

研究報告

七家灣溪一號壩拆除後之水文與泥砂演變過程

王筱雯^{1,2}, 郭偉丞¹

¹國立成功大學水利及海洋工程學系; ²通訊作者 E-mail: whw82@mail.ncku.edu.tw

[摘要] 為了安全的考量與櫻花鉤吻鮭的棲地復育，雪霸國家公園於今年五月底針對七家灣溪一號防砂壩完成壩體改善工程。由於壩體改善後，泥砂運移將使得河床上下游型態受到改變，進而影響棲地環境與水質變化等鮭魚生存的重要條件，為了瞭解河床演變的趨勢及特性，以掌握結構物改善前後之泥砂運移量與受到不同洪水影響下之泥砂可能運移位置，監測儀器之架設與現地河床的水文與泥砂調查與評估不可或缺。本研究針對七家灣溪一號壩所在之 3 km 河段為監測範圍，架設攝影機、濁度計、水位計等自動監測儀器，以完整紀錄壩體改善前後之泥砂運移與水位變化之歷程，並配合現地調查以及河道泥砂運移分析，進一步了解壩體改善之可能影響與河道環境變遷。由濁度採樣結果可知，上游之觀魚台處濁度最高值為 2.99 NTU，而下游之萬壽橋濁度值則明顯因工程而產生變化，最高值為 178 NTU，工程結束後濁度平均值降低為 5.10 NTU。因工程所造成之濁度變化經過數小時就可以回穩，較颱風事件等天然干擾之影響程度為小。而攔蓄於一號壩壩體後方的泥砂在為期約兩周的工程中，透過人為的干擾如土方回填與壩體移除工程以及自然運移等不同的形式帶往下游。七家灣溪一號壩壩體拆除後之溯源侵蝕向上游由跌落點開始以拋物面狀的方式傳遞，且壩體拆除後第一次洪水發生後河道侵蝕與泥砂粒徑改變明顯。本研究建議需持續監測與調查，並藉由長期的監測紀錄提供國內後續壩體改善之重要參考。

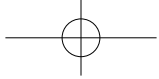
關鍵字：泥砂運移、壩體移除、河相

Hydrology and Sediment Transport Processes After Check Dam Removal in Chijiawan Creek

Hsiao-Wen Wang^{1,2}, Wei-Cheng Kuo¹

¹Department of Hydraulic and Ocean Engineering, National Cheng Kung University; ²Corresponding author E-mail: whw82@mail.ncku.edu.tw

ABSTRACT Due to safety concern and habitat restoration for the landlocked salmon, the Shei-Pa National Park authorities tore down Chijiawan No. 1 Check Dam (15m high with 0.2 million m³ sedimentation) in May, 2011. While instances of dam removal, especially for such a large dam, are rare in Taiwan, systematic pre-project, project-in-progress, and post-project monitoring and evaluation are essential for the documentation of channel evolution and influences on aquatic habitat. The study focused on the 3-km reach of the removed dam. Channel responses due to dam removal were better understood through field sampling and using installed monitoring equipment, including radar and pressure gauge recorders, turbidity sensors, and video cameras. During the removal, the



peak turbidity was 178 NTU at Zhaofeng Bridge (500 m downstream of the dam) while it was 2.99 NTU at the fish watching platform (1.2 km upstream of the dam), indicating the influences of dam removal engineering on sediment concentration. Field results showed that upstream bed elevation and grain size distribution have changed significantly after the first flood. While headcut erosion has spread upstream, more attention should be paid to understand the rate and scale. As this is the first study documenting pre-removal information and monitoring post-removal changes in Taiwan, long-term monitoring is strongly suggested to document channel evolution for future similar projects.

