

目 錄

摘要	摘-1
第一章 前言	1
1-1 計畫目的	1
1-2 計畫範圍	1
1-3 工作項目及內容	2
1-4 工作進度	5
第二章 基本資料蒐集	8
2-1 地文	8
2-2 人文	12
2-3 氣象與水文	16
2-4 地質與土壤	19
2-4-1 區域地質	19
2-4-2 計畫區域環境地質	23
2-4-3 土壤	25
2-5 土地利用	28
2-6 環境生態	34
2-7 歷年災害及因應治理情形	38
2-8 現有排水系統概況	42
2-9 莫拉克颱風前後地滑地現況說明	50
第三章 地滑地調查方法及成果	57
3-1 地形測量	57
3-2 地表地質調查	62
3-2-1 岩性及地層分層	62
3-2-2 地滑區崩崖及裂隙調查	67
3-2-3 投影圖分析	69
3-3 地質鑽探與力學試驗成果	74
3-3-1 作業規劃	74

3-3-2	作業方法.....	76
3-3-3	調查成果.....	80
3-4	地球物理探測工作及成果.....	91
3-4-1	作業規劃.....	91
3-4-2	作業方法.....	93
3-4-3	探查成果.....	97
3-5	地下水檢層分析.....	102
3-5-1	試驗原理與作業規劃.....	102
3-5-2	分析成果.....	105
3-6	三維地質模型建立及展示.....	107
3-7	三維水文地質模型建立與分析.....	111
3-7-1	概述.....	111
3-7-2	水文地質數值模式建立.....	111
3-7-3	地下水模式建置.....	117
3-7-4	分析成果.....	121
第四章	地滑地監測方法及成果.....	125
4-1	監測工作概要.....	125
4-2	地下水位監測分析.....	127
4-3	傾度管監測分析.....	128
4-4	地表變位監測分析.....	129
4-4-1	RTK 地表變位監測系統配置.....	129
4-4-2	RTK 作業方法.....	131
4-5	監測資料綜合判釋.....	138
第五章	計畫區現況分析.....	156
5-1	現況排水分析.....	156
5-1-1	地表洪峰逕流量推估.....	156
5-1-2	現有排洪量分析.....	162
5-2	邊坡穩定分析.....	164

5-3	地質調查成果綜合評估.....	168
5-4	邊坡滑動破壞原因之探討.....	172
第六章	治理工程規劃與設計.....	177
6-1	治理目標與對策.....	177
6-1-1	治理對策分析.....	177
6-1-2	治理級序評估.....	177
6-1-3	治理目標研擬.....	182
6-1-4	治理對策.....	186
6-2	治理計畫與管制配合事項.....	188
6-2-1	治理計畫內容.....	188
6-2-2	工程經費與分年、分期實施計畫.....	222
6-2-3	管理建議事項.....	226
6-2-4	相關法規.....	227
第七章	效益評估.....	229
第八章	結論與建議.....	233
8-1	結論.....	233
8-2	建議.....	234
	參考文獻.....	235
附錄一	地形測量成果	
附錄二	地質鑽探取樣記錄表	
附錄三	地質鑽探岩心照片	
附錄四	鑽探試驗成果	
附錄五	擋土排樁計算書	
附錄六	地質技師簽證資料	
附錄七	審查意見及辦理情形	

表 目 錄

表 1-4-1	工作預定進度表	7
表 2-3-1	中央氣象局嘉義氣象站氣象資料統計表	17
表 2-3-2	瑞里雨量站資訊表	18
表 2-5-1	母岩性質分類表	29
表 2-5-2	山坡地可利用限度分類標準表	31
表 2-6-1	計畫區土地植生種類分佈數量表	38
表 2-7-1	計畫區歷年災修整治工程統計表	40
表 3-1-1	已知點邊長檢測成果表	58
表 3-1-2	已知點方位角檢測成果表	58
表 3-1-3	水準精度檢測成果表	59
表 3-1-4	導線測量精度成果表	60
表 3-3-1	鑽探作業規劃表	74
表 3-3-2	土壤及岩石力學試驗規劃表	76
表 3-3-3	相關試驗規範一覽表	80
表 3-3-4	地質鑽探成果摘要	85
表 3-3-5	土壤及岩石力學試驗數量統計表	86
表 3-3-6	土壤直接剪力試驗成果表	88
表 3-3-7	岩石一般物理性質試驗成果表	89
表 3-3-8	岩石直接剪力試驗成果表	89
表 3-3-9	岩石單軸壓縮試驗成果表	89
表 3-3-10	土層及岩層透水試驗摘錄成果表	90
表 3-5-1	地下水流動層研判準則表(藤原明敏，1979)	103
表 3-5-2	地下水檢層孔位基本資料	103
表 3-7-1	各分層水力傳導係數試驗成果與率定修正值設定表	114
表 3-7-2	分析模擬之初始地下水位條件表	115
表 3-7-3	分析模式降雨週期及入滲補注量表	116
表 4-1-1	監測儀器一覽表	125

表 4-2-1	地下水位監測系統一覽表.....	127
表 4-2-2	自記式水位計規格及照片.....	127
表 4-3-1	傾度管監測系統一覽表.....	128
表 4-3-2	傾度管及儀器規格.....	129
表 4-4-1	GPS 硬體設備規格及照片.....	137
表 4-5-1	RTK 測量成果座標.....	152
表 4-5-2	RTK 測量差異成果.....	153
表 5-1-1	本計畫區各排水分區特性統計表(1/2).....	158
表 5-1-1	本計畫區各排水分區特性統計表(2/2).....	159
表 5-1-2	逕流係數 C 值之選擇參考表.....	160
表 5-1-3	各排水分區之洪峰逕流量.....	161
表 5-1-4	控制點所檢核之排水分區.....	162
表 5-1-5	控制點之排洪量演算結果.....	163
表 5-2-1	邊坡穩定分析之基本參數表.....	166
表 5-2-2	邊坡穩定分析結果表.....	166
表 5-3-1	各鑽孔透水試驗深度及成果表.....	168
表 6-1-1	邊坡穩定常用之防治工法.....	182
表 6-1-2	排水工法比較表.....	185
表 6-1-3	抑止工法比較表.....	185
表 6-2-1	新排水分區之特性與洪峰逕流量(1/2).....	192
表 6-2-1	新排水分區之特性與洪峰逕流量(2/2).....	193
表 6-2-2	流量控制點分配區域與逕流量加總.....	194
表 6-2-3	控制點之排水設施排洪量演算結果.....	194
表 6-2-4	崩積層整體滑動抑止工法治理前後穩定分析結果表.....	204
表 6-2-5	後續治理成效監測及評估經費概算表.....	220
表 6-2-6	整體治理工程經費總表.....	222
表 6-2-7	整體治理工程施工費明細表.....	223
表 6-2-8	計畫區整體治理規劃分年分期實施計畫.....	225

表 6-2-9	水土保持相關法規整合表.....	228
表 7-1-1	本計畫治理工程經濟效益分析表.....	232

圖目錄

圖 1-2-1	計畫範圍圖	1
圖 2-1-1	計畫位置圖	8
圖 2-1-2	計畫區域數值地形圖	9
圖 2-1-3	計畫區域坡向圖	10
圖 2-1-4	計畫區域坡度圖	10
圖 2-1-5	計畫區域水系分佈圖	11
圖 2-1-6	環境水系分佈圖	12
圖 2-2-1	行政區域位置	13
圖 2-2-2	梅山鄉人口數量歷年統計圖	14
圖 2-2-3	瑞里村人口數量歷年統計圖	14
圖 2-2-4	梅山鄉重要道路分佈圖	16
圖 2-3-1	水文分佈圖	18
圖 2-4-1	區域地質圖	22
圖 2-4-2	計畫區域環境地質圖	24
圖 2-4-3	計畫區域土壤調查照片位置圖	27
圖 2-5-1	計畫區土地權屬分佈圖	28
圖 2-5-2	計畫區域山坡地之可利用限度分類圖	30
圖 2-5-3	計畫區域土地利用說明圖	32
圖 2-5-4	土地利用演變情況空拍圖	33
圖 2-6-1	計畫區植物物種(1/2)	35
圖 2-6-1	計畫區植物物種(2/2)	36
圖 2-6-2	計畫區土地植生種類分布圖	37
圖 2-7-1	歷年災修整治工程施作位置圖	41
圖 2-8-1	計畫區內外排水分界圖	42
圖 2-8-2	橫向排水現況照片(1/2)	44
圖 2-8-2	橫向排水現況照片(2/2)	45
圖 2-8-3	海土崙溪現況(1/2)	47

圖 2-8-3	海土崙溪現況(2/2)	48
圖 2-8-4	流向區外之縱向排水現況.....	49
圖 2-9-1	地滑區地形現況說明	52
圖 2-9-2	莫拉克颱風期間雨量分佈圖	53
圖 2-9-3	莫拉克颱風災後現勘照片拍攝位置圖.....	56
圖 3-1-1	水準測量路線圖	59
圖 3-2-1	計畫區域地表地質圖	63
圖 3-2-2	計畫區域地質剖面圖	64
圖 3-2-3	計畫區域岩性分類	65
圖 3-2-4	地表裂隙分布圖	68
圖 3-2-5	地表裂隙現況(一).....	70
圖 3-2-6	地表裂隙現況(二).....	71
圖 3-2-7	地表裂隙現況(三).....	72
圖 3-2-8	立體投影分析成果	73
圖 3-3-1	鑽探孔位佈置圖	75
圖 3-3-2	鑽探工作進度圖	81
圖 3-3-3	地質鑽探工作現場施作照片	81
圖 3-4-1	地電阻探測測線佈置圖	92
圖 3-4-2	地電阻探測現場施作照片	93
圖 3-4-3	地電阻影像剖面法探測電極排列方式示意圖	94
圖 3-4-4	多功能地電阻儀(McOHM PROFILER-4)	95
圖 3-4-5	一般地層電阻率分佈圖(Keller and Frischknecht, 1966)	98
圖 3-4-6	地下水狀態及土壤孔隙率對地電阻的影響(Guyod, 1964).....	98
圖 3-4-7	露頭量測位置及量測結果.....	99
圖 3-4-8	地電阻影像剖面探測成果圖	101
圖 3-5-1	地下水檢層孔位佈設位置圖	104
圖 3-5-2	地下水檢層儀器及現場試驗現況.....	104
圖 3-5-3	W01 孔地下水檢層調查成果圖	106

圖 3-6-1	計畫區域地質模型建立流程圖	108
圖 3-6-2	地質鑽探剖面圖	109
圖 3-6-3	計畫區域初步地質剖面柵狀示意圖	109
圖 3-6-4	三維地質模型展示圖	110
圖 3-7-1	分析網格劃分及邊界設定圖	113
圖 3-7-2	分析模擬之初始地下水位剖面圖	115
圖 3-7-3	分析模式使用之降雨量週期與實際降雨量圖	117
圖 3-7-4	三維地下水模式分析工作流程圖	118
圖 3-7-5	B01 地下水位監測與模擬比較圖	119
圖 3-7-6	B03 地下水位監測與模擬比較圖	119
圖 3-7-7	B05 地下水位監測與模擬比較圖	119
圖 3-7-8	B07 地下水位監測與模擬比較圖	120
圖 3-7-9	B08 地下水位監測與模擬比較圖	120
圖 3-7-10	W01 地下水位監測與模擬比較圖	120
圖 3-7-11	降雨補注後之地下水位等高線圖(1/3).....	122
圖 3-7-11	降雨補注後之地下水位等高線圖(2/3).....	123
圖 3-7-11	降雨補注後之地下水位等高線圖(3/3).....	124
圖 4-1-1	傾度管及水位觀測井配置圖	126
圖 4-2-1	水位觀測井裝設示意圖	128
圖 4-4-1	RTK 地表監測系統配置圖	130
圖 4-4-2	靜態基線測量接收示意圖	132
圖 4-4-3	VBS-RTK 即時動態定位技術示意圖	133
圖 4-4-4	VBS-RTK 即時動態定位技術解算流程圖	134
圖 4-4-5	坡面監測樁 VBS-RTK 定位測量現場作業照片	136
圖 4-5-1	降雨量監測記錄	140
圖 4-5-2	地下水位量測儀器現場照片	140
圖 4-5-3	B01 地下水位監測變化情形	141
圖 4-5-4	B03 地下水位監測變化情形	141

圖 4-5-5	B05 地下水位監測變化情形	142
圖 4-5-6	B07 地下水位監測變化情形	142
圖 4-5-7	B08 地下水位監測變化情形	143
圖 4-5-8	W01 地下水位監測變化情形	143
圖 4-5-9	地下水位高程等高線與推估流向圖	144
圖 4-5-10	傾度管現場量測及儀器照片	145
圖 4-5-11	傾度管量測成果(1/4).....	148
圖 4-5-11	傾度管量測成果(2/4).....	149
圖 4-5-11	傾度管量測成果(3/4).....	150
圖 4-5-11	傾度管量測成果(4/4).....	151
圖 4-5-12	地表變位監測成果圖.....	154
圖 5-1-1	排水分區位置圖	157
圖 5-2-1	邊坡穩定分析剖面位置圖.....	166
圖 5-2-2	邊坡穩定分析成果圖	167
圖 5-3-1	岩層透水試驗與地層質剖面對比圖	170
圖 5-3-2	地電阻探測成果與地質剖面對比圖	171
圖 5-4-1	計畫區域立體地層結構及裂隙示意圖.....	172
圖 5-4-2	計畫區域莫拉克颱風災害前後照片位置圖	174
圖 5-4-3	計畫區域莫拉克颱風災害前後現況照片圖	175
圖 5-4-4	計畫區域推估滑動面示意圖	176
圖 6-1-1	地滑地整治工法	179
圖 6-1-2	地滑地處理工法選擇示意圖	179
圖 6-1-3	計畫區治理級序評估劃分示意圖	180
圖 6-1-4	既有排水設施圖	181
圖 6-2-1	治理工程平面圖	190
圖 6-2-2	新排水分區與流量控制點.....	191
圖 6-2-3	排水改善工程縱向剖面圖(A段)	195
圖 6-2-4	排水改善工程縱向剖面圖(B1段)	196

圖 6-2-5	排水改善工程縱向剖面圖(B2 段)(1/2)	197
圖 6-2-5	排水改善工程縱向剖面圖(B2 段)(2/2)	198
圖 6-2-6	排水改善工程標準斷面圖	199
圖 6-2-7	海土崙溪尚未治理段沖刷現況照片	200
圖 6-2-8	海土崙溪溯源作用抑止工法平面圖	201
圖 6-2-9	海土崙溪溯源作用抑止工法標準斷面圖	202
圖 6-2-10	崩積層整體滑動抑止工法規劃平面圖	205
圖 6-2-11	崩積層整體滑動抑止工法橫剖面圖(1/3)	206
圖 6-2-11	崩積層整體滑動抑止工法橫剖面圖(2/3)	207
圖 6-2-11	崩積層整體滑動抑止工法橫剖面圖(3/3)	208
圖 6-2-12	崩積層整體滑動抑止工法治理後穩定分析成果圖	209
圖 6-2-13	解壓井工程平面圖	212
圖 6-2-14	解壓井 W1 縱斷面圖	213
圖 6-2-15	解壓井 W2 縱斷面圖	213
圖 6-2-16	解壓井改善工程地下水位變化圖(1/2)	214
圖 6-2-16	解壓井改善工程地下水位變化圖(2/2)	215
圖 6-2-17	解壓井改善前後地下水位等高線變化圖(1/3)	216
圖 6-2-17	解壓井改善前後地下水位等高線變化圖(2/3)	217
圖 6-2-17	解壓井改善前後地下水位等高線變化圖(3/3)	218
圖 6-2-18	不同計畫區之卓蘭層地下水檢層試驗成果比較圖	219
圖 6-2-19	治理監測系統配置圖	221

摘要

一、計畫緣起及目的

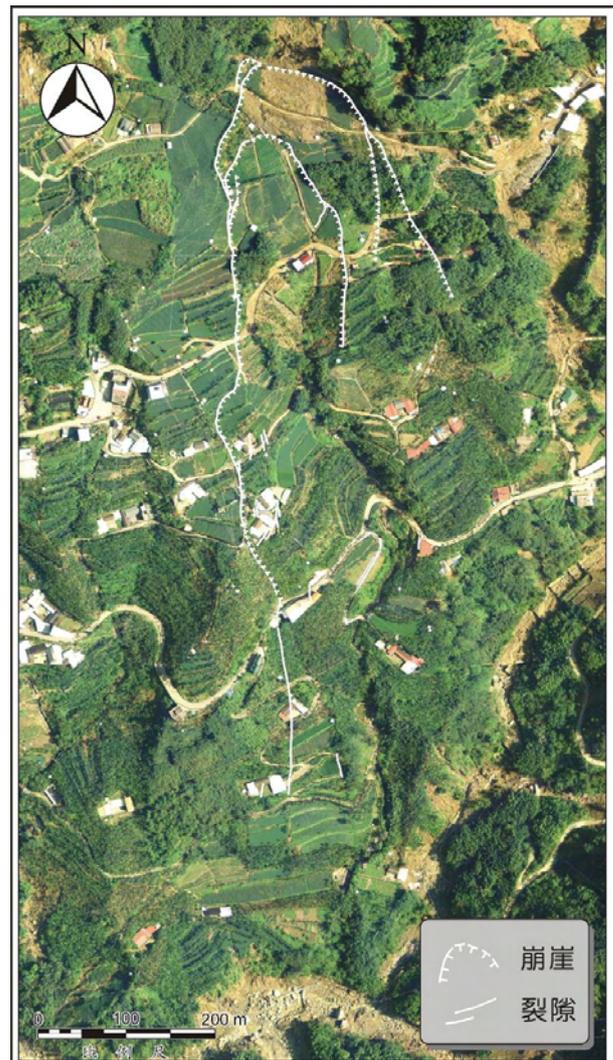
本地滑區位於嘉義縣梅山鄉瑞里村，民國97年9月豪雨後發生滑動。目前滑動區內住戶約20餘戶，農作約40公頃，若持續發生滑動恐對計畫區居民造成威脅。為求徹底瞭解地滑發生原因以謀求解決對策，辦理本地滑區之整體治理調查規劃及細部設計，以求有效整治。

二、工作內容

本計畫辦理各項地滑地現況調查、資料蒐集及地滑地特性與災害原因分析，且據各項工作成果研擬治理對策，作為治理之依據，並提出整治工程規劃，以達整體治理功效。茲將本報告內容摘錄如下：

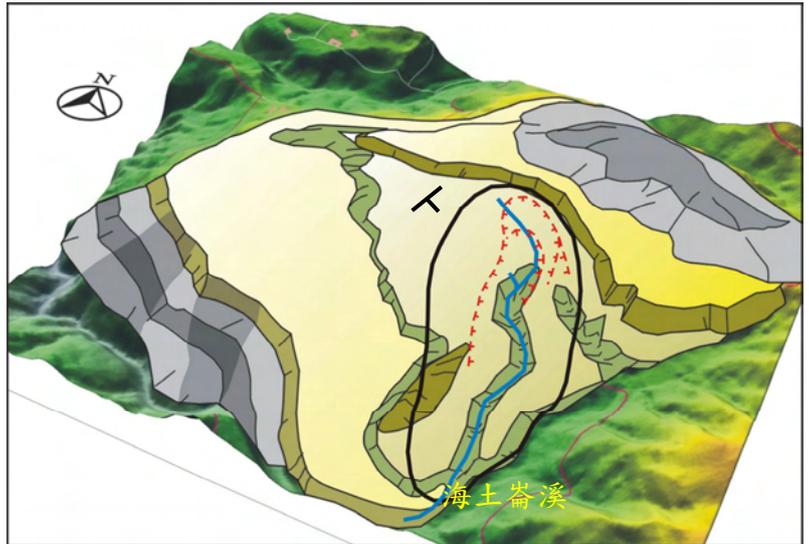
(一)地滑地現況及裂隙調查

本地滑的滑動土體推測即為覆蓋於基盤岩層上的古崩積層，因豪雨使得崩積土體含水過重而沿平整的砂岩層面往下方移動。地滑區的主崩崖出露在計畫區域北側崖壁的下方，往東西兩側向下延伸；主崩崖下方不遠尚有一規模較小的次崩崖出現，其滑動方向同主崩崖。民國98年莫拉克颱風時，崖壁上方曾發生圓弧型滑動，滑動裂隙與縣166道路交會處之兩側崩崖則相當明顯，落差可達2~3公尺，造成路面、排水溝及擋土牆的損壞。沿著邊坡排水系統附近抵達下方的縣166，此崩崖兩側的地形落差不明顯，而以裂隙型式出現。下方海土崙溪與生毛樹溪匯流附近前，裂隙已不復見。



(二)邊坡滑動破壞原因探討

本區地層屬上新世卓蘭層，主要岩性由細粒至粉砂質層狀砂岩構成，與頁岩常呈薄互層組成。地層位態約為東北—西南走向，與區域地質構造走向相近，在地形上構成順向坡。



海土崙溪縱向貫穿計畫區域，將計畫區域分為

左右二岸之地形區塊，因此在地形及位態考量上，海土崙溪有沖蝕坡腳造成趾部側向支撐發生解壓破壞之可能，由邊坡之地滑崩崖及裂隙分佈涵蓋了海土崙溪左右二岸區域即可驗證。

在滑動機制部份，由地質鑽探、地表地質調查成果及颱風災害後現場情況，研判本地滑的滑動土體為覆蓋於基盤岩層上的舊崩積層，因豪雨使得崩積土體含水過重而沿平整的砂岩層面往下方移動。

(三)崩塌地現況分析

1.現況排水分析

由於計畫區開發初期於山坡地開發梯田種植稻米，既有階梯狀坡面有助減緩雨水對坡地直接沖蝕。排水現況分析依排水流向及地形現況分有A~P共16大區，每區依排水情況分成1~10不等分區。本計畫現況排水設施經檢核其排水能力皆可容納洪峰逕流量，但莫拉克颱風造成本區地層滑動，滑動區域內之相關排水設施因此受損，區內排水系統現況實有修復及改善之必要。

2.邊坡穩定分析

依據本計畫調查結果所得之地層剖面、地下水位資料、土層力學參數等資訊，辦理邊坡穩定分析。

本計畫邊坡穩定分析，採用潛在滑動面固定區塊(Block specified)

搜尋法進行分析計算，搜尋最可能破壞之滑動面位置。根據分析結果，破壞區位主要發生在崩積層之深度，沿著砂岩層界面滑動，安全係數在平時為2.11，暴雨及地震時皆約略小於安全準則規定之安全係數，表示在暴雨、地震情形下，計畫邊坡有滑動的可能。

(四)治理對策

由於強降雨是造成計畫區邊坡滑動之主要因素，如何有效排除地表水防止入滲為治理工程之首要課題。除此之外，並因應邊坡破壞規模施作相關工程結構物之抑止措施來抵抗滑動，以達坡體穩定之功效。本計畫建議整治工程對策分為(1)坡面排水系統改善；(2)海土崙溪溯源作用抑止工法及(3)崩積層整體滑動抑止工法等方面著手。

1.坡面排水系統改善

- (1)坡面設置橫向及縱向排水溝收集坡面地表逕流，排入縱向之海土崙溪中，將坡面地表逕流有效且安全的導至下游生毛樹溪。
- (2)縱向排水溝下方設置排水暗管，用以排除接近地表之淺層地下水並收集入滲水，藉以增加滑動體之強度來穩定地滑，並可預防雨水滲入深層之地下水。

2.海土崙溪溯源作用抑止工法

海土崙溪於B03孔下方部份河段尚無施設排水構造物，坡面逕流及河道水流沖刷常造成邊坡坍塌破壞，由溪流現況研判，此區段有向源侵蝕作用現象。為抑止海土崙溪溯源作用，防止溪流坑溝向兩岸繼續擴張，造成計畫邊坡淺層崩積層破壞，溪流兩側溝壁宜進行邊坡保護處理，設置護岸70公尺及翼牆式固床工4座，用以保護邊坡，穩定溪流溝床，並可調整溝床坡降、固定流路、攔阻泥砂、穩定坑溝溯源作用。

3.崩積層整體滑動抑止工法

本計畫區目前邊坡活動性以B02、B03、B04孔上方至B01孔之範圍為最大，由現況邊坡穩定分析結果中，亦可發現此區在暴雨及地震狀態時其安全係數皆於規範規定之臨界值附近，因此針對此區域進行滑動體抑止工程進行補強。

工程目的主要為保護滑動坡體的穩定、考慮人民及房屋等保全對象之安全，並維持縣道166暢通，規劃於道路上邊坡處採用擋土排樁抑止工法處理。排樁設計深度採20公尺，樁徑 $\phi 100\text{cm}$ ，排樁間以繫梁連成一體以增加勁度。

(五)工程經費與分年分期計畫

本計畫建議治理工程分為兩期工程進行，第一期主要先進行坡面排水改善工程，包含(1)坡面排水系統改善工程；(2)海土崙溪溯源作用抑止工程。除上述工程外，在第一期治理工程中並建議持續針對計畫邊坡進行監測工作，除可對治理工程進行成效評估外，並能持續提供監測資料以供後續警戒與工程設計參考，第一期治理工程總經費約1,299.7萬元。

第二期工程為崩積層整體滑動抑止工程，主要為維護地滑高潛勢區域保全對象安全及166縣道通行順暢，規劃建議沿縣道166邊緣佈設擋土排樁方式加以治理。因其所需經費較高，約1,999.2萬元，建議先進行第一期治理工程，俟第一期整體治理工程完成後，檢視其工程成效，並觀察計畫區有無再次滑動破壞之現象，視需要進行第二期崩積層整體滑動抑止工程整治。

本計畫整體治理規劃分年分期實施計畫如下表所示，共分為二個期別，總工程經費約為3,298.9萬元。

(六)效益分析

本計畫治理之預期效益包含直接效益及間接效益兩大類，直接效益包含避免該地區邊坡破壞之情形持續惡化、維護當地住民生命財產安全、維持往來道路交通順暢及農作區域保護等方面，而間接效益則包含改善計畫區環境、穩定人心、提升居民積極進取心與生產力、改善農業經營環境、保育自然生態、促進土地永續利用等。

經計算本計畫之經濟效益，其益本比約2.11，由此可知相關治理工程實施有其經濟效益，因此本計畫屬經濟可行。

期別		工程名稱	工作內容	工程經費(仟元)
第一期	第一年	坡面排水改善工程及海土崙溪溯源作用抑止工程	1.矩型溝(型式一)：42m 2.矩型溝(型式二)：151m 3.護岸：71m 4.固床工：4處 5.箱涵：10m 6.HDPE 暗管：151m 7.拋物線型草溝：92m 8.新設管涵：5m 9.跌水工：8座 10.消能池：5座	10,997
		治理成效監測	1.雨量資料蒐集 2.地下水位觀測：4孔(每小時連續記讀) 3.傾度管監測：8孔 4.監測成果綜合分析	1,000
		小計		11,997
	第二年	治理成效監測	1.雨量資料蒐集 2.地下水位觀測：4孔(每小時連續記讀) 3.傾度管監測：8孔 4.監測成果綜合分析	1,000
		小計		1,000
總計(第一期)				12,997
第二期	崩積層整體滑動抑止工程	1.擋土排樁：1,460m 2.既設排水修復：85m	19,992	
	小計		19,992	
總計(第一期+第二期)				32,989

第一章 前言

1-1 計畫目的

本地滑區位於嘉義縣梅山鄉瑞里村，屬濁水溪流域支流生毛樹溪集水區，民國97年9月豪雨後發生滑動。目前滑動區內住戶約20餘戶，農作約40公頃，若持續發生滑動，恐對滑動區內居民身家性命財產安全造成威脅，為求徹底瞭解地滑發生原因以謀求解決對策，故辦理本地滑區之整體治理調查規劃及細部設計，以求有效整治。本計畫目標為針對幼葉林地滑地地質特性，擬定治理規劃原則及措施，以有效治理滑動邊坡，保障居民身家財產安全。

1-2 計畫範圍

本計畫範圍為生毛樹溪集水區中幼葉林地滑地，屬嘉義縣梅山鄉瑞里村之行政轄區，有縣166道路(原瑞水產業道路)通過，並可經縣162甲道路至梅山、太和等地，計畫範圍約40公頃，詳見圖1-2-1所示。



圖 1-2-1 計畫範圍圖

1-3 工作項目及內容

本項工作包含以下內容：

一、基本資料蒐集

- (一)調查區內地文-包含地理位置、地形及地勢等相關資料。
- (二)調查區內人文包含行政區域、人口、產業發展、交通及相關建設計畫等。
- (三)氣象水文-包含氣象、水文等相關資料。
- (四)地質與土壤-包含土壤、地層概況(包含區域地質圖及環境地質圖)及斷層分佈等相關資料。
- (五)土地利用-包含土地權屬、土地可利用限度、土地利用現況、土地利用演變等相關資料。
- (六)環境生態-包含陸域動植物及水域動植物等衍生情形。
- (七)歷年災害及因應治理情形—包含其他相關單位治理工程概況。

二、地滑地地形測量、現況調查及特性分析

(一)地形測量

地形測量必須包含調查計畫範圍約40公頃，施測前應先檢測已知三角點以GPS控制測量或導線測量方式引測至計畫區域。

測繪比例尺為1/1000之地形圖，測繪內容除一般地形測量項目外，必須包括滑落崖、裂隙、湧水位置、岩層露頭等等以及本次調查設置之鑽孔、測線分佈等工作位置，供作地滑調查分析及治理工程規劃之底圖。

(二)地滑區現況調查

進行現場地滑區構造物裂縫、地表裂縫與陷落、地表排水路徑、坡面滲水、計畫範圍內建物災損調查，提出調查紀錄，詳細說明裂縫、災損、陷落及排水分佈、蝕溝、湧水來源，並繪製於地形圖(比例尺1/1000)上。

(三)地質調查

1.地表地質調查

地表地質調查應由應用地質技師負責並簽證，調查內容應包含岩盤露頭、弱面位態量測，地表地質測繪包括覆蓋、露頭、岩性、地下水滲漏、崩塌地、剪裂帶、層理、節理、劈理、裂隙、斷層等不利地質因子均應詳實完整標示於圖上。

調查區域必須包含弱面位態統計分析，極點分佈密度圖，邊坡穩定分析投影圖等等成果。

2.地質鑽探調查

地質鑽探孔位及鑽深依投標廠商建議書構想佈設，建議書內容列入日後契約文件之一，鑽探孔數應達8孔以上，總鑽探深度應達300公尺以上。

鑽探方式孔徑一律採用HQ尺寸以上，取樣率未達85%不予計價，每一鑽孔均應鑽穿覆蓋層及風化破碎岩層，並深入新鮮岩盤5公尺以上，以瞭解地滑區內地下地質狀況及可能滑動面，提供邊坡穩定分析參考。

3.地球物理探測

地球物理探測方式採用地電阻影像或折射震測方法，依投標廠商建議書構想佈設，建議書內容列入日後契約文件之一，測線佈置應符合地滑深度及範圍調查需要，總佈設長度應大於1,000公尺。

4.三維地質模型建立及展示

山區地滑現象常與地質結構有關，本地區之邊坡破壞疑因卓蘭層之順層滑動造成，因此須將地表地質調查、地質鑽探及地物探測成果整合，建立調查區域三維地質數值模型，得以將各調查資料由不同角度觀察及展示，以利地滑原因之判讀。

(四)地下水文調查

1.降雨量觀測

於計畫區附近清查可利用雨量站，蒐集並分析降雨量資料，得視需要於工址設立計畫雨量站。

2. 地下水位觀測

於計畫區域佈設6處以上地下水位觀測井，電子式連續記讀方式觀測地下水位變化情形，地下水位井觀測必須併同降雨量資料彙整分析，監測頻率至少1次/小時，為期12個月。

3. 地下水檢層分析

於計畫區域選擇1處鑽孔進行地下水檢層分析，據以瞭解地下水流動情形。

4. 水力傳導係數試驗

採抽水或透水現地試驗方式至少20次，瞭解現地地層材料水力傳導性質，作為治理工程參考之依據。

5. 三維水文地質模型建立與分析

根據前述地質調查成果，採數值分析方式建立計畫區域水文地質模型並分析地下水治理工程之成效，作為治理工程參考之依據。

(五) 滑動體調查及觀測

1. 滑動層調查及觀測

於計畫區域佈設8處以上滑動面觀測孔，採用傾度管等方式觀測，判別地下滑動面變位情形，量測頻率於颱風季節(6~9月)每月每孔1次，其餘期間每季量測1次，遇強震、暴雨或其他特殊情況應加密監測，為期12個月。

2. 地表變位監測及分析

於坡面裝設10處固定樁，採GPS方式量測長期地表變位情形，量測頻率於颱風季節(6~9月)每月每處1次，其餘期間每季量測1次，遇強震、暴雨或其他特殊情況應加密監測，為期12個月。

(六) 綜合研判分析與規劃設計

綜合前述調查與觀測成果，進行相關研判與分析工作。

三、治理目標與對策

(一) 治理課題分析。

(二) 治理級序評估。

(三)治理目標研擬。

(四)治理對策。

四、治理計畫與管制配合事項

(一)治理計畫內容。

(二)經費需求。

(三)分年、分期實施計畫及經費。

(四)管理建議事項。

(五)相關法規。

五、效益評估(量化說明，受益對象應涵蓋地滑地外之下游區域)

(一)直接效益。

(二)間接效益。

六、細部工程規劃

依水土保持局相關規定編製至少2,000萬元預算書。

1-4 工作進度

根據本計畫合約規定，預定工作期限民國98年8月20日至民國99年12月31日止，各工作項目預定進度、主要工作成果提交時程如下述，另相關工程進度彙整如表1-4-1所示：

一、期初工作計畫報告：契約簽訂後20日內，應提交工作執行計畫15份，並由機關擇期舉行期初說明會。其工作執行計畫內容需包括：

(一)基本資料蒐集

(二)地滑地地形測量、現況調查及特性分析

(三)治理目標與對策

(四)治理計畫與管制配合事項

二、期中簡報：需於民國98年11月30日前提送期中報告書15份，並於乙方提交期中報告書後，由甲方擇期辦理，期中報告書內容應包括：

- (一)基本資料蒐集
- (二)地滑地地形測量、現況調查及特性分析
- (三)治理目標與對策
- (四)治理計畫與管制配合事項
- (五)效益評估

三、期末簡報：需於民國99年10月31日前提送期末報告書15份，其內容應包括本計畫全部工作內容。

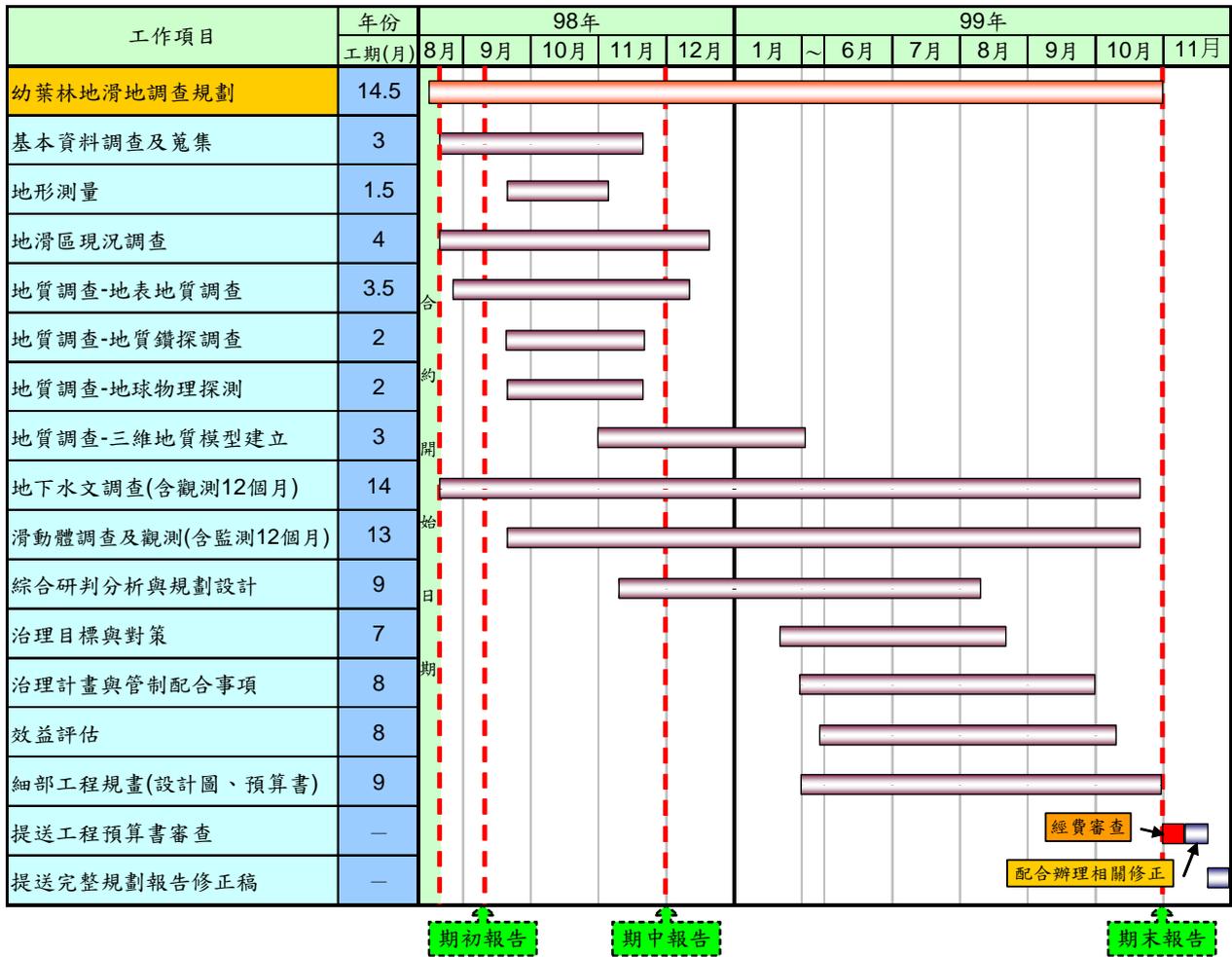
四、於調查規劃期間，除期初、期中、期末簡報，得視雙方需要召開工作會報或現場勘查以利調查規劃之進行。

五、於規劃報告修正稿經機關核定後15日曆天內(含例假日)提送本計畫規劃成果報告書30份(內容包括成果報告、調查照片、規劃成果圖、各次簡報powerpoint檔等)及相關資料光碟30份。

本計畫目前工作階段依合約規定應提送調查規劃之各項全部工作成果，由表1-4-1可知目前本公司各項工作完成進度時間，其服務項目包含現地基本資料蒐集及調查、地形測量、工程地質調查、地質鑽探與力學試驗、監測成果(傾度管、坡面固定樁及連續記讀式水壓計)等工作，傾度管、坡面固定樁及連續記讀式水壓計等相關監測儀器系統亦於民國98年10月~11月期間陸續完成現場佈設，並進行初始值量測。

除計畫區之監測工作外，並將上述各種調查及試驗成果彙整，進行邊坡穩定分析、研判滑動機制等綜合評估工作，依分析結果進行相關治理工程規劃設計。

表 1-4-1 工作預定進度表



第二章 基本資料蒐集

2-1 地文

一、地理位置

本計畫區域位於嘉義縣梅山鄉東側瑞里村，屬於濁水溪流流域支流生毛樹溪集水區內。由嘉義縣竹崎鄉文化路(縣道166)向東而行，沿縣道過瑞里國小後即為計畫邊坡(圖2-1-1)。另從本計畫區可沿縣162甲道路至梅山、太和等地區。

梅山鄉位於嘉義縣的東北側，東鄰阿里山鄉，西鄰大林鎮、民雄鄉，北隔清水溪與雲林縣古坑鄉為鄰，南與竹崎鄉相鄰。本鄉形狀為東西向細長橫置之圖形，東西向最長直線距離約23.75公里，南北向最長直線距離約為10公里。位居台灣中南部中央山脈西側，靠近西部平原邊緣地區。

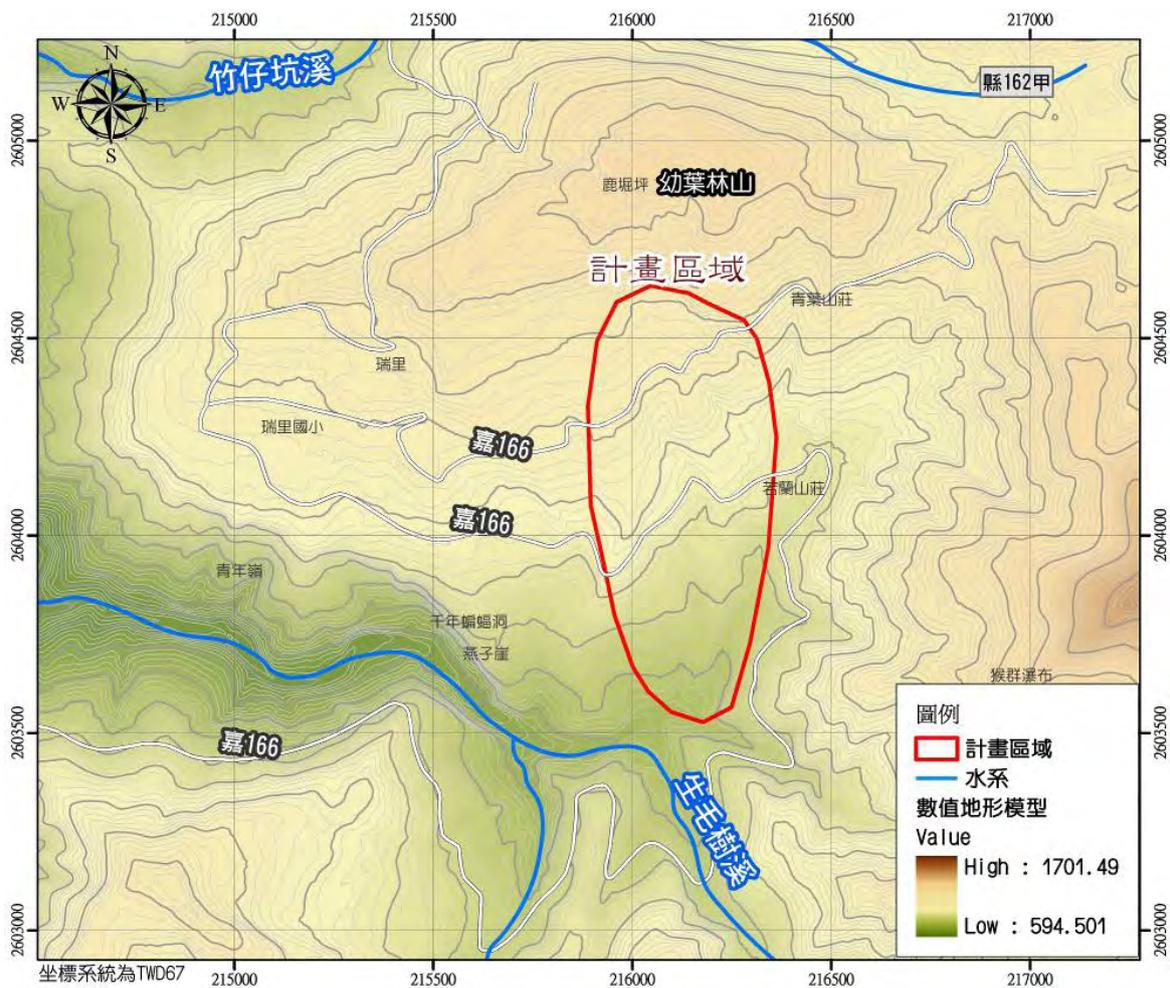


圖 2-1-1 計畫位置圖

二、地形、地勢與水系概況

梅山鄉平地面積僅佔1.74%，其餘皆山坡地及高山林地。全鄉地形山巒起伏，全鄉標高介EL.90m至EL.1,815m之間，高低懸殊，且境內地勢錯縱複雜，群山環繞。本鄉依標高不同可分為丘陵地帶、淺山地帶、深山地帶等三地形帶。

