

結合UAV之水土保持設施與 環境智慧監測方法之研究

計畫主持人:潘乃欣 教授 國立雲林科技大學營建工程系

簡報者:潘乃欣 教授

簡報大綱

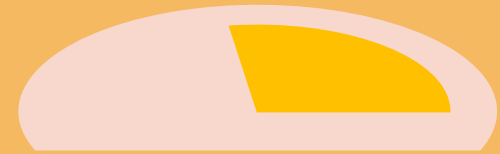
計畫目的



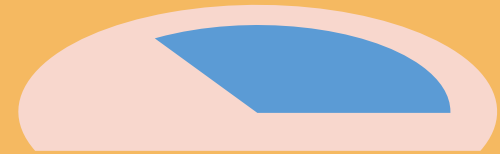
計畫實施方法與步驟



計畫整體執行



案例探討



計畫成果



研究背景與動機



台灣水保現況評估 與趨勢預測

台灣密布河川，瞬間夾帶的雨量且急促，再加上強勁風勢與鬆軟土質，容易引發複合型災害。

水保設施禦災能力與環境變化趨勢預測。



影像辨識技術

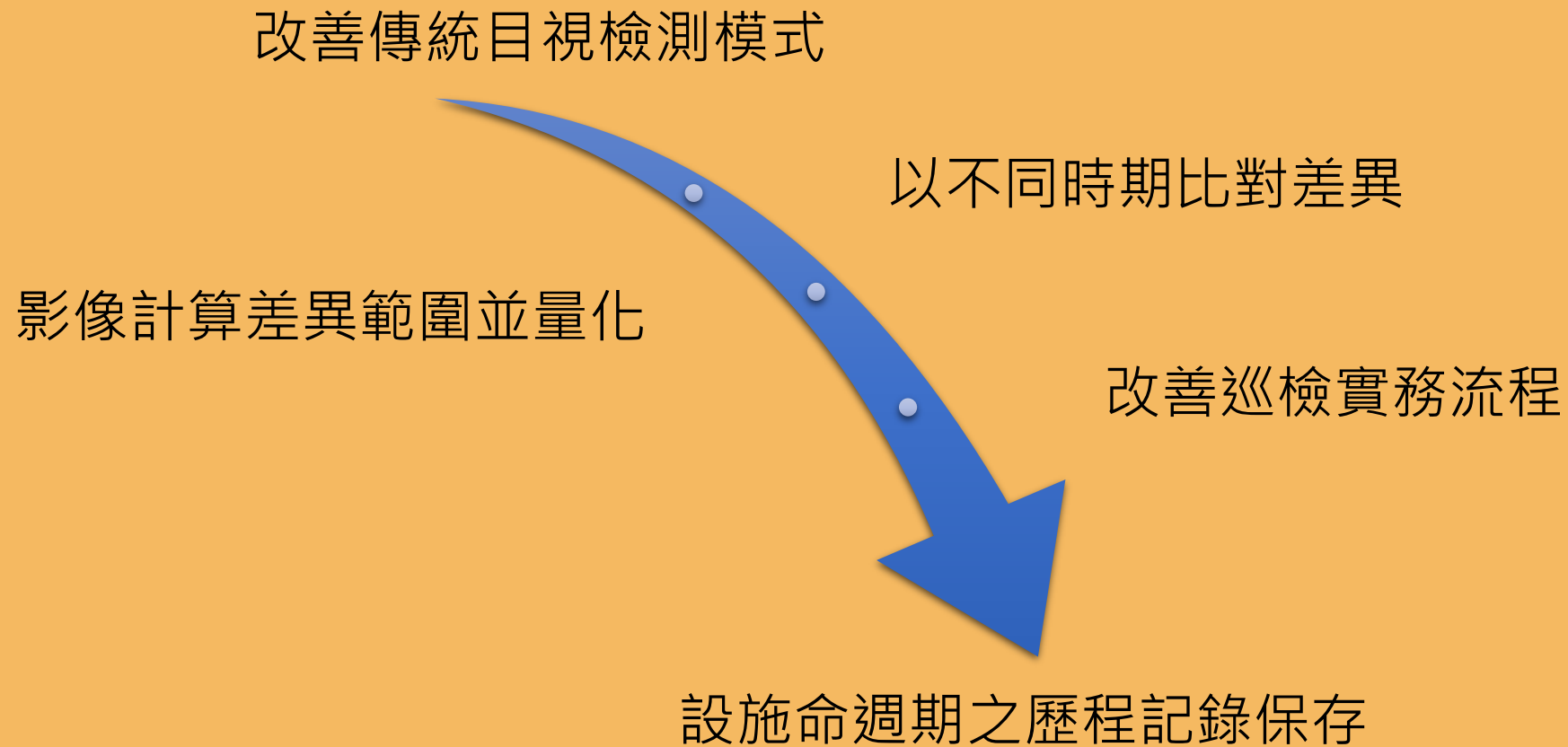
以影像辨識自動比對出不同時期差異範圍，藉此分析與呈現水土保持設施劣化現況，改善傳統目視檢測構造物效率，並以差異範圍量化數據及視覺化呈現影像。



水保設施與環境歷程資料庫

不同時間點(災前後)之巡檢影像歷程資料庫重要性於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。

擬解決問題



計畫目的



構造物設施以設計圖3D影像及現場3D影像與整合全景影像紀錄程序建置。



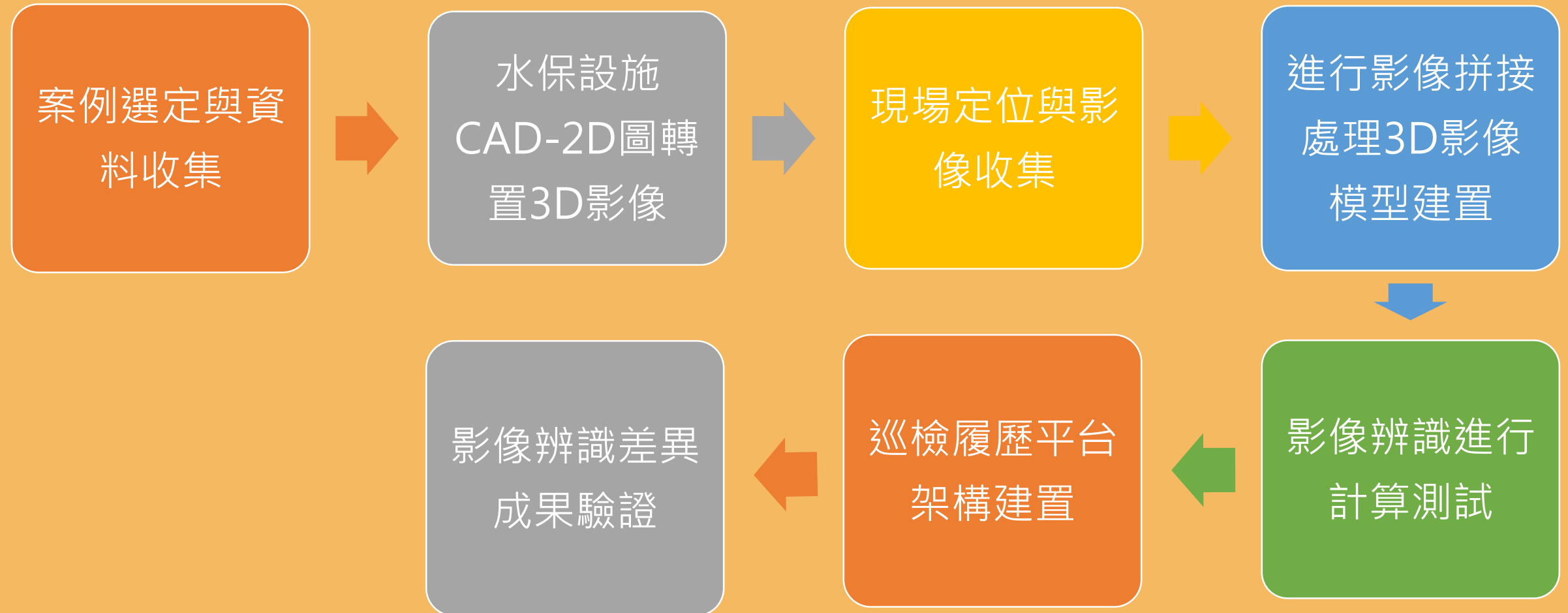
建置水保防砂構造物設施影像辨識之圖像基本運算差異比對資訊平台，並結合擴增實境技術於水保防砂構造物設施歷程視覺化。



