

錦江河口둑 洪水豫警報시스템 開發(I)

—시스템의 構成—

Real-Time Flood Forecasting System For the Keum River Estuary Dam(I)

—System Development—

鄭 夏 禹* · 李 南 鎬** · 金 顯 榮*** · 金 成 俊****
Chung, Ha Woo · Lee, Nam Ho · Kim, Hyun Young · Kim, Seong Joon

Summary

A real-time flood forecasting system(FLOFS) was developed for the real-time and predictive determination of flood discharges and stages, and to aid in flood management decisions in the Keum River Estuary Dam. The system consists of three subsystems : data subsystem, model subsystem, and user subsystem. The data subsystem controls and manages data transmitted from telemetering systems and simulated by models. The model subsystem combines various techniques for rainfall-runoff modeling, tidal-level forecasting modeling, one-dimensional unsteady flood routing, Kalman filtering, and autoregressivemovingaverage(ARMA) modeling. The user subsystem in a menu-driven and man-machine interface system.

I. 緒 論

洪水豫警報란 降雨, 河川水位 및 流量과 같은 水文資料를 利用하여 河川의 主要地點에 대한 流出量을 豫測하여 이를 豫警報하는 것이다. 洪水豫警報는 洪水로 인한 人命被害를 防止하고 財産被害를 最小化할 수 있는 가장 重要한 手

段의 하나로 認識되고 있으며, 都市化와 産業化에 따라 洪水에 의한 被害가 漸增하고 있어 그 必要性 또한 더욱 增大되고 있다. 最近의 洪水豫警報施設을 통한 洪水豫報는 TM(Telemetering) 施設을 利用한 實時間 資料의 活用을 前提로 한다. 따라서 既存의 降雨-流量 資料로부터 流域의 流出量을 豫測하는 方法보다 實時

* 서울大學校 農業生命科學大學

** 安城産業大學校

*** 農漁村振興公社

**** 서울大學校 農業開發研究所

키워드 : 洪水豫警報, 一次元不定流, 實時間, 潮位, 自己回歸模型, ARMA模型, Kalman-Filter, 使用者便宜시스템, Telemetering

間 降雨·流量 資料로부터 流出量을 정확히 豫測하는 實時間 豫測技法의 活用이 可能하게 된다. 이에 따라 洪水를 완벽하게 未然에 防止한다는 것은 不可하지만 洪水豫警報施設을 利用한 洪水의 實時間 豫測을 통해 相當 水準까지 洪水被害를 輕減시킬 수 있을 것으로 생각된다.

美工兵團은 實時間 貯水池操作과 洪水豫警報를 위한 水管理시스템을 개발하여 West Virginia州의 Kanawha江 流域 등에 適用하였다 (USACE, 1983). 이 시스템은 資料蒐集 및 處理, 降雨分析, 河川流出量豫測, 資料 및 시뮬레이션 結果의 그래픽出力 등의 機能을 갖고 있다. Uruguay江 下流流域 50,935km²에 대한 洪水豫報를 위해 實時間 資料를 利用하는 PRE-DIC 模型을 使用하였는데, 이 模型은 合成單位圖法을 利用한 一般 副模型과 Muskingum法을 利用한 河道追跡模型으로 構成되어 있다 (Gradowczyk, 1980). 英國 北웨일즈 地域의 Dee江의 TM 施設을 根幹으로 한 洪水豫警報 施設의 運營을 위해 非線形 貯溜流出模型을 開發·適用한 바 있다(Lambert, 1980). 美國 Georgia州의 Savannah江 流域內 세계의 多目的 貯水池를 對象으로 動的 河道追跡을 利用한 洪水流出의 實時間 操作과 豫測 그리고 貯水池의 效率的인 管理를 위하여 BRASS(Basin Runoff And Streamflow Simulation)模型을 開發한 바 있다(Colon과 McMahon, 1987). Texas의 Colorado江 下流流域의 高地 湖沼를 對象으로 DWOPER 模型에 의한 1次元 河道追跡, 降雨 流出模型 등을 利用한 實時間 洪水豫測模型을 開發하였다(Unver 등, 1987). 우리나라의 경우 主要 5大 水系를 對象으로 하여 建設部 漢江 洪水統制所에서 洛東江, 蟾津江, 錦江, 榮山江에 洪水豫警報施設을 設置하고 이 施設의 運營을 위한 洪水豫警報 프로그램을 開發한 바 있는데 洪水追跡방법으로는 貯溜函數法을 使用하였다.

