

計畫編號：109 保發-11.1-保-01-06-001(17)

水土保持設施生命週期履歷 3D 視覺化平台
之建置

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

(初稿)

執行單位：國立雲林科技大學

執行期間：109 年 02 月 06 日至 109 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 109 年 04 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)

水土保持設施生命週期履歷 3D 視覺化平台之建置

摘要

水保設施分佈多且位處於偏遠，巡檢記錄層面儼然成為主要對於環境與設施構造紀錄來源，藉由巡檢過程中的影像紀錄，可瞭解周圍環境與設施的功能性變化，更有利於災前與災後的情勢比對或復原的參考依據。因此本計劃首先透過 CAD 設計 2D 平面與斷面圖進行 3D 設計圖像建置，再將不同屬性水保設施類型提出利用無人飛行機 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) 為基礎之巡檢影像收集策略，透過現場所蒐集影像以拼接方式組成環景影像或 3D 影像模型，利用不同影像型態應用於紀錄巡檢區現況等相關資訊，並針對異常範圍進行尺寸估算，所估算結果可提供後續維護決策運用，本計劃考量水保設施的巡檢歷程，並以 3D 影像視覺化效果與雲端資料庫方式作為串聯以加強設施履歷的讀取效率，與提升本計畫所提出之方法之實用性，同時為強化水保設施巡檢資訊內容，另增加擴增實境(Augmented Reality, AR) 透過行動裝置以視覺化方式調閱檢視相關維護履歷資訊，其目的可提升災害檢測與設施影像管理之效率，本計畫並探討所提出之巡檢模式與設施與周邊環境巡檢維護履歷料庫之可行性。

關鍵詞：UAV、巡檢履歷資料庫、擴增實境

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.....	II
目次.....	IV
表次.....	V
圖次.....	VI
第一章 緒論.....	1-1
第一節 前言.....	1-1
第二節 計畫目的.....	1-2
第二章 文獻回顧與研究工具.....	2-1
第一節 文獻回顧.....	2-1
第二節 本計畫研究工具介紹.....	2-5
第三章 工作執行方法與步驟.....	3-1
第一節 研究方法.....	3-1
第二節 研究步驟.....	3-7
第四章 計畫工作進度與已完成項目.....	4-1
第一節 計畫工作進度.....	4-1
第二節 本計畫交付項目與完成工作.....	4-4
第五章 結論與限制.....	5-1
參考文獻.....	參-1
附錄.....	附錄-1
附錄一、審查會議紀錄暨期初意見回覆辦理情形.....	附錄-1
附錄二、審查會議紀錄暨期中意見回覆辦理情形.....	附錄-4

表 次

表 4-1 計畫預定進度表.....	4-3
表 4-2 無人飛機(UAV)取樣方式比較表.....	4-24
表 4-3 檢測個案基本欄.....	4-27
表 4-4 檢測編碼示意	4-29
表 4-5 水保結構類型之編號.....	4-29
表 4-6 破壞樣態編碼.....	4-32
表 4-7 水保設施維護種類	4-33
表 4-8 材料填補單價表.....	4-48
表 4-9 專家訪談意見彙整表.....	4-57

圖 次

圖 3-1 構造巡檢影像採集與處理流程圖	3-3
圖 3-2 設施巡檢履歷資料庫建置流程圖	3-6
圖 3-3 設施巡檢履歷資料庫系統架構示意圖	3-6
圖 3-4 計畫整體執行流程圖	3-7
圖 4-1 本計畫甘特圖	4-2
圖 4-2 CAD-2D 結構設計圖轉置 3D 模型程序	4-5
圖 4-3 2D 梳子壩結構設計圖	4-6
圖 4-4 轉置為 3D 梳子壩立體圖	4-7
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 點選匯入資訊區塊示意圖	4-8
圖 4-8 確認各級構元件的資訊	4-8
圖 4-9 手動輸入方式示意圖	4-9
圖 4-10 環景影像收集與建置流程	4-12
圖 4-11 照片匯入系統示意圖	4-13
圖 4-12 拼接影像預覽	4-13
圖 4-13 影像校正前	4-14
圖 4-14 環景影像影像校正後縮放環繞檢視	4-14
圖 4-15 3D 模型影像收集與建置流程	4-16
圖 4-16 影像載入軟體操作示意圖	4-17
圖 4-17 影像匯入畫面	4-18
圖 4-18 選定確認建置品質畫面	4-19
圖 4-19 稀疏點雲模型畫面	4-19
圖 4-20 合成密集點雲圖	4-20

圖 4-21 多邊形網格模型圖	4-21
圖 4-22 3D 影像模形示意圖	4-21
圖 4-23 3D 影像尺寸或面積的量測示意圖	4-22
圖 4-24 3D 影像尺寸或面積的概估計算示意圖	4-23
圖 4-25 資料庫關聯架構圖	4-27
圖 4-26 結構順序編碼方式示意圖	4-30
圖 4-27 資料結構流程圖.....	4-35
圖 4-28 資料庫選單.....	4-36
圖 4-29 基本資料輸入介面	4-36
圖 4-30 資料修改介面.....	4-37
圖 4-31 上傳檔案圖形程序.....	4-38
圖 4-32 GAMMAAR 檔案管理介面	4-38
圖 4-33 登入後檔案選擇頁面	4-39
圖 4-34 實際定位畫面示意圖	4-40
圖 4-35 上傳 3D 模型檔案.....	4-41
圖 4-36 圖檔匯入於 SKETCHUP 應用軟體.....	4-41
圖 4-37 登入後檔案選擇頁面	4-42
圖 4-38 於實際定位畫面.....	4-42
圖 4-39 於實際定位畫面.....	4-43
圖 4-40 固床工現況簡述介面	4-44
圖 4-41 固床工巡檢維護履歷	4-45
圖 4-42 固床工維護建議表介面	4-46
圖 4-43 框選劣化面積範圍.....	4-47
圖 4-44 軟體估算面積	4-47
圖 4-45 維護選項清單頁面	4-48

圖 4-46 梳子壩現況簡述介面	4-49
圖 4-47 梳子壩巡檢維護履歷	4-49
圖 4-48 梳子壩維護建議表介面	4-50
圖 4-49 案例實地操作示意圖	4-51
圖 4-50 由 AR 模型正視圖擷取示意圖	4-51
圖 4-51 模型後視圖擷取示意圖	4-51
圖 4-52 GAMMA AR 中的資訊模型	4-52
圖 4-53 進入 AR 畫面.....	4-52
圖 4-54 上傳後的紀錄檔.....	4-53
圖 4-55 進入 AR 備註畫面示意圖.....	4-53
圖 4-56 紀錄檔示意圖	4-54
圖 4-57 模型俯視圖	4-55
圖 4-58 模型正視圖	4-55

第一章 緒論

第一節 前言

從「管理」的觀念而言，有關災害種類、預防方法、發生時間、應變方式、復原計畫、政策檢討等，均是災害管理的範疇。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。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。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，卻是分散於台灣地區山坡地之範圍。因此，在巡檢管理上確實有其實務上之困難度。水土保持設施構造物檢查，多為單一表單呈現，因此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履歷相關資訊整合，以往從原始設計到不同時期檢測，對於表單與圖形資訊未有充分的建置成為巡檢維護履歷，著實對於現場檢測資訊上無法有效以電子化與視覺化形式呈現。如能透過可視覺化之巡檢維護履歷的建置，將原始設計 CAD 設計圖 3D 模型化及以 UAV 記錄巡檢後轉製成 3D 模型進行巡檢維護歷程資訊建置，其目的可提供持續更新並保留水土保持構造物與週遭環境的歷程資訊，其目的可作為其不同生命週期的構造物初始設計與週遭環境災前與災後比較分析，同時，

本案將再透過巡檢維護履歷將結合評等後的巡檢維護方式整合以及維護整修的成本估算於維護履歷中呈現。本案所提之維護履歷資料庫架構除可強化水保設施巡檢資訊內容，並針對同一設施工程人員再次巡檢時透過行動裝置以視覺化方式調閱檢視相關維護履歷資訊，以提升巡檢效率與維護策略與成本估算之成效。另外針對不同情境提出影像類型收集策略，以因應於不同類型的水保構造物的影像蒐集特性以提升本計畫所提出之方法之實用性，本案將再透過巡檢維護履歷將結合評等後的巡檢維護方式並將針對異常部分整修費用估算結果於維護履歷中呈現，強化水保設施巡檢資訊內容，另增加擴增實境 (Augmented Reality, AR) 透過行動裝置以視覺化方式於現場即時調閱檢視相關設施歷程資訊以達到提升水保設施巡檢效率之目的，最後探討本計畫所提方法之可行性。

第二節 計畫目的

1. 建置既有水保設施 CAD 設計圖轉置 3D 模型與水保設施現場巡檢 3D 影像歷程所需資訊以視覺化方式呈現，整合出水保構造物巡檢維護履歷資料庫架構，此一資料庫包含設施構造物與周邊環境異常歷程資訊與估算維護成本結果建議功能，以利於巡檢後的構造維護履歷建置及個案履歷完整性。
2. 針對現場情境與水保構造物種類從依據影像建置的難易度與必要性之角度建議適用之影像類型收集策略。
3. 為提升現場巡檢效率，並探討 AR 技術應用於快速調閱設施構造物與周邊環境歷程資訊之可能性。

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 UAV 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 UAV 應用於災害勘查影響處理等相關研究的應用，張庭韶在大規模災害發生的環境下，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 UAV 來對災害環境進行勘查，情報的蒐集以及定位受災戶位置。梁中彝研發出一套影像處理技術去偵測 UAV 即時回傳的影像中拍照對象的拍照效果參數，與影像伺服控制系統來指引 UAV 飛行到可拍出相同效果相片的位置。 Zhipeng Zhou et. 提出無人駕駛航空系統 (UAS) 越來越普遍，可以配備攝像頭、傳感器或其他智能設備，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提供有用的資訊。 F. Khan; A. et 提出目前美國每年花費數百億美元來檢查基礎設施，並通常收集資料不可靠或基本主觀定性數據。檢查過程需要足夠的人員進入偏遠地區，例如適當的鷹架、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。然而，而 UAS 的應用可被廣泛接受為實施監測和檢查程序的平台，可縮短檢查時間及檢測人員安全性的提升，目前德雷克塞爾大學的研究人員正在研究使用於執行橋樑現況評估。L.Fang, Y.T. et. 提出陸地

滑坡是台灣的重大自然災害，然而傳統的檢測方法僅允許以“視線”進行，故僅具有有限的應用，因此檢查結果並不完全可以滿足其需求，從而啟發了以 UAV 之低成本“非視線”通信方法延長通信時間距離和面積。

針對環景影像接合部分，近年來國內外已有文獻應用 UAV 結合取得影像後進行拼接應用，鍾駿綸使用平板電腦或手機在旋轉盤上做環景影像縫合(Image stitching)，其使用縫合之方法與以往方式不同。該研究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 提出解決物理空間和材料屬性方面沒有提供真實世界環境的完整描述此限制的新興技術之一是 AR。Duan Jie, et al 提出隨著 UAV 的發展，可以在短時間內收集大量的施工現場視覺數據，該研究指出利用這些數據，可以通過計算機視覺技術及時，頻繁地監測大型施工現場。該研究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。要創建高質量的環景圖像，會濾除模糊的影像，選擇關鍵預防校正相機鏡頭失真。針對 3D 影像模型建置部分，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 影像模型之應用，以廖翊呈使用 UAV 進行對區域的地形與建築進行環繞拍攝照片，取得大量照片參數，再使用

Drone2 Map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製作出的虛擬地形便完成全校區的3D模型，最後比對UAV建模與Sketch Up建模的差異。黃昱森與王聖鐸提出以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，成為擬真式的模型。而由於傾斜攝影技術的發展，其突破傳統垂直影像只能從鉛直方向拍攝，的侷限，由不同傾斜角度之相機，以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。陳宜鴻指出UAV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造設施類似，具有可於空中懸停及操控簡易之優點，空中懸停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3D模型在影像解析度1200萬的條件下，3D模型整體點位的RMSE約為 $\pm 0.08\text{m}$ ，可達公分等級測量精度。邱健瑋提出由三維重建結果得知傾斜攝影之精度優於垂直攝影，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。黃品彰等人提出3D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3D模型紋理變化。其研究結果顯示由UAV載攝影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3D模型，勢必可應用於虛擬實境、數位典藏及教育。

Yen,el.以BIM利用3D CAD來模擬真實建築構造設施，並記錄建築物的生命週期的資訊功能。BDVI是一個檢查和維護制度的工具和平台。以BIM和生命週期管理建立一個MRT結構檢查系統的概念。一個大都會捷運(MRT)結構維護資料庫，包括結構劣化類型、檢驗記錄和維修方法。Kim (2013) 使用智慧行動裝置讓使用者來進行設施管理功能，如維護計劃，檢查和評估。BIM中的系統的蒐集提供建築構造設施的詳細的視覺化圖像，進行有效整合管理。Motamedi, el 運用BIM的可視化功能，提供設施管理 (Facility Management, FM) 技術與可視化，利用其解決認知和推理問題，並以BIM的可視化分析方法與FM知識輔助檢測故障的原因。Anil, el. 提出目前災後損失評估的做法是根據專家目測。目視檢查和產生作為檢查的結果，其報告是主觀的與不完整的。Becerik-Gerber, 2012設施管理 (FM) 包括，具有廣泛的資訊需求，3D圖像資訊化可解決，可提供和支援設施管理 (FM) 做法，可視化、分析應用平台。Lin 提出FM已經是維護研究中的一

個重要課題。設施管理的工作困難之處是繪製設施時的二維（2D）圖形，其利用二維條碼和BIM技術，建立以BIM作為的設施管理（BIMFM）基礎操作和維護階段自動化，。

綜合以上文獻於另外美國每年花費數百億美元來檢查基礎設施，人員進入偏遠地區，需有適當的鷹架，起重設備和其他防護設備，這將會提升檢查員的人身安全，但相對增加成本。然而，UAV 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 UAV 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 建物模型取代傳統 2D 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 3D 重建結果得知傾斜攝影觀測精度優於垂直攝影，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（FM）概念與 3D 現況圖像整合巡檢資訊概念成為一維護履歷，可成為管理上的一大助益。

第二節 本計畫研究工具介紹

本計畫將採用 UAV 與搭載攝影機方式進行現場影像蒐集，主要考量 UAV 搭載相機（drone cameras）的廣泛應用，再者 UAV 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 UAV 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。

本計畫之執行優勢在於現今 UAV 的應用相當廣泛，對於提升設施外觀檢測亦有所助益，可提升檢測的安全性、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 應可用於水保設施檢測，依據 UAV 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。

本計畫亦提出搭配 3D 影像模型之巡檢履歷資料庫，其元件包含影像紀錄、3D 現況影像圖，不僅可提供巡檢的便利性、安全性、準確性與長久性紀錄等等，巡檢影像的詳實紀錄，供後續判讀與維護成本估算考量均具備多重優勢。

以下是本計畫所提之資料庫建置工具介紹：本計畫將採 MSSQL，MSSQL 與 MySQL 的區別，MySQL 可以說是 MSSQL 的簡化版本，MySQL 的實現比 MSSQL 的需求低。MySQL 是一個免費的、開放原始碼的 SQL 資料庫，所以免費的 MYSQL 很受

歡迎，php+mysql，MySQL 資料庫專用於 PHP 網站的，一般用在 PHP 的網頁上。對於不是特別大流量的網站，適合使用效率最高，MYSQL 適合小、中型網站。建置網站或資料庫使用且 PHP+MySQL+Apache 應用廣泛。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 以上軟體均都使用，也是一般企業級商務網站較常使用的。

第三章 工作執行方法與步驟

第一節 研究方法

1. 透過案例提出 CAD-3D 影像建置程序

本計畫會將原設計的 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，並產生標準 BIM 資訊模型，主要用於比對 3D 檔轉置時是否有尺寸不對稱疑慮，本計畫以 CAD-3D 與現場採集組 3D 影像模型，主要考量兩者兼不同的用途，CAD 檔影像屬原始設計，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周邊的環境現況，並提供於現場空拍蒐集所建置完成的 3D 影像模型作為兩者比對，有效強化水保設施設計與現況資訊模型。

2. 案例現場影像收集程序建立

本計畫利用現場採示範區俯視取景，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異常樣態，如有發現異常樣態可進行特寫拍攝。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的功能，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：

固床工較略高於河床面或與河床面平齊，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，可考量用於設施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異常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)

本計畫將考慮現場巡檢設施構造於影像收集的難易度及模型轉製時間，以及後續影像建置便捷性與應用性分析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。

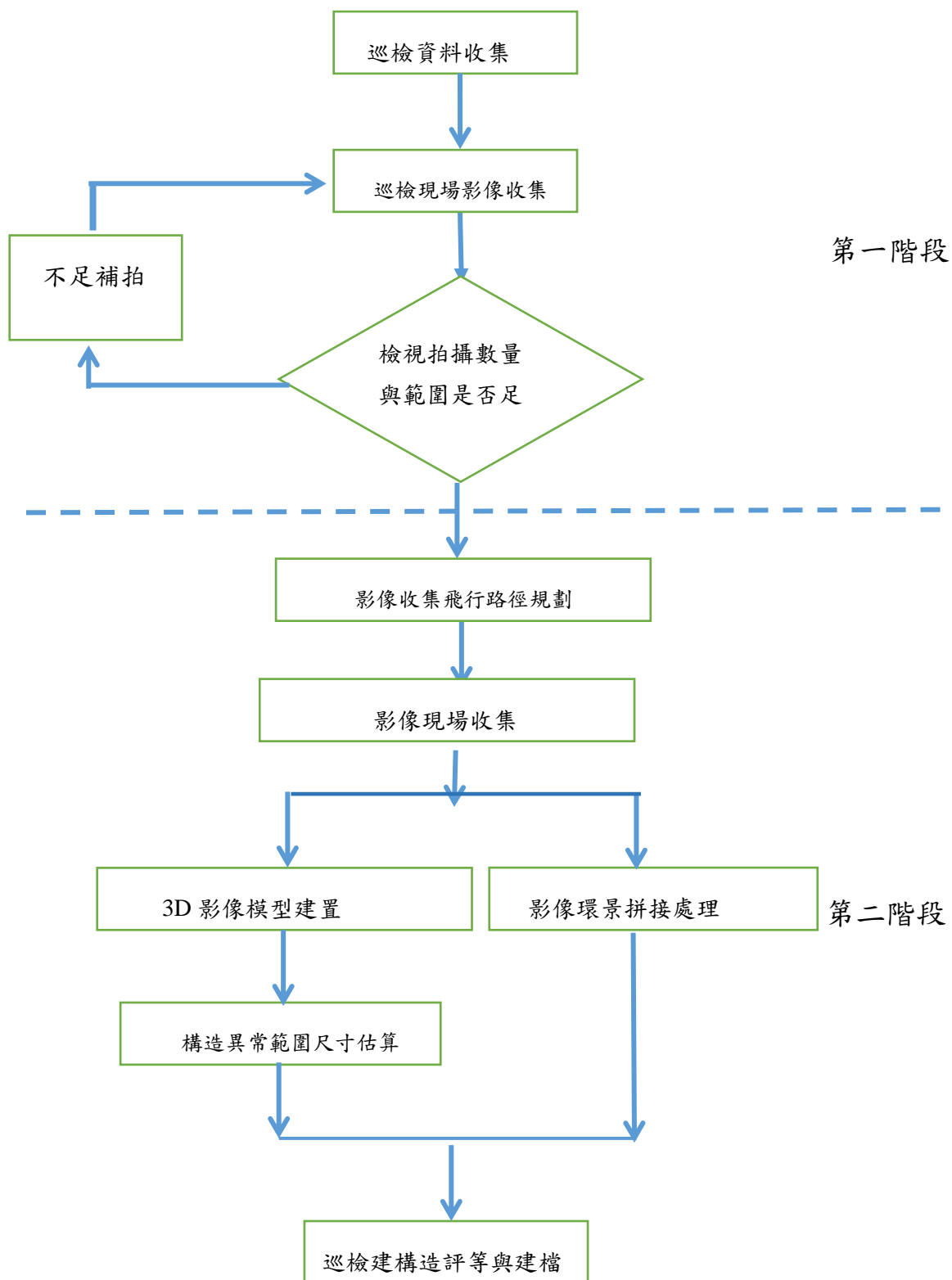


圖 3-1 構造巡檢影像採集與處理流程圖

3. 影像模型建置程序

(1.)環景影像拼接步驟

利用多張影像以疊放方式，利用軟體(Microsoft Image Composite Editor 2.0)進行拼接，以完成環景的圖像，步驟如下，UAV 以 0 度、30 度、60 度、90 度等方式定點懸停並朝外以放射狀旋轉拍攝，每一角度約需 30~50 張影像不等。利用現場不同角度與影像拼接軟體(Microsoft Image Composite Editor 2.0 軟體名稱)，利用影像相同重複套疊原理進行影像拼接。