建立不同時間點(災前後)之巡檢影像歷程資料庫，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。

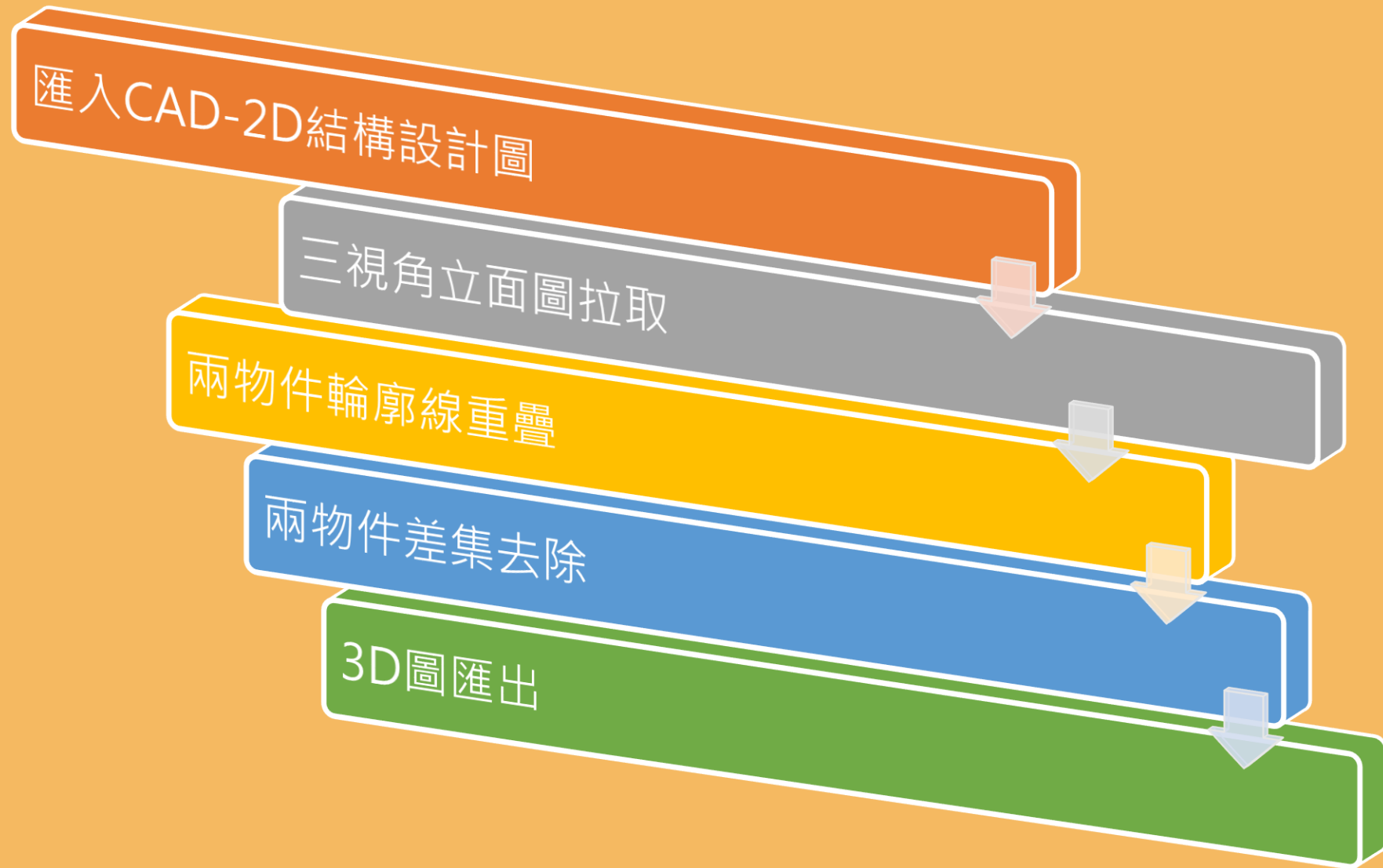
計畫執行方法與步驟

本計畫整體執行工作與流程

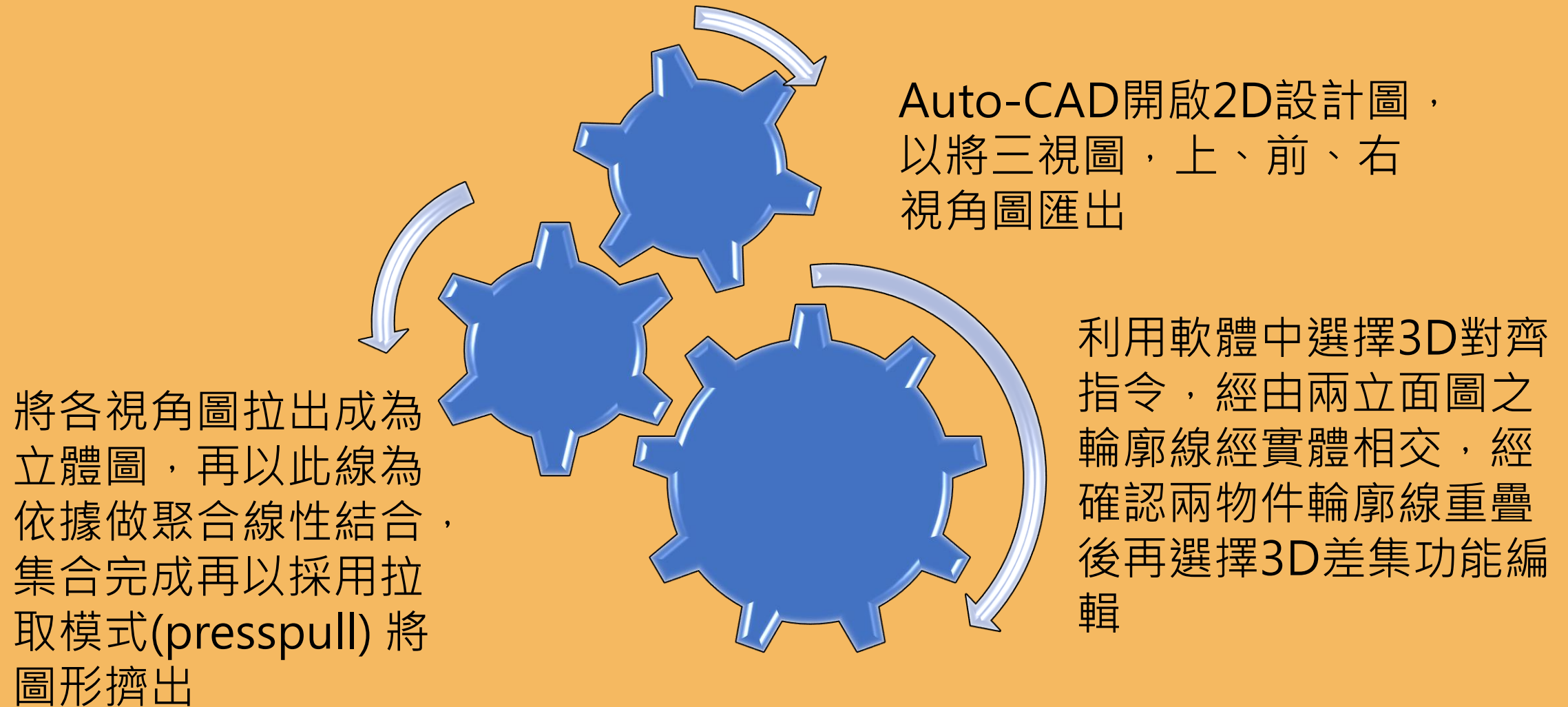


CAD轉3D結構圖轉置

CAD轉3D結構圖轉置階段



CAD轉3D結構圖轉置-1

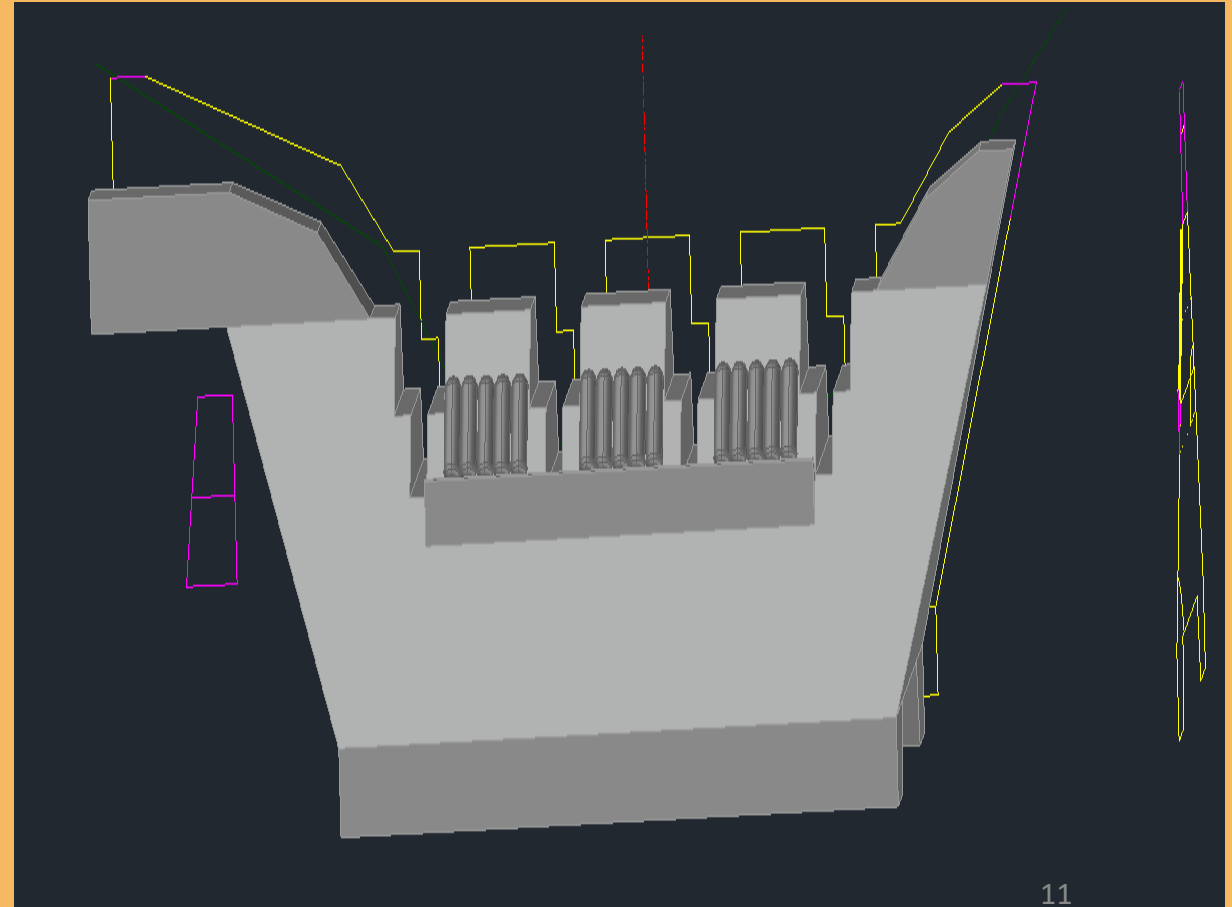
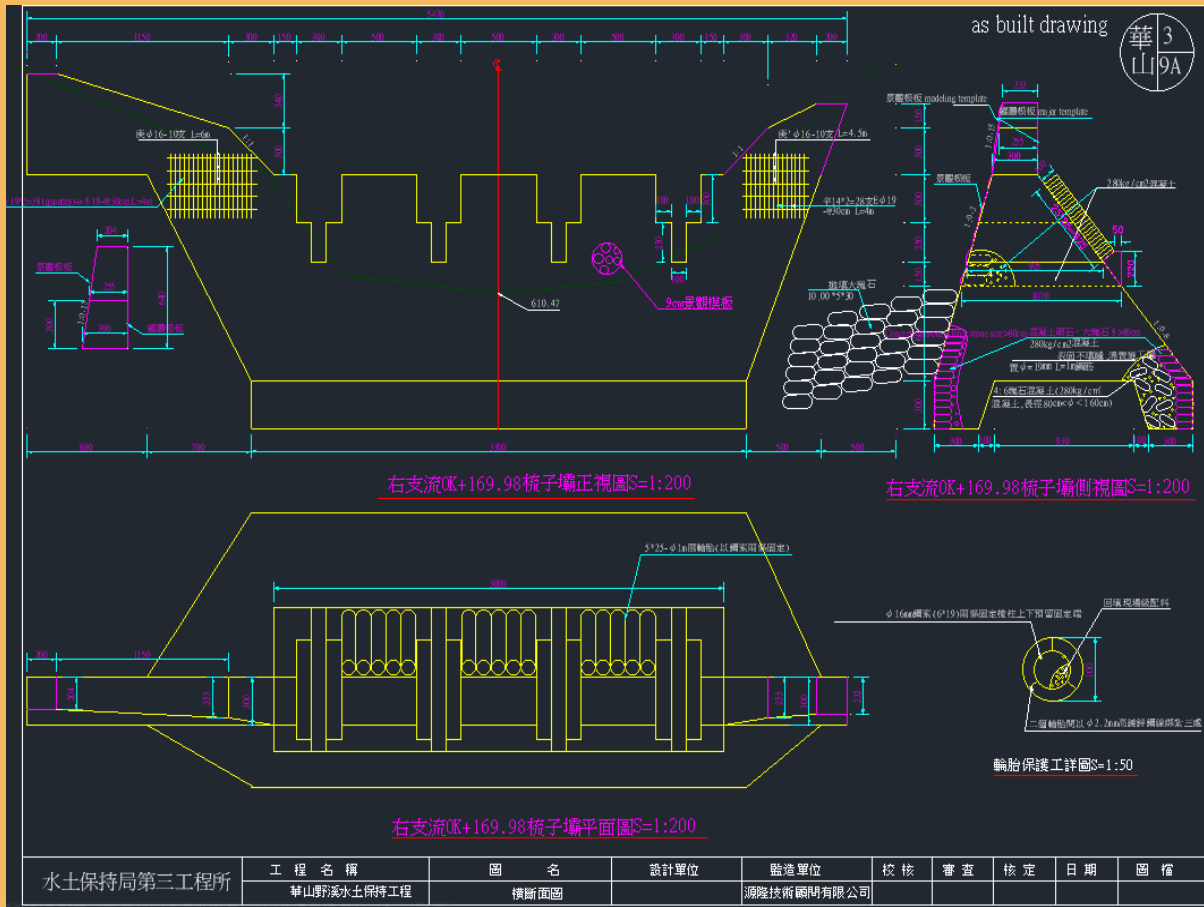


CAD轉3D結構圖轉置-2

2D梳子壩結構設計圖



3D梳子壩立體圖



影像採集程序

影像採集程序建置第一階段

檢測資料收集

現場影像收集

檢視現場照是否有缺漏

不足進行補拍

環景影像收集與建置

第一階段環景影像收集與建置

- 環景影像建置

- 以無人機懸停於構造物約15公尺上方再以定點環拍，**所蒐集照片經由影像加工拼接，可達到後續環視的效果**，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。
- 影像拼接，利用150-250張影像以疊放方式，利用軟體進行拼接完成環景影像，因環景影像於一般影像軟體檢視時會有球狀或影像扭曲變形狀態，建議採用網頁方式呈現。

第一階段環景影像呈現

- 主要**可透過網頁方式**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。
- 利用網頁方式呈現影像考量**直接呈現，議可放大縮小分別檢視**



環景影像操作展示



內建的螢幕錄影功能 x CASE A x +

檔案 | C:/server/root/www/109swcase/case%20A.html

翻譯 地圖 陳奎吉 - Outlook... myNTU臺大人入口... 臺灣大學帳務系統 從 IE 匯入 NTU Space臺大雲... Facebook 卡提諾論壇-CK101... VoiceTube - 看影...

 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	2019-07-20
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>

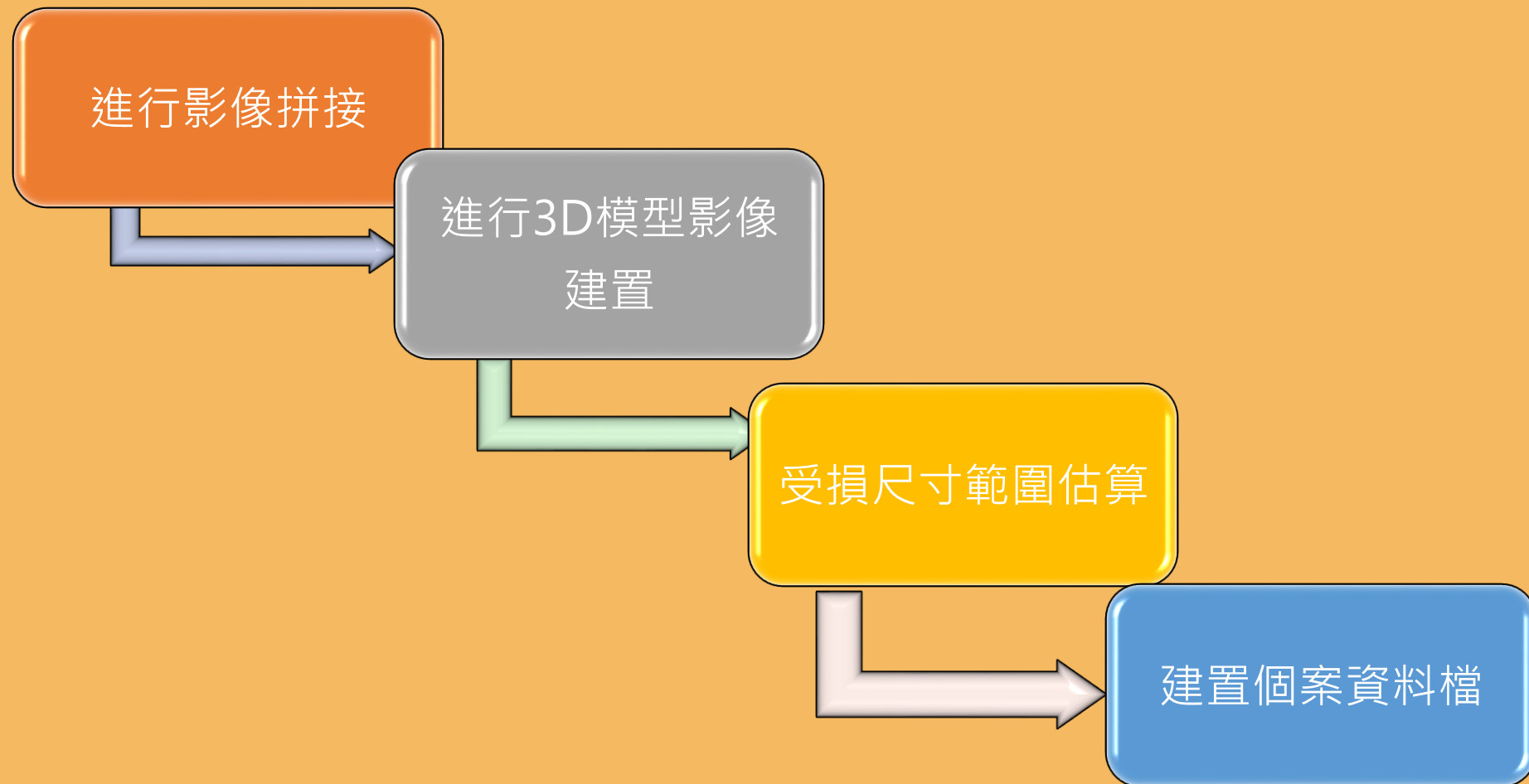


3D俯視圖



全景圖

影像採集程序建置第二階段



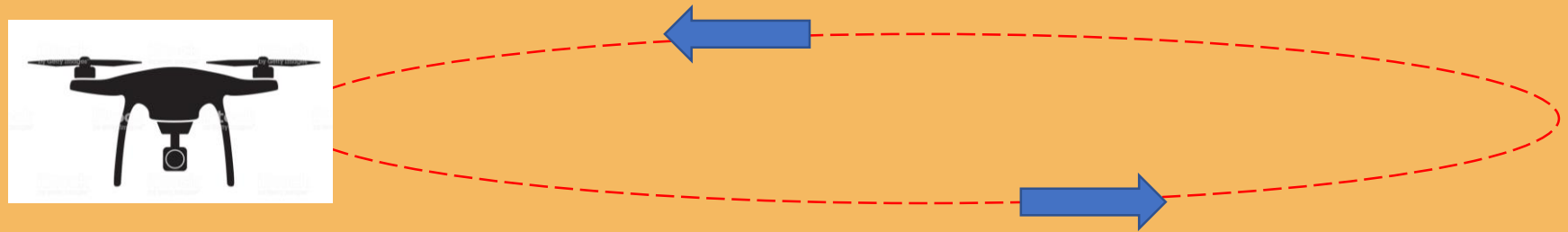
第二階段3D影像收集-1

• 現場取樣方式說明

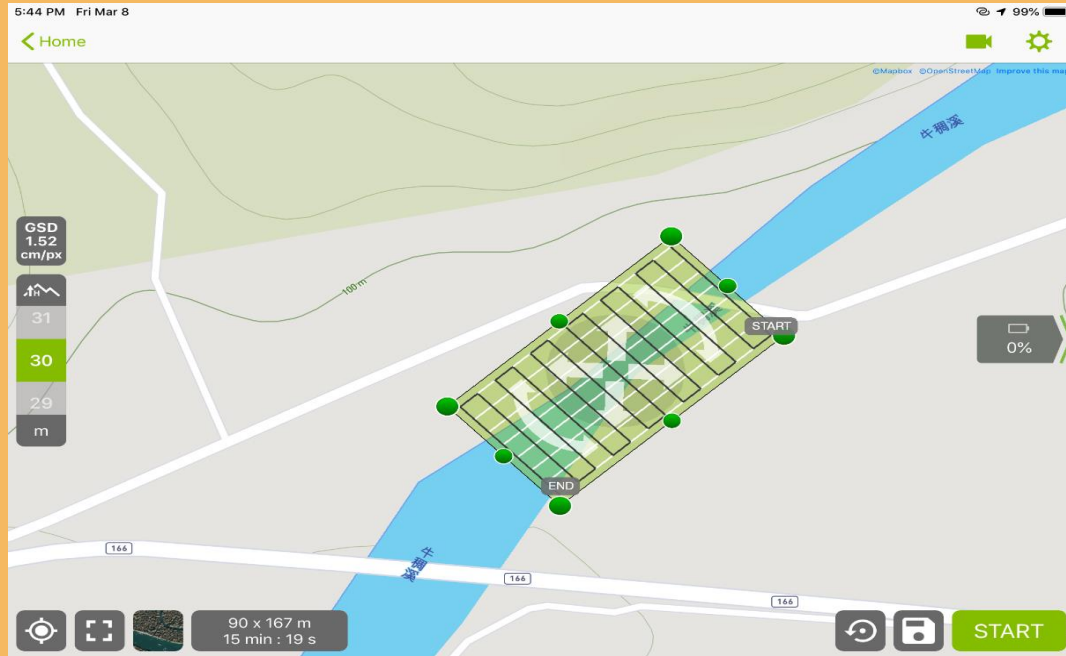
- 現場採樣傾斜式取景，主要利用無人機於上空20~30公尺進行構造物區域，可概觀構造物週遭的地形樣貌，如有坡地可利用概觀方式檢視，是否有崩塌地情勢產生，亦可檢視，水流範圍與取景的難易度
- 主要目的是透過實際正面檢視造物是否有呈現破壞樣態，如有可進行後續特寫拍攝，另外可檢視出構造物所涵蓋的部分

