

摘要

民國98年8月8日中度颱風莫拉克 (Morakot)侵襲南台灣，造成嘉義縣梅山鄉太和村油車寮地區發生大規模之坡地崩滑災害，其主要滑動範圍為東西寬約360 m，南北長約600 m，滑動區冠部產生之落差約30~45 m，災害發生時有效累積雨量為972.5 mm，時雨量高達51.5 mm/hr。

本計畫利用自動化雨量量測儀器、無線電傳輸單元、警示燈號及手機簡訊發報設備，並暫以本集水區之土石流警戒有效累積雨量(300 mm)為參考預警管理值，建置應急防災警報系統及災害通報架構。

依現地調查資料研析結果，目前現地並無持續性之崩滑災害，但未來在坡地崩滑災害整治方面，除計畫區內已發生之大規模崩滑地外，有必要將鄰近之潛勢滑動區同時納入考量，其整體治理面積約達37.5 hectare (公頃)。目前，依邊坡穩定數值分析結果來判釋，計畫區邊坡之穩定性在未來受降雨及地下水位變動之影響甚大。無論是已崩塌區亦或潛勢滑動區，在暴雨狀態時均具有因地下水上升而再次發生滑動之可能。

在計畫區後續治理工作方面，本計畫建議應著重於二次崩滑之預防，並分期辦理整治計畫。治理初期以減少降雨之入滲以及預防局部坡地崩滑等應急處理工程為主，並儘速辦理專案計畫，針對已崩滑區及鄰近潛勢滑動區進行詳實之調查及分析。治理後期則依初期之治理成果，擬定整體治理策略並設計有效之治理工法。

ABSTRACT

In August, 8, 2010, Morakot typhoon invaded Southern Taiwan and caused a tremendous landslide in You-Che-Liao region at Mei-Shan Township, Chia-Yi County. The landslide possessed a width of 360 m in East/West direction and a length of 600 m in South/North direction. The crown height of the landslide is of about 30~45 m. The effective cumulative rainfall and hourly precipitation at the occurrence of the landslide were 972.2 mm and 51.5 mm/hr respectively.

In this project, several systematical instrumentation equipments such as automatic rainfall gauge, wireless electrical transmission unit, warning signal lamp and transmitting facility of cell phone new letters were adopted for field monitoring. In addition, the cumulative rainfall of 300 mm for debris flow warning in watershed was adopted tentatively as a threshold value for the pre-warning of landslide and eventually used to establish the emergent disaster prevention warning system and the disaster promulgating framework.

According to the field investigations and data analyses, it was found that there was not immediate and continuous landslide at the present. Nevertheless, in addition to the large scale landslide occurred in the area of the project, it is necessary to take the nearby slopeland with high landslide potential into account in the future planning works and the total area of the slopeland needs to be renovated will approximate 37.5 hectares. Conclusively, it should be pointed out that both at the slope failure area and the high landslide potential area the highly rising groundwater level during torrential rainfall may still have extremely high possibility to cause recurrence of landslides.

For the subsequent renovation and remedy works in the area of the project, it is suggested to emphasize the works on the prevention of the recurrence of landslide and to implement the works by stages. In the initial stage, the works are suggested to aim at reducing the infiltration of rainwater during torrential rainfall and preventing the local failure of slope. In addition, it is also suggested to follow up several special projects to perform a detail site investigation and analysis to the collapsed slopeland and the nearby area with high landslide potential. In the final stage, the concretized planning and effective design works can be implemented according to the achievements of the renovation works from the initial stage.

目 錄

第一章 緒言	1
1-1 計畫緣起.....	1
1-2 工作目的及範圍.....	1
1-3 計畫項目與內容.....	1
1-4 整體工作執行計畫.....	2
第二章 計畫區基本資料蒐集與建置	4
2-1 地理位置與交通.....	4
2-2 人文與產業.....	4
2-3 氣象與水文.....	10
2-4 區域地形與地質概況.....	12
第三章 工作方法及成果	16
3-1 現況破壞情形調查及滑動機制初步分析.....	16
3-2 地形測量.....	21
3-3 地表變位量測.....	26
3-4 地質鑽探及試驗成果.....	34
3-5 現況邊坡穩定性分析.....	39
3-6 防災警報系統建置及監測.....	44
第四章 災害評估及治理對策研擬	56
4-1 後續可能之災害規模與形式.....	56
4-2 防災警報系統及災害通報架構.....	56
4-3 治理對策研擬.....	58
第五章 結論與建議	64
5-1 結論.....	64
5-2 後續建議事項.....	64

參考文獻A1

附錄一 歷次審查意見與回復情形

附錄二 儀器使用操作說明

圖目錄

圖 1-1 整體工作流程圖.....	3
圖 2-1 計畫區地理位置圖.....	5
圖 2-2 計畫區主要交通動線.....	5
圖 2-3 梅山鄉土地利用圖.....	6
圖 2-4 計畫區地籍套繪圖.....	8
圖 2-5 計畫區鄰近土地利用圖.....	9
圖 2-6 計畫區鄰近氣候站歷年氣候統計圖.....	10
圖 2-7 區域地形及水系分佈圖.....	12
圖 2-8 坡度分析圖.....	13
圖 2-9 坡向分析圖.....	13
圖 2-10 區域地質圖.....	14
圖 3-1 瑞里雨量站(C1M620)雨量統計(民國 98 年 8 月 8 日).....	16
圖 3-2 計畫區現況調查照片(99.06.05 拍攝).....	17
圖 3-3 莫拉克風災前後計畫區照片.....	18
圖 3-4 計畫區潛在滑動邊坡範圍圖.....	20
圖 3-5 圓弧型邊坡滑動示意圖.....	20
圖 3-6 三維雷射掃描現場作業流程及照片.....	22
圖 3-7 掃描資料內業處理流程.....	23
圖 3-8 計畫區原始點雲圖.....	24
圖 3-9 計畫區數值地形模型(DEM).....	24
圖 3-10 計畫區地形測量成果.....	25
圖 3-11 地表變位觀測用儀器.....	26
圖 3-12 地表變位觀測點位佈設圖.....	27
圖 3-13 靜態 GPS 測量現況圖.....	28
圖 3-14 地表變位測量現況作業情形.....	29
圖 3-15 地表變位觀測成果示意圖.....	33
圖 3-16 鑽孔位置圖.....	34
圖 3-17 鑽探工作現場施作照片.....	35

圖 3-18 A、B 區及 A-A、B-B 剖面位置示意圖	39
圖 3-19 A-A 剖面之數值幾何模型	40
圖 3-20 B-B 剖面之數值幾何模型	40
圖 3-21 A-A 剖面常時及暴雨狀況下邊坡安全係數	42
圖 3-22 B-B 剖面常時及暴雨狀況下邊坡安全係數	43
圖 3-23 防災警戒系統配置圖	47
圖 3-24 監測系統儀器架構說明	48
圖 3-25(1) 警戒系統設置位置現況照片	51
圖 3-25(2) 警戒系統設置位置現況照片	52
圖 3-26 邊坡監測管理值訂定建議程序	53
圖 3-27 本計畫雨量計與水位計之監測成果	55
圖 4-1 整體災害通報架構	57
圖 4-2 應急處理工程配置圖	61
圖 4-3 應急處理工程配置示意圖	62

表目錄

表 2-1 太和村油車寮災區土地清冊	7
表 2-2 計畫區鄰近氣候站歷年氣候統計一覽表	11
表 2-3 嘉縣 DF008 土石流潛勢溪流之基本屬性資料.....	11
表 3-1 Dibit LSC 4100LR 雷射掃瞄儀詳細規格表	21
表 3-2 靜態 GPS 測量成果表	28
表 3-3 地表變位量測時間統計表.....	29
表 3-4(1) 地表變位觀測點成果表.....	30
表 3-4(2) 地表變位觀測點成果表.....	31
表 3-5 地表變位觀測點變化量彙整表.....	32
表 3-6 工作數量統計表.....	36
表 3-7 岩心照片及柱狀圖.....	37
表 3-8 土壤重模直接剪力試驗成果表.....	38
表 3-9 岩心單軸壓縮強度試驗成果表.....	38
表 3-10 簡化岩土參數表	41
表 3-11 A-A 及 B-B 剖面在不同地下水位之安全係數	42
表 3-12 感測儀器規格.....	49
表 3-13(1) 資料記錄及傳輸單元規格.....	50
表 3-13(2) 資料記錄及傳輸單元規格.....	51
表 3-14 降雨特性及地下水位觀測之監測管理基準值	54
表 4-1 緊急通報單位聯絡表	57
表 4-2 邊坡穩定常用之防治工法.....	59
表 4-3 應急工程費用概估表	63



第一章 緒言

1-1 計畫緣起

計畫區受莫拉克颱風(98.8.8)影響，造成嘉義縣梅山鄉太和村油車寮上游坡面有大量土石崩落，恐堵塞口湖溪流路，緊臨之下游又因密集之土地利用（民宅等），若爆發土石流災害恐造成極大之傷害。為具體掌握後續可能之災害規模與形式，並積極執行有效之防災預警措施，故編定本計畫，期能儘速辦理災害評估與對策之研擬，並針對警戒與預警提出可行之方案。

1-2 工作目的及範圍

一、工作目的：

(一)計畫範圍為阿里山溪(土石流潛勢溪流嘉縣 DF008)之集水區及其土石流影響範圍。

(二)瞭解計畫範圍在莫拉克颱風後環境及地文現況

(三)瞭解計畫範圍後續可能之災害規模與形式

(四)研擬油車寮地區後續治理對策

二、工作範圍：

本計畫位置位於嘉義縣梅山鄉太和村境內油車寮地區。本滑動區主要滑動範圍東西寬約360公尺，南北長約600公尺，滑動之高程介於EL.1,100~1,360公尺，高差約260公尺，滑動區冠部產生之落差約30~45公尺。

1-3 計畫項目與內容

本計畫包括以下工作項目及內容：

一、背景資料彙整：太和村油車寮地區整體地形、地質、水文與過去災害與治理工程資料蒐集彙整與建檔。

二、現地勘查：上游兩側坡地的邊坡穩定性與鄰旁野溪治理工程及土石堆積現況之勘查與套繪。

三、地形測量：以三維雷射掃描技術進行計畫區之地形測量並建立數值DEM，以供快速取得可用之基本地形資料。

四、地表變位量測點佈置：選定至少13處之地表測量點，定期(每月至少2次)及特定降雨事件進行地表變位觀測，用以評定變位是否發生。



五、防災警報系統：依現地調查與穩定評估成果，研擬適當之邊坡崩壞徵兆進行監測，並佈置至少3處防災警報系統，於臨界預警管理值發生時，能以簡訊、聲音或燈號等發出警報。

六、後續治理對策研擬：經由資料分析等完成現況安全性之評估後，針對油車寮地區後續治理與管理工作提出可行之對策與方案。

1-4 整體工作執行計畫

本計畫主要工作項目可分為基本資料蒐集、地表變位測量、防災警報系統建置、邊坡穩定分析及崩塌地治理構想等五大項，考量工作工項先後次序擬定本計畫之整體工作流程如圖1-1所示。各主要工作內容說明如下：

一、基本資料蒐集：

包括計畫區域自然環境、地文、氣象及水文等資料調查，並整合航空照片、區域地質圖、工程地質資料及地質鑽探等資料，另對計劃範圍進行地形測量及利用埋設水位井時進行補充地質鑽探調查。

二、地表變位測量：

採用RTK GPS觀測儀器，監控滑動區內變位觀測點的變位情形，以推測日後活動性及辨認破壞土體承受張力作用或壓力作用之部位，並作為後續治理對策之參考。

三、後續可能之災害規模與形式及邊坡穩定分析邊坡穩定分析：

依本計劃區之特性、場址條件(包括地下水狀況與地形幾何等)及監測成果，建立數值分析模型，推估後續可能之災害規模與形式並進行邊坡穩定分析，以評估崩塌後之穩定程度。

四、防災警報系統建置：

藉由感測儀器之設置，並配合自動化警報系統及災害通報的架構，以期能在災害發生前獲得警訊，並完成人員疏散等應變措施。

五、後續治理對策研擬：

依計劃區現況調查、地表變位測量及邊坡穩定分析等成果，綜合研判計劃區坡體穩定性及滑動破壞機制，並提出後續治理與管理工作之可行對策與方案。

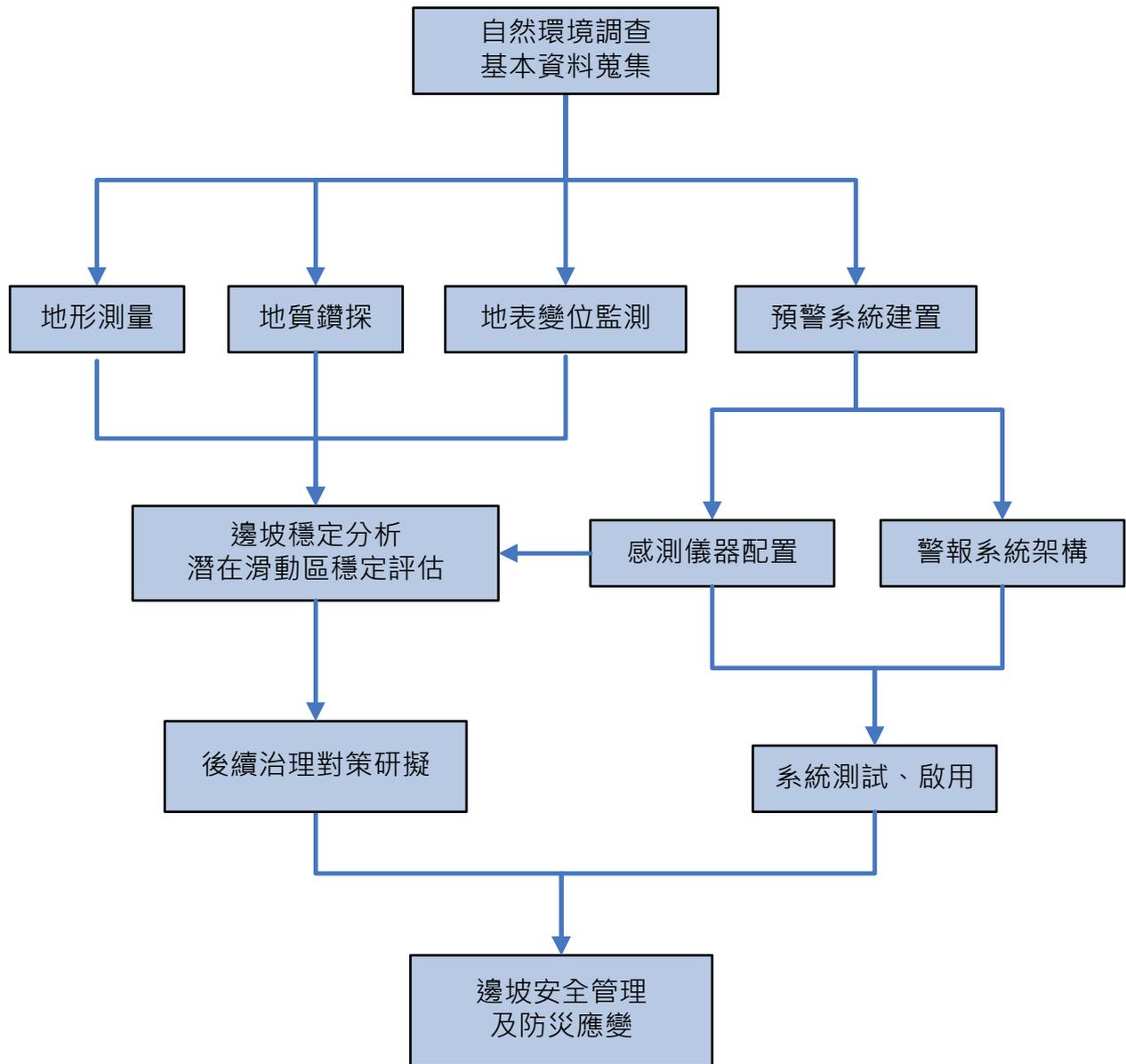


圖 1-1 整體工作流程圖



第二章 計畫區基本資料蒐集與建置

2-1 地理位置與交通

本計畫位置位於嘉義縣梅山鄉太和村境內，梅山鄉位於嘉義縣的東北側，東鄰阿里山鄉，西鄰大林鎮、民雄鄉，北隔清水溪與雲林縣古坑鄉為鄰，南與竹崎相鄰。計畫位置如圖2-1所示。

計畫區主要聯外道路為可藉由台3號省道、台18號省道、169縣道、162甲縣道、以及159乙縣道進入計畫區。其中169縣道縱貫梅山鄉東部及番路鄉，為梅山鄉山區主要聯絡道路，路況稍差，平均路寬約4~6公尺；另橫越全鄉大部分地區之162甲縣道，則是梅山鄉最主要的東西向道路。計畫區主要交通動線如圖2-2所示。

2-2 人文與產業

一、人文及人口特性

梅山鄉本來是一個山腳地帶商旅必經之地，有人在溪邊架攤販賣“米糕粥”，閩人稱粥為“糜”，古傳說，梅與糜閩音相似，故“梅仔坑”這三個字早就出現在“諸羅縣誌”內。日據時期更名為“梅仔坑區”後名為“小梅庄”，光復後再由“小梅”改名為“梅山”沿用迄今。光復前山園間作物以杉木、麻竹、桂竹、水果為主，筍乾、造紙、薪炭是居民的重要副業。光復後，茶、柑橘、檳榔、蓮霧的種植，是目前本鄉重要的物產。隨著社會的變遷，過去曾鼎盛一時的桶筍、造紙、竹編、木器、薪炭等加工產業，已漸漸被推廣的精緻農業取代，隨之而起的梅山高山茶、蓮霧、蘭花、愛玉子、甜柿、梅果等農特產品及觀光果園已深受全國民眾的喜愛。

梅山鄉現有18個村，200個鄰，其人口多集中於都市計畫區內之梅北村及梅東村，而大南村則是都市計畫區外設籍人口最多的一個村，其餘各村人口不多，皆在5407人以下。本鄉人口年平均成長在0%至-1.00%之間。另太和村目前(民國99年)人口約1,354人，共12鄰380戶，人口相較於民國90年之1,379人雖略有些許下降，然戶數確反增加了56戶，平均每戶人口數呈現減少之趨勢。

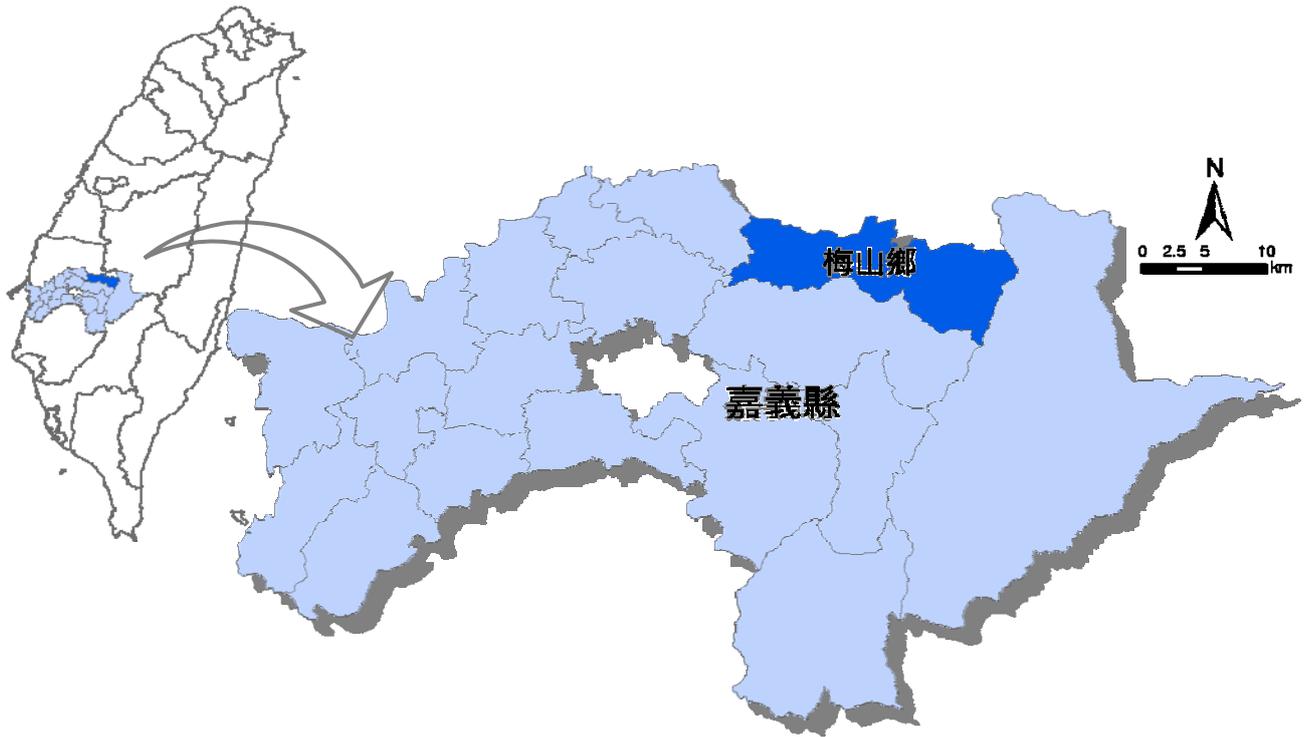


圖 2-1 計畫區地理位置圖

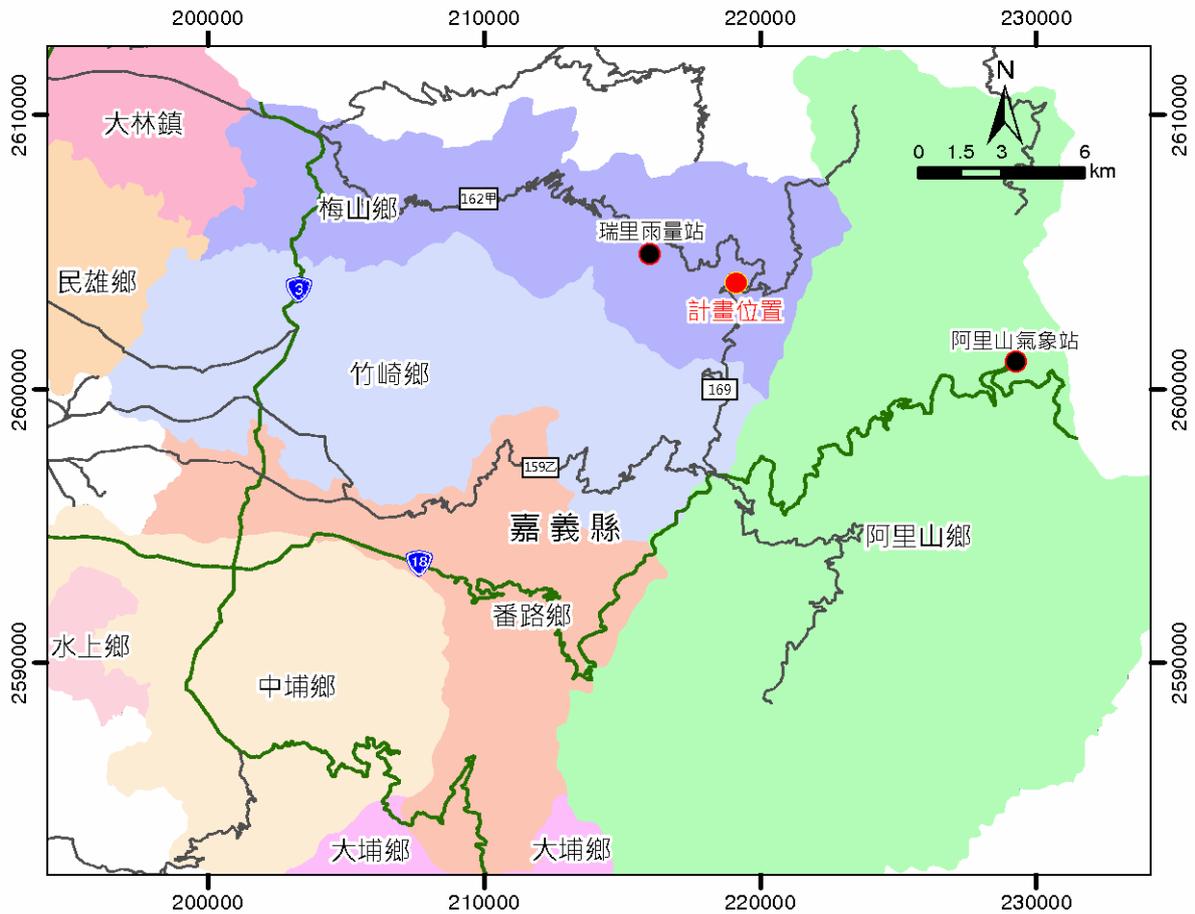


圖 2-2 計畫區主要交通動線



二、產業活動

目前梅山鄉一級產業人口為約1萬4千人，約佔全鄉總就業人口79%，而臺灣地區之一級產業人口佔全省總就業人口約23%，梅山鄉在一級產業人口比重遠高於臺灣省，故本鄉之產業仍以一級產業為主。在農業方面，全鄉土地總面積約120平方公里，因境內以山地地形為主，因此農業耕地面積佔全鄉土地面積約達38%，其中水田佔耕地約14%，旱田約86%。鄉內特產主要有茶、蓮霧及柑桔等。本鄉漁業主要為內陸養殖，但是從事漁業養殖人數很稀少。三、畜牧業在畜牧業方面，以豬、兔及羊之飼養為主。二三級產業目前梅山鄉二級產業人口約為3百人，約佔總就業人口約3%；而臺灣省之二級產業人口為全省就業人口約37%，目前本鄉之二級產業人口比重遠小於臺灣省，二級產業仍不發達。工業之發展以食品製造業等為主。

