

目錄

目錄	I
圖目錄	III
表目錄	VI
第一章 前言	1
第二章 工作項目及進度	2
第一節 工作項目及內容	2
第二節 工作預定進度	3
第三節 工作執行流程	5
第三章 基本資料蒐集	8
第一節 地形與水系	8
第二節 降雨量	10
第三節 區域地質及環境地質	12
第四節 行政區域、人口、交通及相關建設計畫	15
第五節 歷年工程資料蒐集	17
第六節 既有調查成果	18
第七節 歷年遙測影像蒐集及判釋	23
第四章 相關調查成果	31
第一節 空載光達資料蒐集與分析	31
第二節 邊坡不穩定表徵調查	35
第三節 地表地質調查	41
第四節 地電阻探查成果	45
第五節 地質鑽探調查	50
第五章 監測作業	69
第一節 監測項目	69
第二節 監測頻率	70
第三節 監測成果	72
第六章、觀測資料綜合分析與及初步處理建議	82

第一節 崩塌機制研判	82
第二節 崩塌地穩定分析	85
第三節 管理基準值探討	89
第四節 致災風險評估	90
第五節 整體治理規劃研擬	93
第六節 後續觀測及補充調查評估與建議	96
第七章 結論	97
參考文獻	99
附錄 A 歷次審查意見	A
附錄 B 契約變更公文	B
附錄 C 地質鑽探成果	C
附錄 D 室內試驗成果	D
附錄 E 孔內攝影影像	E



圖目錄

圖 1-1、本計畫範圍(底圖摘自招標文件).....	1
圖 2-1、工作流程圖.....	7
圖 3-1、計畫區立體地形圖(底圖摘自 Google Earth).....	8
圖 3-2、計畫區範圍鄰近土石流潛勢溪流套繪成果.....	9
圖 3-3、高義雨量站雨量資料.....	11
圖 3-4、中高義地區五萬分之一區域地質圖.....	12
圖 3-5、二萬五千分之一環境地質圖-環境地質基本圖.....	13
圖 3-6、二萬五千分之一環境地質圖-地質災害潛勢圖.....	14
圖 3-7、中高義地區山崩與地滑地質敏感區圖.....	14
圖 3-8、中高義調查區周遭行政區域圖.....	15
圖 3-9、中高義調查區土地使用分區圖.....	16
圖 3-10、桃園市-復興區-D046 潛在大規模崩塌地區崩塌地形特徵.....	19
圖 3-11、桃園市-復興區-D046 崩塌地形特徵點之現地查核成果.....	19
圖 3-12、中高義地區既有鑽孔 21-2SW 岩芯照片.....	21
圖 3-13、中高義地區他案 In-SAR 分析之地表變形觀測成果.....	22
圖 3-14、中高義地區歷年遙測影像圖(1/3).....	25
圖 3-15、中高義地區歷年遙測影像圖(2/3).....	26
圖 3-16、中高義地區歷年遙測影像圖(3/3).....	27
圖 3-17、中高義地區-頭部聚落歷年遙測影像圖(1/3).....	28
圖 3-18、中高義地區-頭部聚落歷年遙測影像圖(2/3).....	29
圖 3-19、中高義地區-頭部聚落歷年遙測影像圖(3/3).....	30
圖 4-1、中高義調查區圈繪之崩崖及蝕溝位置圖(利用 LiDAR 資料判釋).....	33
圖 4-2、中高義調查區坡度分布圖.....	33
圖 4-3、中高義調查區坡向分布圖.....	34
圖 4-4、中高義調查區邊坡不穩定表徵成果(1/3)(本公司於民國 111 年 10 月拍攝).....	37
圖 4-5、中高義調查區邊坡不穩定表徵成果(2/3)(本公司於民國 111 年 10 月拍攝).....	38
圖 4-6、中高義調查區邊坡不穩定表徵成果(3/3) (本公司於民國 111 年 10 月拍攝).....	39

圖 4-7、中高義調查區地表水排水路徑調查成果	40
圖 4-8、地表地質調查成果.....	44
圖 4-9、中高義調查區地電阻測線配置圖	48
圖 4-10、L2 地電阻探測成果	49
圖 4-11、L1 地電阻探測成果	49
圖 4-12、中高義調查區地質鑽探配置圖	52
圖 4-13、中高義調查區岩芯特徵.....	53
圖 4-14、各孔岩芯柱狀圖.....	56
圖 4-15、中高義地區區域地質圖.....	57
圖 4-16、中高義地區地質剖面圖(A-A')	58
圖 4-17、中高義地區施鑽期間上下水位紀錄圖(22-1S 孔)	61
圖 4-18、中高義地區施鑽期間上下水位紀錄圖(22-2S 孔)	62
圖 4-19、中高義地區施鑽期間上下水位紀錄圖(22-3W 孔).....	62
圖 4-20、22-3W 孔封層水位井裝設示意圖	63
圖 4-21、中高義地區施鑽期間上下水位紀錄圖(22-4SW 孔)	63
圖 4-22、22-3W(70m)不同深度之節理傾角-走向成果圖	66
圖 5-1、中高義地區監測儀器平面配置圖	71
圖 5-2、降雨量數據成果圖.....	72
圖 5-3、21-1W 孔地下水位觀測成果圖(桃市府裝設).....	75
圖 5-4、21-2SW 孔地下水位觀測成果圖	75
圖 5-5、21-3SW 孔地下水位觀測成果圖	75
圖 5-6、封層水位井-22-3W@30m 地下水位觀測成果圖	76
圖 5-7、封層水位井-22-3W@70m 地下水位觀測成果圖	76
圖 5-8、22-4SW 孔地下水位觀測成果圖	76
圖 5-9、22-1S 孔傾斜觀測管監測成果	78
圖 5-10、21-2SW 孔傾斜觀測管監測成果(桃市府裝設)	79
圖 5-11、21-3SW 孔傾斜觀測管監測成果(桃市府裝設)	79
圖 5-12、22-2S 孔傾斜觀測管監測成果	80

圖 5-13、22-4SW 孔傾斜觀測管監測成果	80
圖 5-14、中高義地區本監測期間各傾斜管孔口位移趨勢與降雨量關係	81
圖 6-1、中高義地區崩塌機制剖面示意圖(A-A')	83
圖 6-2、中高義地區崩塌機制剖面示意圖(B-B')	84
圖 6-3、中高義地區排水設施改善工法示意圖	94
圖 6-4、中高義地區裂縫填補現況	94
圖 6-5、中高義地區排水分區及既有排水設施平面位置圖	95



表目錄

表 2-1、本計畫主要工作項目及內容.....	2
表 2-2、工作預定執行情形一覽表.....	4
表 2-3、契約規定期末報告應完成工作檢核表	4
表 2-4、本計畫調整工作內容及數量.....	6
表 3-1、高義雨量站雨量資料.....	10
表 3-2、計畫區近年主要颱風雨量統計資料	11
表 3-3、民國 111 年 9 月桃園市復興區各里人口統計表	16
表 3-4、中高義地區歷年整治工程.....	17
表 3-5、本計畫區既有鑽孔列表(由桃園市政府原住民族行政局於另案裝設).....	20
表 3-6、各期遙測影像資料表.....	24
表 3-7、各期影像判釋成果.....	24
表 4-1、中高義調查區露頭位態量測成果統計	43
表 4-2、地電阻測線施測參數表.....	46
表 4-3、鑽孔裝設儀器資料.....	51
表 4-4、岩芯描述紀錄表(22-1S 孔).....	55
表 4-5、岩芯描述紀錄表(22-2S 孔).....	55
表 4-6、岩芯描述紀錄表(22-3W 孔).....	55
表 4-7、岩芯描述紀錄表(22-4SW 孔).....	55
表 4-8、鑽探過程中地層透水性定義.....	59
表 4-9、孔內攝影鑽孔資料一覽表.....	64
表 4-10、22-3W(70m)孔內攝影成果.....	66
表 4-11、室內試驗數量一覽表.....	67
表 4-12、土壤一般物理性試驗成果表.....	67
表 4-13、岩石一般物理性試驗成果表.....	68
表 4-14、岩石單軸抗壓強度成果表.....	68
表 4-15、岩石弱面直接剪力試驗成果表	68
表 5-1、監測儀器設置數量表.....	70

表 5-2、中高義地區手動監測時程表.....	70
表 5-3、中高義地區地下水位監測成果	74
表 6-1、邊坡穩定分析參數.....	85
表 6-2、岩屑層滑動分析成果(S1 潛在滑動塊體).....	86
表 6-3、岩屑層滑動分析成果(S2 潛在滑動塊體).....	87
表 6-4、岩屑層滑動分析成果(S4 潛在滑動塊體).....	87
表 6-5、破碎岩層滑動分析成果.....	88
表 6-6、中高義地區降雨量管理基準值(滾動檢討).....	89
表 6-7、中高義地區特殊降雨事件雨量統計表	89
表 6-8、危害度評估內容及他案於計畫區之評估結果	91
表 6-9、脆弱度評估內容及他案於計畫區之評估結果	91
表 6-10、風險等級(分數)評估矩陣.....	92
表 6-11、中高義地區之風險評估結果.....	92





第一章 前言

本計畫區位於桃園市復興區，計畫區地理位置詳圖 1-1。根據民國 104 年經濟部中央地質調查所「非莫拉克颱風受災地區潛在大規模崩塌地區分析報告」中指出，計畫區邊坡為潛在大規模崩塌區，編號：桃園市-復興區-D046，面積約 44.9 公頃。

計畫區保全對象包括中高義聚落、農地、區內聯外道路及台 7 線等，以務農及發展休閒農場為主。為瞭解計畫區崩塌潛勢、機制及規模，據以研擬對策，行政院農業委員會水土保持局臺北分局(以下簡稱貴分局)，爰經公開評選方式，辦理「111 年度中高義地區潛在大規模崩塌調查監測計畫」(以下簡稱本計畫)，進行各項調查工作。期經由本計畫之執行，釐清崩塌機制，確認區域邊坡活動性等相關調查成果，作為後續預警防災啟動時機及治理規劃必要性之評估依據，以提升保全對象安全。

本計畫依據契約完成各項調查工作，並彙整於本期末成果報告，供分局審定後，憑以辦理後續作業。

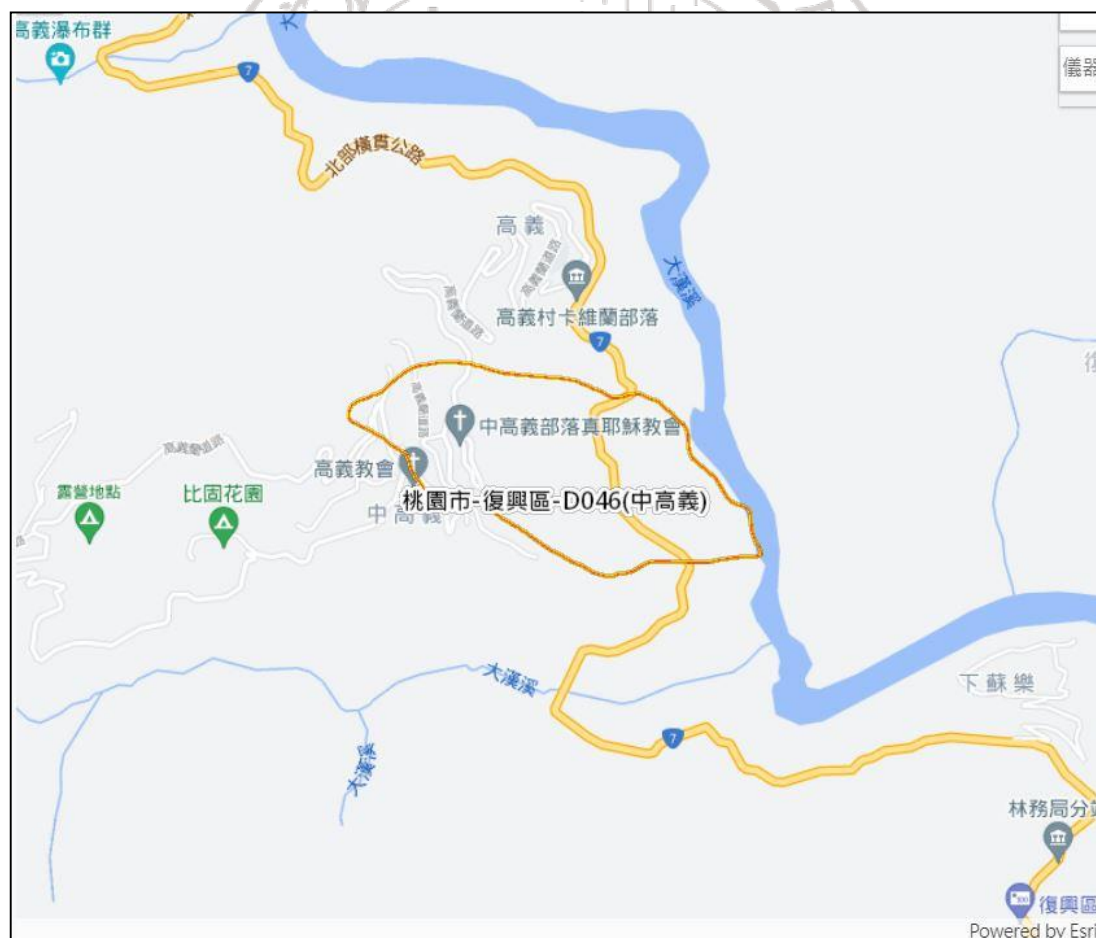


圖 1-1、本計畫範圍(底圖摘自招標文件)

第二章 工作項目及進度

第一節 工作項目及內容

根據契約項目，本計畫工作項目包含(1)崩塌地現況調查、(2)地質鑽探調查及試驗、(3)地電阻探測、(4)孔內攝影調查、(5)崩塌地活動性觀測、(6)觀測資料綜合分析、(7)崩塌機制、崩塌地穩定分析、致災風險評估及(8)整體治理規劃研擬等八項。彙整各工作項目及主要工作內如表 2-1 所示。

表 2-1、本計畫主要工作項目及內容

項次	工作項目	工作內容
1	崩塌地現況調查	- 既有調查及監測資料蒐集。 - 彙整及區域環境調查(環境狀況及地質特性等)。
2	地質鑽探調查及試驗	- 鑽探孔數：4 孔，總深度 260m。 - 計畫區地質平、剖面圖繪製。 - 岩芯力學試驗：包括土壤及岩石一般物理試驗，岩石單軸壓縮強度試驗，岩石(或弱面)直接剪力強度試驗。 - 地質鑽探調查成果，應製作地質鑽探報告書(含技師簽證)，並進行地質構造評判及分析。
3	地電阻探測	地電阻探測：施測總長度 1,040 m，輔以研判地質及地下水特性。
4	孔內攝影調查	新增工項，已辦理契約變更，施作 1 孔，以掌握地層岩層節理及裂隙分布。
5	崩塌地活動性觀測	- 地中傾斜儀(手動)：共計 24 次。 - 地下水位(自記式)：共計 5 支。
6	觀測資料綜合分析	- 月監測報告，將各項監測項目(依手動監測頻率)監測資料彙整成監測報告，於每月提送。 - 傾斜觀測管監測成果：含各孔位移深度圖及孔口位移趨勢。 - 自記式水壓計監測成果：地下水位昇降圖。
7	崩塌機制、崩塌地穩定分析、致災風險評估	- 研判可能崩塌機制。 - 邊坡穩定分析。 - 評估崩塌地致災風險。
8	整體治理規劃研擬	- 後續治理工程需求性。 - 可行性及緊急處理計畫之研擬。 - 後續觀測及防災系統需求建議。

第二節 工作預定進度

本計畫之履約期限為至民國 111 年 12 月 25 日止，茲將主要工作進度說明如下，各工作之預定進度詳表 2-2 所示。

- 一、**工作執行計畫書**：契約簽訂日起 20 日內(不含例假日)提送工作執行計畫書一式 15 份，內容應包括：(1)工作範圍。(2)工作目標。(3)工作項目及內容。(4)工作計畫及方法。(5)工作進度。(6)工作協調。(7)預期成果。
- 二、**期中報告書**：於 111 年 7 月 30 日前提送期中報告書一式 15 份，內容應包括前揭工作項目中之(1)崩塌地現況調查、(2)地質鑽探調查、(3)地球物理探測初步成果、(4)崩塌地活動性觀測(活動性觀測儀器建置及初步監測成果分析探討)、(5)初步觀測資料綜合分析、(6)初步崩塌機制、崩塌地穩定分析及致災風險評估(7)初步整體治理規劃研擬，由機關擇期舉行審查會議。
- 三、**期末報告書**：於 111 年 11 月 10 日前提送期末報告書一式 15 份，內容應包含所有工作項目，並由機關擇期舉行審查會議。
- 四、**成果報告書**：於期末報告核定後 10 日內或機關指定日提出成果報告書初稿及相關資料，其內容經機關審核後，於履約期限內提送所有應提送之正式成果報告書及相關資料，辦理正式驗收。

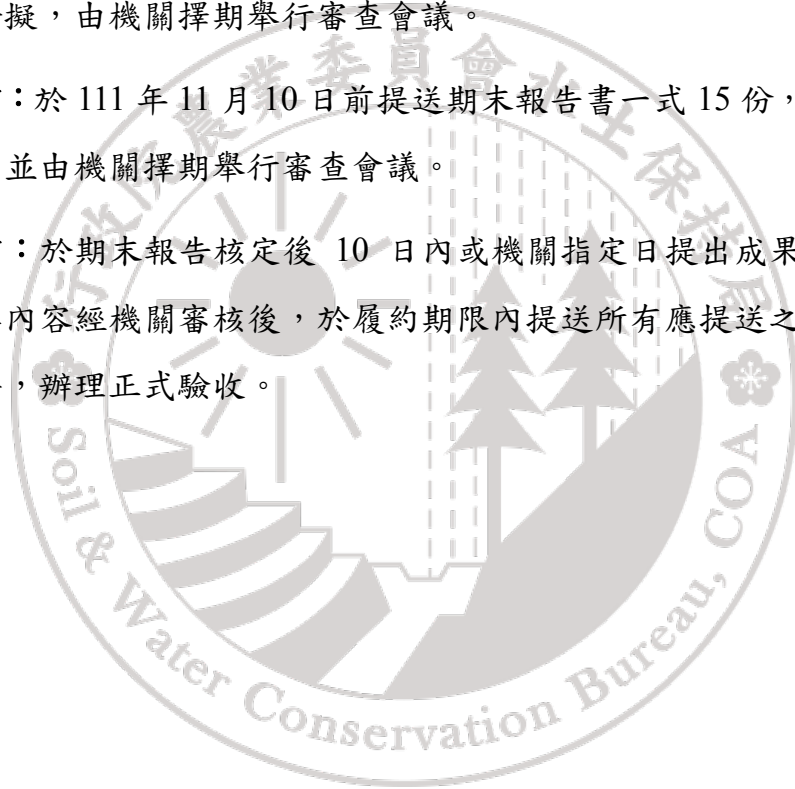


表 2-2、工作預定執行情形一覽表

項次	工作項目	2022 年											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	崩塌地現況調查			✓	✓	✓	✓	✓					
2	地質鑽探調查及試驗						✓	✓					
3	地球物理探測-地電阻探測(RIP)						✓						
4	孔內攝影調查							✓					
5	崩塌地活動性觀測							✓	✓	✓	✓	✓	
6	觀測資料綜合分析							✓	✓	✓	✓	✓	
7	崩塌機制、崩塌地穩定分析、致災風險評估							✓	✓	✓	✓	✓	
8	整體治理規劃研擬							✓	✓	✓	✓	✓	
重要查核點				★ ¹				★ ²				★ ³	★ ⁴

★¹：工作執行計畫，契約簽訂日 20 日內(不含例假日)提送★²：期中報告書，預計 2022 年 07 月 30 日前提送★³：期末報告書，預計 2022 年 11 月 10 日前提送★⁴：成果報告書，預計 2022 年 12 月 25 日履約期限前提送

■：預定進度

✓：實際進度

表 2-3、契約規定期末報告應完成工作檢核表

項次	工作項目	期末報告 規定內容	對應章節	是否符合
1	崩塌地現況調查	V	第三章、第四章	■是 □否
2	地質鑽探調查及試驗	V	第四章第五節	■是 □否
3	地電阻探測(RIP)	V	第四章第四節	■是 □否
4	崩塌地活動性觀測	V	第五章	■是 □否
5	觀測資料綜合分析與警戒管理基準值	V	第六章	■是 □否
6	崩塌機制、崩塌地穩定分析、致災風險評估	V	第六章	■是 □否
7	整體治理規劃研擬	V	第六章第四節	■是 □否
8	孔內攝影調查	V	第四章第五節	■是 □否

第三節 工作執行流程

本計畫專案執行工作可大致分為(1)現場工作、(2)觀測工作及(3)綜合分析與治理規劃等三大項。現場工作主要包含崩塌地現況調查、地質鑽探調查及地球物理探測；觀測工作主要包含地中傾斜儀觀測及地下水位觀測；綜合分析與治理規劃係綜合前述兩大項工作成果，進一步研析中高義地區之崩塌機制、致災風險等，並提出對應之整體治理規劃。

依據 2022 年 4 月 8 日現場勘查會議、4 月 12 日工作計畫審查會議討論及 6 月 10 日工作會議討論結果，部分工作內容進行調整，如表 2-4 所示，相關變更公文詳附錄 B，其變更內容及說明如下：

一、「地質鑽探調查及試驗」工作數量調整說明：本計畫原訂工作項目之地質鑽探調查為 5 孔，因 S1 塊體已存在既有鑽孔，故不另新增鑽孔。另經勘查結果及會同承辦課(111/4/8)現場確認孔位之結果，S3 滑動塊體無明顯滑動徵兆，故不施作。故工作數量由 5 孔(300m)調整為 4 孔(260m)。

二、「地中傾斜儀(手動)」工作數量調整說明：本計畫工作項目之地中傾斜儀(手動)，原訂工作數量為 5 孔，每孔需量測 9 次，考量本計畫實際核定及現場實際鑽探作業執行所需之時間，故將工作數量減少。調整工作數量為 3 孔(22-1S、22-2S 及 22-4SW)，各量測 6 次；2 孔(21-2SW 及 21-3SW)各量測 3 次，其既有鑽孔本案於 10 月接續監測。故地中傾斜儀手動次數由 45 次調整為 24 次。

三、「地下水位(半自動)租用及維護」工作數量調整說明：本計畫工作項目之地下水位(半自動)量測，原訂工作數量為 3 支，需量測 10 個月，考量本計畫實際核定及現場實際鑽探作業執行所需之時間，故將工作數量減少。調整後工作數量為 3 支(22-3W-30m、22-3W-70m 及 22-4SW)，量測 6 個月；2 支(21-2SW 及 21-3SW)，量測 6 個月。由 3 支 10 個月，合計 30 月/處；調整為 5 支 6 個月，合計 30 月/處。

四、「地球物理探測-地電阻探勘」工作數量調整說明：本計畫工作項目之地電阻探勘，原訂工作數量為 800m。由於中高義地區前期從未進行過詳細之地下水調查，為能提升本計畫調查精度，故建議增加地電阻探勘施作長度，期使能掌握大範圍可能含水層分布，供地下水可能流徑之研判參考，由 800m 調整總長度為 1,040m，相關成果說明詳第四章第四節。

五、新增「孔內攝影調查」工作數量調整說明：由於中高義地區位於插天山斷層上盤，可能影響區域岩層位態及劈理走向，影響整體崩塌機制研判分析，並根據前期鑽探結果顯示岩層中仍有許多破碎，故為能更清楚掌握計畫區地層之岩層位態，故建議新增孔內攝影調查之工作項目，以獲取鑽孔岩層位態、劈理走向以及破碎帶分布情形，評估岩層破碎程度，裂隙及構造，以補充計畫區區域地質資料，進而輔助研判邊坡崩塌機制，回饋地質模式分析使用，新增工作數量為 1 孔，施作孔位及相關成果說明詳第四章第六節。

表 2-4、本計畫調整工作內容及數量

項次	工作項目	單位	總數量 (原契約)	調整數量 (減少)	調整數量 (增加)	總數量 (調整後)
一	地質鑽探調查及試驗	M	300	-40	-	260
二	地球物理探測-地電阻探勘	M	800	-	240	1,040
三	崩塌地活動性觀測					
3.1	地中傾斜儀	次	45	-21	-	24
3.2	地下水位(自動) 租用及維護	月/處	30	-	-	30
四	孔內攝影調查	孔			1	1

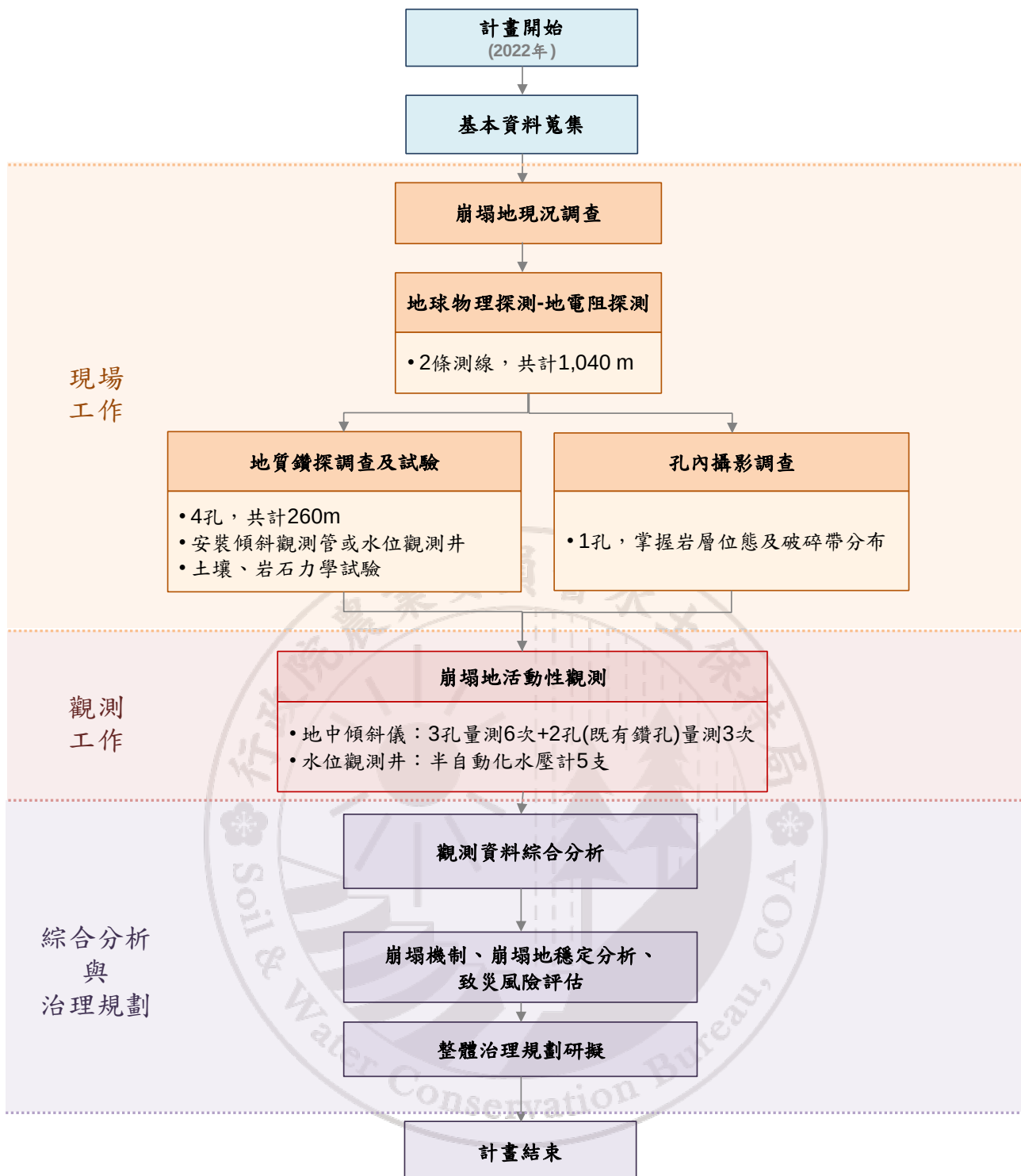


圖 2-1、工作流程圖

第三章 基本資料蒐集

第一節 地形與水系

本計畫區位於桃園市復興區，包含中高義聚落(包含中高義及上高義)、農地、聯外道路以及台 7 線道路。居民主要為泰雅族部落，交通可由省道台 7 線轉高義蘭道路抵達聚落，該聚落戶數約有 30 戶，人口約 100 餘人，地理位置如圖 1-1 所示。

計畫區所在邊坡高程介於 500~1200 公尺間，邊坡向東傾斜，平均坡度約 35 度，中高義聚落所處區域坡度較緩，主要高程位於 886 公尺處，平均坡度約 20~30 度，惟趾部坡度則超過 40 度，計畫區立體地形詳圖 3-1 所示。

水系方面，聚落下邊坡至大漢溪之間坡面，有多道蝕溝，於邊坡趾部匯入大漢溪。另查詢水土保持局土石流潛勢溪流圖資，本計畫區內無土石流潛勢溪流(如圖 3-2)。

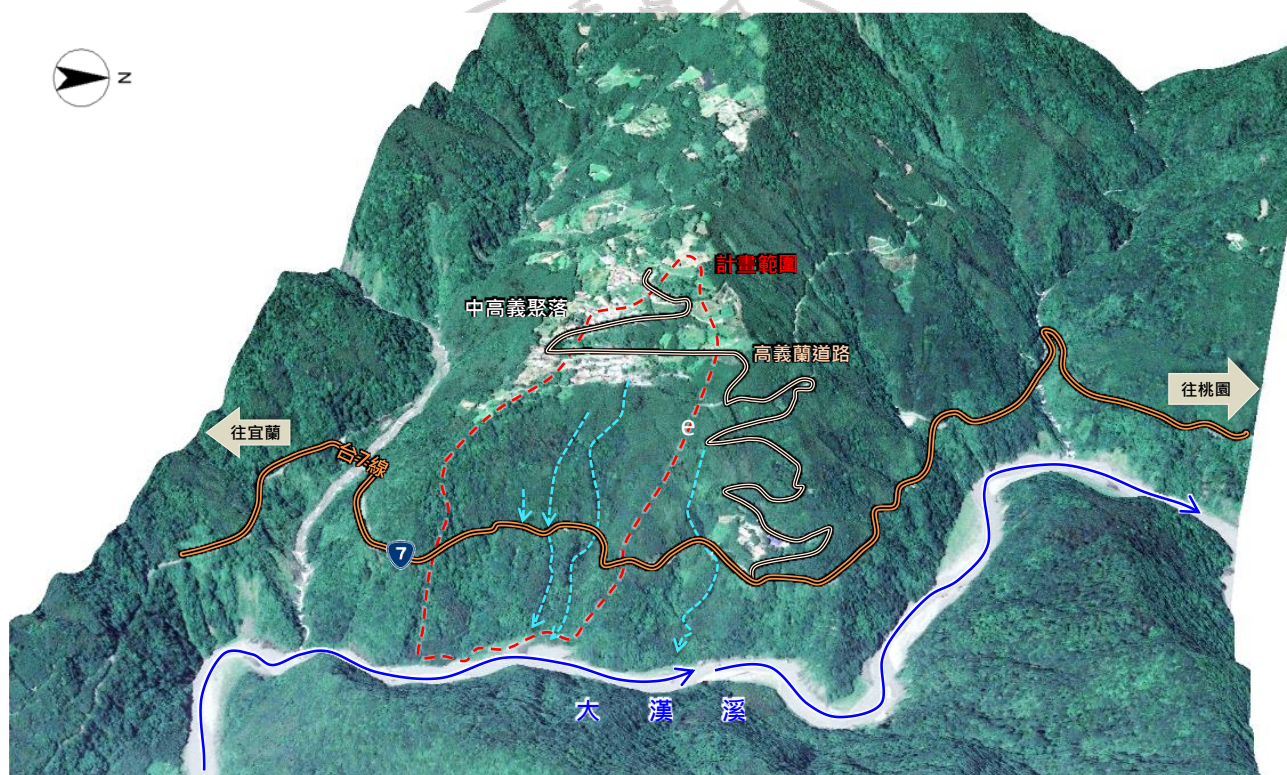


圖 3-1、計畫區立體地形圖(底圖摘自 Google Earth)

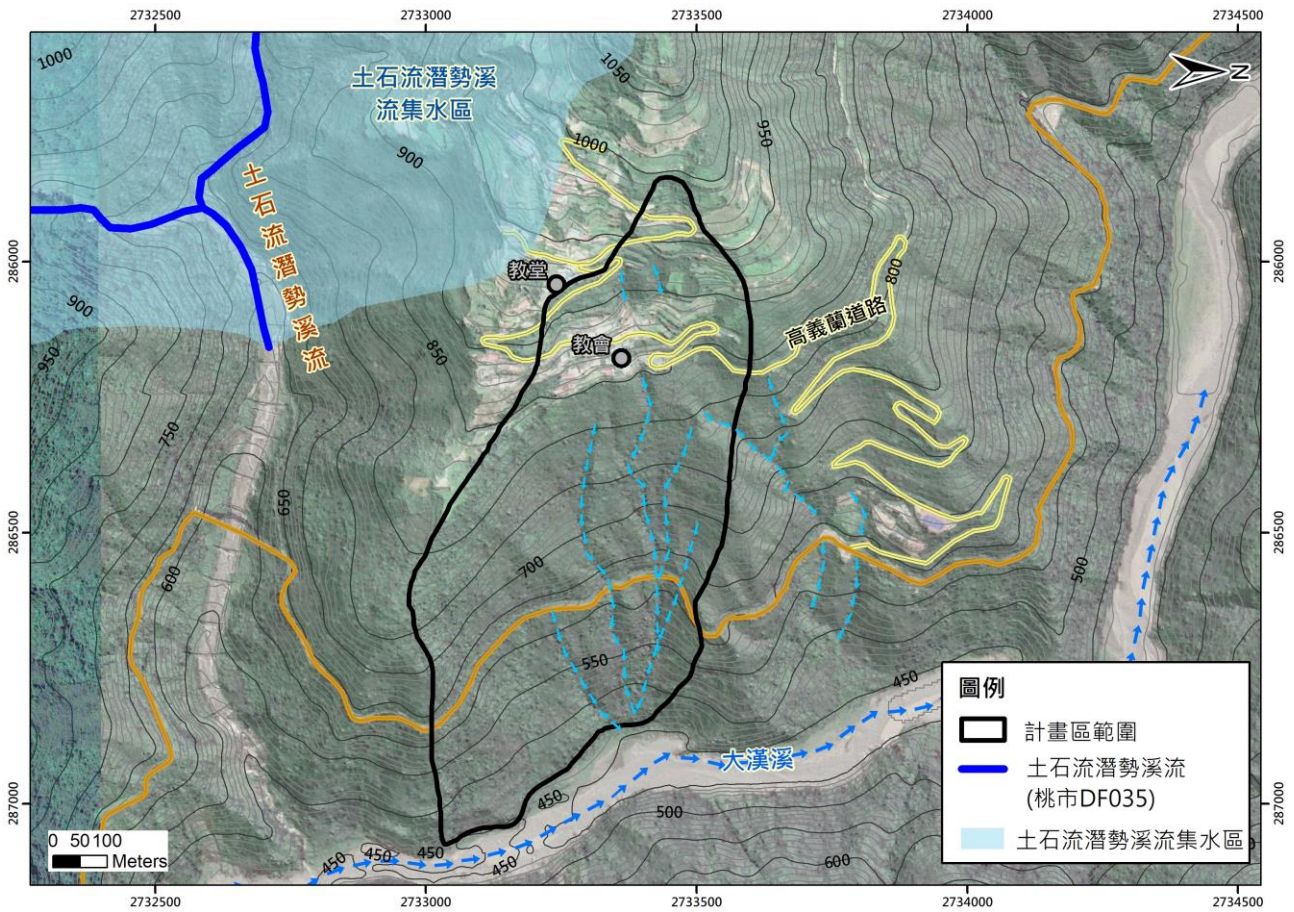


圖 3-2、計畫區範圍鄰近土石流潛勢溪流套繪成果
(套繪行政院農業委員會水土保持局土石流潛勢溪流圖資，2022)



第二節 降雨量

參考經濟部水利署高義雨量站(編號 21C080)，統計近 15 年雨量資料顯示(詳表 3-1 及圖 3-3)，本調查區年平均雨量約 2,448mm。除 5 至 10 月梅雨及颱風季節有較多降雨量，約占全年雨量 66~99%；冬季因受東北季風影響，亦常有降雨情形，1~2 月及 11~12 月約占全年雨量 14~20%，乾季及雨季並不明顯，但主要降雨量與颱風事件有關。

計畫區歷年較大降雨記錄為 2007 年 10 月柯羅莎颱風、2008 年 9 月辛樂克颱風、2009 年 8 月莫拉克颱風、2012 年 8 月蘇拉颱風、2013 年 8 月潭美颱風、2015 年 8 月蘇迪勒颱風、2016 年 9 月梅姬颱風、2017 年 6 月豪雨事件、2018 年 8 月熱帶低壓及 2021 年 7 月盧碧颱風，其月雨量皆超過 600mm，分別為 879mm、1602mm、635mm、940mm、655mm、857mm、800mm、634mm、802.1mm 及 675.5mm。

此外，根據於本計畫期間降雨資料顯示，其中以 2022 年 9 月降雨量超過 600mm，為 1070.5mm，主要受梅花颱風事件影響(9/11~9/13)，72 小時累積降雨量為 578mm。於梅花颱風事件後，相關現勘情形說明如後。

表 3-1、高義雨量站雨量資料
(資料來源：經濟部水利署；站號：高義；編號 21C080)

年份	月雨量(mm)												年雨量 (mm)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2006	51	61	165	279	333	388	238	54	427	1	118	66	2,181
2007	69	57	180	158	248	275	79	459	659	879	112	18	3,193
2008	39	75	162	102	216	241	348	71	1602	11	99	42	3,008
2009	6	15	186	172	52	287	29	635	38	220	23	49	1,712
2010	76	219	39	123	127	392	270	45	228	237	18	48	1,822
2011	63	37	90	22	357	517	217	121	23	192	186	66	1,891
2012	150	215	78	220	386	457	244	940	285	43	194	154	3,366
2013	22	2	59	322	259	135	469	655	400	434	39	151	2,947
2014	4	103	121	59	334	202	445	125	162	133	34	96	1,818
2015	14	36	111	160	257	173	430	857	636	68	164	34.5	2,940.5
2016	265	61	295	215	129	327	181	186	800	125	85	7	2,676
2017	5	61	58	285	196	634	232	13	93	245	69	-	1,891
2018	-	-	-	-	-	458.3	576.6	802.1	492.7	83	15	-	2,427.7
2019	11	25	123	46	244	229	163	239	133	16	-	21	1,250
2020	6	5	40	35	235	46	260	141	131	23	1	37	960
2021	9	17	75	70.5	219.5	270	675.5	412.5	244.5	267.5	52	12	2,325
2022	66	230	166	61	351	203	156	66	1070.5	311	80.5	-	2,761
年平均													2,448