本計畫區屬於光崙山(EL.1,815m)向北分出支嶺，其嶺線為西北偏北走向，東北向坡屬生毛樹溪本流之集水區。由於本區溪床下切甚深，故山坡皆極為陡峻，僅山脊線坡度較緩；縣道通過山腹，經常發生崩塌。計畫範圍整體地勢主要由北向南傾斜，本計畫採用農林航空測量所5m×5m數值地形(圖2-1-2)進行坡度、坡向分析。計畫區坡向大部分呈東南走向，另於海土崙溪東側及計畫區西側少部份山坡坡向呈西南走向。計畫區坡度情況，分佈形態有一級坡至四級坡，其中以三級坡所佔比例最高，數值模擬地形變化概況如圖2-1-3與圖2-1-4所示。



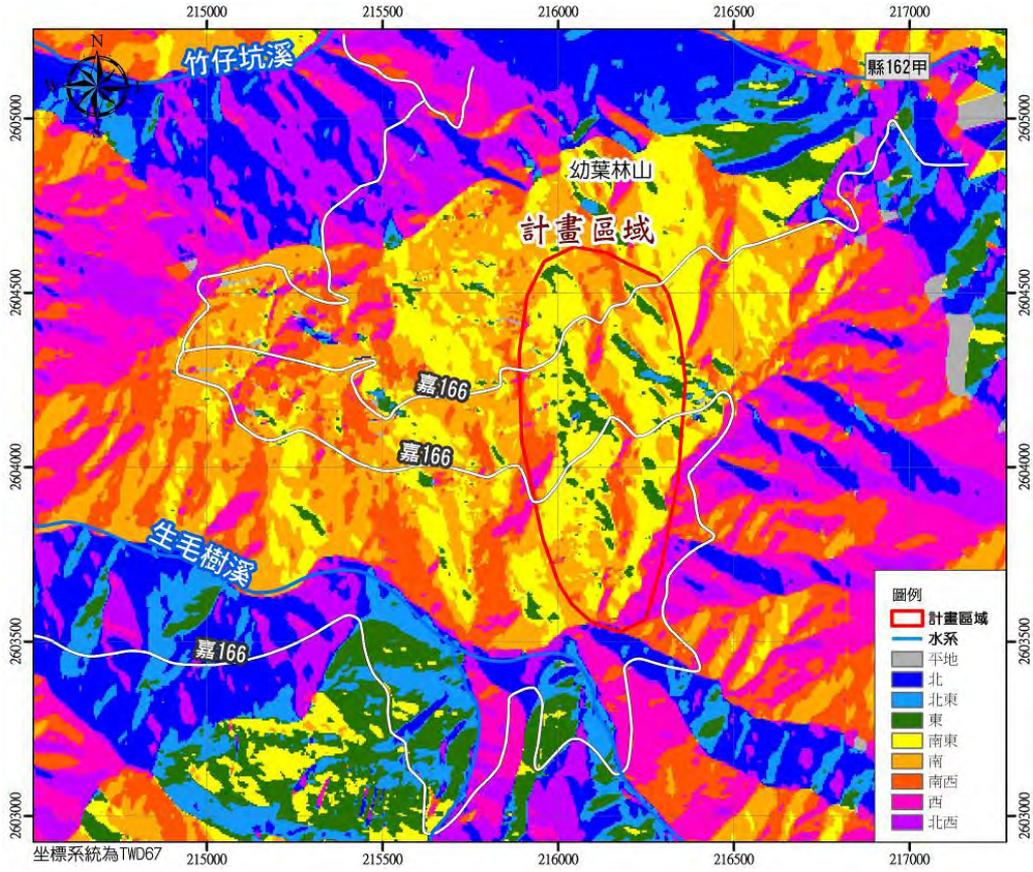


圖 2-1-3 計畫區域坡向圖

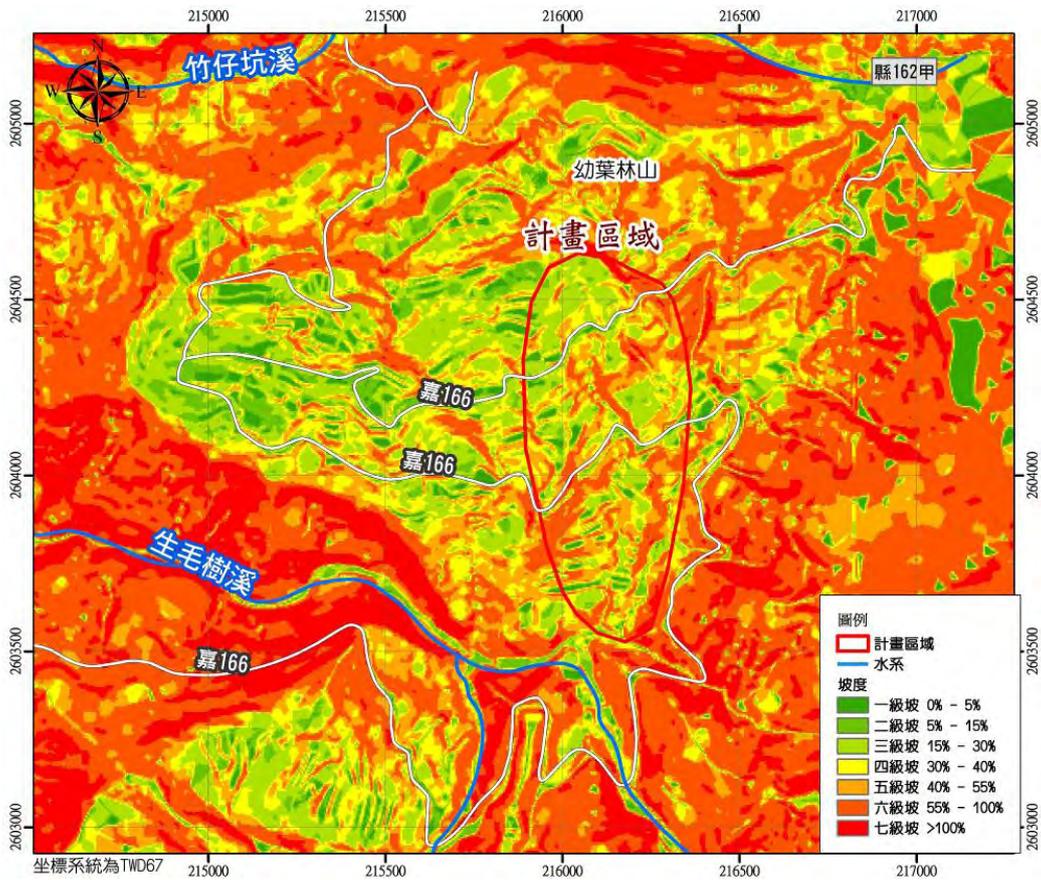


圖 2-1-4 計畫區域坡度圖

在水系方面，本計畫區屬於生毛樹溪之集水區，生毛樹溪是梅山鄉碧湖、瑞峰以及太興、瑞里等村的界河。因溪谷陡坡面上之溝狀蝕溝發達，容易發生崩塌情形，再加上生毛樹溪侵蝕溪床之刷深及側蝕作用，更使集水區內崩塌地處於不穩定狀態。計畫區域水系分佈如圖2-1-5。



圖 2-1-5 計畫區域水系分佈圖

計畫區之環境水系如圖2-1-6所示，以計畫區內之海土崙溪東側及西側之山脊線為分界，排水向南注入生毛樹溪。因計畫區北側之幼葉林山海拔約EL.1,245m，距離計畫區約100m，降雨時雨水分別流入計畫區與鄰近溪流。另於幼葉林山陵線北側排水，則向北注入竹仔坑溪後向西流，最終與生毛樹溪匯集。計畫區內之環境水系除山坡地排水、農業用水外，於生毛樹溪左岸與本計畫區東北方之野溪(青葉山莊)有較大規模之土石流潛勢區域。

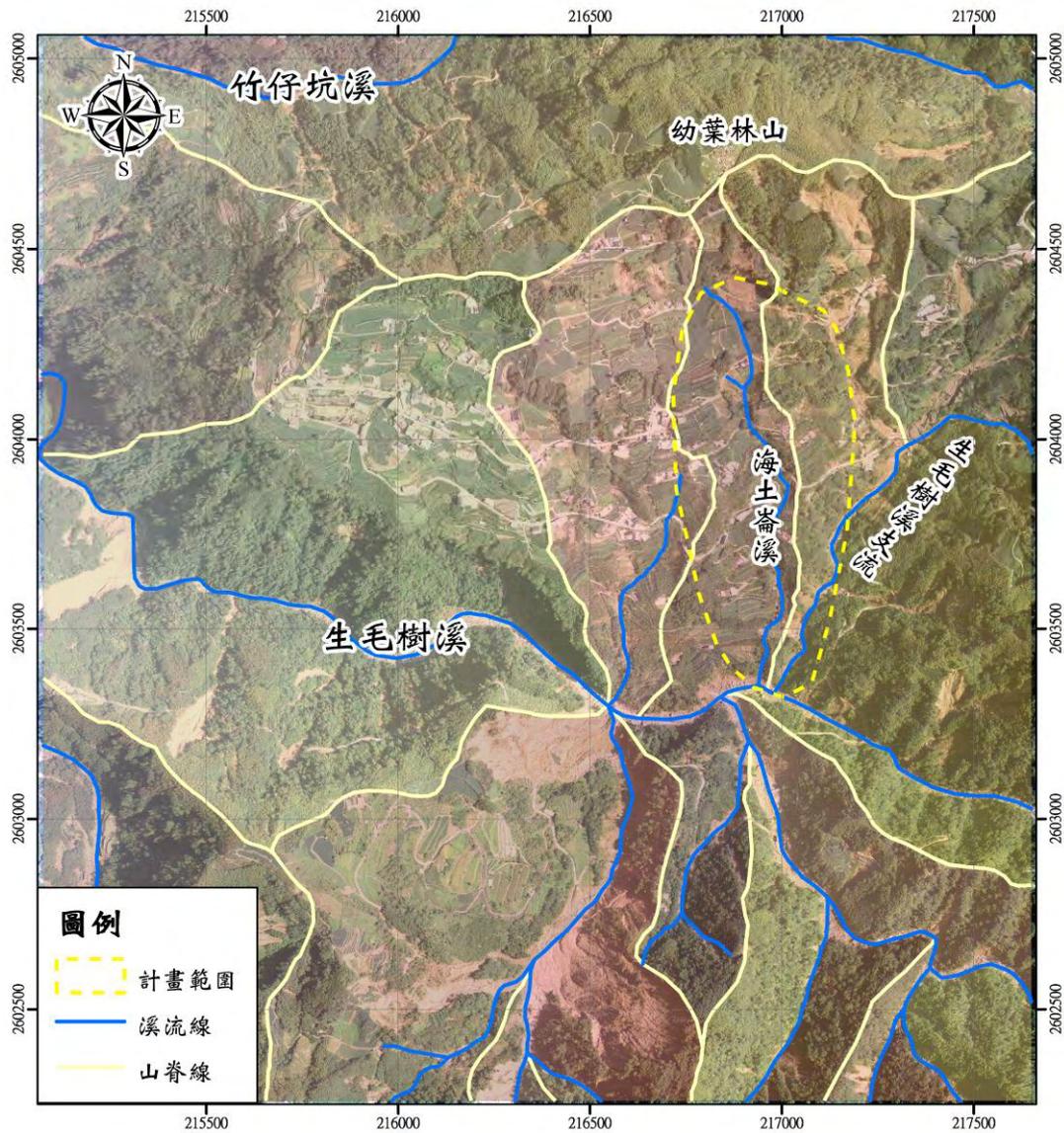


圖 2-1-6 環境水系分佈圖

2-2 人文

一、行政區域

梅山鄉位於嘉南平原的東北端，東端為太和村與阿里山鄉接壤，西端為雙溪村與大林鎮接境，南端為太和村與竹崎鄉和阿里山鄉為鄰，北端為龍眼村隔清水溪、大尖山及倒孔山溪和雲林縣古坑鄉相對，相關行政區域位置如圖2-2-1。位置由西到東，依地勢型態分有下例三區，山嶺高低起伏，坡陡川急，為其最主要地理特色。

(一) 丘陵區(梅東村、梅南村、梅北村)

丘陵區為梅山人口最稠密的地區，為梅山主要行政單位所在地，因位居於梅山對外聯絡的門戶，也成為梅山文化傳承的集散地。

(二)淺山區(安靖村、圳南村、圳北村、永興村、半天村)

盤居於半山腰，海拔約EL.600m~EL.1,000m之間，因氣候適宜，各村村民皆能利用這獨厚的地理環境，開發不同類型的產業。

(三)深山區(太平村、太興村、龍眼村、碧湖村、瑞峰村、瑞里村、太和村)

海拔約EL.1,000m~EL.1,200m間人煙稀少巨木林立，屬高海拔山區，本計畫區所在瑞里村即屬此區。

本計畫區位置位所屬之瑞里村，屬深山區類型之地型特色，平均海拔約EL.1,000m，山多平地少且地形起伏大。

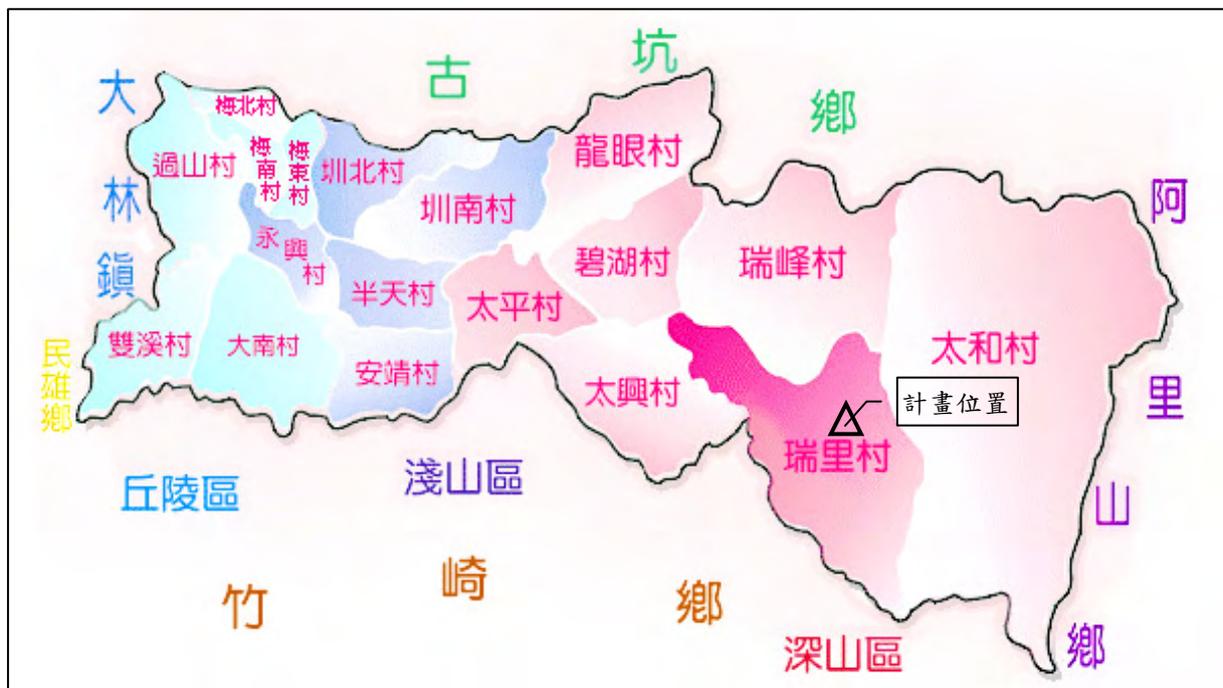


圖 2-2-1 行政區域位置

二、人口

依梅山鄉戶政事務所資料來源進行統計，梅山鄉自民國35~61年期間人口成長率皆為正值，人口數從原本16,150人成長至28,445人，民國61年人口數最高。自民國62年後人口成長大部份為負值，據統計資料，梅山鄉民國72年時人口為25,477人，至民國97年時則下降為22,184人，26年間之人口平均成長率為-0.53%，人口成長呈現衰退現象。變化狀況與嘉義縣全縣人口成長變化狀況近似，梅山鄉人口數量統計資料如圖2-2-2所示，本計畫另統計民國90年至今之瑞里村人口變化(圖2-2-3)，由

圖中亦可發現瑞里村之人口變化趨勢有逐年下降之現象，至民國98年12月之人口數為904人。

本計畫區域內人口約有20戶，由於地處深山交通及各項資源不便，部份之居民外出工作，計畫區內人口目前以60歲以上人口佔較大比例。

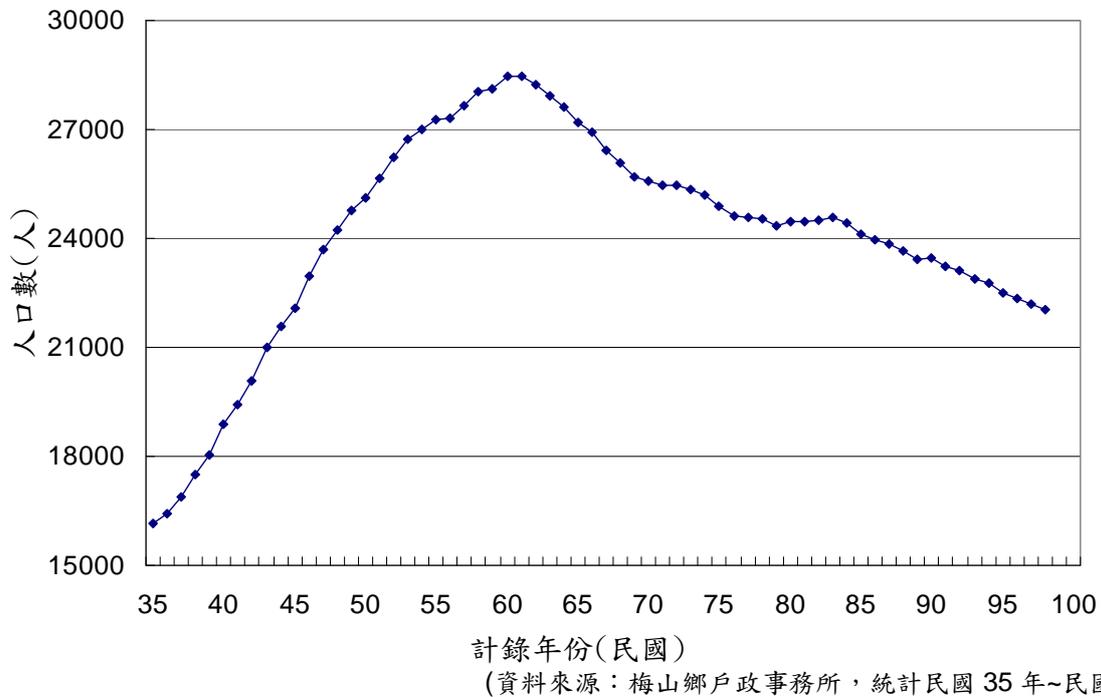


圖 2-2-2 梅山鄉人口數量歷年統計圖

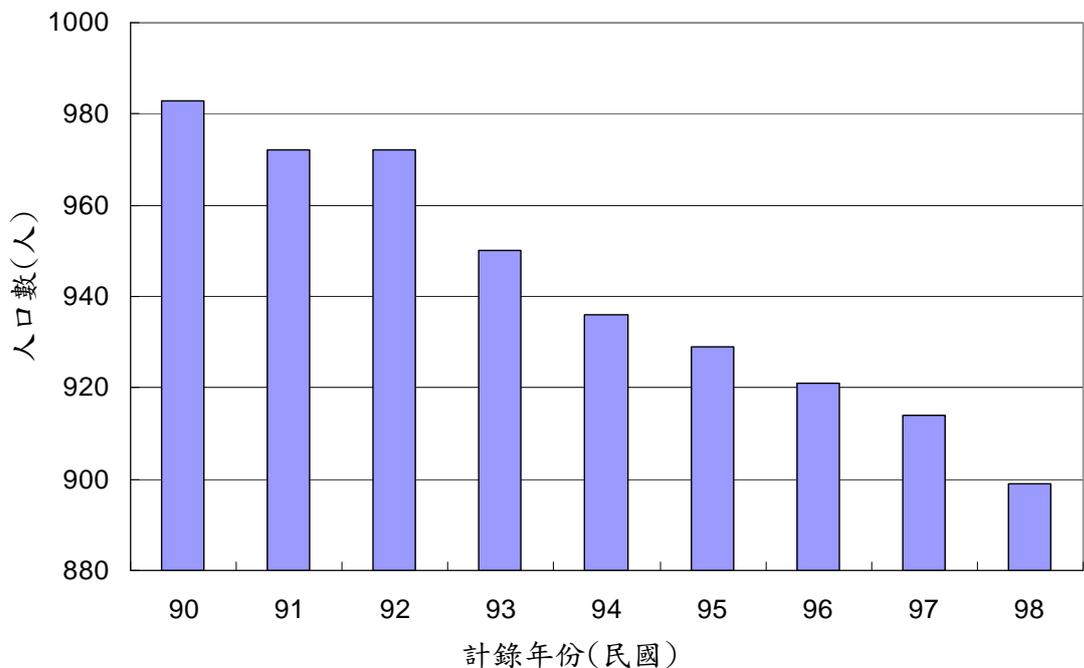


圖 2-2-3 瑞里村人口數量歷年統計圖

三、產業發展

梅山鄉由於地勢的高低不一，鄉內各村氣候隨地勢高低變化，也因地理位置因素，產業發展以農林並營為主。光復前山園間作物以杉木、麻竹、桂竹、水果為主，筍乾、造紙、薪炭等是居民的重要副業。光復後，逐漸增加茶、柑橘、檳榔、蓮霧的種植，成為目前該鄉重要的物產。隨著社會的變遷，過去曾鼎盛一時的桶筍、造紙、竹編、木器、薪炭等加工產業，已漸漸被現今推廣的精緻農業取代。取而代之的梅山高山茶、蓮霧、蘭花、愛玉子、甜柿、梅果等農特產品及觀光果園，已成為梅山鄉現今主要產業發展。另較不受地形限制性質之高經濟產業，如蘭花屬溫室栽培的花卉，鄉內目前有藝蘭、虎頭蘭、文心蘭、蝴蝶蘭等，培植面積約7.50公頃。

本計畫區內之產業早期以梯田種植稻米自給自足，並以竹筍或其他竹類加工物品為主要經濟來源。近十年計畫區內居民已把稻田改種植經濟效益較高之茶葉，目前已無人種植稻田，顯示農作經濟已完全轉型。亦有部份居民將農舍及自用住宅改建為民宿，發展觀光產業。

四、交通

計畫區所屬之梅山鄉，境內重要道路有台三號省道、162縣道、162甲縣道、166縣道、169鄉道以及嘉106、嘉115、嘉151、嘉151-1、嘉154等鄉道，道路分佈如圖2-2-4所示。台三號省道縱貫梅山鄉西部，長度約8.3公里而路寬則為12~15公尺，境內為四線道高級路面。162縣道為梅山鄉通往大林鎮的通道，境內道路全長15.5公里，路寬為9~12公尺。169鄉道縱貫本鄉東部，是梅山鄉山區主要聯絡道路，平均路寬約4~6公尺。橫越全鄉大部分地區之162甲縣道，為最主要的東西向道路。

計畫區連外交通以縣道162甲及166道路分別可通往梅山鄉及竹崎鄉市區，計畫區內產業道路亦相當便利，多數農路皆有鋪設柏油或混凝土路面，汽車、機車或自行車均可於計畫區內自由通行。另因地方觀光產業發展原故，茶園間設有石板鋪設之步道，可步行穿梭茶園。

五、相關建設計畫

瑞里村位於梅山鄉，與太和、瑞峰、太興等三村相連，同樣位於梅

山鄉深山區，地理景觀優美，並有豐富自然生態資源。故於未來建設發展計畫以推廣觀光產業為主，交通建設計畫為輔。

觀光產業建設計畫方面，以觀光遊憩與古蹟保存為主要方針。結合瑞里與鄰近村莊之自然風景、生態、歷史古道與農業產品，做為吸引遊客以利當地觀光事業發展。短期計畫將改善太平、瑞峰、太和等風景區之設施，其內容包含觀光步道、觀景涼亭、公廁及安全欄杆設施及聯絡道路。現於計畫區及鄰近觀光景點內，已可見相關建設成果。

交通建設計畫方面，目前以公路交通為主。未來長期計畫考慮發展建設纜車站與巴士站，尋找適當地點設站，並附設其他相關設施，如入口廣場、景觀台等。並附設其他相關設施，如入口廣場、旅客服務中心、候車亭、停車站等。

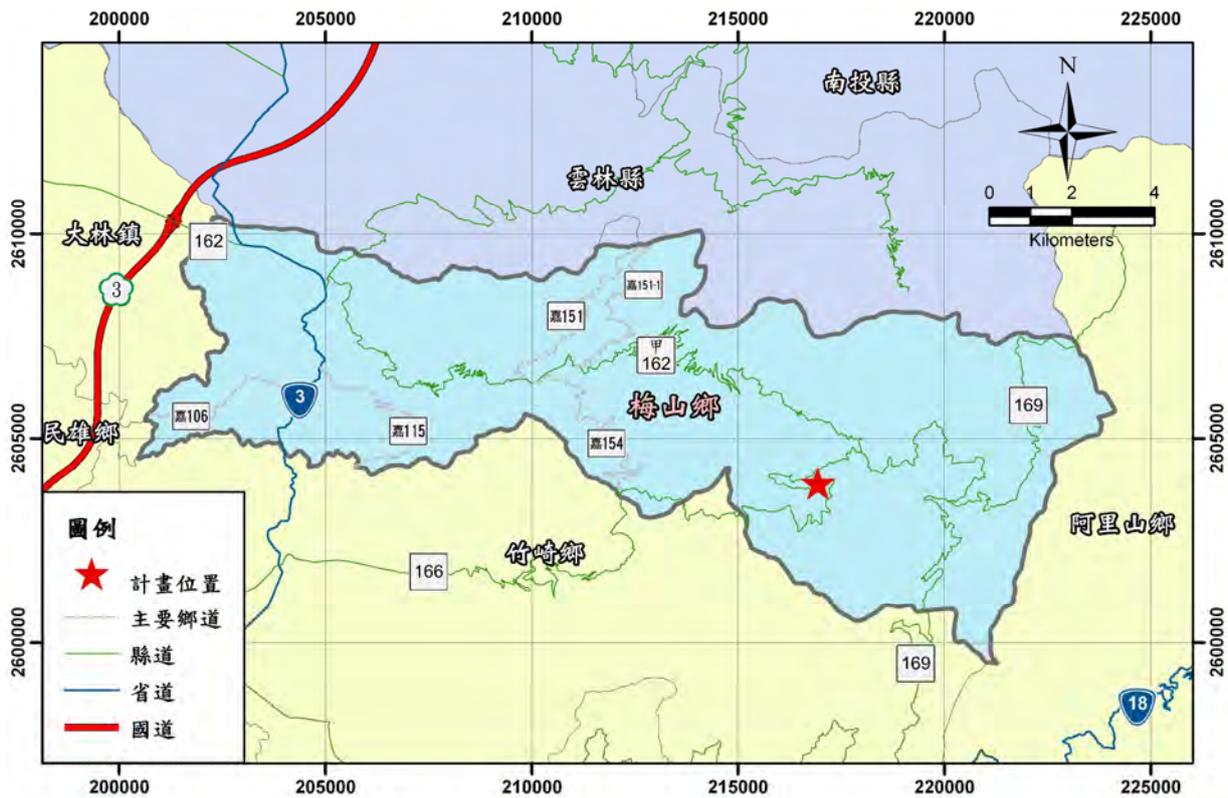


圖 2-2-4 梅山鄉重要道路分佈圖

2-3 氣象與水文

一、氣象

計畫範圍早晚溫差變化較大，屬山區特殊型氣候，年相對濕度平均

在82%以上，山地區在秋冬兩季時較春夏為高，平原區則大致上四季相等。依據中央氣象局所屬之嘉義氣象站歷年氣象紀錄統計結果如表2-3-1所示，並概述如下：

(一)溫度

月平均溫度在23.0°C，平均最高溫度發生在7月為28.5°C，平均最低溫度則發生在1月為16.3°C。

(二)降雨日數

平均降雨天數以8月最高為17.6日，梅雨季期間由5月至9月降雨日數皆在10日以上，年降雨日數合計為116日。

(三)降雨量

雨量集中於5~9月之間，雨量分布隨高標而遞增。年雨量在1,776~4,303公釐之間(平均3,271.6公釐)，梅雨期約在每年5月下旬至6月上旬，秋後至翌年3月為乾旱期。

(四)相對濕度

計畫地區屬於較潮溼地區，歷年月計平均相對濕度約81.9%，其中以9月平均相對濕度84%為最高，而12月之79%為最低。

表 2-3-1 中央氣象局嘉義氣象站氣象資料統計表

觀測項目	單位	統計期間	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	平均
氣溫	°C	1971	16.3	17.1	19.5	23	25.7	27.7	28.5	28	26.9	24.4	21.1	17.6	23.0
相對濕度	%	至 2009	81	82	83	83	83	81	80	83	84	83	81	79	81.9
降雨日數	天	2003 至 2009	4.9	4.3	8.4	8.4	12.9	16.9	14.9	17.6	12.3	5.7	5.0	4.7	* 116
降雨量	mm	2009	37.3	41.8	74.9	123	292	543	733	737	467	149	38.8	34.8	* 3271.6

備註：1.資料來源：中央氣象局氣候資料統計。

2.「*」表示合計值。

3.雨量資料依中央氣象局瑞里雨量站資料統計整合。

二、水文

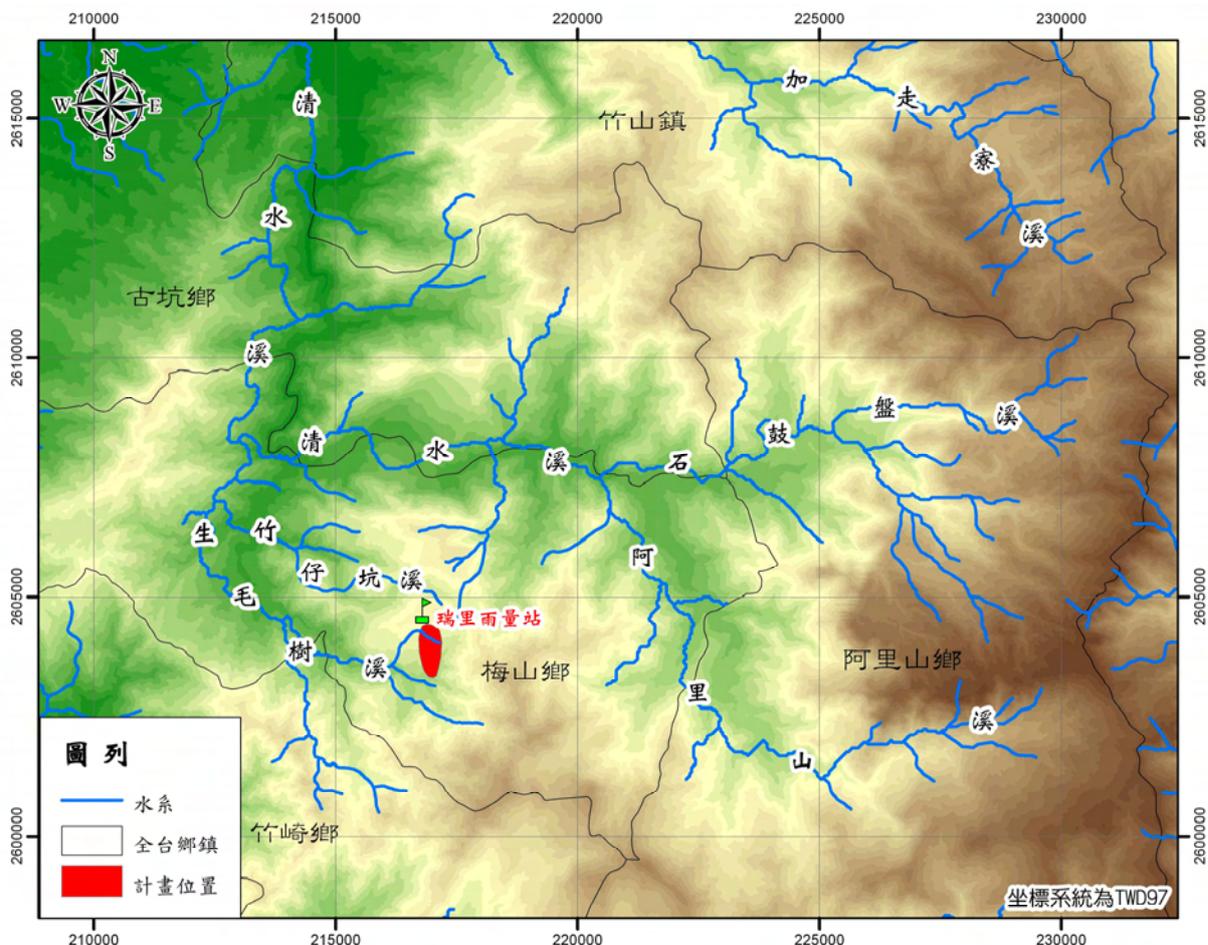
瑞里雨量站位於計畫區北側幼葉林山山頂處，沿瑞里派出所旁小路向山頂方向行走，車程約10分鐘即可到達，雨量站與計畫區相對位置如

圖2-1-5，相關資料如表2-3-2所示，雨量站北側山坡面為竹仔坑溪之集水範圍，山脊線南側則屬生毛樹溪集水區域，本計畫位置亦於此集水區內。竹仔坑溪與生毛樹溪同為清水溪支流之一(圖2-3-1)，於梅山鄉瑞峰村與碧湖村兩村交界處集流後匯入清水溪，當地有雙溪嘴之稱。竹仔坑溪流流深切，沿線斷崖峭壁發達，以新興寮西側一帶特別密集。生毛樹溪集水範圍較竹仔坑溪廣，梅山鄉及竹崎鄉山區皆有溪水注入生毛樹溪。

表 2-3-2 瑞里雨量站資訊表

站名	瑞里雨量站
管理單位	中央氣象局
站號	C1M620
所屬行政區	嘉義縣梅山鄉
標高(m)	EL.1,252
TM 二度分帶座標(67 座標)	215995.23,2604923.76

資料來源：中央氣象局



2-4 地質與土壤

2-4-1 區域地質

一、地層

本地區位西部麓山帶地質區之內麓山帶，地形上屬於阿里山山塊。出露的地層，主要有中新世至上新世的桂竹林層(包含關刀山砂岩、十六份頁岩及大窩砂岩)、上新世的錦水頁岩及卓蘭層等，岩性多以砂頁岩互層為主(圖2-4-1)。各地層及地質構造述如下：

(一)桂竹林層(Kc)

桂竹林層在本區可分為三個岩段：下段關刀山砂岩，由厚層塊狀的淡青灰色泥質砂岩組成；中段十六份頁岩，由深灰色頁岩組成；上段大窩砂岩，以泥質砂岩為主，含有較多頁岩夾層。

1.關刀山砂岩(Kck)

關刀山砂岩主要由深灰色、灰色、青灰色，極細粒至細粒，緻密塊狀混濁砂岩組成，夾深灰色頁岩或砂質頁岩和少量的礫石條帶，散見有孔蟲與貝類化石。砂岩通常為厚層塊狀，主要為泥質砂岩，並且含有頁岩碎片和薄煤線。在貝類化石富集的地方，砂岩多帶有石灰質。

2.十六份頁岩(Kcs)

十六份頁岩以青灰色塊狀砂質頁岩為主，夾有薄層至中層的細粒砂岩，質地頗堅硬緻密，砂岩與頁岩間呈漸變關係，層理不明顯，常呈洋蔥狀剝落。本層中產有許多貝類和蟹類化石，海相化石甚豐。

3.大窩砂岩(Kct)

大窩砂岩主要以細粒至粉砂質砂岩為主，由薄層以至厚層塊狀。與所夾頁岩常呈薄互層，局部呈薄葉互層，但延展不遠即尖滅。砂岩相當堅硬緻密。岩質純淨，顏色以淺灰至中灰色為主，風化後呈黃棕色甚至紫紅色。局部含泥質團塊。在薄層砂岩面上可見水流造成之波痕及波浪造成之交錯層。向上頁岩成分增多，岩質由堅緻逐漸變為疏鬆。本層砂岩中常含石灰質砂岩層或結核，厚數公分至數十公分。在砂岩層底面上時見管狀生痕化石，縱橫相連。本層中富含貝類、有孔蟲及海膽等海相化石。

(二)錦水頁岩(Cs)

錦水頁岩以深灰色頁岩為主，通常夾有暗灰色凸鏡狀砂岩層以及粉砂岩和泥岩之薄層。頁岩質較弱，乾燥時多碎裂成不規則碎片，並具球狀風化剝離構造。部份頁岩富含石灰質結核，較不易受到侵蝕而突出於岩層之中，頗為醒目。薄層的砂岩層中可見到平行紋理、波狀紋理或低角度的交錯紋理。本地層中含有螃蟹、腹足類、斧足類、單體珊瑚和有孔蟲類等化石。

(三)卓蘭層(CI)

卓蘭層以細粒至粉砂質層狀砂岩為主，淡灰至灰色，風化後常呈黃棕色。砂岩多純淨，局部含泥質。本層底部之砂岩呈中至厚層塊狀，在薄互層之砂岩面上有波痕，砂岩中常含石灰質砂岩結核，其直徑20~80公分，而呈現球形及枕形構造。貝類化石保存不佳，外殼多已成為碎片，常隨同炭粒及粗粒之石英出現，似由他處移置者。

二、地質構造

計畫區域附近出露的地質構造，斷層方面主要有鹿窟斷層、社前湖斷層及內磅斷層等，褶皺方面則有草嶺背斜、奮起湖背斜、九芎坪向斜及大湖背斜等。

(一)鹿窟斷層

鹿窟斷層呈北北東走向，為斷面向東傾斜之逆斷層，斷面估計約為50度，並於深部漸變緩。斷層西側出露地層大部份為卓蘭層，斷層東側出露地層則為大窩砂岩，其層位落差達2,000公尺以上。

(二)社前湖斷層

位於鹿窟斷層的東側，略呈北北東走向，由光崙山西北方向北延伸為內磅斷層向左錯移，後再向北延伸為社後坪斷層截失。本斷層為一斷面向東之逆斷層，其形成可能為內磅斷層由北北西走向轉為北西走向，並向左錯移之壓應力造成的。

(三)內磅斷層

為附近區域伸長度僅次於大尖山斷層的一條斷層，本斷層南段為斷

面向東之逆斷層，斷面滑動方向尚伴有左移之滑動，至北段走向轉為北西後，則漸成為左移性質的斷層。本斷層西段於樟湖山東南方將大尖山斷層向左錯移約1公里左右，向西延於荷苞山附近斷跡已不明。目前推測本斷層可能為在大尖山斷層發展後期，與之同時向西逆衝活動而造成，也可能向西延伸不遠並止於桐樹湖斷層。

(四)草嶺背斜

草嶺背斜軸線略呈圓弧型，弧頂指向東南方，軸線通過草嶺地區。計畫區域位於背斜軸南段附近，走向由北北東走向逐漸轉折為北東走向，繼續向西南延伸至瑞里附近向西南傾沒。本背斜為不對稱背斜，其西翼較平緩，傾角約10~20度；東翼較陡，傾角約30~40度，而東翼延展一公里左右即為鹿窟斷層切割。背斜軸部北段出露地層為大窩砂岩，向南則為較年輕之地層錦水頁岩及卓蘭層依次露出。

(五)奮起湖背斜

位於計畫區域之東南方，略呈北東走向通過奮起湖東方，向北延伸於來吉社西北方為內磅斷層截失，向南延伸至奮起湖東南方。本背斜北段兩翼平緩對稱，傾角約20~30度，為一開敞背斜構造。

(六)九芎坪向斜

位於草嶺背斜之西側，向斜軸線呈北北東走向，其北端為內磅斷層向左錯移而後為社後坪斷層截失，南端於九芎坪南面傾沒，全長約有10公里。本向斜東翼較緩，傾角在10度左右，西翼較陡，傾角約30~40度。本向斜與草嶺背斜為石古坪斷層上盤之一組褶皺。

(七)大湖背斜

位於計畫區域西南側，背斜軸略呈南北走向，向北延伸於石古坪與交力坪之間向北傾沒。向南延伸於水車寮西方為水社寮斷層向左錯開數百公尺後續往南延伸。本背斜為一不對稱背斜，西翼較平緩，傾角約20~30度，東翼則較陡，傾角約30~60度。本背斜之南段受水社寮斷層作用而在構造上高出北段約400公尺。

