
**結合 UAV 之水土保持設施與環境智慧監
測方法之研究**

**UAV based water and soil conservation
facilities and environments' intelligent
monitoring method**

執行單位：國立雲林科技大學

執行期間：110 年 01 月 27 日至 110 年 12 月 31 日

計畫主持人：潘乃欣 教授

行政院農業委員會水土保持局 編印

中華民國 110 年 12 月

（本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本局施政參考）

結合 UAV 之水土保持設施與環境智慧監測方法 之研究

摘要

水保設施分佈多且位處於偏遠，不易使用精密儀器檢測以判斷其狀態，加上近年來無人飛行機(unmanned aerial vehicle (UAV))的應用範圍已廣泛應用於檢測或以相記錄層面，因此藉由無人飛行機以空拍方式儼然成為主要檢測影像收集方式一種。UAV 蒐集現場影像，拍攝過程並可由上往下查看，並可以近距離取得現場異常影像，克服不利現場查看的現況。因此首先透過 CAD 設計 2D 平面與斷面圖進行 3D 設計圖像建置，再將不同屬性水保結構類型調整收集策略建置巡檢影像，所蒐集影像以拼接方式組成環景影像或三維影像模型，利用不同影像型態應用於紀錄檢測區劣化現況，建立水保設施的巡檢歷程記錄，並依前期紀錄的 UAV 飛行路徑再次執行影像紀錄，以取得水保防砂構造物設施命週期獲歷程紀錄，進而提供該區水保防砂構造物設施影像歷程圖像，再透過本計畫所提出之以機器學習為基礎之影像比對分析模式進行運算以針對災前後所造成防砂構造物設施劣化及範圍進行有效率之評估，可掌握該區水保防砂構造物設施其變化趨勢，以達到於水保防砂構造物設施診斷及治理改善成效目的。本計畫所提出之結合 UAV 之設施影像辨識技術之目的有助於應用以遙控

UAV 進行防砂構造物巡檢，達到防災與減災之災害管理目標。

關鍵詞：無人飛行機、立體影像、影像辨識

Developing life-cycle resume 3D vision platform via cloud computing for soil and water conservation facilities

Abstract

Soil and Water conservation facilities are widely distributed and remote, and the level of inspection records has become the main source of environmental and facility structure records. Through the image records during the inspection process, you can understand the changes in the surrounding environment and facilities, which is more conducive to disasters. Reference basis for comparison or recovery of the situation before and after the disaster. Therefore, this plan first builds 3D design images through CAD design of 2D planes and cross-sections, and then proposes different types of water conservation facilities types to use unmanned aerial vehicle (UAV) -based inspection image collection strategies. The images collected at the scene are stitched to form a surrounding scene image or a 3D image model, and different image types are used to record relevant information such as the current status of the inspection area, and the size of the abnormal range is estimated. The estimated results can be used for subsequent maintenance decisions This plan considers the inspection process of water conservation facilities, and uses 3D image visualization and cloud database methods as a series to enhance the reading of facility history, improve the practicality of the method proposed in the plan, and strengthen Water protection facilities inspection information content, and also try to increase augmented reality

(AR) through mobile devices to visually view and view related maintenance history information, the purpose of which can improve the efficiency of disaster detection and facility image management, this plan and Explore the feasibility of the proposed inspection mode and facilities and the surrounding environment inspection and maintenance history database.

Keywords : UAV; Inspection History Database; Augmented Reality

目次

摘要.....	I
Abstract.....	III
目次.....	V
表次.....	VI
圖次.....	VII
第一章 緒論	1
第一節 前言	1
第二節 計畫目的	2
第二章 文獻回顧與研究工具	1
第一節 文獻回顧	1
第二節 水保設施異常樣態介紹	7
第三節 本計畫研究工具介紹	10
第三章 工作執行方法與步驟	1
第一節 研究方法	1
第二節 研究步驟	8
第四章 工作進度與已完成項目	1
第一節 工作進度	1
第二節 本計畫已完成工作與預期成果	4
第五章 結論與建議	1
參考文獻.....	1
附錄一 期初審查會議紀錄暨回覆辦理情形	1
附錄二 期中審查會議紀錄暨回覆辦理情形	6
附錄三 期末審查會議紀錄暨回覆辦理情形	8

表 次

表 4- 1 計畫預定進度表.....	4-3
表 4- 2 水保局各分局簡碼.....	4-31
表 4- 3 劣化樣態表.....	4-32
表 4- 4 各種維護方式說明.....	4-33
表 4- 5 劣化樣態與維護方式整合表.....	4-34
表 4- 6 案例 A 分析表	4-40
表 4- 7 案例 B 分析表	4-43
表 4- 8 檢測方法比較表.....	4-45
表 4- 9 專家訪談意見彙整表.....	4-46

圖 次

圖 2-1 砂石淤積形態	2-8
圖 2-2 設施產生磨蝕形態	2-8
圖 2-3 設施產生淘空破壞形態	2-9
圖 2-4 設施呈現位移之破壞形態	2-10
圖 2-5 設施已呈現毀損崩壞形態	2-10
圖 3-1 構造巡檢影像採集與處理流程圖	3-3
圖 3-2 將背景相同兩組畫格(影像)差異	3-6
圖 3-3 影像辨識演算程序	3-7
圖 3-4 計畫整體執行流程圖	3-8
圖 4-1 本計畫甘特圖	4-2
圖 4-2 CAD-2D 結構圖轉置 3D 模型程序	4-5
圖 4-3 2D 梳子霸結構設計圖.....	4-6
圖 4-4 轉置為 3D 梳子壩立體圖	4-6
圖 4-5 CAD 匯入後轉 BIM 3D 圖形正視圖	4-7
圖 4-6 BIM 3D 圖形旋轉後背面圖	4-7
圖 4-7 現場 3D 影像收集與建置流程.....	4-9
圖 4-8 放置參考定位點	4-10
圖 4-9 影像載入軟體操作示意圖	4-11
圖 4-10 選定確認建置品質畫面	4-12
圖 4-11 稀疏點雲模型畫面	4-13
圖 4-12 合成密集點雲圖.....	4-13
圖 4-13 多邊形網格模型圖.....	4-14
圖 4-14 3D 影像模形示意圖.....	4-15
圖 4-15 機器學習特徵標註畫面	4-17

圖 4-16 比對執行流程	4-21
圖 4-17 不同時期截圖正規化影像尺寸	4-22
圖 4-18 3D 影像中擷取出原圖.....	4-23
圖 4-19 原圖分離出植物，濾鏡強化植物影像	4-24
圖 4-20 原圖分離出土土砂與結構，灰階化以凸顯影像邊緣	4-24
圖 4-21 用畫素計算比對影像差異位置	4-25
圖 4-22 標示出前後期差異範圍	4-26
圖 4-23 兩期圖像差異計算結果	4-26
圖 4-24 資料庫關聯架構圖.....	4-29
圖 4-25 資料庫登入頁面.....	4-30
圖 4-26 主要功能選項頁面.....	4-30
圖 4-27 個案資料管理頁面.....	4-31
圖 4-28 個案歷程維護資料示意圖	4-35
圖 4-29 常態性構造巡檢流程圖	4-38
圖 4-30 案例 A 個案歷程資料維護頁面.....	4-39
圖 4-31 案例 B 個案歷程資料維護頁面	4-42

第一章 緒論

第一節 前言

水土保持設施之安全維護管理之目的，就是讓水土保持設施在生命週期內可有效地發揮其所設計預期的各種功用，並保障人民生命財產安全及減少災害之發生。為達到安全維護管理與災後復原，則是須運用適當方法或技術，明確而有效地對災後造成構造物異常原因或範圍進行評估，並掌握其變化趨勢，以期可作診斷及復原修護改善並強化原本功能。從「災害管理」的觀念而言，災害發生之過程可分為減災（mitigation）、整備（prepared-ness）、應變（response）、復原（recovery）四個階段。然而水土保持局因轄區多屬偏遠之山坡地，其興辦水土保持設施工程多數具有位置分布廣、數量多、規模小及交通可及性低等屬性，如此龐大之工程數量，並分布於台灣地區山坡地之範圍廣。因此在巡檢管理上確實有其實務上之困難度，水土保持防砂設施構造物檢查，同一地區水保構造物與周遭環境，於不同時間點檢測結果未有相關履歷資訊整合，可從原始設計到不同時期檢測著實紀錄，另外依據現有的結構物亦可依現有時間點切入，紀錄該區水保防砂構造設施與環境不同歷程的變化，以往對於表單與圖形資訊未有充分的建置成為巡檢履歷，以電子化或 3D 圖像視覺化形式呈現，著實對於現場檢測資訊有著充分的紀錄。如能透過影像辨識概念於水保防砂構造物設施履歷視覺化的建置，可對於防砂構造物設施的設計 CAD 設計圖 3D 模型化並以 UAV(UAV)記錄完工後 3D 模型，使防砂構造物設施履歷建置完整性，另以現存水保防砂構造物設施為主要記錄對象及周邊環境檢視(崩塌或淤積)，可整合現場 3D 或環景影像紀

錄，進行現有防砂構造物設施 3D 影像與巡檢資訊建置，本計畫考量方式以水保防砂構造物設施的不同時間起始紀錄，有其目的可依據每年防汛期前後或是致災豪雨前後的巡檢紀錄，供持續更新並保留水土保持防砂構造物設施與週遭環境的歷程資訊，用以對於水保設施構造的生命週期與設施週遭環境比對分析，本案將整合不同時期巡檢履歷，將相關紀錄納入於其中，包含以本計畫所提出之影像辨識中的圖像基本運算與影像比對紀錄、維護建議等資訊整合於維護履歷中。本案所提之水保防砂構造物設施履歷視覺化介面，除可強化水保防砂構造物設施巡檢歷程資訊，並針對不同時期建置的水保防砂構造物設施均有所專屬之履歷及影像紀錄，以強化對於同一區水保防砂構造物設施再次巡檢紀錄時，可以行動裝置調閱檢視相關巡檢履歷資訊，並可依前期紀錄的 UAV 之飛行路徑再次執行影像紀錄，以提升水保防砂構造物設施命週期紀錄與巡檢效率，進而提供該區水保防砂構造物設施影像歷程圖像基本運算與影像比對分析，以有效針對災後所造成防砂構造物設施劣化及範圍評估，並掌握該區水保防砂構造物設施及周邊環境(如崩塌或淤積)其變化趨勢，以期可作水保防砂構造物設施診斷及治理改善成效，有助於應用遙控 UAV 進行防砂構造物巡檢影像紀錄，達到防災與減災之災害管理之目標。

第二節 計畫目的

- 1 水保防砂構造物設施以設計 3D 及現場 3D 影像與整合全景影像紀錄程序建置。
- 2 建置水保防砂構造物設施影像辨識之圖像基本運算差異比對資訊平台，並匯整於本計劃所提出水保防砂構造物設施歷程視覺化

資訊管理平台架構。

- 3 紀錄不同時間點之巡檢影像歷程比對模式，以利探討水保防砂構造物設施於不同時期狀態及治理改善成效，最後並檢討其模式之可行性。

第二章 文獻回顧與研究工具

第一節 文獻回顧

本節文獻回顧中將針對國內外有關無人飛行機與影像接合及影像辨視等等的應用做相關文獻回顧，首先蒐集近年來以無人飛行機應用於災害勘查影響處理等相關研究的應用，張庭韶(2018)在大規模災害發生的環境中，地形與時間的限制是目前搜救團隊所面臨的最大問題，因此也越來越多案例使用無人飛行機來對災害環境進行勘查或情報的蒐集以及定位受災位置。梁中彝(2017)研發出一套影像處理技術，以偵測無人飛行機即時回傳的影像，對於拍照對象的效果參數，以影像控制系統來指引無人飛機，飛行至可拍出相同效果影像的位置。Zhipeng Zhou et al. (2018)以無人駕駛航空系統（UAS）搭配攝影機、傳感器或其他設備，作為環境監測、野生動物調查、航空攝影和交通監控等各種非軍事應用。F. Khan; A. et al (2018)研究中提到美國每年花費數高額經費用於檢查基礎設施，且檢查過程需要足夠的人員進入偏遠地區，架設鷹架、起重設備和其他防護設備，這可能會增加檢查員的人身安全風險並增加成本。無人飛行機系統（UAS）廣泛於監測和檢查程序平台中，可縮短檢查時間及提升檢測人員安全性，目標是執行橋樑現況評估。LFang, Y.T. et al. (2017)提出陸地滑坡是台灣的重大自然災害之一，然而傳統檢測方法僅以目視進行檢測，使用最先進的技術

應用於實際工程現場，進行施工前的土地滑動檢測；由於某些地區由於地形的困難而無法實時檢查，從而啟發了無人飛行機開展低成本以非目視方式進行檢測。

近年來國內外已有文獻應用無人飛行機結合取得影像後進行拼接應用，以鍾駿綸(2015)使用平板電腦或手機在旋轉盤上做環景影像縫合(Image stitching)，使用縫合之方法提出使用對稱拼接及相關係數之原理將影像做自動化縫合，並將影像縫合時產生明顯的縫合線做邊緣平滑化及亮度調整，此影像縫合之方法可加快縫合之速度。Ricardo Eiris Pereira (2018) 人飛行機結合取得影像後進行拼接應用，可以解決這個限制的新興技術之一是環景增強現實。Duan Jie, et al (2017)隨著無人飛行機的發展，可以在短時間內收集大量的施工現場視覺數據。利用這些數據，可以通過計算機視覺技術及時且頻繁監測大型施工現場。提出了一種通過使用圖像拼接技術來生成施工現場的實際施工現況圖。創建高質量的環景圖像，濾除模糊的影像。

3D影像模型模型建置部分，近年來國內外已有文獻透過收集定點大量影像透過轉換成3D影像模型模型之應用，以廖翊呈 (2018)使用無人空拍機進行對區域的地形與建築進行環拍照片，取得大量照片參數，再使用Drone2Map分析影像來偵測特徵點(Key points)，特徵點在不同影像之間互相匹配後，進而產生3D地圖(3D Mapping)，並進行

精準度比對，再結合Lumion製作出的虛擬地形成全校區的3D模型，再比對空拍機建模與Sketch Up建模的差異。王聖鐸等人（2017）提出以3D 建物模型取代傳統二維圖籍表達建物的空間資訊，可完整且直覺地呈現建物的外貌，其呈現方式由僅具建物主體概念的抽象模式，可依不同的需求增加如：陽台、窗台、遮陽罩等細節模型，並於模型各表面敷貼虛擬材質影像，甚至進一步敷貼實地拍攝之像片，成為擬真式的複雜模型。傾斜攝影技術的發展，它突破傳統垂直影像只能從鉛直方向拍攝的侷限，由不同視角來採集影像，進而建置仿真3D資訊模型，讓3D模型更具有真實直觀的呈現。陳宜鴻(2016)指出多軸飛行機掛載數位相機，可對指定區域實行低空攝影，進而取代傳統目視檢測法。而多軸飛行機與直升機構件類似，具有可於空中懸停且操控簡易之優點，可在懸停於空中對指定區域進行相關檢測和探勘，應用多軸飛行機掛載非量測型相機，對指定區域實行空中攝影，其所製成的三維模型，在影像解析度1200萬條件下，三維模型整體點位的RMSE約為 $\pm 0.08\text{m}$ ，達公分等級測量精度。邱健瑋(2016)相機率定實驗結果顯示兩種方法無顯著的差異，甚至部分自率定成果優於預率定，因此得知自率定方法可達到快速及方便的成果；由三維重建結果得知傾斜攝影因大量多於觀測關係精度優於垂直攝影，並且能夠完成較美觀之模型；單像量測能夠快速獲取量測資訊，因此透過直接對影像進行量

度方法能夠提供災害應變或是場勘後一個參考依據。黃品彰等人(2017)三維模型解析度所取決於航拍高度的影像解析度大小，以及傾斜影像所產製的三維模型紋理變化。結果顯示由無人飛行機取得影像並搭配現地量測，可快速建置高精度與高解析度之真實三維模型，可運用於虛擬實境、數位典藏及教育。

陳益鳳與曾義星(1999)提出以差分影像分類法(Differenced Image Classification)、時間剖面匹配法(Temporal Profile Matching)與波峰偵測法(Peak Detecting)進行自動化水稻田辨識作業。實驗成果顯示結合地理資訊可大幅提高分類之精度，而多時段衛星影像的運用，不但可再提昇分類精度，而且不需要訓練資料，可以達到自動辨識的目的。李天翔(2010)以影像辨識為基礎，可以即時偵測車輛進出停車位，所用的方法簡單不需大量的計算與儲存空間。經影像處理技術(影像相減、二值化)及車位辨識等步驟，就能快速分辨出停車空位。呂景羣(2014)以演算法開發訓練一套裂縫影像辨識軟體用於橋梁檢測工作，針對影響辨識技術準確率的主要因素為原始影像的取得方法及辨識前的處理步驟，藉由紀錄橋梁劣化構件部份拍攝裂縫影像供此程式訓練，減少傳統上人為因素的判斷誤差以及可以大幅減少判識時間和成本。李樹璇(2012)以崩塌地、林地、河道、河道寬度因災損而造成的改變，且針對此部分開發一個影像辨識系統以供使用，用以判斷災損

