

# 應用數值航空攝影測量於坡地災害行為之探討

## Discussion on Behavior of Slope Disaster by Applying Digital Aerial Photogrammetry

蘇苗彬<sup>1\*</sup>

林育樞<sup>2</sup>

何學承<sup>3</sup>

陳俊仰<sup>4</sup>

詹景丞<sup>5</sup>

Miao-bin Su Yu-Shu Lin Xue-Cheng He Jun-Yang Chen Jing-Cheng Zhan

### 摘要

地質脆弱、坡陡流急、地震頻繁、颱風雨強且集中等因素造成台灣多坡地災害，尤其以地震與颱風所造成的災害損失最為巨大。在台灣極端氣候事件出現的頻率有增多的趨勢，而其所造成的災害規模也明顯擴大，因此更不可忽略其所可能帶來的衝擊。本研究擬針對特定區域進行完整的資料收集，首先取得災害前後之航空像對，應用影像處理技術，定出崩塌發生點位的崩落與堆積的分佈，依此可計算滑動土體的形狀與實際體積，提供做後續機制模擬與研判。崩落材料的堆積現況與可能產生之運移，則為後續防災之重點。本研究透過高雄市甲仙區小林里地區之分析，已可量化各崩塌點位之規模，可供後續做崩塌機制研究。

**關鍵詞：**坡地災害、極端氣候、遙感探測

### Abstract

Taiwan suffers from many slope land disasters due to its weak geological properties, steep slope lands, abundant earthquakes and concentrated heavy typhoon rains. The loss caused by earthquakes and typhoons are the most significant among all losses. In Taiwan, the frequency of extreme weather events are increasing. The scale of the related disasters is getting larger. Therefore, we must not overlook the potential impact. This study is collect data as complete as possible from selected areas. First, get the aerial pair in the pre-and post disaster period, Application of image processing technology, and set the collapse and accumulation distribution of the collapse occurred points. It can calculate the shape and actual volume of the sliding soil body, and provide the simulation and judged of follow-up mechanism. Accumulation situation of collapse material and the possible movement, and it is the emphasis of follow-up disaster prevention. In this study, through analysis of Xiaolin Vil., Jiaxian Dist., Kaohsiung City region, and it has been to quantify the scale of the collapse occurred points, and available for follow-up study of the collapse mechanism.

**Keywords :** slope land disasters, extreme climate, remote sensing

1 國立中興大學 土木工程學系 教授

2 國立中興大學 土木工程學系 博士班研究生

3 國立中興大學 土木工程學系 博士班研究生

4 國立中興大學 土木工程學系 專任助理

5 國立中興大學 土木工程學系 專任助理

## 一、前言

全球暖化是當前最熱門的話題，相關的研究相當多，大多指出極端氣候的出現機率提高，以往不曾或不常發生的事件，將來都可能發生，八八風災的超大累積雨量即為一例。莫拉克颱風所造成很多坡地災害與財產損失，尤以小林村全村被埋在土石之中之事更震驚全世界。

要研究坡地災害，最好的方法就是取得實際資料，災害已發生者，需要到災區去收集資料，運用航空攝影測量的技術，必要時要做補充的現地量測(如 3D 掃描)；有發生災害的潛在可能的地區，經由現場調查探測等方式進行資料收集。再對所收集的資料進行統計整理，或進行相關與迴歸分析，或進行數值模式模擬。

選定研究區後，首先取得災害前後之航空像對，應用影像處理技術，定出崩塌發生點位的崩落與堆積的分佈，依此可計算滑動土體的形狀與實際體積，提供做後續機制模擬與研判。崩落材料的堆積現況與可能產生之運移，則為後續防災之重點，量化各崩塌點位之規模及河道土砂運移之概況，可供後續做崩塌機制研究與河相演變推估。本研究中分別重製民國 96 年與民國 100 年之正射影像，使用 ArcGIS 匯入數值地形模型，並加以分析與人工校正數化，重新分析莫拉克風災前後期之坡面範圍。本研究主要是以剖面線來探討崩塌地高程的變化，藉由繪製數條橫、縱剖面，並使用 3D Analyst 模組計算出高程、土石的變異量以及河道的縱剖面與橫剖面，並檢討其成因。

## 二、相關資料蒐集與製作

本研究數值航空攝影測量的應用，主要在重建高雄市甲仙區小林地區的地形資料，以方便後續的室內資料處理及分析，如圖 1 和圖 2。對過去的研究來說，要能得到現地的地形資料，就必須對於邊坡或河道進行測量的工作。小林地區研究範圍地區廣闊，要進行實地測量工作已有困難，還要回溯已經消逝的過去歷史資料。不過以上問題，皆可利用航空影像來解決，利用航空影像進行正射影像以及數值地形模型地重建工作，可快速進行大範圍的量測，解決耗時且難以進入量測區域的問題。在操作上，數值航空攝影測量分為飛行航空攝影及室內操作及二大部分。在航空攝影上，由於技術及器械的問題，並沒有辦法自行駕機上天空拍照。取而代之的是使用林務局農林航空測量所，照片來源為歷年來在小林地地區所拍攝的航空影像。

工作站影像處理(內業)部分，則是運用軟體程式將原始航空影像進行正射處理，以產製正射影像與數值地形模型資料。目前數值地形模型製作的技術已趨於成熟，市面上與業界有許多的軟體或工作站皆能進行處理。本研究所使用的軟體為 ERDAS IMAGINE 的 LPS 模組，進行正射處理及數值地形模型產製。



圖 1 民國 96 年高雄市小林里區域數值模型 (莫拉克前)

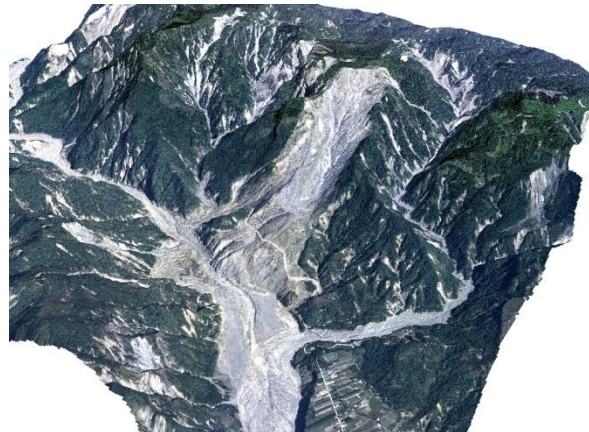


圖 2 民國 100 年高雄市小林里區域數值模型 (莫拉克後)

