

大壩安全監測與檢查結合 QGIS 應用案例之初探

Preliminary Study on the Application of QGIS in Dam safety Monitoring and Inspection

邱顯晉¹

S.J., Chiou

高憲彰²

H.C., Kao

蔡明欣³

M.S., Tsay

鄭仁嶽⁴

J.Y., Cheng

摘要

歷年來台灣水庫大壩安全監測與檢查資料極為豐富，惟此類重要資料極少與 GIS 結合，於空間資訊之應用上仍待提昇。自由軟體 QGIS (Quantum GIS) 為中文化介面、免費及開放的地理資訊系統，可整合不同坐標系統及 CAD/GIS/RS 圖資，且支援 GPS 工具等外掛模組。若能運用 QGIS 有效整合大壩安全監測與檢查等空間資訊，將有助於大壩安全管理與評估工作。因此，本研究嘗試以 QGIS 軟體及技術，初步整合阿公店水庫大壩及安全監測與檢查資料，以及套疊不同坐標系統 CAD/GIS/GPS 等圖資，實務探討免費 GIS 軟體建置大壩安全監測與檢查資訊之成效，以及其空間資料處理功能，藉以降低軟體成本及圖資轉換等門檻，擴展大壩安全監測與檢查結合空間資訊之應用能力。

關鍵詞：阿公店水庫、大壩安全監測、GIS

Abstract

Over the years, Taiwan's dam safety monitoring and inspection data were very rich, but such important data were seldom combined with Geographic Information System (GIS). Quantum GIS (QGIS) is a free and open source desktop GIS application that provides the Chinese interface and plug-ins, and it can integrate different coordinate systems and CAD/GIS/RS/GPS map data. This study adopts QGIS software technology to integrate A-Kung-Tien dam safety monitoring/inspection data and different spatial data. Through the practical application to explore the effectiveness of free GIS software, and expect to reduce the software costs and map data conversion threshold for expanding the application capability of dam safety management combined with geospatial information.

Keywords: A-Kung-Tien Reservoir, Dam Safety Monitoring, GIS

¹ 財團法人中興工程顧問社研究員

² 財團法人中興工程顧問社副理

³ 財團法人中興工程顧問社研究員

⁴ 經濟部水利署南區水資源局副工程司

一、前言

目前台灣地區蓄水建造物設施達百餘座，因颱風豪雨及地震頻繁，水庫之安全極有賴於定期與不定期之安全評估作業。尤其，大壩安全監測及檢查更為水庫安全評估中重要的一環。由於目前大部分水庫使用迄今業已數十年以上，大壩既有安全監測儀器之種類、數量及檢查資料繁多，且可能存在各項基本資料更新及分屬於不同區域情形。再者，過去常以 CAD 圖資與文字資料呈現大壩各項設備及監測儀器的布置情形，較缺乏大壩及其監測儀器基本資料之空間屬性與分析處理功能，以致水庫大壩安全監測及檢查等歷年來資料雖極為豐富，惟此類重要資料極少與地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)結合，使得大壩監測及檢查結果常缺乏空間特性，於空間資訊之應用上仍待提昇。

此外，以往因受限於 GIS 軟體昂貴，以及經常面臨不同 GIS 版本格式與資料交換等問題，更可能遭遇前、後期不同坐標系統及現地檢查 GPS 圖資轉換等課題，間接形成採用 GIS 軟體的阻力。也因此對於大壩的行為特性與影響因素之評估，通常多以傳統方式表述，較缺乏可視化的整體資訊來輔助理解與研判，使得管理人員需花費更多時間與精力於管理作業。整體來說，若能運用 GIS 自由軟體改善上述情形，有效整合大壩安全監測及檢查等空間資訊，輔助研判監測儀器及檢查之重點與規劃，將有助於水庫大壩安全管理實務。為此，本研究嘗試以自由軟體 QGIS 及技術，初步整合阿公店水庫大壩及其安全監測與檢查資料，套疊 CAD/GIS/RS/GPS 等不同坐標系統的圖資，實務探討免費 GIS 軟體建置大壩安全監測與檢查資訊之成效，以及其空間資料處理功能，期望能降低 GIS 軟體成本及圖資轉換等門檻，藉以擴展大壩安全監測與檢查結合空間資訊之應用能力。