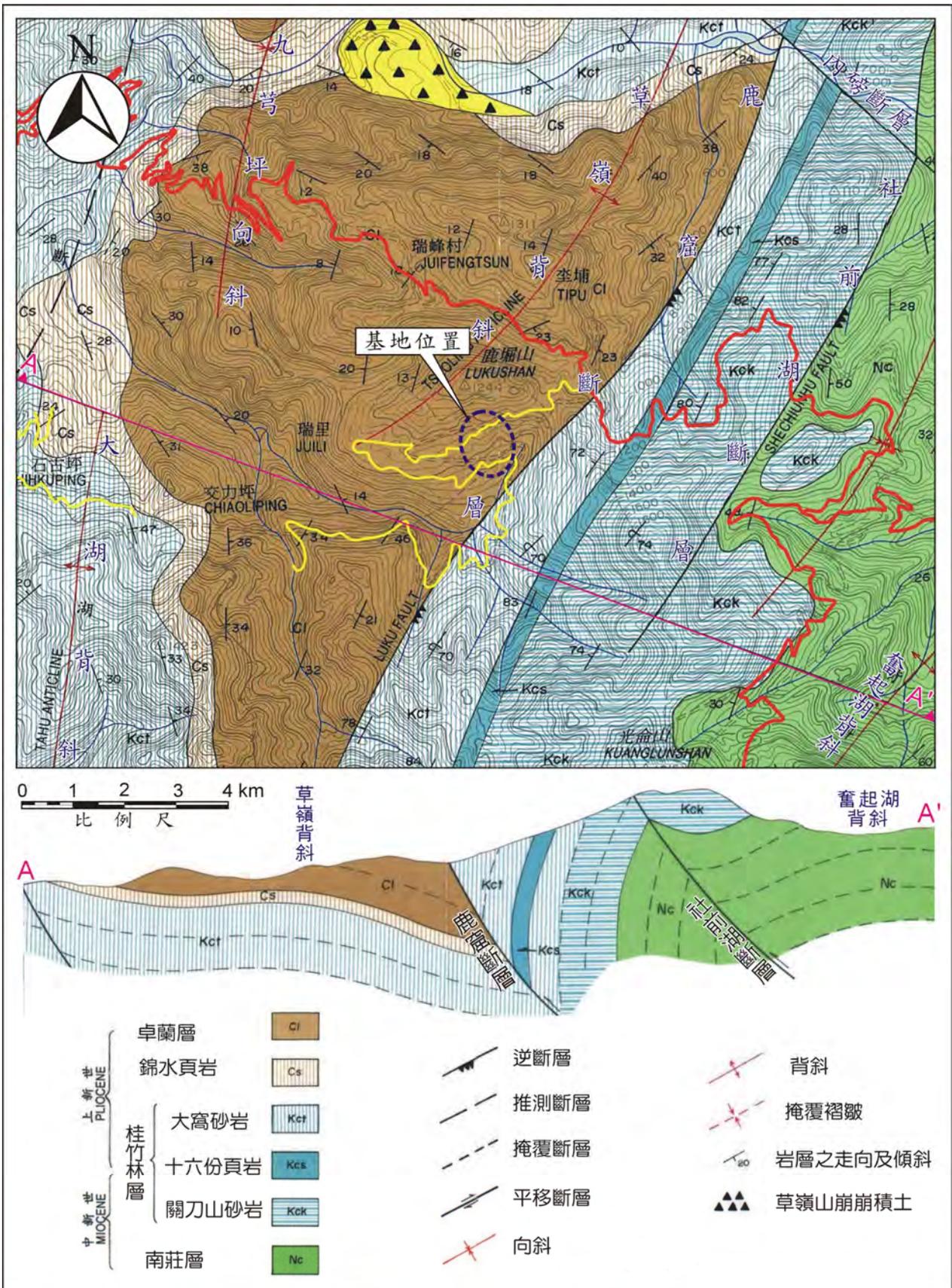


圖 2-4-1 區域地質圖

2-4-2 計畫區域環境地質

計畫邊坡位於嘉義縣梅山鄉瑞里村幼葉林一帶，地形上屬於濁水溪上游支流生毛樹溪上游的右岸邊坡。計畫區域附近環境地質圖如圖2-4-2所示。

本地區出露之地層卓蘭層，岩性以細粒至粉砂質層狀砂岩為主，淡灰至灰色，風化後常呈黃棕色。砂岩多純淨，局部含泥質。卓蘭層大部分由厚層砂岩與頁岩交互組成，兩者岩性強度不同。砂岩出露處多隆起成山脊，造成顯著之單面山地形。在鹿窟斷層以東的區域，則有屬桂竹林層的大窩砂岩出露，岩性主要以細粒至粉砂質砂岩為主，由薄層以至厚層塊狀，與所夾頁岩常呈薄互層，局部呈薄葉互層，但延展不遠即尖滅。本區地層位態約為東北—西南走向，與區域地質構造走向相近，向東南傾斜約15~30度。但在鹿窟斷層以東，地層傾角變大，通常可大於60度。

地形上，計畫區域所在邊坡屬順向坡，邊坡底部之生毛樹溪則為鹿窟斷層所切過。本地區的生毛樹溪即可能沿著斷層所造成的地質破碎帶而發展。由於生毛樹溪持續對本邊坡的下方沖蝕切割，對本邊坡造成順向坡砍腳的疑慮，為本邊坡最大的環境地質隱憂。生毛樹溪另一側(左岸)邊坡則屬逆向坡，坡度一般較大，地形陡峭而蝕溝較發達，豪雨下易發生邊坡破壞，影響縣166道路之通行。計畫區域所在邊坡上則為生毛樹溪的支流海土崙溪所貫穿，並將計畫區域分為左右二岸之地形區塊。本邊坡的地滑裂隙涵蓋了海土崙溪左右二岸之區域。

崩塌地方面，計畫區域附近地區在莫拉克颱風後，產生大量的崩塌地及土石流，部分土石流並沖毀房舍造成災害，如計畫區域東側的青葉山莊一帶，大型的崩塌地也造成附近道路的路基流失與嚴重中斷。由圖2-4-2中可得知，本次莫拉克颱風後崩塌地多分布在地形坡度較大之區域，如生毛樹溪及其支流河谷附近之陡峭邊坡，以及計畫區域北側之陡峭崖壁附近。計畫區域之原有地滑裂隙在莫拉克颱風後局部地區也有擴大之跡象，計畫區域東側則發生土石流，順向坡砂岩層上的風化疏鬆岩層及土壤，在豪雨之下無法承受自重而沿砂岩層面往下崩滑，形成土石流並沖毀位於途中的青葉山莊。

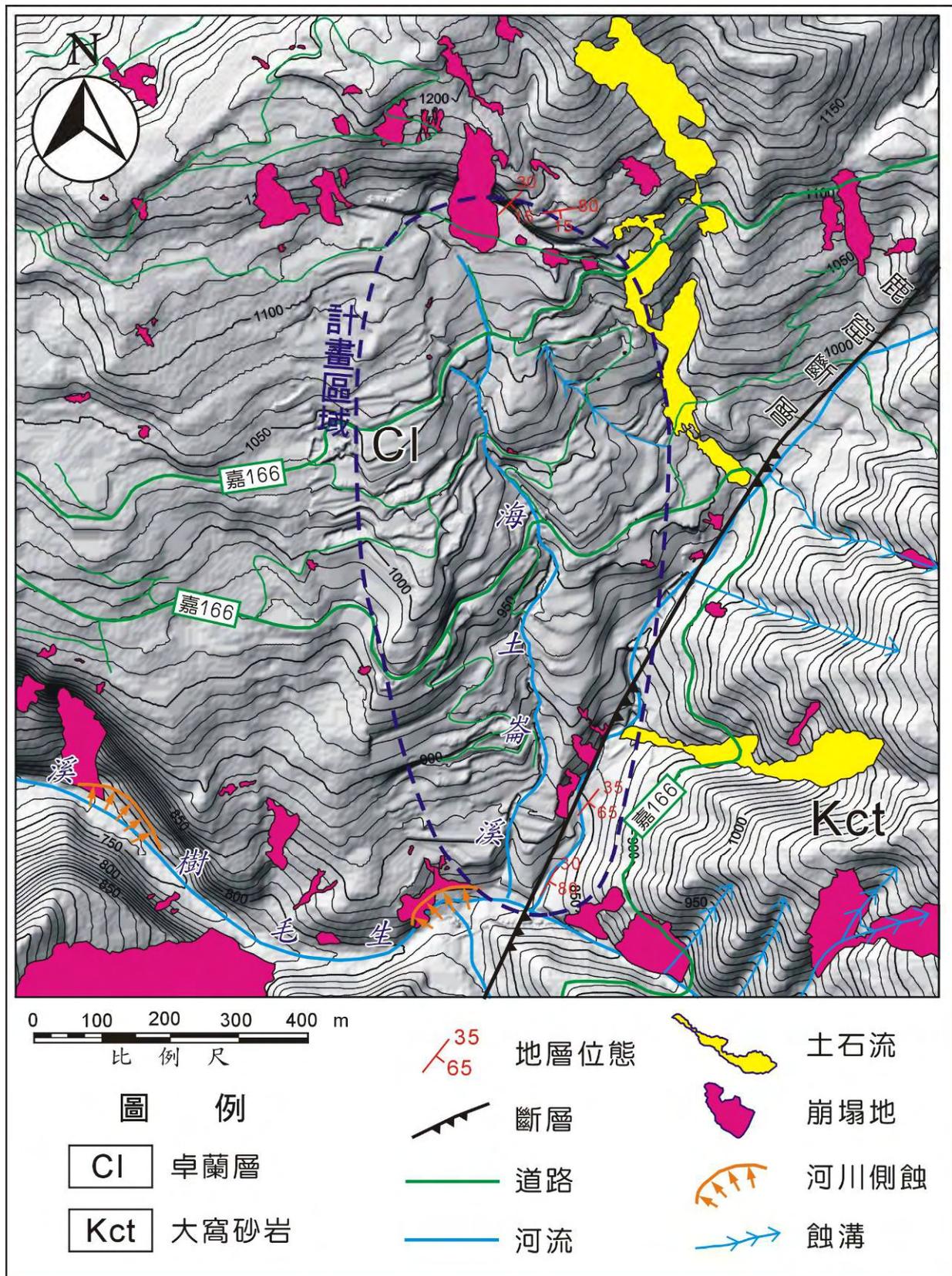


圖 2-4-2 計畫區域環境地質圖

2-4-3 土壤

土壤之生成主要受氣候、母質、地形、時間及生物等五大成土因子的綜合影響。一般而言，山坡地土壤之生成，其變化遠較平原複雜，山坡地亦不若平原之橫面開展，而為斜面之伸展，且多了滑落、崩塌及明顯的沖蝕因素。本計畫區海拔高度約1,000m，影響區內土壤育化因素包含溫度、濕度、降雨量等的差別，及降雨強度與逕流量造成的沖蝕，母質來源的不同，以及生物或人為的變動。以下為計畫區土壤育成背景與現況：

一、氣候與土壤生成之氣候

氣候對土壤性質之影響，以濕度與降雨量為主。本計畫區之氣候環境如2-3節所述，相對濕度位於79%~84%之間，平均約81.9%；年降雨量依幼葉林雨量站西元2003~2009年降雨記錄，年雨量在1,776~4,303公釐之間(平均3,271.6公釐)，梅雨期約在每年5月下旬至6月上旬。因處深山位置地勢陡峻，降雨強度大，土壤易遭受嚴重沖蝕或崩移。唯植生茂密與較平緩安定坡地，受滲透水與動植物之影響，土壤發育良好，多生成黃棕色至暗棕色黃壤。

二、母質

計畫區經地質鑽探與地表地質調查，區內既有岩石露頭分佈於計畫區北側邊緣與計畫區南側河谷區域。依岩層位態推估，崩積後生成之土壤質地細膩，應為母質含頁岩材料所致。

- (一)砂岩：含有各種膠結物質，如矽酸、鐵、碳酸鹽類等，所形成之土壤，質地較粗，滲透性甚高，土色多黃棕，惟崩積坡常為暗棕色或棕色砂礫質壤土。
- (二)頁岩和泥岩：頁岩和泥岩皆係由沈積之淤泥化育而成，粘粒含量較高，滲透性低。組成礦物以長石、英石、層狀矽酸鹽類、雲母等為主，多生成中至細質地之土壤。

三、生物與土壤

生物因子為影響土壤性質最大因素，計畫區內開發前地表面被覆天然植物。土地之有植生覆蓋保護，一方面減少了沖蝕，增強了滲透水對土壤物質之洗淋，土壤剖面易於發育且較明顯，一方面又因土壤常有植物遺體之混入，有機質及氮素含量常較高。

四、土壤物理性質

本計畫調查共進行8孔地質鑽探，調查成果中，覆土層及崩積層厚度範圍約9~45.5m。經檢驗結果土壤主要分為低塑性黏土夾岩塊、粉土夾岩塊及粉土質砂岩夾岩塊三類。

五、土壤分佈情形

本計畫區內土壤分佈種類差異性不大，依本計畫現地調查現況(圖2-4-3)，計畫區內(照片b、d、e、f、g、j、m)與區外(照片a、c、h、k、l)土壤之顆粒粗細類似，界於粉土與低塑性黏土間，顏色為黃棕色至暗棕色間，並內含有未成土之碎石與岩塊，應為發育較久之土壤物質與發育時間較短者混合之現象。另因土質疏鬆植物根系易於深入，且土壤性質肥沃，早期當地居民用來種植稻田，現今農田以種植茶園為主，長期施肥也使土壤更加肥沃。

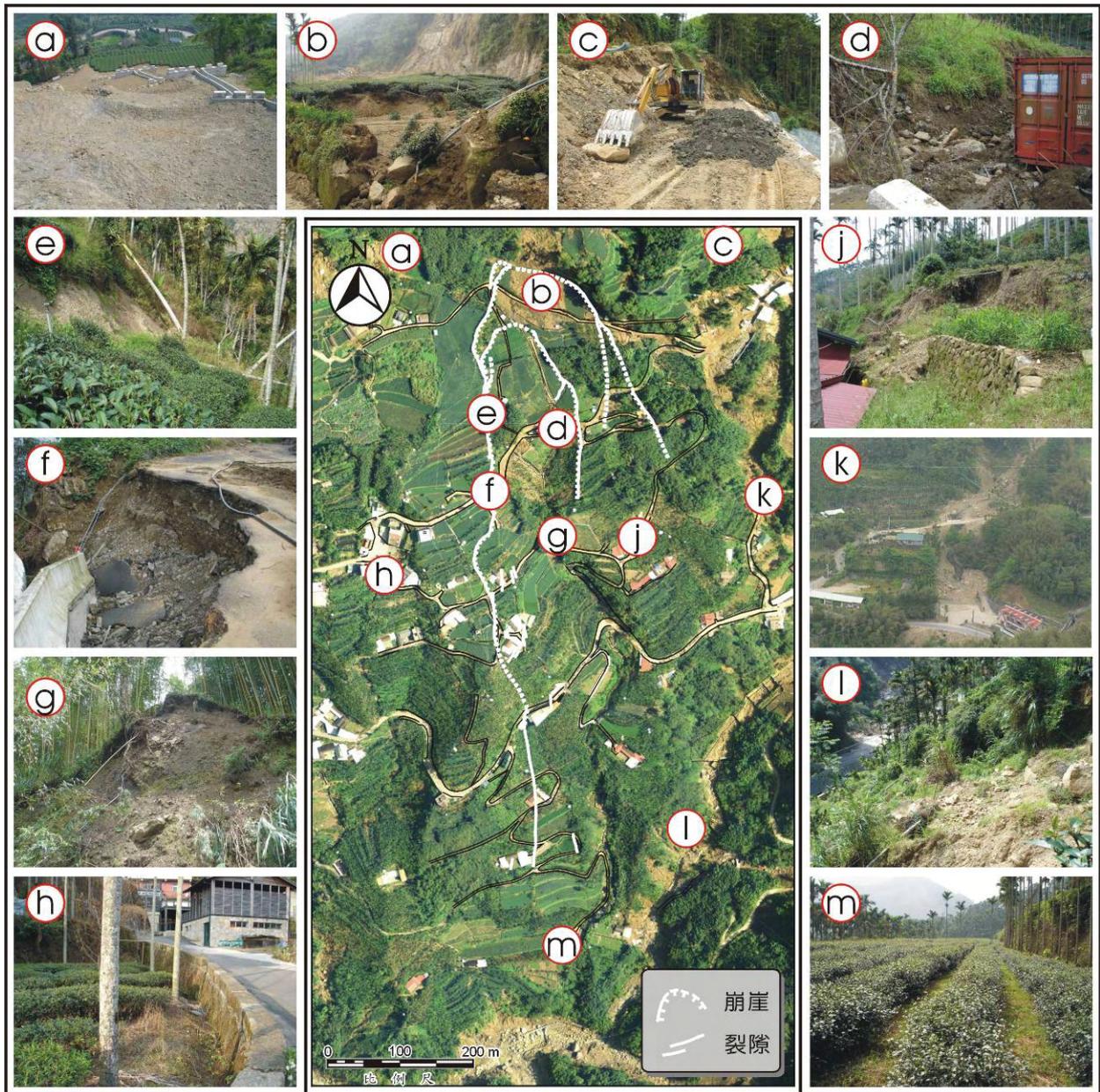


圖 2-4-3 計畫區域土壤調查照片位置圖

2-5 土地利用

一、土地權屬

本計畫區地籍資料屬嘉義縣梅山鄉生毛樹段，計畫區內依地籍資料分有國有地、私有地。計畫區與鄰近土地權屬以私有地面積73.01公頃所佔面積最大，國有地佔本地區面積有11.18公頃，土地權屬分佈如圖2-5-1，其中空白部份為未登錄地，未登錄地之土地所有權人為中華民國所有。另於計畫邊坡規劃施設排水或相關復建工程時，依施工需求明列土地所有權人清單，並取得土地所有權人同意後施工。

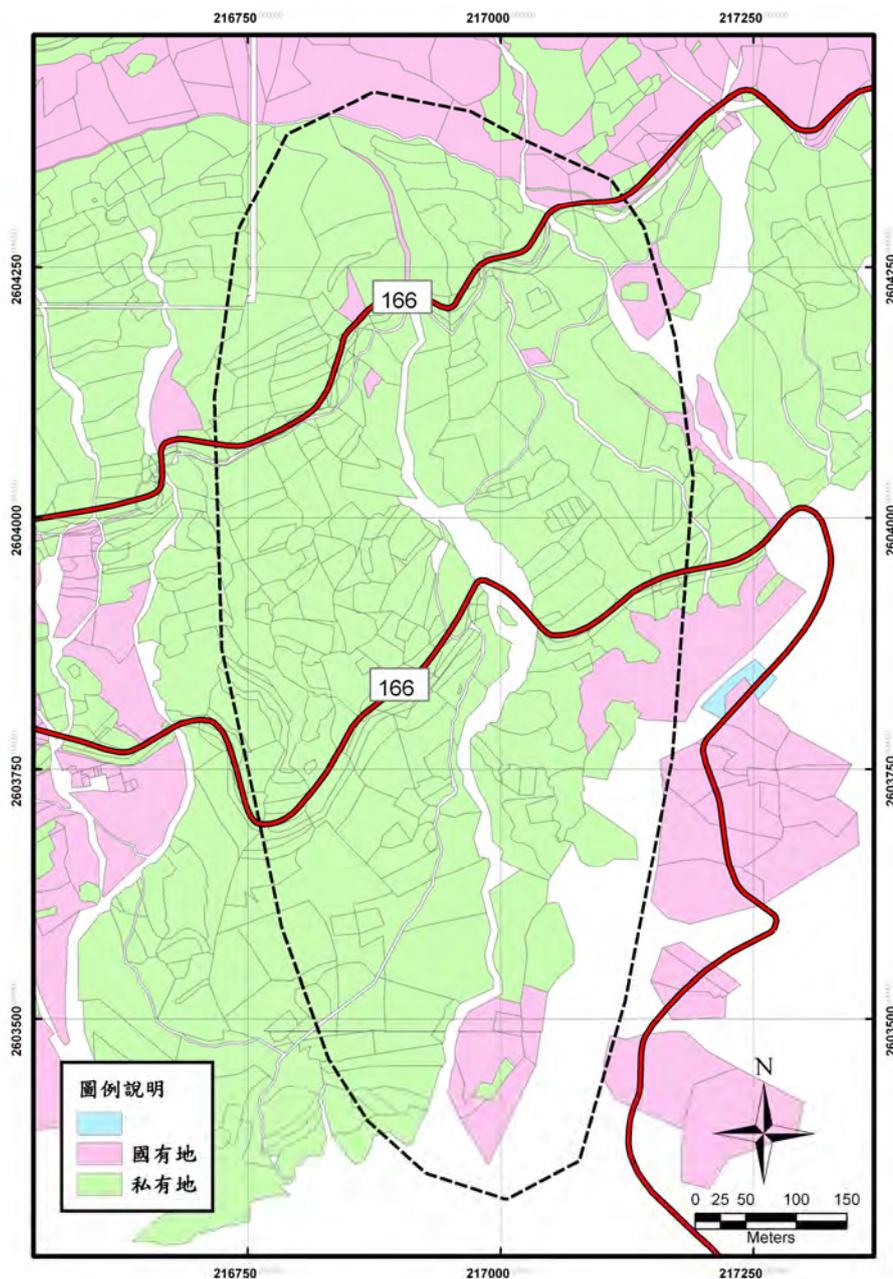


圖 2-5-1 計畫區土地權屬分佈圖

二、土地可利用限度

山坡地土地可利用限度之分類分級查定基準依「山坡地保育條例施行細則」規定如下：

(一)坡度：指一丘塊土地之平均傾斜比，以百分比表示之，其分級如下：

坡度級別	分 級 範 圍
一級坡	坡度 5% 以下
二級坡	坡度超過 5% 至 15%
三級坡	坡度超過 15% 至 30%
四級坡	坡度超過 30% 至 40%
五級坡	坡度超過 40% 至 55%
六級坡	坡度超過 55%

(二)土壤沖蝕程度：依土地表面所呈現之沖蝕徵狀與土壤流失量決定之，其分級如下：

沖蝕程度 級別	土地沖蝕徵狀及土壤流失量
輕微	地面無小沖蝕溝跡象，表土流失量在 25% 以下。
中等	地面有蝕溝系統之跡象，礫石、碎石含量在 25% 以下，表土流失量夠過 25% 至 75%。
嚴重	地面沖蝕溝甚多，片狀沖蝕活躍，土壤顏色鮮明，礫石、碎石含量超過 25% 至 40%，底土流失量在 50% 以下。
極嚴重	掌狀蝕溝分歧交錯。

(三)母岩性質：依土壤下接母岩之性質對植物根系伸展及農機具施工難易決定之，其分類如表 2-5-1。

表 2-5-1 母岩性質分類表

母岩性質 類別	母 岩 特 性
軟質母岩	母岩鬆軟或呈碎礫狀，部份植物根系可伸入其間，農機具施工無大礙者。
硬質母岩	母岩堅固連接，植物根系無法伸入其間，農機具施工有礙者。

綜合上述土地特性組成查定因子，山坡地之可利用限度分類標準如表2-5-2所示，本計畫區山坡地之可利用限度分類統計圖如圖2-5-2所示，區內以宜農牧地(二級地)及宜農牧地(四級地-1)佔最多數，其面積分別為10.61公頃及12.11公頃，另外在本計畫區內並無宜林地(五級地)及加強保育地(六級地)之編定。

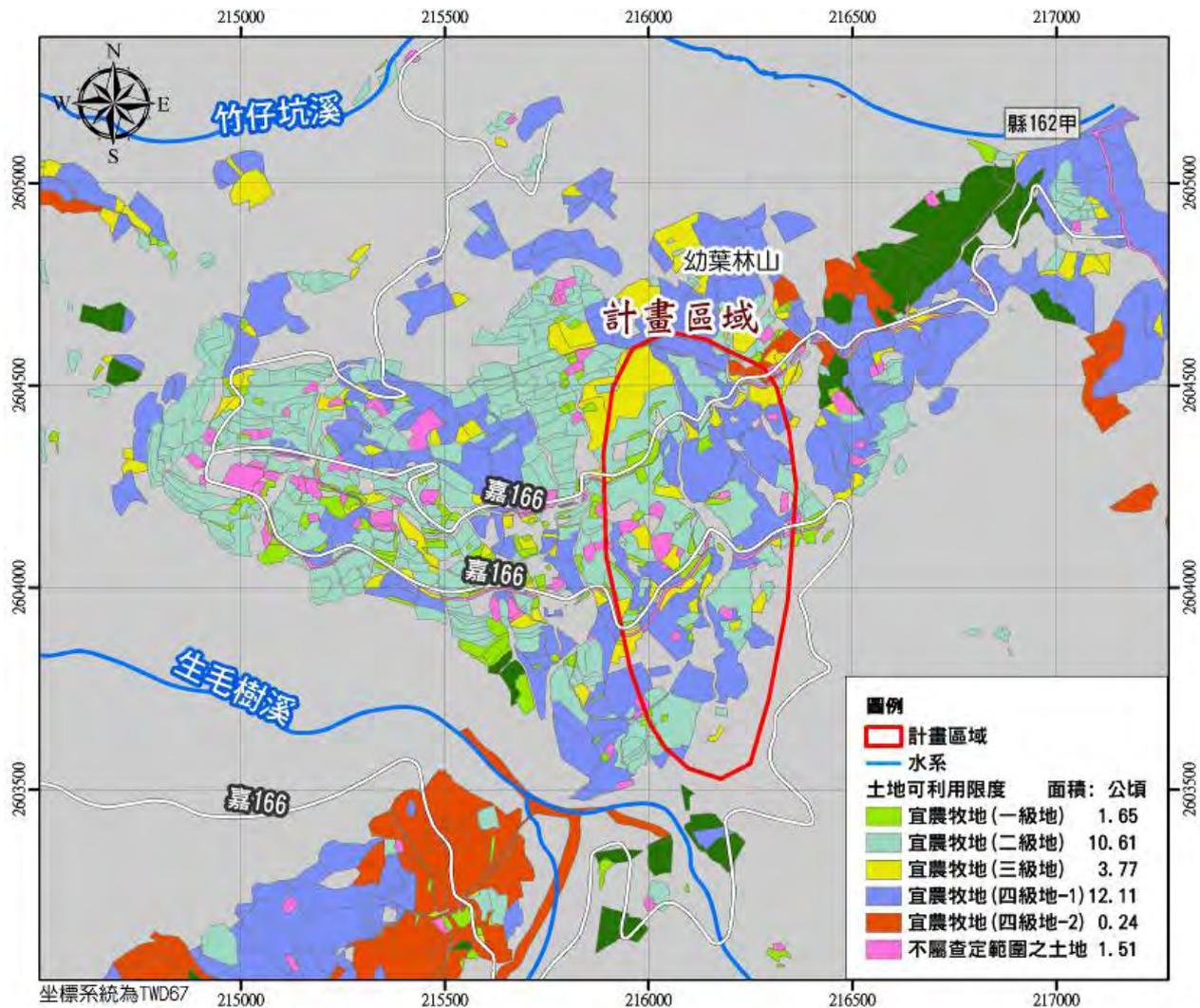


圖 2-5-2 計畫區域山坡地之可利用限度分類圖

三、土地利用現況

梅山鄉都市計畫區以農業區面積最大，佔58.51%，其餘為住工商及公共設施等分區。目前住宅區使用率為40.46%，而人口發展率為五成左右，居住密度稍偏密集於梅北村一帶。因梅山鄉都計區為既存、較早之聚落，現況之商業使用已達91.11%；工業區之使用率則不到25%，大多數為食品加工廠，且有數家非屬工業分區之使用在區內。都市計畫土地利用分區面積為：鄉村區約8.2公頃、森林區927.5公頃、山坡地保育區

4,910.2公頃、風景區777.3公頃、其他18.2公頃，其中以山坡地保育區為最大面積。

本計畫區面積約40公頃中，多數面積土地利用於茶園栽種其次為檳榔樹栽種，其土地面積超過50%用於經濟作物種植。計畫區東部及南部邊緣為竹林遍佈，另有果園、草生地及崩塌地散佈於計畫區內，計畫區北方幼葉林山另有針葉林分佈延伸向計畫區外(如圖2-5-3)。

表 2-5-2 山坡地可利用限度分類標準表

土地可利用 限度類別	土地 等級	土 地 特 性	備 註
宜 農 牧 地	一 級 地	甚深層之一級坡 深層之一級坡	依中央主管機關規定標準實施水土保持。
	二 級 地	甚深層之二、三級坡 深層之二級坡 淺層之一級坡	依中央主管機關規定標準實施水土保持。
	三 級 地	甚深層之四級坡 深層之三級坡 淺層之二級坡	依中央主管機關規定標準實施水土保持。
宜 農 牧 地	四 級 地	1 甚深層之四級坡 深層之三級坡 淺層之三、四級坡 甚淺層之一、二、三級坡	
		2 淺層之五級坡 甚淺層之四級坡	1.土地利用僅限於種植長地面 覆蓋不須全面擾動土壤之多年生果樹或牧草。 2.如必須栽種勤耕作物，應由主管機關指定其水土保持設施。
宜 林 地	五 級 地	甚深層、深層、淺層之六級坡。 甚淺層之五、六級坡。 淺層之五級坡，土壤沖蝕嚴重或下接硬質母岩者。	
保 加 育 地 強	六 級 地	沖蝕極嚴重、崩坍、地滑、脆弱母岩裸露等，應加強保育處理，減免災害發生之土地。	依主管機關指定方式實施水土保持。

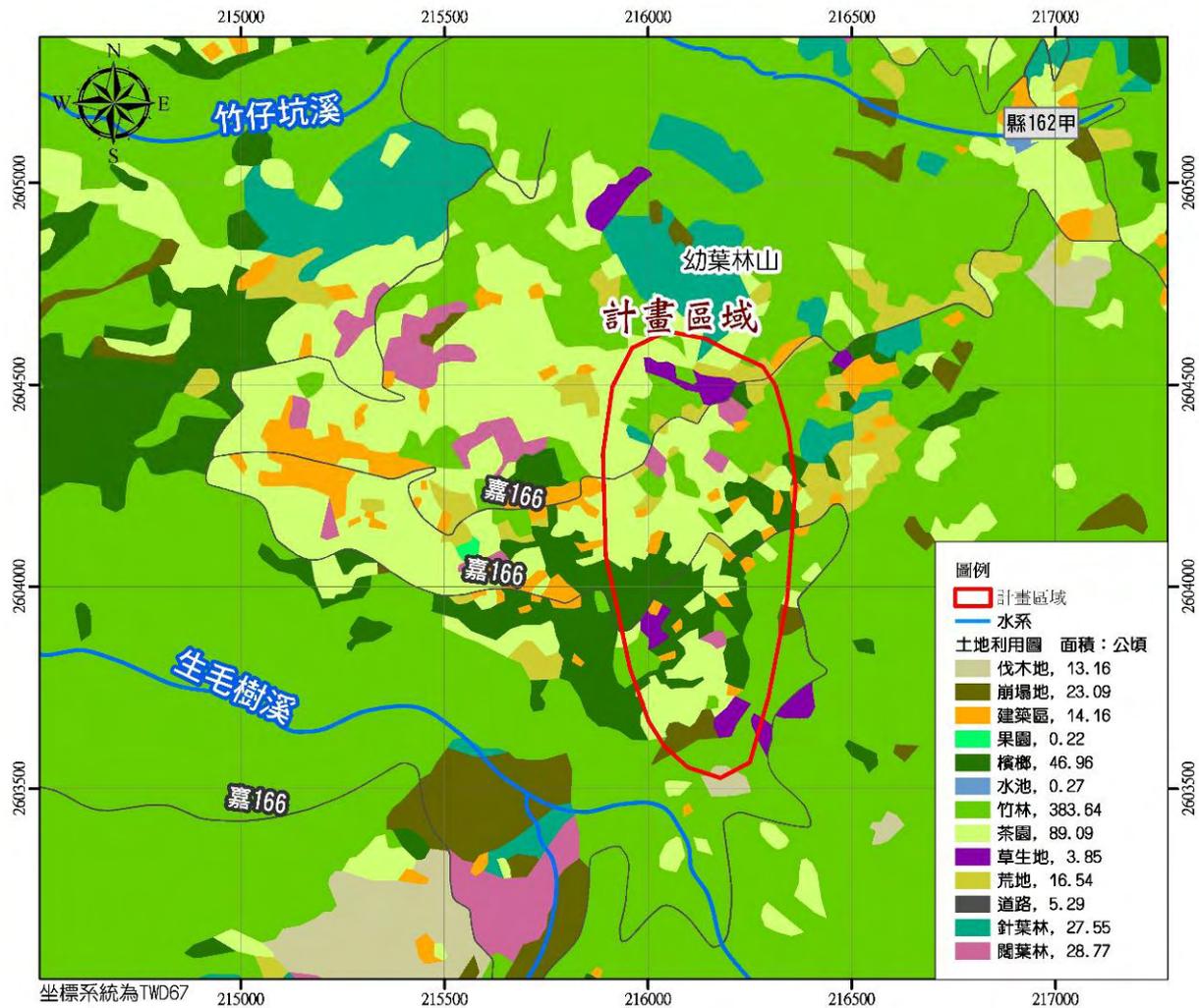


圖 2-5-3 計畫區域土地利用說明圖

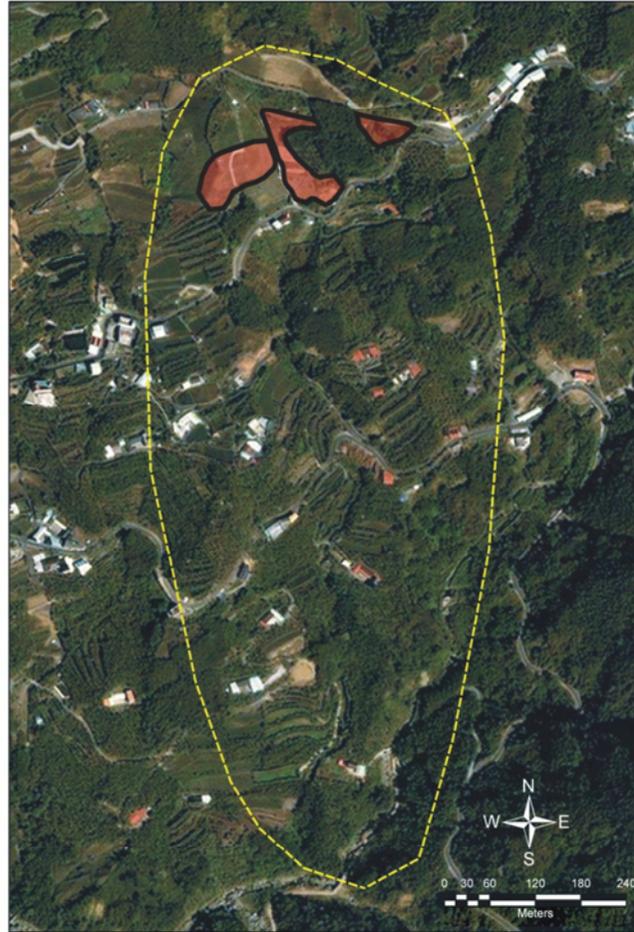
四、土地利用演變

瑞里村位置最早文獻紀錄為阿里山原住民鄒族居住地，當時地區內多屬原始林、樟木以及楠木，原生植物多數屬幼葉仔樹。約於西元1797年，開始有人利用當地幼葉楠樹做成火炭種販賣，並發現砍伐後坡地不陡且土地肥沃，遂以布、鹽、刀、鼎、火柴等物品與當地原住民換取用地，遷住於現今的瑞里村。

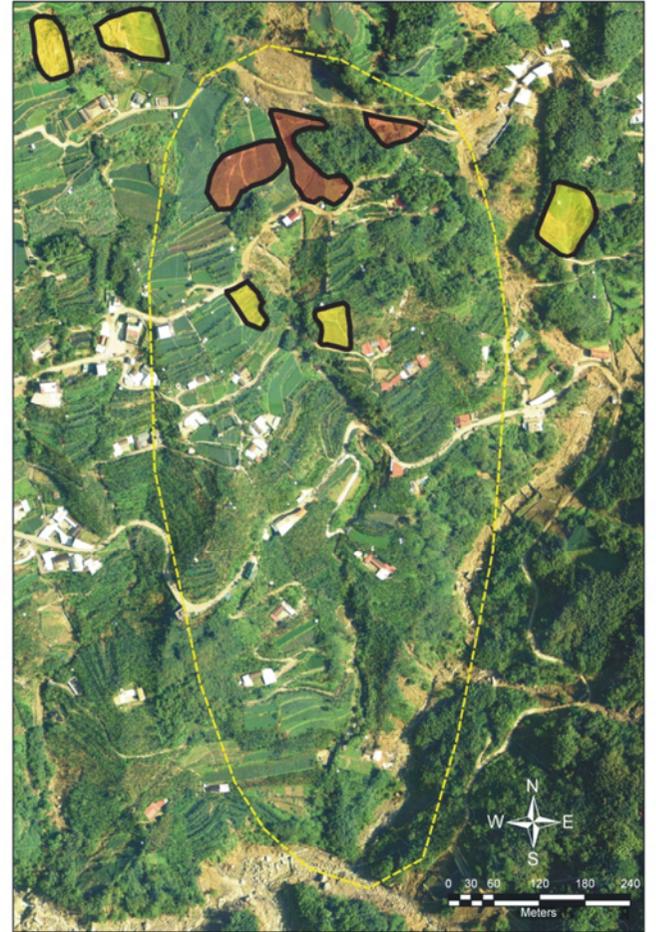
先民遷住後，於較平緩坡地種植乾糧、蕃薯、玉米與稻米等作物，坡度較大處則種植桂竹、孟宗竹、麻竹等，可用於建築或民生用品。因經濟成長，現今原本種植稻米及乾糧等用地，已改種植經濟價值較高之茶葉作物。近年土地利用演變情況經比對西元2002年、2005年、2009年之空拍圖，如圖2-5-4，由2002年至2009年間土地開發利用情形皆屬將既有竹林改種植茶樹，依空拍圖統計約有8處，總計變更面積約2.75公頃。



2002航拍圖



2005衛星照片



2009航拍圖

圖 2-5-4 土地利用演變情況空拍圖

2-6 環境生態

一、動物衍生情形

本計畫區域位於嘉義縣梅山鄉，境內地形包含丘陵、淺山、深山，形成海拔高低落差一千多公尺的特殊地形景觀，境內大片的茶園、溪流與森林等提供多樣自然物種與豐富生態環境。在本計畫區域內動物生態衍生情形，依據農委會特有生物研究保育中心野生動物資料庫調查成果顯示，在梅山鄉境內動物種類經統計約有201種之多，尤以鳥類、蝴蝶及爬蟲類等種類居多，其可能原因為境內植物種類繁多有利於鳥類、蝴蝶及爬蟲類等動物隱匿、生長繁衍。鳥類方面有：繡眼畫眉、綠繡眼、白頭翁、小白鷺、大冠鷺、麻雀、中杜鵑等種類，鳥種組成較具多樣性。另在計畫區附近可觀察到的蝴蝶及爬蟲類等動物種類，具記載有：狹翅黃星弄蝶、狹翅弄蝶、台灣黃斑弄蝶、淡色黃蝶、台灣紋白蝶、紫蛇目蝶、小紫斑蝶、無尾白紋鳳蝶、長吻松鼠、鼬獾、溝鼠、面天樹蛙、白領樹蛙、莫氏樹蛙、拉都希氏赤蛙、澤蛙、小雨蛙、麗紋石龍子等種類相當繁多。另於生毛樹溪生態中，因當地居民發起保育運動已有顯著成果，溪內的魚種多屬於鯉科魚類或者小型鯽魚，於生毛樹溪上游及瀑布區域更孕育著少部分的苦花魚(台灣鏟頰魚)，其特徵為魚體呈銀白色。

二、植物衍生情形

梅山鄉位於海拔EL.90.0m~EL.1,815m之間，計畫區依標高屬淺山區與深山區。光復前樹木林立，杉木、桂竹等中海拔形森林資料豐富，隨時代變遷，較平緩坡地經開發改種水稻，隨後又改種植經濟效益較高之茶種等。現況坡度較陡處桂竹與其他植物披附，於半遮陰處或是潮濕草地及山坡有時可見黃斑龍膽；攀附著生於其他植株或圍牆屋頂，使附著樹木死亡或牆垣頹圯上攀爬的植物有雀榕；其於隨處叢植物種類繁多，經農委會林務局生態資料庫調查，計畫區植物物種如圖2-6-1。



黃斑龍膽



雀榕



鼠麴草



漢氏山葡萄



虎葛



三葉崖爬藤



牛乳榕



山蘇

圖 2-6-1 計畫區植物物種(1/2)



過溝菜蕨



愛玉



桂竹



杉木

圖 2-6-1 計畫區植物物種(2/2)

三、土地植生現況

調查計畫區佔地面積約40公頃，區內除道路、排水設施外時常可見植物披覆於山野間。本計畫經地形測量及現地土披覆資料整合，現地土地植生分布情況如圖2-6-2，依計畫區內土地披覆情況分有八類(如表2-6-1)，以茶園佔地超過14.02公頃最多，其次為檳榔園，佔地約9.95公頃。非人為開發植生種類，以竹林佔地面積約8.09公頃最多，其次為闊葉樹，所佔地面積約2.51公頃。此外受民國98年莫拉克風災影響，造成計畫區多處位置土石滑動，計畫區裸露坡地經調查有2.49公頃。

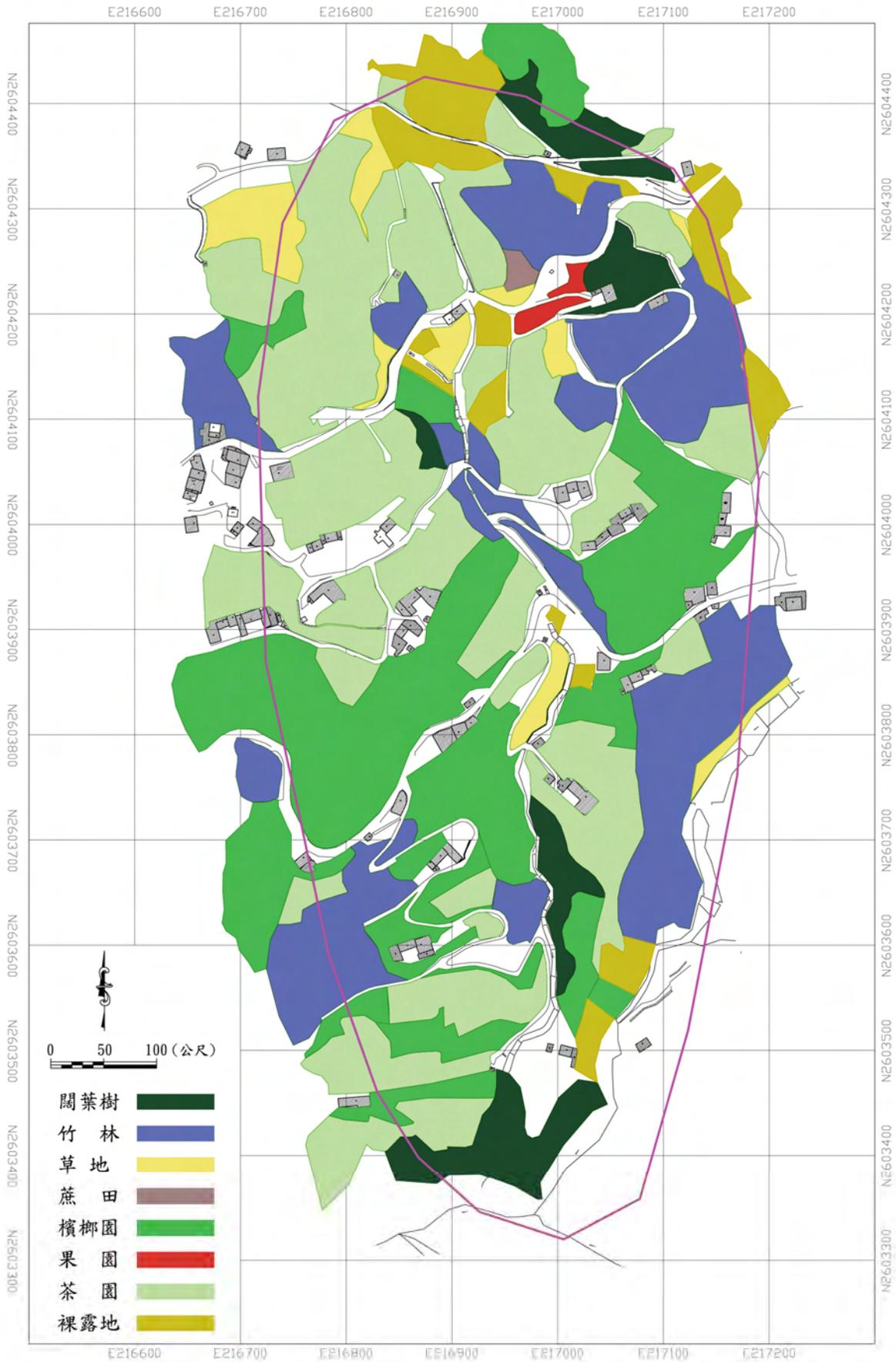


圖 2-6-2 計畫區土地植生種類分布圖

表 2-6-1 計畫區土地植生種類分佈數量表

土地植生種類	區域數量(區)	植生區域總面積(m ²)
闊葉樹	6	25,055.97
竹林	16	80,897.60
草地	9	15,184.92
蔗田	1	887.65
檳榔園	17	99,492.91
果園	2	1,586.91
茶園	28	140,220.47
裸露地	14	24,807.68