Keywords: sediment transport, dam removal, river morphology

前言

台灣河川坡度陡急、降雨分布不均，為有效利用水資源，在台灣的河川上分布了大小的堰壩等水利設施，以作為防洪、攔砂、蓄水灌溉或水力發電之用。堰壩提供人類社會重要的效益，但是這些結構物的建造也改變了河川的面貌、隔絕上下游棲地的聯繫、影響河川原有生態體系並可能威脅到原生魚種、野生動物的生存。時至今日，已有不少水工結構物超過使用年限、遭受嚴重淤積毀壞而逐漸喪失原有功能及經濟價值，在重建修復之際，應審慎思考是否以拆除或局部改善的方式恢復河川生態。

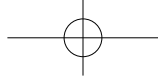
櫻花鉤吻鮭(*Oncorhynchus masou formosanus*) 分佈在冷水性魚類稀少的亞熱帶台灣，屬於冰河時期遺留下來的陸封性寒帶魚類，又被稱為「國寶魚」。由於被陸地封閉的特殊現象，在生物地理學上具有重要性。櫻花鉤吻鮭目前僅存的棲息地位於雪霸國家公園內的七家灣溪流域。1971 年間，由於德基水庫上游的水土保持工作，在七家灣溪流域陸續興建數十座防砂壩，目前若不計算副壩與破壩，總共有十座防砂壩。這些防砂壩興建完成初期具有阻攔砂石與穩定河床的功能，但歷經幾次洪水之後，多數防砂壩已淤滿。防砂壩的存在使得壩體上下游河床棲地劇烈改變，並可能造成水溫上升(Power *et al.* 1996, 曾晴賢 1997)，且由於防砂壩的阻絕，造成鮭魚族群洄游的屏障。

為了復育櫻花鉤吻鮭的棲地連續性，雪霸國家公園處於 1999 至 2000 年間陸續改善了七家灣溪支流高山溪上的四座防砂壩。壩體改善

後，鮭魚得以上溯至此冷水溫的生存與繁殖環境，且已發現自然繁殖的幼鮭。高山溪壩體拆除的正面效益，遂使雪霸國家公園進一步針對七家灣溪主流上的壩體進行評估，考量其生態影響、安全性與存廢可能，亦同時進行相關的環境與河相調查等工作。其中，在七家灣溪主流上已淤滿的一號防砂壩，壩基因受水流衝擊掏刷已被破壞，有安全上的疑慮，且由於其乃是七家灣溪流域最下游的壩體，因此成為鮭魚上溯的第一道屏障。

由於七家灣溪一號防砂壩之高度(15 m)及淤砂量(200,000 m³)皆遠超過高山溪上已被拆除之四座防砂壩(高度 4-7 m 間)，加上高山溪防砂壩改善工程階段，缺乏前後監測資料之建立與比對，其經驗無法完全應用至七家灣溪一號防砂壩之改善。針對一號壩的存廢，雪霸國家公園乃召開多次專家會議，匯集各水利、水土保持、環境及生態等專家之參與以及各單位代表討論之結果，提出「對七家灣溪一號防砂壩進行壩體改善」之決議，並在相關水文、水理、泥砂、河相、生態棲地、生態檢核評估等方面之評估後(王筱雯 2010, 汪靜明 2010, 林幸助 2010)，參考王筱雯(2010)根據各種不同的壩體拆口型式與設計流量組合之水工模型與數值模式評估結果所建議之壩體改善方式，於 2011 年五月底進行壩體移除工程。

由於壩體改善後，泥砂瞬間運移、河床上下游型態受到改變，將進而影響物理棲地環境與水質變化等鮭魚生存的重要條件(Doyle *et al.* 2003, Pizzuto 2002)。為了瞭解河床演變的趨勢及特性，以掌握結構物改善前後之泥砂運移量與受到不同強度洪水之泥砂可能運移位置等



