

因興建水庫而衍生國土劣化之復育研究

李盈林¹

溫紹炳²

Y.L.Lee

S.B.Wen

1. 國立成功大學 資源工程研究所 研究生

2. 美和技術學院 教授

摘要

台灣土地面積狹小、地形條件欠佳、河流侵蝕作用顯著，因此台灣各地水庫淤泥沉積問題嚴重，而這也是水庫營運管理單位當前所面臨的棘手問題，尤其是清淤後，產生大量的水庫淤泥該如何處置，往往就是水庫清淤作業是否能持續進行的重要決定因子。本研究擬針對水庫的興建，造成原有地貌環境改變與自然生態劣化原因進行探討，並冀望將得到的研究成果，作為日後實施生態工程，進行生態復育與回復地貌時的重要參考依據，以改善因興建水庫而持續劣化的國土。

關鍵詞:水庫、淤積、復育

Key words:Water reservoir, Sedimentary sludge, Restoration

壹、研究目的

本研究擬針對水庫的興建，造成原有地貌環境改變與自然生態劣化原因進行探討，並冀望將得到的研究成果，作為日後實施生態工程，進行生態復育與回復地貌時的參考依據，以改善因興建水庫而持續劣化的國土。

貳、研究背景

「山得水而活，水得山而媚」，自古以來山水交映之地，湖面開闊之處，都留下了文人墨客的足跡墨寶。台灣地區山水名勝比比皆是，不僅天然湖泊誘人駐足，人工建造的水庫，也常是遊人如織。水庫是人與大自然相互調適的工程結構物，水庫提供了人類生存必須的資源環境，例如：蓄水、供水、調節洪枯、提供觀光旅遊資源等，對人類文明大大有益。但也改變了大地環境，譬如：干擾自然環境、截住向海搬運的泥沙、改變水中生物的棲息環境等等不利的環境影響。

台灣因受到造山地形環境的影響，可利用的水資源有限，然而隨著社會經濟發展與人口成長，對水資源的需求更形迫切。興建水庫是不得已的選擇，所以應清除淤積物、延長水庫壽命，確保水庫蓄水量，提升水庫的利用率，使其達到更大經濟效益，減輕對自然環境的衝擊。

構成河床之泥沙與河川之水流間具有極複雜之相互作用，其所引起之力學變化與流況固然和水流之特性有密切之關係，亦受泥沙本身物理特性之影響。一般構成河床之泥

沙，在河口部分粒徑大小較均一，而愈往河川上游則粒徑大小愈不一；前者稱為均勻泥砂(Uniform Sediment)，而後者則稱之為混合砂礫(Sediment Mixture)。當河床質上如有水流時，將推動河床質向下游移動，河床質發生移動後，會產生篩分現象(Sorting Phenomenon)，造成河床面被粗粒徑材料所遮蓋，此種河床表面硬化之現象稱為粗粒化現象(Armoring Phenomenon)，此現象尤以水壩下游河床最為顯著。

水庫淤積物為藉由水力運輸挾帶進入水庫之沉積物，這些沉積物由粗粒的石、中粒徑之砂與微米級顆粒的細泥所組成。沉積物的顆粒大小與河水攜帶能力有關，因河水在進入水庫後，流速減緩，攜帶力不足，所以較大的礫石會先沉降，造成粗粒砂石都沉積在水庫上游區域，中粒徑的沙礫沉積於庫區中段，而粒徑最小的細泥、黏土則集中於水庫大壩週圍，如圖 1 所示。

