

南華大學科技學院永續綠色科技碩士學位學程

碩士論文

Master Program of Green Technology for Sustainability

College of Science and Technology

Nanhua University

Master Thesis

崩塌地三維動態模型建立

Three Dimensional Model of Landslide Movement



賴活蓉

Tien-Jung Lai

指導教授：洪耀明 博士

Advisor: Yao-Ming Hong, Ph.D.

中華民國 108 年 7 月

July 2019

南華大學

永續綠色科技碩士學位學程

碩士學位論文

論文中文題目：崩塌地三維動態模型建立

論文英文題目：Three Dimensional Model of Landslide
Movement

研究生：賴淞峇

經考試合格特此證明

口試委員：

洪耀明

林文賜

楊曼莉

指導教授：洪耀明

系主任(所長)：洪耀明

口試日期：中華民國 108 年 7 月 16 日

中文摘要

氣候變遷引發極端降雨導致崩塌，傳統崩塌影像觀測方式為採用攝影機觀測，無法得知隨時間而變之量體。本研究發展一套低成本小面積崩塌地即時影像擷取系統，首先以樹梅派 Raspberry PI 微型處理器，套用多重鏡頭控制模組，進行同步影像拍攝，架設於室內模擬之崩塌地，進行崩塌拍攝試驗，再合成三維立體影像及隨時間而變之動態變化，經動態崩塌試驗結果，與實際量測誤差為 3%，顯示此技術可行，同時可計算每張立體照片之土方移動，未來應可進一步應用於實際現地監測，估算土石移動量體之用。

關鍵詞：崩塌地、三維立體影像、土石移動

ABSTRACT

Climate change induces extreme rainfall and landslide. Traditional landslide observation method is to use camera. However, the quantity change cannot be measured. This study developed a real-time image capture system (RTICS), which can be used to measure a small-area landslide by low cost. Firstly, the Repberry PI micro-processor was used to apply the multi-lens control module, so as to perform synchronous image capture. RTICS was set up in the landslide of the indoor simulation. Three-dimensional image, which changed with time, was developed. Actual measurement error is 3% to show the feasible of RTICS. In addition, the earthwork movement of each stereo photo can be calculated. RTICS can be further applied to actual on-site monitoring to estimate the use of earth and rock movements.

Keywords: Landslide, Three-Dimensional Image, Earth Movement

目錄

中文摘要	I
ABSTRACT	II
目錄	III
圖目錄	V
表目錄	VII
第一章 前言	1
1.1 研究動機	1
1.2 研究目的	2
1.3 本文組織	3
第二章 文獻回顧	5
2.1 土石流監測技術之發展	5
2.1.1 國內土石流監測系統發展	5
2.1.2 CCD 與 CMOS 之比較	8
2.2 三維動態影像合成	9
第三章 研究方法	11
3.1 建立樹莓派即時相機擷取系統	11
3.1.1 拍照設備	11

3.1.2 Autodesk ReCap photo 軟體	14
3.2 影像合成理論及應用方法	15
3.3 實驗室崩塌地試驗	20
3.3.1 砂箱試驗配置	20
3.3.2 影像拍攝	22
3.4 影像處理及 3D 模型製作	23
第四章結果與討論	29
4.1 樹莓派多鏡頭相機技術說明	29
4.2 鏡頭與影像合成精度分析	30
4.2.1 合成影像之精度	30
4.2.2 沖蝕土坡在快速攝像下合成之立體影像表現	32
第五章 結論與建議	39
5.1 結論	39
5.2 建議	39
參考文獻	40

圖目錄

圖 1-1 研究架構圖	4
圖 2-1 固定式土石流觀測系統	6
圖 2-2 行動式土石流觀測系統簡介	7
圖 2-3 CCD 與 CMOS 比較圖	9
圖 2-4 利用空拍建置地形 3D 圖形	10
圖 3-1 人體視覺系統圖	17
圖 3-2 保溫瓶立體成像所需照片	19
圖 3-3 合成之立體模型	19
圖 3-4 砂箱示意圖	20
圖 3-5 砂質邊坡	21
圖 3-6 相機支架完成影像	22
圖 3-7 相機支架完成影像	22
圖 3-8 沙箱立體圖與相機配置	22
圖 3-9 相片合成流程-1	24
圖 3-10 相片合成流程-2	24
圖 3-11 相片合成流程-3	25

圖 3-12 相片合成流程-4.....	26
圖 3-13 相片合成流程-5.....	27
圖 3-14 相片合成流程-6.....	28
圖 4-1 將四張照片的四周修剪後拼接成的影像	29
圖 4-2 土坡正面影像.....	31
圖 4-3 土坡合成影像.....	31
圖 4-4 第一組與第十六組模型疊圖	38
圖 4-5 沖刷空洞疊圖.....	38



表目錄

表 3-1 即時影像擷取系統設備	12
表 3-2 設備相片	14
表 4-1 合成立體影像和實際精準度比較	32
表 4-2 沖蝕期間土坡變化實際照片與模型	37



第一章 前言

1.1 研究動機

台灣四面環海，位於歐亞板塊及菲律賓板塊交接處，造山運動頻繁，國土 70% 為陡峭的山地地形，河川短而急促；氣候方面，在熱帶季風及副熱帶季風氣候區之間，夏秋交接之際，熱帶氣旋旺盛，瞬間雨量大、降雨時間空間分布不均容易形成山崩與土石流。由此可知，台灣地形惡劣，氣候加勢之下讓災害更為險峻。近年來氣候變遷的影響下，短時間且劇烈的暴雨頻率增加，山坡地的過度開發導致強降雨來襲時大面積的土體滑動造成傷亡。

2002 年開始，農委會水土保持局於全台各個土石流的可能發生之潛在溪流地區設立固定式、行動式土石流觀測站持續進行觀測，並記錄災害發生當下的各項參數，掌握地區的變動過程。而在技術發展上，目前我國採取固定式及行動式兩種土石流觀測站為主。兩種觀測站內部的設備大致相同，包含雨量計、鋼索檢知器、地聲檢知器、紅外線攝影機 (CCD) 等等。

然而傳統上的技術多在單一角度攝影，僅能了解是否發生土石或崩塌，但無法得知實際量體，缺乏三維地形得呈現，在後續檢討整體發展情況時可能因為畫面死角而導致判斷誤差，本研究希望用低成本的樹莓派，拍攝記錄於實驗室建立土坡沖刷後制成三維動態動態影像，清楚呈現崩塌地三維變化，未來將可應用於實際現地監測。

1.2 研究目的

本研究致力於發展即時影像擷取系統，其利用於實驗室進行土石崩塌高程變動監測之即時影像拍攝，利用樹莓派多重鏡頭控制模組 Multi Camera Adapter Module 結合程式語言 python 撰寫程式編碼可使樹莓派達到控制多組鏡頭，連結 4 台設置於各角度之攝像機，定時拍攝，後將彙整之影像透過軟體—Auto ReCap photo 製成三維立體影像，藉此達到土坡模型動態模擬並探討攝像精確度與可行性並期待未來能以三維影像的呈現方式來針對土地變化進行更深入的研究。將影像傳輸電腦以 Autodesk ReCap 軟體影像疊圖整合，製成三維立體之動態模型，從而呈現崩塌前後坡地的破壞情形、規模與大小，可應用於實際現地監測上顯現更加完整資料。

1.3 本文組織

本研究分為五章，前言闡述因台灣氣候產生的土石流問題，而提出大致研究方向；第二章回顧則分以國內土石流技術發展進程，及其他與三維動態影像合成相關之研究成果；第三章介紹研究試驗設計、崩塌地模型建置、攝影設備影像合成和應用；第四章討論實驗所得結果及準確度分析。第五章為結論，提出改進及未來發展方向。



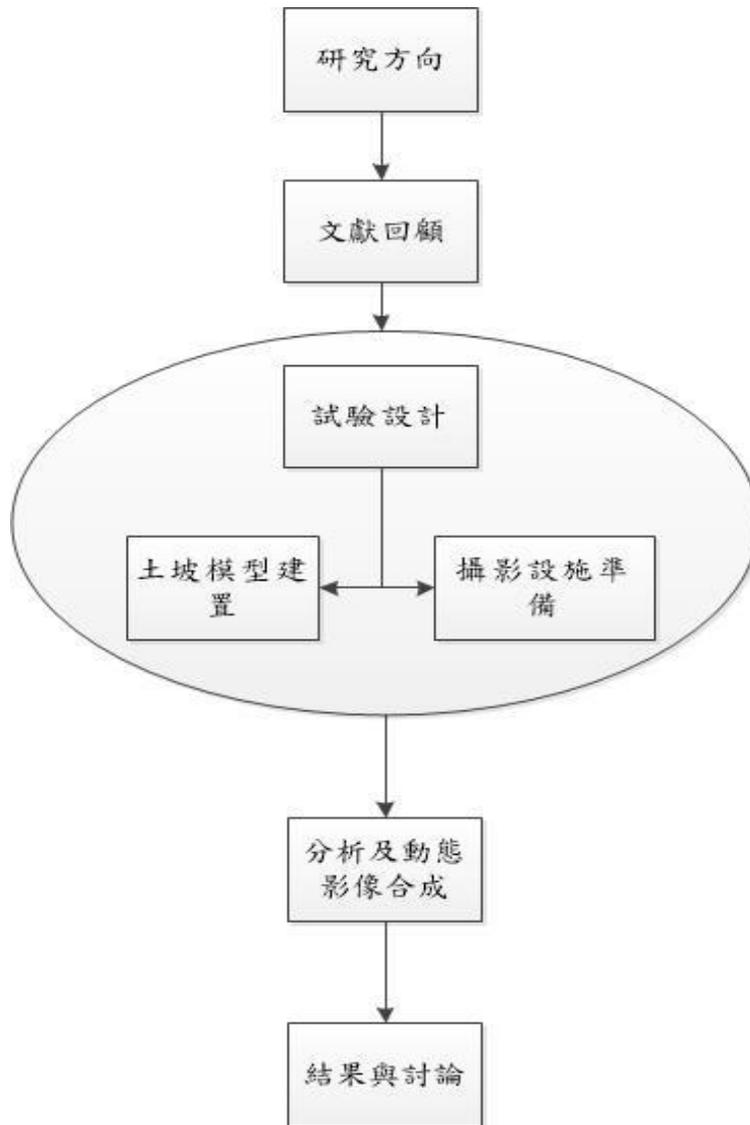


圖 1-1 研究架構圖

第二章 文獻回顧

本章討論兩個重點進行探討，第一部分為回顧土石流監測技術的發展演變；第二部分則探討在三維動態影像合成。

2.1 土石流監測技術之發展

2.1.1 國內土石流監測系統發展

台灣地狹人稠、山高坡陡，每逢夏秋熱帶氣旋盛行之際往往因短時強降雨導致溪河爆漲連帶周圍鬆軟土地沖刷形成土石流，但隨科技進步相關研究及防治技術也在循序漸進，目前我國主要以行政院農業委員會水土保持局於各潛勢地區建置土石流監測站。

王晉倫及尹孝元(2003)說明土石流災害產生時的諸多可視或觀察到的現象，水土保持局原分為非接觸性、接觸性和科技研發為土石流監測三大發展目標，其中以接觸性觀測方式——於近山中野溪處建立土石流現場觀測系統(monitors system)以利即時追蹤土石流發生動態資訊等，始於2002年辦理「土石流觀測示範站建置與系統整合」計畫。

尹孝元等(2010)又將此系統分為行動式與固定式兩類
如圖 2-1 及 2-2,其組成架構亦可分為放置現地的觀測儀器、
負責前端資料接收的儀器屋、中端傳輸系統及網路展示系統
(網站)四部分,各觀測站現有之觀測儀器包括雨量計、電荷
耦合元件(Charge Couple Device,CCD) 攝影機、鋼索檢知器、
地聲檢知器及超音波水位計等,為配合了解氣候變遷與土石
流之關係亦於 97 年起在各觀測站陸續增加氣候觀測儀器,
包括日照度計、溫度計、濕度計、土壤水份計、風力風向計
等。而後截至 107 年 CCD 依然為觀測系統內主要的視覺感
測儀器(方耀民、辜文元、黃碧慧,2018)。



圖 2-1 固定式土石流觀測系統

資料來源：行政院農業委員會水土保持局土石流防災資訊網

觀測儀器 Observation Instrument

行動式土石流觀測站架設儀器包含雨量計、攝影機等。

The mobilized debris flow monitoring vehicle contains the rain gauge the camera, etc.

