

金陵營區排水系統整治工程 獲行政院公共工程金質獎經驗傳承

作者／吳孟武將軍

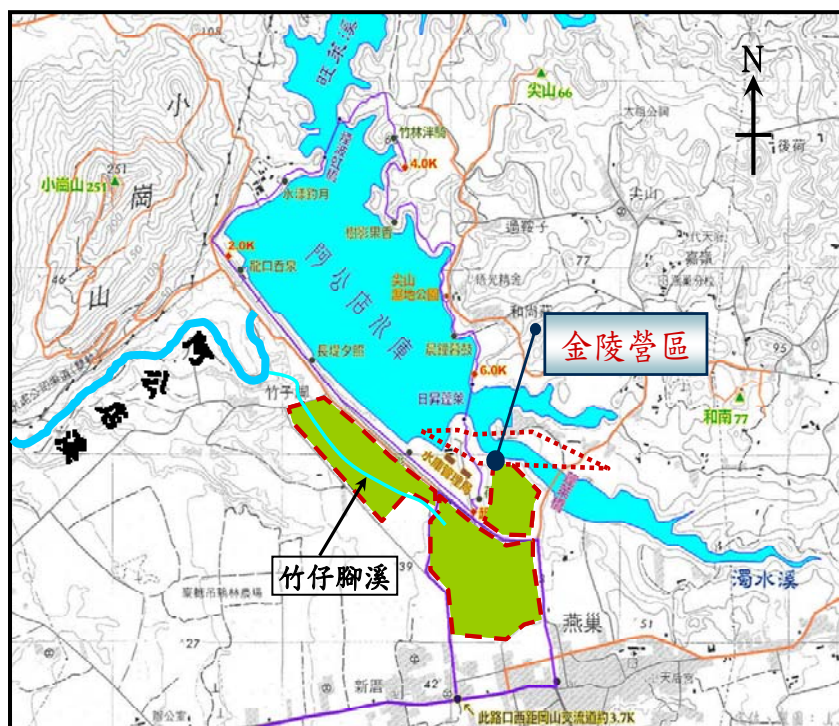
提 要

- 一、「金陵營區排水工程系統整治工程」之規劃設計以防災及復建系統為基礎，以營造生物多樣性之環境，並兼顧學校訓練場之擴充，並秉持三級品管制度，相關查核缺失亦積極追蹤改善，以提升整體工程品質而深獲肯定。
- 二、回顧本校主辦「金陵營區排水工程系統整治工程」，自開工初期至竣工完成，均以成為國軍工程典範而努力，對於工程品質管制、成本及進度，除依原規劃目標完成外，另對於本校工程規劃、設計、發包及施工品質管控等實務工作亦能有效提升。
- 三、本工程於 99 年底獲行政院公共工程金質獎肯定，殊值國軍各工程單位未來辦理軍事工程時之參據。

關鍵詞：排水系統、整治工程、河道整治

前 言

流貫高雄市岡山燕巢地區之阿公店溪為南臺灣重要河川之一，其上游野溪支流-竹仔腳溪為大燕巢地區排放民生廢水之主要溝渠，亦為防汛期之排洪要道。然因河道位置（如圖一）橫跨軍事機關-陸軍工兵學校金陵營區訓練場地內達 1,100 公尺，年久淤積整治不易，加以近年來河道邊坡崩塌日趨嚴重，每逢颱風汛期，必導致該溪下游土石、泥流氾濫成災，嚴重影響聚落百姓生活及農作，另亦造成工兵學校訓練場地面積逐漸潰縮、流失，使訓練安全面臨危機。有鑑於此，陸軍工兵學校秉國防部「防災、減災」及「配合地方區域發展」之指導，自 94 年起，即多次主動邀集地方政府及阿公店水庫管理中心共同研商規劃整治計畫，於 98 年終克服萬難，展開「金陵營區排水系統整治」工程，期藉此改善日趨惡化之河道問題，進而強化其防洪減災功能；當然，亦盼未來營區訓場更臻完善，景觀結合週邊環境，提升區域內之整體價值。



圖一 竹仔腳溪地理位置圖

資料來源：作者整理

工程概述

一、規劃目標

在不改變既有河道及不對環境造成過多衝擊前提下，本工程規劃乃朝同時能兼顧「防災」、「生態」、「環保」、「教育」為目標，透過河道整治以實際改善排水功能，並解決邊坡坍塌問題，另對陸軍工兵學校言，期工程完工後，能穩定既有訓場設施及維護人員訓練安全，提供一個完善無虞之校區環境。故規劃可概區分兩個面向進行，在排水及景觀方面，以「確保汛期河道暢通，有效降低災害影響」、「整治恢復水溝功能，避免排水阻塞淤積」、「結合水庫既有景觀，提升區域整體價值」等為主軸；就教學及訓練部分，期能「解決河岸崩塌危安，增加本校訓場面積」、「結合工程實務教學，增進學者經驗技術」、「規劃增設架橋訓場，提升工兵架橋能力」等，俟河道整治完成後，可創造軍方與地方共生共容之雙贏局面。

