

SWCB-111-172

111年度茂林D062及D064 大規模崩塌潛勢區災害調查 成果報告書



行政院農業委員會
水土保持局
與您一起打拼

111
年度茂林 D062 及 D064 大規模崩塌潛勢區災害調查
成果報告書

111
年度
行政院農業委員會水土保持局臺南分局



行政院農業委員會水土保持局臺南分局
臺南市東區林森路一段316號
<https://tainan.swcb.gov.tw/>
出版日期：111 年 12 月

行政院農業委員會水土保持局臺南分局 編印
中華民國 111 年 12 月



**111 年度茂林 D062 及 D064 大規模崩塌潛勢區
災害調查
Calamity Investigation of Potential
Large-scale Landslide Area of Maolin D062
and D064 in 2022
成果報告書**

執行單位：瑞晟技術顧問股份有限公司

執行期間：111 年 02 月 16 日至 111 年 12 月 31 日

計畫主持人：陳賜賢 技師

共同主持人：黃健祐 技師

協同主持人：陳國華 技師

協同主持人：王騰雲 技師

行政院農業委員會水土保持局臺南分局 編印

中華民國 111 年 12 月

（本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本分局施政參考）



111 年度茂林 D062 及 D064 大規模崩塌潛勢區災害調查

摘要

依據經濟部中央地質調查所調查潛在大規模崩塌區之分析報告，其中有高雄市-茂林區-D062(茂林聚落) 28.1 公頃、高雄市-茂林區-D064(茂林) 98.9 公頃共 2 處為潛在大規模崩塌區，為確保此兩處大規模崩塌區內周遭保全對象之安全，因此本計畫於此進行崩塌地現況調查、地質鑽探調查、觀測資料綜合分析等工作，以了解潛勢區地表下岩體破裂程度，並配合孔內傾斜管之觀測工作，掌握潛勢區之颱風豪雨事件後的變化情形，提供潛在大規模崩塌區之治理與防災預警管理依據。

本計畫蒐集環境狀況、地質特性及衛星影像，搭配地表地質調查，內容包含地形、地質、地貌及構造物，完成工程地質圖，另進行 7 孔共 250.3 公尺之地質鑽探，以掌握地層力學參數。崩塌地觀測項目包含地中傾斜管、地下水位、張力裂縫及雨量觀測，觀測期間自 6 月 24 日至 11 月 4 日，共完成 6 次監測。監測成果綜合評估地下水位、雨量觀測、張力裂縫及地中傾斜管，發現地下水位無隨時雨量而顯著起落現象，並研判計畫範圍於監測期間皆屬穩定狀態。

經邊坡穩定分析結果研判，D062 大規模崩塌潛勢區分析剖面 A-A'，在常時、地震時、暴雨時，安全係數皆符合規範之要求。D064 大規模崩塌潛勢區分析剖面 B-B'，在常時、地震時、暴雨時，安全係數皆符合規範之要求。D064 大規模崩塌潛勢區分析剖面 C-C'，在常時、地震時安全係數符合規範之要求；在暴雨時則有滑動破壞之虞。此外，在地震或暴雨時，山區林道有落石之虞。因本年度執行期間無颱風或豪大雨事件，明年度需持續觀測以延續地中傾斜管監測效用，作為未來大規模崩塌警戒發佈之依據。

關鍵詞：大規模崩塌、地質調查、崩塌地觀測

Calamity Investigation of Potential Large-scale Landslide Area of Maolin D062 and D064 in 2022

ABSTRACT

According to the analysis report of the potential large-scale landslide area investigated by the Central Geological Survey (CGS). D062 (28.1 ha) and D064 (98.9 ha) belong to potential large-scale landslide. In order to ensure the security object around two potential large-scale landslide area security, collapse of ground survey, geological drilling investigation, observation and data comprehensive analysis, to understand the degree of broken rock in the equation, and the observation of the inclined tube inside work, master equation after the typhoon heavy rain events of the change of situation, To provide the management basis of potential large-scale landslide area ,disaster prevention and early warning management.

This project collects environmental conditions, geological characteristics and satellite images, and cooperates with surface geological surveys. The monitoring results comprehensively evaluated the groundwater level, rainfall observation, tension cracks and the Inclinator Casing, and judged this area was in a stable state during the monitoring period.

According to the results of slope stability analysis, the analysis section A-A' of D062 and the analysis section B-B' of D064 have a safety factor that meets the requirements of the code in normal times, earthquakes, and heavy rains. The analysis section C-C ' of D064, the safety factor meets the requirements of the code during normal times and earthquakes; there is a risk of sliding damage during heavy rain. In addition, during earthquakes or heavy rains, there is a risk of falling rocks on forest roads in mountainous areas. Because of there were no typhoon and heavy rain in this year, it is necessary to follow the Inclinator Casing. And we can know that if there is needs to issue the warning.

Keywords : Large-scale landslide, Geological Survey, Collapse observation

目 次

摘 要	I
Abstract	II
目 次	III
表 次	VI
圖 次	VIII
第一章 前 言	1-1
第一節 計畫目的	1-1
第二節 工作範圍	1-1
第三節 工作項目及內容	1-2
第四節 工作查核點與完成進度	1-5
第五節 工作項目檢核表	1-5
第二章 大規模崩塌潛勢區環境調查	2-1
第一節 土地使用現況	2-1
第二節 降雨紀錄	2-2
第三節 DEM 數值地形及分析	2-3
第四節 UAV 正射影像航空攝影	2-6
第五節 衛星影像蒐集與坡地災害歷史分析	2-7
第六節 地形及集水區水文	2-12
第七節 區域地質	2-15
第八節 環境地質	2-17
第三章 大規模崩塌潛勢區細部調查	3-1
第一節 地表地質調查成果	3-1
第二節 崩塌地調查成果	3-6
第三節 野溪及沖蝕溝調查成果	3-9
第四節 滲水頭調查成果	3-9
第五節 河岸侵蝕調查成果	3-10
第六節 擋土構造物現況調查成果	3-11

第七節 張力裂縫調查成果.....	3-12
第八節 植被調查成果.....	3-14
第四章 地質鑽探及試驗.....	4-1
第一節 現場鑽探調查.....	4-1
第二節 標準貫入試驗.....	4-2
第三節 現場透水試驗.....	4-2
第四節 地中傾斜管兼地下水位觀測井埋設	4-4
第五節 試驗室試驗成果.....	4-5
第六節 D062 大規模崩塌潛勢區地層分布及特性	4-8
第七節 D064 大規模崩塌潛勢區地層分布及特性	4-14
第五章 崩塌地觀測.....	5-1
第一節 監測頻率.....	5-1
第二節 地中傾斜儀監測成果及分析	5-1
第三節 張力裂縫監測成果及分析.....	5-6
第四節 降雨量紀錄.....	5-7
第五節 地下水位監測成果及與時降雨量關係	5-9
第六節 顯著有感地震紀錄.....	5-12
第七節 監測成果綜合評估.....	5-14
第六章 大規模崩塌潛勢區地質安全評估.....	6-1
第一節 地質不連續面統計分析.....	6-1
第二節 岩體滑動潛勢分析.....	6-7
第三節 崩塌地致災原因研析.....	6-17
第四節 簡化地層參數及回饋分析.....	6-20
第五節 邊坡穩定分析及潛在滑動面研判	6-24
第六節 潛在崩塌影響範圍及土石方量估算	6-34
第七節 保全對象及防災應變.....	6-37
第八節 潛在大規模崩塌區之治理與防災預警管理	6-40
第七章 現勘、相關報告印製及其他需配合事項.....	7-1

第一節 各期審查報告撰寫、印製及相關準備	7-1
第二節 監測月報、事件報告撰寫、印製及相關準備	7-1
第三節 辦理現地會勘及臨時交辦事項或臺南分局需配合事項	7-1
第四節 配合本案研討會或期刊投稿文章	7-2
第八章 結論與建議	8-1
第一節 結論	8-1
第二節 建議	8-4
參考文獻	參-1
附錄一、歷次審查會議紀錄及意見回覆說明	附 1-1
附錄二、公文紀錄	附 2-1
附錄三、岩層調查成果紀錄表	附 3-1
附錄四、崩積層調查成果紀錄表	附 4-1
附錄五、古沖積扇堆積調查成果紀錄表	附 5-1
附錄六、崩塌地調查成果紀錄表	附 6-1
附錄七、野溪調查成果紀錄表	附 7-1
附錄八、沖蝕溝調查成果紀錄表	附 8-1
附錄九、擋土構造物現況調查成果紀錄表	附 9-1
附錄十、鑽孔地質柱狀圖	附 10-1
附錄十一、現場透水試驗成果	附 11-1
附錄十二、土壤一般物理性質及粒徑分布曲線試驗成果	附 12-1
附錄十三、土壤直接剪力強度試驗成果	附 13-1
附錄十四、岩石物理性質試驗成果	附 14-1
附錄十五、岩石單軸壓縮強度試驗成果	附 15-1
附錄十六、岩石弱面直接剪力強度試驗成果	附 16-1
附錄十七、邊坡穩定回饋分析計算書	附 17-1
附錄十八、邊坡穩定分析計算書	附 18-1
附錄十九、國際天然災害防治研討會投稿文章	附 19-1

表 次

表 1-1	工作項目檢核表.....	1-6
表 2-1	土地使用現況調查統計表.....	2-1
表 2-2	尾寮山(C0R100)雨量測站歷年雨量統計表	2-2
表 2-3	坡度分析成果表.....	2-4
表 2-4	坡向分析成果表.....	2-5
表 2-5	正射影像相關參數表.....	2-6
表 2-6	2004~2020 年歷史衛星影像崩塌地判釋結果統計表	2-7
表 3-1	細部調查點數量統計表.....	3-1
表 3-2	中央地質調查所山崩分類方法.....	3-6
表 3-3	各類型崩塌地面積統計表.....	3-7
表 4-1	鑽孔數量統計表.....	4-1
表 4-2	現場透水試驗成果綜合表	4-3
表 4-3	地中傾斜管兼地下水位觀測井數量統計表	4-4
表 4-4	土壤一般物理試驗成果總表	4-7
表 4-5	土壤力學試驗成果總表.....	4-7
表 4-6	岩石物理試驗成果總表.....	4-8
表 4-7	岩石力學試驗成果總表.....	4-8
表 4-8	D062 上盤板岩鑽探岩心品質 RQD 分類表	4-11
表 4-9	D062 斷層帶鑽探岩心品質 RQD 分類表	4-12
表 4-10	D062 鑽孔 A-1 岩性與不連續面性質分布表	4-12
表 4-11	D062 鑽孔 A-1 鑽探岩心品質 RQD 分類表.....	4-12
表 4-12	D062 鑽孔 A-2 岩性與不連續面性質分布表	4-12
表 4-13	D062 鑽孔 A-2 鑽探岩心品質 RQD 分類表.....	4-13
表 4-14	D062 鑽孔 A-3 岩性與不連續面性質分布表	4-13
表 4-15	D062 鑽孔 A-3 鑽探岩心品質 RQD 分類表.....	4-13
表 4-16	D064 鑽孔 B-2 岩性與不連續面性質分布表	4-16
表 4-17	D064 鑽孔 B-2 鑽探岩心品質 RQD 分類表.....	4-17
表 4-18	D064 鑽孔 B-3 岩性與不連續面性質分布表	4-17
表 4-19	D064 鑽孔 B-3 鑽探岩心品質 RQD 分類表.....	4-17

表 4-20	D064 鑽孔 B-4 岩性與不連續面性質分布表	4-18
表 4-21	D064 鑽孔 B-4 鑽探岩心品質 RQD 分類表	4-19
表 5-1	監測頻率與監測日期表	5-1
表 5-2	地中傾斜儀監測最大累積變位量表	5-5
表 5-3	張力裂縫監測成果表	5-6
表 5-4	茂林蝶谷自動雨量站(CM0180)日雨量紀錄表	5-8
表 5-5	地下水位量測紀錄表	5-9
表 5-6	顯著有感地震紀錄表	5-12
表 6-1	D062 大規模崩塌潛勢區層面及劈理面統計分析成果綜合表	6-2
表 6-2	D062 大規模崩塌潛勢區節理面統計分析成果綜合表	6-3
表 6-3	D064 蕃薯狀谷地層面及劈理面統計分析成果綜合表	6-4
表 6-4	D064 東半部蕃薯狀谷地節理面統計分析成果綜合表	6-5
表 6-5	D064 西半部單面山麓層面及劈理面統計分析成果綜合表	6-6
表 6-6	D064 西半部單面山麓節理面統計分析成果綜合表	6-7
表 6-7	D062 邊坡岩體滑動分析成果及分布區位表	6-8
表 6-8	D064 東半部蕃薯狀谷地邊坡岩體滑動分析成果及分布區位表	6-11
表 6-9	D064 西半部單面山麓邊坡岩體滑動分析成果及分布區位表	6-13
表 6-10	RMR 岩體評分表	6-23
表 6-11	邊坡穩定分析參數表	6-24
表 6-12	邊坡穩定分析安全係數規範表	6-24
表 6-13	邊坡穩定分析安全係數成果表	6-25
表 6-14	潛在崩塌土石方量計算成果表	6-35
表 6-15	茂林區避難處所一覽表	6-38
表 6-16	中央氣象局大雨及豪雨預報標準表	6-39
表 6-17	本計畫區茂林里防災應變措施建議表	6-39
表 6-18	臺灣邊坡觀測案例管理值	6-41
表 6-19	建議潛在大規模崩塌地邊坡位移監測管理值表	6-42
表 8-1	建議 112 年度安全監測工作項目及內容表	8-4

圖 次

圖 1-1	計畫範圍地理位置圖.....	1-1
圖 2-1	計畫範圍土地利用調查成果圖.....	2-1
圖 2-2	土地使用現況調查照片.....	2-2
圖 2-3	尾寮山(C0R100)雨量測站歷年雨量統計圖	2-3
圖 2-4	茂林里 DEM 圖.....	2-3
圖 2-5	DEM 數值等高線 3D 地形圖.....	2-4
圖 2-6	坡度圖.....	2-5
圖 2-7	坡向圖.....	2-6
圖 2-8	UAV 正射影像航空攝影成果圖	2-7
圖 2-9	2004 至 2020 年歷史衛星影像山崩判釋圖	2-8
圖 2-10	尾寮山 2004-2020 年月雨量套繪崩塌地面積圖	2-10
圖 2-11	區域地形圖	2-13
圖 2-12	立體陰影地形特徵分析圖	2-13
圖 2-13	集水分區圖	2-14
圖 2-14	區域地質圖	2-16
圖 2-15	環境地質圖	2-17
圖 3-1	細部調查點位置圖.....	3-2
圖 3-2	工程地質圖.....	3-3
圖 3-3	沖積層河階地調查成果紀錄.....	3-6
圖 3-4	滲水頭調查成果紀錄.....	3-10
圖 3-5	河岸侵蝕調查成果紀錄.....	3-11
圖 3-6	擋土構造物現況異常現象紀錄.....	3-12
圖 3-7	張力裂縫調查成果紀錄.....	3-14
圖 3-8	植被調查成果紀錄表.....	3-15
圖 3-9	大規模崩塌警戒發布條件示意圖.....	3-15
圖 3-10	鄰近避難處所位置圖.....	3-16
圖 4-1	鑽孔位置圖.....	4-1
圖 4-2	現場變水頭透水試驗曲線圖.....	4-3
圖 4-3	地中傾斜管設置標準圖.....	4-5

圖 4-4	D062 鑽探地質柱狀圖地層對比分析圖.....	4-9
圖 4-5	D062(A-A')地質剖面圖	4-9
圖 4-6	D064 鑽探地質柱狀圖地層對比分析圖.....	4-14
圖 4-7	D064(B-B')地質剖面圖	4-15
圖 4-8	D064(C-C')地質剖面圖	4-15
圖 5-1	A-1 地中傾斜儀監測成果圖	5-2
圖 5-2	A-2 地中傾斜儀監測成果圖	5-2
圖 5-3	A-3 地中傾斜儀監測成果圖	5-3
圖 5-4	B-1 地中傾斜儀監測成果圖.....	5-3
圖 5-5	B-2 地中傾斜儀監測成果圖.....	5-4
圖 5-6	B-3 地中傾斜儀監測成果圖.....	5-4
圖 5-7	B-4 地中傾斜儀監測成果圖.....	5-5
圖 5-8	茂林蝶谷自動雨量站(CM0180)日降雨量分布圖.....	5-9
圖 5-9	地下水位與時降雨量關係圖.....	5-11
圖 5-10	中央氣象局地震報告圖.....	5-13
圖 6-1	D062 大規模崩塌潛勢區層面及劈理面統計分析成果圖	6-1
圖 6-2	D062 大規模崩塌潛勢區節理面統計分析成果圖.....	6-2
圖 6-3	D064 蕃薯狀谷地層面及劈理面統計分析成果圖.....	6-3
圖 6-4	D064 東半部蕃薯狀谷地節理面統計分析成果圖.....	6-4
圖 6-5	D064 西半部單面山麓層面及劈理面統計分析成果圖	6-6
圖 6-6	D064 西半部單面山麓節理面統計分析成果圖.....	6-7
圖 6-7	D062 東向邊坡岩體滑動分析成果圖.....	6-9
圖 6-8	D062 東南向邊坡岩體滑動分析成果圖.....	6-9
圖 6-9	D062 南向邊坡岩體滑動分析成果圖.....	6-9
圖 6-10	D062 西南向邊坡岩體滑動分析成果圖	6-10
圖 6-11	D062 西向邊坡岩體滑動分析成果圖	6-10
圖 6-12	D064 東半部蕃薯狀谷地東向邊坡岩體滑動分析成果圖.....	6-11
圖 6-13	D064 東半部蕃薯狀谷地東南向邊坡岩體滑動分析成果圖.....	6-11
圖 6-14	D064 東半部蕃薯狀谷地南向邊坡岩體滑動分析成果圖.....	6-12
圖 6-15	D064 東半部蕃薯狀谷地西南向邊坡岩體滑動分析成果圖.....	6-12

圖 6-16	D064 東半部蕃薯狀谷地西向邊坡岩體滑動分析成果圖.....	6-12
圖 6-17	D064 西半部單面山麓東向邊坡岩體滑動分析成果圖.....	6-14
圖 6-18	D064 西半部單面山麓東南向邊坡岩體滑動分析成果圖.....	6-14
圖 6-19	D064 西半部單面山麓南向邊坡岩體滑動分析成果圖.....	6-15
圖 6-20	D064 西半部單面山麓西南向邊坡岩體滑動分析成果圖.....	6-15
圖 6-21	D064 西半部單面山麓西向邊坡岩體滑動分析成果圖.....	6-15
圖 6-22	邊坡岩體滑動潛勢圖.....	6-16
圖 6-23	莫拉克颱風超級豪大雨災害照片紀錄.....	6-17
圖 6-24	莫拉克風災洪水範圍推測圖.....	6-18
圖 6-25	大規模崩塌前後等高線對比圖.....	6-19
圖 6-26	大規模崩塌前後地形對比剖面圖.....	6-20
圖 6-27	崩積層回饋分析計算參數成果圖.....	6-21
圖 6-28	邊坡穩定回饋分析代表性成果圖.....	6-22
圖 6-29	A-A' 剖面全區位邊坡穩定分析成果圖.....	6-26
圖 6-30	A-A' 剖面上邊坡穩定分析成果圖.....	6-27
圖 6-31	A-A' 剖面下邊坡穩定分析成果圖.....	6-28
圖 6-32	B-B' 剖面全區位邊坡穩定分析成果圖.....	6-29
圖 6-33	B-B' 剖面下邊坡穩定分析成果圖.....	6-30
圖 6-34	C-C' 剖面全區位邊坡穩定分析成果圖.....	6-31
圖 6-35	C-C' 剖面中部邊坡穩定分析成果圖.....	6-32
圖 6-36	C-C' 剖面下邊坡穩定分析成果圖.....	6-33
圖 6-37	潛在崩塌影響範圍圖.....	6-35
圖 6-38	大規模崩塌地潛在崩塌體分析成果圖.....	6-36
圖 6-39	土石流及大規模崩塌警戒發布條件示意圖.....	6-38
圖 6-40	茂林區避難處所位置圖.....	6-38
圖 7-1	地質鑽探點位選址現勘照片.....	7-2
圖 7-2	本計畫投稿文章證明.....	7-3

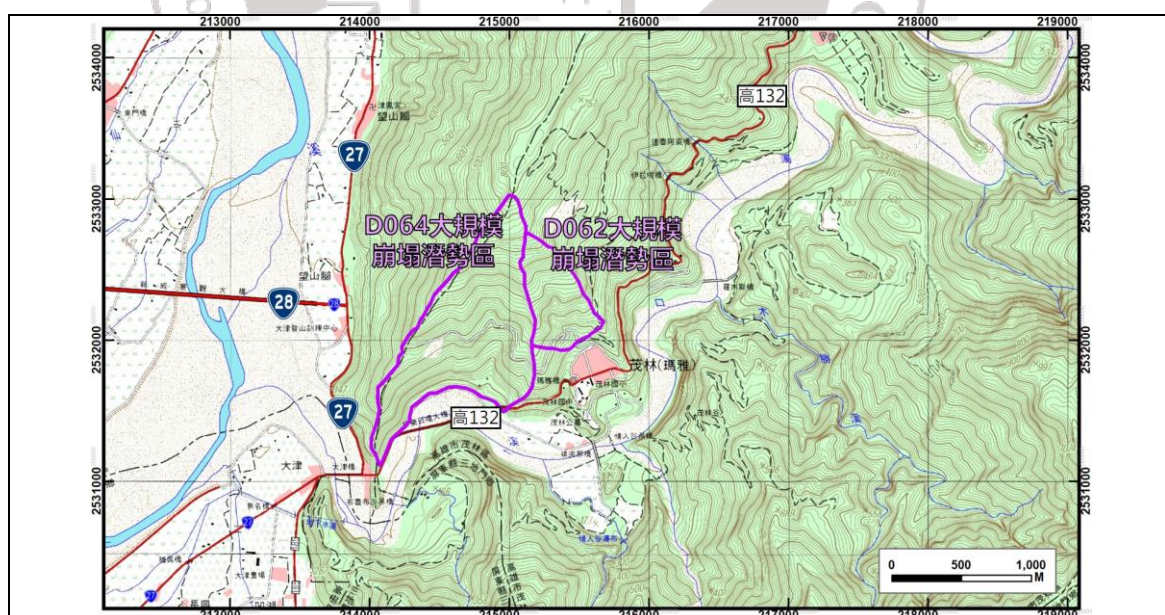
第一章 前言

第一節 計畫目的

依據經濟部中央地質調查所調查潛在大規模崩塌區之分析報告，其中有高雄市-茂林區-D062(茂林聚落) 28.1 公頃、高雄市-茂林區-D064(茂林) 98.9 公頃共 2 處為潛在大規模崩塌區，為確保此兩處大規模崩塌區內周遭保全對象之安全，因此本計畫預定於此進行崩塌地現況調查、地質鑽探調查、觀測及資料綜合分析等工作，以了解潛勢區地表下岩體破裂程度，並配合孔內傾斜管之觀測工作，掌握潛勢區之颱風豪雨事件後的變化情形，提供潛在大規模崩塌區之治理與防災預警管理依據，未來可根據現場觀測設備、觀測成果與調查規劃等成果進行綜整，提供相關工作經驗，做為未來潛在大規模崩塌區監測調查工作推動之參考。

第二節 工作範圍

本計畫範圍位於高雄市茂林區茂林里，計兩處大規模崩塌潛勢區 D062(28.1 公頃)及 D064(98.9 公頃)，地理位置圖詳圖 1-1。保全對象為茂林聚落。聯外道路為高 132 線，往東北經萬山里抵達多納里，往西則於大津橋與台 27 線交會對外交通。



底圖來源：內政部國土測繪中心，1/25000 經建版地形圖。

圖 1-1 計畫範圍地理位置圖

第三節 工作項目及內容

本計畫為 111 年度執行，依合約規定工作項目如下：

一、崩塌地現況調查。

(一)區域環境調查：

- 1、區域環境調查目的：對崩塌地全區之地形、地質狀況有初步瞭解，做為後續規劃地表細部調查、地中調查等參考。
- 2、蒐集現有資料：包括航空照片、衛星影像、數值地形(包含 1 公尺數值地形)、地形或地質圖資判讀環境狀況及地質特性。
- 3、調查項目及內容：

- (1)環境狀況：土地使用狀況、植生狀況、降雨紀錄、水系與蝕溝分布及坡地災害歷史。
- (2)地質特性：地形、地層分布、地質構造、順向坡特性、山崩與地滑徵兆及不穩定土體或岩體之分布與特性。

(二)細部調查：

- 1、細部調查目的：取得現場資料，並與環境資料蒐集及地形判釋結果比對，初步推測地質模型，做為後續地中調查（地下地質調查）規劃的參考。
- 2、細部調查項目及內容：
 - (1)地形：河谷型態、蝕溝與水系分布、階地、台地、坡高、坡度、陷落崖、坡趾隆起、遷急線等微地形特徵調查。
 - (2)地質：岩屑層之材料性質及成因、岩盤露頭之位態及岩性、地質構造、岩層分類、弱面種類、弱面描述、岩石材料記錄及描述、岩層的延伸、分布與對比追蹤等。
 - (3)地貌：植被、蓄水窪地、坡面滲水等情形。

(4)構造物：包括治山防災構造物及其他構造物現況調查(如擋土構造物裂縫、擠壓變形、地表裂縫、路面陷落、隆起)。

(三)其他調查：

包括潛在崩塌地內及鄰近受影響地區之重要保全或公共設施等，均應列入調查範圍。

二、地質鑽探調查與分析

(一)調查崩塌區總鑽探長度 250 公尺。

(二)地質鑽探深度，一般要貫穿最深的可能滑動面再加深至少 5 公尺，以獲得完整地質剖面資料為原則，並全程取樣。岩心應按深度依序放置於岩心箱中。全程取樣之岩心在完成岩心觀察、記錄及拍照後，始得進行取樣試驗。計畫期間岩心箱應妥為保存。

(三)鑽探岩芯筒採較大直徑之 HQ 規格(岩芯筒孔徑 96.3 公厘、岩芯直徑 63.5 公厘)為原則。土壤與岩層之提取率均應達 85%以上，礫石層之提取率均應達 50%以上。遇剪裂帶與破碎帶等導致岩心取樣率不足，且有影響滑動面分布與特性判斷時，應辦理補鑽。

(四)地質鑽探位置，根據地表調查結果配置，每條測線至少 3 孔。

(五)鑽探過程進行現地試驗：透水試驗、標準貫入試驗(SPT)。

(六)地質鑽探所採取之土、岩樣品，進行物理性質及力學試驗；至少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。

(七)地質鑽探調查成果，製作地質鑽探報告書(含技師簽證)。

(八)應依「地質資料蒐集管理辦法」規定，提交地質調查報告或相關之書圖文。

三、崩塌地觀測。

(一)觀測目的：以地表及地質調查結果，初步分析可能崩塌機制後，須配合更精密的觀測儀器及方法(非限本文件所列項目或方法)取得量化的觀測成果，包含降雨量、滑動深度、地下水位或水壓與邊坡活動性的關係等，進一步回饋崩塌機制分析、防災應變管理值及整體治理規劃訂定。

(二)觀測儀器設備：

- 1、觀測儀器及設備(含通訊、電力相關費用)，電力備援 96 小時，採租用為原則。
- 2、全自動化觀測資料，廠商端應先建立監測資料儲存設備，再由水土保持局介接至「大規模崩塌監測整合系統」。
- 3、計畫期間，廠商應妥善維護各項現地觀測設備。
- 4、監測資料介接規範(接收率、完整率)，應參照水土保持局「大規模崩塌監測資料規範」辦理。

(三)觀測項目：地中觀測：人工手動地中傾斜管(儀)

- 1、高雄市茂林區 D062 計 3 處，高雄市茂林區 D064 計 3 處。
- 2、各地區每年觀測至少 1 次。

(四)依據調查及監測成果進行必要之分析，評估完成監測成果分析評估報告。

四、觀測資料綜合分析

(一)綜合比對分析降雨、地下水位(壓)、地表位移、地中變位觀測及地層剖面資料等觀測資料之相關性。

(二)重大事件後，臺南分局得指示廠商提送速報或事件報告。

五、現勘、相關報告印製及其他需配合事項

- (一)各期審查報告撰寫、印製及相關準備。
- (二)監測月報、事件報告撰寫、印製及相關準備。
- (三)辦理現地會勘及臨時交辦事項或臺南分局需配合事項。
- (四)配合本案研討會或期刊投稿文章 1 篇。

第四節 工作查核點與完成進度

本計畫執行期間為 111 年 2 月 16 日至 111 年 12 月 31 日，依契約規定完成各階段查核點如下：

- 一、111 年 3 月 2 日完成第一次工作會報。
- 二、111 年 4 月 11 日完成期初工作執行計畫書第一次審查。
- 三、111 年 5 月 2 日完成期初工作執行計畫書第二次審查。
- 四、111 年 8 月 10 日完成期中報告書審查。
- 五、111 年 11 月 28 日完成期末報告書審查。

第五節 工作項目檢核表

本計畫工作項目檢核表如表 1-1，已完成契約委辦任務。

表 1-1 工作項目檢核表

項次	服務項目	契約數量	單位	完成數量	完成率(%)
一	崩塌地現況調查	127	公頃	127	100
二	地質鑽探調查及試驗	250	公尺	250	100
三	崩塌地觀測	6	處	6	100
四	觀測資料綜合分析	2	處	2	100
五	現勘、相關報告印製及其他需配合事項	1	式	1	100
(一)	現勘、相關報告印製及其他需配合事項	1	式	1	100
(二)	配合本案研討會或期刊投稿文章	1	篇	1	100

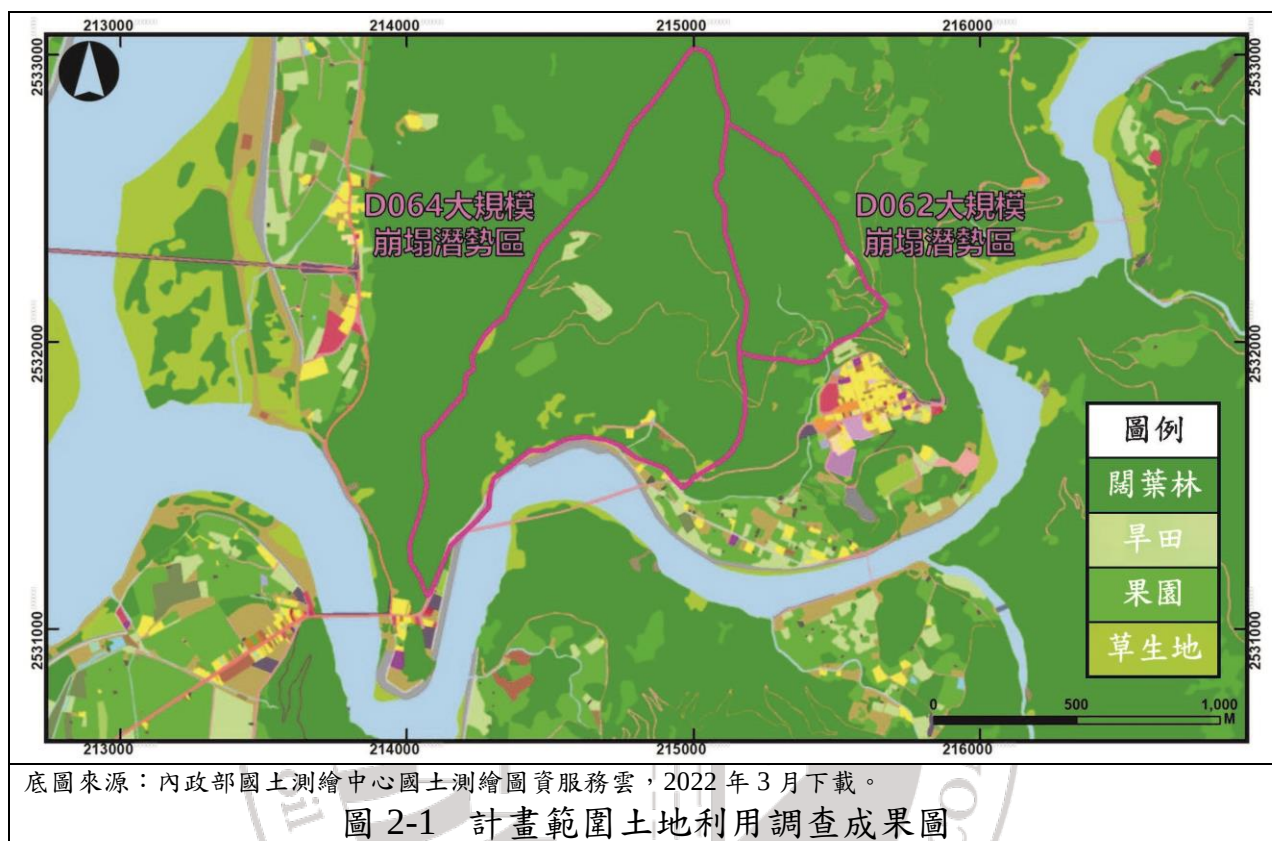
資料來源：本計畫契約。



第二章 大規模崩塌潛勢區環境調查

第一節 土地使用現況

計畫範圍內土地使用分區為森林區，土地編定主要為林業用地，局部坡度較緩區位為農牧用地。土地使用現況以闊葉林為主，局部散布旱田、果園及草生地。計畫範圍土地利用現況調查成果圖詳圖 2-1。



D062 大規模崩塌潛勢區範圍內土地使用現況主要為茂密之闊葉林(約 96.51%)，次為果園(約 2.99%)、旱田(約 0.50%)。D064 大規模崩塌潛勢區範圍內土地使用現況主要為茂密之闊葉林(約 95.13%)，次為旱田(約 1.53%)、果園(約 1.32%)、草生地(約 2.02%)。土地使用現況調查統計表詳表 2-1，土地使用現況調查照片詳圖 2-2。

表 2-1 土地使用現況調查統計表

大規模崩塌潛勢區編號	闊葉林		旱田		果園		草生地	
	面積(公頃)	百分比(%)	面積(公頃)	百分比(%)	面積(公頃)	百分比(%)	面積(公頃)	百分比(%)
D062	27.12	96.51	0.14	0.50	0.84	2.99	0.00	0.00
D064	94.08	95.13	1.51	1.53	1.31	1.32	2.00	2.02

資料來源：本計畫。



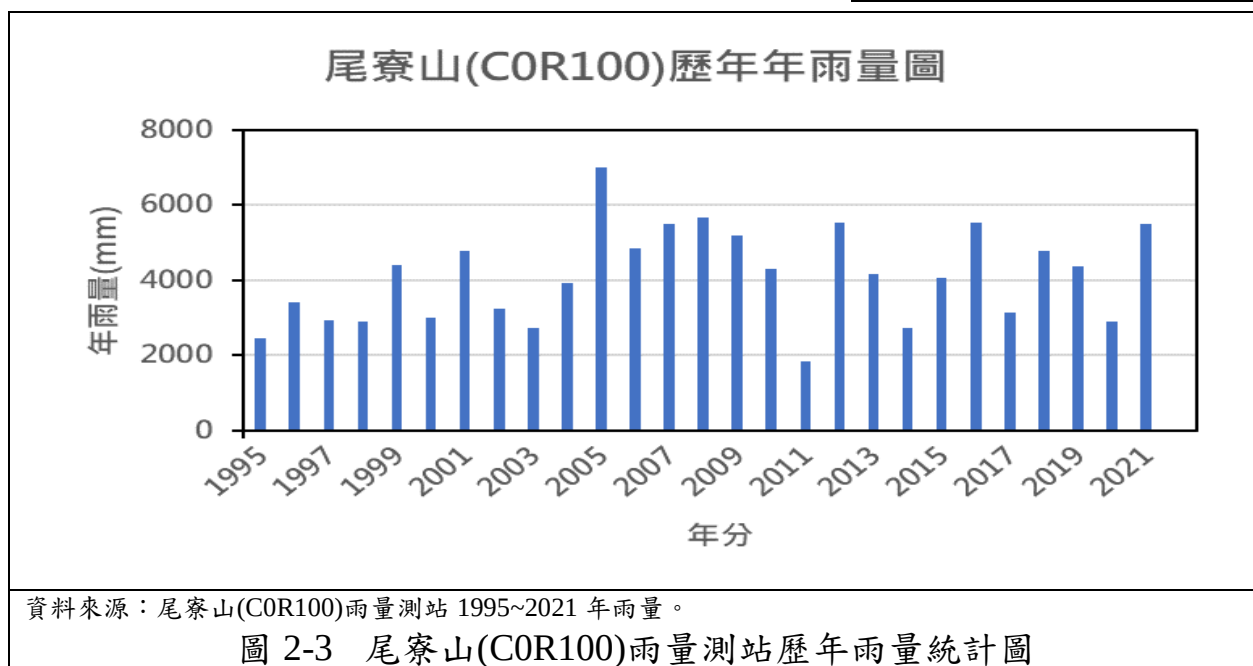
第二節 降雨紀錄

本計畫鄰近大型雨量站為尾寮山(C0R100)雨量測站，約在本計畫區南南東方約 5.85 公里。摘錄 1995~2021 年計 27 年之歷年雨量統計表詳表 2-2，製作歷年雨量統計圖詳圖 2-3。主要降雨月份集中在 6~9 月梅雨及颱風豪雨季節，平均年雨量為 4,105 公厘。

表 2-2 尾寮山(C0R100)雨量測站歷年雨量統計表

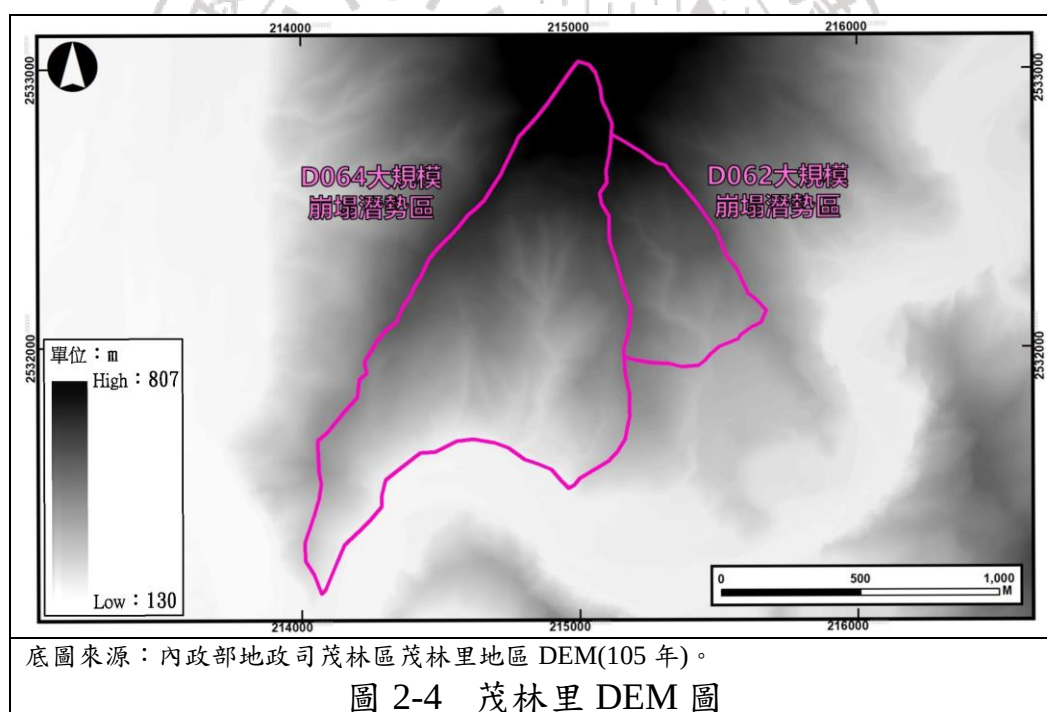
年分	雨量(公厘)	年分	雨量(公厘)	年分	雨量(公厘)	年分	雨量(公厘)
1995	2448.5	2002	3227	2009	5199	2016	5549
1996	3404	2003	2742	2010	4292	2017	3146.5
1997	2924.5	2004	3937	2011	1832	2018	4781
1998	2900	2005	7012	2012	5528	2019	4361
1999	4404.5	2006	4856	2013	4151.5	2020	2909.5
2000	3015	2007	5485.5	2014	2720.5	2021	5492.5
2001	4794.5	2008	5673	2015	4070.5		

資料來源：尾寮山(C0R100)雨量測站 1995~2021 年雨量。

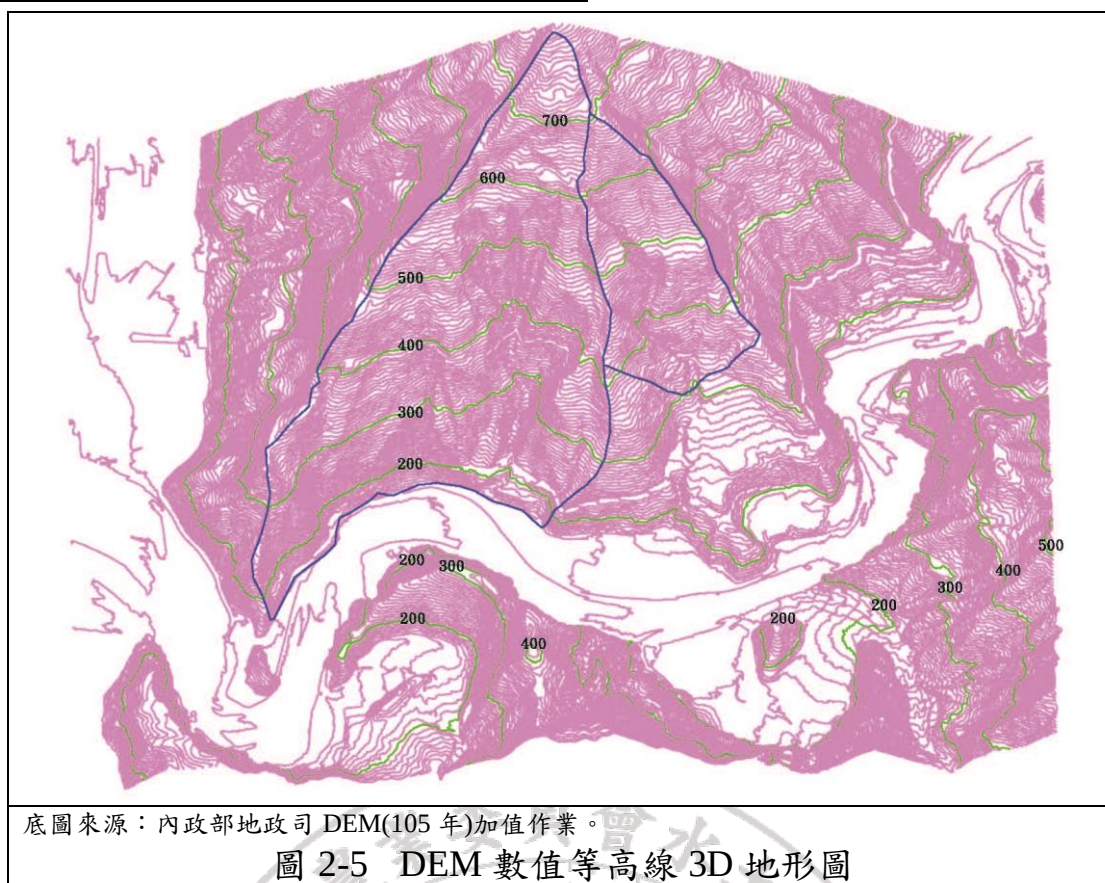


第三節 DEM 數值地形及分析

採用內政部地政司「高精度數值地形模型」(1 公尺網格間距)DEM(Digital Elevation Model)圖資，茂林里 DEM 圖詳圖 2-4。



以 DEM 圖資，採用 Quantum GIS(簡稱 QGIS) 軟體之空間與 3D 分析模組，採 1 公尺網格間距，建製地形等高線，可以立體視覺化呈現地貌、地形特徵等。建製 DEM 數值等高線 3D 地形圖詳圖 2-5。

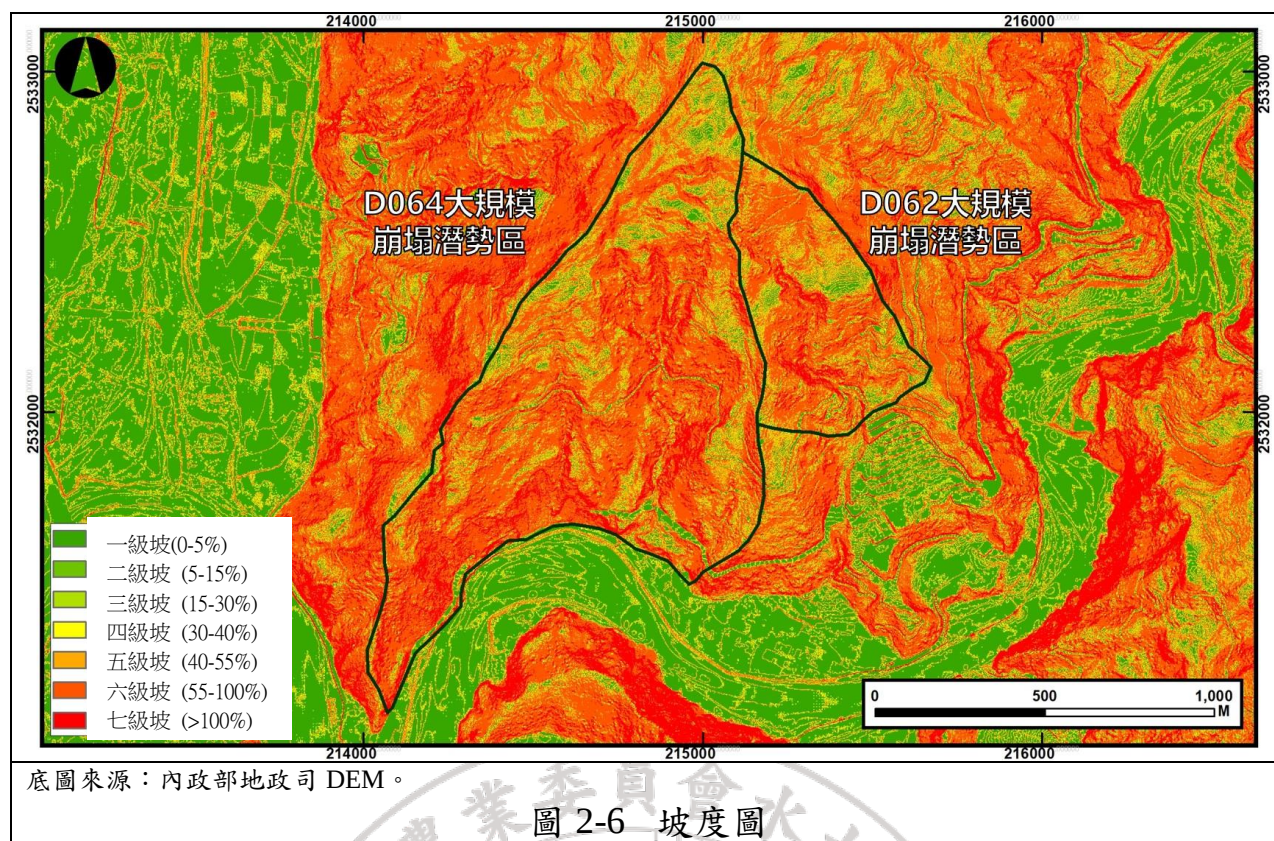


一、坡度分析

坡度計算方法為等高線法，採用 QGIS 之空間與 3D 分析模組，進行 DEM 圖層分析坡度，坡度分析成果表詳表 2-3，坡度圖詳圖 2-6。D062 大規模崩塌潛勢區內，平均坡度為 55.90%，其中五級坡以上陡峭坡約佔 77.08%；D064 大規模崩塌潛勢區內，平均坡度為 61.02%，其中五級坡以上陡峭坡約佔 85.56%。

表 2-3 坡度分析成果表

坡度分級	D062 大規模崩塌潛勢區		D064 大規模崩塌潛勢區	
	面積(ha)	百分比(%)	面積(ha)	百分比(%)
一級坡 (0-5%)	0.11	0.38	0.52	0.52
二級坡 (5-15%)	0.20	0.70	1.44	1.45
三級坡 (15-30%)	2.51	8.94	4.40	4.44
四級坡 (30-40%)	3.62	12.90	7.94	8.02
五級坡 (40-55%)	6.98	24.85	21.28	21.52
六級坡 (55-100%)	10.63	37.84	50.83	51.39
七級坡 (>100%)	4.05	14.40	12.51	12.64
總計	28.10	100.00	98.90	100.00
平均坡度	55.90 %		61.02 %	
資料來源：本計畫。				



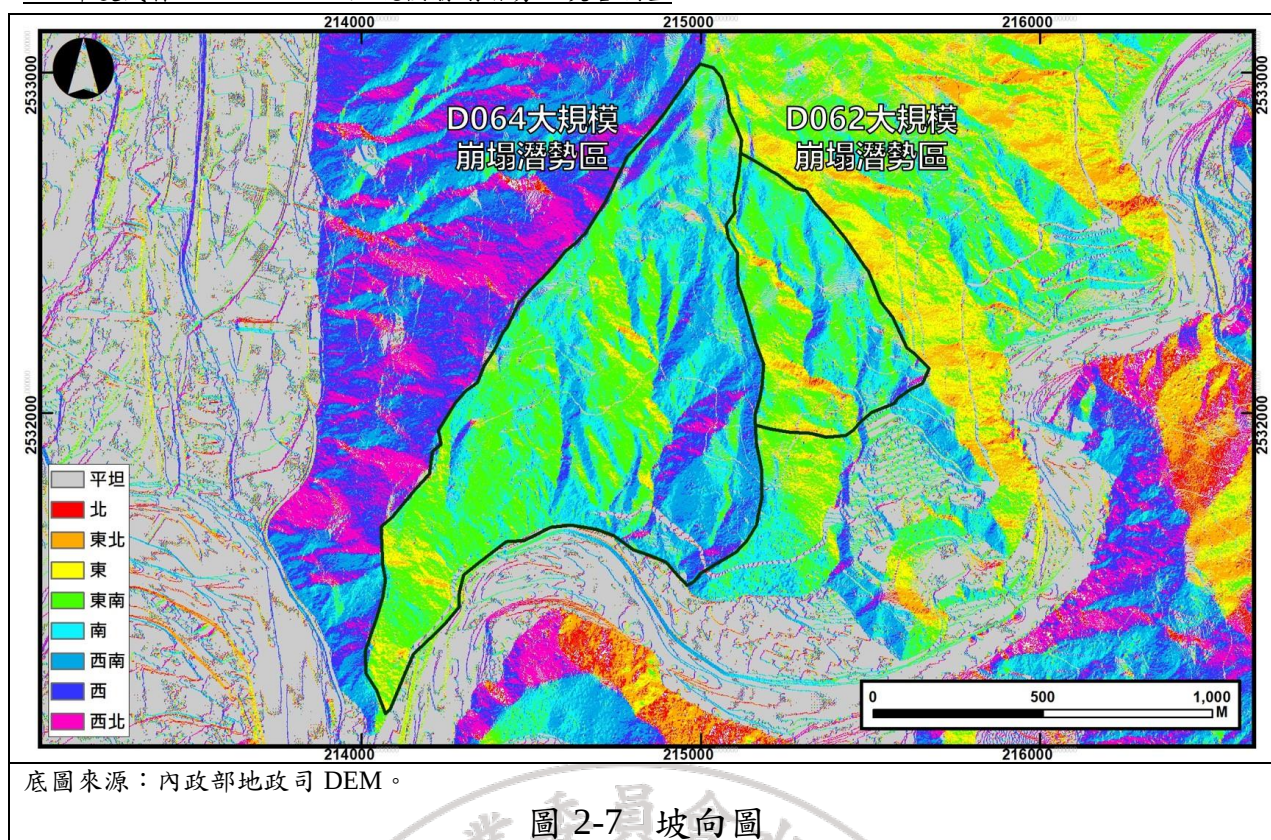
二、坡向分析

坡向計算方法為網格法，採用 QGIS 之空間與 3D 分析模組，進行 DEM 圖層分析坡向，坡向分析成果表詳表 2-4，坡向圖詳圖 2-7。D062 大規模崩塌潛勢區內，坡向以東南及南向為主，約佔 74.4%；D064 大規模崩塌潛勢區內，坡向以東南及南向為主，約佔 70.3%。

