



# 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（二）

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

計畫編號：NSC-90-2211-E-009-066

執行期限：90年8月1日至91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

### 摘要

本研究利用彩色質點影像測速法（Color Particle Image Velocimetry, 簡稱 CPIV），針對模型堰塞湖進行其瞬間潰壩之內部流場及輸砂實驗研究。其方法是先利用模型壩體將水蓄於上游端，量測模型壩體瞬間潰決後，於下游渠道水深及定床內部流場之變化，然後依照定床瞬間潰壩設計方式，於下游渠底端鋪設玻璃砂，進行動床瞬間潰壩試驗，量測模型壩上游不同蓄水量於瞬間潰決後之輸砂量及床形變化，此一結果將供後續動床流場量測比較之用。

關鍵字：彩色質點影像測速法、堰塞湖、瞬間潰壩、輸砂、流場

### Abstract

The purpose of the study is to measure the flow field and sediment transports due to the dam-break wave of a sudden collapse of model barrier, using the color particle image velocimetry method (CPIV). The experiment is first executed in a fixed-bed flume. Water is stored upstream of the model dam. Variation of downstream flow depth is estimated by the video camera, and the associated velocity field is calculated by the CPIV. The layout of the mobile-bed experiment is the same as that for the fixed-bed condition. The dam-break wave then moves downstream over the flume bed covered with glass sands. The sediment is

collected at downstream end of the flume and is weighed to calculate the sediment transport rate for each water stage upstream of the model dam. In the meantime, the scour shape of the bed is also recorded. These data will be used to compare with results by using the CPIV.

Keywords: color particle image velocimetry (CPIV), barrier lake, instantaneous dam-break, sediment transport, flow field

### 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，於第二年計畫研究中，針對堰塞湖極端性水流條件下之瞬間潰壩之試驗研究，對於堰塞湖堆積之溢頂沖刷機制，藉由新研發之量測儀器進行變量流流場變化量測分析。整體之目的：1. 蒐集以往有關潰壩之模型與試驗實測資料，了解量測方法與精度，供本實驗計畫進行參考；2. 針對本試驗水槽作流量率定及糙度之分析；3. 定床及動床情況下，模型壩瞬間潰決之流場量測並嘗試其流場之分析。4. 瞬間潰壩輸砂量量測、水位與時間變化關係及下遊底床床形量測。

### 三. 結果與討論

本研究於交通大學輸砂實驗室進行潰壩實驗，利用長 3.0m、寬及高各為 0.2m 之試驗水槽進行試驗。其潰壩模型版如圖 1 所示，當上游端接近一設定之觀測點，模型壩體因上游水壓立即倒下潰決，形成瞬間潰壩

之流場，然後利用攝影機及所建置之 CPIV 儀器同步擷取其水位變化及瞬間流場影像。

### 3.1 定床瞬間潰壩實驗

瞬間潰壩過程為一極端之流況，在試驗的過程中，不易量測。因此，模擬定床時壩體倒下後形成一洪水波向下游傳遞，係利用攝影機拍攝其瞬間潰壩後水位之變化關係，並利用可調式之播放軟體，將具有時序性之影像做紀錄分析、再利用 CPIV 法量測其內部流場，可清楚地看見流體的運動過程，如潰壩後於壩體上之渦流的形成、發展及消散過程以及下游底床之流場分佈，並繪出其流場圖，經分析得知其速度分佈情況。

模型壩體是利用一不透水壓克力板製成，長、寬及高為 20 公分、1 公分、18 公分，底部利用五個可動式轉軸固定於水槽底板，壓克力與水槽接觸面處利用矽膠之伸縮性加以處理使水不易滲透。將水先蓄存於上游端，並將水位抬高形成一水位差，模型壩體瞬間倒下，使水流瞬間向下游運動形成一洪水波，其水位變化於潰決後上游端水位震盪逐漸降低，下游端則以潰壩波高前進，即形成一瞬間潰壩之試驗過程。

