



阿公店水庫 第四次定期安全評估



經濟部水利署南區水資源局

中華民國 109 年 8 月

結論與建議

結論

一、地質與地震

(一)地質

阿公店水庫集水區出露地層包括中新世烏山層、古亭坑層、更新世崎頂層、大崗山石灰岩、全新世阿公店層、台南層、階地堆積層、沖積層。以古亭坑層、崎頂層及階地堆積層佔有集水區最大面積，主要岩性為塊狀泥岩及細粒砂岩。集水區鄰近之地質構造，褶皺構造包含南安老向斜，阿公店水庫位於向斜西翼，地層大多朝東南和緩傾斜，傾角約10至25度之間；斷層由東向西包括深水斷層(屬於旗山斷層南段)、旗山斷層(屬第一類活動斷層)、車瓜林斷層、古亭坑斷層、小岡山斷層(屬第二類活動斷層)。蓄水區地層主要為崎頂層與階地堆積層，易風化及受雨水侵蝕，蓄水區邊坡若無植被保護易形成蝕溝及局部崩塌。水庫壩址位於全新世台南層及階地堆積層上，岩層主要由泥岩、泥質砂岩及膠結不良之砂岩互層組成，厚度約在20~30公尺，下覆地層為更新世崎頂層；根據過去壩址區域鑽探成果，於舊阿公店溪河道(大壩里程0k+600m~ 0k+700m)分布較厚覆蓋層中曾鑽遇砂層，研判該處下方砂層為造成下游滲漏的原因之一。

(二)設計地震

- 1.本次評估以小岡山斷層為控制斷層，與壩址最短距離為2.4公里。
- 2.阿公店水庫最大設計地動採用值為MCE之地動值0.62g。其餘DBE與OBE(機率法)之分別為0.45g、0.38g，對應之水平地震係數分別為0.19、0.15及0.15。垂直向地震係數取水平向之2/3比例折減。
- 3.人工合成加速度歷時係以霧峰國小(TCU065)測站之921集集地震強震資料，採RSPMATCH程式進行吻合小岡山斷層之設計反應譜，作為壩體動態分析所需之輸入振動。

二、水文分析與排洪安全

(一)設計洪水

本計畫建議阿公店水庫之設計洪水仍採用原規劃設計洪水1,852cms，並依此可能最大洪水1,852cms作為後續水理演算條件。

(二)水庫排洪演算

起算水位以EL.26.00m(空庫防淤期)及EL.32.00m(蓄水運用期)，計算結果顯示達水庫最高水位歷時皆約為16.5小時，求得最高洪水位分別為EL.40.38m及40.65m。

(三)壩體出水高

當在最高洪水位條件下出水高度略有不足(15cm)，惟若將大壩上游側與混凝土或漿砌咕佬石護坡共構之60公分高胸牆納入出水高考量，阿公店水庫之出水高足夠。

(四)水庫淤積評析

民國107年9月淤積測量結果顯示，阿公店水庫自更新改善後總蓄水量已減少327.216萬立方公尺，淤積率達17.81%，年平均淤積量為25萬立方公尺，未來有效壽齡為55年，淤積主要係因濁水溪流域上游之裸露崩坍地及惡地之土壤受降雨沖刷搬運至庫區。

阿公店水庫更新改善後至107年度間，除依據水庫防洪操作原則執行外，亦將影響下游居民財產及生命安全之阿公店溪河防安全納入考量，故防淤成效有限。第六河川局於107年已依據治理計畫達成阿公店溪下游河防標準，本局亦於108年度修訂阿公店水庫運用要點(新增空庫防淤運轉章節)，並落實空庫防淤操作。比較107/09與108/09測量成果，阿公店水庫總蓄水量增加12.667萬立方公尺，庫區地形高度平均降低約-0.04公尺，已有效遏止入庫泥砂落淤。

三、監測資料分析與主體結構安全

(一)安全監測系統評估

1.各儀器外觀箱體皆完整良好，除WLE-04讀值飄移外，餘各量測

設備皆可正常量測，且無損壞或鬆動之情事。

- 2.自民國95年7月迄今，壩頂上、下游側量測得之累積沉陷量最大分別為2.1cm及3.7cm；回歸分析最近一年之年沉陷增量皆未超過國內外文獻建議之沉陷容許值(10mm/年以下)，顯示壩體垂直變位已趨於穩定。
- 3.依歷年量測結果可知，傾斜觀測管A軸(滑動方向)之總偏移量除明顯滑動或淘空導致有較大變位發生外，當發生較大變位時經當月之現場檢查皆無發現坡面有滑動之異狀，且持續增加之趨勢，故推測應為儀器之誤差，而非壩體本身之變位。
- 4.以WQR-03監測壩體滲流量，惟因WQR-03設置位置易受淤砂影響，本局於颱風豪雨事件後，現場檢查淤砂若影響量水堰功能即立即辦理清淤，以維其監測功能。
- 5.綜合各監測儀器之觀測結果顯示，大壩壩體目前應屬穩定，將於安全檢查及監測分析乙案中持續觀察。

