

미 시 시 피 河 川 模 型

金 周 昶*

I. 序 言

미시시피 河川 模型은 미시시피江 流域에서 發生하는 洪水의 影響을 實際로 관측할 수 있는 模型으로 아이오와州, Sioux市에서 테네시州, Memphis까지의 1,900km거리에서 發生하는 洪水 現象을 몇時間內에 파악할 수 있으며 과거의 大洪水나 장래에 예측되는 洪水를 模型에서 發生시켜서 既設 洪水調節 施設이나 新設될 構造物의 性能을 확인할 수 있고 이로서 不足한 곳을 補完하고 適正 設計를 할 수 있으며 最小의 費用으로 最大의 洪水保護 效果를 얻을 수 있는 것이다.

이 模型은 水平縮尺 1 : 2,000, 垂直縮尺 1 : 100, 時間縮尺은 1일이 5.4분으로 하였고 河川과 高水敷 地단을 콘크리트로 製作, 元來의 河川地形을 縮尺대로 縮小시켜 놓은 것이다. 아이오와州, Sioux市에서 멕시코 灣까지 主要 河川, 支流를 標型으로 나타내었으며 流出을 일으키는 流域의 模型은 아니고 순수한 河川 模型이다.

II. 미시시피 流域

미시시피 流域은 3,235,000km²의 面積으로 美國本土의 41%를 支配하고 있으며 美國의 31個州와 캐나다의 一部까지 包含하고 있는 큰流域이다. 이 流域은 各支流의 洪水調節 問題뿐만 아니라 多數의 洪水調節事業의 相互 調整도 큰 問題가 된다.

미시시피 流域內에는 24,000km의 河川, 200개 以上の 貯水池, 수많은 堤防과 洪水調節施設이 있고 이들 施設의 運營 管理에 따라 相互 影響이 크므로 流域全體 또는 어느 地域의 利益이 크게 되도록 하려면 이들 施設의 調整 및 調節을 適切히 하지 않으면 안된다. 간단한 河川에서는 洪水追跡을 쉽게 할 수 있지만 미시시피 江처럼 크고 복잡한 경우는 水理計算으로 해석하기가 대단히 곤란한 것이다.

III. 沿革 및 目的

1942년에 美軍 工兵監 Eugene Reynold少將이 미시시피 本流 및 支流의 貯水池 및 洪水調節 施設을

適切히 調整하여 미시시피 流域 全體에 利益을 줄 수 있는 수단으로서 미시시피 河川 模型을 착안하게 되었고 그 建設을 빅스버그에 있는 Waterway Experiment Station에 指示하였다.

이 模型은 實際 河川과 比較하면서 檢定을 하여 놓으면 實際로 河川에서 일어나는 現象을 예측할 수 있게 되며 洪水調節事業으로 얻을 수 있는 利益을 一般大衆이나 認可機關에 即時 뚜렷하게 알려줄 수 있는 것이다. 이것은 또한 洪水被害防止 및 예방법을 찾아내어 全體 流域 또는 어느 特殊地域에 利益을 갖어다 주는 데 가장 效果의 이고 經濟的인 方案이 될 수 있는 것이다.

IV. 模型의 設置

미시시피州의 首都 잭슨에서 西쪽으로 14km, 빅스버그에서 東쪽으로 64km의 位置에 324ha의 土地를 확보하였는데 이는 模型設置를 위한 整地 費用이 적게 들고 물, 動力等의 供給과 交通이 좋은 곳을 擇하기 때문이었다. 模型의 設計는 Waterway Experiment Station에서 하고 設置工事は 工兵團 地域團과 共同으로 施行하였다.

1943년에 工事が 着手되었는데 첫번째 主要 作業은 模型設置를 위한 整地作業과 排水路 設置였다. 盛土, 切土量이 765,000m³을 넘고 排水管은 0.2~1.5m 지름의 管 25,000m가 使用되었다. 二次大戰中이어서 物資의 求得이 곤란하고 河川 測量 流量資料, 장래 開發計劃等を 수집하고 施行하는데도 시간이 걸려 工事は 徐徐히 進行되었다.

