

<紀行文>

후우바댐 現場을 보고

金 治 弘*

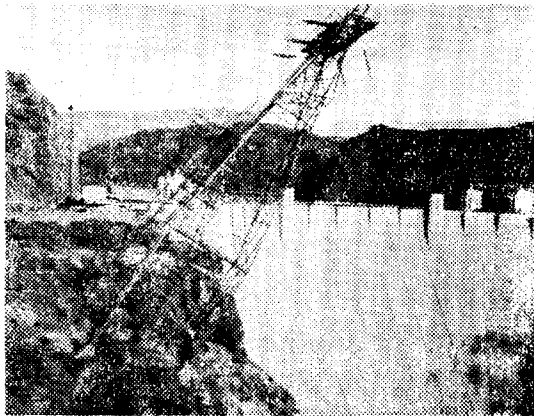
1. 序 論

1981年 12月 19日 出國하여 美國을 東西로 橫斷, 또 와싱톤으로 부터 캐나다의 토론토로 날아 나이아가라瀑布의 雄莊한 自然의 造化에 놀랐으나 歸國途中 후우바댐의 人工湖를 보고 太平洋沿岸의 카르취니아의 準砂漠을 人工綠化시켜 人間生活을 潤澤하게 만든 美國內務省復興局의 土木技術者의 偉大한 貢獻이 오늘날의 美國發展의 礎石이 된 것이다. 美國에서 T.V.A.事業이 이룩하기 以前에 이러한 自然에 挑戰한 經驗이 土木技術의 發達과 水資源의 有效適切한 活用을 期할 수 있는 터전을 마련하게 한 原動力이 된것이 아닌가 생각된다.

美國內務省復興局이 建設한 후우바댐은 元來 美議會에서 1947年 以前에는 보울다댐(Boulder Dam)으로 불리어왔었으며 美國에서 가장 主要한 댐建設을 위한 設計와 施工의 最初의 大型工事였었다.

2. 후우바댐의 位置

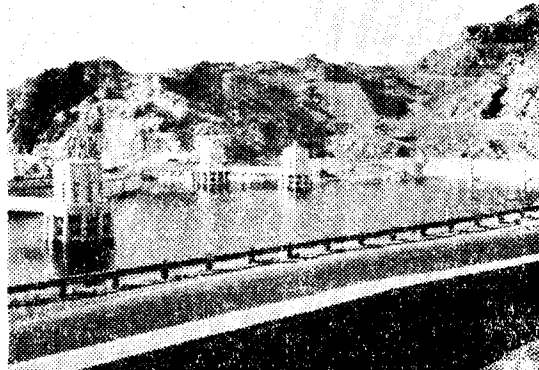
네바다(Nevada)州와 애리조나(Arizona)州의 境界



댐 全景

를 形成하는 코로라도(Colorado)江의 블랙 캐니온(Black Canyon) 外廓에 美內務省復興局은 世界에서 이 種類의 댐으로서는 가장 높은 후우바댐을 建設하였다. 建設界의 凱歌를 올린 技術革新時代라고 宣稱된 것은 비단 大型치수에서 온것 뿐이 아니고 砂漠의 햇빛과 코로라도江의 狂流를, 그리고 大岩壁의 龜裂을 막아낸 人間의 勝利를 가져오게 한 것이다.

本 후우바댐(Hoover Dam)은 美洲南西砂漠의 中心에 位置하고 있으며 가장 隣接한 都市는 네바다州의 보울다시가 坝地點西側 8마일의 距離에 있으며 네바다州



의 라스·베이가스(Las Vegas)시가 北西方向 30마일 距離에 있다. 라스·베이가스에서의 國道 15號線, 애리조나州 킹멘市에서의 國道66號線이 블랙 캐니온(Black Canyon)을 橫斷하여 坝頂部에 이루는 高度로 改善된 國道 113號線과 連結되고 있다. 유니온·패시픽(Union Pacific) 鐵道幹線이 라스·베이가스市와 샌타·페(Santa Fe)市를 킹멘市를 經由 通過하고 있다. 보울다市와 坝地點은 버스와 鐵道로 連結되고 있다.