(2.) 3D 立體影像拼接步驟

步驟一：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。

步驟二：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。

步驟三：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。

步驟四：本計畫 3D 影像模型本身可成為專案的圖檔保存外，應用量測功能，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，如水保設施有大型破壞進行尺寸面積的概估量測。

(3.) AR 影像建置

利用原先設計的 CAD-2D 轉 3D 影像應用，完成的 CAD-3D 圖轉成 Revit 之 BIM-3D 圖檔，利用已完成的 Revit-3D 檔案轉換為 IFC 檔案，利用運用 BIM 標準的 IFC 格式進行資訊交換選擇，匯出 IFC Space，接著將 IFC 儲存到元素中選項，以確保

AR 系統能完整呈現。

4. 建置設施巡檢履歷資料庫

本計畫採用巡檢履歷建置，主要透過以下幾個步驟建置如下圖 3-2 所示。首先依據相關水保巡檢表單，依據基本資料，水土保持設施構造項目，異常樣態等分級等欄位由紙本表單建置成電子化表單，依例建置資料庫表單。其次，綜合相關參考文獻彙整常見維護方式並分類，主要分為以下幾大項，表面或是結構處理方式。最後本計畫資料庫系統以總表型式作為資料表單串連，大致型態如下，巡檢資料如同水保構造的病歷，因此每一個案工程資訊紀錄以及所建置 3D 或是環景影像的串聯讓資料庫資訊以有效利用。此外檢測總表做為資料的主關聯表格，透過檢測總表來串連，來減少表格複雜而以至於產生資料錯置並有利於資料庫維護之考量。在系統中加入計算公式，分別將結果計算出分數透過所提出之判斷式以對照現況等級，亦可納入工程單價，透過數量計算後以建議估算維護成本。整體資料庫架構如 3-3 所示。

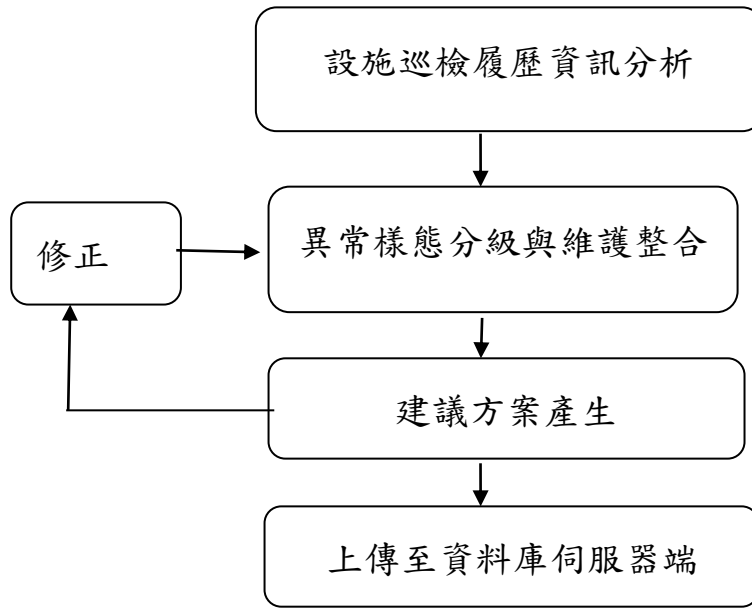


圖 3-2 設施巡檢履歷資料庫建置流程圖

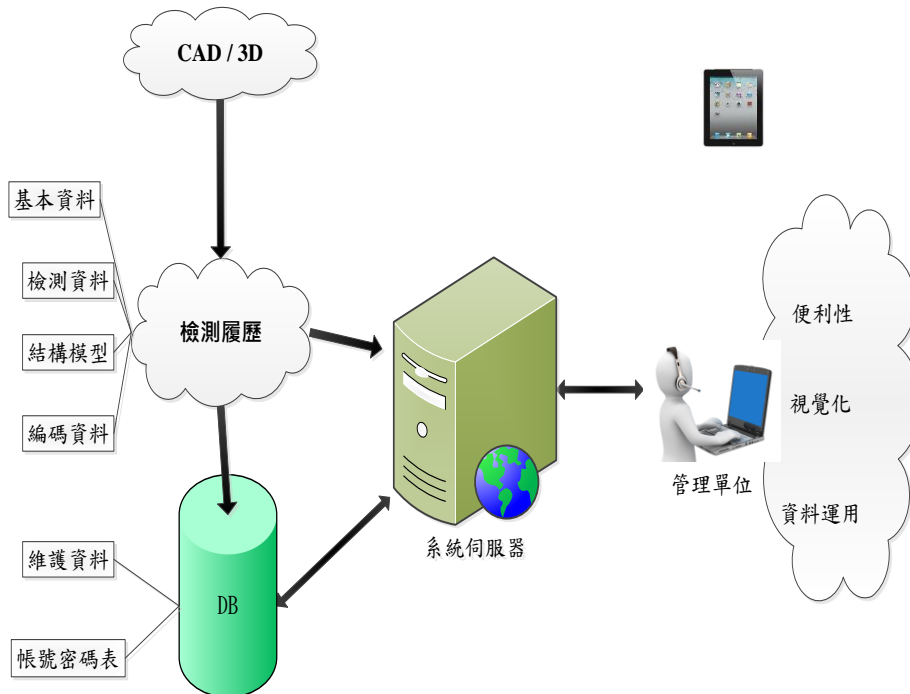


圖 3-3 設施巡檢履歷資料庫系統架構示意圖

第二節 研究步驟

本計畫整體執行流程圖如下圖 3-4 所示：

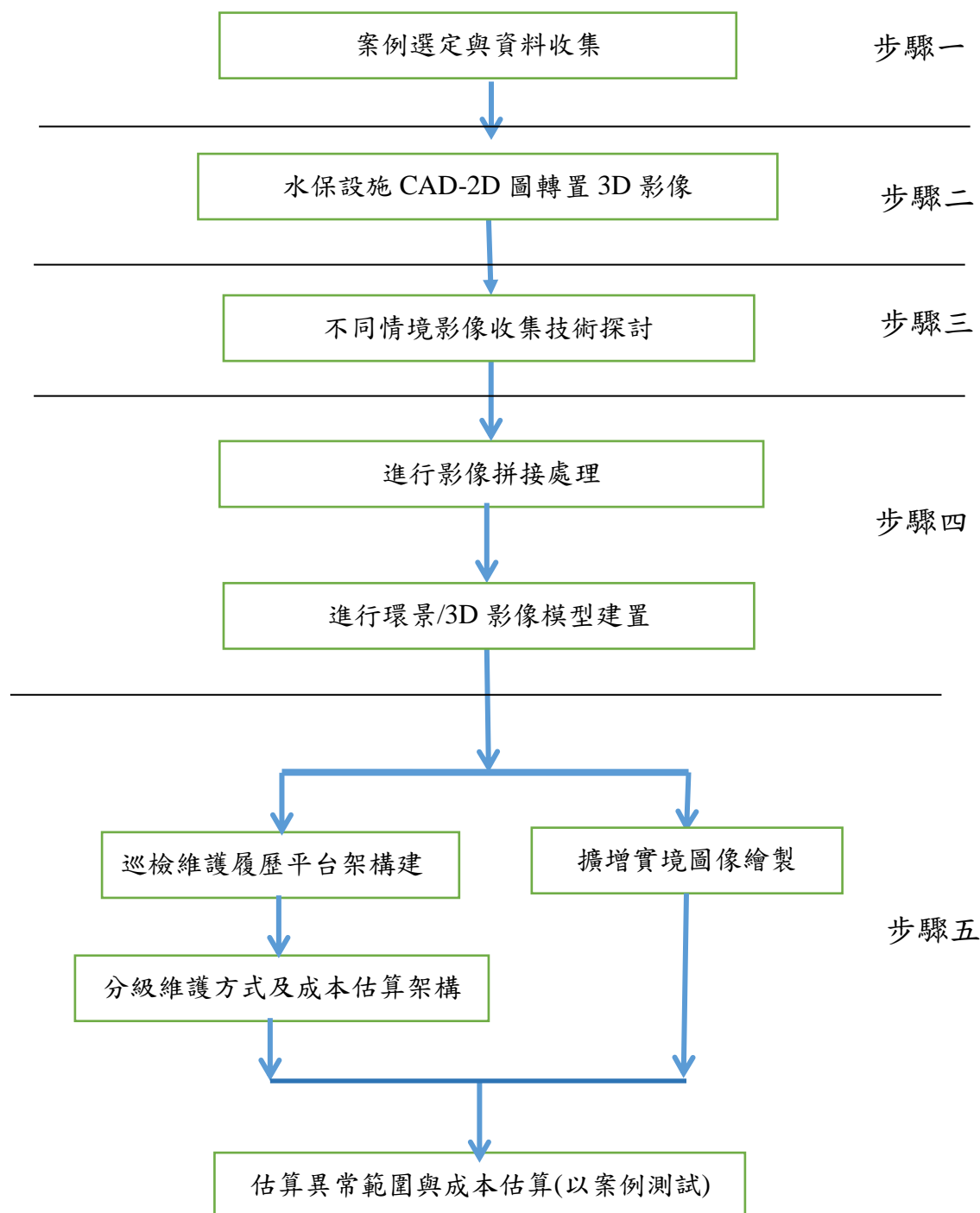


圖 3-4 計畫整體執行流程圖

步驟一

首先透過文獻、研究報告或相關次級資料收集水保設施種類，以及維護管理內容進行相關資訊收集，本計畫選取水保管理單位適合案例作實例測試，至現場以了解是否適合飛行、遮蔽物以及限高問題等，現勘確認無誤後，並以確認可飛行即可進行第一次的空拍檢視，作為後續飛行路徑與模式的設定參考，同時間可依據現勘空拍測試預定飛行路徑並紀錄預進行拍攝的高度、距離、飛行範圍、飛行模式以及閃避的障礙物等等設定值。

步驟二

依據所選定的案例，並由 CAD 圖進行 2D 轉至 3D 的程序，藉由 CAD 側視圖及正視圖並設定至該直角座標，經定位後-以邊框取出梳子壩之輪廓線(須為聚合線性)、再透過 3D 功能-分別拉伸出兩立面的圖視實體輪廓線，該實體線經由相交及輪廓線交接處檢查確認是否重疊；經確認兩者後可由 3D 實體編輯功能點選交集實體線與輪廓線兩者進行重疊出 3D 之 CAD 圖檔。

步驟三

不同情境影像收集技術探討，因水保設施一般坐落於較不易步行到達之處，由於 UAV 飛行時需藉由操控人員運行，一般 UAV 於戶外拍取大範圍影像時，會先透過概約的檢視環境，再依據現場狀況一訂出飛行範圍與飛行模式，但另須考量電池的續航力，所以飛行模式與飛行路徑上的設定，本計畫以自動模式及依據現場情況考量收集影像的飛行方式，懸停模式是

GPS 定點加定高模式。於起飛前須先讓空拍機進行 GPS 定位，以避免在空中時突然發生定位問題時會有飛行迷失的情況。其他方面跟定高模式基本相同，只是在水平方向上由 GPS 進行定位。設定於自動模式下，飛行機將按照預先設置的任務規劃來控制它的飛行，由於任務規劃需依賴 GPS 的定位資訊，所以在解鎖起飛前，必須確保 GPS 已經完成定位切換到自動模式有兩種情況：如果使用自動模式從地面起飛，UAV 設有安全機制，以防止誤撥到自動模式時，而誤啟動所產生的危險，所以需要先進行手動解鎖，並使用手動控制起飛。起飛後飛行機會參考離控制手最近一次高度(ALT, Altitude)並以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，集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。設定為繞圈模式時，如 UAV 會以當前位置為圓心繞圈飛行。而且此時 UAV 會不受遙控器方向舵的控制，始終指向圓心。如果遙控器的搖桿以橫移和向上爬昇的操控方式，將會移動圓心。與定高模式相同，可以通過遙控器上的遙桿來調整 UAV 高度，但是不能降落。繞圈的半徑可以通過高級參數設置調整。指導模式設定於此模式需要地面站軟體和 UAV 之間通信。UAV 與遙控器連接後，於任務規劃器 Mission Planner 軟體地圖介面中，在地圖上任意位置點選，選單中的「Fly to here」選項，介面則需要輸入一個高度值，然後 UAV 會飛到指定位置和高度並保持懸停。

本計畫將選取適合案例作實例測試，建議以鄰近縣市水保

設施的案例，案例選擇方式以一個案例為一區，範圍中將包含數個設施，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，以 UAV 搭配攝影機所拍攝到的影像，再利用 Agisoft 影像轉換軟體將影像接合成 360 度環視影像與 3D 模型。

步驟四

360 度環視影像與 3D 模型建置，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，由拼接軟體進行校正，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，首先匯入影像資料夾，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，並匯入軟體中再進行影像對齊透過軟體選擇一般設定，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，後續再進行密雲圖構建，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。

對於建置該區 3D 影像模型，可利用影像做進階環繞檢視，並可在藉由 3D 影像模型提供定位功能，著手進行受損區域面

積或結構尺寸概估推算。尺寸估算概念以參考陳靜茹等人於 2016 年發表，應用 UAV 於三維地形量測與正射影像精度之探討，文中說明區域空中三角測量與立體像對空中三角測量原理相似，不同在於區域空中三角測量為同時解算 3 張或 3 張以上互有重疊相片之外方位。於本計畫中所用 UAV 均需 GPS 定位完成後才能升空，另於 UAV 軟體(DJI GO)中設定於蒐集影像均有附帶 GPS 定位座標，經收集百張現場影像，並以本計畫所用 3D 影像模型建置軟體(Agisoft PhotoScan)，依據 GPS 座標進行重疊拼製，於轉置後 3D 影像模型點雲中均附帶 GPS 座標資訊。建置完成的 3D 影像模型經軟體提供功能選擇圖面拉選出量測範圍即產生量測概算結果。本計畫將利用 UAV 所收集之影像進一步建置成為環景與 3D 影像，考量不同環境地形應該考量不同拍攝型態，如環景影像可以透過各種角度平移或放大來檢視所要觀察的定點周邊區域或環境是用不需要建置 3D 立體模型檢測水保構造物，進一步探討如設置略高於河道設施與高於河道且巨積設施以及設施檢測數量，透過 3D 立體影像紀錄與檢測或是環景影像尋求不同型態所適合影像模式，並運用不同型態的影像，依據建置時間適用範圍建置出巡檢影像收集流程，找出快速檢測程序中合適的水保設施。

步驟五

本計畫將依據水保檢測表單建置巡檢履歷資料庫架構，將進行資料表設計，並收集整理出常見的水保設施以及常見的異常樣態分類，並依據所分類方式進行編碼設計，以做為巡檢履歷的索引編碼，整合常見分級評等機制，並加以數值化進而得

到現況快速評等分級。依據分級結果再加上所量測尺寸與範圍，可提供管理單位更有利的現況分析。另外針對巡檢後的成本估算，需進行常見的維護方式或是各工項單價進行彙整，透過數量與單價選定可得到維護修繕的成本概估。最後透過影像與資料庫資料了鏈結讓巡檢履歷可以有現場 3D 影像、CAD-3D 圖像以及巡檢資訊，其內容包含異常樣態、現況評等及後續維護的成本概估。本計畫也將考量資料庫雲端化概念，有助於現場巡檢時的資料即時調閱。水保設施履歷平台架構建置，本計畫以水土保持局所管理水保設施作為案例研究對象，目前局內已有一套水保管考系統，然而該管考系統僅針對新建設施施工進度管控，後續設施安全性與維護有直接關聯但無法直接取用相關資料，而在水保設施管理方面主要以傳統紙本記錄，固定保留近五年內之資料，超過五年以上資料將被送往倉庫存放。因此本計畫將參考局內管考系統整合設施履歷內容，以期能滿足該水保各分局設施管理之需求，解決目前因資料匯整不易且不足而導致維修時間拉長之現況，並可藉此提升設施管理之整體效率。本計畫將以目前水保局使用的結構巡檢表單進行整合，以有系統性分類表單與表單架構，改善與簡化表單填寫模式，再運用資料庫或雲端方式將文字資料與影像資料進行有效的儲存與串聯，可透過網路以網頁的連結方式運用資料串連方式做視覺與文字上的呈現，便於資料調閱。在設施現場如需快速查閱設施履歷資訊過程中往往是繁瑣及非常費時。故本計畫將結合 AR 技術讀取資訊可以加速整體巡檢效率。可以快速的獲得水保實際設施資訊。

步驟六

本研究個案探討及與專家討論可行性，將採用之深入訪談法，配合訪談題目之簡答題設計，採用無結構性之訪談方式，無選項且無正確答案之訪談題目，使受訪者能自由闡述自己的論點，且受訪者與受訪者之間並無相互聯繫，故每位受訪者對於其他受訪者之訪談內容皆為未知狀態，使受訪者不受其他因素影響受訪時所闡述之內容，透過此種訪談方法，能獲得不同專家之不同意見及建議，也能透過相似之訪談內容分析本研究不足及須改善之處，以達到進行專家訪談之最終目的。訪談對象以從事水保相關工程，且資歷均達 10 年以上先進。

第四章 計畫工作進度與已完成項目

第一節 計畫工作進度

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. 執行前準備；
2. 將 CAD-2D 設計圖轉置 3D 模型；
3. 利用 UAV 收集水保設施現場影像並轉製成環景或 3D 影像模型；
4. 針對現場情境與水保設施構造物不同特性建置影像收集模式，並進行適用性之探討；
5. 建置巡檢履歷表單與資料庫與 AR 應用探討；
6. 個案探討及與專家討論可行性，並取得回饋意見；
7. 成果報告撰寫。