戰時中이므로 모든 勞力이 戰爭에 投入되어 노동력을 求하기 어려웠으므로 Reynold小將을 戰爭 포로를 利用키로 하고 有明한 아프리카의 傭軍部隊의 독일인 1,000명을 동원하였다. 1943年 8月부터 1946年 5月까지 포로들이 勞일을 하였는데 약 2.6km²의 整地, 排水路 設置, 道路 및 교량 建設, 미시시피 流域의 地形에 따른 地形 고르기等 基礎工事を 하였다.

*農業振興公社 試驗所

實質的인 水理模型 部分, 卽 河川과 高水敷地는 1947年에 着手되었고 모두 콘크리트로 1:2,000의 水平縮尺, 1:100의 垂直縮尺에 따라 設置되었다. 20餘年前에 設置되었던 미시시피 下流部 模型이 같은 縮尺을 가지고 있고 같은 形態의 模型이있으므로 그 經驗이 새로운 미시시피 河川模型의 設計, 施工, 維持管理에 많은 도움이 되었다.

模型 製作方法은 Waterway Experiment Station에서 前부터 하는 方法에 따라 0.45~0.6m간격으로 地形 橫斷面에 맞게 切斷한 鐵板을 세우고 여기에 맞추어 콘크리트를 打設하는 것이었는데 後에는 等高線法으로 變更하였다. 이것은 6mm鐵板으로 띠를 만들어 等高線에 따라 굽혀서 모양을 만들고 必要한 위치에 놓고 콘크리트를 打設하는 것으로 地形을 더욱 精確하게 나타낼 수 있고 다른 곳에서 만들어서 模型 位置에 移動시킬 수 있어 편리하였다.

V. 測定計器 및 施設

流量 縮尺이 1:1,500,000이므로 전체 模型을一時에 가동시키려면 約 63l/sec의 물이 必要한데 이는 미시시피江 下流部의 設計 洪水量이다. 그러나 여러곳에서 部分的으로 同時에 모형을 가동하면 더 많은 물이 必要하게 된다. 물은 地下의 貯水槽에서 9.46m³/min 펌프 2臺로 揚水하여 189m³의 容量을 가진 高水槽에 보내고 여기서 給水管으로 여러곳의 模型에 給水된다. 미시시피 本流과 支流를 몇개의 區間으로 나누고 이 區間의 上流端에는 給水施設이 下流端에는 排出施設이 되어 있다. 模型에서 나온 물은 地下 貯水槽로 되돌아가며 地下 貯水槽의 물은 井戶에서 供給한다.

따라서 0.1m~0.75m지름의 給水 및 排出管路가 約10,000m가 埋設되어 있다.

模型에는 自動測定計器가 設置되었는데 人力으로 操作 및 測定을 하려면 250명의 人員이 所要되어 自動장치가 불가피하였다. 模型의 自動計器의 研究 및 開發에 約 4년이 所要되었으며 既成品과 特別히 設計된 새로운 器具들이 함께 檢討되었다. 125個 以上の 器機 製作자들에게 자문을 求하고 既成品이 所要의 正確度와 測定範圍를 갖추지 못하여 새로운 設計를 해야된다는 結論을 내리기까지는 많은 計器 및 器機의 實驗을 施行하였다.

主要 河川別로 몇개의 操作室이 있고 여기서 모든 장치를 調節하고 記錄한다. 測定計器는 流入量, 水位, 排出量等 3가지이고 이들은 모두 1개의

時間 記錄장치에 연결되어 있다. 流入 장치는 操作室內의 프로그래머와 模型 流入地點의 調節장치로 構成되고 水位 測定장치는 水位變換器(stage transmitter)와 원격 기록장치로 되어 있다. 排出장치는 프로그래머, 밸브 調節用 水力調整器, 水位測定장치가 있는 V-notch로 되고 時間장치는 타이머와 模型 時間으로 月, 日, 時를 나타내는 時計로 되어 있다. 모든 장치의 運轉은 操作室內에서 하고 어느 實驗을 준비할때 타이머, 시계, 유입량 프로그래머, 수위기록 開始點을 實驗開始 月, 日, 時에 맞추고 하나의 스위치로 操作室과 模型에 設置된 모든 장치를 作動시키도록 되어 있다.

