

# 漢江感潮區간의 洪水推定

Flood Hindcast in the Tidal Reaches of the Han River

崔 秉 昊\*  
Choi, Byung Ho  
徐 景 錫\*\*  
Suh, Kyung Suck

## Abstract

Three disastrous floods experienced over the tidal reaches of the Han River are investigated numerically with the use of one-dimensional finite-difference tidal flow model. The hindcast scheme involves processing flood hydrograph at Indogyo to provide the necessary discharge variation at upstream boundary and predicting tidal elevations at downstream boundary that computes the response in terms of flood levels and discharges within the tidal reaches. Computed results of 1925, 1972 and 1984 floods are presented and discussed.

## 要 旨

漢江感潮區間에서 過去에 發生했던 세 境遇의 大洪水를 1次元 有限差分潮汐모형을 利用하여 數值的으로 調査하였다. 洪水推定技法은 人道橋의 洪水位曲線으로부터 流量을 算出, 入力시키고 또한 下流境界條件으로는 境界端의 潮位推定值를 規定하므로서 感潮區間的 洪水位 및 流量을 算定하는 것이다. 1925年, 1972年 및 1984年 大洪水의 初期算定 結果가 提示되고 또한 討議 되었다.

## 1. 序 論

漢江의 過去 大洪水는 感潮區間의 上流域에도 큰 氾濫을 超來하여 人命被害 및 莫大한 財產損失을 가져왔다. 그럼에도 不拘하고 過去의 洪水 追跡研究와 漢江洪水豫警報體系는 漢江의 非感潮區間인 人道橋 上流區間만을 對象으로 삼아 왔다. 近年의 漢江整備事業에 의해 水路浚深, 堤防建設이 이루어져 河川의 幾何學의 諸元이 變形되어 앞으로 發生할 洪水의 傳播樣相도 달

라지리라 생각된다. 이러한 追後狀況에 대한 豫測研究에 앞서 過去 洪水狀況에 대한 仔細한 水理學의 理解가 必要하다.

따라서 漢江感潮區間的 洪水位를 過去記錄을 利用하여 hindcast 하고 感潮區間的 洪水力學에 관한 知識을 蓄積한 후 可能的한 forecast 體系를 樹立하는 일이 必要하다. 이러한 過去에 대한 洪水推定 및 洪水豫報體系의 樹立은 두가지 觀點에서 重要하다. 첫째로 特定한 上流의 洪水流出狀況에 의한 感潮區間的 洪水位를 豫報하여 適切한 洪水對策을 樹立할 수 있으며 둘째로 最大洪水位에 關聯된 統計資料를 提示하므로 適切

\* 正會員·成均館大學校 工科大學 教授, 土木工學科

\*\* 正會員·成均館大學校 大學院

한 堤防高를 가진 洪水防止施設들을 築造할 수 있다. 力學原理에 立脚한 數値모형에 의한 洪水推定體系의 長點은 主要變數들을 分離取扱할 수 있어 感潮河川體系의 主要成分의 相對의 重要性을 評價할 수 있으며 樹立된 모형을 良質의 觀測資料 및 河川의 幾何學的 諸元의 變更에 따라 繼續 改善하여 運用할 수 있는 點일 것이다. 本研究에서는 우선 過去에 發生했던 世 境遇의 大洪水를 選定하여 洪水推定의 初期作業을 遂行하였다.

## 2. 漢江의 大洪水

本 研究의 對象이 되는 過去 1925年, 1972年 및 1984年 漢江大洪水의 概要는 아래와 같다.

1) 1925年의 大洪水(7月 11日~7月 18日)<sup>(1)</sup>

1925年의 大洪水는 朝鮮總督府의 『朝鮮의 洪水』에 仔細한 記錄으로 남아있는 데 7月 10日~9月初期間에 4回의 洪水에 의한 큰 被害를 입혔다. 第1回의 洪水는 人道橋의 水位를 7月 12日 午前 10時 9.69m, 第2回의 洪水는 7月 18日 20時 11.66m로 上乘시켰는 데 서울의 7月 17日 日降雨量은 220.7mm, 16~17日의 2日最大雨量은 306.7mm에 達하였다. 第2回의 洪水에 의해 舊龍山一帶에 大氾濫이 일어났는 데 그 狀況을 要約하면 다음과 같다(括弧안은 舊龍山水位).