三、土地利用

梅山都市計畫區以農業區面積最大，佔58.51%，其餘為住工商及公共設施等分區。目前住宅區使用率為40.46%，而人口發展率為五成左右，可知居住密度稍偏密集。因梅山都計區為既存、較早之聚落，現況之商業使用已達91.11%；工業區之使用率則不到25%，大多數為食品加工廠，且有數家非屬工業分區之使用在區內。

梅山鄉的非都市土地面積總計有6,643.08公頃，有73.92%為山坡地保育區，其餘為森林區、風景區及鄉村區等，由於鄉內大部分屬山區，並無特定及一般農業區之劃設，圖2-3為梅山鄉土地利用圖。

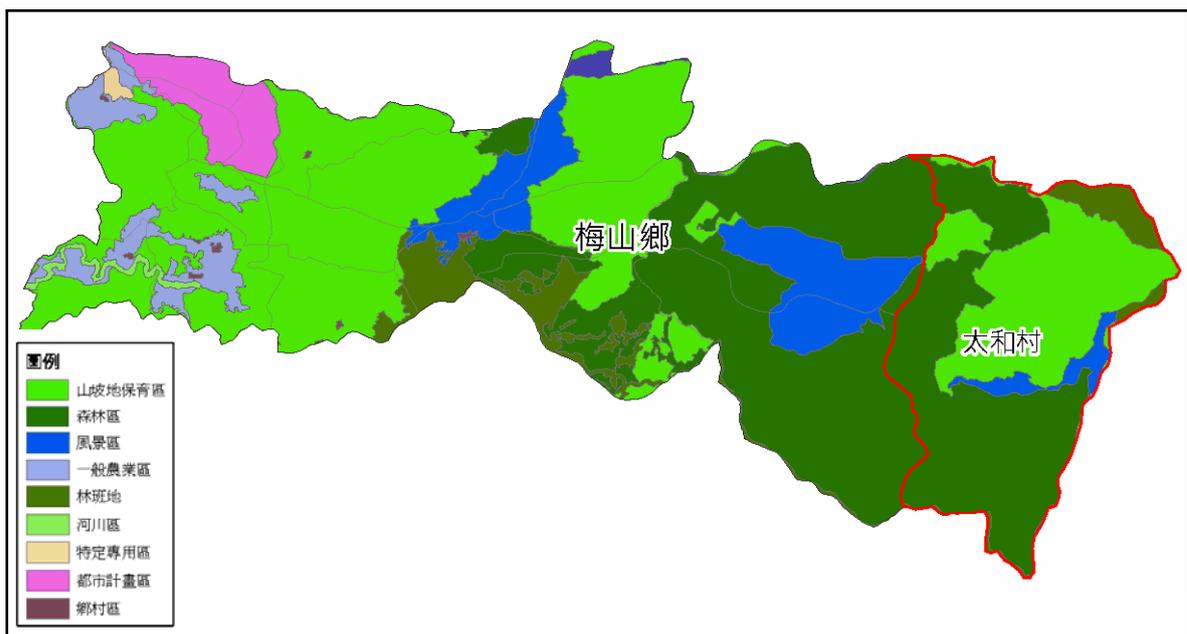


圖 2-3 梅山鄉土地利用圖



本計畫區地籍屬梅山鄉科子林段，現況使用分區為山坡地保育區及風景區，土地權屬及地籍資料詳表2-1用地清冊及圖2-4地籍套繪。本計畫區內及鄰近土地內僅有少數住戶，居民多以農業活動為主，另本區正位於162甲與169縣道之交會點，為通往草嶺、奮起湖及瑞里的道路要衝，土地利用除交通用地及少數建築物外，餘多為茶園及林地(含闊葉林、針葉林及竹林)，其中茶園約佔34.6%、林地約佔49.9%、其他區域(含崩塌區、道路及建築物)約佔15.5%，詳圖2-5計畫區鄰近土地利用圖。

表 2-1 太和村油車寮災區土地清冊

段名	地號	地目	使用分區	使用地類別	面積(m2)	土地所有權人
梅山鄉科子林段	462-23	林	山坡地保育區	農牧用地	8,379.00	中華民國
梅山鄉科子林段	462-24	林	山坡地保育區	農牧用地	10,552.00	中華民國
梅山鄉科子林段	462-25	林	山坡地保育區	農牧用地	41,326.00	中華民國
梅山鄉科子林段	462-70	林	山坡地保育區	林業用地	14,635.00	中華民國
梅山鄉科子林段	462-76	林	山坡地保育區	農牧用地	24,279.00	中華民國
梅山鄉科子林段	472-00	林	山坡地保育區	農牧用地	6,006.00	許良安
梅山鄉科子林段	472-01	林	山坡地保育區	農牧用地	28,130.00	許誠賢
梅山鄉科子林段	472-02	林	山坡地保育區	農牧用地	18,386.00	許源派
梅山鄉科子林段	473-01	林	山坡地保育區	農牧用地	4,079.00	郭文昌
梅山鄉科子林段	473-03	林	山坡地保育區	農牧用地	7,488.00	郭文郎
梅山鄉科子林段	473-04	林	山坡地保育區	農牧用地	4,716.00	郭鴻政
梅山鄉科子林段	573-00	林	風景區	農牧用地	1,382.00	郭木龍
梅山鄉科子林段	574-00	林	山坡地保育區	農牧用地	2,608.00	許誠賢
梅山鄉科子林段	575-00	林	山坡地保育區	農牧用地	1,910.00	郭俊男
梅山鄉科子林段	575-02	林	山坡地保育區	交通用地	423.00	嘉義縣
梅山鄉科子林段	575-04	林	山坡地保育區	交通用地	473.00	郭俊男
梅山鄉科子林段	576-00	林	山坡地保育區	農牧用地	1,477.00	中華民國
梅山鄉科子林段	576-01	道	山坡地保育區	交通用地	754.00	中華民國
梅山鄉科子林段	576-02	林	山坡地保育區	暫未編定	707.00	中華民國
梅山鄉科子林段	577-00	林	山坡地保育區	農牧用地	1,828.00	郭鴻政
梅山鄉科子林段	577-01	道	風景區	交通用地	642.00	郭芳源



梅山鄉科子林段	577-02	林	風景區	農牧用地	952.00	郭文昌
梅山鄉科子林段	578-00	林	山坡地 保育區	農牧用地	3,281.00	郭俊麟
梅山鄉科子林段	578-03	道	山坡地 保育區	交通用地	424.00	郭俊麟
梅山鄉科子林段	939-00	林	山坡地 保育區	林業用地	2,813.00	中華民國

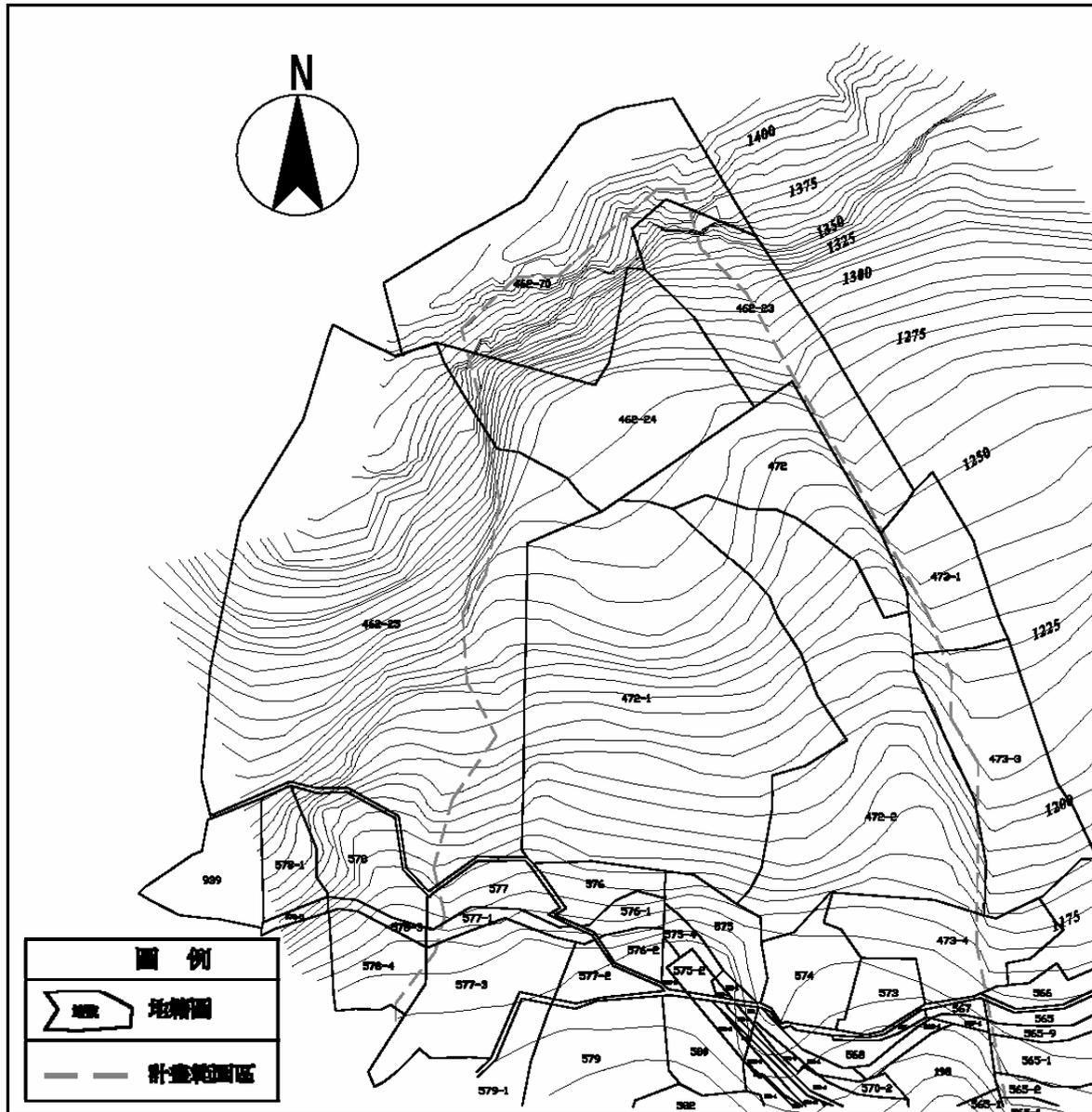


圖 2-4 計畫區地籍套繪圖

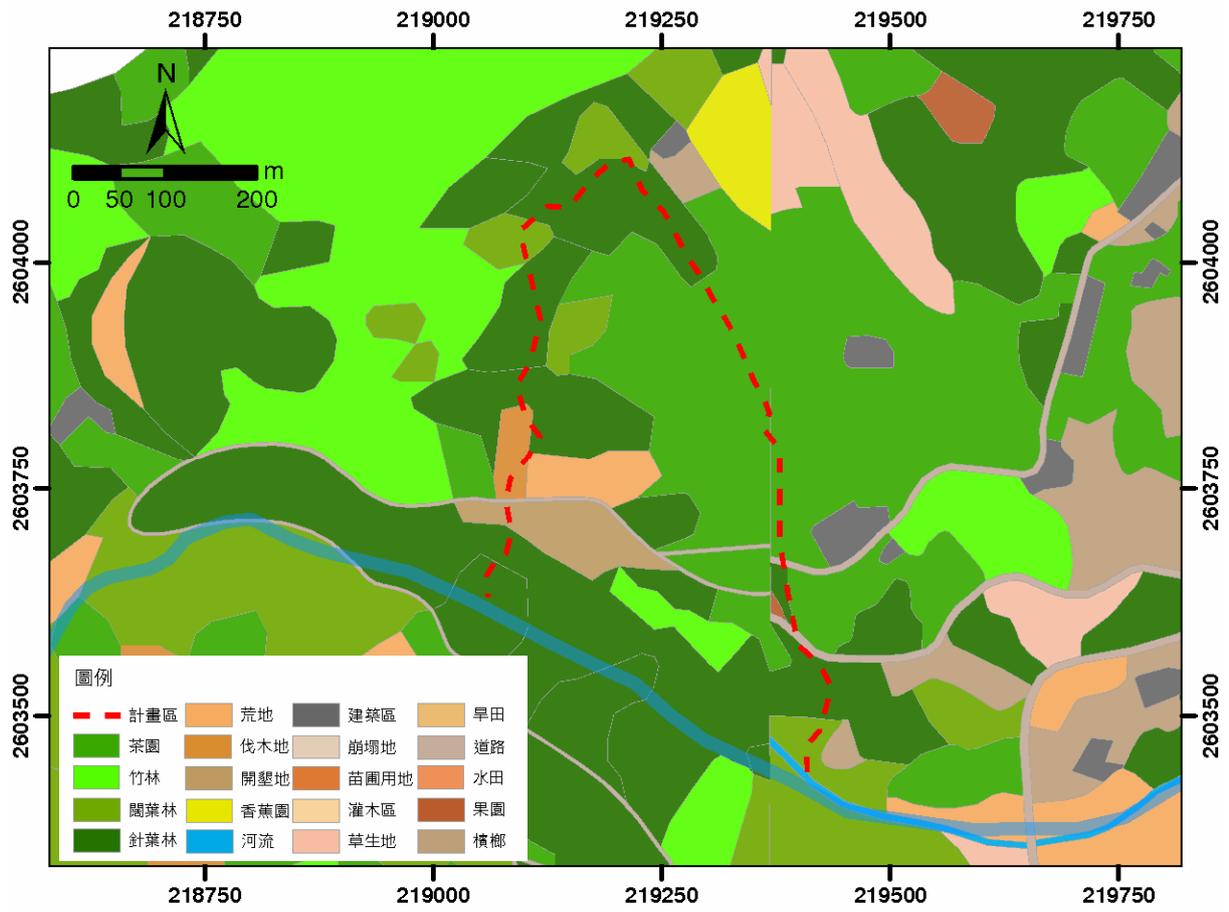


圖 2-5 計畫區鄰近土地利用圖



2-3 氣象與水文

一、氣象

梅山鄉氣候屬於亞熱帶海洋性氣候，亞熱帶海洋性氣候其特徵為四季氣溫無明顯變化，且全年高溫多潤濕雨量且受季風影響，雨量多集中於夏秋兩季，冬季低溫乾旱，全年溫度介於 $6^{\circ}\text{C}\sim 14^{\circ}\text{C}$ 之間。另本區氣象資料係蒐集距集水區最近之氣象站測站為中央氣象局之阿里山站(站號：46753，與計畫區相對位置併見圖2-2)。根據測站之統計所得，共包括溫度、相對濕度、平均雨量等項目，相關統計資料如圖2-6及表2-2所示。

由於本計畫區所屬集水區附近山嶺高峻，地形複雜，日照少且多霧，近10年內的日照率均在37%~44%之間，霧日多達244天，11~12月至翌年1月等三個月的天氣較為晴朗，日照率超過50%。

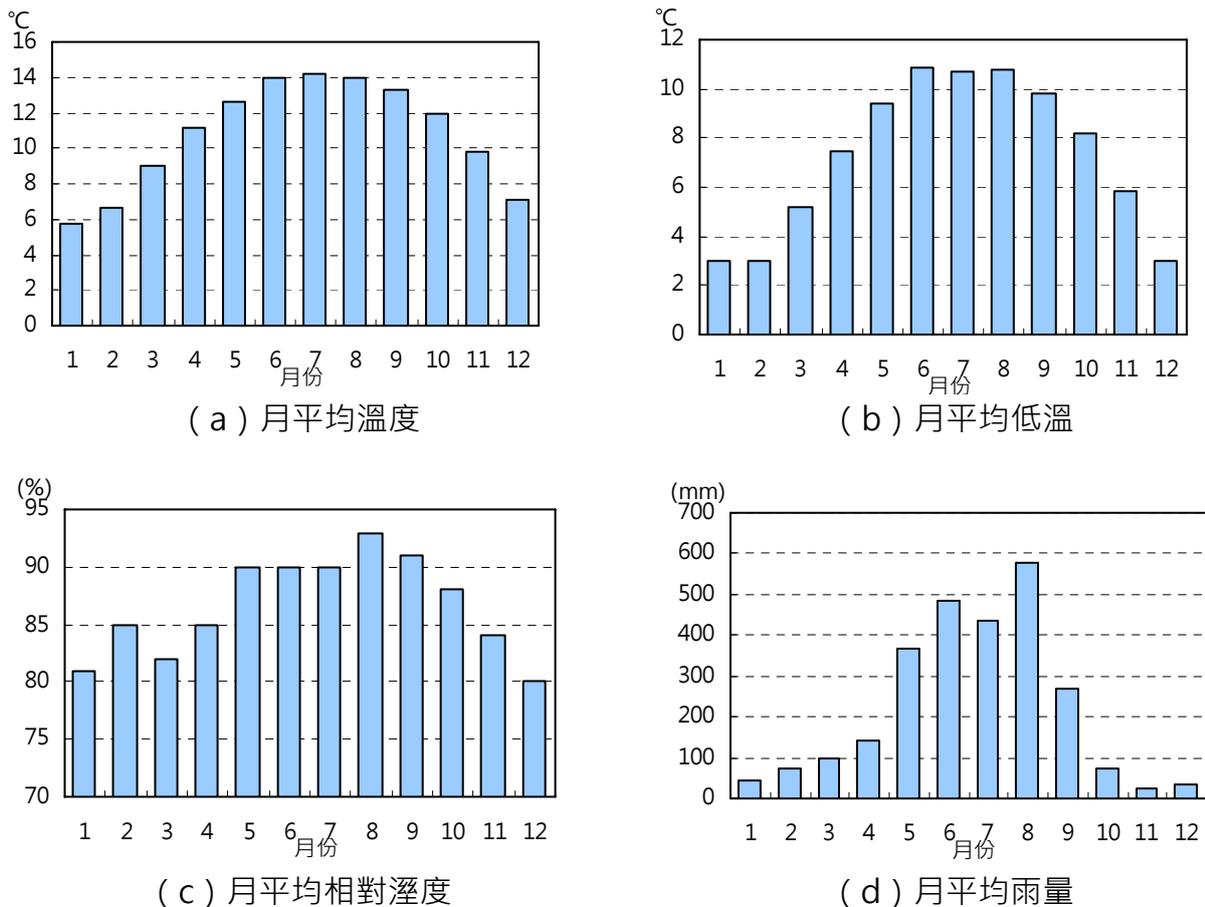


圖 2-6 計畫區鄰近氣候站歷年氣候統計圖



表 2-2 計畫區鄰近氣候站歷年氣候統計一覽表

測站	阿里山氣象站(站號：46753)			
	月平均溫度	月最低溫度	月平均相對溼度	月平均雨量
單位	°C	°C	%	mm
1月	5.7	1.5	81	45.1
2月	6.8	2.9	85	74.6
3月	9.1	4.9	82	98.3
4月	11.1	7.4	85	149.3
5月	12.6	9.2	90	362.6
6月	14.0	10.7	90	486.8
7月	14.3	10.7	90	439.7
8月	14.1	10.8	93	644.7
9月	13.4	9.8	91	275.8
10月	12.1	8.0	88	80.0
11月	9.8	5.7	84	28.3
12月	7.1	2.9	80	33.2
年平均	10.8	7.0	87	2718.4

資料來源：1.平均氣溫、相對濕度、最高氣溫與最低氣溫採用中央氣象局阿里山氣象站民國 60 年~民國 99 年 11 月統計資料。2.平均雨量採用中央氣象局阿里山雨量站資料

二、流域水文

本計畫區為口湖野溪屬阿里山溪上游集水區，阿里山溪則為清水溪上游屬濁水河流域之支流，計畫區水系分佈如圖2-7。阿里山溪發源於阿里山山脈海拔2,663公尺的大塔山，溪流向西流至來吉社後，轉向西北流至豐山附近與石鼓盤溪會合，匯入清水溪，溪流長約15,000m。阿里山溪溪水流速湍急，河道地形落差劇烈、侵蝕力強勁，故於河床上造成難以細數的大小瀑布和潭淵。

另依照水土保持局99年公告之1,552條土石流潛勢溪流，本區範圍內口湖野溪為中潛勢度土石流潛勢溪流，編號為嘉縣DF008，類型為溪流型，表2-3為嘉縣DF008土石流潛勢溪流之基本屬性資料，其中保全對象經本計畫調查約為15~20戶。

表 2-3 嘉縣 DF008 土石流潛勢溪流之基本屬性資料

編號	縣市	鄉鎮	村里	溪流名稱	地標	保全對象	發生潛勢	警戒值	舊溪流編號
嘉縣 DF008	嘉義縣	梅山鄉	太和村	阿里山溪支流	太和國小	15~20 戶	中	300mm	嘉義 A003



2-4 區域地形與地質概況

一、地形：

梅山鄉平地面積僅佔1.74%，其餘全為山坡地及高山林地。全鄉地形山巒起伏，全鄉標高介90公尺至1,815公尺之間，高低懸殊，且境內地勢錯縱複雜，變幻萬千，可謂名符其實的山鄉。本鄉依標高不同可分為丘陵地帶、淺山地帶、深山地帶等三類地形帶。圖2-7為嘉義縣梅山鄉及太和村區域地形與水系分佈圖。

