

11361G0005

PG11302-0101

坡地社區邊坡安全檢監測整合分析技術 之研究

受委託者：興創知能股份有限公司

計畫主持人：鄭錦桐

協同主持人：黃瑞賢

研究員：顏伯聰

副研究員：吳笙緯

計畫期程：中華民國 113 年 2 月至 113 年 12 月

計畫經費：新台幣 157 萬 5 仟 0 佰元整

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國 113 年 12 月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

目次

目次	I
表次	III
圖次	IV
摘要	VIII
ABSTRACT	XII
第一章 緒論	1
第一節 計畫緣起與背景	1
第二節 研究目的	2
第三節 工作項目及進度說明	2
第四節 研究預期效益	5
第二章 研究方法及過程	7
第一節 文獻回顧	7
第二節 研究方法介紹	29
第三章 研究成果說明	44
第一節 雷達衛星遙測解算結果驗證	44
第二節 坡地社區監測規範探討	71
第三節 監測資料串接與即時展示	92
第四節 專家座談會成果	115
第四章 結論與建議	121
第一節 結論	121
第二節 建議	122
附錄一 啟始工作會議紀錄	124
附錄二 啟始工作會議簡報	126
附錄三 相關法規彙整	131

附錄四	專家座談會(一)會議紀錄	133
附錄五	專家座談會(二)會議紀錄	146
附錄六	期中審查意見回覆	157
附錄七	監測設備費用彙整表	163
附錄八	期末審查意見回覆	164
參考書目	169

表次

表 1- 1 各工作項目之研究進度	4
表 2- 1 山坡地社區檢監測方式分析	11
表 2- 2 前期研究計畫篩選之新店區 10 處社區與解算 PS 點數量統計表 ..	12
表 2- 3 臺北市坡地災害事件統計表.....	16
表 2- 4 監測儀器分析表	21
表 2- 5 雙北市政府坡地檢監測相關計畫列表	26
表 2- 6 坡度分級對應表	35
表 2- 7 自動化監測資料 API 規劃範例	42
表 3- 1 2016 年後受颱風或地震影響之坡地災害事件紀錄彙整表	47
表 3- 2 本案所分析之社區列表	48
表 3- 3 輔導建置自動化檢監測設備社區清冊	80
表 3- 4 裂縫尺安裝社區與數量一覽表.....	82
表 3- 5 坡地檢監測設備注意事項	83
表 3- 6 常見坡地檢監測儀器適用之空間尺度與監測頻率說明	85
表 3- 7 主要法規範疇分析表.....	87
表 3- 8 法源與法規條文彙整表.....	87
表 3- 9 檢監測儀器資料存取分類分析表	92
表 3- 10 展示介面整體系統架構軟硬體資源之建議規格	107
表 3- 11 傾斜儀資料標準化 API 之建議格式與架構.....	109
表 3- 12 資料庫關聯資料表之規劃建議	111
表 3- 13 監測儀器清單(sensors)資料表綱要設置建議.....	112
表 3- 14 雨量資料 (rain_gauge_data) 時序資料表綱要設置建議.....	113
表 3- 15 地表傾斜儀資料 (tilt_meter_data) 時序資料表綱要設置建議..	113
表 3- 16 地表傾斜儀初始值 (tilt_meter_initial) 資料表綱要設置建議 ...	114

圖次

圖 1- 1 研究流程圖.....	3
圖 2- 1 西班牙南部社區邊坡監測案例	8
圖 2- 2 中國雲南地區社區邊坡監測案例	9
圖 2- 3 中國雲南地區社區邊坡 PS-InSAR 解算結果.....	9
圖 2- 4 中國雲南地區社區邊坡監測多數據分析結果	10
圖 2- 5 花園新城 PS 點位移速率結果與危險徵兆位置.....	12
圖 2- 6 花園新城 PS 點於坡面之年位移速率潛勢圖	13
圖 2- 7 花園新城坡地社區風險徵兆潛勢圖	13
圖 2- 8 鵠鵠崙(D003)所在位置示意圖與災後現勘照片	14
圖 2- 9 鵠鵠崙崩塌地 PsInSAR 分析成果	15
圖 2- 10 2008 年貓纜 T16 基座掏空擴大	16
圖 2- 11 新北市汐止區伯爵山莊社區尼莎颱風造成之土石崩塌	17
圖 2- 12 順向坡示意圖	18
圖 2- 13 坡地社區檢監測設備建議安裝相關法規、規範、要點彙整圖	19
圖 2- 14 山坡地開發審議流程圖	20
圖 2- 15 檢監測設備現況照片	21
圖 2- 16 花園新城示範社區 GNSS 監測位置分佈圖	23
圖 2- 17 建研所人工智慧邊坡智慧監測系統畫面圖	24
圖 2- 18 臺北市山坡地資訊整合系統(公開資料圖資).....	25
圖 2- 19 新北市山坡地社區管理與示警支援平臺	25
圖 2- 20 水保署大規模崩塌監測整合系統-監測儀表板配置畫面.....	26
圖 2- 21 大規模崩塌監測資料庫之實體關係模型與資料表內容	27
圖 2- 22 大規模崩塌監測資料庫雨量計(Rain Gauge)資料格式	28
圖 2- 23 大規模崩塌監測資料庫地表傾斜計(Tiltmeter)資料格式.....	28
圖 2- 24 雷達影像坡面觀測空間關係示意圖	29
圖 2- 25 前期計畫中 20 米 DEM 網格內 PS 點數量分群統計圖表	31

圖 2- 26 網格依照內含 PS 點數量進行分級後計算其統計誤差	32
圖 2- 27 PS 點時序資料剷除離群值之說明	33
圖 2- 28 網格間相對位移計算示意圖	34
圖 2- 29 衛星 LOS 與坡面法向量夾角示意圖	35
圖 2- 30 坡地社區檢監測規範研究解析流程圖	37
圖 2- 31 即時展示介面服務層級架構示意圖	39
圖 2- 32 新北市坡地社區檢監測儀器傾斜儀之資料內容展示	40
圖 2- 33 臺北市順向坡檢監測儀器傾度盤資料收錄表格	41
圖 2- 34 逕流係數參考值	43
圖 2- 35 坡地社區受降雨衝擊指標 Q_s 之計算與圖資呈現概念示意圖	43
圖 3- 1 雷達衛星遙測解算分析流程圖	45
圖 3- 2 尼莎颱風事件災點紀錄	46
圖 3- 3 伯爵山莊：災情事件點位與 PS 點分布圖	49
圖 3- 4 內湖區順向坡：災情事件點位與 PS 點分布圖	50
圖 3- 5 內湖區內湖路 2 段 179 巷 54 號前：災情事件點位與 PS 點分布圖	50
圖 3- 6 錦秀碧瑤社區：災情事件點位與 PS 點分布圖	51
圖 3- 7 花園新城社區儀器點位與與 PS 點分布圖	52
圖 3- 8 校正後伯爵山莊災情點位 PS 點時序資料	53
圖 3- 9 校正後內湖區順向坡災情點位 PS 點時序資料(僅有升軌資料)	53
圖 3- 10 校正後錦秀碧瑤社區災情暨儀器點位之 PS 點時序資料	54
圖 3- 11 校正後花園新城儀器點位 TTL203 之 PS 點時序資料	54
圖 3- 12 伯爵山莊社區年位移速度潛勢圖	55
圖 3- 13 內湖區順向坡社區年位移速度潛勢圖	56
圖 3- 14 錦秀碧瑤社區年位移速度潛勢圖	57
圖 3- 15 尼莎颱風事件錦秀 57 巷傾斜儀歷史觀測資料	58
圖 3- 16 花園新城社區年位移速度潛勢圖	59
圖 3- 17 花園新城社區之字形建築現況照片	59
圖 3- 18 花園新城 TTL202 測站投影至視衛星方向之時間序列趨勢分析	60

圖 3- 19 花園新城 TTL203 測站投影至視衛星方向之時間序列趨勢分析	60
圖 3- 20 伯爵山莊社區地表變形活動度圖對照比較	62
圖 3- 21 內湖區順向坡社區地表變形活動度圖對照比較	63
圖 3- 22 花園新城社區地表變形活動度圖對照比較	64
圖 3- 23 錦秀碧瑤社區社區地表變形活動度圖對照比較	65
圖 3- 24 錦秀碧瑤社區第一二級風險網格與實地影像比對(一)	66
圖 3- 25 錦秀碧瑤社區第一二級風險網格與實地影像比對(二)	66
圖 3- 26 錦秀碧瑤社區第一二級風險網格與實地影像比對(三)	67
圖 3- 27 GNSS 設備資料斷線 LINE Notify 主動推播機制	68
圖 3- 28 花園新城地表活動人為活動變化比較圖(西元年份由左至右為 2012 年、2016 年、2022 年)	70
圖 3- 29 花園新城地表活動人為活動變化比較圖(二)	70
圖 3- 30 臺北市傾斜管監測儀器分布圖	72
圖 3- 31 臺北市傾斜管監測儀器資料展示圖	73
圖 3- 32 臺北市傾度盤檢監測儀器分布圖	74
圖 3- 33 臺北市傾度盤檢監測儀器資料展示圖	74
圖 3- 34 臺北市裂縫計檢監測儀器分布圖	75
圖 3- 35 臺北市雨量計檢監測儀器分布圖	75
圖 3- 36 臺北市水位井檢監測儀器分布圖	76
圖 3- 37 臺北市水位井檢監測儀器資料展示圖	76
圖 3- 38 臺北市水壓計監測儀器分布圖	77
圖 3- 39 臺北市地錨荷重計監測儀器分布圖	77
圖 3- 40 臺北市自動化水位計監測儀器分布圖	78
圖 3- 41 臺北市自動化地錨荷重計監測儀器分布圖	78
圖 3- 42 臺北市自動化傾度計監測儀器分布圖	79
圖 3- 43 臺北市自動化落石觀測儀檢監測儀器分布圖	79
圖 3- 44 花園新城社區內裂縫尺安裝位置分布圖	82
圖 3- 45 坡地服務雲端展示介面整體概覽	93
圖 3- 46 展示介面靜態圖資選單	94

圖 3- 47 展示介面靜態圖資：坡地社區範圍	94
圖 3- 48 展示介面靜態圖資：山崩地滑地質敏感區	95
圖 3- 49 展示介面靜態圖資：監測儀器分布	95
圖 3- 50 展示介面收錄之檢監測儀器資料分類說明	96
圖 3- 51 雨量計資料於示範展示介面之呈現	97
圖 3- 52 傾斜儀資料於示範展示介面之呈現	97
圖 3- 53 GNSS 監測資料於示範展示介面之圖表呈現	98
圖 3- 54 臺北市傾斜管原始觀測資料 Excel 表格	99
圖 3- 55 傾斜管歷史觀測資料(人工上傳)於示範展示介面之呈現	99
圖 3- 56 展示介面雷達衛星判釋圖資查閱說明	100
圖 3- 57 前期計畫產製之花園新城社區地表變形活動度圖與詳細說明 ..	100
圖 3- 58 展示介面 Qs 即時監測：伯爵山莊三代	102
圖 3- 59 展示介面 Qs 即時監測：內湖區順向坡 CGS-0744-NH-183	102
圖 3- 60 凱米颱風期間 113 年 7 月 24 日晚間 8 點整降雨資料	103
圖 3- 61 進階篩選社區坡度大於 30%之面積示意圖	104
圖 3- 62 社區監測儀器管理值設定管理示意圖	105
圖 3- 63 自動化社區風險排序之示意圖	106
圖 3- 64 建議之展示介面系統架構與應用技術示意圖	107
圖 3- 65 檢監測儀器資料儲存與標準化 API 供應流程圖	108

摘要

關鍵詞：雷達衛星遙測解算技術、PS-InSAR、坡地社區監測規範、地表變形潛勢、坡地社區安全管理

一、研究緣起

本研究計畫旨在提升臺灣山坡地社區的安全管理與災害潛勢判釋能力。臺灣地形狹長，山坡地佔比高達 70%，面臨土地過度開發、不當利用、水土保持設施老化、極端降雨及地震的影響，潛在風險日益增高，時有山崩、邊坡滑動、土石流及地基淘刷等災害。針對這些問題，提出應用雷達衛星遙測技術進行山坡地社區災害評估的構想。

二、研究方法與過程

為產製山坡地社區的廣域地表變形潛勢評估圖資，須先進行雷達衛星遙測解算技術的研析，了解近年不斷演進的雷達衛星影像解算與分析技術，如永久散射體差分干涉（PS-InSAR）應用於地表變形潛勢分析，並產製「社區地表變形活動度圖」，提供社區管理單位運用，以提升防災安全意識。透過文獻回顧，探討雷達衛星遙測技術在國際及臺灣坡地社區的應用。針對臺北市和新北市的山坡地社區，篩選近年災害事件，完成地表位移檢監測設備與相關法規之盤點。本案針對 PS-InSAR 技術的精進，已完成特定事件中坡地社區的地表變形量分析，與現有監測設備數據或實際災情比對，驗證雷達衛星遙測技術作為大範圍風險快篩工具的實用性；法規面探討適用於社區坡地安全之檢監測設備規格與作業規範，並提出相應推動建議；設備與資料面，則透過監測資料串接之示範展示介面，整合監測儀器資料圖表，並建立坡地社區位移觀測預警與現地檢監測資訊整合技術。本(113)年度研究計畫具體目標如下：

(一)雷達衛星遙測解算結果驗證

分析一起颱風事件，驗證雷達衛星遙測解算坡地位移事件與相關檢監測設備的資料關係性。

(二)坡地社區監測規範探討

建立適用於國內坡地社區開發安全規範與檢監測技術規範之建議方案。

(三)監測資料串接與即時展示

串接 2 處坡地社區相關檢監測資料，經分析及處理後即時展示於示範展示介面上，並整合雷達衛星遙測解算結果，建立坡地社區位移觀測預警與現地檢監測資訊整合技術。

三、重要成果

(一)雷達衛星遙測解算技術結果驗證

本計畫精進了雷達衛星解算分析方法，透過 PS 點時序資料之篩選與校正、納入網隔間相對位移計算，產製社區地表變形活動度圖，並以 2022 年尼莎颱風作為案例進行驗證。在錦秀碧瑤社區與伯爵山莊，改進後的分析方法成功篩選出與實際災情點位及傾斜儀觀測相符的高風險區域，比前期方法更能準確捕捉邊坡災害發生位置。然而，由於僅有兩個社區案例，數據仍顯不足，建議未來需更多現地調查以驗證圖資的實用性。當監測儀器點位不足時，此解算技術可作為輔助風險警示工具，但須提醒使用者，未顯示風險之區域僅代表無解算結果，並非絕對安全。

(二)坡地社區監測規範探討

本計畫彙整了坡地社區檢監測設備相關法規，透過專家座談會提出建議，現階段可透過子法與規範推動檢監測設備的安裝。同時，鼓勵創新機制，提升民眾自主防災意識，達成「自助 70%、互

助 20%、政府 10%」的防災能量目標。並建議透過公私合作機制建設坡地檢測設備，以防災士推動理念，強調自助為主、互助為輔、政府最後介入的精神，辦理防災社區評鑑，提升坡地社區防災意識，從下而上逐步完善各項需求。

(三) 監測資料串接與即時展示

本計畫盤點了雙北市坡地檢監測儀器的分布與資料，並申請介接雨量計及傾斜儀的即時資料 API。透過示範展示介面，整合雨量計、傾斜儀、GNSS 監測、傾斜管等儀器的資料視覺化展示，提出坡地社區受降雨衝擊觀測指標 Qs 的構想，並整合雷達衛星判釋圖資查詢，提供展示介面與系統建置之規格建議，以及標準化 API 和資料庫的設計建議。經由專家座談會討論，選定傾斜管、傾斜儀、裂縫計、雨量計為重要監測設備，並整合現有坡地檢監測資料與 GIS 圖台互動展示技術，提出利用即時觀測資料進行自動化風險排序的設計，於強降雨時自動計算各項參數指標，達到以風險排序篩選需優先關注社區的機制。

四、主要建議事項

建議一

辦理坡地社區邊坡安全檢監測整合分析技術應用與推廣研究：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：直轄市及縣（市）政府

建議運用氣象及坡地監測系統等即時監控開放資料，結合開源的 Sentinel-1 雷達衛星影像解算分析，有效地進行坡地社區的災害風險監控；透過即時監測系統，可協助監管單位及坡地社區進行即時監控，評估可能造成之危害規模及影響層面，採取適當之應變措施。另應用雷達衛星解算技術解算地表變形活動圖資，研究大範圍風險預警技術與應對策略，以期協助監管單位與社區民眾掌握坡地災害風險，為未來坡地社

區災害風險管理系統的建立奠定基礎，以保護坡地社區居民生命及財產安全。

建議二

規劃辦理建立坡地社區即時風險排序與預警機制之研究：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：直轄市及縣（市）政府

建議參考農業部的土石流警戒及交通部的公路警戒資訊，彙整各坡地社區雨量警戒值。運用本計畫所規劃的示範展示介面，彙整管理單位之需求，整合各項坡地監測設備（如傾斜儀、傾斜管、裂縫計等）之觀測值並設定參數。透過專家座談會，探討當監測設備觀測數值超過管理值時，如何下修雨量警戒值，並運用風險參數演算法技術，滾動式修正雨量警戒值，建立坡地社區自動化的風險排序機制，協助管理單位在強降雨事件發生當下，高效率地聚焦於風險排序較高的社區，進行預警與應變措施。

建議三

規劃辦理推動即時檢監測設備普及化及建立坡地社區疏散預警機制之研究：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：直轄市及縣（市）政府

建議規劃「坡地社區風險評估五年計畫」，全面盤點尚未設置檢監測設備的坡地社區，分析其監測設備是否足以進行疏散預警，並建立相關作業流程。設計補助高風險坡地社區裝設監測設備的推廣方案，推動即時檢監測設備的普及化，提升居民防災意識，鼓勵自主防災訓練，並將其納入評選加分項目。在新建案中要求納入即時監測設備，強化道路與維生管線的持續營運，全面提升坡地社區的防災能力。

ABSTRACT

Keywords: Radar Satellite Remote Sensing Interpretation Technology, PS-InSAR, Hillslope Community Monitoring Standards, Surface Deformation Potential, Hillslope Community Safety Management

This research project aims to enhance the safety management and disaster potential assessment capabilities of hillslope communities in Taiwan. Taiwan's elongated and narrow terrain, with hillslope areas comprising 70% of the land, faces increasing risks due to overdevelopment, improper land use, aging soil and water conservation facilities, extreme rainfall, and seismic events. These conditions often lead to landslides, slope movements, debris flows, and foundation scouring. To address these issues, the project proposes using radar satellite remote sensing technology for disaster assessment in hillslope communities.

The goal of this research is to produce wide-area surface deformation potential assessment maps for hillslope communities. This requires an in-depth study of radar satellite remote sensing interpretation technology, understanding the evolving techniques such as Permanent Scatterer Interferometry (PS-InSAR), applied to surface deformation potential analysis. The project aims to create "Community Surface Deformation Vulnerability Maps" for use by community management units to enhance disaster prevention awareness.

Through a literature review, we explore the application of radar satellite remote sensing technology in both international and Taiwanese hillslope communities. We review and select recent disaster events, focusing on hillslope communities in Taipei City and New Taipei City, and catalog relevant surface displacement monitoring equipment and regulations. The project will refine PS-InSAR techniques, analyze surface deformation in specific events, and compare these results with existing monitoring equipment data or field surveys to validate

the utility of radar satellite remote sensing as a large-scale risk screening tool.

The research objectives for year 2024 are as follows:

1. Validation of Radar Satellite Remote Sensing Interpretation Results:

Explore the relationship between hillslope displacement events detected by radar satellite remote sensing and data from related monitoring equipment.

2. Investigation of Hillslope Community Monitoring Standards:

Develop recommended guidelines for safety regulations and monitoring technology standards applicable to hillslope community development.

3. Integration and Real-time Display of Monitoring Data: Use two hillslope communities as an example for a monitoring dashboard. Analyze and process the data for real-time interface display and integrate radar satellite remote sensing results to establish a demo system for displacement observation and monitoring information integration in hillslope communities.

第一章 緒論

第一節 計畫緣起與背景

臺灣國土面積狹長，山坡地範圍佔比高達70%，平地資源有限的情況下，山坡地過度開發使用的情形至為嚴重，以人口密集的雙北都會區為例，坡地社區就超過三千處。面對土地的過度開發與不當利用、水土保持設施年久失修老化，加上極端降雨與地震事件的影響，坡地上的潛在風險日益增高，甚至造成山崩落石、邊坡滑動、土石流及地基淘刷等嚴重災害。雖發展出許多因地制宜的自動化檢監測設備，包含雨量計、水壓計、裂縫計、傾斜計、地中傾斜管，以及建研所 111 年度導入的全球衛星導航系統 GNSS(Global Navigation Satellite System)地表位移監測設備等，但不同設備監測原理不盡相同，且不同設備適用於不同環境條件的監測場址，加上災害潛勢的複雜，導致全面性的定期管理不易推行。

著眼於現代遙測技術的快速發展，世界各國均大量應用遙測處理大範圍的空間調查與時序變化，包含都市計畫、國土安全、環境評估等議題，本案擬提出應用雷達衛星遙測技術於山坡地社區災害評估之構想，做為未來評估的重要參考。

第二節 研究目的

為了提升山坡地社區區域管理與災害潛勢監測之能力，本計畫欲產製適用於山坡地社區的廣域地表變形潛勢評估之圖資，為此須先進行雷達衛星遙測解算技術之研析，了解不斷演進的雷達衛星影像解算與分析技術(PS-InSAR)後，進行山坡地社區地表變形的潛勢分析，延續前期計畫成果，持續精進雷達衛星解算技術，以至少 1 起事件(如地震、颱風)前後變化探討雷達衛星解算與檢監測設備數據關聯性以及實際地表破壞情形程度。完成分析後，回顧國內外坡地社區監測相關技術與開發規範，探討適用於社區坡地安全之檢監測設備規格與作業規範。最後產製出將資料即時展示於操作介面上，並整合 GNSS 解算結果，豐富觀測資料內容與種類，並符合資安規範，以保障資料的安全性。

第三節 工作項目及進度說明

依照本研究計畫案需求說明書內容，工作項目及進度規劃如下：

(一) 工作項目

1. 雷達衛星遙測解算結果驗證

分析至少一起事件，探討雷達衛星遙測解算坡地位移事件與相關檢監測設備的資料關係性。

2. 坡地社區監測規範探討

建立適用於國內坡地社區開發安全規範與檢監測技術規範之建議方案。

3. 監測資料串接與即時展示

串接 2 處坡地社區相關檢監測資料，經分析及處理後即時展示於介面上，並整合雷達衛星遙測解算結果，建立坡地社區位移觀測預警與現地檢監測資訊整合技術。

(二) 進度說明

本案研究流程與工作項目重要檢核點期程簡列如圖 1- 1，實際工作進度說明如表 1- 1。

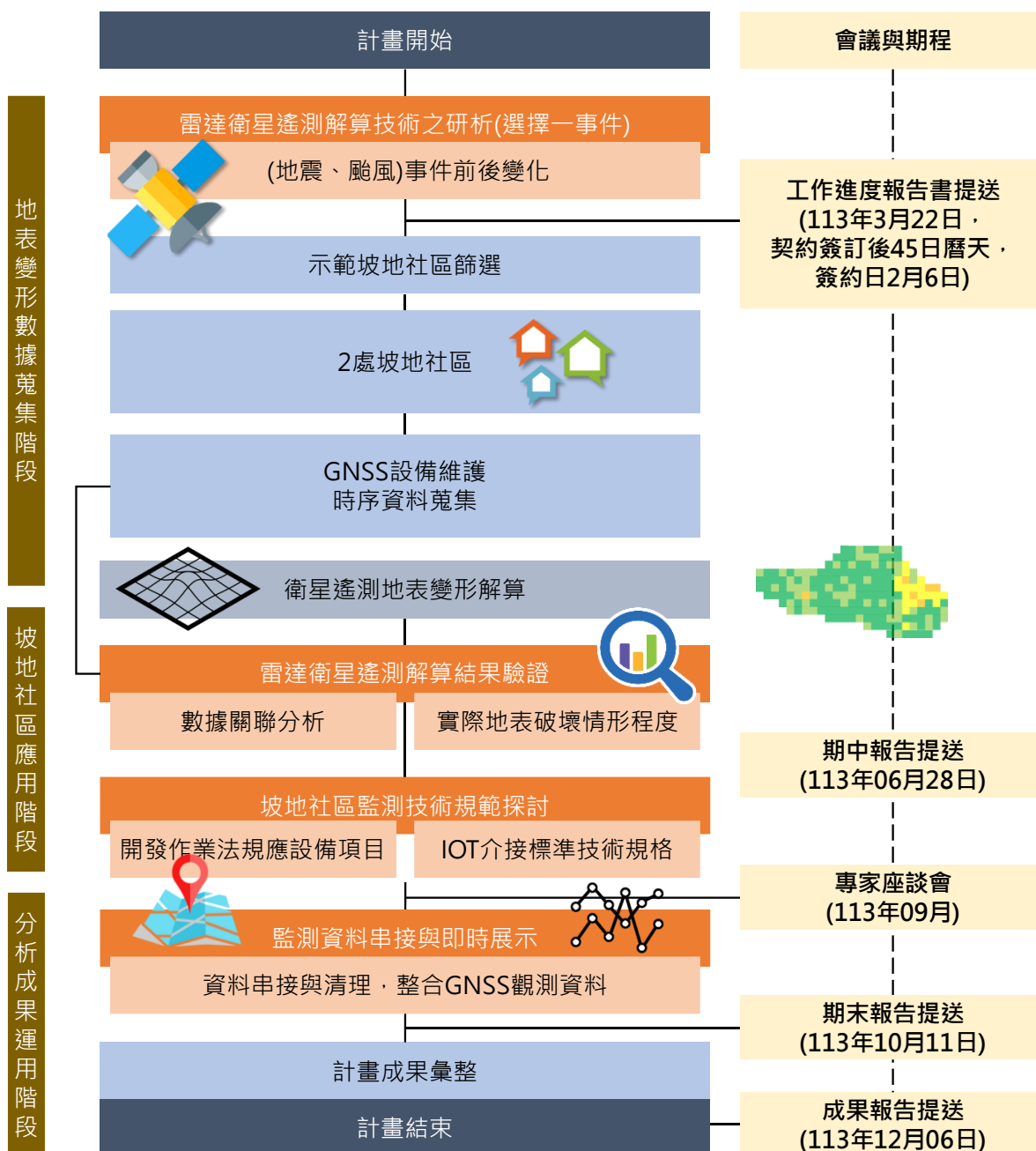


圖 1- 1 研究流程圖

表 1-1 各工作項目之研究進度

月次 工作項目	第 1 個 月	第 2 個 月	第 3 個 月	第 4 個 月	第 5 個 月	第 6 個 月	第 7 個 月	第 8 個 月	第 9 個 月	第 10 個 月	第 11 個 月	第 12 個 月	備註	
1. 雷達衛星遙測解算結果驗證	■													
2. 坡地社區監測規範探討		■												
3. 監測資料串接與即時展示					■									
4. 專家座談會					■					■			暫定9月底召開專家座談會議 (已於5/31舉辦第一場；已於9/20舉辦第2場)	
5. 工作進度報告書			■										113年3月22日已交付(興知股字第1130000142號) 契約簽訂後45日曆天(簽約日2月6日)	
6. 期中報告						■							113年6月28日 繳交期中報告30冊以及工作事項查核表(興知股字第1130000361號)	
7. 期末報告										■			113年10月11日 繳交期末報告(初稿)30冊以及工作事項查核表	
8. 成果報告											■		113年12月6日 繳交成果報告30冊以及2份電子檔光碟	
預定進度 (累積數)	4	8	16	24	32	44	56	68	84	92	96	100	■ 完成進度 ■ 預期進度	
	說明：1 工作項目請視計畫性質及需要自行訂定，預定研究進度以粗線表示其起訖日期。 2 預定研究進度百分比一欄，係為配合追蹤考核作業所設計。請以每1小格粗組線為1分，統計求得本計畫之總分，再將各月份工作項目之累積得分(與之前各月加總)除以總分，即為各月份之預定進度。 3 科技計畫請註明查核點，作為每1季所預定完成工作項目之查核依據。													

第四節 研究預期效益

1. 發展以坡地社區為主體之地表變形整合應用服務，驗證雷達衛星遙測與 GNSS 地表觀測資料在實際地表破壞程度關聯性。

2. 解析衛星遙測技術應用成本與時間效益，評估各情境坡地安全監控設備建議清單，以做為於各防災階段推薦合適的適合架設的監控設備參考架設操作手冊。

3. 研擬坡地社區監測技術作業規範，提供地方政府輔導坡地社區檢監測設備實施要點，與監測資料介接技術規格實作案例與及操作準則。

4. 視覺化呈現坡地社區監控資料，提供 IoT 設備資訊到空間資料儀表板顯示模組的技術跟標準範例，標準化介接規則以利後續地方單位進行資料串連。

(一) 對建築發展短中長期方面預期貢獻

1. 短期

- (1) 運用雷達衛星遙測技術與 GNSS 設備觀測資料，打造公分級監測服務。
- (2) 介接坡地社區相關即時檢監測資料，建置分析處理即時資料展示範例。
- (3) 整合雷達衛星遙測解算結果，建立坡地社區位移觀測預警與現地檢監測資訊整合技術。

中長期

- (4) 結合自動視覺化與 GIS 空間技術分析流程，建立 IoT 顯示的技術跟標準。
- (5) 探討雷達衛星遙測解算坡地位移事件與相關檢監測設備的資料關係性。
- (6) 建立適用於國內坡地社區開發安全規範與檢監測技術規範之建議方案。

(二) 對於經濟建設或社會發展方面預期效益

預計執行達成之具體效益如下：

- (1) 配合開放資料(Open Data)內容，將資料應用方式提供給地方政府管理單位，於各縣市政府民眾版防災系統中呈現相關資訊，提供資料回饋社區，強化坡地社區自主防災能量，提升對於受災風險以及自主防救災重要性之觀念。
- (2) 在多元化監測技術支持下，發佈自動坡地監測 IoT 視覺化技術跟標準，透過法律規範需求雙管齊下，提升大眾使用意願及服務需求，進而創造更多工程服務需求與就業機會。
- (3) 佈建成本降低，增加建站意願，擴大山坡地安全監測網絡，保障未來相關坡地安全決策與支援資訊。
- (4) 藉由鏈結國、內外太空科技遙測尖端技術，打造坡地社區監測整合服務國家隊。

(三) 推廣應用計畫(如人才培育)

本計畫研發成果擬向臺灣建築學會建築學報或其他具有國內 TSSCI 同等水準以上之學報刊投稿投出稿件至少一篇，除積極發表國內外期刊外，也同樣規劃將研發成果整理成研討會論文或海報型式，投稿於適合的研討會上，進行口頭宣讀或海報展示，並尋求其他相關政府單位進行業務推廣與接洽機會，多方對外展示研發成果，期待達成推廣應用目標。

第二章 研究方法及過程

第一節 文獻回顧

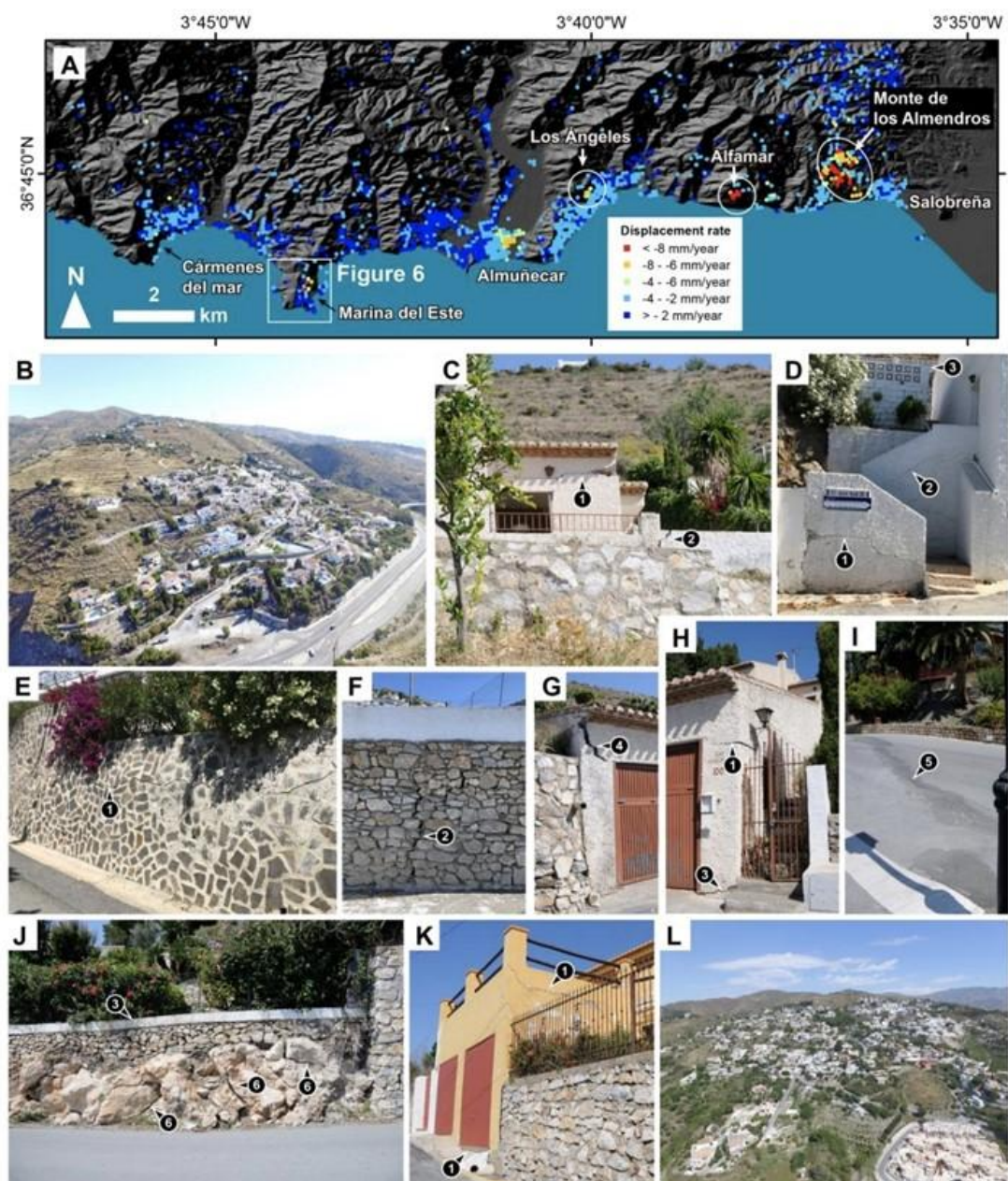
臺灣的土地資源有限，都市區域內可供居住的土地相當稀缺，致使山坡地住宅社區的比例逐年上升，其中雙北市高度都市化，居住人口稠密，當面臨全球極端降雨現象時，全方位監測山坡地社區的環境安全，探討潛在的環境災害因子，已成為利害關係人避災、減災的重要手段。

本節將透過文獻回顧，探討雷達衛星解算技術在國際及臺灣坡地社區的應用狀況、調查近年發生的坡地災害事件紀錄，並針對臺北市、新北市的山坡地社區防災相關法規建議安裝檢監測設備的推動狀況，與既有之山坡地防災檢監測設備與資訊系統之概況。

(一) 雷達衛星遙測解算技術應用回顧

1. 雷達衛星遙測解算技術-國際案例分析

國際上雷達衛星遙測應用於山坡地社區之監測早有案例。藉由 Galve 等人(2017)的評估研究可知，歐洲太空總署(European Space Agency, ESA)曾發展地質災害平台(Geohazard Exploitation Platform, GEP)，以提升歐洲國家大規模災害評估之能力，使用 2003~2008 年間的 25 幅(ENVISAT)雷達遙測影像，以小基線法(Small Baseline Subset, SBAS)進行解算，並透過數個位於西班牙南部的地表變形案例分析來證實該平台的可靠性。如圖 2-1 所示，位於西班牙南部的格拉納達省(Granada)，緊臨海岸線的幾個小聚落，由左至右分別為 Marina del Este、Los Angeles、Alfamar、Monte de los Almendros，皆有明顯的位移變化超過 6 mm/year。同時部分現地調查的照片也清楚地佐證了邊坡滑動的徵兆 (Galve, et al., 2017)。

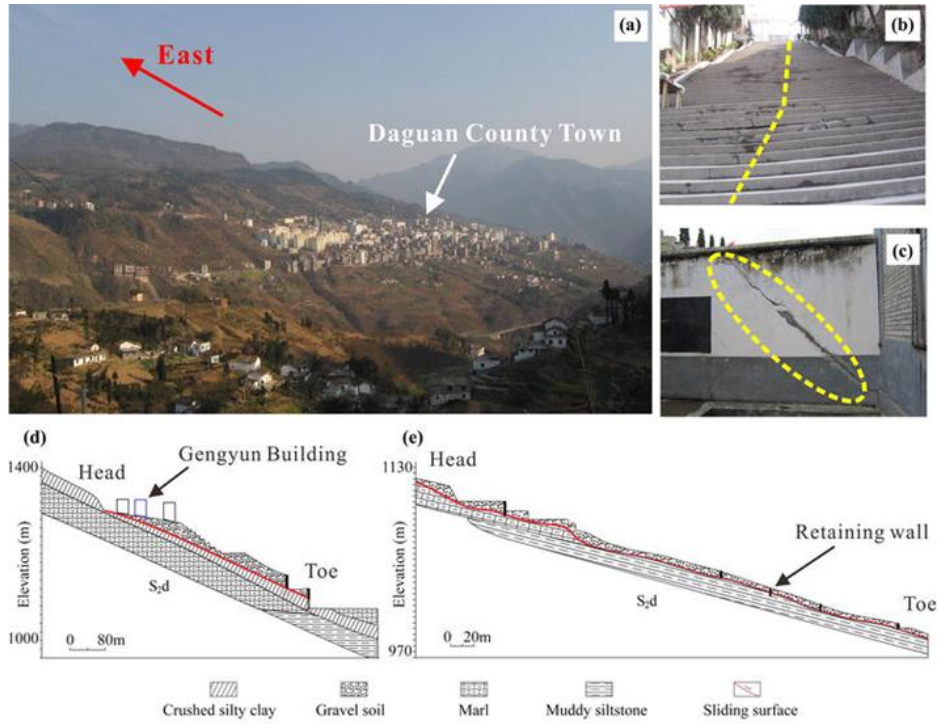


(Galve, et al., 2017)

圖 2- 1 西班牙南部社區邊坡監測案例

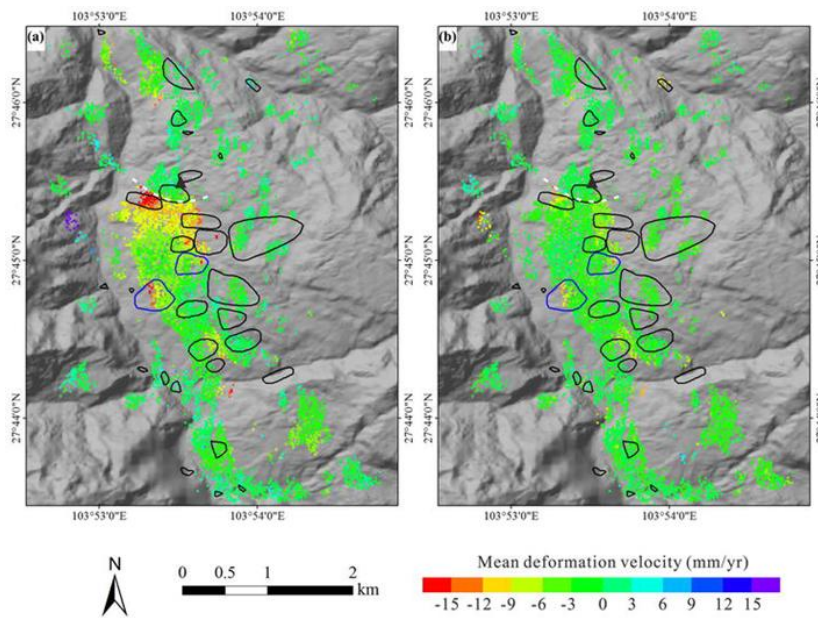
而在中國，Ma 等人(2022)運用雷達衛星遙測於中國雲南地區社區邊坡進行監測，該研究使用 2017~2019 年間的 116 幅(Sentinel-1)雷達遙測影像，如圖 2- 2 所示，城鎮社區座落於向西傾斜的古滑坡(Ancient landslide)坡面上，潛在的邊坡滑動，已明顯反映在社區內的結構物上，以雷達遙測 PS-InSAR 解算結果(圖 2- 3)可見，靠近北側的邊坡呈現暖色調(黃色、紅色)的永久散射體(PS 點)，普遍出現大於 9 mm/year 的位移變化。除此之外，透過現地調查結果，包含地中傾斜管、GNSS 固定站的定期觀測數

據，能夠佐證雷達衛星遙測大範圍時間序列位移變化(圖 2- 4) (Ma, et al., 2022)。



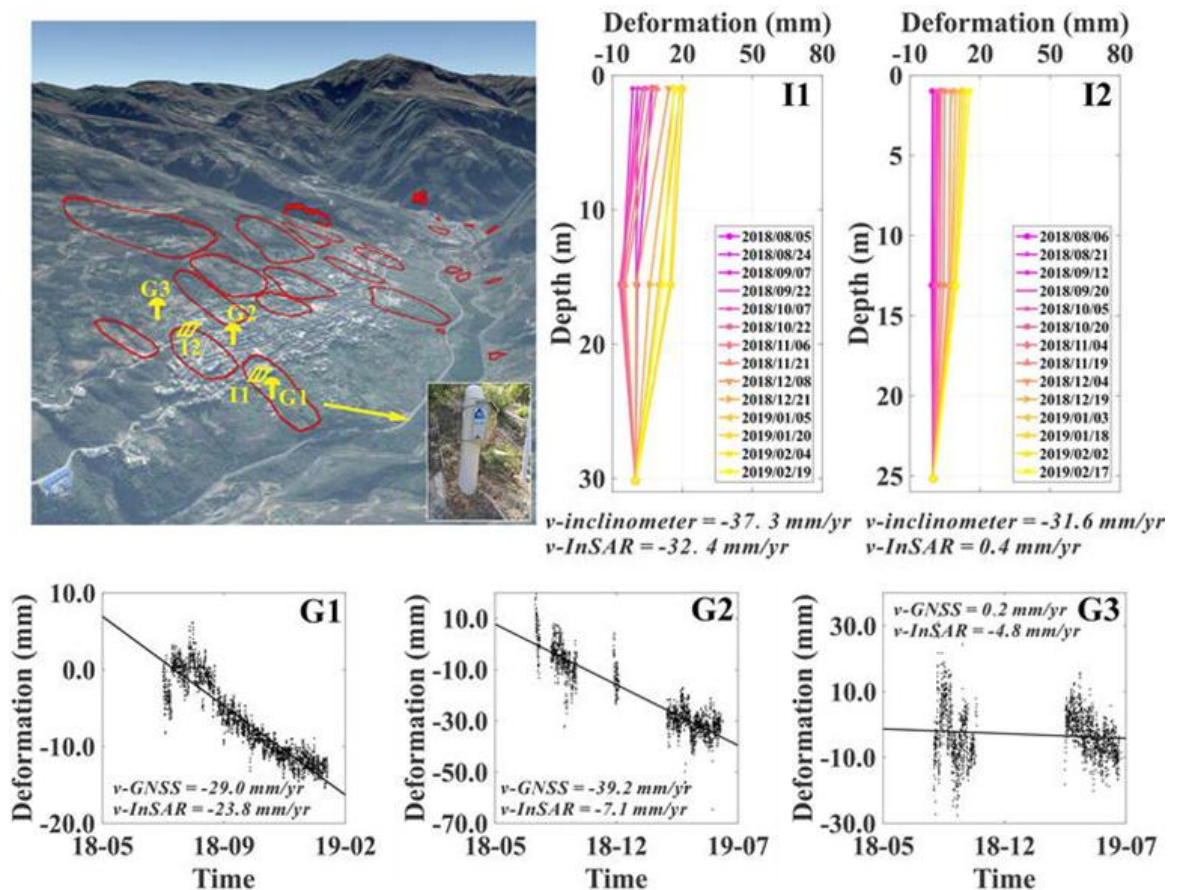
(Ma et al , 2022)

圖 2-2 中國雲南地區社區邊坡監測案例



(Ma, et al., 2022)

圖 2-3 中國雲南地區社區邊坡 PS-InSAR 解算結果



(Ma, et al., 2022)

圖 2-4 中國雲南地區社區邊坡監測多數據分析結果

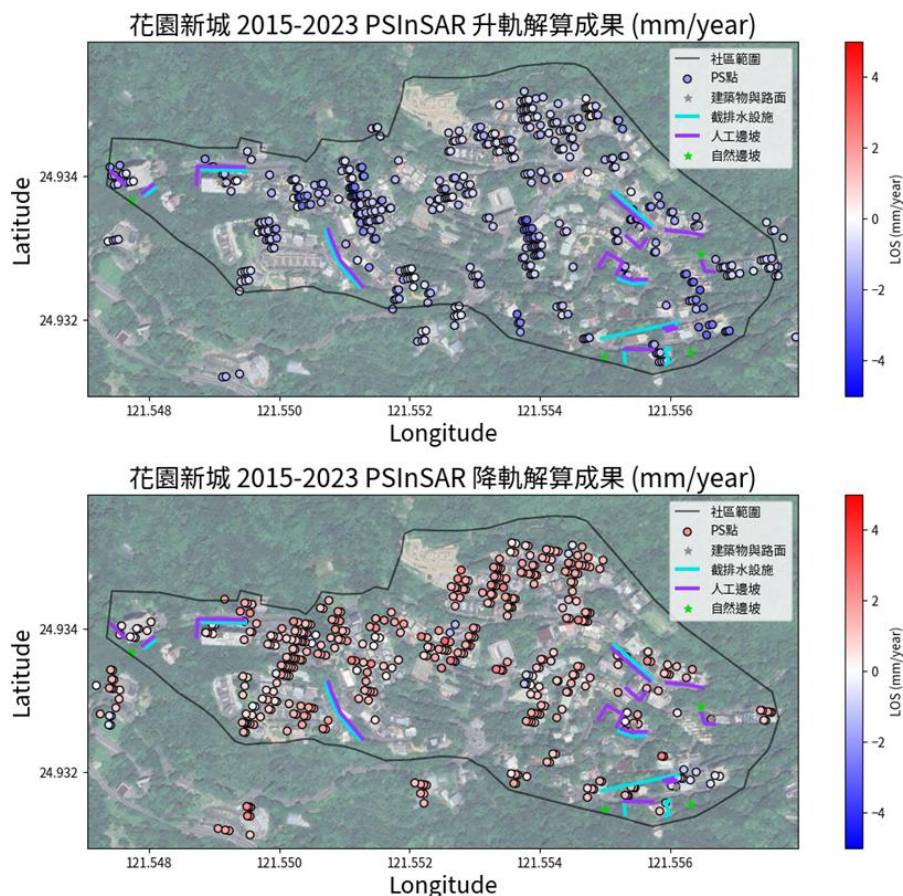
在臺灣山坡地社區安全議題日益重視的同時，可參考國際案例，思考如何運用雷達衛星遙測，搭配現地調查及 IoT 檢監測設備，各取其優勢搭配使用(表 2- 1)。利用雷達衛星遙測解算結果長時間、大面積尋找潛在地表活動徵兆；同時透過現地調查或 IoT 檢監測設備進行長時間連續監控，尋找反應潛在地質災害的結構物損壞跡象，例如牆面滲水、路面破裂、地基變形等。本案應用雷達衛星遙測解算結果，探討邊坡安全監控之機制，透過地表變形與建築結構監測之資訊揭露，提高山坡地社區自主防災能力，為監管單位與社區住戶提供更完善的生命財產保障。

表 2-1 山坡地社區檢監測方式分析

監測方法	人工現地調查	IoT 檢監測設備	雷達遙測影像
監測範圍	人員可以步行抵達的地方才能調查	人員可以步行抵達的地方才能安裝	衛星軌道只要有通過就有影像可用
時間頻率	多屬於一次性任務，機動性高但變動性也大。	固定觀測，可透過設備設計觀測頻率，甚至即時傳輸	至少每週有一幅影像可供分析，但影像的取並得非即時。
監測成本	以人力成本為主，單次成本高，不容易反覆安排調查。	以設備成本為主，成本變化大，不容易壞的設備貴。	越來越多國際免費影像可供使用，近年以軟體分析成本為主。
其他優缺點	調查細微且耗時，須要仰賴專業人員知識與經驗判斷。	即時觀測有較多的預警應用，但安裝容易受網路、電力限制。	大面積遙測，可節省現場調查成本，但仍需輔助驗證。

2. 雷達衛星遙測解算技術-臺灣案例分析

貴所 112 年研究計畫「坡地社區智慧防災系統暨安全管理計畫(一)-廣域地表變形雷達衛星遙測技術應用」(內政部建築研究所, 2023)，以下簡稱「前期計畫」，運用遙測解算結果提升坡地社區監測能量，使用 2015 年至 2023 年共 397 幅 Sentinel-1 雷達影像，透過永久散射體差分干涉(PS-InSAR)解算分析技術，分析新北市新店區 10 處社區(表 2-2)，完成各社區永久散射體(Permanent Scatterers, PS)點位與視衛星方向(Line of Sight, LOS)位移速度解算(圖 2-5)，轉換至坡面相對位移速度進行分析(圖 2-6)，並基於「山坡地社區優先關注敏感區調查」計畫，蒐整詳細的人工調查紀錄，包含環境地質分析、危險徵兆清單與敏感指數，產製非即時的「社區地表變形活動度圖」(圖 2-7)，與其他既有的監測技術搭配使用，可作為坡地社區安全的快速篩檢手段，協助公部門或社區管委會，在定期巡檢作業中調整巡檢頻率與巡檢內容，提升巡檢效率也能更加精準地投入足夠資源於坡地災害高潛勢區域。



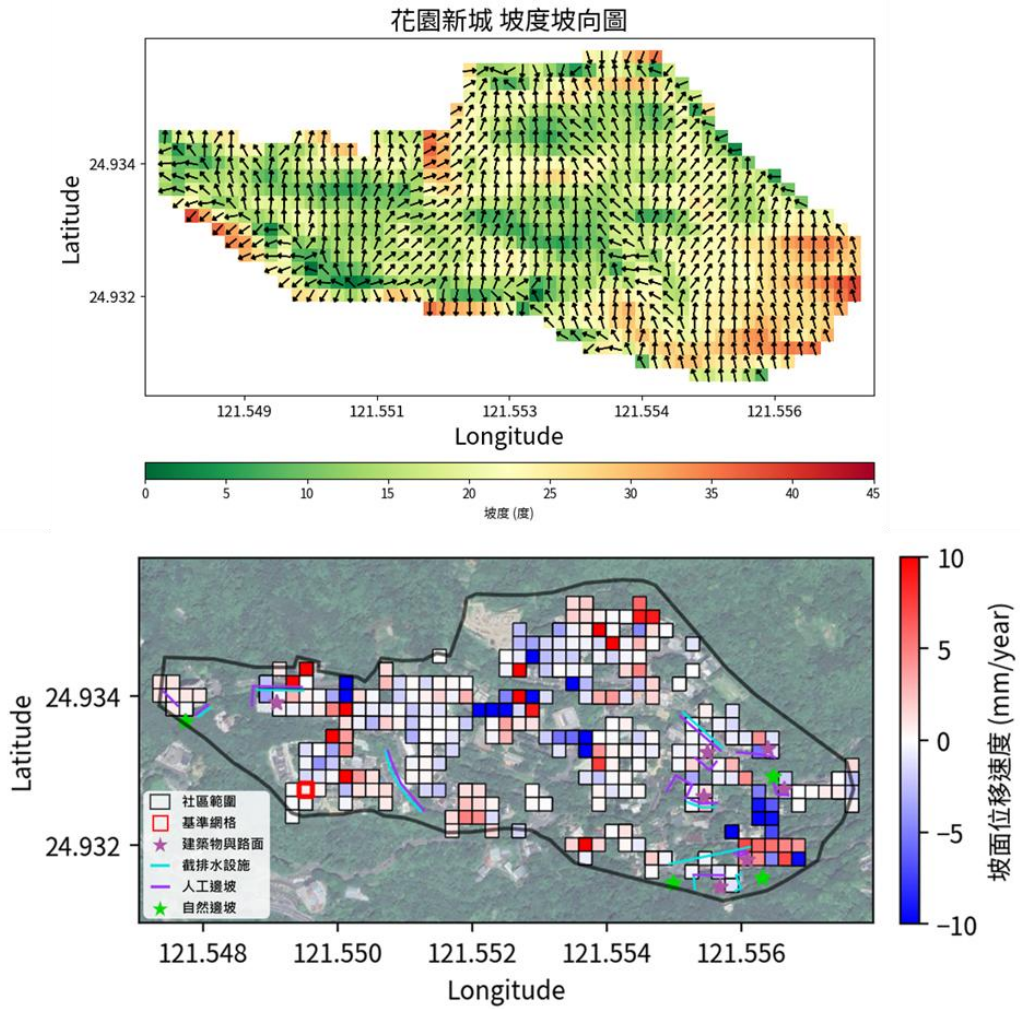
(內政部建築研究所, 2023)

圖 2-5 花園新城 PS 點位移速率結果與危險徵兆位置

表 2-2 前期研究計畫篩選之新店區 10 處社區與解算 PS 點數量統計表

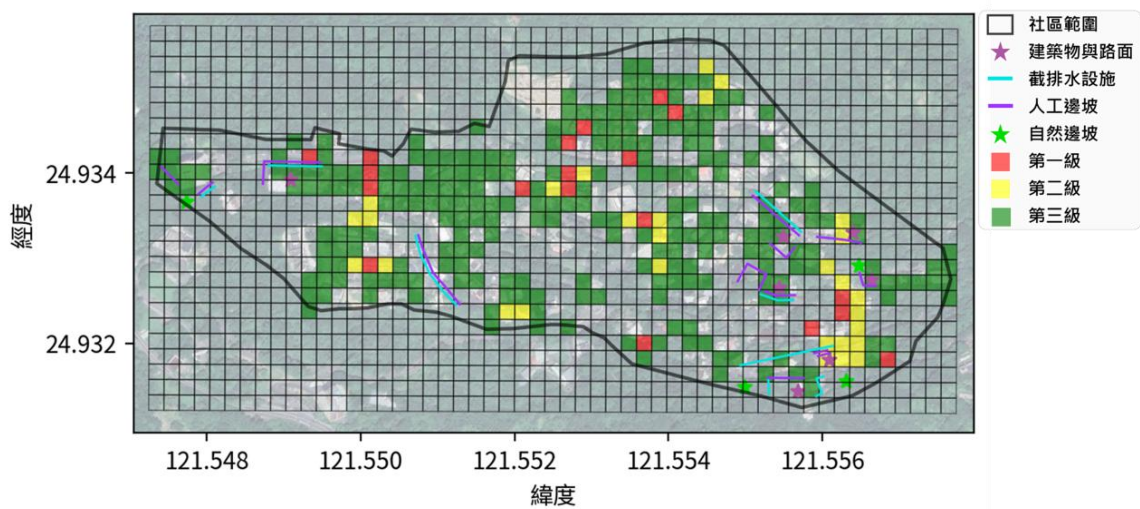
項次	社區名稱	升軌 PS 點數量	降軌 PS 點數量
1	花園新城	508	479
2	大台北華城	464	485
3	台北小城	1,324	1,865
4	達觀鎮 A 區	288	196
5	彩蝶別墅	410	404
6	大學詩鄉	300	466
7	大地世紀	396	339
8	美之城	157	210
9	伴吾別墅	138	161
10	潭之鄉	93	37

