

柒、結論與建議

7-1 結論

本計畫完成龍泉溪上游堰塞湖土砂觀測系統建置，提供現地即時影像、雨量與水位監測資料供各級單位於防災應變時參考，計畫執行期間，並持續進行現地調查與地形變動量測，配合遙測影像之判釋分析，針對本年度颱風與豪雨期間之降雨對於堰塞湖堆積壩體與河道地形變動量進行分析比對，探討降雨對於地形變化之影響，提供未來堰塞湖演變趨勢與警戒值修訂時參考。除此，鑑於本區正進行防砂壩興建工程，為能探討防砂壩對於本區土砂災害控制之成效，應用土石流演算模式針對防砂壩攔蓄土石與控制土砂運移之效應進行評估，提供治理成效評估時參考，相關重要成果與結論說明如下：

- 一、本計畫克服現地並無既設電力與電信之問題，協調台電與中華電信公司新設電力與電信線路，將電力系統延伸至林務局龍泉苗圃上方，電信系統延伸至下游大龍橋處，配合自行鋪設之後端配電、延伸電力設備，以及無線傳輸系統，完成基礎電力與傳輸系統建置，同時考量颱風或豪雨期間可能發生電力與電信中斷之問題，並建立並透過電力與傳輸備援系統，提升整體系統之穩定性。
- 二、現地監測設備包括 2 座影像攝錄系統、1 座雨量計、1 座雷達波水位計與相關資料儲存與傳輸設備，現地即時影像、雨量與水位觀測資料並可透過網路同步回傳至監控中心伺服器資料庫，各級防救災業務人員可透過網路快速瀏覽與查詢，有效掌握現地即時資訊，提升防災應變效率。
- 三、透過本計畫所建立之影像觀測系統，回傳天然壩體與下游河道之即時影像，對於災害應變期間資訊傳遞正確性之釐清極有助益，可增進防災應變人員對於現地變化之掌握(降雨強度、水位高低與地形變動等)。

- 四、水文觀測系統收錄並回傳現地即時降雨量與水位變化資訊，配合前年度計畫所設定之警戒雨量值進行比對，提供災害警戒與疏散避難執行時參考。
- 五、本計畫所開發完成監測資料查詢系統介面與各項功能，均以使用者為導向開發簡易且快速之查詢功能，並可查詢歷史監測資料，同時開發系統管理者模組，可以透過網路遠端監控現地設備運作狀況，倘若系統發生問題時，可遠端重置各項儀器設備，維持系統穩定運作。
- 六、本計畫針對三期衛星影像進行汛期前後之變異分析，分析結果顯示汛期前後堰塞湖水位僅因季節因素而有所變化，但溢流時之湖體水位並無明顯變化，顯示堰塞湖天然壩體之壩頂與溢流口高程並未因溢流洪水沖刷而降低。
- 七、由衛星影像判釋結果顯示，上游集水區有數處發生新生崩塌地，部分既有崩塌地並有擴大情形發生，顯示龍泉堰塞湖上游集水區現階段之崩塌地分佈仍須持續觀察，定期追蹤崩塌地面積與數量之變化，提供堰塞湖來砂量分析時參考。
- 八、依據比對現地雨量觀測紀錄與地形量測成果顯示，本年度侵台之 5 次颱風中，聖帕颱風造成本區發生明顯地形變化，主要沖刷區段位於壩體溢流洪水行經路徑，地表高程自 EL421m 降低至 EL414m，降低深度約 5~7 公尺並形成一天然之槽溝；主要淤積區段位於壩體下游面(與原河道銜接處)至水利會取水口處，而壩底地表高程自 EL422m~416m 上升至 EL425m~422m，淤積高度約 3~6 公尺。
- 九、雨量觀測資料易受颱風路徑與地形效應影響而變化，經比對本計畫所觀測之現地雨量紀錄與中央氣象局池上雨量站觀測資料發現確有明顯差異，若以池上站雨量觀測值作為防災預警之依據，其代表性可能不足，因此建議仍以本計畫所收錄之雨量觀測資料為主要參考數據。
- 十、本年度將壩體溢流口高程降低 5 公尺，堰塞湖水位已有明顯降低，初步評估顯示本工程實施後，於枯水期間(低流量)可以減少堰塞湖蓄水體積達 22 萬立方公尺，但於颱風豪雨期間(高流量)，堰塞湖蓄水量