模型에서 實驗을 시작하려면 操作室의 프로그래머에 依해서 원격조절되는 流入 장치로 模型 河川의 適正地點에 所要流量을 供給한다. 模型 河川의 水位 變動은 實際 河川에 있는 水位 觀測所에 해당하는 位置에 設置한 自動水位測定器로 측정하며 地下케이블로 操作室의 記錄장치에 연결된다. 模型에서 排出되는 水量은 90°V-notch에 自動水位測定器를 設置하여 測定하고 V-notch 上流쪽에는 模型의 水位를 調節하여 洪水貯流量을 調整할 수 있는 特殊 밸브를 設置하였다.

VI. 檢定試驗

미시시피 河川 模型은 미시시피 全體流域의 河川 模型일뿐 아니라 流域內의 여러 河川 模型을 종합한 것이라 할 수 있다. 따라서 主要한 支流, 河川의 流況을 종합하여 全體 河川의 流況을 나타낼 수 있는 것이다. 미시시피 河川 模型을 종합적인 全體 模型으로 實驗한 것은 1959년이 처음이고 이로써 模型의 궁극적 目的을 위한 施設이 完成된 것이다. 이 模型은 또 各 支流河川에 대해서 部分的으로 실험을 할 수 있게 되어 있다.

模型의 設置가 完了되면 檢定이 必要한데 과거 洪水時의 實際 河川의 상태와 模型에 해당 流量을 보낼때의 상태가 같아지도록 模型의 粗度를 修正해가는 것이다. 模型 河川의 바닥이나 비탈면에 9mm程度의 正方形 鐵製 말뚝(길이는 5cm內外)을 설치하든가 콘크리트를 부쳐서 粗度를 調整하고 나무나 숲이 있는 高水敷地는 가는 鐵網을 여러 겹으로 접어서 세운다. 堤防, 鐵路, 道路等도 設置하는데 一部는 可動式으로 하여 洪水에 의한 파손이나 流失을 시험할 수 있도록 하였다.

미시시피 河川 模型에서는 流量과 水位가 重要な 것이므로 어느 流量에 對해 所要 水位를 얻게되던 檢定이 되는 것이다. 模型의 垂直, 水平縮尺間의 比가 커서 模型上 어느 地點 流速은 實際 河川의 해당 地點 流速을 代表할 수 없고 오직 橫斷面 全體의 平均 流速만이 인정된다.

VII. 模型의 利用 實例

1. 미조리江 1952年 洪水

미조리江은 미시시피 流域의 西北部에 있고 미시시피 流域內에서 가장 큰 支流인데 1951~1952年 겨울에 미조리江 流域에 내린 폭설이 1952年 4월의 氣溫 上昇으로 갑자기 녹기 시작하고 降雨도 있어 北美 大陸에 白人이 居住한 以來 最大의 洪水가 發生하였다.

洪水를 豫측하고 洪水被害 防止를 위하여 일하는 사람들에게 洪水가 앞으로 어떻게 進行될 것인가를 알려주기 위하여 미시시피 河川 模型이 利用되었다 이때는 미조리江 部分의 模型이 完成되고 檢定도 끝난 때이었다. 4月10日에서 4月25日까지 주야로 실험을 시행하고 4月25日에 洪水 피크가 캔사스市에 到達하여 위험이 적어졌으므로 실험이 完了되었는데 캔사스市 下流에서는 堤防이 充分한 狀態였기 때문이다. 實驗期間中에는 Waterway Experiment Station과 미조리江 Division, 오마하-캔사스市 District사이 通信網이 설치되고 資料들이 交換되었다(미국 全地域을 여러개의 Division으로 나누고 Division은 다시 몇개의 District로 나누어져서 洪水調節, 舟運, 港口, 水資源等を 관리한다) 예를 들면 오마하-캔사스市 District는 4月12日의 水位, 流量과 그 以後의 豫상 水位를 實驗 技術者에게 알리고 實驗담당자는 이 資料로 實驗을 하여 그 結果를 다시 通知하였다.

