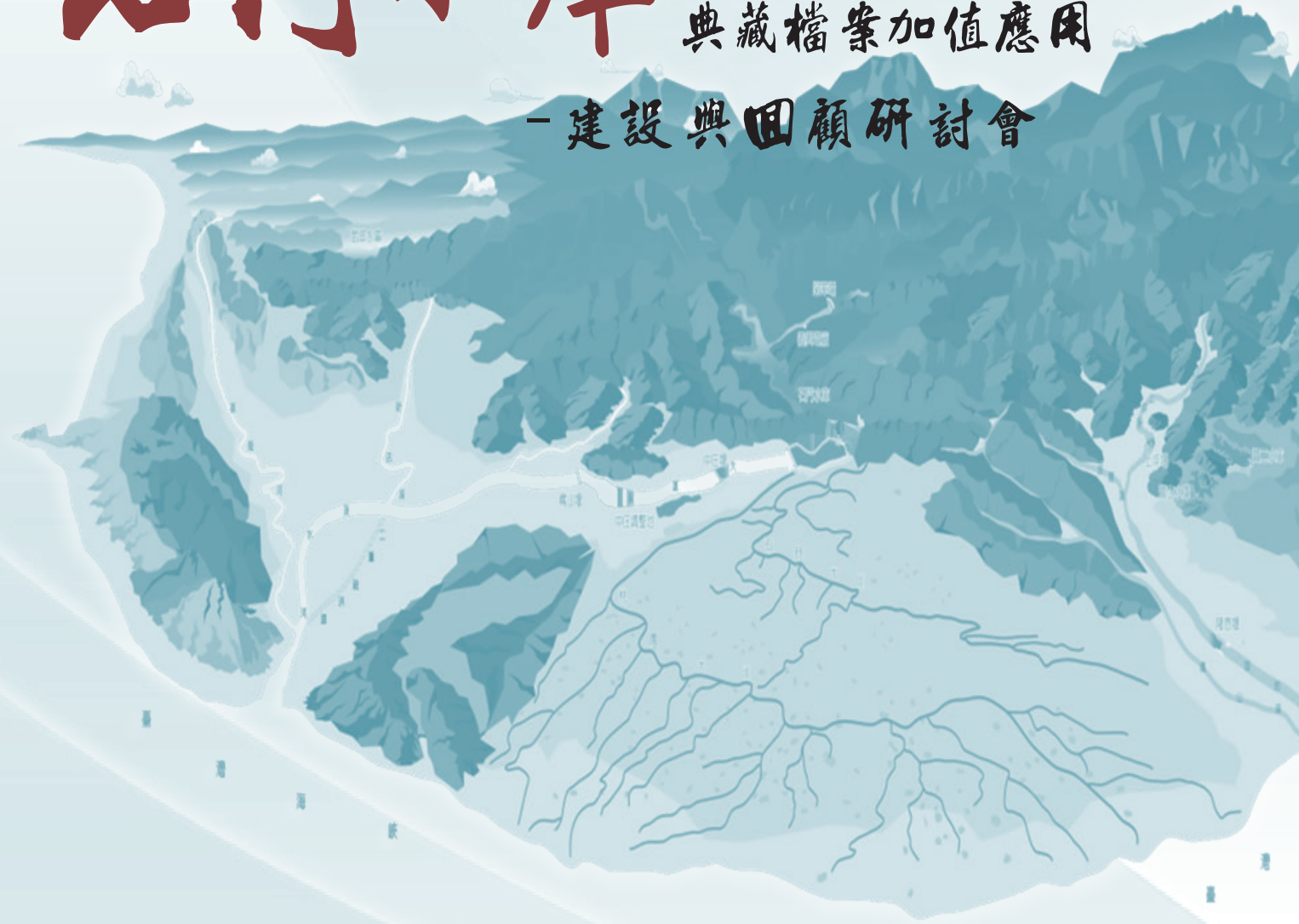


石門水庫

典藏檔案加值應用

— 建設與回顧研討會



主辦單位：經濟部水利署北區水資源局、中興工程科技研究發展基金會

協辦單位：中興工程顧問社

「石門水庫典藏檔案加值應用-建設與回顧」研討會

行程表

- 日期：109 年 11 月 23 日（星期一）
- 出發時間地點：上午 08：20【台北車站東三門】準時出發
- 研討及參訪地點：石門水庫-依山閣（桃園市龍潭區二坪 34 號）
- 主辦單位：經濟部水利署北區水資源局、中興工程科技研究發展基金會
- 協辦單位：中興工程顧問社
- 行程表：

時間	活動內容	主講人	地點
08:00~08:20	集合出發		台北車站東 3 門
08:20~09:40	台北車站→石門水庫依山閣		車程
09:40~10:00	依山閣現場報到		依山閣三樓 演講廳
10:00~10:20	主辦單位致詞	水利署賴署長建信 北水局江局長明郎 中興工程基金會曾董事長參寶	
10:20~11:10	石門水庫水文化初探	北水局江局長明郎	
11:10~11:20	茶敘時間		
11:20~12:10	大壩烏托邦－ 日治時期石門水庫規劃與設計 之時空脈絡	中央研究院顧雅文博士 佛光大學文化資產與創意系簡佑丞博士	
12:10~13:00	午餐及休息		
13:00~13:50	石門水庫工程紀事拾遺導讀暨 追憶	中興工程基金會姚前執行長長春 中興工程顧問公司陳前副總經理正宗	
13:50~14:00	休息時間		
14:00~14:50	石門水庫建設對台灣水庫工程 發展影響	台灣大學李方中博士	
14:50~15:00	休息時間(場地調整)		
15:00~15:30	綜合討論	講者、主辦單位代表	
15:30~16:00	壩頂健走導覽		
16:00~17:30	石門水庫→台北車站		

緣起

石門水庫係我國在美國顧問技術指導下，首度由國人自行設計興建之大型水利設施，肩負起北台灣地區灌溉、發電、防洪等多項目標；並經由實務演練與傳承，台灣的工程技術能力與現代施工觀念落地生根擴展枝葉，其中培訓的工程技術人才更擴散成為後來各類基礎建設的骨幹，奠定了現今各本土大型的工程顧問機構與工程營造機構的規模。

本專題奠基於石門水庫典藏檔案加值應用，邀請對水庫建設時期以前頗具研究之學者專家分享成果，結合水庫典藏檔案整理成果，帶來獨特的水庫歷史回顧體驗，並激發專家與學者間，學術與實務的交流激盪。

中興工程科技研究發展基金會 謹識

中華民國 109 年 11 月

目 錄

主題一

石門水庫水文化初探.....

江明郎局長

主題二

大壩烏托邦一

日治時期石門水庫規劃與設計之時空脈絡.....

顧雅文博士、簡佑丞博士

主題三

石門水庫工程紀事拾遺導讀暨追憶.....

姚長春前執行長、陳正宗前副總經理

主題四

石門水庫建設對台灣水庫工程發展影響.....

李方中博士

主題一

石門水庫水文化初探

經濟部水利署北區水資源局

江明郎 局長



石門水庫

水文化

初探

Learning Water Heritage from Shihmen Reservoir

Learning Water Heritage from Shihmen Reservoir

Learning Water Heritage from Shihmen Reservoir

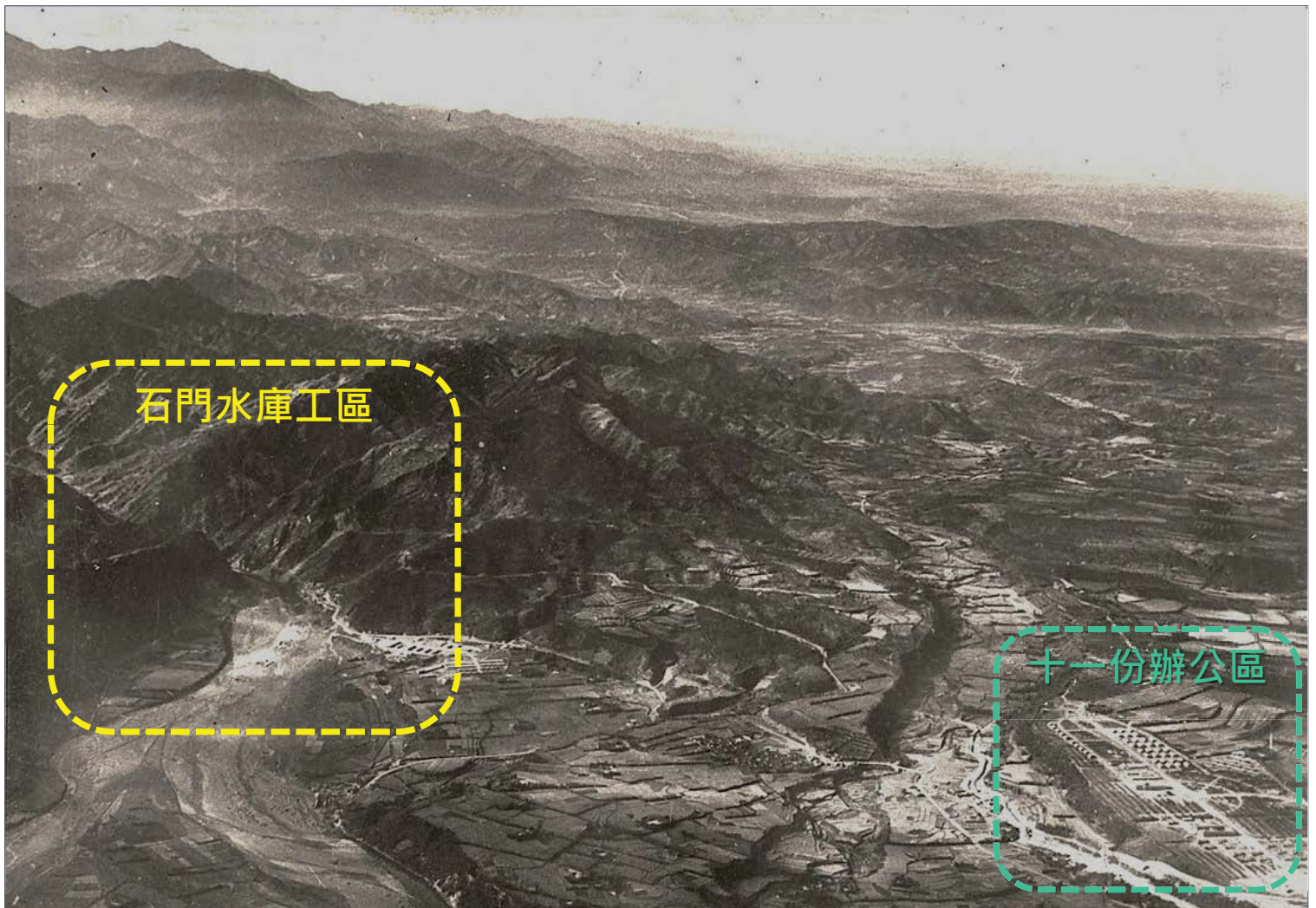
Learning Water Heritage from

北水局局長 江明郎

「水文化」？

「水文化資產」(Water Heritage 或 Cultural Heritage of Water)是指人類與水環境互動過程所產生的各項智慧，其有貢獻於人類、足以流傳推廣者；水文化著眼的是歷史的回顧與效能影響的探索。

維基：水文化是人類創造的與水有關的科學、人文等精神與物質的文化資產？



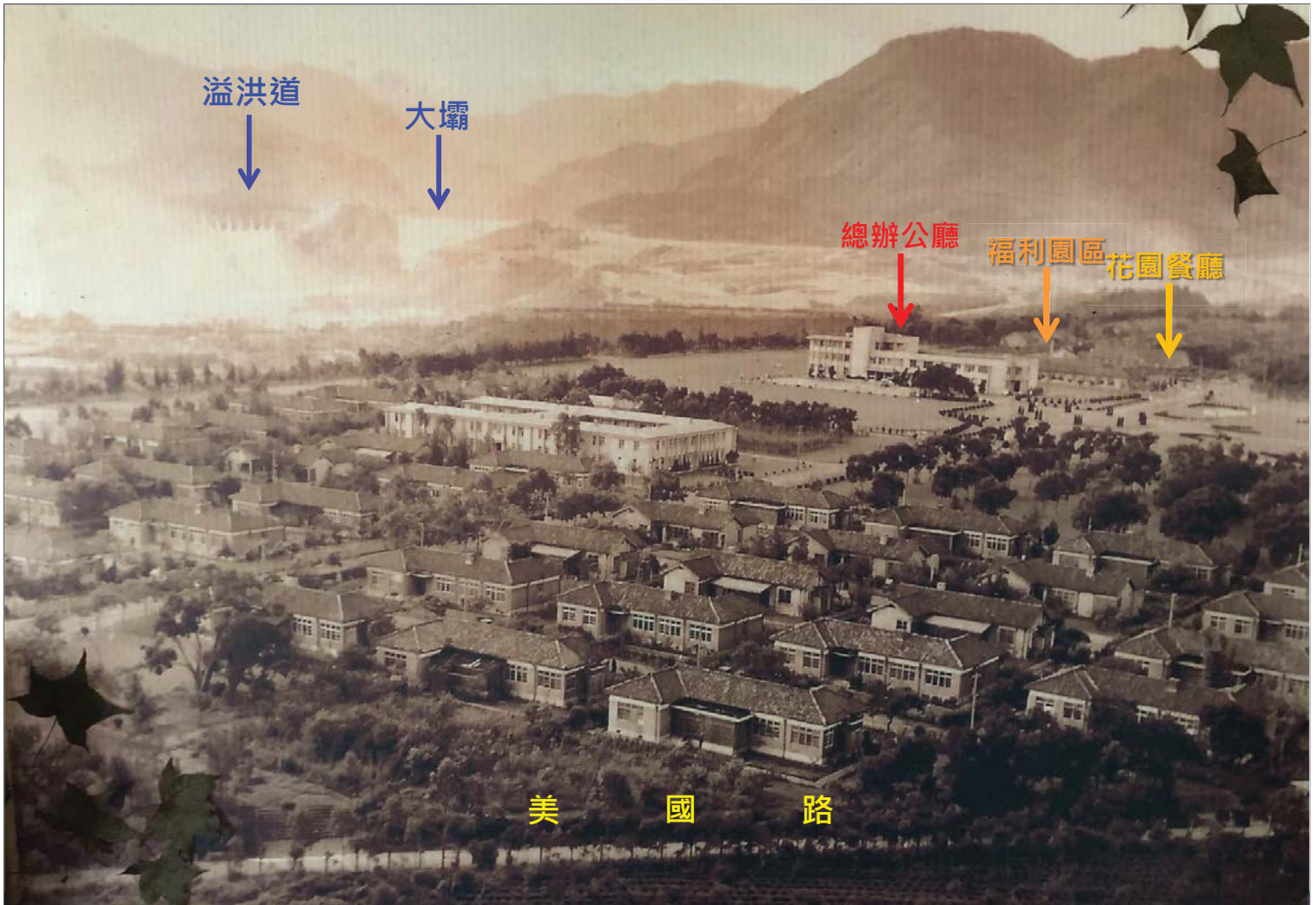
- 十一份辦公區與石門水庫今昔
- 大漢溪與桃園台地的千古分合
- 石門水庫的升級與蛻變
- 結語：石門水庫水文化再出發



■ 十一份辦公區與石門水庫今昔



十一份總辦公區佈置平面圖





中華民國四十五年七月七日
石門水庫辦公廳奠基
陳誠



剛完工時的石門水庫



原石門水庫主要設施



現今石門水庫增加的設施





排砂隧道排砂



排洪排砂三箭齊發



三代同堂的放流設施



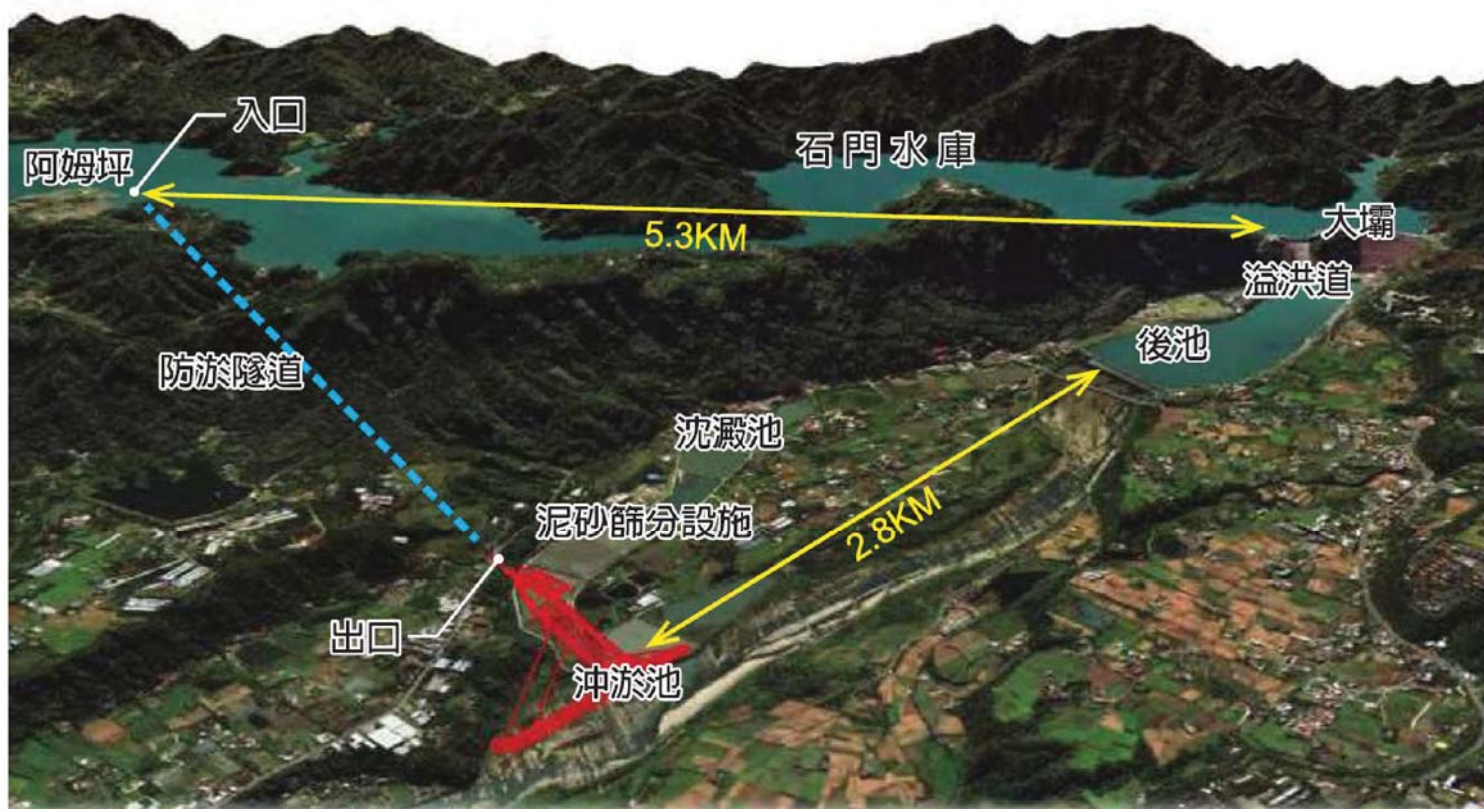
排砂隧道與壓力鋼管位置



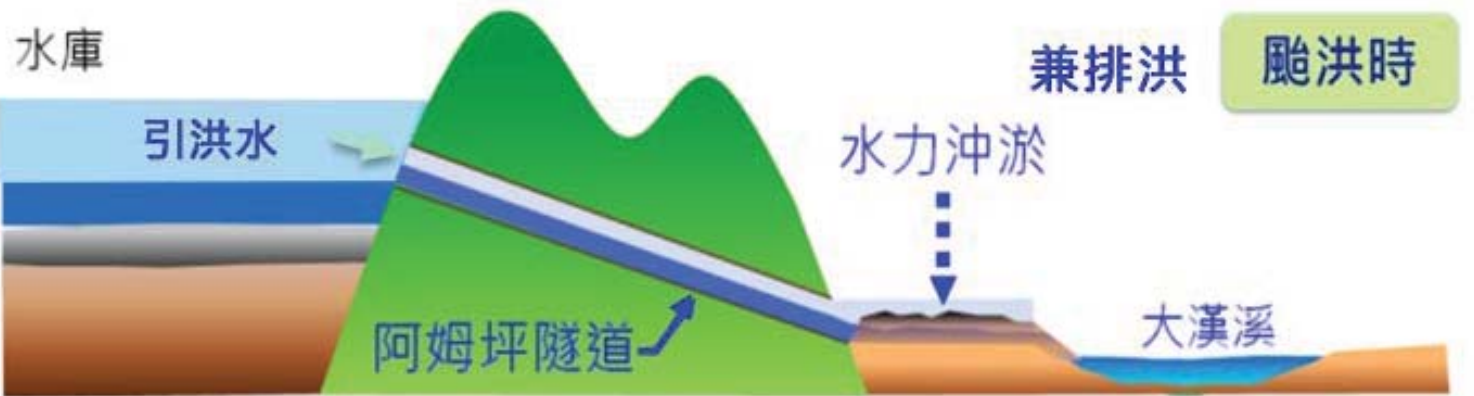
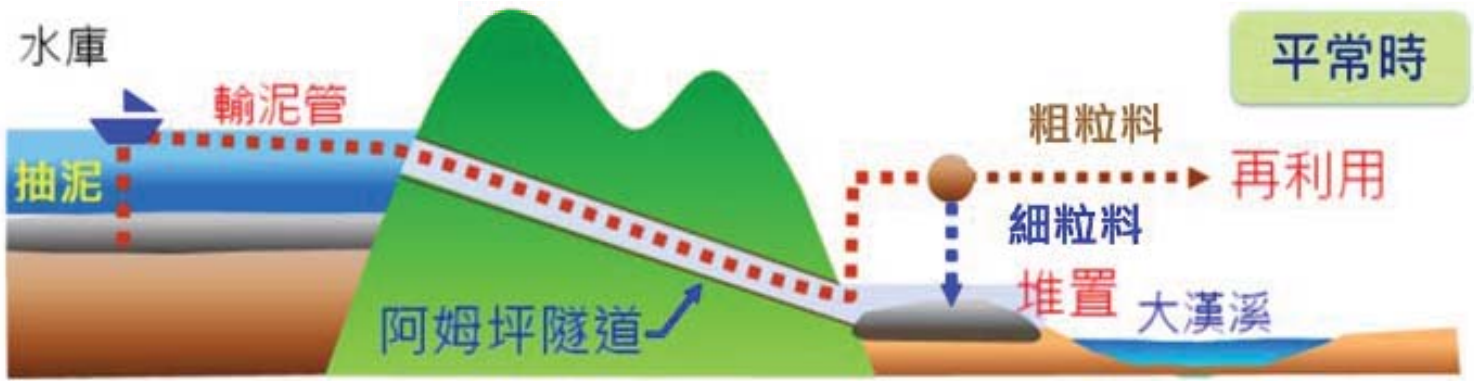
中庄調整池