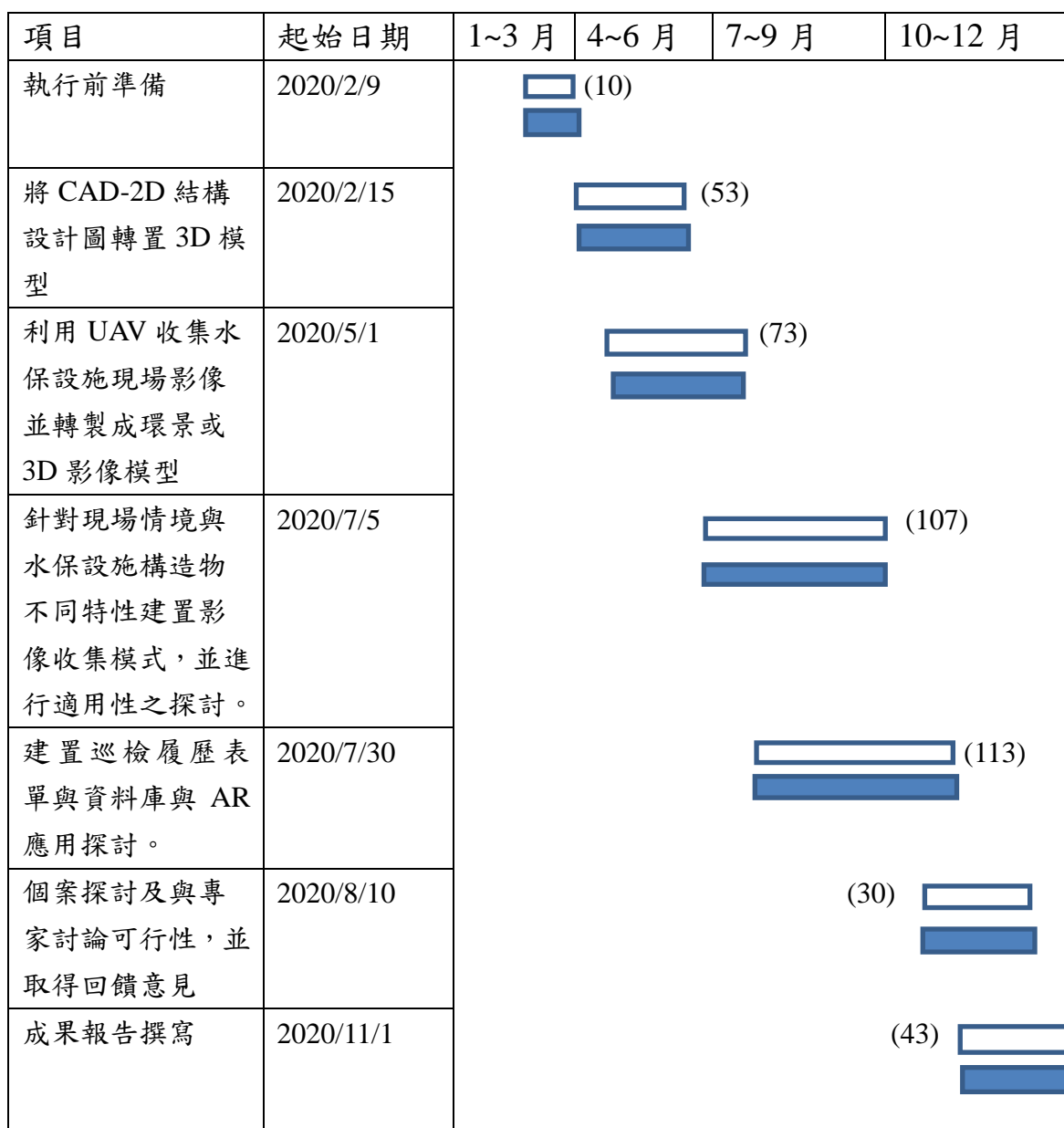


圖 4- 1 本計畫甘特圖

表 4-1 計畫預定進度表

重要工作項目	工作比重%	預定進度	109				備註
			1-3 月	4-6 月	7-9 月	10-12 月	
將 CAD-2D 結構設計圖轉置 3D 模型	20%	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	
利用 UAV 收集水保設施現場影像並轉製成環景或 3D 影像模型	10%	工作內容		現場影像蒐集	現場影像補充蒐集		
		累計百分比		20	50	100	
針對現場情境與水保設施構造物不同特性建置影像收集模式，並進行適用性之探討。	30%	工作內容		建置環景與 3D 影像	探討不同水保設施巡檢影像紀錄模式探討		
		累計百分比		50	100	100	
建置巡檢履歷表單與資料庫與 AR 應用探討。	30%	工作內容		履歷資料庫架構設計	建置個案履歷與 AR 應用探討	巡檢履歷與影像鏈結雲端化	
		累計百分比		30	80	100	
個案探討及與專家討論可行性，並取得回饋意見	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 本計畫交付項目與完成工作

本計畫主要交付項目如下：

1. 透過案例提出水保設施(2D) CAD 設計圖轉製成 3D 模型之程序；
2. 提出利用 UAV 收集水保設施構造物與環境影像之程序；
3. 針對現場情境與水保設施構造物不同特性建置影像收集模式，並進行適用性之探討；
4. 建置巡檢履歷表單與資料庫與 AR 應用探討；
5. 透過本計畫所提方法進行個案探討並與專家討論其可行性。

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：

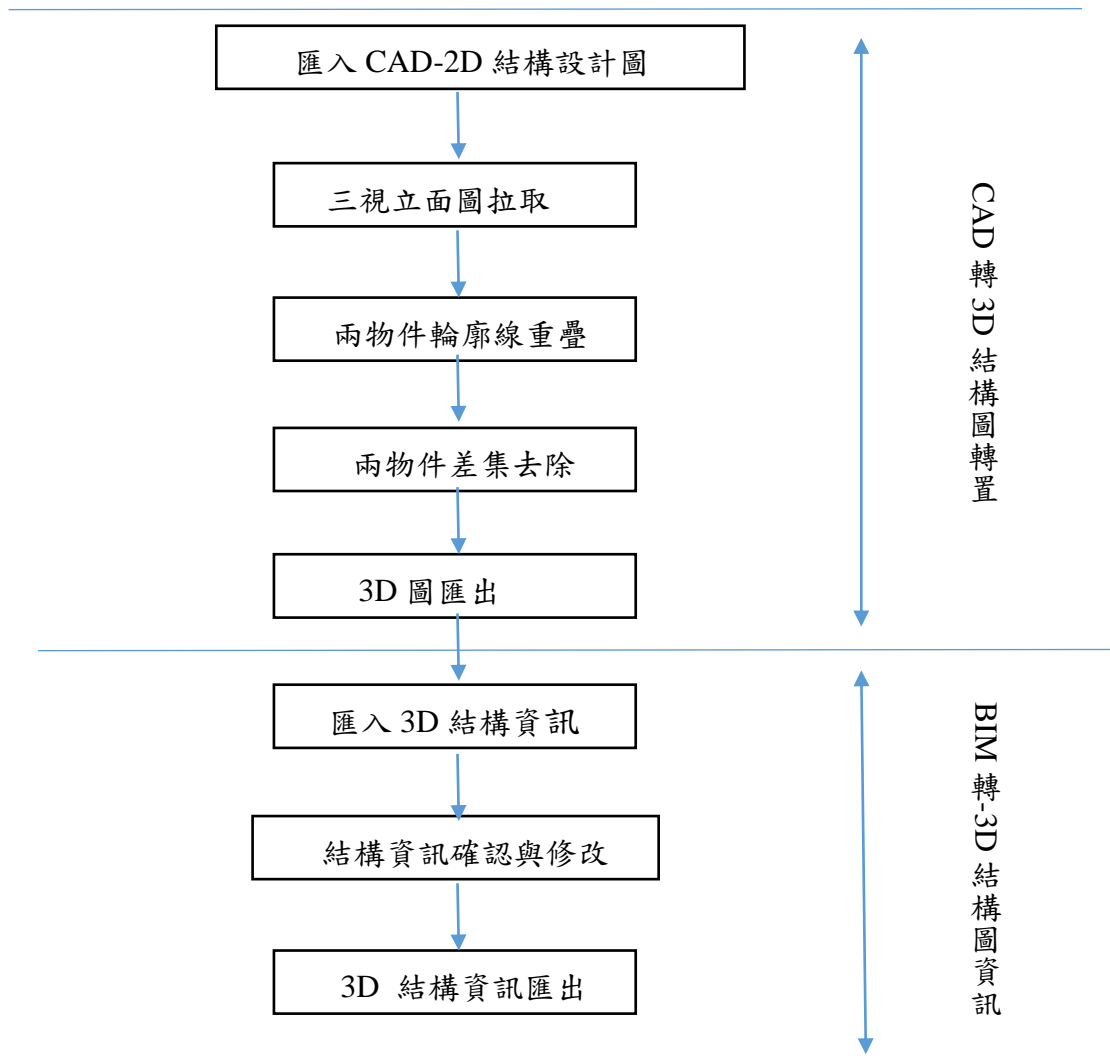


圖 4-2 CAD-2D 結構設計圖轉置 3D 模型程序

(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 功能再進行結構設計圖 3D 轉換匯出再轉置成 BIM 格式以附帶相關結構資訊，繪製流程說明如下。

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 4-2)，由設定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。

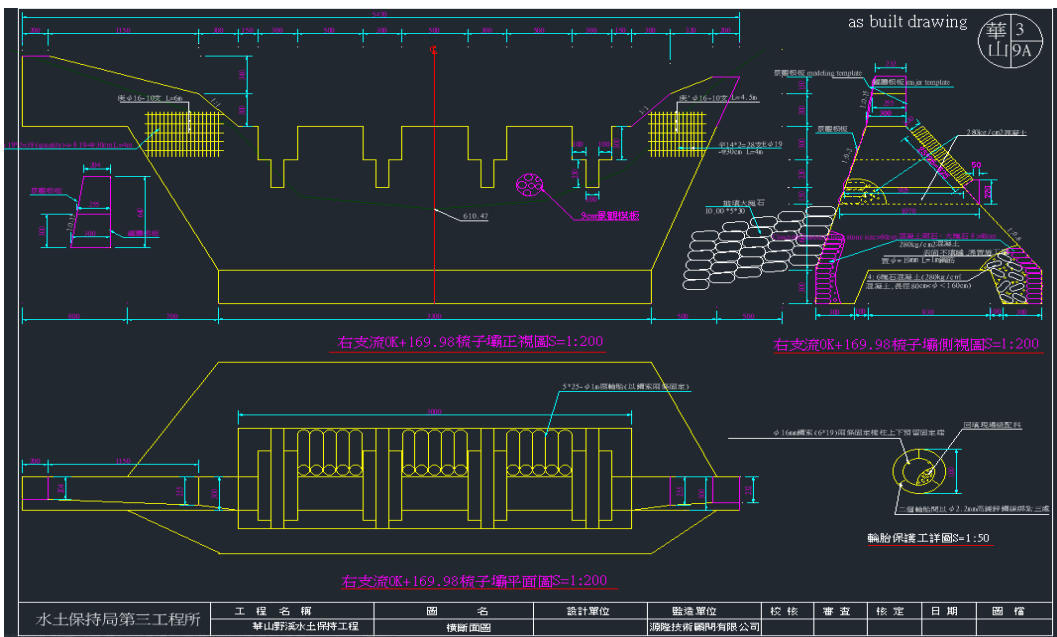


圖 4-3 2D 梳子霸結構設計圖

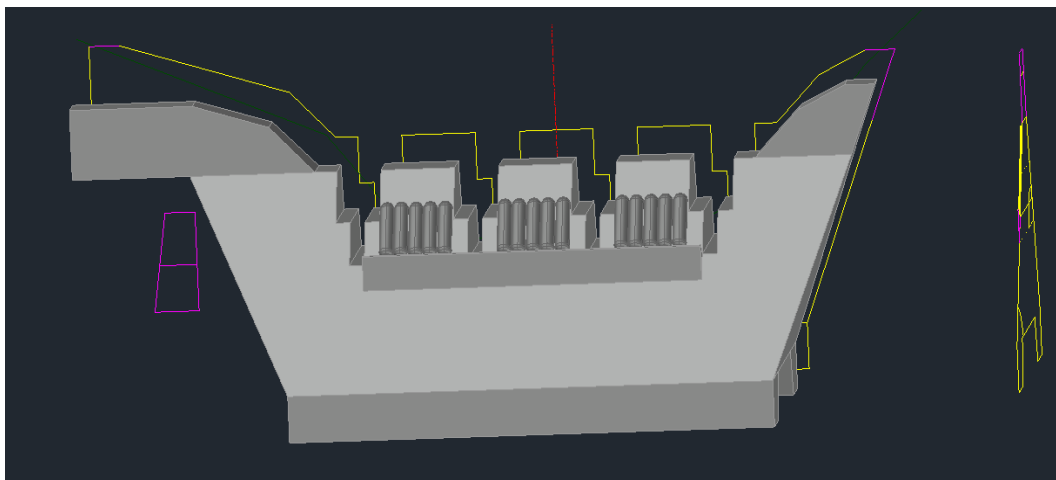


圖 4-4 轉置為 3D 梳子壩立體圖

(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，步驟如下：

首先將 CAD 繪製好的 3D 圖形，點選 Revit 中上方功能中插入，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。

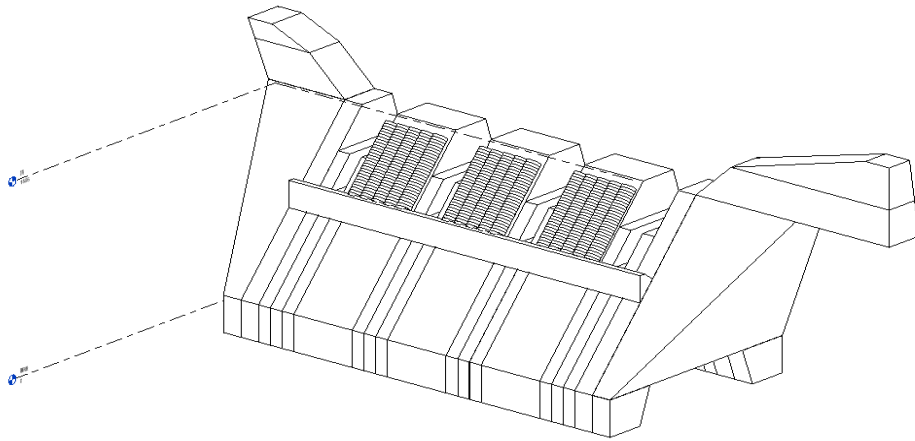


圖 4-5 CAD 匯入後轉 BIM 3D 圖形正視圖

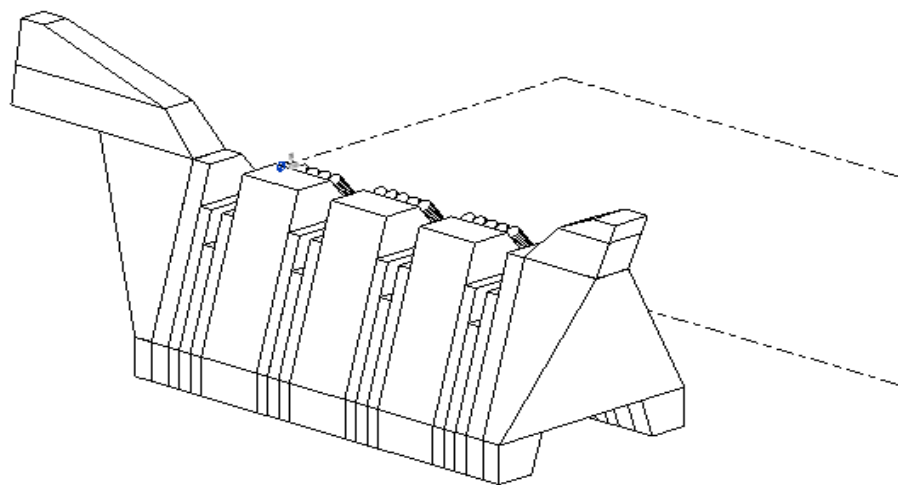


圖 4-6 BIM 3D 圖形旋轉後背面圖

針對結構附註資訊即點選並選擇部位，之後會由系統將帶出該結構資訊視窗，可進行資訊確認(如圖 4-7)。依據於資訊模型中可透過輸入部分進行匯入確認，如圖 4-8 所示。如相關的結構資訊為空白亦可透過手動輸入方式進行資料輸入，如 4-9 所示。

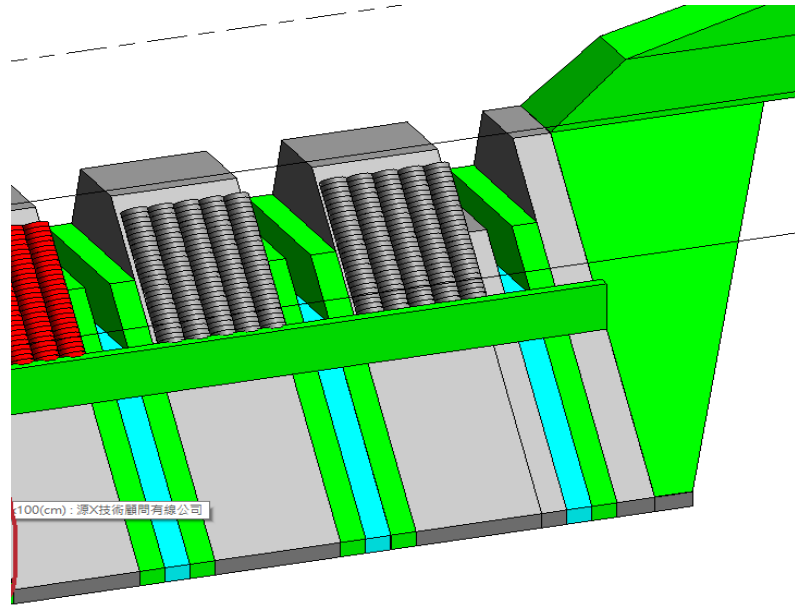


圖 4-7 點選匯入資訊區塊示意圖

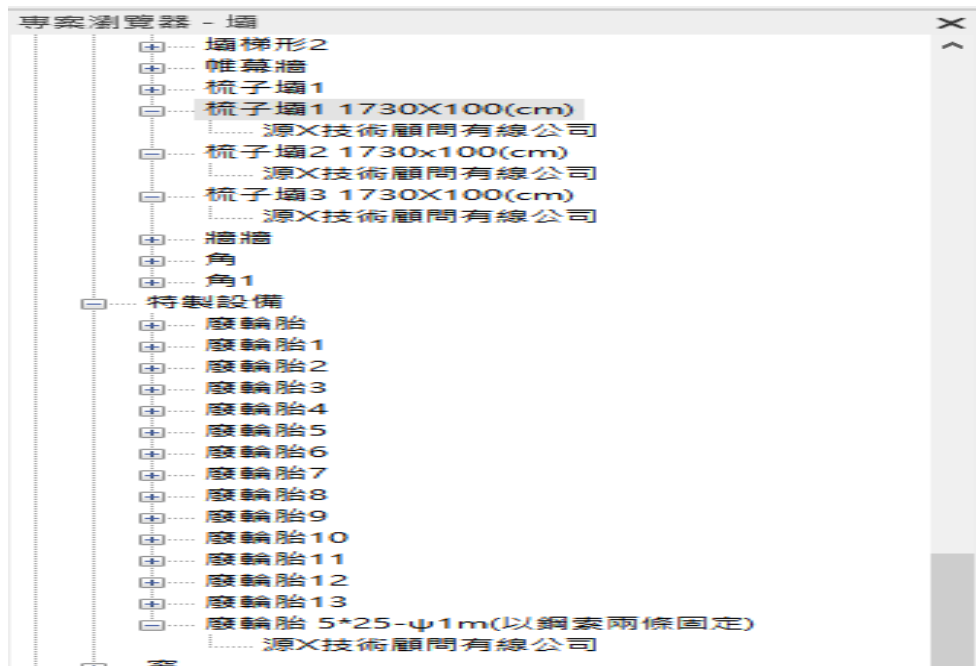


圖 4-8 確認各級構元件的資訊

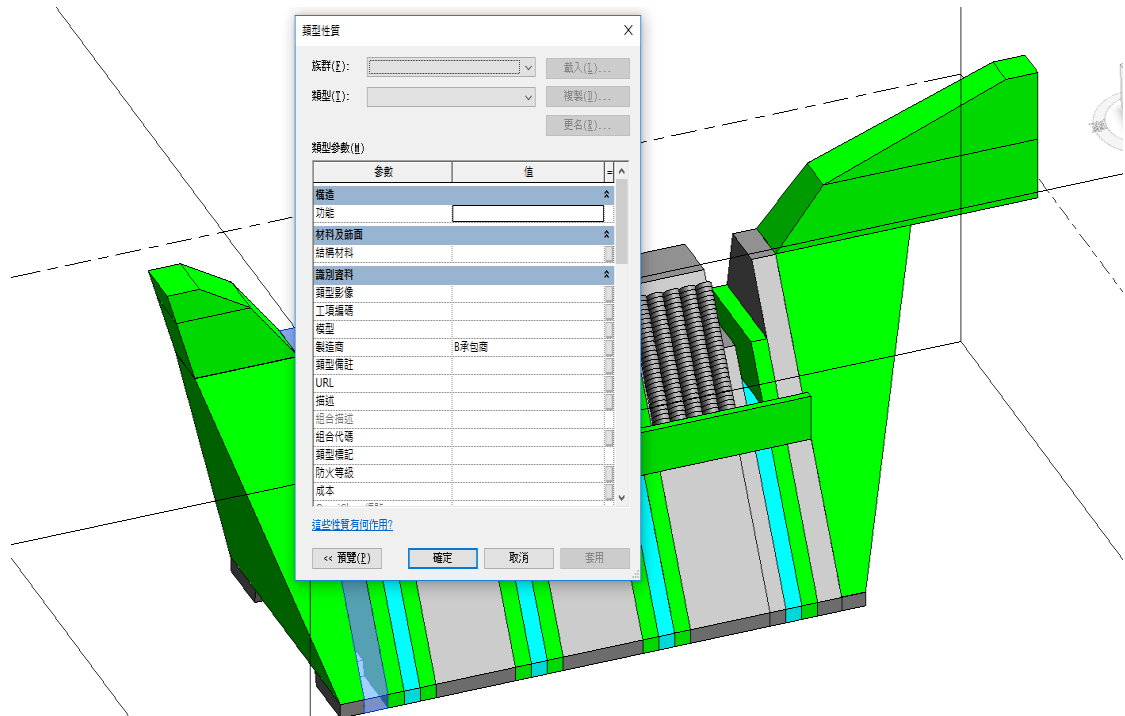


圖 4-9 手動輸入方式示意圖

2. UAV 收集水保設施現況影像程序

本計畫主要以現場使用 UAV 的低空飛行方式進行影像收集，對於現場影像收集過程需考量飛行場域的限制與影響因素即所謂的不同現場的環境有所不同限制，不同構造也需規畫不同的收集方式，因此作透過本計畫執行過程，並將規劃飛行現場的收集影像程序，並依據不同水保結構設施找出合適的蒐集影像模式，並對於後續應用是的調整，例如防砂壩或梳子壩因高於河床應可歸屬立體結構，固床工功能主要是穩定河床功用，因此多與河床化為一體且分布較為廣泛，應可歸屬於平面結構。