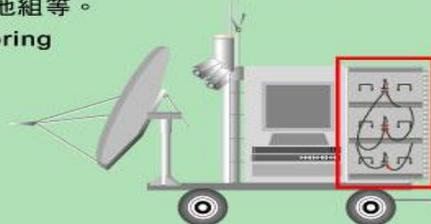
攝影機及投射燈
CCD and IR Lamp



電力系統 Power System

維持行動式土石流觀測站自主營運的電力系統，其組成內容包含發電機(附掛100公升油箱)、不斷電系統、電池組等。

The mobilized debris flow monitoring vehicle maintains independent power system. It contains the generator (attached 100 liters fuel tank), 3KVA UPS, the battery set-up, etc.



發電機
Generator
不斷電系統
3KVA UPS
電池組
Battery Set-up
油箱
100L Fuel Tank

展示系統 Display System

展示行動式土石流觀測站即時資訊，透過網際網路方式，結合土石流防災應變系統(<http://fema.swcb.gov.tw>)，提供各級防災單位現場即時資訊。

Relevant government departments can obtain real-time information, owing to the "online" display of the mobilized debris flow monitoring information integrated with the debris flow monitoring system.



資訊系統 IT System

行動式土石流觀測站資料擷取、儲存、傳送及控制中心，其設備包括工業電腦、影像伺服器、集線器、遠端控制電源開關、矩陣解碼器等。

The mobilized debris flow monitoring vehicle picks up, stores, and delivers data. The control center includes industrial computer, video server, hub, remote power controller, receiver, etc.

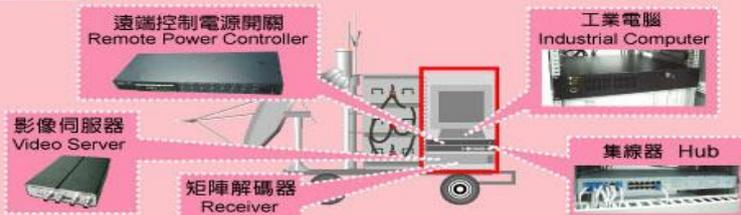


圖 2-2 行動式土石流觀測系統簡介

資料來源：行政院農業委員會水土保持局土石流防災資訊網

2.1.2 CCD 與 CMOS 之比較

常用配備為 CCD 的相機，另一種為互補式金屬氧化半導體(Complementary Metal Oxide Semiconductor, CMOS)相機。

如圖 2-3，CCD 與 CMOS 皆為半導體，主要功能是用於相機中感光元件將捕捉的光利用光電效應，轉換成儲存電荷進而判斷光線強弱，是現今使用上最為普遍也最常拿來比較的兩種影像感測元件。CCD 的電荷資料是一排一排有順序的傳送到下一個畫素(pixel)中然後在最底端的部分輸出，再經由感測器邊緣的放大器進行放大輸出，具備較高的感光度及穩定度但隨之而來的是耗電量大且成本高昂；反之，CMOS 每個畫素都會連接一個放大器及類比/數位轉換電路且材質為矽和鍺兩種元素，並依賴兩者間互補產生的電流來使晶片進行記錄與解讀，在處理頻繁的電流變化也使它過熱且容易出現噪點，雖然在靈敏度技術上還不成熟，價格低廉容易入手、耗電量少以及高整合度的特性讓它在在競爭的傳感器產業中獲得青睞。(鍾啟東，2003)

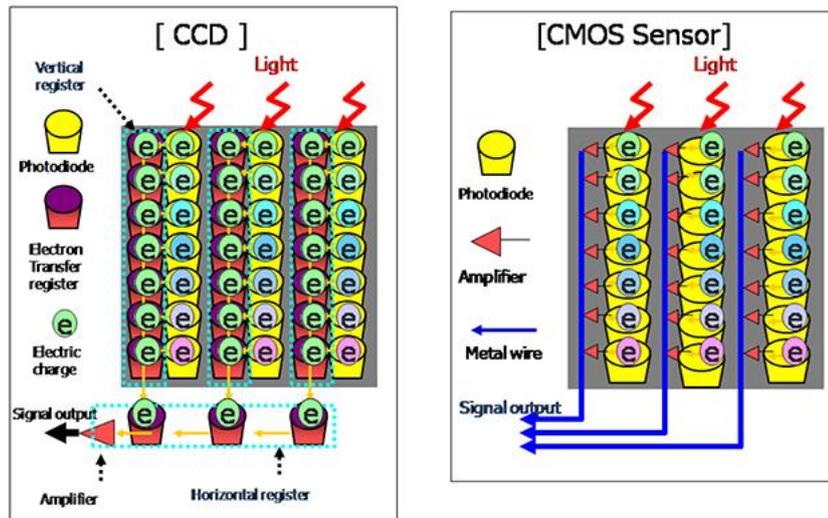


圖 2-3 CCD 與 CMOS 比較圖

資料來源：Image Sensor World

2.2 三維動態影像合成

過去監測影像大多是以二維方式呈現，但由於視覺成像本身是出自於光線角度等諸多條件影響，故在單一角度的畫面往往無法完整表現實際物體及其空間關係。

近年來 3D 立體影像模型的發展興盛，像是 3D 列印、立體投影等，能更完整表現物體的每一處，時下的三維影像建模是以**三維重建法**——一種用數學結合圖像辨識來整合理解的計算機技術，用三維掃描儀在物體表面建立**點雲**（point cloud），讓模型更精確完整點雲的數量則需越多、越密集。而點雲的概念也可以形容成以各個不同高度及角度捕捉物體的微型影像來套用到相片合成裡，經整理排列、互相交疊、

彌補視角的空缺，最後組成具備長寬高性質的幾何概念。

如此方法便能達成將實際物品的立體化，各家廠商看準了市場推出了許多建立在這個理論上的軟體工具，例如 Pix4D 軟體(Pix4Dmapper)是航遙測專用的專業軟體，能處理相機拍攝之航空、傾斜與地面影像(見圖 4)，可產製高解析度的正射影像、精確點雲、數值地表模型、等高線等，同時提供繪製 3D 線段、標註物件、計算體積等功能。Vallet(2011)便利用 Pix4D 軟體產製數值地形模型。

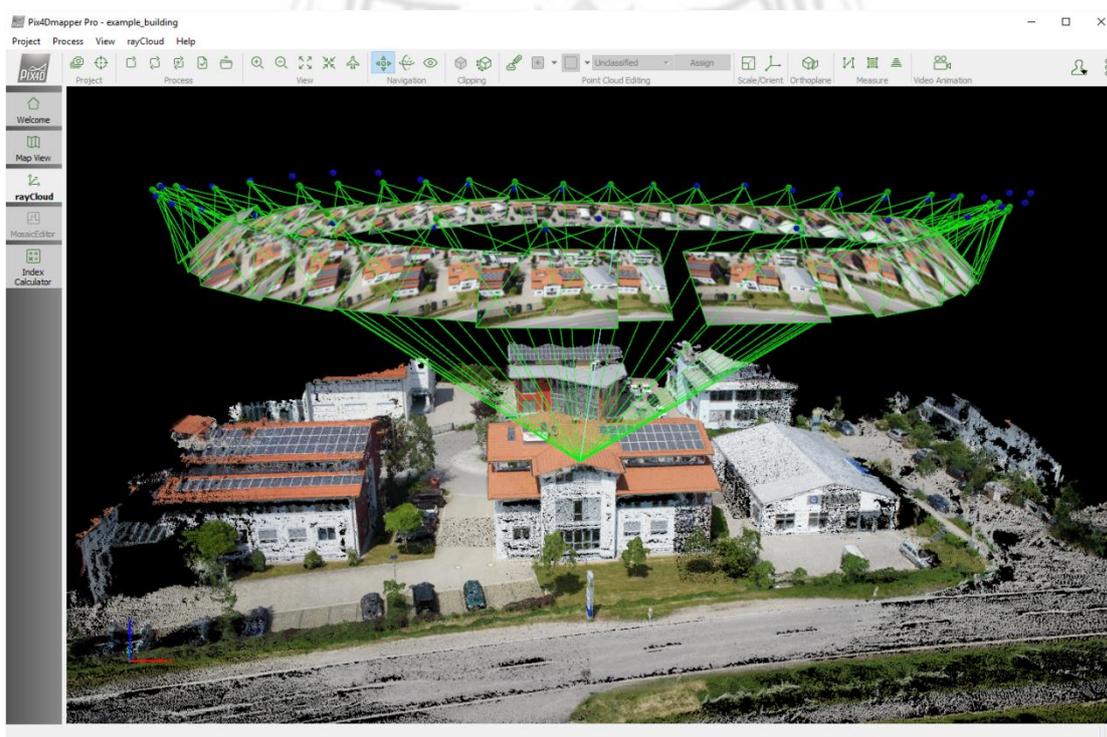


圖 2-4 利用空拍建置地形 3D 圖形

資料來源：GEOSPATIAL WORLD

第三章 研究方法

本研究發展多鏡頭之影像擷取系統，於室內之砂箱中進行拍攝，於土坡進行管湧試驗時定時擷取砂箱中土石邊坡之影像，應用 Autodesk ReCap 軟體重疊影像，建立地型立體模型進行監測及分析，並探討其發展性及拍攝準確度。

3.1 建立樹莓派即時相機擷取系統

3.1.1 拍照設備

系統主要的設備及規格如表 3-1 表 3-2 所示，使用樹莓派單板機電腦搭配鏡頭擴充版控制 4 台鏡頭模組(原樹莓派只能控制一台鏡頭，需使用擴充版)進行影像拍攝，可利用程式語言 python 撰寫程式編碼而達到單主機控制多鏡頭之功能，簡化操作程序且能提升使用效率。相關設備全部購買，所需總價約 1 萬元以內，為低成本之開發，適合推廣應用。