王筱雯，郭偉丞

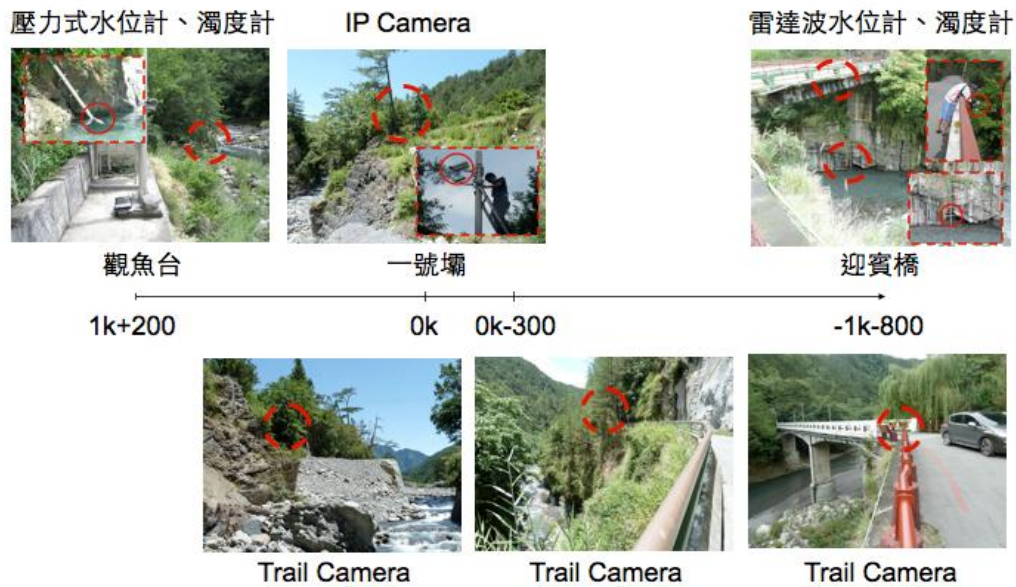


圖 1. 監測儀器架設處

河相特性，本研究配合壩體改善工程之時程與內容，於現場架設監測儀器持續監測，並詳實記錄壩體拆除工程歷程，期望藉由長期的監測紀錄資料提供國內後續壩體改善之重要參考依據。

材料與方法

本研究以七家灣溪一號壩上游 1.2 km (觀魚台)至下游 1.8 km(迎賓橋)之 3 km 河段為監測範圍。於研究範圍內架設攝影機(IP Camera 與 Trail Camera)、濁度計、水位計等自動監測儀器，架設處與整體配置如圖 1，其詳細說明如下。

一、攝影機

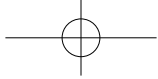
本研究記錄壩體改善歷程的攝影系統使用 IP Camera (EV8781F IP Camera)與 Trail Camera (Game Spy I-65)兩種。IP Camera 與 Trail Camera 除了在解析度上有差異外，功能性與方便性亦不同，IP Camera 具高解析度攝影能力(Video:2592 x 1920)，優點為可以遠端即時監測現場狀況；Trail Camera 為中低解析度攝影(Photo:2484 x2136, Video:640x480)，優

點為便宜且架設簡單方便。本研究團隊針對不同區域評估使用最適合之監測攝影系統：IP Camera 架設於七家灣溪一號壩下游右岸位置(面向上游拍攝)，用以記錄壩體改善與洪水事件完整歷程；Trail Camera 架設於七家灣溪右岸壩翼上(面向下游拍攝)、一號壩下游 300 m 處(面向上游拍攝)以及迎賓橋(面向左岸拍攝)，用以記錄洪水事件完整歷程。

IP Camera 在壩體改善階段之監測方式採用全時錄影(Video:1920x1080)，記錄壩體改善完整過程；壩體改善完成後，一號壩 IP Camera 仍繼續採用全時錄影；而 Trail Camera 之監測方式為每隔一小時定時拍攝與攝影 15 秒(Photo:2484 x 2136, Video:640x480)。

二、濁度

本研究於上游 1.2 km 處觀魚台及下游 1.8 km 萬壽橋處設置濁度計，分別代表未受壩體改善工程影響之上游背景值與壩體改善工程之擾動情況。所採用之儀器為 ANALITE NEP 180 型濁度計，此濁度計之建議最佳水樣濁度測值區間為 0 至 10000 NTU，儀器誤差約為 3%，最高濁度測值可至 30000 NTU，但當水體濁度超過 10000 NTU，儀器誤差會由 3%攀



升至 5%。

此濁度監測儀器之校正採用實驗室標準校準液進行室內初次率定，但因現場有其環境不確定性因素之可能影響，因此本研究團隊於儀器架設完成後即進行現地水樣採集，並利用 LAMOTTE 2020e 可攜式光學濁度計進行水樣之濁度分析，再利用所測得之濁度採樣值與現地自記濁度計測值進行二次率定。可攜式光學濁度計可測範圍最高為 2000 NTU，水樣濁度低於 100 NTU 時，儀器最大誤差為正負 2%，水樣濁度高於 100 NTU 時，儀器最大誤差為正負 3%。水樣採集方式為人工直接撈取並存放於採樣瓶中，單次兩定點採集完成後一小時內進行採樣試體之濁度分析。