於蒐集影像前須先行現場初勘，主要用途有二，一為檢視周邊的環境現況，二為提供現場環境限制，以利環景影像收集或 3D 影像收集時的模式與路徑規劃的設定。

本計畫對於結構不同，所規劃影像蒐集模式亦考量後續影像轉置，以及巡檢時所以需要取得結果是需大面積且快速或是區域

範圍小且詳細度高的考量，因此本計畫須建置環景影像與 3D 影像模型不同的飛行模式，採兩種模式進行現場影像收集，再進行水保結構於同形態上的討論，因此本計畫亦分兩種模式蒐集程序如下。

(1.) 環景影像蒐集模式

環景影像多為定點，採飛機懸停旋轉且以多角度拍攝，因此以懸停模式進行，懸停模式是以 GPS 定點加定高模式。於起飛前須先讓空拍機進行 GPS 定位，以避免在空中時突然發生定位問題時會有飛行迷失的情況。飛達定高模位置後飛積即為懸停，在意定點轉動方式進行，僅以水平方向由 GPS 進行定位。

第一階段首先影像收集部份，本計畫採用 UAV 低空飛行方式空拍影像，主要考量是可由 UAV 飛至河道上方進行拍攝，會有取要角度或遮蔽問題，透過空拍現場取得影像可針對包含空照俯視、正面照劣化受損處進行特寫，現今 UAV 所搭載的攝影機一般畫素大都為 HD (High Definition) 高畫質等級，因此本計畫所收集影像解析度亦為 1080-P。於本計畫採用空拍機懸停並旋轉模式，以高約 20M~30M 鏡頭採 30 度、60 度與 90 度多角度的定點慢速旋轉連拍總計約需收集 100~150 張影像，再運用影像環接軟體協助進行影像拼接，該部份是提供有關現場環景影像，有助於構造物大範圍的環境檢視。

進行構造設施區域俯視，可概觀構造物週遭的地形樣貌，鄰近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，現場取景正面照，主要目的是透過實際正面檢視構造物是否有呈現破壞樣態，如有破壞樣態可進行後續特寫拍攝，另外

可檢視出構造物所涵蓋的部分，如固床工於河床面及高於河面取樣。環景影像取景主要目的，則因特寫正面或側面僅單一畫面，而無法以環視方式進行現場瀏覽，有鑑於此本計畫運用所收集照片經由影像加工拼接，可達到環視的效果，如此一來有利於後續影像紀錄，假若現場檢視不全時可再藉由影像軟體將影像接合成 360 度環視影像，透過環景、正面與特寫交互檢視來協助構造物的現況判讀作業。

運用 UAV 懸停方式定點多角度旋轉方式拍攝約莫 100~150 張照片，後續影像處理再進行影像拼接，依據現場所收集照片利用電腦進行瀏覽檢視是否需要再補拍。另利用執行過程的觀察發現，作為 UAV 執行及人員至構造設施本體正面與背面觀測，考量現場的可及性與取景廣域性，因為如現場範圍廣無且便道可到達處人員較為不易巡檢或取樣，所以採用 UAV 是很適合的方案，因此如有破壞處可利用空拍角度搜尋也可近距離方式紀錄壞處的特寫。程序如 4-10 所示。

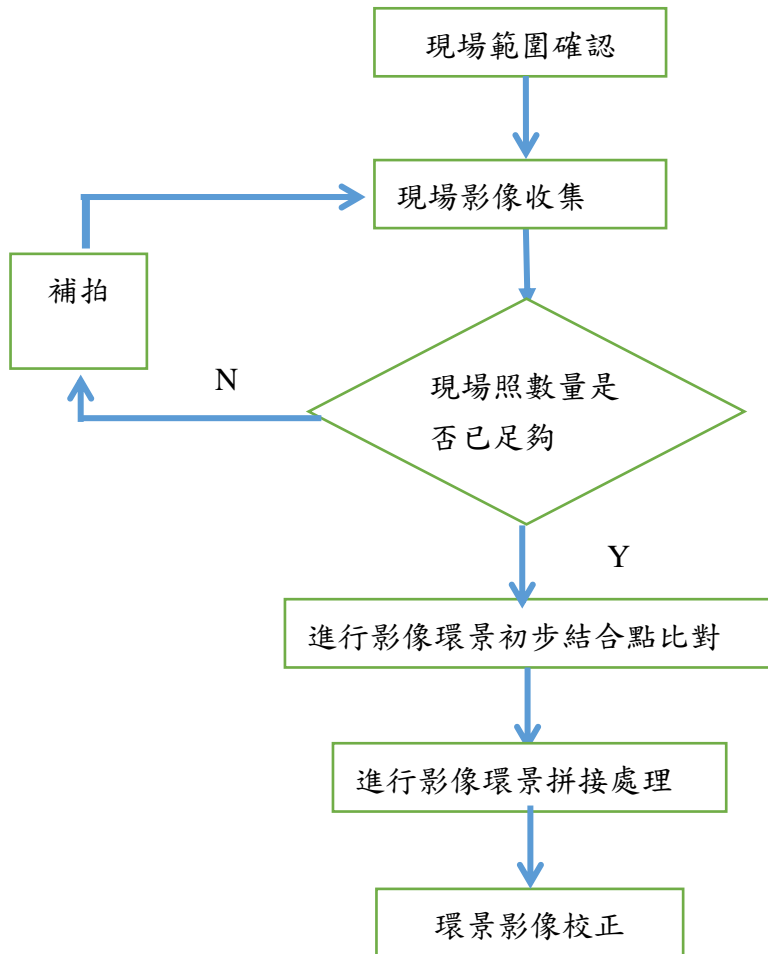


圖 4- 10 環景影像收集與建置流程

(2.) 環景影像建置

環景影像拼接，利用多張影像相似特徵疊放方式，以軟體 Microsoft Image Composite Editor 2.0 進行拼接，建置環景的圖像步驟如下，現場以 UAV 環繞一圈，並以 0 度、30 度、60 度、90 度等方式定點懸停並朝外以放射狀旋轉拍攝，每一角度約需 30~50 張影像不等。匯入畫面如 4-11 所示。

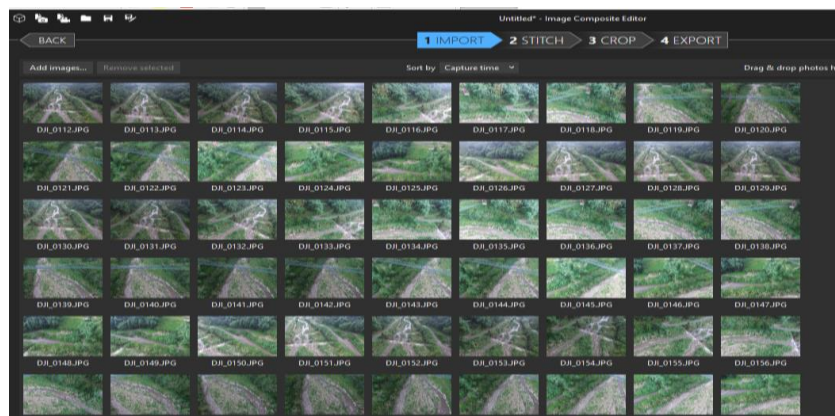


圖 4-11 照片匯入系統示意圖

利用現場不同角度與影像拼接軟體(Microsoft Image Composite Editor 2.0 軟體名稱)，運用影像相同特徵重複套疊原理進行影像比對，再依據比對出的特徵點作為疊合拼接依據。經由特色點作為索引進行拼接，依所需的全景影像型態去選擇，本計畫選擇出拼接軟體中的 Spherical 模式進行校正，去除黑色區塊，最後產出球型環繞影像。因本計畫採用快速巡檢型態，因此經常可採中階品質輸出即可達到巡檢可視的狀態，環景整體影像轉置時間約 5-10 分鐘即可完成。如圖 4-12 所示。

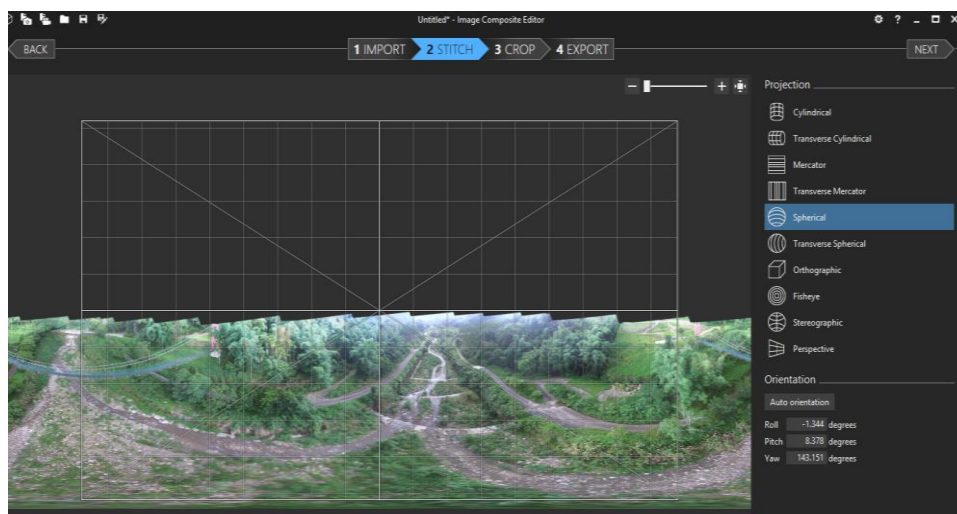


圖 4-12 拼接影像預覽

因環景影像輸出時未校正，因而檢視時則會有球狀或影像扭曲變形樣態(如圖 4-13 所示)，本計畫運用軟體校正，以網頁方式將全景圖檔載入，運用影像調校有利於影像拉動過程中依然以矩形檢視狀態呈現影像，採用影像校正後可透過網頁方式直接呈現(如圖 4-14 所示)並可於頁面中直接進行縮放檢視。本計畫採用網頁方式呈現影像考量主要可透過網頁方式直接呈現，不用再透過圖像軟體分別檢視，另外本計畫所建構之環景影像目的，一是利用軟體拼接方便性建置環景影像，可檢視現場周邊或設施構造劣化狀況，透過環景檢視可瞭解現場的拍攝限制。



圖 4- 13 影像校正前



圖 4- 14 環景影像影像校正後縮放環繞檢視

(3.) 3D 影像蒐集模式

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，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，採用此模式亦有兩種情況：如果使用自動模式從地面起飛，UAV 設有安全機制，以防止誤撥至自動模式時，而誤啟動所產生的危險，所以需要先進進行手動解鎖，並使用手動控制起飛。另一種模式為起飛後，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 4-15 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，讓 UAV 採自動巡航模式進行自動收集影像，執行過程中 UAV 飛行至所設定的臨近碰撞點位置時須注意，待確認 UAV 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。

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。

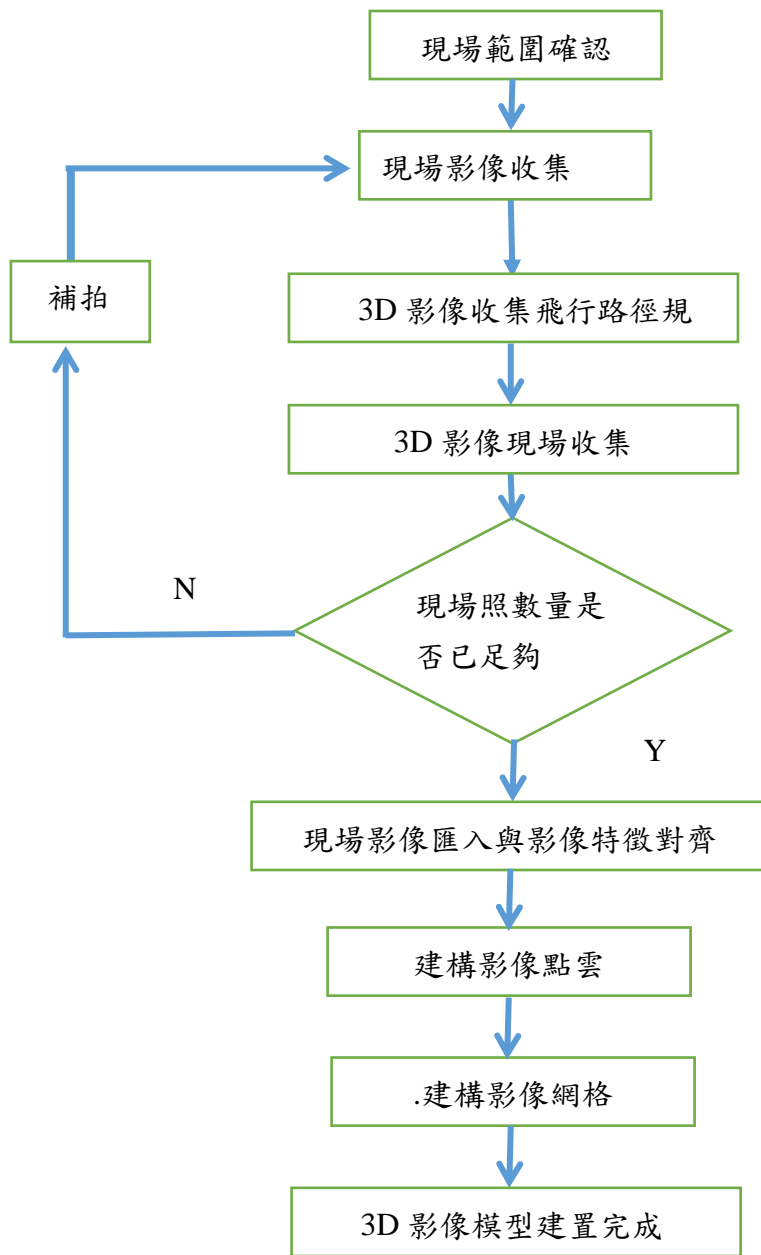


圖 4- 15 3D 模型影像收集與建置流程

(4.) 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 4-16 所示。

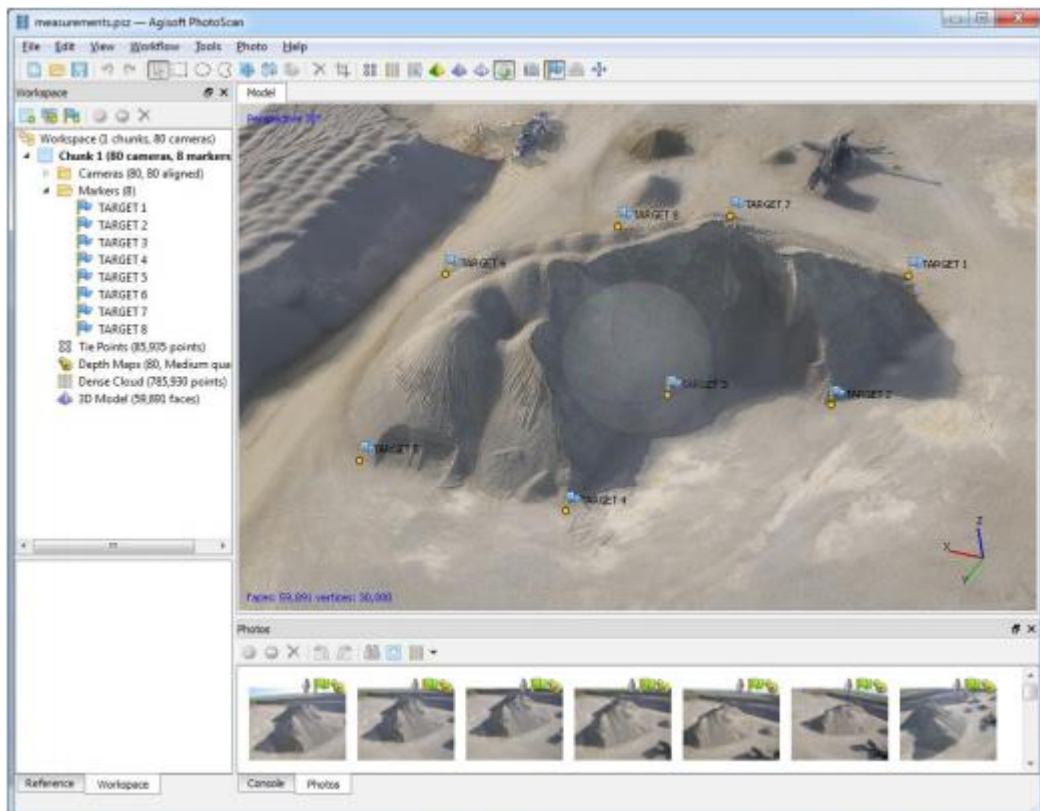


圖 4-16 影像載入軟體操作示意圖

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。如下圖 4-17 所示。

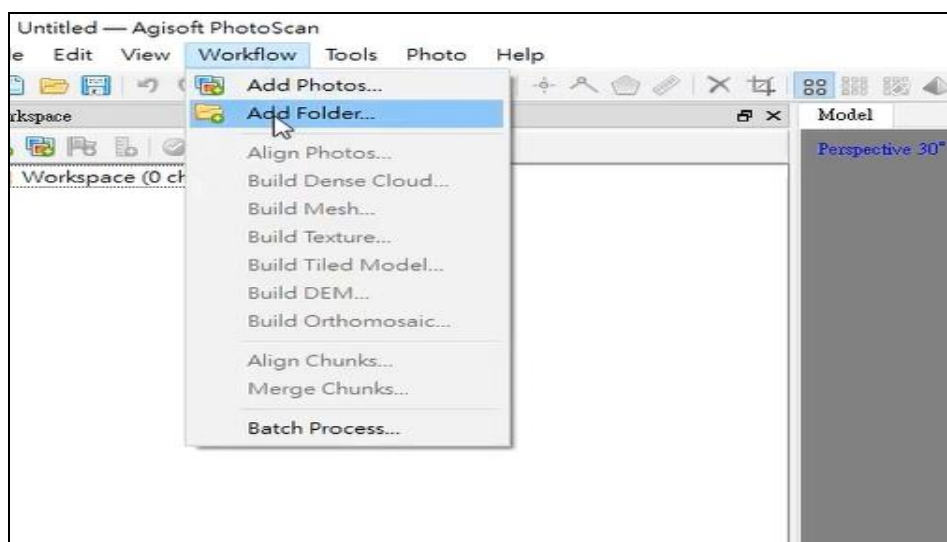


圖 4-17 影像匯入畫面

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 4-18)，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 4-19 所示。