嚴重程度。能夠清楚的表明災前災後遙測影像的變化及變化程度，並利用災前災後河道骨幹套疊了解河道改道狀況。以此資訊幫助受損橋梁周遭災害範圍辨識。王翌瑄(2020)使用影像處理之技術來辨識淹水範圍。先將RGB影像經過雙邊濾波器處理後並應用色彩空間轉換為HSV色彩空間，並對飽和度(S)影像進行二值化Otsu法。為了使影像清晰再次使用雙邊濾波器後輸出影像，輸出影像為黑白二元影像，找出淹水範圍之黑色像素數。建立一套快速淹水影像判釋之系統，提升大量影像分析之可行性。韓佑聰(2019)利用resnet101模型對訓練集進行訓練，接著輸入空拍原始圖片，並標示圖像上有在訓練的類別之目標物，針對SIFT(尺度不變特徵轉換)局部描述的影像匹配，以及SURF(加速穩健特徵)，等兩種至今仍被廣泛用於影像辨識的演算法，進行其辨識率與辨識速度之比較。蔡承祐(2018)利用影像辨識技術建置「以影像辨識為基礎之智慧茶園管理平台」，茶樹生長履歷模組一紀錄茶樹採收前、後影像及施肥等資料，建立影像式茶樹生長履歷，作為茶農分析茶樹生長條件的依據。溫庭寬(2016)以影像辨識為基礎之植栽異常偵測及成長履歷系統」經由色彩空間篩選出植栽本體，進而利用感興趣區域與差異碎片面積判斷植栽生長狀況。成長履歷模組一彙整植栽生長時段內所有異常狀況之圖像，以提供農夫與消費者該植栽之成長履歷。彭第揚(2020)在邊坡監測中，利用新型立體視覺裝置，應用

此裝置於潛在崩塌地之變位量測，以監控崩塌地三維變位情形與坡地影像監控。以光立體視覺裝置包括兩組數位相機與一個用人工智慧電腦視覺之樹莓派設備，利用樹莓派Raspberry Pi微電腦與Open CV視覺技術建立一套系統對影像中的規標與實際規標尺寸進行回歸分析，藉由回歸公式計算所得數據，距離誤差值在 $\pm 1\%$ 內。鄭尹翔(2020)依據影像辨識物體的紋理特徵，選擇大量樣本以避免主觀的少量選擇樣本造成辨識一致性的差異，並配合Weka開源軟體的應用機器學習進行大量數據的監督式分類。選擇適當視窗大小，測試JpegCoefficientFilter篩選器與SMO分類器可有效的雲林莞草監督式辨識。Nur Sila Gulgec等人(2019)利用卷積神經網路(CNN)引入破壞檢測和定位問題，對影像識別進行重大突破，此研究對模擬的損壞與未損壞案例進行分類，並在出現損壞的地方進行定位，通過此種模擬評估了演算法的性能，提出的研究成果實現高度準確性與計算效率。

綜合以上文獻中美國每年花鉅額成本用於基礎設施檢查，人員進入偏遠地區，需有鷹架、起重設備和其他防護設備雖然有助於提升檢查員的人身安全，但相對增加成本。然而，無人飛行機系統(UAS)可被廣泛實施監測和檢查程序。也有文獻提到啟發了無人飛行機開展低成本“非視線”通信方法。現況 3D 圖用於在真實現場對複雜情況進行可視化，提出以 3D (三維)建物模型取代傳統二維圖籍表達建物的

空間資訊，可完整且直覺地呈現建物的外貌，其呈現方式由僅具建物主體概念應用。由三維重建結果得知傾斜攝影因大量多於觀測關係精度優於垂直攝影，並且能夠完成較美觀之模型；單像量測能夠快速獲取量測資訊。另外因引用設施管理概念與 3D 現況圖像整合巡檢資訊概念成為維護履歷，可成為管理上的一大助益。此外本計劃加入影像辨識來取代人眼辨識，並可透過履歷所記錄影像透過前、後不同時期的比對，經影像處理技術(影像相減、二值化)及差異辨識等步驟，就能快速分辨出災前、後期所產生的變化，如此可以大幅減少辨識時間和成本，提高巡檢效率。

第二節 水保設施異常樣態介紹

依據水保常見防砂設施結構劣化介紹，以瞭解當前水保設施所遭受到劣化類型與趨勢，綜合整理如下。

(1.)暫時性現象(temporary condition)：廣泛定義為暫時現象包含泥砂淤積或掩埋，因該情況大都是因上游土石崩落而造成淤積或掩埋，但其功能上有發會到期效果，因此僅需要加以部分清理，應即可恢復其原本主要設定之功能性。如圖 2-1 所示。



圖 2-1 砂石淤積形態

(2.) 表面破壞 (surface fracture)：劣化主要表面磨蝕、沖蝕混凝土剝落等類似樣態，其破壞程度因對於結構方面尚無影響，所以對於修補方面無須考量結構之問題。如圖 2-2 所示。



圖 2-2 設施產生磨蝕形態

結構受損 (structural damage)：對整體的水保設施結構已產生嚴重劣化衝擊，並已影響到水保設施構造整體的實際功能運作，並對設施構造於使用上的安全性有著巨大的風險存在，如基礎淘空、

沉陷、位移、崩毀或沖毀，因此對此類狀態檢測時需要加以評估其整體的安全性。淘空(Foundation erosion): 結構體經河水及雨水的長期沖刷，造成設施部分流失、凹陷或破洞等結構體損壞情形，導致設施結構體不穩及日漸惡化等狀況，皆歸屬於淘空。如圖 2-3 所示。沉陷位移(Settlement、displacement): 設施結構因地震、淘空、結構體承载力不足及土石崩落撞擊等各種因素，造成設施呈現傾倒、位移、沉陷和變形等部分結構體偏離原設計之位置的情況，皆歸屬於設施結構體異位圖 2-4 所示。沖毀崩壞(Collapse): 設施結構部分結構呈現毀損、崩塌或破壞，導致設施失去原有完整的面貌以及設施結構本身已失去原設計之功能如圖 2-5 該設施已呈現毀損。



圖 2-3 設施產生淘空破壞形態



圖 2-4 設施呈現位移之破壞形態



圖 2-5 設施已呈現毀損崩壞形態

第三節 本計畫研究工具介紹

本計畫將採用 UAV 與搭載攝影機（drone cameras）方式進行現場影像蒐集，主要考量 UAV 搭載相機的廣泛應用，再者無人飛行機所取得影像，能夠彌補無法以步行達之處或到達至高點處並取得相關影像，而且所捕捉到的畫面十分清楚而且視野廣泛。為無人飛行機的應用優點之處領域。

任何一架 UAV 的標準作業方式至少應該包括預設航線、自

動駕駛和衛星導航，也就是飛機以遙控方式起飛之後，同時將飛行資訊回傳到地面控制中心。抵達目標上空之後，地面控制人員再透過無線電遙控 UAV 上所載的設備，執行預定任務。

執行優勢現今無人飛行機的使用相當廣泛，但對於使用於檢測這方面，因此對於此概念運用可以提升檢測的安全性、便利性。但相對產生紀錄上的問題，若距離過遠、遮蔽與高度無法克服狀態，綜合以上種種，UAV 概念應可用於水保設施檢測，依據無人飛行機目前飛行穩定性與易於操控性可提升影像紀錄過程詳實度。

本計畫再規劃出有系統的巡檢履歷，包含影像紀錄、3D 現況圖，不僅可提供巡檢上的便利性、安全性、準確性與長久性紀錄等等，巡檢影像的詳實紀錄，供後續判讀考量均具備多重優勢。履歷建置工具採 MSSQL 我相容架構建置透過免費的、開放原始碼的 SQL 資料庫，可專用於 PHP 網站的，一般用在 PHP 的網頁上。

影像處理操作，常見操作模式包含影像過濾(images filitering)、型態學運算(morphological operation)、幾何變化(geometric transformation)、色彩轉換(color conversion)、形狀分析(shape analysis)、特徵檢測(feature detection)等等。運用影像處理操作作為影像辨識方法，本計畫採用計算式攝影概念，主要透過高等影像處理技巧改善由相機取得的影像，計算攝影透過軟體操作視覺資

料，而不是專注於光學處理與影像捕捉的方法上，此部分包含全景影像(panoramic images)，影像補光(images relighting)與光場相機(light field cameras)等。因此本計畫以此計算攝影式概念架構，所開發之圖像基本運算程式進行影像比對，主要乃使用 Python 語言所開發之程式，透過結構相似性指數 (SSIM) 分析，再經影像處理技術以影像相減或是二值化方式並以異常辨識等步驟執行，可將不同時期之可視化圖像進行比較並分析，如此可快速分辨出透過分析比對出其差異處。

第三章 工作執行方法與步驟

以下就工作方法與步驟進行說明：

第一節 研究方法

一、透過案例提出 CAD-3D 影像建置程序

本計畫將原設計的 CAD-2D 圖檔，進一步建置成 CAD-3D 圖檔，或是將 CAD-3D 圖檔匯出後再匯入 Autodesk Revit，並產生一標準 BIM 模型，主要考量兩者間不同的用途，CAD 檔為原始設計圖有利於了解原設計的尺寸大小，3D 影像模型建置主要用於檢視結構本體另可檢視周邊的環境現況，以作為在不同時期下針對結構本體及環境進行比對分析，同時也可有效重現強化水保結構設計與現況資訊。。

二、案例現場影像收集作業

本計畫利用現場採樣俯視取景，主要利用 UAV 於上空 25~30 公尺進行構造物區域俯視，可概觀構造物週遭的地形樣貌，如有坡地時可利用概觀方式檢視，是否有崩塌地情勢產生，亦可檢視，水流範圍與取景的難易度，現場去取景正面照，主要目的是透過實際正面檢視造物是否有呈現劣化樣態，如有可進行後續特寫拍攝。因水保設施構造物型態分為有防砂，固床、護岸等與河床、河岸透以不同面向的樣態呈現已達成水土保持功能，因此巡檢所檢視的面向也稍有不同，本計畫將以防砂設施及固床工為例，探討巡檢過程中影像蒐集方式，依據可檢視出設施構造所涵蓋的部分去探討，例如：固床工較略高或與河床面平齊，另外就是如防砂壩較為巨量結構並高於河床面，因此本計畫對於影像取的結果

與模式需要再進一步作區隔與分類。

依據目前常見方式有環景影像與紀錄與 3D 影像建置兩種模式型態，一般環景影像著重於環境紀錄與快速紀錄方式，因此對於範圍大或是數量多較合適作為快速巡檢的概念方式。其次 3D 影像模型建置，主要是針對現場收集照片進行軟體拼接，拼接照片時間高於環景影像作業時間，另針對受損部位寫照進行畫面擷取較為精準。因此 3D 影像模型具有 GPS 定位資訊，可考量用於結構體積較為巨大的水保設施構造，主要 3D 影像建構圖像較為精準亦適合量測，因此大型設施構造如有位移或劣化產生皆對於結構的功能有所影響，可運用該方式去進行巡檢。影像採集程序如下(如圖 3-1)

本計畫透過現場巡檢設施構造影像收集的難易度與時間，以及後續影像建置便捷性與應用性去分析，於巡檢執行過程中合適影像收集的應用範圍，分類出快速巡檢與詳細巡檢的水保設施構造。以有效解決大數量水保構造範圍或是巨型水保構造設施影像採集方式。通常於第一階段執行即可進行快速巡檢，利用 UAV 於執行拍攝過程即時檢視，如遇明顯裂化樣態時可進一步特寫拍攝。第二階段較屬於詳細巡檢，因現場取樣後轉製成現場 3D 影像，可用於細部檢視，影像比對後了解差異範圍，另可透過 3D 影像中的尺寸量測，可以獲地更細部的資訊。

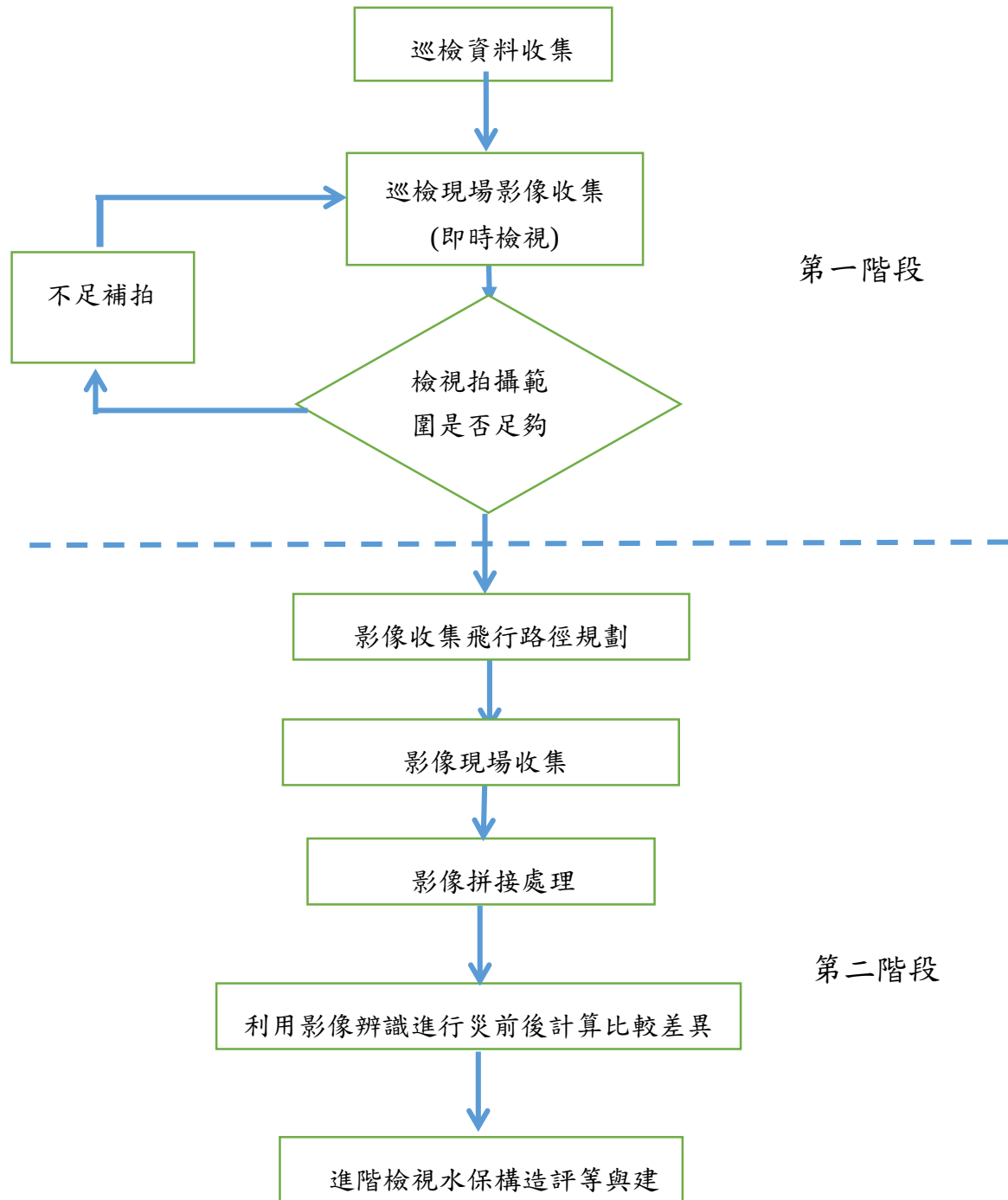


圖 3-1 構造巡檢影像採集與處理流程圖

三、 影像模型建置程序

本計畫於模型建置過程，首先將 UAV 從現場取得的案例範圍的大量影像蒐集回來後，整合成為一個資料夾，並匯入軟體中。環景影像包含影像拼接，利用多張影像以疊放方式，利用軟體進行拼接，以完成環景的圖像，拼接程序首先以現場拍攝 0 度、30 度、60 度、90 度等方式環繞拍攝收集，約需 30~50 張影像。其次利用現場不同角度與影像放入拼接軟體，利用影像相同重複套疊原理進行拼接，由 Agisoft 影像轉換軟體拼接進行校正，去除黑色區塊，最後產出環繞影像。3D 模型經由所集的影像照片進行影像拼接轉製，接著對於所建置的 3D 模型，由彙整影像後的資料夾，匯入軟體中再進行影像對齊透過軟體選擇設定，選定建置品質此一階段影像會找到重疊圖像之間的匹配點，並計算相機每張照片的位置，進行稀疏點雲模型構建，後續再進行密雲圖建構，利用資訊重疊程序組成密集點雲圖並執行「影像對齊」及「建構密雲圖」兩步驟，後即可轉置 3D 影像模型雛形，最後建構網格在建置密集點雲圖之後，可以依照密集點雲的數據，生成多邊形網格模型後即完成 3D 模型的轉置。

第二選定影像建置品質，運用 PhotoScan 找出重疊圖像之間的匹配點，進行稀疏點雲模型建構。第三利用軟體計算出每張影像的位置及高度與距離資訊，利用資訊重疊程序組合成高密度點雲圖。第四本計畫將應用 3D 影像模型建置過程中每張圖片的定位，藉由 3D 影像模型等比例縮放後，如水保結構有大型破壞進行面積的檢視。本計畫將選取適合案例作實例測試，案例選擇方式以一個案例為一區，另考慮計畫執行時間以及交通可及性，進行定點採樣原則

收集影像資料。

四、影像辨識計算程序建置

本計畫採用計算式攝影概念，主要透過高等影像處理技巧改善由相機取得的影像，計算攝影透過軟體操作視覺資料，而不是專注於光學處理與影像捕捉的方法上，此部分包含全景影像(panoramic images)，影像補光(images relighting)與光場相機(light field cameras)等。因此本計畫以此計算攝影式概念架構，所開發之圖像基本運算程式進行影像比對，此外整合曲面匹配建立處理三維物體的演算能力，類似於捕捉視覺資料同時取得深度資訊的方式，輸入三維物體與資料中模組匹配進行辨識，能夠識別與找出物體的位置。

影像辨識的原理就在於模仿人類視神經，先透過對邊界的認識強化，再逐步組合出圖像識別的運作方式。套用在影像辨識作法就會變成先將圖片分解成許多小像素，做為第一層的輸入資料，接著再經過多層次的演算法處理，從個別像素擷取特徵、組合特徵，再到最後的輸出層結果來完成影像辨識。