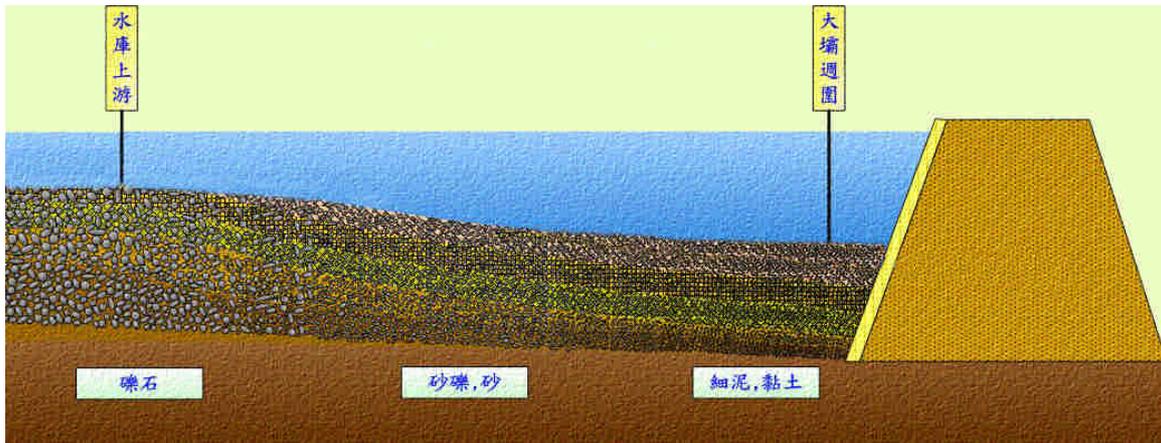


圖 1 河水藉由水力運輸挾帶砂礫與細泥進入水庫，隨著河水流速減緩，攜帶力降低，較大的礫石會先沉降，造成粗粒砂石都沉積在水庫上游區域，中粒徑的沙礫沉積於庫區中段，而粒徑最小的細泥、黏土則集中於水庫大壩週圍。

水庫的興建，斷絕了上游向下帶出的沉積物，也阻隔了水系中自然力量的輸砂功能，導致海中沉積物不足，河口海岸線內移，影響河口自然生態之變化，甚而造成國土之下陷與流失，使得水庫下游河段河床，岩層裸露，下切侵蝕嚴重。為改善此一問題，並減緩水庫淤積壓力，除了可以藉由水庫排砂道水力排砂外，如果能讓來自上游段的水庫淤泥，適量的以生態工程移至於下游河床及兩岸氾濫平原內，並藉由颱風帶來的洪流將其沖刷至下游河口，即可達到補充自然輸砂量的需要，也讓這些庫底沉積物去它們原來就要該去的地方，請參閱圖 2 水庫與河流關係示意圖。

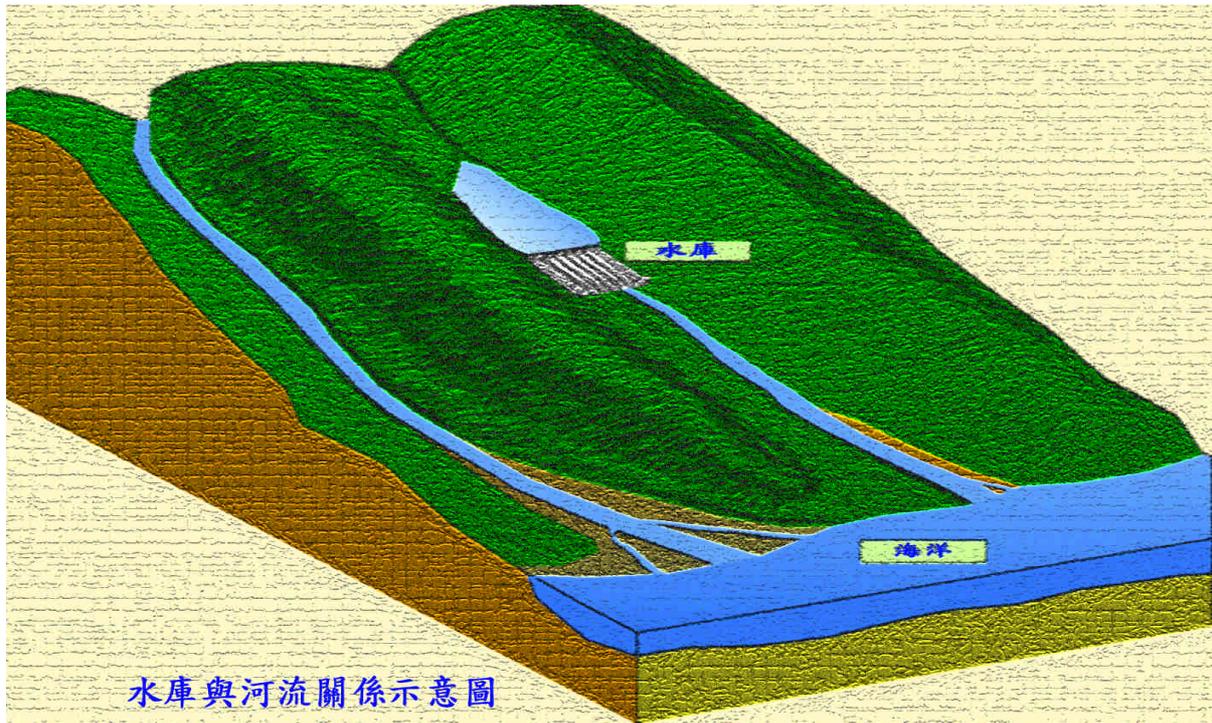


圖 2 是說明水庫與河流二者之關係。右側河道上因興建水庫儲水，改變了河流中泥沙由上游往下游的輸砂行為，使得泥沙都沉積在水庫中造成淤積，縮短水庫壽命，而下游河道卻因得不到來自上游泥沙的補充，導致海中沉積物不足，河口海岸線內縮，影響河口自然環境生態；左側河流由於未受人為干擾，所以自然侵蝕產生的沉積物(石、砂、泥)，由河水攜帶往下游搬移，自然堆積在下游河口變成沖積扇，讓海岸線往外擴張。