7月 17日

午後 3時 (10.55m) : 長安坪防水堤水沒  
 午後 7時半(11.40m) : 新龍山氾濫 시작  
 午後 11時 (11.65m) : 永登浦防水堤決潰

7月 18日

午前 2時半(11.70m) : 龍山電話局沈水  
 午前 4時 (12.05m) : 舊龍山堤防越水決潰  
 午前 5時 (12.20m) : 富平水利組合堤防決潰  
 午前 6時 (12.20m) : 金浦農場堤防越流

이 漢江洪水에 의한 被害는 死亡者가 404名, 氾濫面積이 59,098町步, 家屋流失이 4,976棟, 崩괴 7,331棟, 沈水가 18,072棟에 달하는 莫大한 損失이었다.

2) 1972年의 大洪水(8月 18日~8月 20日)<sup>(2)</sup>

서울, 中部地方, 江原道 일원에 1972年 8月 18日 5時부터 내리기 시작한 暴雨는 8時間 뒤 集

中豪雨로 변하여 서울과 水原地方에 20日까지의 2日延降雨量이 452.4mm, 461.8mm를 各記記錄은 데 이로 因해 19日 12時 漢江人道橋의 水位는 10.5m를 초과했으며 19日 21時에 11.24m의 尖頭水位를 記錄하고 每時間 平均 40cm 下降하여 22日 20時에 4.5m로 되었다. 이 洪水로 因하여 感潮區間上流域이 氾濫하여 마포地區, 수색地區, 영등포 목동地區 및 용산 漢江路地區가 沈水되었다. 이 期間의 暴雨 및 洪水로 서울地區의 死亡者는 277名에 이르렀다

3) 1984年의 大洪水(8月 31日~9月 4日)<sup>(3)</sup>

8月 31日 18時부터 洪水流域에 集中豪雨가 시작되어 9月 1日 서울地方의 日降雨量은 268.2mm, 1~2日 2日最大雨量은 304.2mm이었는데 이로 因해 漢江人道橋의 水位는 1日 17時 9.12m, 2日 20時 11.03m의 最大水位에 達한 다음 5日 11時 4.8m로 下降하였다. 既往의 大洪水의 2日 最大雨量과 約 15~45mm의 差가 있으나 都市開發로 인해 더 큰 洪水被害가 發生하였는 데 仔細한 記錄은 建設部의 '84 大洪水의 報告書<sup>(3)</sup>로서 남아있다.

## 3. 感潮區間 洪水推定體系의 概要

漢江의 感潮區間에서의 洪水推定技法은 그림 1에 提示된 1次元 有限差分格子상에 構成된 非線型 移流項 및 摩擦項을 包含한 動水力學的 모형을 根幹으로 하는 데 62個의 區間으로 나뉘어져 있으며 下流端(斷面 1)은 漢江河口入口인 월곡리이며 上流端은 人道橋附近이다. 利用된 潮汐 및 洪水水位計算을 위한 1次元 非線型 動水力學的 方程式은 다음과 같다.

$$b \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(uQ)}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} A + g \frac{Q|Q|}{AC^2R} = 0$$