### 三、研究方法

航空攝影測量有即時、拍照範圍遼闊、可進行多光譜調查、影像直接可視等優點，並且使用 ERDAS IMAGINE 的 Leica Photogrammetry Suites(LPS)模組，產出具有大地座標之正射化影像與數值地形模型(Digital Terrain Model, DTM)，在精度許可下可取代許多需在交通不便區域所進行的測量工具，隨著科技進步，軟體日新月異，針對如此大的區域進行全盤性且快速的瞭解，使用數值航空攝影測量是個很好的方式。航空攝影具有即測量工作。這些特點剛好能夠彌補前人研究中，無法進行精確評估的缺點。

#### (一) 獻肚山崩塌型態調查

大規模邊坡破壞除了降雨與地震的外因之外，邊坡破壞所處的地質構造、生存者的口述資料，與現地踏勘更是瞭解獻肚山邊坡破壞機制不可缺少的方法，故針對獻肚山崩塌型態調查將依下列步驟如下：

- 1、收集莫拉克颱風前後期，獻肚山附近的地形資料，包括衛星影像航空照片，數位地形圖以及地質資料。
- 2、收集有關獻肚山崩塌的調查資料，包括生存者的口述資料、河川水位變動資料、降雨資料等。
- 3、獻肚山崩塌區之現地踏勘，針對崩塌區、流動區、堆積區等之狀況加以觀察並瞭解崩塌體材料特性。
- 4、比對莫拉克颱風前後期的遙感影像、地形資料、地質資料配合現地踏勘的觀察，進行崩塌機制的推定解析深層崩塌的型態與崩塌範圍，並確定崩塌區域及堆積區域。

#### (二) 數值航空攝影測量

數值航空攝影測量係指以飛行載具在空中向地表面垂直攝影，所得原始相片經由掃描成為原始數位影像，藉由電腦軟硬體設備，進行控制點量測，經由數學解算的方式，建立像空間與物空間之間坐標系統的對應關聯。再經由正射處理，最後可由正射影像中直接得到現地的絕對坐標資料。

本研究運用數值航空攝影測量重建過去之數值地形模型，以高雄市旗山溪地區民國 96 年與 100 年之原始航空照片，完成製作跨越民國 98 年之莫拉克風災前後期數值地形模型及正射影像圖，如圖 3 和圖 4。

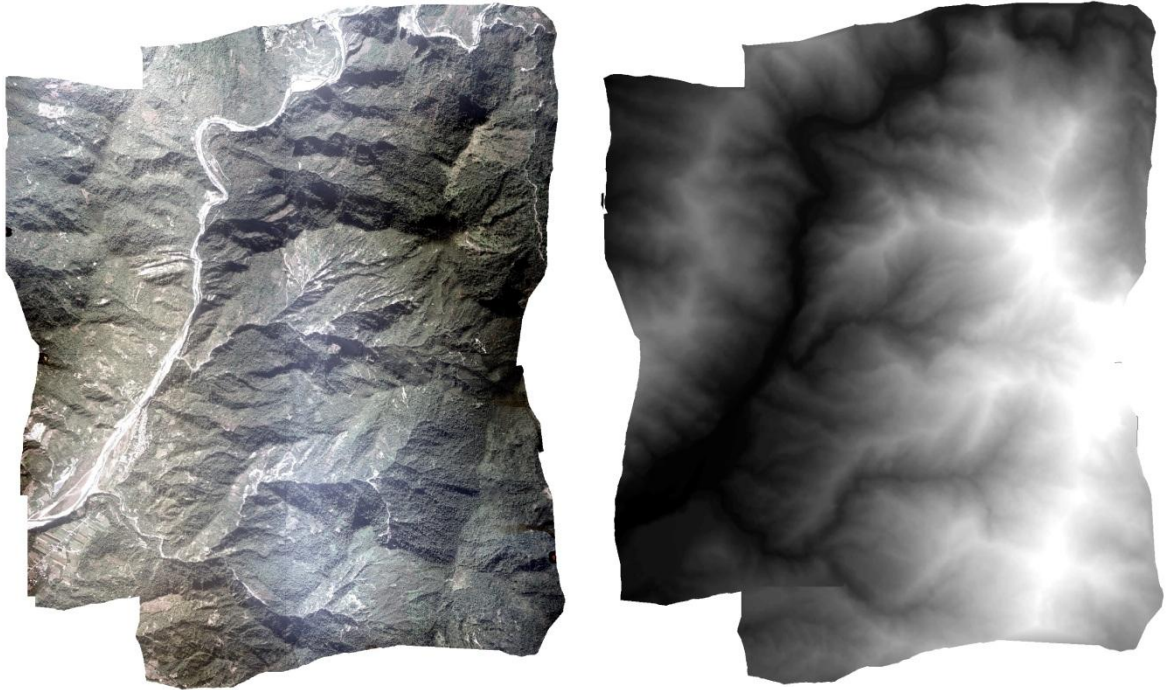


圖 3 民國 96 年高雄市旗山溪正射影像與數值地形模型（莫拉克前）

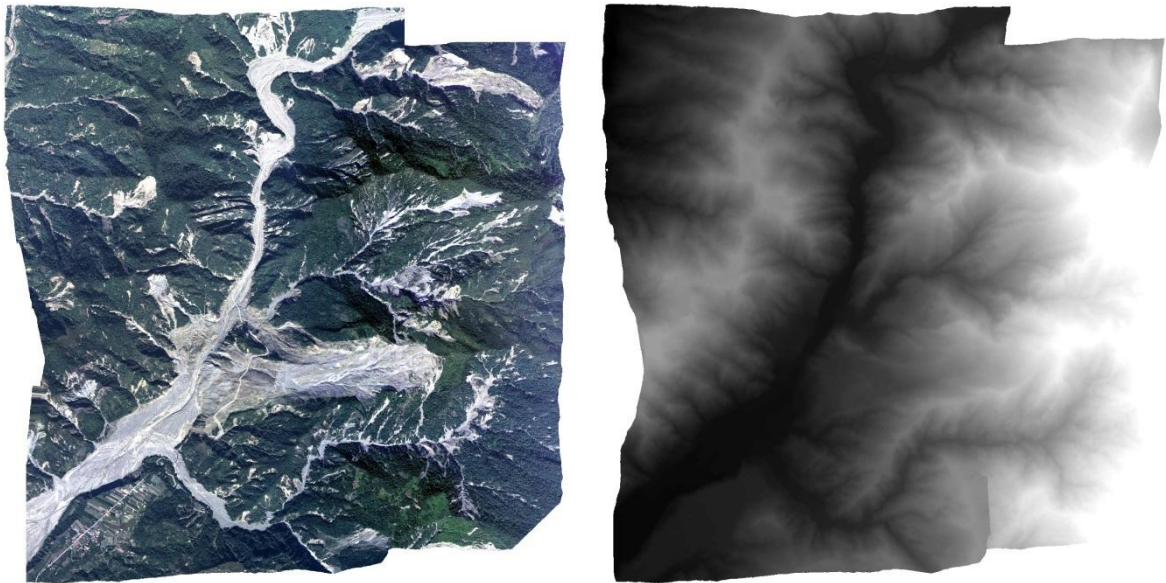


圖 4 民國 100 年高雄市旗山溪正射影像與數值地形模型（莫拉克後）

#### 四、結果與討論

##### （一）小林里上方坡面評估

依民國 96 年及 100 年之正射影像，並使用 ArcGIS 分析與人工校正數化，重新分析莫拉克風災前後期之坡面範圍。運用前後期影像作 DTM 相互疊減，假設差異部份即為土砂變異量。（莫拉克後期 DTM-莫拉克前期 DTM=坡面高程變異值），圖 5 為小林里上方坡面高程變異圖，圖中負值表示為沖刷、正值為淤積。