經濟部



阿媽坪防淤隧道運轉方式

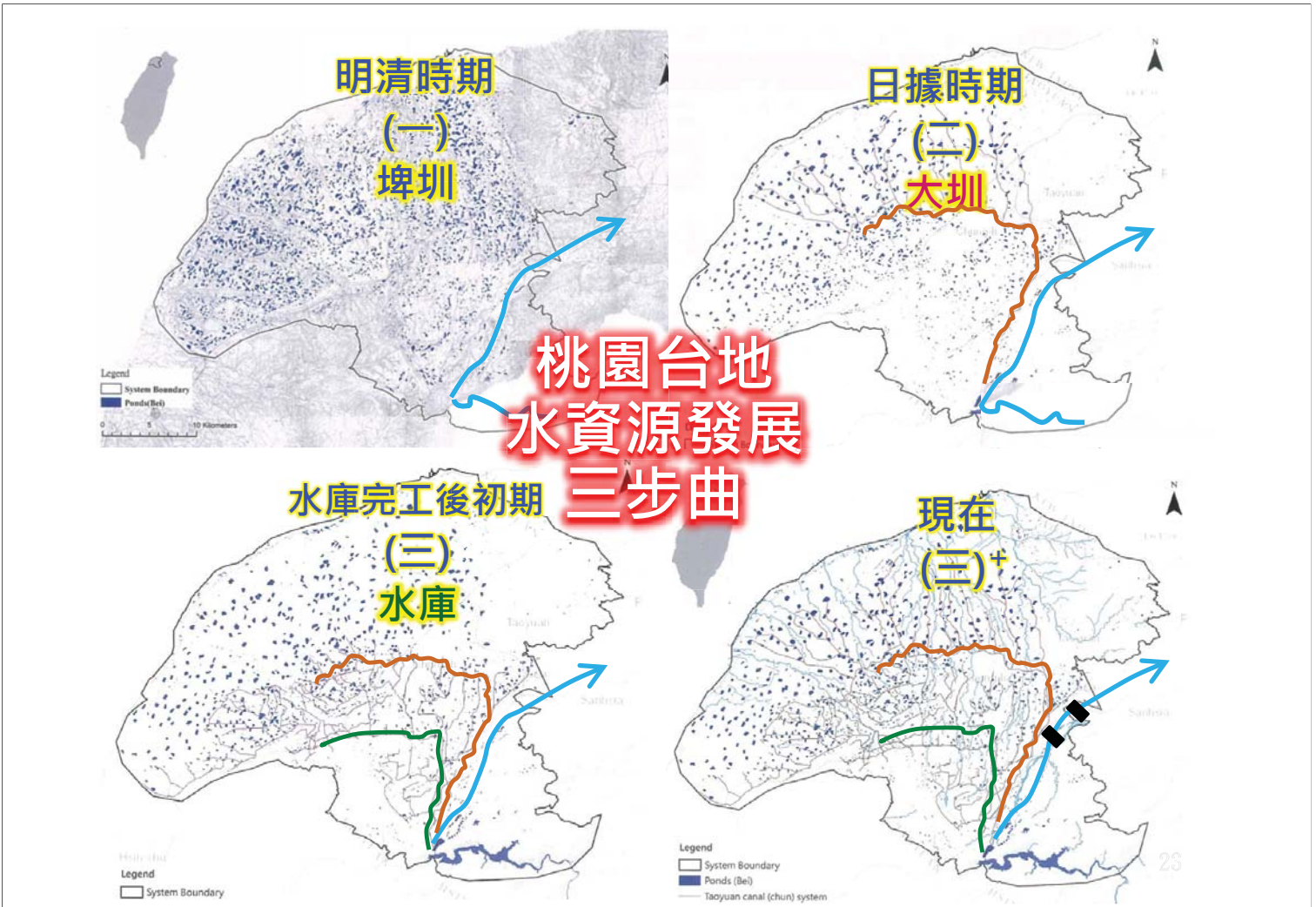
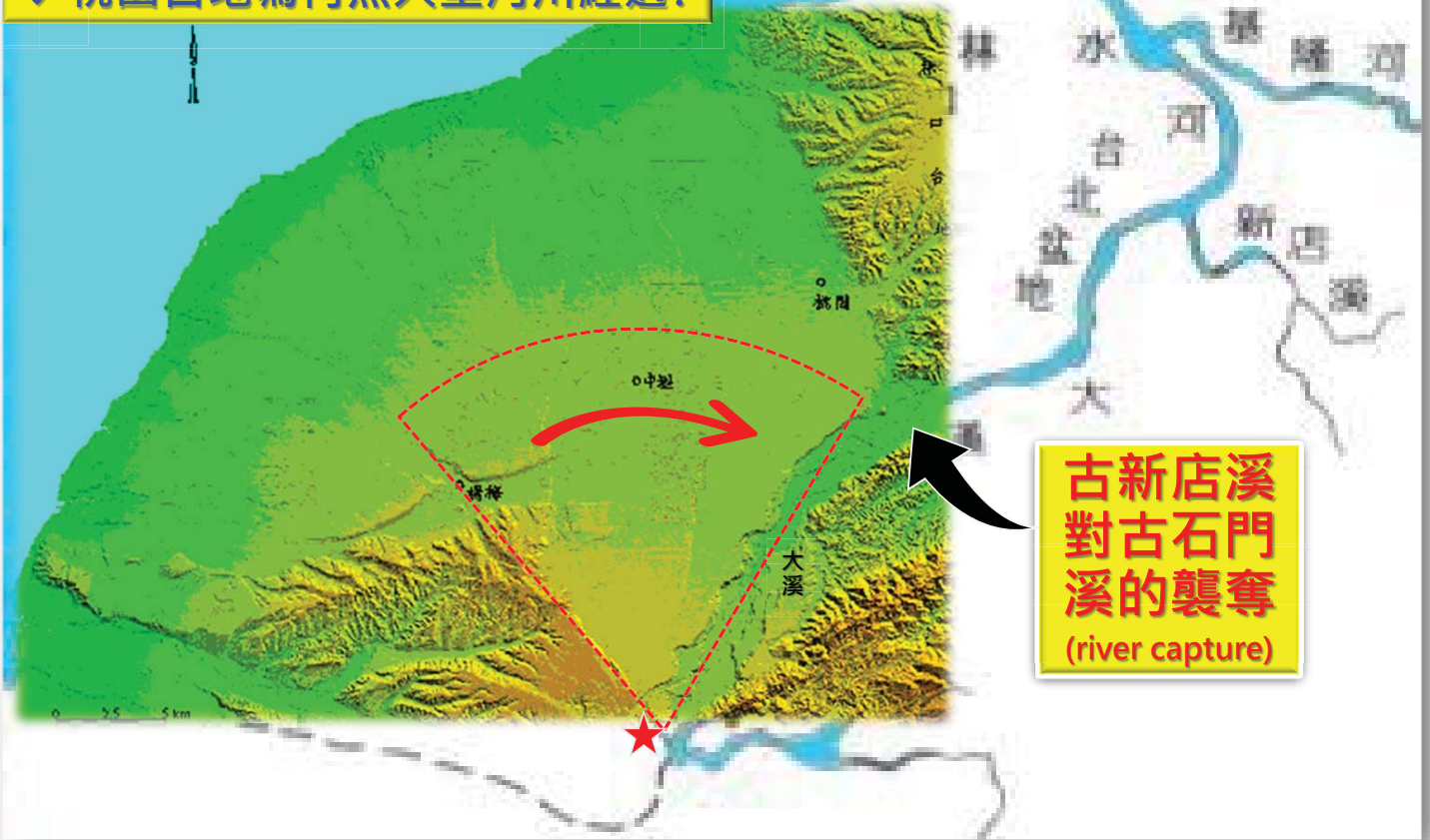


■ 大漢溪與桃園台地的千古分合



❖ 流出雪山山脈的大漢溪為何捨近求遠入海？

❖ 桃園台地為何無大型河川經過？



桃園台地水資源發展

明清時期(~1911)

日據時期(1895~1945)

光復迄今(1945~)

埤塘

千埤之鄉
看天田

大漢溪水
重回台地

大圳 (1919~)

台地用水
完全看溪

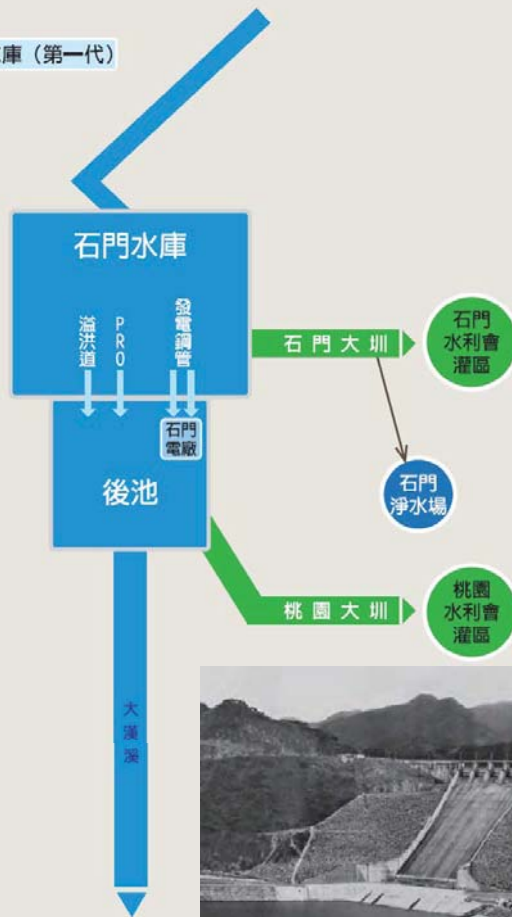
水庫 (1954~)

■ 石門水庫的升級與蛻變

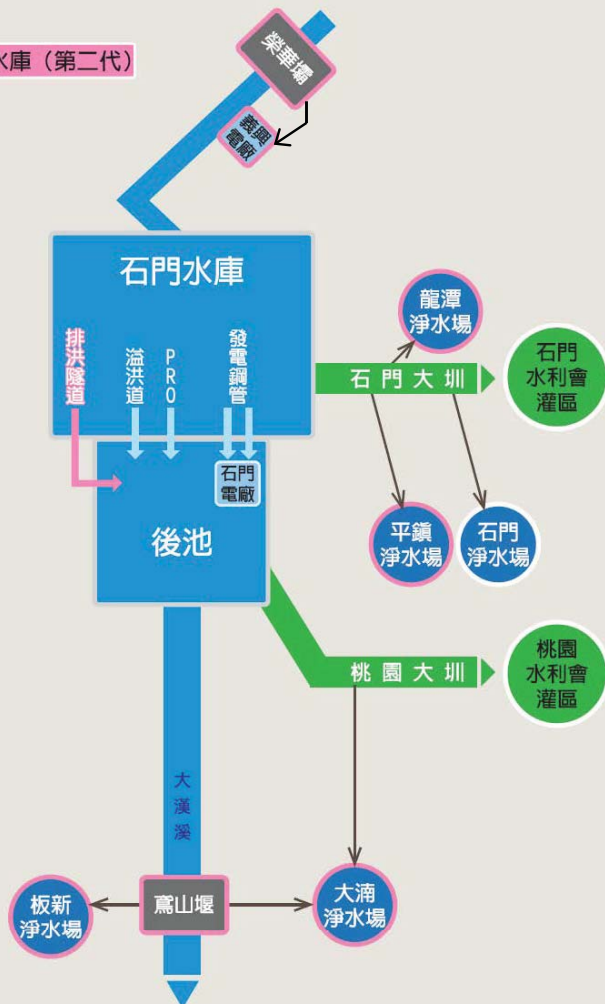




原生版石門水庫 (第一代)



加強版石門水庫 (第二代)



發電防砂



榮華壩

提升排洪



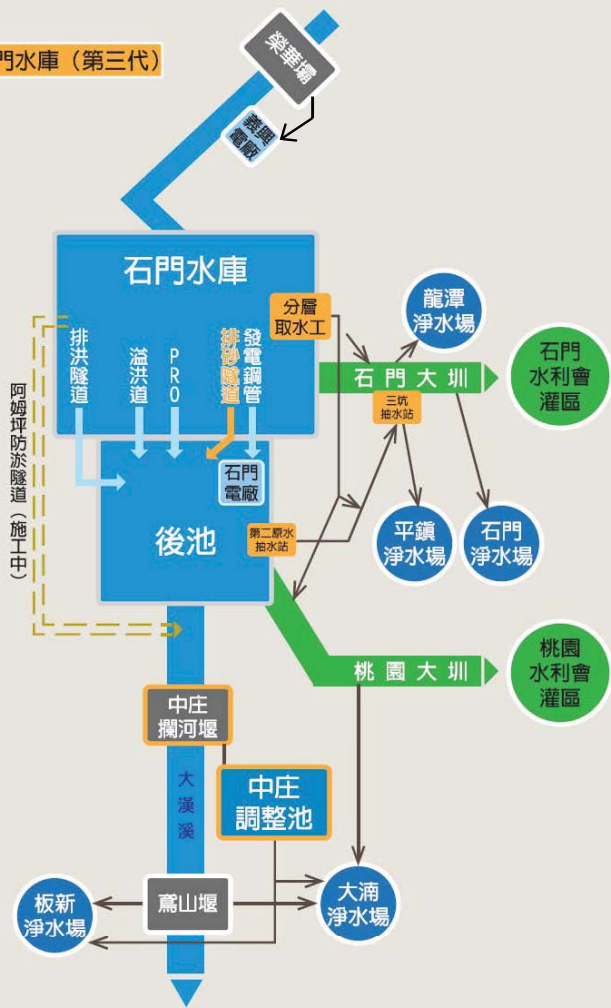
排洪隧道

增加供水



鳶山堰

重生版石門水庫 (第三代)



濁度應變



分層取水工

排泥排砂



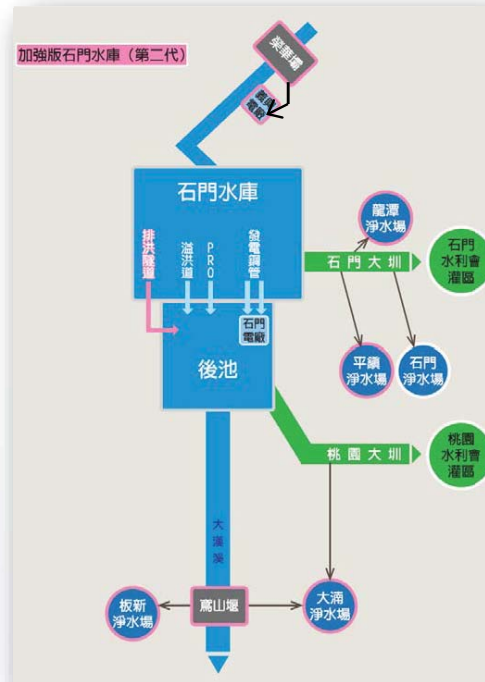
排砂隧道

濁度備援

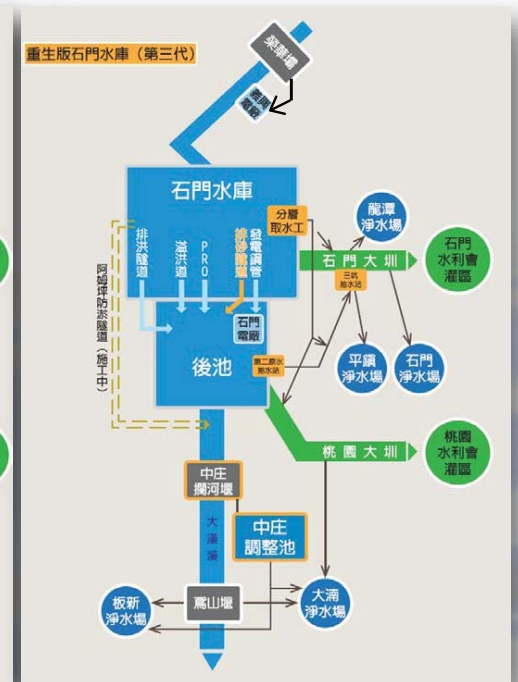


中庄調整池

加強版石門水庫 (第二代)



重生版石門水庫 (第三代)



三代同堂的放流設施



■ 結語：石門水庫水文化再出發



- 古新店溪的河川襲奪改變了桃園台地與大漢溪關係，石門水庫的興建完成，讓大漢溪重回桃園台地，使大漢溪真正成為桃園的母親河。
- 石門水庫是政府播遷來台初期最重要的水利建設，是當時中美合作下之代表性產物，對後續我國水庫工程技術生根與人才培育起了關鍵作用。
- 石門水庫的不斷進化，具有兩方面重大意義：
 - ✓ 第一，所有改造更新皆出自國人之手，顯示國內經營水庫技術水平高、能力強，可謂石建會時代孕育的水利人才開花結果之具體表現。
 - ✓ 第二，水庫完工後仍持續更新改造，是適應環境變遷、邁向永續的唯一途徑，為國內甚至國際水庫樹立良好典範。

中華民國五十二年六月一日
 石門水庫
 蔣夢麟與紀念碑文

石門水庫之興建，實為我國水利史上之偉大事業。其始於民國三十四年，由蔣夢麟先生發起，經政府核准，由石門水庫建設委員會負責興建。蔣先生於民國三十四年六月一日，在石門水庫建設委員會第二次會議上，提出興建石門水庫之建議，並獲得通過。蔣先生於民國三十四年六月一日，在石門水庫建設委員會第二次會議上，提出興建石門水庫之建議，並獲得通過。蔣先生於民國三十四年六月一日，在石門水庫建設委員會第二次會議上，提出興建石門水庫之建議，並獲得通過。

蔣夢麟與紀念碑文



蔣夢麟
 光緒12年(1886)1月20日~民國53年(1964)6月19日
 曾任北京大學校長、農復會主委，民國47年8月5日接任石門水庫建設委員會第二任主任委員，於53年6月1日寫下石門水庫紀念碑文。

蔣夢麟出席蔣經國大校新漢水口造水典禮
 左起：石門水庫工程

石門水庫紀念碑前後位置



經濟部

- 石門水庫為2012年環保署認證的環境教育設施場所
- 石門水庫於2017年獲頒水文化資產守護盾
- 水文化是21世紀氣候變遷下的關鍵詞



石門水庫興建紀念
卅年之利億萬
之福
于右任



簡報結束
敬請指教

主題二

大壩烏托邦一

日治時期石門水庫規劃與設計之時空脈絡

中央研究院臺灣史研究所

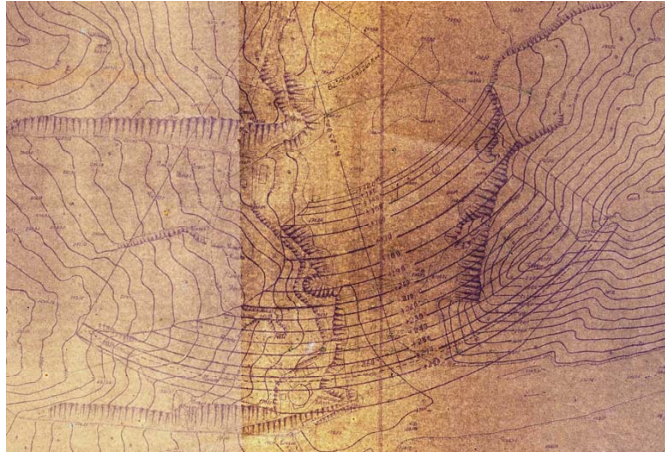
顧雅文 博士

佛光大學文化資產與創意系

簡佑丞 博士

大壩烏托邦-

日治時期石門水庫規劃與設計之時空脈絡



中央研究院臺灣史研究所 副研究員 顧雅文
佛光大學文化資產與創意系 助理教授 簡佑丞

大綱

- 前言
- 從Talsperre到「灌溉貯水池」
- 從官設埤圳到桃園大圳
- 從輪中治水到以大壩為中心的治水計畫
- 殖民地臺灣的水利統制與「昭和水利事業計畫」
- 結論

前言

とくと見て常に語りユートピア

やがて現出君を称へん

十川嘉太郎(1936)

1900年代由總督府技師**德見常雄**所提出，近似戰後石門水庫的多目標設計，源自19世紀盛行於歐美並移植到東亞殖民地的水環境治理概念，爾後在不同年代的政治、社會、經濟思潮下被屢次重新挪用、修改或復興，最終才以戰後臺灣第一個多目標水庫的身分具體成型

既有研究

- 早期**水利界**研究主要針對石門水庫在戰後興建的過程及意義的探討
→ 對於殖民時期的前身僅寥寥數語(或認為無強調必要)

- 地方志或水利會誌的描述

① 《重修桃園縣志》(1979)、《新修桃園縣志》經濟志(2010)

② 《臺灣省桃園農田水利會會誌》(2010)、《臺灣桃園農田水利會百年誌》(2019)

援引史料: 《石門水庫初步計畫》(1948)、《石門水庫四十一年度工作報告》(1953)、《石門水庫工程定案計劃報告》(1955)

- 近年**歷史學界**對於石門水庫研究的關注

→ 各有偏重視角，日治作為背景描述大抵與地方志或水利會志類似，未再深入

① 分析石門水庫興建過程中的美國經費及技術援助(鄭佩津，2011)

② 討論石門水庫如何對周邊聚落與人群帶來影響(高敏雄，2011) → 考證昭和水利計畫事業的存在 → 陳鴻圖：疑點待考

③ 探討石門水庫興建前國家與社會的互動、興建後的社會經濟效果及問題 (李力庸，2013a、2013 b、2016)

→ 土木史、地圖史或環境史的角度對石門水庫規劃提出了不同以往的陳述

① 探究石門水庫的計畫構想，將大壩概念的出現前推至日治初期後藤新平在任之時(黃俊銘、簡佑丞，2012)

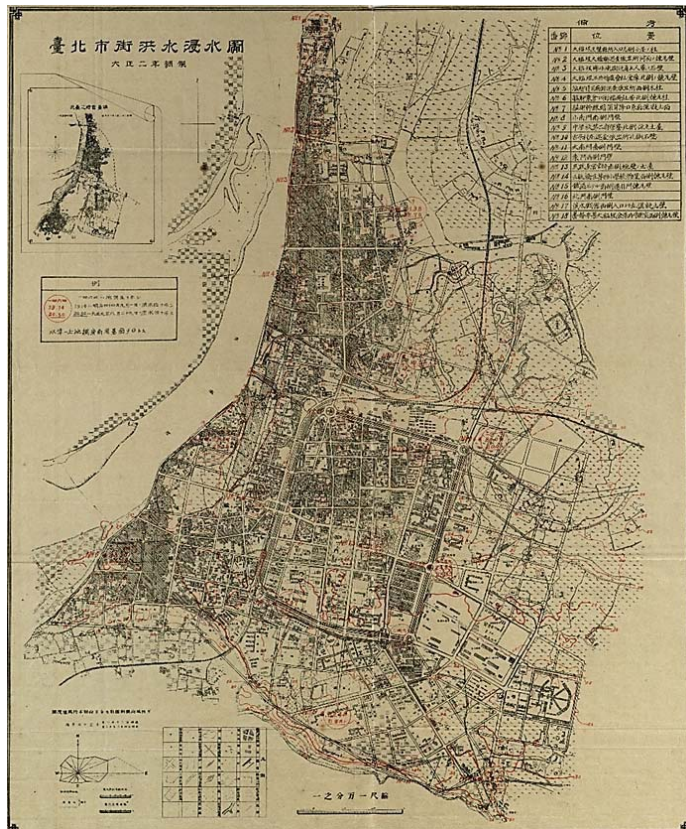
② 從防洪的脈絡論述1910年代以來石門水庫如何被納入淡水河的治水計畫中(顧雅文，2017)

本研究目的

- 本文即在前文基礎上對石門水庫早期規劃的重新思考
- 以長時期(長時間)的視野追溯其前身
 - 有助於進一步理解戰後石門水庫建設案的成立
- 水庫作為殖民地甚至日本帝國的重要建設
 - 也需要超越地方的空間視野遽以檢視
- 本文試圖將此一個案研究置於技術史與環境史脈絡上
 - 論述其所代表的意義