參、研究區域

主要針對問題嚴重的石門水庫下游大漢溪河段，崁津大橋至武嶺橋間之區域為本次研究重點。如圖 3 所示，該區域位於桃園縣大溪鎮老街徒步觀光區下方，假日遊客如織，且已有一座造型優美的景觀吊橋，但由於該區段河床岩層裸露嚴重，河堤兩旁雜物凌亂，實為有礙整體景觀，若能加以整頓規劃，則必定能成為一處新興風景區，吸引人群，帶動地方經濟，擴大觀光效益。

圖 3 本次研究重點位於石門水庫下游大漢溪河段崁津大橋至武嶺橋之間，該區域位於桃園縣大溪鎮老街徒步觀光區下方，假日遊客如織，且已有一座造型優美的景觀吊橋，若加以復育整治，則於上方老街即可俯瞰整座美麗的河濱公園。



肆、研究成果

利用多媒體影像處理，將目前大漢溪河床岩層裸露的區域，用石門水庫大量無處可去的淤泥加以回填沖蝕、劣化嚴重的河床及兩岸氾濫平原內，並配合生態工程的施工，充分利用這些無處可去的庫底淤積物，修補恢復河床原有面貌。假設大漢溪兩岸寬度是1000公尺、而鋪設的厚度是4公尺，則鋪設距離達5000公尺，即可消化掉約2000萬立方公尺的庫底淤積物，相當於石門水庫10年淤積量的總和。達到水庫清除庫底淤積物、延長水庫壽命、提升水庫利用率，而下游河床亦能恢復原有地貌成為一座景色優美的河濱公園的雙贏局面。如下圖4~10所示。



圖 4 是拍攝於桃園大溪武嶺橋畔，大漢溪部分河床面貌，可從中觀察到由於河床缺乏上游的石頭、砂礫、泥土的補充，所以流水直接侵蝕、沖刷河床，導致河床底部岩層裸露嚴重。