二、整治構想

本工程乃摒棄傳統以「點」做為整治思維，而是配合週邊地貌特性，採全區、立體之「面」做為整治目標¹。考量河道工址比鄰阿公店水庫，景觀融合與營造生物多樣性乃不容忽視之課題²，故本案整治以導入生態工法為趨向，在構

¹ 尹念秦，《金陵營區排水系統整治工程預算書圖》，（陸軍工兵學校，民國97年10月15日），頁246。

² 尹念秦，《金陵營區排水系統整治工程細部設計預算書圖》，（陸軍工兵學校，民國 97 年 10 月 15 日），頁 A-6。

造物設計與施工方面，除考慮結構體的安全性外，另方面必須兼顧當地自然生態系之維護，使動植物不因人為開發而限縮其自然存育空間，甚或破壞既有之生態系統；在資材應用方面，除混凝土之運用朝最少化外，為配合現地景觀，施作材料多採當地石材、木材或植物物種，以柔化結構物外觀並利植生復育。

就河川整治部分，安全防災當然為首要目的，然因規劃之初即確立保留原河段特性及不破壞水、陸生物棲息地為原則，故整治擬採多樣、適宜之護岸形式，連結以石樑固床工法之河道及越溪親水步道為構想；至於岸頂景觀佈建方式，於階段平台及步道上，將原舊廢 RC 水溝蓋板回收再利用鋪設其間，配合複層植栽方式來營造週遭綠、美化環境，另工址內堅持土方挖填不外運之平衡工法，以降低成本提高施工效率。綜上構想，本工程整治方向乃在不破壞生態環境下，達成河道整治與增加訓場設施為目標。

三、施工期程

公共工程即為國家建設，本工程秉「取之於民、用之於民、利之於民」的理念，自規劃設計初期至施工，均密集邀集地方仕紳及專業人員參與研討，廣納眾意。考量排水整治工程需透過水利、水保與土木等專業學理分析及協調配合，故本案採委外設計、監造、施工方式辦理，主辦機關前後歷經 2 年作業時程，96 年 4 月奉國防部核定後，98 年 2 月開工至 99 年 11 月竣工驗收（460 個日曆天），期間雖歷經「梅姬」、「莫拉克」、「凡納比」等風災考驗，但在施工團隊努力下，猶能依進度如期、如質完成，總計工程費達 1 億 6,550 萬元整。

四、主要施工項量

- （一）渠道工程：竹仔腳溪河道護岸兩側整治總長 2,450 公尺。
- （二）排水工程：原校區排水溝（蓋）整（修）建總長 1 萬 5,307 公尺。
- （三）訓場整建：工兵架橋訓練場 2 座、橋材置場基座 16 座。
- （四）圍牆工程：新建圍牆（籬）307 公尺。
- （五）植生工程：遍植喬木 1,033 株、灌木 1 萬 7,370 株、百慕達草等草皮 7,300 平方公尺以上。