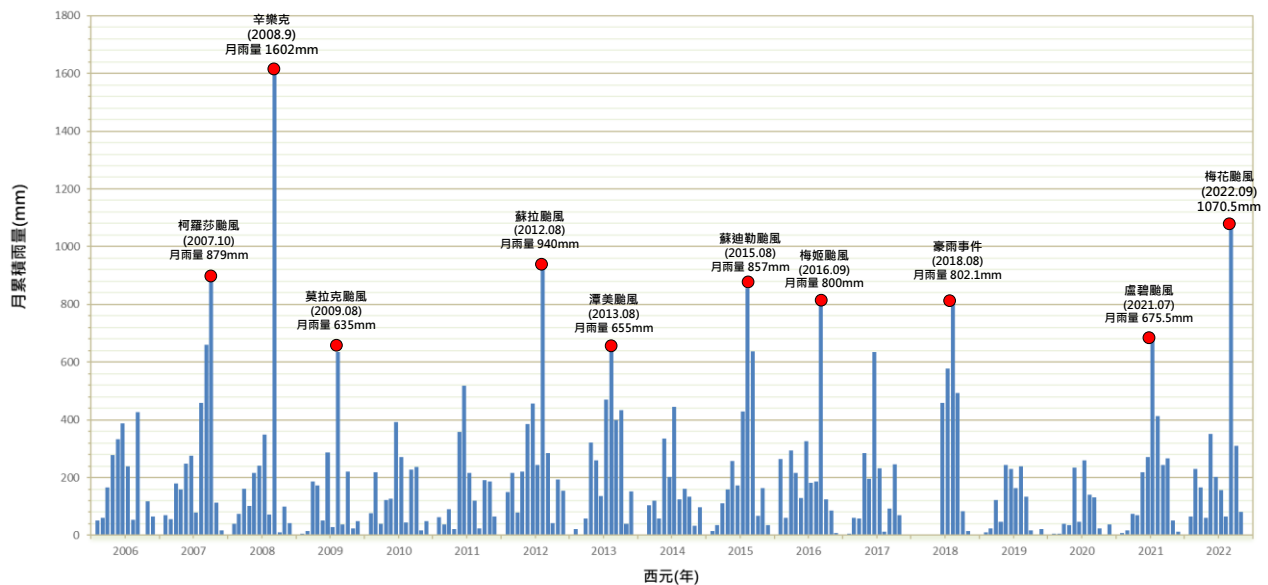


圖 3-3、高義雨量站雨量資料

(資料來源：經濟部水利署；站號：高義；編號 21C080)

為進一步瞭解降雨型態對本調查區之影響，故針對 2006 年至 2021 年之主要颱風雨事件，進行降雨條件分析，成果如表 3-2 所示。由降雨條件分析成果顯示 2012 年 7 月蘇拉颱風、2015 年 8 月蘇迪勒颱風及 2016 年 9 月梅姬颱風，其單日累積雨量皆超過 400 mm，已達中央氣象局大豪雨等級標準(24 小時累積雨量達 350 mm)。

表 3-2、計畫區近年主要颱風雨量統計資料

年份	日期	降雨事件	24hr 累積降雨量(mm)	降雨事件等級
2007	10/05~10/06	柯羅莎	660(10/06)	超大豪雨
2008	09/11~09/13	辛樂克	498(09/13)	大豪雨
2009	08/06~08/08	莫拉克	312(08/17)	豪雨
2012	07/31~08/02	蘇拉	435(08/02)	大豪雨
2013	08/20~08/22	潭美	299(08/21)	豪雨
2015	08/06~08/09	蘇迪勒	400(08/08)	大豪雨
2016	09/25~09/28	梅姬	462(09/27)	大豪雨
2021	08/06~08/08	盧碧	137.5(08/07)	大雨
2022	9/11~9/13	梅花	224.5(9/12)	豪雨

註：降雨事件等級參考中央氣象局之雨量分級。

第三節 區域地質及環境地質

一、區域地質

參考經濟部中央地質調查所五萬分之一臺灣地質圖幅，土場圖幅(草圖)(2008)，如圖 3-4 所示，概述本調查區域地質如下：

(一) 地層：本調查區出露岩層主要為巴陵層(Om)，巴陵層岩性主要為硬頁岩或板岩組成，岩層中偶夾細粒砂岩，硬頁岩呈現灰色至深灰色，新鮮時堅硬，風化後呈尖銳鉛筆狀掉落；板岩呈現灰至深灰色，板理普遍不發達，風化後常成片狀剝落，呈東北-西南走向，向東傾斜約 26~56 度。

(二) 地質構造：本調查區北側約 800 至 1000 公尺處有插天山斷層，走向大致為東北-西南向，由於斷層離調查區較遠，初步研判調查區受斷層影響不大。

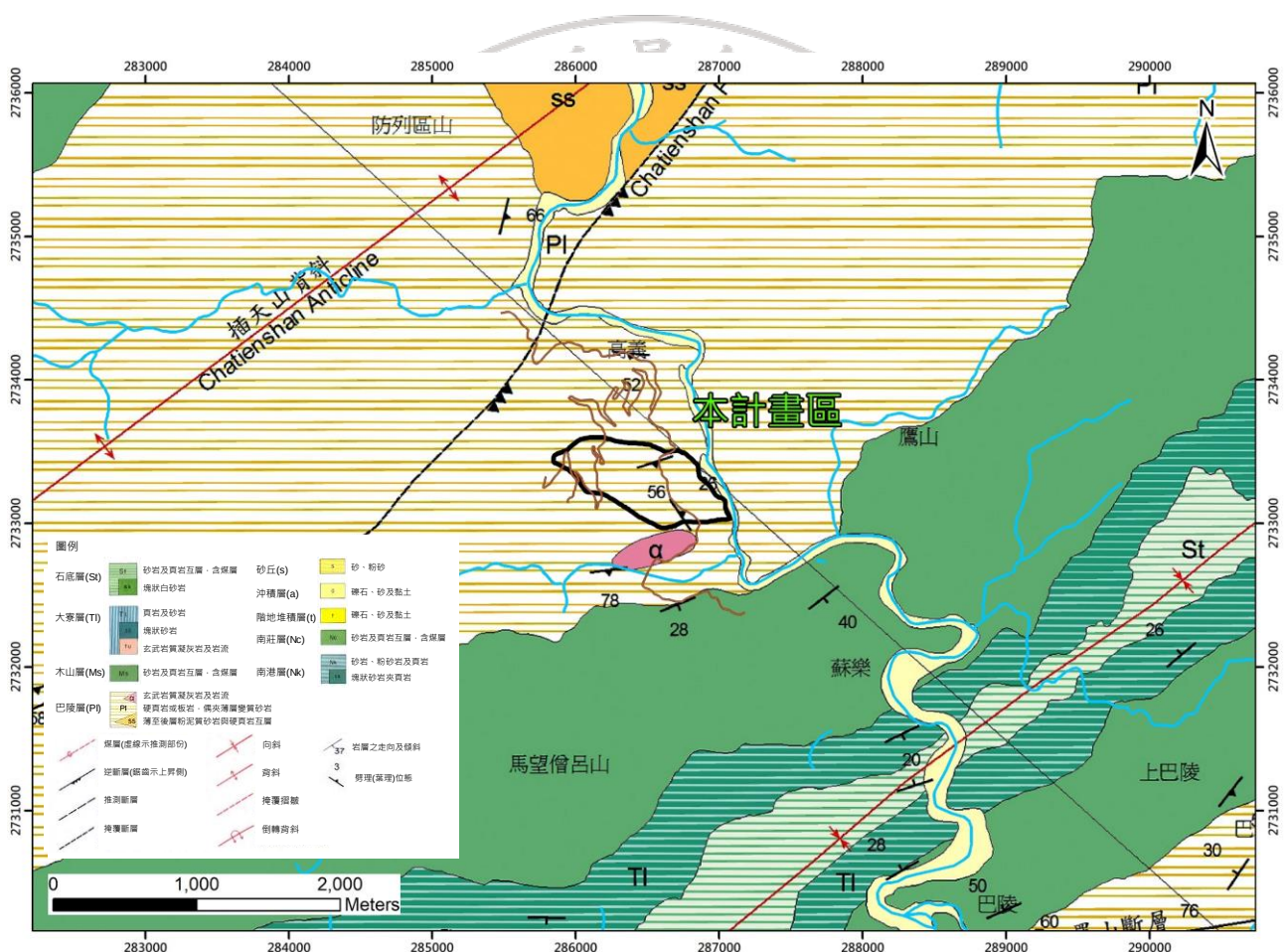


圖 3-4、中高義地區五萬分之一區域地質圖

(改繪經濟部中央地質調查所五萬分之一地質圖，土場圖幅(草圖)，2008)

二、環境地質

參考經濟部中央地質調查所二萬五千分之一環境地質基本圖(2009)、地質災害潛勢圖(2009)，以及山崩與地滑地質敏感區(2015)，如圖 3-5、圖 3-6 及圖 3-7 所示，說明如下：

(一) 環境地質基本圖及地質災害潛勢圖：環境地質方面，參考中央地質調查所二萬五千分之一環境地形圖及地質災害潛勢圖，調查區無明顯之地滑災害歷史，且屬低潛勢之地滑災害潛勢區。

(二) 山崩與地滑地質敏感區：根據經濟部中央地質調查所 2015 年 12 月 31 日公告，部落內中高義至趾部大漢溪範圍，為經濟部中央地質調查所公告之山崩與地滑地質敏感區，崩塌活動度亦為低潛勢。

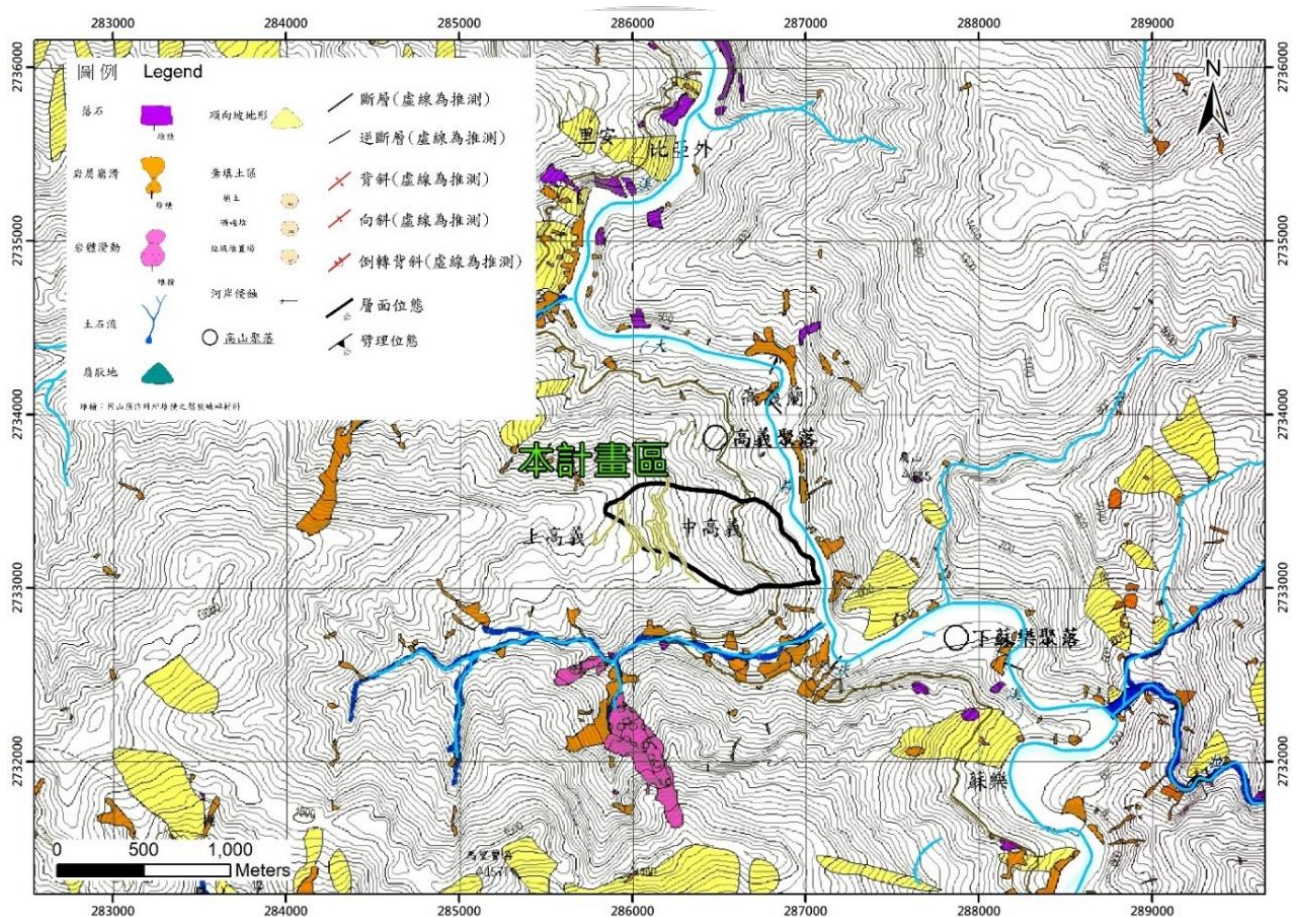


圖 3-5、二萬五千分之一環境地質圖-環境地質基本圖

(改繪經濟部中央地質調查所二萬五千分之一環境地質圖-三光圖幅，2009)

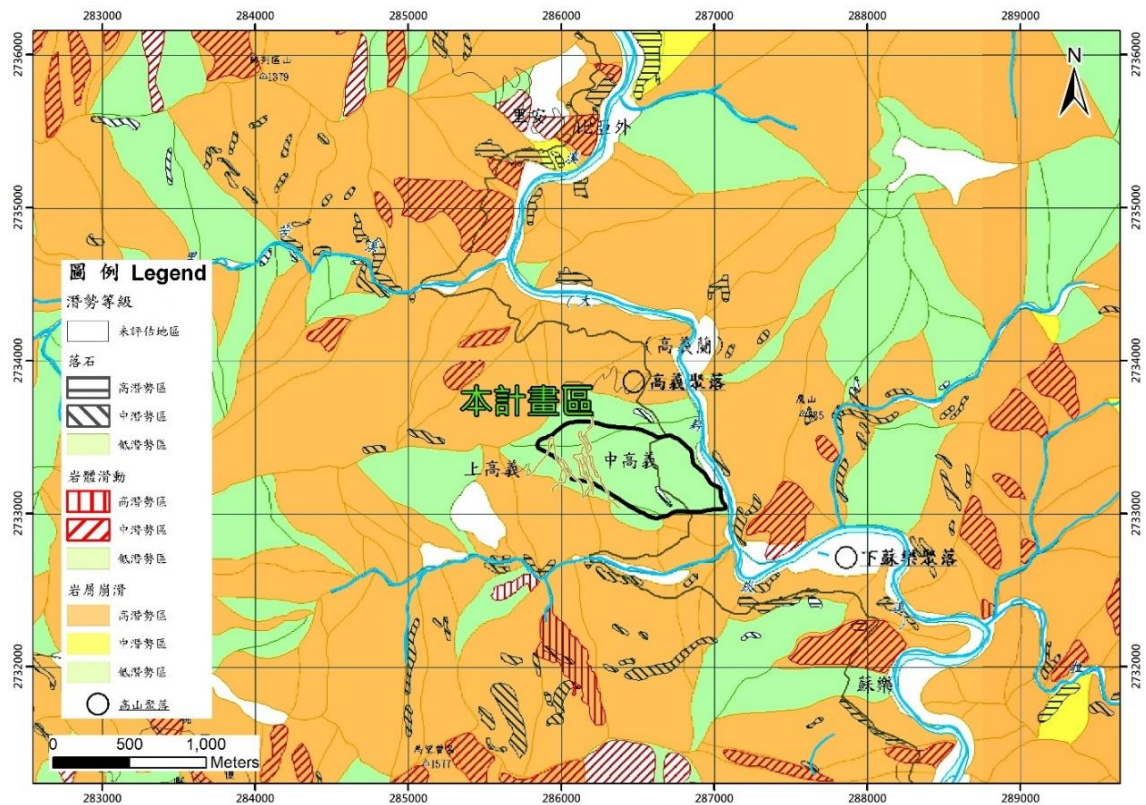


圖 3-6、二萬五千分之一環境地質圖-地質災害潛勢圖

(改繪經濟部中央地質調查所二萬五千分之一環境地質圖-三光圖幅，2009)

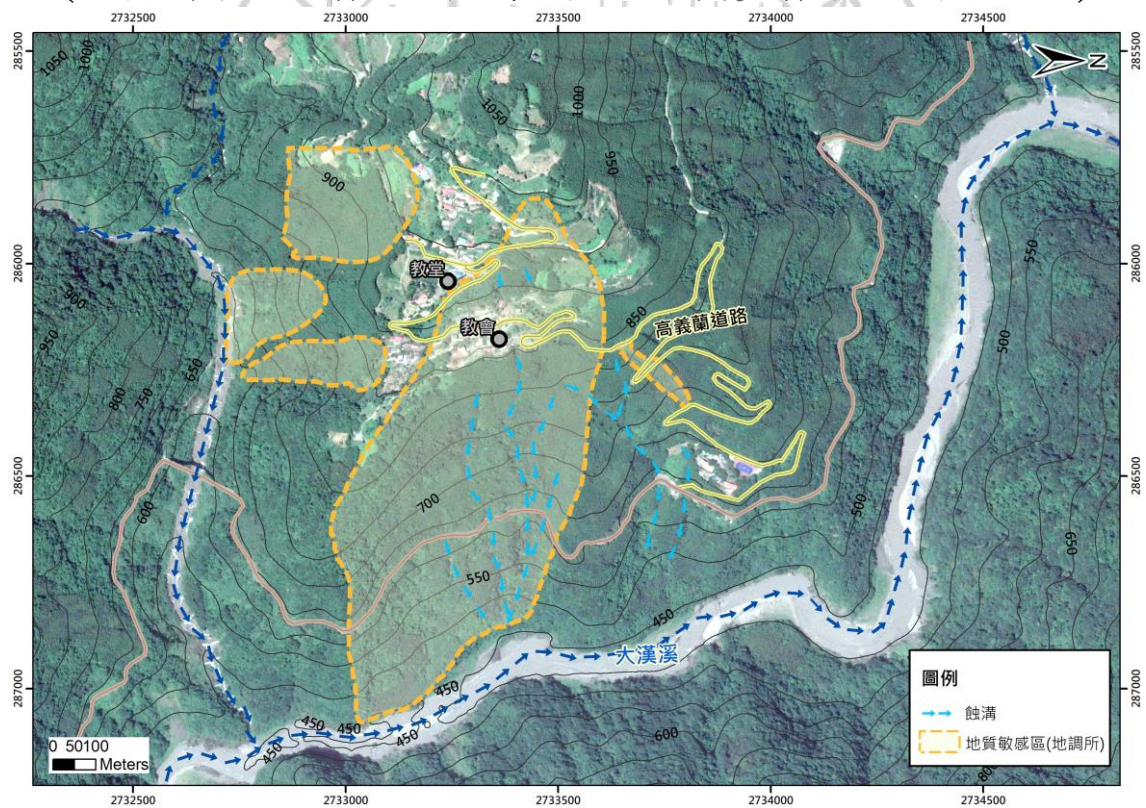


圖 3-7、中高義地區山崩與地滑地質敏感區圖

(套繪經濟部中央地質調查所山崩與地滑地質敏感區，桃園市，2015)

第四節 行政區域、人口、交通及相關建設計畫

一、行政區域

本計畫區位於桃園市復興區南部之高義里，其行政區域圖 3-8 所示。北以益盛、奎輝及羅福里三里為界，南與三光及華陵里相鄰，西接尖石鄉，東接大漢溪。



圖 3-8、中高義調查區周遭行政區域圖

二、人口

高義里擁有豐富的泰雅族原民文化，及多彩壯麗的自然景致，另依據桃園市復興區戶政事務所 111 年 9 月份人口統計資料，其中高義里總人口數為 1078 人，而高義里登錄有案之門牌約有 274 戶，所佔總人口數及戶數為復興區各里之排行第五，男人口數有 560 人，女人口數有 518 人，如表 3-3 所示。

表 3-3、民國 111 年 9 月桃園市復興區各里人口統計表

(資料來源：桃園市復興區戶政事務所)

村里名		鄰數	戶數	男人口數	女人口數	總人口數
1	義盛里	11	258	515	465	980
2	三光里	9	258	501	430	931
3	華陵里	14	545	886	723	1609
4	羅浮里	8	448	694	665	1359
5	高義里	12	274	560	518	1078
合計		125	3948	6872	6074	12946

三、土地利用

本計畫區範圍位於桃園市復興區，經查營建署「全國土地使用分區資料查詢系統」成果顯示，本計畫區範圍均屬非都市計畫土地，其土地使用分區由山坡地保育區、河川區及森林區等三種土地使用分區構成，調查區域土地使用分區中以山坡地保育區所占面積最大，而調查區東南側屬河川區如圖 3-9 所示。



圖 3-9、中高義調查區土地使用分區圖

第五節 歷年工程資料蒐集

為瞭解本計畫路段之災害與整治歷史，本團隊蒐集計畫區歷年災害歷史及整治工程，供後續評估參考。根據蒐集政府採購資訊網查詢得知，本計畫區於 2000 年 7 月起，陸續針對聚落內環境設施、道路、排水系統等辦理改善，如表 3-4 所示，權責單位包含復興區公所、水土保持局臺北分局、桃園市政府工務局、桃園市政府原住民族行政局等。因無法取得相關設計圖說，故未能完全掌握施作位置及目的，但根據計畫名稱初步研判，其工程主要多為部落環境及設施改善為主。

表 3-4、中高義地區歷年整治工程

(資料來源：行政院公共工程委員會，政府電子採購網 <http://web.pcc.gov.tw/pishtml/pisindex.html>)

項次	西元(年)	計畫名稱	採購單位	決標金額
1	2000.07.29	高義蘭部落環境設施改善工程	桃園縣復興鄉公所	1,750,000
2	2006.05.24	復興鄉九十四年颱風災害復建工程-高義蘭 5 鄰莊宅旁排水溝修復工程	桃園縣復興鄉公所	920,000
3	2006.12.15	高義蘭部落坡地保育工程	行政院農業委員會水土保持局 臺北分局	9,640,000
4	2007.11.01	碧利斯颱風災害復建工程-高義蘭道路主線 3K 修復工程	桃園縣復興鄉公所	1,350,000
5	2009.06.29	高義村高義蘭部落環境改善工程等二件	桃園縣復興鄉公所	2,730,000
6	2011.06.23	高義蘭部落聯外道路改善工程	桃園縣政府工務局	15,360,000
7	2013.04.02	高義村高義蘭道路 0K+000 上邊坡崩塌復建工程(台 7 線 39.8K)	桃園縣復興鄉公所	259,000
8	2016.10.20	高義里高義蘭部落道路改善工程	桃園市復興區公所	2,700,000
9	2016.12.20	高義蘭部落排水設施改善工程	桃園市政府工務局	2,220,000
10	2017.01.09	高義蘭部落環境改善工程	桃園市政府原住民族行政局	740,000
11	2019.01.02	復興區高義蘭部落社區道路及排水設施改善工程	桃園市復興區公所	1,257,000
12	2020.11.09	高義里高義蘭部落道路改善工程	桃園市復興區公所	10,900,000

第六節 既有調查成果

一、潛在大規模崩塌區(經濟部中央地質調查所)

經濟部中央地質調查所 2014 年辦理「國土保育之地質敏感地區調查分析計畫—非莫拉克颱風受災區域之地質敏感特性分析」時，利用高精度空載光達數值地形進行潛在山崩微地形判釋，將計畫區判釋為潛在大規模崩塌區，編號桃園市-復興區-D046，面積 44.9 公頃，平均坡度 30 度，高差 543 米。地層為大桶山層，岩性為硬頁岩夾細粒變質砂岩，鄰近 500 米內無地質構造通過，如圖 3-10 及圖 3-11 所示，並進行現場勘查，說明如下：

(一)地形判釋：經航照判釋，桃園市-復興區-D046 坡面未發現明顯的坡地土砂災害。根據日照陰影圖判釋結果(圖 3-10)，除冠部發育主崩崖外，鄰近坡頂坡面的次崩崖特徵不明顯，但聚落下方坡面發育數處崩崖特徵明顯的圓弧形次崩崖，表示聚落下方邊坡活動性較高。

(二)現場勘查：現地調查結果顯示，主崩崖崖面植生茂密，崖面地形明顯(圖 3-11，B)。坡腹有多處次崩崖，部分路面受崩崖活動影響有破壞跡象(圖 3-11，C)。近坡趾處的侵蝕溝內，出露因重力變形、產生大量破裂面的岩層(圖 3-11，D)。

綜合上述判釋和現場調查結果，崩塌地坡頂與坡腹處發育多處崩崖地形，但目前坡面上的結構物少有破壞跡象。坡趾處的坡面極陡，岩層因重力變形而產生大量的破裂面，顯示坡趾的坡面受到大漢溪側向侵蝕影響而崩塌。因此可能的致災方式為坡面底部受大漢溪側向侵蝕，淘刷趾部失去支撐，導致坡面發生崩塌直接影響範圍內聚落安全，評估可能影響 17 住戶，崩塌活動度為低潛勢。

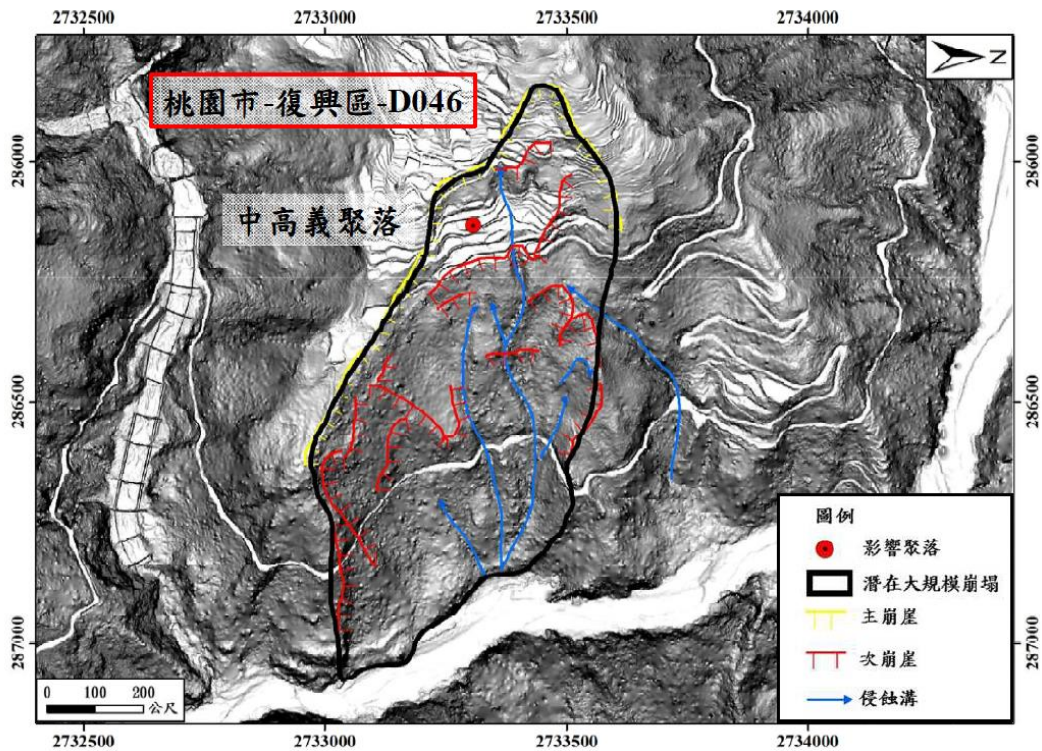


圖 3-10、桃園市-復興區-D046 潛在大規模崩塌地區崩塌地形特徵
(經濟部中央地質調查所，2014)



圖 3-11、桃園市-復興區-D046 崩塌地形特徵點之現地查核成果
(經濟部中央地質調查所，2014)

二、部落內地質鑽探成果(桃園市政府原住民族行政局，民國 110 年執行)

由於計畫區部落內局部擋土牆有不穩定徵兆，為提升居民居住安全，故桃園市政府原住民族行政局為辦理部落周邊設施改善計畫，遂進行地質調查及監測等作業；共施作 3 孔鑽孔，分別為 21-1W、21-2SW 及 21-3SW 孔(詳表 3-5)，孔深 20~70m，總深度共 120m。

為初步瞭解計畫區地層狀況，本計畫利用已完成之地質鑽探成果進行判釋，計畫區代表性岩芯(以 21-2SW 孔為例)，如圖 3-12 所示，判釋成果說明如下：

(一)表土層：表土層主要為河階堆積物，由黃褐色土壤，偶夾黑灰色硬頁岩岩塊所組成。各鑽孔打擊數 N 值均較大，為堅硬土壤，由岩芯照片研判應為岩塊。其覆土層厚度約 9.3m。

(二)風化岩層：表土層以下為風化岩層，其組成主要為灰褐色硬頁岩偶夾剪裂泥為主。分布深度約在地表下 9.3~22.2m 間，RQD 幾乎為 0，岩芯破碎程度高，且具多處高角度裂隙及剪裂帶特徵。

(三)岩層：風化岩層以下為岩層，主要以較新鮮之硬頁岩偶夾剪裂泥之岩層，其節理裂隙發達，部分岩芯略有銹染現象，且具多處高角度裂隙及剪裂帶特徵。

綜上所述，岩性表徵大致可分為三層，分別為表土層、風化岩層及岩層，岩性主要以硬頁岩為主，且存在多處剪裂帶特徵。此外岩層間存在多組高角度裂隙，裂隙間亦多有明顯銹染現象。

表 3-5、本計畫區既有鑽孔列表(由桃園市政府原住民族行政局於另案裝設)

儀器編號	孔深(m)	安裝儀器	放置水壓計 (半自動)	監測方式
21-1W	30	水位井	○	手動
21-2SW	70	傾斜管兼水位井	-	
21-3SW	20	傾斜管兼水位井	-	

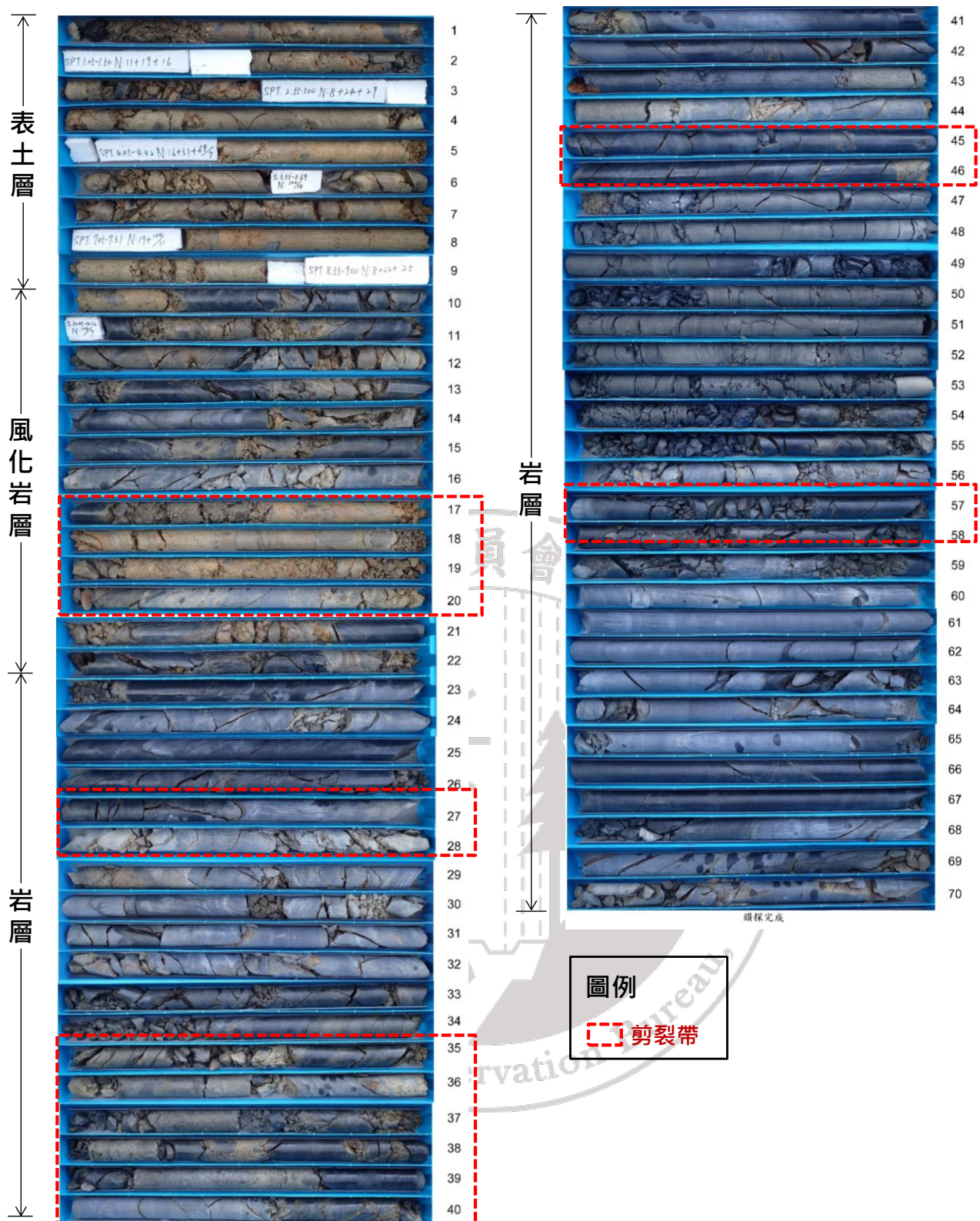


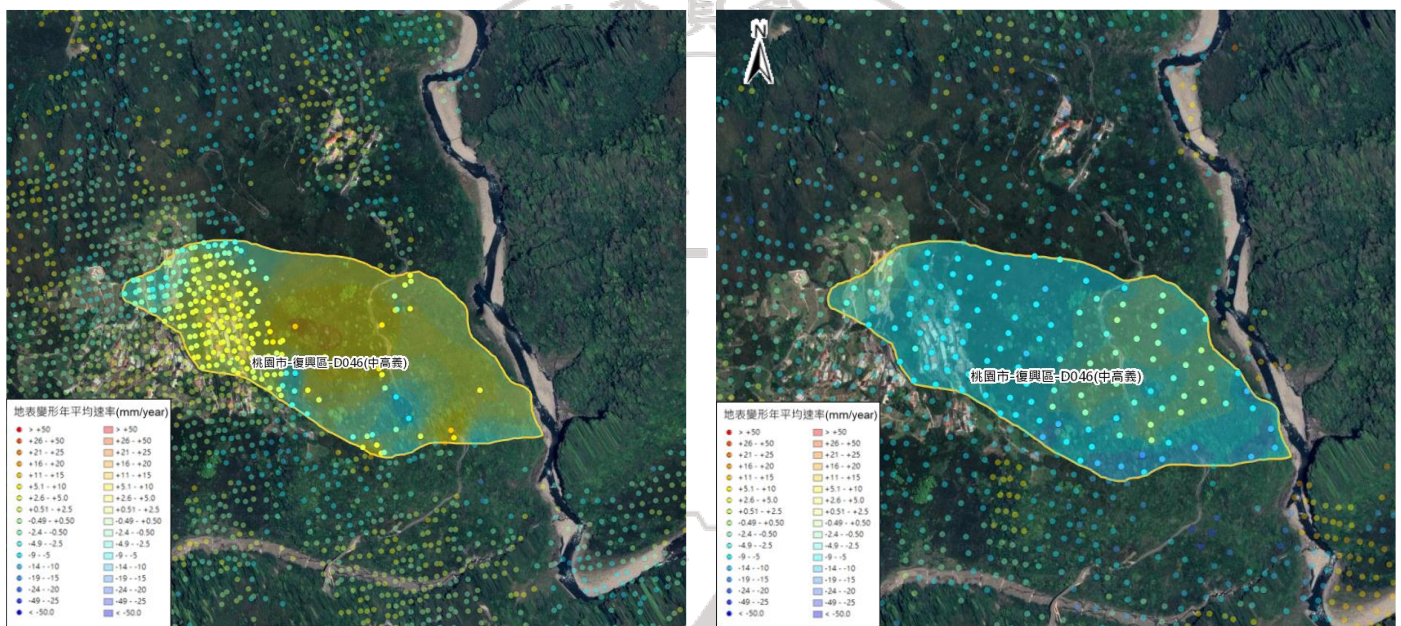
圖 3-12、中高義地區既有鑽孔 21-2SW 岩芯照片

(資料來源：桃園市政府原住民行政局，2022)

三、In-SAR 分析(合成孔內雷達衛星影像分析)

行政院農業委員會水土保持局於 2016~2020 年辦理「運用 ALOS/PALSAR 雷達影像進行北臺灣大規模崩塌潛勢區位之活動性評估」進行合成孔內雷達衛星影像分析(表 9-3)，利用日本 ALOS 衛星於 2007~2011 年(涵蓋 2009 年 8 月莫拉克颱風前後)，及 ALOS-2 衛星於 2014~2020 年間之合成孔徑雷達衛星影像，配合時域相關點雷達干涉法(Temporarily Coherent Point SAR Interferometry, TCP-InSAR)技術，分析全臺潛在崩塌邊坡活動性。

由 In-SAR 地表分析結果顯示，中高義地區於 2007 年~2011 年頭部聚落及台 7 線存在局部升降情形，於 2014 年~2020 年間中高義地區影像雖無明顯崩塌裸露區，但邊坡整體區域仍呈現相對下降情形，顯示區域具潛在活動趨勢，如圖 3-11 所示，而後續亦將藉由傾斜觀測管觀察其地中活動性。