表 2-4 坡向分析成果表

坡度分級	D062 大規模崩塌潛勢區		D064 大規模崩塌潛勢區	
	面積(ha)	百分比(%)	面積(ha)	百分比(%)
平坦	0.0	0.0	0.0	0.0
北	0.0	0.0	.0	0.0
東北	0.4	1.5	0.0	0.0
東	4.3	15.3	3.4	3.4
東南	9.8	34.8	34.4	34.8
南	11.1	39.6	35.1	35.5
西南	2.1	7.3	17.2	17.4
西	0.4	1.5	8.3	8.4
西北	0.0	0.0	0.5	0.5
總計	28.1	100	98.9	100

資料來源：本計畫。



第四節 UAV 正射影像航空攝影

採用美國 Autel Robotics 之四旋翼無人機 EVO 2 PRO 機型，辦理計畫範圍內之崩塌地正射影像拍攝。搭配內政部國土測繪中心 e-GNSS 即時動態定位系統服務，由無人機連續拍攝照片，利用影像後製軟體 Pix4D 進行影像匹配與座標校正，完成正射影像成果。正射影像相關參數詳表 2-5，UAV 正射影像航空攝影成果圖詳圖 2-8。

表 2-5 正射影像相關參數表

Number of images	598
Flying altitude	367m
Ground resolution	8.89 cm/pix
Coverage area	4.34 km ²
Camera stations	579
Tie points	821,155
Projections	2,872,776
Reprojection error	0.577 pix
資料來源：本計畫。	

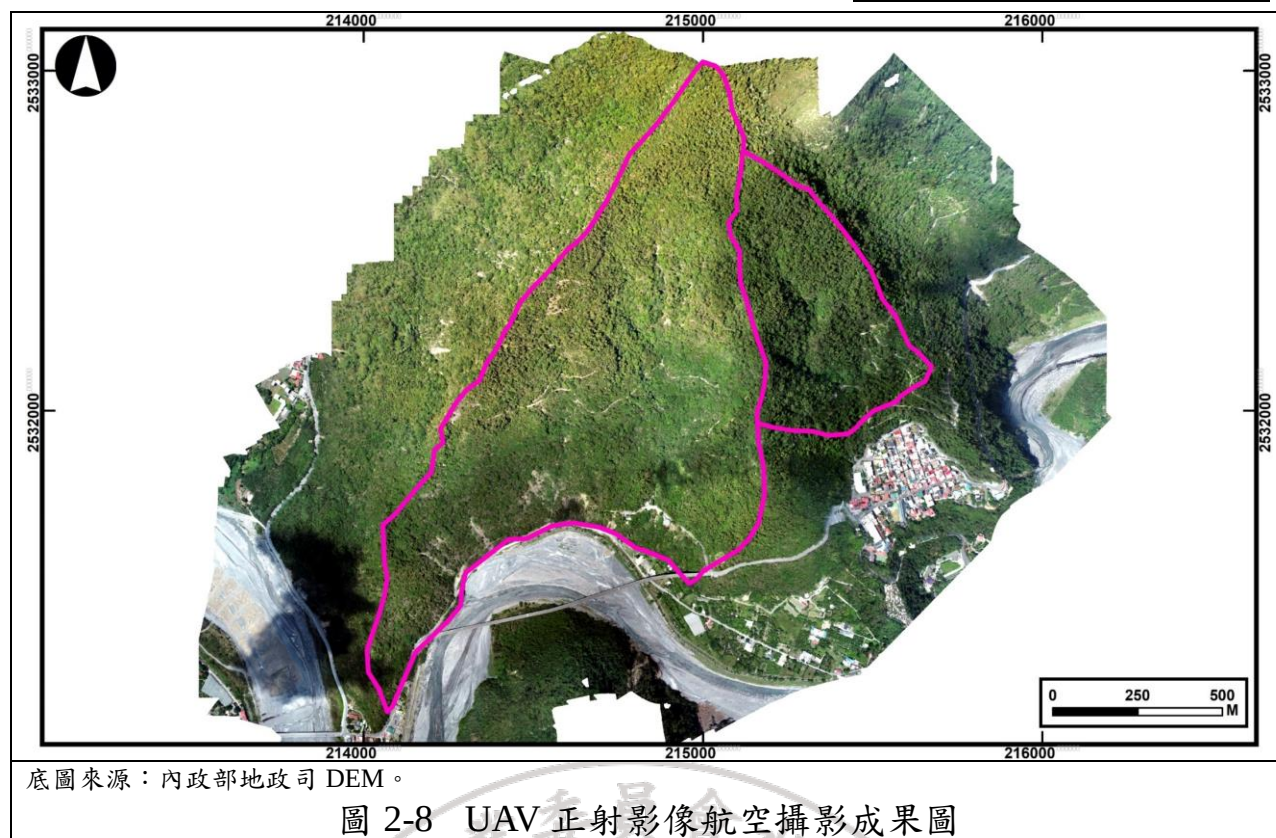


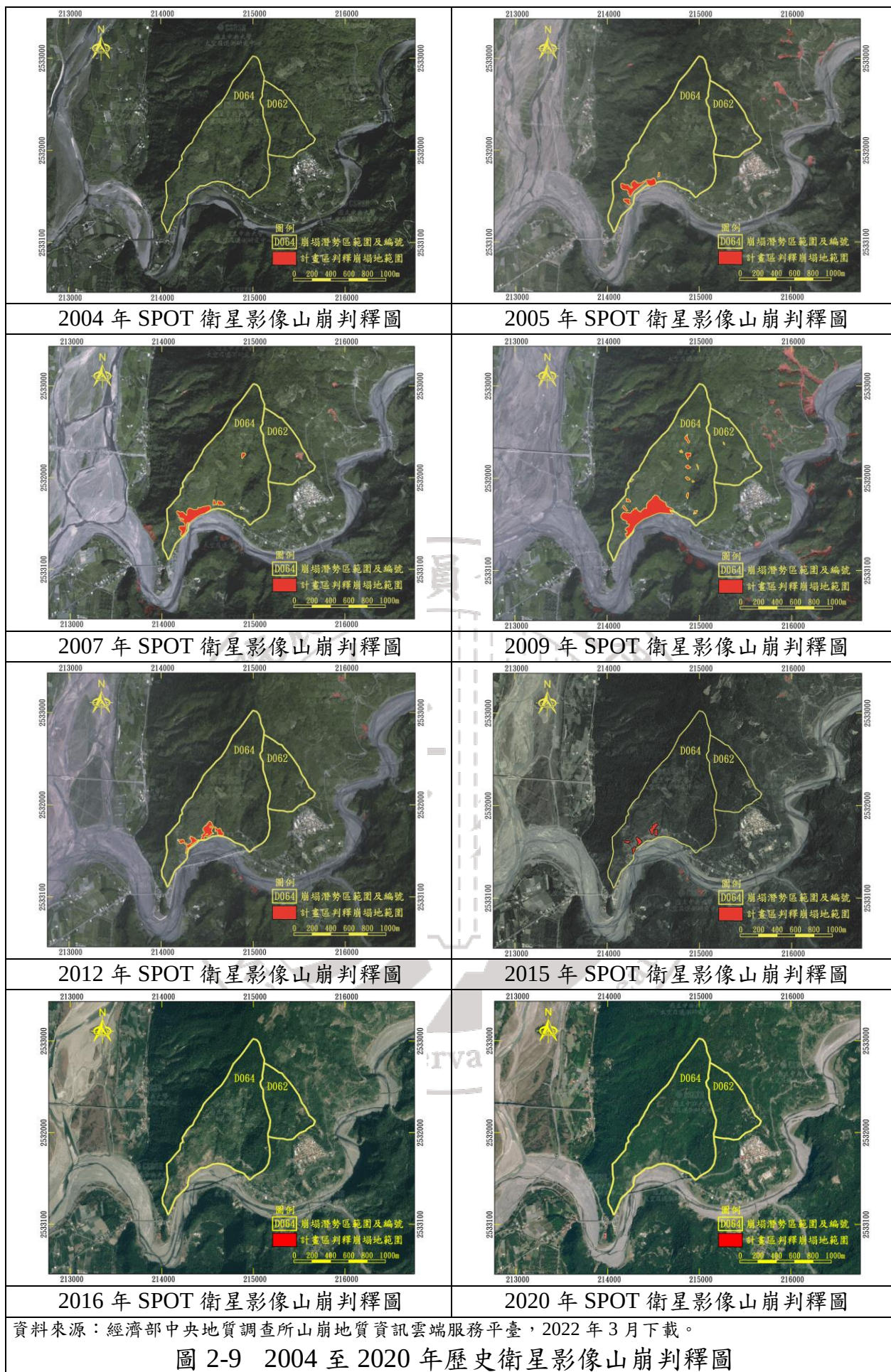
圖 2-8 UAV 正射影像航空攝影成果圖

第五節 衛星影像蒐集與坡地災害歷史分析

依據歷史衛星影像判釋老崩塌地分布區位，以研析坡地災害歷史。摘錄經濟部中央地質調查所 2005 至 2020 年歷史 SPOT 衛星影像山崩判釋圖於圖 2-9，統計本計畫範圍內判釋崩塌地面積於表 2-6。

表 2-6 2004~2020 年歷史衛星影像崩塌地判釋結果統計表

大規模崩塌 潛勢區編號	D062			D064			
崩塌地判釋	舊崩塌地 復崩面積 (ha)	新增崩 塌地面 積(ha)	崩塌地 面積合 計(ha)	舊崩塌地 復崩面積 (ha)	舊崩塌地 外擴崩塌 面積(ha)	新增崩塌 地面積 (ha)	崩塌地 面積合 計(ha)
2004 年	-	-	0.0000	-	-	-	0.0000
2005 年	-	-	0.0000	-	2.8305	-	2.8305
2007 年	-	-	0.0000	2.5740	1.8810	0.1704	4.6254
2009 年	-	0.0313	0.0313	4.2786	4.3023	0.8764	9.4573
2012 年	-	-	0.0000	2.6991	0.1344	-	2.8335
2015 年	-	-	0.0000	1.2222	0.1271	-	1.3493
2016 年	-	-	0.0000	-	-	-	0.0000
2020 年	-	-	0.0000	-	-	-	0.0000
舊崩塌地重疊面積合計 0.0313 (公頃)				舊崩塌地重疊面積總計 9.7188 (公頃)			
舊崩塌地重疊面積總計 9.7501(公頃)							
資料來源：本計畫。							



在 2005 年 D064 大規模崩塌潛勢區原植被邊坡發生約 2.8305 公頃之崩塌，D062 大規模崩塌潛勢區則無顯著崩塌地分布。

在 2007 年 D064 大規模崩塌潛勢區已擴大發生約 4.6254 公頃之崩塌，其中在舊崩塌地範圍復發崩塌面積為 2.5740 公頃，舊崩塌地外擴崩塌面積為 1.8810 公頃，在野溪岸區域則有發生 1 處崩塌地面積為 0.1704 公頃；D062 大規模崩塌潛勢區則無顯著崩塌地分布。

在 2009 年莫拉克超大豪雨風災後，D064 大規模崩塌潛勢區在原崩塌地區域，更擴大發生約 9.4573 公頃之大規模崩塌，並造成茂林里惟一聯外道路斷毀。其中在舊崩塌地範圍復發崩塌面積為 4.2786 公頃，舊崩塌地外擴崩塌面積為 4.3023 公頃，在野溪岸區域則有新增加崩塌地面積為 0.8764 公頃；D062 大規模崩塌潛勢區僅在野溪岸區域發生 1 處約 0.0313 公頃之崩塌。

在 2012 年 D064 大規模崩塌潛勢區在原崩塌地區域，發生約 2.8335 公頃之崩塌，其中在舊崩塌地範圍復發崩塌面積為 2.6991 公頃，舊崩塌地外擴崩塌面積僅為 0.1344 公頃；D062 大規模崩塌潛勢區則無顯著新增崩塌地分布。

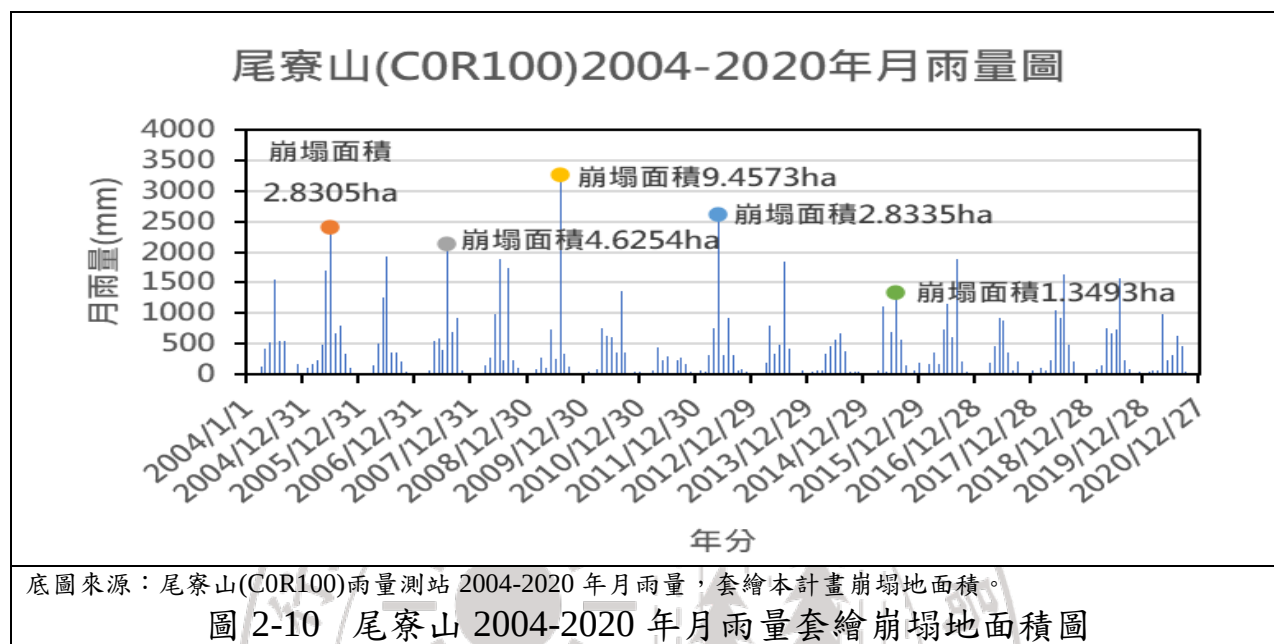
在 2015 年 D064 大規模崩塌潛勢區在原崩塌地區域，發生約 1.3493 公頃之崩塌，其中在舊崩塌地範圍復發崩塌面積為 1.2222 公頃，舊崩塌地外擴崩塌面積僅為 0.1271 公頃；D062 大規模崩塌潛勢區則無顯著新增崩塌地分布。

在 2016~2020 年，D064 及 D062 大規模崩塌潛勢區並無顯著舊崩塌地外擴崩塌及新增崩塌地分布。總計舊崩塌地重疊面積為 9.7188 公頃。

依坡地災害歷史研判，D064 大規模崩塌潛勢區內濁口溪北岸邊坡，於 2005 年已開始發生不穩定之崩塌情形。於 2009 年 8 月，莫拉克風災的超大豪雨侵襲，使得原不穩定邊坡擴大發生大規模之崩塌，茂林村惟一聯外道路斷毀嚴重無法修復。經查，災後邊坡地質脆弱，多有落石，既有道路無法修護，高雄市工務局於 2010 年 12 月開工興辦高架聯外道路，於 2013 年 5 月通車，即今日之得樂日嘎大橋，橫跨濁口溪，橋長 880 公尺，寬 10 公尺，最大淨高

處達 52 公尺。依 2012 年及 2015 年判釋結果顯示，既有崩塌地呈復發再崩塌現象，且崩塌地面積規模有顯著縮小收斂，因此研判此後之崩塌模式應為淺層岩屑崩滑。D062 大規模崩塌潛勢區僅在野溪岸區域發生 1 處 0.0313 公頃小規模崩塌歷史，並無新增擴大崩塌現象，研判係小規模表土沖蝕破壞。

摘錄尾寮山(C0R100)雨量測站 2004-2020 年月雨量並套繪崩塌地面積於圖 2-10，綜合研析於後：



- 一、2015 年 7 月海棠颱風襲台，累計月降雨量 2403.5 公厘，衛星判釋 D064 大規模崩塌潛勢區，原植被邊坡發生崩塌地面積 2.8305 公頃，發生在濁口溪攻擊岸邊坡。
- 二、2007 年 8 月帕布颱風襲台，累計月降雨量 2146.5 公厘，衛星判釋 D064 大規模崩塌潛勢區，擴大發生約 4.6254 公頃之崩塌，其中在舊崩塌地範圍復發崩塌面積為 2.5740 公頃，舊崩塌地外擴崩塌面積為 1.8810 公頃，在野溪岸區域則有發生 1 處崩塌地面積為 0.1704 公頃。
- 三、2009 年 8 月莫拉克颱風襲台，累計月降雨量 3268.5 公厘，衛星判釋 D064 大規模崩塌潛勢區，更擴大發生約 9.4573 公頃之大規模崩塌，其中在舊崩塌地範圍復發崩塌面積為 4.2786 公頃，舊崩塌地外擴崩塌面積為 4.3023 公頃，在野溪岸區域則有新增加崩塌地面積為 0.8764 公頃；D062 大規模

崩塌潛勢區僅在野溪岸區域發生 1 處約 0.0313 公頃之崩塌。

- 四、2012 年 6 月杜蘇芮颱風自台灣南方經過，對台形成熱帶風暴，累計月降雨量 2618 公厘，衛星判釋 D064 大規模崩塌潛勢區，發生約 2.8335 公頃之崩塌，其中在舊崩塌地範圍復發崩塌面積為 2.6991 公頃，舊崩塌地外擴崩塌面積僅為 0.1344 公頃；D062 大規模崩塌潛勢區則無顯著新增崩塌地分布。
- 五、2015 年 8 月蘇迪勒颱風襲台，累計月雨量 1338.5 公厘，衛星判釋 D064 大規模崩塌潛勢區，發生約 1.3493 公頃之崩塌，其中在舊崩塌地範圍復發崩塌面積為 1.2222 公頃，舊崩塌地外擴崩塌面積僅為 0.1271 公頃；D062 大規模崩塌潛勢區則無顯著新增崩塌地分布。
- 六、在 2016~2020 年，D064 及 D062 大規模崩塌潛勢區並無顯著舊崩塌地外擴崩塌及新增崩塌地分布。總計舊崩塌地重疊面積為 9.7188 公頃。
- 七、就原植被邊坡初始發生崩塌案例而言，2005 年 7 月累積月降雨量 2403.5 公厘，D064 大規模崩塌潛勢區發生崩塌面積 2.8305 公頃，發生在濁口溪攻擊岸邊坡，相似地形條件之 D062 大規模崩塌潛勢區則無崩塌情形。研判濁口溪攻擊岸侵蝕邊坡坡趾是主要外營力肇因，其他區域植被邊坡在月雨量 2403.5 公厘情形下無崩塌現象。
- 八、以 2007 年 8 月累積月降雨量 2416.5 公厘案例而言，D064 大規模崩塌潛勢區擴大發生約 4.6254 公頃之大規模崩塌，其中在舊崩塌地範圍復發崩塌面積為 2.5740 公頃，舊崩塌地外擴崩塌面積為 2.0514 公頃，主要發生在濁口溪攻擊岸邊坡，研判濁口溪攻擊岸侵蝕邊坡坡趾是主要外營力肇因。另在 D064 大規模崩塌潛勢區野溪岸則有 1 處小規模崩塌，顯示當月降雨量達 2416.5 公厘時，野溪岸呈現有不穩定現象。
- 九、以 2009 年 8 月累積月降雨量 3268.5 公厘案例而言，D064 大規模崩塌潛勢區擴大發生約 9.4573 公頃之大規模崩塌，其中在舊崩塌地範圍復發崩塌

面積為 4.2786 公頃，舊崩塌地外擴崩塌面積為 3.9755 公頃，主要發生在濁口溪攻擊岸邊坡，研判濁口溪攻擊岸侵蝕邊坡坡趾是主要外營力肇因。另在 D062、D064 大規模崩塌潛勢區野溪岸則有零星小規模崩塌，顯示當月降雨量達 3268.5 公厘時，野溪岸呈現有不穩定現象。

十、2012 年 6 月累積月降雨量 2618 公厘、2015 年 8 月累積月降雨量 1338.5 公厘，為舊崩塌地復發崩塌案例，僅有小規模舊崩塌地外擴崩塌現象。就 2015 年 8 月累積月降雨量 1338.5 公厘案例，D064 大規模崩塌潛勢區發生崩塌面積 1.3493 公頃，顯示當月降雨量達 1338.5 公厘時，舊崩塌地已呈現有不穩定現象。

十一、綜合累積月降雨量與崩塌地面積案例研判，當累積月降雨量達 1338.5 公厘時，舊崩塌地呈現有不穩定現象。當累積月降雨量達 2146.5 公厘時，野溪岸呈現有不穩定現象。

第六節 地形及集水區水文

計畫範圍位於荖濃溪流入開展平原區口之左岸，丘陵地山腳之南向開口谷地區域，計畫區南臨曲折蜿蜒之濁口溪，丘陵地山腳陡立形成濁口溪流入荖濃溪之狹隘入流口地形。計畫範圍地勢高程約介海拔 157.5~798.2 公尺，其中 D062 大規模崩塌潛勢區範圍地勢高程則約介海拔 298.0~706.9 公尺。區域地形圖詳圖 2-11。

依據立體陰影圖可凸顯局部地形起伏變化之特徵，畫分山脊集水區界線後，研判 D062 大規模崩塌潛勢區呈現舌狀谷地之地形特徵，D064 大規模崩塌潛勢區由西而東則可分類為單面山麓、蕃薯狀谷地、三角形山麓等地形特徵區。立體陰影地形特徵分析圖詳圖 2-12，集水分區圖詳圖 2-13，茲分述各地形分區特性於後：

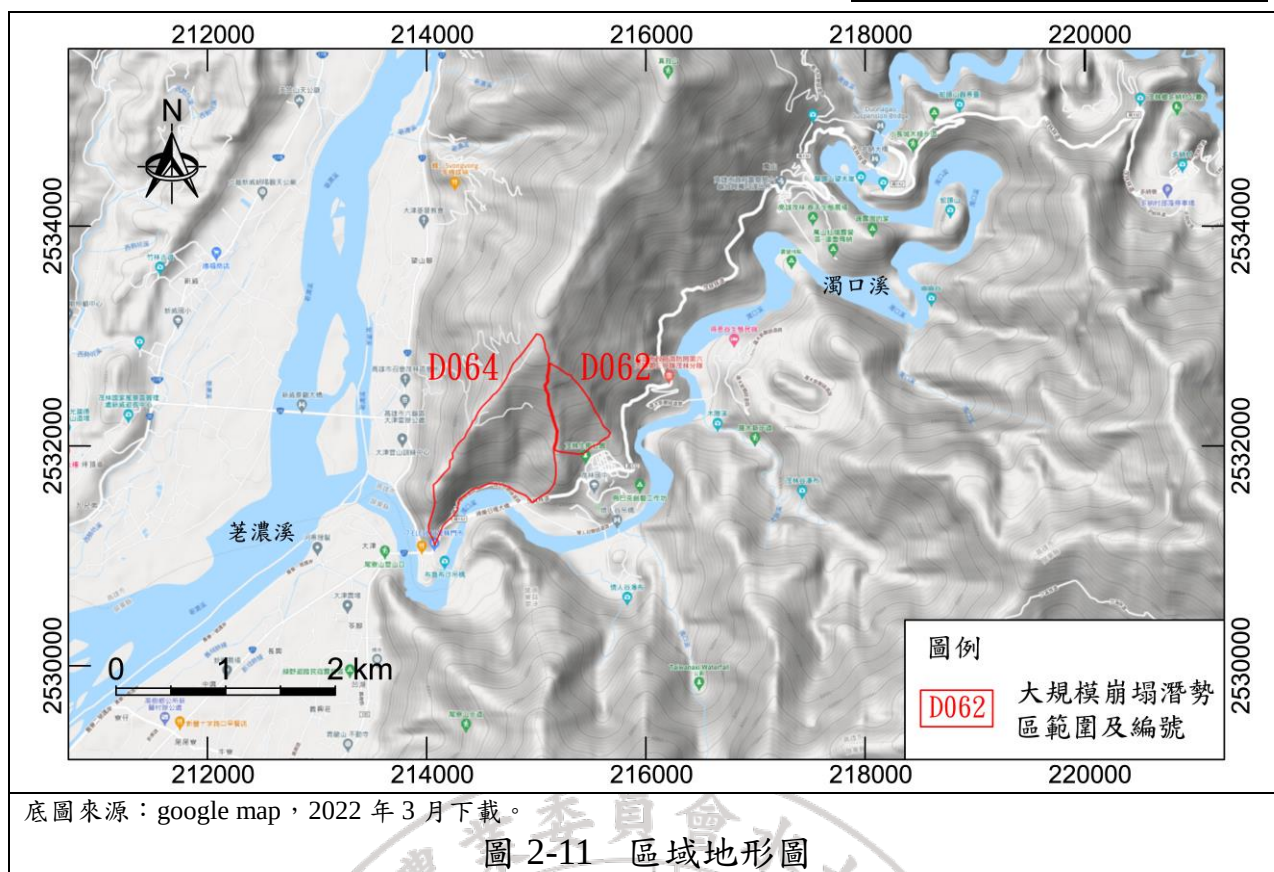


圖 2-11 區域地形圖

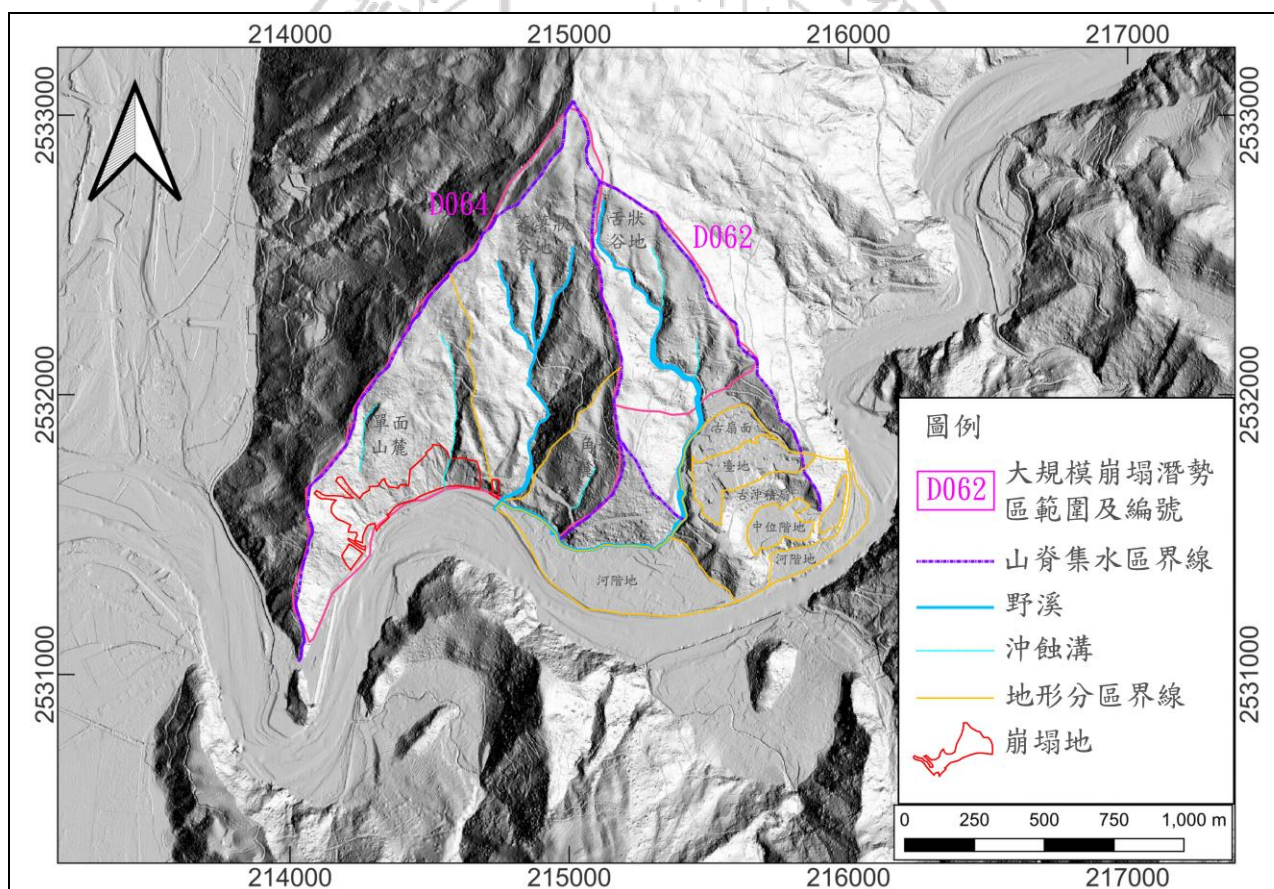
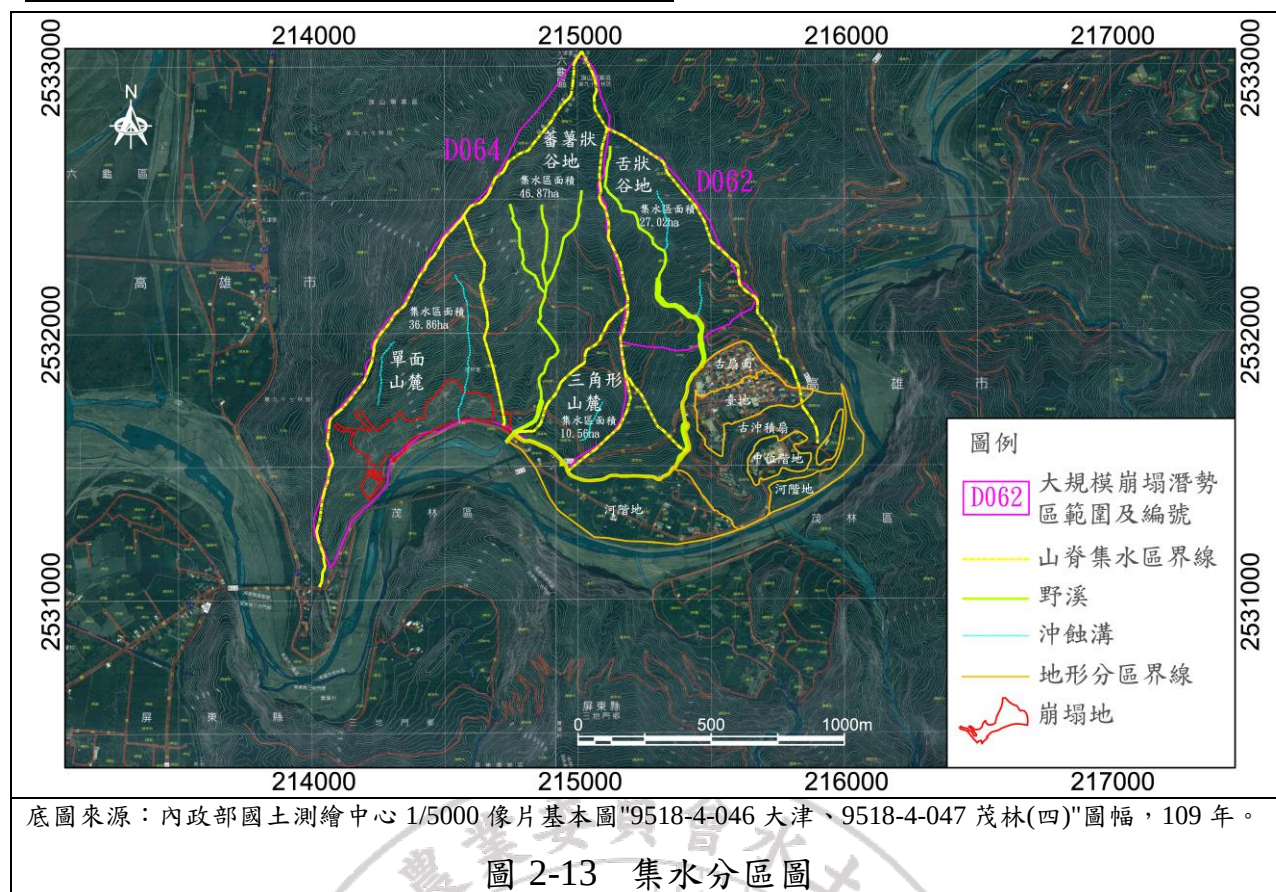


圖 2-12 立體陰影地形特徵分析圖



一、D062 大規模崩塌潛勢區地形分區

D062 大規模崩塌潛勢區呈現向東南開口之舌狀谷地，在區外谷地下游之茂林村聚落區，具扇形特徵，研判係古土石流沖積之古沖積扇堆積。茂林聚落位處高位臺地，地勢緩向東南傾斜約 9° ，大致保留古沖積扇面形態。

茂林聚落下方茂林情人谷溫泉區，地勢平坦，高程約在海拔 192 公尺，相對河床高出約 22 公尺。烏巴克藝術空間地勢平坦，高程約在海拔 183 公尺，相對河床高出約 13 公尺。研判係有二期古河流均夷作用後之河階地，為於河床側河階地作區分，相對定義為中位河階。濁口溪右岸有平坦河階地分布，地勢約高於河床 5 公尺，位於濁口溪曲流之堆積岸。

在濁口溪上游沿岸丘陵地或山地，古沖積扇堆積及臺地、河階地等地形普遍，顯示溪流下切之地形化育作用頗為活躍。

區內有 1 道野溪約呈南向流向分布，係編號高市 DF057 土石流潛勢溪流，溪流長度約 0.74 公里，集水區面積約為 35.34 公頃，溪流災害類型為溪

流型，發生潛勢等級為低。溪流源短流促，常時無水流，屬於間歇溪。溪流上游呈支幹分叉狀，不具有規則性地質構造線形特徵。

二、D064 大規模崩塌潛勢區地形分區

由西而東則可分類為單面山麓、蕃薯狀谷地、三角形山麓等地形特徵區。

(一)單面山麓

單面山麓地形區係丘陵山腳山脊下東南東至南南東坡向之陡峭山坡。集水區面積約為 36.86 公頃，水文特性呈漫地流型態，有二道沖蝕溝分布，無水系發育。本區下半部有大規模崩塌地分布。

(二)蕃薯狀谷地

蕃薯狀谷地向南開口，呈源尖、腹寬、出口狹隘之地形特徵。集水區面積約為 46.87 公頃，區內有一道野溪分布，溪流長度約 0.97 公里，源短流促，向南流入濁水溪，常時無水，呈間歇溪型態。溪流上游呈支幹分叉狀，不具有規則性地質構造線形特徵。

(三)三角形山麓

三角形山麓係蕃薯狀谷地左岸轉向之山坡，坡向西西南至西南向，集水區面積約為 10.56 公頃，水文特性呈漫地流型態，有一道沖蝕溝分布，無水系發育。

第七節 區域地質

一、地層

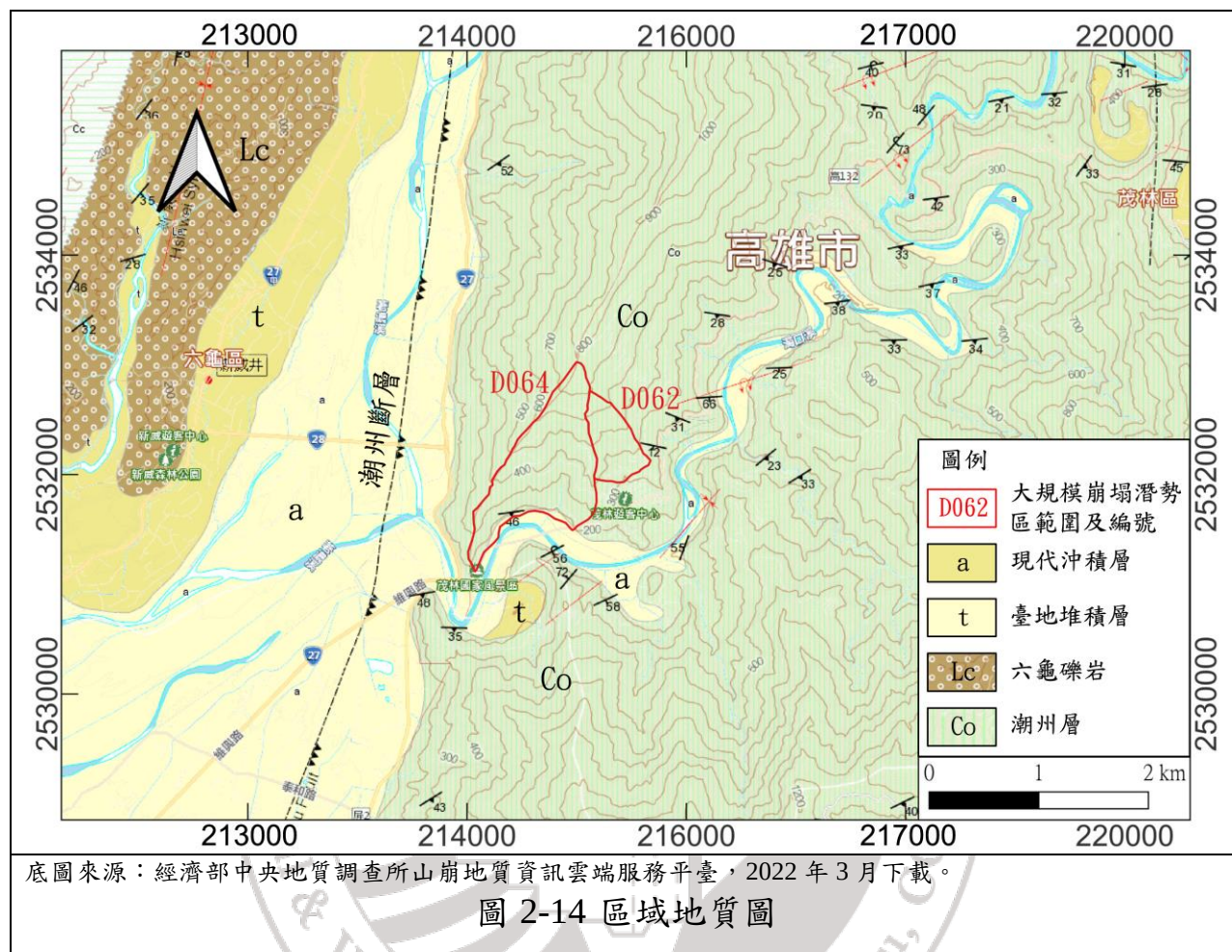
本計畫區域地層組成為中新世潮州層、第四紀臺地堆積層、現代沖積層，區域地質圖詳圖 2-14，茲分述其地層特性於後：

(一) 潮州層：以黑灰色至黑色板岩與硬頁岩為主，夾硬頁岩/板岩與變質砂岩的薄互層，偶夾薄層或厚層變質砂岩。板岩劈理發達呈緻密片狀或板狀，硬頁岩則主要呈團塊狀，是為二者之區別。

(二) 臺地堆積層：包括舊沖積扇與河階堆積物，組成以礫石、砂與泥為

主。濁口溪至口社溪間有高度約 100 公尺之舊沖積扇，可能屬於中央山脈之山前沖積扇，頂部相對平坦區域堆積淘選度差的板岩礫與少部分變質砂岩礫。濁口溪流域有高位河階，組成大多來自中央山脈變質岩的礫石、砂與泥。

(三) 現代沖積層：分布於河床，組成為卵礫石、砂與泥。

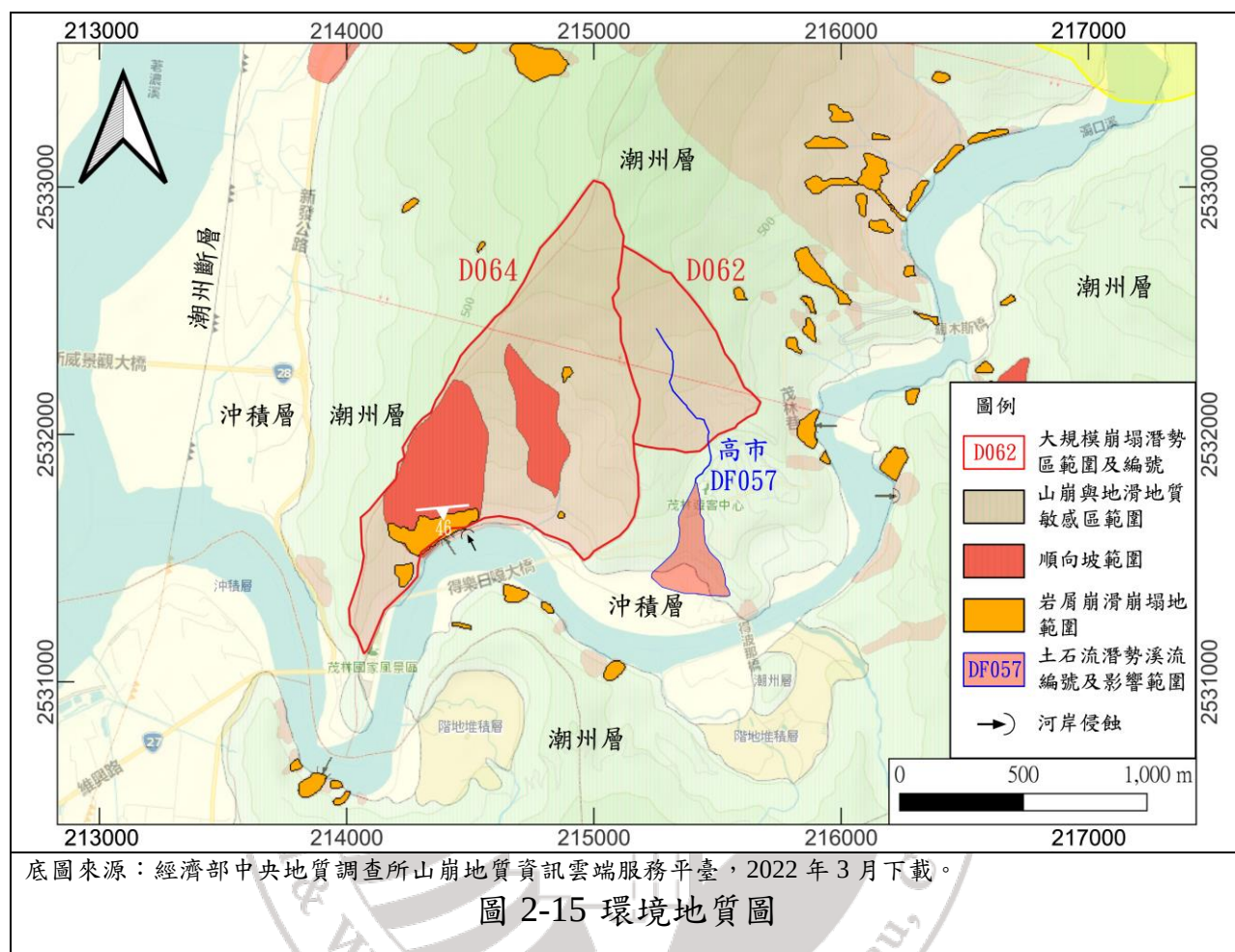


二、地質構造

區域主要地質構造為潮州斷層，最接近距離在本計畫範圍西南端之西方約 780 公尺處，約呈北北東至南南西走向分布。潮州斷層具有左滑性質之逆衝斷層，掩伏在荖濃溪河床內，屬於經濟部中央地質調查所活動斷層分類之第二類活動斷層(距今約 100,000 年內曾經活動過，或錯移階地或台地堆積物的斷層)。

第八節 環境地質

本計畫區全部位於經濟部中央地質調查所公告山崩與地滑敏感區，另有順向坡、崩塌地、土石流潛勢溪流、河岸侵蝕等地質敏感區位分布，環境地質圖詳圖 2-15。茲分述各地質敏感區位於後：



一、順向坡

順向坡地質敏感區位分布於 D064 大規模崩塌潛勢區內南南東向山坡，計有二處。

二、崩塌地

崩塌地地質敏感區位分布於 D064 大規模崩塌潛勢區內，西半部單面山麓地形區之中下部，崩塌類型為大規模岩屑崩滑。

三、土石流潛勢溪流

D062 大規模崩塌潛勢區內野溪，係編號高市 DF057 土石流潛勢溪流，影響範圍為下游，茂林村聚落之西南方下邊坡區域。高市 DF057 土石流潛勢溪流集水區面積為 35.34 公頃，溪流長度 0.74 公里，溪流災害類型為溪流型，發生潛勢等級為低。

四、河岸侵蝕

河岸侵蝕地質敏感區位分布於 D064 大規模崩塌潛勢區下方，濁口溪右岸溪流發生倒轉曲流之區位，屬於溪流攻擊側。



第三章 大規模崩塌潛勢區細部調查

依據本計畫區之地貌、地形、地質、水系、崩塌地、擋土構造物等特性，細部調查辦理成果項目為：地表地質、崩塌地、野溪、沖蝕溝、滲水頭、河岸侵蝕、擋土構造物現況、張力裂縫、植被調查成果等。細部調查點數量統計表詳表 3-1，細部調查點位置圖詳圖 3-1，依調查成果繪製工程地質圖詳圖 3-2，分述各項調查成果於後：

表 3-1 細部調查點數量統計表

項次	調查項目	單位	數量
1	岩層	處	69
2	崩積層	處	24
3	古沖積扇堆積	處	6
4	沖積層河階地	處	1
5	野溪	處	10
6	沖蝕溝	處	11
7	滲水頭	處	2
8	崩塌地	處	17
9	擋土構造物	處	25
10	張力裂縫	處	4
11	河岸侵蝕	處	2
12	植被	處	4
總計			175
資料來源：本計畫。			

第一節 地表地質調查成果

本計畫區域地層組成為岩層、崩積層、古沖積扇堆積、沖積層河階地，分布區位詳圖 3-2 工程地質圖，分述其組成與特性於後：

一、岩層分布與特性

岩層調查成果紀錄表詳附於附錄三，依大規模崩塌潛勢區範圍，依序說明岩層分布與特性於後：

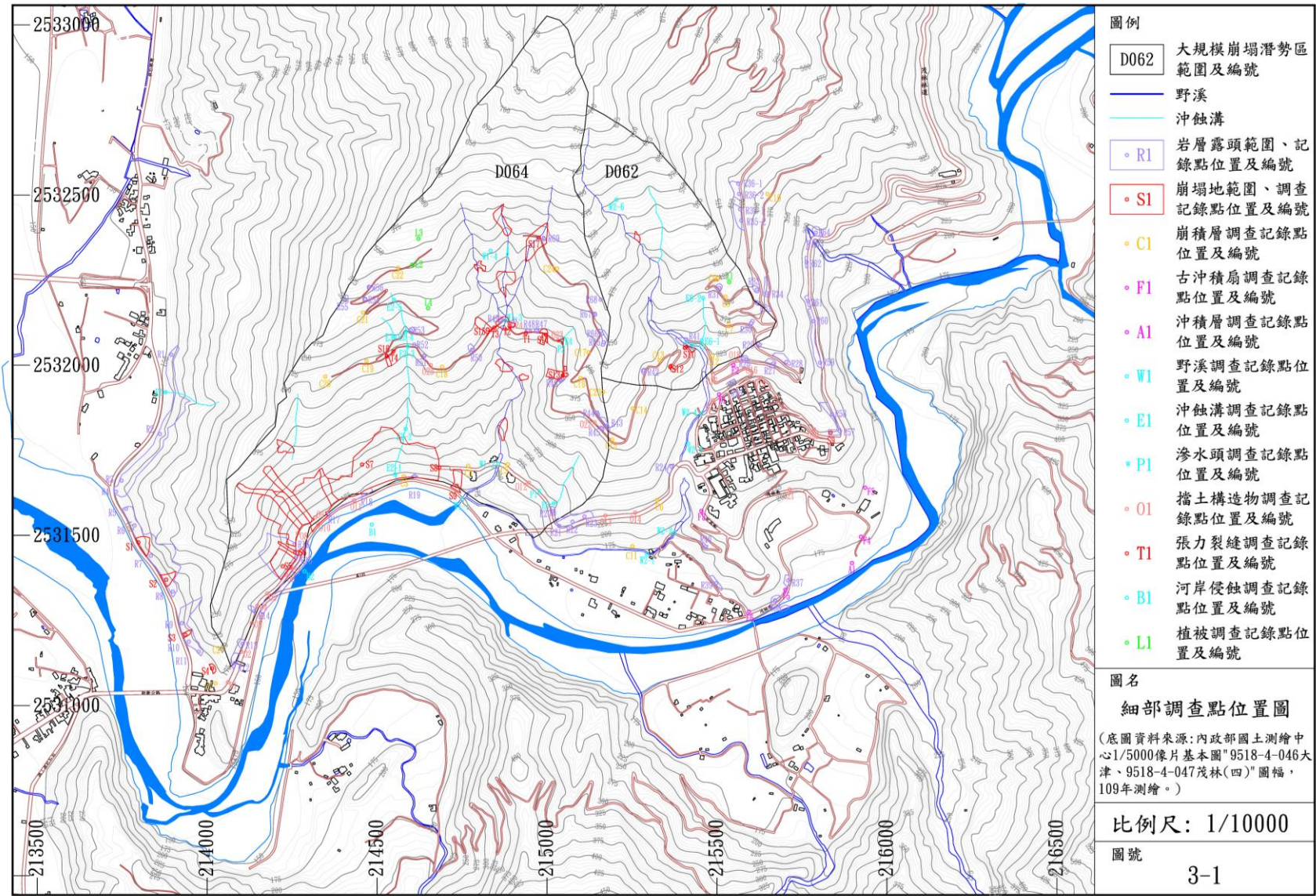
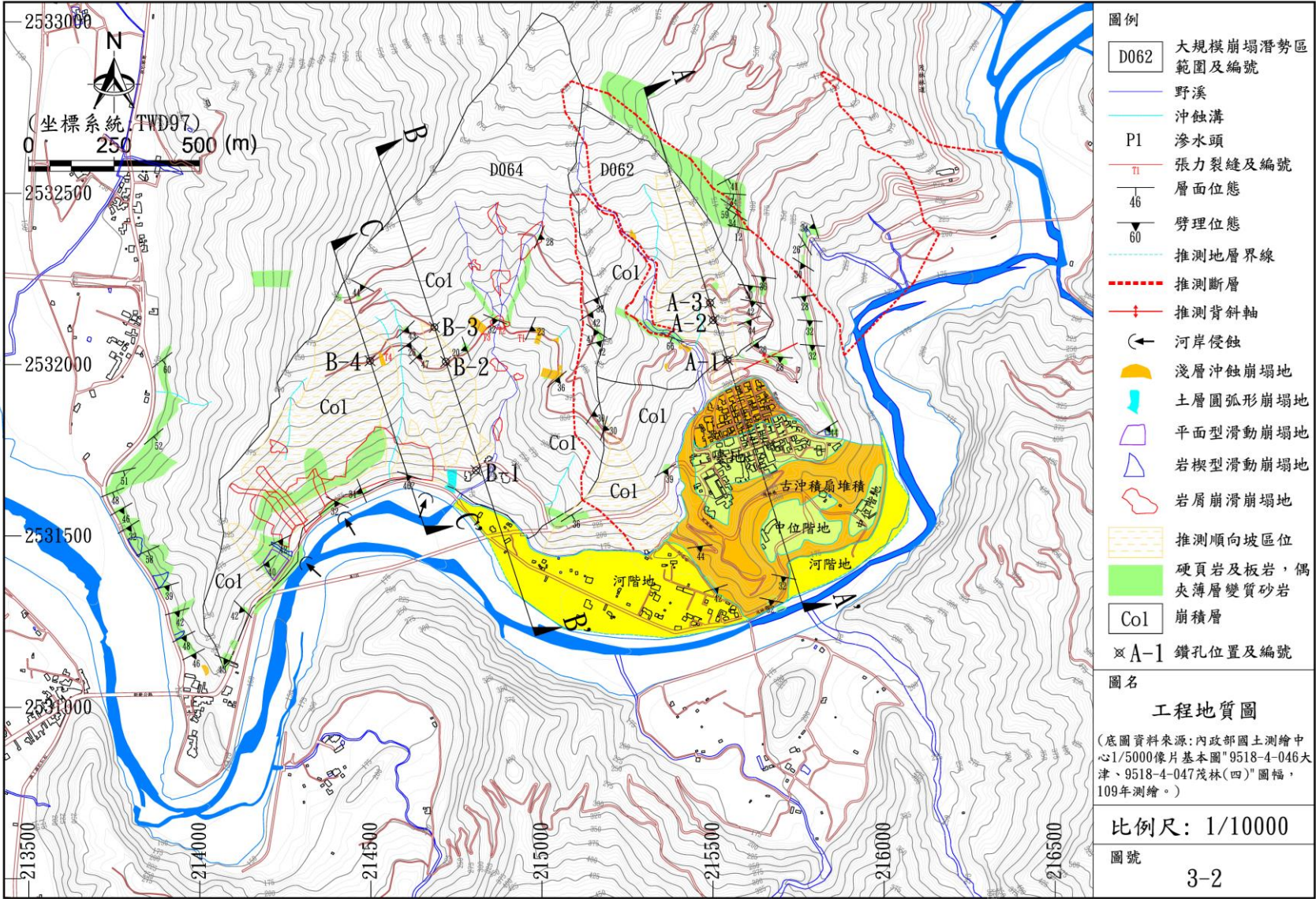