之減少效益局仍以整體壩體高程降低所呈現之減災效益較佳。

十一、依據評估結果顯示，壩體土石移除確可大幅降低堰塞湖致災風險，但由於土石移除過程除需考量施工條件等工程可行性外，移除過程中並可能發生相關衍生災害，基於安全之考量，現階段建議先行針對壩體高程進行降低(5~10m)，持續觀察一段時間後，在考量整體移除之可行性。

十二、本計畫利用土石流沖淤模式針對新設防砂壩之減災效益進行評估，模擬結果顯示，本防砂壩設置後，可有效攔阻土石達 12 萬立方公尺，可防止該區域堆積土石朝下游運移，減少下游河段之土石淤積總量與淤積深度。由於天然壩體下游面之河道坡度因防砂壩淤積效應而變平緩，並可有效降低水流沖刷天然壩體之速度，降低壩體因坡腳遭水流沖刷破壞而發生驟然潰決之風險，對於天然壩體穩定性之提升而言，亦有明顯之效果。

十二、台日砂防共同研究座談會中雙方會代表對於現階段所實施之土石清淤與防砂工程均表認同，目前並建議可於枯水季期間，以安全為前提下設法降低壩體高度，使儲水量大減，降低潰壩發生可能造成之危害程度。

7-2 建議

- 一、本年度觀測系統已正常開始運作，並於颱風與豪雨期間提供防救災決策輔助資訊，由於本區下游有龍泉、大埔、萬朝等三聚落，居民數百戶，若未來龍泉溪上游堰塞湖發生潰堤，對於下游三聚落居民日常生活可能產生極大之影響，因此建議本計畫所建置之土砂觀測系統有必要持續維持系統正常運作，持續觀測現地即時影像、雨量與水位資料，提供防災應變期間決策時參考。
- 二、本年度僅先行針對壩體溢流口實施高程降低工程，雖於低流量時期可有效降低堰塞湖蓄水量達 22 萬立方公尺，但於高流量時期則受限於溢流口斷面之通水面積不足，造成溢流水深與堰塞湖水位於高流量時期會發生較大幅度之抬昇，影響減災效益，建議在施工條件許可之前提下，於枯水時期將整體壩頂高度一併降低，對於堰塞湖蓄水量之消減效益將有更明顯之提升。
- 三、為避免壩體坡腳因水流持續沖刷影響壩體穩定性，建議可於在壩趾處另行興建一座防砂壩以達穩定坡腳之效能，降低壩體發生潰決破壞之風險。
- 四、本區於今年度聖帕颱風期間，堆積壩體溢流水體行經路徑發生明顯地形沖刷，對於壩體安定性有一定程度之影響，未來除持續維持系統運作外，建議針對本區堰塞湖、崩塌區與天然壩體長期演變趨勢進行分析，包括全流域土砂生產與運移對於堰塞湖淤積土砂量之評估分析、壩體沖刷與下游河道土砂運移趨勢評估、天然壩體未來演變趨勢與安定性評估分析等工作。

參考文獻

1. 錢寧(1991),「泥沙運動力學」,科學出版社。
2. 詹錢登(2000),「土石流概論」,科技圖書股份有限公司。
3. 經濟部水利署水利規劃試驗所(2004),堰塞湖引致災害防治對策之研究。
4. 行政院農業委員會水土保持局(2003),「水土保持技術規範」。
5. 林務局農林航測所,「中華民國臺灣地區像片基本圖」。
6. 交通部中央氣象局(2000),「專用氣象觀測站基本資料」。
7. 成功大學防災研究中心,福衛二號衛星影像。
8. 高橋保、匡尚富(1988),「天然壩破壞引致土石流規模相關研究」,京都大學防災研究所年報,31號B-2,p.610-615。
10. Schustet,R,L.and J.E.Costa 「A prespective on Landslide Dams」
In:Landslide Dams,Processes Risk and Mitigation,(Schuster ed.1986),pp1-20
- 11.水山高久;わかりやすい砂防技術(14)天然ダムによる河道閉塞とその対応、砂防と治水 38-1 (164) 112-114、2005
- 12.田畑茂清、水山高久、井上公夫;天然ダムと災害、古今書院
- 13.U.S. Army Corps of Engineers, “HEC-RAS Hydraulic Reference Manual” (2002).