(a) ALOS, 2007~2011 年 (b) ALOS2, 2014~2020 年

圖 3-13、中高義地區他案 In-SAR 分析之地表變形觀測成果

(資料來源：大規模崩塌監測整合系統，<https://ls.swcb.gov.tw/Home/Dashboard>)

第七節 歷年遙測影像蒐集及判釋

航空或衛星影像分析具有可針對大區域之地形、水系、侵蝕、堆積及崩塌地等廣域的特殊表徵進行判釋之優勢。為大範圍瞭解本計畫區現況及崩塌地之發展與演育，蒐集及彙整計畫區歷年影像，如圖 3-14 至圖 3-19 所示，各期影像判釋成果詳表 3-7。

一、1980 至 2008 年期間，於計畫區坡腹可見明顯蝕溝線形，趾部攻擊岸逐漸淘刷情形。

推測可能為計畫區農作區大量開墾時期，農作區及道路分布大致無明顯變化(僅道路線型略有改變)，亦無明顯邊坡災害情形。另根據影像即可明確判釋出計畫區北側聯外道路及計畫區坡面之蝕溝線型，以及趾部攻擊岸於民國 90 年受大漢溪流經，已逐漸有淘刷、淤積情形。

二、2010 至 2022 年期間蝕溝線型與現況大致相符，計畫區無明顯異常情況。

針對計畫區內較有關之主要道路、邊坡開發作為、裸露坡面變化及蝕溝發育情形進行比對，位於調查區上邊坡之道路線型與現況大致相同，並於影像期間內無明顯變化情形，且坡面植生茂密。

由以上各期影像針對調查區之判釋，主要道路及農作區與現況大致相同，且近期無明顯大規模崩塌發生，計畫區主要道路及北側聯外道路現況空拍成果詳第四章第二節。此外，坡面主要存在 3~4 條蝕溝，植生狀況良好；惟調查區趾部之攻擊岸存在淘刷及淤積情形，坡面蝕溝以及攻擊岸現況空拍成果詳第四章第二節。綜上所述，中高義調查區為已開發之山坡地社區，雖坡面存在多條蝕溝發育以及攻擊岸影響，但並無因侵蝕加劇而有範圍崩塌情形發生；其邊坡穩定性仍需藉由後續監測及調查，持續追蹤及評估。

表 3-6、各期遙測影像資料表

項次	來源	類型	拍攝日期	圖幅編號
1	農林航測所	正射影像	1980/10/07	96222015_69P083_6200
2			1983/11/06	96222015_72P067_0255
3			2008/11/29	96222014_081129e_54~0070_rgb
4			2010/01/13	96222014_100113e_54~0136_hr4
5			2014/08/22	96222014_140822e_54~0286_hr4
6			2019/11/12	96222014_191112_0402_mtbm
7	Google Earth	衛星影像	2019/08	-
8			2022/03	-

表 3-7、各期影像判釋成果

年份	計畫區道路	坡面開發	裸露坡面	蝕溝發育	部落聯外道路
1980 年	位於計畫區內台 7 線道路與現今大致相同 部落道路線型與現今略有差異	位於計畫區頭部及上方聚落已有明顯開發行為	於台 7 線道路下邊坡有局部裸露情形	計畫區坡腹有 2 條明顯蝕溝，且蝕溝兩側有新增裸露坡面	位於計畫區北側之高義蘭道路線型與現今略有差異 計畫區北側有 1 條明顯蝕溝
1983 年	位於計畫區內台 7 線道路與現今大致相同 部落道路線型與現今略有差異	開發情形與 1980 年無明顯差異	於台 7 線道路下邊坡有局部裸露情形	蝕溝線型仍相當明顯	位於計畫區北側之高義蘭道路線型與 1980 年無明顯差異 計畫區北側蝕溝線型仍相當明顯
2008 年	位於計畫區內台 7 線道路與現今大致相同 部落道路線型與現今大致相同	計畫區頭部聚落持續進行農地開墾行為	於台 7 線道路下邊坡有局部裸露情形逐漸復育	無新增蝕溝	位於計畫區北側之高義蘭道路線型已與現況大致相同 無新增蝕溝
2010 年	位於計畫區內台 7 線道路與現今大致相同 計畫區外南側蘇樂橋興建中，並於同年 8 月竣工	與 2008 年無明顯差異，開墾農地持續裸露	裸露情形逐漸復育	無新增蝕溝	無新增蝕溝
2014 年	位於計畫區內台 7 線道路與現今大致相同	農地已逐漸覆育	裸露情形逐漸復育	無新增蝕溝	無新增蝕溝
2019 年	位於計畫區內台 7 線道路與現今大致相同	聚落與現今無明顯差異	裸露情形逐漸復育	無新增蝕溝	無新增蝕溝
2022 年	位於計畫區內台 7 線道路與現今大致相同	聚落與現今無明顯差異	無明顯裸露情形	無新增蝕溝	無新增蝕溝

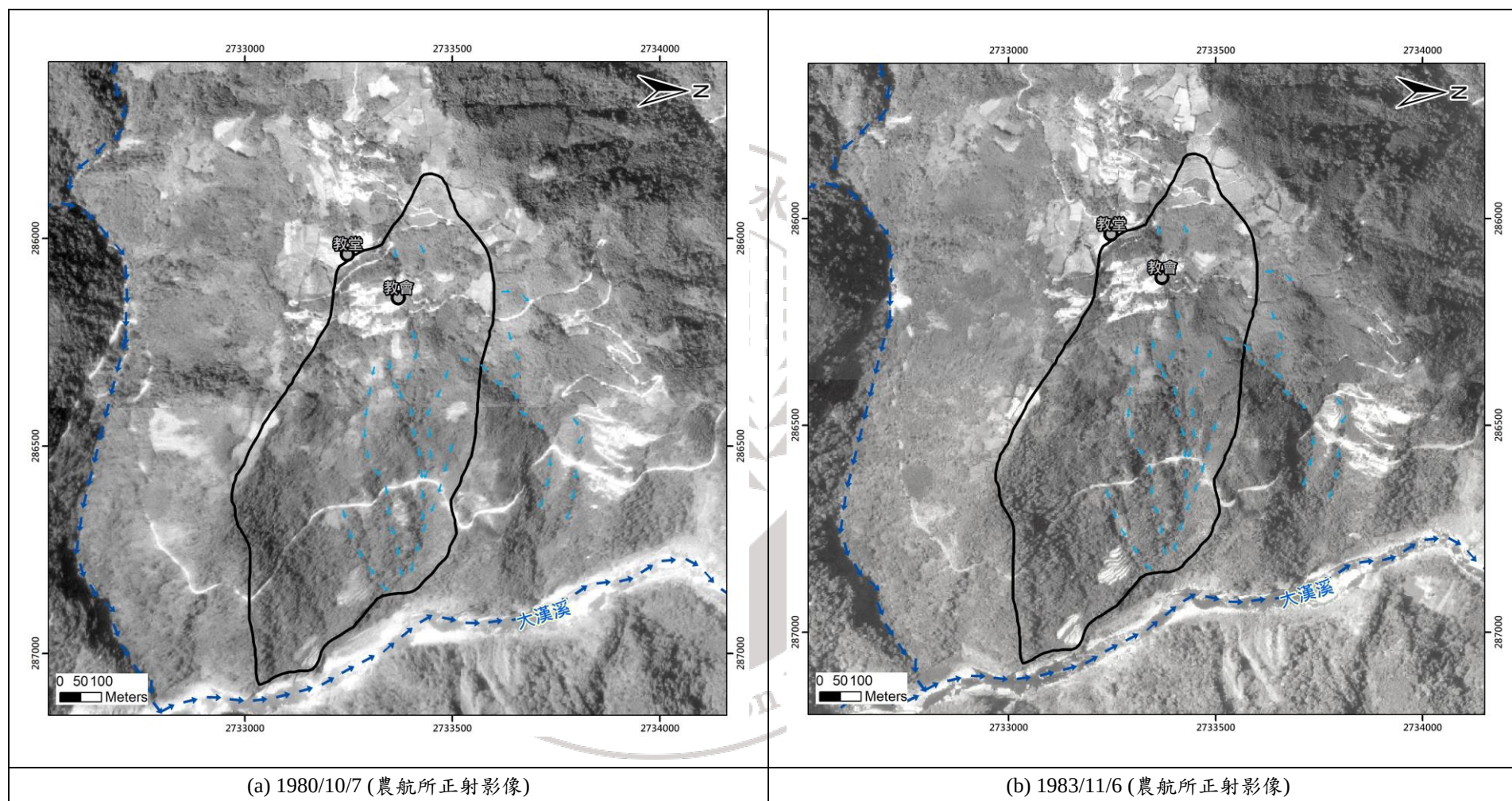


圖 3-14、中高義地區歷年遙測影像圖(1/3)

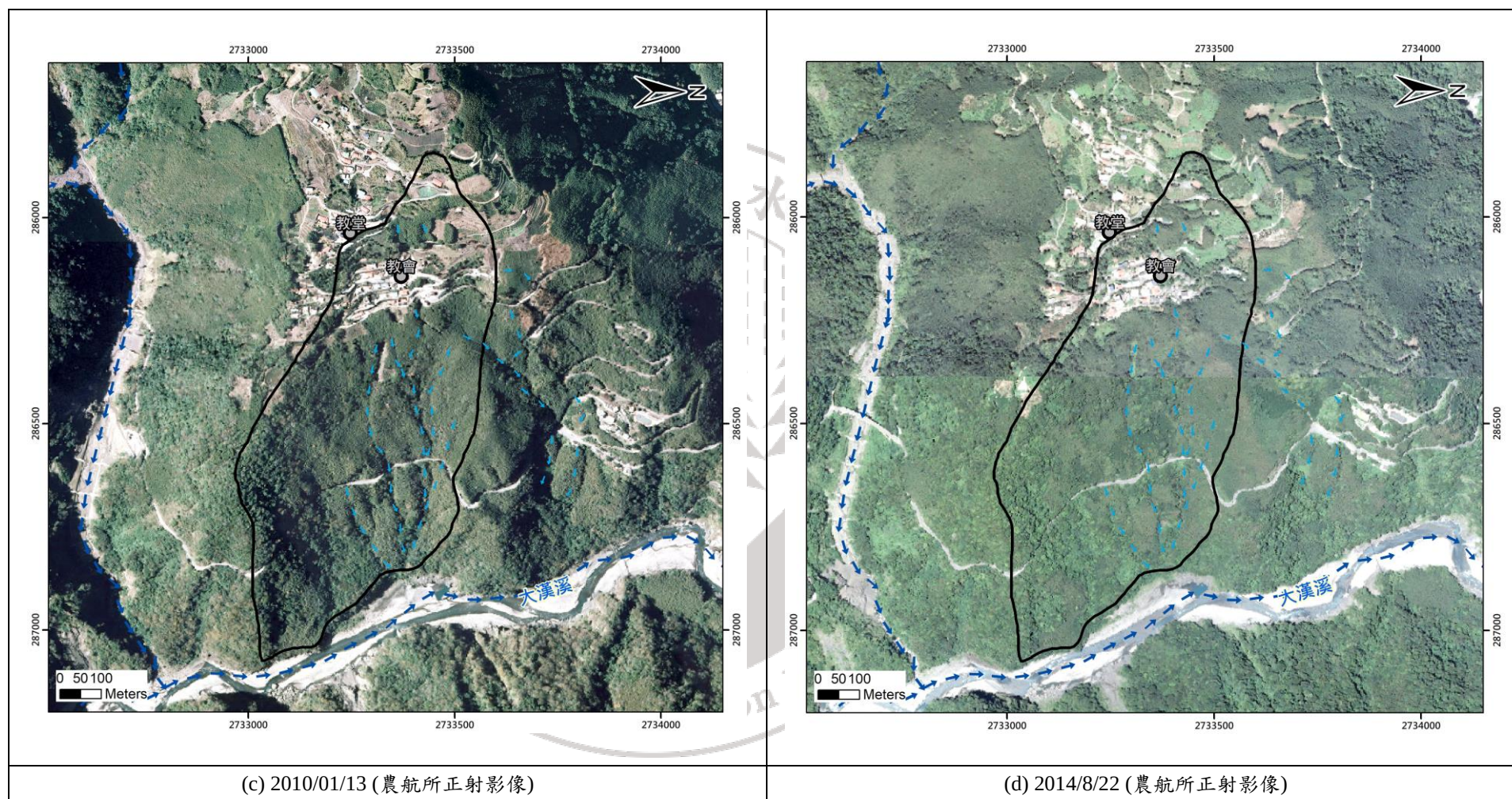


圖 3-15、中高義地區歷年遙測影像圖(2/3)

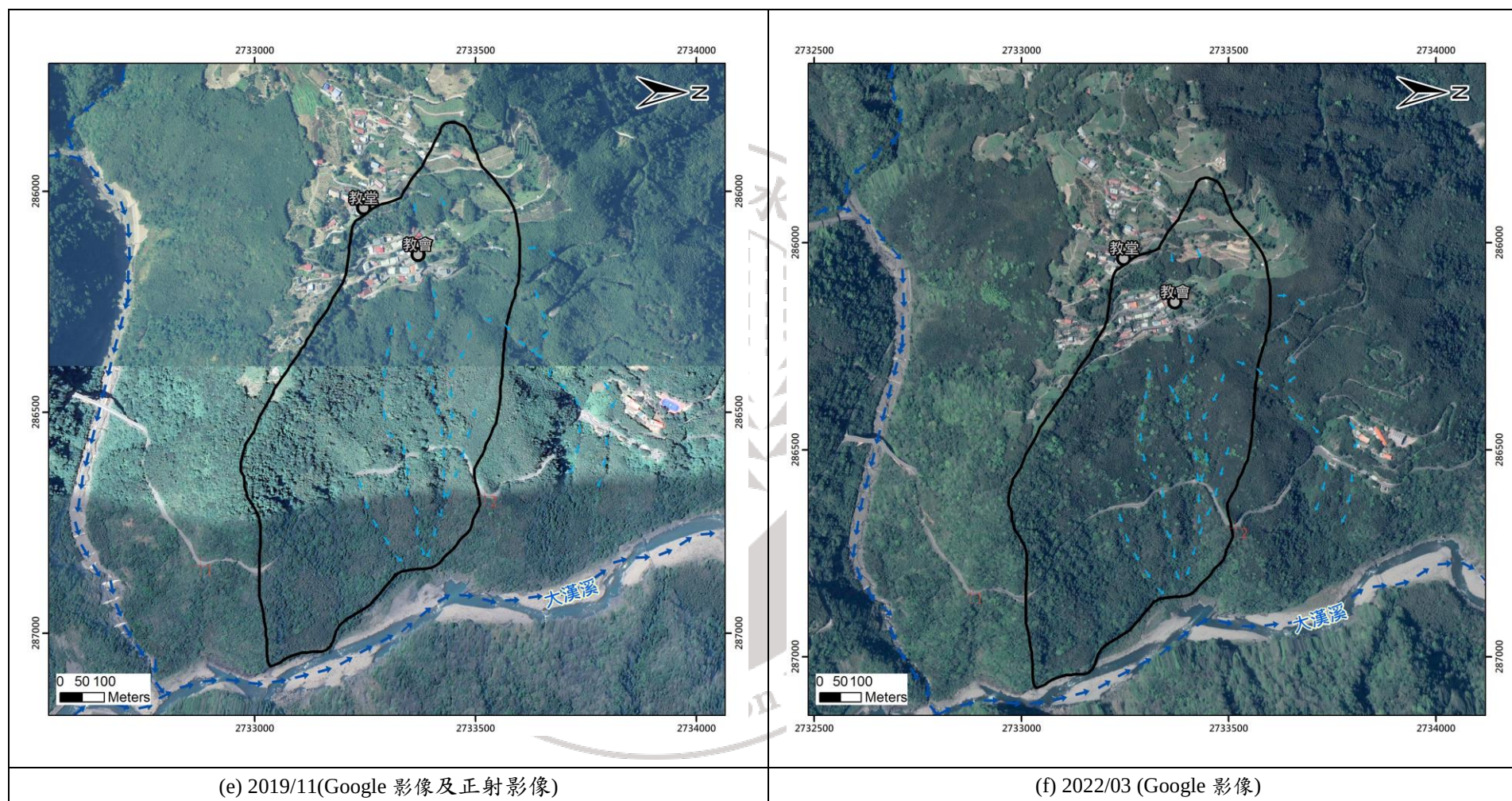


圖 3-16、中高義地區歷年遙測影像圖(3/3)

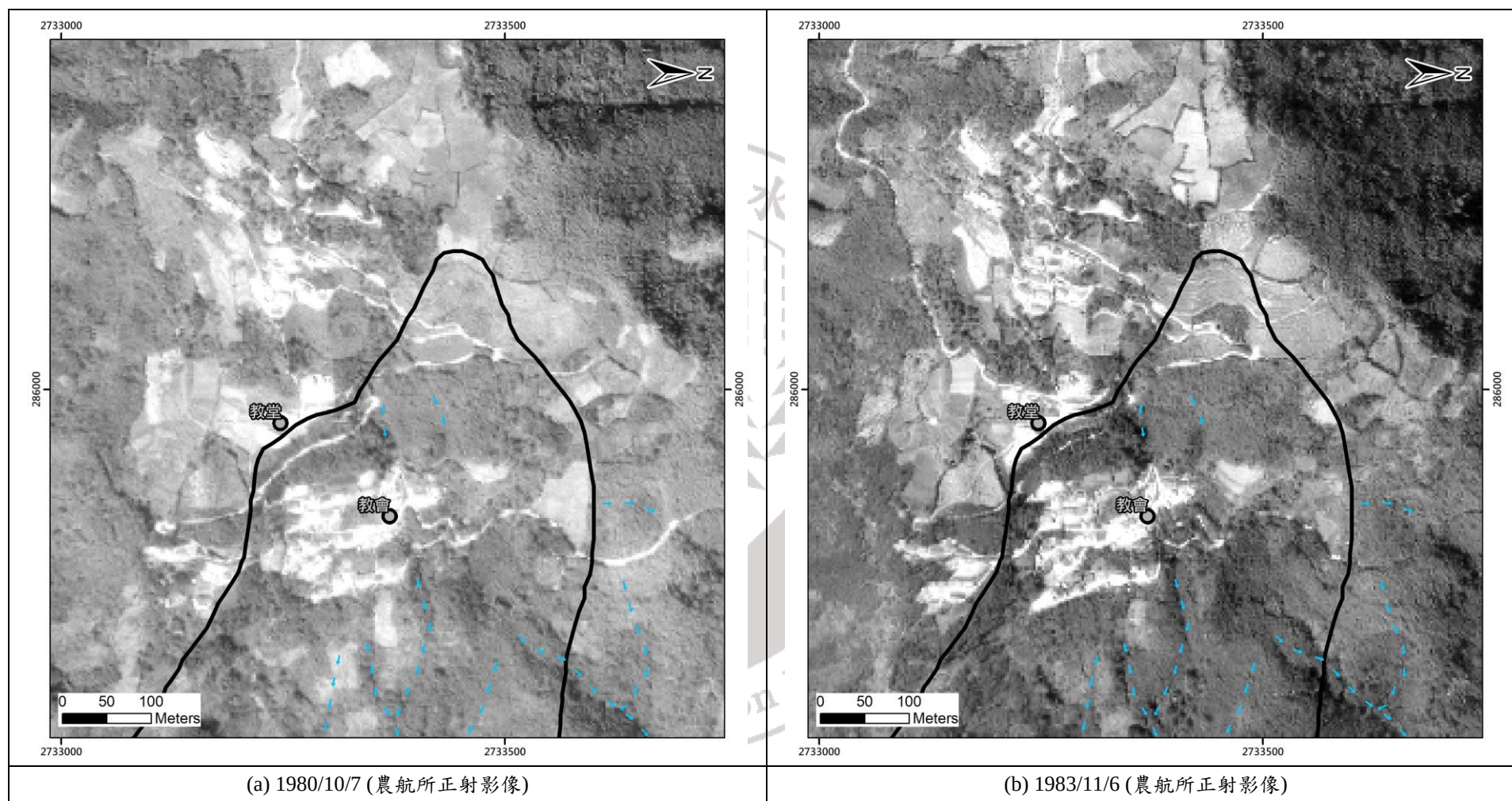


圖 3-17、中高義地區-頭部聚落歷年遙測影像圖(1/3)

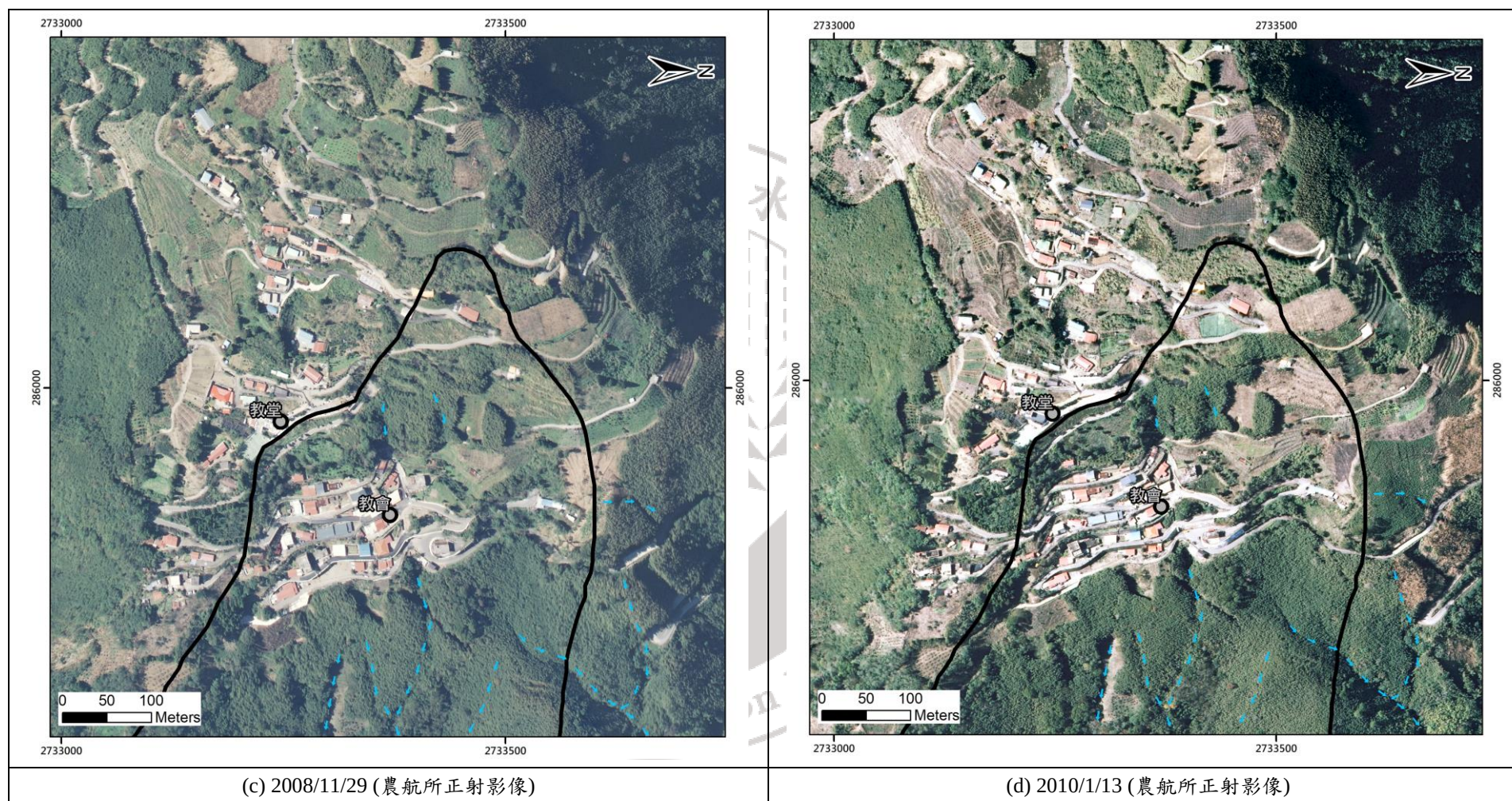


圖 3-18、中高義地區-頭部聚落歷年遙測影像圖(2/3)

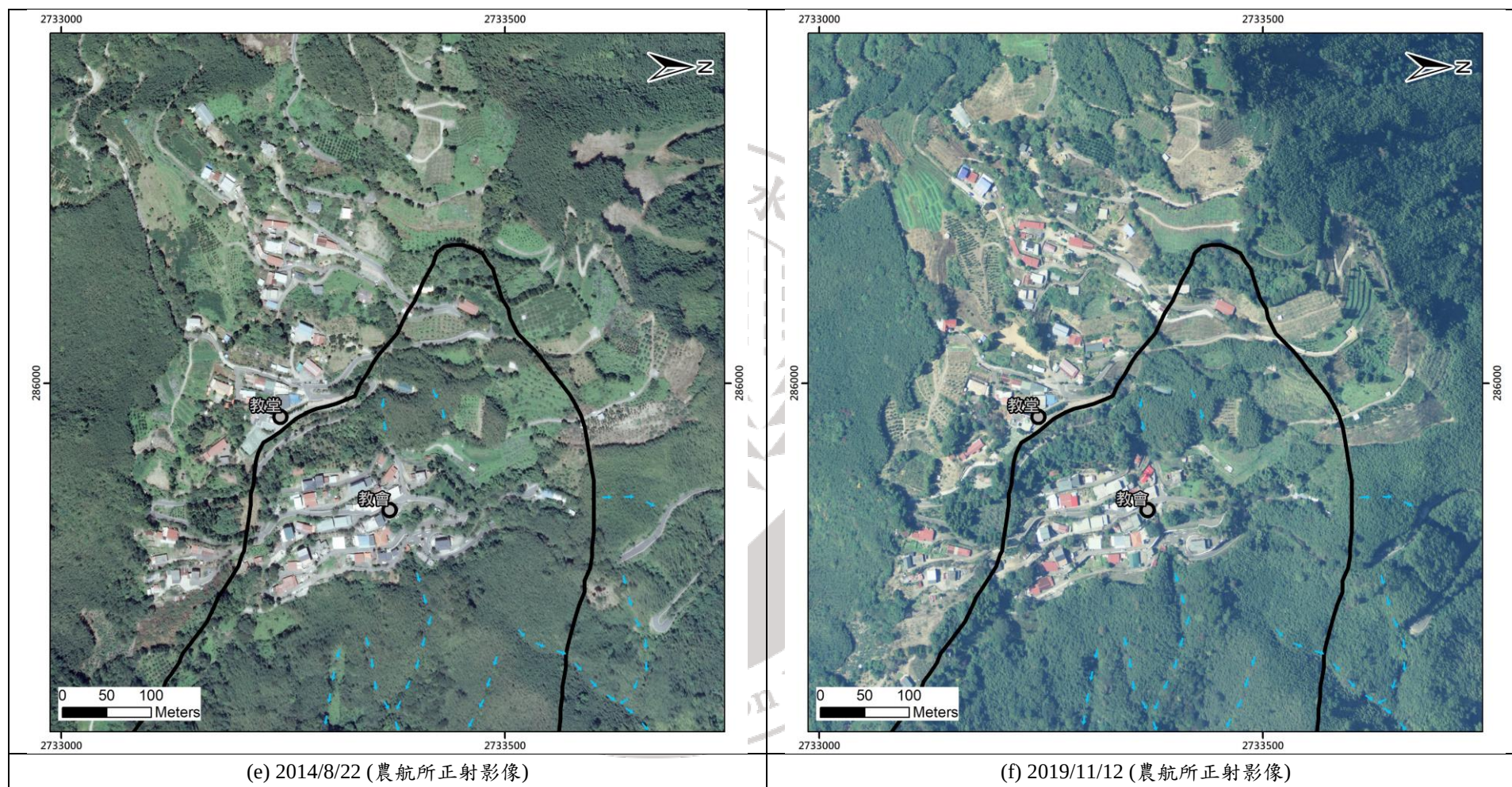


圖 3-19、中高義地區-頭部聚落歷年遙測影像圖(3/3)

第四章 相關調查成果

第一節 空載光達資料蒐集與分析

經查詢經濟部中央地質調查所於執行「非莫拉克災區之國土保育之地質敏感區調查分析計畫」期間(民國 102~104 年)，曾進行空載雷射掃描技術(LiDAR)高解析度數值地形製作，其中 LiDAR 產出成果涵蓋本計畫區，為能掌握潛在崩塌區範圍及水系分布，本計畫已申請相關 LiDAR 資料成果，利用高解析度數值地形產出地形等高線圖及不同光源之日照陰影圖，並依據微地形各項地形特徵圈繪崩崖及蝕溝(如圖 4-1 所示)。

根據 LiDAR 數值模型資料顯示，本計畫坍滑區坡向大致以東向為主。而坡度部分，坍滑區整體坡度介於 10° ~ 80° 間，其中坡度相對較緩處，多為高義蘭部落，民生聚集處，坡度大約介於 10° ~ 20° ；其餘坡度地形則為農植或原生坡面，坡度則較為陡峭，大致介於 30° ~ 80° 間，如圖 4-2 及圖 4-3 所示。

(一)崩崖：透過微地形各項地形特徵初步研判，中高義調查區邊坡內圈繪兩道主要崩崖，並具階狀地形特徵，推測可能為長期受古河階作用進而帶來較厚的堆積材料。

(二)地表蝕溝：透過微地形各項地形特徵初步研判，計畫區內有 3 道主要天然蝕溝，由上而下通過台 7 線流往大漢溪。另經地表排水調查後發現，其蝕溝頭部降雨時水量豐沛，通過調查區坡腹後，於台 7 線坡面無水，推測可能入滲，相關說明詳本章之第三節。

(三)潛在滑動塊體圈繪：根據目前調查成果及地形特徵以及配合不同光源角度之日照陰影圖，按照地形起伏情形，圈繪 S1~S4 等潛在滑動塊體，如所示圖 4-1，可能具分區分塊活動特性，相關說明如下：

1. S1 塊體：此塊體內具重要之保全對象，包括聚落主要聯外道路、民宅及農地等，邊坡具有厚層岩屑堆積情形，其地形較緩處具階狀地形特徵。另本區域已於桃園市政府另案進行相關調查及設施改善評估計畫。

2. S2 塊體：位於 S1 坍滑區北側，與 S1 坍滑區間隔 1 條縱向沖蝕溝，主要範圍以部落聯外道路及少許民宅為主，而現況道路及擋土牆並無明顯受損情形，僅有局部小區域開裂現象。
3. S3 塊體：位於 S1 坍滑區東南側，範圍以聚落至坡趾大漢溪，坡面僅有 1 條蝕溝之發育特徵，其異常表徵較不明顯。
4. S4 塊體：塊體內保全對象包括台 7 線，依據既有地形資料可見潛在塊體之坡面具有 3 道蝕溝發展情形，長期可能對邊坡整體之穩定性造成影響。此外，趾部部分區域位於大漢溪攻擊岸側。

經由上述之山崩微地形判釋，並配合現有調查成果後，初步圈繪出本計畫之崩崖及蝕溝，其中經濟部中央地質調查所所圈繪之潛在大規模崩塌區，編號桃園市-復興區-D046，圈繪成果與數值地形圖研判之初步成果大致相同，如圖 4-1 所示，可供後續工作參考使用。惟目前為調查階段初期，後續將配合調查成果及監測成果，綜合研判及分析後，調整滑動塊體位置及範圍。



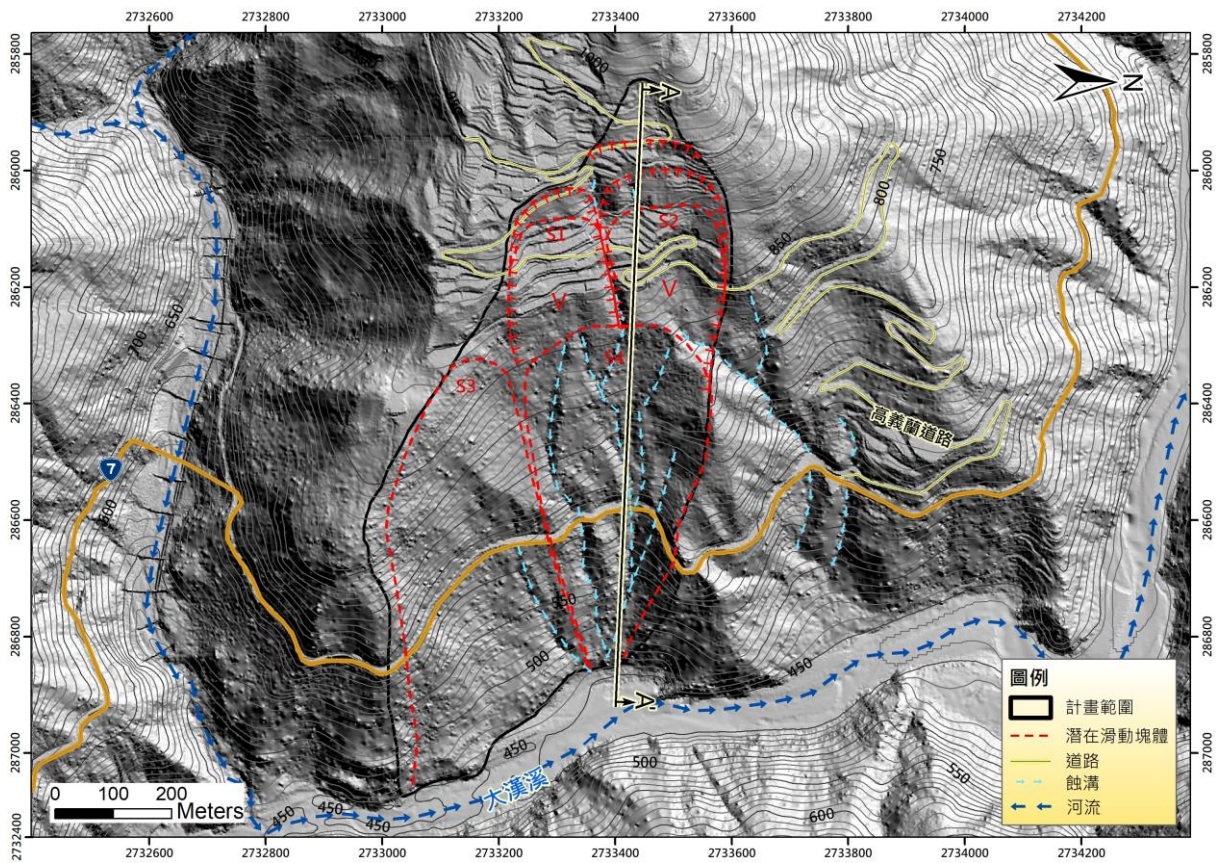


圖 4-1、中高義調查區圈繪之崩崖及蝕溝位置圖(利用 LiDAR 資料判釋)

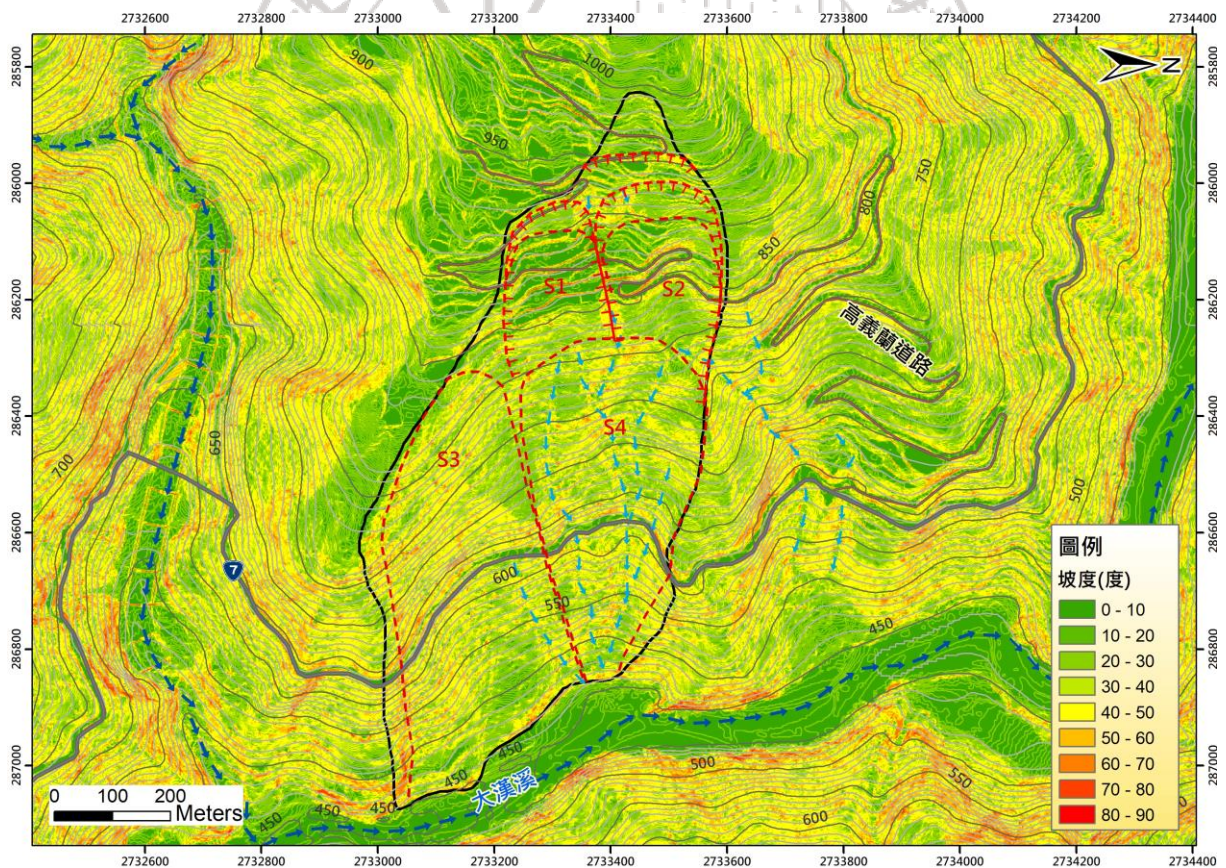


圖 4-2、中高義調查區坡度分布圖

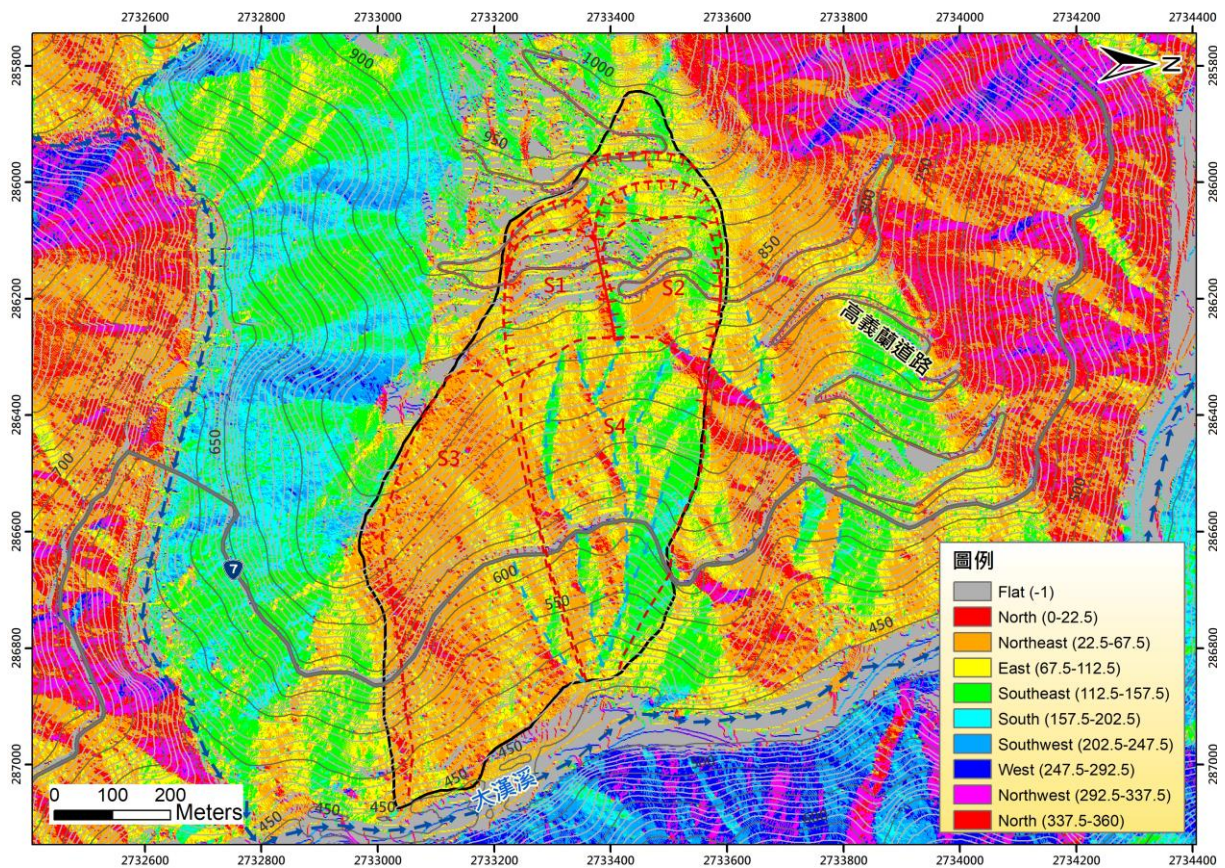


圖 4-3、中高義調查區坡向分布圖



第二節 邊坡不穩定表徵調查

根據針對計畫區現況進行調查成果顯示，調查內容包含邊坡滑動地表徵兆、地表裂縫、擋土牆現況、局部不穩定情形及地表排水現況，以大致掌握計畫區大規模崩塌之徵兆與特性，供後續進行現地調查參考，現況調查成果說明如下：