圖 3-1 細部調查點位置圖



3-3

圖 3-2 工程地質圖

(一) D062 大規模崩塌潛勢區

D062 大規模崩塌潛勢區呈現向東南開口之舌狀谷地，岩層僅出露於道路邊坡及野溪陡崖岸，岩性組成為板岩及硬頁岩。在東南側區外，分布有硬頁岩夾薄葉至薄層變質細砂岩、硬頁岩與變質細砂岩薄互層，偶夾有厚層變質細砂岩，推測延伸分布於集水區上游區位。板岩及硬頁岩呈灰黑色，變質細砂岩呈灰至灰黑色，局部厚層硬頁岩呈黑色，屬於硬岩類。主要地質弱面為層面及劈理面。

層面位態分布於 $N68^{\circ}W/66^{\circ}S \sim N62^{\circ}E/41^{\circ}S$ ，顯示岩層有折曲變形。在露頭編號 R35-1 可見一寬度約 13 公尺之斷層角礫帶，因露頭缺乏對比層，故斷層型態不詳。依據地質鑽探岩心及 A-A' 地質剖面岩性對比分析，發現 1 道斷層帶，可延伸對比至岩層露頭編號 R35-1 之斷層角礫帶，計算求得斷層帶位態為 $N43.8^{\circ}E/26^{\circ}S$ ，由於缺乏對比指準層，斷層型式未明。依斷層帶位態投影至地表面，推測其分布位置詳圖 3-2 工程地質圖示。

劈面位態主要分布於 $N82^{\circ}W/30^{\circ}S \sim N68^{\circ}E/44^{\circ}S$ ，在露頭 R27 可見一背斜軸位態 $N64^{\circ}E/72^{\circ}N$ ，推測係板岩內小區域性劈理變形折曲。依劈理面位態推估，D062 大規模崩塌潛勢區內，野溪東方之南向至南南東向係屬順向坡。

(二) D064 大規模崩塌潛勢區內東半部蕃薯狀谷地

蕃薯狀谷地向南開口，呈源尖、腹寬、出口狹隘之地形特徵。岩層僅出露於道路邊坡及野溪陡崖岸，岩性組成為板岩及硬頁岩。板岩及硬頁岩呈灰黑色，局部厚層硬頁岩呈黑色，屬於硬岩類。主要地質弱面為劈理面。

在中上游區位劈面位態主要分布於 $N28^{\circ}W/20^{\circ}S \sim N23^{\circ}E/28^{\circ}E$ ，研判劈理變形折曲顯著。在中下游區位劈面位態主要分布於 $N54^{\circ}E/26^{\circ}S \sim N46^{\circ}E/47^{\circ}S$ ，依劈理面位態推估，D064 大規模崩塌潛勢

區內蕃薯狀谷地內，野溪右岸南南東向山麓係屬順向坡。

(三)D064 大規模崩塌潛勢區內西半部單面山麓

單面山麓地形區係丘陵山腳山脊下東南東至南南東坡向之陡峭山坡，在南南東坡向陡峭山坡之中下游區位，發生有大規模崩塌地。岩層出露於道路邊坡及崩塌地陡崖，岩性組成為板岩及硬頁岩。板岩及硬頁岩呈灰黑色，局部厚層硬頁岩呈黑色，屬於硬岩類。主要地質弱面為劈理面。

劈面位態主要分布於 N52°E/40°S ~ N46°E/47°S，局部區位有折曲變形，劈面位態分布於 N63°W/44°S ~ N22°W/34°S。研判南南東至東南坡向之陡峭山坡屬順向坡。

岩層露頭節理極為發達，節理面普遍平坦、閉合，局部有鐵染現象，可見節理間距約十數公分至數公尺，可見延展長度約數公尺至大於 15 公尺。發達節理切割岩體，外觀呈楔塊狀或板塊狀，若岩楔體合力滑動方向出露於坡面，則易發生岩楔體滑動破壞。

二、崩積層分布與特性

計畫區域土層組成為崩積層，崩積層調查成果紀錄表詳附錄四。

崩積層基質組成為黃棕色粉土質礫石，富含含有 35 公分直徑以下之板岩板狀角礫，含量約 30~55%，呈基質支撐組織。普遍含有板岩、硬頁岩之巨角礫石，礫徑普遍在 0.5~1.0 公尺，偶見有 1.0~3.0 公尺礫徑之巨石。

三、古沖積扇堆積分布與特性

古沖積扇堆積分布於 D062 大規模崩塌潛勢區下游，茂林村聚落區所在之扇形地形地區。茂林村聚落位處於其內之高位臺地，地勢緩向東南傾斜約為 8°~10°，平均為 9°，大致保留有古沖積扇面之形態。在茂林聚落下方有二處地勢平坦之河階地，高程分別約在海拔 192 公尺(相對河床高出約 22 公尺)，海拔 183 公尺(相對河床高出約 13 公尺)。古沖積扇堆積調查成果紀錄表詳附於附錄五。

古沖積扇堆積基質組成為黃棕色粉土質礫石，含有 35 公分直徑以下之板岩板狀塊屑，呈次角形至次圓形，及含有變質砂岩卵礫石，含量約 30~45%，呈基質支撐組織。局部可見有直徑約 0.6~0.9 公尺變質砂岩巨卵礫石堆積，非屬潮州層物質，研判來自中央山脈古河流。依堆積物質淘選度差，礫石圓度差等現象，研判係古土石流形成之古沖積扇堆積。

四、沖積層河階地分布與特性

在濁口溪右岸有平坦河階地分布，地勢約高於河床 5 公尺，位於濁口溪曲流之堆積岸。沖積層河階地調查成果紀錄表詳圖 3-3。河階堆積組成為灰色粉土質砂，含有小至巨礫徑之變質砂岩卵礫石，屬濁口溪現代沖積層。



第二節 崩塌地調查成果

依據中央地質調查所山崩分類方法(詳表 3-2)，採運動型態進行崩塌地調查與分類，另依滑動模式再行附加說明。崩塌地調查成果紀錄表詳附錄六。

表 3-2 中央地質調查所山崩分類方法

運動型態		材料種類		
		岩石	工程土壤	
			岩屑	土
墜落		落石	岩屑崩滑	
傾覆				
滑動	圓弧形	岩體滑動		
	平面型			
流動		土石流		
資料來源：Cruden and Varnes, 1996。				

依地表地質調查成果，計畫區範圍內崩塌地類型可分類為淺層沖蝕滑

動、土層圓弧形岩屑崩滑、岩石弱面平面型岩體滑動、岩石岩楔型岩體滑動、大規模岩屑崩滑，崩塌地分布區位詳圖 3-2 工程地質圖，各類型崩塌地面積統計表詳表 3-3。分述各類型崩塌於後：

表 3-3 各類型崩塌地面積統計表

大規模崩塌潛勢區編號	崩塌地類型	崩塌地數量(處)	崩塌地面積總計(公頃)
D062	淺層沖蝕滑動	3	0.0702
D064	淺層沖蝕滑動	9	0.3197
	土層圓弧形岩屑崩滑	1	0.1431
	岩石弱面平面型岩體滑動	1	0.3615
	岩石岩楔型岩體滑動	1	0.0545
	岩屑崩滑	9	0.3763
	大規模岩屑崩滑	1	8.8424
總計		15	10.1677
資料來源：本計畫。			

一、淺層沖蝕滑動崩塌地

淺層沖蝕滑動崩塌地，係邊坡崩積層表土受到沖蝕而滑落。在 D062 大規模崩塌潛勢區內計有 3 處，崩塌地面積總計 0.0702 公頃；在 D064 大規模崩塌潛勢區內計有 9 處，崩塌地面積總計 0.3197 公頃。

二、土層圓弧形岩屑崩滑崩塌地

土層圓弧形岩屑崩滑崩塌地，係邊坡崩積層土體呈圓弧形滑動破壞。D064 大規模崩塌潛勢區內計有 1 處，崩塌地面積總計 0.1431 公頃。

三、岩石弱面平面型岩體滑動崩塌地

岩石弱面平面型岩體滑動崩塌地，係在邊坡自由面以上岩體，沿劈理面地質弱面發生平面狀滑動破壞。在 D064 大規模崩塌潛勢區內計有 1 處，崩塌地面積總計 0.3615 公頃。

四、岩石岩楔型岩體滑動崩塌地

岩石岩楔型岩體滑動崩塌地，係在邊坡沿劈理面或層面、節理面所形成的楔塊狀岩體，沿岩楔出露邊坡自由面之合力方向滑動破壞，崩塌地形狀呈平整面 V 形狀。在 D064 大規模崩塌潛勢區內計有 1 處，崩塌地面積總計

0.0545 公頃。

五、岩屑崩滑崩塌地

依崩塌地裸露面觀察，岩屑崩滑主要組成為：基質組成黃棕色粉土質礫石，含有 50 公分直徑以下之板岩、硬頁岩板狀角礫，含量約 30~50%，呈基質支撐組織。研判崩塌土體來源為原崩積層覆土及再崩積物。局部偶見有輕度至中度風化之板塊狀硬頁岩及板岩巨礫，散布在崩積堆積物之中，研判局部複合有岩體表層岩楔體崩滑。在 D064 大規模崩塌潛勢區內計有 9 處，崩塌地面積總計 0.3763 公頃。

六、大規模岩屑崩滑崩塌地

大規模岩屑崩滑崩塌地分布在 D064 大規模崩塌潛勢區西半部，單面山麓之下半部大規模區位，崩塌地面積為 8.8424 公頃。依坡地災害歷史研判結果，主要崩塌發生在 2009 年 8 月莫拉克風災超大豪雨侵襲期，使得原不穩定邊坡擴大發生大規模之崩塌，造成茂林村惟一聯外道路斷毀嚴重而無法修復。

依趾部崩塌堆積物觀察，主要組成為：基質組成黃棕色粉土質礫石，含有 50 公分直徑以下之板岩、硬頁岩板狀角礫，含量約 30~50%，呈基質支撐組織。研判崩塌土體來源為原崩積層覆土及再崩積物。依局部可見有灰黑色新鮮或輕度風化之板岩、硬頁岩之巨角礫石聚集堆積，礫徑普遍在 0.8~2.2 公尺，多呈塊狀或板塊狀，多有平整節理斷口，研判崩塌體有岩體滑動破壞模式。因此綜合研判為岩體滑動及土體滑動複合式破壞模式。

七、落石

在山區道路邊坡趾部，普遍可見落石散布於路面。落石主要為黃棕色或棕灰黑色板塊狀板岩或硬頁岩之角礫石，礫徑普遍約為 25 公分以下，未見有巨石出現於路面。

第三節 野溪及沖蝕溝調查成果

D062 大規模崩塌潛勢區內，有 1 道野溪分布；D064 大規模崩塌潛勢區內，有 1 道野溪分布。野溪調查成果紀錄表詳附錄七，沖蝕溝調查成果紀錄表詳附錄八，分述其特性於後：

一、D062 大規模崩塌潛勢區內野溪及沖蝕溝

D062 大規模崩塌潛勢區內，有 1 道野溪約呈南向流向分布，係編號高市 DF057 土石流潛勢溪流，溪流長度約 0.74 公里，集水區面積約 35.34 公頃，溪流災害類型為溪流型，發生潛勢等級為低。溪流源短流促，常時無水流，屬於間歇溪，現況溪床未見有崩積土石淤塞。區內可見有 2 道沖蝕溝分布，1 道呈分支狀分布於野溪上游，呈谷溝形狀；1 道係分布在崩積層覆土內之地面沖蝕溝，出口在山路側形成小扇形沖積土石堆。

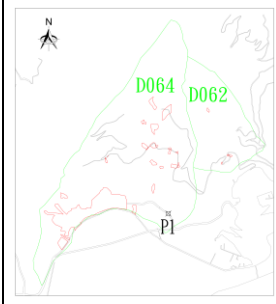
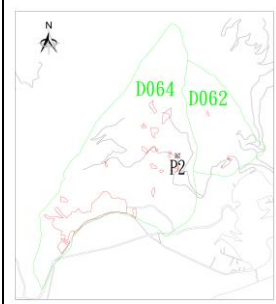
二、D064 大規模崩塌潛勢區內野溪及沖蝕溝

D064 大規模崩塌潛勢區內，有 1 道野溪約呈南向流向分布，溪流長度約 0.97 公里，集水區面積約為 46.87 公頃。溪流源短流促，常時無水流，屬於間歇溪。在野溪上游集水區有 4 處岩屑崩滑崩塌地分布，現況溪床未見有崩積土石淤塞。

區內可見有 5 道沖蝕溝，分布在崩積層覆土內之地面沖蝕溝，在山路側邊坡趾處形成小扇形沖積土石堆，有沖蝕淘空山路外緣路基現象。

第四節 滲水頭調查成果

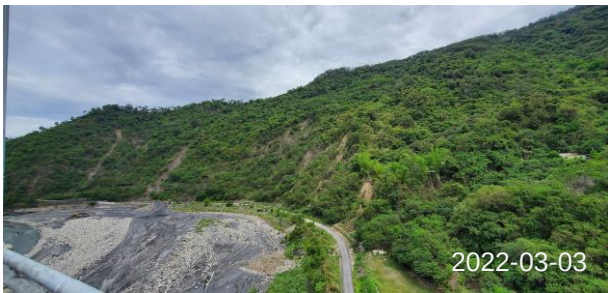
在 D064 大規模崩塌潛勢區內，發現有 2 處滲水現象。滲水頭調查成果紀錄表詳圖 3-4。在區內東南側三角形山麓之中下游處，崩積層之道路邊坡趾有 1 處滲流水頭，水質清澈，估算現況流量約 2 公升/分鐘，訪問居民表示常年出水不間斷，經常性有取用水作為飲用水。在區內中游東側山麓約中央處，PC 山路內側，崩積層內沖積小扇形土石堆之底部，有潤濕滲水現象，未達水流流動規模，滲流量甚微。

		調查點編號：P1 說明：D064 崩塌潛勢區內崩積層坡趾滲流水，水質清澈，流量約 2 公升/分鐘，居民表示常年出水不間斷，並取用為飲用水。
		調查點編號：P2 說明：D064 崩塌潛勢區內 PC 山路內側，崩積層內沖蝕溝出口形成小扇形土石堆積，其底部有潤濕滲水現象，未達流水規模，滲流量甚微。
資料來源：本計畫。 圖 3-4 滲水頭調查成果紀錄		

第五節 河岸侵蝕調查成果

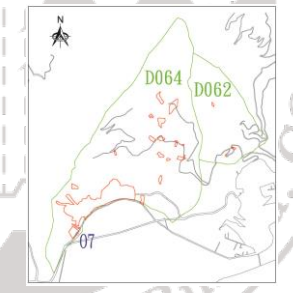
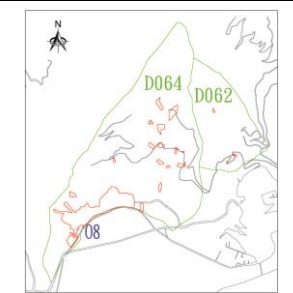
在 D064 大規模崩塌潛勢區內，單面山麓下方，濁口溪右岸溪流發生倒轉曲流之溪岸區位，位處於曲流迴彎之攻擊側，屬於河岸侵蝕之環境地質敏感區。在鄰近高架橋入口處右岸區位，位於曲流迴彎攻擊側之尾段，右岸陡崖組成為硬頁岩，在溪床中有硬頁岩露頭分布，高架橋入口處橋基下方亦在岩岸範圍。濁口溪右岸攻擊岸沿岸，為防範河岸側蝕破壞，目前辦理有 RC 消波塊護岸工、便道外緣 RC 堤防等新建工程施工中。河岸侵蝕調查成果紀錄表詳圖 3-5。

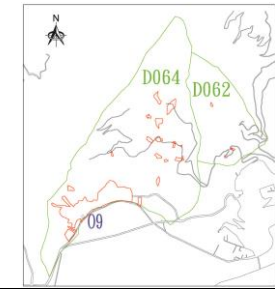
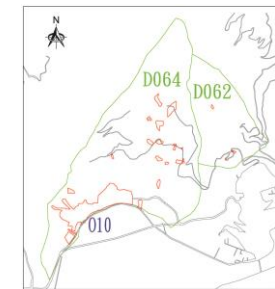
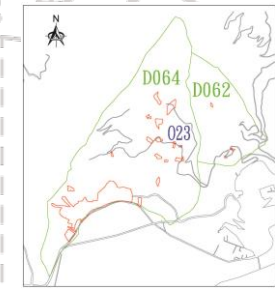
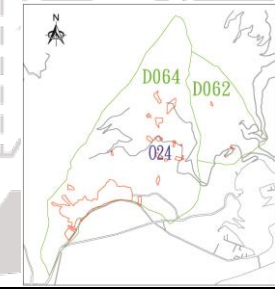
	
編號 D064 大規模崩塌潛勢區濁口溪右	編號 D064 大規模崩塌潛勢區濁口溪，鄰

B1	岸，位處於曲流迴彎之攻擊側。右岸溪床沿岸設置有 RC 消波塊護岸工，便道外緣設置有 RC 堤防，目前辦理堤防、消波塊護岸新建工程施工中。	B2	近高架橋入口處右岸區位，位處於曲流迴彎攻擊側之尾段。右岸陡崖組成為硬頁岩，溪床中有硬頁岩露頭，高架橋入口處橋基下方亦在岩岸範圍。
			
編號	D064 大規模崩塌潛勢區濁口溪右岸攻擊側，為防範河岸側蝕破壞，溪床目前辦理堤防、消波塊護岸新建工程施工中。	編號	D064 大規模崩塌潛勢區濁口溪右岸攻擊側，為防範河岸側蝕破壞，溪床目前辦理堤防、消波塊護岸新建工程施工中照片近照。
B3		B4	
資料來源：本計畫。			
圖 3-5 河岸侵蝕調查成果紀錄			

第六節 擋土構造物現況調查成果

除 D064 大規模崩塌潛勢區下方，發生大規模崩塌地範圍區位，原有聯外道路與其擋土設施已崩斷毀壞之外，計畫區內擋土構造物現況尚無結構性破壞現象，擋土構造物現況有異常現象者計有 6 處。擋土構造物現況調查成果詳附錄九，摘錄其中擋土構造物現況異常現象紀錄表詳圖 3-6。

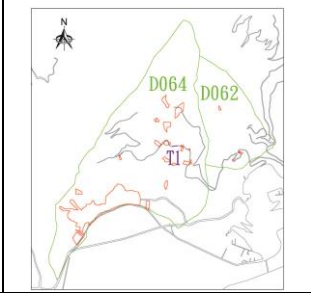
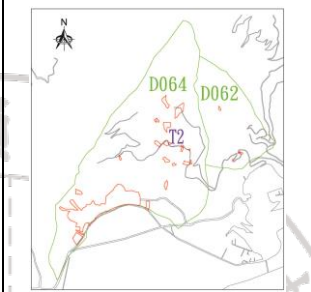
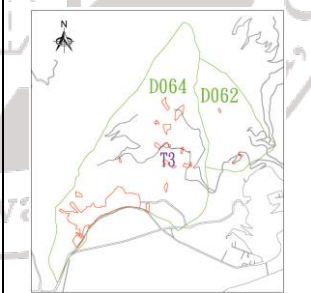
		調查點編號：O7 TWD97 坐標： X：214247.4 Y：2531407.1
說明：RC 擋土牆上方邊坡坡體組成為板岩，順向劈理平面型滑動破壞，牆頂緩衝平台堆積崩落之板塊狀板岩巨角礫石。RC 擋土牆現況良好，無破壞現象。RC 牆頂防落石柵網東端被滑落岩塊衝擊破損，但未毀壞。		
		調查點編號：O8 TWD97 坐標： X：214267.4 Y：2531506.3
說明：RC 擋土牆及路基現況良好，無破壞現象。牆頂防落石柵網未破壞，淤積沖蝕板岩		

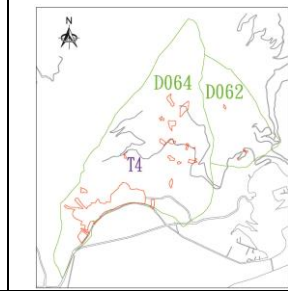
岩屑及岩塊。		
		調查點編號：O9 TWD97 坐標： X：214317.9 Y：2531553.0
說明：D064 大規模崩塌潛勢區內，大規模崩塌地之西側端，AC 路基外緣部份崩滑，路尾崩塌路斷，RC 擋土牆有橫向剪力裂縫，牆頂防落石柵網破壞。		
		調查點編號：O10 TWD97 坐標： X：214326.1 Y：2531534.9
說明：RC 擋土牆剪斷傾倒破壞，下方破壞之路基及 RC 堤防護原施工中。		
		調查點編號：O23 TWD97 坐標： X：215033.8 Y：2532072.1
說明：PC 路側有沖蝕溝及扇形沖積土石，坡趾坡趾蛇籠變形破壞，趾部有滲水現象。		
		調查點編號：O24 TWD97 坐標： X：214889.9 Y：2532121.6
說明：蛇籠有 1 處崩滑板岩巨角礫石擠壓凸出變形近照。路面散布沖刷落石。		
資料來源：本計畫。		
圖 3-6 擋土構造物現況異常現象紀錄		

第七節 張力裂縫調查成果

D064 大規模崩塌潛勢區內，蕃薯狀谷地中游混凝土山路區位，可見張力裂縫計有 4 道。張力裂縫長度約 14~43 公尺，尚無明顯之大型張裂、陷落等

危險現象，張力裂縫調查成果紀錄表詳圖 3-7。

		調查點編號：T1 TWD97 坐標： X：214937.4 Y：2532094.2
	說明：D064 崩塌潛勢區內，PC 路面雁行狀張力裂縫，長度約 38 公尺。張裂約 0.3~2.0 公分，落差約 0~0.5 公分。	
		調查點編號：T2 TWD97 坐標： X：214889.3 Y：2532115.1
	說明：D064 崩塌潛勢區內，PC 路面 1 道張力裂縫，長度約 14m。張裂約 0.5~3.5 公分，落差約 0.3~2.5 公分。	
		調查點編號：T3 TWD97 坐標： X：214844.8 Y：2532110.7
	說明：D064 崩塌潛勢區內，PC 路面張力裂縫，長度約 43 公尺。PC 路面約略向下邊坡傾斜，上邊坡舌狀淺層崩落地，樹木傾倒，下方 1 道沖蝕溝。張裂約 0.5~4.0 公分，淤滿泥砂，落差約 0~0.3 公分。	

		調查點編號：T4 TWD97 坐標： X：214548.1 Y：25328040.8
	說明：D064 崩塌潛勢區內，PC 路面張力裂縫，長度約 16 公尺。張裂約 0.5~2.5 公分，最大淤滿泥砂縫寬約 10 公分，落差小於 0.5 公分。	
資料來源：本計畫。 圖 3-7 張力裂縫調查成果紀錄		

第八節 植被調查成果

D062 大規模崩塌潛勢區內，中上游區位有果園分布，果園地面裸露或有草生地，無沖蝕溝現象。D064 大規模崩塌潛勢區內，中上游區位有果園、農地分布，果園地面裸露，無沖蝕溝現象。農地現況為造林地及草生地。植被調查成果紀錄表詳圖 3-8。



			
編號 L1	D062 大規模崩塌潛勢區內果園現況，地面裸露或有草生地，無沖蝕溝現象。	編號 L2	D064 大規模崩塌潛勢區內果園現況，地面裸露，無沖蝕溝現象。
			
編號 L3	D064 大規模崩塌潛勢區內果園現況，地面裸露，無沖蝕溝現象。	編號 L4	D064 大規模崩塌潛勢區內農地現況造林地及草生地。
資料來源：本計畫。			

圖 3-8 植被調查成果紀錄表



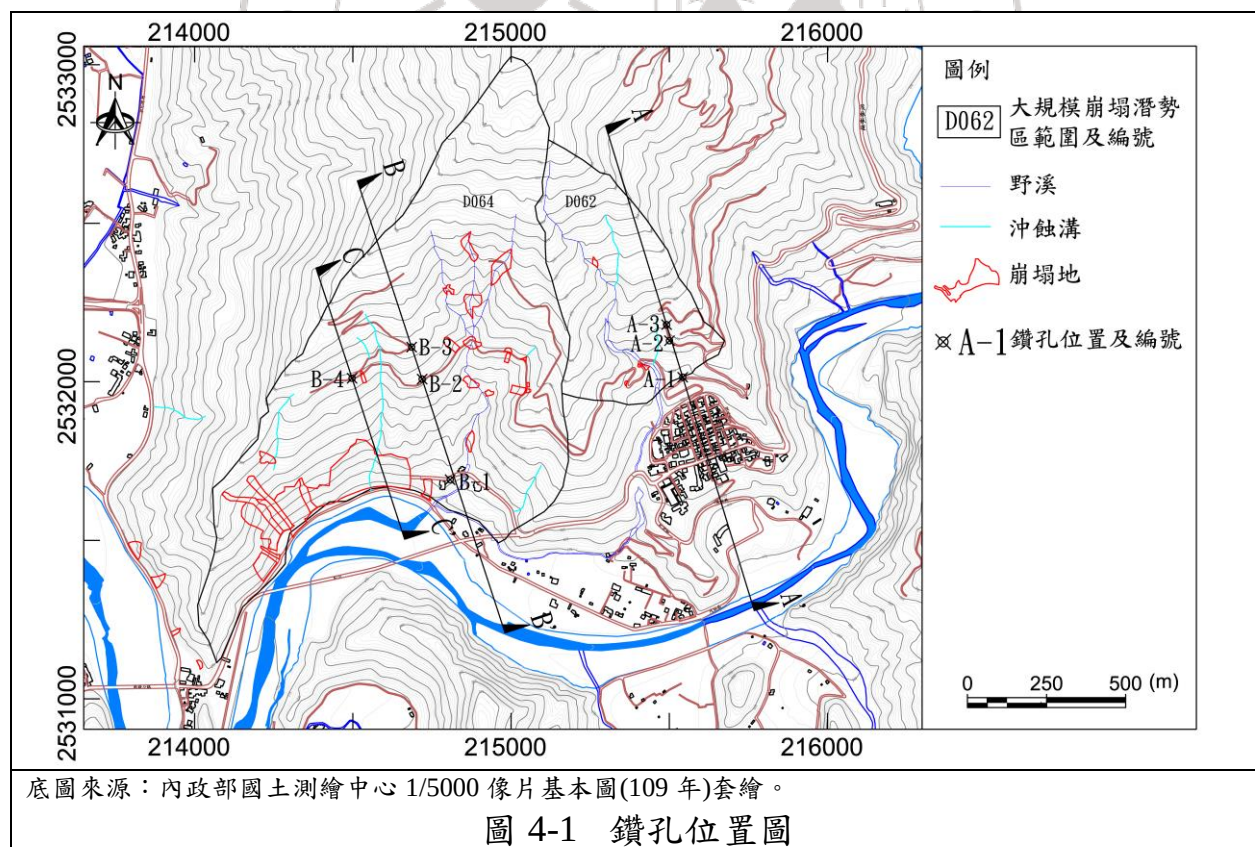
第四章 地質鑽探及試驗

第一節 現場鑽探調查

現場鑽探孔位共計 7 孔，鑽探總長度為 250.3 公尺，鑽孔數量統計表詳表 4-1，鑽孔位置圖詳圖 4-1。現場鑽探調查於 111 年 5 月 3 日開工，於同年 6 月 18 日完成。鑽探施工採鋼索式油壓旋轉鑽探機，採 HQ 規格(岩芯筒孔徑 96.3 公厘、岩芯直徑 63.5 公厘)全程取樣，鑽取岩心按深度依序放置於岩心箱中，拍照紀錄後，由地質技師辦理岩心判釋與記錄。地質鑽探報告書另冊提供，鑽孔地質柱狀圖詳附錄十。

表 4-1 鑽孔數量統計表

項次	鑽孔編號	孔口坐標(TWD97)		孔口高程(m)	鑽孔深度(m)	完成日期
		X	Y			
1	A-1	215542.18	2532014.33	315.94	35.3	111/05/16
2	A-2	215500.30	2532129.90	369.68	30.0	111/06/03
3	A-3	215491.41	2532180.43	380.34	30.0	111/05/27
4	B-1	214807.34	2531691.23	204.32	35.0	111/05/24
5	B-2	214718.87	2532008.50	379.20	40.0	111/06/18
6	B-3	214685.88	2532109.32	436.71	40.0	111/06/13
7	B-4	214497.54	2532011.01	393.72	40.0	111/06/12
總計					250.3	



第二節 標準貫入試驗

鑽探過程中，土層每間距 1.5 公尺或地層變化處辦理 1 次標準貫入試驗，採得之劈管試樣，封裝後送實驗室辦理一般物理性質試驗。共計辦理 86 次，採取劈管試樣共計 11 組。

第三節 現場透水試驗

計畫區內地下水主要滲流、儲存等行為，發生在孔隙率及透水性相對比岩層高出許多之土層之內，因此在 D062 及 D064 大規模崩塌潛勢區，在鑽探孔土層內各辦理 1 次現場透水試驗，總計 2 次。考量土層基質組成為粉土質礫石，採用變水頭方式辦理現場透水試驗。現場透水試驗成果詳附錄十一。

一、試驗步驟：

- (一)鑽孔取樣至預定試驗深度即停止，下套管至預定試驗深度，並以皂土填塞套管底與裸孔壁空隙。
- (二)預定試驗深度以下鑽孔取樣 1 公尺作為透水試驗段。
- (三)以捲尺置入壓力式自記水位計至套管底部並固定之，記錄置放深度。
- (四)注水至套管內近滿管時停止注水，試驗開始。
- (五)套管內水位洩降至接近壓力式自記水位計頂面時，即停止試驗。取出以電腦讀取水位洩降與時間數據，進行計算分析，求出透水係數。

二、變水頭滲透係數公式：

依 HOEK & BRAY(1977) 滲透係數公式：

$$k = 2.3 \frac{A}{F(t_2 - t_1)} \log(H_1/H_2) \quad F = \frac{2\pi L}{2.3 \log(2L/D)}$$

式中

k：滲透係數(cm/s)

F：形狀因素

A：套管斷面積(cm²)

L：鑽心長度(cm)

D：鑽孔直徑(cm)

t₁、t₂：測讀水頭之起始與終止時間(s)

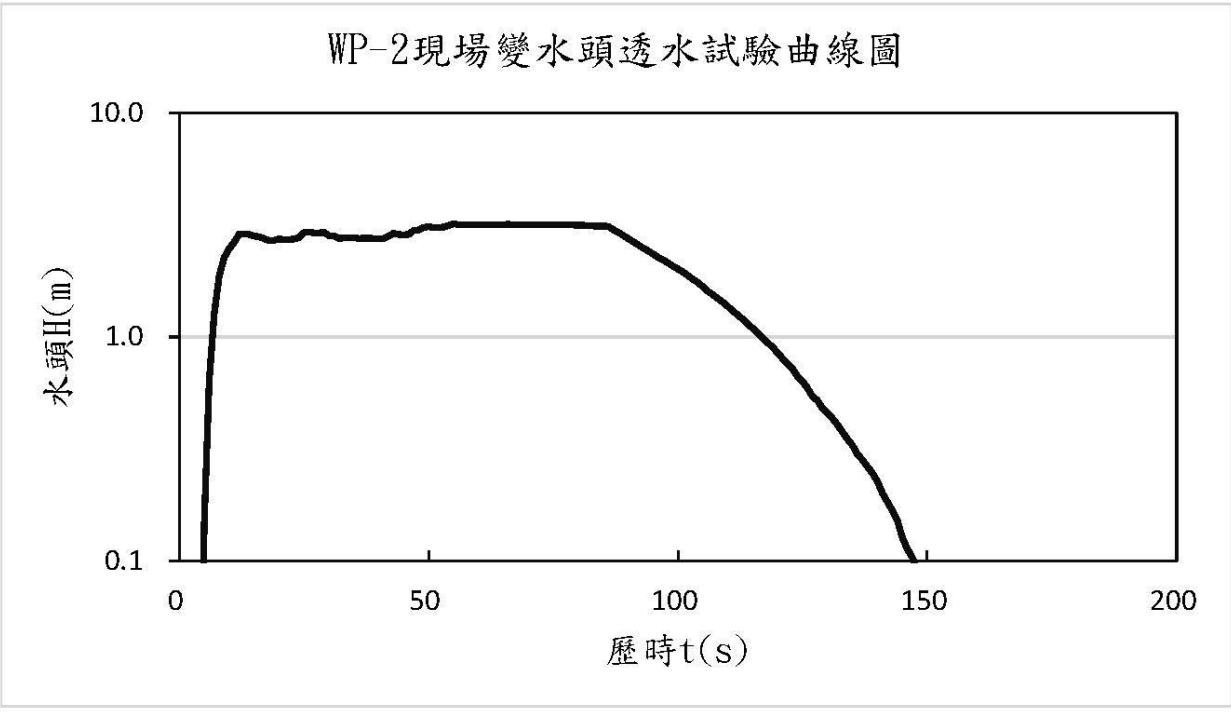
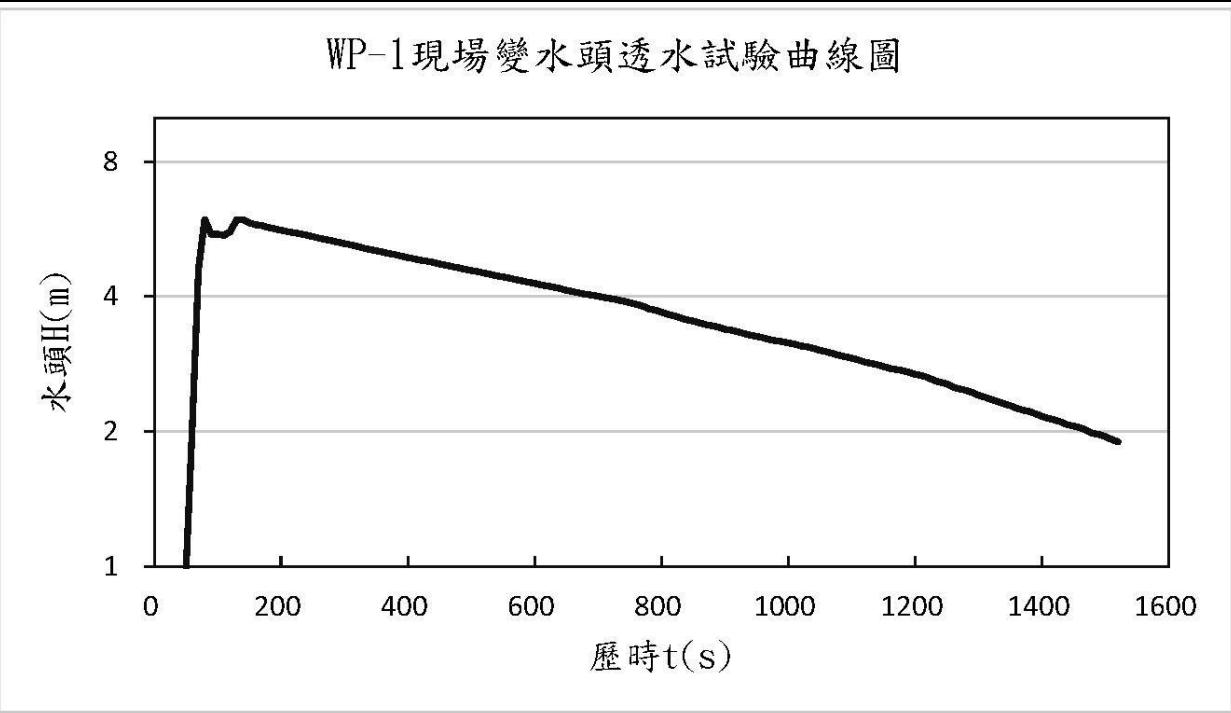
H₁、H₂：起始與終止水頭(cm)

三、試驗成果：

現場透水試驗成果詳表 4-2，現場變水頭透水試驗曲線圖詳圖 4-2。

表 4-2 現場透水試驗成果綜合表

項次	鑽孔編號	試驗編號	透水段深度(m)	地層描述	滲透係數k(cm/s)
1	A-1	WP-1	6.82~7.82	黃棕色粉土質礫石，礫石含量 30%。	0.00037
2	B-3	WP-2	9.05~10.05	黃棕色粉土質礫石，礫石含量 55%。	0.02615
資料來源：本計畫。					



資料來源：本計畫。

圖 4-2 現場變水頭透水試驗曲線圖

鑽孔 A-1 試驗編號 WP-1 試驗段地層(深度 6.82~7.82 公尺)為崩積層，基質組成黃棕色粉土質礫石，含有 15 公分直徑以下之硬頁岩及板岩角礫，含量約 30 %。角礫普遍呈黃棕至棕灰色，高度風化，局部呈灰黑色，輕度風化至新鮮。呈基質支撐組織，極緊密。滲透係數 k 為 0.00037 cm/s，屬於透水性佳之地層。

鑽孔 B-3 試驗編號 WP-2 試驗段地層(深度 9.05~10.05 公尺)為崩積層，基質組成黃棕色粉土質礫石，含有 15 公分直徑以下之硬頁岩及板岩角礫，含量約 55 %。角礫普遍呈黃棕至棕灰色，高度風化，局部呈灰黑色，輕度風化至新鮮。呈基質支撐組織，極緊密。滲透係數 k 為 0.02615 cm/s，屬於透水性極佳之地層。

鑽孔 A-1 試驗段地層之礫石含量為 30%，滲透係數 k 為 0.00037 cm/s；鑽孔 B-3 試驗段地層之礫石含量為 55%，滲透係數 k 為 0.02615 cm/s。研判崩積層由於崩塌堆積成因，組織鬆散，礫石含量較高則呈現孔隙率較高、孔隙較大且貫通性較佳，因此滲透係數 k 值依礫石含量增加而有顯著增高。

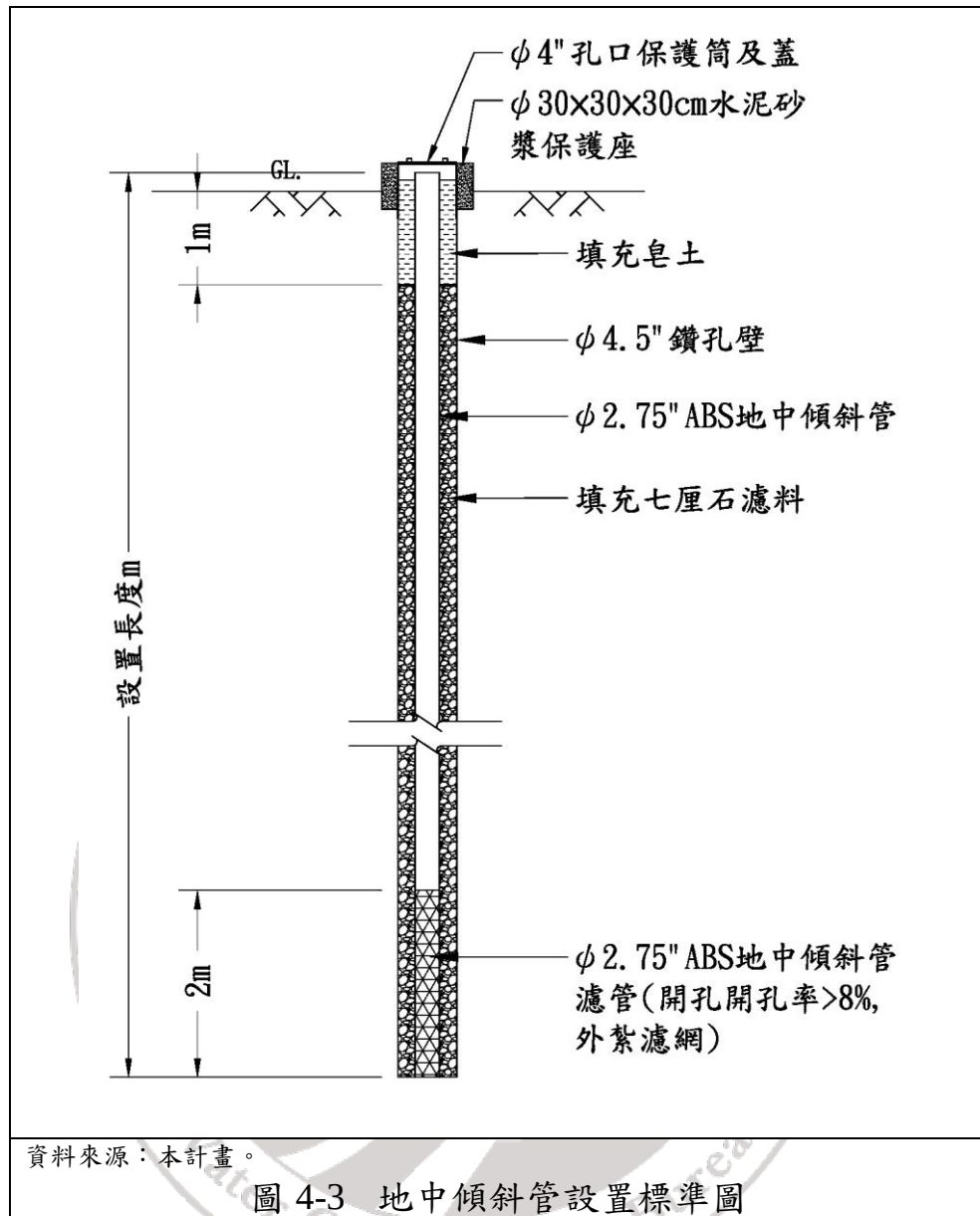
第四節 地中傾斜管兼地下水位觀測井埋設

每處鑽探孔完成後即埋設地中傾斜管 1 支，地中傾斜管底管開孔包覆透水網以利地下水平衡而兼具地下水位觀測井使用。總計埋設地中傾斜管兼地下水位觀測井 7 支，總長度為 255.61 公尺，埋設深度及日期詳表 4-3。

表 4-3 地中傾斜管兼地下水位觀測井數量統計表

項次	地中傾斜管編號	孔口坐標(TWD97)		孔口高程(m)	埋設深度(m)	A ⁺ 方向	埋設日期
		X	Y				
1	A-1	215542.18	2532014.33	316.04	36.51	S16°E	111/05/16
2	A-2	215500.30	2532129.90	369.78	30.69	S14°E	111/06/03
3	A-3	215491.41	2532180.43	380.44	31.22	S12°W	111/05/27
4	B-1	214807.34	2531691.23	204.42	35.31	S36°E	111/05/24
5	B-2	214718.87	2532008.50	379.30	41.00	S8°E	111/06/18
6	B-3	214685.88	2532109.32	436.81	40.38	S22°E	111/06/13
7	B-4	214497.54	2532011.01	393.72	40.50	S12°E	111/06/12
總計					255.61		
資料來源：本計畫。							

地中傾斜管材質為 ABS 管，長度：3m/支，規格：2.75"，外徑：70 公厘，內徑：58 公厘，精度 $\leq 4\%$ 30m，荷重實驗： $\geq 320\text{kgf}$ ，抗變形強度：220 psi，使用溫度： $-29\sim+82\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。地中傾斜管設置標準圖詳圖 4-3。



第五節 試驗室試驗成果

試驗室試驗項目為：土壤一般物理性質試驗、土壤直接剪力強度試驗、岩石物理性質試驗、岩石單軸壓縮強度試驗、岩石弱面直接剪力強度試驗。

一、土壤一般物理性質試驗

標準貫入試驗(1.5 公尺間距採 1 組樣品)採得之土層劈管試樣，皆辦理土壤一般物理性質試驗，試驗係參照 CNS12387 試驗法(1988 年)之規定

辦理，所有土壤試樣均根據統一土壤分類法加以分類。總計辦理 11 組，土壤一般物理性質及粒徑分布曲線試驗成果詳附錄十二，土壤一般物理試驗成果總表詳表 4-4。崩積層平均單位重為 2.15 t/m^3 。

二、土壤直接剪力強度試驗

為了解土層之剪力強度以憑辦理邊坡穩定分析土層力學參數之應用，辦理土壤直接剪力強度試驗。試驗係參照美國材料試驗學會標準 ASTM D3080 之規定辦理。由於礫石含量過高之樣品不適合辦理直剪試驗，因此採取較保守之基質礫石質粉土樣品計 5 組，斷層角礫泥樣品計 2 組，土壤直接剪力強度試驗成果詳附錄十三，土壤力學試驗成果總表詳表 4-5。崩積層凝聚力 C 為 $0.05 \sim 0.16 \text{ kg/cm}^2$ 、摩擦角 ϕ 為 $30.3 \sim 34.8^\circ$ ，採用平均凝聚力 C 為 0.11 kg/cm^2 (10.79 kPa)、摩擦角 ϕ 為 32.5° 。斷層角礫泥凝聚力 C 為 $0.16 \sim 0.24 \text{ kg/cm}^2$ 、摩擦角 ϕ 為 $31.2 \sim 34.8^\circ$ ，採用平均凝聚力 C 為 0.24 kg/cm^2 (23.54 kPa)、摩擦角 ϕ 為 31.2° 。

三、岩石物理性質試驗

本試驗在求得岩石物理性質，以憑辦理邊坡穩定分析岩石力學參數之應用。試驗係參照 ISRM 建議 "Laboratory Determination of the Direct Shear Strength" 之規定辦理。採取硬頁岩樣品計 2 組，採取板岩樣品計 2 組，岩石物理性質試驗成果詳附錄十四，岩石物理試驗成果總表詳表 4-6。板岩及硬頁岩平均單位重為 2.7 t/m^3 ，斷層帶平均單位重為 2.6 t/m^3 。

四、岩石單軸壓縮強度試驗

擇取代表性岩石試樣，辦理岩石單軸壓縮強度試驗，以了解岩石強度之歸屬分類。試驗係參照 ISRM 建議 "Determination of the Uniaxial Compression Strength of the Rock Material" 之規定辦理。採取硬頁岩樣品計 2 組，採取板岩樣品計 2 組，岩石單軸壓縮強度試驗成果詳附錄十五，岩石力學試驗成果總表詳表 4-7。板岩單軸壓縮強度為 $135.35 \sim 501.98 \text{ kg/cm}^2$ ，硬頁岩單軸壓縮強度為 $178.22 \sim 391.40 \text{ kg/cm}^2$ 。

五、岩石弱面直接剪力強度試驗

本試驗在求得岩石弱面直接剪力強度，以憑辦理邊坡穩定分析岩石力學參數之應用。試驗係參照 ISRM 建議” Laboratory Determination of the Direct Shear Strength” 之規定辦理。採取硬頁岩樣品計 2 組，採取板岩樣品計 4 組，岩石力學試驗成果總表詳表 4-7，岩石弱面直接剪力強度試驗成果詳附錄十六。劈理凝聚力 C 為 $0.33\sim 0.82 \text{ kg/cm}^2$ 摩擦角 ϕ 為 $26.3\sim 30.4^\circ$ ，採用平均凝聚力 C 為 0.55 kg/cm^2 (53.96 kPa)、摩擦角 ϕ 為 28.9° 。

表 4-4 土壤一般物理試驗成果總表

編號	孔號	樣號	樣品深度 (m)	N 值	含水量 W(%)	液性 限度 LL(%)	塑性 指數 PI(%)	分類 符號	孔隙比 e	單位重 γ_t (t/m^3)
1	A-2	S-1	1.05-1.50	15	25.6	--	NP	SM	0.70	2.00
2	A-2	S-2	2.55-3.00	23	15.6	--	NP	SM	0.49	2.11
3	A-3	S-1	1.05-1.50	7	11.6	--	NP	GP-GM	0.38	2.22
4	A-3	S-2	2.55-3.00	22	13.9	--	NP	GM	0.38	2.25
5	B-1	S-1	1.05-1.40	100	16.1	--	NP	SM	0.49	2.07
6	B-1	S-2	2.55-3.00	33	13.6	--	NP	GM	0.47	2.06
7	B-2	S-1	1.05-1.50	13	32.3	--	NP	SM	0.94	1.83
8	B-2	S-2	2.55-3.00	23	29.6	--	NP	SM	0.86	1.88
9	B-2	S-4	5.55-6.00	31	28.2	--	NP	SM	0.86	1.87
10	B-3	S-1	1.05-1.50	19	17.9	--	NP	SM	0.56	2.02
11	B-4	S-1	1.05-1.50	13	20.0	--	NP	SM	0.54	2.10
資料來源：本計畫鑽探報告。										

表 4-5 土壤力學試驗成果總表

孔號	樣號	樣品深度(m)	直接剪力強度		土樣描述
			$C(\text{kg/cm}^2)$	$\psi(^{\circ})$	
A-1	SC-1	4.50~4.90	0.11	30.3	黃棕色礫石質粉土
A-2	SC-I	6.50~7.00	0.05	34.8	黃棕色礫石質粉土
A-2	SC-2	9.30~10.00	0.11	32.5	黃棕色礫石質粉土
A-2	SC-3	20.80~20.95	0.16	34.8	黃棕色斷層角礫泥
A-3	SC-1	9.73~9.88	0.24	31.2	黃棕色斷層角礫泥
B-3	SC-1	0.30~0.50	0.16	32.6	黃棕色礫石質粉土
B-3	SC-2	8.60~9.00	0.10	32.5	黃棕色礫石質粉土
資料來源：本計畫鑽探報告。					