二、阿公店水庫大壩與監測儀器簡介

阿公店水庫位於高雄縣燕巢鄉、岡山鎮與田寮鄉交界之阿公店溪上，壩址位於阿公店溪支流濁水溪與旺萊溪兩大支流交會處，於 1942 年開始築壩，目標以防洪為主，兼具灌溉、水源供應功能，由於受到第 2 次世界大戰的影響，工程持續到 1953 年方才完成，成為台灣唯一以防洪為主要標的之水庫，且為第 1 座多目標水庫(中興工程顧問股份有限公司，2010)。自 1953 年完工後運轉以來，水庫因集水區地質條件日漸淤積(蔡光榮等人，2006)，影響重要設施與下游民生安全，因此，經濟部水利署南區水資源局積極辦理壩體改善與越域排洪道增建等工程，2006 年更新後成為國內第一座大規模改善之水庫，同時強化防洪與防淤操作，提供穩定農業灌溉用水，藉以提昇水庫之永續利用。阿公店水庫之位置如圖 1 所示。

阿公店水庫營運至今已逾五十餘載，其大壩包括主壩及左、右副壩，主壩為中央混凝土心牆滾壓式土壩，長 250 m，壩頂標高 42 m，最大壩高 31 m，壩頂寬度 8 m；副壩為黏土及抱土心牆滾壓式土壩，右副壩長 300 m、左副壩長 1,830 m。

目前大壩現有設置之監測儀器設施主要分佈於大壩及下游區域，監測項目包括孔隙水壓計、自記水位計、水位井、傾斜管、沉陷點、量水堰及地震儀等。各項監測儀器與設施之監測方式如表 1，大壩主壩剖面及監測儀器設置圖如圖 2 所示。



圖 1 阿公店水庫之位置圖(結合中油地質圖；以 QGIS 製作)