本 研究는 公州에 位置한 錦江洪水統制所로

부터 傳送되는 TM 水位 및 降雨量 資料와 錦江河口둑에 設置된 洪水豫警報施設에서 提供되는 各種 實時間 水文資料를 利用하여 錦江下流 地域에서 發生하는 洪水를 早期에 豫警報하고 錦江 河口둑을 合理的으로 運營하는데 必要한 洪水豫警報 프로그램을 開發하는데 그 目的이 있다.

本 報에서는 錦江 下流地域의 洪水豫警報를 위한 施設의 構成과 各種 模型의 開發에 대해 다루고, 第2報에서는 模型의 應用에 대해 論議한다.

II. 錦江河口둑 洪水豫警報施設의 概要

1. 錦江流域의 特性

錦江은 우리나라 中央部 西側에 位置하고 있는데, 그 流域이 忠淸北道를 包含한 5道에 分布되어 있는 流域面積이 9,886km², 本流의 流路長이 401km인 國內 第3의 河川으로서 主要 支流는 甲川, 美湖川, 維鳩川 및 論山川 등이 있다(Fig. 1 參照). 地形은 山地面積이 넓고 山地의 表土深은 淺으며 一般的으로 急傾斜를 이루면서 支流를 따라 좁고 긴 平野를 이룬다. 流域의 平均勾配는 1/2,000~1/55,000으로서

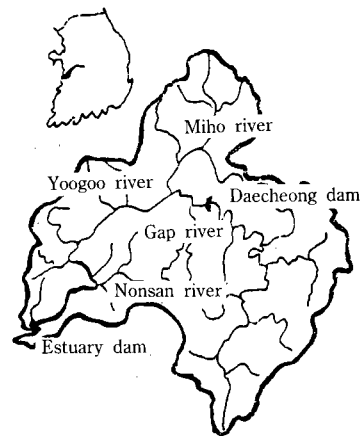


Fig. 1. Keum River basin

下流部로 갈수록 緩慢해지며 河口에서 50~60km 地點까지는 潮汐의 影響을 받는 感潮河川으로 되어 있다. 水位-流量關係式이 誘導되어 있는 公州地點부터 河口둑까지는 約 85km로써 洪水流下時間은 約 11~12時間이 所要된다. 이 洪水流下時間과 다음 干潮位 사이클 內에서 洪水의 特性을 把握하고 排水門의 操作決定을 내려야 하는 特徵을 갖고 있다.

2. 建設部 錦江洪水豫警報施設

建設部에 의해 設置된 錦江流域의 洪水豫警報施設은 On-line TM 시스템으로 각 水位觀測所, 雨量觀測所, 壩觀測所 및 河口둑으로부터 傳送되는 資料를 3個所의 中繼局을 통하여 公州에 位置한 錦江洪水統制所까지 Microwave로 받아 이를 全體 시스템에 適合하도록 調整하여,

洪水豫警報프로그램의 入力資料를 提供하도록 構成되어 있다. 미륵山中斷所는 下流의 中斷役割을, 鷄龍山中斷所는 中流, 대성山中斷所는 上流地域의 TM觀測所의 中斷役割을 擔當하고 있다. 錦江流域에 대한 洪水豫警報의 模式圖는 Fig. 2와 같다. 1993年 基準으로 水文觀測所로 雨量觀測所 58個, 水位觀測所 34個所가 運用되고 있다. 이들 觀測所 中 實時間 資料蒐集을 위한 TM水位觀測所는 23個所, TM雨量觀測所는 35個所가 運用되고 있다. TM水位局의 通信網圖는 Fig. 3과 같다. 一部資料는 錦江河口둑으로 傳送되어 河口둑의 洪水豫警報에 活用된다. 錦江河口둑 洪水豫警報施設 및 프로그램 運用에 必要한 公州 下流部의 水位觀測所는 10個所, 雨量觀測所는 14個所로서 Table-1과 같다.