三、水位

本研究於研究初期嘗試蒐集 1972 年一號壩建壩前之相關水文資料，雖已蒐集台電於 1964 年與 1994 年所分別設立之七家灣水文站與有勝溪水文站之歷年水位及流量資料，惟七家灣溪水文站位於支流有勝溪之下游，支流之影響使其水文資料未能完全反應一號壩所處之七家灣溪上游之特性；再者，國際間相關文獻對於壩體移除之相關研究多強調監測調查之重要 (Cui and Wilcox, 2006, Stillwater Sciences 2010, O'Connor *et al.* 2008, Major *et al.* 2008)，因此本研究乃於壩體移除之直接影響河段建立水文站，以充分反應其水文特性。

本研究於七家灣溪一號壩上下游監測範圍內共設有水位測站兩處，設置地點分別為觀

魚台右岸處及萬壽橋上。萬壽橋測站之水位計為 Siemens Sitrans Probe LR 型非接觸式雷達波水位計，該型水位計頻率為 5.8 GHz，最佳量測深度為 0.3 m 至 20 m，誤差為 0.1%，適用溫度由 -40°C 至 80°C。觀魚台測站之水位計為 Model LV36 接觸式壓力水位計，此水位計最大量測深度為 200 m，最小誤差 0.1%，最大誤差為 0.5%，可承受之最大溫度區間為 -40°C 至 100°C。

考量颱風洪泛期間因溪水暴漲，流量巨幅增加所帶動之大粒徑之底床載恐造成儀器破壞，因此該水位計置放於置放處下方河床最低點高約 0.3 m，因此水位計之測值需與現地實際水深進行率定以求得實際水位。

四、河道縱斷面

本研究於壩體改善工程前後，持續進行河道縱斷面測量，調查時間為 2010 年 4 月、2011 年 6 月、2011 年 7 月。測量方法除了利用全測站經緯儀外，並應用全球定位系統 (Global Positioning System, GPS) 即時動態定位 (Real-Time Kinematic, RTK) 之虛擬參考站 (Virtual Reference Station, VRS) 技術進行縱斷面測量，在衛星訊號強度良好的情況下，該方法可達到公分級的精度。

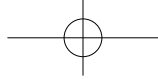
結果

一、壩體改善工程

雪霸國家公園管理處於壩體改善工程進



圖 2. 施工便道(拍攝於 2011/5/22)



王筱雯，郭偉丞



(a) 2011/05/23 上午



(b) 2011/05/23 下午



(c) 2011/05/24 上午



(d) 2011/05/24 下午

圖 3. (a) 拆壩工程前重型機具預備; (b) 上游砂石開始回填至一號壩下方右岸; (c)、(d) 持續進行泥砂回填工程

行前先行遷移影響河段之櫻花鉤吻鮭上百隻並安置於種源庫，以避免其於壩體改善時受到影響。

壩體改善工程之施工便道位於一號壩上游約 250 m 處(如圖 2)，使重型機具可以前進至壩址處，進行回填與壩體拆除等工程。

施工單位為了工程安全考量，於壩體改善工程施工階段先對壩體上游之淤砂進行整理與篩選，以作為右側壩體下方之回填材料，待回填砂石到達壩體右岸約一半高時，將溪流導引至左岸，再繼續進行砂石回填工程(圖 3)。壩體結構之移除工程乃以怪手與破碎機進行壩體左側 1/3 壩體之移除，拆除壩體之石料回填於壩體下游右岸處，如圖 4。

圖 5 為壩體改善完工後之影像，由圖可看出壩體改善工程完工後，庫區泥砂隨著河道

自然由上游被帶往下游，河道已有明顯溯源侵蝕。有關施工前因工程安全考量所堆放於右側壩體下之泥砂，仍需要進一步觀察。

二、濁度變化

本研究於 2011 年 5 月 24 日至 2011 年 6 月 2 日間於觀魚台與萬壽橋兩處進行水體採樣工作，採樣時間間隔原則上為每小時一次，但受限於採樣時天候狀況及晚間光線不佳，採樣筆數於觀魚台共計有 36 筆，萬壽橋共 40 筆。圖 6(a)為觀魚台採樣結果，濁度最高值為 2.99 NTU，最低值為 0.65 NTU，平均值為 1.45 NTU。圖 6(b)為萬壽橋水體採樣分析結果，此處濁度值有明顯因工程而產生之高低變化，工程開始前，濁度平均值為 2.10 NTU，工程進行之濁度平均值上升為 47.18 NTU，