背景相減技巧於靜態視訊中移動或差異的辨識成效頗為顯著。將每一個圖素影像分成兩類，各分別為前景與背景，將背景從目前的畫格中減去，取得前景資訊，此方式則與直接將兩個畫格相減大為不同，此種方式主要是針對背景塑模，使用模型偵測物體，即建立能夠用來表式背景的數學公式，此作法比起直接減去畫格技巧卻能夠得到更好的結果。將背景相同兩組畫格(影像)差異絕對值，再依據兩畫格差的結果做位元AND運算，就能夠標示出影像中差異部分，但影像畫格差運算經常會變成雜訊，因此

需要對於連續的畫格差進行AND的運算如下圖3-2所示，才能夠維持辨識差異的準確性。

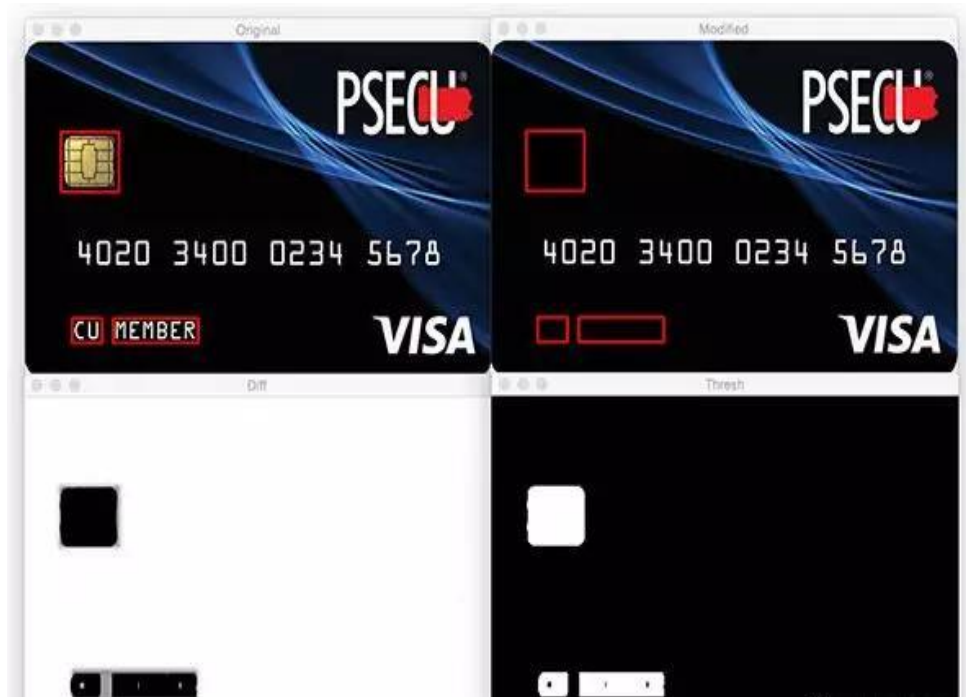


圖 3-2 將背景相同兩組畫格(影像)差異

本計畫依據相關水保防砂構造物與現場環境，進行初次影像紀錄依據所收集影像為比對的原始影像，正是所謂影像學習，歷次紀錄後即可將整體特徵位置進行標示。使用結構相似性指數（SSIM）將兩個圖像以程式進行比較。使用此種方法，可確定兩個圖像是否相同或有些微差異產生。

本計畫將擴展SSIM方法，以利可以使用OpenCV和Python可視化圖像之間的差異。具體來說，以兩個不同的輸入圖像中的區域周圍繪製邊界框。此方法已在scikit-image 庫中實現以進行圖像處理。

主要透過以下幾個步驟如下圖3-3所示。主要關鍵在於學習如何根據（x，y）坐標位置精確的標示出兩圖像差異的位置。首先利用加載圖像並將其轉換為灰度：載入第一和第二圖像，它們存

儲為imageA 和imageB。

第二透過計算兩個灰度圖像之間的結構相似性指數(SSIM)。
使用scikit-image中的compare_ssim函數，計算得分和差異圖像。
所述得分表示兩個輸入圖像之間的結構相似性指數。

第三透過找出輪廓，以便可以在標識為“不同”的區域周圍放置矩形：對差異圖像進行閾值處理。

第四利用差異圖像和閾值圖像顯示比較圖像，依據差異處做進階加以檢視再依據劣化型態，最後進一步評等分級以及給予後續維護建議參考，並責成巡檢歷程的型態紀錄。

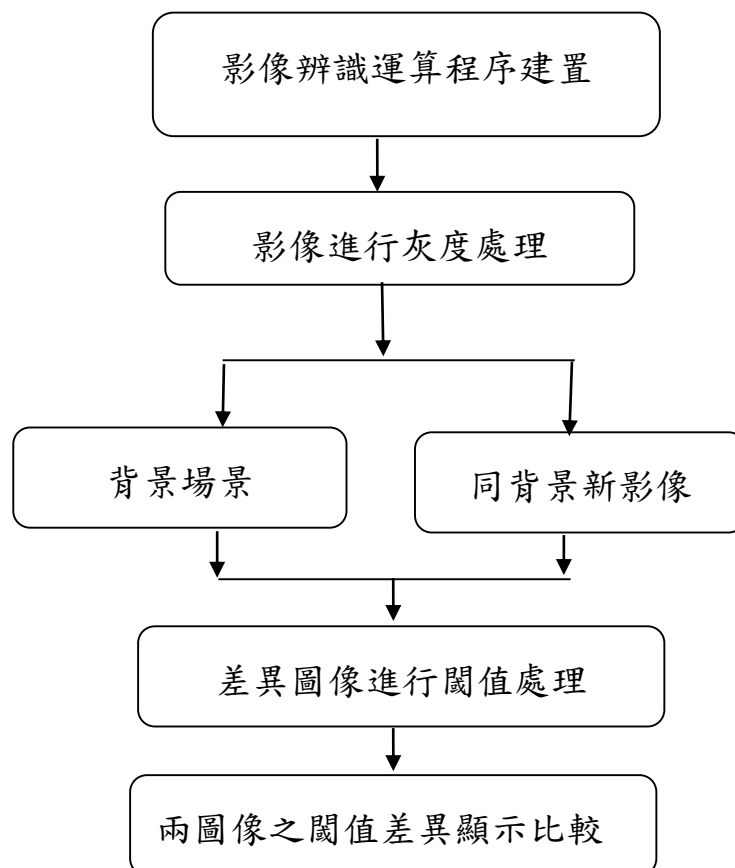


圖 3- 3 影像辨識演算程序

第二節 研究步驟

本計畫整體執行流程圖如下圖 3-4 所示：



圖 3-4 計畫整體執行流程圖

步驟一

本計劃將以鄰近縣市水保設施案例作為測試對象，案例選擇以防砂構造物設施為研究對象，案例範圍中將包含防砂構造物設施，另考慮計畫執行時間以進行定點採樣原則收集影像資料，並以防汛期前(後)或於不同時間前(後)進行收集與水保局接洽取得合適計畫案例。

步驟二

透過實際案例，以水保局所屬工程 CAD 設計平面轉置成為 3D 模型。本步驟先將 CAD 圖中側視圖與正視圖設定至該直角座標系統，經定位後以邊框取出結構之輪廓線(須為聚合線性)、再透過 3D 功能分別「擠出」兩立面視圖之輪廓線實體，該實體需相交、輪廓處得檢查是否重疊；從而產生結構 3D 透過其 3D 模型中即可將構造物的設計尺寸呈現以易檢視。

步驟三

在此一階段，確認個案位置、前往案點路徑、範圍、結構型態等，主要在前往現場時容易搜尋到個案位置，以防汛期前(後)或於不同時間前(後)進行收集，先設置定位點再以 UAV 空拍攝，所拍攝收集的影像進行輸出並接合成 3D 影像模型，可讓使用者可透過其 3D 模型依不同角度作檢視，並對於不同時間點所建置之模型進行比對，對於異常區域之範圍嘗試以量化方式將影像資訊進行記錄，後續再依所收集影像置入軟體進行影像拼接程序，接續產生 3D 網格最後產出現場的 3D 影像模型最為後續圖像截取使用。

步驟四

本計畫所開發之架構是以影像辨識技術為基礎，透過圖像基本運算程式針對異常範圍進行比對標示，該技術乃利用本計畫所開發之圖像基本運算程式進行影像比對，主要乃以 Python 語言作為開發之程式，進行結構相似性指數（SSIM）分析，透過驗證分析比對可將不同時期之可視化圖像進行比較並分析差異。依據影像所比對出構造物或周邊環境差異範圍，依其程度與範圍後提出後續維護建議，本計畫以防砂構造物設施及周邊環境為研究對象，其防砂構造物設施使用之材質多為混凝土設施，故修護建議將採用以混凝土構造物為主工程常用的修復方式以其提供維護方式參考，另外構造物周邊環境指鄰近構造物之邊坡及河道中土砂變化或河道中雜草叢生樣態等。

步驟五

本計畫以水土保持局所管理水保設施作為案例研究對象，因此本計畫將以防砂構造物設施及周邊環境，以履歷概念建置一巡檢履歷平台，以期能滿足該水保防砂構造物設施及周邊環境管理之需求，解決目前資料數位與視覺化呈現之影像差異計算不易情況，並可藉此提升防砂構造物設施及周邊環境管理之整體效率。本計畫將防砂構造物設施建立檢測方式加上不同年份所巡檢資料讀取與比對，提升整體巡檢管理效率，可以快速的了解防砂構造物設施及周邊環境的現況與異常變化趨勢。

為確認本計畫影像辨識之圖像基本運算架構實際可用性，擬在圖像基本運算架構建置完成後，請局內主辦人員與本計畫

所合作之工程顧問公司測試並提供回饋意見後，做為修改本計畫所提方法之參考，以增加實用性與效用性。

第四章 工作進度與已完成項目

第一節 工作進度

預定之工作內容如表 4-1 所述，在此各項執行進度進一步說明並以甘特圖顯示如下(如圖 4-1):

1. 專案準備
2. 防砂設施 CAD-2D 設計圖轉置 3D 影像模型。
3. 以 UAV 搭配攝影機蒐集水保防砂構造物設施現場影像及影像轉置。
4. 建立影像辨識之影像比對圖像基本運算架構。
5. 建置防砂構造物設施歷程資料建檔。
6. 個案探討及專家討論可行性。
7. 成果報告撰寫。

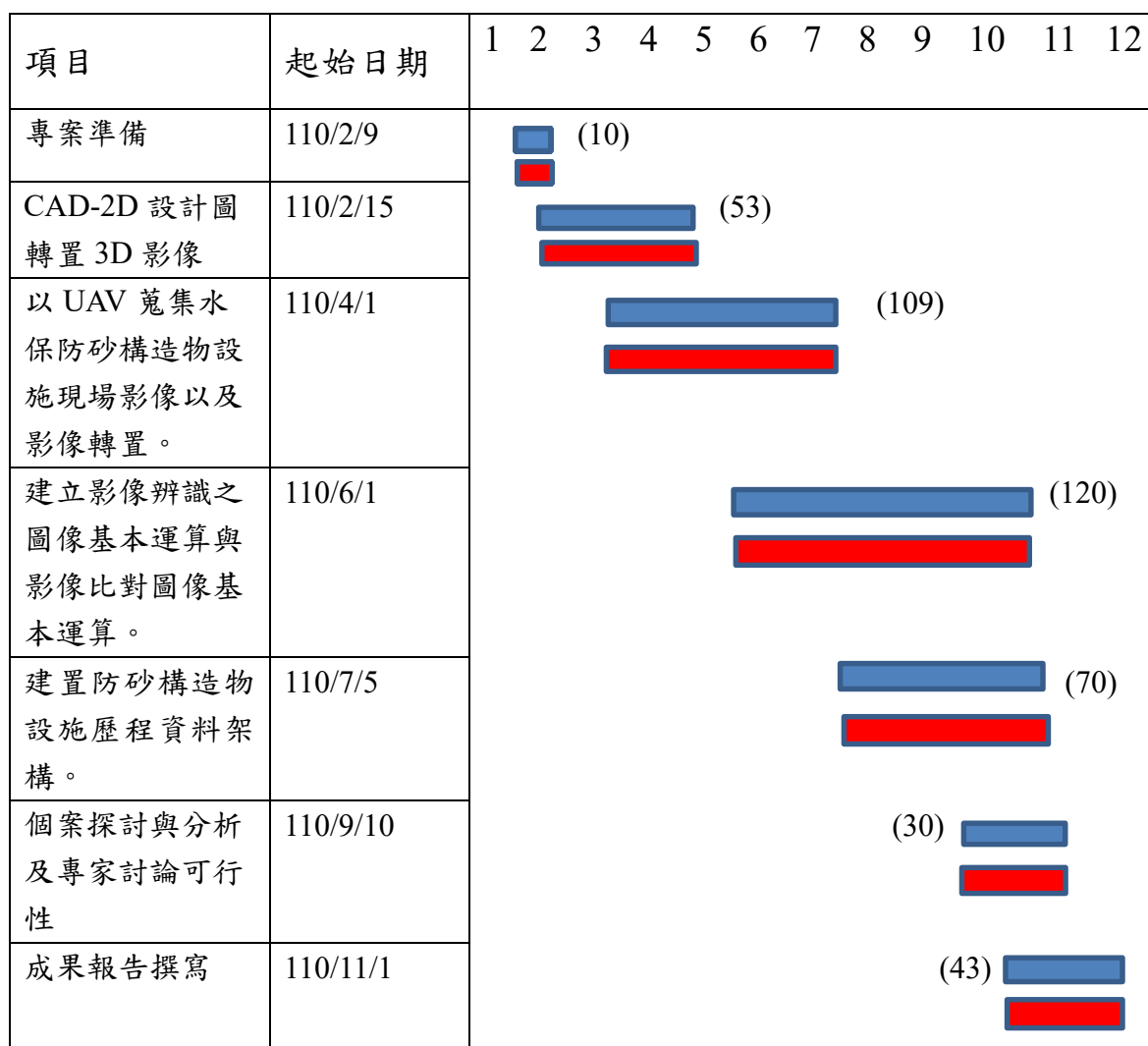


圖 4- 1 本計畫甘特圖

表 4-1 計畫預定進度表

重要工作項目	工作比重%	預定進度	110				備註
			1-3 月	4-6 月	7-9 月	10-12 月	
CAD-2D 設計 圖轉置 3D 影像	10%	工作內容	案例選取	2D 設計圖轉置	轉置成 3D 設計圖		
		累計百分比	20	50	90	100	
以 UAV 蒐集 水保防砂構造 物設施現場影像 以及影像轉置。	30%	工作內容		第一次 現場影像蒐集	第二次 現場影像蒐集		
		累計百分比		20	50	100	
建立影像辨識 之圖像基本運 算與影像比對 圖像基本運算。	30%	工作內容		建立影像辨識 之圖像基本運 算平台	影像比對圖像 基本運算測試	影像比對圖像 評等。	
		累計百分比		30	80	100	
建置防砂構造 物設施歷程資 料架構。	20%	工作內容			履歷資料架構 設計	建置個案履歷 與影像連結	
		累計百分比			50	100	
個案探討與分 析及專家討論 可行性	10%	工作內容			個案探討	專家討論可行性	
		累計百分比			50	100	

第二節 本計畫已完成工作與預期成果

本計畫主要交付項目如下：

- 1.將設施 CAD-2D 設計圖轉置 3D 影像模型。
- 2.以 UAV 蒐集水保防砂構造物設施現場影像以及影像轉置。
- 3.建立影像辨識之影像比對圖像基本運算方法。
- 4.建置防砂構造物設施歷程資料庫架構。
- 5.個案探討及專家討論可行性。

本計畫目前完成工作如下：

1. CAD-2D 結構設計圖轉置 3D 模型

以水保設施 CAD 設計圖轉置 3D 模型與將水保設施現場巡檢歷程資訊以視覺化之 3D 影像呈現，本計畫依作程序建置 3D CAD 模型轉換作業程序，依使用 AutoCad-2D 圖轉繪 3D 圖為主要操作軟體，後續以匯入 Autodesk Revit 再填入結構資訊達到 BIM 的概念。整體 流程如下圖 4-2 所示：

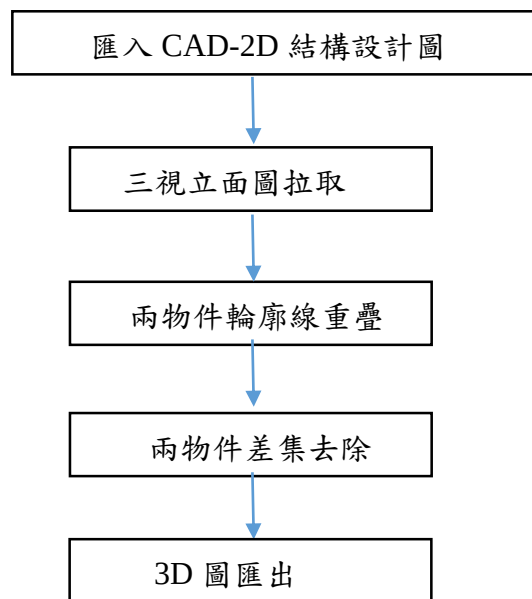


圖 4-2 CAD-2D 結構圖轉置 3D 模型程序

(1.) 結構 3D 圖轉置

本計畫以梳子壩作為案例說明，以 CAD-2D 設計圖轉置 3D 圖建置主要程序，本計畫將以 Auto CAD 作為工具軟體，主要是透過 AUTO-CAD 本提供 2D 繪製 3D 功能，主要進行結構設計圖 2D 轉換成 3D 再轉至成為 BIM 格式，並以附帶相關結構資訊於其中，繪製說明如下。