表 3-1 即時影像擷取系統設備

材料項目	規格	功用
Raspberry Pi 2 B	<ul style="list-style-type: none"> ● Broadcom BCM2836 900MHz ARM Cortex-A7 四核處理器 ● GPU 提供開放式 GL ES 2.0、硬件加速 Op enVG 和 1080p30 H.264 高端解碼 ● GPU 可以實現 1Gpixel/s、1.5Gtexel/s 或 24GFLOP，並提供紋理過濾和 DMA 基礎架構 ● 1GB LPDDR2 SDRAM ● 複合視頻(PAL/NTSC)輸出 立體聲音頻輸出 ● 10/100 BaseT RJ45 以太網插座 ● HDMI 1.3 和 1.4 視頻/音頻插座 ● 3.5mm 4 極音頻/複合視頻輸出插孔插座 ● 4 個 USB 2.0 插座 ● 15 路 MPI CSI-2 連接器，用於 Raspberry Pi 高清攝像機 ● 15 路顯示串行接口連接器 ● MicroSD 卡插座 ● 從 MicroSD 卡啟動，運行 Linux 新操作系統版本（請參見下方註釋） ● GPIO 和串行總線的 40 引腳管座（與樹莓派 1 26 引腳管座兼容） ● 電源：+5V @ 2A，通過 MicroUSB 插座 ● 尺寸：86 x 56 x 19mm 	影像處理與控制平台(微電腦)。
鏡頭模組 for Raspberry Pi Rev 1.3	<ul style="list-style-type: none"> ● 鏡頭：1/4 5M ● 光圈：2.9 ● 焦距：3.29 ● 視場角：72.4 度 ● 傳感器類型:OmniVision 公司 OV5647 彩色 CMOS QSXGA (500 萬像素) ● 傳感器尺寸：3.67 點 x2.74 毫米 (1/4 “格式) 	此模組是專為樹莓 Pi 設計的。它透過樹莓 Pi 上面的界面 (CSI interface)，這個界面能夠傳高資料量及專屬給鏡頭畫面資料。

	<ul style="list-style-type: none"> ● 像素數：2592 點²x1944 年 ● 像素尺寸：1.4x1.4 微米 ● 鏡頭：F = 3.6Hz 毫米，F / 2.9 ● 視角：54 點²x41 度 ● 視場：2.0x1.33 米在 2m ● 全畫幅單反鏡頭等效為 35mm ● 定焦：1 米到無窮遠 ● 視頻：1080 在與 H.264 編解碼器每秒 30 幀 (AVC) ● 高達 90 fps 的視頻在 VGA ● 板尺寸：25x24 毫米(不包括柔性電纜) ● 由於透鏡的焦距是大致相同的傳感器的寬度，很容易記住的視場：在 x 米，可以關於 x 米水平看，假定的 4x3 劇照模式。看在 1080p 的視頻模式水平場是 75% (75%高x55%V 傳感器作物 1：為 1920x1080 像素 1)。 	
microSD	KINGSTON 32GB microSDHC class 10 microSD TF C10	儲存資料使用。
相機擴充版 Multi Camera Adapter Module for Raspberry Pi	<ul style="list-style-type: none"> ● IoT cameras ● Robot cameras ● Wildlife cameras ● 3D scanner 	原樹梅派只可使用單一鏡頭，擴充版可擴充 4 個鏡頭。

	
(a)Raspberry Pi 2B	(b)相機擴充版
	
(c)樹莓派主機安裝擴充版	(d)鏡頭模組 for Raspberry Pi Rev 1.3

表 3-2 設備相片

3.1.2 Autodesk ReCap photo 軟體

因應近年來傳感接收器模組、微型電腦與無人飛行載具的技術蓬勃發展，人們開始將多種技術結合起來運用在觀測考察上，自然一套能夠整合處理影像的軟體是必不可缺的，由專業製圖軟體公司 Autodesk 出品的 Autodesk ReCap Pro，開發用於處理點雲。

基於照片的物體 3D 模型。除了 ReMake 的現有功能外，ReCap Photo 還具有為建築，工程和施工（AEC）行業提供無人機和無人機

工作流程的新功能，讓網格影像可以在 Autodesk ReCap photo 中進行清理、修復、編輯、縮放、測量、抽取、對齊、比較和優化。完成後之立體影像可提供不同軟體進行分析，或是進行 3D 列印等處理。

另外，透過影像建構數值地形模型部分，近年來由於與 UAV 無人載具相關之技術越來越受到人們的重視，多方應用潛力無窮，大部分人璇則用無人機來執行一般人所無法達成的監測作業，藉以透過其攝影影像配合軟體來建構數值地形模型等等。例如陶金旭(2009)利用 UAV 的 GPS 地理座標資訊，及機載偵照系統的指示角度、擷取之影像，與即時的資料庫圖資比對，構建出戰場偵照空域之地形、地物、地貌三度空間合成影像，並能顯示出偵測目標區域與全戰區區域之相對關係，讓各級指揮官掌握戰場態勢。

3.2 影像合成理論及應用方法

本次試驗的三維立體影像建立是基於將多個角度攝影的攝影測量法 (Photogrammetry)，利用不同角度捕捉影像疊圖來彌補單一視覺上的不足進而製造立體感做到三維重建，再將其攝入之影像過程串聯為動態呈現。

此方法已經存在許久，最早能追溯到 19 世紀，李良輝教授 (2012) 整理其傳統的定義為：

「

一、由相片決定物件 (Object) 位置 (Position) 與形狀 (shape)。

二、對物件之不接觸 (Reconstruction) 重建處理。

三、非接觸 (Positioning) 之定位方法。

現今則整合為由多重感測資料與系統 (Multi-sensory Data or System) 來自動化產生空間 (Spatial) 及描述性 (Description) 資訊之空間發展的科學與藝術。」

第一點是利用相片解釋物體表現在視覺的型態與周遭環境之關係；第二點不接觸則是以未觸及及不須觸及該物體來達到關於其資料的獲取與解析；第三點為更加細膩之敘述該務所處在位置、空間，並詳加描述，類似於透過機械來模擬人類對於物體形象建立的系統。

人類的視覺系統是以類似於目前市面使用之 CCD 相機的眼球作為接受可見光，然後被其中被角膜折射、通過瞳孔，最後由水晶體進一步折射使光線翻轉，將圖像投射至視網膜，藉由視網膜中大量的觀感細胞分層處理如震動動態表現、顏

色深淺及形狀之後將圖像資訊藉由視神經傳輸至大腦先由中繼丘腦的外側膝狀體核初步整理再由是皮層做高級的處理分割成該物之空間動態描述及該物相關之內容材質辨識如圖 3-2，而之所以人類幾乎能再看到物體單一角度就能推測該物形狀與周遭關係等資訊是因為可以快速的從腦內提取經驗；這樣的狀況對於計算機而言則是以大量的資料輔助來做訓練深度學習方法，來達成僅用照片便能判別其立體感的能力。

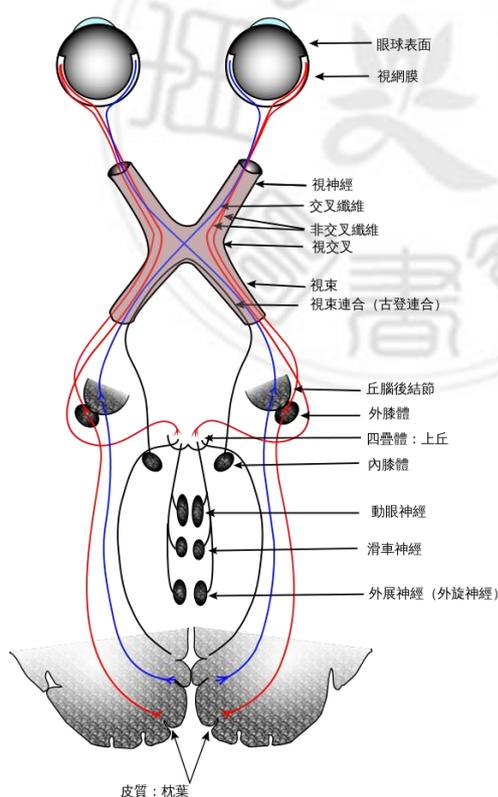


圖 3-1 人體視覺系統圖

資料來源：Wikimedia Commons，免費媒體庫

如 2.2 節敘述，本研究所採取的資料來源是以點雲為概念實行的，點雲比起同為訓練資料的體積像素 (Volume Pixel，簡稱 Voxel) 來說，是較沒有規律的排列方式，著重記錄物體所在點的座標，相對的節省記憶體與運算量。

在收集物體資訊的相片時，相片除了呈現被攝物形狀以外，光影跟色澤也會一併被截取，而利用周圍環境、光線等條件來獲得物體的立體空間資訊被稱為被動式三維重建技術，分為紋理恢復形狀法 (Shape From Texture，簡稱 SFT)、陰影恢復形狀法 (Shape From Shading，簡稱 SFS) 及立體視覺法 (Multi-View Stereo，簡稱 MVS)，隨著對視覺原理更加深入了解，在目前的軟體中三種方法也被一起作為判斷的基準。

基於上述可理解對未碰觸之物體形塑其概念先須建立前端感測器，經過電腦對擷取之資料分類判斷顏色位置等處理再做最後整合為立體，如圖 3-3，設定以熱水瓶為觀察物，約等距離拍攝以物體上至下環繞照片 (圖 6)，合成之後 (圖 3-2)

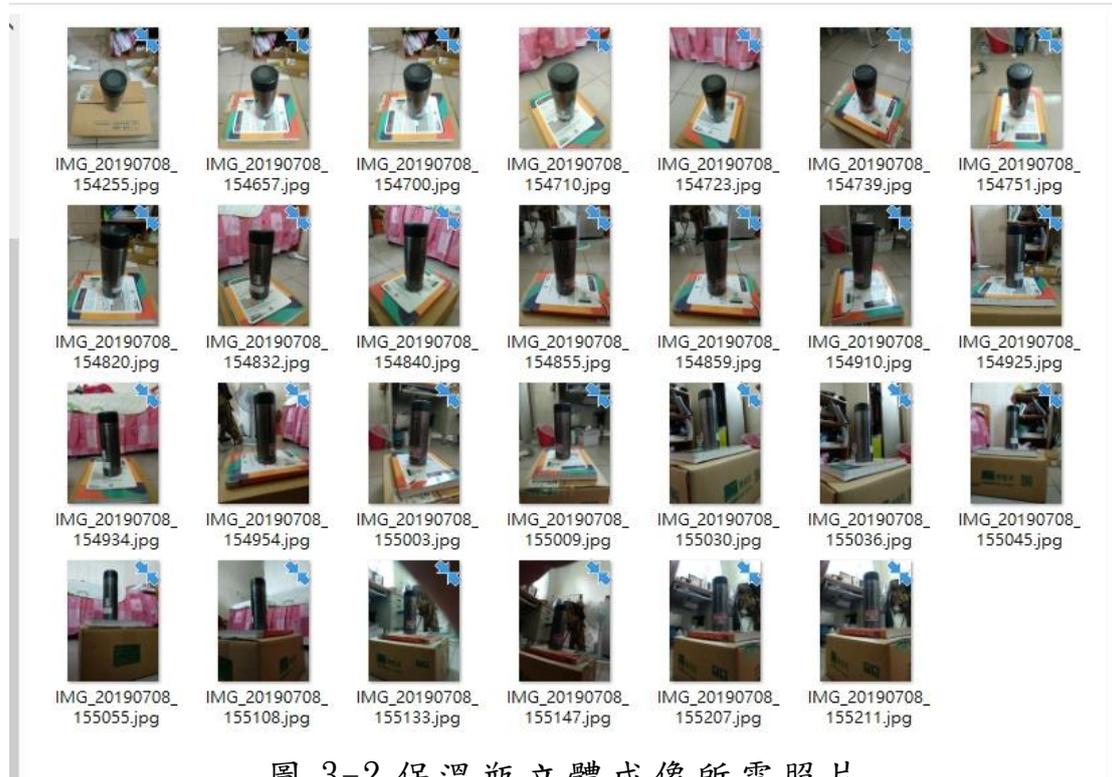


圖 3-2 保溫瓶立體成像所需照片



圖 3-3 合成之立體模型

3.3 實驗室崩塌地試驗

實驗中的砂質邊坡模型是以模擬山坡地地型，並利用架設於邊坡上方的相機系統進行同步拍攝。

3.3.1 砂箱試驗配置

(1) 砂箱

砂箱如圖 3-5 規格長 250cm 寬 60cm 高 100cm，砂箱分為三區，分別是進水區（寬 50cm）、試驗區（寬 105cm）、儲水區（寬 95cm）。進水區與試驗區之間為有孔鋼板可使水進入試驗區；而試驗區與儲水區之間為無孔洞鋼板。