一、從Talsperre到「灌溉貯水池」

- 流經臺北市街(艋舺、大稻埕、臺北城內)的淡水河流域
 - 河川便利的水運讓臺北逐漸發展成北台灣最繁榮的貿易港市
 - 臨河的臺北市街從清代發展以來就經常遭受淡水河流域的洪水侵害
 - 日本領臺後隨著都市的日漸擴展，臺北市街的水患有增無減
- 1898年3月甫來臺不久的民政長官後藤新平也數度遭遇嚴重的淡水河洪水災害
 - 加上 ①當時全臺各地各大河川流域洪水災害頻仍(夏季)
 - ②殖民地政府欲發展以農業(稻米、糖業)為核心的殖產興業(近代水利開發)
 - 以德國留學時期的見聞提出在河川上游興築「Talsperre (多目標高壩)」
 - 作為全臺河川**防洪治理**、**水利開發**以及(淡水河)**航運**的手段



1911、1912年臺北市街洪水淹水調查圖

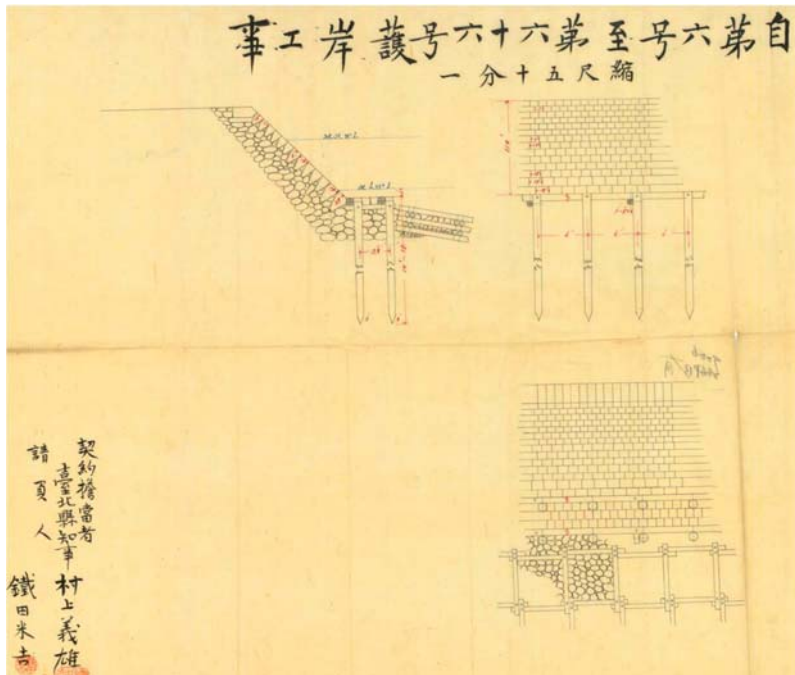
- 人類建造大壩的歷史久遠，但直至19世紀中期的法國工程師Sazilly建立重力高壩的計算理論後，才開啟歐陸競相興建高壩(大型水庫)的黃金時代。
- 由於德國國土境內河川流域較缺乏天然湖泊或冰原調節或蓄留水資源
 - 導致德國同時存在缺水與洪水的問題
 - 加上19世紀末德國極欲發展近代工業(電力需求)
- 當源自法國的高壩理論與大型水庫建設思想傳入德國後
 - 促進德國各地展開大型水庫建設計畫事業
 - 因①國土地理、地形等水資源環境限制，以及②近代工業發展
 - 19世紀末起極力發展大規模多目標水庫「Talsperre」
 - (飲水、灌溉、航運、防洪、發電)
 - 爾後大規模多目標水庫「Talsperre」傳到美國，並在美國發揚光大(TVA)
- 1890年赴德學習近代醫學與科學2年的後藤新平正好正好趕上德國自1890年到1914年間蓬勃發展的「Talsperre」熱潮 → 應有相當的認識與理解

- 後藤新平的「Talsperre」構想，對當時由後藤赴任時陸續力邀來臺的臺灣總督府土木技師群而言想必並不陌生。
→ 其中之一即為臨時臺灣土地調查局技師兼測量課長的德見常雄
- 土地調查事業接近尾聲的1901年，德見為將來土地開發(糖業)與水利灌溉事業
→ 赴荷屬爪哇與英領印度考察水利灌溉事業
→ 印度孟買附近河川上游谷地興建大壩(大型水庫):
 - ① 雨季可攔蓄豐沛降水，可供下游土地長達半年乾季的農業灌溉水源
 - ② 多餘蓄水源尚可作為自來水及落差水力利用等多目的用途
- 考察回臺後於1907年初，依1901年赴英領印度考察水利事業的見聞提出:
 - ① 南部二層行溪興建離槽水庫，引楠梓仙溪、荖濃溪水作灌溉水源(附帶發電)
 - ② 北部大崙崁溪上游石門興建集防洪、灌溉與水力發電的多目標水庫計畫
 - ③ 大規模水利建設應屬官方事業(官設埤圳構想原型)
 → ①、②並納入官設埤圳經費計畫項目中(其餘13條為傳統簡易川流式)

- 1907年2月，石門水庫規劃方案已有較具體雛型:
 - ① 在大崙崁溪近蕃界的石門上游興建大壩攔蓄溪水，供應桃澗堡一帶（桃園、八德、中壢、平鎮）之灌溉用水。
 - ② 原存於桃園台地約8000多口舊有灌溉埤塘可全部填平，創造7200多甲可耕地面積。
 - ③ 若要將灌區擴大到竹北二堡一帶（新屋、楊梅、湖口、新豐）則需自水庫將水引流至高度約200尺（約60公尺→史料有誤）的龍潭埤附近藉重力導水至該區域。
→ 費用將達到150萬圓(未定案) → 石門大圳最早的原型
- 最初構想為多目標水庫(顧台)，但規劃自始至終都傾向於水利灌溉面向，後期規劃設計階段，幾乎完全側重在桃園台地的水利灌溉(臺灣日日新報)
 - ① 殖民政府全力推動臺灣水利灌溉整備事業的時代背景
 - ② 主導臺灣河川治水規畫的十川嘉太郎的言談與想法(1913年)
(臺灣河川地勢陡急，若築壩計畫規模不夠大，不符經濟與防洪效益)
 - 從Talsperre轉變為灌溉用貯水池(灌溉用水庫)
 - 石門水庫與淡水河防洪治水目標脫鉤 → 臺北輪中治水計畫(臺北市街圍堤計畫)

島ノ地勢即チ面積割合海抜高ノ關係其流域兩岸絶壁非常ニ急傾斜
 多シ居ル以風雨ノ度每甚キ崩壊作用ヲ多量ニ成ルハ溪流ノ下流ニ平
 地ヲ填埋ス故其水害一年ヨリ増大シ逐年並本年ノ如キ慘害ノ兒ニ至ル
 此際水害ノ將來增加ノ可ハ自然ノ傾向ニ此關係ヲ治水ノ策トシ上流ニ植林
 土砂停止方法ヲ講スルニ強急ニ策ヲ講ズルニ其極限ニ至ルニ成功セシト極
 大困難ニ大災域ノ地勢地質關係ヲ急傾斜ニ上致シ地質ノ若シ樹木叢生
 ノ兒時ハ風水害ノ爲ニ一層大山崩レテ兒ニ至ルニ現ニ年々風水害際流水ノ非常多
 中散リ明ル所ニ軟弱ノ地層ニ坐有ル樹木ノ却テ風水害原因ノ爲ニ事實少
 多クハ寧ロ自然ノ狀態放棄スルニ安全トシテ説キ去ク此説肯綮ヲ得ルニ一
 結局造林問題ハ斯道ニ導出スル考案調査ヲ待テ始メ有テ可キ問題ニ
 尚ホ山地ノ貯水池ヲ設置スル水幾分貯水シ淡水ノ輕感ニ説ハ此句配急ル
 河川ニ充分效力ヲ有ル位置ヲ見出シ難ク又台北市街地盤面ヲ洪水位以上築
 上ルニ説キ人々心算ハ別トシ市內全般ニ施スニ至リハ費重ク難事ト
 云フ

最後安木トシテ台北市街ノ四周ヲ包圍シテ外部ヨリ河水流入ヲ防遏シ此廓
 内ニ降下セル雨量大部分廓内低地一部ヲ遊水地トシテ貯水シ他一部ハ
 唧筒ヲ汲ミ上河水ノ低下ヲ待テ放水スル外ナカレシ
 台北ノ包圍工事ハ台北東端九板橋頭ヨリ南方ニ向テ進ミ林口店仔ノ
 前面至リ南ヲ折シテ河岸出テ之ニ沿ヒ新設古厝庄護岸工事ヲ箇敷
 ヲ西北ニ走リ艋舺至リ更ニ河岸ヲ沿ヒ此工事ハ總テ土堤ヲ以テ築キ河水
 ノ林口庄ヨリ浸入シ米ルニ備フ此延長四千間次ニ艋舺ヨリ大稻埕ヲ沿ヒテ
 下牛磨車庄ニ築キ可キ堤ハ石垣護岸トカ可キニシテ此延長二千二
 百六十間次ニ下牛磨車庄ヨリ北東ニ向ヒ山公園山麓ニ於テ淡水鐵道
 線ニ連絡セル此工ハ土堤ニ延長七百間此地点ヨリ南向ヒ基隆鐵道線
 交叉線ヲ淡水鐵道線ト交叉線ヲ九板橋頭ヲ基隆鐵道線ニ築堤
 堤防トシテ假用スル目的ナリ而シテ各暗渠出口ニ各相當裝置施シテ
 水流ノ交通ヲ整制ス可キハ勿論ナリ
 而シテ此包圍面積約三百三十萬九千平方坪ニシテ測候所開始以來百



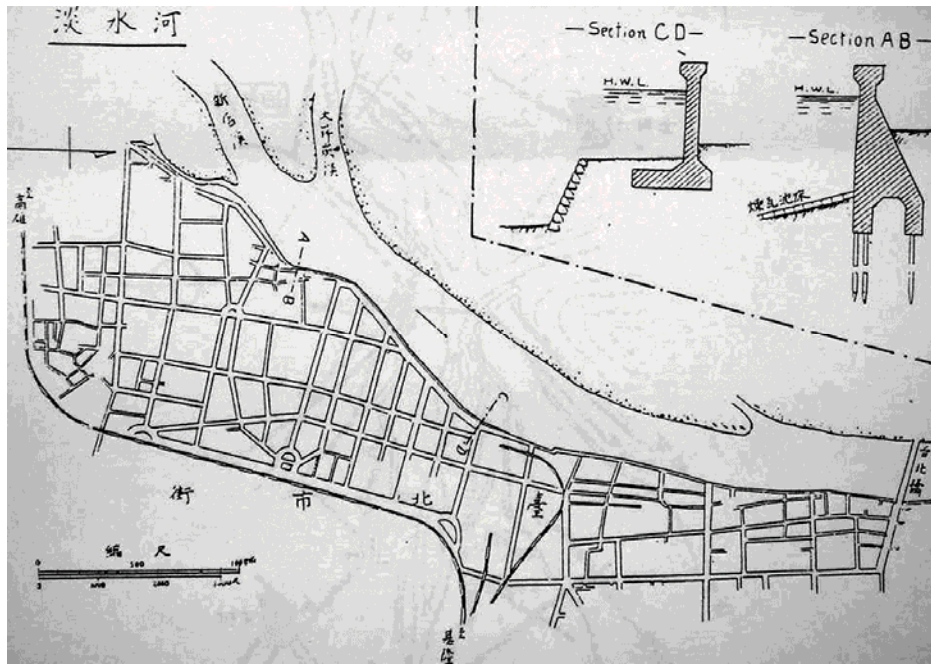
日治初期淡水河大稻埕石堤護岸工事設計圖(臺灣總督府公文類纂, 1898)



木曾三川輪中分布圖(國造りの歴史 中部の土木史, 1988)



日本岐阜縣海津町之輪中斷面圖



1913 年率先施行艋舺至大稻埕沿岸段築造鐵筋混凝土防洪牆式堤防（2形式）



艋舺RC造防洪牆式堤防及串磚沉床施工舊照



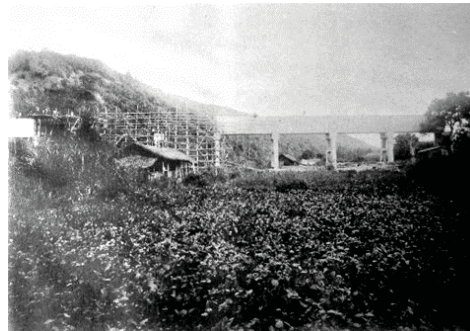
以原大稻埕石砌護岸為基礎興建的大稻埕RC造防洪牆式堤防完工舊照

二、從官設埤圳到桃園大圳

- 作為德見常雄兩項創意之一的二層行溪水庫(官設埤圳計畫)於1912年率先動工
 - 著手土壟灣發電所(完工)、圓潭仔導水隧道及水路橋的建設工程(無用的設施)
 - 大壩壩址地質調查結果評估地質不佳恐有漏水之虞於1915年中止興建計畫
 - (德見常雄、十川嘉太郎之後)新任工事部工務課長兼土木局土木課長的山形要助
 - 檢討現有官設埤圳計畫，同時展開全臺西部各地水利(力)資源調查發掘潛力地點



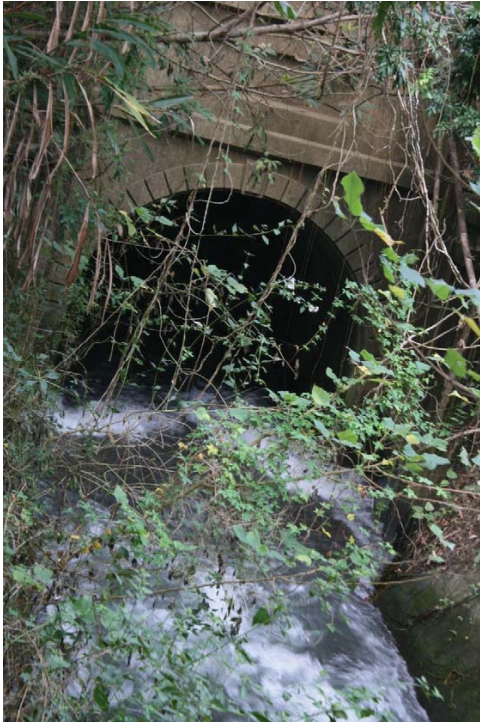
二層行溪埤圳圓潭仔隧道東口



二層行溪埤圳圓潭仔潭水橋工事



竣工不久之土壟灣發電所



二層行溪埤圳圓潭仔隧道現況，現成為旗山圳水橋
(出處：〈旗山圳生生不息，川流旗山百餘年！〉《公民新聞》，2018年9月26日 <https://www.peopo.org/news/379421>)

二層行溪埤圳圓潭仔隧道現況，現成為旗山圳圓潭子隧道
(出處：
<https://www.facebook.com/QishanRock/photos/a.365169980176681/2287792117914448>)

- 與二層行溪計畫同採大壩形式，當時呈現調查膠著狀態的石門水庫計畫
→ 成為首要被檢討的對象
- 檢討結果之替代方案(現今所熟知的桃園大圳):
 - ① 取消原來的大壩水庫設計
 - ② 改回傳統川流式直接於大嵙崁溪(石門)取水引流灌溉桃園台地的方式
 - ③ 原大壩的貯水功能改由舊有埤塘替代(取消原規劃填埋埤塘為耕地)
- 變更後的桃園大圳工程計畫:
 - ① 石門取水口、導水幹線(隧道)、灌溉支線、分線開鑿工程(1916年、官設埤圳)
→ 取消大壩水庫後，原連接水庫取水的導水路幹線只需稍微修改即可轉作傳統川流方式
 - ② 桃園大圳組合事業的舊有埤塘改修工程(1919年、桃園大圳組合)
→ 白石誠夫技師負責改修調查與規劃設計(後因規劃設計與山形課長屢起衝突憤而離台)
→ 主導變更計畫者推測為喜改變計畫的山形要助(張令紀應非桃園大圳設計者)

三、從輪中治水到以大壩為中心的治水計畫

- 兩個逐漸完全脫鈎的利水（桃園大圳）與治水（臺北輪中計畫）方針，至1920年代後期，卻有了極大轉變

① 1928年全部興建完成的桃園大圳並未充分發揮應有效益

（採傳統川流式方案而受河川流量限制，灌溉效率低落，遇上枯水期更經常缺水）

② 淡水河洪災問題始終存在，並未因輪中牆式堤防的興建而獲得保障，形同虛設
→ 一度被束之高閣、兼顧防洪水利的多目標水庫構想再次成為話題

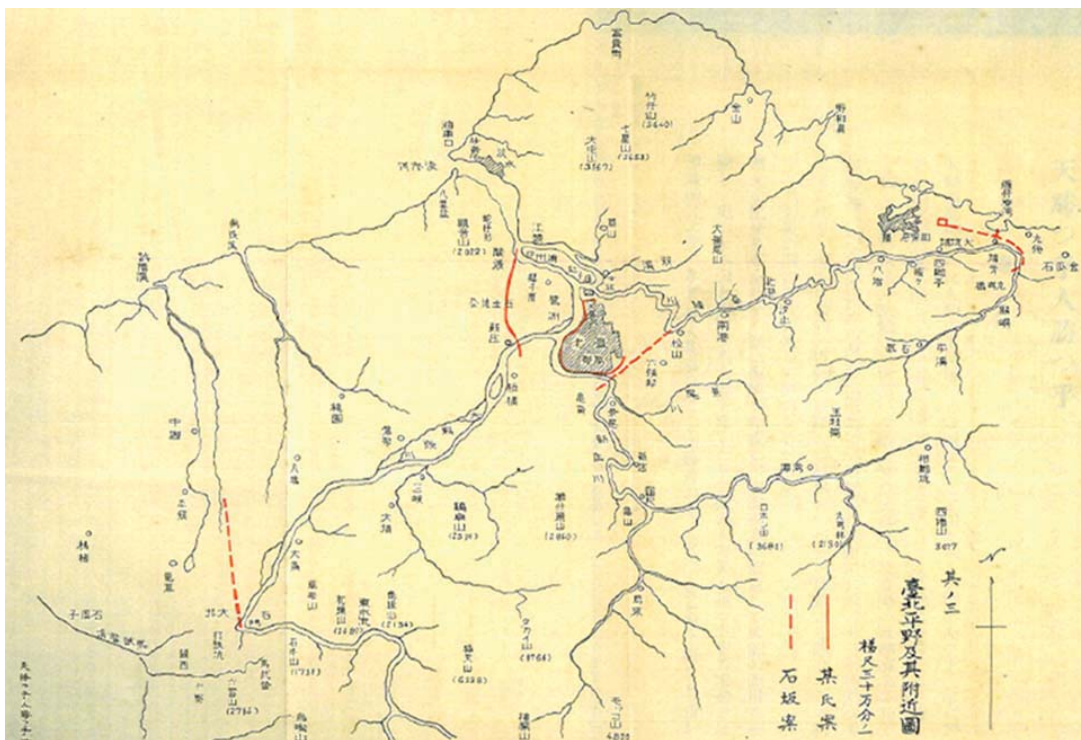
① 臺北州協議會員的石坂莊作(1930) 在吸納各方治水專家論著與實地踏查後

→ 基隆河瑞芳分洪隧道(員山子分洪)、新店溪景美分洪河道(新店溪→基隆河)、**石門水庫及石門大圳**

② 過去反對築壩防洪的十川嘉太郎認為當前是實現後藤理念與德見構想的好時機

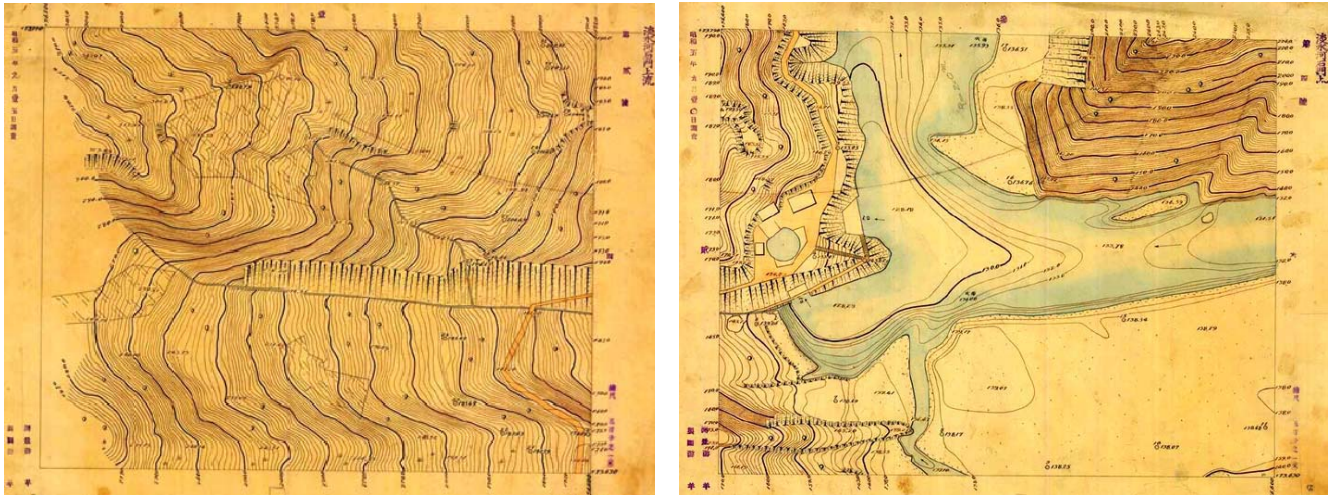
③ 八田與一的「淡水河改修及桃園大圳計畫」(1929)

