



經濟部
Ministry of Economic Affairs

經濟部水利署南區水資源分署

112 年度曾文水庫大壩暨附屬結構安全檢查及 監測分析

委託技術服務

成果報告



經濟部水利署南區水資源分署

中華民國 113 年 2 月

摘要

曾文水庫位於嘉義縣曾文溪上游，民國 62 年 10 月 31 日完工，自開始蓄水營運至今已近 50 年，為台灣南部最重要的水資源設施，確保曾文水庫蓄水及營運期間壩體及其附屬設施之安全及穩定，為提供水庫下游民眾生命安全最關鍵課題。因此，經濟部水利署南區水資源分署研提「112 年度曾文水庫大壩暨附屬結構安全檢查及監測分析」委託技術服務計畫，於水庫營運期間持續辦理監測分析及相關現場檢查，評估水庫安全及設施狀況，以維本水庫營運期間之壩體安全性。

一、本年度水庫概況

本年度水庫最高(日期)、最低水位(日期)分別為 EL.230.07 m(2023/10/11)、EL.190.10 m(2023/05/25)，日平均水位約為 EL.204.77 m，水庫集水區累積年雨量為 2296.7 mm，最大日降雨量為 185.3 mm(2023/08/04)，本年度總計發生 4 次大雨等級降雨量(超過 80 mm/24hr)、無豪雨等級降雨量(超過 200 mm/24hr)，降雨日數約為 173 天。

本年度壩區有感地震事件發生 13 起，壩體最大震度為 4 級，為 9 月 15 日芮氏規模 5.5 震央位於嘉義縣新港鄉之第 065 號地震所引致，其餘地震事件震度均低。

二、計畫工作成果

本計畫工作範圍包括曾文水庫大壩主體、溢洪道、附屬設施(水工機械及機電設備)、鄰近邊坡及地滑區、防淤隧道及庫區內橋梁。本年度監測分析及檢查結果概述如下。

1. 大壩

本年度壩體內部水壓計所觀測的總水頭分佈經與滲流分析、蓄水早期的監測資料及鄰近水壓計行為比對，分佈趨勢大致正常。壩體各分區所測得水壓大致符合該分區應有行為，大壩滲流量無異常變化，滲流水質清澈無異常狀況。惟壩體心層內部部份水壓計觀測的水壓有起伏狀況，初步研判可能為水壓計管線老舊所引致，建議持續觀測。壩頂及壩面無沉陷情形。現場檢查顯示，壩頂、上下游坡面、右壩座、壩體與溢洪道交界處、以及大壩雜項填方等狀況大致良好，並未發現異常變位、滲水、裂縫、沉陷或隆起等異常情形。

2. 溢洪道

溢洪道上游引水路、弧型閘門閘墩、溢洪道鋼橋、堰體及洩槽等結構本年度檢查所見狀況良好。現場目視檢查 NO.1~NO.3 溢洪道閘墩、兩側側牆整體外觀目視檢查正常，無明顯磨耗、鋼筋裸露、銹蝕、穴蝕、滲漏水及剝落等影響溢洪道安全與排洪功能之狀況，過去已修補之裂縫無明顯開裂、延伸或錯動情形，整體結構安全及功能正常。溢洪道洩槽右側地下水水位井觀測得的水位穩定且均低於監測管理值，顯示並無影響堰體及洩槽安定的情形。

3. 附屬設施

本年度發電及永久河道取水口、永久河道放流口土木設施現場檢查狀況良好，汛期前辦理曾文水庫各項水工機械設施檢查結果顯示，溢洪道三道弧型閘門、發電進水口閘門、永久河道放水道各控制閘門、防淤隧道控制(弧型)及緊急維護(直立式)閘門等水工機械設施之吊門機、鋼索鼓輪、機械控制元件、油壓系統及油壓缸等機械設備目視狀況良好，無影響設備運轉之異常現象。固定式及移動式緊急柴油發電機空載試運轉測試結果功能正常，無影響設備運轉之異常現象。