一、重要之保全對象多集中於頭部

計畫區內之部落及教會等住宅設施，目前大多座落於 S1 塊體內，道路路面、擋土牆及結構物存在多處開裂、下陷情形，裂縫寬度約 5mm，長度約 15m(詳圖 4-5 照片 A、B、C)。而教會附近之擋土牆，根據當地耆老說明，該擋土牆完工迄今超過 10 年，期間陸續出現牆面開裂、傾斜、及背填土下陷、淘空等異常表徵，其擋土牆型式可能為 L 型或懸臂式擋土牆，牆高約 9m(詳圖 4-5 照片 D)。另於計畫區坡中(台 7 線 40.8K 附近)，道路上邊坡有些許落石滑落，惟道路無明顯開裂及不穩定徵兆(詳圖 4-4 照片 F)。

二、大區域邊坡具有明顯之陷落崖

根據全景空拍成果，計畫區通過道路包含邊坡頭部高義蘭道路以及坡中之台 7 線，且頭部崩崖有明顯陷落崖(詳圖 4-4 照片 D2)，左右兩側為山脊線，大規模崩塌範圍明確(詳圖 4-4 空拍全景)。另於農路發現地表存在橫向裂縫，道路裂縫與縱向蝕溝呈垂直；並比對 LiDAR 圖資，推測可能為 S2 塊體之邊界(詳圖 4-4 照片 A、C)。而計畫區頭部之農路旁邊坡有岩屑材料堆積於坡面(詳圖 4-4 照片 B1、D1)，其岩塊粒徑大小、形狀不一致，且於農路上邊坡坡面發現許多姑婆芋，顯示附近地下水可能豐沛(詳圖 4-4 照片 B2)。

三、局部地表排水導排不足

計畫區主要藉由 2~3 條縱向排水設施排向下邊坡坡面，而降雨時道路旁 V 型溝水量豐沛，其流末處並無設置跌水設施及分流，使地表水於無尾溝自然排放，進而導致坡面沖刷及蝕溝發育(詳圖 4-7 照片 A~F)。

四、坡面蝕溝現況大致良好

計畫區內有 3 道主要蝕溝(詳圖 4-7)，蝕溝頭部植生茂密，降雨時水量豐沛(詳圖 4-7 照片 C~F)，而蝕溝通過於調查區頭部區域至台 7 線後則無水，推測地表水可能入滲(詳圖 4-7 照片 G、H)，由地層中之垂直裂隙流至大漢溪。另根據空拍檢視成果，計畫區坡趾目前為有沖蝕情形產生，後續將持續觀察。根據本團隊於尼莎颱風(111/10/15~111/10/17)事件後之現勘成果顯示，於台 7 線約 40.5K 處，發現坡面滲水之情形(詳圖 4-6 照片 A)，72hr 累積降雨量 258mm。

五、趾部攻擊岸無明顯擴大情形

計畫區趾部為大漢溪流經，因趾部目前尚無道路可抵達，故以空拍檢視進行調查。部分河段成凹岸地貌，形成攻擊岸，經現況空拍檢視成果顯示，計畫區趾部未進行相關護岸工程，河岸沖刷無明顯擴大情形。

六、部落聯外道路及蝕溝現況大致良好

計畫區北側聯外道路現況有岩屑材料堆積於坡面，其岩塊粒徑大小、形狀不一致之岩塊(詳圖 4-6 照片 B1)。根據於降雨後(尼莎颱風事件)現勘結果顯示，其出水量大(詳圖 4-6 照片 B2)，並沿排水系統導排至大漢溪；但坡面蝕溝現況植被生長狀況良好，無明顯坡面裸露情形，研判對於本計畫區無不良之影響。

七、計畫區鄰近坡面局部沖刷情形

根據梅花颱風(111/9/11~111/9/13)事件後現勘成果顯示，計畫區外台 7 線道路約 40.3K 處以及部落聯外道路路口坡面，因颱風事件降雨影響，產生坡面局部沖刷情形(詳圖 4-6 照片 C 及照片 D)。惟依據現場調查以及監測成果，本計畫區邊坡尚無明顯異常現象，故推測其為表土局部沖刷造成之情形。

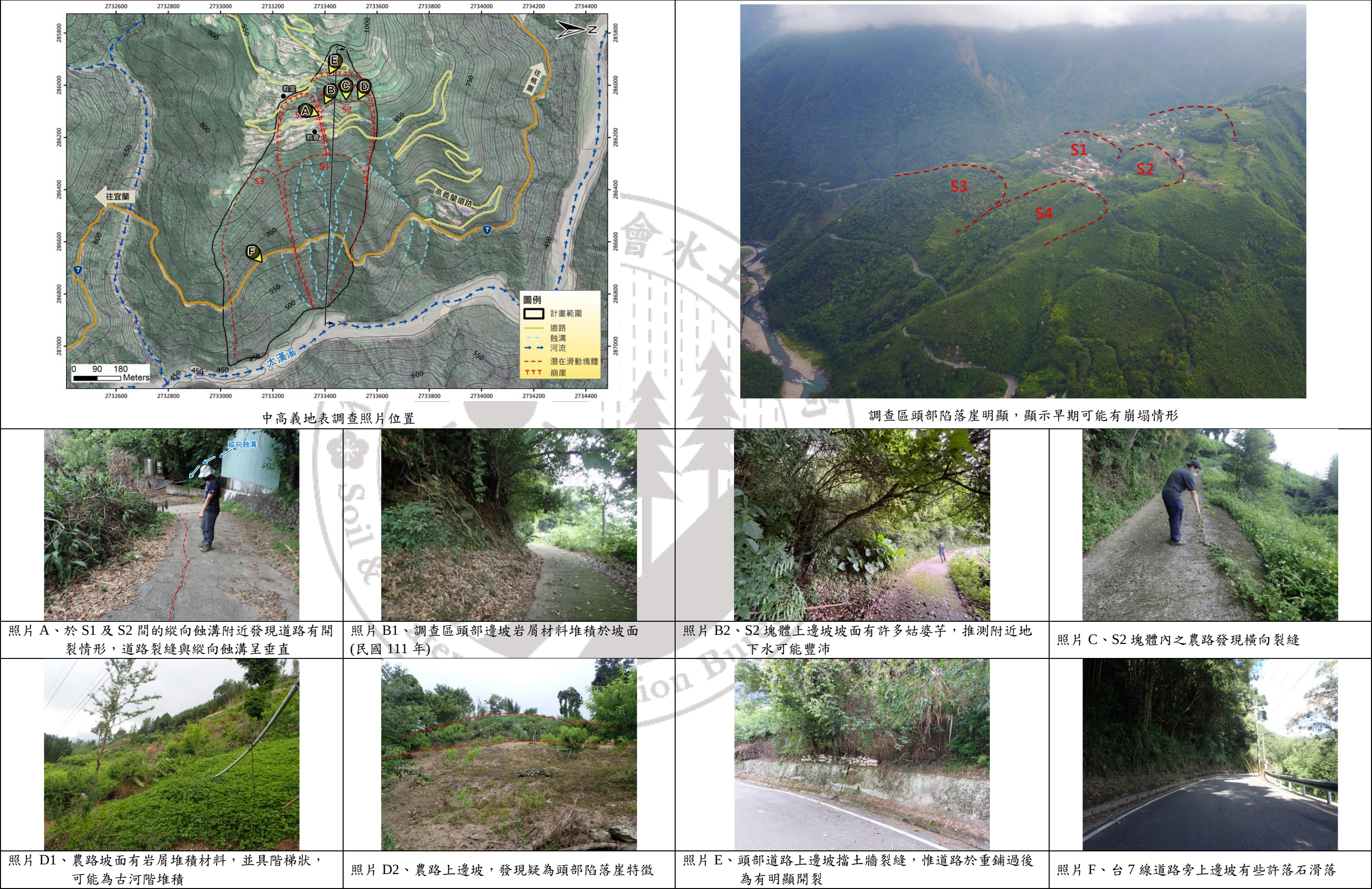


圖 4-4、中高義調查區邊坡不穩定表徵成果(1/3)(本公司於民國 111 年 10 月拍攝)

 調查區聚落空拍成果(本公司於民國 111 年 10 月拍攝)		 照片 A、教堂附近道路開裂	 照片 B、教堂周邊擋土牆開裂	
		 照片 C、教會附近民宅地坪開裂	 照片 D1、教會附近民宅前擋土牆淘刷	
 照片 D2、擋土牆淘空約 1m 深	 照片 E、匯流井流末無消能設施	 照片 F、擋土牆上方地表逕流	 照片 G、排水設施銜接處無匯流井	 照片 H、部落文化健康站既有 HDPE 管破損

圖 4-5、中高義調查區邊坡不穩定表徵成果(2/3)(本公司於民國 111 年 10 月拍攝)

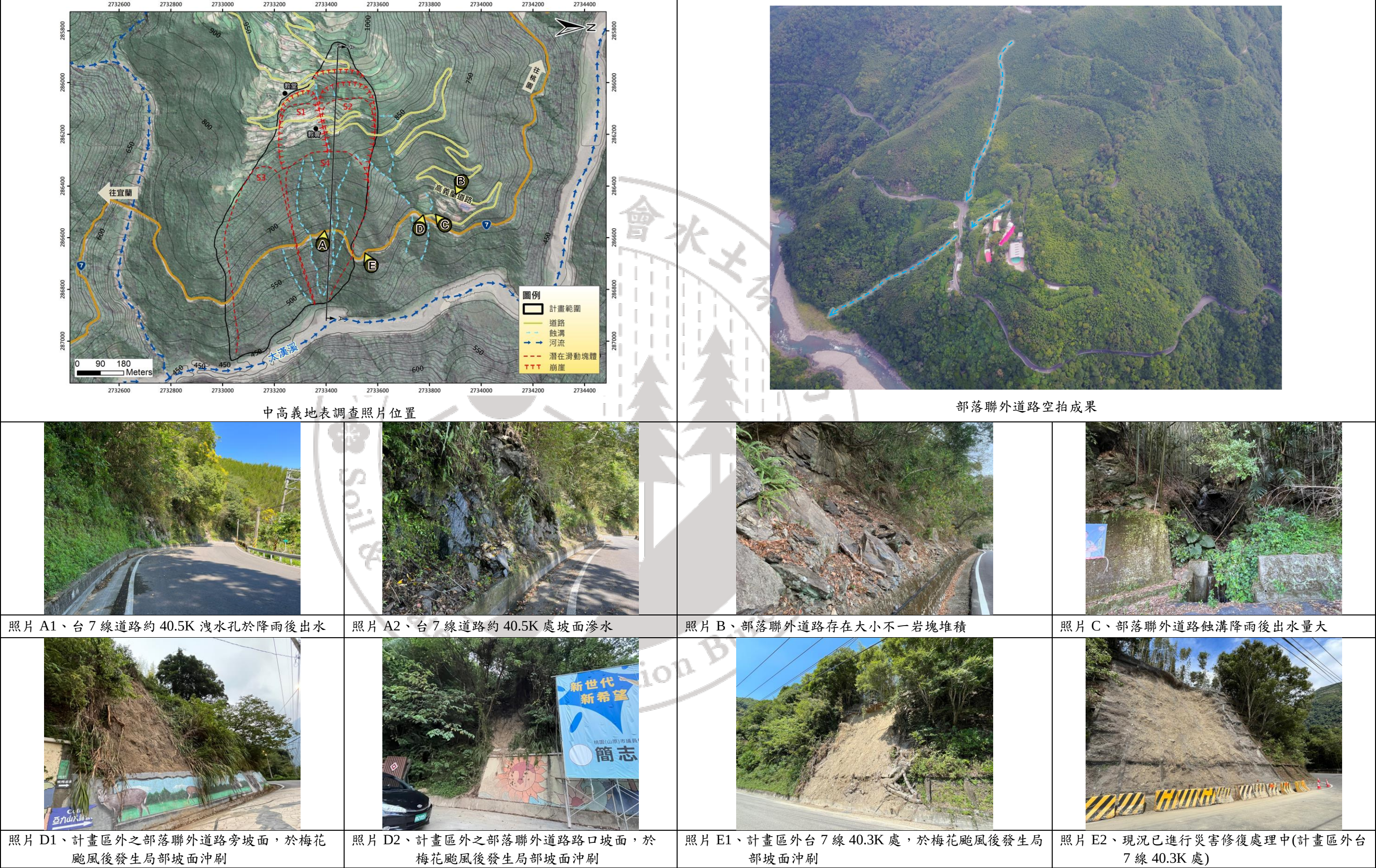


圖 4-6、中高義調查區邊坡不穩定表徵成果(3/3) (本公司於民國 111 年 10 月拍攝)



圖 4-7、中高義調查區地表水排水路徑調查成果

第三節 地表地質調查

本計畫地質調查著重於計畫區內、外岩層露頭相互延伸之關係，冀掌握區域內地層之岩性分佈、層厚及位態，以利後續災害機制研判。本計畫主要沿計畫區內道路進行調查，路線包含計畫區之高義蘭道路、中段邊坡之台 7 線沿線，各露頭點調查位置及成果如表 4-1 及圖 4-8 所示。

根據地表地質調查成果顯示，計畫區內邊坡坡面覆蓋一層岩屑材料，且計畫區頭部為已開發社區部落，邊坡坡面大多已為農作物及擋土設施覆蓋，故以調查區之台 7 線道路進行露頭位態調查為主。本計畫區主要出露岩性多為硬頁岩為主，與既有圖幅資料相符，地表地質調查成果說明如下：

一、**岩屑材料堆積**：於計畫區內之聚落道路及台 7 線道路旁常見岩屑材料夾大小不等之砂岩塊，初步研判應為過去岩屑崩滑所造成之堆積物(詳圖 4-8，照片 I)，而調查區內聚落道路，無明顯岩層出露情形，坡面大多為植被及農作物所覆蓋(詳圖 4-8，照片 H)。

二、**層面位態**：計畫區內台 7 線道路旁坡面多為硬頁岩為主，於計畫區外可見厚層砂岩夾薄層硬頁岩(詳圖 4-8，照片 E1)，其岩層層面位態與既有區域地質圖(詳圖 3-4)大致相符，約為東北-西南走向($N27^{\circ}E$)，向西北傾，傾角約 22° 左右。

另於趾部攻擊岸可見出露岩層，因趾部目前尚無道路可抵達，故以空拍檢視進行調查；由空拍成果顯示，研判趾部攻擊岸岩層為斜交逆向坡，詳圖 4-7。

三、**劈理位態**：調查區沿台 7 線往巴陵方向，道路旁邊坡有岩層出露情形，主要可見硬頁岩組成，且根據位態量測結果顯示，劈理位態變異性大，主要為東北-西南走向(約 $N30^{\circ}\sim 81^{\circ}E$)，向東北-西北傾，傾角約 $10\sim 66^{\circ}$ 。

四、節理位態：由調查區台 7 線道路可見道路旁坡面主要可見硬頁岩組成，根據計畫區內節理之位態統計結果，可分為 3 組節理，主要為東北-西南走向(約 $N30^{\circ}\sim 81^{\circ}E$)，向東北-西北傾，傾角約 $12\sim 80^{\circ}$ ，說明如下：

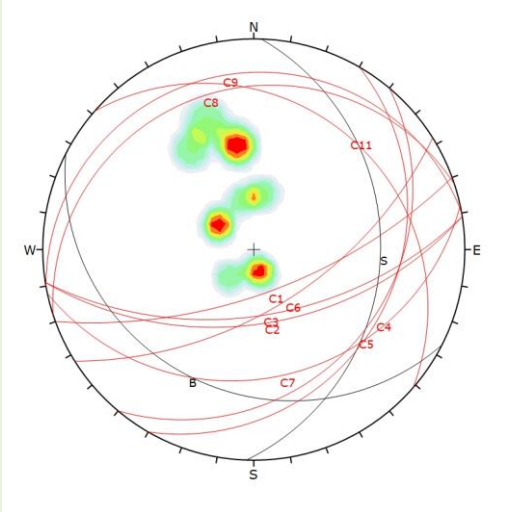
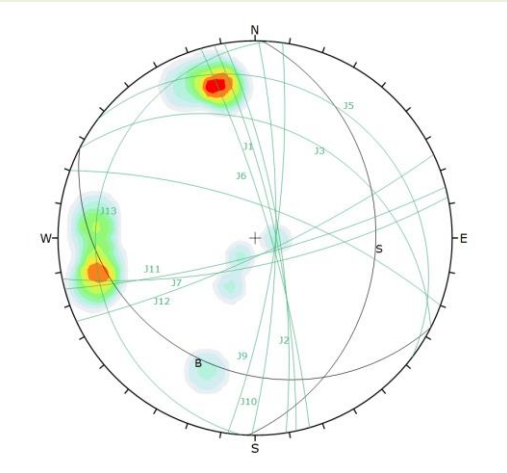
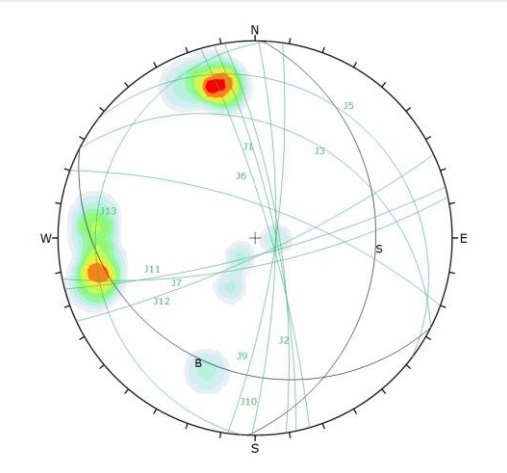
(一)走向與坡面平行之節理(J1~J6)：計畫區內有走向大致與坡面平行之節理，走向為西北-東南，向東北傾，傾角約 $14\sim 81^{\circ}$ 左右。

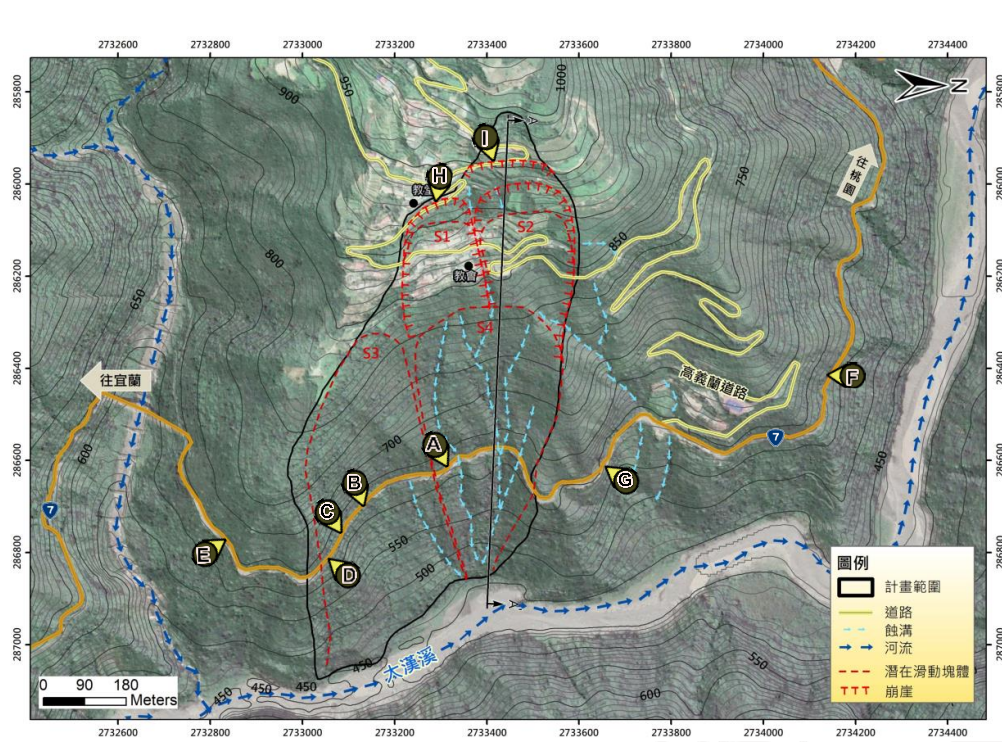
(二)走向與坡面垂直之節理(J7~J12)：計畫區內有走向大致與坡面垂直之節理，走向為東北-西南，向東南傾，傾角約 $74\sim 80^{\circ}$ 左右，大致與坡面蝕溝發育方向一致。

(三)走向與坡面垂直之節理(J13)：計畫區內有走向大致與坡面垂直之節理，走向為東北-西南，向西北傾，傾角約 12° 左右。



表 4-1、中高義調查區露頭位態量測成果統計

		編號	位態	走向	傾向	不連續面位態分析	
露頭位態量測	坡面 S	S	N2°E / 28°SE	東北-西南	東南		
	層理 B	B1	N27°E / 22°NW	東北-西南	西北		
	劈理 C	C1	N70°E / 66°SE	東北-西南	東南		
		C2	N81°E / 51°SE				
		C3	N81°E / 55°SE				
		C4	N30°E / 22°SE				
		C5	N40°E / 24°SE				
		C6	N58°E / 58°SE	東北-西南	西北		
		C7	N78°E / 27°SE				
		C8	N72°E / 15°NW				
		C9	N80°E / 10°NW				
		C10	N80°W / 30°SW			西北-東南	
	C11	N49°W / 20°NE	西北-東南	東北			
	節理 J	J1	N15°W / 78°NE	西北-東南	東北		
		J2	N8°W / 76°NE				
		J3	N63°W / 31°NE				
		J4	N70°W / 71°NE				
		J5	N53°W / 14°NE				
		J6	N16°W / 81°NE	東北-西南	東南		
		J7	N78°E / 74°SE				
		J8	N79°E / 76°SE				
		J9	N8°E / 78°SE				
		J10	N1°E / 78°SE				
		J11	N75°E / 80°SE				
		J12	N65°E / 80°SE				
		J13	N4°E / 12°NW	東北-西南	西北		



中高義調查區地表地質調查照片位置



(E1) 砂岩露頭(調查區外，台 7 線約 41.2K)



(A) 硬頁岩偶夾砂出露情形(台 7 線約 40.6K，為調查區主要蝕溝)



(B) 硬頁岩偶夾砂出露情形
(台 7 線約 40.7K)



(C) 硬頁岩偶夾砂出露情形
(台 7 線約 40.8K)



(D) 硬頁岩偶夾砂出露情形
(台 7 線約 40.9K)



(E2) 台 7 線砂岩塊直徑約 5m 高



(F) 調查區硬頁岩出露情形，有明顯
風化情形(調查區外，台 7 線約 41.2K)



(G)調查區砂岩出露情形



(H) 調查區高義蘭道路旁坡面多作
物、植被覆蓋



(I) 調查區頭部農路旁岩屑堆積情形

圖 4-8、地表地質調查成果

第四節 地電阻探查成果

由於中高義地區前期從未進行過詳細之地質及地下水調查，為能提升本計畫調查精度，故辦理契約變更，調整測線總長度為 1,050m，且頭部存有較多地表開裂，因此規劃 L2 及 L1 兩條測線橫跨潛在滑動塊體，加強該區調查，釐清區域地下水可能補助來源及可能地下水流徑位置。L2 及 L1 兩條平行大漢溪之地電阻測線，測線長度分別為 500m 及 550m，各項測線參數如表 4-2，探測深度約 100m。地電阻測線位置參圖 4-12，地電阻探測與鑽探資料套繪成果如圖 4-10、圖 4-11 所示，茲將探測成果說明如下：

一、探測方法及參數

(一)電極陣列排列方法：

本計畫施測之電極陣列排法採用溫奈排列法（Wenner Array），此陣列電位極位於電流極之間，電流線密度高，使訊號強度強，訊噪比較高。溫奈排列法其四根電極呈對稱排列並等間距移動，針對剖面垂直方向變化有良好解析度，適用於探測水平層狀結構目標物。

(二)電極間距：

地電阻剖面之解析度可藉由電極間距來進行控制，一般而言剖面的解析度為選用電極間距的一半，並隨著剖面深度逐漸增加，而本公司為獲得較高解析度之電性剖面，將採用 10 m 間距之精密地電阻探測。

(三)測線位置：

本公司規劃測線位置如圖 4-12，將有助於釐清該處地下材料分佈、地下水來源及掌握可能之地下水流徑。測線施測時為獲得良好的資料品質，應避免過於接近易產生雜訊干擾之區域，如人工構造物(金屬管線、建物鋼筋)及高壓電設備、接地線等，本測線位置多佈設於未開墾之林地中。

表 4-2、地電阻測線施測參數表

測線 名稱	長度 (m)	起點(TWD97)		訖點(TWD97)		施測陣列	電極間距 (m)
		Y	X	Y	X		
111-L2	500	2733151	285977	2733612	285949	Wenner	10
111-L1	550	2733609	286205	2733161	286328	Wenner	10

二、地電阻探測成果

(一) L2 測線

本測線總長 500 公尺，為橫向坡面佈設之東南-西北向測線，由地電阻成果顯示(如圖 4-10)地層電性上反應大至可概分為兩層之電性分層，以下就判釋結果進行說明：

- 1.分層 1：地表至深度 10-15m 範圍內，地層電阻率介於為 20-500 Ohm-m 以上，地層電阻率分布差異甚大，比對本年度鑽孔 22-1S 鑽探成果研判為岩屑層及風化岩層，於此範圍內表層電性側向連續性不佳，可能與岩屑層內地層材料複雜或風化、破碎程度不均有關。
- 2.分層 2：深度約 15m 以下範圍內，地層電阻率約介於 250-300 Ohm-m 之間，比對本年度鑽孔 22-1S 鑽探成果研判為岩層，於此範圍內地層電性分布較為均質且測向連續性佳，研判區域內應無明顯地層擾動等情況，於測樁 50-300m 之間，局部區域呈低電阻電性反應，地層電阻率約介於 80-100 Ohm-m，研判局部區域地層材料可能含泥量或含水量較高所致。

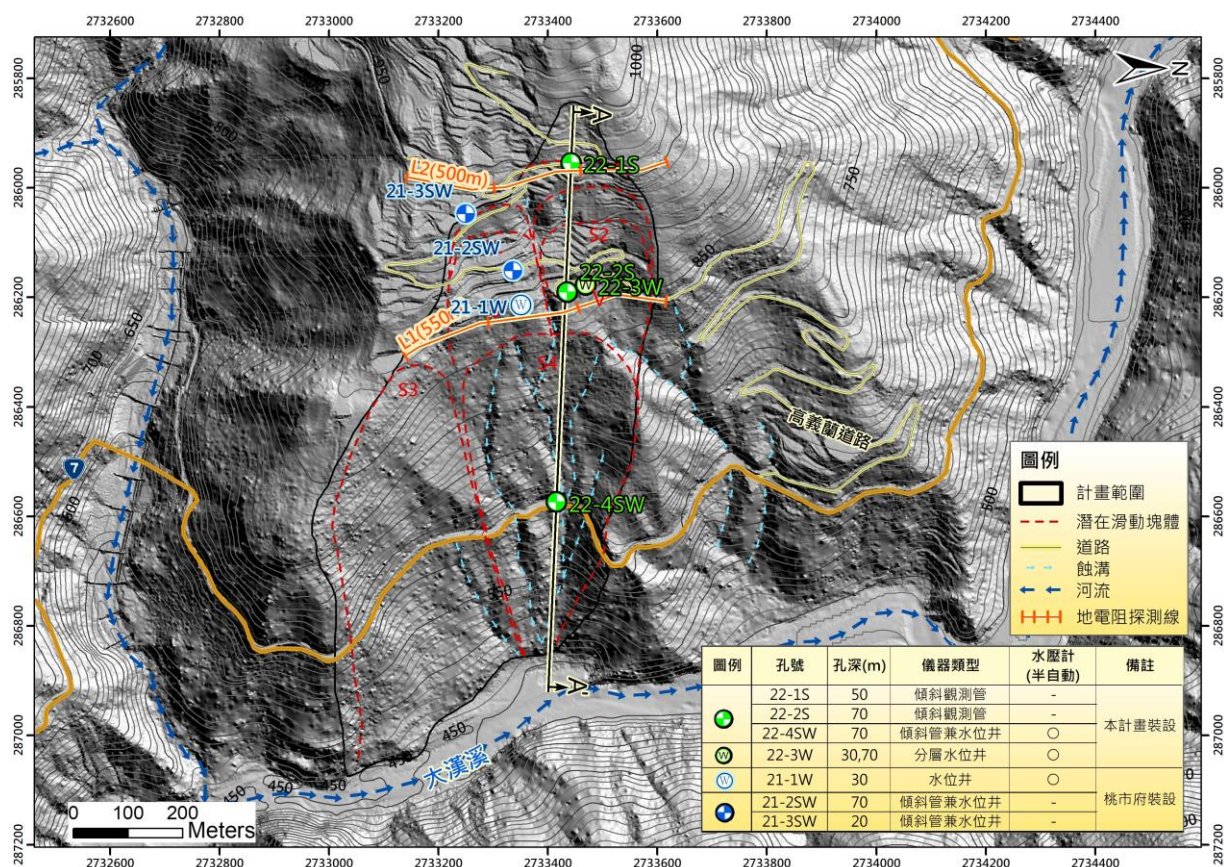
(二) L1 測線

本測線總長 550 公尺，為縱向坡面佈設之東南-西北向測線，由地電阻成果顯示(如圖 4-11)地層電性上反應大至可概分為兩層之電性分層，以下就判釋結果進行說明：

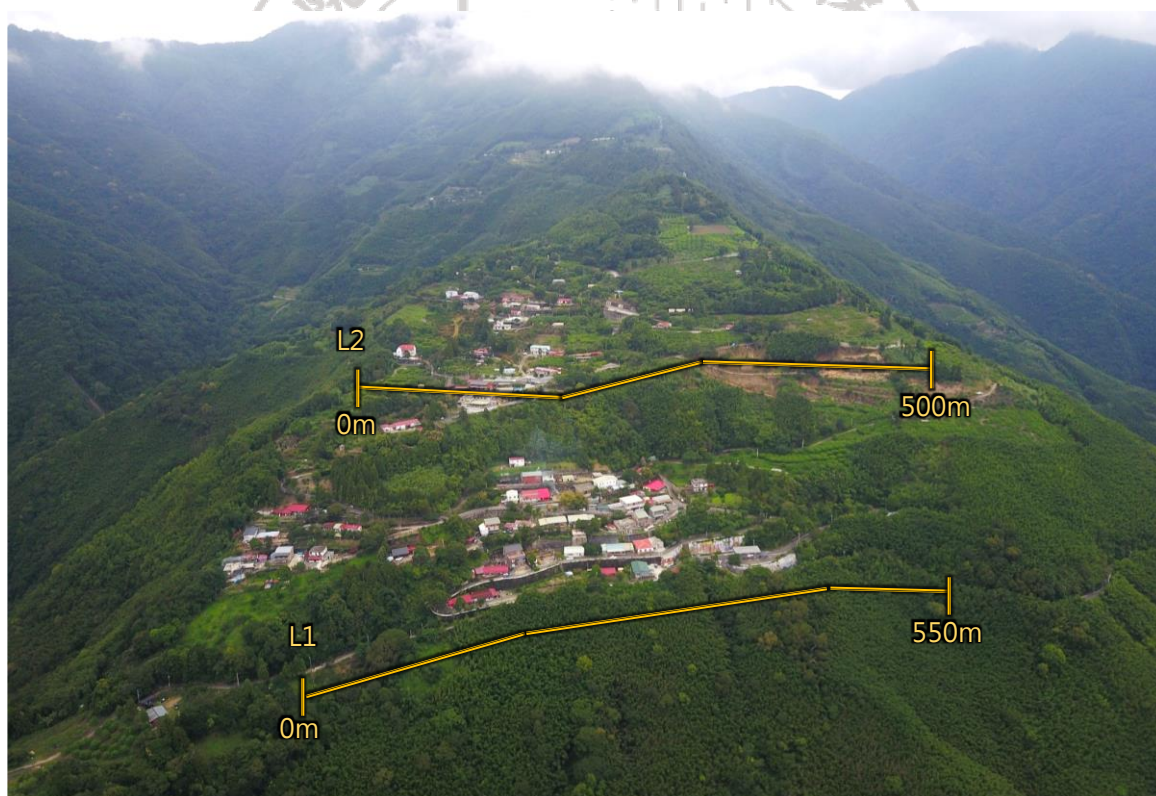
- 1.分層 1：地表至深度 10-15m 範圍內，地層電阻率介於為 180-500 Ohm-m 以上，地層電阻率分布差異甚大，比對前期鑽孔 21-1W 及本年度鑽孔 22-2S 研判為岩屑材料及風化岩層，於此範圍內表層電性側向連續性不佳，可能與岩屑層內地層材料複雜或風化、破碎程度不均有關。
- 2.分層 2：深度約 15m 以下範圍內，地層電阻率普遍介於 150-250 Ohm-m 之間，比對前期鑽孔 21-1W 及本年度鑽孔 22-1S 鑽探成果研判為岩層，於此範圍內地層電性分布較為均質且測向連續性佳，研判區域內應無明顯地層擾動等情況，於測樁 160-520 m 之間，局部區域呈低電阻電性反應，地層電阻率約介於 50-100 Ohm-m，研判局部區域地層材料可能含泥量或含水量較高所致。

由地電阻探測以及套繪本計畫地質鑽探成果顯示，綜合研判地層電性反應與材料分層，可大致掌握調查區坡面覆蓋約 10~15 公尺不等岩屑材料及風化岩層，而深度於 15 公尺以下，地層電性分布較為均質且測向連續性佳，應為較完整岩層。此外，調查區局部區域電阻值較低，推測含泥量或含水量較高，可能為主要地下水流動通道。

經比對本計畫地電阻探測及鑽探成果顯示，計畫區內岩層上方覆蓋一層岩屑材料，厚度約 6.8~10.8m 不等，且根據 22-2S 及 22-3W 孔之鑽探岩芯中，部分裂隙皆有存在銹染，與電阻值較低區域相符，研判地電阻探測成果與地質鑽探成果大致相符。



(a) 平面配置圖



(b) 測線配置示意圖(底圖為本團隊拍攝)

圖 4-9、中高義調查區地電阻測線配置圖

L2(500m)

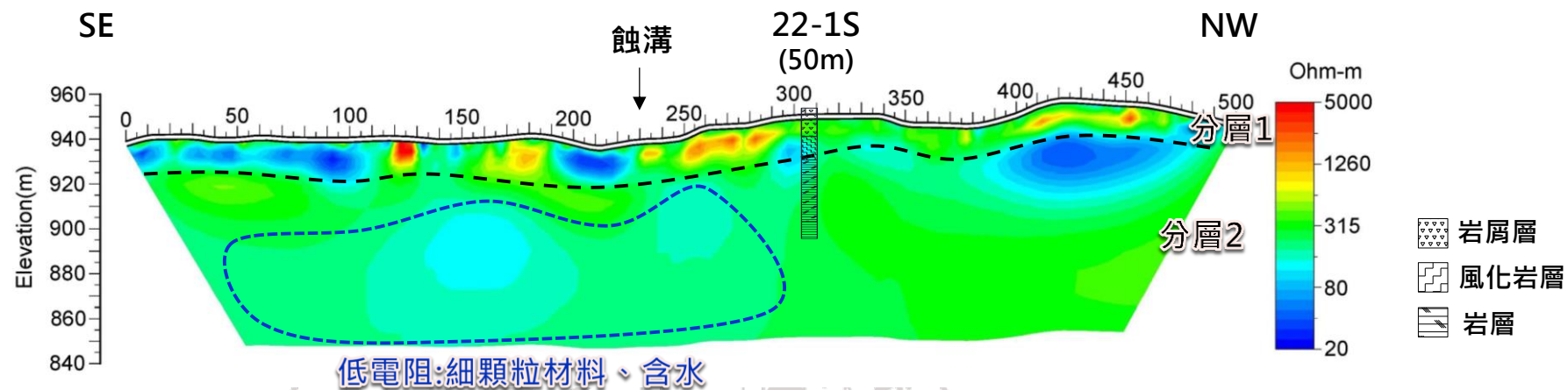


圖 4-10、L2 地電阻探測成果

L1(550m)