以石門多目標水庫為中心兼具灌溉桃園台地與淡水河下游防洪；配合新店溪整治讓淡水港航運與築港的實現；開鑿八堵隧道並將基隆河作為運河，串聯基隆港、臺北平原與淡水港



石坂莊作的三方案（虛線）及十川嘉太郎的方案（實線）平面比較圖

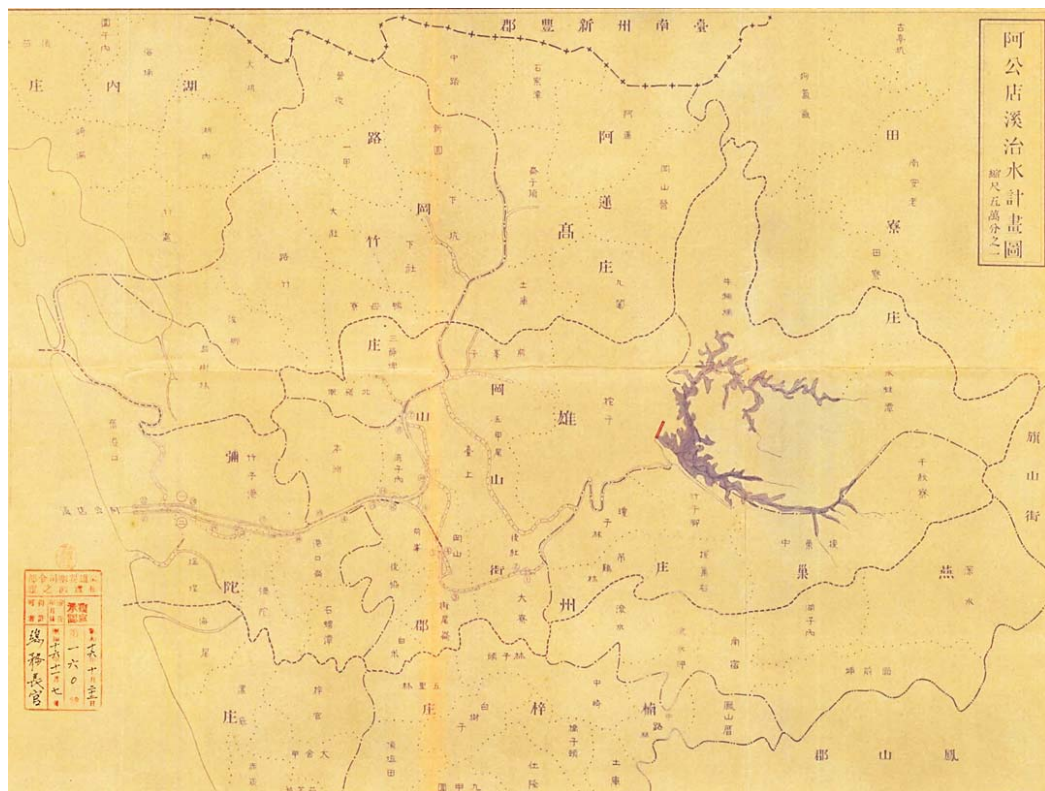
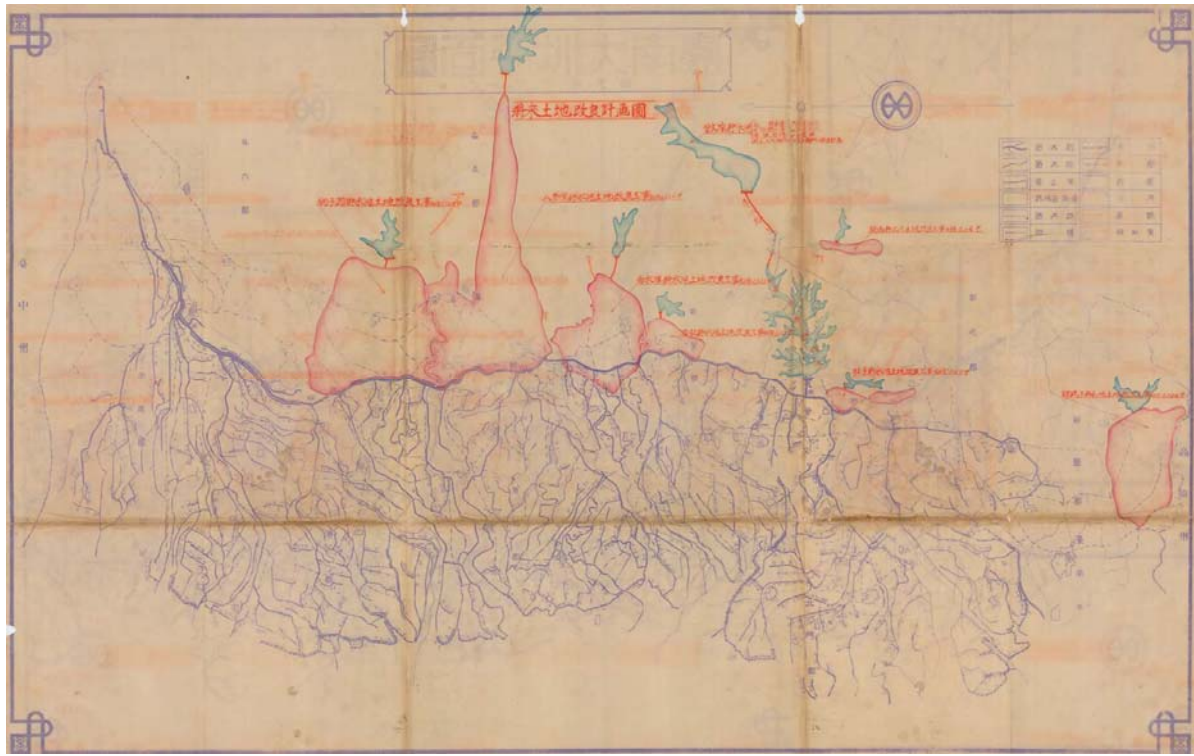
- 八田與一的計畫獲得內務局長石黑英彥採納 → 留任聘為囑託技師展開調查作業
→ 石黑案(治水計畫部分): 參考融合八田與一、石坂莊作構想
 - ① 興建石門水庫攔蓄洪水，部分洪水導流於鳳山溪中(新桃園大圳灌溉桃園台地)
 - ② 於新店溪築壩攔蓄洪水，僅將多餘溪水放流至下游
 - ③ 將基隆河洪水自瑞芳附近分洪入海



淡水河石門上流地形圖，可看到鉛筆描繪大壩平面圖及兩側拱座地質圖

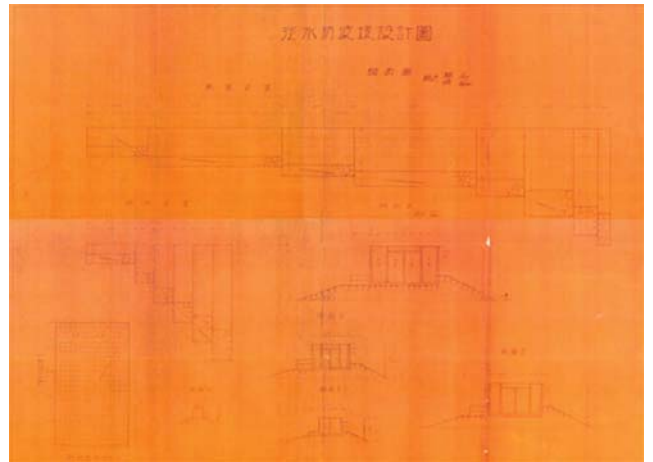
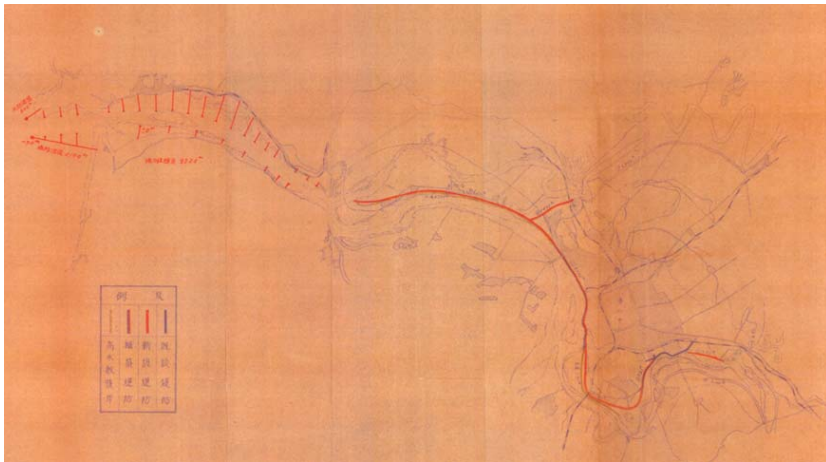
四、殖民地臺灣的水利統制與「昭和水利事業計畫」

- 若把視角拉遠至整個日本帝國，石門大壩構想重新「復活」的背景
→ 1920年代中期赴歐美考察壩工技術與水庫建設的東京帝大教授兼內務省土木試驗所長的物部長穗將以河川流域為核心、結合砂防、治水、灌溉、航運、洪水調節為一體之多目標水庫觀念帶回日本 → 造成日本內地極大回響
→ 經濟大恐慌(1929)之後使此一想法逐漸成為顯學，並在內務省土木局的主導推動之下(1930)，以「河水統制」計畫事業的形式開啟熱潮。(水庫規劃都加入防洪目標)
→ 隨著美國TVA計畫(1933)、德國國土計畫等國際流域水資源總合治理開發熱潮影響下
→ 帶動日本於1935年後將「河水統制計畫」事業推向另一個高峰
→ 此背景下，殖民地臺灣也推動水利統制政策，發展出「水利統制」事業計畫
 - ① 嘉南大圳完工後(1930) → 展開全臺水利灌溉排水土地改良與米穀增產開發事業計畫
 - ② 日月潭水力電氣事業完工後(1934) → 濁水溪流域、大甲溪流域水力發電群系統開發
 - ③ 以多目標水庫為核心的流域防洪事業 → 阿公店水庫及同溪治水、**石門水庫及淡水河治水**
- 昭和時期「水利統制」事業下的水利建設規劃，多帶有全流域整體規劃的特點，並以多目標水庫或水庫群為核心。因此便不難理解淡水河流域的治理為何會成長成一兼顧防洪、灌溉、發電及築港的鉅型計畫

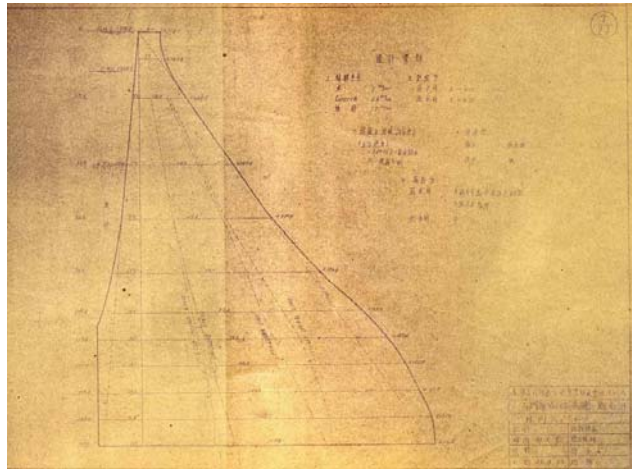
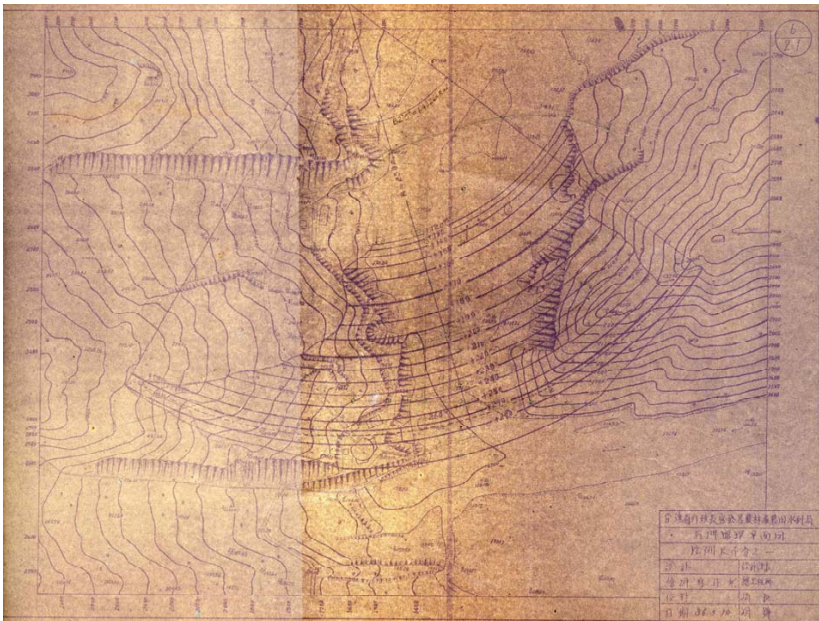
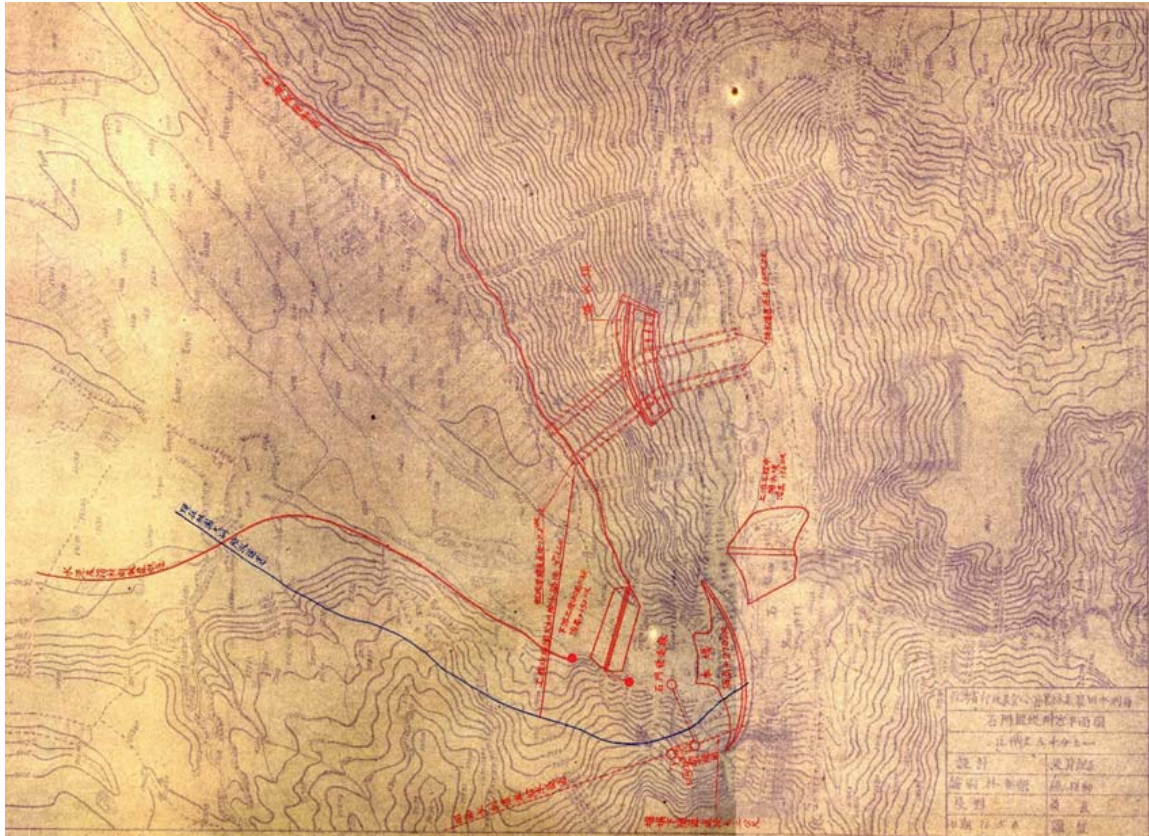


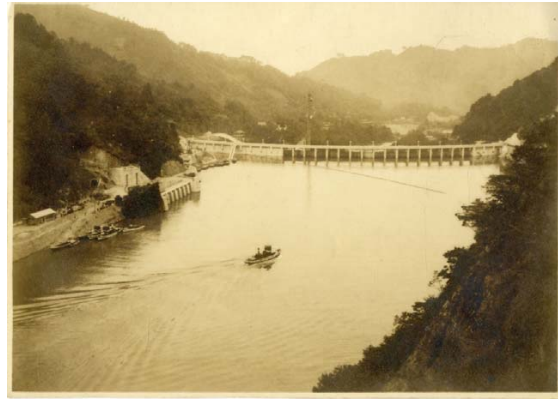
- 八田的計畫構想在提出之後到底有何進展，既有研究並未曾加以探討，多援引戰後初期資料，指出昭和13年（1939）的淡水河治水計畫提出了「新竹縣石門堰堤計畫說明書」，而後便以戰爭之故無法實現計畫一語簡短帶過。

→ 該計畫說明書現已亡佚，但北水局與水規所典藏的圖資仍提供了一些線索如《淡水河治水書彙》內含了從昭和6年至16年間有關「淡水河流域第一期治水工事」之計畫書圖及預算設計書，文件封面亦有八田與一提出的字樣。



- 此外，一般認為民國37年（1948）水利局的《石門水庫初步計畫》是戰後最早的石門水庫文獻，事實上，在行政長官公署時代，農林處農田水利局便發行了一套「石門堰堤設計圖」。
- 該時代尚未全面啟動研究計畫，因而很有可能是重繪自日治時期留下的圖資，或許就是已亡佚的「新竹縣石門堰堤計畫說明書」。
- 首先值得注意的是，其中內含一張石門大壩工程佈置設計及水利灌溉幹線規劃設計圖，繪有一條水利灌溉幹線，並標註「昭和水利灌溉給水隧道」字樣，是目前唯一可證明昭和水利事業存在的圖資證據。
- 其次，該套圖亦標示數據的石門大壩設計平面圖及斷面圖，對照戰後初期文獻中的戰前大壩資料可知，不管是型式（重力式弧型混凝土壩）、標高（270公尺）、長度（360公尺）、寬度（8公尺），以及弧形曲率半徑（ $R=250$ 公尺）等資訊，都與日治時期的設計相同。
- 順帶一題，北水局的檔案中存有舊照片兩張，為八田與一在東京帝國大學土木工程學科晚一屆的學弟石井穎一郎於昭和5年10月（1930）所寄。所寄的照片，正是由他主導設計與建設、於昭和4年（1929）完工的小牧水庫大壩。以結果而論，八田與一設計的石門水庫大壩形式也和小牧水庫一樣採用重力式弧型混凝土壩設計，其間的關聯性似乎不言可喻。





Komaki dam
Gravity arch type
length 1,000 FT.
height 260 FT above
bed rock
Concrete 50,000 Cub Yards
X 640.09

昭和五年拾月廿五日

贈
會
兄
石
井
X 640.09

昭和五年拾月廿五日

結語

- 本文探究了石門水庫規劃與設計概念如何在日治時期不同的時空背景下萌芽、變形、發展或復活。
- 我們認為，必須有一個長遠而宏觀的動態視角，才能從零碎史料追溯出石門水庫的前身。
- 此一視角的考察結果，大幅修正或補足了既有研究的史實描述。
- 本文也試圖跳脫大多既有研究過於簡化的歷史解釋，嚐試回到當時的時空脈絡，探討技術官僚思維的背後原因。
- 石門水庫的規劃、設計歷史顯示，科技介入了殖民地臺灣的自然，但日治初期在臺日籍技術官僚「馴化」、「使役」自然的程度並不如過去想像般強烈，人定勝天的概念約於1930年代萌芽，到戰後進一步發展。

主題三

石門水庫工程紀事拾遺導讀暨追憶

財團法人中興工程科技研究發展基金會

姚長春 前執行長

中興工程顧問股份有限公司

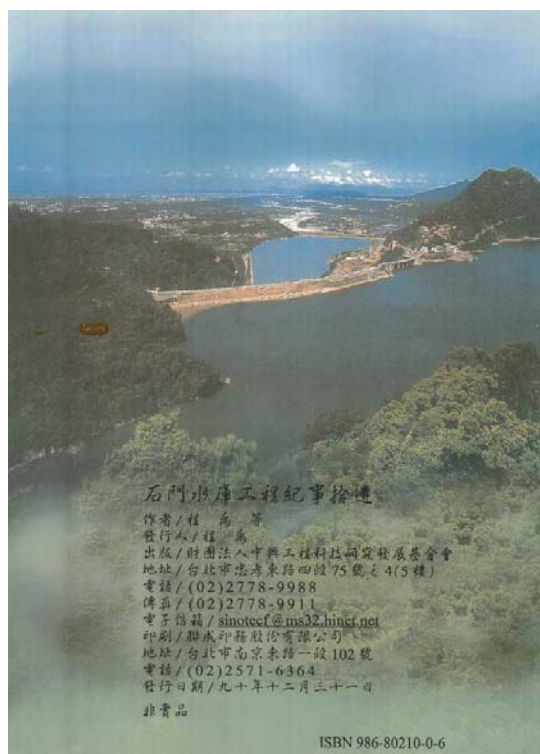
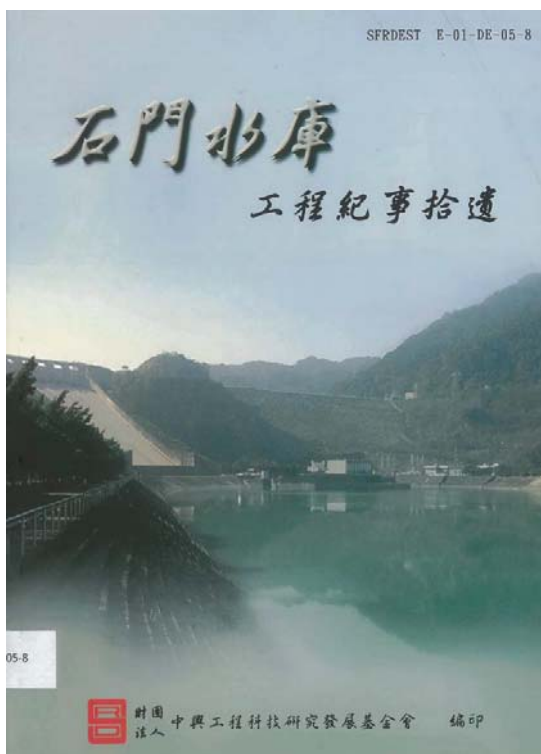
陳正宗 前副總經理

石門水庫工程紀事拾遺

導讀暨追憶

報告人： 陳正宗 姚長春

109年11月23日

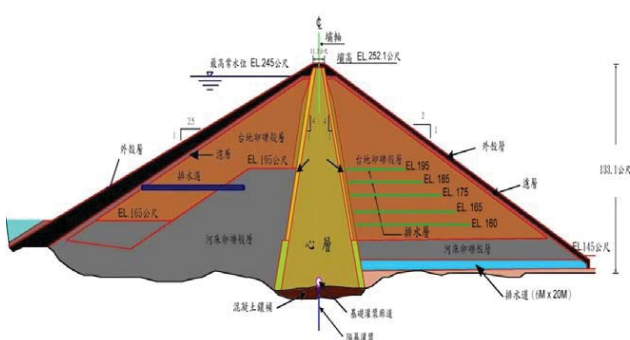
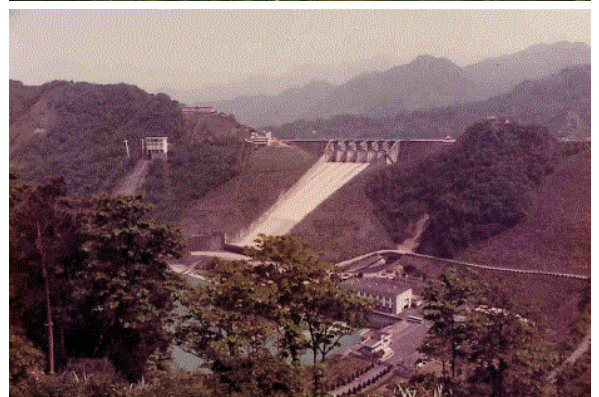


編印緣起

- 大型公共工程之建設，關係國計民生、決策層面既深且廣，而工程本身所涉之技術問題，更是鉅細靡遺，無所不包，實為各項工程學問知識綜合應用之具體表現。
- 建設過程中有關之規劃、設計、品管、工期以及施工技術資料均已編撰為報告，或已編印成竣工報告，公諸於世。
- 惟在建設過程中，仍有若干頗具參考價值之事例，未能列入上述報告及竣工報告中。若能以故事之方式，通俗之文字記述下來，對工程人員或有可借鏡之處。
- 有鑒於此，中興工程科技研究發展基金會決定編撰有關水利、電力及土木等重大公共工程系列之「工程紀事拾遺」叢書。
- 民國91年，正值「石門水庫工程」完工40周年，本會遂邀集曾參與石門水庫工程之先進，編寫「石門水庫工程紀事拾遺」，以供工程界及青年學子閱讀參考。

石門水庫工程概要

- 石門水庫大壩建於台灣省桃園縣龍潭鄉，為一中央土心滾壓式土石大壩
- 民國45年7月正式開工，參與建設員工約7,000餘人，歷時8年，於53年6月完工
- 建設經費高達新台幣31億8,305萬元



石門水庫建設工程主要數據

項 目	摘 要
水 庫	集水面積：763.4 km ² 正常滿水位標高：245 m 總容量：30,912萬m ³ 有效容量：25,188萬m ³
大 壩	中央土心滾壓式土石大壩 壩頂最低標高：252.1 m 壩高：133 m 壩頂長：360 m 壩身體積（含上游擋水壩）：7,059,391 m ³
溢 洪 道	混凝土開渠瀉槽式 弧形閘門六座 各長14 m 高10.605 m 閘門頂標高：245.3 m 堰頂標高：235 m 設計洪峰流量：10,900 m ³ /s 設計排洪量：10,000 m ³ /s 最大可能排洪量：11,400 m ³ /s (註1)
發 電 系 統	傾斜式鋼筋混凝土閘門控制進水口 壓力鋼管外徑4.57 m 長318.771 m 發電機組兩台 每台容量45,000 kVA

