

一山堤의 氾濫算定

崔 秉昊*, 鄭 紅和*

1. 緒論

1990年 9月 12日 午前 03時 50分, 9月的 洪水로 인해 漢江 下流의 獨인 一山堤가 水壓을 견디지 못하고 破壞되었다. 이로 인해 高陽郡의 70%가 浸水되었으며 人命被害 및 莫大한 財産被害가 發生하였다. 本 研究는 動水力學의 原理에 根據한 2次元 氾濫模型을 樹立하여, 一次的으로 一山堤 崩壞 當時의 時間에 따른 浸水樣相 및 浸水面積, 浸水高를 再現하여 當時의 氾濫 樣相과 比較해 보고 追後 改善된 모델링과 氾濫可能地의 地形資料 入力化를 통해 漢江邊의 氾濫시 正確한 豫報로서 被害를 輕減하는데 그 窮極的 目的이 있다.

2. 基本 方程式

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) - gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\tau_x}{\rho} = 0$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) - gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\tau_y}{\rho} = 0$$

여기서 η 는 淨水面 上의 水位, D 는 total depth, ρ 는 물의 密度, M, N 은 x, y 方向의 線流量, τ_x, τ_y 는 x, y 方向의 항력이다.

初期條件으로는 氾濫地의 初期流量 및 水位는 0으로 하였고 Δx 와 Δy 는 125 m, Δt 는 1 sec로 하였다. 境界條件으로는 外水位를 1次元模型으로 算定한 人道橋에서의 水位를 時間補間하여 使用하였다. 氾濫 流量의 算定은 다음과 같은 Hom-ma의 式을 使用하였다.

$$Q = \mu L h_1 \sqrt{2gh_1} \quad \frac{h_2}{h_1} \leq \frac{2}{3} \quad ; \text{完全越流}$$

$$Q = \mu' L h_1 \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad \frac{h_2}{h_1} > \frac{2}{3} \quad ; \text{不完全越流}$$

여기서 L : 堤防崩壞 길이 (150m), h_1 : 外水位, h_2 : 氾濫水位

μ, μ' : 流量係數 (각각 0.35, 0.91)

方程式의 數值解는 leap-frog scheme을 使用하였으며 흐름은 낮은 地域에서 높은 地域으로 흐를 수 없으며 水深이 1mm보다 작을때는 흐름이 없는 것으로 假定하였다.

좀더 仔細한 抗力을 나타내기 爲해 抗力係數를 分離하여 使用하였는데 다음과 같다.

障礙物의 抗力(鐵道, 道路)

$$\frac{\tau_{Rx}}{\rho} = \frac{1}{2} C_{DR} \frac{l_R h_R}{\Delta x \Delta y} \frac{1}{D^2} (M \cos a + N \sin a)(M \cos a + N \sin a) \cos a \frac{\Delta x \Delta y - k l_H^2}{\Delta x \Delta y}$$

$$\frac{\tau_{Ry}}{\rho} = \frac{1}{2} C_{DR} \frac{l_R h_R}{\Delta x \Delta y} \frac{1}{D^2} (M \cos a + N \sin a)(M \cos a + N \sin a) \sin a \frac{\Delta x \Delta y - k l_H^2}{\Delta x \Delta y}$$

여기서 l_R 는 障礙物의 길이, h_R 은 障礙物의 높이, a 는 障礙物이 x 軸과 이루는 角度

C_{DR} 은 障礙物의 抗力係數(0.8) : Arie(1975)이다.

* 成均館大學校 土木工學科 (Department of Civil Engineering, Sung Kyun Kwan University, Suwon, Korea)

논의 抗力

$$\frac{\tau_{px}}{\rho} = \frac{1}{2} C_{DF} \frac{1}{D^2} M \sqrt{M^2 + N^2} \frac{\Delta x \Delta y - k l_H^2}{\Delta x \Delta y}$$

$$\frac{\tau_{py}}{\rho} = \frac{1}{2} C_{DF} \frac{1}{D^2} N \sqrt{M^2 + N^2} \frac{\Delta x \Delta y - k l_H^2}{\Delta x \Delta y}$$

C_{DF} 는 논 의 抗力係數 (0.011) : Tan & Ling(1963)