2-7 歷年災害及因應治理情形

一、歷年災害

瑞里村因地形屬山坡地型態，並受鹿窟斷層等地質環境影響(圖 2-4-2 計畫區域環境地質圖)，蒐集歷年相關災害，主要原因多為地震與颱風等天災，對計畫區造成多處坡地崩塌、房屋受損與當地村民喪生等災害。相關重大災害摘要說明如下：

- (一)中埔地震：1941年12月17日凌晨3時19分，嘉義中埔附近(北緯23.400度，東經120.475度，震源深度12公里)，發生芮氏地震規模7.1強烈地震。共造成全台360人死亡，瑞里當時主要災害為幼葉國民學校校舍全毀。
- (二)尼爾森颱風：1988年10月5日，強烈颱風尼爾森造成計畫區連外道路中斷，多處山坡地崩塌。
- (三)賀伯颱風：1996年7月31日，強烈颱風賀伯造成嘉義縣山區至少有七座橋樑被洪水沖毀，本計畫區連外道路162線梅山至瑞里公路交通中斷，處處可見落石散落，同時山區持續下雨，搶修困難。
- (四)瑞里地震：1998年7月17日瑞里地震發生模6.2級的地震，(東經120.67度、北緯23.51度)，震源深度約6公里。由於瑞里地震震源深度淺，強烈震動使得嘉義山區多處山崩及邊坡破壞，並有許多建

築物以及道路、橋樑受損，本次地震因落石死亡共有5人。本計畫區鄰近之瑞里國小在此次地震中也嚴重受損，所幸因地震時正值暑假，並無學生在教室內上課而受到傷害。

- (五)九二一大地震：1999年9月21日南投縣集集附近發生強烈地震(北緯23.85度、東經120.78度，震源深度1.1公里)，地震規模達7.3。依中央氣象局統計梅山國小最大震度6級，瑞里通往草嶺的公路所經過的橋樑與民房，也在地震中遭到嚴重損壞。
- (六)1022嘉義地震：1999年10月22日(北緯23.52度、東經120.42度，震源深度為16.6公里)，地震規模達6.4。依中央氣象局統計梅山國小最大震度6級。計畫區相關災情為由梅山往太平的嘉義縣162甲縣道與竹崎往瑞里的嘉義縣122號縣道，因地震而交通中斷。
- (七)海棠颱風：2005年7月18日，強烈颱風海棠於計畫區5日內(7月17日~7月21日)降下1,008.5mm(最大時雨量45mm)，造成瑞里村嘉122線24k及28k坍方，多處山坡地崩塌及交通中斷。
- (八)莫拉克颱風：2009年8月8日，中度颱風莫拉克於計畫區4日內(8月6日~8月9日)降下1,080.5mm(最大時雨量104.5mm)，造成計畫區連外道路嘉122縣中斷，另有青葉山莊與當地房屋受土石崩落嚴重受損。本公司於災後進行現地勘查，計畫區於此次颱風受災情形詳2-9節。

二、災害治理情形

嘉義縣梅山鄉瑞里村位於淺山與深山兩區交界處，民國96~99年間依水土保持局資料統計工作項目有土石流防治、防砂治水、道路維護、天然災害復建與推動生態工法等(表2-7-1)；民國96~99年以坡地保育、水土資源保蓄等項目進行相關環境保護工程居多；民國98年因莫拉克風災重創全台，該年工程項目以災後搶修及復建工程為主；民國99年水土保持局於嘉義縣梅山鄉施作之整治工程共計22件，但工程位置均於計劃範圍之外，故不贅述。上述工程分佈如圖2-7-1，本計畫區內共計有11項工程。

表 2-7-1 計畫區歷年災修整治工程統計表

年度	計畫名稱	工程名稱	工作項目	執行單位	預算額度(千元)
96	易淹水地區水患治理計畫	海土崙野溪整治工程	固床工 12 座、護岸 61.4 公尺、護岸長約 100m×2(高約 3.5m)、固床工約 5 座(高約 3.5m，寬約 15m)	水土保持局 第三工程所	3,180
97	坡地水土資源管理	太和蓄水池工程	100 噸蓄水池 1 座	水土保持局 南投分局	450
97	易淹水地區水患治理計畫	瑞里五鄰災害復建工程	固床工 8 座、護岸 150m、野溪整治約 400m、固床工約 10 座、防砂設施 1 座	水土保持局 南投分局	8,500
97	加強山坡地水土保持計畫	瑞里村五鄰緊急處理工程	施工機械及運量 2 趟、鋼軌樁(長 7m，36 支，40kg/m ³)、輪胎(36 支鋼軌樁，每支 15 個)	水土保持局 南投分局	268
98	復建業務-災後搶修及復建業務	瑞里五鄰詹德仁宅旁道路排水及擋土牆復建工程	砌石擋土牆 12m、紐澤西式護欄 12m、PC 路面修復 150m ² 、排水溝 12m、L 型擋土牆駁坎 20m	梅山鄉公所	783
98	易淹水地區水患治理計畫	幼葉林 7 鄰崩塌地災害復建工程	護岸 13m、擋土牆 13m、擋土牆 70m(高約 6m)箱籠 70m(寬約 3m)等	水土保持局 南投分局	3,200
98	復建業務-災後搶修及復建業務	瑞里外環路道路擋土牆復建工程	L 型擋土牆駁坎 34m、紐澤西式護欄 34m、PC 路面修復 220m ²	梅山鄉公所	1,963
98	復建業務-災後搶修及復建業務	瑞里外環路 0.2k 道路擋土牆復建工程	L 重力式擋土牆 25m、箱涵 30m、紐澤西式護欄 25m 重力式擋土牆護坡 11m、L 溝 11m	梅山鄉公所	1,441
98	復建業務-災後搶修及復建業務	瑞里外環路 0.4k 道路排水及擋土牆復建工程	固床工 9 座，整治、流 61 公尺，擋土牆 10 公尺，坑溝 100 公尺、環境綠美化 1 式，重力式擋土牆護坡、箱涵、集水井、擋水牆、L 型擋土牆	梅山鄉公所	1,095
98	復建業務-災後搶修及復建業務	瑞里五鄰往百年古厝道路排水及擋土牆復建工程	有基式護欄 53m、集水井 3 座、箱涵 7m、PC 路面 1750m ² 、涵管 3 支、重力式擋土 21m	梅山鄉公所	3,197
98	復建業務-災後搶修及復建業務	瑞里外環路 0.3k 道路排水及擋土牆復建工程	重力式擋土牆 17m、箱涵 12m、紐澤西式護欄 15m 消能池 1 座、PC 路面修復	梅山鄉公所	676

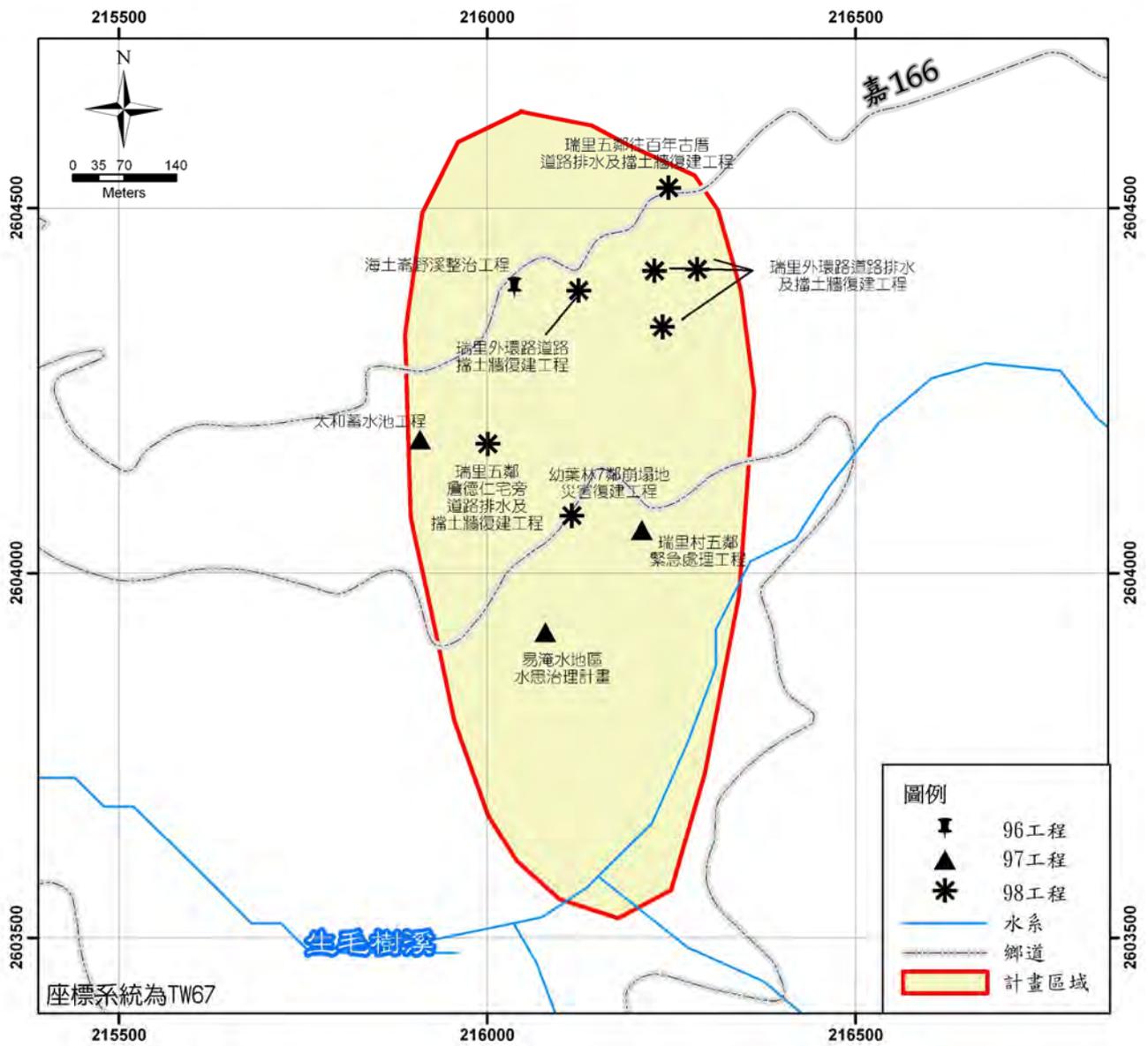


圖 2-7-1 歷年災修整治工程施作位置圖

2-8 現有排水系統概況

計畫區約40公頃中，多數早期曾為種植稻田使用，現今仍保留梯田地形。區內竹林及其他坡地排水情形大致與茶園相同，以坡面流向縣道166路側溝或U型溝匯集，進入此橫向截流溝後分別以山脊線為分隔向兩側分流(如圖2-8-1)。計畫區東、西兩側排水流向區外，中間區域則排入海土崙溪後注入生毛樹溪。經現地調查縱、橫向排水現地情況如下：

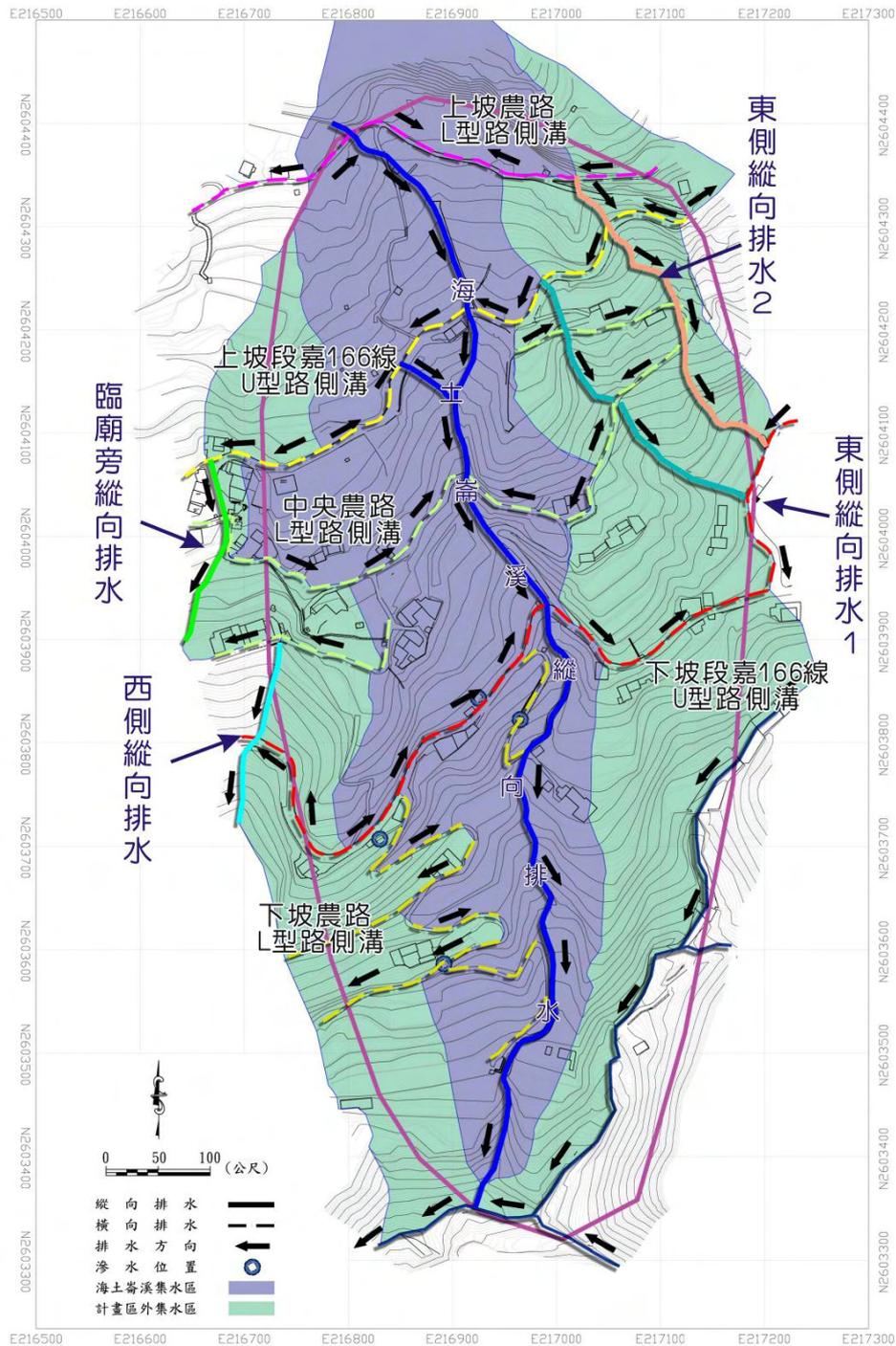


圖 2-8-1 計畫區內外排水分界圖

一、橫向排水設施

計畫區內橫向排水設施以縣道166上邊坡既設U型溝為主，區內其他產業道路多數上邊坡亦有橫向排水設施排水形式有U型溝及L型路側溝，以不規則Z字形式迂迴分佈並排入縱向溝。排水流向則以海土崙溪兩側之山脊線為分水嶺，向海土崙溪或區外兩側排出。既設橫向排水調查現況如下(如圖2-8-2)：

(一)上坡段縣道166U型路側溝

該段縣道166U型路側溝東西向橫貫計畫區坡面於北方約1/4處，測量高度約介於EL.1,045~EL.1,850m之間，水溝斷面以海土崙溪為分界，向東排水設施斷面為30*40cm(照片2-8-1)、向西為60*60cm(照片2-8-2)。但因此排水段經過地滑區，民國98年莫拉克颱風時於海土崙溪東西側各約150m排水設施因地滑造成嚴重損壞(照片2-8-3)。

(二)下坡段縣道166U型路側溝

此段U型路側溝東西向橫貫於計畫坡面，約位於計畫區上下坡中央，測量高程約介於EL.955~EL.970m之間。排水方向與上坡段縣道166路側溝相似，皆以海土崙溪兩側山脊線為分界，分別流向海土崙溪與兩側縱向溝，排水斷面為35*50cm(照片2-8-4)。民國98年莫拉克颱風時因排水沖蝕，造成此排水匯入海土崙溪之集水井處受泥沙淤積(照片2-8-5)。

(三)上坡農路L型路側溝

上坡農路L型路側溝位於計畫區上坡接近計畫區邊緣，測量高度約介於EL.1,095~EL.1,110之間(照片2-8-6)。也因此路側溝位置穿過滑動區範圍，於民國98年莫拉克颱風後此段路側排水於計畫區中間位置地層下陷滑落約超過1m，橫向銜接縱向排水系統嚴重損壞(照片2-8-7)。

(四)中央農路L型路側溝

中央農路路側溝段排水系統為以L型路側溝為主要型式(照片2-8-8)，測量高度約介於EL.1,010~EL.1,055m之間，海土崙溪西側山脊線以西排入區外注入區外縱向溝，東側山脊線向東有兩處與縱向溝匯流(照片2-8-9、照片2-8-10)。



照片2-8-7 上坡農路路側溝損壞



照片2-8-8 中央農路側溝段排水



照片2-8-9 路側溝匯流縱向溝1



照片2-8-10 路側溝匯流縱向溝2



照片2-8-11 農路側溝排水情況



照片2-8-12 農路路側滲水情況

圖 2-8-2 橫向排水現況照片(2/2)

二、縱向排水設施

坡面集水後匯入橫向排水再注入縱向排水設施，計畫區內主要有五條縱向排水，排水方向分別有三類，其一為海土崙溪流向計畫區下游生毛樹溪，其於兩類為各有兩條縱向排水由計畫區東側與西側分別由不同位置排出區外。調查既設縱向排水現況如下：

(一)海土崙溪縱向排水

海土崙溪屬本計畫區中主要縱向排水設施，自計畫區北方邊界為此排水設施上游起點，測量高度約EL.1,105m，為梯形排水斷面，其斷面積約 10.5m^2 (照片2-8-13)。因此設施上游穿過坡地滑動區，上游端算起50m~350m處位置，於民國98年莫拉克颱風造成排水結構體損壞(照片2-8-14~照片2-8-16)，位於中央農路L型路側橫向溝與海土崙溪匯流處之暗溝因擠壓已出現變形及裂隙(照片2-8-17)。再向下游方向與農路交接處以暗溝形式銜接位置，民國98年時受莫拉克颱風造成之土石沖蝕淤塞，現況如照片2-8-18。淤塞暗溝出口與下坡段縣道166U型路側溝以集水工形式匯集，因排水坡面陡峭以跌水工形式消能排水(照片2-8-19)，並於計畫區西南方農路末瑞旁(測量高程約EL.855m)銜接天然河段(照片2-8-20)後注入生毛樹溪(照片2-8-21)。

(二)臨廟旁縱向排水

此縱向排水為上坡段縣道166U型溝向西排水之終點，經計畫區西側廟前以暗溝形式排入區外，暗溝排水斷面為 $100*200\text{cm}$ ，再以跌水方向注入縱向溝(照片2-8-22)。

(三)西側縱向排水

西側縱向排水位於計畫區西側，匯集計畫區中央農路西側之下坡段茶園排水(照片2-8-23)，集水面積含區外約4.73ha，以天然坑溝方式排水，最終注入生毛樹溪。

(四)東側縱向排水1

東側縱向排水1主要為收集「上坡段農路」順流而下至「上坡段縣道166路側溝」中之竹林排水，此設施經上坡段縣道166時以直徑90cm管涵通過路面(照片2-8-24)，隨後以暗溝形式向下游排水，至經中央農

(五)下坡農路L型路側溝

下坡農路L型路側溝位於計畫區西南方，測量高度約介於EL.885~EL.970m之間，截流溝位於路面上坡側(照片2-8-11)，以不規則Z字形分別流向區外及匯入海土崙溪，經調查發現此路段於秋季仍有少數滲水情況(照片2-8-12)。



照片2-8-1 U型路側溝向東排水



照片2-8-2 U型路側溝向西排水



照片2-8-3 莫拉克颱風後排水損壞



照片2-8-4 縣道166路側排水



照片2-8-5 下坡段橫向排水匯流處



照片2-8-6 上坡農路路側溝裂隙

圖 2-8-2 橫向排水現況照片(1/2)

段時銜接天然坑溝(照片2-8-25)流至區外。

(五)東側縱向排水2

東側縱向排水2上游為銜接計畫區外北方排水，進入計畫區後流經上坡段嘉166線側溝，以跌水工方式與縣道166路側溝匯集(照片2-8-26)，續向下游與中央農段側溝集流，排入天然坑溝(照片2-8-27)流至區外，最終注入生毛樹溪。



照片2-8-13 海土崙溪上游現況



照片2-8-14 海土崙溪損壞情況1



照片2-8-15 海土崙溪損壞情況2



照片2-8-16 海土崙溪損壞情況3

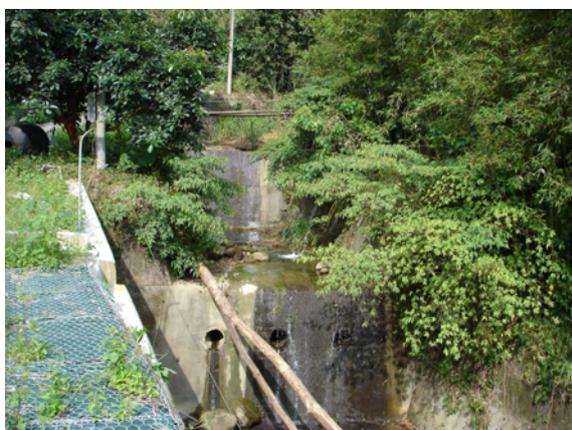
圖 2-8-3 海土崙溪現況(1/2)



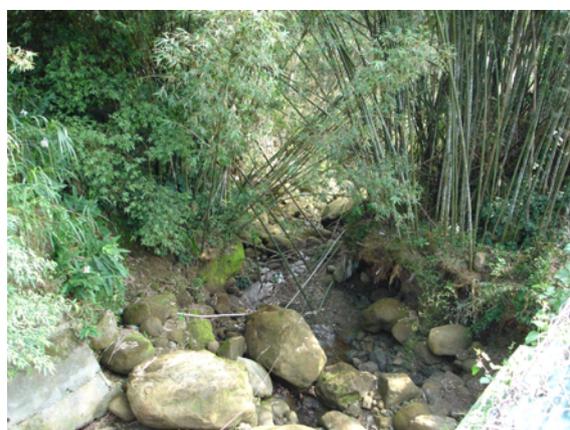
照片2-8-17 暗溝受擠壓變形



照片2-8-18 暗溝入口淤塞



照片2-8-19 海土崙溪消能現況



照片2-8-20 海土崙溪下游



照片2-8-21 海土崙溪匯入生毛樹溪排水出口

圖 2-8-3 海土崙溪現況(2/2)



照片2-8-22 臨廟旁排水銜接下游



照片2-8-23 西側縱向排水情況



照片2-8-24 東側縱向排水1上游



照片2-8-25 東側縱向排水1下游段



照片2-8-26 東側縱向排水2上游



照片2-8-27 東側縱向排水2下游

圖 2-8-4 流向區外之縱向排水現況

2-9 莫拉克颱風前後地滑地現況說明

一、莫拉克颱風前工址情況說明

本計畫邊坡自幼葉林山至生毛樹溪，長約1,000公尺，寬約400公尺，高程差約400公尺，計畫區北方幼葉林山山頂設置有二等三角點及中央氣象局即時雨量站(照片1)，坡趾處生毛樹溪目前已由相關單位以防砂壩及護岸等設施加以整治，溪流情況大致良好(照片2)。

計畫邊坡內土地利用多半以茶樹種植為主，其餘以天然竹林及雜林為分佈(照片3)，零星有住戶及民宿業者散居於計畫邊坡內；在交通利用方面，本計畫邊坡甚為通達，主要有縣道166之字迂迴貫穿坡體兩次(照片4)，其餘另有農路穿梭計畫邊坡各處。

在計畫邊坡範圍內因受卓蘭層岩層特性影響，在地形分佈上有數層的地形層狀分佈，在幼葉林山山頂下方有一巨厚砂岩層形成之陡峭岩壁(照片5)，在此一陡峭岩壁下方為另一卓蘭層之地層分佈，此一地層邊界在邊坡西側形成一山脊脊線，而此地層分佈範圍即為目前邊坡滑動西側裂隙密集分佈之位置，而滑動範圍之東側疑似以海土崙野溪(照片6)為東側邊界；就現場滑動裂隙初步調查結果，計畫邊坡在海土崙野溪以東之範圍內並無明顯且連續性之裂隙發生，而邊坡受海土崙野溪侵蝕所致，在計畫坡體之東側形成另一約略平行西側山脊之東側山脊。地滑區地形現況說明詳前述照片及圖2-9-1。



照片 1 幼葉林山山頂瑞里雨量站



照片 2 坡趾處生毛樹溪



照片 3 計畫邊坡土地利用



照片 4 縣道 166 道路



照片 5 厚層砂岩峭壁



照片 6 海土崙野溪

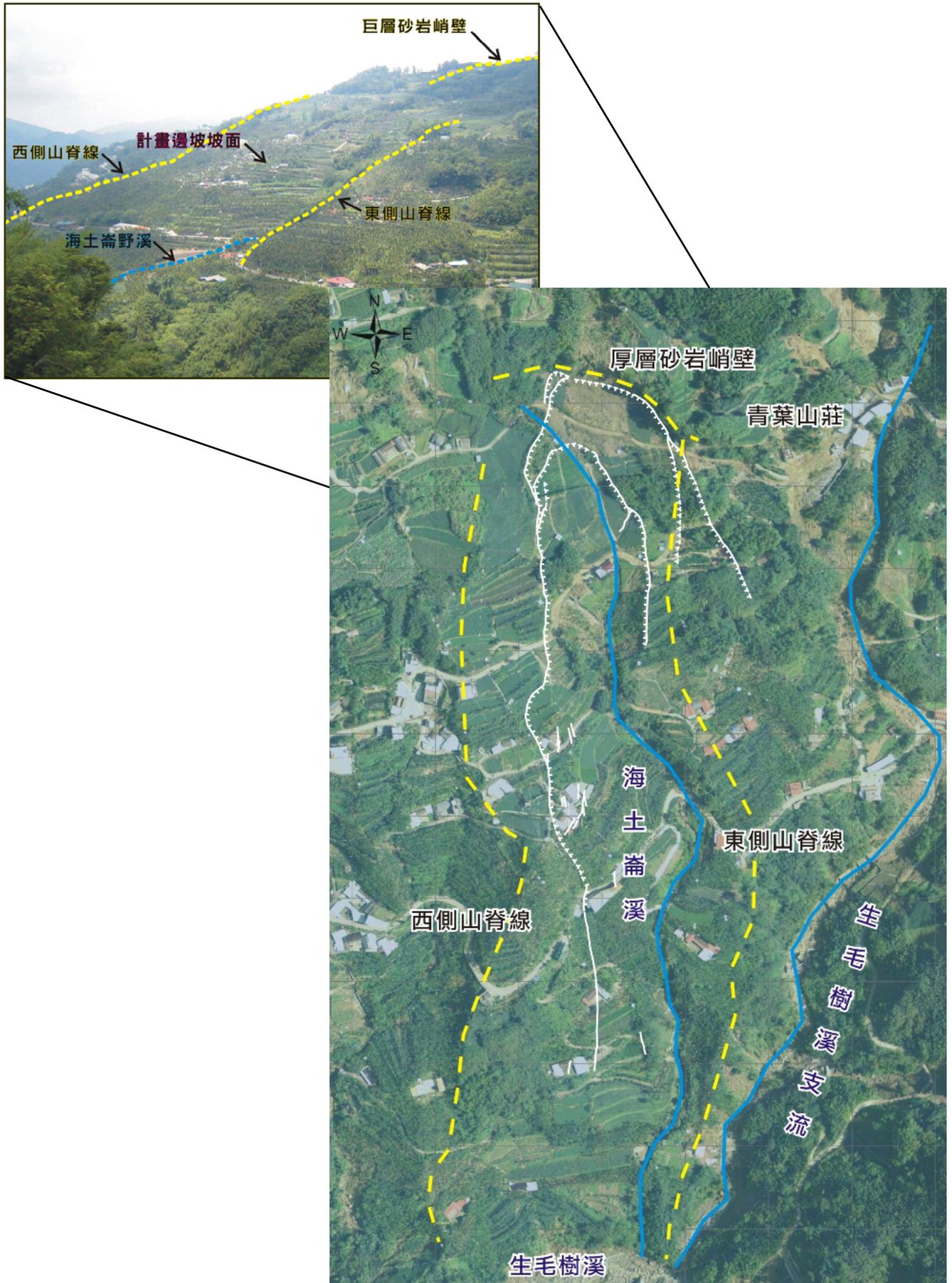


圖 2-9-1 地滑區地形現況說明

二、莫拉克颱風災後情形

民國98年8月8日莫拉克中度颱風侵襲，造成台灣中部及南部嚴重受創。依中央氣象局瑞里雨量站資料統計，降雨大致集中於8月6日~8月9日，最大時雨量發生於8月9日上午2：00，時降雨量高達104.5mm，而最大24小時累積雨量則為1,080.5mm，如圖2-9-2所示。

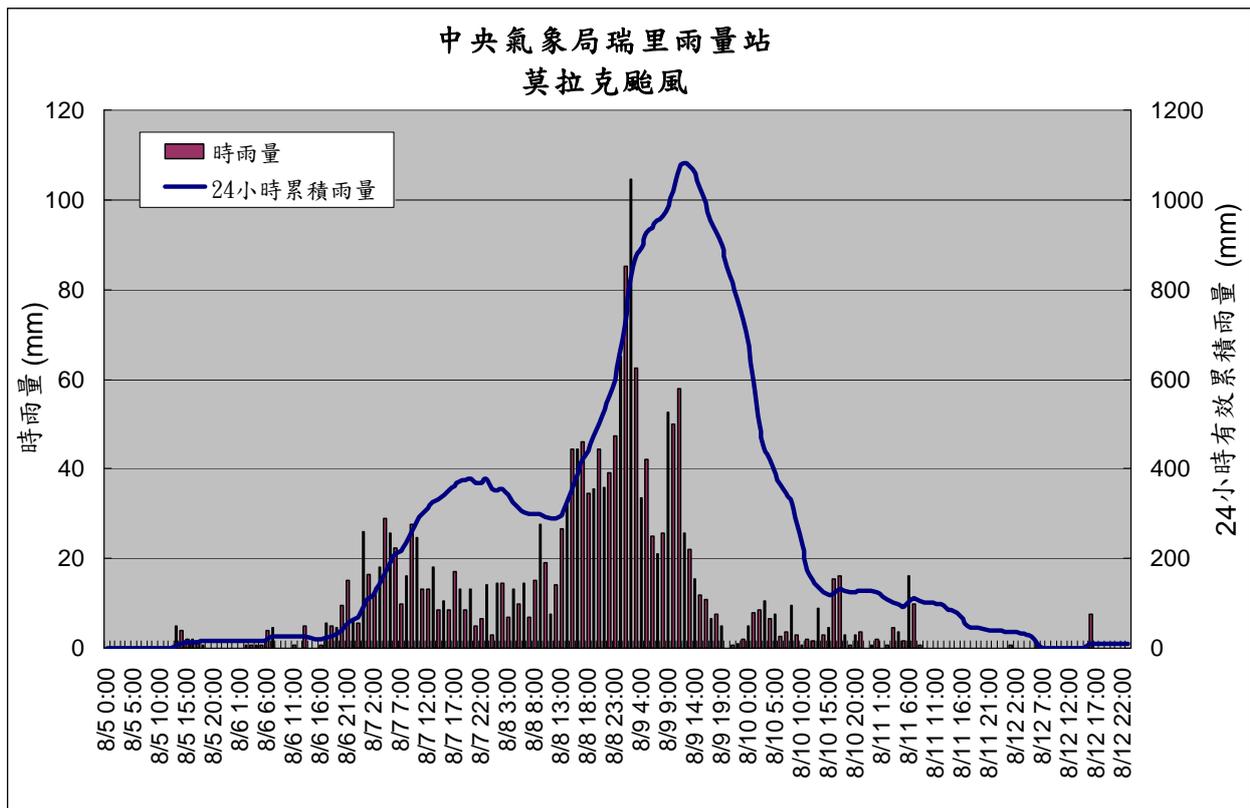


圖 2-9-2 莫拉克颱風期間雨量分佈圖

本次颱風降雨集中且強度大，歷時亦長，本計畫團隊於颱風災後現地勘查發現有多處路道因豪雨造成路基及擋土牆底部土方流失(照片7、照片8)，經搶修後道路已恢復通行。另於既有裂隙位置，道路下陷及土石滑動造成損失較為嚴重(照片9~照片16)，照片拍攝位置如圖2-9-3，除電線杆傾倒外還造成既有竹林等植物受損。所幸本次風災於裂隙經過之民宅位置，房屋結構既有裂縫於本次風災中並無明顯擴大跡象，後續將針對計畫邊坡破壞裂隙及崩崖情況進一步說明，詳3-2-2節。



照片1 民宅西南邊路基流失



照片2 擋土牆下方土石流失



照片3 擋土牆下方土石滑動



照片4 路基滑落高差超過3公尺



照片5 排水設施旁基礎滑動



照片6 道路上坡方向擋土設施損壞



照片7 道路路基滑動



照片8 因滑動造成道路下陷落差



照片9 風災後裂隙頭部現況



照片10 風災後地滑造成路面陷落情況

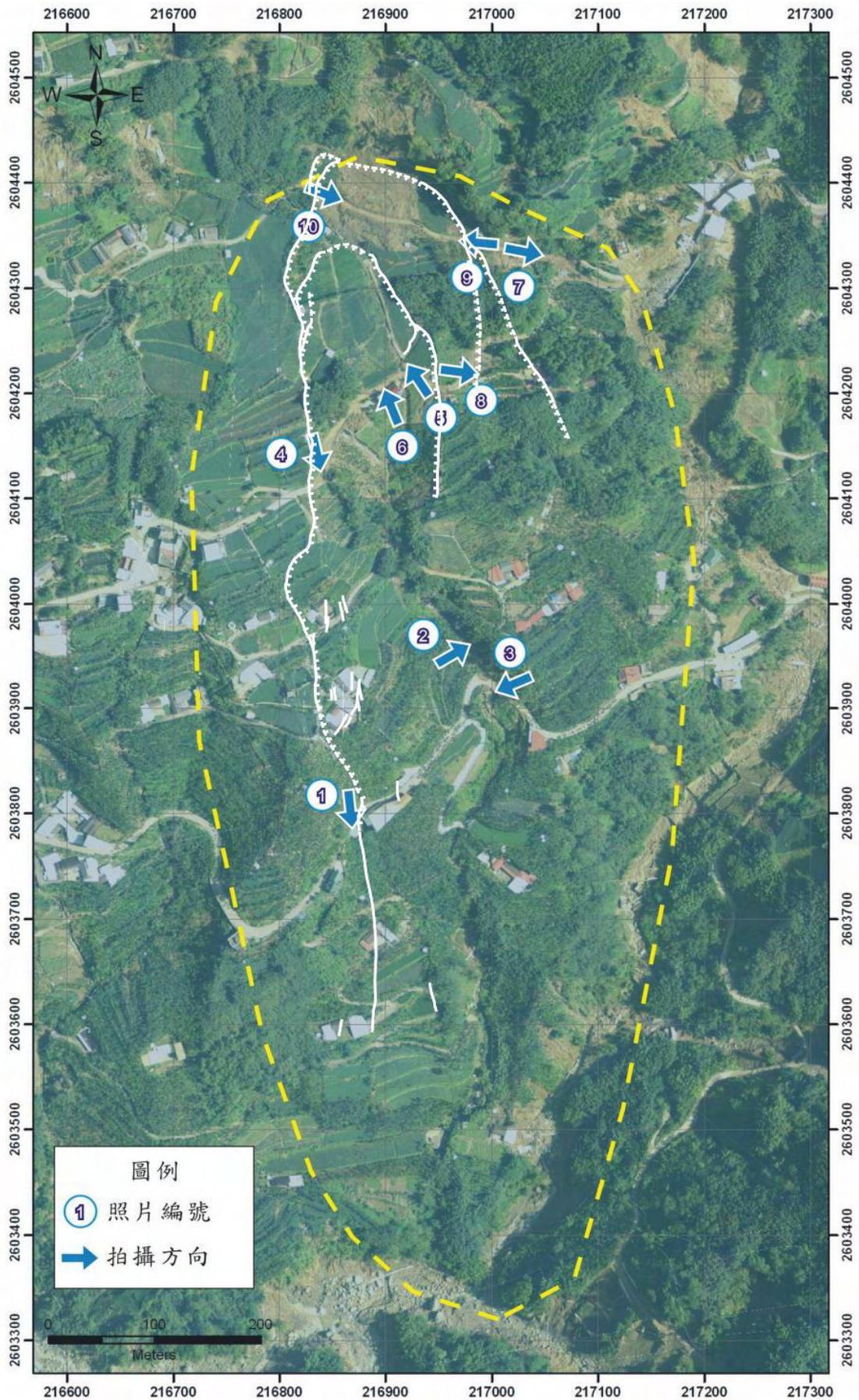


圖 2-9-3 莫拉克颱風災後現勘照片拍攝位置圖

第三章 地滑地調查方法及成果

3-1 地形測量

一、作業目的

本次測量作業係為提供計畫調查工作佈置、調查成果展繪以及治理工程配置等等用途需要之地形、地物測量，並依合約規定以1/1000比例尺繪製平面地形圖。工作重點除一般地形測量項目外，並包括滑落崖、裂隙、湧水位置等之位置與形狀，並標示裂隙或台階地形等分佈，作為調查分析之參考。而調查階段所佈置之測線及鑽孔位置，併同標示於平面圖內。

二、作業時間

本計畫測量作業於民國98年9月29日進行現場控制樁埋設工作開始，至民國98年10月30日期間實施現地測量作業。

三、控制系統

(一)平面座標系統：採用台灣地區TWD97 TM二度分帶座標系統。

(二)高程系統：採用台灣地區一等水準系統。

(三)控制點埋設：本計畫區外控制點共計3處，其中GPS01採用幼葉林山頂之現有三角點點位，並埋設2處控制點GPS02、GPS03，以作為測區平面與高程系統施測之基準，除控制樁外，在計畫區內另行埋設坡面監測樁10處。控制點及坡面監測樁之埋設石樁規格為10×10×40cm之觀音石樁，上頭貼有直徑8公分之圓形鋼片樁，且於中央埋入一直徑2公分之半圓形鋼棒。

四、測量經過

(一)平面控制點檢測

本案平面控制測量以Trimble 4000 雙頻GPS衛星定位儀同時接收，設定每10秒接收一筆資料，同時接收仰角15度以上衛星顆數4顆以上之衛星訊號。檢測之點位為內政部三等衛星控制點Q247(瑞峰二)、Q249(太興)、Q258(瑞里二)共計3點，並聯測計畫區域外之3點GPS控制點以及計畫區內之10點坡面監測樁。將檢測後所得之資料經過基線

計算、網形平差、坐標轉換計算座標成果後，作為測區主控制點使用。

檢測後之邊長與原座標反算所得較差精度均大於一萬分之一，其方位角較差亦均小於20秒，符合測量作業規範之要求，檢測成果詳如表3-1-1、表3-1-2。

表 3-1-1 已知點邊長檢測成果表

測站	測站	檢測距離 (m)	反算距離 (m)	較差 (m)	容許標準(m) 1/10000*距離	檢測成果
Q247	Q249	3,919.396	3,919.430	-0.034	±0.392	合格
Q247	Q258	2,854.449	2,854.456	-0.007	±0.285	合格
Q249	Q258	4,510.465	4,510.527	-0.062	±0.451	合格

表 3-1-2 已知點方位角檢測成果表

測站	測站	檢測方位角 (度-分-秒)	反算方位角 (度-分-秒)	較差 (秒)	容許標準 (秒)	檢測成果
Q247	Q249	245-34-37	245-34-36	1	20	合格
Q247	Q258	163-42-33	163.42-30	3	20	合格
Q249	Q258	104-22-06	104-22-04	2	20	合格

(二) 高程控制測量

本計畫之高程測量系統，乃採用內政部一等水準網之台灣地區高程基準(TWVD2001)。根據水土保持局測量作業規範規定，若測區附近5公里內無水準系統可資引用時，可採GPS引測之高程資料辦理。由於本計畫距離內政部之一等水準點有20幾公里遠，故採用GPS引測三等衛星控制點之橢球高轉換為台灣地區高程基準之正高，並以T01為測區內之高程基準點，高程值為EL.1,052.996m。

計畫區內地滑監測點之高程測量，採用精密自動水準儀(Zeiss DiNi12)作直接水準往返觀測，由T01出發再閉合至T01，閉合精度如表

3-1-3。水準閉合誤差最大為 $3.99\text{mm}\sqrt{k}$ ，符合規範要求。水準路線圖詳如圖3-1-1。

表 3-1-3 水準精度檢測成果表

測線	觀測值		資料高差 (m)	閉合差 (mm)	閉合誤差 $\text{mm}\sqrt{k}$
	高程差 (m)	距離 (km)			
T01~H15~T01	0.00948	5.65	0.00000	-9.48	3.99
H13~H17~H13	0.00146	0.46	0.00000	-1.46	2.16

