

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

子計劃五：堰塞湖蓄水溢頂之流場及輸砂實驗研究

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC91-2211-E-009-021-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立交通大學土木工程學系

計畫主持人：葉克家

計畫參與人員：楊昇學 江定宇

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 10 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

堰塞湖蓄水溢頂之流場及輸砂實驗研究 (三)

Experimental Study on Flow Field and Sediment Transport due to Overtopping of Barrier Lake (III)

計畫編號：NSC-91-2211-E-009-021

執行期限：91年8月1日至92年7月31日

主持人：葉克家 國立交通大學土木系教授

計畫參與人員：楊昇學 國立交通大學土木所博士生
江定宇 國立交通大學土木所碩士生

一.摘要

本年度研究係利用彩色質點影像測速法 (color particle image velocimetry, 簡稱 CPIV), 係針對堰塞湖蓄水溢頂後沖蝕過程, 藉由影像分析及數位相關法, 以求得沖刷時之下游沖刷之瞬時流場及模型砂顆粒運動情形; 其次, 進行瞬間潰壩波在鋪設玻璃砂渠道上之傳遞與變形之量測, 以瞭解床質顆粒傳遞與床形變化過程。最後, 於現地採取土樣, 在試驗室內玻璃水槽, 進一步探討天然壩逐漸潰決流失之方式及底床變化隨時間之關係, 此一成果將對天然壩溢頂沖刷有所瞭解, 並可提供潰壩之數值模擬所需之數據。

關鍵字：彩色質點影像測速法、瞬間潰壩、溢頂沖刷

Abstract

This study utilizes the color particle image velocimetry method (CPIV) to investigate the flow field and scour process due to the overtopping of the barrier lake. Through the image analysis and digital correlation computation, the instantaneous flow field during bed

scouring can be obtained. Second, the propagation and deformation of the instantaneous dam-break wave over the glass-particle bed, and the associated bed material movement and bed form change in the flume were measured. Finally, the field bed material was taken and put in the flume. The purpose is to investigate the gradual collapse mechanism of the natural dam and the downstream bed evolution processes. The experimental results are helpful for the understanding of the overtopping scour mechanism of the natural dam, and can provide the data required in the numerical mobile-bed dam break simulation.

Keyword: color particle image velocimetry method (CPIV), instantaneous dam break, overtopping scour.

二.計畫緣由與目的

本計畫為集集地震對水文現象之研究中之子計畫, 探討堰塞湖對水文現象之影

響，由於天然壩的形成、潰決過程以及潰壩所引發之土石流及挾砂洪水為一系列之泥砂運動過程，涉及的科學領域非常廣，如氣象、水文、地質、地貌、土壤力學及泥砂運動力學等，是一種複雜的自然現象。天然壩形成和潰決往往具有突發性與危險性。因此，對現象本身很難深入觀察認識，更難以獲得定量的觀測和調查資料。至目前為止，在堰塞湖造成之影響於數模模擬上有待克服之挑戰包括：河床陡峻而存在亞臨界流與超臨界流共存之流況；床質粒徑大，既有輸砂公式之適用性有問題；複雜之流況及床質粒徑組成條件下之床質啟動機制不清等問題（經濟部水利署,2002）。因此，本計畫已於第一年建立一套彩色影像測速(CPIV)設備，藉由雷射及高速攝影系統，以有效進行全域紊流流場之量測，於第二年計畫研究中，針對瞬間潰壩之試驗研究，蒐集以往有關潰壩之模型與試驗實測資料，了解其量測方法與精度，供本實驗計畫進行參考，且將針對本試驗水槽作流量率定及糙度之分析，及定床情況下，模型壩瞬間潰決之流場量測並嘗試其流場之分析，本年度（第三年）為量測瞬間潰壩波在動床渠道上之傳遞與變形之量測，以瞭解床質顆粒傳遞與床形變化。其次，量測壩頂溢流之速度場對下游底床沖刷過程及顆粒運動過程。最後，於現地採取土樣，在試驗室內玻璃水槽，進一步探討天然壩逐漸潰決流失，亦即上游邊界隨溢流而下之大量土石，對下游渠道流場及底床沖淤所造成之影響。本研究藉由所發展之CPIV法對天然壩體沖刷時之流況進行基礎研究，其成果除瞭解天然壩溢頂潰決之機制，並可供後續數值模擬之用