首先以 Auto-CAD 開啟 2D 設計圖，以將三視圖，上、前、右視角圖匯出(如圖 4-3)，由設定選項中點選直角座標系統，經直角定位後再點選邊框，以拉取模式拉出結構輪廓線，依據這三個視角圖以拉取方式，將各視角圖拉出成為立體圖，再以此線為依據做聚合線性結合，集合完成再以 AUTO-CAD 系統中

3D 功能，採用拉取模式(presspull) 將圖形擠出，點選物體邊界線以拉取模式拉擠出立體圖，利用軟體中選擇 3D 對齊指令，經由兩立面圖之輪廓線經實體相交，並檢視輪廓處是否已有重疊，經確認兩物件輪廓線重疊後再選擇 3D 差集功能編輯，將兩物件差集去除，即產生結構 3D 圖形。如 4-4 圖所示。

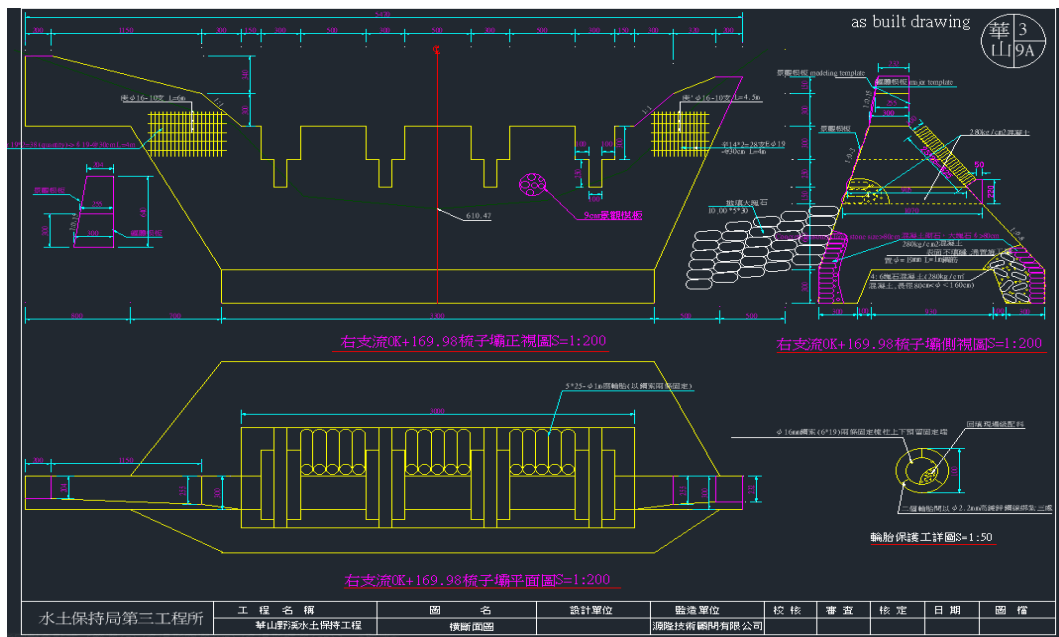


圖 4- 3 2D 梳子壩結構設計圖

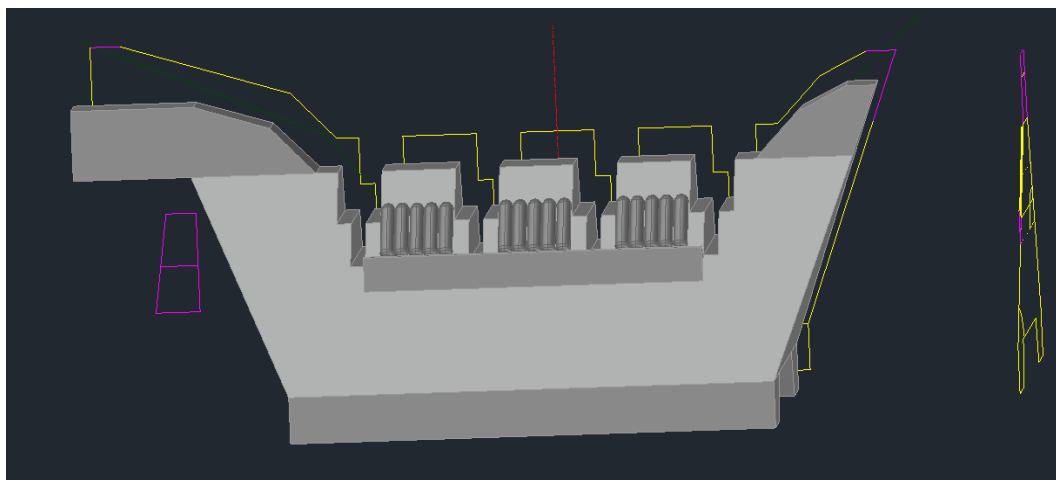


圖 4- 4 轉置為 3D 梳子壩立體圖

(2.) 結構模型資訊化

繪製完成好的 Auto CAD 3D 圖檔匯出後再匯入 Autodesk Revit 軟體中，該階段主要將 3D 圖形轉為 BIM，將 3D 圖形相關資訊附加於模型中，如補足之資訊另外自行填入。將 CAD 繪製好的 3D 圖形，點選 Revit 中上方功能中選擇插入，於其中的匯入 CAD 按鍵，匯入圖形後即產生，如圖 4-5，經旋轉 180 度後即可顯示 3D 結構的背面如圖 4-6 所示。

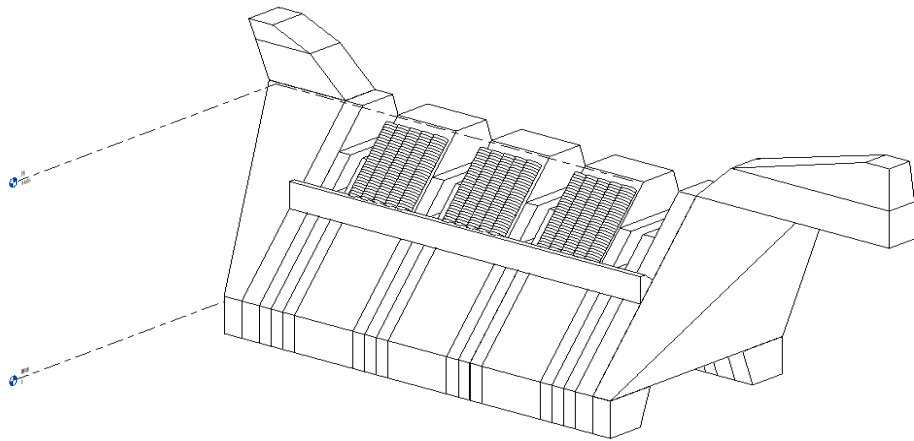


圖 4-5 CAD 匯入後轉 BIM 3D 圖形正視圖

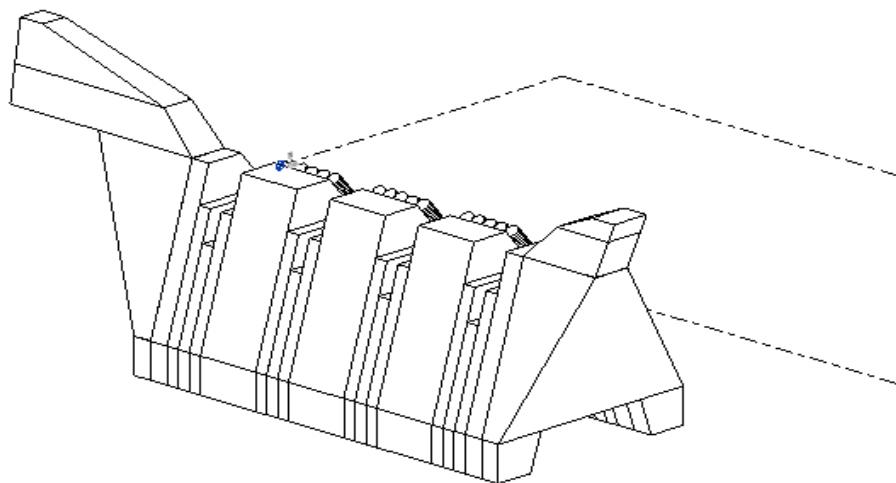


圖 4-6 BIM 3D 圖形旋轉後背面圖

2. 以 UAV 蒐集水保防砂構造物設施現場影像以及影像轉置

本計畫於 3D 影像蒐集採用自動飛行模式(Auto)，以無人飛機(UAV) 設定於自動模式下執行，先設定飛行範圍與飛行路徑，無人飛機(UAV)將按照設置的路徑規劃來執行飛行，因路徑規劃需仰賴 GPS 的精準定位資訊，所以在解鎖起飛前，必須確保 GPS 已經定位完成，之後再切換至自動模式，並使用手動控制起飛。另一種模式為起飛後，無人飛機(UAV)則會參考離控制人員最近一次高度(ALT, Altitude)做為定高的油門值作為油門基準，當爬升到任務規劃的第一個預定目標高度後，即可開始執行任務規劃飛向目標；另外如果是空中切換到自動模式，飛行機首先會爬升到第一目標的高度然後開始執行任務，蒐集程序如 4-7 所示。

首先需依據現場環境進行評估，再規劃拍攝路徑，於影像開始收集前需先進行現場環境測試飛行，主要目的為量測鄰近的樹林或建築的高度，以避免採自動巡航時因高度不足導致無人飛機撞擊而墜落，併查看適合擺放參考點位置。經完成以上測試，並於下載現場飛行路徑地圖，並設定參數確認完成後，在進一步放置參考定位點如下圖 4-8 所示，讓無人飛機採自動巡航模式進行自動收集影像，執行過程中無人飛機飛行至所設

定的臨近碰撞點位置時須注意，待確認無人飛機可順利完成避閃障礙處即可放手，並以目視方式監看無人飛機的執行狀況。

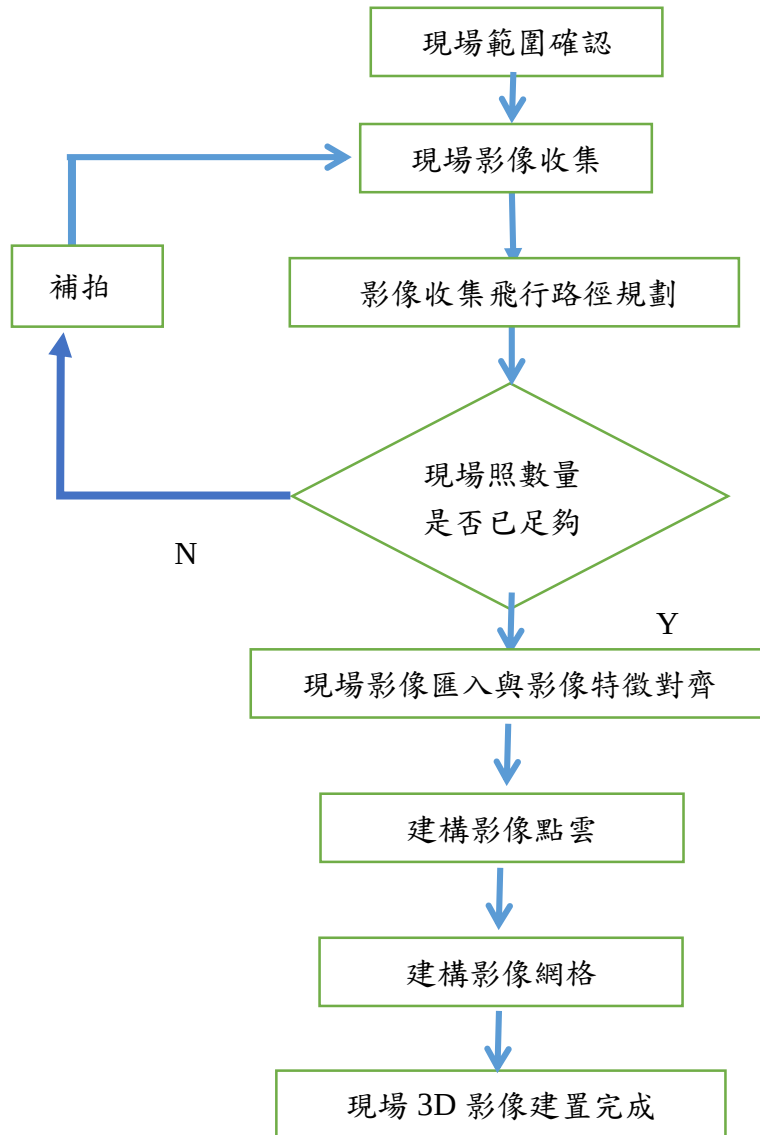


圖 4-7 現場 3D 影像收集與建置流程



圖 4-8 放置參考定位點

後續 3D 影像模型處理，透過第二階段所收集現場照片進行影像拼接處理。採用 UAV 自動巡航拍攝時須以 GPS 為導航定位系統，因此所收集影像均附有 GPS 座標資訊，以及現場的參考點位置。3D 影像模型的建置時可依影像中的 GPS 定位資訊與參考點作為拼接依據，此外建置 3D 影像模型所收集的影像數量約為環景影像的 3 倍或 4 倍間的數量。正因如此轉置後影像精度較高於環景影像。

(1.) 3D 影像模型建置

本計畫使用的影像載入軟體(Agisoft)可用於圖像轉置 3D 影像模型方式之一，主要是以同一標的物多張影像建置成 3D 影像成果。以多視點 3D 影像重建技術，可以任意圖像進行影

像旋轉放大縮小等操作。照片可以從任何位置拍攝，但須至少兩張以上照片必須都有要重疊的標的物體。另外影像對齊拼接與 3D 影像模型建置，需透過電腦軟體進行影像特徵點對齊、特徵點拼接、轉置輸出。體操作程序如下圖 4-9 所示。

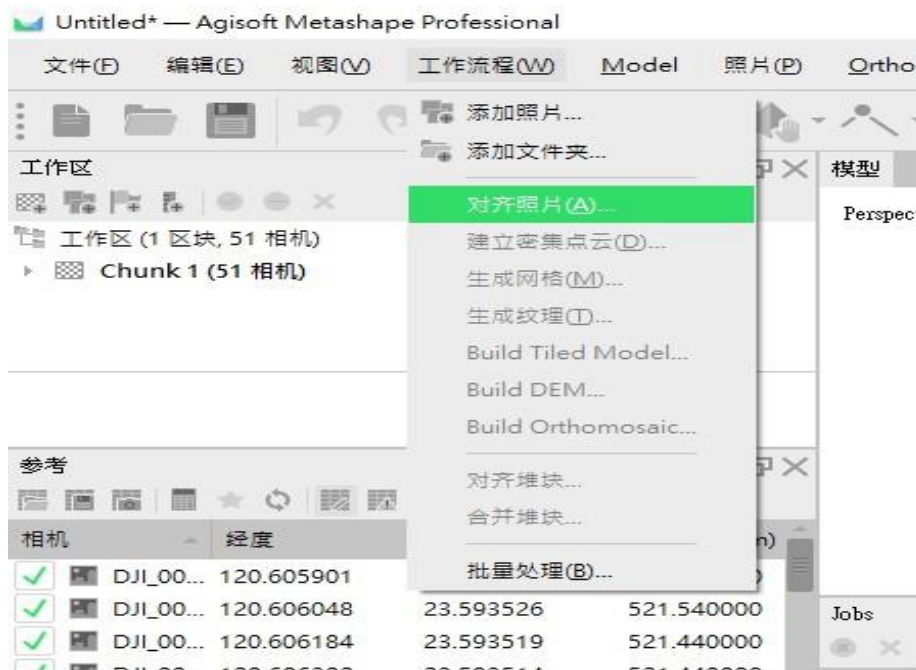


圖 4-9 影像載入軟體操作示意圖

建置 3D 模型流程

本計畫於模型建置過程使用「Agisoft PhotoScan」軟體，由於影像處理軟體所需配合的電腦硬體規格處理時間均有不同，該軟體主要是提供轉置 3D 影像模型的軟體其中一種。依軟體之執行步驟依序完成匯入與轉置(Work Flow)，完成模型建置。

匯入影像資料夾(Add Folders):將 UAV 從現場收集取得案例

的大量影像，利用 SD 卡下載影像至電腦後，整合成為一個資料夾，再匯入影像處理軟體中。

影像對齊(Align Photos):透過影像處理軟體選擇一般設定選定置品質(如圖 4-10)，於此一階段影像處理軟體會找到圖像重疊之間的匹配點，並計算每張照片的位置，下一步則進行構建出稀疏點雲模型。完成後稀疏點雲模型如下圖 4-11 所示。經測試以中階組成影像時間短，並有助於可以提升辨識過程中灰階化所產生的效果，以助於兩不同時期的影像差異辨識分析。