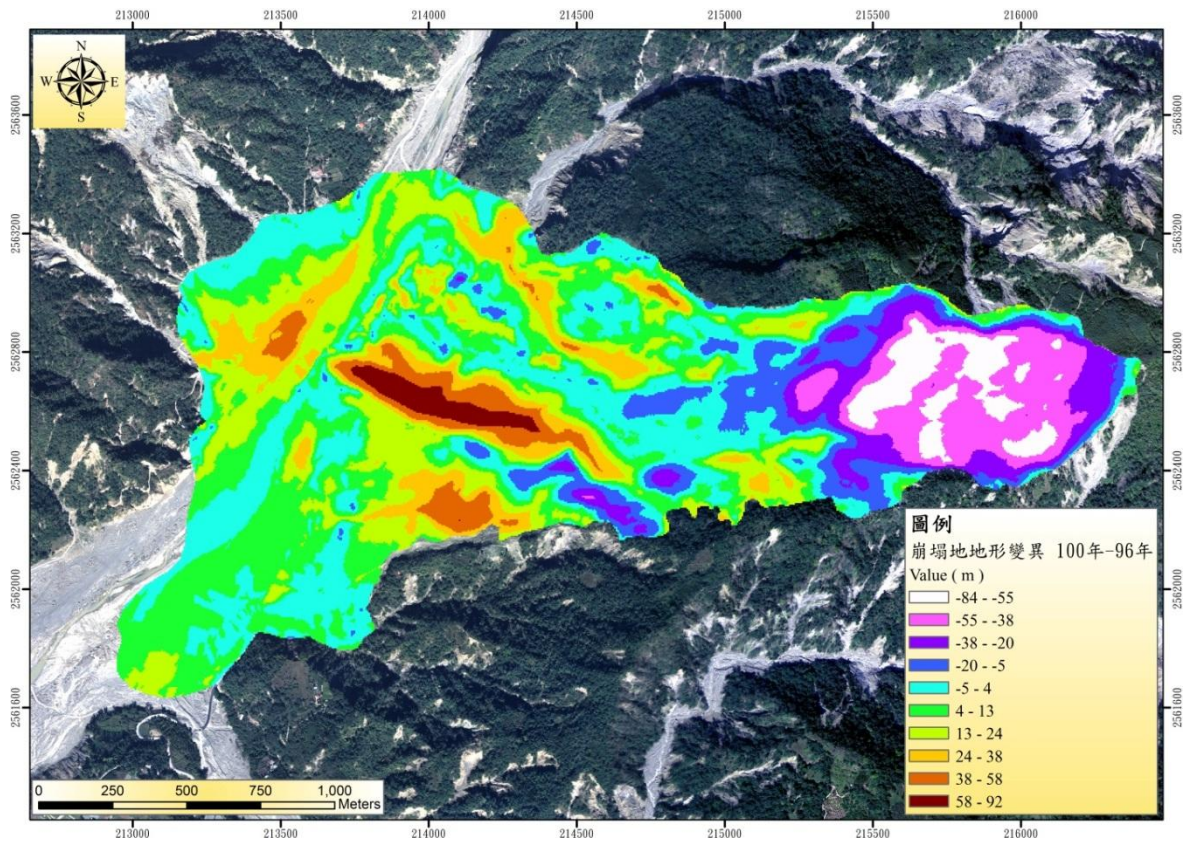


圖 5 為小林里上方坡面高程變異圖

## (二) 獻肚山崩塌剖面高程變異(縱剖面)

沿獻肚山崩塌坡面上共繪製 7 條縱剖面線 (圖 6), 分析前後期坡面地形的變化, 了解邊坡上崩塌或堆積的情況。以下分析為應用 ArcGIS 匯入數值地形模型, 自行繪製數條縱剖面, 並使用 3D Analyst 模組計算出高程, 將 96 年與 100 年的縱剖面進行比較, 分析位置與結果如下圖 (圖 7) 所示:

