

113-114年度花蓮縣鹽寮及賀田山潛 在大規模崩塌調查監測計畫

成果報告書



農業部農村發展及水土保持署花蓮分署
與您一起打拼



農業部農村發展及水土保持署花蓮分署
花蓮市府後路26號
<https://hualien.ardswc.gov.tw/>

農業部農村發展及水土保持署花蓮分署 編印

中華民國114年12月

ARDSWC-114-157
113-114年度花蓮縣鹽寮及賀田山潛在大規模崩塌調查監測計畫

成果報告書

農業部農村發展及水土保持署花蓮分署

113-114 年度花蓮縣鹽寮及賀田山 潛在大規模崩塌調查監測計畫 成果報告書

執行單位：青山工程顧問股份有限公司

執行期間：民國 113 年 5 月 18 日至民國 114 年 12 月 15 日

計畫主持人：陳昭維 技師

農業部農村發展及水土保持署花蓮分署 編印

中華民國 114 年 12 月

(本報告書內容及建議純屬執行單位意見，僅供本分署施政參考)

摘要

本計畫包含花蓮縣壽豐鄉之鹽寮及賀田山兩處潛在大規模崩塌區。兩地區皆曾發生土砂災害，考量保全對象及災害發生的重複性，農業部農村發展及水土保持署花蓮分署自 2017 年起啟動相關監測與調查工作，建立並分析基礎地質模式、潛在崩塌規模、崩塌機制及潛勢評估結果。調查成果顯示，計畫區邊坡穩定性與降雨量及地下水位變化關係密切，平時多維持穩定狀態，但於颱風、豪雨或長時間降雨期間，邊坡則出現明顯滑動現象。因此，本年度計畫以持續監測及滾動更新前期成果為主要工作目標，並於調查區內增設監測儀器，以強化觀測資料之完整性，提供後續分析成果作為署內相關決策之參考依據。

一、花蓮縣壽豐鄉 D001 鹽寮（A 區）

鹽寮調查區綜合現況、地表地質及地質鑽探等調查成果，區域內可能致災之材料主要為分佈於台 11 線上邊坡淺層之岩屑層，其分佈面積約 3 ha，堆積厚度約 1~8 m，為可能產生最深之滑動深度。此外區域內應包含 2 種不同之崩塌機制。其一為沖蝕型之破壞，當堆積於坡面之岩屑層，由於膠結鬆散，於較大集中降雨時，匯流之地表水，容易夾帶著坡面土石，產生流動、堆積之現象。其二為整體邊坡滑動，考量現況坡頂已出現明顯崩崖，並由監測成果顯示，岩屑層於單日集中強降雨及長延時降雨時，地下水位上昇後，確實有位移情形，顯示存在整體邊坡滑動之機制。

本調查區自 2021 年啟動「壽豐鹽寮大規模崩塌區治理工程」，目前已完成三期工程。大範圍邊坡已逐漸趨於穩定，惟小範圍之局部坡面仍有異常表徵，於近期之特殊降雨事件下，上邊坡之南側坡面仍有開裂情形，其餘區域無明顯異常情形。

截至本階段監測結果顯示，於三期治理工程前（2017~2020 年）地中累積位移約 16.4 公分，滑動深度地表下約 5 公尺；第一及第二期工程施工

期間（2020～2023 年），位移增量減少為約 3.3 公分；第三期工程期間則未觀察到顯著變位趨勢。地下水位方面，第二期工程完工前常時水位約位於地表下 10.6 公尺，完工後下降約 4.2 公尺至地表下 14.8 公尺。且於特殊降雨事件中，地下水位峰值亦顯著低於前期事件。此外本計畫執行期間經歷 0403 地震及凱米、山陀兒、康芮、薇帕、樺加沙、鳳凰等颱風事件，邊坡均未出現災害情形。根據綜合評估成果顯示，目前大範圍邊坡活動性已逐漸趨於穩定，且三期之治理工程有效降低邊坡趾部之地下水位。後續建議可維持目前訂定之監測儀器管理基準值，持續提供區域預警防災。另針對後續監測則可調整監測頻率，於汛期期間提高監測密度，非汛期則可適度降低，以提升監測資源運用效益，同時持續追蹤邊坡活動性，以評估工程治理成效。

二、花蓮縣壽豐鄉 T006 賀田山（C 區）

賀田山調查區綜合現況、地表地質及地質鑽探等調查成果顯示，調查區崩塌範圍約 2.5 ha，區域地質材料較為風化及破碎，鑽探岩芯大致可分為高度破碎風化層及輕度破碎風化層，由於兩種岩體特性(強度、透水性等)差異大，界面容易產生滑動，而根據本階段監測成果顯示，區域常時水位偏低，但降雨時地下水位昇降幅度大，於降雨事件發生後地下水位可上昇約 8~13 m，即上昇至滑動面以上，進而影響區域邊坡穩定性，並於地表下 26~28 公尺發生滑動情形。

考量本調查區之滑動深度較深，若採擋土結構工法成效有限，建議以地下排水工程導排地下水，以提升邊坡穩定性。於本計畫期間，花蓮縣政府已先行辦理相關災害復建工程，現正施工中，建議後續配合本計畫監測系統持續觀測，掌握工程效益，並依後續監測成果滾動修正治理策略及設計。

關鍵詞：鹽寮地區、賀田山地區、潛在大規模崩塌、活動性觀測

Abstract

This project covers two potential large-scale landslide areas located in Yanchang (Yenliou) and Hetianshan of Shoufeng Township, Hualien County. Both areas have experienced sediment-related disasters in the past. Considering the protected targets and the recurrent nature of these hazards, the Hualien Branch of the Soil and Water Conservation Agency (SWCA), Ministry of Agriculture, initiated investigation and monitoring work in 2017. The objective was to establish and analyze the fundamental geological models, potential landslide scales, failure mechanisms, and hazard assessments for both regions.

Investigation results indicate that slope stability in the project areas is closely influenced by rainfall intensity and groundwater fluctuations. While the slopes generally remain stable under normal conditions, significant sliding has been observed during typhoons, extreme rainfall, or prolonged precipitation. Therefore, the primary objectives of this year's project include continued monitoring, incremental updates to previous findings, and the installation of additional monitoring instruments to improve data completeness and support future decision-making by the Agency.

1. Yanchang (A Area), Shoufeng Township, Hualien County (Site D001)

Based on current conditions, geological surveys, and drilling results, the primary potentially hazardous material in the Yanchang investigation area is the colluvial layer distributed along the upper slope above Provincial Highway No. 11. This material covers an area of approximately 3 hectares, with an estimated thickness of 1–8 meters, representing the likely maximum sliding depth. Two types of failure mechanisms have been identified in the area:

(1) Erosional-type failure:

The loosely bonded colluvial layer on the slope surface is easily mobilized during high-intensity or concentrated rainfall events. The resulting runoff can entrain surface debris, leading to downslope flow and deposition.

(2) Overall slope movement:

A pronounced scarp has formed near the slope crest, and monitoring data further confirm that groundwater rise during intense daily rainfall or long-duration storms correlates with measurable slope displacement, indicating an overall sliding mechanism.

Since 2021, the “Shoufeng Yanchang Large-Scale Landslide Mitigation Project” has been implemented in three phases, all of which are now completed. Large-scale slope stability has progressively improved; however, localized slope anomalies still exist. During recent extreme rainfall events, cracks were observed on the southern upper slope, while no significant abnormalities were found elsewhere.

Monitoring results show that before the mitigation works (2017–2020), cumulative subsurface displacement reached approximately 16.4 cm, with a sliding depth of about 5 meters below the surface. During the first and second phases of construction (2020–2023), displacement increments decreased to about 3.3 cm, and no significant movement was detected during the third phase.

Groundwater levels also improved: prior to Phase II completion, the groundwater level averaged about 10.6 meters below ground surface; after completion, levels dropped by approximately 4.2 meters to 14.8 meters. Peak groundwater levels during extreme rainfall events were also significantly lower compared to previous years.

During this project period, the area experienced the April 3 earthquake and multiple typhoons yet no slope failures occurred.

Based on the overall assessment, large-scale slope activity has stabilized, and the three-phase mitigation works have effectively reduced groundwater levels near the slope toe. It is recommended that the current monitoring thresholds be maintained to support early warning and disaster prevention. Additionally, monitoring frequency can be adjusted—intensified during the wet season and reduced during the dry season—to optimize resource allocation

while continuing to track slope activity and evaluate the effectiveness of the mitigation measures.

2. Hetianshan (C Area), Shoufeng Township, Hualien County (Site T006)

Based on current conditions, surface surveys, and drilling data, the potential landslide area in Hetianshan covers approximately 2.5 hectares. The geological materials are highly weathered and fragmented, and drilling cores show a clear transition between highly fractured weathered rock and slightly fractured weathered rock. Due to the significant difference in mechanical and hydraulic properties between these two layers, the interface is prone to sliding.

Monitoring results show that although groundwater levels are generally low during normal conditions, they fluctuate significantly during rainfall events. Groundwater levels can rise by 8–13 meters following heavy rainfall—reaching above the sliding surface—and triggering instability. Subsurface displacement has been detected at depths between 26 and 28 meters.

Considering the relatively deep sliding surface, conventional retaining structures are expected to provide limited effectiveness. Subsurface drainage is therefore recommended to reduce groundwater levels and improve stability. During the course of this project, the Hualien County Government initiated relevant post-disaster reconstruction works, which are currently under construction. It is recommended that these efforts be coordinated with the project's monitoring system to evaluate engineering effectiveness and adjust mitigation strategies and design parameters based on updated monitoring results.

Keywords: Yansliao area, Hetianshan area, potential large-scale landslide, slope activity monitoring.

目錄

目次	I
表次	III
圖次	IX
1 第一章 前言	1-1
第一節 計畫區概況	1-2
第二節 工作目標	1-3
2 第二章 工作項目及內容	2-1
第一節 工作項目及內容	2-1
第二節 工作進度	2-4
3 第三章 壽豐鄉鹽寮及賀田山調查區	3-1
第一節 基本資料蒐集	3-7
第二節 地質調查	3-40
第三節 相關單位觀測成果蒐集及彙整	3-79
第四節 崩塌安全監測系統觀測儀器安裝與觀測	3-81
第五節 災害原因及規模分析	3-108
第六節 整體安全評估	3-129
第七節 整治成效初步追蹤分析	3-134
第八節 整體防減災策略研擬	3-139
4 第四章 資料接收、整合及觀測成果綜合比對分析與警戒管理值	4-1
第一節 監測基準管理值	4-1
第二節 應變小組開設期間守視	4-15
第三節 避難疏散路線	4-18
5 第五章 本年度計畫執行項目	5-1
第一節 配合機關現地勘查	5-1

第二節 本年度精進及未來創新執行建議.....	5-2
6 第六章 後續觀測需求評估與建議.....	6-1
第一節 後續觀測需求評估.....	6-1
第二節 後續觀測工作建議.....	6-1
7 第七章 結論與建議.....	7-1
第一節 鹽寮調查區.....	7-1
第二節 賀田山調查區.....	7-2
參考文獻.....	參-1
附錄 1 審查意見及辦理情形.....	附錄-1
附錄 2 傾斜管監測成果.....	附錄-2
附錄 3 既有監測儀器檢測成果.....	附錄-3
附錄 4 壽豐鄉鹽寮村山嶺路沿線三件災復建工程發包圖說	附錄-4

圖目錄

圖 1-1、本計畫範圍分布圖(底圖：SPOT 衛星影像).....	1-4
圖 3-1、本計畫範圍及大規模崩塌範圍	3-1
圖 3-2、潛在大規模崩塌初步調查總圖(1/5).....	3-2
圖 3-3、潛在大規模崩塌初步調查總圖(2/5).....	3-3
圖 3-4、潛在大規模崩塌初步調查總圖(3/5).....	3-4
圖 3-5、潛在大規模崩塌初步調查總圖(4/5).....	3-5
圖 3-6、潛在大規模崩塌初步調查總圖(5/5).....	3-6
圖 3-7、壽豐鄉鹽寮地區基本圖.....	3-8
圖 3-8、本計畫範圍地形比對.....	3-9
圖 3-9、本計畫範圍地形比對(續).....	3-10
圖 3-10、鹽寮及賀田山調查區附近立體圖	3-11
圖 3-11、花縣 DF-149 土石流潛勢溪流位置圖	3-11
圖 3-12、壽豐鄉兩處調查區五萬分之一區域地質圖	3-13
圖 3-13、壽豐鄉兩處調查區二萬五千分之一環境地質圖	3-14
圖 3-14、壽豐鄉兩處調查區二萬五千分之一環境地質圖	3-15
圖 3-15、壽豐鄉兩處調查區土地利用分布圖	3-17
圖 3-16、鹽寮及賀田山調查區歷史災害	3-18
圖 3-17、賀田山調查區道路工程完工後仍有不穩定表徵發生	3-19
圖 3-18、大坑雨量站(編號：C0T9E0)歷年雨量組體圖	3-21
圖 3-19 (A)、鹽寮調查區 1984 年 9 月航空影像	3-26
圖 3-19 (B)、鹽寮調查區 1992 年 7 月航空影像	3-26
圖 3-19 (C)、鹽寮調查區 2001 年 1 月航空影像	3-27
圖 3-19 (D)、鹽寮調查區 2014 年 9 月航空影像	3-27
圖 3-19 (E)、鹽寮調查區 2015 年 10 月正射影像.....	3-28

圖 3-19 (F)、鹽寮調查區 2016 年 2 月衛星影像.....	3-28
圖 3-19 (G)、鹽寮調查區 2016 年 10 月航空影像	3-29
圖 3-19 (H)、鹽寮調查區 2017 年 3 月正射影像圖(本公司拍攝)	3-29
圖 3-19 (I)、鹽寮調查區 2019 年 9 月正射影像圖(本公司拍攝).....	3-30
圖 3-19 (J)、鹽寮調查區 2020 年 6 月正射影像圖(本公司拍攝).....	3-30
圖 3-19 (K)、鹽寮調查區 2020 年 10 月正射影像圖(本公司拍攝)	3-31
圖 3-19、各期航空、衛星及正射影像	3-31
圖 3-20、鹽寮調查區歷年衛星影像	3-32
圖 3-21、賀田山調查區歷年衛星影像	3-34
圖 3-22、賀田山調查區東南側蝕溝追蹤情形	3-35
圖 3-23、利用 LIDAR 資料判釋可能崩塌範圍成果	3-39
圖 3-24、LIDAR 資料產製之坡度圖	3-41
照片 3-4、蕃薯寮層露頭及位態.....	3-42
圖 3-25、都巒山層露頭及蕃薯寮層岩性分佈	3-43
圖 3-26、鹽寮調查區岩性地質分佈圖	3-45
圖 3-27、鹽寮調查區現勘地表地質照片	3-46
圖 3-28、鹽寮調查區現況變化.....	3-50
圖 3-29、鹽寮調查區全景及現場勘查記錄	3-51
圖 3-30、賀田山調查區現況變化	3-52
圖 3-31、賀田山調查區全景及現場勘查記錄	3-53
圖 3-32、賀田山調查區地表排水現況	3-54
圖 3-33、鹽寮及賀田山調查區鑽孔配置平面圖	3-56
照片 3-5、代表性之岩屑層岩芯(以 A17-8 孔為例 0~4 M).....	3-58
照片 3-6、代表性之風化水璉礫岩岩芯(以 A17-4 孔為例 4~8 M).....	3-58
照片 3-7、代表性之水璉礫岩岩芯(以 A17-3 孔為例 16~20 M).....	3-58
圖 3-34、鹽寮調查區代表性地質鑽探岩芯(以 A17-4 孔為例).....	3-59

圖 3-35、前期鑽孔傾斜觀測管監測成果與岩芯照片比對	3-59
圖 3-36、鹽寮調查區岩屑層分佈範圍	3-60
圖 3-37、鹽寮調查區鑽孔平面圖及可能崩坍範圍	3-60
圖 3-38、鹽寮調查區 A-A'地質剖面	3-61
圖 3-39、賀田山調查區岩芯破碎、風化分級圖(以 C17-1 孔為例).....	3-64
圖 3-40、賀田山調查區 C1-C1'地質剖面圖	3-65
圖 3-41、賀田山調查區 C2-C2'地質剖面圖	3-66
圖 3-42、鹽寮調查區受壓含水層示意圖(A17-4 孔).....	3-68
圖 3-43、鹽寮調查區 A17-3 地下水檢層試驗成果	3-70
圖 3-44、賀田山調查區地下水檢層試驗成果	3-70
圖 3-45、賀田山調查區地下水流速流向試驗成果圖	3-73
圖 3-46、PIPER 水質菱形圖示意圖	3-76
圖 3-47、賀田山調查區地下水離子含量試驗結果	3-77
圖 3-48、STIFF 六軸式水質形狀圖示意圖	3-78
圖 3-49、鹽寮及賀田山地區 TCP-INSAR 分析之地表變形觀測成果.....	3-80
圖 3-50、鹽寮調查區設置監測儀器平面配置	3-84
圖 3-51、賀田山調查區設置監測儀器平面配置	3-84
圖 3-52、本監測期間大坑雨量站降雨量監測成果圖(站號：C0T9E0).....	3-87
圖 3-53、鹽寮調查區地下水位量測成果(自記式水壓計).....	3-90
圖 3-54、鹽寮調查區地下水位量測成果(手動量測).....	3-91
圖 3-55、鹽寮調查區傾斜管觀測成果	3-94
圖 3-56、賀田山調查區傾斜管孔口位移曲線圖	3-95
圖 3-57、鹽寮調查區 Y21-TI1 雙軸傾斜計監測成果圖	3-97
圖 3-58、鹽寮調查區 Y21-TI1 雙軸傾斜計監測成果圖(續).....	3-97
圖 3-59、鹽寮調查區 Y21-TI2 雙軸傾斜計監測成果圖	3-98
圖 3-60、鹽寮調查區 Y21-TI2 雙軸傾斜計監測成果圖(續).....	3-98

圖 3-61、鹽寮調查區 Y24-E1 地表伸縮計監測成果圖	3-100
圖 3-62、鹽寮調查區 Y24-E2 地表伸縮計監測成果圖	3-101
圖 3-63、賀田山調查區 H24-E1 地表伸縮計監測成果圖	3-102
圖 3-64、賀田山調查區 H24-E2 地表伸縮計監測成果圖	3-103
圖 3-65、鹽寮調查區 CCD 攝影機觀測成果	3-104
圖 3-66、鹽寮調查區 2017 年鹽寮調查區主要崩塌範圍全景	3-111
圖 3-67、鹽寮調查區 2017 年鹽寮調查區災害側拍圖	3-111
圖 3-68、鹽寮調查區降雨與地下水位關係	3-112
圖 3-69、鹽寮調查區地表變位與地下水位關係	3-113
圖 3-70、鹽寮調查區研判可能崩塌塊體平面圖	3-114
圖 3-71、鹽寮調查區邊坡穩定成果圖(A-A'剖面)	3-115
圖 3-72、鹽寮調查區地下水調查成果圖(A1-A1'剖面)	3-115
圖 3-73、賀田山調查區主要崩塌範圍全景	3-118
圖 3 74、賀田山調查區研判可能崩塌塊體平面圖	3-119
圖 3-75、賀田山調查區 C-1 剖面重要鑽孔剖面圖	3-120
圖 3-76、賀田山調查區 C-2 剖面重要鑽孔剖面圖	3-121
圖 3-77、C17-1 滑動深度比對岩芯及地下水位升降圖	3-122
圖 3-78、C17-3 滑動深度比對岩芯及地下水位升降圖	3-123
圖 3-79、C20-1W 滑動深度比對岩芯及地下水位升降圖	3-124
圖 3-80、C20-2W 滑動深度比對岩芯及地下水位升降圖	3-125
圖 3-81、C20-3S 滑動深度比對岩芯及地下水位升降圖	3-126
圖 3-82、賀田山調查區降雨與及地下水位關係	3-127
圖 3-83、賀田山調查區邊坡穩定性與地下水位關係	3-128
圖 3-84、風險評估流程	3-130
圖 3-85、2017 年及 2018 年鹽寮調查區治理工程平面示意圖	3-135
圖 3-86、完成兩期短期治理工程後邊坡仍有位移情形	3-136

圖 3-87、治理工程完成後經歷更大降雨事件邊坡無災害發生	3-137
圖 3-88、鹽寮調查區坡趾地中變位及地下水位監測成果	3-137
圖 3-89、鹽寮調查區頭部地表變位監測成果	3-138
圖 3-90、滑動深度與邊坡穩定工法選擇示意圖(廖瑞堂,2003 年).....	3-139
圖 3-91、「壽豐鹽寮大規模崩塌區治理工程」竣工圖	3-141
圖 3-92、「壽豐鹽寮大規模崩塌區治理工程」現況	3-142
圖 3-93、壽豐鹽寮大規模崩塌區治理工程施工前及施工後縱剖面	3-145
圖 3-94、整體邊坡穩定分析成果	3-146
圖 3-95、局部邊坡穩定分析成果	3-147
圖 3-96、南側不穩定區域表徵研判成果	3-148
圖 3-97、南側不穩定區域滑動土體推估	3-148
圖 3-98、南側不穩定區域邊坡穩定分析成果(F.S=0.872，具滑動現象)	3-149
圖 3-99、壽豐鹽寮大規模崩塌區治理第二期工程竣工圖說	3-150
圖 3-100、壽豐鹽寮大規模崩塌區治理第二期工程工程	3-151
圖 3-101、第二期工程完成後局部區域仍有不穩定表徵	3-152
圖 3-102、後續建議上邊坡地表排水改善	3-154
圖 3-103、後續建議強化趾部區域穩定性	3-154
圖 3-104、壽豐鹽寮大規模崩塌區治理第三期工程竣工圖	3-156
圖 3-105、壽豐鹽寮大規模崩塌區治理第三期工程竣工後現況	3-157
圖 3-106、第三期工程完成後局部區域建議改善缺失	3-158
圖 3-106、第三期工程完成後局部區域建議改善缺失	3-159
圖 3-106、第三期工程完成後局部區域建議改善缺失	3-159
圖 3-107、賀田山調查區大口徑集水井工法初步建議平面圖	3-161
圖 3-108、賀田山調查區預力地錨工法初步建議平面圖	3-162
圖 3-109、賀田山調查區水平集水管工法初步建議平面圖	3-163
圖 3-110、初步規劃施工便道剖面圖	3-163

圖 3-111、賀田山調查區大口徑集水井工法初步建議剖面圖	3-164
圖 3-112、賀田山調查區預力地錨工法初步建議剖面圖	3-165
圖 3-113、賀田山調查區水平集水管工法初步建議剖面圖	3-166
圖 3-114、賀田山調查區反推分析參數與直剪試驗結果	3-167
圖 3-115、賀田山調查區反推分析成果	3-168
圖 3-116、賀田山調查區邊坡穩定分析成果	3-170
圖 3-117、地下水集水範圍研判示意圖	3-174
圖 3-118、由鑽孔水位升降時間研判之區域地下水流向	3-174
圖 3-119、賀田山調查區坡面研判之主要地下水流逕	3-175
圖 3-120、賀田山調查區水平集水管方案初步查詢土地歸屬	3-180
圖 3-121、賀田山調查區大口徑集水井方案初步查詢土地歸屬	3-181
圖 3-122、花蓮縣壽豐鄉山嶺農路沿線風災復建工程工區現勘照片	3-182
圖 3-123、壽豐鄉鹽寮村山嶺路沿線三件災復建工程發包圖說	3-183
圖 4-1、本計畫雨量警戒值訂定流程(初步彙整).....	4-6
圖 4-2、利用有效累積雨量之發生臨界雨量線	4-7
圖 4-3、考慮疏散避難時間之大規模崩塌警戒雨量線	4-7
圖 4-4、本計畫地下水管理基準值訂定流程(初步彙整).....	4-9
圖 4-5、本計畫邊坡活動性管理基準值訂定流程(初步彙整).....	4-11
圖 4-6、應變期間線上守視工作以 LINE 群組回報承辦課室人員	4-16
圖 4-7、既有工程區域軟硬體防災整備	4-17
圖 4-8、應變期間每日提供即時監測資料及綜合研判分析資訊	4-17
圖 4-9、鹽寮調查區疏散避難路線圖	4-18
圖 4-10、賀田山調查區疏散避難路線圖	4-19
圖 5-1、鹽寮調查區現地勘查.....	5-1
圖 5-2、配合坡面監測儀器持續追蹤第一、二期工程之治理成效	5-3
圖 5-3、配合後續第三期工程建議擴充地表監測儀器	5-3

圖 6-1、鹽寮調查區後續觀測儀器配置圖	6-3
圖 6-2、賀田山調查區後續觀測儀器配置圖	6-4

表目錄

表 1-1、計畫工作範圍基本資料.....	1-2
表 1-2、大規模崩塌區資訊彙整成果	1-3
表 2-1、本計畫工作項目與執行方法對照表	2-2
表 2-2、本計畫監測工作一覽表.....	2-3
表 2-3、工作進度總表.....	2-5
表 3-1、花蓮縣 DF-149 土石流潛勢溪流基本資料	3-12
表 3-2、壽豐鄉兩調查區土地歸屬資料表	3-16
表 3-3、花蓮縣壽豐鄉大規模崩塌保全住戶門牌資料	3-17
表 3-4、大坑雨量站(編號：C0T9E0)歷年雨量資料	3-20
表 3-5、花蓮地區歷史強震事件彙整表(資料來源：中央氣象署).....	3-22
表 3-6、大坑雨量站特殊降雨事件特性比較	3-23
表 3-7、各期航空或衛星影像判釋成果	3-25
表 3-8、調查區歷年整治工程.....	3-36
表 3-9、調查區歷年調查計畫.....	3-37
表 3-10、鹽寮調查區不連續面位態分析統計表	3-44
表 3-11、鹽寮調查區地質鑽孔基本資料表	3-55
表 3-12、賀田山調查區岩芯破碎程度分級表	3-62
表 3-13、賀田山調查區岩芯風化程度分級表	3-62
表 3-14、含水層及透水層定義.....	3-67
表 3-15、賀田山調查區地下水檢層試驗基本資料表	3-71
表 3-16、賀田山調查區地下水流速流向試驗成果表	3-72
表 3-17、賀田山調查區水質試驗成果表	3-75
表 3-18、鹽寮及賀田山地區 INSAR 分析屬性資料表	3-80
表 3-19、鹽寮調查區監測儀器數量及現場狀況說明	3-83

表 3-20、賀田山調查區監測儀器數量及現場狀況說明	3-83
表 3-21、鹽寮調查區手動觀測時程	3-86
表 3-22、鹽寮調查區近年計畫區颱風及特殊降雨事件統計	3-88
表 3-23、鹽寮調查區地下水位監測成果	3-92
表 3-24、危害度(H2)評估分級表	3-130
表 3-25、脆弱度(V)評估分級表	3-131
表 3-26、風險評估分級矩陣.....	3-131
表 3-27、鹽寮地區初步風險評估表	3-133
表 3-28、賀田山調查區邊坡穩定分析參數	3-168
表 3-29、賀田山調查區治理工法優缺點比較表	3-172
表 3-30、賀田山調查區各鑽孔地下水位高程表	3-174
表 3-31、賀田山調查區後續建議治理經費概估表(單位：元).....	3-177
表 3-32、賀田山調查區後續治理工程初步建議明細表	3-178
表 3-33、賀田山調查區水平集水管方案可能涉及之地號	3-179
表 3-34、賀田山調查區大口徑集水井方案可能涉及之地號	3-181
表 3-35、花蓮縣壽豐鄉鹽寮村本期計畫期間災後復建案件一覽表	3-182
表 4-1、大規模崩塌潛勢區各式監測儀器應訂定之管理基準值內容	4-4
表 4-2、34 處大規模崩塌優先辦理區及雨量管理值.....	4-8
表 4-3、鹽寮及賀田山調查區管理基準值及處理對策表(滾動檢討).....	4-14
表 4-4、113 年度花蓮分署應變小組開設事件.....	4-16
表 6-1、鹽寮調查區後續觀測工作建議	6-3
表 6-2、賀田山調查區後續觀測工作建議	6-4
表 7-1、鹽寮及賀田山調查區後續建議	7-3

第一章 前言

本計畫範圍包括花蓮縣壽豐鄉「花蓮縣-壽豐鄉-D001 鹽寮」及「花蓮縣-壽豐鄉-T006 賀田山」等 2 處調查區，均為曾發生土砂災害之重點區域。

鹽寮調查區位於台 11 線 10K+200 附近，保全對象包括台 11 線及上邊坡農路，依據「經濟部地質調查及礦業管理中心調查大規模崩塌地區之分析報告」指出本區位於崩塌潛勢區內，且過去鹽寮調查區常因大量崩積土暫積於坡面且地下水位高，造成邊坡多次滑動破壞情形，使台 11 線道路與農路，因土石堆積而受阻及構造物受損等災情，影響鄰近保全對象生命財產安全；賀田山調查區位於鹽寮調查區西南方上邊坡，保全對象包括賀田山陣地及聯外道路，其邊坡之穩定性與降雨量有密切關係，每當颱風或豪大雨時，邊坡皆有滑動現象，影響用路人及居民之安全。

農業部農村發展及水土保持署花蓮分署(以下簡稱貴分署)於 2017~2023 年期間針對兩處區域曾辦理「壽豐鹽寮崩塌地監測調查案、北坑溪與壽豐鹽寮大規模崩塌區調查及治理規劃、花蓮縣秀林鄉銅門地區及壽豐鄉鹽寮及北坑地區潛在大規模崩塌調查監測計畫及花蓮縣銅門、鹽寮、賀田山、溪頭及高山地區潛在大規模崩塌調查監測計畫」等相關調查及監測工作，兩處調查區均完成監測系統建置，並對於致災原因、規模及機制已大致掌握。由前期計畫成果顯示，鹽寮調查區已導入分年分期治理(完成壽豐鹽寮大規模崩塌區治理第一期及第二期工程)，近期暫無災害情事再度發生，監測儀器亦無明顯變位趨勢，惟考量第三期治理工程於 2025 年啟動，並於同年 8 月份竣工，仍有必要持續進行崩塌地監測作業，藉以評估治理成效，供後續治理規劃內容及相關防災應變工作之參據；賀田山調查區於監測期間邊坡已有明顯位移情形，現況道路及擋土牆均有持續下陷及開裂等異常表徵，有必要持續監測追蹤區域邊坡安全，並研擬後續整體治理對策及方案，提供防災預警之需。計畫區範圍如圖 1-1 所示。

本計畫期程約 1.5 年，於 2024 年 5 月 18 日簽約後，依據契約時程提送期末報告書，俟貴分署審定後，憑以辦理後續相關作業。

第一節 計畫區概況

本計畫鹽寮及賀田山調查區均位於花蓮縣壽豐鄉境內；計畫範圍包括花蓮縣-壽豐鄉-D001(鹽寮)，面積 42.1 公頃，保全對象為台 11 線及周邊住戶 5 戶，調查區內無土石流潛勢溪流，屬第 2 型防災類型，由前期計畫成果顯示，區域風險等級為低；花蓮縣-壽豐鄉-T006(賀田山)，面積 4.3 公頃，保全對象為嶺頂道路及賀田山陣地，調查區內無土石流潛勢溪流，屬第 2 型防災類型，由前期計畫成果顯示，區域風險等級為中。計畫範圍基本資料見表 1-1 所示；各潛在大規模崩塌區概況如後述。

表 1-1、計畫工作範圍基本資料

項次	大規模崩塌區編號	保全對象	地質分布	防災*類型	計畫面積(ha)	風險等級	開始監測時間
1	花蓮縣-壽豐鄉-D001(鹽寮)	台 11 線(10k)鹽寮村(5 戶)	八里灣層 (水璉段礫岩) 蕃薯寮層	第 2 型	42.1	低	2017 年~迄今(分署)
2	花蓮縣-壽豐鄉-T006(賀田山)	嶺頂道路 賀田山陣地	都巒山層 蕃薯寮層	第 2 型	4.3	中	2018 年~迄今(分署)

*第 1 型：區域內涵蓋土石流潛勢溪流

第 2 型：區域內無土石流潛勢溪流

第二節 工作目標

一、鹽寮潛在大規模崩塌區：前期計畫已掌握崩塌區可能致災原因、規模與機制，並於 2022 年完成「壽豐鹽寮大規模崩塌區治理工程」之第一期工程，於 2023 年完成第二期局部邊坡補強工程，於 2025 年現正執行第三期工程中，故本年度有必要持續監測追蹤邊坡安全及工程整治後成效，因此，本年度於鹽寮地區主要工作目標為 1.既有儀器持續監測及 2.追蹤工程整治成效。

二、賀田山潛在大規模崩塌區：依據前期調查監測成果，該區域邊坡於降雨期間，地下水位上升時，邊坡活動有位移加速之情形，顯示邊坡活動性與地下水有密切關係，另由現況追蹤，潛勢區周邊道路及擋土牆皆有持續開裂、下陷及前傾之情形，因此，本年度於賀田山地區主要工作目標為 1.既有儀器持續監測、及 2.治理規劃方案檢討。

表 1-2、大規模崩塌區資訊彙整成果

項次	大規模崩塌區 編號	崩塌區狀態
1	花蓮縣-壽豐鄉-D001 (鹽寮)	1.截止 2024 年，花蓮縣-壽豐鄉-D001 未列為大規模崩塌優先辦理區。 2.2024-2025 年，特定水土保持區推動中(尚未劃定)。
2	花蓮縣-壽豐鄉-T006 (賀田山)	1.截止 2024 年，花蓮縣-壽豐鄉-T006 未列為大規模崩塌優先辦理區。 2.2024-2025 年，特定水土保持區推動中(尚未劃定)。

第二章 工作項目及內容

第一節 工作項目及內容

- 一、**整體工作項目及內容：**根據採購說明，本計畫針對不同之調查區，有不同之工作項目，辦理內容包含：(1)崩塌地活動性觀測。(2)觀測資料綜合分析與警戒管理基準值。(3)應變小組開設期間守視。(4)崩塌機制、崩塌地穩定分析、致災風險評估。(5)整體治理規劃研擬。(6)相關報告印製等。彙整各工作項目及主要工作內容如表 2-1 所示。
- 二、**監測工作內容：**本計畫監測項目包含(1)地下水位、(2)邊坡地表活動性、(3)地中活動性等監測工作，本計畫 2 處調查區之監測工作項目及數量如表 2-2 所示。另自 2022 年起各調查區新增監測儀器依機關指示統一編碼格式，編碼格式參照地區代號-安裝年分-監測儀器種類-編號，以鹽寮地區之地表伸縮計為例則儀器編碼為 Y(Yanliao 字首)24(2024 年安裝)E(Extensometer 儀器種類)1(編號)。

表 2-1、本計畫工作項目與執行方法對照表

項次	工作項目	工作內容		進度 %											執行成果		參見 章節
一、鹽寮調查區																	
1	崩塌地活動性觀測	儀器安裝	全自動化地表伸縮計：2 組 全自動化雙軸傾斜計：2 組 自動化即時影像監控系統：1 組 半自動化自記式水壓計：3 組	%	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	既有監測儀器完成儀器檢測工作；新增監測儀器已全數完成安裝。	第三章 第三節	
				實際													
				預定													
		定期觀測	5 處地中傾斜管， 每年 5 次觀測工作	%	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	完成 113 年 5 次及 114 年 5 次手動監測工作。	第三章 第三節	
				實際													
				預定													
二、賀田山調查區																	
1	崩塌地活動性觀測	儀器安裝	全自動化地表伸縮計：2 組 半自動化自記式水壓計：4 組	%	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	既有監測儀器完成儀器檢測工作；新增監測儀器已全數完成安裝。	第三章 第三節	
				實際													
				預定													
		定期觀測	3 處地中傾斜管，每年 5 次觀測 工作	%	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	完成 113 年 5 次及 114 年 5 次手動監測工作。	第三章 第三節	
				實際													
				預定													
三、共通性服務項目																	
1	觀測資料綜合分析與 警戒管理基準值	• 綜合比對分析相關性律定警戒值 • 監測月報、速報或事件報告 • 綜整監測資料，訂定各別監測項目警戒管理 基準值	%	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	完成期初至期末階段工作內容	第四章 第一節		
			實際														
			預定														
2	應變小組開設與平時 期間守視	• 遠距 24 小時守視監測資訊為原則。 • 開設期間每日 8 時及 18 時提供即時監測資 料及綜合研判分析資訊。	%	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	113 年完成凱米、山陀兒及康芮颱風守視工作；114 年完成丹娜絲、薇帕、 楊柳、樺加沙颱風、鳳凰颱風守視工作	第四章 第二節		
			實際														
			預定														
3	崩塌機制、崩塌地穩定 分析、致災風險評估 (檢討)	• 研判崩塌機制，進行崩塌地穩定分析，評估 崩塌地致災風險。	%	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	完成期初至期末階段工作內容	第三章 第四節		
			實際														
			預定														
4	整體治理規劃研擬(檢 討)	• 整體治理策略、分年分期治理計畫、滾動檢 討。	%	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	完成期初至期末階段工作內容	第三章 第七節		
			實際														
			預定														
5	現勘及相關報告印製	• 各期審查撰寫、印製及相關準備 • 監測月報、事件報告撰寫、印製及相關準備 • 辦理現地會勘及相關準備	%	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	完成期初至期末階段工作內容	第二章 第二節		
			實際														
			預定														

表 2-2、本計畫監測工作一覽表

監測工作		鹽寮地區	賀田山地區	備註
降雨量	中央氣象署 雨量站	大坑站 (C0T9E0)		• 非契約項目
地下水	自記式水壓計 (半自動)	A17-3 A17-5 A17-7	C17-3 C20-1W C20-2W	• 既有儀器 2017 年及 2020 年設置。 • 儀器檢測成果：A17-2、C20-3S 停止量測
邊坡 地表 活動性	地表伸縮計 (全自動)	Y24-E1* Y24-E2*	H24-E1* H24-E2*	• 本計畫 2024 年於鹽寮及賀田山調查區分別新增 2 組。 • 2025 年 5 月，Y24-E1 配合「壽豐鹽寮大規模崩塌區治理三期工程」現場工作暫時移除，待該施工區域完成後恢復監測。 • 2025 年 7 月，H24-E1 配合花蓮縣政府「壽豐鄉鹽寮村山嶺路沿線三件災害復建工程」暫時移除，待道路復建完成後恢復監測
	即時影像監控系統 (全自動)	Y21-CCD1	-	• 既有儀器 2021 年設置。
	雙軸傾斜計 (全自動)	Y24-TI1* Y24-TI2*	-	• 鹽寮調查區原為半自動監測，本計畫 2024 年提升為全自動化監測 2 組。
邊坡 地中 活動性	地中傾斜儀 (傾斜觀測管) (人工手動量測)	A17-3 A14-4 A17-6 A17-8	C17-2 C17-3	• 既有儀器 2017 年及 2020 年設置。 • 儀器檢測成果：A17-2、C20-3S 停止量測