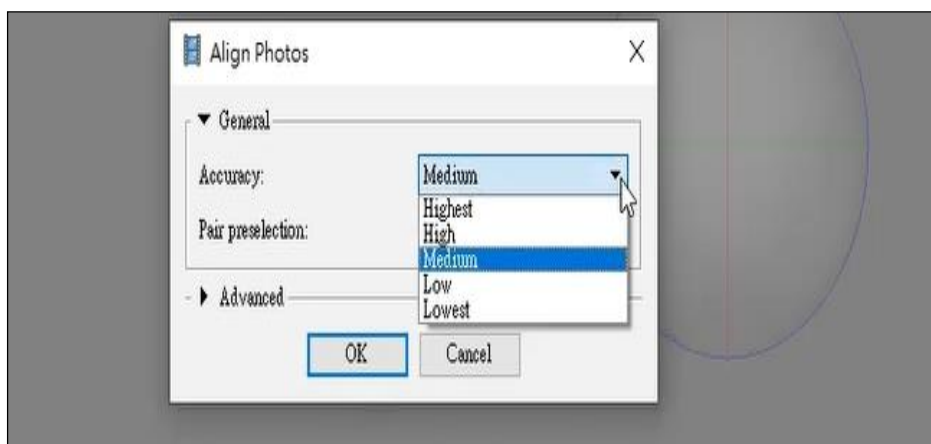


圖 4- 10 選定確認建置品質畫面

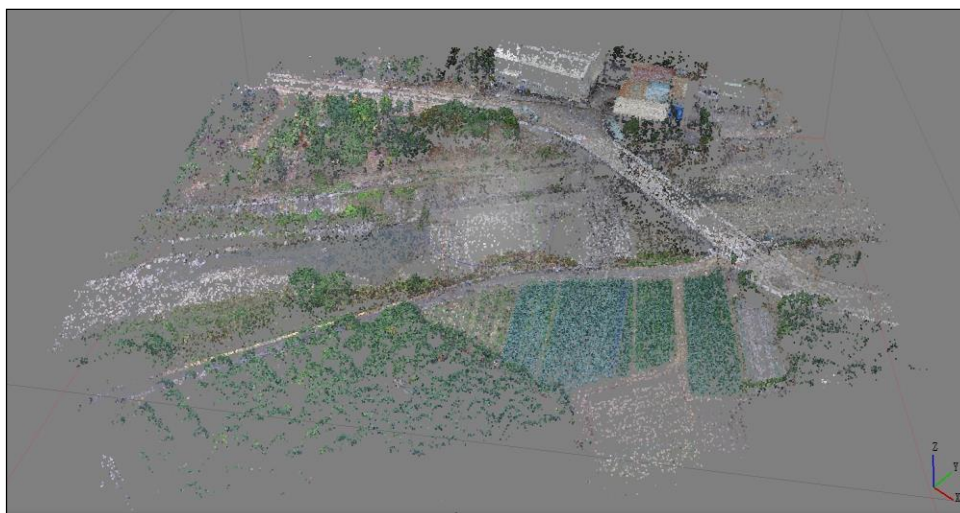


圖 4-11 稀疏點雲模型畫面

建構密雲圖(Build Dense Cloud):完成稀疏點雲模型後進行此一步驟，於影像處理軟體中選擇建置品質，選擇過程須考量依據影像位置，利用程序計算每張影像的位置及相機的景深距離資訊，利用資訊重疊程序組合成密集點雲圖。如下圖 4-12 所示。



圖 4-12 合成密集點雲圖

建構網格(Build Mesh):完成密集點雲圖後執行「影像對齊」及「建構密雲圖」兩步驟，此步驟於影像轉置 3D 影像模型中最耗時的過程，但也是最為關鍵的兩個步驟，因此模型首次建置，會優先使用較低的解析度，再生成密雲圖。先使用較低的解析度的原因在於建置時間較短，因此雖然建置出的成果解析品質低，但能夠讓使用者用比較少的時間，檢視可能發生的錯誤，完成後再往更高的影像品質進行模型建置。在建置完成密集點雲圖之後，可以依照密集點雲的數據，生成多邊形網格模型。完成畫面如下圖 4-13 所示。有助於對 3D 影像模型進行尺寸量測。

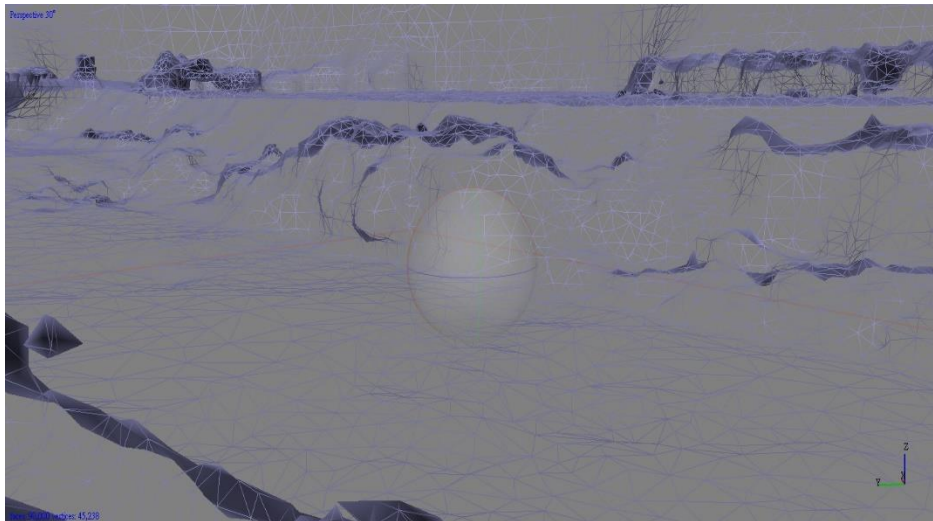


圖 4-13 多邊形網格模型圖

完成 3D 影像模型影像建置:透過建置 3D 影像模型程序，由稀疏點雲、影像對齊、密集點雲建置、多邊型網格模型完成再轉置成的 3D 模型(如圖 4-14 所示)，此模型可協助檢測人員藉由

電腦即可觀察檢測區的水保構造設施現況，並能多以角度檢視設施。如有劣化可放大特定位置檢視，此一模型也可提供後續的構造設施評等主要參考。



圖 4- 14 3D 影像模形示意圖

3. 建立影像辨識之影像比對圖像基本運算方法

本計畫以水土保持局轄內所管理水保設施作為案例研究對象，因此本計畫將建立防砂構造物設施及周邊環境履歷資料庫為主要目的，期能滿足該水保防砂構造物設施及周邊環境管理之需求，解決目前資料數位與視覺化呈現之影像差異計算不易情況，並可藉此提升防砂構造物設施及周邊環境管理之整體效率。本計畫將建立防砂構造物設施檢測模式與不同時期所巡檢資料進行讀取與比對，提升整體巡檢管理效率以快速了解防砂構造物設施及周邊環境的現況與異常變化趨勢。

本計畫提出以協助影像辨識方法，常是指電腦模擬/模擬人類思維過程以模仿人類能力或行為的能力。常見的影像辨識中包含機器學習與深度學習兩類。

機器學習(Machine Learning)所做的應用計算，可定義辨識分類於計算步驟上，藉以分類出辨識物的群組即為辨識結果，機器學習可分為監督式學習(Supervised Learning)、無監督式學習(Unsupervised Learning)以及介於兩者之間的半監督式學習(Semi-supervised Learning)，所謂監督式學習係將樣本資料進行人工分類，直接標示特徵，使後續資料藉由人工所定義的特徵進行分類，而非監督式學習係指將樣本資料直接交由演算法去做辨別，藉此獲得分類結果，藉由上述灰階、強化、去雜訊等過程提取出特徵，再利用神經框架辨識出結果。

目前較常用於影像辨識之演算法為監督式學習的支援向量機器 SVM(Support Vector Machine)、非監督式學習的卷積神經網路 CNN(Convolutional Neural Network)等方式。監督式學習的支援向量機器(SVM)演算法係利用特徵將樣本資料區隔出不一樣的分類，以建立出二元的分類，並持續透過新的案例訓練出更精準的類別；此種演算法的訓練案例需要相當龐大的量，以擷取出特徵正所謂的標記特徵值，如圖 4-15 所示，其運作原理是利用

切割圖片獲得特徵圖包含外觀形狀表面的紋路等，特徵圖會經由池化平均化的降維計算，得到以數字為主的陣列圖，陣列圖上會呈現數字，而數字差異就可使其辨別圖片，經由將圖片轉換成數字模型，儘管圖片是以變形、旋轉等形式運行辨識，都能夠派上用場。



圖 4- 15 機器學習特徵標註畫面

非監督式學習係指將樣本資料直接交由演算法去做辨別，藉此獲得分類結果，藉由上述灰階、強化、去雜訊等過程提取出特徵，再利用神經框架辨識出結果。

本計畫所應用之影像辨識方法乃採用非監督式學習，在沒有過多人力判讀資料、或是沒有基礎理論而無法判讀資料時，是當前最有效的方法之一。因此於輸入影像後並不會馬上辨識結果，

而是會先對影像做特殊處理，步驟一是將其灰階化，讓顏色不影響辨識效果，以強化辨識目標，步驟二則是去雜訊，可透過調高亮度以及對比度使黯淡部分消除，更凸顯辨識目標，更可以利用濾波器或侵蝕功能去除噪點，使目標更加明顯，步驟四是將辨識目標因為步驟三所去除的雜訊給補滿，最後才進入比對，辨識兩者差異。本計畫未納入機器學習的主要原因，是水保構造物劣化樣態學習樣本不足，無法有效且準確利用機器學習方式辨識出構造物劣化特徵，本計畫主要針對水土保持環境觀察整體現象，能使水土保持相關工作人員更能判讀目前現況以及前後期變化趨勢，以現況來說觀察整體現象較有利於以演算法辨識特徵。

所謂的非監督式，就是輸入端的特徵提取，而將會透過卷積的方式，取代了特徵提取這個環節。例如，計算機知道兩張圖片其中差異為何，其關鍵技術叫做「感知哈希算法」(Perceptual hash algorithm)，它的作用是對每張圖片生成一個「指紋」(fingerprint)字符串，然後比較不同圖片的指紋。結果越接近，就說明圖片越相似。

感知哈希算法相反稱為差異哈希(dHash)，dHash算法主要有以下幾個步驟，dHash的漢明(hanming)距離步驟如下：

步驟1. 先將圖片壓縮成 $9*8$ 的小圖，有72個像素點。

步驟2. 將圖片轉化為灰度圖。

步驟3. 計算差異值：dHash算法工作在相鄰像素之間，這樣每行9

個像素之間產生了8個不同的差異，一共8行，則產生了64個

差異值，或者是32位01字符串。

步驟4. 獲得指紋：如果左邊的像素比右邊的更亮，則記錄為

1，否則為0。

步驟5. 通過hash值來計算漢明距離。

使用差異哈希（dHash）有很多好處，主要的好處包括以下幾

點：

1.如果我們的輸入圖像的寬高比發生變化（因為忽略了寬高

比），圖像中哈希值不會改變。

2.調整亮度或對比度不改變我們的哈希值，僅稍微改變以確保

哈希值接近。

3.差異哈希非常快。

針對如何比較差異哈希值部分，通常我們使用漢明距離來比

較哈希值。漢明距離測量兩個不同哈希值中的比特數。漢明距離

為零的兩個散列意味著兩個散列是相同的，漢明距離在1和10之

間的圖像很可能相同或相似。但通常差異散列 >10距離以上圖像

最有可能有不同的差異，而實際上可能需要為應用程式和相應的

數據集調整閾值。本計畫所提出之模型是以影像辨識技術之差異哈希(dHash)為基礎，透過圖像基本運算程式針對異常範圍進行差異哈希(dHash)比對標示，該技術乃利用本計畫所開發之圖像基本運算程式進行影像比對，主要乃以Python語言作為開發之程式，進行結構相似性指數(SSIM)分析，透過驗證分析比對可將不同時期之圖像進行比較並分析差異。SSIM是一種全參考的圖像畫質評價指標，分別從亮度、對比度、結構三個方面度量圖像相似性。SSIM取值範圍[0, 1]，值越大，表示圖像失真越小。

在實際應用中，可以利用滑動窗將圖像分塊，選擇分塊總數為N，考慮到窗口形狀對分塊的影響，採用高斯加權計算每一窗口的均值、方差以及協方差，然後計算對應塊的結構相似度SSIM，最後將平均值作為兩圖像的結構相似性度量，即平均結構相似性SSIM。依據影像所比對出構造物或周邊環境差異範圍，依其程度與範圍後提出後續維護建議，本計畫以防砂構造物設施及周邊環境為研究對象，另外構造物周邊環境指鄰近構造物之邊坡及河道中土砂變化或河道中雜草叢生樣態等。執行流程如下圖4-16所示。

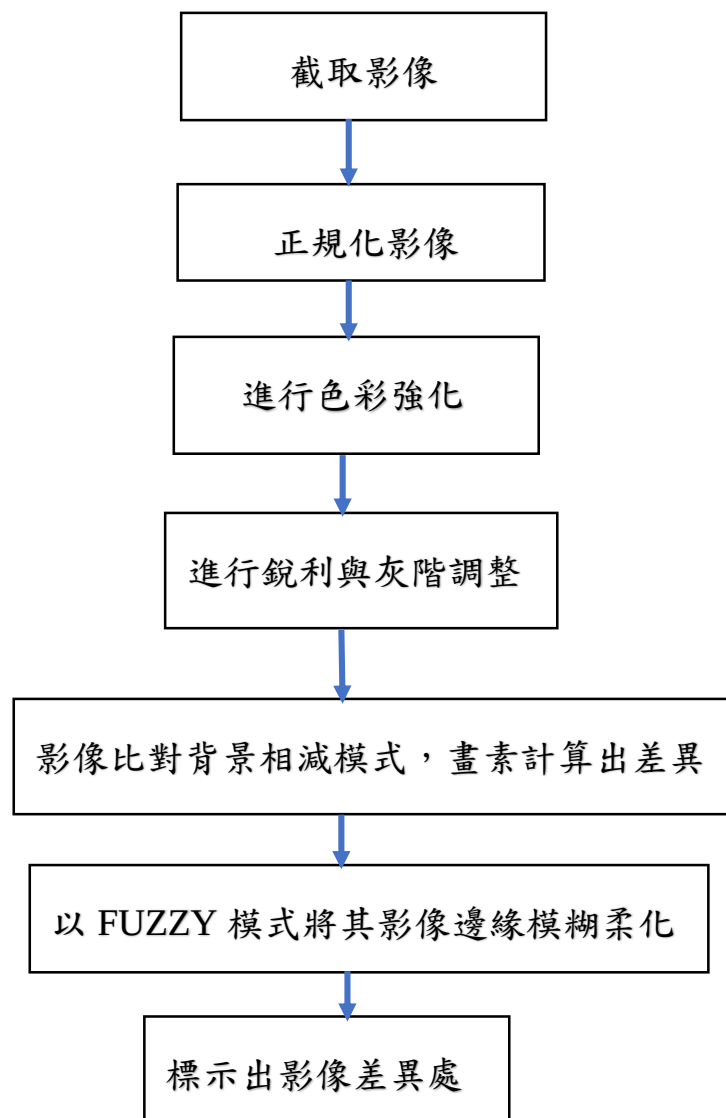


圖 4-16 比對執行流程

以不同時期影像辨識須要以下幾個要素與步驟，對於採用的影像需相同大小，因此本計畫採用 3D 影像建置現場立影像，依兩不同時期均建置，再依據所需範圍進行影像擷取，透過影像軟體以固定大小範圍以擷取相同畫素數，另一方式則應用之簡報檔格式再依全版影像擷取出所需要的影像位置，結果如下圖 4-17 所示，透過這樣過程可以視為正規化影像第一步驟。



圖 4- 17 不同時期截圖正規化影像尺寸

計算攝影透過軟體操作視覺資料，而不是專注於光學處理與影像捕捉的方法上，此部分包含全景影像(panoramic images)，影像補光(images relighting)與光場相機(light field cameras)等。因此本計畫以此計算攝影式概念架構，所開發之圖像基本運算程式進行影像比對，此外整合曲面匹配建立處理三維物體的演算能力，類似於捕捉視覺資料同時取得深度資訊的方式，輸入三維物體與

資料中模組匹配進行辨識，能夠識別與找出物體的位置。因此考量色差及光學因素必需運用濾鏡方式將影像進行色彩強化(如下圖4-18所示)，後再進行銳利與灰階調整影像程序，以凸顯每一個物件形狀，因此相同畫素在強化原圖灰階、分離植物，分離土砂與建物(如下圖4-19與4-120所示)，才能夠於背景相減過程快速計算出影像的差異處，加強物件可視化以可助於後續影像標示的動作。



圖4- 18 3D影像中擷取出原圖



圖 4-19 原圖分離出植物，濾鏡強化植物影像



圖 4-20 原圖分離出土土砂與結構，灰階化以凸顯影像邊緣

透過影像比對背景相減模式，畫素計算出差異物件位置如下圖所示，並於語法中加入以 FUZZY 模式將其影像邊緣模糊柔化，以標示出前後期差異範圍，案例中以前期為圖像基底，因此透過圖像計算以前期圖像作為標示出後期產生的差異範圍如下圖 4-21 所示，並可以針對差異畫素自動計算結果如下圖 4-22 所示。如此一來可以了解兩不同時期的影像差異程度如下圖 4-23 所示。計算公式，

圖片差異根據兩圖片平均值 $(x,y)=[R(x,y)+G(x,y)+B(x,y)]/3$ 。

依據案例兩不同時期所取得的影像比對後發現，所比對出的範圍進一步檢查分析，皆為上游所淤積的土石，經過豪雨沖刷搬運至河道中，致使原本的有河道水流綠地部分，均有明顯遭到土石淤積所覆蓋之情況，使得原本淤積情況更為嚴重，因原本河道旁植生也因經過沖刷而產生崩塌造成護岸土石流失情況。所標示出差異範圍可再透過以 3D 現場立體圖，進行量測範圍在推算淤積總數面積，另一方式則運用本計畫所撰寫軟體以圖素方式自動估算差異總面積。透過以自動辨識前後期差異，加快了以人眼辨識速度，也更精準標示出各個差異點，有助於紀錄及了解水保防砂構造物於不同時期的造物本身變化及周邊環境變化分析與歷程。

