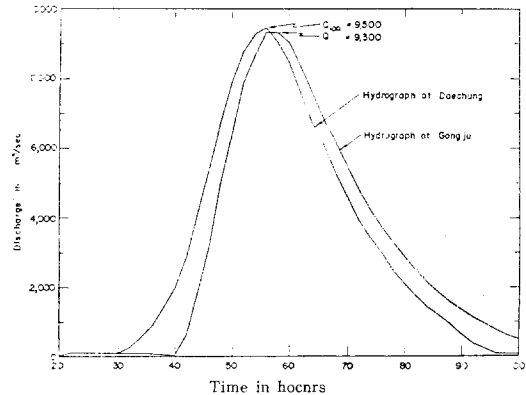


그림 5. 자연하도의 홍수추적에 의한 수문곡선의 변화

公州水位標地點計算에 의한 값들과 實測值와 比較하기 위하여 그림 7에 實測值를 도시한 결과 比較的 잘 일치함을 알 수 있다. 따라서 水理學의 追跡의 計算結果로 合成水位流量의 關係를 誘導할 수 있음을 보여주었다. 이 計算에서 Manning의 n 値는 上流에서는 0.030, 下流에서는 0.028을 使用하였다.

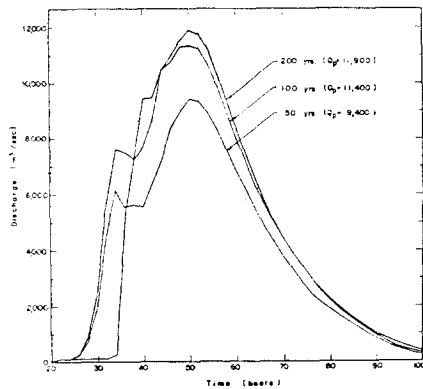


그림 6. 公州 수위표 지점에서의 빈도별 수문곡선

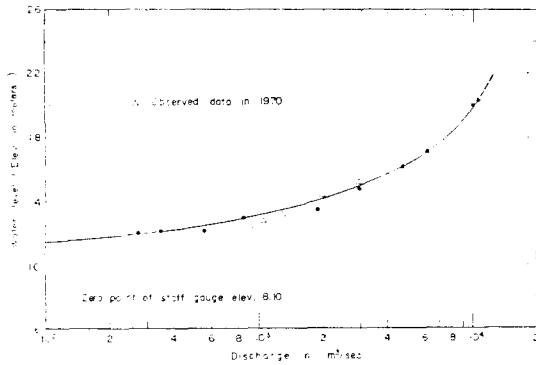


그림 7. 公州 수위표지점에서의 수위-유량곡선

大清댐 築造以後에 下流部에서의 洪水量은 大清댐 水門操作 方法에 따라 많은 영향을 받게 된다. 따라서 洪水追跡의 實施는 댐의 放流量에 대하여 施行하여야 하며 이들을 美湖川의 流出量과 合하여 公州水位標지점까지 追跡을 실시한다. 大清댐의 水門조작방법은 報告書(Daechung Multipurpose Dam Project, Report on Spillway Gate Operation, Feb. 1976, Nippon Koei)에 의하면 다음과 같다.

(A) Automatic Reservoir Operation Method (Auto ROM)

水門造作 方法中 가장 간단한 方法으로서 水門에서의 水位를 항상 관찰하여 水位가 H.W.L. 以上으로 상승할 때 開門함으로서 항상 水位가 H.W.L. 以上으로 상승하지 못하게 하는 水門조작 方法이다.

(B) Rigid ROM

이 方法은 水門地點에서의 水位와 流入量을 同時에 觀察하여 水門을 造作하는 方法이다. 만일 水位가 H.W.L.에 미치지 못하였을 경우는 洪水가 끝날 때 H.W.L.에 도달될 수 있도록 放流量을 調節하며 또한 水位가 H.W.L.以上으로 도달되었을 때는 洪水가 H.W.

L과 F.W.L. (Flood Water Level)사이의 공간을 利用하여 洪水를 貯留하는 方法이다.

(c) Technical ROM(Tech. ROM)

이 方法은 上記 2個方法보다 더 精確한 것으로서 水門에서의 水位, 流入量 및 降雨量을 精確히 分析 앞으로의 洪水流入量을 豫測하여 洪水 貯留유량은 H.W.L.과 F.W.L.사이의 공간으로 조절하며 必要에 따라서는 流入이 發生하기 以前에 放流할 수도 있는 方法이다.