1. 自 2022 年起新增監測儀器編號依機關指示統一編碼格式
2. 新增儀器編碼格式為：調查區代號-安裝年分-監測儀器種類-編號
3. *係為 2024 年(本計畫期間)新增項目

第二節 工作進度

本計畫之履約期限為民國 113 年 5 月 18 日至民國 114 年 12 月 15 日止，依據工作說明書之規定，本計畫之預定工作進度表 2-3 所示，相關規定說明如下。

一、**工作執行計畫書**：預定工作期限起 30 日內，提送工作執行計畫書紙本 15 份及原始電子檔 1 份，機關擇期舉行期初審查會議。並於預定工作期限起 3 個月內(遇國定假日得展延)，提送本案**個人資料檔案安全維護計畫**(含個資安全維護措施查檢表)予機關。

二、**期中報告**：第一次期中報告書於民國 113 年 11 月 1 日前，提送第一次期中報告書 15 份及原始電子檔 1 份，機關擇期舉行第一次期中審查會議；第二次期中報告書於民國 114 年 7 月 1 日前，提送期中報告書 15 份及原始電子檔 1 份，機關擇期舉行第二次期中審查會議。

三、**期末報告**：於民國 114 年 11 月 1 日前，提送期末報告書 15 份及原始電子檔 1 份，機關擇期舉行期末審查會議。

四、**成果報告**：於期末報告審查日起 20 日內(含例假日)或機關指定期限，依照期末報告審查意見提送成果報告初稿 1 份(含相關資料)至機關，經機關核定後 10 日內，提送成果報告書 15 份(計畫正式成果報告定稿本及相關資料)予機關辦理驗收。

表 2-3、工作進度總表

項次	地區	工作項目	民國113年										民國114年											
			5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	鹽寮地區	崩塌地活動監測																						
2	賀田山地區	崩塌地活動監測																						
3	共通性工作	觀測資料綜合分析與警戒管理基準值																						
4		崩塌機制、崩塌地穩定分析、致災風險評估(檢討)					第一次期中報告書							第二次期中報告書					期末報告書					
5		應變小組開設與平時期間守視																						
			緊急狀況協助相關緊急應變事宜																					
6		整體治理規劃研擬(檢討)																						
查核點				★ ¹						★ ²								★ ³				★ ⁴ ★ ⁵		

★：查核點
：預定進度
：完成進度

1. 工作執行計畫書：預定工作期限起30日內
2. 第一次期中報告書：民國113年11月1日前提送
3. 第二次期中報告書：民國114年7月1日前提送
4. 期末報告書：民國114年11月1日前提送
5. 成果報告書：期末審查起10日內

第三章 壽豐鄉鹽寮及賀田山調查區

壽豐鄉鹽寮及賀田山調查區位於花蓮縣壽豐鄉鹽寮村台 11 線 10K+200 附近，因考量保全對象及災害發生重複性，於 2022 年農業部農村發展及水土保持署將其分為編號「花蓮縣-壽豐鄉-D001 鹽寮」及「花蓮縣-壽豐鄉-T006 賀田山」兩區，主要保全對象分別為台 11 線 10K 路段上邊坡及嶺頂道路與賀田山陣地，過去調查區常因邊坡災害，使台 11 線道路與農路，因土石堆積而受阻及構造物受損等災情，影響鄰近保全對象生命財產安全，計畫範圍詳圖 3-1。

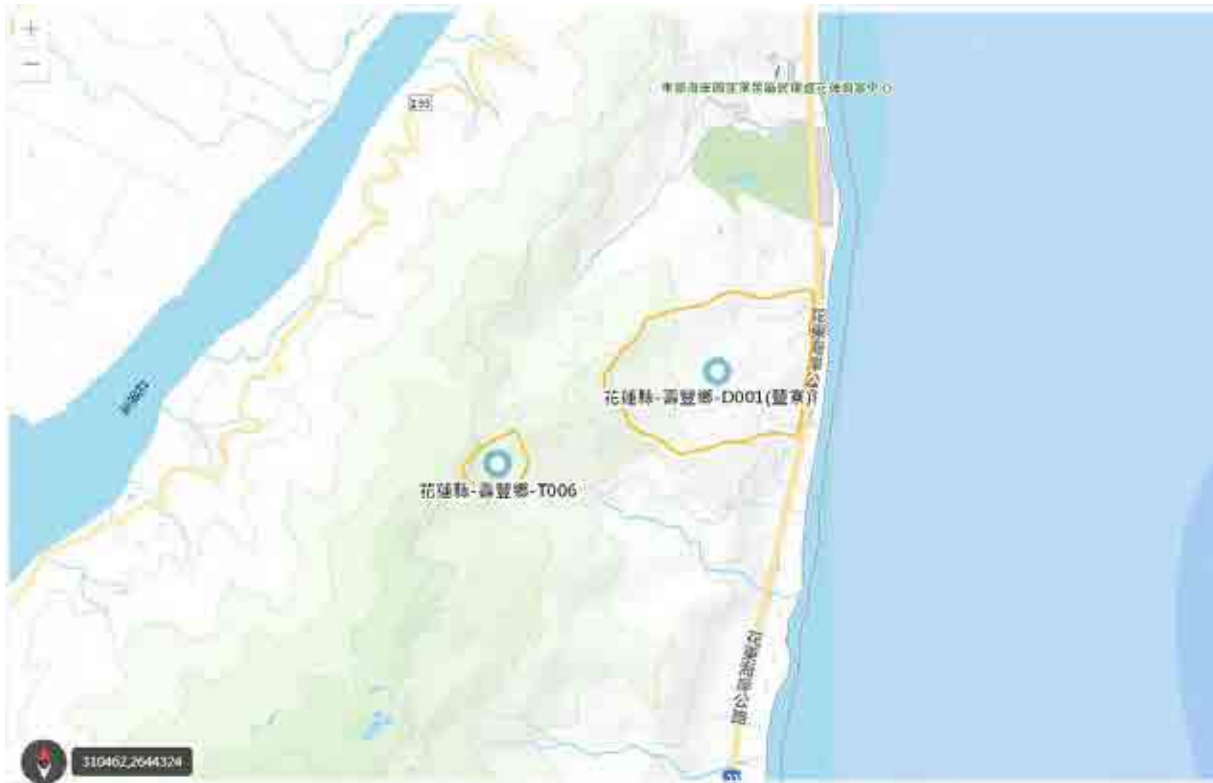


圖 3-1、本計畫範圍及大規模崩塌範圍

(資料來源：大規模崩塌監測整合系統)

彙整鹽寮調查區位於花蓮縣-壽豐鄉-D001 之大規模崩塌範圍內，賀田山調查區則位於花蓮縣-壽豐鄉-T006 之大規模崩塌區，近年地表地質調查與鑽探分析成果總圖，如圖 3-2~圖 3-6 所示。

第一節 基本資料蒐集

3.1.1 地形及水系

一、**地形**：鹽寮及賀田山調查區位於海岸山脈北段東側坡地上，以西為海岸山脈主脊，以東面向太平洋，區域內西側有賀田山(441 公尺)及北側有無名山(331 公尺)，大範圍地勢西南高東北低，調查範圍內高程海拔介於 40~440 公尺間，坡向朝東，平均坡度約 16° ，鹽寮調查區立體圖詳圖 3-10。此外比對本計畫範圍經建版地形圖及 LiDAR 數值地形產製之等高線圖，賀田山調查區上邊坡及背側邊坡區域因特殊用地開發而略有地形上之改變，局部區域可能有挖填方之情形，經檢視本計畫區範圍內，地形無明顯變化，研判較無受用地開發影響(圖 3-8、圖 3-9)。

二、**溪流及坑溝**：水系方面，兩處調查區所屬流域為花蓮溪流域，然由於地勢關係，調查區內水系均直接向東流入太平洋。調查區西側山谷之溪溝，發源自距離調查範圍西南方約 1 公里之海岸山脈主稜東側，自發源地到出海口，河道長度約 2 公里。另依農業部農村發展及水土保持署土石流防災資訊網公開資訊，調查區內並無土石潛勢溪流，距調查區最近之土石流潛勢溪流，為位於調查區南方約 1 km 之花縣 DF-149 土石流潛勢溪流，因距離尚遠，故研判對於調查區應影響不大，花縣 DF-149 土石潛勢溪流與調查區相關位置及基本資料分別如圖 3-11 及表 3-1 所示。

表 3-1、花蓮縣 DF-149 土石流潛勢溪流基本資料
(資料來源：農業部農村發展及水土保持署土石流防災資訊網)

行政區域	地標	型式	集水面積 (ha)	土地類別	初估 保全戶數	風險 潛勢等級	災害 歷史	第一參 考雨量站	第二參 考雨量站	警戒值 (mm)
花蓮縣 壽豐鄉 鹽寮村	佛寺橋	溪流型	77.76	林班地	5 戶以上	高	-	大坑	東華	450

3.1.2 區域地質

參考經濟部地質調查及礦業管理中心五萬分之一台灣地質圖幅之第 35 號花蓮圖幅(王源等, 1991), 鹽寮及賀田山調查區出露岩層以都巒山層(TI)、蕃薯寮層(Fs)及八里灣層水璣礫岩(Pls)等組成(圖 3-12), 兩處調查區之區域地質說明如下：

一、地層

(一) **都巒山層(TI)**：都巒山層為一以安山岩質集塊岩為主要之岩層，包括安山岩質熔岩流、岩脈、礫石、凝灰岩與崩積層。本地區所出露之岩相有集塊岩、礫岩、凝灰岩與崩積層。集塊岩為火山噴發後立即沉積之角礫狀火山碎屑岩，期間充填凝灰質碎屑物，結構常呈基質支持的構造，少有明顯之層理，為一重力碎屑流之沉積岩，安山岩質礫岩是再次推積的火山碎屑岩，崩積岩所含物質包括火山角礫岩、礫岩、凝灰岩岩塊、泥岩岩塊與石灰岩岩塊，岩層中不具任何層理，內部呈各種岩塊與礫石混雜之基質支撐的沉積結構。凝灰岩是以安山岩質碎屑物或部分生物碎屑物組成，常呈厚層或薄層砂頁岩互層，皆為濁流所搬運沉積之岩層。賀田山調查區地層主要以都巒山層為主。

(二) **蕃薯寮層(Fs)**：主要由泥岩與薄層砂頁岩互層所組成，偶爾夾有厚層砂岩或岩屑層，沉積環境屬於下部深海沖積扇環境，砂岩主要成

分為石英質雜砂岩與凝灰質石灰質雜砂岩，沉積物來源應有兩處，(1)來自西側歐亞大陸邊緣隆起的陸塊與增積岩體之碎屑物。(2)來自東側都巒山火山島弧之火山與生物碎屑物。五萬分之一區域地質圖中顯示此層有發生地層倒轉情形。

(三) 八里灣層水璉段(Pls)：主要岩層以礫岩與厚層砂岩為主，偶夾有砂頁岩互層與泥岩，單層礫岩與砂頁岩之厚度約為 0.5 公尺至 2 公尺，沉積構造以無層理之基質支持結構與平行層理之礫岩層為主，鹽寮調查區地層主要以水璉礫岩為主。

二、地質構造

調查區附近主要之斷層為花東縱谷斷層之一段(嶺頂斷層)，為一東北-西南走向之逆斷層，位於調查區西側約 2 km，相距甚遠，研判影響不大。

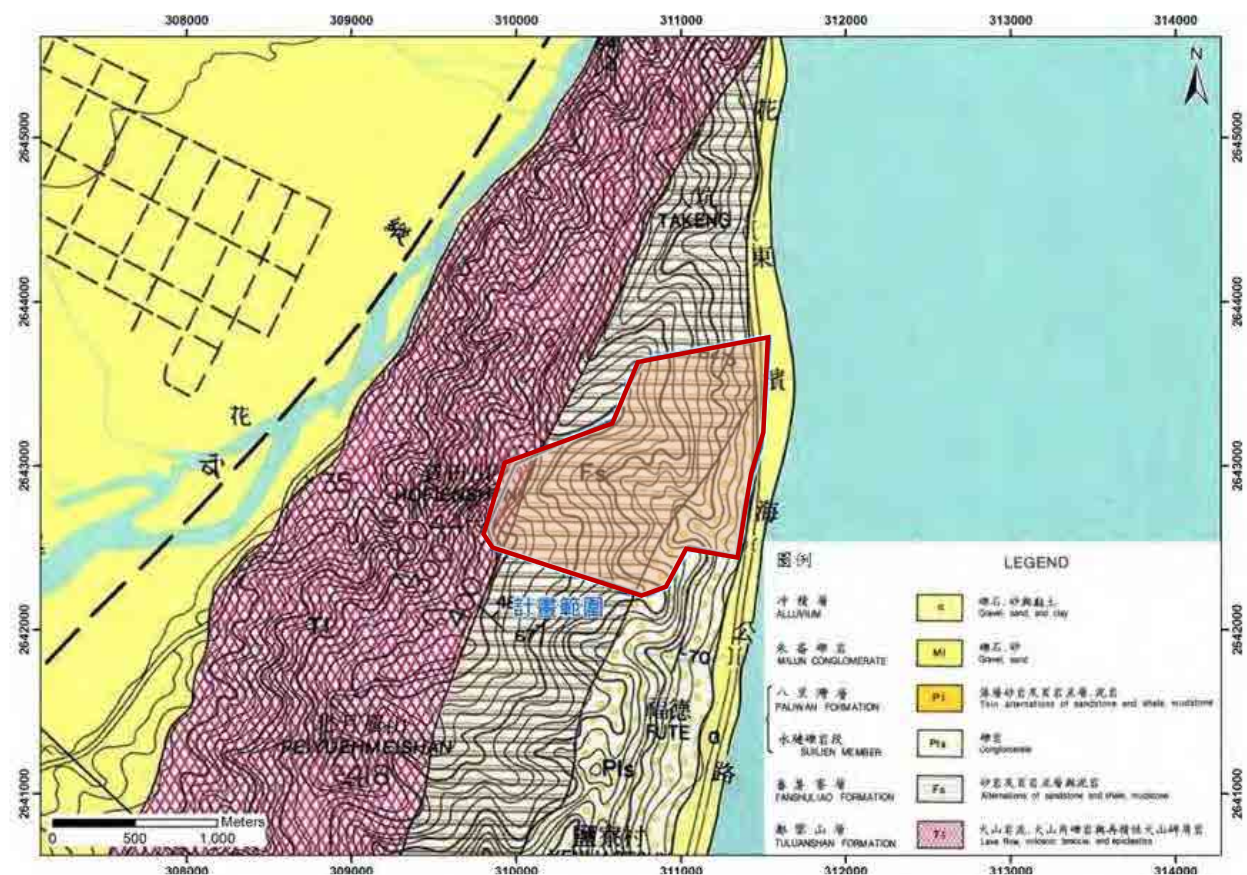


圖 3-12、壽豐鄉兩處調查區五萬分之一區域地質圖

(改繪自經濟部地質調查及礦業管理中心五萬分之一台灣地質圖幅第 35 號花蓮圖幅，1991)

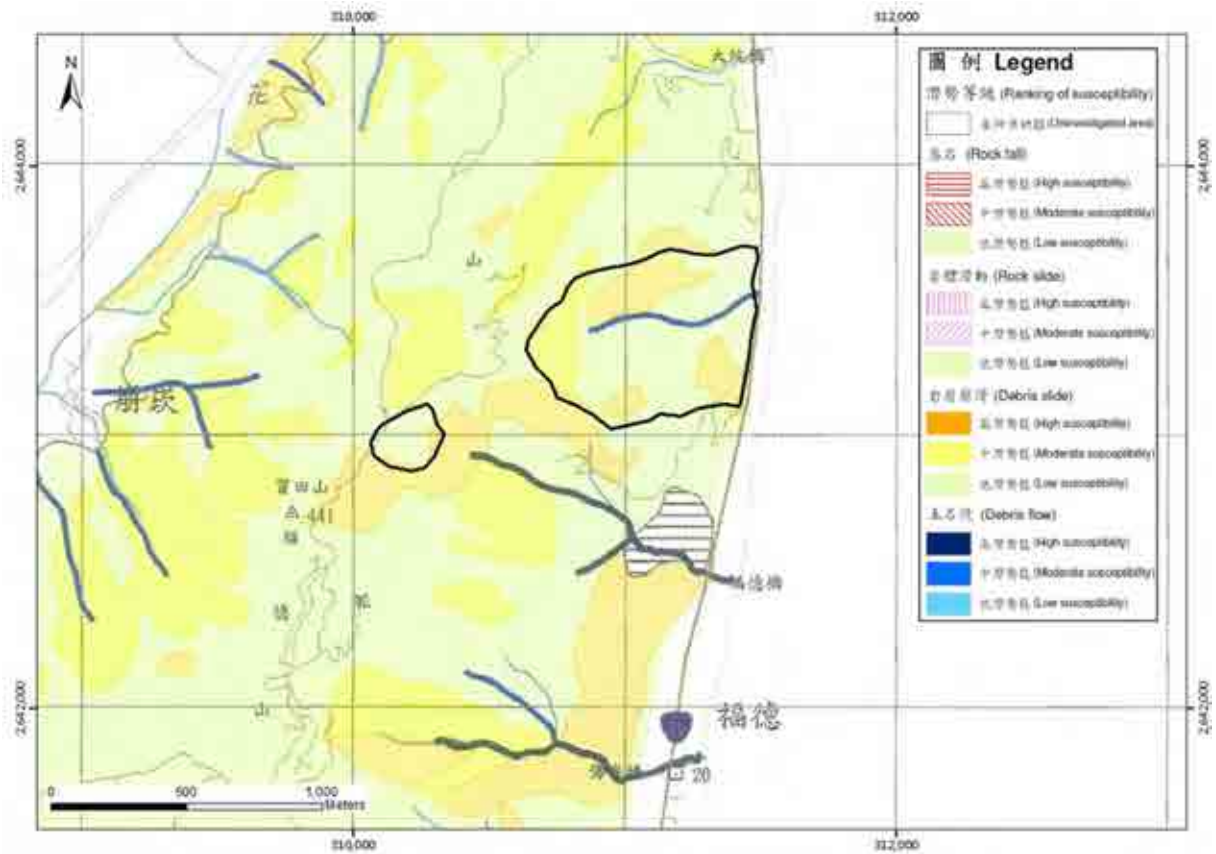


圖 3-14、壽豐鄉兩處調查區二萬五千分之一環境地質圖-地質災害潛勢圖
(改繪自地礦中心二萬五千分之一環境地質圖-花蓮圖幅，2008)

3.1.3 土地人口利用概況

根據內政部營建署城鄉發展分署國土規劃入口網站查詢成果(圖 3-15a)，D001(鹽寮)及 T006(賀田山)區內之非都市土地使用編定歸類為林業用地、農業用地、特定目的事業用地及交通用地等四類，其中部分區域為暫未編定用地。此外，由內政部公有土地資料顯示(圖 3-15b、表 3-2)，D001(鹽寮)及 T006(賀田山)區內之國有土地主要由農業部林業及自然保育署及財政部國有財產署進行管理，面積分別約佔調查區 58%及 61%。此外依照內政部公有土地資料供應系統查詢結果顯示，D001(鹽寮)區內主要保全對象向為台 11 線 10K 路段及鹽寮村 5 戶(表 3-3)；T006(賀田山)區內保全對象則主要為賀田山陣地及嶺頂道路。

表 3-2、壽豐鄉兩調查區土地歸屬資料表

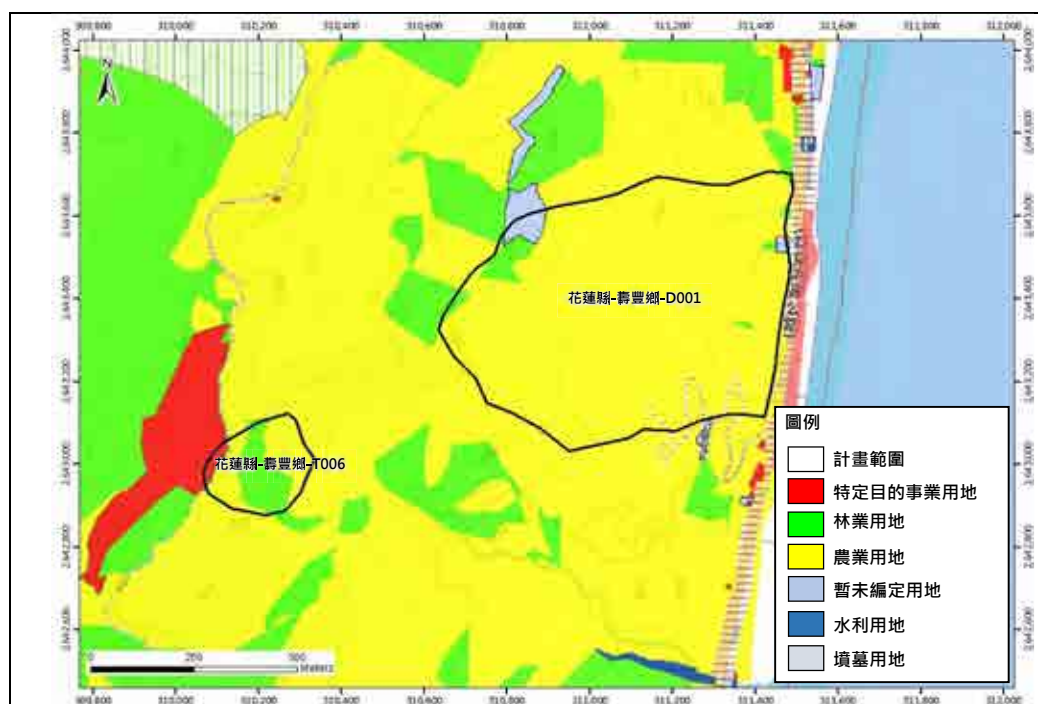
(資料來源：內政部公有土地資料供應系統，資料更新至 2024 年 8 月)

崩塌區 編號	所有權 人類別	管理者	縣市	段號	地號
花蓮縣- 壽豐鄉- D001	私有地		花蓮 縣壽 豐鄉	東 明 段	111、111-2114、121、124、125、126、130、131、137
	公有地	交通部公路局			109-1、116、121-2、135-1
		原住民族委員會			137-1、139、142
		財政部國有財產署			112、113、115、117、119-2、120、127、129、132、135、136、138
	私有地			山 嶺 段	466、467、470、471、473、475、495、497、498、500、501、504、506、542、545、546、550、556、557、558、559、583、584、585、604、605、607
	公有地	農業部林業及自然 保育署			474476
		原住民族委員會			569
		財政部國有財產署			461、468、469、472、494、496、499、502、503、505、541、543、544、547、548、549、551、552、553、554、555、560、567、568、575、578、579、580、581、582、586、606、609
	私有地				528、621
	公有地	國防部軍備局			526、624
財政部國有財產署		527、529、531、532、619、620、622、623、628			
花蓮縣- 壽豐鄉- T006	私有地				
	公有地	國防部軍備局			
		財政部國有財產署			

表 3-3、花蓮縣壽豐鄉大規模崩塌保全住戶門牌資料

(資料來源：內政部門牌電子地圖查詢系統，共 5 戶)

崩塌區編號	縣	鄉	村	門牌號碼
花蓮縣-壽豐鄉-D001	花蓮縣	壽豐鄉	鹽寮村	123-6、25、34、35、36



(a) 土地利用分布圖(資料來源：內政部營建署城鄉發展分署國土規劃入口網)



(b) 國有土地分布圖(資料來源：內政部公有土地資料供應系統，2022/8/2)

圖 3-15、壽豐鄉兩處調查區土地利用分布圖

3.1.4 災害歷史

鹽寮調查區於 2012 年 8 月受蘇拉颱風及 2016 年 10 月艾利颱風期間，均有發生土砂災害造成道路中斷之情事(圖 3-16)。後續鹽寮調查區進行兩期緊急治理工程及壽豐鹽寮大規模崩塌區治理工程，但邊坡仍持續有災害發生，如圖 3-16 所示；賀田山調查區由花蓮縣政府辦理道路復原工程，惟 2017 年 10 月完工後至今仍有受損情形，如圖 3-17 所示。顯示兩處調查區邊坡長期均有不穩定情形。



圖 3-16、鹽寮及賀田山調查區歷史災害
(蘇拉颱風及艾利颱風期間兩區邊坡均有災害發生)



圖 3-17、賀田山調查區道路工程完工後仍有不穩定表徵發生

3.1.5 降雨量與地震

一、歷年降雨量

為瞭解本計畫降雨行為，蒐集中央氣象署設置，距本計畫最近之大坑雨量站(編號 C0T9E0，位於本調查區西南方約 1.2km)，近 18 年之雨量資料，加以說明災害歷史與雨量關係，歷年降雨量如表 3-4 及圖 3-18。調查區年平均雨量約 2,365 mm，除 5 至 10 月梅雨及颱風季節有較多降雨量，約占全年雨量 65 %；11 月至隔年 4 月約占全年雨量 35 %。

2006~2024 年間之單月最大降雨記錄，為 2017 年 10 月中豪雨事件，月雨量高達 1,103 mm。2016 年 10 月受艾利颱風影響，月雨量為 760.5 mm，2012 年 8 月受蘇拉颱風影響月雨量為 525 mm，前述二次颱風期間均有發生土砂災害造成道路中斷之情事；而其他較大之降雨記錄為 2009 年 10 月芭瑪颱風及 2016 年 9 月梅姬颱風等，當月累積雨量分別為 914 mm、872 mm。

表 3-4、大坑雨量站(編號：C0T9E0)歷年雨量資料

(資料來源：中央氣象署觀測資料查詢，2025)

年/月	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	十一	十二	年雨量
2006	165.5	68.5	127.5	145	332.5	207	278	284	356	132.5	55.5	32.5	2,280
2007	62.5	19	59.5	73.5	108	147	6	704.5	568.5	343	407.5	35.5	2,535
2008	103	212	128	196.5	153	238	569	115.5	467	308.5	94.5	53	2,638
2009	58	143	155.5	91.5	244.5	328.5	282.5	210	432.5	913.5	60.5	63	2,983
2010	127.5	60.5	47.5	137.5	130.5	95	119	37.5	530	629	155	34	2,103
2011	32.5	88.5	104	71.5	259	108.5	81.5	381.5	196.5	610.5	489.5	185.5	2,609
2012	66	38	154	96	404.5	352.5	335.5	525	145	204	120.5	254.5	2,696
2013	109.5	136	52	197	535	208.5	47.5	68	601	182.5	150.5	118.5	2,406
2014	19	123.5	103.5	139.5	262	126.5	372.5	47.5	193	26.5	94	63.5	1,571
2015	45	60.5	671.5	113.5	203	15.5	22.5	499.5	283.5	130	388	107	2,540
2016	188	50	138	85	226	208.5	43	247	871.5	760.5	201.5	121	3,140
2017	78	85.5	137.5	143.5	244.5	230	180.5	270	110	1103	131.5	124	2,944
2018	131.5	99.5	74	61	56.5	209	82	57.5	229.5	200.5	230.5	121.5	1,553
2019	175	61	131	99.5	228	134.5	68	385.5	149.5	180.5	126	177	1,916
2020	159	72.5	120	150.5	178.5	113.5	56.5	109	106	336	290.5	117.5	1,810
2021	114	75	64.5	206.5	141.5	162	25.0	148.5	233.5	666.5	167	85	2,089
2022	326	90	99.5	143.5	201	163.5	19.5	21.8	134.0	945.5	154.5	39.0	2,338
2023	270	58	50.5	100.5	184.5	382.0	467.5	138.5	304.5	245.0	43.5	72.5	2317
2024	37	141.5	91	72.5	112	125	540	64.5	265	823	150	52	2474
2025	47	125.5	154.5	58	249	348	446.5	76.0	376.5	-	-	-	-
平均雨量	115.7	90.4	133.2	119.1	222.7	195.2	202.1	219.6	327.7	460.0	186.7	100.3	2365

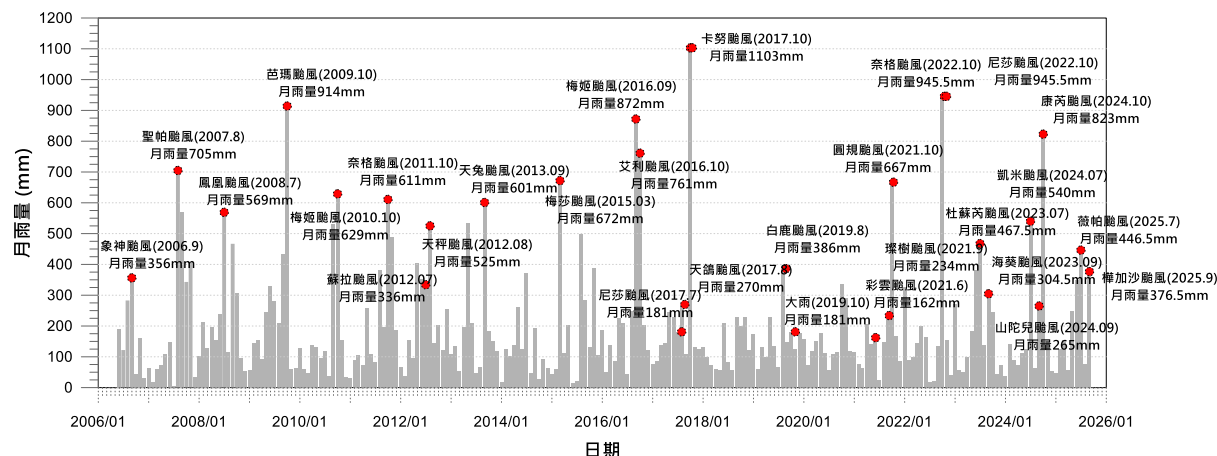


圖 3-18、大坑雨量站(編號：C0T9E0)歷年雨量組體圖

為進一步瞭解降雨型態對本調查區之影響，故針對前述「已發生災害」之艾利颱風、蘇拉颱風，與「未發生災害」之芭瑪颱風及梅姬颱風，進行降雨條件分析，成果如表 3-6 所示。由降雨條件分析成果顯示，「已發生災害」之艾利颱風及蘇拉颱風之每小時、每 3 小時降雨強度，皆大於「未發生災害」之芭瑪颱風及梅姬颱風，另於 2021 年之圓規颱風期間鹽寮第一期工程區域南側邊坡發生小範圍土砂災害，研判本次災害與局部工程擾動邊坡有關，經後續導入緊急治理工程及第二期工程後，經歷 2023 年及 2024 年降雨強度更大之杜蘇芮颱風及凱米颱風事件，邊坡均無災害發生，故綜整降雨資料初步研判本調查區邊坡穩定性，仍較易受短延時及高強度降雨影響，造成重大土砂災害。

二、歷史強震事件

蒐集花蓮地區 2000~2025 年間較大之強地動記錄(震度 ≥ 5)，共計 6 起強震事件(表 3-5)，其中以 2018 年 2 月 6 日之強震事件於鹽寮測站震度達 7 級為最大，惟各起事件均無於本計畫區發生土砂災害亦或造成道路中斷之情事。

表 3-5、花蓮地區歷史強震事件彙整表(資料來源：中央氣象署)

項次	日期	震央	芮氏規模	地震深度(公里)	最大震度(花蓮地區)	測站震度	災情概述
1	2002 年 3 月 31 日	宜蘭南澳地震站東偏南方 55.0 公里	6.8	13.8	5 級	鹽寮 3 級 磯崎 4 級	花蓮地區部分山區道路落石、坍方(中橫公路、蘇花公路)。本計畫區無重大災害情形。
2	2009 年 12 月 19 日	花蓮市地震站南偏東方 21.4 公里	6.9	43.8	7 級	鹽寮 6 級 銅門:5 級 磯崎:7 級	花蓮地區多有建築物損壞，局部沿海道路有落石及坍方情形(台 11 線)。本計畫區無重大災害情形。
3	2015 年 5 月 12 日	花蓮縣政府西偏南方 15.0 公里 (位於花蓮縣秀林鄉)	4.7	17.3	5 級	鹽寮 4 級 銅門:5 級 磯崎 3 級	無重大災害情形。
4	2018 年 2 月 6 日	花蓮縣政府東北方 16.5 公里 (位於臺灣東部海域)	6.2	6.3	7 級	鹽寮 7 級 銅門:6 級 磯崎 3 級	主震導致花蓮市大樓、橋梁、道路與多處建築重大破壞，沿海與縱谷地帶有嚴重土壤液化、噴砂與地裂。本計畫區無重大災害情形。
5	2019 年 4 月 18 日	花蓮縣政府西北方 9.4 公里 (位於花蓮縣秀林鄉)	6.3	20.3	7 級	銅門:7 級 磯崎 4 級	花蓮市與秀林鄉多有建築物受損，中橫公路及蘇花公路多處落石情形，部分路段封閉搶修，秀林、崇德、和仁一帶多有坍方及落石災情發生。
6	2024 年 4 月 3 日	花蓮縣政府南南西方 13.6 公里 (位於花蓮縣壽豐鄉)	7.1	19.7	6 強	鹽寮 5 強 銅門 5 強 磯崎 5 弱 光復 5 弱	造成廣泛建築與基礎設施破壞、多處道路橋梁崩塌或落石、山坡地滑動、地表裂縫與地形變形。尤其沿海與光復／豐濱沿線有通訊／交通中斷與地表形變問題。

表 3-6、大坑雨量站特殊降雨事件特性比較

項次	大坑雨量站	降雨強度統計(mm)					累積 雨量 (mm)	發生時間
		1 小時	3 小時	6 小時	12 小時	24 小時		
1	2009 年芭瑪颱風 (未發生災害)	33.0	79.0	140.5	205.5	327.0	475.5	200910/3~10/6
2	2012 年蘇拉颱風 (發生災害)	80.5	122.5	143.0	176.5	206.5	220.5	2012/7/30~8/03
3	2016 年梅姬颱風 (未發生災害)	51.5	85.0	111.0	147.0	226.5	328.5	2016/9/25~9/28
4	2016 年艾利颱風 (發生災害)	43.5	95.5	129.5	172.5	285.5	480.5	2016/10/05~10/06
5	2021 年圓規颱風 (局部發生災害)	31.5	54.5	109.5	174.5	166.0	487.0	2021/10/10~2021/10
6	2023 年杜蘇芮颱風 (未發生災害)	36.5	58.5	82.0	138.5	243.5	388.5	2023/7/25~7/28
7	2024 年凱米颱風 (未發生災害)	68.0	161.5	195.0	214.0	296.0	393.0	2024/7/23~7/25
8	2024 年山陀兒颱風 (未發生災害)	54.5	65.5	84.0	114.5	153.0	360.0	2024/9/30~10/3
9	2024 年康芮颱風 (未發生災害)	72.0	129.5	209.5	271.0	375.0	375.0	2024/10/31~11/1
10	2025 年 6 月 8 日大雨 (未發生災害)	46.0	95.0	95.5	95.5	95.5	95.5	2025/6/8
11	2025 年 6 月 12 日大雨 (未發生災害)	25.0	48.5	80.5	111.5	144.5	149.0	2025/6/12~6/13
12	2025 年薇帕颱風 (未發生災害)	47.5	75.5	110.5	149.5	228.0	308.0	2025/7/18~7/20
13	2025 年楊柳颱風 (未發生災害)	8.0	15.0	23.5	38.5	44.5	45.5	2025/8/12~8/14
14	2025 年樺加沙颱風 (未發生災害)	39.0	78.0	106.5	161.5	237.0	340.0	2025/9/22-9/24

3.1.6 歷年影像判釋及前後期影像分析

航空或衛星影像分析具有可針對大區域之地形、水系、侵蝕、堆積及崩塌地等廣域的特殊表徵進行判釋之優勢。為大範圍瞭解本計畫區現況及崩塌地之發展與演育，以利後續地表地質調查工作進行。

鹽寮調查區共蒐集 11 期之航空或衛星影像及本公司拍攝之正射影像，針對計畫區內與災害歷史較有關之道路線型、邊坡開發作為、裸露坡面變化及蝕溝發育情形進行比對，為方便比對已將各期影像比例尺調整大致相同，各期影像彙集情形詳及比對成果說明詳表 3-7，各期影像詳圖 3-19 (a)~圖 3-19 (k)。

綜合各期影像分析成果顯示，位於台 11 線及嶺頂道路間之農路線型，於 1981~2001 年間變化較大，至 2001 年以後農路才無明顯變化，與現今線型相同，而位於農路上邊坡之開發區 I 自 1992 年有開發情形後，坡面既呈現裸露與植被復育交替之情形，而蝕溝 II(即為鹽寮調查區)於 1992 年後，既有不斷擴大、刷深之情形，另賀田山陣地(即為賀田山調查區)於 2001~2014 年間興建完成。

因本計畫區內考量保全對象、災害發生重覆性，以「蝕溝 II」及「賀田山陣地」最為重要，故後續調查範圍以此兩區為主，並簡稱為鹽寮調查區及賀田山調查區。

表 3-7、各期航空或衛星影像判釋成果

年份	計畫區道路	坡面開發	裸露坡面	蝕溝發育
1984 年 9 月	位於計畫區東側之台 11 線及西側之嶺頂道路之線型與現今大致相同 位於台 11 線與嶺頂道路間之農路，與目前之農路線型差異相當大	無明顯開發情形	無明顯坡面裸露情形	於計畫區南側有一條明顯之天然蝕溝(後續稱為「蝕溝 I」)
1992 年 7 月	農路線型與 1984 年有明顯改變	位於計畫區中間之農路上邊坡側有明顯開發情形(後續稱為「開發區 I」)	於開發區 I 東側坡面有明顯裸露情形(後續稱為「裸露區 I」)	於裸露區 I 東側(下游側)出現一道明顯蝕溝(後續稱為「蝕溝 II」)，此蝕溝既為目前常造成崩坍災害之蝕溝
2001 年 1 月	農路線型又與 1992 年 7 月有明顯不同 新開闢一農路與嶺頂道路銜接	開發區 I 似乎已停止開發四周邊坡出現許多裸露坡面	裸露區 I 逐漸復育於蝕溝 II 兩側邊坡有新增裸露坡面	蝕溝 II 仍相當明顯，且蝕溝兩側有新增裸露坡面
2014 年 9 月	農路線型已與現況大致相同 賀田山陣地已興建完成	開發區 I 逐漸復育	蝕溝 II 兩側裸露坡面逐漸復育	無新增蝕溝
2015 年 10 月	與 2014 年 9 月無明顯差異	開發區 I 逐漸復育	蝕溝 II 有整治情形	無新增蝕溝
2016 年 2 月	與 2014 年 9 月無明顯差異	開發區 I 逐漸復育	蝕溝 II 逐漸復育	無新增蝕溝
2016 年 10 月 (艾利颱風後)	與 2014 年 9 月無明顯差異	早期之開發區 I 範圍之坡面又再次裸露	蝕溝 II 有擴大情形	無新增蝕溝
2017 年 3 月	與 2016 年 10 月無明顯差異	開發區 I 逐漸復育	蝕溝 II 逐漸復育	無新增蝕溝
2019 年 9 月	與 2017 年 3 月無明顯差異	開發區 I 逐漸復育	蝕溝 II 逐漸復育，鄰近道路修復完成	無新增蝕溝
2020 年 6 月	鹽寮調查區及 B 區之間農路上邊坡有開發行為	鹽寮調查區及 B 區之間農路上邊坡裸露	蝕溝 II 逐漸復育	無新增蝕溝
2020 年 10 月	鹽寮調查區及 B 區之間農路上邊坡已有新闢道路	鹽寮調查區及 B 區之間農路上邊坡有新闢道路	蝕溝 II 逐漸復育	無新增蝕溝