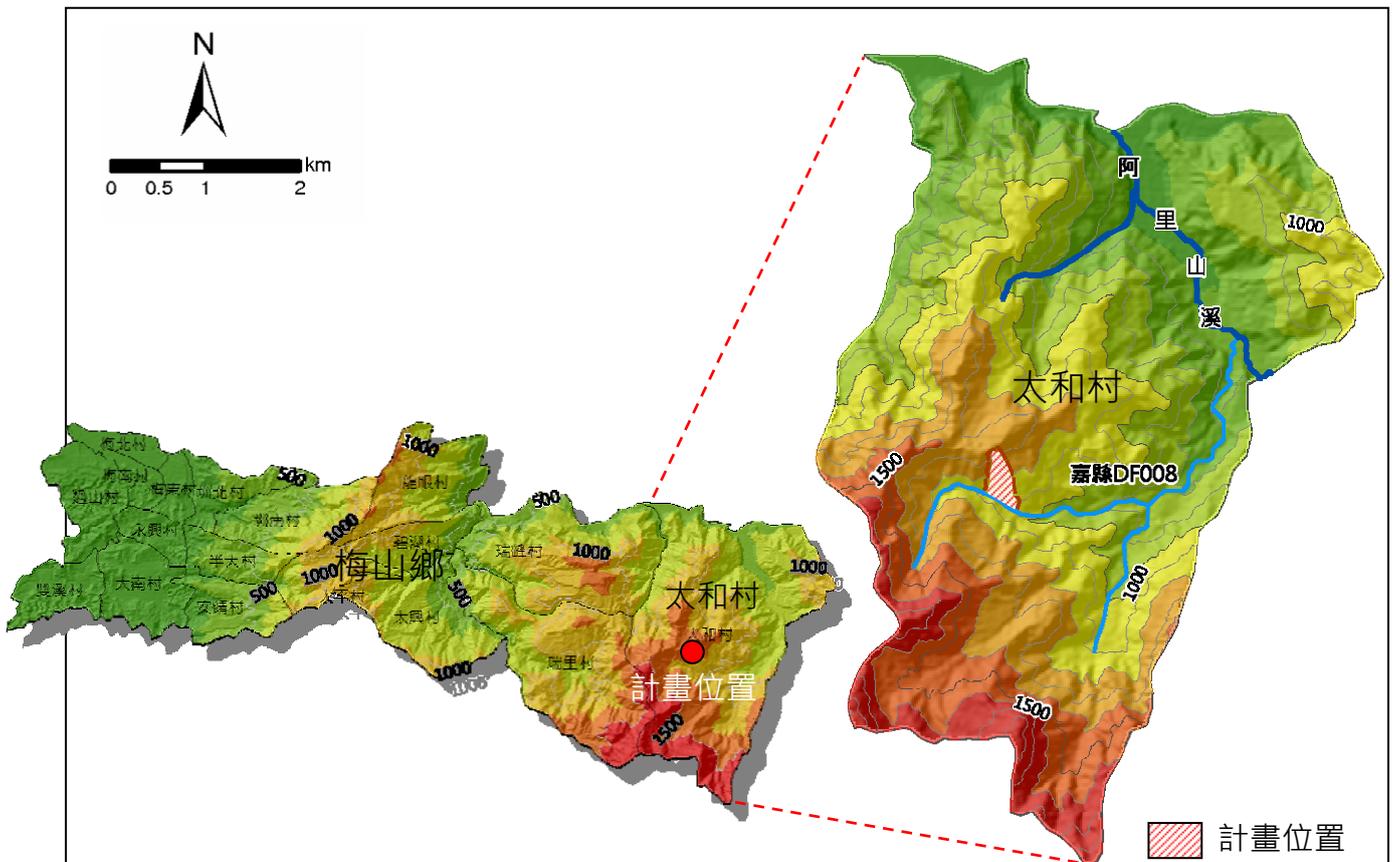


圖 2-7 區域地形及水系分佈圖

另本計畫區藉由GIS將崩塌區附近之DTM資料進行坡度坡向分析，坡度坡向分析之分層設色圖如圖2-8及圖2-9所示。圖中顯示計畫區內之坡度分佈多為三級至四級坡，地勢呈現北高南低之狀態，主要坡向大多為南及東南斜向。

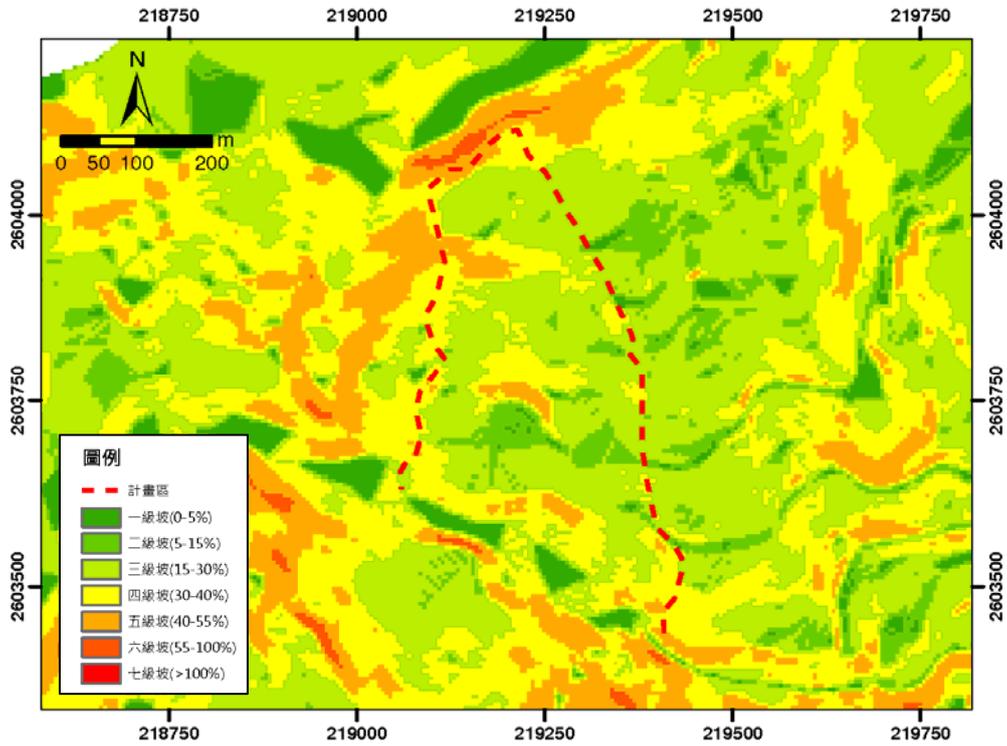


圖 2-8 坡度分析圖

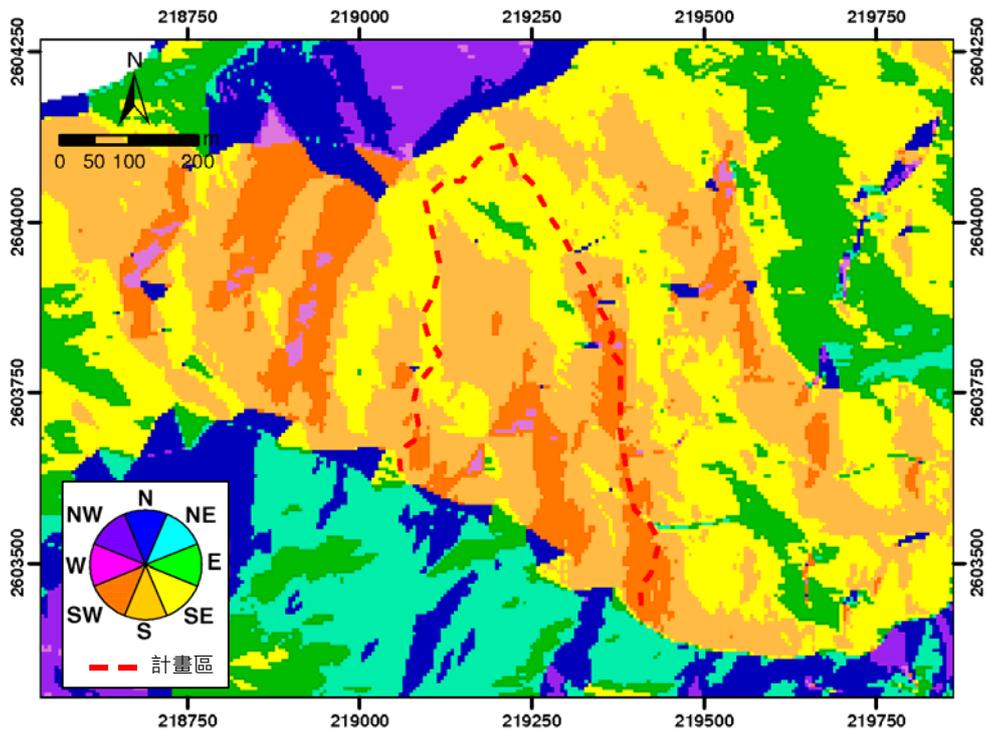


圖 2-9 坡向分析圖

二、地層及構造線：

依據經濟部中央地質調查所地質資料查詢系統，如圖2-10所示，本區主要地層分布共有2種地層，包括南莊層與桂竹林層，另有一斷層及向斜構成本區地



層，分述如下。

(一)南莊層

為本區分布最廣之地層，南莊層最早由何春蓀等(1954)所提出，為台灣西部中新世最上一個含煤地層，主要為灰色、褐色的砂岩與頁岩薄互層所組成，夾有煤層，厚約 1,000~1,600 公尺，在十字路附近，有炭質砂岩，最為特殊。並含有海生動物及陸上植物化石。

(二)桂竹林層

桂竹林層分布於本區周圍，桂竹林層以淺海相的砂岩和頁岩為代表，並整合在南莊層之上面，其名稱最早由鳥居敬造和吉田要(1931)所提出。桂竹林層以青灰色砂岩、暗灰色頁岩、及淺灰色至灰色砂岩、頁岩與砂質頁岩之互層為主。

(三)構造線

另構造線則有社前湖斷層及無名向斜，其中社前湖斷層，約呈北北東走向，一斷面向東的逆斷層。

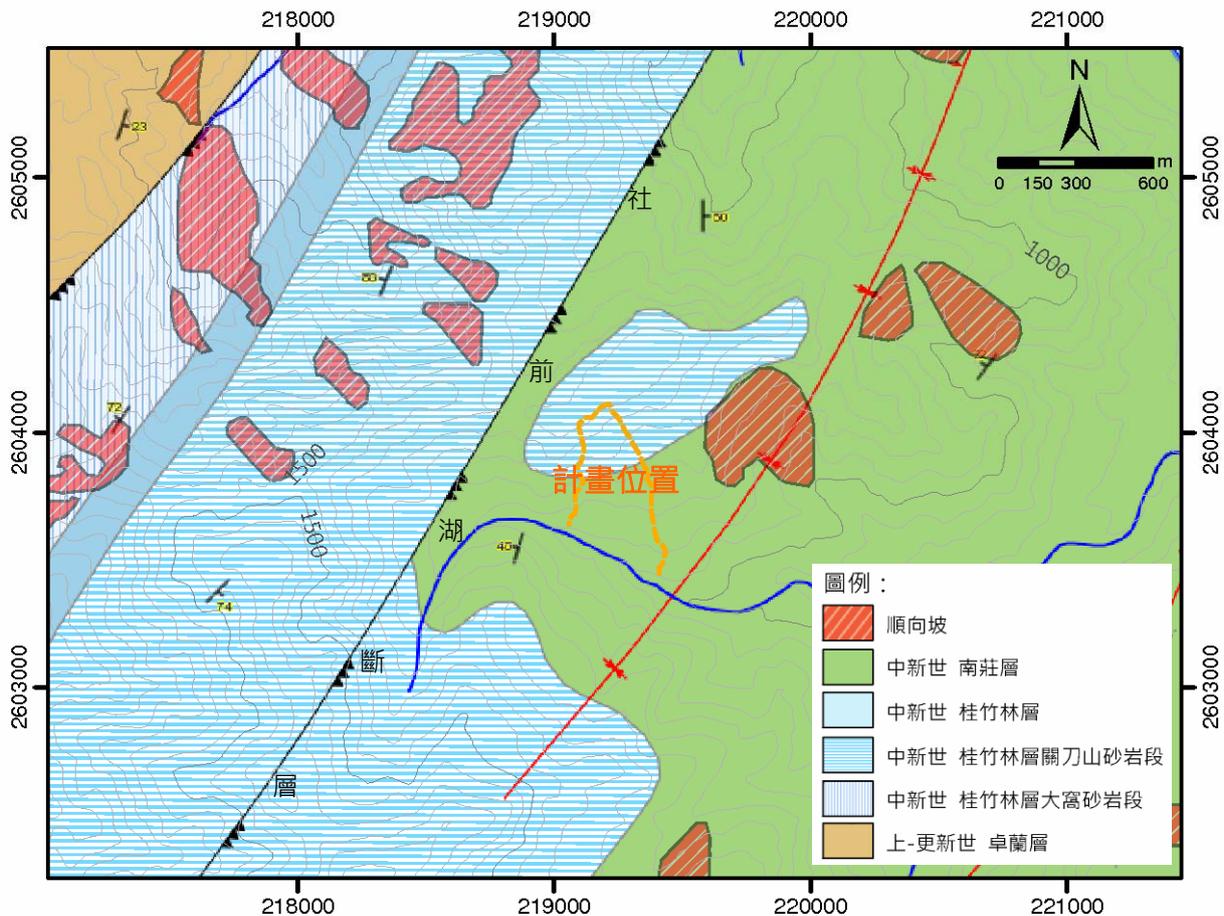


圖 2-10 區域地質圖



三、土壤：

計畫區鄰近土壤由黃壤、紅壤、石質土與崩積土組成，以崩積土涵蓋面積最廣。計畫區內土壤則多屬崩積土，為鄰近山區之風化母岩及土壤物質因滾落、滑降、崩塌位移等作用而生成。

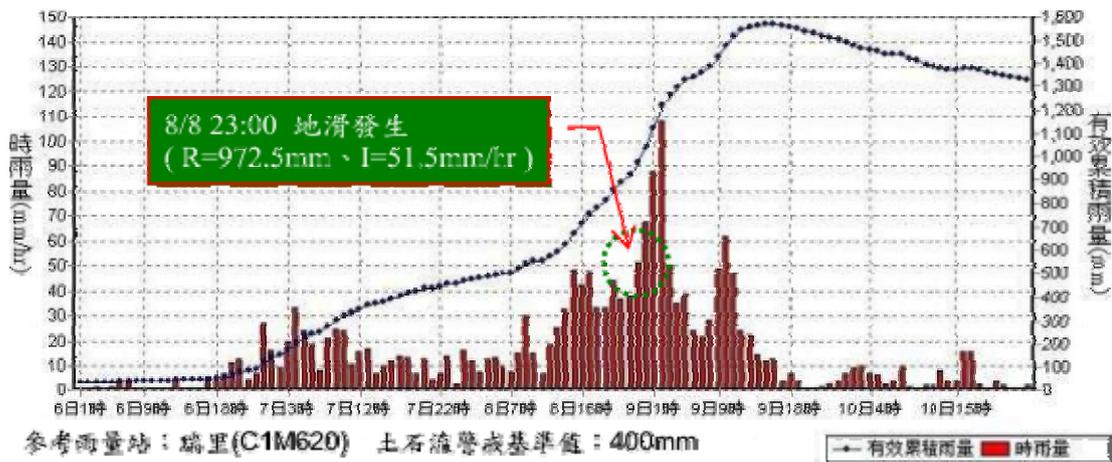


第三章 工作方法及成果

3-1 現況破壞情形調查及滑動機制初步分析

一、破壞情形調查：

民國98年8月8日莫拉克颱風來襲，為嘉義縣梅山鄉帶來豪大雨，並於當日23時造成本區地滑走山，多處道路和民宅受損，災害發生時有效累積雨量已達972.5mm，時雨量更高達51.5mm/hr，相關降雨資料詳圖3-1所示。



98年莫拉克颱風重大土石災例最速報(嘉義縣-梅山鄉太和村)

圖 3-1 瑞里雨量站(C1M620)雨量統計(民國 98 年 8 月 8 日)

本計畫區域經莫拉克風災後已將近一年，現地殘留滑動破壞的痕跡仍清晰可見，本滑動區主要滑動範圍東西寬約360公尺，南北長約600公尺，滑動之高程介於EL.1,100~1,360公尺，高差約260公尺，滑動區冠部產生之落差約30~45公尺。

本次滑動已造成滑動區下方建築物傾倒及公路錯動破壞，現今傾倒之民房業已拆除，受損道路則修正道路線形後多已重鋪通車，滑動區域下方野溪受部分土砂堵塞並形成小型堰塞湖(面積推估約為1,306平方公尺，深約1~1.5公尺)，並逐漸消散縮小中，相關現況調查及計畫區受災前後照片匯整如圖3-2、3-3所示。

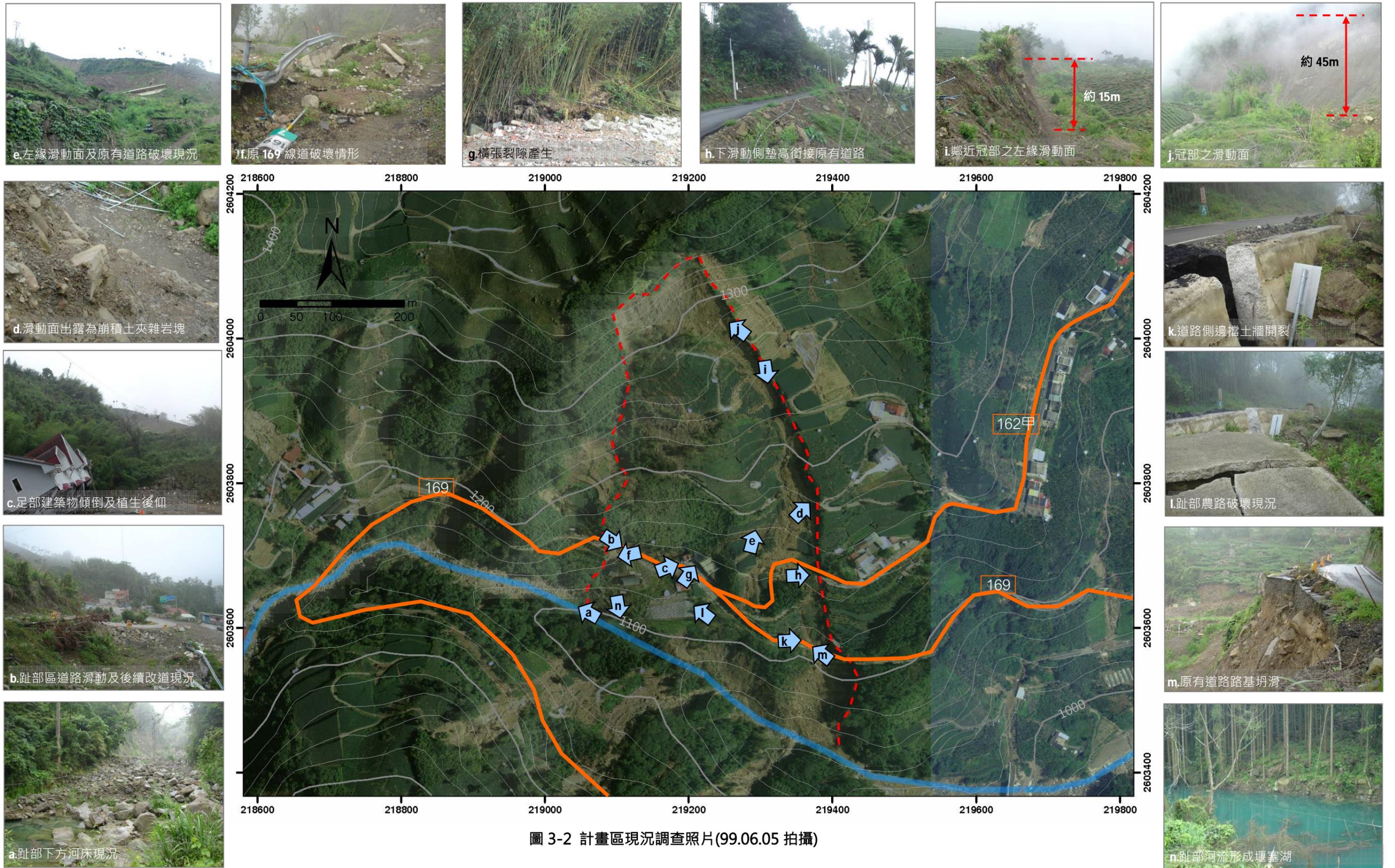


圖 3-2 計畫區現況調查照片(99.06.05 拍攝)



(a)風災前計畫區照片(96.4.20 拍攝)



(b)風災後計畫區照片(98.12.24 拍攝)

圖 3-3 莫拉克風災前後計畫區照片



二、滑動機制分析

(一)地質特性：

依區域地質資料顯示，本區地層深受斷層及褶皺地質作用影響而較為擾動及破碎。且經現地勘查，構成本區主要未固結地層即為結構鬆散土體夾雜岩塊之崩積土，另滑動區冠部則可觀察到出露之固結地層為砂岩與頁岩互層構造與崩塌區雖呈斜交狀態，但風化程度甚高，是以本區未固結及固結地層具結構鬆散及風化程度高之特性，均為不利邊坡穩定因素。

(二)地形特性

由航照、地形分區及現況土地利用綜合判釋，本滑動區係為山陵線所圍繞而成之較緩坡地，且三面依山陵，南面臨河，土地呈高度利用現況，並可包括本次未受災區域自成一微地形區。本微地形區因屬同一地形分區，且主要未固結地層均為崩積土層，下方邊坡趾部又受溪流侵蝕，故均為地滑山崩之高潛勢區，如圖 3-4 所示計畫區除已發生大規模滑動區外，應包括鄰近之潛勢滑動邊坡。

(三)滑動型式：

由滑動區破壞照片顯示，冠部及左右緣均出現崩崖，滑動區之下陷帶多有植生後傾等現象，下坡方亦有橫張裂隙產生，下方趾部隆起而形成堰塞湖，並由地質特性中研判本區之多為崩積土層，種種跡象均顯示本次滑動近似於標準的圓弧型破壞，圖 3-5 為圓弧型邊坡滑動示意圖。

(四)降雨特性：

本區域位於嘉義縣梅山鄉山區，海拔高約 1,200 公尺，屬高山區且雨量豐沛，依鄰近之阿里山氣象站之資料(詳圖 2-4)顯示，8 月平均月雨量約在 590 毫米左右，惟本次莫拉克颱風在短短三日內即為本區帶來 972 毫米的雨量，驚人的雨量為本區崩積土體注入豐富水量，造成土體超高含水量。

綜上分析顯示，本區域邊坡破壞機制應可推論為超高降雨量注水至崩積層或崩塌體內，在重力的作用及其他環境條件下，使得不穩定邊坡沿崩積土體內或土岩界面上發生滑動。另有關於本次滑動區範圍可由航照及現場調查判釋，唯滑動深度仍需後續補充之地質鑽探進一步確認。