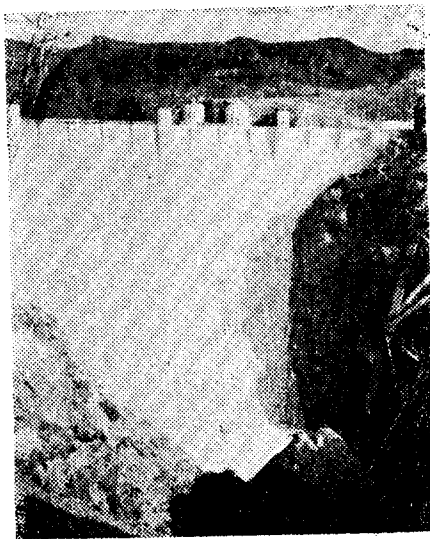
3. 코로라도江

높은 록키(Rockey)山脈의 融雪과 카르취니아灣의

*本學會 編輯委員 理事 成均館大 工大 土木工學科 副教授 技術士

靑綠물에 이르기까지 코로라도江은 抵抗없이 흐르는데 그 途中에 北쪽 에리조나高原을 거치면서 雄大한 그랜드 캐니온(Grand Canyon)을 만들어 냈고 보올다에서 블랙山脈에 깊은 溪谷을 그리고 河口 近處에 델타(delta)地帶를 形成토록 數世紀에 걸쳐 山脈의 泥土를 運搬하여 임페리알溪谷(Imperial Valley)을 이룩하였다. 코로라도江 河口로부터 主要地點의 距離를 浬內에 마일單位로 表示하면 유마(Yuma 100), 임페리알댐(Imperial Dam 118), 로스앤젤스(Los Angeles)市로 送水하는 據點인 파카뎀(Parker Dam)의 流入口(266), 니이드레스(324), 블랙캐니온(422), 보올다캐니온(695), 그리고 水源地點(1400)에 이른다.

流域面積은 에리조나州, 카르취니아州, 코로라도州, 네바다州, 뉴멕시코(Mew Mexico)州, 우타(Utah)州 그리고 요밍(Wyoming)州을 包含, 美國全體面積의 1/13에 該當한다. 堤防沿邊의 大部分의 땅이 乾燥地帶



이지만 灌溉事業으로 말미암아 穀倉地帶를 이룩하여 江물이 南西地方의 大部分에서는 生命水가 되고 있다. 그러나 河川水의 3/4이 4월부터 6月 사이에 흐르고 그 동안에는 무서운 洪水가 破壞를 가져올때도 있고 나머지 달에는 激甚한 漏水現象을 빚고 있었다. 그중 刮目할 大洪水는 1905년에 일어났으며 그때 軟弱한 堤防은 全部 破堤되었으며 임페리알溪谷은 完全浸水되어 肥沃한 農土와 함께 冠水深이 300ft.였었다고 한다. 洪水被 害復舊에만 18個月이 所要되었으며 그 被害復舊費가 當時 돈價値로 2百萬弗以上이 必要했다고 한다. 그러나 한편으로 全體堤防延長의 1/3 밖에 復舊를 못했다고 한다. 反面, 물의 流下가 不均衡하여 나머지 豐水가 아닌 다른時期에는 充分한 물과 濕氣不足으로 穀物

成長에 支障을 가져오고 食水 등은 트럭과 汽車로 100마일 밖에서 가져왔다고 한다.