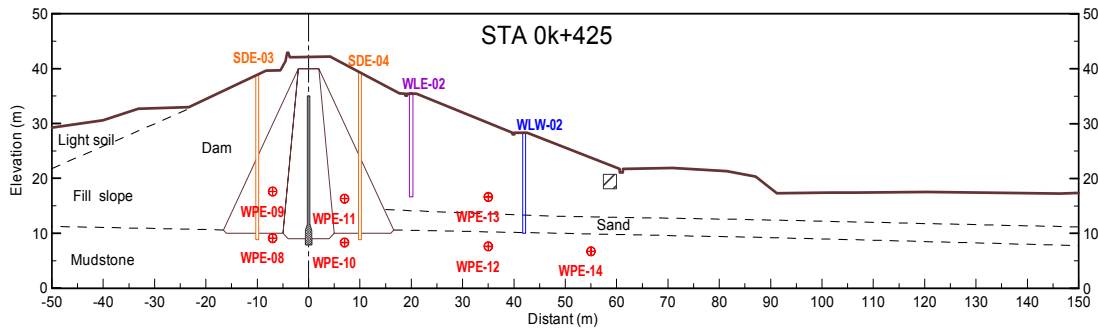


圖 2 大壩主壩剖面及監測儀器設置圖

表 1 監測儀器及監測方式

儀器名稱	簡稱	監測方式	測讀原理	目的
孔隙水壓計	WPE	自動監測	應變規	埋設於壩體及下游坡面內，可自動監測壩體內與基礎之水壓變化，供壩體穩定性評估。
自記水位計	WLE	自動監測	應變規	分佈於壩體及水庫下游曾發生滲漏位置或地球物理探測之含水量較高處，以監測該處水位變化。
水位觀測井	WLW	人工量測	電感式	量測水位之管狀設施，利用手持式感應器以人工方式量測，可瞭解壩體及壩趾下游地下水水位之變化。
地震儀	ED	自動監測	加速度型	監測地震發生時之壩體受震行為，可作為大壩地震動態分析與評估之用。
傾斜觀測管	SDE	人工量測	加速度 伺服式	量測壩體上、下游邊坡是否有變位，利用傾斜儀以人工方式量測。
量水堰	WQR	自動監測	—	設置於下游區滲水處，以持續自動監測其滲漏情形。
沉陷觀測點	SOP	人工量測	—	沿壩頂道路兩側每 100 m 或 200 m 佈設一處，每處設有 2 個沉陷點，定期利用人工量測方式量測沈陷量。

三、GIS 系統架構與內容

3.1 QGIS 簡介

一般的地理資訊系統(Geographic Information System, GIS)為管理與決策支援的良好工具，但使用者在應用上常需耗費許多時間與經費以整合不同來源之資料(詹進發, 2009)，因此如何選取較低成本及良好工具，確為吾人在工程實務領域之基本考量。QGIS (Quantum GIS)是一套免費的地理資訊系統軟體，屬於國際組織 OSGeo (Open Source Geospatial Foundation)推動計畫之一(<http://qgis.osgeo.org/>)，具有 GIS 基本的常用功能及分析模組，非常適合實務領域與研究使用。由於開放原始碼且自由下載可以讓使用者擴充元件，對於廣大的使用者是相當好的選擇(地理 Quantum GIS – Wekeywiki; 廖泮銘等人, 2009; 林農堯等人, 2009)。其主要功能至少有：

- (1) 具有繁體中文化介面及操作手冊;
- (2) 跨平台，適用 Windows、Linux、Unix、Mac OS 等作業系統;
- (3) 圖層基本操作：瀏覽、編輯、比例尺、測量、投影設定、圖層透明化等等;
- (4) 可載入及轉換各種資料：多種向量資料(ESRI Shape 與 MapInfo 等)、多種網格及影像資料、OGC (Open Geospatial Consortium)開放標準空間資料(WMS、WFS、GML、KML)、CAD(DGN、Dxf)、CSV 純文字檔、GPS 資料;
- (5) 附加元件：整合 Dxf 轉 shp、載入與展示 GPS 工具、OGR 檔案轉換、地圖 PDF 列印、SHP 匯出工具、GRASS、MapServer 輸出、內插工具、比例尺、指北針、地圖網格標線、網格式資料幾何校正、匯入 CSV 純文字、擷取座標資訊等等。

其中，QGIS 具有向量工具(fTools)分析處理模組，提供地理空間運算(環域、交集、聯集、切割及融合)與幾何處理、空間屬性結合(join)與向量圖層分割等功能，以及影像地形分析、Shaded Relief、Raster 等分析處理模組，可提供坡度、坡向、地形陰影暈渲圖等數值地形模型資料處理功能，有助於立體效果之分類與呈現。此外，QGIS 建置整合的圖資可利用專案屬性之座標參考系統(CRS)及自定座標參考系統等設定，可直接且快速轉換 TWD67/97 二度分帶及 WGS84 等座標系統，對於座標查詢及圖徵資料建置極為方便。

3.2 系統架構與內容

由上述可知 QGIS 深具空間資料處理功能與運用價值，本文為實務探討 QGIS 軟體建置水庫大壩安全監測與檢查資訊之應用成效，以及其空間資料處理功能，因此以阿公店水庫為例，分別蒐集與建置本區域大壩基本圖資及屬性資料。分別包含有：運研所圖層(臺灣本島河流、鄉鎮市等)、地形 CAD 檔、監測儀器座標及其基本文字資料、現地檢查 GPS 資料、地質圖、鑽探成果及地質剖面圖、航照相片基本圖、衛星影像，以及運研所路網數值圖及地調所等 WMS 服務等等。