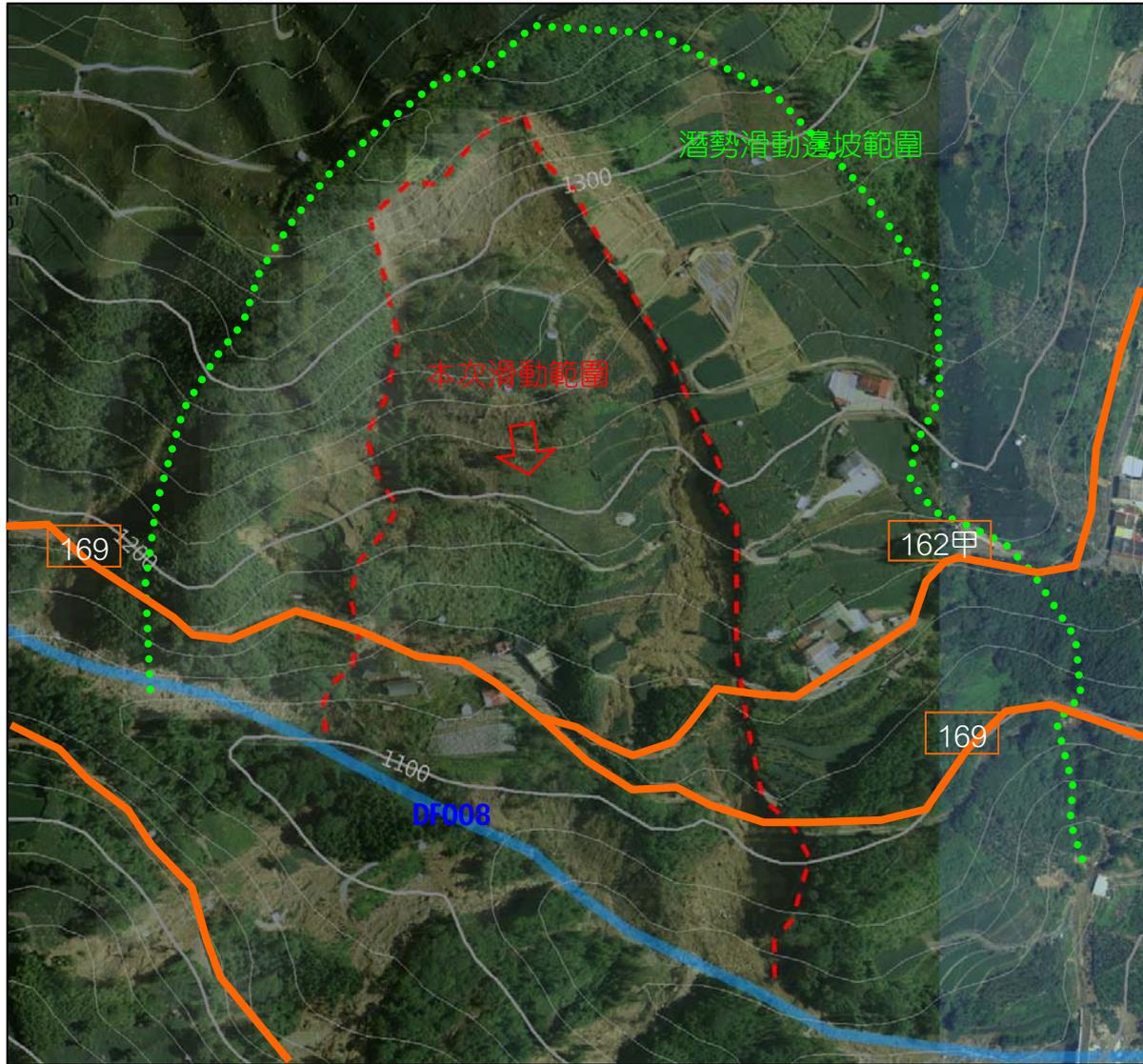


圖 3-4 計畫區潛在滑動邊坡範圍圖

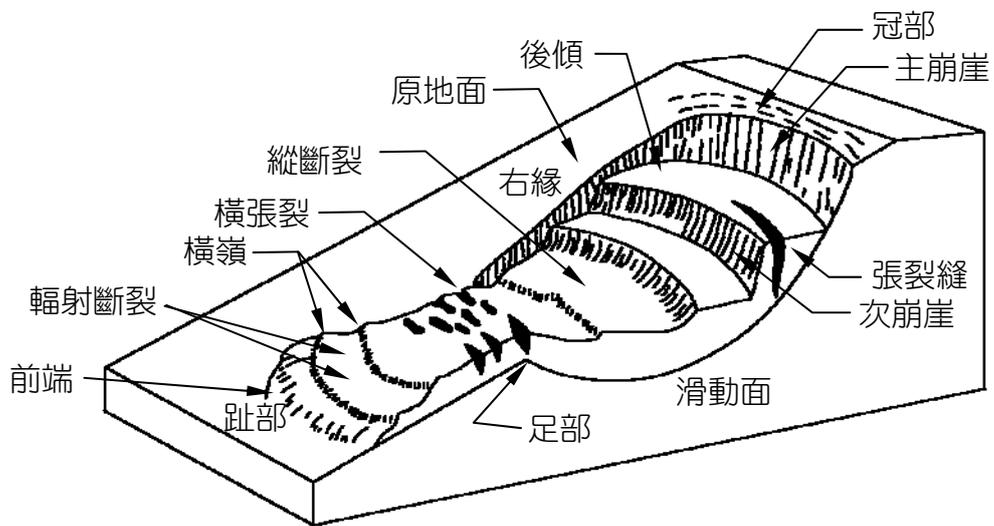


圖 3-5 圓弧型邊坡滑動示意圖



3-2 地形測量

本計畫以高精度及高密度量測目標物表面三維坐標之地面雷射掃瞄儀，以供快速取得可用之基本地形測量資料。利用三維雷射掃描技術蒐集所得之座標數據透過相關軟體轉換、製作邊坡之DEM(Digital Elevation Model)數值地形模型，作為後續邊坡穩定分析及治理規劃之應用。

一、地面雷射掃瞄儀

地面雷射掃瞄儀屬於非接觸式、主動式的測量儀器，其特性可在短時間獲取大量高精度被掃瞄物之三維坐標資料，稱之為點雲。相較於傳統測量技術，地面光達可提供高密度點雲，記錄被掃瞄物表面之三維坐標，適用於建物之三維建模及崩塌地變形監測。

若以工程測量的應用考量，以長距離雷射掃瞄儀較為合適。本次作業擬使用之長距離雷射掃瞄儀-Dibit LSC 4100LR 地面雷射掃瞄儀最大測距距離為2,500公尺，儀器詳細規格如表3-1。

表 3-1 Dibit LSC 4100LR 雷射掃瞄儀詳細規格表

項目	規格
1.測距範圍	Upto 2500m
2.測距精度	+/-2cm/1,000m
3.最小測量點距	水平：0.018°；垂直：0.18°
4.傳輸介面	IP64
5.電源	220V DC or AC Converter
6.電池	12V Rechargeable
7.操作溫度	0°C to +50°C



LSC 4100LR

- **Laser distance meter Dibit LSC 4100LR:**
 - with telescope 30x5 for manual and semi operation
 - maximum range 2500 m
 - accuracy distance measurement +/- 2 cm at 1.000 m
 - wave length 903 nm
 - spot resolution horizontal max. 0.02 gon, vertical 0.2 gon
 - robust, dust and splashwater proof housing - IP64
- **Field Computer/optional:**
 - PC/notebook with Microsoft Windows/UNIX OS
- **Power supply:**
 - 200V net supply or
 - 12V accumulator power solution (optional)
- **Data interfaces:**
 - standard RS232, up to 19.200 Baud
 - optional: a) Ethernet TCP/IP interface, 10MBit/sec
 - b) radio communication up to 19.200 Baud
- **Temperature ranges:**
 - operation: 0° C to +50° C
 - storage: -20° C to +70° C
- **Axial/tilt Control:**
 - axial: for fast manual positioning and alignment
- **Tripodack - Tripod mounting:**
 - Adjustable tripod, same make quality, with bubble level for mounting
- **Protective Case (optional):**
 - housing of cooling system
- **Carrying case:**





二、現場作業：

Dibit LSC 4100LR 掃瞄儀現場作業流程及紀錄照片如下(圖3-6)：

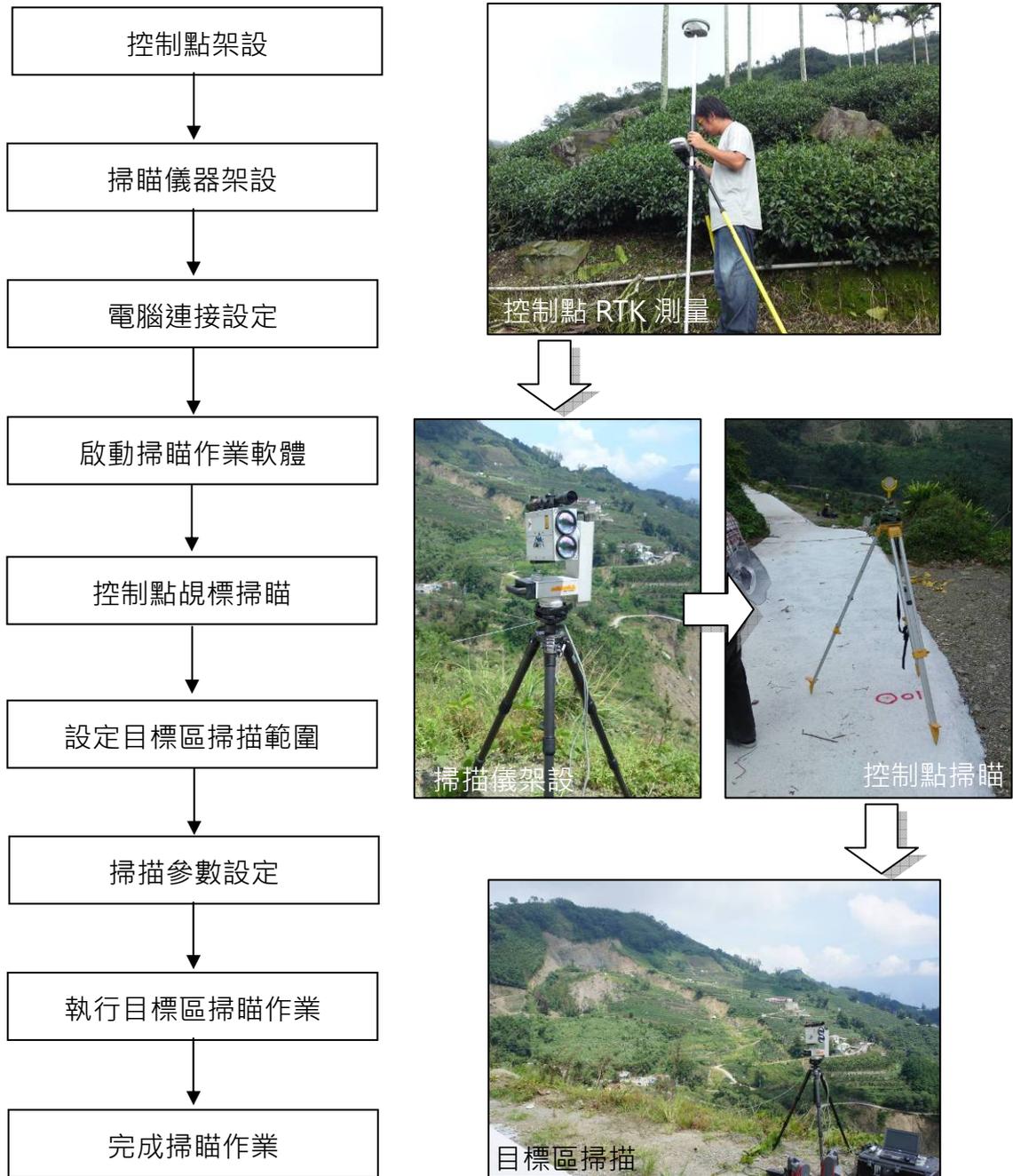


圖 3-6 三維雷射掃描現場作業流程及照片



三、掃描資料內業處理

外業掃描取得資料後，於內業尚須進行資料轉檔、內差計算、生成DEM(Digital elevation model)數值高程模型等步驟，相關處理流程如圖3-7所示。

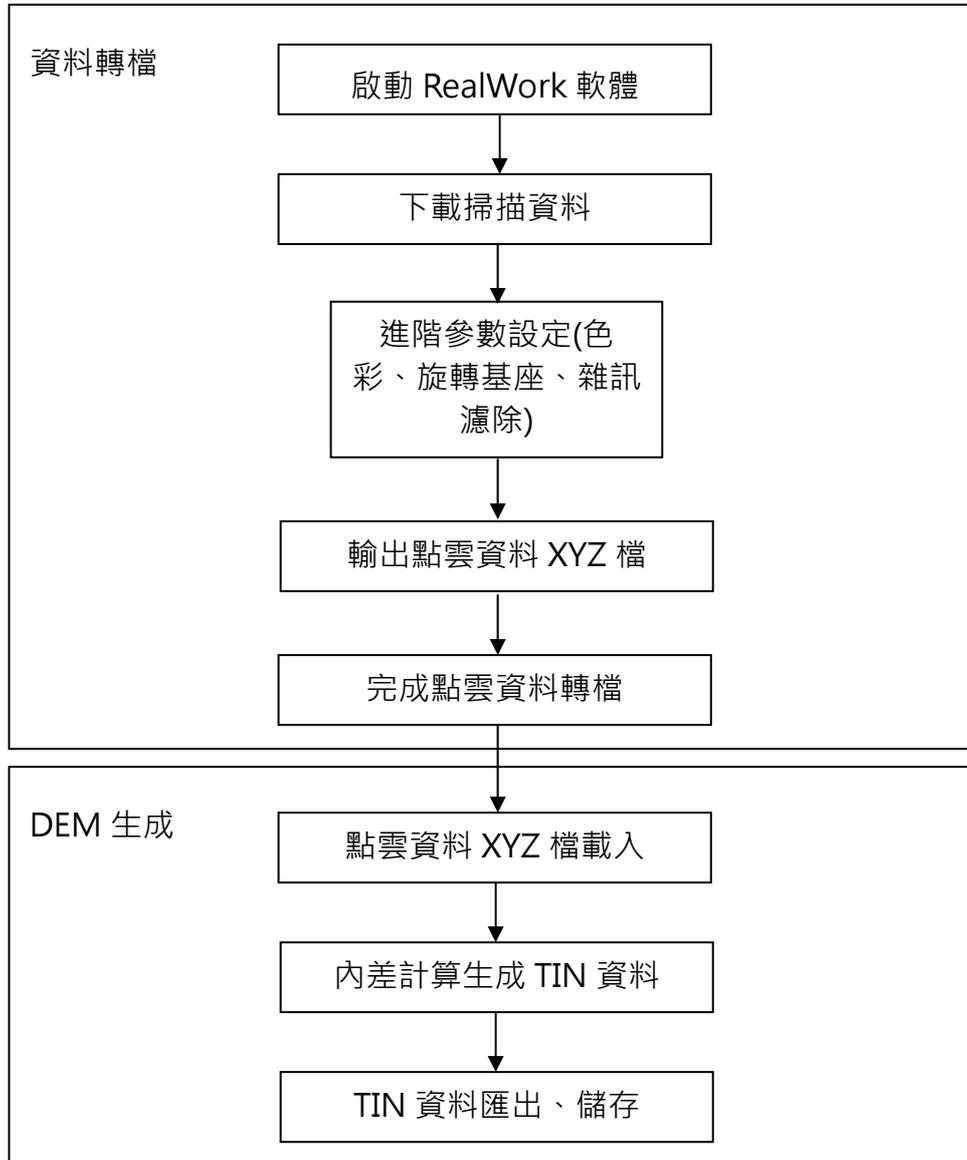


圖 3-7 掃描資料內業處理流程

另圖3-8、3-9為原始點雲資料及DEM(以地形等高線呈現)數化成果。圖3-10為計畫區地形測量成果，經統計本次施測面積合計達約37.5公頃(包含已崩塌區及潛勢崩塌區)。

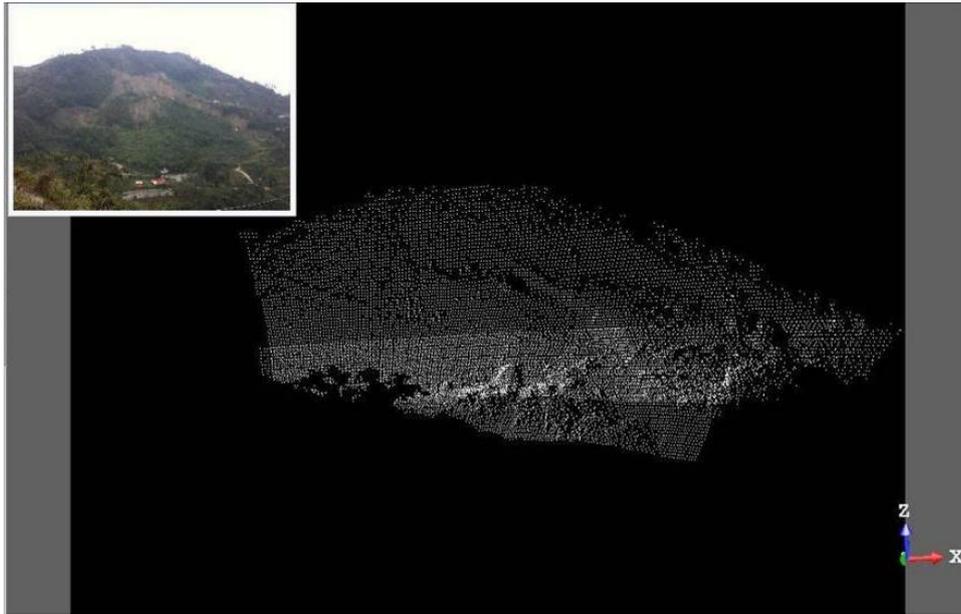


圖 3-8 計畫區原始點雲圖

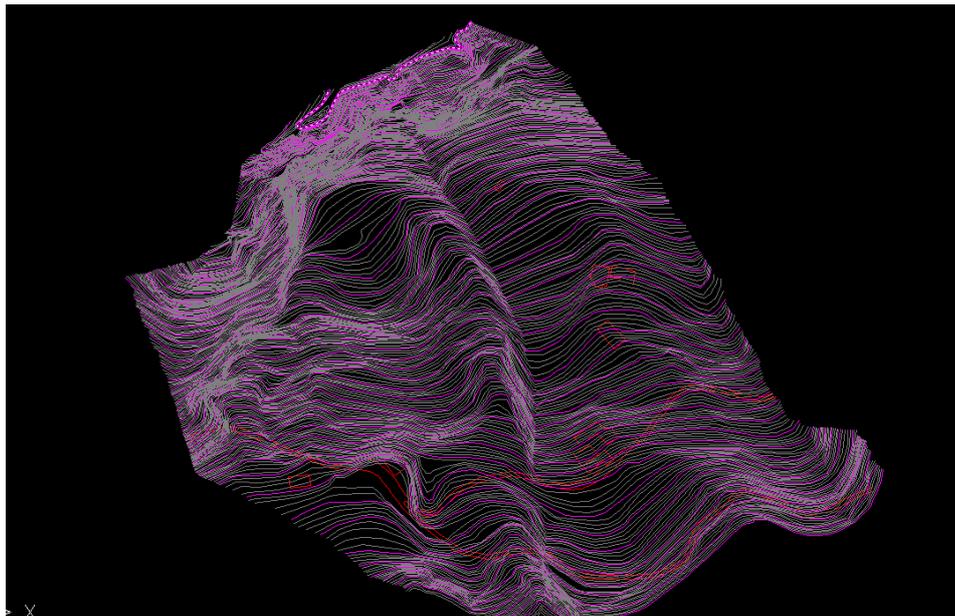
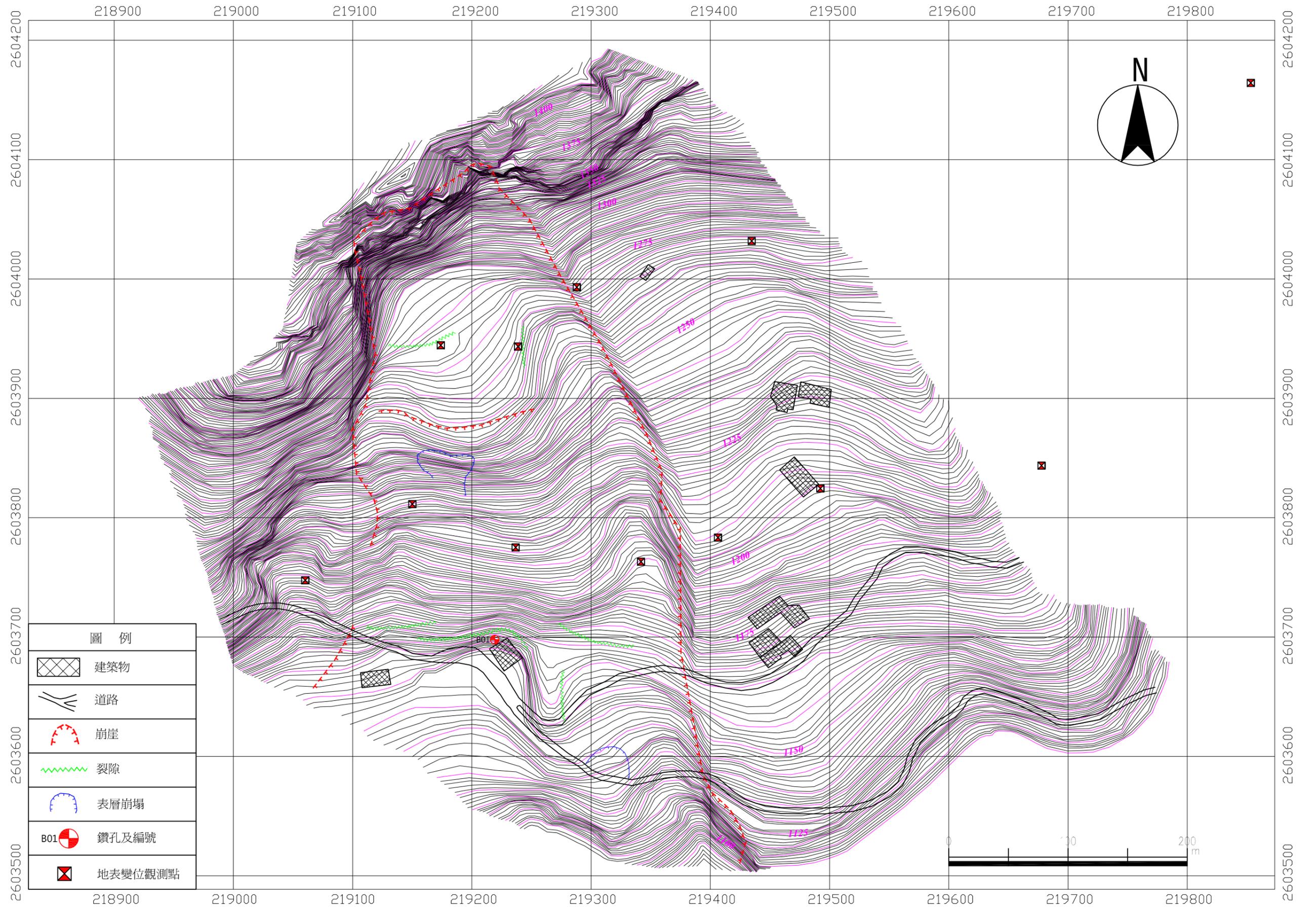


圖 3-9 計畫區數值地形模型(DEM)



圖例	
	建築物
	道路
	崩崖
	裂隙
	表層崩塌
	B01 鑽孔及編號
	地表變位觀測點



3-3 地表變位量測

為釐清計劃區之滑動規模、範圍以及位移速率與趨勢，本計畫於潛在滑動區內佈設地表變位觀測點，期以提供後續安全管理及整體治理規劃參考。傳統使用經緯儀進行地表變位監測作業時，工程人員必須將觀測站設置於可疑之滑動區域之外，並對滑動區內觀測目標進行點位測量，但往往面臨以下數種困擾：

- (一)為確認觀測站之位置確實設立於可疑滑動區外，經常必須將點位設於相當遠之距離外，造成增加測距，降低測量作業之精度。
- (二)崩塌地的地形起伏較大，測量時常會遇到通視上的障礙，且野外植生茂密也經常造成困擾。
- (三)為屈就上述通視及作業精度之要求，所選取之觀測點常有代表性不足之困擾。

因此，本計畫採用RTK-GPS(Real-Time Kinematic)測量方式進行地表變位量測作業。RTK-GPS不但可即時觀測及計算出所欲觀測位置的點位座標，其短時間測量之標準誤差已能滿足地表變位間測之需求，並能準確掌握地表之位移情形。

一、觀測設備

本計畫採用之衛星定位接收儀器為Leica控制器RX1250X，並配合同廠牌之GPS天線盤Antenna ATX1230以接收衛星訊號，詳圖3-11。另援引國土測繪中心之e-GPS即時動態定位系統來進行VBS-RTK即時動態定位測量。



Leica控制器RX1250X



Leica GPS天線盤Antenna ATX1230

圖 3-11 地表變位觀測用儀器

二、地表變位觀測點之佈設：

本計畫於潛在滑動邊坡範圍內規劃2條主測線，共佈設10處變位觀測點，並於計畫區邊緣外側另佈置4處觀測點位，作為地表變位比對分析之用途。本計畫業於民國99年8月13日完成導線點之佈設，點位佈設照片及配置圖詳圖3-12。