$$\dots\dots\dots(2)$$

여기서,

$t$  : 時間

$b$  : 水路幅

$x$  : 水路의 흐름方向距離

$h$  : 任意水平基準面에 대한 水位

$Z_0$  : 任意水平基準面에 대한 河床高

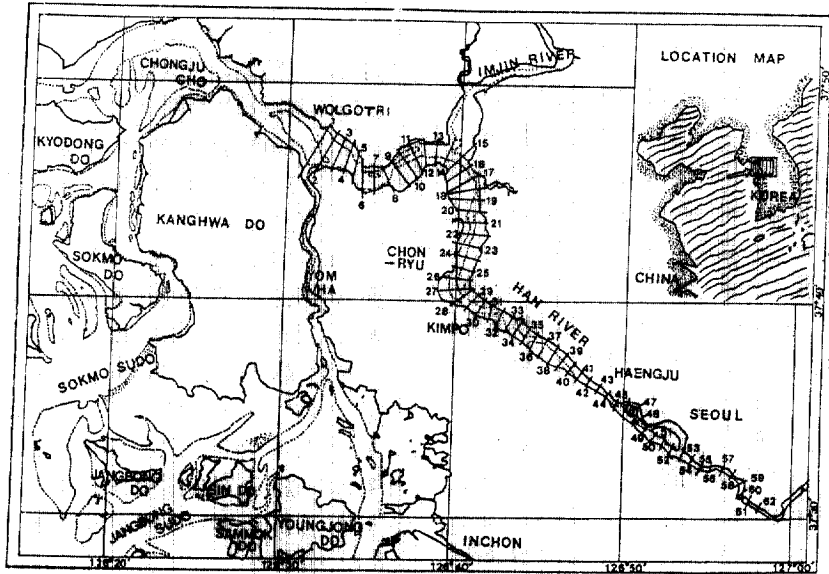


그림 1. 漢江感潮區간의 1次元 動水力學的 모형의 格子構成

$d$  : 平均水位에 대한 水路의 水深  
 $\eta$  : 平均水位에 대한 水位  
 $Q$  : 斷面流量  
 $q$  : 水路의 單位距離當 支川流入水量

$u$  : 水路의 斷面平均流速  
 $g$  : 重力加速度  
 $A$  : 水路의 斷面積  
 $C$  : Chezy 係數로서 Manning 粗度係數( $n$ )

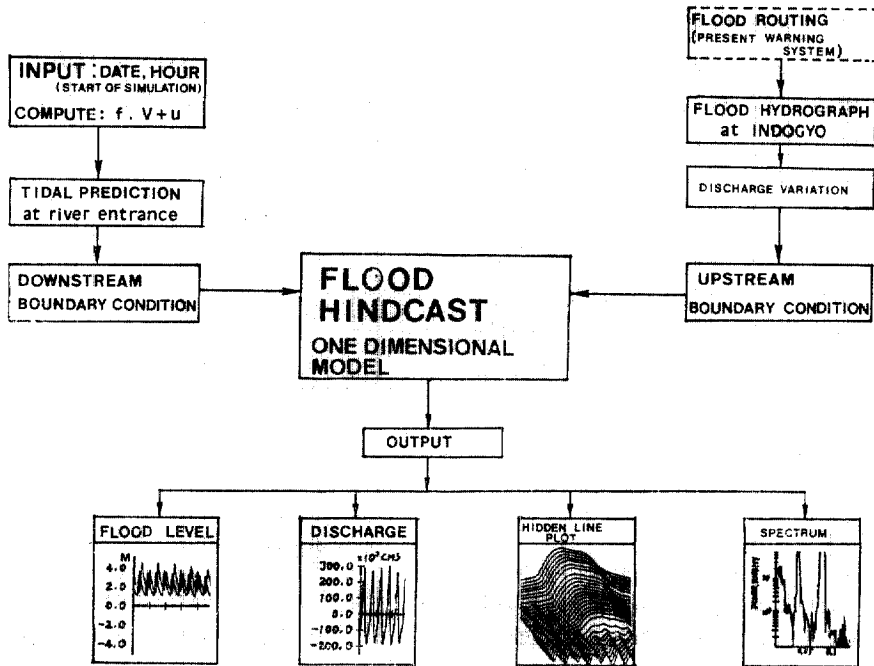


그림 2. 漢江感潮區간의 洪水推定體系의 概略圖

및 動水半徑( $R$ )과는 下記의 關係가 있다.