圖 3-19 (k)、鹽寮調查區 2020 年 10 月正射影像圖(本公司拍攝)

圖 3-19、各期航空、衛星及正射影像

另依據監測成果、災害歷史資料、現況調查資料及歷年衛星影像顯示，鹽寮調查區及賀田山調查區過往皆有發生嚴重的邊坡崩塌災害，造成多次道路中斷；故針對鹽寮調查區及賀田山調查區進行前後期影像分析，其詳細說明如下：

一、鹽寮調查區：台 11 線 10k 路段上邊坡

根據歷年衛星影像顯示，2004 年鹽寮調查區邊坡無明顯裸露位置；2009 年則出現多處裸露位置，可能當時有大規模災害發生；2014 年裸露區域已大致復育，惟鹽寮調查區滑動塊體中央蝕溝有明顯發育；2017 年農路上方邊坡蝕溝兩側有多處裸露位置，顯見當時可能發生過災害；2018 年鹽寮調查區農路上邊坡已進行整治工程，裸露區域尚未復育；2019 年鹽寮調查區農路上邊坡已逐漸恢復植生；2021 年整治工程進行中，上邊坡裸露區為土方移除範圍。鹽寮調查區歷年衛星影像詳圖 3-20。

二、賀田山調查區：賀田山陣地下邊坡

根據歷年衛星影像顯示，2004 年賀田山陣地正於興建中；2005 年賀田山陣地已興建完成，邊坡無明顯裸露位置；2013 年，賀田山調查區邊坡植生狀況良好，無明顯裸露位置；2014 年，賀田山調查區賀田山營區內發生邊坡局部崩塌，受影響範圍包括營區內道路及圍牆以及營區外道路；2017 年，營區內崩塌處已施做噴凝土護坡等緊急處理工程，營區外道路則有損毀中斷情形；2021 年，崩塌處無明顯裸露，邊坡植生狀況良好。

另依據 Google Earth 地圖顯示(如圖 3-22)賀田山崩塌潛勢區範圍外東南側下方有一處明顯蝕溝，周邊無便道可到達，且周邊無保全對象，於 2005 年起該蝕溝溝型即已明顯，並對於崩塌潛勢區東南側下方造成多次沖蝕裸露，亦多次恢復植生狀態，但地形並無明顯差異，而該蝕溝與賀田山崩塌潛勢區由山稜線區分為所屬不同坡向，故研判該處沖蝕對於賀田山崩塌潛勢區並無影響。賀田山調查區歷年衛星影像詳圖 3-21 及圖 3-22 所示。

3.1.7 前期調查、監測及整治歷程

花蓮分署及花蓮縣政府考量鹽寮調查區之不穩定徵兆，自 2003 至 2025 年，分別針對分別針對花蓮縣-壽豐鄉-D001(鹽寮)及花蓮縣-壽豐鄉-T006(賀田山)導入整治工程，加強邊坡強度，避免土砂位移。另自 2017 至 2025 年，啟動調查計畫，掌握邊坡活動性變化情形，鹽寮調查區歷年調查計畫及整治工程如表 3-8 及表 3-9 所示。

表 3-8、調查區歷年整治工程

類別	編號	年份	計畫名稱	地區	項目	執行單位
整治工程	1	2003	鹽寮六鄰蝕溝控制工程	鹽寮	• 固床工、護岸、蝕溝控制	花蓮縣政府
	2	2004	福德蝕溝控制工程	鹽寮	• 蝕溝控制、固床工、植生綠化	花蓮縣政府
	3	2016	壽豐鄉鹽寮福德崩塌地處理加強工程	鹽寮	• 毛細排水管 • 抗沖蝕網毯 • 微型樁 • 植生包縱、橫向溝 • 加勁格網 • 鋼板樁 • 邊坡整理鋪設稻草蓆 • 截水溝	花蓮縣政府
	4	2017	花蓮縣壽豐鄉鹽寮村山嶺十鄰農路復建工程	賀田山	• 道路鋪設 • 路基擋土牆	花蓮縣政府
	5	2017	壽豐鄉鹽寮福德崩塌地處理二期加強工程	鹽寮	• 毛細排水管 • 靜水池加固 • 太空包橫向溝 • 加勁格網 • 覆蓋抗沖蝕網	農業部農村發展及水土保持署花蓮分署
	6	2017	壽豐鄉水璉村及鹽寮村災修工程*	鹽寮	• 懸臂式擋土牆 • 擋土牆及排水溝 • 塊狀護欄 • 混凝土格梁 • 預力地錨 • 植生包堆疊 • 箱型石籠 • 暗溝	花蓮縣政府
	7	2019	壽豐鹽寮大規模崩塌區治理工程	鹽寮	• 土方移除 • 擋土牆 • 自由樑 • 加勁擋土牆 • 全套管基樁 • 排水溝 • 周界噴漿溝 • 水平集水管 • 橫向噴漿溝 • 縱向噴漿土溝	農業部農村發展及水土保持署花蓮分署
	8	2023	壽豐鹽寮大規模崩塌區治理工程二期工程	鹽寮	• 自由梁護坡 • 土岩釘 • 擋土牆 • 排水溝 • 水平集水管	農業部農村發展及水土保持署花蓮分署
	9	2025	壽豐鹽寮大規模崩塌區治理工程三期工程	鹽寮	• 自由格框噴植 • 牆頂植筋擋水牆 • 牆頂植筋 L 型溝 • 新設 W90 格柵蓋板 • A 型、B 型縱洩溝 • A 型、B 型消能池 • 橫截溝 • 虹吸集水管	農業部農村發展及水土保持署花蓮分署
	10	2025	壽豐鄉鹽寮村山嶺路沿線三件災復建工程	賀田山	• 新設擋土牆 • 鋼骨混凝土樁 • 既有擋土牆加高 • 新設 AC 路面 • 毛細排水管 • 既有擋土牆加設混凝土格梁 • 下邊坡擋土牆設置預力地錨	花蓮縣政府

表 3-9、調查區歷年調查計畫

類別	編號	年份	計畫名稱	地區	項目	執行單位
調查計畫	1	2017	壽豐鹽寮崩場地監測調查案	鹽寮 賀田山	- 無人載具拍攝 8 次 - 地質鑽探 14 孔 - 地下水檢層試驗 2 孔 - 孔內影像探測 2 孔 - 地電阻探測 600 m - 儀器安裝及監測	農業部農村發展及水土保持署花蓮分署
	2	2018	壽豐鹽寮崩場地監測調查案	鹽寮 賀田山	- 無人載具拍攝 8 次 - 儀器安裝及監測	農業部農村發展及水土保持署花蓮分署
	3	2019	北坑溪與壽豐鹽寮大規模崩塌區調查及治理規劃	鹽寮 賀田山	- 無人載具拍攝 2 次 - 儀器安裝及監測	農業部農村發展及水土保持署花蓮分署
	4	2020	北坑溪與壽豐鹽寮大規模崩塌區調查及治理規劃	鹽寮 賀田山	- 地質鑽探 3 孔 - 地下水檢層試驗 2 孔 - 儀器安裝及監測	農業部農村發展及水土保持署花蓮分署
	5	2021	花蓮縣壽豐鄉鹽寮及北坑地區潛在大規模崩塌調查監測計畫	鹽寮 賀田山	- 儀器安裝及監測 - 自記式水壓計：8 支 - 電子式水壓計：2 支 - 自記式雨量計：1 組 - CCD 攝影機：2 處	農業部農村發展及水土保持署花蓮分署
	6	2022	花蓮縣秀林鄉銅門地區及壽豐鄉鹽寮及北坑地區潛在大規模崩塌調查監測計畫	鹽寮 賀田山	- 地下水補充調查(賀田山調查區) - 流速流向試驗：3 組 - 水質分析法：3 組 - 儀器安裝及監測	農業部農村發展及水土保持署花蓮分署
	7	2023	花蓮縣銅門、鹽寮、賀田山、溪頭及高山地區潛在大規模崩塌調查監測計畫	鹽寮 賀田山	- 傾斜觀測管：12 孔 - 自記式水壓計：8 支	農業部農村發展及水土保持署花蓮分署
	8	2024-2025	花蓮縣鹽寮及賀田山潛在大規模崩塌調查監測計畫	鹽寮 賀田山	- 傾斜觀測管：12 孔 - 自記式水壓計：8 支	農業部農村發展及水土保持署花蓮分署

3.1.8 LiDAR 資料蒐集及分析

由於經濟部地質調查及礦業管理中心於 2010 年開始執行有關「國土保育之地質敏感區調查分析計畫」，並於 2014 年度進行台灣北部的光達地形影像建置工作，其中包含鹽寮調查區及賀田山調查區，為能掌握潛在坍塌區範圍，本公司藉由精度為 1 m 之空載雷射掃描數值地形資料(簡稱 LiDAR 資料)，配合不同光源角度之日照陰影圖，按照地形起伏情形，初步圈繪兩處調查區各可能崩塌範圍，圈繪成果如圖 3-23 所示，其說明如下：

一、鹽寮調查區：台 11 線 10k 路段上邊坡

由 LiDAR 資料顯示，鹽寮調查區約有 3 道蝕溝，其中最北側之蝕溝，溝型最明顯，且溝下游有明顯堆積情形，研判係由該蝕溝過去發生多次土石流動後之土石堆積，另由 LiDAR 資料初步研判，鹽寮調查區可能存在另外 2 個可能崩塌範圍。

二、賀田山調查區：賀田山陣地下邊坡

主要受到蝕溝影響，於賀田山陣地下邊坡多有向源侵蝕現象，初步研判賀田山陣地應係受向源侵蝕影響，而產生邊坡滑動。

第二節 地質調查

3.2.1 地表地質調查

地表地質調查包含露頭之岩層分佈及位態變化等調查，利用現場量測之露頭位態，進行不連續面位態分析，並繪製調查區岩性地質圖，供研判崩塌機制參考，根據前期調查成果，鹽寮調查區主要出露地層為八里灣層水璉礫岩段(簡稱水璉礫岩)、蕃薯寮層及都巒山層，以下就調查成果則要說明如下，鹽寮調查區不連續面位態分析詳表 3-10，區域岩性地質圖詳圖 3-26：

一、水璉礫岩

水璉礫岩於現地容易以外觀分辨，主要分佈於調查區東側。根據野外調查顯示，水璉礫岩於現地常呈現較為陡峭之地勢(詳照片 3-1~照片 3-3)，初步研判可能為水璉礫岩抗蝕性較佳。本層主要位態為層面 $N30^{\circ}E/87^{\circ}E$ ，具有 2 組節理，分別為 $N40^{\circ}W/75^{\circ}W(J1)$ 及 $N20^{\circ}W/82^{\circ}E(J2)$ ，另根據 LiDAR 資料產製之坡度圖(詳圖 3-24)，可明顯劃分出水璉礫岩與蕃薯寮層之界線，鹽寮調查區主要出露地層為水璉礫岩。



照片 3-1、水璉礫岩呈陡峭山壁



照片 3-2、陡峭山壁之近拍



照片 3-3、出露於岸邊之水璉礫岩外觀及主要位態

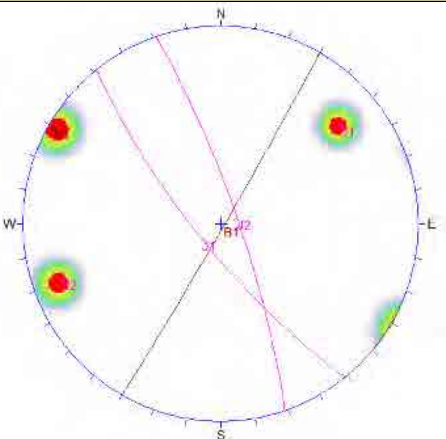
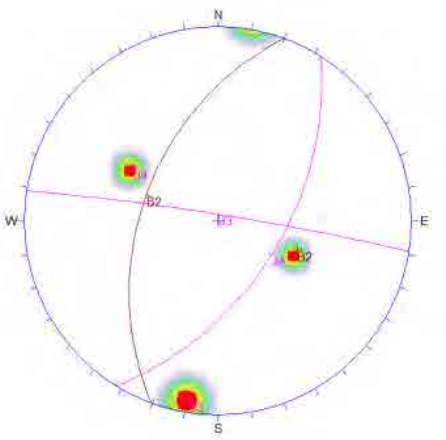


照片 3-4、蕃薯寮層露頭及位態

三、都巒山層

本層分佈於賀田山陣地附近，該區域因植生茂密及建物較多，無明顯露頭，利用空拍溪谷露頭照片，進行研判都巒山層及蕃薯寮層之地層界線，於蝕溝西側為都巒山層，蝕溝東側為蕃薯寮層，如圖 3-25 所示。

表 3-10、鹽寮調查區不連續面位態分析統計表

		編號	位態	走向	不連續面位態分析
水璉礫岩不連續面	層理 B	B1	N30°E/87°E	東北-西南	
	節理 J	J1	N40°W/75°W	西北-東南	
		J2	N20°W/82°E	西北-東南	
蕃薯寮層不連續面	層理 B	B1	N25°E/46°W	東北-西南	
	節理 J	J1	N80°W/86°N	西北-東南	
		J2	N30°E/55°E	東北-西南	

3.2.2 地表現況調查

地表現況調查主要包含結構物裂縫、地表裂縫、道路陷落、隆起、坡面滲水等，進行記錄及拍照，用以瞭解計畫區之災害情形，供後續研判災害規模及機制行為，本計畫延續前期計畫調查之定拍成果，於本階段 2024 年 10 月至 2025 年 10 月執行 12 次現場勘查工作，並針對新增異常表徵執行追蹤，以下茲就鹽寮及賀田山兩區之調查成果說明如下，地表現況調查成果詳圖 3-28~圖 3-31 所示。

一、鹽寮調查區(坡趾區域)：

- (一)前期土砂災害位置：前期土砂災害位置持續定拍追蹤，本年度特殊降雨事件未有造成災害情事發生(圖 3-28a)。
- (二)既有構造物現況：坡趾縱向溝經二期工程已重新修復完成(圖 3-28b)，周邊擋牆前期滲水位置於降雨事件後仍有持續出水情形(圖 3-28c)；台 11 線擋土牆由追蹤定拍成果顯示 114 年 8 月至 10 月間略有外推裂縫增大情形(圖 3-28d)，持續追蹤中。

二、鹽寮調查區(第一至三期工程區域)：

- (一)地表裂縫與陷落：前期於坡頂及噴漿坡面上張力裂縫經三期工程已重新配置自由隔框及縱洩溝(圖 3-29c)。
- (二)地表排水及坡面滲水：2024 年期間坡頂及坡腹處之土袋溝於颱風事件後有破壞情形，研判既有土袋溝斷面不足，使現況無法有效排水，經三期工程，重新配置排水溝。(圖 3-29a、b、f)。
- (三)既有構造物裂縫：第一期工程之縱向溝因南側土砂持續推擠，使縱向溝有變形及開裂情形發生(圖 3-29d、e)，惟暫不影響地表排水功能，經三期工程已執行裂縫填補及排水溝補強工作。
- (四)近期災害發生時間：2022 年 6 月 7 日降雨事件造成雨水挾帶泥砂流入迴頭彎處；2023 年 6 月瑪娃颱風後頭部區域張力裂縫再度開裂；2024 年 7 月凱米颱風後坡頂及坡腹之土袋溝有破損情形，造

成少量泥砂流入趾部入口處(圖 3-29j)，其餘區域無明顯異常情形(圖 3-29g、h、i、k)

三、賀田山調查區：

(一)既有構造物裂縫：嶺頂道路上、下邊坡擋土牆出現延伸性裂縫，經鄉公所填補後於較大降雨事件後，裂縫均有再度開裂情形(圖 3-30、圖 3-31)。

(二)近期災害發生時間：

1. 2017 年 4 月，嶺頂道路損毀，營區內預力地錨擋土牆發生局部崩塌損毀。
2. 2021 年 10 月，圓規颱風事件後舊道路旁擋土牆有明顯開裂情形，且事件後裂縫有持續擴大趨勢，2022 年 6 月 10 日現勘裂縫開裂 72 mm，較 2021 年 10 月 26 日現勘以增加約 27 mm。
3. 2022 年 11 月奈格颱風事件後嶺頂道路開裂下陷，道路下方擋土牆有前傾及開裂情形，較 2022 年 4 月現勘增加約 110 mm，已建議轄管單位(縣府)，進行緊急處理，針對路面開裂處進行填補，以避免地表水持續入滲影響邊坡穩定。
4. 2023 年 6 月瑪娃颱風事件後前期填補之裂縫位置再度開裂，且道路下方擋土牆有前傾及開裂情形加劇，目前已回報機關，並於 2023 年 6 月 21 與壽豐鄉公所及承辦課室人員赴現場會勘，目前已進行緊急裂縫填補處理。2023 年 10 月 17 日現場勘查，裂縫暫無再度開裂情形發生。
5. 2024 年 4 月 0403 強震，道路下方擋土牆略有前傾及開裂情形，擋土牆開裂約 31 cm，2024 年 4 月 15 已進行緊急裂縫填補處理，後續 2024 年 7 月凱米颱風、10 月山陀兒颱風及 11 月康芮颱風後現勘，裂縫暫無再度開裂情形發生。

6. 2025 年 7 月花蓮縣政府啟動道路災後復建工程，差除嶺頂道路下方擋土牆並重新建置(詳 3.8.3 節)，本期間歷經 2025 年 7 月薇帕颱風、8 月楊柳颱風及 9 月樺加沙颱風後，道路暫無明顯異常表徵發生，後續待工程完工後持續追蹤。

(三)裂縫開裂方向及可能滑動範圍：區域裂縫位置及開裂後移動之方向如圖 3-32 所示，由裂縫之相對位移可初步圈繪出近期主要具活動性之區域，應集中於主要崩塌塊體北測之範圍。

(四)地表排水確認：區域道路內設有暗溝且於主要崩塌塊體範圍無縱向排水設施，研判原排水路徑應由道路南側往北測排出，另由於近期主要崩塌塊體之道路持續下陷，進而使區域地形改變，研判南北兩側地表水均可能朝主要崩塌塊體匯入，不利邊坡穩定。

3.2.3 地質鑽探作業

鹽寮調查區前期計畫於 2017 年進行 11 孔鑽探(壽豐鹽寮崩塌地監測調查案，農業部農村發展及水土保持署花蓮分署)，各孔孔深 15 m~35m 不等，總深度 300 m；另案計畫於 2016 年進行 7 孔鑽探(鹽寮福德崩塌地及坑溝治理細部規劃，農業部農村發展及水土保持署花蓮分署)，一併納入評估分析。鑽孔平面位置如圖 3-33 及圖 3-37 所示，各鑽孔孔深及座標詳表 3-11 所示。

表 3-11、鹽寮調查區地質鑽孔基本資料表

項次	計畫名稱	年度	鑽孔編號	孔深(m)	高程	N	E
1	鹽寮福德崩塌地 及坑溝治理細部規劃	2016	BH-1	24	66.55	2643139.18	311336.26
2			BH-2	23	64.28	2643155.68	311347.22
3			BH-3	20	62.25	2643183.59	311351.11
4			BH-4	30	82.66	2643152.39	311300.40
5			BH-5	30	86.58	2643184.71	311295.19
6			BH-6	35	49.02	2643179.43	311385.70
7			BH-7	40	51.66	2643135.07	311374.42
8	壽豐鹽寮崩塌地 監測調查案	2017	A17-1	15	70.00	2643133.69	311328.77
9			A17-2	25	18.00	2643244.42	311439.49
10			A17-3	25	26.00	2643153.93	311425.61
11			A17-4	25	28.00	2643083.68	311409.33
12			A17-5	20	15.00	2643128.66	311438.83
13			A17-6	35	85.00	2643013.67	311265.18
14			A17-7	25	35.00	2642982.32	311349.32
15			A17-8	35	95.00	2642935.09	311208.03
16			C17-1	35	356.0	2643014.92	310113.69
17			C17-2	30	357.0	2642910.14	310043.84
18			C17-3	30	370.0	2643053.28	310065.43
19	109 年度花蓮縣北坑溪 與壽豐鹽寮潛在大規模 崩塌區調查監測計畫	2020	C20-1W	60	394.0	2642977.30	310106.75
20			C20-2W	40	384.0	2642988.12	310005.49
21			C20-3S	35	356.0	2643013.92	310114.69

3.2.4 地質鑽探成果

根據地表地質調查成果，鹽寮及賀田山調查區分別位於 2 種不同之地層，鹽寮調查區位於水璉礫岩；賀田山調查區位於都巒山層，各區之鑽探成果說明如下：

一、鹽寮調查區：位於水璉礫岩

鹽寮調查區主要位於水璉礫岩，過去常因土石崩落於道路使交通中斷，前期計畫曾於坑溝內進行 7 孔地質鑽孔(孔深為 20~40 m)，以瞭解坑溝內之地質狀況，由當時調查成果顯示，土石崩落來源主要為覆蓋於水璉礫岩上方之岩屑層產生滑動。於鹽寮調查區鑽探之主要目的為進一步瞭解岩屑層之分佈範圍，共進行 8 孔鑽探(孔深為 15~35 m)，綜合前後期，共計 15 孔之地質鑽探成果，該區域地層由下而上概分為三個層次，分別為(1)岩屑層；(2)風化水璉礫岩；(3)水璉礫岩，岩芯分層成果以 A17-4 為代表，詳圖 3-34 所示，茲將各地層之特性由下至上敘述如下。

(一)岩屑層：岩屑層覆蓋於風化水璉礫岩上方，厚度約 0.9~8 m，呈黃褐色、灰色、灰黑色細砂粉土、黏土夾雜大小不一的岩塊(詳照片 3-5)，此區岩屑層可能含有部分上方蕃薯寮層、都巒山層搬運堆積而來之風化土壤。根據前期計畫之傾斜觀測管監測成果，本層於降雨期間變位大，甚至造成傾斜觀測管斷管情形，顯示本層可能為最不穩定之區域，前期傾斜觀測管量測與岩芯比對成果詳圖 3-35。

(二)風化水璉礫岩：由現場鑽探成果顯示，水璉礫岩上方，有一厚度約 1.46~21.2 m 風化情形較為明顯之水璉礫岩，此層膠結較差，裂縫中常有鏽染現象，局部範圍甚至已風化成泥或土壤(詳照片 3-6)。

(三)水璉礫岩：以礫岩與厚層砂岩為主，偶夾有砂頁岩互層與泥岩，整體而言岩體完整，膠結良好，而由地表地質調查成果顯示，因本層

常呈地勢陡峭，故研判於鹽寮調查區中，本層屬於較穩定之地層，無明顯風化情形(詳照片 3-7)。

另利用地質剖面及現場勘查，以瞭解岩屑層分佈深度及範圍，供後續治理規劃使用。由地質剖面顯示，岩屑層均位於地表下 0.9~8 m 間，而岩屑層範圍以台 11 線 10k 上邊坡為主，岩屑層範圍研判詳圖 3-36、圖 3-37，地質剖面詳圖 3-38。



照片 3-5、代表性之岩屑層岩芯(以 A17-8 孔為例 0~4 m)



照片 3-6、代表性之風化水璣礫岩岩芯(以 A17-4 孔為例 4~8 m)



照片 3-7、代表性之水璣礫岩岩芯(以 A17-3 孔為例 16~20 m)

二、賀田山調查區：

賀田山調查區保全對象為農路及軍事基地，賀田山調查區位於都巒山層，都巒山層以安山岩質集塊岩為主要之岩層，其次包括安山岩質熔岩流，岩脈，礫石，凝灰岩與岩屑層。由岩芯判釋此區鑽孔表層為岩屑層，其餘為安山岩質集塊岩，其破碎與風化程度有相當大之差異，為釐清各鑽孔不同深度岩體之破碎程度及風化情形，將岩體依不同之破碎及風化程度進行分級，分級依據如表 3-12 及表 3-13 所示。

表 3-12、賀田山調查區岩芯破碎程度分級表

	
IV：岩體完整	III：岩體表面裂縫
	
II：岩體開裂	I：岩體細碎

表 3-13、賀田山調查區岩芯風化程度分級表

	
IV：無明顯風化	III：裂面有風化情形
	
II：岩體表面風化明顯	I：岩體風化成土壤

針對各孔岩芯以每 10 cm 間距，分別依破碎程度及風化程度進行分段，分段完成後，為使後續分層所需，進一步將岩芯分級成果，以 3m 分段平均進行統計，經統計後顯示，岩芯愈破碎則風化程度越高，將賀田山調查區之地層概分為四個層次，分別為(1)岩屑層(2)高度破碎風化岩層(3)中度破碎風化岩層(4)輕度破碎風化岩層，其中高度破碎風化岩層~輕度破碎風化岩層之岩性大致相同，僅係岩芯破碎及風化程度略有不同。茲將各地層之分佈及性質敘述如下，岩性分層示意圖詳圖 3-39，地層剖面詳圖 3-40 及圖 3-41。

- (一)岩屑層：上覆於風化岩層，由淺棕至深棕色風化土壤、岩屑及大小不一之岩塊所組成，本區岩屑層厚度約 1.6~6.3 m，其中 C17-1 孔岩屑層厚度較厚，為 6.3 m。
- (二)高度破碎風化岩層：以安山岩質集塊岩為主要之岩層，其次包括安山岩質熔岩流，岩脈，礫石與凝灰岩，岩體大部分已開裂甚至細碎，風化程度皆屬於 I、II 級，相當脆弱
- (三)中度破碎風化岩層：以安山岩質集塊岩為主要之岩層，其次包括安山岩質熔岩流，岩脈，礫石與凝灰岩，岩體較為完整，但岩芯表面皆已風化，成棕色，風化程度落在 II 級。
- (四)輕度破碎風化岩層：以安山岩質集塊岩為主要之岩層，其次包括安山岩質熔岩流，岩脈，礫石與凝灰岩，岩體完整，風化程度落在 III、IV 級，僅有部分剪裂面風化，風化程度較輕微。

由鑽探岩芯成果可發現，較破碎之岩層區段會受到較嚴重的風化影響，反之，岩體較完整之岩層區段較不容易受到風化侵蝕。

3.2.5 鑽探期間上下工水位記錄

為能更加瞭解調查區內地下水之分布情形，施鑽過程均每日記錄施鑽進度，及上下工鑽孔內水位變化，除瞭解地下水分布，若水位有較大明顯升降，亦可能研判可能有透水層或半透水層之存在，可提供後續地下水特性綜合分析研判。利用現地資料推估地下水特性，研判成果提供地下水特徵初步參考。關於鑽探過程中含水層及透水層定義，彙整如表 3-14 所示。

表 3-14、含水層及透水層定義

分類	鑽孔內地下水位變化			說明
	地下水位	鑽探當日下工水位 (相較於當日上工水位)	鑽探次日上工水位 (相較於當日下工水位)	
自由含水層	有	上升	略微上升或無明顯變化	鑽探深度範圍內，鑽孔有地下水補注，地下水之流入量大於或等於流出量，次日上工時地下水位較前日上工及下工水位略微上升或無明顯變化。
半受壓含水層	有	上升	上升	鑽探深度範圍內，鑽孔有地下水補注，地下水之流入量大於流出量，次日上工時地下水位上升且高於前日下工水位。
受壓含水層	有	上升	顯著上升	鑽探深度範圍內，鑽孔有地下水補注，地下水之流入量遠大於流出量，次日上工時地下水位顯著上升。
半透水層	有	下降或無明顯變化	下降(幅度小) <50%	鑽探深度範圍內，鑽孔之地下水之流入量小於流出量，並於次日上工時地下水位小幅度下降(<50%)。
	有	下降或無明顯變化	下降(幅度大) >50%或無水	深度範圍岩層，地下水之流入量<地下水之流出量，次日上工水位大幅度下降>50%。
透水層	無 (全透水)	無水	無水	深度範圍岩層，完全漏水，透水性高。
不透水層	-	-	-	介於含水層及透水層介面，分佈範圍須配合岩芯判釋

備註：

1.參考改繪於“地すべりに影響を及ぼす地下水の調査・観測に関する共同研究 共同研究報告書 表解 2-2 孔内水位変化による判定と汲み上げを併用した判定の対比”

2.地下水位下降幅度係以地下水位下降深度(翌日上工水位-當日下工水位)和當日總累計鑽探進尺深度之比例。

根據前期計畫鑽探期間上下工水位記錄顯示，鹽寮調查區具受壓含水層現象，但賀田山調查區無受壓含水層現象。茲將各分區地下水特性說明如下：

一、鹽寮調查區：

- (一)淺層不透水層：於鑽探過程中，初期鑽孔期間之地下水水位偏高，但鑽至風化水璉礫岩時，地下水水位會大幅下降。由岩芯判釋成果顯示，可能係岩屑層與風化水璉礫岩間存在高含泥量所形成之不透水層有關，如圖 3-42。
- (二)風化水璉礫岩為含水層：於鑽探至風化水璉礫岩時，地下水位有上昇情形，故研判風化水璉礫岩可能存在受壓含水層，如圖 3-42。

二、賀田山調查區：

於鑽探過程中，地下水位偏低，由岩芯判釋成果顯示，表層為岩屑層，其餘為安山岩質集塊岩，由於岩性較為破碎，故鑽探期間無地下水。

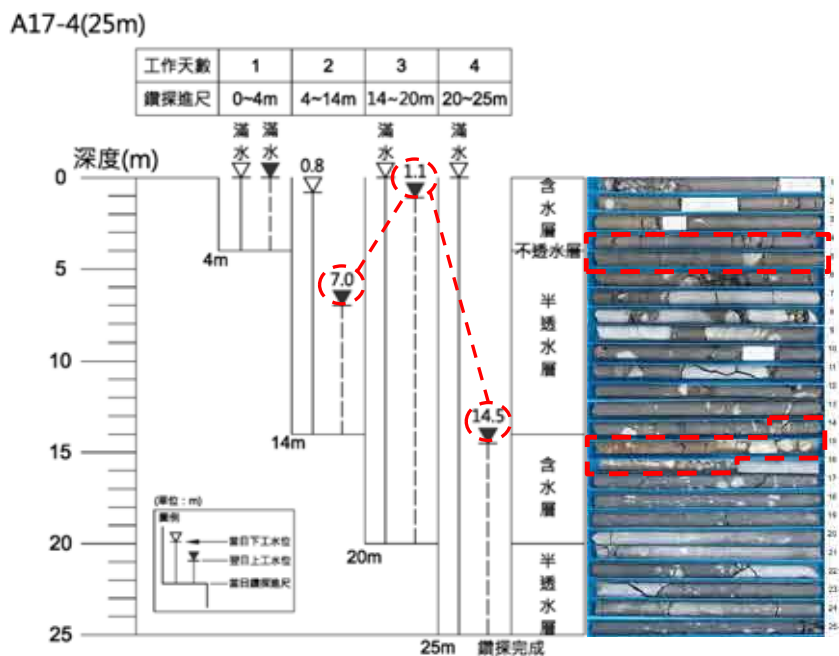


圖 3-42、鹽寮調查區受壓含水層示意圖(A17-4 孔)

3.2.6 地下水檢層試驗

地下水檢層試驗之目的係調查地下水的水脈分布及其流動狀況，供邊坡滑動機制之研判參考，以及地下水導排治理工程規劃之參考。

地下水檢層試驗施測方法主要係利用量測溶解於鑽孔中地下水電解質濃度變化，以研判地下水脈位置及流動速率。通常使用之電解質為食鹽 (NaCl)，將其加入鑽孔內之地下水中，然後量測各深度之地下水電阻隨時間之變化量。當鑽孔中局部地下水流動相當快速，其比電阻在該段則會有很明顯的變化，顯示該段地層地下水有很明確的流動現象，至於比電阻變化不大時，則表示該層並未有快速流動地下水或水脈。

因鹽寮調查區地下水特性調查所需，故依據地下水位監測成果，選定鹽寮調查區之 A17-3 孔及賀田山調查區之 C17-3、C20-2W 孔進行地下水檢層試驗，A17-3 常時地下水位約位於地表下 12.2 m，由地下水檢層試驗成果顯示，地表下 12~17 m 深度範圍內，地下水略有流動現象，如圖 3-43 所示。C17-3 常時地下水位約位於地表下 28 m，C20-2W 常時水位約位於地表下 36 m，兩孔於量測深度範圍內地下水皆無明顯流動現象，如圖 3-44。

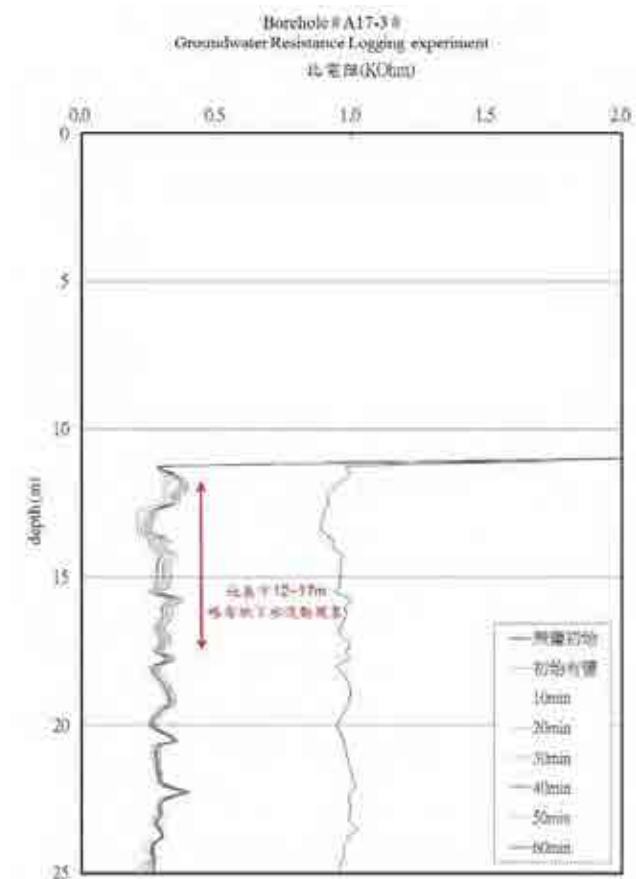


圖 3-43、鹽寮調查區 A17-3 地下水檢層試驗成果

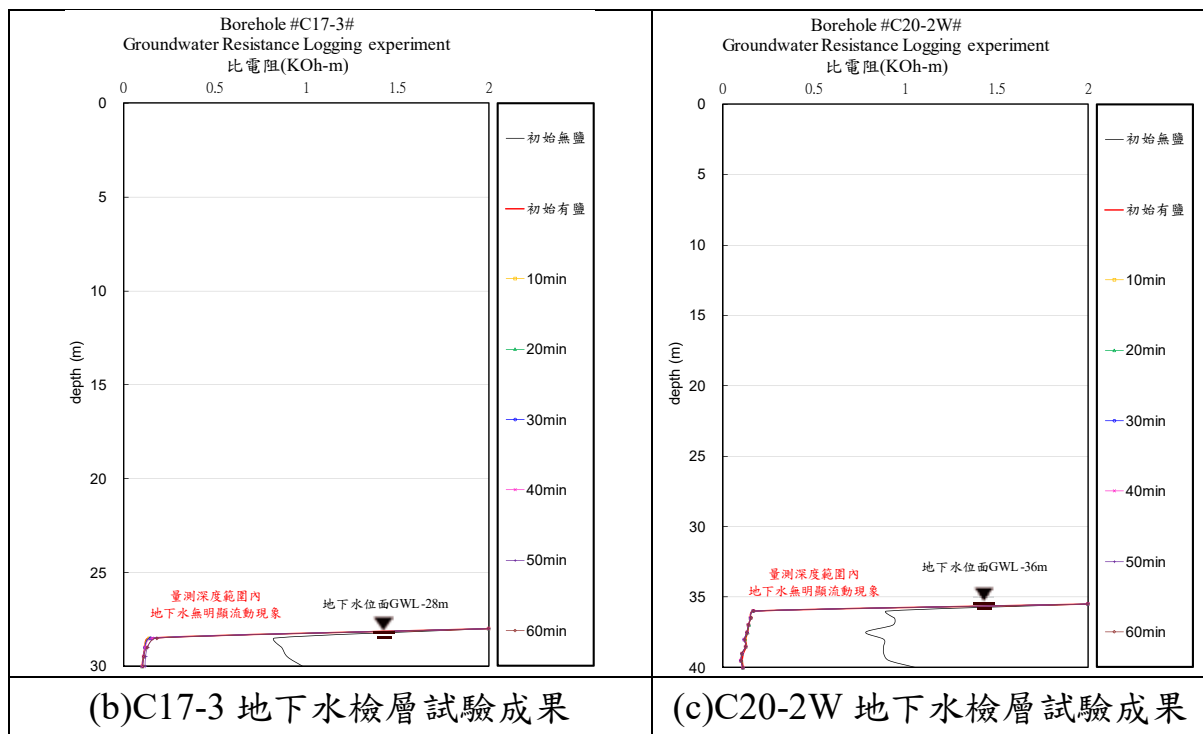


圖 3-44、賀田山調查區地下水檢層試驗成果

表 3-15、賀田山調查區地下水檢層試驗基本資料表

鑽孔編號	鑽孔深度 (m)	孔口高程 (m)	試驗時 地下水位	常時水位高程 (m)	試驗成果
A17-3	25	26	地表下 12 m	14	地表下 12~17 m 略有流動現象
C17-3	30	370	地表下 28 m	342	無明顯流動現象
C20-2W	40	384	地表下 36 m	348	無明顯流動現象

3.2.7 地下水流速流向試驗

地下水於小範圍內流向一般較難以掌握，故本計畫利用地下水調查方法中之微流速儀，於賀田山調查區進行補充地下水調查，進一步釐清調查區下方地層中地下水流向與流速變化情形，以作為後續治理建議評估之參考。

一、地下水取水及水質試驗方法

本試驗係利用熱擴散現象測量地下水流動方向，係於鑽孔內某一固定深度放置 16 個感測接收器，並藉由多點加溫達一恆溫後，因地下水流動改變水溫，則可探測地下水流向及流速。施測前需先掌握地下水流動層之深度，以利後續掌握施測深度，量測時間至少 60 分鐘，而後將試驗檢測之地下水流速及流向繪製成地下水溫度分布圖。