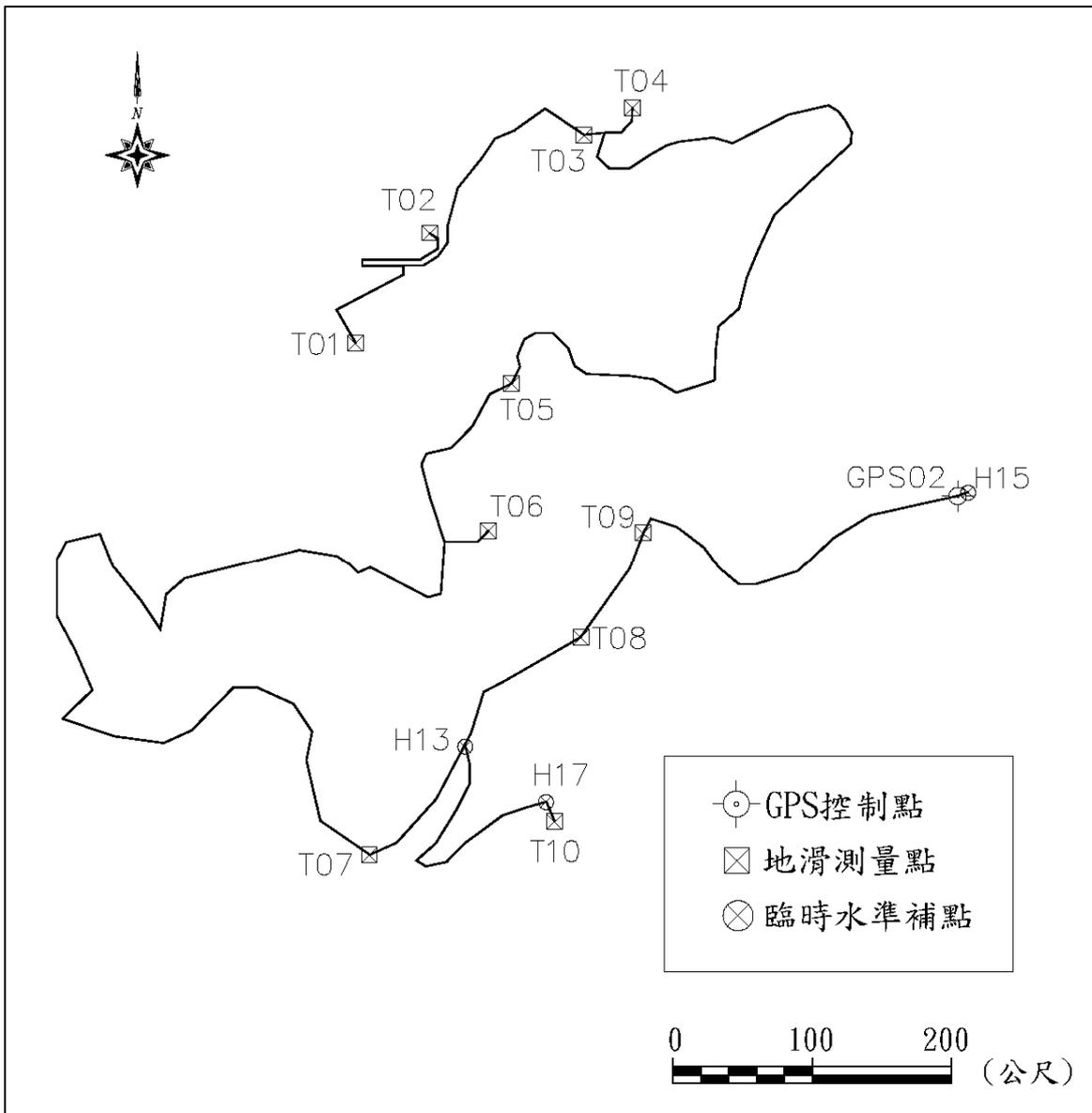


圖 3-1-1 水準測量路線圖

(三)導線測量

經現地踏勘後規劃導線路線，導線邊長以50公尺至100公尺為原則（因地形、地物限制者除外），由已知點採全測站經緯測距儀進行「測角」、「測距」之導線測量。以3秒精度光波測距經緯儀觀測一測回，正倒鏡差須小於±40秒內，邊長以測距儀量測二次，較差需小於1公分，並取其平均值。平差前之角度閉合差不得大於 $30+30\sqrt{N}$ 秒(N為測站數)、平差前之位置閉合差應小於三千分之一。導線測量之精度成果詳如下表3-1-4。

表 3-1-4 導線測量精度成果表

測站數	閉合差(秒)	導線長度(M)	角度精度	座標閉合精度
	容許誤差			容許精度
7	-46	645.104	$17.5\sqrt{N}$	1/18018
	±109			1/3000

(四)數值地形測量

測區地形圖依佈設完成之控制點及圖根點，按大比例尺圖式，以數值地形測量方法實地測繪，並依本計畫需求進行1/1000地形圖測量，再以地形編輯軟體編輯地形圖，並繪製等高線。其餘測量原則如下：

- 1.使用含紀錄器之一秒讀全測站經緯儀，採用三次元數值測量法施測測區內地形、地物點之三維坐標。地形、地物之取捨均按1/1000比例尺地形圖作業規定測繪之。
- 2.等高線間距為1公尺，每5公尺一條計曲線，碎部之標高點應均勻分佈，並須能確實表示地貌，如獨立山頭、凹地、懸崖、突壁、坑溝或崩坍面等處，農用地區之等高線須沿田埂測繪，並為連續性曲線不得中斷。

(五)使用儀器及設備

- 1.Trimble 4000雙頻 GPS衛星接收儀×9部。
- 2.AGA 610M 三秒精度電子測距經緯儀。

3. Trimble DiNi 12 電子讀數水準儀。

4. 工程車。

五、測量成果

計畫範圍測量成果圖及相關資料詳如附錄一，測量面積約40公頃。

3-2 地表地質調查

根據現場調查的結果，本地區的地表地質圖如圖3-2-1所示，地質剖面圖則見圖3-2-2。其中，地質剖面圖中位於地表下之地層，主要參考本計畫地質鑽探成果及調查區域鄰近地區之地質露頭繪製而成。

調查區域主要涵蓋幼葉林附近海土崙溪東西兩側之區域，出露之地層主要為卓蘭層，岩性以細粒至粉砂質砂岩為主，夾有灰色的頁岩。砂岩淡灰至灰色，風化後常呈黃棕色，岩質多純淨，局部含泥質。

調查區域下方有鹿窟斷層通過。鹿窟斷層為北北東走向之逆斷層，斷面向東傾斜，估計約為50度，並於深部漸變緩，其層位落差達2,000公尺以上。鹿窟斷層以東的區域，則有大窩砂岩出露，岩性主要以細粒至粉砂質砂岩為主，與所夾頁岩常呈薄互層。

本區地層位態約為東北—西南走向，與區域地質構造走向相近，地質露頭主要分布在計畫區域北側崖壁及邊坡下方的河谷區域。北側崖壁所量得的地層位態為N30°E/15°SE，與邊坡之坡面位態相近；河谷區域的地質露頭多以崩積層、剪裂帶及大窩砂岩為主，並未發現屬卓蘭層的地層位態，而大窩砂岩中的地層約為北偏東30度，向東南傾斜65~80度，地層傾角較大。

3-2-1 岩性及地層分層

地表地質圖(圖3-2-1)中，調查區域內之岩層，根據岩性之差異及作圖需求，共區分為砂岩夾頁岩(Ss-Sh)、頁岩(Sh)、砂岩(Ss)、砂頁岩互層(Ss/Sh)、剪裂帶(F)、舊崩積層(Ls1)、新崩積層(Ls2)、沖積層(Q)等共計8種岩性分層，各岩層之性質及分布說明如下：

一、砂頁岩互層(Ss/Sh)

本層出露在計畫區域北側崖壁的上方，為計畫區域出露的卓蘭層岩層中，位於最上方之岩層(圖3-2-3a及b)。本層岩性以灰色砂岩及灰黑頁岩互層為主，各層的厚度通常為數十公分，較少超過一公尺者。本層容易受風化作用之影響使整體強度變差，豪雨下也常發生破壞而沿崖壁崩落。本次莫拉克颱風，大崖壁上發生的崩塌，即主要發生於本層中，再沿近垂直的邊坡掉落至崖壁下方堆積。

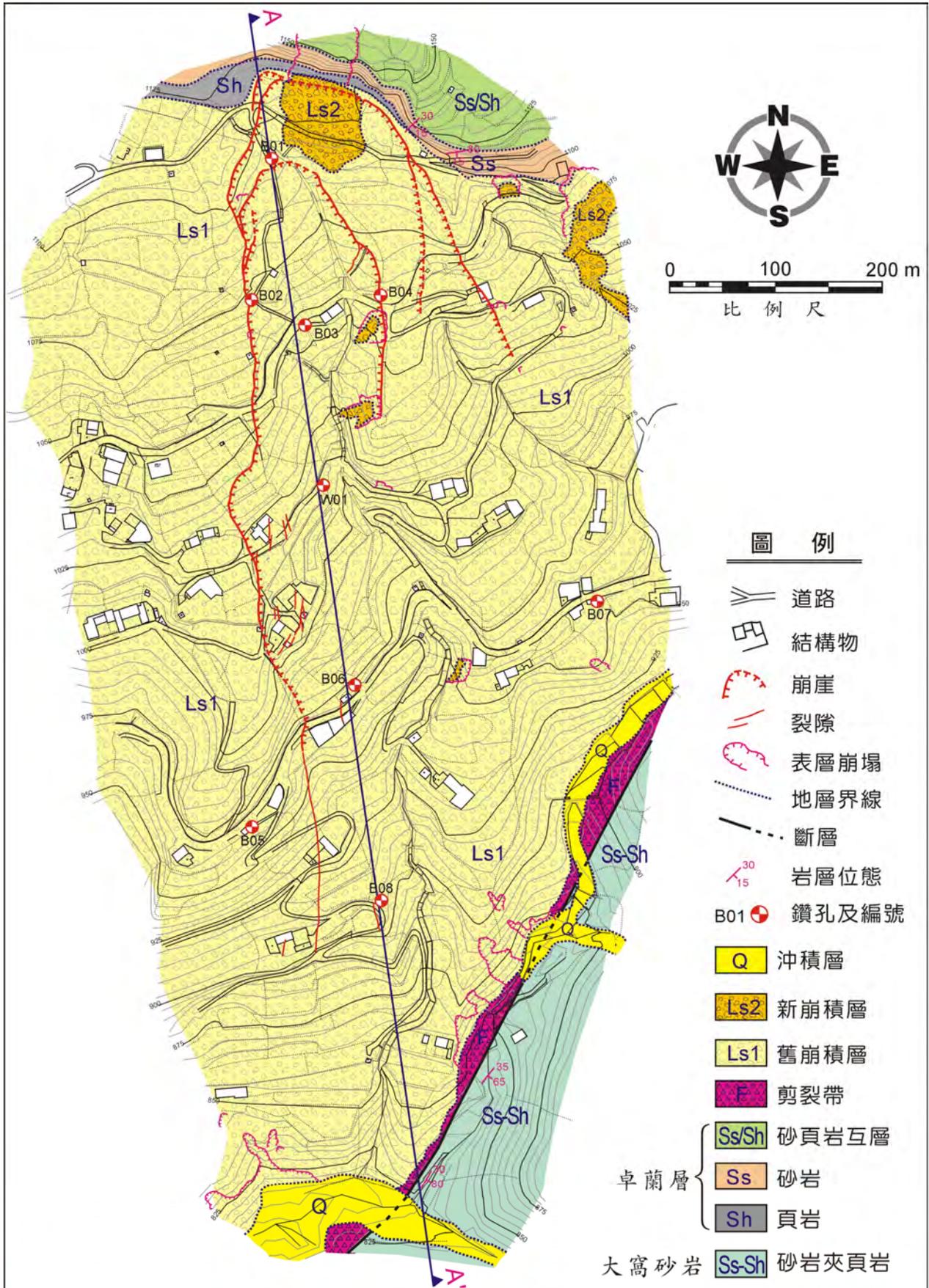


圖 3-2-1 計畫區域地表地質圖

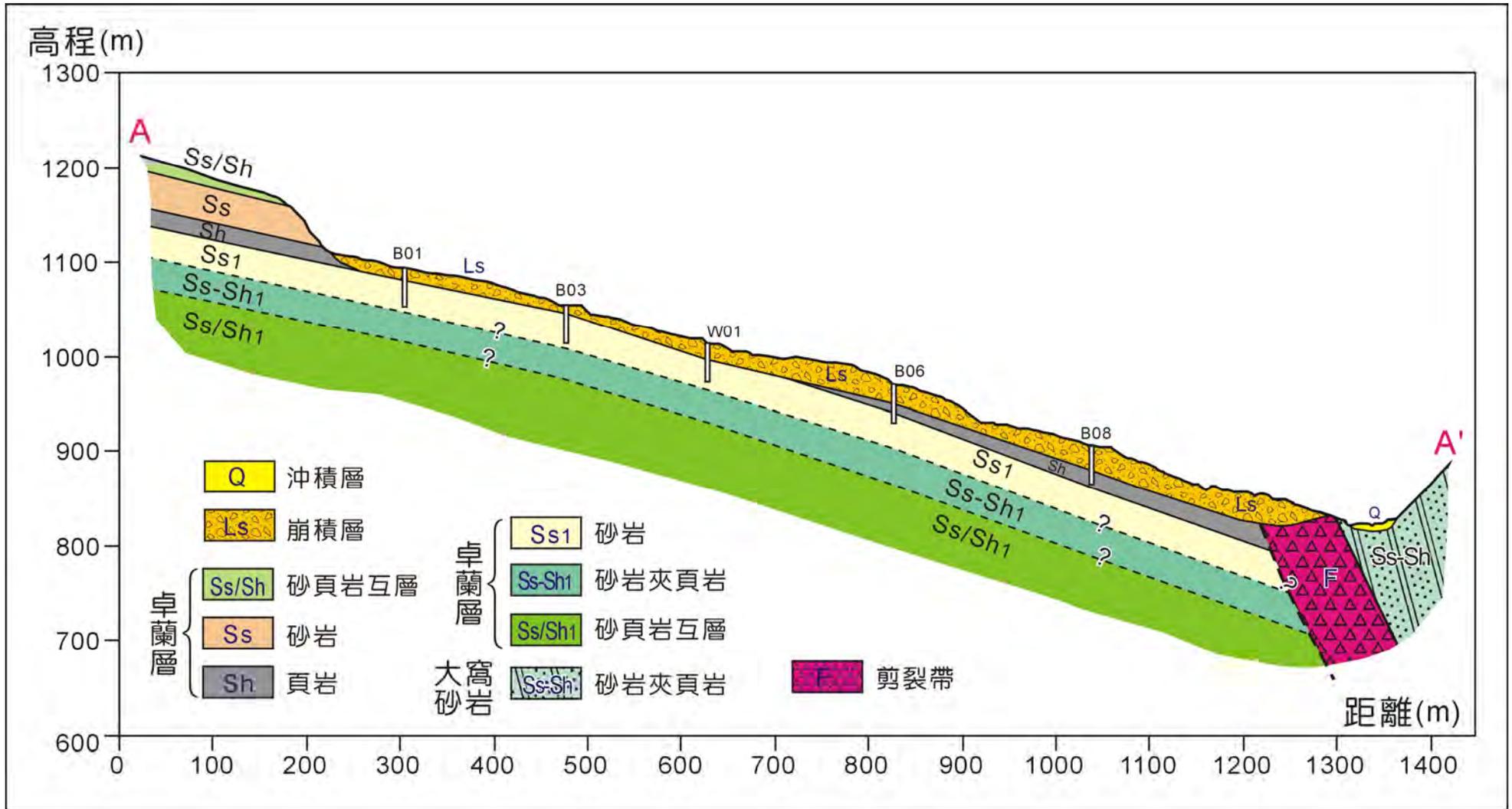


圖 3-2-2 計畫區域地質剖面圖

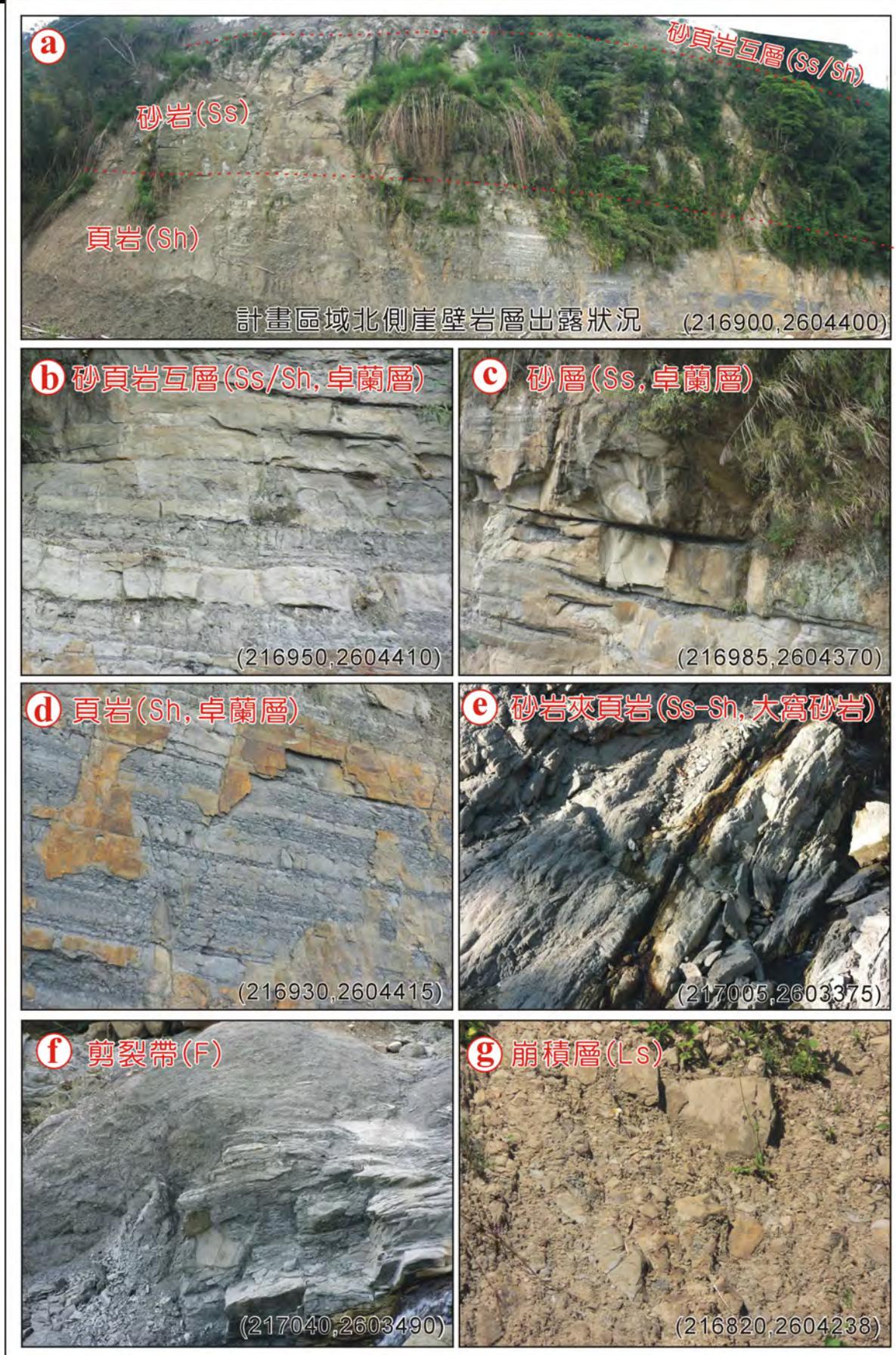


圖 3-2-3 計畫區域岩性分類

二、砂岩(Ss)

本層出露在計畫區域北側崖壁中，為構成崖壁的主體(圖3-2-3a及c)。本層岩性以灰白色厚層砂岩為主，岩體呈塊狀，風化後呈淡黃棕色。因砂岩岩性強度較高，抗侵蝕能力佳，因此在計畫區域的北側形成陡峭崖壁。本厚層砂岩中有二至三組的高角度節理，本崖壁即沿著這些近垂直的節理產生，崖壁以外的砂岩層則多已滑落邊坡下方。

三、頁岩(Sh)

本層出露在計畫區域北側崖壁的下方，為計畫區域出露的卓蘭層岩層中，位於最下方之岩層(圖3-2-3a及d)。本層岩性以灰黑色頁岩為主，偶夾有薄層的粉砂岩。推測調查區域之邊坡曾發生大規模的古崩塌事件，此一崩塌事件即以本頁岩層做為滑動基底，因此目前計畫範圍坡面上的鑽探岩心中，除邊坡底部的鑽孔外，已不見完好的頁岩層，而多已呈剪動破碎狀。

四、砂岩夾頁岩(Ss-Sh)

為調查區域中最古老的岩性，地層屬上新世的大窩砂岩。本層主要分布在邊坡下方的河谷地區，即鹿窟斷層以東之區域。岩性主要為細粒至粉砂質砂岩，夾灰色至灰黑頁岩，二者有時呈薄互層狀態。本層中之地層傾角通常很大，有時近垂直，由於靠近斷層，砂岩中節理面或各種剪裂面相當發達而密集，較少厚層塊狀岩層出現，此點有別於其上之卓蘭層(圖3-2-3e)。

五、剪裂帶(F)

本剪裂帶分布在計畫區域邊坡下方河谷地區的右岸地區，為鹿窟斷層的斷層帶，由灰黑色剪裂破碎頁岩夾雜破碎砂岩岩塊所組成。因曾受強烈的剪裂作用影響，岩層相當破碎且常扭曲變形，常可見到破碎的砂岩岩塊混雜於扭曲的頁岩層中。目前僅出露剪裂帶的東側邊界，其西側邊界為崩積層所覆蓋，因此剪裂帶的寬度不明(圖3-2-3f)。

六、舊崩積層(Ls1)及新崩積層(Ls2)

舊崩積層(Ls1)及新崩積層(Ls2)皆為崩積作用所形成的未固結地層，為區別莫拉克颱風後諸多崩塌地所形成的新崩積物，以及本地區原本即有的崩積層，因此基於作圖的需要而特此區分。不管是新舊的崩積

層，皆是由未膠結的砂、泥、黏土等混合風化岩塊或岩屑構成，其中之岩塊排列無固定層理，且多呈基質支撐，故其整體力學性質由細顆粒物質主導(圖3-2-3g)。

七、沖積層(Q)

沖積層分布於邊坡下方生毛樹溪主流及支流河道之河床上，由未膠結的岩塊、礫石、泥砂及風化土壤所組成，厚度不一，由數十公分至十餘公尺不等。

3-2-2 地滑區崩崖及裂隙調查

計畫區域在莫拉克颱風前即有諸多裂隙產生，其中有多條裂隙通過當地居民的房舍並造成損害。莫拉克颱風後，許多既有裂隙擴大，尤其是地滑區的頭部，形成明顯的主崩崖，使得本地滑區的型態更加完整而明顯。根據現場調查的結果，計畫區域崩崖及裂隙的分布如圖3-2-4，主要包含一個主崩崖及一個次崩崖，以及多處的伴生裂隙。

本地滑的滑動土體推測即為覆蓋於基盤岩層上的古崩積層，因豪雨使得崩積土體含水過重而沿平整的砂岩層面往下方移動。地滑區的主崩崖出露在計畫區域北側崖壁的下方，即海土崙溪的源頭附近，往東西兩側向下延伸；主崩崖下方不遠尚有一規模較小的次崩崖出現，其滑動方向同主崩崖，推測為同一滑動土體因長度過長而分裂產生(圖3-2-5a、b)。

頭部附近的主崩崖，因位於大崖壁的下方，而莫拉克颱風時，崖壁上方也曾發生圓弧型滑動，大量的土石崩落並堆積覆蓋於大崖壁下方本地滑區主崩崖上，因此主崩崖有一部分已不復見。但覆蓋區以外的兩側地區崩崖則相當明顯，落差可達2~3公尺。其中西側崩崖主要沿著殘存的茶園延伸(圖3-2-5c、d)，並切過附近農路，造成路面及排水溝的斷裂、損壞(圖3-2-5e)。崩崖續通過檳榔園，形成明顯而陡峭的地形落差(圖3-2-5f)，然後再經過茶園，抵達茶園下方的縣道166道路，並造成路面及擋土牆的斷裂(圖3-2-5g)。

西側的崩崖在通過縣道166後，切過道路下方茶園(圖3-2-6h)，並造成農路的錯斷損壞(圖3-2-6i)。崩崖續往下方延伸，經過茶園，造成茶樹叢及地形的明顯落差後(圖3-2-6j)，又通過下方的詹宅附近。地滑在此處形成多

條近平行的裂隙，其中有數條裂隙切過詹宅，造成詹宅受損(圖3-2-6k)。崩崖通過詹宅後，於下方的茶園形成地形落差(圖3-2-6l)，再經過步道、農路後(圖3-2-6m)，沿著邊坡的排水系統附近抵達下方的縣道166道路(圖3-2-6n)。至此崩崖兩側的地形落差已不明顯，而以裂隙之型式出現，縣道166旁民宅受裂隙影響而損壞，而往下邊坡延伸，仍可繼續追蹤此一裂隙(圖3-2-6o、p)，但跡象已漸不明顯。而在抵達下方海土崙溪與生毛樹溪匯流口附近前，裂隙已不復見。

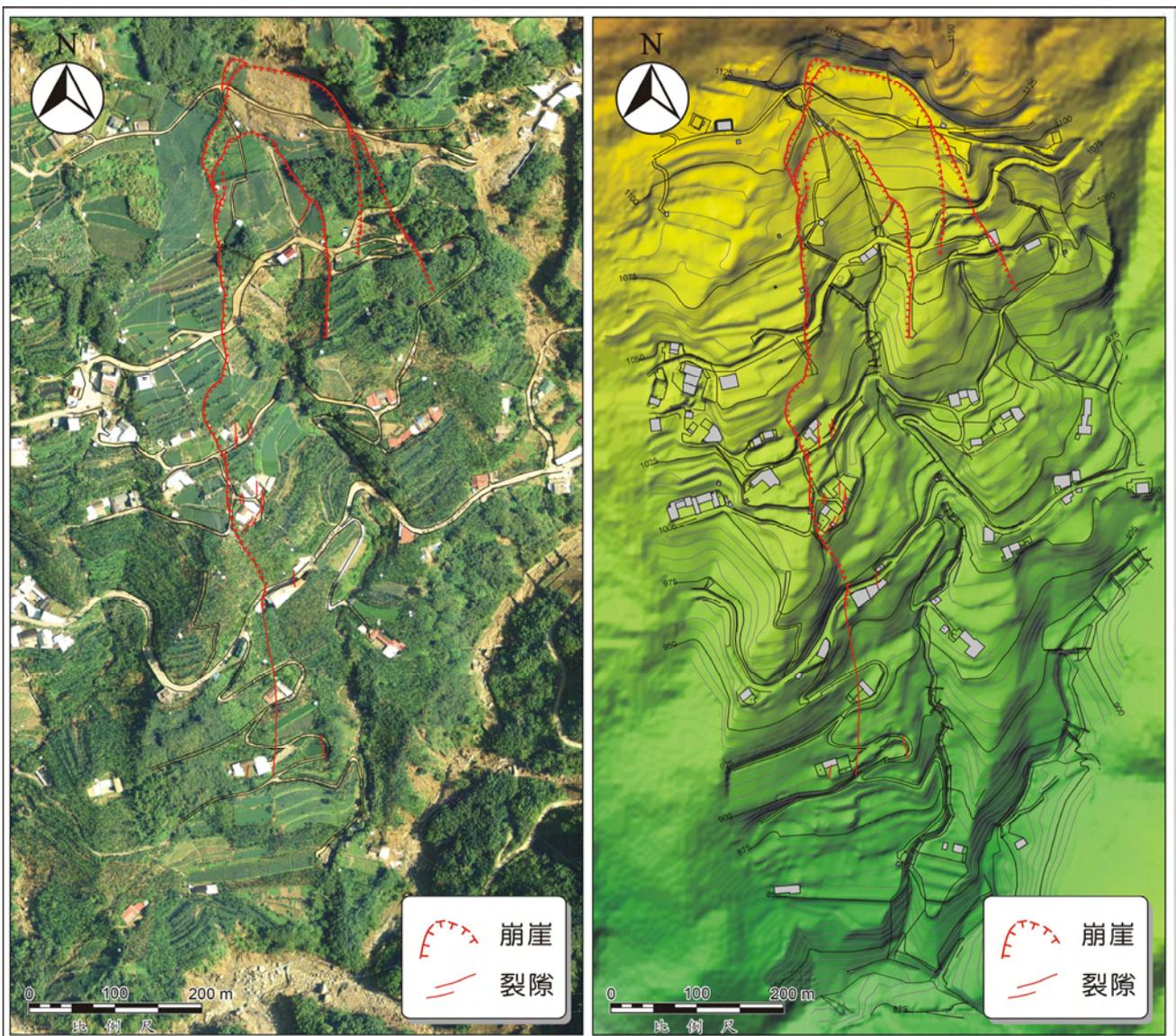


圖 3-2-4 地表裂隙分布圖

在東側的崩崖方面，自頭部主崩崖覆蓋區往東南，即可在附近的茶園中發現明顯的地形落差(圖3-2-7q)，崩崖續往下通過農路抵達竹林附近(圖3-2-7r)，然後再下切至縣道166道路，造成路面及擋土牆的損壞(圖3-2-7s)。海土崙溪東側另有一次崩崖的出現，主要沿著既有排水渠道東側茶園發育(圖3-2-7t)，該次崩崖也通過縣道166(圖3-2-7u)，並往下延伸，與海土崙溪左岸陡峭邊坡結合，形成一大型崩崖(圖3-2-7v)。另一方面，主崩崖通過縣道166後，造成下方莊宅的嚴重龜裂與受損(圖3-2-7w)，然後再切過莊宅下方的農路，造成路面及邊坡的損壞(圖3-2-7x)。同時，有另一條自竹林附近產生的裂隙分支，在切過縣道166後也抵達莊宅前方農路，並造成農路擠壓型破壞(圖3-2-7y)。東側的崩崖及裂隙續往下方漸沒入密林中而不復見，下方各道路的邊坡及路面僅見局部的破壞，未能發現與此一大型地滑相連結的地表裂隙。

3-2-3 投影圓分析

考慮計畫區域的整體平均坡面，並參考計畫區域內所量取的地層位態來進行分析，本邊坡坡面位態與地層位態相近，具平面滑動之潛勢(圖3-2-8a)，滑動潛勢之方位角為 120° ，滑動面傾角為 15° ，角度雖不大，但在地下水位暴增或地震的情況下，仍有滑動的可能。

此外，針對計畫區域北側崖壁的邊坡擇定兩處進行投影圓分析，其一以所量得層面位態 $N80^{\circ}E/15^{\circ}SE$ ，及三組節理位態分別為 $N50^{\circ}E/70^{\circ}NW$ 、 $N50^{\circ}W/85^{\circ}NE$ 及 $N10^{\circ}W/75^{\circ}NE$ ，第二處以所量得層面位態 $N30^{\circ}E/15^{\circ}SE$ ，及二組節理位態分別為 $N15^{\circ}W/78^{\circ}SW$ 及 $N50^{\circ}E/80^{\circ}NW$ 來進行分析，分析結果顯示二處皆無平面及楔形滑動之潛勢(圖3-2-8b、c)。值得注意的是，此一分析是以相對崖壁的坡面而言，屬於局部坡面之分析，若以計畫區域整體坡面為分析基準，此二處的岩層相對計畫區域坡面仍是具有平面滑動之潛勢。



圖 3-2-5 地表裂隙現況(一)

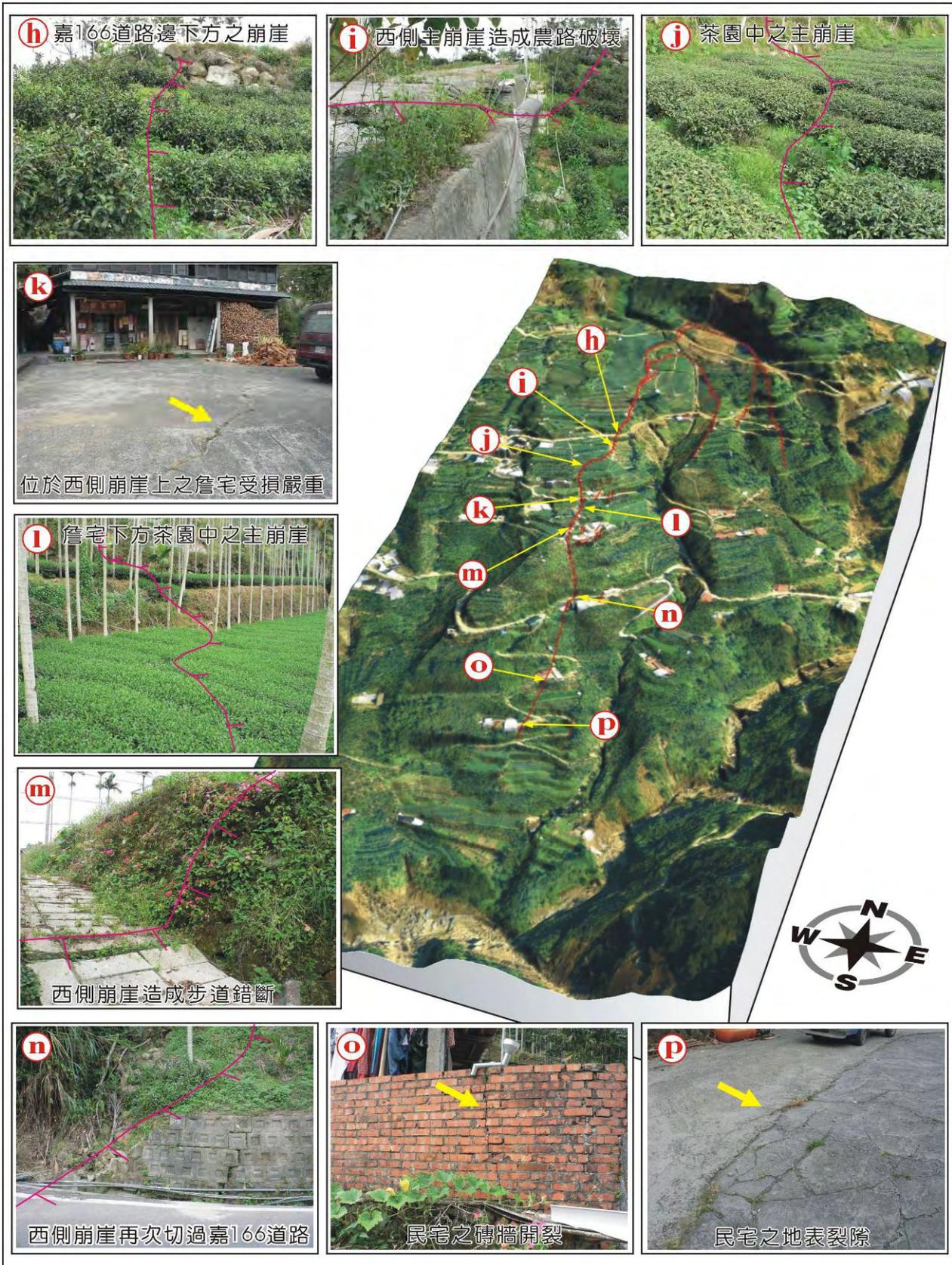


圖 3-2-6 地表裂隙現況(二)



圖 3-2-7 地表裂隙現況(三)

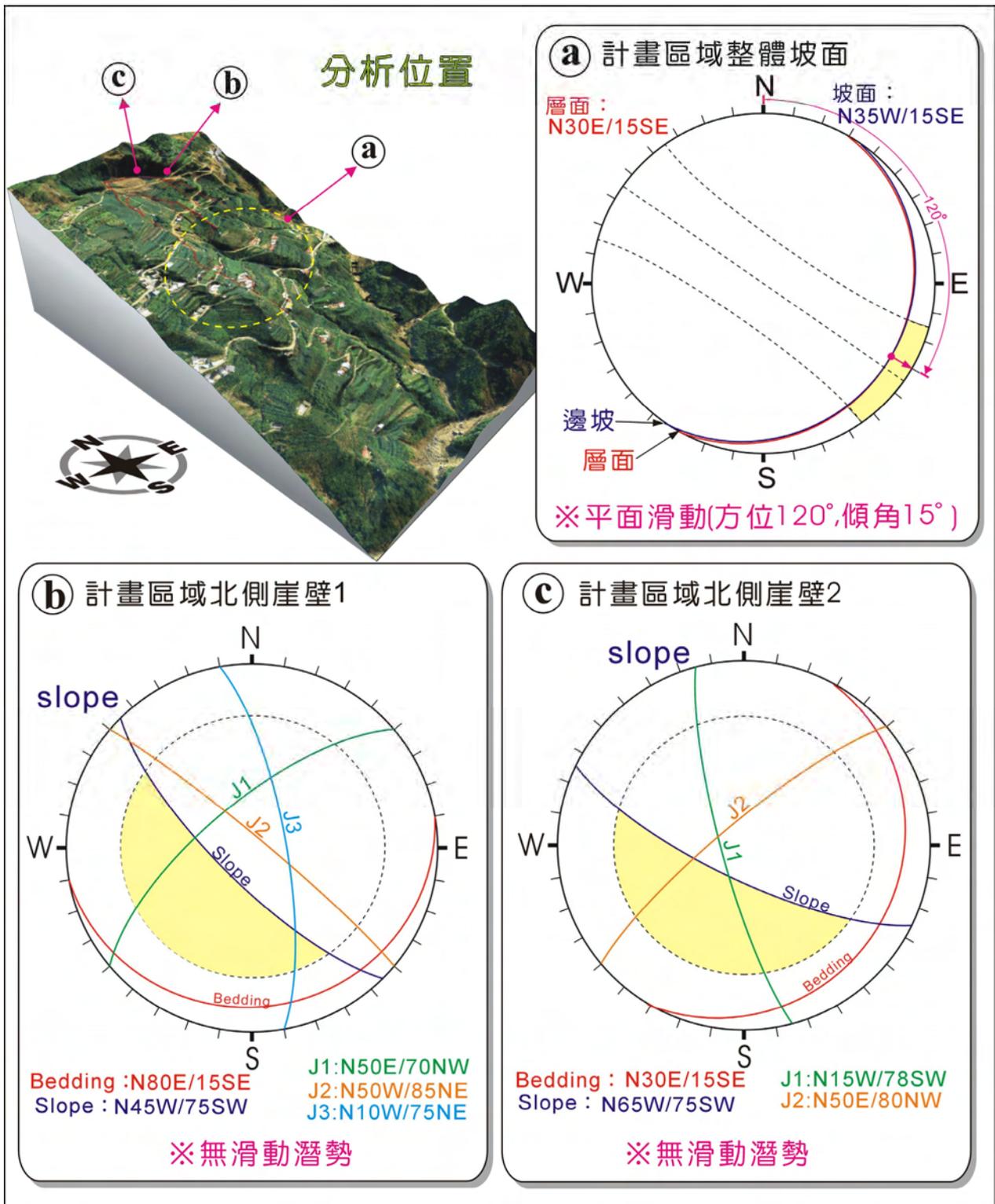


圖 3-2-8 立體投影分析成果

3-3 地質鑽探與力學試驗成果

3-3-1 作業規劃

在規劃鑽孔位置及鑽深之前，對地滑地滑動面位置先作一審慎的評估，將能夠大幅提高鑽探調查的精確性。

在本計畫地滑地中，因為民國97年9月之連續颱風豪雨造成地層滑動及崩塌情形，於現場調查發現明顯之周邊地物移動與破壞，並可明顯看出滑動範圍與規模，藉此現地特徵來初估可疑滑動規模深度，因此規劃鑽孔能鑽過覆蓋層並深入新鮮岩盤5公尺以上為原則，以利於推估穩定之岩盤面深度及後續滑動面分析。

本計畫地質鑽探共佈置8處鑽探孔位(B01~B08)，並另鑽設1孔地下水檢層專用井W01，以涵蓋現有滑動範圍與可能影響區域，鑽孔佈設位置如圖3-3-1所示，鑽探作業規劃與鑽孔深度如表3-3-1；惟現場施行鑽探時到達規劃深度卻仍未達新鮮岩盤，則應持續鑽探至深入新鮮岩盤至少5公尺為止，預計將可藉此三條測線之8處鑽孔得到地質剖面資訊，作為穩定分析與治理工程重要依據，期能有效整體治理的目標。

表 3-3-1 鑽探作業規劃表

孔號	取樣尺寸	原規劃鑽探深度(m)	實際鑽探深度(m)
B01	HQ	40	40
B02	HQ	40	40
B03	HQ	40	40
B04	HQ	40	40
B05	HQ	40	40
B06	HQ	40	40
B07	HQ	40	52
B08	HQ	40	40
W01	不取樣	40	40
合計(m)		360	372

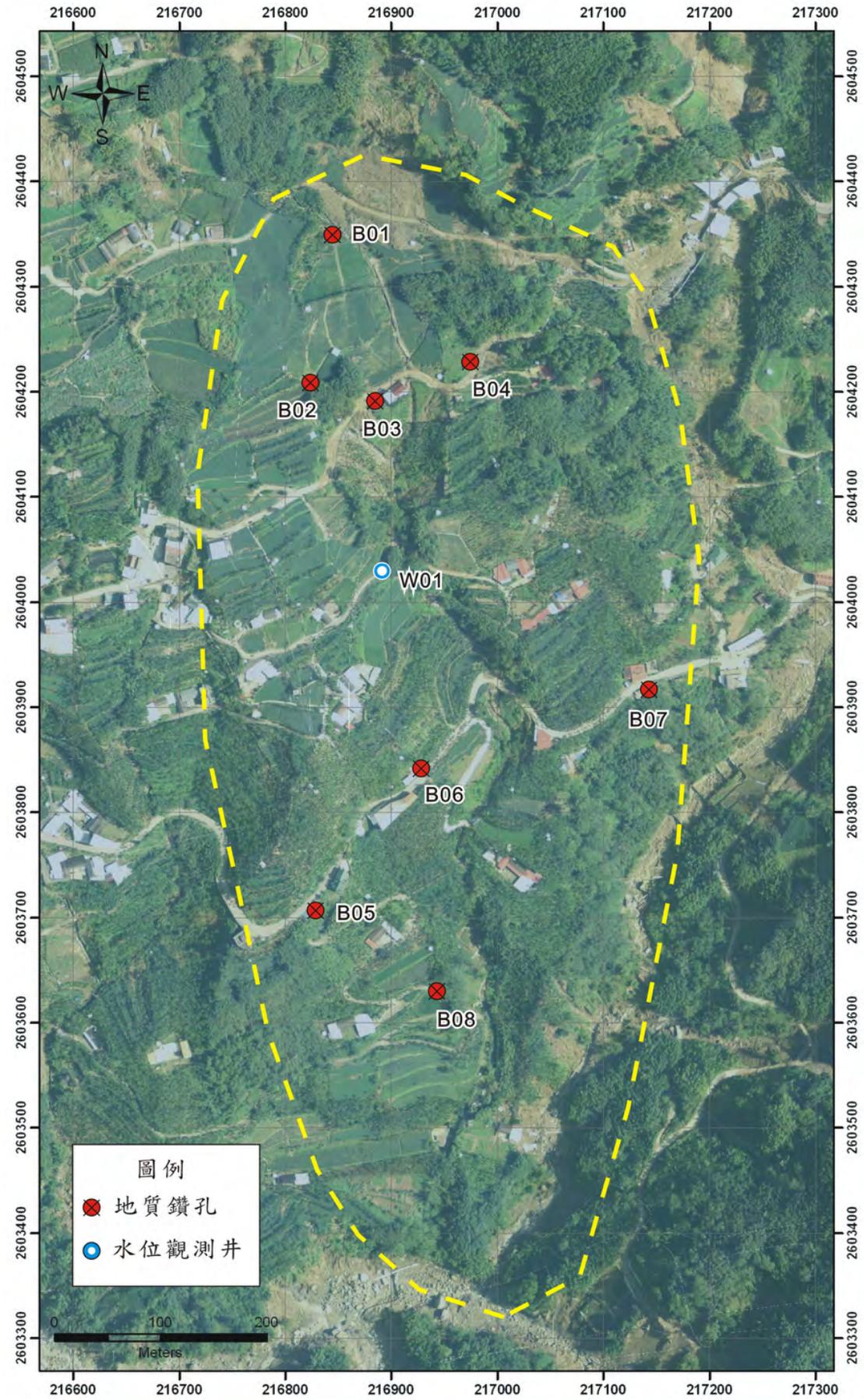


圖 3-3-1 鑽探孔位佈置圖

在本計畫所佈設的B01~B08孔位，除了進行地質鑽探連續取樣外，並依委託服務計畫說明書規定裝設傾斜觀測管作為地層位移情形觀測之用。另在鑽探孔位中選定6處同時做為水位觀測井，裝設地下水位觀測儀器，以電子式連續記讀方式觀測地下水位變化情形，監測頻率1次/小時，規劃選定B01、B03、B05、B06、B08等5孔為水位觀測井兼傾斜觀測管，W01為水位觀測專用井。