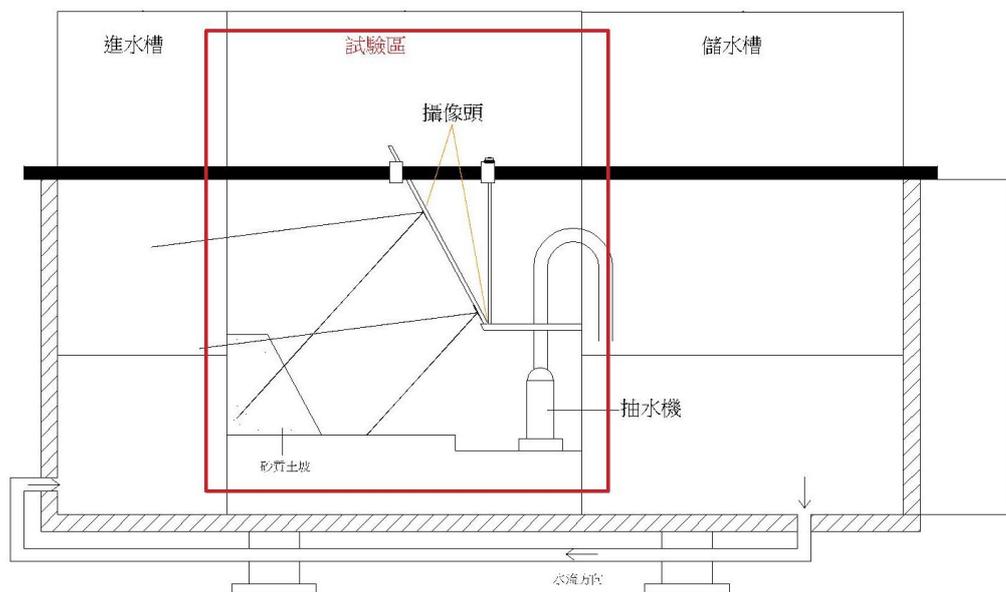


圖 3-4 砂箱示意圖

a. 規格

本試驗之砂質邊坡如圖 3-6，以均勻細砂進行試驗，模擬山坡地地型進行實驗。邊坡上平台寬 $W=12\text{cm}$ ，邊坡高度 $H=30\text{cm}$ ，邊坡底長 $L=28\text{cm}$ ，坡度 $S=37.5\%$ ，含水量 $\omega=12\%$ 。

b. 砂質邊坡建置

I、利用桶子裝砂，加水攪拌，控制含水量。

II、砂土倒入砂箱中進行夯實，建置砂質邊坡。



圖 3-5 砂質邊坡

(3)相機支架建置

相機支架選用角材搭建，由於目標以紀錄土坡斜面沖蝕變化為主，支架建立於試驗區內，相機基底是兩條平行於一面的木材，再如前一樣的平行木條垂直強化穩固，最後將其固定安置於沙箱上方兩側支撐條（圖 3-6、圖 3-7、圖 3-8）。

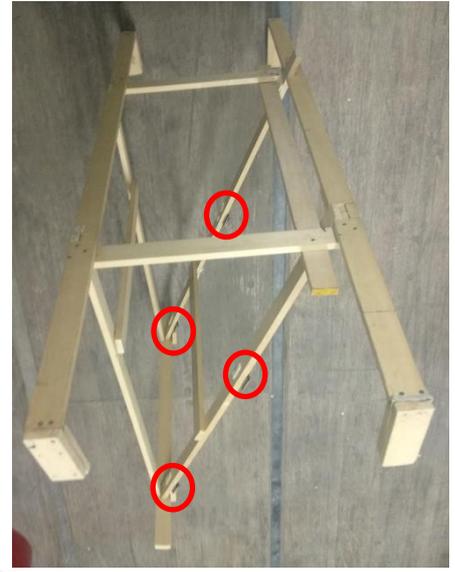


圖 3-6 及 3-7 相機支架完成影像

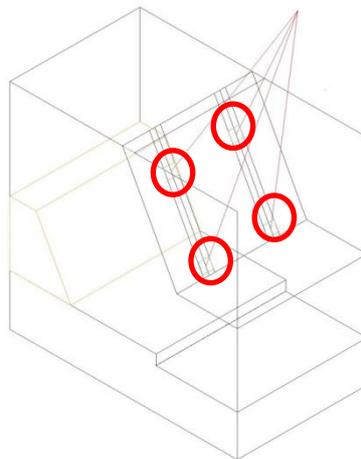


圖 3-8 沙箱立體圖與相機配置

3.3.2 影像拍攝

原樹梅派只能處理單一鏡頭，所以在使用鏡頭擴充版擴充到 4 個鏡頭後，需使用編碼程式 Python 進行拍攝處理，才

可達成多台相機拍照功能。

Python 是一種泛用性的動態物件導向程式語言，應用於系統管理、網路管理、網路傳輸程式、網頁程式開發、數值分析程式、圖形介面應用程式等方面，它包含了一組功能完備的標準庫，能夠輕鬆完成很多常見的任務。

3.4 影像處理及 3D 模型製作

Autodesk ReCap Photo 是一款可將圖片轉換成 3D 模型的工具，可以進行清理、修復、編輯、縮放、測量、抽取、對齊、比較和優化後可輸出成圖片、3D 檔、製作動態影像、也可利用 3D 列印輸出，不只功能多樣且操作快速。相片處理流程如：

(1) 開啟 Autodesk recap photo，於建立 3D 物件欄選擇相片

(圖 3-9)

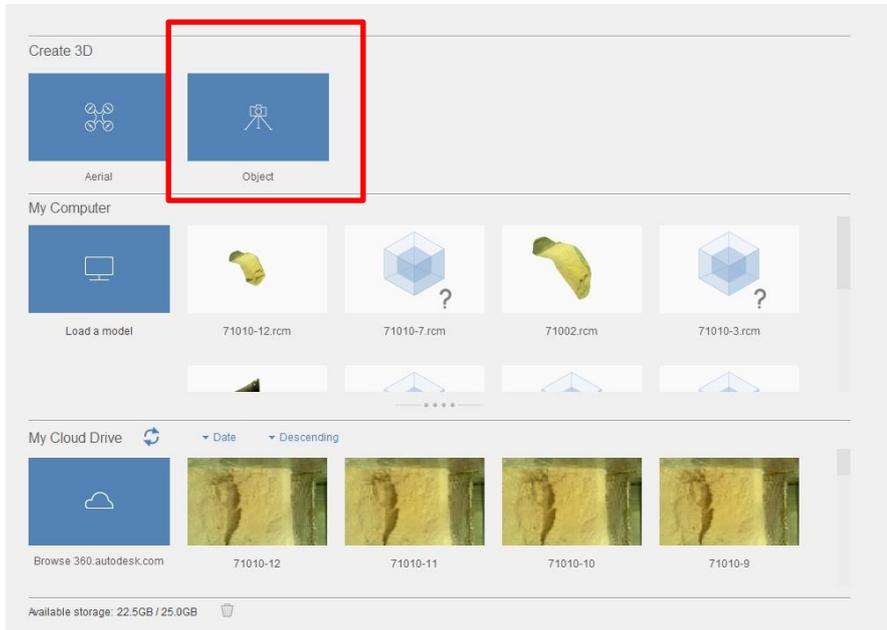


圖 3-9 相片合成流程-1

(2) 點選左手邊的增加相片按鈕(圖 3-10)

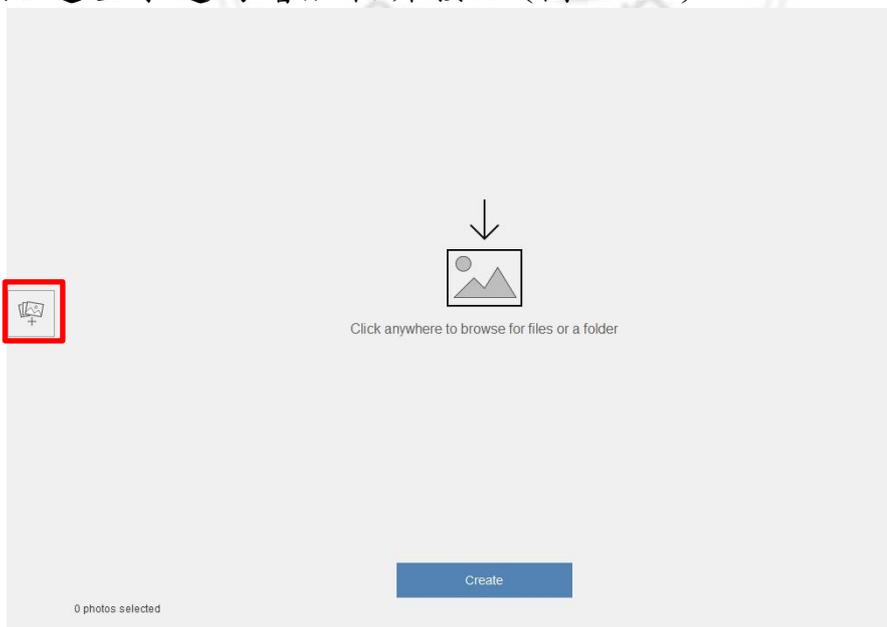


圖 3-10 相片合成流程-2

(3)從資料夾匯入相片，需要注意的是請提供 20 張相片(圖 3-11)，若像相片不足但皆有覆蓋到拍攝物體可以使用複製裁切，並將相片間的不同區域保持在 60 上。