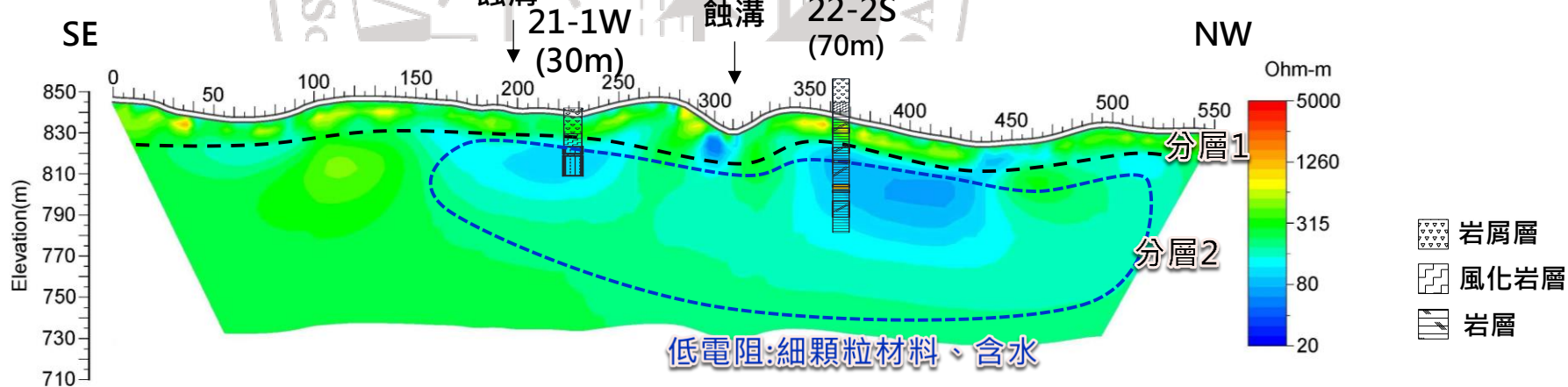


圖 4-11、L1 地電阻探測成果

第五節 地質鑽探調查

計畫區可能崩塌規模、機制及潛勢與地質條件息息相關，為能夠瞭解地下地質分布狀況，本計畫施作 4 孔地質鑽探調查，總深度 260m。地質鑽孔配置原則說明如下，地質鑽探鑽孔平面及剖面配置圖，如圖 4-12 所示。

(一)釐清潛在大規模崩塌區活動性(較活躍區域)，佈設鑽孔於各潛在滑動塊

體：根據現階段現場踏勘及地形判釋，本計畫研判認為計畫區除潛在大規模崩塌範圍(桃園市-復興區-D046)外，尚可分為 S1~S4 等潛在滑動塊體，其中，以 S1 及 S2 潛在塊體具較多邊坡不穩定表徵，顯示活動性應較高，對於後續對策研擬影響甚大，有詳加調查加以確認之需要。因此，本計畫於各滑動塊體內進行地質鑽孔，配合地質鑽探完成鑽孔設置傾斜觀測管，並定期進行量測，以調查大範圍邊坡活動性，包括可能滑動深度及影響範圍，並回饋崩塌機制研判，其中 S1 滑動塊體內已有地質鑽探及監測孔位(桃園市政府安裝)故不再裝設。

(二)釐清計畫區地質分佈，於計畫區邊坡上、中、下佈設鑽孔，調查可能最

深滑動面：根據圖 3-12，計畫區岩體較為破碎，於地表下 60m 處仍可見破碎帶，故於計畫區邊坡上、中、下均佈設地質鑽孔，以瞭解大範圍地質分佈情形。為使地質鑽探所取得岩芯能夠有效提供地層對比，以分析是否存在關鍵弱帶，本計畫配合地質剖面及研判可能滑動深度，規劃地質鑽探孔深為 50~70m。

因此，本計畫已配合地質鑽探完成鑽孔設置傾斜觀測管，並定期進行量測，以調查大範圍及區域邊坡活動性，包括可能滑動深度及影響範圍，並回饋崩塌機制研判。各孔基本資料及安裝儀器如表 4-3 所示，共計 2 孔傾斜觀測管、1 孔封層水位觀測井及 1 孔傾斜觀測管兼水位觀測井。

表 4-3、鑽孔裝設儀器資料

孔號	深度 (m)	裝設儀器	裝設時間	座標(m)	A 向方位角/ 開孔資訊
22-1S	50	傾斜觀測管	111/07/07	N : 2,733,442 E : 285,953 Z : 950	62°
22-2S	70	傾斜觀測管	111/06/26	N : 2,733,436 E : 286,191 Z : 850	72°
22-3W	30	水位觀測井 (設置封層水壓計)	111/07/12	N : 2,733,453 E : 286,184 Z : 850	0~30m 開孔
	70				30~35m 皂土封層 60~65m 皂土封層 65~70m 開孔
22-4SW	70	傾斜觀測管 兼水位觀測井	111/06/27	N : 2,733,416 E : 286,581 Z : 610	63° 全開孔



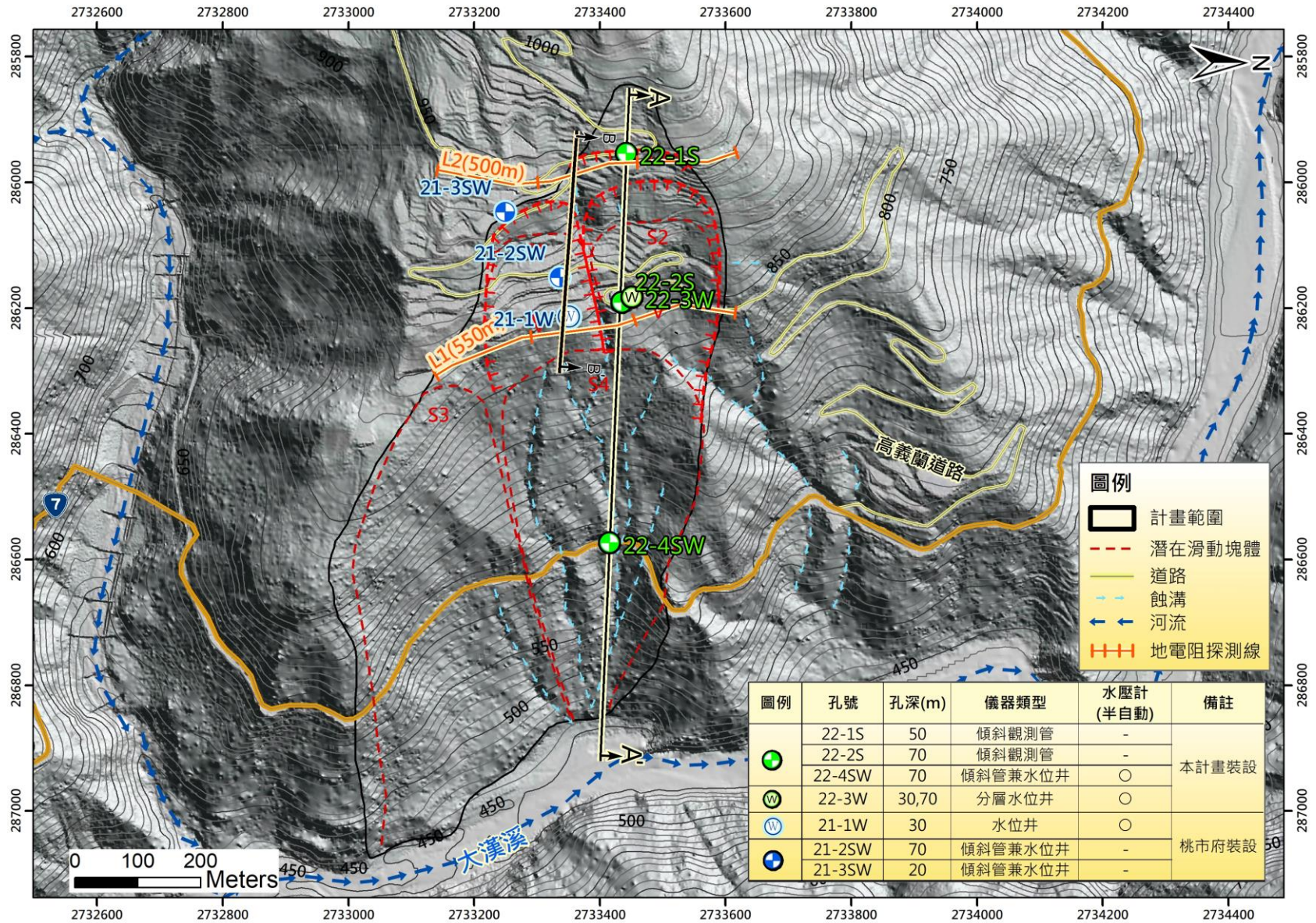


圖 4-12、中高義調查區地質鑽探配置圖

一、地質鑽探成果

根據地表地質及現場鑽探調查成果，綜合本計畫與前期地質鑽探成果，本計畫區之地層由下而上概分為 3 個層次，分別為(1)岩層、(2)風化岩層及(3)岩屑層，與前期鑽探成果近似，岩芯柱狀圖如圖 4-14，各孔岩芯照片詳附錄 C，各孔分布及性質敘述如下：

(一)岩屑層：岩性主要以黃褐色土壤，偶夾灰黑色硬頁岩組成，岩塊最大粒徑約 1~20cm。分布深度約在地表下 6.8~10.8m，其中以 22-3W 孔最厚，為 10.8m。

(二)風化岩層：表土層以下為風化岩層，主要以灰褐色硬頁岩偶夾剪裂泥為主，分布深度約在地表下 10.8~19.8m。岩芯破碎程度高，部分裂隙中存在銹染情形。其位於台 7 線之 22-4SW 孔，未有風化岩層分布。

(三)岩層：風化岩層以下為岩層，主要以較新鮮硬頁岩，並偶夾砂岩之岩層，部分岩芯仍破碎夾泥，其銹染情形明顯，分布深度約在地表下 6.8~70m。岩芯銹染情形較為明顯，且節理相當發達，節理傾角約 60~90°。

綜合鑽探結果顯示，計畫區內岩層上方覆蓋一層岩屑材料，厚度約 6.8~10.8m 不等，其深度以下為硬頁岩為主之岩層，偶夾砂岩及砂頁岩互層，於部分深度岩體破碎情形，具有剪裂帶現象，岩體具高角度裂隙，部分裂隙有銹染，且於 22-4SW 孔深度 48.6m 具有擦痕，其代表性岩芯特徵照片詳圖 4-13。

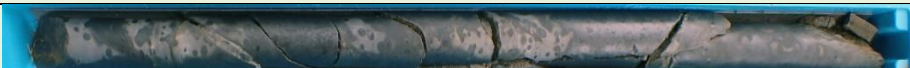
岩芯特徵	岩芯
岩屑層材料	
岩層破碎夾泥，具剪裂帶通過	
岩芯有高角度裂隙情形	
岩芯具銹染情形	
砂岩與頁岩互層	
具有擦痕	

圖 4-13、中高義調查區岩芯特徵

二、岩層分佈

根據調查區周邊台 7 線沿線地表地質調查以及鑽探岩芯成果，將本計畫區之地層分為 4 層，並繪製區域地質圖及地質剖面圖，如圖 4-15 及圖 4-16 所示，分別為岩層 A 至岩層 C，依序說明如下：

- (一) 岩層 A[SH-SS]：該岩層主要出露於台 7 線道路約 41.2K，由黑色硬頁岩偶夾灰色砂岩所組成，偶夾砂岩層厚約 6~7m。
- (二) 岩層 B[SH/SS(1)]：該岩層岩性以硬頁岩為主，偶夾砂頁岩薄互層，由於該岩層並未於本調查區完全出露，故配合鑽探調查成果進行研判，偶夾砂頁岩薄互層厚約 2~3m。
- (三) 岩層 C[SH/SS(2)]：主要出露於於台 7 線 26.4K 附近，由於該岩層並未於本調查區完全出露，故配合鑽探調查成果進行研判，該層岩性以灰黑色硬頁岩偶夾厚層淺灰色砂岩為主，該岩層與岩層 B 之間，存在厚層砂岩作為分界，砂岩厚度約 7m。
- (四) 岩屑層：該岩層厚度約 10.8m，該層由岩屑材料夾大小不等之砂岩塊組成，砂岩塊直徑約 0.1~5m，且因調查區內頭部為以開發之坡地社區，其道路旁坡面多為植披及岩屑材料覆蓋，於台 7 線道路同樣可見岩屑材料堆積(詳圖 4-8，照片 H 及 1)。

表 4-4、岩芯描述紀錄表(22-1S 孔)

深度	岩芯描述
0~10.8 m	岩屑層 ：於深度 0~10.8 m，由黃褐色土壤，偶夾黑灰色硬頁岩岩塊所組成，岩塊粒徑介於 1~20cm 不等。因夾有岩塊，故 N 值差異性較大。
10.8~19.8 m	風化岩層 ：於深度 10.8~19.8m，主要由灰褐色硬頁岩偶夾剪裂泥為主，岩性以硬頁岩為主，岩芯破碎程度高，部分裂隙中存在銹染情形。
19.8~43.4m	岩層 ：以硬頁岩為主，具高角度節理，節理傾角約 60-90°，局部深度較為破碎。 • 16.4-17.6m、32-33.6m、36-41m 為剪裂帶，破碎夾泥。 • 43.4~50m 為砂岩段，以灰白色砂岩為主。 • 33.1-33.2m、33.6-33.7m、41.2-41.3m、41.7-41.8m、42.2-42.3m、43-43.4m、43.4-43.9m、44-44.5m、45-46m、46-46.2m、47.4-48m、49.9-50m 裂隙銹染。 • 44.1-44.4m、44.9-45m、47.2-47.5m、48.5-48.5m 具高角度裂隙，角度約 60-90 度不等。 • 47.7-47.8m、49-50m 具石英脈。

表 4-5、岩芯描述紀錄表(22-2S 孔)

深度	岩芯描述
0-9.1 m	岩屑層 ：於地表下深度 0-9.1m，由黃褐色土壤，偶夾黑灰色硬頁岩岩塊所組成，岩塊粒徑介於 1~10cm 不等。
9.1-18.5 m	風化岩層 ：於地表下深度 9.1-18.5m，主要由灰黑色硬頁岩組成，岩性以硬頁岩為主，岩芯破碎程度高，部分裂隙中存在銹染情形。
18.5-70m	岩層 ：於地表下深度 18.5-70m，以硬頁岩偶夾剪裂泥組成，具高角度節理，且部分岩芯存在砂頁岩互層。 • 22.1-22.2m、22.8-23m、30.8-31m、31.4-36m、34.6-35、35.4-35.6m、36.8-37m、43.4-44.7m、45.4-45.6m、47.8-48m、48.4-48.6、56.1-56.3、69.5-69.6m 具高角度節理，節理傾角約 70-90°。 • 33.1-33.3m、47-49.3m 為砂頁岩互層段；69.2-69.4m 為砂岩段。 • 20.1-20.8m、21.6-21.9m、23.4-25m、30.8-34m、53.2-53.7m、61.5-64.1m、67.7-69.2m 為剪裂帶，破碎夾泥。 • 33.3-33.4m、69.4-69.5m 裂隙銹染。

表 4-6、岩芯描述紀錄表(22-3W 孔)

深度	岩芯描述
0-10.8 m	岩屑層 ：於地表下深度 0-10.8m，由黃褐色土壤，偶夾黑灰色硬頁岩岩塊所組成，岩塊粒徑介於 1~10cm 不等。因夾有岩塊，故 N 值差異性較大。
10.8-15 m	風化岩層 ：於地表下深度 10.2-15m，主要由灰黑色硬頁岩組成，岩性以硬頁岩為主，岩芯破碎程度高，部分裂隙中存在銹染情形。
15-70m	岩層 ：於地表下深度 18.5-70m，以硬頁岩偶夾剪裂泥組成，具高角度節理，且部分岩芯存在砂頁岩互層。 • 20.4-20.6m、27.3-27.5m、30.4-30.5m、33.8-34m、38.3-38.75m、40.6-40.8m、44.3-44.5m、52.5-52.9m、60.5-60.8m 具高角度裂隙，節理傾角約 70-90°。 • 48.5-50.1m 為砂頁岩互層段。 • 22.5-24.5m、31.3-33.8m、37.0-38.3m、48.2-49.2m、50.9-51.8m、55.7-63m 為剪裂帶，破碎夾泥。 • 15.5-15.6m、27.7-27.8m、55.3-55.4m 裂隙銹染。

表 4-7、岩芯描述紀錄表(22-4SW 孔)

深度	岩芯描述
0-6.8 m	岩屑層 ：於地表下深度 0-6.8 m，由黃褐色土壤，偶夾黑灰色硬頁岩岩塊所組成，岩塊粒徑介於 1~10cm 不等。因夾有岩塊，故 N 值差異性較大。
6.8-70 m	岩層 ：於地表下深度 6.8-70 m，以硬頁岩為主，其中深度 48.6m 處具擦痕。 • 12.7-12.8m、46.5-46.7m、49.3-49.5m、52-52.5m、56.5-57m 具高角度節理，節理傾角約 70-90°。 • 14.4-14.6m 為剪裂帶，破碎夾泥。 • 12.7-12.8m、43.4-43.5m 裂隙銹染。

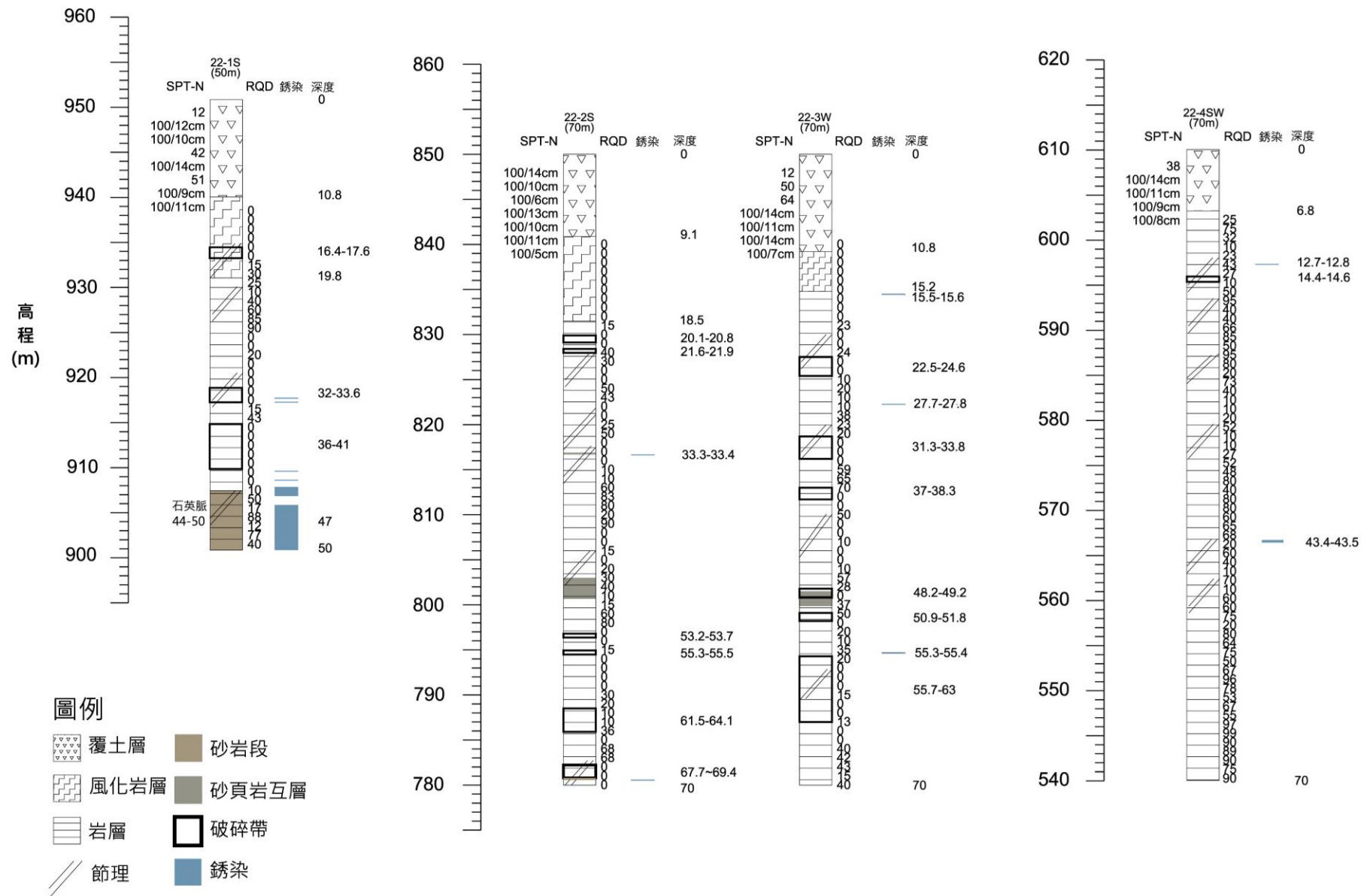


圖 4-14、各孔岩芯柱狀圖

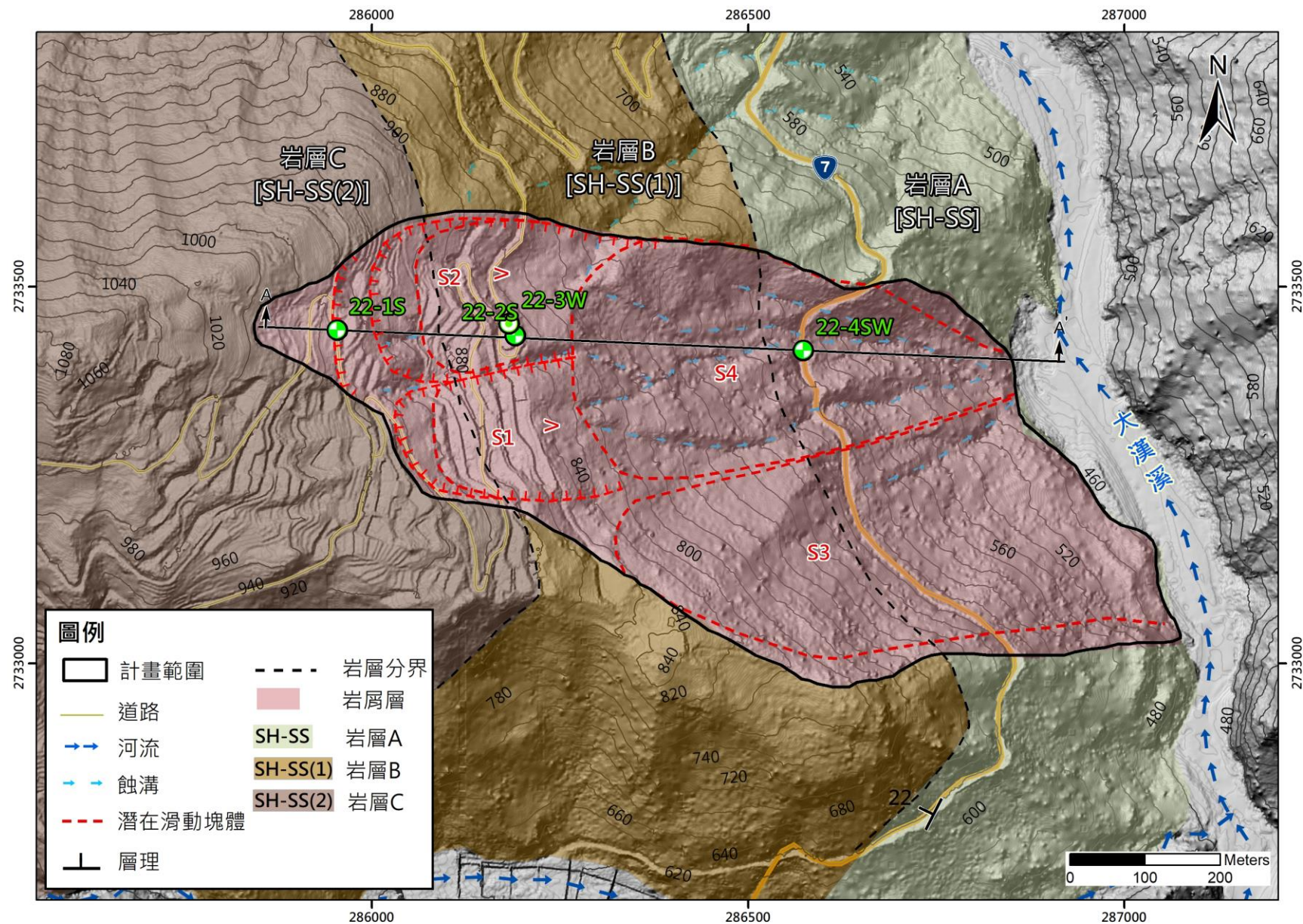


圖 4-15、中高義地區區域地質圖

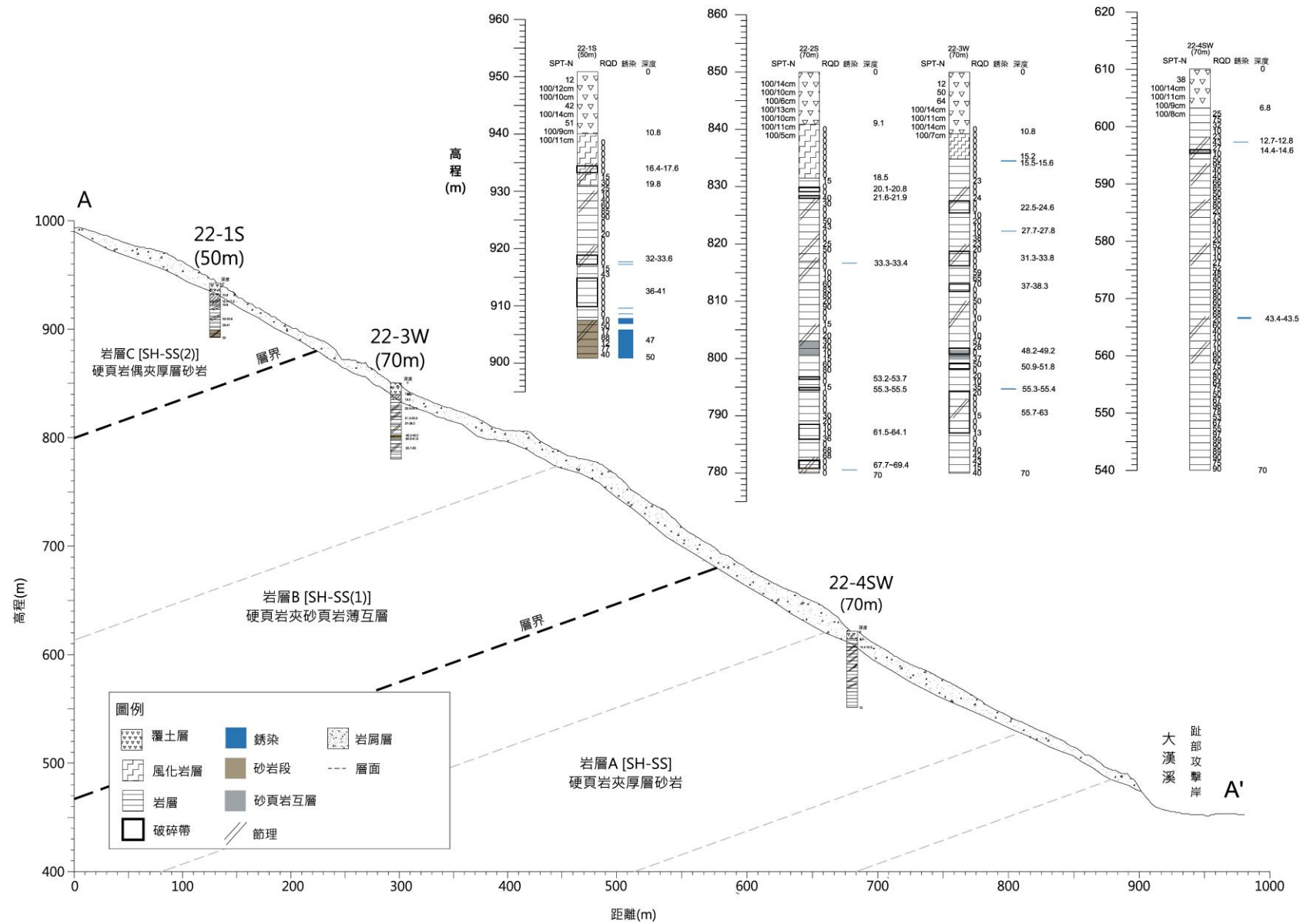


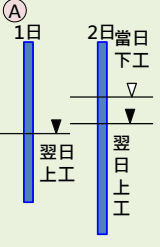
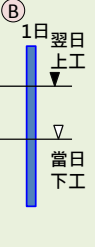
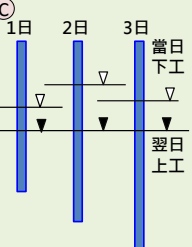
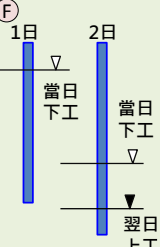
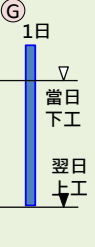
圖 4-16、中高義地區地質剖面圖(A-A')

二、鑽探過程地下水位紀錄

為能更加瞭解調查區地下水特性，各鑽孔在施鑽過程中，每日除記錄施鑽進度外，並記錄下工及翌日上工地下水位，除可瞭解地下水分布外，若水位有較大明顯升降，亦可作為研判可能有水層或漏水層存在之參考，可提供後續地下水特性綜合分析研判。上述之關於有水層及漏水層之定義，如表 4-8 所示，本調查區各鑽孔之鑽探過程紀錄，如及所示，並說明如下。

表 4-8、鑽探過程中地層透水性定義

分類	鑽孔內地下水位變化			說明
	地下水位	當日下工水位	翌日上工水位	
有水層	有	-	上升或無明顯變化	深度範圍岩層，有地下水流入，可能有受壓水層或棲止水。如圖 A、B、C、D 所示。
半透水層	有	下降或無明顯變化	下降(幅度小) <50%	深度範圍岩層，地下水之流入量<地下水之流出量，翌日上工水位下降(下降幅度<50%)。如圖 E 所示。
透水層	有	下降或無明顯變化	下降(幅度小)>50%或無水	深度範圍岩層，地下水之流入量<地下水之流出量，翌日上工水位下降(下降幅度>50%)。如圖 F、G 所示。
完全漏水層	無(全漏水)	無水	無水	深度範圍岩層，完全漏水，透水性高。如圖 H 所示。

鑽孔內地下水位變化示意圖及說明							
A	B	C	D	E	F	G	H
第 2 日之當日下工水位較第 1 日之翌日上工水位高，而第 2 日之翌日上工水位雖下降，但仍高於第一日翌日上工水位。	翌日上工水位較當日下工水位上升。	當日下工水位較翌日上工水位高，而翌日上工水位無明顯變化。	當日下工水位與翌日上工水位無明顯變化。	翌日上工水位較當日下工水位小幅度下降(下降幅度 50% 以內)。	第 2 日當日下工水位較第 1 日下工水位下降者；第 2 日翌日上工水位較第 2 日下工水位仍大幅度下降(下降幅度 50% 以上)。	當日下工水位高於翌日上工水位，翌日上工無地下水(下降幅度 50% 以上)。	當日下工及翌日上工均無地下水。
							

備註：

- 參考改繪於“地すべりに影響を及ぼす地下水の調査・観測に関する共同研究 共同研究報告書 表解 2-2 孔内水位変化による判定と汲み上げを併用した判定の対比”
- 地下水位下降幅度係以地下水位下降深度(翌日上工水位-當日下工水位)和當日總累計鑽探進尺深度之比例。

一、22-1S：依照鑽探過程中地層透水性定義，可分為 2 層。

(一)半透水層：深度範圍 0~29m，翌日上工水位較當日下工水位小幅度下降，故研判此深度範圍為半透水層。

(二)透水層：深度範圍 29~50m，翌日上工水位較當日下工水位下降幅度較大，且比對岩芯研判可能鑽探用水由岩層中裂隙流出。

二、22-2S：依照鑽探過程中地層透水性定義，可分為 3 層。

(一)完全漏水層：深度範圍 0~35m，翌日上工水位及當日下工水位大致皆無水，故研判此深度範圍為完全漏水層。

(二)半透水層：深度範圍 35~65m，當日下工水位與翌日上工水位相同，且翌日上工水位皆無明顯變化，故研判此深度範圍為半透水層，可能與該層岩性較緻密、阻水有關。

(三)有水層：深度範圍 65~70m，當日下工水位與翌日上工水位相同，且翌日上工水位皆無明顯變化，可能有受壓水層或棲水層，故研判此深度範圍為含水層。

三、22-3W：依照鑽探過程中地層透水性定義，可分為 3 層。

(一)半透水層：深度範圍 0~38m，翌日上工水位較當日下工水位小幅度下降，且翌日上工水位皆無明顯變化，故研判此深度範圍為半透水層，比對岩心研判可能與該層含細粒料比例較高，較為阻水有關。

(二)完全漏水層：深度範圍 38~51m，翌日上工水位及當日下工水位大致皆無水，故研判此深度範圍為完全漏水層。

(三)有水層：深度範圍 51~70m，當日下工水位與翌日上工水位相同，且翌日上工水位皆無明顯變化，可能有受壓水層或棲水層，故研判此深度範圍為含水層。

(四)裝設封層水壓計：本孔為封層水位井，該孔鑽探過程中之上下工水位，於 0~30m 翌日上工水位較當日下工水位僅小幅度下降，研判為半透水層，故裝設封層深度為 0~30m 全開孔，並以皂土封層方式分層避免相通；而 65~70m 由上下工水位及岩芯研判可能有地下水經裂隙中流經，故於 65m~70m 開孔，裝設示意圖詳圖 4-20。

四、22-4SW：依照鑽探過程中地層透水性定義，可分為 2 層。

(一)半透水層：深度範圍 0~26m，翌日上工水位較當日下工水位小幅度下降，故研判此深度範圍為半透水層，比對岩心研判可能與該層岩性較緻密、阻水有關。

(二)透水層：深度範圍 26~33m，翌日上工水位較當日下工水位下降幅度較大，且比對岩芯研判可能鑽探用水由岩層中裂隙流出。

(三)有水層：深度範圍 30~70m，當日下工水位與翌日上工水位無明顯變化，可能有受壓水層或棲水層，故研判此深度範圍為含水層。

比對鑽探岩芯照片及鑽探過程每日上、下工水位記錄顯示，鑽探進度遇及岩屑層及較破碎岩層時，鑽探中用水皆有洩降情形，顯示岩屑層及較破碎岩層之地下水流通性較好(詳圖 4-17 至圖 4-21)。

22-1S (50m)

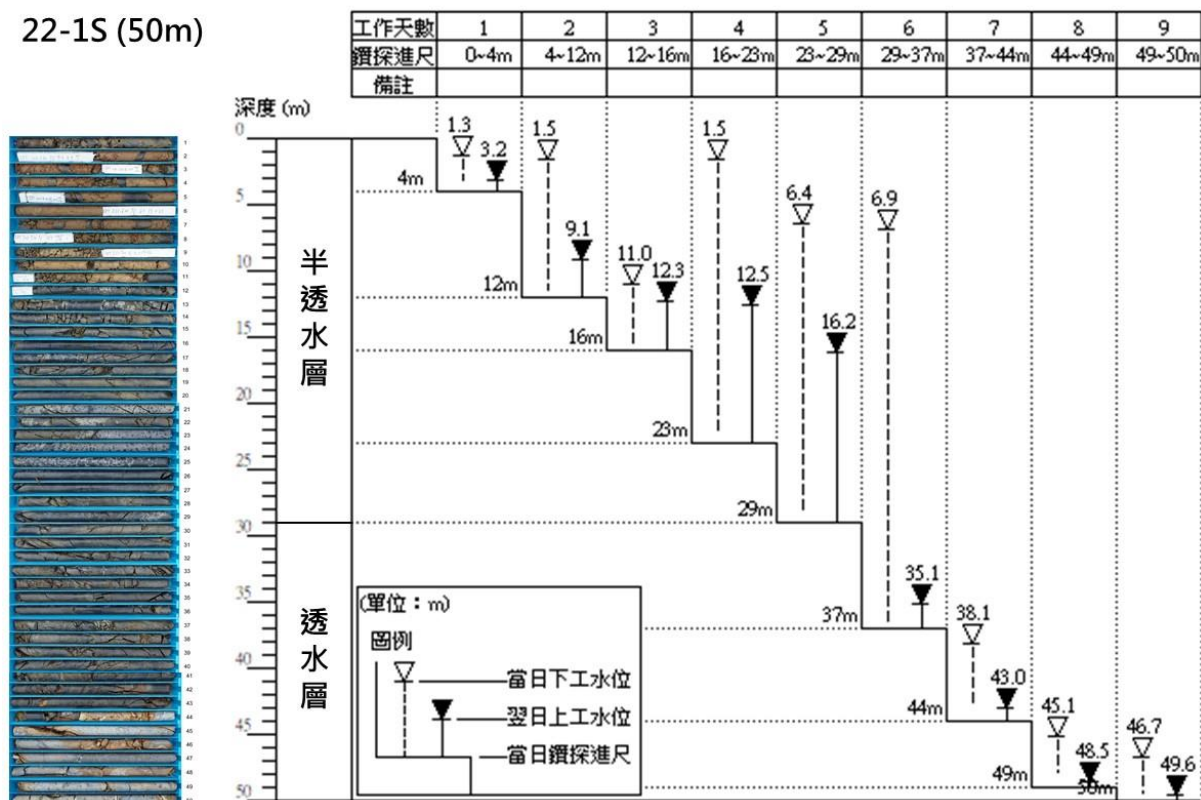


圖 4-17、中高義地區施鑽期間上下水位紀錄圖(22-1S 孔)

