

壽豐溪大崩塌堰塞湖二十年河床 監測工作

文/圖 陳俞旭 ■ 國立成功大學防災研究中心規劃組組長(通訊作者)
臧運忠 ■ 國立成功大學防災研究中心副主任
謝正倫 ■ 國立成功大學防災研究中心主任
王曉明 ■ 林務局花蓮林區管理處治山課課長

一、前言

壽豐溪位於花蓮縣境內，為花蓮溪主要支流之一，民國73年時，壽豐溪上游支流處發生大規模崩塌(圖1)，崩塌面積達250公頃，土砂生產量超過1,000 萬方，土砂材料隨逕流運移至主流交會處堆積，造成主流交會處土石大量堆積，形成主流上之天然壩，以及後方堰塞湖，為台灣早期少數具有堰塞湖紀錄的地點之一。

但在來年的颱風暴雨事件中，天然壩遭逕流侵蝕而破壞，且堰塞湖區因土砂運移堆積，使得天然壩堰塞湖之地形消失，取而代之為大量土砂堆積之河道段，並成為下游河道之土砂供應來源，造成嚴重的土砂災情。包括有衛奧颱風(74年)、佩姬颱風(75年)、艾貝颱風(75年)、

琳恩颱風(76年)，以及民國79年的黛特颱風，其中以黛特颱風的災情最為嚴重，洪水挾帶大量土砂材料沖潰萬榮堤防達500公尺，沖毀堤防後方農園，砂石流入花東鐵路之河底隧道，重創東部幹線交通中斷時間達數十天。

林務局花蓮林區管理處自天然壩堰塞湖形成後，即針對壽豐溪進行河床監測與分析工作，並根據監測成果，先後於民國83、95、98年興建主流一號防砂壩與支流4座防砂壩，這些防砂工程在完工之後，有效攔阻上游土砂材料、穩定下游聚落處河床變動，減小土砂災害發生的規模與頻率，為天然壩堰塞湖規劃治理之成功案例，作為現今堰塞湖規劃治理之參考案例。

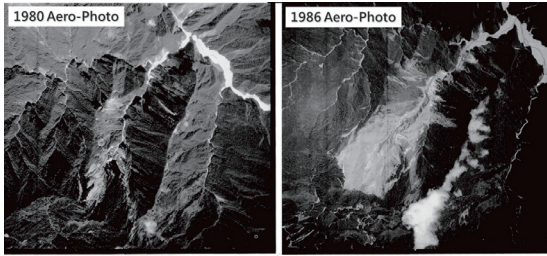


圖1 民國73年大規模崩塌發生前後航照影像比對圖

二、集水區介紹

壽豐溪發源於中央山脈中段的知亞干山，上游由二子山支流與湯上岳山支流匯流後稱為怡堪溪，向下再與支流清昌溪匯流後始稱壽豐溪，集水面積約215平方公里。集水區內地形變化劇烈，高低海拔差距達3,000公尺，地勢由西

北向東南方向遞減，中上游區域岩層為大南澳片岩分布，下游谷口後則為堆積層，大南澳片岩區域又可細分為大理石岩、黑色片岩、綠色片岩，岩層交錯分布，為典型之台灣東部山區集水區類型。

圖2為壽豐溪集水區衛星影像空照圖，圖中標示集水區內之重要地標與子集水區之相關位置，包括有大崩塌支流與清昌溪等支流；而在主流河道方面，自上游天然壩位置開始，往下游約2公里為一天然隘口處，此處河道突然束縮，成為一天然控制點，為民國73年大崩塌發生後之主要堆積河段，到中游處則有民國83年完工之主流一號防砂壩，是壽豐溪集水區內最為重要之防砂工程；再往下游則通過台9線的豐