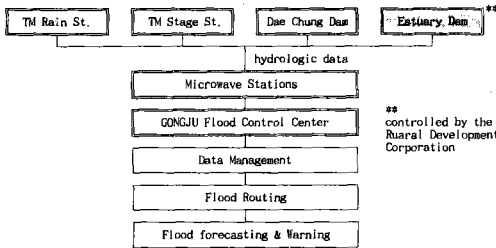


Fig. 2. Flow diagram of flood control and warning

Table-1. List of TM stations whose data are used for flood control in the estuary dam

Data types	Locations
Stage	GONGJU, WOOSONG, GURYONG, GYUAM, SEOKDONG, WOOGON, NONSAN, KANKKYONG, IPPO, ESTUARY DAM
Rain	JEONGAN, GONGJU, YUGOO, JEONGSAN, CHEONGYANG, GYUAM, BOKRYONG, YANGCHON, YEONSAN, HWANGSAN, MIREUKSAN, HAMRYUL, HANSAN, ESTUARY DAM

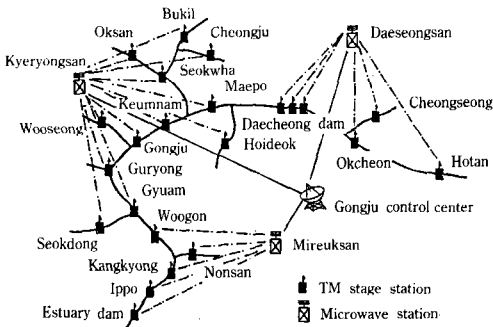


Fig. 3. Data collection network of the Keum River Flood Control Center

3. 錦江河口둑 洪水豫警報施設

農漁村振興公社 錦江事業團에서 運營하고 있는 錦江河口둑 洪水豫警報施設은 Fig. 4에서 보는 것과 같이 壩資料處理裝備(Dam Data Processing Equipment : DDPE), 그래픽表示板(Graphic Display Panel), 라인프린터, Host 컴퓨터, 水門操作裝置 등으로 構成되어 있다. 壩資料處理裝備는 公州의 錦江洪水統制所에서

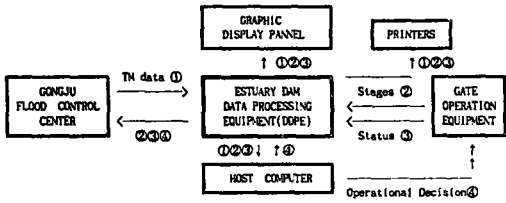


Fig. 4. System configuration of the Keum River Estuary Dam

傳送되는 錦江流域 水文資料, 대청댐 水文 및 操作資料와 錦江河口둑에서 測定되는 水門開度 및 内外水位資料를 蒐集하고, 이를 그래픽表示 板과 라인프린터로 出力시키고 蒐集된 資料를 Host 컴퓨터에 傳送시키는 役割을 한다. Host 컴퓨터는 蒐集된 資料를 利用하여 公州-河口둑 區間의 主要 地點에 對한 洪水水位를 豫測하여 河口둑의 操作決定을 할 수 있는 資料를 提供 하게 된다. 이 洪水豫測資料와 河口둑 關聯 水文資料는 錦江洪水統制所로 傳送하여 河口둑 運營管理 및 錦江流域 洪水豫警報를 合理的으로 運營하는데 必要한 基礎資料로 使用된다.

III. 洪水豫警報시스템의 開發

1. 洪水豫警報시스템의 構成

錦江下流地域의 洪水豫警報와 錦江河口둑의 合理的 運營을 위한 洪水豫警報시스템은 Fig. 5와 같이 資料서브시스템, 模型서브시스템 및 使用者서브시스템으로 構成된다.