地表變位觀測點佈設(99.8.13)及現況照片

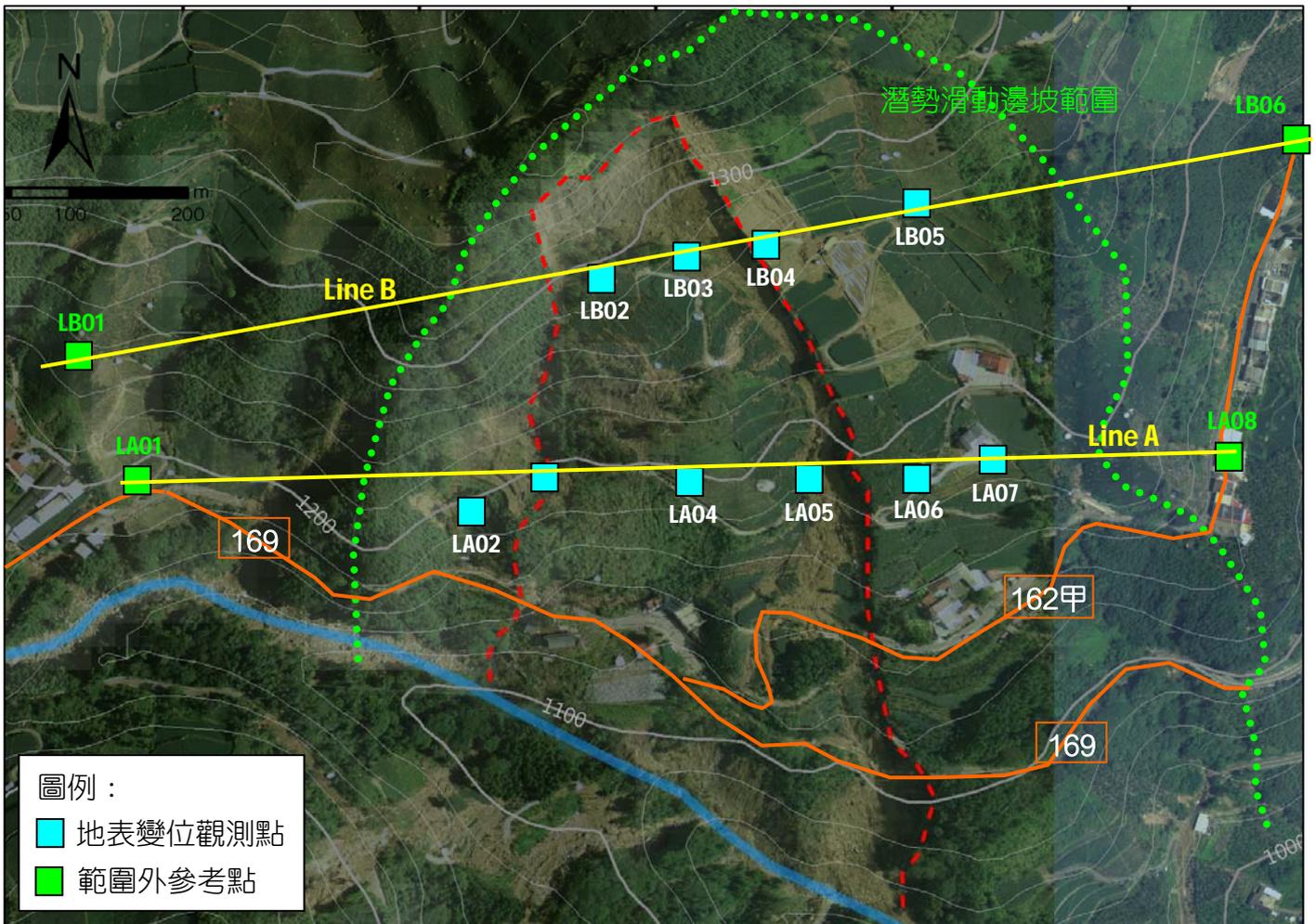


圖 3-12 地表變位觀測點位佈設圖



三、靜態GPS測量：

為提供後續VBS-RTK即時動態定位測量參據，本計畫援引內政部一等水準點(點位座標：E=220404.882m，N=2596406.524m，Z=1350.750m)來進行靜態GPS測量，以求得計畫區邊緣外側之觀測點位座標，且各觀測點與已知水準點上之接收儀均對4顆以上相同GPS衛星持續接收訊號達30分鐘以上。圖3-13靜態GPS測量之作業情形，表3-2為靜態GPS測量成果表。



靜態GPS測量現況照片



一等水準點H029

圖 3-13 靜態 GPS 測量現況圖

表 3-2 靜態 GPS 測量成果表

編號	E	N
LA01	219608.567	2603579.247
LA08	220507.419	2603637.804
LB01	219576.454	2603697.094
LB06	220682.912	2603958.450

四、地表變位量測成果：

本計畫於點位佈設完成後，隨即於民國98年8月30日起陸續完成七次地表變位量測，各次量測作業之時間點如表3-3所示。

現地地表變位測量作業時，先與國土測繪中心之e-GPS即時動態定位系統連線，再以衛星定位接收儀進行VBS-RTK即時動態定位測量，並將所接收之觀測資訊傳至國土測繪中心之控制及計算中心進行RTK差分計算，並接收該中心回傳之計算成果數據，圖3-14為地表變位測量作業情形。現地測量資料再經計畫區邊緣外側觀測點(LA01、LA08、LB01及LB06)之座標轉換後，進而獲得各地表變位觀測點之點位座標，歷次地表變位觀測點之觀測成果如表3-4所示。



表 3-3 地表變位量測時間統計表

監 測 日 期	量 測 種 類	備 註
民國 99 年 8 月 30 日	定期性測量	
民國 99 年 9 月 13 日	定期性測量	
民國 99 年 9 月 29 日	定期性測量	凡那比颱風(9/18~9/20)
民國 99 年 10 月 14 日	定期性測量	
民國 99 年 10 月 27 日	定期性測量	
民國 99 年 11 月 18 日	定期性測量	
民國 99 年 11 月 28 日	定期性測量	



地表變位觀測點現況及測量作業照片

圖 3-14 地表變位測量現況作業情形

另依上述之點位觀測成果，彙整歷次地表變位觀測值之差異量 ΔE 及 ΔN ，所有變位量均相對於8月30日之首次觀測值，並依 ΔE 及 ΔN 計算平面總變位量 ΔS (二維方根差)，表3-5為地表變位觀測點變化量之彙整，目前地表變位觀測之最大變化量為5.8公分，尚接近儀器之誤差內。另根據LA01~LA08及LB01~LB06之實測變位變化量 ΔE 及 ΔN 建構出兩條主要測線上之點位變動趨勢，詳如圖3-15所示。



表 3-4(1) 地表變位觀測點成果表

監測日期	民國 99 年 8 月 30 日		民國 99 年 9 月 13 日		民國 99 年 9 月 29 日		民國 99 年 10 月 14 日	
座標值(m)	E	N	E	N	E	N	E	N
LA01	219608.567	2603579.245	219608.559	2603579.249	219608.563	2603579.243	219608.570	2603579.255
LA02	219889.990	2603541.741	219889.991	2603541.747	219889.975	2603541.756	219889.971	2603541.737
LA03	219979.761	2603605.565	219979.753	2603605.559	219979.781	2603605.550	219979.773	2603605.558
LA04	220066.427	2603569.291	220066.419	2603569.303	220066.451	2603569.300	220066.438	2603569.282
LA05	220171.612	2603557.308	220171.607	2603557.319	220171.625	2603557.317	220171.623	2603557.293
LA06	220236.102	2603577.467	220236.124	2603577.485	220236.124	2603577.485	220236.116	2603577.456
LA07	220321.982	2603618.624	220321.968	2603618.620	220321.972	2603618.640	220321.997	2603618.643
LA08	220507.424	2603637.809	220507.440	2603637.816	220507.423	2603637.802	220507.428	2603637.795
LB01	219576.440	2603697.105	219576.434	2603697.098	219576.457	2603697.101	219576.444	2603697.110
LB02	220003.630	2603738.678	220003.609	2603738.672	220003.652	2603738.713	220003.621	2603738.715
LB03	220068.462	2603737.569	220068.470	2603737.565	220068.497	2603737.592	220068.470	2603737.588
LB04	220117.783	2603787.267	220117.763	2603787.273	220117.808	2603787.222	220117.787	2603787.211
LB05	220264.386	2603826.027	220264.391	2603826.031	220264.412	2603826.024	220264.390	2603826.042
LB06	220682.897	2603958.450	220682.898	2603958.436	220682.920	2603958.462	220682.899	2603958.469

註：本表座標值係採用 TWD97 平面座標系統



表 3-4(2) 地表變位觀測點成果表

監測日期	民國 99 年 10 月 27 日		民國 99 年 11 月 18 日		民國 99 年 11 月 28 日	
	E	N	E	N	E	N
LA01	219608.566	2603579.254	219608.565	2603579.251	219608.563	2603579.252
LA02	219889.986	2603541.739	219889.993	2603541.736	219889.99	2603541.733
LA03	219979.763	2603605.595	219979.758	2603605.588	219979.754	2603605.592
LA04	220066.442	2603569.342	220066.434	2603569.323	220066.448	2603569.326
LA05	220171.631	2603557.347	220171.643	2603557.332	220171.653	2603557.327
LA06	220236.095	2603577.508	220236.102	2603577.501	220236.1	2603577.505
LA07	220321.975	2603618.653	220321.979	2603618.646	220321.97	2603618.648
LA08	220507.436	2603637.796	220507.435	2603637.799	220507.434	2603637.796
LB01	219576.451	2603697.121	219576.445	2603697.12	219576.443	2603697.118
LB02	220003.612	2603738.733	220003.614	2603738.713	220003.621	2603738.707
LB03	220068.478	2603737.607	220068.48	2603737.6	220068.484	2603737.603
LB04	220117.790	2603787.244	220117.783	2603787.233	220117.793	2603787.224
LB05	220264.393	2603826.041	220264.392	2603826.037	220264.398	2603826.04
LB06	220682.896	2603958.457	220682.901	2603958.455	220682.897	2603958.458

註：本表座標值係採用 TWD97 平面座標系統



表 3-5 地表變位觀測點變化量彙整表

監測日期	99年9月13日			99年9月29日			99年10月14日			99年10月27日			99年11月18日			99年11月28日		
	△E	△N	△S	△E	△N	△S	△E	△N	△S	△E	△N	△S	△E	△N	△S	△E	△N	△S
LA01	-0.8	0.4	0.9	-0.4	-0.2	0.4	0.3	1	<u>1.0</u>	-0.1	0.9	0.9	0.6	0.2	0.6	-0.4	0.7	0.8
LA02	0.1	0.6	0.6	-1.5	1.5	2.1	-1.9	-0.4	<u>1.9</u>	-0.4	-0.2	0.4	0.2	-1.1	1.1	0	-0.8	0.8
LA03	-0.8	-0.6	1.0	2	-1.5	2.5	1.2	-0.7	1.4	0.2	3	<u>3.0</u>	0.5	2.9	2.9	-0.7	2.7	2.8
LA04	-0.8	1.2	1.4	2.4	0.9	2.6	1.1	-0.9	1.4	1.5	5.1	<u>5.3</u>	1.5	2	2.5	2.1	3.5	4.1
LA05	-0.5	1.1	1.2	1.3	0.9	1.6	1.1	-1.5	1.9	1.9	3.9	4.3	3.6	1.3	3.8	4.1	1.9	<u>4.5</u>
LA06	2.2	1.8	2.8	2.2	1.8	2.8	1.4	-1.1	1.8	-0.7	4.1	<u>4.2</u>	-2.2	1.6	2.7	-0.2	3.8	3.8
LA07	-1.4	-0.4	1.5	-1	1.6	1.9	1.5	1.9	2.4	-0.7	2.9	<u>3.0</u>	1.1	2.6	2.8	-1.2	2.4	2.7
LA08	1.6	0.7	1.7	-0.1	-0.7	0.7	0.4	-1.4	1.5	1.2	-1.3	<u>1.8</u>	-0.5	-1.7	<u>1.8</u>	1	-1.3	1.6
LB01	-0.6	-0.7	0.9	1.7	-0.4	1.7	0.4	0.5	0.6	1.1	1.6	1.9	1.1	2.2	<u>2.5</u>	0.3	1.3	1.3
LB02	-2.1	-0.6	2.2	2.2	3.5	4.1	-0.9	3.7	3.8	-1.8	5.5	<u>5.8</u>	0.5	4.1	4.1	-0.9	2.9	3.0
LB03	0.8	-0.4	0.9	3.5	2.3	<u>4.2</u>	0.8	1.9	2.1	1.6	3.8	4.1	1	3.5	3.6	2.2	3.4	4.0
LB04	-2	0.6	2.1	2.5	-4.5	5.1	0.4	-5.6	<u>5.6</u>	0.7	-2.3	2.4	2	-4	4.5	1	-4.3	4.4
LB05	0.5	0.4	0.6	2.6	-0.3	<u>2.6</u>	0.4	1.5	1.6	0.7	1.4	1.6	0.1	0.6	0.6	1.2	1.3	1.8
LB06	0.1	-1.4	1.4	2.3	1.2	<u>2.6</u>	0.2	1.9	1.9	-0.1	0.7	0.7	0.3	1.9	1.9	0	0.8	0.8

註：1.所有變位量均相對於8月30日的量測值(首次)

2. $\Delta S = \sqrt{(\Delta E^2 + \Delta N^2)}$ · 底線標註者表歷次觀測中最大變位量。

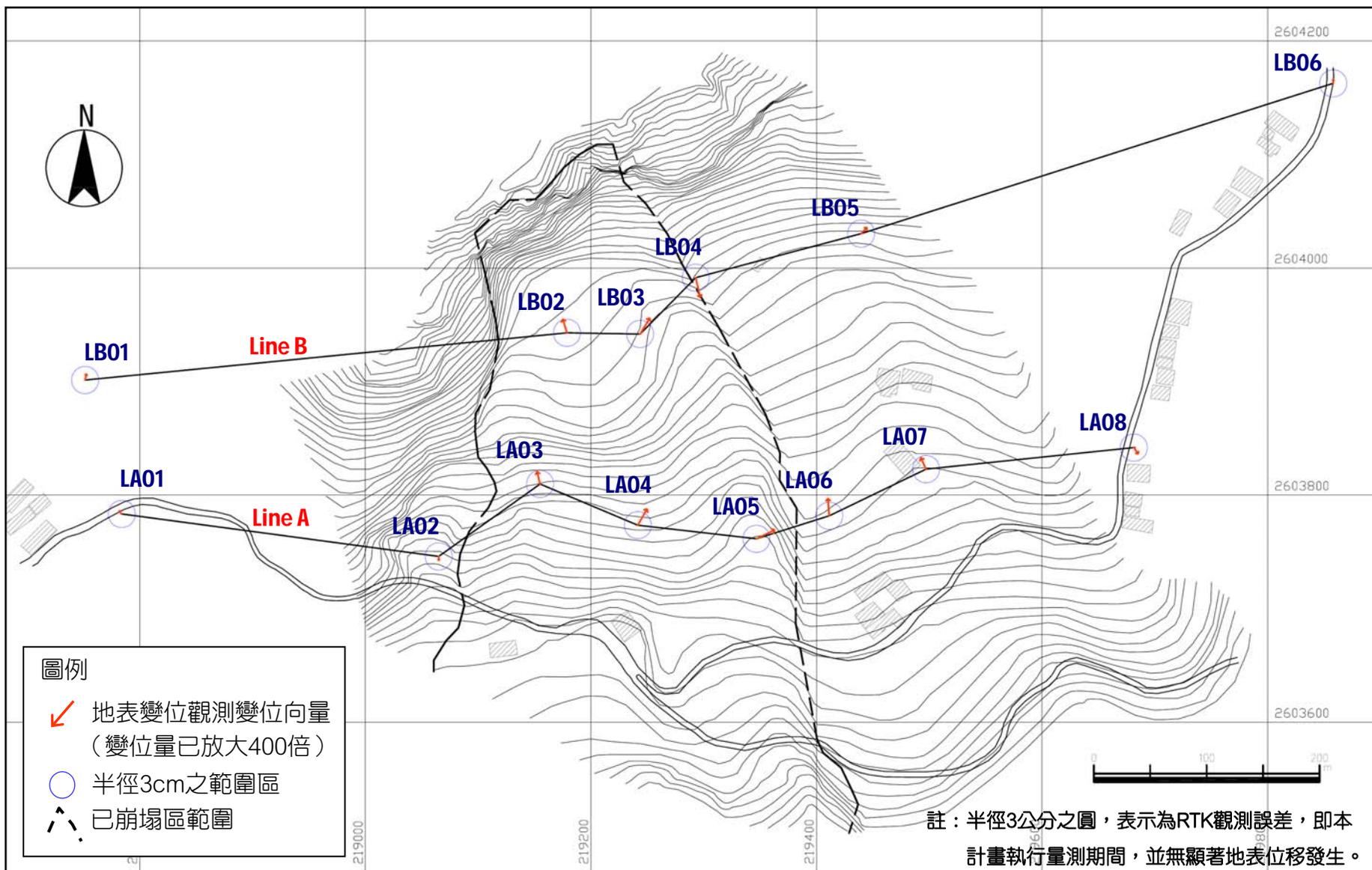


圖 3-15 地表變位觀測成果示意圖



3-4 地質鑽探及試驗成果

一、現場鑽探作業及岩心紀錄

本公司為獲取計畫區域內之地層資料，另於契約工作項目外增設一處地質鑽探孔，並於鑽探作業完成後，以原孔位設置水位井，以便觀測地下水位之變動。

為有效監測地下水位變化，本計畫於崩塌區足部(現太和餐廳側邊)佈設鑽探孔，佈置如圖3-16所示，鑽孔深度為23.5公尺。

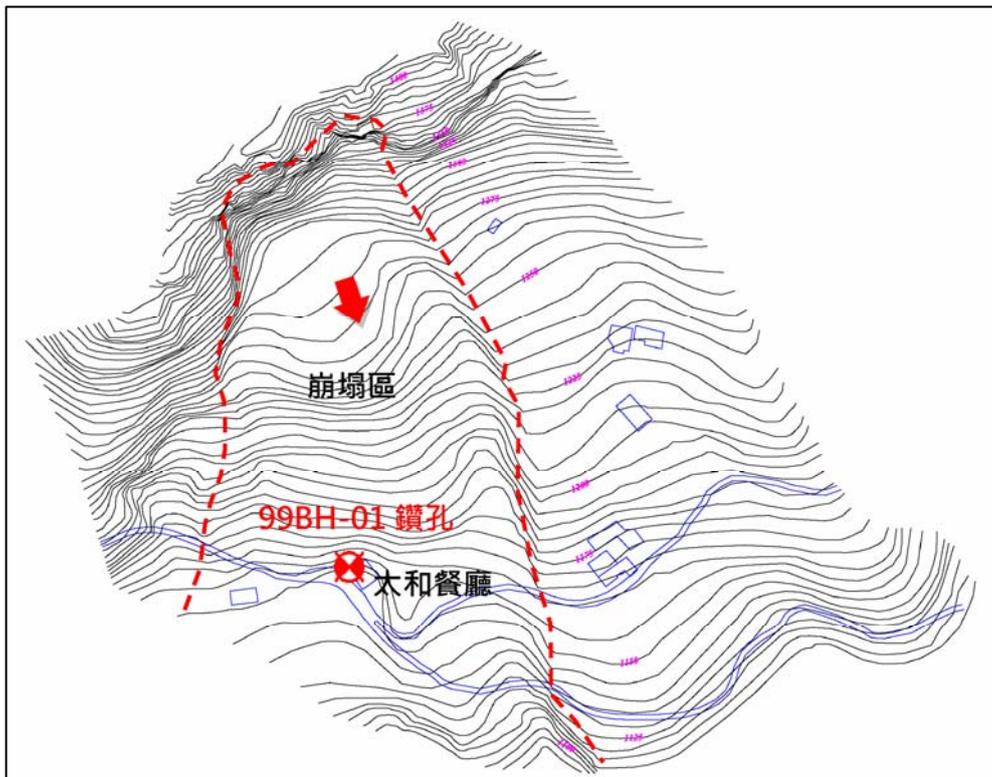


圖 3-16 鑽孔位置圖

現場鑽探取樣工作採用KH-2 (NX-type) 旋轉式油壓鑽機進行，鑽探方法於一般土層及卵礫石層 (或岩塊層) 係採用螺旋法 (Auger Boring)、水沖法 (Washing Boring) 及衝擊法 (Percussion Boring) 進行，如遇岩層則採用旋鑽。

(一) 覆蓋土層(崩積土層)鑽探

鑽探工作之進行，均依 ASTM 所規定之相關程序施作，以沖鑽法施鑽，於鑽探時細心觀測層次變化之深度及土層厚度。以分裂式劈管採取代表性土壤，於適當地層並以直徑 3 inch 薄管採取不擾動土樣。取得之土壤樣品經標



誌密封後，進行各種試驗。在鑽孔進行中，將視地層狀況放置套管，以防孔壁崩塌。

(二)岩層鑽探

鑽至岩層後，依 ASTM D2113-83 規範，使用三套岩心管取樣管配合金屬鑽頭鑽取岩心。所取得之岩心樣品於現場量測 RQD 後，作適當整理後，依序排放於岩心箱內拍照存檔，以供後續地層研判之用。

(三)水位觀測井安裝

觀測井之材料為內徑至少 25.4 mm (1 inch) 之塑膠管，管底端以上 1.5 m 之管壁須加鑽透水孔至 6 排，孔徑至少 3 mm，上下孔中心距為 8 cm，管外須包以濾網二層。鑽探完成後於鑽探孔底部以砂料回填至預定深度後，再以充填法回填朋脫土及砂料封住底部，其上方再以砂料回填至觀測井放置深度，待觀測井放置妥後以適當透水材料回填至透水孔部位上方 1.0 m 處，又透水料係粒徑為 1.0 mm 至 5.0 mm 間之砂質礫石材料。砂質礫料之上方再以充填回填朋脫土及砂料，上方填以約 15 cm 之砂料。所有砂料及朋脫土粒均須加夯實，其餘部份可用水泥漿或砂料澆灌至地面，而後塑膠管口加蓋。

鑽探工作於民國99年9月9日開工作業，至9月13日作業完成，圖3-17為施工照片，其餘工作項目數量詳表3-6。



99BH-01作業前(99.09.09)



99BH-01作業後(99.09.13)

圖 3-17 鑽探工作現場施作照片



表 3-6 工作數量統計表

項次	項目	單位	數量
1	鑽孔進尺(含取樣)	M	23.5
2	岩心箱及拍照	箱	6
3	水位觀測井埋設	支	1
4	土壤一般物理性試驗	組	1
5	重模直接剪力試驗	組	2
6	岩石一般物理性試驗	組	2
7	岩石單軸壓縮試驗	組	1

二、鑽探及岩土試驗成果

各鑽孔岩心經判釋後，繪出地質柱狀圖如表3-7所示，依鑽探調查資料，茲將其地層特徵以及各層次之工程性質分別說明如后。

(一) 0.50 m~10.30 m：崩積層(QC)夾棕、灰色砂質粉土。

(二) 10.30 m~15.65 m：青、灰棕色破碎砂岩(SS)，RQD 值多為 40%左右，另於 11.1m~11.3m 深度施做岩心取樣，所得岩樣經岩心單軸壓縮強度試驗，抗壓強度為 229kgf/cm²。

(三) 15.65 m~23.50 m：青、灰色破碎頁岩(SH)，RQD 值多小於 40%。另於 21.7m~21.9m 深度施做取樣。

本計畫共取土壤試體1組進行土壤一般物性試驗及土壤重模直接剪力試驗，在岩石方面則各採取代表性之岩體各2組分別辦理岩石一般物性及單軸壓縮強度試驗，惟頁岩考量其破碎特性則採取重模直接剪力試驗，各項土壤及岩石試驗成果如表3-8及表3-9。