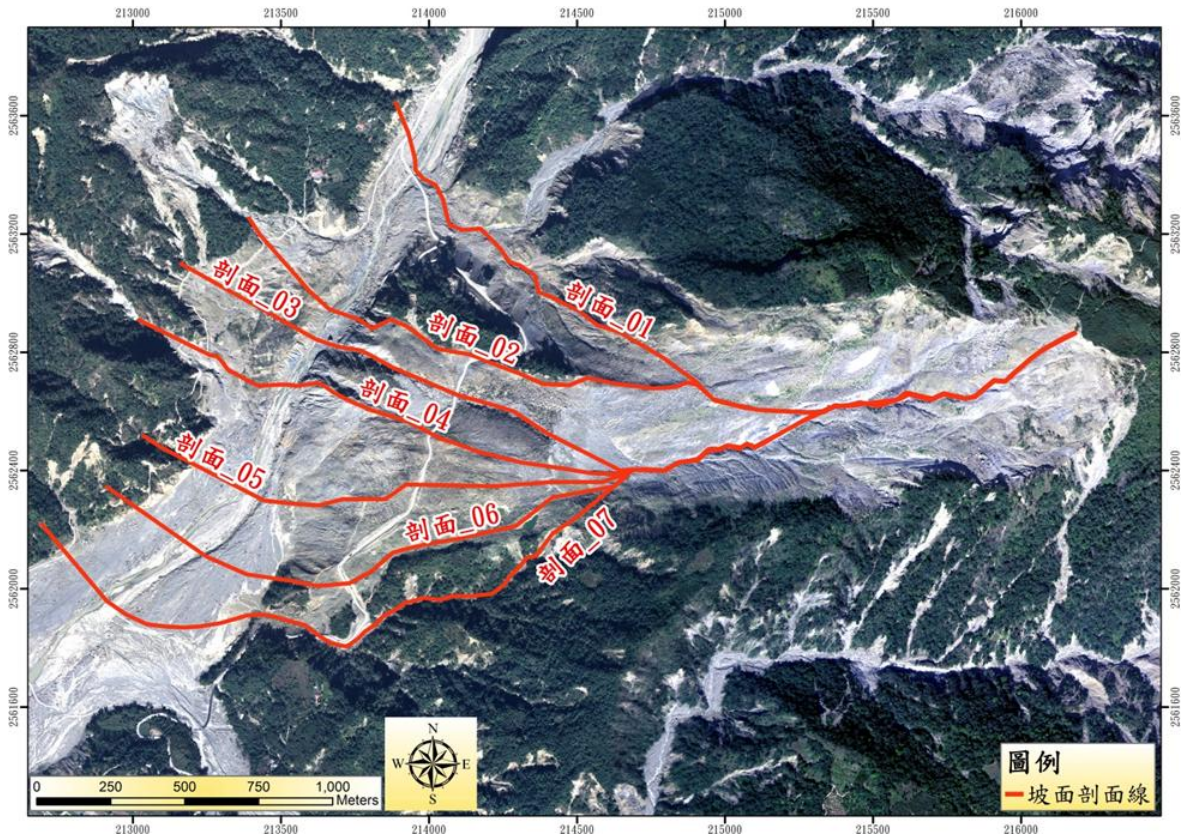


圖 6 獻肚山崩塌坡面之縱剖面線

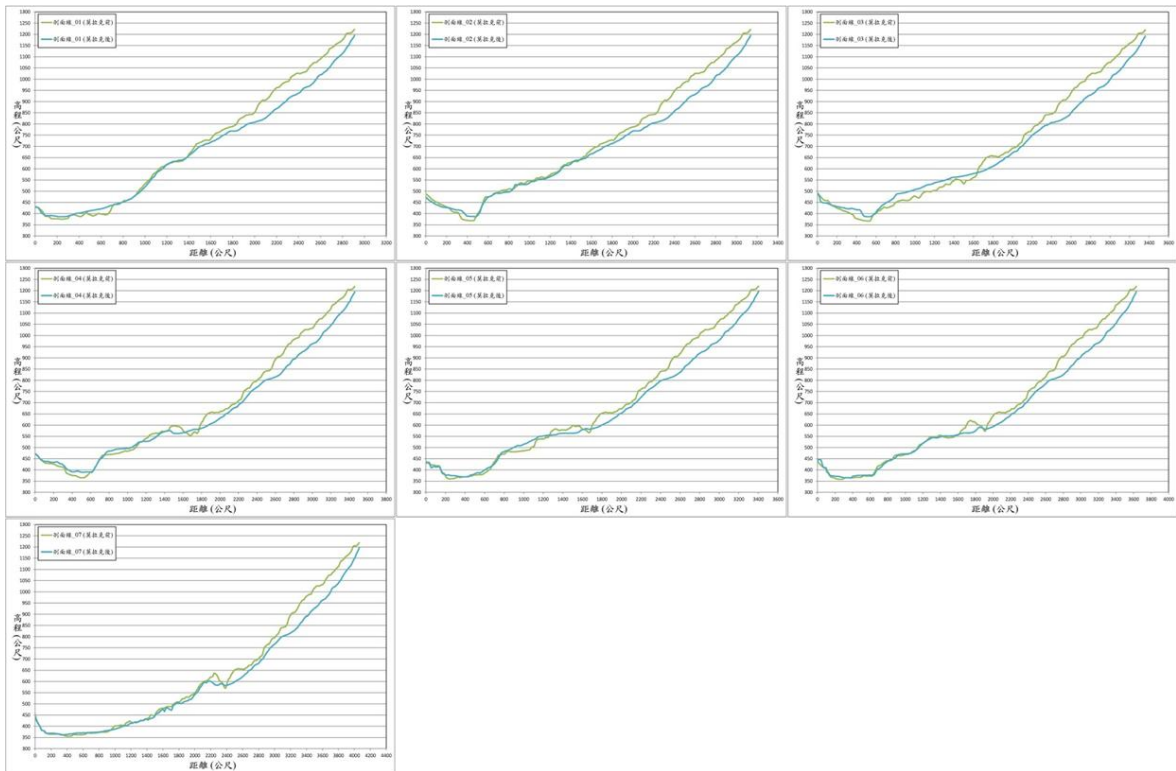


圖 7 獻肚山崩塌坡面於莫拉克前後期之縱剖面高程 1~7

### (三) 獻肚山崩塌剖面高程變異(橫剖面)

沿獻肚山崩塌坡面上共繪製 32 條橫剖面線 (圖 8), 分析前後期坡面地形的變化, 了解邊坡上崩塌或堆積的情況。以下分析為應用 ArcGIS 匯入數值地形模型, 垂直崩塌方向繪製橫剖面線, 並使用 3D Analyst 模組計算出高程, 將 96 年與 100 年的橫剖面進行比較, 分析位置與結果如下圖所示 (圖 9-1~9-3):