二、地下水流速流向試驗成果

(一) 試驗基本資料：現場地下水流速流向量測於 2022 年 9 月 20 日至 9 月 21 日進行，鑽孔為 C17-3、C20-2W 及 C20-3S，由於各孔之地下水位均甚低，故試驗時選擇該鑽孔近孔底之區段進行，試驗需待流速與流向均趨於穩定後(至少約一小時)，始計算其流速與流向之成果。

(二) 試驗結果：施測成果如表 3-16 所示，並將成果繪製於圖 3-45，由試驗成果顯示，本區域之地下水流向大致上朝向東南，流速介於 0.038cm/min 至 0.164cm/min 間。

表 3-16、賀田山調查區地下水流速流向試驗成果表

鑽孔編號	施測日期	施測深度 (m)	流速 (cm/min)	方向 (°N)	地下水位 (m)
C17-3	2022/09/21	27.8	0.038	77	27.15
	2022/09/21	29.1	0.042	157	27.15
C20-2W	2022/09/20	38.0	0.051	176	37.50
	2022/09/20	40.2	0.125	121	37.50
C20-3S	2022/09/21	34.2	0.049	155	34.00
	2022/09/21	35.3	0.164	146	34.00

3.2.8 地下水取樣及水質試驗

地下水之離子含量，受流經地層之礦物成分及雨量之影響，一般在相同流徑或來源之地下水其離子含量會較接近，故可藉由比較各取樣地點、深度，以研判可能地下水流動路徑。本計畫於 2022 年於賀田山調查區進行水質試驗調查，以進一步釐清調查區下方地層中地下水流動情形，以作為後續治理建議評估之參考。

一、地下水取樣及水質試驗方法

- (一) 地下水取樣：地下水取樣係利用貝勒管(Bailer sampler)採取，取樣後依據行政院環境保護署環境檢驗所標準檢驗法規定保存。
- (二) 地下水水質試驗：完成地下水取樣後，儘速送至實驗室進行試驗。試驗項目共進行四種試驗，以求取地下水水樣之七種正負離子含量，包含鈣、鎂、鈉、鉀、氯鹽、硫酸鹽及碳酸氫根離子等。

二、地下水取樣及水質試驗成果

- (一) 試驗基本資料：本計畫於 2022 年 9 月 21 日，在賀田山調查區 C17-3 傾斜觀測管兼水位井及 C20-1W 水位觀測井，進行地下水取樣，共計 2 處，並送至實驗室試驗。
- (二) 試驗結果：彙整本次地下水水質試驗結果，如表 3-17 所示。利用地下水水質試驗結果，所求取的地下水微離子濃度，可用以繪製 Piper 水質菱形圖或 Stiff 六軸式水質形狀圖圖，提供研判參考，依序說明如後。

表 3-17、賀田山調查區水質試驗成果表

鑽孔 編號	取樣 深度 (m)	鉀 K ⁺ (mM)	鎂 Mg ²⁺ (mM)	鈣 Ca ²⁺ (mM)	鈉 Na ⁺ (mM)	氯鹽 Cl ⁻ (mM)	硫酸鹽 SO ₄ ²⁻ (mM)	碳酸氫 根離子 HCO ₃ ⁻ (mM)
C17-3	27-28	0.06	0.66	1.99	0.83	0.73	0.47	2.99
C20-1W	60-61	0.12	0.70	1.00	1.76	0.36	0.05	4.91

1. Piper 水質菱形圖分析：

(1) 說明：Piper(1944)水質菱形圖係利用陽離子(鈣、鎂、鈉、鉀)及陰離子(氯鹽、硫酸鹽、碳酸氫根離子)佔各陰陽離子當量濃度之百分比繪於水質菱形圖中，藉以代表該水樣之水質。在菱形圖上之四邊各取其中心點(50%處)，對邊互相連線，可將菱形圖分割成五種水質特性的區塊，編號I~V區，可用以分辨地下含水層類型，依序說明各區塊水質特性如後。

- I區：為鹼土類碳酸氫鹽類(Carbonate Hardness)，以碳酸氫鈣及碳酸氫鎂為主。主要由於碳酸之雨水滴於含鈣、鎂之岩石所致，故化學相為未遭受污染之正常地下水。一般在於淺層自由含水層，雨水與河水等在此範圍內。
- II區：為鹼金類碳酸氫鹽(Carbonate Alkali)，以碳酸氫鈉為主，未受污染之深層正常地下水或拘限層地下水屬此範圍。
- III區：為鹼土類非碳酸鹽類(Non-Carbonate Hardness)，以碳酸鈣、硫酸鎂、氯化鈣、氯化鎂為主。為農業活動污染之地下水、工礦業、硬水及火山活動區(溫泉水)均屬於此區範圍。

- IV區：為鹼金類分氫碳酸鹽(Non-Carbonate Alkali)，以硫酸鈉或氯化鈉為主，海水污染與海岸地區地下水等在此範圍。
- V區：為中間型，已遭受污染但屬輕微，常分別併入II、III區。

(2) 結果討論：利用本次地下水水質試驗結果，進行 Piper 水質菱形圖分析，如圖 3-47 所示，可知本次水質分析結果，主要分佈在I及IV區，其中：

- I區：水質樣本包含 C17-3、C20-1W，共 2 組。I區一般在於淺層自由含水層，雨水與河水等在此範圍內。

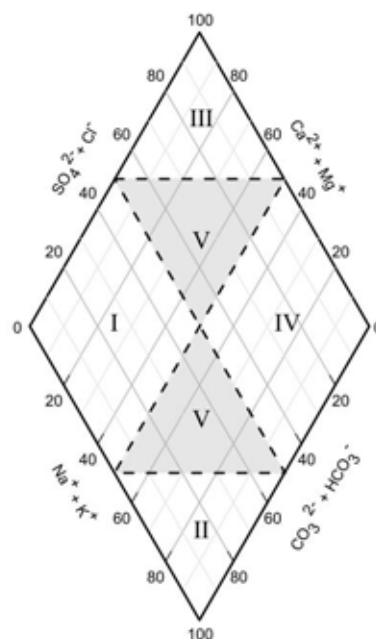


圖 3-46、Piper 水質菱形圖示意圖

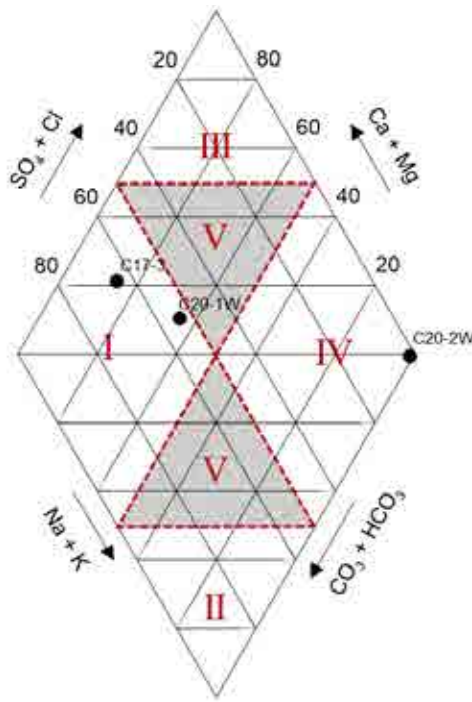


圖 3-47、賀田山調查區地下水離子含量試驗結果-Piper 水質菱形圖分析

2. Stiff 六軸式水質形狀圖分析：

- (1) 說明：Stiff 六軸式水質形狀圖係利用常見的陽離子(鈣、鎂、鈉、鉀)及陰離子(氯鹽、硫酸鹽、碳酸氫根離子)，各分為三軸(行)，共六軸，並繪製成多邊形，多邊形的每一軸長度代表某個主要離子的當量濃度(meq/L)。Stiff 圖多邊形的形狀差異，反映水質受影響的程度。形狀相似的 Stiff 圖，則表示水中離子組成相近。將各取樣地點的水質分析結果 Stiff 圖，標示於地圖上，可提供地下水流徑研判參考。
- (2) 結果討論：利用本次地下水水質試驗結果，進行 Stiff 六軸式水質形狀圖分析，如圖 3-48 所示，大致可依照 Piper 水質菱型圖分區討論：
 - I區：水質樣本包含 C17-3、C20-1W，共 2 組。Stiff 形狀圖相似屬於鈣及硫酸鹽離子含量相對凸出型。

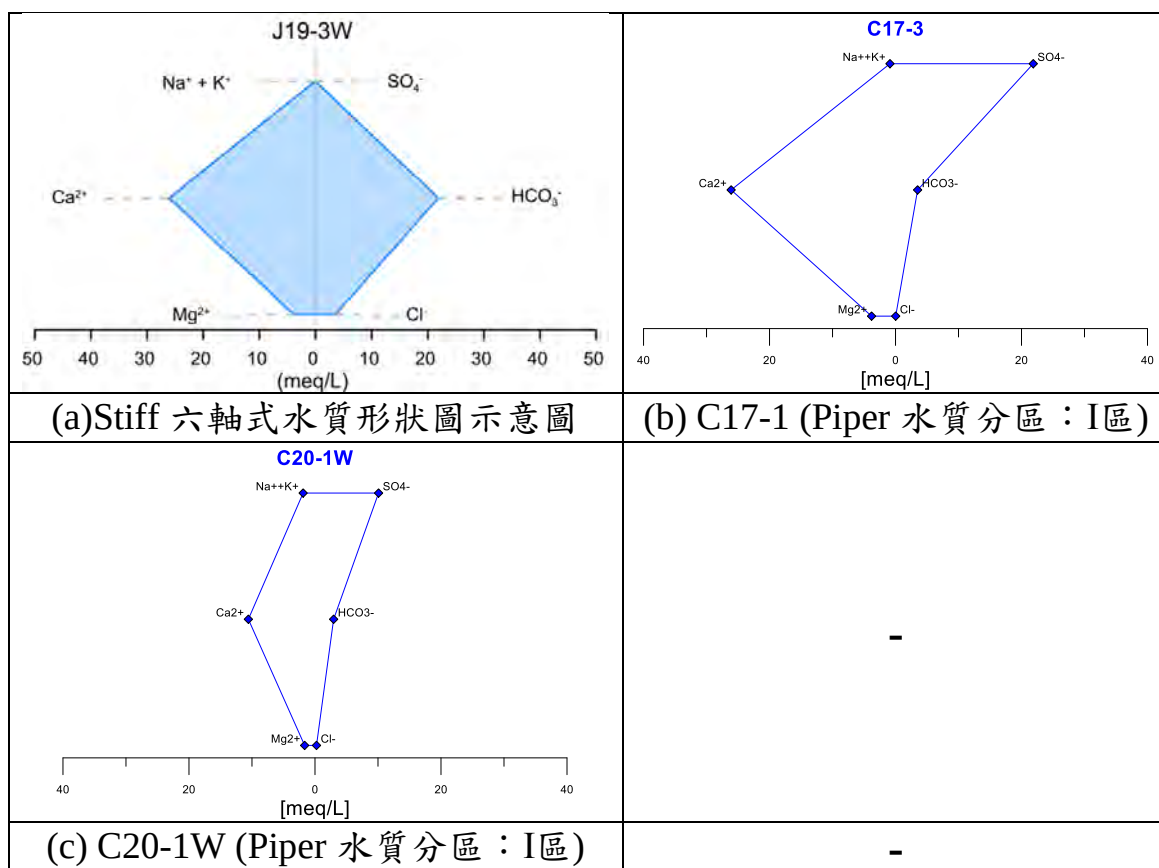


圖 3-48、Stiff 六軸式水質形狀圖示意圖

第三節 相關單位觀測成果蒐集及彙整

經蒐集相關資料，鹽寮及賀田山地區曾有農業部農村發展及水土保持署針對大範圍潛勢區進行 In-SAR 分析(合成孔內雷達衛星影像分析)，彙整歷年觀測成果資料如表 3-18 所示。

農業部農村發展及水土保持署於 2015 年起另案辦理相關計畫進行合成孔內雷達衛星影像分析，利用日本 ALOS 衛星於 2007~2011 年(涵蓋 2009 年 8 月莫拉克颱風前後)，及 ALOS-2 衛星於 2015~2024 年間之合成孔徑雷達衛星影像，配合時域相關點雷達干涉法(Temporarily Coherent Point SAR Interferometry, TCP-InSAR)技術，分析全臺潛在崩塌邊坡活動性。

一、鹽寮調查區：由 TCP-InSAR 地表長期變形量成果顯示(圖 3-49a、圖 3-49b)(沿坡面方向)，2015-2020 年 ALOS-2 期程其邊坡滑移總量為 493.8 mm/yr、滑移總點數為 152 點、滑移平均量為-3.3 mm/yr，TCP-InSAR 活動度評估為「低」。2022-2023 年 ALOS-2 期程其邊坡滑移總量為-1648.9 mm/yr、滑移總點數為 152 點、滑移平均量為-10.8 mm/yr，TCP-InSAR 活動度評估為「中」，由 TCP-InSAR 成果顯示近期邊坡活動度略有上升情形。鹽寮調查區於 2015~2022 年區域整體地貌變異不大，僅於坡趾步局部區域呈現下降變化；2022~2023 年間計畫範圍頭部區域有明顯下降變化，且趾步前期呈現下降之區域，其範圍亦有增大情形。

二、賀田山調查區：由 TCP-InSAR 地表長期變形量成果顯示(圖 3-49c、圖 3-49d) (沿坡面方向)，2015-2020 年 ALOS-2 期程其邊坡滑移總量為-46.3 mm/yr、滑移總點數為 13 點、滑移平均量為-3.6 mm/yr，TCP-InSAR 活動度評估為「低」。2022-2023 年 ALOS-2 期程其邊坡滑移總量為-337.7 mm/yr、滑移總點數為 18 點、滑移平均量為-18.8 mm/yr，TCP-

InSAR 活動度評估為「高」。由 TCP-InSAR 成果顯示近期邊坡活動度有上升情形，且 2022~2023 年間計畫範圍內普遍呈現下降變化，並於坡趾區域下降速率為最大，將可能影響上方塊體之穩定性。

表 3-18、鹽寮及賀田山地區 InSAR 分析屬性資料表

執行單位	地區	崩塌潛勢面積 (ha)	崩塌總點數 (pt.)	崩塌點密度 (pt./ha)	活動度計算 (年)	活動度
農業部 農村發展及 水土保持署	花蓮縣- 壽豐鄉- D001(鹽寮)	42.1	152	3.6	2015~2020	低
					2020~2021	中
					2021~2022	低
					2022~2023	中
	花蓮縣- 壽豐鄉- T006(賀田山)	4.4	18	4.1	2015~2020	低
					2020~2021	中
					2021~2022	中
					2022~2023	高

(資料來源：113 年大規模崩塌潛勢區廣域地表觀測及活動性評估計畫)

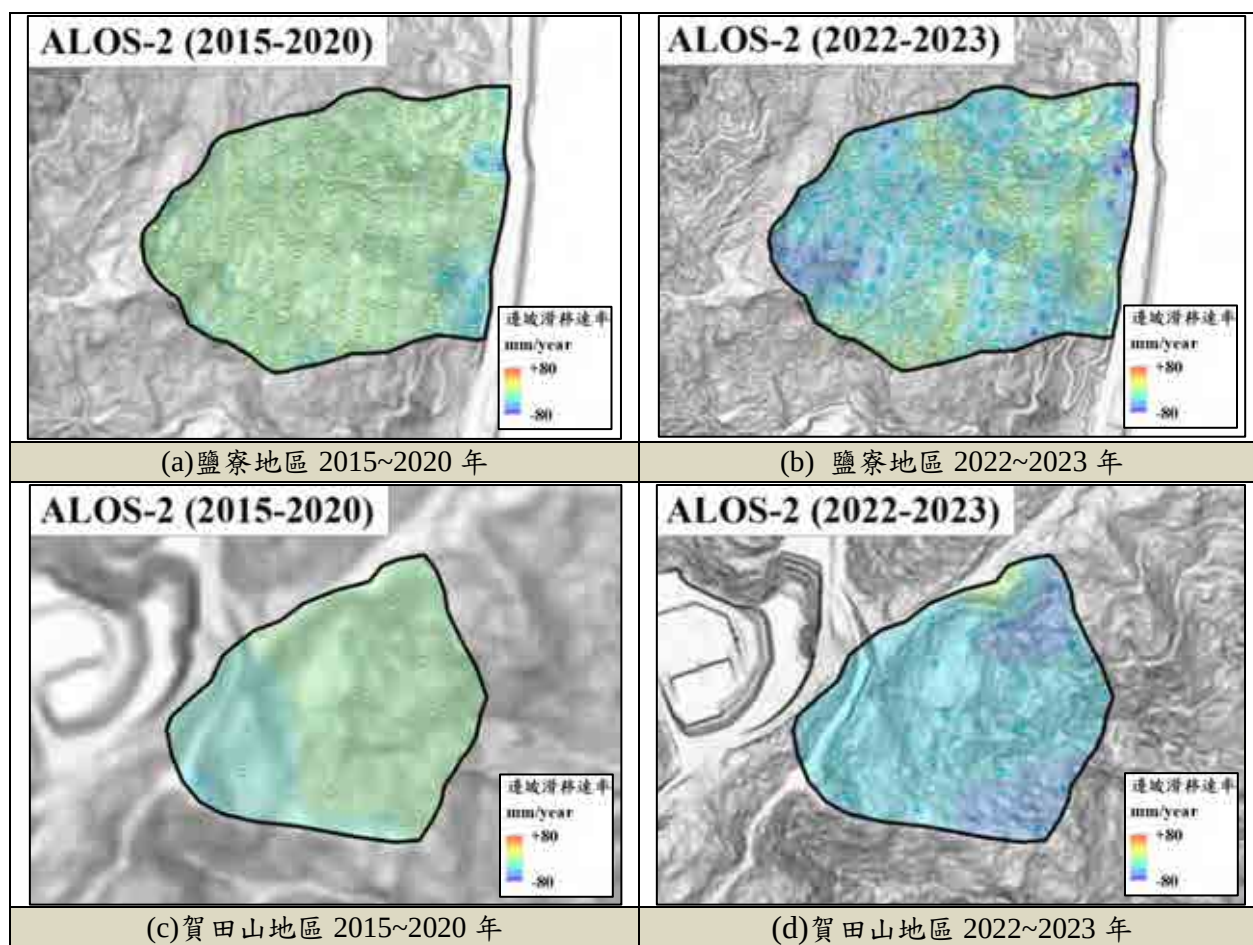


圖 3-49、鹽寮及賀田山地區 TCP-InSAR 分析之地表變形觀測成果

(資料來源：農業部農村發展及水土保持署；由 TCP-InSAR 成果顯示兩處調查區近期邊坡活動性均有增加情形)

第四節 崩塌安全監測系統觀測儀器安裝與觀測

階段監測成果彙整至 2025 年 11 月，各項監測項目、監測頻率及成果說明如下：

3.4.1 觀測儀器安裝及監測項目

本計畫監測項目包含傾斜觀測管、水位觀測井、自記式水壓計、雙軸傾斜計(半自動)及自動化即時影像監控系統等，各監測項目數量及量測目的說明如下，監測儀器平面配置圖詳圖 3-50 及圖 3-51 所示，各監測儀器數量及現況說明詳表 3-19 及表 3-20 所示。

一、傾斜觀測管(既有監測儀器持續觀測)

傾斜管量測方式係藉由雙軸傾斜感測器，量測地層各深度之水平變化量，進而研判邊坡滑動型態、滑動深度及滑動速率等資料。鹽寮調查區及賀田山調查區既有裝設 10 孔傾斜管(A17-1、A17-2、A17-3、A17-4、A17-6、A17-8、C17-1、C17-2、C17-3 及 C20-3S)，其中 A17-1 及 A17-2 配合二期工程已停止觀測，C17-1 及 C20-3S 已斷管，A17-3、A17-4、A17-6、A17-8、C17-2 及 C17-3 功能正常。

二、水位觀測井(既有監測儀器持續觀測)

水位觀測井量測目的，為瞭解調查區地下水位之昇降情形。調查區裝設之傾斜管，皆有開孔兼水位井使用，合計鹽寮及賀田山調查區可供地下水位量測之觀測孔為 9 孔(A17-3、A17-4、A17-6、A17-7、A17-8、C17-2、C17-3、C20-1W 及 C20-2W)。

三、自記式水壓計(既有監測儀器持續觀測)

為持續瞭解調查區地下水位變化與邊坡活動性之關係，於兩處調查區既有觀測孔 A17-3、A17-5、A17-7、C17-3、C20-1W 及 C20-2W 孔安裝自記式水壓計(6 支)，持續進行地下水位昇降量測。自記式水

壓計為租用，於合約期間需進行定期保養維修，若有損用，必須更換良品，維持監測期間內之正常運作。

四、地表伸縮計(本計畫新增，已於 113 年完成安裝)

鹽寮調查區針對「壽豐鹽寮大規模崩塌區治理工程」第一期工程頭部塊體邊界，建置全自動化地表伸縮計 2 處，考量該處區域於第一期工程完工後仍有不穩定表徵，目前雖完成第二期工程邊坡補強，但有必要持續透過監測儀器持續觀測，以獲得連續地表變位資料追蹤工程治理成效。新增監測儀器於 2024 年 7 月 18 日完成安裝工作，其中 Y24-E1 因位於「壽豐鹽寮大規模崩塌區第三期治理工程」施工範圍，故 2025 年 5 月配合工程先行移除設備，待該處區域施工完成後再重新恢復監測。賀田山調查區於主要滑動塊體兩側邊界處，建置全自動化地表伸縮計 2 處，由前期調查成果顯示，主要滑動塊體兩側邊界區域路面及擋土牆於降雨後裂縫有持續開裂情形，邊坡具明確活動性，故新增監測儀器持續觀測，以獲得連續地表變位資料以追蹤邊坡活動性。新增監測儀器於 2024 年 7 月 16 日完成安裝工作。

五、雙軸傾斜計(既有監測儀器持續觀測)

鹽寮調查區 2021 年配合第一期工程，於崩塌地頭部自由梁區域之工程結構物安裝 Y21-TI1 及 Y21-TI2 兩組半自動雙軸傾斜計，針對地表構造物傾斜變化進行即時自動化監測，其中 Y21-TI1 位於第一期工程之南側區域，該區域於工程完工後仍有不穩定表徵且局部邊坡具活動性，故後續於 2023 年導入第二期工程進行邊坡補強，目前第二期工程已於 2023 年 12 月竣工，後續可配合該儀器持續監測追蹤工程治理成效；Y21-TI2 位於第一期工程之北側區域，將依前期位置持續觀測，持續追蹤北側工區之工程治理成效。本儀器前期為半自動監測，於 2024 年 7 月 18 日重新安裝為自動化監測儀器。

六、自動化即時影像監控系統(既有監測儀器持續觀測)

鹽寮調查區具重要保全道路台 11 線，故於 2021 年於坡趾區域裝設 1 組自動化即時影像監控系統，藉以掌握邊坡及保全對象即時狀況，本計畫將依前期位置持續觀測。

表 3-19、鹽寮調查區監測儀器數量及現場狀況說明

儀器名稱	儀器編號	孔深(m)	儀器狀況【註 1】	儀器數量	量測方式【註 3】	安裝日期		目的
傾斜觀測管 兼水位觀測井	A17-1	15	X	2 孔	手動	前期計畫 設置 【註 4】	2017 年 6 月	・ 掌握邊坡滑動深度 ・ 掌握邊坡地下水變化
	A17-2	25	【註 2】					
	A17-3	25	V	4 孔				
	A17-4	25	V					
	A17-6	35	V					
	A17-8	35	V					
自記式 水壓計 (半自動)	A17-3	-	V	3 處	半自動		2017 年 6 月	・ 連續紀錄邊坡地下水變化 情形
	A17-5	-	V					
	A17-7	-	V					
雙軸傾斜計	Y21-TI1	-	V	2 站	全自動	前期計畫 設置 【註 5】	2021 年 6 月	・ 掌握邊坡活動性
	Y21-TI2	-	V					
自動化即時 影像監控系統 (CCD 攝影機)	Y21- CCD1	-	V	1 站		本計畫 新增	2024 年 7 月	・ 掌握邊坡活動性
地表伸縮計	Y24-E1	-	△	2 站				
	Y24-E2	-	V					

【註 1】V 為正常觀測；X 為停止觀測；△因第三期工程暫時撤除，待施工後恢復。

【註 2】經現況檢視，儀器遭二期工程掩埋，停止觀測。

【註 3】手動：2024~2025 年(113~114 年)，共執行 10 次。

半自動(自記式)：每 10 鐘記讀一筆資料，資料配合手動監測工作時一併進行下載。

全自動：每 5 分鐘記讀一次資料，資料自動上傳雲端系統。

【註 4】前期計畫：106 年度壽豐鹽寮崩塌地監測調查案。

【註 5】前期計畫：110 年度花蓮縣壽豐鄉鹽寮及北坑地區潛在大規模崩塌調查監測計畫。

表 3-20、賀田山調查區監測儀器數量及現場狀況說明

儀器名稱	儀器編號	孔深(m)	儀器狀況 【註 1】	儀器數量	量測方式 【註 3】	安裝日期		目的
傾斜觀測管 兼水位觀測井	C17-1	35	X 【註 2】	4 孔	手動	前期 計畫設置 【註 4】	2017 年 7 月	・ 掌握邊坡滑動深度 ・ 掌握邊坡地下水變化
	C17-2	30	V					
	C17-3	30	V					
	C20-3S	35	X 【註 2】					
自記式 水壓計 (半自動)	C17-3	-	V	4 處	半自動		2017 年 7 月	・ 連續紀錄邊坡地下水 變化情形
	C20-1W	-	V					
	C20-2W	-	V					
	C20-3S	-	X 【註 2】					
地表伸縮計	H24-E1	-	△	2 站	全自動	本計畫 新增	2024 年 7 月	・ 掌握邊坡活動性
	H24-E2	-	V					

【註 1】V 為正常觀測；X 為停止觀測；△因災害復建工程暫時撤除，待施工後恢復。

【註 2】因邊坡位移量過大已斷管，停止觀測。

【註 3】手動：2024~2025 年(113~114 年)，共執行 10 次。

半自動(自記式)：每 10 鐘記讀一筆資料，資料配合手動監測工作時一併進行下載。

全自動：每 5 分鐘記讀一次資料，資料自動上傳雲端系統。

【註 4】前期計畫：106 年度壽豐鹽寮崩塌地監測調查案。

3.4.2 監測頻率

本計畫監測工作依量測方式分為手動、半自動化及自動化部分，監測頻率如下：

一、手動觀測儀器

包含傾斜觀測管與水位觀測井量測，防汛期前(1 月至 4 月)量測 1 次，其餘次數於防汛期間(5 月至 11 月)量測。兩處調查區於本計畫期間將執行 10 次工作(2024 年 5 月、7 月、9 月、10 月、11 月；2025 年 3 月、5 月、7 月、9 月、11 月)。本工作階段已完成 2024 年 5 月至 2025 年 9 月監測作業，監測執行時程統計詳表 3-21。

二、半自動化儀器

自記式水壓計設定為每 10 分鐘自動記錄一次，以記錄連續變化資料，資料則配合手動監測工作時一併進行下載。

三、全自動化儀器

地表伸縮計設定及雙軸傾斜計為每 10 分鐘記錄 1 次；自動化即時影像監控系統(CCD 攝影機)即時回傳影像資訊，以記錄連續變化資料。

表 3-21、鹽寮調查區手動觀測時程

計畫期程	監測日期	時程	備註
前期計畫 110 年度	2021.05.23	第 1 次手動監測	含儀器檢測
	2021.06.12	第 2 次手動監測	-
	2021.07.15	補充監測	2021/07/07：震度 5 弱 2021/07/14：震度 5 弱
	2021.07.23	第 3 次手動監測	-
	2021.08.25	第 4 次手動監測	-
	2021.09.11	第 5 次手動監測	-
	2021.10.16	第 6 次手動監測	-
	2021.11.11	第 7 次手動監測	-
前期計畫 111 年度	2022.04.14	第 1 次手動監測	含儀器檢測
	2022.05.11	第 2 次手動監測	-
	2022.07.25	第 3 次手動監測	-
	2022.09.20	第 4 次手動監測	2022/09/18：震度 4 級 2022/09/19：震度 4 級
	2022.11.10	第 5 次手動監測	2022/10/8：大雨事件 2022/10/16：尼莎颱風 2022/10/31：奈格颱風
前期計畫 112 年度	2023.03.02	第 1 次手動監測	含儀器檢測
	2023.05.08	第 2 次手動監測	-
	2023.07.11	第 3 次手動監測	2023/7/26：杜蘇芮颱風
	2023.09.07	第 4 次手動監測	-
	2023.11.11	第 5 次手動監測	-
本期計畫 113 年度	2024.05.24	第 1 次手動監測	含儀器檢測
	2024.07.19	第 2 次手動監測	2024/7/24：凱米颱風
	2024.10.5	第 3 次手動監測	2024/9/30：山陀兒颱風
	2024.10.13	第 4 次手動監測	-
	2024.11.13	第 5 次手動監測	2024/10/31：康芮颱風
本期計畫 114 年度	2025.03.25	第 6 次手動監測	-
	2025.05.14	第 7 次手動監測	-
	2025.07.17	第 8 次手動監測	2025/7/18：薇帕颱風
	2025.09.09	第 9 次手動監測	2025/9/23：樺加沙颱風
	2025.10.27 2025.11.09	第 10 次手動監測	2025/11/10：鳳凰颱風

3.4.3 監測成果

本階段監測成果彙整至 2025 年 11 月，茲整理該期間各項監測成果說明如下。

一、降雨量監測

本計畫降雨量係依據大坑雨量站(編號：COT9E0)資料進行蒐集及分析，由 2025 年度降雨資料顯示，本年度共發生 6 起特殊降雨事件，分別為 6 月 8 日及 6 月 12 日大雨事件、7 月 18 日薇帕颱風事件、8 月 13 日楊柳颱風事件、9 月 23 日樺加沙颱風事件、11 月 10 日鳳凰颱風事件，其中以薇帕颱風事件降雨情形最為顯著，各事件最大日累積雨量分別為 95.5 mm、130.0 mm、228.0 mm、44.5 mm、226.5 mm 及 115.5 mm。各起事件後經現況檢視邊坡均未有災害情事發生，持續觀察中。降雨量監測成果詳圖 3-52 所示。

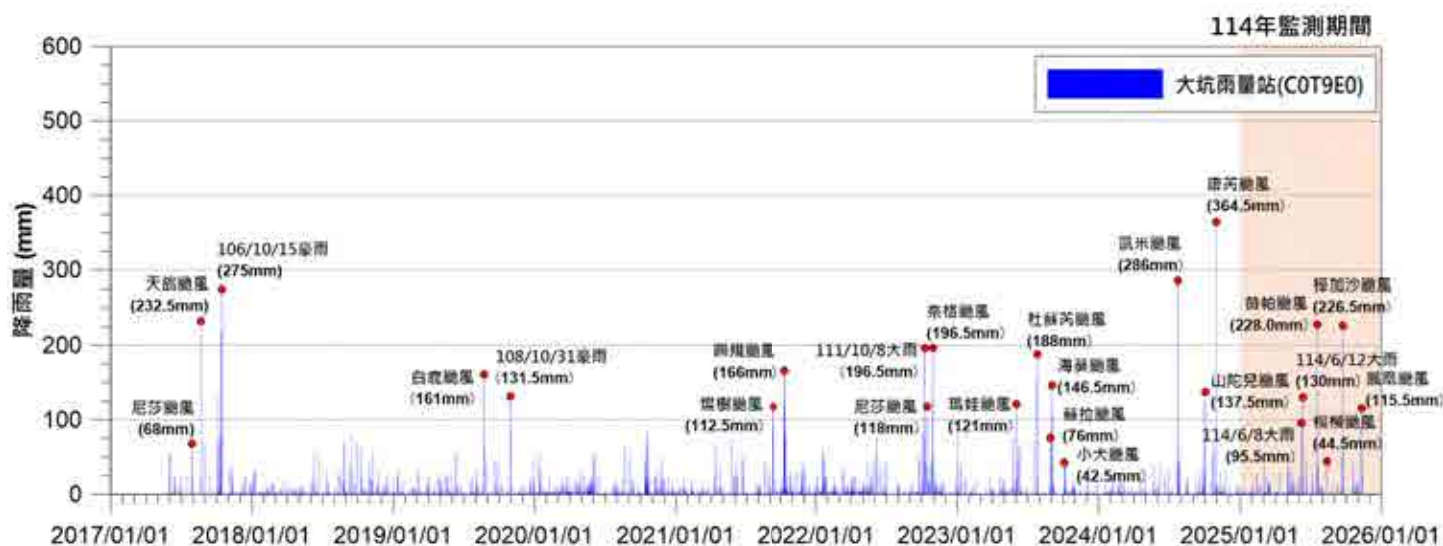


圖 3-52、本監測期間大坑雨量站降雨量監測成果圖(站號：COT9E0)

表 3-22、鹽寮調查區近年計畫區颱風及特殊降雨事件統計

年度	特殊降雨事件	影響期間	最大單日 累積雨量(mm)	事件期間 累積雨量(mm)
2017	天鴿颱風	8/21~8/23	221	269
	10 月豪雨	10/12~10/15	275	812
2018	瑪莉亞颱風	7/10~7/11	4	4
2019	丹娜絲颱風	7/16~7/18	4.5	6.5
	利奇馬颱風	8/7~8/10	9	23
	白鹿颱風	8/23~8/25	161	229.5
	10 月豪雨	10/30~11/01	131.5	227
2021	燦樹颱風	9/11~9/12	117.5	211
	圓規颱風	10/10~10/13	166	396.5
2022	大雨	10/6~10/9	196.5	401
	尼莎颱風	10/15~10/16	118	154.5
	奈格颱風	10/29~10/31	196.5	290
2023	瑪娃颱風	5/29~5/30	8	8
	杜蘇芮颱風	7/25~7/28	188	388.5
	蘇拉颱風	8/28~8/31	76	128.5
	海葵颱風	9/3~9/4	146.5	257.5
	小犬颱風	10/4~10/6	42.5	92.5
2024	凱米颱風	7/23~7/25	286	393
	山陀兒颱風	9/30~10/3	137.5	360
	康芮颱風	10/31~11/1	364.5	375
2025	6 月大雨	6/8	95.5	95.5
	6 月大雨	6/12~6/13	130	149
	薇帕颱風	7/18~7/20	228	321.5
	楊柳颱風	8/12~8/14	44.5	45.5
	樺加沙颱風	9/22-9/24	226.5	340
	鳳凰颱風	11/10~11/12	115.5	248.5

二、地下水位監測

本計畫區設有 6 孔傾斜觀測管兼水位井(A17-3、A17-4、A17-6、A17-8、C17-2 及 C17-3)及 4 孔水位觀測井(A17-5、A17-7、C20-1W 及 C20-2W)，共計 10 孔，以進行地下水位之量測；所有觀測井皆配合手動監測時程量測地下水位，另於 A17-3、A17-5、A17-7、C17-3、C20-1W 及 C20-2W 等 6 孔裝設自記式水壓計，採連續記讀方式記錄資料，以掌握降雨期間，地下水位連續性的昇降情形。

本次地下水位資料配合手動監測蒐集期間至 2025 年 9 月，藉由地下水位監測成果(圖 3-53 及圖 3-54)，釐清地下水變化之情形，茲將各區地下水位變化情形說明如下：

(一) 鹽寮調查區：根據手動地下水量測成果，鹽寮調查區(A17-1~A17-8)常時地下水位約於地表下 4~34 m，而另依自記式水壓計顯示，各孔地下水位於降雨期間上昇約 2.5 m~16.3 m，地下水位昇降趨勢與過去監測期間無明顯差異。

(二) 賀田山調查區：根據手動地下水量測成果，賀田山調查區(C17-2、C17-3、C20-1W、C20-2W 及 C20-3S)常時地下水位約於地表下 20 m ~60 m。另依自記式水壓計顯示，各孔地下水位於降雨期間上昇約 0.2 m~8.8 m，地下水位昇降趨勢與過去監測期間無明顯差異。

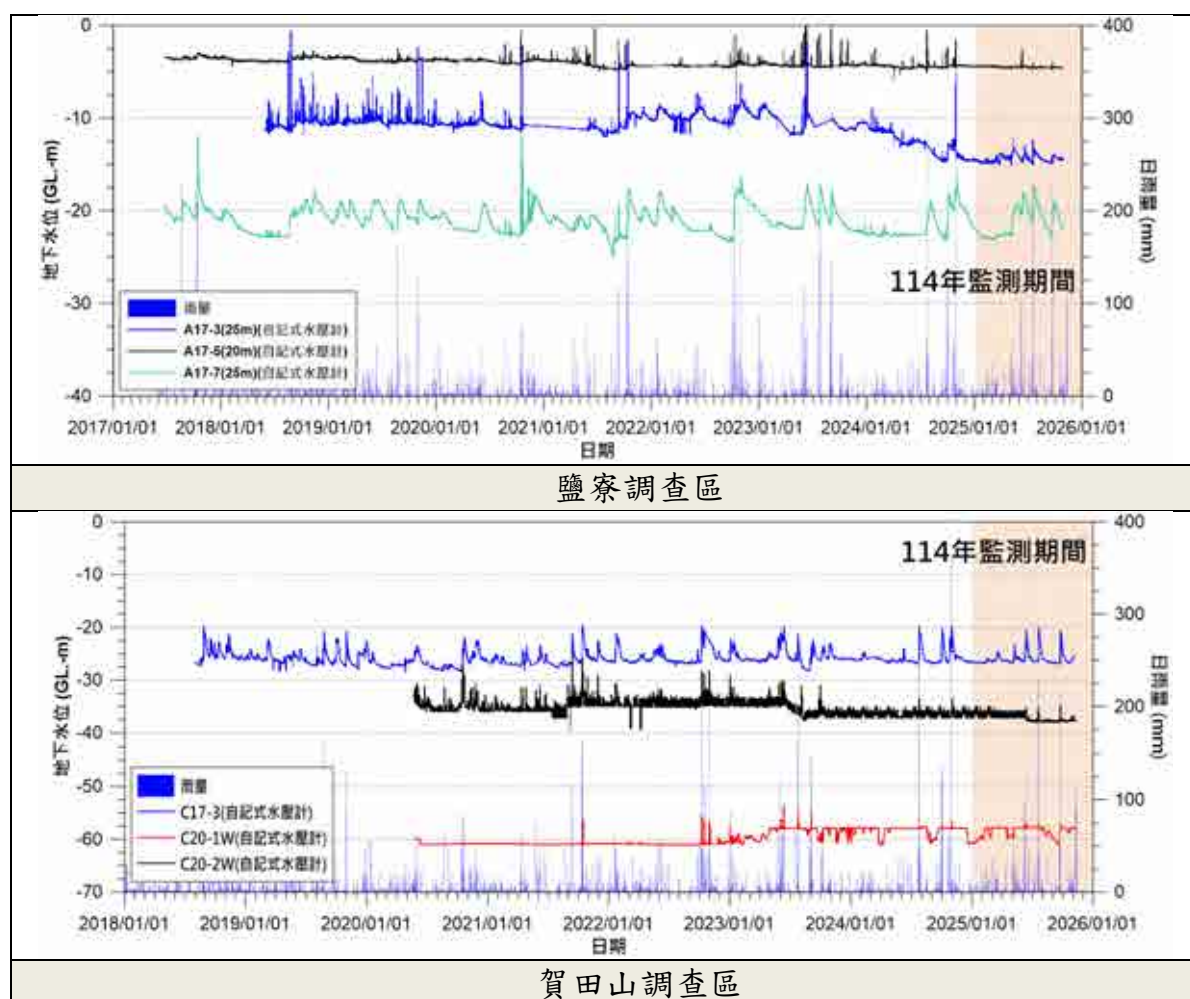


圖 3-53、鹽寮調查區地下水位量測成果(自記式水壓計)