表 3-7 岩心照片及柱狀圖

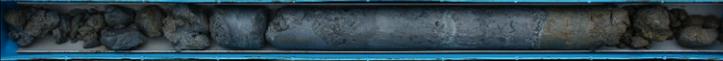
工程名稱：	嘉義縣梅山鄉太和村油車寮災害評估及警戒與應變計畫			
施鑽日期：	99.09.09~13	顏色比對		
孔號：99BH-01	孔深：23.5 M			
承辦單位：	晟太工程顧問有限公司			
岩 心 照 片	RQD	柱狀圖	分類描述	深度 (m)
	12%		0~0.5m 回填層(F)	1
	45%		0.5~10.3m 崩積層(QC)夾棕、 灰色砂質粉土。	2
	24%			3
	10%			4
	45%			5
	0%			6
	40%			7
	30%			8
	20%			9
	12%			10
	65%			9.8~15.65m 青、灰棕色破碎砂 岩(SS)。
	40%		12	
	35%		13	
	45%		14	
	0		15	
	22%		15.65~23.5m 青、灰色破碎頁岩 (SH)。	16
	25%			17
	60%			18
	0%			19
	35%			20
	15%			21
	15%			22
	0%			23
	10%		23.5m end	24



表 3-8 土壤重模直接剪力試驗成果表

孔號	取樣深度(m)	含水量(%)	單位重 (g/cm ³)	C _p (kg/cm ²)	Φ _p (度)
99BH-01	1.65~1.80	25.33	1.77	0.01	35.96
99BH-01	21.7~21.9	24.87	2.30	0.08	33.81

表 3-9 岩心單軸壓縮強度試驗成果表

孔號	取樣深度 (m)	含水量(%)	單位重 (g/cm ³)	抗壓強度 (kgf/cm ²)	岩性
99BH-01	11.1~11.3	2.34	2.44	229	青、灰棕色砂岩



3-5 現況邊坡穩定性分析

邊坡不穩定之成因眾多，除人為之坡趾開挖及坡頂加載外，暴雨之入滲、伏流及地震之側向加速度等更是重要的破壞因子。爰前初步分析顯示，本次邊坡滑動即係暴雨造成大量逕流入滲導致之崩塌案例。

本計畫採用加拿大Calgary大學所發展的Slope/W程式並依現地地形測量、地下水位監測及鑽探結果，進行現況邊坡穩定分析(極限平衡法)，分析區域包括已滑動區現況邊坡穩定性及潛勢邊坡崩塌區；分析狀況主要為平時及極端暴雨狀況。

一、分析區塊及剖面選定

經地面3D雷射掃描技術製作計畫區現況邊坡之數值地形模型，本計畫選定A、B兩區塊(其中A為已崩塌區，B為潛勢崩塌區)，如圖3-18所示。並於兩區塊內由高至低各取一地形剖面A-A及B-B，再由前章節現場地質調查及鑽探成果，將A-A剖面之地層由上而下分為崩積層(Qc)及砂頁岩互層(SS/SH)，並建立數值幾何模型，同時於模型上建置99BH-01鑽探孔(深度23.5 m)，如圖3-19所示。

另由於B區並無相關現場地質調查及鑽探成果，因此，B-B剖面之地層分佈乃參考相鄰A-A剖面進行劃分，如圖3-20所示。

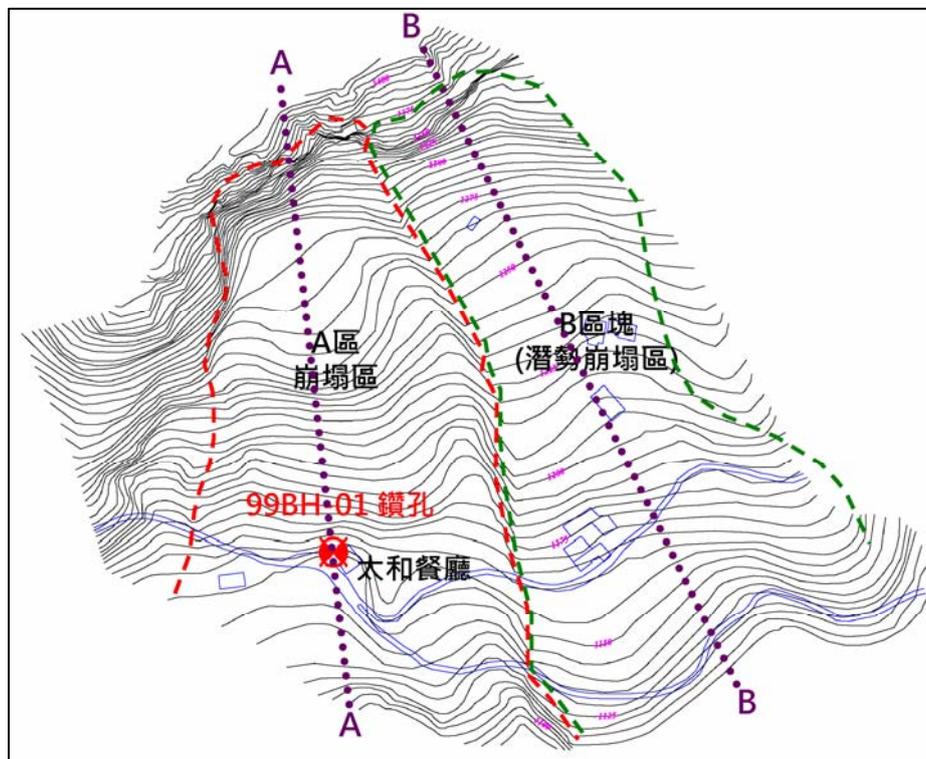


圖 3-18 A、B 區及 A-A、B-B 剖面位置示意圖

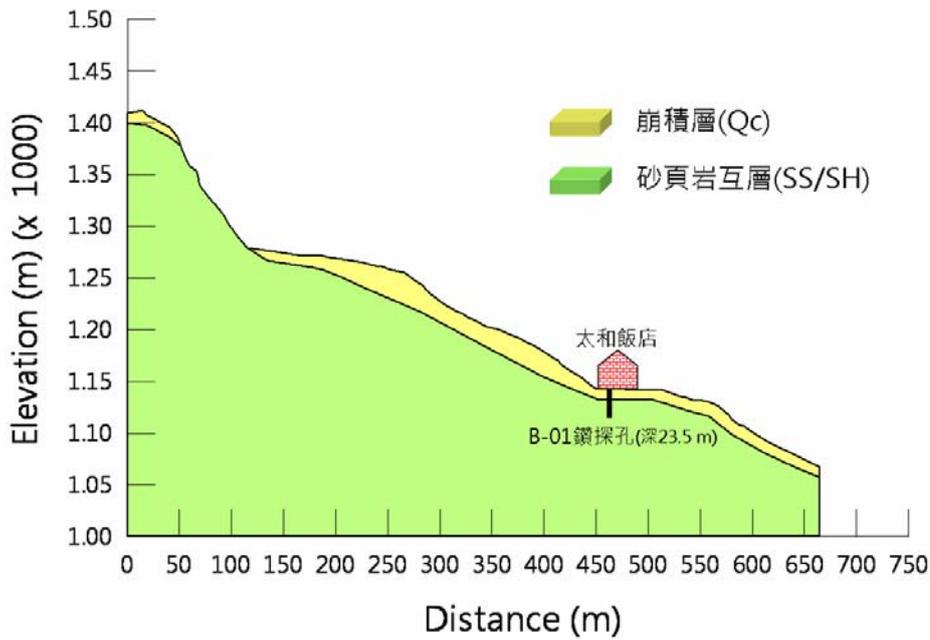


圖 3-19 A-A 剖面之數值幾何模型

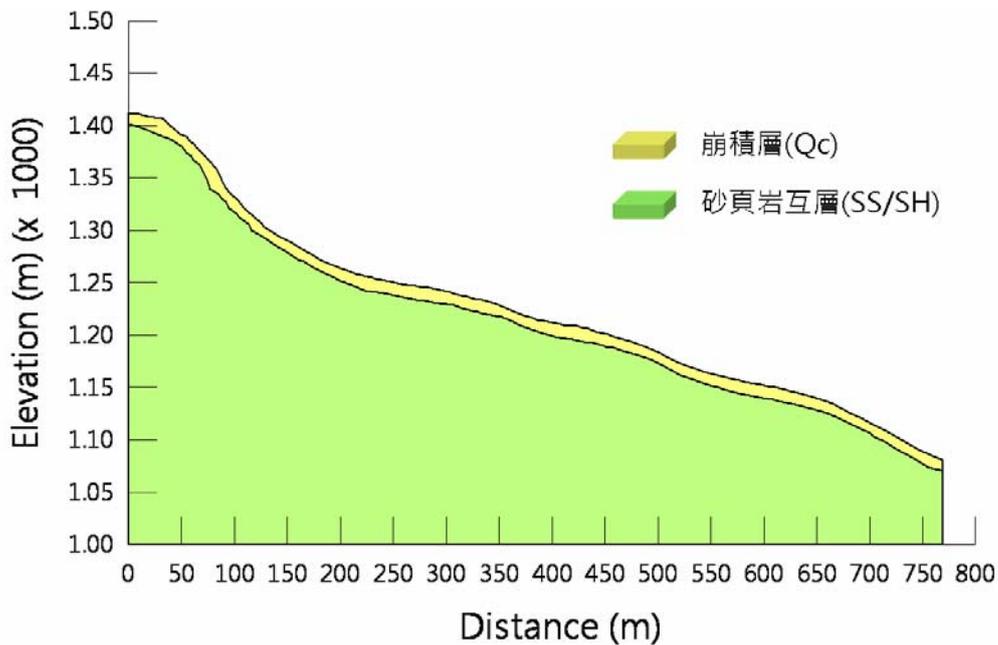


圖 3-20 B-B 剖面之數值幾何模型

二、岩土參數之選定

利用現地鑽探所取得岩土試樣，進行相關岩土一般物理性質及直接剪力試驗，所得成果作為邊坡穩定數值分析所需之輸入參數值，詳如下表3-10所示。



表 3-10 簡化岩土參數表

簡化地層	底層深度 (m)	含水量 (%)	單位重 (tf/m ³)	單壓強度 (Kgf/cm ²)	總應力參數		有效應力參數*	
					c (kgf/cm ²)	Φ(°)	c (kgf/cm ²)	Φ' (°)
Qc	10.30	14.98	1.68	--	0	35.9	0.13	31.0
SS	15.65	2.34	2.44	229	--	--	--	--
SH	(孔底)	24.87	2.30	--	0.1	33.8	0.76	30.0

*為推估值

三、極限平衡法分析及成果

極限平衡法(Limit Equilibrium Method)係工程界最常使用以評估現況邊坡穩定性。

本計畫為評估常時及暴雨時，計畫區邊坡因地下水位上升將引致邊坡穩定性降低，故將A-A及B-B剖面分別以常時地下水位及暴雨地下水位進行邊坡穩定分析。爰此，分析用地下水常水位乃依據現地下水位監測之結果，設定為地表下12 m，高水位則設定以接近地表面之極端暴雨狀況下進行分析。另滑動面搜尋模式則採用圓弧法(Circular Bishop Method)較接近現地破壞情形。

分析結果顯示A-A剖面在原崩塌地(太和飯店上方)產生一潛在滑動塊體，其邊坡安全係數在常水位時為1.231，趨於穩定狀態。然於暴雨水位時，其安全係數至1.038，為臨界穩定狀態，則再逢暴雨來襲時，地下水位之上升將可能造成此區再次發生滑動。

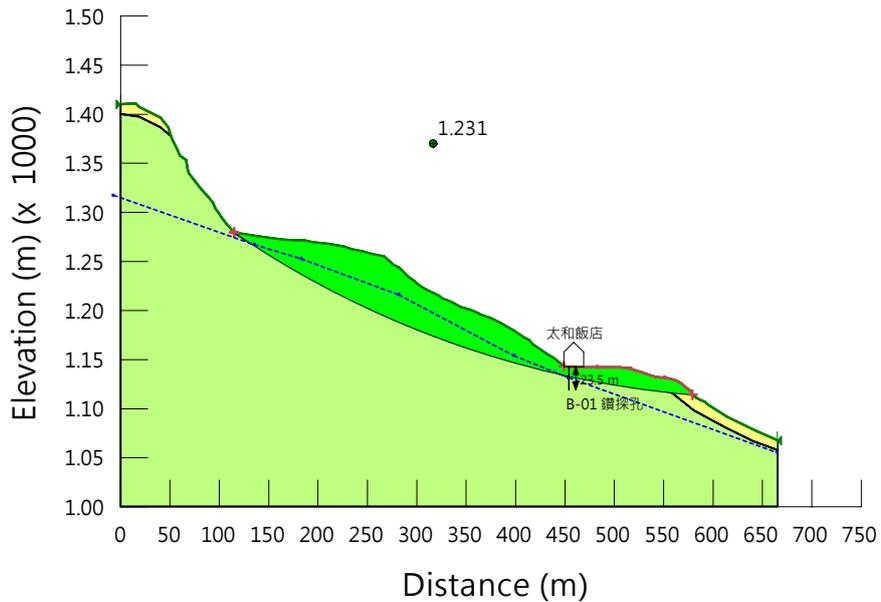
而B-B剖面分析所得之可能滑動塊體，其安全係數在常水位時為1.715，為穩定狀態。但暴雨滿水位時，其安全係數僅為1.195，雖未低於1，然其安全係數驟降，則顯示本區邊坡穩定性受降雨及地下水位變化影響甚大。

其中安全係數於剖面A-A及剖面B-B在常水位及暴雨後之滿水位時之變化，如表3-11所示。同時將分析成果圖彙整如圖3-21及3-22所示。

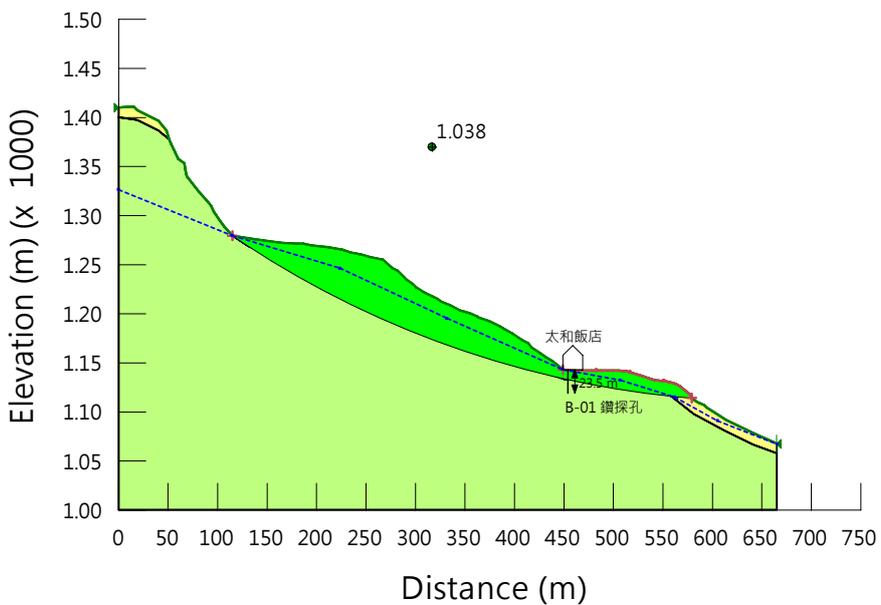


表 3-11 A-A 及 B-B 剖面在不同地下水位之安全係數

地層剖面	安全係數	
	常時地下水位 (地表下 12 m)	暴雨地下水位 (接近地表)
A-A	1.231	1.038
B-B	1.715	1.195

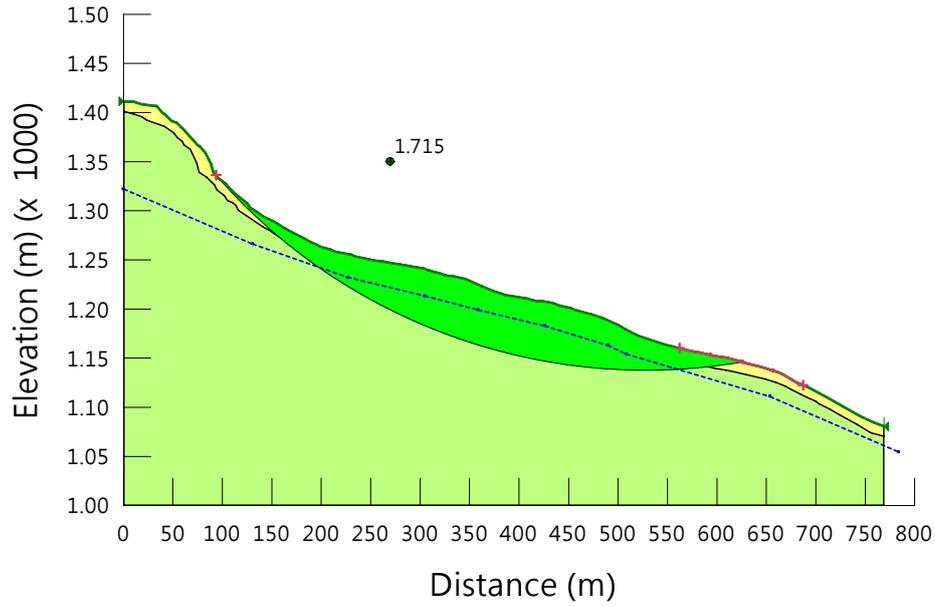


(a) 常水位之邊坡安全係數($F_s=1.23$)

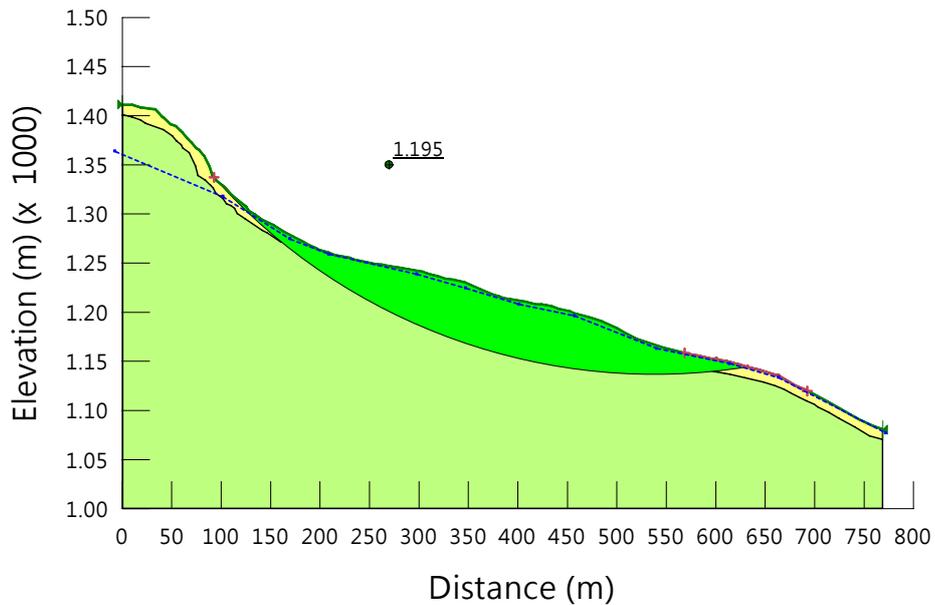


(b) 暴雨狀況下之邊坡安全係數($F_s=1.038$)

圖 3-21 A-A 剖面常時及暴雨狀況下邊坡安全係數



(a)常水位之邊坡安全係數($F_s=1.715$)



(b)暴雨狀況下之邊坡安全係數($F_s=1.195$)

圖 3-22 B-B 剖面常時及暴雨狀況下邊坡安全係數



3-6 防災警報系統建置及監測

一、系統建置

現行邊坡全自動監測系統之基本架構主要包含感測單元(Sensor or Transducer)、資料擷取系統(Automatic Data Acquisition System)、傳輸系統(ADSL、Radio、GSM、GPRS、VSAT等)、及遠端控制及防災警報中心等四大部分。目前可應用於邊坡之自動化監測項目，以降雨量、水文、地表及地中變形、結構物傾斜及變位等主要項目。

爰此，邊坡全自動監測系統係多種專業產業與技術的整合，且應視各個案之現場環境、監測目的、經費配置與成果要求等因素進行綜合配置考量，方可妥善規劃合適且穩定性高的監測系統，以獲取所需之即時監測資訊，並能適時正確的發揮預警功能，提供防災決策之用。

依區域地形、現場調查及航照判釋等(詳第3-1節)，本計畫警戒區域應涵蓋潛在崩塌區。另多數監測系統常因外接式電力中斷跳脫或自主供電系統僅能維持數天，在異常天候及持續性災變期間早已失效等既存垢病，故本計畫採用監測系統設備之供電系統應具低耗電特性，可維持整個豪大雨期之電力需求，且應避免有線傳輸設備易損壞等缺點。因此，本計畫擬建置之防災警報系統建置原則如下：

- (一) 自動化監測及可靠傳輸系統。
- (二) 經濟、高擴充性、低耗電之高效益系統設備。
- (三) 建立近端通報迅速、即時信賴度高之警戒系統。

然本計畫區域並無前期監測資料，又對本災害區域滑動機制、滑動範圍深度、地質條件及地下水分布狀況等仍無法詳實判釋下，再則考量豪大雨及因降雨造成之地下水位變化為邊坡滑移之最重要誘因及環境徵兆，且對邊坡穩定性影響甚大及具有鄰近區域一致性等特性，故在有限經費及短期、即時應變計畫考量下，建議本計畫之監測系統以降雨量、地下水位及水壓變化為先期全自動化感測項目，並以第一線地方應變處理方式建立防災警報系統。



二、防災警報系統配置與感測儀器說明

本計畫於計畫區內裝設一具自計式雨量計及一具自計式多功能水壓計，除監測降雨量及地下水位外，亦可建立及解釋降雨特性與地下水變動之相關性。

本計畫監測系統係將前述各項儀器統合成1處監測站，將各測站之感測儀器輸出訊號以RF(無線電)的方式傳遞到控制中心，控制中心將各感測儀器的資料收集並立即進行判斷，若收集到的資料超過臨界預警管理值時，立刻以簡訊及現地警報(以閃爍LED燈號警示)方式通知相關權責單位及當地居民，期望能立即應變以保護當地居民的生命財產安全，防災系統配置如圖3-23所示。以下扼要說明本系統各測站建置說明：

(一)監測站 01，編號 S01

位置：太和餐廳。

座標值：E219221；N2603663。

感測儀器：雨量計及地下水壓計。

傳輸方式：以無線 RF 方式傳輸感測器資料至資料處理中心站。

(二)資料處理中心 01，編號 C01

位置：太和餐廳。

座標值：E219221；N2603663。

傳輸方式：

- 1.無線傳輸 RF 方式接收監測站監測資料。
- 2.以 2G/3G 傳輸方式傳遞警報訊息(簡訊)至相關災害應變單位。
- 3.以無線 RF 方式控制另三具警報器 AL01~03。

(三)警報站 01，編號 AL01

位置：162 甲縣道旁

座標值：E219634；N2603792。

傳輸方式：無線 RF 方式接收警報訊息，並發佈警報。

(四)警報站 02，編號 AL02

位置：169 縣道旁

座標值：E218926；N2603747。

(五)警報站 03，編號 AL03



位置：169 甲縣道旁

座標值：E219781；N2603652。

傳輸方式：無線方式接收警報訊息，並發佈警示。

三、自動化防災警報系統架構及傳輸方式

本計畫監測系統儀器架構採用自行開發之資料擷取器(Datalogger)為基礎，並對外連接感測單元及傳輸單元等組件，構成本監測系統儀器架構，圖3-24為監測系統架構示意圖；相關本計畫擬採用之感測儀器及傳輸單元等設備規格如表3-12、3-13所示。以下扼要說明各單元概要內容：