22-2S (70m)

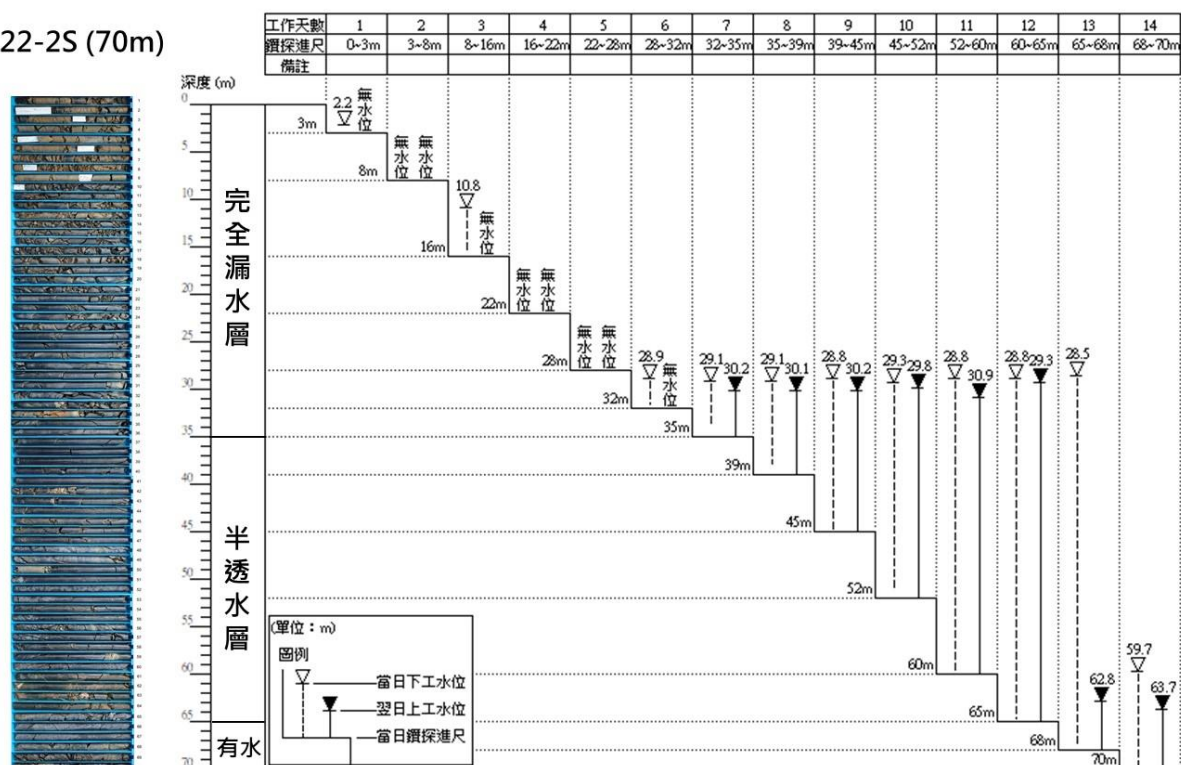


圖 4-18、中高義地區施鑽期間上下水位紀錄圖(22-2S 孔)

22-3W (70m)

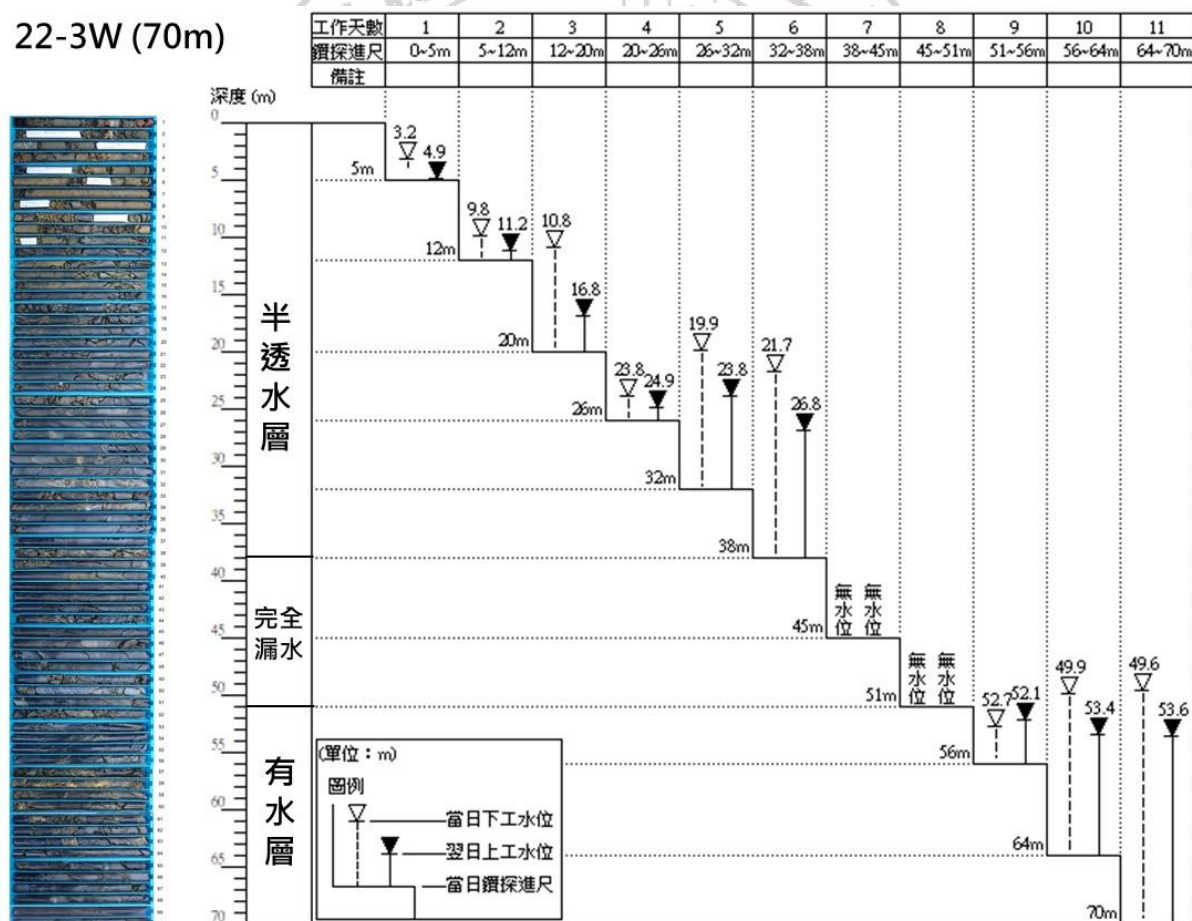


圖 4-19、中高義地區施鑽期間上下水位紀錄圖(22-3W 孔)

22-3W (70m)

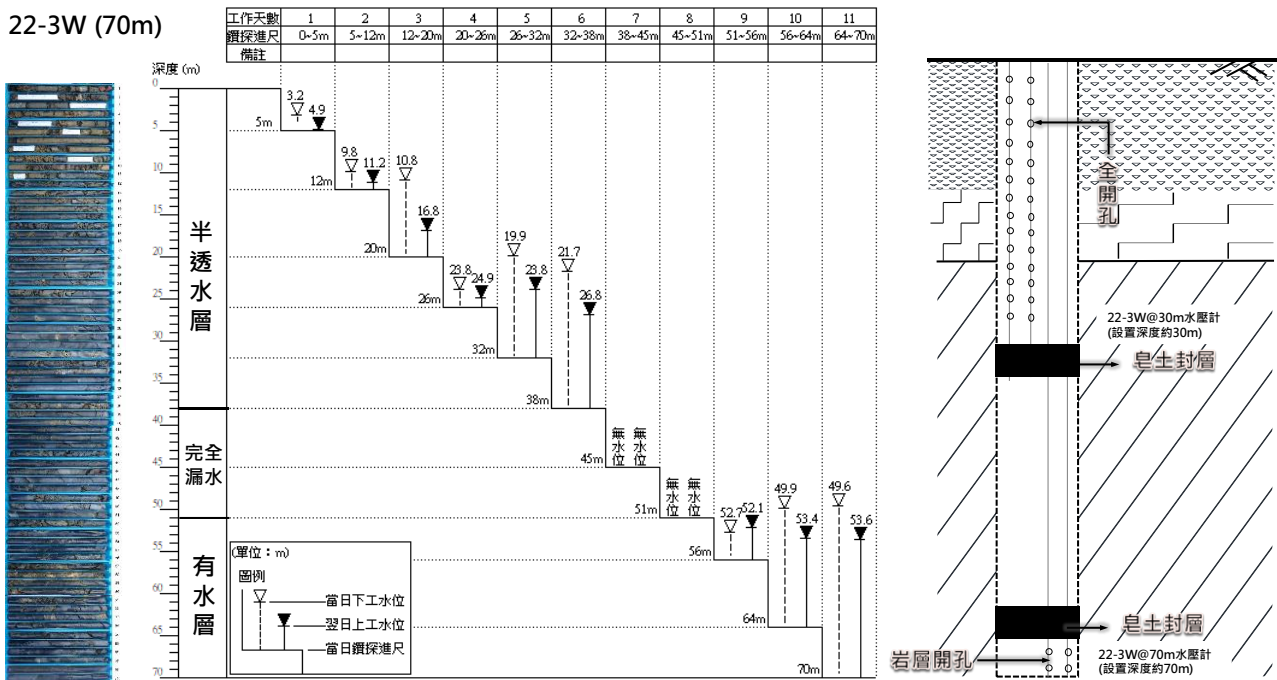


圖 4-20、22-3W 孔封層水位井裝設示意圖

22-4SW (70m)

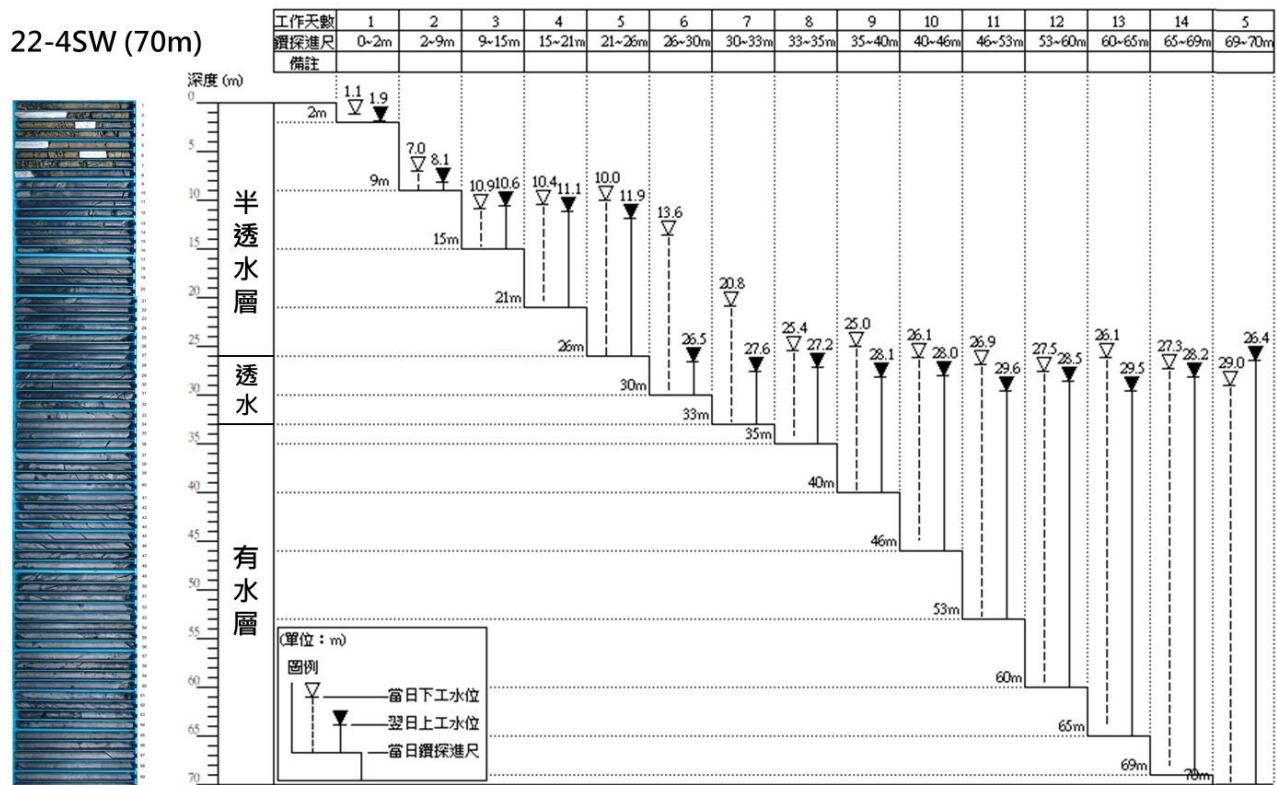


圖 4-21、中高義地區施鑽期間上下水位紀錄圖(22-4SW 孔)

三、孔內攝影調查

孔內攝影主要分為超音波孔內攝影儀(BHTV)以及光學式攝影儀(BOTV)，BHTV 其原理是利用可發射超音波及接收反射超音波之聲波探測器，以水作為聲波傳遞介質，由鑽孔內吊放時收錄周圍孔壁之聲波反射出振作幅(magnitude)及來回走時(travel time)。而 BOTV 則是利用內部 LED 光源以及 CCD 感測器，記錄孔內容影像，由於本試驗孔地下水位較低，因此本計畫利用光學式攝影儀進行孔內攝影之工作，現場施作情形詳表 4-15 所示。

由於計畫區內頭部為已開發之坡地社區，經由地表地質調查後，考量頭部坡面多為擋土設施及植被覆蓋，未有岩層出露情形，故期透過裂隙位態統計分析，供地質模型建置參考，故於 22-3W(70m)鑽孔進行「不連續面孔內攝影量測」(Televiewer)，藉以取得鑽孔孔壁之地層影像，輔助研判地層資訊，取得孔內不連續面定向資料。

22-3W 之孔內攝影試驗基本資料如表 4-9 所示，並配合岩芯判釋結果顯示，區域不連續面主要為裂隙節理，針對裂隙節理依裂隙內寬及填充情形又可再細分為開口裂隙及破碎帶，茲將成果說明如下：

表 4-9、孔內攝影鑽孔資料一覽表

孔號	施測日期	影像範圍 (G.L.-m)	岩性描述	不連續面組數
22-3W(70m)	111/712	13.5~70	硬頁岩	71




一、施作深度範圍：由於孔內攝影須於鑽孔裸孔內施作，為避免坍孔，故於 22-3W 孔以套管保護至地下 13.5m，故攝影調查施作範圍為地表下 13.5~70m，共取得 71 組不連續面位態，不連續面統計成果詳表 4-10 及圖 4-22，攝影成果照片如附錄 E 所示。

二、劈理位態：共量得 2 組，分別為東北-西南及西北-東南走向，朝東南-西南傾斜，傾角角度約 18.8° ~ 70.9° ，劈理位態變異性大，

(一)C1：大致為東北-西南走向，朝東南傾斜，傾角角度 31° ~ 51.1° 。

(二)C2：大致為西北-東南走向，朝西南傾斜，傾角角度約 18.8° ~ 70.9° 。

三、節理位態：共量得 2 組，分別為西北-東南及東北-西南走向，朝東北-西北傾斜，其節理位態與劈理位態同樣變化較大，傾角約 47.3° ~ 68° 。

(一)J1：大致為西北-東南走向，朝東北傾斜，傾角角度約 47.3° ~ 68° 。

(二)J2：大致為東北-西南走向，朝西北傾斜，傾角角度約 51.9° ~ 67.9° 。

根據鑽探岩芯成果發現，深度 18.30~60.22m 範圍內材料多可見破碎之岩體，並配合孔內攝影之不連續面統計成果顯示，其中與現場地表劈理位態(C1~C7)調查成果相符，為東北-西南走向，朝東南傾斜；現場節理位態調查(J1~J6、J13)之結果相符，為東北-東南走向，朝東北-西北傾斜，其節理位態與劈理位態同樣變化較大。

表 4-10、22-3W(70m)孔內攝影成果

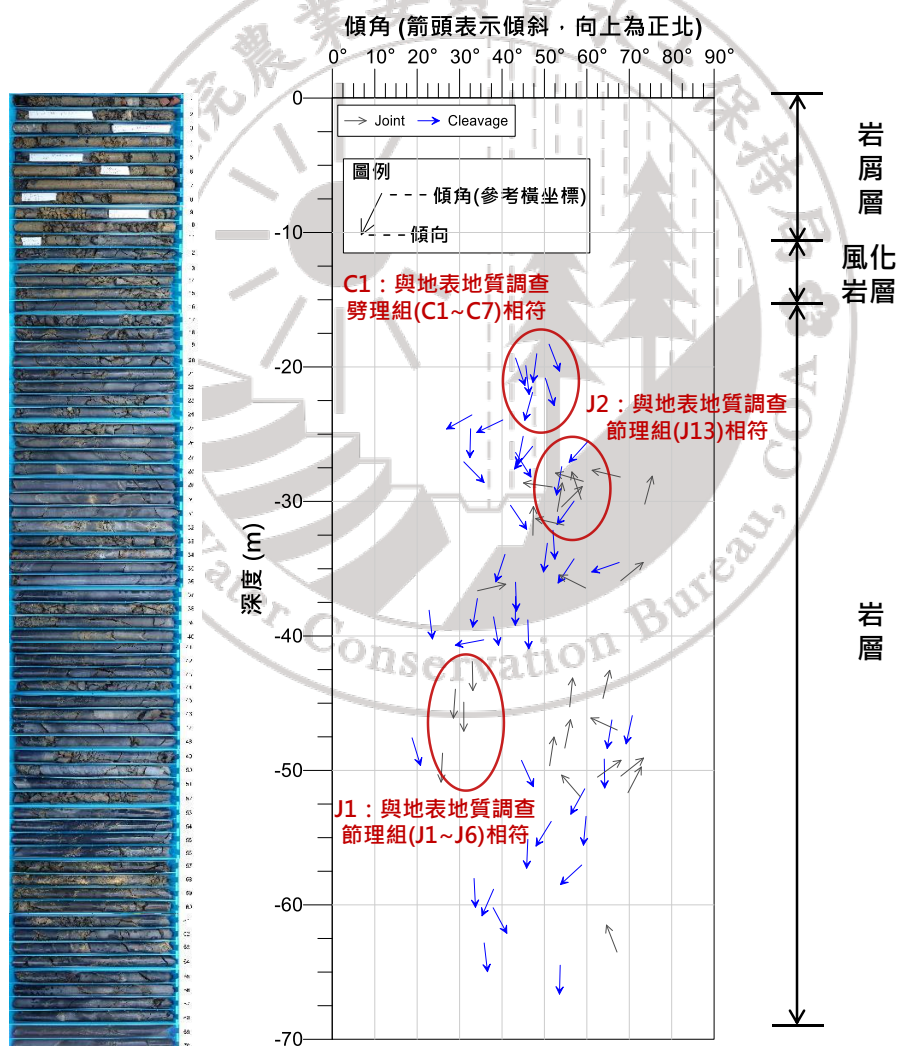
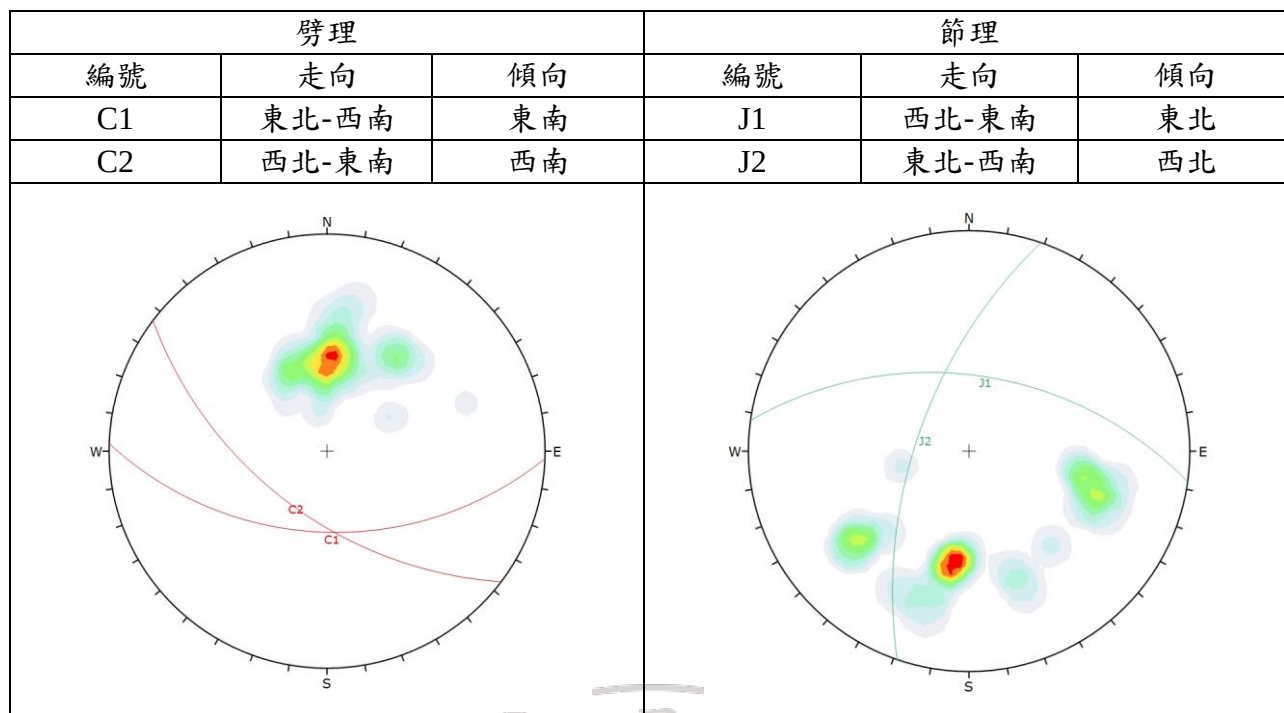


圖 4-22、22-3W(70m)不同深度之節理傾角-走向成果圖

四、室內試驗成果

為取得土壤、岩石參數，提供後續擋土設施穩定評估分析使用，本計畫將利用所鑽取之岩芯進行試驗，由於岩心夾有許多泥剪裂帶之特性，而其力學強度較差，為邊坡可能產生滑動之關鍵弱帶。因此，一旦鑽遇剪裂帶或夾泥，本計畫以代表性深度之試體進行直剪及一般物理性質試驗，以瞭解地質弱面之抗剪強度(凝聚力 c 、摩擦角 ψ)。

本計畫共取得 9 組土壤物性試驗樣本、3 組岩石物性及單壓強度樣本，以及 2 組岩石弱面樣本，如表 4-11 至表 4-12。由土壤試驗成果顯示，本計畫區土壤分類為 GM(粉土質礫石)為主，比重介於 2.63~2.67 間。由岩石試驗結果顯示，岩石單位重介於 2.71~2.74t/m³ 間，單軸抗壓強度介於 58.4~919kg/cm² 間，岩石強度等級介於甚弱岩至極強岩間。由岩石弱面直接剪力試驗結果顯示，殘餘剪力強度參數 c 介於 0.5~0.7kg/cm²，殘餘摩擦角 ψ 則介於 26.6~31.5° 間。

表 4-11、室內試驗數量一覽表

孔號	22-1S	22-2S	22-3W	22-4SW	備註
土壤物性試驗(組)	3	-	2	1	試驗進行中
弱面直剪試驗(組)	1	1	-	-	
岩石物性試驗(組)	1	1	-	1	
單軸抗壓試驗(組)	1	1	-	1	

表 4-12、土壤一般物理性試驗成果表

孔號	深度(m)	SPT-N	粒徑分析(%)				土壤分類	含水量 %	指數試驗			單位重 (t/m ³)	比重	孔隙比
			Gravel	Sand	Silt	Clay			W _L	W _p	I _p			
22-1S	1.05-1.50	12	56.1	31.3	9.3	3.3	GM	13.0	-	-	NP	2.14	2.64	0.39
	5.55-6.00	42	31.5	42.4	19.2	6.9	SM	23.2	-	-	NP	1.98	2.66	0.66
	8.55-9.00	51	46.1	33.7	14.9	5.3	GM	21.0	-	-	NP	2.04	2.63	0.56
	9.30-9.50	—	13.6	22.5	47.0	16.9	ML	19.0	—	—	NP	—	2.68	—
22-2S	69.2-69.4	—	79.1	10.0	10.9	0.0	GP-GM	24.6	—	—	NP	—	2.65	—
22-3W	1.05-1.50	12	52.0	33.6	10.6	3.8	GM	12.5	-	-	NP	2.10	2.65	0.42
	2.55-3.00	50	44.0	26.2	21.9	7.9	GM	10.5	-	-	NP	2.07	2.67	0.43
22-4SW	1.05-1.50	38	50.4	32.6	12.5	4.5	GM	16.3	-	-	NP	2.15	2.65	0.43
	5.15-5.30	—	70.2	20.8	9.0	0.0	GP-GM	11.0	—	—	NP	—	2.63	—

表 4-13、岩石一般物理性試驗成果表

孔號	深度(m)	岩性	比重	含水量(%)	單位重(g/cm ³)	孔隙比
22-1S	49.38-49.65	安山岩	2.76	0.24	2.74	0.01
22-2S	47.30-47.55	硬頁岩	2.78	0.36	2.73	0.02
22-4SW	35.00-35.40	硬頁岩	2.78	0.33	2.71	0.03

表 4-14、岩石單軸抗壓強度成果表

孔號	深度(m)	試體尺寸		抗壓強度(kgf/cm ²)	破壞應變(%)	岩性
		直徑(cm)	高度(cm)			
22-1S	49.38-49.65	15.9	6.08	919	1.39	硬頁岩
22-2S	47.30-47.55	15.9	6.04	161	0.39	硬頁岩
22-4SW	35.00-35.40	15.9	6.07	58.4	0.20	硬頁岩

表 4-15、岩石弱面直接剪力試驗成果表

孔號	深度(m)	岩性	c(kg/cm ²)	φ(°)	岩性說明
22-1S	9.3-9.5		0.5	26.6	剪裂帶
22-2S	69.2-69.4		0.7	31.5	剪裂帶

第五章 監測作業

為瞭解崩塌地之活動性及可能滑動深度，及地下水分布情形，作為崩塌規模、機制及潛勢評估參考，本計畫主要係利用地質鑽探完成鑽孔安裝傾斜觀測管後，定期執行地中變位及地下水位觀測工作，監測項目及儀器建置情形將說明如後。

第一節 監測項目

本調查區監測項目包含雨量計、傾斜管、水位觀測井，整體監測項目及內容彙整如表 5-1，另納入桃園市政府原住民族行政局於另案裝設之儀器，各項監測儀器說明如下：

一、雨量計

本計畫於中高義調查區並無裝設雨量計，故雨量資料為中央氣象局高義雨量站(站號：21C080)，為瞭解降雨量、地下水位及地層變位等監測成果間之相關性，供後續進行滑動機制研判參考，本計畫於契約外將雨量資料一併進行蒐集。

二、傾斜管

傾斜管量測方式係藉由雙軸傾斜感測器，量測地層各深度之水平變化量，進而研判邊坡滑動型態、滑動深度及滑動速率等資料。調查區內共計有 2 孔傾斜管及 3 孔傾斜管兼水位井，本計畫裝設孔號為 22-1S、22-2S 及 22-4SW；桃市府裝設孔號為 21-2SW 及 21-3SW。

三、水位觀測井

水位觀測井量測目的，為瞭解調查區地下水位昇降。中高義調查區內，共設有 1 孔封層水位觀測井、3 孔傾斜管兼水位井及 1 孔水位觀測井，本計畫裝設孔號為 22-3W@30,70m 及 22-4SW；桃市府裝設孔號為 21-2SW、21-3SW 及 21-1W。

其中 22-3W 孔深度為 0~30m 全開孔，65~70m 開孔，該孔封層水壓計裝設說明詳第四章五節，裝設封層示意圖詳圖 4-20。

表 5-1、監測儀器設置數量表

儀器編號		孔深(m)	安裝儀器	放置水壓計 (半自動)	監測方式
新增鑽孔	22-1S	50	傾斜觀測管	-	手動
	22-2S	70	傾斜觀測管	-	
	22-3W	30,70	封層水位井	○	
	22-4SW	70	傾斜觀測管兼水位井	○	
既有鑽孔 (桃市府裝設)	21-1W	30	水位觀測井	○	手動
	21-2SW	70	傾斜觀測管兼水位井	○	
	21-3SW	20		○	

第二節 監測頻率

中高義調查區監測工作依量測方式分為手動及半自動化部分，監測頻率如下：

- 一、傾斜觀測管及水位觀測井量測：於鑽探且儀器安裝完成後每月執行 1 次，總計 6 次，預定監測時程詳表 5-2 所示，監測儀器配置詳圖 5-1。
- 二、半自動化儀器：包含 5 組自記式水壓計(22-3W@30m,70m、22-4SW、21-2SW 及 21-3SW)，每 5 分鐘自動記錄一次，資料則配合手動觀測工作時一併進行下載。

表 5-2、中高義地區手動監測時程表

監測日期	時程	備註
111.07.28	第 1 次監測	完成初值建立
111.08.23	第 2 次監測	已完成
111.09.29	第 3 次監測	已完成
111.10.19	第 4 次監測	已完成
111.11	第 5 次監測	
111.12	第 6 次監測	

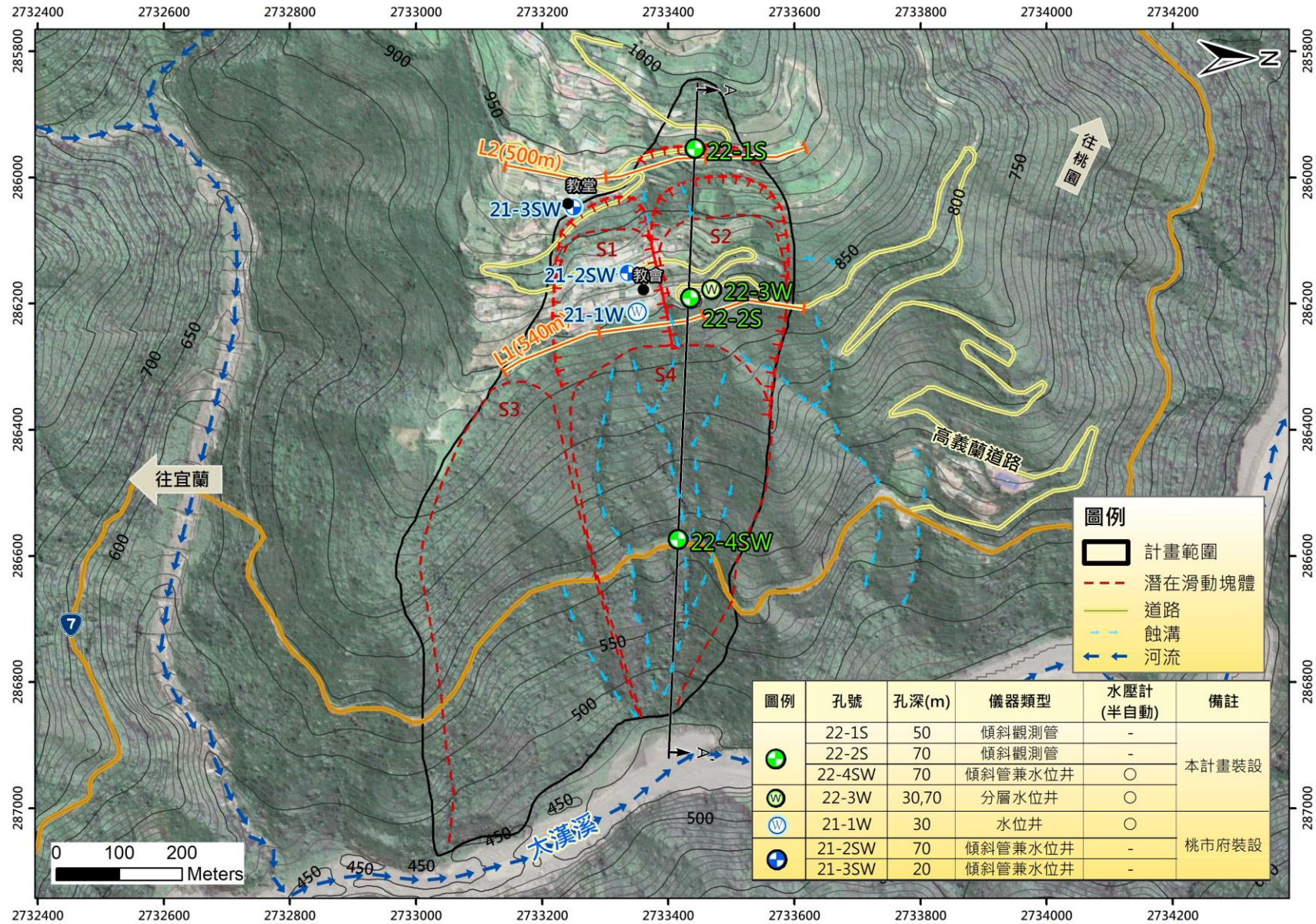


圖 5-1、中高義地區監測儀器平面配置圖

第三節 監測成果

本計畫區內共計有 1 孔水位觀測井、1 孔封層水位觀測井、2 孔傾斜管及 3 孔傾斜管兼水位井，其中由本計畫施作之 22-1S、22-2S 及 22-4SW 孔，於民國 111 年 7 月建置完成並建立初值，另納入桃園市政府原住民族行政局於另案設置之 21-1W、21-2SW 及 21-3SW，茲就本期各項儀器之監測成果進行說明。

一、降雨量監測

由於本計畫無設置雨量計，故雨量資料係引用鄰近計畫區之經濟部水利署高義測站(21C080)數據。本監測期間收集民國 111 年 2 月至 111 月 10 月之雨量資料。根據雨量資料顯示，監測期間受颱風事件影響，於 9~10 月較有明顯降雨情形，其中以 2022 年 9 月 11 日之日雨量達 240mm 最大，為梅花颱風侵襲期間，該事件期間累積降雨量為 577.5mm(9/11~9/13)，數據成果彙整詳圖 5-2。

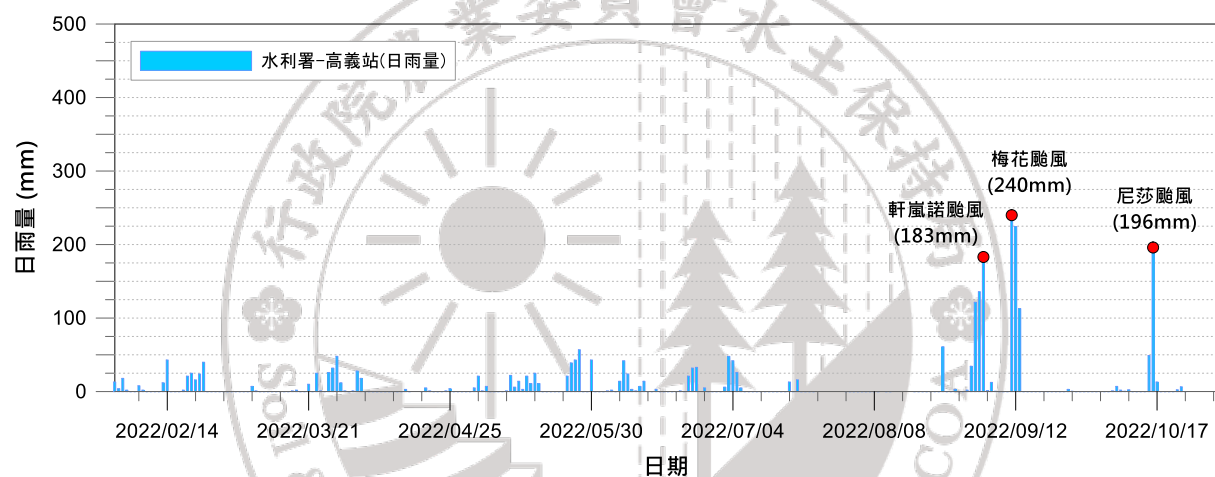


圖 5-2、降雨量數據成果圖

(資料來源：經濟部水利署高義測站)

二、地下水位監測

計畫區共計 5 孔水位觀測井，本計畫施作鑽孔為 22-3W(30,70m)及 22-4SW 孔，既有鑽孔為 21-1W(30m)、21-2SW(70m)及 21-3SW(20m)。其中 22-3W 為封層水位井，裝設深度分別於地表下 30m 及 70m；21-2SW、21-3SW 及 22-4SW 則為傾斜管開孔兼用水位觀測井使用，並內置自記式水壓計，採半自動量測地下水水位。

本計畫於民國 111 年 7 月完成新增鑽孔裝設，並於開始進行水位觀測井量測，監測成果詳圖 5-6 及圖 5-4 所示，說明如下：

(一)計畫區聚落聚集處(S1 潛在滑動塊體)

1. 21-2SW(70m)：本監測期間，常時水位約於地表下 65.79m，於降雨期間，地下水位上昇幅度約 1.01m，最高水位約於地表下 64.77m。
2. 21-3SW(20m)：本監測期間，常時水位約於地表下 19.67m，於降雨期間，地下水位未有明顯昇降變化。
3. 21-1W(30m)：本監測期間，常時水位約於地表下 29.5m，於降雨期間，地下水位上昇幅度約 4.04m，最高水位約於地表下 24.55m。

(二)計畫區近坡腹(S2 潛在滑動塊體)

1. 22-3W@30m：本監測期間，常時水位分別於地表下 29.97 m，於降雨期間，地下水位未有明顯昇降變化。
2. 22-3W@70m：本監測期間，地下水位約於地表下 69.98m，於降雨期間，地下水位上昇約 11.54m，最高水位約於地表下 58.44m。

(三)計畫區坡趾，台 7 線道路旁(S4 潛在滑動塊體)