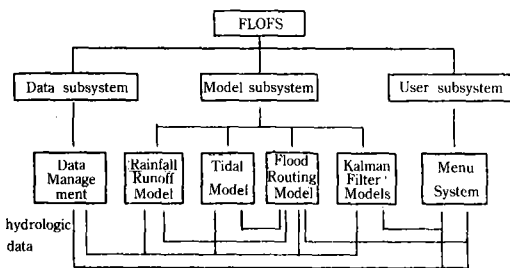


Fig. 5. Structure of the flood forecasting system

가. 資料서브시스템

資料서브시스템은 錦江洪水統制所와 錦江河口둑으로부터 電送되는 水位 및 降雨量等の 實時間 水文資料들을 貯藏하고 管理하는 시스템으로서 實時間 降雨資料, 實時間 水位 및 潮位資料, 流域特性 및 河川의 特性因子, 各種 프로그램 實行에 必要한 資料 File, 模型에 의해 豫測되는 資料 等を 處理, 貯藏하게 된다.

나. 模型서브시스템

模型서브시스템은 錦江下流地域과 河口둑의 洪水豫報를 위하여 實時間 資料들을 利用하여 各種 狀況을 模擬 發生시키는 模型들로 構成된다. 이들 模型은 潮位豫測을 위한 潮位計算模型, 河道區間으로 流入되는 模流入量을 計算하기 위한 模流入量計算模型, 河道追跡을 위한 1次元 不定流模型 및 洪水의 實時間豫測을 活用할 수 있는 Kalman-Filter 模型들로 構成된다.

다. 使用者서브시스템

洪水豫警報시스템은 컴퓨터 使用을 進제로 하기 때문에 資料管理 및 模型시스템의 運用에는 높은 水準의 電算技術이 要求된다. 그러나 使用者가 高度의 電算技術이 없더라도 원하는 作業을 간단한 操作을 통해 容易하게 遂行할 수 있도록 支援하는 使用者서브시스템이 必要하다.

2. 模型의 開發

模型서브시스템은 構成하는 模型들의 基本理論 및 構成에 對한 概略의 說明은 다음과 같은데, 보다 細部的인 內容은 '錦江(I)地區 洪水豫警報 프로그램開發'에서 찾을 수 있다.

가. 潮位計算模型

河口의 洪水水位는 朝夕의 變化에 따라 크게 左右되고 河口둑의 排水開門 操作에는 潮位의 正確한 豫測이 必要하다. 潮位計算模型은 調査된 既存資料나 調和常數를 利用하여 必要期間에 對한 潮位變化를 豫測하는 模型으로 洪水追跡을 위한 一次元 不定流模型의 初期條件과 境界條

件으로 使用된다. 對象地域의 實測資料를 調和分析하여 半潮差와 遲角이 定義되면 任意 期間의 時間別 潮位變化를 다음 式으로 推定한다.

$$h(t) = H_0 + \sum f_i H_i \cos[a_i t + (v_0 + u)_i + k_i] \quad \dots (1)$$

여기서 $h(t)$ 는 t 시간의 潮位, H_0 는 基準面으로부터의 平均海面高, f_i 는 i 번째 分潮의 振幅修正因子, H_i 는 i 번째 分潮의 半潮差 또는 潮差, $(v_0 + u)_i$ 는 i 번째 調和常數의 豫報年度의 平衡位相角(Equilibrium Phase), k_i 는 i 번째 分潮의 遲角, a_i 는 i 번째 分潮의 速度이다. f_i 와 $(v_0 + u)_i$ 의 값은 Schureman이 年度別, 月別로 整理한 바 있다. 本 研究에서는 重要한 4個分潮(M2, S2, K1, O1)로 朝夕이 이루어진다고 假定한다.

1) 主太陰半日週潮(M2 分潮) : 天球上에서 달의 日潮運動에 의해 일어나는 潮汐으로서 半일에 해당하는 週潮를 말하며, 그 半週期는 12時間 25分(12.421hr)이고, 이 分潮의 速度는 $28.9841^\circ/\text{hr}(360^\circ/12.421\text{hr})$ 이다.

2) 主太陰半日週潮(S2 分潮) : 天球上에서 太陽의 日週運動에 의해 發生되는 潮汐으로서 그 半日 週期는 12時間이며, 分潮의 速度는 $30.0^\circ/\text{hr}(360^\circ/12.0\text{hr})$ 이다.