第二階段3D影像收集-2

- 一般無人飛行機於戶外拍取大範圍影像時，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



第二階段3D影像蒐集路徑規劃圖



「Pix4Dcapture」離線地圖



「Google Map」衛星空照圖

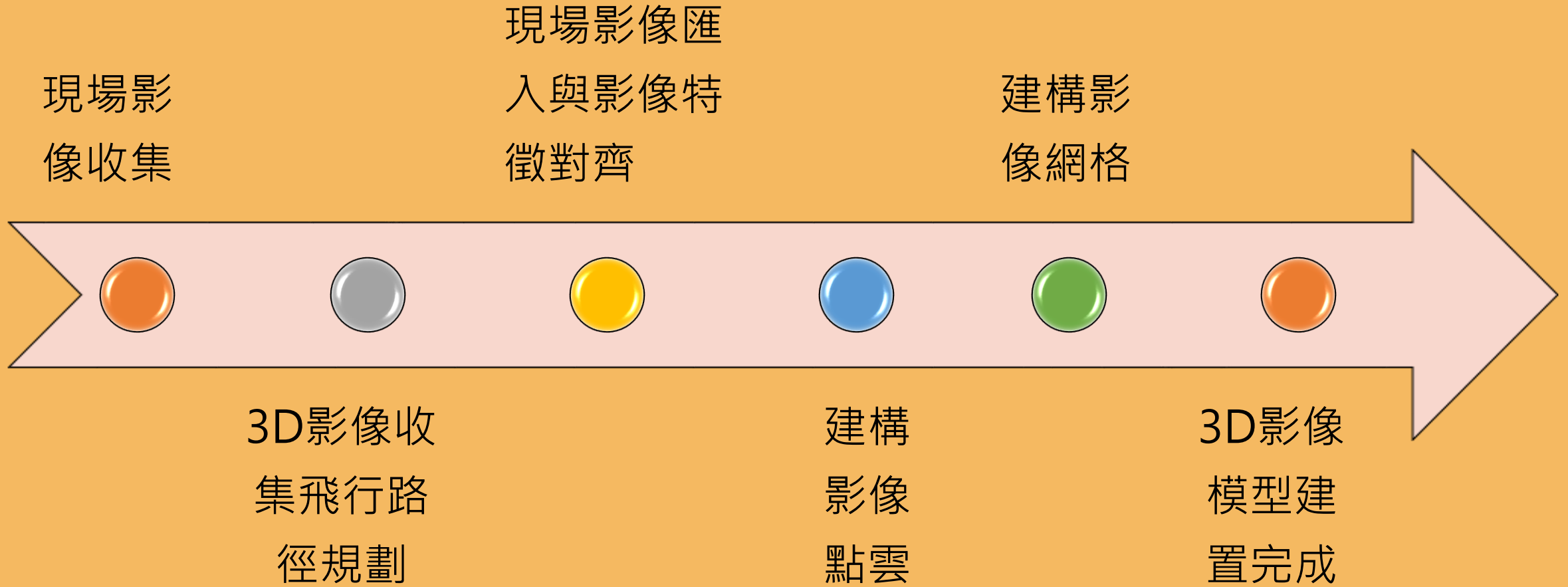
3D影像模型建置

3D影像模型建置-1

- 3D影像模型建置

- 多視點3D 影像模型技術，它能夠以任意影像進行操作，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，只要在至少兩張照片上可以看到要重建的物體，透過電腦對齊、拼接、轉置

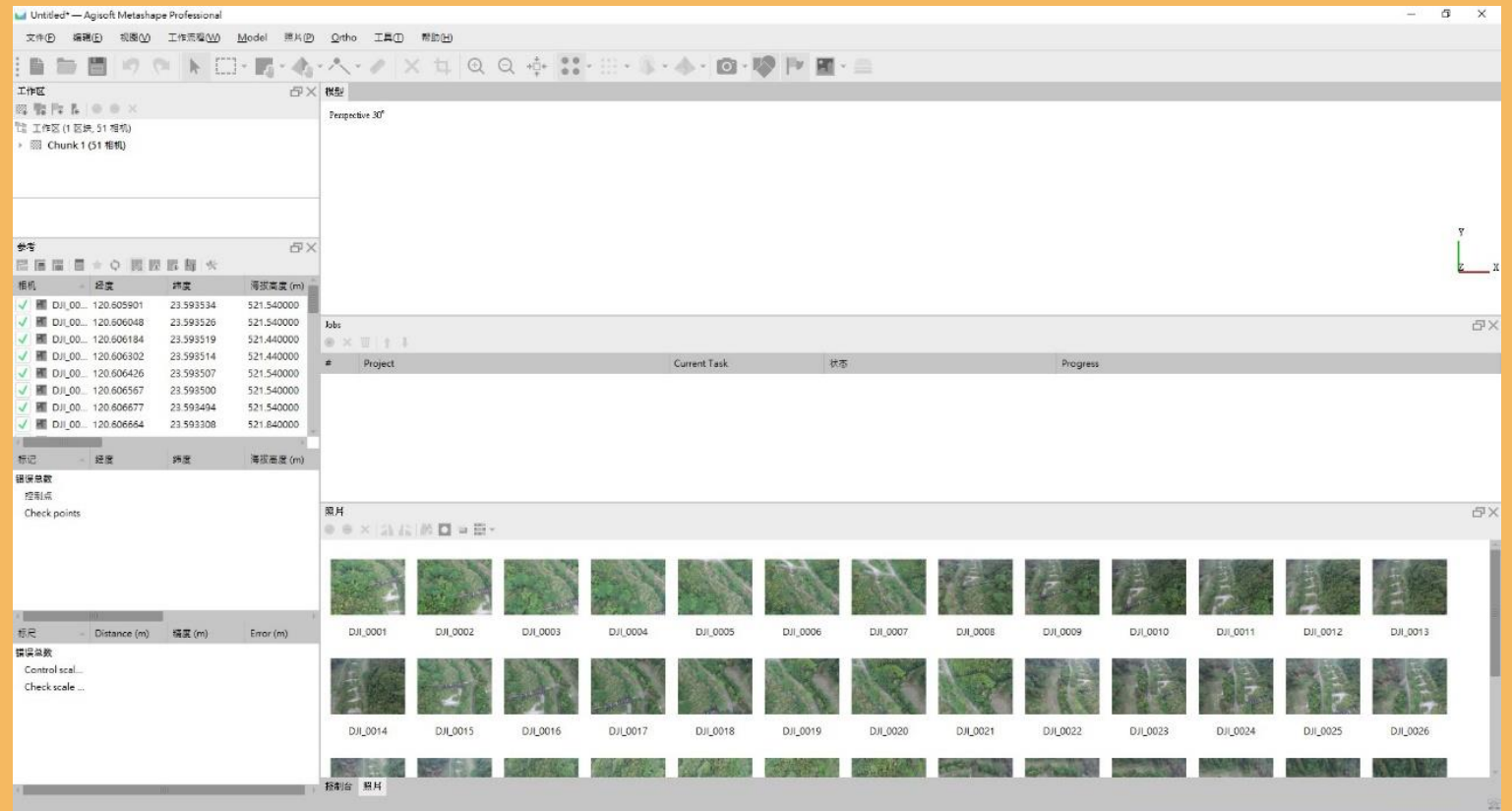
3D影像建置階段



模型建置-匯入相片

▶ 匯入影像

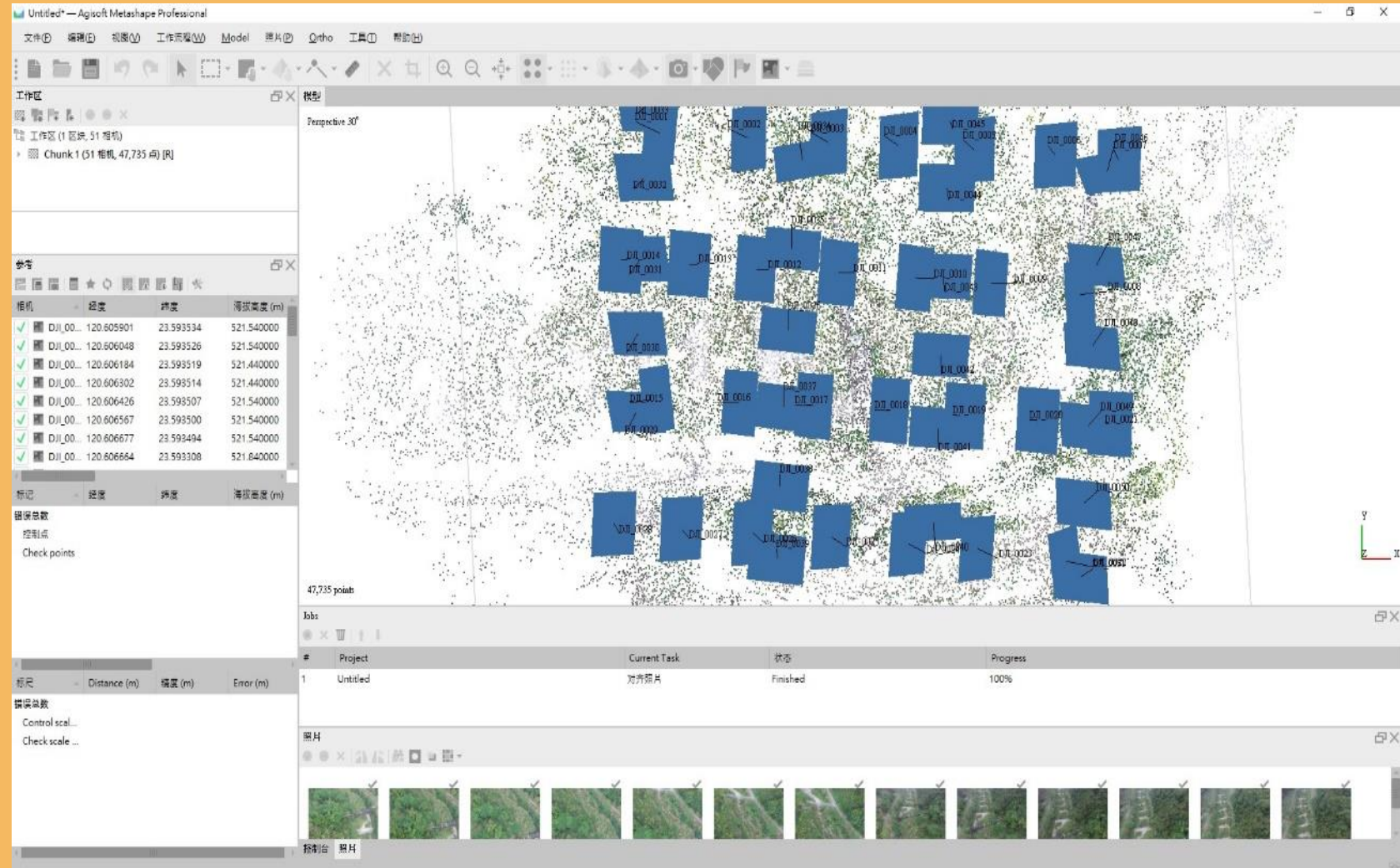
- 將無人飛行機從現場取得的案例範圍的大量影像蒐集回來後，整合成為一個資料夾，並匯入軟體中



模型建置-對齊相片

影像對齊 (Align Photos)