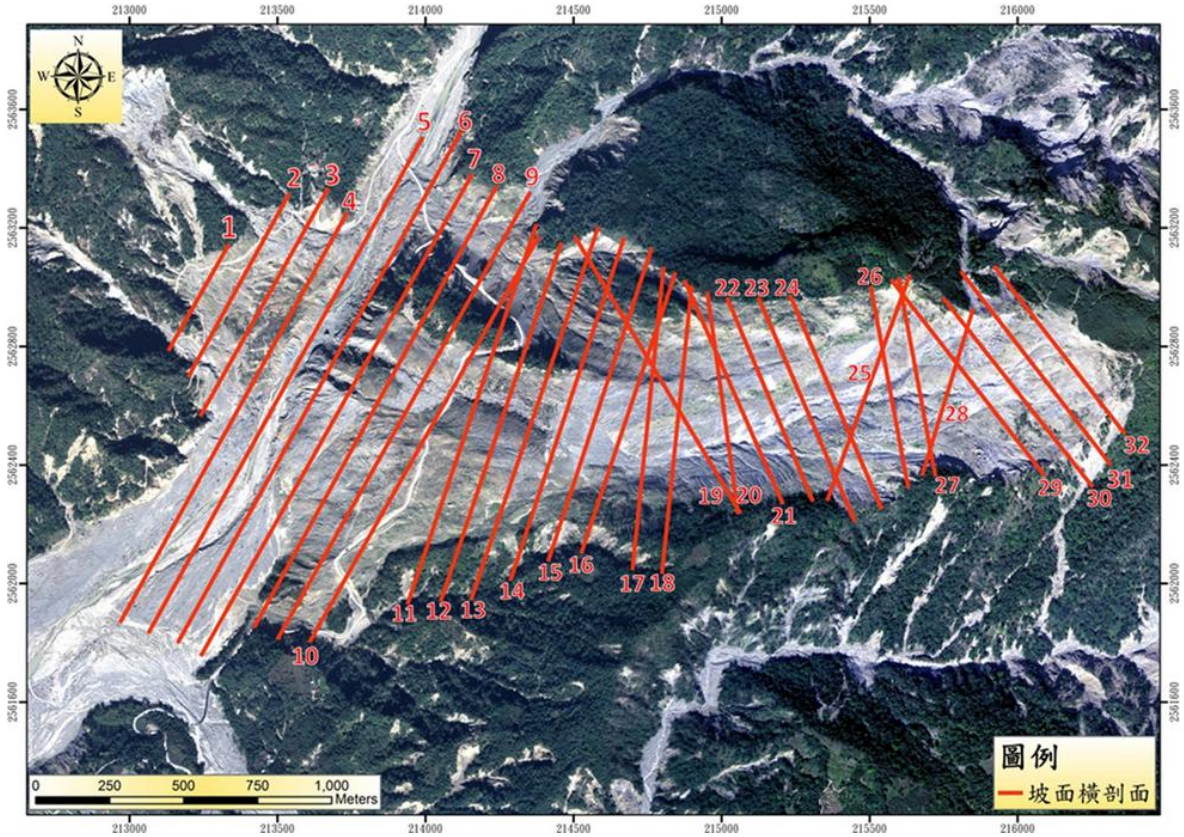


圖 8 獻肚山崩塌坡面之橫剖面線

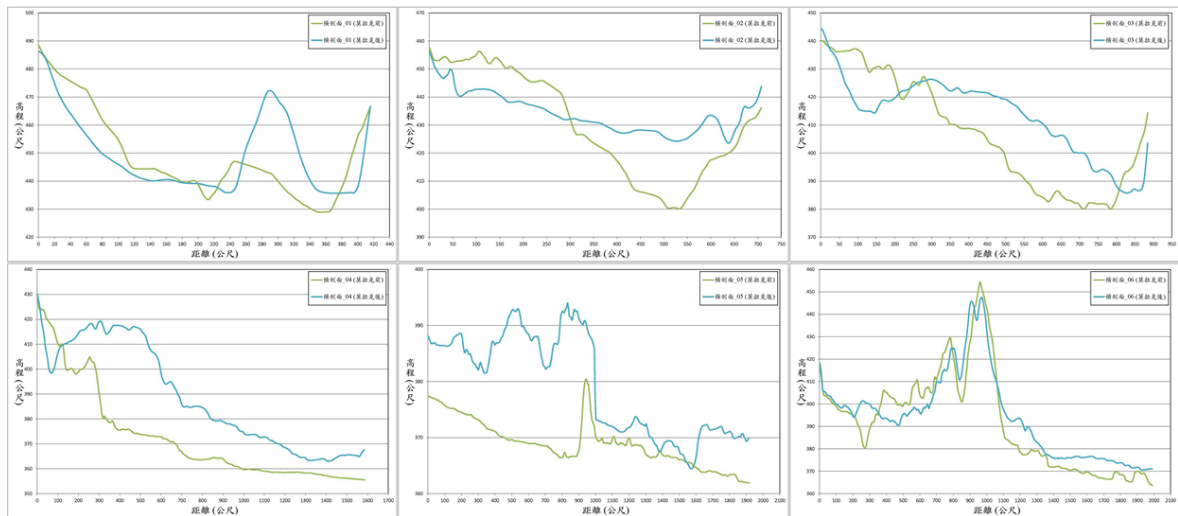


圖 9-1 獻肚山崩塌坡面於莫拉克前後期之橫剖面高程 1-6

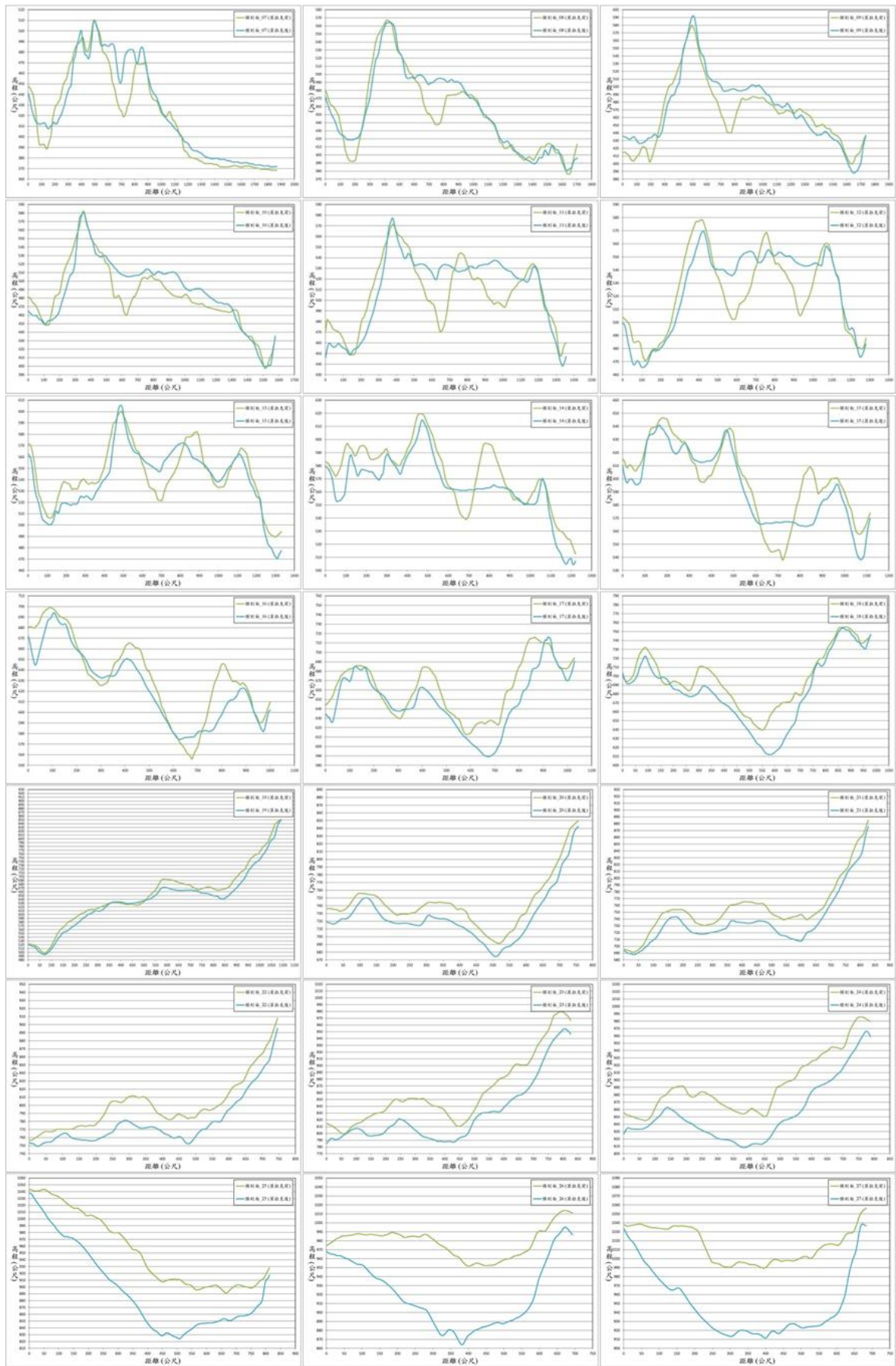


圖 9-2 獻肚山崩塌坡面於莫拉克前後期之橫剖面高程 7-27



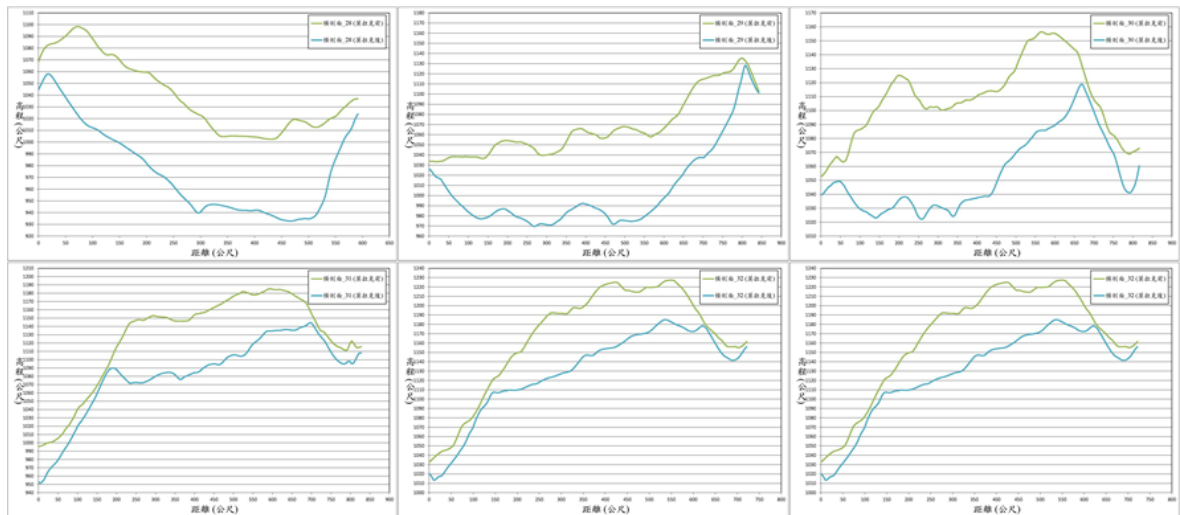


圖 9-3 獻肚山崩塌坡面於莫拉克前後期之橫剖面高程 28-32

#### (四) 旗山溪剖面高程變異

為了能了解河道兩側邊坡的沖刷或堆積情形，沿旗山溪共繪製 28 條橫剖面線 (圖 11)，分析旗山溪前後期的高程變化 (圖 10)。以下分析為應用 ArcGIS 匯入數值地形模型，並使用 3D Analyst 模組計算出高程，將 96 年與 100 年的剖面進行比較，分析位置與結果如下圖所示 (圖 12-1~12-2)：