表 3-23、鹽寮調查區地下水位監測成果

編號	地下水位 量測方式	常時水位 (G.L.-m)	監測期間* 大雨事件**水位 (G.L.-m)	監測期間* 地下水位上升情形 (m)	本次監測期間*** 地下水位升降情形 (m)
A17-3	自記式水壓計	-12.26	-6.32	0.70	0.66
A17-4	手動水位	-18.60	-18.45	1.02	0.06
A17-5	自記式水壓計	-4.34	-3.03	0.11	0.35
A17-6	手動水位	-13.30	-10.50	2.50	0.26
A17-7	自記式水壓計	-22.90	-16.41	1.89	2.47
A17-8	手動水位	-34.40	-33.17	0.21	0.18
C17-3	自記式水壓計	-28.36	-22.38	2.44	6.20
C20-1W	自記式水壓計	-61.02	-55.18	1.12	0.10
C20-2W	自記式水壓計	-37.07	-30.90	1.77	0.04

*自儀器裝設完成後(2017/7)，監測至今之資料 **大雨事件：2022/10/31

***10 月報所提送之監測期間資料

三、傾斜觀測管監測成果

本計畫將利用前期建置之傾斜觀測管進行量測，茲將各區傾斜觀測管曲線變化情形說明如下，監測儀器平面圖詳圖 3-50 及圖 3-51，各調查區之傾斜觀測管量測成果詳附錄 2。

- (一) 鹽寮調查區：A17-3 傾斜觀測管略可見位移趨勢，孔口累積位移量已達 25.80 cm，其餘觀測孔於本監測期間則無明顯位移情形，鹽寮調查區傾斜管孔口位移曲線圖詳圖 3-55 所示。
- (二) 賀田山調查區：傾斜觀測管 C17-2、C17-3 及 C20-3S 可見位移情形，其滑動深度約為 18m~25m，C20-3S 觀測管位移最為顯著，該孔累積變化量達 16.25 cm，並於 2023 年 7 月 8 日觀測時發現斷管；C17-2 觀測管歷次觀測無明顯位移趨勢，於 2025 年 11 月因道路復建工程停止觀測，後續將以區域內其他監測孔持續關注該邊坡之活動性變化。由歷年監測成果顯示，C17-3 傾斜觀測管略可見位移趨勢，孔口累積位移量達 4.04 cm，於本監測期間則無明顯位移增量發生。賀田山調查區傾斜管孔口位移曲線圖詳圖 3-56 所示。

四、雙軸傾斜計

本計畫於鹽寮調查區設置雙軸式傾斜計，共計 2 組，編號 Y21-TI1 及 Y21-TI2，裝設於第一期治理工程區域之頭部自由梁位置，可針對地表構造物傾斜變化進行連續監測，本監測儀器前期為半自動監測，於 2024 年 7 月 18 日提升為自動化監測，並重新歸零計讀。

Y21-TI1 於本年度大雨事件及薇帕颱風及樺加沙颱風事件下有傾斜變位情形，A、B 向約有 190~640 秒的傾斜增量，累積傾斜量分別為 1134.58(0.32°)及-1661.42(-0.46°)，經現況檢視，該儀器位於「壽豐鹽寮大規模崩塌區第三期治理工程」範圍，監測儀器週邊可能受工程擾動而於降雨期間略有傾斜變化，目前經現況檢視監測儀器周邊暫無明顯異常表徵，研判邊坡應暫無明顯不穩定情形，持續觀察中；Y21-TI2 於本期間無明顯傾斜變位情形，A、B 向累積變化分別為-343.02(0.10°)及 260.58(0.07°)，研判本期間邊坡應暫無明顯異常情形發生，後續持續觀察中。Y21-TI1 及 Y21-TI2 觀測成果如圖 3-57~圖 3-60 所示。

五、地表伸縮計監測成果

鹽寮調查區之地表伸縮計 Y24-E1 及 Y24-E2 於 2024 年 7 月 18 日建置完成，分別配置於潛在滑動塊體頭部第一期工程位置，本年度監測期間，Y24-E1 因位於「壽豐鹽寮大規模崩塌區第三期治理工程」施工範圍，故配合工程先行移除設備，並於民國 114 年 10 月該處區域施工完成後重新恢復監測，目前觀測期間，於鳳凰颱風事件邊坡有地表變位情形發生，事件位移增量約 15.3 cm，經現況檢視於三期工程頭部仍有開裂情形發生，惟尚無災害情事，目前監測儀器於事件後變位趨勢回穩，持續追蹤中；Y24-E2 累積位移量達 59.81 mm，本期間未有明顯位移趨勢，持續追蹤中。

賀田山調查區之地表伸縮計 H24-E1 及 H24-E2 於 2024 年 7 月 16 日建置完成，分別配置於潛在滑動塊體兩側邊界位置。本年度監測期間，H24-E1 配合花蓮縣政府辦理「壽豐鄉鹽寮村山嶺路沿線三件災害復建工程」暫時移除，待道路復建完成後恢復監測；H24-E2 無明顯位移趨勢發生，儀器累積位移量為 15.88 mm，持續觀察中。鹽寮及賀田山調查區地表伸縮計觀測成果如圖 3-61~圖 3-64 所示。

3.4.4 監測成果小結

本階段監測成果彙整至 2025 年 11 月，綜合本次工作成果，彙整結論如下。

一、鹽寮調查區

- (一) 降雨量監測成果，本年度共發生 6 起特殊降雨事件，均未有災害情事發生：本年度共發生 6 起特殊降雨事件，分別為 6 月 8 日及 6 月 12 日大雨事件、7 月 31 日薇帕颱風事件、8 月 13 日楊柳颱風事件、9 月 23 日樺加沙颱風事件、11 月 10 日鳳凰颱風事件，其中以薇帕颱風事件降雨情形最為顯著，各事件最大日累積雨量分別為 95.5 mm、130.0 mm、228.0 mm、44.5 mm、226.5 mm 及 115.5mm。各起事件後經現況檢視邊坡均未有災害情事發生，持續觀察中。
- (二) 地下水位監測成果，於降雨期間略有昇降變化情形：鹽寮調查區之常時地下水位約於地表下 4~34 m，本監測期間各孔地下水位於降雨期間上昇約 2.5 m~16.3 m，地下水位昇降趨勢與過去監測期間無明顯差異。
- (三) 雙軸傾斜計監測成果，特殊事件下 Y21-TI1 略有傾斜變化，惟未達管理值；Y21-TI2 無明顯傾斜變位情形：本期間 2025 年 9 月 23 日樺加沙颱風事件下有傾斜變位情形，A、B 向累積變化分別為 $1134.58(0.32)^{\circ}$ 及 $-1661.42(-0.46)^{\circ}$ ，經現況檢視，該儀器位於「壽豐鹽寮大規模崩塌區第三期治理工程」範圍，監測儀器週邊可能受工程擾動而於降雨期間略有傾斜變化，持續觀察中；Y21-TI2 於本期間無明顯傾斜變位情形，A、B 向累積變化分別為 $-343.02(0.10)^{\circ}$ 及

260.58(0.07)°，研判本期間邊坡應暫無明顯異常情形發生，後續持續觀察中。

(四) 地表伸縮計監測成果，Y24-E1 配合第三期工程暫時移除；Y24-E2

無明顯位移趨勢發生：本監測期間，Y24-E1 因位於「壽豐鹽寮大規模崩塌區第三期治理工程」施工範圍，故配合施工先行移除設備，並於民國 114 年 10 月該處區域施工完成後重新恢復監測，目前觀測期間，於鳳凰颱風事件邊坡有地表變位情形發生，事件位移增量約 15.3 cm，經現況檢視於三期工程頭部仍有開裂情形發生，惟尚無災害情事，目前監測儀器於事件後變位趨勢回穩，持續追蹤中；Y24-E2 累積位移量達 59.81 mm，本期間未有明顯位移趨勢，持續追蹤中。此外由歷史監測成果顯示，區域邊坡之變位模式應屬於常時無明顯變位趨勢，於降雨期間則有位移加速情形，後續持續關注區域地表活動情形。

(五) 傾斜觀測管監測成果，本監測期間邊坡無明顯位移趨勢：

由歷年成果顯示，A17-3 傾斜觀測管略可見位移趨勢，孔口累積位移量達 25.80 cm，本監測期間無明顯變位趨勢，且檢視邊坡現況應暫無不穩定情形，後續持續追蹤。

(六) CCD 攝影機，本監測期間邊坡無明顯異常情形：

本監測期間由現場攝影機影像顯示，調查區邊坡並無顯著位移情形。

二、賀田山調查區

- (一)地下水位監測成果，於降雨期間略有昇降變化情形：本監測期間地下水位於降雨期間略有昇降變化情形，各孔鑽地下水位於降雨期間升降幅度約介於 1.20 m~3.20 m 之間，後續持續追蹤地下水位變化。
- (二)地表伸縮計監測成果，H24-E1 配合道路復建工程暫時移除；H24-E2 無明顯位移趨勢發生：H24-E1 配合花蓮縣政府辦理「壽豐鄉鹽寮村山嶺路沿線三件災害復建工程」暫時移除，待道路復建完成後恢復監測；H24-E2 無明顯位移趨勢發生，儀器累積位移量為 15.88 mm，後續持續監測掌握邊坡狀況。
- (三)傾斜觀測管監測成果，本監測期間邊坡無明顯位移趨勢：根據傾斜管成果顯示，C20-3S 孔口累積位移量已達 16.25 cm，並於 2023 年 7 月 8 日監測期間發現因位移量過大而發生斷管。由歷年監測成果顯示，C17-3 傾斜觀測管略可見位移趨勢，孔口累積位移量達 4.04 cm，本監測期間無明顯變位趨勢，且檢視邊坡現況應暫無不穩定情形，後續持續追蹤。

第五節 災害原因及規模分析

2016 年艾利颱風影響期間，於鹽寮及賀田山調查區發生邊坡災害，其中鹽寮調查區影響範圍包含台 11 線 10K 及農路；賀田山調查區影響範圍包含嶺頂道路及賀田山陣地。綜合各監測儀器及前期計畫監測成果，分別說明如下：

一、鹽寮調查區：主要影響範圍包含台 11 線 10K 及農路

(一) 崩塌機制：根據現場勘查及監測成果顯示，鹽寮調查區應具有 2 種不同之崩塌機制，分別說明如下，鹽寮調查區災害全景及災害側拍圖，詳圖 3-66 及圖 3-67，研判崩塌範圍詳圖 3-70。

- 1、沖蝕型破壞：根據現場勘查及地質調查成果顯示，鹽寮調查區主要崩塌，為覆蓋在礫岩上方之岩屑層。由於岩屑層主要由膠結鬆散之粘土、粉土夾雜岩塊所組成，故於較大集中降雨時，匯流之大量地表水，容易夾帶著坡面土石，產生流動、堆積，形成沖蝕型破壞，現況坡面已有 3 道明顯蝕溝。
- 2、整體邊坡滑動：根據現勘及 UAV 拍攝成果顯示，堆積於鹽寮調查區之岩屑層，坡頂已出現明顯崩崖，顯示岩屑層曾發生整體滑動情形，而根據監測成果顯示：

(1)於降雨時，地下水位有上昇情形

根據降雨之延時特性觀察，2021/6/22~2021/6/23 降雨事件期間，累積降雨量達 80 mm，地下水位上升 1.2 m，比對 2 日之累積雨量峰值可對應至地下水位峰值，研判 2 日內之強降雨將會對區域地下水位升降產生影響；2021/7/30~2021/8/7 之降雨事件，期間內降雨天數為 7 日，日雨量為 0.5~15 mm，地下水位上昇 0.2~0.8 m 不等，比對

3 日之累積雨量峰值可對應至地下水位峰值，研判 3 日內之低強度降雨將會對地下水位升降產生影響。

(2)地下水位上升後，邊坡有位移增量發生

觀察特殊降雨事件期間，當降雨量達峰值後，地下水位即開始上升，同時雙軸傾斜計即有較大位移增量發生。

由此顯示鹽寮調查區除沖蝕型破壞之機制外，亦存在整體邊坡滑動之可能。鹽寮調查區邊坡穩定與降雨及地下水位關係詳圖 3-68、圖 3-69。

(二) 崩塌範圍：根據現勘、UAV 拍攝及 LiDAR 影像判釋，並利用地質鑽探確認岩屑層分佈範圍，由調查成果顯示岩屑層，主要分佈於台 11 線上邊坡，為現階段鹽寮調查區主要崩塌範圍，滑動面積約 3 ha。另由 LiDAR 影像判釋，鹽寮調查區可能存在另 2 個崩塌範圍，面積約 4.3 ha，惟該 2 個推估崩塌範圍現階段僅係利用 LiDAR 影像判釋，目前尚無監測資料得以佐證塊體確實存在，故屬於推估之潛在崩塌塊體。

(三) 崩塌深度：根據地表地質及地質鑽探成果顯示，鹽寮調查區出露地層以礫岩為主，礫岩於現場常呈現地勢陡峭之陡坡，顯示礫岩抗侵蝕能力強，而由鑽探岩芯顯示，礫岩大致上岩體較為完整，故研判於鹽寮調查區之礫岩層應屬較穩定地層，而在礫岩上方覆蓋厚層之岩屑層，因膠結鬆散，含泥量及水分高，抗侵蝕能力差，研判為主要崩塌來源，由地質鑽探成果顯示，堆積厚度約 1~8 m(亦即最可能產生滑動深度)。

(四) 地下水特性：根據地下水位監測顯示，常時水位大致位於風化水璉礫岩與水璉礫岩之介面，而降雨期間，地下水位會上昇至風化水璉礫岩中，另因岩屑層與風化水璉礫岩間存在一高含泥量之不透水

層，研判降雨期間，地表逕流入滲後受不透水層影響，於不透水層上方(亦即岩屑層)流動。

綜合上述，水璉礫岩上半部較為風化，惟依現有監測成果顯示，並無明顯滑動現象，顯示風化礫岩穩定性仍高於岩屑層，故研判現階段邊坡不穩定區域，係以岩屑層為主，而風化礫岩長期之穩定性，仍需藉由監測予以釐清；另由地下水特性顯示，鹽寮調查區應存在 2 層地下水，一為地表水滲漏至淺層不透水層以上蓄積，一為風化水璉礫岩與水璉礫岩介面以上，故降雨事件發生時，地下水於風化水璉礫岩間流動，並有地表水滲漏蓄積於研判不透水層之位置，導致岩屑層之穩定性下降。鹽寮調查區側視圖詳圖 3-67，可能崩塌剖面詳圖 3-70 所示，鹽寮調查區剖面成果詳圖 3-71、圖 3-72。

二、賀田山調查區：主要影響範圍包含嶺頂道路及賀田山陣地，範圍全景詳圖 3-73，賀田山調查區研判崩塌範圍及剖面詳圖 3-74 及圖 3-75

(一) 崩塌機制：根據地質鑽探成果顯示，賀田山調查區地層主要以安山岩質集岩塊為主，根據岩芯判釋成果，岩芯由地表往下，大致可分為岩屑層、中度至輕度破碎岩層，由於土岩邊界之風化程度特性(強度、透水性等)差異大，界面容易產生滑動，根據觀測成果顯示：

1.於降雨時，地下水位有上昇情形

根據降雨之延時特性，觀察 6/22~6/23 降雨事件，期間內累積降雨量達 80 mm，地下水位上升 1.2 m，比對 4 日之累積雨量峰值可對應至地下水位峰值，研判 4 日內之強降雨將會對區域地下水位升降產生影響；7/30~8/7 之降雨事件，期間內降雨天數為 7 日，日雨量為 0.5~15 mm，地下水位上昇 0.2~0.8 m 不等，比對 7 日之累積雨量峰值可對應至地下水位峰值，研判 7 日內之低強度降雨將會對地下水位升降產生影響，賀田山調查區降雨與地下水位關係詳圖 3-82。

2.地下水位上升後，邊坡有位移增量發生

由傾斜管觀測成果顯示，地下水位上升後，邊坡即有位移增量發生，另配合自動化監測儀器地表伸縮計進行連續性之監測，由 2022/10/31 奈格風降雨事件觀測成果顯示，當降雨量達峰值後，區域地下水位隨之上升，水位上升約 4m 時，孔內伸縮計即有較大增量發生，當地下水位開始下降，位移增量隨之趨緩，如圖 3-83 所示。

(二) 崩塌範圍：根據現場勘查成果，崩塌頂部(崩崖)大致位於營區圍籬附近，崩塌範圍約 2.5 ha。

(三) 崩塌深度：根據 C17-1 傾斜觀測管量測成果，滑動深度位於地表下 28m 處，滑動面與岩芯比對成果，滑動深度約於岩屑層與中度破碎岩層界面，而於 2020 年新增之 C20-3S 傾斜管，於 2020 年 5 月至今，於地表下約 26 m 處略有位移情形，與 C17-1 傾斜管測得之滑動面相近，顯示賀田山調查區崩塌滑動深度約 26~28 m。

(四) 地下水特性：根據地下水位監測資料顯示，賀田山調查區常時水位偏低，降雨時地下水位昇降幅度大，地下水昇降幅度約 8~13 m，降雨事件發生後地下水位線會上昇至滑動面以上，而比對鑽探岩芯成果顯示滑動面約位於土岩邊界，而地下水昇降範圍大致位於岩屑層至中度破碎岩層間，故研判賀田山調查區地下水位可能於岩屑層至中度破碎岩層間昇降，賀田山調查區重要孔位滑動深度岩芯、破碎及風化程度與地下水層之關係，重要鑽孔剖面圖詳圖 3-75 及圖 3-76，各鑽孔滑動深度比對岩芯及地下水位昇降圖詳圖 3-77~圖 3-81。

綜合上述，賀田山調查區滑動塊體已有明顯趨勢，滑動深度約於地表下 28 m，而常時地下水位約位於滑動面以下，特殊降雨事件使地下水位線上昇至滑動面以上，將使邊坡穩定性下降，與過去颱風、豪大雨等特殊降雨事件，賀田山調查區即發生邊坡災害之情況相符。

第六節 整體安全評估

本計畫彙整前期及本年度調查監測成果，並參考農業部農村發展及水土保持署之風險評估作業方法，進行鹽寮及賀田山調查區之風險評估。風險評估說明如下：

一、風險評估作業

本計畫參考之初步風險評估作業流程如圖 3-84 所示，主要可分為危害度評估及脆弱度評估。

危害度評估係考量調查區之潛勢條件及近期邊坡活動性，包含坡度、地質構造距離、河道距離、順向坡地形特性及活動度，其中，活動度係依據農業部農村發展及水土保持署他案計畫之 TCP-InSAR 分析所得之活動度資料進行分級，近期 TCP-InSAR 地表長期變形量成果如(表 3-18)。

本計畫活動度因子考量調查區內已設有地表、地中監測儀器，其監測成果可更為直接且準確反應出區域邊坡之活動性與否，故當計畫區域內已設有相關監測設備時，團隊則優先以監測儀器之成果作為評估邊坡近期位移趨勢之依據。本計畫當儀器觀測成果顯示，有紀錄邊坡變形情況時，該處崩塌區之活動度即評為「高」，若無明顯變形紀錄情形，則該處崩塌區之活動度評為「低」。脆弱度評估係考量崩塌區之各種保全對象，包含住戶、交通及重要公共設施，其評估表如

表 3-25 所示。其中，本計畫係依內政部門牌電子地圖查詢系統 (<https://addressrs.moi.gov.tw/address/index.cfm>) 進行住戶數量之評估。完成調查區之危害度評估及脆弱度評估後，即可透過風險評估矩陣評估調查區之風險等級，如表 3-26 所示。

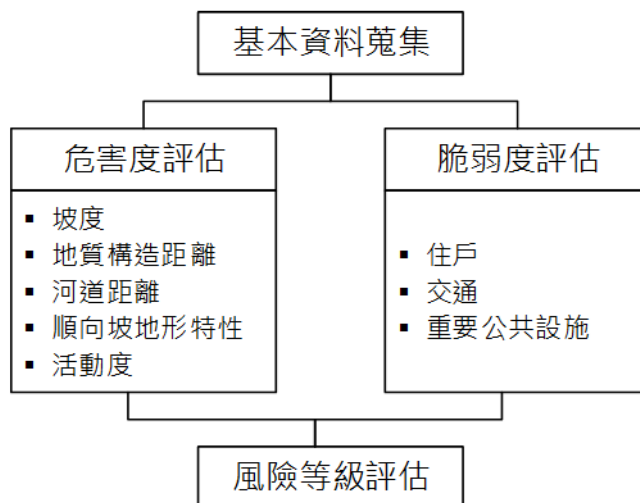


圖 3-84、風險評估流程

表 3-24、危害度(H2)評估分級表

因子	分級/分類	分數(H ₂)
坡度	大於 30 度	3
	23~30 度	2
	小於 23 度	1
地質構造 距離	通過或相切	3
	0~300m	2
	大於 300m	1
河道 距離	距離小於 5m	3
	距離 5m~30m	2
	距離大於 30m	1
順向坡 地形特性	順向坡且坡腳見光	3
	順向坡坡角未見光或逆向坡且岩層傾角大於 45 度	2
	其他	1
活動度	高	3
	中	2
	低	1

危害度評分總分 15 分，依據評分統計分布區分等級高、中、低，
(等級“高”評分 ≥ 12 、等級“中” $12 > \text{評分} > 7$ 、等級“低” ≤ 7)

表 3-25、脆弱度(V)評估分級表

評估因子	因子分級	分數(V)
A.住戶	住戶 50 戶以上	36
	住戶 20 到 49 戶	25
	住戶 10 到 19 戶	16
	住戶未滿 10 戶	9
B.交通	主要聯外道路、橋梁	18
	道路	10
	無	0
C.重要設施	重要公共設施(如防災措施相關之設施和場所、高壓電塔、攔河堰、水庫蓄水範圍等)	18
	無	0
評分等級分數區間，高(V>58 分)、中(58 分≥V>30 分)、低(V≤30 分)，V 最高為 72 分(修自陳樹群，1996)		

表 3-26、風險評估分級矩陣

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

二、鹽寮地區初步風險評估

本計畫參考前述之初步風險評估作業流程分別針對鹽寮調查區、賀田山調查區進行風險評估，鹽寮調查區及賀田山調查區風險等級為「中」，評估結果如表 3-27 所示。

其中，於危害度評估中之活動度，係依傾斜管量測結果作為活動度之評估，鹽寮地區自 2017 年觀測迄今，鹽寮調查區以 A17-3 孔略見邊坡位移情形；鹽寮賀田山調查區以 C20-3S(滑動深度約 25 m)顯示邊坡有明顯位移趨勢，故於危害度評估中之活動度因子初步建議評估為「高」。

另，於脆弱度評估之住戶因子，鹽寮調查區、賀田山調查區之住戶數分別約為 15 戶及 0 戶，其中，鹽寮調查區考量到崩塌後將影響上邊坡住戶之交通進出，故影響住戶數量共計 15 戶；賀田山調查區雖鄰近無直接影響之住戶，然考量到仍有車輛會行經潛在崩塌區，故住戶雖為 0 戶然仍有分數(即 9 分)。於脆弱度評估之交通因子，鹽寮調查區包含台 11 線及一般道路，賀田山調查區包含嶺頂道路，其中鹽寮調查區及賀田山調查區皆屬主要聯外道路。於脆弱度評估之重要公共設施，則以賀田山調查區具有軍事基地，鹽寮調查區無重要公共設施，故鹽寮調查區及賀田山調查區之脆弱度評估皆為「中」。

表 3-27、鹽寮地區初步風險評估表

各類 評估	因子	分級/分類	分 數	鹽寮	鹽寮	賀田山	賀田山
				農村水保署	本計畫	農村水保署	本計畫
危害度 評估	坡度	大於 30 度	3	-	-	-	-
		23~30 度	2	V	V	V	V
		小於 23 度	1	-	-	-	-
	地質 構造 距離	通過或相切	3	-	-	-	-
		0~300m	2	-	-	-	-
		大於 300m	1	V	V	V	V
	河道 距離	距離小於 5m	3	-	-	-	-
		距離 5m~30m	2	-	-	-	-
		距離大於 30m	1	V	V	V	V
	順向坡 地形 特性	順向坡且坡腳見光	3	-	-	-	-
		順向坡坡角未見光或 逆向坡且岩層傾角大於 45 度	2	-	-	-	-
		其他	1	V	V	V	V
	活動度	高	3	-	V (本計畫 監測成果)	V (InSAR)	V (本計畫 監測成果)
		中	2	V (InSAR)	-	-	-
		低	1	-	-	-	-
等級				低(7 分)	中(8 分)	中(8 分)	中(8 分)
脆弱度 評估	住戶	住戶 50 戶以上	36	-	-	-	-
		住戶 20 到 49 戶	25	-	-	-	-
		住戶 10 到 19 戶	16	-	V (納入鄰近影 響住戶合計 15 戶)	-	-
		住戶未滿 10 戶	9	V	-	V	V
	交通	主要聯外道路、橋梁	18	V	V (台 11 線)	-	V (橫頂道路)
		道路	10	-	-	V	-
		無	0	-	-	-	-
	重要 設施	重要公共設施(如防災措施相關之設施和場 所、高壓電塔、攔河堰、水庫蓄水範圍等)	18	-	-	-	V (賀田山障地)
		無	0	V	V	V	-
	等級				低(27 分)	中(34 分)	低(19 分)
風險評估				低	中	低	中

第七節 整治成效初步追蹤分析

根據調查成果顯示，計畫區之邊坡穩定性與降雨量及地下水位昇降有密切關係，常時呈穩定狀態，但遇颱風、豪大雨或長延時降雨時，邊坡則有明顯滑動現象。

鹽寮調查區分別為 2017 年及 2018 年完成兩期短期治理工程(圖 3-85)，第一期短期工程於 2017 年 8 月完成「壽豐鄉鹽寮福德崩塌地處理加強工程」；第二期短期工程於民 2018 年 5 月完成「壽豐鄉鹽寮福德崩塌地處理二期加強工程」，而階段監測成果顯示，鹽寮調查區於降雨後，邊坡仍有位移情形(圖 3-86)。故貴分署於 2021 年啟動「壽豐鹽寮大規模崩塌區治理工程」，目前已完成第三期工程，比對歷年災害情形，當工程治理後經歷更大降雨事件，邊坡無災害現象發生(圖 3-87)。另藉由坡面監測儀器觀測成果進行治理成效分析，坡趾之地中變位觀測，治理工程前(2017~2020 年)累積地中變位增量約 16.4cm，而第一、二期工程施工期間(2020~2023)，地中變位增量約 3.3 cm 顯著減少，第二期工程完工後邊坡無持續變位趨勢(圖 3-88a)；坡趾之地下水位觀測，於第二期工程完工前，常時水位約位於地表下 10.6 m，當第二期工程完工後，常時水位下降約 4.2 m，降低至地表下 14.8 m，此外於降雨強度更大之特殊降雨事件下，地下水位峰值相較前期事件大幅降低(圖 3-88b)；頭部之地表變位觀測，雙軸傾斜計(Y21-TI2)及地表伸縮計(Y24-E2)於 2024 年 7 月起自動化監測迄今均無明顯變位趨勢持續發生(圖 3-89)。

第八節 整體防減災策略研擬

根據調查及監測成果，鹽寮調查區主要係於堆積土受降雨後，地表水匯流、沖刷，造成土石流動、堆積之沖蝕型災害，而若降雨強度大或延時長，亦會使堆積土發生整體邊坡滑動(滑動深度約 6~8 m)，賀田山調查區則確定為邊坡滑動，滑動深度約 26~28 m，且塊體之穩定性與降雨量及地下水位上昇有關。綜合各項調查、現階段監測與崩塌機制初步研判成果，研擬之後續治理建議說明如下：

3.8.1 治理對策探討

由於滑動深度不同，所採用相對應之整治工程有所不同，圖 3-90 係不同滑動深度與邊坡保護工法之關係圖，一般屬較淺層滑動(滑動深度在 3 m 以內)可使用第一類之坡面保護工加以保護，以達到穩定效果；但隨可能滑動深度之增加，必須考慮設置第二類之邊坡穩定設施；在中淺層滑動(滑動深度約 3~10 m)可考慮使用重力式擋土牆或 RC 擋土牆；對中深層滑動(滑動深度約 10~30 m)可考慮使用預力地錨或抗滑樁；對於深層滑動(滑動深度超過 30 m)，則需以地下排水工法配合其他擋土設施加以穩定邊坡。

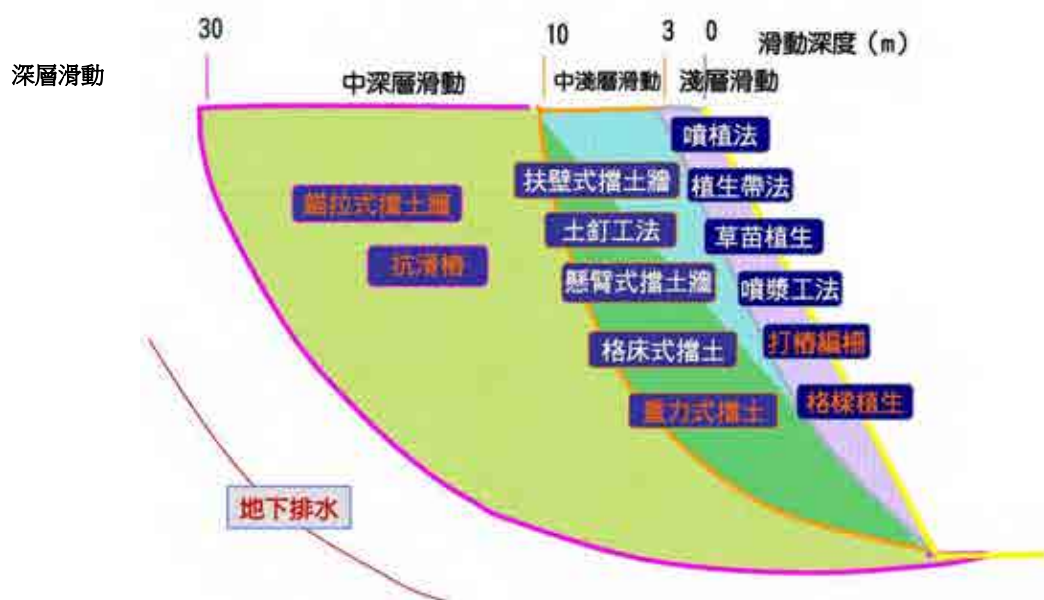


圖 3-90、滑動深度與邊坡穩定工法選擇示意圖(廖瑞堂,2003 年)

3.8.2 後續治理建議

根據調查成果顯示，本計畫主要災害大致可分為鹽寮調查區及賀田山調查區，各區致災原因及規模不同，故以下分別針對鹽寮、賀田山調查區之後續治理建議說明如下：

一、「壽豐鹽寮大規模崩塌區治理工程」第一期工程

依據 2020 年度【北坑溪與壽豐鹽寮大規模崩塌區調查及治理規劃】成果報告書建議，由其他顧問公司執行相關治理工程之設計工作，期間本公司皆有參與並交換意見，並於 2021 年「壽豐鹽寮大規模崩塌區治理工程」已發包工程執行。

(一)治理對策

依據「壽豐鹽寮大規模崩塌區治理工程」細部設計圖說及會議記錄，鹽寮調查區採用土方移除工法，並採邊坡保護工法整治，治理工程平面圖詳圖 3-91，其治理對策說明如下：

1.土方移除：

- (1)已成功協商土方交換 2 萬 9 千方。
- (2)移除半數土方並避免施設硬性擋土牆(移除上半部邊坡土方)。

2.排水系統：

- (1)移除土方後頂部及兩側周界設置截排水(頂部及坡面設置縱橫向排水溝)。
- (2)地表逕流水實施分段截流排水。
- (3)地下水依水脈施設橫向集水管。
- (4)除既有導排涵管外另增設排水路分流導排至出海口。
- (5)因應地形採用周界噴漿溝及聚乙烯 U 型橫溝設計，適應地形變化。

3.邊坡穩定：

- (1)坡趾設置柔性加勁擋土設施，降低環境衝擊。
- (2)修坡角度盡可能達安息角。
- (3)鋪設掛防沖蝕網噴植(陡坡設自由梁)。

- (4)依坡面及表土厚度土釘密度長度因地制宜。
- (5)基礎加強配筋設計避免開裂破損。
- (6)設置混凝土與全套管基樁深入新鮮岩盤增加地基承载力與抗滑力。
- (7)柔性構造物因應地形動態變形。

(二)實際執行情形

第一期工程治理上半區於 2020 年 11 月 3 日開工至 2022 年 3 月 15 日完工，由於施工期間工區坡面仍持續有變位發生，故實際工程執行中曾辦理多次變更設計，工程現況如圖 3-92，工程結算明細說明如下：

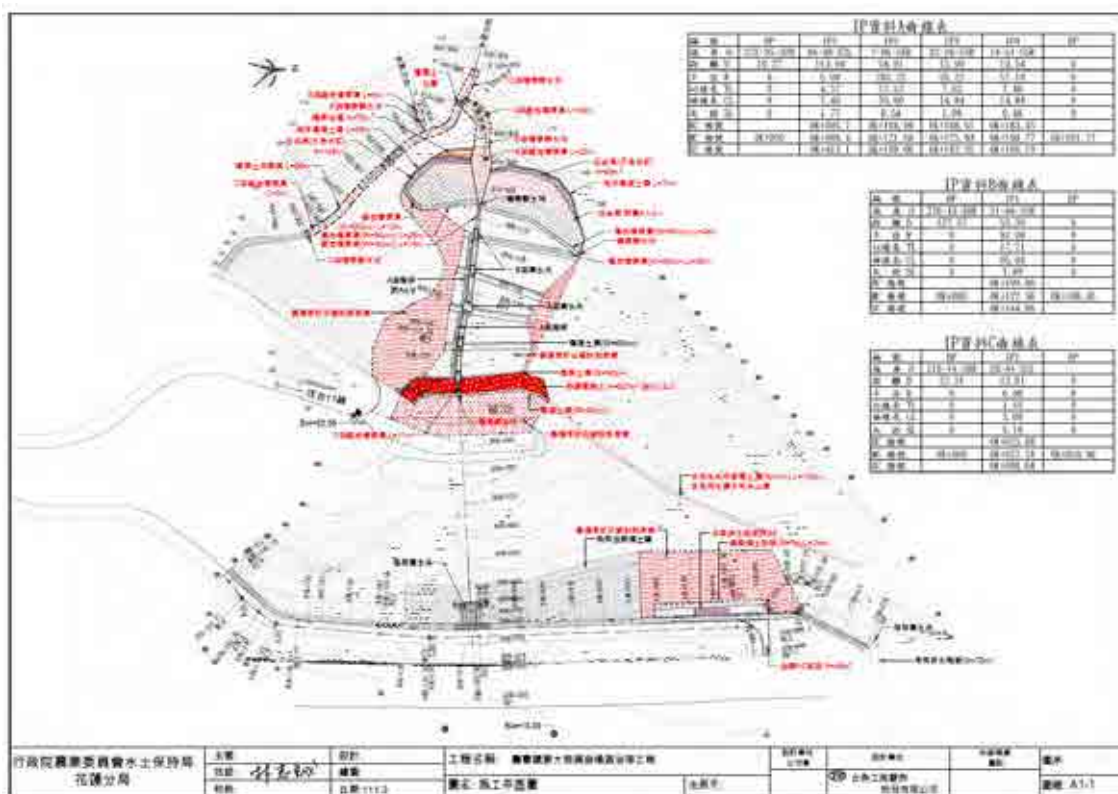
1.土方移除：土方移除約 19,500m³。

2.邊坡穩定：

- (1)岩釘 456 支。
- (2)自由樑及坡面噴植 11,271 m²。

3.排水系統：

- (1)縱橫向排水溝約 407 m。



(三) 完工後工區潛在現況問題

1. **第一期工程區域：**本團隊藉由施工前後之 UAV 影像獲得之地形資料進行邊坡穩定分析，各項分析參數採用 109 年地形反推在 $F.S = 0.99$ 時之參數，分析現況邊坡成果顯示整體邊坡穩定性較工程修坡前略有提升情形。此外為掌握局部邊坡之穩定性，故將整體邊坡劃分為頭部區域、坡腹區域及坡趾區域進行敏感度分析，其中頭部及坡腹區域為第一期工程範圍，坡趾區域目前未進行工程，由分析成果顯示頭部區域 $F.S=0.774$ ，仍具滑動現象，坡腹區域 $F.S=1.042$ ，現況穩定但仍有滑動可能，坡趾區域 $F.S=0.859$ ，具滑動現象，工程前後之剖面圖如圖 3-93 所示，邊坡穩定分析成果如圖 3-94 及圖 3-95 所示。
2. **南側邊坡不穩定區域：**根據現場勘查成果顯示，由於南側頂部工區下方土方移除，使之地形坡度增加，並進一步造成上方土體失穩，現於頂部發育張力裂縫，並於 2022 年 6 月 10 日現勘觀察裂縫處有明顯擴大情形，並造成鄰近截水溝破裂，地表逕流沿此裂縫往下邊坡刷蝕坡面(圖 3-96)，另配合 A17-1 傾斜觀測管監測成果研判，該孔無明顯變位情形發生，推測滑動面應於 A17-1 鑽孔上方剪出(圖 3-97)，再配合 UAV 影像獲得之地形資料進行邊坡穩定分析，區域 $F.S=0.872$ ，顯示現況邊坡具滑動現象(圖 3-98)。2022 年 7 月花蓮分署立即針對南側邊坡區域進行緊急搶修工程，主要進行區內裂縫填補及坡頂排水系統截流工作，2022 年 10 月現勘暫無明顯不穩定表徵再度出現，後續持續追蹤。