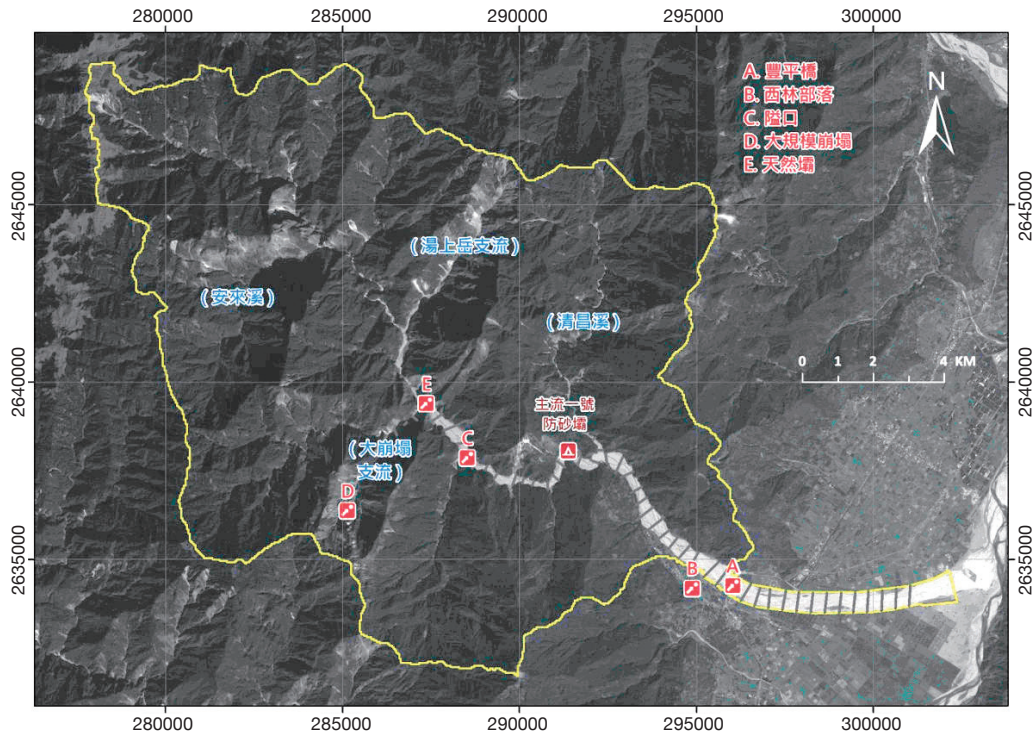


圖2 壽豐溪集水區衛星影像圖

平橋，右岸為集水區內主要的保全聚落，西林部落。

三、河床監測工作

壽豐溪自民國 77 年起，花蓮林區管理處即開始辦理河道斷面測量及河床質採樣分析工作，長期觀察河床沖淤情形與河床質粒徑之分布狀況。總計共完成25次斷面測量與河床質粒徑採樣工作。而斷面測量範圍，在主流河段自出口往上游約21.2公里，而大崩塌支流則由主流交會處往上游崩塌地1.6公里處，每400公尺設置一處斷面，另在主流一號防砂壩上下游段增設每100公尺設置一處斷面，總斷面數量為57處，斷面分布情形如圖3所示。

四、河床變遷分析成果

為探討壽豐溪集水各河段歷年溪床變動與期間所遭遇之重大水文事件、防砂壩興建間之關聯性，考慮河道地形特性與河工構造物，將主流簡化為7個監測區段，分區結果如圖4所示。切割點包括主流交會處、隘口、主流防砂壩、主流防砂壩下游河道坡度轉折處與豐平橋，觀測區段位置分別說明如下：

- I.天然壩上游(測量斷面20K+000至21K+200處)
- II.隘口至天然壩(測量斷面18K+000至20K+000處)
- III.防砂壩上游至隘口(測量斷面14K+500至18K+000處)