(一)感測單元

本系統各感測單元包含：前節述及之雨量計、地下水壓計等。

(二)資料擷取記錄單元

資料擷取記錄單元採用自行開發之資料擷取器(Datalogger)為基本單元，主要的功能讀取感測器的訊號輸出，並透過無線(RF，無線電頻率)的方式傳遞至資料中心站。此外，為避免資料遺失，本單元內建資料儲存記憶元件(SD Card)，儲存容量為 8Mb。本系統採自行開發的主要原因在於考量現地電源的取得的困難度及災時易電力中斷等缺點，因此將系統設定可以電池供電，以降低電力輸配的困難。

(三)傳輸單元

資料中心站傳輸單元除 RF 傳輸外另增設 2G/3G 簡訊發報系統，在現地監測資據異常時始發佈簡訊通知權責單位並以 RF 傳輸驅動警報站警示系統。

(四)電力供應單元

本監測系統中，資料擷取單元採電池供電；資料處理中心則採台電市電系統供電，並加裝蓄電池(UPS)，供電日數可達 3~5 日，作為供電中斷期間備用電源供應。

(五)資料庫儲存及顯示單元

監測資料經由資料擷取單元傳輸至資料處理中心後，資料即記錄/顯示於處理中心的記憶單元中，並不對外傳輸。

圖3-25為自動化防災警報系統各站相關儀器設置之現況照片。

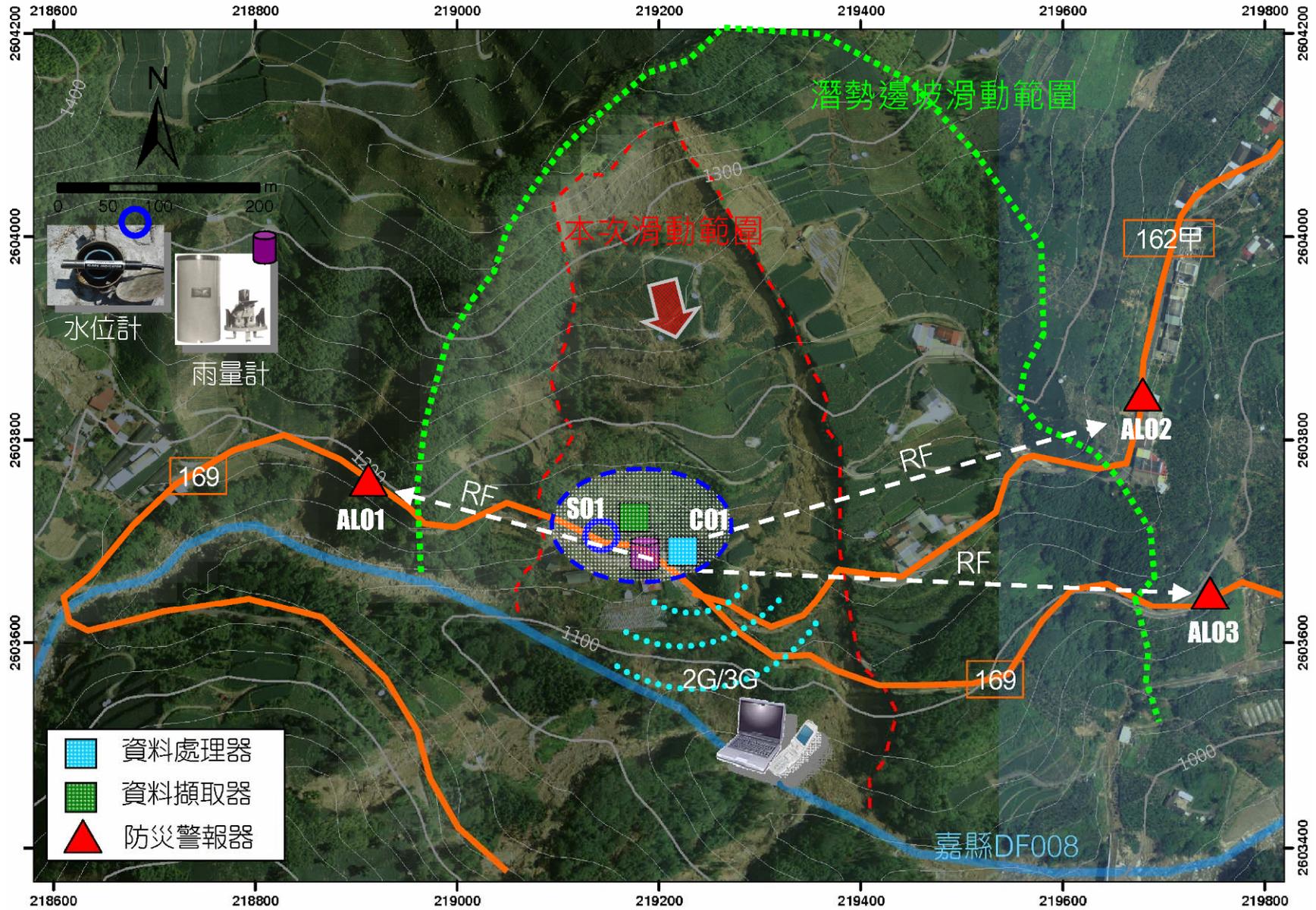


圖 3-23 防災警戒系統配置圖

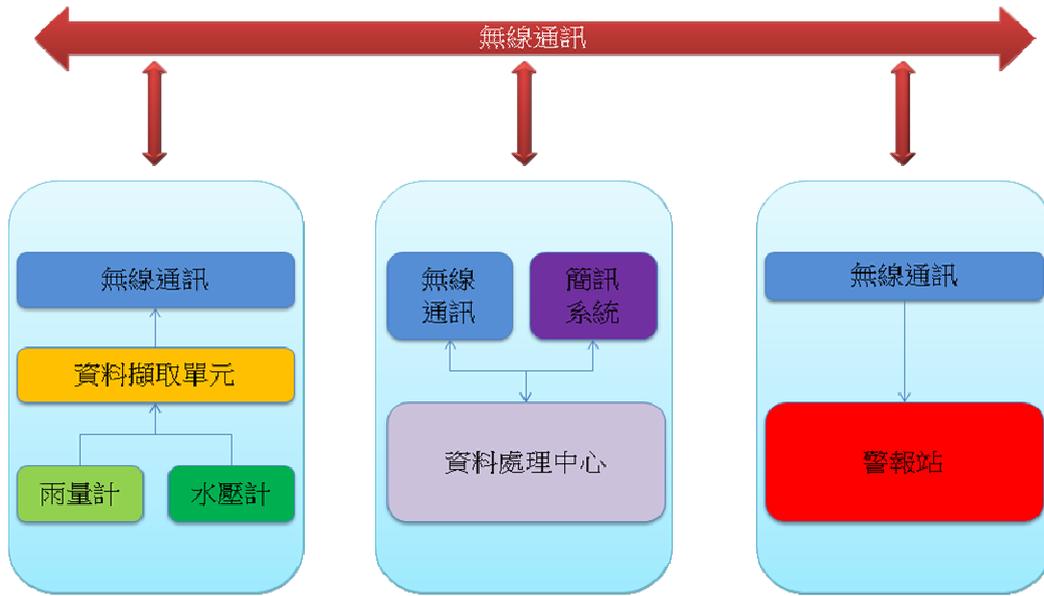


圖 3-24 監測系統儀器架構說明



表 3-12 感測儀器規格

傾斗式雨量計及規格		
目的	量測並記錄降雨量變化情形	
廠牌	大田株式會社	
尺寸	Ø210mm*450mm	
重量	3.5kg	
型號	TK-1	
辯識率	0.5mm/1 次傾倒	
頻率	最高可達 0.1~0.2 秒	
準確度	20mm 以下±0.5mm 100mm 連續降雨以上±3%	
自計式多功能水壓計及規格		
目的	量測並記錄地下水位變化情形	
廠牌	In-Situ Inc	
尺寸	直徑 20.8mm ; 長 229mm	
重量	0.197kg	
型號	Level Troll 300	
電源	3.6V 鋰電池 · 可使用 5 年或 1,000,000 筆資料。	
記憶容量	1MB flash 或儲存 50,000 筆	
傳輸界面	Modbus(RS485/232),SDI-12, 4-20mA	
量測範圍	100 psig	
準確度	水位： 0.2% ; F.S. 溫度： 0.25°C	



表 3-13(1) 資料記錄及傳輸單元規格

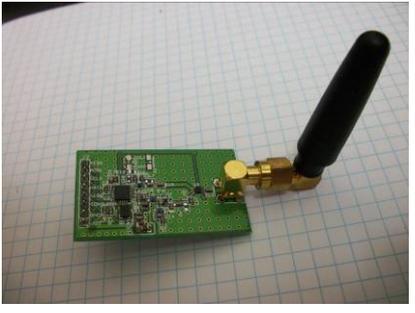
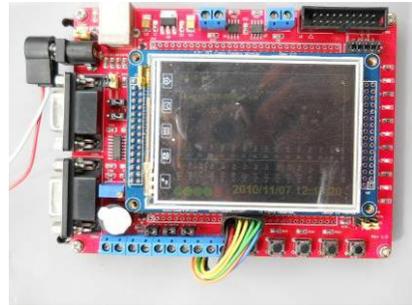
資料擷取單元		
功能	擷取水壓計及雨量計訊號，並控制無線傳輸模組傳送至資料收集器。	
規格	1x 水壓計輸入通道, 1x 雨量計輸入通道	
電源	6~15 VDC	
頻率	最高 10 次/秒	
解析度	類比 >12 位元	
無線傳輸單元		
功能	無線傳輸介面	
規格	433MHz, ISM Band	
電源	3.0 VDC	
頻寬	1200 bps @ 1.0 km	
警報單元		
LED	5mm 平頭式/IP67	
功能	提供灯號警示	
電源	5 VDC	
		



表 3-13(2) 資料記錄及傳輸單元規格

資料儲存及顯示單元	
功能	收集感測器資料, 發佈警訊
規格	3.2" TFT Touch panel
電源	12.0 VDC
容量	>8Mb
通訊 介面	RS-232
資料儲存及顯示單元	
電池單元	
功能	提供資料擷取模組用電
規格	鋰-鐵電池
電壓	3.3 VDC
容量	1300 mAh



S01 設置位置現況(太和餐館)

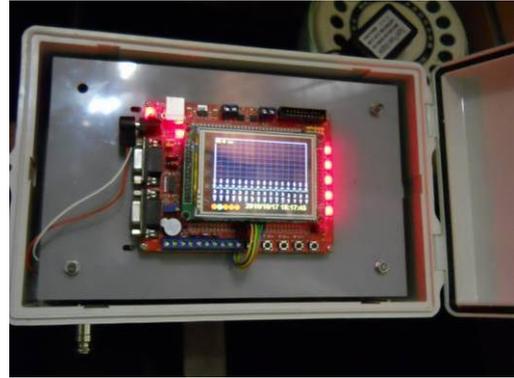


雨量計設置現況

圖 3-25(1) 警戒系統設置位置現況照片



C01 資料處理中心設置現況



資料處理中心設置完成現況



自動水壓計設置現況



自動水壓計設置完成現況



AL01 設置現況照片



AL01 設置現況照片(LED 測試)



AL02 設置現況照片



AL03 設置現況照片

圖 3-25(2) 警戒系統設置位置現況照片



四、臨界預警管理值之訂定

邊坡監測管理基準之訂定依環境條件、破壞機制、保全對象重要性及監測架構等等不同，在安全管理值之訂定應有不同之思考邏輯，並無一體適用之標準。而邊坡監測管理主要意涵為根據崩塌徵兆觀察、紀錄或量測成果，期於邊坡崩塌前提出警告，並可供管理單位採取各種防災措施，最終降低邊坡崩塌災害。因此，確保監測所得物理量為合宜之參考量，妥善進行監測值詮釋，方可訂定合理之監測管理值。

且預警發佈攸關重大，故監測管理值之訂定決不可草率。一般而言，預警基準值可能為位移、水壓、水位或降雨特性等直接或間接崩塌現象徵兆物理量，預警基準值可直接以位移預測或間接與崩壞相關之徵兆物理量訂定，然不同時機、不同目的與不同徵兆物理量，可有不同管理階段及其所對應之監測管理值，則詳實之邊坡背景資料調查配合長期觀測，逐步調整監測管理值是為最佳訂定方式。圖3-26為邊坡監測管理值訂定建議程序(監測手冊，2002)。

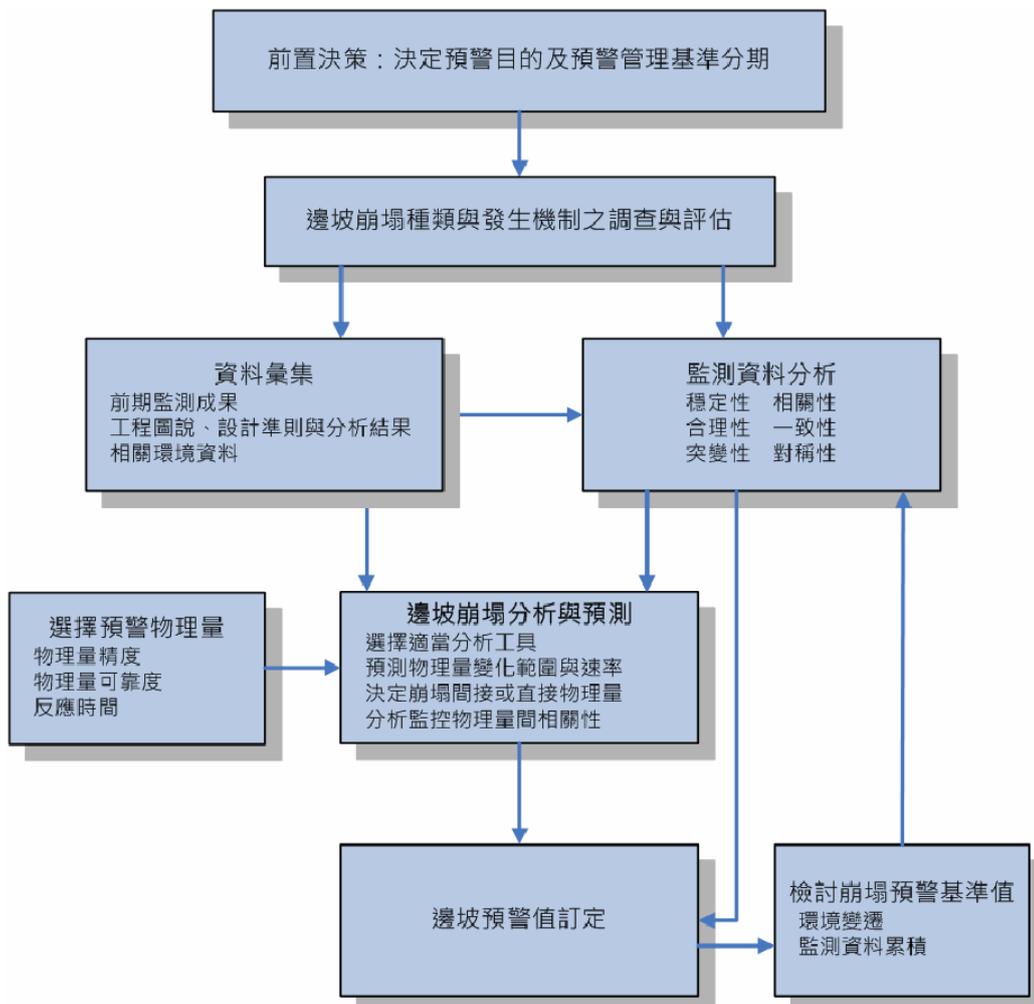


圖 3-26 邊坡監測管理值訂定建議程序



然依本計畫之目標、背景調查資料及前節所建議之監測架構，現階段宜監測降雨特性(累積降雨量或降雨強度等)及地下水位變化情形，並據以擬定管理基準，應不失為現階段先期監測之可行方案，未來長期之管理基準仍須長期監測降雨及其他環境因子與崩塌之相關性輔以詳實的滑動機制調查後再行訂定。本計畫暫建議之降雨特性及地下水位監測管理基準值如表3-14。

表 3-14 降雨特性及地下水位觀測之監測管理基準值

觀測值 監測項目	警戒值	備註
降雨量	有效累積雨量>300mm	達警戒值即發警報(暫定) 參考DF008土石流警戒基準值
地下水位	達臨界水位之80%	臨界水位(未定)可由長期觀測及邊坡 穩定分析推估



五、降雨量及地下水位監測成果

爰前，本計畫業於已崩塌區足部之監測站建置自動化雨量計及水位計，並至2010年9月13日起開始監測水位與雨量資料之作業。監測首日之初始地下水水位為-9.7m，降雨量為0mm。本次監測期間主要降雨發生於9月18日~9月20日之間之凡那比(Fanapi)颱風及10月9日大雨，其中本計畫雨量站於9月19日當日測得日之降雨量達187.5mm。圖3-27為本計畫雨量計與水位計之監測成果。由歷線成果顯示，地下水水位除因豪雨及大雨之影響而有部份抬升外，其水位主要趨勢為隨地下水消散而逐漸降低。

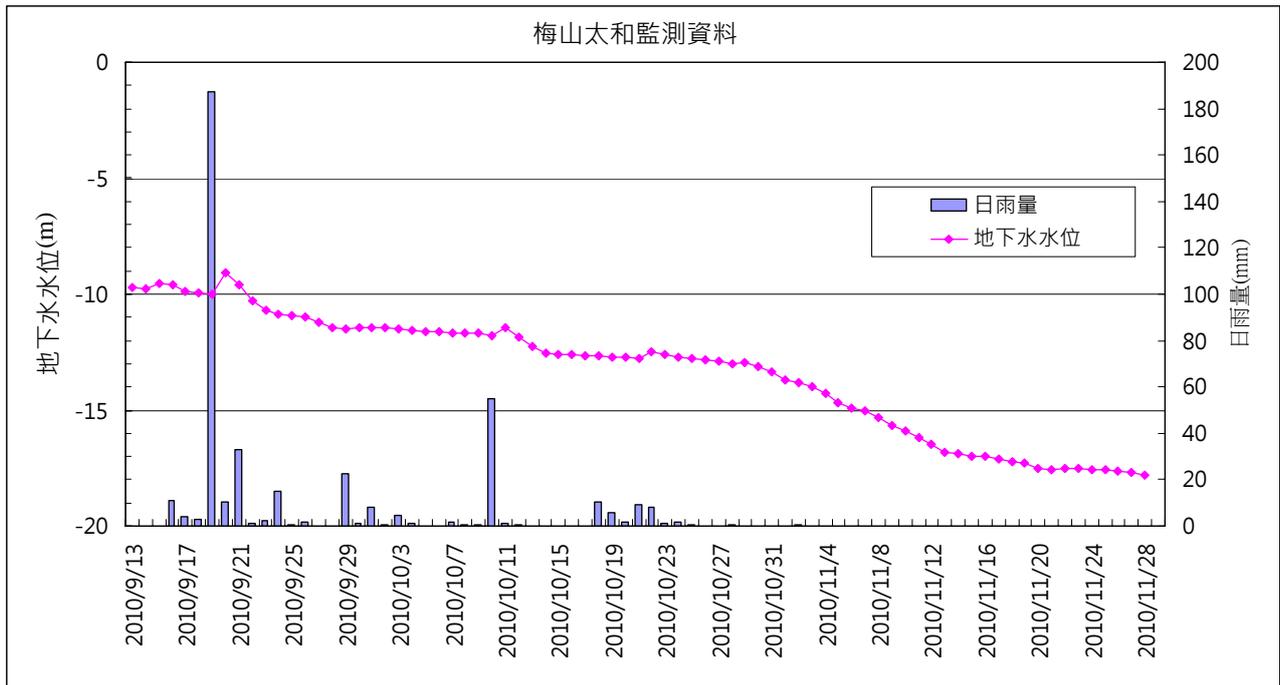


圖 3-27 本計畫雨量計與水位計之監測成果



第四章 災害評估及治理對策研擬

4-1 後續可能之災害規模與形式

本計畫以地面雷射掃描儀進行現況之3D地形測量，並依座標點雲建構DEM數值地形模型，再配合地質鑽探調查資料來進行已崩塌區及潛勢滑動邊坡區數值分析，以了解計畫區邊坡穩定性。此外，透過RTK-GPS所測量之地表變位觀測成果(如圖3-15)，以評估潛勢滑動區之滑動規模、範圍及位移速率與趨勢。

根據地表變位觀測資料顯示，本計畫雖已有地表變位初始資料及短期成果，然計畫執行期間未有大規模之豪大雨侵襲，地表位移量測尚無顯著變化，尚無法作為滑動分析之比對參據，故建議應持續對計畫區進行地表變位觀測作業。經邊坡穩定數值分析結果顯示，無論是已崩塌區亦或潛勢滑動邊坡區在暴雨狀態時，均有因地下水上升而再次發生滑動之可能，其破壞形式仍以近似本次已崩塌區之弧形滑動崩塌。

另經水位觀測及雨量監測成果顯示，鄰近觀測井區域之地下水若無雨水或其它地下水頭滲入時，該區地下水有緩慢消降之特性，惟本計畫僅設置一處水位觀測井資料尚不足以全盤了解本區地下水之行為，即地下水位消漲變化與本區滑動機制之關聯性仍建議應於後續計畫加強調查。

4-2 防災警報系統及災害通報架構

本計畫透過雨量計與水壓計之裝設，以自動化監測計畫區域內降雨量及地下水位，並與資料蒐集、傳輸單元及警報單元建構擬防災警報系統。另由監測成果可初步訂定監測管理基準值來作為警戒之依據。爰前節臨界預警管理值之訂定，本計畫執行期間係參考本集水區之土石流警戒有效累積雨量(300mm)為參考預警管理值，未來長期之管理基準仍須後續長期監測降雨及其他環境因子與崩塌之相關性輔以詳實的滑動機制調查後再行訂定。

依計畫目標、現階段監測項目及預警防災系統，本計畫所擬定之災害通報架構以迅速、可靠且即時以無線電通訊通報潛勢崩塌災害區住戶疏散及鄰近災害應變人員進行第一線災情確認及防災救助準備，並同步以手機簡訊通知遠端防災應變人員進行對應判斷及措施，整體災害通報架構如圖4-1。另有緊急通報單位聯絡電話，如表4-1所示。