定床瞬間潰壩的進行過程如下：

1. 先進行蓄水量的估算，將上游水槽可蓄水之面積先求得，因此可知其水位與蓄水量之關係圖，如圖 2 所示。
2. 利用先前設計之模型壩體，在玻璃上貼上標尺及方格紙，利用上游水位 17cm 時之蓄水量，且於下游端利用攝影機拍攝其過程，分析其水位變化關係，如圖 3 所示，分別為壩體上 2 公分處及下游 20 公分與 45 公分水位變化過程。
3. 上游蓄水深度為 17 公分(0.063m<sup>3</sup>)時，利用 CPIV 法擷取渠段變量流流場影像擷取，影像大小為 6\*8cm，如圖 4 至圖 7 所示，依序為瞬間潰壩後之內部流場數位影像圖、速度向量圖、速度剖面圖及流線圖。

### 3-2 動床瞬間潰壩實驗

動床瞬間潰壩試驗是參照定床瞬間潰壩之設計方式，其進行方式是於壩下游端放置試驗用之玻璃砂。另一方面，由於下游為動床底床，當模型壩體瞬間倒下時，對下游底床將產生嚴重沖刷現象。為防止瞬間潰決所產生之洪水波沖刷至底部，先進行其玻璃砂厚度測試，在厚度為 2 公分厚時，不致於沖刷至水槽底床，其進行過程如下：

1. 利用先前設計之模型壩體，利用不同之上游水位，於下游端設計一可收集其瞬間潰壩在下游渠床上沖刷的玻璃砂顆粒，將收集到之玻璃砂烘乾秤重，得知其瞬間潰壩時水位與輸砂量之關係，如圖 8 所示。
2. 在玻璃水槽上貼上方格紙，當瞬間潰壩後於下游端造成底床沖刷小坑，利用方格紙上描繪出沖刷後之床形情況，得知其瞬間潰壩後，水位變化及底床床形之關係。圖 9 為底床鋪設玻璃砂後之水位與時間之關係圖；圖 10 為瞬間潰壩後之下游底床沖刷後之底床變化。
3. 上游蓄水深度為 17 公分(0.063m<sup>3</sup>)、玻璃砂粒徑為 1.0mm，利用 CPIV 法於瞬間潰壩量測，並分析其下游動床之內部流場，如圖 11 至圖 14 所示，為動床瞬間潰壩後之內部流場原圖、速度向量圖、速度剖面圖及流線圖。

### 3-3 實驗結果討論

1. 本試驗瞬間潰壩之輸砂量是以河床載 (bed load) 量測為主，由蓄水量與床質粒徑為 1.0mm 之輸砂量觀測資料得知： $y = 12792x + 5.80$ ，其中 y 為輸砂量(克)，x 為蓄水量(m<sup>3</sup>)。
2. 瞬間潰壩於定床及動床之水位與時間觀測資料結果顯示，於定床之水位變化因未受底床顆粒之影響，下游水位壅高比動床水位低，結果可初步斷定於動床底床之壅高水位要比定床壅高水位高。
3. 藉由 CPIV 法之影像擷取，將瞬間潰壩之速

度流場經由影像分析流場之運動狀況、及瞭解瞬間潰壩之變量流速度分佈情形。並經由流線分佈圖，可清楚瞭解流場於瞬間之變化情形。

#### 四. 計畫成果自評

1. 瞬間潰壩波於動床渠道床上之傳遞與渠底沖刷變形之流場量測，藉由 CPIV 法可視化之量測技術，將瞬間潰壩之流速分佈呈現出，可了解潰壩波在定床及動床渠道傳遞之差異，此為目前數值模擬所難以探討之。
2. 於試驗中所擷取之影像為瞬間潰決 0.1 秒左右以後者，而潰壩所產生之氣泡問題經由模型壩體細部處理使氣泡不影響水流，因此假設氣泡不影響後續流場變化。
3. 目前於動床顆粒之運移軌跡之初部量測，於影像分析上需要較大之質問窗來控制其顆粒跳躍過程，且雷射光頁照射於顆粒上亦形成散射，亦將造成誤差，日後須藉由數位質點影像測速法進行其顆粒軌跡之量測。
4. 本研究經由傳統量測輸砂量及水位與時間變化關係，以及較先進之流場量測技術搭配，將瞬間潰壩之流場予以呈現，此一成果