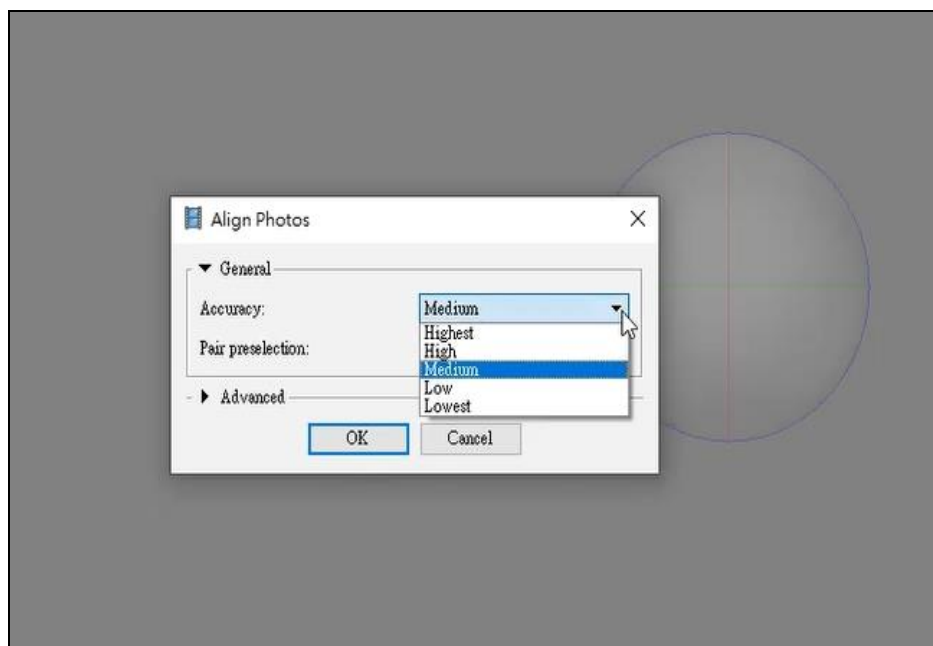


圖 4-18 選定確認建置品質畫面

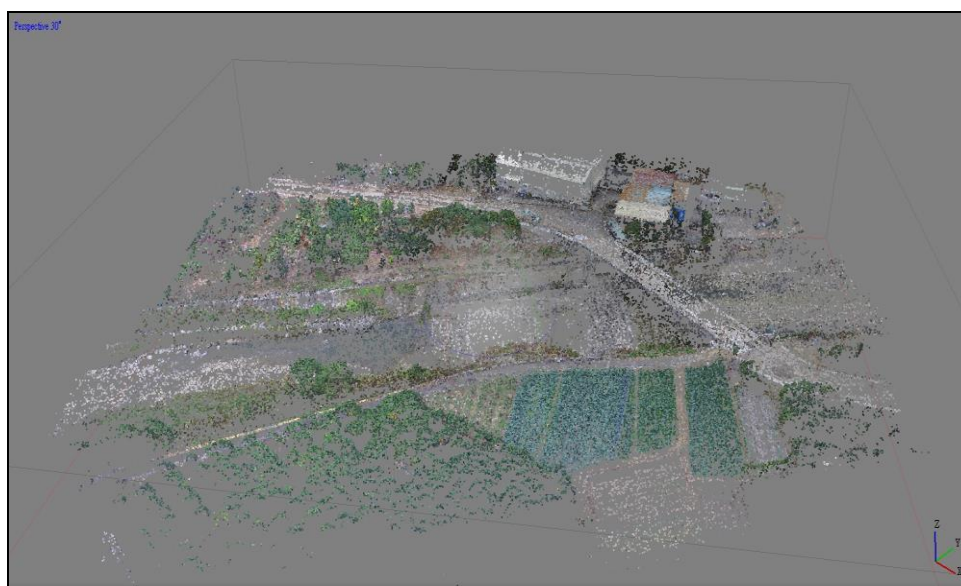


圖 4-19 稀疏點雲模型畫面

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 4-20 所示。

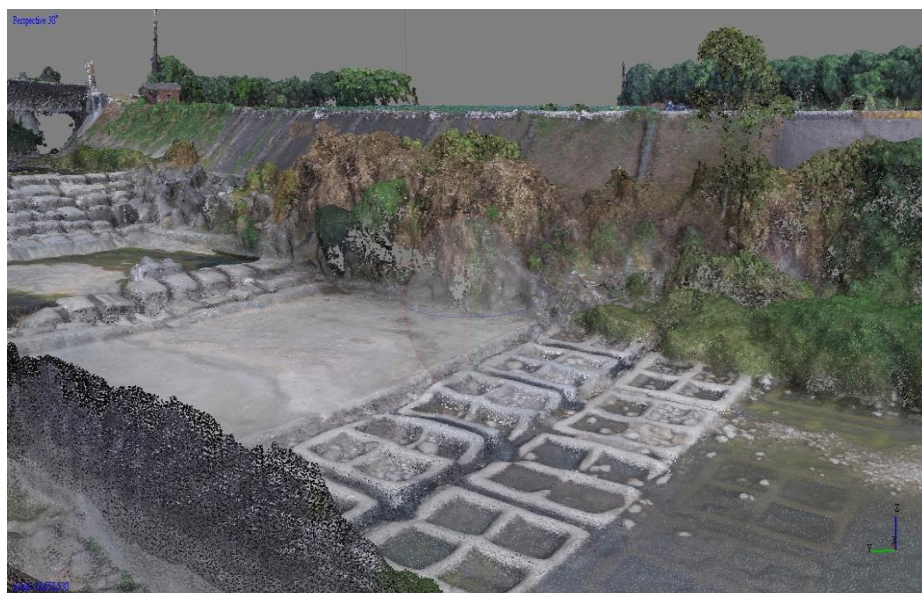


圖 4-20 合成密集點雲圖

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，會優先使用較低的品質，再生成密雲圖。先使用低品質的原因在於，較低的品質所花費建置的時間短，因此顯示的品質會低於中高品質非常多，雖然建置出的成果品質低，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 4-21 所示。

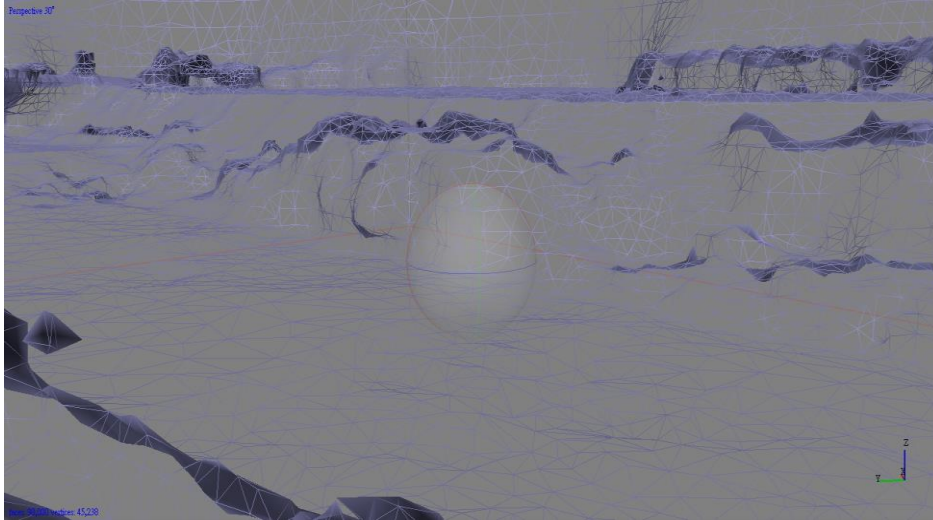


圖 4-21 多邊形網格模型圖

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、多邊形網格模型完成再轉置成的 3D 模型(如圖 4-22 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 4-22 3D 影像模型示意圖

(5.) 3D 影像模型測量應用

本計畫選取一案例，依據本計畫所蒐集的案例，並建置出水保 3D 結構影像模型，對於 3D 影像應用的層面可由電腦進行檢測區的水保構造設施現況檢視，能多以角度檢視設施與周圍環境。如有劣化部可放大檢視。本計畫使用 agisoft 軟體其中有附加「Ruler」尺標功能，可對 3D 影像模型進行尺寸量測的功能，因此可藉由 3D 影像模型等比例縮放後，針對有異常劣化，如水保結構有大型破壞進行尺寸或面積的概估量測。(如圖 4-23 所示)。於本計畫中所用 UAV 內建軟體中設定於收集影像均有附帶 GPS 座標資訊，並以本計畫所用的影像處理軟體(Agisoft PhotoScan)，可依據 GPS 座標進行重疊拼製，於轉置 3D 影像模型，每模型中均附帶 GPS 座標資訊。並可經軟體附加提供的功能，選擇圖面拉選出量測範圍即產生量測概算結果。(如圖 4-24)



圖 4- 23 3D 影像尺寸或面積的量測示意圖

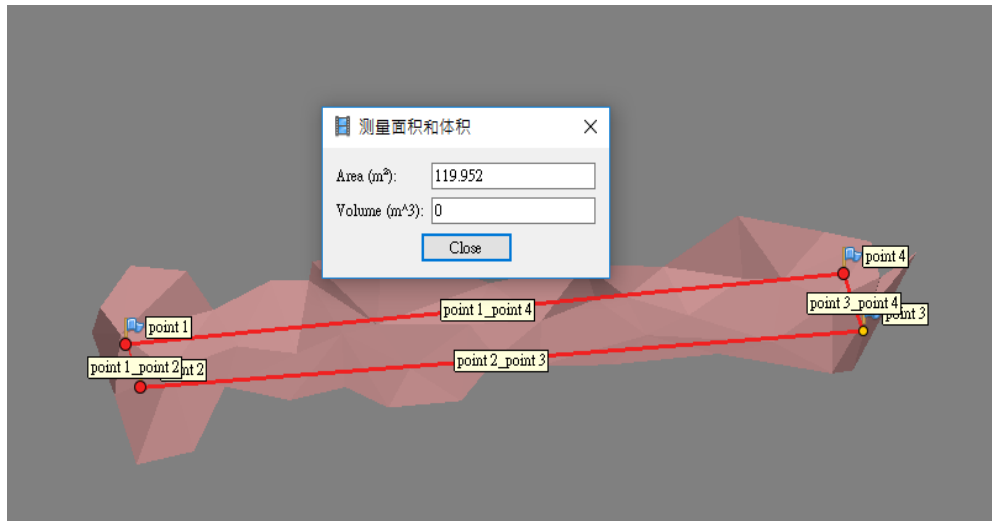


圖 4- 24 3D 影像尺寸或面積的概估計算示意圖

3.針對不同現場環境及水保設施構造類型，建議合適之影像類型收集策略。

(1.) 本計畫採兩種方式進行比較分析

運用不同的影像蒐集方式探究有利於現場快速巡檢模式，透過兩種模式比較下瞭解於不同模式蒐集範圍、控制模式、轉置時間及附加功能等，並分析比較不同影像轉置結果與適用範圍與限制並可提供於巡檢時的影像紀錄參考。比較如表 4-2 所示。

表 4-2 無人飛機(UAV)取樣方式比較表

	環景影像收集	3D 影像蒐集	備註
收集模式	定點懸停	拉選範圍規畫路徑	
收集範圍	有限	廣域	有無阻隔 或障礙物
收集角度	90 度~ 0 度	90 或 60 度 角度固定	
人力	約 2-3 位	約 2-3 位	
控制模式	手動拍攝	依設定路徑自動巡 航拍攝	
影像數量	約 100-150 張	視範圍大小約 300-450 張。	
影像轉置時間 (以中階畫質)	約 5-10 分鐘	約 1 小時-2 小時	視數量多 寡
檢視軟體	可由網頁檢視	依據特定軟體檢視	
檢視方式	拉選放大、旋轉	拉選放大、旋轉	
附加應用功能	無	可量測尺寸	

(2.) 經兩種模式分析比較

環景與 3D 影像模型，其主要考量兩者之不同的用途，環景影像取得方式屬定點懸停並旋轉方式拍攝，可利用初勘現場環境現況時一併收集影像，影像收集時間短操作上也容易。對於 3D 影像模型的影像收集則需規畫拍攝路徑，另外也需要 GPS 定位、最低高度限制設定及每張影像的間隔距離設定，如此所

收集的影像才能提供後續 3D 模型影像建置。因此現場初勘時選擇定點懸並停旋轉模式收集影像，所收集影像可提供建置出環景影像，另外會飛行至鄰近的障礙物以測試出最低的高度限制。

從現場影像收集過程時間上比較發現，UAV 設定需以懸停拍攝時間自 UAV 升空後開始執行到拍攝結束約莫平均 15-20 分鐘內可完成一區的影像收集。若設定飛行路徑為自動飛行模式，所耗費時間包含影像收集約集收集完後的影像整合平均 45 分鐘至一小時不等，須視範圍大小而定。兩中模式均可收集過程中可即時觀看及時影像。

綜合以上，環景影像採定點旋轉並以多角度方式收集，所以適合用於現場快速檢測的影像蒐集，再者環景影像於影像轉置時間上較短於 3D 影像模型的轉置時間。因環景影像適合大範圍巡檢與周邊環境瀏覽如淤積或崩塌情況，因此適用於現況快速巡檢視之用。相對的 3D 影像模型所收集的影像均具有 GPS 定位資訊，因此影像轉置後精度較為理想，所建置完成的 3D 影像模型也可用於測量水保構造設施尺寸，適用於須細部檢查或是高於河道之結構體，以利於 3D 圖層上尺寸量測檢查，可減少人力現場量測的程序。

4.建置巡檢履歷表單與資料庫

(1.)資料庫架構

本計畫提出水保構造物巡檢維護履歷資料庫架構，其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。

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、現況分級、結構圖庫、維護工程項目等進行編碼，透過資料庫中的主鍵以及各 ID 進行資料串連，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所示。本計畫資料表單包含，基本資料表、構造設施編碼、劣化編碼、構造物現況分級編碼、結構圖索引、工項與單價，以利後續建立資料可方便置放置雲端資料庫，鏈結與計算。

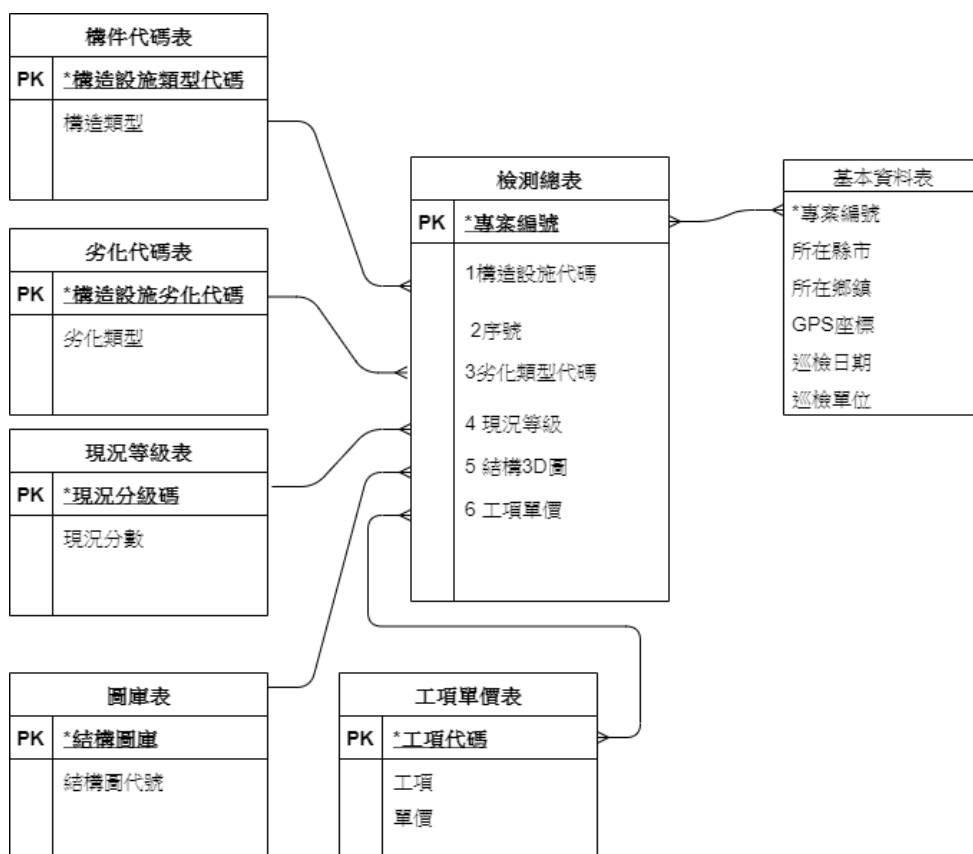


圖 4-25 資料庫關聯架構圖

(2.)巡檢基本資料表單

本計畫所設計巡檢基本資料表，內容包含專案序號、所在縣市與鄉鎮另外還有巡檢日期與單位，以及該工程的GPS定位如表4-3所示。專案序號是針對設立資料庫所創建以本專案自行編撰，主要是最為資料庫主鍵之用。

表 4-3 檢測個案基本欄

檢測個案基本資料欄						
專案序號						
所在縣市		所在鄉鎮		GPS 座標	E :	N :
巡檢日期		巡檢單位		檢測員		

(3.)編碼概念

編碼是以數字、文字或字母，代替一長串敘述文字，或指定一筆資料，同時，藉由有分類讓使用者知其範圍、類別意義。而常見的編碼系統可分為樹型系統、矩陣型系統。因此，只要需要電腦處理的資料如資料庫等，常會使用編碼觀念，如物流的管理、人員的編號、材料的倉儲等。編碼系統通常都是為了某一系統或某一專案而定義及產生，故常發生不同系統或單位彼此間無法辨認他人編碼的情形，許多的公定編碼及常見編碼原則也因此因應而生。

常見編碼依循原則：

- 1.編碼整體架構應符合使用者需求及資料處理方式。
- 2.編碼應適用於電腦作業、利於排序、分類、擷取與摘錄等。
- 3.編碼應有標準之作業規範與格式。
- 4.編碼應具唯一性與標準性。
- 5.編碼應簡單實用，並易於推廣接受。
- 6.編碼結構應具彈性，易於增修與擴充。

本計畫主要開發出適用於水土保持設施編碼，由於水土保持設施之構造設施組成多樣且複雜與一般橋梁設施皆為不同，再者水保構造物幾乎都是位處於野溪或河道之中，因此為使得巡檢人員對檢測結構認知相同，避免產生檢測構造設施管理上的錯誤，故應於檢測前建立構造設施編碼方式，以利現地巡檢之順利、並正確地記錄構造設施之破壞情形。因此，水土保持設施型式、構造設施狀況、巡檢種類、規模大小，並依實

際情況調整其適合之項目。本計畫所採用編碼方式會分為以下幾個部分，分別為檢測之構造物類型、結構之序號、破壞型態，如表4-4 所示。主要目的是達到快速巡檢易記方式所編。

表4- 4檢測編碼示意

專案序號	巡檢碼
SW-YL- GK001	V5-1- Dsd1
水土保持-所在縣市位置 -所在鄉鎮與序號	構造類型-序號-破壞模式

第一碼 水保結構類型

編碼概念以下介紹，依據文獻回顧以及訪談後整理出各類水保設施種類，而給予每個水保設施編碼，本文目前整理為以下項目，其主要為水保設施中常見的結構物，作為進行破壞檢測之類型。其中有常見的防砂設施、整流設施構造物等。如表4-5所示。