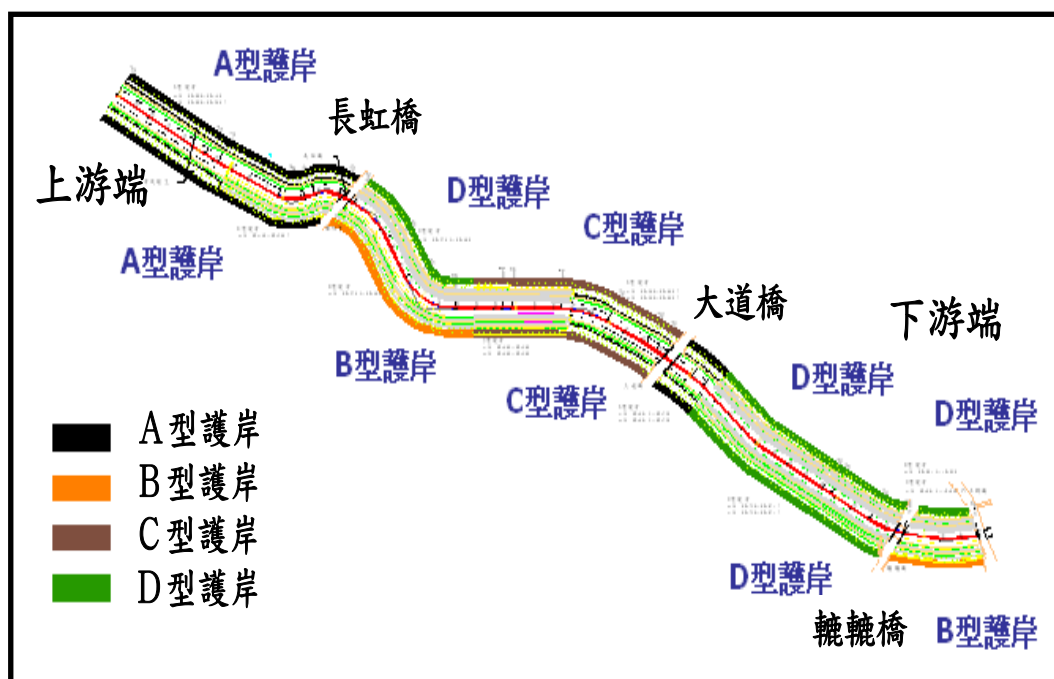
設計工法

本工程因以生態工法為導向，設計務求符「構造物最小化」、「表面孔隙化」、「坡度緩和化」、「材質自然化」及「施工經濟化」等五項原則³。由於營區內河道型態屬深槽型，考量原岸坡土壤性質鬆軟，在不破壞溪流原流況特性下，遍

³ 范良鏐，《第 10 屆公共工程金質獎活動專輯》，（行政院公共工程委會，民國 100 年 3 月 31 日），頁 20-21。

採多階緩坡化之複式斷面護岸設計，除能增加岸坡穩定性外，於冬季基流量小且污染濃度高時，亦可將水流拘束於固定水道中⁴。另全河段未整治前，週遭皆密佈高莖的草類，其中最為優勢之狼尾草、巴拉草隨處可見，然該草叢原為鳥類、昆蟲及爬蟲類之主要棲息地，極具保留價值，遂將其控制於較原始之河段內滋生保護。

整治河段內尚有三座既有橋樑，從下游至上游依序分別為「轆轤橋」、「大道橋」及「長虹橋」（詳見圖二），間隔距離約 300~400 公尺不等，針對橋樑間河道的蜿蜒情形與凹岸、凸岸之水流特性，分別以既有三座橋樑作為分段點，設計 A、B、C、D 四種不同坡度、構造型式之護岸，以營造河岸多樣性。配置原則有三，一為腹地充足可增設架橋訓場之河岸及原河道陡峭且受限腹地或水流易侵蝕凸岸，採 RC 擋土牆搭配砌石護岸設計，以穩固臨岸訓場基地及延長護岸之壽限；二為較不易受水流衝擊之河段，則採竹、木樁階段平台並混搭砌石護岸等工法設計，以供未來學校工程教學運用；至於河道上游因臨民地及農作區，河道徒直且水流速度慢，故採單砌塊石護岸設計，以簡化施工度及縮短工期，降低民怨。茲將各類型護岸設計說明如下：