(內政部建築研究所, 2023)



(內政部建築研究所, 2023)

圖 2-6 花園新城 PS 點於坡面之年位移速率潛勢圖



(內政部建築研究所, 2023)

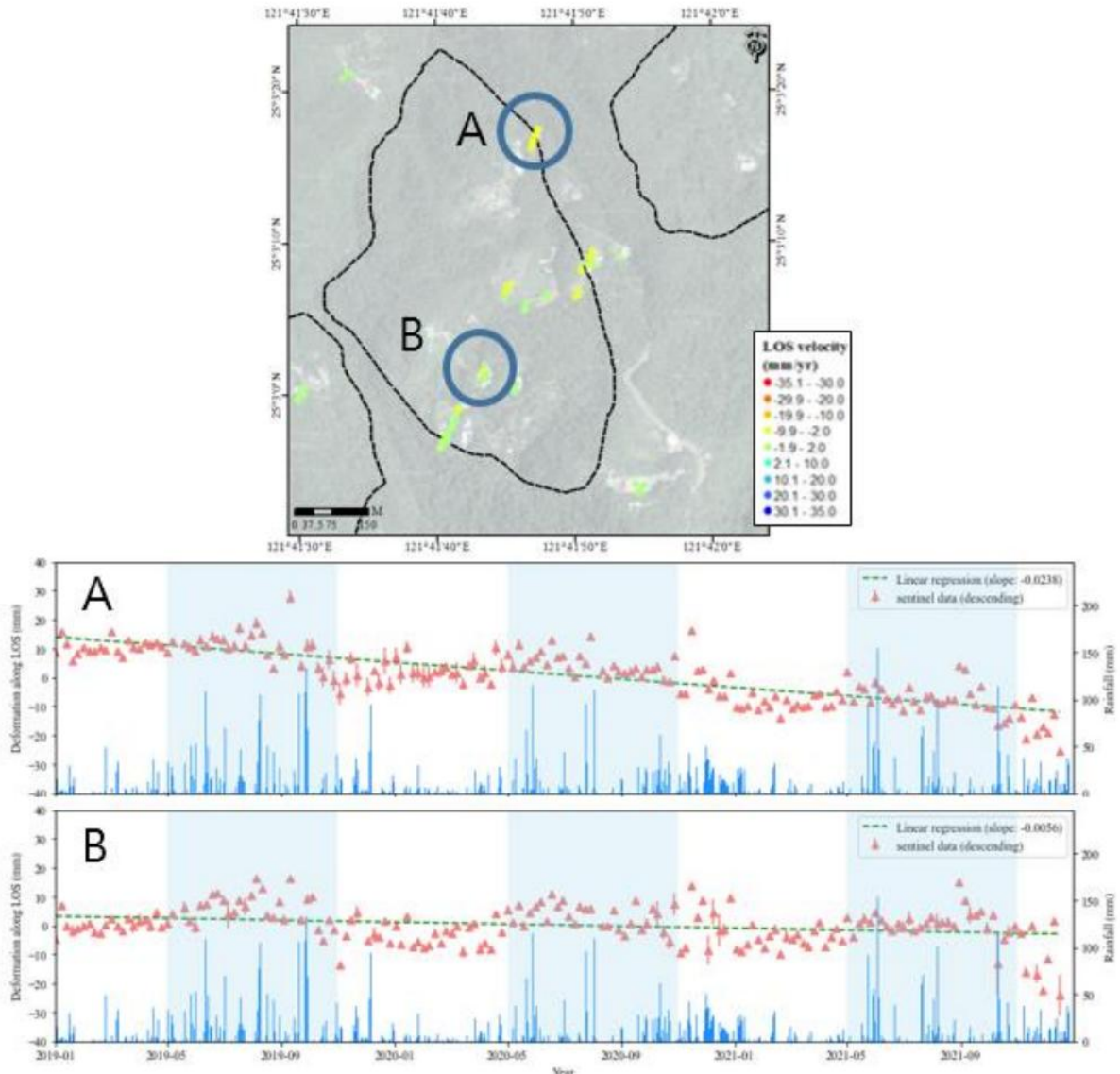
圖 2-7 花園新城坡地社區風險徵兆潛勢圖

臺灣近年亦有應用雷達衛星遙測(PS-InSAR)作為坡地災害事件分析與長期監控之案例，國家災害防救科技中心(NCDR)在「111 年度豪雨及颱風事件災情彙整報告」中，針對 2022 年尼莎颱風事件，新北市汐止區東山里鵠鵠崙(D003)崩塌地範圍(圖 2- 8)，透過 2019-2021 年共 180 張降軌合成孔徑雷達(SAR)影像，進行 PS-InSAR 分析(圖 2- 9)，發現「在本次崩塌的冠部(A 區)，長時間以來都有明顯的潛移現象，B 區位置則於 2021 年下半年，有明顯的變形情況。滑移速率的增加，被認為是潛在大規模崩塌發生破壞的前兆之一，因此持續利用 SAR 影像進行地表變形的監測，可提供邊坡活動性等相關資訊，做為後續研判與應用之參考。」(國家災害防救科技中心, 2022)



(國家災害防救科技中心, 2022)

圖 2- 8 鵠鵠崙(D003)所在位置示意圖與災後現勘照片



(國家災害防救科技中心, 2022)

圖 2-9 鶻鶻崙崩塌地 PsInSAR 分析成果

3. 驗證事件與研究區域篩選範圍

根據臺北市坡地災害事件統計 (臺北市政府工務局大地工程處 A, 2022), 如表 2-3, 以文山區、內湖區之坡地災害最多; 回顧歷史坡地災情, 較顯著的災害事件如 2008 年貓纜 T16 基座掏空擴大 (圖 2-10)。

表 2-3 臺北市坡地災害事件統計表

推定災害類型	北投區	士林區	中山區	南港區	內湖區	大安區	信義區	文山區	總計
淺層崩塌	192	170	43	126	203	19	102	227	1082
落石	42	22	5	16	12	1	21	44	163
弧形滑動	7	7	1	4	13	0	1	5	38
平面型滑動	4	6	1	6	3	0	3	2	25
土石流	12	7	1	5	25	0	4	5	59
沖蝕	4	12	1	3	4	1	6	1	32
其他	10	11	18	4	12	2	12	19	88
總計	271	235	70	164	272	23	149	303	1487

資料來源：山坡地環境地質資訊系統，臺北市政府工務局大地工程處，民國 48 年至 112 年 6 月。



(自由時報電子報，2008)

圖 2-10 2008 年貓纜 T16 基座掏空擴大

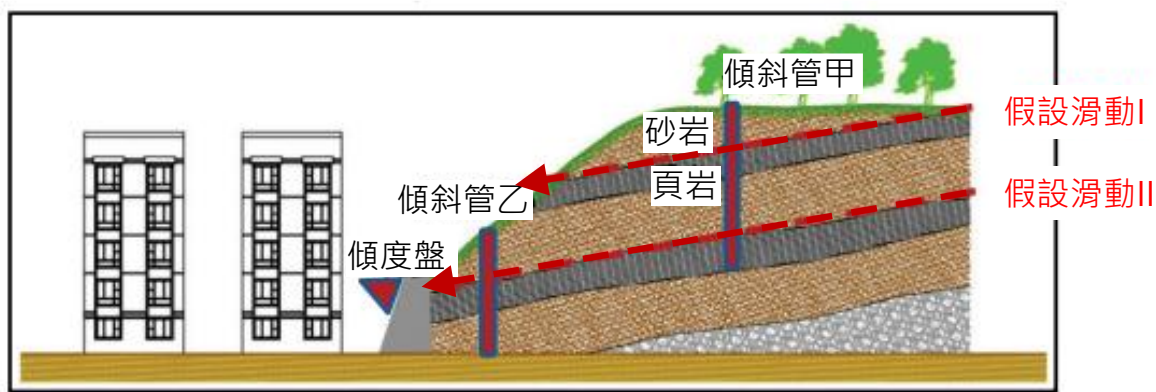
新北市近年有較顯著之坡地社區災害事件為汐止區伯爵山莊於 2022 年 10 月尼莎颱風時發生崩塌事件(圖 2-11)，且延續前期計畫以新店區作為主要示範區域，因此挑選驗證之事件與社區之篩選，以臺北市文山區、內湖區與新北市汐止區、新店區這 4 個行政區，作為篩選合適分析事件與坡地社區(或順向坡)之主要範圍。



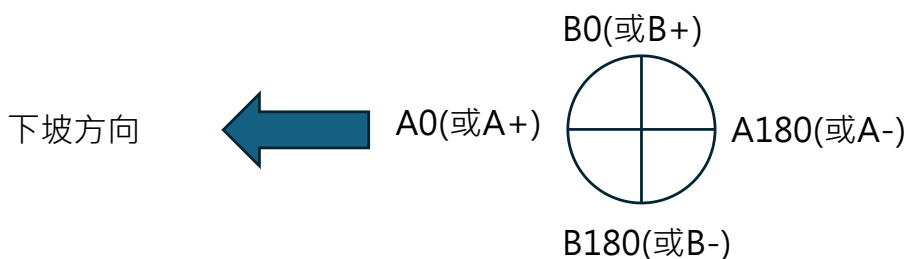
(自由時報電子報, 2022)

圖 2- 11 新北市汐止區伯爵山莊社區尼莎颱風造成之土石崩塌

臺北市工務局於具有順向坡地形的坡面進行監測工作，若有異常之滑動可提前改善與因應。順向坡係指坡面和岩層傾斜方向是一致，且兩者間的角度小於 20 度。其特點是當坡腳被削弱或雨水滲透進岩層時，容易導致岩石滑動失去穩定性，如果順向坡坡度較岩層傾斜角度為陡，則岩層可能會在坡面上露出，增加滑動的可能性。順向坡的滑動通常是突然和脆弱的，一旦開始，即使是很小的位移，也可能迅速導致破壞。例如，傾斜管在順向坡的滑動面觀測上有向下坡方向的位移，這可能是滑動正在發生的跡象。圖 2- 12 中，假設的滑動面 I、II 都發生滑動，那麼傾斜管和坡趾的傾度盤測量儀器也會顯示相應的位移。為了防止可能的滑坡和相關的破壞，在這種情況下，即使位移很小，也應該採取最高級別 (A 級) 的處理措施 (臺北市政府工務局大地工程處 B, 2022)。



傾斜管量測為一方向示意



(臺北市政府工務局大地工程處 B, 2022)

圖 2- 12 順向坡示意圖

(二) 坡地社區監測規範回顧

本節透過法規面、設備面、標準面及資料面四個面向進行坡地社區監測規範解析。其中，法規面說明與坡地社區相關的法規條例；設備面列舉坡地社區監測所需的監測儀器設備；標準面說明檢監測資料傳出與應用的資料格式；資料面則盤點坡地社區監測資料(本案以臺北市、新北市資料為主)。

1. 法規面

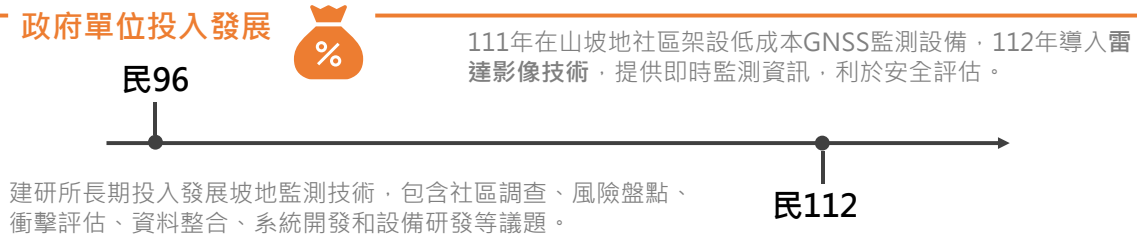
回顧相關法規文獻如圖 2- 13 所示，建研所早期於民國 96 年已長期投入發展坡地監測技術，包含社區調查、風險盤點、衝擊評估、資料整合、系統開發和設備研發等議題，近年在民國 111 年架設低成本 GNSS 監測設備，並於 112 年導入雷達衛星影像技術，提供連續觀測的監測資訊。本案探討適用之監測規範，於既有社區分析加裝檢監測設備與巡檢規範，以及新建社區分析強制安裝與開發規範，於期中階段已完成相關法規檢視，並於 5 月 31 日舉辦專家座談會，研討相關法規、規範。法規內

容彙整詳如附錄三，專家座談會議紀錄詳如附錄四。

相關法律規則回顧

- 新北市政府/新北市政府辦理山坡地建築審查要點/第8條
- 內政部/建築技術規則/建築設計施工編/第13章 山坡地建築/第262條
- 經濟部/地質法/地質敏感區基地地質調查及地質安全評估作業準則/山崩與地滑地質敏感區
- 農業部/水土保持法/特定水土保持區劃定與廢止準則/第3條
- 農業部/水土保持法/土石流潛勢溪流及大規模崩塌潛勢區劃設作業要點
- 中華民國大地工程學會建築物基礎開挖工程監測準則

政府單位投入發展



113年探討適用監測規範

- 既有社區 → 加裝監測設備、巡檢規範
- 新建社區 → 強制安裝、開發規範



圖 2- 13 坡地社區檢監測設備建議安裝相關法規、規範、要點彙整圖

山坡地開發審議流程(圖 2- 14)，規劃土地階段、開發許可階段及變更辦理及建築許可階段等，以上三個階段皆可建議安裝坡地社區檢監測設備，如開發許可階段，區域計畫委員會審議時，可要求加裝坡地社區檢監測設備。

以新北市為例，依據「新北市政府辦理山坡地建築審查要點」案例說明如下：

新北市自 103 年起規定，於建照申請階段，針對山坡地範圍且須進行山坡地雜或雜併建照申請之審查，需經由專業技師依基地現況進行評估，設置施工中及永久性之監測儀器並訂定其監測之頻率。此外，於使照申請階段，管理維護計畫書內容應備：

- (1) 基地地質、構造概述；
- (2) 永久性監測系統；
- (3) 施工期間監測分析報告；
- (4) 監測期三年以上之廠商合約文件；
- (5) 排水、擋土護坡等水保設施相關竣工圖說及其管理維護計畫緊急

應變防災計畫等內容。

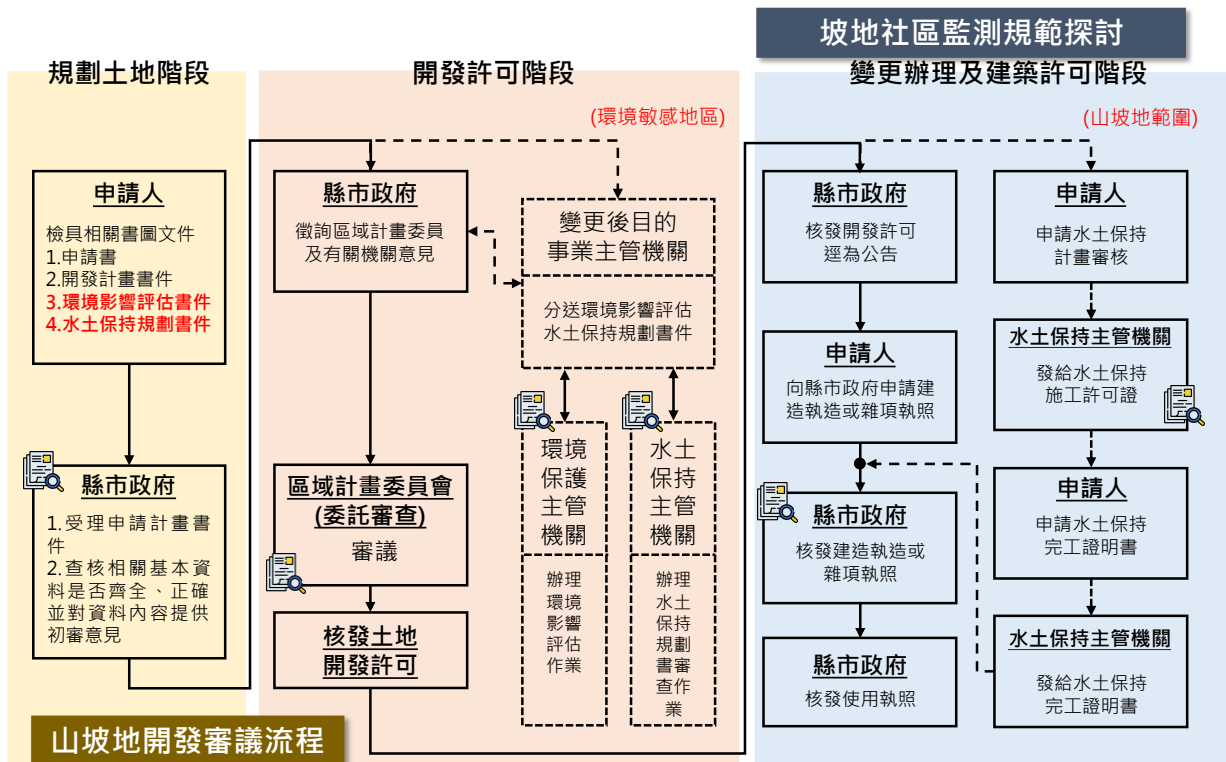


圖 2- 14 山坡地開發審議流程圖

2. 設備面

坡地監測管理值之訂定，宜以直接量測的地層位移為主，再輔以地下水水位(或水壓)、雨量等間接物理量，監測儀器分析可參考表 2- 4 (廖瑞堂, 陳昭維, 紀宗吉, & 林錫宏, 2013)。該表以山崩及地滑且已有自動化連續觀測之常用儀器設備如: 如雨量計 (Rain Gauge)、地表傾斜計(Surface Tiltmeter)等連續性地表檢監測設備(圖 2- 15)，坡地社區自動檢監測設備項目於計畫啟動初期，由貴所與臺北市、新北市坡地社區管理單位洽詢及收集資料，並提供本研究計畫使用，詳細設備彙整於第參章說明。透過規劃資料庫詮釋資料綱要(Schema)、建置時序資料庫及建構監測數據開放資料服務等步驟，實現監測數據開放資料服務範例。

表 2-4 監測儀器分析表

監測儀器名稱	量測之物理量	坡地災害型態適用性*		監測方式**
		山崩及地滑	土石流	
雨量計 (Rain Gauge)	降雨量	◎	◎	A
地表伸縮計(Surface Extensometer)	地表相對位移量	◎	×	M、A
地表傾斜計(Surface Tiltmeter)	地表傾斜量	◎	×	M、A
裂縫計 (Crackmeter)	裂縫寬度變化量	△	×	M、A
地錨荷重計(Anchor Load Cell)	地錨預力	◎	×	M、A
水位觀測井 (Water-level Observation Well)	地下水水位	◎	△	M、A
水壓計 (Piezometer)	地下水壓力	◎	△	M、A
定置型孔內傾斜計 (In-Place Inclinator)	地層水平位移量	△	△	A
孔內伸縮計(Borehole Extensometer)	地表相對位移量	△	×	A
流量計 (Flowmeter)	地下水流量	△	×	A
液位計 (Level Meter)	溪溝水位高度	×	△	A
鋼絲感測器 (Steel Wire Sensor)	鋼索完整性	×	◎	A
地聲感測器 (Geophone Sensor)	大地聲波	×	◎	A

* 符號說明:◎:經常使用;△:偶而使用;×:甚少使用; ** 符號說明:A:自動監測;M:手動監測

(廖瑞堂, 陳昭維, 紀宗吉, & 林錫宏, 2013)

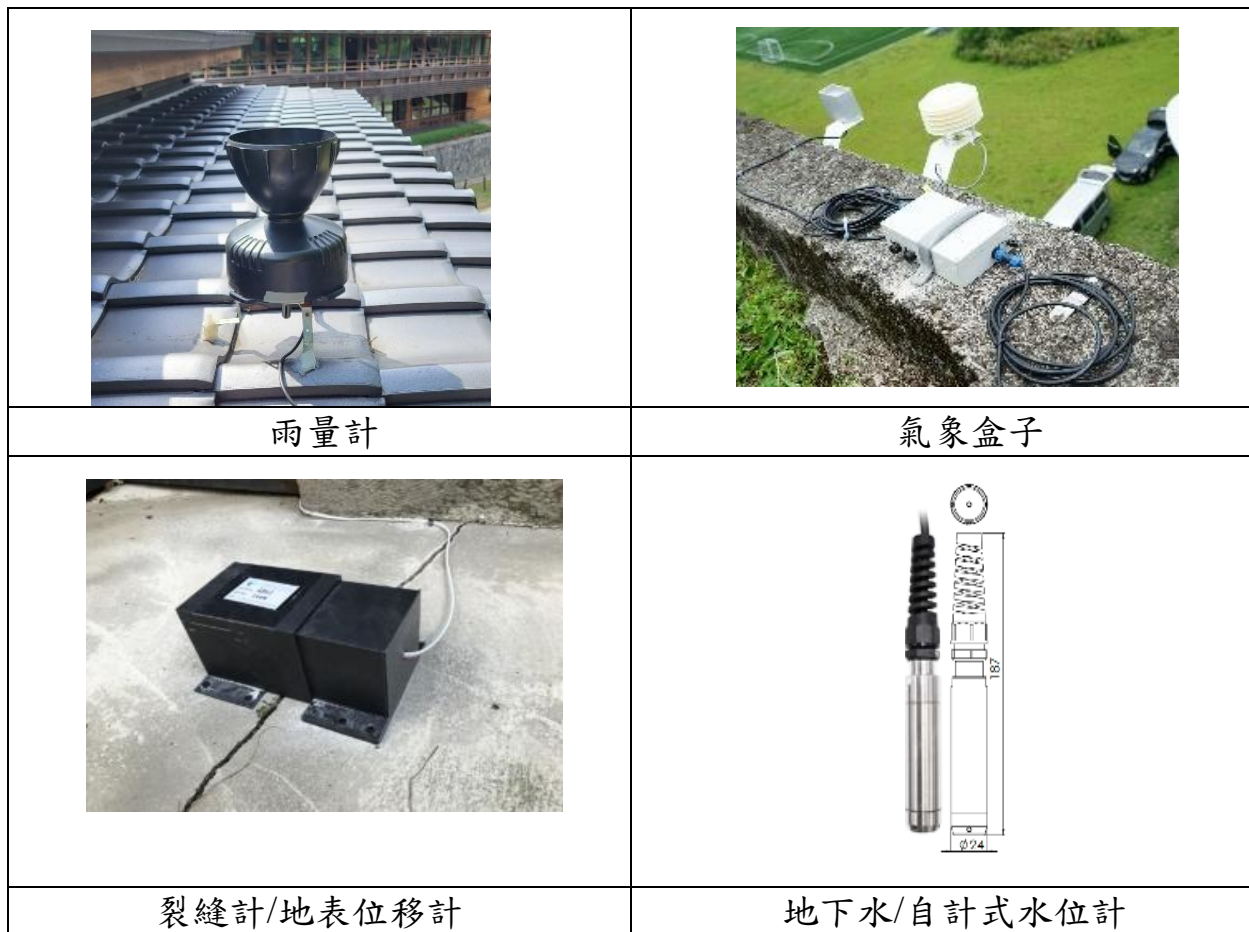


圖 2-15 檢監測設備現況照片

3. 標準面

檢視中央機關坡地管理相關單位所制定的資料集詮釋資料標準規範，以及共通性應用程式介面(API)規範內容(國家發展委員會, 2017)，研擬本案所需的檢監測設備、倉儲系統及 API 發佈等階段之資料格式標準規範，讓整體展示介面可整合時序型監測資料(GNSS、IoT 檢監測設備資料)和地理資訊，於資料清理後建立圖資倉儲，再透過 API 資訊服務，提供即時資料與數據分析成果之視覺化介面。

本案主要參考大規模崩塌資料發佈標準，檢視相關設備資料格式與項目(農業部農村發展及水土保持署, 2024)，其已包含多種坡地檢監測設備資料格式標準，可作為未來資訊整合的參考內容，便於日後於資料整合與展示時，可有效率的進行資料串接，即時呈現監測數據。

4. 資料面

彙整社區已有地表連續檢監測設備之雨量計、傾斜儀等儀器觀測資料，以 API 方式介接服務匯入倉儲系統中，並整合本案之雷達衛星影像之 PS-InSAR 解算分析資料，建置關聯資料庫，再以 API 發佈社區相關環境監測資訊於展示系統介面上，提供各式介面開發使用，本案針對坡地社區內外部環境時間與空間因子資訊進行實作範例展示，整合坡地社區各項即時連續與靜態資料，視覺化社區所需的即時性防災資訊。

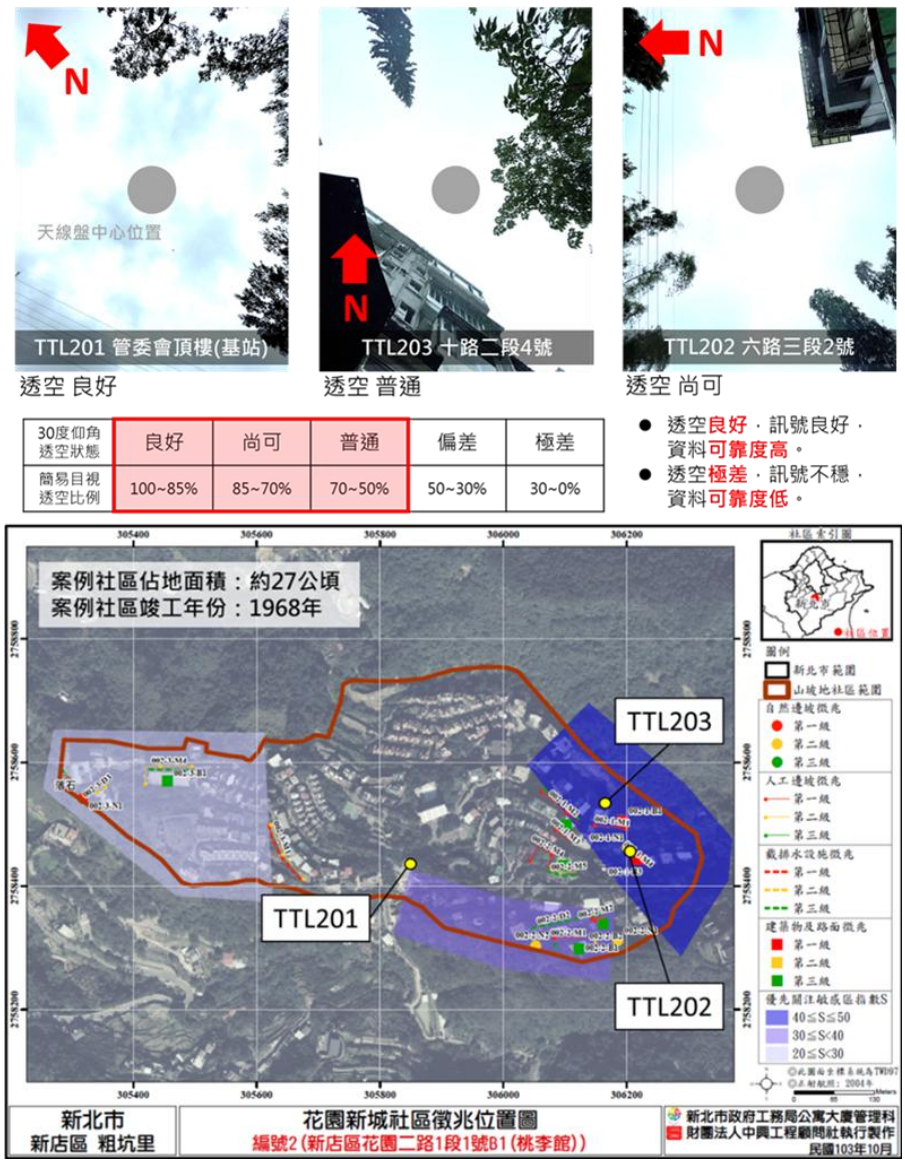
本案初步以臺北市與新北市的坡地管理單位所提供的監測數據進行資料盤查：

1. 臺北市檢監測設備(臺北市工務局大地工程處)：臺北市檢監測設備種類如傾斜管、傾度盤、裂縫計、雨量計、水位井、水壓計、地錨荷重計、水位計、傾度計、落石觀測儀等 11 類設備，共計 755 支，其中部分設備已自動化，但無發佈 API 提供介接。

2. 新北市檢監測設備(新北市政府工務局公寓大廈管理科)：新北市檢監測設備主要以傾斜儀提供即時監測資訊(新北市政府工務局, 2023)，自 111 年度起，已於 10 處山坡地社區裝設自動化監(觀)測系統，可於平台上查閱近 10 日的觀測數據，細部說明詳見第 80 頁，章節壹、一、(一)2. 新北市坡地檢監測設備。

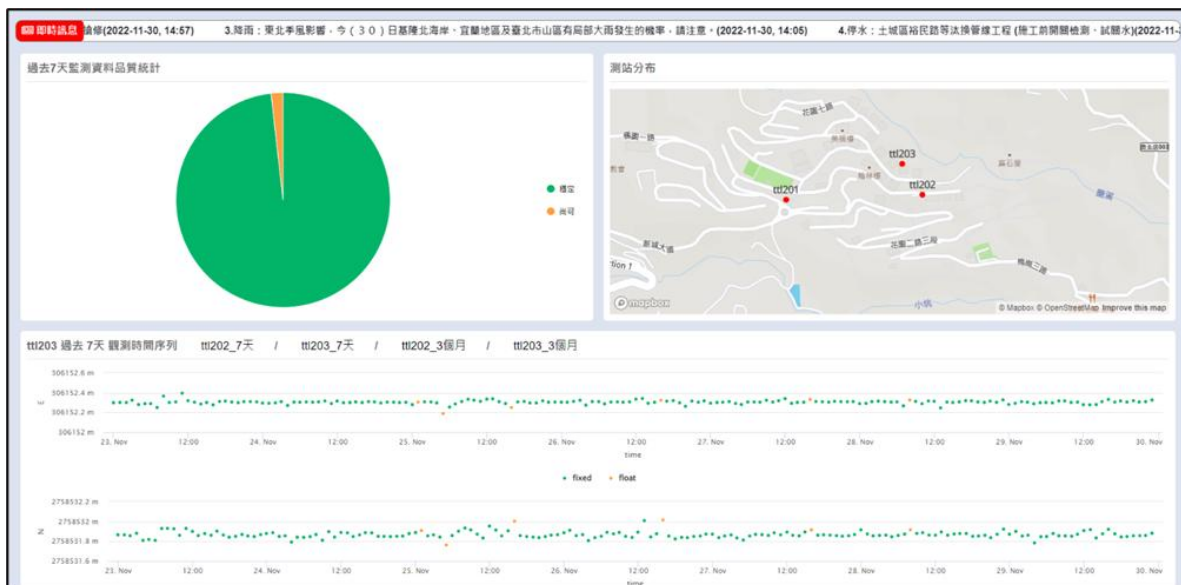
(三) 監測資料串接與即時展示回顧

前期研究計畫 112 年「坡地社區智慧防災系統暨安全管理計畫(一)－廣域地表變形雷達衛星遙測技術應用」的研究成果(內政部建築研究所, 2023), 及 111 年「山坡地社區智慧防災系統研發及實證研究－雙頻多星系 GNSS 地表位移監測技術應用」計畫(內政部建築研究所, 2022), 已在山坡地社區架設低成本 GNSS 監測設備(圖 2-16), 逐步打造人工智慧邊坡智慧監測系統(圖 2-17), 提供山坡地社區智慧防災即時 GNSS 監控觀測, 作為後續主管機關或專業人員進行安全性評估依據。



(內政部建築研究所, 2022)

圖 2-16 花園新城示範社區 GNSS 監測位置分佈圖



(內政部建築研究所, 2022)

圖 2- 17 建研所人工智慧邊坡智慧監測系統畫面圖

本期研究計畫將在此基礎上，進一步探討如何整合不同類型、不同來源的坡地檢監測設備，例如 GNSS、傾斜儀、傾斜管、裂縫尺、雨量計等，提供更精進的即時資訊展示介面，與坡地社區整合監控資料倉儲系統之架設建議。為了有效地掌握山坡地社區的環境風險，必須將這些資料進行整合分析，並以適當的方式提供給相關防災監管單位。

坡地監測資訊的展示，不僅要能夠提供完整和準確的數據和分析，也要能夠以視覺化和互動化的方式，讓使用者能夠快速且容易地瞭解山坡地社區的環境狀況和風險程度，以根據需要做出適當的反應和處置。因此，本案計畫將探討如何建立一個即時動態的坡地監測資訊展示平台，並參考國內外的相關實例，例如臺北市山坡地資訊整合系統(圖 2-18)、新北市山坡地社區管理與示警支援平台(圖 2- 19)、農業部農村發展及水土保持署(以下簡稱水保署)大規模崩塌監測整合系統(圖 2- 20)，以及其他類似的資料整合平台，彙整其特色要點，提出符合本案所提坡地社區監控需求之展示介面規劃建議。

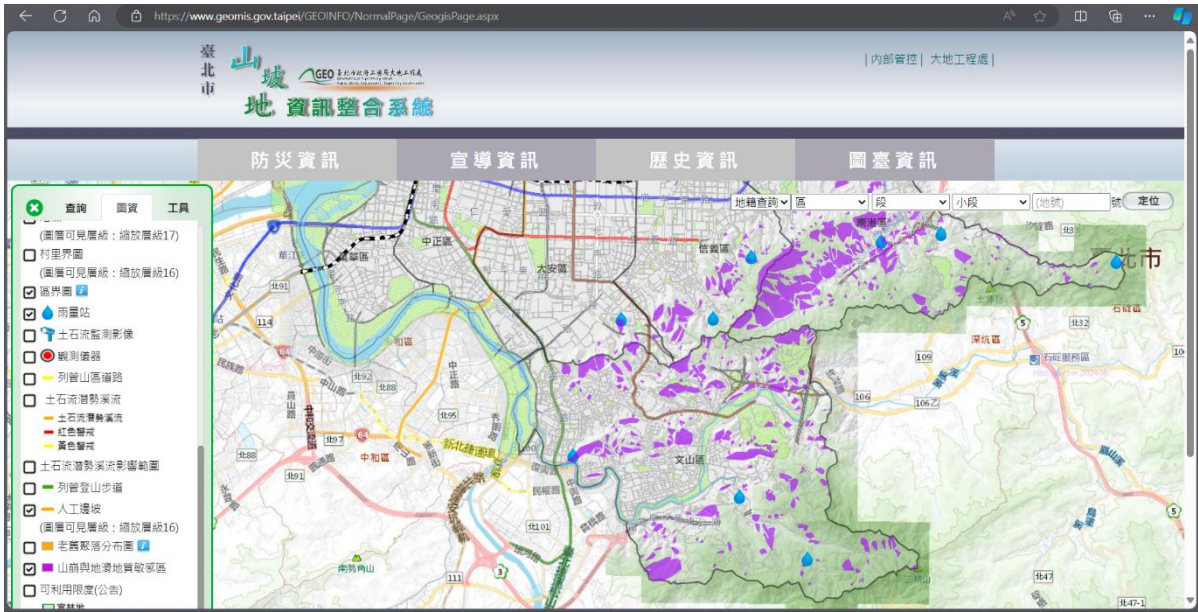


圖 2- 18 臺北市山坡地資訊整合系統(公開資料圖資)



(執行單位：興創知能股份有限公司，2024)

圖 2- 19 新北市山坡地社區管理與示警支援平臺



(資料來源：水保署大規模崩塌監測整合系統操作手冊，2023)

圖 2-20 水保署大規模崩塌監測整合系統-監測儀表板配置畫面

1. 雙北市政府與坡地檢監測相關計畫

經上述各資訊平台與相關計畫資料查詢，彙整各單位執行之相關檢監測計畫列表(表 2-5)，本案執行期間已接洽列表中單位索取可供介接之 API 與檢監測設備之歷史觀測資料進行研究。

表 2-5 雙北市政府坡地檢監測相關計畫列表

執行單位	計畫名稱	相關資訊系統
新北市政府工務局	「新北市山坡地智慧防災社區計畫」委託專業服務案	新北市山坡地社區管理與示警支援平台
臺北市府工務局大地工程處(坡地整治科)	臺北市內湖區山崩與地滑地質敏感區(順向坡)巡勘觀測委託專業服務案	臺北市山坡地資訊整合系統
臺北市府工務局大地工程處(坡地整治科)	臺北市大安、信義及文山區山崩與地滑地質敏感區(順向坡)巡勘觀測委託專業服務案	臺北市山坡地資訊整合系統
臺北市府工務局大地工程處(坡地整治科)	臺北市北投、士林、中山及南港區山崩與地滑地質敏感區(順向坡)巡勘觀測委託專業服務案	臺北市山坡地資訊整合系統
臺北市府工務局大地工程處(坡地整治科)	臺北市貓空纜車周邊坡地水土保持巡勘觀測委託專業服務案	臺北市坡地監測輔助管理平臺
臺北市府都市發展局(住宅服務科)	萬芳三期 C 基地等 7 處出租國宅及萬寧山莊社區建物暨邊坡監測作業	-

2. 大規模崩塌監測資料規範

目前國內蒐整呈現最多坡地檢監測設備資料的平台為水保署轄管的大規模崩塌監測整合系統，為輔助大規模崩塌監測資訊的整合及展示，水保署提供資料建置格式之標準規範(農業部農村發展及水土保持署, 2024)，經公佈後供相關單位依循辦理，期能避免各計畫監測資料格式不一，減少後續整合及流通困難、提升資料的品質。此規範中針對各類型之坡地檢監測 IoT 設備之資料內容說明，與資料庫綱要(schema)設計，到倉儲資料庫之設計，皆有詳細且完整之說明(圖 2- 21)。以常見的雨量計(Rain Gauge)、地表傾斜計(Tiltmeter)為例，其對應資料欄位與格式之設計與說明如圖 2- 22 及圖 2- 23，且要求設備廠商，在儀器設備資料庫實作時，應以欄位代號為資料庫設計依據。

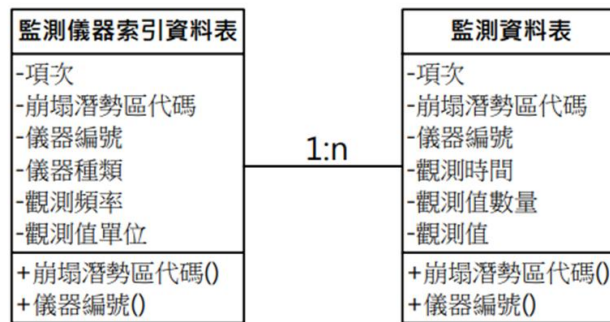


表 28 監測儀器索引資料表

檔案代碼	SENSORS	資料名稱	監測儀器索引資料表
資料型態	Table	檔案格式	Table
屬性欄位說明			
欄位代號	欄位名稱	格式	說明
Item	項次	int	主鍵(流水號)
SiteID	崩塌潛勢區代碼	char(20)	
SensorID	儀器編號	char(20)	
Sensor_type	儀器種類	char(20)	
Frequency	觀測頻率	char(20)	10min、1hour
Units	觀測值單位	char(4)	m、cm、mm、inch

表 29 監測資料表

檔案代碼	MDATA	資料名稱	監測資料表
資料型態	Table	檔案格式	Table
屬性欄位說明			
欄位代號	欄位名稱	格式	說明
Item	項次	int	主鍵
SiteID	崩塌潛勢區代碼	char(20)	
SensorID	儀器編號	char(20)	
TimeStamp	觀測時間	Datetime	
Observation_num	觀測值數量	int	
Value	觀測值	VarChar(max)	

(農業部農村發展及水土保持署, 2024)

圖 2- 21 大規模崩塌監測資料庫之實體關係模型與資料表內容

檔案代碼	RainGauge	資料名稱	雨量計
資料型態	向量式資料(點)	檔案格式	ESRI ShapeFile
屬性欄位說明			
欄位代號	欄位名稱	格式	說明
Item	項次	int	主鍵(流水號)
SiteID	崩塌潛勢區代碼	char(20)	
SensorID	儀器編號	char(20)	
CWBID	中央氣象署雨量站站號	char(20)	
EPSG3826_X	TWD97_X_121	numeric(18,3)	
EPSG3826_Y	TWD97_Y_121	numeric(18,3)	
MMethod	量測方式	char(1)	0:自動量測 1:半自動量測 2:手動量測
Units	觀測值單位	char(4)	mm
Status	儀器狀態	char(1)	0:停用 1:使用中
SetTime	設置日期	Date	
Note	備註	char(100)	

(農業部農村發展及水土保持署, 2024)

圖 2- 22 大規模崩塌監測資料庫雨量計(Rain Gauge)資料格式

表 20 地表傾斜計

檔案代碼	TiltMeter	資料名稱	地表傾斜計
資料型態	向量式資料(點)	檔案格式	ESRI ShapeFile
屬性欄位說明			
欄位代號	欄位名稱	格式	說明
Item	項次	int	主鍵(流水號)
SiteID	崩塌潛勢區代碼	char(20)	
SensorID	儀器編號	char(20)	
EPSG3826_X	TWD97_X_121	numeric(18,3)	
EPSG3826_Y	TWD97_Y_121	numeric(18,3)	
MMethod	量測方式	char(1)	0:自動量測 1:半自動量測 2:手動量測
MType	類型	char(8)	單軸、雙軸
Units	觀測值單位	char(4)	s
Status	儀器狀態	char(1)	0:停用 1:使用中
SetTime	設置日期	Date	
Note	備註	char(100)	

(農業部農村發展及水土保持署, 2024)

圖 2- 23 大規模崩塌監測資料庫地表傾斜計(Tiltmeter)資料格式

第二節 研究方法介紹

本節針對計畫三大工作項目，分別說明研究方法與相關細節。

(一) 雷達衛星遙測解算技術結果驗證

前期計畫係針對選取之 10 處新北市社區(表 2-2 中所列)，進行雷達衛星 PS-InSAR 的解算分析、依照網格內的 PS 點之位移速度進行分級，繪製 10 個社區的年位移速率潛勢圖。但因解算精度不足，主要受限於衛星角度、地表坡向坡度。本案透過減少離散較大的雷達衛星解算點位資訊，收斂資訊準確度，來提升雷達衛星解算數據精度。

在前期計畫成果中，坡地社區風險徵兆潛勢圖中的每個網格位移速度，是將永久散射體之像素(PS 點)與 20 米解析度的數值高程模型(DEM, Digital Elevation Model，後續簡稱「20 米 DEM 網格」)進行地理對位後套疊，取得每個 PS 點的坡度值與坡向值，利用公式計算每個 PS 點在坡面方向上的變化速度，並將網格內所有 PS 點計算出的坡面方向速度平均，作為該網格的坡面方向變化速率，並以年位移速度進行探討。轉換方式如圖 2-24 所示意，針對雷達衛星所在位置， \overline{OH} 為衛星飛行方向， \overline{OL} 為視衛星方向(LOS)， θ 為雷達波入射角，而 α_H 則為軌道方位角；在地表觀測目標位置， SS' 為觀測坡面， α_S 為坡面方位角，而透過 SHS' 剖面可見， ϕ 為坡面之傾角。

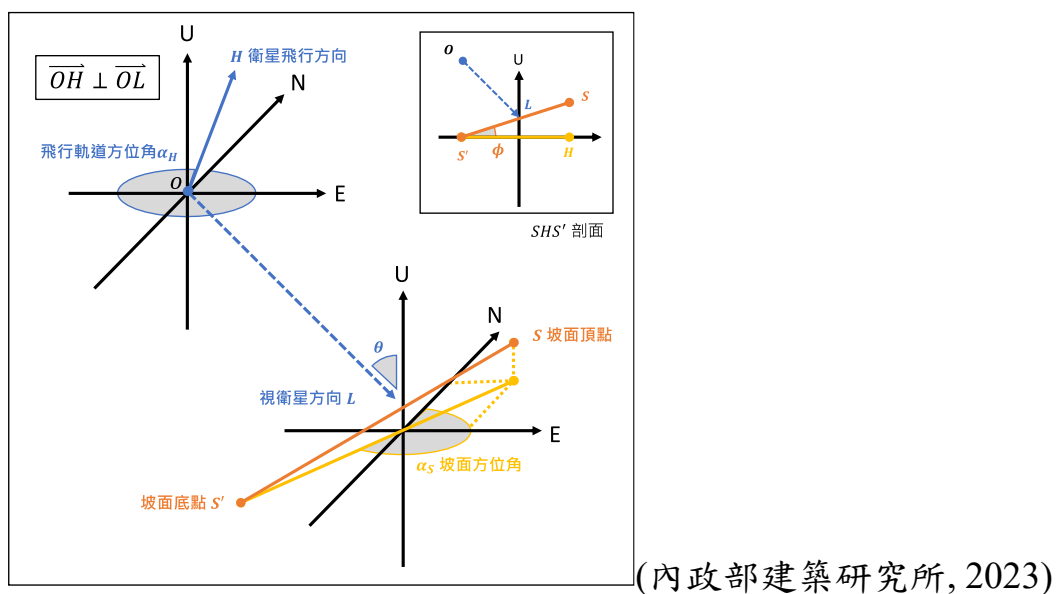


圖 2-24 雷達影像坡面觀測空間關係示意圖

公式- 1 和公式- 2 中 \vec{r} 為視衛星方向(LOS) \overline{OL} 的單位向量，而 \vec{u} 為坡面方向 $\overline{SS'}$ 的單位向量，兩者皆可拆解為東西向(east)、南北向(north)與鉛直向(up)。透過公式- 3 的轉換，可將視衛星方向(LOS)的位移速率 v_{los} 轉換為坡面方向的位移速率 v_{slope} ，將方程式分別應用於升軌與降軌的修正，即可獲得山坡地社區地表變形潛勢。

$$\vec{r} = \begin{bmatrix} r_{east} \\ r_{north} \\ r_{up} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin \theta \cos \alpha_H \\ \sin \theta \sin \alpha_H \\ \cos \theta \end{bmatrix}$$

公式- 1 視衛星方向(LOS)單位向量

$$\vec{u} = \begin{bmatrix} u_{east} \\ u_{north} \\ u_{up} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\sin \varphi \cos \alpha_s \\ -\cos \varphi \cos \alpha_s \\ \sin \alpha_s \end{bmatrix}$$

公式- 2 坡面方向單位向量

$$v_{slope} = v_{los} / (r_{east}u_{east} + r_{north}u_{north} + r_{up}u_{up})$$

公式- 3 視衛星方向(LOS)速度與坡面方向速度轉換關係

本案將解算範圍擴大到臺北市文山區、內湖區與新北市汐止區、新店區這 4 個行政區範圍，針對所選取之驗證颱風或強降雨事件，以明確之坡地社區土石崩塌事件，分析事件之前該社區 PS-InSAR 解算的位移趨勢，並進行徵兆潛勢網格之繪製，以與實際發生之災害事件點位進行比對驗證。

同時，亦針對 PS-InSAR 解算與分析技術進行精進，藉由以下 3 種精進做法，提升雷達衛星解算地表位移數據精確度，探討更進一步透過雷達衛星解算之位移量，進行大範圍空間普篩，繪製社區風險潛勢解算圖資。

在前期計畫中，計算網格平均變化速率時，並無考量每個 20 米 DEM 網格內 PS 點的數量多寡，若網格內只有 1 個精度不高的 PS 點時，網格平均速度受該 PS 點影響，若該 PS 點的品質不佳，會直接導致該網格精度亦不佳，因此本案針對網格內 PS 點數量進行統計分析，探討能否藉由 PS 點數量對網格進行篩選，以提高網格解算的精度，步驟如下：

(1) 對網格中所包含的 PS 點數量進行分群：

使用前期計畫成果中 10 個社區的解算資料，統計各網格內的 PS 點數量進行分群，因為包含 5 個 PS 點以上之網格數量相對較少，故將包含 5 個以上 PS 點之網格劃分為同一群，以利評估網格中 PS 點數量與誤差之關係。分群後的統計數據圖表如圖 2- 25，從圖中可看出，大多數網格僅包含 1 個 PS 點，若僅以單一 PS 點代表整個 20 米 DEM 網格之位移，可能產生較大誤差。

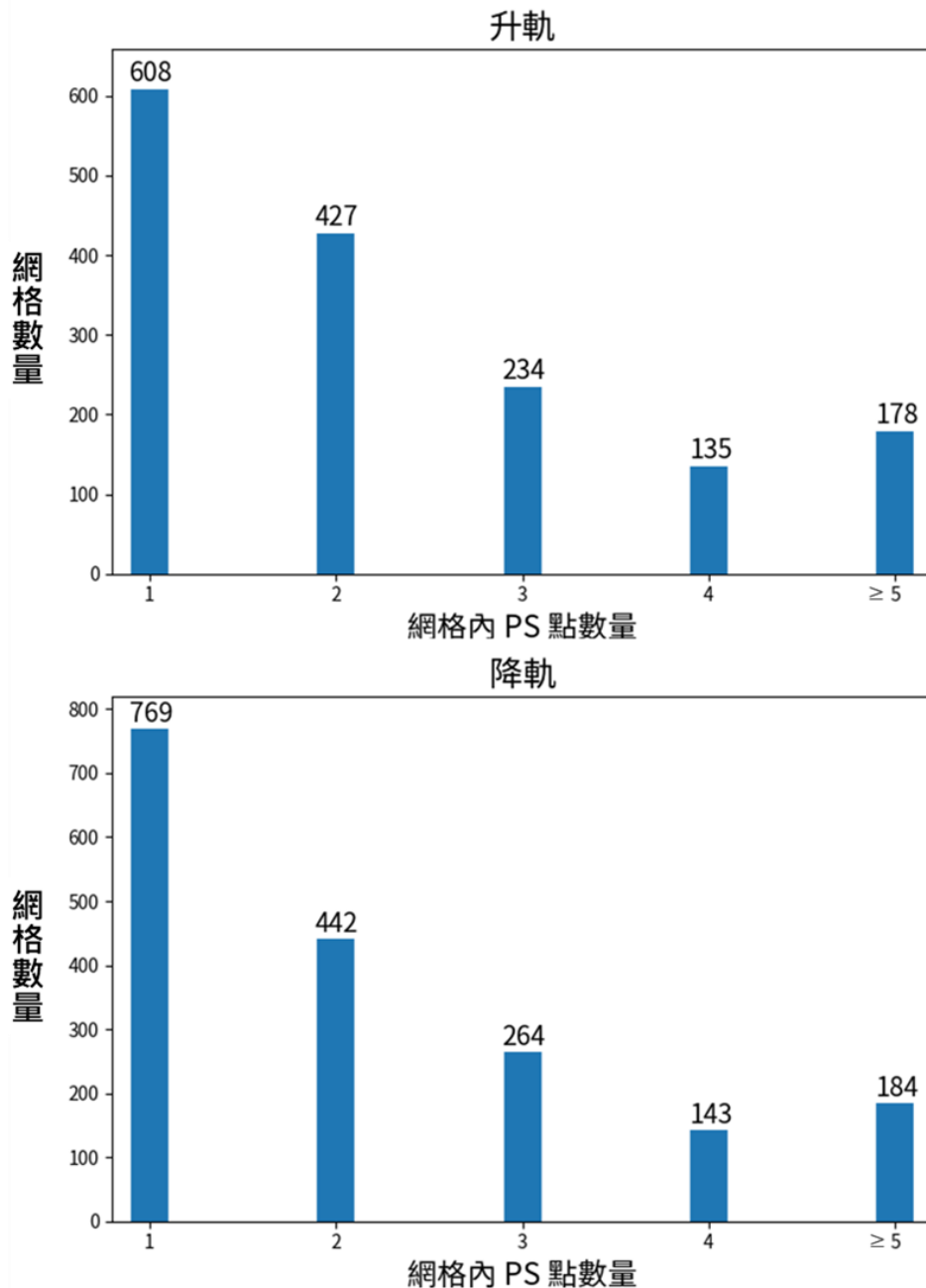


圖 2- 25 前期計畫中 20 米 DEM 網格內 PS 點數量分群統計圖表

(2) 均方根誤差(RMSE, Root Mean Square Error)計算：

針對 5 個分群的網格，計算各群網格內所有 PS 點的位移速率之 RMSE，可觀察到各級別之 RMSE 之分布如圖 2- 26。

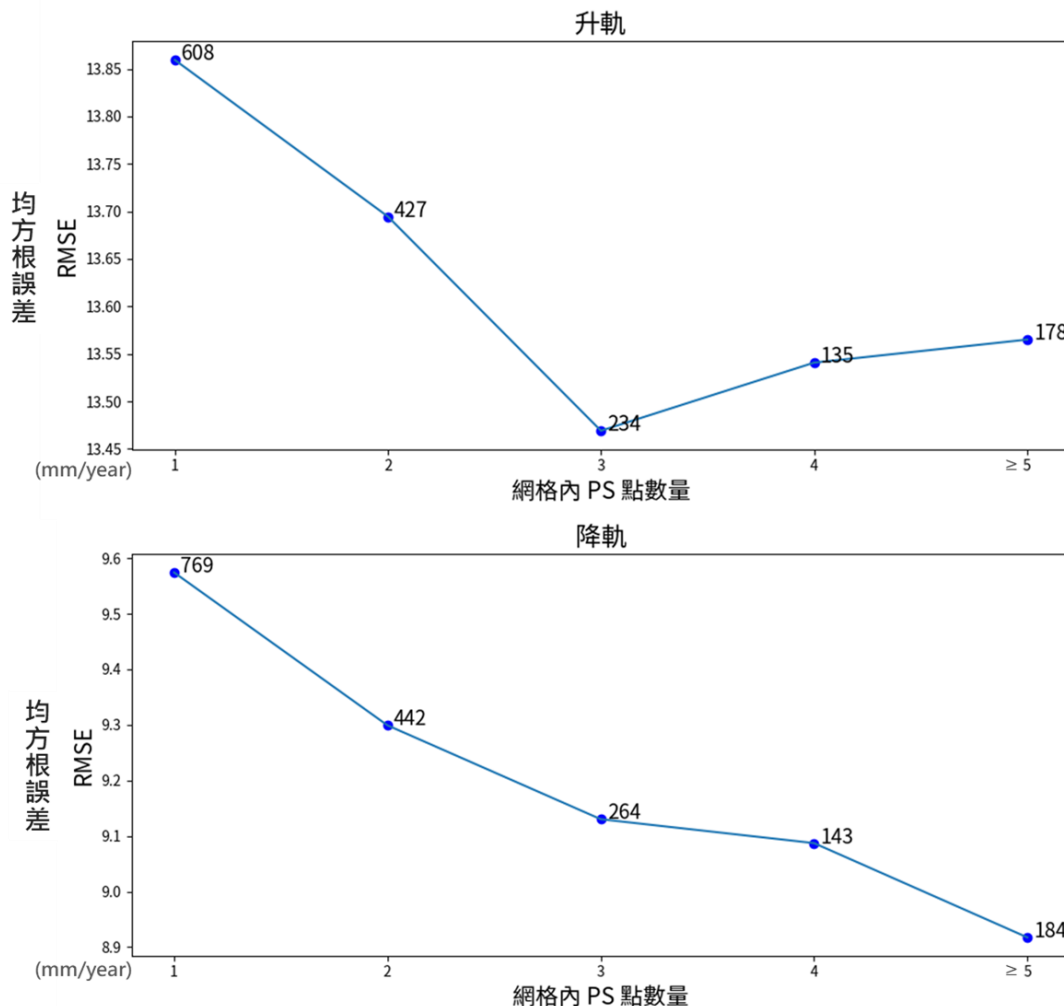


圖 2- 26 網格依照內含 PS 點數量進行分級後計算其統計誤差

圖 2- 26 中藍色點旁之數字，代表圖 2- 25 中所統計的各分群網格數量，以降軌為例，可觀察出網格內所包含之 PS 點數越多，RMSE 之值有降低的趨勢。

以此統計方法計算 PS 點之間的 RMSE，雖可能包含實際地表變形活動，但以相對數量而言，作為統計誤差之比較，仍能從圖 2- 26 中觀察到，整體誤差有隨著網格內 PS 點數增加而有逐漸下降之趨勢，代表若篩選包含 2 個以上 PS 點之網格，可有效降低誤差，產製更加合理反映地表變形之「社區地表變形活動度圖」。