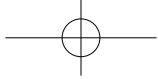


圖 4. (a) 砂石回填工程完成，壩體拆除工程開始; (b) 壩體拆除寬度已達預計拆除寬度十公尺; (c)、(d) 持續向下拆除

而濁度最高值為 178 NTU，工程結束後濁度平均值降低為 5.10 NTU。

三、水位變化

本研究於觀魚台進行水體採樣同時進行水深量測，量測方法為將菱鏡標桿垂直置於水位計旁，並用皮捲尺量測標桿底部至水面之高度以求得當時水位，水位量測結果標示於下圖 6(c)，橫座標為時間，縱座標為水位，量測筆數共 16 筆，水位最大值為 1.02 m，最小值為 0.91 m。

四、河道變化

本研究於 2010 年 4 月進行壩體改善前河道縱斷面背景資料量測，並於 2011 年 6 月 9 日(VRS)、2011 年 6 月 30 日(VRS)、2011 年 7

月 26 日(全測站經緯儀)進行河道縱斷面調查，調查結果如圖 7。由圖中發現壩體改善後，隨著時間推進，溯源侵蝕逐漸往壩體上游傳遞，壩體下游開始淤積。由 2011 年 6 月 9 日縱斷面調查結果發現壩下冲刷坑已被泥砂填滿，溯源侵蝕終點約略在壩上游 150 m 處，而 2011 年 6 月 30 日縱斷面測量結果發現溯源侵蝕終點約略到達壩上游 250 m 處。VRS 測量由於山谷地形受限，僅部分河道能接收到衛星訊號，因此未能針對全河道進行量測。

討論

七家灣溪一號壩之壩體改善工程始於 2011 年 5 月 20 日之便道設置，於 2011 年 6 月 1 日之河道整理完成後完工。在為期約兩周



圖 5. 壩體改善工程後之七家灣溪一號壩河段(拍攝於 2011/6/2，照片由左至右為上游至下游)

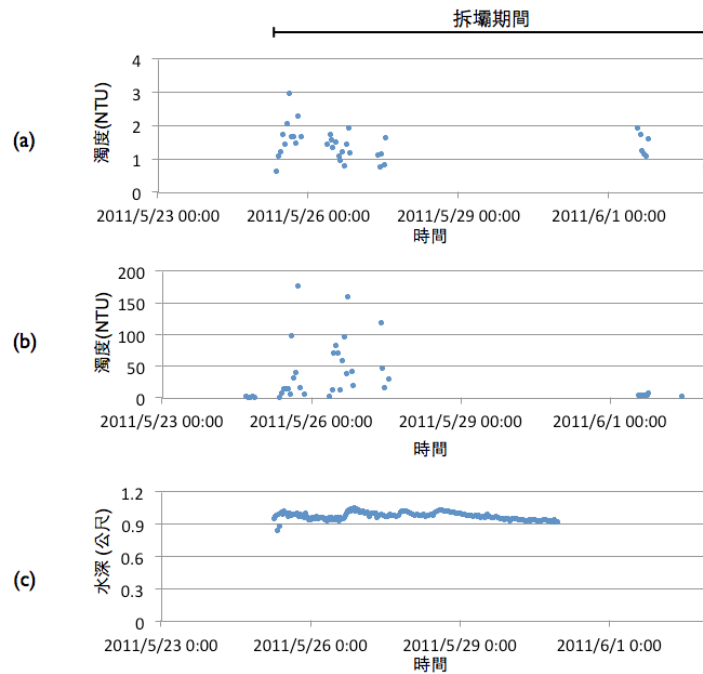


圖 6. (a)觀魚台濁度分佈圖；(b)萬壽橋濁度分佈圖；(c)觀魚台水位量測值

的工程中，攔蓄於壩體後方的泥砂透過人為的干擾如土方回填與壩體結構移除工程以及自然運移等不同的形式帶往下游。

在濁度方面，本研究於工程進行間針對七家灣溪一號壩上游下游進行水體採樣工作，以檢視七家灣溪在人為工程干擾下濁度變化。其中，一號壩上游 1.2 km 處之觀魚台所量測的濁度值代表未受到工程干擾的背景參考值，萬壽橋之測值則代表受到工程影響下並於河道