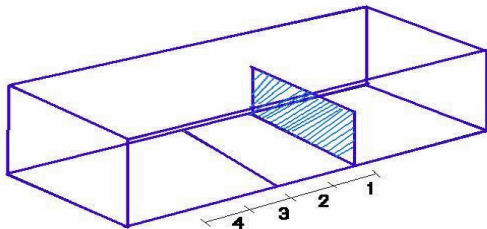


圖 1 水槽模型壩體架設示意圖

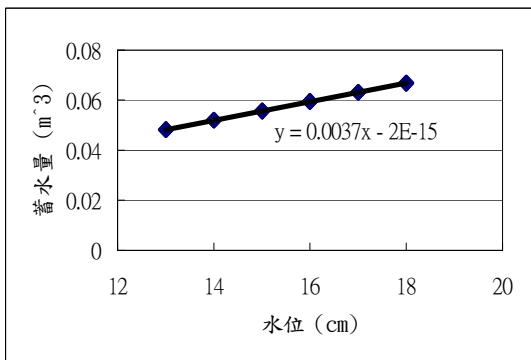


圖 2 模型壩蓄水量與水位關係

對於以後模擬堰塞湖天然壩頂溢流流場之研究將有所益處。

#### 參考文獻

1. Bell, S.W., Elliot, R.C., and Chaudhry, M.H. (1992), "Experimental results of two-dimensional dam-break flows", Journal of Hydraulic Research, Vol. 30, No. 2, 225-252.
2. Chpart, H. and Young, D.L. (1998), "Formation of a jump by the dam-break wave over a granular bed", J. Fluid Mech., 372, 165-187.
3. Fraccarollo, L. and Toro, E.F. (1995), "Experimental and numerical assessment of the shallow water model for two dimensional dam-break type problems", J. Hydraulic Research, Vol. 33, 843-862.
4. Jaw, S.Y. and Wu, J.L. (2000), "Alternating color image anemometry and it's application" Journal of Flow Visualization and Image Processing, Vol. 7, 189-205.