4. 鄰近邊坡及地滑區

本年度壩區鄰近邊坡之監測儀器觀測及現場檢查結果，右山脊、梧棲溝地滑區及茅埔地滑區傾斜儀未有異常變位的情形，地下水水位均低於第五次安全評估訂立之管理值，研判邊坡安全穩定，惟茅埔地滑區右邊界道路路面及人行道有裂縫，現場研判非屬大規模或較深層之滑動，整體而言尚屬穩定。右山脊邊坡及其排水廊道、梧棲溝地滑區、取水斜塔鄰近邊坡、落水池周圍護坡及左側邊坡、一、二號導水隧道出口邊坡等狀況均大致良好穩定。蓄水區八德地滑區及泰山地滑區汛期前、後現場檢查並未發現有明顯進一步發展。

5. 防淤隧道

本年度防淤隧道進、出水口邊坡支撐及護坡設施，包括引水鋼管結構混凝土保護工擋土排樁及錨錠基樁、豎井上下方邊坡噴凝土護坡、出水口南北側邊坡地錨、噴凝土及排樁混凝土襯砌目視狀況均良好，惟出水口北側鋼便橋上方邊坡有零星岩塊掉落，邊坡保護工程進行中，未有立即危及邊坡安全的情形。防淤隧道汛期前檢查結果，本年度防淤操作最大放流量 600 cms，襯砌並未有受防淤操作、地震等外力引致產生的異狀，仰拱及側壁的抗磨層破損大部分已修復，惟閘門控制室混凝土

襯砌局部滲水，研判受庫區高水位影響，不影響結構整體穩定，整體防淤隧道結構物安全穩定。

6. 庫區內橋梁

本年度曾文二、三、四、五號橋以及大壩溢洪道橋梁、觀景樓人行橋梁、迎風橋狀況尚屬良好，無明顯影響橋梁使用功能之異常現象。

7. 監測儀器設備維護及檢討

本年度壩區監測設備大致上維持正常，惟防淤隧道振動感測器 VR001、VR002 及 VT001 因邊坡岩塊掉落造成儀器損壞及纜線斷裂，因前期亦有落石損傷儀器情形發生，故已規劃將儀器移設置不易被落石擊中區域。VT002~VT006 目前無監測資料，已洽廠商檢修中。

大壩、溢洪道、附屬設施、鄰近邊坡及地滑區、防淤隧道及庫區內橋梁整體狀況均大致良好，未發現有危及水庫蓄水安全及設施運轉的情形，大壩整體安全無虞。

關鍵字：曾文水庫大壩、安全監測分析及檢查

Abstract

Zengwen Reservoir was designed and built on the upstream of Zengwen River, Chiayi County, and was completed on October 31, 1973. Being the largest reservoir in Taiwan, Zengwen Reservoir is the most important water resource facility in southern Taiwan and has been operating for nearly 50 years since completion. To protect the residents downstream of the reservoir and maintain sustainability, ensuring the safety and stability of the dam and its affiliated facilities during the operation of the Zengwen Reservoir become the most critical issue. Therefore, South Region Water Resources Branch had proposed the technical service project, “Safety Surveillance, Inspection and Analysis of Zengwen Reservoir in 2023,” to continuously carry out the monitoring analysis and related field inspection to assure the safety of the dam.

The scope of the project includes the Zengwen Reservoir dam, the spillway, affiliated facilities(hydraulic machine and electromechanical equipment), adjacent slopes, landslide areas, the desilting tunnel and bridges in the reservoir area.

According to the results of monitoring analysis and field inspection, the seepage of the dam was stable and the water quality was clear, it is judged that the dam has no abnormal seepage behavior. Moreover, there are no subsidence on the crest, upstream and downstream slopes, and no unnatural conditions such as displacement, seepage, crack et al. Results showed that the dam is stable and secure.