每一鑽探孔位都進行岩心連續取樣並將試體進行土壤及岩石之力學試驗，以獲得計畫區域之力學性質參數作為邊坡穩定分析之依循。目前共規劃土壤及岩石一般物性試驗、土壤直剪試驗、岩石直剪試驗、岩石單壓試驗等數種試驗方法，來獲得已擾動崩塌區及未擾動岩盤之力學性質。相關試驗規劃組數及試驗目的整理如表3-3-2所示。

表 3-3-2 土壤及岩石力學試驗規劃表

項 目	計畫數量(組)	預 期 結 果	試 驗 目 的
土壤一般物理性質試驗	65	土壤含水量、孔隙率、密度、吸水率	評估土壤物理性質
土壤直接剪力試驗	8	土壤剪力強度	評估已擾動崩塌土區邊坡滑動穩定性
岩石一般物理性質試驗	8	岩石含水量、孔隙率、密度、吸水率	評估岩石物理性質
岩石弱面直剪試驗	8	岩石弱面剪力強度	評估岩石弱面剪力強度參數
岩石單軸壓縮試驗	3	岩石單壓強度	評估岩石強度及特性

3-3-2 作業方法

一、鑽探進尺

鑽探進尺全程採鋼索取樣法，使用專用帶鋼絲繩的打撈器，通過孔內鑽杆中心孔將裝有岩心的孔底內管提至地面，獲得岩心，從而減少提下鑽次數和升降鑽具的輔助時間，提高鑽進效率，並能維持取樣品質，所取出之岩心試體亦能作為日後滑動面位置與潛在破壞面之佐證資料。

二、取樣

鑽孔取樣自地表面以下每隔1.5公尺或在土層變化處，以分裂式標準取樣器進行取樣，並進行標準貫入試驗求取N值。除SPT劈管取樣外，原規畫將於表土層以三吋薄管取未擾動土壤，供進行土壤直剪試驗及三軸試驗，因現場表土層夾雜崩積岩塊，無法以薄管進行不擾動試體之取樣。

(一)劈管取樣

本計畫取樣劈管採用符合ASTM D1586-84規定之取樣器，以打擊方式將劈管取樣器打入鑽孔內預定取樣深度的未受擾動土層中取樣。

取樣頻率則以同一土層內每進尺1.5公尺取樣一次，如遇土層改變時不同土層再取樣一次為原則。取樣位置則依當時鑽探情形而定，若孔內之套管係以錘擊之方式下落，則取樣之處應在套管下端60公分以下；若套管係以旋轉方式下落，則取樣處可在套管下端或在套管下端10公分以下。

在試體保存方面，為避免水份蒸發及土樣混淆，取出後立即將樣品封閉，加設標籤以標示土樣說明後妥善保存。

(二)薄管取樣

本計畫取樣薄管採用符合ASTM D1587-83規定要求之薄管取樣器-面積比(area ratio)不得大於10%，其管內淨空比(inside clearance ratio)在1.0~1.5%之間。另為減小取樣過程對土樣的擾動，篩選對稱之圓薄管，管面光滑清潔，無傷痕、凹紋、焊縫、鐵銹或污物等可能影響土樣之情形，且削邊儘可能銳利且無裂口存在。

取樣時，原則採用定置式活塞取樣器採取土樣；若遇到堅硬土層或含有礫石、岩塊等無法使用定置式取樣器之地層再以其他方式進行。

取樣處為錘擊套管下端60公分以下之區域，以定置式活塞取樣器固定於地面上的緊鎖鉗，使活塞固定在鑽孔底部，然後連續而穩定地將取樣器壓入土層中取樣，並控制貫入長度小於薄管之淨長度。取樣器從鑽孔內拔出之前先旋轉兩圈以上，以便將土樣於薄管下端處剪斷。

取樣器拔出後即將薄管取出並清除薄管上端鬆軟之土樣，且將下端表面土樣整平，再用石臘封閉。在薄管外壁及頂蓋上方加上清晰之標

籤，標示取樣的情況，並在鑽探記錄上註明取樣長度及深度。

(三)岩心取樣

岩心取樣採用不小於直徑96公厘之鑽頭和岩心取樣管進行。岩心取樣方法則按照ASTM D2113-83之規定辦理，每次所取樣品長度以不超過2公尺為原則，每次取出岩心後，記錄岩心取樣率。為避免混淆試體，將於岩樣外標示明晰之標籤，註明孔號、岩心箱箱號、樣號、深度及取樣日期。此外，鑽探取樣時將控制鑽機之鑽桿擺動、轉速及水量，以避免岩心因鑽頭過份幌動而破裂或因受磨損沖刷而無法取得。

所有取出岩心按正確之取樣深度依次排列，並置於堅固之岩心箱內予以保存。岩心箱之尺寸長約1公尺，每一岩心箱內分成4格使能裝入4公尺長岩心。每公尺樣品予以分隔，每次取得之岩心放置於適當位置，未取得樣品之處則以木塊或保麗龍嵌入，並標明取樣之深度。每一岩心箱亦標明工程名稱、孔號、岩心箱箱號、鑽探日期及取樣深度。

三、試驗方法

(一)標準貫入試驗

本項試驗目的在求得打擊數(N值)，其所使用之劈管取樣器及試驗步驟均須符合ASTM D1586-84之規定。試驗時應先將預定試驗深度上方鑽孔內之土壤確實清除，再將安裝於鑽桿上之取樣器放至孔底。鑽桿上端應連接附有鐵砧之滑桿，再於 $63.5\pm 1.0\text{kg}$ ($140\pm 2.0\text{lb}$ ，重量不符者，不得使用)之夯錘套入滑桿內，使夯錘能自由落下打擊鐵砧，而使取樣器貫入土中。夯錘可用麻繩或鋼索拉吊，落錘之高度為 $0.76\text{m}\pm 25\text{mm}$ ($30\pm 1.0\text{in}$)。每次試驗時夯擊貫入45公分(18英吋)，並分三次於每擊入15公分(6英吋)時分別計數一次，後兩次(貫入深度為30公分)擊數之和即為標準貫入試驗之擊數(N值)。試驗時若遇堅硬土層，當取樣器貫入土中未達15公分而擊數已達50，或取樣器貫入土中超過15公分而擊數達到100時，即可停止夯擊，此時應量測並記錄其貫入深度。試驗時應詳為察看其夯擊及貫入情形是否有不正常之現象，以決定打擊數之可靠性。試驗後應即取出取樣器採取劈管土樣，並察看土樣是否有受沖洗之現象發生以決定土樣的取捨。

標準貫入試驗之夯錘於事先實際秤重及記錄，並標示於錘上明顯

處，落錘導桿應明顯標示標準落距76公分(30英吋)之位置。

(二)土壤一般物性試驗

利用現場取出之劈管土樣，於實驗室內測定土壤的含水量、單位重、比重、阿太堡限度、孔隙及顆粒分析等，各項試驗之步驟參照美國材料試驗學會標準(ASTM)規範辦理，如表3-3-3所示。

(三)岩石一般物性試驗

岩石材料一般可由成因加以分類，雖然其組成及環境不同，而會有不同之物理性質如：含水量、孔隙率...等，此類性質可間接反應其力學特性，由力學之觀點，亦可由物理性質加以分類，以供參考。本試驗項目包括含水量、孔隙率、單位重及比重等。各項試驗規範可參照英國工址調查規範(BS 5930 (1981),P74)、ISRM「Suggested Methods for Determination of the Slake Durability Index、Suggested Methods for Determination Water Content Porosity, Density, Absorption and Related Properties」相關規定辦理。

(四)土壤直剪試驗

土壤直接剪力試驗的目的在於求取現地土壤之抗剪強度，其試驗方法依照ASTM D3080規定辦理，試體直徑與厚度之比值應大於2.5倍，以減小試體邊緣之摩擦效應影響，試驗過程中將試體置於可水平錯開之試驗盒內，並於垂直向施加正向應力，並就試驗條件決定是否允許土體壓密或排水，土壤剪力強度主要透過荷重計量測施加水平推力，並除以試體斷面積後得之，而依照試驗條件的不同可以概要分為：(1)快剪試驗：模擬試體不壓密不排水之情形、(2)壓密快剪試驗：模擬試體壓密不排水之情形、(3)慢剪試驗：模擬試體壓密且排水之情形等3種試驗方式。

(五)岩石直剪試驗

岩石直剪試驗係將所得之岩心試體中，選取具代表性之岩心，利用直剪儀，在不同之垂直正應力下施加水平力，求其剪力強度，進而評估岩心之破壞包絡線，試驗步驟參照ISRM「Suggested Methods for Laboratory Determination of Direct Shear Strength」。

(六)岩石單軸抗壓強度試驗

單壓強度試驗係以地質鑽探所得之完整岩心試體，在單軸荷重下求取材料之單壓強度與應變，作為岩心之強度分析及各項岩力分析之依據。本項試驗採用微電腦控制之萬能材料試驗機進行試驗，試體直徑為鑽探岩心，長徑比為2.0~2.5左右。以荷重計記錄荷重，以測微錶量度試驗之軸向變形，以0.5~1.0MPa/sec之應力速率持續加載於試體上，在5~10分鐘內使試體破壞。試驗步驟參照ISRM「Suggested Methods for Determining the Uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials」。

表 3-3-3 相關試驗規範一覽表

試驗項目		規範名稱
標準貫入試驗(SPT)		ASTM D1586-84
土壤一般物理性質	1.含水量	ASTM D2216-92
	2.比重	ASTM D854-92
	3.阿太堡限度	ASTM D4318-93
	4.顆粒分析	ASTM D422-63
	5.土壤分類	ASTM D2487-93
土壤直剪試驗		ASTM D3080
岩石一般物理性質 (單位重、自然含水量、比重、孔隙比、吸水率)		ISRM 「Suggested Methods for Determining Water Content、Porosity、Density、Absorption and Related Properties」
岩石直接剪力試驗		ISRM「Suggested Methods for Laboratory Determination of Direct Shear Strength」
岩石單軸抗壓強度試驗		ISRM「Suggested Methods for Determining the Uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials」

3-3-3 調查成果

一、鑽探經過

計畫鑽探工作於民國98年10月10日於現場定孔，同年10月13日共進二部鑽機於B03及B08同步進場施作，至民國98年11月12日完成地質鑽探取樣及現地試驗工作，現地作業工期共計31天，鑽探工作進度如圖3-3-2所示，施工照片如圖3-3-3。

整體力學性質由細顆粒物質主導。本層之上部可能會包含部分的表土覆蓋層，但因其不易區分，且其工程性質無明顯差異，故皆併入崩積層。崩積層的厚度由9m至45m不等，一般而言，位於邊坡上方的鑽孔，其崩積層較薄，位於邊坡下方者則較厚。

(二)岩盤

本地區的堅實岩盤岩性以灰色砂岩為主，地層分類屬於上新世的卓蘭層。砂岩通常岩體完整而少有擾動跡象，局部含有灰黑色頁岩的夾層，或夾有紋層狀灰黑色頁岩薄層，整體厚度估計在30m以上。位於邊坡下方的鑽孔中，砂岩上方尚可發現較厚的頁岩層，其中，B08鑽孔中，僅鑽到砂岩上的頁岩層，尚未到達砂岩層頂部，頁岩厚度達14m。整體而言，本地區的岩盤中並無滑動跡象，地滑現象應僅限於崩積層中。

三、各鑽孔岩心描述

【B01】

B01鑽孔位於滑動邊坡主崩崖附近，為計畫區域最上方之孔位。0~11.5m為表土層及崩積層，11.5m以下為岩盤，其中11.5~13.1m為灰黑色頁岩，13.1~16.8m為灰色至灰白色砂岩夾灰黑色頁岩，16.8~26.8m岩性轉為較純的灰色砂岩。26.8~38.9m間屬灰色砂岩中偶夾薄層灰黑色頁岩，其中26.8~28.15m、29.0~29.4m、31.4~31.9m及33.8~34.7m皆為砂頁岩互層。38.9~40.0m則為砂頁岩薄葉互層的岩性。

【B02】

B02鑽孔位於B01孔的下方茶園中，也是位在滑動區內的主崩崖附近。本孔0~17.0m為崩積層，17.0m以下則為堅實岩盤，以砂岩為主。其中，17.0~17.4m為灰色砂岩與灰黑色頁岩互層，17.4~19.45m為灰色至灰白色砂岩，19.45~22.8m為灰色砂岩夾薄層灰黑色頁岩，局部地區可見生物擾動之跡象。22.8~32.5m為灰色砂岩，其間在24.35~24.45m夾有貝類化石。32.5~40.0m岩性為灰色砂岩偶夾薄層灰黑色頁岩，其中32.5~33.3m、33.75~33.90m、34.15~34.85m、36.6~37.0m及39.3~40.0m岩性皆屬砂頁岩薄互層。

【B03】

B03鑽孔位於B01孔下方的縣道166道路旁，也就是位在滑動區內的次崩崖滑動土體的中心附近。本孔中0~9.0m為崩積層，9.0m以下為岩盤，幾乎全為砂岩。其中9.0~13.5m為灰色砂岩，並具有灰黑色紋層，偶而夾有貝類化石，且可見到生物擾動之跡象，其中在9.45~9.80m夾有一段灰黑色頁岩。13.5~23.4m岩性轉為較純的灰白色砂岩。23.4~28.0m的砂岩具有灰黑色紋層。28.0~35.8m的灰白色砂岩偶含灰黑色紋層。35.8~38.7m岩性轉為灰色砂岩與灰黑色頁岩薄葉互層，38.7~40.0m則又恢復為灰白色砂岩。

【B04】

B04鑽孔位在B03鑽孔的東側，也是位於縣道166道路附近。本孔中0~17.0m為崩積層，17.0m以下為岩盤，幾乎全為砂岩，偶夾有薄層的頁岩。其中，17.0~33.3m為灰色至灰白色砂岩，偶夾薄層頁岩及貝類化石，如18.15~18.33m及23.9~24.15m均夾有貝類化石，19.4~20.3m岩性則為砂頁岩互層。33.3~40.0m為灰色砂岩偶夾灰黑色頁岩，其間在36.85~37.0m及38.0~38.3m均夾有頁岩的岩屑。

【B05】

B05鑽孔位在計畫區域下方的縣道166道路旁，是屬於滑動區塊以外之區域。本孔0~32.1m全為崩積層，32.1~40.0m則為灰色至灰白色砂岩，局部銹染呈黃棕色。

【B06】

B06鑽孔位在B05鑽孔的東側，也是位在計畫區域下方的縣道166道路附近，但座落於滑動區塊以內。本孔中0~20.35m為崩積層，20.35m以下為岩盤，以砂岩為主，偶夾有砂頁岩薄互層。其中，20.35~25.0m為灰色至黃棕色砂岩，偶夾灰黑色頁岩薄層。25.0~29.0m為砂頁岩薄葉互層，但在25.5~26.2m及26.5~26.85m夾有灰白色砂岩。29.0~33.0m為灰白色砂岩，偶夾砂頁岩薄葉互層，如30.2~30.6m砂頁岩薄葉互層。33.0~36.1m岩性為砂頁岩薄葉互層，36.1~40.0m則為灰白色砂岩，偶夾砂頁岩薄葉互層。

【B07】

B07鑽孔位在B06鑽孔的東側，也是位在計畫區域下方的縣道166道路附近。本孔中0~6.3m為覆土層，6.3~45.5m則為崩積層，45.5~48.9m為灰黑色頁岩，48.9~52.0m為砂頁岩互層，局部剪裂破碎。

【B08】

B08鑽孔為計畫區域邊坡最下方之孔位，其0~26.2m為崩積層，26.2~40.0m則為灰黑色頁岩之岩盤，岩體大致良好，但局部地區呈剪裂破碎。

表 3-3-4 地質鑽探成果摘要

孔號	深度(m)	N值	RQD(%)	岩性描述
B01	0.00~11.50	2~18	-	0.00~7.00 表土層(回填柏油、混凝土、黃棕色砂質粉土夾岩塊) 7.00~11.50 崩積層
	11.50~40.00	-	50~99	11.50~40.00 灰色至灰白色砂岩為主，偶夾灰黑色頁岩及砂頁岩薄葉互層
B02	0.00~17.00	2~100	-	0.00~17.00 崩積層
	17.00~40.00	-	40~99	17.00~40.00 灰色至灰白色砂岩夾薄層灰黑色頁岩，局部地區生物擾動
B03	0.00~9.00	4~19	-	0.00~9.00 崩積層
	9.00~40.00	-	40~99	9.00~40.00 灰白色砂岩為主，偶夾灰黑色紋層、貝類化石及生物擾動
B04	0.00~17.00	6~93	-	0.00~17.00 崩積層
	17.00~40.00	-	30~90	17.00~40.00 灰色至灰白色砂岩，偶夾薄層頁岩及貝類化石
B05	0.00~32.10	6~100	-	0.00~32.10 崩積層
	32.10~40.00	-	30~100	32.10~40.00 灰色至灰白色砂岩，局部銹染呈黃棕色
B06	0.00~20.35	16~47	-	0.00~20.35 崩積層
	20.35~40.00	-	0~100	20.35~40.00 灰色至黃棕色砂岩，偶夾灰黑色頁岩薄層，部份砂頁岩薄葉互層
B07	0.00~45.50	3~36	-	0.00~6.30 表土層 6.30~45.50 崩積層
	45.50~52.00	-	65~99	45.50~52.00 灰黑色頁岩及砂頁岩互層，局部剪裂破碎
B08	0.00~26.20	6~32	-	0.00~26.20 崩積層
	26.20~40.00	-	70~100	26.20~40.00 灰黑色頁岩，局部剪裂破碎

三、力學試驗成果

本計畫力學試驗於表土覆土層及崩積層配合標準貫入試驗採劈管取樣共取土壤試體65組進行土壤一般物性試驗，另進行8組土壤直剪試驗，因此土壤部份計有一般物性試驗65組及土壤直剪試驗8組。

在岩石試驗方面原則以每孔採取代表性之岩體各1組分別辦理岩石直剪試驗，並且進行試體之一般物性試驗，另於所有鑽孔內選擇代表性岩體3組進行岩石單軸壓縮試驗，因此在岩石部份計有一般物性試驗8組、岩石直剪試驗8組及岩石單軸壓縮試驗3組。

相關取樣孔位及數量統計如表3-3-5所示，試驗成果整理於附錄四。

表 3-3-5 土壤及岩石力學試驗數量統計表

鑽孔編號	表土層及崩積層 (M)	岩層 (M)	合計 (M)	標準貫入試驗 (次)	劈管取樣 (組)	土壤一般物性試驗 (組)	土壤直接剪力試驗 (組)	岩石一般物性試驗 (組)	岩石直接剪力試驗 (組)	現地透水試驗 (組)
B01	11.50	28.50	40.00	8	7	7	1	1	1	3
B02	17.00	23.00	40.00	12	11	11	1	0	0	2
B03	9.00	31.00	40.00	6	6	6	1	1	1	3
B04	17.00	23.00	40.00	10	9	9	1	1	1	1
B05	32.10	7.90	40.00	15	7	7	1	1	1	1
B06	20.35	19.65	40.00	11	10	10	1	1	1	3
B07	45.50	6.50	52.00	11	9	9	1	1	1	2
B08	26.20	13.80	40.00	6	6	6	1	2	2	2
W01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
合計	178.65	153.35	332.00	79	65	65	8	8	8	20

力學試驗為配合後續數值分析需要，因此進行土壤直剪及相關物性試驗，以供後續邊坡穩定分析所用，相關取樣位置及試驗成果如表3-3-6所示。

在岩石方面則針對計畫區域現有之砂岩、砂頁岩互層及頁岩等不同岩性進行取樣，以求取各種岩性之力學強度及摩擦性質，相關力學試驗成果及取樣位置整理如表3-3-7~表3-3-9所示。

在現地透水試驗部分，共施作6組土層孔內定水頭透水試驗及14組岩層透水試驗，試驗成果說明如下：

(一)土層透水試驗

土層透水試驗係在鑽孔控制並調整灌水量，維持固定水位差與穩定灌水量，然後量測穩定後之水位差及灌水量，即可推算孔底土層之滲透係數。本計畫於B01、B02、B03、B06、B08、W01鑽孔進行試驗，共6組土層透水試驗，土層透水試驗成果摘錄如表3-3-10所示，試驗成果記錄表詳附錄四。

(二)岩層透水試驗

岩層透水試驗係利用鑽孔於岩層內試驗，本次試驗於各鑽孔分別進行1~3個位置之岩層透水試驗總試驗組數14組。試驗壓力(kg/cm²)按0—2—4—6—4—2—0等各段壓力分別辦理，每次試驗均於壓力穩定並維持該壓力，量測並記錄吃水量，岩層透水試驗成果摘錄如表3-3-10所示，試驗成果記錄表詳附錄四。

表 3-3-6 土壤直接剪力試驗成果表

試體編號	B01	B02	B03	B04	B05	B06	B07	B08
取樣深度(m)	4.75-5.00	12.00-13.70	4.70-5.00	3.00-3.20	21.00-21.20	6.30-6.50	5.00-5.20	9.00-9.70
γ_d (t/m ³)	1.70	2.22	1.88	1.96	1.94	2.12	1.63	1.67
w_n (%)	17.91	11.58	13.61	13.69	12.37	5.66	22.05	20.11
C_p (kg/cm ²)	0.27	0.41	0.47	0.39	0.14	0.47	0.14	0.40
ϕ_p (°)	34.89	34.09	30.87	33.14	35.37	30.84	36.30	32.73
C_r (kg/cm ²)	0.20	0.15	0.37	0.14	0.00	0.37	0.00	0.32
ϕ_r (°)	30.40	28.94	26.49	28.90	30.81	26.49	31.73	27.51
試體說明	取樣位置： 表土崩積層 試體敘述： 低塑性黏土夾 岩塊	取樣位置： 表土崩積層 試體敘述： 低塑性黏土及 粉土夾岩塊	取樣位置： 表土崩積層 試體敘述： 粉土質砂夾岩 塊	取樣位置： 表土崩積層 試體敘述： 低塑性黏土夾 岩塊	取樣位置： 表土崩積層 試體敘述： 粉土質砂夾岩 塊	取樣位置： 表土崩積層 試體敘述： 低塑性黏土及 粉土夾岩塊	取樣位置： 表土崩積層 試體敘述： 低塑性粉土夾 岩塊	取樣位置： 表土崩積層 試體敘述： 粉土質砂夾岩 塊

表 3-3-7 岩石一般物理性質試驗成果表

孔號	深度 (m)	含水量 (%)	乾單位重 (t/m^3)	比重 Gs	孔隙比 e	吸水率 (%)	岩石分類
B01	15.00-16.00	2.3	2.26	2.70	0.19	3.5	灰色至灰白色砂岩
B03	21.00-22.00	2.4	2.30	2.68	0.17	5.2	灰白色砂岩
B04	25.00-25.50	2.2	2.13	2.68	0.26	6.1	灰色至灰白色砂岩
B05	32.30-32.70	2.4	2.28	2.68	0.18	5.8	灰色至灰白色砂岩
B06	38.20-39.00	2.2	2.08	2.69	0.29	5.8	灰色至灰白色砂岩
B07	44.00-45.00	2.4	2.23	2.70	0.21	-	崩積層
B08	22.00-23.00	2.3	2.02	2.71	0.34	-	崩積層
B08	29.00-30.00	2.4	2.20	2.70	0.23	8.5	灰黑色頁岩

表 3-3-8 岩石直接剪力試驗成果表

孔號	深度 (m)	岩石直接剪力試驗				岩心敘述
		C_p (kg/cm^2)	Φ_p (度)	C_r (kg/cm^2)	Φ_r (度)	
B01	15.00-15.30	0.00	33.62	0.00	25.31	灰色至灰白色砂岩
B03	20.00-20.30	0.00	32.01	0.00	30.36	灰白色砂岩
B04	25.50-25.80	0.00	32.49	0.00	31.17	灰色至灰白色砂岩
B05	38.00-38.30	0.00	32.27	0.00	29.48	灰色至灰白色砂岩
B06	36.50-36.80	0.00	35.15	0.00	32.75	灰白色砂岩偶夾砂頁岩
B07	44.00-44.20	0.03	30.60	0.00	24.64	崩積層
B08	21.00-21.30	0.14	30.42	0.00	27.47	崩積層
B08	30.00-30.30	0.00	29.00	0.00	23.42	灰黑色頁岩

表 3-3-9 岩石單軸壓縮試驗成果表

孔號	深度(m)	乾單位重 (t/m^3)	含水量 (%)	單壓強度 (kg/cm^2)	岩性
B01	22.00-22.30	2.25	5.65	40.82	灰色砂岩
B06	39.15-39.35	1.95	7.40	2.44	灰白色砂岩 偶夾砂頁岩薄葉互層
B08	31.00-31.30	2.31	7.40	31.24	灰黑色頁岩

表 3-3-10 土層及岩層透水試驗摘錄成果表

試驗項目	位置	施作深度	試驗成果	主要岩性描述
土層 透 水 試 驗	B01	3.0~4.0 m	2.08×10^{-5} cm/sec	崩積土
	B02	3.0~4.0 m	9.89×10^{-5} cm/sec	
	B03	3.0~4.0 m	1.02×10^{-4} cm/sec	
	B06	11.0~12.0 m	9.21×10^{-5} cm/sec	
	B08	3.0~4.0 m	7.41×10^{-5} cm/sec	
	W01	3.0~4.0 m	7.37×10^{-5} cm/sec	
岩層 透 水 試 驗	B01	13.0~17.0 m	≐ 3.14 Lugeon	砂岩
	B01	23.0~28.0 m	≐ 0.16 Lugeon	砂岩
	B02	18.0~23.0 m	≐ 10.55 Lugeon	砂岩夾薄層頁岩
	B03	25.0~30.0 m	≐ 0.77 Lugeon	砂岩
	B03	30.0~35.0 m	≐ 0.21 Lugeon	砂岩
	B04	20.0~25.0 m	≐ 6.22 Lugeon	砂岩偶夾薄層頁岩
	B05	33.0~38.0 m	≐ 18.41 Lugeon	砂岩、局部銹染
	B06	26.5~28.0 m	≐ 98.98 Lugeon	砂頁岩薄葉互層
	B06	33.0~37.0 m	≐ 41.55 Lugeon	砂頁岩薄葉互層
	B07	24.0~29.0 m	≐ 30.30 Lugeon	崩積層
	B07	32.0~37.5 m	≐ 8.24 Lugeon	崩積層
	B08	30.0~35.0 m	≐ 6.13 Lugeon	頁岩、局部剪裂破碎
	W01	22.0~26.5 m	≐ 1.22 Lugeon	砂岩
	W01	33.0~36.0 m	≐ 0.15 Lugeon	砂岩

3-4 地球物理探測工作及成果

3-4-1 作業規劃

地球物理探測通常應用於地質調查之地層構造探測、岩盤探測、地層動態性質探測、耐震設計資料探測、地層震動特性探測、地下埋設物探測及地下水調查各方面，地球物理探測方法之選擇，須依調查之目的而定，同時必須考慮探測現場之環境、地形、地質、土層性質以及土地利用狀況等。因各種地球物理探測方法各有其限制及解析能力，故有時須數種地球物理探測方法同時併用，相輔相成以獲得更多之資料作正確之研判解析，以作為設計、施工之參考。地球物理探測方法的選擇，主要視此探測方法對地層的物理特性中，那些具有較強烈的對比而定，對比愈強烈者愈有效愈準確。

本計畫主要為使用地電阻影像探測方法針對崩塌區域進行探測，探查重點包括工程地質、潛在滑動面及地下水分佈狀態，並配合其他包含地質調查、地質鑽探等資料綜合研判，以期能對調查區域之地層滑動特性做一較清楚之掌握，以提供相關資料做為後續安全評估作業之參考。

二維地電阻影像剖面探測(2D Resistivity Image Profiling簡寫為2D RIP)是一種二度空間高密度的電阻探測成果，其前提為假設測線下的地層電阻分佈於垂直測線方向為無限沿伸，故可以二維空間(測線方向、深度)表示，此法可大致掌握調查區域底下之地層構造及異常狀態，其優點為現場施測較為迅速，施測成果準確，可以快速、準確及有效掌握調查區域底下大範圍之狀態。電極排列方法採用pole-dipole、dipole-dipoles及Schlumberger等排列方式綜合施測。

本計畫施設一條縱向地電阻探測測線(RIP1)，測線長度為1,000公尺，佈設位置如圖3-4-1所示，希望透過崩積層、砂岩及頁岩之不同的電阻率反應探查計畫邊坡的地層分佈。本工作於民國98年11月17日進行現場探測工作，現場施作照片如圖3-4-2所示。

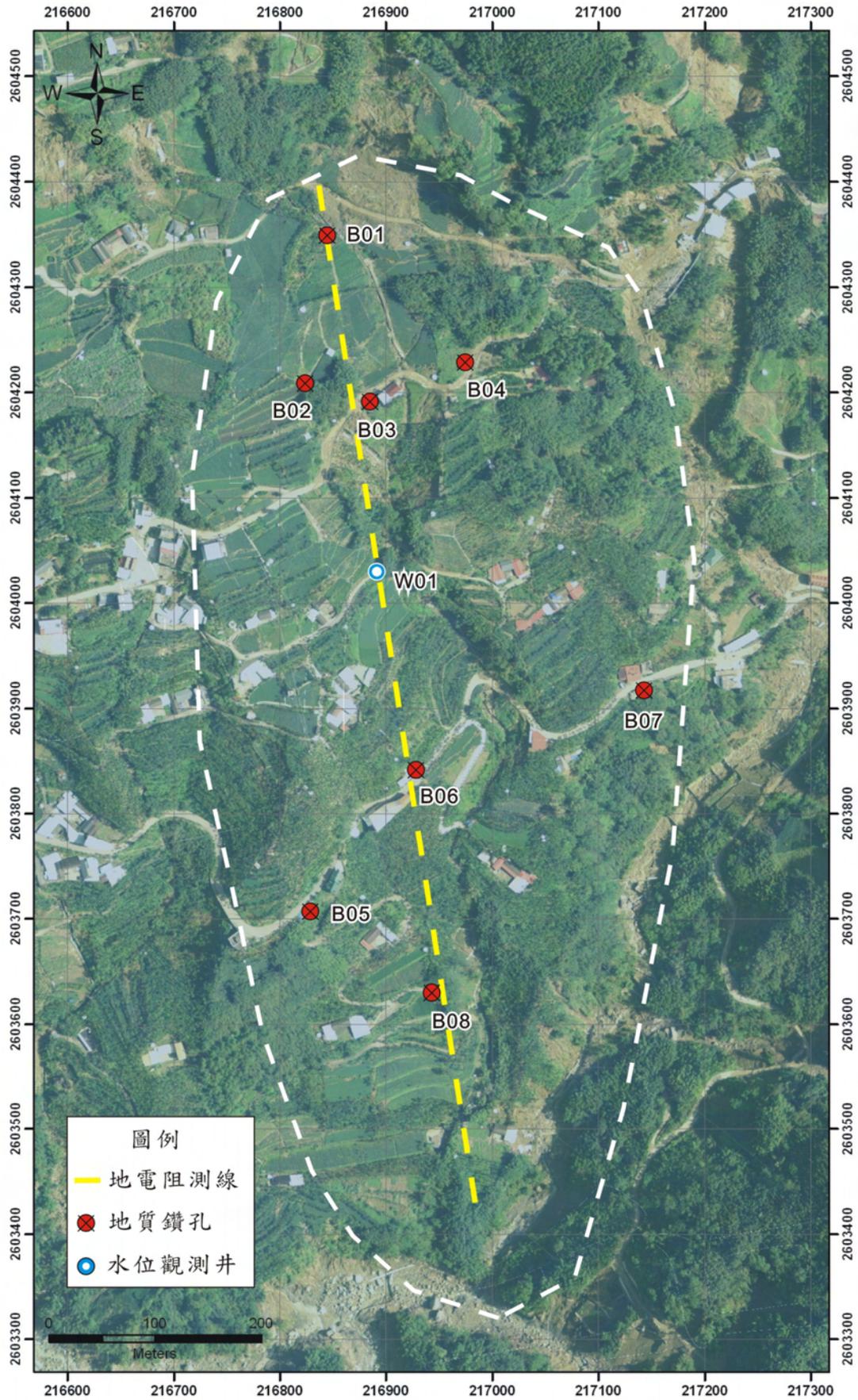


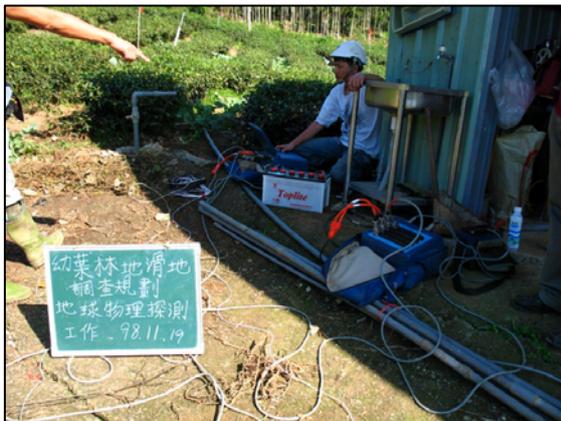
圖 3-4-1 地電阻探測測線佈置圖



RIP1測線佈置



RIP1測線佈置



RIP1測線-資料收集



RIP1測線-資料收集

圖 3-4-2 地電阻探測現場施作照片

3-4-2 作業方法

本計畫地球物理探測採用地電阻影像剖面探測(RIP)方法，茲將地電阻影像剖面探測之探測原理、儀器設備、資料處理分析與判釋結果說明敘述如下：

一、探測原理

地電阻影像剖面探測法，其原理主要將直流電藉由插於地表或探測孔內之一對電極(電流極)通入地下，電流流經地層造成人工電場，由地表上之另一對電極(電位極)量測此電場之電位差，此電位差因地層之導電性及探測點間異常物質之不同而有異常不均之分佈。由通入地下之電流強度、量測得之電位差及電流極間之相對位置，依歐姆定律求出地層之視電阻值及電性地層之構造，進而推估調查區域間異常帶之分布狀況，地表二維地電阻影像剖面法探測電極排列方式示意圖詳圖3-4-3。

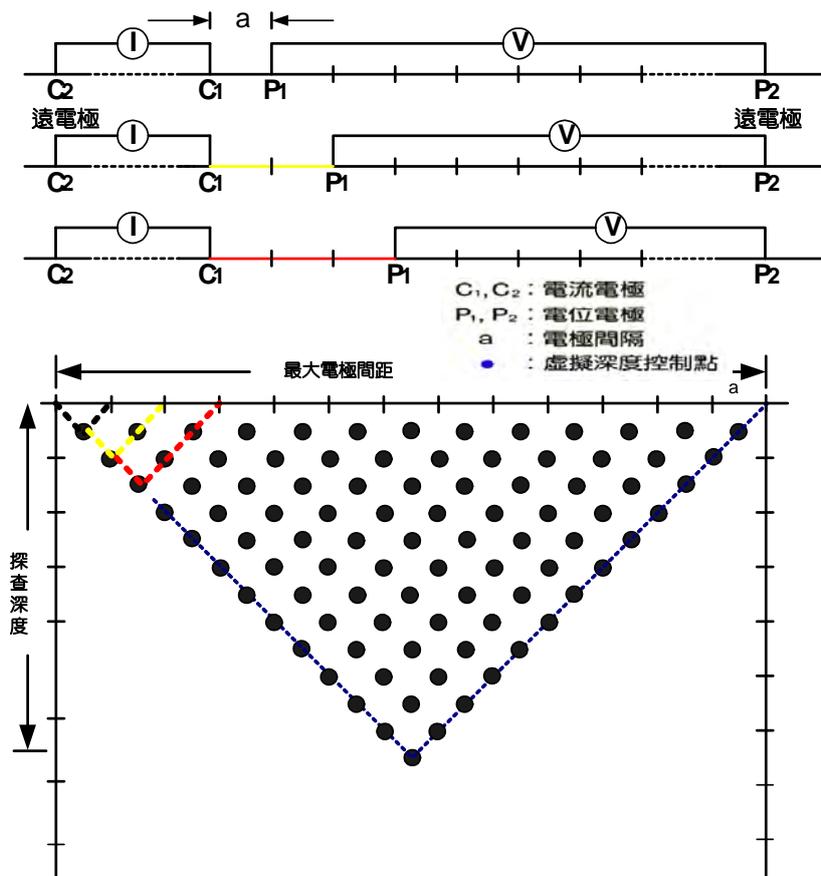


圖 3-4-3 地電阻影像剖面法探測電極排列方式示意圖

二、探測儀器

本計畫地電阻影像剖面法使用日本 OYO 公司製造的 McOHM PROFILER-4 電探儀(圖 3-4-4)，該儀器是特別針對地電阻影像剖面法與地電阻斷層掃描法(resistivity tomography)設計的，硬碟最多可同時儲存 2G 電極訊號，具有一根電極放電，4 根電極同時接收的快速施測特性，並獲得高品質資料的優點。其主要組成包含：

(一)電極棒：使用不極化材質的金屬棒當作電極棒。

(二)電探儀：應包括電流供應器及電壓量測器，最高輸出電壓至少 400V，輸出電流可變範圍為最高可達 1.0Amp，測量解析度達到 24-bit，使用電源 12V 之蓄電池，利用 SCANNER 可擴充至 288 根電極。附有彩色顯示幕，可外接熱感印表機。

(三)傳輸電纜：使用OYO公司製造的原廠電纜線，其優點為內電阻小，可確保電壓訊號在傳輸過程中，不會因內電阻過大而衰減失真。



圖 3-4-4 多功能地電阻儀(McOHM PROFILER-4)

三、資料處理與分析

地電阻影像剖面探測法是使用二支電極棒(以 C_1 與 C_2 表示)將電流通入地層中以造成人為電場。用另外二支電極棒(以 P_1 與 P_2 表示)測量此電場的電位差。此電位差與通入地下的電流強度、電極間的相對位置及各地層的導電性有關。在一電性地質半空間地層，各物理量間之關係，如下式：

$$V = \frac{\rho I}{2\pi} \left\{ \left(\frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_2 P_1} \right) - \left(\frac{1}{C_1 P_2} - \frac{1}{C_2 P_2} \right) \right\}$$

式中 V ：電位極間的電位差

ρ ：為地層的電阻率

I ：為通入地下的電流強度

$C_1 P_1$ 、 $C_1 P_2$ 、 $C_2 P_1$ 、 $C_2 P_2$ ：為電流極至電位極間之距離

上式可改寫成：

$$\rho = K \frac{V}{I}$$

式中

$$K = 2\pi \left\{ \left(\frac{1}{C_1 P_1} - \frac{1}{C_2 P_1} \right) - \left(\frac{1}{C_1 P_2} - \frac{1}{C_2 P_2} \right) \right\}^{-1}$$

因此若測得I、V及電流極與電位極的相對位置即可算出此均質半空間介質的電阻率。但地層實際上並非均質半空間狀況，因此依上式算得的電阻率稱為「視電阻率」(apparent resistivity)，寫成

$$\rho_a = K \frac{V}{I}$$

視電阻率通常不代表地下各地層之實際電阻率，而是代表在此種電極排列情形下所有電性地層之綜合效應。電流極展距越大，其效應越接近下部地層之性質，因此在探測中將電流極展距逐次加大，可逐次測獲由淺至深的地層反應訊號。資料經適當的處理與解釋可推算得地層的真實電阻率。

四、判釋結果說明

由於物質的電性影響著地電阻探測判釋的結果，以下就電阻率之特性作一說明：

電阻率指示物質導電性的良劣。在一般導體之導線兩端接上可變的電位差V，每次加上不同的電位差時，而量測導線上的電流I，發現兩者間是線性關係變化。

$$\frac{V}{I} = R$$

此處電阻R就是導線兩端電位差與其上電流I成線性關係時的比例常數，金屬導體皆有此重要的結果，此結果稱為歐姆定律(Ohm's Law)。

導線上電阻R與材料特性關係可由下式表示：

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

可視為導線電阻的一般定義。 ρ 即為導線材料的電阻率， l 為導線長度， A 為導線截面積，電阻單位為歐姆(ohm，符號為 Ω)。由此可知，導線上的電阻就某一材料而言，線徑(即截面)越小，電阻愈大，而長度越長電阻也越大。導線材料上的電阻率 ρ 的倒數 $1/\rho$ 稱為導電率 σ 。因此在取材上盡量使用高導電率，即低電阻率，則其電阻就愈小。由於分佈範圍很大，不同的地層及不同含水狀態常表現明顯的電阻率差異，是地層分辨的良好依據。

而在此我們所關心的是地層的電阻率分布情形，地層的電阻率與地層水的含量、鹽度及分佈狀態有關，也與組成地層的固體顆粒的導電性有關。一般的地層，其固體顆粒為普通造岩礦物的組合體，導電性很低，可視為絕緣體，所以一般地層的電阻率主要決定於地層中水的含量、鹽度及分佈狀態。一般而言，水的含量愈高，鹽度愈高，水的連通性愈佳，其電阻率愈低。地層的粒度愈細，其可交換離子(exchangeable ions)愈多，電阻率愈低。因此可以由地層的電阻率來研判地層的含水程度、粒度及岩性，藉以研判地層的形貌及構造。

3-4-3 探查成果

一、露頭電阻率調查

為掌握調查範圍內出露之崩積層及卓蘭層電阻率分布，本計畫以電極間距為50公分之溫奈排列法(Wenner Array)，以平行方向施測，共完成6組露頭電阻率量測，其目的為由地表岩層露頭量測知道岩層電阻率差異分布，使得追蹤電性地層延伸時較不易誤判，並可檢驗RIP電阻率分布與現地量測值是否接近，輔助電性地層求得最接近事實結果。另由圖3-4-5及圖3-4-6顯示不同地層岩性、含水狀況及孔隙率所對應的電阻分布情形，將有助於解釋判斷。露頭量測位置及量測結果如圖3-4-7所示。

