

摘要

本報告為「103 年度阿公店水庫大壩安全檢查及監測分析」計畫工作之成果，內容包括六個章節及結論與建議，章節內容分別概述如下：

一、前言

阿公店水庫位於高雄市燕巢區境內，自民國 42 年興建完成迄今已營運 61 年，為確保蓄水及營運期間壩體之安全及穩定，故每年度即利用大壩埋設之監測儀器，進行定期或不定期安全檢查，並針對檢查結果作為安全性之初步評估參考，同時用以維護營運期間之壩體安全性。

主要工項為大壩安全監測分析、大壩安全檢查、大壩行為及安定性評估、安全監測儀器之作業檢討及監測儀器系統維護等四項，同時蒐集前兩年度之相關成果及建議，作為增加對大壩性能及行為的瞭解與掌握。

二、阿公店水庫及相關監測儀器基本資料

阿公店水庫大壩主要基本工程佈置設施可分為大壩、溢洪管、取出水工、越域排洪道及越域引水路等各種設施。安全監測儀器包括孔隙水壓計、自記水位計及水位觀測井、量水堰、傾斜觀測管、沉陷觀測點、及地震儀等監測儀器，其佈設數量如表 1 所示。

表 1 阿公店水庫大壩監測儀器及數量

儀器種類	埋設位置(代號)	監測項目	數量	監測目的
孔隙水壓計	壩體及壩基(WPE)	壩體、壩基孔隙水壓	30	觀測壩體、壩基水壓變化與驗證滲流行為
水位井	壩體及水庫下游發生滲漏位置(WLE、C、BH、CL)	地下水位高程	25	監測下游水位量是否異常升高
地震儀	壩頂、壩基(ED)	地震強度資料	3	觀測壩體與壩基動態特性
傾斜觀測管	壩上、下游側坡內(SDE、K)	壩體內部水平位移量	11	觀測壩體水平向變位行為
量水堰	下游曾發生滲漏地點及下游溝渠集流出口處(WQR)	滲漏量	2	監測壩體滲漏情形
沉陷觀測點	壩頂左右兩側(SOP)	壩頂垂直位移量	26	監測壩頂表面沉陷量

三、大壩監測儀器檢討及監測成果

今年度 10 月份之月檢查成果中，阿公店水庫大壩監測儀器目前以水壓計損壞數量約 13 只，異常數量約 1 只，其餘儀器並無損壞情形，數量詳如

所表 2 所示。

今年度量測結果顯示，水壓及水位之監測成果於 0K+280、0k+425、0k+700、1k+100、1k+500 等五處監測斷面，量測資料並無大於儀器量測警戒線，且數值起伏幅度與水庫水位成正相關；量水堰之量測成果仍須加以釐清數據來源及進行相關改善；壩頂沉陷點及壩體上下游坡面傾斜觀測管量測，最大壩體沉陷量為 8mm 及最大偏移量 9.32mm。

表 2 阿公店大壩監測儀器現況表

儀器種類	儀器數量	異常	故障	可供評估	說明
大壩水壓計	30	1	13	16	WPE-06、08、10、12、14、16、18、20、21、22、23、26 及 30 故障 WPE-1 異常
大壩水位計	25	0	0	25	
沉陷觀測點	26	0	0	26	無異常
量水堰	2	0	0	2	
傾斜觀測管	11	0	0	11	無異常
地震儀	3	0	0	3	無異常

四、大壩安全檢查工作及成果

據今年度 12 月現場檢查成果中，阿公店水庫大壩、周遭環境及附屬結構物(包括溢洪管、取出水工及越域排洪道三個設施)，檢查成果分別敘述如下：

大壩壩體：大壩壩體上游坡面植生及塊石護坡狀況良好，坡面穩定且無因水位升降而產生之明顯裂縫、滑動、凸起及下陷等異常現象，惟仍有局部零星孔洞及沖蝕溝；大壩壩頂現狀況良好；大壩下游坡面僅 1 處坑洞。

周遭環境：共計有八處滲水點，主要位處於大壩里程 0K+475~0K+825 之區段下游處，迄今並無新增滲水點，環湖道路五處損壞點，已於 10 月份全數改善。

溢洪管：僅閘閥室下方閘門處有水洩漏而出，其餘部分(包括進水喇叭口、閘門門框混凝土、開渠側牆、底版及下游河道等 5 處)並無損壞，狀況良好。

取出水工：主要為取水塔、分水工結構、聯絡橋樑狀況良好。

越域排洪道：引水渠有錯位、沉陷、混凝土破損、裂縫等相關損壞情形；溢流堰狀況良好；排洪隧道有混凝土剝離及裂縫等損壞；靜水池則有輕微淤積的情形。針對排洪隧道的損壞，業已擬定修復工法。

修復工法：分別針對越域排洪道內之損壞方式，初步擬訂兩種修復工法，分別為裂縫修補及混凝土剝離修復兩種。

五、大壩行為及安定性評估

(一)、今年度之安全檢查及監測成果分析

今年度迄今之檢查成果，並無影響大壩安全性之情形。

(二)、阿公店水庫壩基滲流情形

另參考 101 年及 102 年度阿公店水庫大壩安全檢查及監測分析及其他相關參考文獻，針對阿公店水庫大壩壩基滲流問題，先採用監測儀器水壓量測資料搭配現場水位井量測資料，繪出大壩下游水頭分佈狀況，再搭配滲水點現場勘查資料，參考地質圖，推估繪製可能滲流方向，以便後續改善規劃之用。

