

計畫編號：

以多視角及 3D 影像模型於水保設施現況檢視之探討

**Applying multi view and 3D image model
for disaster images assessing of soil and
water conservation facilities**

(初稿)

執行單位：國立雲林科技大學

執行期間：108 年 02 月 20 日至 108 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 108 年 11 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)

以多視角及 3D 影像模型於水保設施現況檢視之探討

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影像記錄層面，因此藉由 UAV 以空拍方式儼然成為有效的一種檢測影像收集方式。此外所收集影像如以目視方式進行估算因缺乏量化依據易發生主觀偏誤現象，水保設施部分區域亦因環境問題不利於工程人員至現場勘查設施現況，根據以上，本計畫將探討利用 UAV 收集現場影像，在拍攝過程以 UAV 俯視設施現況，以近距離取得劣化影像以克服不利現場查看的問題。本計畫所提出之收集影像流程技術是以將所收集之影像進行拼接後組成環景影像模型，和再以定點環繞拍攝方式增加該區的影像收集數量，再藉由所收集的影像進行影像以重疊方式建置出 3D 影像模型，利用 3D 影像模型以利於更有效地檢視水土保持區域現況，另外本計畫所提之技術亦可從建置之 3D 影像模型針對嚴重災害或劣化範圍進行尺寸估算，所估算出的資料可提供相關維護決策之參考，以提升災害檢測與設施影像管理之效率。同時，本計畫也探討此一模式之應用性。

關鍵詞：環景影像、3D 影像模型、UAV

Applying multi view and 3D image model for disaster images assessing of soil and water conservation facilities

Abstract

The majority of soil and water conservation facilities in Taiwan are located in remote areas, posing measurement difficulties involving precision instruments. Therefore, visual inspection, which provides the advantage of rapidness, is the primary assessment method used. Besides, because the area where the water conservation facilities are located needs long-distance traffic, the project uses UAV with panoramic video recording equipment to collect images and uses the recorded images to provide status assessments of soil and water conservation areas. The collection process proposed by the project is to form a panoramic image by splicing, and to enhance the number of image collection in the area by fixed-point surround shooting, and then to construct a 3D image model by overlapping images by adding images. The application of the 3D image model includes collecting the deterioration status and image data of the detection area to facilitate the inspection of the current status of the soil and water conservation area. In addition, the image software can be used to assist in estimating the severity of the disaster or the degradation range. The estimated area result can provide effective practice. Application can also enhance the efficiency of disaster detection and facility image management. This project also explores the applicability of the proposed model.

Keywords: Multi view images, 3D images model, UAV

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
第三節 工作項目	1-2
第四節 擬解決問題	1-3
第五節 預期成果	1-3
第二章 文獻回顧與研究執行方法及步驟	2-1
第一節 文獻回顧	2-1
第二節 水保設施異常樣態分析與研究工具介紹	2-5
第三節 工作執行與步驟	2-12
第三章 計畫工作進度與目前已完成工作	3-1
第一節 計畫工作進度	3-1
第二節 已完成工作內容	3-3
第三節 本計畫成果	3-46
第四章 結論與限制	4-1
第一節 結論與限制	4-錯誤! 尚未定義書籤。
參考文獻.....	參-1
附錄.....	附錄-1

表 次

表 2-1 水保設施結構異常樣態類型.....	2-6
表 2-2 無人機規格表	2-11
表 3-1 計畫預定進度表.....	3-3
表 3-2 UAV 與人員實際現場評估比較表.....	3-5
表 3-3 3D 影像量測驗證	3-25
表 3-4 模糊問卷專家訪談年資表.....	3-27
表 3-5 模糊隸屬函數評估量表.....	3-27
表 3-6 訪談意見彙整表.....	3-44

圖 次

圖 2-1 設施產生淘空破壞形態.....	2-6
圖 2-2 設施呈現位移之破壞形態.....	2-7
圖 2-3 構造物已呈現毀損崩壞形態	2-7
圖 2-4 平衡環架	2-9
圖 2-5 工作流程圖	2-12
圖 3-1 計畫甘特圖	2
圖 3-2 專案影像採集與辨識估算流程圖.....	8
圖 3-3 俯視取景示意圖	9
圖 3-4 正面照取景示意圖	9
圖 3-5 「PIX4DCAPTURE」離線地圖	12
圖 3-6 「GOOGLE MAP」衛星空照圖	12
圖 3-7 完成準備起飛畫面.....	13
圖 3-8 使用一般影像軟體.....	16
圖 3-9 環景影像影像校正後縮放環繞檢視	16
圖 3-10 像片掃描軟體操作示意圖	17
圖 3-11 影像匯入畫面	18
圖 3-12 選定確認建置品質畫面	19
圖 3-13 稀疏點雲模型畫面	19
圖 3-14 合成密集點雲圖	20
圖 3-15 多邊形網格模型圖	21
圖 3-16 3D 影像模形示意圖	21
圖 3-17 3D 影像模型形量測示意圖	23
圖 3-21 模糊推論架構.....	26
圖 3-22 水保設施評等模糊推論平台頁面	29

圖 3-23 個案 A 整體案例頁面.....	31
圖 3-24 個案 A 環景影像.....	31
圖 3-25 個案 A 3D 影像模型	32
圖 3-26 個案 A 固床工 1 號現況評等結果頁面.....	32
圖 3-27 個案 A 固床工 2 號現況評等結果頁面	33
圖 3-28 個案 B 整體案例頁面.....	34
圖 3-29 個案 B 環景影像	35
圖 3-30 個案 B 3D 影像模型	35
圖 3-31 個案 B 梳子壩 1 號現況評等輸出頁面	35
圖 3-32 個案 B 固床工 1 號現況評等輸出頁面	36
圖 3-33 個案 B 固床工 2 號現況評等結果頁面	37
圖 3-34 個案 B 固床工 3 號現況評等輸出頁面	37
圖 3-35 個案 B 固床工 4 號現況評等結果頁面	38
圖 3-36 個案 B 固床工 5 號現況評等輸出頁面	38
圖 3-37 個案 B 固床工 6 號現況評等結果輸出頁面	39
圖 3-38 個案 C 整體案例頁面.....	40
圖 3-39 個案 C 環景影像.....	40
圖 3-40 個案 C 3D 影像模型.....	41
圖 3-41 個案 C 梳子壩 1 號現況評等結果頁面	41
圖 3-42 個案 C 固床工 1 號現況評等結果頁面.....	42
圖 3-43 個案 C 固床工 2 號現況評等結果頁面.....	42

第一章 緒論

第一節 前言

水土保持工程設施或稱治山防災工程構造物，主要達成水土保持治理成效的重要結構與設備。水土保持係以集水區為單元，進行保土蓄水之保育治理措施，以降低集水區本身及其下游河川或排水系統之土砂災害及洪水危害。然而在台灣水保設施位處偏遠山區中且數量多，加上各分區工程人員人數有限，因此損壞之設施影像無法於短時間內完成全建置，因而影響災害防治與管理成效。

從「管理」的觀念而言，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。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。根據以上，在設施管理實務上有其困難度，而近年來 UAV 廣大應用日益獲得重視，而技術亦愈發成熟，本計畫以 UAV 的特點將利用 UAV 結合 360 度環景攝影方式，以定點懸停拍攝，針對部分不易到達之檢測區域，利用環景影像於現場初勘，再經由影像收集拼接，檢視個案區的現場環境，並提進階 3D 影像模型的收集過程的飛行路徑與拍攝角度規劃，3D 影像模型精度高，且建置過程中每一影像均有 GPS 資訊，因此可用於檢測區的結構劣化尺寸量測與估算，除此之外，本計畫也納入 DERU 評等模

式，整合模糊語意與量化結合的評等模式，以模糊推論方式建置評等平台，簡化評等分級程序。因此本計畫藉由環景影像與 3D 影像模型建置，再應用於本計畫改良後的 DERU 模糊推論分級平台，如此可提供作為管理單位檢視該區水保設施現況的有效工具，本計畫亦將探討所提模式其可行性，未來可提供對於往後進行災後復原可調閱存檔影像進行分析該區域原因推估之參考。

第二節 計畫目的

- 1.利用定點懸停拍攝方式紀錄案例現場影像，透過 UAV 進行收集影像再拼接成環景影像，以作為現場初勘影像，進而後續規畫 3D 影像模型拍攝路徑之參考。
- 2.透過飛行模式與規劃路徑，針對個案現場影像收集數量，再建置出現場 3D 影像模型，提升檢測區影像的擬真度，另可以不同角度檢視，檢測區構造設施的細部現況。
- 3.藉由計畫建置的 3D 影像模型概估受損面積或尺寸，再以 DERU 評等模式改良結合模糊推論分級，開發一平台以提昇整體管理之效用，並探討其模式之應用性，以提供相關單位作為決策參考之用。

第三節 工作項目

- 1.建置透過 UAV 收集水保設施現況影像程序；
- 2.建置案例環景影像與 3D 影像模型程序；
- 3.以 3D 影像模型結合本計畫所提評估方法進行設施現況評估；
- 4.透過案例測試與專家討論其應用性；
- 5.撰寫成果報告書。

第四節 擬解決問題

- 1.以傾斜式攝影概念中以多角度影進行取樣，以低成本方式來替代昂貴的雷射或光達點雲取樣。
- 2.透過影像轉製成環景影像及 3D 影像模型，一方面該區影像可以成為一紀錄，未來亦可進一步結合 GIS 圖資。
- 3.以現場 3D 影像模型，可進一步運用附加功能量測現場的結構尺寸或土沙淤積面積。
- 4.影像可用為後續整修維護或災前後的比對。

第五節 預期成果

- 1.以 360 度影像建立水保巡檢影像，運用巡檢過程收集管理區域中水保設施與周遭環境影像，有利於提升區域巡檢效率。
- 2.透過 UAV 巡檢收集的影像檔建置 3D 影像模型有助於了解環境現場損壞趨勢，以及有助於災後復建參考依據。
- 3.運用本計畫所提出之影像收集與分析技術來建置該區影像紀錄，有助未來於災前災後現場比對。
- 4.探討本計畫所提之以 UAV 輔助之巡檢方法之可行性與限制性。

第二章 文獻回顧與研究執行方法及步驟

第一節 文獻回顧

本節將針對國內外有關 UAV 與影像接合及影像辨視等等的應用做文獻回顧，首先收集近年來以 UAV 應用於災害勘查影像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下，地形與時間的限制是目前收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，進行情報的收集以及定位受災戶位置。梁中彝 2017 究研發出一套影像處理技術去探討 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 於 2018 提出無人駕駛航空系統（Unmanned Aircraft Systems UAS）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. 等人於 2018 提出美國每年花費數百億美元用於檢查基礎設施，並存在收集資料的不可靠或基本主觀定性的數據，而且檢查過程需要足夠的人員進入偏遠地區，且需配備適當的鷹架，起重設備和其他防護設備，導致可能會增加檢查員的人身安全風險並增加成本。然而，UAV 系統（Unmanned Aircraft Systems UAS）的發展將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其相關應用，其目標是執行橋樑狀況評估。LFang, Y.T.等人於 2017 提出陸地滑坡是台灣的重大自然災害。然而，傳統的通信方法僅允許“視線”，這有限的應用。而且由於地形的困難而無法實時檢查，因此檢查結果並不完全可以滿足，從而啟發了 UAV 開展低成本“非視線”通信方法以延長通信時間距離和面積。

有關環景影像接合的相關研究部分，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，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)，使用縫合之方法與以往不同。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 提出在空間和材料屬性方面沒有提供真實世界環境的完整描述。其解決這個限制的新興技術之一是以環景增強現實描述。在文獻中，360°環景影像用於可在真實施工現場對複雜情況進行可視化，並且這些環景影像可以增加不同層次的安全相關資訊。環景增強現實創造真實的施工現場的高度現實和詳細的表示，同時給用戶認同感。這些功能使360°環景增強現實成為開發專門用於施工安全的培訓材料的有力工具。在這樣的環境中，建築工人和專業人員能夠在實際建設項目的數據豐富

的環境中進行導航。Duan Jie, 等人 2017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。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。提出了一種通過使用圖像拼接技術來生成施工現場的環景影像，其中側重於預先處理。要創建高質量的環景影像，會濾除模糊的影像，選擇關鍵預防校正相機鏡頭失真。所提出的方法產生了高質量的建築場地環景影像，通過將其與航空照片進行比較並通過現有圖像拼接技術產生的環景影像進行評估。

針對3D影像模型建置的相關部分，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2018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製作出的虛擬地形便完成全校區的3D模型，最後比對空拍機建模與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，由不同傾斜角度之相機，以不同視角來採集影像，進而建置成三維空間資訊的真實3D模型，讓3D模型更具有真實直觀的呈現。陳宜鴻 (2016)指出對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，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)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。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，勢必可運用於虛擬實境、數位典藏及教育。