表 4- 5 水保結構類型之編號

檢測項目
V1.防砂壩 Sabo dam, (座)
V2.梳子壩 Slit dam (座)
V3.潛壩 Submerged dam (座)
V4.跌水工 Drop structures (座)
V5.固床工 Groundsill works (座)
V6.丁壩 Spur Dike (座)

第二碼 設施構造物序號編碼

依據竣工圖或是現場實際現場所見之構造物，由上游至下游之原則編碼，若有里程者，則依行進方向編碼，其上下游定義以常見水流方向決定，因此本計畫為減少因為方位設定而造成混淆情況之發生所設定，為圖面上有序號可以判讀型態。以水中的橫向水保設施構造物為單位例如：固床工、防砂壩、丁壩等設施如圖4-26所示，依據上游至下游方向依順序給予編號。

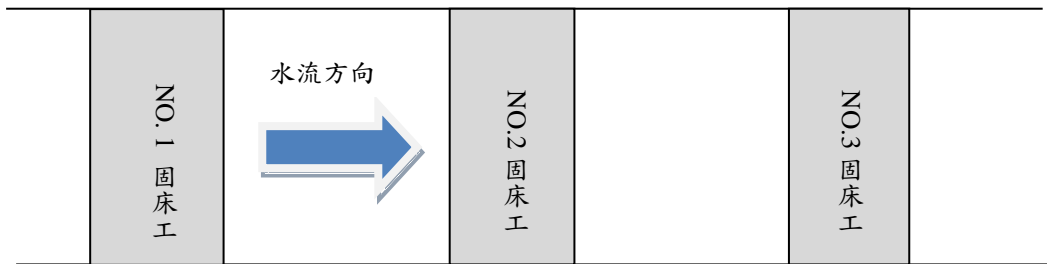


圖 4- 26 結構順序編碼方式示意圖

第三碼 設施異常樣態編碼

因水保設施破壞形式種類繁多，為使現場勘查所得之結果日後方便判斷與分析，本計畫依據各類文獻整理出水保設施常見之破壞狀況，而對這些損害原因給予編碼如破壞樣態分類常見的8大類如表23所示。所以以破壞英文字B（breaking）字首為代表方便於往後的使用，首先Btc1-Btc2屬於暫時性的現象（temporary condition），何謂暫時性的現象，依據文獻林慧宜（2006）論文中所定義為河道的剝刮及堆積現象，其主要定義為因河道變遷所產生的現象，如淤積或侵蝕情形，待日後會因為水流之變動則沈積情形會有所改善或是變動，但對於水保結構功能尚無影響，僅對於水流有所影響，因此需進行清理或例

行維護即可。因為轉換為較為通用字意，本計畫則改採用為暫時現象稱之，Bsf1-Bsf3屬於表面破壞（surface fracture）之部分所包含的有表面磨蝕、裂縫以及剝落三類，Bsd1-Bsd3屬於結構破壞（structural damage）之部分，掏空、沉陷位移與崩毀主要有這三大項之分，本計畫依據文獻並重新定義綜合整理如下。

暫時性現象(temporary condition)：文獻中稱為河道變化，本計畫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，但其功能上有發會到期效果，因此僅需要加以注意，其原本主要設定之功能性仍正常發揮。

表面破壞（surface fracture）：本計畫定義為其破壞方式主要表面磨蝕或沖蝕等類似樣態，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。表面破壞主要型態涵蓋磨蝕、混凝土或砌石剝落以及混凝土裂縫等。

結構受損（structural damage）：本計畫定義為因為對整體的結構物以產生嚴重破壞，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，如基礎掏空、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。

表 4-6 破壞樣態編碼

類型	編碼	樣態
暫時性現象	Btc1	泥砂淤積
表面破壞	Bsf2	剝落
	Bsf3	磨蝕
結構破壞	Bsd1	掏空
	Bsd2	沉陷、位移
	Bsd3	崩毀或沖毀

水保設施維修方式

水保設施造成損害者不外乎是遭到撞擊、沖刷、磨蝕與破裂等因素，而水保構造物的大部分是分次澆置接合，因此產生破壞的位置也以交接處居多，針對構件的維修與更新應盡量避免構件修復補強後再度遭到破壞，並以其他防護措施保護構件安全性，延長構造物使用年限。

維修方式為綜合相關參考文獻後分類，那主要依據破壞樣態對於使用材料相同但有部分差異之處大致仍以混凝土修繕為主體上為，分為以下幾大項，表面填補、結構處理、維修方式。編碼部分則以維修(repair)為字頭，在依據種類給予 CM (clear and maintenance) 填注修補及 SR (structure of repair) 結構整修。依據前面所提到三種主要破壞樣態屬於外觀或淺層劣化、結構劣化及暫時性現象以相互對應至維修

方式的三大類，因此本研究於下表 4-7 定義各種維護與維修方式。

表 4-7 水保設施維護種類

維護方式	編碼	說明
追蹤檢測(Flood Examination)	CM1	設施維護相關單位，颱風、豪大雨季季節前後，時間約為四月份時檢查設施功能是否正常。
材料填補或灌注 (Material Grouting)	FR1	設施結構體周圍出現凹陷、空隙和材料流失等情形，影響設施漸已影響功能，設施維護相關單位，於設施破壞之部分酌以合適材料(如：環氧樹脂、水泥砂漿和混凝土等)進行填補或灌注修復，減緩設施繼續劣化之情況。
混凝土修補 (Concrete repair)	FR2	設施結構體因部分缺失為維持該構造物目前強度與耐用性，以混凝土為主的修復方式以達到構造物的可維持目前的狀態持續使用。
損壞部位打除重作(Part Rebuilding)	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，再以原設計方式進行重新施作，確保此設施回復

		正常之功能。
--	--	--------

本計畫整理

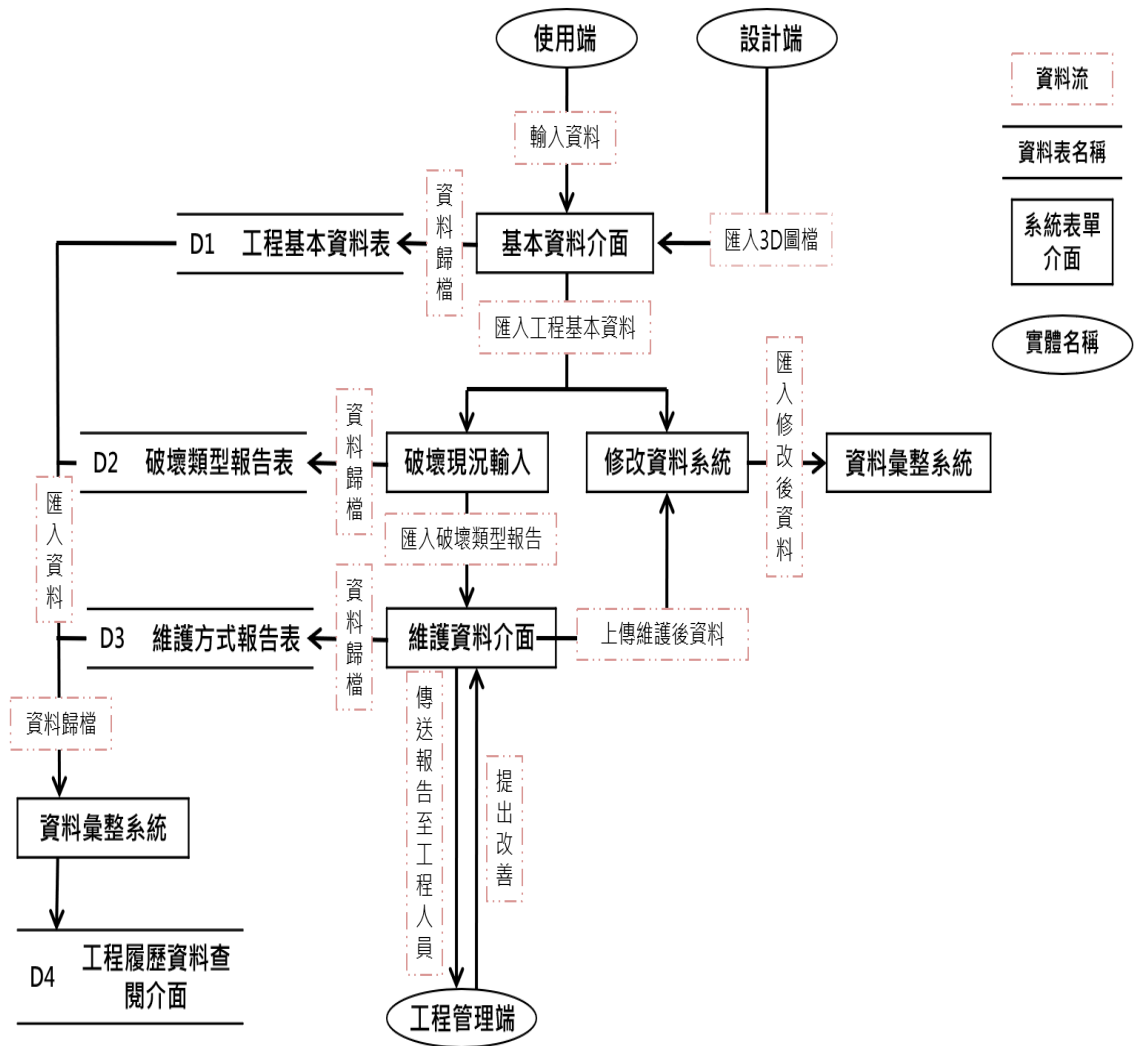
(4.) 資料流程圖介紹

本小節主要針對所建置的資料庫系統中對於資料輸入搜尋存取的資料流程進行說明，首先由系統入口進入輸入水保構造設施基本資料，並由設計端將以繪製完成立體圖檔匯入連結，完成後儲存即完成水保設施構造的基本資料檔 D1，可透過瀏覽檢視基本資料如有需修改可透過修改程序進行資料修正與更新。

接著依據所建置的水保設施基本資料後則進行下一階段資料輸入，此部分將依據現場所採集的影像資料所建置的環景、現場 3D 立體影像與 CAD 設計體圖及設施主體 3D 模型，經比較評估水保設施所呈現的破壞型態後，在依據破壞類型視窗拉選填入，並填入現況等級，以提供後續維護判斷參考，完成本階段後資料上傳完成 D2 破壞類型資料表單填寫。

第三階段則由系統進行類型與現況等級判斷建議維護項目，系統所產出結提供於工程人員參考，所提供結果如需調整可由手動進行修改與調整，完成後上傳資料即完成 D3 資料表單填寫。

經由上述步驟完成後系統將 D1~D3 表單彙整成為 D4 大表單作為該水保構造個案結果表單，若相關資料如有修改可於後端所謂管理端進行調閱查詢與修改，前端即為所謂使用者端只能進行查閱瀏覽。可查閱文字資料與圖像資料。整體資料架構與流程如下圖 4-27 所示。



本計畫所提之資料庫主要包含基本資料表、破壞現況資料表以及檢測評估資料表，維護方式建議表、整建成本單價表。綜合以上資料表單進行資料鏈結，完成本計畫整體資料庫結構。如下圖 4-28 所示。



圖 4-28 資料庫選單

首先將進行基本資料輸入，依據個案基本資料依序輸入，專案序號、縣市所在地、座標、巡檢日期、巡檢單位等。由上述欄位組成巡檢個案的基本資料紀錄。下圖 4-29 輸入資料示意圖。

圖 4-29 顯示了新增個案基本資料的輸入介面。介面包含以下欄位：

- 專案序號:
- 所在縣市:
- GPS座標(E):
- 巡檢日期:
- Revit 3D圖:
- 360度環景圖:
- 所在鄉鎮:
- GPS座標(N):
- 巡檢單位:
- 檢測員:
- 案例現況圖:

介面底部有兩個按鈕：新增記錄 和 下一步。

圖 4-29 基本資料輸入介面

資料搜尋與修改如遇資料修改可透過修改圖示的點選，進入後即可進行資料的修改。如基本資料修改點選基本資料修改，進入後即可修改基本資料內容。依據所需修改欄位點選後即可進行

修改，確認後按資料儲存按鍵，即進行資料更新動作。如下圖 4-30 所示。

另外巡檢履歷中也有紀錄前次的巡檢現場影像如環景或是 3D 影像，環景影像將可透過瀏覽器進行檢視，3D 部分則透過擴增實境方式呈現有利於現場圖形檢視。如下圖 4-30 所示。可針對現場巡檢時的比對，更有利於歷次的現場文字或影像紀錄，了解該區域的潛勢變化，以提供維護上面的參考。

圖 4-30 資料修改介面

5. 3D 模型擴增實境應用

本計畫使用兩種方式第一種三維模型於擴增實境 (Augmented Reality, AR) 應用。第二種是經由 google earth 應用程式。首先本計畫採用的是 GAMMA AR 軟體應用程式，該程式主要適用於行動裝置，首先將 IFC 模型轉換 GAMMA AR，須將 IFC 模型上傳到 GAMMA AR 應用程式，轉換流程步驟如下。創建一個專案，作為提供圖形上傳的資料夾。點選 IFC 檔案存放位置，之後上傳 IFC 格式檔案模型至 GAMMA AR，所上傳

圖像模型檔後，能與他人共用檔案，也可以將檔案分享以及可作為圖像管理員，因此可授權給與那些人使用。管理員本身可對於專案圖像刪除或修改編輯權限。上傳後結果如圖 4-31 所示。管理介面如圖 4-32 所示。

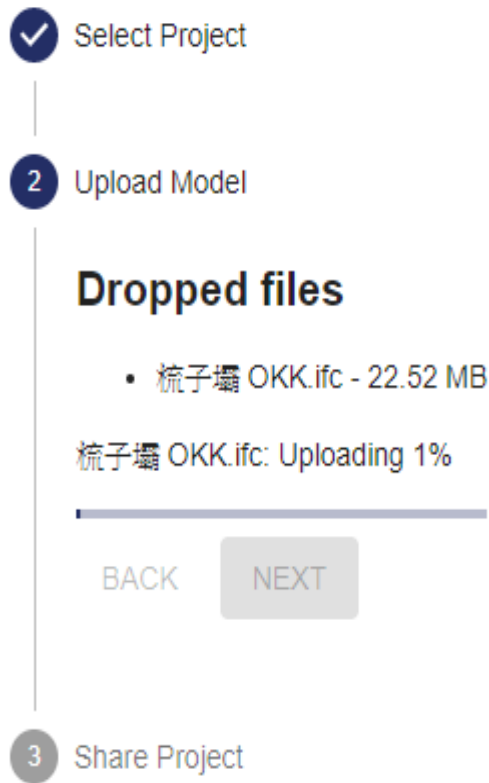


圖 4-31 上傳檔案圖形程序

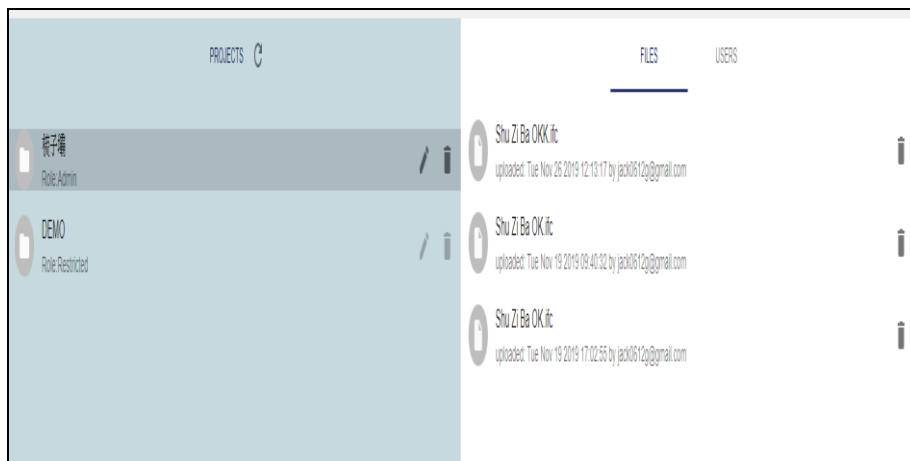


圖 4-32 GAMMA AR 檔案管理介面

完成上述檔案上傳程序後，需將 GAMMA AR 應用程式(APP) 下載至行動裝置中操作，本計畫採以行動裝置操作，因本計畫所示用硬體以蘋果行動裝置為主，因此以蘋果行動裝置測試。開啟 GAMMA AR 的軟體後登入選擇所需之檔案，此為網頁介面所上傳之模型。如圖 4-33 所示。

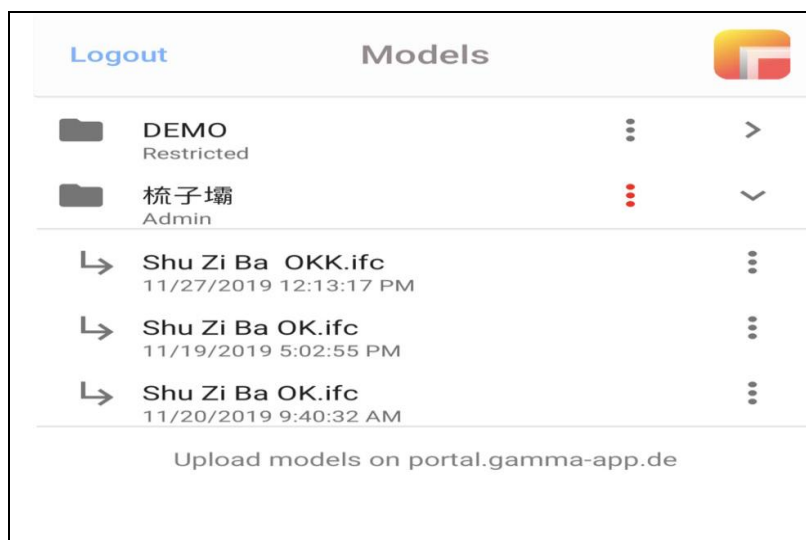


圖 4-33 登入後檔案選擇頁面

本計畫所選的案點之一位於雲林縣古坑鄉位於華山溪土石流教學園區的「山野溪水土保持工程」，以梳子壩做實際操作說明，當使用者構造前往現場前，可藉由透過網路登入 GAMMA AR 並進入 AR 定位，將可視化模型與現地水保設施同步目視，且能即時記錄及回報，有效提升水土保持設施管理效率。如圖 4-34 所示。



圖 4-34 實際定位畫面示意圖

第二種所採用的是 SketchUp 軟體應用程式，該程式主要適用於行動裝置，SketchUp 的關鍵是方便快捷地勾勒出設計塊面，這種直覺化的方法非常適合製作模型，首先將原先 IFC 模型轉換出來匯入 SketchUp，須將 IFC 模型上傳到 SketchUp 應用程式。創建一個專案由軟體中心增位置以建立地理資訊，上傳設施主體 3D 模型圖為圖 4-35 所示。上傳後如圖 4-36 所示。完成上述檔案上傳程序後，需於 google map 中找到設定位置後並選取區域如圖 4-37 所示。