The field inspection results of spillway were generally in good condition, no obvious new cracks or damages at the repaired cracks have been observed. The groundwater level on the right side of the spillway was lower than both the chute surface and the management value, no sign was found that could affect the stability of the chute and spillway.

Structures and hydraulic machines of affiliated facilities such as spillways, power generation intakes, permanent river discharge channels, and desilting tunnel were all in good condition and no clear evidence was observed that could affect reservoir safety and machine operation.

The surveillance results of slopes near the dam and four landslide areas around reservoir region were generally good, no obvious unstable signs such as cracks, displacement and shift have been observed.

Slope support and slope protection facilities on the inlet and outlet of desilting tunnel were in good condition and no obvious sign was identified which could affect slope safety and tunnel performance. No obvious lining anomalies had been identified in the desilting tunnel. Overall, the desilting tunnel is safe and stable.

According to the field inspection and D.E.R.&U. Evaluation Criteria, all bridges, including four bridges on Zengwen dam access road, dam spillway bridge and observation tower pedestrian bridge, had been assessed through its structure and functionality. The results presented that all bridges were generally in good condition and well functioning.

The monitoring instruments in the dam area has generally remained normal. However, the desilting tunnel vibration sensors VR001, VR002 and VT001 were damaged due to falling rocks and the cables were disconnected. Since there were also incidents of equipment being damaged by falling rocks in the perious years, it has been planned to Move the instrument to an area that is less likely to be hit by falling rocks. There is currently no monitoring data for VT002~VT006, and there is still no data returned after restarting. Plans have been made to ask the instrument manufacturer for repair.

In summary, the overall condition of the dam, spillway, auxiliary facilities, adjacent slopes and sliding areas, desilting tunnel, and bridges in the Zengwen Reservoir area were generally good. There is no immediate danger to reservoir storage safety and facility operation. The dam is overall stable and secured.

Keywords : Zengwen Reservoir dam, Safety monitoring analysis and inspection.

結論與建議

根據本期間執行曾文水庫之監測資料分析及現地安全檢查結果，大壩、溢洪道、防淤隧道及其餘附屬設施整體狀況均大致良好，未發現有危及水庫蓄水安全及設施運轉的情形。根據本期間工作成果，彙整結論與建議如后。

一、結論

1. 根據本期間大壩監測儀器觀測壩體滲流行為之結果，壩體內部觀測得總水頭分佈趨勢大致正常，壩體各分區所測得水壓大致符合該區功能應有行為，大壩滲流量水堰水量無異常變化，滲流水質清澈無異常狀況。惟部份水壓計測得歷時曲線有不穩定起伏情形，將持續觀察追蹤其後續變化。
2. 本期間溢洪道洩槽右側地下水位井觀測得的水位均低於洩槽底板表面，顯示並無影響堰體及洩槽安定的情形。
3. 大壩上下游壩面拋石、下游坡趾、壩頂道路等整體檢查狀況良好，壩體無明顯滑動、沉陷、位移及滲漏水等異常情況，惟左壩座發現有兩處淺層岩塊土石崩落，研判不影響大壩安全。
4. 溢洪道橋梁道路路面、橋梁墩座及 NO.1 至 NO.3 溢洪道洩槽底板、兩側側牆、戽斗及閘墩等整體檢查狀況均大致良好，過去已修補之裂縫無明顯開裂、延伸或錯動情形，NO.1 溢洪道閘門有漏水情形，造成三道溢洪道戽斗皆有淹水情形，惟無危及大壩安全疑慮，將定期檢查。
5. 落水池整體結構及左右岸護坡及擋土牆等整體檢查狀況均大致良好，層縫間植生已清除。
6. 發電出水路與河流放水道之斜依式取水塔、閘閥室及左右岸岩坡整體檢查狀況均良好。
7. 排水廊道內外部混凝土結構、襯砌整體檢查狀況均良好，惟部分廊道有排水孔堵塞及排水邊溝受碳酸鹽等結晶物沉積堵塞之情形。
8. 壩區周圍邊坡整體狀況均大致良好，僅第一導水隧道出口及防淤隧道出水口上方邊坡偶有淺層岩屑崩滑之潛勢，防淤隧道北側鋼便橋上方邊坡保護工程已完工，惟尚有局部裸露岩盤面具有岩屑崩滑潛勢，建議規劃辦理保護工程，目前尚無影響大壩及相關附屬結構物安全及運作之情形。