3. 計算結果

一山堤는 1933-35年 사이에 築造한 幸州大橋에서 松浦面까지 12km에 이르는 漢江下流의 北쪽 渚이다. 1990年 9月의 洪水는 40時間동안 500mm가 내린 頻度 50년의 降雨強度였다. 10日 午後 2時에 豪雨警報에 이어 11日 午前 7時에 洪水警報가 發令되었고 午後 6時 30分 人道橋 水位가 11m 27cm를 記錄하여 1925年 乙丑年 大洪水以後 最高의 水位를 記錄하였다. 午後 7時 부터는 人道橋 水位가 조금씩 낮아지기 始作했으나 12日 午前 3時50分 高陽郡 知道邑 新坪里 幸州大橋 아래 1km地點에서 渚이 30m가 崩壞되었다. 略 10分뒤 新坪里 土堂 4里等이 浸水하기 始作하였고 午前 6時 20分경에는 渚이 180m, 午後에는 300m까지 崩壞 되었다. 12日 午後 11경에야 浸水가 거의 中止되었으며 浸水된 물은 13日 午前 9時경 서서히 빠지기 始作했다. 本 計算에서는 崩壞始作 5分 前부터 물이 빠지기 始作하는 時間까지 30時間동안을 計算하였다. 堤防崩壞는 瞬間破壞로 하였고 破壞길이는 150m로 取하였다. 그림 1은 3時間, 6時間, 24時間後의 觀測된 汎濫分布와 計算된 流速分布이다. 初期의 流速은 略 1.5m/s의 강한 흐름을 나타내나 時間이 經過함에 따라 崩壞地點 附近을 除外하고는 漸次 弱해지다가 12時間 以後부터는 一部地域에서 停滯現象이 나타나며 30時間後에는 完全히 停滯하면서 다시 물이 빠지는 模襲이 나타난다. 流速 分布는 堤防崩壞地點과 flood front에서 特히 强하게 나타난다. 그림 2는 算定된 最高水位를 나타낸다. 最終 算定된 水位는 地盤高形態와 거의 一致하게 나타나는데 이것은 堤防崩壞 地點附近을 除外하고는 흐름이 地盤高의 影響을 받음을 알 수 있다. 그림 3-a는 汎濫地에서 選定된 몇몇 地點을 나타내며 그림 3-b는 그 地點에서의 水位와 流速을 나타낸다. 時間이 지남에 따라 水位가 停滯되고 流速의 減少를 보여준다. 堤防崩壞地點 附近인 P1地點에서는 24時間後에 流速이 停滯되었다가 排水가 進行함에 따라 다시 서서히 增加함을 나타낸다. 또한 堤防崩壞에 가까운 地點에서는 初期水位가 急速히 增加하는 반면 먼 地點에서는 水位의 上昇이 緩慢하게 나타난다. 計算된 最終浸水面積은 9천ha이고 總浸水量은 $1.4 \times 10^8 m^3$ 이다. 以上の 計算에서 汎濫形態는 實際形態와 거의 一致하며 時間에 따른 浸水, 停滯, 그리고 排水始作이 滿足스럽게 再現되었다. 또한 各格子點에서 計算된 線流量에 依해 浸水量과 浸水面積이 計算되었다. 汎濫의 全般의인 樣相을 알기 쉽게 나타내기 위해 wave front package를 利用한 科學 可視化 技法에 依해 汎濫을 可視化 하였다.

參考文獻

Aida, I.(1977). Numerical experiments for inundation of tsunamis, -Susaki and Usa, in Kochi prefecture, Bill. Earthq. Res. Inst., Vol. 52, pp. 441-460(in Japanese).

Sato, S., Imamura, F., and Shuto, N.(1989). Numerical simulation of flooding and damage to houses by the Yoshida river due to typhoon No.8610., Journal of Natural Disaster Science, Vol.11, pp.1-19.

Yoshiaki Iwasa., Kazuya Inoue.(1982). Mathematical simulations of channel and over land flood flow in view of flood disaster engineering.