石門水庫建設工程主要數據(續)

項 目	摘 要
河道放水口	直徑：1.372 m 隧道長：375.426 m 最大出水量：34 m ³ /s
後池及後池堰	無閘門自由溢流式 土石堤壩非溢流段壩頂標高142.5 m 長150 m 混凝土溢流堰堰頂標高137.0 m 長371.51 m 後池調節容量：220萬m ³
石門大圳進水口	直立塔型閘門控制進水口，閘門室及消能池 進水壓力隧道內徑：2.50 m 壓力隧道設計流量：18.4 m ³ /s
桃園大圳進水口	鋼筋混凝土構造物 進水口淨寬：8 m 設計進水量：16.8 m ³ /s

石門水庫建設工程主要數據(續)

項 目	摘 要
石門大圳與 桃園大圳灌區	灌溉區域：台北、桃園、新竹共22鄉鎮 灌溉面積：54,540 ha 石門大圳幹渠長：27,340 m 石門大圳支渠18條長：97,490 m 石門大圳分渠44條長：170,030 m
公 共 給 水	供水範圍：經石門大圳輸送至埔心石門水廠等25鄉鎮34萬 人口家庭用水及工業用水。(註2) 計畫出水量：69,050 m ³ /d 北幹管長(至桃園)：14,463 m 南幹管長(至楊梅)：4,213 m

註1、水庫完工運轉數年後，由於水文與氣象資料增加，發現原設計溢洪道排洪能力偏低，因此後來再增建兩條排洪隧道，使總排洪能力增加為13,800 m³/s。

註2、近年來因社會結構變遷，工業快速發展，灌溉面積大為縮減，而公共給水需求量則急遽增加。目前之供水範圍已擴充至32鄉鎮，供水人口約達200萬人，約為原計畫之六倍。

對等人員制度 落實人才培訓

程禹 黃世傑

- 為培植我國人員的技術能力，請美國公司派遣最少數專業人員擔任各工作小單位之主持人員
- 由我國人員擔任對等人員 (Counterpart) 共同推動工作，期能達成技術轉移效果

石門水庫規劃與設計

- 工程規模巨大、技術複雜，解決重要技術問題需具有經驗的專家
- 須重視大漢溪下游都市鄉村之安全與發展
- 為利用外國資金之需，決定聘用外國的工程顧問公司協助
- 資金由政府分年籌措，外匯資金由美國援華貸款援助，乃選擇美國的工程公司

美國專家顧問



大壩專家 薩凡奇博士
美國內政部壑務局

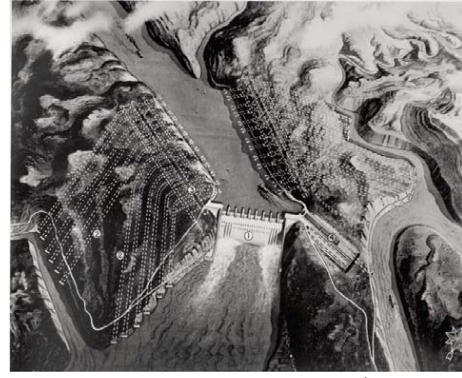


Colorado河胡佛壩 (1936)

薩凡奇與長江三峽大壩工程



薩凡奇勘查長江三峽



1945年測繪三峽大壩草圖



2009年開始全面營運的長江三峽大壩工程
(2020年11越完成整體竣工)

1946年 馮鍾豫先生曾參與商討三峽大壩工程的設計工作

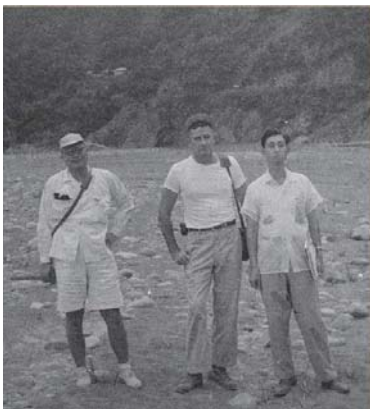


1946年中美设计人员在丹佛商讨三峡设计工作

薩凡奇曾協助台電公司興建霧社壩



美國顧問協助石門水庫現地勘查



43年美國地質工程師
康登第至石門水庫壩
址附近探勘

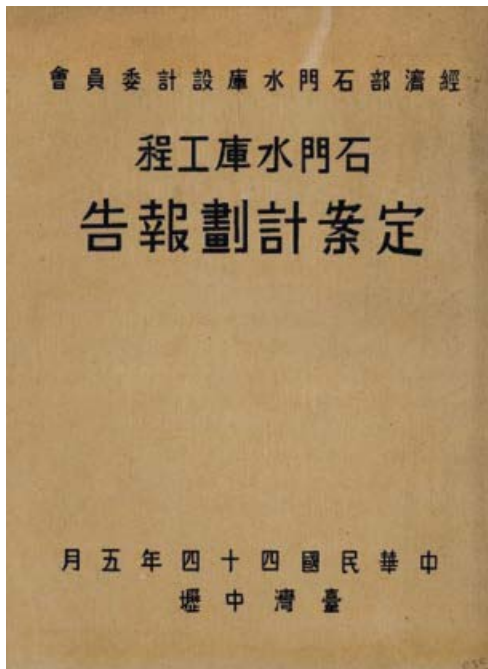


44年1月薩凡奇(左2)、海門(左3)等專家於
地質探查坑道前合影



薩凡奇(左)與海門(右)於石設會時期
至石門大壩壩址現勘，兩位專家提供
寶貴意見，使水庫設計團隊有信心決
定建壩方案

石門水庫工程定案計劃報告



石門水庫工程設計



46年7月26日石建會總工程師徐世大於美國華盛頓與提愛姆斯公司正式簽約

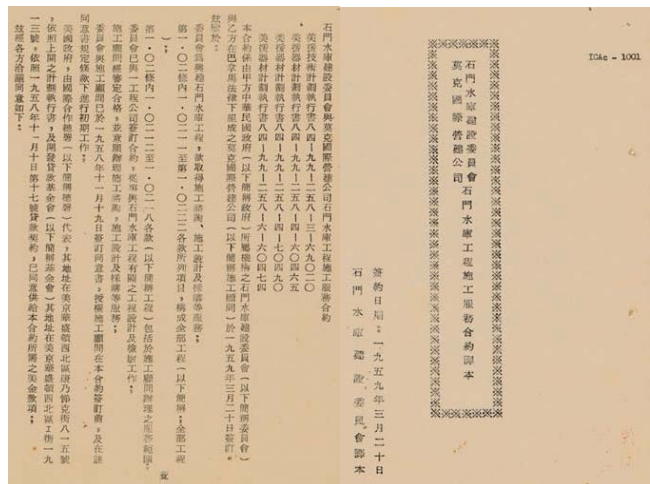
- 40年代，世界壩工技術，
以美國墾務局(USBR)經驗最多
- 美國政府運用美援，不得與民營公司
競標多家公司競標，美國提愛姆斯
(Tippetts-Abbett McCarthy-Stratton)
工程顧問公司獲選為石門水庫設計顧問
- 基本設計在美國紐約TAMS公司辦理，
詳細設計全部在台灣辦理

美國公司提供工程設計與施工服務



46年12月石建會與提愛姆斯公司
(TAMS)代表舉行技術會議
決定壩型及辦理工程費用重估工作

48年3月石建會與美國莫克國際營建公司
(Morrison-Knudsen International)
簽訂石門水庫工程施工服務合約，由該公司
提供施工諮詢、施工設計及採購等服務



派員赴美國參與設計並接受訓練



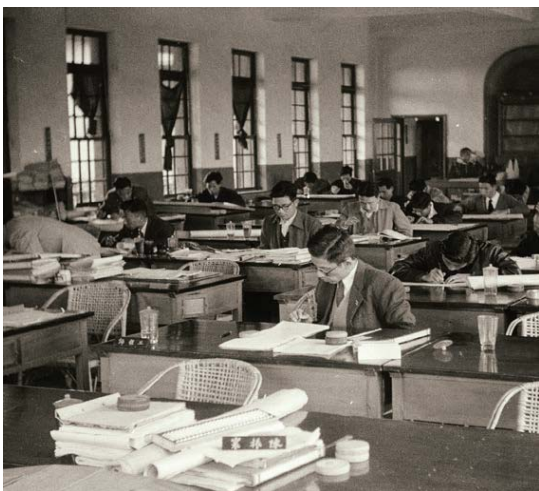
程禹先生
石設會設計組長



石設會派員赴美國紐約會同TAMS公司辦理石門水庫設計並接受訓練

石門水庫工程施工

- 國內無大壩施工經驗，也沒有大型營造廠商可以承擔施工
- 工程數量龐大，必須全面以重型施工機械施作
- 不願交給外國工程公司承包，使國內工程人員喪失訓練機會
- 聘請美國有經驗施工廠商，派遣最少顧問人員來台指導訓練自營團隊辦理施工
- 美國莫克(Morrison-Knudsen)競標獲選為施工顧問公司
- 石建會以雇工自營方式，根據施工顧問的組織，指派工程隊長為對等人員(Counterpart)，由施工顧問公司指派的各種功能主管帶領在當地地方工會所推派地工人施工
- 規定一切施工命令均由施工顧問發佈，由其對等人員指導下屬遵照執行



經濟部向台灣省水利局及台電公司等機構調借工程人員為主幹，辦公情形



50年8月莫克公司協助訓練本國技術人員室內授課情形

雇工自營對等人員制度施工



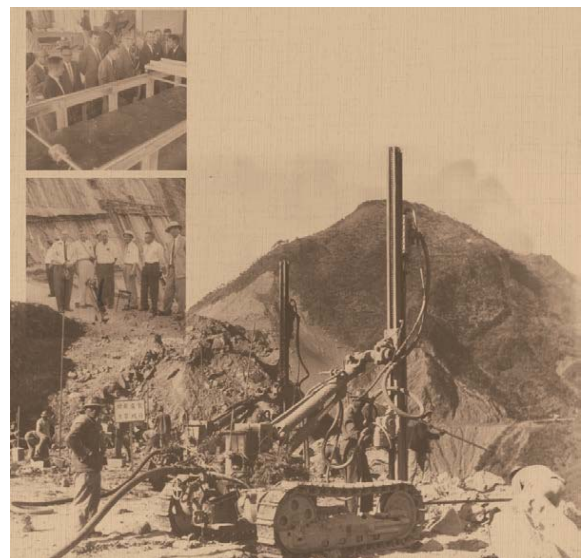
黃世傑先生

石門水庫建設委員會
主任工程師兼施工隊隊長
負責全部石門大壩工程之自營施工



48年6月美國莫克(MK)公司指導
訓練施工人員學習岩石鑽孔機

對等人員Counterpart 一起討論及施工情形



施工中變更壩型— 世界壩工史上罕見的事例

程禹 黃世傑



石門水庫原設計壩型為拱壩



48年3月報中繪製的拱壩完工示意圖

石門水庫壩址



石門水庫大壩壩址原貌



大嵙崁溪(今大漢溪)第三石門峽谷(紅色虛線位置)為左右岸山壁所夾最窄處，為大壩施築的合適地點；

畫面左下角為先期施工之導水隧道出口

石門壩址處(紅色虛線位置)超過90度轉彎而後出高山

左下角為原桃園大圳取水口

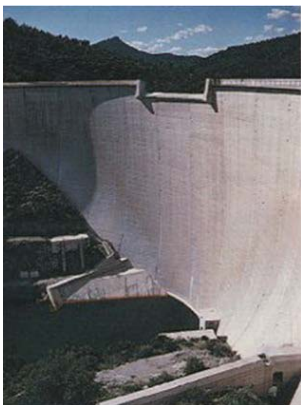


右側為先期施工之導水隧道入口



48年6月大壩基礎開挖後，大壩左山脊有明顯的裂縫

法國瑪爾帕賽Malpasset拱壩潰決



法一堤壩潰決成災

【中央社法國佛利佳三日合衆國際電】法國官員今日對據稱昨日堤壩潰決，五千萬噸洪水沖入里維拉兩個村莊的不幸事件，可能是因建築上的缺點所導致的報導，開始調查。

據正式估計，在此項災禍中，死亡二百七十人，失蹤五十人，受傷七十人。有些報導說死亡或失蹤的已達五百人。在兩個村莊之一的佛利佳，從事搜索的當局估計，死一百二十五人，情況不明者二百九十人。

當搜索人員為洪水所侵的房屋，搜索屍體之際，政府對該堤壩於四年前建築時工程的草率與此次潰決有關的控告，開始調查。他們亦已查詢是否在不適當的時間開啓水門。以及是否看守人員的其他行動，可能挽救佛利佳及其鄰近的災禍。

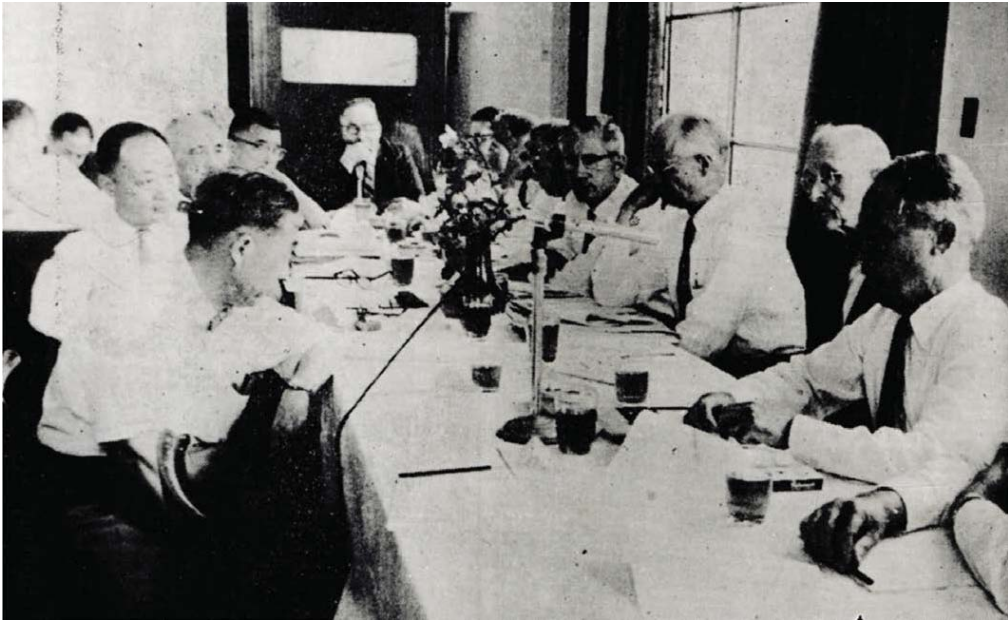
據調查研判，潰壩主因係壩內局部岩層中，有未被發現滑動面存在

當時世界銀行關切其所提供貸款與中的4處拱壩，並請國際著名的地質與工程專家，重新檢討這幾個拱壩設計的安全性



48年12月法國瑪爾帕賽Malpasset拱壩潰決

召開第全體委員會議決議採納提艾姆斯公司建議 改採土石壩方案



49年3月世銀顧問團受邀來台針對石門水庫壩型討論
左1為總工程師徐世大、左2為副總工程師顧文魁

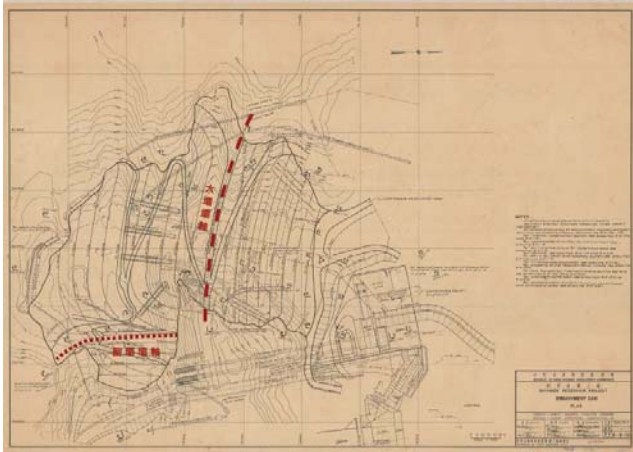
石門水庫土石大壩施工



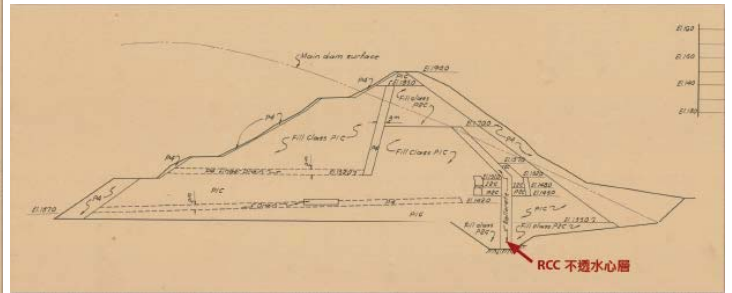
民國50年11月大壩心壕（Core Trench）
開挖情形。心壕為心層所在位置，須開
挖至堅硬岩盤，並進行隔幕灌漿。

上游擋水壩趕工--現代滾壓混凝土技術的濫觴

張森源 范大英



土石壩竣工平面圖，由圖中明顯看出大壩壩軸與副壩壩軸幾成垂直，與一般水庫平行不一樣，主要是因為河道急轉彎所致



副壩剖面竣工圖；副壩壩心原設計以紅土等材料，但施工時因天候因素，改採用RCC不透水心層，為國內第一次使用

上游擋水壩施工



民國48年6月上游擋水壩施工初期情形；遠處河水尚未斷流



副壩之滾壓混凝土（RCC）施工情況；滾壓混凝土施工時，以推土機平鋪成厚度50公分的混凝土層，再予以推土機自重滾壓，並在每一層施工前，澆置水泥砂漿，以確保每層之間緊密結合。RCC工法施工，可排除天候因素干擾，加快工程速度

上游擋水壩施工(續)



50年6月擋水壩下游側完工照
擋水壩的填築材料都是河床卵礫石
因為河道轉彎，故副壩壩軸與大壩壩軸不一致



50年7月副壩上游面；當時副壩已填至標高190，照片右側為導水隧道入口

上游擋水壩施工(續)



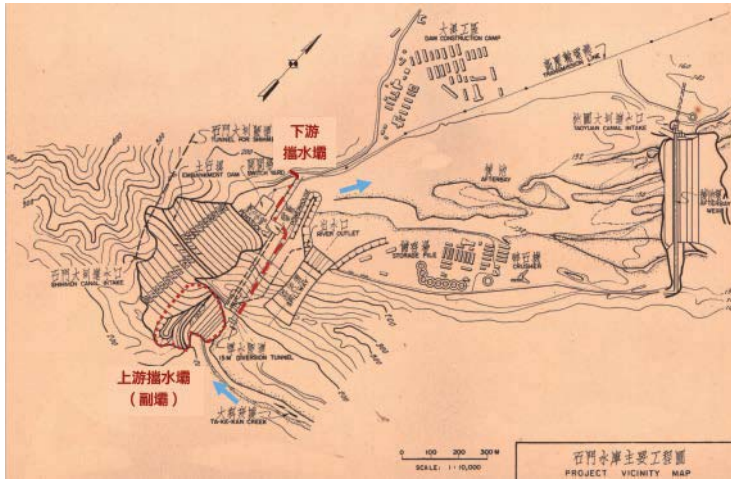
大壩主體工程施工情形，遠處為上游擋水壩



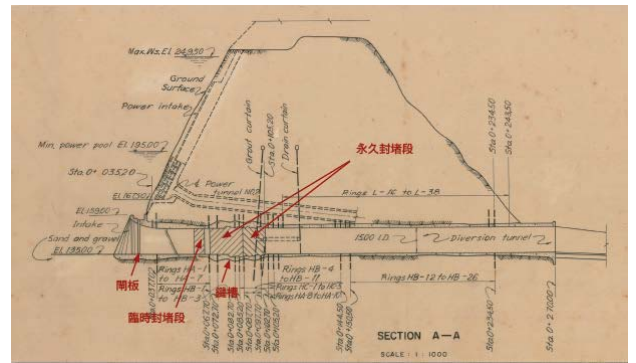
51年9月愛美 (Amy) 颱風侵台，上游擋水壩蓄洪情形
當時取水塔已大致完成，水位已接近發電進水口

封堵導水隧道的故事

黃世傑



石門水庫工程上游擋水壩、導水隧道及大壩之布置圖



導水隧道縱剖面圖

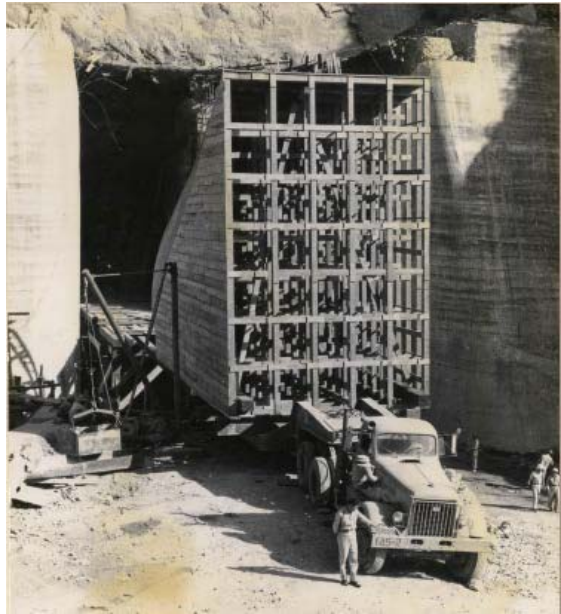
封堵導水隧道

- 大漢溪河川陡急、寬度有限，無法在狹窄河谷分段施工，必須在大壩施工前先行建造導水隧道攔引導水，待大壩完成再封堵導水隧道完成蓄水
- 因壩型變更，施工進度延誤，導水隧道預定延至52年5月封堵，否則若延到10月汛期以後，將損失1年收益，還可能造成災害，所以決定盡力趕工，希如期封堵進行蓄水；同時因工期縮短，亦可節省一可觀費用
- 當時負責指揮施工的顧問公司表示，截水牆與石門大圳閘門室施工困難，不可能在5月中完成封堵，負責工程的總工程師顧文魁仍堅持全力以赴，期能如期完成
- 施工隊於極短時間內交出趕工計畫以及導水隧道封水獎勵辦法，總工程師毅然要求顧問公司將隧道工作的指揮權交出
- 大壩右岸山脊的溢洪道基礎下方地質較弱，經設計地下截水牆取代隔幕灌漿，將開挖、出渣與混凝土澆置三層同時進行，進行速度增加三倍，並在預定限期內完成
- 石門大圳閘門室及消能池開挖鋼支保架設交由小包承辦，再由自營工人接辦，亦均如期趕工完成
- 依據「導水隧道封水獎勵辦法」給予職工獎勵獎金，鼓舞士氣，期能如期完成
- 以最快方法將喇叭形漸變段灌注混凝土，變成一個瓶塞形狀的臨時堵塞段，在全力趕工下，經過連續60多小時的施工，終告按計畫完成

導水隧道施工



48年8月導水隧道入口段鋼筋細紮情形



48年10月導水隧道入口漸變段施工模型

導水隧道施工(續)



48年10月導水隧道混凝土澆置情形



48年12月導水隧道頂拱混凝土模型架作業情形

導水隧道施工(續)