1. 雷達衛星遙測解算技術精進作法

(1) 篩選有 2 個 PS 點(含)以上之網格並剔除離群值之資料點

承圖 2-26 之初步發現，本案將篩選包含 2 個以上 PS 點的網格進行位移速度圖繪製，雖減少離散 PS 點解算位移數據點位資料，可以收斂誤差，提升雷達衛星解算位移數據之精度。

更進一步而言，因為在每個 PS 點的時間序列可看到有部分偏差較大的離群值，本案針對每一個 PS 點的時間序列資料，剔除低於 10% 以下和高於 90% 資料分布之離群值(outlier)，如下圖所示。

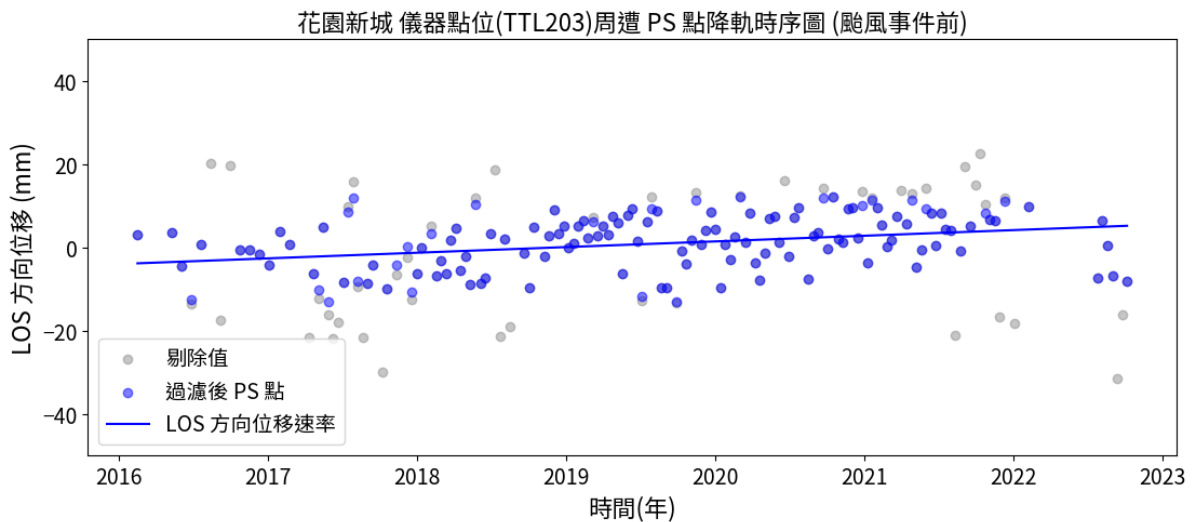


圖 2- 27 PS 點時序資料剔除離群值之說明

在資料分析過程中，我們亦發現 PS 點的時序資料存在類似雨季的季節性變化，例如圖 2- 9 中 PS 點時序資料分布。因此，我們探索了濾除整體地殼活動變化趨勢的方法，希望可透過參數校正的方式減少氣象因子的干擾，套用公式- 4 可移除 PS 點受季節性影響而產生之位移，藉此有望能更清晰地觀察到社區內 PS 點的位移變化趨勢。

$$y(t_i) = a + bt_i + c \cos(2\pi t_i) + d \sin(2\pi t_i) + e \cos(4\pi t_i) + f \sin(4\pi t_i) + \sum_{j=1}^{n_g} g_j \cdot H(t_i - T_{eq}) + \sum_{j=1}^{n_h} h_j \cdot H(t_i - T_{eq}) \cdot t_i + \sum_{j=1}^{n_k} k_j \cdot H(t_i - T_{eq}) \cdot \exp^{-(t_i - T_{eq})/\tau_j} + v_i$$

(Nikolaidis, 2002)

公式- 4 週期性校正公式

公式- 4 中，a 為截距，b 為震間期（interseismic period）地殼運動速率；係數 c、d 為年週期（annual period）變化之震幅；係數 e、f 為半年週期（semi-annual period）變化之震幅；g 表示時間序列中的不連續跳動，可能為地震造成的同震位移或是人為天線更換；h 為震後線性速率改變量；k 為震後變形呈指數衰減的現象；最後 v 為殘差項；其中 H 為階梯函數（Heaviside step function）， τ 則為鬆弛時間（relaxation time），代表震後變形衰減至總變形量的 1/e 所需時間。

(2) PS-InSAR 解算加入 PS 點間之相對位移

在選取的網格中，先計算每個網格內 PS 點在 LOS 方向的平均位移速度(公式- 5)，再計算中心網格之平均速度(\bar{V}_5)與其周圍相鄰 8 個網格之間的平均速度差，最後取絕對值最大的速度差，作為中心網格位移速度評估指標(ΔV_{max})如下圖 2-28 與公式- 6 所示。透過比較中心網格與周圍網格的平均速度差異，可以識別出可能存在位移異常的區域。較大的速度差代表該區域內可能存在較高的位移風險，從而將關注重點聚焦在變化量較大的區域，進一步探討是否有實際位移或破壞的發生。

$$\bar{V} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_{PSi}$$

公式- 5 20 米 DEM 網格內 PS 點平均位移計算公式

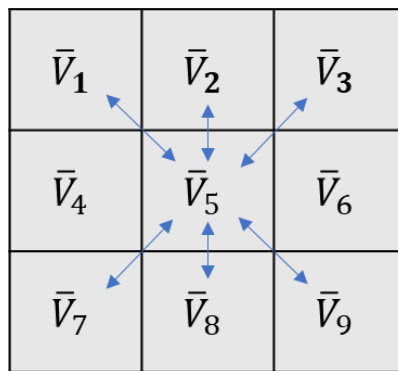


圖 2- 28 網格間相對位移計算示意圖

$$\Delta V_{max} = \max_{1 \leq i \leq 9, i \neq 5} |\bar{V}_5 - \bar{V}_i|$$

公式- 6 中心網格位移速度評估指標計算公式

(3) 探討坡面法向量篩選

在前期計畫中，曾探討過坡度坡向與衛星觀測方向(以下簡稱 LOS 方向)之間的關係。考量到坡度坡向對觀測結果造成的影響，本案規劃分析不同坡向上的 PS 點觀測結果，探討是否能藉由坡面法向量與 LOS 夾角角度篩選，進一步提升解算精度。

參照「山坡地土地可利用限度分類標準」，依據其一至六級坡之坡度(表 2- 6)，計算各區間內 PS 點的速度與 RMSE，對選取社區內的所有 PS 點進行分級，將坡度轉換成 LOS 方向與坡面法向量之夾角，如圖 2- 29，探討如果將法向量夾角作為篩選參數，是否能降低所選取之 PS 點之誤差，提高選取 PS 點之品質。

表 2-6 坡度分級對應表

坡度分級	坡度範圍	換算為角度
一級坡	坡度百分之五以下	0~2.87 度
二級坡	坡度超過百分之五至百分之十五以下	2.87~8.63 度
三級坡	坡度超過百分之十五至百分之三十以下	8.63~17.46 度
四級坡	坡度超過百分之三十至百分之四十以下	17.46~23.58 度
五級坡	坡度超過百分之四十至百分之五十五以下	23.58~33.37 度
六級坡	坡度超過百分之五十五	33.37~90 度

(備註：「坡度」係指一筆土地之平均傾斜比，以百分比表示之)

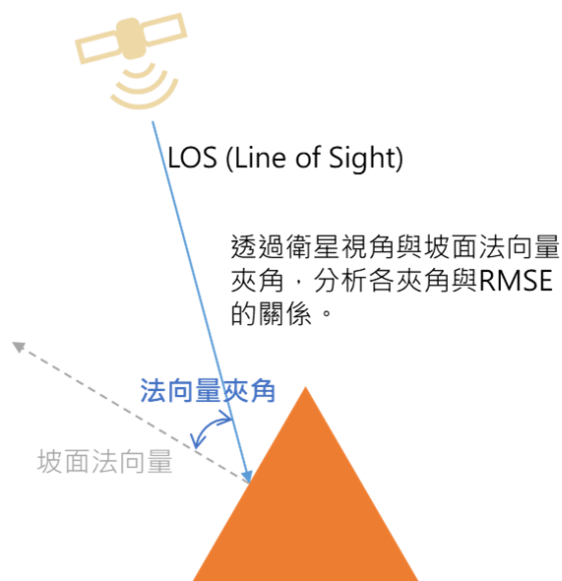


圖 2-29 衛星 LOS 與坡面法向量夾角示意圖

2. 驗證雷達衛星遙測解算結果

精進 PS-InSAR 解算與分析方法之後，本案擬將針對所收集之歷史災害事件，選取一場颱風豪雨或地震事件進行驗證分析，透過 PS-InSAR 解算分析技術，產出該社區於災害發生之前的年位移速率潛勢圖，與實際發生災害後之災點進行位移的比對，其目的在於驗證精進後產製之圖資是否更能夠協助坡地社區監管單位及民眾，於強降雨或地震時，可能發生災害之高潛勢地區(有潛移的地表變化量)，進行災前之風險管理作為。

針對坡地災害事件發生之後，如果能利用雷達衛星影像，進行災後之長期監控管理，亦能協助監管單位掌握該地區之長期地表變形之潛勢，有助於擬定日後災害之預防對策。

更進一步而言，如果選取研究之社區於事件發生之前，已有裝設連續監測設備，則能更進一步比對其連續監測設備之歷史觀測資料，分析災害發生之前雷達衛星觀測的大尺度範圍，與連續性檢監測設備所記錄之小尺度觀測範圍連續性時序資料之關聯性。透過到此二類型資料之關聯性分析，與解算分析結果所產製之社區風險預警圖資，未來可協助政府與民眾，在尚未裝設檢監測設備之地區，亦能透過公開之雷達衛星影像，進行低成本且大範圍之坡地災害風險快篩，促進坡地社區之安全簡監測，保障民眾生命財產安全。

(二) 坡地社區監測規範探討

透過上述的雷達遙測與現地監測儀器或災害事件紀錄交叉比對，篩選合適的示範社區清單進行坡地社區雷達衛星遙測之應用案例研究，此研究成果提供檢監測設備應用推廣階段之參考資訊，以利各地區管理單位進行數位化管理轉型。以下分別就政策面、法規面、設備面、標準面、資料面及創新面進行深入探討，分析架構圖 2-30 所示。

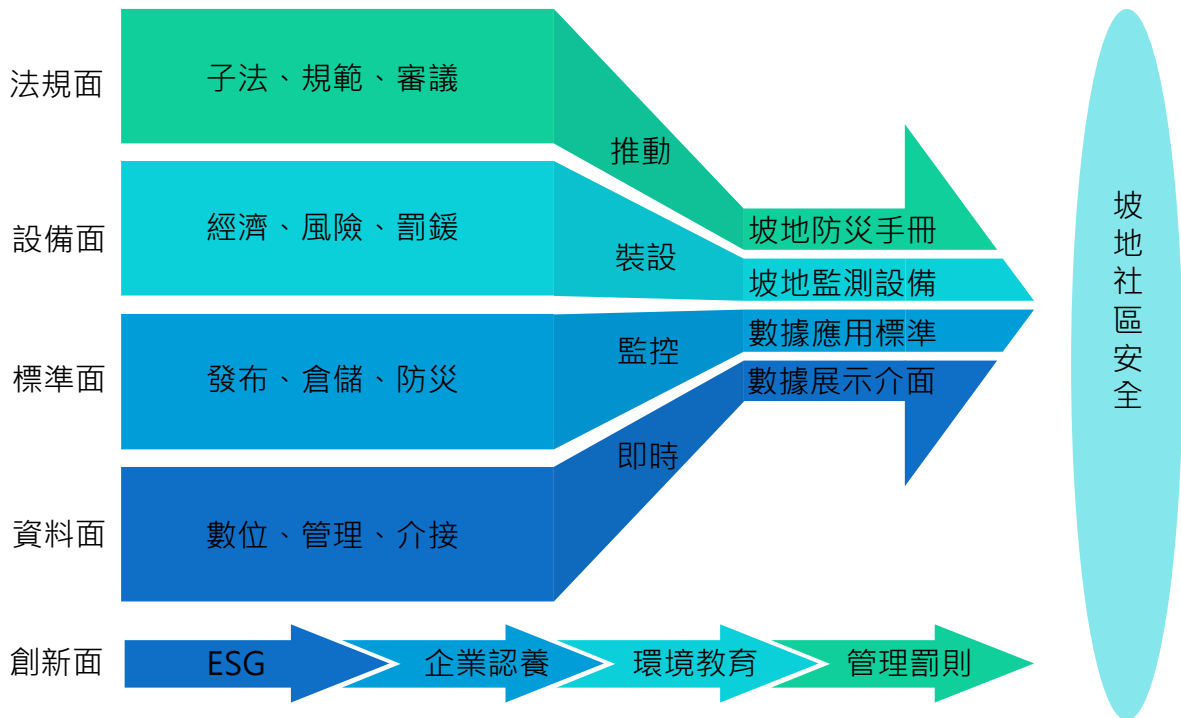


圖 2- 30 坡地社區檢監測規範研究解析流程圖

1. 法規面

每個地區保全對象所面臨的災害與管理單位都不盡相同，不同社區的特性不同，例如山坡地社區和部落社區，其管理單位應根據不同社區的需求和能力制定相應的法規。從坡地社區的角度出發，探討不同於災害潛勢的保全對象和管理方式，透過綜整過去坡地社區監測相關條例、規範、審議制度及研究報告，作為本案社區檢監測設備、展示系統建置及發佈資訊規格參考依據。此外，尋求可易於推動架設坡地社區環境監控設備的可行機制，其中教育社區居民進行自主防災是重要的一環，可透過提供民眾坡地防災手冊來提升民眾自主防災意識，由下而上的推動方式，讓坡地社區的安全防護手段更加完善。

2. 設備面

本案先以臺北市與新北市具有檢監測觀測資料可整合展示的社區做為示範案例研究，後續讓管理單位可依社區特性自行建置安全監測系統。探討管理單位的管制強度、警戒值參數設定、系統操作方式、檢監測設備類別與檢監測觀測項目，不同災害需要不同的警戒物理量，例如雨量、傾斜角度等，

現有坡地社區內檢監控設備資料，如傾斜儀，需納入社區外部資訊，如所在集水區的氣象站雨量資料，以及評估各式警戒資訊(如土石流警戒基準值，道路警戒基準值等)，整合相關災害風險資訊，提供社區管理者或其他管理單位參考，讓坡地社區的防災應變更有效率地進行。

3. 標準面

透過檢視臺北市與新北市政府坡地社區檢監測設備資料格式，先進行資料清洗與轉換，另參考大規模崩塌監測資料規範中所列 17 項坡地監測儀器資料標準規範(農業部農村發展及水土保持署, 2024)，將資料格式統一存到資料庫，整合統一資料呈現方式，並介接於展示頁面可行性測試，透過本案提供標準化 API 與資料格式轉換概念，提供各界通用的展示方式建議供各界參考。

4. 資料面

以新北市為例，新北市目前已經有即時資料可進行介接展示，而臺北市主要為歷史資料為主，前期作法可爭取數位化檢監測資料預算，建置 2022 到 2023 一年期的檢監測整合資料透過雲端即時傳輸方式於系統上呈現，其他即時資訊可使用中央氣象署及水利署之資料 API，建置雨量、水位監控即時展示，透過雨量、水位資料迴歸計算逕流參數進行修正。未來資料開放後可將將新的坡地社區建案納入管理，類似於土石流潛勢溪流，需要定期調整和新增社區災害風險相關資料，如社區資訊、檢監測觀測資料項目，透過滾動式更新方式不斷提升系統評估能力。

5. 舉辦專家座談會

透過專家座談會方式，彙整專家提供可行的坡地社區檢監測設備推行機制建議，以及推薦的檢監測設備種類，本案提供標準化檢監測設備資料倉儲、發佈的示範作業，整合即時資訊並提供各種檢監測種類展示形式，來提供各領域應用推廣。

本案規劃舉辦 2 場專家座談會來彙整坡地社區檢監測設備的推行機制、設備種類、資料傳出標準及資訊展示規劃，座談會主要內容如下：
座談會一，針對法規面與現有坡地檢監測設備進行盤點建議(法規面、設

備面)，座談會二，針對坡地檢監測設備資料串接展示介面進行延伸探討(設備面、標準面、資料面)。

(三) 監測資料串接與即時展示

透過即時資料與靜態資料的資料蒐集與介接，示範將坡地防災資訊進行標準化資料清理，匯入至倉儲資料庫中，並訂定開發標準化 API 介面之規格，提供標準化 API 資料格式，以協助需求單位使用不同前端介面進行介接展示坡地檢監測時序資料，並將時序資料進行地理空間關聯性比對，例如降雨對於坡地社區範圍之影響數據計算、檢監測儀器安裝至社區之觀測點位等，並應用圖表進行各項連續且即時性的檢監測資料視覺化展示，整體規劃架構如圖 2-31 所示。本案使用 PS-InSAR 解算後之社區地表變形活動度圖，如經事件驗證後貴所認為具參考價值，亦可將圖資整合呈現於此展示介面。

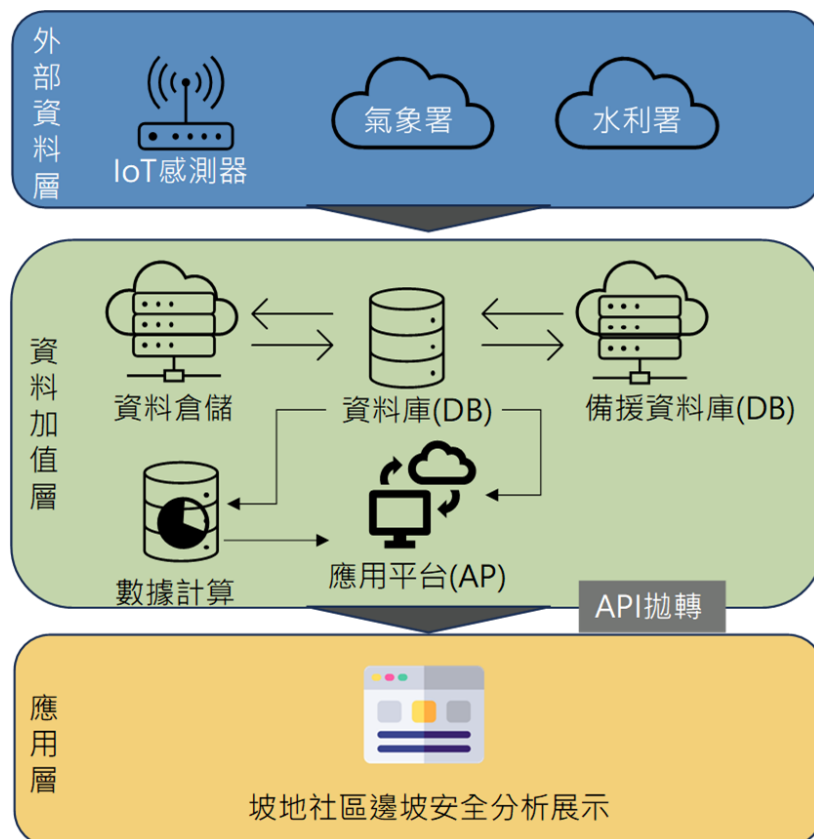
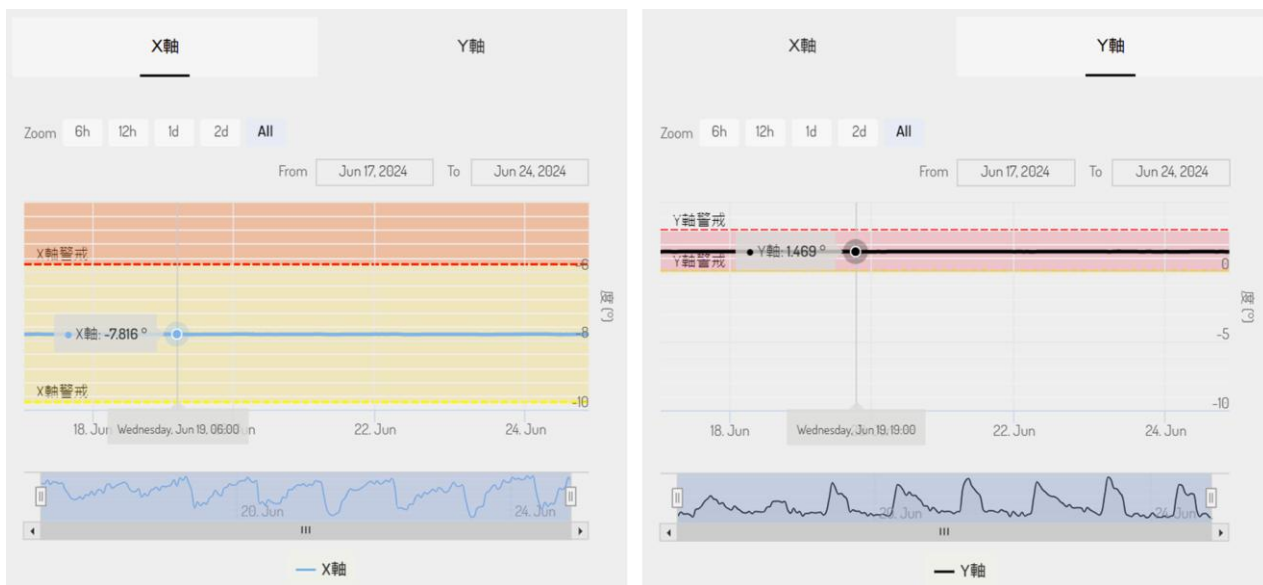


圖 2-31 即時展示介面服務層級架構示意圖

1. 既有檢監測設備資料

(1) 即時檢監測 IoT 資料 API 介接

根據期中階段已收集到可供介接之檢監測設備，已有新北市政府提供可介接之電子式傾斜儀即時監控資料 API，該 API 提供了電子式傾斜儀 X 軸與 Y 軸兩個方向之傾度監測，量測單位為角度，其時序資料之圖表展示如圖 2-32。



(新北市政府工務局, 2023)

圖 2-32 新北市坡地社區檢監測儀器傾斜儀之資料內容展示

(2) 非即時檢監測資料

根據期中階段已收集到由臺北市政府工務局大地工程處所提供之檢監測設備歷史資料，包含傾斜管、地下水水位計與傾度盤資料，其資料格式為 Excel 檔案(.xlsx 檔)儲存之表格資料，收錄方式為各行政區負責之順向坡巡勘廠商，依據順向坡之風險等級，安排專業技師每月或每季至觀測點位，取回該檢監測設備之監測資料、上傳至管理平台資料庫，並於計畫成果報告中，提供檢監測設備之觀測解讀與繪製資料圖表，詳細內容可參閱本報告書章節壹、一、(一)1 臺北市坡地檢監測設備(第 71 頁)。

針對此類非即時資料之處理，本案建議可規劃對應之資料轉檔機制，將歷史觀測資料轉換為易於網頁查閱、以圖表顯示之格式，以利將歷史資料收錄至後端資料倉儲。資料倉儲化後，可透過標準化之應用程式介面(API, Application Programming Interface)，將此類歷史監測資料提供給前端展示介面呈現，或提供需求單位介接查詢使用。

監測站代號(必填)	觀測日期(必填)	測軸方向(必填)	初始值1(必填)	初始值2(必填)	觀測值1(必填)	觀測值2(必填)	A變化量(mm)(必填)	傾斜量度(必填)	傾斜量分(必填)	傾斜量秒(必填)
station_id	Obs_Date	Axi	Ini_1	Ini_2	Obs_1	Obs_2	Amo	Deg	Min	Sec
GE00001_TI_WS-001-T01	2022/8/12 1_3		650	-656	633	-654	-19	0	-1	-18
GE00001_TI_WS-001-T01	2022/8/12 2_4		-149	141	-147	125	18	0	1	14
GE00001_TI_WS-002-T01	2022/8/12 1_3		-1716	1706	-1744	1727	-49	0	-3	-22
GE00001_TI_WS-002-T01	2022/8/12 2_4		146	-151	144	-151	-2	0	0	-8
GE00001_TI_WS-002-T02	2022/8/12 1_3		-2165	2159	-2179	2158	-13	0	0	-53
GE00001_TI_WS-002-T02	2022/8/12 2_4		89	-85	85	-96	7	0	0	28
GE00001_TI_WS-002-T03	2022/8/12 1_3		-1955	1945	-1950	1932	18	0	1	14
GE00001_TI_WS-002-T03	2022/8/12 2_4		8	-13	-16	3	-40	0	-2	-45
GE00001_TI_WS-002-T04	2022/8/12 1_3		-1362	1350	-1323	1321	68	0	4	40
GE00001_TI_WS-002-T04	2022/8/12 2_4		31	-44	-86	63	-224	0	-15	-24
GE00001_TI_WS-025-T01	2022/8/12 1_3		-134	132	-139	123	4	0	0	16
GE00001_TI_WS-025-T01	2022/8/12 2_4		404	-411	401	-420	6	0	0	24
GE00001_TI_WS-071-T01	2022/8/12 1_3		139	-147	179	-200	93	0	6	23
GE00001_TI_WS-071-T01	2022/8/12 2_4		119	-130	79	-103	-67	0	-4	-36
GE00001_TI_WS-071-T02	2022/8/12 1_3		439	-450						
GE00001_TI_WS-071-T02	2022/8/12 2_4		992	-999						
GE00001_TI_WS-071-T03	2022/8/12 1_3		-321	322	-329	320	-6	0	0	-24
GE00001_TI_WS-071-T03	2022/8/12 2_4		-64	50	-74	47	-7	0	0	-28
GE00001_TI_WS-071-T04	2022/8/12 1_3		559	-563	541	-568	-13	0	0	-53
GE00001_TI_WS-071-T04	2022/8/12 2_4		-413	425	-424	419	-5	0	0	-20
GE00001_TI_WS-071-T05	2022/8/12 1_3		660	-667	663	-684	20	0	1	22
GE00001_TI_WS-071-T05	2022/8/12 2_4		-75	71	-77	57	12	0	0	49

圖 2- 33 臺北市順向坡檢監測儀器傾度盤資料收錄表格

2. 標準化 API 規格說明

參考目前國家發展委員會已制定的資料集詮釋資料標準規範及共通性 API 規範內容，整合時序型檢監測資料(GNSS、IoT 監測資料等)和地理空間資料圖資，發佈 API 介接服務之介面規則，進行標準化作業，在此標準框架下整合各式坡地社區防災資訊，以提供需求單位方便使用不同前端介面介接展示呈現即時資料與數據分析資訊。

為了利用自動化檢監測設備所產生的各式資料，建議可建立一個時序倉儲資料庫，將不同格式與內容的資料統一轉換成檢監測數據詮釋資料、時序與關聯性資料庫。透過標準化的 API 格式(如表 2- 7 提供之範例)，將倉儲資料庫所收錄的儀器設備資訊、歷史資料、以及功能圖資等，提供給需求單位。這樣的架構可以提高既有坡地檢監測資料的可用性和互動操作性，也方便後續資料的管理和更新。

JSON(JavaScript Object Notation)是依照 JavaScript 物件語法的資料格式，以純文字為基底去儲存和傳送簡單結構資料，具有相容性高、格式容易閱讀及修改、支援多種資料格式與函式庫等優點，可以非常簡單的跟其他程式溝通或交換資料，廣泛應用於網站上的資料呈現及傳輸，例如將資料從伺服器送至用戶端，顯示於用戶端瀏覽器網頁。

表 2-7 自動化監測資料 API 規劃範例

輸出格式	JSON 格式
編碼格式	UTF-8
功能	讀取某儀器類型所有儀器相關資訊
輸出格式	資料集詮釋資料的欄位與內容： {"instrument_id": "OW_1", (儀器英文編號) "longitude": 121.773847, (WGS84 坐標) "latitude": 25.104332, (WGS84 坐標) "description": "w_level 水位(m); [紀錄變數名稱可自訂, 並請於本欄位詳細說明儀器紀錄內容、格式與單位等]}.
範例	URL: http://[ip]/api/OW_A2 [儀器類型] URL: http://[ip]/api/LC_A2 [儀器類型] [{"instrument_id": "ET_1", "description": "電子式傾斜計", "unit": "sec", "latitude": "24.93473535", "longitude": "121.4197325"}, {"instrument_id": "ET_2", "description": "電子式傾斜計", "unit": "sec", "latitude": "24.93418665", "longitude": "121.41939185"}]

3. 即時展示介面創意構想

除了坡地檢監測儀器以外，規劃一個能協助監管單位將這些即時資料以視覺化圖表呈現，協助使用者更容易理解資料，將其轉為有意義的參考資訊，並提供使用者友善的圖台操作介面，是整合式系統開發的重要的議題，因此本案規劃於即時展示介面，整合以下創意構想作整體呈現。

(1) 坡地社區受降雨衝擊指標

本案參考用於推估集水區洪峰流量之合理化公式(公式- 7)，設計「坡地社區受降雨衝擊指標」(後續簡稱 Q_s 指標)，協助貴所於展示介面中，依照坡地社區所在地理位置，與鄰近雨量站之即時雨量觀測值，即時計算此 Q_s 指標，作為坡地社區於強降雨事件中，受降雨衝擊之觀察指標。

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

公式-7 合理化公式

在合理化公式中 Q 代表洪峰流量，單位為 CMS；I 為降雨強度，單位為 mm/hr 且需考慮重現期距；C 為集水區逕流係數(參考圖 2-34)，A 代表集水區面積，單位為公頃。

集水區狀況	陡峻山地	山嶺區	丘陵地或森林	平坦耕地	非農業使用
無開發整地區之逕流係數	0.75-0.90	0.70-0.80	0.50-0.75	0.45-0.60	0.75-0.95
開發整地區整地後之逕流係數	0.95	0.90	0.90	0.85	0.95-1.00

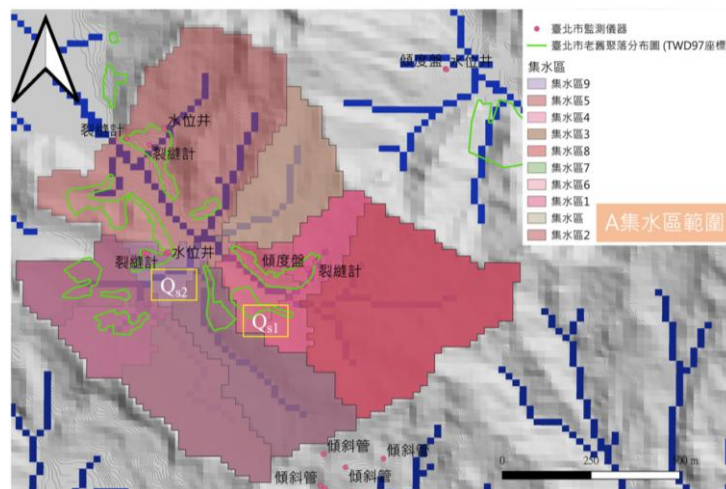
(資料來源：水土保持技術規範)

圖 2-34 逕流係數參考值

本案將選定 2 個示範社區，計算此 2 坡地社區之集水面積 A_{s1} 與 A_{s2} 之值與該社區集水區範圍圖資後，依照其社區特性選用參數 C_{s1} 與 C_{s2} ，即可針對示範社區，使用鄰近社區之雨量觀測值，律定出即時運算的 Q_{s1} 及 Q_{s2} ，並整合於示範展示介面中，做即時數據之運算與展示，供貴所可於強降雨時，開始針對示範社區進行 Q_s 指標之監控。

$$Q_s = \frac{1}{360} C_s \times I \times A_s$$

公式-8 坡地社區受降雨衝擊指標公式

圖 2-35 坡地社區受降雨衝擊指標 Q_s 之計算與圖資呈現概念示意圖

第三章 研究成果說明

第一節 雷達衛星遙測解算結果驗證

本案透過兩個步驟進行驗證，首先我們精進解算分析技術，依據研究方法中所述，利用 20 米 DEM 網格中的 PS 點（永久散射體，Permanent Scatterer）數量篩選、剔除 PS 點的離群值等探討是否能縮小整體 PS 點的偏差，提高所選取網格與 PS 點的可信賴度。隨後，根據精進方法所重新篩選出的 PS 點，計算它們之間的位移變化量，產製年位移速度潛勢圖，以篩選出坡地社區位移變化的熱區，最後再將每個網格之年位移速度，依照設定之位移速率區間進行分級上色，產製社區地表變形活動度圖。

第二步則透過特定事件的驗證，不僅比對坡地社區的連續監測數據，還納入實際發生災情的點位。由於監測儀器的佈設點位較為稀疏，能取得之歷史觀測資料數量有限，比對透過確定的災點，能作為實際發生較大變化的參考，因此將災點作為額外的驗證點位。藉此，能更全面地探索在經歷颱風或地震等事件前後，雷達衛星解算的位移變化熱區是否確實發生位移。

(一) 雷達衛星遙測解算技術精進作法

本案於期中階段，使用 2015 年底至 2023 年 7 月底共 397 幅 Sentinel-1 雷達影像(升軌 ASC 216 幅，降軌 DES 181 幅)，期末階段新增今年度 2023 年 7 月至 2024 年 5 月底共 52 幅 Sentinel-1 雷達影像(升軌 ASC 25 幅，降軌 DES 27 幅)之 PS-InSAR 解算成果，同時將解算範圍擴大至本案研究區域(臺北市：內湖區、文山區；新北市：新店區、汐止區)，針對坡地社區範圍內雷達衛星遙測解算高風險區域區位，對應歷史災情事件時間區間，比對前期計畫解算方式(納入全部 PS 點進行分析)與本案精進作法(篩選 2 個以上 PS 點之網格，並加入 PS 點時序資料校正與網格相對速度差之分析)，檢視兩個方式捕捉到災情點位的比率，探討本案精進方式的改善程度。最後將透過災情事件的驗證，分析事件前後的 PS 點數值差異，做更細緻化的災情分析，探討新的做法是否能提升技術可靠性，做更細緻

化的災情分析，精進雷達衛星遙測解算資訊解釋能力。

整體而言，本案整體資料處理與分析流程圖如圖 3- 1，以下將依照此流程，針對各選取社區逐步進行分析。

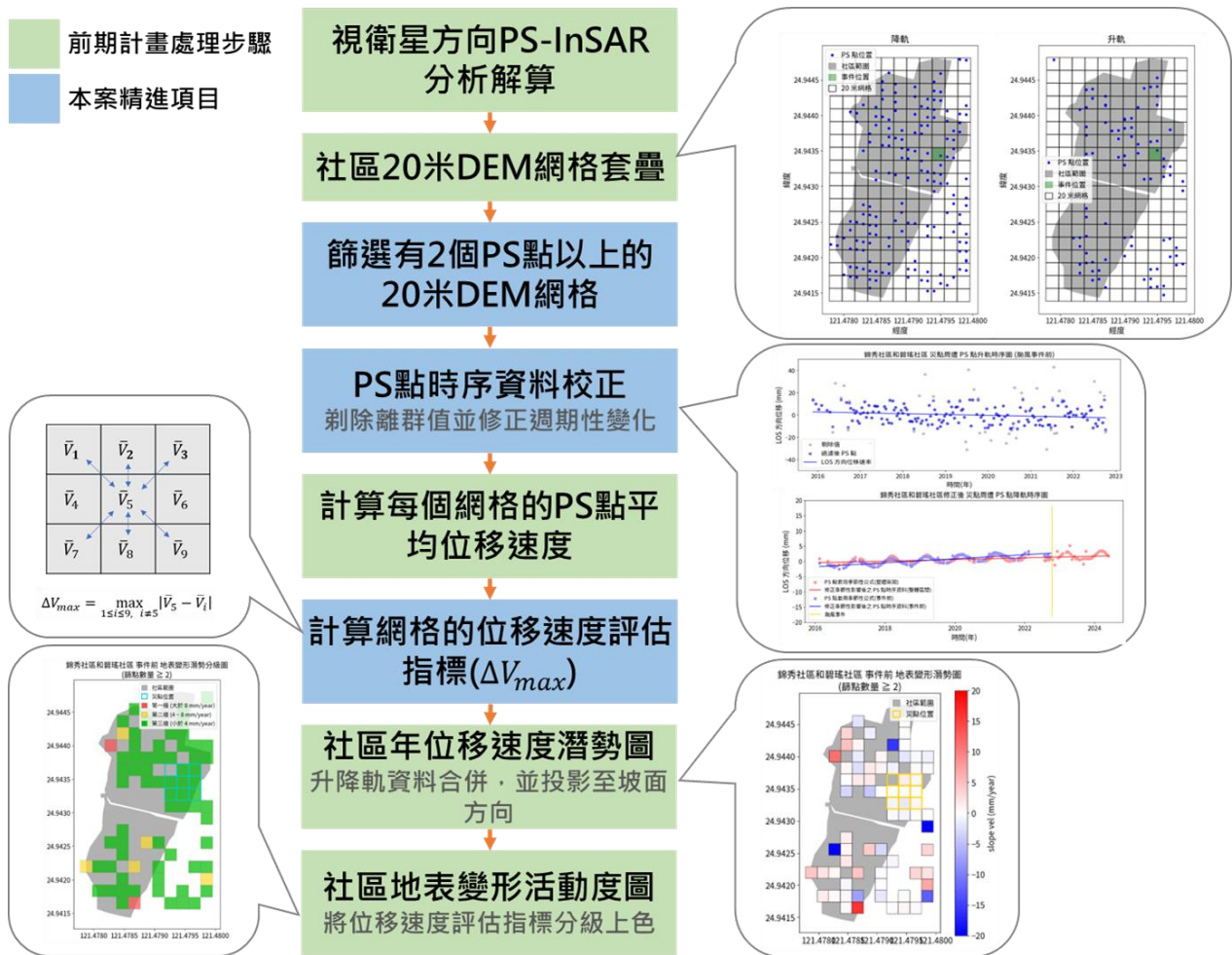


圖 3- 1 雷達衛星遙測解算分析流程圖

(二) 本案研究之社區與災害事件

回顧雙北地區顯著坡地災情，將近幾年較顯著的災害事件或檢監測儀器紀錄之事件，彙整如表 3- 1，事件依時序由新至舊排列。

經歷史災害資料收集與調查後，考量 sentinel-1 衛星 SAR 影像最早始於 2015 年底，因此聚焦於 2016 年以後與坡地社區最相關之坡地災害事件，以利與 InSAR 解算分析成果作比較。本案根據災情與監測儀器歷史資料收集彙整結果，鎖定 2022 年 10 月發生之尼莎颱風事件進行研究，並選取表 3- 1 中編號 2 至編號 5 的事件(災點紀錄影像如圖 3- 2)，選取其社區或順向坡範圍，進行該區域 2015 年至 2022 年 10 月中之 SAR 影像解算

分析，產製這幾個區域在尼莎颱風事件前之社區地表變形活動度圖，比對實際災害發生點位兩者之間的關係。



新北市汐止區伯爵山莊(表 3-1 編號 2)



臺北市內湖區安泰街 191 號附近(表 3-1 編號 3)



臺北市內湖區內湖路 2 段 179 巷 54 號前(表 3-1 編號 4)



新北市新店區碧瑤、錦秀社區(表 3-1 編號 5)

圖 3-2 尼莎颱風事件災點紀錄

表 3-1 2016 年後受颱風或地震影響之坡地災害事件紀錄彙整表

編號	社區名稱或順向坡編號	災害事件時間	事件簡述	災害點位	已掌握之檢監測設備
1	新店區安泰路 60 巷坍塌	2024.04.03	地震造成住戶前方邊坡坍塌，受影響 6 戶。	新店安泰路 60 巷 90 弄住宅門前	-
2	汐止區伯爵山莊第一期、伯爵山莊三代	2022.10.16-17 尼莎颱風	汐止區伯爵街 6 巷底靠山壁側土石流。	伯爵街 6 巷 10~13 號；伯爵街 3 巷道路淤埋長度約 20 公尺、受災住戶包含 13 號及 15 號之大樓 1 棟	2023.9 月裝設裂縫尺
3	內湖區順向坡 CGS-0744-NH-183	2022.10.16-17 尼莎颱風	安泰街 191 號(聖明山道祖廟)路基斷裂及邊坡土層淺層崩塌，崩塌面積寬約 5m，高約 16m。	安泰街 191 號	-
4	內湖區內湖路 2 段 179 巷 54 號前	2022.10.16-17 尼莎颱風	落石數顆阻斷車道	內湖路 2 段 179 巷 54 號前	-
5	新店區碧瑤社區、錦秀社區	2022.10.16-17 尼莎颱風	2022 年 8 月初錦秀 57 巷底傾斜儀，出現傾斜儀法向傾斜超出原始警戒值，10 月 17 日尼莎颱風期間監測再度超過第二階門檻，緊急通報社區與新北市工務局進行處理與應變措施。	錦秀 57 巷底傾斜儀(109 年新北市政府補助裝設，期滿後社區自費維運)	同一擋土牆，於錦秀 49 巷底有新裝設傾斜儀，目前由新北市政府維運中，已取得 API 介接
6	文山區萬壽路 57 號後方邊坡	2021.06.04	強降雨發生土層坍塌	強降雨發生土層坍塌後，萬壽路通往動物園貓纜園內站方向陡坡處因降雨誘發落石	-
7	汐止區東勢街高級社區崩塌	2017.10	坍方面積約 3 個籃球場大	無相關紀錄	-
8	汐止區明園山莊	2017.10	山坡地擋土牆發生坍方意外	明園山莊東側	-

(資料來源：國家災害防救科技中心災害事件簿查詢展示系統、臺北市政府工務局大地工程處相關計畫成果報告、新北市政府工務局，2023、網路新聞彙整)

本案選取尼莎颱風事件，進行分析研究，除了表 3-1 鎖定發生災情的社區外，亦納入新店區花園新城社區作為分析對象，主要是因為該地區在前期計畫中裝設了 GNSS 監測設備，儘管未發生實際災情，亦能做為比對觀察該社區於儀器裝設點位之解算結果。綜整上述考量，本案所研究之社區範圍彙整如表 3-2。

表 3-2 本案所分析之社區列表

編號	社區名稱或順向坡編號	災害點位	已掌握之檢監測設備	是否可分析
1	汐止區伯爵山莊第一期、伯爵山莊三代(後續簡稱「伯爵山莊」)	伯爵街 6 巷 10~13 號；伯爵街 3 巷道路淤埋長度約 20 公尺、受災住戶包含 13 號及 15 號之大樓 1 棟	2023.9 月裝設裂縫尺	是
2	內湖區順向坡 CGS-0744-NH-183	安泰街 191 號	-	是
3	內湖區內湖路 2 段 179 巷 54 號前	內湖路 2 段 179 巷 54 號前	-	否
4	新店區碧瑤社區、錦秀社區	錦秀 57 巷底	<ul style="list-style-type: none"> • 傾斜儀：錦秀 49 巷 • 傾斜儀：錦秀 57 巷(社區自營) 	是
5	新店區花園新城社區	無	<ul style="list-style-type: none"> • GNSS 監測：TTL203 • GNSS 監測：TTL204 (前期計畫中 TTL202 點位) 	是

首先針對上表 5 個社區之 PS 點空間分布進行分析，確認表 3- 2 中各分析社區(或順向坡範圍，後續皆簡稱為「社區」)中之災害點位(或監測儀器點位)所在網格，是否包含 PS 點，如有則可進行後續分析步驟。各社區 PS 點分布對應災情點位或儀器點位之分析如下圖 3- 3 至圖 3- 7，以下依照社區分別檢視說明。PS 點的空間分布確認後標示於表 3- 2 中「是否可分析」欄位。

1. 汐止區伯爵山莊第一期、伯爵山莊三代

此二社區距離相近，由同一建商所建，且社區圖資有重疊之處，因此本案將這兩個社區範圍疊圖一併進行研究分析，後續簡稱「伯爵山莊」，經確認災情事件點位所在網格有包含PS-InSAR分析技術所解算之永久散射點(PS點)，因此，此社區可進行後續分析。

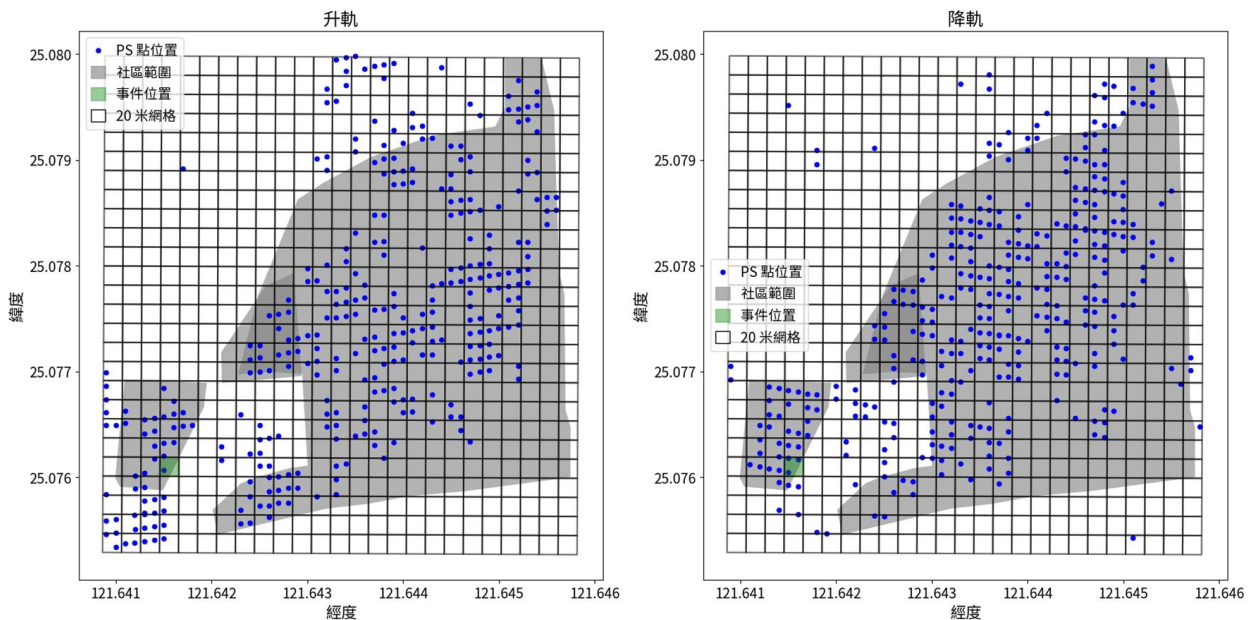


圖 3-3 伯爵山莊：災情事件點位與 PS 點分布圖

2. 內湖區順向坡 CGS-0744-NH-183

此社區範圍為由臺北市所管轄之順向坡，後續簡稱「內湖區順向坡」，經確認災情事件點位所在網格有包含PS-InSAR分析技術所解算之永久散射點(PS點)，雖然僅有升軌部分，且數量不多，仍可嘗試進行後續分析。

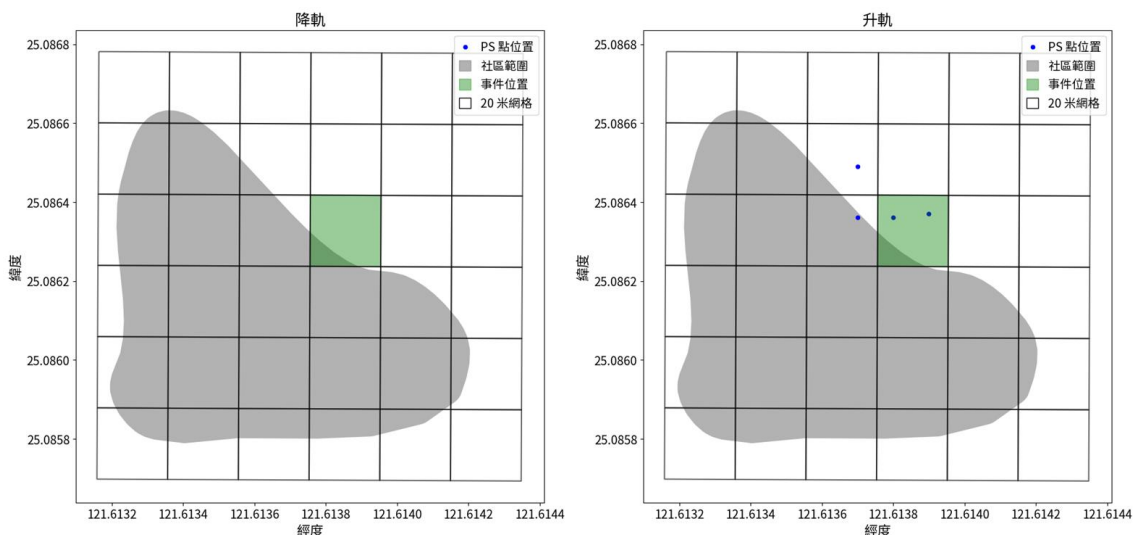


圖 3- 4 內湖區順向坡：災情事件點位與 PS 點分布圖

3. 內湖區內湖路 2 段 179 巷 54 號前

此災情點位附近，雖有對應臺北市所管轄之順向坡，但經確認災情事件點位所在網格，及其鄰近網格皆無包含 PS 點，因此此事件點位無法進行後續分析。

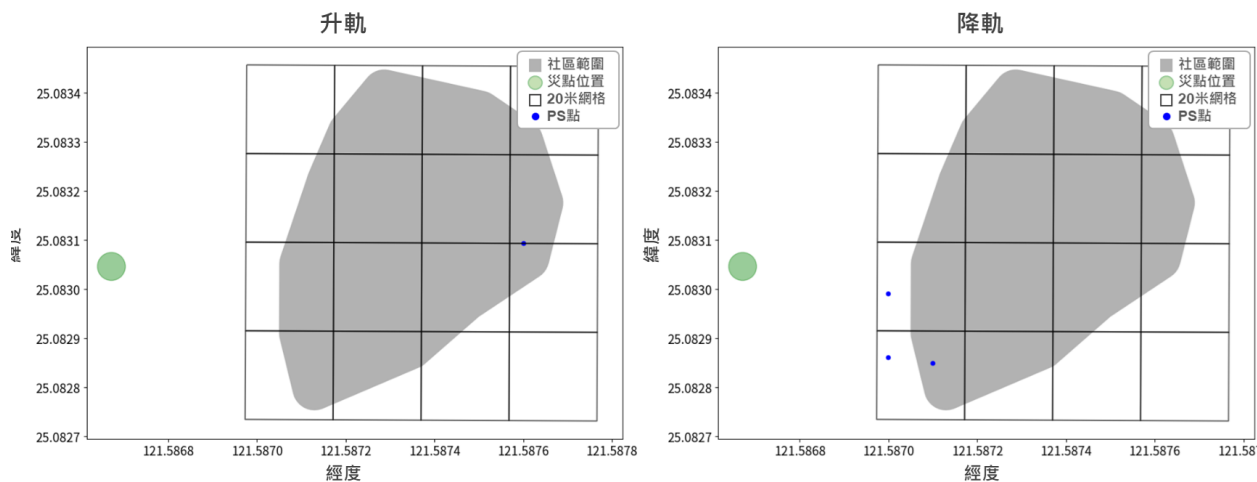


圖 3- 5 內湖區內湖路 2 段 179 巷 54 號前：災情事件點位與 PS 點分布圖

4. 新店區碧瑤社區、錦秀社區

此二社區位置相鄰，且皆有安裝監測儀器，故一併檢視，後續簡稱「錦秀碧瑤社區」，上半部範圍為錦秀社區，下半部為碧瑤社區。經確認災情事件點位所在網格有包含 PS 點，因此，此社區可進行後續分析。

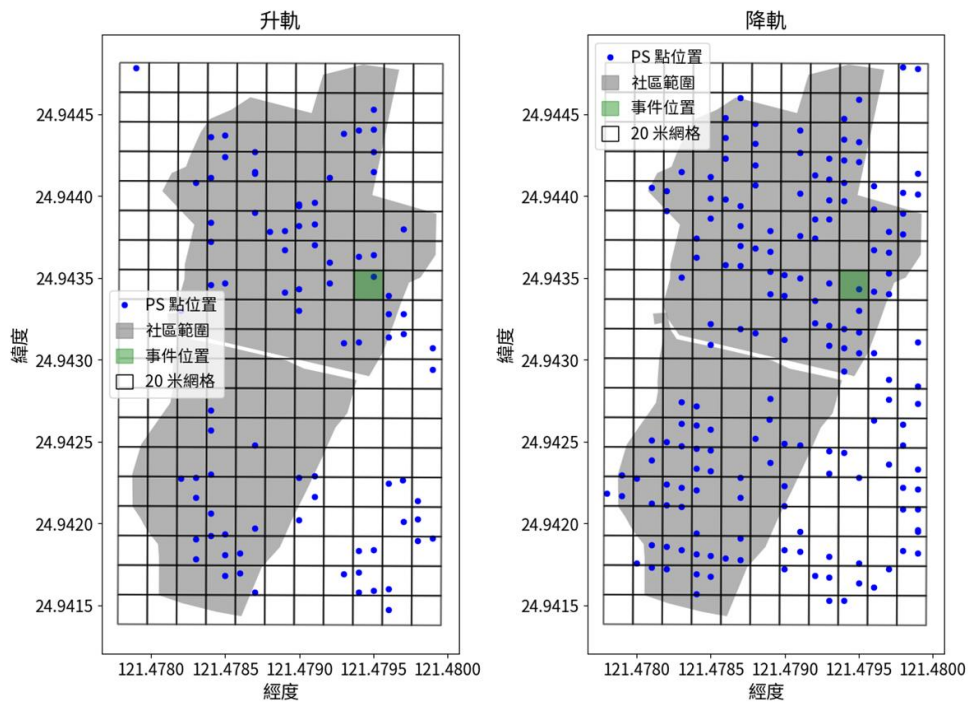


圖 3-6 錦秀碧瑤社區：災情事件點位與 PS 點分布圖

5. 新店區花園新城社區

此社區於 110 年計畫安裝 GNSS 監測設備，持續進行監測中，且 111 年計畫之分析亦包含此社區，此社區於尼莎颱風期間雖無災情，但可針對 GNSS 儀器點位 TTL203 及 TTL204(同 TTL202)周遭進行分析，比對 GNSS 監測數據所反映之狀況。經確認儀器點位所在網格(或其附近)有包含 PS 點，因此，此社區可進行後續分析。