表 4-6 岩石物理試驗成果總表

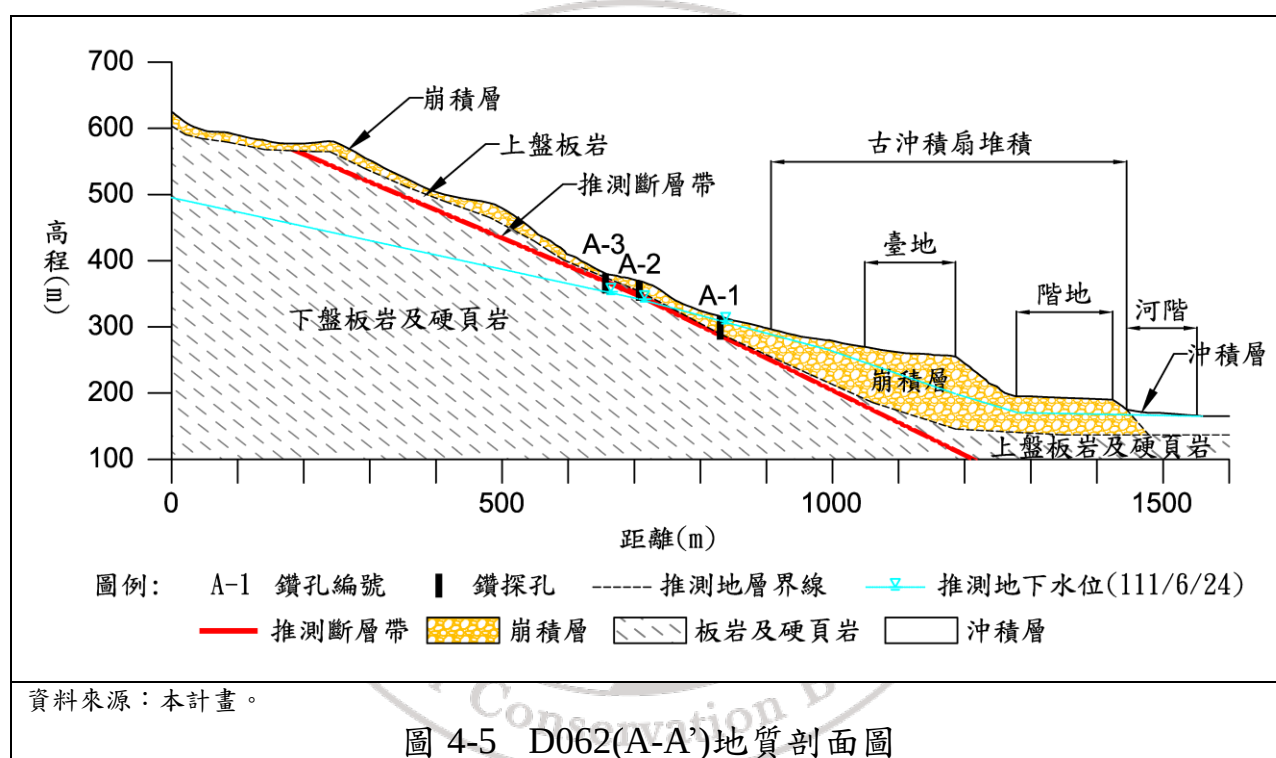
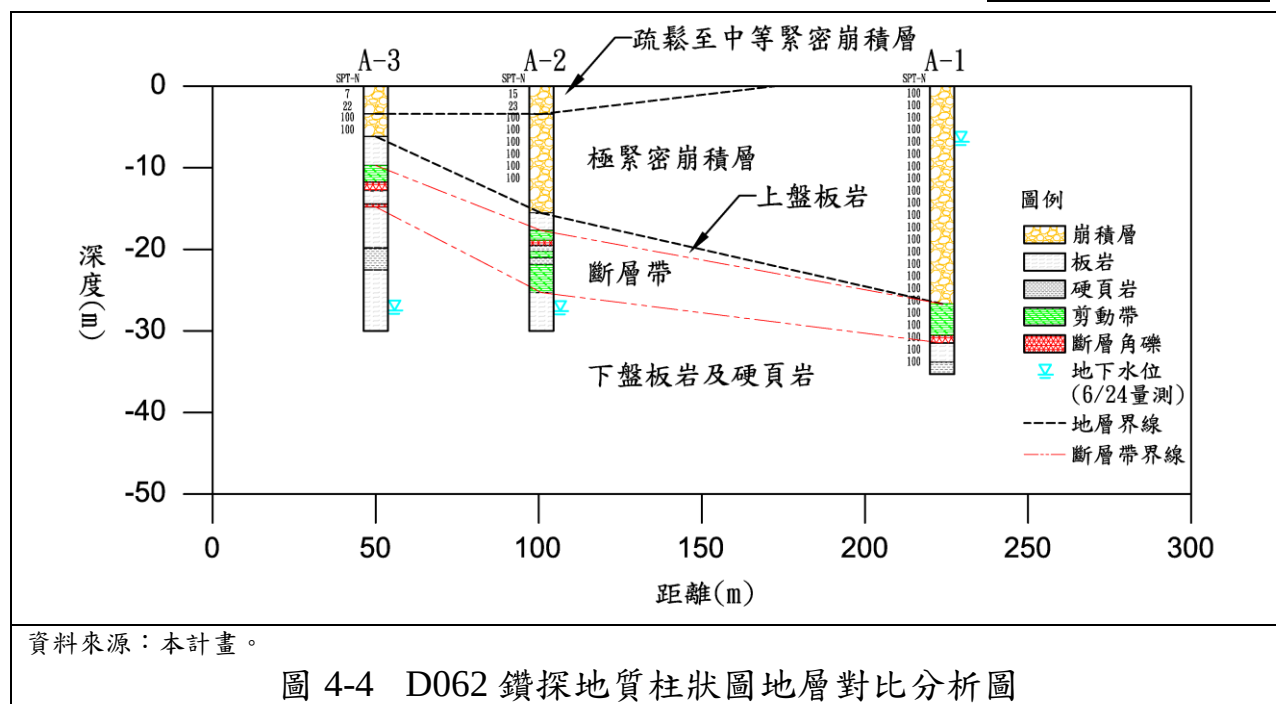
孔號	樣號	樣品深度(m)	單位重 t/m ³	含水量 %	比重 Gs	孔隙比 e	岩樣描述
A-1	RC-2	35.00~35.30	2.58	2.97	2.77	0.105	灰黑色硬頁岩
A-3	RC-1	16.65~17.00	2.62	2.38	2.77	0.084	灰黑色板岩
B-4	RC-I	17.00~17.10	2.71	0.45	2.78	0.032	灰黑色板岩
B-4	RC-2	21.00~21.10	2.69	0.97	2.78	0.044	灰黑色硬頁岩
資料來源：本計畫鑽探報告。							

表 4-7 岩石力學試驗成果總表

孔號	樣號	樣品深度(m)	單壓強度 qu(kg/cm ²)	岩石弱面直接剪力強度				岩樣描述
				Cp(kg/cm ²)	ψp(°)	Cr(kg/cm ²)	ψr(°)	
A-1	RC-1	33.25~33.55		0.82	26.3	0.52	23.8	灰黑色板岩剪動面
A-1	RC-2	35.00~35.30	178.22					灰黑色硬頁岩
A-2	RC-I	27.00~27.70		0.42	28.0	0.36	26.4	灰黑偶夾棕色板岩節理面
A-3	RC-I	16.65~17.00	135.35					灰黑色板岩
A-3	RC-2	19.10~19.80		0.55	28.9	0.10	26.8	灰黑偶夾棕色板岩劈理面
B-3	RC-1	37.50~38.00		0.33	30.4	0.05	28.2	灰黑色硬頁岩劈理面
B-4	RC-1	17.10~17.40	501.98					灰黑色板岩
B-4	RC-I	17.40~18.00		0.38	28.8	0.10	28.3	灰黑色板岩劈理面
B-4	RC-2	21.10~21.40	391.40					灰黑色硬頁岩
B-4	RC-2	21.40~22.00		0.69	29.6	0.15	28.6	灰黑色硬頁岩節理面
資料來源：本計畫鑽探報告。								

第六節 D062 大規模崩塌潛勢區地層分布及特性

依 D062 區內鑽探地質柱狀圖，進行地層對比分析成果詳圖 4-4，D062 區內 A-A' 地質剖面圖詳圖 4-5。地層分布由上而下可分類為：崩積層、上盤板岩、斷層帶、下盤板岩及硬頁岩，茲分述各地層特性於後。



一、崩積層

D062 大規模崩塌潛勢區呈現向東南開口之舌狀谷地，在區外谷地下游之茂林村聚落區，具有扇形特徵。堆積物基質組成為黃棕色粉土質礫石，含有 35 公分直徑以下之板岩板狀塊屑，呈次角形至次圓形，及含有變質砂岩卵礫石，含量約 30~45%，呈基質支撐組織。局部可見有直徑約 0.6~0.9 公尺變質

砂岩巨卵礫石堆積，非屬潮州層物質，研判來自中央山脈古河流。依堆積物質淘選度差，礫石圓度差等現象，以及具有扇形地形特徵，研判係古土石流形成之古沖積扇堆積。茂林村聚落位處於其內之高位臺地，地勢緩向東南傾斜約約為 $8^{\circ}\sim 10^{\circ}$ ，平均為 9° ，大致保留有古沖積扇面之形態。在茂林聚落下方有二處地勢平坦地，研判係有二期古河流均夷作用後形成之高位河階地，高程分別約在海拔 192 公尺(相對河床高出約 22 公尺)，海拔 183 公尺(相對河床高出約 13 公尺)。

濁口溪右岸山腳前緣有平坦地分布，地勢約高於河床 5 公尺，位於濁口溪曲流之堆積岸。堆積物組成為灰色粉土質砂，含有小至巨礫徑之變質砂岩卵礫石，組成特性與濁口溪河床沖積層相同，因此研判係濁口溪現代沖積河階地。

土岩界面分布深度為 6.17 公尺(鑽孔 A-3)至 26.69 公尺(鑽孔 A-1)，大致依地勢，向古沖積扇堆積區位變為深厚。依標準貫入試驗 N 值及岩塊屑含量，可分類為表層疏鬆至中等緊密崩積層、極緊密崩積層。

(一) 疏鬆至中等緊密崩積層

分布於表層厚度為 3.4 公尺(鑽孔 A-3)至 3.42 公尺(鑽孔 A-2)，鑽孔 A-1 則無分布。基質組成為灰、黃棕色粉土質礫石，含有 10 公分礫徑以下之硬頁岩及板岩角礫，含量約 30~40%。角礫普遍呈黃棕至棕灰色，高度風化，呈基質支撐組織。標準貫入試驗 N 值為 7~23，疏鬆至中等緊密。

(二) 極緊密崩積層

基質組成為黃棕色粉土質礫石，含有 35 公分礫徑以下之硬頁岩及板岩角礫，偶含有硬頁岩、板岩之巨角礫，偶含有變質砂岩角礫。角礫含量約 35~60%，普遍含量為 40~50%，呈基質支撐組織。在鑽孔 A-1 崩積層底部分布 1 層厚度 1.22 公尺，角礫含量約 65~75%，呈顆粒支撐組織。角礫普遍呈黃棕至棕灰色，高度風化，局部呈灰黑色，輕度風化至新鮮。標

準貫入試驗N值為100，極緊密。依地表觀察崩積層中板岩塊形狀呈板塊狀，研判鑽探岩心判釋之岩塊礫徑應較接近於岩塊之厚度。

二、上盤板岩

分布於斷層帶上部之岩層，分布厚度為2.14公尺(鑽孔A-2)至3.56公尺(鑽孔A-3)，至鑽孔A-1則漸減無分布。板岩呈黃棕至棕灰黑色，中度至高度風化，屬弱岩類。劈理面傾角 $10^{\circ}\sim 23^{\circ}$ ，局部變化為 $29^{\circ}\sim 34^{\circ}$ 。具有節理面傾角 46° 、鐵染節理面傾角 85° 。在鑽孔A-3深度8.23~8.43公尺有一道剪動面傾角 74° ，深度8.64~9.35公尺鐵染劈理面傾角 $35^{\circ}\sim 39^{\circ}$ 發達。研判上盤板岩受到斷層剪動影響有拖曳變形現象。上盤板岩岩心品質RQD分類綜列於表4-8：

表4-8 D062上盤板岩鑽探岩心品質RQD分類表

岩心品質 (RQD)	優良 (90~100%)	好 (75~90%)	一般 (50~75%)	差 (25~50%)	極差 (<25%)
百分比(%)	0.00	33.33	50.00	16.67	0.00
資料來源：本計畫。					

三、斷層帶

依岩心及地質剖面岩性對比分析，發現1道斷層帶，可對比至鑽孔A-3之 $N17^{\circ}E$ 方向275公尺處，岩層露頭編號R35-1之斷層角礫帶，經計算求得斷層帶平均位態為 $N43.8^{\circ}E/26^{\circ}S$ ，由於缺乏對比指準層，斷層型式未明。依斷層帶位態投影至地表面，推測其分布位置詳圖3-2工程地質圖示。依D062大規模崩塌潛勢區地形、地勢、土岩界面大致與斷層態位態相符，研判該斷層帶係古滑動面，其下游古沖積扇可能是其古滑動崩塌堆積物。另區內編號高市DF057土石流潛勢溪流在中上游區位，溪流分布大致與斷層帶投影至地表位置相符，研判該溪流係侵蝕切割抗蝕性低之斷層帶而發育，水文地質呈斷層構造控制型溪流。

斷層帶分布鉛直厚度為5.07公尺(鑽孔A-3)至7.60公尺(鑽孔A-2)，組成為板岩剪動帶及斷層角礫帶。板岩剪動帶呈黃棕至棕灰黑色，輕度至中度風化，剪動面及其間夾剪動縫泥、角礫泥發達，岩體呈剪碎狀，屬弱岩類。斷層角礫帶基質組成為黃棕色斷層泥，高度風化，鑲嵌狀灰黑色剪碎硬頁岩及板岩

角礫徑小於12cm，含量約75~85%，屬甚弱岩類。斷層帶岩心品質RQD分類綜列於表4-9：

表4-9 D062斷層帶鑽探岩心品質RQD分類表

岩心品質 (RQD)	優良 (90~100%)	好 (75~90%)	一般 (50~75%)	差 (25~50%)	極差 (<25%)
百分比(%)	0.00	0.00	14.29	35.71	50.00
資料來源：本計畫。					

四、下盤板岩及硬頁岩

由於岩心對比並不連續，因此分述各鑽孔內地層分布與特性於後：

(一) 鑽孔A-1：岩性與不連續面性質分布綜列於表4-10。

表4-10 D062鑽孔A-1岩性與不連續面性質分布表

項次	地層分布		不連續面分布		
	深度(m)	岩性	深度(m)	性質	傾角(°)
1	31.48~33.85	板岩，呈灰黑色，偶棕灰黑色，輕度風化，屬弱岩類，劈理面傾角22°。	32.27~32.85	剪動面	18~22°發達，偶32~38°
			33.81~33.90	剪動面	53°
2	33.85~35.30	硬頁岩，呈灰黑色，屬中硬岩類。	34.06~34.21	剪動面	72°
			34.26~34.56	剪動面	9、28°發達
			34.56~35.30	鐵染節理面	43°發達
資料來源：本計畫。					

鑽孔A-1岩層之岩心品質RQD分類綜列於表4-11：

表4-11 D062鑽孔A-1鑽探岩心品質RQD分類表

岩心品質 (RQD)	優良 (90~100%)	好 (75~90%)	一般 (50~75%)	差 (25~50%)	極差 (<25%)
百分比(%)	0.00	25.00	50.00	25.00	00.00
資料來源：本計畫。					

(二) 鑽孔A-2：岩性與不連續面性質分布綜列於表4-12。

表4-12 D062鑽孔A-2岩性與不連續面性質分布表

項次	地層分布		不連續面分布		
	深度(m)	岩性	深度(m)	性質	傾角(°)
1	25.31~28.63	板岩，呈灰黑色，偶黃棕至棕灰黑色，中度風化，屬弱岩類，劈理面傾角14°、22°。	26.22~26.34	剪動面	48°
			26.69~26.77	節理面	42°
2	28.63~30.00	板岩，呈黑灰色，	28.72~28.80	節理面	節理面

		屬弱岩類劈理面傾角31°。	29.72~29.93	節理面	59°
資料來源：本計畫。					

鑽孔A-2岩層之岩心品質RQD分類綜列於表4-13：

表4-13 D062鑽孔A-2鑽探岩心品質RQD分類表

岩心品質 (RQD)	優良 (90~100%)	好 (75~90%)	一般 (50~75%)	差 (25~50%)	極差 (<25%)
百分比(%)	0.00	80.00	00.00	20.00	00.00
資料來源：本計畫。					

(三) 鑽孔A-3：岩性與不連續面性質分布綜列於表4-14。

表4-14 D062鑽孔A-3岩性與不連續面性質分布表

項次	地層分布		不連續面分布		
	深度(m)	岩性	深度(m)	性質	傾角(°)
	14.80~16.42	板岩，呈灰黑色，偶棕灰黑色，輕度風化，屬弱岩類。	14.80~15.60	劈理面	44°
	16.42~19.83	板岩，呈灰黑色，屬弱岩類，劈理面傾角22~31°。	16.48~16.53	鐵染節理面	48°
	19.83~30.00	硬頁岩，呈灰黑色，屬中硬岩類。	22.53~23.90	劈理面	43°
			23.90~28.74	劈理面	26°~38°
			25.51~25.86	節理面	37°、46°發達
			26.25~26.31	鐵染節理面	38°
			27.40~27.48	節理面	節理面
			28.34~28.46	鐵染節理面	62°
			28.74~30.00	劈理面	23°
資料來源：本計畫。					

鑽孔A-3岩層之岩心品質RQD分類綜列於表4-15：

表4-15 D062鑽孔A-3鑽探岩心品質RQD分類表

岩心品質 (RQD)	優良 (90~100%)	好 (75~90%)	一般 (50~75%)	差 (25~50%)	極差 (<25%)
百分比(%)	0.00	13.33	26.67	53.33	6.67
資料來源：本計畫。					

綜合 D062 大規模崩塌潛勢區鑽探岩心品質調查成果，岩心品質優良者(RQD：90~100%)佔 0%，岩心品質好者(RQD：75~90%)佔 39.44%，岩心品質一般者(RQD：50~75%)佔 25.56%，岩心品質差者(RQD：25~50%)佔 32.78%，岩心品質極差者(RQD：<25%)佔 2.22%。

第七節 D064 大規模崩塌潛勢區地層分布及特性

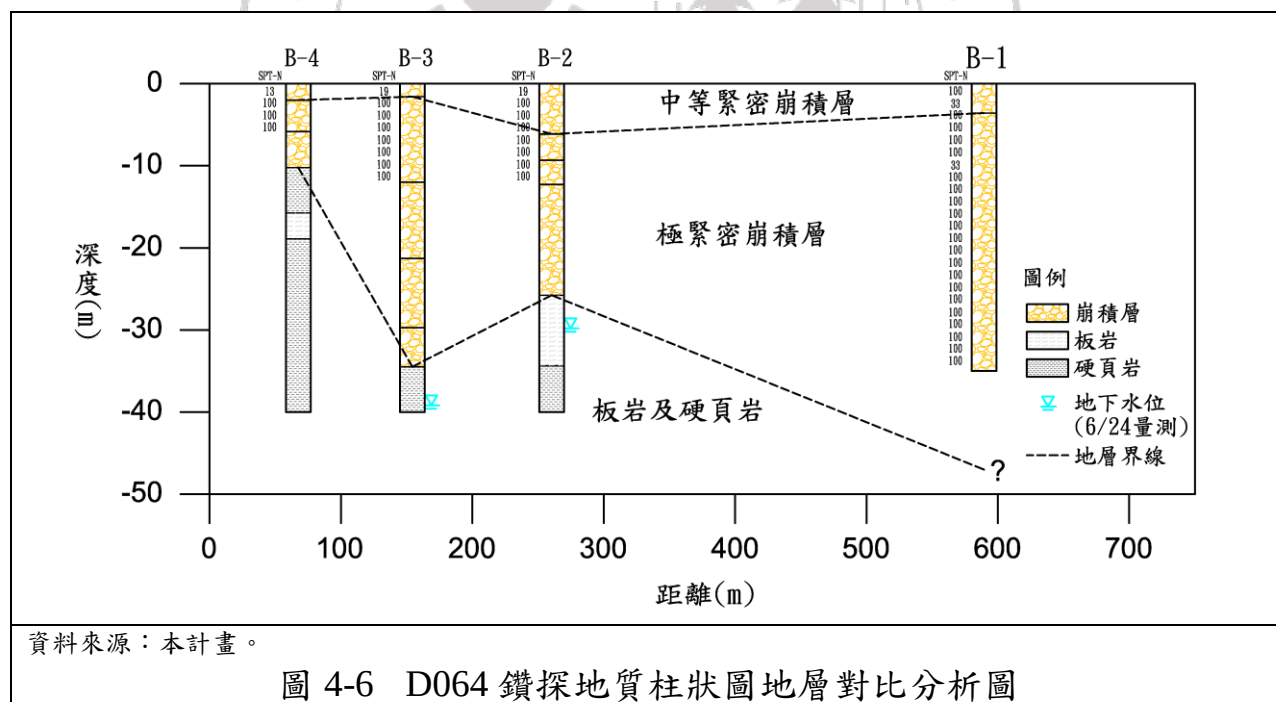
依 D064 區內鑽探地質柱狀圖，進行地層對比分析成果詳圖 4-6，D064 區內 B-B' 地質剖面圖詳圖 4-7、C-C' 地質剖面圖詳圖 4-8。

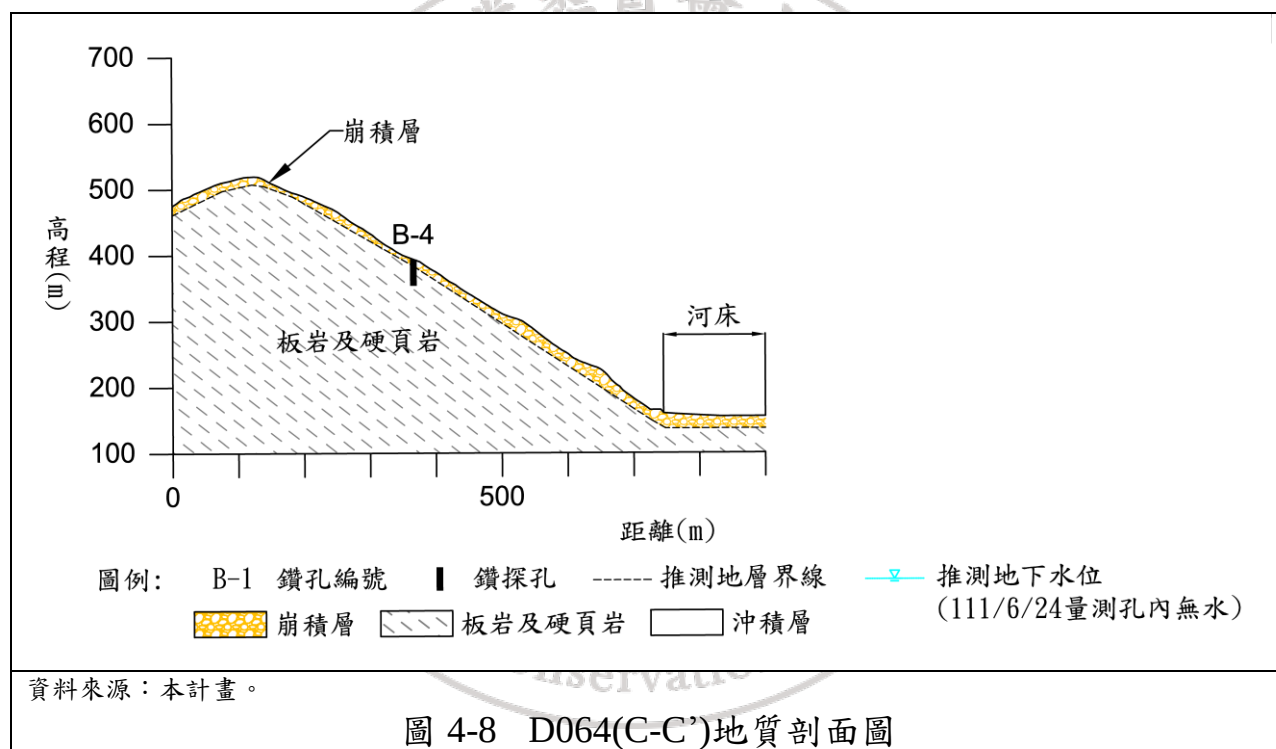
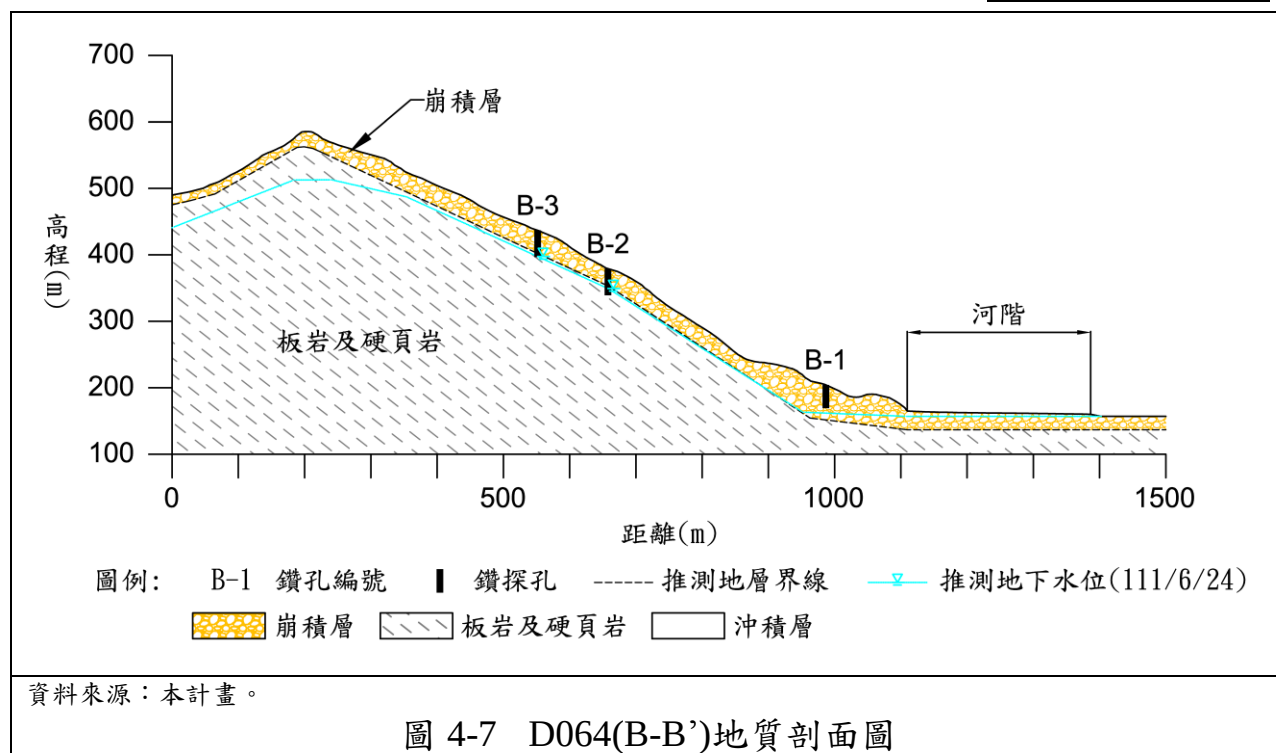
濁口溪右岸山腳前緣有平坦地分布，地勢約高於河床 5 公尺，位於濁口溪曲流之堆積岸。堆積物組成為灰色粉土質砂，含有小至巨礫徑之變質砂岩卵礫石，組成特性與濁口溪河床沖積層相同，因此研判係濁口溪現代沖積河階地。

地層分布由上而下可分類為：崩積層、板岩及硬頁岩，茲分述各地層特性於後。

一、崩積層

土岩界面分布深度為 10.22 公尺(鑽孔 B-4)至 35.16 公尺(鑽孔 B-3)，在鑽孔 B-1 鑽探深度 35 公尺則未達岩層。依標準貫入試驗 N 值及岩塊屑含量，可分類為表層中等緊密崩積層、極緊密崩積層。





(一) 中等緊密崩積層

分布於表層厚度為1.59公尺(鑽孔B-3)至6.14公尺(鑽孔B-2)。基質組成
為灰、黃棕色粉土質礫石，含有20公分礫徑以下之硬頁岩及板岩角礫，

含量約25~45%，普遍含量約25~35%。角礫普遍呈黃棕至棕灰色，高度風化，呈基質支撐組織。標準貫入試驗N值為13~33，中等緊密。

(二) 極緊密崩積層

基質組成為黃棕色粉土質礫石，含有35公分礫徑以下之硬頁岩及板岩角礫，偶含有硬頁岩、板岩之巨角礫，偶含有變質砂岩角礫。角礫含量約35~60%，普遍含量為40~50%，呈基質支撐組織。局部間夾分布有3.18~5.05公尺厚，含有65公分礫徑以下之硬頁岩角礫，角礫含量約65~85%，呈顆粒支撐組織。角礫普遍呈黃棕至棕灰色，高度風化，局部呈灰黑色，輕度風化至新鮮。標準貫入試驗N值為100，極緊密。依地表觀察崩積層中板岩塊形狀呈板塊狀，研判鑽探岩心判釋之岩塊礫徑應較接近於岩塊之厚度。

二、板岩及硬頁岩

由於岩心對比並不連續，因此分述各鑽孔內地層分布與特性於後：

(一) 鑽孔B-2：岩性與不連續面性質分布綜列於表4-16。

表4-16 D064鑽孔B-2岩性與不連續面性質分布表

項次	地層分布		不連續面分布		
	深度(m)	岩性	深度(m)	性質	傾角(°)
1	26.00~34.58	板岩，偶夾薄至中厚層硬頁岩，呈棕灰、灰黑色，高度風化，屬弱岩類。	26.02~26.12	剪動面	53°
			26.16~29.98	剪動面	8~19°、36°、56°發達，呈破碎狀。
			29.00~29.41	鐵染節理面	23°、36°、68°
			29.56~29.57	剪動面	14°，夾剪動泥厚1cm。
			29.59~30.00	鐵染節理面	27~31°發達
			30.00~31.93	鐵染節理面	25°、51°、76°發達，呈破碎狀。
			32.16~32.69	剪動面	23°發達
			32.56~32.77	鐵染裂縫面	72~90°
			33.00~33.32	剪動面	23°、36°發達
			33.31~33.76	鐵染節理面	18°、49°、

					61°，呈破碎狀。
			34.12~34.21	剪動面5	9°
2	34.58~40.00	硬頁岩，呈灰黑色，屬中硬岩類。	35.40~36.24	剪動面	32°、37°、52°發達，呈破碎狀。
			36.58、36.63、36.73、37.11、37.19、37.36、36.18	節理面	26°~34°
			36.74~36.88	剪動面	72°
			37.00~37.10	剪動面	59°
			38.81~38.89	節理面	47°
			39.56~39.61	剪動面	42°
			39.77~40.00	共軛節理面	42°、58°
			資料來源：本計畫。		

鑽孔B-2岩層之岩心品質RQD分類綜列於表4-17：

表4-17 D064鑽孔B-2鑽探岩心品質RQD分類表

岩心品質 (RQD)	優良 (90~100%)	好 (75~90%)	一般 (50~75%)	差 (25~50%)	極差 (<25%)
百分比(%)	0.00	14.29	14.29	7.14	64.29
資料來源：本計畫。					

(二) 鑽孔B-3：岩性與不連續面性質分布綜列於表4-18。

表4-18 D064鑽孔B-3岩性與不連續面性質分布表

項次	地層分布		不連續面分布		
	深度(m)	岩性	深度(m)	性質	傾角(°)
1	35.16~38.08	硬頁岩，呈灰黑色，屬中硬岩類。	35.22~35.42	節理面	74°
			35.40~37.14	節理面	18°~26°發達
			35.72~35.83	節理面	64°
			37.31~37.94	劈理面	52°發達
2	38.08~40.00	硬頁岩，灰黑色，局部節理鐵染，輕度風化，屬弱至中硬岩類。	38.10~38.20	鐵染剪動面	54°，夾剪動泥厚1cm。
			38.18~39.41	鐵染節理面	43°、65°發達
			39.41~39.95	鐵染節理面	28°、51°發達
資料來源：本計畫。					

B-3岩層之岩心品質RQD分類綜列於表4-19：

表4-19 D064鑽孔B-3鑽探岩心品質RQD分類表

岩心品質 (RQD)	優良 (90~100%)	好 (75~90%)	一般 (50~75%)	差 (25~50%)	極差 (<25%)
百分比(%)	0.00	0.00	20.00	80.00	0.00

資料來源：本計畫。

(三) 鑽孔B-4：岩性與不連續面性質分布綜列於表4-20。

表4-20 D064鑽孔B-4岩性與不連續面性質分布表

項次	地層分布		不連續面分布		
	深度(m)	岩性	深度(m)	性質	傾角(°)
	10.22~15.74	硬頁岩，呈灰黑色，輕度風化，屬中硬岩類。	10.39~10.46 、 10.79~10.86	鐵染節理面	39°
			10.53、10.70	鐵染節理面	8°
			11.10~11.49	鐵染裂縫面	72°~90°
			11.89~11.94	鐵染節理面	34°
			12.20~13.17	節理面	44°發達
			13.56~13.79	鐵染節理面	63°
			14.19~14.27	節理面	8°、22°
			15.18~15.21	節理面	22°
			15.51~15.73	節理面	32°發達
	15.74~18.91	板岩，呈灰黑色，輕度風化，屬弱岩類，劈理面呈36~43°。	16.18~16.55	節理面	23°發達
			16.91~17.10	節理面	63°
			17.61、17.89、 18.12	節理面	22°
			18.12	節理面	13°
3	18.91~40.00	硬頁岩，呈灰黑色，局部節理鐵染，輕度風化，屬中硬岩類。	19.22~19.69	鐵染共軛節理面	52°、61°發達
			20.04~20.10	鐵染節理面	27°
			20.24~20.33	節理面	58°
			20.44、20.55、 20.63	鐵染節理面	8°
			20.60~20.70	鐵染節理面	60°
			20.72、20.86、 21.16、21.61、 21.80	節理面	15°
			22.08~22.65	節理面	32°~41°發達
			22.17~22.24	變質砂岩層紋面	52°
			23.10~23.14	剪動面	34°
			23.14~23.80		破碎狀
			24.10~24.13	節理面	22°
			24.24~24.31	石英脈	43°
			24.36~24.40	節理面	40°
			25.12~25.17	節理面	31°
			25.48~26.19	鐵染裂縫面	76°~88°，呈破碎狀。
			26.28~26.33	節理面	31°
			26.73~27.28	鐵染節理面	83°

		27.26~27.78	節理面	14°、22°發達
		28.50~28.54	節理面	33°
		29.27~29.34	剪動面	50°
		29.42~30.33		破碎狀
		30.68~31.33	鐵染節理面	73°，呈破碎狀。
		31.40、31.47、 31.52、31.79	節理面	8°
		32.12、32.21	節理面	28°
		32.23~32.29	剪動面	40°
		32.94~33.23	節理面	38°發達
		33.72、34.16、 34.21、34.53、 34.69、35.23、 35.44、35.71	節理面	14°~17°
		37.34~37.90	鐵染節理面	21°、26°、 37°發達，呈 破碎狀。
		38.32~39.11		破碎狀
		39.20	鐵染節理面	16°
		39.55~40.00	鐵染節理面	44°、50°發達
資料來源：本計畫。				

B-4岩層之岩心品質RQD分類綜列於表4-21：

表4-21 D064鑽孔B-4鑽探岩心品質RQD分類表

岩心品質 (RQD)	優良 (90~100%)	好 (75~90%)	一般 (50~75%)	差 (25~50%)	極差 (<25%)
百分比(%)	3.33	13.33	20.00	46.67	16.67
資料來源：本計畫。					

綜合 D064 大規模崩塌潛勢區鑽探岩心品質調查成果，岩心品質優良者(RQD：90~100%)佔 1.11%，岩心品質好者(RQD：75~90%)佔 9.21%，岩心品質一般者(RQD：50~75%)佔 18.10%，岩心品質差者(RQD：25~50%)佔 44.60%，岩心品質極差者(RQD：<25%)佔 26.99%。



第五章 崩塌地觀測

第一節 監測頻率

地中傾斜管監測數量為 7 孔，監測總長度為 250 公尺，6 月 24 日辦理完成第一次(初始值)監測。依本案工作計畫期程，於 6 月底完成傾度管設置及初始值量測，7~11 月每月監測 1 次，共計監測 6 次，監測頻率與監測日期詳表 5-1 示。

表 5-1 監測頻率與監測日期表

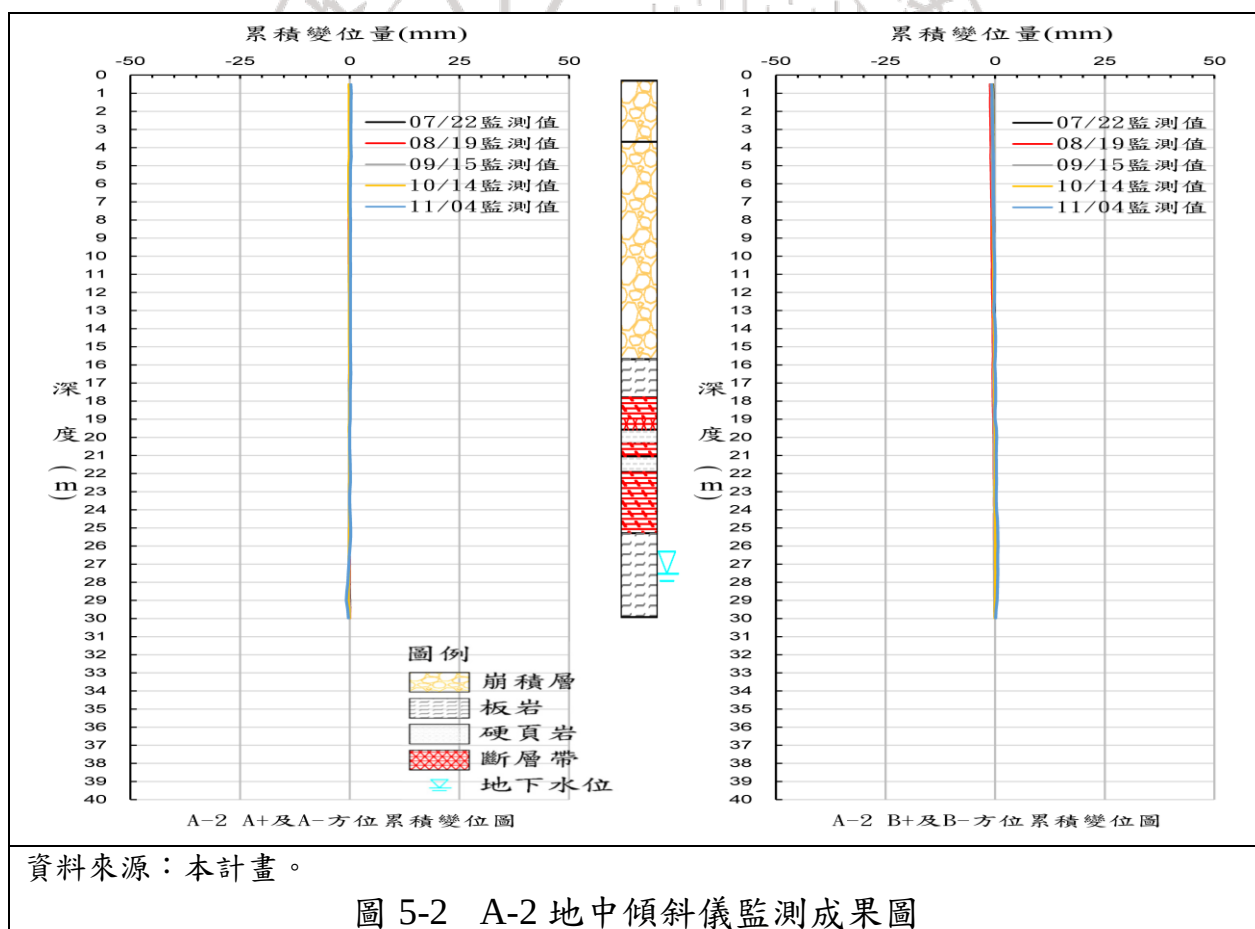
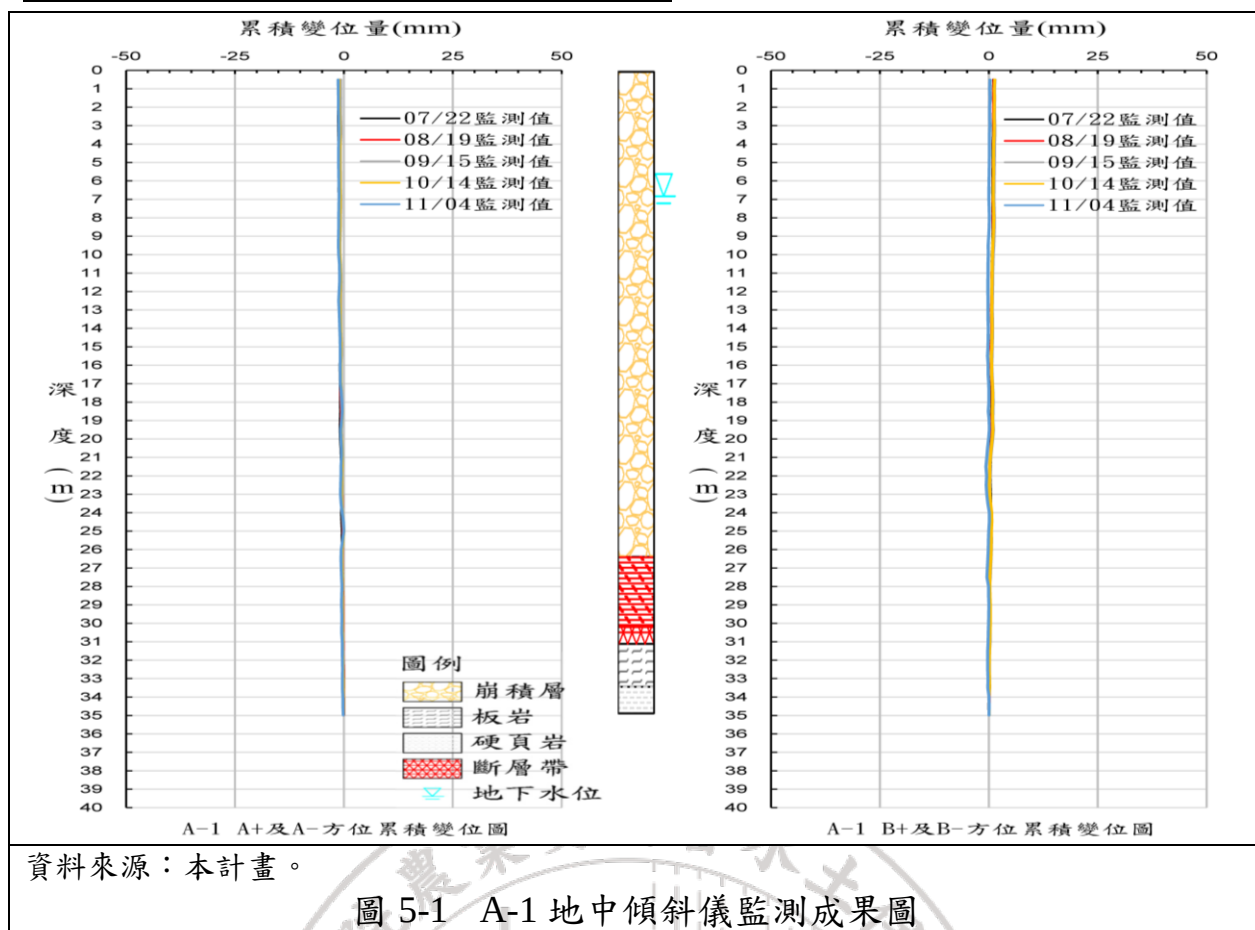
監測項次	1	2	3	4	5	6
監測日期	6/24	7/22	8/19~8/20	9/15	10/14	11/04
備註	初始值量測					
資料來源：本計畫。						

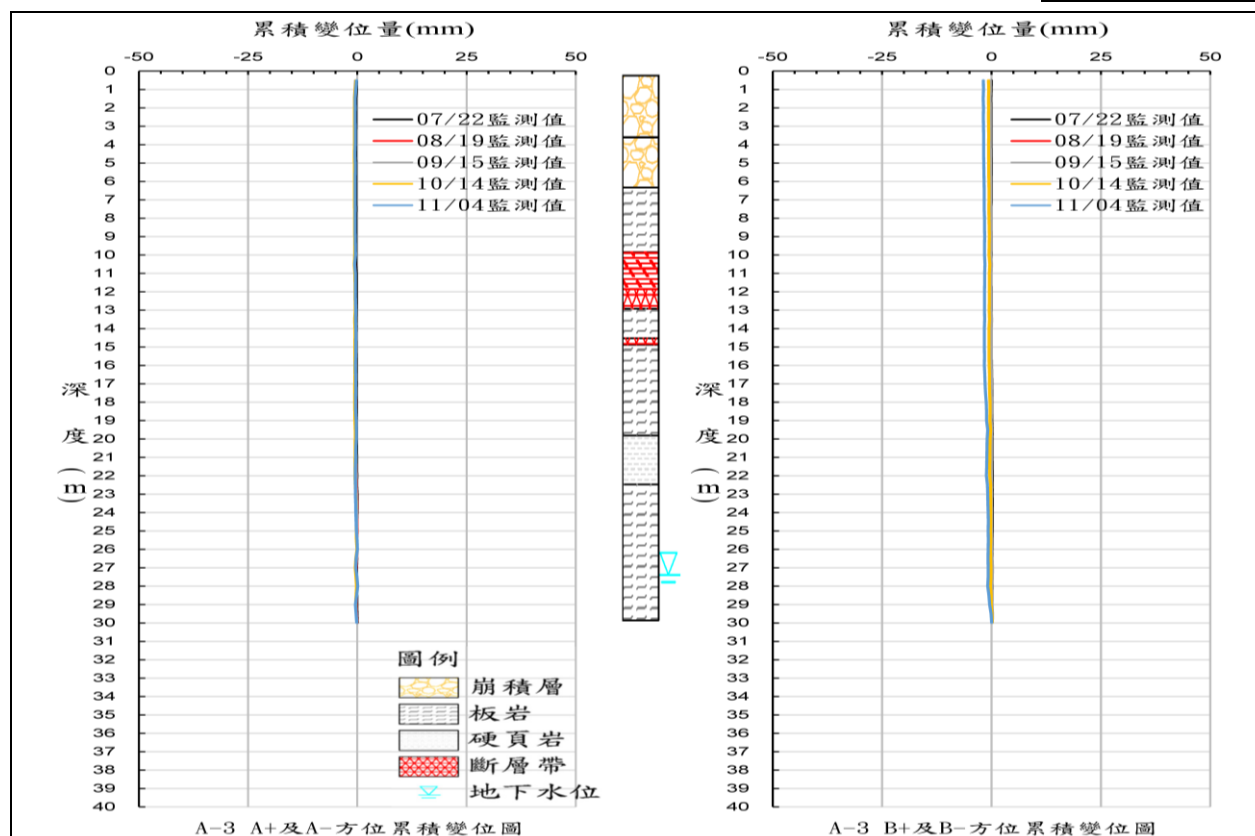
第二節 地中傾斜儀監測成果及分析

地中傾斜儀監測成果圖詳圖 5-1~圖 5-7，地中傾斜儀監測最大累積變位量綜列於表 5-2。

在 D062 大規模崩塌潛勢區，各地中傾斜管最大累積變位量為 1.105~1.907 公厘，皆為孔口處累積變位量，並無凸出曲線變位情形，亦無特殊變位現象，研判地層在穩定狀態，需持續觀測。

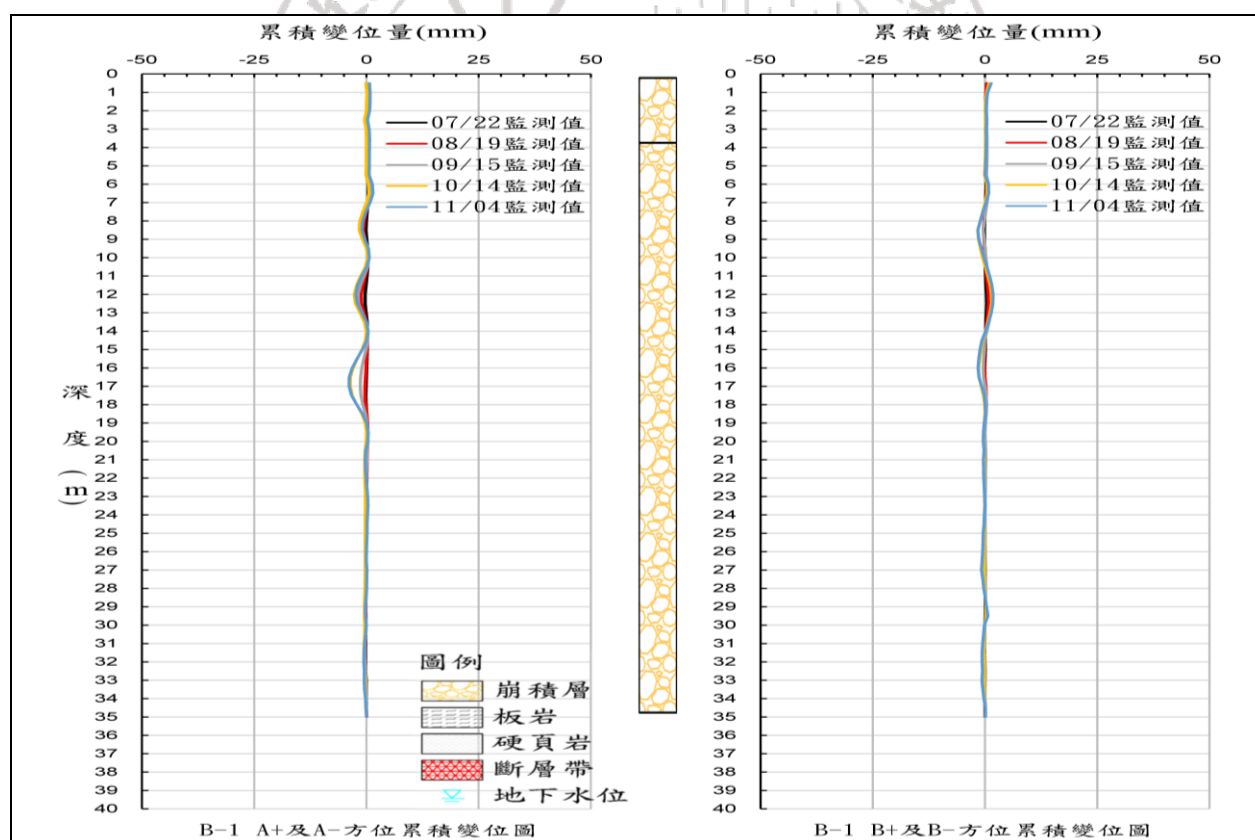
在 D064 大規模崩塌潛勢區，B-4 地中傾斜管在深度 12、22.5、27.5、34 公尺處，有凸出曲線之潛移變位現象，最大累積變位量分別為 8.190、7.873、17.806、18.820 公厘，位移向量方向皆趨向或指向邊坡坡體內；B-1 地中傾斜管 A-方向在深度 17 公尺處，有輕微凸出變位現象，最大累積變位量為 3.878 公厘，位移向量方向指向邊坡坡體內。研判係受到 9 月 17 日、18 日台東地區強烈地震影響，致使局部孔間回填料壓密，呈現沉陷變形現象，研判地層在穩定狀態。其他 B-2、B-3 地中傾斜管最大累積變位量分別為 3.506、2.022 公厘，皆為孔口處累積變位量，並無凸出曲線變位情形，亦無特殊變位現象，研判地層在穩定狀態，需持續觀測。