經由本研究實務應用上的需要，初步利用 QGIS 軟體及其技術建置的系統架構與內容成果，如圖 3 所示。由圖 1 及圖 3 之成果已初步確認 QGIS 可處理及展示本研究區之各項基本圖資及屬性等資料，確能有助於降低各項圖資轉換等門檻。

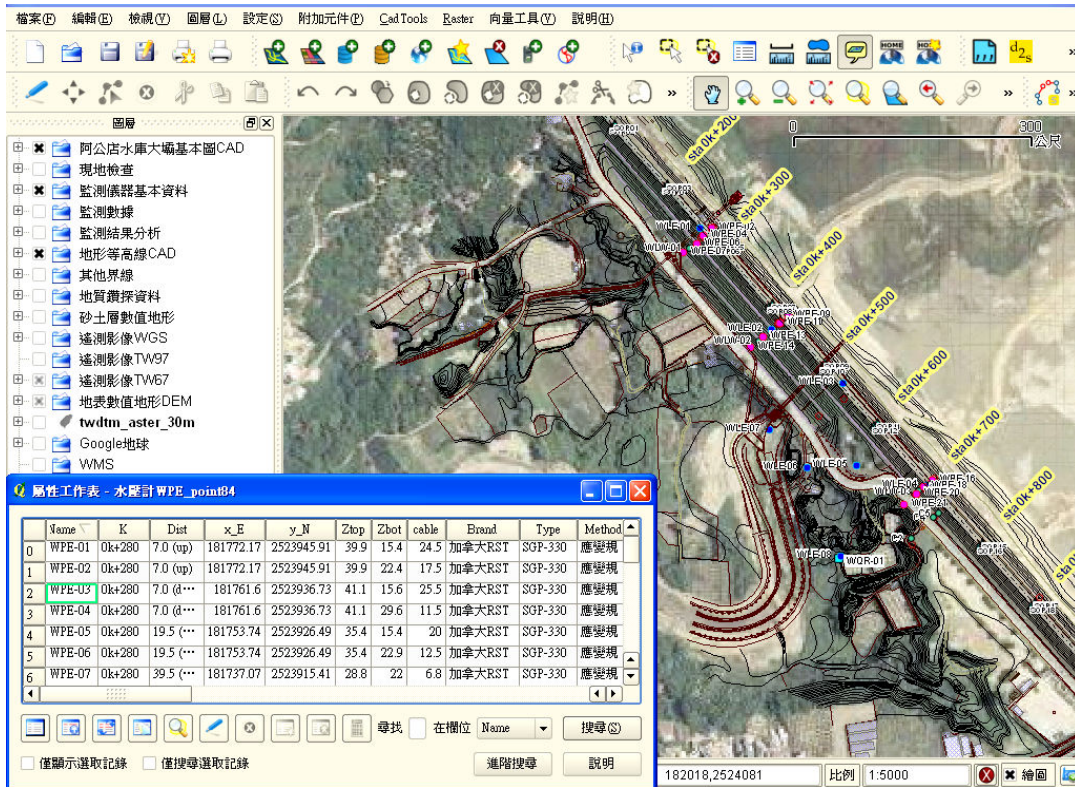


圖 3 系統介面及初步建置成果

四、系統整合應用

經由初步運用 QGIS 建置大壩監測與檢查的地理資訊系統後，本文再分別探討 QGIS 整合現地檢查及輔助分析研判等空間資料處理功能，因此採用歷年現地檢查與 0304 甲仙地震後的特別檢查，以及既有地質鑽探剖面與地形資料等資訊，嘗試瞭解 QGIS 作為輔助整合各項應用與研判之成效。最後，順應 Google Earth 新潮流，利用其免費地理資訊技術資源及立體地形操作介面，簡要介紹 Google Earth 與 QGIS 快速結合之應用成果。