(四) 建議改善對策

根據目前調查成果提出後續二期工程建議，茲將後續建議分述如下：

1. 針對第一期工程南側不穩定區域

(1) 土體滑動方向應朝東北方向：由現場地表張力裂縫與堆積位置研判，不穩定之土體應朝坡面東北方向移動，故建議於配置擋土設施位置時，應考量滑動方向與土體滑動範圍。

(2) 土體滑動深度：參考前期地質鑽探，BH-4 孔岩屑層厚度約 8m，而前期監測成果顯示，BH-4 孔傾斜管滑動深度約 4.5m，比對滑動深度與鑽鑽岩心顯示，滑動面位置約於岩屑層，另利用 uav 產製之剖面圖，套繪現場張力裂縫及 A17-1 傾斜管位置，初步研判土體滑動深度約 6-7m，綜上初步研判土體滑動深度約 6-7m，故建議於配置坡面保護設施之長度或進行邊坡穩定分析時，可利用此初步研判之滑動深度進行相關分析。

(3) 地表排水：建議針對第一期工程區域內地表排水系統重新檢討。

2. 修坡角度建議：第一期整治工程中，土方移除後之邊坡至今，現況大致良好，顯示第一期整治工程土方移除後之坡度，可能緩於邊坡安息角，故建議第二期整治工程移除邊坡後之設計坡度，至少需緩於第一期整治工程土方移除後之坡度，或於坡面設置坡面保護工。

3. 土方移除後側邊收邊問題：第二期工程土方移除區域，於側邊與現地邊坡銜接處，若坡度較陡，應配置坡面保護設施，若採土(岩)釘，其長度需大於岩屑層厚度。

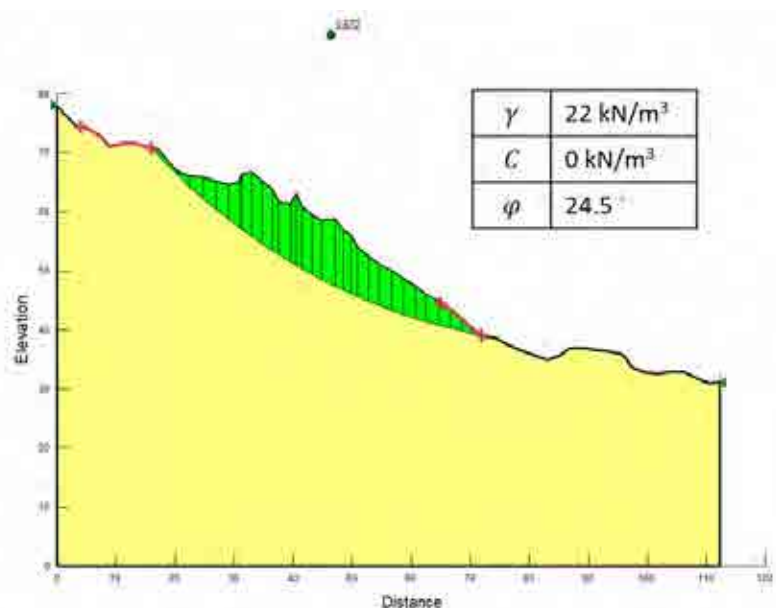


圖 3-98、南側不穩定區域邊坡穩定分析成果(F.S=0.872，具滑動現象)

二、「壽豐鹽寮大規模崩塌區治理工程」第二期工程

第二期工程治理於 2023 年 2 月 25 日開工，於 2023 年 8 月經變更設計將第一期工程南側邊坡之自由樑及土岩釘，改採用整坡工法進行治理，並於 2023 年 12 月竣工，工程實際執行情形如圖 3-100，工程結算明細說明參考竣工圖說如下。

(一)實際執行情形

1.邊坡穩定：

- (1)噴凝土掛網植生：3427 m² (原發包圖說 627 m²)。
- (2)自由樑及土岩釘(L=12 m)：1325 m² (經變更設計後刪除工項)。
- (3)自由樑及土岩釘(L=3m)：1136 m²。
- (4)擋土牆(H=2.5 m)：42 m (第一次變更設計 63 m)。
- (5)攔石柵：28 m。
- (6)鋼骨混凝土樁(L=5 m/支)：35 支。
- (7)整坡工程：1 式，土方移除約 5263m³ (經變更設計後新增工項)。

2.排水系統：

- (1)土包袋溝：162 m。
- (2)水平集水管(L=25 m)：150 m(原發包圖說 6 支)。

(二)完工後工區潛在現況問題

- 1.第一、二期工程區域：本階段經凱米颱風後現勘調查顯示，第二期工程完成之南側坡頂及坡腹處土袋溝仍有破壞情形。且第一期工程完成之縱向溝仍有受南側土體擠壓而產生變形情形。
- 2.趾部區域：趾部加勁檔土牆有滲水情形，可能影響趾部穩定性，為潛在不穩定因子。



(a) 工區潛在現況問題位置圖



(b) 工區潛在現況問題

圖 3-101、第二期工程完成後局部區域仍有不穩定表徵

(三)建議改善對策

根據目前調查之計有現況缺失，提出後續三期工程建議，主要可分為上邊坡地表排水改善以及強化趾部區域穩定性兩部分，茲將後續建議分述如下。後續建議工程配置如圖 3-102 及圖 3-103。

1.上邊坡地表排水改善(第一、第二期工程區域地表排水補強)

- (1)南側邊坡坡頂新設土袋溝(約 $L=75\text{m}$)：坡頂開裂變形，既有排水溝失能，考量後續可能持續變形，故建議設置「柔性」土袋溝，截排坡頂地表水。
- (2)縱向溝裂縫填補(約 $L=10\text{m}$)：受南側邊坡推擠，既有排水溝破損。考量區域縱向排水，故建議針對既有排水溝進行檢視，針對破損處進行填補。
- (3)坡腹處新設土袋溝(約 $L=200\text{m}$)：既有土袋溝斷面不足，現況無法有效排水，經凱米颱風影響，既有排水溝破損，故建議設置斷面較大之土袋溝，截排地表水。
- (4)既有路側溝清淤(約 $L=60\text{m}$)：既有道路側溝多有淤積情形，現況無法有效排水，建議配合三期工程進行清淤。

2.強化趾部區域穩定性

- (1)既有靜水池加固(1 座)：既有集水井周邊加勁擋土牆變形，配合新設擋土牆重新加固。
- (2)新設排水溝($L=230\text{m}$)：配合新設擋土牆設置道路邊溝，截排地表水。
- (3)新設水平集水管($L=10\text{m}$ ，共 50 支)：區域邊坡地表水入滲後，不易自然排放，故擬配合新設擋土牆設置水平集水管，提供人工地下排水通道，減少邊坡含水量。

三、「壽豐鹽寮大規模崩塌區治理工程」第三期工程

第三期工程治理於 2025 年 2 月 25 日開工，並於 2025 年 8 月 20 日竣工，工程明細說明參考第三期工程圖說如圖 3-104，工程實際執行情形如圖 3-105。

(一)實際執行情形

1.強化上邊坡坡面穩定性：

- (1)自由格框及噴植：1730 m²(於頭部南側邊坡)
- (2)虹吸式集水管(L=15 m)：165 m(配至於南側邊坡下方擋土牆)

2.上、下邊坡排水系統補強：

- (1)A 型縱洩溝：133.43 m(配至於頭部南側邊坡)
- (2)B 型縱洩溝：164.5 m(配至於坡腹至坡趾排水)
- (3)橫截溝：112.25 m
- (4)L 型擋水牆：L=10 m(配至於頭部南側邊坡排水溝末端)
- (5)牆底植筋 L 型溝：L=12 m(配至於南側邊坡下方道路排水)

3.既有工程設施補強：

- (1)既有噴漿溝修補：13 m(既有噴漿溝於第一期工程設置)
- (2)既有 RC 縱溝裂縫填補：以無收縮水泥砂漿填補塞縫
- (3)野溪溝底整理：L=10 m，以既有溝底塊石鋪排溝底及兩側坡腳。

4.坡趾入口處復舊：

- (1)RC 矮牆：L=2 m
- (2)抗沖蝕袋護坡(4 層)：L=14 m

(二)完工後工區潛在現況問題

考量第三期工程於完工迄今時間尚短，治理成效仍有待後續監測料追蹤，故現階段以現場調查成果，針對現況已有明顯缺失，提出改善建議，以減少地表水沖刷等不利因子造成之影響。

1. 南側頭部仍有開裂，建議先以裂縫填補，避免地表水持續入滲：第三期工程之南側坡面，於民國 114 年 11 月 18 日鳳凰颱風事件後現勘發現南側頭部仍有開裂情形，惟經檢視地表排水路徑仍暢通，故建議先進行裂縫填補工作，避免地表水持續入滲，影響局部邊坡穩定性。
2. 三期工程施工便道未復舊，地表水沖刷原施工便道：地表水沖刷原施工便道，可能影響縱洩溝及下方坡面之穩定性，為潛在不穩定因子，故建議施工便道復舊，以避免地表水形成漫地流及沖刷坡面等問題。
3. 坡趾地錨擋土牆定開裂，建議配合本計畫監測儀器及定拍持續追蹤：114 年 10 月現勘後發現，坡趾處地錨擋土牆定拍處有開裂增大情形，本處設施屬公路局東分局轄管，目前已先行通知轄管機關人員，經檢視擋土牆上方道路暫無明顯異常表徵，且開裂處上方傾斜管(A17-3 孔)無明顯變位趨勢，建議後續配合本計畫監測儀器及定拍持續追蹤。



圖 3-106、第三期工程完成後局部區域建議改善缺失(南側頭部開裂)



圖 3-107、第三期工程完成後局部區域建議改善缺失(施工便道未復舊)



圖 3-108、第三期工程完成後局部區域建議改善缺失(坡趾地錨擋土牆定開裂)

三、賀田山調查區後續治理建議

(一)治理建議：根據目前現有調查及監測成果顯示，賀田山調查區滑動深度約於地表下 26~28m，且邊坡穩定性與降雨及地下水位上昇有關，前期計畫提出三種後續治理建議 1.大口徑集水井 2.預力地錨 3.預力地錨及水平集水管方案，各方案詳細說明請參閱前期報告書，本年度計畫另提供 4.水平集水管方案說明如下。

1.大口徑集水井：導排邊坡內地下水，提高邊坡穩定性，由監測成果顯示，賀田山調查區邊坡穩定性與降雨及地下水位上昇有關，且滑動深度達 26~28m，故建議採大口徑集水井導排地下水已提高邊坡之穩定性，大口徑集水井工法初步建議平面及剖面圖詳圖 3-109 及圖 3-113。

- 2.預力地錨：藉由地錨導入預力，增加邊坡抵抗下滑之能力，考量賀田山調查區邊坡滑動深度達 26~28m 採預力地錨方式，若採抗滑樁方式，其整理治理經費將相當龐大，較不具經濟效益，故建議採預力地錨方式，增加邊坡抵抗下滑之能力，以提高邊坡之穩定性，預力地錨工法初步建議平面及剖面圖詳圖 3-110 及圖 3-114。
- 3.預力地錨及水平集水管：抑制及抑止工法同時採用，採預力地錨提供抵抗力，並於趾部施作坡面集水管，提高邊坡穩定性，此方案為抑制及抑止工法同時採用，工法較為複雜，且需開闢便道至趾部施工，對邊坡擾動性大，且水平集水管多降低趾部區域地下水，針對整體崩塌區效益不佳。
- 4.水平集水管：加速排除降雨事件後上升之地下水，於主要滑動塊體下邊坡設置水平集水管，打設高程約 325 m，主要針對降雨後上升之地下水進行導排，此方案需配合施工便道開設及臨時擋土設施執行，初步規劃施工便道總長約 340 m，建議沿嶺頂道路下方既有道路開設，以減少對環境影響及擾動，初步規劃施工便道最大坡度 12 度。初步規劃水平集水管約 65 支，長度 50 m，並於橫向施工便道設置橫向排水溝(130 m)及匯流井。初步建議平面及剖面圖詳圖 3-111 及圖 3-115，施工便道剖面如圖 3-112 所示。

(二)邊坡穩定分析

1.分析條件

(1)分析剖面：為瞭解整治方案之合理性及成效性，採 C-1-C-1'剖面作為分析剖面(C-1-C-1'剖面位置詳圖 3-75)，以 GEO-Studio 程式進行極限平衡法分析，分析採用理論為 Spencer Method。

(2)參數選定：因崩塌地地層多屬破碎，尤其是地滑區，岩層中多夾雜岩塊及風化土壤，欲取得代表性之土樣進行試驗相當不易，若要取得滑動面之夾泥進行力學試驗，其難度更高，故一般工程界常利用傾斜觀測管測得之滑動面位置，配合地形及地下水條件，以反推分析求得滑動面之力學參數。本計畫區選取垂直等高線之臨界剖面，C1-C1'剖面，作為反推分析剖面。根據傾斜管監測成果，於 2017 年 9 月豪大雨過後，邊坡即有明顯滑動產生，因此利用監測獲得之滑動面及滑動時之地下水位，作為反推分析時之參數。經反推分析成果顯示(詳圖 3-116 所示)，邊坡在豪大雨期間發生滑動(F.S=0.99)時之 c 及 ϕ 組合為 $c=0\text{kN/m}^2$ 、 $\phi=23.8^\circ$ ，反推分析成果詳圖 3-117 所示，邊坡穩定分析參數如

(3)表 3-28、賀田山調查區邊坡穩定分析參數

分析結果	C(KN/m ²)	$\phi(^{\circ})$	F.S	選用參數			
				C(KN/m ²)	$\phi(^{\circ})$	$\gamma(\text{KN/m}^3)$	F.S
賀田山調查區	0	23.8	0.99	0	23.8	24.5	0.99
	117.9	0	0.99				

(4)所示。

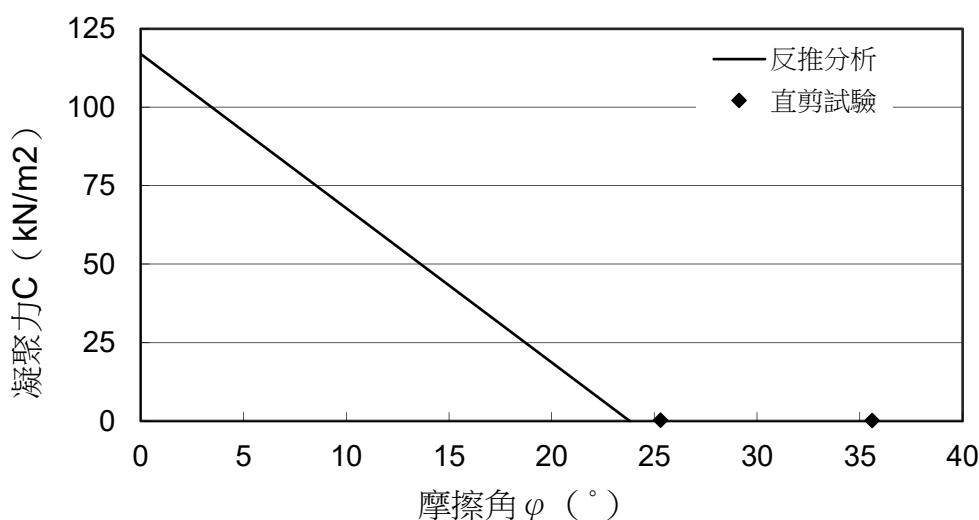


圖 3-116、賀田山調查區反推分析參數與直剪試驗結果

表 3-28、賀田山調查區邊坡穩定分析參數

分析結果	C(KN/m ²)	$\phi(^{\circ})$	F.S	選用參數			
				C(KN/m ²)	$\phi(^{\circ})$	γ (KN/m ³)	F.S
賀田山調查區	0	23.8	0.99	0	23.8	24.5	0.99
	117.9	0	0.99				

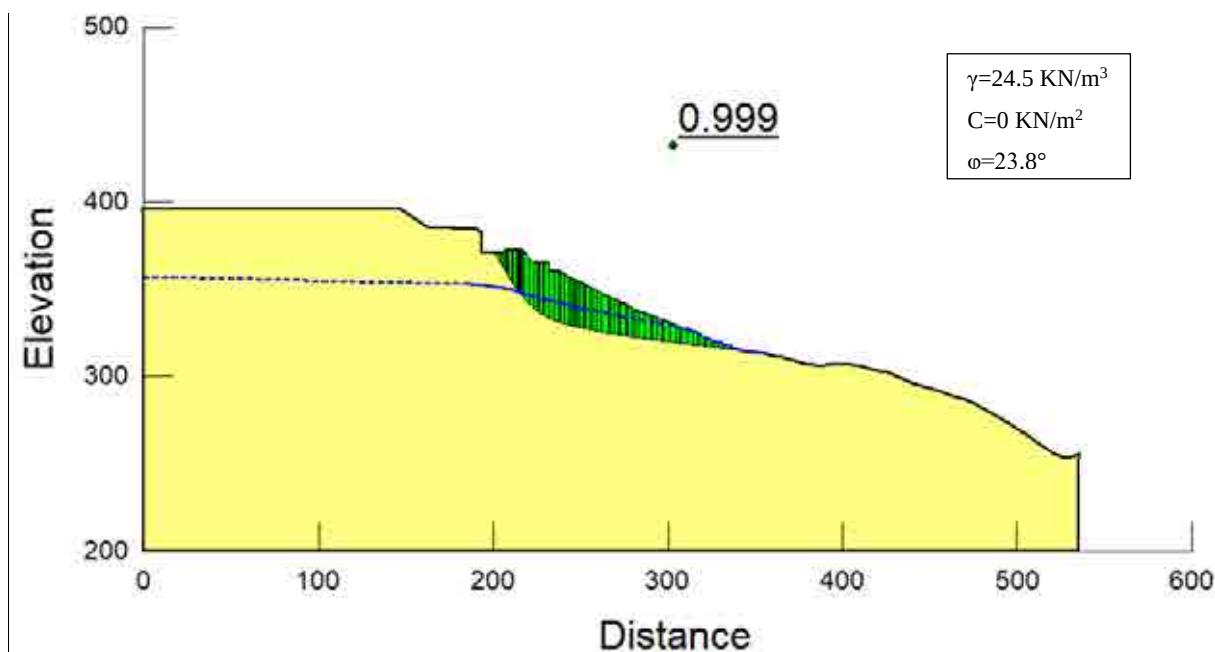


圖 3-117、賀田山調查區反推分析成果

2. 治理方案成效評估

根據邊坡穩定分析成果顯示，採水平集水管降低地下水位，若能將豪大雨時地下水位下降 3 m，邊坡安全係數可達 1.155 (詳圖 3-118 (a))；若能將豪大雨時地下水位下降 6 m，邊坡安全係數可達 1.218 (詳圖 3-118 (b))；若能將豪大雨時，將地下水位維持在常時地下水位，整體邊坡安全係數可提高至 1.251 (詳圖 3-118 (c))，顯示降低地下水位對於邊坡穩定性之提昇，有正面之助益，另根據規劃之打設高程(325 m)套繪剖面預估豪大雨期間之高水位，研判水平集水管方案至少可使區域之高水位下降 3 m，惟水平集水管施作後，能真正降低邊坡內地下水位之高程，現階段甚難評估，仍需藉由長期監測成果，予以回饋分析。

若治理工法採預力地錨工法，根據邊坡穩定分析成果顯示，至少需打設 14 排預力地錨，其邊坡安全係數方能達到 1.215 (詳圖 3-118(d))，顯示地錨工法效益較不高。

3.治理工法選擇

根據監測成果顯示，C 工區邊坡滑動深度約在 26~28 m 之間，屬深層滑動之邊坡；而有深層滑動之邊坡其整理工法主要為地下排水工法，如下邊坡打設水平集水管或集水井工法，其次為局部設置於坡趾之護坡穩定工法，如預力地錨護坡工法或抗滑樁護坡工法。

經比較後考量 C 工區於滑動深度較深，且邊坡穩定性明顯與地下水有關，加上邊坡穩定分析成果顯示，預力地錨工法之效益不大，考量工法經濟性，建議 C 工區後續治理工程可先採水平集水管方案，若邊坡仍有持續活動情形，再進一步採用大口徑集水井工法。

表 3-29、賀田山調查區治理工法優缺點比較表

治理工法	施工性	安全性	經濟性	環境影響	建議採用順位
大口徑集水井工法	1.施工空間侷限在小範圍內，但侷限空間作業須有較高等級之施工中職安措施。 2.近年國內相當多完工案例，已有豐富之設計及施工經驗。	對深層滑動邊坡採降低地下水位提高邊坡穩定性，成效較佳。	1.單座集水井發包單價約 1200~1500 萬。 2.集水井工法實際能採降低地下水位之效果不確定性高，後續可能需配合治理成效評估及補充調查，再增加集水井。 3.初步研判 C 工區至少需要 2~3 座集水井，總費用初步概估約 2500~4500 萬元。	完工後，外觀僅有長寬約 10 m*10 m 範圍有工程物，對環境影響不大。	2
預力地錨工法	施工機具規模小，易於搬遷，適用於山區交通不便、施工空間狹小之場所。	於滑動中塊體施加預力，可立即提高邊坡抗滑力。	1.根據邊坡穩定分析成果，C 工區至少需施作 14 排預力地錨，邊坡穩定安全係數才能達到 1.215。 2.根據 C 工區邊坡滑動寬度(約 200 m)，若施作 14 排預力地錨，其經費可能達 1.2~1.5 億(含預力地錨承壓面版)。	C 工區邊坡現況植生良好，且上邊坡為軍營能施作預力地錨地方不多，若採此工法可能施作地點位於(嶺頂道路)下邊坡，而嶺頂道路下邊坡為原始植生良好坡面，故後續若施作預力地錨及承壓面版將大範圍開挖邊坡，對環境影響衝擊大。	3
預力地錨及集水管打設工法	需開闢便道至趾部進行施工，對邊坡擾動程度較大	同時採用抑制及抑止工法，工法較為複雜	施作 4 排預力地錨及集水管，總費用約 3500 萬~5000 萬，但後續可能需要再追加地下排水設施	施作預力地錨及承壓面版將更大範圍開挖邊坡，對環境影響衝擊大	4
水平集水管工法	需開闢便道至趾部進行施工，對邊坡擾動程度較大	採降低降雨期間上升之地下水位以提高邊坡穩定性	經費概估約 1500~1700 萬，建議完工後施工便道持續保留，以便後續增設補強工程	開闢便道可能擾動邊坡，對環境影響評估為中。	1

(三)地下水流逕分佈

若後續治理方案採大口徑集水井降低邊坡地下水，以提高邊坡穩定性，則對於賀田山調查區之地下水位流徑研判，將攸關治理成效優劣。故本計畫新孔 C20-1W、C20-2W 及 C20-3S 水位井，並配合前期計畫孔 C17-2 及 C17-3 水位井(鑽孔平面位置詳圖 3-51)，初步繪製影響賀田山調查區邊坡穩定性的主要地下水集水面積。

彙整各孔水位觀測井最高水位高程(詳表 3-30)，於 G.L321m 為各孔為高程最低之為置，故假設為最低之地下水集水面積高程，依此高程利用做圖法，圈繪出計畫區最大的地下水集水範圍，繪製成果初步研判地下水應由計畫區西南側補注，研判之地下水流徑詳圖 3-120，由圈繪成果顯示計畫區地下水集水範圍會遠大於地表地形上之集水範圍。

另本計畫藉由 C20-2W 及 C17-3 孔於降雨事件時地下水位變化之時關係，研判地下水可能之流逕來源，由觀測成果顯示，於發生降雨後約 12 小時 C20-2W 水位會率先產生上升變化，而約 36 小時後 C17-3 水位才開始發生變化，藉此研判降雨後地下水應先影響西南側之 C20-2W 孔，而後再流至東北側之 C17-3 孔(詳圖 3-121)。此外配合本計畫地下水流向調查成果(3.2.7 節)，區域地下水應由鑽孔位置再往下邊坡蝕溝方向匯集，並可能於蝕溝頂端滲出。

綜合岩芯判釋、地下水檢層、地下水監測等資料研判，賀田山調查區地下水主要流徑應由計畫區西南側補注，而在地層剖面上，應係沿著高度風化及中度風化界面流動。賀田山調查區地下水流徑剖面詳圖 3-75 及圖 3-76。

表 3-30、賀田山調查區各鑽孔地下水位高程表

鑽孔編號	鑽孔深度 (m)	孔口高程 (m)	最高水位高程 (m)	常時水位高程 (m)	地下水位 上昇量(m)
C17-1	35	356	335	321	14
C17-2	30	357	338	326	12
C17-3	30	370	350	342	8
C20-1W	60	394	335	334	1
C20-2W	40	384	357	347	10
C20-3S	35	356	335 (參考 C17-1)	321	14

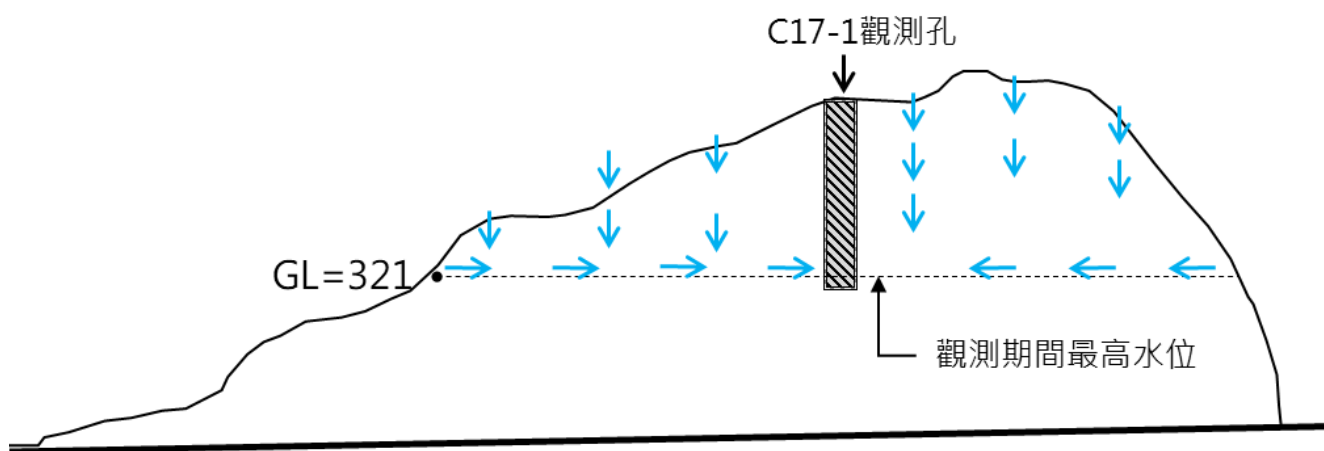


圖 3-119、地下水集水範圍研判示意圖

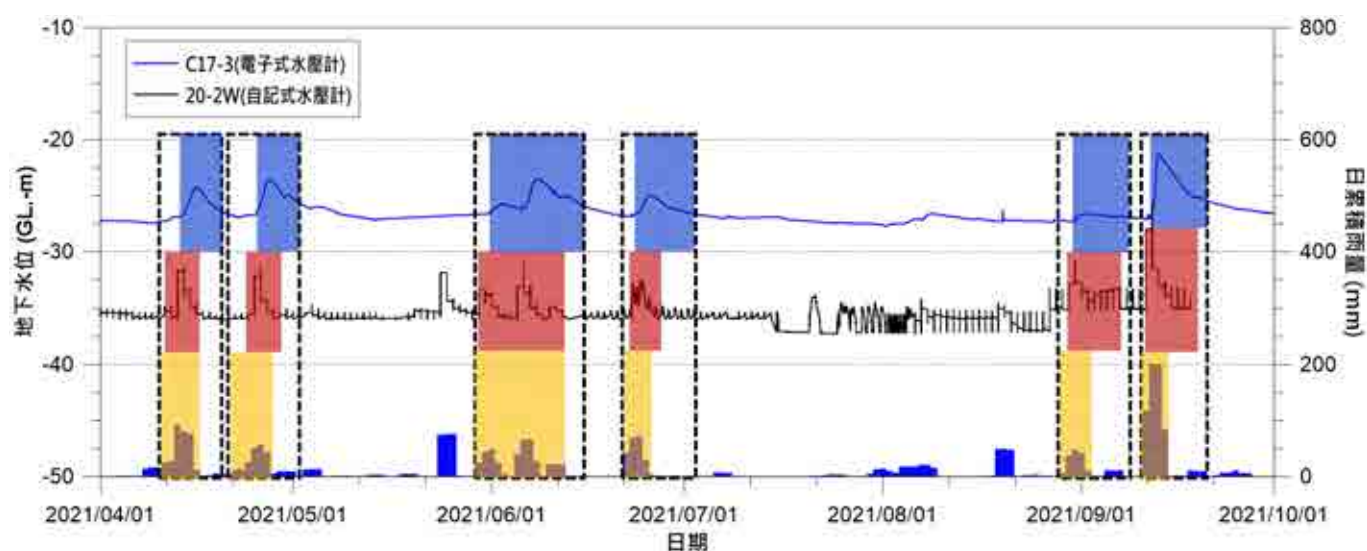


圖 3-120、由 C17-3 及 20-2W 鑽孔水位升降時間研判之區域地下水流向

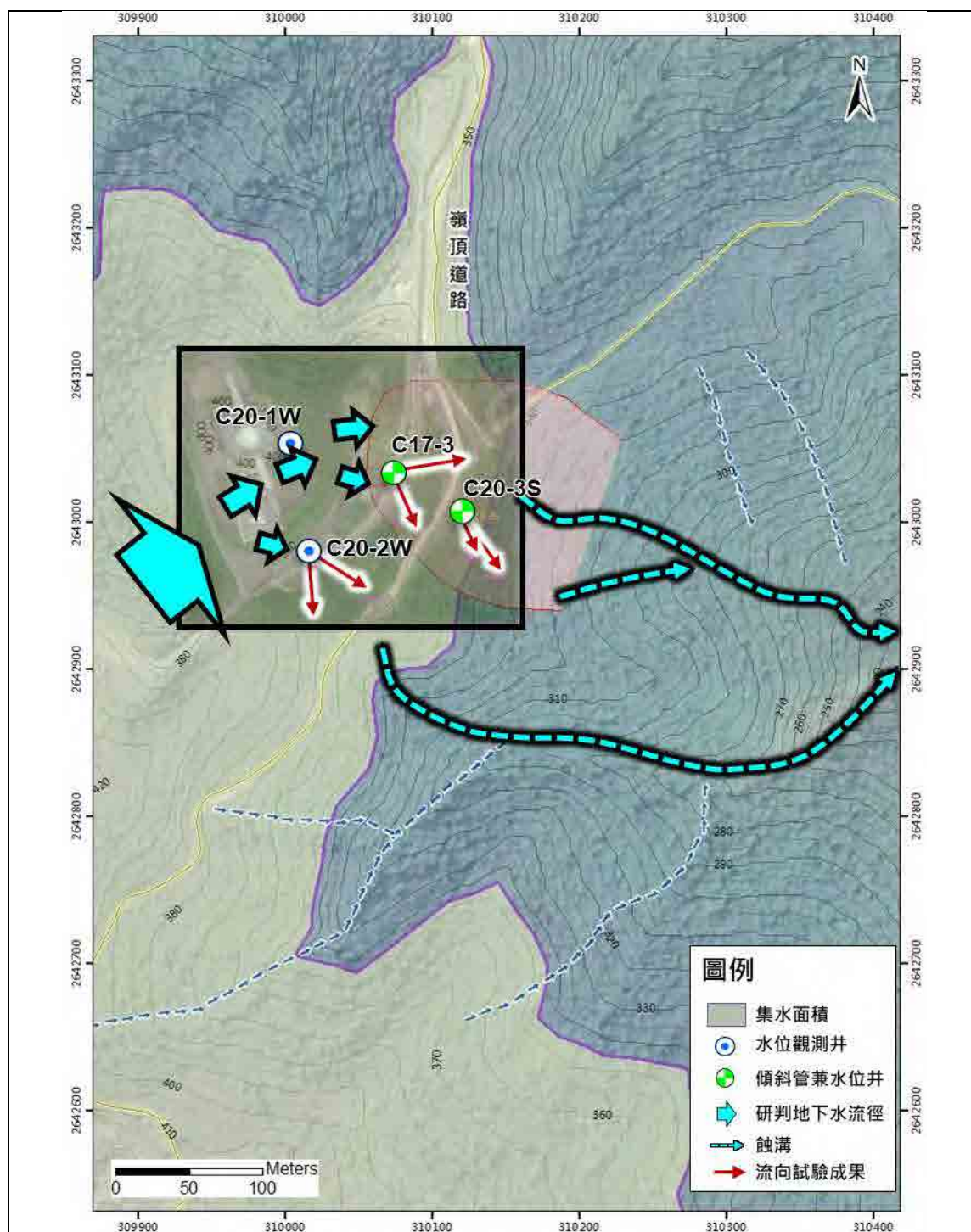


圖 3-121、賀田山調查區坡面研判之主要地下水流徑

(四)分期治理計畫

根據階段成果顯示後續治理工程採地下排水工法較佳，考量方案經濟性及有效性，建議配合地方政府災後復建工程之時程，先採用水平集水管方案，藉此導排坡內之地下水，抑制降雨期間地下水上昇。另根據邊坡穩定分析成果顯示，邊坡穩定性與工程施作後，能降低之水位有關，惟打設水平集水管後，真正能降低的水位，目前甚難預估，僅能利用後續監測方式，評估治理之成效，依目前掌握之滑動塊體之規模，初步規劃打設水平集水管約 65 支，藉由後續監測進行治理成效評估，若有需要，再檢討或決定是否施作集水井排水工程。各期工程治理經費概估及初步建議詳表 3-31、表 3-32。

表 3-31、賀田山調查區後續建議治理經費概估表(單位：元)

分期	項次	工程項目	單位	數量	單價	複價	備註
第一期	一、	水平集水管方案					
	1	施工便道(含臨時擋土設施)	m	340	10,000	3,400,000	
	2	噴凝土截水溝(寬 1m*深 0.8m)	m	130	6,000	780,000	
	3	噴凝土陡槽溝(寬 1.5m*深 0.8m)(含消能設施)	m	20	9,000	180,000	
	4	匯流井(1.5m*1.5m*1.5m)	式	1	50,000	50,000	
	5	水平集水管(L=50m@2m)	支	65	100,000	6,500,000	
		一、小計				10,910,000	
	二、	雜項工程(含環保安衛費)	式	1	1,636,500	1,636,500	
	三、	包商利潤及管理費(估計 10%)	式	1	1,091,000	1,091,000	
	四、	營業稅(5%)	式	1	109,100	109,100	
		一~四、小計				13,746,600	
第二期	五、	間接工程費(工程管理費、委外設計監造服務費)	式	1	1,870,000	1,870,000	
		本階段工程費				15,616,600	
	一、	大口徑集水井(H=25m)					T1
	1	井內土石方開挖及運棄	m ³	600	2,800	1,680,000	
	2	鋼襯板及支撐保護(含背填灌漿)	m	25	100,000	2,500,000	
	3	RC 內襯砌(含井蓋、中間平台及爬梯)	m	25	85,000	2,125,000	
	4	施工中抽排水及通風	式	1	1,000,000	1,000,000	
	5	施工中防災措施	式	1	1,500,000	1,500,000	
	6	水平集水管(φ100mm)	m	1,050	2,500	2,625,000	
	7	水平排水管(φ125mm)	m	200	3,500	700,000	
		一、小計				12,130,000	
第三期	二、	雜項工程(含環保安衛費)	式	1	1,213,000	1,213,000	
	三、	包商利潤及管理費(估計 10%)	式	1	1,334,300	1,334,300	
	四、	營業稅(5%)	式	1	733,865	733,865	
		一~四、小計				15,411,165	
	五、	工程管理費	式	1	462,335	462,335	
	六、	委外設計服務費	式	1	845,558	845,558	
	七、	委外監造服務費	式	1	661,035	661,035	
		本階段工程費				17,380,094	
	一、	大口徑集水井(H=25m)					T2
	1	井內土石方開挖及運棄	m ³	600	2,800	1,680,000	
	2	鋼襯板及支撐保護(含背填灌漿)	m	25	100,000	2,500,000	
第三期	3	RC 內襯砌(含井蓋、中間平台及爬梯)	m	25	85,000	2,125,000	
	4	施工中抽排水及通風	式	1	1,000,000	1,000,000	
	5	施工中防災措施	式	1	1,500,000	1,500,000	
	6	水平集水管(φ100mm)	m	1,050	2,500	2,625,000	
	7	水平排水管(φ125mm)	m	200	3,500	700,000	
		二、小計				12,130,000	
	二、	雜項工程(含環保安衛費)	式	1	1,213,000	1,213,000	
	三、	包商利潤及管理費(估計 10%)	式	1	1,334,300	1,334,300	
	四、	營業稅(5%)	式	1	733,865	733,865	
		一~四、小計				15,411,165	
	五、	工程管理費	式	1	462,335	462,335	
	六、	委外設計服務費	式	1	845,558	845,558	
	七、	委外監造服務費	式	1	661,035	661,035	
		本階段工程費				17,380,094	
		總計				50,376,788	