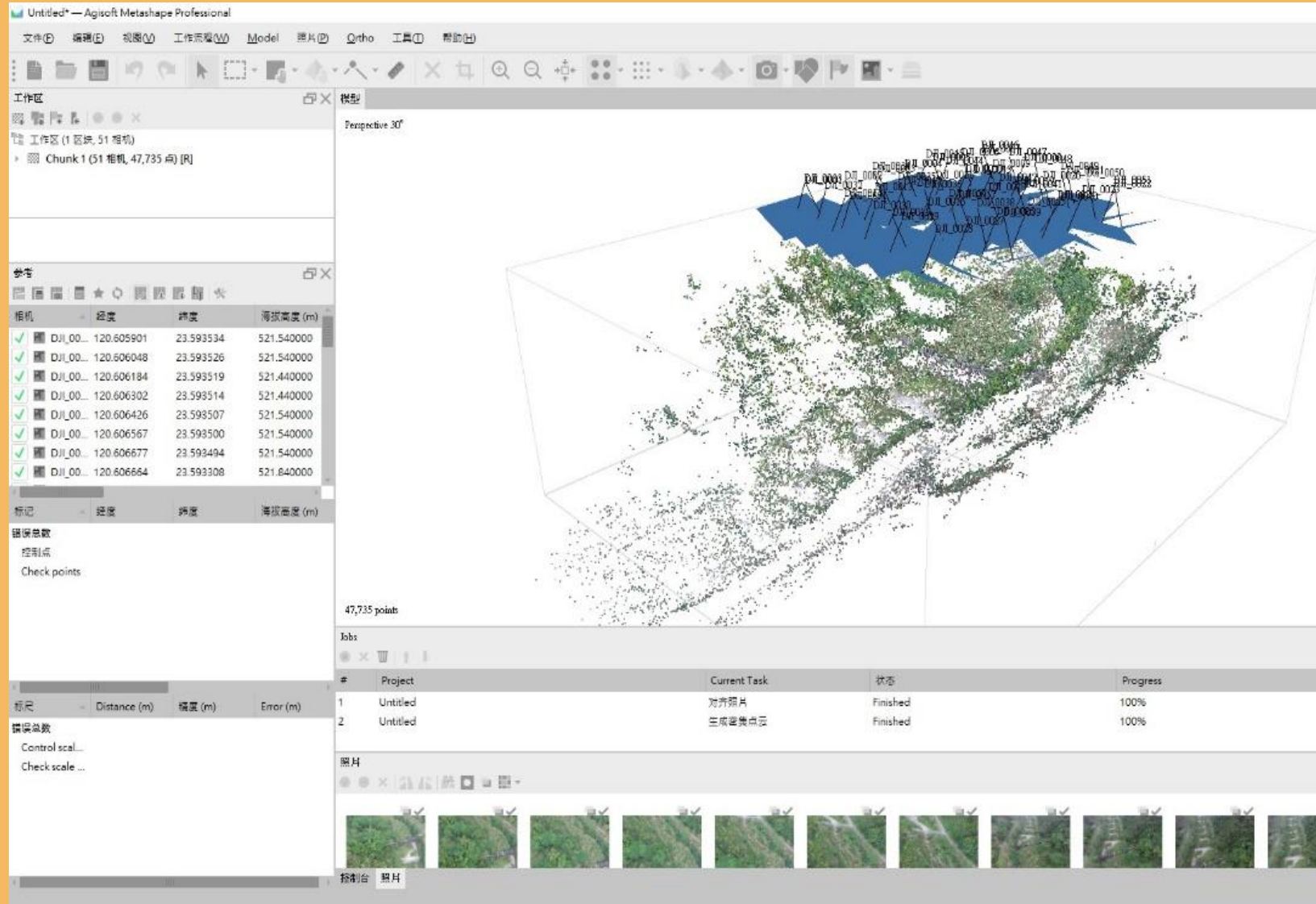
- 找到重疊圖像之間的匹配點，並計算相機每張照片的位置，進行構建稀疏點雲模型



模型建置-建立點雲模型

▶ 影像對齊(Align Photos)

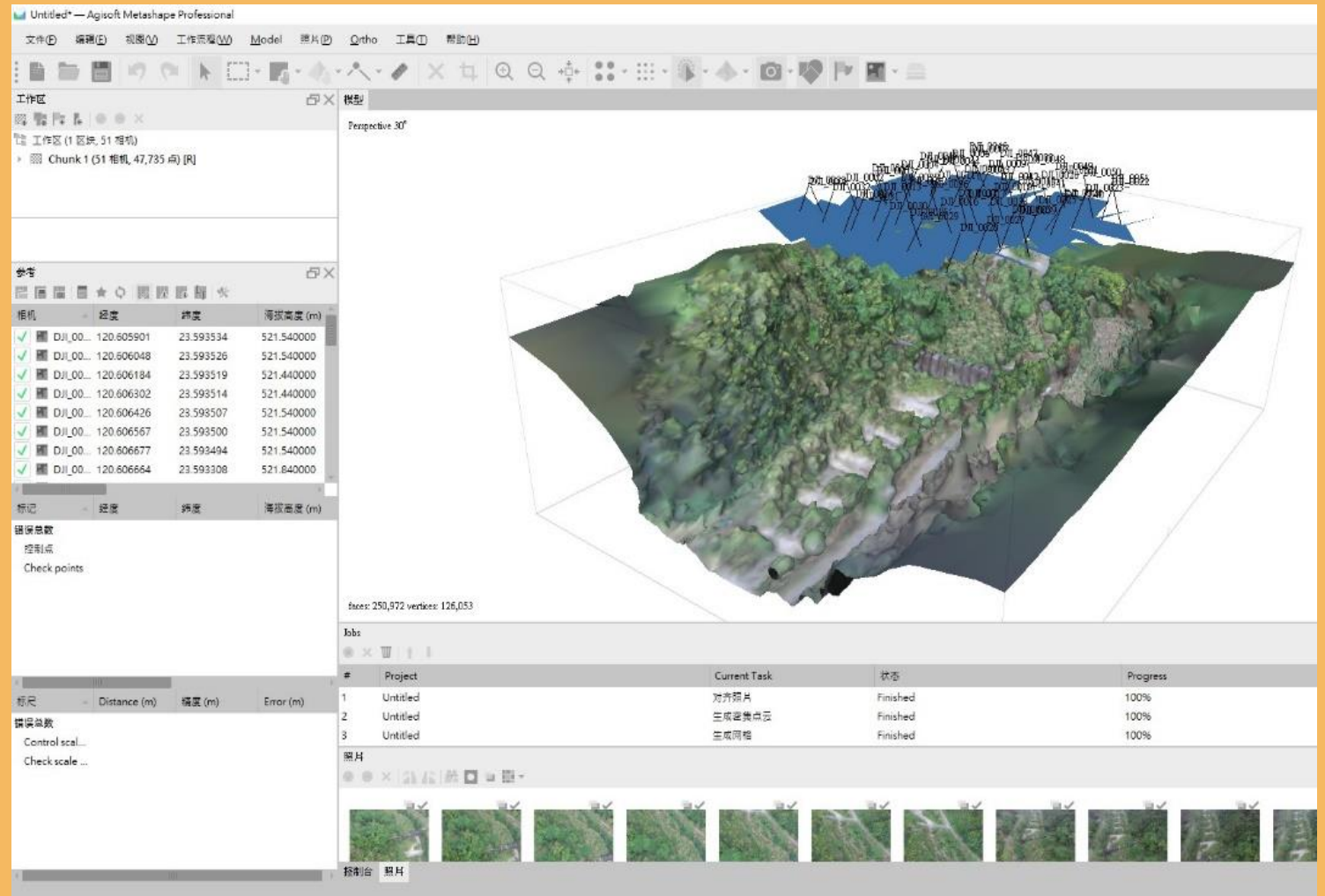
- 找到重疊圖像之間的匹配點，並計算相機每張照片的位置，進行構建稀疏點雲模型



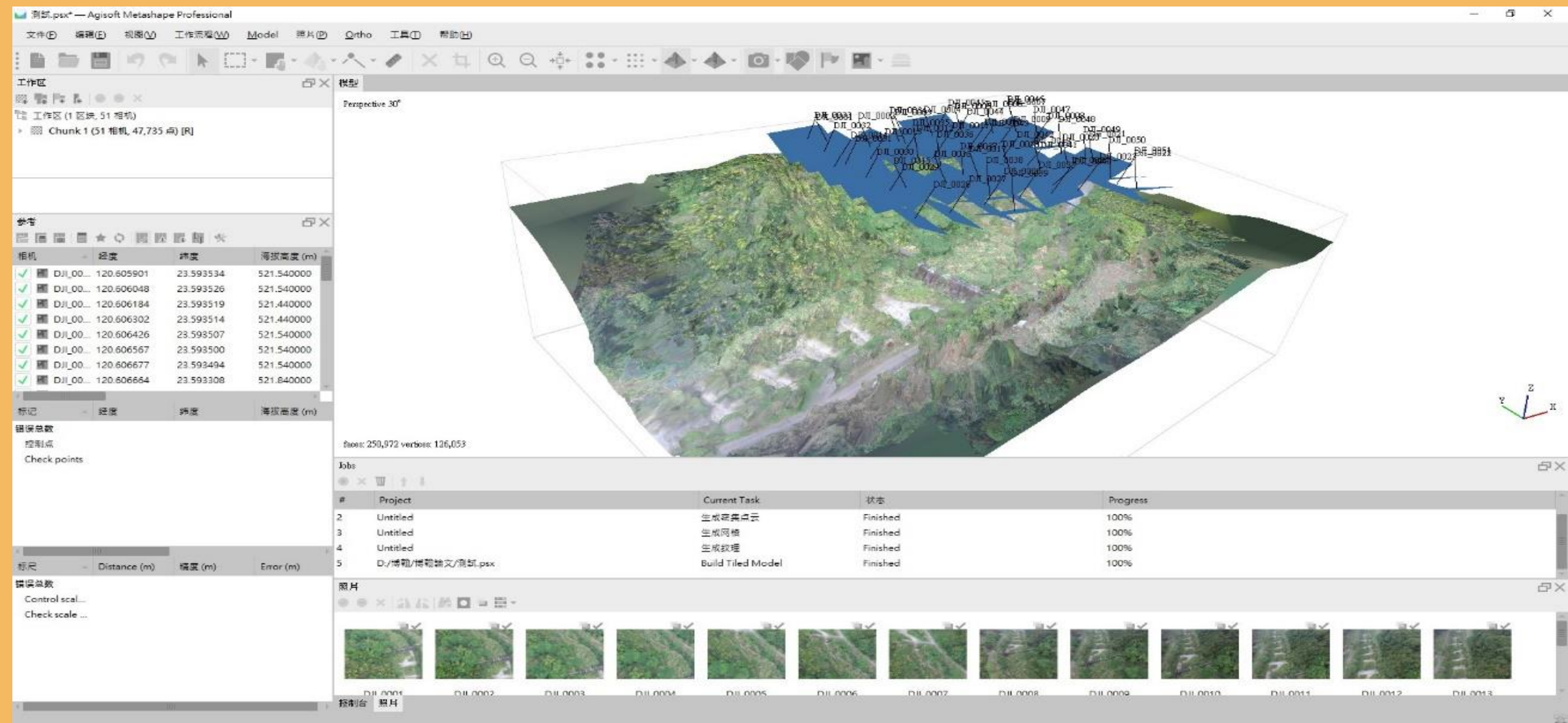
模型建置-生成網格

▶ 建構網格(Build Mesh)