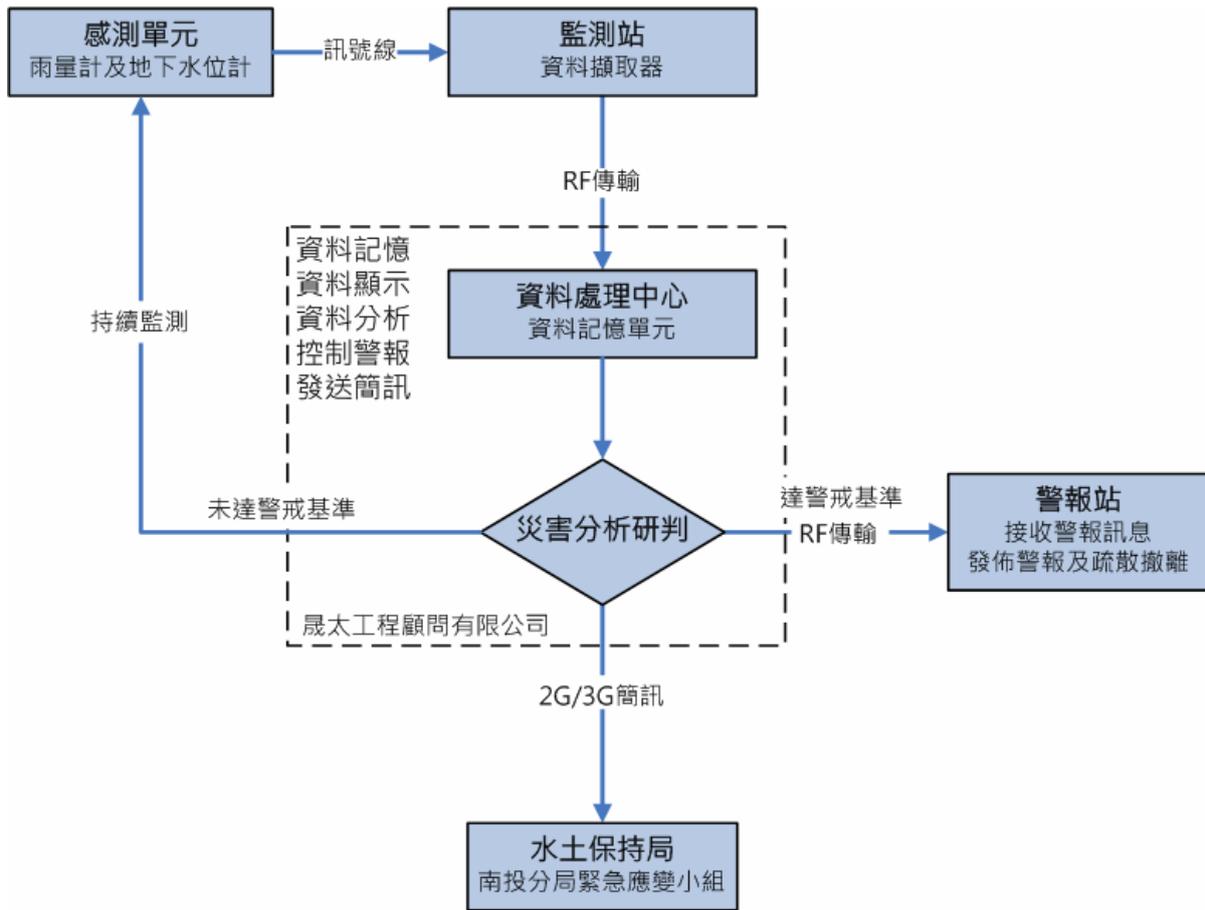


圖 4-1 整體災害通報架構

表 4-1 緊急通報單位聯絡表

單位名稱	聯絡電話
行政院水土保持局南投分局緊急應變小組	049-2394234
晟太工程顧問有限公司	04-23160238
嘉義縣災害應變中心	05-3620233
梅山鄉災害應變中心	05-2561826
梅山鄉公所	05-2622121
太和村村長 許元舜	05-2561826
嘉義縣警察局竹崎分局太和派出所	05-2661055、110
梅山消防分隊	05-2621020、119
天主教聖馬爾定醫院(嘉義市)	05-2756000
梅山鄉衛生所(梅山鄉美北村)	05-2621049
台灣電力公司梅山服務所	05-2621014、1911
中華電信梅山鄉服務中心	05-2446730、123、0800-080123
自來水公司竹崎營運所	05-2614332、05-2611075



4-3 治理對策研擬

本計畫雖已完成預定之調查及監測作業，但所得資料僅為短期成果，且計畫目標以建立該區災前警戒警示及災中應變疏散等應急作為為主，後續治理對策仍建議針對全區更進一步之詳實調查(包括可能滑動深度、地質特性、地下水文及滑動機制等)後，再具體提出對策為宜。

然考量計畫區或有緊急處理維護之治理需求，故依本計畫初步成果建擬應急處理工程及初步治理對策並以治理目標、治理計畫及應急處理工程等三項分別說明如下：

一、治理目標

本計畫區在莫拉克颱風侵襲後，已產生大規模的土體滑落，並造成多處道路及建築物受損，諸多道路及設施雖已在各管理機關陸續修復中，但後續治理工作仍應著重於該區二次崩滑的預防，以免災害再次發生。另爰前調查及分析顯示，鄰近已滑動區尚存有潛勢滑動之區域，該區雖未於本次事件中發生滑落，但亦具有相當高之滑動潛能，且有更多的保全住戶，後續治理仍應針對此區加強後續調查及監測，以降低本區崩塌的可能。

二、分期治理計畫

本計畫建議本區域可採分期方式來治理，治理初期以減少降雨逕流入滲及預防局部邊坡崩坍為主，並以後續專案計畫來對潛勢滑動邊坡區域進行整體詳實調查及分析，治理後期則依該計畫成果來釐清崩積層與岩盤分布情形、滑動帶深度、地下水位變化、地表及地層位移速率等資訊，並據以研擬有效且具體的治理工法。

本計畫針對治理計畫主要分為兩期進行，相關說明如下：

(一)第一期：

針對計畫區內地表裂隙及湧水區域進行地表排水改善，並對區內有立即坍落疑慮之邊坡則進行局部邊坡穩定工程。

另應儘速擬定後續專案計畫，針對已滑動區及潛勢滑動邊坡區進行完整的調查與規畫，包括滑動深層、地表及下游崩積土體的部分，透過現勘調查、地質鑽探、地下水位監測、傾度管監測及試驗分析等作業，冀能更確實的掌握及瞭解目標區域滑動之關聯性。



(二)第二期：

依後續專案計畫之調查及分析成果，進一步規劃設計地下深層排水及滑動體抗滑工程或其他必要的治理工程，以有效的抑制滑動之發生，整理工程實務常用之崩塌地治理對策如表 4-2 所示：

表 4-2 邊坡穩定常用之防治工法

防治工法	工 程 設 計
抑制工程	地表排水工程(滲透防止工程、排水溝) 淺層地下水排除工程(暗渠、橫向排水孔、地下水截斷工程) 深層地下水排除工程(橫向排水孔、集水井、排水隧道、截水牆) 挖方、填方工程 排氣工程 河川構造物(防砂壩、護岸、固床工) 擋土工程
抑止工程	抗滑樁工程、深基礎樁 地錨、岩錨 填方工程 河川構造物(防砂壩、護岸、固床工) 擋土牆

三、應急處理工程建議

本計畫考量計畫區域有緊急處理維護之治理需求，建議可分別對地表排水系統改善及邊坡坍塌治理說明如下：

(一)地表排水系統改善：

爰前滑動機制分析，計畫區內之滑動與土體結構鬆散及富含水量有極高程度之相關性，而地表排水為減少降雨逕流入滲坡體，以減少積存於風化岩區內之地下水，增加坡體穩定性，以下針對具體之改善措施說明如下：

- 1.坡頂設置截流溝，避免上邊坡逕流衝擊入滲。
- 2.坡面設置橫向及縱向排水溝收集坡面地表逕流，並將水迅速排除至安全區外，避免降雨滲入土體。橫向截流系統設置原則為沿坡面近乎等高方式構築，收集邊坡之地表逕流，並於適當位置設置縱向排水溝將坡面地表逕流有效且安全的導至安全區域內。若縱向排水坡度過於陡峻，為避免陡坡排



水能量太大，而產生縱向侵蝕，必要時可採相關消能設施消除過多能量，如陡槽跌水工、消能池等相關設施。

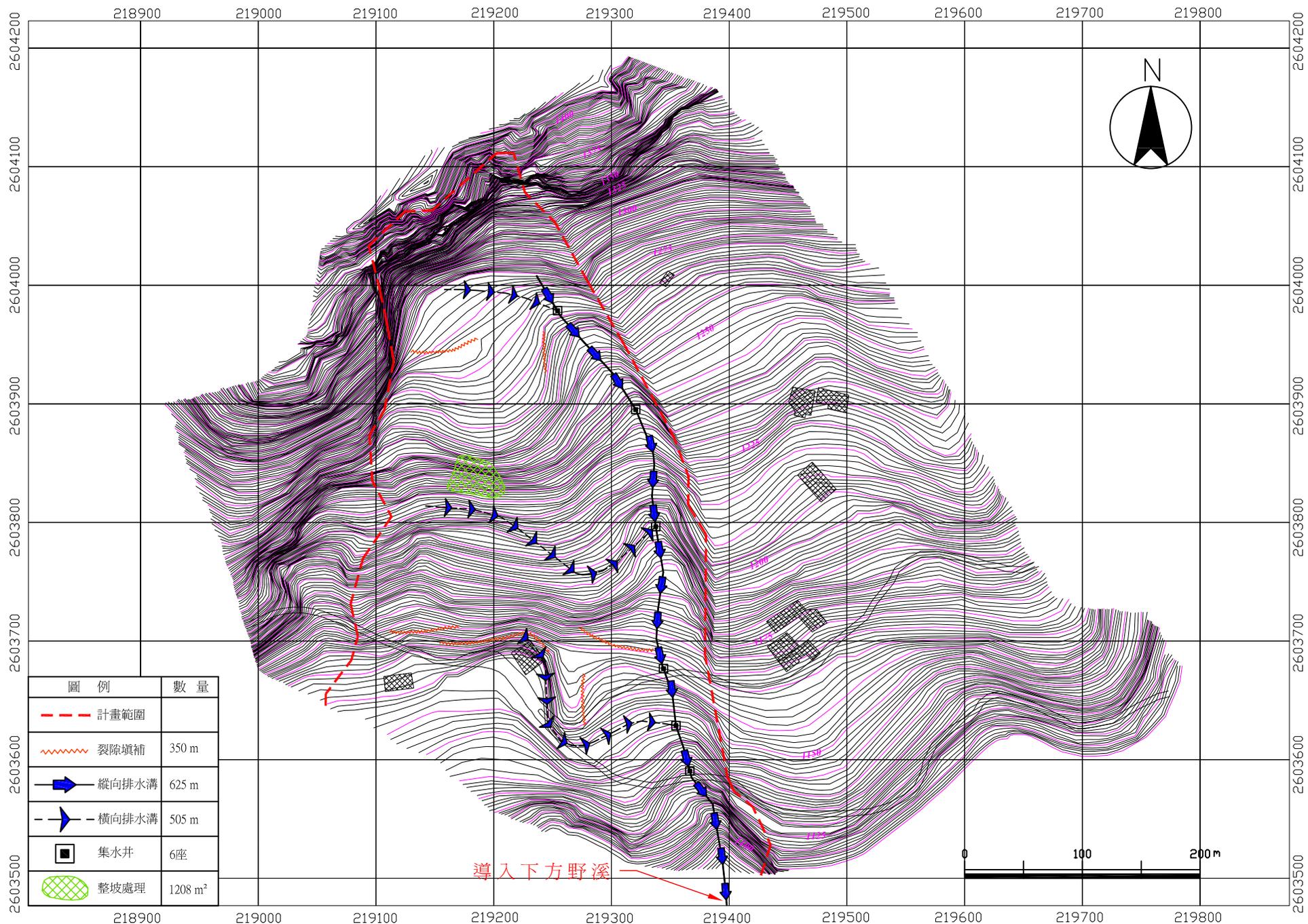
3. 滑落崖下部之地形變化處，及坡面之凹陷部等易於蓄集地表水處設置暗渠，排除接近地表之淺層地下水並收集入滲水，藉以增加滑動體之強度來穩定地滑，並可預防雨水滲入深層之地下水。
4. 地表裂隙處進行裂隙填塞或設置排水溝，另已受損之既有排水構造物則予以修復，以防雨水持續入滲。

(二) 局部邊坡崩坍處理：

依現況調查顯示，本次土體滑動伴有多處陡峭之崩崖產生，該崩崖常因土體自立性不足隨時有崩坍之虞，故建議對道路兩側、鄰近民宅等有保全對象之邊坡進行整治，以下針對具體之改善措施說明如下：

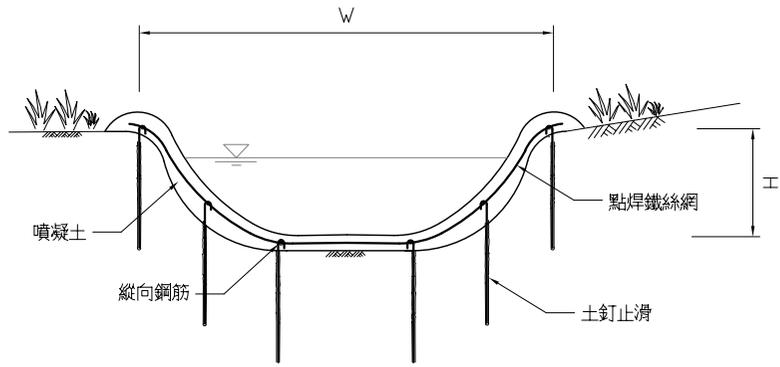
1. 整坡處理：以削緩邊坡坡度來提高穩定性，防止無預警之崩落，坡面高度超過 5m 者，則採階段式之原則來規畫。
2. 坡面保護工程：將裸坡之斜面以植生方式或施築構造物，以保護邊坡，使坡面達穩定狀態，並可避免雨水沖蝕而使土砂流失衍生災害。
3. 設置擋土構造物：本計畫現階段僅採用整坡處理進行應急整治，如邊坡仍持續發生滑動或崩落則改以設置擋土構造物以穩動邊坡，建議採用挖方少且具柔性之擋土構造物為較佳之選擇。

本案建議計畫區域內之初步應急處理工程配置(以地表裂縫填補、排水改善及整坡處理為主)及設施示意圖分別如圖4-2及4-3所示。另依各工項編列工程費用，估計約需362萬8千元，詳細工程概估費用說明如下表4-3所示。

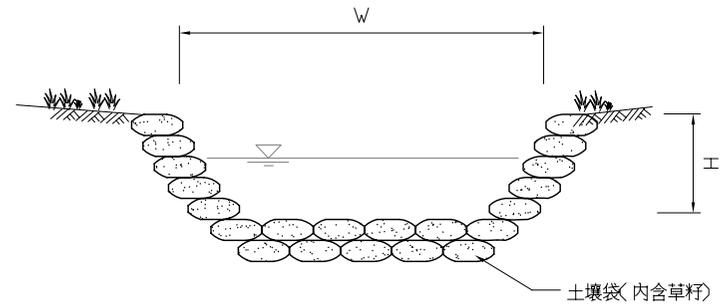


圖例	數量
	計畫範圍
	裂隙填補 350 m
	縱向排水溝 625 m
	橫向排水溝 505 m
	集水井 6座
	整坡處理 1208 m ²

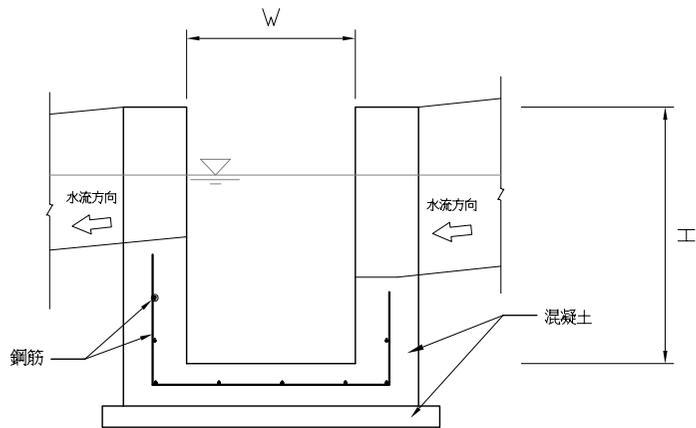
導入下方野溪



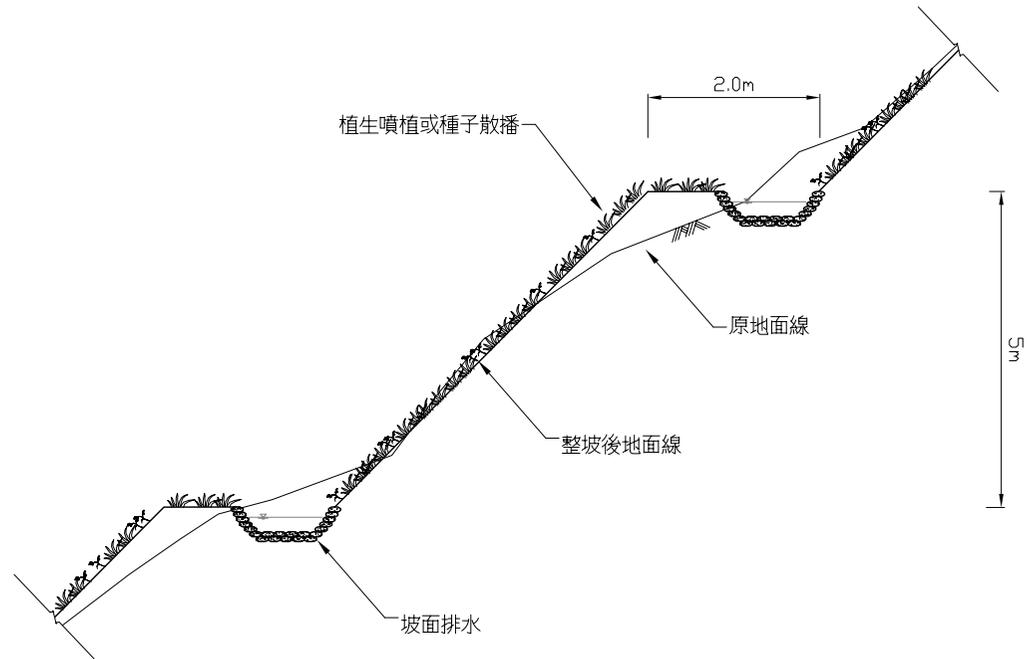
縱向排水溝示意圖



橫向排水溝示意圖



集水井示意圖



整坡處理示意圖



表 4-3 應急工程費用概估表

項次	項目及說明	單位	數量	單價	複價	備註
一	應急處理工程	式	1	3,264,000	3,264,000	
1	裂隙填補	m	350	70	24,500	
2	縱向排水溝	m	625	2,000	1,250,000	
3	橫向排水溝	m	505	1,500	757,500	
4	集水井	座	6	4,000	24,000	
5	整坡處理(含坡面排水)	m ²	1208	1,000	1,208,000	
二	交通安全設備費	式	1	40,800	40,800	
三	工程品質管理及文書作業費用	式	1	50,000	50,000	
四	勞工安全及衛生費用	式	1	30,000	30,000	
五	環境衛生維護	式	1	30,000	30,000	
六	工程保險費	式	1	40,000	40,000	
七	營業稅(5%)	式	1	173,200	173,200	
	合計				3,628,000	



第五章 結論與建議

5-1 結論

由現地調查及資料研析後，計畫區除已發生大規模滑動區外，應包括鄰近之潛勢滑動邊坡，整體面積約達37.5公頃，現況並無持續性崩滑災害。根據地表位移觀測資料顯示，本計畫雖已建立地表位移初始資料及短期觀測成果，然計畫執行期間(99.07~99.11)未有豪大雨侵襲，地表位移量測亦無顯著變化，故無法作為地層滑動或位移趨勢之比對參據，後續計畫仍應持續對計畫區進行地表變位觀測作業。

經邊坡穩定數值分析，計畫區邊坡穩定性受降雨及地下水位變化影響甚大，無論是已崩塌區亦或潛勢滑動邊坡區在暴雨狀態時，均具有因地下水上升而再次發生滑動之高潛勢。惟本計畫僅設置一處水位觀測井資料尚不足以全盤了解本區地下水之行為，即地下水位消漲變化與本區滑動機制之關聯性仍應於後續計畫加強調查。

本計畫利用自動化雨量量測儀器、無線電傳輸單元、警示燈號及手機簡訊發報設備，並暫以本集水區之土石流警戒有效累積雨量(300mm)為參考預警管理值，建置應急防災警報系統及災害通報架構，未來長期之管理基準仍須後續長期監測降雨及其他環境因子與崩塌之相關性輔以詳實的滑動機制調查後再行訂定。

5-2 後續建議事項

本計畫雖已完成預定之調查及監測作業，但所得資料僅為短期成果，且計畫主要目標以建立該區災前警戒警示及災中應變疏散等應急作為為主，故計畫區後續治理工作則應著重於二次崩滑之預防，並建議分期辦理，治理初期以減少降雨逕流入滲及預防局部邊坡崩坍等應急處理工程為主，並儘速辦理專案計畫，針對已滑動區及潛勢滑動邊坡區進行整體詳實調查及分析；治理後期則依該計畫成果來釐清崩積層與岩盤分布情形、滑動帶深度、地下水位變化、地表及地層位移速率等資訊，據以研擬有效且具體的治理工法。

一、後續調查工作建議

為更徹底瞭解本區域潛在崩塌之特性及坡地災害之關聯性，建議後續擬定專案計畫，分別於已滑動區及潛勢滑動邊坡範圍區中進行後續監測配置及規畫，建議該專案之各工作項目說明如下：



(一)資料蒐集與判釋

蒐集並判釋調查區及其附近之資料，包括地質圖、地形圖、航空照片、水文及以往有關本地區附近之調查、規劃、設計、施工等資料與文獻，另應持續對計畫區進行雨量監測，以提供分析之基本水文資料。此外，對於坡趾下方土石流潛勢溪流進行現況調查並應包括河道阻塞狀況調查及堰塞湖蓄水觀測。

(二)地質調查及地質鑽探

除地表地質調查及踏勘外，將以地球物理探測方式探查崩積土層厚度，佈置至少三條測線，長度需達 900 公尺以上。另於調查區內佈置至少二條鑽探測線，每一測線 3~4 孔，估計共需鑽探 9 孔，每一鑽孔均應鑽穿覆蓋層至適當深度，以瞭解地滑區內之地下地質狀況及可能滑動面位置，並取得岩土試樣進行相關試驗(應包含現地滲透性試驗)，提供邊坡穩定分析參考。

(三)地下水調查與監測

除了調查地表湧水分佈地點，鑽探過程中及完成鑽探後之地下水位變化等觀測調查之外，亦利用鑽孔進行地下水自動化監測，以瞭解地下水變化情形。

(四)滑動層調查

依據鑽探岩心之鑑定，僅能判釋出可能滑動帶，確實的滑動面位置則須藉助其他監測儀器來辨識。可利用上述鑽孔埋設傾斜觀測管，並以孔內傾斜儀(Inclinometer)進行量測，以瞭解地層內部的動態變動情形；孔內傾斜儀的量測資料，除了可確定滑動面位置，提供邊坡穩定分析之用外，還可作為日後評估整治成效的依據。

(五)地表變位監測

持續對原設置之地表變位觀測點進行監測，監測期至少跨越完整乾溼季節，乾季期間則可以每季來考量監測頻率，雨季汛期期間則改以每月監測，以更有效得獲取地表變位的資訊。



(六)綜合研判分析

處理並彙整上述各項調查與試驗資料，進行邊坡穩定分析，研判滑動機制，以供地滑治理規劃之參考。

(七)治理工程規劃

根據蒐集到的資料、工程地質調查及地質鑽探等結果，先進行地滑治理工程的初步規劃；而後再參考後續的調查結果，完成地滑治理計畫工程的細部規劃，並依規劃成果進行工程細部設計，完成工程預算書以供工程發包之依據。

(八)效益評估

包含直接效益、間接效益及整體效益評估。

二、既有監測系統之持續與擴充

本計畫因執行期程較短，相關監測數據仍有判釋上困難與缺乏基準參考，且無法代表計畫區長期變動特性，故建議計畫結束後仍應於雨季期間及特殊事件後排定地表變位量測作業，並配合既有降雨量及地下水位監測系統，持續對計畫區進行監測及水文資料蒐集，所得成果除可作為該區之預警應變行動外，亦可作為後續計畫執行之參考。



參考文獻

- 1.行政院農業委員會，2006，水土保持手冊。
- 2.地景企業股份有限公司，潘國樑，2006，應用環境地質學。
- 3.行政院農業委員會水土保持局南投分局，2009，古坑鄉華山溪災害評估及警戒與應變。
- 4.行政院農業委員會水土保持局第一工程所，2006，山腳村七鄰崩塌地整體治理調查規劃。
- 5.交通部台灣區國道新建工程局，1999，大地工程調查作業準則。
- 6.行政院農業委員會水土保持局第三工程所，2006，台14線88K至91K地滑地治理調查規劃工程。
- 7.行政院農業委員會水土保持局第三工程所，2007，廬山地滑監測及後續治理規劃。
- 9.GEO-SLOPE International Ltd. 2007, User' s Guide of SLOPE/W2007.
- 10.中央氣象局，中央氣象局全球資訊網，<http://www.cwb.gov.tw/>。
- 11.行政院農委會水土保持局，土石流防災資訊網，<http://246.swcb.gov.tw/default-1.asp>。
- 12.內政部國土測繪中心，電子化全球衛星即時動態定位系統(e-GPS)，<http://www.egps.nlsc.gov.tw>。