上記 3個의 水門造作法中 현재 大淸댐에 사용코져하는 方法은 Tech. ROM으로서 이는 流域內의 洪水 예보체제가 갖추어져야 한다. 3個方法中 Auto ROM은 貯留유량의 감소효과가 가장 적으며 反面에 Tech. ROM은 貯留유량을 가장 많이 감소시키는 方法이다. 그림 8은 100년 빈도가 大淸댐저점에 발생하였을 때 각 조절방법에 의한 유출유량 및 수위를 표시하였다. 이 그림에서 알 수 있는 바와 같이 Auto ROM 인 경우 9,500m³/sec의 流量을 7,300m³/sec로 감소시킬 수 있으나 Tech. ROM에서는 같은 流量에 對하여 4,250m³/sec까지 감소시킬 수 있어 洪水調節面에서는 Tech. ROM이 훨씬 有利하다.

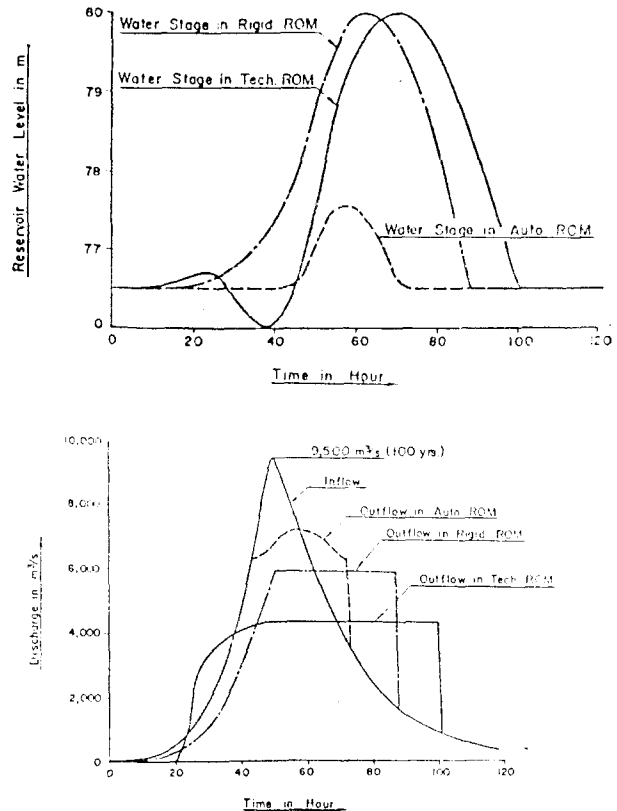


그림 8. 저수지 수문조작 방법에 따른 유출 수문곡선

그러나 Tech. ROM의 경우 홍수도달以前에 水門을 조작하여야하는 어려움이 있으나 정확한 자료의 수집과 유역모형에 의한 유출의 계산이 실시된다면 가능하리라 생각한다.

本調査區間の 洪水量 및 洪水位를 決定하기 爲하여 大淸댐에서의 Outflow 水文曲線은 Auto ROM과 Tech. ROM의 2個 Outflow에 對하여 검토하였으며 支川 美湖川의 流入 水文曲線은 前節에서와 같은 曲線을 使用

하였다. 大淸댐에서의 Outflow 水文曲線은 After Bay 에 영향을 받지 않는다고 가정하였으며 10年, 100年, PMF에 對하여 洪水追跡을 實施하였다. 表 2 및 3에 나타난 바와 같이 公州水位標地點에서의 水位는 Auto ROM의 PMF때 Elev. 20.6으로서 가장 높은 것을 보여주고 있다. 또한 그림 9에 도시한바와 같이 Auto ROM의 경우가 Tech. ROM의 경우 보다 항상 홍수위가 높은 것을 보여주고 있다.

表 2. 大淸댐 築造後 地點別 洪水位 및 洪水量(Auto ROM에 의하여 조절된 경우)

地 點	洪水量	50年		100年		200年		PMF	
		洪水量	洪水位	洪水量	洪水位	洪水量	洪水位	洪水量	洪水位
大 淸	6,900	—	7,300	—	7,800	—	9,800	—	
美湖川合流點	7,900	22.75	8,500	23.10	9,100	23.60	11,100	25.10	
公州水位標	7,900	18.25	8,500	18.70	9,100	19.10	11,100	20.60	

表 3. 大淸댐 축조후 지역별 洪水位 및 洪水量(Tech ROM에 의하여 조절된 경우)

地 點	洪水量	50年		100年		200年		PMF	
		洪水量	洪水位	洪水量	洪水位	洪水量	洪水位	洪水量	洪水位
大 淸	3,700	—	4,300	—	5,200	—	9,700	—	
美湖川合流點	4,900	20.9	5,500	21.2	6,500	21.8	11,000	25.1	
公州水位標	4,900	16.4	5,500	16.8	6,500	17.40	11,000	20.5	