三. 結果與討論

本研究首先探討玻璃砂壩頂溢流對下游底床沖刷及顆粒運動過程。由於壩頂溢流之初期之壩頂水深甚淺，無法藉由CPIV法直接量測其流場，因此，CPIV法量測壩頂溢流之瞬間影像為潰決數秒後之影像。圖1所示，為潰決後之數位影像（4.8*3.6cm），且壩體之底床顆粒亦順水流而往下游運移，因此，影像包括壩頂溢流之底床顆粒躍移及滾動，以及潰壩波之流場。經由數位影像分析、互相關函數法及相關係數法進行計算與分析，得其潰壩波之瞬時流場分佈如圖2所示。潰壩波於該瞬間影像之水流平均流速約71.0 cm/s，根據壩體設計之模型率（ $H_r = 200$ 、 $u_r = H_r^{1/2} = 14.1$ ）換算成實際壩頂溢頂平均速度約10.0m/s，影像接近底床部分（100 pixel以下部分），其平均速度約6.7 cm/s，換算成實際平均速度0.94 m/s。於壩頂溢流之底床顆粒之運動過程，如圖3所示，顆粒主要運動為躍移及滾動，經由數位相關法分析計算所得之結果，於該影像瞬間之速度經由換算後約5.0 cm/s，換算成實際顆粒躍移或滾動之平均速度為0.7 m/s。圖4所示，為放大比例後底床顆粒之速度向量分佈，該圖之長與寬為200*110 pixel。

另外，本研究根據現地土砂，地形進行草嶺堰塞壩溢流模擬。對其下游河道沖淤，根據觀測經桃芝及納莉颱風後，原先之標高540公尺之溢流口

底部刷降標高為 523 公尺。本試驗模擬溢流水道於 20 年重現期距之洪峰流量，約 3,100CMS（模擬入流量為 0.005CMS）進行沖刷試驗，經由推算過後與峰流量與桃芝颱風洪相近。利用級配後土砂進行，經過分析，模型之土壤滲透係數與現地調查之滲透係數結果相近。在溢頂沖刷試驗過程，壩體下游基腳處往上游方向逐漸沖刷，屬於溯源沖刷型態。如圖 5 及圖 6 所示，為模型玻璃砂與現地土砂沖刷後之底床變化關係與現地土砂溢頂底床沖刷隨時間變化之關係圖。試驗各進行五次，採五次平均，其經歷時間為 5 分鐘，換算為實際模擬時間約為 70 分鐘。模型土壩經溢頂沖刷後其壩頂之高度由高程 140 公分下刷至 133 公分，下降 7 公分，實際情況約 14 公尺，而桃芝及納莉颱風後之實際刷深為沉 17 公尺。另一方面，壩頂溢流試驗在溢流道下游至第二工區之間底床均有淤積現象，其厚度約 2 至 4 公分，換算實際淤積厚度約 4 公尺至 8 公尺間，實際狀況於桃芝及納莉颱風後，第二水潭淤滿成為陡坡之天然河道。

四. 計畫成果自評

本研究係運用傳統之動床試驗及非入侵式之 CPIV 流場量測方法，進行壩頂溢流沖淤試驗研究，獲得之成果及經驗如下：

1. 由於潰壩之溯源沖刷速度極快，一般之量測工具無法直接進入水體中

進行量測，因此，藉由本試驗室所發展之 CPIV 法進行流場量測，以獲得潰壩過程之速度場分佈，以瞭解沖刷過程之流場變化。

2. 試驗用玻璃砂近似圓形，與一般河砂有相異之處，因此平均滲透係數亦比河砂來的大，壩體之沖刷能力比現地所採取之土壤來的大，且歷時亦短，因此與實際之泥砂顆粒沖刷有所差異。
3. 壩體溢頂沖刷之初，因水深過淺，CCD 無法擷取影像，因此 CPIV 量測約於玻璃砂滑動後 5 至 10 秒間進行影像截取。此外於水體佈設顯影劑之質點密度亦難控制，需藉由數次試驗及經驗判別方可得到可計算之數位影像檔。
4. 根據現地土砂溢頂沖刷試驗結果，初期以壩體下游基腳逐漸沖刷，呈現溯源沖刷型態，緊接為壩頂呈現下刷現象，並同時溯源沖刷，最後則將模型壩體破壞。
5. 在本試驗條件下，顆粒之躍移或滾動之速度較慢，與水流速度相較約差 14 倍左右，利用數位相關法計算時，同步求得顆粒躍移或滾動之速度向量。未來研究將藉由影像分析方式，就顆粒躍移長度、躍高及顆粒啟動之臨界速度等方向研發。