(二)壩體結構安全

- 1.大壩上游面植生及塊石護坡狀況良好，無發現明顯裂縫、滑動、凸起、下陷等異常現象。左副壩木棧道土石袋填補處，附近有孔洞，已鋪設土石袋，避免降雨持續刷深。
- 2.大壩下游0K+900m處於民國107年8月23日大豪雨後發生局部淺層滑動，經本局緊急搶修後，目前並無發現持續滑動之跡象，建議於定期檢查乙案中持續追蹤觀察。
- 3.壩頂道路檢查結果發現無異常沉陷情形。惟瀝青混凝土路面有多處平行及垂直裂縫，研判多為舊有裂縫，多處填補修繕後無發現明顯擴大。
- 4.左右壩座現況尚屬良好，無發現異常變形、裂縫、隆起或滲水等現象。
- 5.壩體靜態、仿靜態安定分析演算成果顯示安全係數皆達設計之最小安全係數要求。
- 6.水庫震後壩體及壩基有效應力均屬壓力作用，無液化情形產生。
- 7.依據動態分析結果，最大水平位移約為1.426公尺，壩體最大沉

陷為1.45公尺，顯示正常滿水位情況下遭遇設計地震之地動時出水高度仍足夠。

- 8.於0K+425m：由BH-1鑽探成果與0k+425m地質剖面，推測大壩上游側下方土層未發現砂層，且下游側地表覆蓋黏土層，顯示發生滲漏可能性較低。
- 9.於0K+625m：0K+625m依水中地電阻探測成果，推測水壩上游側下方應存在有一層延續性良好之泥層，推測目前已探測範圍內無滲漏問題。
- 10.於0K+700m：以BH-2鑽探成果套疊0k+700m地質剖面及水域地電阻檢測成果，推測大壩下方之疏鬆砂層水平延伸至大壩上游側，庫水於上游處滲入拋石下方砂層、沿著水平砂層傳輸，至下游側砂層出露處滲出；若壩址下游滲流量增加，則應對0K+700m處進行詳細調查。

四、操作運轉與警報系統

(一)操作運轉

- 1.阿公店水庫操作運轉主要依據運用要點與水門操作規定辦理，上述兩者分別於民國108年10月22日進行修正。
- 2.參考阿公店水庫管理中心操作營運紀錄顯示，水庫防洪運轉皆依運用要點及水門操作規定辦理調節性放水、空庫防淤運轉、防洪運轉等操作。

(二)警報系統

- 1.阿公店水庫之警報系統皆由專業廠商每月定期保養與檢查1次。
- 2.警報系統有效距離、電源供應與維修保養之評估結果均屬正常合宜。

五、蓄水範圍周邊穩定

水庫蓄水區邊坡為崎頂層與階地堆積層，坡面平緩且植被茂密，邊坡大致完整；局部邊坡則有小規模蝕溝及淘空跡象(本局已邀集本局高雄市政府會勘，市府將規劃後續改善措施)，綜觀全區無大規模崩塌情

形。

六、潰壩演算及災損評估

(一)當雨天潰壩時，依潰壩模擬結果顯示淹沒範圍包含高雄市燕巢區、岡山區、阿蓮區、路竹區、梓官區、橋頭區、永安區與彌陀區等，合計共8區。

(二)災損評估

- 1.受災人口：潰壩可能受影響之總人口數約為57,300人。
- 2.經濟損失：若發生潰壩，可能導致農業損失約新台幣138百萬元、漁業損失約新台幣537百萬元、工商業資產損失約新台幣44,630百萬元，產值損失部份約新台幣18,577百萬元。
- 3.文化資產損失：應不會對文化資產造成影響。
- 4.生態環境損失：無稀有生態之破壞，但原有之生態環境仍受影響而產生破壞及改變。
- 5.潰壩災害潛勢：經本計畫評析應屬嚴重等級。

七、潰壩緊急應變計畫

- (一)當緊急狀況發生時，水庫本局須依緊急應變計畫辦理，依緊急程度(警戒或緊急狀況)採取不同措施。
- (二)計畫內容包含警告警報系統設施、緊急處理計畫、緊急通知計畫、疏散安置計畫、搶修及修復器材之儲存與供應計畫及人力動員計畫等。