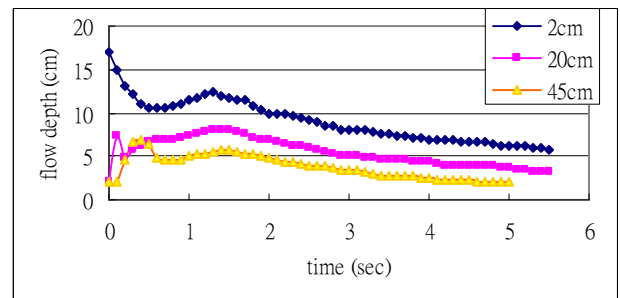


圖 3 定床瞬間潰壩之水位-時間情形

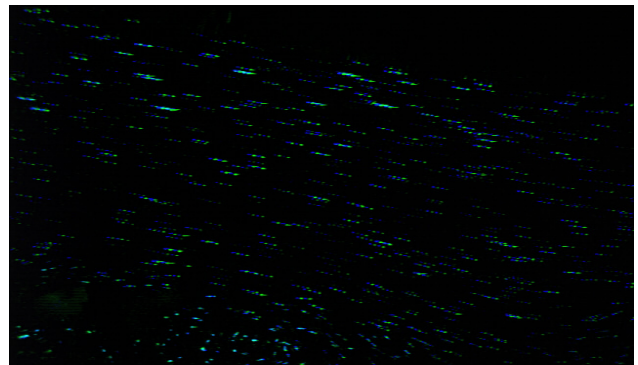


圖 4 渠段 3 定床瞬間潰壩之流場影像圖

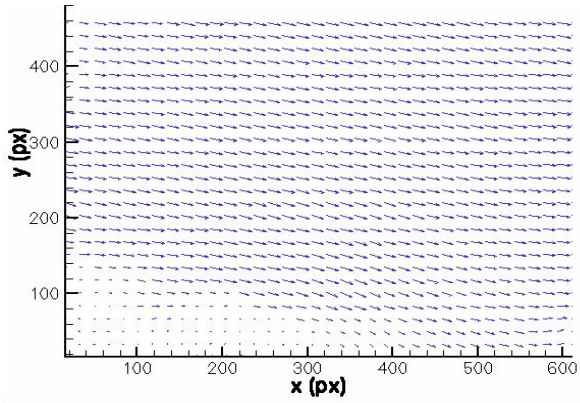


圖 5 渠段 3 定床瞬間潰壩後速度向量分佈圖

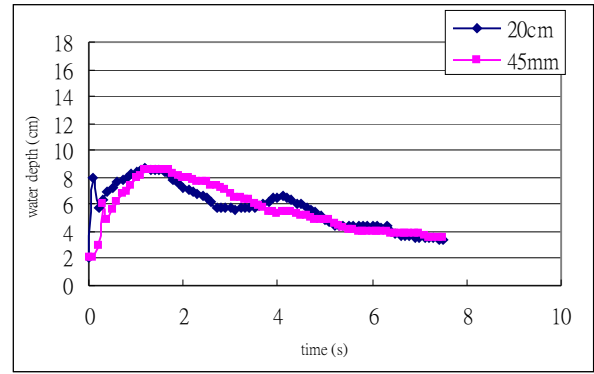


圖 9 動床瞬間潰壩之水位-時間情形

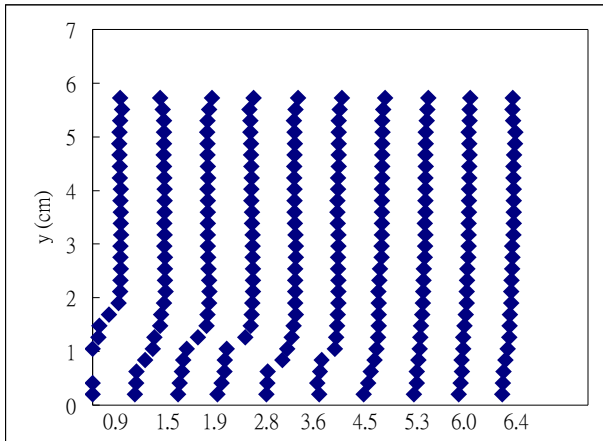


圖 6 渠段 3 速度剖面分佈圖

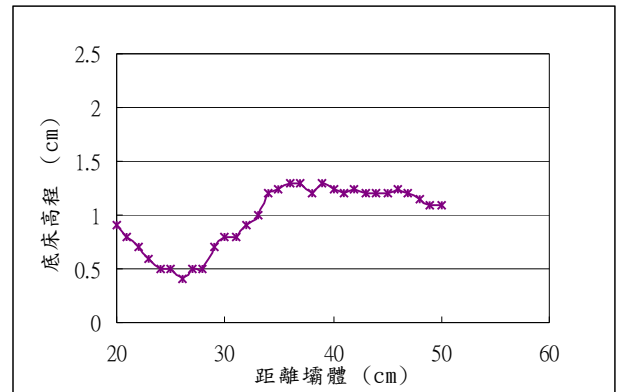


圖 10 瞬間潰壩後下游床形變化情形 (d=1.0mm)

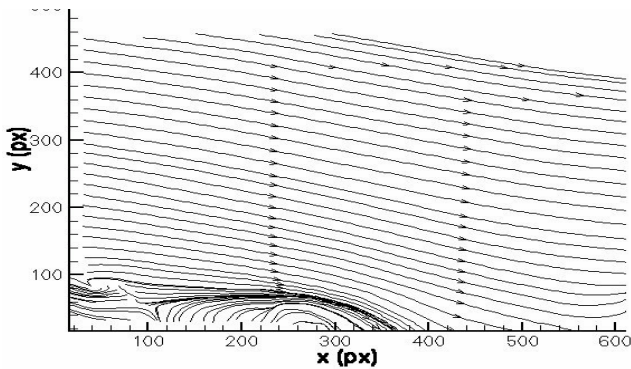


圖 7 渠段 3 定床瞬間潰壩後流線分佈圖

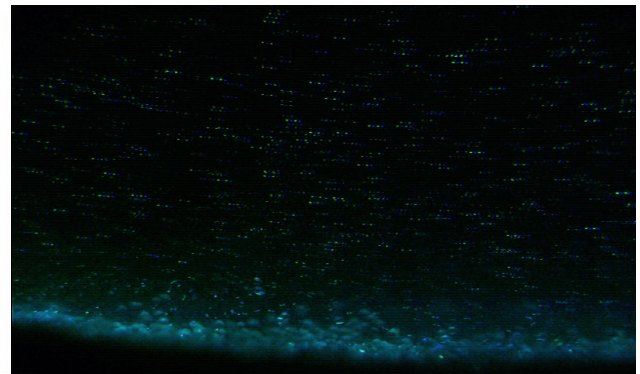


圖 11 渠段 3 動床瞬間潰壩之流場影像圖 (d=1.0mm)