傳輸 1.8 km 的濁度值。由結果發現，在壩體移除工程期間，觀魚台位置之濁度值皆低於 3 NTU，而萬壽橋位置所測得之濁度最高達 178 NTU(5 月 25 日 17:30)，但經過一個小時後其濁度已降至 15.8 NTU，代表工程所造成之濁度變化，在時間尺度之影響上，經過數小時就可以回穩，較颱風事件等天然干擾之影響程度為小。改善工程完成後，於萬壽橋位置所測得的濁度值為 3.55 NTU (6 月 2 日 10:39)，代表

河道內之濁度已趨於回穩。在水位變化上，觀魚台所量測的水位，於施工前後皆維持 1 m 左右，並未有太大的變化。

有關泥砂運移行為方面，根據 Stewart

(2005)，於壩體拆除後，上游河道會發生之溯源侵蝕現象約略可分拋物面狀侵蝕(rotating knickpoint erosion) 及階梯狀侵蝕(stepped knickpoint erosion)兩類。根據現場記錄與攝影

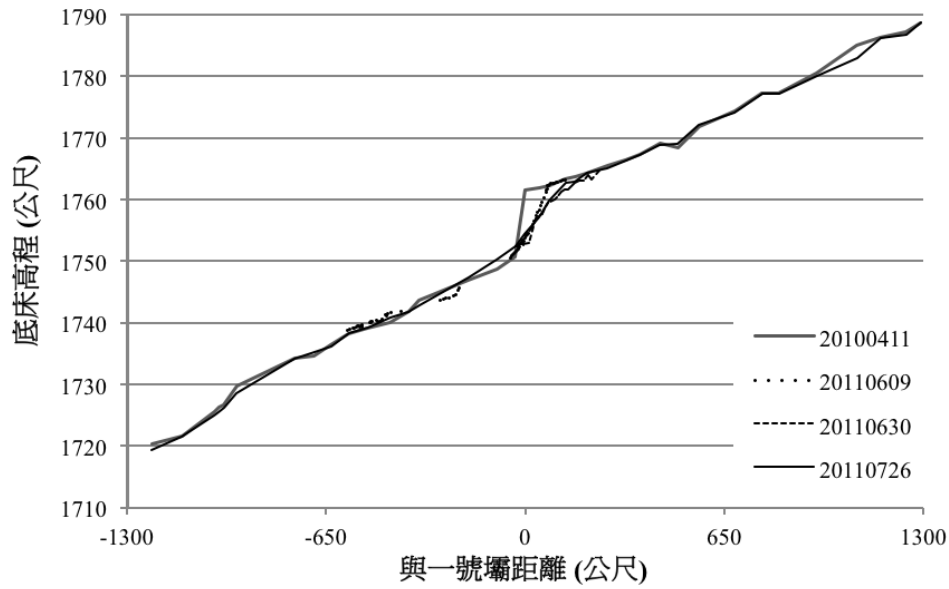


圖 7. 壩體改善前後河道縱斷面圖

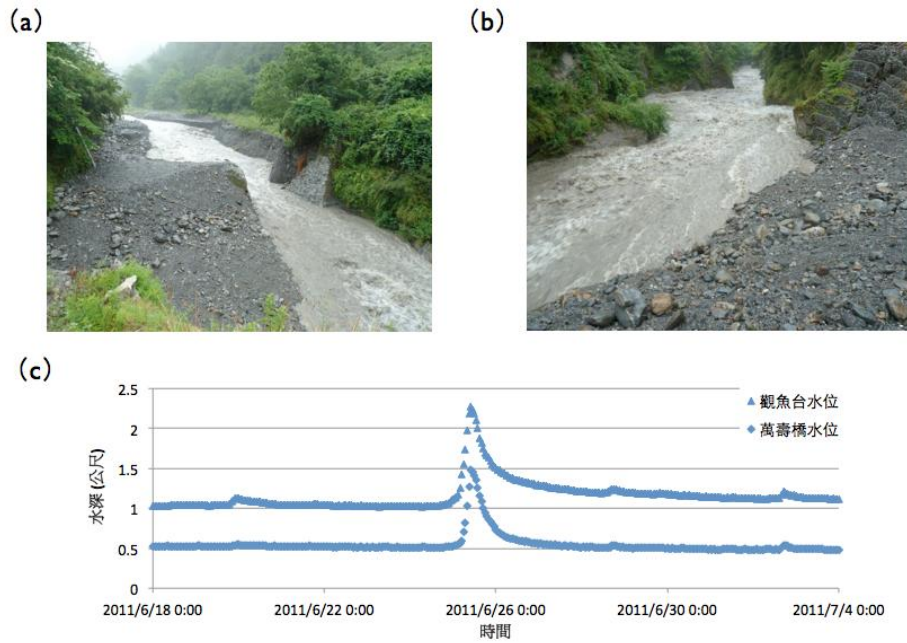
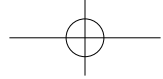


圖 8. 米雷颱風期間 (a) 現地照片：由壩體下方往上游看；(b) 現地照片：壩體下方往下游看；(c) 測站水位歷線圖



王筱雯，郭偉丞

系統所拍攝之影像可知，七家灣溪一號壩壩體結構開始移除時，向上游淤砂之侵蝕由跌落點開始以拋物面狀的侵蝕方式向上游傳遞，隨著壩體逐漸向下降低，上游河道坡度逐漸加大，溯源侵蝕的範圍亦逐漸向上游延伸，但僅延伸至上游約 150 m 處，泥砂的堆積點由七家灣溪一號壩壩下冲刷坑開始堆積，推估未來堆積範圍將繼續往下游延伸。根據王筱雯(2010)研究報告之數值模擬結果指出，位於一號壩下游約 250m 處之台灣櫻花鉤吻鮭生態中心附近河道若歷經兩場颱風，可造成河床淤高約 1.91 m；之後略微下降至接近原河床高程，滿岸流量下，水位變動幅度不明顯。