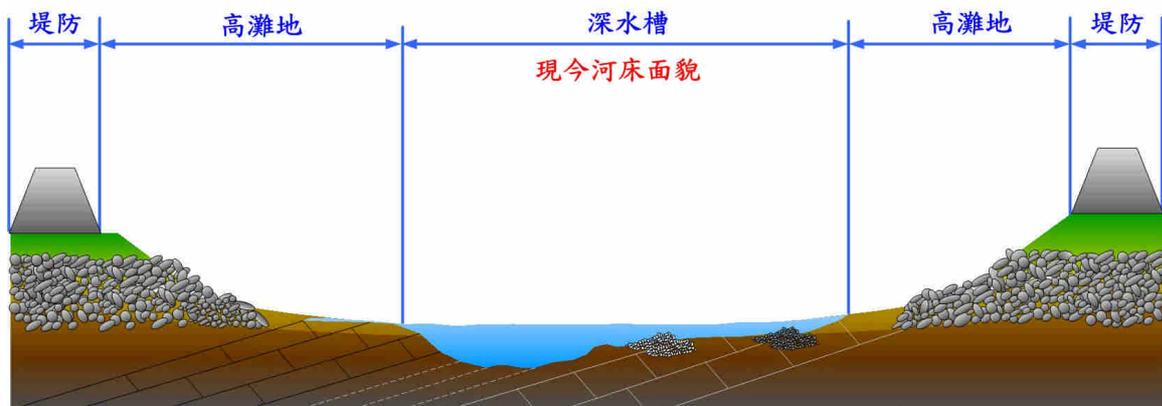


圖 5 是上述圖 1 河床的剖面圖，可以清楚的發現，位於石門水庫下游河段的大漢溪河床侵蝕嚴重，岩層裸露、劣化與一般河流佈滿了大大小小卵石的河床完全不同。

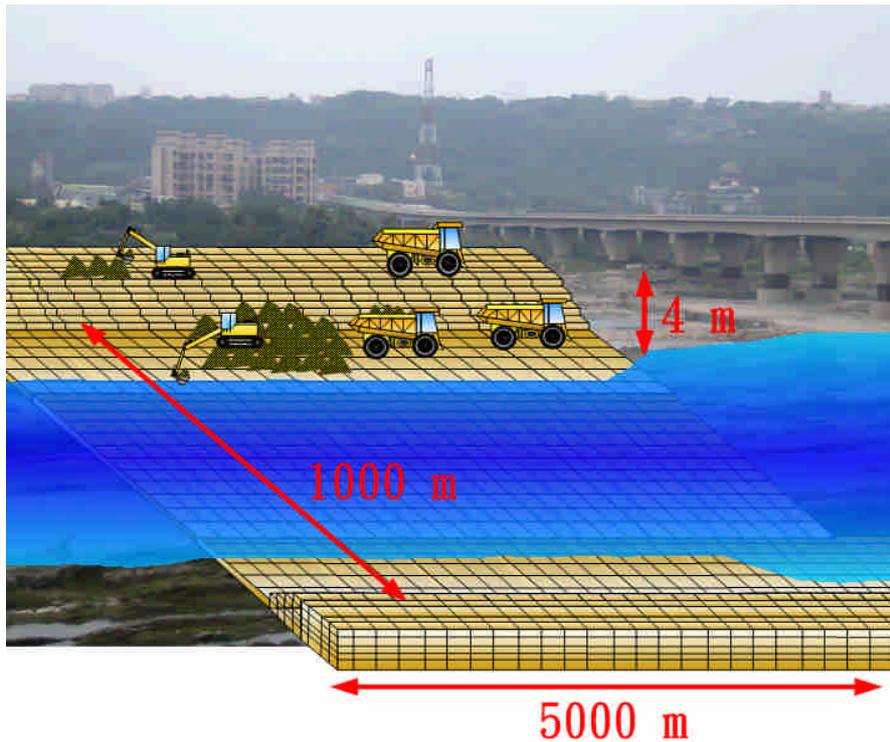


圖 6 是將石門水庫庫底壓密黏土，適量移置到下游沖蝕、劣化嚴重的河床及兩岸氾濫平原內，並配合生態工程的施工，充分利用這些無處可去的庫底淤積物，修補恢復河床原有面貌。假設大漢溪兩岸寬度是 1000 公尺、而鋪設的厚度是 4 公尺，則鋪設距離達 5000 公尺，即可消化掉約 2000 萬立方公尺的庫底淤積物，相當於石門水庫 10 年淤積量的總和。創造水庫清除庫底淤積物，延長水庫壽命，提升水庫利用率，而下游河床亦能恢復地貌的雙贏局面。

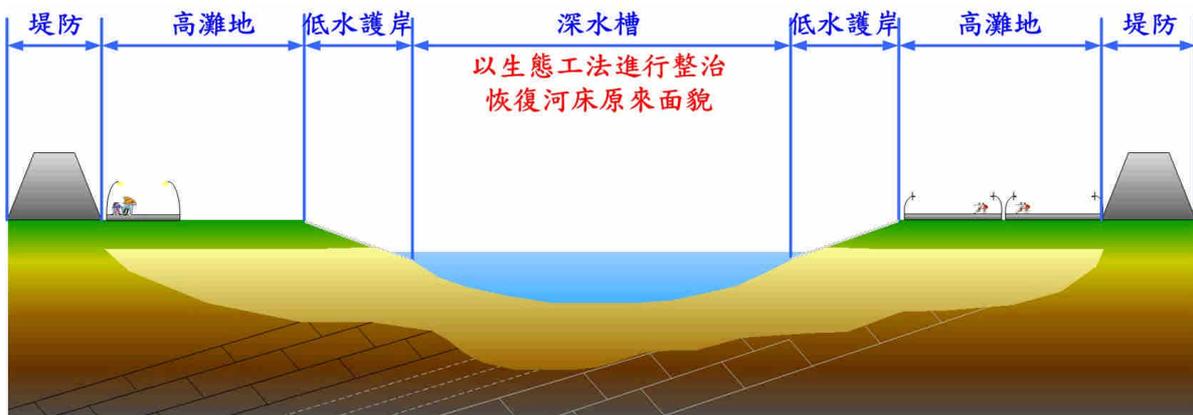


圖 7 是河川經過生態工程整治，恢復河床原貌的構想剖面圖，此法可以使大量採掘出來的庫底淤泥有去處，並且也可減緩流水對河床底部岩層的下切侵蝕。而兩旁河岸可增設親水設施，建構成為河濱公園，提供居民日常休閒、假日踏青。