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots (3)$$

洪水推定을 위한 모형의 計算時間 間隔은 Co-urant 條件을 滿足시키는 60 秒를 取하였다. 이 모형은 前回의 研究<sup>(4)</sup>에서 漢江 感潮區間의 潮汐傳播과 河川流量의 增加에 따른 潮汐과의 相互作用을 調査하는 데 利用된 바 있는데 採擇된 數值解析技法는 Harleman 과 Lee<sup>(5)</sup>가 提示한 陽解差分法을 利用하였다. 모형의 各 區間斷面의 幾何學的 諸元은 1次的으로 梯形으로 模式化(schematization) 하였으며 河床摩擦의 算定을 위한 Chezy 값은 Manning 値로 부터 求했는데 0.02~0.035의 範圍를 初期最適値로 하였다. 이 基本모형을 根幹으로 하는 洪水推定體系의 概略圖가 그림 2에 提示되는 데 上, 下流 境界條件과 初期條件은 다음과 같다.

3-1. 下流境界條件

下流端의 境界條件인 潮汐入力は 標準調和函數의 形態로서 表示된다.

$$\xi = \sum_{i=1}^n f_i H_i \cos(\sigma_i t + u_i + V_i - K_i) \dots\dots (4)$$

여기서  $H_i, K_i$ 는 調和常數로서 分潮의 振幅과 局地的 遲角인데 淸곳리의 調和常數는 隣近 江華大橋에서 1978年 5個月 觀測值의 分析結果로서 14個의 分潮( $n=14, M_m, Q_1, O_1, K_1, \mu_2, N_2, M_2, L_2, S_2, MK_3, MN, M_4, MS_4, M_6$ )를 取했다.  $\sigma_i$ 는 分潮의 角速度,  $V_i$ 는 相應하는 分潮의 126.52°E 子午線의 平衡分潮의 位相(洪水推定시 작日時)이며  $f_i, u_i$ 는 振幅과 位相(遲角)의 18.6年 潮汐週期의 變化를 考慮한 nodal factor 이다.  $V_i, f_i$  및  $u_i$ 는 Schureman의 文獻<sup>(6)</sup>, 交通部 水路局의 潮汐計算用諸表<sup>(7)</sup> 또는 軌道要素  $s, h$  및  $n$ 으로부터 아래와 같이 求해진다.

$$\left. \begin{aligned} V_i &= I_{1,i}s + I_{2,i}h + \sigma_i t \\ f_i &= a_{1,i} + a_{2,i}\cos(n) + a_{3,i}\cos(2n) \\ u_i &= b_{1,i}\sin(n) \end{aligned} \right\} \dots\dots (5)$$

여기서 係數  $I_1, I_2, a_1, a_2, a_3$  및  $b_1$ 은 Doodson (1921)<sup>(8)</sup>으로부터 取한다. 따라서 下流境界條件은 洪水推定의 시작日時만을 入力시키면 規定된다.

3-2. 上流境界條件

上流境界條件은 人道橋의 流量으로 定義되는 데 觀測된 洪水位曲線에 아래와 같은 水位-流量關係式<sup>(9)</sup>을 適用하였다.

1925年, 1972年의 洪水:

$$\left. \begin{aligned} h > 5.0^m \quad Q &= 150h^{2.19} (m^3/sec) \\ h < 5.0 \quad Q &= 178.32(h+0.37)^2 \end{aligned} \right\} \dots\dots (6)$$

1984年의 洪水:

$$Q = 201.481(h+0.454)^2 \dots\dots\dots (7)$$

換算作業은 每時間水位를 線型補間에 의해 每 計算時間 間隔別 水位로 補間시키고 上記의 水位-流量曲線式에 의해  $Q$ 를 入力시켰다. 豫報體系(forecast system)의 上流境界條件은 既存의 非感潮 上流區間의 洪水追跡모형의 出力(水位, 流量)을 感潮區間모형의 上流端 入力으로 連結시키면 되므로 容易하게 定義된다.