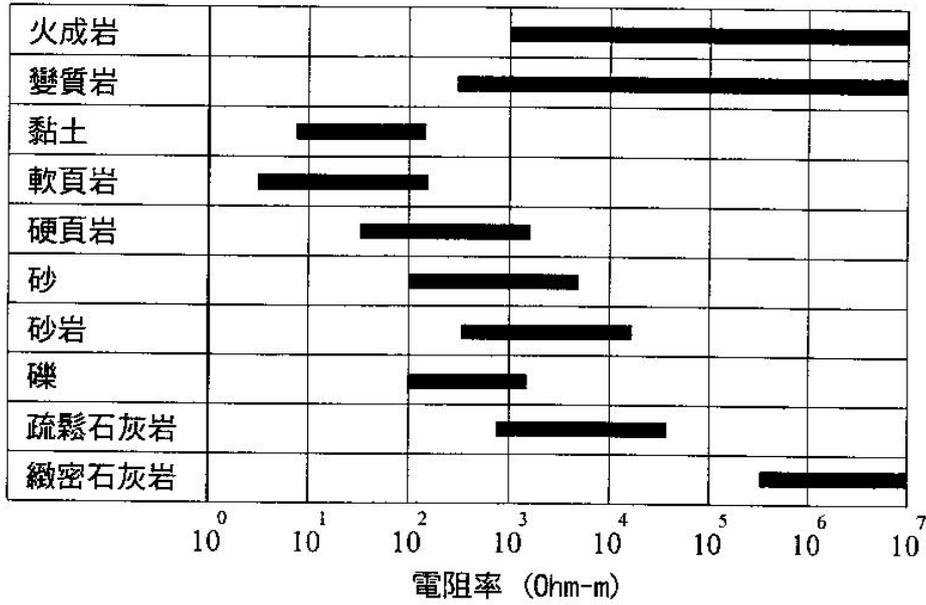
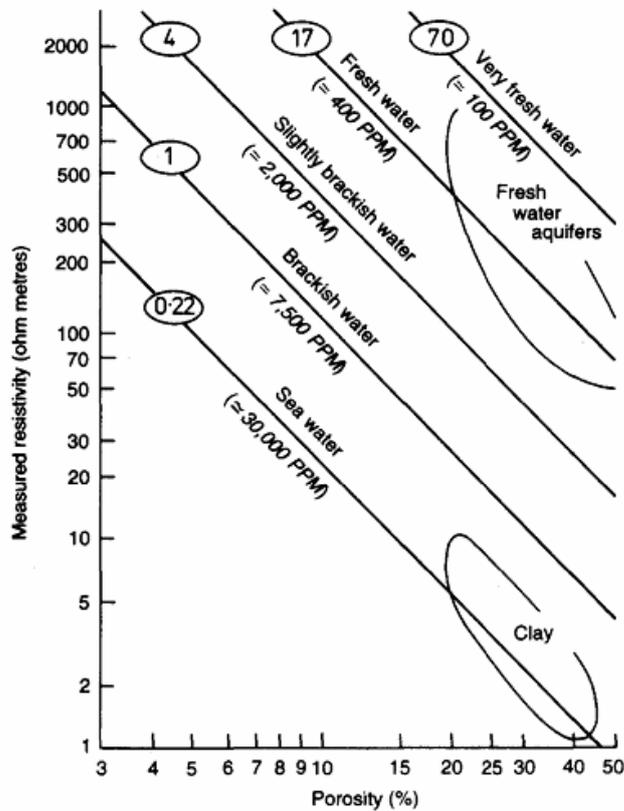


圖 3-4-5 一般地層電阻率分佈圖(Keller and Frischknecht,1966)



Figures in circles denote ground water resistivities (ohm metres)
 PPM = Parts of solids dissolved in 1,000,000 parts of water

圖 3-4-6 地下水狀態及土壤孔隙率對地電阻的影響(Guyod,1964)

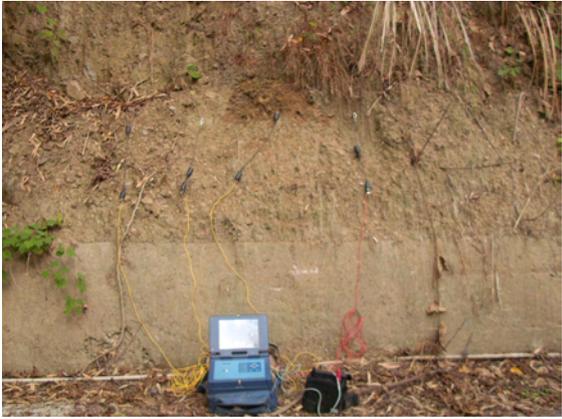
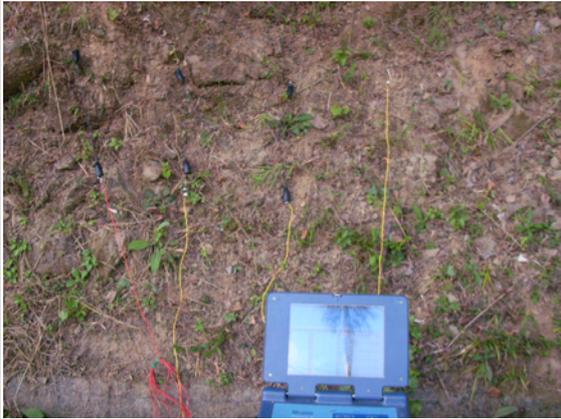
			
地層	崩積層	地層	卓蘭層
座標	216885.44,2604174.38	座標	216988.85,2604356.36
描述	土灰色、乾燥、土層夾岩塊	描述	土黃色、乾燥、砂岩夾薄頁岩
電阻率	68.53Ω-m	電阻率	120.46Ω-m
			
地層	卓蘭層	地層	崩積層
座標	216942.91,2604407.45	座標	216894.62,2604028.92
描述	土灰黑色、乾燥、破碎頁岩	描述	土黃色、乾燥、土層夾岩塊
電阻率	38.90Ω-m	電阻率	13.447Ω-m
			
地層	卓蘭層	地層	崩積層
座標	216877.39,2603766.99	座標	216943.78,2603633.04
描述	土黃色、乾燥、風化砂岩	描述	土黃色、乾燥、土層夾岩塊
電阻率	100.89Ω-m	電阻率	124.43Ω-m

圖 3-4-7 露頭量測位置及量測結果

二、探測成果

本次地電阻影像剖面(RIP)探查工作採用電極間距為5公尺之雙極排列法進行施測，測線總長度1,000公尺，接收16層，探測深度80公尺。依地質調查所公佈的地質圖顯示，本測線位於草嶺背斜的東南翼及鹿窟斷層的西北側，主要岩性為卓蘭層，因此造成其電阻率差異可能有以下幾點因素：

- (一)不同的岩性造成明顯高低電阻率差異。
- (二)同一岩性地層中有明顯高低電阻率存在，顯示相同岩性地層因其破碎、含水量改變或地層錯動造成電阻率改變。
- (三)地質構造單純電阻值漸變或相同。
- (四)回填材料造成上下電阻值差異。

本次地電阻探測剖面成果如圖3-4-8所示，經比對露頭電阻率及測線上鑽孔資料(B01、B03、W01、B06及B08)，可得知本測線上地下水位面大部份位在崩積層內，深度約在地表下5.0m~30m。在岩層方面，大致可推論出崩積層或表土層因受地表人工結構物、地下水及夾有岩塊，因此電阻率分佈較廣，電阻率1~400 Ω -m，厚度6.0m~35m；在測線0m~675m主要以砂岩為主，電阻率大於50 Ω -m，但中間夾有三處砂岩夾頁岩或砂頁互層的地層，其電阻率集中於20~50 Ω -m，但局部可能因含水、泥或破碎使得電阻率降至2 Ω -m，此三處地層主要分佈於200m~230m、300m~560m及580m~600m；675m~1000m主要以頁岩為主，由於局部破碎及含水，因此電阻率介於2~40 Ω -m。

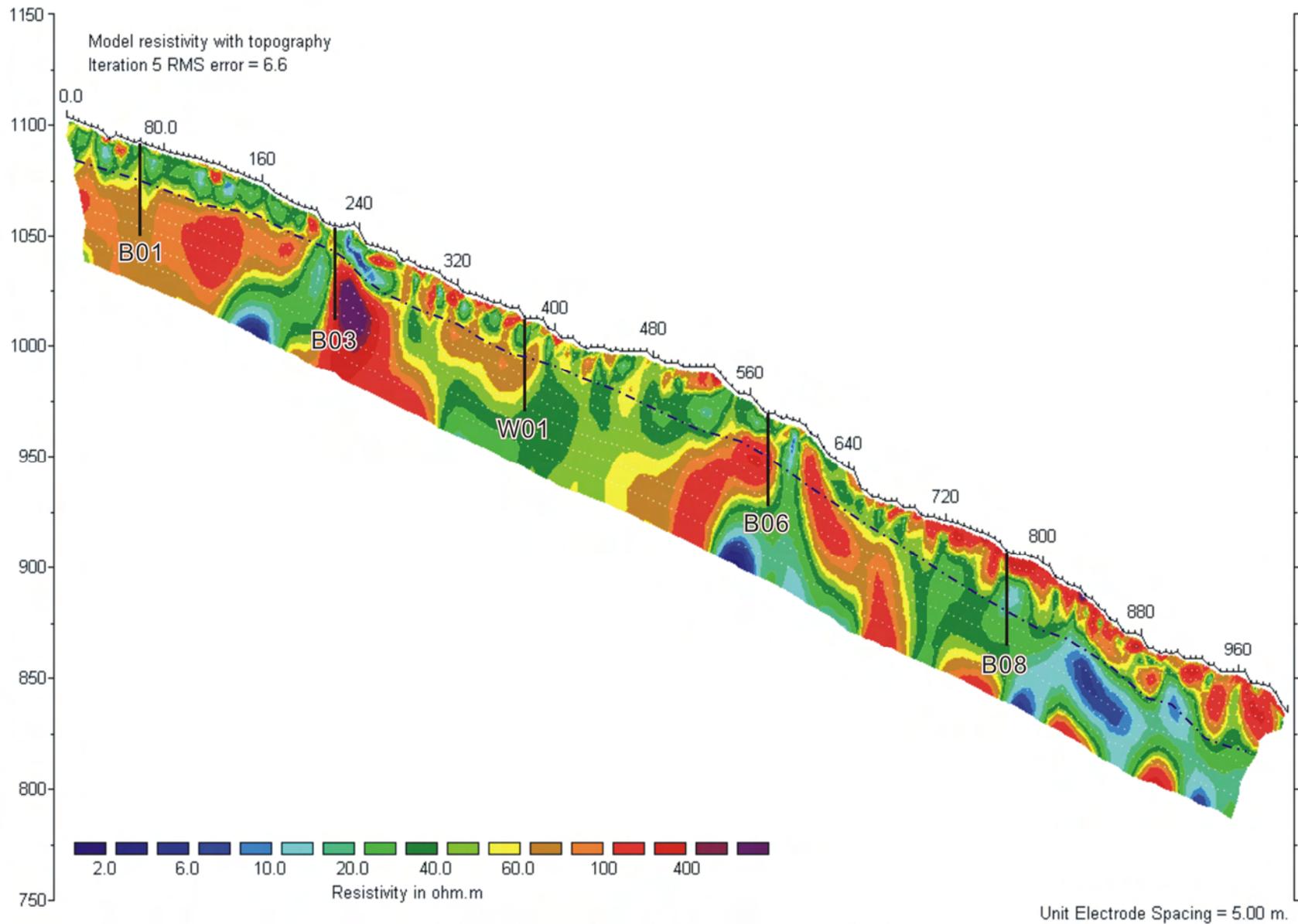


圖 3-4-8 地電阻影像剖面探測成果圖

3-5 地下水檢層分析

3-5-1 試驗原理與作業規劃

一、試驗原理

1972年日本農學博士申潤植提出地下水檢層原理，其定義為在自然狀況下，地下水流動多半很慢，加上實施檢層的時間又很短，因此在一般情況下可將地下水的自然流速視為零，並在此前提下，搭配含水層水頭高低之影響及適度食鹽水，即可觀測出滲流水層的厚度及其位置，此即為「地下水檢層原理」。

本工作地下水調查係採地下水檢層法，其目的即在調查地下水脈的分佈及其水平流動的狀況，其檢測方式係利用量測溶解於鑽孔中地下水電解質濃度變化，以判別地下水脈位置及流動趨勢。通常使用之電解質為食鹽(NaCl)，將其加入鑽孔內之地下水中，然後量測各深度地下水之比電阻值隨時間變化量。當鑽孔中局部地下水流動相當快速，其比電阻值在該段則會有很明顯的變化，顯示其地下水有很明確的流動現象，至於比電阻值變化不大時，則表示該層並未有快速流動之地下水或水脈。本工作採用型號為OYO-GL3030調查儀器進行調查。

根據國內外進行地下水檢層試驗資料文獻顯示，渡正亮、酒井淳行(1965)、申潤植(1972)、藤原明敏(1979)、吳建興(1998)、彭智弘(1999)等人，提出相關模型試驗及試驗律定原理，惟試驗時程並未有統一或限制之規定，地下水流動趨勢端視試驗井鄰近地質條件、地下水位、壓力水頭、試驗孔地表下開孔位置等相關因素所影響，亦即可於一相對時間內觀察地下水比電阻值的變化趨勢，地下水若有明顯流動現象，則流動的過程將稀釋加入在試驗井內電解質的濃度，而使在該段試驗時程間即有比電阻值變化的趨勢，反之若無明顯流動，則該段試驗時程間之比電阻值變化則不明顯。

藤原明敏(1979)提出地下水檢層試驗於一相對觀測時間內依其比電阻值變化量之結果，研判地下水層為確定、準確定或潛在之流動層，如表3-5-1所示。由表中可知，其相對觀測時間最小為30分鐘，最大為240分鐘，並於各相對時程中所變化之比電阻值及累積傾向，定義地下水層所屬之分類。本試驗原則上建議採60分鐘試驗時程作為研判依據，進行

地下水檢層現場試驗，蒐集地下水流動特性及數據進行成果之研判討論。

二、作業規劃

本計畫於計畫區中段鑽設地下水檢層專用井W01，鑽孔深度40公尺，並在孔內埋設透水性良好之3” PVC管包覆濾網，使其地下水能順利流通於孔內，孔位佈設位置如圖3-5-1，孔位座標及地下水位高程資料整理如表3-5-2，地下水檢層法之儀器及現地量測情形如圖3-5-2所示。

表 3-5-1 地下水流動層研判準則表(藤原明敏，1979)

流動層	比電阻變化值(Ω -cm)				增大值之累積傾向
	30 分鐘	60 分鐘	120 分鐘	240 分鐘	
確定流動層	≥ 1000	—	—	—	顯著
準確定流動層	≥ 200	≥ 500	≥ 1000	—	略顯著
潛在流動層	≥ 100	≥ 200	≥ 300	≥ 500	略有

表 3-5-2 地下水檢層孔位基本資料

孔號	孔位深度(m)	座標		地表高程(EL.m)	量測日期	試驗時水位(m)	試驗歷程(min)
		N	E				
W01	40	2604032.99	216893.12	1,012.6	99.9.16	GL-7.0	60

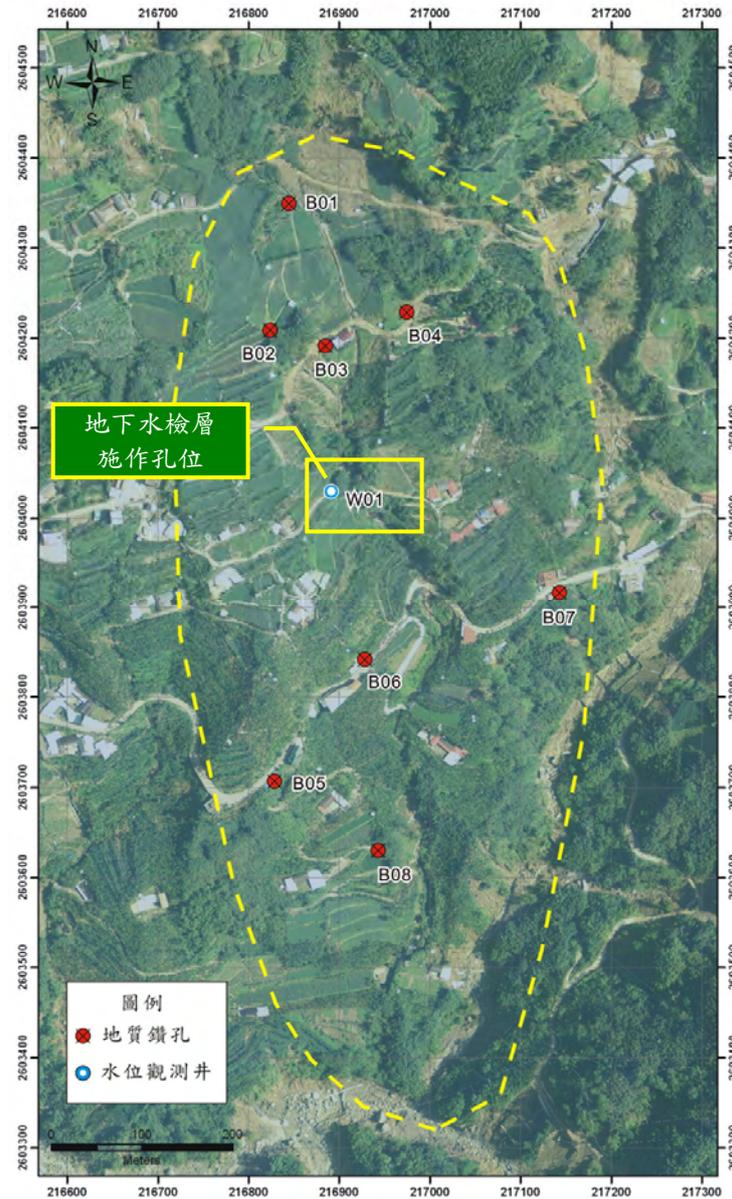


圖 3-5-1 地下水檢層孔位佈設位置圖



照片 1 地下水檢層儀器

照片 2 地下水檢層試驗情形

圖 3-5-2 地下水檢層儀器及現場試驗現況

3-5-2 分析成果

一、地下水及地下水檢層資料研判

地下水檢層孔位於計畫區邊坡中段，根據98/11/9~99/9/5地下水資料研判，其地下水位於民國99年5月期間昇降幅度最大約達5m，其餘時間則未有大幅度昇降，比較地下水檢層資料，在深度GL-22m~GL-33m水位間略具有地下水流動情形，其餘深度則不明顯，如圖3-5-3所示。以流動層判定表分類，本深度比電阻值增量累積現象略為顯著，並於相對60分鐘時程內其最大比電阻值變化量約為0.056K Ω -m (5600 Ω -cm)，研判可屬準確定流動層，其餘深度變化則不明顯，比電阻值增量並無累積現象。

二、地質資料研判

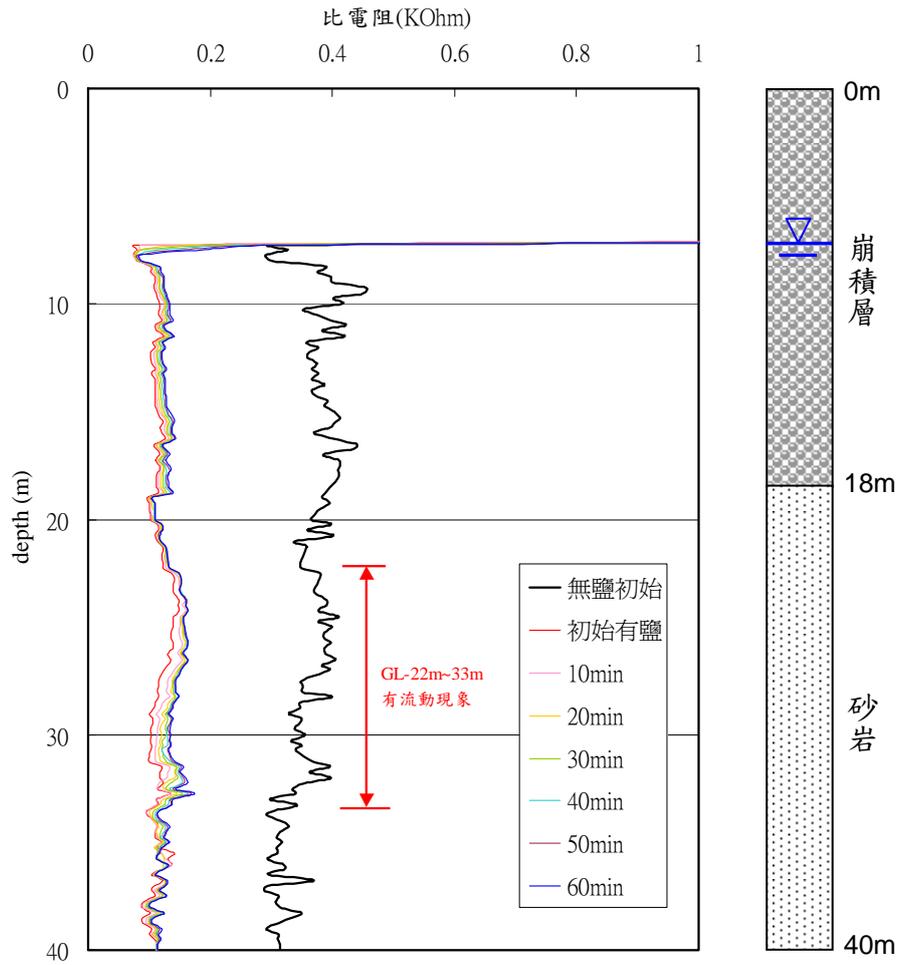
根據地質剖面資料顯示(圖3-2-2)，本孔地層主要分佈為崩積層及卓蘭層之砂岩，崩積層厚約18m，其餘深度則分布在砂岩層中，比對鄰近B03孔及B06孔鑽探資料，B03孔主要為砂岩段，且RQD佳，B-06孔則具有砂岩層及砂頁岩互層等情形，且砂頁岩互層之RQD較差，綜合地質及地下水檢層資料，B03孔可能於深度GL-22m~GL-33m地層條件可能略差，致有裂隙或水路而使地下水略具水平流動情形。

三、地電阻資料研判

根據地電阻資料初步研判(圖3-4-8)，本孔視電阻情形皆較高，比對地下水檢層資料，深度GL-22m~GL-33m則介於視電阻值20~40間，可能有地下水脈情形。

四、整體資料綜合研判

根據上述資料綜合研判，在本次試驗歷程60分鐘內，試驗井深度GL-22m~GL-33m其比電阻值平均時間(每隔10分鐘)內之累積現象略為顯著，與鄰近地質鑽探及地電阻調查成果綜合初步研判，該深度具地下水流動現象，但流動速度較緩，其餘深度並無流動現象，因此研判在此地質材料條件下，增加試驗時間其地下水流動現象變化應不大。



註：W01孔地層採計畫區地質剖面推估及現場判釋

圖 3-5-3 W01 孔地下水檢層調查成果圖

3-6 三維地質模型建立及展示

一般來說，山區地滑現象常與地質結構有關，本計畫區域之邊坡破壞疑因覆蓋於卓蘭層上方之崩積土順著層面滑動，為能簡易了解計畫區之地質、地層分佈情形，可建立調查區域三維地質數值模型，以利判讀。

三維地質模型的建立，需將相關調查資料進行彙整，並整合繪製，模型建立之流程如圖3-6-1所示，可簡單分成四個部份：(1)基本資料蒐集、(2)現場調查作業、(3)計畫區域地質圖繪製、(4)三維地質模型建立。以下分別說明各項工作。

一、基本資料蒐集

基本資料蒐集包含地質與地形資料兩部份，首先針對計畫區域進行地質資料之收集，包含地層、位態、地質構造等大區域之地質概況，相關調查成果詳2-4節。另因三維地質模型需建立在三維地形之架構上，因此需蒐集計畫區域之地形資料，本計畫除進行40公頃地形測量工作外，並蒐集5m×5m數值地形高程，用以建立三維地形之模型，產生立體化之視覺效果，以供後續地質模型建立使用。

二、現場調查作業

現場調查作業包含地質鑽探及地表地質調查等部份，本計畫地質鑽探共佈置8處鑽探孔位(B01~B08)，獲取岩心以供地質剖面分層參考，相關地質鑽探剖面圖如圖3-6-2所示。

在地表地質調查部份，由前述蒐集之計畫區域附近既有地質文獻及相關地質圖說，進行現場地表地質調查工作，調查重點主要為計畫區域及周邊之地質狀況，調查項目包括各地層之分佈、岩性組成、岩石力學特性、節理發育情況、地表覆蓋情況、斷層及褶皺等地質構造之分佈與特性，相關成果詳3-2節。

三、計畫區域地質圖繪製

於現場地表地質調查作業完成後，將依調查成果配合地質鑽探工作成果繪製成計畫區域之地質平面圖及縱剖面地質圖。

四、三維地質模型建立

三維地質模型的建立，可由「點、線、面」來說明，本計畫於區域中共鑽設地質鑽孔8孔，由其鑽探岩心成果，初步剖析8個點位之地質分層資料，藉以建置初步之地質剖面柵狀圖(圖3-6-3)，再由以上之柵狀圖統合線狀之地電阻影像探測結果及地表面之岩盤露頭調查，以建構區域之地質模式推估。

綜合以上區域地質資料、地表地質調查、地質鑽探等資料，配合數值地形模型之成果，即可建立本計畫區域之三維立體地質模型，如圖3-6-4所示。

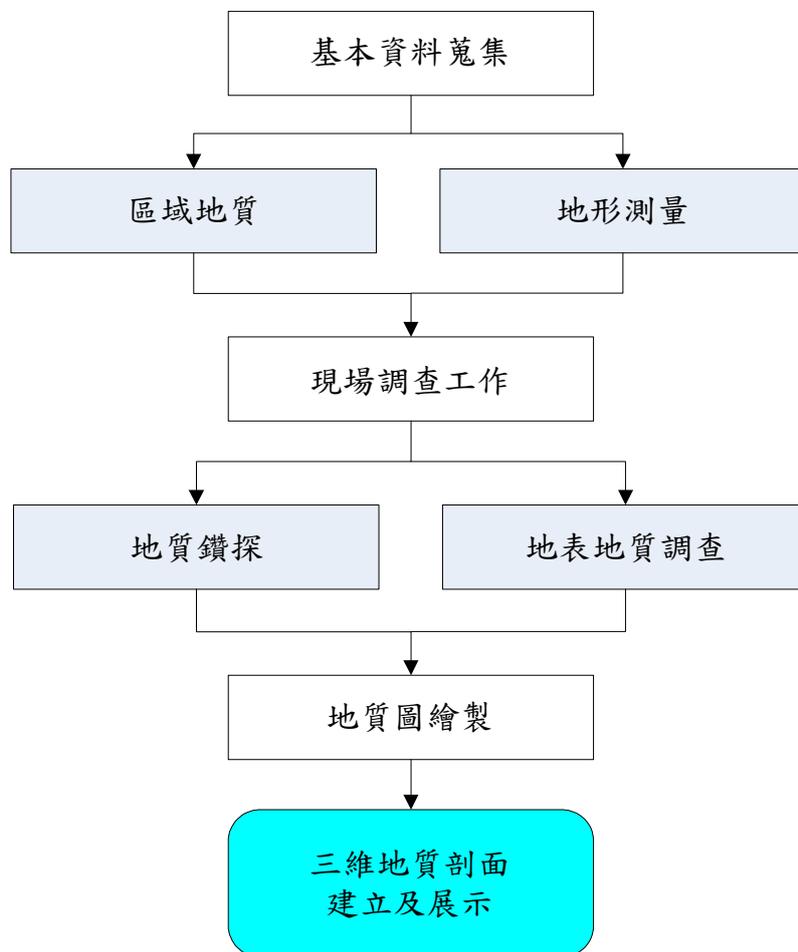


圖 3-6-1 計畫區域地質模型建立流程圖

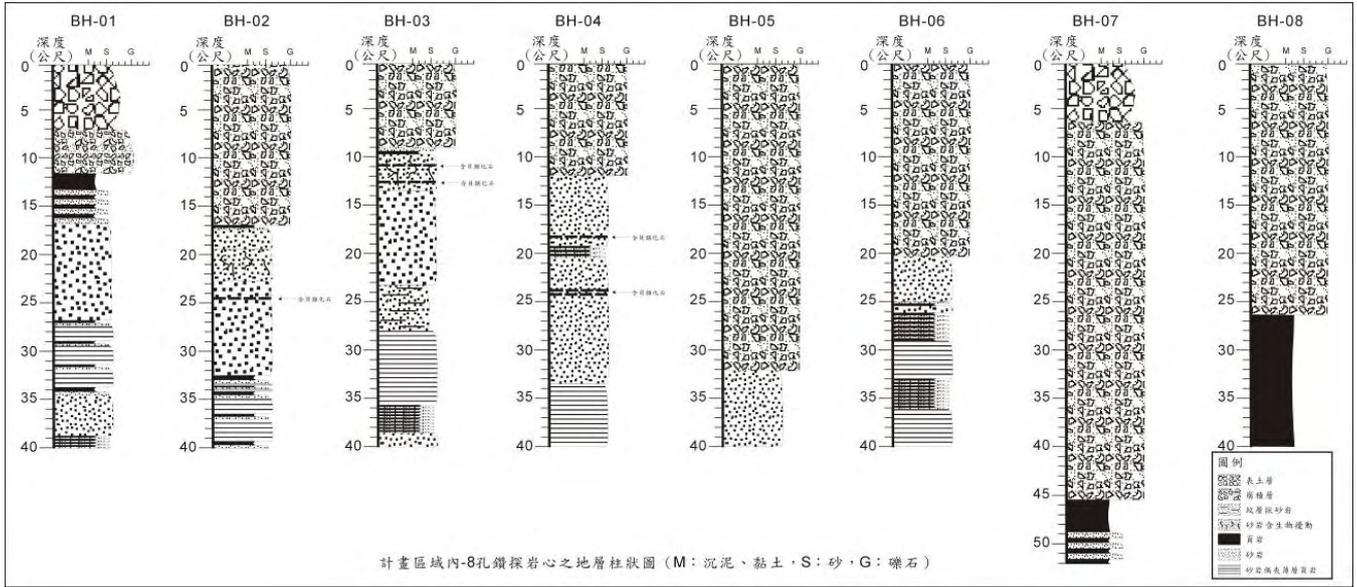


圖 3-6-2 地質鑽探剖面圖

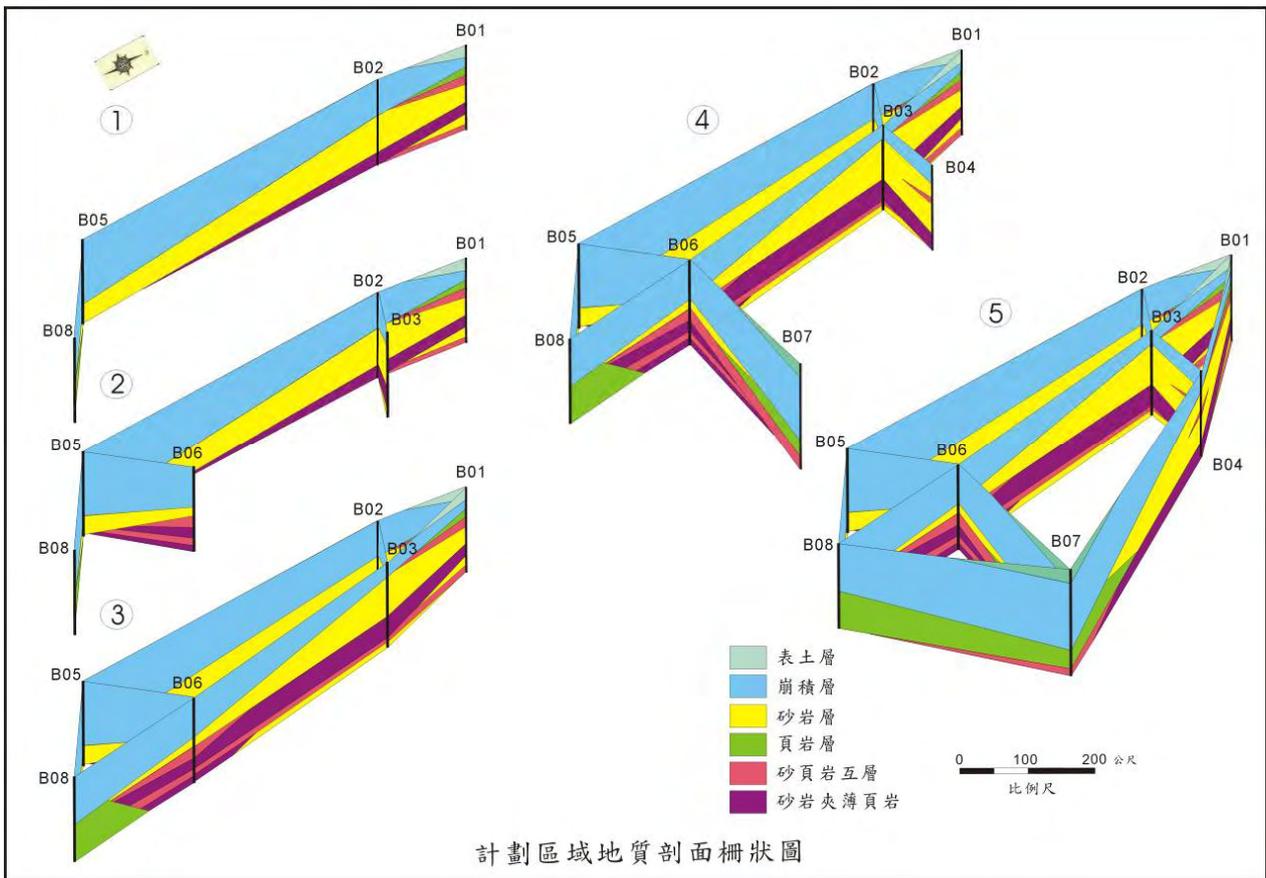


圖 3-6-3 計畫區域初步地質剖面柵狀示意圖

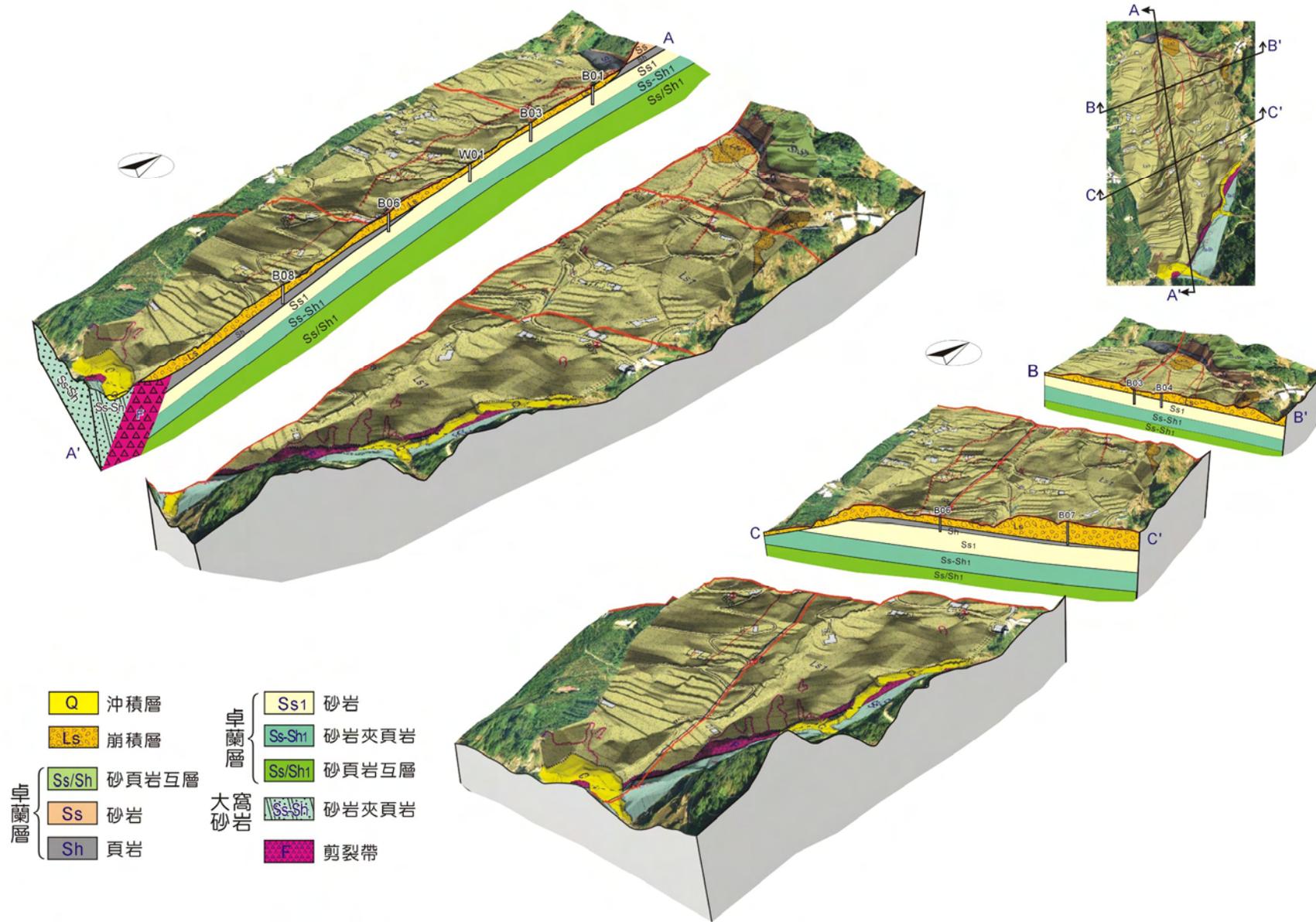


圖 3-6-4 三維地質模型展示圖

3-7 三維水文地質模型建立與分析

3-7-1 概述

台灣氣候環境雨量豐沛，逢颱風豪雨季節經常發生豪大雨，因此導致地層之地下水位提高、土壤含水量增加、滑動土體自重增加及土壤顆粒間之交結性降低等等狀況，造成邊坡穩定度急遽下降，使得邊坡滑動破壞，讓人民生命安全受到危害及經濟損失。本計畫區域因為莫拉克風災之豪雨侵襲後，多處路基地部土壤流失和邊坡土石滑動破壞等等嚴重災情，一般來說邊坡災害發生因素多是地質條件和水文條件，其中水文條件包含降雨、地表逕流和地下水狀況等等。本計畫結合現地之地質特性與水文條件，建立三維數值分析模式模擬降雨入滲後計劃區域之地下水流動情況，以提供後續相關災害原因之判讀及參考。

本計畫採用PMWIN(Processing MODFLOW For Windows)建立邊坡地滑地之三維地下水流數值模式，進行計畫區域內之地下水流情況。此地下水三維模式軟體是由美國地質調查所(U.S.G.S; United States Geological Survey)研發的三維有限差分地下水應用模式MODFLOW之前後置處理軟體。其MODFLOW程式採用體心式有限差分法(Block-Centered Finite-Difference Approach)來進行地下水流控制程式之求解計算；水文條件設定方面則是利用內建之模組群(Packages)，模擬各種不同水文地質狀況，更貼近實際水文地質狀況，其模組包含有排水模組群、補注模組群、蒸發散模組群、河流模組群、水井模組群等13個模組群提供使用。

以下說明PMWIN程式在建立三維數值模式所需要使用之地質參數與水文條件等相關工作之設定及分析成果。

3-7-2 水文地質數值模式建立

三維水文地質模型的建立，是透過對現有地質及水文資料有所認知與瞭解，將複雜的水文地質參數與水文條件做合理性的量化，且因為地下水流動係受到地下水平衡系統之控制，其控制系統最重要的控制因子即是邊界條件。故將量化的水文地質參數與水文條件經過整理與詳細考慮後，實行於模擬三維水文地質模型所需要的各項水文地質參數設定、

區域範圍及邊界條件等等資料。以下為建立本計畫區域之三維水文地質模型所需之各項參數設定說明：

一、含水層設定與網格劃分

依據本計畫之地質調查成果及地下水位監測，將地下水層分劃為三層之水文地質單位，分別為崩積層、頁岩層和砂岩層。其中崩積層是頂層，故為非侷限含水層；而頁岩層和砂岩層是二、三層，在地下水位監測結果得知，鑽探孔B01和B05之水位較其他鑽探孔低，地下水於砂岩層流動，雖然此計畫區域之砂岩質地較為緻密，但其層內偶有砂頁岩薄葉互層或是局部剪裂破碎帶，依據水力學行為觀念，判斷頁岩層和砂岩層設定為半侷限含水層。

本計畫在網格劃分上，以1,030公尺×1,335公尺之網格進行計算，分析模式共有三層，依序為：

第一層：崩積層，非侷限含水層

第二層：頁岩層，半侷限含水層

第三層：砂岩層，半侷限含水層

模式網格劃分如圖3-7-1所示。

二、邊界條件設定說明

本計畫之模式模擬區域，上游北側為陡峭的砂岩地質崖壁，以濁水溪上游支流生毛樹溪集水區域內的海土崙溪貫穿本計畫區域範圍，將其區分為左右二岸，西側左岸以山脊線為邊界，東側右岸與南側以生毛樹溪及其野溪支流為邊界。在模式層中，上游北側邊界範圍多屬於計畫區域外之集水區域，其設定為無流量邊界；東側右岸與南側之野溪邊界研判此處之地下水位可能維持固定的水位深度，所以東側右岸與南側設定為定水頭邊界；西側山脊線邊界大致為無流量邊界，但由地質調查結果分析，部分地層仍有向集水區延伸，研判可能有少數之區位具地下水區外補注特性，故西側設定邊界包含無流量邊界和定水頭邊界，分析邊界設定如圖3-7-1所示。