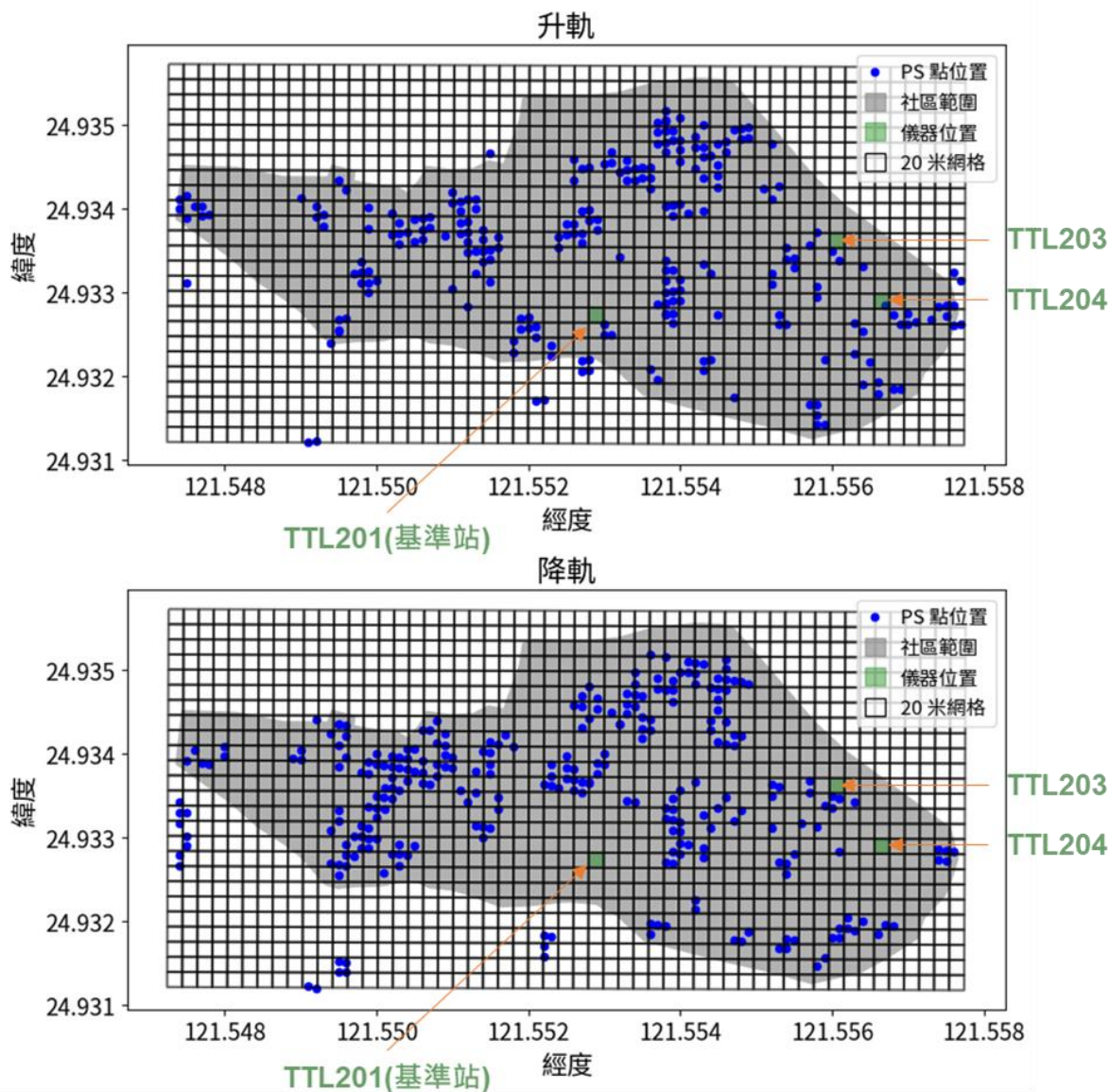


圖 3-7 花園新城社區儀器點位與與 PS 點分布圖

(三) PS 點篩選與時序資料處理

接下來將針對表 3-2 中可分析之 4 個社區進行 PS 點時序資料處理，在本案的處理方法中，首先針對每一個 PS 點的時序資料進行篩選，第一步先將僅包含 1 個 PS 點的網格剔除，選取包含 2 個 PS 點以上的網格；第二步則針對留下的 PS 點時序資料進行校正，先剔除離群值再消除週期性的變化；第三步則以網格為單位，計算該網格中所有 PS 點的年位移速度，再取平均值作為該網格之平均年位移速度。最後再針對每個網格與

其週遭相鄰的網格，計算網格位移速度評估指標(ΔV_{max})。

針對每個社區，皆分為尼莎颱風事件前(選取 2016 年 1 月至 2022 年 10 月之時序資料)，以及包含尼莎颱風事件之整體區間(選取 2016 年 1 月至 2024 年 5 月之時序資料，後續簡稱「整體區間」)進行比對分析。

以各社區對應的災情點位或儀器點位所在網格中的 PS 點時序資料為例，PS 點時序資料經過校正處理後，如圖 3-8 至圖 3-11，圖中灰色的點為剔除之離群值時序資料點。本案選取 10%至 90%資料區間之 PS 點時序資料，並消除週期性影響後，計算該 PS 點之年位移速度。

為方便識別，圖 3-8 至圖 3-11 中皆將尼莎颱風事件前之時序資料以藍色資料點繪製，置於左方；將整體區間之時序資料以紅色資料點繪製，置於右方；升軌資料置於上方，降軌資料置於下方。

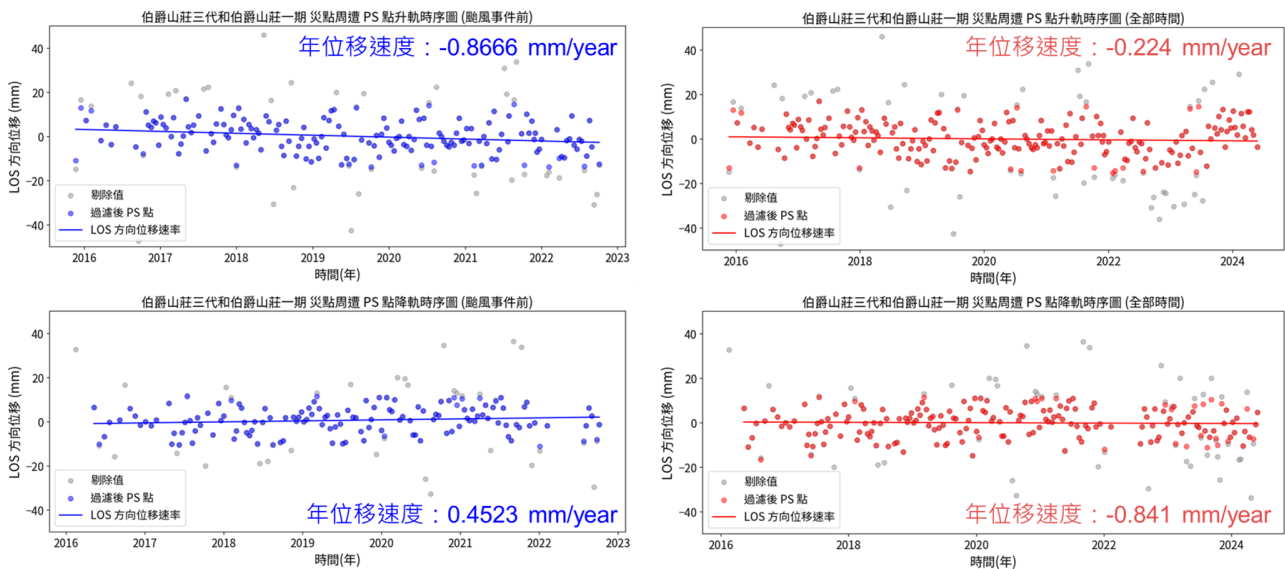


圖 3-8 校正後伯爵山莊災情點位 PS 點時序資料

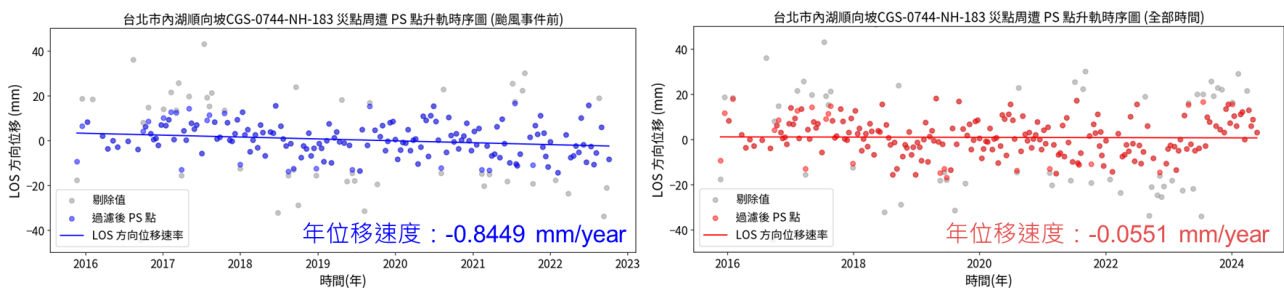


圖 3-9 校正後內湖區順向坡災情點位 PS 點時序資料(僅有升軌資料)

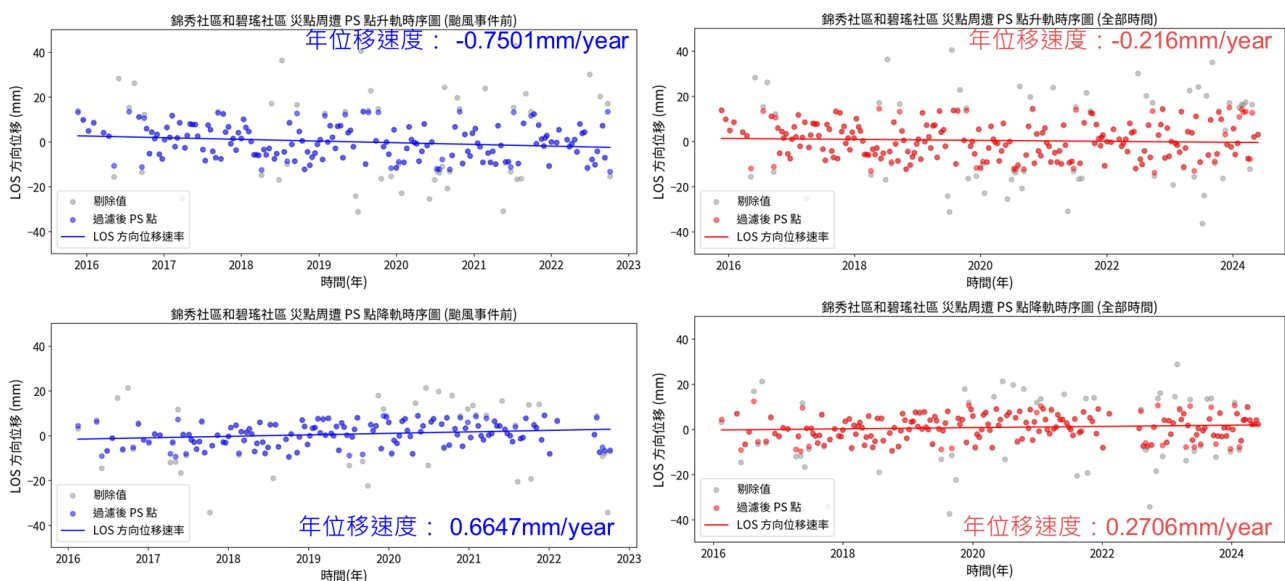


圖 3-10 校正後錦秀碧瑤社區災情暨儀器點位之 PS 點時序資料

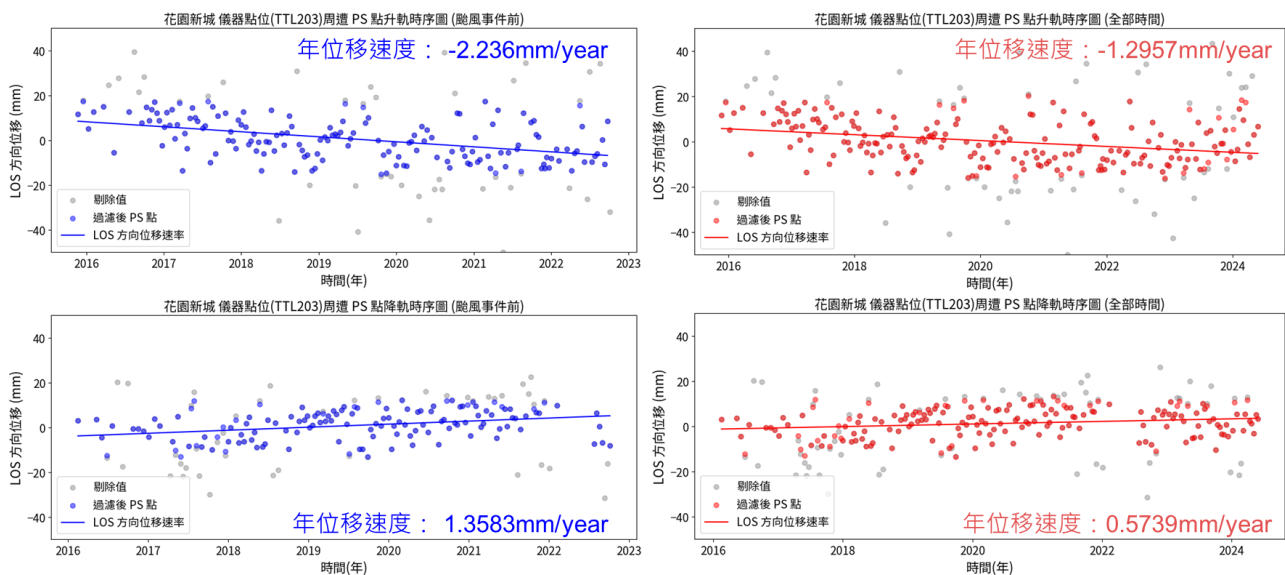


圖 3-11 校正後花園新城儀器點位 TTL203 之 PS 點時序資料

(四) 社區年位移速度潛勢圖之分析與驗證

透過上個章節所述之資料處理步驟，對這些社區範圍內所有 PS 點，進行篩選、校正並計算以後，產製各社區在尼莎颱風事件前，與整體區間的社區年位移速度潛勢圖，進而比對實際災害發生點位或儀器點位之間的關係。

災害事件點位或儀器位置之標示，考量到整體資料分析過程中，包

含網格間相對位移之計算，並針對每個網格計算其網格位移速度評估指標(ΔV_{max})，而最終產製之社區年位移速度潛勢圖，亦是使用該網格的 ΔV_{max} 進行繪製。因此，災情點位與儀器點位之繪製，採取相同的概念，將災點(或儀器點位)所在網格為中心，繪製出包含週遭 8 個相鄰網格之九宮格，以便比對查看。

1. 伯爵山莊

透過圖 3- 12 尼莎颱風事件前(圖左)與整體區間(圖右)比較，可以觀察到事件前的災點位置左側網格，年位移速度為正值，但在圖右整體區間則為負值，前後位移方向有明顯變化。災點正下方網格亦有較大位移變化，而尼莎颱風於 2022 年 10 月 16 日造成新北市汐止區伯爵街 3 巷、6 巷的山壁發生土石坍方與土石泥流情事，土石流由東(災點右下方格)向西(災點正下方格)方向滑落，與圖 3- 12 中災點九宮格所解算出之變化方向一致。災點右方三個資料空缺，主要因該處地形為陡峭人工邊坡，坡頂植被茂密，雷達衛星訊號不易反射而無解算出 PS 點。其他圖中央範圍(經度 121.43，緯度 25.077)，有明顯於整體區間有條南北向的變化，研判可能受到人為因素影響，如頂樓加蓋、庭院增加高大裝置藝術品等等可能性，建議後續可至社區現場勘查或連繫社區管委會確認。

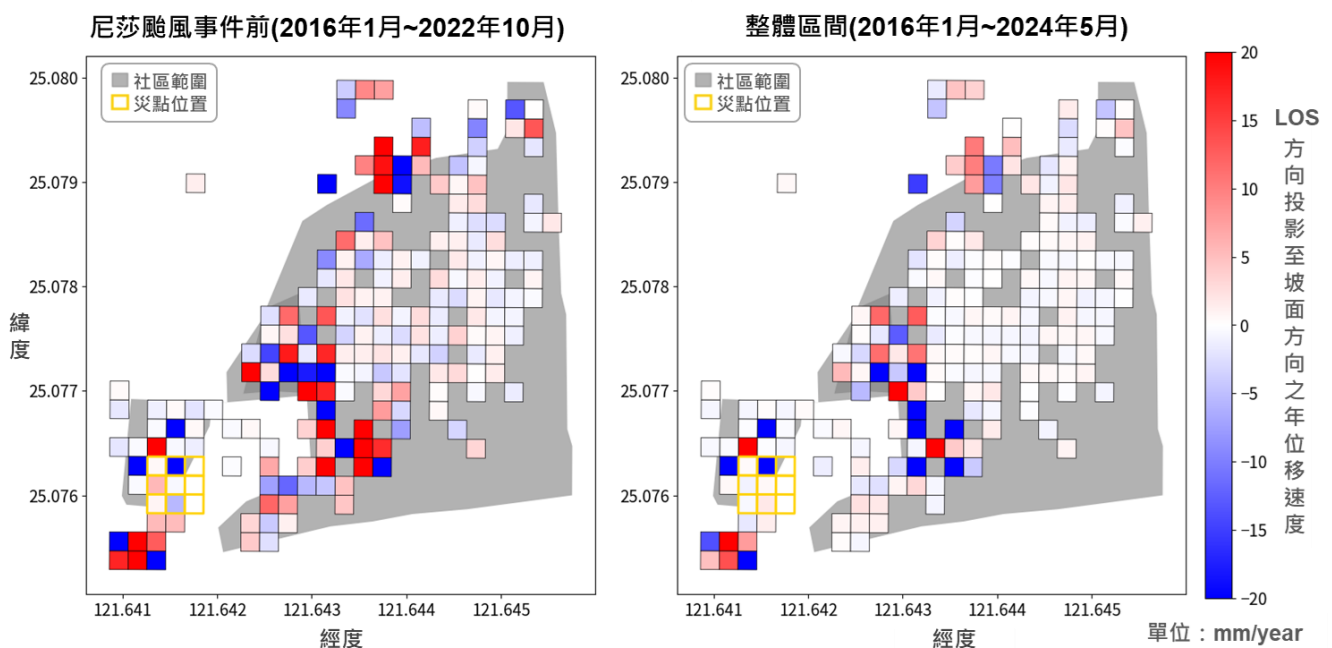


圖 3- 12 伯爵山莊社區年位移速度潛勢圖

2. 內湖區順向坡

透過圖 3- 13 事件前與整體區間比較，可以觀察到事件前與整體區間於災情位置上，為僅有的位移變化區域，該處災情受尼莎颱風外圍環流和東北季風的共伴效應影響，於 2022 年 10 月 17 日持續大雨，造成內湖區安泰街 191 號周邊道路因大雨沖刷而坍方，邊坡滑落車道縮減原本一半，地表下陷區位與年位移速度遠離衛星方向一致。

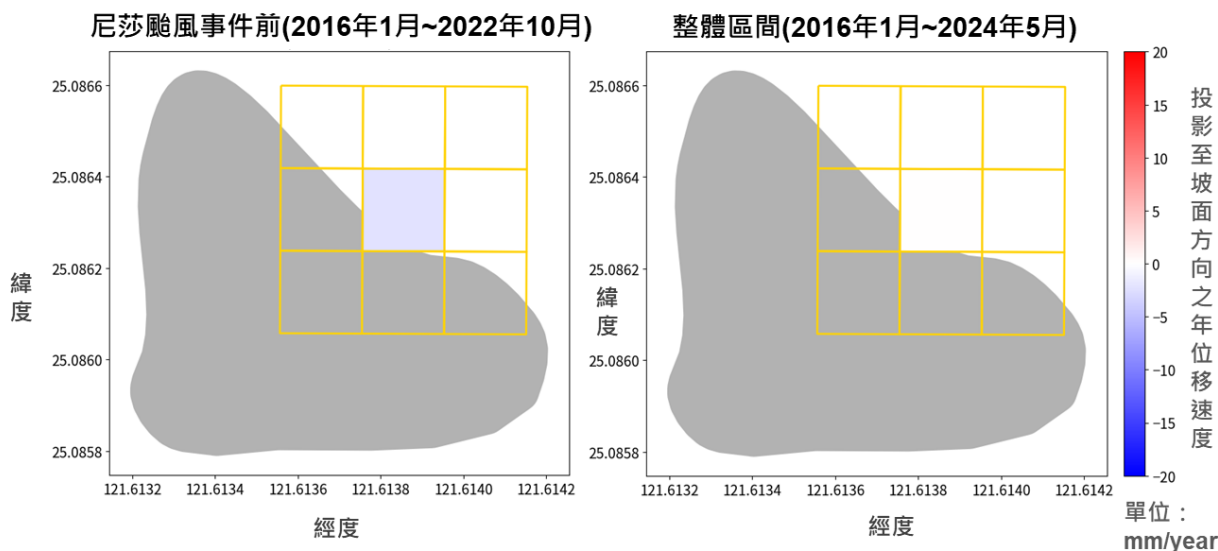


圖 3- 13 內湖區順向坡社區年位移速度潛勢圖

3. 錦秀碧瑤社區

透過圖 3- 14 事件前與整體區間比較，可以觀察到事件前與整體區間，於儀器位置網格之年位移速度均為正值變化(儀器位置正右方紅點方格)，對應災情在尼莎颱風過境後，造成新北市新店區錦秀路 2 處社區擋土牆和道路出現龜裂情形，於 2022 年 10 月 21 日錦秀路 57 巷底擋土牆監測數值超過警戒值(如圖 3- 15)，並且錦秀路 11 巷 90 弄 11 號前路面裂縫有擴大趨勢(對應儀器位置正右方紅點方格)，且社區下方擋土牆也有開裂及水溝底掏空情形。其他年均位移量雖無災情反映，但自圖 3- 14 中，標示綠色箭頭處的 2 個網格，在左圖尼莎颱風前的分析，右下網格為淡紅色，表示該網格相對其他網格之位移為正值，為相對抬升之潛勢，左上網格為淺藍色，表示相對週遭網格為下陷之潛勢。在圖 3- 14 的右圖中，則是跨過事件的整體區間，解算至 2024 年 5 月，綠色箭頭標示處的 2 個網格卻變為右下網格為負值(下陷)，左上網格為正值(抬升)之潛勢，實際代表

的意義是在 2022 年 10 月至 2024 年 5 月之間，綠色箭頭所涵蓋的 2 個網格，可觀察到由右下往左上的方向產生移動的潛勢。同理，補充標示之黑色箭頭，為在 2022 年 10 月至 2024 年 5 月之間，產生往左上至右下方移動的潛勢。10 月底研究團隊至現地勘查時，於開放空間區域並無觀察到異樣，後續如有聯繫社區管委會及居民時，建議可詳加了解此區域附近於近幾年是否有發生異常？並建議列為未來持續關注之區域。

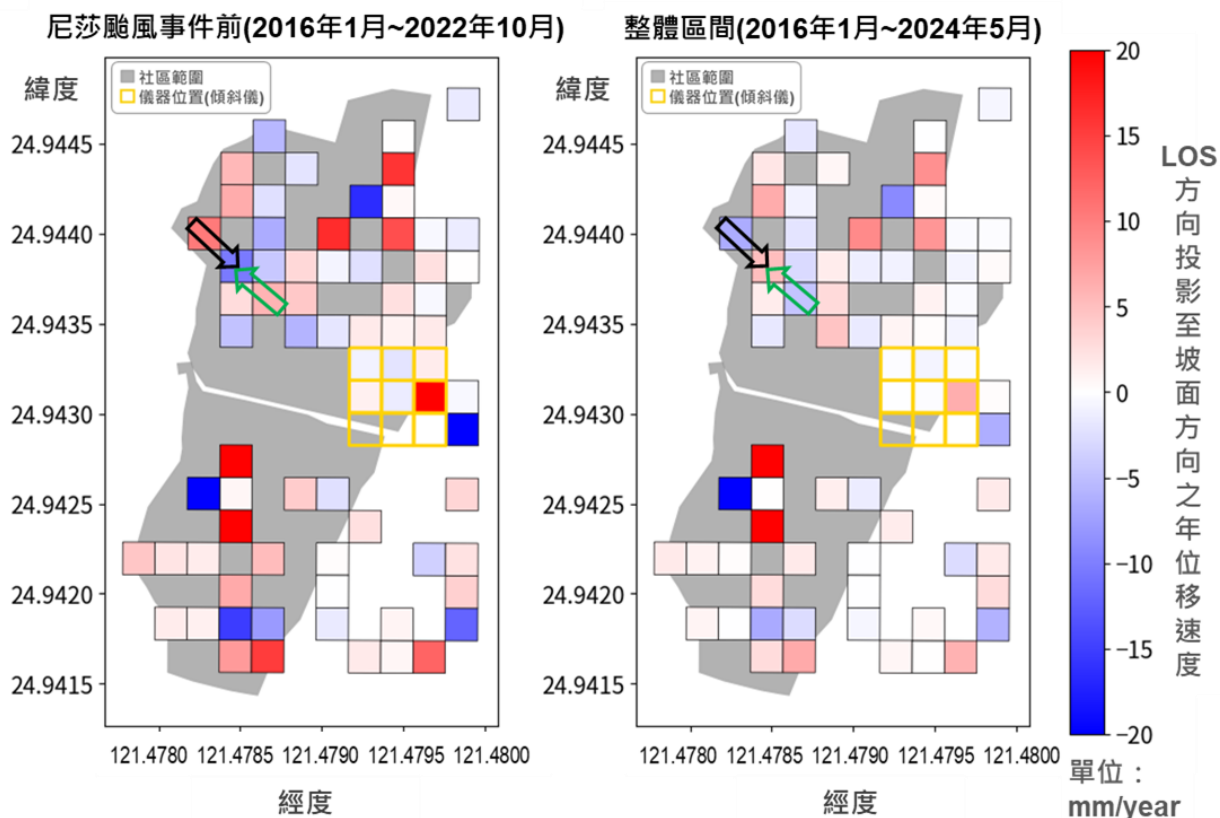
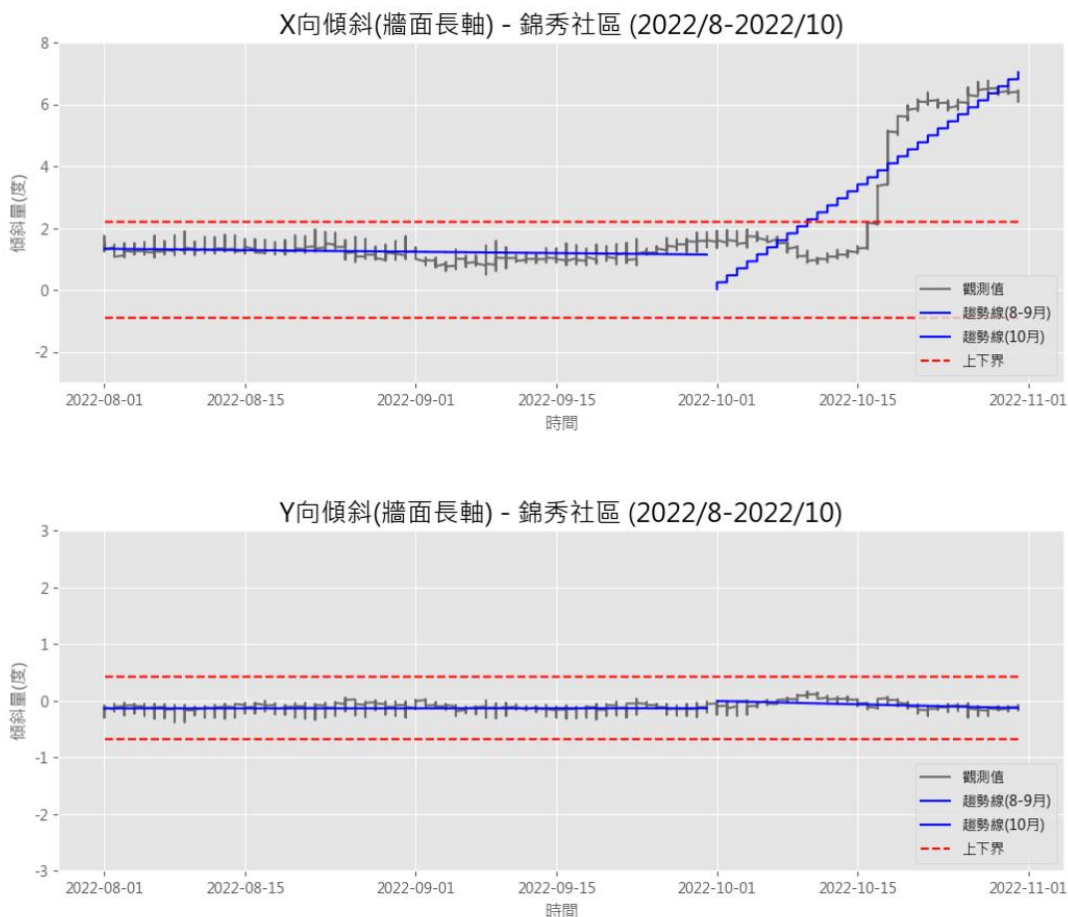


圖 3- 14 錦秀碧瑤社區年位移速度潛勢圖



(新北市政府工務局, 2022)

圖 3- 15 尼莎颱風事件錦秀 57 巷傾斜儀歷史觀測資料

4. 花園新城社區

透過圖 3- 16 事件前與整體區間比較，可以觀察到事件前與整體區間於儀器位置之網格皆無明顯變化，比對前期計畫中所收集之 GNSS 觀測歷史資料(圖 3- 18 及圖 3- 19 中綠色資料)，於尼莎颱風期間及事件過後，TTL202 及 TTL203 這 2 個 GNSS 監測站，皆無顯著之觀測變化。

花園新城最近期之災情紀錄為 2015 年 9 月 2 日下午 16 時，大量土石流壓毀新烏路一段 159 號的 2 層樓住家及鐵皮搭建的倉庫，且有土石流入屋內，土石面積約 100×50 公尺，但因災情時間於 Sentinel-1 衛星提供監測之前，本案解算之圖資無法反映 2015 年所發生之事件。

圖 3- 16 中經度 121.554，緯度 24.935，綠色圈選標示處為邊坡住宅，現況照片如圖 3- 17 本案今年度 4 月份至現場勘查之照片，其中之字形階梯走道有不少裂縫，此處在圖 3- 16 整體區間之綠色圈選標示處仍為年位

移速度較高之區域，分析期間雖無災情發生，建議該區後續須持續關注。

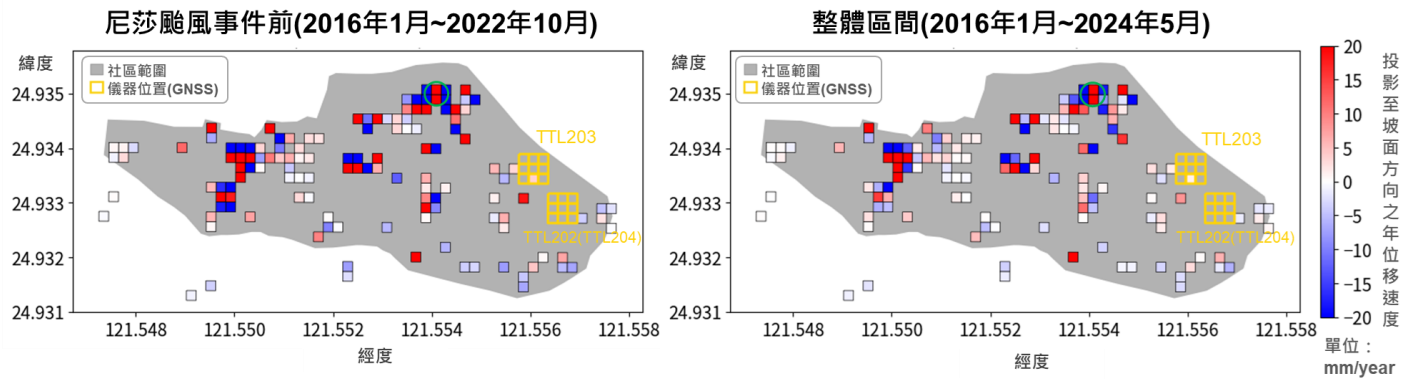
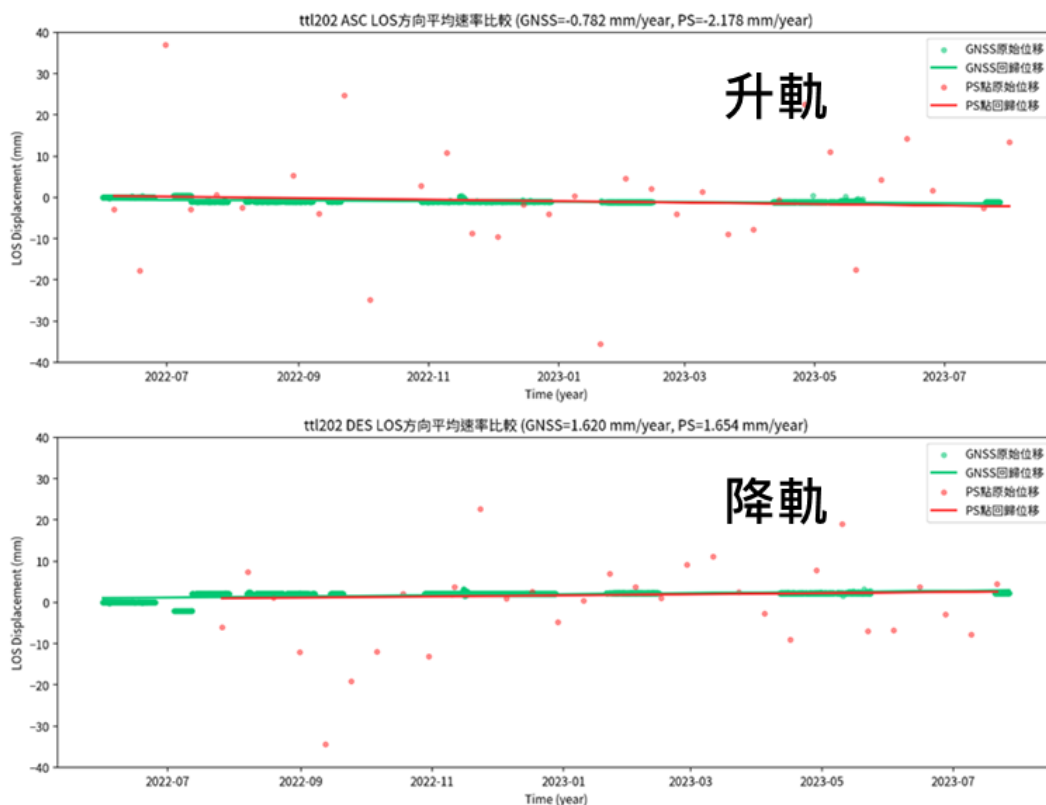


圖 3- 16 花園新城社區年位移速度潛勢圖

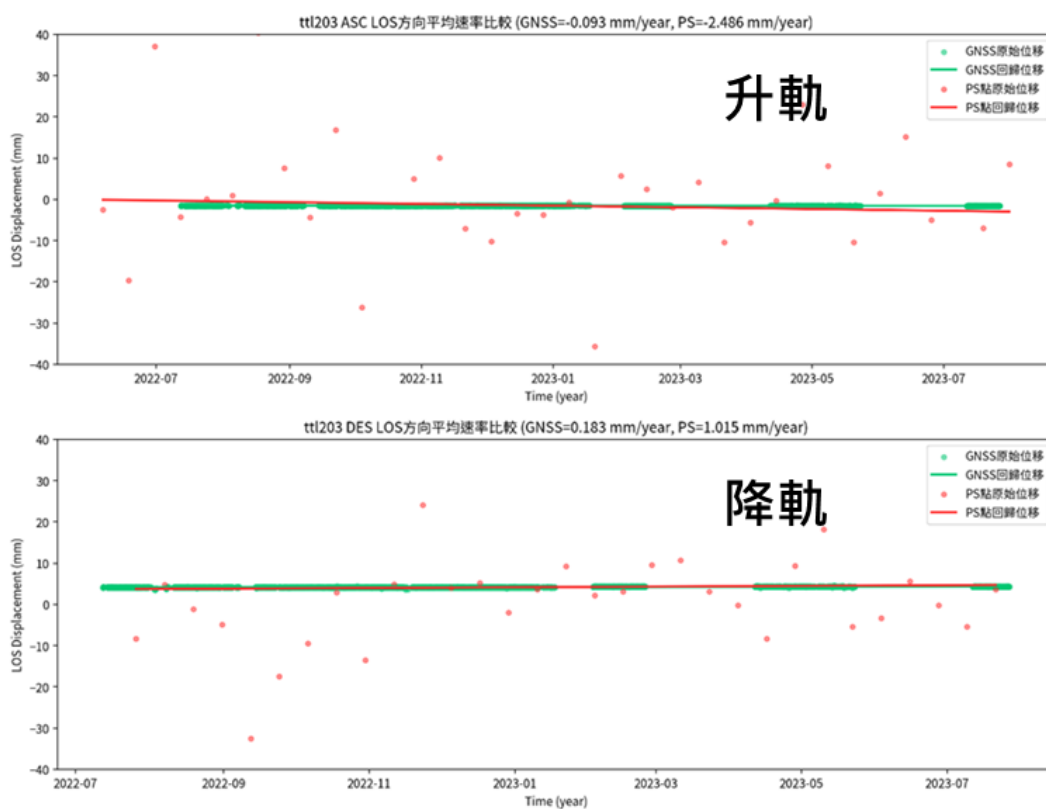


圖 3- 17 花園新城社區之字形建築現況照片



(內政部建築研究所, 2023)

圖 3- 18 花園新城 TTL202 測站投影至視衛星方向之時間序列趨勢分析



(內政部建築研究所, 2023)

圖 3- 19 花園新城 TTL203 測站投影至視衛星方向之時間序列趨勢分析

(五) 社區地表變型活動度圖資

經解算過後產製之社區年位移速度潛勢圖，雖異於專家分析判讀，但未來如需提供社區或管理單位參考，可將社區年位移速度潛勢圖中每個網格，依照其年位移速率進行分級，在實際防災應用上之可較為便利使用。

本案比照前期計畫，將年位移速率 4 mm/year 以下的網格定為第三級，標示綠色，介於 4 ~ 8 mm/year 的網格為第二級，標示黃色，大於 8 mm/year 的網格為第一級，標示紅色。分級標示後即稱為「社區地表變形活動度圖」。以下將本案解算分析方法所研究之社區，對照比較使用前期計畫的分析方法，所產製之社區地表變形活動度圖有何不同，探討本案精進後的流程所產製之圖資，是否較能捕捉到實際災情發生的點位。

1. 伯爵山莊

從圖 3- 20 可看到本案流程產製之社區地表變形活動度圖，在尼莎颱風事件前(左上角)，於災點位置九宮格中有捕捉到二級潛勢的黃色網格，而去年方法產製之圖資(左下角)是沒有捕捉到的。

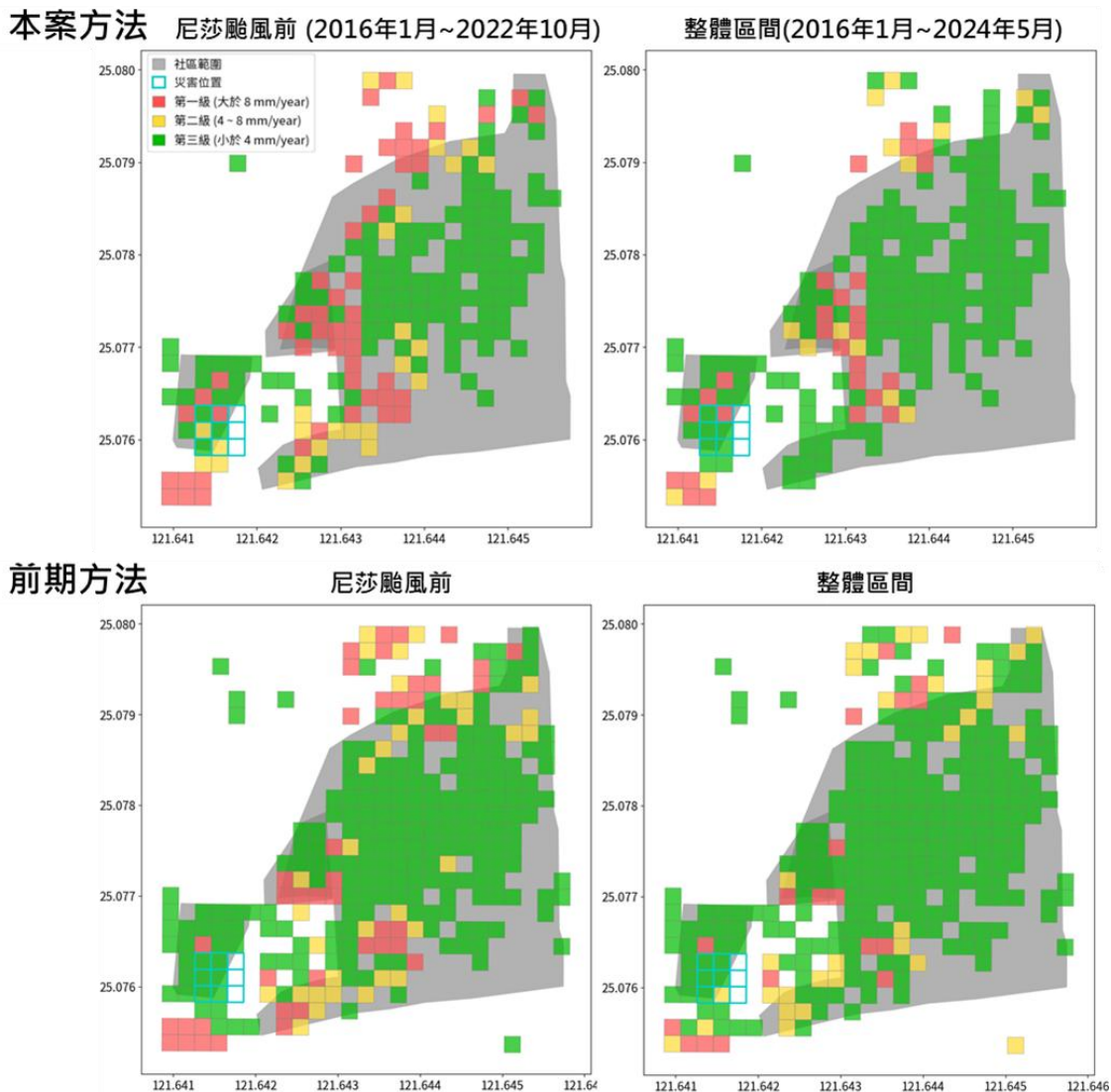


圖 3- 20 伯爵山莊社區地表變形活動度圖對照比較

2. 內湖區順向坡

此社區範圍較小，且解算出的 PS 點數也不多，因此當轉換成分級之社區地表變形活動度圖時(圖 3- 21)，較無法看出差別，實用價值較低。

建議後續如需應用本案流程產製社區地表變形活動度圖進行大範圍的空間快篩時，應選取 PS 點較多且較大的社區獲範圍，以利判讀應用。

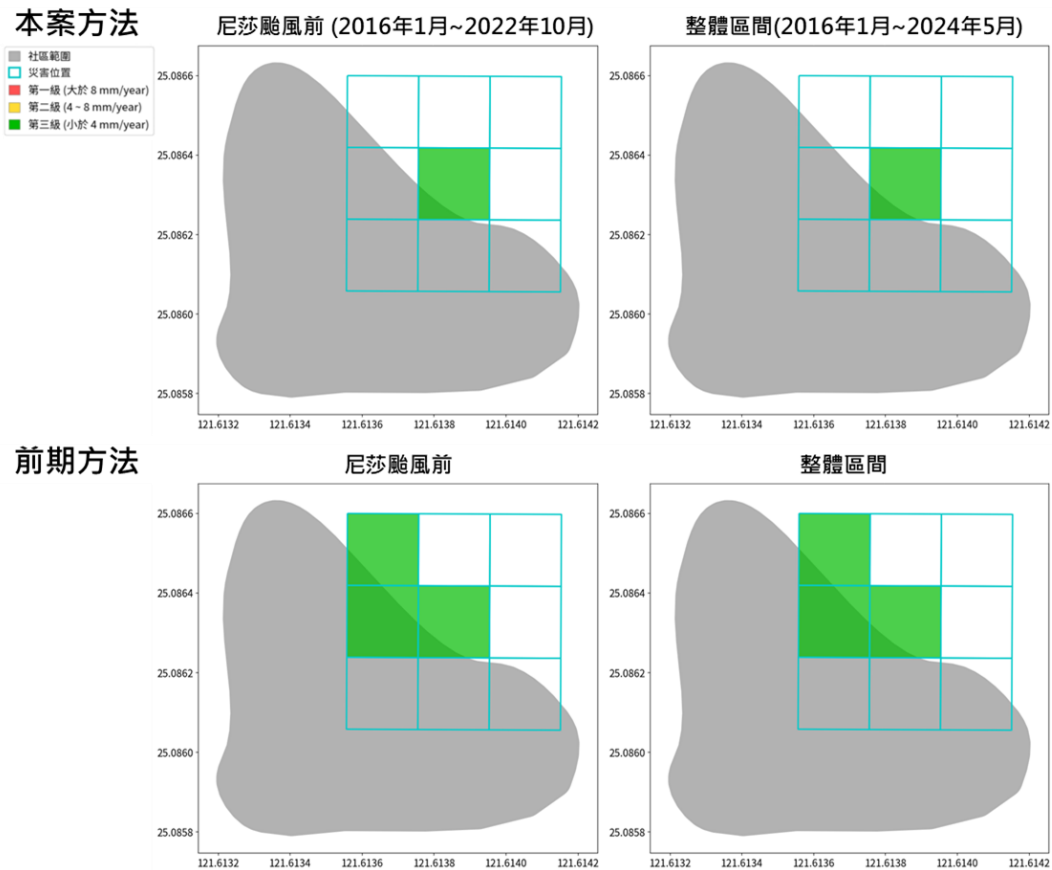


圖 3- 21 內湖區順向坡社區地表變形活動度圖對照比較

3. 花園新城

透過圖 3- 22 本案分析流程解析尼莎颱風事件前與整體區間比較，可以觀察到事件前與整體區間，於儀器位置皆無明顯變化，實際比對 2 個儀器點位之觀測歷史資料(圖 3- 18 及圖 3- 19)亦無顯著變位。但此社區中仍解算出許多第一及第二級風險之網格，建議後續前往社區現場調查，確認這些中高風險網格處的實地狀況。

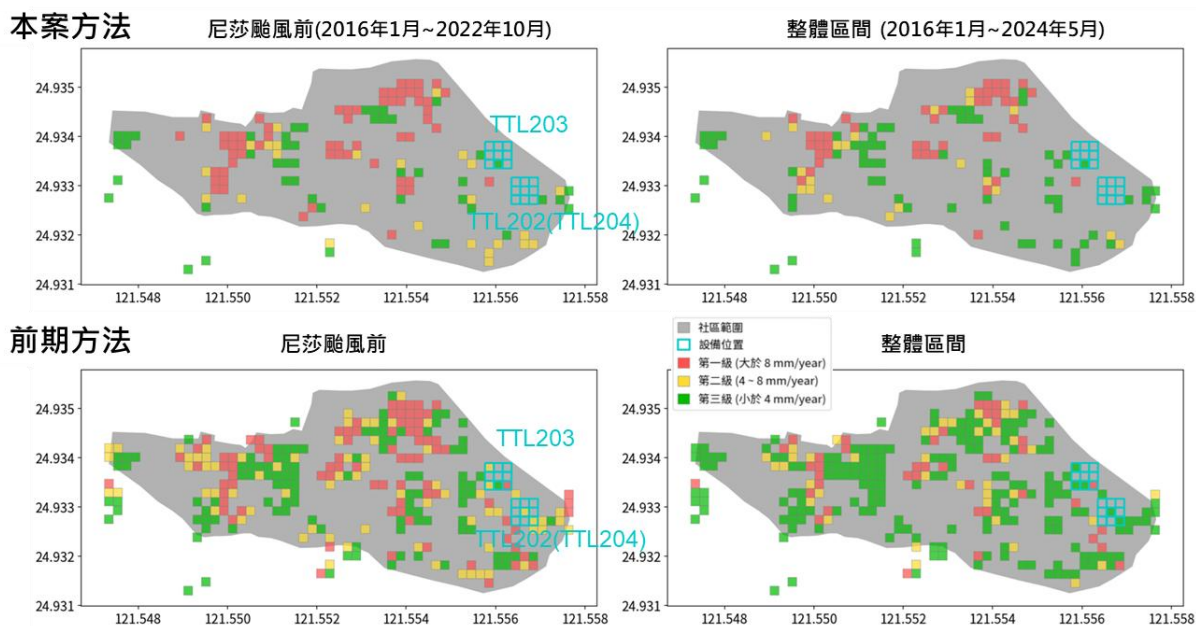


圖 3-22 花園新城社區地表變形活動度圖對照比較

4. 錦秀碧瑤社區

圖 3-23 中使用本案方法針對尼莎颱風事件前之解算(左上角)，於災情/儀器點位九宮格內有捕捉到第一級的風險網格，而前期方法針對事件前的解算(左下角)並無捕捉到。本案方法針對整體區間之解算(右上角)在災情/儀器點位附近仍有觀察到第二級之風險，建議社區後續仍應針對此區域附近，加強巡視留意潛在風險。

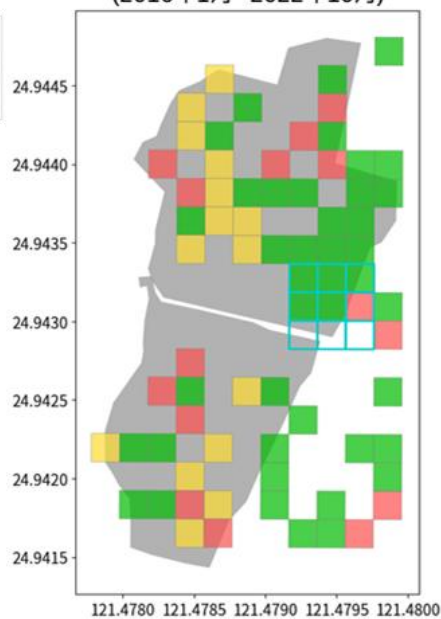
值得注意的是，在這個社區的整體區間解算，使用本案方法解算的整體區間(右上角)，比起前期方法(右下角)，反而解算出較多的第一二級風險網格，這表示了這些網格彼此之間有較大的位移變化潛勢，建議後續前往社區現場調查，確認這些中高風險網格處的實地狀況。

本案於 10 月底安排前往社區進行現地勘查、拍照並與 Google 街景之歷史影像進行比對，呈現此社區在這些第一級、第二級風險網格之現地變化狀況如圖 3-24 至圖 3-26 所示。圖 3-24 至圖 3-26 中之圖左為社區地表變形活動度圖與 Google 衛星地圖進行疊圖，方便現地人員至現地進行調查時查找對照，圖右標示年份之現地照片，黃色標示為 Google 街景在不同年份之歷史影像，藍色標示年份為本年度 10 月底研究團隊至社區實地拍攝之照片。

本案方法

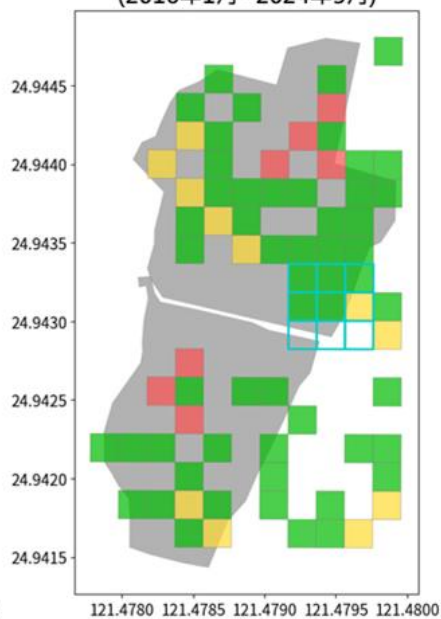


尼莎颱風前
(2016年1月~2022年10月)



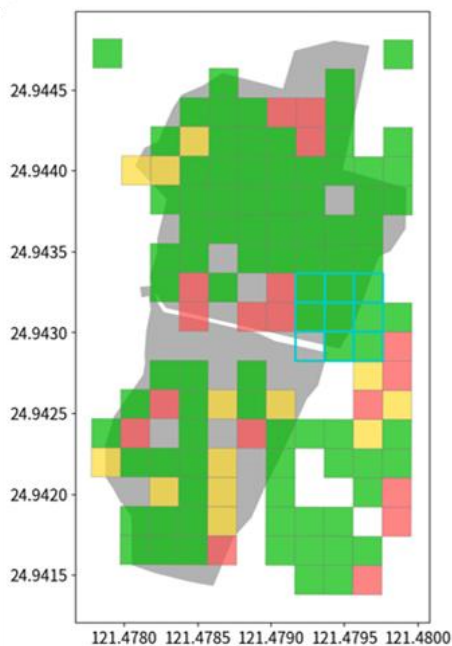
整體區間

(2016年1月~2024年5月)