表 3-32、賀田山調查區後續治理工程初步建議明細表

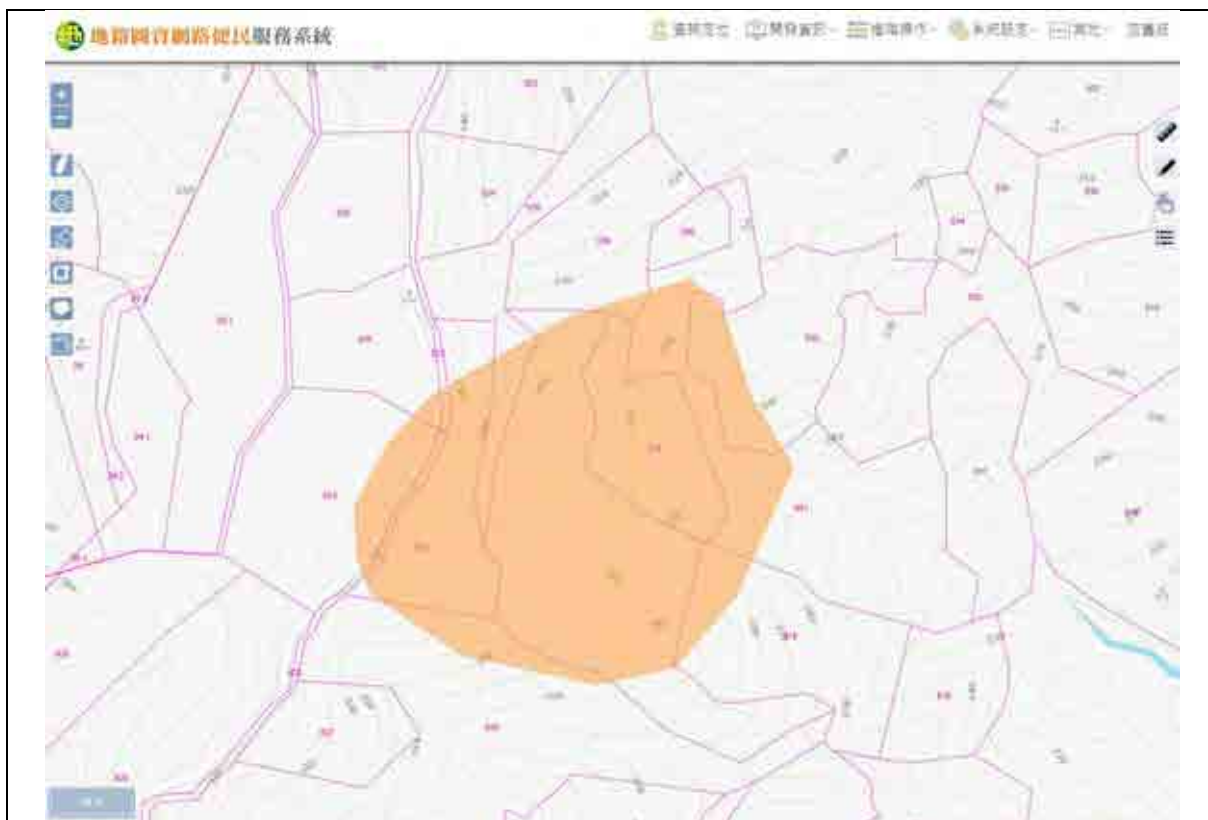
項次	分期計畫	工程名稱	工程地點		預定經費 (仟元)	工程內容	治理項目	TWD97 坐標		高程 (m)	計畫執行 機關	優先 順序	期程
			縣市	鄉鎮				E	N				
1	第一期	賀田山地區崩塌地改善處理工程 (水平集水管)	花蓮縣	壽豐鄉	16,050	施工便道(含臨時擋土設施): 約 340 m 噴凝土截水溝: 130 m (寬 1 m*深 0.8 m) 噴凝土陡槽溝: 20 m (寬 1.5 m*深 0.8 m) 水平集水管: 65 支(L=50 m@2 m) 匯流井: 1 座(1.5 m*1.5 m*1.5 m)	塌地處理	310168	2643003	325	農村水保署花蓮分署	優先處理	短期
2	第二期	第一期集水井工程	花蓮縣	壽豐鄉	17,380	井內土石方開挖及運棄 600m ³ 鋼襯板及支撐保護(含背填灌漿)25m ³ RC 內襯砌(含井蓋、中間平台及爬梯)25m 水平集水管(φ=100mm)1,050m 水平排水管(φ=125mm)200m	塌地處理	310062	2643044	385	農村水保署花蓮分署	計畫處理	中期
3	第三期	第二期集水井工程	花蓮縣	壽豐鄉	17,380	井內土石方開挖及運棄 600m ³ 鋼襯板及支撐保護(含背填灌漿)25m ³ RC 內襯砌(含井蓋、中間平台及爬梯)25m 水平集水管(φ=100mm)1,050m 水平排水管(φ=125mm)200m	塌地處理	310105	2643104	360	農村水保署花蓮分署	計畫處理	長期
總計					50,810								

(五)規劃工程之用地區分

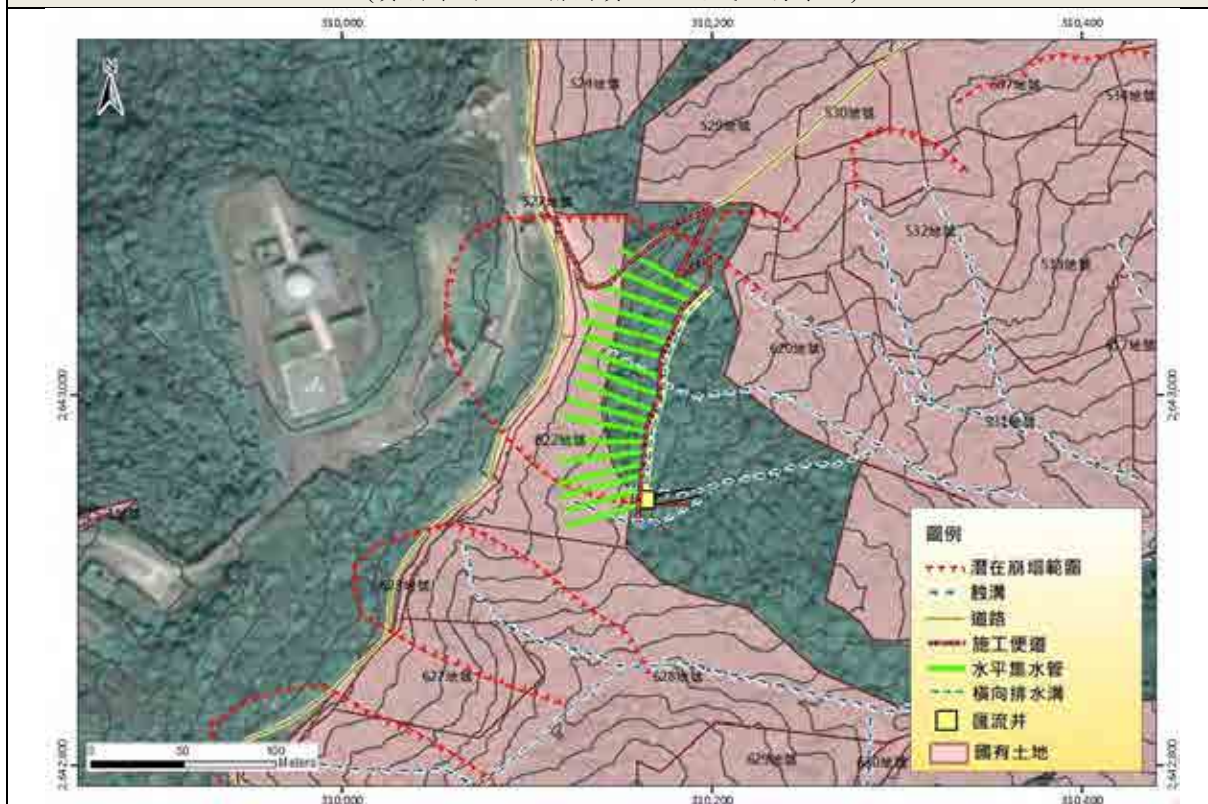
初步查詢水平集水管方案規劃工程(詳圖 3-122)可能涉及之地號及土地歸屬，此方案包含兩處私有土地，相關基本資料詳表 3-33。大口徑集水井規劃工程(詳圖 3-123)，並查詢可能涉及之地號，相關基本資料詳表 3-34。

表 3-33、賀田山調查區水平集水管方案可能涉及之地號

行政區	地政事務所	地段	地號	面積(m ²)	使用分區	使用地類別	公私有地
花蓮縣 壽豐鄉	花蓮地政事務所	0147 山嶺段	527	1629.83	風景區	交通用地	公有地
			528	7054.01	風景區	農牧用地	私有地
			621	20592.19	風景區	林業用地	私有地
			622	7534.7	風景區	農牧用地	公有地



(a) 後續治理工程初步套繪地籍圖
(資料來源：地籍圖資網路便民服務系統)



(b) 後續治理工程初步套繪國有土地
(資料來源：內政部公有土地資料供應系統，2022/8/2)

圖 3-122、賀田山調查區水平集水管方案初步查詢土地歸屬

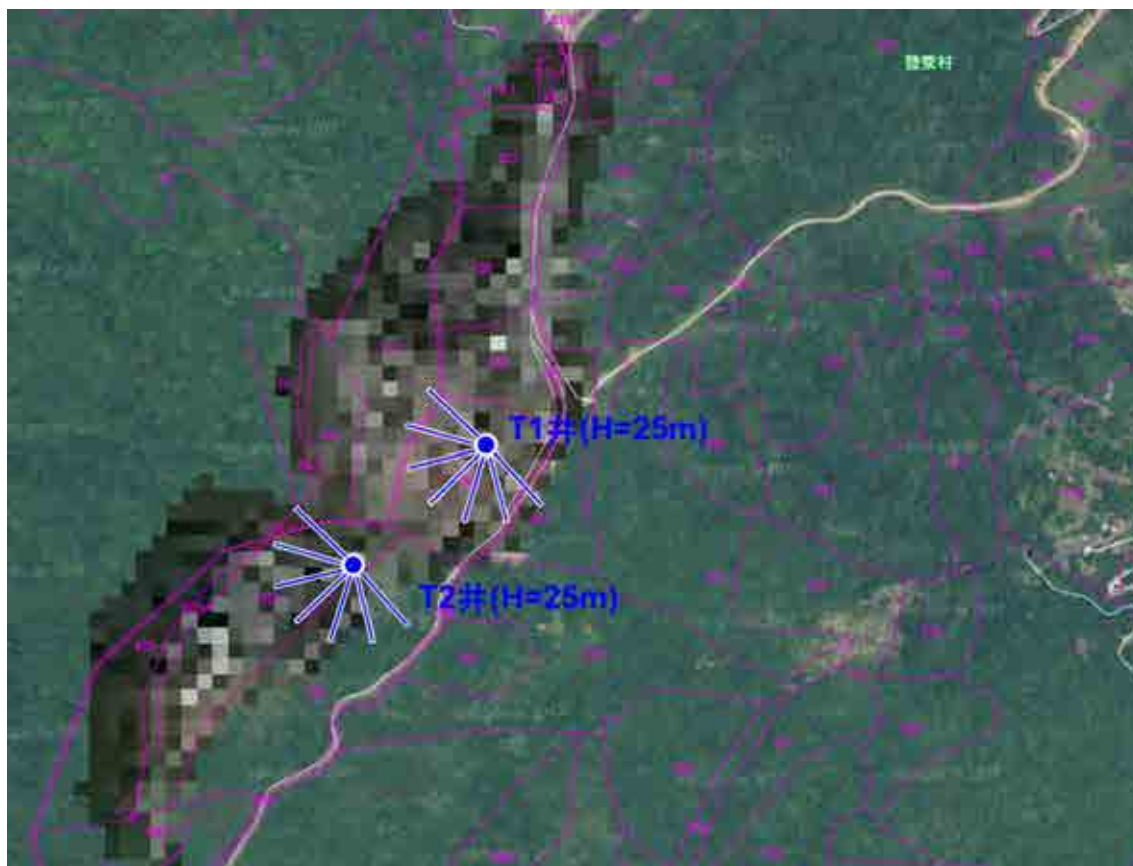


圖 3-123、賀田山調查區大口徑集水井方案初步查詢土地歸屬

表 3-34、賀田山調查區大口徑集水井方案可能涉及之地號

行政區	地政事務所	地段	地號	面積(m ²)	使用分區	使用地類別	公私有地
花蓮縣 壽豐鄉	花蓮地政 事務所	0147 山嶺段	623	1350.01	風景區	交通用地	公有地
			624	11487.05	特定 專用區	特定目的 事業用地	公有地
			625	16235.8	特定 專用區	特定目的事 業用地	公有地
			626	20081.04	森林區	林業用地	私有地

3.8.3 本年度計畫範圍內災後復建工程

一、災後復建工程

本年度經歷 0403 地震、0724 凱米颱風、0930 山陀兒颱風及 1031 康芮颱風等特殊災害事件，於公共工程雲端服務網查詢花蓮縣壽豐鄉共有 5 件災後復建案件工程，如表 3-35 所示。經調查各案件工區座標，其中核列序號 002 案件工區 4 坐落於賀田山調查區南側潛在崩塌範圍內，工區 4 現勘照片如圖 3-124。

表 3-35、花蓮縣壽豐鄉鹽寮村本期計畫期間災後復建案件一覽表

項次	災害事件	核列序號	機關名稱	復建工程	主要工程內容	鄉(鎮市)	村(里)	工區座標 (TWD-97)	提報 經費 (千元)	審議 經費 (千元)
1	2024 年 0403 地震	005	花蓮縣政府	壽豐鄉鹽寮村山嶺路沿線 0403 震災復建工程	路面修復、 擋土設施修復	壽豐鄉	鹽寮村	N:309347 E:2641589	9,953	36,109
2	2024 年 0403 地震	007	花蓮縣政府	壽豐鄉鹽寮村山嶺路支線邊坡 0403 震災復建工程	路面修復、 新設擋土牆、 新設護欄	壽豐鄉	鹽寮村	N:310151 E:2643401	528	634
3	2024 年 0403 地震	008	花蓮縣政府	壽豐鄉鹽寮村山嶺路支線農路 0403 震災復建工程	路面修復、 排水箱涵修復、擋土牆 修復	壽豐鄉	鹽寮村	N: 309913 E:2641921	9,105	9,105
4	2024 年 7 月凱米颱風	002	花蓮縣政府	花蓮縣壽豐鄉山嶺農路沿線凱米風災復建工程	路面修復、排水溝修復、 擋土牆修復、新設擋土牆、 新設護欄(工區 4：路面修復、 新設擋土牆、護欄修復)	壽豐鄉	鹽寮村	共 11 處工區 工區 4 座標 N:309956 E:2642816	4,645	6,795
5	2024 年 7 月凱米颱風	010	花蓮縣政府	花蓮縣壽豐鄉鹽寮村 12 鄰農路凱米風災復建工程	擋土牆修復	壽豐鄉	鹽寮村	N:310785 E:2642961	762	858



圖 3-124、花蓮縣壽豐鄉山嶺農路沿線凱米風災復建工程工區現勘照片

二、本期間災後復建工程發包情形

經查 2024 年間花蓮縣政府發包「壽豐鄉鹽寮村山嶺路沿線三件災復建工程」，其中涵蓋本計畫路段，工程項目依據發包圖說(圖 3-125)，上下邊坡設置擋土牆合計 242.3 m，並配合局部路段配置預力地錨(16 處)、鋼骨混凝土樁(48 支)及毛細式集水管(42 支)，此外配合道路鋪設亦有針對道路排水系統建置，目前工程仍進行中，建議後續完工後可先配合本計畫監測儀器持續監測，並視工程成效再進一步評估是否需導入短中長期工程。

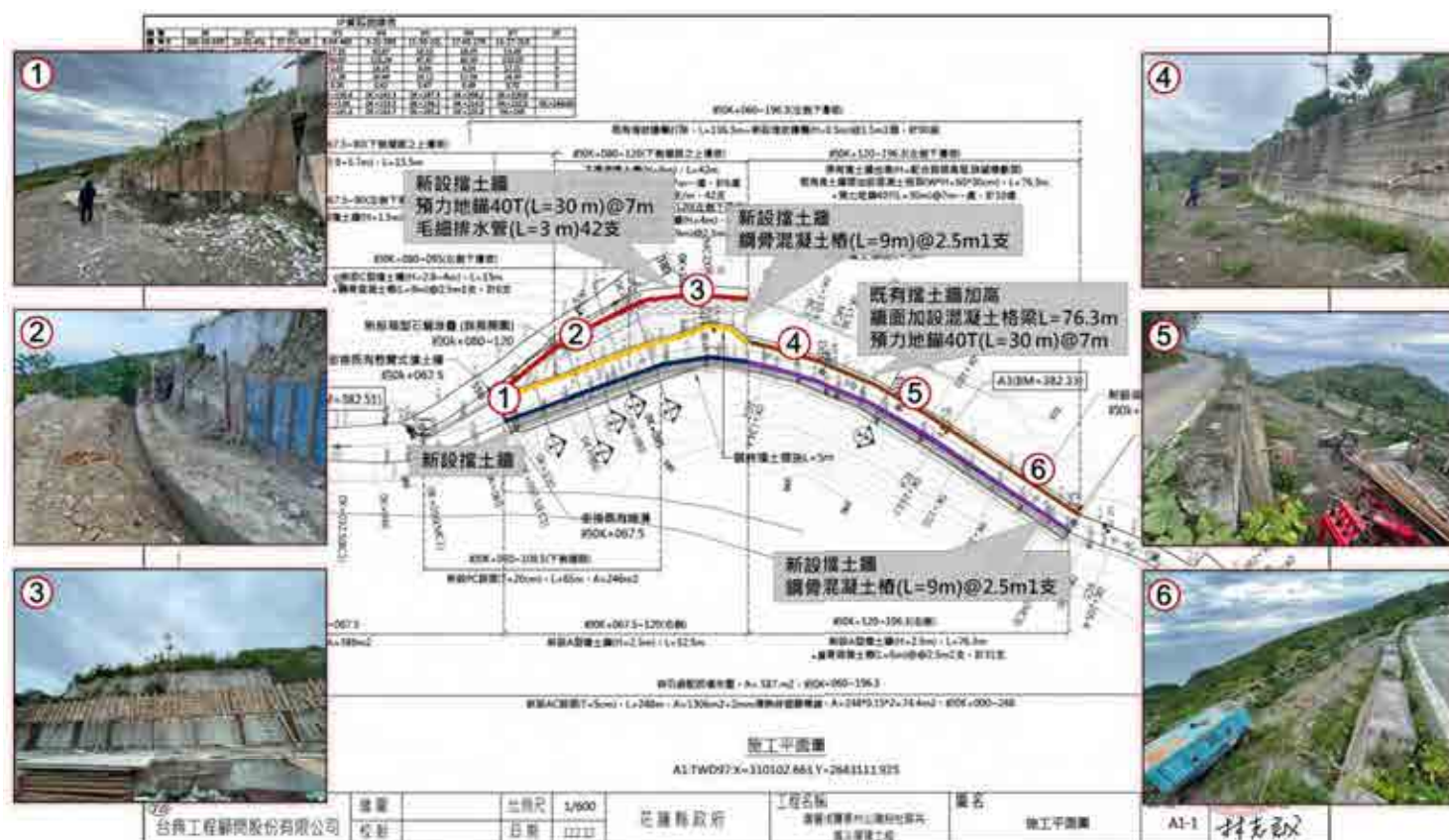


圖 3-125、壽豐鄉鹽寮村山嶺路沿線三件災復建工程發包圖說

第四章 資料接收、整合及觀測成果綜合比對分析與警戒管理值

第一節 監測基準管理值

依契約說明，本工作項目主要包含 1.綜整監測資料，並於每月提送監測報告。2.綜整監測資料，訂定管理基準值，並進行滾動式檢討。

另一方面，依據農業部農村發展及水土保持署 2021 年 1 月 28 日辦理之「110 年度大規模崩塌監測整備暨監測整合系統應用說明會」，農業部農村發展及水土保持署於本(2021 年)年度開始辦理大規模崩塌潛勢區之警戒發布工作，並已建立大規模崩塌警戒發布及監測儀器管理基準值分級方法。

鹽寮調查區將參考農業部農村發展及水土保持署所公告之「大規模崩塌警戒發布機制及管理基準值分級原則」，因鄰近具土石流潛勢溪流，屬第 1 類型。管理基準值訂定結果說明如下：

一、農業部農村發展及水土保持署大規模崩塌警戒發布機制

為避免與現行土石流潛勢溪流應變方式差異過大，造成民眾誤解，增加災害管理成本，目前農業部農村發展及水土保持署大規模崩塌警戒之發布機制考量現行土石流防災應變管理方法，依據大規模崩塌潛勢區與土石流潛勢溪流空間位置關聯性以及保全對象重疊性，將大規模崩塌潛勢區分成第 1 類型及第 2 類型等兩類(農業部農村發展及水土保持署土石流防災資訊網，<https://246.swcb.gov.tw>，查詢日期：2021 年 4 月 10 日)說明如後。

(一) 第 1 類型：大規模崩塌保全對象與土石流潛勢溪流保全對象有重疊者。

本類型採用土石流警戒雨量，同土石流一併發布紅、黃警戒，其中：

1. 黃色警戒發布：

(1) 當預測雨量達到土石流警戒雨量(有效累積雨量達到警戒值 70 %，且氣象署定量降水預報將持續降雨，致預測降雨量>警戒值 100 %。)

2. 紅色警戒發布：

(1) 實際雨量達到土石流警戒雨量。(有效累積雨量>警戒值 100 %)

(2) 參酌現地監測之綜合研判，輔助警戒發布。

(二) 第 2 類型：大規模崩塌保全對象與土石流潛勢溪流保全對象無重疊者。

本類型採用大規模崩塌警戒雨量(另案分析)，以雨量為主、現地監測資料為輔，發布紅、黃警戒，其中：

1. 黃色警戒發布：

(1) 當預測雨量達到大規模崩塌警戒雨量。

2. 紅色警戒發布：

(1) 實際雨量達到大規模崩塌警戒雨量。

(2) 參酌現地監測之綜合研判，輔助警戒發布。

二、管理基準值分級及內容

依據農業部農村發展及水土保持署 2021 年 1 月 28 日辦理之「110 年度大規模崩塌監測整備暨監測整合系統應用說明會」，目前大規模崩塌潛勢區地下水(水位觀測井、封層水壓觀測井)及邊坡活動性(GPS、地表傾斜計、地表伸縮計、孔內伸縮計、時域反射儀 TDR)等監測儀器之管理基準值分為注意值及警戒值等兩級：

(一)注意值：變位略顯著，緩慢運動中。當監測值 $\geq$ 注意值(達警戒值 70%)，該儀器顯示黃色示警。

(二)警戒值：變位顯著，活潑運動中。當監測值 $\geq$ 警戒基準值(達警戒值 100%)，該儀器顯示紅色示警。

此外，依據前述會議相關資料，彙整各式監測儀器應訂定之管理基準值內容，如表 4-1 所示，說明如下：

(一)地下水：

1.水位觀測井：需訂定水位高(-m)之注意值、警戒值。

2.封層水壓觀測井：需訂定水位高(-m)之注意值、警戒值。

(二)邊坡活動性：

1.GPS：需訂定變動速率(mm/3 小時)之注意值、警戒值。

2.地表傾斜計：需訂定累積傾斜量(sec)之注意值、警戒值。其中，累積傾斜量之注意值、警戒值包含 1 日、7 日之累積傾斜量。

3.地表伸縮計：需訂定累積變位量(mm)之注意值、警戒值。其中，累積變位量之注意值、警戒值包含 1 日、7 日之累積變位量。

4.孔內伸縮計：需訂定累積變位量(mm)之注意值、警戒值。其中，累積變位量之注意值、警戒值包含 1 日、7 日之累積變位量。

5.時域反射儀 TDR：需訂定累積變位量(mm)之注意值、警戒值。其中，累積變位量之注意值、警戒值包含 1 日、7 日之累積變位量(本計畫無設置 TDR)。

表 4-1、大規模崩塌潛勢區各式監測儀器應訂定之管理基準值內容

監測儀器	管理基準值內容 (單位)	監測項目：水位、GPS		監測項目：其它儀器			
		注意值	警戒值	注意值		警戒值	
				1 日	7 日	1 日	7 日
水位觀測井	水位高 (-m)	需訂定	需訂定	-	-	-	-
封層 水壓觀測井	水位高 (-m)	需訂定	需訂定	-	-	-	-
GPS 地表變位 (提供 E,N,H 變位量)	變動速率 (mm/3 小時)	需訂定	需訂定	-	-	-	-
地表傾斜計 (雙軸：方位一、二)	累積變位量 (sec)	-	-	需訂定	需訂定	需訂定	需訂定
地表伸縮計	累積變位量 (mm)	-	-	需訂定	需訂定	需訂定	需訂定
孔內伸縮計	累積變位量 (mm)	-	-	需訂定	需訂定	需訂定	需訂定
時域反射儀 TDR	累積變位量 (mm)	-	-	需訂定	需訂定	需訂定	需訂定

(彙整自農業部農村發展及水土保持署，2021)

三、管理基準值訂定方法

一般利用現地監測結果訂定管理基準值，但初期若監測時間不足訂定管理基準值時，可先參考國內外文獻或進行數值分析，而隨著累積更多調查或監測資料，對於地質條件、可能滑動型態及活動性有更多瞭解後，可再滾動式檢討，適度調整。依據前節所述之大規模崩塌警戒發布機制及管理基準值分級原則，說明本計畫降雨量、地下水及邊坡活動性等管理基準值訂定方式如後。

(一) 降雨量管理基準值訂定：依據大規模崩塌潛勢區內是否有土石流潛勢溪流，據以訂定雨量警戒值，流程如圖 4-1 所示，說明如下：

1. 第 1 類型大規模崩塌潛勢區：區域內有土石流潛勢溪流，參考土石流潛勢溪流警戒雨量，可經由查詢農業部農村發展及水土保持署土石流防災資訊網(<https://246.swcb.gov.tw>)得知。

2. 第 2 類型大規模崩塌潛勢區：區域內無土石流潛勢溪流，參考大規模崩塌警戒雨量，此部分已由農業部農村發展及水土保持署 2020 年執行「潛在大規模崩塌區影響範圍劃設檢討與雨量警戒推動規劃」計畫時進行分析及訂定：

(1) 大規模崩塌臨界雨量：為訂定大規模崩塌潛勢區之雨量管理基準值，農業部農村發展及水土保持署 2020 年執行「潛在大規模崩塌區影響範圍劃設檢討與雨量警戒推動規劃」時，利用地震訊號分析、災害調查資料及多時期航遙測影像，從 2001-2016 年期間找出 28 筆具體知道發生時間的新生大規模崩塌案例(圖 4-2 藍點)，分析其發生時刻對應之累積雨量，透過無因次雨量(R/D)與無因次坡度(ϕ/θ)建立大規模崩塌發生臨界雨量線(藍線)，做為評估潛勢區發生條件之依據，並利用另 79 筆大規模崩塌案例(圖 4-2 紅點)進行驗證，確定臨界雨量線之合理性。

(2) 大規模崩塌警戒雨量管理值：臨界雨量定義係指崩塌發生瞬間所需要之累積雨量大小，若直接用來設定為警戒雨量，在風險管理上恐需面臨極大之風險，因此一般會考慮風險之觀念，針對不同風險值設定不同管理目標或是安全係數，來做為警戒值設定之參考(蔡元融，2020)。故農業部農村發展及水土保持署雨量警戒管理值訂定係同時配合疏散避難準備之考慮，以發生臨界雨量為基礎進一步分析大規模崩塌發生前 6 小時警戒雨量(圖 4-3 橘線)做為

警戒值設定之參考(農業部農村發展及水土保持署土石流防災資訊網，<https://246.swcb.gov.tw>，查詢日期：2021 年 4 月 10 日)。

經查詢農業部農村發展及水土保持署「土石流防災資訊網」及「大規模崩塌監測資料庫及整合查詢系統網站」(<https://llm.swcb.gov.tw/Landslide/views/login.aspx>) (查詢日期：2021 年 4 月 8 日)，農業部農村發展及水土保持署已依據相關調查、監測結果，挑選 34 處大規模崩塌潛勢區列為 2021~2022 年大規模崩塌警戒發布優先辦理區，並訂定雨量警戒管理值，如表 4-2 所示。本計畫兩處調查區非屬 34 處大規模崩塌潛勢區，目前初步參考 34 處大規模崩塌潛勢區之訂定方法，對調查區制定雨量警戒管理值。

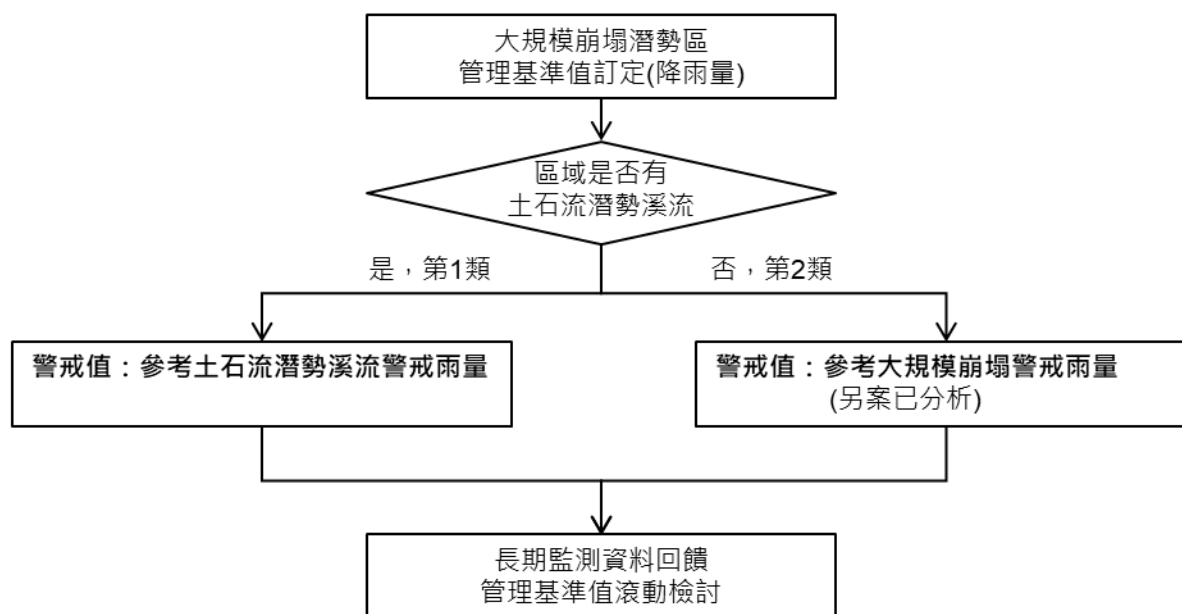


圖 4-1、本計畫雨量警戒值訂定流程(初步彙整)

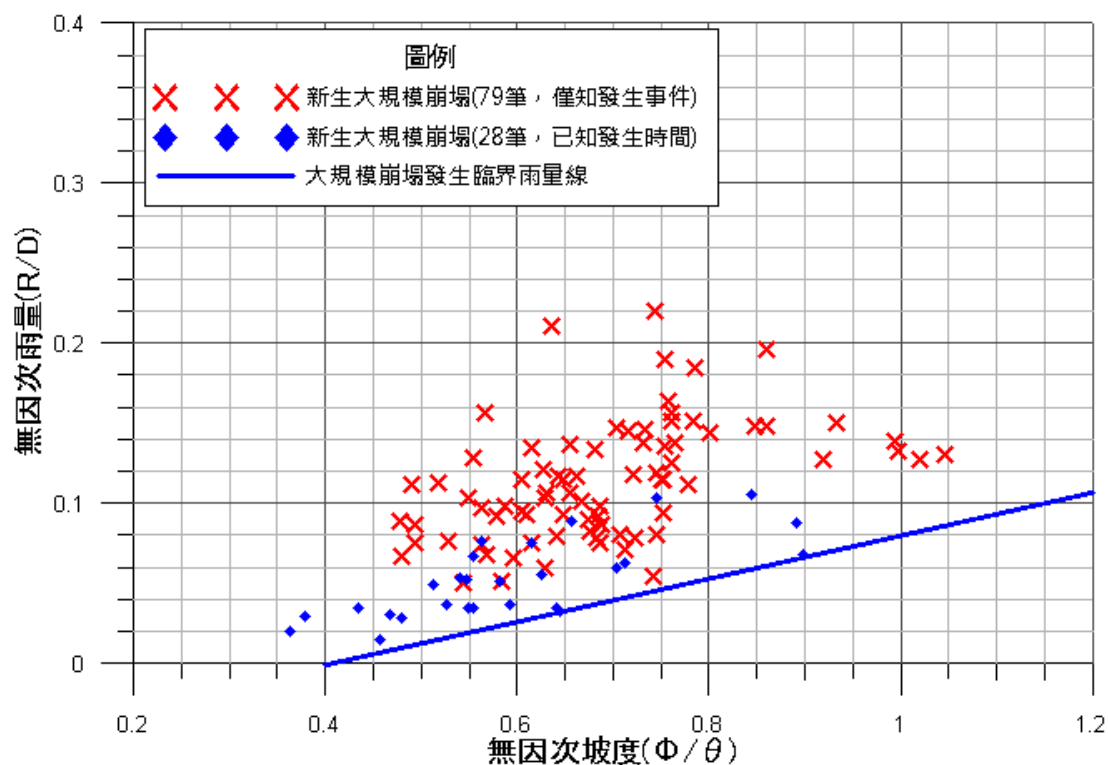


圖 4-2、利用有效累積雨量之發生臨界雨量線

(農業部農村發展及水土保持署土石流防災資訊網, <https://246.swcb.gov.tw>, 查詢日期: 2021 年 4 月 10 日)

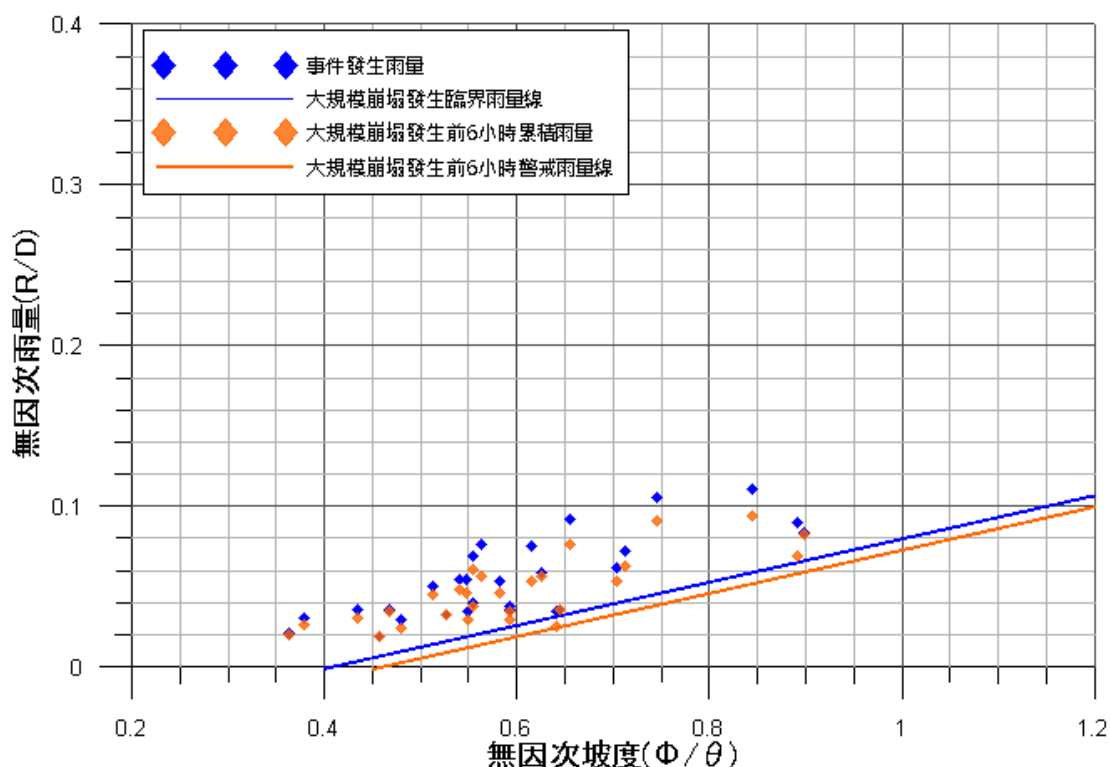


圖 4-3、考慮疏散避難時間之大規模崩塌警戒雨量線

(農業部農村發展及水土保持署土石流防災資訊網, <https://246.swcb.gov.tw>, 查詢日期: 2021 年 4 月 10 日)

表 4-2、34 處大規模崩塌優先辦理區及雨量管理值

項次	大規模崩塌潛勢區編號	面積 (ha)	類型	警戒雨量 (mm)	備註
1	新竹縣-五峰鄉-D024(茅圃)	36.5	第 1 類型 (大規模崩塌潛勢區內 有土石流潛勢溪流)	350	-
2	新竹縣-尖石鄉-D052(梅花)	23.6		350	-
3	臺中市-和平區-D016(達觀)	59.8		300	-
4	南投縣-國姓鄉-T002(九份二山)	179.1		300	-
5	嘉義縣-竹崎鄉-T003(中心崙)	14.8		350	-
6	高雄市-茂林區-D048(萬山)	124.5		400	-
7	屏東縣-來義鄉-T001(來義)	78.8		450	-
8	臺東縣-延平鄉-T001(紅葉 1)	18.8		350	-
9	臺東縣-延平鄉-T002(紅葉 2)	50.2		350	-
10	臺東縣-大武鄉-D021(大鳥 1)	25.4		450	-
11	臺東縣-大武鄉-D022(大鳥 2)	8.3		450	-
12	花蓮縣-卓溪鄉-D010(卓溪)	4.8		600	-
13	新北市-石碇區-T001(大崙山)	57.1	第 2 類型 (大規模崩塌潛勢區內 無土石流潛勢溪流)	650	-
14	桃園市-復興區-D052(上巴陵)	39.0		550	-
15	桃園市-復興區-D021(義興)	22.2		600	-
16	新竹縣-尖石鄉-D077(泰崗)	23.5		550	-
17	新竹縣-尖石鄉-D097(鎮西堡)	115.6		450	-
18	宜蘭縣-大同鄉-T002(蘭台)	9.2		500	-
19	臺中市-和平區-D036(松茂)	48.8		650	-
20	臺中市-和平區-D052(梨山)	17.4		600	-
21	臺中市-和平區-T003(新佳陽)	8.2		450	-
22	南投縣-仁愛鄉-D066(廬山)	50.6		400	-
23	嘉義縣-梅山鄉-T001(幼葉林)	120.0		450	-
24	嘉義縣-阿里山鄉-D098(瀨頭)	42.9		550	-
25	嘉義縣-番路鄉-D004(隙頂)	46.3		550	-
26	嘉義縣-中埔鄉-T002(八寶寮)	4.1		550	-
27	高雄市-杉林區-D021(新庄)	10.3		600	-
28	高雄市-桃源區-D382(寶山)	51.7		600	-
29	屏東縣-霧臺鄉-D038(佳暮)	16.9		500	-
30	屏東縣-霧臺鄉-T002(阿禮)	49.6		500	-
31	臺東縣-太麻里鄉-D003(秀山)	174.5		600	-
32	臺東縣-太麻里鄉-D029(多良)	175.5		500	-
33	花蓮縣-卓溪鄉-D007(太平)	43.1		650	-
34	花蓮縣-玉里鎮-D018(安通)	26.6		600	-

(彙整自農業部農村發展及水土保持署大規模崩塌監測資料庫及整合查詢系統網站)

(查詢日期：2021 年 4 月 8 日)

(二) 地下水位管理基準值訂定：依據監測期間內是否有足夠事件及監測數據，來評估邊坡活動性高低及訂定地下水管理基準值，並配合基地及環境特性適當調整，流程如圖 4-4 所示，說明如後。