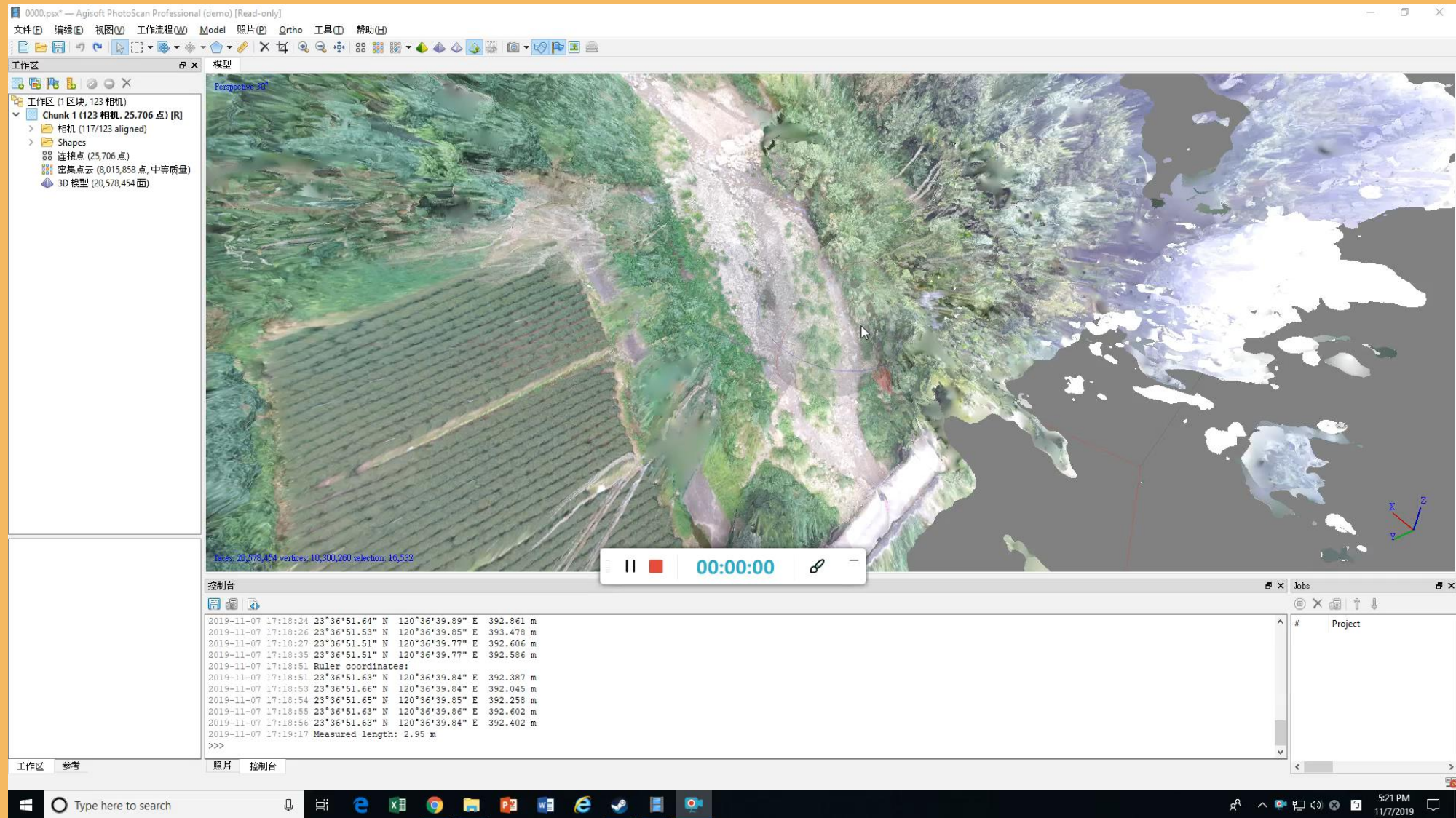
- 建置密集點雲圖之後，可以依照密集點雲的數據，生成多邊形網格模型



模型建置-建立平鋪模型

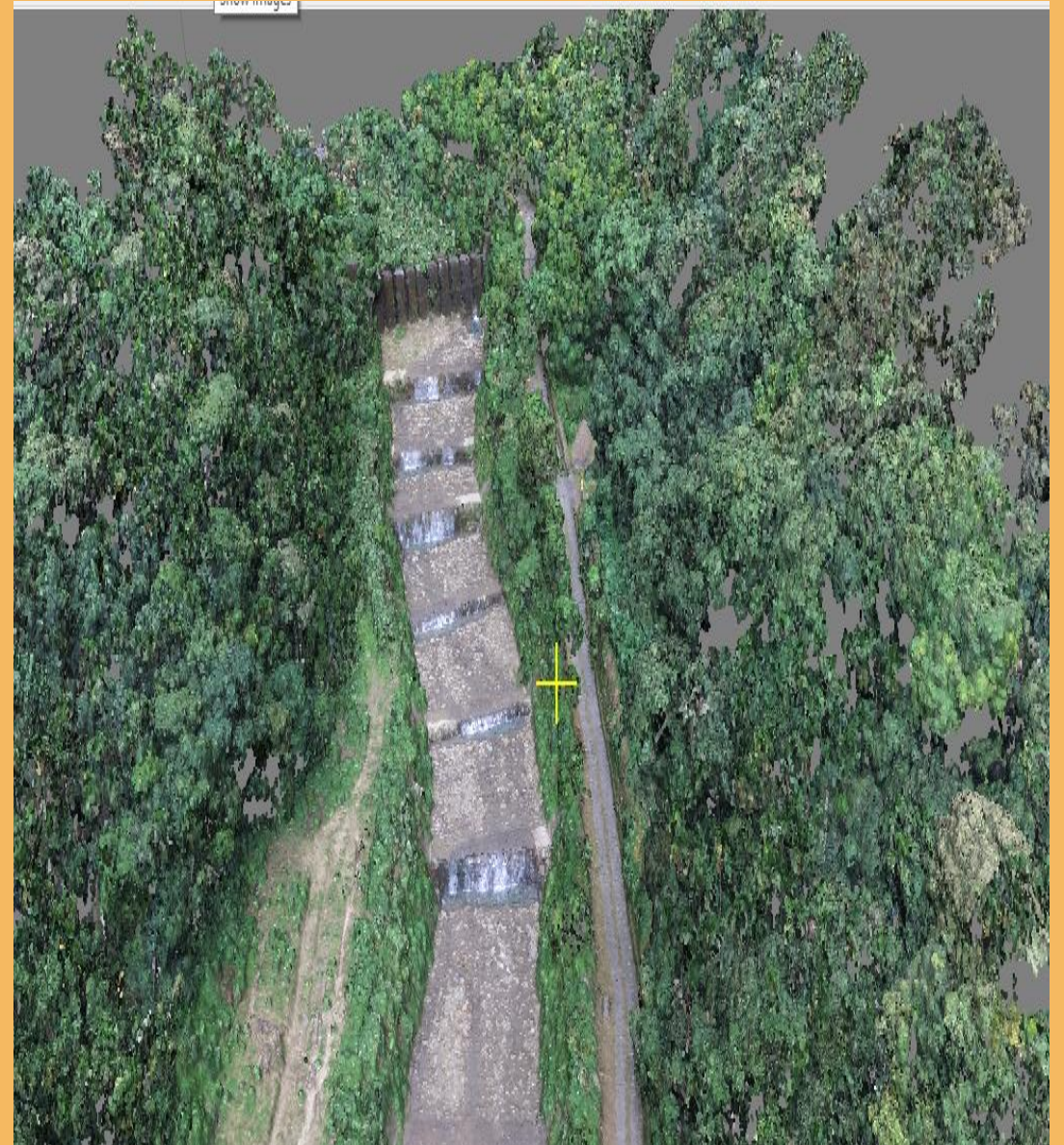


3D模型影像操作展示



3D影像模型呈現

- 模型可協助檢測人員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。
- 梳子壩為例，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



3D影像模型驗證

	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

$(120-20)(\text{cm})/120(\text{cm}) \times 100 = 0\%$
【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

環景與3D影像模型差異

以無人飛機(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	
適用範圍	局部範圍或高於河床面	廣域範圍或略平河床面	有無阻隔或障礙物
控制模式	手動控制拍攝	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	約5-10分鐘	約1小時-2小時	以中階畫質
檢視軟體	可由網頁檢視	依據特定軟體檢視	
附加應用功能	無	可量測尺寸	

環景影像與3D影像模型差異分析

- **環景影像**

- 可提供作為初勘現場的影像檢視
- 並可提供航拍收集3D影像模型時路徑規劃參考。
- 可用瀏覽器檢視。

- **3D影像模型**

- 建置出現場的環境，可量測設施大型劣化尺寸或淤砂範圍。
- 可延伸於後續整建的規劃參考。

影像差異辨識架構

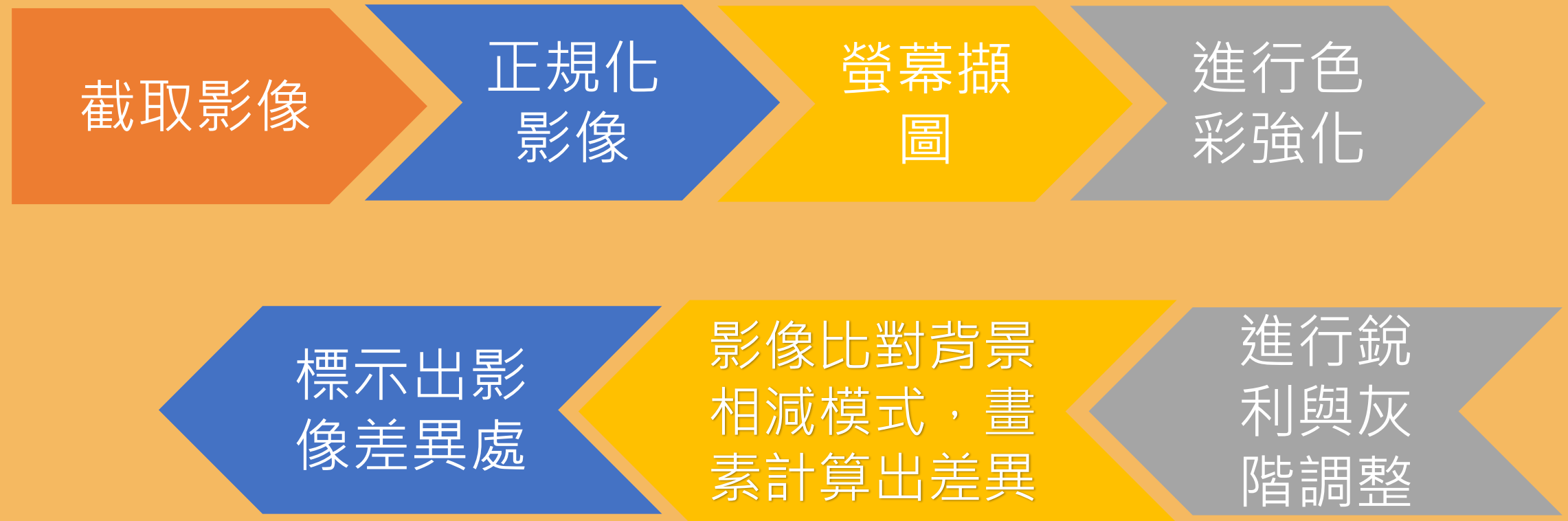
影像差異辨識之差異哈希(dHash)

- 本計畫是以影像差異辨識技術之差異哈希(dHash)為基礎。
- 此技術乃利用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，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。
- 本計畫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。

比對步驟：

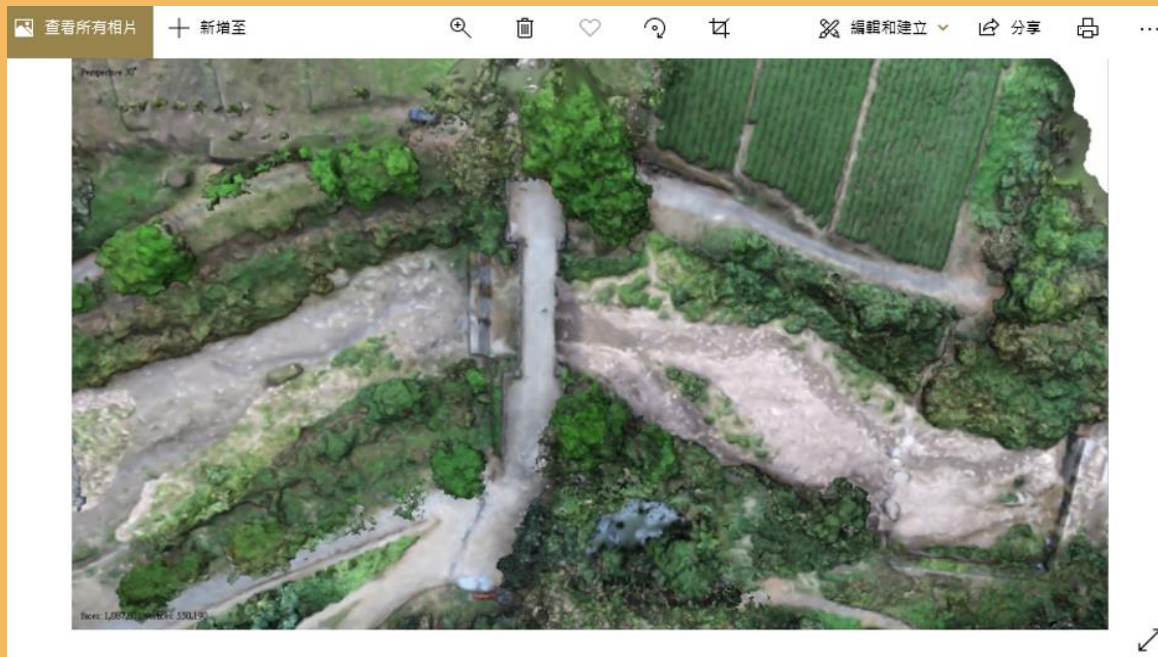
1. 先將圖片壓縮成 $9*8$ 的小圖，有72個像素點。
2. 將圖片轉化為灰度圖。
3. 計算差異值：dHash算法工作在相鄰像素之間，這樣每行9個像素之間產生了8個不同的差異，一共8行，則產生了64個差異值，或者是32位01字符串。
4. 獲得指紋：如果左邊的像素比右邊的更亮，則記錄為1，否則為0。
5. 通過hash值來計算漢明距離。