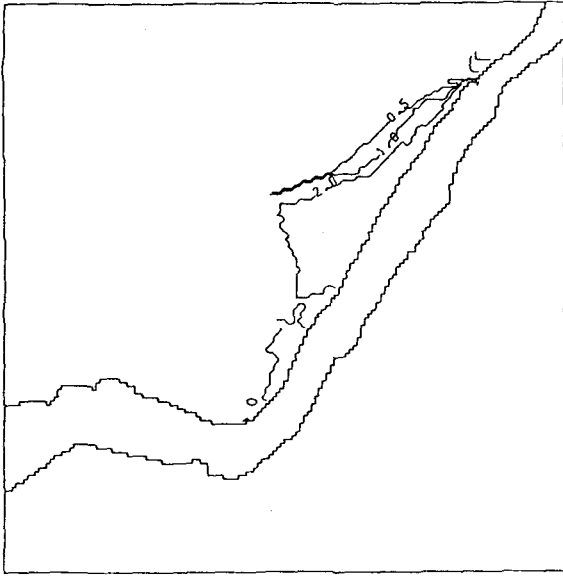


Fig 2 Computed maximum water level

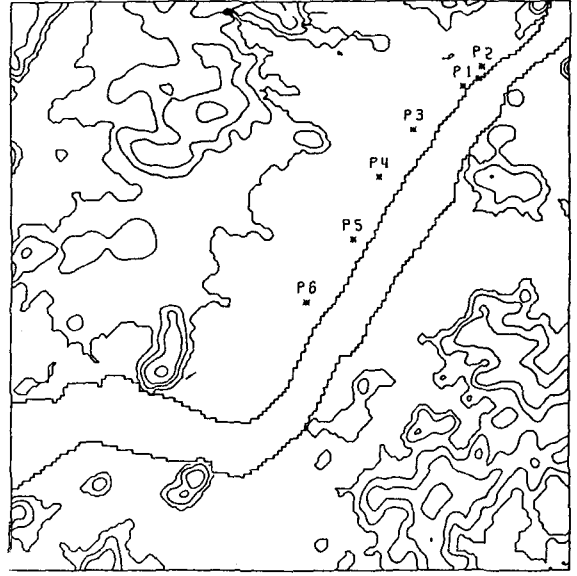


Fig 3-a Selected point at flooded area

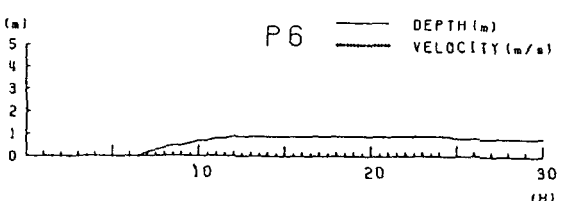
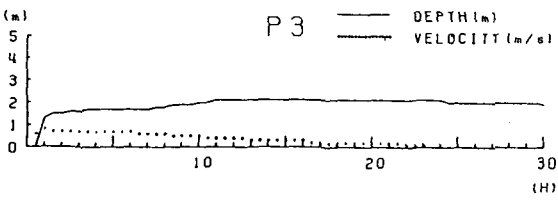
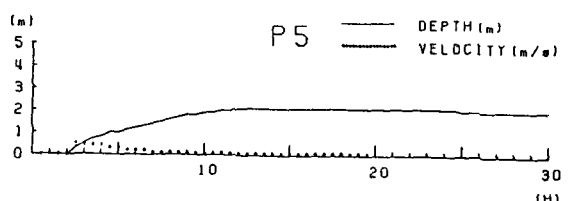
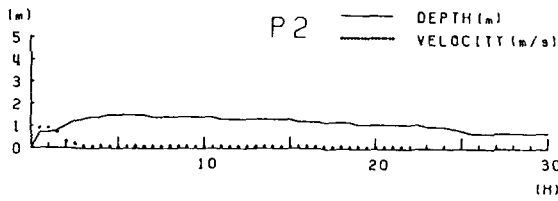
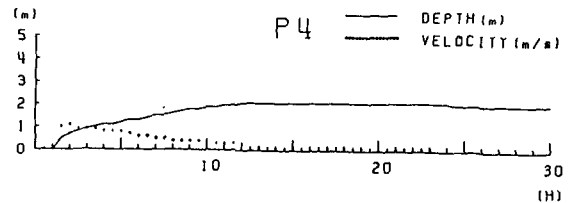
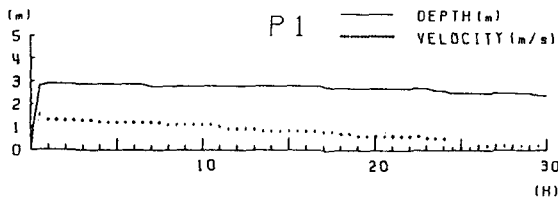


Fig 3-b Computed depth and velocity at selected point