圖二 河道護岸佈置規劃圖

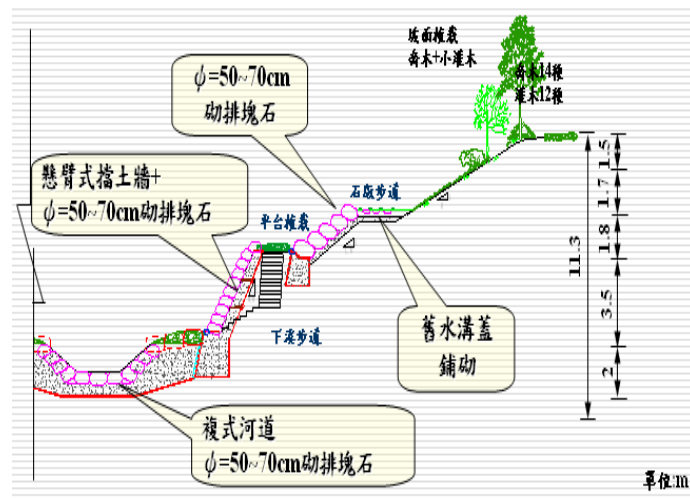
資料來源：作者整理

一、多階式護岸（A 型護岸）

運用於自然土坡河床，階段數可依河岸高度調整，階段平台上及近岸坡面

⁴ 范良鏐，《第 10 屆公共工程金質獎活動專輯》，（行政院公共工程委會，民國 100 年 3 月 31 日），頁 20-21。

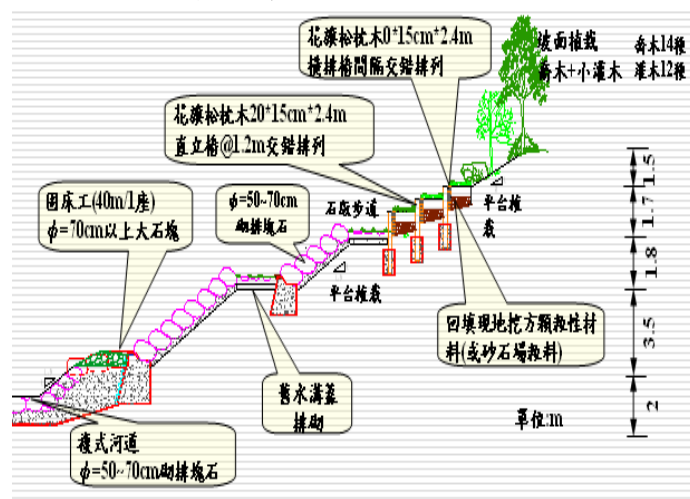
種植低矮型草木，平台可作為沿溪步道亦兼具便於除伐管理與親水遊憩之功能，全河段兩岸施作約略 1,122 公尺，約佔總護岸 51%，為本工程護岸施工最多之方式，如圖三所示。



圖三 A 型護岸-階段砌塊石護岸
資料來源：作者整理

二、砌塊石混搭木排樁護岸（C 型護岸）

運用在不受水流攻擊之河段，於常水位以下區塊，採用砌塊石護岸方式施作；另水位在常水位以上之區塊，則改採以廢棄枕木或現場竹類作為護坡材料，整平形成可供通行之階梯狀平台，再於平台上種植低矮型草木，以充分與週邊景觀結合，形成具休憩功能之河岸風貌，該型護岸全河段計施作約略 437.8 公尺，佔總護岸之 19.9%，如圖四所示。

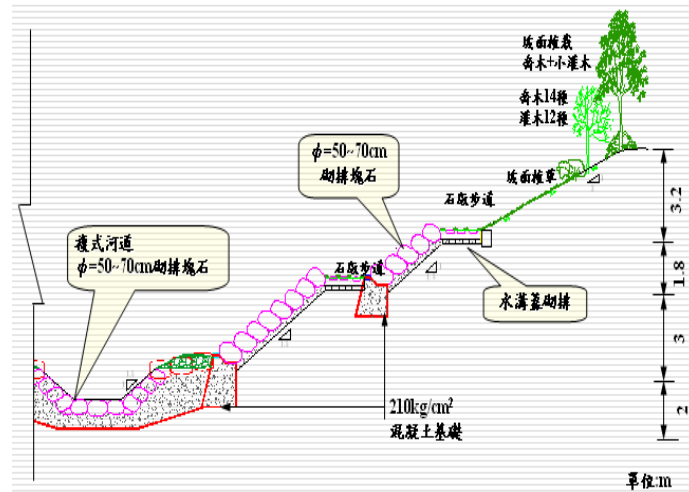


圖四 C 型護岸-砌塊石+木排樁護岸
資料來源：作者整理

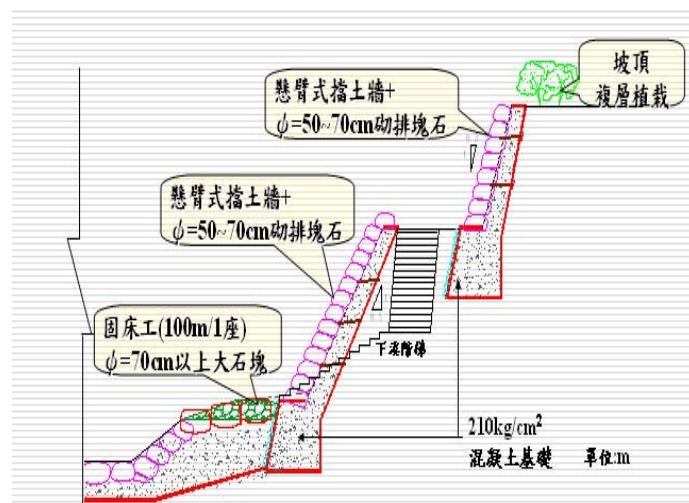
三、砌塊石搭配RC擋土牆護岸（B、D型護岸）

對於河道邊坡有持續沖刷或土石崩落之凸岸，或計劃增設架橋訓練場及面臨崩塌的河段，則以高強度、高穩定性之擋土牆式護岸施作，另於擋土牆介面

以景觀模板處理搭配砌塊石設計，使其產生自然與粗糙多孔隙之質感，並於牆頂種植攀爬植物，如軟枝黃蟬、雲南黃馨、地錦等加以綠覆。依照現地坡度與腹地差異，區分坡度緩腹地大之 B 型護岸，約略施作 158.4 公尺，佔護岸總長的 7.2 %；坡度陡腹地小之 D 型護岸，約略施作 481.8 公尺，約佔 21.9 %，如圖五、六 所示。