9. 右山脊道路、邊坡、排水設施、護坡及擋土牆整體狀況均大致良好，並無明顯沉陷、隆起、錯動及異常位移之狀況。
10. 梧棲溝及茅埔地滑區整體狀況均尚屬穩定，並無明顯沉陷、隆起、錯動及異常位移之狀況。茅埔地滑區左側道路路面重新鋪設處有局部斜向裂縫，地滑區右側道路及人行道有縱向裂縫，建議定期觀察，無立即危及邊坡安全之情形。
11. 防淤隧道進水口象鼻引水鋼管光纖光柵傾斜儀於去(111)年 7 月 5 日發生自動記讀回傳資料數據為 0 的情況，儀器廠商已於今(112)年 5 月 30 日重新修復纜線，目前所有儀器皆已恢復連線；另已於象鼻引水鋼管上方結構新增 4 組位移觀測稜鏡，以輔助象鼻引水鋼管監測，由位移觀測結果及現場目視檢查混凝土等結構物並無異常情形，研判象鼻引水鋼管結構尚屬穩定。
12. 防淤隧道中間柱鋼筋應力計及混凝土應變計觀測資料，觀測量值均小於防淤隧道安全維護手冊建議之管理值，本年度新增 4 處微變位斷面監測，微變位監測成果未有明顯變位情況，中間柱尚符合功能需求及整體狀況安全無虞。
13. 河道放水道取水塔現場目視檢查成果整體設施狀況均大致良好。
14. 防淤隧道進出水口邊坡，包括進水口地表閘室上方邊坡、閘室基礎及下方邊坡、引水鋼管結構混凝土保護工擋土排樁及錨錠基樁目視狀況良好，豎井上下方邊坡噴凝土護坡完整無裂縫；出水口南北側邊坡地錨、噴凝土及排樁混凝土襯砌目視狀況良好，未有立即危及邊坡安全的情形，惟出水口北側鋼便橋上方邊坡有零星岩塊掉落，保護工程進行中。

二、建議

根據本期間工作成果，相關建議事項如下。

1. 防淤隧道振動感測器 VR001、VR002 及 VT001 因岩塊掉落造成儀器損壞及纜線斷裂，因前期亦有落石損傷儀器情形發生，故已規畫將儀器移設置不易被落石擊中區域，預計設置位於維護隧道出口處鋼便橋下方邊坡及鋼便橋保護工之下方邊坡。
2. 防淤隧道振動感測器 VT002~VT006 目前無監測資料，已洽請儀器廠商進行檢修。

建議事項辦理情形

類別	位置	建議內容	保全對象	狀況等級及改善迫切性	辦理情形
監測儀器	防淤隧道	(a) 防淤隧道振動感測器 VR001、VR002 及 VT001 因邊坡岩塊掉落造成儀器損壞及纜線斷裂，前期亦有落石損傷儀器情形發生。 (b) 防淤隧道振動感測器 VT002~VT006 目前無監測資料，重新開機後仍無回傳資料。	防淤隧道	建議修繕計畫改善	(a) 已規劃將儀器移設置不易被落石擊中區域。 (b) 已洽請儀器廠商進行檢修。

改善優先次序依「水利建造物檢查及安全評估技術規範-蓄水與引水篇」(民國 109 年 12 月)規定，分為立即改善(建造物損壞並致影響其功能)、限期改善(建造物局部損壞、應防止其損壞擴大者)、計畫改善(建造物已顯現缺陷或經評估需改善其功能或年久須維修者)三類。