3-3. 初期條件

初期水位는 各 區間의 低流量時 推定된 平均水位(河口入口의 平均海面에 相對的인 높이)와 流量은 0인 靜止狀況으로부터 算定되는 데 各 區間에서의 平均水位는 그림 3에 提示된 바와 같이 定常 河川流量狀況에 따라 變化되므로 빠른收斂을 위해서는 洪水시 작前의 流量에 概略的으로 該當되는 平均水位分布를 入力시키는 것도 한 方法이다. 初期攪亂의 影響을 除去시키는 데 2 潮汐週期程度가 適合하므로 實際洪水算定을 위한 豫備時間(leading time)은 적어도 이보다 길어야 한다.

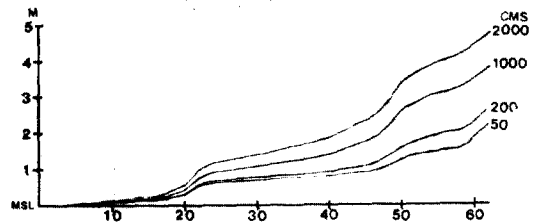


그림 3. 定常 河川流量에 의한 漢江感潮區間의 平均水位 profile

4. 洪水推定結果

樹立된 洪水推定모형에 의해 下流端境界는 1925年 7月, 1972年 8月 및 1984年 8月中의 潮位豫報가 入力되고 上流端境界는 同期間의 人道橋에서의 水位-流量曲線으로부터 算出한 流量

HAN RIVER 1925 FLOOD

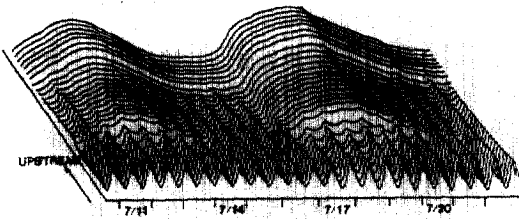


그림 4. 1925年 7月 11日~7月 18日期間의 漢江感潮區間 推定洪水

HAN RIVER 1972 FLOOD

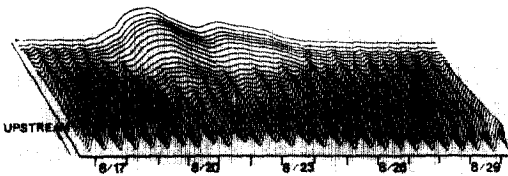


그림 5. 1972年 8月 18日~8月 20日期間의 漢江感潮區間 推定洪水

HAN RIVER 1984 FLOOD

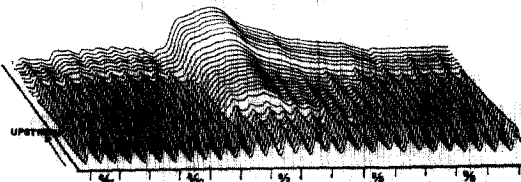


그림 6. 1984年 8月 31日~9月 4日期間의 漢江感潮區間 推定洪水

을 入力하여 算定된 結果가 그림 4~그림 6에 提示된다. 이 그림은 水位入力區間 1과 水位算定區間인 3, 5, 7...61의 31個所의 洪水水位變化를

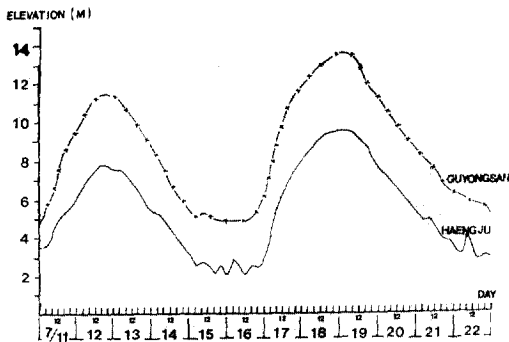


그림 7. 推定모형에 의한 舊龍山, 杏州에서의 1925年 洪水水位의 算定

플러트시킨 것으로 尖頭水位에 의한 洪水流量增加가 潮汐의 上流側 波及을 抑制시키고 低流量時에는 潮汐의 波及이 上流側으로 擴大되는 潮汐과 洪水의 相互作用이 定性的으로 잘 提示되어 있다. 그림 7, 8, 9는 3 壑遇의 大洪水에 대한