圖五 B 型護岸-擋土牆+階段砌塊石護岸
資料來源：作者整理

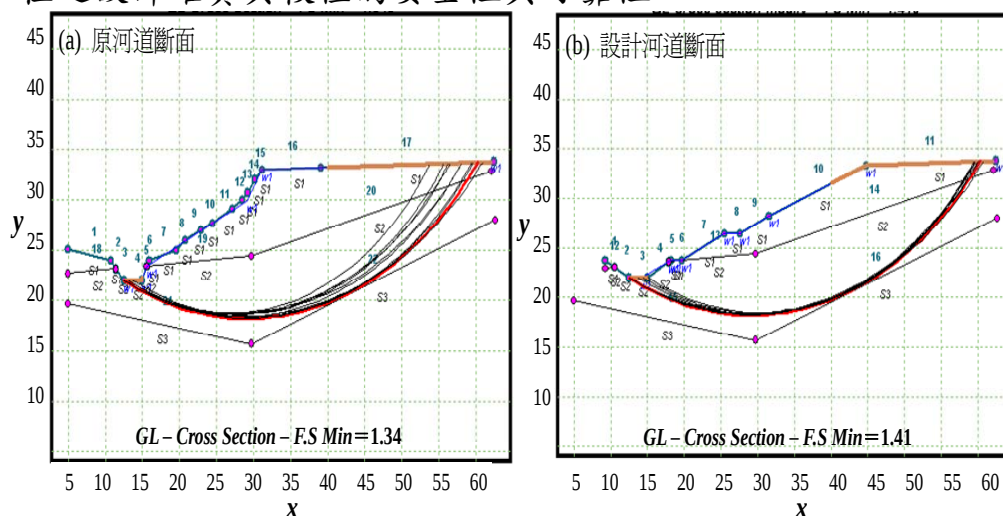


圖六 D 型護岸-砌塊石加擋土牆護岸
資料來源：作者整理

在護岸工法初步設計完成後，本工程係根據河道地形測量資料及水文分析之洪峰流量，利用美國水文工程中心 (Hydrologic Engineering Center) 研發之水文工程軟體 HEC-RAS 水理演算模式，模擬暴雨時設計斷面之穩定性，藉以瞭解河道現況與規劃後之邊坡穩定及通水能力⁵。略舉 B 型護岸為例，設計後與

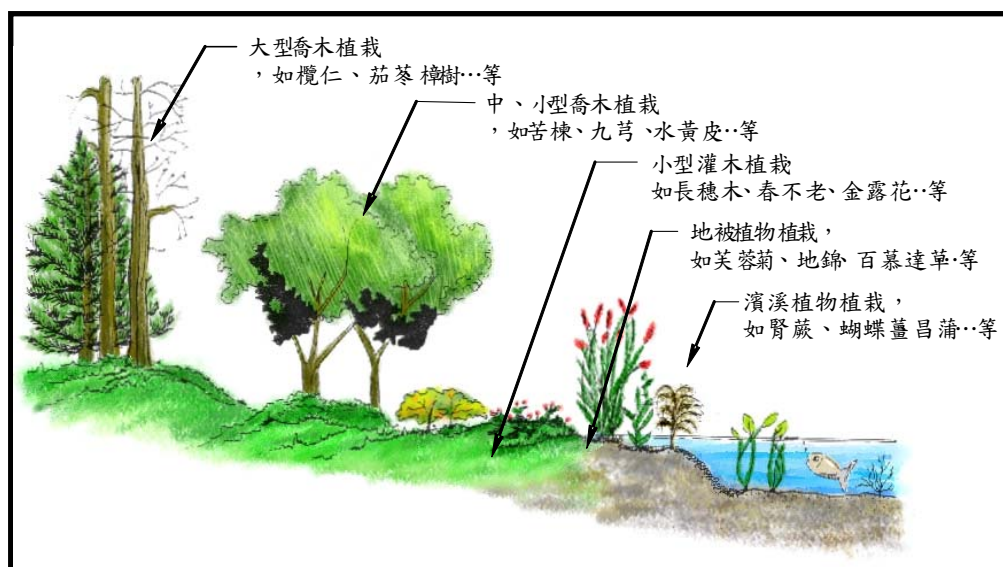
⁵ 尹念秦，《金陵營區排水系統整治工程規劃設計及監造委託技術服務案》，(聿峻工程顧問有限公司，民國 97 年 10 月)，頁 2-6。