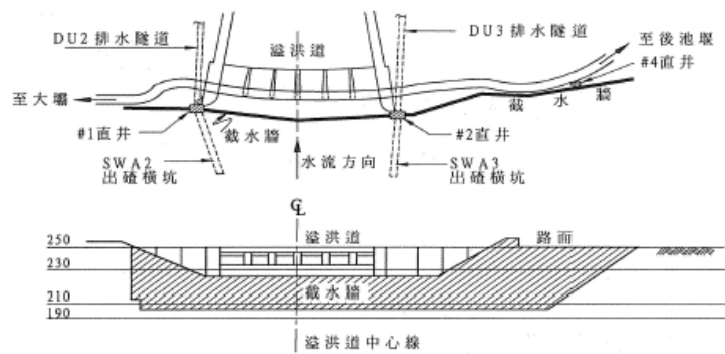


49年12月導水隧道出口導槽完工照片

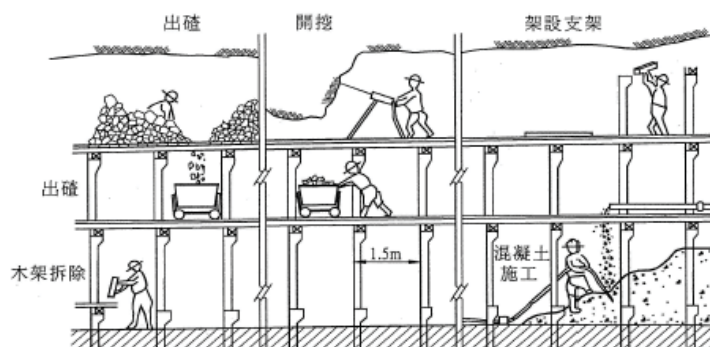


49年12月導水隧道通水前履勘，人員包括石門水庫建設會執行長徐鼎及總工程師顧文魁

截水牆趕工



截水牆佈置圖



截水牆三層施工圖

導水隧道吊放閘板封閉



52年5月導水隧道吊放閘板封閉情形
閘板共18塊，分成A型及B型，重量則分別為12及15噸重
為檢視閘板底面接觸情形，安排船隻載運潛水人員待命，
直至閘板安放完妥

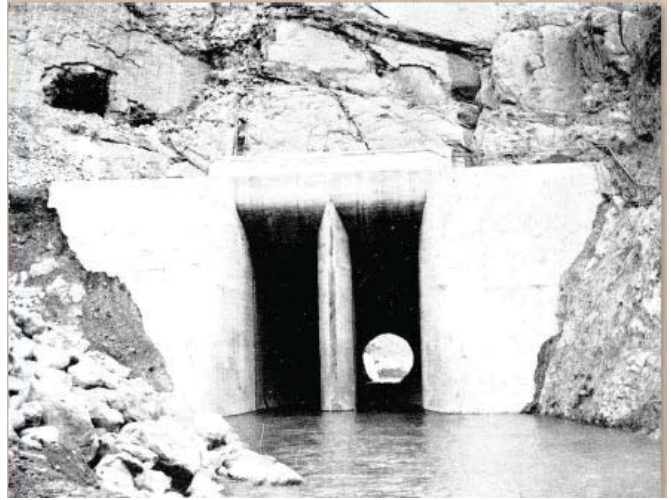
日以繼夜加緊趕工



導水隧道施工(續)



49年9月導水隧道出口導槽之導牆施工情形；出口導槽配合下游擋水壩，於導槽右側形成不受水流影響區域，以進行電廠施工



導水隧道完工照片；由導水隧道矩形入口望向隧道，可看到圓形隧道出口

施工期間愛美颱風來襲



51年9月愛美颱風導水隧道排水情形



愛美(Amy)颱風侵台上游擋水壩蓄洪情形

導水隧道施工(續)



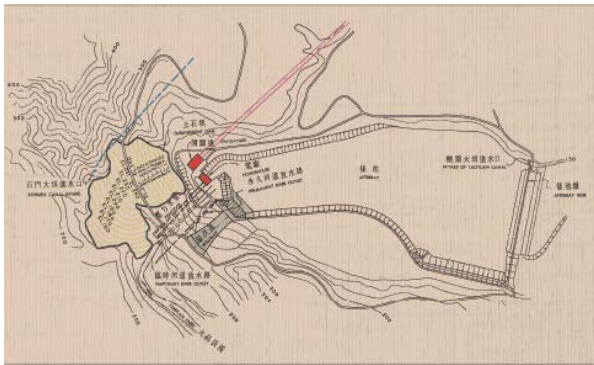
永久封堵段鍵槽混凝土爆破後，莫克公司顧問指導石建會工程人員檢查情形



52年6月導水隧道永久封堵段趕工
全部導水隧道封堵工作費時4個半月

葛樂禮颱風驗證了溢洪道投潭的水深

許如霖 張森源 范大英



溢洪道於石門水庫工程之位置圖
灰色線標記處為溢洪道



國內外專家於臺北水工試驗室(現改制為臺灣大學水工試驗所)視察正在進行之溢洪道水工模型試驗
模型比例尺為1:60



溢洪道施工



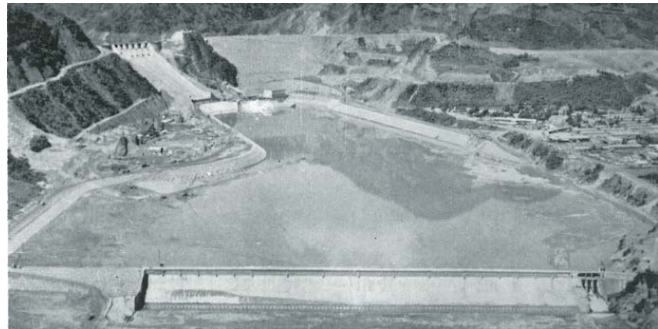
溢洪道施工前，由下游側空拍右山脊照片



51年4月溢洪道上半部及溢洪堰接近完成



50年1月溢洪道基礎完成開挖
原地形頂部標高約285公尺，開挖60
公尺，形成一U型缺口



後池堰施工

溢洪道施工(續)

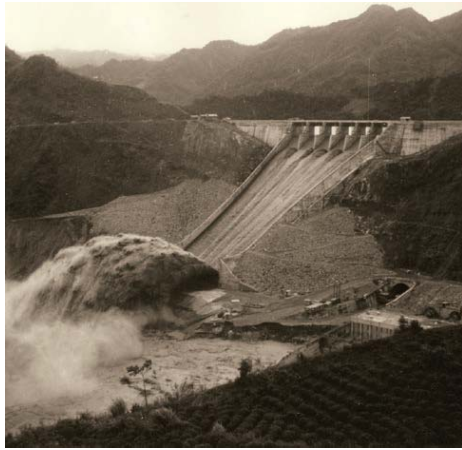


51年11月溢洪道橋之預力樑吊裝作業



51年11月溢洪道橋之預力樑吊裝完成照
溢洪道上游側原為鏤空欄杆，葛樂禮颱風
後，經檢討改為混凝土翼牆

葛樂禮颱風的考驗

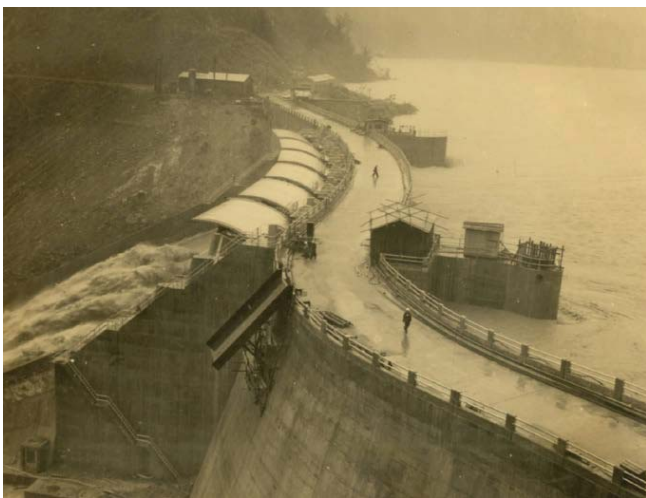


52年9月，即石門水庫完工的前一年，面臨了前所未見的巨大考驗—強烈颱風葛樂禮(Gloria)來襲
颱風過境期間，水庫集水區降雨量達1,380mm，最高水位為240.09m，最大洩洪量達9,500cms



52年9月11日葛樂禮颱風期間石門水庫洩洪及射流投潭所激起瀾漫的水霧

葛樂禮颱風的考驗(續)



葛樂禮颱風暴雨下進行洩洪，當時水位已逼近壩頂標高，仍有盡責工作人員於壩頂巡視

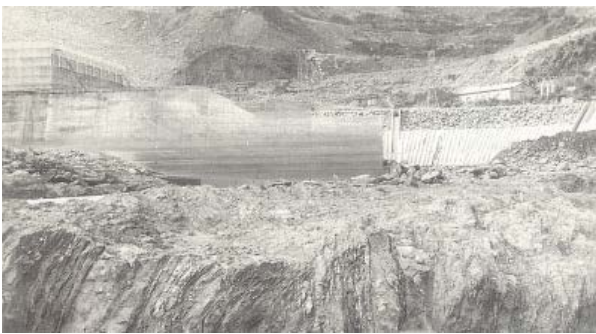


葛樂禮颱風溢洪道洩洪及電廠尾水道圍堤沖損情形

葛樂禮颱風驗證了溢洪道投潭的水深



葛樂禮颱風侵襲對後池造成嚴重破壞，災後經由地形測量，發現池底平均高程，與水工模型試驗結果，竟然相當吻合，洩洪雖然破壞了後池，卻也宛如替石門水庫進行了一次「全尺寸水工試驗」



石門後池投潭出露的新店斷層

葛樂禮颱風與溢洪道投潭水深

- 石門水庫採用投潭式鞍部斜槽溢洪道
- 投潭水深傳統設計採水庫與投潭水位高差的 $1/5$ 至 $1/3$ ，視池底的地質狀況與周圍可用土地情形而定
- 石門水庫設置發電廠，採尖峰發電方式運轉，為主要之灌溉功能所需，在大壩下游興建攔河堰，以構成相當容量之後池，此後池正好兼做溢洪道之投潭
- 經委託台灣大學水工試驗所，以動床模型試驗溢洪道投潭水深，以溢洪道設計洩洪量 $10,000\text{cms}$ 模擬結果，沖刷深度約 21m ，即標高 106m ，其與水庫與投潭水位高差比為 0.34 。
- 葛樂禮颱風來襲，帶來巨大洪水；經測量，由沖刷而成的投潭深洞，其潭底平均高程約 105m ；再經比較，實際與試驗二者的水流投射距離、深洞大小與深度，竟然相當吻合。
- 其後，曾文水庫即採用此經驗，以上下池水位差的 $1/3$ 來定潭底的標高，並歷經了多年洪水考驗，證明 $1/3$ 上下池水位差，是可以接受的投潭水深設計規範

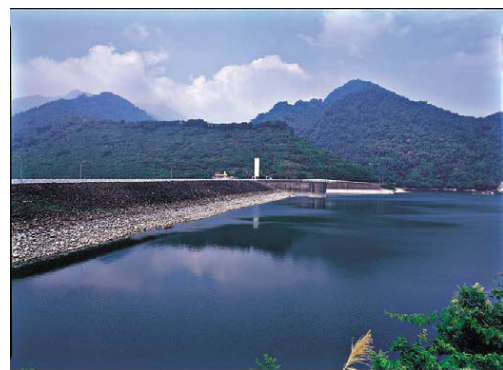
自營施工方式的採用與影響

黃世傑

- 石門水庫長達五年的施工期間，對等人員(Counterpart)制度的技術移轉效果是空前的
- 計畫之執行，所訓練的工程師逾千，各種技術工人逾萬，至少使國內施工技術及能力之提昇加速了二、三十年
- 雖未能維持團隊繼續運用，但這些種子迅速散佈到每一個角落，包括政府與民間的各級機構內，生根發芽，對國內工程發揮深遠的影響
- 在石油危機造成全球不景氣的情況下，台灣進行規模龐大的「十項建設」，這批人員具有絕對性的貢獻
- 石門水庫的大型機鏟、推土機與傾卸車，接續承辦了國內諸多重大工程，展開了機械施工的新頁
- 60年代進行的十大建設，絕大部分都是國內營造廠商所承辦，工程技術脫胎換骨，增加了就業機會，節省大量外匯，加速了經濟建設的腳步

石門水庫工程對後續國內工程的影響(例)

曾文水庫工程 (56年-62年)



石門水庫工程對後續國內工程的影響(例)

59年成立中興工程顧問社



顧文魁董事長



馮鍾豫顧問



中興大業大樓

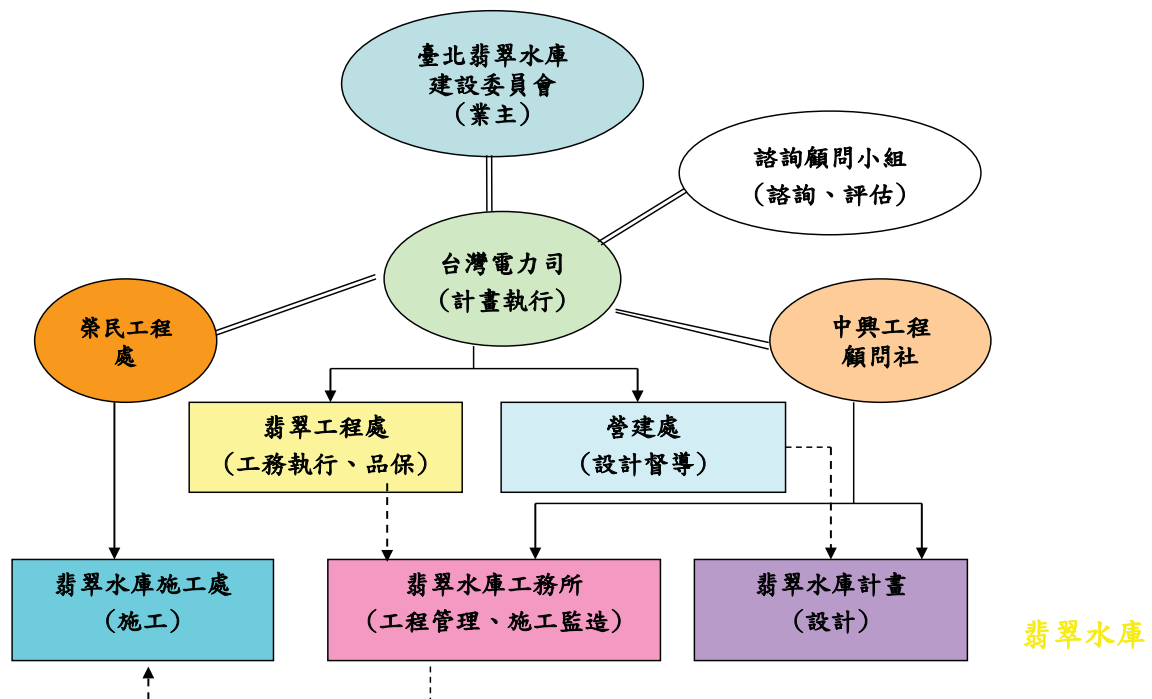
石門水庫工程對後續國內工程的影響(例)

翡翠水庫工程
(68年-76年)



石門水庫工程對後續國內工程的影響(例)

第一個由國人自行規劃、設計、施工完成之重大水利工程建設

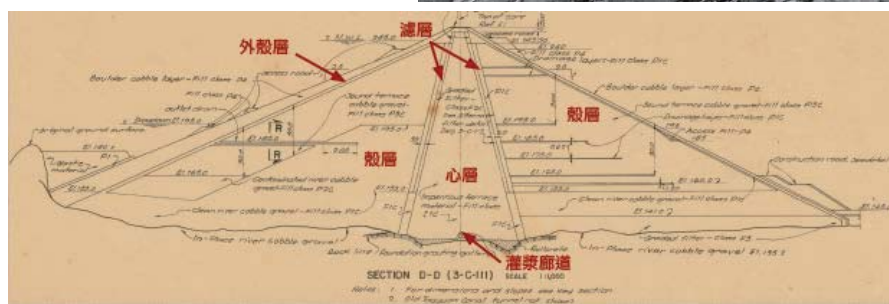
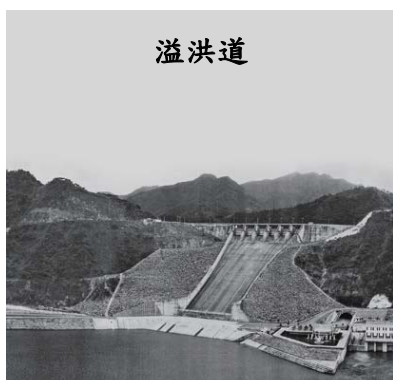


如果沒有及時封水 黃世傑

- 石門水庫於52年5月封堵導水隧道，開始蓄水，水庫正常滿水位245m，總容量3.09億 m^3
- 52年9月10日，葛樂禮颱風來襲，水庫水位急升，11日清晨開始溢洪，12小時內攔蓄了2億餘 m^3 的洪水；最大洪峰達9,500cms，實測最大降雨量為巴陵站之1,783mm，3天內總流量逾10億 m^3 ，除水庫攔蓄2.68億 m^3 外，全部自溢洪道洩放，台北盆地沿岸低窪地區盡成澤國，遭到空前之洪災
- 通常一座高壩完工蓄水，要儘量控制水位緩慢上漲，以防萬一；石門水庫在不到1天之內，幾乎從空庫到滿水，是大壩史上空前的事；石門大壩的安全性也通過了有史以前最嚴厲的考驗，這也是參與建設工程的人感到十分欣慰的事
- 若沒有趕工，根本就不能封水，葛樂禮颱風洪流將從施工中壩頂溢流，大壩必將迅速潰決，水庫所攔蓄2億 m^3 庫水將湧向下流，流量可達每秒數萬 m^3 ，勢將造成難以想像之災難；若重建大壩，技術上極其困難，且國力維艱，實難再籌大筆重建鉅款
- 若順從顧問意見，延遲封水，葛樂禮颱風之超大流量與流速，將通過導水隧道（假設能維持完整），造成後池對岸以及大壩與電廠基礎的巨大沖刷與掏空，釀成嚴重損害
- 興建水利工程，要靠老天幫忙，因為洪水大小，無法預知；葛樂禮及其後的各場颱風洪水量，都超過舊有最高紀錄，有幸重新檢討並採用最新發展之模式，重計可能最大洪水量（PMF），增建2條排洪隧道，石門水庫因此可以獲得了安全保障

土石壩設計與洪水的迷思

許如霖



土石壩設計與洪水的迷思

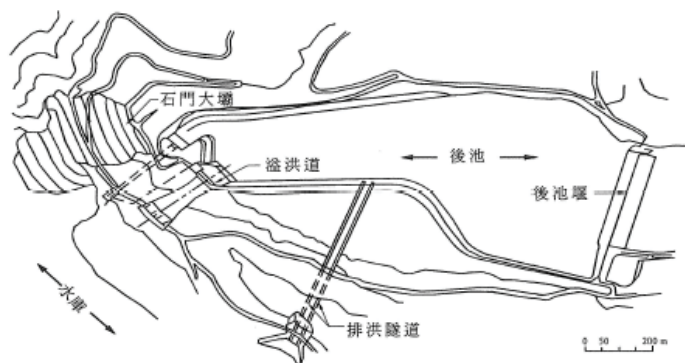
- 洪水是影響蓄水庫安全的主要因素之一；尤其是土石壩，若洪水溢過壩頂，將發生潰壩而造成下游地區重大災害
- 石門水庫規劃設計所推估之可能最大洪水（PMF）尖峰流量為10,900cms，經水庫調蓄後，溢洪道之設計排洪量為10,000cms
- 52年9月葛樂禮颱風流入水庫洪峰流量高達10,200cms，已接近原推估可能最大洪水。經研究後，將土石壩頂上游側欄杆改為鋼筋混凝土牆，溢洪道排洪量增加為11,400cms
- 石門水庫開始運轉10年中，歷經多次比預期為高之洪峰流量，參考美國亦因暴雨紀錄增加及水文學進步，而將偏低之排洪量作適當之改善；石門水庫乃根據增加之水文氣象紀錄進行研究分析，並參照美國防洪、壩工專家之建議，增設隧道以改善溢洪道偏低之洩洪容量
- 經委託中興社採用颱風模式法，另再以暴雨移位露點調整法，推估可能最大降水量，配合新推算的單位流量歷線，推估出石門水庫的可能最大洪水為14,500cms，較原推估值10,900cms高出33%
- 增建的排洪隧道位於距大壩山脊約750m的腰部，共有2條，進口底部標高均為220m，最大設計排洪量均為1,200cms；完成後，前述可能最大洪水14,500cms經水庫調節後的最大出水量為13,800cms，已能充分宣洩將來可能發生的可能最大洪水

53年6月石門水庫竣工

- ❖ 壩型：土石重力壩
- ❖ 壩高：133m 壩長：360m
- ❖ 集水面積：763.4km² 總蓄水量：309 * 10⁶m³
- ❖ 溢洪道最大排洪量：1,900cms * 6 排洪隧道最大排洪量：1,200cms * 2



石門水庫增設排洪隧道



石門水庫工程一般佈置圖



設計排洪量：1,200cms * 2

曲終人散憾事一件 黃世傑

- 石門水庫之興建，當時是國內的一件大事，石建會在外國公司指導下，由國人辦理詳細設計、僱工自營施工，在工作中進行技術轉移，是非常成功的
- 石門水庫接近完工時，國內正醞釀興建達見（德基）大壩及曾文水庫2件大型土木水利工程，是石門團隊可能繼續貢獻力量的目標；唯因美國方面意見不同、經費無著落及水利單位無意羅致石門設計人員等因素，石門團隊只有解散一途
- 51年工程接續完工，施工隊陸續調整遣散，水利局興建白河水庫，石建會同意派遣人員及機具協助，成立白河工程隊執行；其後曾文海埔地開發、後龍溪過河管路埋設、淡水河關渡拓寬、基隆河截彎取直工程…，施工隊分別成立工程隊，機具人員遍佈南北
- 石建會原期以整個團隊繼續承辦大型工程之希望已難實現，乃策劃組織一民營工程公司，邀約國軍退役官兵就業輔導委員會、中技社及4家水泥公司，共同組成泛亞工程公司
- 53年6月14日，石門水庫舉行竣工典禮，參加者中曾參與施工之員工已不多，訓練有成的工程團隊已經星散
- 部分高級工程人員外流國外，其餘的人逐漸溶入社會各階層，對提升國內工程技術，發揮相當大的影響。
- 團隊的星散，施工機具的擱置，原希望成立一水利研究學術機構或學校之構想亦未能實現，總感到是一件憾事

抽除泥沙維持水庫正常營運 許如霖

➤ 水庫淤積問題

- 石門水庫規劃設計推估之年輸砂量為800,000m³
- 水庫52年5月正式蓄水，同年9月葛樂禮颱風造成集水區嚴重沖刷與大量坍方；蓄水運轉不到半年，淤積量即達19,470,000m³
- 59年淤積量增至31,960,000m³，致影響有效容量及電廠取水；除加強集水區水土保持，上游興建3座大型防砂壩，並將發電進水口攔汙柵，用水中預壘混凝土改建為擋泥牆

➤ 清淤技術的克服

- 68年測量，推估淤積面將於76年左右迫近或超過發電取水口（73年大壩上游附近，淤積面上升到標高174.5m，距擋泥牆頂僅0.16m）
- 69年委託中興顧問進行研究，推算出水庫年平均淤積約2,329,000m³，扣除上游防砂壩攔截量，估計年平均淤積量為862,000m³，決定以人工方法移除淤泥，經取樣分析，利用抽泥船最為可行，惟所吸泥靜水頭需大於46m，且能適應強烈颱風之風速及水庫水位之迅速上升等條件
- 石管局採BOO方式（即承包商負責設計、製造、安裝、操作管理及維修）進行，經三次公開招標、決標，採用日商KURIMOTO深水浚漂船，為國內首宗BOO成功案例