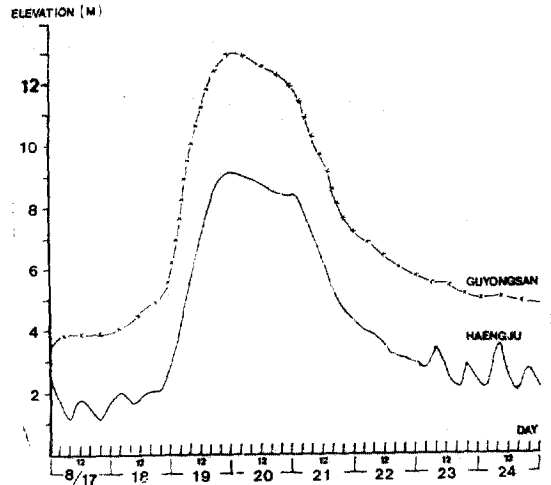


그림 8. 推定모형에 의한 舊龍山, 杏州에서의 1972年 洪水水位의 算定

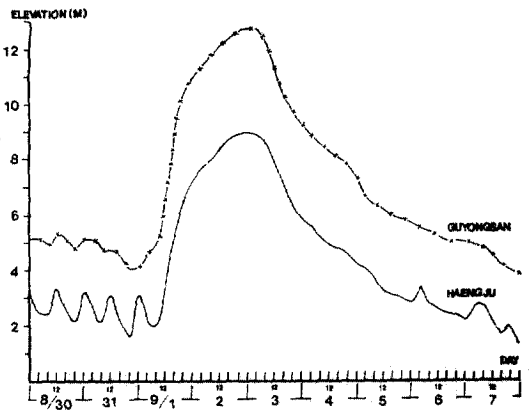


그림 9. 推定모형에 의한 舊龍山, 杏州에서의 1984年 洪水水位의 算定

舊龍山과 杏州에서의 算定된 洪水水位로서 亦是 低流量時 杏州에서는 潮汐의 變化가 나타나고 있으나 洪水流量의 增加에 따라 潮汐現象이 制御됨을 보여준다. 그림 10, 11은 舊龍山の 算定値와 1925年 觀測結果와의 比較이며 그림 12는 杏州에서의 比較結果이다. 結果에 의하면 尖頭水位의 時刻는 一致하나 一般의인 offset이 發

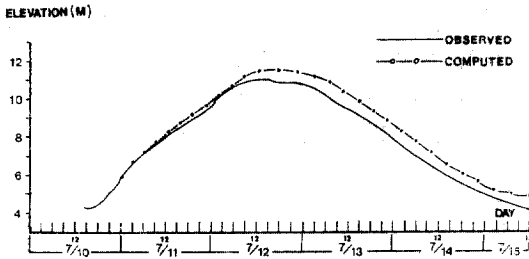


그림 10. 奮龍山の 1925年 1回 洪水의 觀測値와 모형 推定値의 比較

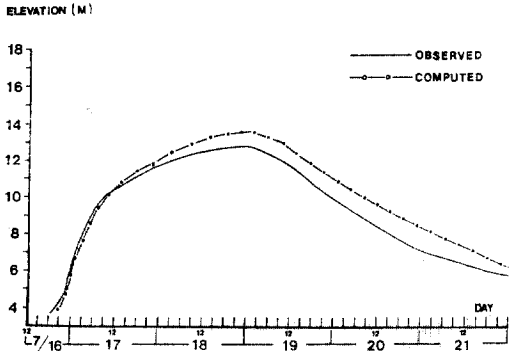


그림 11. 奮龍山の 1925年 2回 洪水의 觀測値와 모형 推定値의 比較

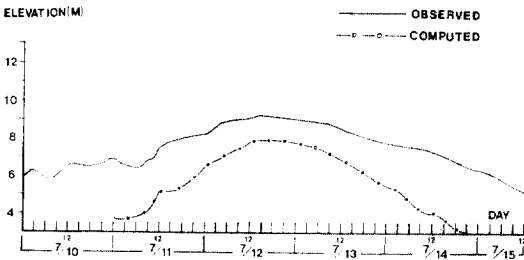


그림 12. 杏州의 1925年 1回 洪水의 觀測値와 모형 推定値의 比較

生하는 데 특히 杏州의 體系의 誤差는 水位觀測體系의 零點標高들이 感潮區間을 통해 一貫性을 지니고 있지 못하여 河川斷面의 地形資料도 近年의 河床整備事業資料들로부터 取한데도 部分的 要因이 있을 것이다.