原河道之計算結果比較(如圖七)，圖中顯示設計之河道斷面遠比原河道安定，證實本工程之設計確實具較佳的安全性與可靠性⁶。



圖七 暴雨河道穩定性分析示意圖(a) 原河道斷面;(b) B型護岸河道斷面
資料來源：作者整理

在河道工程綠、美化部份，秉水土保持理念及未來管理難易度等考量⁷，本案從河床至岸道，以複層植栽概念（見圖八），依序廣植濱溪植物、地被植物搭配樹型優美兼具遮蔭、誘鳥、誘蝶等功能之中小型灌木及大型喬木，如欖仁樹、楊梅、樟木、印度紫檀等樹種，以形成多層植被效果⁸。



圖八 河岸複合層植栽示意圖
資料來源：作者整理

⁶ 黃獻誠，《陸軍工兵學校金陵營區排水系統整治工程要案紀實》，（陸軍工兵學校軍事工程組，民國 100 年 4 月 15 日），頁 9-10。

⁷ 黃獻誠，《陸軍工兵學校金陵營區排水系統整治工程要案紀實》，（陸軍工兵學校軍事工程組，民國 100 年 4 月 15 日），頁 38-40。

⁸ 尹念秦，《金陵營區排水系統整治工程規劃設計及監造委託技術服務案》，（聿峻工程顧問有限公司，民國 97 年 10 月），頁 3-17。

工程特色

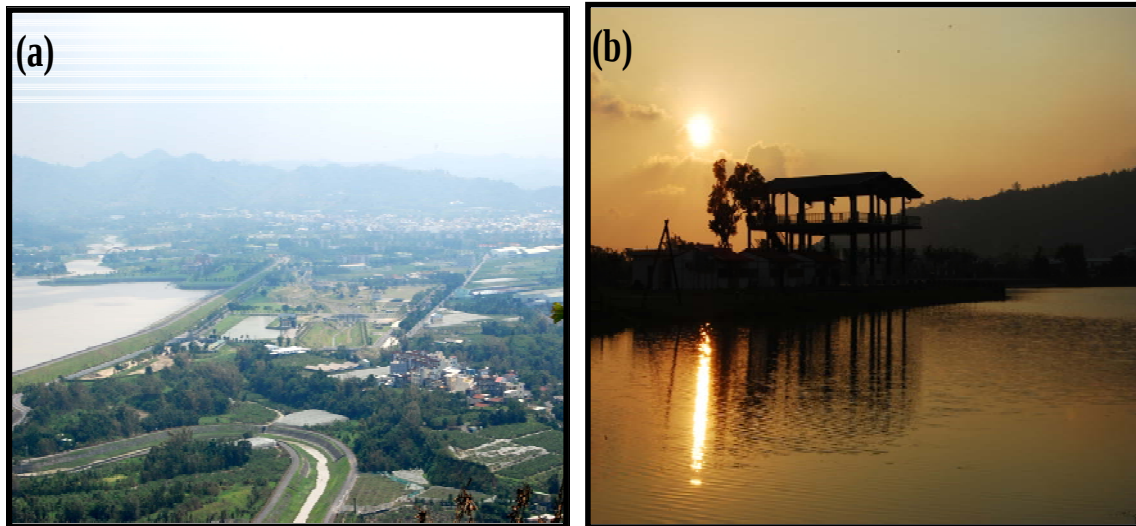
回顧施工全期，因施工單位嚴管進度，監造單位戮力品質管理，及主辦機關不斷透過學者專家及地方仕紳共同監管下，終使本工程能順利完成。迄今，本工程已逐漸顯現其施工效益，歸結其工程特色概可分述如后：