4. 보올다 캐니온計劃의 設定

叙上の 問題를 품고있는 實態의 解決을 위하여 復興局에서 일찌기 調査와 豫備檢討를 通하여 보올다·캐니온 또는 블랙·캐니온에 大댐을 建設함으로써 大貯水池를 形成하는 길 만이 唯一의 方法이라는 것을 알게 되었다. 그러나 너무나도 龐大한 所要投資額 때문에 주춤하고 있다가 南카르취니아의 急進의인 發展이 이룩하게 되자 家庭用水와 工場地帶의 電力供給의 市場性이 形成됨으로써 工事計劃의 妥當性을 갖게 하였다. 그러나 數年間に 걸쳐 政府와 立法府와의 싸움이 持續되다가 1928年 12月 21日 swing·존슨(Swing-Johnson)案이 바로 보올다 캐니온法으로 돼서 當時 大統領 쿠울

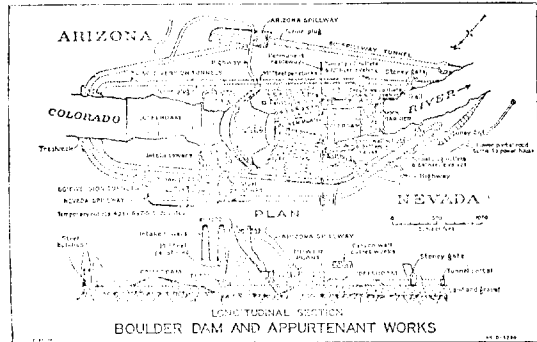


Fig. 1

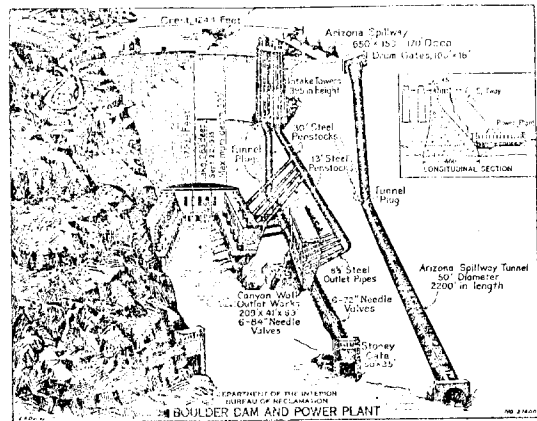


Fig. 2

릿지(Coolidge)氏의 署名으로 發効를 보았다. 이법은 댐 및 그 附帶施設을 보올다 또는 블랙캐니온에다 그리고 임페리알溪谷까지의 올아메리칸·커널(All American Canal) 建設에 局限시키고 工事費도 1億 6千萬

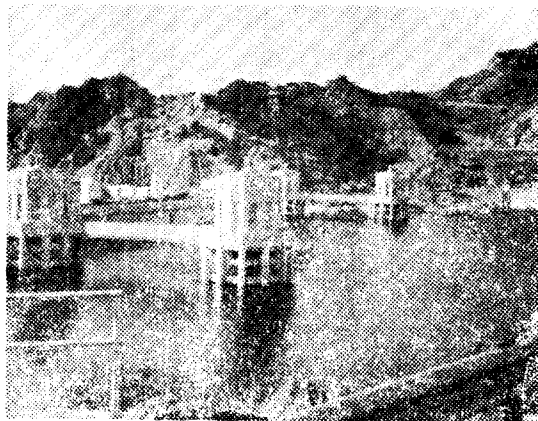
弗을 超過 못하며 本工事費는 코로라도江流域內의 6個 州의 河川流에 關한 各各 費用分擔에 對한 合議와 地 地點에서 電力에너지 工事費로 1億 2千 6百 50萬弗의 契約이 成立하지 않는限 使用하지 못하도록 되어 있었다.

에리조나州를 除外하고 모든 關係州의 立法機關은 로스앤젤스市의 給水와 南카르휘니아州 에디슨會社와 50年內에 電力에너지費 支拂契約에 關한 샌타페契約을 비준하였다. 그리하여 1930年 7月 3日 후우바大統領은 着工에 關한 決議案에 처음 署名을 하게 되었다.

5. 후우바댐의 調査와 設計

着工以前에 完全한 設計와 圖面, 鐵道 및 道路의 建設, 케니온까지의 送電線의 組立, 勞務者宿舍, 機資材 野積場을 小都市를 形成시켜 建設이 必要하였다.