3) 日月合成日週潮(K1 分潮) : 달과 太陽의 상대위치에 따라서 發生하는 潮汐으로서 그 日週期는 23時間 56分이며, 分潮의 速度는 $15.0411^\circ/\text{hr}$ 이다.

4) 太陰日週潮(O1 分潮) : 달의 公전축과 지구의 자전축의 相異함에 따라 發生되는 潮汐으로서 分潮의 速度는 $13.943^\circ/\text{hr}$ 이다.

나. 橫流入量計算模型

洪水時 背水現象을 考慮하는 一次元 不定流模型의 運用에는 小流域으로부터의 流出量算定이 必要한데 이들 流出量은 河道區間으로 流入되는 橫流入量으로 處理된다. 大部分의 支川은 末計測流域으로서 流域의 物理的 特性과 降雨資料만으로 流出量을 算定할 수 있는 模型이 必要하므로 本 研究에서는 單位圖의 概念을 函

數形態로 나타낸 單位圖法의 一種인 左藤의 流出函數法을 使用하였다. 面積 A 대한 流出量 Q 는 다음 式으로 表示된다.

$$Q = \frac{1}{3.6} frA [e^{at'}(at'+1) - e^{at}(at+1)] \quad \dots (2)$$

여기서, t 는 降雨始作후의 時間, f 는 流出率, r 는 降雨強度, a 는 媒介變數이다.

다. 洪水追跡模型

錦江河口둑과 主要地點에 대한 洪水豫報는 公州-河口둑 간의 洪水位 豫測이 必要하다. 建設部의 公州 錦江洪水豫警報시스템에서는 錦江의 主要地點에 대한 洪水豫測을 위해 水文學의 洪水追跡方法인 貯溜函數法을 適用하고 있으나, 錦江河口둑과 같이 潮汐의 影響과 背水의 影響을 받는 地域에서는 水文學豫測을 期待할 수 있을 것으로 생각된다. 研究에서는 構造가 複雜한 反面 安定條件인 CFL條件(Courant-Friedrichs-Lewy Condition)을 考慮하지 않아도 되는 Implicit法을 採擇하였고, 특히 Implicit法중에서 美國 氣象廳에서 開發한 DWOPER(Dynamic Wave Operation Model)을 根幹으로 洪水追跡模型을 構成하였다. 이 模型은 計算地點간의 距離를 等間隔으로 하지 않아도 되는 長點이 있다. 本 模型은 運動量方程式과 連續方程式을 基本方程式으로 한 1次元 不定流方程式을 有限差分式으로 풀어나감으로써 원하는 地點의 水位와 流量을 구할 수 있게 된다.

$$\text{連續方程式} : \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q = 0 \quad \dots (3)$$

$$\text{運動量方程式} : \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2/A)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial y}{\partial x} + S_f + S_e \right) - qV_x = 0 \quad \dots (4)$$

여기서, q 는 橫流入量, S_f 는 摩擦傾斜, S_e 는 局部損失傾斜이다. 有限差分式은 Preissman의 "Weighted four-point" Implicit法을 適用하는데,

이는 計算地點간의 距離가 等間隔이 아닌 경우에도 適用할 수 있는 長點이 있다. 解法으로는 Newton-Raphson法을 使用한다. 本 模型의 適用을 위한 條件들은 다음과 같다.

1) 初期條件

- 각 計算地點의 水位와 流量(推定值)
- 觀測所 地點의 實測水位 또는 實測流量
- 以前 時間의 不定流計算 結果

2) 境界條件

- 上流端 境界條件은 既知의 水位曲線이나 流量曲線중 하나를 選擇할 수 있으며 本 프로그램에서는 公州地點의 水位 Hydrograph를 使用한다.
- 下流端 境界條件은 既知의 水位曲線, 流量曲線 또는 水位-流量曲線式 중 하나를 選擇할 수 있다. 本 프로그램에서는 潮位計算模型을 使用한다.