前期方法

尼莎颱風前



整體區間

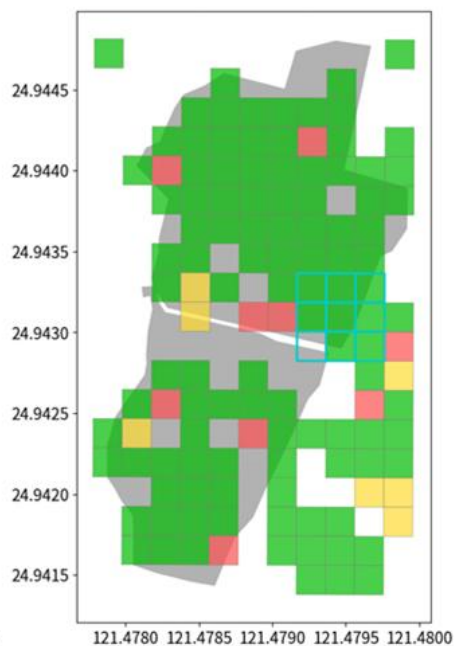


圖 3-23 錦秀碧瑤社區社區地表變形活動度圖對照比較

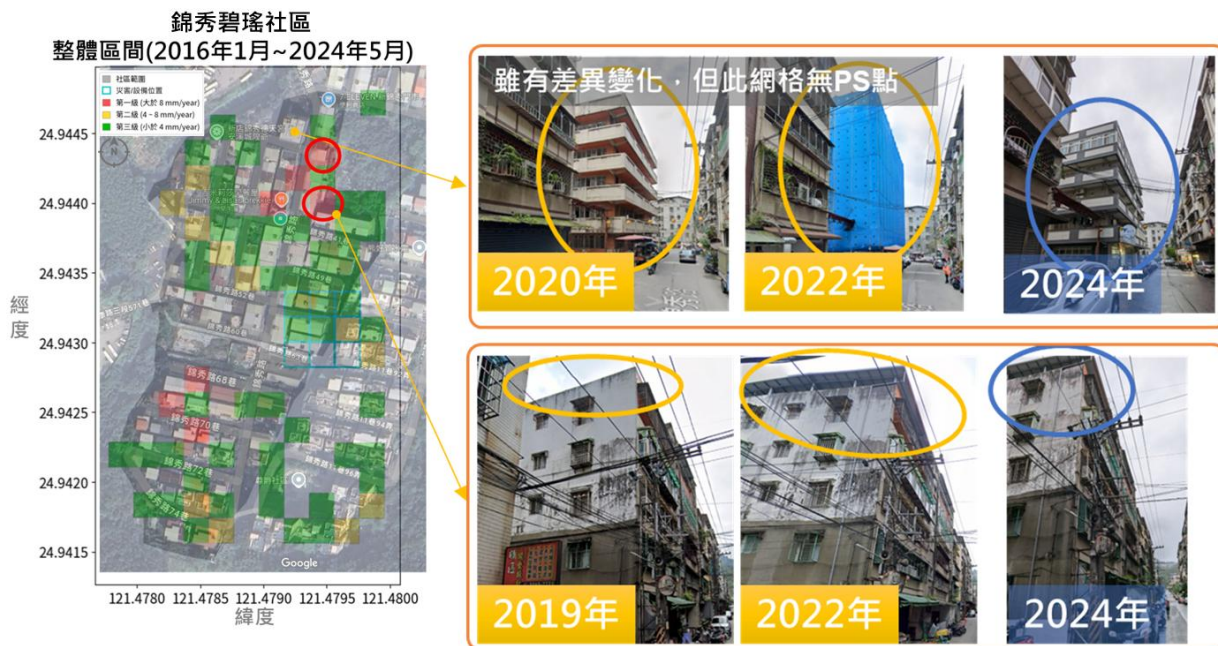


圖 3- 24 錦秀碧瑤社區第一二級風險網格與實地影像比對(一)

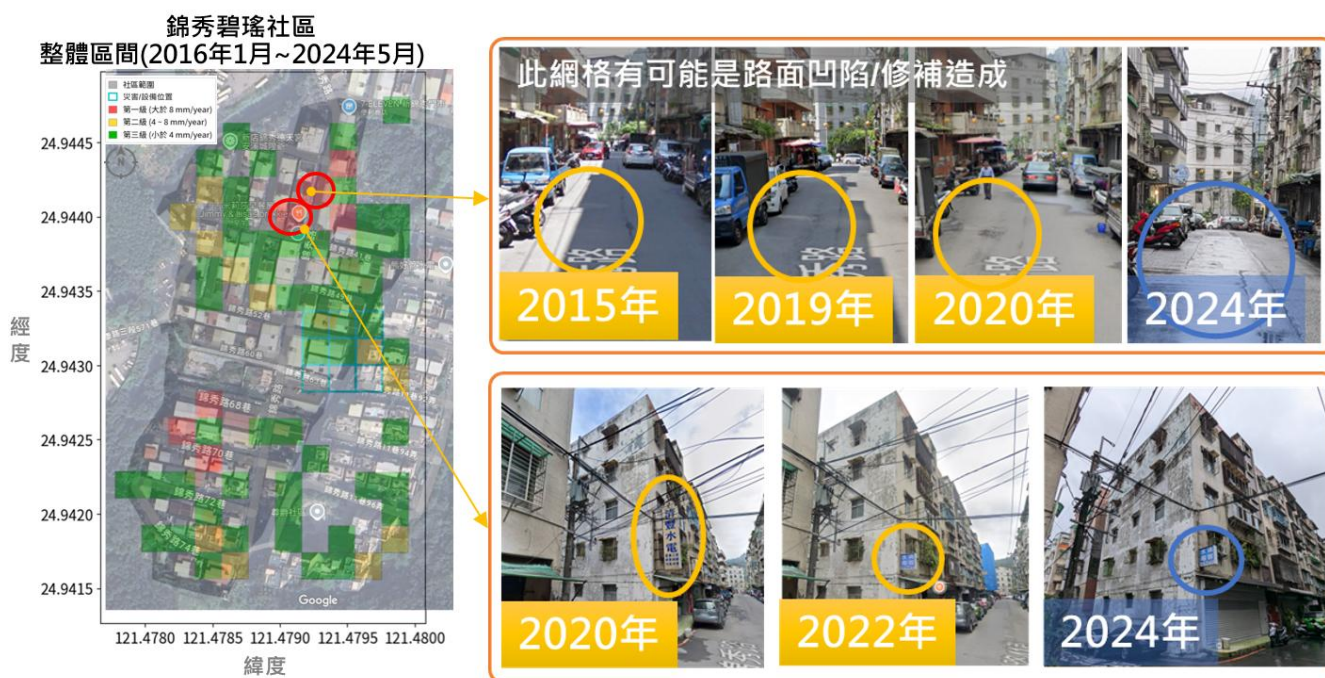


圖 3- 25 錦秀碧瑤社區第一二級風險網格與實地影像比對(二)

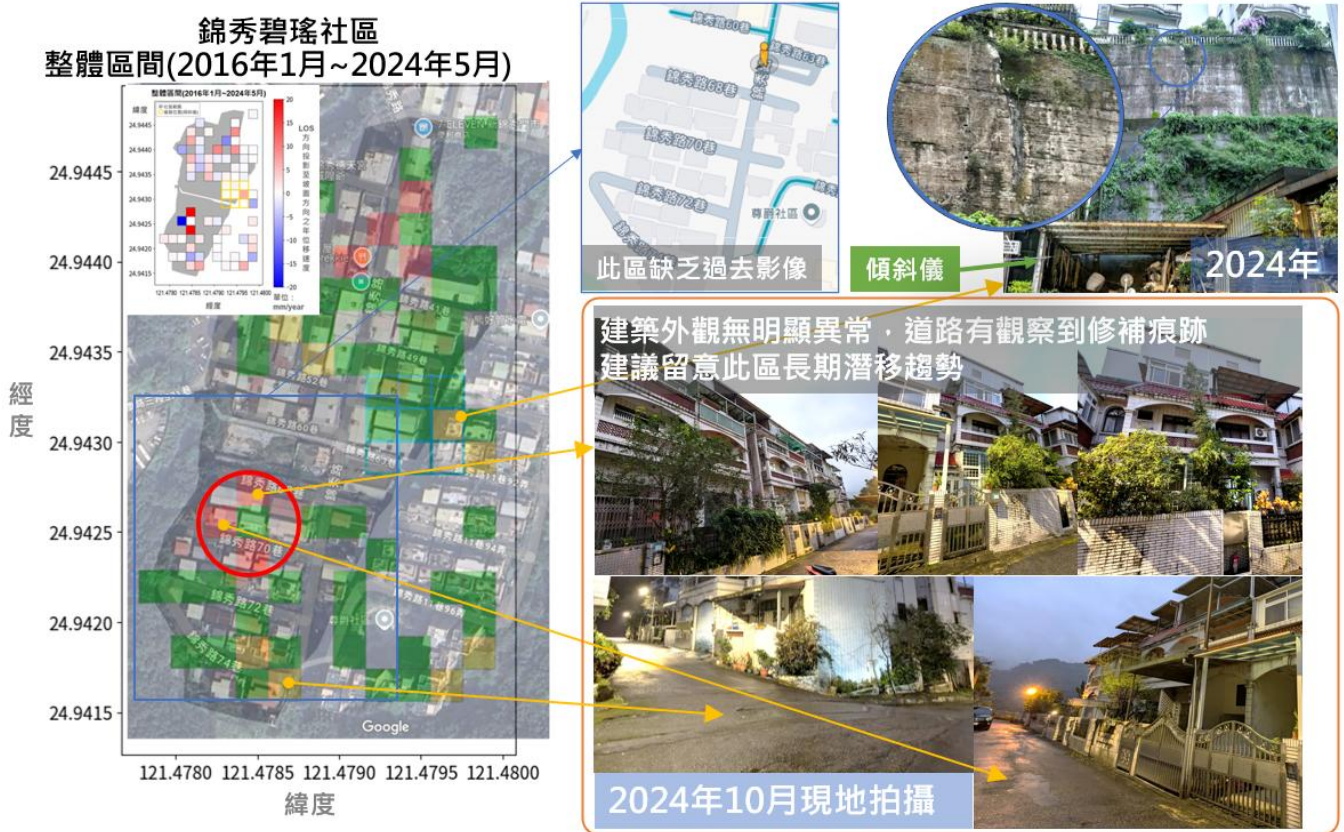


圖 3- 26 錦秀碧瑤社區第一二級風險網格與實地影像比對(三)

(六) GNSS 監測資料盤點

本案自 2022 年裝設於花園新城 3 部 GNSS 設備至今(如圖 2- 16)，擷取尼莎颱風事件前所收錄之觀測資料如圖，尼莎颱風過後之資料如圖，比對花園新城之社區地表變型活動度圖，可看出此二 GNSS 儀器監測點位並無明顯位移趨勢，與圖中所解算之結果相符。

計畫執行期間遇 0403 地震過後，計畫團隊試圖取得花園新城 GNSS 監測資料時，發現花園新城的 GNSS 設備損壞，導致從今年 1 月起至 4 月的觀測資料遺失。自 4 月中發現問題後，團隊便安排人員前往花園新城進行設備檢修與問題排除。

(七) GNSS 設備與監測資料維運之維運改善與標準化

在前往花園新城社區處理 GNSS 設備查修時，研究團隊亦巡視檢查 3 個 GNSS 監測站，並訪談社區管委會工作人員，得知今年初社區經常發生停電及跳電事件，而過去設備並無自動重啟機制，因此推測 GNSS 主機可能在去年底至今年初的停電或跳電事件後未能重啟，而另一台設備則是

出現損壞，因此無收錄觀測資料。

計畫團隊處理舊損壞設備的維修後，重新部署並啟用了 GNSS 的備用設備，設備編號 TTL204，置於圖 2- 16 中 TTL202 點位。為了優化後續的設備管理和維修流程，團隊進行了深入討論，雖評估了設置 UPS 不斷電系統的可能性，但考量 UPS 設備費用和社區現地狀況，以及長期日曬可能帶來的安全風險，最終決定不採用 UPS 系統。取而代之的是，在設備管理流程中增加了 LINE Notify 的推播機制(圖 3- 27)，當設備斷線超過 10 分鐘或恢復通訊時皆發送通知，以便有效率安排人員前往處理，確保設備的持續運作和資料的完整性。

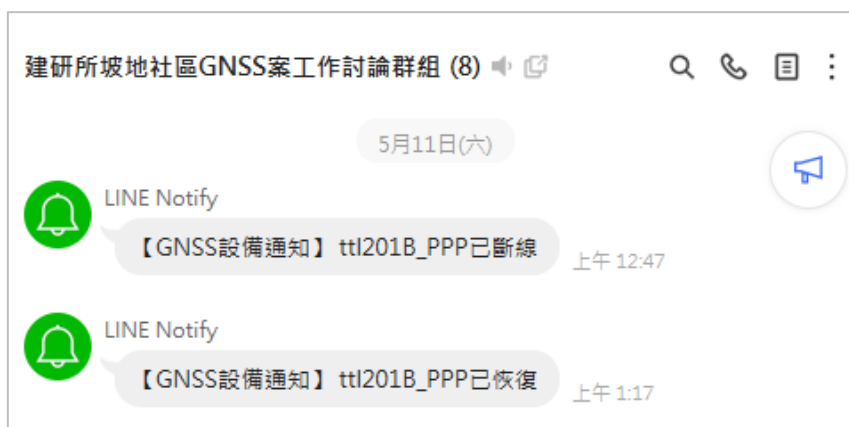


圖 3- 27 GNSS 設備資料斷線 LINE Notify 主動推播機制

(八) 雷達衛星解算成果資料解析方式說明

由於雷達衛星影像之解算分析，包含 PS-InSAR、DInSAR、SBASInSAR(小基線法)等各類 InSAR 解算分析技術，因雷達衛星影像解算分析屬於長時間、大空間範圍的空間快篩，此種分析方法短時間的解算，會因為大氣層與季節性變化，而有較大的誤差，因此在實際使用社區地表變形活動度圖資時，有幾件注意事項：

1. PS-InSAR 技術解算的結果，沒有資料的網格不代表沒有位移風險，僅只是或未有足夠雷達反射訊號，解算出的 PS 點數量不夠，這些網格仍有潛在地表位移的風險。
2. 時間解析度：衛星影像大約 6-12 天一張，取得影像後尚需要時間解算分析，實際觀測影像到取得判釋結果通常是數月以後，因此採用雷達衛星影像之解算，通常是針對已發生事件進行研

究，或是做長時間的位移變化趨勢與風險分析，較難作為即時性的監測方法。

3. 衛星雷達訊號可能受到遮擋，在植被茂密區域或無強反射訊號之區域表面，無法取得觀測資料。
4. 位移潛勢較高的網格，亦有可能包含人為造成之地貌變遷，例如建築裝修等，此資訊可提供管理單位進行建築結構變異評估之參考。
5. 綜上所述，以目前 InSAR 解算分析之技術，其解算結果雖不容易單獨使用，但針對目前及時簡監測儀器之佈設尚未能普及安裝之處，仍是一個相對成本較低，且可做為大範圍、長時間之地表變形潛勢與社區風險判讀之方法。
6. 建議可搭配其他檢監測方法使用效果合併使用，例如：以 PS-InSAR 解算之社區地表變形活動度圖，針對較高風險之網格，進行現地巡檢，評估其週遭環境，如確實為較容易致災之人工邊坡、建物結構裂縫處，則可於此處加裝雨量計、傾斜儀、裂縫尺、傾斜管或 GNSS 監測設備，以利即時或定期量測以長期監控高風險點位之變化。

針對上述第 4 點，透過 Google 街景比對本案資料觀測期間，在高活動區域的地表變化比較，可以發現部分高位移潛勢的位置，有屋頂加蓋與搭棚的人為活動，造成區域網格顯示較高的活動徵兆，以花園新城為例，圖 3-28 及圖 3-29 中框圈區域的活動走向，與屋頂加蓋的方向一致，後續應用上須先屏除人為活動干擾，再進行地表活動程度判別，方可更精確辨識地表活度區位與位移程度。

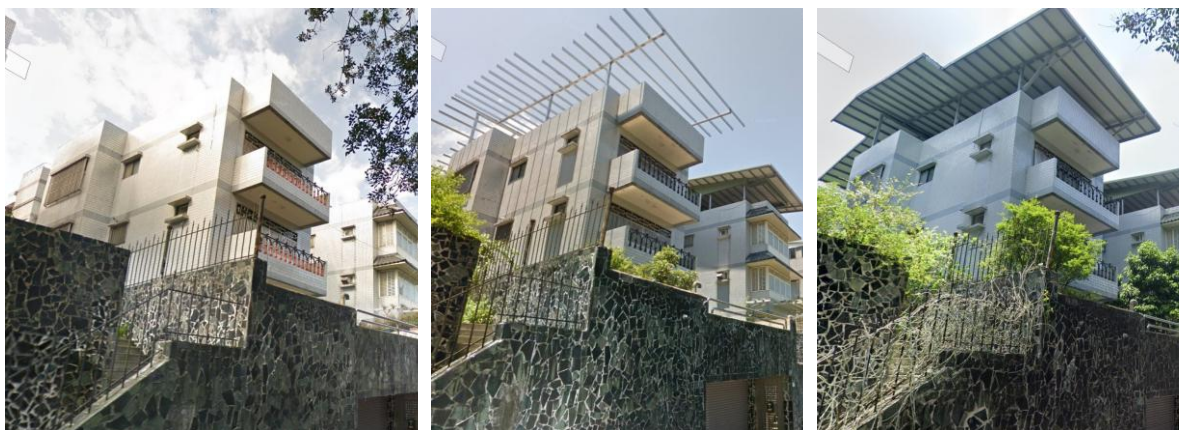
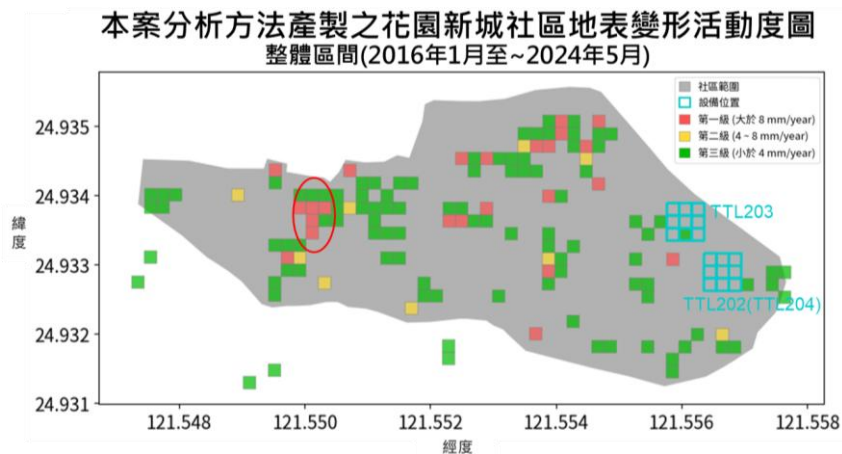


圖 3- 28 花園新城地表活動人為活動變化比較圖(西元年份由左至右為 2012 年、2016 年、2022 年)

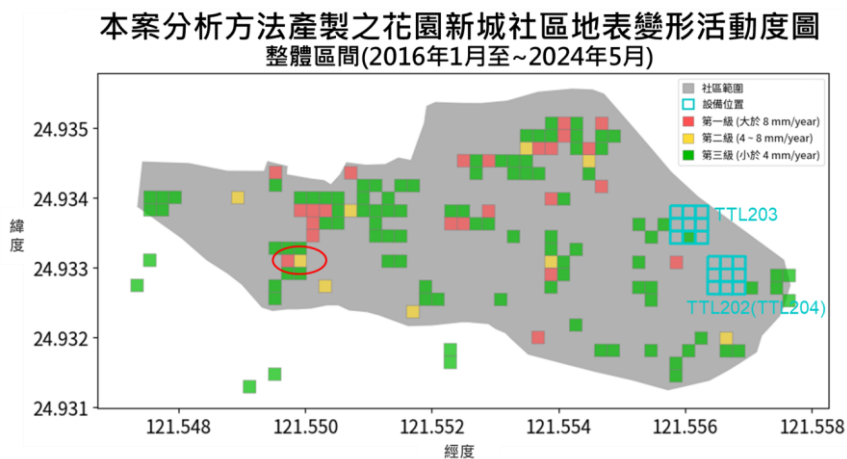


圖 3- 29 花園新城地表活動人為活動變化比較圖(二)

第二節 坡地社區監測規範探討

(一) 坡地檢監測設備盤點、分類與分析

目前收整資料，臺北市設備主要裝設在順向坡監控坡地滑動，新北市設備主要裝設具有社區管委會且有持續維護的坡地社區，透過資料盤整分析具代表性的社區來進行檢監測設備資料展示。

1. 臺北市坡地檢監測設備

在第貳章文獻回顧章節壹、一、(一)3 驗證事件與研究區域篩選範圍(第 15 頁)，可見臺北市之坡地歷史災害以內湖及文山 2 行政區為多數，因此先以文山區與內湖區的監測資料進行收集彙整，作為後續示範的坡地社區所在主要區域，檢視單一事件於臺北市與新北市之災害點位，以利後續資料比對作業。參考臺北市山坡地資訊整合系統彙整設備種類如傾斜管、傾度盤、裂縫計、雨量計、水位井、水壓計、地錨荷重計，以及自動化之水位計、地錨荷重計、傾度計、落石觀測儀等 11 類設備，共計 755 支，其中部分設備已自動化，但尚無 API 提供介接，各設備種類分布圖、數量以及監測數據示意圖彙整如下：

(1) 臺北市傾斜管

臺北市檢監測儀器傾斜管類，共計有 357 支，其中傾斜管 337 支、傾斜管電子式 8 支、傾斜管(兼水位井)12 支。檢監測儀器分布圖如圖 3-30，儀器資料展示圖如圖 3-31。

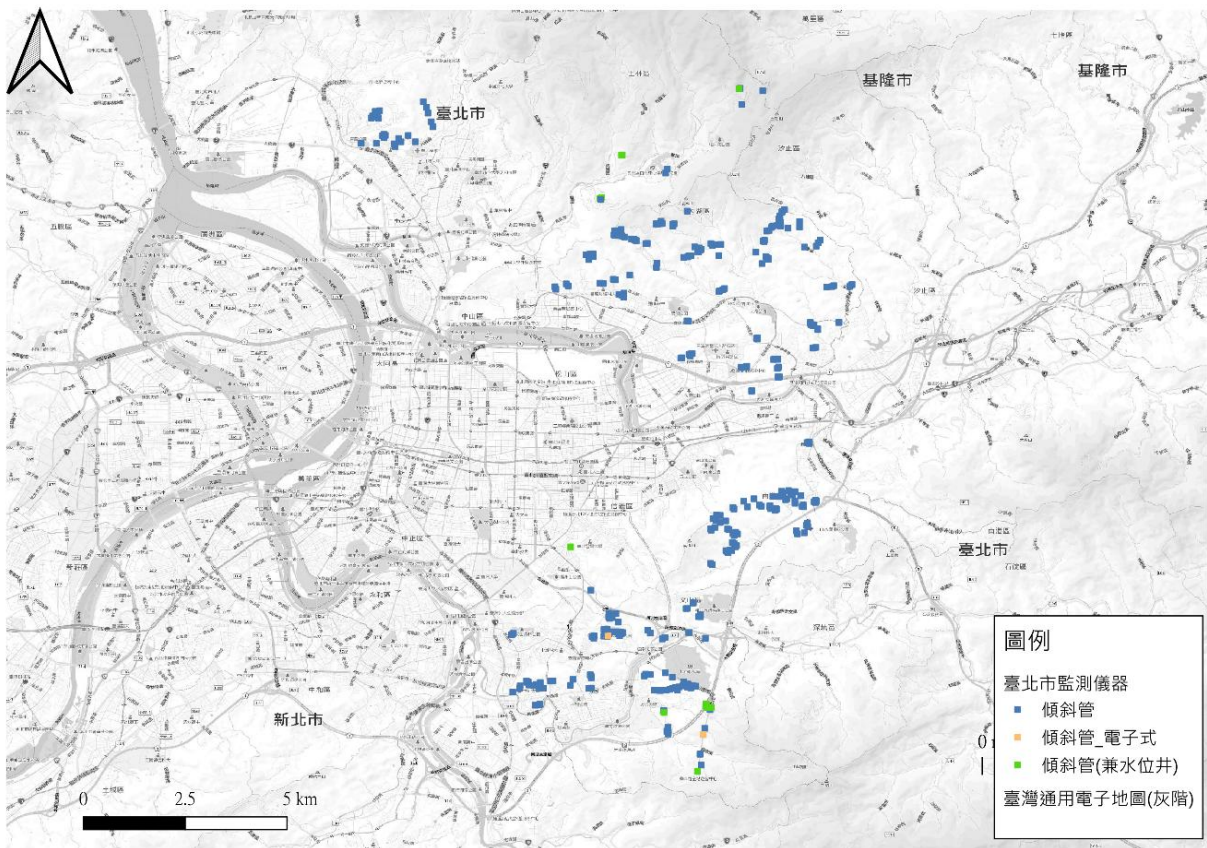
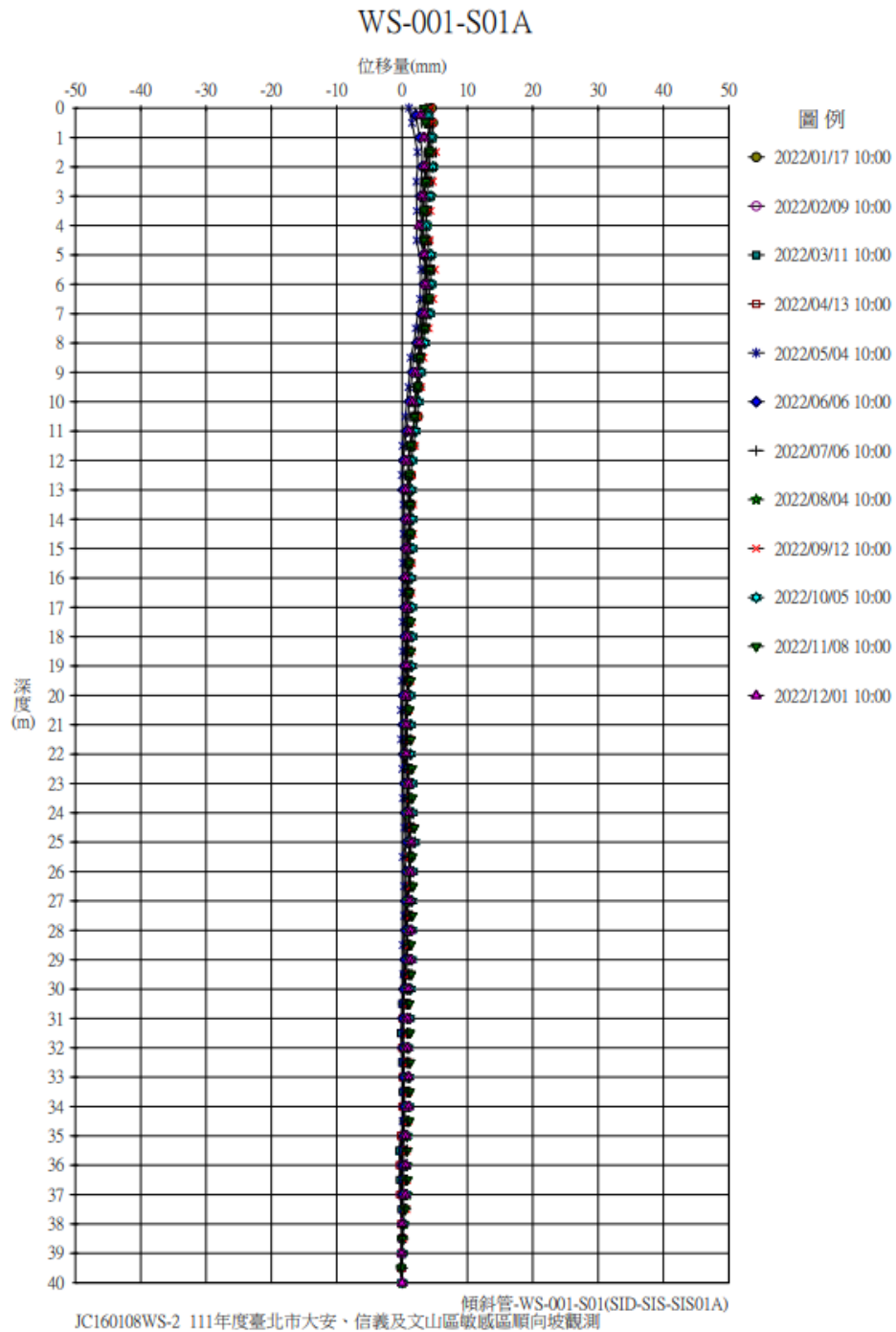


圖 3- 30 臺北市傾斜管監測儀器分布圖



(臺北市政府工務局大地工程處 B, 2022)

圖 3- 31 臺北市傾斜管監測儀器資料展示圖

(2) 臺北市傾度盤

臺北市檢監測儀器傾度盤類，總計有 270 支，其中傾度盤 262 支、傾度盤電子式 8 支。檢監測儀器分布圖如圖 3- 32，儀器資料展示圖如圖 3- 33。

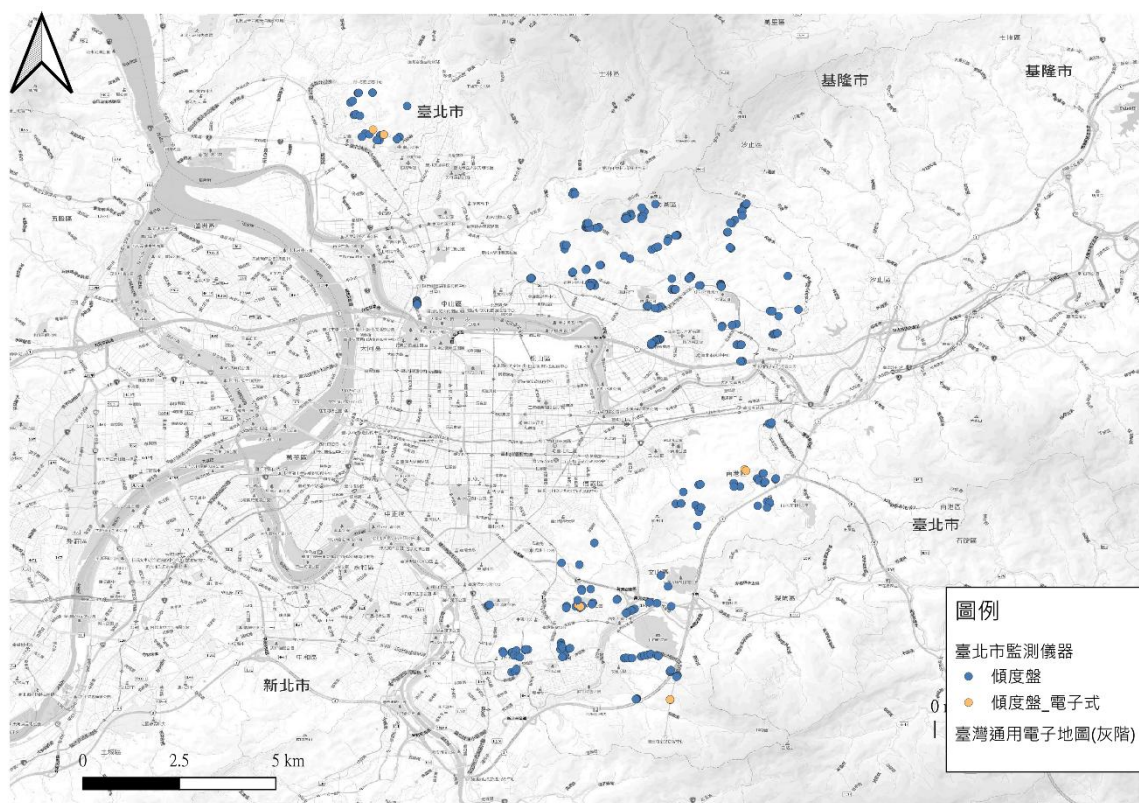
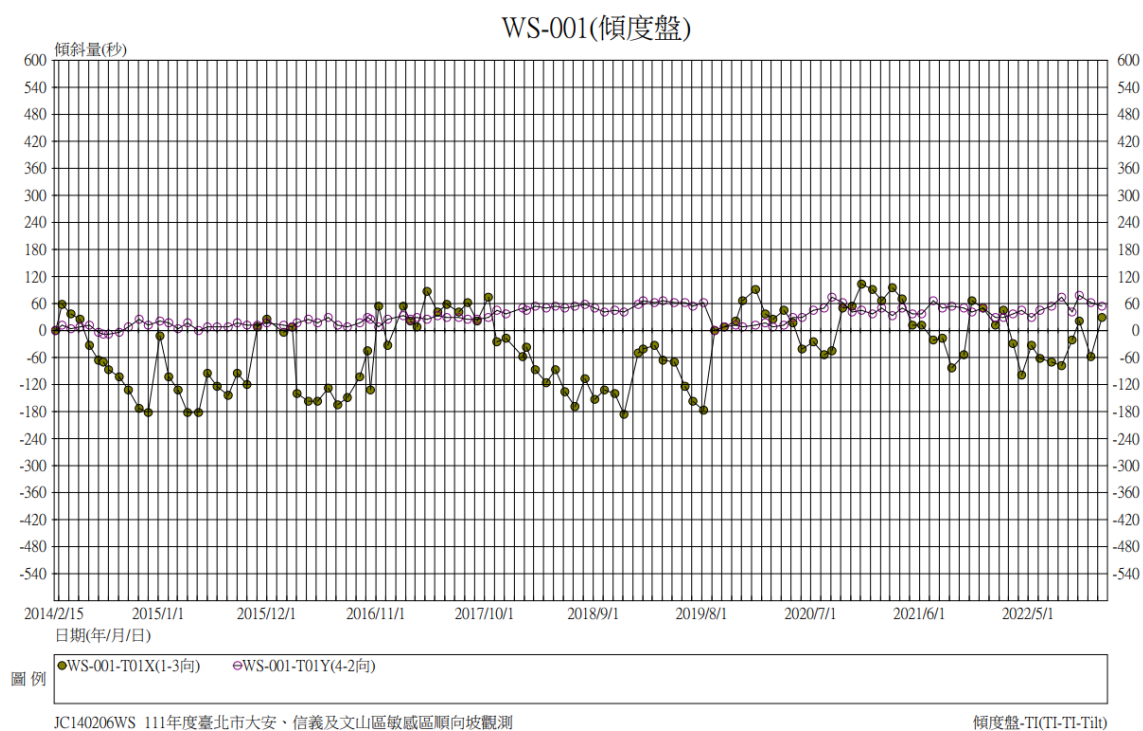


圖 3- 32 臺北市傾度盤檢監測儀器分布圖



(臺北市政府工務局大地工程處 B, 2022)

圖 3- 33 臺北市傾度盤檢監測儀器資料展示圖

(3) 臺北市裂縫計

臺北市檢監測儀器裂縫計，總計 5 支，分布圖如圖 3-34。

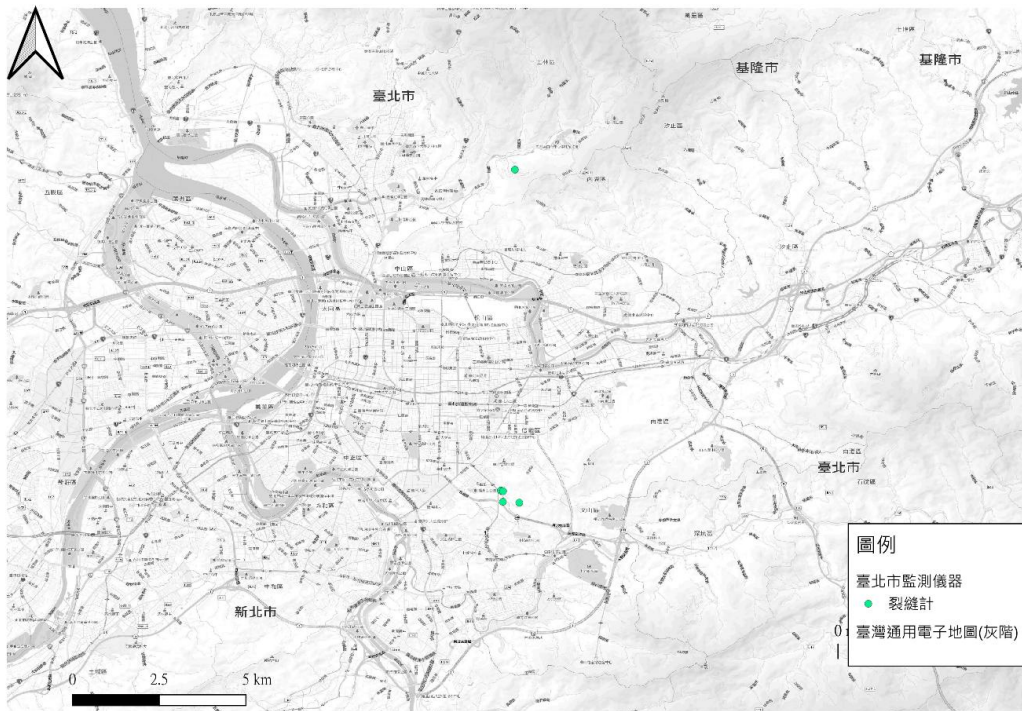


圖 3-34 臺北市裂縫計檢監測儀器分布圖

(4) 臺北市雨量計

臺北市檢監測儀器雨量計，總計 7 支，分布圖如圖 3-35。

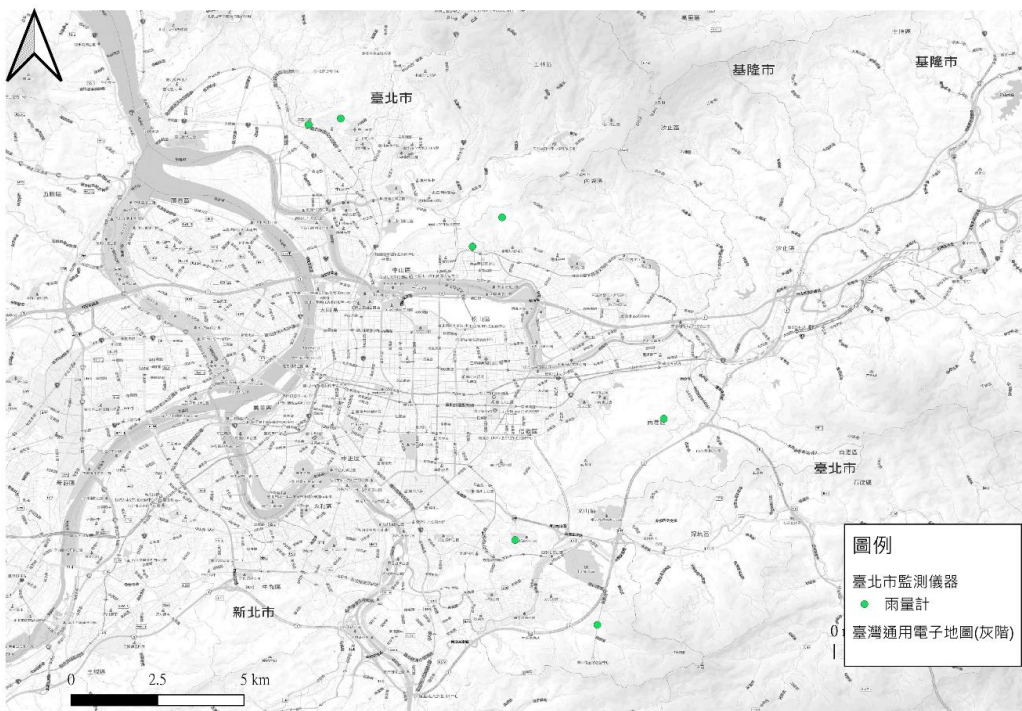


圖 3-35 臺北市雨量計檢監測儀器分布圖

(5) 臺北市水位井

臺北市檢監測儀器水位井類，總計 62 支，其中水位井 31 支、電子式水位井 19 支、傾斜管(兼水位井)12 支，分布圖如圖 3- 36，儀器資料展示圖如圖 3- 37。

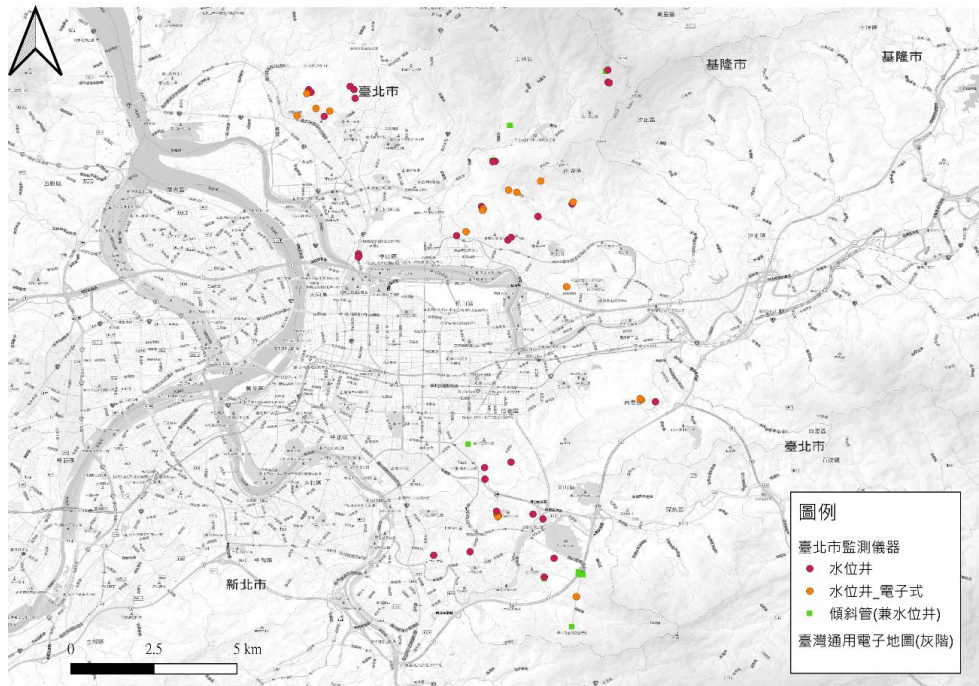
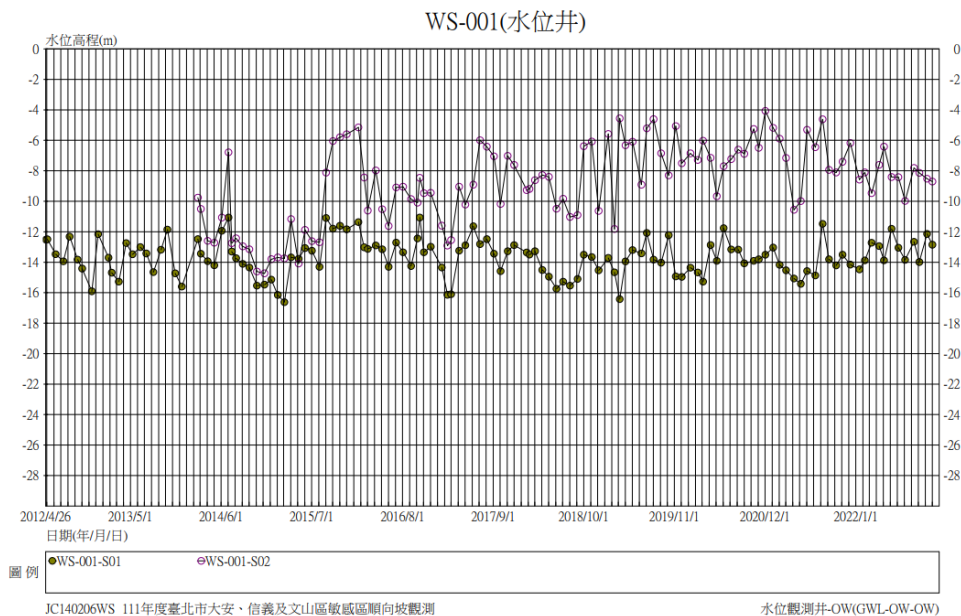


圖 3- 36 臺北市水位井檢監測儀器分布圖



(臺北市政府工務局大地工程處 B, 2022)

圖 3- 37 臺北市水位井檢監測儀器資料展示圖

(6) 臺北市水壓計

臺北市檢監測儀器水壓計，總計 1 支，分布圖如圖 3-38。

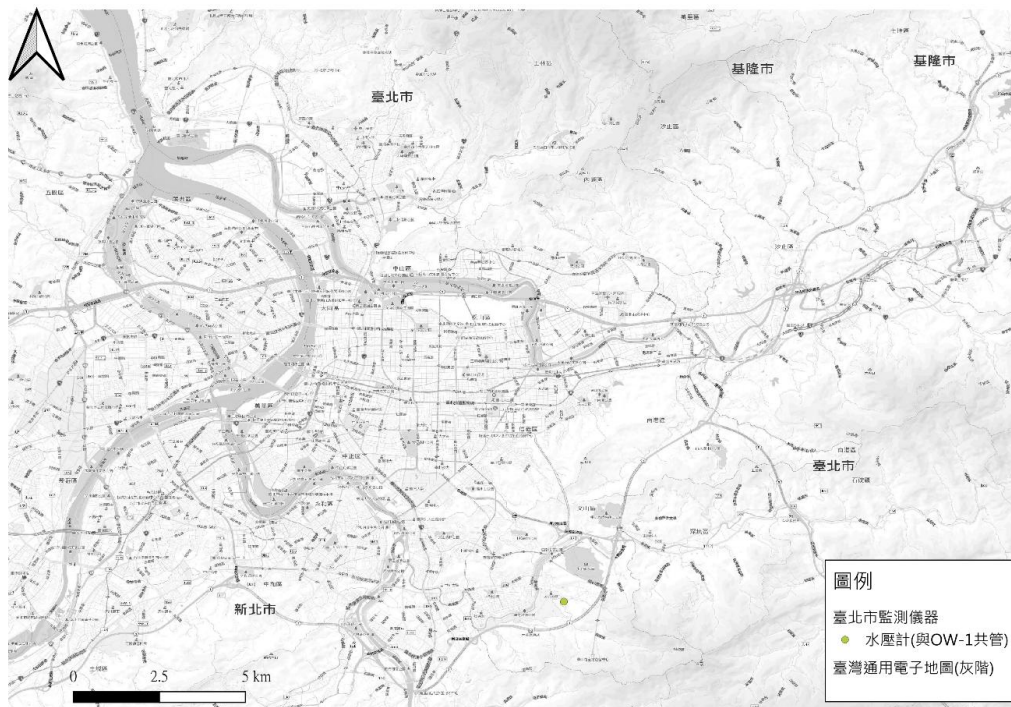


圖 3-38 臺北市水壓計監測儀器分布圖

(7) 臺北市地錨荷重計

臺北市檢監測儀器地錨荷重計，總計 6 支，布圖如圖 3-39。

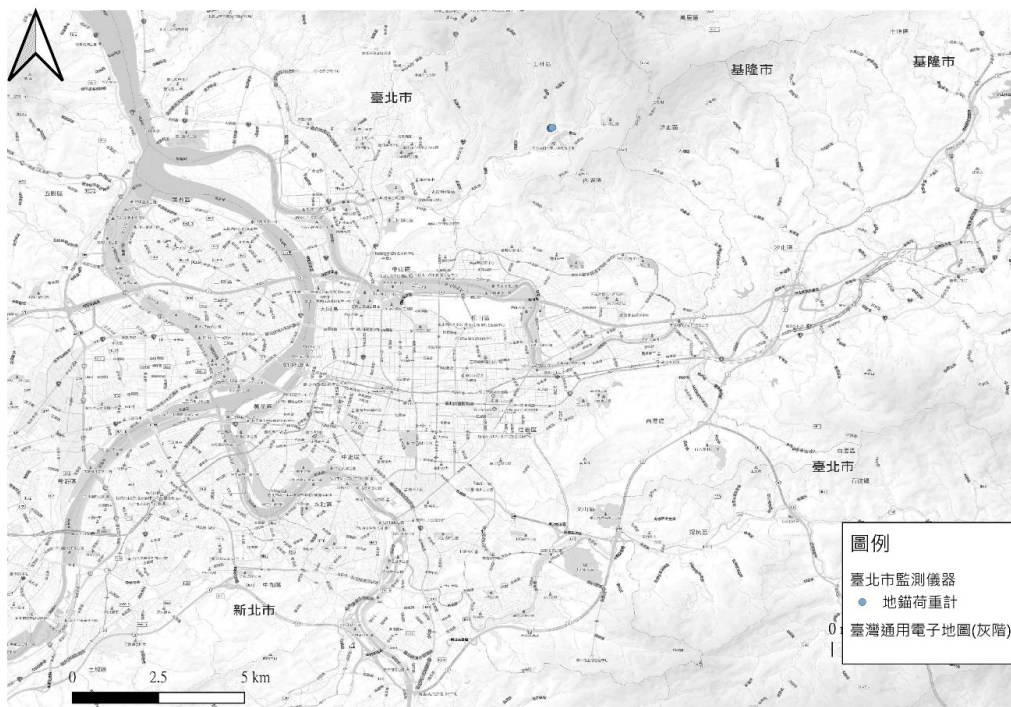


圖 3-39 臺北市地錨荷重計監測儀器分布圖

(8) 臺北市自動化水位計

臺北市檢監測儀器自動化水位計，總計 3 支，分布圖如圖 3-40。

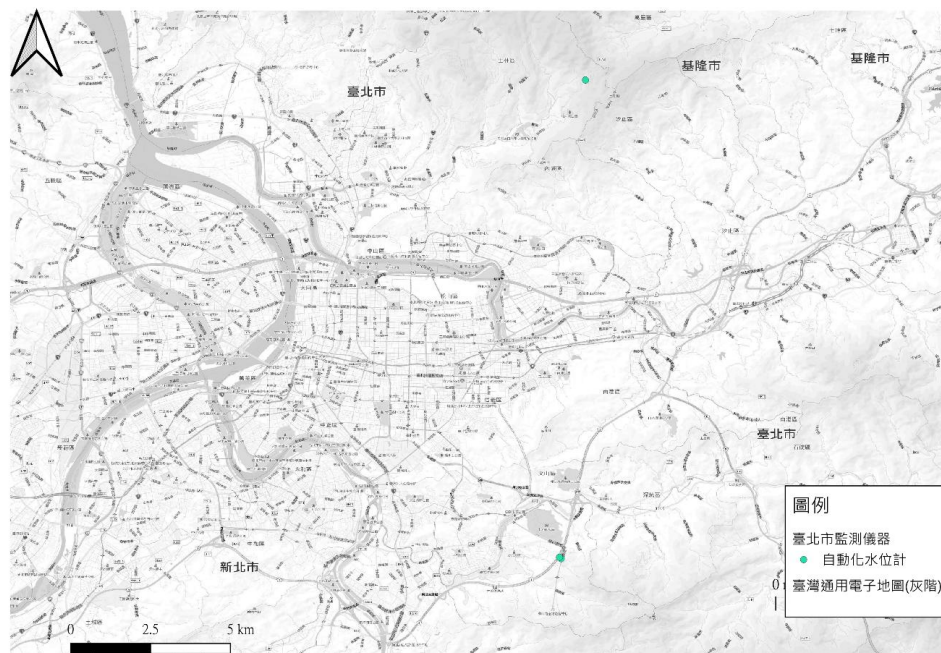


圖 3-40 臺北市自動化水位計監測儀器分布圖

(9) 臺北市自動化地錨荷重計

臺北市檢監測儀器自動化地錨荷重計，總計 11 支，分布圖如圖 3-41。

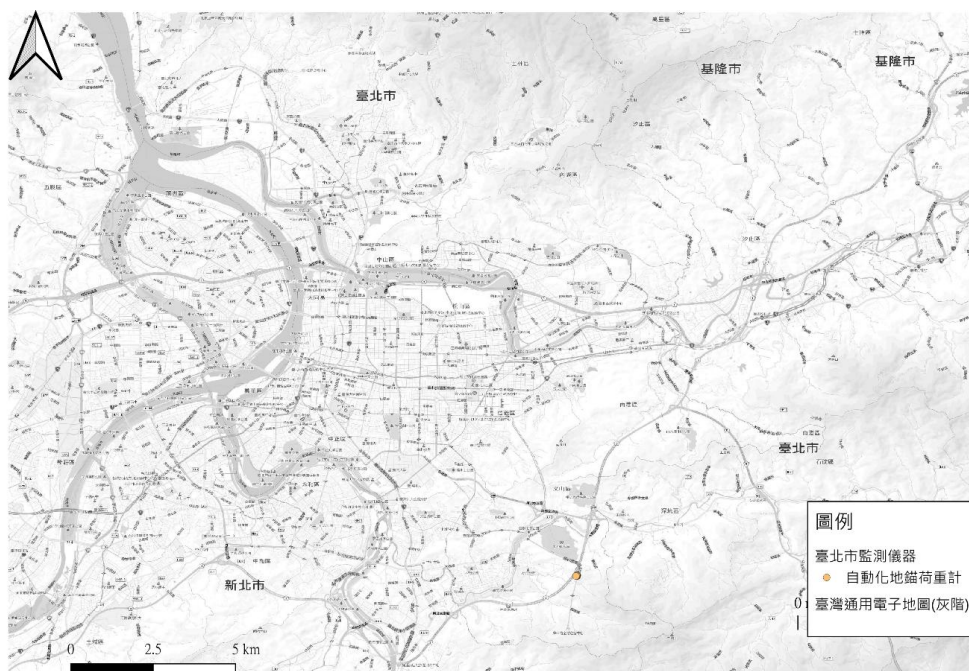


圖 3-41 臺北市自動化地錨荷重計監測儀器分布圖

(10) 臺北市自動化傾度計

臺北市檢監測儀器自動化傾度計，總計 6 支，分布圖如圖 3-42。

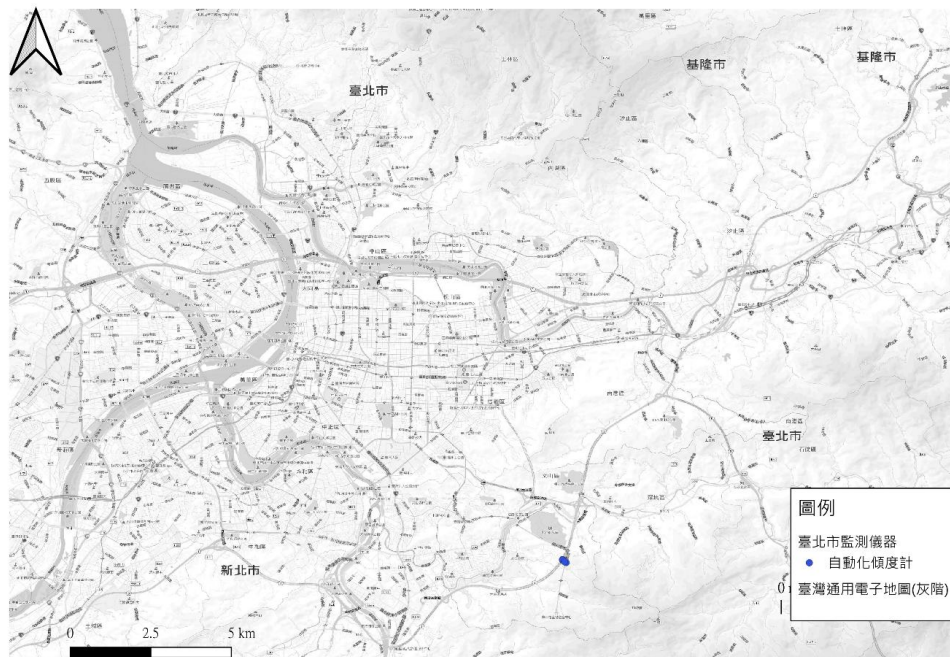


圖 3-42 臺北市自動化傾度計監測儀器分布圖

(11) 臺北市自動化落石觀測儀

臺北市檢監測儀器自動化落石觀測儀，總計 2 支，分布圖如圖 3-43。

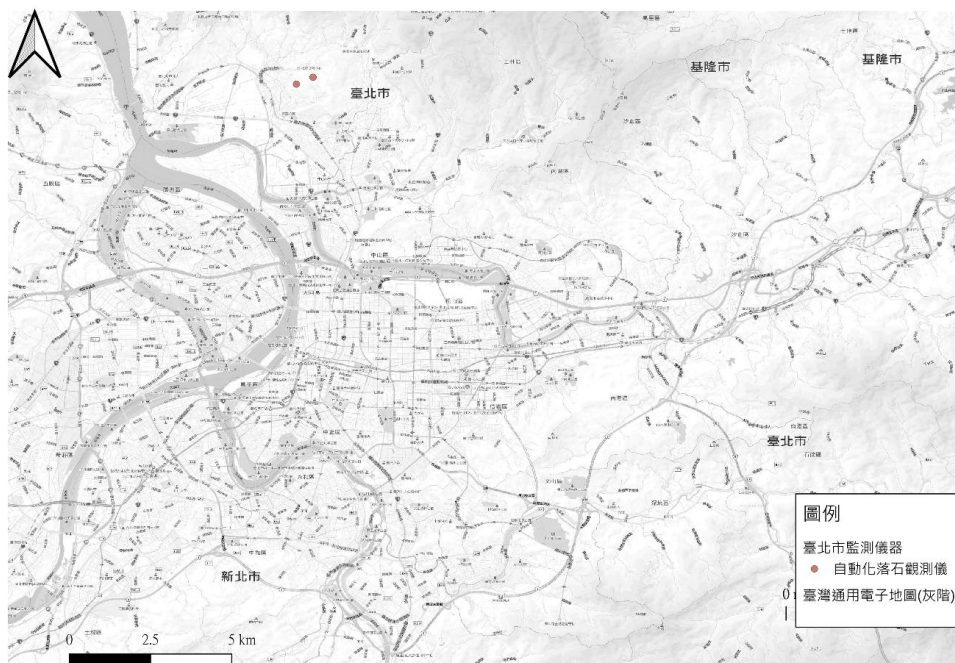


圖 3-43 臺北市自動化落石觀測儀檢監測儀器分布圖

2. 新北市坡地檢監測設備

參考新北市山坡地社區管理與示警支援平臺，彙整檢監測設備種類如傾斜管、裂縫計等 2 類設備，共 58 支，其中傾斜儀設備已有 API 提供介接發佈，共計 10 支，各設備種類分布、數量以及監測數據示意圖彙整如下：