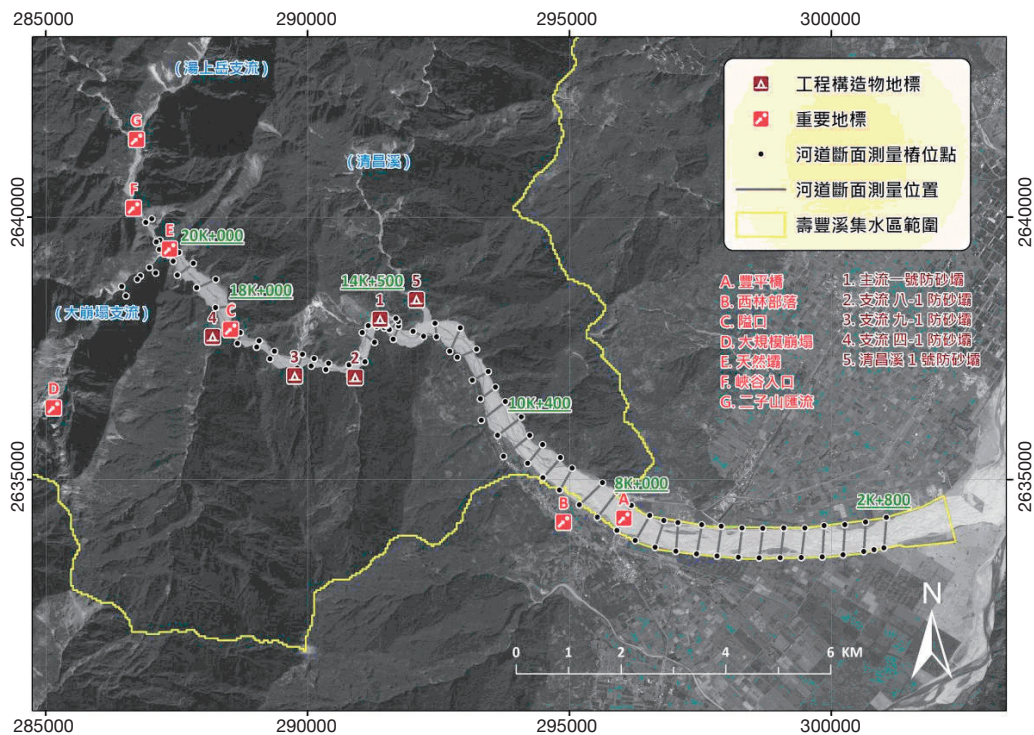


圖3 壽豐溪測量斷面分布圖

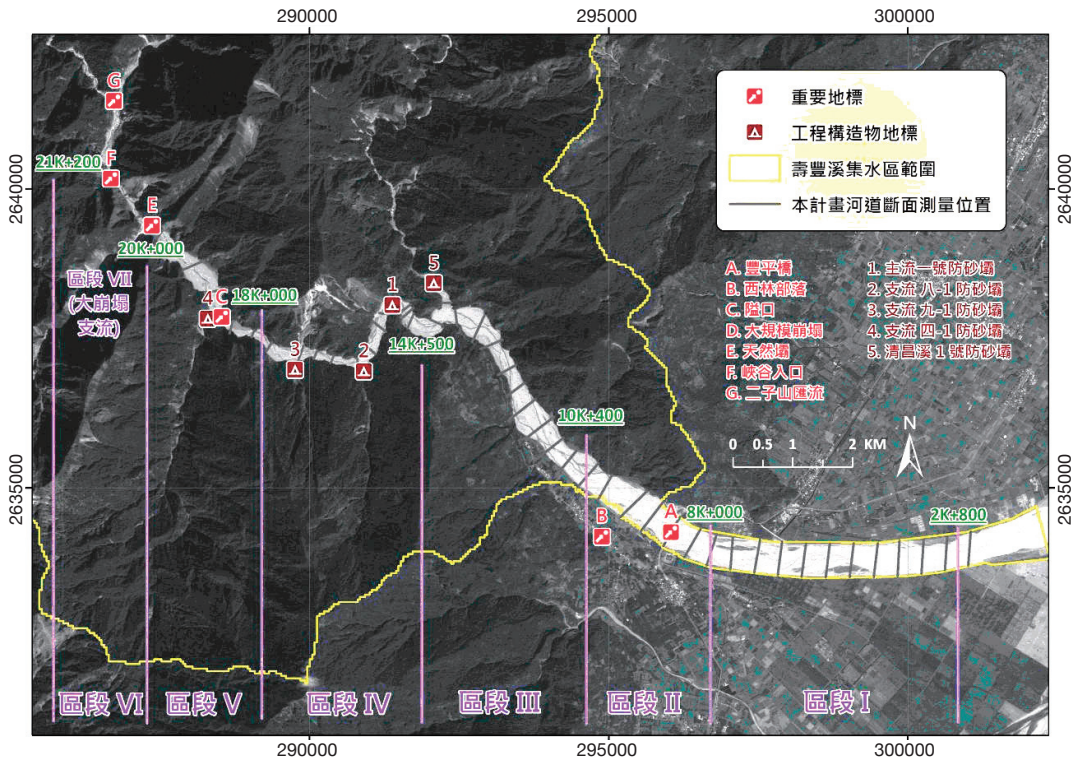


圖4 觀測區段分段圖

- IV.防砂壩下游(測量斷面10K+400至14K+500處)
 V.豐平橋上游(測量斷面8K+000至10K+400處)
 VI.豐平橋下游(測量斷面2K+800至8K+200處)
 VII.大崩塌支流(測量斷面20K+000A至21K+600A處)

依據前述空間區分原則，將歷年監測成果，應用斷面法計算各河段在不同時期的土方變動量，完成土方變遷圖。其中，區段I.天然壩上游、II.隘口至天然壩與VII.大崩塌支流表示原有大崩塌與天然壩之位置，為土砂之主要供應來源；而區段III.防砂壩上游至隘口與IV.防砂壩下游表示主流一號防砂壩上下游處之河道，反映土砂輸送過程中在防砂工程上下游段之堆積情形；最後，區段V.豐平橋上游與VI.豐平橋下游

表示壽豐溪在離開山區河道谷口後，在下游聚落處之堆積特性。透過這些適當地分段切割展示，可以清楚分析壽豐溪上游土砂供應區、中游土砂輸送區，以及下游土砂堆積區之逐年土砂沖淤趨勢。

在土方量變遷圖中，各種顏色線段代表各空間區段之自民國73年起之累積沖淤量，若顯示正值表示該區段與73年之河床相比較為淤積段，反之則為沖刷段，各線段之斜率，則代表著該區段之沖淤速度，斜率愈大表示變化愈劇烈，溪床土砂變動量體與機制分析成果說明如下：