3) 河川斷面은 不規則的인 幾何學的 要素의 使用이 可能하다.

4) 橫流入量은 左藤의 流出函數法으로 計算된 小流域 流出量을 使用한다.

5) 排水閘門의 操作에 따른 影響檢討를 위하여 内外水位差에 따른 水門의 排除量을 計算한다. 河口의 鹽水와 淡水의 濃度差를 考慮하여 内水位가 外水位보다 1.025倍 클 境遇만 操作하는 것으로 본다.

라. Kalman-filter 模型

水資源 시스템의 實時間 管理는 任意의 時點에서 시스템의 現狀態에 대한 情報나 未來狀態에 대한 豫測에 根據을 두어 運用計劃을 세우는 것을 必要로 하는데, 이를 위한 filtering 技法이 Kalman理論을 導入하여 發展되어 오고 있다. 이 技法은 水資源 시스템의 降雨-流出關係를 狀態空間 模型으로 構成하여 河川流出을 實時間에 豫測하는데 活用되고 있다. 本 研究에서는 洪水河道追跡過程에서 必要한 區間의 最上流地點에서의 境界條件인 公州地點에서 水位 豫測이 要求되고 있고, 또한 一次元 不定流模型의 操

作에서 豫期치 못한 結果의 發生을 對備하여 主要地點에 대한 短時間의 豫測이 必要하다고 보아 filtering 技法을 利用하여 2個의 filtering 模型을 構成하고 이를 洪水豫警報에 補助手段으로 活用토록 하였다.

Kalman(1960)에 의해 開發된 Kalman filter 技法에서의 模型들은 狀態-空間 構成內에서 表現되어야 한다. 洪水追跡 問題에서의 狀態變數는 流出量이다. 狀態-空間 方程式은 數學的 模型으로부터의 시스템 方程式과 計測方程式으로 構成되며, 두 方程式 모두 無作爲 誤差項을 包含하고 있다.

$$\text{시스템 方程式: } Q(t) = AQ(t-1) + BI(t) + W(t) \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{計測 方程式: } Z(t) = CQ(t) + V(t) \dots\dots (6)$$

여기서, $W(t)$ 는 模型誤差, $V(t)$ 는 計測誤差, $Z(t)$ 는 t 時間에서의 觀測狀態벡터, $Q(t)$, $I(t)$ 는 벡터, A , B , C 는 매트릭스이다.

1) AR-KALMAN 模型

本 模型은 單一 地點의 以前時間 水位記錄을 利用하여 그 地點의 水位를 實時間豫測한다. 時系列內의 값이 2個 時間手段 前의 값에 影響을 받는 境遇의 自己回歸式은 式 (2)와 같은데 이를 AR (2) 模型이라 한다.

$$X(t) = \phi_1 X(t-1) + \phi_2 X(t-2) + \epsilon(t) \dots\dots (7)$$

여기서, $X(t)$ 는 水位, ϕ_1 , ϕ_2 는 媒介變數, $\epsilon(t)$ 는 推計學的 成分이다. 初期값 設定을 위해서는 널리 使用되고 있는 Yule-Walker 方程式을 使用하였으며, 實測值의 時系列 資料를 利用하여 最小自乘法에 의해 媒介變數를 決定하는데 여기서는 誤差를 最小化하기 위해 最適化技法인 Hook and Jeeves法을 導入하였다.

2) ARMA-KALMAN 模型

本 模型은 上流地點의 以前 時間 水位와 現在水位, 下流 豫測地點의 以前 水位를 利用하여

水位를 實時間 豫測한다. 水文學의 洪水追跡에서 線形-連續 system의 경우, 入力變數 $I(t)$ 와 出力變數 $Q(t)$ 의 關係를 利用하면 다음과 같은 Muskingum式을 얻게 되는데, 이는 ARMA(1, 1)의 形態이다.

$$Q(t) = a_1 Q(t-1) + b_0 I(t) + b_1 I(t-1) \quad \dots (8)$$

여기서, $I(t)$, $I(t-1)$ 는 t , $t-1$ 時間동안의 流入量, $Q(t)$, $Q(t-1)$ 는 t , $t-1$ 時間동안의 流出量이다. ARMA(1, 1)模型의 媒分變數 a_1 , b_1 , b_2 를 구하기 위하여 Lagrangian 方法을 採擇하였는데, Lagrangian 方法은 制約條件을 滿足하면서 觀測流出量과 推定流出量 사이의 殘差 또는 誤差의 自乘合을 最小化하는 推定量을 구한다.