(1) 新北市自動化檢監測設備

新北市檢監測儀器主要以自動化傾斜儀提供即時監測資訊，參考「112 年度新北市山坡地智慧防災社區計畫專業委託服務案」（新北市政府工務局, 2023），自 111 年度起，已於 10 處山坡地社區裝設自動化監(觀)測系統，清單如表 3-3 輔導建置自動化檢監測設備社區清冊，110 年度(含)之前安裝之社區，因保固已到期，改由廠商自費營運，平台上不提供觀測資訊。目前正常維運中共計 10 處社區：新店 7 處、汐止 1 處、樹林 1 處、三峽 1 處。可於平台上查閱近 10 日的觀測數據。

表 3-3 輔導建置自動化檢監測設備社區清冊

年度	數量	區域	社區	狀況
107 年	5 處	新店區	怡園社區	由廠商自費營運*
		汐止區	馥記山莊	由廠商自費營運*
		新店區	達觀鎮 A 區	由廠商自費營運*
		新店區	達觀鎮 B 區	由廠商自費營運*
		汐止區	老爺山莊	社區無意願維護
108 年	5 處	汐止區	新雪梨	社區無意願維護
		汐止區	水蓮山莊	社區無意願維護
		淡水區	詩畫城堡別墅區	社區無意願維護
		汐止區	伯爵一代幼兒園	社區無意願維護
		汐止區	仁愛特區	社區無意願維護
109 年	5 處	淡水區	環遊郡彩迭區	由廠商自費營運*
		汐止區	林肯大郡金龍特區	由廠商自費營運*
		汐止區	白雲山莊	社區無意願維護
		新店區	觀天下	社區無意願維護
		新店區	錦秀社區	由廠商自費營運*
110 年	5 處	三芝區	楓愛林社區	社區無意願維護

年度	數量	區域	社區	狀況
		汐止區	綠野山坡	社區無意願維護
		汐止區	長青山莊	社區無意願維護
		新店區	湖山新城社區	社區無意願維護
		汐止區	博市社區	社區無意願維護
111 年	5 處	新店區	台北國寶	運作中
		三峽區	國王山莊	運作中
		汐止區	康詩丹郡	運作中
		新店區	達觀 22 巷	運作中
		新店區	碧瑤二期	運作中
112 年	5 處	新店區	碧瑤 90 弄	運作中
		新店區	錦秀 49 巷	運作中
		樹林區	台北豪景	運作中
		新店區	碧瑤尊爵	運作中
		新店區	美之城	運作中

(新北市政府工務局, 2023)

(2) 新北市裂縫尺

新北市監測儀器裂縫尺，總計有 48 支，如表 3-4。監測儀器分布圖，以花園新城為例，社區內裂縫尺共設 5 處，位置分布如圖 3-44。

表 3-4 裂縫尺安裝社區與數量一覽表

序號	社區名稱	行政區	112年 列管等級	安裝日期 (裂縫尺)	安裝數量 (支)
1	伯爵山莊	汐止區	B	2023/09/25	4
2	大台北華城	新店區	B	2023/10/03	3
3	鳳凰城	中和區	B	2023/10/03	3
4	花園新城	新店區	B	2023/10/03	5
5	台北小別墅	汐止區	B	2023/09/25	4
6	白雞山莊	三峽區	B	2023/11/14	4
7	伴吾別墅	新店區	B	2023/09/12	1
8	伯爵山莊第一期 別墅區	汐止區	B	2023/09/25	4
9	碧瑤社區(二期)	新店區	B	2023/09/12	7
10	萊茵山水	汐止區	B	2023/09/25	3
11	淺水灣山莊	三芝區	A	2023/11/14	6
12	錦秀社區	新店區	A	2023/09/12	4

(新北市政府工務局, 2023)

花園新城裂縫尺安裝一覽表 (安裝日期2023/10/03)



(新北市政府工務局, 2023)

圖 3-44 花園新城社區內裂縫尺安裝位置分布圖

(二) 坡地社區檢監測設備裝設使用規範建議

本案針對不同坡地社區可應用之檢監測設備進行設備盤點，針對各面相之注意事項彙整如表 3- 5；常見坡地檢監測儀器適用之空間尺度，與監測頻率彙整如表 3- 6，提供未來坡地社區裝設與相關研究參考。

表 3- 5 坡地檢監測設備注意事項

面向分類	資料種類	注意事項	設備項目範疇
政策面	全自動、半自動、人工上傳	<ul style="list-style-type: none"> ● 依據政策要求，確保所有監測設備符合當地政府的監測規範。 ● 針對不同社區（既有社區、新建社區）制定相應的監測策略。 ● 既有社區應關注地錨擋土牆及填方邊坡，新建社區應關注 5 公尺以上擋牆及基地內陡坡。 	雨量計、水位計、傾斜儀 (Tilt meter)、GNSS 監測站、地下水位計、傾斜管 (Inclinometer)、傾度盤、裂縫尺
法規面	全自動、半自動、人工上傳	<ul style="list-style-type: none"> ● 確保設備安裝和使用符合《建築技術規則》及相關法規。 ● 針對水保法前後的社區，分別關注不同的監測重點。 ● 建議以函釋或規範增訂取代修法，如增訂建築技術規則(施工篇)264-1 條，避免修法曠日廢時。 	雨量計、水位計、傾斜儀 (Tilt meter)、GNSS 監測站、地下水位計、傾斜管 (Inclinometer)、傾度盤、裂縫尺
設備面	全自動	<ul style="list-style-type: none"> ● 確保設備聯網穩定，資料即時傳輸。 ● 定期檢查設備運行狀況，確保數據準確性。 	雨量計、水位計、傾斜儀 (Tilt meter)、GNSS 監測站
	半自動	<ul style="list-style-type: none"> ● 定期人工至現地存取資料，確保數據完整性。 ● 確保自記式設備的數據存儲容量足夠。 	雨量計、地下水位計
	人工上傳	<ul style="list-style-type: none"> ● 定期人工至現地測量並存取資料，確保數據準確性。 ● 確保人工上傳的數據格式一致，便於後續分析。 	傾斜管 (Inclinometer)、地下水位計、傾度盤、裂縫尺

面向分類	資料種類	注意事項	設備項目範疇
標準面	全自動、半自動、人工上傳	<ul style="list-style-type: none"> ● 依據國家或地方標準，設置監測頻率和精度要求。 ● 確保所有設備的監測數據符合標準化要求。 ● 增加擋土牆距邊界之緩衝管理距離，兼具設置監測設備之空間使用。 	-
資料面	全自動	<ul style="list-style-type: none"> ● 確保即時 IoT 資料的網路傳輸穩定，避免數據丟失。 ● 定期備份數據，防止數據遺失。 	雨量計、水位計、傾斜儀 (Tilt meter)、GNSS 監測站
	半自動	<ul style="list-style-type: none"> ● 確保人工存取的數據準確無誤，並即時上傳至資料倉儲。 ● 定期檢查自記式設備的數據存儲狀況。 	雨量計、地下水水位計
	人工上傳	<ul style="list-style-type: none"> ● 確保人工測量的數據準確，並即時上傳至資料倉儲。 ● 確保數據格式一致，便於後續分析和比較。 ● 地表變形移動圖請加註解說明沒有分級的區塊是沒有足夠的 PS 點，而非是地表無變形指標。 	傾斜管 (Inclinometer)、地下水水位計、傾度盤、裂縫尺
創新面	全自動、半自動、人工上傳	<ul style="list-style-type: none"> ● 探索運用雷達衛星 InSAR 解算技術進行大範圍空間快篩，提升監測效率。 ● 研究 SAR 影像分析技術，應用於坡地社區監測。 ● 針對衛星遙測技術發展與提升精度，建議從空間尺度與能提供之資料分析災害特性，供現行使用之社區管理者及專業技師參考。 ● 社區地表變形活動度圖需加註解說明沒有分級的區塊是沒有足夠的 PS 點，而非是地表無變形指標。 	雷達衛星影像、GNSS 監測站

表 3-6 常見坡地檢監測儀器適用之空間尺度與監測頻率說明

儀器	適用空間尺度	監測頻率
雨量計	點（局部）	1-10 分鐘，視設備而定
水位計	點（河道、水體）	1-60 分鐘，依設備而定
地下水位計	點（地下水井）	1 分鐘-月，依設備與需求而定
傾斜儀(Tilt meter)	點（地表、結構物）	實時監測（秒-分鐘級） 視需求而定
傾度盤	點（地表、結構物）	週-月，需人工測量
傾斜(Inclinometer)	點（鑽孔）	週-月，需人工測量
雷達衛星影像	面（大範圍區域）	6-12 天（依衛星再訪週期）
GNSS 監測站	點（高精度定位）	實時監測（秒-分鐘級） 視需求而定

(三) 坡地監測法規之建議

本計畫建議在建築技術規則與公寓大廈管理條例中，納入坡地社區監測設備設置規範內容，其目的主要為降低坡地社區風險，透過規範方式提供管理單位相關指引，可於規範中納入「高度五公尺以上的擋土牆或大量土方挖填的建案，強制裝設建築物基礎開挖檢監測儀器(含雨量計)，並於建案完成後移交給社區管理委員會檢監測設備，進行後續設備管理維護使用」，透過此機制來降低新建案挖填方量體與坡地社區風險；另針對年限超過 30 年以上老舊社區與大量挖填方社區，透過教育宣導來提高風險意識，進而促使提升檢監測儀器裝設。

在坡地檢監測設備數據量化方面，本團隊建議於規範中納入「社區內應於順向坡傾角大於二十度範圍土地，於高風險區域裝設至少一處 GNSS 監測設備。」，其中順向坡傾角角度、高風險區域及裝設數量，可由地方政府委由專業團隊進行評估後，修訂相關量化數據。

參照第貳章研究方法中圖 2-30 所列各面向說明如下：

1. 法規面

透過回顧相關法律規範與制度，經過專家會議研析政府政策走向，探討適用坡地社區的監測規範，透過坡地防災手冊來提升公眾防災意識。

法規面主要說明法律架構內如何進行有效修正以促進監測和安全管理。針對現有法律評估最佳修正途徑，主要建議由子法或規範來著手較容易達到目的，針對坡地建築規劃設計的相關法令，建議納入土地開發書面審查流程中。對三個主要法規範疇進行說明如表 3-7，依據法源、法規條文及管理單位，彙整如表 3-8。

表 3-7 主要法規範疇分析表

法規層級	研擬重點	權責機關
子法	建議不從母法著手進行修改，因為這通常涉及較大的法律變動和更複雜的立法過程。相反，通過修改子法及其衍生的具體規範，可以更快速且靈活地實施必要的需求變更。	內政部、地方政府
規範	規範提供了具體的指導原則和標準，用於實施母法和子法的規定。在這裡，可以通過更新技術規範來推動監測系統的實施，這通常比修改法律本身更為迅速和可行。	內政部、地方政府、專業技師協會
審議	審議過程是決定法規應用和實施的關鍵階段。在這一階段，可以設定具體的要求，如對於特定類型的建築或社區進行監測，並確保這些要求與現行法律和規範相一致。	內政部、地方政府、專業技師協會

表 3-8 法源與法規條文彙整表

法源	法規條文	管理單位
災害防救法	第 22 條、第 57 條	內政部
災害防救法第 65 條	災害防救法施行細則第 6 條、第 7 條、第 21 條	內政部
災害防救法第 22-4 條	土石流及大規模崩塌災害潛勢資料公開辦法第 2 條、第 3 條、第 4 條、第 5 條。	內政部
建築技術規則	建築設計施工編/第 13 章 山坡地建築/第 262 條	內政部
建築法	第 77 條	內政部
建築法第 97-1 條	山坡地建築管理辦法第 2 條、第 3 條	內政部
公寓大廈管理條例	第 10 條、第 36 條	內政部
水土保持法	第 3 條、第 4 條、第 6 條、第 8 條、第 16 條、第 22 條、第 24 條	農業部
水土保持法	土石流潛勢溪流及大規模崩塌潛勢區劃設作業要點。	農業部
水土保持法	水土保持法施行細則第 4 條、第 24 條、第 38 條	農業部
水土保持法第 17-2 條	特定水土保持區劃定與廢止準則第 3 條	農業部
農村發展及水土保持署標準文件	土石流潛勢溪流、特定水土保持區資料、山坡地範圍資料	農業部
地質法	第 2 條、第 8 條、第 12 條、第 13 條、第 17 條	經濟部
新北市政府辦理山坡地建築審查要點	第 1 條、第 8 條	新北市政府

2. 設備面

坡地監測主要依靠直接地層位移量測，如傾斜管、裂縫尺等檢監測設備，輔以水位和雨量即時數據，並透過資料庫整合與開放資料服務，強化災害預警系統，目前坡地社區因經濟考量多有傾斜儀為主，坡地社區對於坡地風險防災意識仍須加強，若透過制定相關獎勵或罰則，來提升坡地社區的裝設意願。

(1) 經濟：

檢監測設備的成本已經降低，但由於民眾普遍認為應由政府負責，因此推廣安裝仍面臨挑戰。

(2) 風險：

根據臺北市坡地災害統計報告，文山區、內湖區和北投區是歷年來坡地災害發生次數最多的區域。特別是地質敏感區（順向坡）內的歷史坡地災害，應給予特別關注。淺層崩塌是最常見的災害類型，需優先考慮在這些地區安裝檢監測設備。

(3) 罰鍰：

若參考消防防火設備的法規，明確規定罰鍰可以促進檢監測設備的裝設，從而更好地監控坡地社區的風險。

3. 標準面

本案將參考國家標準規範，整合時序型監測數據與地理空間資訊，透過資料倉儲實作，提供示範 API 與 RWD 技術，有效展示即時坡地防災資訊與監控數據分析，提供防災資訊供各界參考。

另研析大規模崩塌深層地質結構，及探討 CCTV 與 GNSS 等檢監測設備來追蹤位移情況，透過參考大規模崩塌坡地鑑測設備的資料標準規範，提供檢監測設備資料格式在資料倉儲與發佈資料格式建議。

(1) 發佈：

監測數據的管理和發佈可由總管理團隊負責，由團隊提供資料發佈的標準。此外，預警系統會根據個案研判來提供預警數值。

(2) 倉儲：

透過統一資料格式系統來建置監測資訊倉儲系統。雖然可能造成資料量龐大，讓資料綜整變得複雜，但透過系統化的管理，這些資料能被有效地收納、儲存及應用。

(3) 防災：

透過即時檢監測設備和技術，來評估坡地社區的參考數值是否達到防災標準。目前許多檢監測數據以手抄方式或自動記錄，需定期更新資料，並照統一的規格標準存入資料庫，方可易於提供即時資訊供各單位使用。

4. 資料面

隨著居住安全成為社會關注的焦點，即時資料技術的實施變得尤為重要。然而，個人資料的保護也是一項不容忽視的挑戰。為了提升營建工地的安全監測，已在基礎開挖階段安裝的檢監測設備，於建設完工後可作為社區長期監控的基礎檢監測設備。目前臺北市建築管理處已逐漸有實施監控概念，並通過儀表板實時展示營建工地的監測數據。

(1) 數位：

資料庫的數位化轉型是通過將傳統的報告書中的表格數據轉換為數位平台上的數據來實現的。這過程如從雨量計算流量技術的宣導開始，逐步推廣至其他檢監測設備，以實現更全面的數據整合。

(2) 管理：

資料的公開與管理必須在維護個人隱私和社區利益之間找到適當的平衡點。資料的準確性和敏感性是公開時必須嚴格考慮的因素，以防止對社區造成不必要的困擾或負面影響。此外，資料的清理、補遺與標準化是為業務單位提供加值分析成果的基礎資料管理要項。

(3) 介接：

中央部會有關坡地社區資料的介接與共享，因涉及與內政部國土測繪中心和國土管理署的合作，可以開放圖資作為議題，並討論可介接的圖層項目。可透過專家會議研討方式，邀請這兩個單位討論相關圖資的開放及介接內容，並建議由第三方單位負責資料的更新和維護。

5. 創新面

透過獎勵機制來推動坡地檢監測設備的裝設意願，可採取創新作為，鼓勵公私協力推動坡地社區檢監測設備安裝，如臺北市工務局大地工程處正積極推動水保社區評選，並鼓勵公民參與。在前期設計方案上，包括由社區民眾進行巡守，並提供一套完整的社區巡守手冊，其中包含標準巡查項目與操作方式。此外，大地工程處已經開始實施公私協力模式，鼓勵企業以 ESG(環境保護、社會責任及公司治理)為核心價值，主動認養山坡地步道，並積極參與水土保持的實務工作，以實踐對環境永續發展的社會責任。以下針對 ESG、企業認養、環境教育及管理罰則等管理機制進行說明：

(1) ESG：

ESG 報告的推動與坡地投資的鼓勵可作為推展坡地社區檢監測設備的重要機制。透過獎勵措施，廠商被鼓勵在坡地社區進行投資，並支持安裝檢監測設備。這不僅有助於環境保護，也促進了企業的社會責任實踐。

(2) 企業認養：

企業被鼓勵認養山坡地步道維護作業，如植樹等，企業的認養不僅限於當前的水土保持工作，未來還可能包括增加預算捐贈，以支持更多檢監測設備的安裝。

(3) 環境教育：

環境教育在臺北市的水保社區評選中扮演著關鍵角色。通過教育和培訓，社區居民能夠更好地參與到環境保護和監測工作中，從

而提高整個社區的環境意識和防災能力，暨可將 70%自主防災、20%互助防災及 10%政府防災觀念推廣開來。

(4) 管理罰則：

在管理和執行方面，可參考氣象風險管理來建立風險評估系統，並透過公會工具進行參數設定及數值運算。藉由釐清政府、技師公會與民間的利害關係，確保法令依據可行下，找出可行的坡地社區環境監控設備建置與管理機制。在風險管理與協調上，可透過新機制協助業務單位解除列管，來降低風險，並通過行政命令解編列管問題。

第三節 監測資料串接與即時展示

本案針對臺北市與新北市監測設備種類、點位與資料內容進行盤點，並向各機關索取可供本案介接之 IoT 監測設備 API，但目前新北市政府與臺北市政府可提供介接之即時 API 資料數量較少，因此本案亦向各機關索取非即時之監測點位之歷史資料，綜整雙北坡地檢監測資料類型彙整於表 3-9。

表 3-9 檢監測儀器資料存取分類分析表

	A. 全自動	B. 半自動	C. 人工上傳
分類說明	即時 IoT 資料	非即時-自記式	非即時-人工上傳
設備聯網	有	無	無
資料取得	網路傳輸	人工至現地存取	人工至現地測量存取
資料間格	10 分鐘	10 分鐘	每月/每季/不定期
更新頻率	每 10 分鐘	每月或每季	每月/每季/不定期
設備種類	雨量計、水位計、傾斜儀(Tilt meter)、GNSS 監測站	雨量計、地下水位計	傾斜管(Inclinometer)、地下水位計、傾度盤、裂縫尺等
資料來源	氣象署、水利署、新北市政府工務局、興創知能	臺北市政府工務局大地工程處	臺北市政府工務局大地工程處、新北市政府工務局
如何收錄至資料倉儲	取得介接資料 API 後，編寫程式排程自動化擷取收錄	取得資料 Excel 檔後，人工上傳檔案，透過轉檔機制收錄儲存	取得資料 Excel 檔後，人工上傳檔案，透過轉檔機制收錄儲存

本案整合表 3-9 有全自動即時資料供應之 IoT 監測設備，如雨量計、傾斜儀及 GNSS 等觀測資料，和部分半自動及人工上傳之監測資料，如傾斜管觀測資料，與本案提出之「坡地社區受降雨衝擊指標 Q_s 」，綜合呈現於坡地服務雲端展示示範介面。本案產製之 PS-InSAR 解算分析成果，與繪製之社區地表變形活動度圖資，亦將整合於示範介面中，提供圖資使用範例參考。

(一) 「坡地服務雲端展示介面」整體服務雛型概念展示

「坡地服務雲端展示介面」(以下簡稱展示介面)收錄之資料除了監測儀器時序資料以外，亦包含靜態圖資，例如坡地社區範圍及山崩地滑與地質敏感區等，有利於使用者疊圖分析查閱資訊，整體畫面如圖 3- 45，下面就展示介面所收錄之各類型資料與應用情境分別說明。

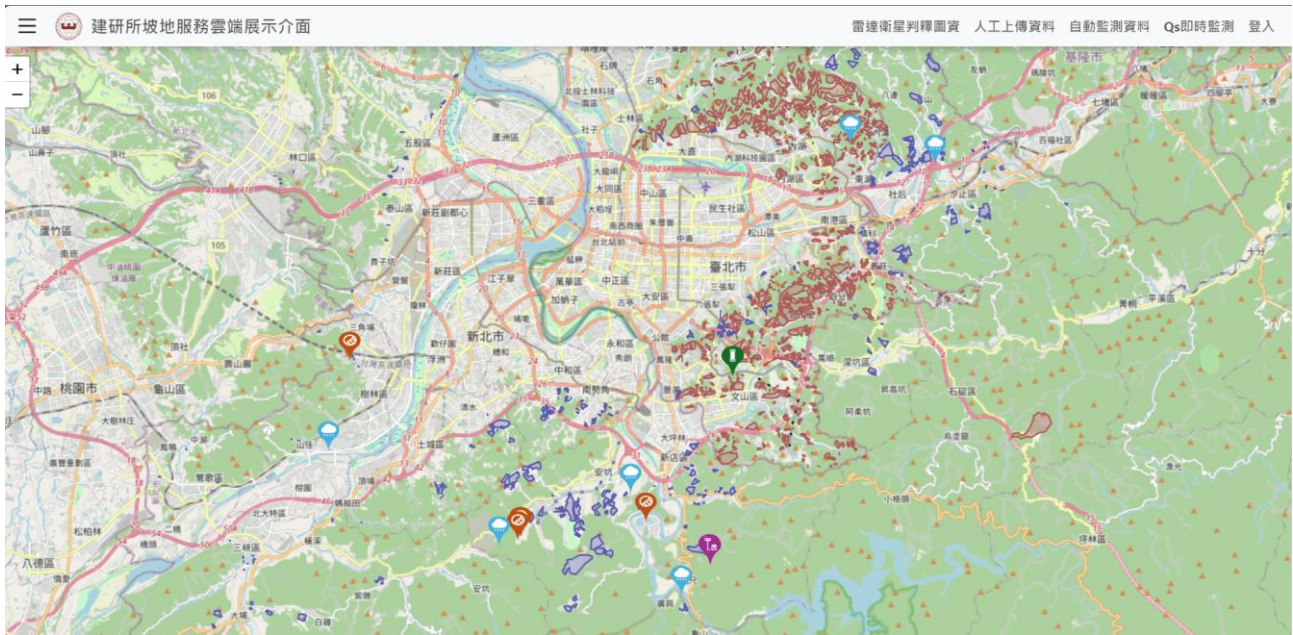


圖 3- 45 坡地服務雲端展示介面整體概覽

1. 靜態圖資

點擊展示介面左上角選單符號可開啟靜態圖資選單，如圖 3- 46 所示，本案示範收錄以下幾種類型資料，分別顯示於圖台中。



圖 3-46 展示介面靜態圖資選單

- ✓ **坡地社區範圍**：以紫色區域範圍圖層展示，圖資來源為新北市政府工務局。圖 3-47 為單獨開啟此圖層並聚焦於新北市新店區之畫面。

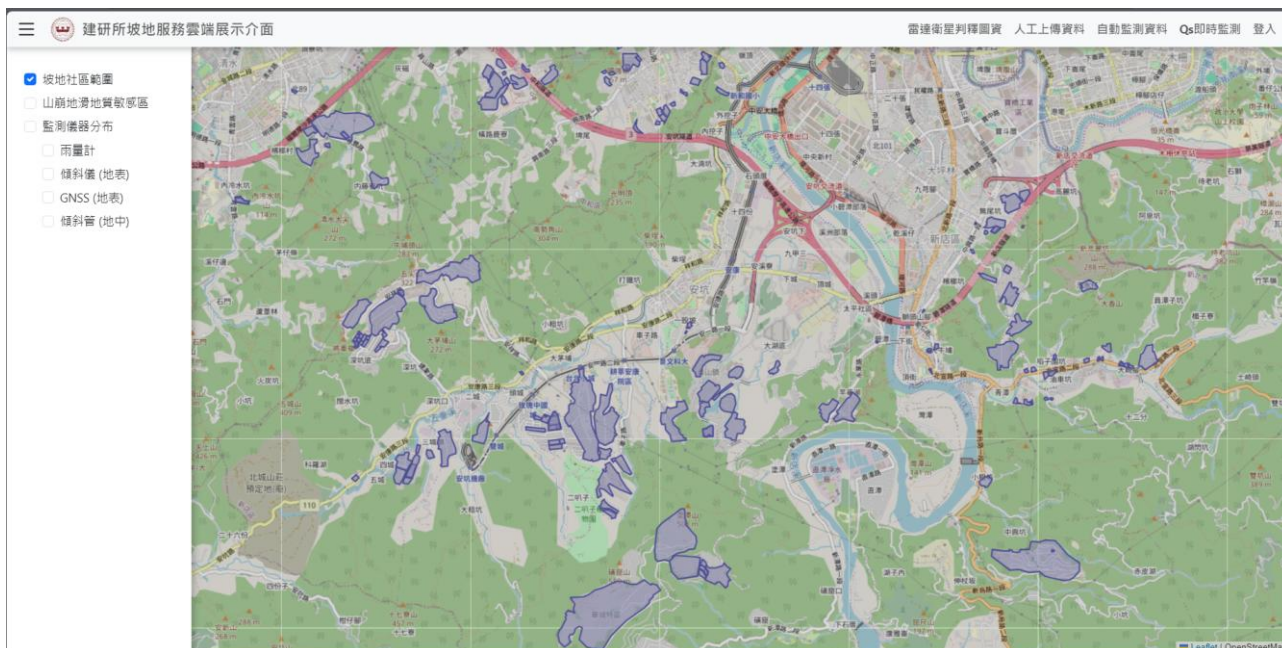


圖 3-47 展示介面靜態圖資：坡地社區範圍

- ✓ **山崩地滑地質敏感區**：以紅褐色區域範圍之圖層展示，資料來源

為臺北市政府工務局大地工程處。圖 3- 48 為單獨開啟此圖層並聚焦於臺北市文山區之畫面。

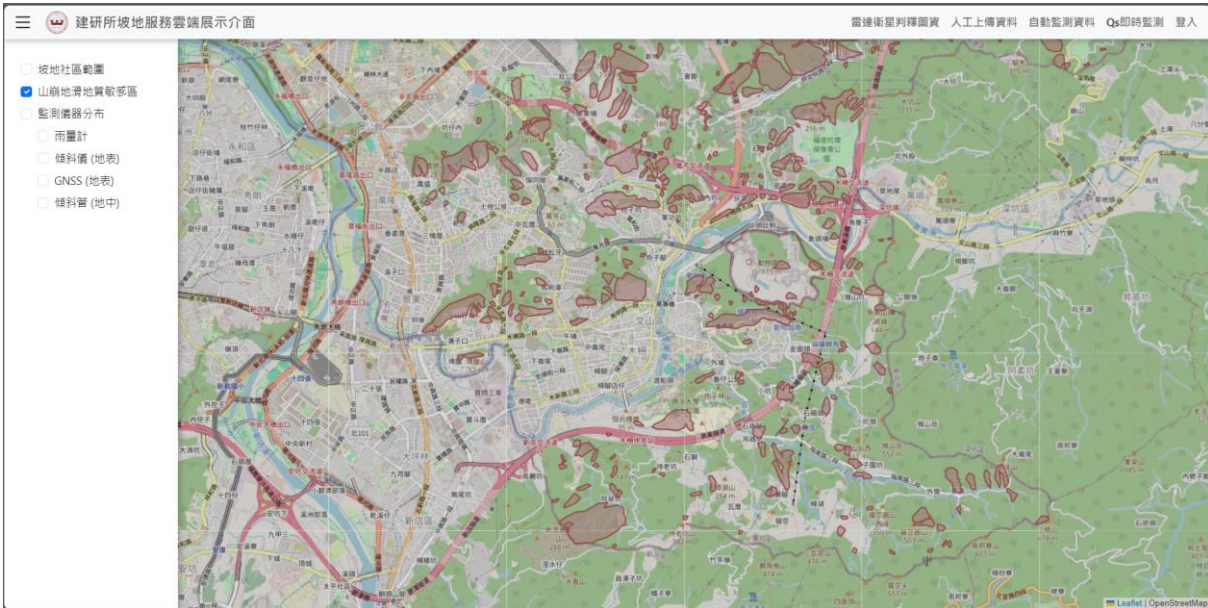


圖 3- 48 展示介面靜態圖資：山崩地滑地質敏感區

- ✓ **監測儀器分布：**此項呈現本案向各機關收集彙整之示範儀器資料點位，並依據儀器類型，分為雨量計、傾斜儀、GNSS 及傾斜管共 4 種，以不同顏色圖案之圖示將各種儀器點位標示於圖台中，如圖 3-49 所示，且各分類儀器點位可依分類勾選查找所在位置。



圖 3- 49 展示介面靜態圖資：監測儀器分布

2. 檢監測儀器資料

本案於執行期間所收集之簡監測儀器資料，依照表 3-9 之分類，針對「A.全自動」類別之資料，向各單位取得儀器即時資料 API 後，將資料串接彙整於展示介面右上角「自動監測資料」；表 3-9 中「B.半自動」及「C.人工上傳」之分類，則針對收集之監測資料檔案，設計自動化轉檔機制，將資料檔案轉換為可呈現於展示介面之格式，轉檔機制之示範成果收錄於展示介面右上角「人工上傳資料」。展示介面所串接之儀器資料分類說明如圖 3-50。於展示介面選取欲查閱之儀器資料後，圖台將自動聚焦至使用者選取之監測儀器點位，以下依照儀器分別介紹。



圖 3-50 展示介面收錄之檢監測儀器資料分類說明

✓ 雨量計

本案自中央氣象署氣象資料開放平台，申請介接「自動雨量站資料-雨量觀測資料」，可取得雨量計即時監測資料，透過收錄至資料倉儲後，能提供過去 7 日之歷史雨量監測資料供使用者查閱。

自動雨量計資料整合至展示介面中之資料視覺化顯示畫面如圖 3-51 所示。使用者可自圖 3-51 中紅框標示處選取欲查看之儀器類型、社區名稱與儀器編號進行雨量查詢；黃色箭頭指示處設置快速篩選按鈕，可供使用者選取最近 6 小時、12 小時、1 日、2 日至 7 日等欲檢視之資料時間範圍。

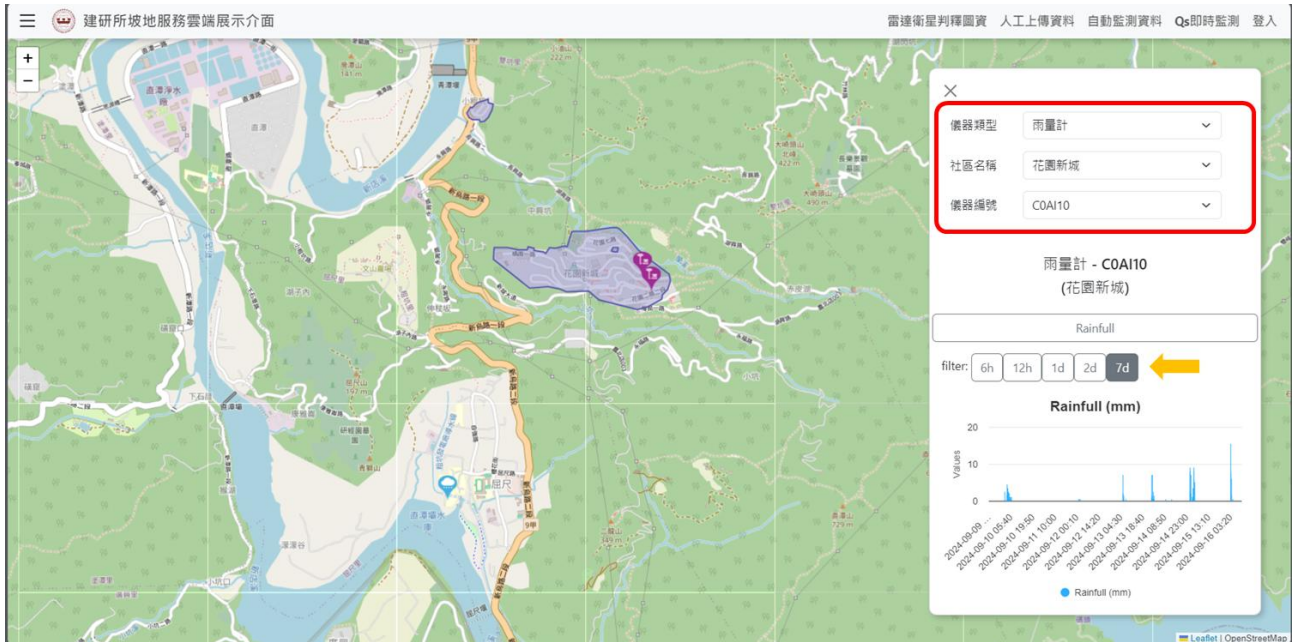


圖 3-51 雨量計資料於示範展示介面之呈現

✓ 傾斜儀(地表監測)

本案向新北市政府工務局，申請介接新北市 5 處坡地社區之傾斜儀即時監測資料，整合於展示介面。自儀器類型選取「傾斜儀」、選取欲查看之社區與儀器編號後，即可檢視傾斜儀監測資料，如圖 3-52 所示。



圖 3-52 傾斜儀資料於示範展示介面之呈現

✓ GNSS(地表監測)

本案將前期計畫於花園新城所建置之 GNSS 監測站所收錄之資料，透過資料倉儲系統將監測資料儲存至資料庫後，透過標準化 API 轉換為展示介面可呈現之資料格式，整合串接後之資料圖表如圖 3- 53，其中黃色箭頭標示處為前期計畫設置 GNSS 監測點位之現場照片與說明圖示。



圖 3- 53 GNSS 監測資料於示範展示介面之圖表呈現

✓ 傾斜管(地中監測)

本案向臺北市政府工務局大地工程處，索取坡地檢監測歷史資料供研究使用，針對傾斜管之觀測資料，採用 Excel 格式儲存，原始資料內容節錄部分如圖 3- 54。透過資料轉檔機制，可將此類儲存於 Excel 檔案之歷史觀測資料轉換為可供展示介面讀取之資料格式，以利資料整合展示。資料經轉檔並串接至展示平台後如圖 3- 55，自展示介面右上角「人工上傳資料」之分類即可開啟檢視此類監測儀器之歷史資料。

監測站代號(必填)	觀測日期(必填)	觀測深度(公尺)(必填)	初始值A+	初始值A-	觀測值A+	觀測值A-	A變化量(mm)	A本位次移量(mm)	初始值B+	初始值B-	觀測值B+	觀測值B-	B變化量(mm)	B本位次移量(mm)(必填)
station_id	Obs_Date	Obs_Dep	Ini_APlus	Ini_ANeg	Obs_APlus	Obs_ANeg	Amo_Ach	Disp_A	Ini_BPlus	Ini_BNeg	Obs_BPlus	Obs_BNeg	Amo_Bch	Disp_B
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	0					4.12							
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	0.5	-3.30545	3.38674	-3.78133	3.6404	-0.36	4.48	-4.13072	5.12147	-4.47115	4.86887	-0.04	-0.33
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	1	-2.91269	2.87464	-3.33817	3.07213	-0.31	4.79	-3.24037	4.09813	-3.46472	4.0954	-0.11	-0.22
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	1.5	-2.34176	2.18494	-2.3455	1.93879	0.12	4.67	-2.41845	3.24252	-2.79293	3.3165	-0.22	5.27356E-16
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	2	-1.99408	1.83483	-1.55125	1.2109	0.53	4.14	-2.24512	3.04977	-2.62297	3.10918	-0.22	0.22
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	2.5	-2.30596	2.38128	-1.92897	1.78421	0.49	3.65	-1.17258	1.84605	-1.03015	1.43729	0.28	-0.06
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	3	-2.36946	2.2102	-2.15413	1.70727	0.36	3.29	0.26211	0.6528	0.702	-0.10486	0.6	-0.66
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	3.5	-2.33663	2.27565	-2.19731	1.98359	0.22	3.07	-0.53124	1.3754	0.22827	0.575	0.78	-1.44
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	4	-1.35704	1.26103	-1.17437	0.80059	0.32	2.75	-2.85207	3.83657	-3.4731	3.91371	-0.35	-1.09
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	4.5	-3.4985	3.35964	-3.81	3.55704	-0.28	3.03	-4.60716	5.28088	-6.32274	6.67719	-1.56	0.47
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	5	-5.42767	5.49503	-5.94662	5.69563	-0.36	3.39	-3.27725	3.98765	-4.68392	4.92316	-1.17	1.64
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	5.5	-4.61995	4.70799	-4.83824	4.70208	-0.11	3.5	-2.46976	3.53983	-3.20565	3.90892	-0.55	2.19
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	6	-4.54732	4.21627	-4.62293	4.08952	0.03	3.47	-2.40805	3.2782	-2.71715	3.12109	-0.08	2.27
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	6.5	-4.08992	3.71392	-4.04476	3.40765	0.18	3.29	-2.18889	3.20444	-2.00039	2.85908	0.22	2.05
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	7	-3.12851	3.75753	-2.9003	2.8912	0.55	2.74	-2.79664	3.52736	-2.64156	2.9648	0.36	1.69
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	7.5	-4.11021	3.99194	-4.05248	3.45332	0.3	2.44	-2.58009	3.66919	-2.22394	2.85555	0.58	1.11
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	8	-4.33706	4.70858	-4.00657	3.94584	0.55	1.89	-3.95365	4.66164	-3.49264	3.84592	0.64	0.47
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	8.5	-4.00717	4.63123	-3.87185	3.99029	0.39	1.5	-3.9896	4.56953	-3.58913	3.88724	0.54	-0.07
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	9	-4.78191	4.38474	-4.87128	4.18112	0.06	1.44	-4.57111	5.58441	-4.35798	5.19815	0.3	-0.37
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	9.5	-4.51224	4.76112	-4.79834	3.97737	0.25	1.19	-4.10293	5.02535	-4.00822	4.69855	0.21	-0.58
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	10	-4.01514	4.82321	-4.06161	4.32628	0.23	0.96	-3.83016	4.66321	-4.15879	4.49158	-0.08	-0.5
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	10.5	-4.73068	4.92714	-5.11771	4.66287	-0.06	1.02	-3.04814	3.7198	-2.99214	3.54116	0.12	-0.62
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	11	-4.89834	4.93634	-4.83646	4.40771	0.3	0.72	-5.17147	5.97188	-5.20837	5.89787	0.02	-0.64
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	11.5	-4.63118	4.9617	-4.51193	4.31079	0.39	0.33	-5.00349	5.82144	-5.07265	5.42961	0.16	-0.8
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	12	-4.13404	3.96773	-3.97502	3.57651	0.28	0.05	-5.00549	5.90333	-4.85585	5.5349	0.26	-1.06
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	12.5	-4.00887	3.90929	-4.01099	3.75121	0.08	-0.03	-5.31427	6.073	-5.45459	5.86437	0.03	-1.09
GEO0001_TT_WS-001-S01	2023/7/6	13	-3.52897	3.47631	-3.69525	3.36587	-0.03	0	-6.15577	6.95586	-6.29384	6.60286	0.11	-1.2

圖 3- 54 臺北市傾斜管原始觀測資料 Excel 表格

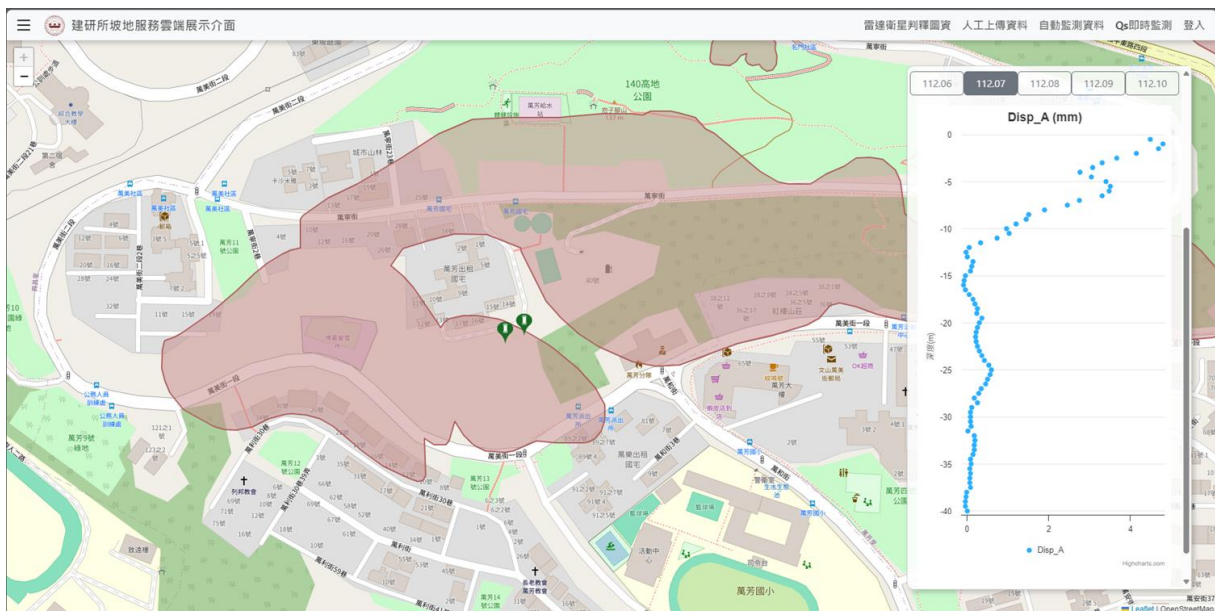


圖 3- 55 傾斜管歷史觀測資料(人工上傳)於示範展示介面之呈現

3. 雷達衛星判釋圖資

本案亦整合自前期計畫起，所分析解算之雷達衛星影像，將最終產製之社區地表變形活動度圖資，整合於展示介面，使用者可點擊展示介面右上角「雷達衛星判釋圖資」，並從右側欄中「社區名稱」，選取有產製圖資之社區查看詳情(圖 3- 56 中紅色標示「步驟 1」處)。如該社區有不同年度產製之圖資，則會顯示多幅影像資料，點選圖 3- 56 中紅色標示「步驟 2」處之「放大檢視」按鈕，可查閱完整詳情與圖資使用說明。放大檢視畫面如圖 3- 57 所示。

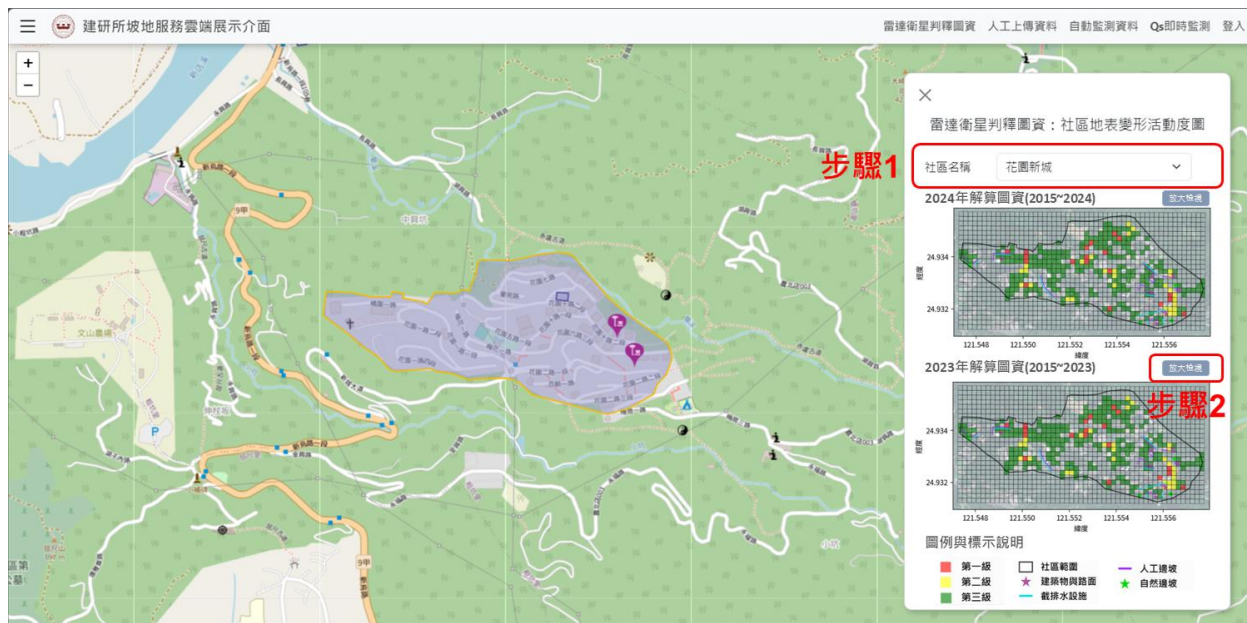


圖 3- 56 展示介面雷達衛星判釋圖資查閱說明

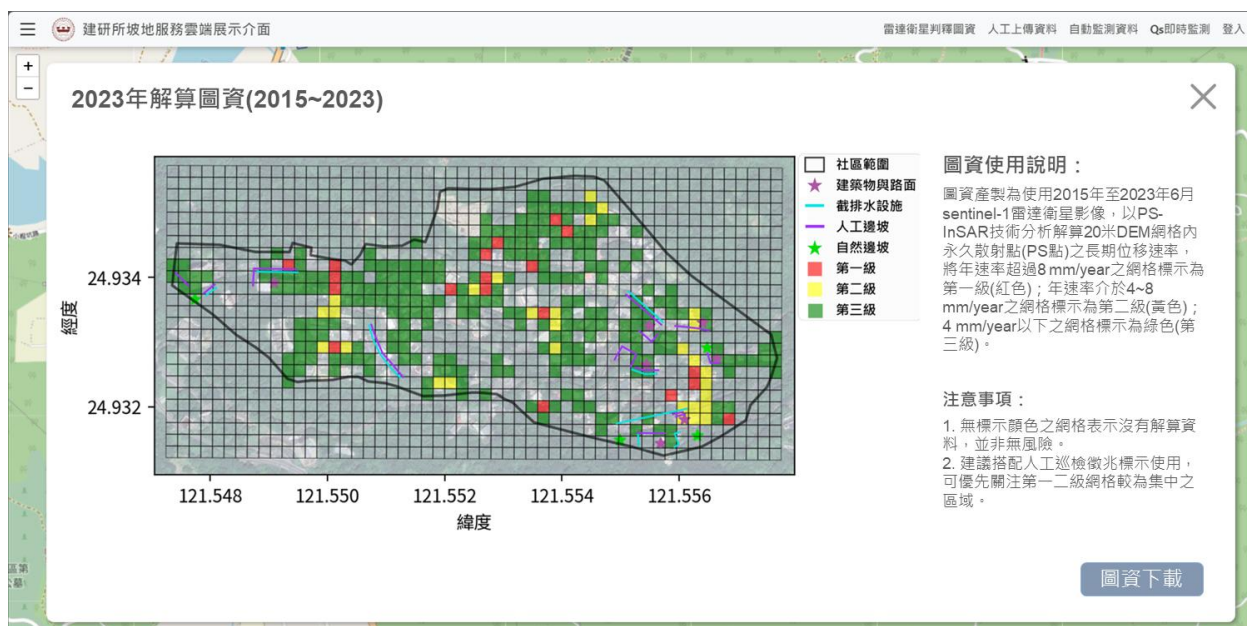


圖 3- 57 前期計畫產製之花園新城社區地表變形活動度圖與詳細說明

4. Qs 指標即時監測

為了實現章節壹、一、(三)3 即時展示介面創意構想(第 42 頁)所描述的坡地社區受降雨衝擊指標的概念，本案挑選新北市的社區範圍「伯爵山莊三代」，及臺北市的順向坡「內湖區順向坡 CGS-0744-NH-183」做為 Qs 指標示範社區，並對應其鄰近的兩個雨量站「國三 S010K(CAA030)」及「安泰(A1AD30)」雨量站，研究此概念應用情境。

在即時雨量觀測數據中，我們選用了3小時累積雨量 (I_3) 和24小時累積雨量 (R_{24}) 作為重點觀測指標。因土石流警戒系統中以 I_3 和 R_{24} 作為評估土石流發生風險的關鍵指標。 I_3 代表短時間內的強降雨，反映瞬時降雨對坡地穩定性的影響； R_{24} 則代表長時間的累積降雨量，顯示土壤含水量的累積效應。因此，選用 I_3 和 R_{24} 可作為評估降雨對坡地社區的衝擊。

為了展示該 Qs 指標於實際降雨情境之呈現，本案以 113 年凱米颱風期間，113 年 7 月 24 日晚間 8 點整的實際觀測數據為例，將 2 個雨量站的 3 小時和 24 小時累積雨量帶入 Qs 指標公式進行計算，模擬於颱風期間所呈現的即時雨量觀測值與展示介面所呈現的 Qs 指標觀測情境，成果如圖 3-58 及圖 3-59，歷史雨量資料取自 NCDR 網站，詳見圖 3-60。

應用單位亦可根據需求，選擇其他延時的雨量觀測值進行分析，以適應不同的災害預警需求。

未來延伸應用方向，亦可考量社區內水及外水之影響，通常社區內之排水大多經過排水設計，因此除將社區內水之集水區納入 Qs 指標中之觀察標的外，亦可設定為社區外水之集水區域進行觀測。後續如應用單位欲採用此 Qs 指標，可針對管理區域與專家研討，針對坡地社區外水之集水區範圍進行研究，建立外水之集水範圍對應其影響社區的關聯，即可以社區為主體，將社區外水會影響此社區的集水區面積，帶入 Qs 指標中的 A 進行計算、長期觀測。如此後續可進一步將此 Qs 指標之觀測結果，建立累積降雨危害程度之關聯性，未來使用針對此進行風險排序，標示出較高風險的坡地社區。



圖 3- 58 展示介面 Qs 即時監測：伯爵山莊三代

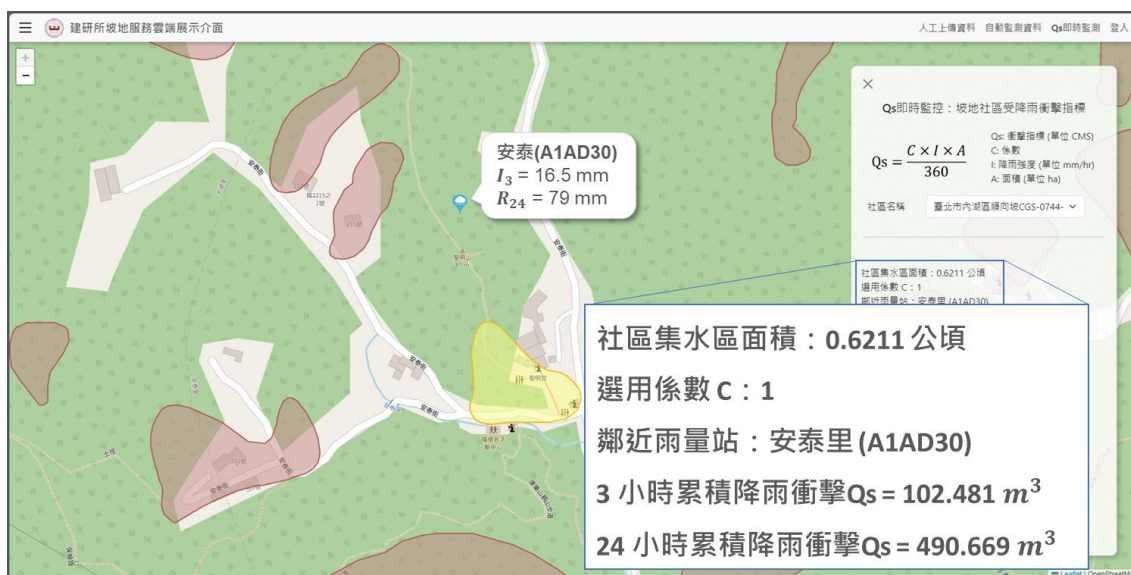
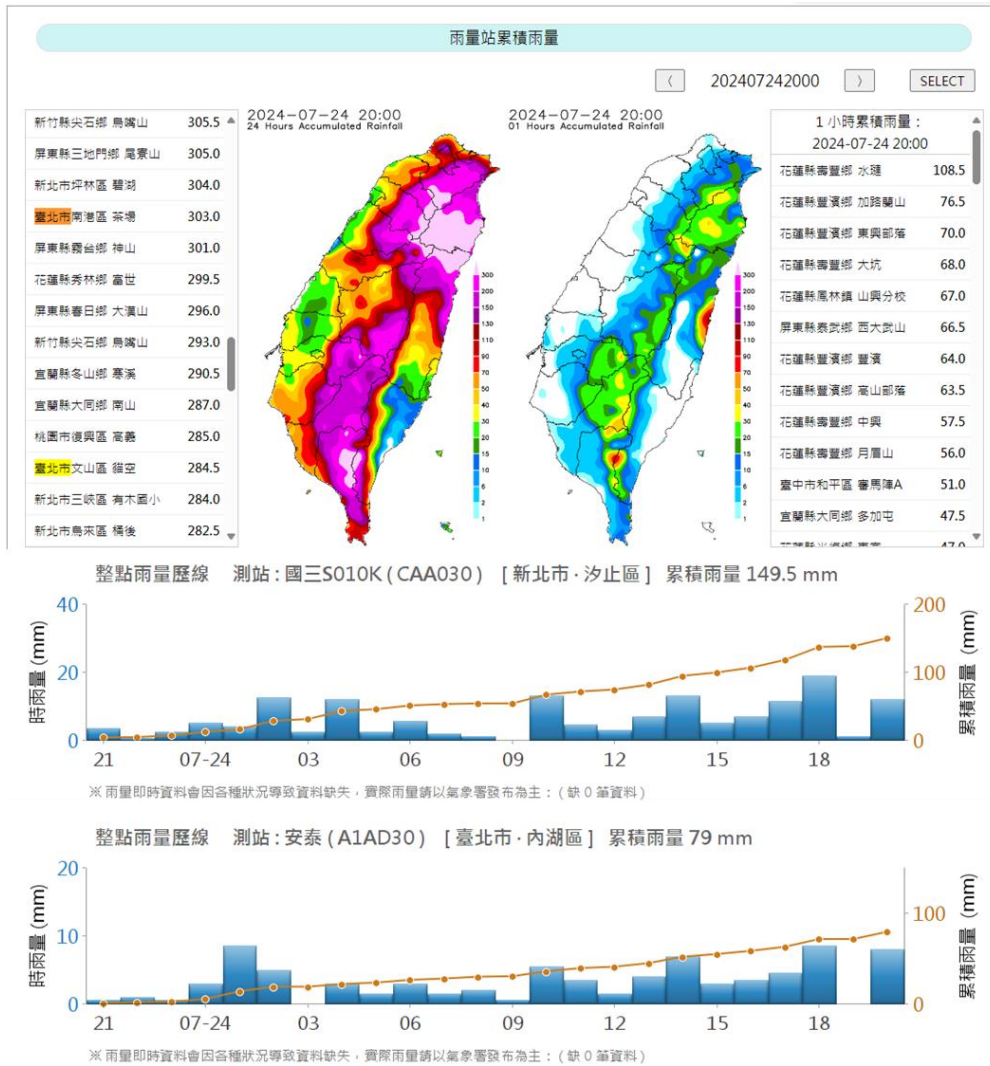