影像差異計算程序

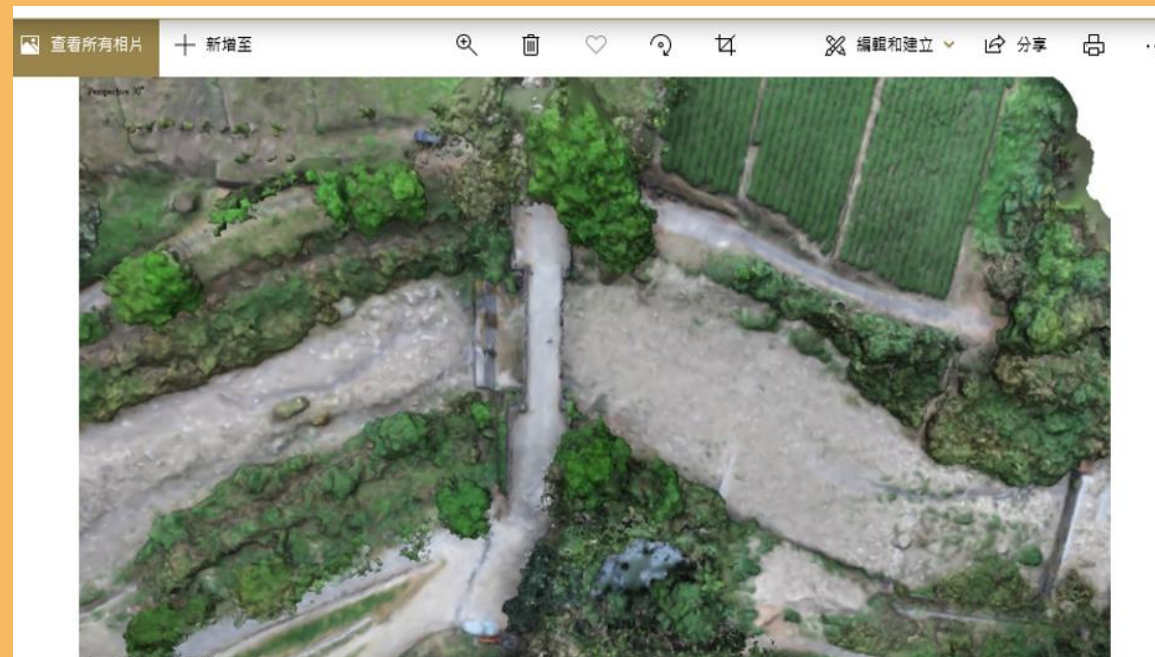


不同時期進行影像擷取

▷ 前期影像



▷ 後期影像



光學處理

▷ 擷取出原圖

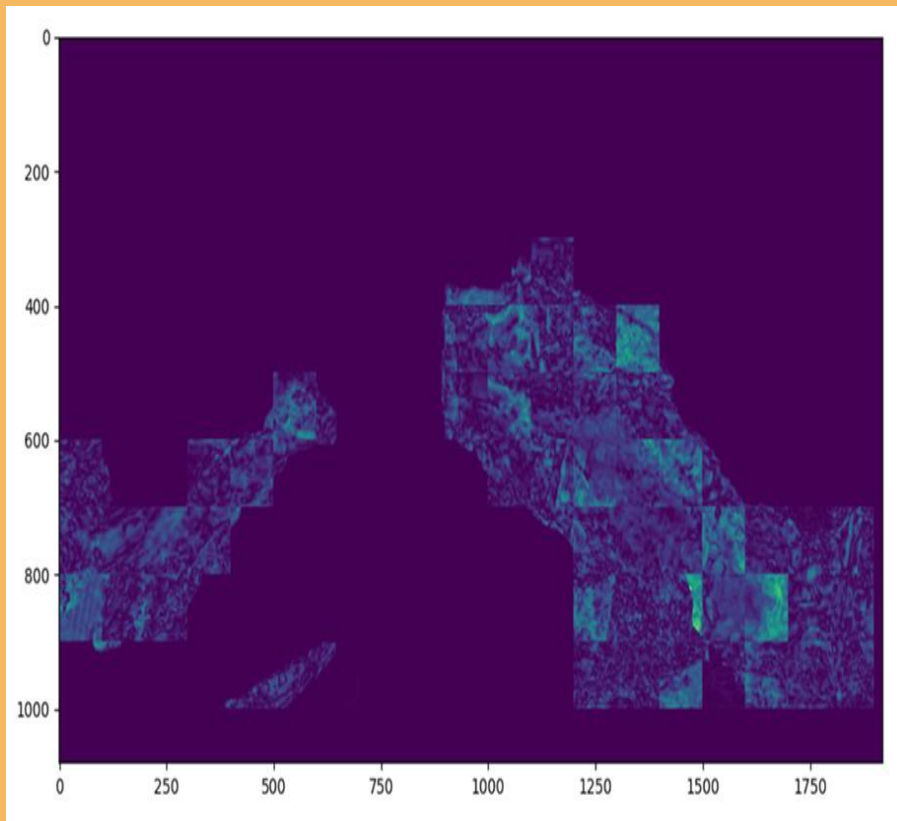


▷ 濾鏡強化植物影像 ▷ 灰階化以凸顯影像

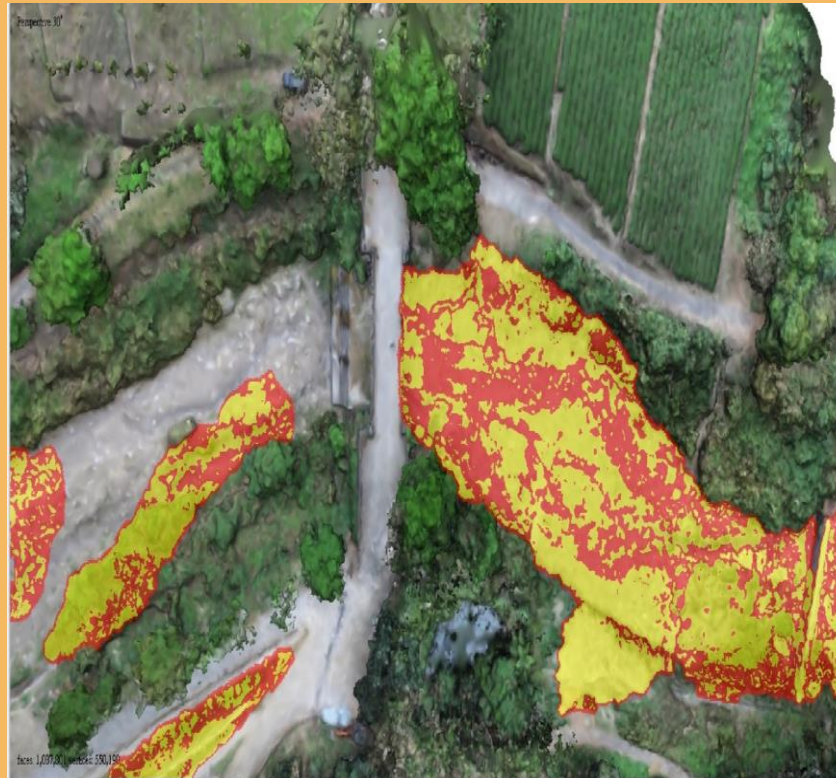


比對結果

- ▷ 用畫素計算比對影像差異位置



- ▷ 標示出前後期差異範圍

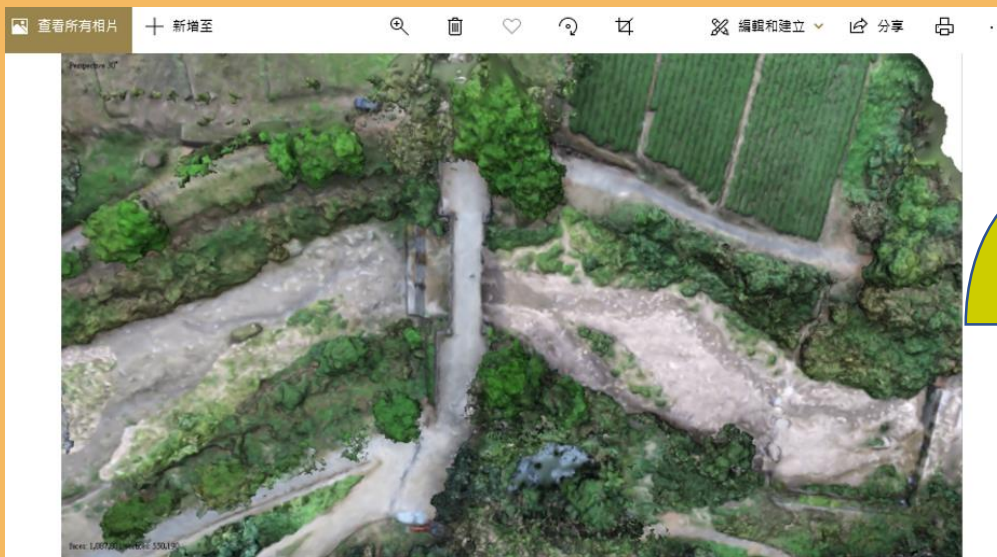


- ▷ 差異計算結果

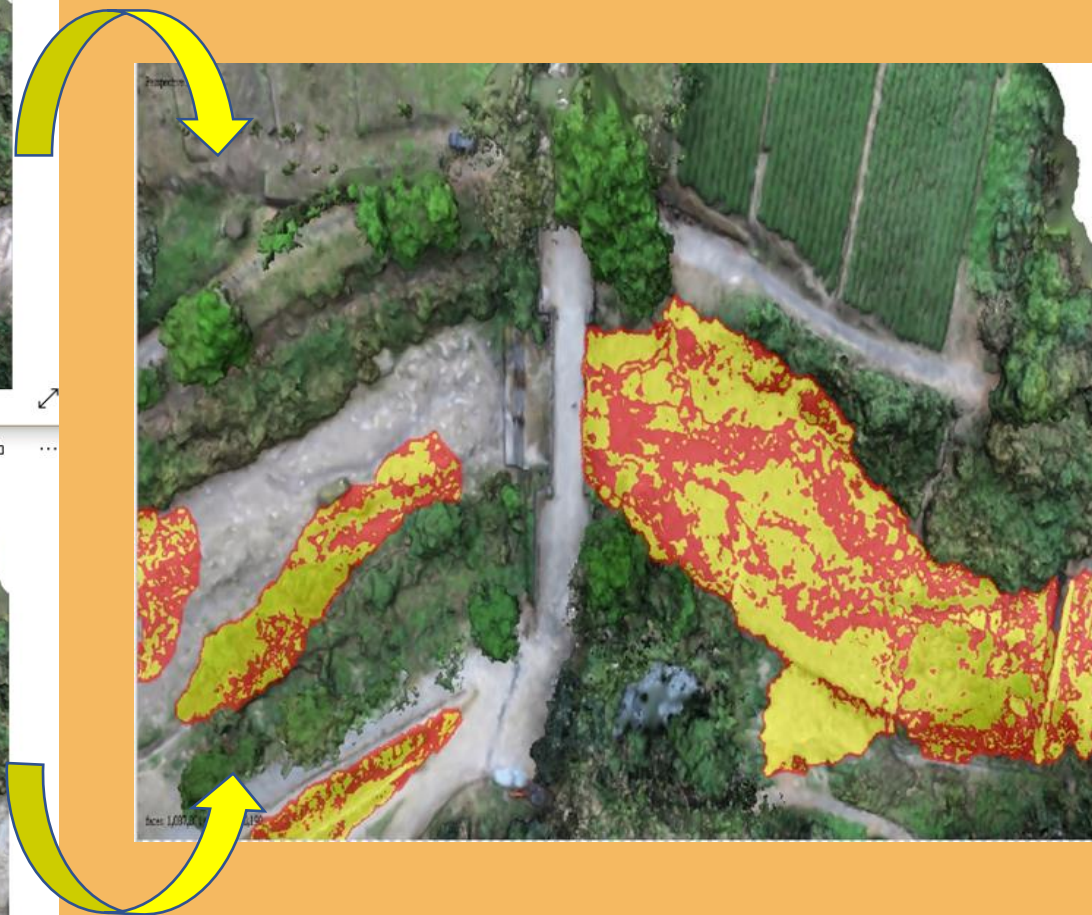
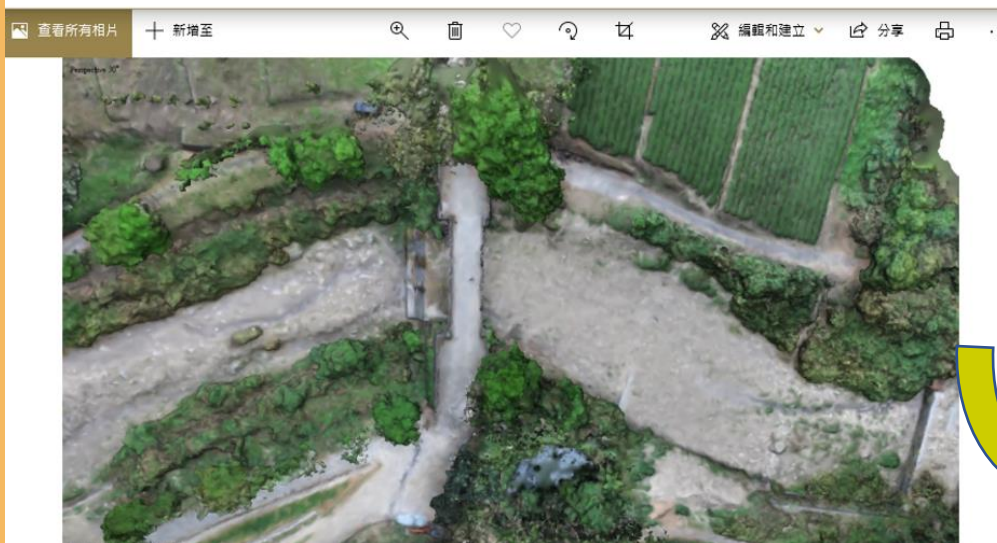
統計資料	
平均誤差 (*)	27.39256
最小誤差	0
最大誤差 (*)	203

影像比對後結果

▷ 前期



▷ 後期



前後期影像比對結果應用



周邊環境差異

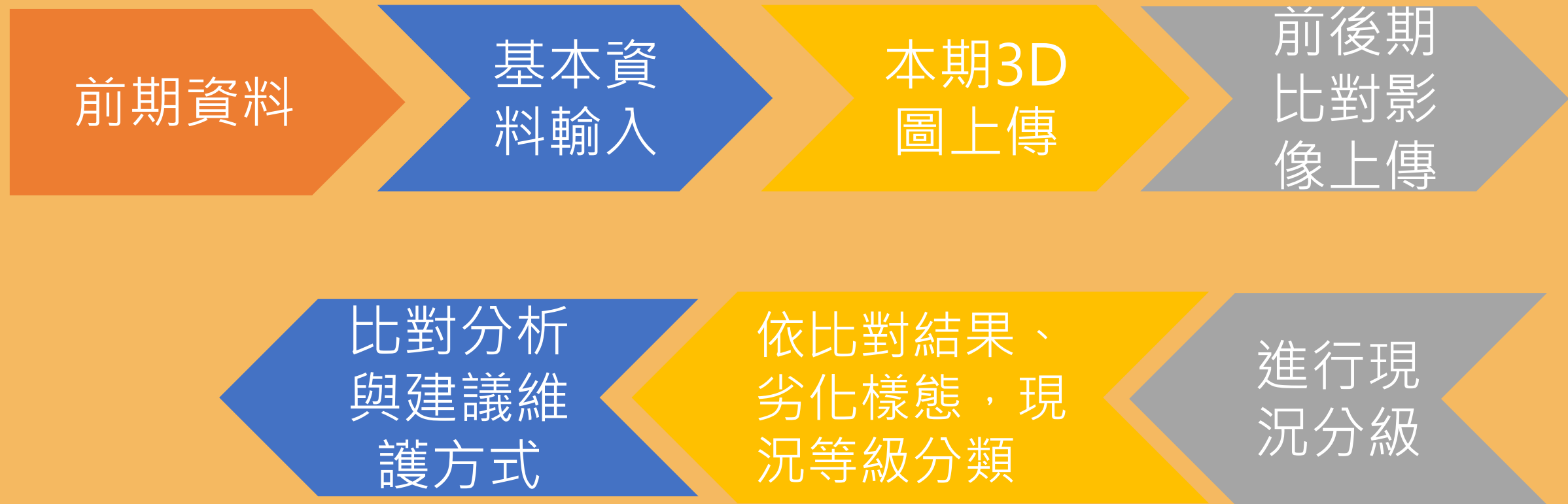
- 不同時期影像變化環境差異探討。

結構本體差異

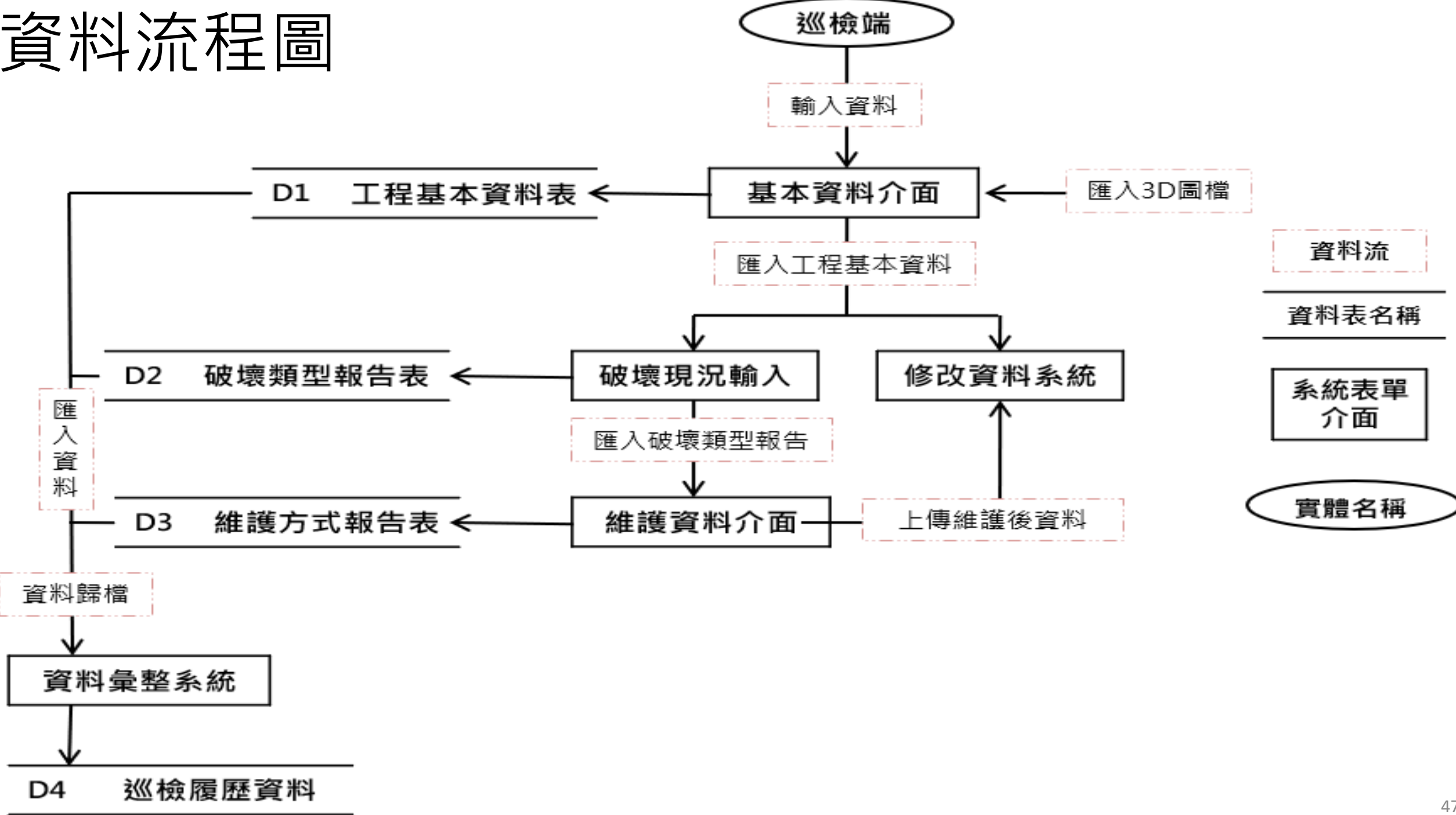
- 水保結構本體劣化以3D影像模型進行量測尺寸。

歷程資料建置

歷程資料建置程序



資料流程圖



資料庫架構資訊頁面

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	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