另外，七家灣溪一號壩壩後原本所攔蓄的泥砂是屬於粒徑較大的砂礫石(D50=45 mm)組成，由 Pizzuto(2002)研究中指出，此類型河道需要較大的流量事件才有可能驅動並發生侵蝕。由壩體改善後六月底之縱斷面調查，已可觀察到洪水事件後明顯之河道侵蝕與泥砂粒徑改變。進一步探討 2011 年 6 月 23 日米雷颱風之影響，如圖 8 所示之現場拍攝照片與儀器記錄之水位值，本研究於現場觀察發現洪水引起側岸冲刷，並造成壩體上游左岸鬆軟土層逐漸崩落，溯源侵蝕頂點往上游延伸至 250 m 處。

一般堰壩的壽命大概是 50-100 年，而防砂壩的壽命更短，壩的結構完整性將會隨著時間日積月累的減少，加上全球氣候變遷之極端降雨更為頻仍，包括七家灣溪一號壩在內的防砂壩，已經存在數十年，時至今日，已有不少水工結構物超過使用年限、面臨結構劣化、現有壩基掏蝕的問題、或已嚴重淤積而逐漸喪失原有功能及經濟價值，其老舊的壩體結構在氣候變遷與極端事件愈加頻繁下，瞬間潰壞之風險提高。對於這些問題，多數的思考方向是修復使其恢復功能，雖在工程技術上維護修復並不難，但其成本效益就長期角度並不合理，且若是如石門水庫集水區之巴陵壩於 2007 年之不預警潰壩，其所可能產生的影響衝擊應及早思考。

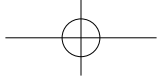
七家灣溪一號壩在進行壩體改善工程前，其壩體高度約為 15 m，壩上游已淤滿砂石形成平緩河道。溢洪口表面輕微受損，壩址下游右岸基礎及壩下，長年侵蝕下已形成明顯冲刷坑，深度達 3-4 m；再者，壩下右岸處之道路箱籠護岸，亦因長時間之邊坡基礎掏刷，而呈現崩毀懸垂之狀態(王筱雯 2010)。