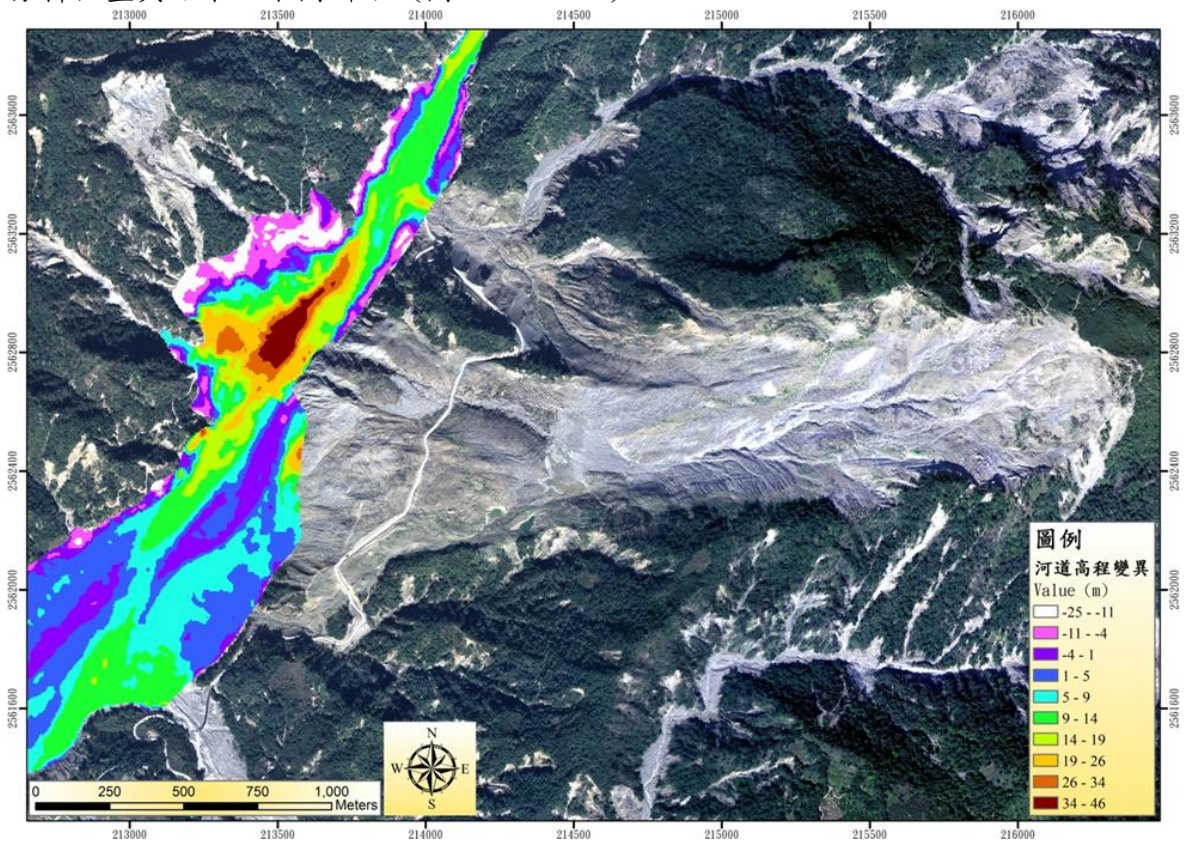


圖 10 旗山溪河道高程變異圖

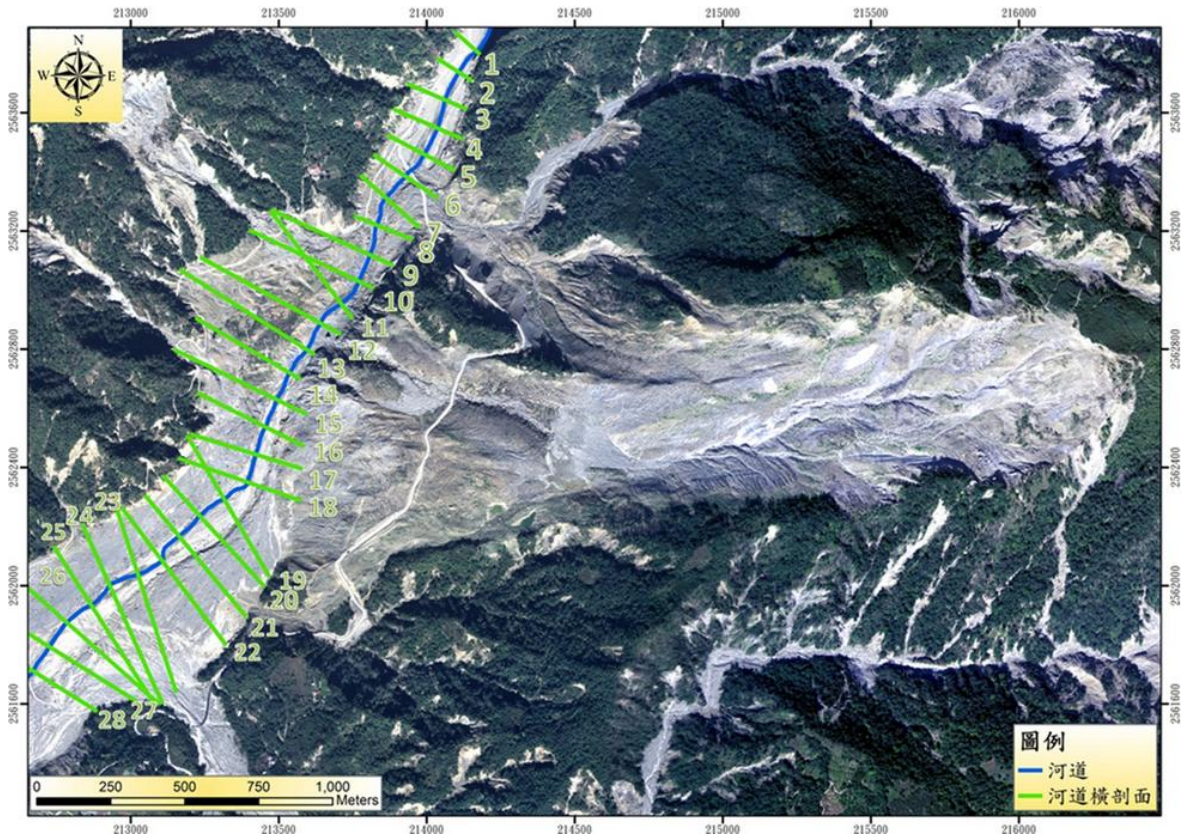


圖 11 旗山溪於莫拉克颱風後河道位置與河道橫剖面線

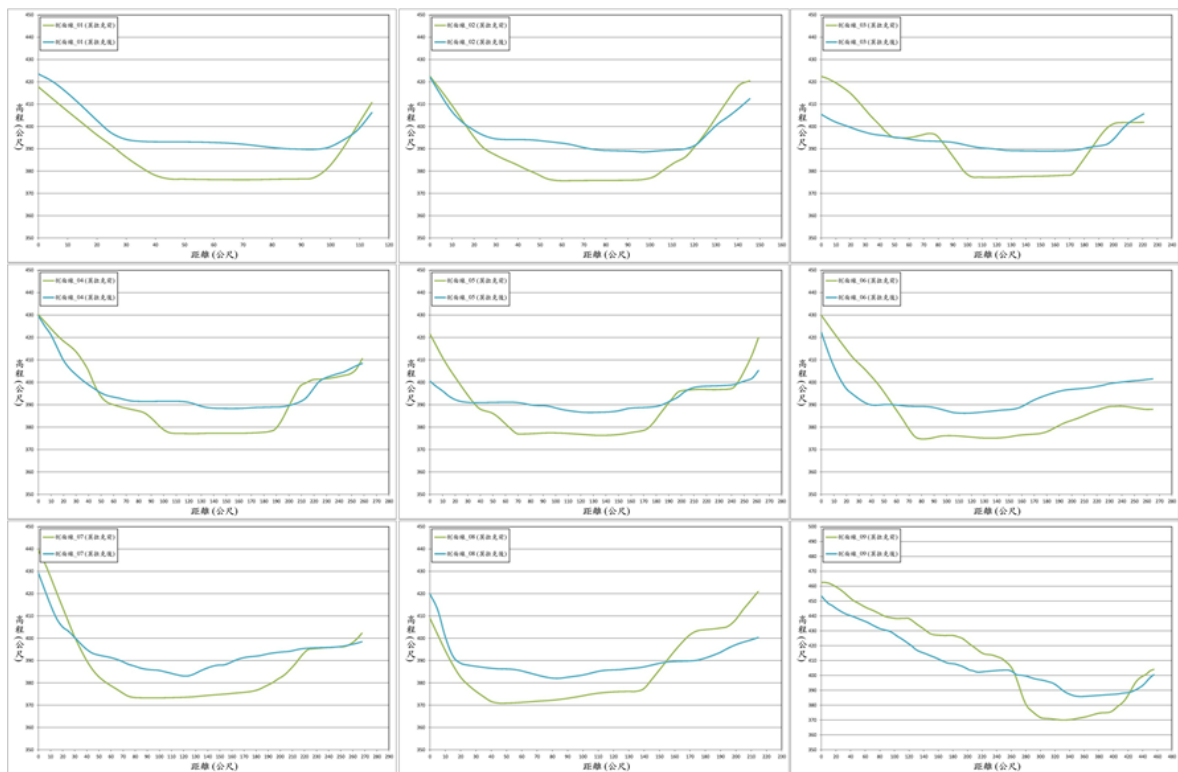


圖 12-1 旗山溪於莫拉克前後期之橫剖面高程 1-9

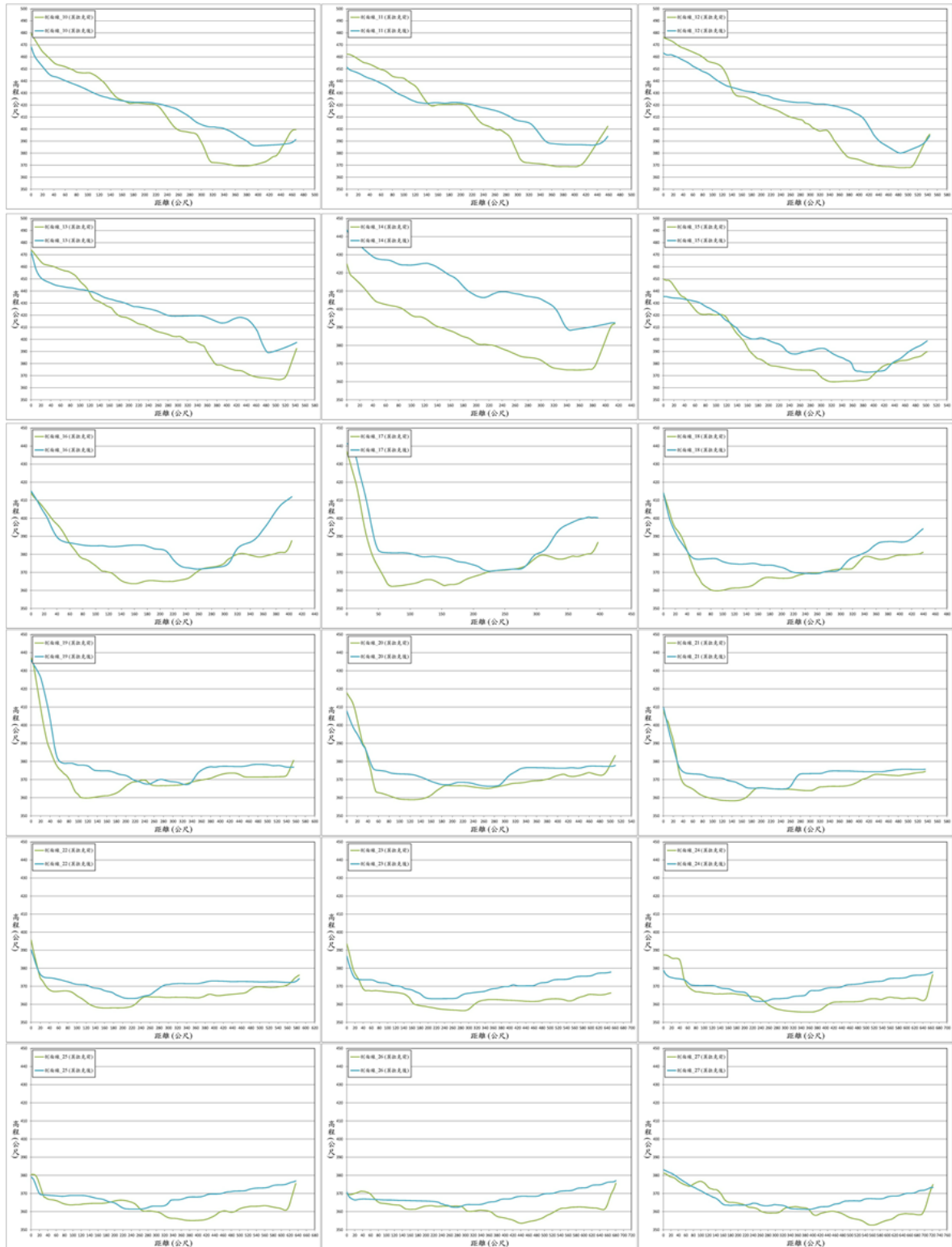


圖 12-2 旗山溪於莫拉克前後期之橫剖面高程 10-27

## 五、結論與建議

研究區域現今以及過去所發生的災害，較無完善的全面性人工現地測量，山區以及高程落差較大之處人員無法進行量測，所以利用航空攝影對研究區進行全區航攝作業，可快速重建並全面性得到量測區內地形地貌資訊。對於大範圍地表保持原貌之地滑判釋分析，可快速劃界堆積區域與推估堆積量，人員無法抵達量測地區將可得到分析結果，可節省時間、人力，並可結合航照圖及數值地形模型製作三維地形模擬。綜合研究之結果，可得到以下幾點結論與建議：

- 1、於極端氣候狀態下，連續強降雨形成之地表水及地下水對邊坡之穩定性造成莫大影響。對已破壞之邊坡進行模擬，探討其機制，並推估未來潛藏的危機。
- 2、運用崩塌地前後期影像資料重建邊坡型態，可使用於不同類型之坡地災害並提供政府相關機關於防救災時參考使用；若以數值模擬方式計算水流衝擊力與滲流應力，加已評估進而提升分析結果，可使其更為可靠。