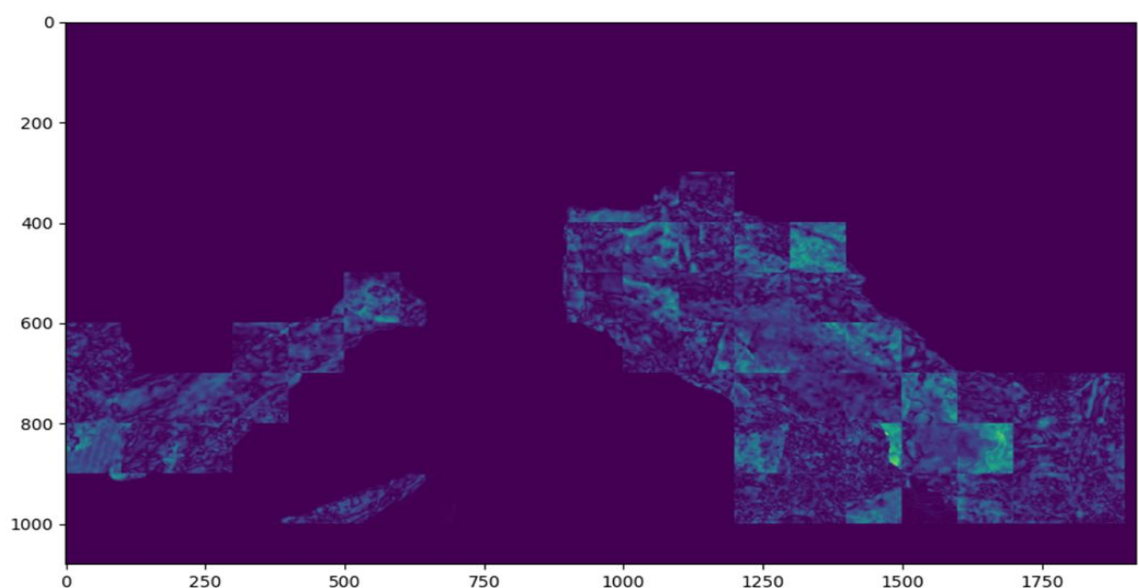


圖 4- 21 用畫素計算比對影像差異位置



圖 4-22 標示出前後期差異範圍

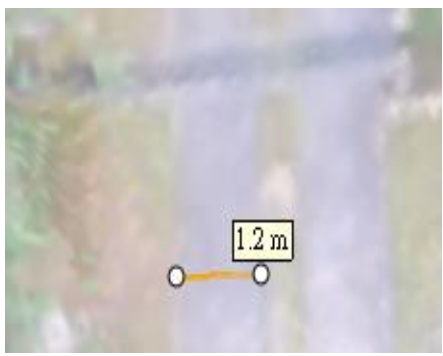
統計資料	
平均誤差 (*)	27.39256
最小誤差	0
最大誤差 (*)	203
標準差 (*)	23.40399
方均根偏差 (*)	36.02914
誤差個數(pixels)...	468672
誤差(% pixels) (*)	22.60185

圖 4-23 兩期圖像差異計算結果

影像辨識之模型精度驗證說明

本計畫針對所建置 3D 影像進行精度量測驗證，經過驗證精度均可達 95%以上，代表所建構出的模型準確率是可作為有效參考之用。如表 4-2 所示。

表 4-2 模型精度驗證表

實際尺寸	3D 尺寸	準確率
		(3D 尺寸/實際尺寸) 1.2m/1.2m =100%
		(3D 尺寸/實際尺寸) 1.2m/1.2m =100%
		(3D 尺寸/實際尺寸) 59.2 cm /60cm =99%

4. 建置防砂構造物設施歷程資料庫架構

(1.) 資料庫架構

並整合出水保構造物巡檢維護履歷資料庫架構，包含設施構造物與周邊環境異常歷程等質(量)化資訊與建議維護成本估算功能，以利於巡檢後的構造維護履歷建置及個案履歷完

整性。巡檢履歷本計畫定義為，係指同一地點不同時期對於主要結構體與周邊巡檢紀錄。

本計畫採用 MSSQL，MSSQL 是微軟推出的商用資料庫系統，全稱是 Microsoft SQL Sever。目前的大型網站一般使用 Oracle 或者 MSSQL，JSP.PHP.ASP 都可以，一般是企業級的商務網站使用的。本計畫將運用雲端式資料庫概念，將其檢測紀錄與圖像等相關資料存方於雲端資料庫中，再藉由雲端方式進行讀取。

因此本計畫將依據所需要紀錄的表格欄位與與資料庫中編碼建置，包含有基本資料表、結構分類、劣化樣態分類、整體現況分級、結構圖庫、維護工程項目，透過資料庫中的主鍵以及各資料進行串連，再由以網頁方式透過瀏覽器呈現。以可透過不同行動裝置進行資料讀取。資料故關聯架構如下圖 4-24 所示。本計畫資料表單包含，基本資料表、構造設施類型、劣化類型、整體現況分級、結構 3D 圖連結、不同時期 3D 圖連結，不同時其差異計算紀錄與圖像連結，以利後續資料建立及雲端資料庫鏈結。

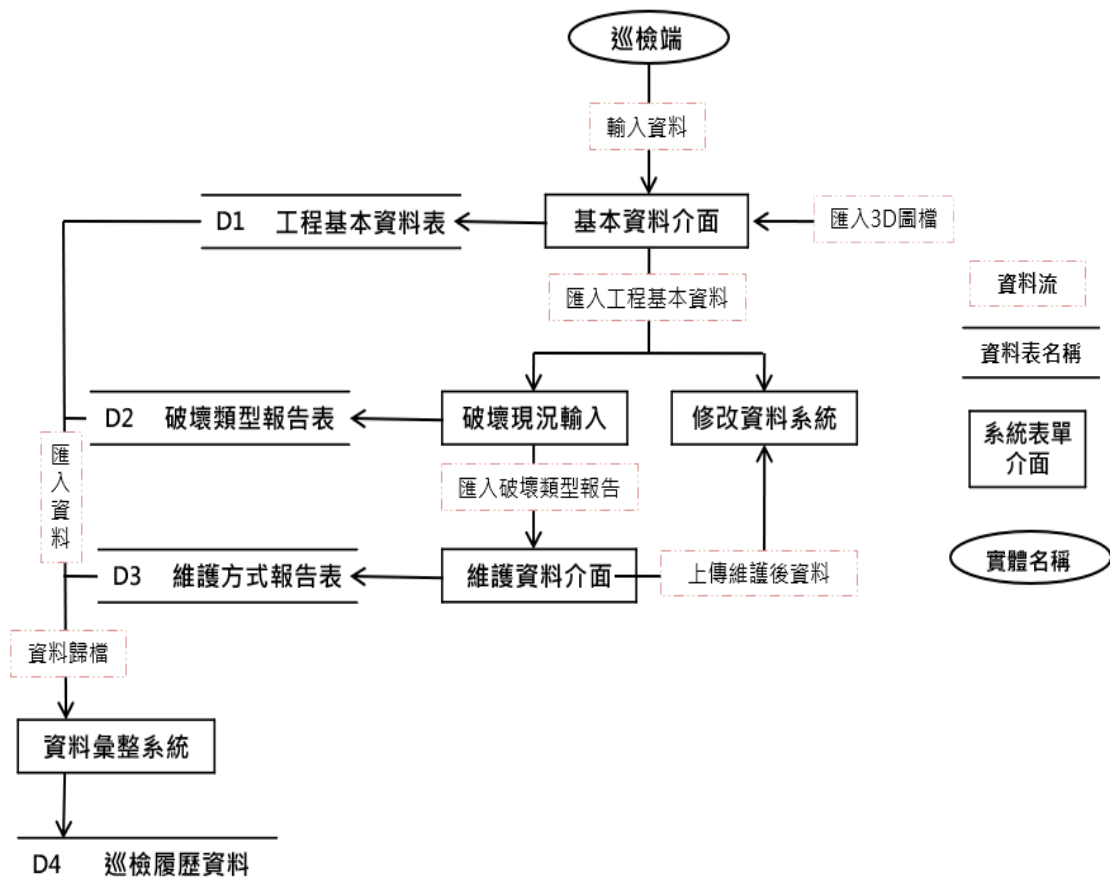


圖 4-24 資料庫關聯架構圖

本計畫所建置之資料庫架構包含歷程資訊，巡檢紀錄、分期影像紀錄，以及差異比對紀錄與分析，說明各項功能。於資料庫進入首頁需以管理人員的帳密登入如圖 4-25 所示，進入系統後有三個圖示，分別為個案資料維護、個案資料歷程維護、報表作業如圖 4-26 所示。個案資料維護主要是針對個案新增，點入個案資料維護後可依據巡檢資料填入包含所在地點、工程序號、日期、劣化樣態等。工程序號依水保局各分局進行主要分區，並設計簡碼作為本計畫系統中使用，劣化樣態則可自行拉選，經點選後再依前、後不同期所比對誤差百分比做為參考，來產生現況分級，系統會針對分級結果

在依樣態與分級後所配對出合適的結果提供建議。系統畫面如圖 4-27 所示。



圖 4-25 資料庫登入頁面



圖 4-26 主要功能選項頁面

個案基本資料管理

系統訊息: 請確認欄位填寫完整2021-09-24 04:54:02

基本資料新增作業		基本資料列表	
所在縣市鄉鎮	台北市 ▾	雲林縣	修改 刪除
工程序號		彰化縣	修改 刪除
檢測日期		花蓮縣	修改 刪除
劣化樣態類別		花蓮縣	修改 刪除
現況分級CI - Level		花蓮縣	修改 刪除
維護方式		台東縣	修改 刪除
		台東縣	修改 刪除
		連江縣	修改 刪除
		屏東縣	修改 刪除
		TW-MNNM	修改 刪除
		修改 刪除	

新增基本資料 重置填寫欄位

圖4-27 個案資料管理頁面

依據水保局本身的區域劃分給予文字縮寫編碼，因此依據管理單位的分為，臺北、臺中、南投、臺南、臺東和花蓮共為六個分局管理單位，以台北為例英文為Tai-Pei那選取TP作為代表，每一分局所包含的縣市與縮寫，詳見下錯誤！書籤的自我參照不正確。4-3所示。

表 4-3 水保局各分局簡碼

分局	簡碼	管理範圍
台北	TP	台北、新北、基隆、宜蘭、桃園、新竹、連江
台中	TC	苗栗、台中、
南投	NT	彰化、南投、雲林、嘉義
台南	TN	台南、高雄、屏東、金門、澎湖
花蓮	HL	花蓮
台東	TT	台東

劣化樣態主要以暫時現象與結構受損兩類，暫時性現象：本計畫定義為暫時現象為河道變化淤塞一種，包含泥砂淤積或植生覆蓋，因該情況大都是因上游土石崩落而造成淤積，但其結構功能已有發揮預期功能，但需要加以清理，應可恢復其原本主要設定之功能狀態。

結構受損：本計畫定義為對整體的結構物已產生嚴重破壞衝擊，再者已影響到整體的實際功能運作，並對未來使用上的安全性有著巨大的風險存在，如結構位移或沖毀，因此對此類狀態檢測時需要加以評估其整體的安全性。劣化樣態如下表4-4所示。

表 4-4 劣化樣態表

類型	編碼	樣態
暫時性現象	BT1	土砂淤積
	BT2	植生覆蓋
結構破壞	BT3	位移
	BT4	沖毀

水保設施結構造成損害者不外乎是遭到撞擊、沖刷等因素，維護方式為綜合相關參考文獻後分類所得，分為以下幾項，例行巡檢、淤積清理、損壞部位打除重作及全部

重作幾項，下錯誤！找不到參照來源。4.5各種維護方式說明。

表 4-5 各種維護方式說明

維護方式	編碼	說明
例行巡檢	CM1	設施維護相關單位，颱風、豪大雨季季節前後，時檢查設施功能是否正常。
淤積清除	CM2	因土砂或異物淤積，影響水保設施無法正常發揮排水功能，於水保設施淤積之部分進行清除整理，確保此設施還發揮原有設計之功能。
損壞部位打除重作	SR1	設施僅部分呈現損壞等情形，其它部分未遭受影響功能之損壞，請設施維護相關單位，於損壞之部分進行拆除，確保此設施保有正常之功能。
全部重新施作	SR2	設施損壞部分已嚴重影響其設施功能，評估此設施功能，重新規劃設計施工以符合此功能需求之設施。

水保設施現地巡檢時所拍攝影像，針對影像前後期差異進行評估，以前後期差異值作為評分依據，而該評估之分數值，利於瞭解設施功能的現況為本計畫現況分級(IC-Level)，第一區間為 0%~29% 為等級 A，區間第二區間為 30%~59% 為等級 B，第三區間為 60%~100% 為等級 C，分百分比高代表目前該區域前後其差異越大，相對的現況越差。將此依對照表以條件式判斷邏輯建置於資料庫系統中，將依據劣化分類與

等級為條件進行搜尋出維護方式。如表 4-6 所示。

表 4-6 劣化樣態與維護方式整合表

劣化類別	劣化狀況描述	現況等級	維護方式
土砂淤積	出現明顯土砂淤積，結構性能狀態尚可	A	例行巡檢
	設施結構遭土砂輕微覆蓋，性能狀態變差	B	淤積清除
	設施結構遭土砂輕微覆蓋，性能狀態極差	C	淤積清除
植生覆蓋	設施遭小範圍的植生覆蓋，性能狀態尚可時	A	例行巡檢
	設施遭中範圍的植生覆蓋，性能狀態差時	B	例行巡檢
	設施遭大範圍的植生覆蓋，性能狀態極差時	C	淤積清除
位移	設施些微位移之現象，性能狀態尚可時	A	例行巡檢
	設施呈現明顯位移之現象，性能狀態差時	B	損壞部位打除重作
	當嚴重位移之現象，性能狀態極差時	C	全部重新施作
沖毀	當中度毀損崩壞，性能狀態差時	B	損壞部位打除重作
	當重度毀損崩壞，且功能完全尚失。	C	全部重新施作

個案歷程維護資料

於個案資料維護中資訊包含有個案工程序號、最後一次巡檢日期、地點、結構類型、劣化類別、CAD-3D 圖、現況 3D 圖、前後期差異標示圖、差異值、現況等級、系統評估建議以及巡檢歷程趨勢圖，主要資訊可提供管理者依趨勢圖評估該水保結構現況功能趨勢，如圖 4-28 所示。

個案歷程資料維護

系統訊息: 請確認欄位填寫完整 2021-09-24 11:53:21

目前選擇個案: 雲林縣

基本資料新增作業	雲林縣的歷史資料	資料新增修改	3D圖
[雲林縣] 新增 [彰化縣] 新增 [花蓮縣] 新增 [花蓮縣] 新增 [花蓮縣] 新增 [台東縣] 新增 [台東縣] 新增 [連江縣] 新增 [屏東縣] 新增	過去資料	序號: 日期: 年 / 月 / 日 時間: --:--:-- 地點: 檢核: 評估: 1分 [危險] 劣化類別: 1分 [植生覆蓋] 費用: 2D圖: 選擇檔案 未選擇任何檔案 3D圖: 選擇檔案 未選擇任何檔案 CAD圖: 選擇檔案 未選擇任何檔案 差異圖: 選擇檔案 未選擇任何檔案 差異值: 現況C1值: 新增基本資料 重置填寫欄位	3D圖 2D圖 差異圖

系統評估內容

注意

- 建議編列預算構築護固。
- 建議編列預算維護植被。
- 建議巡檢上游壩體。

系統評估分析

序號	C1值
1	100
2	100
3	32
4	11
5	23
6	45
7	32
8	1

圖 4- 28 個案歷程維護資料示意圖

5. 個案探討及專家討論可行性

個案巡檢 SOP 流程圖如圖 4-29 所示，步驟說明如下：

一、巡檢資料蒐集

依據巡檢的個案進行資料確認，構造物形式、所在鄉鎮位

置、現場可及性與否並依據 google 地圖確認巡檢範圍資料收集與調查。

二、影像資料收集與飛行路徑規劃

至現場先依巡檢範圍檢視，運用手控方式 UAV 進行由上而

下進行範圍概略檢視，於飛行過程中並記錄飛行的可及範圍以及測試飛行的高度範圍內是否會有碰撞情況發生，依上述各限制進行飛行路徑規劃安排，完成後即可進行範圍設定並開始執行，透過飛行器自動依設定路徑飛行收集影像，待影像傳輸完成後進行影像檢視，如有不足建議重飛補拍現場影像。於建置 3D 影像建議至少 300-500 張影像，以避免因影像不足而有黑色區塊及重拍的情況。

三、影像拼接處理

由 Agisoft 影像轉換軟體拼接進行校正，3D 模型經由所集的影像照片進行影像拼接轉製，由彙整影像的資料夾，匯入軟體中再進行影像對齊透，選定建置品質此一階段影像會找到重疊圖像之間的匹配點，並計算相機每張照片的位置，進行稀疏點雲模型構建，再進行密雲圖建構，利用資訊重疊程序組成密集點雲圖執行「影像對齊」及「建構密雲圖」兩步驟，後即可轉置 3D 影像模型雛形，最後可以依照密集點雲的數據，生成多邊形網格模型後即完成 3D 模型的轉置。

四、利用影像辨識進行前、後時期計算差異比較

運用不同時期所建置的 3D 影像，擷取固定的範圍，因此需透過兩影像的特徵點套疊與正規化，讓兩位置圖像規格一致，再

依灰階、顯像特徵步驟由比對軟體進行先後期差異比對計算，透過差異比對標示出差異處，算出差異百分比與顯示差異範圍。

五、檢測差異數值參考進行現況評等

依據劣化進行分類，藉由影像比對差異會後的數值提供做為評等的依據，透過系統自動帶出差異值，再以模糊推方模式評斷出現況評等分級，分級如有認知差異再進行修正。

六、維護方式與巡檢週期建議

依據劣化樣態分類與系統評等分級，再依此推定出維護方式與評等分級去推定維護週期建議。

七、個案資料存入個案巡檢履歷

個案履歷之建置依據每期所收集的資料，以個案的編號作為存取資料依據，並依每一期製成一筆紀錄包含影像，現況分級或現況值，並將其量化數據製成圖表，依年份顯示，如此可呈現出該區域範圍或作為監測個案的構造物功能現況趨勢。