圖 8 利用多媒體影像處理，呈現景觀吊橋至武嶺橋區域復育後成為河濱公園的未來樣貌。



圖 9 是目前坎津大橋至景觀吊橋區段尚未整治的樣貌，藍天白雲之下，面積廣闊的兩岸河堤雜草叢生，有礙觀瞻，殊為可惜。



圖 10 經多媒體影像處理，原先河床裸露、劣化嚴重之大漢溪河段經過填土整治、增設休閒運動設施後，呈現復育後景色優美，適合休閒踏青的河濱公園新風貌。

伍、結論

本研究的總目標在完成土地劣化之國土復育，從中選擇個案(由水庫興建衍生的國土劣化地區)進行劣化土地復育及再利用之規劃，根據物質供需平衡法則，針對上游水庫沉積物與下游河段因水庫興建衍生的國土劣化二者間的關連性，重新思維國土失衡劣化問題，並引入生態工程進行因水庫興建衍生的國土劣化區域之生態復育與回復地貌構想模擬。

陸、參考資料

1. Young, G. J., "Elements of Mining", McGraw Hill, 1946.
2. Grim, R. E., "Applied Clay Mineralogy", McGraw Hill, 1962.
3. L. D. Leet and S. Judson, "Physical Geology", 3rd Ed. McGraw Hill, 1963, N.Y.
4. A. B. Cummins and I. A. Given, Mining Engineering Handbook, Society of Mining Engineers, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers, Inc., New York. J. H. Perry, "Chemical Engineers' Handbook", McGraw Hill, 1963.
5. Brand, E. W. and R. P. Brenner, "Soft Clay Engineering", Elsevier Scientific, 1981.
6. Gillot, J. E., "Clay in Engineering Geology", Elsevier Scientific, 1987.
7. U.S. National Science Council, Transportation Research Board, "Engineering Properties and Practice in Overconsolidated Clays", U.S. National Science Council, 1995.
8. 蔡長泰、溫紹炳等，「水庫清淤之研究」報告，經濟部水資源局委託，成功大學水利與海洋工程系執行。1998年。
9. 溫紹炳、黃紀嚴，「燃煤飛灰與水庫淤泥混合燒製建材之研究」，87年電力科技產業學術合作研究計畫報告。1999年。

10. S.B. Wen, H.L. Hsieh, Y.C. Lee and J.Z. Ye, 1999, "Preparation of Construction Materials from the Mixture of Coal Fly Ash and Reservoir Sludge", Proceedings of The Fifth International Symposium on East Asian Resources Recycling Technology, Tsukuba, Japan, p240-243.
11. 《孟子·離婁》：「今之欲王者，猶七年之病求三年之艾也...」。
12. 黃兆慧，「台灣的水庫」，遠足文化事業有限公司，2002，台北。
13. 林孟龍、王鑫，「台灣的河流」，遠足文化事業有限公司，2006，台北。
14. 陳川誠，「石門水庫營運四十年特刊」，石門水庫管理局出版，2005。
15. 中興工程公司，「石門水庫工程紀事拾遺」，中興工程科技研究發展基金會出版，2005。
16. 高庚鑽，「污泥脫水技術及設備研發介紹」，台灣環保產業雙月刊，26期，2004。
17. 徐慧玲，「石門水庫淤泥添加燃煤飛灰燒製建材之研究」，成功大學資源工程系碩士論文，1998。
18. 葉軍柱，「水庫淤泥添加燃煤飛灰燒製建築用磚之研究」，成功大學資源工程系碩士論文，1999。
19. Griffiths, J.C., "Scientific Method in Analysis of Sediments", McGraw-Hill Inc., N. Y., 1967.
20. 陳汝勤、莊文星，「岩石學」，大學科學叢書，1987。
21. 吳健民，「泥沙運移學」，中國土木水利工程學會，1991，台北。
22. 溫紹炳、雷大同、黃記嚴，「地震土壤液化區之地質背景特徵調查研究」，2001年土壤液化評估在大地工程上之應用研討會論文集。2001。
23. 溫紹炳，2005，11月，「由土地資源觀點分析客家人的遷徙特性」，北部客家人遷徙南台灣學術研討會，台南市成功大學。
24. 溫紹炳，2003，「近五十年來之番子湖社會變遷」，《客家文化與全球化國際學術研討會會刊》，廣東，梅州，12月19-21日。
25. 溫紹炳、張瑞麟、李盈林，「以資源工程技術清除水庫淤泥之探討」，第二屆資源工程研討會論文集，2005，台南。
26. 經濟部礦物局統計年報，2005，台北。
27. 溫紹炳、張瑞麟、李盈林，「以採礦工程技術清除水庫淤泥的想法與作法」，中國礦冶工程學會「台灣生態與環境危機之警訊及對策」特刊，2005，台北。