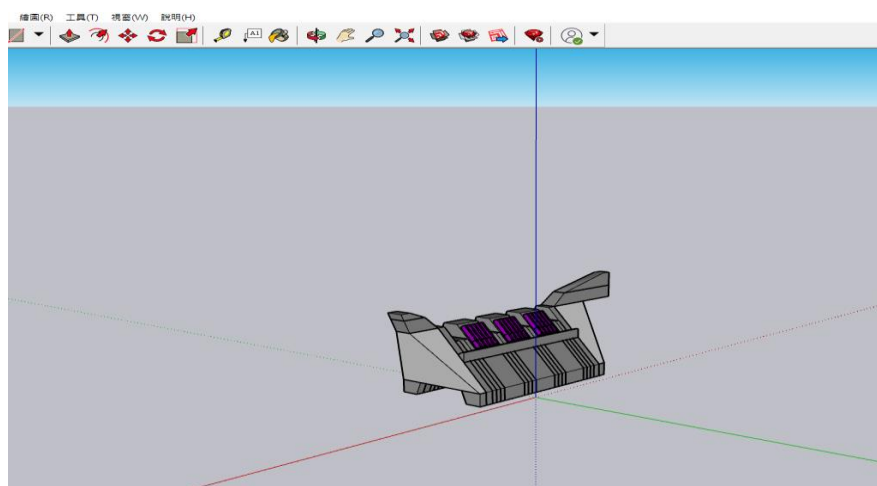


圖 4-35 上傳 3D 模型檔案

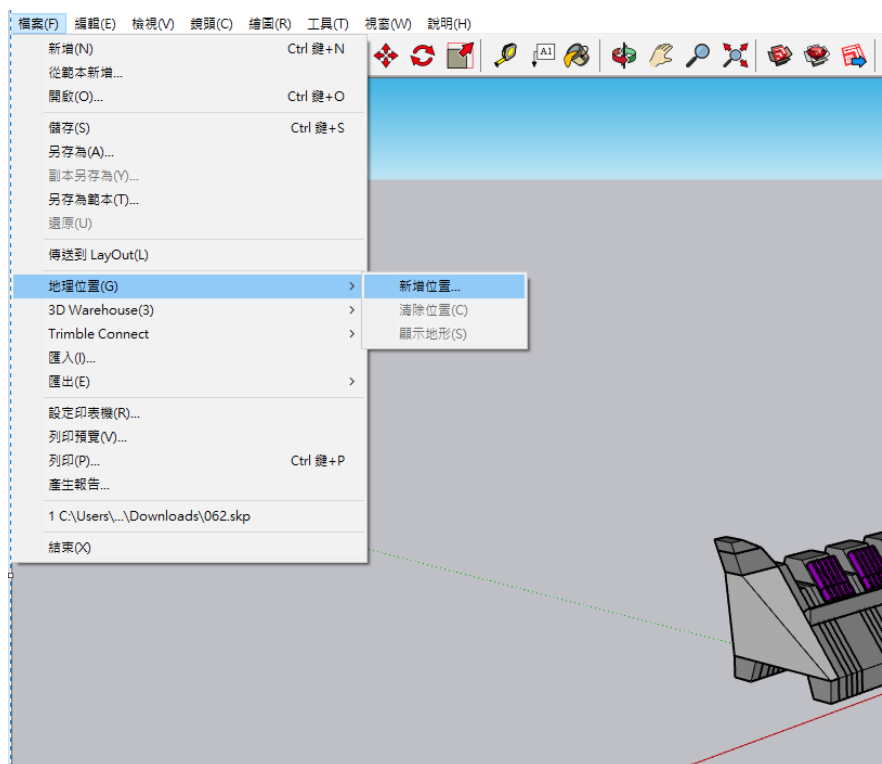


圖 4-36 圖檔匯入於 SketchUp 應用軟體



圖 4- 37 登入後檔案選擇頁面

使用者將以 Sketchup 所建置之 3D 模型置放至於 google earth 之設施構造物所在位置，並經適當調整位置確認後將檔案匯出成 3D 檔案。如圖 4-38 所示。

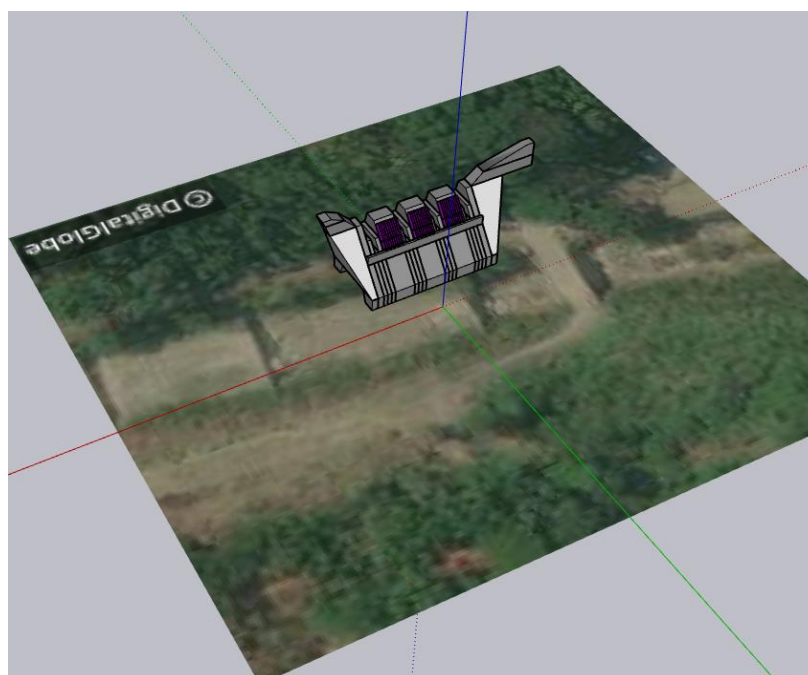


圖 4- 38 於實際定位畫面

經由上述步驟後將檔案存成，google earth.kmz 檔，打開梳子壩.kmz 後，將會以 google earth 讀取檔案，如圖 4-39 所示。

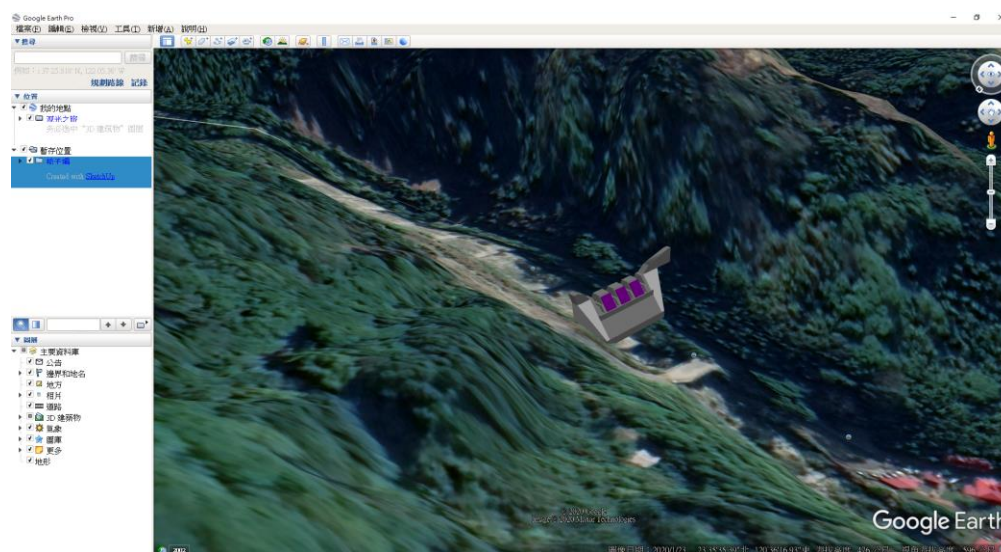


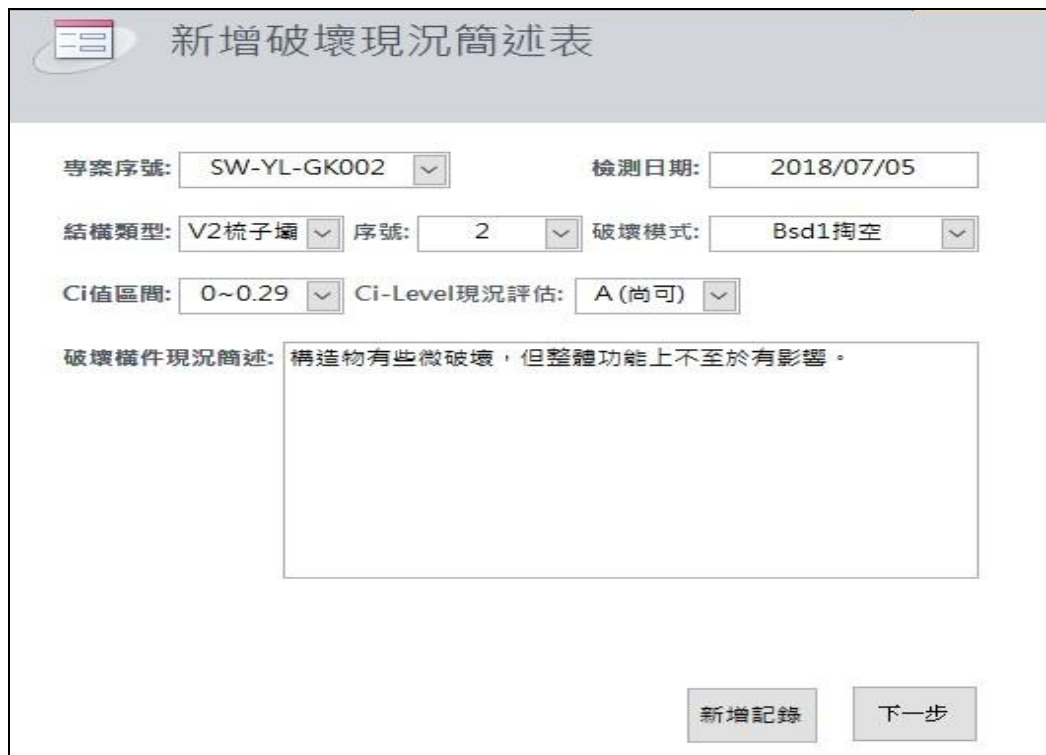
圖 4-39 於實際定位畫面

6. 案例測試

本計畫所選的案點以位於雲林縣古坑鄉位於華山溪土石流教學園區的「山野溪水土保持工程」，其中包含一固床工與一梳子壩，以下利用兩個主要防災構造物進行本計畫所提方法測試。

案例 A 固床工

案例 A 依據案例基本資料入後，針對檢測的結構類型選擇、序號、以及現況影像資料判斷破壞類型模式，在依循評估後選擇現況等級，並將部分現況破壞以文字加以附註說明。結果如下圖所示，如圖 4-40 所示。該結構有些微磨蝕與掏空情況，對於整體結構尚無影響。



The screenshot shows a web form titled "新增破壞現況簡述表" (New Damage Status Summary Table). The form includes the following fields:

- 專案序號: SW-YL-GK002
- 檢測日期: 2018/07/05
- 結構類型: V2梳子壩
- 序號: 2
- 破壞模式: Bsd1掏空
- Ci值區間: 0~0.29
- Ci-Level現況評估: A (尚可)
- 破壞構件現況簡述: 構造物有些微破壞，但整體功能上不至於有影響。

At the bottom right of the form, there are two buttons: "新增記錄" (Add Record) and "下一步" (Next Step).

圖 4-40 固床工現況簡述介面

對於巡檢維護履歷呈現，經由上述基本資料與檢測資料輸入後，再進行資料與現場所蒐集圖像連結，將本計畫所建置的資料與圖像可做一充分連結，考量資料的部分自由度因此本計畫採用

雲端資料方式，將採權限方式部分將資料提供巡檢單位，並於現場巡檢過程對於資料可容易透過網路連結取得。個案資料如下圖所示，針對現場巡檢時圖像調閱，可以據點選圖像連結調閱設計的設施主體 3D 模型，此模型將透過 CAD 或是 BIM 的應用軟體如 Sketchup 或 Revit 顯示，影像呈現上將包含結構的尺寸與資訊。如圖 4-41 所示。

新增個案基本資料			
專案序號:	SW-YL-GK001		
所在縣市:	雲林縣	所在鄉鎮:	古坑鄉
GPS座標(E):	207746	GPS座標(N):	2612316
巡檢日期:	2018/7/9	巡檢單位:	雲科大
		檢測員:	雲科大
Revit 3D圖:			
360度環景圖:	https://drive.google.com/drive/my-drive		
	案例現況圖:		
		新增記錄	下一步

圖 4-41 固床工巡檢維護履歷

維護方式輸出最後會產生現況程度，依據破壞類型與現況等級搜尋出合適的維護建議，本案例中雖有掏空但建議仍尚可惜況，採材料填補或灌注，另外可進一步依據先 3D 圖做破壞範圍估算，再評估出維護的成本費用，作為後續管理單位的參考，如圖 4-40 所示。

圖 4-42 固床工維護建議表介面

依據維護建議模式與成本概估案例總表部分將依據該案例所檢測的構造設施，並依維護方式、修復項目、單價、數量以及計算後的小計，利用 3D 圖所選出的範圍面積，圖 4-43 與圖 4-44 所示。經由現場 3D 圖所框選範圍量測面積為 119 平方公尺。



圖 4-43 框選劣化面積範圍

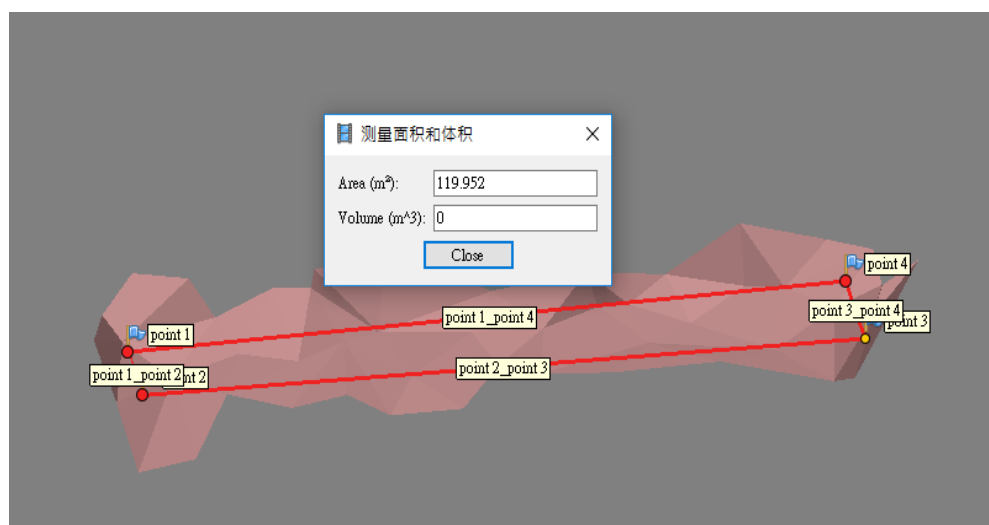


圖 4-44 軟體估算面積

經維護方式建議以材料填補進行維護推算，需將結構物背填材料流失部分先行開挖整平，進行排水材料鋪設之基礎面處理，再將原背填材料回填其部份其施工單價如下

圖 4-45 維護選項清單頁面

4-7 所示。施工方式有使用機械方式填土、直接使用混凝土澆置或是利用噴凝土將原有材料覆蓋，以減少土壤或材料再次被沖蝕而流失。以料填補為例，點選維護選項清單中的材料填補，如圖 4-45 所示，後即導出該工項單價。經由現場 3D 圖所框選範圍量測面積為 119 平方公尺合併單價計算後約可得到維護成本概算費用作提供於維護單位的參考。

。



圖 4-45 維護選項清單頁面

表 4-8 材料填補單價表

工程項目	單位	單價(元)	備註
機械填借用土	m ³	300	運距 12Km 計
結構用混凝土，預拌，210kgf/cm ²	m ³	2574	連工帶料

資料來源：「工程事務相關法規彙編」及專家訪談資料提供

案例 B 梳子壩

依據案例基本資料，點位、檢測單位輸入後，再依據現場所採集影像匯入，包含現場 3D 立體圖，因梳子壩屬於高於河床之結構設施，因此適用於設施主體 3D 模型的檢視，如下圖 46 所示。在依據結構設施劣化類型位置逐一輸入，並給予現況等級，是有磨蝕情況，現況良好等級頓位於結構影響甚微。後續維護為常態例行檢查。結果如圖 47 與 48 所示。

新增個案基本資料					
專案序號:	SW-YL-GK002		所在鄉鎮:	古坑鄉	
所在縣市:	雲林縣		GPS座標(N):	2612316	
GPS座標(E):	207746		巡檢單位:	雲科大	檢測員:
巡檢日期:	2018/7/5				雲科大
Revit 3D圖:			案例現況圖:		
360度環景圖:	360環景圖				
				<input type="button" value="新增記錄"/> <input type="button" value="下一步"/>	

圖 4-46 梳子壩現況敘述介面

新增破壞現況簡述表					
專案序號:	SW-YL-GK002	檢測日期:	2018/07/05		
結構類型:	V2梳子壩	序號:	2	破壞模式:	Bsf3磨蝕
Ci值區間:	0~0.29	Ci-Level現況評估:	A (尚可)		
破壞構件現況簡述:	構造物有些微破壞，但整體功能上不至於有影響。				
				<input type="button" value="新增記錄"/> <input type="button" value="下一步"/>	

圖 4-47 梳子壩巡檢維護履歷



維護方式建議表

專案序號: SW-YL-GK002

結構類型: V2. 梳子壩 序號: 2 破壞模式: Bsf2. 磨蝕

CI-Level現況評估: A (尚可) 修繕碼: CM1 追蹤檢測

維護說明: CM1-設施維護相關單位，颱風豪大雨季季節前後，時間約為四月份時檢查設施功能是否正常。

列印表單 儲存 回到首頁

圖 4- 48 梳子壩維護建議表介面

本案例經由 AR 與 google earth 應用程式進行實測，首先將以 AR 實測應用，由圖檔中選擇 3D 檔案、空間選擇及實際定位畫面後，即可呼叫出先前上傳至 AR 系統的中的設施主體 3D 模型。下圖為現場操作視意圖。使用 AR 系統正面檢視與後影像檢視圖如下 4-49 圖至圖 4-51 所示。