綜合以上文獻得知無人飛機系統 (Unmanned Aircraft System,

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。環景部分以 360 度環景影像用於在真實施工現場對複雜情況進行可視化，並且這些環景影像可以增加不同層次的安全相關信息。環景增強現實創造真實的施工現場的高度現實，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。提出了一種通過使用圖像拼接技術來生成施工現場的環景影像。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。

第二節 水保設施異常樣態分析與研究工具介紹

(一)水保設施結構異常樣態

本小節以依據水保局提供相關資訊做為常見結構破壞介紹，以瞭解當前水保設施所遭受到破壞類型與趨勢，調查過程中對於設施破壞的嚴重程度。

1. 保設施結構異常樣態介紹 (如表 2-1)

表 2-1 水保設施結構異常樣態類型

樣態
淘空
沉陷或位移
崩毀或沖毀

(1.) 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 2-1 所示。



圖 2-1 設施產生淘空破壞形態

(2.) 沉陷、位移(Settlement、displacement): 設施因地震、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不在該設計之位置的異位情況，皆歸屬於設施結構體異位。圖 2-2 所示。



圖 2-2 設施呈現位移之破壞形態

(3.)毀損崩壞(Collapse):設施部分結構體呈現毀損、崩塌或破壞，導致設施失去原有完整的面貌與結構體本身已失去原設計之功能，皆歸屬於毀損崩壞，如圖 2-3。



圖 2-3 構造物已呈現毀損崩壞形態

2.研究工具說明

本計畫將採用 UAV 與搭載攝影機方式進行現場影像收集，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。

(1)農業：UAV 監控災害，收集作物健康與產量的即時數據。

(2)能源：能源公司利用 UAV 監控輸油管道和鑽塔。

(3)地產與建築：對高爾夫球場、摩天大樓等拍照、勘察，監控工程進度。

(4)快速反應與緊急服務：UAV 利用紅外傳感器輔助從雪崩尋人的收救行動。

(5)新聞：使用 UAV 可比用人更快更安全地報導突發新聞災難區情況。

(6)科研/ 保護：UAV 幫助做一切事情，從計算阿拉斯加的海獅數量，到進行氣候、環境研究。

隨著 UAV 搭載相機（drone cameras）的出現，能夠彌補這些遺憾，它所捕捉到的畫面十分清楚而且視野廣泛。其實就是利用平衡環架（gimbal）的概念，現今，平衡環架的應用不只在航海上，也擴及到攝影的領域，當使用者在拍攝會錄影時，會將環架固定在相機上，讓畫面保持穩定，如圖 2-4 所示。

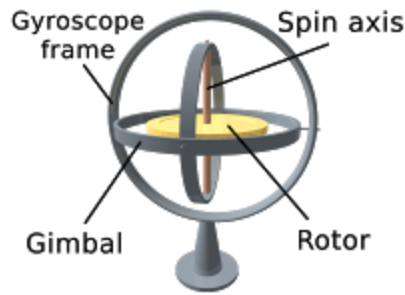


圖 2-4 平衡環架

UAV 的平衡環架，主要的動力來自來引擎，它會控制每一根軸線。當使用者不管在海邊衝浪還是在雪地裡滑雪，只要將相機裝置在 UAV 上，設置好運鏡路線，相機鏡頭會自動捕捉畫面。另外，電腦程式會判斷使用者是否有下指令要相機移動位置，還是只是相機單純晃動到，如此可以讓影像保持在一個基準點上，不會因外力晃動到影像。

UAV 的缺點是十分耗電，所以使用者必須準備額外的電池隨時更換。(資料來源: <http://technews.tw/2015/08/15/drone-cameras/>)

不過任何一架 UAV 的標準作業方式至少應該包括預設飛航路徑、自動駕駛和衛星導航，也就是 UAV 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遙控 UAV 機上所載的設備，執行預定任務。現今 UAV 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。以目視檢測法

所呈現須要透過望遠鏡頭取樣或以肉眼目視，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即無法有效達到目視檢測目的，再者影像紀錄則在高度與取景角度的問題上需要克服，綜合以上種種，UAV 概念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。

本計畫提出有系統的檢測方法，包含影像紀錄技術、UAV 飛行設定，建置成一套檢測模式，不僅可提供檢測上的便利性、安全性、準確性、即時性與長久性等等，檢測高度、距離的縮短，檢測影像的詳實紀錄，及後續的判讀與構造設施評等均具備多重優勢。

本計畫主要以易於操作的概念及低成本即可完成巡檢為目的，所用 UAV 規格如下表 2-2 所示：

表 2-2 無人機規格表

項目	規格	備註
UAV 廠牌	DJI Phantom 3 Standard	四軸
飛行器	重量(含電池及槳)1216 克；最大上升速度：5 米/秒；最大下降速度：3 米/秒；最大水平飛行速度：16 m/s（姿態模式下）；最大飛行海拔高度：6000 米；飛行時間：	工作環境溫度：0℃至 40℃；距離遠達 1 公里
GPS 模塊	全球定位系統	
雲台	可控轉動範圍：俯仰：- 90°至+30°，角度抖動量：±0.02°	
攝影機	影像傳感器：1/2.3 英寸 CMOS；有效像素 1200 萬	
錄像分辨率	2.7K：2704 x1520p 30（29.997）	
支持文件存儲格式：	文件系統：FAT32/exFAT；圖片格式：JPEG, DNG；視頻格式：MP4, MOV（MPEG-4 AVC）	
記憶卡容量	Micro SD 卡 8 GB	
電池飛行時間	約 25 分鐘	每一顆電池飛行時間
WiFi 工作頻率：	2.400 GHz 的 - 2.483 GHz 的	信號最大有效距離：FCC: 1000 米；CE: 500 米（室外開闊無遮擋環境，飛行高度 120 米）

第三節 工作執行與步驟

本小節將概述本計畫的執行步驟詳如圖 2-5

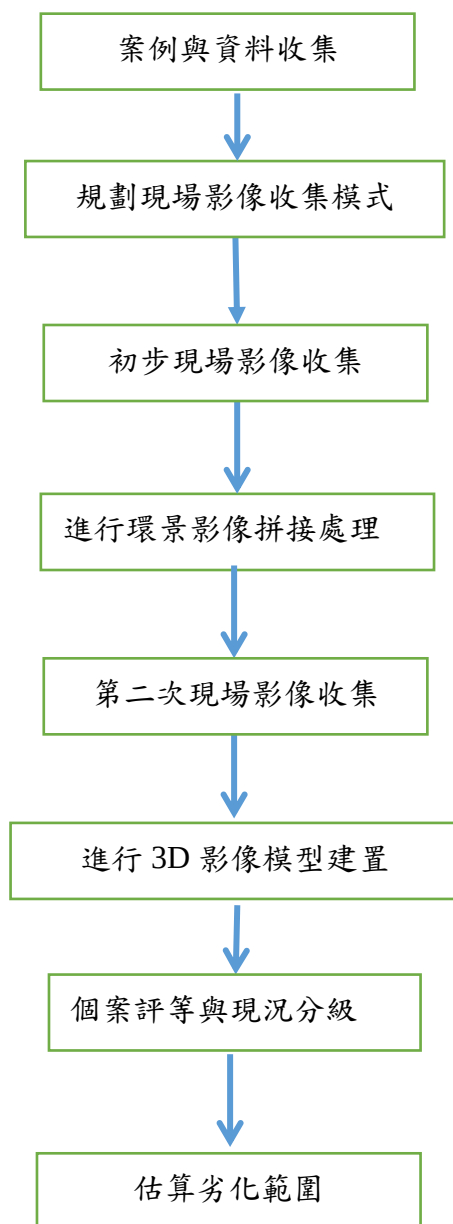


圖 2-5 工作流程圖

步驟一

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，再利用影像軟體將影像接合成 360 度環視影像，作為初步現況檢測影像，另作為後續 3D 影像模型建置收集的拍攝路徑規劃。

當檢測案點選取後，先就由衛星圖查看再安排首次現勘行程，因此需先查看鄰近交通路線以及地形，並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，先了解整個河道與地形，以作為後續飛行路徑與模式的設定參考。依據第一次現勘空拍後所了解的地形，與預定飛行路徑安排。第一次空拍得紀錄可作為後續進行拍攝的高度、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

建置影像收集程序，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，所以須先規劃出影像收集順序、預定收劣化樣態影像及所需拍設的角度與數量。

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，常見的有以下幾種：

1. 懸停模式(Loiter)

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。

2. 自動模式(Auto)

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

3.返航模式(RTL, return to launch)

使用設定返航模式需要 GPS 定位。GPS 需於每次解鎖前需進行 GPS 定位，作為返航點的位置；假如 GPS 在起飛前沒有位，在空中首次定位的那個點，就會成為返航點。進入返航模式後，飛行機會升高到 15 米，或者如果已經高於 15 米，就保持當前高度，然後飛回返航點。另可以設置參數選擇到返航點後是否自主降落和懸停時間多久之後自動降落。

4.繞圈模式(Circle)

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。

5.指導模式(Guided)

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 and 高度並保持懸

停。

6.跟隨模式(Follow Me)

跟隨模式基本原理是：操控手所使用的平板電腦都會有接收 GPS 訊號，此 GPS 訊號會位置信息傳發給 UAV，UAV 實際執行的是「飛到這裡」的指令。其結果就是 UAV 跟隨操作者移動。

步驟三

初次影像收集的程序、集影像角度、高度與收集後的影像處理程序與方式。本計畫以多角度攝影(30 度、60 度等)，也包含正向(90 度)攝影。將所收集之影像進一步建置成為環景影像，因此影像可以透過各種角度平移或放大來檢視所要觀察的區域或是週邊環境。經由檢視過程，將構造設施功能有低於原設定的樣態的影像逐一檢視。

步驟四

經由環景影像及現場初次飛行，先行量測周遭環景的範圍與飛行高度的限制，以規劃出合適的飛行的範圍，後續在藉由場域地圖的下在進一步規劃收集 3D 影像模型所需的飛型路徑與拍攝頻率，設定完成後進行影像現場收集。

步驟五

經由所集的影像照片進行影像拼接轉置，轉置後對於所建置

的 3D 影像模型，可利用影像作不同角度檢視，並可在藉由 3D 影像模型所應用軟體中的附加功能，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)中設定於收集影像均有附帶 GPS 座標，經收集現場百張影像，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 影像模型影像中均附帶 GPS 座標資訊。建置完成的 3D 影像模型可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，如此一來亦可用於估算土砂淤積面積。另外可以將所建置 3D 影像模型資料，用於環景影像檢視分析臨近環境以探究原因，並與專家討論本計畫所提效果與可行性。

步驟六

本計畫將運用 DERU 評等方法及結合模糊推論運用，提供對檢測現況的評等，主要是整合語意與量化評等方式，利用模糊

推論可將兩方式進行整合，考量所取得問卷數量有限，因此需運用專家訪談與專家問卷方式配合以取得模糊推論的隸屬函數及推論結果建議。透過模糊推論機制分級以替代分數計算方式，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，可提供相關單位更有效的現況了解。

第三章 計畫工作進度與已完成工作

第一節 計畫工作進度

在此針對各項內容進一步說明並以甘特圖顯示執行進度如下(如圖 3-1 與表 3-1 所示):

1. 相關文獻與資料收集
2. 建置 UAV 收集水保設施現況影像程序
3. 建置現況環景影像拼接程序。
4. 建置 3D 影像模型流程
5. 建立結合 3D 影像模型與本計畫提出之評估模式進行範圍或區域量測估算程序。
6. 個案測試與專家討論效果及可行性
7. 成果報告撰寫