經濟的 要素의 調査研究 河川流路에서의 試錐와 地 質調査 및 地形測量을 通하여 블랙·캐니온地點이 가장 有利한 地點으로 判定되었다. 이 地點이 鐵道 및 道路에 近接하고 있고 電力需要地까지 그다지 멀지 않으며 地質條件도 더 有利하며 基礎地盤도 깊지 않고 같은 貯水池容量에 對하여 적은댐으로 對處 할 수 있기 때문이다.



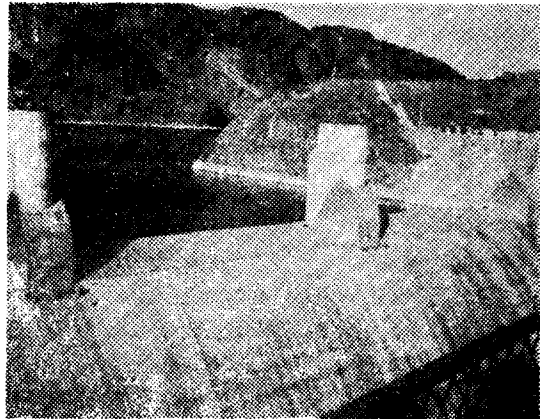
本댐은 4個의 目的 즉 洪水調節, 利水, 泥土制御 및 發電事業을 위하여 政府技術障은 基礎岩盤으로 부터 높이 727ft.(221.6m)의 重力式콘크리트아치댐으로 設計되었으며 平均貯水池水深 585ft.(178.3m), 貯水池最長距離 115마일(185km), 貯水容量은 32,350,000 acre-ft($3.99 \times 10^{10} m^3$)로 世界最大人工湖이다. 貯水池의 밑部分 水深 300ft~360ft.가 泥土砂堆積用으로 그위로 155ft~215ft 까지를 有効貯水容量用으로 그위의 75ft 깊이가 洪水調節容量用으로 充當토록 容量配分을 하고

있다. 이 貯水容量은 美國코네티컷(Connecticut)州 全域에 10ft. 깊이로 덮일 容量이고, 全世界人口當 한 사람에게 5000갤런(18,925l)을 줄 수 있는 容量이다.

댐內側에는 各各 200,000ft³/sec의 블랙·캐니온에서 한번도 記錄이 없는 計劃洪水量을 對象으로한 大型放水路가 設置되어 있으며放水路의 流出口는 下流河床과 連結되는 假排水路·터널(內徑 50ft)과 傾斜샤후트로 連絡토록 하였다(Fig. 1 및 Fig. 2 參照).

貯水池로 부터 發電用水, 灌溉用水 및 家庭用水의 引水는 附近處에 4個의 大型取水塔(寫眞參照)에 의거 콘크리트라이닝된 터널안에 大經鋼製管에 依해 導水되고 있으며 125,000ft³/sec의 水量에 達한다.

發電所의 設備는 15個의 115,000HP의 垂直型샤후트水車와 2個의 55,000HP의 水車로서 計 1,835,000 HP의 容量에 達하고 있다. 電力量割當은 南카르휘니아에 63%를 殘餘가 에리조나州와 네바다州가 割當받고 있다. 年中 最小確保可能電力量은 KWH當 0.163 센트로 契約되고 있다.



에리조나州側의 放水路

6. 建設日程概要

本댐工事は 大型工事로서는 놀라운 速度로 進歩되었었다.

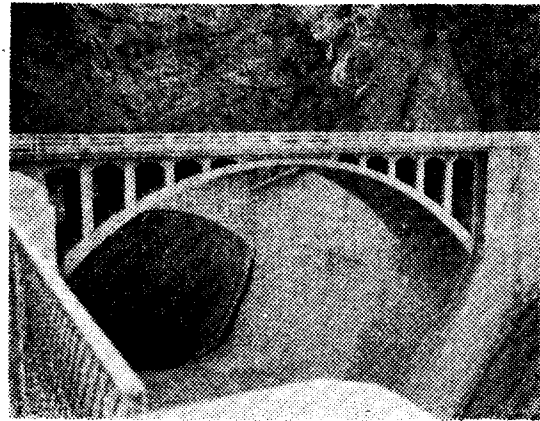
1930年 7月 3日에 着工承認을 얻어 6個의 會社가 1931年 3月 11日에 工事契約을 했다. 그리하여 1931年 5月 16日에 假排水路터널의 掘착이 始作되었다. 河川 移替工事が 1932年 11月 13日에 終了했으며 코카넬築造가 1933年 4月 1日에 終了했다.