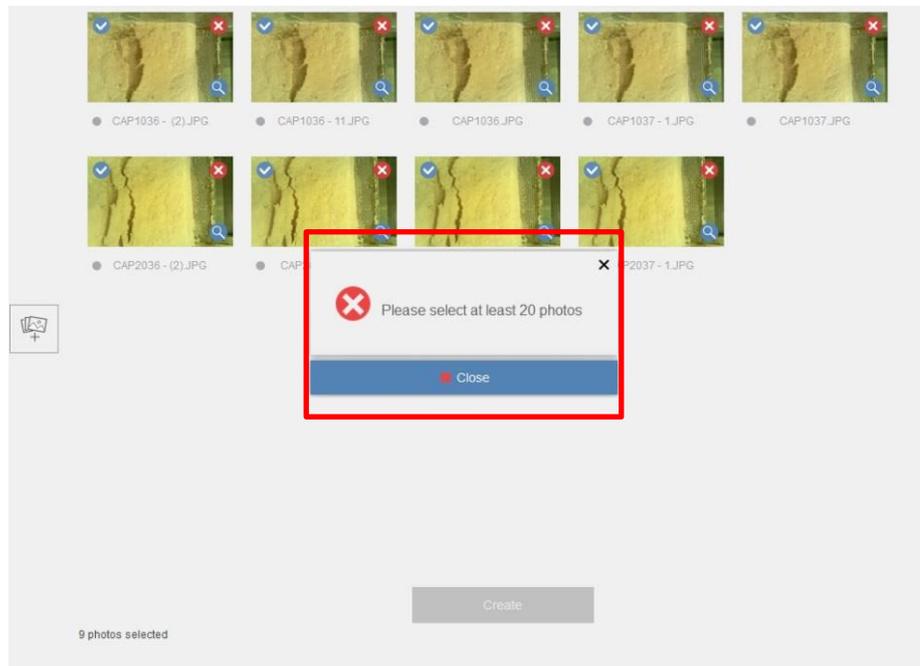


圖 3-11 相片合成流程-3

(4)選擇確認好 20 張相片後按下建立會跳出存檔畫面(圖 3-12)，勾選下面 Auto-crop 系統會自動判斷將模型的邊緣做裁切修整的動作。

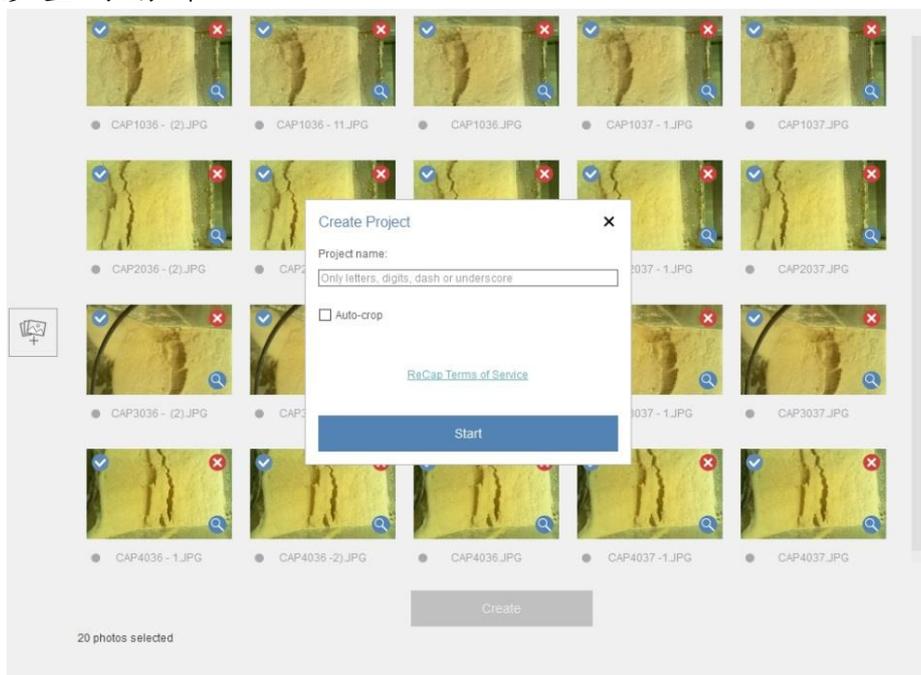


圖 3-12 相片合成流程-4

(5)點選確認後，回到前一個畫面的 My Cloud Drive 會出現開始運行的圖像。(圖 3-13)

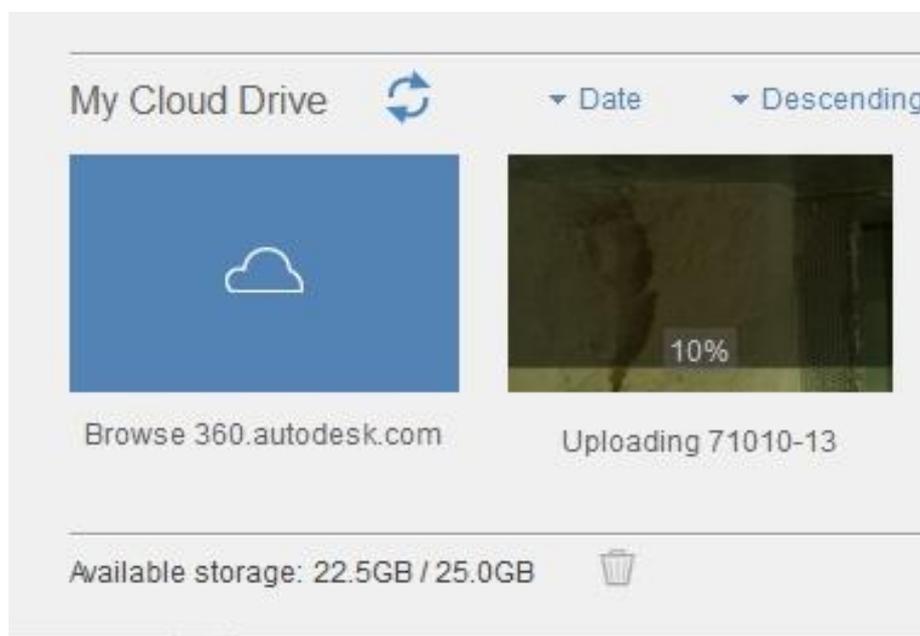


圖 3-13 相片合成流程-5

(6)建模完成。(圖 3-14)

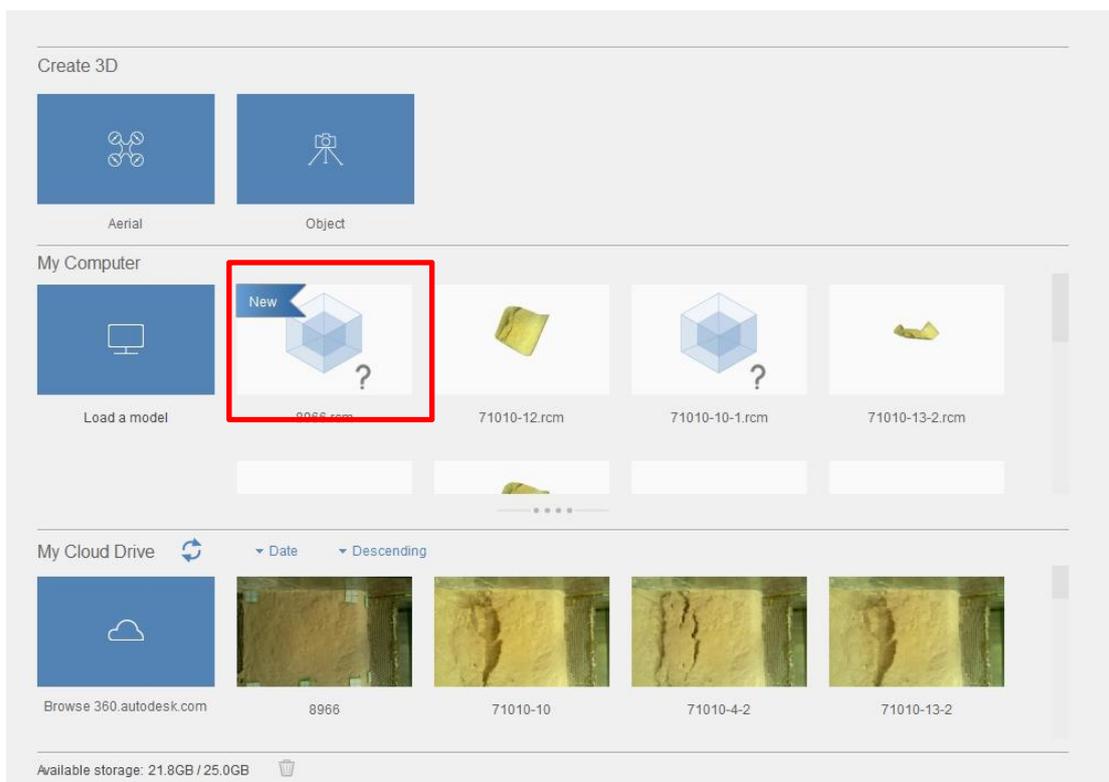


圖 3-14 相片合成流程-6

第四章 結果與討論

4.1 樹莓派多鏡頭相機技術說明

由於拍攝空間有限，攝像位置只能架設於一平面，由於提供資料不足，軟體不容易建構三維影像，相機技術方面有幾點發現：

- (1) 一張照片含括物體覆蓋量越大及與其他相片的接合處多於 60% 成功合成出面的積率就會增加。(圖 4-1)

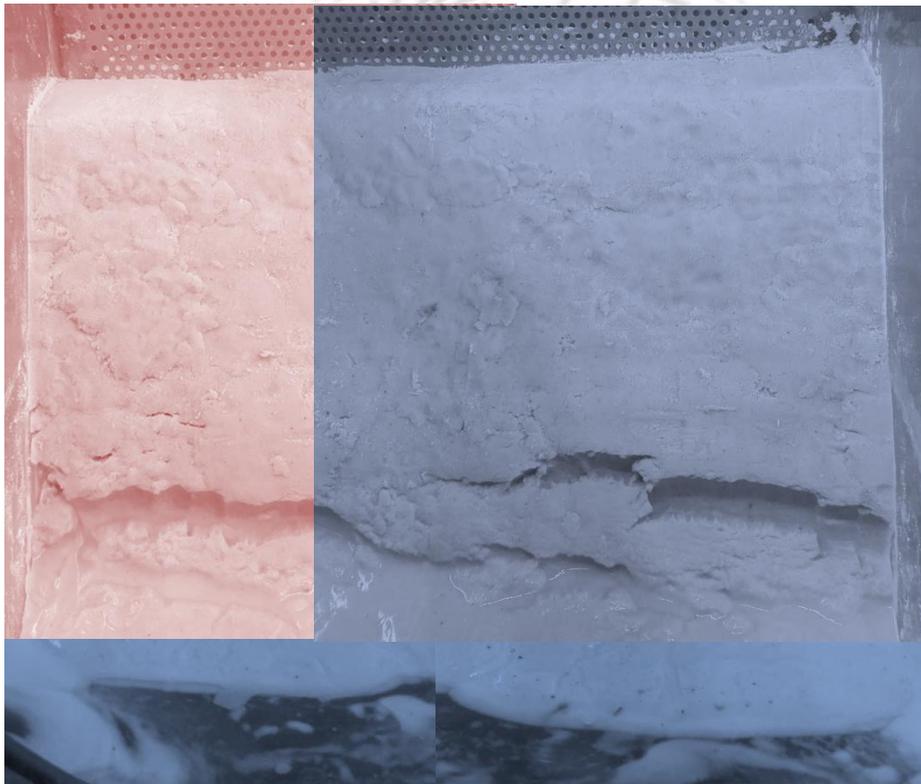


圖 4-1 將四張照片的四周修剪後拼接成的影像

(2) 聚焦拍攝物體時需要稍微的提供四周的環境資訊，但須避免色澤形狀特別突出的物體入鏡。

(3) 物體過度反光如：光滑淡色金屬表面、被水體覆蓋到的區域等；或是物體面上有大幅度的顏色如一部分有大面積陰影覆蓋變化會造成影像不容易辨識或是出現斷層，所以拍攝期間的入攝區域的光源務必一致。