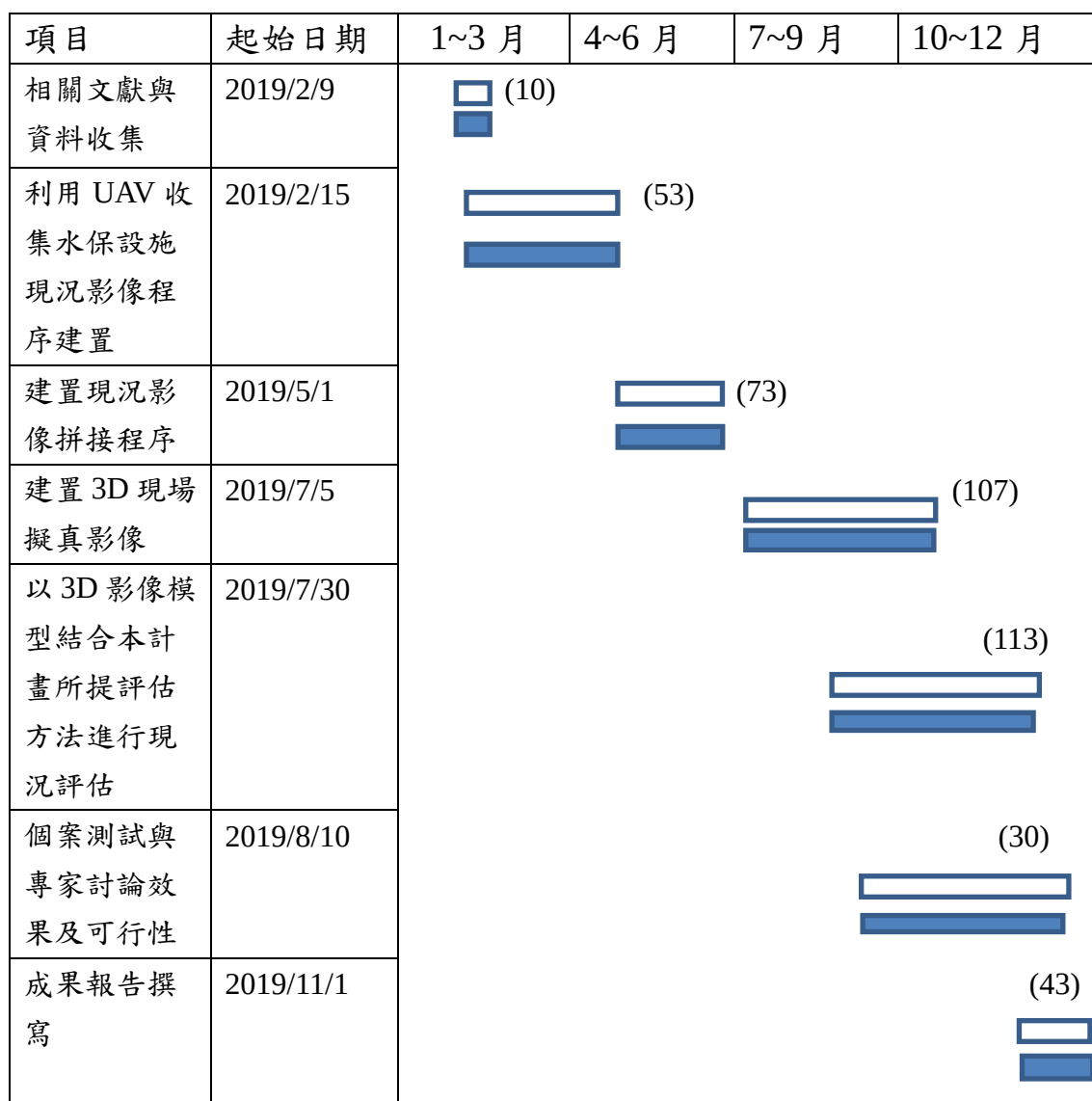


圖 3-1 計畫甘特圖

表 3-1 計畫預定進度表

重要工作項目	工作比重%	預定進度	107				備註
			1-3 月	4-6 月	7-9 月	10-12 月	
利用 UAV 收集水保設施現況影像程序建置	10%	工作內容	程序建置	現場影像收集	現場影像補收集		
		累計百分比	30	60	100	100	
建置現況環景影像拼接程序	30%	工作內容		現場影像整理	影像拼接	環景影像網頁建置	
		累計百分比		20	50	100	
建置 3D 現場影像模型	30%	工作內容		影像辨識分析	建置 3D 現場影像模型		
		累計百分比		50	100	100	
以 3D 影像模型結合本計畫所提評估方法進行現況評估	20%	工作內容			3D 影像模型估算	範圍量測估算	
		累計百分比			50	100	
個案測試與專家討論效果及可行性	10%	工作內容		個案測試	專家討論效果及可行性	專家討論效果及可行性	
		累計百分比		30	60	100	

第二節 已完成工作內容

本計畫為測試本方法於水保構造設施本體與週遭環境現況判讀之可行性，本計畫將選取適合案例作實例測試，另考慮計畫執行時間以及交通可及性，進行定點採樣為原則收集影像資料，以 UAV 所拍攝到的影像，再利用影像軟體將影像接合成 360 度環視影像。

利用 UAV 採樣照片上空俯視照、正面、背面、兩側、受損處特寫拍攝以及錄影，運用 UAV 懸停方式定點旋轉方式拍攝 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的各項因素比較分析，如表 3-2 所示。經分析後，考量現場的可及性與取景廣域性，因為如現場有水以及無便道可到達處人員較為不易巡檢或取樣，所以採用 UAV 是很適合的替代方案，因此如有破壞處可利用空拍角度收尋也可近距離方式紀錄壞處的特寫，為本計畫使用 UAV 的主要動機。

建置環景與 3D 影像模型，其主要考量兩者之不同的用途，環景影像屬定點懸停旋轉方式拍攝，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。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，以利收集 3D 影像模型時的路徑規劃與設定。另外環景影像作業於影像轉置時間上較短於 3D 影像模型的轉置時間，因環景影像適合快速檢視現況，因影像僅定點旋轉並以多角度方式收集，所以適合用於現場初次檢測的影像。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，以供相關單位參考。

表 3-2 UAV 與人員實際現場評估比較表

	傳統方式	本計畫所提出之技術	備註
現場可以及性	有水或無道路 可行不易到達	範圍廣可至構造物正上方	考量有水 狀態
全區可視性	無法俯視	可空拍全區	
影像收集範圍 與角度	有限	廣域	有無阻隔 物
現場干擾	低	視現場狀況	
人力	約 2-3 位	約 2-3 位	
控制經驗	需教育訓練	需簡單教育訓練 UAV 操作訓練	
影像檢視	可立即檢視	可先由圖傳即時檢視，或再由記憶卡讀取	

一、建立 UAV 收集水保設施現況影像程序

本計畫主要考量巡檢水保構造設施時以現場使用 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，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建置出以作為後續執行的參考架構(如圖 3-2 所示)，另外本計畫須建置環景影像與 3D 影像模型，因此採用不同的飛行模式，所以須採兩階段方式進行現場影像收集。

1.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，以往人員實地採樣大多以河道兩側拍攝，如遇有水或無法下至河中央時，會有取要角度或遮蔽問題，再者拍攝範圍廣時則會有路行困難或取景角部問題，透過空拍現場取得影像包含空照俯視、正面照、側面、背後以及劣化受損處等等，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也均為 1080P 解析度。於本計畫採用空拍機懸停旋轉模式，並以高約 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 張左右的影像，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，有助於構造物四週環境檢視。

2.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，水流範圍與影像取得的限制，現場取景正面照，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，如圖 3-3。環景影像取景主要目的，則因特寫正面或側面僅單一畫面(如圖 3-4 所

示)，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環景、正面與特寫交互檢視來協助構造物的現況判讀作業。

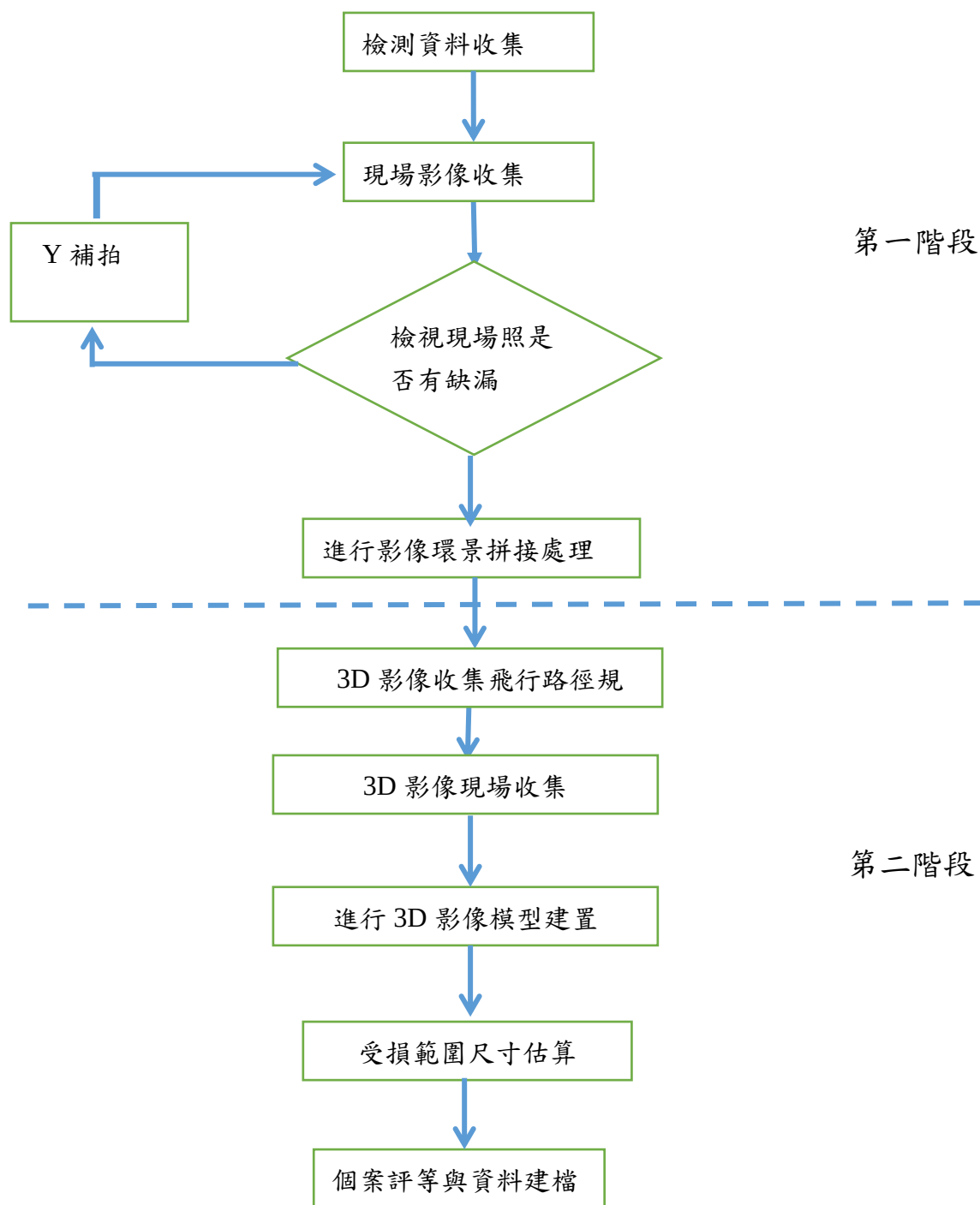


圖 3-2 專案影像採集與辨識估算流程圖



圖 3-3 俯視取景示意圖



圖 3-4 正面照取景示意圖

3. 第二階段首先需依據環景影像進行現場環境評估，再規劃拍攝路徑，於影像開始收集前需先進行現場環繞並測試飛行，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 UAV 撞擊而墜落，也一併查看適合擺放參考點位置。經完成以上測試，並於現場下載飛行路徑地圖，並於設定確認完成後，讓 UAV 採自動巡航模式進行自動收集影像，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 UAV 的執行狀況。

4. 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。正因如此轉置後的影像精度較高於環景影像。
5. 所收集影像依序整理，建立密集點雲。由像片掃描軟體構建密集點雲。密集點雲可以在產出前編輯以及分類或是 3D (三維) 網格模型產生。根據密集或稀疏點雲進行重建，以顯示物體表面的 3D (三維) 多邊形網格。通常在相片掃描軟體中可應用於 3D (三維) 網格生成，以便於以矩形方式檢視。
6. 本計畫所選個案利用軟體建立 3D 影像模型，3D 影像模型本身可成為專案的圖檔保存外，也可應用額外的功能，本計畫將應用 3D 影像模型建置過程中每張圖片的 GPS 資訊，所建置的 3D 影像模型精度高，並可由 3D 製成的軟體所提供附加量測功能加以利用，藉由 3D 影像模型針對有異常劣化處，如大型受損或劣化進行尺寸面積的概估。進一步查閱維護方式供後續維護參考。
7. 個案評等與資料建檔經由上述步驟完成量測現場結構的劣化尺寸後，即可進行構造物的 3D 模型影像案例評等，本計畫整合量化與語意的評等模式，並改良為模糊推論模式，利用點選方式以加快檢測評等的過程，因利用模糊推論所產生的結果為結構物目前現況等級，依來減少量化的公式計算及語意的轉