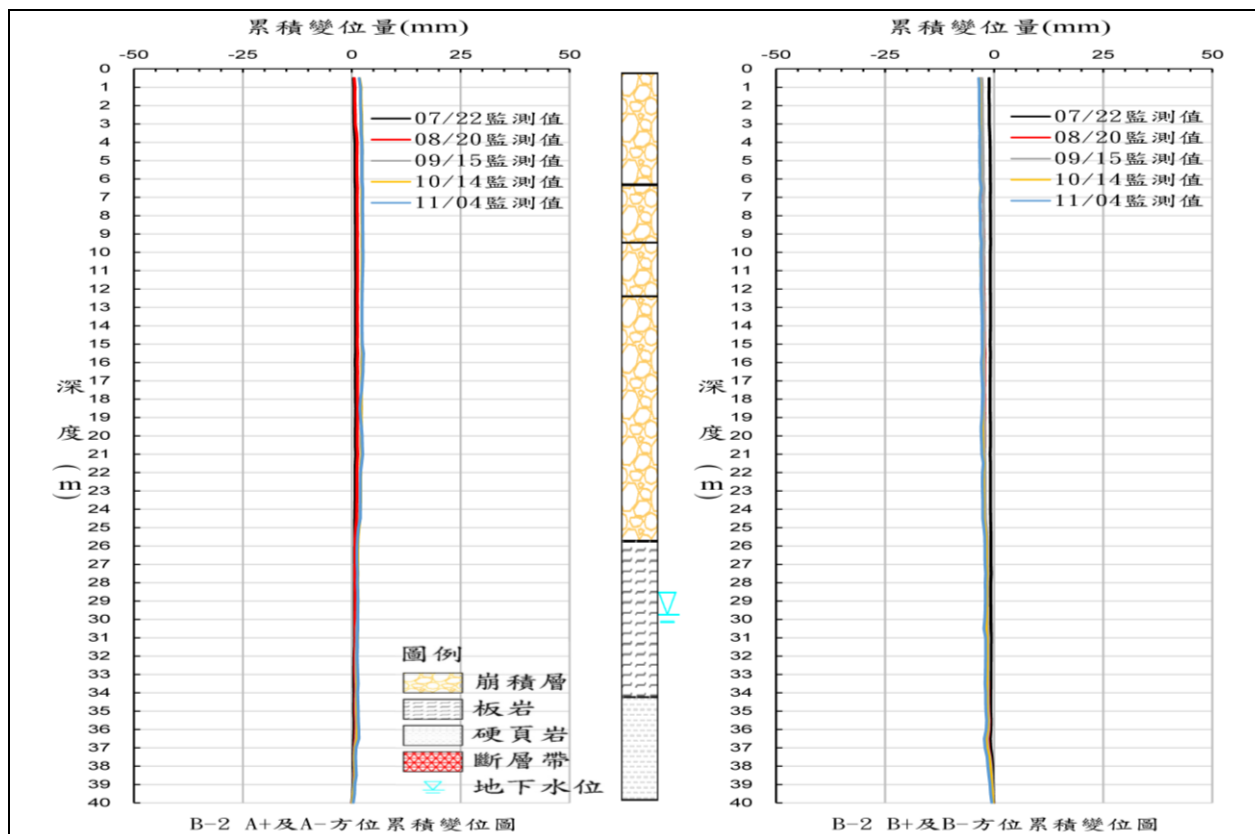
資料來源：本計畫。

圖 5-3 A-3 地中傾斜儀監測成果圖



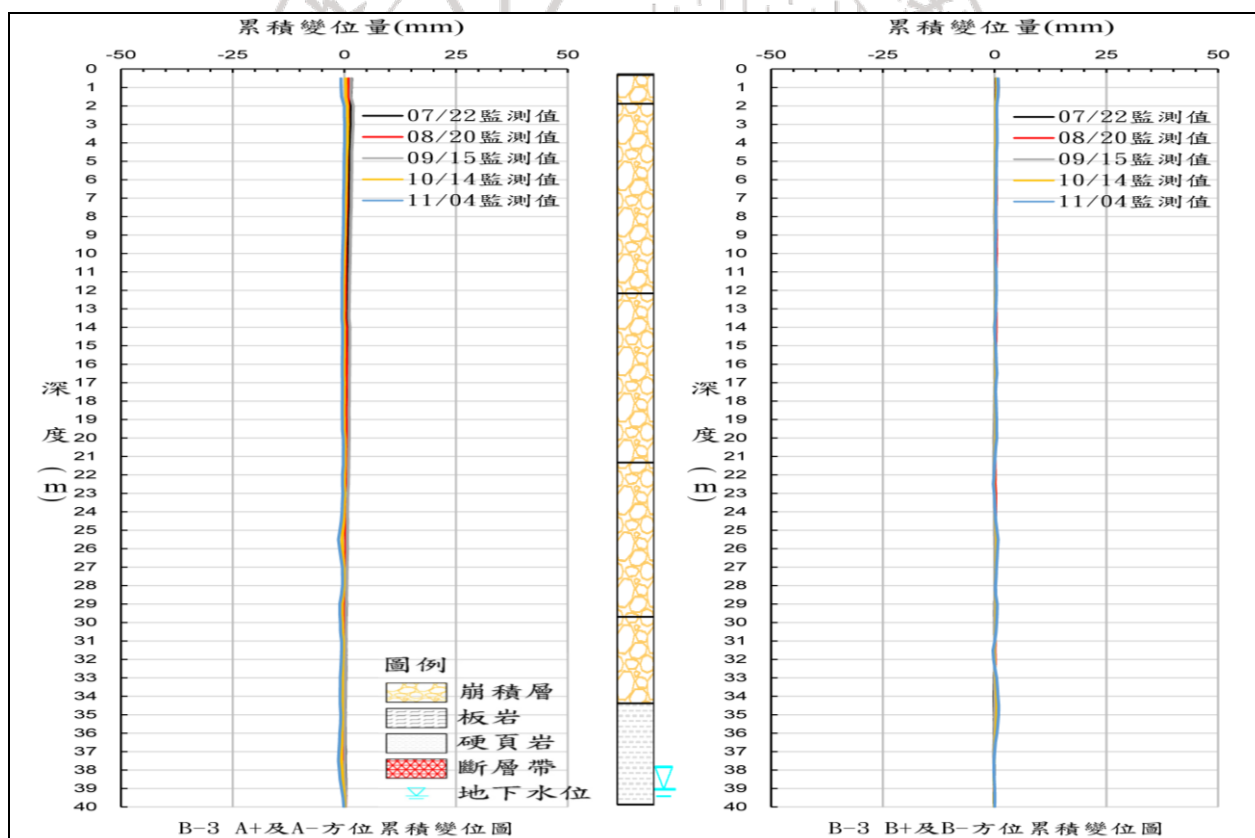
資料來源：本計畫。

圖 5-4 B-1 地中傾斜儀監測成果圖



資料來源：本計畫。

圖 5-5 B-2 地中傾斜儀監測成果圖



資料來源：本計畫。

圖 5-6 B-3 地中傾斜儀監測成果圖

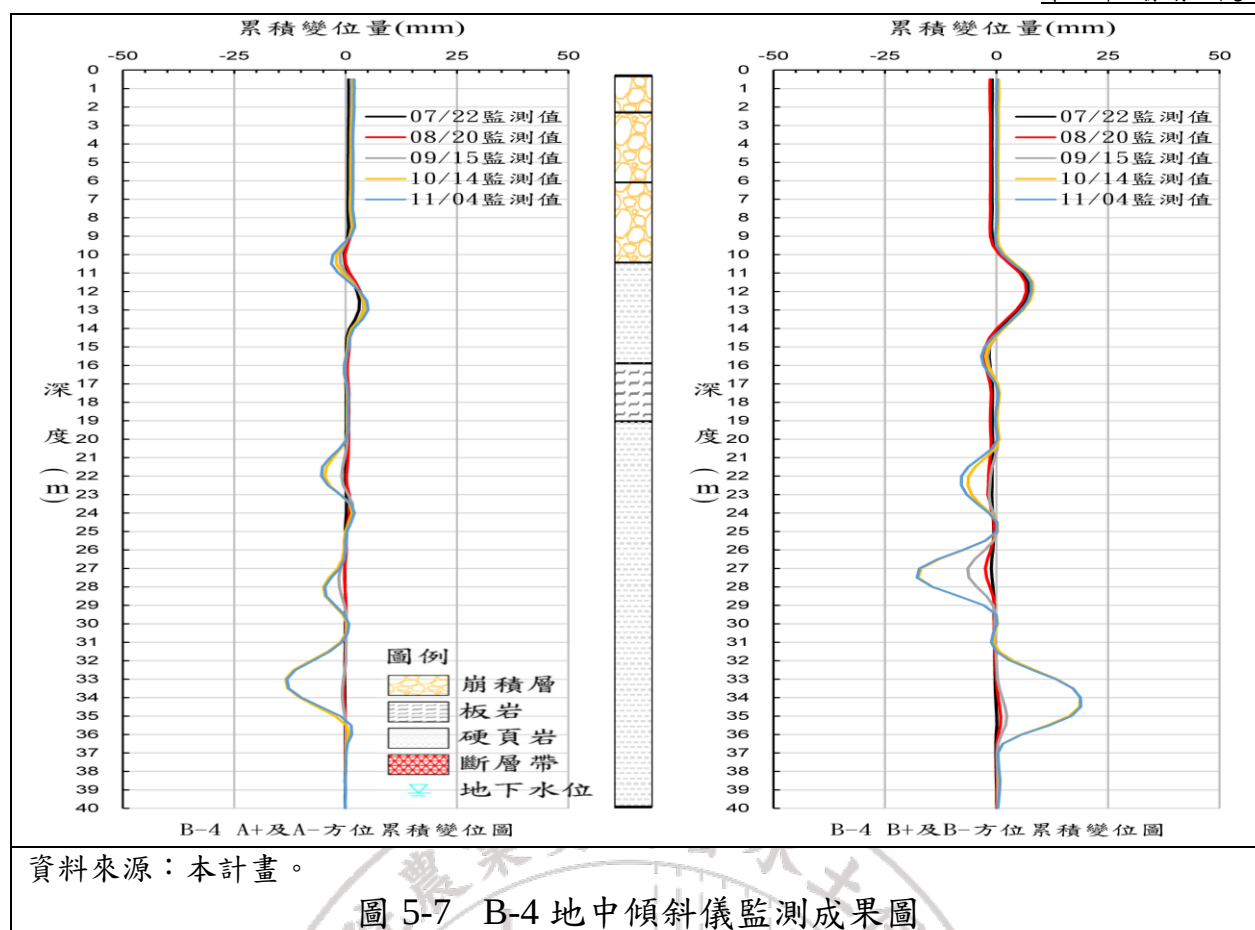


表5-2 地中傾斜儀監測最大累積變位量表

地中傾斜管編號	量測日期	最大累積變位深度(m)	最大累積變位量(mm)	最大累積變位增量(mm)	最大位移向量方向	最大位移向量位移量(mm)
A-1	111/07/22	1.0	1.290	1.290	-	-
	111/08/19	0.5	1.197	-0.093	-	-
	111/09/15	0.5	1.426	0.229	-	-
	111/10/14	0.5	1.356	-0.070	-	-
	111/11/04	0.5	1.335	-0.021	-	-
A-2	111/07/22	0.5	0.579	0.579	-	-
	111/08/19	0.5	1.105	0.526	-	-
	111/09/15	0.5	0.893	-0.212	-	-
	111/10/14	0.5	0.691	-0.202	-	-
	111/11/04	0.5	0.774	0.083	-	-
A-3	111/07/22	4.0	0.383	0.383	-	-
	111/08/19	4.5	0.660	0.277	-	-
	111/09/15	4.5	0.711	0.051	-	-
	111/10/14	10.5	0.733	0.022	-	-
	111/11/04	1.5	1.907	1.174	-	-
B-1	111/07/22	10.0	0.410	0.410	-	-
	111/08/19	12.0	1.167	0.757	-	-
	111/09/15	12.0	1.910	0.743	-	-
	111/10/14	17.0	3.612	1.702	N23.2°W	3.704
	111/11/04	17.0	3.878	0.266	N25.8°W	3.940

地中傾斜 管編號	量測日期	最大累積變 位深度(m)	最大累積變 位量(mm)	最大累積變 位增量(mm)	最大位移向 量方向	最大位移向 量位移量(mm)
B-2	111/07/22	0.5	1.160	1.160	-	-
	111/08/20	0.5	2.986	1.826	-	-
	111/09/15	0.5	2.807	-0.179	-	-
	111/10/14	0.5	3.404	0.597	-	-
	111/11/04	0.5	3.506	0.102	-	-
B-3	111/07/22	0.5	1.575	1.575	-	-
	111/08/20	0.5	0.951	-0.624	-	-
	111/09/15	2.0	2.022	1.071	-	-
	111/10/14	3.0	0.778	-1.244	-	-
	111/11/04	3.0	0.525	-0.253	-	-
B-4	111/07/22	12.0	7.187	7.187	S58.2°W	7.641
	111/08/20	12.0	6.676	-0.511	S51.2°W	7.477
	111/09/15	12.0	8.071	1.395	S57.1°W	8.638
	111/10/14	12.0	8.190	0.119	S57.4°W	8.750
	111/10/14	22.5	6.405	-1.785	N48.5°E	7.358
	111/10/14	27.5	17.543	11.138	N66.1°E	17.927
	111/10/14	34.0	18.775	1.232	N73.1°W	21.438
	111/11/04	12.0	7.778	-0.412	S55.4°W	8.428
	111/11/04	22.5	7.873	1.468	N51.3°E	8.810
	111/11/04	27.5	17.806	0.263	N67.6°E	18.103
	111/11/04	34.0	18.820	0.045	N74.2°W	21.274

資料來源：本計畫。

第三節 張力裂縫監測成果及分析

張力裂縫監測成果詳表 5-3，監測張力裂縫位移量為 0.027~0.119 公分，位移量尚在量測誤差範圍內，研判張力裂縫並無擴張現象。

表 5-3 張力裂縫監測成果表

監測點編號	6/24 初始值(cm)	量測日期	監測值(cm)	位移量(cm)	位移量增量(cm)
T1	8.163	111/07/22	8.173	0.010	0.010
		111/08/20	8.171	0.008	-0.002
		111/09/15	8.174	0.011	0.003
		111/10/14	8.180	0.017	0.006
		111/11/04	8.190	0.027	0.010
T2	10.038	111/07/22	10.098	0.060	0.060
		111/08/20	10.114	0.076	0.016
		111/09/15	10.121	0.083	0.007
		111/10/14	10.127	0.089	0.006
		111/11/04	10.139	0.101	0.012

監測點編號	6/24 初始值(cm)	量測日期	監測值(cm)	位移量(cm)	位移量增量(cm)
T3	12.488	111/07/22	12.502	0.014	0.014
		111/08/20	12.585	0.097	0.083
		111/09/15	12.587	0.099	0.002
		111/10/14	12.591	0.103	0.004
		111/11/04	12.607	0.119	0.016
T4	8.519	111/07/22	8.523	0.004	0.004
		111/08/20	8.534	0.015	0.011
		111/09/15	8.540	0.021	0.006
		111/10/14	8.542	0.023	0.002
		111/11/04	8.568	0.049	0.026
資料來源：本計畫。					

第四節 降雨量紀錄

本計畫區有中央氣象局茂林蝶谷自動雨量站(CM0180)，蒐集本計畫執行期間 2022 年 1 月 1 日至 11 月 6 日之降雨量資料，整理日雨量紀錄表詳表 5-4，分析日降雨量分布圖詳圖 5-8。

1~4 月為乾旱季節少雨，5~6 月為梅雨季節，多有間歇性雷陣雨，7 月及 8 月氣候炎熱，偶有午後雷陣雨或短暫陣雨。9 月氣候炎熱，有軒嵐諾颱風(9/2~9/4)及梅花颱風(9/11~9/13)計 2 個強烈颱風路過台灣東北方，未直接侵襲台灣，為台灣中部以北帶來豐沛雨量，南部則無顯著影響。10 月至 11 月 6 日止，氣候溫和，乾燥少雨。

5 月至 6 月梅雨季節期間，日降雨量大於 10 公厘之天數為 18 天，最大日降雨量為 5 月 15 日降雨量 102.5 公厘。5 月總降雨量為 497.5 公厘，6 月總降雨量為 305 公厘。7 月之日降雨量大於 10 公厘之天數為 8 天，最大日降雨量為 7 月 31 日降雨量 70.5 公厘，7 月總降雨量為 262.5 公厘。8 月之日降雨量大於 10 公厘之天數為 7 天，最大日降雨量為 8 月 17 日降雨量 57.0 公厘，8 月總降雨量為 222.0 公厘。9 月之日降雨量大於 10 公厘之天數為 5 天，最大日降雨量為 9 月 4 日降雨量 26.5 公厘，9 月總降雨量為 101.0 公厘。10 月之日降雨量大於 10 公厘之天數為 2 天，最大日降雨量為 10 月 31 日降雨量 31.5 公厘，10 月總降雨量為 68 公厘。11 月份至 11 月 6 日止，日降雨量大於 10

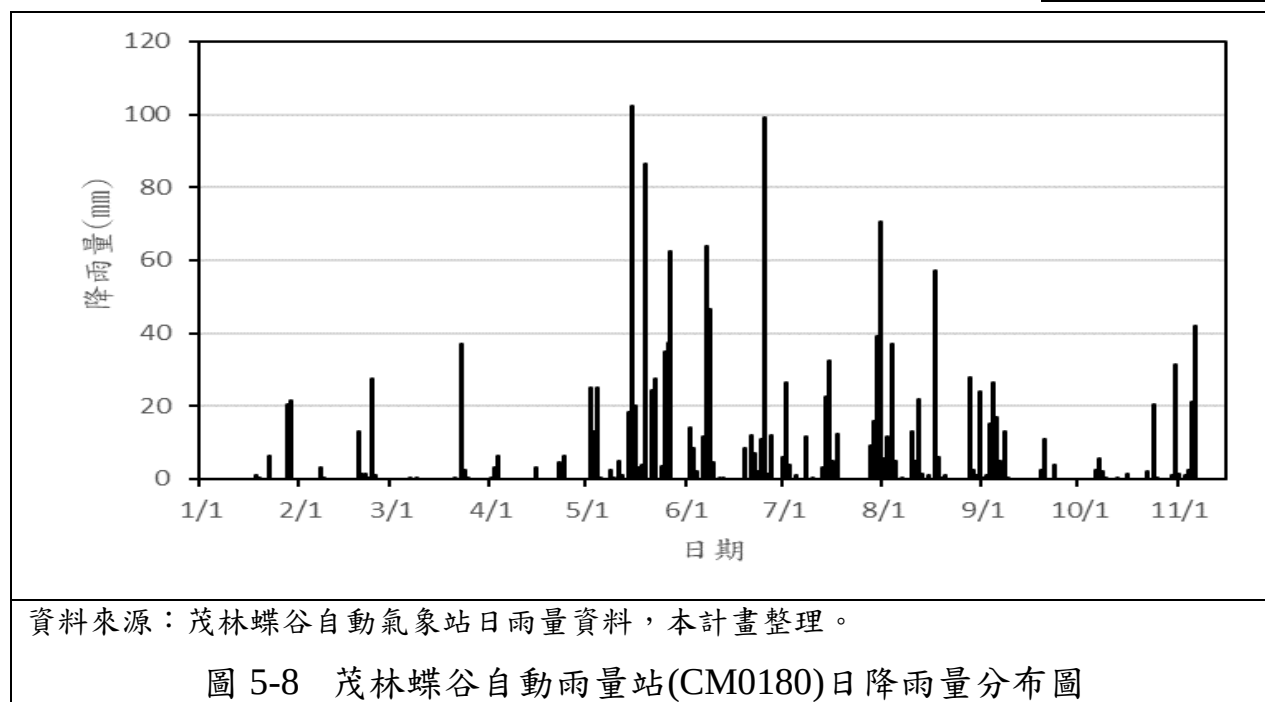
公厘之天數為 2 天，最大日降雨量為 11 月 6 日降雨量 42 公厘，至 11 月 6 日止總降雨量為 68 公厘。

表5-4 茂林蝶谷自動雨量站(CM0180)日雨量紀錄表

單位：公厘

月份 日期	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月
1	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	6.0	5.5	0.5	0.0	1.5
2	0.0	0.0	0.0	3.0	25.0	14.0	26.5	11.5	1.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	6.5	13.0	8.5	4.0	0.0	15.0	0.0	1.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	2.0	0.0	37.0	26.5	0.0	2.5
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	1.0	5.0	17.0	0.0	21.0
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.5	0.0	0.0	5.0	2.5	42.0
7	0.0	3.0	0.5	0.0	0.0	64.0	0.0	0.5	5.0	5.5	
8	0.0	0.5	0.0	0.0	2.5	46.5	11.5	0.0	13.0	2.0	
9	0.0	0.0	0.5	0.0	0.5	4.5	0.0	0.0	0.5	0.5	
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	13.0	0.0	0.0	
11	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.5	0.0	5.0	0.0	0.0	
12	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5	0.0	22.0	0.0	0.0	
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	1.5	0.0	0.5	
14	0.0	0.0	0.0	0.0	18.5	0.0	22.5	0.0	0.0	0.0	
15	0.0	0.0	0.0	3.0	102.5	0.0	32.5	1.0	0.0	0.0	
16	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	0.0	5.0	0.0	0.0	1.5	
17	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	3.0	57.0	0.0	0.0	
18	1.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	12.5	6.0	0.0	0.0	
19	0.5	13.0	0.0	0.0	86.5	8.5	0.0	0.5	2.5	0.0	
20	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	11.0	0.0	
21	0.0	1.5	0.5	0.0	24.5	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
22	6.5	0.5	0.0	4.5	27.5	7.0	0.0	0.0	0.0	2.0	
23	0.0	27.5	37.0	0.5	0.0	2.0	0.0	0.0	4.0	0.0	
24	0.0	1.0	2.5	6.5	3.5	11.0	0.0	0.0	0.0	20.5	
25	0.0	0.0	0.5	0.0	35.0	99.0	0.0	0.0	0.0	0.5	
26	0.0	0.0	0.0	0.0	37.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	
27	0.0	0.0	0.0	0.0	62.5	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
28	20.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	28.0	0.0	0.0	
29	21.5	-	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0	2.5	0.0	0.0	
30	0.0	-	0.0	0.0	0.0	0.0	39.0	1.0	0.0	1.0	
31	0.0	-	0.0	-	0.0	-	70.5	24.0	-	31.5	
合計	50.0	48.5	41.5	24.5	497.5	305.0	262.5	222.0	101.0	68.0	68.0

資料來源：茂林蝶谷自動氣象站。



第五節 地下水位監測成果及與時降雨量關係

地下水位量測成果綜列於表 5-5。

表 5-5 地下水位量測紀錄表

項次	觀測井編號	孔口高程(m)	觀測井深度(m)	量測日期	量測日天氣	地下水位深度(m)	地下水位高程(m)	地下水位增量(m)
1	A-1	316.04	36.51	111/06/24	晴	-6.84	309.20	0.00
				111/07/22	晴	-7.08	308.96	-0.24
				111/08/20	午後陣雨	-6.69	309.35	0.39
				111/09/15	晴	-7.20	308.84	-0.51
				111/10/14	晴	-7.93	308.11	-0.73
				111/11/04	晴	-7.42	308.62	0.51
2	A-2	369.78	30.69	111/06/24	晴	-27.57	342.21	0.00
				111/07/22	晴	-27.96	341.82	-0.39
				111/08/20	午後陣雨	-27.88	341.90	0.08
				111/09/15	晴	-28.56	341.22	-0.68
				111/10/14	晴	-30.31	339.47	-1.75
				111/11/04	晴	-30.14	339.64	0.17
3	A-3	380.44	31.22	111/06/24	晴	-27.50	352.94	0.00
				111/07/22	晴	-27.53	352.91	-0.03
				111/08/20	午後陣雨	-27.57	352.87	-0.04
				111/09/15	晴	-28.98	351.46	-1.41
				111/10/14	晴	-29.40	351.04	-0.42
				111/11/04	晴	-29.34	351.10	0.06
4	B-1	204.42	35.31	111/06/24	晴	無	<169.11	-
				111/07/22	晴	無	<169.11	-
				111/08/20	午後陣雨	無	<169.11	-

111 年度茂林 D062 及 D064 大規模崩塌潛勢區災害調查

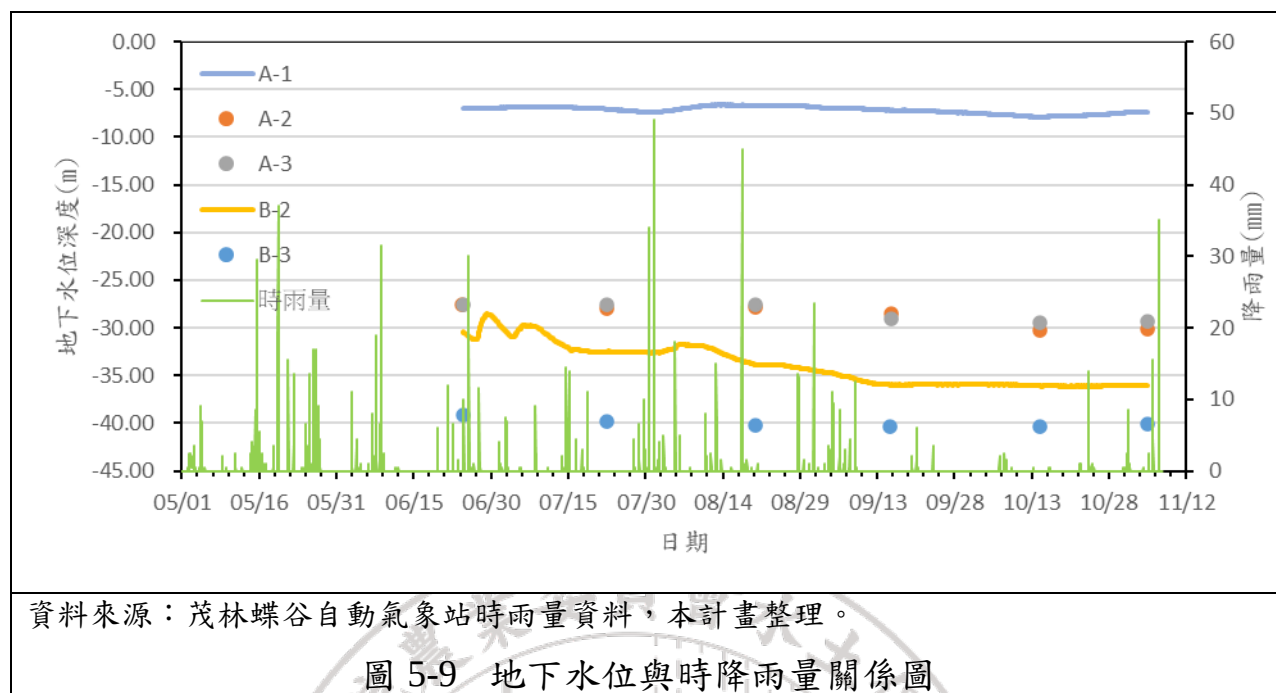
項次	觀測井 編號	孔口高 程(m)	觀測井 深度(m)	量測日期	量測日天氣	地下水位 深度(m)	地下水位 高程(m)	地下水位 增量(m)
				111/09/15	晴	無	<169.11	-
				111/10/14	晴	無	<169.11	-
				111/11/04	晴	無	<169.11	-
5	B-2	379.3	41	111/06/24	晴	-29.80	349.50	0.00
				111/07/22	晴	-32.49	346.81	-2.69
				111/08/20	午後陣雨	-33.83	345.47	-1.34
				111/09/15	晴	-35.98	343.32	-2.15
				111/10/14	晴	-36.10	343.20	-0.12
				111/11/04	晴	-36.05	343.25	0.05
6	B-3	436.81	40.38	111/06/24	晴	-39.18	397.63	0.00
				111/07/22	晴	-39.87	396.94	-0.69
				111/08/20	午後陣雨	-40.16	396.65	-0.29
				111/09/15	晴	-40.33	396.48	-0.17
				111/10/14	晴	-40.32	396.49	0.01
				111/11/04	晴	-40.13	396.68	0.19
7	B-4	393.72	40.5	111/06/24	晴	無	<353.22	-
				111/07/22	晴	無	<353.22	-
				111/08/20	午後陣雨	無	<353.22	-
				111/09/15	晴	無	<353.22	-
				111/10/14	晴	無	<353.22	-
				111/11/04	晴	無	<353.22	-

資料來源：本計畫。

本計畫區 1~4 月天氣普遍晴朗少有雨，5 月至 6 月為梅雨季節，多有雷陣雨，因此綜合梅雨季節 5 月 1 日迄今中央氣象局茂林蝶谷自動雨量站(CM0180)之時降雨量，與歷次地下水位量測成果於圖 5-9，其中 A-1、B-2 計 2 孔觀測井係自記式水位計每小時 1 次量測地下水位資料，其它則為每月 1 次人工量測地下水位資料。

5 月至 6 月梅雨季節期間，最大日降雨量為 5 月 15 日降雨量 102.5 公厘，最大時降雨量為 5 月 19 日 17:00 時降雨量 37 公厘。7 月最大日降雨量為 7 月 31 日降雨量 70.5 公厘，最大時降雨量為 7 月 31 日 16:00 時降雨量 49 公厘。8 月最大日降雨量為 8 月 17 日降雨量 57.0 公厘，最大時降雨量為 8 月 17 日 18:00 時降雨量 45 公厘。9 月最大日降雨量為 9 月 4 日降雨量 26.5 公厘，最大時降雨量為 9 月 8 日 16:00 時降雨量 12.5 公厘。10 月最大日降雨量為 10 月 31 日降雨量 31.5 公厘，最大時降雨量為 10 月 24 日 02:00 時降雨量 14 公厘。11 月

份至 11 月 6 日止，最大日降雨量為 11 月 6 日降雨量 42 公厘，最大時降雨量為 11 月 6 日 15:00 時降雨量 35 公厘。



在 D062 大規模崩塌潛勢區，最終監測地下水位分布深度為地表面下 7.42 公尺(A-1 觀測井)至 29.52 公尺(A-3 觀測井)，地下水位分布高程為海拔 350.92 公尺(A-3 觀測井)至 308.62 公尺(A-1 觀測井)，地下水積蓄在岩層及古沖積扇內。

在 D064 大規模崩塌潛勢區，最終監測地下水位，地下水位分布深度為地表面下 36.05 公尺(B-2 觀測井)至 40.13 公尺(B-3 觀測井)，地下水位分布高程為海拔 396.68 公尺(B-3 觀測井)至低於 169.11 公尺(B-1 觀測井無地下水)，地下水位大致分布在土岩界面之下岩層內。在 B-1 觀測井深度 35.31 公尺內、B-4 觀測井深度 40.5 公尺內，皆無地下水。

6 月 24 日至 11 月 4 日監測期間，氣候晴朗少雨，日降雨量大於 10 公厘之天數為 24 天，降雨天數約 17.9%。最大日降雨量為 7 月 31 日降雨量 70.5 公厘，最大時降雨量為 7 月 31 日 16:00 時降雨量 49 公厘，並無大雨或長延時

降雨情形。在 5 個月的監測期間，D062 大規模崩塌潛勢區，最終監測地下水位降低 0.58~2.57 公尺；在 D064 大規模崩塌潛勢區，最終監測地下水位降低 0.95~6.25 公尺。由於降雨期分散且降雨量低，因此地下水位變化平緩。

第六節 顯著有感地震紀錄

111 年 9 月 17 日台東縣關山鎮發生 1 次芮氏規模 6.4 之強烈地震，本計畫區北鄰之六龜區震度為 3 級；9 月 18 日台東縣池上鄉發生 1 次芮氏規模 6.8 之強烈地震，六龜區震度為 4 級。摘錄中央氣象局地震報告於圖 5-10。

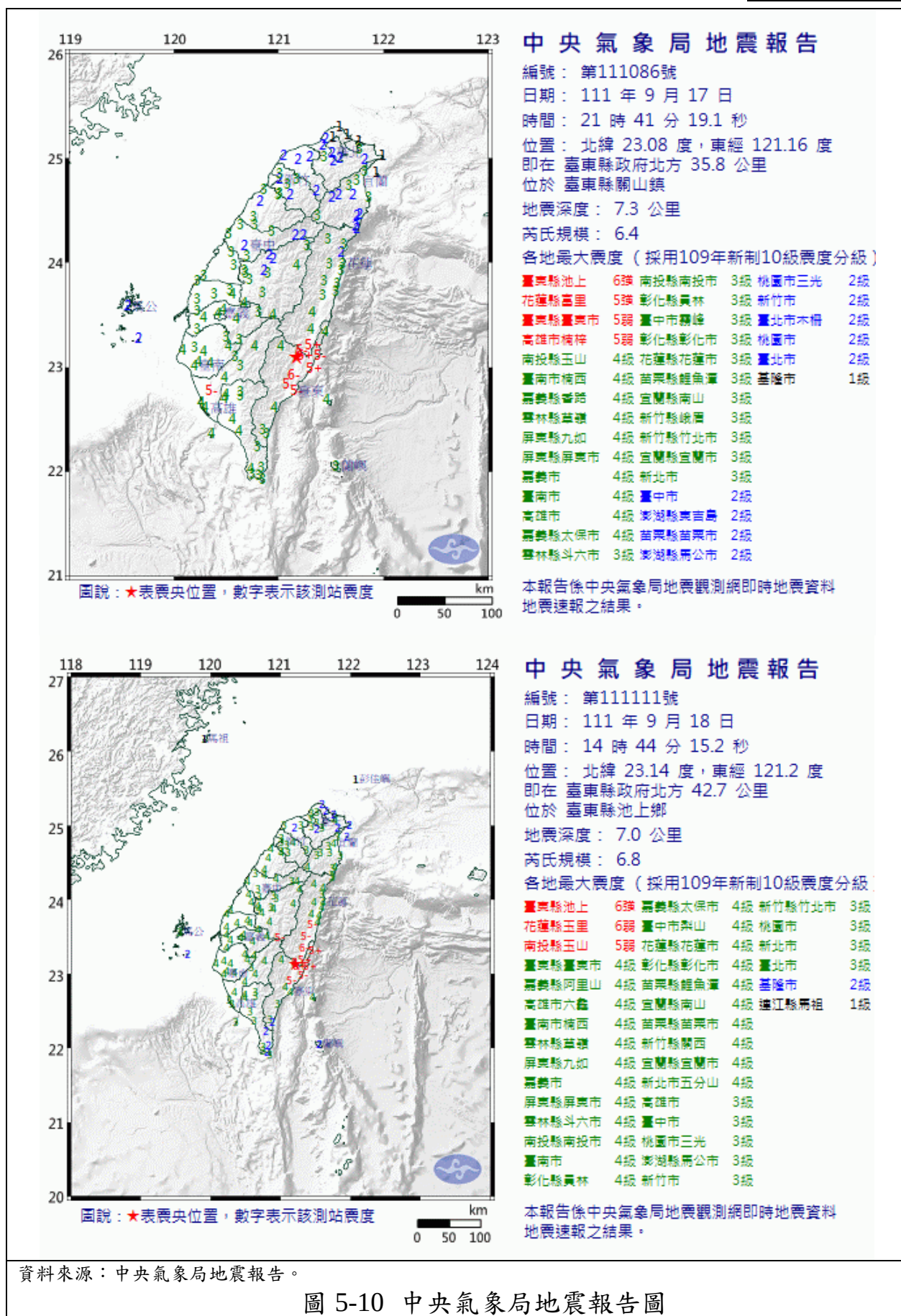
摘錄強烈地震紀錄及六龜區地震測站震度於表 5-6，表中地震加速度值係依據中央氣象局地震震度分級摘錄。

表 5-6 顯著有感地震紀錄表

項次	中央氣象局地震報告編號	日期時間	震央	震源深度 (km)	震央相對位置	芮氏規模	六龜區震度(級)	加速度 (cm/sec ²)
1	111086	2022/9/17 21:41	北緯 23.08° 東 經 121.16°	7.3	台東縣 關山鎮	6.4	3	8~25
2	111111	2022/9/18 14:44	北緯 23.14° 東 經 121.2°	7.0	台東縣 池上鄉	6.8	4	25~80

資料來源：中央氣象局地震報告、地震震度分級，本計畫整理。

地震後即前往現場勘查，在計畫範圍內，除道路邊坡偶有小落石發生外，並無災情發生。



資料來源：中央氣象局地震報告。

圖 5-10 中央氣象局地震報告圖

第七節 監測成果綜合評估

6 月 24 日至 11 月 4 日監測期間，天氣普遍晴朗少雨，無颱風或豪大雨等異常氣候，且無大雨或長延時降雨情形，最大日降雨量為 7 月 31 日降雨量 70.5 公厘。

在 D062 大規模崩塌潛勢區，最終監測地下水位分布深度為地表面下 7.42~29.52 公尺，地下水積蓄在岩層及古沖積扇內。在 D064 大規模崩塌潛勢區，最終監測地下水位，地下水位分布深度為地表面下 36.05~40.13 公尺，地下水位大致分布在土岩界面之下岩層內。在 B-1 觀測井深度 35.31 公尺內、B-4 觀測井深度 40.5 公尺內，皆無地下水。由於氣候普遍晴朗少雨，降雨量少，地下水位變化平緩，無隨時降雨量而顯著起落現象。

張力裂縫監測成果顯示無張裂現象。依據地中傾斜管監測成果綜合評估：

- 一、在 D062 大規模崩塌潛勢區，各地中傾斜管最大累積變位量為 1.105~1.907 公厘，皆為孔口處累積變位量，並無凸出曲線變位等潛在滑動面情形，亦無特殊變位現象。研判 D062 大規模崩塌潛勢區地層在穩定狀態。
- 二、在 D064 大規模崩塌潛勢區，B-1、B-4 地中傾斜管局部有凸出曲線之潛移變位現象，惟位移向量方向趨向或指向邊坡坡體內，研判係受到 9 月 17 日、18 日台東地區強烈地震影響，致使局部孔間回填料壓密，而呈現沉陷變形現象。其他 B-2、B-3 地中傾斜管最大累積變位量分別為 3.506、2.022 公厘，皆為孔口處累積變位量，並無凸出曲線變位等潛在滑動面情形，亦無特殊變位現象。研判 D064 大規模崩塌潛勢區地層在穩定狀態。

第六章 大規模崩塌潛勢區地質安全評估

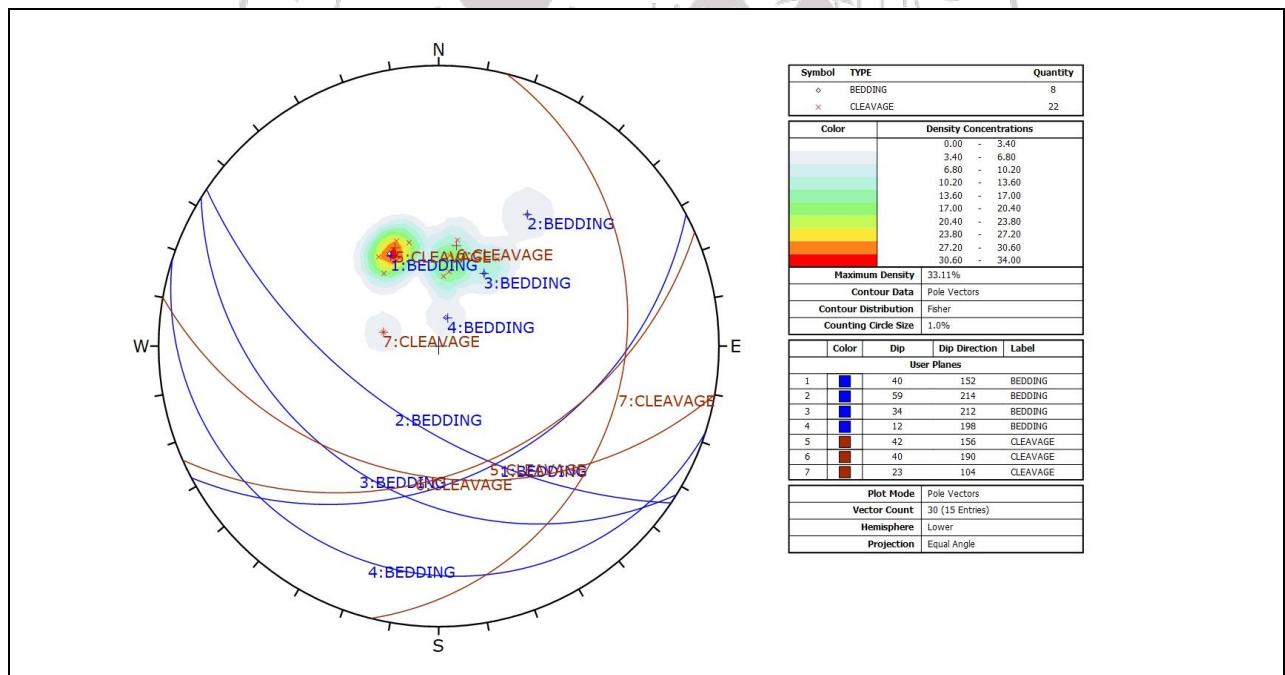
第一節 地質不連續面統計分析

本計畫區岩體滑動模式受到地質不連續面(層面、劈理面、節理面等)控制，分析方法採用著名之 Rocscience 公司發展之 Dips 程式極點立體投影圖，進行層面、劈理面、節理面等地質不連續面統計分析，求出廣域性主要地質不連續面之位態及其分布之區位，以供後續岩體滑動穩定性分析。依據計畫區範圍岩層露頭地質不連續面分布之區位，分別進行統計分析。

一、D062 大規模崩塌潛勢區

(一)層面及劈理面統計分析

D062 大規模崩塌潛勢區範圍內，層面及劈理面統計分析成果詳圖 6-1。統計分析結果求得 4 組主要層面位態、3 組主要劈理面位態，綜合統計分析成果表詳表 6-1。



資料來源：本計畫。

圖 6-1 D062 大規模崩塌潛勢區層面及劈理面統計分析成果圖

表 6-1 D062 大規模崩塌潛勢區層面及劈理面統計分析成果綜合表

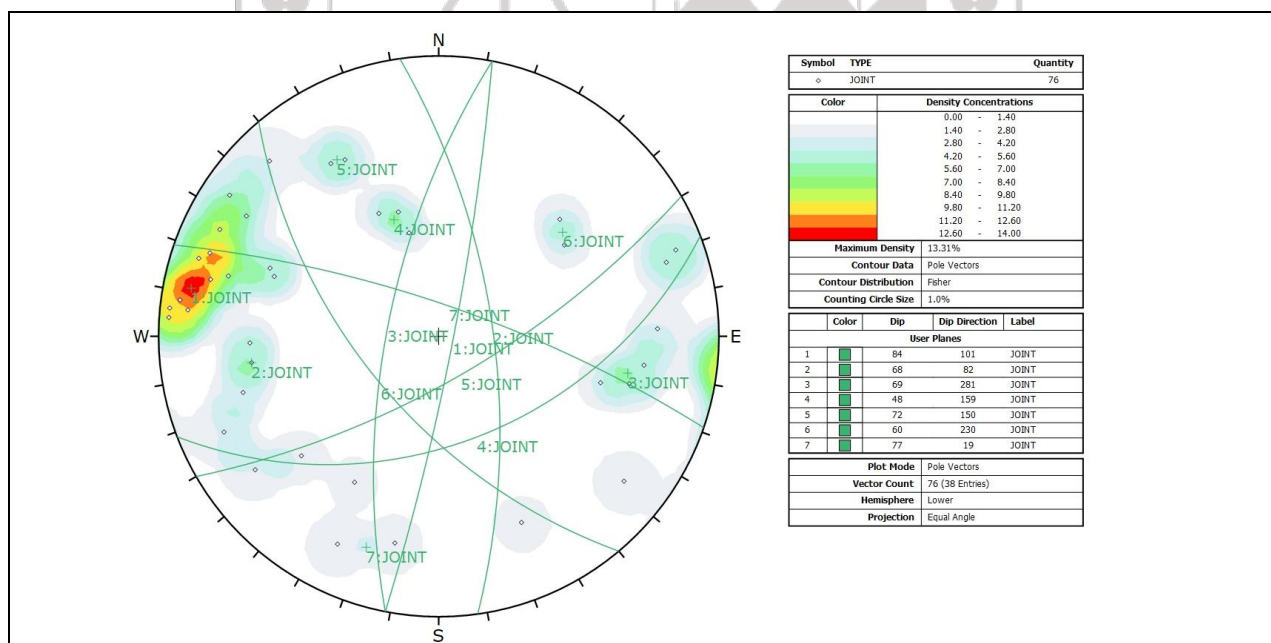
項次編號	不連續面類型	位態	統計密度率(%)
1	層面	N62°E/40°S	28.6
2	層面	N56°W/59°S	5.2
3	層面	N58°W/34°S	5.2
4	層面	N72°W/12°S	5.2
5	劈理面	N66°E/42°S	33.11
6	劈理面	N80°W/40°S	22.1
7	劈理面	N14°E/23°E	5.2

資料來源：本計畫。

編號 2~4 層面位態呈現向南南西由陡變緩型態，研判係小區域性之折曲構造。編號 7 劈理面位態 N14°E/23°E 統計密度率僅 5.2%，研判係局部有折曲變化。綜合研判，D062 大規模崩塌潛勢區岩體滑動分析，可採用廣域分布之主要層面位態 N62°E/40°S，主要劈理面位態 N66°E/42°S、N80°W/40°S。

(二)節理面統計分析

D062 大規模崩塌潛勢區範圍內，節理面統計分析成果詳圖 6-2。統計分析結果求得 7 組主要節理面位態，綜合統計分析成果表詳表 6-2。



資料來源：本計畫。

圖 6-2 D062 大規模崩塌潛勢區節理面統計分析成果圖

表 6-2 D062 大規模崩塌潛勢區節理面統計分析成果綜合表

項次編號	不連續面類型	位態	統計密度率(%)
1	節理面	N11°E/84°S	13.31
2	節理面	N8°W/68°E	7.7
3	節理面	N11°E/69°W	7.7
4	節理面	N69°E/48°S	6.3
5	節理面	N60°E/72°S	6.3
6	節理面	N40°W/60°S	6.3
7	節理面	N71°W/77°N	6.3

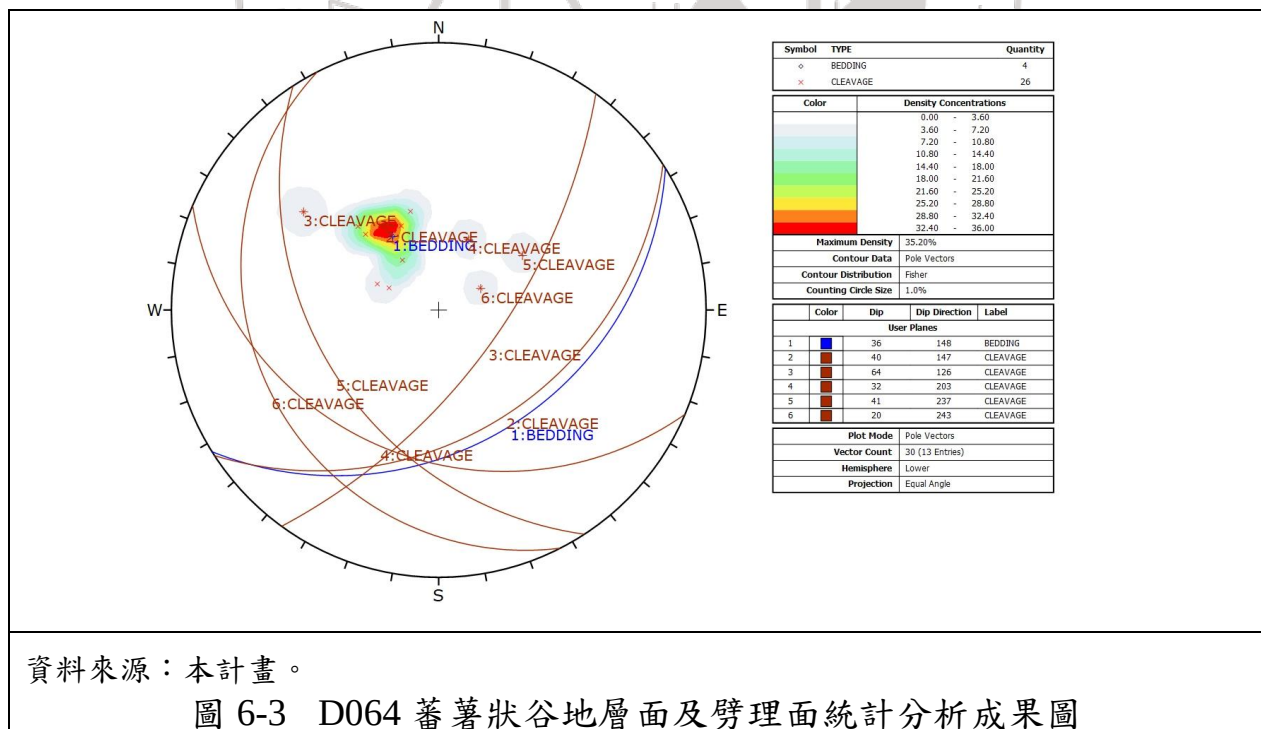
資料來源：本計畫。

考量節理統計密度率低於 2.8% 者，出現率及規模均甚小，因此廣域性岩體滑動分析則未予考慮。綜合研判，D062 大規模崩塌潛勢區岩體滑動分析，可採用廣域分布之主要節理面位態計 7 組。

二、D064 大規模崩塌潛勢區東半部蕃薯狀谷地

(一)層面及劈理面統計分析

D064 大規模崩塌潛勢區東半部蕃薯狀谷地範圍內，層面及劈理面統計分析成果詳圖 6-3。統計分析結果求得 1 組主要層面位態、5 組主要劈理面位態，綜合統計分析成果表詳表 6-3。



資料來源：本計畫。

圖 6-3 D064 蕃薯狀谷地層面及劈理面統計分析成果圖

表 6-3 D064 蕃薯狀谷地層面及劈理面統計分析成果綜合表

項次編號	不連續面類型	位態	統計密度率(%)
1	層面	N58°E/36°S	35.2
2	劈理面	N57°E/40°S	35.2
3	劈理面	N36°E/64°S	5.2
4	劈理面	N67°W/32°S	5.2
5	劈理面	N33°W/41°S	5.2
6	劈理面	N27°W/20°S	5.2

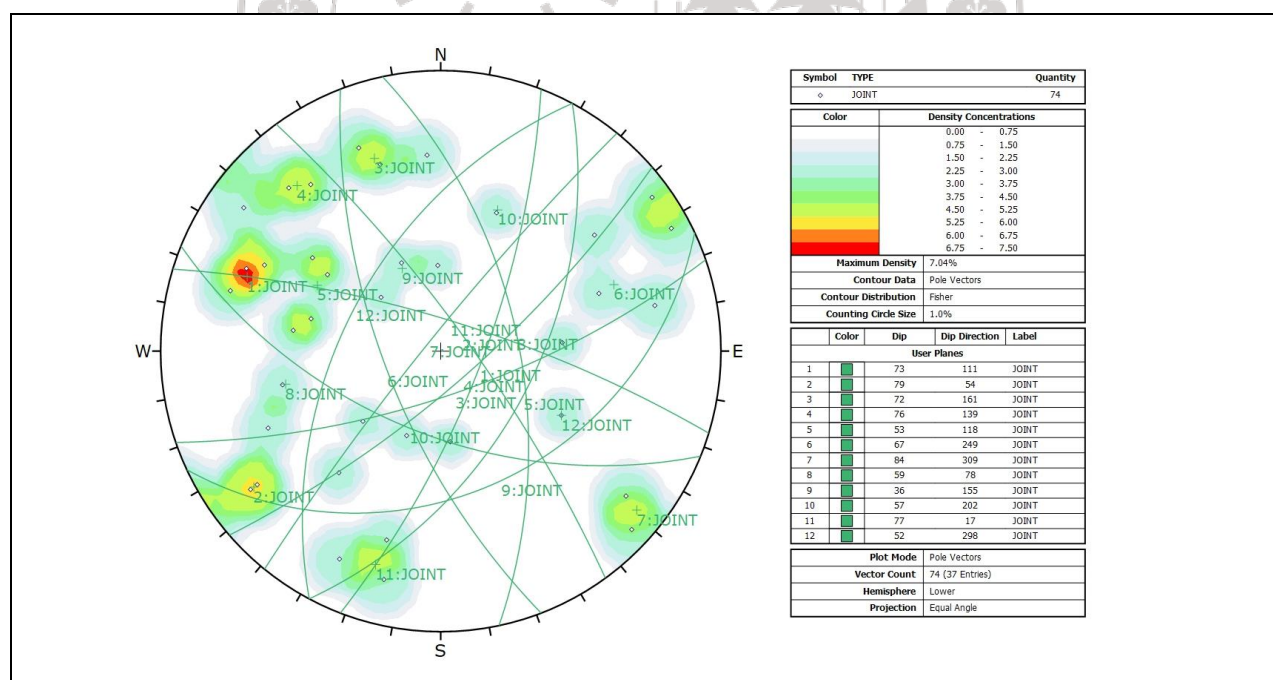
資料來源：本計畫。

編號 3~7 劈理面位態統計密度率僅 5.2%，研判係局部有折曲變化。

依據 D064 大規模崩塌潛勢區東半部蕃薯狀谷地岩體滑動分析，可採用廣域分布之主要層面位態 N58°E/36°S，主要劈理面位態 N58°E/40°S。

(二)節理面統計分析

D064 大規模崩塌潛勢區東半部蕃薯狀谷地範圍內，節理面統計分析成果詳圖 6-4。統計分析結果求得 12 組主要節理面位態，綜合統計分析成果表詳表 6-4。



資料來源：本計畫。

圖 6-4 D064 東半部蕃薯狀谷地節理面統計分析成果圖

表 6-4 D064 東半部蕃薯狀谷地節理面統計分析成果綜合表

項次編號	不連續面類型	位態	統計密度率(%)
1	節理面	N21°E/73°E	7.04
2	節理面	N36°W/79°N	5.6
3	節理面	N71°E/72°S	4.9
4	節理面	N49°E/76°S	4.9
5	節理面	N28°E/53°E	4.9
6	節理面	N21°W/67°W	2.6
7	節理面	N51°W/84°N	4.9
8	節理面	N12°W/59°E	2.6
9	節理面	N65°E/36°S	2.6
10	節理面	N68°W/57°S	2.6
11	節理面	N73°W/77°N	4.9
12	節理面	N28°E/52°E	2.6
資料來源：本計畫。			