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	過去資料	序號:	
[彰化縣] 新增		日期: 年 / 月 / 日	2D圖
[花蓮縣] 新增		時間: --:--:--	
[花蓮縣] 新增		地點:	差異圖
[台東縣] 新增		檢核:	
[台東縣] 新增		評估: 1分 [危險]	
[連江縣] 新增		劣化類別: 1分 [極生覆蓋]	
[屏東縣] 新增		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CI值:	
		新增基本資料 重置填寫欄位	

系統評估內容

注意

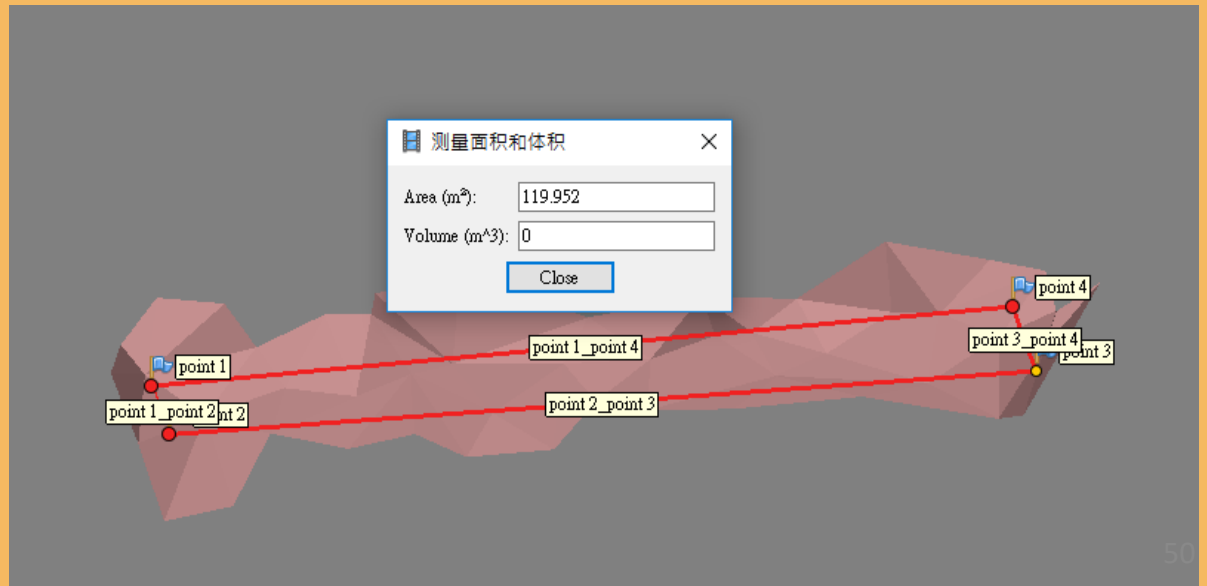
1.建議編列預算填裝護面。
2.建議編列預算維護植被。
3.建議巡檢上游壩體。

現況分級(IC-Level) ,
第一區間為0%~29%為 **等級A** ,
第二區間為30%~59%為 **等級B** ,
第三區間為60%~100%為 **等級C** ,
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

3D影像模型應用

3D影像模型測量應用

使用軟體其中有附加
「Ruler」尺標功能，可
對 3D影像模型進行尺
寸量測的功能，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



固床工劣化 範圍量測



量測範圍

基本資訊

固床工1

尺寸 27.4M

3D照

檢測資訊 1

檢測日期: 2019-08-16

V5-1

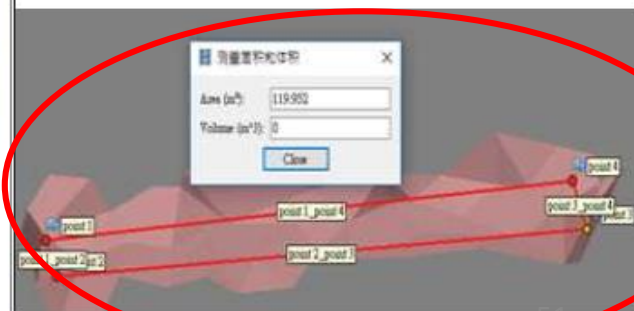
CI-Level (A)

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)

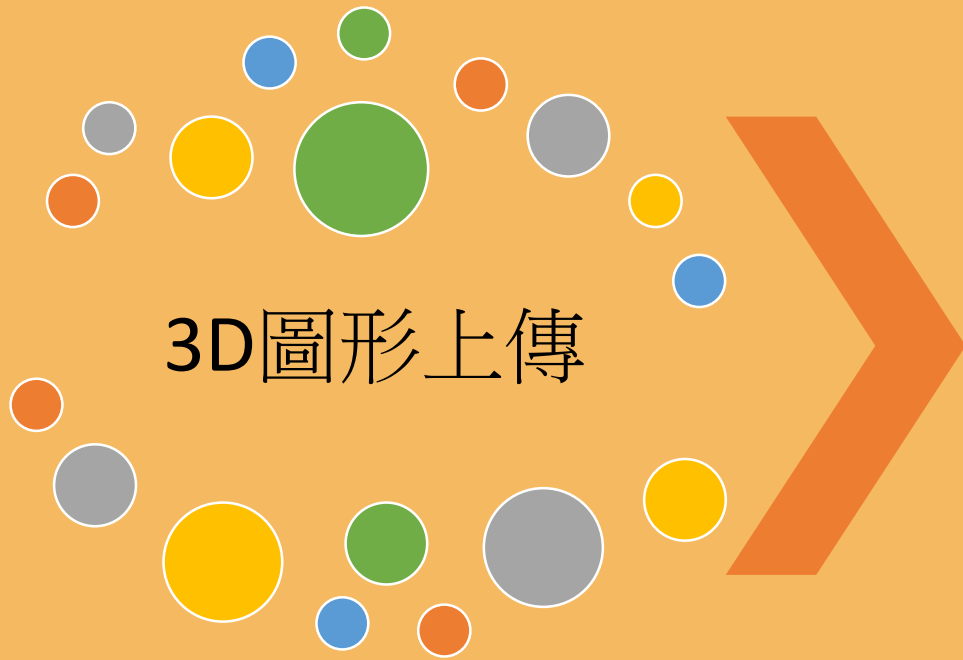
0.193 - A

劣化範圍: 約119 平方公尺

維護方式: 基礎有部分掏空但尚未影響功能，如有範圍再擴大建議進行填補，以例行巡檢加檢查。



AR建構階段

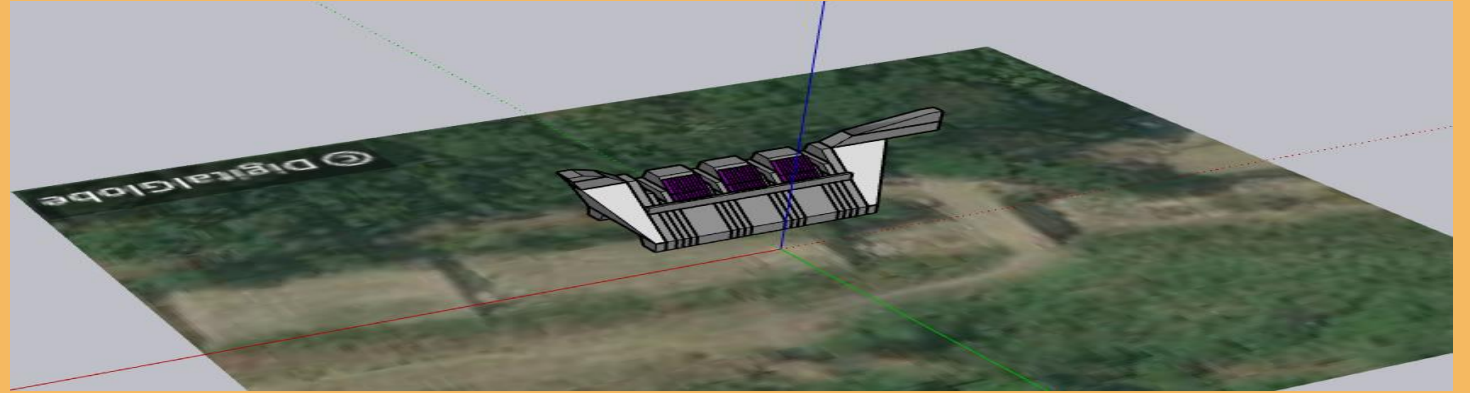


透過網路並進入
AR定位與google
map 定位

以擴增實
境(AR)顯示
3D 結構資
訊

3D模型擴增實境應用-google earth

- Sketchup 所建置之 3D 模型置放至於 google earth 之設施構造物所在位置



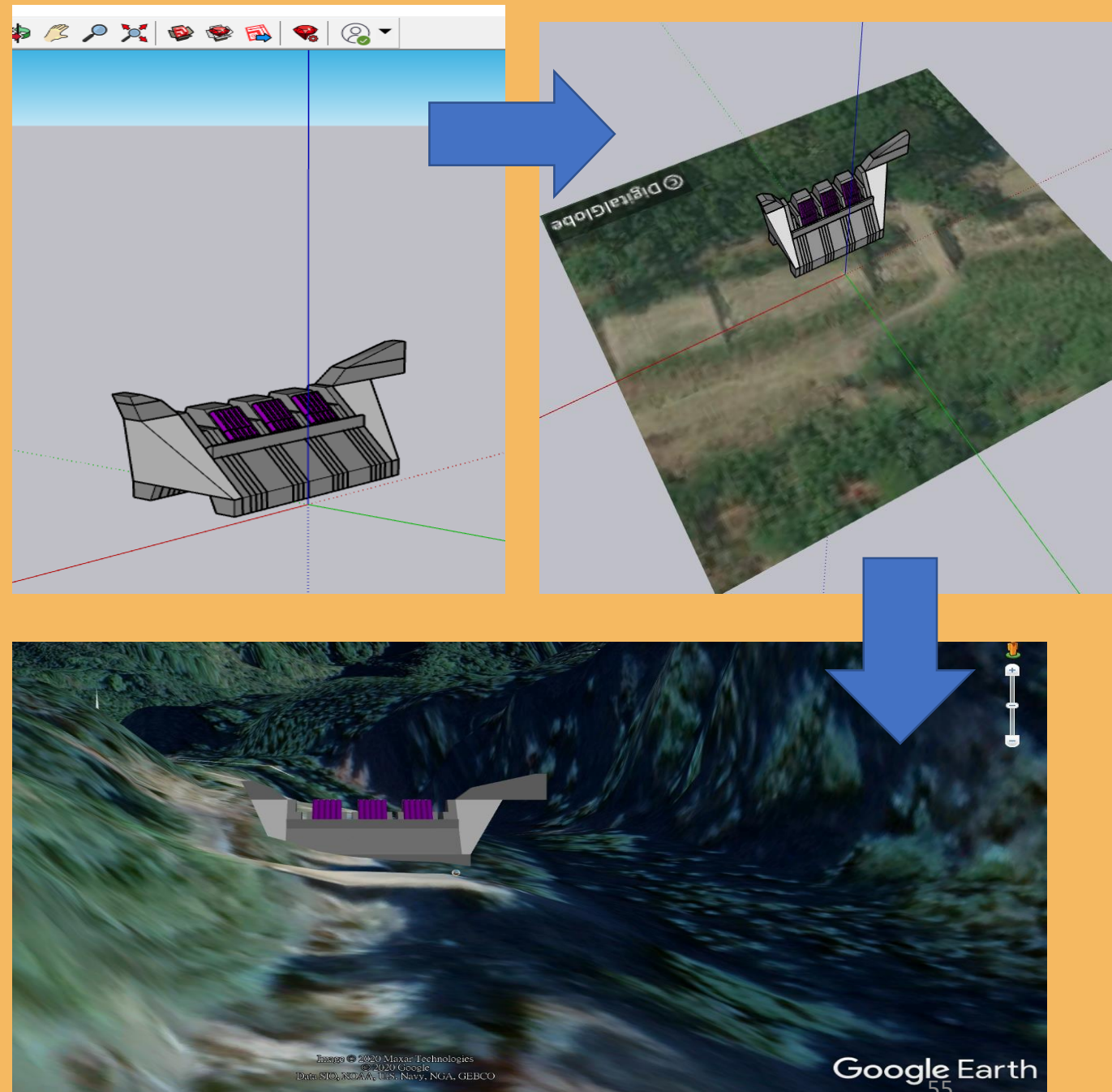
3D模型擴增實境應用-GAMMA AR

- 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，有效提升水土保持設施管理效率



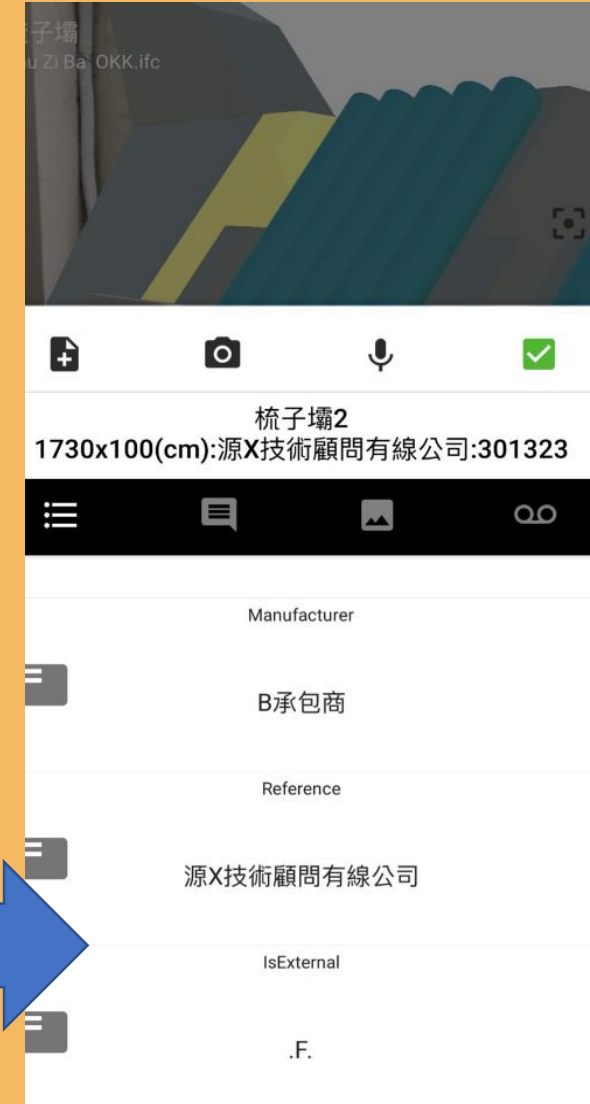
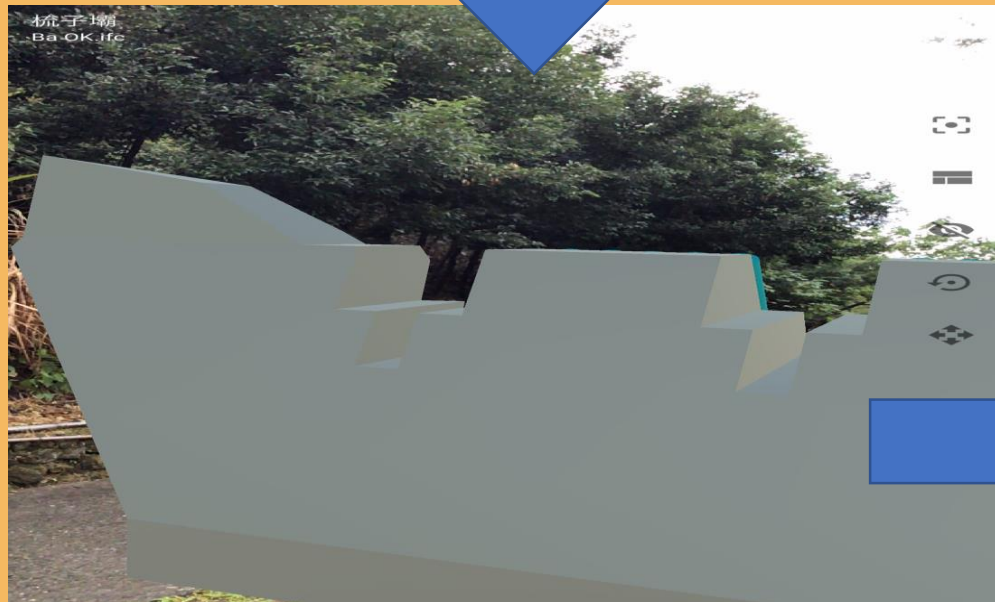
AR應用模式二