換。

二、案例現場收集影像作業

現地勘查作業行前須確認現地之交通相關資訊，與相關工作人員確認，集合、出發、預估到達時間、開始檢測時間。於出發前需備妥使用之電子設備，如: UAV 電池、UAV 遙控器、平板電腦、行動電源，均確認是否有足夠電量，以避免在檢測過程電量不敷使用。行前需再以清單檢查確認，是否有遺漏工具，並評估當天天氣是否適合檢測以避免不必要之風險。在到達目的地時，先找尋一適合的平坦地點，以便可就近周邊概況，盡可能距離設施越近，越能夠以目視的方式控制 UAV。利用 UAV 環繞模式飛行，先觀察設施是否有已損壞的部分，利用 UAV 自動巡航飛行模式，進行自動飛行進行航拍，並以可目視 UAV 的情況下飛行，控制手可依據現場情況調整遙桿以即避開危險，故透過初步環繞設施及檢測範圍四周環境以瞭解潛藏的碰撞情況。軟體部分在出發前，為確保 UAV 自動飛行之安全，先使用「Pix4Dcapture」軟體下載目的地之離線地圖，如圖 3-5 所示。並使用「Google Map」衛星功能相互對照周邊環境，設定初步的拍攝範圍，避免 UAV 在自動飛行時發生碰撞。如下圖 3-6 所示。

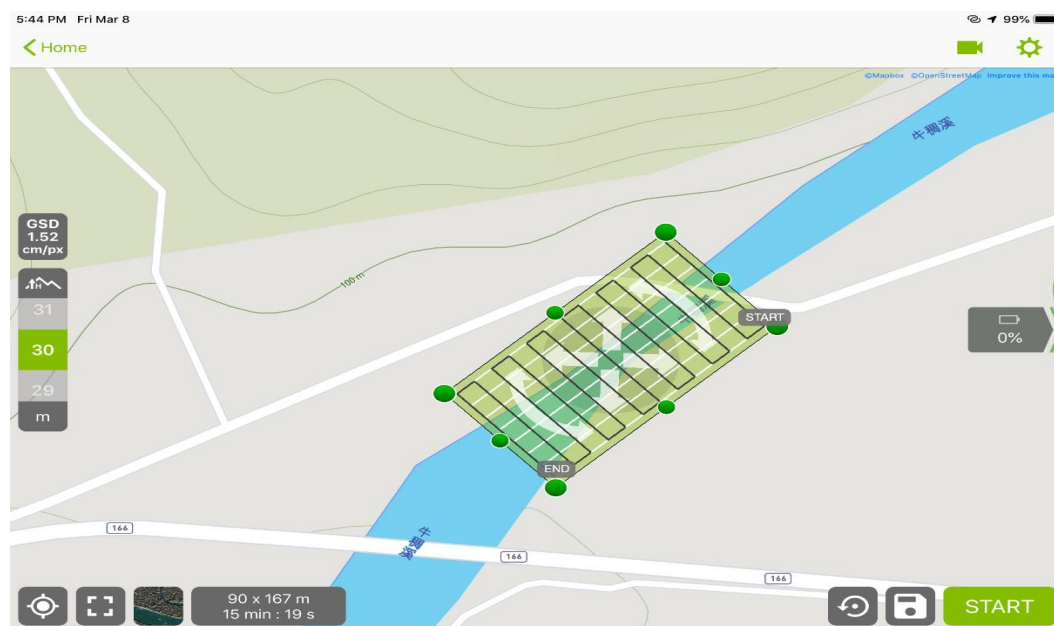


圖 3-5 「Pix4Dcapture」離線地圖



圖 3-6 「Google Map」衛星空照圖

1.現場空拍試飛與場域環境資料收集

在本計畫中所使用的 UAV 型號為 DJI Phantom 3 Standard，UAV 起飛前，必需與平板「DJI GO」APP 軟體進行連結，此軟體能透過 UAV 鏡頭查看拍攝的即時影像，另外 APP 軟體畫面已包含有飛行航拍相關資訊，包括能查看飛行高度、方向、與遙控

者距離、剩餘的電池用量等資訊，最重要的部分是，在 UAV 與軟體連結後，如果沒有達到安全起飛的條件，如：地勢不夠平整、周邊干擾過於嚴重或聯結不到 GPS 時，此 APP 軟體會禁止 UAV 起飛因此 UAV 則無法啟動，主要目的在於確保飛行過程安全。平板軟體、遙控器與無人飛行確認機均已完成聯結，並完成 GPDS 定位下，APP 軟體便會顯示綠燈「Ready to go」字樣，代表 UAV 也完成 GPS 定位可進行飛行任務。如圖 3-7 所示。



圖 3-7 完成準備起飛畫面

UAV 在安全起飛後，依照周邊環境進行安全觀測，遙控 UAV 至安全高度，於靠近山壁或其他可能發生碰撞之物件之處需記錄數值，以利 UAV 於自動執行航拍時的安全高度設定，並可確保飛行時的安全範圍，最後環繞檢測範圍飛行一周，拍攝明顯受損劣化部位，即完成安全觀測以及初步拍攝，便可將 UAV 呼叫回起飛點，準備下階段的 3D 製圖的拍攝。

首先需依據第一次拍攝的數據作為參考，設定高度、距離、飛行範圍、飛行路徑等等，再選擇飛行模式，依據現場狀況常用的包含有懸停模式或是 GPS 定點加固定高度模式。主要考量是避免

在空中時突然發生定位問題時會有飛行迷失的情況，並配合其他方面跟設定高度模式進行拍攝。另外也常用自動模式(AUTO)，設定 UAV 依據所預先設置的任務路徑來控制它的飛行，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。再其次是利用繞圈模式，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。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。最後常用的還有指導模式(Guided)，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 and 高度並保持懸停。以上模式選擇均需考量操控人員於操控過程中需可視無人飛行基於空中的位置，以避免迷航所脫離控制範圍。

2. 空拍影像收集

本計畫所運用的概念是運用多角度攝影方式，因此影像收集的程序，包含正攝、不同高度及角度，因此選完飛行模式與路徑後，需進一步於拍攝過程中以不同角度拍攝，以懸停拍攝為例，UAV 起飛前確認已完成 GPS 確認，並於 APP 軟體上定設記錄路徑上的 GPS，此設定主要是讓所收集的影像資訊中附帶 GPS 資訊以及現場設置的參考點，以利後續影像拼接時的參考依據。UAV

飛行至一定高度後，以不同角度進行影像拍攝，完成一點後再漸進移動，持續此一步驟直到預定拍攝範圍完成，因 UAV 電池耗用時間約為 25 分鐘，所以於飛行拍攝過程中需以連續拍攝，並於 UAV 上安裝較大容量記憶卡，以利拍攝影像儲存空間充足。

三、建置現況環景影像拼接程序

環景影像拼接，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

- 1.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。
- 2.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。
- 3.由拼接軟體進行校正，去除黑色區塊，最後產出球型環繞影像。
- 4.因環景影像於一般圖像軟體檢視時會有球狀或影像扭曲變形樣態(如圖 3-8 所示)，本計畫利用開放軟體(open source)語法置入網頁，再運用網頁開啟方式再將全景圖檔載入，另可運用拼接軟體所提供全景顯示方式，運用兩種方式進行影像調校，有利於影像拉動過程中依然以矩形檢視狀態呈現影像，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(如圖 3-9 所示)，不用再透過圖像軟體分別檢視，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有兩個目的，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物劣化狀況，另一目的是協助後續拍攝的路徑設定，透過環景檢視可瞭解現場的拍攝限制。



圖 3-8 使用一般影像軟體

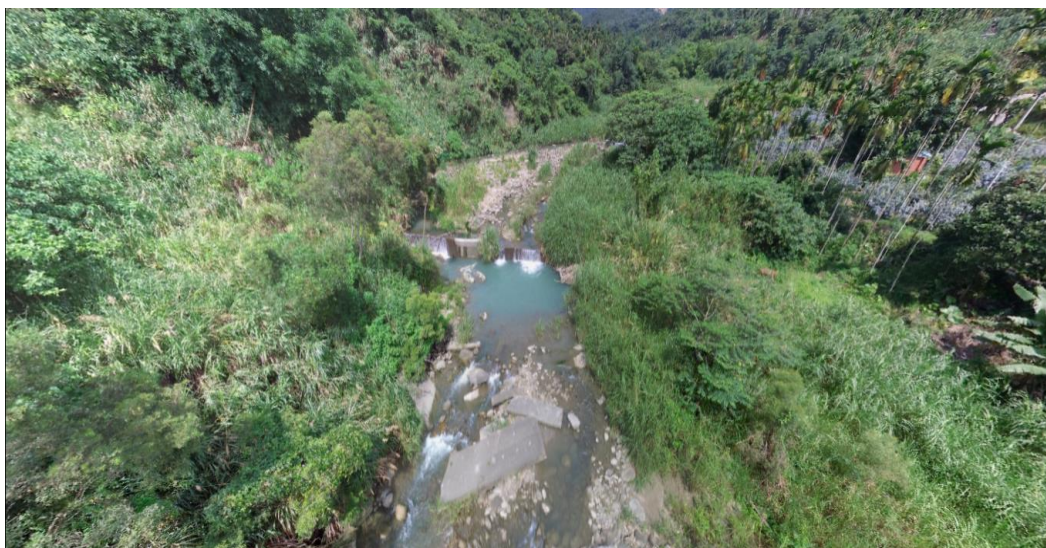


圖 3-9 環景影像影像校正後縮放環繞檢視

四、3D影像模型建置介紹

本計畫使用的像片掃描軟體(Agisoft PhotoScan)是可利用圖像轉置3D影像模型方式之一，主要是以同一目標物多張靜止圖像建立3D影像成果。以最新的多視點3D 影像重建技術，它能夠以任意圖像進行操作，在受控和非受控條件下都可有效地運行。照片可以從任何位置拍攝，但至少兩張以上照片都可以看到要重建的標的物體。另外圖像對齊和3D影像模型建置都可透過電腦自動對齊、拼接、轉置的。像片掃描軟體操作示意如下圖 3-10 所示。影像來源：
<https://www.jianshu.com/p/3a25a436e1a6>

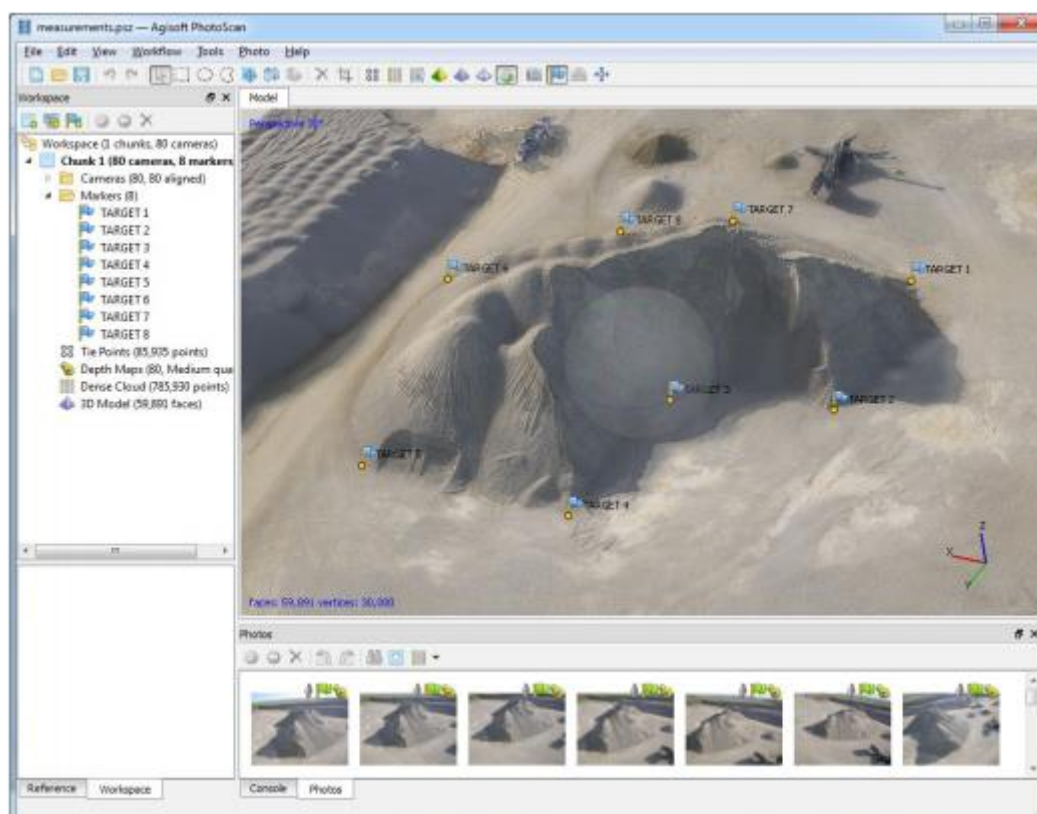


圖 3-10 像片掃描軟體操作示意圖

1. 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。

2. 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 3-11 所示。

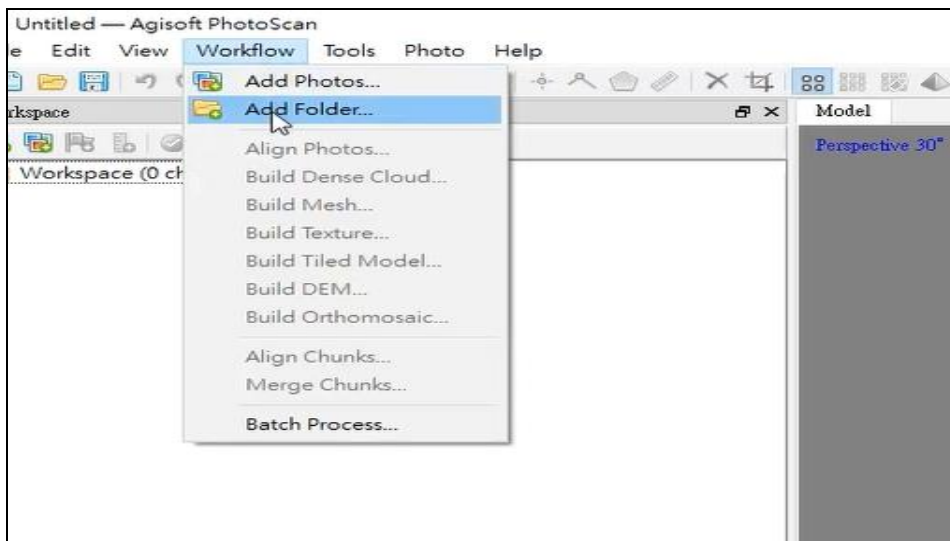


圖 3-11 影像匯入畫面

3. 影像對齊(Align Photos)