綜合研判，D064 大規模崩塌潛勢區東半部蕃薯狀谷地岩體滑動分析，可採用廣域分布之主要節理面位態計 12 組。

三、D064 大規模崩塌潛勢區西半部單面山麓

(一)層面及劈理面統計分析

D064 大規模崩塌潛勢區西半部單面山麓範圍內，層面及劈理面統計分析成果詳圖 6-5。統計分析結果求得 1 組主要層面位態、3 組主要劈理面位態，綜合統計分析成果表詳表 6-5。

編號 3~4 劈理面位態統計密度率僅 9.3%以下，研判係局部有折曲變化。綜合研判，D064 大規模崩塌潛勢區西半部單面山麓岩體滑動分析，可採用廣域分布之主要層面位態 N71°E/54°S，主要劈理面位態 N70°E/46°S。

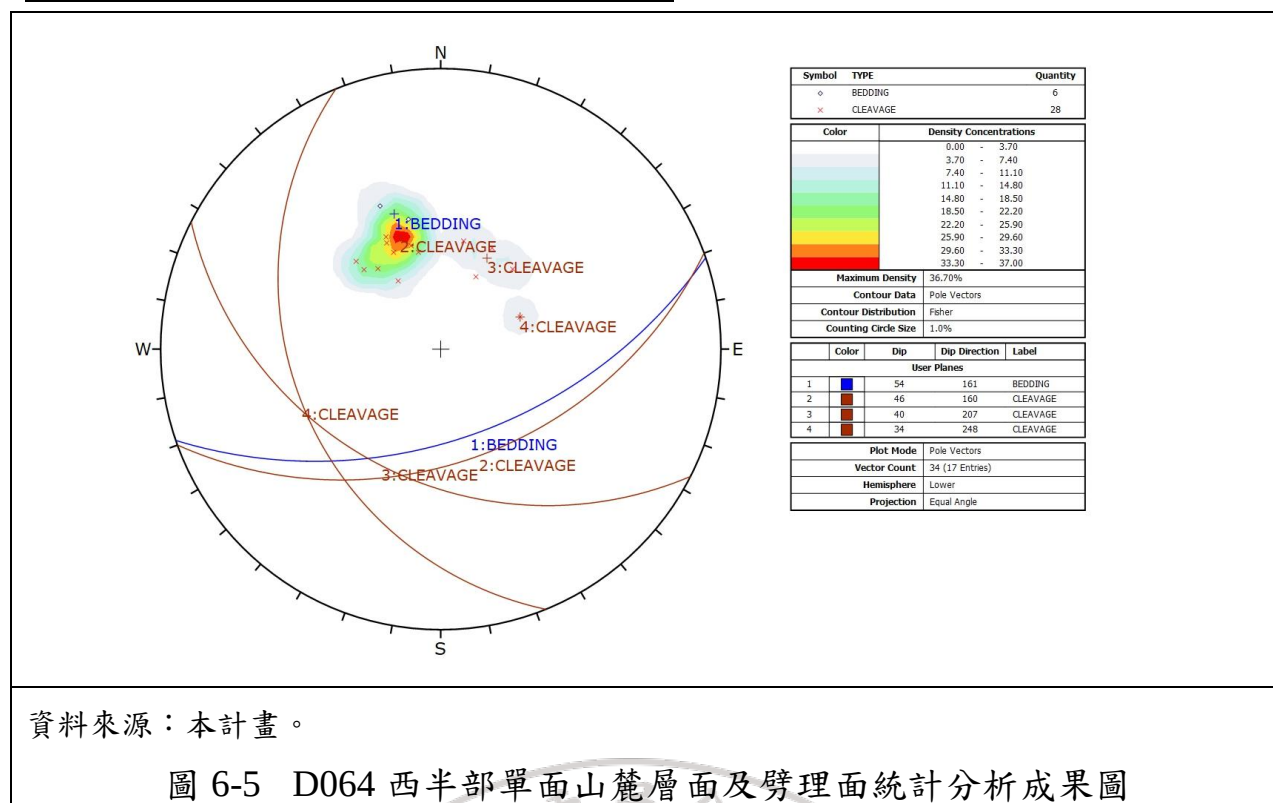


表 6-5 D064 西半部單面山麓層面及劈理面統計分析成果綜合表

項次編號	不連續面類型	位態	統計密度率(%)
1	層面	N71°E/54°S	27.8
2	劈理面	N70°E/46°S	36.7
3	劈理面	N63°W/40°S	9.3
4	劈理面	N22°W/34°S	5.6

資料來源：本計畫。

(二)節理面統計分析

D064 大規模崩塌潛勢區西半部單面山麓範圍內，節理面統計分析成果詳圖 6-6。統計分析結果求得 10 組主要節理面位態，綜合統計分析成果表詳表 6-6。

綜合研判，D064 大規模崩塌潛勢區西半部單面山麓岩體滑動分析，可採用廣域分布之主要節理面位態計 10 組。

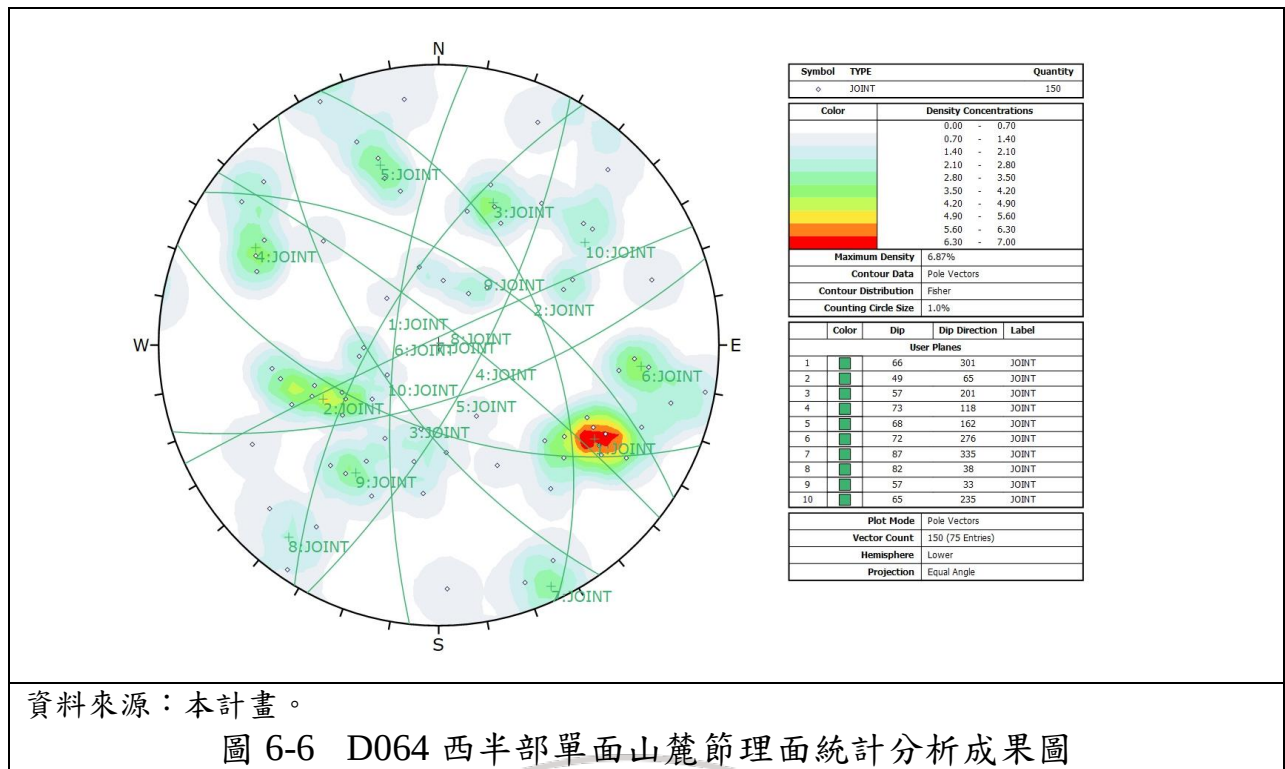


表 6-6 D064 西半部單面山麓節理面統計分析成果綜合表

項次編號	不連續面類型	位態	統計密度率(%)
1	節理面	N31°E/66°N	6.87
2	節理面	N25°W/49°N	5.3
3	節理面	N69°W/57°S	3.9
4	節理面	N28°E/73°S	3.9
5	節理面	N72°E/68°S	3.9
6	節理面	N6°E/72°W	3.9
7	節理面	N65°E/87°N	3.9
8	節理面	N52°W/82°N	2.5
9	節理面	N57°W/57°N	2.5
10	節理面	N35°W/65°S	2.5

資料來源：本計畫。

第二節 岩體滑動潛勢分析

岩體滑動面為地質不連續面(層面、劈理面、節理面)，依據邊坡之坡向及坡度區位，採用 Dips 程式極點立體投影圖進行平面型、岩楔型滑動分析，求出可能滑動方向、傾角等，據以評估邊坡岩體滑動之潛勢及其分布區位。

本計畫區邊坡坡向依順時鐘為東向至西向，邊坡區位採 45° 坡向區間為單元，就東向、東南向、南向、西南向、西向等區間分別進行分析。保守性假設不考慮岩層凝聚力，分析各區間內可能岩體或岩楔體滑動面合力向量(趨向及傾角)與坡面之空間關係，若合力向量出露(daylight)於坡面、且其傾角大於滑動面剪力強度摩擦角，則表示岩體或岩楔體可能發生滑動破壞。依試驗成果保守採用劈理面剪力強度摩擦角 25° 進行分析。

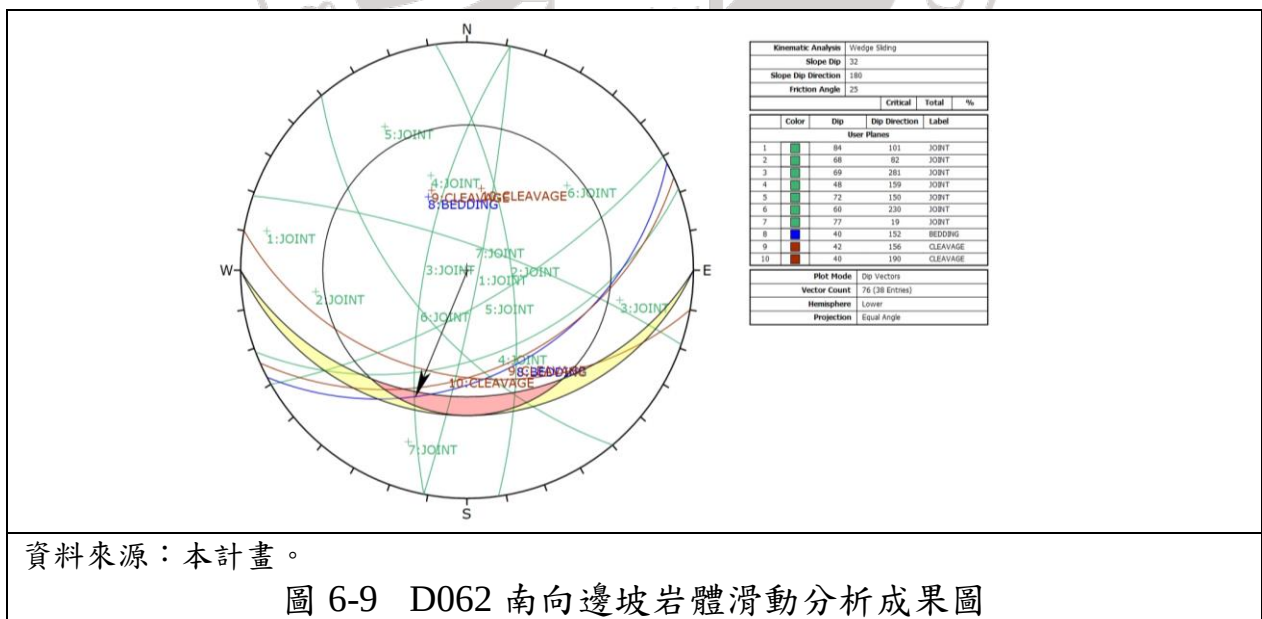
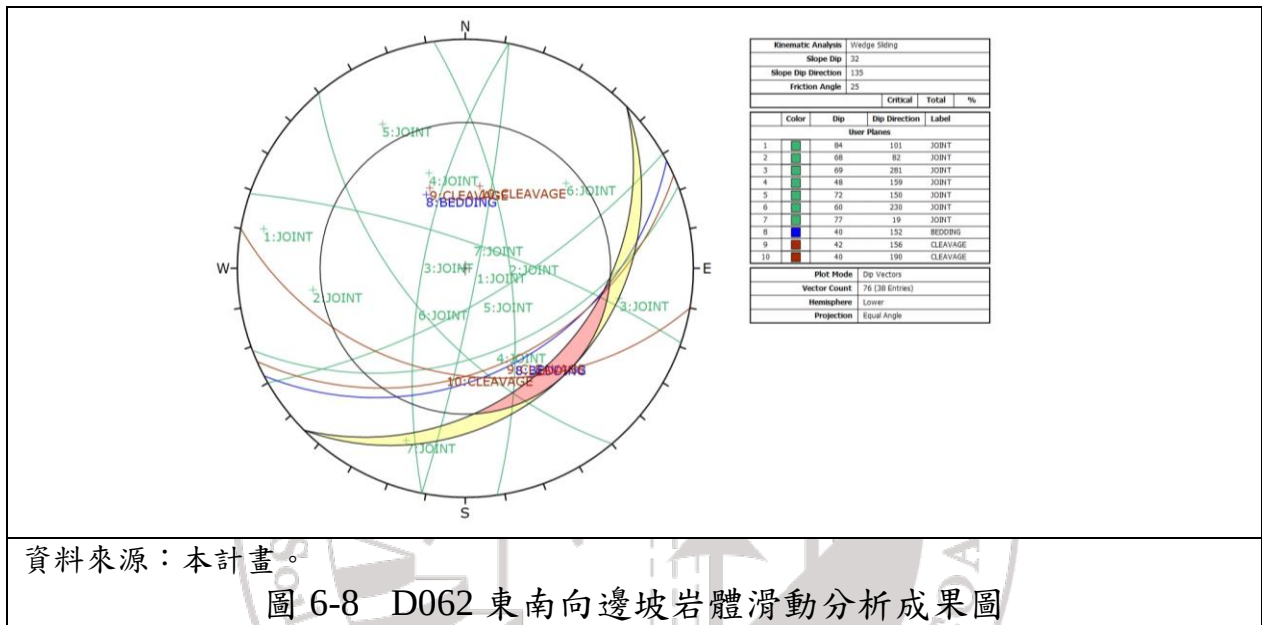
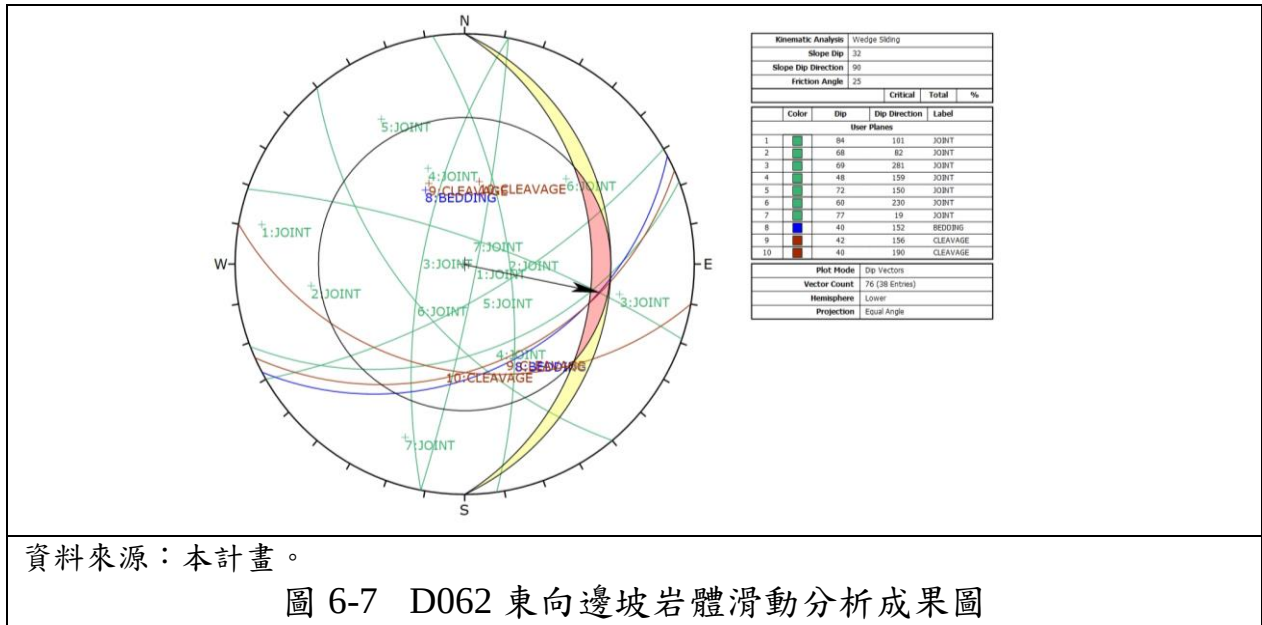
一、D062 大規模崩塌潛勢區

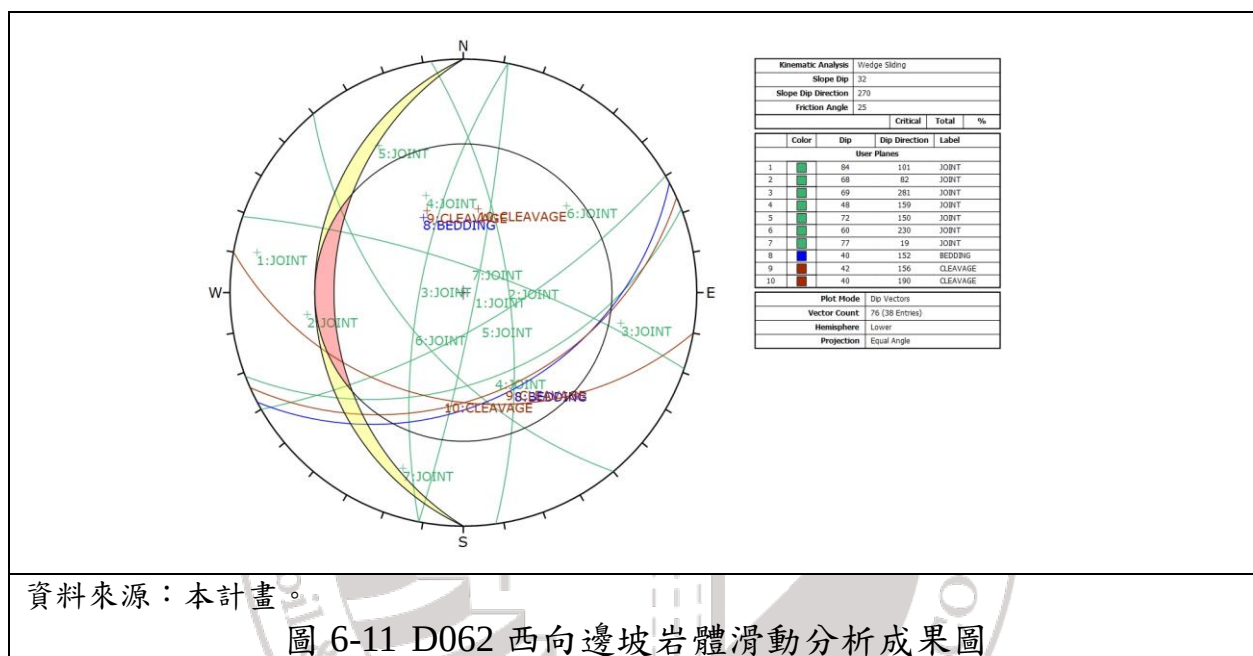
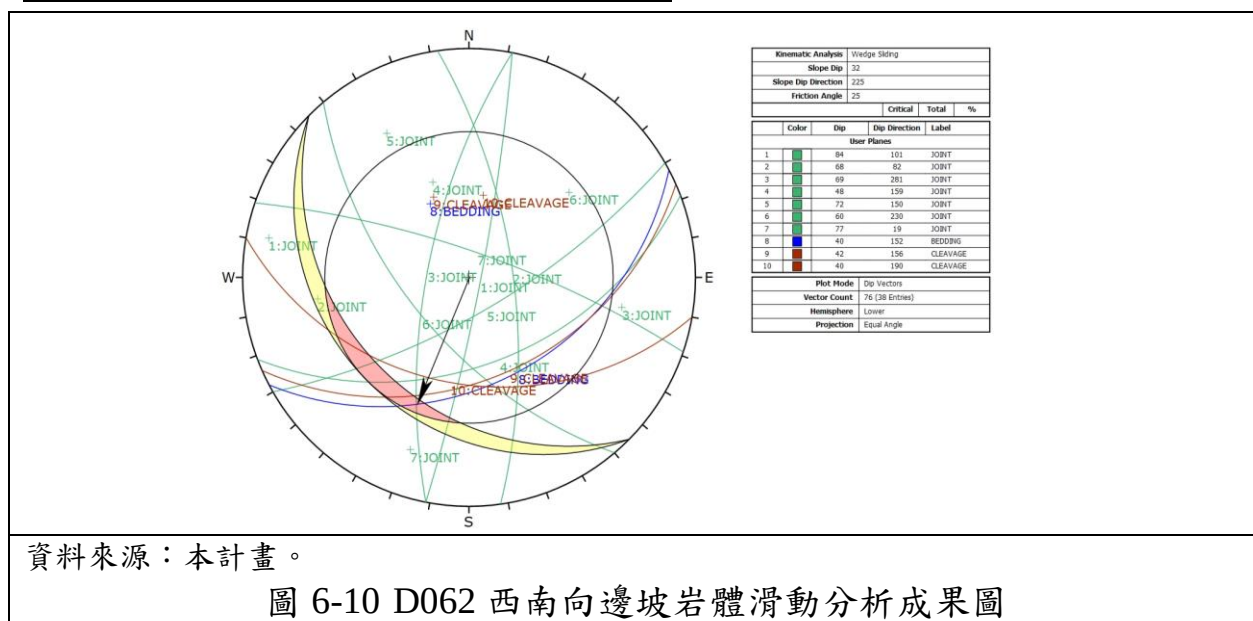
D062 大規模崩塌潛勢區範圍內，東向、東南向、南向、西南向、西向等區間岩體滑動分析成果詳圖 6-7~圖 6-11，分析結果歸納說明於表 6-7。

綜合分析成果，研判在 D062 大規模崩塌潛勢區範圍內，因層面及劈理面未出露，故無順向坡平面型滑動潛勢。在野溪右岸東向 27° 以上陡坡有岩楔型滑動潛勢，滑動面為劈理面(位態 N66°E/42°S)及節理面(位態 N13°W/77°E)所構成之岩楔體，滑動合力趨向/傾角為 S79°E/27°。在野溪左岸南向至西南向 27° 以上陡坡有岩楔型滑動潛勢，滑動面為劈理面(位態 N62°E/40°S)及節理面(位態 N79°E/69°W)所構成之岩楔體，滑動合力趨向/傾角為 S22°W/27°。

表 6-7 D062 邊坡岩體滑動分析成果及分布區位表

岩體滑動類型	滑動面(位態)	滑動趨向/ 傾角	是否 出露 坡面	滑動潛勢區位
順向坡平面 型滑動	層面(N62°E/40°S)	S28°E/40°	否	無
	劈理面(N66°E/42°S)	S24°E/42°	否	無
	劈理面(N80°W/40°S)	S10°W/40°	否	無
岩楔型滑動	劈理面(N66°E/42°S)及 節理面(N13°W/77°E)	S79°E/27°	是	野溪右岸東向 27° 以上陡坡
	劈理面(N62°E/40°S)及 節理面(N79°E/69°W)	S22°W/27°	是	野溪左岸南向 至西南向 27° 以上陡坡
資料來源：本計畫。				





二、D064 大規模崩塌潛勢區東半部蕃薯狀谷地

D064 大規模崩塌潛勢區東半部蕃薯狀谷地範圍內，東向、東南向、南向、西南向、西向等區間岩體滑動分析成果詳圖 6-12~圖 6-16，分析結果歸納說明於表 6-8。

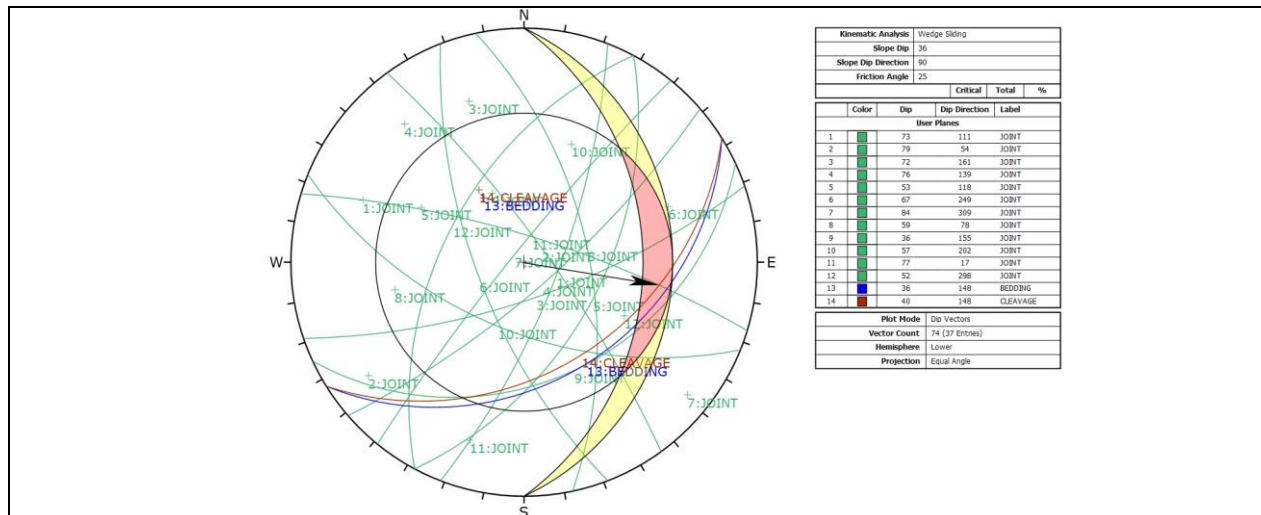
綜合分析成果，研判在 D064 大規模崩塌潛勢區東半部蕃薯狀谷地範圍內，因層面及劈理面未出露，故無順向坡平面型滑動潛勢。在野溪右岸東向至東南向 29° 以上陡坡有岩楔型滑動潛勢，滑動面為劈理面(位態 N58 E/40 S)及節理面(位態 N73 W/77 N)所構成之岩楔體，滑動合力趨向/傾角為

S81°E/29°。在野溪左岸西南向 32° 以上陡坡有岩楔型滑動潛勢，滑動面為節理面(位態 N71°E/72°S)及節理面(位態 N28°E/52°W)所構成之岩楔體，滑動合力趨向/傾角為 S58°W/32°。

表 6-8 D064 東半部蕃薯狀谷地邊坡岩體滑動分析成果及分布區位表

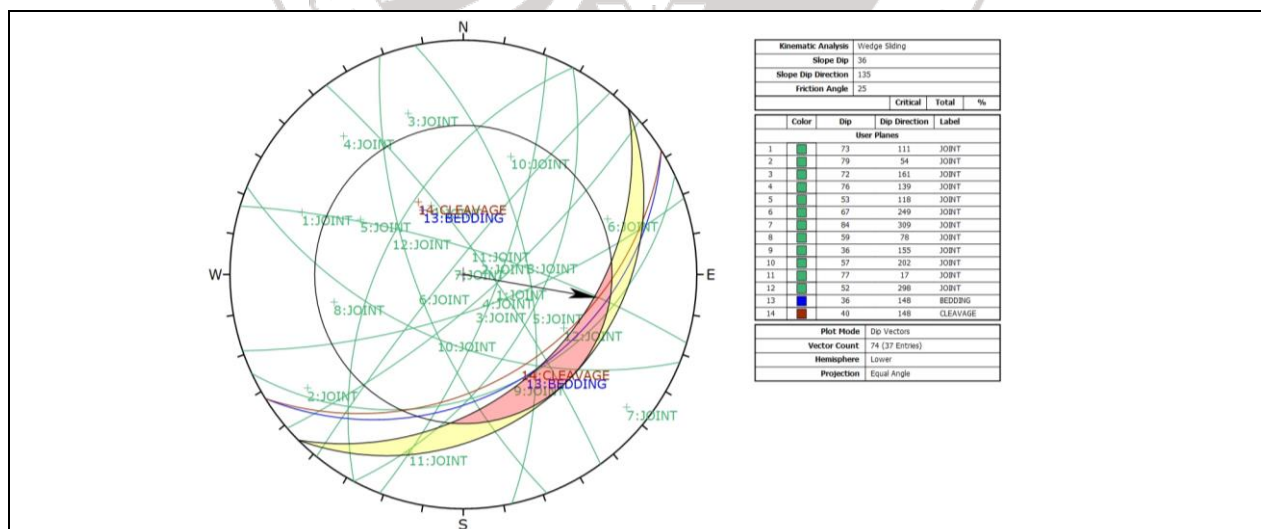
岩體滑動類型	滑動面(位態)	滑動趨向/傾角	是否出露坡面	滑動潛勢區位
順向坡平面型滑動	層面(N58°E/36°S)	S32°E/36°	否	無
	劈理面(N58°E/40°S)	S32°E/40°	否	無
岩楔型滑動	劈理面(N58°E/40°S)及節理面(N73°W/77°N)	S81°E/29°	是	野溪右岸東向至東南向 29° 以上陡坡
	節理面(N71°E/72°S)及節理面(N28°E/52°W)	S58°W/32°	是	野溪左岸西南向 32° 以上陡坡

資料來源：本計畫。



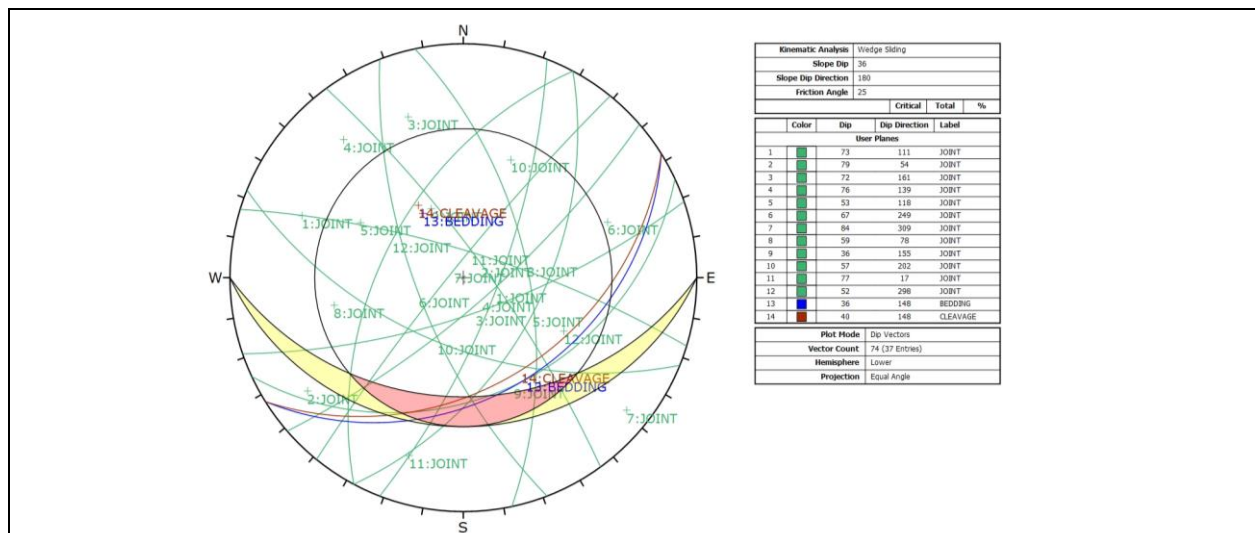
資料來源：本計畫。

圖 6-12 D064 東半部蕃薯狀谷地東向邊坡岩體滑動分析成果圖



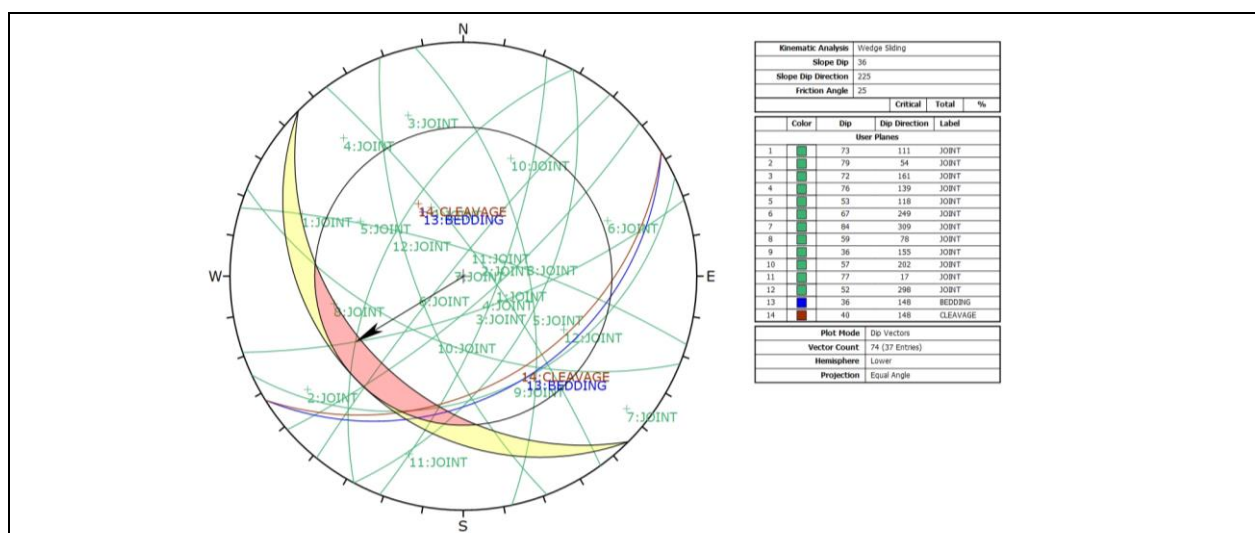
資料來源：本計畫。

圖 6-13 D064 東半部蕃薯狀谷地東南向邊坡岩體滑動分析成果圖



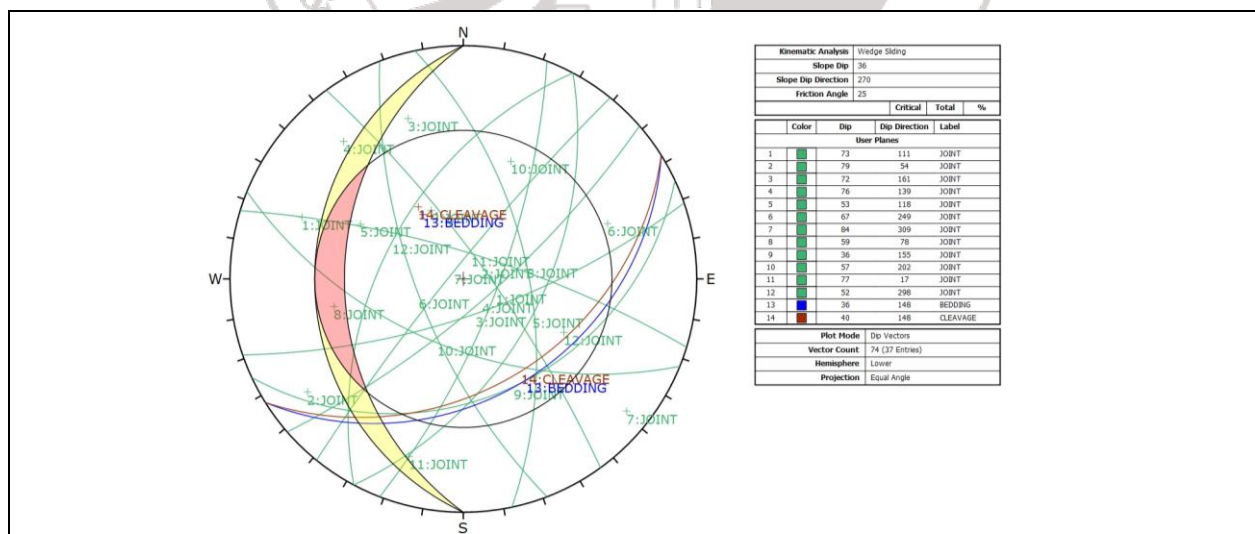
資料來源：本計畫。

圖 6-14 D064 東半部蕃薯狀谷地南向邊坡岩體滑動分析成果圖



資料來源：本計畫。

圖 6-15 D064 東半部蕃薯狀谷地西南向邊坡岩體滑動分析成果圖



資料來源：本計畫。

圖 6-16 D064 東半部蕃薯狀谷地西向邊坡岩體滑動分析成果圖

三、D064 大規模崩塌潛勢區西半部單面山麓

D064 大規模崩塌潛勢區西半部單面山麓範圍內，東向、東南向、南向、西南向、西向等區間岩體滑動分析成果詳圖 6-17~圖 6-21，分析結果歸納說明於表 6-9。

表 6-9 D064 西半部單面山麓邊坡岩體滑動分析成果及分布區位表

岩體滑動類型	滑動面(位態)	滑動趨向/ 傾角	是否出 露坡面	滑動潛勢區位
順向坡平面型滑動	層面(N71°E/54°S)	S19°E/54°	否	無
	劈理面(N70°E/46°S)	S20°E/46°	否	無
岩楔型滑動	劈理面(N70°E/46°S)及 節理面(N57°W/57°N)	S72°E/28°	是	東向至東南向 28°以上陡坡
	節理面(N8°W/38°E)及 節理面(N25°W/49°E)	S58°E/31°	是	東向至東南向 31°以上陡坡
	劈理面(N70°E/46°S)及 節理面(N25°W/49°E)	S65°E/35°	是	東向至東南向 35°以上陡坡
	劈理面(N70°E/46°S)及 節理面(N6°E/72°W)	S21°W/37°	是	南向 37°以上陡 坡
	節理面(N28°E/73°E)及 節理面(N6°E/72°W)	S16°W/31°	是	南向至西南向 31°以上陡坡
	節理面(N28°E/73°E)及 節理面(N31°E/66°W)	S42°W/25°	是	西南向 25°以上 陡坡
資料來源：本計畫。				

綜合分析成果，研判在 D064 大規模崩塌潛勢區西半部單面山麓範圍內，因層面及劈理面未出露，故無順向坡平面型滑動潛勢。

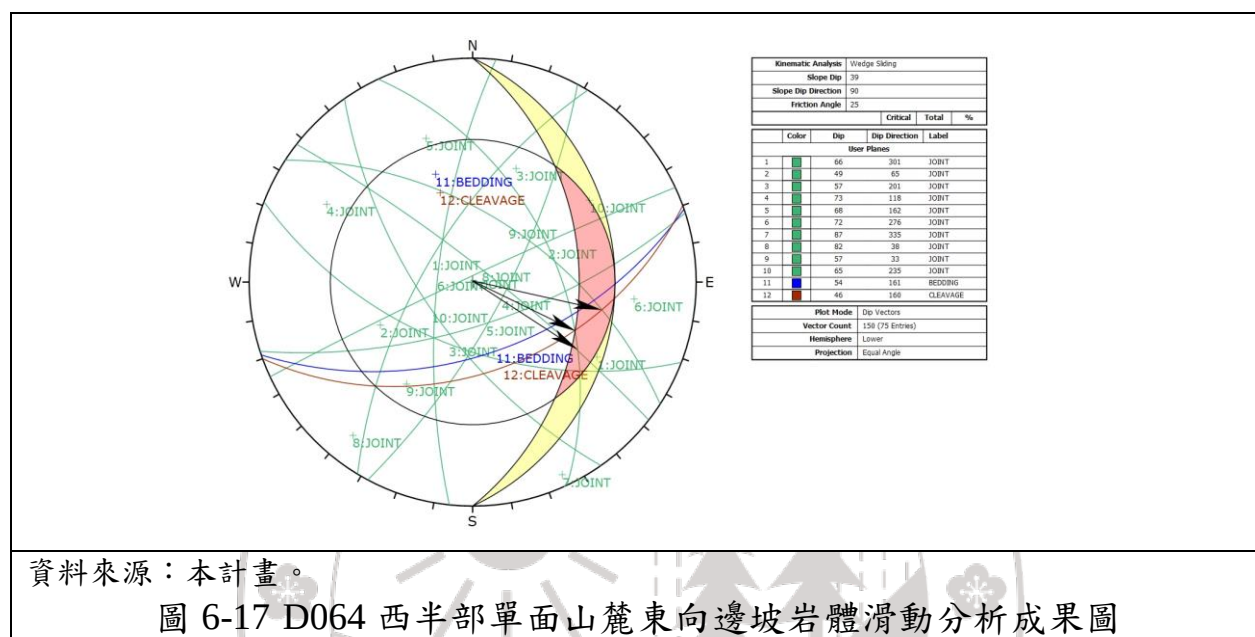
在東向至東南向 28°以上陡坡有岩楔型滑動潛勢，滑動面為劈理面(位態 N70°E/46°S)及節理面(位態 N57°W/57°N)所構成之岩楔體，滑動合力趨向/傾角為 S72°E/28°；在東向至東南向 31°以上陡坡有岩楔型滑動潛勢，滑動面為節理面(位態 N8°W/38°E)及節理面(位態 N25°W/49°E)所構成之岩楔體，滑動合力趨向/傾角為 S58°E/31°；在東向至東南向 35°以上陡坡有岩楔型滑動潛勢，滑動面為劈理面(位態 N70°E/46°S)及節理面(位態 N25°W/49°E)所構成之岩楔體，滑動合力趨向/傾角為 S65°E/35°。

在南向 37°以上陡坡有岩楔型滑動潛勢，滑動面為劈理面(位態 N70°E/46°S)及節理面(位態 N6°E/72°W)所構成之岩楔體，滑動合力趨向/傾角

為 S21 °W/37 °。

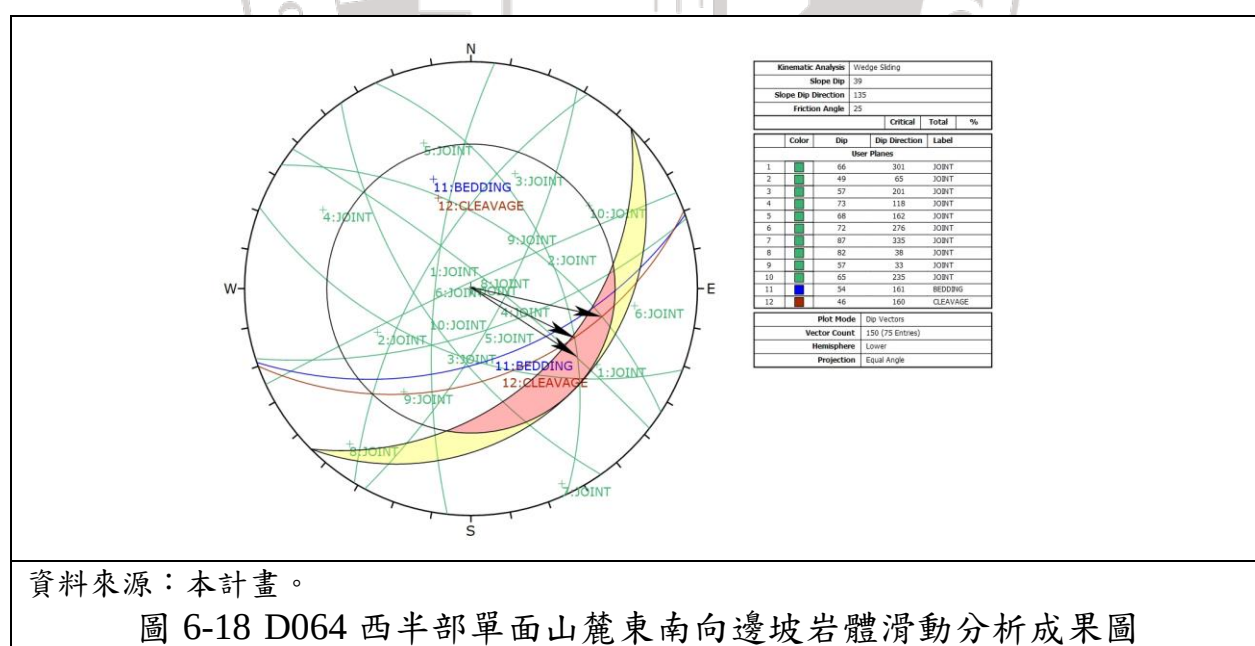
在南向至西南向 31° 以上陡坡有岩楔型滑動潛勢，滑動面為節理面(位態 N28 °E/73 °E)及節理面(位態 N6 °E/72 °W)所構成之岩楔體，滑動合力趨向/傾角為 S16 °W/31 °。

在西南向 25° 以上陡坡有岩楔型滑動潛勢，滑動面為節理面(位態 N28 °E/73 °E)及節理面(位態 N31 °E/66 °W)所構成之岩楔體，滑動合力趨向/傾角為 S42 °W/25 °。



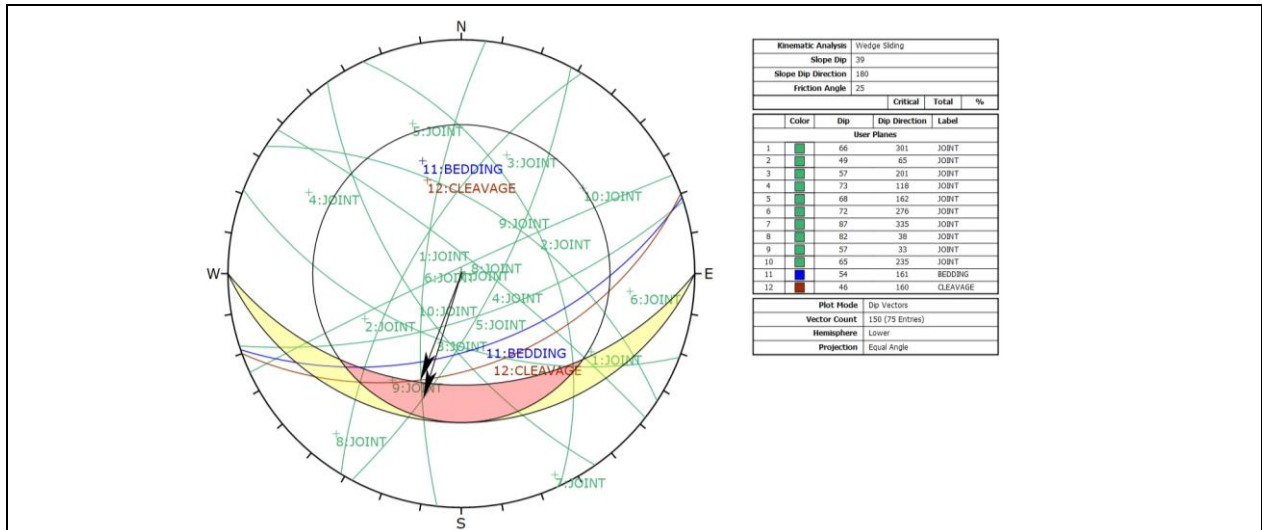
資料來源：本計畫。

圖 6-17 D064 西半部單面山麓東向邊坡岩體滑動分析成果圖



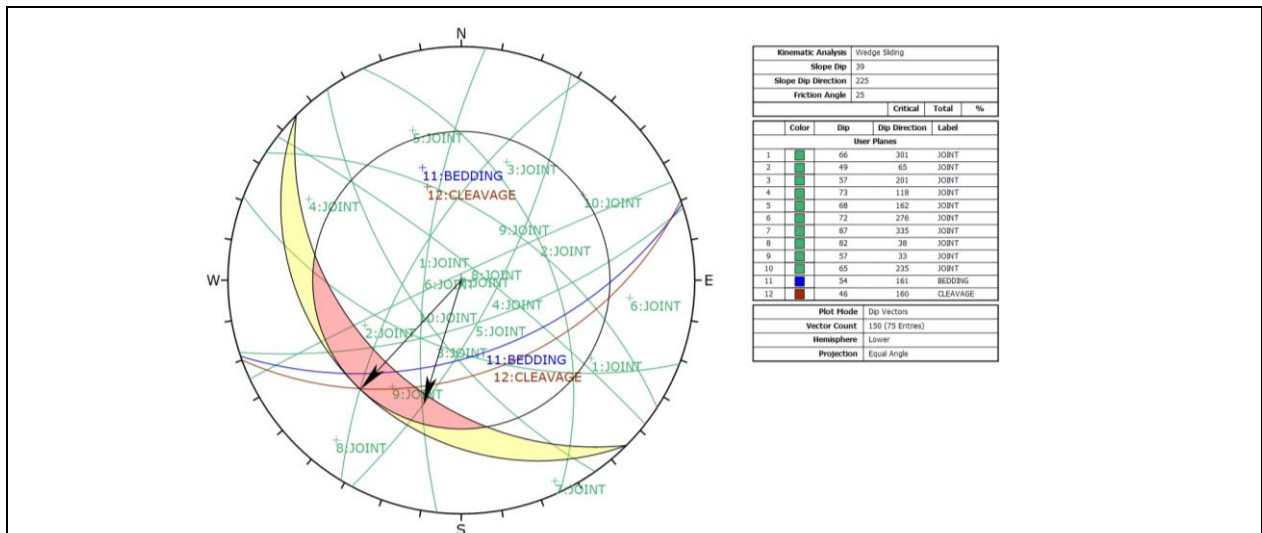
資料來源：本計畫。

圖 6-18 D064 西半部單面山麓東南向邊坡岩體滑動分析成果圖



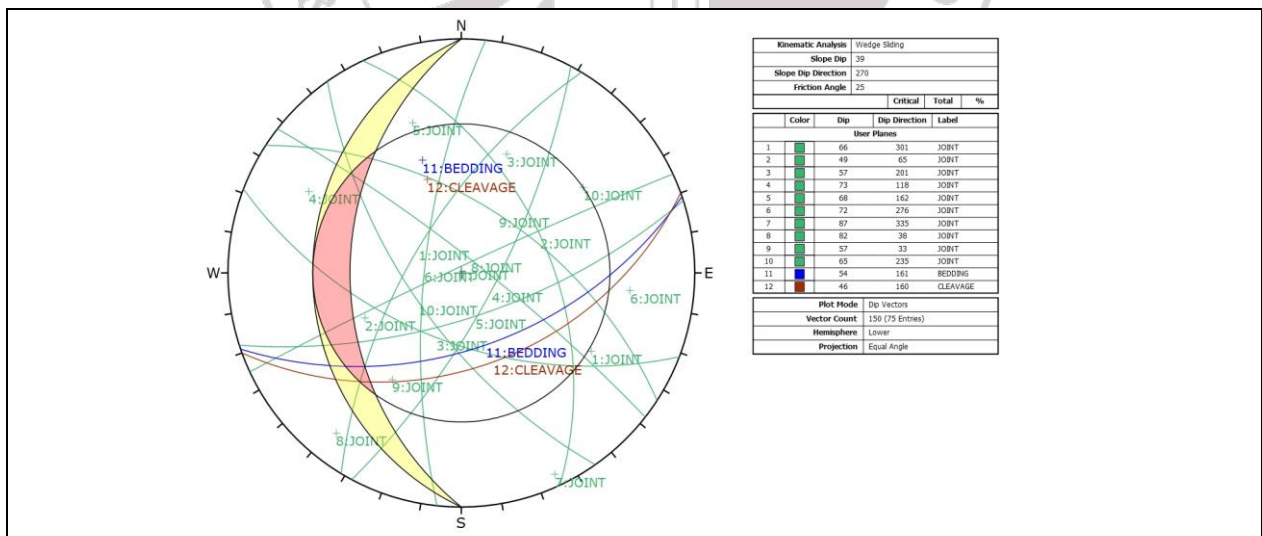
資料來源：本計畫。

圖 6-19 D064 西半部單面山麓南向邊坡岩體滑動分析成果圖



資料來源：本計畫。

圖 6-20 D064 西半部單面山麓西南向邊坡岩體滑動分析成果圖



資料來源：本計畫。

圖 6-21 D064 西半部單面山麓西向邊坡岩體滑動分析成果圖

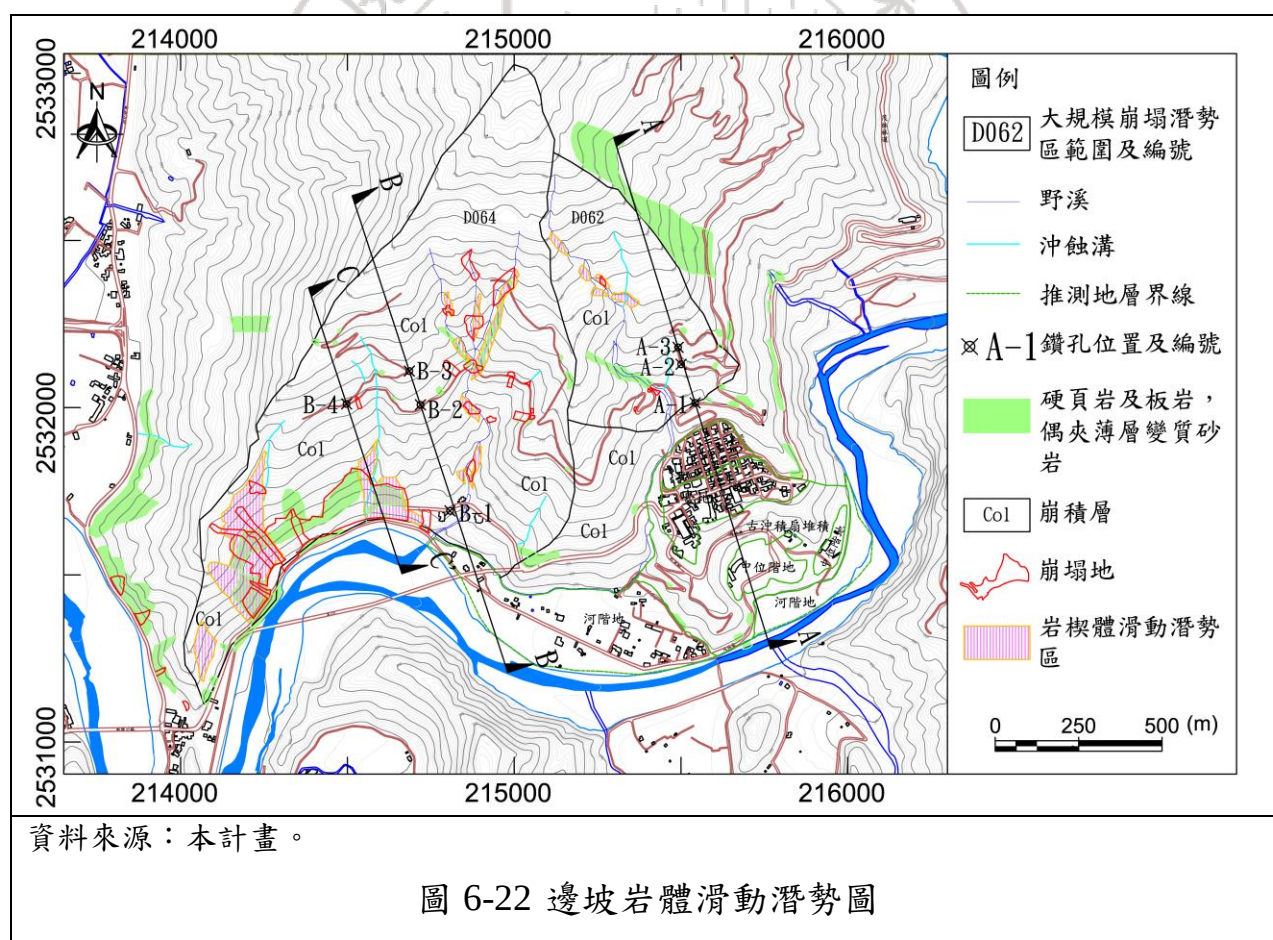
綜合邊坡岩體滑動潛勢分析成果，繪製邊坡岩體滑動潛勢圖詳圖 6-22。
研判計畫區範圍內，因層面及劈理面未出露，故無順向坡平面型滑動潛勢。