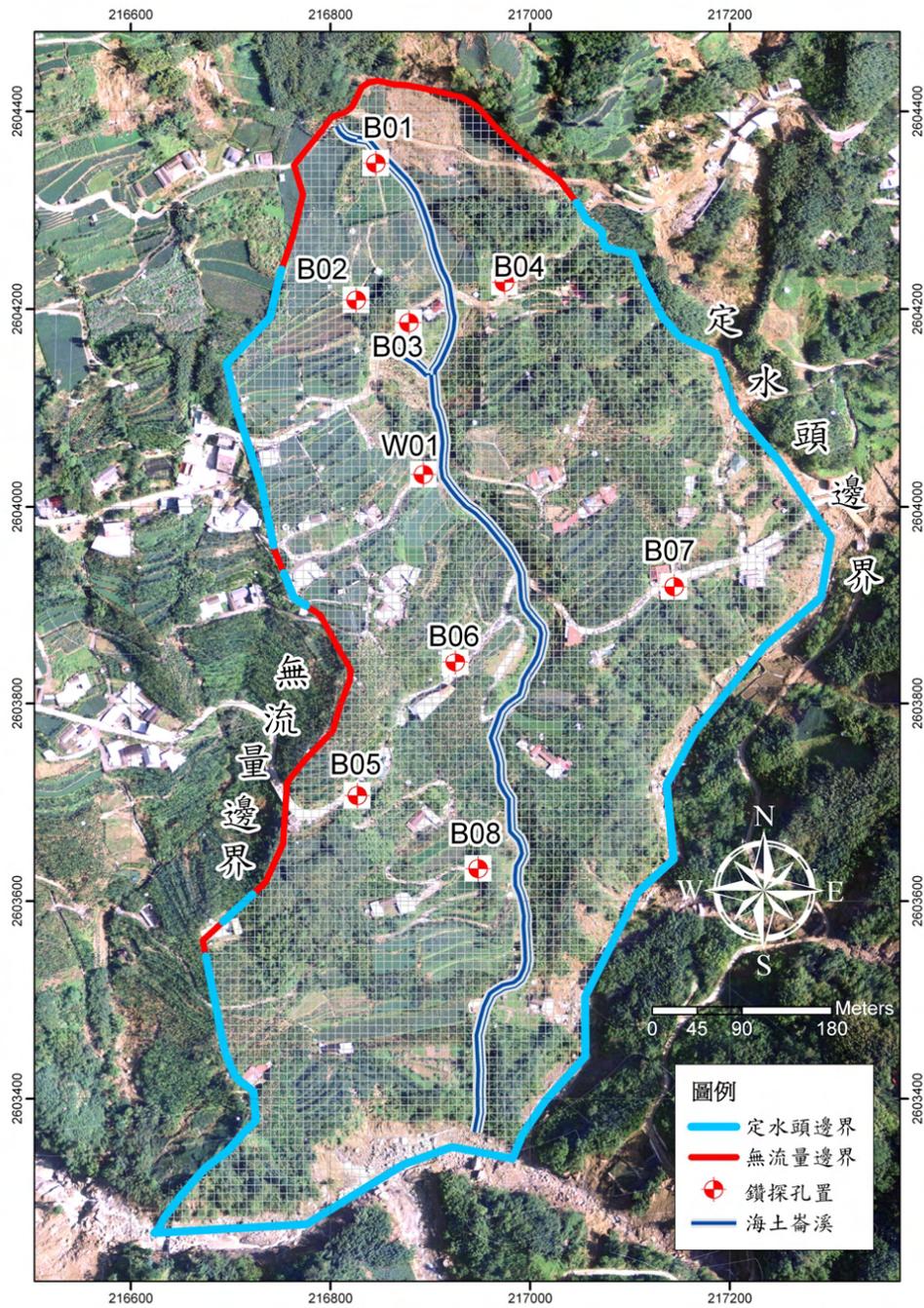


圖 3-7-1 分析網格劃分及邊界設定圖

三、水文地質參數設定

(一) 含水層之層頂與層底高程

以3-6節建構之三維地質模式建立含水層模型之控制點，取得每模式層之層頂與層底高程值。

(二)水力傳導係數

利用計畫區域內所施作的現地透水試驗(Lugeon test)和變水頭試驗之透水數據結果，經由分析模式進行參數率定，以區塊方式來設定每含水層之水平向水力傳導係數 K_h ，進行試誤法率定修正，各分層之試驗結果與率定修正後之參數設定如表3-7-1所示。

表 3-7-1 各分層水力傳導係數試驗成果與率定修正值設定表

地層種類	試驗結果	程式輸入值
	$K_h(\text{cm/sec})$	$K_h(\text{cm/sec})$
崩積層	1.03E-5~9.67E-5	4.44E-4~1.11E-5
頁岩	3.03E-5~6.03E-5	6.03E-05
砂岩	1.56E-4~1.20E-6	9.53E-4~1.11E-6

(三)儲水係數及比出水量

一般含水層之儲水性質以儲水係數 S 值(Storage Coefficient)作表示。其定義為含水層一已知面積之垂直土壤柱體的體積，與該土壤柱體在水平面產生一單位水頭變化時候，所排出或吸入該土壤柱體內的水量。依據模式層類型設定，Processing MODFLOW程式以比儲水率(Specific Storage)計算儲水係數 S 值，參考Karlheinz Spitz and Joanna Moreno(1996)，因為本計畫區域內之崩積層皆是由未膠結的砂、泥、黏土等混合風化岩塊或岩屑構成，故崩積土層之比儲水率設定參考可塑性黏土和鬆散砂土($0.26\sim 10\times 10^{-4}$)，其比儲水率約為 5.13×10^{-4} ；而頁岩和砂岩之比儲水率參考有裂縫和節理的岩石($3.3\sim 69\times 10^{-6}$)，其比儲水率約為 3.615×10^{-5} 。

比出水量(specific yield)，其定義為一單位體積的自由含水層在重力作用下排水，其所釋放出來的地下水體積稱之。一般比出水量範圍於0.05~0.25之間，本計畫依據文獻建議作為判斷儲水係數 S 值與比出水量之設定數值，假設三層模式層之比出水量分別為0.25、0.2和0.15。

四、初始條件與地下水位

本計劃模擬初始地下水位設定，依據本計畫區域內地下水位變化之

監測工作成果，選取自民國99年7月24日零時的實測水位值作為模式模擬初始地下水位，利用內插程式將觀測水位資料輸入網格中。模擬時間從民國99年7月24日至8月5日一場連續降雨為標的，週期以雨量補注時間間隔做設定調整，模擬時間單位為小時(hr)。各監測孔位初始實測水位如表3-7-2及圖3-7-2。

表 3-7-2 分析模擬之初始地下水位條件表

孔號	B01	B03	B05	B07	B08	W01
地下水位距地面高(m)	22.84	5.08	36.87	8.11	6.45	6.81
水位高程(EL. m)	1,074.1	1,049.3	928.4	949.5	900.9	1,008.7

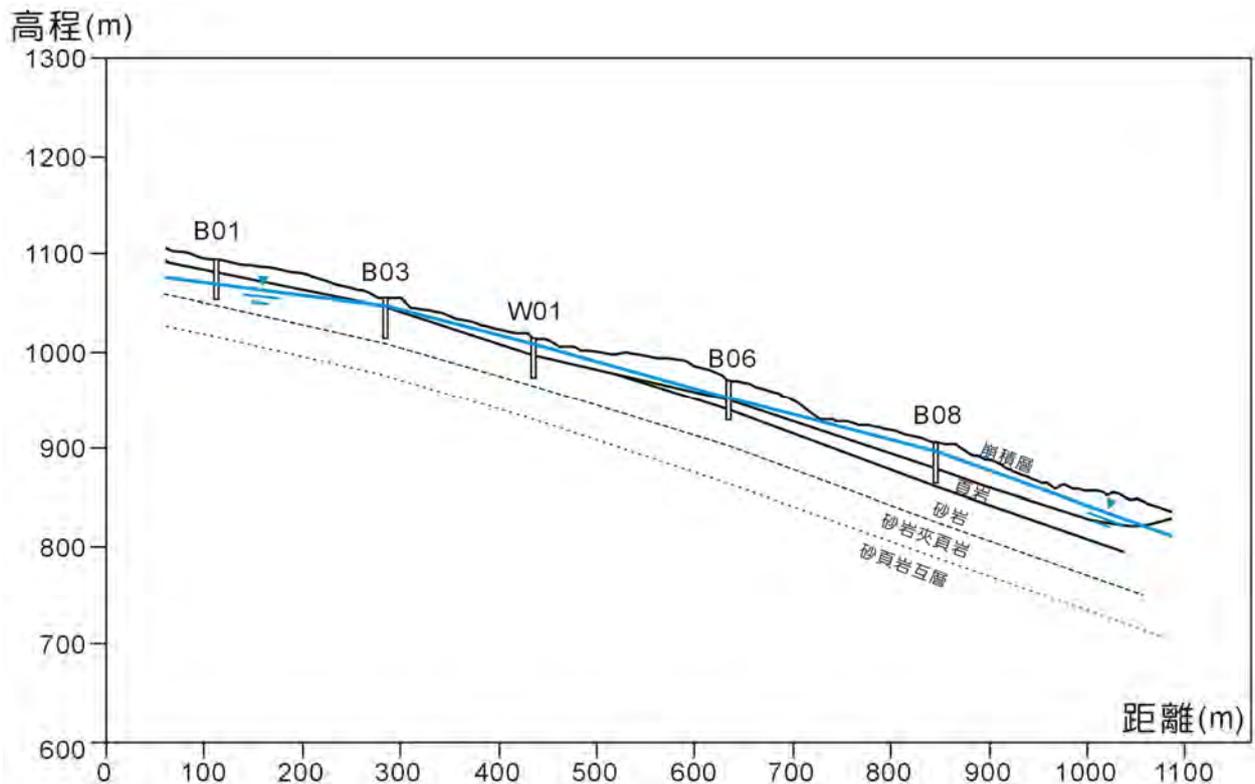


圖 3-7-2 分析模擬之初始地下水位剖面圖

五、地表入滲補注

降雨的入滲補注推估需要考慮地表植被、氣候、地形分佈與土壤性質等等因素，扣除地表逕流量、未飽和土壤之吸附量，也包含自然環境過程中的蒸散損失，才是真正進入地下水之補注量。而推估降雨入滲量的方式甚多，本計劃採用下式估算區域降雨入滲補注量：

$$R = \alpha \times P$$

其中R為入滲補注量(mm/hr)； α 為入滲補注係數(%)；P為降雨量(mm)。入滲補注係數 α 則參考葉信富(2002)利用土壤分收支法入滲模式推估降雨補注係數，於瑞里地區之係數為 $\alpha=3.2\%$ ，與經濟部水利署於西元2003年所繪製之水文地質圖結果相近。

本計畫降雨資料採用瑞里雨量測站(距計畫區約300m)民國99年7月24日至8月5日一場連續降雨之資料，並將雨量資料分為25個週期區間，每個週期為該區間內之雨量平均值，並計算每個週期對應之入滲補注量，其設定如表3-7-3及圖3-7-3所示。

表 3-7-3 分析模式降雨週期及入滲補注量表

週期	時間 (hr)	平均雨量 (mm/hr)	入滲補注量 (m/hr)	週期	時間 (hr)	平均雨量 (mm/hr)	入滲補注量 (m/hr)
1	16	0	0	14	3	2.00	6.40E-05
2	8	0.70	2.24E-05	15	24	0	0
3	13	0	0	16	3	1.67	5.33E-05
4	7	2.50	8.00E-05	17	8	0	0
5	19	0	0	18	6	2.58	8.27E-05
6	6	8.58	2.75E-04	19	47	0	0
7	5	1.75	5.60E-05	20	2	9.00	2.88E-04
8	10	7.25	2.32E-04	21	72	0	0
9	6	2.25	7.20E-05	22	2	4.50	1.44E-04
10	6	3.25	1.04E-04	23	18	0	0
11	13	4.65	1.49E-04	24	3	3.50	1.12E-04
12	5	3.60	1.15E-04	25	7	0	0
13	3	0	0	—	—	—	—

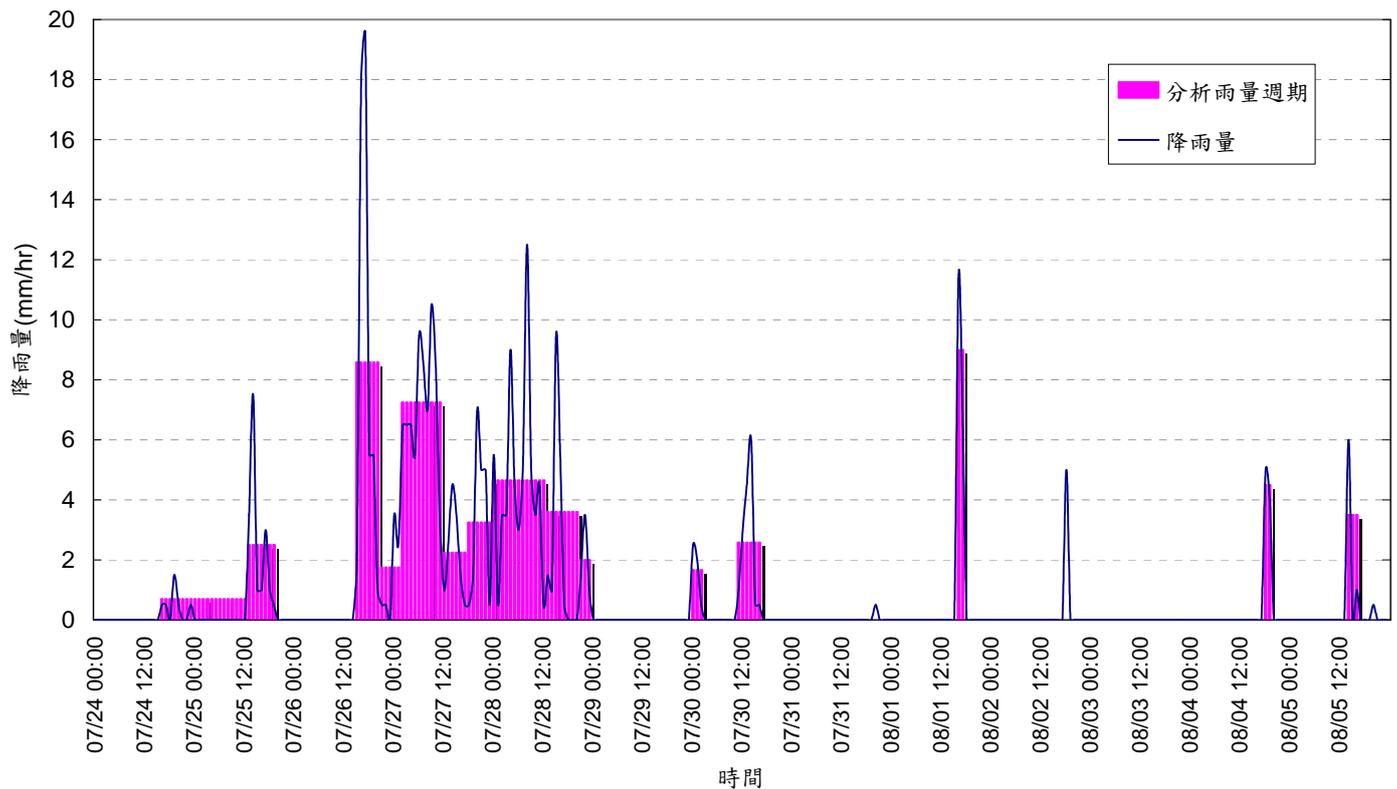


圖 3-7-3 分析模式使用之降雨量週期與實際降雨量圖

3-7-3 地下水模式建置

一、數值模擬建置流程

本計畫三維地下水模式分析工作流程如圖3-7-4所示。先進行地質及水文等基本資料蒐集後，進行基本材料參數及模型之建立，模式建立完成後，經由模式率定後，即可分析計畫區之地下水模擬，並輸出成果展現。

二、模式率定

本數值模式的校正是依據計畫區域之地下水位監測記錄，選擇一場短期降雨量時間作為校正基準，使得三維模式之地下水流趨勢與實際地下水流趨勢相近。

本模式的率定以民國99年7月24日至8月5日之降雨，模擬時間為312小時(hr)，與在地質鑽探孔B01、B03、B05、B07及B08所實際監測

地下水位升降情形相比較，再依據模擬結果修正各項參數，直到模擬地下水流趨勢與監測地下水流趨勢相似為止。本率定以試誤法進行修正模擬，地下水位分析結果與監測值之比較如圖3-7-5~圖3-7-10所示，率定後之三維地下水流模擬結果部份地下水位高程略有差異，但整體地下水流及水位趨勢相似。

模式率定過程中，發現影響模式地下水位之敏感因子有水平向與垂直向水力傳導係數、降雨補注量等。本率定以試誤法進行修正模擬，率定後之修正參數如3-7-2節所述。

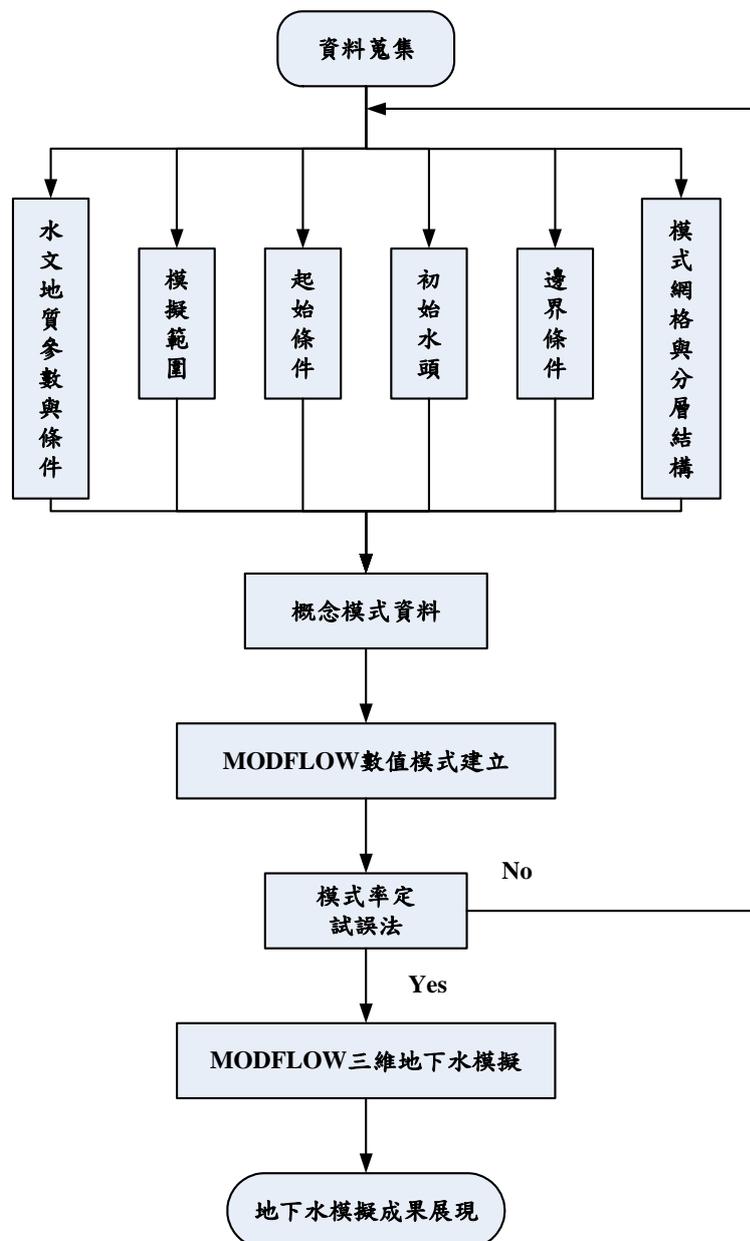


圖 3-7-4 三維地下水模式分析工作流程圖

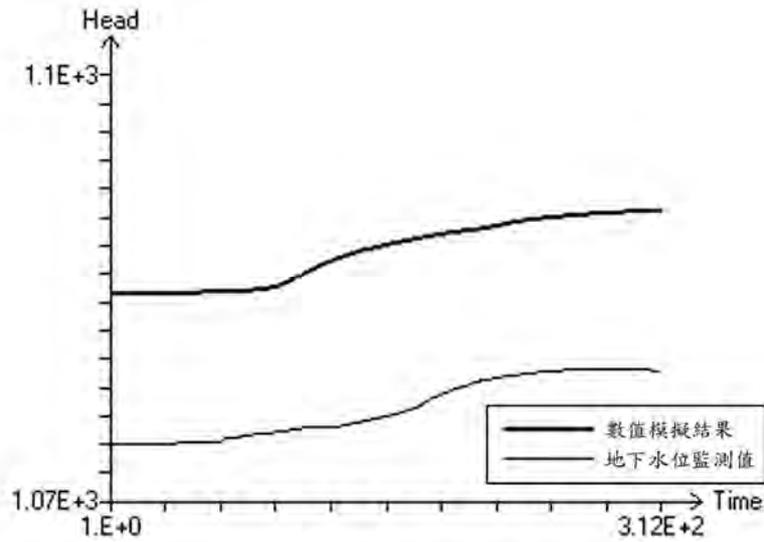


圖 3-7-5 B01 地下水位監測與模擬比較圖

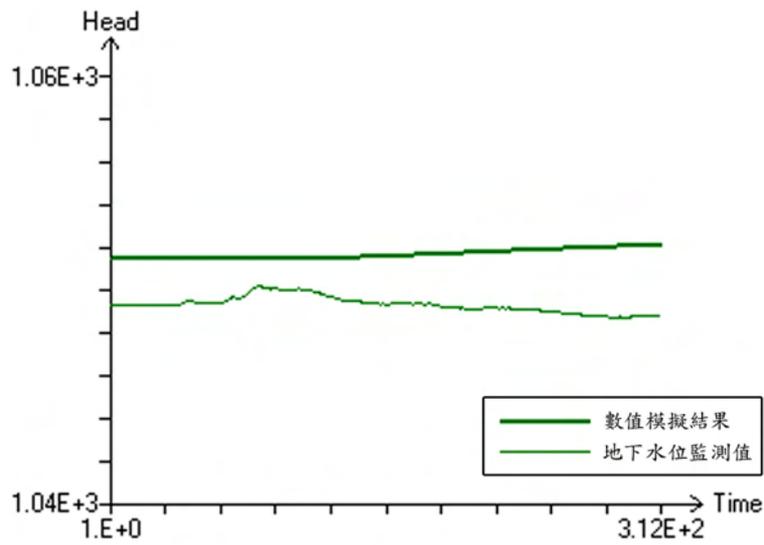


圖 3-7-6 B03 地下水位監測與模擬比較圖

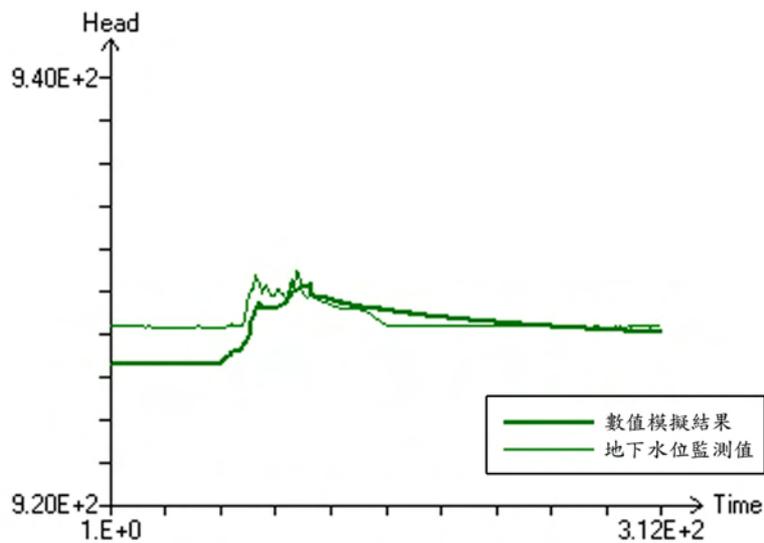


圖 3-7-7 B05 地下水位監測與模擬比較圖

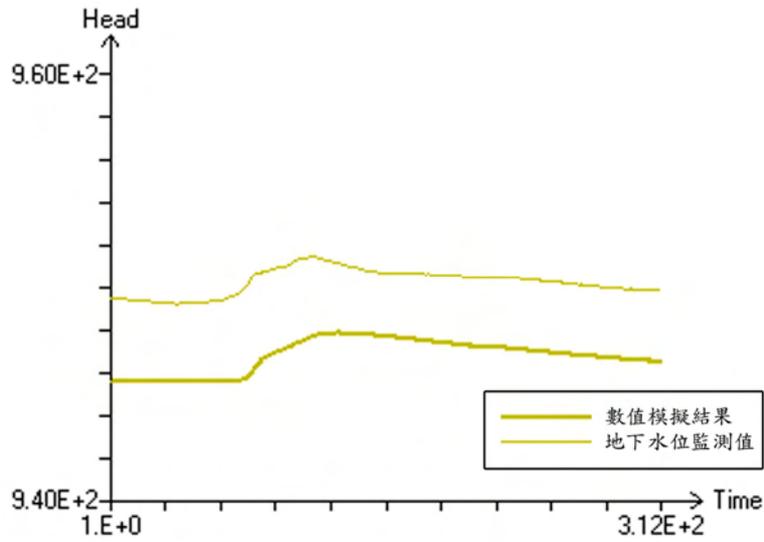


圖 3-7-8 B07 地下水位監測與模擬比較圖

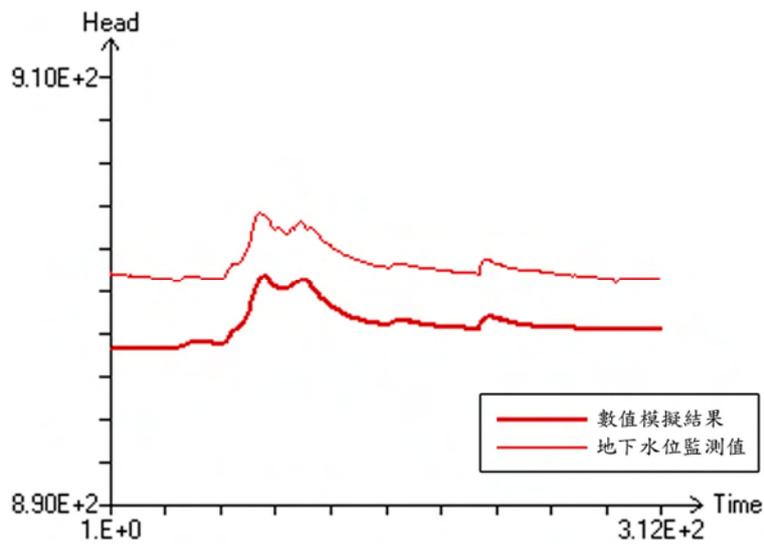


圖 3-7-9 B08 地下水位監測與模擬比較圖

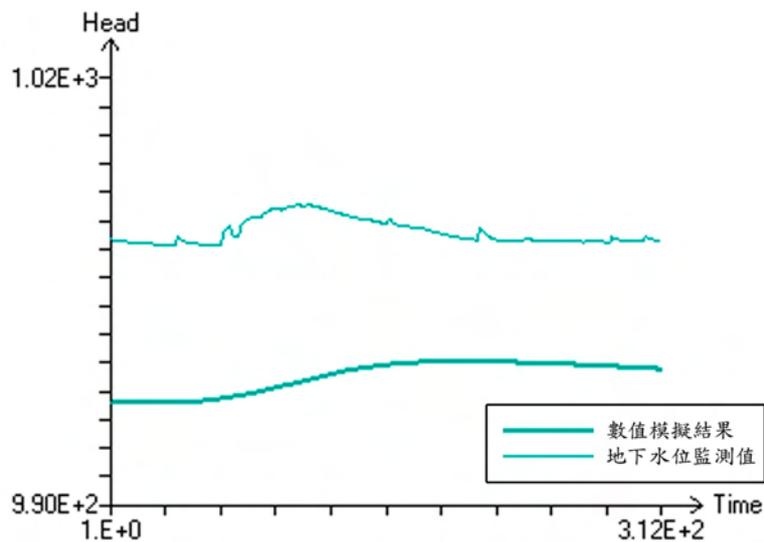
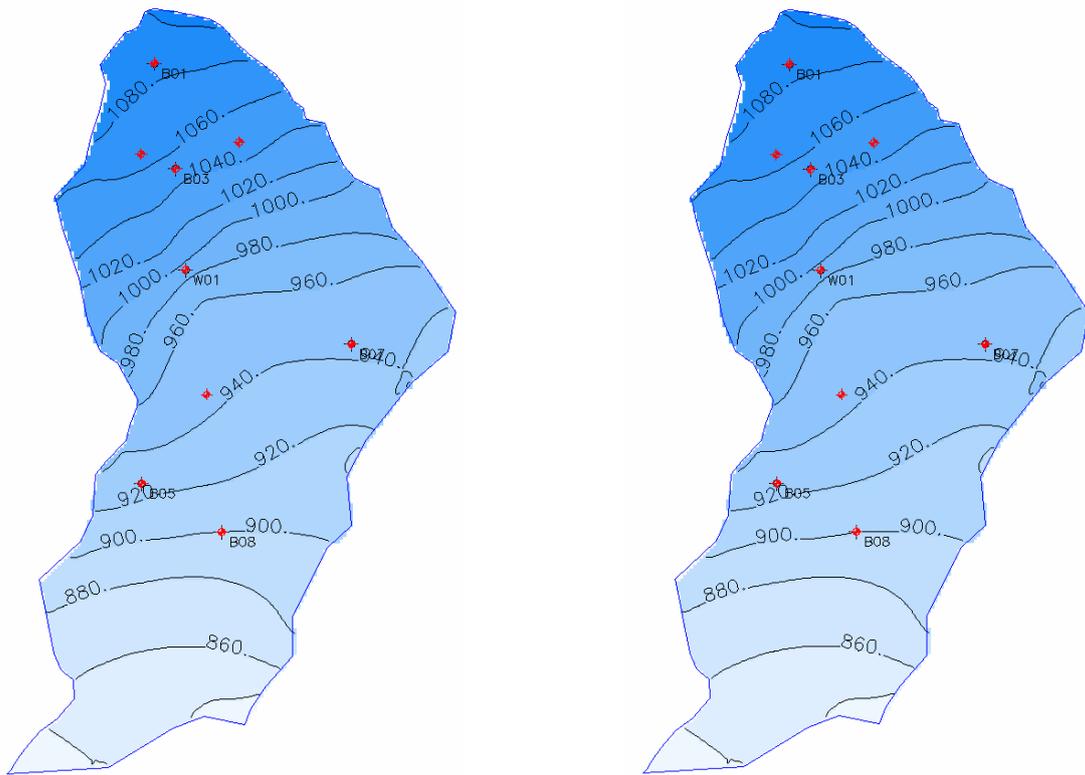


圖 3-7-10 W01 地下水位監測與模擬比較圖

3-7-4 分析成果

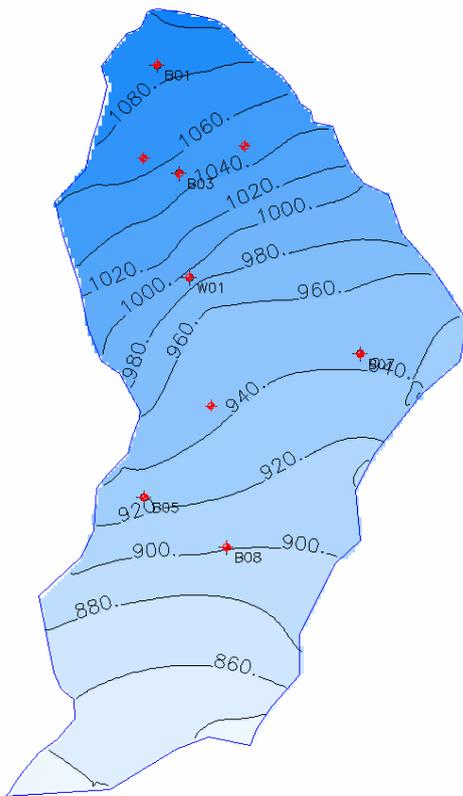
由現地地質鑽探調查與地下水位監測結果建立之三維數值模式分析成果，研判本計畫區域內鑽探孔B01附近崩積土層下方，岩層可能有破碎帶，並且地層複雜，地下水位監測結果較其他孔位的水位升降幅度差異較大，另由地質鑽探調查得知，計畫區域內之砂岩層較為緻密，特別是在鑽探孔B03與W01附近範圍，使得B03與W01的地下水位較為接近地表面；而鑽探孔B07與B08孔位接近生毛樹溪溪流邊界，地下水位受邊界條件控制，最後，在計畫區域的西南區塊即鑽探孔B05，地下水位監測結果得知，其地下水位都維持在地表面35公尺以下，經分析結果，此孔位接近山脊線之零流量邊界，入滲補注迅速流往下方地層，故地下水長期處於低點，另由鑽探岩心亦可知此孔深度35m~40m處有銹染之現象，推估於此深度洩漏。三維數值分析成果如圖3-7-11所示，並說明如下。

- 一、本計畫區域內之砂岩層較為緻密，特別在區域中上段部分即B03與W01的區塊，迫使降雨補注時，入滲水蓄積於計畫區域上邊坡處，由降雨後的地下水位等高線即可得知。
- 二、在崩崖和裂隙調查中指出，莫拉克風災造成計畫區域內既有裂隙擴大，特別是在計畫區域上游位置，因土體含水過重發生有滑動破壞。而數值模擬之地下水位等高線圖呈現的分析結果，符合此裂隙調查結果，故此三維數值模式可以符合計畫區域之地下水流情況。

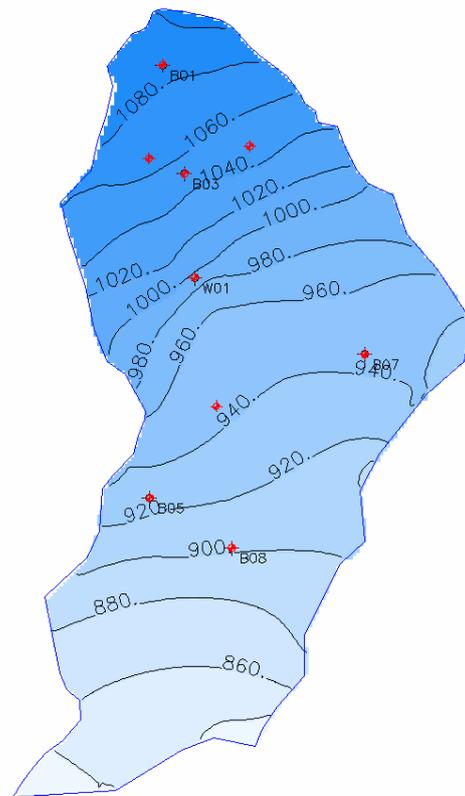


(1) 1 天(24hr)

(2) 2 天(48hr)

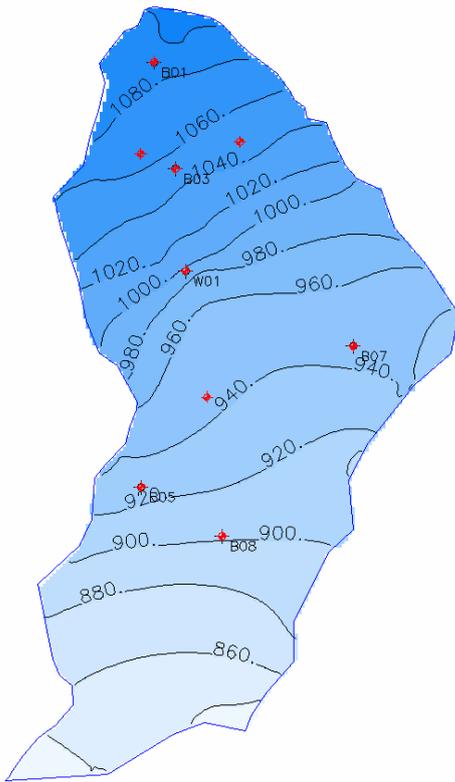


(3) 3 天(72hr)

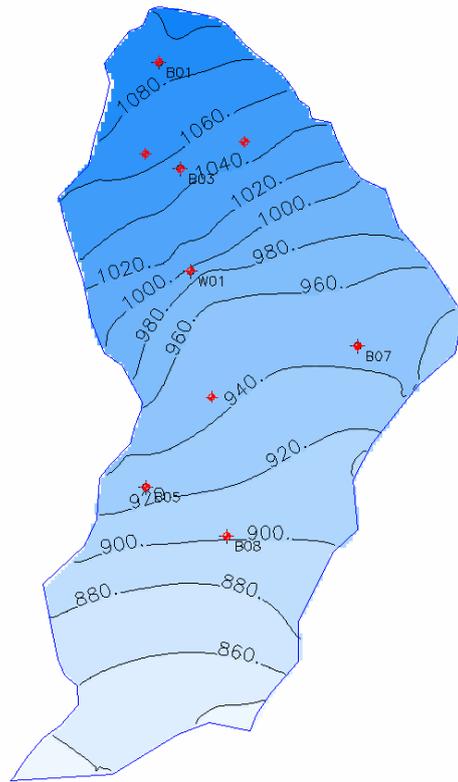


(4) 4 天(96hr)

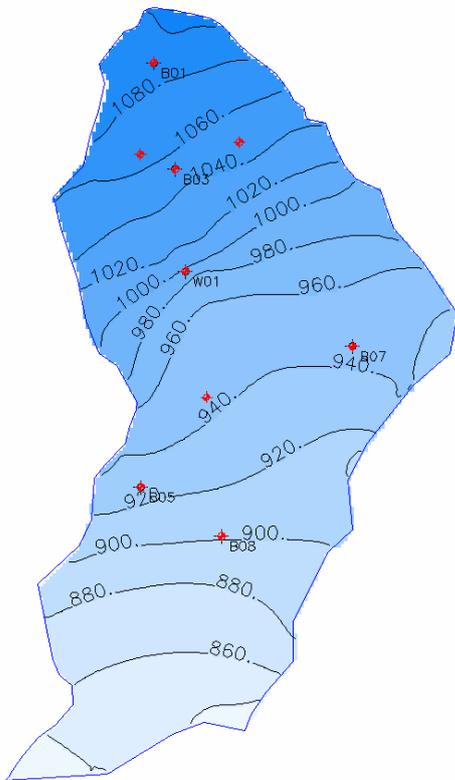
圖 3-7-11 降雨補注後之地下水位等高線圖(1/3)



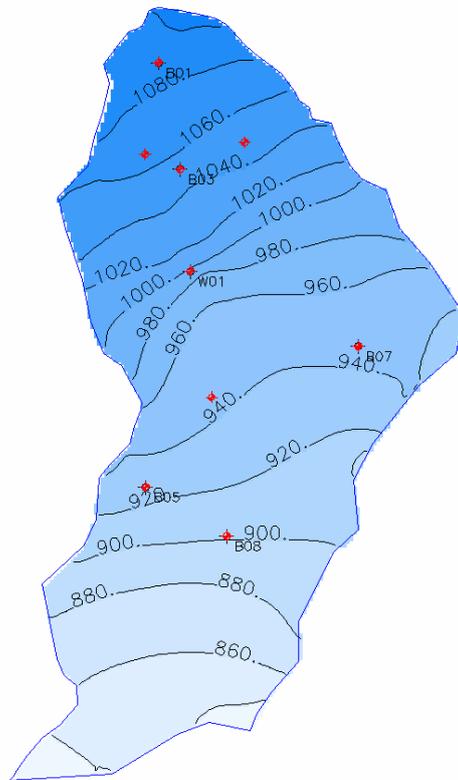
(5) 5天(120hr)



(6) 6天(144hr)

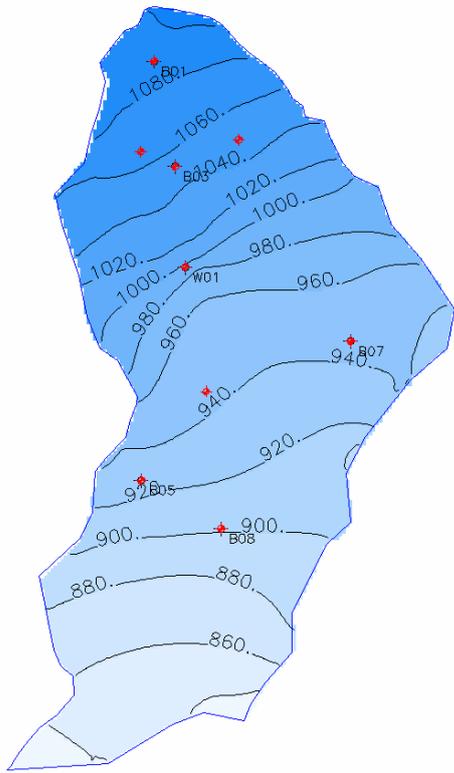


(7) 7天(168hr)

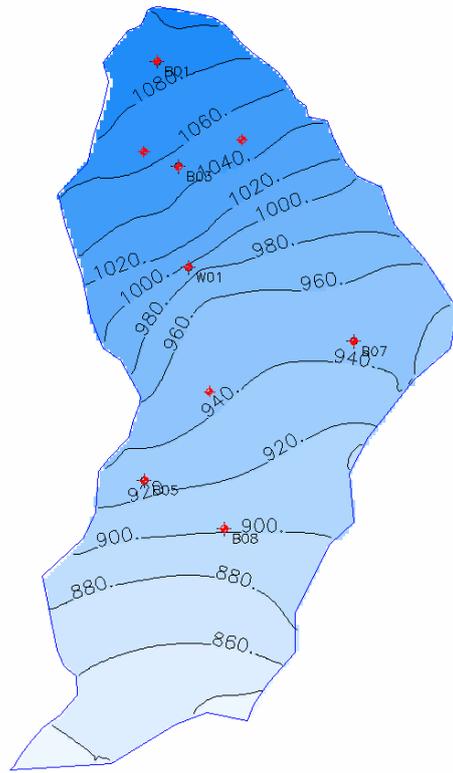


(8) 8天(192hr)

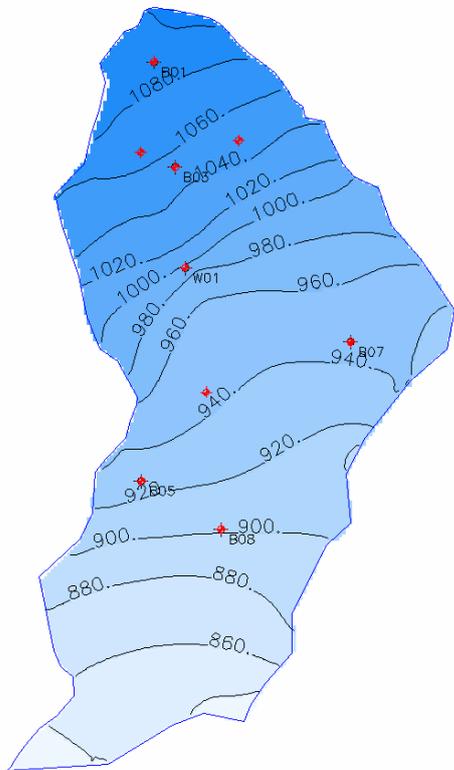
圖 3-7-11 降雨補注後之地下水位等高線圖(2/3)



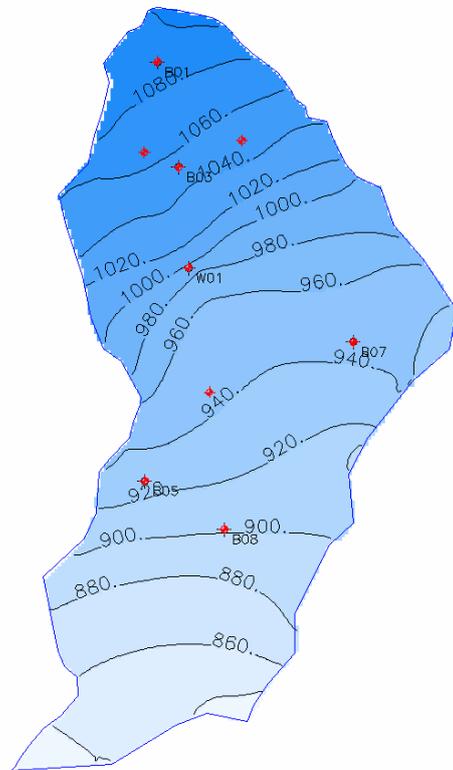
(9) 9 天(216hr)



(10) 10 天(240hr)



(11) 11 天(264hr)



(12) 12 天(288hr)

圖 3-7-11 降雨補注後之地下水位等高線圖(3/3)