透過影像處理軟體選擇一般設定，選定並確認建置品質(如下圖 3-12 所示)，在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 3-13 所示。

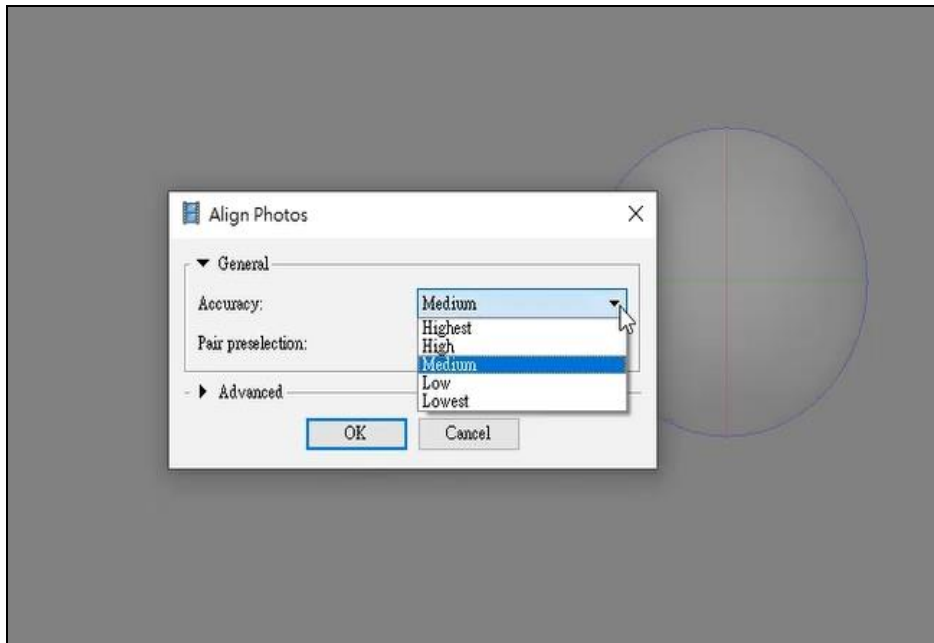


圖 3-12 選定確認建置品質畫面

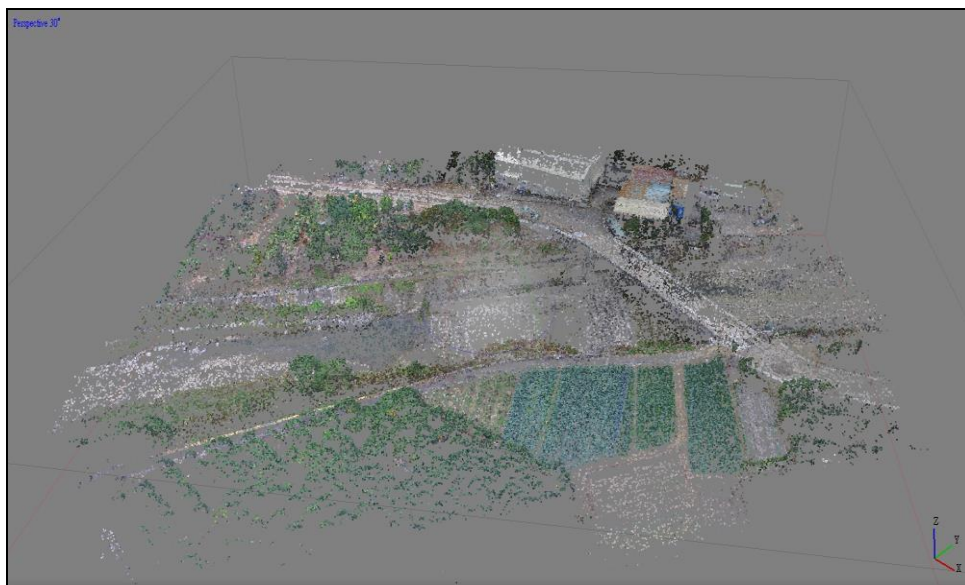


圖 3-13 稀疏點雲模型畫面

4.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 3-14 所示。

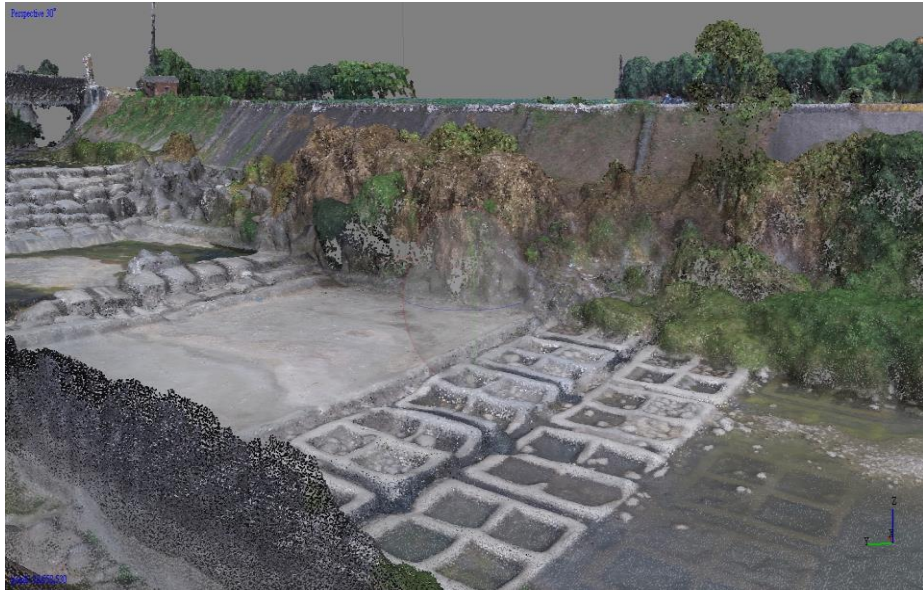


圖 3-14 合成密集點雲圖

5.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 3-15 所示。

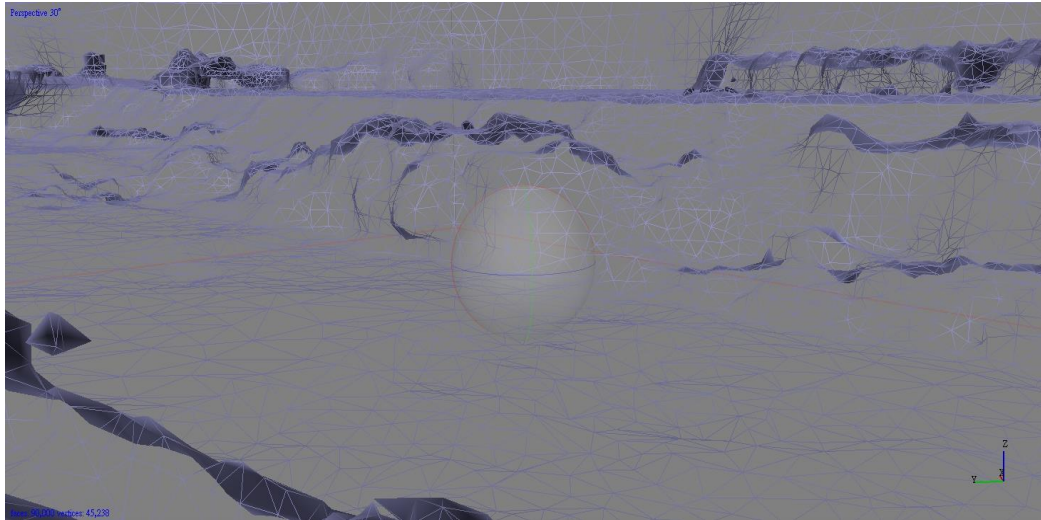


圖 3- 15 多邊形網格模型圖

6.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 3-16 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 3- 16 3D 影像模形示意圖

五、3D 影像模型檢測應用與準確性驗證

1. 3D 影像模型檢測應用

本計畫選取一個案，建置出水構造設施 3D 影像模型，首要的應用層面上是檢測人員可藉由電腦進行查看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。再者 3D 影像模型本身可成為專案的圖檔保存外，也可應用額外的功能，本計畫將應用 3D 影像模型建置過程中每張圖片的定位，經由彙整後該 3D 影像模型可加以利用，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 3-17 所示)。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。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。

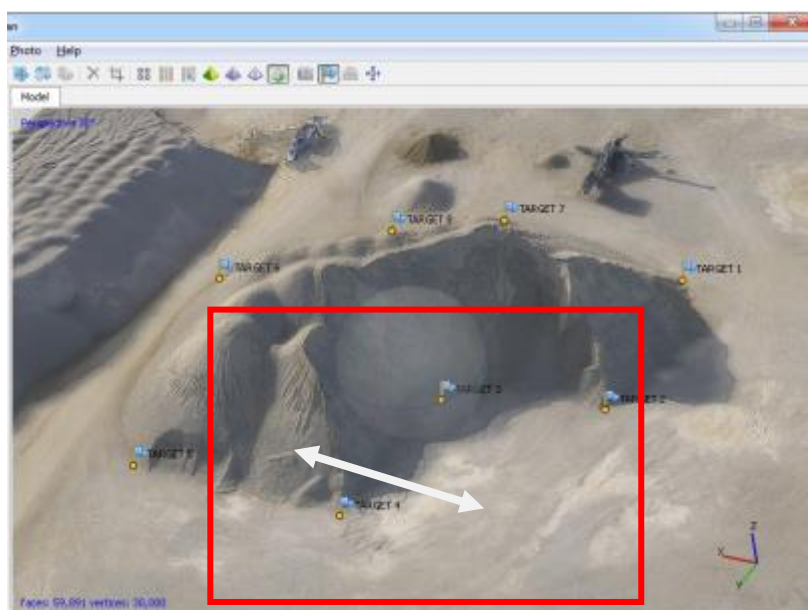


圖 3- 17 3D 影像模型形量測示意圖

2. 3D 影像模型準確性驗證

利用影像量測均有誤差率的問題存在，使用 GPS 算距離尺寸或是 google map 量測均亦有此一情況，因此所用量測方法均須要透過驗證用已了解誤差範圍是否為可接受尺度內，故需透過驗證影像處理軟體「Agisoft PhotoScan」於軟體中附加的「Ruler」尺標功能，所量測尺寸與實際標的物尺寸之誤差率。

本計畫所建置的 3D 影像模型實際測試，藉由於現場採樣過程中對於可量測的標的物進行實際量測並記錄，後續待 3D 影像模型建置完成後，並以本方法進行標的物模型量測比較，得出誤差率。