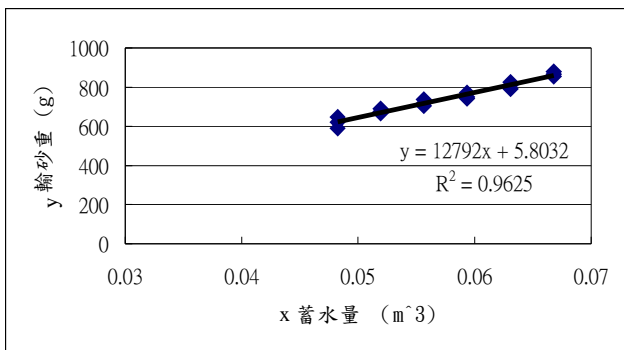


圖 8 瞬間潰決後下游輸砂量 (d=1.0mm)

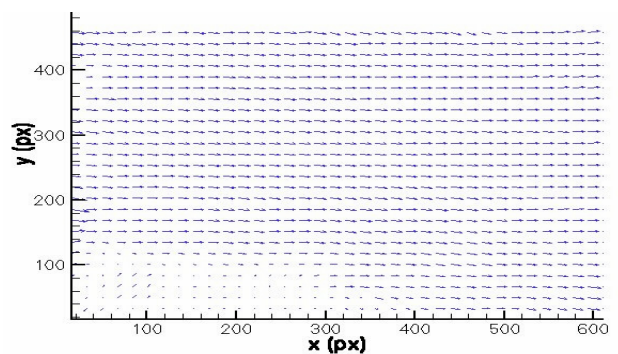


圖 12 渠段 3 動床瞬間潰壩後速度向量分佈圖

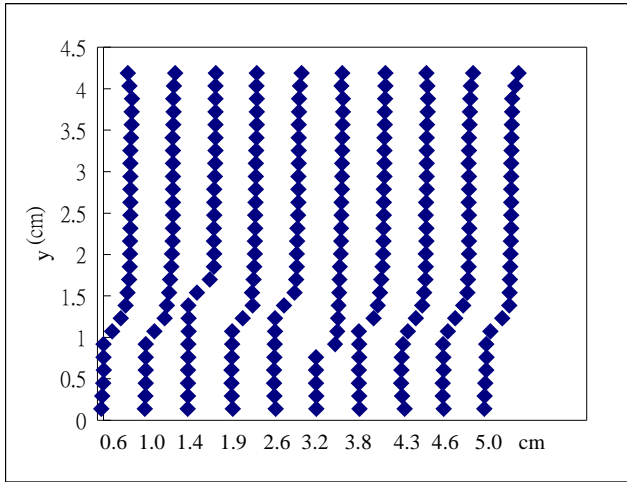


圖 13 渠段 3 速度剖面分佈圖

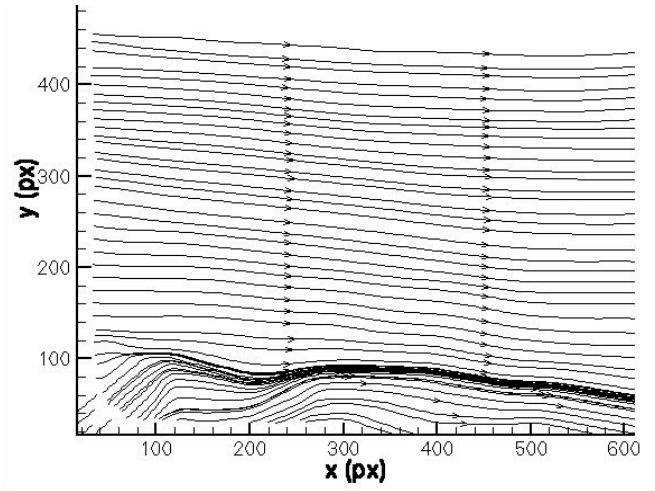


圖 14 渠段 3 動床瞬間潰壩後流線分佈圖