參考文獻

1. 經濟部水利署（2002），“堰塞湖引致災害防治對策之研究報告”，台灣台中。



圖 1 壩頂溢流之瞬間影像

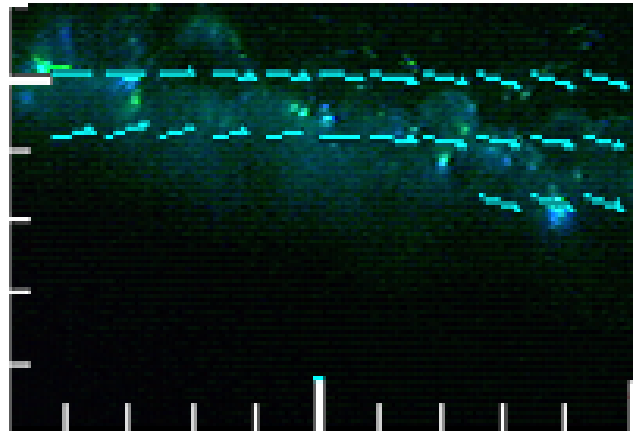


圖 4 潰壩波造成之底床顆粒之速度向量分佈

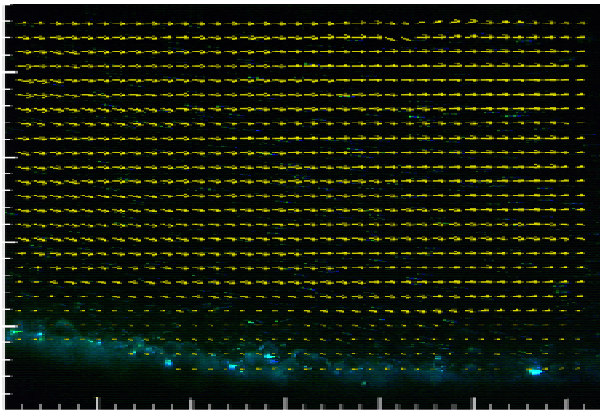


圖 2 壩頂溢流之流速分佈圖

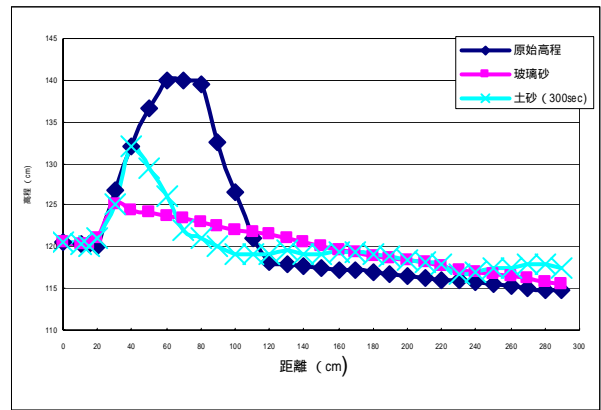


圖 5 模型玻璃砂與現地土砂沖刷後之底床變化關係

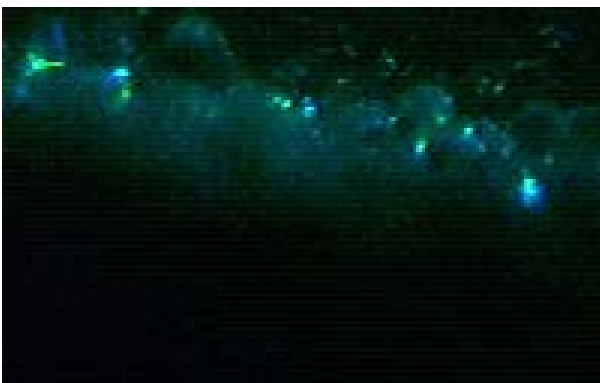


圖 3 潰壩波造成之底床顆粒滾動瞬間影像

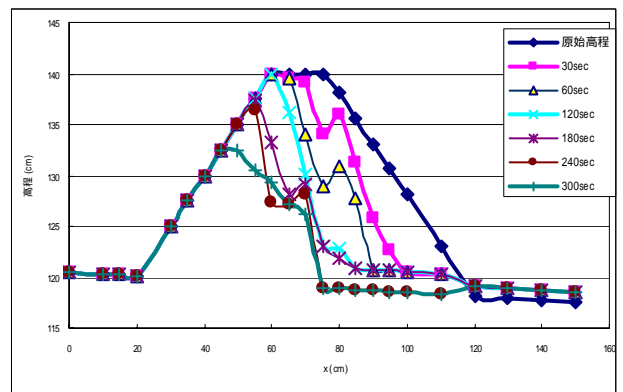


圖 6 溢頂沖刷隨時間之變化