4.1 以 QGIS 結合安全監測與現地檢查成果

阿公店水庫於更新改善後為持續維護大壩安全管理，積極辦理安全檢查與監測作業，其中，安全監測經由水壓計及水位井等資料研判壩體及其下游總水頭、水位分布情形，藉以掌握大壩之滲流行為及穩定性。因此，本文將監測儀器基本資料、坐標點位，及其監測結果分別整合為 GIS 資料，未來可透過 GIS 功能管理及查詢監測儀器之空間資料。同時利用 QGIS 的提供之等高線功能，探討地下水水位分布情形，將可提供研判各監測剖面水位變化趨勢之參考，初步成果如圖 4 所示。

此外，在輔助現地檢查方面，運用 QGIS 的提供之 GPS 工具，可直接下載與彙整現地檢查結果及現地照片，如圖 5 及圖 6 所示。透過上述整合大壩監測結果與現地檢查的 GIS 空間資料，將有助管理者對於大壩整體安全狀況之瞭解與研判。

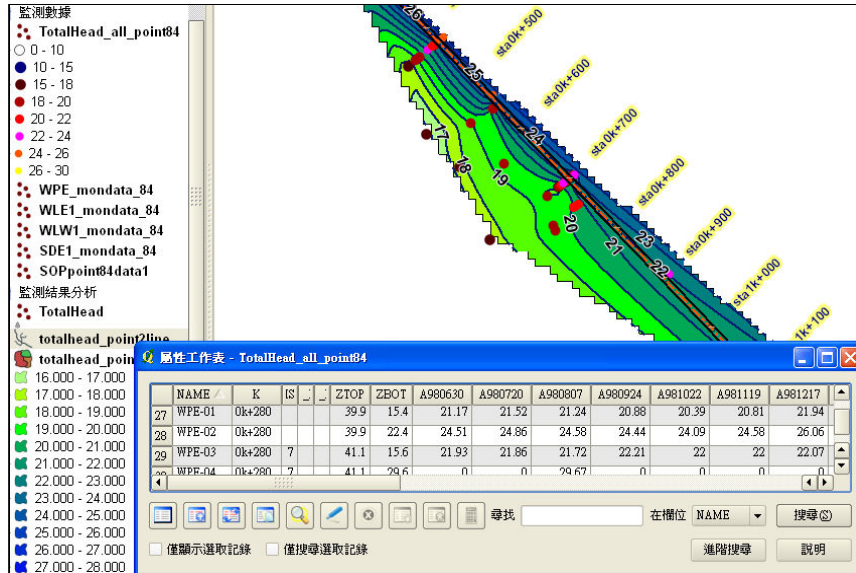


圖 4 QGIS 結合安全監測資料之應用



圖 5 以 QGIS 直接下載 GPS 資料

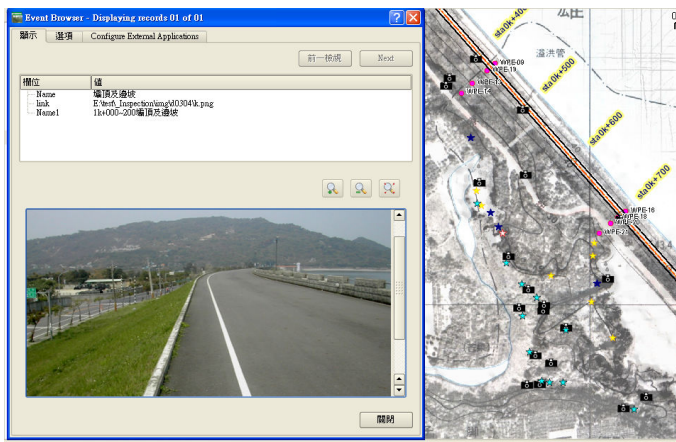


圖 6 QGIS 結合現地安全檢查之應用

4.2 輔助地質分布之推估與研判

依據阿公店水庫大壩地質剖面圖資料，如圖 7 所示，可知大壩壩基部份含有砂土層，為瞭解此地質材料對於大壩下游區域滲流行為之可能影響，有需要事先初步概估此砂土層之高程分布及其可能位於地表範圍，以供未來規劃安全監測及補充調查重點之依據。再者，QGIS 對於數值地形模型分析及展示的功能，除提供立即查詢游標所在座標及高程之外，也具有等高線及陰影暈渲圖等處理能力，經由 QGIS 建置砂土層數值地形之初步應用如圖 8 所示。