圖 3- 59 展示介面 Qs 即時監測：內湖區順向坡 CGS-0744-NH-183



(NCDR 天氣與氣候監測網, 2024)

圖 3- 60 凱米颱風期間 113 年 7 月 24 日晚間 8 點整降雨資料

為了進一步提升 Q_s 指標在不同社區間的比較與應用，目前在公式- 8 坡地社區受降雨衝擊指標公式(本報告書第 43 頁)中，面積 A 是直接使用觀測社區的總面積。由於社區面積越大，計算出的 Q_s 值也越大，這在意義上代表該社區的居住人口可能相對較多，因此需要更多的關注。

然而，在實際降雨事件中，即時查看 Q_s 指標將受社區面積大小影響，為了使各社區間的 Q_s 值能夠互相對照檢視，我們建議引入坡度分析，並參考建築技術規則建築設計施工編第 262 條第一項中對坡度陡峭者定義，即在坵塊圖上其平均坡度超過 30% 者。透過對社區內坡度進行分析，可以將面積 A 調整為社區內坡度大於 30% 的總面積，示意圖如圖 3- 61 所示。



圖 3- 61 進階篩選社區坡度大於 30%之面積示意圖

藉由採用上述方法，不同社區的 Q_s 值可以更有效地進行風險排序，有助於相關部門在資源分配和防災決策上做出更精確的判斷。未來的應用發展方向應著重於完善這種基於坡度的面積調整方法，以提高 Q_s 指標觀測值在跨社區風險評估中的準確性和實用性。

5. 防災監控應用之構想

本案綜整各類型坡地即時檢監測儀器與資料，考量資料公開與串接便利性的前提下，發現雨量計資料是點位最多且最普及的。然而，由於不同機關之間可能存在跨單位資料流通的問題，建議各管理單位可依據需求，自行開發類似功能的圖台。

本案亦建議可以社區為單位，建立該社區內監測設備或鄰近監測設備的管理值設定頁面，如圖 3- 62 所示。

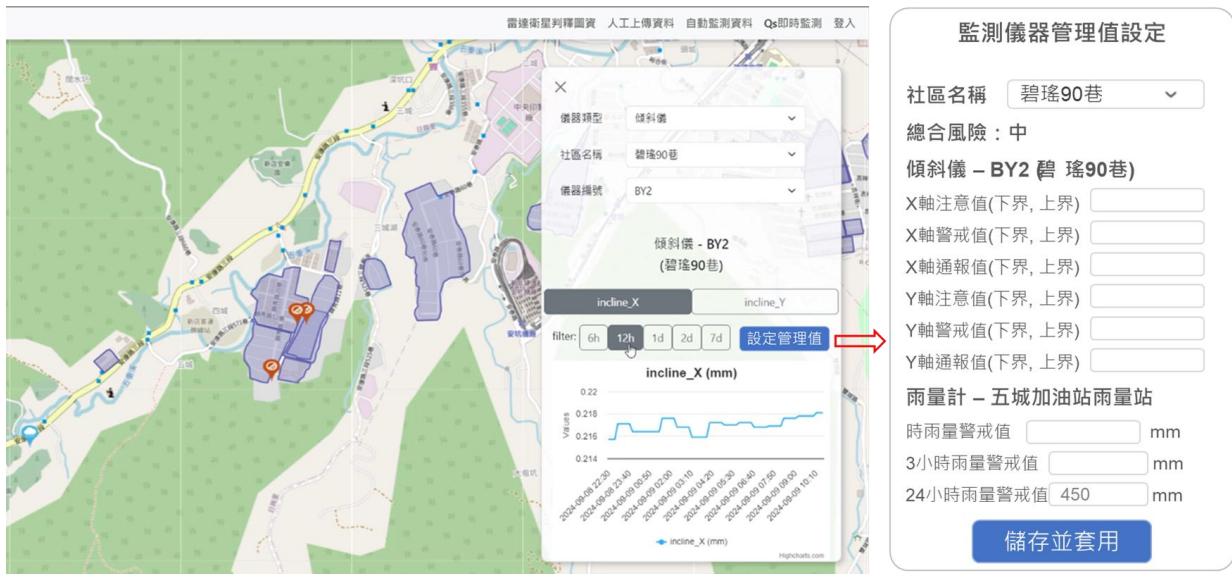


圖 3- 62 社區監測儀器管理值設定管理示意圖

針對雨量計觀測資料，本案建議整合現有的社區鄰近雨量站之警戒值，結合儀器所觀測到的變位量、警戒值，以及社區風險排序等設計參數，於強降雨發生時，即可依據雨量即時觀測數據，對各項參數進行即時計算與篩選排序，提供防災單位警戒資訊參考，警戒值由各地方政府進行研擬律定，再納入系統設定。如此可協助管理單位在強降雨事件發生當下，能夠高效率地聚焦於風險排序較高的社區。

另外，對於傾斜儀或傾斜管、裂縫計等已觀測到明顯變化的社區，由於已有潛在災害之虞，建議引用參考雨量站，既有已公布之雨量警戒值，社區檢監測儀器數據呈現之變化大者，則可根據專家建議，適時調降社區的雨量警戒值，以達到提前預警之效。建議延續計畫可舉辦專家會議，針對各區域所裝設之檢監儀器，探討關於管理值之設置與坡地災害風險預警之規劃，以利更進一步將儀器所觀測到的變化，整合於展示介面中。如此在強降雨發生時，得以自動化針對社區之風險參數進行計算排序，以利篩選出需要優先關注之坡地社區。

自動化風險排序概念之示意圖如下圖 3- 63 所示，當強降雨時，依照雨量觀測值達警戒狀況，自動將較高風險的行政區標示紅色，中風險的行政區標示黃色，管理單位使用者可點選中高風險之行政區，查看該行政區中需要特別關注的社區列表查看詳情。

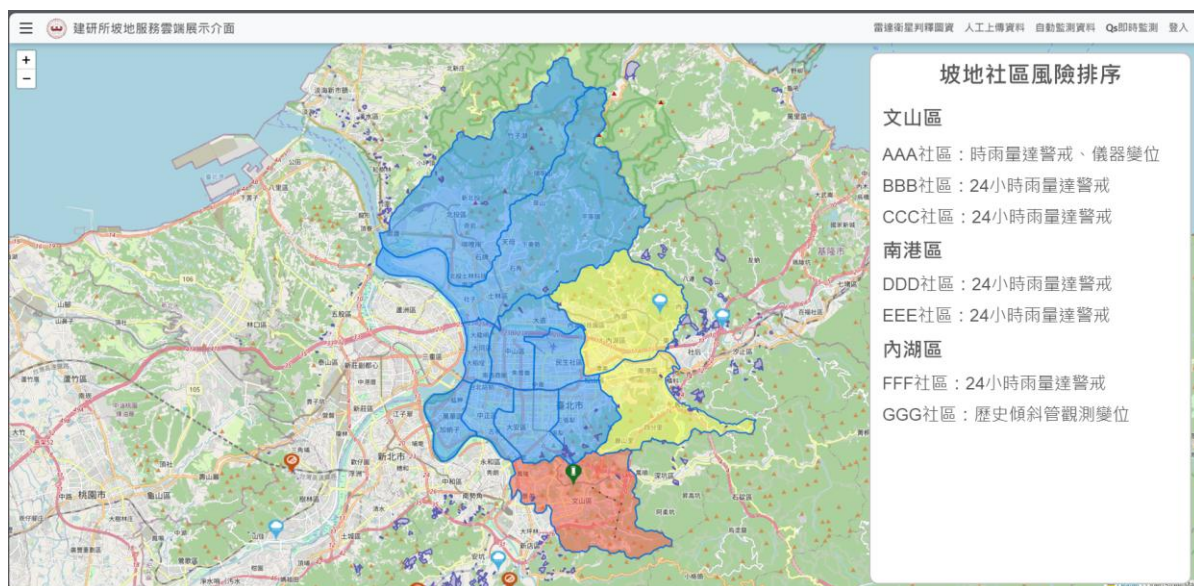


圖 3- 63 自動化社區風險排序之示意圖

(二) 資料儲存與展示介面之架構建議

為了實現上一節所介紹的展示介面，建構一個功能完備的平台，需要周全的前後端架構設計以及合適的資料庫格式規劃。本案針對展示介面的系統架構，提出以下建議規格與系統開發指引 (guideline)，旨在打造一個穩定且高效的系統，協助管理單位充分運用坡地檢監測設備的資料，高效率地掌握坡地社區的安全。

1. 展示介面系統架構

為避免連續監測設備資料供應出現問題，以致重要連續監測資料無法呈現，本案建議可另行將即時監測資料收錄至資料倉儲系統，在後端建立標準化之 API 以提供前端展示介面呈現。

後端資料倉儲環境建議可採用開源資料庫解決方案 PostgreSQL 作為倉儲資料庫軟體，並透過 PostgreSQL 附加 PostGIS 等模組儲存地理空間資訊、時序型監測資料，搭配關聯式資料庫儲存相關內容，可快速交互查詢資訊；網頁前端操作介面開發規劃採用開源的 HTML、CSS、JavaScript，搭配網頁前端及地理空間資訊系統常用的套件框架進行開發，例如 Vue.js, Leaflet 等，並應用資料視覺化相關套件如 D3.js、Chart.js 或 Highcharts 視覺化元件，以及 Web-GIS 結合統計圖與表單等呈現數據儀表，建議之架構規劃圖如圖 3- 64 所示。

硬體規劃方面，針對需求建議可申請機關虛擬機器(VM)，規劃以 AP(系統前端應用程式)及 DB(系統後端資料庫)雙 VM 架構運作，參考之建議軟硬體系統資源規格如表 3-10。

本案針對坡地檢監測設備的資料串接展示介面，提供設計規劃建議，說明如何將觀測資料收錄至後端倉儲系統，再以標準化 API 之作為中介，將示範之儀器資料呈現於展示介面。因此，上述軟硬體規格皆為建議使用之規劃，未來需求單位可自行訂定符合自身需求的規格。

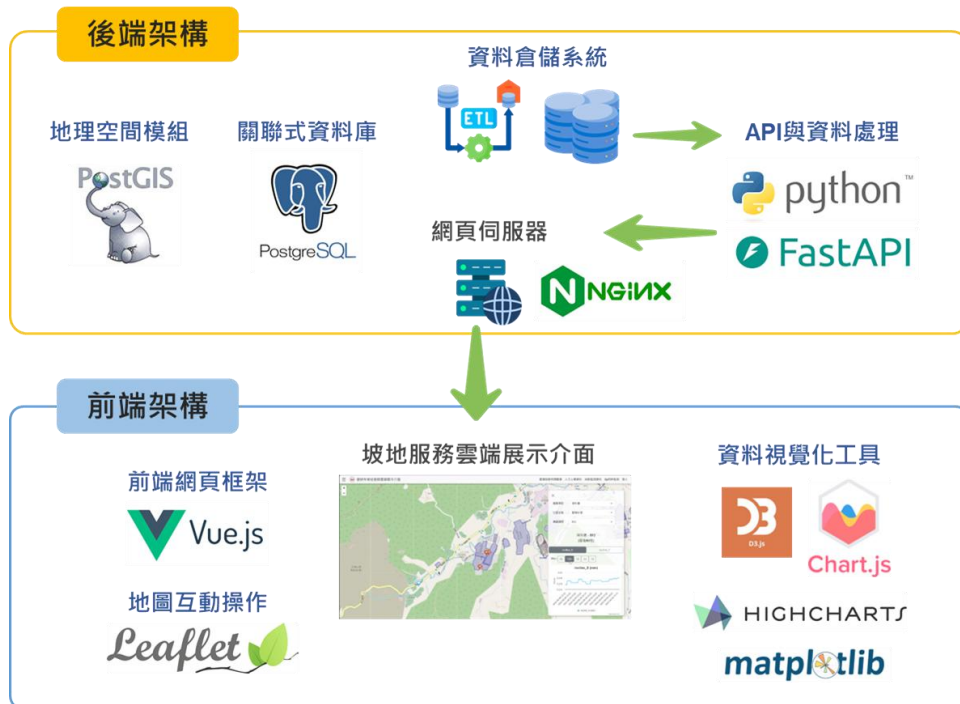


圖 3-64 建議之展示介面系統架構與應用技術示意圖

表 3-10 展示介面整體系統架構軟硬體資源之建議規格

	項目	資源需求/解決方案	軟體類別
硬體資源	VM 數量	3 部(AP + DB+備援)	-
	vCPU	4 cores / 每部 VM	-
	vRAM	16 GB / 每部 VM	-
	HDD/SSD 空間	2TB / 每部 VM	-
軟體資源	作業系統	Ubuntu 22.04	開源
	網頁伺服器	Nginx	開源
	資料庫	PostgreSQL v.12 PostGIS	開源
	前端架構	Vue + JavaScript	開源；本案示範開發

2. 時序資料與標準化 API

分析本案所蒐整取得之檢監測資料，參照表 3-9 檢監測儀器資料存取分類分析表(第 92 頁)，本案以介接 A 類全自動之檢監測資料為主，藉由定時執行的標準化資料處理與儲存流程（簡稱 ETL，Extract, Transform, Load）將其收錄至資料倉儲，最後以標準化 API 串接至前端展示介面；針對 B 類及 C 類之非即時上傳之資料，則規劃轉檔機制，以人工手動上傳檔案至自動轉檔程式，由自動轉檔程式依據該儀器之原始檔格式進行處理後存入資料倉儲。整體前後端資料串接與處理流程如圖 3-65 所示。

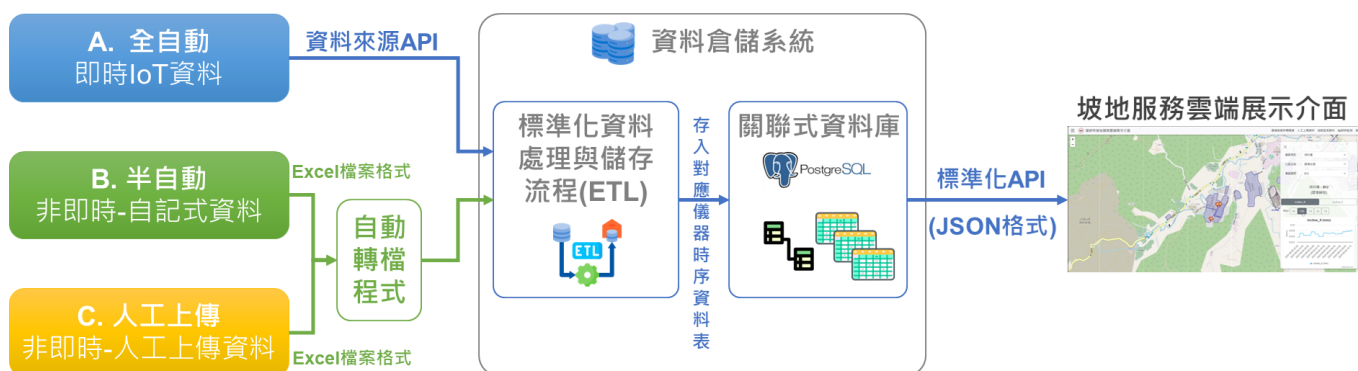


圖 3-65 檢監測儀器資料儲存與標準化 API 供應流程圖

標準化 API 之格式建議與欄位資訊如表 3-11，本案建議可為每個儀器預留管理值相關的欄位（例如注意值、警戒值、通報值）。未來可依據使用單位的需求，在展示介面中提供儀器管理值的查詢與設定。此舉有助於在將來建置此類展示介面與相關平台時，預設警示通知或篩選查詢之用。

表 3- 11 傾斜儀資料標準化 API 之建議格式與架構

輸出格式	JSON 格式
編碼格式	UTF-8
功能	讀取某個傾斜儀之儀器資料與最近7日之時序資料
欄位說明	<p>關聯資料表：sensors, tilt_meter_initial, tilt_meter_data</p> <p>回傳結構為自 sensors 資料表，以[儀器編號(SensorID)]讀取該儀器基本資料，自 tilt_meter_initial 資料表讀取該儀器之管理值，將管理值顯示於"ManagementValues"欄位，並自 tilt_meter_data 讀取最近7日之時序資料，顯示於"Data"欄位。</p>
URL 結構	http://[ip]/api/current_data/[SensorType]/[SensorID]
範例	<pre>[{ "LocationID": "NTPC_F07_114", "HillslopCommunityID": "HSC_XD_006", "GeoSensitiveAreaID": null, "SensorType": "TiltMeter", "SensorID": "NTPC_MZC", "SensorName": "美之城", "Source": "NewTaipeiCity", "EPSG4326_Lon": 121.530537, "EPSG4326_Lat": 24.948747, "Mmethod": 0, "Units": "degree", "Status": 1, "SetTime": 1648252800000, "Note": "雙軸無線資料傳輸傾斜儀，新北市工務局計畫提供", "ManagementValues": { "incline_X": { "AttentionValue": null, "WarningValue": null, </pre>

```

        "AlertValue": null
    },
    "incline_Y": {
        "AttentionValue": null,
        "WarningValue": null,
        "AlertValue": null
    }
},
>Data": [
    {
        "Datetime": "2024-08-22T11:00:00",
        "incline_X": -7.8136,
        "incline_Y": 1.4729
    },
    {
        "Datetime": "2024-08-22T12:00:00",
        "incline_X": -7.8130,
        "incline_Y": 1.4735
    }
    // 更多時序資料...
]
}
]

```

3. 倉儲格式律定

根據相關單位提供的坡地檢監測設備資料格式與內容，本案規劃資料庫綱要 (schema)，以建立監測數據的詮釋資料、時序資料和關聯性資料庫。依據各設備所監測的物理量和時序資訊，規劃各類型儀器的標準化資料倉儲格式，並撰寫自動化排程，將監測資料儲存至後端資料庫，供後續查詢使用。

針對蒐集彙整的檢監測儀器資料，本案建議在資料倉儲與資料庫中，依照表 3- 12 所示，規劃各關聯資料表的建置。其中，儲存各式檢監測儀器基本資料的資料表為項次 3 的「監測儀器清單 (sensors)」，其資料表綱要可參考表 3- 13 建置；其他資料表綱要之建置可參考表 3- 14 「雨

量資料 (rain_gauge_data)」時序資料表綱要、表 3-15 「地表傾斜儀資料 (tilt_meter_data)」時序資料表綱要。其餘請依各單位資料收錄需求依此類推即可。

此外，傾斜儀通常會記錄該儀器的初始值與管理值，這些資料收錄於「地表傾斜儀初始值 (tilt_meter_initial)」資料表，資料表綱要如表 3-16 所建議。

表 3-12 資料庫關聯資料表之規劃建議

項次	分類	資料表名稱	中文名稱	資料型態	備註
1	靜態圖資	hillslope_community_area	坡地社區範圍	向量式資料(面)	
2	靜態圖資	geosensitive_area	地質敏感區範圍	向量式資料(面)	
3	監測儀器代碼索引表	sensors	監測儀器清單	向量式資料(點)	儀器設備編碼原則
4	監測資料-降雨	rain_gauge_data	雨量資料	時序資料	降雨監測
5	監測資料-地表	tilt_meter_data	地表傾斜儀資料	時序資料	地表傾斜監測資料
6	監測資料-地中	inclinometer_data	地中傾斜管資料	時序資料	地中傾斜管監測資料，人工上傳
7	監測資料-地表	gnss_data	GNSS 監測資料	時序資料	地表位移監測資料
8	系統管理	users	使用者登入資訊	一般資料	
9	監測資料-水位	waterlevel_data	地下水水位計資料	時序資料	半自動資料，人工上傳
10	監測儀器資料	tilt_meter_initial	地表傾斜儀初始值	一般資料	
11	監測儀器資料	inclinometer_initial	地中傾斜管初始值	一般資料	
12	監測儀器資料	waterlevel_initial	地下水水位計初始值	一般資料	

表 3- 13 監測儀器清單(sensors)資料表綱要設置建議

資料表名稱	sensors	中文名稱	監測儀器清單
資料型態	向量式資料(點)	檔案格式	ESRI ShapeFile
屬性欄位說明			
欄位代號	欄位名稱	格式	說明
Item	項次	SERIAL	主鍵(Primary Key)，流水號
LocationID	行政區代碼	varchar(40)	建議針對檢監測儀器所在位置的之行政區建立代碼，可參考地籍區段或郵遞區號
HillslopCommunityID	坡地社區代碼	varchar(10)	儀器所在之社區，若無可留空
GeoSensitiveAreaID	地質敏感區編號	varchar(20)	使用礦業管理與地質調查中心(前身為地調所)之山崩與地滑地質敏感區編號，若無可留空
SensorType	儀器類型	varchar(20)	RainGauge: 雨量計；TiltMeter: 傾斜儀；GNSS: 全球導航衛星系統定位監測；Inclinometer: 地中傾斜管；Waterlevel: (地下)水位計
SensorID	儀器編號	varchar(20)	外鍵(Foreign Key)，用於關聯觀測資料表時序資料，建議採用「資料來源單位_編號」之格式進行編碼
SensorName	儀器名稱	varchar(20)	新建資料時為該儀器命名
Source	資料來源	varchar(20)	儀器管轄或資料提供單位來源
EPSG4326_Lon	WGS84 經緯度_經度	numeric(18,6)	新增儀器時要先取得測站坐標
EPSG4326_Lat	WGS84 經緯度_緯度	numeric(18,6)	新增儀器時要先取得測站坐標
MMethod	測量方式	char(1)	0: 自動測量 1: 半自動測量 2: 人工測量
Units	觀測值單位	varchar(10)	mm；degree/度(°)；m
Status	儀器狀態	char(1)	0: 停用 1: 使用中
SetTime	儀器設置日期	Date	格式：YYYY/MM/DD
Note	備註資訊	varchar(100)	備註資訊欄位

表 3- 14 雨量資料 (rain_gauge_data) 時序資料表綱要設置建議

資料表名稱	rain_gauge_data	中文名稱	雨量資料
資料型態	時序資料	檔案格式	Timeseries Data
屬性欄位說明			
欄位代號	欄位名稱	格式	說明
SensorID	雨量站編號	varchar(20)	
Datetime	資料時間	timestamp with time zone	
Now	最新 10 分鐘雨量	numeric(5,1)	
Past10Min	過去 10 分鐘雨量	numeric(5,1)	
Past1hr	1 小時累積雨量	numeric(5,1)	
Past3Hr	3 小時累積雨量	numeric(5,1)	
Past6Hr	6 小時累積雨量	numeric(5,1)	
Past12Hr	12 小時累積雨量	numeric(5,1)	
Past24Hr	24 小時累積雨量	numeric(5,1)	
Past2days	前 2 日累積雨量	numeric(5,1)	
Past3days	前 3 日累積雨量	numeric(5,1)	

表 3- 15 地表傾斜儀資料 (tilt_meter_data) 時序資料表綱要設置建議

資料表名稱	tilt_meter_data	中文名稱	地表傾斜儀資料
資料型態	時序資料	檔案格式	Timeseries Data
屬性欄位說明			
欄位代號	欄位名稱	格式	說明
SensorID	監測站編號	varchar(20)	
Datetime	資料時間	timestamp with time zone	
incline_X	X 軸角度	numeric(8,4)	角度，取至小數點後 4 位數
incline_Y	Y 軸角度	numeric(8,4)	角度，取至小數點後 4 位數

表 3- 16 地表傾斜儀初始值 (tilt_meter_initial) 資料表綱要設置建議

資料表名稱	tilt_meter_initial	中文名稱	地表傾斜儀初始值
資料型態	一般資料	檔案格式	Reference Data
屬性欄位說明			
欄位代號	欄位名稱	格式	說明
SensorID	監測站編號	varchar(20)	外鍵(Foreign Key)
InitialDate	初始值紀錄時間	date	初始值紀錄時間，必填
InitialNotes	初始值異動紀錄	varchar(200)	如有校正、重設初始值的紀錄，文字備註在此欄
X_mean	X 軸平均值	numeric(3,1)	
X_max	X 軸最大值	numeric(3,1)	
X_min	X 軸最小值	numeric(3,1)	
Y_mean	Y 軸平均值	numeric(3,1)	
Y_max	Y 軸最大值	numeric(3,1)	
Y_min	Y 軸最小值	numeric(3,1)	
X_AttentionValue	X 軸管理值_注意值	numeric(3,1)	預留欄位，若無可空著
X_WarningValue	X 軸管理值_警戒值	numeric(3,1)	預留欄位，若無可空著
X_AlertValue	X 軸管理值_通報值	numeric(3,1)	預留欄位，若無可空著
Y_AttentionValue	Y 軸管理值_注意值	numeric(3,1)	預留欄位，若無可空著
Y_WarningValue	Y 軸管理值_警戒值	numeric(3,1)	預留欄位，若無可空著
Y_AlertValue	Y 軸管理值_通報值	numeric(3,1)	預留欄位，若無可空著

第四節 專家座談會成果

本案執行期間舉辦 2 場專家座談會，第一場主題為「坡地社區監測設備管理法規探討」主要針對坡地檢監測之法規面與推動策略進行探討；第二場的主題為「坡地社區檢監測資料串接與即時展示」，討論議題較多元，涵蓋檢監測儀器的裝設現況、儀器資料的運用，以及本案建置的示範展示介面成果發表。

透過專家座談會，本案邀請不同領域的專家，從市政府管理單位、坡地檢監測相關計畫執行廠商，和社區民眾自主防災的不同面向，探討如何發展坡地社區檢監測技術的相關議題。

(一) 第一場專家座談會

1. 會議主題：坡地社區監測設備管理法規探討
2. 會議時間：113 年 5 月 31 日(星期五)下午 02 時整
3. 會議地點：建研所 13 樓簡報室
4. 主席：建築研究所 王順治組長
5. 與會人員：梁成兆專門委員(臺北市工務局大地工程處)、王豐仁技師(臺北市應用地質技師公會)、陳昭維總經理(青山工程顧問有限公司)、本案研究團隊。
6. 討論議題：
 - (1) 坡地社區檢監測設備目前安裝實施以來，實務上達到的功能以及面臨的挑戰，預期未來應達成坡地安全預警之功效。
 - (2) 坡地社區安裝檢監測設備，提升為自動化監測，預期面臨之困難與挑戰。
 - (3) 坡地社區檢監測相關法規實施之現況，法規面是否有不足，必須要增修之處。
 - (4) 目前以有社區管委會坡地社區為主，未納入仍占多數的老舊坡地建築進行保全。
7. 專家建議：

綜整與會專家，詳細會議紀錄如 0 附錄四 專家座談會(一)會議紀錄」，建議重點如下：

(1) 建築法部分

- ✓ 中央與地方政府的監測法規：建議從地方規範入手，如臺北市建管處的方案。
- ✓ 建築技術規則：建議新增條款，要求在大型建築項目中安裝監測設備，特別是對於重要性高的項目。

(2) 水土保持法部分

- ✓ 技術規範修正：建議從技術規範入手，特別是擋土牆的章節。
- ✓ 案例推動：透過過去的開發審議案例來推動監測和保固。
- ✓ 老舊坡地社區：建議透過防災型都更和容積獎勵來推動監測設備的安裝。
- ✓ 保證金使用：建議使用水土保持保證金作為監測設備的長期經費來源，但需跨部會協調。

(3) 即時資訊部分

- ✓ 即時搜尋與公開：建議即時搜尋但不公開個資。
- ✓ 數據數位化：將報告書表格化並數位化，串聯入平台。
- ✓ 雨量監測：從雨量監測開始，逐步推廣其他坡地災害監測。

(4) 設備推廣建議

- ✓ 法令修改策略：建議從子法入手，推動難度較低。
- ✓ 地方自治辦法：透過審查機制推廣好的機制。
- ✓ 公私協力：鼓勵企業參與，推動 ESG 報告，並利用企業資金支持監測設備安裝。
- ✓ 資料公開與管理：建議建立統一的系統監測資訊倉儲，並進行資料清理和標準化。

8. 會議照片：



(二) 第二場專家座談會

1. 會議主題：坡地社區檢監測資料串接與即時展示
2. 會議時間：113年9月20日(星期五)下午02時整
3. 會議地點：建研所15樓第四會議室
4. 主席：建築研究所王順治組長
5. 與會人員：鄭凱心工程員(新北市政府工務局公寓大廈管理科)、高秋振副總工程師(富國技術工程)、黃敏郎技師(聚禾工程顧問有限公司)、李明濤經理(台灣建築中心)、陳令韡課長(興創知能股份有限公司)、本案研究團隊。
6. 討論議題：
 - (1) 坡地社區安全之檢監測設備，哪些最重要？
 - (2) 坡地社區安全之利害關係人？如何推廣檢監測設備之安裝普及？
 - (3) 目前所介接之檢監測資料，防災預警應用上是否有補充建議？
 - (4) 坡地社區受降雨衝擊指標應如何設計較為合理？

7. 專家建議：

在有限經費之下，政府的坡地社區管理單位以及坡地災害專業的相關技師們，給予過去實務的寶貴意見，提出最重要關鍵研判坡地災害的檢監測設備類型，並且探討後續推動與推廣安裝的策略以及更聚焦後續發展坡地社區災害預警系統之應用。詳細會議紀錄如附錄五 專家座

談會(二)會議紀錄，研討議題與建議要點彙整如下：

(1) 坡地社區安全之檢監測設備，哪些最重要？

- ✓ 本案所需之檢監測設備種類，依據重要順序性排列包括：雨量計、裂縫計、傾斜計(傾斜儀/傾度盤)、地下水位計、傾斜管等。
- ✓ 建置成本必須更低或有補助：坡地社區居民慢慢有防災意識，但其實更在乎實際安裝之費用，唯有發展建置與維護便宜的方案，才能有助於推廣。有政府補助經費裝設監測設備，可降低民眾安裝門檻並提高意願。
- ✓ 專業團隊協助居民提升防災意識：一般民眾對於檢監測數據解讀以及歷史資料的管理較無經驗，必須要仰賴專業團隊協助監測資料研判。另外，對居民的防災意識與基礎專業的教育訓練有其必要，社區管委會的運作機制與坡地社區安全議題仍有進步空間。

(2) 坡地社區安全之利害關係人？如何推廣檢監測設備之安裝普及？

- ✓ 利害關係人：中央政府（如：水保署、國土主管機關）、地方政府（縣市政府、區公所）、維生管線的營運業者、社區居民、社區管理委員會、里長、專家學者、設備廠商。
- ✓ 推廣檢監測設備之安裝普及：
 - 分級補助：考量經費和執行方式，建議優先補助鄰近土石流潛勢溪流、大規模崩塌範圍或山崩地滑地質敏感區的社區。或參考新北市工務局每年針對社區風險進行評估，優先補助較高風險社區。
 - 防災意識提升：加強社區防災教育，讓社區居民了解坡地災害風險及監測設備的重要性，並學習如何解讀監測資訊，提升自主管理能力。
 - 社區自主性：鼓勵社區主動參與自主防災訓練課程，並將自主防災納入評選加分項目，以提升社區防災意識。未來內政部推動防災士擴及坡地社區，而關於坡地災害可以多增加儀器研判的相關授課內容。
 - 法令強制：可透過修法或建築規範設計，要求新建案在建築或水土保持計畫階段納入即時監測設備之安裝與資料回傳。
 - 道路與維生管線之持續營運議題：社區防災與道路以及沿道路

之維生管線維運息息相關，未來建議結合坡地社區內部與鄰近之道路與維生管線之監測相關議題與規劃，爭取更多計畫經費監測，以防止。

(3) 目前所介接之檢監測資料，防災預警應用上是否有補充建議？

- ✓ 聚焦重點區域：由各縣市政府整合監測儀器資料，加入累積降雨數據分析與坡地社區風險排序之篩選機制，可協助縣市政府聚焦須關注之行政區、社區，提升防災效率。
- ✓ 如未來中央或地方政府需要開發坡地監控預警平台，有以下建議：
 - 監測數位化與即時通訊改善：目前的檢監測儀器設備的數位化，並且可增加即時通訊回傳的機制，有利於即時綜合研判。如何利用最低成本的方案，以及如何維持資料供應穩定也十分重要。
 - 水保署監測大規模崩塌可參考：可參考水保署針對大規模崩塌所建置的監測系統，採用自動監測的方式，提升坡地監測與防災應變的即時性。
 - 促進監測資訊整合與公開：整合各單位資料至單一平台，並提供友善介面，讓政府和民眾都能即時掌握監測資料。介面的社設計必須依據使用者需求進行討論。
 - 社群軟體發佈即時預警機制：整合雨量資料和設定警戒指標(包括檢監測儀器的數據)，並透過 LINE 等管道讓社區即時查詢，提升社區的防災意識和應變能力。

(4) 坡地社區受降雨衝擊指標應如何設計較為合理？

本案初步提出以合理化公式為基礎，評估坡地社區受降雨衝擊指標。

- ✓ 擬設計成為警戒值的指標：將即時降雨數據納入坡地監測資料分析，並比對社區監測儀器歷史資料或即時資料，找出需要優先關注之地區。
- ✓ 該指標納入應變之可能性：提供友善資訊整合介面，協助縣市政府設定監測點位之管理值，建立社區風險排序機制，輔助縣市政

府於強降雨時，可提高警覺關注高風險社區，以利調度應變。

8. 會議照片：



第四章 結論與建議

第一節 結論

(一) 雷達衛星遙測解算技術結果驗證

本計畫精進了雷達衛星解算分析方法，透過 PS 點時序資料之篩選與校正、納入網隔間相對位移計算，產製社區地表變形活動度圖，並以 2022 年尼莎颱風作為案例進行驗證。在錦秀碧瑤社區與伯爵山莊，改進後的分析方法成功篩選出與實際災情點位及傾斜儀觀測相符的高風險區域，比前期方法更能準確捕捉邊坡災害發生位置。然而，由於僅有兩個社區案例，數據仍顯不足，建議未來需更多現地調查以驗證圖資的實用性。當監測儀器點位不足時，此解算技術可作為輔助風險警示工具，但須提醒使用者，未顯示風險之區域僅代表無解算結果，並非絕對安全。

(二) 坡地社區監測規範探討

本計畫彙整了坡地社區檢監測設備相關法規，透過專家座談會提出建議，現階段可透過子法與規範推動檢監測設備的安裝。同時，鼓勵創新機制，提升民眾自主防災意識，達成「自助 70%、互助 20%、政府 10%」的防災能量目標。並建議透過公私合作機制建設坡地檢測設備，以防災士推動理念，強調自助為主、互助為輔、政府最後介入的精神，辦理防災社區評鑑，提升坡地社區防災意識，從下而上逐步完善各項需求。

(三) 監測資料串接與即時展示

本計畫盤點了雙北市坡地檢監測儀器的分布與資料，並申請介接雨量計及傾斜儀的即時資料 API。透過示範展示介面，整合雨量計、傾斜儀、GNSS 監測、傾斜管等儀器的資料視覺化展示，提出坡地社區受降雨衝擊觀測指標 Q_s 的構想，並整合雷達衛星判釋圖資查詢，提供展示介面與系統建置之規格建議，以及標準化 API 和資料庫的設計建議。

經由專家座談會討論，選定傾斜管、傾斜儀、裂縫計、雨量計為重

要監測設備，並整合現有坡地檢監測資料與 GIS 圖台互動展示技術，提出利用即時觀測資料進行自動化風險排序的設計，於強降雨時自動計算各項參數指標，達到以風險排序篩選需優先關注社區的機制。

第二節 建議

建議一

辦理坡地社區邊坡安全檢監測整合分析技術應用與推廣研究：立即可行建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：直轄市及縣（市）政府

建議運用氣象及坡地監測系統等即時監控開放資料，結合開源的 Sentinel-1 雷達衛星影像解算分析，有效地進行坡地社區的災害風險監控；透過即時監測系統，可協助監管單位及坡地社區進行即時監控，評估可能造成之危害規模及影響層面，採取適當之應變措施。另應用雷達衛星解算技術解算地表變形活動圖資，研究大範圍風險預警技術與應對策略，以期協助監管單位與社區民眾掌握坡地災害風險，為未來坡地社區災害風險管理系統的建立奠定基礎，以保護坡地社區居民生命及財產安全。

建議二

規劃辦理建立坡地社區即時風險排序與預警機制之研究：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：直轄市及縣（市）政府

建議參考農業部的土石流警戒及交通部的公路警戒資訊，彙整各坡地社區雨量警戒值。運用本計畫所規劃的示範展示介面，彙整管理單位之需求，整合各項坡地監測設備（如傾斜儀、傾斜管、裂縫計等）之觀測值並設定參數。透過專家座談會，探討當監測設備觀測數值超過管理值時，如何下修雨量警戒值，並運用風險參數演算法技術，滾動式修正雨量警戒值，建立坡地社區自動化的風險排序機制，協助管理單位在強

降雨事件發生當下，高效率地聚焦於風險排序較高的社區，進行預警與應變措施。

建議三

規劃辦理推動即時檢監測設備普及化及建立坡地社區疏散預警機制之研究：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：直轄市及縣（市）政府

建議規劃「坡地社區風險評估五年計畫」，全面盤點尚未設置檢監測設備的坡地社區，分析其監測設備是否足以進行疏散預警，並建立相關作業流程。設計補助高風險坡地社區裝設監測設備的推廣方案，推動即時檢監測設備的普及化，提升居民防災意識，鼓勵自主防災訓練，並將其納入評選加分項目。在新建案中要求納入即時監測設備，強化道路與維生管線的持續營運，全面提升坡地社區的防災能力。

附錄一 啟始工作會議紀錄

- 一、會議主題：「坡地社區邊坡安全檢監測整合分析技術之研究」啟始工作會議
- 二、會議時間：中華民國 113 年 3 月 12 日
- 三、會議地點：內政部建築研究所
- 四、會議人員：陳柏端、鄭錦桐、黃瑞賢、顏伯聰
- 五、會議記錄：顏伯聰
- 六、會議內容：

1 保全對象

- 1.1 每個地區保全對象所面臨的災害與管理單位都不盡相同，不同社區的特性不同，例如山坡地社區和部落社區，其管理單位應根據不同社區的需求和能力制定相應的法規。
- 1.2 本計畫先以臺北市與新北市具有監測觀測資料可整合展示的社區做為示範案例研究，後續讓管理單位可依社區特性自行建置安全監測系統。

2 監測觀測資訊和展示內容

- 2.1 雷達衛星監測部分，前期計畫雷達衛星解算精度不足，主要受限於衛星角度、地表坡向坡度。可透過減少離散較大的雷達衛星解算點位資訊，收斂資訊準確度，來提升雷達衛星解算數據精度。
- 2.2 現有社區內監控設備資料，如傾斜儀，也需要有社區外部資訊納入，如所在集水區的雨量資料，以及社區所需的各式警戒資訊(如土石流警戒基準值)，整合相關災害風險資訊，提供社區管理者或其他管理單位參考，讓防災應變更有效率地進行。

3 新建案的納管機制

- 3.1 以新北市為例，將新的坡地社區建案納入管理，類似於土石流潛勢溪流，需要定期調整和新增社區災害風險相關資料，如社區資訊、監測觀測資料項目。

4 未來專家座談

- 4.1 從坡地社區的角度出發，探討不同於災害潛勢的保全對象和管理方式，其中教育社區居民進行自主防災是重要的一環。
- 4.2 探討管理單位的管制強度、警戒值參數設定於系統操作方式、監測設備類別與監測觀測項目，不同災害需要不同的警戒物理量，例如雨量、傾斜角度等，大規模崩塌的如何保全社區議題需要特別關注。

5 災害管理與法規

- 5.1 綜整過去相關研究報告與法規，作為本計畫社區監測設備、展示系統建置及發佈資訊規格參考依據。

七、會議決議:

- 1 請承辦提供臺北市與新北市坡地社區的監測設備之歷史觀測資料，以利監測設備資料整合分析與展示內容規劃。
- 2 蒐集社區所在集水區範圍與雨量監測相關資料，可於前端介面展示集水區洪峰流量推估值，作為社區外部災害評估參考資料項目，並於展示系統規劃管理單位可操作參數設定的操作介面。
- 3 減少離散的雷達衛星解算點位資料，收斂資料準確度，提升雷達衛星解算數據精度。

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

資料面_社區名單

- 內政部建築研究所山坡地社區調查清單(105年度)、臺北市山坡地自主防災社區推動列表。
- 新北市: 報備山坡地社區1,317筆 (新北市山坡地智慧防災社區計畫統計至2023.10)、465處綜合風險滾動更新, 51處為社區綜合風險等級高風險社區(新北市智慧社區_2023)、山坡地社區ABC分級(共48處, A:3處, B:35處, C:10處)、坡地社區具感測器14處(資料來源:新北市山坡地社區管理與示警支援平臺)。
- 臺北市:老舊部落社區24處。

注:坡地社區應為坐落於主管機關核定公告之山坡地範圍界線內的群聚住宅, 推動之初以有成立管理委員會的社區為主, 其後再推廣到其他類型, 屬管理委員會之社區。

THINKTRON 7

7

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

具有連續監測設施之社區名單(僅新北市)

新北市山坡地社區管理與示警支援平臺:

- 僅提供傾斜儀 即時監測資料

#	社區名稱(新北市補助計畫)	傾斜儀編號
1	唐詩丹廊社區	怡園別墅
2	關王山莊社區	錦秀57巷
3	樓觀22巷社區	樓觀86
4	台北國賓	林秀大郡金園區
5	新境二號	
6	新境90弄	
7	錦秀49巷	
8	台北康樂	
9	新境尊爵	
10	萬之城	

THINKTRON 8

8

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

設備面Q

- 即時監測設備
 - 現有管理委員會的坡地社區是否都有監測設備?
 - 新建案(新北市法規強制監測設備三年)
 - 現有建物該如何新增監測設備
 - 非社區管委會的建物該如何管理與建置監測設備?
- 即時設備種類
 - 傾斜儀?(目前新北市14處社區)
 - 雨量計?(現地雨量與地表變形關係無顯著)

THINKTRON 9

9

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

資料面_社區篩選流程

- 比對篩選結果社區選擇有連續監測設備社區兩處, 以曾經紀錄到異常的社區優先選擇社區與事件。
- 社區名稱:錦秀49巷。
- 選定事件:2022年10月17日尼莎颱風。
- 監測事件概述: 2022年8月初出現法向傾斜超出原始警戒值, 10月17日尼莎颱風期間監測再度超過第二階門檻且持續變位中。
- 雷達解算地表位移該事件位移, 比較其他事件差異。
- 與具有連續監測社區比對篩選事件雷達解算結果位移較大的社區作為另一個社區選擇。

THINKTRON 10

10

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

標準面Q

- 連續監測設備未來開發規格?
- 連續監測資料傳輸格式?
- 後端系統架構?
- 如何呈現在前端畫面?
- API發布標準?

THINKTRON 11

11

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

即時資訊系統架構

THINKTRON 12

12

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

監測資料傳輸格式

- 自動化監測資料 API 拋轉說明

輸出格式	JSON 格式
編碼格式	UTF-8
功能	讀取某儀器類型所有儀器相關資訊
輸出格式	資料集選擇資料的欄位與內容: ["instrument_id": "OW_1", (儀器英文編號) "longitude": 121.773847, (WGS84 座標) "latitude": 25.104332, (WGS84 座標) "description": "w_level 水位(m)", (記錄變數名稱可自訂), 並請於本欄位詳細說明儀器記錄內容 - 格式與單位等]
範例	URL: http://pl/api/DW_A2[儀器類型] URL: http://pl/api/LC_A2[儀器類型] ["instrument_id": "ET_1", "description": "電子式傾斜計", "unit": "sec", "latitude": "24.93473535", "longitude": "121.4197325", "instrument_id": "ET_2", "description": "電子式傾斜計", "unit": "sec", "latitude": "24.93418665", "longitude": "121.41939185"]

THINKTRON 13

13

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

監測資料串接與即時展示

THINKTRON 14

14

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

監測資料串接與即時展示

THINKTRON 15

15

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

坡地社區監測規範探討-標準面

- 2-1 資料庫取得資料綱要 (Schema) 規範
- 2-2 時序資料庫建置
- 2-3 結構化與非結構化資料服務

THINKTRON 16

16

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

連續監測設備即時資訊展示

THINKTRON 17

17

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

監測資料串接與即時展示-範例

THINKTRON 18

18

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

監測資料傳輸格式

- 自動化監測資料 API 拋轉說明

輸出格式	JSON 格式
編碼格式	UTF-8
功能	讀取某儀器類型所有儀器相關資訊
輸出格式	資料集選擇資料的欄位與內容: ["instrument_id": "OW_1", "儀器英文編號": "longitude": 121.773847, "WGS84 座標": "latitude": 25.104332, "WGS84 座標": "description": "w_level 水位(m)", "[設備變數名稱可自訂], 並請於本欄位詳細說明儀器紀錄內容 - 格式與單位等"]
範例	URL: http://pl/api/DW_A2[儀器類型] URL: http://pl/api/LC_A2[儀器類型] ["instrument_id": "ET_1", "description": "電子式傾斜計", "unit": "sec", "latitude": "24.93473535", "longitude": "121.4197325", "instrument_id": "ET_2", "description": "電子式傾斜計", "unit": "sec", "latitude": "24.93418665", "longitude": "121.41939185"]

THINKTRON 13

13

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

監測資料串接與即時展示

THINKTRON 14

14

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

監測資料串接與即時展示

THINKTRON 15

15

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

坡地社區監測規範探討-標準面

- 2-1 資料庫取得資料綱要 (Schema) 規範
- 2-2 時序資料庫建置
- 2-3 結構化與非結構化資料服務

THINKTRON 16

16

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

連續監測設備即時資訊展示

THINKTRON 17

17

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

監測資料串接與即時展示-範例

(資料來源: 鄭銘桐等, 2018, 智慧解決方案—以坡地監測為例)

THINKTRON 18

18

附錄三 相關法規彙整

透過回顧相關法律規範，分析政府政策走向，探討適用坡地社區的監測規範。以下分別就建築法及水土保持法進行說明：

建築法部分，有關中央與地方政府推動土地利用與山坡地安全管理的監測法規監測相關法令，中央相關法條，最早從民國 86 年土地利用監測辦法(內政部函)，地方上民國 89 年臺北市建管處加強山坡地安全管理方案。另參考建築技術規則建築構造編 127-1 條，基礎開挖得視需要利用適當之監測系統，建築技術規則建築設計施工編 264、265 條，說明山坡地地面上之建築物至擋土牆坡腳間之退縮距離，立法原意是為了通風採光，也為了安全考量，如從此新增 264-1 條，增加監測設備監測說明，作為中央內政部或地方建管處推動建議方向，不需要經過立法院，推動速度較快。特別是對於重要性高的大型建築項目，依照重要性進行需要分級，從最重要的先處理，如下挖四五層深度、公司達到大型企業規模以上，才做監測要求。

在水土保持法部分：目前水土保持法無監測的法令依據，建議可從水土保持技術規範擋土牆的章節進行切入，第 117 至 121 條，第 152 至 154 條，但規範修正不見得是最快方式，最快方式建議從過去有開發審議的案例著手，如社區擋土牆，加強管理與檢監測需要一些條件，可透過審議機制進行要求，在舊有列管社區開發，擋土牆在開挖時進行監測，於審議時進行要求 10 年保固。

坡地社區監測設備建置相關法規彙整如下：

內政部

- 災害防救法/第 22 條、第 57 條。
- 災害防救法/第 65 條/災害防救法施行細則/第 6 條、第 7 條、第 21 條。
- 災害防救法/第 22-4 條/土石流及大規模崩塌災害潛勢資料公開辦法/第 2 條、第 3 條、第 4 條、第 5 條。
- 建築技術規則/建築設計施工編/第 13 章 山坡地建築/第 262 條。

- 建築法/第 77 條。
- 建築法 第 97-1 條/山坡地建築管理辦法/第 2 條、第 3 條。
- 公寓大廈管理條例/第 10 條、第 36 條。

農業部

- 水土保持法/第 3 條、第 4 條、第 6 條、第 8 條、第 16 條、第 22 條、第 24 條。
- 水土保持法/土石流潛勢溪流及大規模崩塌潛勢區劃設作業要點。
- 水土保持法/水土保持法施行細則/第 4 條、第 24 條、第 38 條。
- 水土保持法/第 17-2 條/特定水土保持區劃定與廢止準則/第 3 條。
- 農村發展及水土保持署標準文件/土石流潛勢溪流、特定水土保持區資料、山坡地範圍資料。

經濟部

- 地質法/第 2 條、第 8 條、第 12 條、第 13 條、第 17 條。

地方政府

- 新北市政府辦理山坡地建築審查要點/第 1 條、第 8 條。

附錄四 專家座談會(一)會議紀錄

建研所 113 年度坡地社區邊坡安全檢監測 整合分析技術之研究—專家座談會會議紀錄

壹、開會時間：113 年 5 月 31 日(星期五)下午 02 時整

貳、開會地點：建研所 13 樓簡報室

參、主席：建築研究所 王順治組長

肆、出(列)席者及單位：梁成兆專門委員(臺北市工務局大地工程處)、王豐仁技師(臺北市應用地質技師公會)、陳昭維總經理(青山工程顧問有限公司) 記錄：顏伯聰

伍、主席致詞(略)

陸、委員與專家學者建議事項：

一、 梁專委成兆

法令修改建議不要從母法著手法令修改建議不要從母法著手，由子法與規範來做，水土保持法與建築法均無監測相關法條，如從規範來推動較為可行。

(一) 建築法部分：

1. 有關中央與地方政府推動土地利用與山坡地安全管理的監測法規監測相關法令，中央相關法條，最早從民國 86 年土地利用監測辦法(內政部函)，地方上民國 89 年臺北市建管處加強山坡地安全管理方案。
2. 參考建築技術規則建築構造編 127-1 條，基礎開挖得視需要利用適當之監測系統，建築技術規則建築設計施工編 264、265 條，說明山坡地地面上之建築物至擋土牆坡腳間之退縮距離，立法原意是為了通風採光，也為了安全考量，如從此新增 264-1 條，增加監測設備監測說明，作為中央內政部或地方建管處推動建議方向，不需要經過立法院，推動速度較快。特別是對於重要性高的大型建築項目，依照重要性進行需要分級，從最重要的先處理，如下挖四五層深度、公司達到大型企業規模以上，才做監測要求。

(二) 水保法部分：

1. 目前水保法無監測的法令依據，建議可從水土保持技術規範擋土牆的章節進行切入，第 117 至 121 條，第 152 至 154 條，但規範修正不見得是最快方式，最快方

- 式建議從過去有開發審議的案例著手，社區擋土牆，加強管理與檢監測需要一些條件，可透過審議機制進行要求，如舊有列管社區開發，擋土牆在開挖時進行監測，在審議時進行要求 10 年保固。
2. 透過案例推動擋土牆監測與保固，如在大型社區或五公尺高檔土牆完工後，以新案優先處理，舊案放後面處理的原則，檢視案例所在地是否位於地質法中的山崩地滑地質敏感區，其中順向坡屬於岩體滑動，應優先處理，另外大規模崩塌是屬於中央單位定義的法定災害，推動監測儀器安裝的可行性較高。
 3. 老舊坡地社區如何協助其監測，建議可透過防災型都更，容積獎勵，多的空間就可以建置監測設備，透過新案進行安全保全，目前九份地區就是採用這樣的推動方式。
 4. 使用水土保持保證金作為監測設備安裝與維護的長期經費來源，需修法較困難，因建設完畢後保證金通常會退還，故需尋求其他資金或建立新機制以支持持續監測。如農委會造林獎勵金經費來源為山坡地開發利用回饋金，此回饋金經費來源為水土保持義務人於申領水土保持施工許可證前繳交經費，經費來源較為充裕，但運用此回饋金於監測設備上，困難點在法令修正與跨部會協調費時。
 5. 目前臺北市工務局大地工程處已經推動公私協力，鼓勵企業以實施 ESG 的企業目的，讓企業認養山坡地的步道的水土保持，另一方面也可以進一步未來讓企業增加預算捐贈與支持安裝監測設備。
 6. 即時資料技術可行，但現實考量難以公開個資。順應社會重視居住安全的輿論，未來營建工地的監測可擴大要求，如基礎開挖階段所作的監測點，可以將設備留下作為社區後續長期監控。建管處目前逐漸有監控的概念，利用儀表板，呈現營建工的即時監測數據。
 7. 設備經費投資的成效評估：監測數據透過 AI 分析進行風險評估，必須與保全對象說明經費投資成效，目前監測數據不確定因素，坡地坍塌難以準確預防，故需要有優先順序，如順向坡上的坡地社區、過去坍方災情紀錄，可透過坡審都審來推動較為可行。
 8. 基於地質法於地質敏感區範圍的社區，可由地礦中心爭取預算，地方可進行代辦安裝監測設備，也需有機會推動坡地社區監測，一方面蒐集科學數據一方面監測坡地社區安全。