在 D062 大規模崩塌潛勢區內，在野溪右岸東向及左岸南向至西南向 27° 以上陡坡有岩楔型岩體滑動潛勢區位分布。

在 D064 大規模崩塌潛勢區內，在野溪右岸東向至東南向 29° 以上陡坡、左岸西南向 32° 以上陡坡有岩楔型岩體滑動潛勢區位分布。

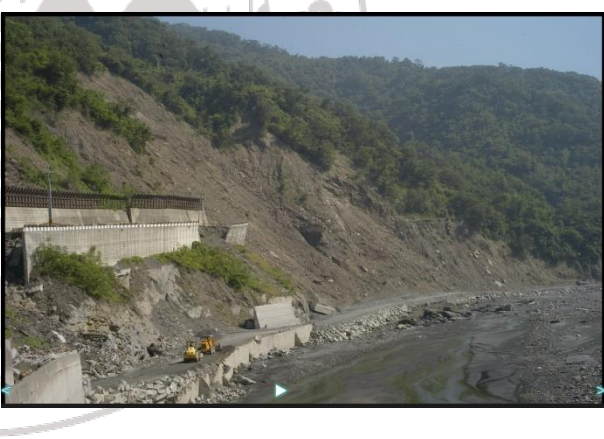
在 D064 大規模崩塌潛勢區西半部單面山麓，在東向至東南向 28° 以上陡坡有岩楔型岩體滑動潛勢區位分布；在南向 37° 以上陡坡有岩楔型岩體滑動潛勢區位分布；在南向至西南向 31° 以上陡坡有岩楔型岩體滑動潛勢區位分布；在西南向 25° 以上陡坡有岩楔型岩體滑動潛勢區位分布。

研判 D064 西半部大規模崩塌地屬於岩楔型岩體滑動破壞、以及複合崩積層之岩屑崩滑破壞型態。



第三節 崩塌地致災原因研析

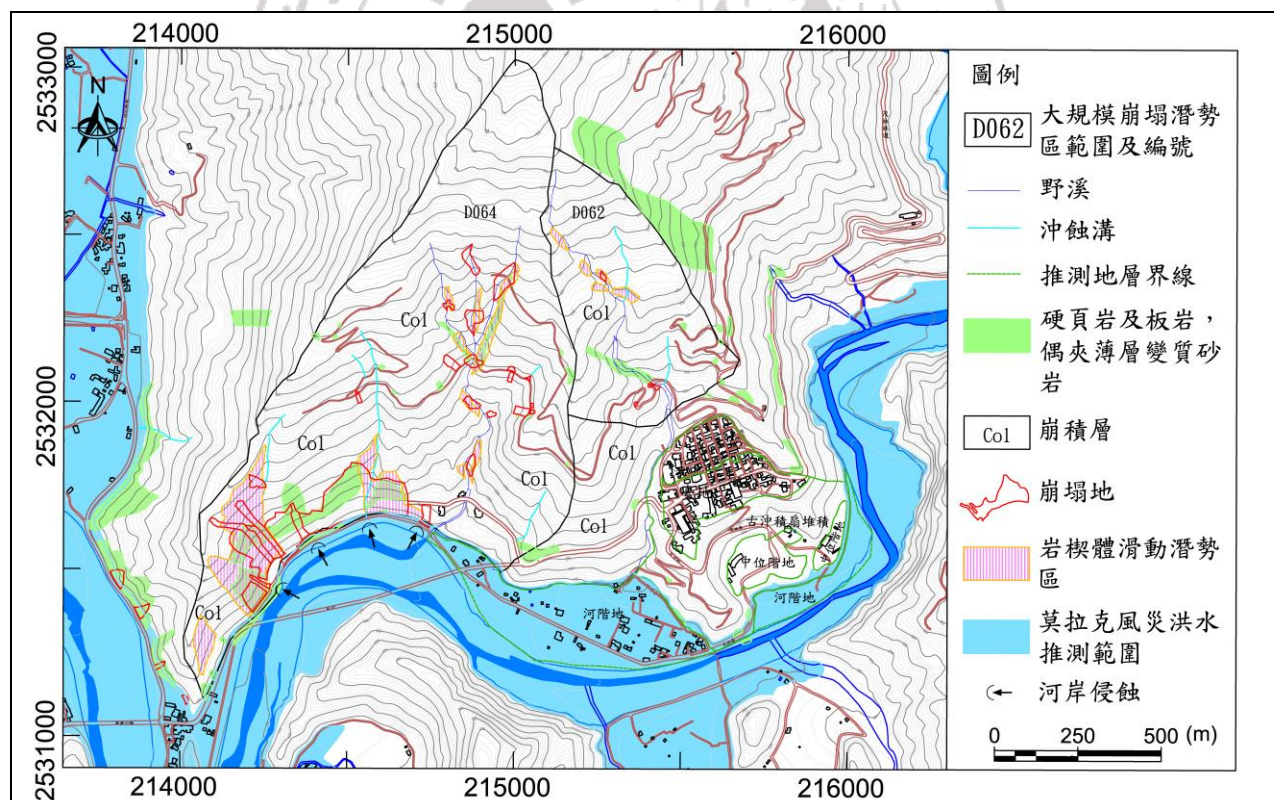
莫拉克颱風自 2009 年 8 月 6 日至 8 月 10 日侵襲臺灣，各項氣象水文觀測資料皆打破過去最高紀錄，累積雨量甚至超過臺灣整年的平均降雨量 2,500 公厘，巨大降雨量造成嚴重災情，幾乎涵蓋中南部及台東地區。依歷史衛星影像判釋成果，本計畫區大規模崩塌地主要發生在莫拉克颱風超級豪大雨期間。蒐集本計畫區在莫拉克風災之災情新聞照片詳圖 6-23。

	
濁口溪入流荖濃溪口洪水暴漲，公路及商店淹水，大津橋被洪水沖斷。	濁口溪上情人谷吊橋被洪水沖失不見。
	
茂林風景區入口處，原茂管處建物被洪水沖刮消失，只剩下 3 根旗桿，2 台車輛流離顛覆，顯示洪峰水面高於原茂管處建物地面。遠處裸坡為曲流攻擊岸之大崩塌地。	大崩塌地沿濁口溪曲流攻擊岸分布，崩塌面接近單向平面形，趾部無崩塌堆積物隆堆殘存，顯示崩塌堆積物被洪水沖蝕搬運殆盡。
資料來源：網路新聞照片。 圖 6-23 莫拉克颱風超級豪大雨災害照片紀錄	

研判相關洪水、坡地崩塌等跡證為：

- 一、濁口溪入流荖濃溪口洪水暴漲，公路及商店淹水，大津橋被洪水沖斷。
- 二、濁口溪上情人谷吊橋被洪水沖失，顯示洪峰水面高於情人谷吊橋面。
- 三、茂林風景區入口處，原茂管處建物被洪水沖刮消失，遺留洪氾土石、斷垣殘壁，地面只剩下 3 根旗桿，有 2 台車輛流離顛覆，顯示洪峰水面高於原茂管處建物地面。
- 四、大崩塌地沿濁口溪曲流攻擊岸分布，崩塌面接近弧狀單向平面形，局部崩塌坡面突出物體似為岩層？崩塌地趾部無崩塌堆積物隆堆，顯示崩塌堆積物被洪水沖蝕搬運殆盡。

依上述相關洪水跡證研判，佐以濁口溪兩岸岩壁之裸岩與植生之線形界面高程概估，濁口溪洪峰水面應高於高程 165 公尺，洪峰暴漲高度大於 10 公尺，推測莫拉克風災洪水範圍圖詳圖 6-24 示，可見濁口溪曲流攻擊大規模崩塌地之趾部。由崩塌地趾部無崩塌堆積物隆堆殘存，顯示崩塌堆積物被洪水沖蝕搬運殆盡。



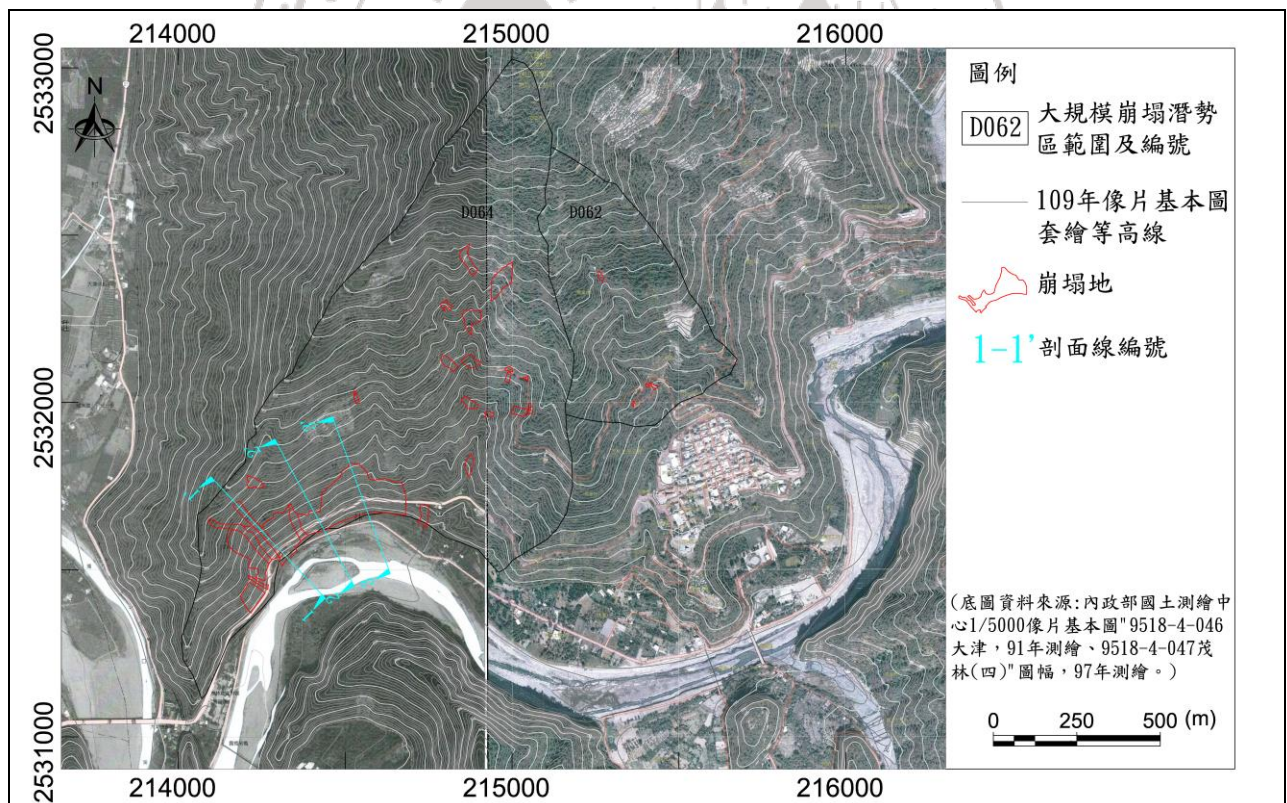
資料來源：本計畫。

圖 6-24 莫拉克風災洪水範圍推測圖

摘錄大規模崩塌前內政部國土測繪中心 1/5000 像片基本圖(9518-4-046 大津，91 年測繪、9518-4-047 茂林(四))圖幅，套繪 109 年大規模崩塌後地形等高線於圖 6-25，並繪製代表性大規模崩塌前後地形對比剖面圖於圖 6-26。

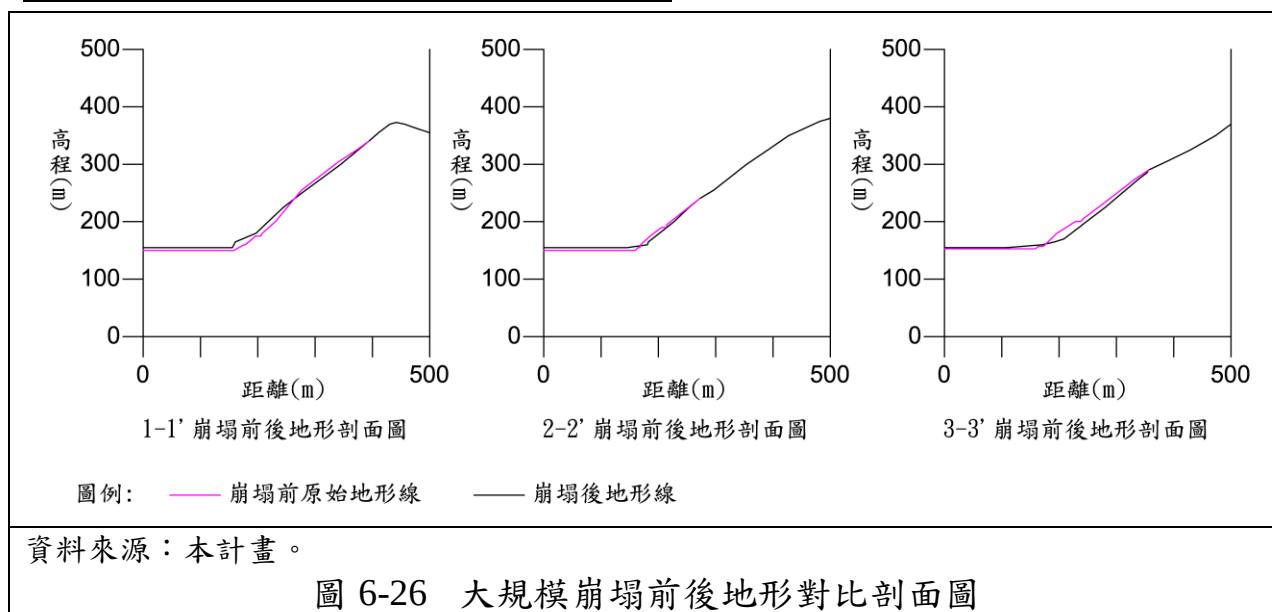
依據大規模崩塌前後地形等高線對比顯示，大規模崩塌地滑動面呈現近似平面型或平緩圓弧型滑動破壞，崩塌體鉛直厚度一般在 4 公尺以內，最厚之厚度發生在坡址區位約為 17.5 公尺。依據地表地質調查成果，崩塌堆積物皆為原邊坡覆土之崩積層，局部略見有礫徑 2 公尺內之板岩、硬頁岩板塊狀崩積岩塊，因此研判大規模崩塌體主要為崩積層滑動破壞，局部複合有岩楔體滑動破壞。

綜合研判，受到基磐岩層之土層界面所限制，大規模崩塌地滑動機制主要為崩積層坡體呈平緩圓弧型滑動破壞，破壞情境為長延時強降雨下，坡體表層因未及完全吸納下滲地下水而達飽和，致使坡面棲止水位達到近滿水位狀態之破壞條件。而濁口溪曲流洪水攻擊淘空邊坡趾部，致使邊坡間續下挫崩滑是致災之主要外營力與原因。



資料來源：內政部國土測繪中心 1/5000 像片基本圖。

圖 6-25 大規模崩塌前後等高線對比圖



在本計畫區野溪岸有若干小型崩塌地，分布區位大致與岩楔體滑動分析成果相符，研判破壞機制為覆土層沖蝕崩塌，複合具有滑動潛能之岩楔體出露滑動破壞。

依地表地質調查成果，本計畫區零星分布小型淺層沖蝕崩塌，與地表逕流集中之蝕溝分布相關。在陡坡區域，雨後因土壤沖蝕致所含板狀岩塊屑鬆動，容易發生落石。

第四節 簡化地層參數及回饋分析

由於土壤剪力強度室內試驗，僅適用於採取土壤細粒料基質辦理試驗，故不能呈現崩積層富含岩塊屑之鑲嵌強度力學性質，試驗成果將過於保守，因此選取大規模崩塌地崩塌前後之地形對比剖面(詳圖 6-25 內剖面線位置及圖 6-26 剖面圖)，進行崩積層回饋分析，以求得其剪力強度參數，以供後續邊坡穩定分析應用。

邊坡穩定分析方法採用美國普渡大學發展之 STABL 程式進行邊坡穩定分析，當莫拉克颱風長延時之強降雨情境時，模擬邊坡表土層發生棲止滿水位狀態，假設邊坡穩定臨界破壞安全係數為 1 時，以崩塌後邊坡地形作為滑動面，模擬崩塌前原始地形發生崩塌情形，求取在不同凝聚力與摩擦角之分布，

以供擇取適用之崩積層剪力強度參數。邊坡穩定回饋分析計算書詳附錄十七，崩積層回饋分析計算參數成果圖詳圖 6-27，回饋分析代表性成果圖詳圖 6-28。

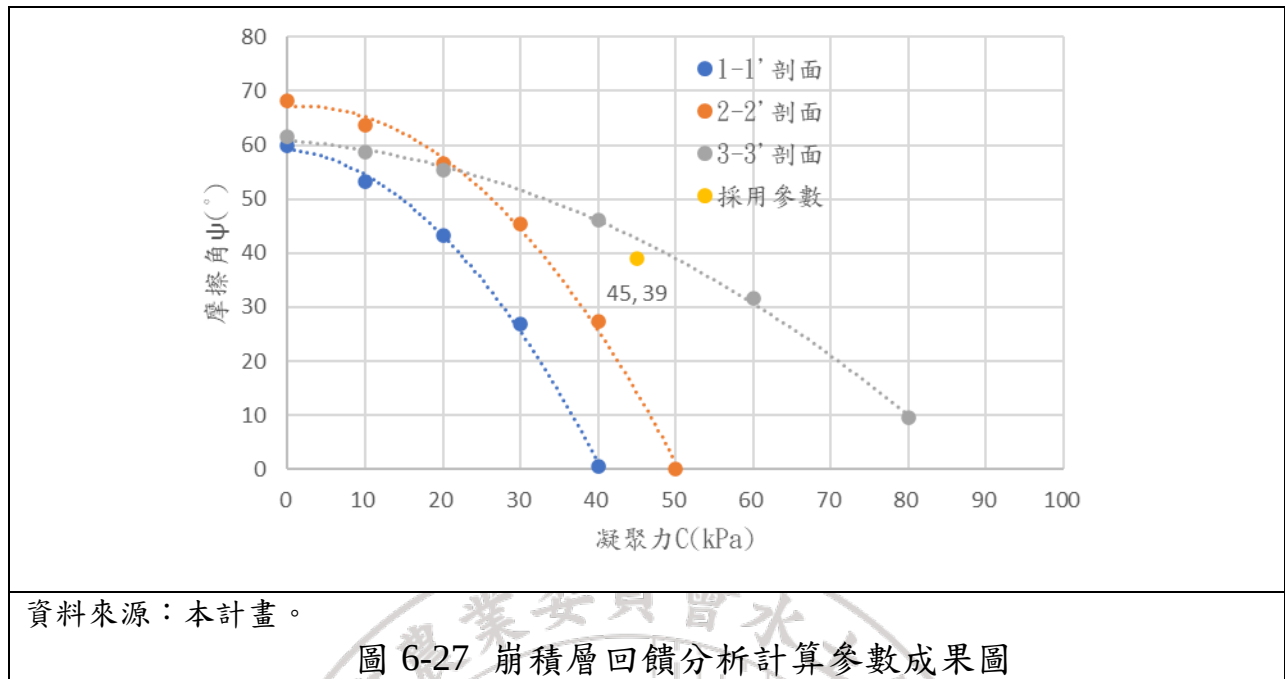
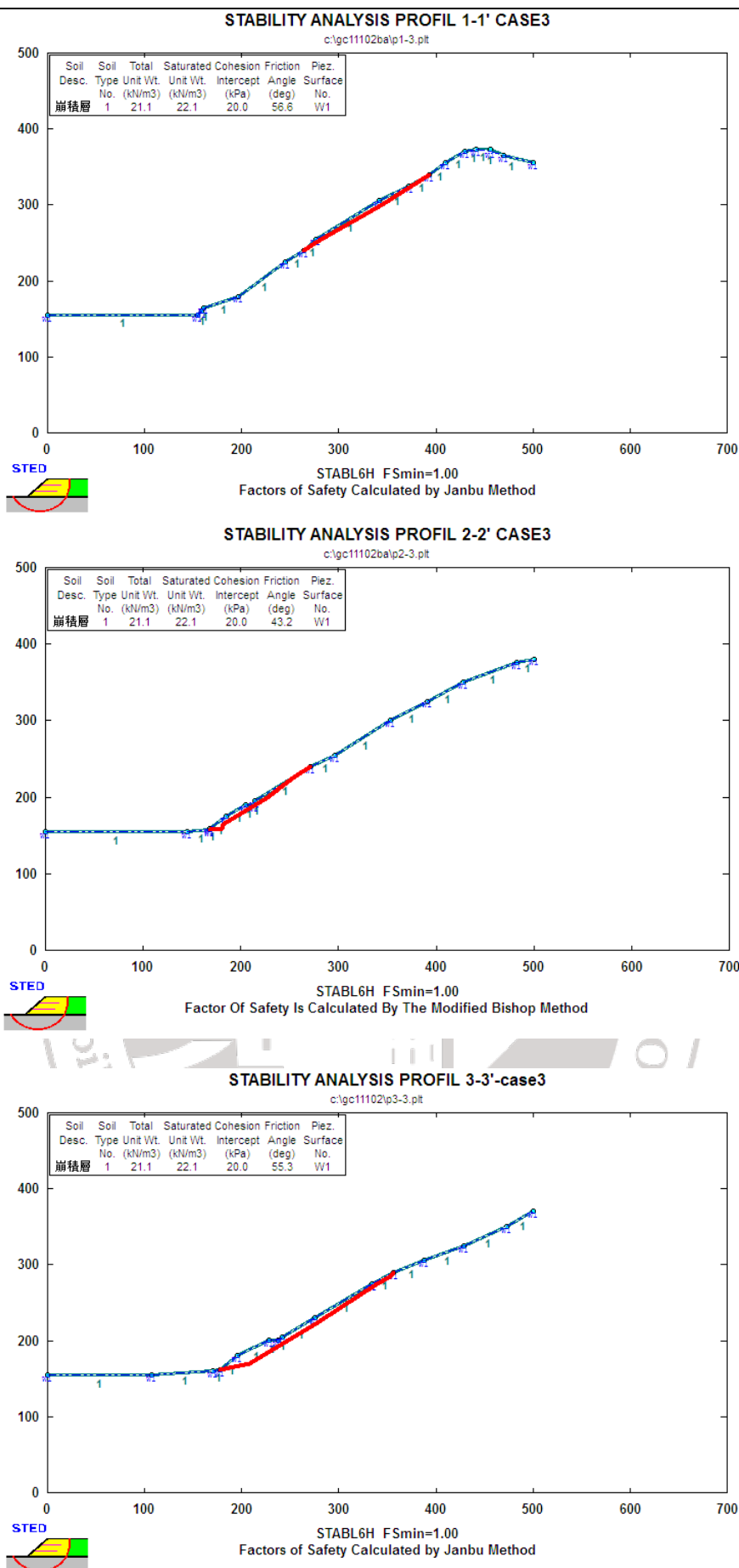


圖 6-27 崩積層回饋分析計算參數成果圖

回饋分析剖面 1-1'、2-2' 普遍鉛直崩塌厚度在 4 公尺內，最深厚處崩塌厚度為 7.4 公尺，研判在坡度陡峭且長延時強降雨狀態下，凝聚力參數變化敏感度甚高於摩擦角參數，研判沖蝕型破壞應扮演主要角色。回饋分析剖面 3-3' 最深厚處崩塌厚度為 17.5 公尺，呈現平緩圓弧型土體滑動破壞機制，摩擦角參數凝變化敏感度高於聚力參數，顯示邊坡土體抗剪摩擦角參數較為主控，符合富含礫石之崩積層特性，因此適合回饋分析應用。考量崩積層組成土壤分類屬於具有塑性之粉土質礫石，因此具有土壤凝聚力。考量崩積層富含塊石屑，具有相當之鑲嵌抗剪強度，因此依據工程經驗，由崩積層回饋分析計算參數迴歸破壞曲線圖中，採用崩積層剪力強度參數為：凝聚力 C 為 45 kPa，摩擦角 ϕ 為 39° ，以供後續邊坡穩定分析之應用。

斷層帶係由發達之錯動面及斷層角礫泥所組成，整體而言相當於一層地質弱面帶，因延長分布廣域，在可能滑動影響深度內扮演重要之潛在滑動面角色，邊坡穩定分析模式適用於平面型滑動破壞，採用岩心剪力強度試驗之參數：凝聚力 C 為 23.54 kPa，摩擦角 ϕ 為 31.2° 。



資料來源：本計畫。

圖 6-28 邊坡穩定回饋分析代表性成果圖

板岩及硬頁岩若考慮順向劈理等之地質弱面性質，則邊坡穩定分析模式適用於平面型滑動破壞，因此採用岩心剪力強度試驗之參數：凝聚力 C 為 53.96 kPa，摩擦角 ϕ 為 28.9° 。

板岩及硬頁岩若無順向劈理等異向性，則將呈現堅強之岩體強度性質，邊坡穩定分析模式適用於圓弧型滑動破壞。依據 Zen and Sadagah(2003)將 Bieniawski(1989)所提出 RMR 評分值，與岩體強度參數凝聚力 C 與摩擦角 ϕ 做連續性迴歸計算，得出岩體強度經驗公式：

$$C=3.625RMR, RMR \geq 20 \quad \phi = 25(1 + 0.01RMR), RMR < 20 \quad \phi = 1.5RMR。$$

依現場岩體及鑽探岩心進行評估板岩及硬頁岩之 RMR 岩體評分表詳表 6-10。估算結果 $RMR=(1)+(2)+(3)+(4)+(5)+(6)=4+8+10+25+10+5=52$ ，代入上列公式求得： $C=3.625 RMR= 3.625 \times 52=188.5$ kPa， $\phi = 25(1 + 0.01RMR)= 25(1 + 0.01 \times 52)=38^\circ$ 。

表 6-10 RMR 岩體評分表

1	單壓強度 Mpa	>250	100~250	50~100	25~50	5~25
	評分	15	12	7	4	2
2	RQD%	90~100	75~90	50~75	25~50	<25
	評分	20	17	13	8	3
3	節理間距	>2m	0.6~2m	0.2~0.6m	0.06~0.2m	<0.06
	評分	20	15	10	8	5
4	節理情況	不連續，緊閉，岩壁甚粗糙堅硬	開口<1mm，岩壁略粗糙，輕度風化	開口>1mm，岩壁略粗糙，高度風化	連續，擦痕或含泥<5mm 或開口 1~5mm	連續，泥>5mm 或開口>5mm
	評分	30	25	20	10	0
5	滲水情況	全乾	潮	濕	滴水	流水
	評分	15	10	7	4	0
6	節理位態	很有利	有利	可	不利	很不利
	岩坡評分	0	-5	-25	-50	-60

資料來源：Bieniawski，1989。

綜合地層力學參數研析成果，採用邊坡穩定分析參數詳表 6-11。

表 6-11 邊坡穩定分析參數表

項次	地層	單位重 $\gamma_t(\text{kN/m}^3)$	凝聚力 $C(\text{kPa})$	摩擦角 $\phi(^{\circ})$
1	崩積層	21.09	45	39
2	斷層帶	25.51	23.54	31.2
3	板岩及硬頁岩(劈理)	26.51	53.96	28.9
4	板岩及硬頁岩(岩體)	26.51	188.5	38

第五節 邊坡穩定分析及潛在滑動面研判

一、安全係數規範

邊坡穩定分析安全係數規範依水土保持技術規範第 73 條之規定，摘錄於表 6-12。

表 6-12 邊坡穩定分析安全係數規範表

狀態	最小之安全係數
平時	1.5
地震	1.1
暴雨	1.2
資料來源：水土保持技術規範第 73 條。	

二、地震力

依經濟部中央地質調查所「台灣的活動斷層 GIS 線上查詢網站」查詢本計畫區與活動斷層相關位置，最接近本計畫區之活動斷層為潮州斷層，最接近距離在本計畫範圍西南端之西方約 780 公尺處，約呈北北東至南南西走向分布。潮州斷層屬於第二類活動斷層(距今約 100,000 年內曾經活動過，或錯移階地或台地堆積物的斷層)，因此可免考慮近斷層效應。

本計畫區位處高雄市茂林區茂林里，震區短週期設計水平譜加速度係數 $\text{SDS}=0.7$ ，震區最大考量水平譜加速度係數 $\text{SMS}=0.9$ 。在中小地震時，地表水平加速度 $A=0.4 \times 0.7g/3.5=0.08g$ ；設計地震時，地表水平加速度 $A=0.4 \times 0.8g=0.32g$ ；最大考量地震時，地表水平加速度 $A=0.4 \times 0.9g=0.36g$ 。計畫區地

層為山坡地崩積層及岩層，歸類為第一類地盤，工址放大係數： $Fa=1.0$ 。工址 15 公里內之第一類活動斷層：無，近斷層因子： $Na=1.0$ 。

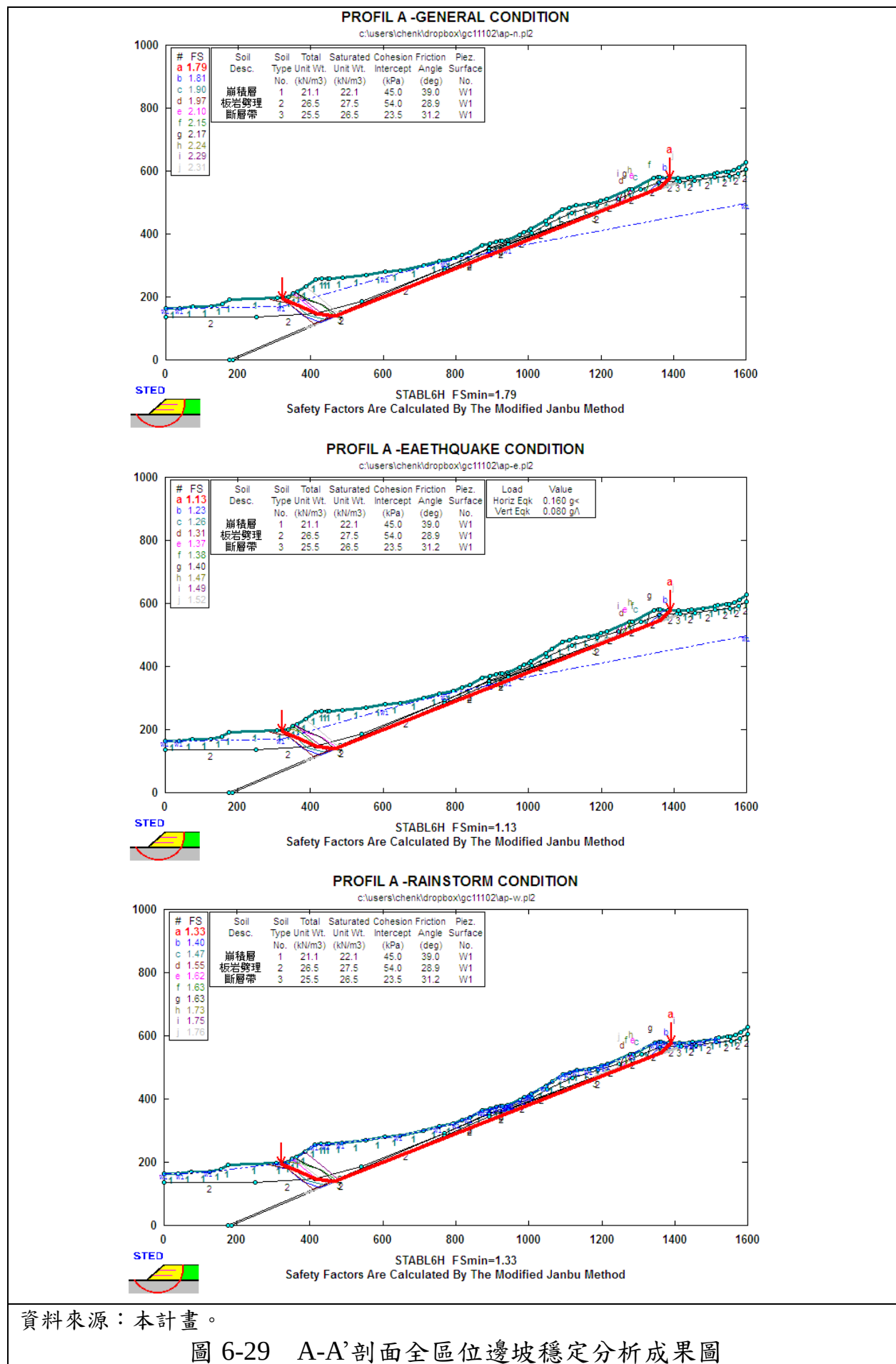
依「建築物基礎構造設計規範 (90 年 10 月)」之規定，設計所採用之水平向地震係數可取基地地表水平向加速度值之半估計，垂直向地震係數採水平向地震係數之半，故採水平地震係數 $k_h=0.32/2=0.16\text{ g}$ ，垂直地震係數 $k_v=k_h/2=0.08\text{ g}$ 。

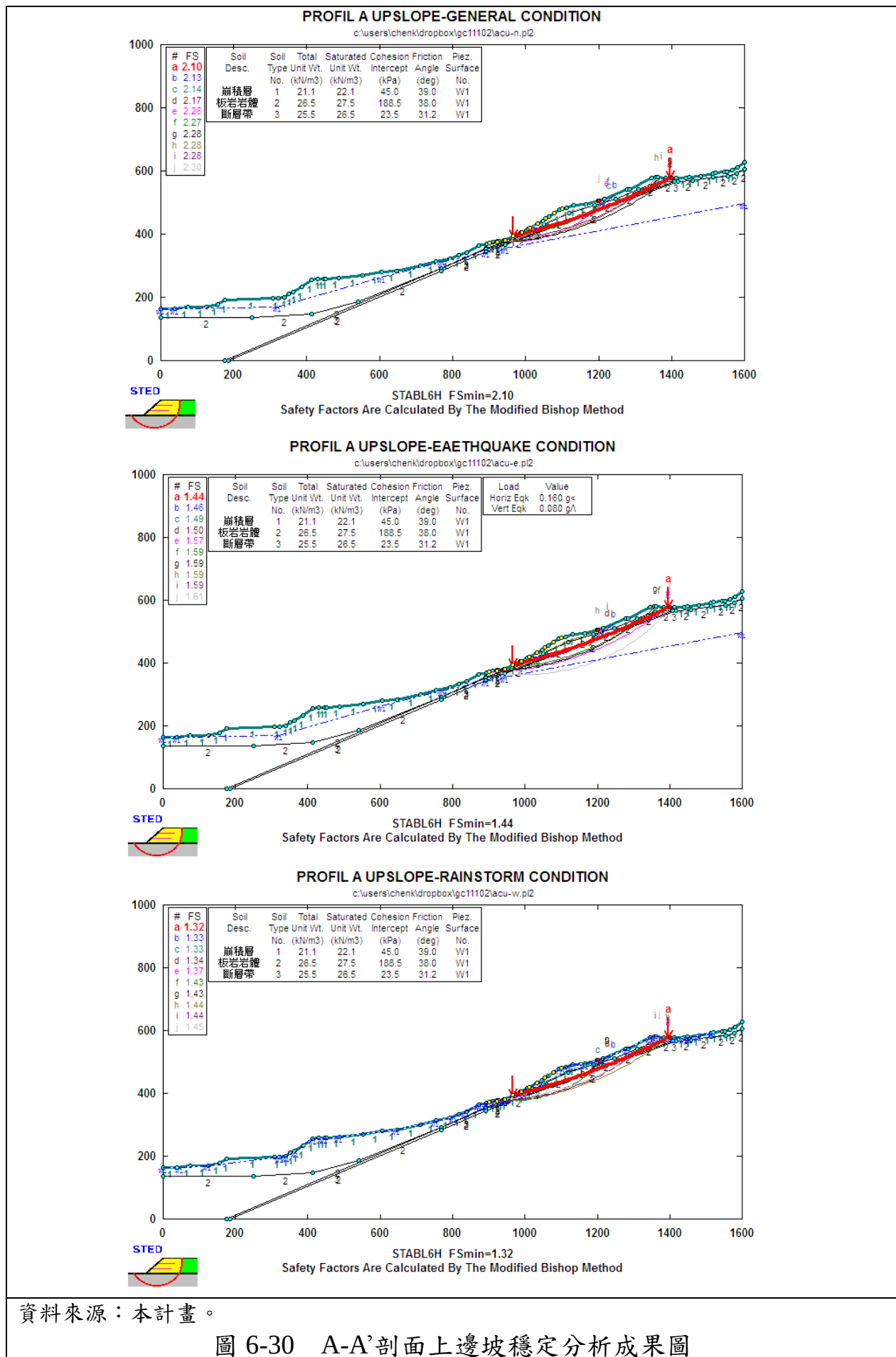
三、邊坡穩定分析計算

依鑽探調查成果之 A-A'、B-B'、C-C' 計 3 道地質剖面，進行邊坡穩定分析。在考量斷層帶及板岩劈理等具有延展廣域分布之地質弱面性質時，分析模式採用平面型滑動破壞機制進行分析；在考量覆土崩積層或岩層無地質弱面順向延伸之邊坡穩定性時，分析模式採圓弧型破壞機制進行分析，並就地形有顯著遷急變化現象之區位進行穩定性分析。分析狀態模擬常時、地震時，另在暴雨時水文條件係模擬極端暴雨期，在大規模崩塌地區域裸露邊坡土壤含水飽和未能及時下滲，致地表棲止水位達到滿水位時之狀態，並假設護岸堤防工程發揮效用，而不致發生洪水越堤侵蝕淘空邊坡趾部。依據 2007 年 8 月累積月降雨量 2416.5 公厘時發生大規模崩塌之案例研判，當時降雨量條件應達到地表滿水位時之狀態。邊坡穩定分析計算書詳附錄十八，邊坡穩定分析安全係數成果表詳表 6-13，邊坡穩定分析成果圖詳圖 6-29 至圖 6-36。

表6-13 邊坡穩定分析安全係數成果表

大規模崩塌 潛勢區編號	分析剖面	分析區位	安全係數		
			常時	地震時	暴雨時
D062	A-A’	邊坡全區位	1.793	1.131	1.330
		上邊坡地形變化區位	2.101	1.440	1.322
		下邊坡地形變化區位	2.752	1.518	2.151
D064	B-B’	邊坡全區位	1.956	1.389	1.319
		下邊坡地形變化區位	2.644	1.768	1.276
	C-C’	邊坡全區位	2.159	1.638	1.274
		中部邊坡地形變化區位	1.605	1.181	0.799
		下邊坡地形變化區位	1.572	1.192	0.770
資料來源：本計畫。					





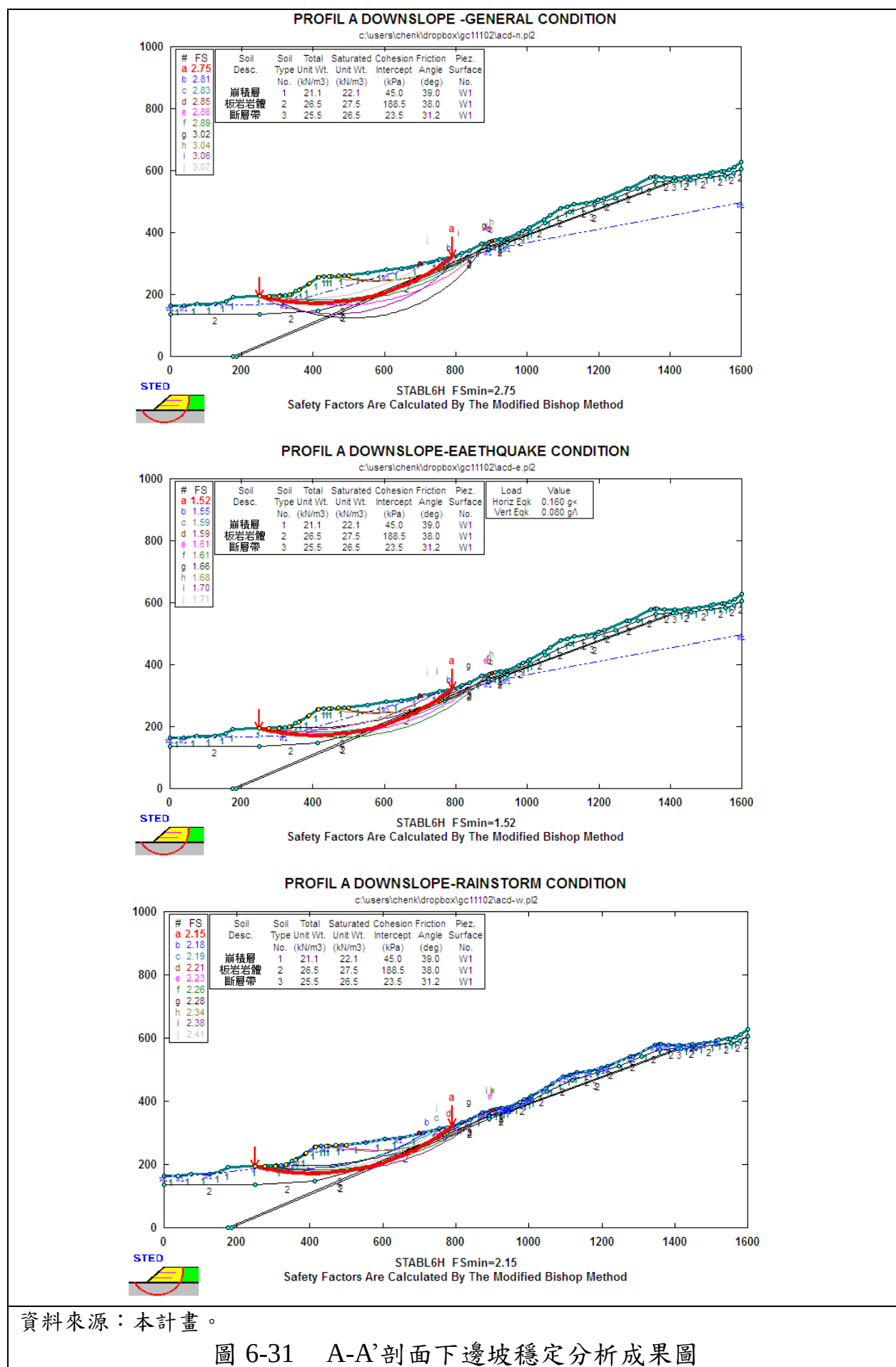
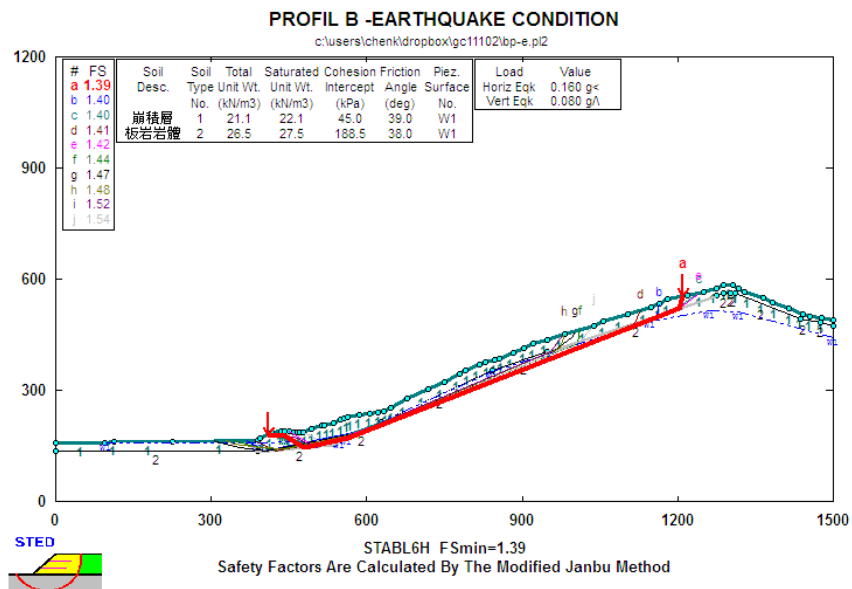
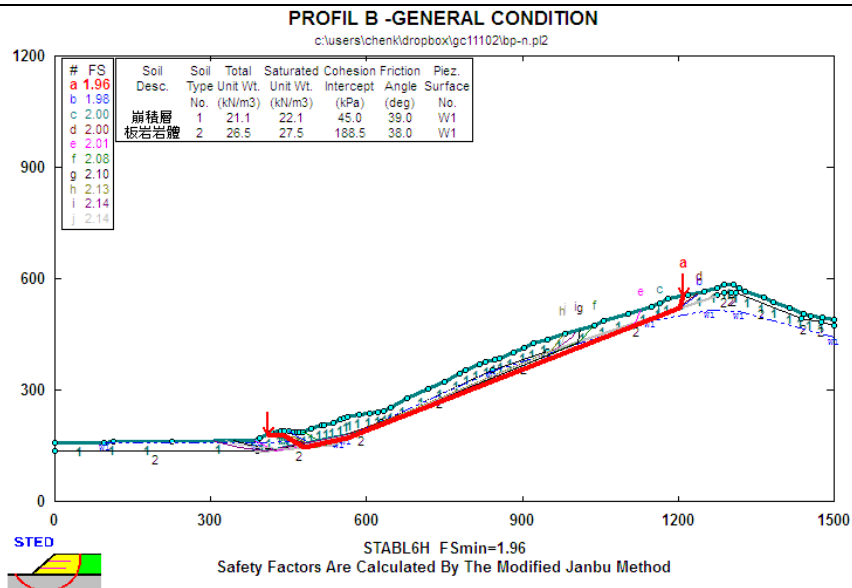
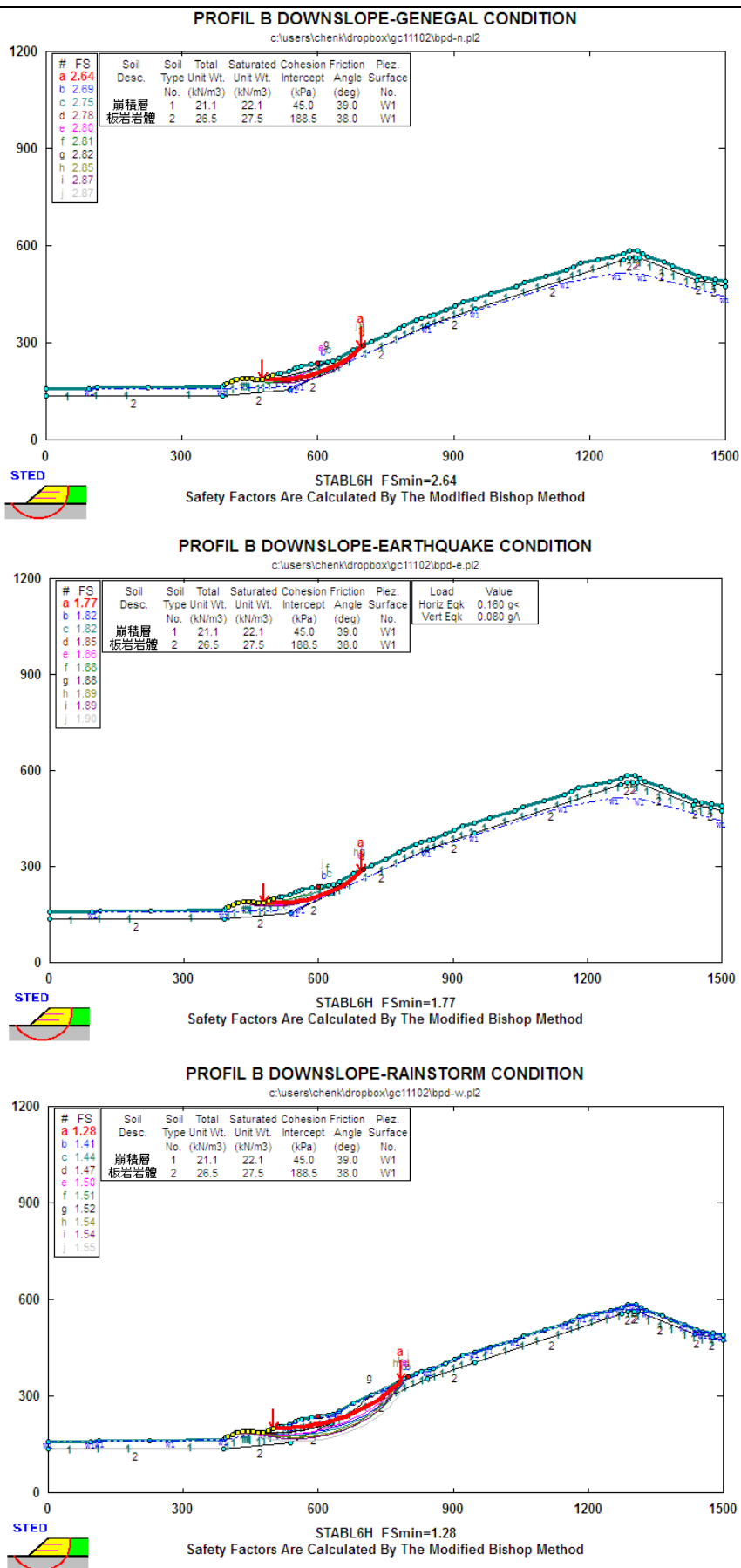