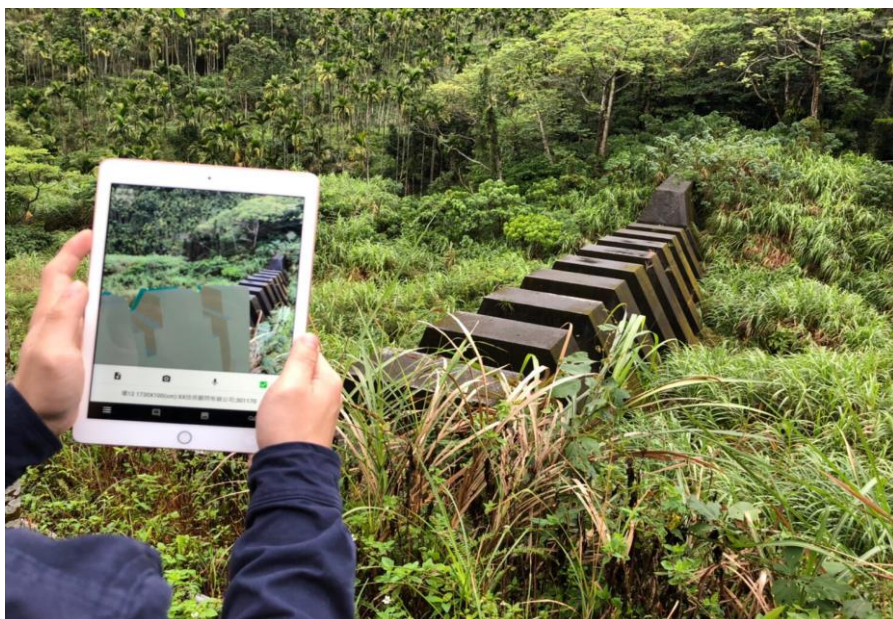


圖 4-49 案例實地操作示意圖

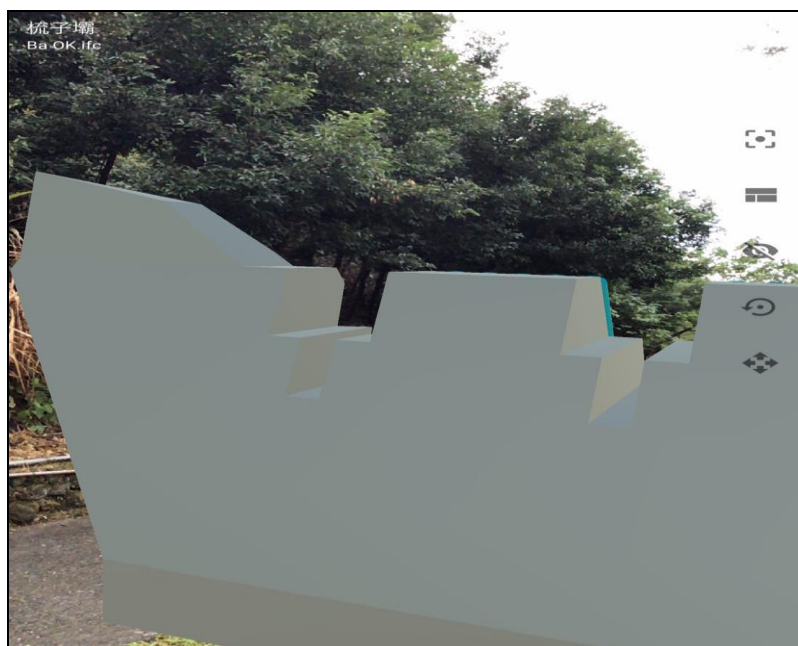


圖 4-50 由 AR 模型正視圖擷取示意圖

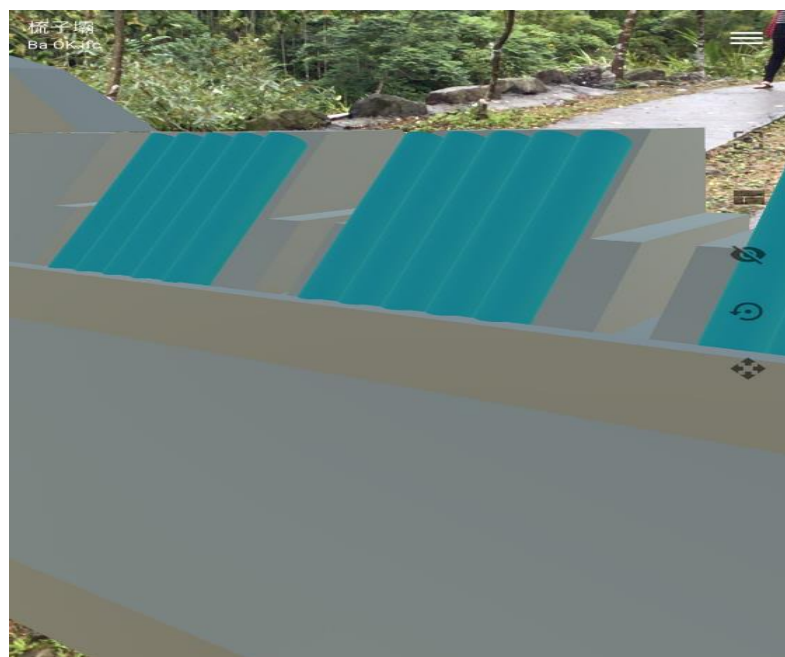


圖 4-51 模型後視圖擷取示意圖

經區塊點選即可顯示出，先前於設施主體之 3D 模型中所輸入的背景資訊包含設計者、施工廠商及該結構的設施尺寸。由行動裝置使用該軟體視操作示意圖，如下圖 4-52 所示。



圖 4- 52 GAMMA AR 中的資訊模型

此軟體亦有提供影像紀錄模式，可將現場有問題的部分經由拍攝儲存下來。如下圖 4-53 所示。拍攝完成後軟體會上傳並自動存取至 GAMMA AR 網頁伺服器上。如下圖 4-54 所示。



圖 4- 53 進入 AR 畫面

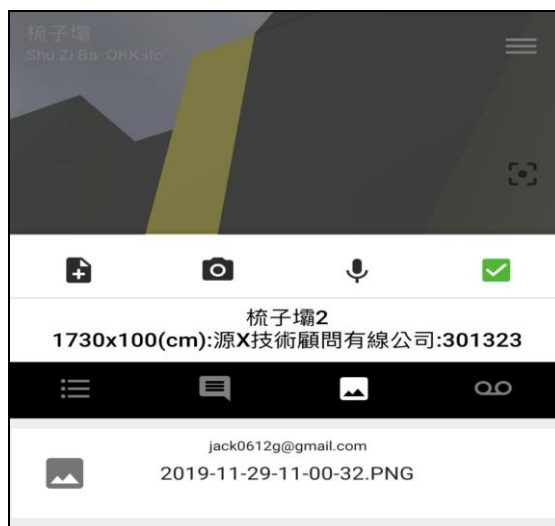


圖 4- 54 上傳後的紀錄檔

此軟體應用於結構為相關履歷中，可由查閱資訊履歷資料中，以 3D 檢視過程再利用以文字會語音方式功能下進行文字標註或錄音的備忘錄功能。如圖下圖 4-55 所示。經由標註及註解完會自動上傳至 GAMMA AR 網頁檔案區，並標註於圖面下方。如下圖 4-56 所示。



圖 4- 55 進入 AR 備註畫面示意圖

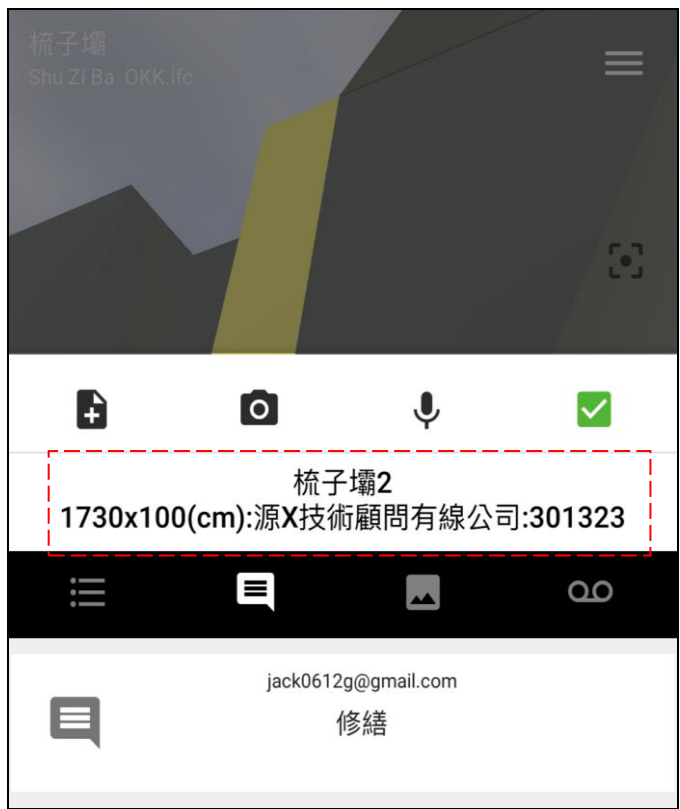


圖 4-56 紀錄檔示意圖

本案例再以 google earth 應用程式進行實測，於檔案中選擇 3D 檔案、圖檔選擇及實際定位畫面後，即可呼叫出先前上傳 3D 模型。下圖為使用系統正面檢視與後影像檢視圖如下 4-57 圖至圖 4-58 所示。



圖 4-57 模型俯視圖

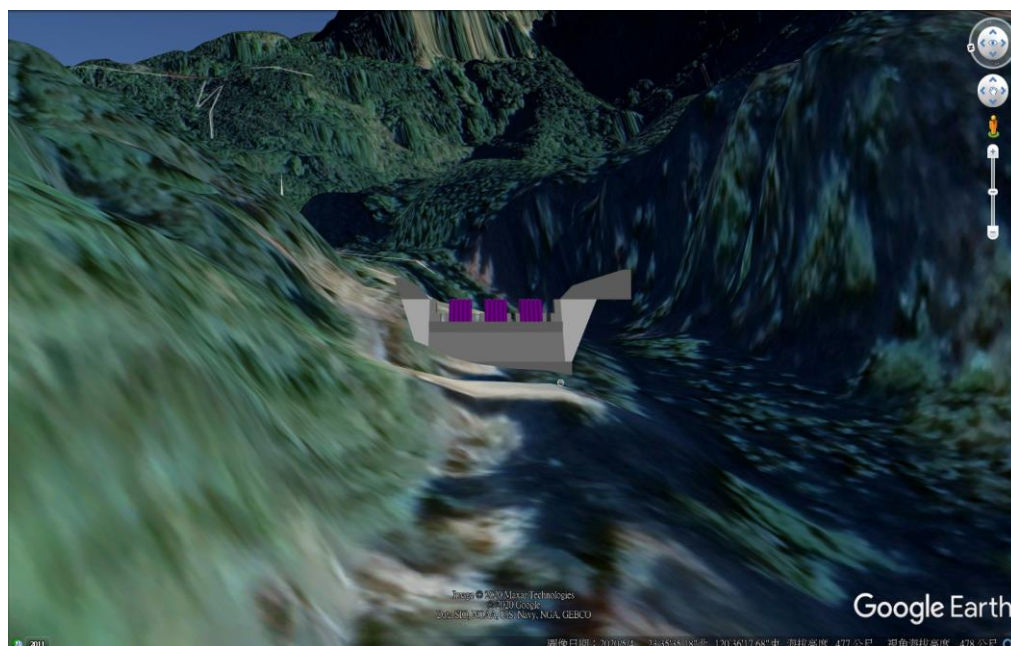


圖 4-58 模型正視圖

案例分析討論

經由上述兩種案例與兩種不同的 AR 進行探討，發現本計畫所採用的不同案例顯示出，以不同採樣類型所對應的型態，以案例 A 固床工為例，因與河床面貼合及部分高地落差加上數量多

於大型的壩體，因此極為適合以大區域的採集，環景影像採集極適用於此，因此於巡檢履歷中會放入設施主體以 CAD 設計為基礎之 3D 模型與環景影像的連結。

相對於案例 B 梳子壩，因壩體結構高於河床面甚多，且結構量體也相較於固床工大上許多，然而數量就相對少，因此極適合以 3D 立體影像蒐集，應用於巡檢履歷之中方式將採以設施主體 3D 模型與現場 3D 立體影像。

針對擴增實境應用部分若以固床工為例進行說明，因固床工結構與河床齊平或略高，所以對於此概念應用較無法顯示出其效用，因此本計畫以梳子壩作為示範案例，以 GAMMA AR 應用程式使用，主要於行動裝置上的應用，可帶出 3D 立體圖之外更可將原本 BIM 的相關資訊匯入應用程式之中，亦可顯示於行動裝置畫面中，但由於使用上圖面是以不對稱比例檢視，因此檢視時有部分影像無法於畫面中顯示，則需移動行動裝置瀏覽。另一個是採 google earth 軟體，該部分圖形匯入過程容易，但置放圖形時仍須要有精準點位，所置放於 google earth 需定位，可藉由影像拉遠或拉近方式將 3D 影像呈現，亦可於 google earth 旋轉所呈現出的視覺效果，但其僅附帶的資訊式地理點為資訊，尚無法將其梳子壩結構資訊附加於其中，也是該部分不足之處。

與專家討論其可行性

進行專家訪談之目的為，透過訪談以水土保持相關專家之訪談內容，以探討本研究之可行性及優缺點，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 4-9 所示。

表 4-9 專家訪談意見彙整表

問 項	綜合意見
1 檢測系統操作性與結果顯示。	透過檢測結果報告中的編碼與建築資訊模型的 3D 圖層後製匯入，提升視覺化顯示，並可與現場檢測照片相互比對，瞭解所檢測的結構型式、受損相對位置、受損樣態等，檢測資訊會附加於圖型中。
2 巡檢資料系統估價	依據現場檢測之結果透過查詢產出修繕方式建議，再利用系統平台所建置單價參考可有助於管理單位往後的預算編列及修繕計畫相關資料引用，建議需於每 2-3 年更新一次單價以避免所估算出成本與實際成本差異過大。
3 現場巡檢應用 AR 操作性	以往僅有書面報告及平面配置圖的紙本記錄，無法可立即性查閱，且報告書提供資料有限。本研究改擴增實境(AR)方式及 3D 圖像模型，強化了可視化的圖像資訊已及由 BIM 概念導入將相關資訊，透過網路連結可即時查閱。有助於實務上的應用。
4 您認為本計畫於實務是否仍有	使用者介面與資訊豐富化，連結上可以再依據使用單位需求新增資訊欄位，影像讀取上能否

改善空間	再加速影像讀取。
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，過行動裝置如手機及平板電腦進行巡檢相關資訊的輸入與讀取。影像蒐集部分也針對適用部分也進行分析使用的建議範圍。如此有助於後續實務執行上的使用。

專家意見綜合分析

本研究經由以上專家所提供的建議，經綜合建議本計畫內容於實務上可行性極高但仍有改善空間。

驗證出本計畫可行性與實務上的幫助與效益，依專家彙整訪談過程中此以往水土保持設施現場勘查僅以書面報告以及相關平面配置圖，另外相關圖紙記錄無法有立即性查閱情況。另外書面報告所呈現資料有限無法以動態或是實景結合呈現，經本計畫所執行的概念與實際使用此工具，確實可以提升現場巡檢效率、更可將模型資訊使用可視化方式呈現，非常務實，但改善建議上提供，環景影像與 3D 立體影像蒐集分類分析，提出適用的對象與範圍，研究結果已具實務上可行概念，能於行動裝置上手機及平板電腦上使用。改善建議的部分包含使用界面上可用更親合方式呈現，以及易於操作方式為主要修改方向，另外於 AR 中可朝水保構造設施的項目與資訊豐富化等作為改善方向。

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，透過不同影響取樣模式進行適用範圍探討有助於瞭解該設施當下現況，另外所建置的履歷資料庫架構有助於後續現場巡檢的檢視用影像調閱，透過專家訪談，評估及分析本研究之可行性及改善建議，經本研究整理提出以下結論；

1. 以水保設施 CAD 設計圖轉置設施主體 3D 模型與將水保設施現場巡檢歷程資訊以可視覺化之 3D 影像形式呈現，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。
2. 針對不同現場環境及水保設施構造類型，建議合適之影像類型收集策略。以利於現場巡檢時的影像取樣的作業選擇。影用影像尺寸量測基礎概念，有利於維護成本的估算提升更具實用性之檢測工具應用。
3. 應用 AR 技術以提升現場巡檢效率調閱設施構造物與周邊環境歷程資訊之效率，以 AR 以視覺化取得原設計時的結構形體，可將屏除部分限制問題，包含河道中雜草的遮蔽問題。
4. 本研究之研究成果，透過專家訪談資料，確立可行性。訪談資料明確證實了本研究內容提供之檢測工具，能於實務應用上能適度減少人力成本，其中包括勘查人力以及降低出勤次人員於巡檢時所造成之風險。並達到區域水保設施結構的電子履歷，包含文字與數位影像，並以可視化解決以往紙本所面臨的問題。

5. 本研究於影像建置過程中，對於採樣所受現場環境影響包含現場雜草的覆蓋，以及如預防汛期間的雨季則將影響到現場無人機的飛行問題，無人機飛行需由專證照人員協助，以及無人機皆須註冊，並於飛行空域上先行確認，如遇畫設禁飛空域時需現行與當地主管機關申請飛行許可後才能執行。

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，UAV 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 UAV 自拍系統和技術實現，國立臺灣科技大學，機械工程系，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. L.Fang, 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. Ricardo 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. Yen, Chung-I; Chen, Jieh-Haur¹; Huang, Pei-Fen 2011, The study
of BIM-based MRT structural inspection system, the 28th
International Symposium on Automation and Robotics in
Construction, ISARC, p 130-135, 2011,
11. Kim, Hyoungkwan; Kim, Changyoon; Lim, Hynsu¹; Kim, Hongjo
2013 BIM-based mobile system for facility management, ISARC
2013 - 30th International Symposium on Automation and Robotics in
Construction and Mining,
12. Anil, E.B.; Akinci, B.; Garrett, J.H.; Kurc, O. ,2013, Representation
of damage information for post-earthquake damage assessment of
reinforced concrete frames, Computing in Civil Engineering p
825-832.
13. Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., Li, N., & Calis, G. (2012).
Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled

- Facilities Management. Journal of Construction Engineering and Management, 138, 431-442.
<http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0000433>
14. Lin, Y., Su, Yu-Chih Su , and Yen-Pei Chen (2014). "Developing Mobile BIM/2D Barcode-Based Automated Facility Management System." The Scientific World Journal, Volume 2014 (2014).
 15. <http://technews.tw/2015/08/15/drone-cameras/>
 16. 陳宜鴻，《以多軸 UAV 之空拍影像評估由 SFM 建構》，逢甲大學土木工程學系，2016。
 17. 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。
 18. 邱健瑋，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。
 19. 林慧宜，二仁溪中上游泥岩區河道演育之研究，臺灣大學：地理環境資源學研究所，2016。
 20. 黃昱森，三維像真建物模型擴增實境之簡易開發方案，國立臺灣師範大學 地理學系，2015。

附錄

附錄一、審查會議紀錄暨期初意見回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
1	本計畫俯視取景時主要採無人空拍機，應用空拍調查可快速獲取所需要視角的現場影像，為今年3月31日以後民航法無人機專法實施後，建議注意無人機空拍區域及操作人員之合法申請。又不同解析影像成果對於計畫應用之可能影響建議討論說明。	感謝建議，配合民航法無人機專法實施，本計畫採用之UAV為2公斤以下之無人機系統，並已完成無人機註冊申請。另依據各縣市以「負面表列」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。法規規定離地高度為120公尺以內，本計畫取樣飛行高度約離地面30-50公尺。
2	報告內容請仔細校對，如P2-9出現”錯誤!找不到參照來源”。	感謝建議，已修正。
3	本年度3月起針對UAV已有相關限制規定，請蒐集各地區相關規定，以利後續水土保持局主辦人員使用參考。	感謝意見，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。

項次	審查意見	回覆辦理情形
4	CAD-2D轉換成3D圖檔之目標案例，須依不同構造、功能作案例模型建置與分類，分析其建置之難易度及運用性，”案例選擇方式以一個案例為一區”過於模糊，其數量化請量化。	感謝意見，本計畫主要是以創建技術平台概念，樣區將取2區作為示範。
5	計畫甘特圖請依慣例形式製作。	感謝意見，已依據建議修正。
6	圖檔之規模大小、後續維護管理、與工程管考系統如何連結，請一併列入探討，避免成為孤立、鮮為使用之工具。	感謝意見，將於期末報告時進行本計畫與管考系統的連結性評估。
7	請說明水土保持局配合系統測試一個月之對象及方式，測試後如何修正與回饋。	感謝意見，待系統雛型完成後將與水保局負責相關業務同仁討論如何測試並取得回饋建議進行修正。
8	圖2-1之說明為「...，經清除即可恢復原本之功能。...」，為一般固床工設施並無清除土砂之需求，建議檢視相關敘述。	感謝建議，已將相關文字刪除。
9	本案是否已選定樣區及工程？	感謝建議，本計畫已選定案例樣區。

項次	審查意見	回覆辦理情形
10	如要對本局全部構造物推廣3D模型，如何標準化CAD-2D原始設計圖轉置3D模型之流程。	於本計畫中第4章工作執行中敘明標準化CAD-2D原始設計圖轉置3D模型程序。

附錄二、審查會議紀錄暨期中意見回覆辦理情形

項次	審查意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
1	無人機於轄區內，仍需具專業操作證，建議注意符合法規。	感謝建議，配合民航法無人機專法實施，本計畫採用之UAV為2公斤以下之無人機系統，並已完成無人機註冊申請。另依據各縣市以「負面表列」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。法規規定離地高度為120公尺以內，本計畫取樣飛行高度約離地面30-50公尺。並委請具專業操作人員協助。
2	本技術有助於巡檢管理，為應用上有所限制與注意事項。	感謝建議，相關限制於P5-2中有說明本計畫應用上的限制。
3	本計畫所採用之環景及 3D 影像兩種擷取模式，可適用之構造類型及時機為何？	感謝建議，於本計畫P4-23中有分析說明，針對不同現場環境及水保設施構造類型，建議合適之影像類型收集策略。

項次	審查意見	回覆辦理情形
4	3D 建模如何判斷各種破壞型態?是否仍需人工判讀。	3D影像於判讀過程中仍需以人工作為輔助，主要因破壞型態於影像辨識應用中期學習數量尚未建置完全。