그리고 最初콘크리트打設이 1933年 6月 6日에 開始하고 貯水開始는 1935年 2月 1日에 始作되었다. 本體의 各블록댐이 頂部까지 打設完了된 것은 1935年 3月 23日이었다. 그리하여 6個建設會社는 復興局에 1936

年 3月 1日에 竣工檢査가 完了되었다.

本工事は 計劃工程보다 2年以上을 短縮시켰으며 1936

年 가을에 發電이 開始되었다.



放水路에서 假排水路連結流入口

(12p.에서 계속)

地上學의 因子를 Factor Analysis하여 各 因子間의 相關性을 分析하고 Forward Step Wise 回歸法으로 各種流量과의 關係式을 찾아서 比較한 것이며, 水文關係 資料處理에 새로운 方向을 模索한 것이다.

中小河川 流域에서의 有效降雨量 및 設計水文係數 決定에 關한 研究에서는 有效雨量 算定에 있어 美國 土壤保存局에서 권장하는 SCS 方法과 Iindex 方法을 利用하고 比較하면서 尖頭流量을 算定함에 있어 土壤 群別로 土地利用 및 處理狀態, 土壤의 分類 및 種類等 으로 流出係別로 파악하였고 設計水文曲線의 尖頭流量에 있어서는 여러法과 比較하여 SCS單位圖法이 實測 法과 잘 適合함을 證明하고 있다.

地上學의 因子를 利用한 洪水量의 決定이므로 研究에서는 錦江水系를 對象으로 流域內 6個 自己水位標地點을 中心으로 小流域別 河川形態學의 特性因子인 流域面積, 河川總延長, 流域延長此, 流路延長, 河川傾斜, 流域平均傾斜等 10個因子를 相關성이 높은 因子단 擇하여 洪水量 頻度曲線과 合成하여 數學的 模型을 開發한 結果 2年洪水量을 推定한다고 볼 때 流域延長此와 流域面積式이 가장 相關성이 높게 나타났다.

第3部에서는 海洋工學分野의 것으로 모두 3篇의 論

文이 發表되었다. 흐름에 依한 溝內의 循環을 Galerkin의 有限要素法으로 解析하는 平均的인 水에 深서의 二次元的 數量模型을 提示하고 있으며 Galerkin 法으로 一次 및 二次元的인 것에 對해서는 絶對的이고 明白한 方法임을 시도하였다. 그리고 二段階的인 Lax Wendroff explicit法이 implicit보다 計算時間이 짧아서 效果的이다.

釜山港에서 흐름을 誘導하는 潮汐의 實質的인 性質을 再生하는데 力點을 두었으며, 이 數值的 模擬模型은 두개의 開口部를 가진 곳에서 再生할 수 있게 한 것이며 이것으로 溝內의 循環을 豫測할 수 있도록한 것이다.

遷移行列에 의한 海濱斷面의 遷移解析에서는 Sakin, M.J. Merriam D.F. 등에 依한 遷移行列 解析法을 擴張하여 海岸砂濱 斷面의 經年的인 遷移特性을 알게 하는데 도움을 줄 수 있게 하였다.

海岸構造物에 作用하는 浮遊體의 衝擊力에 關한 研究에서는 水面에 浮遊하는 浮遊體가 波浪에 依해 圓柱에 부딪칠때의 波壓과 浮遊體에 依한 水平方向의 衝擊力을 附加流量의 概念을 導入, 實驗的으로 究明하였다.