因此，本文初步將既有地質剖面圖中大壩及其下游區砂土層可能位於地表區域，以網格式資料轉換成向量圖徵分類，如圖 9 所示。推估結果略與目前砂土層位於地表區域大致相符，後續將可提供補充調查及研擬對策之參考。其中，橘色區為推估砂土層與地表高程相差為零的範圍；黑色區為推估砂土層位於地表以下 0~0.5m 的可能範圍，最外圍的白色區為利用 QGIS 環域分析(Buffers)選取黑色潛勢區往外推估距離 5m 的範圍。

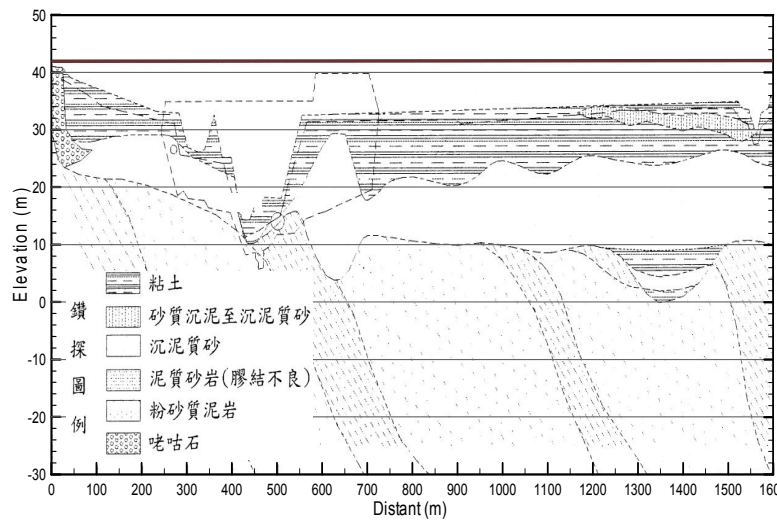


圖 7 大壩地質分布概況(中興工程顧問股份有限公司，2010)

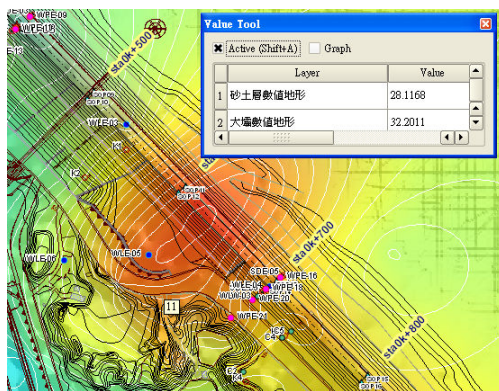


圖 8 推估砂土層等高線與數值地形

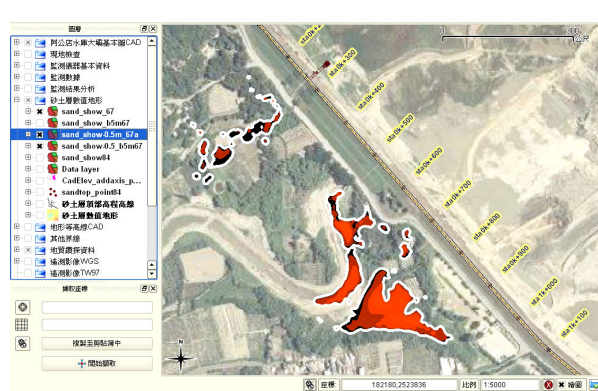


圖 9 大壩下游區域地表砂土層之概估

4.3 Google Earth 與 QGIS 之結合

順應 Google Earth 之新潮流及利用其豐富的立體影像資料，將上述現地調查、地下水位研判及地表可能砂土層區等各項初步測試成果，本文即運用 QGIS 提供的轉換工具，無需輾轉經由其他軟體轉換，QGIS 可直接將向量圖層整合於 Google Earth 中(如圖 10 所示)，同時在 QGIS 中也能直接開啟 KML 圖層後予以編輯處理。參照圖 10 整合運用 Google Earth 與 QGIS 之結果，呈現現地調查照片與推估砂土層處相互呼應且具有實用性。未來若能運用 Google Earth 充份展現各項管理資訊、週邊資料及模擬分析結果，則更能有效輔助大壩安全管理工作。