(一)上游大崩塌與天然壩處之土砂供應河段

圖5中所列3線段，分別代表區段I.天然壩上

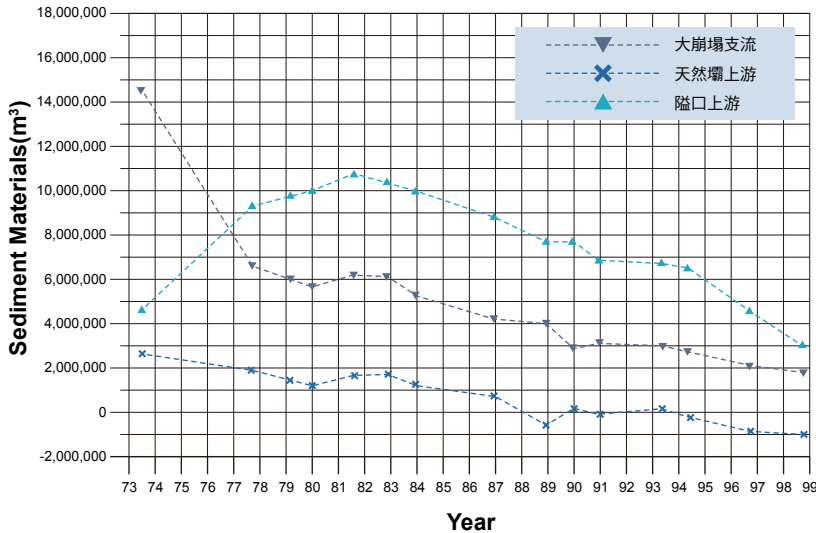


圖5 壽豐溪上游段累積土方量變遷圖

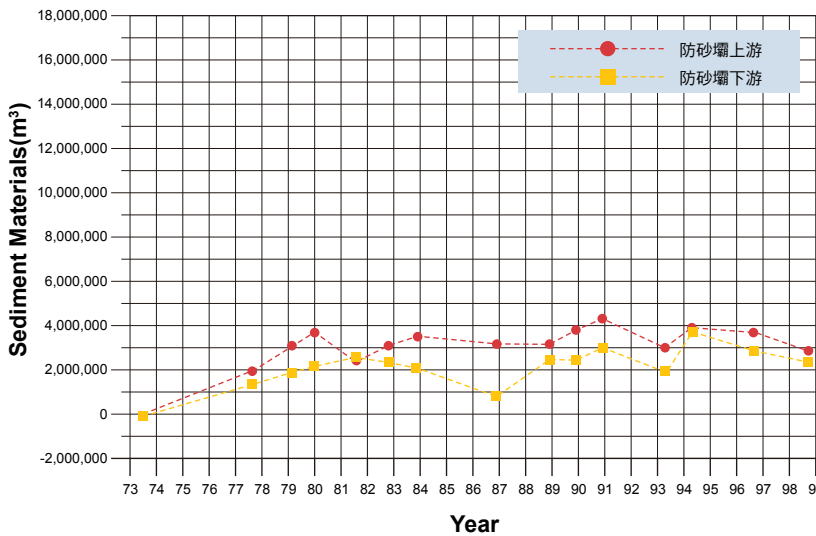


圖6 壽豐溪中游段累積土方量變遷圖

游、II.隘口至天然壩與VII.大崩塌支流之累積沖淤量變化，代表上游大崩塌與天然壩處之土砂供應段，在民國73時大量堆積土砂材料，總堆積量達1,000萬方以上，此後開始逐漸侵蝕至今，對隘口以下之區域而言，隘口為一個重要的土砂控制節點，在此節點以上持續供應土砂

材料至下游處堆積，為集水區主要的土砂供應來源河段。

進一步分析累積土砂材料的運移與堆積過程，區段VII.大崩塌支流與I.天然壩上游土砂量在民國73年為最高峰，此後逐漸侵蝕減少，而距離天然壩最為接近的區段II.隘口至天然壩，直接承接了來自上游的土砂材料，在民國73年至82年的十年間，土砂堆積量持續增加，此後，在堆積量達最高峰後，土砂又開始往下游傳遞，可以看出明顯的土砂傳遞曲線變遷。

(二) 中游主流一號防砂壩河段

圖6中所列2線段，分別為區段III.防砂壩上游至隘口與IV.防砂壩下游之累積沖淤量變化，代表中游主流一號防砂壩之侵蝕

與堆積過程，與上游區段相比，本區段之土砂變遷情形較小，在民國80年之前呈現堆積情形，而民國83年主流一號防砂壩完工後，防砂壩攔阻約120萬方的土砂材料，防砂壩下游則略有侵蝕之情形，但相較於上游與下游段，因主流一號防砂壩穩定河床之功效，此河段之土砂變遷量較小。

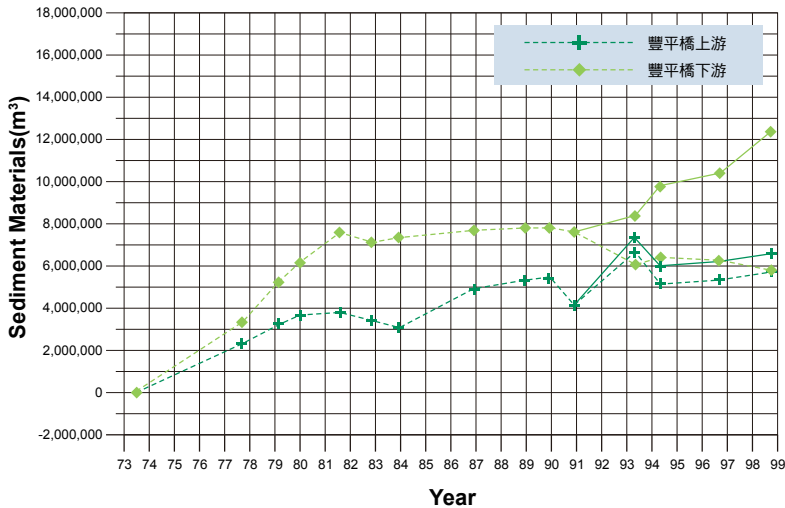


圖7 壽豐溪下游段累積土方量變遷圖

表1 壽豐溪集水區疏浚土石量調查表(經濟部水利署第九河川局)