- 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



AR應用模式一

- 以 GAMMA-AR 模式實測應用，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



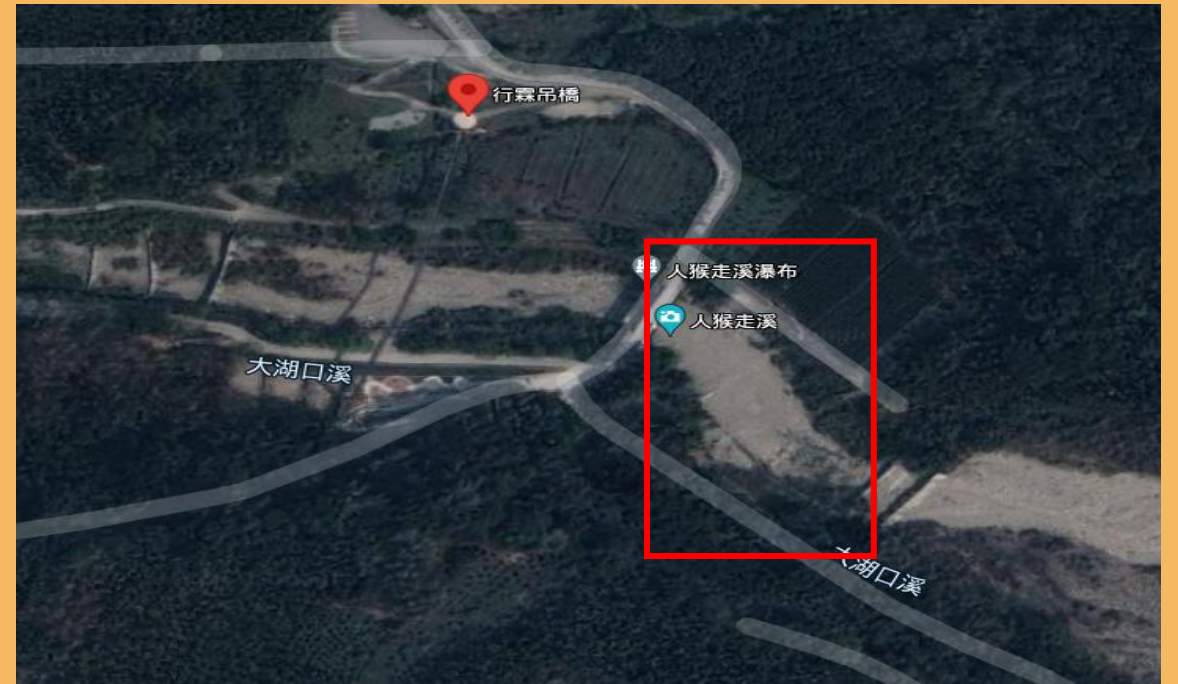
案例探討

案例介紹

雲林縣古坑鄉華山
土石流教學園區
案例A-梳子壩



雲林縣古坑鄉桂林村
行霖吊橋
案例B-固床工



案例一模型比對圖

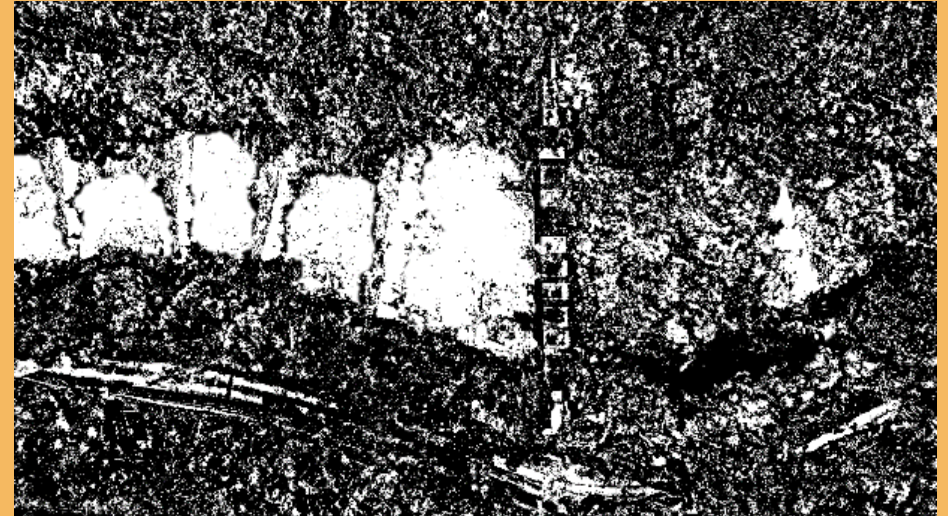


前期
108年9月12號

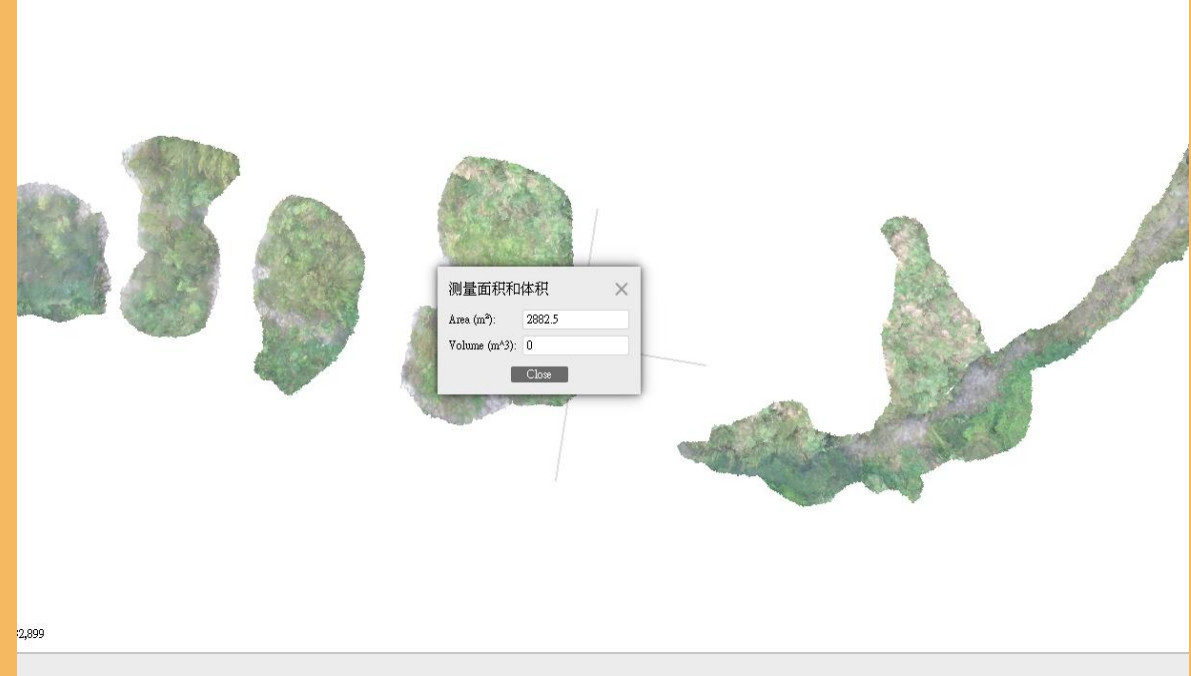


後期
110年3月5號

案例一模型比對圖



案例一模型結果分析



2882.5m²

案例A

所在縣市	雲林縣古坑鄉
檢測日期	2019-08-16
個案編號	A
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	<u>梳子壩-1</u> <u>固床工-1</u> <u>固床工-2</u> <u>固床工-3</u> <u>固床工-4</u> <u>固床工-5</u> <u>固床工-6</u> <u>環景照</u>



3D全區俯視圖



環景圖

個案A歷程資料

個案歷程資料維護尚未選擇個案

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	
[南投分局] [台北分局] [台中分局] [台南分局] [花蓮分局] [台東分局]	新增 新增 新增 新增 新增 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] 劣化類別: [植生覆蓋] 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。

• 現況分級(IC-Level) ,

• 第一區間為0%~29%為等級A ,

• 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

CAD-3D圖

現況-3D圖

前後期差異圖

案例A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。

案例二模型比對圖



前期
108年9月12號

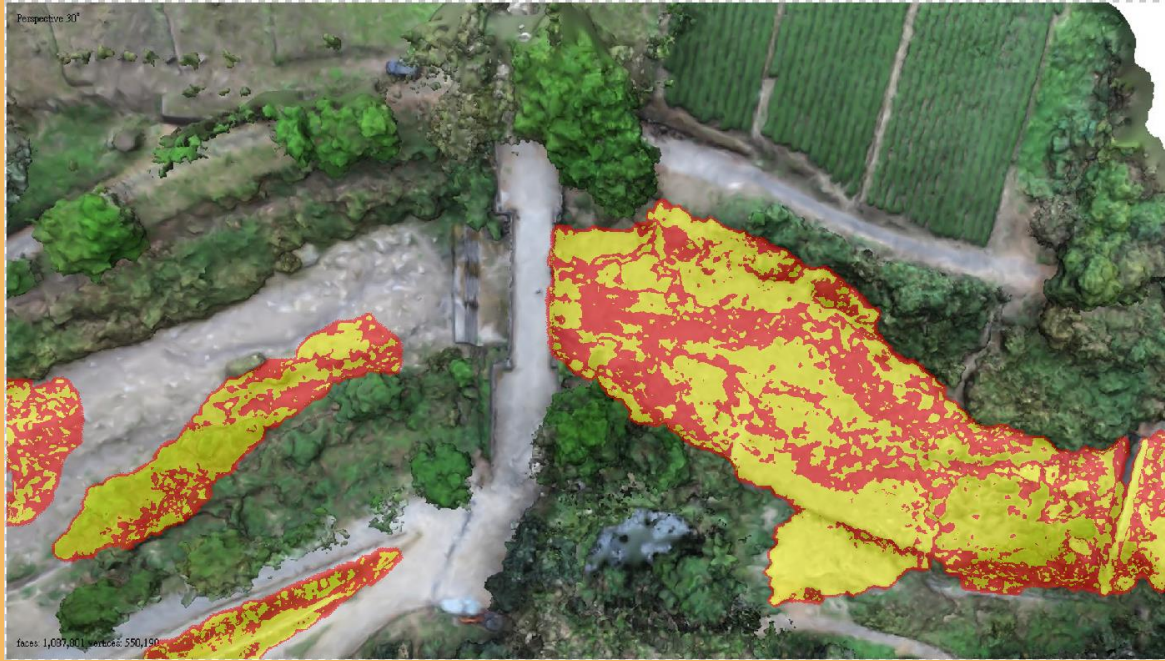


後期
110年3月12號

案例一模型比對圖



案例一模型結果分析



3847.0m²

案例B

所在縣市	雲林縣古坑鄉	
檢測日期	2019-07-20	
個案編號	A	
全區概況	B 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>	

個案B歷程資料

個案歷程資料維護尚未選擇個案

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	
[南投分局]	新增	南投分局W001	序號:	TN-SW002
[台北分局]	新增	南投分局-SW002	日期:	2021-09-15
[台中分局]	新增	南投分局-SW003	地點:	雲林縣古坑鄉
[台南分局]	新增	南投分局-SW005	檢測單位:	國立雲林科技大學
[花蓮分局]	新增	南投分局-SW006	結構種類:	[固床工] ▼
[台東分局]	新增		劣化類別:	[土沙淤積] ▼
			CAD-3D圖:	瀏覽...
			現況-3D圖:	瀏覽...
			差異圖:	瀏覽...
			差異值:	32%
			現況CI值:	B
			新增基本資料 重置填寫欄位	

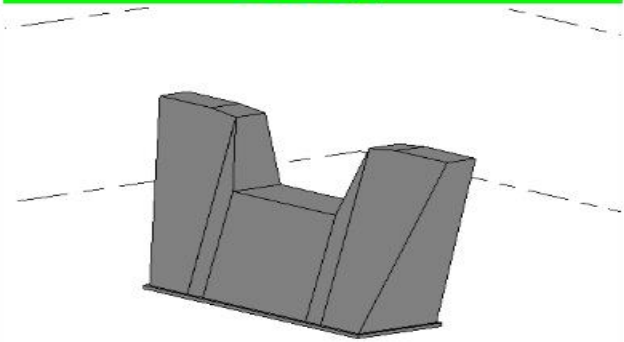
系統評估內容

等級B

* 建議例行巡檢加上淤積清除。

現況分級(IC-Level) ,
第一區間為0%~29%為等級A ,
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

CAD-3D圖



現況-3D圖



前後期差異圖



案例B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道型態，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。

檢測方法比較

	影像辨識協助檢測	目視檢測法
耗費人力	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	無人機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
軟體比對時間	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

計畫成果-1

- 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。

計畫成果-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，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。

計畫成果-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。

計畫成果-4

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。

本計畫之可行性與限制性

本計畫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周期下檢測結果，也可做為不同週期後的變化比對，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巡檢間隔以防汛期前、後進行蒐集所呈現差異程度較不顯著，以1-2年為巡檢週期所呈現兩時間有明顯的差異變化。

本計畫後續研究

本計畫讓整體巡檢過程以量化及視覺化方式呈現不同周期下檢測結果若後續待劣化及各種樣態影像資料量充分時，再納入機器學習使其能夠自動辨識環境中的變化狀態，所呈現的歷程紀錄將更為完善。

報告完畢