3. 使用者 便宜 시스템

使用者가 主 컴퓨터와 相互對話를 通하여 資料管理, 洪水의 豫報 등을 손쉽게 運用할 수 있도록 使用者 便宜 시스템인 FLOFS(FLOOD Forecasting System)을 開發하였다. 使用者 便宜 시스템의 開發은, 첫째, 使用者가 對象地域의 洪水狀況을 迅速하게 判斷할 수 있도록 效率의 인 方法이 講究되어야 하고, 둘째, 使用者가 洪水豫警報 業務를 遂行하는데 必要한 情報를 容易하게 供給받을 수 있어야 하고, 셋째, 各種 情報를 體系있게 整理하여 使用者에게 傳達할 수 있는 機能을 具備해야 한다는 것에 重點을 두었다.

가. 메뉴의 構成

開發된 洪水豫警報 시스템은 Fig. 6에서 보는 바와 같이 4個의 主메뉴와 各 主메뉴의 副메

FLOFS			
SYSTEM	DATA	FORECAST	KALMAN
HELP PRINT EXIT	RAINFALL STAGE DISPLAY PRINT	EDIT RUN DISPLAY PRINT	EDIT RUN DISPLAY PRINT

Fig. 6. Menu system

뉴들로 構成되어 있다. 主메뉴에는 SYSTEM, DATA, FORECAST, KALMAN 등이 있는데 이들 主메뉴의 主要機能은 시스템의 管理, 資料의 處理, 洪水水位豫測 및 Kalman filter에 의한 實時間水位豫測 등이 있다.

FLOFS는 電算機의 運營體制(OS)가 UNIX인 環境에서 使用되도록 開發되었는데, 메뉴는 C-言語로 프로그램되었고 主要 模型 시스템은 FORTRAN 言語로 프로그램되었으며 資料管理 시스템은 C 및 FORTRAN을 利用하여 프로그램화 하였다. FLOFS의 運轉에 必要한 電算機는 workstation인 SUN Sparc Station 1이다. 機種選擇의 主要 基準의 하나는 計算遂行速度였는데, 本 機種은 integer performance가 12.5 MIPS이고 floating point performance는 1.4 DP MFLOPS이다.

나. 資料管理

洪水豫警報 施設의 DDFE로 부터 host 컴퓨터로 傳送되는 資料는 臨時화일에 貯藏되므로 이들을 host 컴퓨터내에 貯藏하고 管理하는 機能이 갖추어져 있다. 그리고 貯藏된 資料를 使用者가 便宜에 따라 任意의 期間에 대한 必要한 情報를 出力시킬 수 있다. Line 프린터와 모니터상에 出力되는 資料는 貯藏된 各地點의 降雨量 및 水位記錄, 全體 觀測網으로부터 傳送된 資料의 時報 등이다.

다. 洪水豫報

洪水豫報를 위한 主메뉴 FORECAST의 作業 遂行 과정은 다음과 같다.

- 1) 洪水豫測 期間의 入力
- 2) 洪水豫測 期間에 대한 各 雨量觀測所別 豫想 降雨量의 入力
- 3) 橫流入量 計算 프로그램을 實行하여 小流域別 流出量을 算定
- 4) AR-Kalman 模型에 의해 上流境界條件의 設定
- 5) 潮位計算 프로그램을 實行하여 河口에서의 潮位를 模擬發生하여 下流境界條件의

設定

- 6) 一次元 模型의 實行
- 7) 主要地點의 豫想 洪水位의 出力

라. Kalman filter

洪水의 短期間豫報를 위한 主메뉴 KALMAN의 作業遂行과정은 다음과 같다.