一、解決區域土石災害，結合地方整體景觀

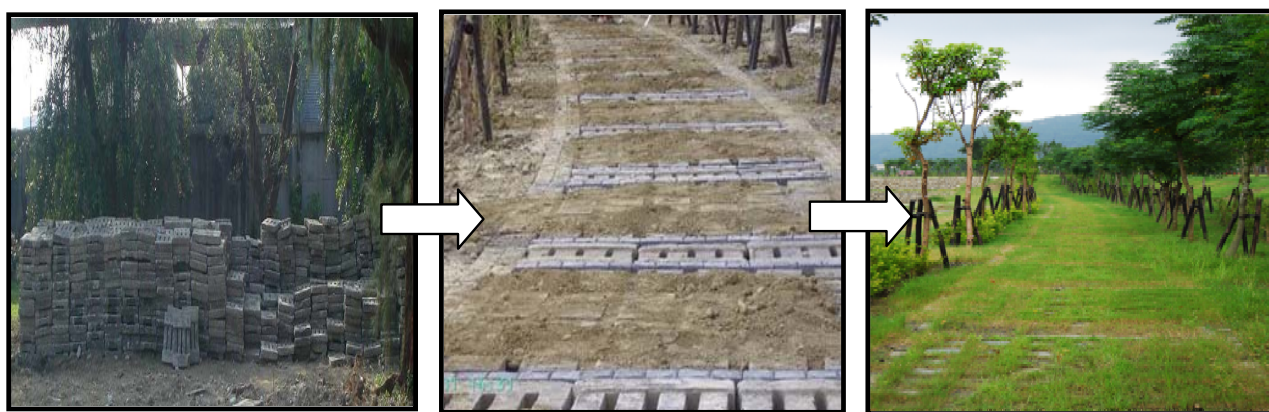
依據中央氣象局統計資料顯示大燕巢地區每年平均降雨量約為 2,000 公釐，大多集中在 5 至 9 月汛期期間，尤其每逢颱風豪雨季節降雨量集中時，往往造成高雄燕巢區竹仔腳溪下游氾濫淤積。工程竣工後，恰逢 919 風災，結果顯示整治後之河道遇豪大雨時仍保持優良排水、邊坡穩固，說明本工程確實解決地方防洪排水問題，使附近居民不必再為鄉內溪流沿岸沖蝕及不穩定現象而憂心，泥砂流亦不再淤積至下游農田，影響農民農作。此外，本案因設計模式與改善後之阿公店水庫護岸工程雷同，故在景觀方面確實能與週遭結合，誠如阿公店水庫管理中心人員所言「金陵排水工程為結合阿公店水庫整體景觀設計之優良工程，能同時兼顧河川生態保育與防災防洪目標，整治後確實提升週邊整體價值與景觀。」(如圖九)。

二、廢棄材料回收運用，節能減碳環保工程

本案秉現地取材、減少營建廢棄物之理念，在設計岸頂步道時，共計將 1,700 個營區汰換之舊 RC 水溝蓋板，資源回收再運用於河道兩岸步道鋪設，另搭配連鎖磚及密鋪草皮，形成特殊的景觀步道(如圖十)，另將 1 萬 7,200 個損壞水溝蓋板，鋪設於石板步道底部。此工法總計節約混凝土略 347 立方公尺用量，約等於減少 8 萬 8,026 公斤之二氧化碳排放量，使工程極具資源回收與節能減碳價值。



圖九 (a) 結合阿公店水庫景觀；(b)整治後河岸景觀一隅
資料來源：陸軍工兵學校軍工組提供



圖十 水溝蓋回收再利用圖
資料來源：陸軍工兵學校軍工組提供

三、充分運用現地土方，控管土方挖填平衡

依行政院工程會之政策指導，土方處理設計時應採取最少挖填及最小運距為原則，避免大規模挖填作業，以減低對基地外棄土或取土之需求。秉此理念，本工程不另編列土方購置及外運預算，採營區內挖填平衡，其中整地、路幅、構造物及渠道開挖所得土石材料，用於填方或構造物回填，將工程剩餘土石方，檢討空地及未施工平台暫時堆置，並以 PVC 帆布臨時覆蓋，避免遭雨水沖刷，至工程竣工為止，土方開挖及回填近 5 萬餘立方米，無外運棄土，相當於減少外運車次量 7,869 車次，除節省經濟成本外，深具環保指標意義。

四、嚴格品管紀錄流程，建立專案管理網頁

自開工起，施工團隊即指派專業人員，從監工日誌、材料試驗、維安管理、施工進度及品質管控等面向，詳實紀錄各類表單公文，共建立 14 類共 243 個專案文卷（詳見圖十一 a），以俾利所有紀錄文件均能有系統歸檔保存。另於開