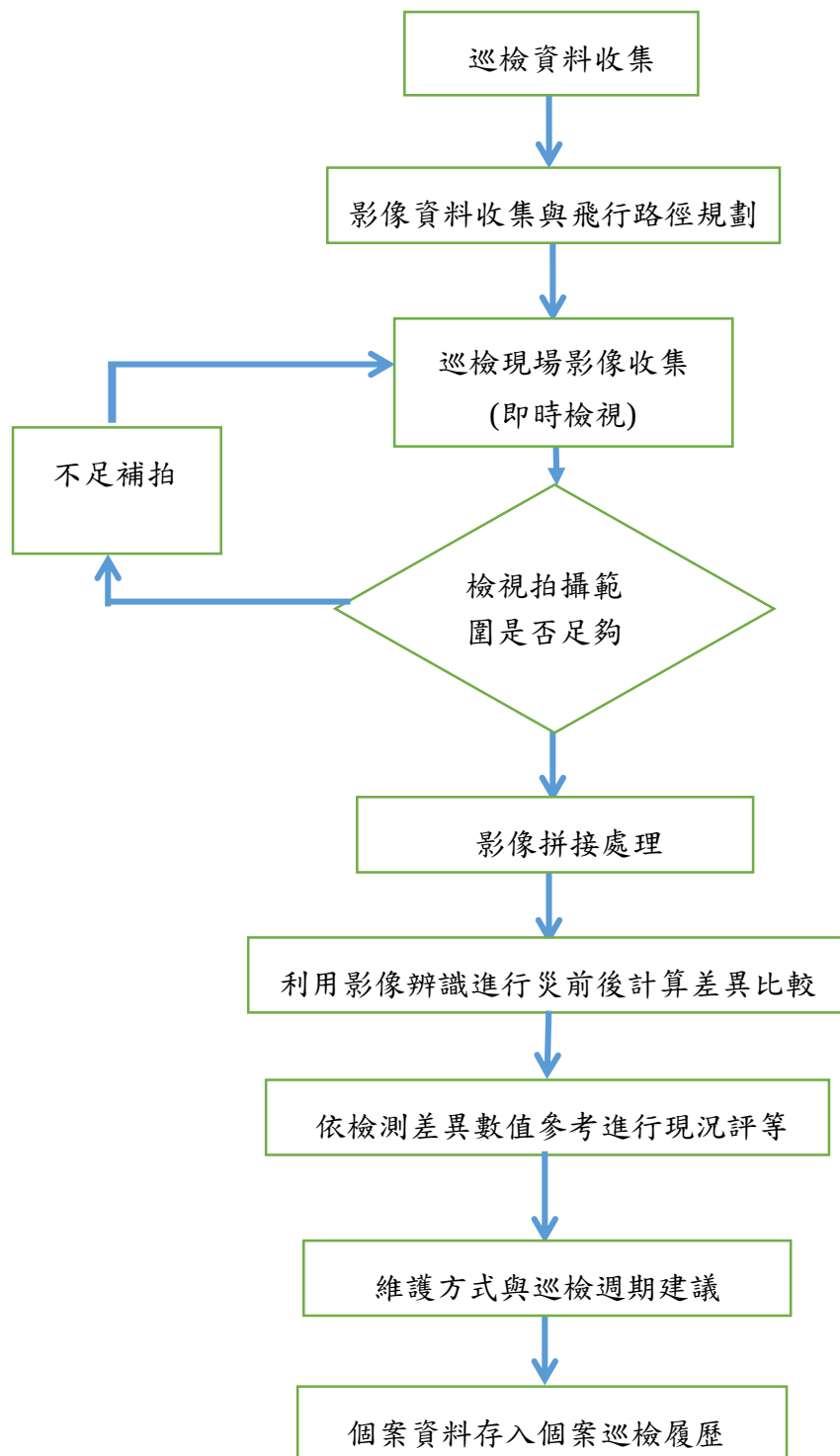


圖 4-29 常態性構造巡檢流程圖

案例探討

案例 A 介紹

本案例地點雲林縣古坑鄉華山村，構造型態:梳子壩及固床工。

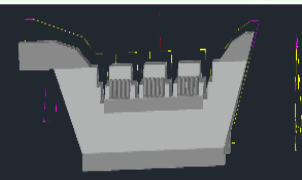
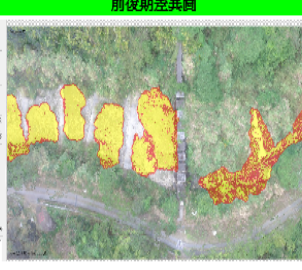
巡檢時間:第一次 110 年 3 月 5 日

第二次 110 年 9 月 12 日

案例 A 資料如圖 4-30 所示

個案歷程資料維護

系統訊息: 請確認欄位填寫完整 2021-10-13 10:00:02

基本資料新增作業	的歷史資料	資料新增修改	CAD-3D圖
[南投分局] 新增 [台北分局] 新增 [台中分局] 新增 [台南分局] 新增 [花蓮分局] 新增 [台東分局] 新增	南投分局-SW001 南投分局-SW002 南投分局-SW003 南投分局-SW005 南投分局-SW006	序號: TN-SW001 日期: 2021-09-15 地點: 雲林縣古坑鄉 檢測單位: 國立雲林科技大學 結構種類: [梳子壩] v 劣化類別: [植生覆蓋] v CAD-3D圖: 瀏覽... 現況-3D圖: 瀏覽... 差異圖: 瀏覽... 差異值: 3% 現況CI值: A 新增基本資料 重置填寫欄位	  

系統評估內容

等級A

*建議例行巡檢。

個案A

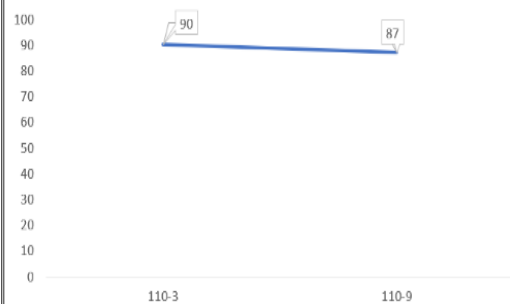


圖 4-30 案例 A 個案歷程資料維護頁面

本案例採前後期同年度，前後期比較差範圍約有 2882.5 平方公尺，如表 4-6 期前巡檢時，樣態為河道中有大量的植生覆蓋

樣態上屬暫時現象因，防汛期後巡檢所拍攝，於影像上可得知，原先被植生覆蓋部經河水沖刷後，露出河道但有部分防砂結構下方略有掏空樣態，但整體尚屬正常現象，因此現況等級 A 級，維護方式可依系統建議正常巡檢即可。於同年並以防汛期前、後收集影像後發現差異變化較小，主要是河道遭到植生覆蓋所造成差異因此該部分差異百分不納入，對於結構本體差異甚小。如表 4-7 所示。

表 4-7 案例 A 分析表

	前期	後期
時間	110 年 3 月 5 號	110 年 9 月 12 號
3D 截取圖		
銳利化		

差異分析 圖	
變化範圍 量測圖	 約2882.5m²
樣態分析	110 年 3 月於防汛期前巡檢時，樣態為河道中有大量的植生覆蓋樣態上屬暫時現象，於 110 年 9 月防汛期後巡檢所拍攝，於影像上可得知，河道原先被植生覆蓋經河水沖刷後，露出河道但有部分防砂結構下方有些微掏空樣態，但整體尚屬正常現象因此現況等級 A 級，維護巡檢可依系統建議正常巡檢即可。

案例 B

地點雲林縣古坑鄉桂林村，構造型態:固床工

巡檢時間:第一次 110 年 3 月 5 日

第二次 110 年 9 月 12 日

案例 B 資料如圖 4-31 所示。

個案歷程資料維護

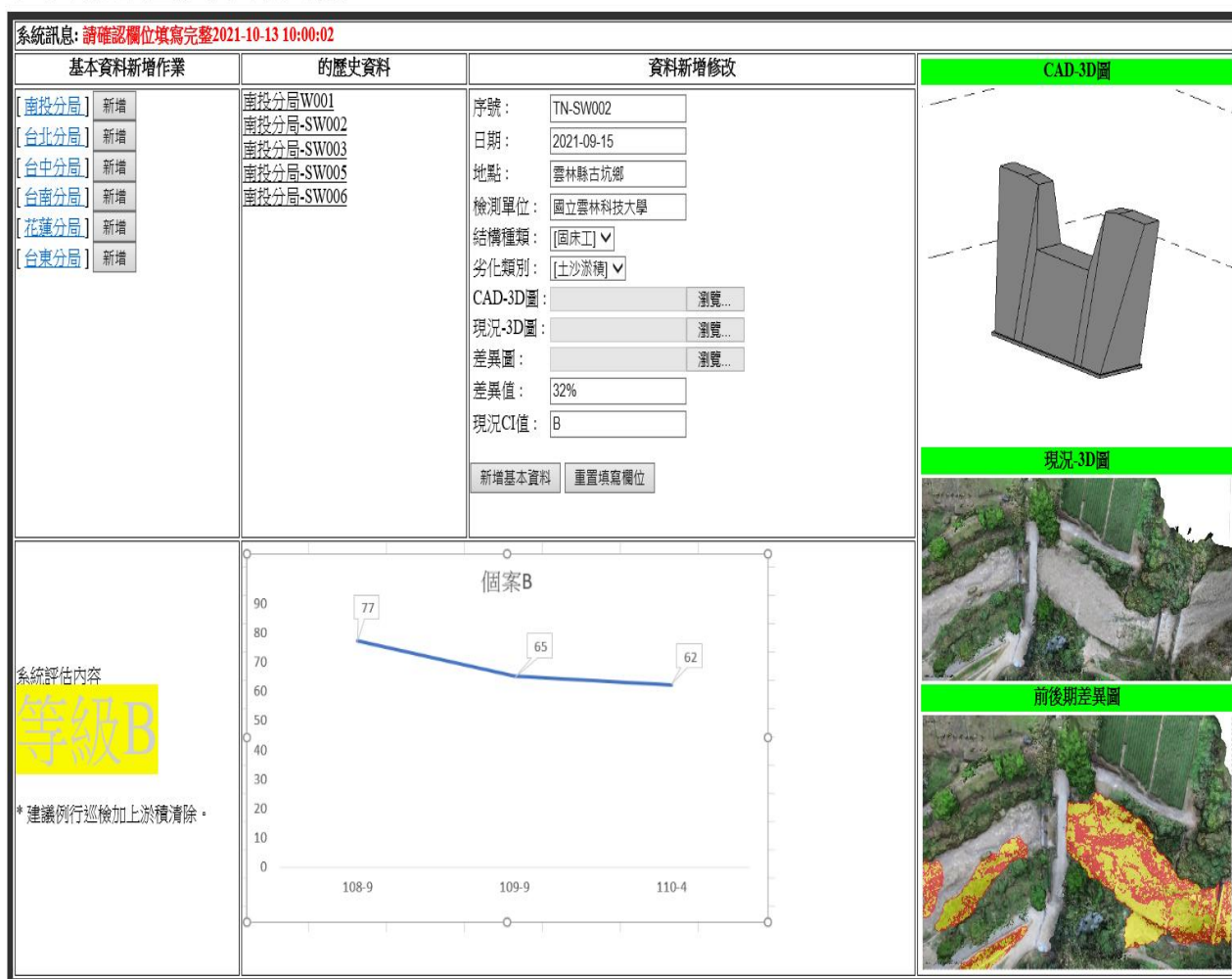


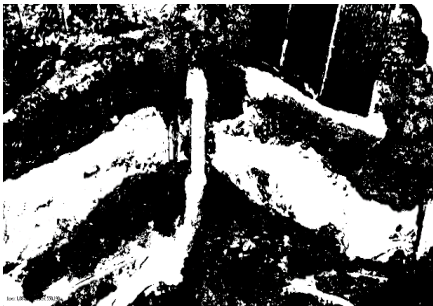
圖 4-31 案例 B 個案歷程資料維護頁面

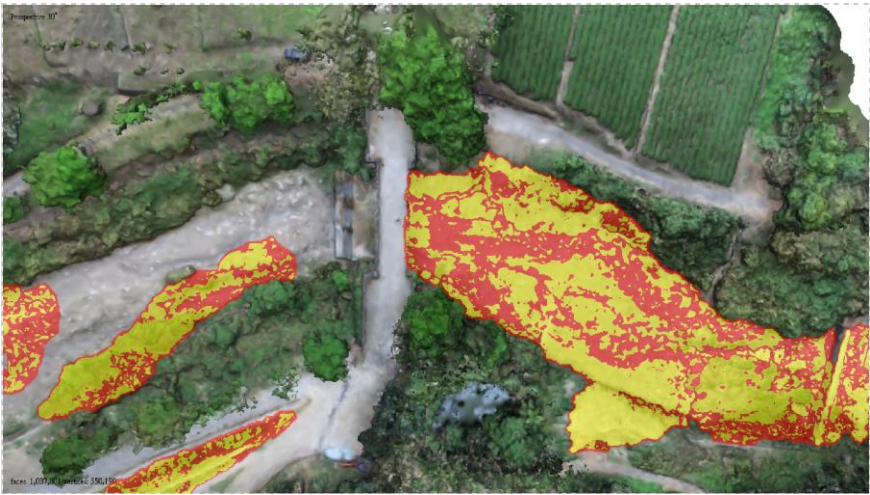
在案例採前後期不同年度放式探討,前後期差異範圍約 3847

平方公尺,前期於 108 年收集影像中可以看到雖有土砂淤積但尚

可看到河到型態，109 年 9 月有明顯土砂淤積，但於 110 年 4 月所收集影像清楚發現上游被大量土砂淤積覆蓋，且原先於河道右方護岸邊已部分土砂掩埋，然而該河道上方有崩塌地產生，以致土沙沖刷至下游，使的河道淤積樣態產生，現況上屬 B 級，淤積的暫時現象，維護上建議常態巡檢進行排定清淤疏濬。由於此案例採前後期為不同年，因此異常變化較為顯著，比對差異後可明顯看出土砂淤積有嚴重趨勢，甚至護岸已有受到沖刷及掩埋的情況。請參表 4-8 所示。

表 4-8 案例 B 分析表

	前期	後期
時間	108 年 9 月 10 號	110 年 4 月 10 號
3D 截取圖		
灰階圖		

差異分析圖	
變化範圍量測圖	 約3847.0m²
樣態分析	在案例中的於 108 年收集影像中可以看到雖有土砂淤積但尚可看到河到型態，於 110 年 4 月所收集影像清楚發現上游被大量土砂淤積覆蓋，且原先於河道右方護岸邊已部分土砂掩埋，然而該河道上方有崩塌地產生，以致土沙重刷至下游，使的河道淤積樣態產生，現況上屬 B 級，淤積的暫時現象，維護上建議常態巡檢進行排定清淤疏濬。

以傳統人力目視巡檢與本計畫所採用影像辨識協助檢測進行比較探討改善的部分，人力需求可大幅減少，影像取得或現場檢測時

間大幅縮短，巡檢程序由原本步行改以空拍機代為執行檢視，現場影像收集的可及性與檢視角度範圍更廣，建置模型可採多角度檢視，傳統對於前、後期比對且無法有效量化，而利用本計畫所提出之方法進行比對並可明顯標註出差異範圍，更將差異程度與面積量化呈現，有助於後續維護管理時的參考。比較如表 4-9 所示。

表 4-9 檢測方法比較表

	影像辨識協助檢測	目視檢測法
人力需求	外業操作 2 人 內業建模 1 人 評估專家 1 人	評估專家 3 人 外業協助 6 人 內業 1 人
檢測程序	UAV 建模搭配辨識軟體檢測。	專家與管理單位人員現場步行目視檢測。
現場所需時間	15 分鐘	1 小時到 2 小時
建模所需時間	45 分鐘	無須建模
正規化所需時間	每張圖 5~10 分鐘	無須正規化
軟體分析所需時間	不到 1 分鐘	無須軟體分析
是否可量化	可運用兩期比對後差異值作為量化參考。	無法具體量化
呈現方式	以視覺呈現	無視覺化

(資料來源：本計畫整理)

與專家討論其可行性

進行專家訪談之目的為透過以水土保持相關專家之訪談，以探討本計畫之可行性及優缺點，綜合專家意見進而得到改善建議並可了解本計畫之效用與可行性，如下表 4-10 所示。專家訪談供三位包含一位顧問公司工程師、一位水保技師、一位水保管理人員，三位均從事水保工作年資達 10 年以上。

表 4-10 專家訪談意見彙整表

問 項	綜合意見
1 本計畫是否有改善傳統目視檢測方式	可觀測範圍廣並可克服較險峻的位置，如以目視的方式巡檢，需多位專家進行現場會勘，且會勘巡檢面積大，而使用本計畫方法，建置 3D 影像過程便利，並由電腦判讀差異範圍，可加快巡檢過程。
2 以不同時期比對差異	依據現場檢測僅需擷取專家所需之圖像先以進行影像比對，且可將差異處標註。細微部分可再由單張影像去進一步探討。另外經由影像計算差異範圍並量化，有助於巡檢結果判定參考，也可將差異處以視覺化方式呈現。
3 人力成本改善	以往巡檢僅有書面文字報告及平面配置圖的紙本記錄，本計畫 3D 圖像模型，以及影像比對不同時期影像改變，強化了視覺化的圖像資訊。有助於改善巡檢實務上人力成本的需求，並有效提供後續維護參考。