七家灣溪一號壩之壩體改善，除了可以降低潰壩時所帶來的傷害，另一方面也可以增加櫻花鉤吻鮭洄游路徑。而因為壩體改善後之泥砂帶往下游，目前淤砂坡度的不斷調整，在河段尺度上之溯源侵蝕與下游河床抬升，以及時間尺度上之穩定所需時間等生態環境的不確定性與變動，皆需要持續監測。任何的管理或人工施作方法亦有待進一步的研究與加以檢驗，並據以隨時修正管理方法。七家灣溪一號壩壩體改善工程之付諸實現，乃是台灣第一次具有審慎評估與背景環境資料建立之案例，意義重大。未來在進行壩體改善工作時，仍需要考慮其評估階段的不確定性且不斷追蹤監測以調整操作方式。

結論

本研究針對七家灣溪一號壩可能影響之三公里河段為監測範圍。由觀魚台與萬壽橋濁度採樣結果可知，工程所造成之濁度變化，在時間尺度之影響上，經過數小時就可以回穩，較颱風事件等天然干擾之影響程度為小。

根據現場記錄與攝影系統所拍攝之影像可知，七家灣溪一號壩壩體結構開始移除時，向上游淤砂之侵蝕由跌落點開始以拋物面狀的侵蝕方式向上游傳遞，隨著壩體逐漸向下降低，上游河道坡度逐漸加大，溯源侵蝕的範圍亦逐漸向上游延伸，但僅延伸至上游約 150 m 處。2011 年 6 月 23 日米雷颱風為壩體改善後所歷經之第一次洪水，本研究於現場觀察發現颱風帶來的洪水引起側岸冲刷，並造成壩體上游左岸鬆軟土層逐漸崩落，溯源侵蝕頂點亦往上游延伸至 250 m 處。



壩體改善後河道將會有明顯之沖淤變化與泥砂粒徑改變，建議需立即掌握持續之監測。就中長期而言，建議持續之監測與調查，期望藉由長期的紀錄提供國內後續壩體改善之重要參考依據。

誌謝

本研究經費由雪霸國家公園管理處委託計畫「武陵地區生態系長期監測與研究」補助。感謝武陵工作站的協助。

引用文獻

- 王筱雯。2010。七家灣溪一號壩壩體及棲地改善工程－泥砂衝擊物理模型及數值分析。雪霸國家公園管理處。
- 汪靜明。2010。七家灣溪一號壩壩體及棲地改善工程－生態檢核評估及保育效益評析。雪霸國家公園管理處。
- 林幸助。2010。七家灣溪一號壩壩體及棲地改善工程－先期生態及棲地調查，雪霸國家公園管理處。

曾晴賢。1997。櫻花鉤吻鮭族群生態之調查及育種場位址之評估。雪霸國家公園管理處。

- Steward G, Grant G. E. 2005. Potential Geomorphic and Ecological Impacts of Marmot Dam Removal, Sandy River, OR: Final Report (1st ed.), Oregon. Portland General Electric.
- Doyle MW, Stanley EH, Harbor JM, Grant GS. 2003. Dam removal in the United States: emerging needs for science and policy. *EOS Transactions, American Geophysical Union* 84(29):32-33.
- Pizzuto J. 2002. Effects of Dam Removal on River Form and Process. *Bio-Science* 52:683-692.
- Power ME, WE Dietrich, and J. C. Finlay. 1996. Dams and downstream aquatic biodiversity: Potential food web consequences of hydrologic and geomorphic change. *Environmental Management* 20:887-895.
- Stillwater Sciences. 2010. Post-dam-removal channel complexity monitoring survey data analysis, Sandy River, Oregon, 2nd year following dam removal. Technical Memorandum. Prepared by Stillwater Sciences, Berkeley, California for Portland General Electric, Portland, Oregon.
- O'Connor J, J. Major, and G. Grant. 2008. The dams come down: unchaining U.S. rivers. *Geotimes* 53:22-28.
- Major, JJ, JE O'Connor, G. E. Grant, K. R. Spicer, H.M. Bragg, A. Rhode, D.Q. Tanner, C. W. Anderson, and J.R. Wallick. 2008. Initial fluvial response to the removal of Oregon's Marmot Dam. *Eos Trans, AGU* 89(27):41-242.