4.2 鏡頭與影像合成精度分析

4.2.1 合成影像之精度

影像在詮釋三維物體時會產生變形，因此三維影像才能真正呈現現場地本於上設置 10 個測量點(如圖 4-2)，計算 3D 模型中各尺寸與實際上之尺寸是否相符，了解 3D 模型中各點準確度是否可靠。了計算其精準度，在設置土坡時紀錄其長寬高及斜面數據，合成成三維影像後則使用軟體內建之測量工具進行雙方比較。

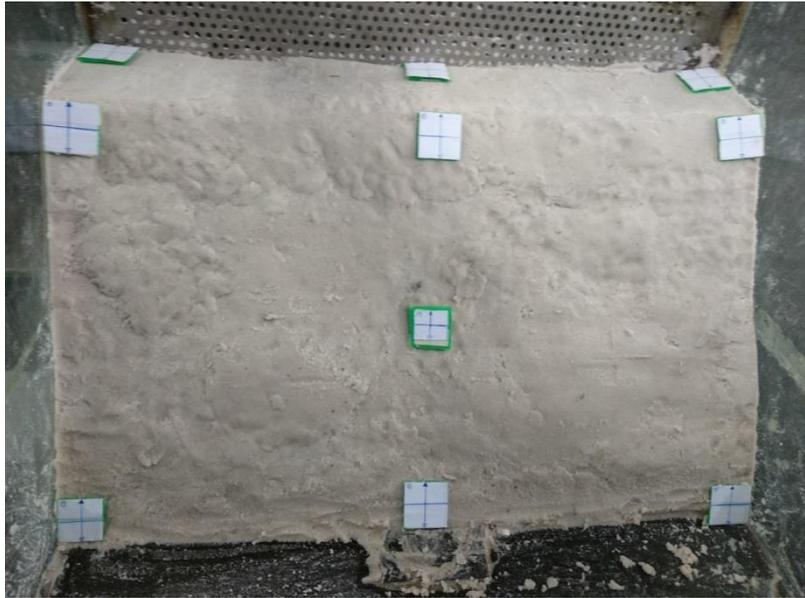


圖 4-2 土坡正面影像

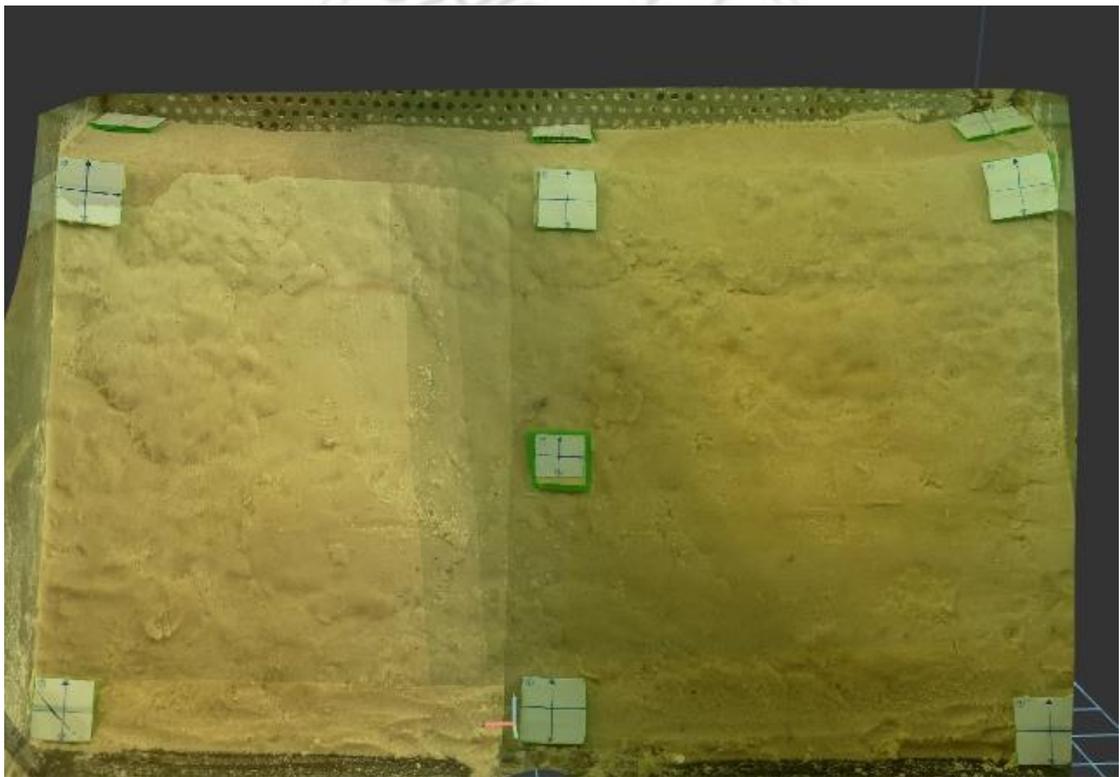


圖 4-3 土坡合成影像

表 4-1 合成立體影像和實際精準度比較

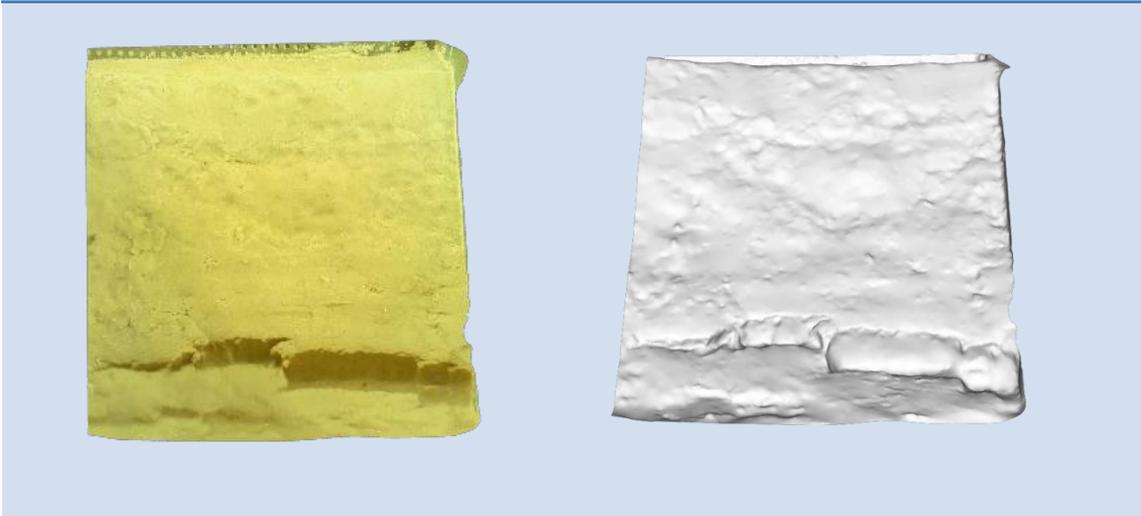
各邊長度	右坡 長	中坡 長	左坡長	寬	左上平台 長	中上平台 長
4 台相機模擬	35.512	34.476	33.370	57.837	11.738	10.924
實際量測尺寸	36.58	35.621	34.413	60	12	11.237
精準度	0.97	0.968	0.969	0.963	0.978	0.972

由上表 4-1 可知，雖然會因光線色澤變化、表面紋理曲折等造成合成上橋曲，但若在所有相機皆與面保持平行且設像範圍重疊度 60% 以上，4 台相機影像合成仍能達到 97% 的精準度。

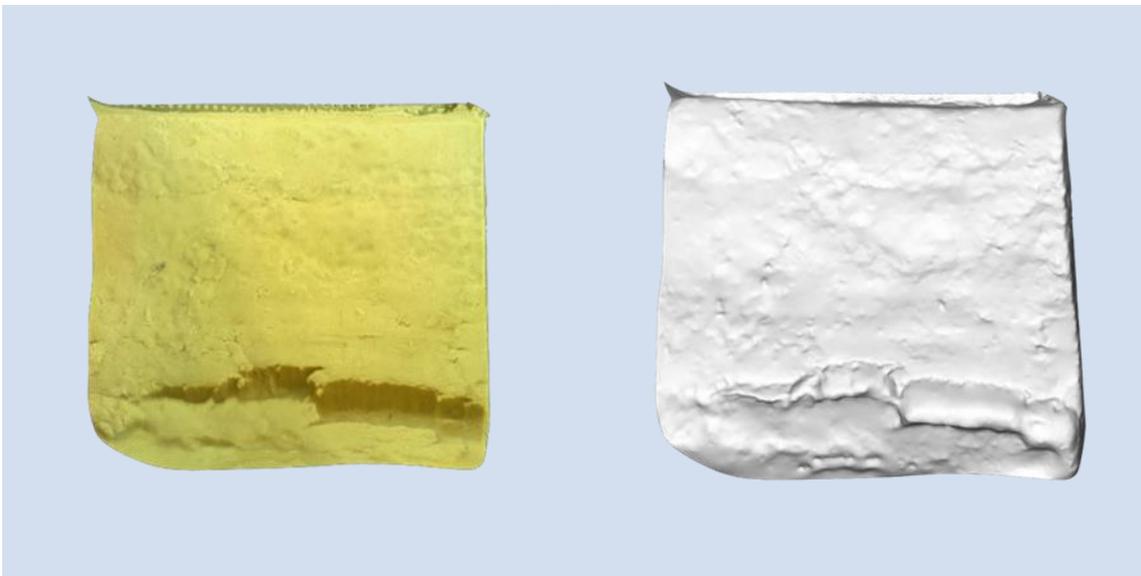
4.2.2 沖蝕土坡在快速攝像下合成之立體影像表現

實驗目的於能夠在記錄坡地表面重原本道出現明顯侵蝕之間的變化，是否能與實際裝況相符，下表 4-2 展示沖蝕發生後土坡在三維影像下的變化及比較，其每張照片時間差異為 0.1 秒，每張照片土方移動量可以藉由體積網格相減，得知每個網格土方變化量如表 4-2。圖 4-4 第一組與最後的第十六組的疊圖及圖 4-5 孔洞。