## 5. 討 議

提示된 推定모형의 精度를 改善하기 위해서 信憑性있는 水位觀測値 및 河口入口部의 地形資

料과 모형 內的인 要素의 檢討가 必要하다. 특히 一貫的인 offset으로 提示되는 推定値와 觀測値의 誤差는 要因이 不明하여 相當한 精密度의 洪水位·觀測資料가 있는 여러境遇의 洪水推定을 통해 最適파라메터를 選定해야 할 것이다. 이 境遇 細部의 모형內的인 要素의 檢討事項은 다음과 같다.

1) 河口入口部의 潮間帶地形을 解像시킬 수 있도록 主水路와 淺深의 貯溜部를 좀 더 合理的으로 模式化할 것이 必要하다.

2) 支流인 임진江의 流入資料가 없이 支流效果가 考慮되지 않았으나 窮極의 所以로 모형體系에 인입시킬 것이 必要하다.

3) 感潮區間의 下流域의 海水密度分布에 의한 平均水位變化를 考慮하기 위한 項을 運動方程式에 적절히 包含시킬 必要가 있는데 既存의 水文資料가 再編輯되어야 信賴性있는 平均水位 profile을 구할 수 있다.

4) 下流域의 灣曲部의 에너지損失을 考慮한 項을 역시 運動方程式에 包含시킬 必要가 있다.

5) 洪水時의 感潮區間을 따라 橫方向流入이 適切히 考慮되어야 한다.

이러한 問題點들을 解決하기 위한 方法은 組織的인 現場觀測프로그램에 의해 顛流, 金浦大橋를 包含한 感潮水位의 共通基準面에 대한 同時觀測, 流量調查가 必須的이다.

## 6. 結 論

1次元 動水力學的 모형을 利用한 漢江感潮區間의 洪水推定을 위한 初期試圖가 이루어져 感潮區間에서의 洪水傳播를 定性的으로는 만족스럽게 再現하였으나 여러 問題들도 同時에 露呈되었다. 洪水豫報體系로의 改善까지는 일련의 過去洪水推定努力에 의한 經驗의 蓄積이 必要할 것이며 특히 觀測資料의 信賴性이 問題라 잘 組織된 現場觀測프로그램이 必要하다. 이러한 研究은 防災科學 및 環境工學의 側面에서 극히 重要하다.

## 參 考 文 獻

1. 朝鮮總督府; 大正十四年 朝鮮의 洪水. 佐藤印刷

- 所, 1926.
2. 建設部；韓國의 洪水. 1972.
  3. 建設部；'84 大洪水. 1984.
  4. 崔秉昊, 李正烈, 徐景錫. “漢江感潮區間의 潮汐傳播”, 韓國水文學會誌, 第 20 卷 第 2 號, 1987.
  5. Harleman, D.R.F and Lee, C.H., “The computation of tides and currents in estuaries and canals,” *Technical Bulletin* No. 16, Committee on tidal hydraulics, Corps of Engineers, U.S. Army, 1969.
  6. Schureman, P., “*Manual of harmonic analysis and prediction of tides*”. U.S. Department of Commerce, Coast and Geodetic Survey, Special Publication, No. 98, 1958.
  7. 交通部 水路局；潮汐計算用 諸表追報 1970~1999.
  8. Doodson, A.T., “The harmonic development of the tide-generating potential.” *Proceedings of the Royal Society of London, A*, Vol. 100. pp. 305~329.
  9. 建設部；洪水量測定調查報告書, 1983. 12.  
(接受：1987. 5. 12)