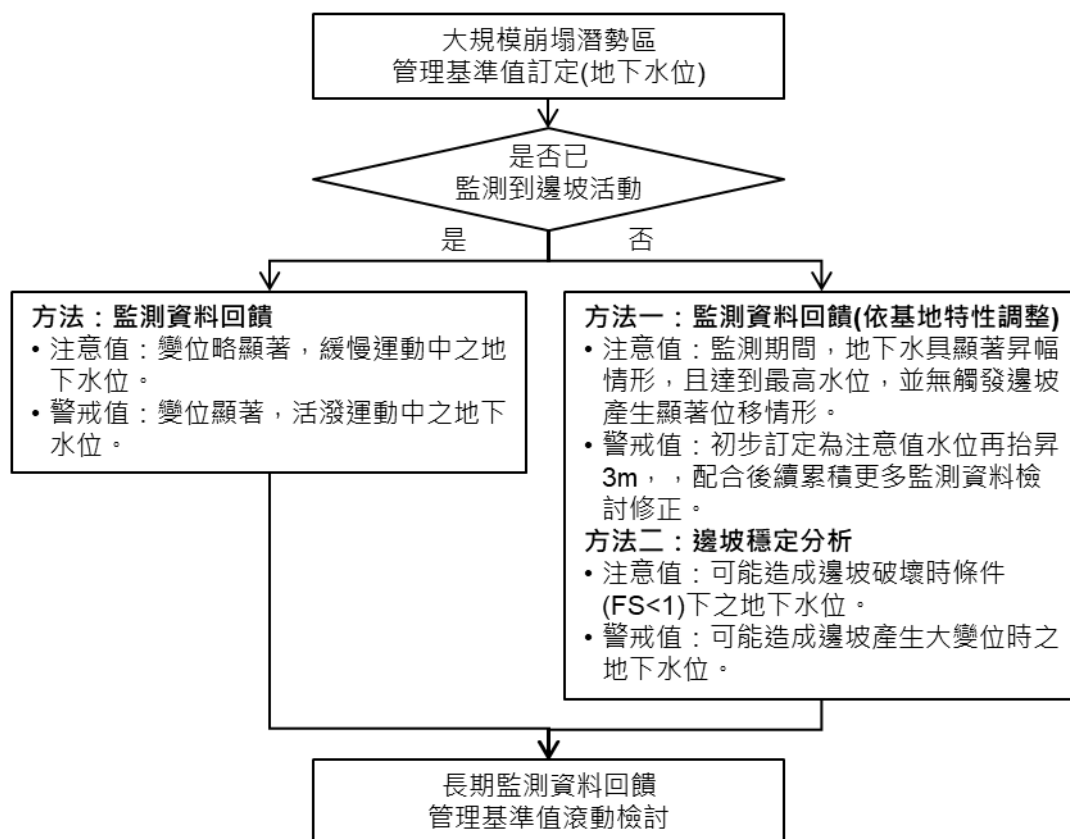


圖 4-4、本計畫地下水管理基準值訂定流程(初步彙整)

1. 已監測到邊坡產生活動性：利用監測資料回饋訂定管理基準值：

- (1) 注意值：變位略顯著，緩慢運動中之地下水位。
- (2) 地下水警戒值：變位顯著，活潑運動中之地下水位。

2. 尚無足夠監測資料確認邊坡活動性：利用現有監測資料回饋或進行邊坡穩定分析，或綜合兩者結果選取合適之管理值：

方法一：監測資料回饋

- (1) 注意值：監測期間，地下水具顯著昇幅情形，且達到最高水位，但並無觸發邊坡產生顯著位移情形。
- (2) 警戒值：初步訂定為注意值水位再抬昇 3m，配合後續累積更多監測資料檢討修正。

方法二：邊坡穩定性分析

(1) 注意值：可能造成邊坡破壞時(安全係數 $FS < 1$)之地下水位條件。

(2) 警戒值：可能造成邊坡產生大變位時之地下水位。

(三) 邊坡活動性管理基準值訂定：依據監測期間內是否有足夠事件及監測數據，來評估邊坡活動性及訂定邊坡活動性管理基準值，並配合基地及環境特性適當調整，流程如圖 4-5 所示，說明如下：

1.已監測到邊坡產生活動性：利用監測資料回饋訂定管理基準值：

地表傾斜計、地表伸縮計、孔內伸縮計

(1) 注意值：

A. 「1 日注意值」：變位略顯著，緩慢運動中之 1 日累積變位量。

B. 「7 日注意值」：初步訂定為注意值之 5 倍。

(2) 警戒值：

A. 「1 日警戒值」：變位顯著，活潑運動中之 1 日累積變位量。

B. 「7 日警戒值」：初步訂定為注意值之 5 倍。

2.尚無夠監測資料確認邊坡活動性：初期先參考相關文獻資料或利用現有監測資料回饋，或綜合兩者結果選取合適管理值：

方法一：參考相關文獻

地表傾斜計、地表伸縮計、孔內伸縮計

(1) 注意值：

A. 「1 日注意值」：變位略顯著，緩慢運動中之 1 日累積變位量。

B. 「7 日注意值」：初步訂定為注意值之 5 倍，配合後續累積更多監測資料檢討修正。

(2) 警戒值：

A. 「1 日警戒值」：變位顯著，活潑運動中之 1 日累積變位量。

B. 「7 日警戒值」：初步訂定為注意值之 5 倍。

方法二：監測資料回饋

地表傾斜計、地表伸縮計、孔內伸縮計

(1) 注意值：

A. 「1 日注意值」：監測期間無明顯變位趨勢，選取單日變化量最大之量值，後續檢討修正。

B. 「7 日注意值」：初步訂定為注意值之 5 倍。

(2) 警戒值：

A. 「1 日警戒值」：參考相關文獻訂之，配合基地及環境特性適當調整。

B. 「7 日警戒值」：初步訂定為注意值之 5 倍。

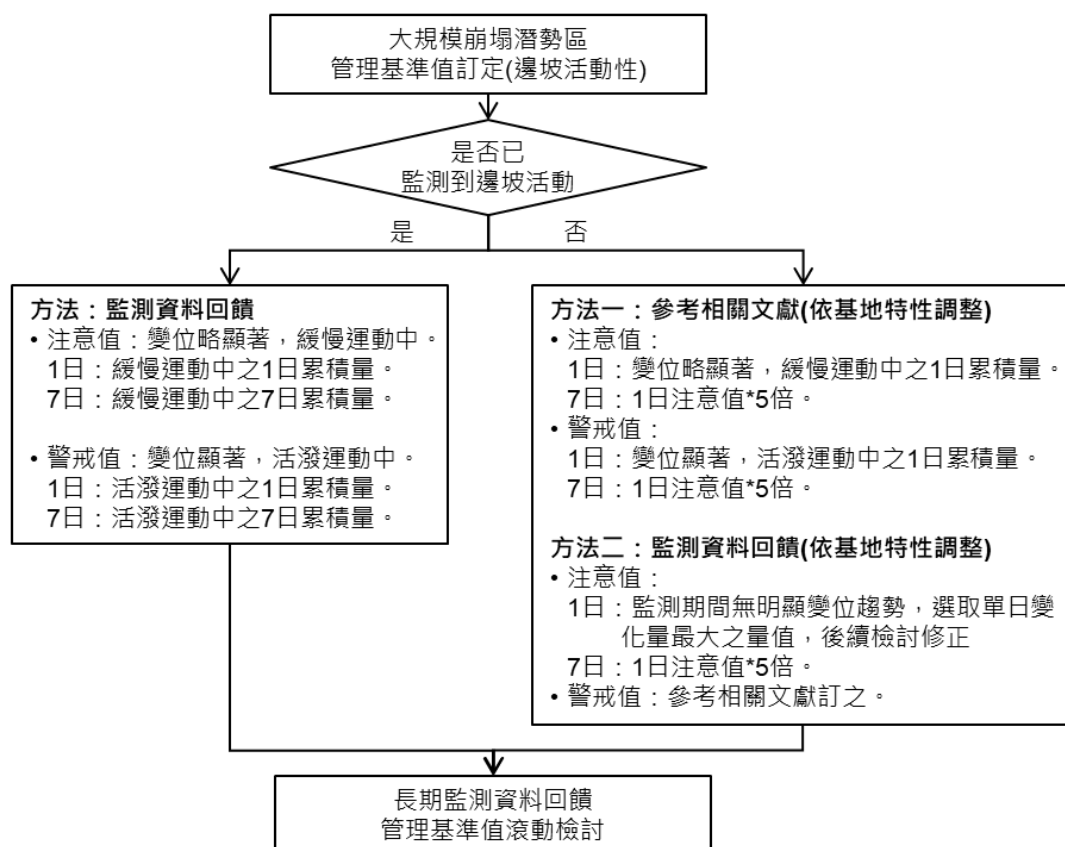


圖 4-5、本計畫邊坡活動性管理基準值訂定流程(初步彙整)

四、鹽寮調查區管理基準值訂定結果

鹽寮調查區內無土石流潛勢溪流，故分類屬第 2 類型大規模崩塌潛勢區，惟非大規模崩塌優先辦理區，並於 2024 年推動特定水土保持區劃定中。

鹽寮調查區管理基準值：包含雙軸傾斜計及地表伸縮計等自動化監測儀器，依序說明管理基準值訂定結果如下：

(一)Y21-TI1、Y22-TI2 雙軸傾斜計：

1.注意值：

- (1) 「1 日注意值」：依康芮颱風事件滾動調整，訂定單日累積傾斜量 500 秒為 1 日注意值，待累積更多監測成果滾動檢討。
- (2) 「7 日注意值」：依康芮颱風事件滾動調整，設定 7 日注意值為 2500 秒(單日累積量 5 倍)。

2.警戒值：

- (1) 「1 日警戒值」：依康芮颱風事件滾動調整，訂定單日累積傾斜量 700 秒為 1 日警戒值，待累積更多監測成果滾動檢討。
- (2) 「7 日警戒值」：依康芮颱風事件滾動調整，設定 7 日警戒值為累積傾斜量 3500 秒(單日累積量 5 倍)。

(二) Y24-E1、Y24-E2 地表伸縮計：

1.注意值：

- (1) 「1 日注意值」：本監測儀器於 113 年 7 月安裝完成，觀測期間尚短，依康芮颱風事件滾動調整，訂定單日累積變位量 105 mm 為 1 日注意值，待累積更多監測成果滾動檢討。
- (2) 「7 日注意值」：依康芮颱風事件滾動調整，設定 7 日注意值為 525 mm。

2.警戒值：

- (1) 「1 日警戒值」：依康芮颱風事件滾動調整，訂定單日累積變位量 150 mm 為 1 日警戒值，待累積更多監測成果滾動檢討。

- (2) 「7 日警戒值」：依康芮颱風事件滾動調整，設定 7 日警戒值為累積傾斜量 750 mm。

五、賀田山調查區管理基準值訂定結果

賀田山調查區內無土石流潛勢溪流，故分類屬第 2 類型大規模崩塌潛勢區，惟非大規模崩塌優先辦理區，並於 2024 年推動特定水土保持區劃定中。

賀田山調查區管理基準值：本區自動化監測儀器為地表伸縮計，說明管理基準值訂定結果如下：

(一) H24-E1、H24-E2 地表伸縮計：

1. 注意值：

- (1) 「1 日注意值」：本監測儀器於 113 年 7 月安裝完成，觀測期間尚短，依康芮颱風事件滾動調整，訂定單日累積變位量 105 mm 為 1 日注意值，待累積更多監測成果滾動檢討。

- (2) 「7 日注意值」：依康芮颱風事件滾動調整，設定 7 日注意值為 525 mm。

2. 警戒值：

- (1) 「1 日警戒值」：依康芮颱風事件滾動調整，訂定單日累積變位量 150 mm 為 1 日警戒值，待累積更多監測成果滾動檢討。

- (2) 「7 日警戒值」：依康芮颱風事件滾動調整，設定 7 日警戒值為 750 mm。

表 4-3、鹽寮及賀田山調查區管理基準值及處理對策表(滾動檢討)

調查區		單位	管理基準值				備註	
			黃色警戒		紅色警戒			
鹽寮		mm	有效雨量+預測雨量 1000mm		有效累積雨量 1000mm		-	
賀田山		mm	有效雨量+預測雨量 1000mm		有效累積雨量 1000mm			
監測項目		監測儀器	單位	管理基準值				備註
				注意值		警戒值		
				1 日	7 日	1 日	7 日	
鹽寮	邊坡活動性 (地表)	雙軸傾斜計	秒	500	2500	700	3500	依康芮颱風 事件滾動調 整
		地表伸縮計	mm	105	525	150	750	
賀田山	邊坡活動性 (地表)	地表伸縮計	mm	105	525	150	750	

備註：依「大規模崩塌警戒發布機制及管理基準值分級原則」訂定

第二節 應變小組開設期間守視

本公司之防災中心成立，於陸上颱風警報發佈後隨即啟動，由專業工程師值班，並針對轄區內之各計畫區，進行監測資料彙整，並提供監測通報單，通報單將於陸上颱風警報發布期間，每日定時進行回報，若一旦有超過管理值情形，於接獲警告訊息後，第一時間以「行動電話」方式通知業主單位，以進行相關緊急應變措施。本計畫守視任務啟動時機、通報內容、頻率及解除時機之說明如下：

一、守視任務啟動時機：本計畫守視任務預計配合分署應變小組開設一併啟動。

參考「農業部農村發展及水土保持署土石流災害緊急應變小組作業規定」(2020 年 8 月 3 日公告)五、成立時機說明，可知分署應變小組開設時機與颱風警報發布情形及降雨量等劇烈天氣有關，依情境不同可分為三級。

二、守視任務解除時機：參考「農業部農村發展及水土保持署土石流及大規模崩塌災害緊急應變小組作業規定」(2020 年 8 月 3 日公告) 九、降低開設等級及撤除時機：氣象署解除海上陸上颱風警報或豪雨特報後，得由執行長或輪值主管請示指揮官後降低開設等級或撤除本小組。故本計畫守視任務解除時機原則為颱風警報解除後或計畫區無變位或變位速率趨緩等，主要係配合分署應變小組解除時一併解除。此外，農業部農村發展及水土保持署並已訂定紅色及黃色警戒解除等大規模崩塌警戒解除機制：

(一) 紅色警戒解除：有效累積雨量<警戒值 100%，過去 6 小時平均時雨量小於 4 mm，且預測無持續降雨，紅色警戒調降為黃色警戒。

(二) 黃色警戒解除：有效累積雨量<警戒值 70%，過去 6 小時平均時雨量小於 4 mm，且預測無持續降雨，解除黃色警戒。

三、守視執行之通報內容：本計畫守視期間原則以遠距 24 小時守視監測資訊為原則，並於開設期間每日 8 時及 18 時提供即時監測資料及綜合研判分析資訊，內容包含彙整本計畫相關自動化即時監測結果，並進行專業綜合研判分析計畫區邊坡活動性，期以強化支援警戒應變作業。

本計畫期間共計開設應變小組 7 次(表 4-4)，團隊線上守視情形如圖 4-6~圖 4-8 所示。

表 4-4、113 年度花蓮分署應變小組開設事件

應變中心 開設機關	日期	特殊事件	守視情形	災害情形
花蓮分署	113/7/22	凱米颱風	各區均無儀器達現地 監測管理值	本次事件各調查區 均無災害情事發生
	113/9/30	山陀兒颱風	各區均無儀器達現地 監測管理值	本次事件各調查區 均無災害情事發生
	113/11/1	康芮颱風	各區均無儀器達現地 監測管理值	本次事件各調查區 均無災害情事發生
	114/7/5	丹娜絲颱風	各區均無儀器達現地 監測管理值	本次事件各調查區 均無災害情事發生
	114/7/18	薇帕颱風	各區均無儀器達現地 監測管理值	本次事件各調查區 均無災害情事發生
	114/8/12	楊柳颱風	各區均無儀器達現地 監測管理值	本次事件各調查區 均無災害情事發生
	114/9/21	樺加沙颱風	各區均無儀器達現地 監測管理值	本次事件各調查區 均無災害情事發生



圖 4-6、應變期間線上守視工作以 LINE 群組回報承辦課室人員



圖 4-7、既有工程區域軟硬體防災整備



圖 4-8、應變期間每日提供即時監測資料及綜合研判分析資訊

第三節 避難疏散路線

4.3.1 鹽寮調查區

當鹽寮調查區邊坡邊坡位移有明顯加速趨勢，若有危害到當地居民生命財產安全或是有形成孤島之虞，則應通報主管機關協助當地居民疏散避難之安全處所。本計畫參照花蓮縣壽豐鄉公所公布現有疏散避難路線，鹽寮調查區之公告避難處所為鹽寮村辦公室，車程約為 10 分鐘，可容納 15 人。本調查區保全對象戶數為 5 戶，依照內政部每戶平均人口數為 2.56 人估算，區域內保全對象人數約 13 人。鹽寮調查區疏散避難路線如圖 4-9 所示。



圖 4-9、鹽寮調查區疏散避難路線圖

4.3.2 賀田山調查區

當賀田山調查區邊坡邊坡位移有明顯加速趨勢，若有危害到保全對象生命財產安全或是有形成孤島之虞，則應通報主管機關協助當地居民疏散避難之安全處所。本計畫參照花蓮縣壽豐鄉公所公布現有疏散避難路線，賀田山調查區之公告避難處所為鹽寮村辦公室，車程約為 12 分鐘，可容納 15 人，惟本調查區內無保全住戶，主要保全對象為賀田山陣地及聯外道路，保全對象人數未知，鹽寮調查區疏散避難路線如圖 4-10 所示。



圖 4-10、賀田山調查區疏散避難路線圖

第五章 本年度計畫執行項目

第一節 配合機關現地勘查

本計畫執行期間除持續執行各調查及監測工作項目，以掌握現場狀況回饋後續對策研擬及執行參考外，亦將配合機關相關需求辦理現地會勘，會同出席相關計畫審查會議或現場會勘，並協助準備相關會勘資料(圖 5-1)。



圖 5-1、鹽寮調查區現地勘查

第二節 本年度精進及未來創新執行建議

截至本計畫階段鹽寮調查區已完成壽豐鹽寮大規模崩塌區治理第一期及第二期工程，有必要持續透過坡面監測儀器追蹤工程治理成效，本年度於工區內擴充全自動化監測儀器，包含 2 處地表伸縮計、2 處雙軸傾斜計，屆時配合坡面既有之半自動及人工手動監測儀器，透過多項監測項目比對以更能掌握邊坡之活動性。此外亦可透過自動化觀測成果訂定管理基準值，依此作為安全預警之依據，如圖 5-2 所示。

鹽寮調查區於民國 114 年 2 月啟動「壽豐鹽寮大規模崩塌區治理第三期工程」，考量部分地中監測儀器於第一期及第二期工程時已退場，而邊坡趾部之台 11 線為重要之保全道路，建議後續可於因前兩期工程退場之地中觀測儀器位置，設置雙頻 GNSS 地表變位觀測系統，強化區域預警防災能力，後續建議擴充監測儀器配置如圖 5-3 所示。

鹽寮大規模崩塌區治理成效追蹤

配合儀器監測成果，滾動回饋分區分期治理，以達最佳治理成效

安全成效分析

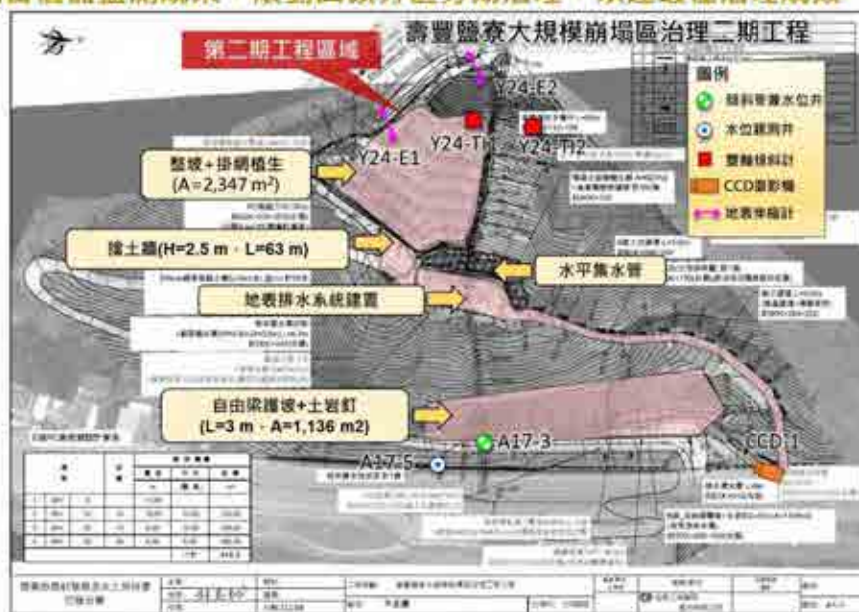


圖 5-2、配合坡面監測儀器持續追蹤第一、二期工程之治理成效

壽豐鹽寮大規模崩塌區治理三期工程



圖 5-3、配合後續第三期工程建議擴充地表監測儀器

第六章 後續觀測需求評估與建議

第一節 後續觀測需求評估

一、鹽寮調查區

根據本計畫調查及監測成果，本調查區影響範圍包含台 11 線 10K 及農路，災害原因主要係於岩屑層受降雨後，地表水匯流、沖刷，造成土石流動、堆積之沖蝕型災害，而若降雨強度大或延時長，亦會使岩屑層發生整體邊坡滑動。應持續追蹤區域邊坡位移變化情形，並提供用路人及居民之邊坡災害預警功能。故後續工作建議著重於全自動化之地表變位之監測，以持續追蹤後續邊坡地表活動性。

二、賀田山調查區

根據本計畫調查及監測成果，調查區影響範圍包含嶺頂道路及賀田山陣地，災害原因為邊坡滑動，滑動深度約 26~28m，且塊體之穩定性與降雨量及地下水位上昇有關。考量本區域歷年調查之地質模式及崩塌機制已相對明確，應著重掌握邊坡安全及提供用路人及居民之邊坡災害預警功能，故後續工作建議著重於全自動化之地表變位之監測，以持續追蹤後續邊坡地表活動性。

第二節 後續觀測工作建議

一、鹽寮調查區

由歷年調查成果顯示，本計畫區邊坡歷經兩期大規模崩塌治理工程後，大範圍邊坡已逐漸趨於穩定，目前異常表徵已縮限於小範圍之局部坡面，故 114 年 2 月份啟動「大規模崩塌第三期治理工程」，針對局部坡面及地表排水系統進行補強作業，工程於 114 年 8 月竣工，故建議後續監測工作延續既有之地表監測儀器持續觀測，此外考量強化區域預警防災能力，建議後續可於因前兩期工程停用之地中觀測儀器相同位置及三期工程區域之南側坡面處，設置雙頻 GNSS 地表變位觀測系統，以自動化監測，持續追蹤地表變位，並掌握邊坡安全及治理成效追蹤，後續監測工作主要內容說明如下：

(一)地表伸縮計：鹽寮調查區針對第一期工程頭部塊體邊界，建置全自動化地表伸縮計 2 處，可針對連續地表變位資料追蹤，將依前期位置持續觀測，共計 2 組。

(二)CCD 攝影機：本調查區災害影響區域包含台 11 線 10K 及上邊坡道路。本計畫已裝設有 1 組 CCD 攝影機，針對下邊坡主要保全對象台 11 線監視，若特殊事件發生時有土石發生流動堆積問題，可立刻派員處理，建議 CCD 攝影機持續進行觀測。

(三)雙頻 GNSS：考量台 11 線為重要之保全道路，建議後續可於因前兩期工程停用之地中觀測儀器相同位置(圖 5-3)，設置雙頻 GNSS 地表變位觀測系統，強化區域預警防災能力。

三、賀田山調查區

計畫區邊坡已有明確滑動徵兆，建議後續監測工作延續既有地表監測儀器，並增設 CCD 攝影機 1 組，以提高預警防災功能，後續監測工作主要內容說明如下：

(一)地表伸縮計：賀田山調查區於主要滑動塊體兩側邊界處，建置全自動化地表伸縮計 2 處，可針對主要滑動塊體兩側邊界區域進行連續地表變位資料追蹤，將依前期位置持續觀測，共計 2 組。

(二)CCD 攝影機：本調查區災害影響區域主要位於嶺頂道路，且於特殊降雨期間常有下陷開裂情形，故建議增設 1 組 CCD 攝影機，屆時可配合既有地表伸縮計，提供預警防災功能。

表 6-1、鹽寮調查區後續觀測工作建議

儀器名稱	儀器編號	儀器數量	量測方式	後續觀測目標	目前監測頻率	後續觀測工作建議
傾斜觀測管兼水位觀測井	A17-3	4 孔	手動	- 掌握邊坡滑動深度 - 掌握邊坡地下水變化	每年執行 5 次 防汛期間 1 次 汛期每 2 個月 1 次	建議延續目前監測頻率率使用持續監測
	A17-4					
	A17-6					
	A17-8					
自記式水壓計(半自動)	A17-3	3 處	半自動	連續紀錄邊坡地下水變化情形	每 10 分鐘記錄 1 次 記錄連續變化資料，並配合手動監測期間記錄資料。	建議延續目前監測頻率率使用持續監測
	A17-5					
	A17-7					
雙軸傾斜計	Y21-TI1	2 站	全自動	掌握邊坡活動性	每 10 分鐘記錄 1 次 記錄連續變化資料	建議延續目前監測頻率率使用持續監測
	Y21-TI2					
自動化即時影像監控系統(CCD 攝影機)	Y21-CCD1	1 站		掌握邊坡及保全對象即時狀況		
地表伸縮計	Y24-E1	2 站		掌握邊坡活動性		
	Y24-E2					
雙頻 GNSS	建議後續新增儀器	6 站(含基站)	全自動	掌握邊坡活動性	-	-



圖 6-1、鹽寮調查區後續觀測儀器配置圖

表 6-2、賀田山調查區後續觀測工作建議

儀器名稱	儀器編號	儀器數量	量測方式	後續觀測目標	目前監測頻率	後續觀測工作建議
傾斜觀測管兼水位觀測井	C17-3	1 孔	手動	- 掌握邊坡滑動深度 - 掌握邊坡地下水變化	每年執行 5 次 防汛期間 1 次 汛期每 2 個月 1 次	建議延續目前監測頻率率使用持續監測
自記式水壓計(半自動)	C17-3 C20-1W C20-2W	3 處	半自動	連續紀錄邊坡地下水變化情形	每 10 分鐘記錄 1 次記錄連續變化資料，並配合手動監測期間記讀資料。	建議延續目前監測頻率率使用持續監測
地表伸縮計	H24-E1 H24-E2	2 站	全自動	掌握邊坡活動性	每 10 分鐘記錄 1 次記錄連續變化資料	建議延續目前監測頻率率使用持續監測
自動化即時影像監控系統(CCD 攝影機)	建議後續新增儀器	1 站	全自動	掌握邊坡及保全對象即時狀況	-	-



圖 6-2、賀田山調查區後續觀測儀器配置圖

第七章 結論與建議

根據階段之工作成果，分別針對鹽寮及賀田山調查區，提出相關結論及建議：

第一節 鹽寮調查區

7.1.1 結論

鹽寮調查區綜合現況、地表地質及地質鑽探等調查成果，各區之可能致災原因及規模初步研判之說明如下：

一、崩塌機制：

鹽寮調查區應具有 2 種不同之崩塌機制。(1)沖蝕型破壞：堆積於 A 區之岩屑層，由於膠結鬆散，於較大集中降雨時，匯流之地表水，容易夾帶著坡面土石，產生流動、堆積，形成沖蝕型破壞。(2)整體邊坡滑動：堆積於 A 區之岩屑層，現況坡頂已出現明顯崩崖，且由監測成果顯示，岩屑層於單日集中強降雨及長延時降雨時，地下水位上昇後，確實有位移情形，顯示存在整體邊坡滑動之機制。

二、崩塌規模：

岩屑層主要分佈於台 11 線上邊坡，分佈面積約 3 ha，堆積厚度約 1~8 m，為可能產生最深之滑動深度。

三、地下水特性：

根據地下水位監測顯示，常時水位大致位於風化水璉礫岩與水璉礫岩之介面，而降雨期間，地下水位會上昇至風化水璉礫岩中，另因岩屑層與風化水璉礫岩間存在一高含泥量之不透水層，研判降雨期間，地表逕流入滲後受不透水層影響，於不透水層上方(亦即岩屑層)流動。

四、近期邊坡活動性：

本計畫區邊坡歷經兩期大規模崩塌治理工程後，大範圍邊坡已逐漸趨於穩定，惟小範圍之局部坡面仍有異常表徵，於民國 113 年 7 月凱米颱風及

11 月康芮颱風期間，上邊坡之南側坡面有刷蝕情形，且第二期工程於坡頂及坡腹之土袋溝亦有破損情形，兩次事件造成少量泥砂材料輸出至坡趾入口處，其餘區域無明顯異常情形。

7.1.2 後續工作重點

截至本階段成果顯示，大範圍邊坡雖逐漸趨於穩定，惟小範圍之局部坡面仍有異常表徵情形，本年度 2 月份已啟動「大規模崩塌第三期治理工程」針對局部坡面及地表排水系統進行邊坡補強作業，目前工程已於 8 月竣工，完工迄今時間尚短，邊坡暫無明顯不穩定情形，建議持續進行監測，追蹤工程治理成效。

第二節 賀田山調查區

7.2.1 結論

賀田山調查區綜合現況、地表地質及地質鑽探等調查成果，各區之可能致災原因及規模初步研判之說明如下：

一、崩塌機制：

賀田山調查區地質較為風化及破碎，鑽探岩芯大致可分為高度破碎風化層及輕度破碎風化層，由於兩種岩體特性(強度、透水性等)差異大，界面容易產生滑動，而根據本階段監測成果顯示，滑動塊體於降雨，地下水位上昇後，已產生明確滑動。另由本計畫新設鑽孔之地下水調查成果，已初步掌握地下水及水範圍及流逕分佈。

二、崩塌規模：

根據 LiDAR 資料及現場勘查成果，崩塌範圍約 2.5 ha，滑動深度位於地表下 26~28 m 處，滑動面與岩芯比對成果，約於高度破碎風化層與輕度破碎風化岩層界面。

三、地下水特性：

根據地下水位監測顯示，區域常時水位偏低，降雨時地下水位昇降幅度大，地下水昇降幅度約 8~13 m，降雨事件發生後地下水位線會上升至滑動面以上，於岩屑層至中度破碎岩層間昇降。

四、近期邊坡活動性：

114 年 4 月 0403 強震，道路下方擋土牆略有前傾及開裂情形，擋土牆開裂約 31 cm，2024 年 4 月 15 已進行緊急裂縫填補處理，後續凱米、山陀兒及康芮颱風及本年度現勘，裂縫暫無再度開裂情形發生。

7.2.2 後續工作重點

賀田山調查區滑動深度約於地表下 26~28 m，且邊坡之穩定性與降雨後，地下水位上昇有關，由於滑動深度深，若採用擋土工法效益不高，故建議採用水平集水管方案，導排地下水，以提高邊坡之穩定性。本階段花蓮縣政府已導入災害復建工程，後續可配合本計畫監測儀器持續進行監測，掌握工程成效，並視後續監測成果，作為本計畫治理計畫修正及導入之依據。

表 7-1、鹽寮及賀田山調查區後續建議

項次	項目	鹽寮	賀田山
1	本計畫年度工作	既有儀器持續監測，掌握邊坡活動性。	
2	近期邊坡活動性	民國 113 年度凱米、山陀兒及康芮颱風後，第一、二期工程局部區域仍有不穩定表徵發生。	民國 113 年度 0403 地震後現勘顯示，道路及擋土牆有開裂情形，後續特殊事件裂縫無持續增量情形。
3	後續工作重點	「大規模崩塌第三期治理工程」於民國 114 年 8 月竣工，完工迄今時間尚短，邊坡暫無明顯不穩定情形，建議持續進行監測，追蹤治理成效。	花蓮縣政府已導入災害復建工程，後續配合本計畫監測儀器持續進行監測，掌握工程成效，並回饋本計畫治理規劃。

參考文獻

1. 農業部農村發展及水土保持署(2017)，「水土保持手冊」。
2. 農業部農村發展及水土保持署(2017)，「大規模崩塌潛勢區地表位移觀測系統建置與分析：成果報告書」。
3. 農業部農村發展及水土保持署(2018)，「大規模崩塌潛勢區地表位移觀測系統建置與分析：成果報告書」。
4. 農業部農村發展及水土保持署(2019)，「大規模崩塌潛勢區地表位移觀測系統建置與分析：成果報告書」。
5. 農業部農村發展及水土保持署(2019)，「運用多期雷達衛星影像進行大規模崩塌潛勢區之地表變形量解算：期末報告書」。
6. 農業部農村發展及水土保持署(2020)，「大規模崩塌潛勢區地表位移觀測系統建置與分析：成果報告書」。
7. 農業部農村發展及水土保持署(2021)，「大規模崩塌潛勢區地表位移觀測系統發展計畫：成果報告書」。
8. 農業部農村發展及水土保持署(2021)，「110 年度大規模崩塌監測整備暨監測整合系統應用說明會：簡報資料」。
9. 農業部林業及自然保育署、財團法人成大研究發展基金會(2015)，「國有林大規模崩塌潛勢區判釋評估與簡易觀測分析：成果報告書」。
10. 經濟部地質調查及礦業管理中心(2003)，「花蓮溪及其鄰近流域地質圖」，經濟部中央地質調查所出版。
11. 經濟部地質調查及礦業管理中心(2008)，「都會區及周緣坡地環境地質資料庫圖集：東部地區」，經濟部中央地質調查所出版。
12. 經濟部地質調查及礦業管理中心、財團法人成大研究發展基金會(2015)，「國土保育之地質敏感地區調查分析計畫—非莫拉克颱風受災區域之地質敏感特性分析(3/3)：期末報告書」。
13. 交通部國道高速公路局(2013)，「高速公路養護手冊」，交通部臺灣區國道高速公路局出版。
14. 農業部林業及自然保育署、國立陽明交通大學(2017)，「國有林大規模崩塌潛勢區減災策略研擬及安全監測：成果報告」。
15. 農業部農村發展及水土保持署花蓮分署(2015)，壽豐鄉鹽寮福德崩塌處理加強工程，工程圖說。
16. 農業部農村發展及水土保持署花蓮分署(2017)，壽豐鄉鹽寮福德崩塌處理二期加強工程，工程圖說。
17. 農業部農村發展及水土保持署花蓮分署(2020)，壽豐鹽寮大規模崩塌區治理工程，工程圖說。

18. 農業部農村發展及水土保持署花蓮分署(2021)，北坑調查區 B 區大規模崩塌治理工程，工程圖說。
19. 花蓮縣政府(2016)，105 年壽豐鄉水璉村及鹽寮村災修工程，工程圖說。
20. 花蓮縣政府(2020)，花蓮縣秀林鄉銅門村(花-76)土石流特定水土保持區長期水土保持計畫第二次通盤檢討，成果報告。
21. 內政部國土管理署，「加強山坡地住宅安全維護執行要點，2010 年 6 月 2 日」，
22. 臺北市政府工務局大地工程處(2012)，「臺北市山坡地人工邊坡調查建檔工作人工邊坡調查作業手冊」
23. 臺北市政府工務局大地工程處(2014)，「臺北市山崩與地滑地質敏感區（順向坡）安全管理」，大地技師，N0.17，p36-49。
24. 臺北市政府工務局大地工程處(2013)，「山坡地人工邊坡分級管理-以台北市為例」，臺北市政府工務局大地工程處出版。
25. 日本地滑對策技術協會(1978)，「地滑對策技術設計實施要領」，Vol.2。
26. 連惠邦(2017)，「土砂災害與防治」，五南圖書出版股份有限公司，共 776 頁。
27. 詹勳全、張嘉琪、陳樹群、魏郁軒、王昭堡、李桃生(2015)，「台灣山區淺層崩塌地特性調查與分析」，中華水土保持學報，46(1)，19-28。
28. 廖瑞堂(2003)，「坡地災害防治對策及案例」，科技圖書股份有限公司，共 226 頁。
29. 廖瑞堂(2007)，「坡地災害防治對策及案例」，科技圖書股份有限公司。
30. 王源、陳文山、楊昭男、楊志成(1991)，「五萬分之一臺灣地質圖及說明書，花蓮圖幅」，經濟部中央地質調查所出版。
31. 陳文山，王源(1997)，「五萬分之一臺灣地質圖及說明書，豐濱圖幅」，經濟部中央地質調查所出版。
32. 陳宏宇(1995)，「花蓮銅門村土石流初始機制之地質特性」，國立台灣大學地理學系地理學報，19，33-49。
33. 陳樹群、吳俊鎰、王雁平(2010)，「地震或降雨誘發崩塌之崩塌特性探討」，中華水土保持學報，41(2)，147-158。
34. 何恭睿(2007)，中央山脈萬榮地區地質構造研究，國立成功大學論文。
35. 林忠諺(2019)，台灣東部銅門至壽豐地區太魯閣帶及玉里帶的剝露歷史與變質溫度研究，國立中正大學論文。
36. 蔡元融(2015)，「潛在大規模崩塌區影響範圍劃設方法擬訂」，2015 台日土砂災害之機制、預測及評估研討會

37. 劉哲欣、吳亭燁、陳聯光、林聖琪、林又青、陳樹群、周憲德，“臺灣地區重大岩體滑動案例之土方量分析”，中華水土保持學報，42(2)，150-159，2011。
38. 黃國修(2005)。大型岩崩之潛勢與災害影響範圍之研究。中央大學應用地質研究所學位論文。2005。1-79。
39. 衣德成，陳治宇，林慶偉(2012)，「五萬分之一臺灣地質圖及說明書，光復圖幅」，經濟部中央地質調查所出版。
40. 農業部農村發展及水土保持署花蓮分署(2024)，113 年度花蓮分署推動特定水土保持區之劃定及長期水土保持計畫之擬定，期中報告書。
41. Adrian E. Scheidegger, 1973, On the prediction of the reach and velocity of catastrophic landslides, Rock mechanics volume 5, pages 231–236.
42. Chen, Hongey. (2000). The geomorphological comparison of two debris flows and their triggering mechanisms, Bull Eng Geol Env, 58, 297–308.
43. Cha, D.; Hwang, J.; Choi, B. (2018). “Landslides detection and volume estimation in Jinbu area of Korea.” Forest Science and Technology, 14, 61 - 65.
44. Corominas, J., 1996, The angle of reach as a mobility index for small and large landslides, Canadian Geotechnical Journal, 33, pp. 260-271.
45. Guzzetti, Fausto; Ardizzone, Francesca; Cardinali, Mauro; Galli, Mirco; Paola, Reichenbach; Rossi, Mauro. (2008), “Distribution of landslides in the Upper Tiber River basin, central Italy.” Geomorphology, 96, 105-122.
46. Guzzetti, Fausto; Ardizzone, Francesca; Cardinali, Mauro; Rossi, Mauro; Valigi, Daniela. (2009), “Landslide Volumes and Landslide Mobilization Rates in Umbria, Central Italy.” Earth and Planetary Science Letters, 279, 222-229.
47. Hoek E.; Carranza-Torres C.; Corkum B. (2002). “Hoek-Brown criterion - 2002 edition.” In: Hammah R, Bawden W, Curran J, Telesnicki M, editors. Mining and tunneling innovation and opportunity, proceedings of the 5th North American rock mechanics symposium and 17th tunnelling association of Canada conference. Toronto, Canada. Toronto: University of Toronto, pp. 267-273.
48. Larsen, Matthew C.; Torres-Sanchez, Angel J. (1998), “The frequency and distribution of recent landslides in three montane tropical regions of Puerto Rico.” Geomorphology, 24, 309–331.