問 項	綜合意見
4 差異百分比作為評等依據	由於差異度會每年有所不同，考量採累加或是再增加其他因子權重綜合考量。
5 請對於本計畫之概念與可行性。	本計畫所呈現結果已具可行性產出，並提升不同期的巡檢測前、後現況差異並以影像標註出其顯著性。
6 認為本計畫於實務是否仍有改善空間	未來加入深度學習技術將可自動辨識環境中的土砂與樹木植生，再自動辨識土砂淤積或是崩塌狀態，以及自動計算異常範圍面積。

專家意見綜合分析

本計畫經由以上專家所提供的建議，專家認為本計畫能夠給予實務上的幫助且可行性極高但仍有改善空間，因現場巡檢需要專家到現場勘查，並依調查與拍攝為重點，但因現場所記錄的文字訊息並無法以量化數據反映實際現況，可利用 UAV 所拍攝的模型進行解析，節省專家與會時間，另一方面也利用 UAV 拍攝方式，省去多人協助專家勘查作業，減少諸多人力與成本，最後能利用模型輔助後續開會討論。專家評估，此計畫執行過程在圖形正規化步驟稍顯繁瑣，主要原因須將 3D 模型萃取出不同角度之 2D 平面圖，如果可將整個 3D 模型圖放入辨識軟體，就可以省去整個步驟，然而本計畫未採用機器學習技術為主要研究方法之主要原因在於缺乏劣化樣本型態因此辨識效果不盡理想，若後續待劣化及各種樣態影

像資料量充分時或將現有照片進行分割處理，納入機器學習使其能自動辨識環境中的變化狀態，土砂與植被的覆蓋情形等，可辨識出水土保持設施的破壞行為能使辨識自動化更加完善。對於現況自動化評等，依前後期差異作為依據，若此概念可以再考量加入其他因子，如辨識劣化經由機器學習辨識後該因子作為綜合計算後，產出現況評等會更為趨於符合現況分級結果。

小結

本計畫透過自動以面積差異範圍判讀現況分級(CI-Level)另外加入劣化類型與維護建議讓整體，讓整體巡檢過程不再純以文字化來表示，以量化及視覺化方式呈現不同時期巡檢結果，也可做為不同週期前、後的變化比對，更有效了解該區域水保設施與環境下的衝擊後的現況，另可憑斷水保設施是否有呈現劣化或周遭環境變化影響，提供管理單位後續維護巡檢週期，依本計畫結果探討如以同一年度巡檢間隔時間以防汛期前、後進行蒐集所呈現差異程度較不顯著，若以不同年度 1-2 年為巡檢週期所呈現兩時間有明顯的差異變化。

第五章 結論與建議

水土保持設施位置分布廣、數量多及交通可及性低等屬性，透過不同時期影像進行差異比對適用性探討，有助於瞭解水保工程周圍環境間於不同時期的變化與差異，另外所建置的歷程資料庫有助於後續不同時期巡檢影像紀錄，有利於調閱或比對，透過專家訪談評估及分析本計畫之可行性及改善建議，經本計畫整理提出以下結論；

- 1.以水保設施 CAD-2D 設計圖轉置設施結構 3D 模型以及將水保設施現場巡檢歷程資訊整合，並以視覺化之 3D 影像形式呈現，可透不同時期的現場取樣進行比對可了解，水保設施原設計與環境間的變化與差異。
- 2 本計畫所建置水保防砂構造物設施影像辨識之圖像基本運算差異比對資訊平台，有助於匯整水保結構物設施與週邊環境歷程，並以視覺化資訊管理方式呈現，透過不同時期亦有助於了解水保設施周邊環境間的變化與差異，更可依系統所建置劣化分類與現況分級及維護方式之參考。
- 3 紀錄不同時間週期之巡檢影像歷程比對模式，以利探討水保防砂構造物設施於不同時期狀態及治理改善成效，並透過專家訪談方式檢討本計畫模式之可行性以及所需改善之建議。

參考文獻

1. 行政院農業委員會水土保持局與中華水土保持學會，2017，水土保持手冊。
2. 張庭韶，2018，無人飛行機以動態飛行協助搜尋與救援行動，國立臺灣師範大學，資訊工程學系，碩士論文
3. 梁中彝，創新無人飛行機自拍系統和技術實現，國立臺灣科技大學，械工程系，碩士論文
4. 鍾駿綸，2015，架在旋轉盤上的環景拍攝，中華科技大學，電子工程研究所，碩士論文
5. Zhipeng Zhou, A.M.; Javier Irizarry, M.; and Ying Lu，2018，A Multidimensional Framework for Unmanned Aerial System Applications in Construction Project Management，Journal of Management in Engineering，Volume 34, Issue 3
6. F. Khan; A. Ellenberg; M. Mazzotti; A. Kontsos，2018，Investigation on Bridge Assessment Using Unmanned Aerial Systems，Structures Congress 2015
7. LFang, Y.T. Wang; Y. Du; J.W. Qui; Z.J. Shen; Y.C.Chen; C.H.Kuo, C.Kuo，2017，Unmanned Aerial Vehicle for landslide investigation in difficult terrain with low cost relay communication network 2017 International Conference on Applied System

Innovation (ICASI)

8. icardo Eiris Pereira; Masoud Gheisari; and Behzad Esmaeili ,
2018 , Using Panoramic Augmented Reality to Develop a Virtual
Safety Training Environment , Construction Research Congress
2018
9. Duan Jie, Sun Xiangyang, Xue Kejuan , 2017 , Design of dynamic
resolution detecting device for film type panoramic aerial camera ,
Optik - International Journal for Light and Electron Optics , Volume
130, February 2017, Pages 1462-1468.
10. <http://technews.tw/2015/08/15/drone-cameras/>
11. 陳宜鴻, 《以多軸無人飛行機之空拍影像評估由 SFM 建構》,
逢甲大學土木工程學系, 2016。
12. 黃品彰、楊偉盛、張國楨, 結合空中與地上影像之傾斜攝影建
模成效及精度評估, 國立台北科技大學土木工程系, 2017。
13. 邱健璋, UAV 傾斜攝影於三維模型重建及單像量測之應用, 國
立高雄應用科技大學土木工程與防災科技研究所, 2016。
14. 陳益凰; 曾義星, 應用多時段衛星影像辨識水稻田之研究航測
及遙測學刊 ; 4 卷 3 期 (1999 / 09 / 01) , P1 - 15
15. 李天翔, 以影像辨識為基礎之停車場車位管理之研究, 大同大
學資訊工程學系所學位論文 , 2010。

16. 呂景羣，應用影像辨識技術於橋梁裂縫之研究，國立中央大學營建管理研究所，2014。
17. 李樹璇，應用 RGB 影像處理模式於辨識地理環境變異之研究，中央大學營建管理研究所學位論文，2012。
18. 王翌瑄，應用影像辨識於淹水範圍之計算，國立台北科技大學土木工程系土木與防災碩士班，2012。
19. 蔡承祐，以影像辨識為基礎之智慧茶園管理平台，國立屏東科技大學資訊管理系所，2018。
20. 溫庭寬，以影像辨識為基礎之植栽異常偵測及成長履歷系統，國立屏東科技大學資訊管理系所，2016。
21. 韓佑聰，UAV 空拍影像辨識之效率探討，國立屏東科技大學資訊管理系所，2019。
22. 彭第揚，2020，光學視立體視覺裝置對距離量測之可行性研究，國立中興大學，土木工程學系，碩士論文。
23. 鄭尹翔，2020，應用機器學習 UAV 影像於高美濕地內雲林莞草生長範圍評估，國立交通大學，碩士論文。
24. Nur Sila Gulgec , Martin Takáč , Shamim N. Pakzad , 2019 , Convolutional Neural Network Approach for Robust Structural Damage Detection and Localization , Journal of Computing in Civil

Engineering，技術論文。

附錄一 期初審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
1	UAV拍攝地點如何篩選，預計選擇幾處拍攝地點。此計畫以水保局所管理水保設施文研究對象，建議涵蓋多種水保設施。	感謝建議，案點經與水保局連繫後所提供。再依據各縣市所畫設禁飛區域，經查詢民航局DRONE MAP-APP本計畫所選之案點，屬於綠色可飛行之區域。本計畫主要構造物以範圍中所包含環境變化的差異作為探討必，1-2個案例做為試行。
2	依據計畫預定進度表，現場影像蒐集兩次，分別以汛期(4-6月)及(7-9月)水保破壞設施、位移或周邊明顯變化通常難以透過1次汛期前後即判斷出來，可能需要時間觀察。水保局工程已有許多處取得UAV圖資，建議或許可從既有圖資位置來選擇本計畫拍攝位置，並分析長時間下得歷程變化。	感謝建議，本計畫將依據建議試調整加入同地點不同時期所收集圖資納入比對分析不同時期歷程變化。
3	目前常建立數值地形模型DEM，DEM可分析高程變化，請問 Ravit 建立 3D 模型與	感謝建議，目前3D模型建置過程因目前軟體使用上簡便，因此於建置過程中只需將其

項次	審查意見	回覆辦理情形												
	DEM 於應用上的差異，另外 3D 模型建置需要多少人力資源，其應用易於檢視尺吋，是否有其他量化計算的應用。	資料備齊後，依軟體步驟建置產生，本計畫使用 3D 模型主要是用於觀察兩不同時期所產生差異範圍之用。												
4	影像辨識的輸出成果預計將如何呈現。	感謝建議，本計畫將以前後時其對照，比對計算後針對差異範圍以顏色標註。												
5	請列名 P3-10 步驟四，案例地點研究對象、工程屬性、數量等具體對象。	感謝建議，將於案例驗證時列上地點、檢測對象等資訊。												
6	補附參與研究人員學經歷及人力配置、分工;P3-11 合作之工程顧問公司另列明。	感謝意見 <table border="1"> <thead> <tr> <th>學歷</th><th>經歷</th><th>分工</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>博士 後 1 員</td><td>水保資 歷 10 年</td><td>影像建置及影像差異分析及比對軟體建置</td></tr> <tr> <td>碩士 生 2 員</td><td>1 年~2 年</td><td>3D 影像建置，與執行影像比對</td></tr> <tr> <td>飛手 1 員</td><td>水保資 歷 5 年 飛行資 歷 3 年</td><td>現場飛行取樣拍攝</td></tr> </tbody> </table> 合作顧問公司，僅協助成果可行性評估。	學歷	經歷	分工	博士 後 1 員	水保資 歷 10 年	影像建置及影像差異分析及比對軟體建置	碩士 生 2 員	1 年~2 年	3D 影像建置，與執行影像比對	飛手 1 員	水保資 歷 5 年 飛行資 歷 3 年	現場飛行取樣拍攝
學歷	經歷	分工												
博士 後 1 員	水保資 歷 10 年	影像建置及影像差異分析及比對軟體建置												
碩士 生 2 員	1 年~2 年	3D 影像建置，與執行影像比對												
飛手 1 員	水保資 歷 5 年 飛行資 歷 3 年	現場飛行取樣拍攝												

項次	審查意見	回覆辦理情形
7	第二章文獻回顧有過多錯字或語詞不通順請務必修正，以改善可讀性，文中引用方式不正確，年代缺乏括號。	感謝建議，配合辦理重新校正文字順稿。
8	請明確具體定義就所指之”巡檢履歷”，除了2D影像與3D影像數位模型，還有甚麼例如與前次影像的圖象差異(何種差異可以自動去除?如光影、拍攝角度等)?	感謝建議，巡檢履歷本計畫定義為，係指同一地點不同時期對於主要結構體與周邊巡檢紀錄。於P4-25文字敘明。前次影像的圖象差異執行程序與方法於P4-21文字說明。
9	說明履歷建置過程中，UAV、Python應用程式、人工等各自處理部分。	感謝建議，將納入於第四章P4-8與P4-15說明。
10	整本工作計畫書缺乏檢查，多處語詞不通順，難以閱讀理解。	感謝建議，配合辦理重新修改。
11	報告採雙面列印。	感謝建議，配合辦理
12	採用基礎補強設施如何透過影像作紀錄。	感謝建議，如有補強過相關文字、影像紀錄可加附註於個案履歷中。
13	UAV對於構造有裂縫的判讀能力如何?	感謝建議，本次以整體結構與周邊環境的異常為研究範圍，裂縫部分可採用本計畫建置現場3D影像或單張影像個別檢視，但微小裂縫不納

項次	審查意見	回覆辦理情形
		入考量。
14	計畫擬另行建置構造物設施歷程視覺化資訊管理平台，是否能直接架構於本局既有平台上?(如BigGIS、集思網)	感謝建議，本計畫目前嘗試以雲端資料庫建置方式，可提供連結，減少介面與資料上格式不一致之情況。
15	水保構造物中護岸佔大部分，本計畫是否一併納入探討?	感謝建議，本次範圍雖以防砂構造物為主，另包含周邊環境變化時亦有納入部分護岸於其中。
16	植生茂密、遮蔽性高時，巡檢有效影像如何取得堪用數據以資比對?尺寸經度解析可以達甚麼程度。	感謝建議，本次研究以大範圍檢視結構與環境的整體差異，尺寸經度上如以現場3D影像建置取中階的解析度作為本計畫的尺量測之用，誤差值部分會納入後續驗證。
17	請加強說明「結構相似性指數」計算邏輯集所採用資訊。	感謝建議，結構相似性指數(SSIM)將兩個圖像以程式進行比較。使用此種方法，可確定兩個圖像是否相同或有些微差異產生，以兩影像以矩陣網格切割，再對影網格相互比對或相減所得到之結果。已於P4-18文字說明。
18	請考量若無法獲得現場前後顯著差異影像時之備案呈現方式。	感謝建議，將於研究過程中將該部分納入考量。

項次	審查意見	回覆辦理情形
19	宜先定義有哪些水保設施如砂壩(含副壩)、固床工、護岸、整流工等構造物之劣化樣態，並建置標準比對資料庫。	感謝建議，由於本計畫所執行範圍及所蒐集的數量有限，無法將所有水土保持構造物劣化樣態建置成標準化比對資料庫。
20	請詳實規劃建立:構造物巡檢(快速巡檢、詳細巡檢)之SOP；從原始CDA2D->3D環景照->3D特寫照->飛行路徑->現場航設->影像快速拼接->處理->前後期影像比對->差異分析->劣化評比(分級) ->後續建議處理。	感謝建議，所建置流程圖請參P3-3。各執行方式將納入於第四章說明。
21	擇一案例(標準)先行測試，確認可行性(會同相關單業務單位、專家討論)，據以執行。	感謝建議，案點經與水保局連繫後所提供。再依據各縣市所畫設禁飛區域，經查詢民航局DRONE MAP-APP本計畫所選之案點，屬於綠色可飛行之區域。於執行成果時，以訪談相關單位及專家以評估本計畫成果的可行性。

附錄二 期中審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
1	第二章文獻回顧所引用資料鮮少有2019後成果，請說明。	感謝建議，已補上2019後相關文獻，請參P.2-5~6
2	P3-8執行流程圖僅五步驟與P3-9，3-11之六步驟不一致，請修正。	感謝建議，以重新調整與修改，請參P3-8~P3-11。
3	請說明以梳子壩最為結構 3D 操作轉置之對象，其主要目的為何？傳統防砂壩似比較容易執行。	感謝建議，由於防砂構造物高於河床面，較為凸顯水保結構，因本計畫案例中其一構造為梳子壩。建置主要目，作為歷程系統中原設計3D提供後續巡檢參考對照。
4	P4-8現場環境3D影像所在位置請扼要說明。	感謝建議，現場影像所在位置案例討論中各有說明兩案例的所在位置，並於巡檢資料上也敘明相關資料說明。請參P4-38與P4-41。
5	P4-24圖4-21建議增加例圖易理解個顏色代表之差異範圍。	感謝建議，由於系統僅執行比對，以顏色來凸顯差異範圍。
6	建議估算出影像模型的誤差，以量化檢視建模的精度，同時釐清長時間環境變化值，亦或	感謝建議，於文中表4-2，P4-27有針對模型進行精度測試。

項次	審查意見	回覆辦理情形
	是模型本身測量誤差。	
7	期中報告書未說明UAV拍攝位置，請補充。	感謝建議，現場影像所在位置案例討論中各有說明兩案例的所在位置，並於巡檢資料上也敘明相關資料說明。請參 P4-38與P4-41。
8	P4-4本工作項目含專家討論可行性，擬進行專家會議?何時舉辦、辦理形式(線上或實體)，若有要辦專家會議，建議將專家意見附於期末報告書內。	感謝建議，本計畫採專家開放式訪談形式，並將訪談後專家意見整理，於P4-45。
9	影像所辨識構造物變位、錯動等損壞情形的精度為何?	感謝建議，於文中表4-2，P4-27有針對模型進行精度測試。
10	混凝土構造物與溪床本身材質在判釋上有何差異?	構造物劣化常見包含，沉陷與沖毀，河床部分劣化常見包含土砂淤積、植生覆蓋。請參表4-3，P4-31。

附錄三 期末審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
1	本研究建置系統提供良好視覺化呈現差異，請說明本系統在所有水保設施及自然環境適用情形或者有何種狀況會有較大成果誤差或不適用種情形？以利未來機關採用之正確性	本系統原則上適合各類水保設施與環境，但由於UAV攝影所見視角以表面為主，因此若河道大量滿佈植生狀況遮蔽視野，故本系統適用於初評，可視情況進行進一步評估以提升之正確性。
2	後續可結合局內 UAV 平台與工程紀錄之正射、DSM，發展管考與長期河道、邊坡追蹤。(不建議發展新系統，可轉換成既有系統之延伸模組)	感謝建議。
3	在變異計算分析上，能有效給合 UAV 空拍照片。	感謝建議。