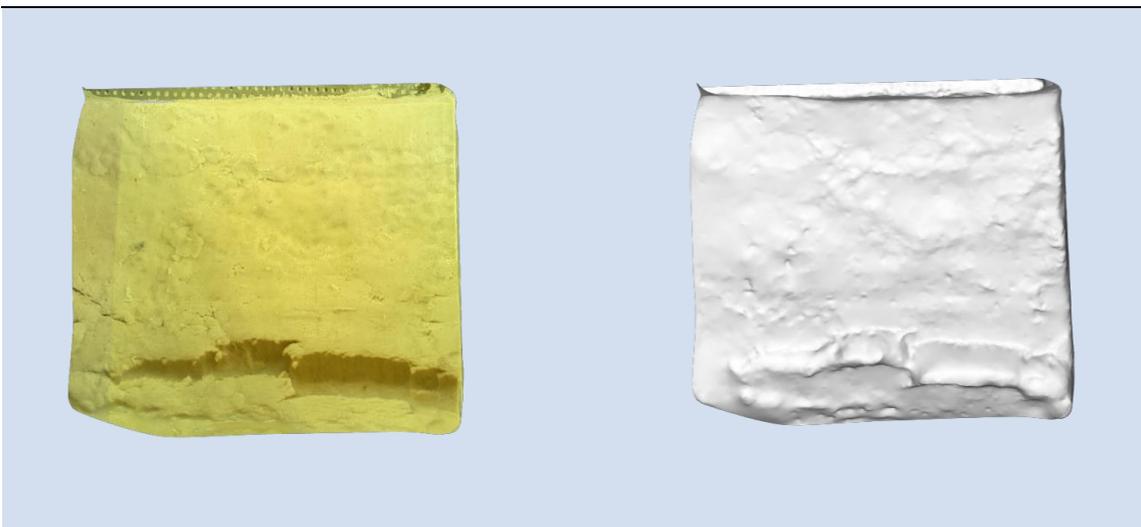
第一組



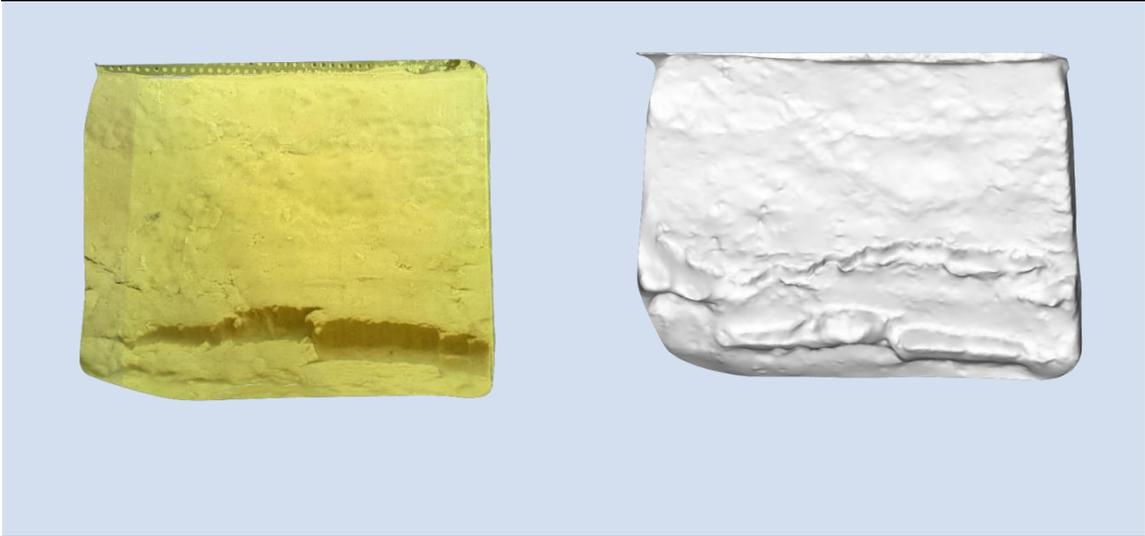
第二組



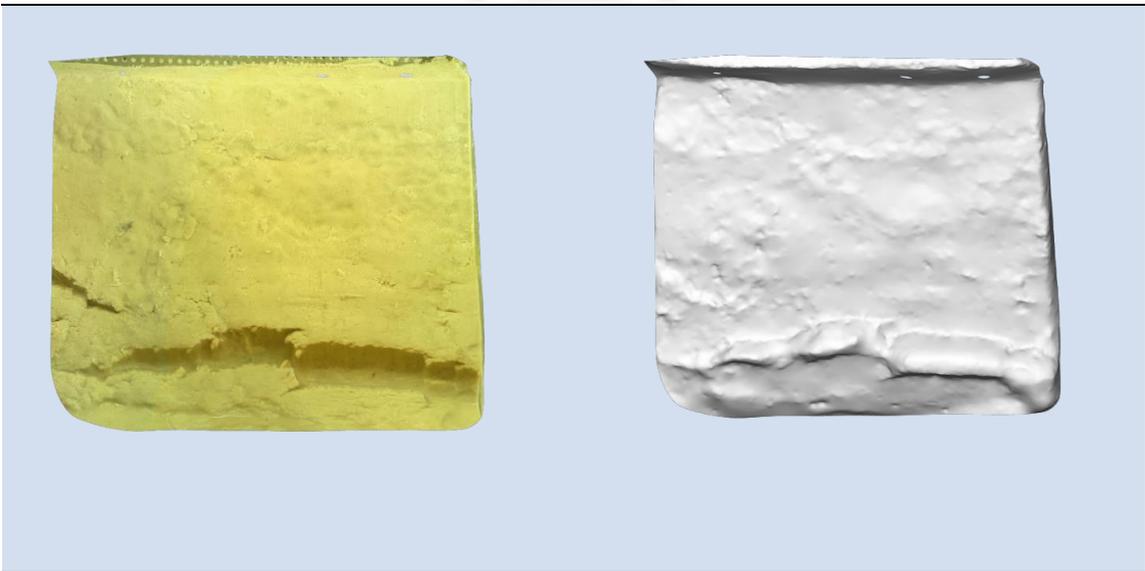
第三組



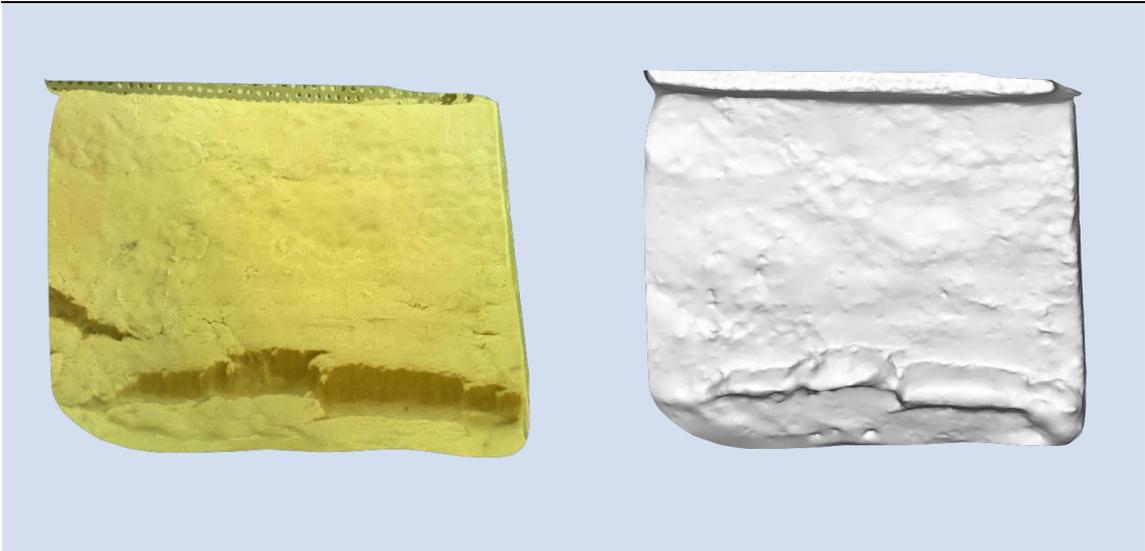
第四組



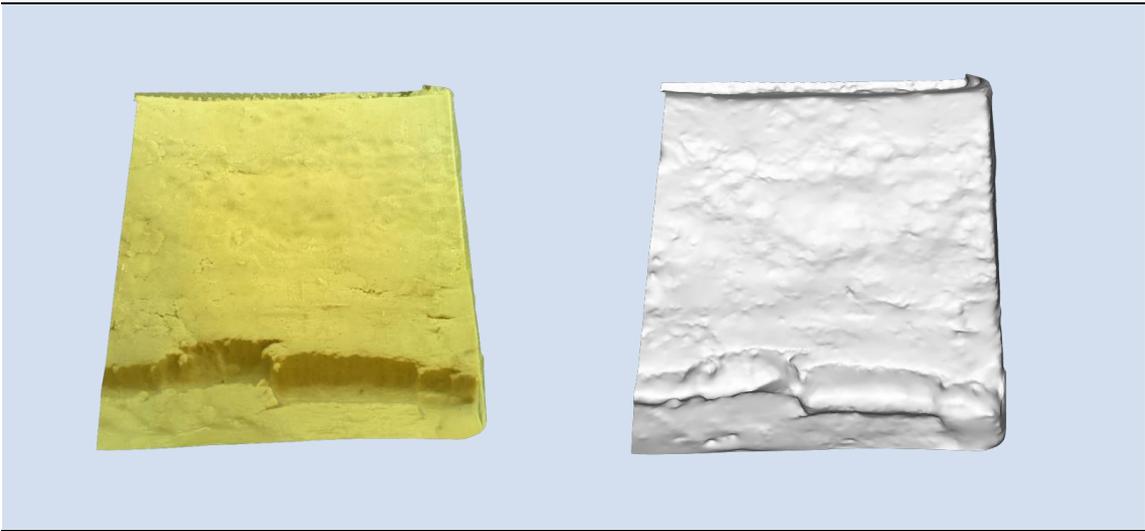
第五組



第六組



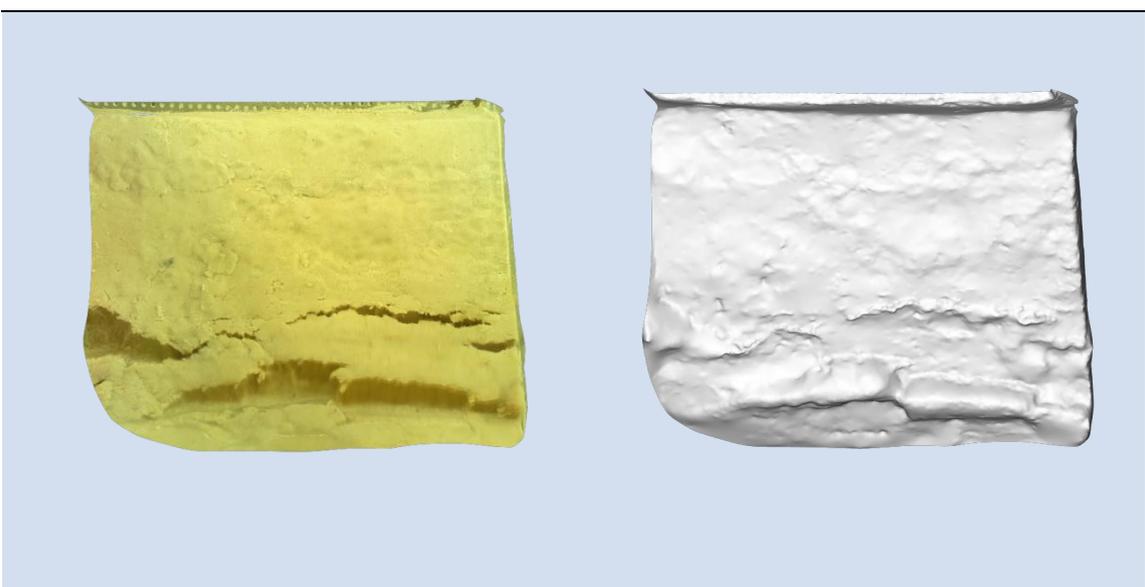
第七組



第八組



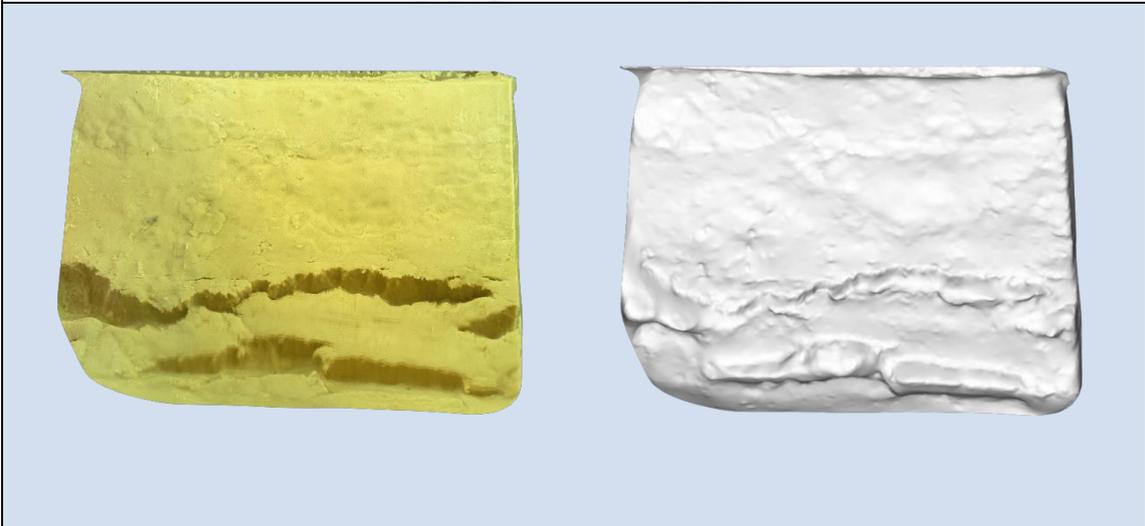
第九組



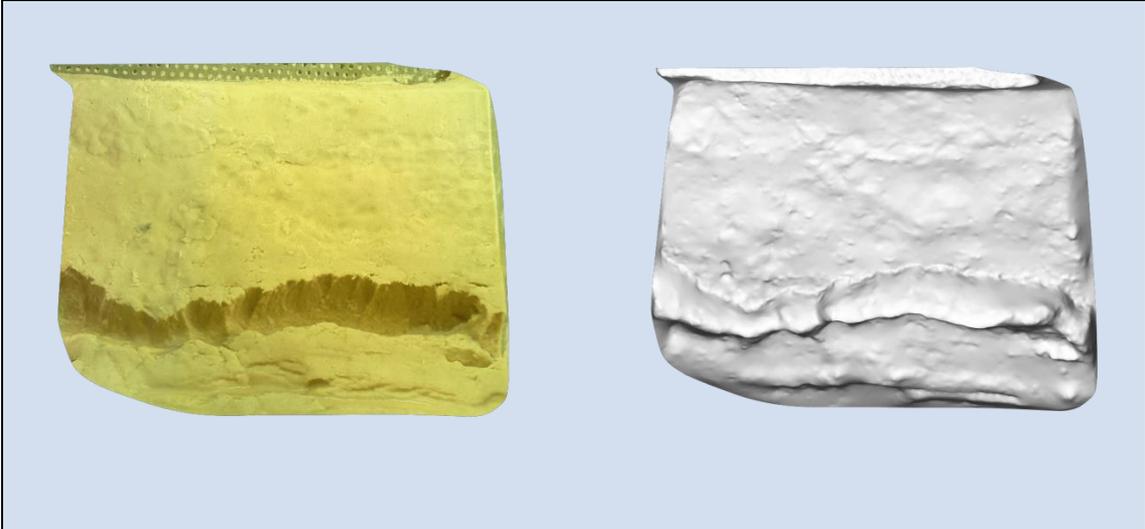
第十組



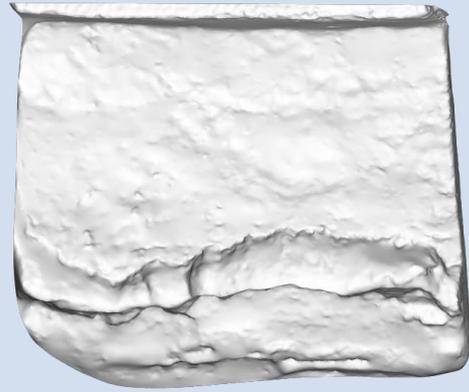
第十一組



第十二組



第十三組



第十四組

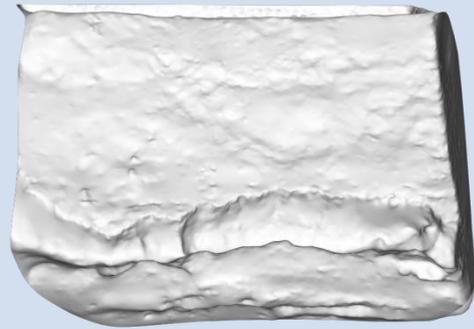


表 4-2 沖蝕期間土坡變化實際照片與模型

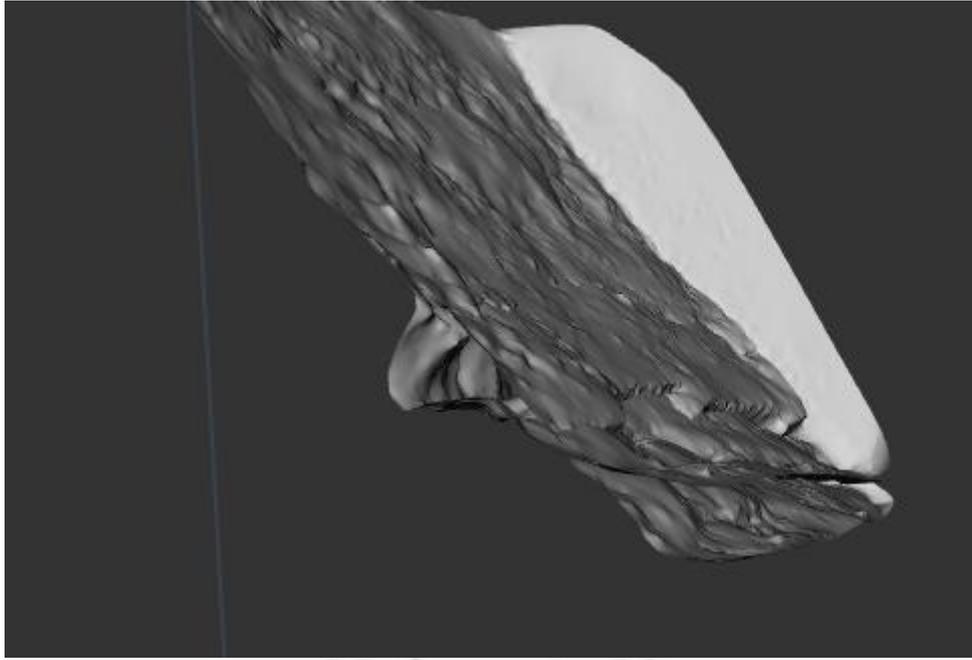


圖 4-4 第一組與第十六組模型疊圖

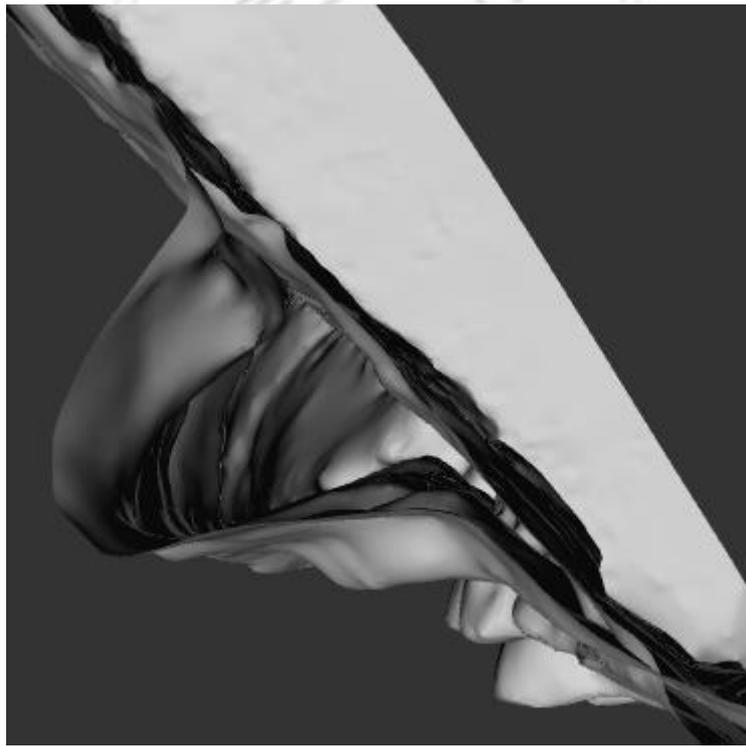


圖 4-5 沖刷空洞疊圖

第五章 結論與建議

5.1 結論

本研究建立三維動態影像，採用低價樹莓派，同步拍攝四張相片，便可合成立體相片，獲致以下結論：

- (1) 以 20 張照片，合成一張立體照片，合成精度與真值座標差異 3%。