- 1) 洪水豫測 期間의 入力
- 2) 入力資料 화일의 update
- 3) Kalman filter 模型의 實行
- 4) 主要地點의 豫想 洪水位 出力

IV. 要約 및 結論

錦江 下流地域에서 發生하는 洪水를 早期에 豫警報하고 錦江河口둑을 合理的으로 運營하는 것을 目的으로 하는 洪水豫警報시스템을 開發한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 對象地區의 效率의인 洪水豫警報를 위한 시스템은 實時間에서 얻어지는 水位·雨量 資料들을 管理하고 感潮區域에서 보다 正確히 水位를 豫測하고 洪水豫警報 施設 管理者가 프로그램을 容易하게 運營할 수 있도록 지원하는 수단을 제공하여야 한다는 점에 基本方向을 設定하였다.

2. 感潮區域에서의 보다 正確한 水位豫測을 위해 一次元 不定流模型인 DWOPER를 根幹으로 해서 水理學的 洪水追跡模型을 構成하였다.

3. 潮位豫測을 위해 調和常數를 利用한 潮位豫測方法을 導入하였으며, 이 方法은 洪水追跡模型의 下流 境界條件의 設定에 使用토록 한다.

4. 流出函數法을 利用하여 小流域으로부터의 洪水流出量을 計算할 수 있는 프로그램이 開發되었고, 이 計算 結果는 洪水 追跡에서 橫流入量으로 處理토록 하였다.

5. 主要 地點에 대한 洪水位 豫測을 위하여 推計學的 模型과 Kalman filter 技法을 利用한 實時間豫測模型을 開發하여 洪水追跡에 上流境界條件으로 處理토록 하였다.

6. 洪水豫警報' 을 容易하게 運營할 수 있도록 使用者便宜' 이 開發되었다.

參 考 文 獻

1. Box, C. P. and D. M. Jenkins, 1976, Time series analysis-forecasting and control, Holden-day.
2. Colon, R. and G. F. McMahon, 1987, BRASS MODEL: Application to Savannah River System Reservoirs, ASCE, J. of Water Resources Planning and Management, 113(2) : 177-190.
3. Gradowczyk, M. H., P. M. Jacovkis, A. Tamush, and F. M. Diaz, 1980, A Hydrological Forecasting Model of the Uruguay River Basin System, Hydrological Forecasting, Proc. of the Oxford Symposium, IAHS-AISH Publ. No. 129 : 517-524.
4. Kuester, J. L. and J. H. Mize, 1973, Optimization Techniques with Fortran, McGRAW-HILL Book Co. : 309-319.
5. Lambert, A. O. and M. J. Lowering, 1980, Flow Forecasting and Control on the River Dee, Hydrological Forecasting, Proc. of the Oxford Symposium, IAHS-AISH Publ. No. 129 : 525-534.
6. Randle, T. J., 1983, User's guide to the DWOPER(Dynamic Wave Operational Model), USBR.
7. Shen, H. W., 1979, Modeling of rivers, John Wiley & Sons.
8. Unver, O., L. W. Mays, and K. Lansey, Real-time Flood Management Model for Highland Lake System, ASCE, J. of Water Resources Planning and Management, 113(5) : 620-638.
9. U. S. Army Corps of Engineers, 1983, Water

金江河口岳 洪水豫警報시스템 開發(I)

- Control Software Documentation, Hydrologic Engineering Center, Davis, California.
10. 建設部, 1968, 錦江流域調査 第1段階事業報告書, 韓國水資源開發公社, 日本公營株式會社.
 11. 建設部, 1974, 6大 主要河川 流域調査報告書, 産業基地開發公社.
 12. 建設部, 1988, 錦江水系綜合整備計劃(I), (II).
 13. 建設部, 1989, 錦江洪水豫警報 프로그램 開發 最終報告書, 漢江洪水統制所.
 14. 農業振興公社, 1983, 錦江(I)地區 河口堰 水文調査報告書.
 15. 鄭夏禹, 李南鎬, 1990, 錦江(I)地區 洪水豫警報프로그램 開發, 서울大學校 農業開發研究所.
 16. 左藤勝夫, 1982, 洪水流出計算法, 山海堂.