綜合四個時期之水頭分佈圖，可以看出當隨著水庫水位的水量變化，其最高水頭亦會隨之產生變化，而當水庫水位較高時，則滲流之速度略微變快，但因阿公店水庫壩體本身有設置截水牆，故滲流速度增加幅度有限，並不會影響阿公店水庫之安全性。同時亦可看出，滲流方向會隨地形而產生不同變化情形，方向主要為東北-西南向及東-西向情形。

參考歷年大壩下游區滲水狀況及現地檢查紀錄，可繪製四種滲流類型，而針對滲水類型進行評估，阿公店水庫週遭滲水點對水庫大壩並無立即性危害，多屬大壩壩基自然解壓滲出，惟部份滲水點尚有土砂攜出之情形，雖現況無明顯土砂堆積之情形，但建議應持續定期觀察並拍照記錄，後續交叉比對用以了解是否有現況改變之情形。

(三)、水庫潛在破壞機制

阿公店水庫屬於土石堆填壩，其可能產生之損壞行為，如下所示：

1. 上游邊坡產生滑動或淘空等重大邊坡破壞情形，導致大壩壩體產生破壞。
2. 下游邊坡產生滲漏、而導致產生管湧，進而破壞大壩壩體。

3. 沿溢洪管、輸水管線、壩座交界面或混凝土接觸面等集中滲流所造成之內部侵蝕或管湧，進而破壞壩體。

4. 因地震造成壩體開裂或土壤液化等情形，而導致破壞。

5. 因豪雨或颱風，導致水壓力激增而造成壩體表面之滑動破壞。

阿公店水庫儀器監測及安全檢查成果中，雖有部分損壞情形外表符合表列之特徵點，惟進一步進行探討後，發現其並非符合後續會產生破壞之特徵，而係因大壩其他原因所造成，如壩頂工程、降雨影響、儀器損壞等非人為因素所引起，經與專家討論後，發現僅需經維護更新即可，其對阿公店大壩並無產生安全性之危害。

另本團隊亦回饋有包括設置水位觀測井、大壩資訊系統、無人載具空拍、溢洪管水下攝影及大壩變位，檢查結果皆顯示無大壩安全性之危害。

六、 監測儀器設備及作業檢討

(一)、 監測儀器設備總檢討

阿公店水庫更新改善完工迄今已達8年，經現場檢測結果，大壩監測儀器因使用期限較長、電壓不穩定及老舊磨損等原因，部分儀器已損壞，為確保仍有安全監測功能，須辦理儀器更換或修復，惟儀器管口密封，且抽換有造成大壩擾動之虞，故直接予以報廢。

1. 地下水位觀測

已裝設25處，分別設置於壩體與水庫下游。

2. 大壩水壓觀測

裝設於壩基之水壓計共裝有11處，主要分佈於0K+280(WPE02、04、06、07)、0K+700(WPE16、18、20)、1K+100(WPE23、25)、1K+500(WPE28、30)等斷面；經各月檢測結果發現，WPE06、16、18、20、23及30感測器已故障。

3. 壩心水壓觀測

目前僅0K+425心牆上下游設有2只水壓計(WPE-09、WPE-11)，可作為驗證混凝土心牆之阻水效果，因混凝土心層鑽孔風險過高，故不建議新增安裝。

4. 滲流量觀測

阿公店水庫設置有兩處量水堰，分別為設置於0K+700下游，曾發生

滲漏處之WQR-01；下游渠道集流出口處之WQR-03兩處，其觀測資料仍須待後續長期量測後，方可歸納作為參考。

5. 滲流水濁度觀測

阿公店水庫並未設置滲流水濁度觀測儀器，另目前中科院汪中和老師現正辦理水庫滲流水水質監測，建議未來可配合相關成果檢討。

(二)、大壩量水堰檢討

阿公店水庫設置有兩處量水堰，分別為設置於 0K+700 下游曾發生滲漏處之 WQR-01，及下游渠道集流出口處之 WQR-03 兩處。量水堰 WQR-01 因裝設高程明顯高於滲漏路線，且下游已有滲水情形，加上該堰易遭土砂淤積阻塞，已嚴重影響量水堰測值之代表性，故監測值僅供參考；WQR-03 受設置環境因素影響，主要集水區域可分為三個，集水區水源計有民生污水、灌溉用水、地表逕流水、地下水、及大壩壩基滲水等五種來源，其中又以壩基滲水及地下水有持續匯入溝渠之中，平時量水堰流量主要來源係為此兩類型。

WQR-03 主要的問題有兩項，分別為現場泥沙淤積及數據後續分析兩項，可分別針對其採用泥沙淤積改善方式(短期清淤及長期改善)及數據改善方式(長期觀測及分段量測)，以作為 WQR-03 之改善方式。

(三)、監測儀器觀測頻率檢討

一般監測頻率約為每週一次至每三個月一次不等(USBR, 1987)。鑑於阿公店水庫大壩竣工迄今屆 60 餘年，壩體行為趨於穩定期，且監測儀器多以採自動監測包含孔隙水壓計、水位井、量水堰及地震儀，僅傾斜觀測管及沉陷觀測點採人工量測，其量測頻率採每月 1 次，已符合「蓄水庫構造物管理基準，80.06」之規定及 USBR1987 訂定最小觀測頻率(營運期水庫一般監測頻率約為每週一次至每三個月一次不等)，故建議維持現狀即可

若當水庫水位高漲達以往未有之水位高度、發現異常滲漏量或位移量、有地震活動後等狀況則仍需提高監測頻率，以維護大壩之安全。

關鍵字： 阿公店水庫、大壩、土石壩、安全檢查、安全監測