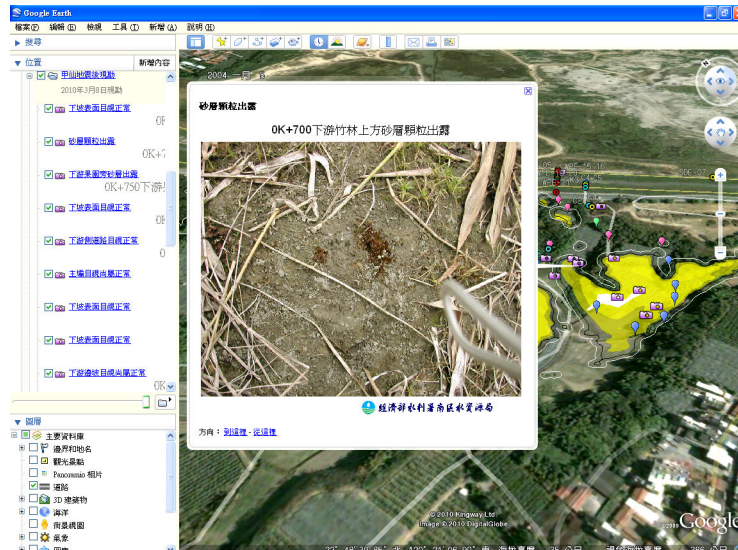


圖 10 以 QGIS 結合 Google Earth 輔助大壩安全管理

五、結論與建議

本文以阿公店水庫大壩為例，透過一系列圖資整合及其空間資料分析結果，初步探討 QGIS 對於大壩安全監測與檢查資料之應用性，經由實作測試結果已呈現其整合能力與空間資料處理之初步成效。相對現有眾多商業 GIS 軟體，足見新興的免費地理資訊系統 QGIS 頗能提供大壩安全管理及其他使用者的基本需求，未來若能持續推動 QGIS 軟體與技術之應用，將有助於大壩安全管理實務且能降低 GIS 軟體成本及圖資轉換門檻。由於目前 QGIS 建置案例於國內各領域仍未多見，幸賴中研院及學術單位積極推廣，以及 QGIS 功能持續擴充，期望於不久的將來能日漸增加實務成果，以擴展大壩管理結合空間資訊與自由軟體之應用機會。

參考文獻

- 中興工程顧問股份有限公司，2010。98 年度阿公店水庫大壩安全監測分析，經濟部水利署南區水資源局工作成果報告，高雄。
- 蔡光榮、孫承顯、陳坤逸，2006。GPS/GIS/RS 技術應用於阿公店水庫集水區治山防災工程管理資訊系統之建置，中興工程季刊，第 92 期，pp.73~82。
- 詹進發，2009。自由之美—開放源碼 GIS 軟體簡介，政治大學文學院身體與文明研究中心，<http://cbcs.km.nccu.edu.tw/xms/>。
- Quantum GIS Project。 <http://www.osgeo.org/qgis>。
- 地理 Quantum GIS - Wekeywiki。 http://wekey.westart.tw/Quantum_GIS。
- 廖宏銘、林農堯、廖怡真，2009。地理資訊開放服務的規範與應用軟體架構，國土資訊系統通訊，第 71 期，pp.53~64。
- 林農堯、鄭幸珍，2009。地理空間數位化流程-使用 Open GIS 方法，拓展台灣數位典藏，<http://content.teldap.tw/index/?p=1041>。