1. 22-4SW(70m)：本監測期間，地下水位約於地表下 45.58m，於降雨期間，地下水位上昇約 21.35m，最高水位約於地表下 24.24m。

根據本計畫現階段監測成果顯示，位於計畫區近坡腹之 22-3W(@30,70m)封層水位井，於降雨期間存在不同地下水位昇降特性，其中以封層深度於 70m 之封層水位井上昇幅度較為明顯，地下水位上昇約 11.54m。而計畫區坡趾近台 7 線道路之 22-4SW(70m)，常時水位於地表下約 45.58m 處，於降雨期間地下水位上昇約 21.35m。惟本計畫區於今年度建置監測儀器，監測時程尚短，後續建議持續觀測，釐清降雨及地下水位變化之關聯性。

表 5-3、中高義地區地下水位監測成果

儀器編號		本計畫監測期間 最低水位 (GL.-m)	本計畫監測期間 最高水位 (GL.-m)	本計畫監測期間 水位最大昇幅 (m)	開孔資訊
本計畫 裝設	22-3W@30m	-29.97 (2022/07/19)	-29.59 (2022/08/23)	0.38	0~30m 開孔 30~35m 皂土封層
	22-3W@70m	-69.98 (2022/07/18)	-58.44 (2022/09/14)	11.54	60~65m 皂土封層 65~70m 開孔
	22-4SW(70m)	-45.58 (2022/08/23)	-24.24 (2022/09/13)	21.35	全開孔
桃市府 裝設	21-1W(30m)	-28.59 (2022/07/30)	-24.55 (2022/09/13)	4.04	全開孔
	21-2SW(70m)	-65.79 (2022/08/23)	-64.77 (2022/09/08)	1.01	全開孔
	21-3SW(20m)	-19.67 (2022/09/04)	-19.45 (2022/10/10)	0.22	全開孔

註 1：本監測期間為 2022 年 7 月~2022 年 11 月。

註 2：量測方式為自記式水壓計記錄。

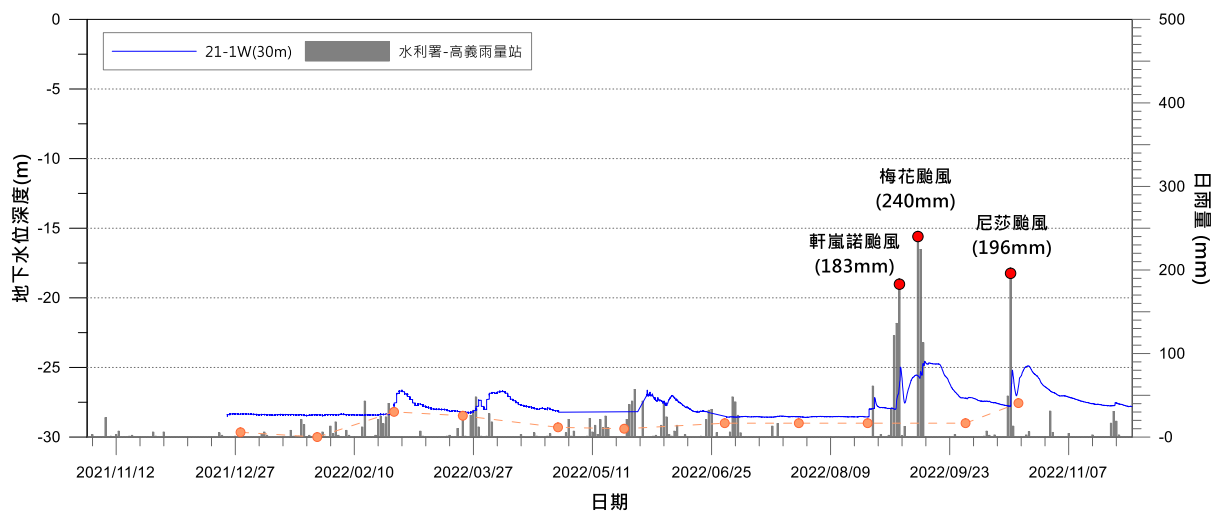


圖 5-3、21-1W 孔地下水位觀測成果圖(桃市府裝設)

(資料來源：桃園市政府原住民行政局，2022)

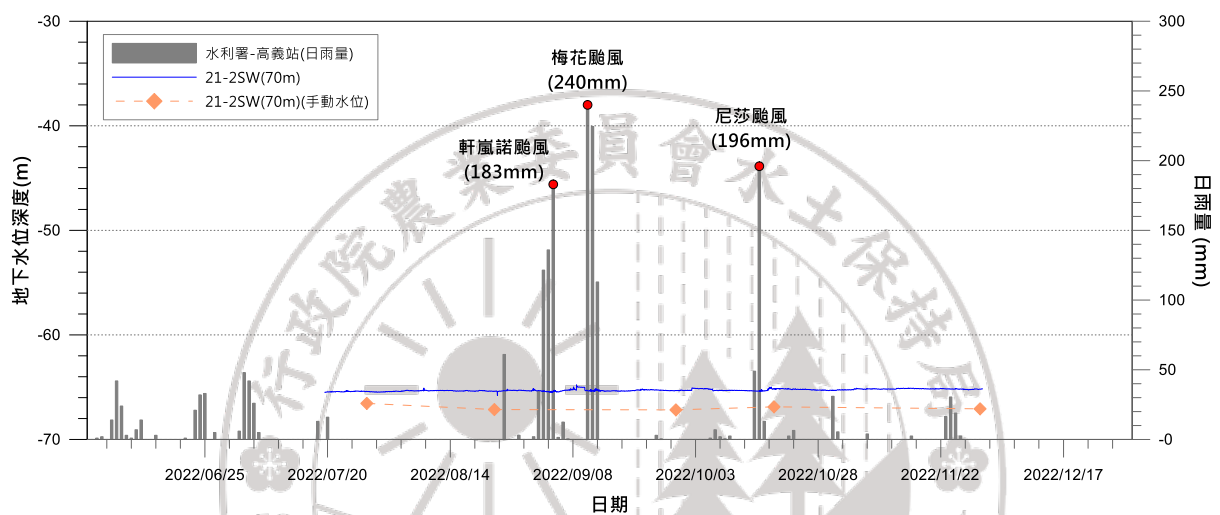


圖 5-4、21-2SW 孔地下水位觀測成果圖

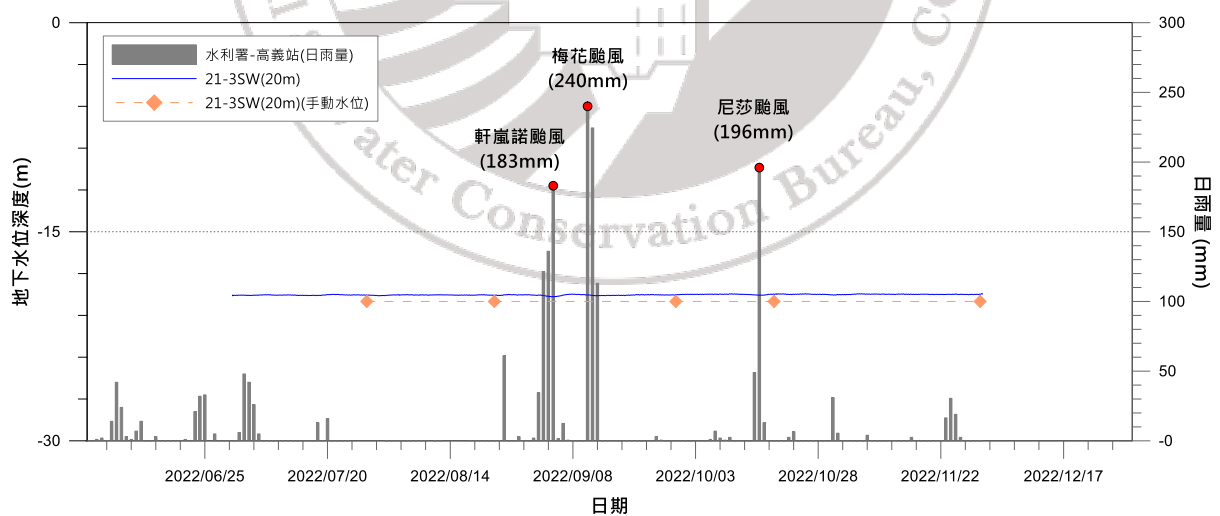


圖 5-5、21-3SW 孔地下水位觀測成果圖

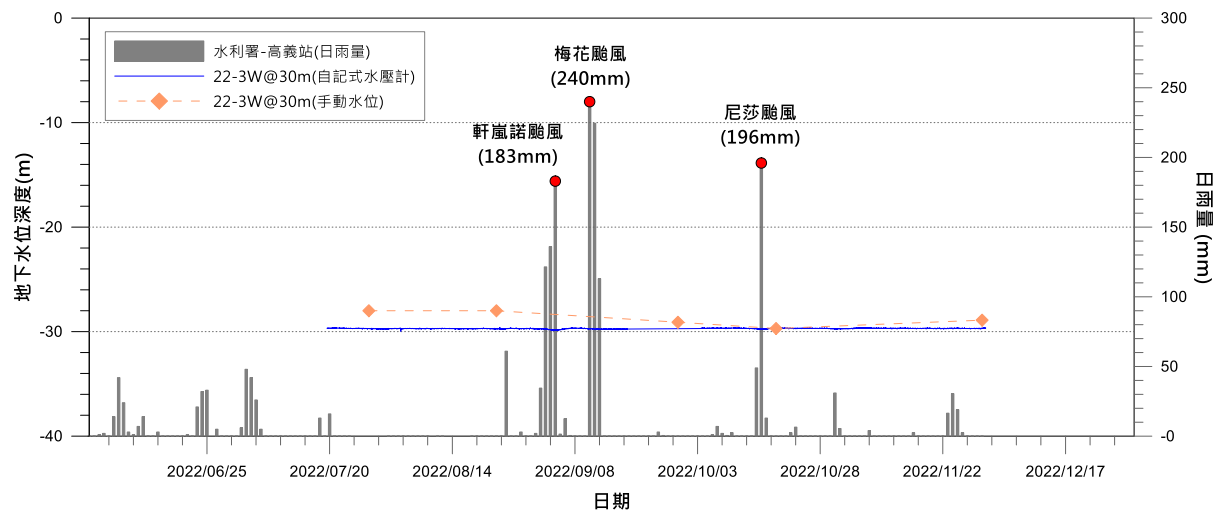


圖 5-6、封層水位井-22-3W@30m 地下水位觀測成果圖

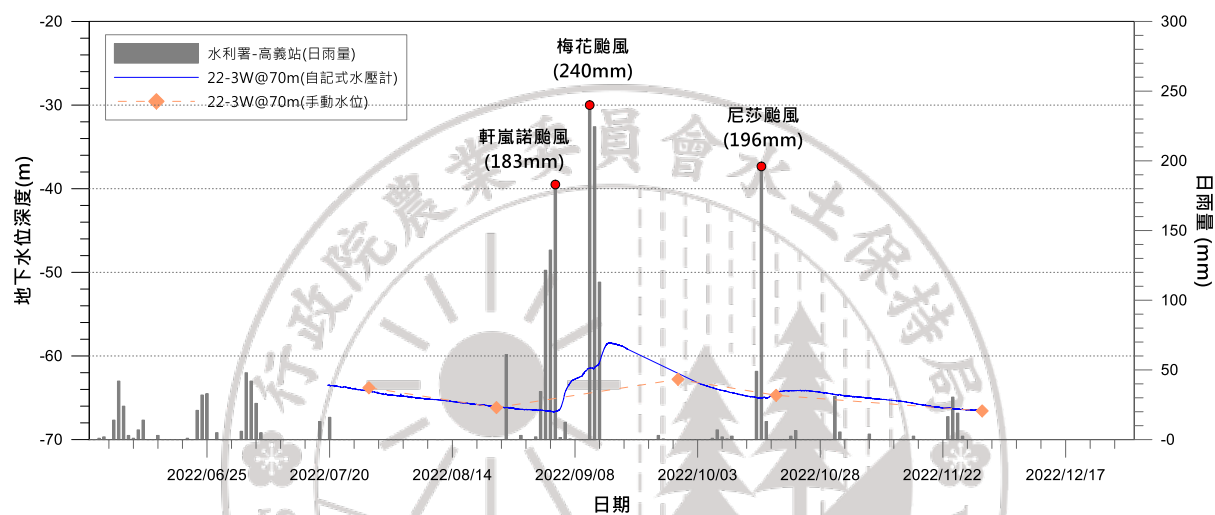


圖 5-7、封層水位井-22-3W@70m 地下水位觀測成果圖

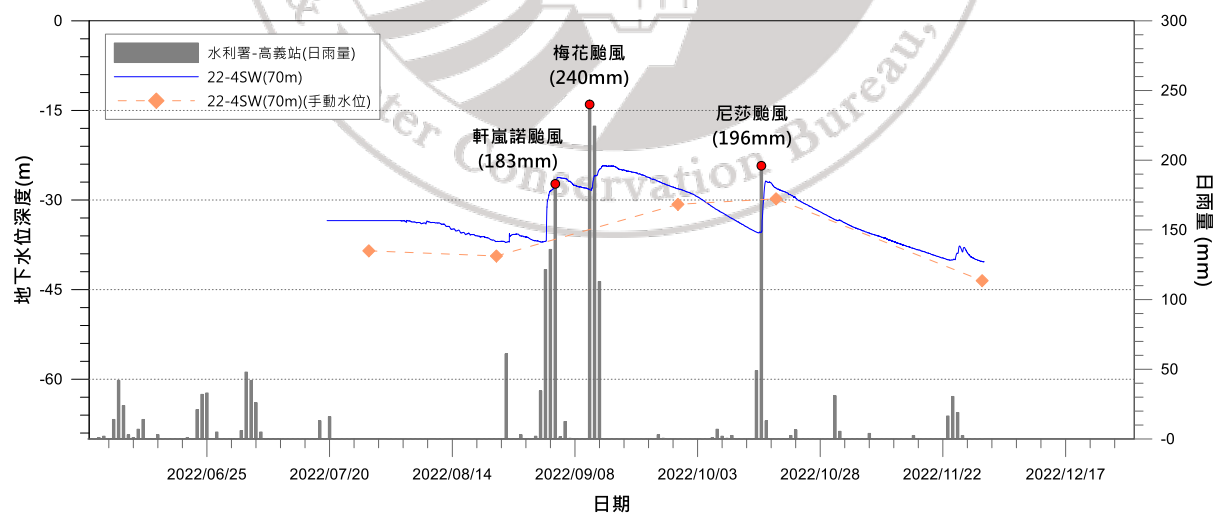


圖 5-8、22-4SW 孔地下水位觀測成果圖

三、傾斜觀測管觀測成果

計畫區共計 5 孔水位觀測井，本計畫施作鑽孔分別設置於調查區之部落道路旁(22-1S 及 22-2S 孔)，以及台 7 線道路旁(22-4SW 孔)；既有鑽孔則位於計畫區頭部聚落(21-2SW 及 21-3SW 孔)，皆採用人工定期觀測方式掌握地層變位情形。

本計畫施作之傾斜觀測管監測資料係為本計畫區現場傾斜管安裝完成後，於 2022 年 7 月 28 日完成初值量測，各傾斜管觀測成果詳圖 5-10 至圖 5-13，各孔傾斜管孔口位移趨勢與降雨量關係圖詳圖 5-14，各孔傾斜觀測管變化情形說明如下：

(一)計畫區頭部

1. 22-1S(50m)：本計畫監測期間，無明顯變化趨勢，其 A 向及 B 向累積孔口位移量分別約 0.26cm 及 -0.12cm。

(二)計畫區聚落聚集處(S1 潛在滑動塊體)(桃市府裝設)

1. 21-2SW(70m)：於 2021 年 12 月至 2022 年 10 月，無明顯變化趨勢，其 A 向及 B 向累積孔口位移量分別約 0.36cm 及 -0.05cm。
2. 21-3SW(20m)：於 2021 年 12 月至 2022 年 10 月，無明顯變化趨勢，其 A 向及 B 向累積孔口位移量分別約 0.02cm 及 0.08cm。

(三)計畫區近坡腹(S2 潛在滑動塊體)

1. 22-2S(70m)：本計畫監測期間，無明顯變化趨勢，其 A 向及 B 向累積孔口位移量分別約 0.07cm 及 -0.23cm。

(二)計畫區坡趾，台 7 線道路旁(S4 潛在滑動塊體)

1. 22-4SW(70m)：本計畫監測期間，無明顯變化趨勢，其 A 向及 B 向累積孔口位移量分別約 -0.69cm 及 -0.35cm。

根據各傾斜觀測管之觀測成果顯示，位於計畫區頭部之 22-1S 孔、計畫區近坡腹之 22-2S 孔，以及坡趾近台 7 線道路旁之 22-4SW 孔，於監測期間皆無明顯變化趨勢。

綜上所述，本計畫監測期間歷經三次颱風事件，於降雨期間各孔傾斜管觀測成果未有明顯位移趨勢，如圖 5-14 所示，顯示各傾斜管無顯著變動，現場亦無明顯破壞表徵，因此初步研判邊坡尚屬穩定。

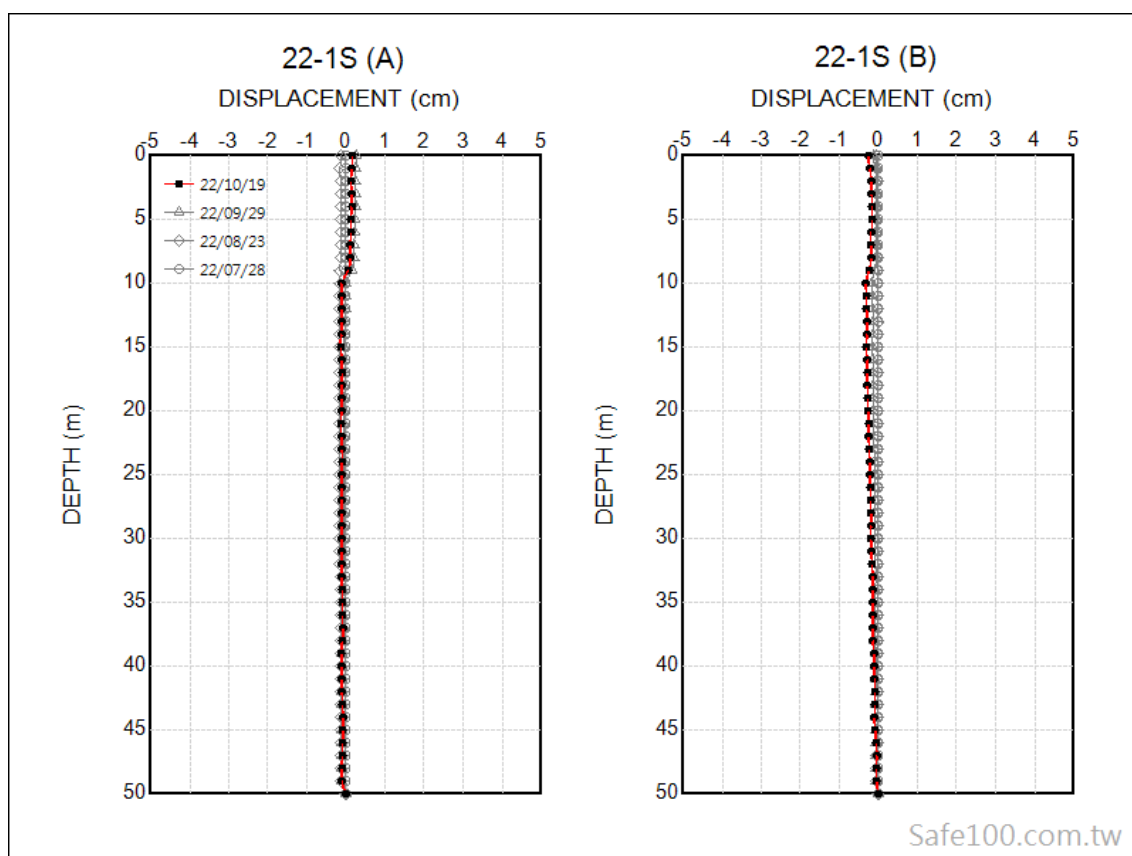


圖 5-9、22-1S 孔傾斜觀測管監測成果

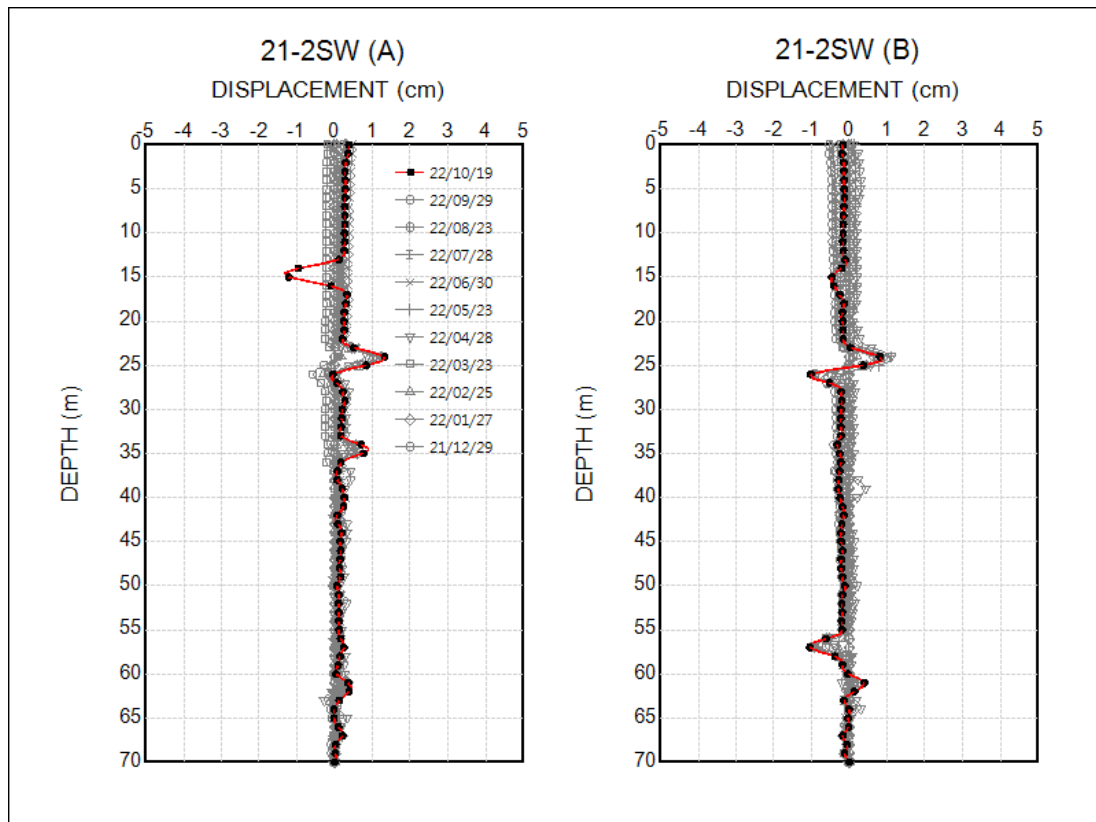


圖 5-10、21-2SW 孔傾斜觀測管監測成果(桃市府裝設)
(資料來源：桃園市政府原住民行政局，2022)

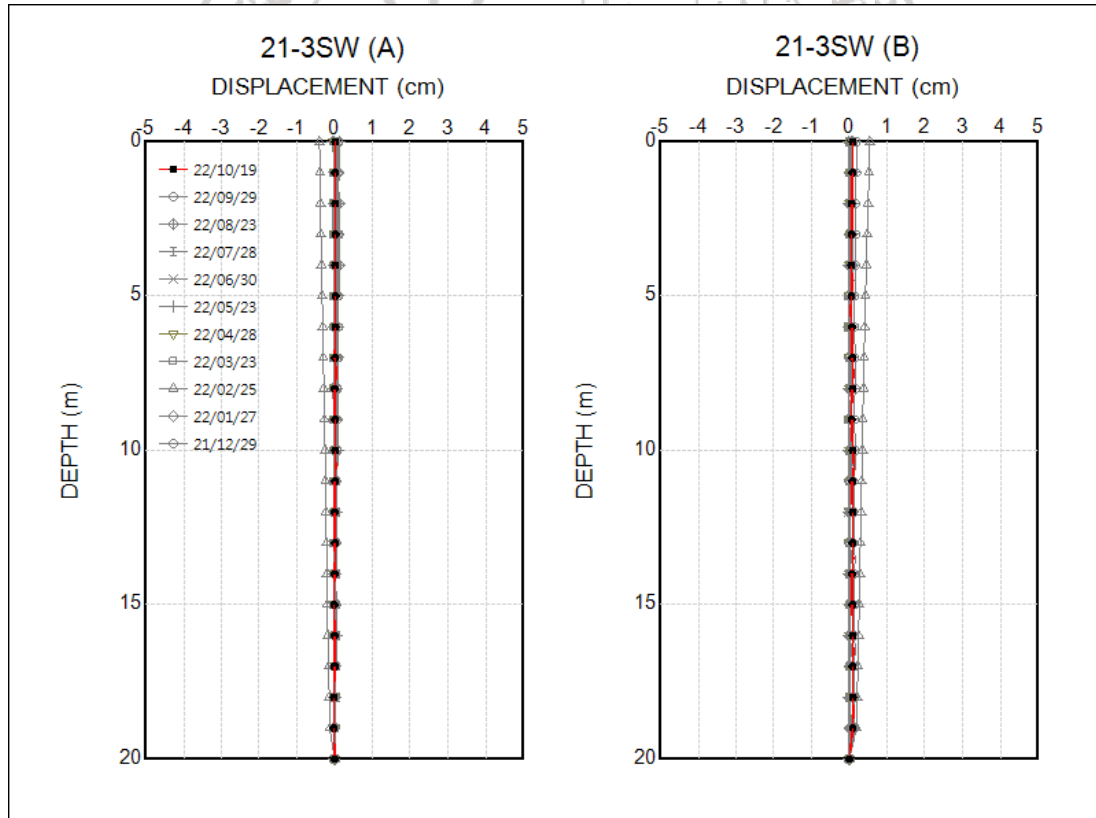


圖 5-11、21-3SW 孔傾斜觀測管監測成果(桃市府裝設)
(資料來源：桃園市政府原住民行政局，2022)

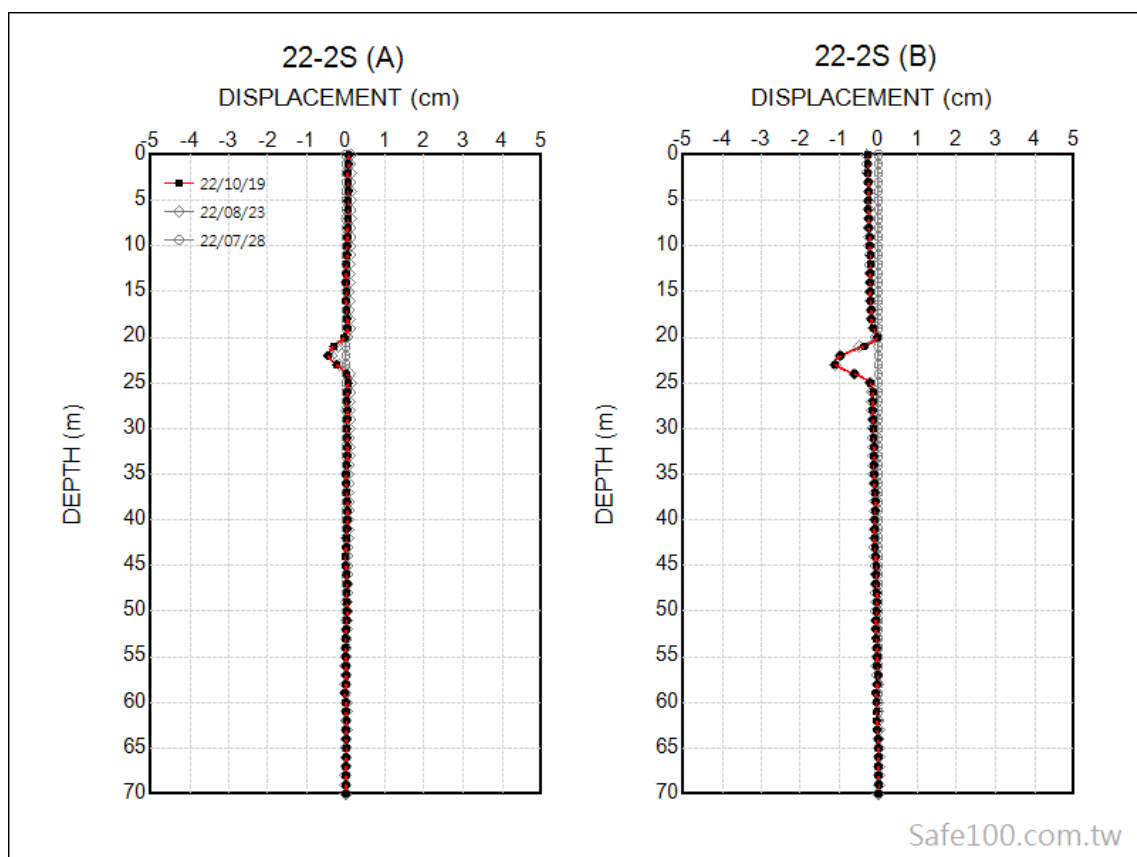


圖 5-12、22-2S 孔傾斜觀測管監測成果

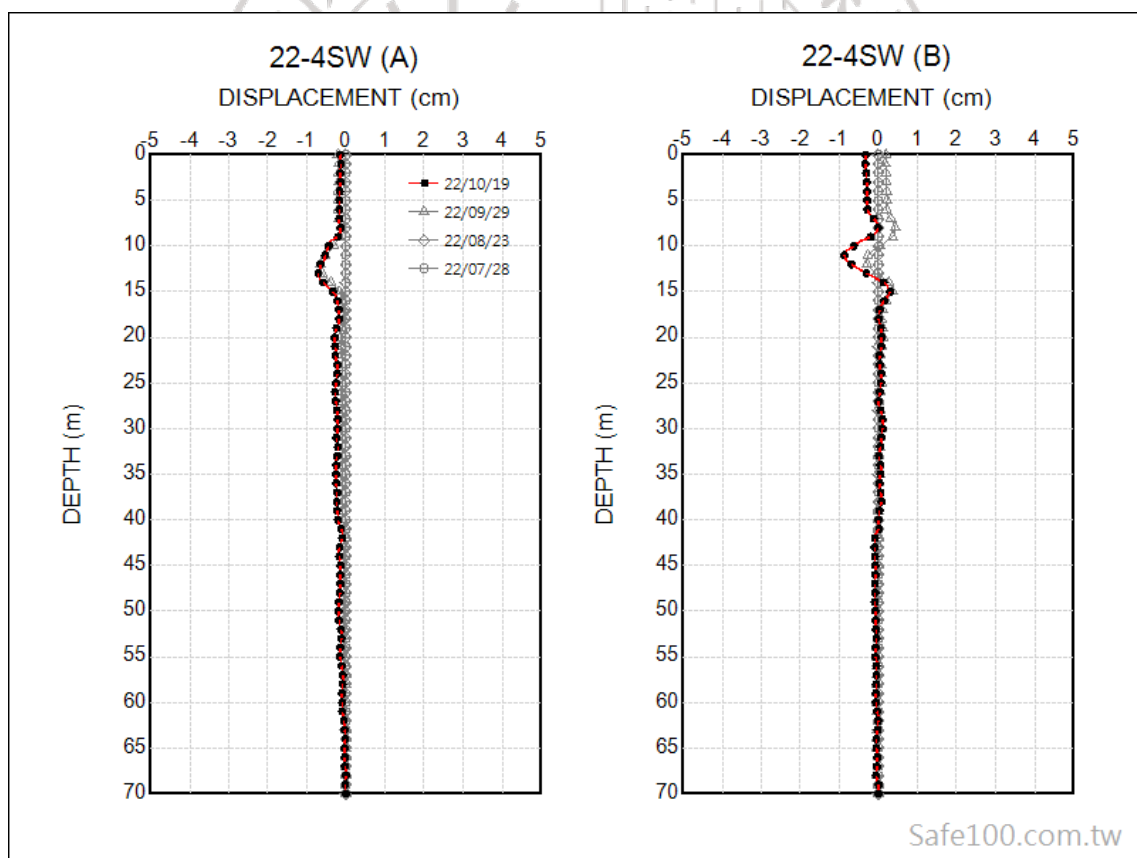


圖 5-13、22-4SW 孔傾斜觀測管監測成果

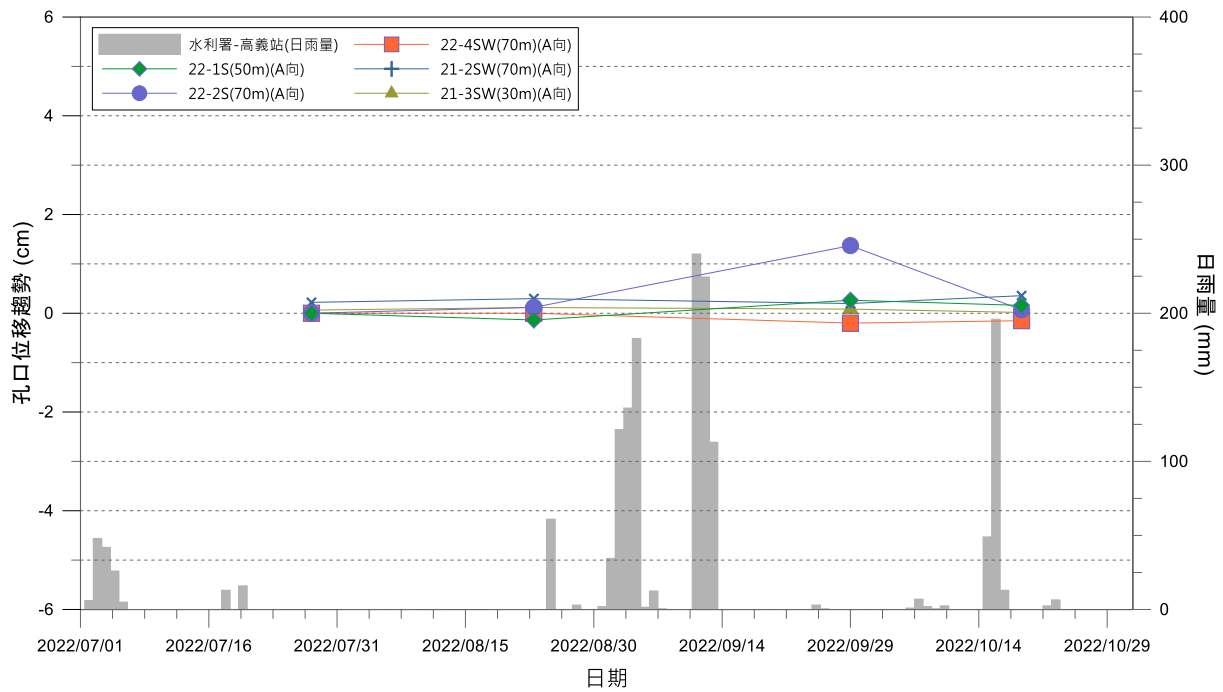


圖 5-14、中高義地區本監測期間各傾斜管孔口位移趨勢與降雨量關係



第六章、觀測資料綜合分析與初步處理建議

第一節 崩塌機制研判

根據現階段所蒐集現地勘查、地形判釋及鑽探岩芯等相關調查，並綜整他案監測成果，研判中高義地區可能崩之崩塌機制，以瞭解整體崩塌機制及規模。

根據鑽探岩芯判釋成果，初步研判中高義地區可能分別於岩屑層及破碎岩層存有滑動面，並根據地形資料、地表調查成果及岩芯資料建立邊坡穩定分析之地質剖面，主要以計畫區邊坡上、中、下之主要剖面(A-A')，及計畫區內較多保全對象之剖面(B-B')進行分析，其崩塌機制剖面位置詳圖 4-12，剖面示意圖詳圖 6-1 及圖 6-2，相關說明如下：

一、岩屑層滑動(淺層滑動)

由現地調查以及比對鑽探岩芯成果顯示，計畫區內坡面上存有厚度不一之風化岩屑材料，其材料多為岩屑材料夾破碎岩塊，其岩屑層厚度約 6.8~10.8m，研判若受外力作用下，如蝕溝持續性沖刷等，可能近一步影響邊坡穩定性導致岩屑層間材料滑動。

二、破碎岩層滑動(深層滑動)

綜整本計畫地質鑽探資料及現地調查可知，計畫區多為硬頁岩為主，偶夾砂岩及砂頁岩薄互層。此外，於岩層部分深度存在岩體破碎情形，且具有剪裂帶以及高角度裂隙之特徵，易產生沿岩層弱面滑動行為。另依據地形判釋，計畫區頭部具陷落崖地形特徵，惟前期監測期間尚短，未有明確記錄崩塌事件或變位特徵，後續將藉由監測資料及追蹤。

綜上所述，本計畫區初步研判滑動機制為土岩介面及破碎岩層滑動，並以地下水觀測成果作為分析之地下水條件。惟由於今年度傾斜管監測成果未有明顯滑動面產生，後續將藉由長期監測成果回饋，據以調整及修正分析模型。