年度	疏浚河段	疏浚量(萬立方公尺)
90	壽豐溪下游	5.2
91	壽豐溪下游	100.8
92	壽豐溪下游	59.9
93	壽豐溪豐平橋上下游河道	59.0
93	壽豐溪下游	63.9
94	壽豐溪豐平橋上游	25.6
94	壽豐溪匯流口	99.0
95	壽豐溪匯流口河道疏浚土石標售	43.0
96	壽豐溪下游	44.6
97	壽豐溪匯流口	232.0
合計		733.0

自民國95年後，此河段開始有逐漸侵蝕之情形。此因隘口以上區域所運移之土砂材料不若民國80年代豐富，土砂材料大都在運動過程中通過之故。

(三)下游聚落土砂堆積區段

圖7中所列2線段，分別為區段V.豐平橋上游與VI.豐平橋下游之累積沖淤量變化，代表下

游聚落土砂堆積區的土砂變遷歷程。由成果顯示，其變遷可以明顯分割為三個時間歷程，第一個時期在民國73年至83年之間，此時因上游土砂材料不斷往下游運移，造成本河段的大量堆積，累積堆積量達1,000萬方以上；第二個時期則為民國83年至91年之間，此時中游一號防砂壩完工，發揮了攔阻土砂材料與穩定河床之功效，故下游土砂堆積之情形

受到控制，沖淤量與第一時期相比略為趨緩。

第三個時程在民國91年至今，線段分為實線與虛線兩個部分，實線為未考慮河道清疏下之沖淤趨勢，可以看出此一時期又開始大量堆積土砂材料，說明了土砂堆積前鋒已由原先的上游隘口處，逐漸推移至下游；此外，線段虛線的部分，則為加入河道清疏量後(表1)，河道現況下的變化量，可以看出在下游因有保全聚落，考量到河床變遷現象與土砂運移趨勢，規劃權屬單位(水利署第九河川局)在此進行土砂清疏工作，有效地降低了土砂堆積之速度與河床高程，保護聚落之安全。

五、主流一號防砂壩工程成效

民國76至79年間，因河道劇烈的土砂運動，時而造成下游聚落之災情，故於民國79時，結合台日雙方技術，共同設計主流一號防砂壩，壩址選定於主流河道中游約14K+500處，於83年完成建造，壩長165公尺，壩高9公尺，預定攔阻土方量60萬立方公尺，除攔阻土