$(120-120)(\text{cm})/120(\text{cm}) \times 100 = 0\%$ 【排水溝、車道】

$(600-592)(\text{cm})/600(\text{cm}) \times 100 = 1.3\%$ 【車道間隔】

由以上結果可得知，不同尺寸之物品在模型中之誤差率差距並不大，約落在 0~1.3%之間，故得到驗證，使用本方法

量測之尺寸與實際尺寸之誤差率可達到約為 1.5% 以內。執行結果對照如表 3-3，代表以本方法進行 3D 影像模型量測結果具高度正確性。

表 3-3 3D 影像量測驗證

	實際尺寸	3D 影像模型量測
排水溝		
	實際尺寸 1.2m	3D 影像模型量測尺寸 1.2m
車道		
	實際尺寸 1.2m	3D 影像模型量測尺寸 1.2m
車道間隔		
	實際尺寸 60cm	3D 尺寸 59.2cm

六、模糊推論應用

本計畫採用針對目視檢測，整合模糊推論評等的主要問題點，語意與量化方式認定過程會使檢測人員對於不同評等方式時會產生的評等結果差異問題，因此綜合以 10 分法為架構，以模糊語意尺度設定，再進一步以推論方式產生整個構造物評定出現況分級，再運用該分級找尋合適的維護方式，達到整體評等過程的改善，因此本計畫將先行整合語義與分數認定，進一步整合後產生參考語義與分數，常見專家意見整合方式應用模糊及合為常見的方法之一，可以透過模糊偏好關係，以取得專家們的交集，所以透過訪談方式以及利用模糊理論來協助將其分數重新隸屬函數定義。以模糊理論主要用意之處以模糊理論來描述不確定的邏輯問題，此外也可將語意部分透過此方式進行轉換已達到合理的區間。推論架構如下圖 3-21 所示。

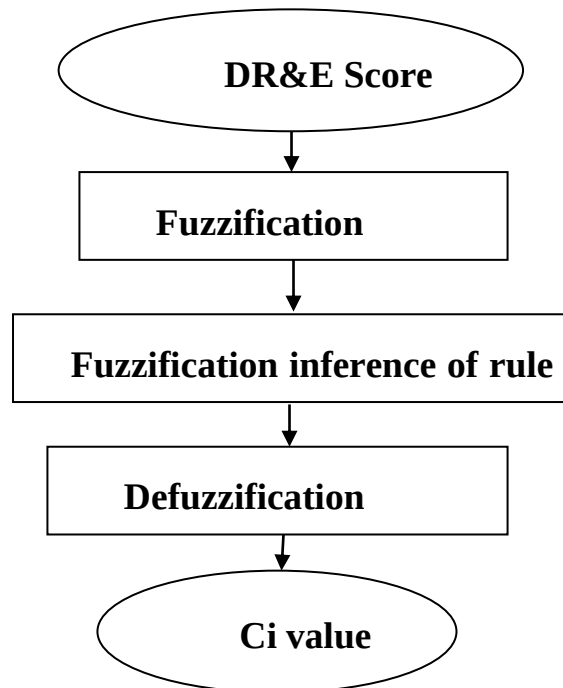


圖 3-18 模糊推論架構

設施檢測主要是評定遭破壞的狀態為主，分以下類別包含大、中、小明確部分，但針對模糊重疊部分定義為近似中、近似大兩種，並給予各分類參考範圍，加上 10 分法較能夠明確顯示破壞現狀，針對 15 位水保工程經歷 6 年以上的專家透過訪談並以實際照片進行問卷填寫後訂出隸屬函數範圍。如下表 3-4 所示。

表 3-4 模糊問卷專家訪談年資表

職稱	工程年資	人數
水保工程師	20 年以上	1
顧問公司資深工程師	16~20 年	1
水保技師	11~15 年	2
公部門承辦人員	6~10 年	11

模糊尺度問卷量表架構如下表 3-5 所示模糊尺度問卷評估表，建議填寫數字區間 0~10 分別填寫於各區間。舉例，如程度，類別小，填寫 0~2，程度近似中則填寫 3~5，以此類推。

表 3-5 模糊隸屬函數評估量表

類別 \ 語意	小	近似中	中	近似大	大
程度(D)	0	1 2 3	4 5	6 7 8 9	10
	小	近似中	中	近似大	大
範圍(E)	0	1 2 3	4 5	6 7 8 9	10
	小	近似中	中	近似大	大
功能影響(R)	0	1 2 3	4 5	6 7 8 9	10

以 D 為例說明十分法為 0-10 分，那左邊邊界設為 0 右邊邊界設為 10，中間值設為 5，依據公式 1 運算將邊界 2 至 8 分成 3 等份。那所選擇後依據大、中、小所提供的範圍去選擇分數。再將 10 分法化為 3 個主要區間，再以訪談結果透過模糊方式將兩區間重疊模糊部分提供參考值，並定出各區間參考值，來協助評估人員的使用。

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & , x < a_1 \\ (x - a_1) / (a_2 - a_1) & , a_1 \leq x < a_2 \\ 1 & , a_2 \leq x < a_3 \\ (a_4 - x) / (a_4 - a_3) & , a_3 \leq x < a_4 \\ 0 & , x \geq a_4 \end{cases} \quad \text{公式 1}$$

以結構破壞程度小 (small)的所訪談後參數值落於為 [0, 4]，但是 small 的程度不同，此時邊界小於 2 所對應的隸屬函數為定值 1，但 [2, 4]之間的隸屬函數有部份專家有填寫有部分捨棄，因此該部分模糊範圍與中度的部分重疊該部分則定義為近似中度，該部採斜線公式取得模糊數值。損壞程度中等 (Medium)問卷後所取得範圍參數值為[2, 4, 6, 8]，4-6 分範圍均屬同意因此設定值 1，[2, 4] 及[6,8] 區間所對應隸屬函數與大的部分範圍重疊，因此重疊部分定義為近似大，採以斜線公式取得模糊數值。損壞程度大(Large)的參數值所取得範圍為[6, 10]，對損壞程度大來說，此時邊界大於 8 以上所取得一致隸屬函數為 1，而 [6, 8]之間的隸屬函數對應值與中有重疊模糊部分。

本計畫解模糊概念，透過系統解模糊後可以實際反映該構造物的實際現況(CI)等級，也可藉此讓評估值可以有效達到量化，

以降低所產生的偏差值也是本計畫採用 Fuzzy 的重點，因此以 CI-level 為現況等級，利用模糊推論出結果與現況值，以 CI-level 值分成三個參考區間，第一區間為 0~0.29 為等級 A，區間第二區間為 0.3~0.59 為等級 B，第三區間為 0.6~1 為等級 C，分數越高代表等級越高本身功能性越差。

1. 評等模糊推論平台建置

由於模糊系統或模糊推論需透過 matlab 演算軟體，協助進行模糊演算與推論，本研究驗有鑑於使用模糊推論介面的友善性與軟體授權等問題下，依據模糊推論演算法架構概念，運用資料庫與動態網頁語法 PHP 建置出模糊推論平台頁面，因此可以透過頁面直接進行水保構造設施的評等推論，以簡化評等工作，也可以迅速得到現況等級。推論平台示意畫面如下圖 3-22 所示。

D-程度	R-影響性	E-範圍
☐ 小(1-2)	☐ 小(1-2)	☐ 小(1-2)
☐ 近似中(2-5)	☐ 近似中(2-5)	☐ 近似中(2-5)
☐ 中(3-7)	☐ 中(3-7)	☐ 中(3-7)
☐ 近似大(5-9)	☐ 近似大(5-9)	☐ 近似大(5-9)
☐ 大(8-10)	☐ 大(8-10)	☐ 大(8-10)

送出

圖 3-19 水保設施評等模糊推論平台頁面

七、案例測試

個案 A

個案現況資訊，個案地點古坑鄉桂林村，主要構造為兩座固床工有部分劣化已進行補強，檢測結果功能已回復原設定功能屬正常，由模糊推論評等結果為 A 等級，代表構造物功能正常，維護方式建議重新施作，整體巡檢個案頁面如下圖 3-23 所示。

以環景影像可看到上由處有大面積淤積範圍，此區域也曾發生過土石流，目前巡檢發現先前固床工設施補強後，功能有回到原需求，環景影像如下圖 3-24 所示。

個案 A 利用 3D 模型影像看出河道上方有河道淤積情況及構造物右側有崩塌情況，此河道雜草叢生尚無會影響水流，劣化部分經由 3D 模型影像軟體尺寸量測。3D 影像模型如下圖 3-25 所示。

個案中個構造單獨檢測評等結果如下圖 3-26 與 3-27 所示。固床工 1 及 2 號先前有受損並已進行過補強，此次巡檢發現功能正常，評等結果為 A，表示目前水保構造設施正常運行，因此後續維護建議以常態巡檢即可。



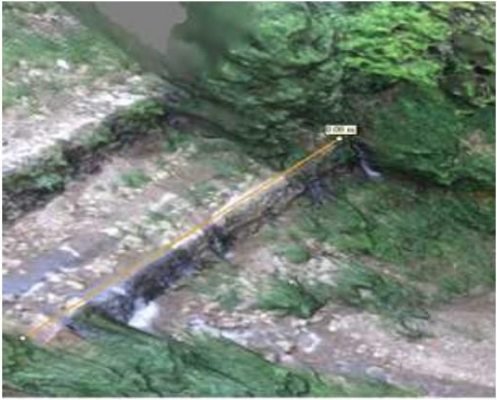
行政院農業委員會水土保持局
 Soil and Water Conservation Bureau
 Council of Agriculture, Executive Yuan

所在縣市	雲林縣古坑鄉	 3D俯視圖	
檢測日期	2019-07-20		
個案編號	A		
全區概況	上游因曾發生土石流而有土石淤積情況，設施損壞部分已有補強，有座固床工損壞，整體功能已有發揮功能，待土砂平衡後重新規劃設計施工以符合此現況需求。		
結構類型	<u>1 號固床工</u> <u>2 號固床工</u> <u>環 景 照</u>		 全景圖

圖 3- 20 個案 A 整體案例頁面



圖 3- 21 個案 A 環景影像



基本資訊

固床工2

尺寸 8M

3D照

檢測資訊 1

檢測日期: 2019-07-20

[V5-2](#)

CI-Level (A)

DRE評等模糊推論平台

IS-程度	與-影響性	R-範圍
◎ 2(4.1-23)	◎ 2(4.1-23)	◎ 2(4.1-23)
◎ 3(2.1-25.5)	◎ 3(2.1-25.5)	◎ 3(2.1-25.5)
◎ 4(3.3-73)	◎ 4(3.3-73)	◎ 4(3.3-73)
◎ 5(2.5-99)	◎ 5(2.5-99)	◎ 5(2.5-99)
◎ 6(8-100)	◎ 6(8-100)	◎ 6(8-100)

0.192 -A

受損範圍: 0.5 m 已修復

維護方式: 例行巡檢

圖 3-24 個案 A 固床工 2 號現況評等結果頁面

個案 B

個案現況資訊，地點於古坑鄉華山村(本案例由水土保持局提供)，設施構造包含有一座梳子壩與六座固床工，由環景影像模型得知，設施構造物結構完整無太大異常，周遭環境也無太大變化。整體巡檢個案透過 web 系統頁面如圖 3-28 所示。環景影像如圖 3-29 所示。

個案 B 利用 3D 模型影像量測梳子壩尺寸，約 55 公尺寬與 6 座固床工影像如圖 3-30 所示，以整體評等分析雖有部分構造有掏空情況但尚無影響結構功能，建議維護無急迫性，採用常態巡檢，請設施維護相關單位後續巡檢時觀察掏空範圍是否有在擴大趨勢，在許可範圍內進行改善，確保設施可達到原有設計之功能。有掏空但屬水保設施的正常現象，依據破壞程度為低，劣化情況仍在 A 級容許範圍，影響程度低，依據模糊推論結果為 A。代表功能性及結構

功能正常，整區結構程度佳。維護方式建議以正常巡檢，除此外於許可範圍內對設施有掏空部分進行改善。個別檢查評等結果圖 3-31 至 3-37 所示。

 行政院農業委員會水土保持局 Soil and Water Conservation Bureau Council of Agriculture, Executive Yuan	
所在縣市	雲林縣古坑鄉
檢測日期	2019-08-16
個案編號	B
全區概況	部分固床工有掏空趨勢尚無影響，設施結構功能正常，符合該區設施功能需求，建議每年進行常態檢測並觀測掏空變化趨勢。
結構類型	梳子壩-1 固床工-1 固床工-2 固床工-3 固床工-4 固床工-5 固床工-6 環景照
 3D全區俯视图  環景圖	

圖 3-25 個案 B 整體案例頁面



圖 3-26 個案 B 環景影像



圖 3-27 個案 B 3D 影像模型

基本資訊

梳子壩 1

尺寸55M

3D照

檢測資訊 1

檢測日期: 2019-08-16

[V2-1](#)

CI-Level (A)