圖 6-31 A-A'剖面下邊坡穩定分析成果圖



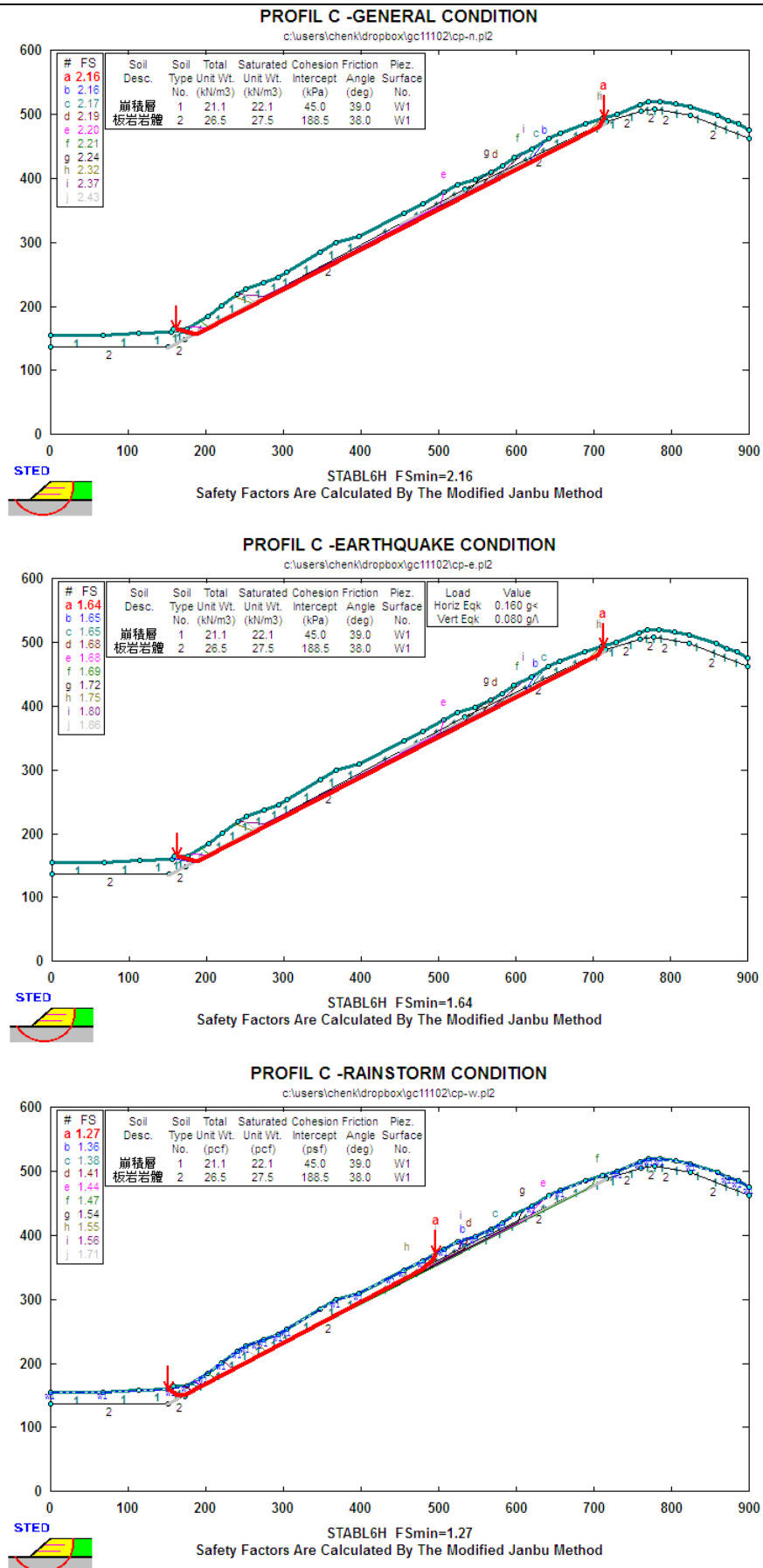
資料來源：本計畫。

圖 6-32 B-B'剖面全區位邊坡穩定分析成果圖



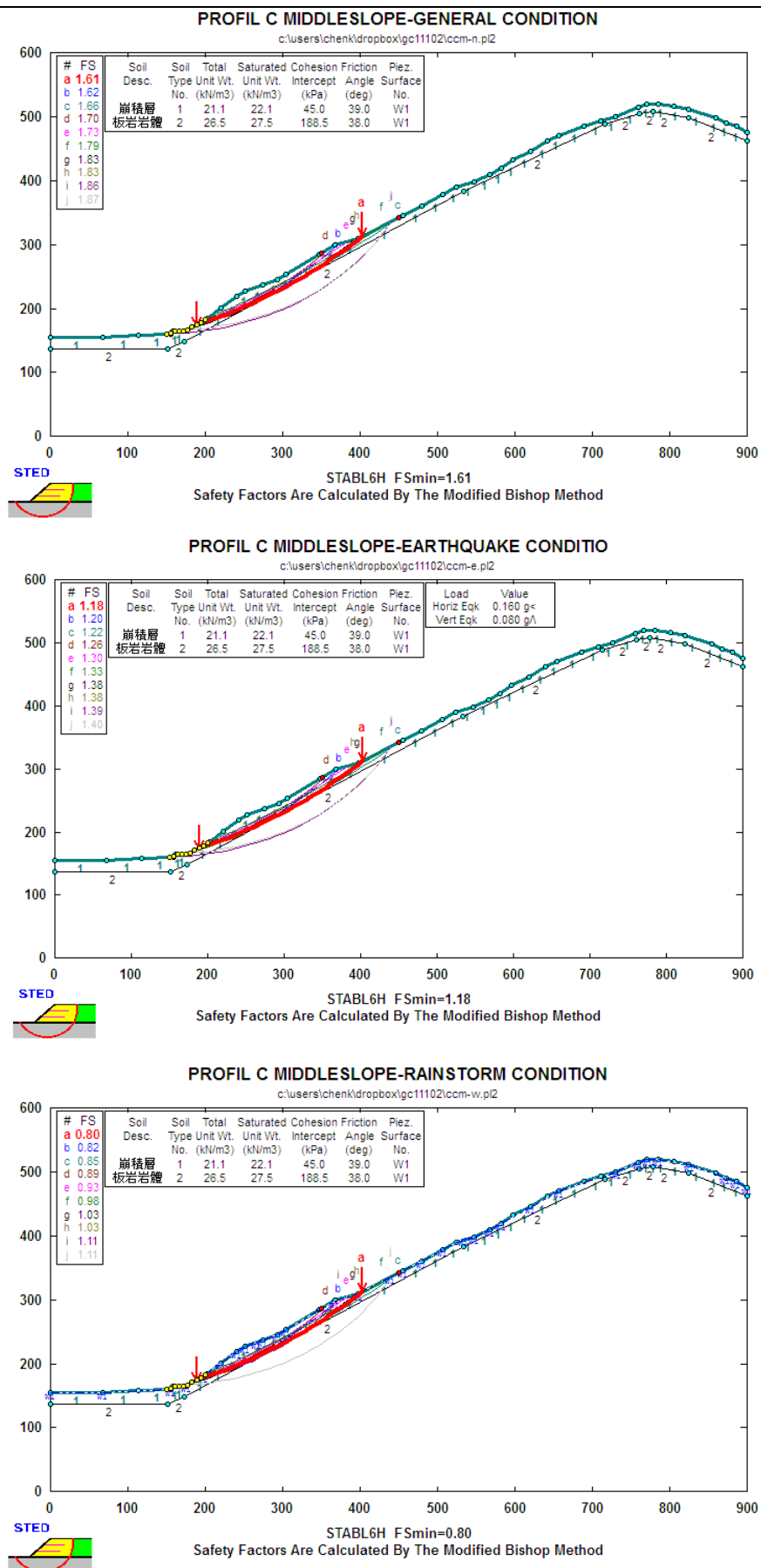
資料來源：本計畫。

圖 6-33 B-B'剖面下邊坡穩定分析成果圖



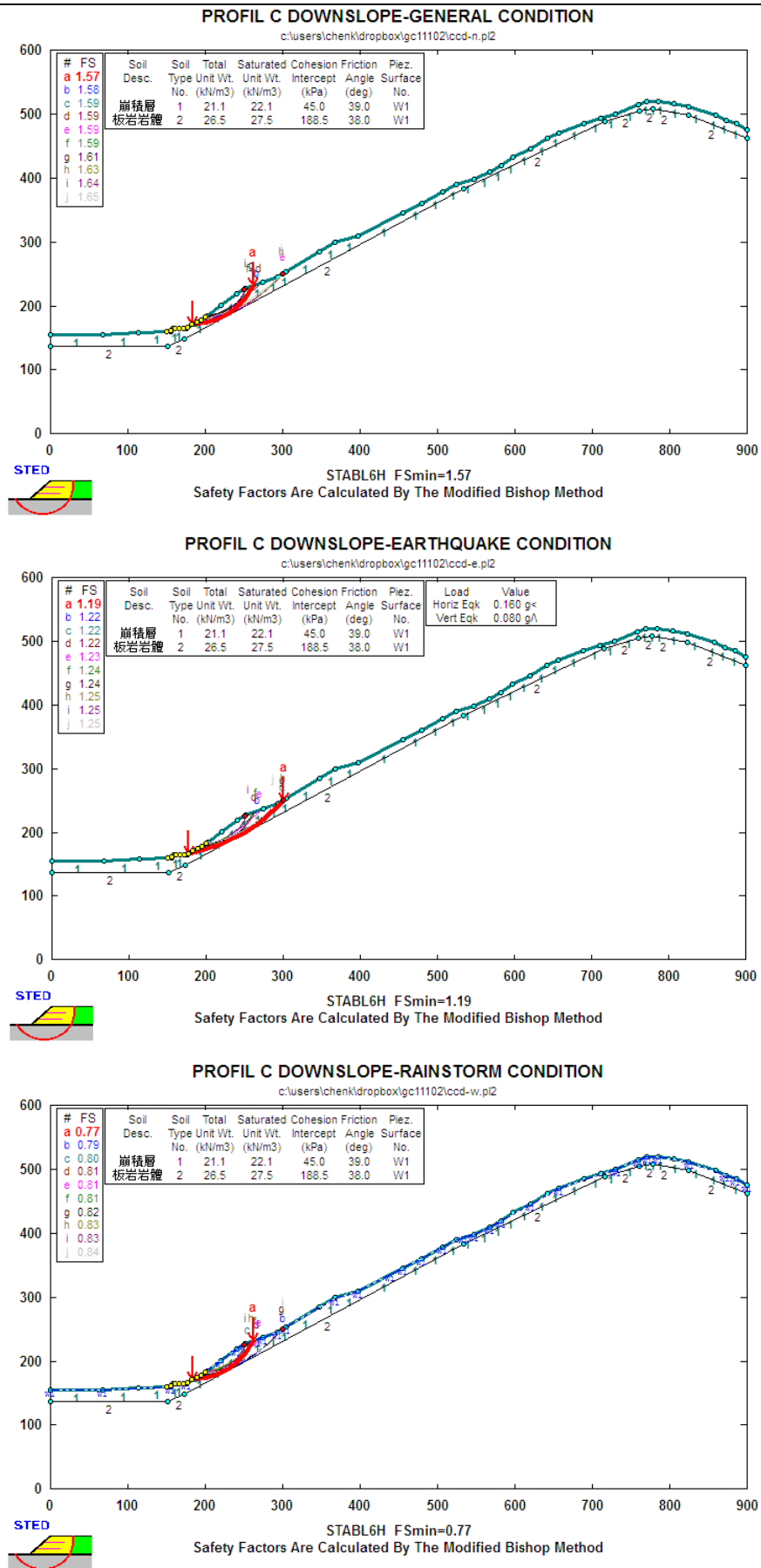
資料來源：本計畫。

圖 6-34 C-C'剖面全區位邊坡穩定分析成果圖



資料來源：本計畫。

圖 6-35 C-C'剖面中部邊坡穩定分析成果圖



資料來源：本計畫。

圖 6-36 C-C'剖面下邊坡穩定分析成果圖

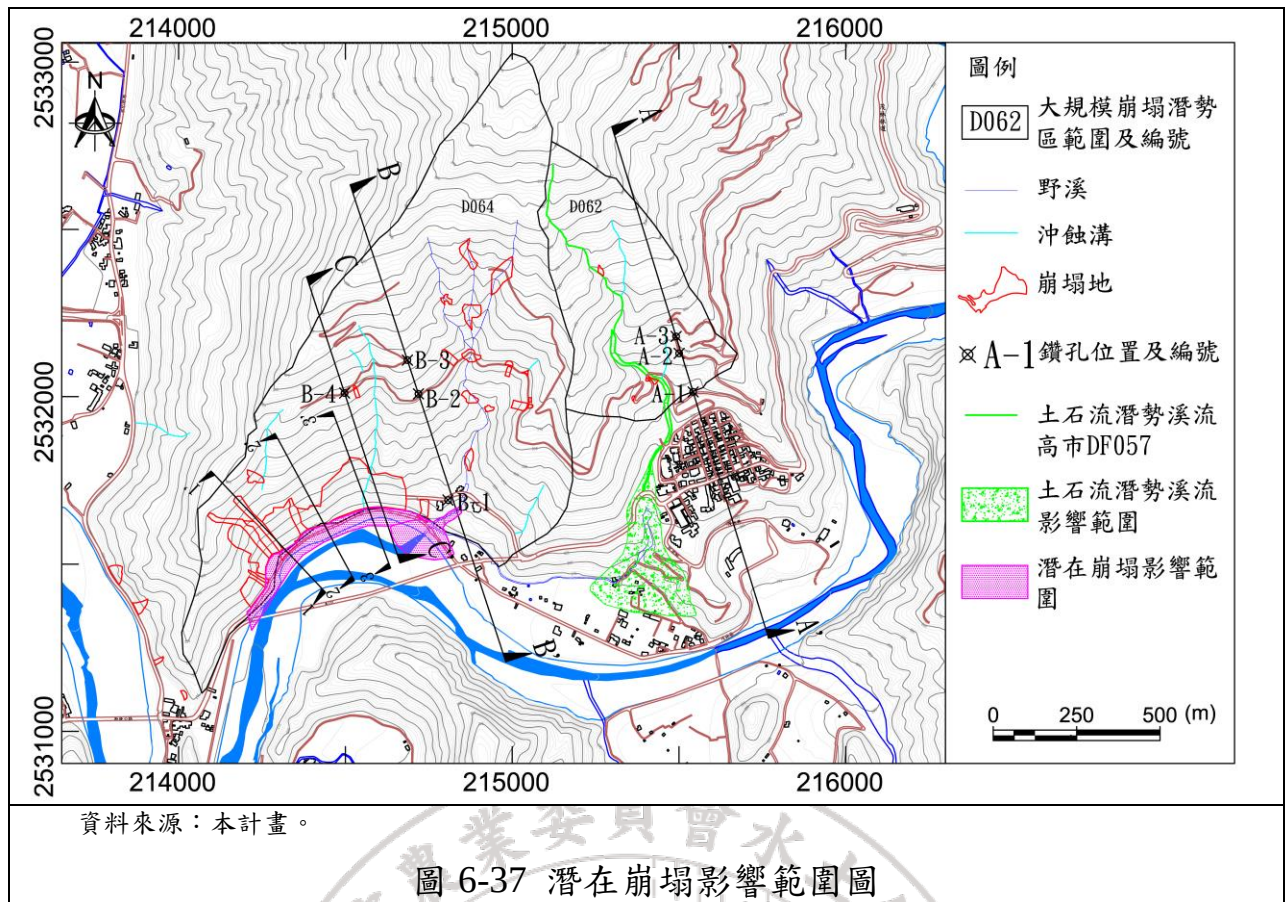
依邊坡穩定分析結果研判：

- 一、D062 大規模崩塌潛勢區分析剖面 A-A'，在常時、地震時、暴雨時，安全係數皆符合規範之要求。
- 二、D064 大規模崩塌潛勢區分析剖面 B-B'，在常時、地震時、暴雨時，安全係數皆符合規範之要求。
- 三、D064 大規模崩塌潛勢區分析剖面 C-C'，在常時、地震時安全係數符合規範之要求；在暴雨時則有滑動破壞之虞。
- 四、在地震時、暴雨時，山區林道陡峭邊坡有落石之虞。

第六節 潛在崩塌影響範圍及土石方量估算

依據邊坡穩定分析成果：D062 大規模崩塌潛勢區在常時、地震時、暴雨時之邊坡穩定安全係數皆符合規範要求；D064 大規模崩塌潛勢區在常時、地震時之邊坡穩定安全係數皆符合規範要求，惟在暴雨時舊崩塌地有復發崩塌之虞；在地震時、暴雨時，皆有落石之虞。在 D064 大規模崩塌潛勢區野溪出口區位，保全對象有 3 戶民宅、私有果園、茂林村舊有聯外道路、濁口溪堤防及 RC 消波塊護岸工。在大崩塌地下方，保全對象有茂林村舊有聯外道路、濁口溪堤防及 RC 消波塊護岸工。針對有保全對象之區位，建議潛在崩塌影響範圍圖於圖 6-37。

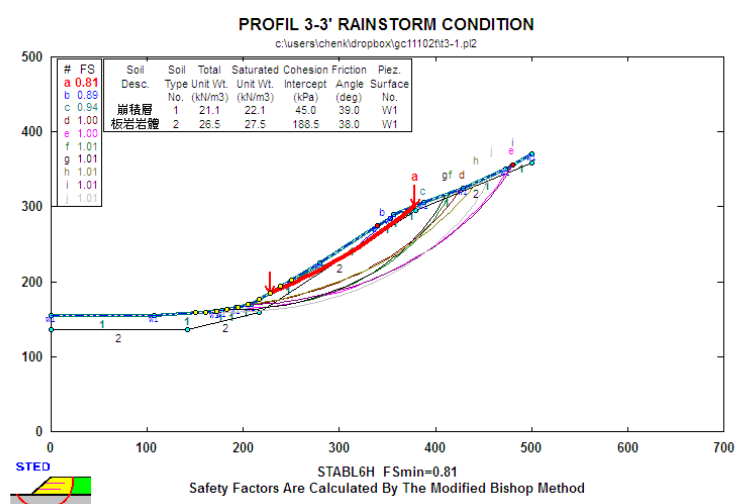
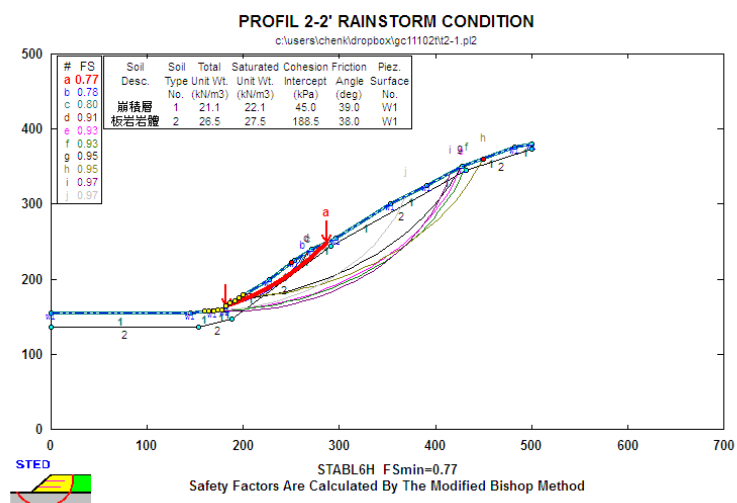
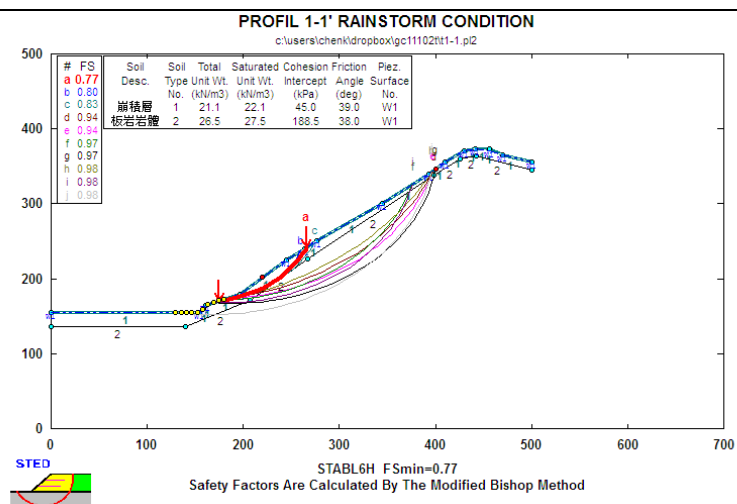
高市 DF057 土石流潛勢溪流上游集水區，現況調查植被茂密，無順向坡等地質敏感區分布，未見有裸露地或張力裂縫等現象，溪床乾涸，未見有滲水頭現象，研判土石流潛勢溪流發生潛勢等級為低。依據農委會水土保持局「土石流潛勢溪流劃設作業要點」之規定，由於高市 DF057 土石流潛勢溪流之影響範圍有茂林里聚落保全對象，因此建議仍維持原始定義之低等級。



在大規模崩塌地範圍選取 3 道代表性剖面進行邊坡穩定性分析，以估算潛在崩塌體之土石方量。分析剖面位置詳圖 6-37，潛在崩塌體分析成果圖詳圖 6-38。以平均斷面積法求土石方量，各剖面潛在崩塌體斷面積與土方量計算成果表詳表 6-14。

表 6-14 潛在崩塌土石方量計算成果表

剖面編號	里程(m)	潛在崩塌體斷面積(m ²)	平均斷面積(m ²)	間距(m)	平均體積(m ³)
0-0'	0	0.0			
			439.2	132	57,974.4
1-1'	132	878.4			
			881.0	138	121,571.1
2-2'	270	883.5			
			1058.1	140	148,134.0
3-3'	410	1,232.7			
			616.4	174	107,244.9
4-4'	584	0.0			
				合計	434,924.4



資料來源：本計畫。

圖 6-38 大規模崩塌地潛在崩塌體分析成果圖

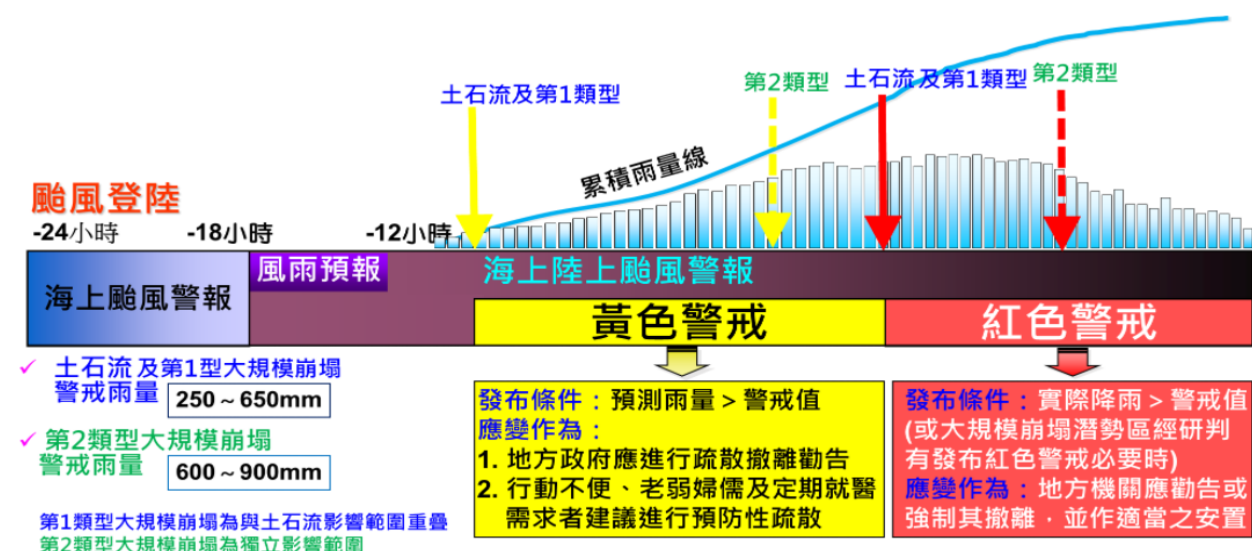
潛在崩塌體分布在 D064 大規模崩塌地區位，係現況大崩塌地復發崩塌及擴展崩塌。估算潛在崩塌體總土石方量為 434,924.4 立方公尺，大規模崩塌地坡趾沿線既有道路範圍長度約為 584 公尺，平均每公尺斷面土石方量為 744.7 平方公尺。研判崩塌體堆積物影響範圍在濁口溪右岸攻擊側之半月形高灘地，高灘地寬度約為 37~218 公尺，面積約為 4.8980 公頃。假設崩塌體堆積物均布於高灘地，則在高灘地平均堆積高度為 8.9 公尺，因此潛在崩塌體若發生大規模崩塌時，將影響流域而壓迫到既有河道。

大規模崩塌地坡趾至對岸之濁口溪河床寬度為 212~257 公尺，概估對稱谷間河床廊帶面積約為 14.9042 公頃，假設潛在崩塌體坍滑均布淤塞於河床廊帶，則平均分布土石方高度為 2.92 公尺。依據莫拉克颱風案例，濁口溪洪峰暴漲流高大於 10 公尺，當時發生大規模崩塌之坡趾崩積物質皆被洪水搬運殆盡，以此案例研判，在長延時強降雨時，洪峰暴漲深度大於潛在崩塌堆積物堰塞河床厚度，因此不致形成堰塞湖；洪峰流水湍急，應足以快速搬運移除潛在崩塌堆積物，以目前河床及高灘地皆未見有崩塌堆積之物質可證，因此研判在洪峰期後，潛在崩塌體堆積物將被侵蝕搬運移除，而不致影響河道流域。

第七節 保全對象及防災應變

D062 大規模崩塌潛勢區保全對象為下游之茂林里聚落計 85 戶。D064 大規模崩塌潛勢區內，在東半部蕃薯狀谷地範圍，保全對象為下游坡地區計 3 戶、下游出口河階地區計 6 戶、果園、聚落道路、堤防、RC 消波塊護岸工等。在西半部單面山麓之坡趾區位，保全對象為現況聯外便道以及濁口溪右岸堤防、RC 消波塊護岸工等。

摘錄行政院農業委員會水土保持局土石流防災資訊網，土石流及大規模崩塌警戒發布條件詳圖 6-39。依據內政部消防署(110 年)規劃茂林區及鄰近區域設立避難處所詳表 6-15 及圖 6-40，可收容人數為 650 人，在防災避難發生時，可滿足當地需求人數。



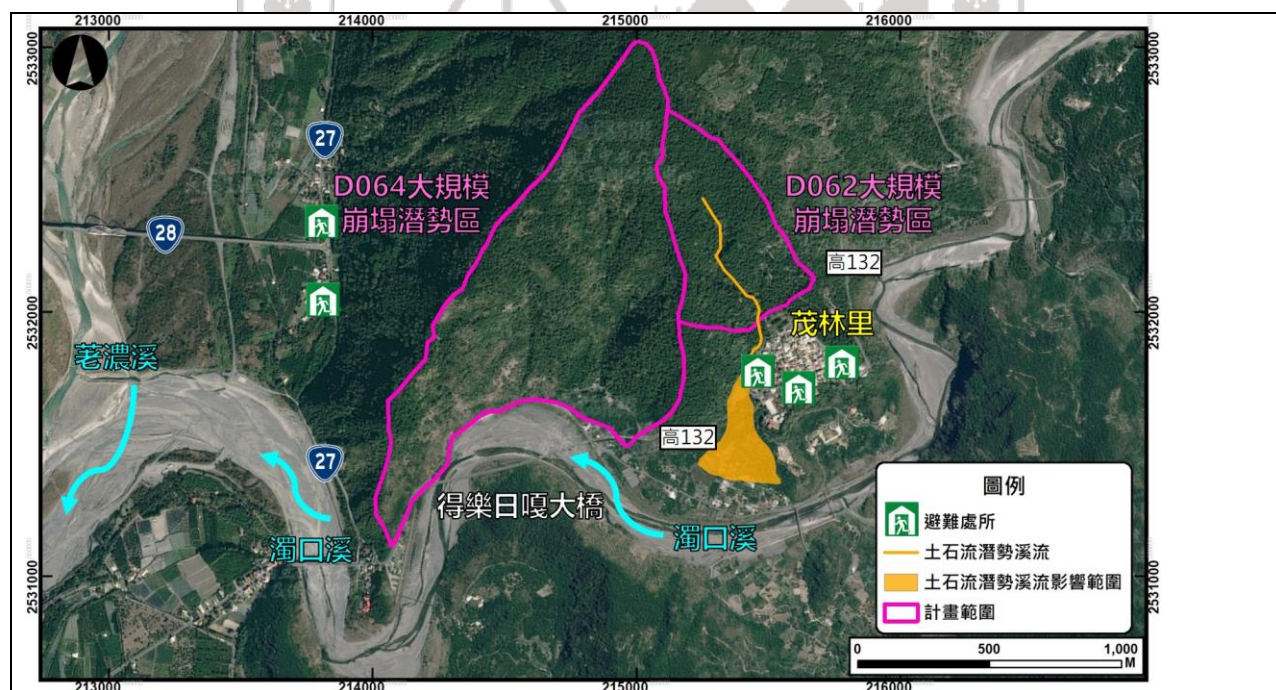
資料來源：行政院農業委員會水土保持局，土石流防災資訊網。

圖 6-39 土石流及大規模崩塌警戒發布條件示意圖

表 6-15 茂林區避難處所一覽表

編號	避難收容處所名稱	行政區	地址	收容人數(人)
1	茂林基督長老教會	茂林區茂林里	茂林巷 90-1 號	50
2	高雄市茂林區茂林國民小學	茂林區茂林里	茂林巷 8-3 號	180
3	鳳山區農會茂林辦事處	茂林區茂林里	茂林巷 16 號	220
4	大津登山訓練中心	六龜區大津里	大津 34 號	100
5	大津社區活動中心	六龜區大津里	大津 49 號	100

資料來源：內政部消防署，民國 110 年。



底圖來源：內政部消防署，避難處所位置圖。

圖 6-40 茂林區避難處所位置圖

依據本計畫調查及地質安全評估成果，D062 大規模崩塌潛勢區尚無崩塌破壞之虞；D064 大規模崩塌潛勢區大崩塌地範圍，在暴雨時則有滑動破壞之虞；在地震時、暴雨時，皆有落石之虞。依據中央氣象局大雨及豪雨預報標準(詳表 6-16)，綜合建議本計畫區域茂林里防災應變措施詳列於表 6-17。

表 6-16 中央氣象局大雨及豪雨預報標準表

雨量定義	預報標準
大雨	24 小時累積雨量達 80 毫米以上，或時雨量達 40 毫米以上之降雨現象。
豪雨	24 小時累積雨量達 200 毫米以上，或 3 小時累積雨量達 100 毫米以上之降雨現象。
大豪雨	24 小時累積雨量達 350 毫米以上，或 3 小時累積雨量達 200 毫米以上之降雨現象。
超大豪雨	24 小時累積雨量達 500 毫米以上之降雨現象。
資料來源：中央氣象局。	

表 6-17 本計畫區茂林里防災應變措施建議表

警報標準	防災應變措施建議
大雨	林道及既有聯外道邊坡偶有小規模落石，通行應注意安全。
豪雨	1.林道及既有聯外道邊坡有小規模落石，通行應注意安全。 2.D064 大規模崩塌潛勢區內大崩塌地邊坡，有落石及沖蝕破壞，該區段既有聯外道路應禁止通行，目前堤防及護岸工程應停止施工，以策安全。
大豪雨	1.林道及既有聯外道邊坡有頻繁落石，D062 大規模崩塌潛勢區中游野溪漫流經過 PC 林道，林道及既有聯外道應禁止通行，茂林蝶谷風景區步道應暫閉營運，以策安全。 2.D064 大規模崩塌潛勢區內大崩塌地邊坡，有落石、沖蝕破壞、局部邊坡崩塌之虞，該區段既有聯外道路應禁止通行，目前堤防及護岸工程應停止施工，以策安全。
超大豪雨	1.林道及既有聯外道邊坡有頻繁落石、局部沖蝕及崩塌破壞之虞，林道及既有聯外道應禁止通行，茂林蝶谷風景區步應暫閉營運，以策安全。 2.D064 大規模崩塌潛勢區內大崩塌地邊坡，有嚴重落石、沖蝕破壞、復發大規模邊坡崩塌之虞，該區段既有聯外道路應禁止通行，目前堤防及護岸工程應停止施工，以策安全。 3. 如非急迫性，人員、車輛應勿外出，建議設置地區性防災應變中心以防範及處理意外狀況。
資料來源：本計畫。	

第八節 潛在大規模崩塌區之治理與防災預警管理

本計畫潛在大規模崩塌區影響範圍有茂林里聚落、零散民宅、果園、聚落道路、堤防、RC 消波塊護岸工等保全對象，為防災於未然，依據大規模崩塌地特性，訂定合理反映危險潛勢之管理基準值，以供適時採取因應對策，達成維護保全對象安全之目的。

管理基準值，係量測邊坡變動所得的數值，供做劃分不同警戒等級（管理階段）的基準。管理基準值的訂定，以綜整邊坡位移觀測資料，分析降雨量、地下水及邊坡變位之關聯性，較能符合各別潛在大規模崩塌區特性。管理基準值不應一成不變，在不同調查或管理階段，會因為對崩塌地的瞭解程度與使用觀測設備不同而不一樣，在執行過程中，根據地質、可能滑動型態等條件及實際觀測成果加以滾動式檢討，將使管理值更有代表意義（廖瑞堂等，2013）。

本計畫執行期間，並無颱風豪雨或特殊異常氣候發生考驗，監測成果呈現穩定狀態，尚無邊坡位移、位移速率等足夠資料，可供建制本地區特性之監測預警管理值。依據經濟部中央地質調查所「潛在大規模崩塌之調查及觀測技術手冊」（第二版，2022），摘錄臺灣邊坡觀測案例管理值於表 6-18 可供參考。摘錄地工技術期刊「由台灣監測案例探討邊坡位移量之管理值」（N0.136，2013），建議潛在大規模崩塌地邊坡位移監測管理值於表 6-19，未來持續辦理安全監測並依觀測成果加以滾動式檢討，可以逐漸明確化建制適用於本地區之監測預警管理值。

D064 大規模崩塌潛勢區內大崩塌地邊坡治理，建議考量鋼絲網噴凝土護坡工法，防護逕流下滲坡體及防止坡面沖蝕，配合坡面橫、縱向排水系統匯集逕流排放至下游濁口溪，並佐以配置地中排水管系統，有效降低邊坡地下水位，以達到穩定裸露邊坡之目的。

表 6-18 臺灣邊坡觀測案例管理值

編號	案例名稱	管 理 值		
		注意值	警戒值	行動值
T1	五彎仔地滑區	SS：略有一定位移趨勢 1mm/月 Ow：較常時水位上升5m R：24小時累積雨量> 150mm或時雨量>30mm	SS：有一定位移趨勢 10mm/月 Ow：較常時水位上升15m	SS：3mm/日
T2	中間解說站	SS：0.5mm/月，略有一定位移趨勢 Ow：較常時上升5m R：30mm/時或累積100mm/日	SS：2mm/月，有一定位移趨勢 Ow：較常時上升10m R：50mm/時或累積200mm/日	SS：2mm/日
T3	九份地滑區	Ow：較常時上升5m R：30mm/時或100mm/24 小時	SS：有一定位移趨勢2mm/月	SS：1mm/日 或 10mm/月
T4	廬山溫泉北坡	R：近 24 小時累積降雨量200mm	Ow：邊坡發生位移時，前2小時所對應之地下水位	SS：日平均位移速率2mm/日，並具一定位移變化趨勢
T5	台62線順向坡	Ow：較常時上升7m R：25mm/時	SS：單點最大位移量20mm Ow：較常時上升10m R：50mm/時	SS：單點最大位移量30mm Ow：較常時上升15m R：75mm/時
T6	梨山地滑區	R：20mm/時；累積100mm/日	R：累積150mm/日；累積200mm/2日	S：Tr<5（小時）
T7	臺北市順向坡	SS：2mm/月，且有一定位移傾向	SS：2~10mm/月，且有一定位移傾向	SS：>10mm/月，且有一定位移傾向
T8	臺電鐵塔邊坡	SS：2mm/月，有一定位移趨勢	SS：10mm/月，有一定位移趨勢	SS：5mm/日，有一定位移趨勢
T9	白沙灣園區	SS：5mm/月，略有位移傾向 CR：0.5mm/月 Ow：較常時水位上升5公尺	SS：20mm/月，有一定位移傾向 CR：2.0mm/月	--
T10	貓纜塔柱邊坡	SS：0.02mm/日、0.5mm/月	SS：0.1mm/日、2.0mm/月	SS：1.0mm/日、10mm/月
T11	太和地滑區	SS：略有一定位移趨勢 1mm/月 Ow：高於常時水位3m以上 R：24小時累積雨量>150mm 或時雨量>30mm	SS：有一定位移趨勢，10mm/月 Ow：高於常時水位6m以上	SS：有一定位移趨勢，平均1mm/日

符號說明：SS(測傾管)；R(雨量計)；Ow(地下水位計)；CR(裂縫計)；S(地表伸縮計)

資料來源：經濟部中央地質調查所「潛在大規模崩塌之調查及觀測技術手冊」(第二版，2022)

表 6-19 建議潛在大規模崩塌地邊坡位移監測管理值表

管理值建議	注意值	警戒值	行動值
滑移速率	2 (mm/月)	5 (mm/日)	10 (mm/日)
代表意義	邊坡已開始滑移，或走走停停緩慢移動中。	邊坡等速率滑移中。	邊坡滑移速率加速，瀕臨破壞。
監測對策 (建議範例)	檢查監測系統有無異常，加強目視檢視及監測。	加強自動化監測頻率。	採嚴密之監測頻率及回傳。
因應對策 (建議範例)	進行邊坡穩定調查及評估，提出補強改善規劃。	研擬緊急應變對策，進行邊坡緊急補強，長期補修同時進行。	人員車輛必須疏散撤離。

資料來源：地工技術期刊「由台灣監測案例探討邊坡位移量之管理值」，N0.136，2013。



第七章 現勘、相關報告印製及其他需配合事項

第一節 各期審查報告撰寫、印製及相關準備

各階段工作及審查期程綜列於後：

- 一、111 年 3 月 2 日完成第一次工作會報。
- 二、111 年 4 月 11 日完成期初工作執行計畫書第一次審查。
- 三、111 年 5 月 2 日完成期初工作執行計畫書第二次審查。
- 四、111 年 8 月 10 日完成期中報告書審查。
- 五、111 年 11 月 28 日完成期末報告書審查。

第二節 監測月報、事件報告撰寫、印製及相關準備

本計畫每月監測 1 次並提送 1 次監測月報告書，總計 6 次。完成監測月報告書期程綜列於後：

- 一、111 年 6 月 27 日完成第一次監測月報告書。
- 二、111 年 7 月 25 日完成第二次監測月報告書。
- 三、111 年 8 月 23 日完成第三次監測月報告書。
- 四、111 年 9 月 18 日完成第四次監測月報告書。
- 五、111 年 10 月 17 日完成第五次監測月報告書。
- 六、111 年 11 月 7 日完成第六次監測月報告書。

第三節 辦理現地會勘及臨時交辦事項或臺南分局需配合事項

本計畫於 4 月 28 日完成地質鑽探點位選址現勘，藉由現地踏勘與專家學者討論合適鑽探點位，現勘照片如圖 7-1 所示。



拍攝日期：111 年 4 月 28 日。

圖 7-1 地質鑽探點位選址現勘照片

第四節 配合本案研討會或期刊投稿文章

本計畫於 8 月 30 日完成投稿，投稿對象為「INTERPRAEVENT 2022 國際天然災害防治研討會」，該研討會由行政院農業委員會水土保持局、國立中興大學、逢甲大學、中華水土保持學會等共同籌辦，研討會主題為「山區自然災害的發生、減災與復育」，由現象調查、事件監測、風險分析、加強治理、增加韌性、災害減輕、災區復原，和提升整備等面向進行交流討論。

本計畫投稿編號為「IP2022_MAN_082」，文章名稱為「Calamity Investigation of Potential Large-scale Landslide Area of Maolin D062 and D064 in 2022」，投稿證明如圖 7-2 所示，文章詳附錄十九。

Interpraevent 2022
Calamity Investigation of Potential Large-scale Landslide Area of Maolin D062 and D064 in 2022
 --Manuscript Draft--

Manuscript Number:	IP2022_MAN_082
Article Type:	Extended Abstract
Section/Category:	Disasters caused by large-scale landslides, shallow landslides, and rockslides
Full Title:	Calamity Investigation of Potential Large-scale Landslide Area of Maolin D062 and D064 in 2022
Corresponding Author:	Jian-You Huang National Cheng Kung University Tainan City, TAIWAN
Corresponding Author's Institution:	National Cheng Kung University
Other Authors:	Guei-Lin Fu Cheng-Hsiu Tsai Ming-Lung Shih Szu-Hsien Chen
Manuscript Classifications:	Landslides
Keywords:	Potential Large-scale Landslide; Geologic Drilling; Geological Survey
Manuscript Region of Origin:	TAIWAN
Author Comments:	

圖片來源：INTERPRAEVENT 2022。

圖 7-2 本計畫投稿證明





第八章 結論與建議

第一節 結論

- 一、本計畫區域地層組成為中新世潮州層，組成以黑灰色至黑色板岩與硬頁岩為主，夾硬頁岩/板岩與變質砂岩的薄互層，偶夾薄層或厚層變質砂岩。
- 二、區域主要地質構造為潮州斷層，最接近距離在本計畫範圍西南端之西方約 780 公尺處，約呈北北東至南南西走向分布。潮州斷層具有左滑性質之逆衝斷層，掩伏在荖濃溪河床內，屬於經濟部中央地質調查所活動斷層分類之第二類活動斷層(距今約 100,000 年內曾經活動過，或錯移階地或台地堆積物的斷層)。
- 三、現場鑽探孔位共計 7 孔，鑽探總長度為 250.3 公尺。埋設地中傾斜管兼地下水位觀測井 7 支，總長度為 255.61 公尺。地中傾斜儀監測總長度為 250 公尺。
- 四、D062 大規模崩塌潛勢區，依岩心及地質剖面岩性對比分析，發現 1 道斷層帶，可對比至鑽孔 A-3 之 N17°E 方向 275 公尺處，岩層露頭編號 R35-1 之斷層角礫帶，經計算求得斷層帶平均位態為 N43.8°E/26°S，由於缺乏對比指準層，斷層型式未明。依 D062 大規模崩塌潛勢區地形、地勢、土岩界面大致與斷層態位態相符，研判該斷層帶係古滑動面，其下游古沖積扇可能是其古滑動崩塌堆積物。另區內編號高市 DF057 土石流潛勢溪流在中上游區位，溪流分布大致與斷層帶投影至地表位置相符，研判該溪流係侵蝕切割抗蝕性低之斷層帶而發育，水文地質呈斷層構造控制型溪流。
- 五、D062 區內地層分布由上而下可分類為：崩積層、上盤板岩、斷層帶、下盤板岩及硬頁岩。
 - (一) 土岩界面分布深度為 6.17 公尺(鑽孔 A-3)至 26.69 公尺(鑽孔 A-1)，大致依地勢，向古沖積扇堆積區位變為深厚。

- (二) 崩積層基質組成為黃棕色粉土質礫石，普遍含有35公分礫徑以下之硬頁岩及板岩角礫，偶含有硬頁岩、板岩之巨角礫，偶含有變質砂岩角礫。角礫含量約35~60%，普遍含量為40~50%，呈基質支撐組織。局部角礫含量約65~75%，呈顆粒支撐組織。普遍標準貫入試驗N值為100，極緊密。
- (三) 斷層帶分布鉛直厚度為5.07公尺(鑽孔A-3)至7.60公尺(鑽孔A-2)，組成為板岩剪動帶及斷層角礫帶，剪動面及其間夾剪動縫泥、角礫泥發達，岩體呈剪碎狀，屬弱岩類。斷層角礫帶基質組成為黃棕色斷層泥，高度風化，鑲嵌狀灰黑色剪碎硬頁岩及板岩角礫徑小於12cm，含量約75~85%，屬甚弱岩類。
- (四) 板岩及硬頁岩劈理、節理面發達，多有剪動面分布，岩心品質主要呈一般或差，主要屬弱岩類。

六、D064 區內地層分布由上而下可分類為：崩積層、板岩及硬頁岩。

- (一) 土岩界面分布深度為10.22公尺(鑽孔B-4)至35.16公尺(鑽孔B-3)，在鑽孔B-1鑽探深度35公尺則未達岩層。
- (二) 崩積層基質組成為黃棕色粉土質礫石，含有35公分礫徑以下之硬頁岩及板岩角礫，偶含有硬頁岩、板岩之巨角礫，偶含有變質砂岩角礫。角礫含量約35~60%，普遍含量為40~50%，呈基質支撐組織。局部間夾分布有3.18~5.05公尺厚，含有65公分礫徑以下之硬頁岩角礫，角礫含量約65~85%，呈顆粒支撐組織。普遍標準貫入試驗N值為100，極緊密。
- (三) 板岩及硬頁岩劈理、節理面發達，偶有剪動面分布，岩心品質主要呈差，主要屬弱至中硬岩類。

七、6月24日至11月4日監測期間，天氣普遍晴朗少雨，無颱風或豪大雨等異常氣候，且無大雨或長延時降雨情形，最大日降雨量為7月31日降雨量70.5公厘。在D062大規模崩塌潛勢區，最終監測地下水位分布深度

為地表面下 7.42~29.52 公尺，地下水積蓄在岩層及古沖積扇內。在 D064 大規模崩塌潛勢區，最終監測地下水位，地下水位分布深度為地表面下 36.05~40.13 公尺，地下水位大致分布在土岩界面之下岩層內。在 B-1 觀測井深度 35.31 公尺內、B-4 觀測井深度 40.5 公尺內，皆無地下水。地下水位變化平緩，無隨時降雨量而顯著起落現象。

八、張力裂縫監測成果顯示無張裂現象。依據地中傾斜管監測成果綜合評估：

- (一) 在 D062 大規模崩塌潛勢區，各地中傾斜管最大累積變位量為 1.105~1.907 公厘，皆為孔口處累積變位量，並無凸出曲線變位等潛在滑動面情形，亦無特殊變位現象。研判 D062 大規模崩塌潛勢區地層在穩定狀態。
- (二) 在 D064 大規模崩塌潛勢區，B-1、B-4 地中傾斜管局部有凸出曲線之潛移變位現象，惟位移向量方向趨向或指向邊坡坡體內，研判係受到 9 月 17 日、18 日台東地區強烈地震影響，致使局部孔間回填料壓密，而呈現沉陷變形現象。其他 B-2、B-3 地中傾斜管最大累積變位量分別為 3.506、2.022 公厘，皆為孔口處累積變位量，並無凸出曲線變位等潛在滑動面情形，亦無特殊變位現象。研判 D064 大規模崩塌潛勢區地層在穩定狀態。

九、依邊坡穩定分析結果研判：

- (一) D062 大規模崩塌潛勢區分析剖面 A-A'，在常時、地震時、暴雨時，安全係數皆符合規範之要求。
- (二) D064 大規模崩塌潛勢區分析剖面 B-B'，在常時、地震時、暴雨時，安全係數皆符合規範之要求。
- (三) D064 大規模崩塌潛勢區分析剖面 C-C'，在常時、地震時安全係數符合規範之要求；在暴雨時則有滑動破壞之虞。
- (四) 在地震時、暴雨時，山區林道陡峭邊坡有落石之虞。

第二節 建議

- 一、計畫區域道路切坡及陡坡區域，於雨季時期容易有落石發生。建議道路陡坡段設置落石警告標誌，通行需注意安全。
- 二、現況大崩塌地坡趾有堤防、RC 消波塊護岸工程施工中，建議豪雨時應暫停施工，以免受到落石或邊坡崩塌損害。
- 三、山區林道落石遍布，建議豪雨時茂林蝶谷風景區步道應暫閉營運，以策安全。
- 四、本年度計畫執行期間，並無豪雨或特殊異常氣候發生。為持續目前埋設地中傾斜管監測效用，建議明年度接續辦理安全監測工作，此外建議增設地表位移監測儀器，如全自動化 GNSS 衛星定位觀測及全自動化雙軸傾斜計，透過自動化監測提高災害發生時的應變效率，建議監測工作項目及內容於表 8-1。

表 8-1 建議 112 年度安全監測工作項目及內容表

項次	工作項目	單位	數量	說明
1	人工手動地中傾斜管	處	7	每 2 月 1 次
2	全自動化 GNSS 衛星定位觀測(新增)	處	7	自動回傳數據
3	全自動化雙軸傾斜計(新增)	處	7	自動回傳數據
4	半自動化「地下水位／水壓調查及觀測」(新增)	處	7	人工收集每 2 月 1 次，每 10 min 自動記錄 1 次地下水壓
5	監測月報告	次	12	每月 1 次
資料來源：本計畫				

參考文獻

1. 內政部國土測繪中心，「國土測繪圖資服務雲」，網址：<https://maps.nlsc.gov.tw/>。
2. Cruden,D.M.,Varnes, D.J.,1996, Landslide Types and Processes, Transportation Research Board, U.S. National Academy of Sciences, Special Report, 247: 36-75。
3. 交通部中央氣象局，「中央氣象局全球資訊網」，網址：<https://www.cwb.gov.tw/V8/C/>。
4. 交通部中央氣象局，「颱風資料庫」，網址：<https://rdc28.cwb.gov.tw/>。
5. 行政院農業委員會水土保持局，「105年大規模崩塌區影響範圍調查與劃設」，2016。
6. 行政院農業委員會水土保持局，「土石流災害資訊網」，網址：<https://246.swcb.gov.tw/index.html>。
7. 行政院農業委員會水土保持局，「大規模崩塌防減災技術發展與應用」，2015。
8. 行政院農業委員會水土保持局，「坡地崩塌防減災策略先期研析計畫」，2014。
9. 行政院農業委員會水土保持局，「高雄新庄潛在大規模崩塌地區調查監測計畫(1/2)」，2015。
10. 行政院農業委員會水土保持局，「水土保持工程生態檢核資訊專區」，https://mis.swcb.gov.tw/mis_extention/EcologicalChecklist/EngList.aspx。
11. 洪國騰、林啟文、李柏村、張育仁，「臺灣中央山脈西南翼高雄至屏東一帶的潮州層地質」。
12. 費立沅、李彥良，「莫拉颱風崩塌地之快速判釋與災害統計」，地工技術，第122期，第61-68頁，2009。
13. 經濟部中央地質調查所，「地質資料整合查詢」，網址：<https://gis3.moeacgs.gov.tw/gwh/gsb97-1/sys8/t3/index1.cfm>。
14. 經濟部中央地質調查所，「潛在大規模崩塌之調查及觀測技術手冊」，第二版，2022。
15. 經濟部中央地質調查所，「台灣的活動斷層」，網址：<http://gis.geo.ncu.edu.tw/act/actq.htm>。
16. 經濟部水利署，「水文年報網路查詢系統」，網址：<http://gweb.wra.gov.tw/wrhygis/>。
17. 經濟部水利署，「水利地理資訊服務平台」，網址：<https://gic.wra.gov.tw/gis/>。
18. 地工技術期刊，「由台灣監測案例探討邊坡位移量之管理值」，N0.136，2013。