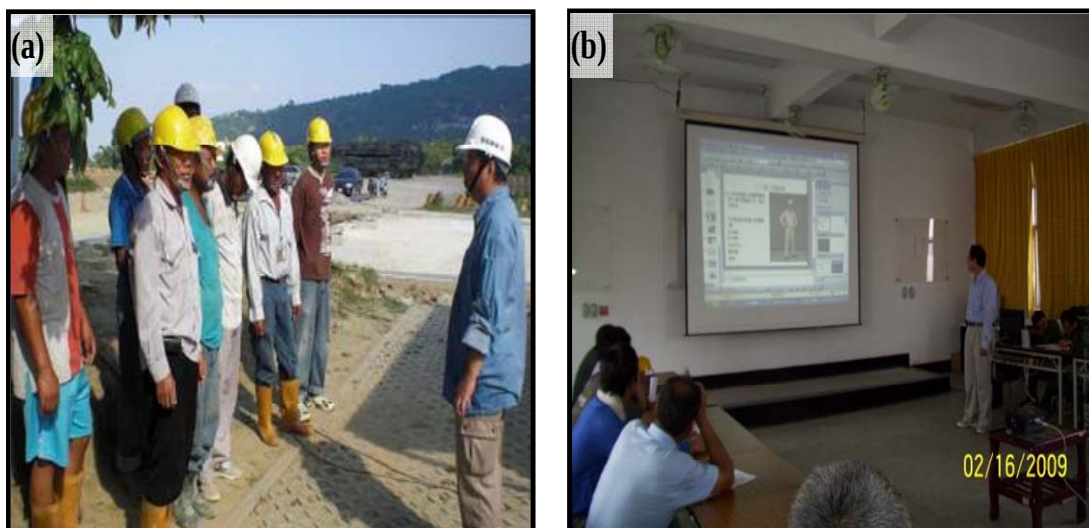
工日起即建置專案管理網頁（圖十一 b），建立營區內各單位及燕巢週遭鄰民反應管道，全程詳實紀錄各類缺失改進，以促進工程品質提升，有效發揮「全員督工」之成效，另工程完成後專案管理網頁亦可作為教學使用。



圖十一 (a) 歸檔卷宗陳列；(b) 本案專案管理網頁
資料來源：作者整理

五、落實三級品管制度，施工期間零災害

本工程除依預定進度如期、如質完成外，全工期於每日開工前皆針對施工位置安全措施及勞工安全項目進行勤前教育（圖十二 a），以落實安全第一之理念，使零災害之目標順利達成。同時嚴格三級品管制度，定期開議施工團隊協調會（圖十二 b），針對主要工程項目：整地、渠道整治、排水溝整治及周邊景觀改善、圍牆、圍籬、阻絕設施及植生綠美化工程等進行 146 次檢查作業，併品質不符合事項限期改善工項缺失，並積極追蹤改善成果，以最合理的成本完成最佳的品質。



圖十二 (a) 勞安行前教育；(b) 施工團隊協調會議

資料來源：陸軍工兵學校軍工組提供

六、兼顧施工教學進度，河道整治融合訓場

本案工區即為工兵學校主要訓場，施工期間部隊教學並未停止，在施作方法及進度管控上均面臨嚴峻挑戰，除透過主辦、監造、施工單位不斷地溝通協調外，以強化警示設施、縝密施工動線規劃、機具材料進場管控、分區施作全區整合等手段嚴格管控，確保在施工與部隊訓練兼顧下，仍能達品質與進度要求，充分展現施工團隊溝通協調之能力。另工程除整治河道結合區域景觀外，在空間的利用上獨具特色，利用穩定與腹地充足之河岸區規劃架橋、渡河等專業訓練場地，將訓場河道融合一體，總計增加 2 座訓練場，可用面積提升為 13 萬餘平方公尺，共計增加 4 萬餘平方公尺，除滿足營區未來教育供需外，亦增加工程附加價值。圖十三 為工程完工後學員於訓場架設之 MGB 中框橋。



圖十三 工兵架橋訓練場

資料來源：陸軍工兵學校軍工組提供

結 論

本案雖屬軍事工程範疇，但工程自規劃設計乃至施工全程，均審慎考量河道整治後對地方之實用性，而非獨厚軍方之使用性，顯示現今國軍對於公共工程之「取之於民」，即應「用之於民」的觀念已趨成熟，誠如燕巢區吳區長所言：「這個工程完工以後，解決地方上防洪排水問題，造福鄰里、實創造地方、工校、農民三贏的好現象」即為本工程之最佳註解。另本工程能獲第十屆（民國 99 年）行政院公共工程「金質獎」殊榮，實代表國軍在戰備整備同時，對於工程專業、施工效率及優質的管理能力已足成為公共工程之典範。

作者簡介

吳孟武將軍，陸軍官校正 72 年班、工校正規班 113 期、陸院 84 年班、戰院 91 年班；曾任營長、教官組長、指揮官、總部組長、教育長，現任職於陸軍工兵學校校長。