DRE評等模糊推論平台

D-程度	R-影響性	E-範圍
● 小(1-2)	● 小(1-2)	● 小(1-2)
● 近似中(2-5)	● 近似中(2-5)	● 近似中(2-5)
● 中(3-7)	● 中(3-7)	● 中(3-7)
● 近似大(5-9)	● 近似大(5-9)	● 近似大(5-9)
● 大(8-10)	● 大(8-10)	● 大(8-10)

輸出

0.163 - A

受損範圍: 2m

維護方式: 有小範圍掏空但不影響結構功能

圖 3-28 個案 B 梳子壩 1 號現況評等輸出頁面



圖 3- 29 個案 B 固床工 1 號現況評等輸出頁面



圖 3-30 個案 B 固床工 2 號現況評等輸出頁面



圖 3-31 個案 B 固床工 3 號現況評等輸出頁面



圖 3-32 個案 B 固床工 4 號現況評等結果頁面



圖 3-33 個案 B 固床工 5 號現況評等輸出頁面



圖 3-34 個案 B 固床工 6 號現況評等結果輸出頁面

個案 C

個案現況資訊，個案地點古坑鄉華山村(本案例由水土保持局提供)、設施構造包含一座梳子壩與兩座固床工，整體檢測資訊頁面如圖 3-38 所示，由環景影像中查看構造物結構完整，無太大異常，周遭環境有雜草生長茂盛情況，如圖 3-39 所示。利用 3D 模型影像量測梳子壩高約 56 公尺與兩座固分別為 22 公尺、26 公尺如圖 3-40 所示，另河道雜草叢範圍為約 2800 平方公尺，維護無急迫性，採用淤積清除，影響水保設施無法正常發揮功能，請設施業務承辦人員及設施維護相關單位，於雜草於水保影響部分進行清除整理，確保回復原有設計之功能。依據破壞程度為低，無異常範圍，影響程度低，依據模糊推論結果為 A。代表功能性及結構完整性良好，結構健康程度佳。利用空拍影像看出此河道淤積雜草叢生會有影響水流，維護方式以正常巡檢即可。個案檢測平等頁面如圖 3-41 至 3-43 所示。

 行政院農業委員會水土保持局 Soil and Water Conservation Bureau Council of Agriculture, Executive Yuan	
所在縣市	雲林縣古坑鄉
檢測日期	2019-08-16
個案編號	C
全區概況	設施結構功能正常，符合該區設施功能需求，建議每年進行常態檢測。
結構類型	梳子壩-1 固床工-1 固床工-2 環景照



3D全區俯視圖



圖 3- 35 個案 C 整體案例頁面



圖 3- 36 個案 C 環景影像



圖 3-37 個案 C 3D 影像模型



圖 3-38 個案 C 梳子壩 1 號現況評等結果頁面

基本資訊

固床工1

尺寸 22.6M

3D照

檢測資訊 1

檢測日期: 2019-08-16

V5-1

CI-Level (A)

DRE評等模糊推論平台		
左側度	右側度	輸出
⇒ 左側 A1 (2)	⇒ 右側 A1 (2)	⇒ 輸出 A1 (2)
⇒ 左側 A2 (3)	⇒ 右側 A2 (3)	⇒ 輸出 A2 (3)
⇒ 左側 A3 (4)	⇒ 右側 A3 (4)	⇒ 輸出 A3 (4)
⇒ 左側 A4 (5)	⇒ 右側 A4 (5)	⇒ 輸出 A4 (5)
⇒ 左側 A5 (6)	⇒ 右側 A5 (6)	⇒ 輸出 A5 (6)
⇒ 左側 A6 (7)	⇒ 右側 A6 (7)	⇒ 輸出 A6 (7)
⇒ 左側 A7 (8)	⇒ 右側 A7 (8)	⇒ 輸出 A7 (8)
⇒ 左側 A8 (9)	⇒ 右側 A8 (9)	⇒ 輸出 A8 (9)
⇒ 左側 A9 (10)	⇒ 右側 A9 (10)	⇒ 輸出 A9 (10)
⇒ 左側 A10 (11)	⇒ 右側 A10 (11)	⇒ 輸出 A10 (11)
⇒ 左側 A11 (12)	⇒ 右側 A11 (12)	⇒ 輸出 A11 (12)
⇒ 左側 A12 (13)	⇒ 右側 A12 (13)	⇒ 輸出 A12 (13)
⇒ 左側 A13 (14)	⇒ 右側 A13 (14)	⇒ 輸出 A13 (14)
⇒ 左側 A14 (15)	⇒ 右側 A14 (15)	⇒ 輸出 A14 (15)
⇒ 左側 A15 (16)	⇒ 右側 A15 (16)	⇒ 輸出 A15 (16)
⇒ 左側 A16 (17)	⇒ 右側 A16 (17)	⇒ 輸出 A16 (17)
⇒ 左側 A17 (18)	⇒ 右側 A17 (18)	⇒ 輸出 A17 (18)
⇒ 左側 A18 (19)	⇒ 右側 A18 (19)	⇒ 輸出 A18 (19)
⇒ 左側 A19 (20)	⇒ 右側 A19 (20)	⇒ 輸出 A19 (20)
⇒ 左側 A20 (21)	⇒ 右側 A20 (21)	⇒ 輸出 A20 (21)
⇒ 左側 A21 (22)	⇒ 右側 A21 (22)	⇒ 輸出 A21 (22)
⇒ 左側 A22 (23)	⇒ 右側 A22 (23)	⇒ 輸出 A22 (23)
⇒ 左側 A23 (24)	⇒ 右側 A23 (24)	⇒ 輸出 A23 (24)
⇒ 左側 A24 (25)	⇒ 右側 A24 (25)	⇒ 輸出 A24 (25)
⇒ 左側 A25 (26)	⇒ 右側 A25 (26)	⇒ 輸出 A25 (26)
⇒ 左側 A26 (27)	⇒ 右側 A26 (27)	⇒ 輸出 A26 (27)
⇒ 左側 A27 (28)	⇒ 右側 A27 (28)	⇒ 輸出 A27 (28)
⇒ 左側 A28 (29)	⇒ 右側 A28 (29)	⇒ 輸出 A28 (29)
⇒ 左側 A29 (30)	⇒ 右側 A29 (30)	⇒ 輸出 A29 (30)
⇒ 左側 A30 (31)	⇒ 右側 A30 (31)	⇒ 輸出 A30 (31)
⇒ 左側 A31 (32)	⇒ 右側 A31 (32)	⇒ 輸出 A31 (32)
⇒ 左側 A32 (33)	⇒ 右側 A32 (33)	⇒ 輸出 A32 (33)
⇒ 左側 A33 (34)	⇒ 右側 A33 (34)	⇒ 輸出 A33 (34)
⇒ 左側 A34 (35)	⇒ 右側 A34 (35)	⇒ 輸出 A34 (35)
⇒ 左側 A35 (36)	⇒ 右側 A35 (36)	⇒ 輸出 A35 (36)
⇒ 左側 A36 (37)	⇒ 右側 A36 (37)	⇒ 輸出 A36 (37)
⇒ 左側 A37 (38)	⇒ 右側 A37 (38)	⇒ 輸出 A37 (38)
⇒ 左側 A38 (39)	⇒ 右側 A38 (39)	⇒ 輸出 A38 (39)
⇒ 左側 A39 (40)	⇒ 右側 A39 (40)	⇒ 輸出 A39 (40)
⇒ 左側 A40 (41)	⇒ 右側 A40 (41)	⇒ 輸出 A40 (41)
⇒ 左側 A41 (42)	⇒ 右側 A41 (42)	⇒ 輸出 A41 (42)
⇒ 左側 A42 (43)	⇒ 右側 A42 (43)	⇒ 輸出 A42 (43)
⇒ 左側 A43 (44)	⇒ 右側 A43 (44)	⇒ 輸出 A43 (44)
⇒ 左側 A44 (45)	⇒ 右側 A44 (45)	⇒ 輸出 A44 (45)
⇒ 左側 A45 (46)	⇒ 右側 A45 (46)	⇒ 輸出 A45 (46)
⇒ 左側 A46 (47)	⇒ 右側 A46 (47)	⇒ 輸出 A46 (47)
⇒ 左側 A47 (48)	⇒ 右側 A47 (48)	⇒ 輸出 A47 (48)
⇒ 左側 A48 (49)	⇒ 右側 A48 (49)	⇒ 輸出 A48 (49)
⇒ 左側 A49 (50)	⇒ 右側 A49 (50)	⇒ 輸出 A49 (50)
⇒ 左側 A50 (51)	⇒ 右側 A50 (51)	⇒ 輸出 A50 (51)
⇒ 左側 A51 (52)	⇒ 右側 A51 (52)	⇒ 輸出 A51 (52)
⇒ 左側 A52 (53)	⇒ 右側 A52 (53)	⇒ 輸出 A52 (53)
⇒ 左側 A53 (54)	⇒ 右側 A53 (54)	⇒ 輸出 A53 (54)
⇒ 左側 A54 (55)	⇒ 右側 A54 (55)	⇒ 輸出 A54 (55)
⇒ 左側 A55 (56)	⇒ 右側 A55 (56)	⇒ 輸出 A55 (56)
⇒ 左側 A56 (57)	⇒ 右側 A56 (57)	⇒ 輸出 A56 (57)
⇒ 左側 A57 (58)	⇒ 右側 A57 (58)	⇒ 輸出 A57 (58)
⇒ 左側 A58 (59)	⇒ 右側 A58 (59)	⇒ 輸出 A58 (59)
⇒ 左側 A59 (60)	⇒ 右側 A59 (60)	⇒ 輸出 A59 (60)
⇒ 左側 A60 (61)	⇒ 右側 A60 (61)	⇒ 輸出 A60 (61)
⇒ 左側 A61 (62)	⇒ 右側 A61 (62)	⇒ 輸出 A61 (62)
⇒ 左側 A62 (63)	⇒ 右側 A62 (63)	⇒ 輸出 A62 (63)
⇒ 左側 A63 (64)	⇒ 右側 A63 (64)	⇒ 輸出 A63 (64)
⇒ 左側 A64 (65)	⇒ 右側 A64 (65)	⇒ 輸出 A64 (65)
⇒ 左側 A65 (66)	⇒ 右側 A65 (66)	⇒ 輸出 A65 (66)
⇒ 左側 A66 (67)	⇒ 右側 A66 (67)	⇒ 輸出 A66 (67)
⇒ 左側 A67 (68)	⇒ 右側 A67 (68)	⇒ 輸出 A67 (68)
⇒ 左側 A68 (69)	⇒ 右側 A68 (69)	⇒ 輸出 A68 (69)
⇒ 左側 A69 (70)	⇒ 右側 A69 (70)	⇒ 輸出 A69 (70)
⇒ 左側 A70 (71)	⇒ 右側 A70 (71)	⇒ 輸出 A70 (71)
⇒ 左側 A71 (72)	⇒ 右側 A71 (72)	⇒ 輸出 A71 (72)
⇒ 左側 A72 (73)	⇒ 右側 A72 (73)	⇒ 輸出 A72 (73)
⇒ 左側 A73 (74)	⇒ 右側 A73 (	

圖 3-39 個案 C 固床工 1 號現況評等結果頁面

基本資訊

固床工2

尺寸 26.5M

3D照

檢測資訊 1

檢測日期: 2019-08-16

V5-2

CI-Level (A)

DRE評等模糊推論平台

左側欄	右側欄1	右側欄2
0.000 1-23	0.000 1-23	0.000 1-23
0.000 1000 3-5	0.000 1000 3-5	0.000 1000 3-5
0.000 1-23	0.000 1-23	0.000 1-23
0.000 1000 3-5	0.000 1000 3-5	0.000 1000 3-5
0.000 1-23	0.000 1-23	0.000 1-23

0.163 - A

受損範圍: 約5m

維護方式: 基礎有部分掏空但尚未影響功能, 例行巡檢

圖 3-40 個案 C 固床工 2 號現況評等結果頁面

九.可行性評估與討論

本研究可行性評估採用之深入訪談法，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。訪談對象共五位水保相關工程先進且資歷均達 10 年以上，包含兩位水保技師與水保相關公部門人員。訪談內容經彙整如下表 3-6 所示。