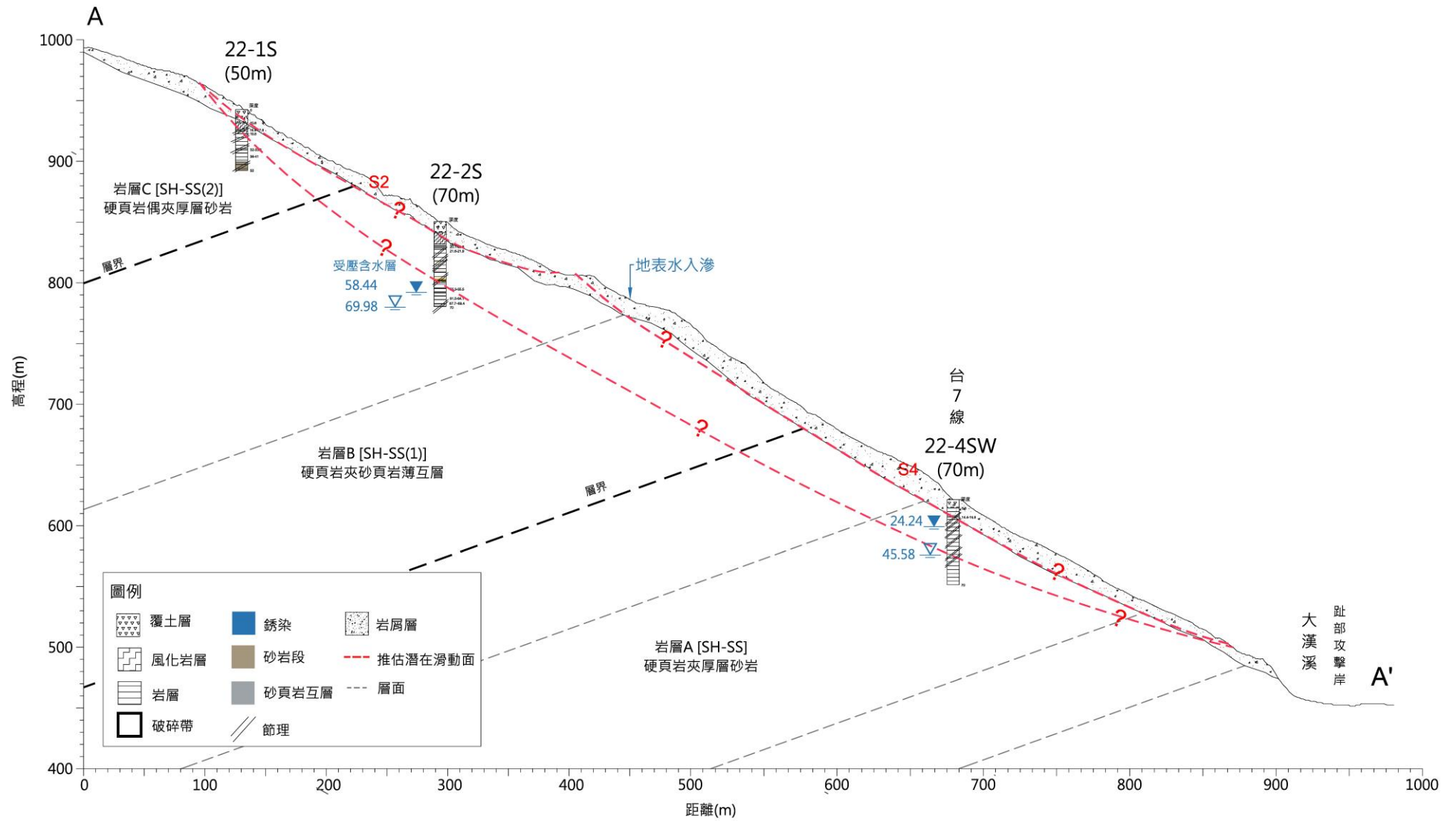


圖 6-1、中高義地區崩塌機制剖面示意圖(A-A')

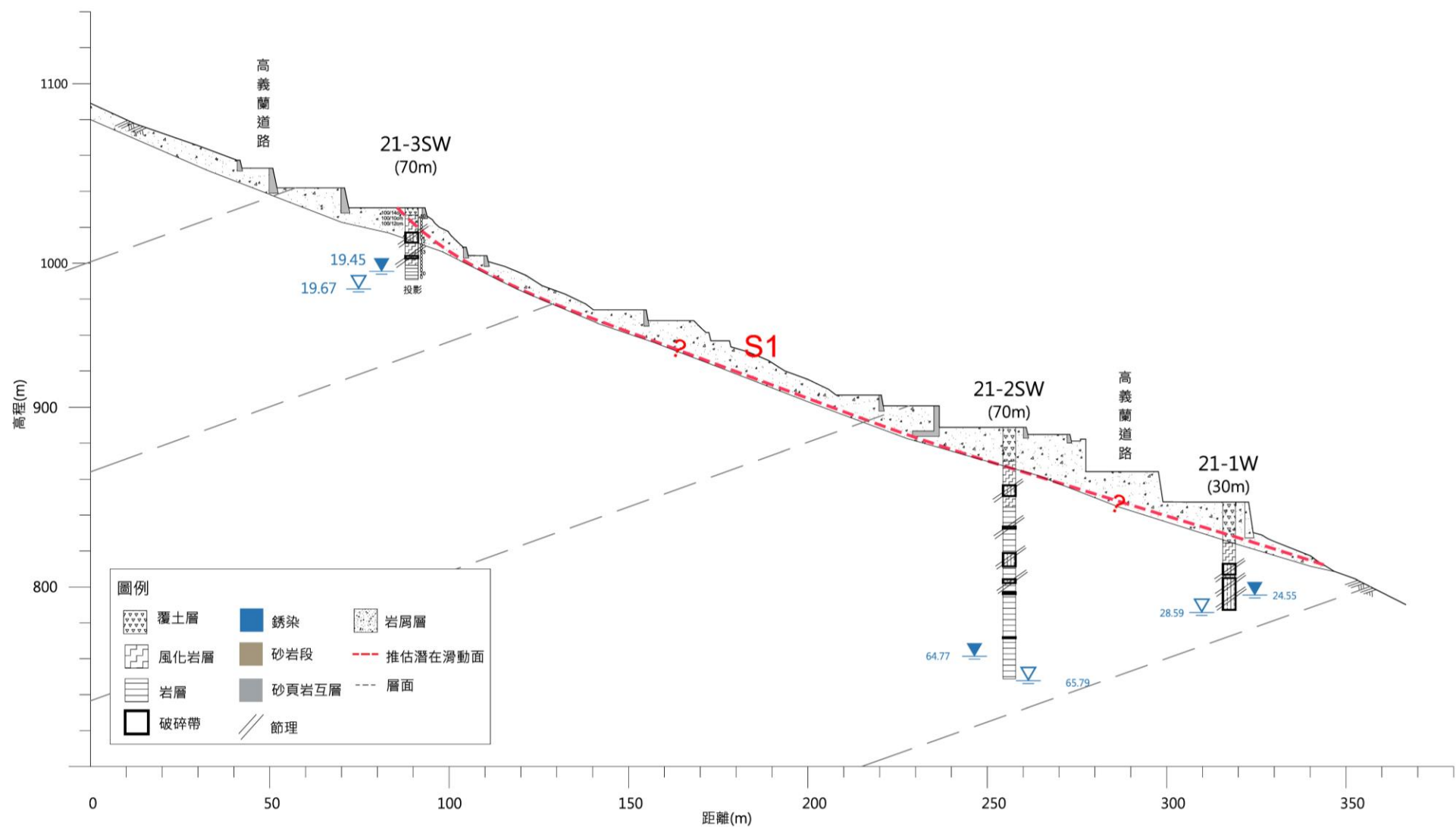


圖 6-2、中高義地區崩塌機制剖面示意圖(B-B')

第二節 崩塌地穩定分析

為瞭解區域邊坡不穩定因子改變對區域邊坡穩定性之影響，針對中高義地區進行邊坡穩定分析，以瞭解邊坡特性。本計畫採加拿大 Geo-Slope 公司發展之 GeoStudio 2007 Slope/W 程式，進行極限平衡法，說明如下：

一、分析剖面及滑動面位置

(一)分析剖面：根據地形資料、地表調查成果及岩芯資料建立邊坡穩定分析之地質剖面，以計畫區邊坡上、中、下之主要剖面(A-A'及 B-B')進行分析。

(二)滑動面位置：根據鑽探岩芯判釋成果，針對中高義地區可能存有滑動面之位置進行分析，分別為土岩介面以及岩體中較破碎岩層，後續將藉由監測成果進行調整及追蹤滑動面位置及機制。

(三)地下水條件：根據鑽探岩芯成果顯示，岩芯局部深度具有銹染特徵，且由水位井觀測成果顯示，計畫區近坡腹及坡趾處，於降雨期間顯示區域地下水有明顯上昇，具有地下水位變化情形。故針對不同地下水條件情形，進行邊坡穩定分析，掌握區域地下水位上昇時邊坡穩定情形。

二、材料參數設定

邊坡穩定分析之地質模型其材料概分為岩屑層、破碎岩層及岩層等 3 層，初步研判滑動面位於土岩介面及岩層中破碎帶，並根據鑽探岩芯之物理試驗，以及前期桃市府原民局於中高義地區一般物理性質試驗成果。此外，由於現地取樣不易，故岩層參數則參考潘國樑(2013)及 Geo5 參數手冊推估穩定分析參數，相關參數如表 6-1 所示。

表 6-1、邊坡穩定分析參數

選用參數				備註
材料分層	c (kPa)	ϕ (°)	γ (kN/m ³)	
岩屑層	48.0	26.6	20.0	室內試驗建議參數
破碎岩層	45.1	26.5	25.9	
岩層	450	36	26	由抗壓強度試驗參數推估，參考潘國樑(2013)及 Geo5 參數手冊

三、邊坡穩定分析成果

(一)岩屑層滑動(土岩介面)：根據邊坡穩定計算成果顯示，S1 潛在滑動塊體在監測期間常時水位條件下，安全係數為 2.660；最高水位條件下，安全係數為 2.660，如表 6-2 所示。S2 潛在滑動塊體在監測期間常時水位條件下，安全係數為 1.553；最高水位條件下，安全係數為 1.553，如表 6-4 所示。S4 潛在滑動塊體於常時水位條件下，安全係數為 1.221；最高水位條件下，安全係數為 1.204，如表 6-7 所示。

根據分析成果，中高義地區於監測期間最高地下水位分析顯示，邊坡尚屬穩定，與監測結果顯示邊坡無顯著變位特徵大致相符，未有立即致災之風險。其中，以計畫區坡中至坡趾於常時及最高地下水位之安全係數皆較低，顯示計畫區坡趾之地下水為影響邊坡穩定性因子之一。

表 6-2、岩屑層滑動分析成果(S1 潛在滑動塊體)

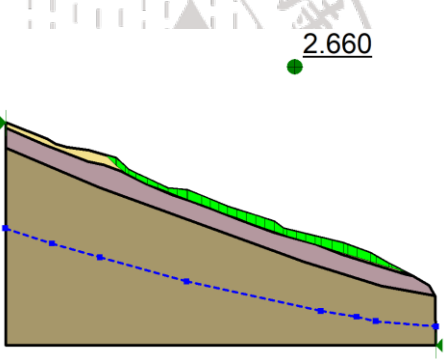
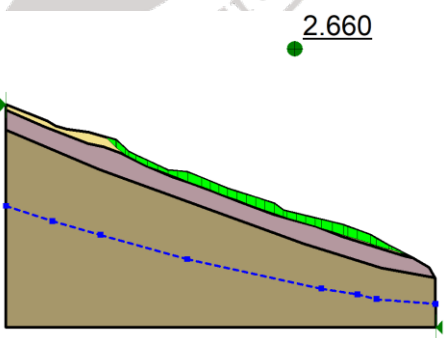
地下水條件	安全係數	邊坡穩定分析模型
常時 地下水位	2.660	
最高 地下水位	2.660	

表 6-3、岩屑層滑動分析成果(S2 潛在滑動塊體)

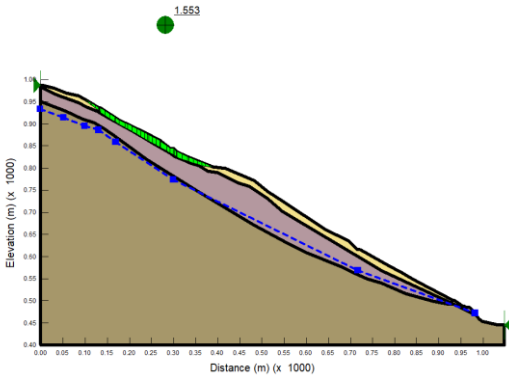
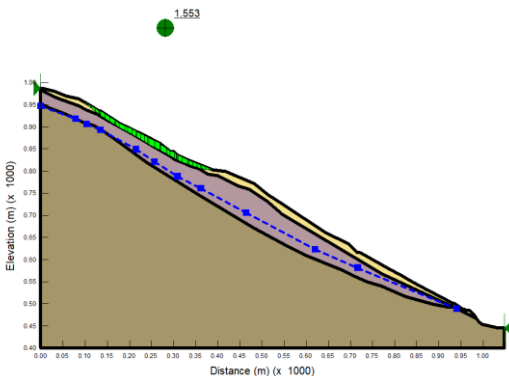
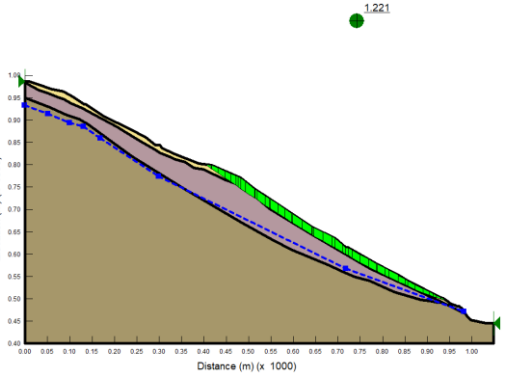
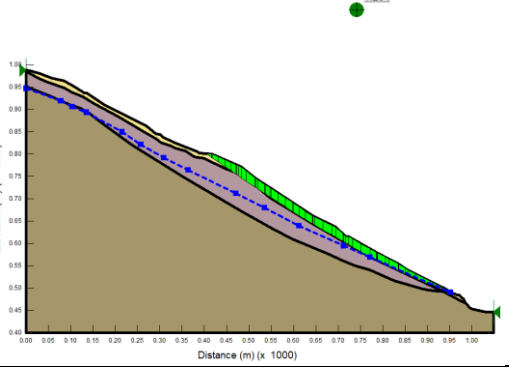
地下水條件	安全係數	邊坡穩定分析模型
常時 地下水位	1.553	
最高 地下水位	1.553	

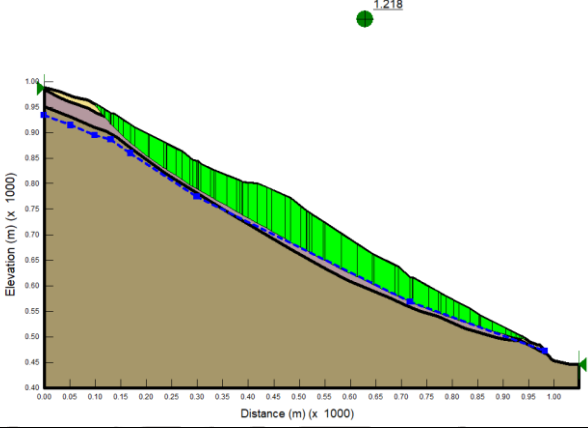
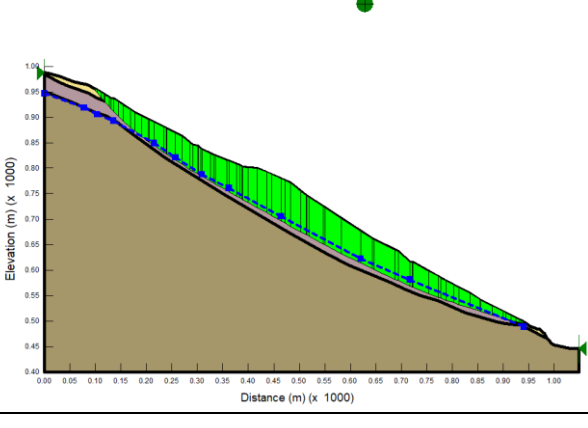
表 6-4、岩屑層滑動分析成果(S4 潛在滑動塊體)

地下水條件	安全係數	邊坡穩定分析模型
常時 地下水位	1.221	
最高 地下水位	1.204	

(二)破碎岩層滑動：根據邊坡穩定計算成果顯示，破碎(風化)岩層於監測期間常時水位條件下，安全係數為 1.218；最高水位條件下，安全係數為 1.204，如表 6-6 所示。

綜上所述，中高義地區於監測期間最高地下水位分析顯示，邊坡尚屬穩定，與監測結果顯示邊坡無顯著變位特徵大致相符，未有立即致災之風險。惟由於現階段監測成果顯示，各孔傾斜管皆未有明顯滑動面，且監測時程尚短，故目前分析成果為初步評估，後續將藉由監測成果回饋，確認邊坡穩定性，再據以滾動式修正邊坡穩定性分析。

表 6-5、破碎岩層滑動分析成果

地下水條件	安全係數	邊坡穩定分析模型
常時 地下水位	1.218	
最高 地下水位	1.204	

第三節 管理基準值探討

由於中高義(桃園市-復興區-D046)屬於行政院農業委員會水土保持局管理之潛在大規模崩塌潛勢區，故訂定管理基準值時須依循相關方法，除避免制度有不一致問題，並利於後續整合應用，說明如下：

(一)由於計畫區內未包含任何土石流潛勢溪流，故分類屬第 2 類型大規模崩塌潛勢區，降雨量管理值原則參考水土保持局訂定之大規模崩塌警戒雨量，警戒值訂定為 700mm，如表 6-6 所示，惟本計畫觀測期間尚短，後續將再配合長期觀測成果，滾動檢討目前雨量警戒值。

(二)根據蒐集之歷年雨量資料，中高義地區於 2007 年柯羅莎颱風、2008 年辛樂克颱風、2012 年蘇拉颱風、2015 年蘇迪勒颱風及 2016 年梅姬颱風，其 24 小時累積降雨量皆超過 300 mm，並以 2007 年柯羅莎颱風降雨量最大，24 小時累積雨量可達 660 mm 已達中央氣象局大豪雨警戒標準。倘若降雨量超過上述特殊降雨事件，將可能對計畫區穩定性造成影響，彙整資料如表 6-7 所示。

(三)於計畫執行期間，本年度主要以 9 月及 10 月之軒嵐諾、梅花及尼莎颱風事件降雨量相對顯著，但所帶來之強降雨，並未導致中高義地區發生土砂災害，降雨量若小於此降雨量，邊坡仍應屬穩定，無發生災害之疑慮。

表 6-6、中高義地區降雨量管理基準值(滾動檢討)

監測儀器	儀器編號	監測起始(年/月)	監測值(單位)	警戒值
雨量站	21C080 (高義站)	2022/01	雨量(mm)	700

(資料來源：降雨量邊坡活動性管理基準值，行政院農業委員會水土保持局大規模崩塌監測整合系統，2022)

表 6-7、中高義地區特殊降雨事件雨量統計表

期程	年份	日期	降雨事件	24 小時最大累積雨量(mm/24hr)
計畫 執行前	2007	10/05~10/06	柯羅莎	660(10/06)
	2008	09/11~09/13	辛樂克	498(09/13)
	2012	07/31~08/02	蘇拉	435(08/02)
	2015	08/06~08/09	蘇迪勒	400(08/08)
	2016	09/25~09/28	梅姬	462(09/27)
計畫 執行期間	2022	09/02~09/04	軒嵐諾	183(09/04)
		09/11~09/13	梅花	240(09/11)
		10/15~10/17	尼莎	196(10/16)

(資料來源：經濟部水利署；站號：高義；編號 21C080)

第四節 致災風險評估

崩塌潛勢的高低不直接等於致災風險，尚須考慮是否存在保全對象及影響程度等，行政院農業委員會水土保持局於 2021 年辦理「110 年大規模崩塌潛勢區地表位移觀測系統發展計畫」時，已針對水土保持局全臺大規模崩塌潛勢區進行風險評估，作為後續優先處理順序參考，其中包括本計畫中高義地區。為利於延續既有成果及避免競合問題，本計畫將參考既有方法進行風險評估，該方法主要係先針對潛勢區之危害度及脆弱度等兩項因子進行評估，再透過風險矩陣方式綜合評估調查區風險等級，如表 6-10 所示。水土保持局他案於計畫區之風險評估結果如表 6-11 所示，目前危害度等級為「中」、脆弱度等級為「中」，綜合風險等級為「中」，其說明如下：

- 一、**危害度評估：**係災害可能發生之機率。主要考量調查區之地質條件及邊坡活動性，包含坡度、地質構造距離、河道距離、順向坡地形特性及活動度等，他案於計畫區危害度各項因子評估結果，如表 6-8 第一項所示。其中，活動度因子評估係根據 InSAR 分析成果分級，屬於地表活動性觀測，惟本計畫監測時程尚短，後續將再利用傾斜觀測管量測成果，進一步調查邊坡地中活動性及大規模崩塌潛勢，回饋評估參考。
- 二、**脆弱度評估：**係災害發生所造成之損失，主要考量崩塌潛勢區之住戶、交通及重要設施等各種保全對象，他案於計畫區脆弱度各項因子評估結果，如表 6-9 第二項所示。計畫區內主要保全對象為當地住戶及聯外道路，考量住戶數量可能每年有增減變化，本計畫依「內政部門牌電子地圖查詢系統」(<https://addressrs.moi.gov.tw/address/index.cfm>)進行更新，依據 2022 年 10 月查詢結果，目前中高義地區增加至約 28 戶，脆弱度仍與他案於本區評估結果一致。

表 6-8、危害度評估內容及他案於計畫區之評估結果

評估因子		分級/分類	分數	他案 評估結果	本計畫 評估成果
一、 危害度 評估	坡度	大於 30 度	3	V	V
		23~30 度	2		
		小於 23 度	1		
	地質構造 距離	通過或相切	3		
		0~300m	2		
		大於 300m	1	V	V
	河道距離	距離小於 5m	3	V	V
		距離 5m~30m	2		
		距離大於 30m	1		
	順向坡地 形 特性	順向坡且坡腳見光	3		
		順向坡坡角未見光或逆向坡且岩層傾角大於 45 度	2		
		其他	1	V	V
	活動度	高	3		
		中	2		
		低	1	V	V
危害度分數(H)小計及等級(等級分數區間：高($H \geq 12$)、中($12 > H > 7$)、低($H \leq 7$))				9 分 (等級中)	9 分 (等級中)

表 6-9、脆弱度評估內容及他案於計畫區之評估結果

評估因子		分級/分類	分數	他案評估結果	本計畫 評估成果
二、 脆弱 度 評估	A.住戶	住戶 50 戶以上	36		
		住戶 20 到 49 戶	25		V (28 戶)
		住戶 10 到 19 戶	16	V (17 戶)	-
		住戶未滿 10 戶	9	-	
	B.交通	主要聯外道路、橋梁	18	V	V
		道路	10		
		無	0		
	C.重要設施	重要公共設施(如防災措施相關之設施和場所、高壓電塔、攔河堰、水庫蓄水範圍等)	18		
		無	0		
脆弱度分數(V)小計及等級 (等級分數區間：高(V > 58)、中(58 ≥ V > 30)、低(V ≤ 30))				34 分 (等級中)	43 分 (等級中)

表 6-10、風險等級(分數)評估矩陣

風險等級(分數) 評分表		脆弱度等級		
		高	中	低
危害度等級	高	高(9)	高(7)	中(4)
	中	高(8)	中(5)	低(2)
	低	中(6)	低(3)	低(1)

(資料來源：行政院農業委員會水土保持局、財團法人成大研究發展基金會，2021)

表 6-11、中高義地區之風險評估結果

潛勢區	影響聚落	危害度 (詳表 6-3)		脆弱度 (詳表 6-4)		風險	
		分數	等級	分數	等級	分數	等級
桃園市-復興區 -D046	桃園市復興區 中高義聚落	9	中	43	中	5	中



第五節 整體治理規劃研擬

由於本計畫監測時程時尚短，對於計畫區真正滑動規模及機制，尚待後續監測料追蹤，故現階段以現場調查成果，針對現況已有明顯缺失，如排水不良、擋土牆開裂等，提出改善建議，以減少地表水沖刷等不利因子造成之影響。

根據現勘結果顯示(圖 4-7)，部分排水溝互相銜接處，無設置匯流消能設施，無法有效減緩流速；部分區域之排水溝排洪斷面不足，或流末處無設置跌水消能設施(無尾溝)等，長期不利整體環境之穩定，相關說明如後。

一、排水溝流末無跌水消能設施

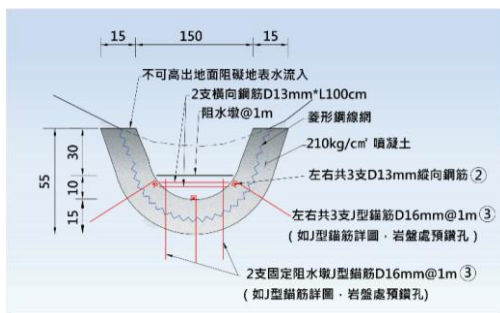
計畫區內所有排水系統主要藉由區域內縱向排水設施排向下邊坡坡面，惟流末處並無設置跌水消能設施，使溝內水直接沖刷坡面，造成蝕溝發育問題，故建議於流末無尾溝處設置跌水設施及陡槽溝導流，如圖 6-3(a)，以降低坡面沖刷可能，進而影響部落道路及邊坡穩定性之問題。

二、部分排水溝排水斷面可能不足

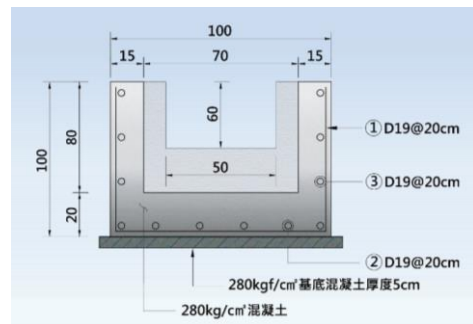
本計畫根據現勘掌握之排水設施位置及其斷面尺寸，其中計畫區頭部，因集水面積較大，約 6.5 公頃，故最低排洪斷面至少需 $0.7\text{m(W)} \times 0.9\text{m(H)}$ ，惟檢視該區域既有排水斷面為 $0.7\text{m(W)} \times 0.6\text{m(H)}$ 有不足情形，故後續建議列入改善。

三、縱橫向排水設施交會處未設置匯流井

本計畫區為已開發之坡地社區，區內縱橫向排水設施大致已設置，但於多處縱、橫向排水交會處，因缺少匯流井，使縱向排水溝內的水，無法順利導排至橫向截水溝，故建議排水系統銜接處之匯流井設置，如圖 6-3(b)，以減少縱向溝內的水，因溢滿而形成漫地流及沖刷坡面等問題。



(a)縱向排水消能溝示意圖



(b)匯流井消能設施示意圖

圖 6-3、中高義地區排水設施改善工法示意圖

二、裂縫填補改善

部落內部分道路及擋土設施存在開裂情形，擬建議辦理裂縫填補，以減少地表水沿裂縫入滲地層，提升擋土牆及邊坡穩定性。而填補後之裂縫，亦可作為環境設施穩定性評估之參考，例如教堂的地表裂縫，以及民宅前擋土牆開裂處，均曾經辦理裂縫填補，但現況仍有持續開裂表徵，如圖 6-4 所示。



照片 A、教堂前路面開裂



照片 B、教會附近民宅地坪再開裂

圖 6-4、中高義地區裂縫填補現況

根據本年度傾斜管監測成果顯示，各傾斜管無明顯孔口位移增量及明顯滑動面產生，且監測時間尚短，故建議後續暫不進行治理工程，先藉由長期監測方式，確認邊坡滑動機制及滑動規模。

此外，由於桃園市政府原住民族行政局已於本計畫區周邊辦理擋土及排水設施改善評估，故後續將於另案計畫中透過調查及監測成果進行綜合評估，以釐清擋土設施不穩定之原因，並回饋於另案相關改善工程建議。

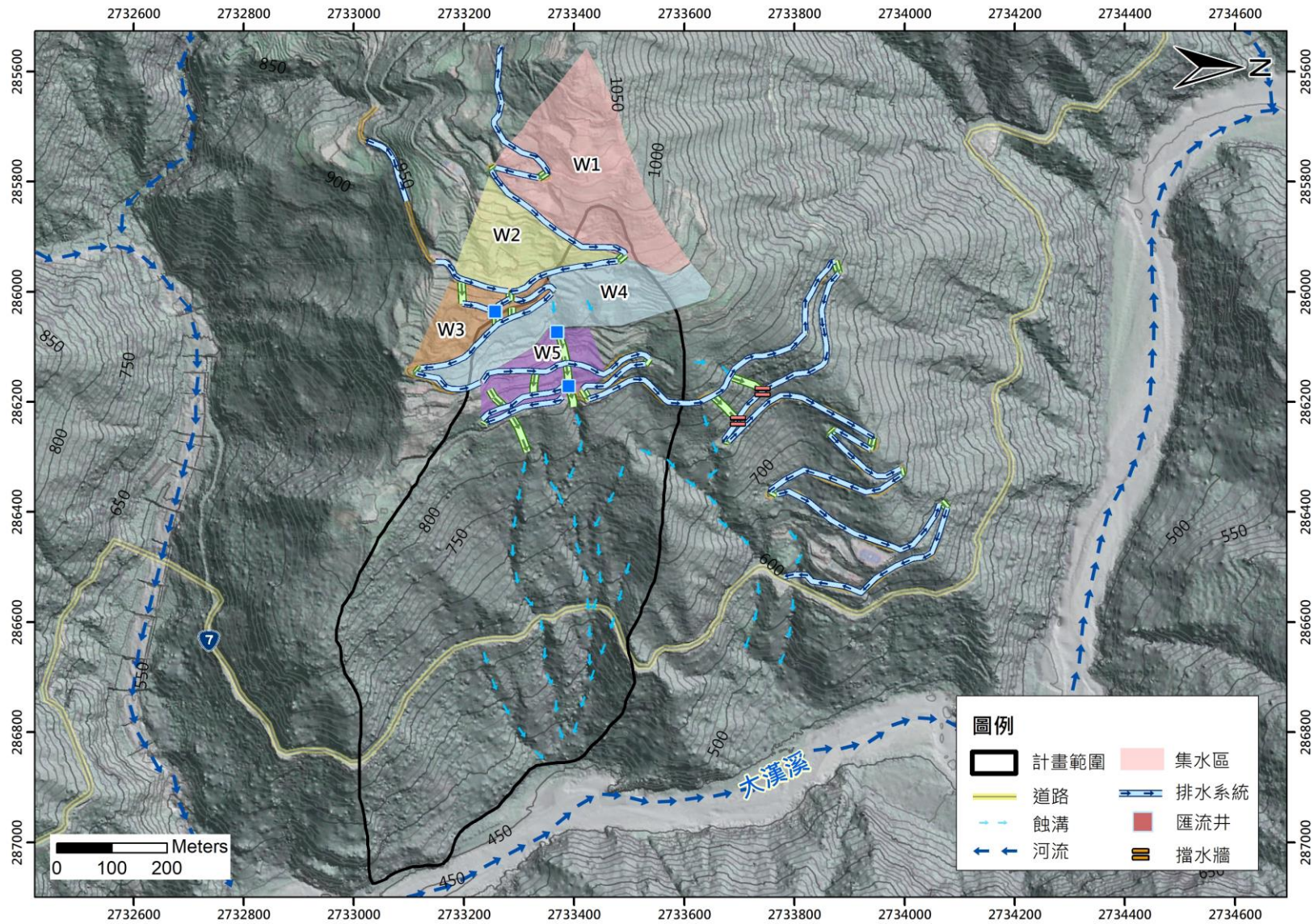


圖 6-5、中高義地區排水分區及既有排水設施平面位置圖

第六節 後續觀測及補充調查評估與建議

本計畫為第一年執行，對於可能致災原因及崩塌機制已有初步掌握，但考量計畫區內具重要保全對象，故建議仍須透過持續性監測工作，以及綜整相關各項調查監測成果，以追蹤邊坡穩定性，並滾動檢討後續治理工程需求性及可行性。初步建議持續進行監測工作，以利後續建置預警防災內容及持續性監測工作，相關說明如下：

一、後續監測建議

- (一)降雨量監測：依據監測結果顯示本計畫執行期間(2022 年 1 月~10 月)，以 2022 年 9 月 11 日之日雨量達 240mm 最大，為梅花颱風侵襲期間，未達警戒管理值，建議應持續監測。
- (二)地中活動性調查：根據各孔傾斜觀測管之觀測成果顯示，本計畫監測期間，各傾斜管無顯著變動，現場亦無明顯破壞表徵，因此初步研判邊坡尚屬穩定。惟根據崩塌機制分析，中高義地區其活動機制與岩屑材料及破碎岩層有關，亦可能同時受地下水層活動影響，然目前未能完整掌握整體潛在崩塌範圍，故建議應持續監測。
- (三)地下水觀測：由於區域地下水為影響邊坡穩定主要原因之一，且根據地下水位觀測成果研判，於計畫區近坡腹之 22-3W(70m)封層水位井以及坡趾近台 7 線道路之 22-4SW(70m)可能存在受壓含水層，故建議延續既有自記式水壓計設置位置，以掌握豪雨期間地下水位連續變化情形。分別為 21-2SW、21-3SW、22-4SW 等 3 孔內置自記式水壓計，以及 22-3W(30,70m)封層水位井，內置自記式水壓計(租用)共計 5 支。

二、治理規劃建議

本計畫區於民國 111 年 7 月建置監測儀器並完成初值量測，根據本年度傾斜管監測成果顯示，各傾斜管無明顯孔口位移增量及明顯滑動面產生，且監測時間尚短，故現階段為提出初步局部改善建議，後續藉由長期監測方式，確認邊坡滑動機制及滑動規模，供相關治理工程參考，並進行滾動式調整。

第七章 結論

根據地質調查以及 LiDAR 影像判釋成果，可劃定出 S1、S2、S3 及 S4 潛在滑動塊體，而重要保全對象主要位於 S1 塊體內，其道路及擋土設施存在多處裂縫；S2 塊體現況道路及擋土牆並無明顯受損情形，僅有局部小區域開裂現象；S3 及 S4 塊體之坡面均有多道沖蝕溝，對於調查區之長期穩定性仍可能造成不利影響，茲就期末階段調查成果提出相關結論：

一、地表地質及地質鑽探成果

綜整前期鑽探成果及本計畫新增鑽孔之岩芯資料顯示，中高義地區可分為岩屑層、風化岩層及岩層，其部分深度岩體破碎，具有剪裂帶現象；岩性主要以硬頁岩為主，且與既有圖幅資料及現地露頭位態調查成果相符。

二、現況勘查成果

- (一)邊坡不穩定徵兆：根據目前相關調查成果顯示，本計畫區 S1 潛在滑動塊體內之不穩定現象較為明顯，邊坡活動潛勢可能較高，如擋土設施已有開裂、傾斜、及背填土下陷、掏空等異常表徵出現，現況裂縫已辦理灌漿填補，但仍持續有開裂情形。
- (二)地表排水路徑：針對計畫區排水設施及蝕溝進行現勘，其成果顯示區內地表排水設施多無分流，降雨期間豐沛地表水於無尾溝排放，導致坡面冲刷進而產生蝕溝，惟地表水流經坡面至台 7 線後無水，研判可能於岩層中之裂隙中流失入滲，並根據現階段監測成果顯示，本計畫區尚屬穩定。
- (三)趾部攻擊岸：大漢溪趾部經空拍檢視成果顯示部分河段為攻擊岸，現況未進行相關護岸工程，另比對多期影像趾部大漢溪存在淤積情形，惟目前區域地下水特性及邊坡活動尚未完全掌握，有待後續監測及調查加以釐清。
- (四)部落聯外道路蝕溝：根據現勘結果顯示，計畫區北側聯外道路現況有岩屑材料堆積於坡面，此外，其蝕溝雖於降雨後出水量大，但坡面蝕溝現況植被生長狀況良好，無明顯坡面裸露情形，研判對於本計畫區無不良之影響。

三、監測成果

(一)地下水位：於 2022 年 7 月~10 月監測期間內，22-3W@70m 及 22-4SW 孔受颱風事件影響，地下水位有明顯上昇趨勢，分別上昇約 11.54m 及 21.35m。由於中高義地區於今年建置監測儀器，監測時程尚短，後續建議持續觀測，釐清降雨及地下水位變化之關聯性。

(二)地層穩定性：於 2022 年 7 月~10 月監測期間內，22-1S、22-2S 以及 22-4SW 之傾斜觀測管均無明顯位移增量產生，後續建議持續觀測追蹤邊坡活動性

四、崩塌機制研判

(一)表層岩屑滑動：由現地調查可知計畫區內坡面上存有厚度不一之風化岩屑材料，其岩屑層材料多為岩屑材料夾破碎岩塊，其厚度約 6.8~10.8m，受其材料特性影響，研判若受外在營力作用下，如蝕溝持續性沖刷等，可能進一步影響邊坡穩定性引致岩屑層間材料滑動。

(二)沿著破碎岩層滑動：計畫區多為硬頁岩為主，偶夾砂岩及砂頁岩薄互層。此外，於岩層部分深度存在岩體破碎情形，且具有剪裂帶以及高角度裂隙之特徵，易產生沿岩層弱面滑動行為。另依據地形判釋，計畫區頭部具陷落崖地形特徵，惟前期監測期間尚短，未有明確記錄崩塌事件或變位特徵，後續將藉由監測資料及追蹤。

二、建議

(一)持續監測及儀器維護：本計畫為第一年執行，對於可能致災原因及崩塌機制已有初步掌握，但考量計畫區內具重要保全對象，故建議仍須透過後續監測工作加以追蹤邊坡穩定性，供後續建置預警防災內容規劃之參考。

(二)後續治理規劃：由今年度調查成果顯示，已初步掌握計畫區之滑動機制，惟綜合觀測成果顯示，計畫區未有明顯滑動面及位移趨勢情形，故研判頭部結構物開裂情形為局部邊坡問題，或結構物不穩定所引致，並於另案正在辦理調查評估中。後續將藉由監測成果回饋，並滾動檢討後續治理工程需求性及可行性，以避免因滑動深度不明造成過度保守考量及經費之浪費。

參考文獻

1. 潘國樑(2013)，「工程地質通論」，台灣五南圖書出版股份有限公司。
2. 經濟部中央地質調查所(2015)，山崩與地滑地質敏感區查詢系統。
3. 經濟部中央地質調查所(2015)，「非莫拉克颱風受災地區潛在大規模崩塌地區分析報告」，成果報告，經濟部中央地質調查所。
4. 行政院農業委員會水土保持局(2016)，「運用 ALOS/PALSAR 雷達影像進行北臺灣大規模崩塌潛勢區位之活動性評估」，成果報告，行政院農業委員會水土保持局。
5. 行政院農業委員會水土保持局(2019)，「108 年度梅花、義興及茅圃地滑區潛在大規模崩塌調查監測計畫」，成果報告，行政院農業委員會水土保持局臺北分局。
6. 桃園市政府原住民族行政局(2021)，「桃園市復興區高義蘭部落文化健康站周邊設施改善計畫」，期中報告，桃園市政府原住民族行政局。
7. 行政院農業委員會水土保持局(2021)，「110 年大規模崩塌潛勢區地表位移觀測系統發展計畫」，成果報告書，行政院農業委員會水土保持局臺北分局。
8. 行政院農業委員會水土保持局、財團法人成大研究發展基金會(2021)，「110 年大規模崩塌潛勢區地表位移觀測系統發展計畫：成果報告書」，行政院農業委員會水土保持局。