抽除泥沙

淤積棄置方式的突破

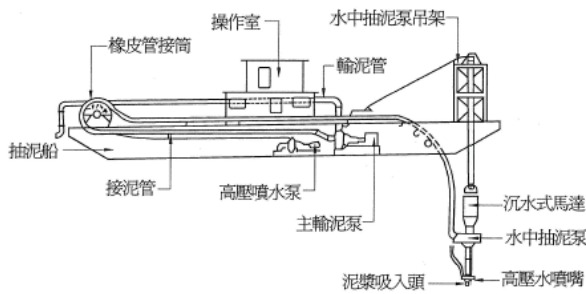
- 計畫清理之淤泥處理利用，尚不具商業價值，經選擇後池堰下游右側約70公頃高灘河川地，可供興建14座沉澱池總容量約4,200,000m³以上，足夠14年貯存之用。

結論

- 水庫泥沙問題之解決，應積極加強集水區之治理，禁止各類違法行為；往後興建水庫時，應設置低標高大型排砂設施，取水口應預留日後分期裝置擋泥板之空間。



發電進水口縱剖面

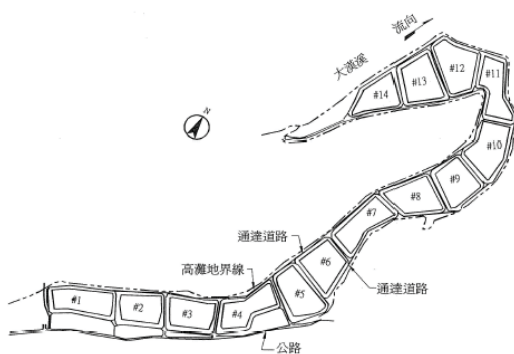


抽泥船構造示意圖



湖面上的抽泥船

沉澱池



沉澱池平面佈置圖



- 計畫說明**
- 工程名稱：石門水庫下游抽泥澆灌工程 109-1
 - 工程地點：桃園縣大漢區
 - 計畫緣由：

109 年度石門水庫下游淤泥澆灌工程主要目的為防止庫區淤積持續增加，降低各進水口淤積面(量)，進一步防範庫區設施受損(如發電機組、PRO 及其他水工閉閘)，以維持水庫防洪、發電及供水功能，保障水庫運轉安全，另配合後續疏浚排砂計畫，清除 R7 區下游區水庫底部淤積量，除可緩衝水庫洪災暴衝土石流及淤積威脅，亦有延長水庫壽命及增加庫容之功效，爰成立本工程預算書。

石門水庫於大壩下游大漢溪河道右側設有沉澱池13座，總容量約為380萬立方公尺。本案109年度規畫可於壩區利用抽泥作業平台抽出庫底淤泥排送至5、8、13號沉澱池將石門水庫蓄水域下游段(R3至R7)斷面淤泥以(吸掘式)機械澆灌送至下游沉澱池，以進一步防範庫區設施之功能受損，並增加庫容應屬附加功能。本年度預定澆灌36萬立方公尺，澆灌深度目標至標高170公尺。

另編列水庫抽泥(抽至後池或機關指定場所)120小時，係依機關指示時間進行抽泥，將水庫淤泥抽至後池或其他指示位置。後池淤積作業可於壩區利用抽泥作業平台抽出R3至R7區域各進水口前淤積面之淤泥排送至後池或機關指定場所，後池濁度監測以後池自動監測為主及廠商派員人工監測為輔，每日監測後池濁度，以確保後池取水單位正常取水。

如未執行水庫抽泥(抽至後池)則經機關同意得將該項費用，折算修正為水庫抽泥(抽至沉澱池)。反之機關需要亦可調整水庫抽泥(抽至沉澱池)折算修正為水庫抽泥(抽至後池)。承商應配合辦理，不得異議。



石門水庫下游大漢溪河道右側設置之沉澱池

石門水庫面臨的挑戰

艾利颱風災情



集水區大面積崩坍



義興攔砂壩淤滿



水庫渾水潭現象



集水區大面積崩坍



榮華壩淤滿



溢洪道高濁度原水

壩頂及後池緊急抽水作業

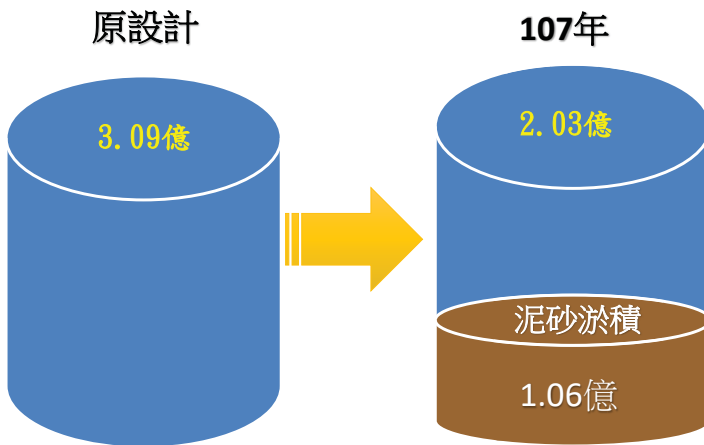


經24小時趕工，93年9月9日、9月5日完成，可供
30萬噸/日，9月12日恢復全區供水，影響供水天數18天

水庫淤積

- 水庫53年營運以來，歷經多場颱風挾帶大量土砂入庫後，水庫庫容已淤積1/3
- 107年水庫總庫容2.03億M³，較原設計3.09億M³，減少1.06億M³

93年艾利颱風造成水庫渾水潭



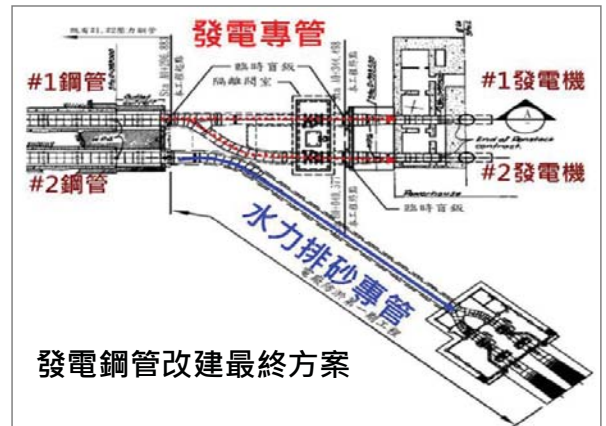
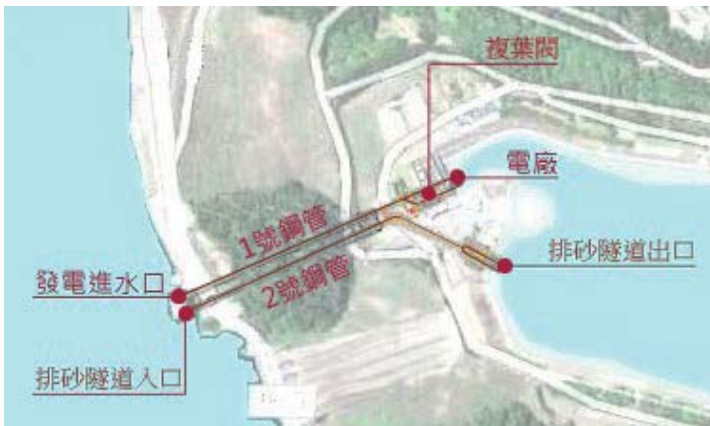
石門水庫重要設施位置圖



分層取水工



發電鋼管改建



發電鋼管改建最終方案

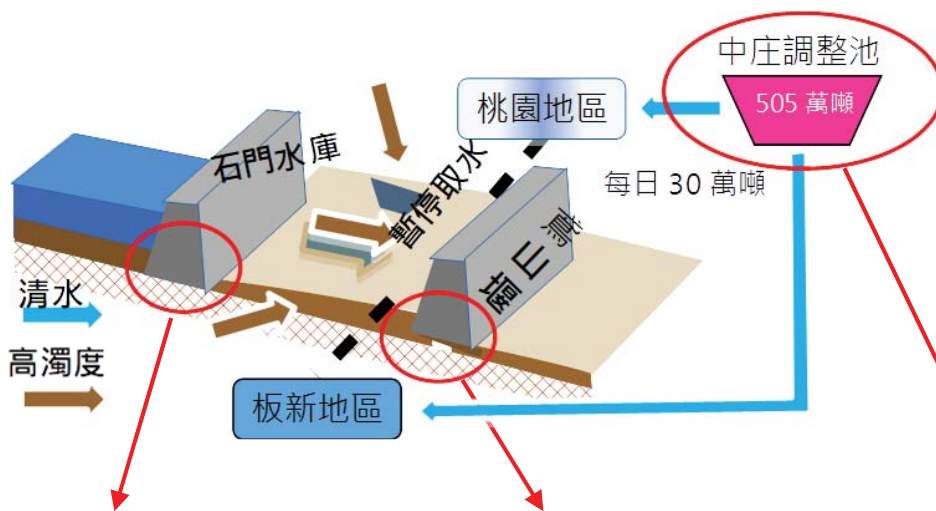


將電廠二號發電鋼管改為排砂專用管

水庫洩洪及排砂管排砂情形 (2015杜鵑颱風)



新建中庄調整池



- 蓄水量505萬噸可備援北桃園及板新約7天需水量(最大80萬噸/日)
- 颱洪期間可讓水庫全力排砂,且有效穩定區域供水,故具穩定供水及延壽永續雙重效益



石門水庫水力排砂

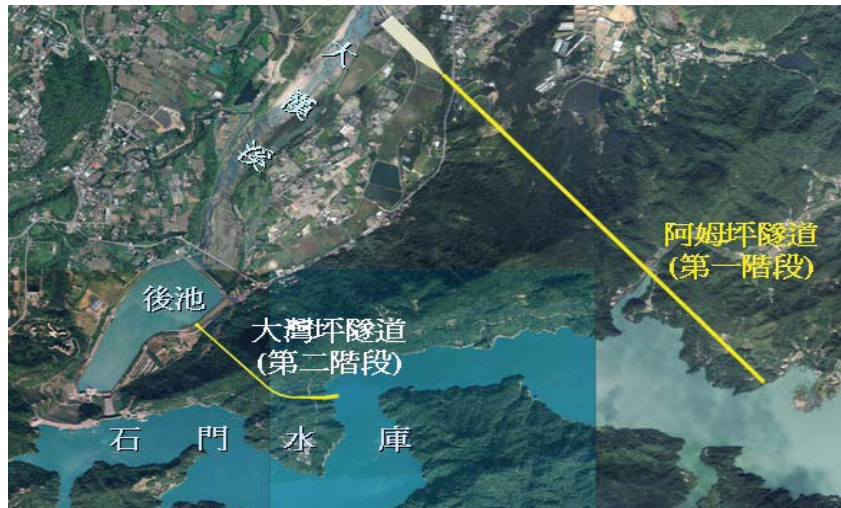


下游原水濁度飆高



中庄調整池備援供水

阿姆坪防淤隧道工程



施工中，目標排淤量64萬M³/年

共同努力的方向

永續發展(Sustainable Development)

我們這一代資源的利用，
不僅能滿足當代的需求，
同時必須不損及未來世代的福祉。

摘自1987年聯合國世界環境與發展委員會「我們共同的未來」報告



半畝方塘一鑑開
天光雲影共徘徊
問渠那得清如許
為有源頭活水來

石門水庫



謝謝 聆聽

祝您 平安喜樂

石門水庫

引用資料來源：

經濟部水利署北區水資源局、台灣電力公司、台北翡翠水庫管理局
中興工程顧問公司、中興工程科技研究發展基金會、相關網站

主題四

石門水庫建設對台灣水庫工程發展影響

國立臺灣大學水工試驗所

李方中 博士



經濟部水利署北區水資源局
Northern Region Water Resources Office.
Water Resources Agency Ministry of Economic Affairs.



財團
法人

中興工程科技研究發展基金會

SINOTECH FOUNDATION FOR RESEARCH & DEVELOPMENT OF ENGINEERING SCIENCES & TECHNOLOGIES

石門水庫典藏檔案加值應用-建設與回顧 研討會

石門水庫建設對台灣水庫工程發展影響

簡報人：李方中 博士

中華民國109年11月23日



臺灣大學 水工試驗所

Contents

01

個人水庫經驗

02

石門水庫基本資料及學習

03

壩工簡史及建壩背景

04

臺灣水庫壩型統計

05

後續的追蹤與學習

06

結語

Contents

- 01 個人水庫經驗
- 02 石門水庫基本資料及學習
- 03 壩工簡史及建壩背景
- 04 臺灣水庫壩型統計
- 05 後續的追蹤與學習
- 06 結語

■ 水庫蓄水前評估、水庫蓄水前安全複核

- 南化(1992)、牡丹(1994)

■ 水庫安全評估

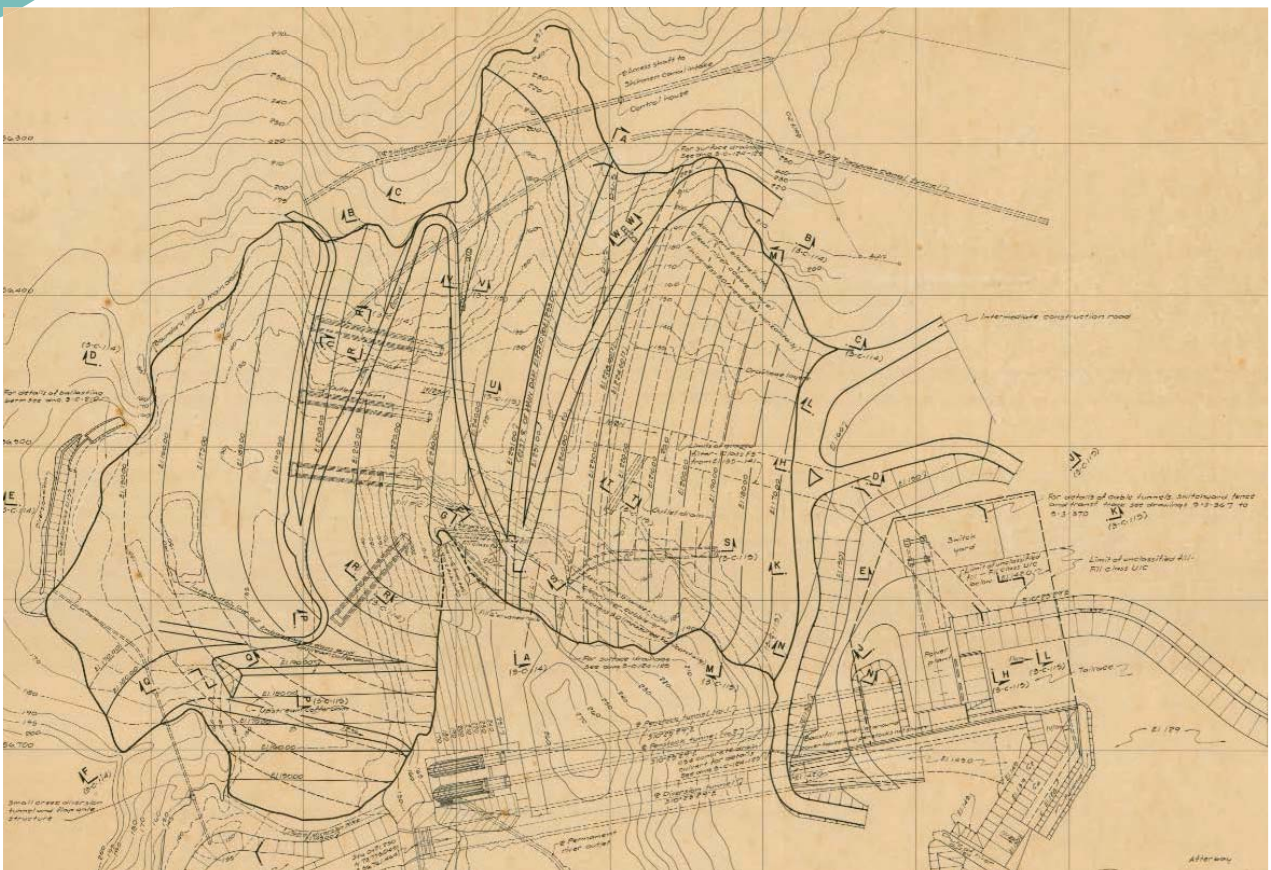
- 蘭潭(1980)、烏山頭(1993)、直潭壩、青潭堰(1993)、寶山(1994)、天輪(1995)、桂山壩、羅好壩、阿玉壩(1997)

■ 其他

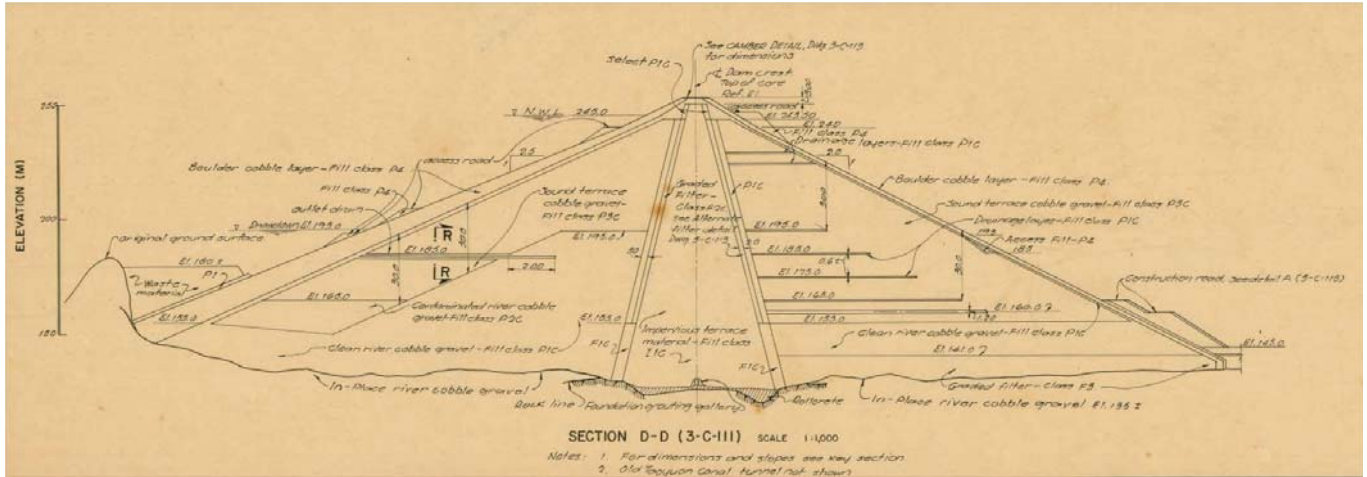
- 環評：新山、寶山第二
- 規劃：大果葉、建民
- 陳碧來先生

Contents

- 01 個人水庫經驗
- 02 石門水庫基本資料及學習
- 03 壩工簡史及建壩背景
- 04 臺灣水庫壩型統計
- 05 後續的追蹤與學習
- 06 結語

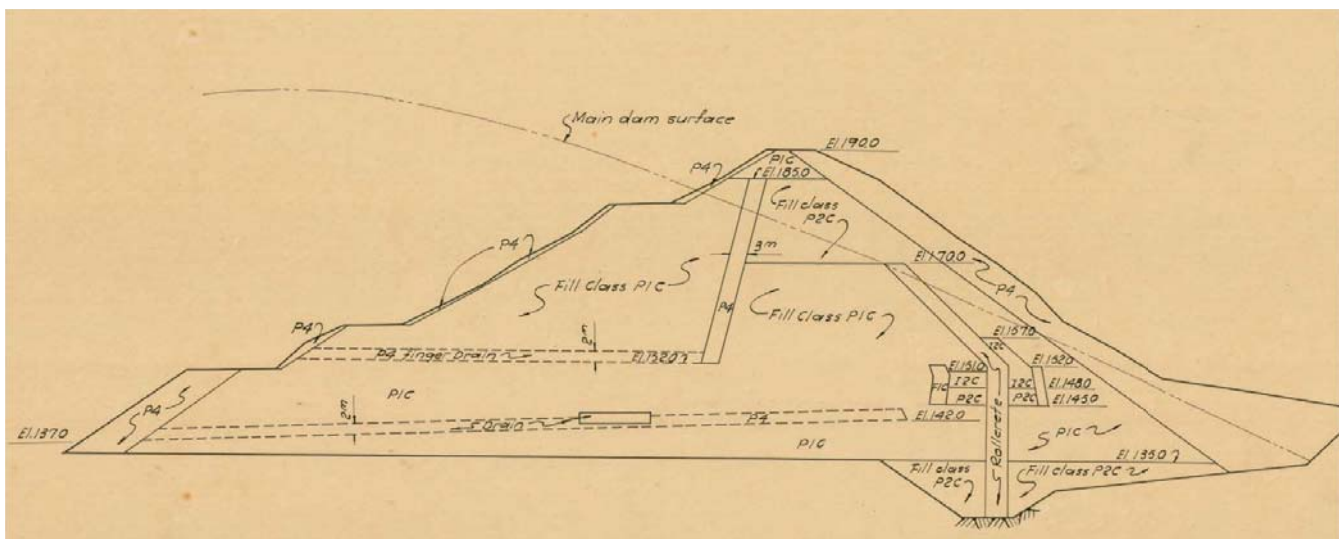


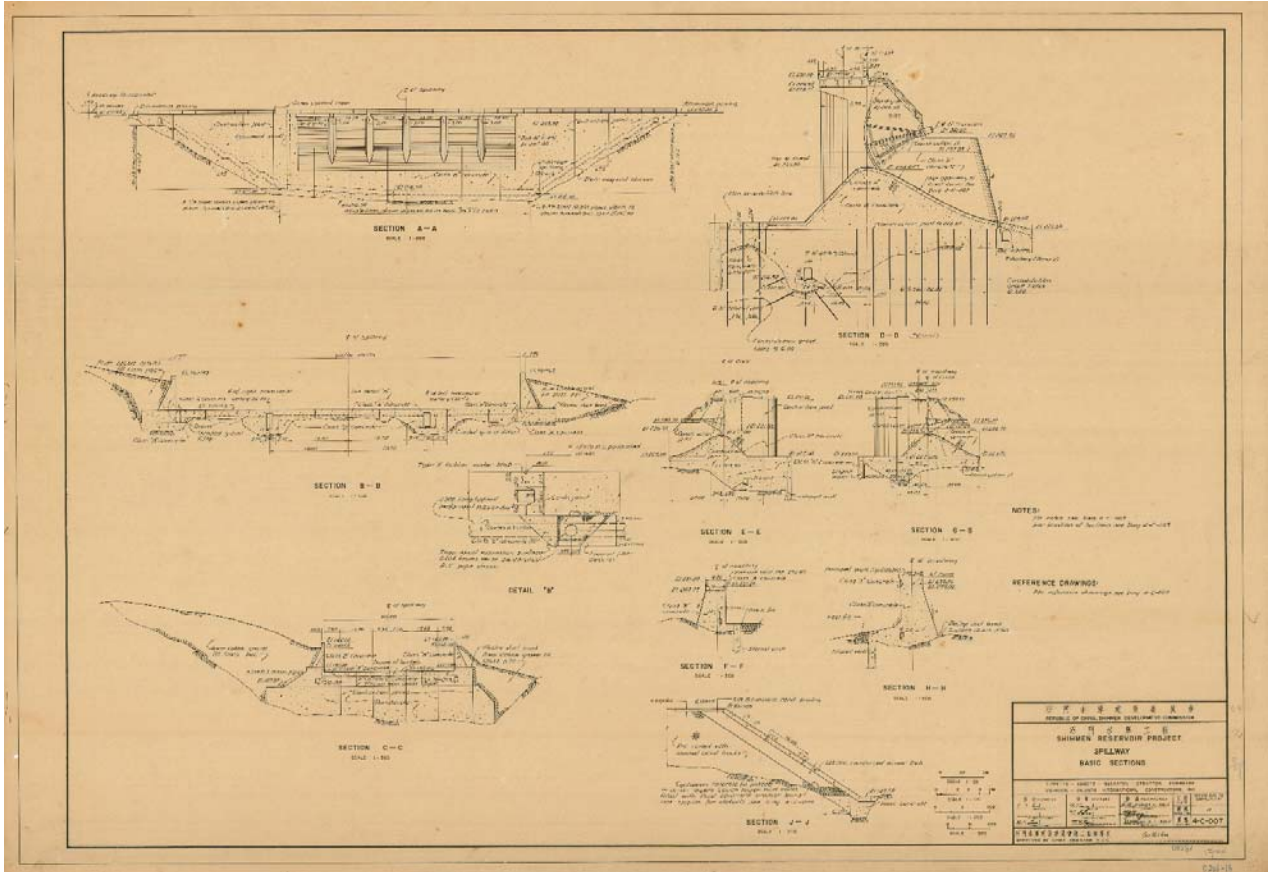
Embankment Dam



Embankment Dam

RCC(Roller Compacted Concrete)