表 3-6 訪談意見彙整表

問 項	意 見 彙 整
1.以 3D 影像模型及環景對於水保設施進之檢測實務上是否可行	無人飛機進行環景影像搭配 3D 影像模型拍攝，於水土保持設施檢測評等結合軟體進行尺寸量測，此研究概念相當實用性。
2.以 3D 模型影像對設施進行檢測實務上給予是否有幫助	此計畫提出的方式有助於在水土保持設施構造物上的量測，建置了一個方便檢視評等系統、檢測影像與量測紀錄。
3.以 3D 影像模型及環景對於水保設施進之檢測實務對於時間與成本上是否有改善	1.在竣工檢查人力成本，以及減少在較為危險之設施位置，減少相關檢測人員面臨之風險。 2.有效降低巡檢所需之人力成本(包括巡檢人數以與巡檢次數)。以及現場量測的風險問題。 3.收集影像約 30 分鐘，建置時間均可透過電腦自行拼接可降低不少人力成本。
4.以 3D 影像模型對於水保設施進行劣化尺寸量測是否可行	認同使用無人機空拍，再調閱竣工圖，將以已知尺寸之設施作為比例尺，進行比較，此方式可行，並解決人力現場量測問題。
5.以 3D 影像模型及環景對於水保設施進之檢測實務上否仍有改善空間	1.希望能針對前項關於改善空間時，提到之受遮蔽或其他因素遮蔽之設施或其他可能影響檢視之狀況，進行假設及案例收集，並將未來發展專注在尺寸量測之精度提昇。 2.提升精度的成果，以尺寸量測之概念，未來繼續發展希望能以「現場、即時」原則進行發展甚至建置一套系統作為實務能夠應用的工具。

依據訪談過程中發現無人機於水保設施巡檢與收集影像上應用相當便利，但對於影建置過程中加以拼置成 3D 影像模型，可有效顯示劣化的部分，本計畫所提出以環景影像及 3D 影像模型有助於現場環境檢視及水保設施的劣化檢視，並可有效協助現況評等。綜合以上專家訪談後的可行性分析如下：

可行部分：

UAV 確實有助於巡檢勘查，改善人力徒步克服無路可行或地形不佳狀況，並可執行大範圍全檢視的效果，由高處往下取的影像可視角度較為寬廣，建置 3D 影像模型可替代部份突破以人力傳統相機拍攝角度問題。

以環景影像建置，建置雖需以都張影像拼接，但可有效提供河道鄰近環境如住家、農田、產業道路或是崩塌地等等環境，有助於現場環境的限制取得，以利於 3D 影像模型的照片收集。3D 影像模型建置不僅可採用多角度的影像查看，更可針對結構物劣化處進行尺寸量測，有利於現場樣態的評等。另外以模糊推論系統模式簡化評等過程，並取得設施的現況功能等級。

可再改善部分：

需考量飛行器的電池使用時間，目前已備用多個電池以彌補飛行時間問題，但如遇河道中雜草茂密仍有影響檢測的情況，另外對於檢測結果有極大疑慮仍建議以人力至現場做進階巡檢與評等。

此外土沙淤積情況於固床工或防砂壩結構，均屬一般常態現象，代表該構造物屬功能正常發揮。不建議列為劣化樣態。

第三節 計畫成果

- 1.建立 360 度影像建立水保巡檢影像，運用巡檢過程收集管理區域中水保設施與周遭環境影像，並取得飛行限制等相關資訊，有利於提升該區域再次巡檢效率。
 - 2.運用 UAV 巡檢過程收集影像，再建置 3D 影像模型有助於了解環境現場損壞趨勢，以及後續災後復建參考依據。
 - 3.本計畫所提出之影像收集與分析技術來建置該區影像紀錄，並以設施維護履歷概念建置出檔案，有助未來於災前災後現場比對。
- 本計畫藉由專家的意見回饋，驗證本計畫所提之以環景及 3D 影像模型輔以水保設施巡檢評等方法為可行性。

第四章結論與建議

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 UAV 進行多視角影像收集，建置出 3D 影像模型，運用尺寸量測可概估設施受損或是泥沙淤積面積有助於瞭解該設施當下現況，運用評等模式所得到結果以提供參考，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. 環景影像有助於初步的現況瞭解，但於尺寸量測部分尚無法達到此功能，建置出 3D 影像模型補彌補此部分，並可透過不同角度去觀察，有助於現場巡檢的工作。
2. 現場影像收集過程無人機設定飛行路徑自動飛行模式，所耗費時間包含全景及 3D 影像收集約 40 分鐘至一小時不等須視範圍大小而定，收集過程中仍可即時觀看，所建置 3D 影像模型模式可改以善傳統人力進行拍攝的角度問題，並可降低執行風險。
3. 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數，且能降低巡檢人員於巡檢時所造成之風險。
4. 未來希望能將本研究建置檢測工具，與其他資訊系統進行整併，如 GIS 地理資訊系統，以提供更多元之資訊瀏覽。
5. 未來可以即時的現場尺寸量測基礎概念，下發展出更多更具實用性之檢測工具系統。
6. 限制部分包含河道中雜草的遮蔽問題，此問題主要仍發生於河道無水流之處因此部分影響檢視評等。

7. 地形高低差過高時，建議以分為數個區域進行，高低差越小所建置的 3D 影像模型精度較佳，於量測時精準度皆會有所提升。

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 以動態飛行協助收尋與救援行動，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. 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 UAV 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

附錄

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	淤積亦可能影響水保設施功能性，考慮納入。	感謝建議，淤積是否影響構造功能的課題，P3-45經訪談專家建議此外泥沙淤積情況於固床工或防砂壩結構，均屬一般常態現象，代表該構造物屬功能正常發揮。不建議列為劣化樣態。
2	實測案例中何謂鄰近縣市水保設施，應予敘明。	感謝建議，本計畫團隊所在區域鄰近的水保局管轄之範圍取得本計畫的案例。
3	本局工程構造物多為溪流構造物，易遭植生遮蔽，以光學攝影是否可達成預期效果。	感謝意見，構造物遭植生遮蔽，以光學攝影輔助，將於計畫執行中進行探討此一課題。P3-45可行性討論結果目前

項次	審查意見	回覆辦理情形
		服遭植生遮蔽仍是無法克服。
4	本計算特點在用來概估受損面積，但未說明應用到水保設施時，如受到土砂堆積影響時(此與一般建築物可直視不同)，應如何解決。	感謝意見，本計畫原則是以前角度建製3D圖像，因此也包含平視、45度角度以及不同高度進行收集。針對淤積之面積估算可透過本方法於電腦上估算其尺寸與面積量。
5	應加強如何透過3D影像，概估現況受損面積之理論為何？	感謝意見，P2-17本計畫所採用之方法參考陳靜茹等人於2016年發表，”應用無人機於三維地形量測與正射影像精度之探討”所提出之方法，其方法重點在於區域空中三角測量與立體像對空中三角測量原理似，而本計畫所提出之方法不同點在於區域空中三角測量為同時解算 3 張或 3 張

項次	審查意見	回覆辦理情形
		以上互有重疊相片之外方位。有關此方法執行細節於計畫中P3-22中說明。
6	概估受損面積之後續用途或可做什麼決策？	感謝意見，有關概估面積範圍之目的在於如所紀錄案例中如有構造物受損時，構造物災損評等分析，其相關應用可於後續維護策略決策參考，如維護方法與維修經費概估，如P3-33個案所示。

附錄二、工作計畫書審查會議紀錄暨回覆辦理情形

項次	委員意見	回覆辦理情形
報告內容審查意見：		
1	P.3-4 第 2 點，與 P.3-5 第 3 點重複。	已刪除修正
2	P3-1 第 3 章，為一計畫目的，逐項說明執行方法。	已增加文字說明請參 P.3-8 所示。
3	利用 3D 影像模型，檢視構造物量化尺度，驗證之準確性如何？	已於期中報告中加入驗證誤差率請參 P.3-25
4	P2-1，文獻引用方式如年分、el、al 請修正。	P2-1 已修正
5	P3-3，請說明本計畫採用之 UAV 類型及相機之解析度。又拍攝相片的重疊度為何，才可以達到 3D 影像建模需求。	本計畫使用之 UAV 規格已新增於內文 P.2-11，表 2-2
6	P3-5，第三點「首先現場採樣俯視取景」等與 P3-4 重複，請	已刪除修正

項次	委員意見	回覆辦理情形
	更正。	
7	P3-20, 驗證部分將透過問卷方式來驗證本計畫所提檢測模式，又另提出六、量測驗證，請說明驗證如何進行。	透過問卷方式來驗證誤植，已刪除修正。驗證部分請參 P.3-25
8	P3-20, 水保設施受損面積或尺寸量測後，如何作為後續管理之參考。	相關應用已於文中說明，請參 P.3-22
9	P3-23, 針對 8 為水保工程經歷 6 年以上的專家透過訪談，人數與表不符，請確認。	P3-23 已修正確認
10	P3-25, 分數越高代表等級越高本身功能性越加，相對第三區間表功能性不佳，似乎矛盾，請確認。	P3-25 已修正確認
11	P4-1, 圖 24 甘特圖中請加月份。	已新增請參 P.3-2, 圖 3-1
12	導入 UAV 進行水土保持工程	感謝指教，已與貴局同仁討

項次	委員意見	回覆辦理情形
	設施巡檢視水保局近期努力的目標，建議本計畫書能發展完整的 UAV 巡檢技術，提升本局技術水平。	論此一計畫落實之可行性，並於報告中呈現完整之操作流程。
13.	計畫書內文多有錯字及缺漏，再請檢視修正。	已重新檢視修正
14.	建置 3D 影像模型，建議選擇本局分局所施工之水土保持工程為範例。	已與貴局聯繫取得適合案例，將於期末報告呈現其成果。P3-33 個案 B 與 P3-39 個案 C，由貴局提工程案例。
15.	現場有無控制點？量測尺寸之準確度如何？若無設置控制點，建議可套用農航所之航照圖尋找對應點當控制點用。	本計畫執行過程中將會設置得參考控制點，以提升本計畫的影像拼接準確率。
16.	影像模型及建置密雲圖之系統，可否輸入其他(如為星、航照、其他無人載具等)拍攝設施	模型附加資訊因考慮其相容性，目前在本計畫尚無法完全加入。

項次	委員意見	回覆辦理情形
	之影像格式。	
17.	以科技方法有效率協助水保局設施調查巡檢，值得研究及推廣，相關檢視項目，請參考本局構造物調查表單，使研究目的與本局業務結合。	經與貴局聯繫取得案例。經評估使用案例原因 1 本計畫採用 HTML 格式為資料聯結與呈現方式。 2.部分資料貴局構造物調查表單(工程序號、營造商、承包商、工程內容等資料、工程位置圖等可運用資訊附註方式加註)，另針對修復經費概估亦可本計畫所提方法估算尺寸以決定數量，搭配單價即可估算維護金額。
18.	本局級分局針對例年重要構造物進行調查，本局亦有 UAV 輔助調，資料已存於工程管考系統及治山防洪集思網，本計	只要有 UAV 所拍攝之影響黨即可使用本計畫所提出之方法轉成多視角模型，然而針對建置 3D 模型則需有較

項次	委員意見	回覆辦理情形
	畫可參考使用本局資料進行研究。	多的相片方可建置。

附錄三、期中報告書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	本計畫現階段完成 3D 模型，為成熟技術，請強化計畫之創新性，	本計畫應用 3D 圖像模型於水保構造巡檢與維護，改善傳統 2D 的單點圖像檢視評等，一方面可運用 3D 模型的量測功能量測劣化尺寸與土砂淤積區範圍估算，更可達到人力節省與安全提升的重點。另外以巡檢維護履歷的觀點，運用 3D 模型建置有助於災前災後的現況比對。P3-46 中說明。
2	建議於期末能說明應用範圍。	同意見一所回覆，及 P3-44 表 6 訪談意見彙整表中文字說明。
3	現階段並未提出 3D 影像模型，與現場驗證後之準確性，使得未來現場應用之可行性有疑慮。	P3-23 文中有對於該量測功能作誤差率測試，確認是否足以用於檢測評等的劣化處量測尺度。

項次	審查意見	回覆辦理情形
4	P.2-1，請補充 UAS 縮寫之完整名稱。	P. 2-1 已補充 (Unmanned Aircraft Systems UAS)無人駕駛航空系統
5	P3-27，公式 1 似乎未見。	P3-28 已補上公式 1
6	P.附錄-3，第二點回覆辦理情形不完整，請修正。	P.附錄-3 已補上修正。
7	3D 影像量測長度與面積外，是否可量測角度?如與水平或垂直夾角。	P3-30 案例測試中，本計畫檢測重點主要針對構造物劣化處或淤積範圍的估算，因此未考量角度測量的部分。
8	建立 360 度影像檢視構造物現況，是否會造成內業時間過久，反而效率無法提升。	建置 360 度影像主要考量，是蒐集構造物週圍環境與現況已提供後續 3D 影像採集時的參考，目前本研究團隊建製過程時間經測試約為 30 分鐘左右，採電腦拼接，主要效能上需視電腦硬體處理速度決定。尚無影響內業作業時間。