- (2) 體積變化可以藉由前後兩張立體照片進行計算，推得前後差異土方量。

5.2 建議

經研究發現，可應用及改善方向如下：

- (1) 三維立體影像建立主要需求為越多關於攝入物各個角度的影像，破碎面尤其如此，可嘗試將試驗區移至較為寬廣之區域，方便相機架設來獲取更多資訊。
- (2) 實驗時可混入其他不同大小顆粒，一方面可以接近更真實的災害發生狀況；另一方面使崩塌影像上的特徵增加軟體更容易辨識。

本技術未來可於現場架設多台攝影機，建立立體崩塌變化。

參考文獻

- (1) 陳韋利(2014)，「以逕流歷線建置土石流預警系統之研究」。水土保持學報 46 (1): 901 – 916 (2014)
- (2) 土石流防災資訊網：https://246.swcb.gov.tw/Info/Stations_Action
- (3) 王晉倫、尹孝元(2003)，「土石流監測系統之建構與成果」。農政與農情 92 年 5 月(第 131 期)
- (4) 尹孝元·陳振宇·陳信成(2010)，「土石流防災監測技術新思維」。農政與農情 99 年 5 月(第 215 期)
- (5) 鍾啟東(2003)，「CCD 與 CMOS 影像感測器之技術與應用發展趨勢」。台肥月刊 92 年 4 月(44 卷 4 期)
- (6) 黃偉哲(2011)，「近景攝影測量量測地形樣貌與山坡地崩塌量之研究-以苗栗火炎山為例。」國立聯合大學碩士論文。
- (7) Vallet, J., Panissod, F., Strecha, C., & Tracol, M. (2011).
Photogrammetric performance of an ultra light weight singlet UAV.
In UAV-g(No. EPFL-CONF-169252).