八、其他重要設施安全

(一)附屬結構物

1.豎井溢洪管

豎井溢洪管兼排砂道結構可分為喇叭口、閘門門框、開渠側牆、底版及下游河道等，除河道中有局部淤積及植物生長外，並無發現異狀。

2.取出水工

取水塔之庫水面以上部分、分水工結構及分水工上方坡面樓

梯皆無異狀，整體結構良好；橋面版與橋墩無異常現象，聯絡橋梁之鋼梁亦無變形與鏽蝕等情形，整體結構完整良好。

3.越域排洪道

- (1)引水渠左右兩岸混凝土堤防存有局部破損及裂縫，現場目視並無異常之情形；溢流堰堰面施工縫發現滲水並有植物生長，而滲水部份可能為接縫內之水封失效，但目前情況輕微，尚不致影響結構安全。
- (2)排洪隧道異狀管理中心已於民國107年底完成修繕工程，修繕成效良好，將於定期檢查乙案中持續追蹤觀察。
- (3)本計畫檢測區段之疏鬆區大都發生在深度約0.3~2.9公尺處，評估暫不影響越域排洪道安全，但於定期檢查案持續追蹤觀察。
- (4)本計畫僅針對裂縫寬度較大之位置進行檢測，結果顯示裂縫深度範圍約3~7公分。經查竣工圖說，鋼筋保護層厚度為10公分，顯示混凝土保護層目前仍足以保護鋼筋不受侵蝕，未來將由安全檢查案持續追蹤裂縫深度之發展。
- (5)溢流堰之結構安定分析結果顯示，在不同載重組合下，其抗傾、抗剪滑及抗浮之安全係數均大於規範訂定之安全準則值，故可研判阿公店水庫溢流堰結構屬安定之情況。

4.越域引水路

- (1)於里程 7K+465m~490m 右側壁，7K+465m~490m 仰拱，7K+465m~490m 左側壁，9K+820m~875m 右側壁及 9K+820m~875m 左側壁發現疏鬆區大都發生在深度約0.3~2.8公尺處，擬於越域引水路水利建造物檢查及安全評估案辦理詳細調查。
- (2)7K+474m~+7K+483m於深度約0.3~0.9公尺，有一層強反射現象，強反射層下方訊號有衰減，強反射層下方含泥量較高，並且仰拱有隆起現象，推測下方有地質弱帶存在，擬於越域引水路水利建造物檢查及安全評估案辦理詳細調查。
- (3)經檢測五處裂縫，其深度約為6~9公分，經查竣工圖說，鋼筋保護層厚度為15公分，顯示混凝土保護層目前仍足以保護鋼筋不受侵蝕，將於定期檢查乙案中持續追蹤裂縫深度之發展。

(二)水工機械

1.豎井溢洪管

溢洪管因防護閘門位於渠道內無法進行目視檢查，其餘水工機械設施目視檢查正常；檢查當日配合本局水源調配控制閘門進行運轉測試，防護閘門運轉測試結果正常；避雷接地測試及設備接地測試測試結果正常。

2.取出水工

因部分設備位於渠道中或沒於水中，故僅就水面上可視之設備進行目視檢查，除自來水閘門水封劣化外，其餘水工機械設施檢查結果正常；檢查當日配合機關水源調配，僅對自來水閘門及灌溉閘門進行試運轉測試，運轉測試結果正常；避雷接地測試及設備接地測試測試結果正常。

3.越域引水路

水工機械設施檢目視查結果正常；閘門運轉測試結果正常；避雷接地測試及設備接地測試測試結果正常。

閘門應力分析採有限元素軟體MIDAS Civil。取出水工排砂閘門、灌溉閘門、自來水閘門、旺萊溪放流口制水閘門、放水閘門及圓潭子分水工控制閘門載重比均不大於1.33，其載重形式皆屬正常載重控制；圓潭子分水工引水隧道閘門載重比為1.39，載重形式屬異常載重控制。本次分析各閘門承受之應力強度及變形撓度亦均在容許範圍內，據此研判閘門之受力情況及變形撓度均在安全範圍內。

建議改善事項

類別	項目	建議事項	備註	預計辦理期程
立即改善	-	-	經過本次安全評估結果，阿公店水庫目前並無危及水庫安全或影響營運，而須辦理之限期及立即改善事項。	-
限期改善	-	-	-	-
計畫改善	大壩	若壩址下游滲流量增加，應對0k+700m處進行詳細調查。		每年度檢查監測案已將0k+700m處列為重點區域，並於地震四級、集水區24小時累積降雨350公釐以上時加強檢查。
	水庫淤積	以集水區源頭之保育治理，配合空庫防淤操作效率提升(降低空庫蓄水高程、提高放淤流量與人工槽溝挖掘)及庫區機械清淤等方式，維持既有庫容，進一步恢復更新改善後庫容，確保阿公店水庫之永續經營。	「人工槽溝挖掘」及「機械清淤」方式攪動水庫底泥時，應避免造成水庫底泥破損，致使提高水庫滲漏風險。	自108年度起空庫防淤措施已依建議實施，集水區保育治理業確實辦理。
	監測系統	針對大壩下游滲水區水位觀測井之自動記讀數據應及時回傳監控室，以利掌握滲水變化行為。	本局已進行相關即時回傳系統之規劃，並逐年辦理改善。	自108年度起已逐年編列經費改善。
	蓄水建造物分級	經前次及本次安全評估分析潰壩災害潛勢皆屬嚴重等級，阿公店水庫建議調整為第一級蓄水建造物。		待本計畫核定後，將提報主管機關。

說明：

建議事項依照重要性，分為3種等級；分述如下：

(一)立即改善—建造物損壞並至影響其功能者；或其他應立即改善事項

(二)限期改善—建造物局部損壞，應防止其損壞擴大者；或其他應限期改善事項

(三)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需維修者；或其他計畫改善事項