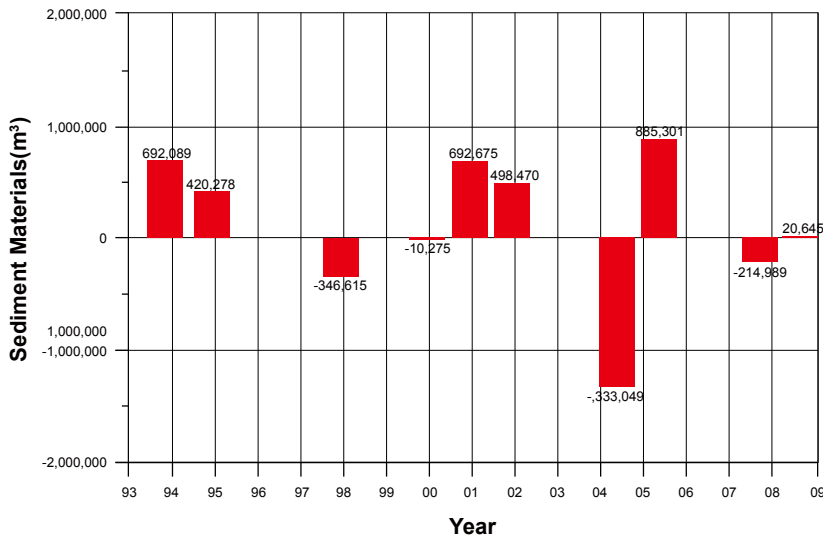


圖9 防砂壩上游歷年土砂變遷量

砂功能，另具有穩定河床功能，時為全台最大之主流防砂壩(圖8)。

防砂壩建造完成後，即遭提姆颱風侵襲，由前後河床斷面測量成果比對得知，當年防砂壩立即攔阻了42萬立方公尺的土砂材料(圖9)，而在民國89至91年期間，由於多場颱風暴雨事件的侵襲，防砂壩上游儲砂量達到最高峰，攔阻土砂量已達120萬方，淤砂坡度為2.7%，此

時，防砂壩後方已達最大儲砂空間，此後則保有其穩定河床與調節土砂洪峰之效。

由前述累積土方量變遷圖之分析可知，主流一號防砂壩在完工後，對壽豐溪集水區的土砂運動造成了重大的影響，不但有效攔阻來自隘口上游的土砂材料，更穩定了下游豐平橋上下游的河床不再繼

續淤積，目前主流一號防砂壩主體依然完好，儲砂空間已完全淤滿，河床變遷較不明顯，也直接說明了主流一號防砂壩自完工後對壽豐溪集水區的貢獻。

六、結論

壽豐溪自民國73年上游支流發生大崩塌，主流支處形成天然壩與堰塞湖後，花蓮林區管



圖8 主流一號防砂壩民國83年完工後照片

理處即開始進行集水區的河床監測分析工作，在26年間共計完成了25次河床測量與監測分析工作，追蹤了天然壩自形成至逐漸侵蝕、土砂材料往下游的運移與堆積過程，為台灣有堰塞湖紀錄以來，最為完整且長久之持續監測工作。此外，應用監測成果，於民國83年時完成主流一號防砂壩的規劃與設計，在工程後的8年間，有效地保護了下游聚落的安全；到民國95年之後，河床監測仍在持續進行，此時，壽豐溪之集水區治理規劃方向，已由過去的土砂災害防治，逐漸演變為集水區整體治理規劃，以及土砂、景觀資源等的應用，也說明了長久以來壽豐溪集水區的監測作業，在不同時空條件中，皆是不可或缺的重要基礎工作。

由歷年河道斷面測量成果分析比對得知，天然壩形成後，成為壽豐溪主河道上的主要土砂供應來源，土砂由此河段開始逐漸往下游運移堆積，形成土砂前峰逐漸往下游推移的現象，首先通過的是距離天然壩最近的隘口段，在民國八十年代初期達到堆積的最高峰；與此

同時，主流一號防砂壩興建完成，在中游段發揮攔阻土砂材料、穩定河床之效，保全下游西林聚落之安全；但在民國90年後，防砂壩已達最大儲砂空間，土砂開始通過防砂壩往下游運移堆積，至今，堆積量已達七百萬方，下游規劃治理單位(水利署第九河川局)有鑑於此，配合土砂堆積趨勢持續進行河道清疏工作，有效平衡了壽豐溪下游河道的沖淤趨勢。

在不同規劃權屬單位之合作下，壽豐溪集水區同時達到了防災與資源應用之目的，此一案例說明雖由大規模深層崩塌與天然壩堰塞湖之極端土砂事件開始，原為災害高潛勢的重點地區，但透過監測分析、規劃治理、溝通協調之各項工作，仍可成功完成集水區之防災與管理目標，為未來其他類似案例之參考。尤其在民國98年莫拉克颱風後，台灣共形成十多處之天然壩堰塞湖，未來各個集水區規劃管理方案之擬定，為刻不容緩之工作，壽豐溪集水區二十多年來的成功經驗，將是決策者之最佳參考案例。▲