- 3、本研究選定高雄市甲仙區小林里，應用 ERDAS IMAGINE 的 Leica Photogrammetry Suites(LPS)軟體重建數值地形模型與正射影像，並針對區域內之大型崩塌地重建邊坡型態，可用以建立信賴的分析方法。
- 4、應用 ArcGIS 匯入數值地形模型，繪製剖面線，並使用 3D Analyst 模組計算出高程，將前後期的剖面進行比較，可由剖面的型態了解大自然的破壞導致地貌改變，進而對邊坡穩定造成的影響。

## 參考文獻

- 行政院農業委員會水土保持局 (2011) 野溪清疏對坡地水土資源及環境變遷調查評估。
- 行政院農業委員會水土保持局 (2011) 複合型災害調查、分析與境況模擬。
- 行政院農業委員會林務局農林航空測量所 <http://www.afasi.gov.tw/>。
- 仲琦科技 <http://www.hitrontech.com/>。
- 李錫堤、董家鈞、林銘郎 (2009) 小林村災變之地質背景探討，地工技術，122: 87-94。
- 周南山、侯秉承、黃崇仁、李民政、吳富洵、唐孟瑜 (2009) 誰毀了小林村？—小林村災變調查與破壞模式探討，*Engineers Time*，681。
- 陳儀深 (2011) 八八水災口述史-2009~2010 災後重建訪問記錄，初版，臺北市：前衛出版社。
- 經濟部中央地質調查所 (2009) 莫拉克颱風降雨影響。
- 經濟部中央地質調查所 (2009) 八八水災小林村山崩災因分析。
- 羅偉倫 (2010) 應用河道高程時空變異推估河段危險程度之研究，國立中興大學土木工程學系碩士學位論文。