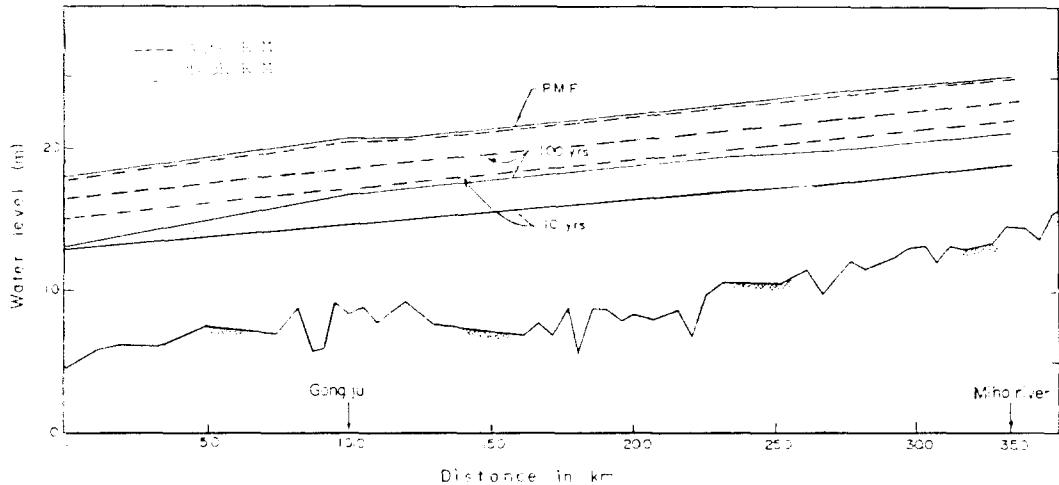


그림 9. 水門조작방법에 따른 빈도별 洪水位

<결 론>

자연하천에서의 홍수량 또는 홍수위를 결정하기 위한 방법으로서 수리학적 홍수 추적방법을 사용하였다. 부정류 공식인 연속방정식과 운동량方程式을 自然河

川의 高水부지의 영향을 考慮하여 修正하였으며 이를 數値解析方法에 依하여 解를 求하였다. Implicit方法에 依한 差分公式을 作成하였으며 實際自然河川의 적용을 위하여 錦江의 大淸댐下流부터 公州水位標地點에 對하여 追跡을 實施하였다. 大淸댐 下流部의 洪水量 및 洪水位는 大淸댐 水門조작에 따라 크게 영향을 받으므로

水門조작에 따른 放流 水文曲線을 水理學的 追跡을 實施하여 求하였다. 또한 自然河道의 貯留 및 침투유량의 지체현상을 觀察하기 위하여 大清댐 地點의 洪水水文曲線을 追跡한 결과 水文曲線의 形態에는 크게 變化가 없었음을 나타내었다. 이 水理學的 追跡計算의 副産物로서 公州 水位標地點의 水位—流量關係를 求할수 있었으며 中間級의 流量(2,000m<sup>3</sup>/sec~4,000m<sup>3</sup>/sec)에서는 實測値와 計算値가 잘 一致됨을 알 수 있었다.

〈감사의 글〉

본 研究는 現代研究費에 의하여 實施되었으며 研究費지원에 감사를 드린다.

참 고 문 헌

건설부, 錦江流域調查事業報告書, 1972년 2월  
 건설부, Report on the Geum River Basin Overall Development Project, Appendix I, Feb, 1972  
 건설부, 錦江河川整備基本計劃, 1974년 12월.  
 건설부, 錦江河川整備基本計劃 (2), 1975년 12월.  
 김희중, 한국하천의 流出에 관한 研究, 博士學位論文, 1971.

Nippon Koei, Daechung Multipurpose Dam Project, Report on Spillway Gate Operation, Feb. 1976.  
 Abbot, M., Computational Hydraulics, Pitman, 1979.  
 Amein, M., Streamflow Routing on Computer by Characteristics, Water Resources Res., Vol. 2(1), 1966.  
 Amein, M., An Implicit Method for Numerical Flood Routing, Water Resources Res., Vol. 4(4), 1968.  
 Amein, M., Implicit Flood Routing in Natural Channels, J. of Hyd. Div., ASCE, Vol. 96 HY 12, Dec, 1970.  
 Chow, V., Open Channel Hydraulics, McGraw-Hill, 1954.  
 Cunge, J., F. Holly and A. Verwey, Practical Aspects of Computational River Hydraulics, Pitman Advanced Publishing Program, London, 1981.  
 Mahmood, K., and V. Yevjevich, Unsteady Flow in Open Channels, Vol. 1, Water Resources Publication, 1975.