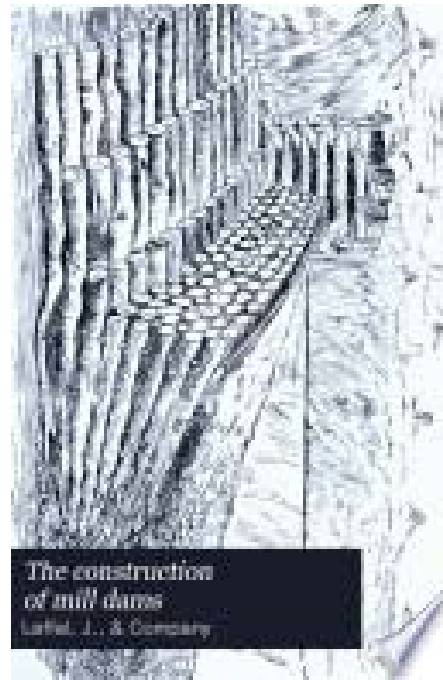


Contents

- 01 個人水庫經驗
- 02 石門水庫基本資料及學習
- 03 壩工簡史及建壩背景
- 04 臺灣水庫壩型統計
- 05 後續的追蹤與學習
- 06 結語

現代壩工技術發展

- J. Leffel & Co, The Construction of Mill Dams, Springfield, Ohio, 1874.
- 日本翻譯為「堰堤築法新按」，1882(明治15年)



The Construction of Mill Dams

內容

PAGE	11	Frame Dam on Mad River	191
Log Dam for Soft or Sandy Bottoms	21	Dam at Osborn City Kansas	197
Hollow Frame Dam	32	Stone and Timber Dam	204
RipRap Dam	39	Overhung Apron Dams	214
Crib Dam	45	Timber Dam at South Hadley Falls Mass	224
Dam for Rock Bottom	51	Pile and Frame Dam	233
Pile Dam	57	Pile and Brush Dam	242
Plank Crib Dam	71	Frame Dam with Sheet Piling	252
The Moline Dam	80	Double Crib Dam Trestle Dam	258
Brush Stone and Gravel Dam	89	Dam for Rock and Sand Bottom	269
Construction of Dam Between Coffers	100	Race and Reservoir Embankments	276
Stone Dam near Frankfort Kentucky	106	HeadGates for Races and Canals	291
Pile and Boulder Dams	116	Gauging the Supply to Water Wheels	297
Dam at Lawrence Kansas 3 plates 126 1	126	Weir Dam Measurement of Water	304
Dam on the Tassoo River Hindostan	143	Measurement of Large Open Streams	311
Timber Dam at New Hartford Connecticut	184	233	329

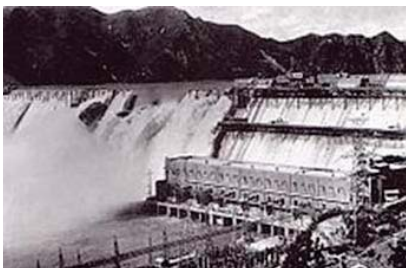
What was the **state-of-the-art** in embankment dam design and construction in 1903?(Bureau of Reclamation)

- The Design and Construction of Masonry Dams, Edward Wegmann, 1888.
 - The Design and Construction of Dams, Edward Wegmann, 1899.
 - Reservoirs for Irrigation, Water-Power, and Domestic Water Supply, James Dix Schuyler, 1901.
 - Reservoirs for Irrigation, Water-Power, and Domestic Water Supply, 2nd. E., James Dix Schuyler, 1909.
 - Members, ASCE
- **1909 book:**
 - Rock-fill Dams
 - **Hydraulic-fill Dams**
 - Masonry Dams
 - **Earthen Dams**
 - Steel Dams
 - **Reinforced Concrete Dams**
 - Natural Reservoirs

二戰結束前中國東北

■ 水豐大壩

- 鴨綠江
- 高**46m**
- 1937-1944



資料來源:維基百科

■ 豐滿水電站

- 第二松花江(吉林)
- 高**94.5m**
- 1937-1945?



資料來源:維基百科

- 各地有傳統的土壩或石壩(堰)

二戰結束前臺灣

日治時期興建之水庫壩型分類

壩型	水庫名稱、壩高(m)(始建年-完工年)
土(石)壩	美濃湖6.5(1916-1920)、觀音湖6.0(1916-1920) 內埔子26(1940-1942)、澄清湖5.4(不可考)
混凝土心牆土石壩	日月潭30.3、19.09(1918-1934) 尖山埤30(1936-1939)、鹿寮溪30(1937-1939) 蘭潭34(1942-1944)、阿公店31(1942-1953)
半水利淤填壩 Semi-hydraulic fill Dam	烏山頭水庫(心牆底部為混凝土)56(1920-1930)
混凝土壩	虎頭埤15.3(1846-1863)、粗坑壩、桂山壩 羅好壩、阿玉壩、武界壩、銃櫃壩、立霧壩 暖暖(西勢)、霧社(1939-1957) 天輪壩48.2(1930-1956)

資料來源：經濟部水利處，水庫資料冊，民國89年。

■小結一：

- 二戰結束之前，整個中國工程界並無現代壩工經驗
- 特徵：壩高、材料

二戰結束後

- 1945年，二戰結束，國際社會分為美國與蘇聯為首的兩大陣營
- 1949年，國民政府退守台灣，大陸地區加入蘇聯陣營，兩岸分治
- 1950年，韓戰開始，美國杜魯門總統宣布第七艦隊巡弋台灣海峽，協防台灣

■在臺灣地區

- 1955年，申請美援建石門水庫
- 1956年，美國國會批准。與美國國際合作總署簽約，明訂須聘請美國設計與施工顧問
- 石門水庫，1956開工-1964竣工

■在大陸地區

- 三門峽水利樞紐工程，1957年動工，1961年基本建成投入運用

■小結二：

- 石門水庫的興建，是在國際美蘇兩大陣營競爭，而兩岸分屬兩個陣營的格局之下，由美國工程師以對等人員制度進行技術轉移，帶進最新的壩工技術給在臺灣的工程師，再由主要在大陸畢業的工程師培育大量的後輩本土工程師，開花結果，開枝繁衍
- 三門峽水利樞紐工程，壩工成功，泥沙規劃錯誤

台灣光復後興建之水庫壩型分類

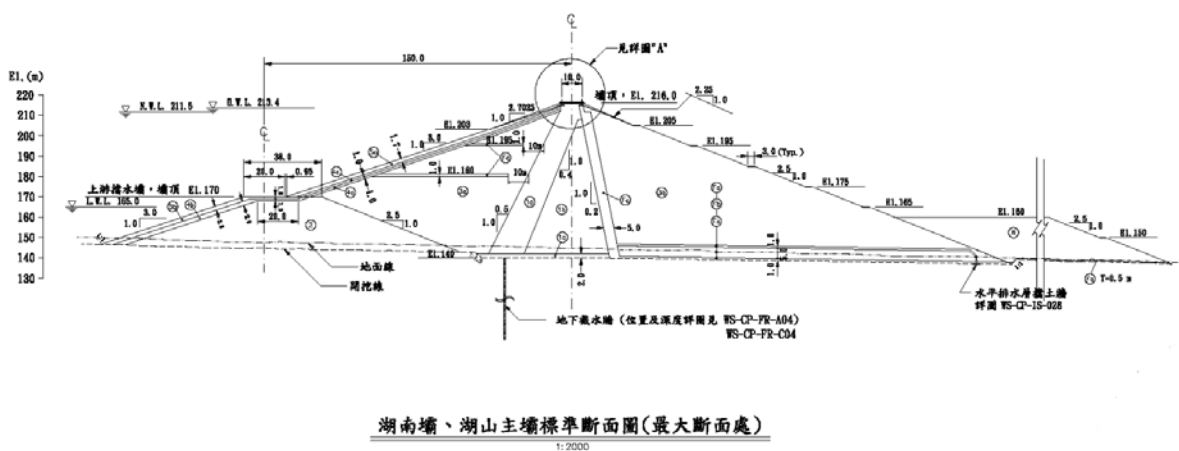
壩型	水庫名稱、壩高(m)(始建年-完工年)
近似均質型 滾壓式 土(石)壩	龍鑾潭18.3(1948-1958)、德元埤6.7(1953-1956) 鹽水埤8.5(1954-1955)、劍潭8(1956-1957) 頭社12(1978-1979)
分區滾壓式 土(石)壩	石門 133.1 (1956-1964)、白河42.5(1961-1965) 明德35.5(1966-1970)、曾文 133 (1967-1973) 新山66(1976-1980)、永和山62.5(1980-1984) 鳳山39.5(1980-1984)、仁義潭28(1980-1987) 寶山34.5(1981-1984)、鯉魚潭 96 (1985-1992) 南化87.5(1988-1993)、牡丹65(1988-1995) 寶山第二61.0(1997-2004)、湖山 76 (2008-2015)
混凝土 拱壩	谷關85.1(1957-1961)、德基 180 (1969-1974) 榮華壩82.0(1977-1984)、翡翠 122.5 (1979-1987)
混凝土 重力壩	大埔17(1956-1960)、青山壩45(1964-1970) 直潭壩12.5(1973-1978)、石岡壩21.4(1974-1977) 鏡面36(1979-1980)、明湖下池57.5(1981-1985) 明潭下池61.5(1987-1995)、馬鞍壩23.5(1995-1998)

註：未包含東部及離島，以及名稱為堰的水庫。

資料來源：

- 經濟部水利處，水庫資料冊，民國89年。
- 水利規劃試驗所，現有水庫加高可行性研究，民國100年。

以湖山水庫為例



資料來源：水利署中水局·湖山水庫計畫大壩工程基本設計報告

Contents

01

個人水庫經驗

02

石門水庫基本資料及學習

03

壩工簡史及建壩背景

04

臺灣水庫壩型統計

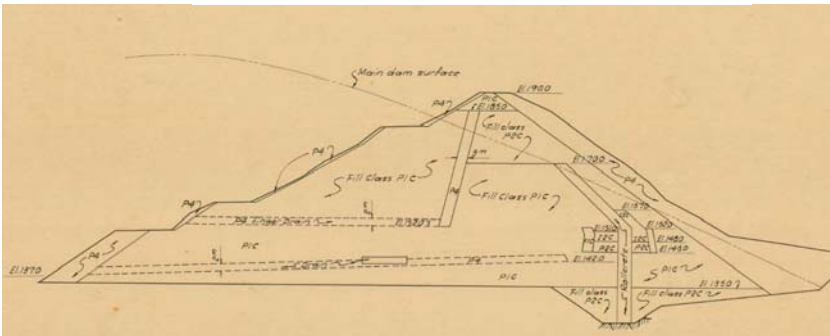
05

後續的追蹤與學習

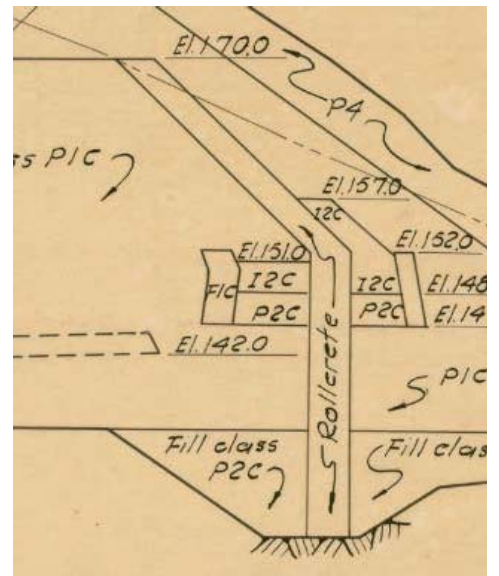
06

結語

RCC的後續發展



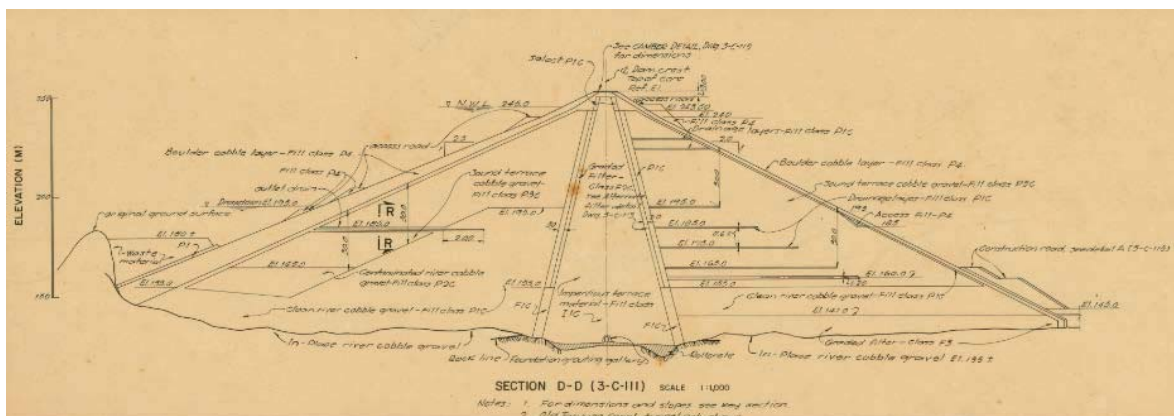
- 以副壩心牆替代紅土心牆
- 施工快速
- 避免紅土遇雨需挖起重做
- 全世界第一次使用



資料來源：中興工程科技研究發展基金會，石門水庫工程紀事拾遺，民國92年。



RCC的後續發展



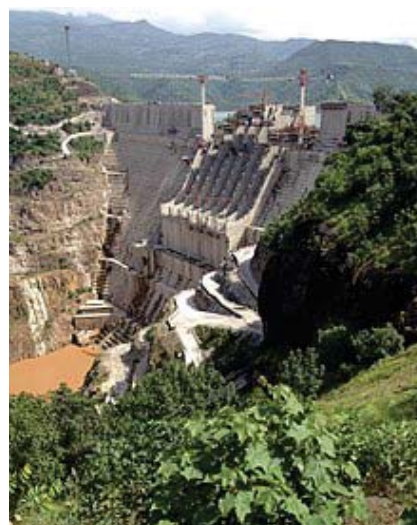
Dental
Concrete



臺灣大學 水工試驗所 25

RCC的後續發展

- 世界第一座RCC壩：Alpe Gera Dam in North Italy (1961-1964)
- $H > 50'$ 重力壩，世界超過370座，美國43座
- 世界最高RCC壩：Gilgel Gibe III Dam in Ethiopia(2006-2015) · $H=250\text{ m}$
- 採用原因：經濟性(用土石方機械)、建造速度快(省略混凝土升層處理及冷卻作業、減少收縮縫及其灌漿作業)、較不受天氣影響
- 臺灣：無



https://en.wikipedia.org/wiki/Roller-compacted_concrete



臺灣大學 水工試驗所 26

從洪水學習一

- 土石壩的副壩要在下一個洪水季前完成。大壩施工中，副壩不宜溢流。
- 石門大壩施工中，1961年9月，Pamela颱風，洪峰4,940cms，副壩未溢頂
- 牡丹水庫大壩施工中，副壩被溢頂

從洪水學習二

- 日治時期溢洪道採用規範(不瞭解)
 - 石門水庫設計引進**可能最大洪水(PMF)** → 溢洪道設計流量
 - 1963年9月，葛樂禮(Gloria)颱風，洪峰量10,200cms，接近設計入流量10,900cms，**改進方式**：
 1. 施工中，壩頂上游側欄杆改建為RC牆→排洪量11,400cms
 2. 1984年，於大壩右側山脊增建2條排洪隧道→增加排洪量2,400cms
 3. 2012-2015，電廠防淤第一期工程→**排砂水量**300cms
 4. 2017-2021(預定)，阿姆坪防淤隧道工程計畫→增加排洪量600cms
 - 總計14,400(14,700)cms
- 小結三：PMF是變數，水庫排洪能力需要與時俱進

從洪水學習三

■慘痛教訓

- 1951年起，河南省境內，淮河上游，蘇聯專家技術援助，興建五座大型水庫，以及大批中小型水庫
- 百年一遇洪水設計，千年一遇洪水校核，其中板橋水庫還將原設計的12孔排水閘門減少7孔，僅剩5孔
- 1975年8月8日超級強烈颱風妮娜(Nina)，62座水庫潰壩
- 1986-1993，新板橋水庫，百年一遇洪水設計，可能最大洪水校核

<https://zh.wikipedia.org/wiki/河南“75·8”水庫潰壩>

<https://zh.wikipedia.org/wiki/板橋水庫>



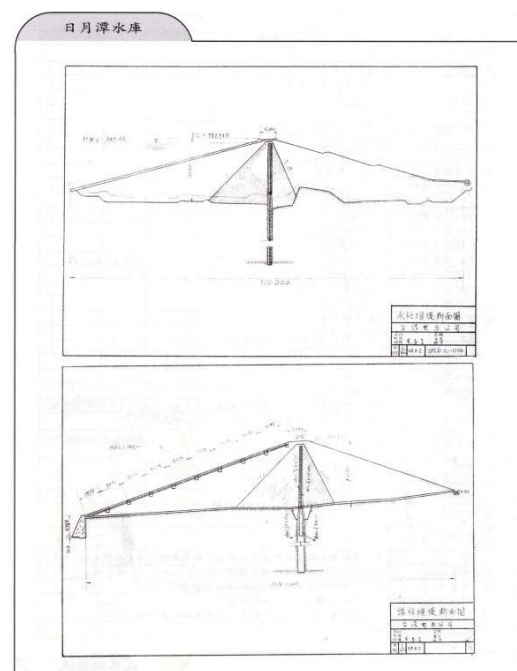
[https://zh.wikipedia.org/wiki/颱風妮娜\(1975年\)](https://zh.wikipedia.org/wiki/颱風妮娜(1975年))



從地震學習一

■1999年，921地震

- 聽說水庫有裂縫，922進災區
- 頭社水庫、日月潭頭社壩、水社壩
- 日月潭水庫位於南投縣魚池鄉，原為天然湖泊，於1934年於其周圍水社、頭社兩地分築土壩而成水庫，該二壩均為混凝土心牆土壩



從地震學習一

■ 水社壩

- Piping?
- Mechanism?



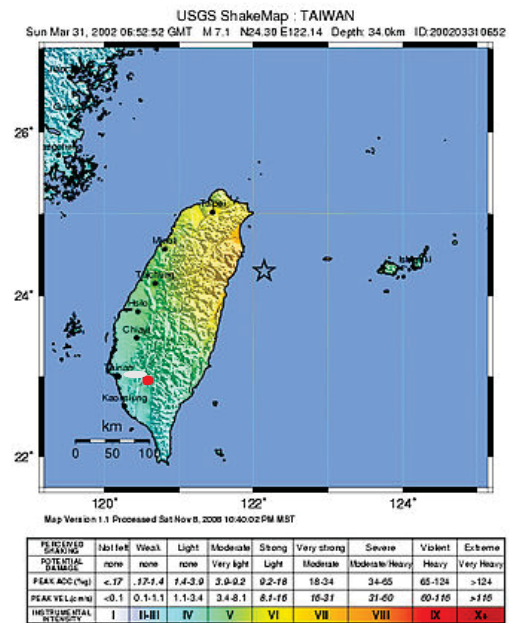
從地震學習一



從地震學習二

■2002年，331地震

- 震央距離曾文水庫約220公里
- 時間：14時52分50.0秒
- 觀察人：南水局吳○達
- 觀察位置：曾文水庫大壩上
- 觀察現象：震波通過時，壩體像布丁般的波動



https://zh.wikipedia.org/wiki/331大地震#/media/File:2002_331_earthquak



臺灣大學 水工試驗所

33

從地震學習二

■1999年，921地震

- 震央至水社壩4~5公里



34

從地震學習二

■水社壩



■頭社壩



從地震學習三

■鯉魚潭水庫，921地震

- 離槽水庫
- 1992年完工蓄水
- 1999年地震
- 士林堰，1994-2002
- 黏土心層因輾壓而產生的超額孔隙壓力已自然消散(一般是經過蓄水而消散)

• Guidelines for Preparing Reservoir Filling Criteria:

壩高一半以上，每次蓄水位升高不超過0.6m

• 地震一次性(固結)沉陷



Contents

01

個人水庫經驗

02

石門水庫基本資料及學習

03

壩工簡史及建壩背景

04

臺灣水庫壩型統計

05

後續的追蹤與學習

06

結語



結語

- 戰後的機遇，經由石門水庫的興建，臺灣工程師直接地由經驗極豐富的美國工程師學習到了最先進及最安全的土石壩(堆填壩)技術，也保障了多強颱風震的臺灣的壩工安全
- Mr. Clarence O. Duster對於水庫人才榮枯的看法

簡報完畢
敬請指教



臺灣大學 水工試驗所



財團法人

中興工程科技研究發展基金會

SINOTECH FOUNDATION FOR RESEARCH & DEVELOPMENT OF ENGINEERING SCIENCES & TECHNOLOGIES

簡 介

- 一. 宗旨：本會為財團法人中興工程顧問社捐助成立之非營利機構，以提昇我國工程科技水準，配合國家政策，促進經濟建設之發展及科技之普及推廣為宗旨。
- 二. 組織：本會董事會由董事七至十一人組成，董事互選董事長一人綜理會務，設置執行長一人，綜理本會實際業務執行，下設企劃組、推廣組、編譯組及財務組分別掌理各項業務。
- 三. 業務範圍：
 - (1) 專題研究
 - (2) 刊行工程科技技術書刊。
 - (3) 工程科技及學術交流活動。
 - (4) 工程建設及研參活動
 - (5) 提供獎助學金。

成立日期：1987年6月8日

董事長：曾參寶

執行長：陳啓斌

地址：台北市南京東路四段186號4樓之9

電話：(02) 2577-4567

傳真：(02) 2577-3667

電子信箱：sinotecf@ms32.hinet.net

網站：www.sinotecf.org.tw

主辦單位： 經濟部水利署北區水資源局
Northern Region Water Resources Office,
Water Resources Agency Ministry of Economic Affairs.

 財團法人中興工程科技研究發展基金會
SINOTECH FOUNDATION FOR RESEARCH & DEVELOPMENT OF ENGINEERING SCIENCES & TECHNOLOGIES

協辦單位： 財團法人中興工程顧問社
SINOTECH ENGINEERING CONSULTANTS, INC.