模型實驗으로 제공한 資料들은 必要한 地點에 對한 水面形, 最大洪水量, 水位圖, 流量圖, 最高水位等과 堤防을 높여야할 위험한 堤防의 位置 堤防을 높이는 程度等이었다. 이들 資料를 利用하여 오마하-캔사스市 District는 침수될 지역을 미리 찾아내고 越峯 堤防을 알아내어 피난을 시키든가 水防對策을 세울 수 있었다. 이 경우 模型의 効用도는 돈으로 計算하기 어려우나 미조리江 Division의 한 간부가 한 말을 參考로 인용하면 다음과 같다. “模型은 오마하地域에서 \$62,500,000 그리고 Rulo와 St. Joseph地域에서 \$1,300,000의 洪水被害를 豫防하는 水防對策을 成功시키는데 큰 역할을 하였다.

2. 미시시피 1973洪水

1973年 4월에 모형이 다시 등원되었다. 이번에는 미시시피江 下流部의 洪水인데 1972年 가을의 큰 降雨로 모른 洪水 調節池가 滿水되고 地面이 包和되어 있는데 1973年 봄에 큰 降雨가 있었다. 4月 12日에 old river channel 調節構造物의 上流側 接近水路의 擁壁이 파손되고 水位는 계속 上昇하였다 소용돌이가 생기고 나머지 모든 擁壁이 4月16日에 파손되고 調節構造物앞이 크게 洗掘되었다. Morganza洪水路를 開放하는 것이 어떻게 영향을 미치게 될 것인가 알기 위하여 模型 實驗이 實施되었다. 이 實驗으로 降雨가 더 올 경우 위험한 堤防은 어느 곳인가, 제방을 얼마나 높여야 하는가, Moganza洪水路의 操作이 水位變動에 어떻게 영향을 주는가 알아낼 수 있었다.

VIII. 結 論

미시시피 河川 模型의 主目的은 洪水 調節構造物의 適切한 調整 管理를 위한 流域 全體計劃을 세우는 데 도움을 얻기 위한 것이다. 이렇게 크고 방대한 계획의 調整은 計算方法으로 할 때 노력과 시간이 많이 들고 틀리기 쉽다. 模型에서는 局部的 地域 利益을 위한 事業도 實驗할 수 있고 全體 河川에 對한 事業의 影響도 확인할 수 있다. 模型은 洪水調節 事業을 大衆에게 쉽게 이해시킬 수 있고 洪水被害 防止計劃을 세우는데 가장 効果적이고 경제적이다.

미시시피 河川 模型의 建設費는 約 \$12,000,000 이 들었고 年間 維持 管理費는 \$300,000 정도이다. 現在 7人의 人員이 管理하고 있으며 모든 測定 및 調節장치는 自動化되어 있다. 미시시피 河川 模型의 全體流域의 面積은 約 80ha이고 實際로 河川 模型이 들어있고 鐵網을 타리로 보호하고 있는 面積은 20ha 정도가 된다.

미시시피 河川 模型은 美國 工兵團에서 建設하였지만 미시시피 流域에 사는 사람들의 복리를 위하여 運營되고 管理되는 財産이며 그 임무는 그들의 생명과 재산을 보호하는 일을 돕고 항상 洪水調節 問題를 豫측하고 解決方法을 提供하며 洪水調節 構造物의 効率的, 經濟的 設計를 可能케 하는 것이다.

또 미시시피 河川 模型의 區域內에는 높은 전망대가 세워져 있어 전체 모형을 관찰할 수 있고 하나의 관광지로서 利用되고 있다.