(三) 即時資訊部分：

1. 即時搜尋方向是正確及需要的，但不建議進行即時公開。
2. 資料庫如何從報告書表格化到數位化，最後串聯入平台。

3. 監測雨量進而計算集水區範圍的流量技術可行，可先從雨量監測開始宣導逐步推廣其他坡地災害，其他監測設備再陸續加入考量。

二、 王技師豐仁

1. 法令修改建議不要從母法與子法著手，例如：地質法，修母法難度太高，相對修子法，僅透過立法院備查，主管機關公告期過後，準則就可通過，推動難度子法較容易達成。
2. 有機會推動的條例，如公寓大廈管理條例，從新社區成立後，透過社區管理委員會的範本納入監測設備相關規定，為可行做法。
3. 地方自治辦法如透過審查機制，參考各地方好的機制，容易推廣至其他縣市。
4. 新北市的坡審，一般坡地社區因為監測設備價格高，即使建議適當設備，但最後多採用經費較低的自動化傾斜計為主。
5. 地質法，地礦中心，雖有明確要求對策，但對策主要為原則性，主要透過地方自治在做細部規範(以新北市為例)。
6. 坡地社區安全簡報 13 頁所列為重要監測設備，但實務上主要還是因為經濟考量，多以傾斜計為主。
7. 臺北市大地處水保社區評選(優良水保坡地社區)，如何公私協力，推動公民協助參與，前期需要有個設計方案，如由社區民眾進行巡守，需要提供社區巡守手冊，提供標準巡查項目與操作方式。
8. 資訊公開在資料的正確性與敏感性，容易造成社區困擾，如公開造成社區負面影響，如房價與負面新聞，可能造成推動的阻礙，使原本有意願的社區反而退縮不敢架設監測儀器。

三、 陳總經理昭維

1. 坡地監測架構：坡地社區監測，先由簡單的優先處理，簡報 19 頁，新北市自動化監測，系統建置與研議，103 年在坡地審議進行要求建置監測設備，有辦法安裝卻未達成預期原因為何?目前在坡審時，委員未強制要求建置監測設備，但有權利來確實執行，另監測資訊是否公開可在討論，但需先有數據才有辦法進行後續應用與分析。
2. 建議由新開發案優先推動，老舊坡地社區推動有困難。非地質敏感區的坡地社區，則建議暫時先不處理這部分，放在最後執行。
3. 針對老舊開發的坡地社區的解決對策，可以清境農場位於大規模崩塌為例，地基

在大範圍崩塌區域內，因所在為地質敏感區，需要政府介入，此種因先天條件不適合開發，可以透過地質敏感區來進行改善。

4. 大規模崩塌(含順向坡)，未處理擋土牆與路基問題，主要研析深層地質結構，監測儀器主要進行地質普查，在普查結束後，將監測設備轉為長期監測使用，如 CCTV 與 GPS 監測位移，評估監測數據是否達到防災標準。
5. 高工局與農村水保署的權責需要對於邊坡監測，尤其曾經有災害的或高風險區域，已裝設監測設備，並且制定相關坡地的預警機制與災害管理辦法。可以參考其使用的監測設備與相關規範。
6. 建議全臺灣統一系統監測資訊倉儲收納，主要透過總管理團隊進行個案監測數據管理及資料發佈標準，預警發佈則透過個案研判提供預警數值，但因資料太多，不易進行資料歸納與綜整。
7. 監測設備是否能夠保證避免災害發生，因監測設備主要用於大規模崩塌評估，針對小規模的擋土牆崩塌反而難以達到預防效果，主要還是受限於經費與設備資源有限。另一方面，因為經費有限，若針對無重要保全對象且地質穩定之區域安裝，觀測也無變化之區域，恐浪費政府資源。
8. 建議可針對社區位於法定之坡地災害區域(地質敏感區、土石流、順向坡、大規模崩塌...者)，制定風險排序原則後，再進行資源投入監測設備安裝之優先順序。

四、 陳博士柏端

1. 監測設備技術與資料進行即時監控，目前資料透過手抄與自計為主，尚未全面數位化與自動化。透過有系統與規格統一標準收納入資料庫後，可提供各單位使用。
2. 資料可先進行資料清理處理/補遺與標準化，再提供初步分析加值後的成果，供業務單位使用。
3. 如雨量計資料，可計算坡地社區所在之集水區流量，可提供初步判釋坡地社區之區域排水，並與歷史的災害比對分析，案例可在新北市與臺北市各一個社區進行示範。累積雨量與災害事件之關聯性可進行評估探討，也有集水區管理的相關法規，也可支持安裝監測資料與雨量資料的加值應用。

五、 王組長順治

針對問題解決方式，可透過跨領域找出最佳解決機制，突破法令限制，方向與政策先確立，先從容易推動的角度，”找到需求面，並從政策面突破點”，政策面的突破

點，可借用，制度理由進行擴大推動，坡地監測本質，可參考氣象風險管理方式，透過風險管理角度，也許可以成立坡地災害風險管理公司的營運模式。

1. 策略上可從五大信賴產業開始，其中人工智慧、安全監控、次世代通訊三產業可做為切入的重點。
2. 各項法規歸誰管?各法規技師切入的點需要整理清楚，如簡報 19 頁新北市 103 年規定，法源、技師及範圍，整體流程規劃，各專業參與時間點。
3. 推動內政部國土測繪中心和國土管理署開放圖資，並討論圖層的介接，下次專業會議可以邀請這兩單位，討論相關圖資的開放及可介接圖層。
4. 內政部外的單位，資料收整需要確認是否可提供。
5. 建議未來方向協助業務單位解除坡地社區之列管，以及如何降低風險的方向思考。被列管的坡地社區的真正需求是如何做才能將其列管解除，監測數據是否具有應用與參考價值。
6. Amazon 平台目前已經可以自動化產出天然風險報告，坡地災害風險報告也許可以仿效其做法，建議由第三單位協助進行資料更新。
7. 現有問題解決，找路徑最短，老百姓不用出錢、政府編預算、民間友人執行，條文有例依據，技師公會需要有法令依據來執行。先釐清政府、技師公會與民間利害關係。
8. 機制可參考氣象風險管理，公會提出檢測值、警戒值，如大地水保提供相關數值，提供資訊的角度，利用公會的工具進行運算，社區可透過系統分析的結果進行社區管理。各公會管理需要進行協調合作，方能促成機制成功。
9. 技術方面與工具精進，日新月異，主要透過機制來進行永續經營，防災百分之七十靠自助，百分之二十靠互助，百分之十才是政府要處理的。如日本地震海嘯防災訓練。
10. 可有由建管方面先推出機制進行分析。根據需求來擬定，不要侷限在技術層面，制度需要超脫技術與法規來進行研析。
11. 可透過改變現行制度方式，以行政手段進行推動，應可協助推動執行。

六、 鄭博士錦桐

1. 推動 ESG 報告，鼓勵廠商進行坡地投資，透過獎勵鼓勵坡地社區安裝。
2. 解編列管：中央或地方確認問題，為何不解編列管，主要單位解編後發生災害的權責問題，可透過行政命令來解編，解析從源頭到需要解決的問題，中央同意解除即可。

3. 監測設備裝設：設備經費已經很便宜，但因民眾認知為政府應做的，目前難以推行，又因坡地社區位因氣候變遷，危險程度增加，卻無相關法令來強制裝設，若以消防防火設備有明定罰鍰，可進行強制安裝。

柒、會議照片：



捌、會議簡報：

THINKTRON 內政部建築研究所

11361G0005
建築與城鄉減災調適與智慧韌性科技發展計畫
**坡地社區邊坡安全檢監測
 整合分析技術之研究**

THE GLOBAL GOALS 計畫主持人
鄭錦桐 博士/總經理 專家會議


執行團隊：莊鈞毅 副教授(顧問) / 黃瑞賢 課長(協同)
 顏伯聰 專案經理 / 吳聖峰 產品分析師

SMART X GREEN FOR THE FUTURE 113年05月31日

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

大綱

- 一 計畫說明
- 二 坡地社區監測設備
- 三 坡地社區監測相關法規
- 四 法規建議內容
- 五 專家諮詢



THINKTRON

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

坡地社區監測設備管理法規綜整 紅字為法規需補強之處



1. 資料治理利害關係人 **管理權責與經費來源(法源依據、法規面)**
 數位治理

2. 智慧政府服務
 資訊整合 (資料面) 檢測服務 遠端監控

3. 政府數位基礎
 數位化資料標準 (設備面) 監測設備 (標準規範 標準面)

4. 公民協力參與
 資訊公開 防災巡守隊

5. 坡地社區管委會
 坡地老舊建物 坡地安全

THINKTRON 3

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

討論議題重點

- 1.1 坡地社區檢監測設備目前安裝實施以來，**實務上**達到的功能以及面臨的**挑戰**，預期未來應達成坡地安全預警之功效。
- 1.2 坡地社區安裝檢監測設備，**提升為自動化監測**，預期面臨之困難與挑戰。
- 1.3 坡地社區檢監測相關**法規實施之現況**，法規面是否有不足，必須要增修之處。
- 1.4 目前以有社區管委會坡地社區為主，未納入仍占多數的**老舊坡地建築**進行保全。

THINKTRON 4

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

**需保全坡地社區多
 _新北市為例**



THINKTRON 5

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

**但可即時監測設備資訊少
 _新北市為例**



THINKTRON 6

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

一、計畫說明



THINKTRON 7

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

計畫緣由

需求
 坡地社區監測需求

警戒
 邊坡監測管理複雜

危機
 居住安全潛在危害



THINKTRON 8

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

2. 坡地社區監測相關法規

相關法律規則回顧

- 新北市府/新北市政府辦理山坡地建築審查要點/第8條
- 內政部/建築技術規則/建築設計施工編/第13章 山坡地建築/第262條
- 經濟部/地質法/地質調查所地質調查及地質安全評估作業準則/山前與地滑地質敏感區
- 農業部/水土保持法/特定水土保持區劃定與廢止準則/第3條
- 農業部/水土保持法/土石流潛勢溪流及大規模崩塌潛勢區劃定作業要點
- 中華民國大地工程學會建築物基礎開挖工程監測準則

政府單位投入發展

民96: 111年在山坡社區安裝低成本GNSS監測設備, 112年導入雷達影像技術, 提供即時監測資訊, 利於安全評估。

民112: 建置所長視人發展坡地監測技術, 包含社區調查、風險評估、衝擊評估、資料整合、系統開發和設備研發等議題。

113年探討適用監測規範

- 既有社區 → 加裝監測設備、巡檢規範
- 新建社區 → 強制安裝、開發規範

THINKTRON 17

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

法規面

規劃土地階段 | 開發許可階段 | 變更用途及建築許可階段

山前地開發審議流程

THINKTRON 18

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

法規面

規劃土地階段 | 開發許可階段 | 變更用途及建築許可階段

山前地開發審議流程

THINKTRON 19

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

四、法規建議內容

THINKTRON 20

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

依據智慧國家方案

- 數位治理四面向進行彙整

- 資料治理利害關係人-權責單位釐清及監測設備經費來源: 設施維護經費應由所有權人支付、界定工程單位責任如、例行檢測規範、檢測後罰則、社區管委會。
- 智慧政府服務-技師檢測服務: 在有明顯災情, 請技師進行現勘。
- 政府數位基礎-監測數據數位化: 數位化呈現, 即時性呈現變化, 可提供技師遠距判斷。
- 公民協力參與-民眾參與: 人力巡守隊(拍照片上傳)、公私部門協力, 群眾外包方式, 坡地自主防災。

THINKTRON 21

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

1. 資料治理利害關係人_目前以有社區管委會坡地社區為主, 未納入老舊的坡地建築。

項次	法規名稱	條目	建議內容
1	山坡地管理條例	2-3	總論應增加監測計畫說明監測範圍、執行單位、建議數據處理與反應行動計畫並應向主管機關報備。
2	水土保持法	24	水土保持計畫應定期定期檢核, 將適合社區內評核水土保持成效, 透過資金方式給予補助維護之坡地社區, 或提供重大公共安全高風險區域的設施改善費用, 坡地社區監測設備應由保潔金按比例作為經費支出來源。
3	水土保持法施行細則	4	直轄市或縣(市)主管機關, 可依環境特性需要, 要求確實監測設備做為劃定高風險區域長期監測地點之必要條件。
4	水土保持法施行細則	24	總論人應依社區特性訂定委託專業檢核之範圍、頻率、監測設備及建議之委託名單, 並應先行提供一年前委託檢核合約, 並可申請補助專業技師單位檢核服務, 由專業技師提供檢核報告書。
5	災害防救法施行細則	21	經費來源應由中央與地方政府共同編列災害應變準備經費監測設備與數位化即時資訊系統。
6	建築法	77	建築物所有權人, 使用人應訂定監測計畫內容應包含永久性監測系統計畫書及土石流潛勢溪流, 並向該管縣市政府提交社區管理組織。
7	建築法	97-1	坡地社區管理組織應向山坡地建築、標高一百公尺以上建築物管內定期報備。
8	農業農村發展及水土保持法等法律		新增坡地社區範圍、建築管理與監測設備資料交換標準。

THINKTRON 22

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

2. 智慧政府服務

項次	法規名稱	條目	建議內容
1	水土保持法	4-6	水土保持義務人應定期與政府管理機關技師, 進行坡地安全檢核監測事宜, 透過數位化監測設備建置, 可以簡化政府機關業務資訊。
2	水土保持法施行細則	38	直轄市或縣(市)主管機關, 透過建置監測設備可進行遠端監督檢核監測數據, 於數據異常時或汛期期間, 再派員至現場檢核。
3	災害防救法	22, 57	總論人應訂訂高變計畫, 由管理組織依計畫與自動監測設備資訊進行緊急通報系統、應變機制及疏散方式等項目之演習或回訪修正, 並定期檢視應變標示, 計畫並應向主管機關報備。
4	建築技術規則建築設計施工編	第11章第262條(110.10.07修正)	透過山坡地基地不得開發建築認定基準, 重新檢視坡地社區所在地的安全評估, 如地質結構不良、地層破碎或順向坡有滑動之虞者。

THINKTRON 23

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

3. 政府數位基礎

項次	法規名稱	條目	建議內容
1	土石流及大規模崩塌災害防救法	2-3	透過監測設備進行長期監測地質災害, 並提供數位即時公開資訊。
2	土石流及大規模崩塌災害防救法	4	新增三、坡地社區災害(一)坡地社區高風險潛勢區位置圖及影響範圍(二)坡地社區高風險潛勢區基準值。(三)坡地社區高風險災害紀錄。
3	公眾大廈管理條例	10	總論人應提供檢核合約與監測資料, 確保管理組織成立期間監測進行, 合約範本納入社區人擬訂監測計畫內容, 並移交管理組織進行後續監測作業。
4	公眾大廈管理條例	36	坡地社區公共安全應包括地層監測設備, 如有地質結構不良、地層破碎或順向坡有滑動之虞者, 則應限期改善避免重大災害發生。
5	水土保持法	3-8	新增監測設備與預警系統來進行數位化管理。
6	水土保持法	22	坡地社區範圍除山坡地範圍內建築外, 其他具開挖地層後遺之社區應建置監測設備進行安全監控, 避免重大公共安全災情, 建議災之功效。
7	水土保持法	16	建議定期進行坡地社區公共安全檢測, 於高風險區域設置監測設備。
8	地質法	2, 12, 8-13	潛在地質災害區域, 私人土地由土地之開發人、經營人、使用人或所有人設置監測設備, 主管機關對於公共安全設置監測設備, 共同災害發生公共安全管理單位應將坡地社區監測設備納入災害防救基本計畫, 透過數位化資訊滾動式檢核災害防救計畫。
9	災害防救法施行細則	6-7	
10	新北市政府辦理山坡地建築審查要點	1-8	地方政府參考進行監測設備設置規範。

THINKTRON 24

4. 公民協力參與

項次	法規名稱	條目	建議內容
1	地質法	17	地質數位化監測資料應即時公開資訊。
2	土石源及大眾場所環境影響評估公開辦法	5	將坡地社區監測設備資料進行資料收錄，透過數位化管理維護與更新，並應納入資料公開辦法。
3	特定水土保持計劃定期停止事項	3	應由坡地社區進行定期巡檢，如有發現危害公共安全之區區，應請技術進行檢測，並建置數位化監測儀器，作為長期治理的現代化工具。

五、專家諮詢



討論議題重點

- 1.1 坡地社區檢監測設備目前安裝實施以來，實務上達到的功能以及面臨的挑戰，預期未來應達成坡地安全預警之功效。
- 1.2 坡地社區安裝檢監測設備，提升為自動化監測，預期面臨之困難與挑戰。
- 1.3 坡地社區檢監測相關法規實施之現況，法規面是否有不足，必須要增修之處。
- 1.4 目前以有社區管委會坡地社區為主，未納入仍占多數的老舊坡地建築進行保全。

法規修正建議



建築設計施工編(110.10.07修正)

規定重點	條次	條文內容
建築技術規則建築設計施工編 山坡地建築	第13章 第262條	建築技術規則建築設計施工編 (rootlaw.com.tw)

第262條 山坡地有下列各款情形之一者，不得開發建築：
 一、經地質調查、鑑定及分析結果顯示，地質環境脆弱，開發建築有安全疑慮者。
 二、經地質調查、鑑定及分析結果顯示，地質環境脆弱，開發建築有安全疑慮者。
 三、經地質調查、鑑定及分析結果顯示，地質環境脆弱，開發建築有安全疑慮者。
 四、經地質調查、鑑定及分析結果顯示，地質環境脆弱，開發建築有安全疑慮者。
 五、經地質調查、鑑定及分析結果顯示，地質環境脆弱，開發建築有安全疑慮者。
 六、經地質調查、鑑定及分析結果顯示，地質環境脆弱，開發建築有安全疑慮者。
 七、經地質調查、鑑定及分析結果顯示，地質環境脆弱，開發建築有安全疑慮者。
 八、經地質調查、鑑定及分析結果顯示，地質環境脆弱，開發建築有安全疑慮者。
 九、經地質調查、鑑定及分析結果顯示，地質環境脆弱，開發建築有安全疑慮者。
 十、經地質調查、鑑定及分析結果顯示，地質環境脆弱，開發建築有安全疑慮者。
 建議：透過山坡地基地不得開發建築認定基準，重新檢視坡地社區所在地的安全評估。如地質結構不良、地層破碎或傾向坡有滑動之虞者。

新北市政府辦理山坡地建築審查要點 (109.11.20)

規定重點	條次	條文內容
山坡地建築範圍	1	一、新北市政府（以下簡稱本府）為依建築技術規則設計施工編（以下簡稱施工編）第二百六十二條第二項規定訂定平均坡度超過百分之二十規劃設置項目及施工編第二百六十二條第二項規定訂定山坡地建築免退縮設置人行步階相關事項，並為加強審查山坡地建築管理事項，訂定本要點。
自動監測設施設置	8	八、山坡地雜項執照審查案件，應設置二年自動監測設備，及與本府山坡地社區智慧防災即時示警監控平臺介種通訊協定，並於使用執照核准前提交基地構造及設施長期管理維護計畫，但因開發規模條件特殊經山坡地審查小組審查核准者，不在此限。

- 建議：地方政府參考進行監測設備設置規範。

山坡地開發建築管理辦法 (92.03.25修正)

山坡地住宅社區使用管理

規定重點	條次	條文內容
適用範圍	2	本辦法以建築法第三條第一項各款所列地區之山坡地為適用範圍。 前項所稱山坡地，指依山坡地保育利用條例第二條規定劃定，報請行政院核定公告之公、私有土地。
	3	從事山坡地建築，應向直轄市、縣（市）主管建築機關依下列順序申請辦理： 一、申請雜項執照。 二、申請建築執照。 前項建築執照及其他經直轄市、縣（市）政府認定雜項工程必需與建築物一併施工者，其雜項執照得併同於建築執照中申請之。

- 建議：起造人應擬訂監測計畫說明監測範圍、執行單位，建議數據處理警戒與反應行動計畫並應向主管機關報備。

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

坡地社區管理範圍(建築)

法源:建築法第 97.1 條(山坡地建築之審查許可、施工管理及使用管理等事項之辦法,由中央主管建築機關定之。)

範疇:山坡地建築管理辦法第 2 條

1. 本辦法以建築法第三條第一項各款所列地區之山坡地為適用範圍。(建築法第三條第一項一、實施都市計畫地區。二、實施區域計畫地區。三、經內政部指定地區。)

2. 山坡地保育利用條例第三條規定(本條例所稱山坡地,係指有下列各款之土地,經內政部公告指定為山坡地者,其範圍以經公告指定之區域為限。一、標高在五十公尺以上,而其平均坡度在百分之五以上者。)

建議: 坡地社區管理範圍山坡地建築; 標高在一百公尺以上建築物皆納入管制範疇。

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

建築法(111.05.11修正)

山坡地住宅社區使用管理

規定重點	條次	條文內容
公共安全檢查	77	建築物所有權人、使用人應維護建築物合法使用與其構造及設備安全。直轄市、縣(市)(局)主管建築機關對於建築物得隨時派員檢查其有關公共安全與公共衛生之構造與設備,供公眾使用之建築物,應由建築物所有權人、使用人定期委託中央主管建築機關認可之專業機構或人員檢查簽證,其檢查簽證結果應向當地主管建築機關申報。非供公眾使用之建築物,經內政部認有必要時亦同。前項檢查簽證結果,主管建築機關得隨時派員或定期會同各有關機關檢查,第三項之檢查簽證事項、檢查期間、申報方式及施行日期,由內政部定之。

建議: 建築物所有權人、使用人應擬訂監測計畫內容應包含永久性監測系統計畫書及竣工配置圖說,並應將監測計畫移交至社區管理組織。

THINKTRON 33

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

公寓大廈管理條例(111.05.11修正)

山坡地住宅社區使用管理

規定重點	條次	條文內容
修繕、管理、維護之責任	10	專有部分、約定專用部分之修繕、管理、維護,由各該區分所有權人或約定專用部分之使用人為之,並負擔其費用。共用部分、約定共用部分之修繕、管理、維護,由管理負責人或管理委員會為之,其費用由公共基金支付或由區分所有權人按其共有之應有部分比例攤之。但修繕費係因可歸責於區分所有權人或住戶之事由所致者,由該區分所有權人或住戶負擔。其費用若區分所有權人會議或規約另有規定者,從其規定。

建議: 起造人應提供監測合約與監測資料,以確保管理組織成立期間監測進行,其合約應納入起造人擬訂之監測計畫內容,並應移交至管理組織進行後續監測作業。

THINKTRON 34

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

公寓大廈管理條例(111.05.11修正)

山坡地住宅社區使用管理

規定重點	條次	條文內容
管理委員會之職務	36	管理委員會之職務如下: 一、共有及共用部分之清潔、維護、修繕及一般改良。 二、公寓大廈及其周圍之安全及環境維護事項。 三、收益、公共基金及其他經費之收支、保管及運用。 四、規約、會議紀錄、使用執照謄本、竣工圖說、水電、消防、機械設施、管線圖說、會計憑證、會計帳簿、財務報表、公共安全检查及消防安全設備檢修之申報文件、印鑑及有關文件之保管。 五、共用部分、約定共用部分及其附屬設施設備之點收及保管。 六、依規定應由管理委員會申報之公共安全检查與消防安全設備檢修之申報及改善之執行。 七、其他依規約或本條例規定應由管理委員會執行之事項。

建議: 坡地社區之公共安全應包括坡地監測相關設備,以維護社區整體公共安全,如有地質結構不良、地層破碎或順向坡有滑動之虞者,則應限期改善避免重大災情產生。

THINKTRON 35

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

災害防救法(111.06.15)

規定重點	條次	條文內容
各級政府之減災措施	22	為減少災害發生或防止災害擴大,各級政府平時應依權責實施下列減災事項:一、四、治山、防洪及其他國土保全。五、老舊建築物、重要公共建築物與災害防救設施、設備之檢查、補強、維護及都市災害防救機能之改善。六、災害防救上必要之氣象、地質、水文與其他相關資料之觀測、蒐集、分析及建置。七、災害潛勢、危險度、環境脆弱與風險評估之調查分析及適時公布其結果。十七、其他減災相關事項。...
本法災害防救之經費	57	實施本法災害防救之經費,由各級政府按本法所定應辦事項,依法編列預算。...

建議: 起造人應擬訂監測計畫,由管理組織依計畫與自動監測設備資訊進行緊急通報系統、應變機制及疏散方式等項目之演習或回饋修正,並定期檢視應變標示,計畫並應向主管機關報備。

THINKTRON 36

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

災害防救法施行細則(111.12.12)

規定重點	條次	條文內容
災害復原重建項目	6	中央災害防救委員會每五年應依本法第十七條第二項規定,就相關減災、整備、災害應變、災後復原重建、科學研究成果、災害發生狀況、因應對策等,進行調查、評估,檢討災害防救基本計畫;必要時,得隨時辦理之。
	7	中央災害防救業務主管機關每二年應依本法第二十二條第二項、第二十三條第二項、第二十七條第二項、第二十七條第二項規定及災害防救基本計畫等,進行調查、評估,檢討災害防救業務計畫;必要時,得隨時辦理之。

建議: 公共安全管理單位應將坡地社區監測設備納入災害防救基本計畫,以利減災、災害應變、災後復原重建等工作項目,進行調查、評估,透過數位化資訊滾動式檢討災害防救業務計畫。

THINKTRON 37

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

災害防救法施行細則(111.12.12)

規定重點	條次	條文內容
經費支撥	21	各級政府依本法第五十七條第二項規定調整當年度收支移撥濟急,其辦理順序如下: 一、由各機關列與災害應變措施及災後復原重建等相關科目經費支撥。...

建議: 經費來源應由中央與地方政府共同編列災害應變預算建置監測設備與數位化即時資訊系統。

THINKTRON 38

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

水土保持法(105.11.30)

規定重點	條次	條文內容
山坡地住宅社區水土保持法	22	下列地區之治理或經營、使用行為,應經調查規劃,依水土保持技術規範實施水土保持之處理與維護:一、五、於山坡地或森林區內開發建築用地,或設置公園、墳墓、遊樂用地、運動場地或軍事訓練場、堆積土石、處理廢棄物或其他開挖整地。...

建議: 坡地社區範圍除山坡地範圍內建築外,其他具開挖整地後建置之社區也應建置監測設備進行安全監控,避免影響公共安全之重大災情,以達減災之功效。

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

水土保持法(105.11.30)

規定重點	條次	條文內容
水土保持義務人	4	公、私有土地之經營或使用，依本法應實施水土保持處理與維護者，該土地之經營人、使用人或所有人，為本法所稱之水土保持義務人。
水土保持需技師簽證	6	水土保持之處理與維護在中央主管機關指定規模以上者，應由依法登記執業之水土保持技師、土木工程技師、水利工程技師、大地工程技師等相關專業技師或聘有上列專業技師之技術顧問機構規劃、設計及監造。但各級政府機關、公營事業機構及公法人自行興辦者，得由該機關、機構或法人內依法取得相當類科技師證書者為之。

- 建議：水土保持義務人應定期與政府管理機關技師，進行坡地安全檢監測事宜，透過數位化監測設備建置，可以簡化政府機關業務資訊。

THINKTRON 41

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

水土保持法(105.11.30)

規定重點	條次	條文內容
水土保持之處理與維護	3	本法專用名詞定義如下： 一、水土保持之處理與維護：係指應用工程、農藝或植生方法，以保育水土資源、維護自然生態景觀及防治沖蝕、崩塌、地滑、土石流等災害之措施。
水土保持之處理與維護	8	下列地區之治理或經營、使用行為，應經調查規劃，依水土保持技術規範實施水土保持之處理與維護： 一、集水區之治理。…… 四、修建鐵路、公路、其他道路或溝渠等。 五、於山坡地或森林區內開發建築用地，或設置公園、墳墓、遊憩用地、運動場地或軍事訓練場、堆積土石、處理廢棄物或其他開挖整地。…… 八、都市計畫範圍內保護區之治理。 九、其他因土地開發利用，為維護水土資源及其品質，或防治災害需實施之水土保持處理與維護。……

- 建議：新增監測設備與預警系統來進行數位化管理。

THINKTRON 42

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

水土保持法(105.11.30)

規定重點	條次	條文內容
特定水土保持區	16	下列地區，應劃定為特定水土保持區： 一、水庫集水區。 二、主要河川上游之集水區須特別保護者。 三、海岸、湖泊沿岸、水滸兩岸須特別保護者。 四、沙丘地、沙灘等風蝕嚴重者。 五、山坡地坡度陡峭，具危害公共安全之虞者。 六、其他對水土保持有嚴重影響者。 前項特定水土保持區，應由中央或直轄市主管機關設置或指定管理機關管理之。

- 建議：建議定期進行坡地社區公共安全檢測，於高風險區域設置監測設備。

THINKTRON 43

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

水土保持法(105.11.30)

規定重點	條次	條文內容
水土保持保證金	24	有第八條第一項第二款至第五款之開發、經營或使用行為者，應繳納水土保持保證金；其繳納及保管運用辦法，由中央主管機關會同目的事業主管機關定之。 前項保證金於依規定實施水土保持之處理與維護，經檢查合於水土保持技術規範後發還之。 有前二條情形之一，經限期改正而屆期不改正或實施不合水土保持技術規範者，應由主管機關會同各該目的事業主管機關代為履行，並向水土保持義務人徵收費用，或自其繳納之保證金中扣抵。

- 建議：水土保持保證金應定期額繳納，透過各社區評鑑水土保持成效，透過獎金方式給予積極維護之坡地社區，或作為重大公共安全危害區域的設施改善費用，坡地社區監測設備應由保證金按比例作為經費支出來源。

THINKTRON 44

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

特定水土保持區劃定與廢止準則(109.04.30)

規定重點	條次	條文內容
特定水土保持區範圍之劃定	3	特定水土保持區範圍之劃定，得參考行政區域、人工構造物及天然地形為界線。 依本法第十六條第一項第二款至第六款規定應劃定為特定水土保持區者，其各款所稱須特別保護、風蝕嚴重、具危害公共安全之虞或對水土保持有嚴重影響者，指現況有需加強實施水土保持處理與維護，並有長期治理必要之情形。

- 建議：應由坡地社區進行定期巡檢，如有發現危害公共安全之區域，邀請技師進行檢測，並建置數位化監測儀器，作為長期治理的現代化工具。

THINKTRON 45

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

水土保持法施行細則(105.11.30)

規定重點	條次	條文內容
山坡地住宅社區需實施水土保持簽證	4	本法第六條所定水土保持之處理與維護在中央主管機關指定規模以上者，其規模如下： 一、本法第八條第一項第一款、第六款至第八款所定之治理或經營、使用行為；其水土保持之處理與維護費用在新臺幣二十萬元以上。 二、本法第八條第一項第二款至第五款所定之治理或經營、使用行為；符合本法第十二條第一項應擬具水土保持計畫之行為，其種類及規模非屬同條第四項得以簡易水土保持申報書代替者。 三、本法第八條第一項第九款所定之治理或經營、使用行為；其開挖整地面積在二千平方公尺以上或挖填土石方之挖方及填方合計總和在五千立方公尺以上。 直轄市或縣(市)主管機關得視轄區環境特性或需要，擬訂較前項嚴格之條件，報請中央主管機關核定後實施。

- 建議：直轄市或縣(市)主管機關，可依環境特性需要，要求建置監測設備做為數位治理轉型與長期監控坡地風險之必要條件。

THINKTRON 46

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

水土保持法施行細則(105.11.30)

規定重點	條次	條文內容
水土保持主管機關負責監督之責	38	直轄市、縣(市)主管機關應經常派員巡視檢查水土保持之處理與維護情形，……於颱風、豪雨季節，應加強前二項之監督檢查。

- 建議：直轄市或縣(市)主管機關，透過建置監測設備可進行遠端監督檢視監測數據，於數據異常時或汛期期間，再派員至現場確認。

THINKTRON 47

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

水土保持法施行細則(105.11.30)

規定重點	條次	條文內容
水土保持保證金	24	有第八條第一項第三款至第五款之開發、經營或使用行為者，應繳納水土保持保證金；其繳納及保管運用辦法，由中央主管機關會同目的事業主管機關定之。 前項保證金於依規定實施水土保持之處理與維護，經檢查合於水土保持技術規範後發還之。 有前二條情形之一，經限期改正而屆期不改正或實施不合水土保持技術規範者，應由主管機關會同各該目的事業主管機關代為履行，並向水土保持義務人徵收費用，或自其繳納之保證金中扣抵。

- 建議：起造人應依社區特性訂定應委託專業檢查之範圍、頻率、監測式設備及建議之委託名單，並應先行提供一年期委託檢查合約，並可申請補助專業技師單位檢查服務，由專業技師提供指導和專業回應。

THINKTRON 48

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

地質法(99.12.08)

規定重點	條次	條文內容
主管單位	2	本法稱主管機關：在中央為經濟部；在直轄市為直轄市政府；在縣(市)為縣(市)政府。
設備監測	12	主管機關為監測及研究地質災害之發生，得設置地質監測設施。
調查與評估	8	土地開發行為基地有全部或一部位於地質敏感區內者，應於申請土地開發前，進行基地地質調查及地質安全評估，但緊急救災者不在此限。
	13	依第八條第一項規定應實施地質調查及地質安全評估者，該土地之開發人、經營人、使用人或所有人，於施工或使用階段，應防範地質災害之發生。

- 建議：應於潛在地質災害區域，私人土地由土地之開發人、經營人、使用人或所有人設置監測設備，主管機關則於影響公共安全評估設置監測設備，共同防範災害發生。

THINKTRON 49

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

地質法(99.12.08)

規定重點	條次	條文內容
地質資料管理與資料公開	17	政府機關、公營事業機構或接受政府補助或獎勵之機構、團體、學校或個人進行地質調查，應於作業完成後，將與地質調查有關之地質資料提供中央主管機關，並於一定期限內妥善保存調查過程所產生之原始地質資料。目的事業主管機關應於土地開發計畫書通過或建造執照核發後，將與土地開發行為有關之地質資料，定期彙報中央主管機關；地質資料之所有人並應於一定期限內，妥善保存原始地質資料，中央主管機關得通知資料所有人提供原始地質資料，並予適當補償。.....

- 建議：地質數位化監測資料應即時公開資訊。

THINKTRON 50

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

土石流及大規模崩塌災害潛勢資料公開辦法(111.11.24)

規定重點	條次	條文內容
資料內容與提供單位	2	本辦法所稱土石流及大規模崩塌災害潛勢資料，指指氣象、水文、地質、地形、災害紀錄及其他基本資料，分析模擬發生土石流及大規模崩塌災害可能性之相關資料。
	3	前條基本資料由行政院農業委員會(以下簡稱本會)洽請下列各目的事業主管機關提供或更新： 一、氣象、交通部。 二、水文、經濟部。 三、地質、內政部。 四、災害紀錄及其他基本資料：各中央有關機關、直轄市或縣(市)政府。

- 建議：地質災害紀錄應透過監測設備進行長期觀測，並提供數位化資訊作為即時公開資訊使用。

THINKTRON 51

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

土石流及大規模崩塌災害潛勢資料公開辦法(111.11.24)

規定重點	條次	條文內容
資料種類	4	依本辦法公開之土石流及大規模崩塌災害潛勢資料種類如下： 一、土石流災害 (一)土石流潛勢溪流位置圖及影響範圍。 (二)土石流警戒基準值。 (三)土石流災害紀錄。 二、大規模崩塌災害 (一)大規模崩塌潛勢區位置圖及影響範圍。 (二)大規模崩塌警戒基準值。 (三)大規模崩塌災害紀錄。 依本辦法公開之土石流及大規模崩塌災害潛勢資料，指依據自然條件及保全對象等因素，分析研判可能發生崩塌災害之區域。

- 建議：新增三、坡地社區災害
(一)坡地社區高風險潛勢區位置圖及影響範圍。
(二)坡地社區高風險警戒基準值。
(三)坡地社區高風險災害紀錄。

THINKTRON 52

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

土石流及大規模崩塌災害潛勢資料公開辦法(111.11.24)

規定重點	條次	條文內容
資料庫與資料更新	5	本會接獲前三條基本資料後，應予彙整分析，由本會邀請相關機關(構)及專家學者審查後，建置土石流及大規模崩塌災害潛勢資料庫，適時更新並依法公開於主管網站。土石流及大規模崩塌潛勢資料公開後，本會視災害實際發生情形、影響程度，依前項規定審查後，進行資料庫之維護或更新。

- 建議：將坡地社區監測設備資料進行資料收納，透過數位化管理維護與更新，並應納入資料公開辦法。

THINKTRON 53

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

農業部農村發展及水土保持署

標準文件	文件說明
土石流潛勢溪流標準	本標準之應用場合主要為土石流潛勢溪流資料之跨機關交換，亦可適用於土石流災害業務主管機關內部資料管理之基本應用標準。本資料標準對供應資料之應用方式及場合未予限定，任何政府機關單位、民間單位基於其業務、研究或其他需求進行本資料標準之使用時，均須遵循土石流潛勢溪流資料提供機關之相關規定辦理。
特定水土保持區資料標準	本標準之內容定位在特定水土保持區資料標準之基本規範，適用中央機關、直轄市政府依其權責劃設特定水土保持區，並保留後續擴充之彈性，因此在類別屬性的設計上，主要以特定水土保持區之權責機關權責範圍內之內容為主，因此對於特定水土保持區管理中，需外機關單位提供之資料則不在此資料標準之設計範圍。
山坡地範圍資料標準	本標準之內容定位在山坡地範圍資料標準之基本規範，適用中央機關、直轄市政府依其權責劃設山坡地範圍，並保留後續擴充之彈性，因此在類別屬性的設計上，主要以山坡地範圍之權責機關權責範圍內之內容為主，因此對於山坡地管理中，需外機關單位提供之資料則不在此資料標準之設計範圍。

- 建議：新增坡地社區範圍、建築管理與監測設備資料交換標準。

THINKTRON 54

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

法規面

坡地社區監測規範探討

環境敏感地區	分類	相關法令及劃設依據
第一級	災害敏感	水土保持法、水利法、河川管理辦法、排水管理辦法、建築管理辦法、等
	生態敏感	國家公園法、文化資產保存法、野生動物保護法、自然保護區設置管理辦法、森林法、海岸管理法、國家公園法、區域計畫法等
	文化景觀敏感	文化資產保存法、水下文化資產保存法、國家公園法
	資源利用敏感	飲用水管理條例、水利法、水庫壩水壩壩使用管理辦法、森林法、區域計畫法、漁業法、漁業法、農業法、區域計畫法等
第二級	災害敏感	地質法、水利法、河川管理辦法、排水管理辦法、國家公園法、河川管理條例、海岸管理法、國家公園法、區域計畫法等
	生態敏感	海岸管理法、區域計畫法、國家公園法
	文化景觀敏感	文化資產保存法、國家公園法
	資源利用敏感	自來水法、礦業法、地質法、漁業法
其他	國家法、電信法、民用航空法、廣播電視法、電子設備設置管理辦法、公路法、大眾捷運法、鐵路兩側建築限制辦法、國家安全法、國家基本法、等	

THINKTRON 55

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

即時資訊系統架構-標準面

THINKTRON 56

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

監測資料傳輸格式-標準面

- 自動化監測資料 API 拋轉說明

輸出格式	JSON 格式
編碼格式	UTF-8
功能	讀取某儀器類型所有儀器相關資訊
輸出格式	資料集詮釋資料的單位與內容： ["instrument_id": "OW_1", "儀器英文編號": "longitude": "121.773847", "WGS84 座標": "latitude": "25.104332", "WGS84 座標": "description": "w_level 水位(m)", "記錄變數名稱可自訂，並請於本單位詳細說明儀器紀錄內容、格式與單位等]。
範例	URL: http://[ip]/api/OW_A2[儀器類型] URL: http://[ip]/api/LC_A2[儀器類型] ["instrument_id": "ET_1", "description": "電子式傾斜計", "unit": "sec", "latitude": "24.93473535", "longitude": "121.4197325", "instrument_id": "ET_2", "description": "電子式傾斜計", "unit": "sec", "latitude": "24.93418665", "longitude": "121.41939185"]

THINKTRON 57

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

智慧國家方案

願景：2030 實現創新、包容、永續的智慧國家

基礎 (Digitization) | 創新 (Innovation) | 治理 (Governance) | 包容 (Inclusion)

數位治理

- 從資料治理生態系、智慧政府服務、政府數位基礎及公民協力參與四大面向，加速整合政府跨部會之數位治理業務及能力，活絡公務機關與民間單位資料應用之串聯。

資料來源：國科會科技辦公室

THINKTRON 58

附錄五 專家座談會(二)會議紀錄

建研所 113 年度坡地社區邊坡安全檢監測 整合分析技術之研究—專家座談會(二)會議紀錄

壹、開會時間：113 年 9 月 20 日(星期五)下午 02 時整

貳、開會地點：建研所 15 樓第四會議室

參、主席：建築研究所 王順治組長

肆、出(列)席者及單位：鄭工程員凱心(新北市政府工務局公寓大廈管理科)、高副總工程師秋振(富國技術工程)、黃技師敏郎(聚禾工程顧問有限公司)、李經理明濤(台灣建築中心)、陳課長令韡(興創知能股份有限公司)
記錄：林芝吟

伍、主席致詞(略)

陸、綜合討論事項：

柒、委員與專家學者建議事項要點：

一、黃技師敏郎

1. 水保署已建立大規模崩塌監測系統，並制定資料標準。系統採用即時監測，每十分鐘收集一次資料，包含地下水位、地表變形、GNSS 等，並透過中央平台整合各分署的資料。
2. 針對都會型坡地社區之監測，建議研究團隊可挑選需要優先關注的區域或社區，針對新建案從建造階段就開始進行監測，成效較佳。
3. 坡地社區的監測可以參考大規模崩塌監測系統的架構。由於坡地社區在某種程度上也面臨崩塌風險，因此可以採用自動監測的方式，提升防災效率。
4. 推廣至坡地社區需要考量經費和執行方式。可以考慮優先將位於大規模崩塌範圍或地質敏感區的社區納入監測範圍，並規劃相關經費。
5. 未來可透過修法，強制要求在建築或水土保持計畫階段納入監測設備。針對高風險地區，可以強制要求安裝監測設備，並規範資料供應方式，以確保社區安全。

二、 鄭工程員凱心

1. 今年 0403 地震，新店區有一個社區曾因地震導致社區邊坡滑動，新店區公所協助社區運用防災經費建置監測設備，並同步進行道路安全強化。此案例顯示社區防災與道路安全息息相關，可共同規劃，爭取經費。
2. 里長可協助社區向區公所爭取防災經費，但需由區公所主導編列預算。社區可透過里長反映需求，並與區公所協商合作方案。
3. 社區自主管理政策推動不易，主要受限於社區居民素質參差不齊。建議未來需加強社區防災教育，提升居民自主管理能力。

三、 陳課長令韡

1. 新店區公所曾運用防災經費與廠商簽約，為社區安裝監測儀器。此案例顯示社區可以透過區公所爭取經費，建置監測系統。
2. 新北市工務局的社區監測計畫經費有限，僅部分用於補助高風險社區。社區若想獲得補助，需符合工務局的風險評估標準。
3. 許多社區缺乏防災意識，不願主動維護監測系統。唯有提升社區的風險意識，才能確保監測系統的永續運作。
4. 新北市已建立較完整的坡地監測資料平台。未來可配合中央或其他單位，將資料資源整合至平台，提升資料運用效率。
5. 建議可整合雨量資料和警戒指標，並透過 LINE 等管道讓社區即時查詢，透過資訊透明化，社區居民較容易感受到加裝監測設備的價值，亦可提升社區的防災意識和應變能力。

四、 高副總工程師秋振

1. 臺北市目前有 3 家廠商執行順向坡巡勘監測案，僅有萬芳消防隊、貓纜等幾處有建置即時自動監測設備，其他大多為技師巡勘監測點位。
2. 臺北市順向坡之監測頻率依據風險等級(分為 A、B、C、D 四級)而有所不同，颱風、地震、豪雨過後都會加強監測。
3. 全自動化監測設備安裝與維護之費用較高，加上初期建置成本較高，住戶接受度有限。相較之下居民更傾向請技師至社區現地巡檢測量。
4. 考量經費和執行難易，建議針對關注的大規模崩塌範圍或高風險之社區，優先建置自動監測系統，並提升社區的防災知識和應變能力後，再交由社區進

行維護，以確保監測系統可永續運作。

五、 李經理明濤

1. 現行社區防災措施多為事後介入，缺乏預防性作為，且社區安裝監測設備的成本高，不易獲得政府經費補助；區公所多以防救災角度介入，較難主動推動社區防災，建議參考新北市經驗，推動坡地社區預防性防災措施，並鼓勵其他縣市跟進。
2. 社區防災常面臨聯繫窗口變動的問題，影響推動效率。且社區主委或總幹事多為無給職，難以推動較多防災工作。
3. 建議各縣市政府仿效臺北、新北市政府，成立坡地社區組，並將自主防災納入評選加分項目，以提升社區防災意識。

六、 陳博士柏端

1. 坡地社區的即時監測，應先由政府機關做起，目標是先由縣市政府整合原有的坡地監測儀器知資料，加入由研究案衍生之降雨數據分析篩選機制，協助縣市政府聚焦須優先關注之行政區與社區，再比對該社區有的監測儀器歷史資料或即時資料。用意是強降雨事件時，能協助縣市政府透過雨量觀測與坡地監測儀器資料，更有效率地進行風險排序，找出需要優先關注之地區。
2. 民眾使用需考量之面相較多，建議團隊聚焦在協助縣市政府管理即可，現階段針對民眾以建立坡地社區自主防災意識之推廣為主。
3. 本案目標是協助政府運用監測資料進行防災管理，並非強制社區安裝設備或提供補助。
4. 監測資料需經過後端分析處理，才能轉化為有用的防災資訊，提供政府判斷是否需要介入。
5. 相關系統應提供友善介面，讓政府和民眾都能即時掌握監測資料，並提升社區防災意識。
6. 考量經費和執行難易度，建議優先針對高風險區域社區進行監測，並取得社區同意。
7. 本案開發的系統應整合現有監測資料，並提供資料分析和資訊呈現功能，讓政府和民眾都能了解數據的意義和價值，進而促進社區防災。

七、 王組長順治

1. 坡地社區安全監測系統應如同定期健康檢查，提供數據供判斷社區安全狀況。
2. 推廣坡地社區防災需考量現實困境，從可行方案著手。
 - 現階段難以透過法令強制社區安裝監測設備，建議參考消防署推廣住宅用火災警報器的模式，以鼓勵、補助等軟性方式推廣。
 - 優先鎖定高風險社區、已成立自主防災組織的社區、或符合內政部防災士資格的社區，給予補助或獎勵，提高參與意願。
3. 政府應建立坡地社區安全評估機制，協助社區了解風險並採取行動。可參考現有的坡地危險等級評估制度，建立社區安全評估指標，並整合各項監測數據，讓政府和社區都能掌握風險狀況。
4. 坡地社區防災需跨單位合作，並結合國土永續、防災、減災等概念。
 - 可參考新北市的成功經驗，推動跨單位合作，整合水保、土管、建管、消防等部門的資源，共同推動社區防災。
 - 未來可結合國土永續、防災、減災、韌性、永續、建管等概念，撰寫計畫書，爭取上級單位支持。
5. 防災資訊應適度公開，並加強社區防災教育，提升民眾意識。
 - 坡地社區安全資訊應適度公開，讓民眾了解社區風險，但需考量公開方式，避免造成不必要的恐慌。
 - 將坡地防災相關知識納入防災士訓練課程是個很好的想法，透過社區防災教育課程，可提升民眾對坡地災害的認識和應變能力。

八、鄭博士錦桐

1. 推動坡地社區自主防災的策略：
 - 建立補助門檻，鼓勵社區成立自主防災組織並參與防災士培訓，提升社區防災意識。
 - 將檢監測資料數位化，並透過新的通信架構讓資訊能即時揭露及查詢。考量到資料公開的權限，目前傾向由市府層級掌握，而非直接公開給民眾，這點與推動自主防災的目標似乎存在矛盾，需要進一步討論。
2. 現行坡地社區防災系統建置的困境：地方政府經費與人力不足，難以建立完整的系統架構。現有的資料多仰賴人工填寫或 Excel 表格，缺乏視覺化和即時公開的機制。此外，中央政府與地方政府資源分配差距大，中央政府針對土石流、潛勢溪流等法定災害有編列預算並投入資源，但都會區的坡地社區卻缺乏相對應的法源及預算支持。

3. 坡地社區防災的重要性，需要從國家層級的架構去談預算編列及相關政策，讓地方政府有所依循。建議後續行動方案：
- 爭取上位計畫的支持，並以「坡地社區基礎設施安全」及「國土強韌化」為論述基礎，爭取預算編列。
 - 建立補助安裝監測儀器社區的優先順序及規則，例如：社區災害風險排序、社區參與意願、相關指標達成狀況等。
 - 借鏡水保署的經驗，參考其預算編列方式及大規模崩塌監測計畫的執行成果。

會議照片：



簽到表：

內政部建築研究所
坡地社區邊坡安全檢監測整合分析技術之研究
專家座談會議簽到表

壹、時間:113 年 9 月 20 日 14 時

貳、會議地點：大坪林聯合開發大樓 15 樓第四會議室

參、主席：王順治 組長

肆、出(列)席人員：

記錄：林芝吟

單位	姓名	簽名	備註
臺北市政府工務局 大地工程處 坡地整治科	林士淵科長		
新北市政府工務局 公寓大廈管理科	殷嘉隆股長	鄭凱心 (代理出席)	
富國技術工程	高秋振 副總工程師	高秋振	臺北市順向坡巡勘 觀測
聚禾工程顧問有限 公司	黃敏郎技師	黃敏郎	水保署大規模崩塌 系統
台灣建築中心	李明濤經理	李明濤	
建築研究所	王順治組長	王順治	
建築研究所	陳柏端博士	陳柏端	
興創知能	鄭錦桐	鄭錦桐	
興創知能	陳令輝	陳令輝	
興創知能	顏伯聰	顏伯聰	
興創知能	林芝吟	林芝吟	

會議簡報：



1



2



3



4



5



6



7



8

圖 184 監測儀表板(感變)配置畫面



9



10



11



12



13



14



15



16



17



18

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

雷達衛星PS-InSAR判釋圖資整合建議(本計畫後續擴充)

- 可提供圖資使用之參考資訊與注意事項
- 可提供PDF檔案下載, 供管理單位安排技師巡檢多期使用

2023年解譯圖資(2011-2022)

THINKTRON

19

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

累積雨量即時監控與坡地社區防災監控之關係探討

- 現況坡地及時檢監測儀器資料尚未普及
 - 監測點位有限
 - 多數須人工取得、紀錄、分析, 尚未完全自動化
 - 即時更新的IoT資料有限
- 雨量計分布: 全台雨量計分布廣泛, 以雙北為例, 每個行政區都有雨量計, 可做為以各行政區累積雨量為初步篩選的方法。
- 雨量計資料應用
 - 區域累積雨量計算
 - 無設置雨量站或附近2公里內無雨量計之社區
 - 採用距離社區最近之數個雨量站估量降雨情形
 - 雨量站資料補整為網格降雨數據

THINKTRON

20

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

氣象署雨量站分布圖

THINKTRON

21

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

雨量計資料應用: 氣象署區域降雨網格圖資

- 使用雨量站即時觀測數據, 運算後產製之圖資

THINKTRON

22

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

雨量計資料應用: NCDR WATCH範例

- 以行政區降雨量優先關注區域, 依照設定之分級自動上色

THINKTRON

23

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

Qs指標應用範例: 以2024年凱米颱風數據為例(本計畫)

- 臺北市內湖區順向坡, 社區集水區面積: 0.6211 公頃

社區集水區面積: 0.6211 公頃
 滲透係數 C: 1
 鄰近雨量站: 安泰里(A1AD30)
 3小時累積降雨衝擊 $Q_3 = 102.481 \text{ m}^3$
 24小時累積降雨衝擊 $Q_{24} = 490.669 \text{ m}^3$

THINKTRON

24

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

Qs指標應用範例：以2024年凱米颱風數據為例(本計畫)

- 新北市汐止區伯蔚山莊第三代，社區集水區面積：1.4778 公頃



社區集水區面積：1.4778 公頃
 選用係數 C：1
 鄰近雨量站：關三S010K (CAA030)
 3 小時累積降雨衝擊 $Q_{3h} = 472.896 \text{ m}^3$
 24 小時累積降雨衝擊 $Q_{24h} = 2209.311 \text{ m}^3$

THINKTRON

25

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

雨量計資料應用：Qs指標之設計

- 坡地社區受降雨衝擊指標，簡稱 Q_s 指標：

$$Q_s = \frac{CIA}{360}$$
 (單位：CMS)
 + C：係數
 + I：降雨強度(單位：mm/h)
 + A：坡地社區集水區積(單位：公頃)
- 參考合理化公式設計
- 帶入社區/順向坡面積，面積越大 Q_s 就越大，意義上代表居住人口相對越多，越需要關注。
- 各社區間之 Q_s 值如需互相對照檢視：
 • 建築法規中，坡度大於30%者為坡度陡峭地區
 • 可進行坡度分析，另將A帶入社區內坡度大於30%之面積
 • 讓不同社區間的 Q_s 值可以進行風險排序



面積：0.6211 公頃
 面積：1.4778 公頃

THINKTRON

26

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

2. 各類型坡地檢監測儀器之資料收錄



THINKTRON

27

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

雨量相關資料

- 氣象署雨量計API即時觀測資料
 - 有提供10分鐘、1小時、3小時、6小時、12小時、24小時累積雨量即時觀測資料，及過去2日、3日之累積雨量資料。
- Q_s 指標可根據單位需求，選用合適的觀測降雨強度資料。
- 建議可納入雨量預報資料，做為未來坡地社區警戒雨量設置參考。



資料來源：1024 全國即時降雨強度資料

THINKTRON

28

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

全台灣震儀分布圖

- 建議後續可納入地震儀的監測資料做篩選或警示。
- 社區亦可加裝簡易地震儀。



THINKTRON

29

SMART X GREEN FOR THE FUTURE

綜合討論

- 坡地社區安全之檢監測設備，哪些最重要？
- 坡地社區安全之利害關係人，如何推廣檢監測設備之安裝普及？
- 目前所介接之檢監測資料，防災預警應用上是否有補充建議？
- 坡地社區受降雨衝擊指標應如何設計較為合理？

THINKTRON

30

附錄六 期中審查意見回覆

項次	審查意見	廠商回覆說明
郭教授治平		
1.	本研究所採用之各種監測方法，其監測頻率、精度解算需時，適用之空間尺度，如何比較等，是不容易的工作，建議可針對研究需求列表說明。	感謝委員建議，本研究針對不同坡地社區可應用之檢監測設備先進行設備盤點，針對顯著坡地社區內地表變化，比對設備資料及現況訪談，綜合分析數據與現況的相關性，提供未來坡地社區檢監測設備數據參考。詳見本報告書第參章、二、(二)坡地社區檢監測設備裝設使用規範建議(P.83)。
2.	在坡地社區內設置監測儀器，大部份皆在結構物或坡面，其如何反應出社區所在區位之滑動機制相當不易，建議可提出簡化且適用自主防災觀察之方式。	本案研究團隊擬透過社區訪談，釐清檢監測數據意涵，針對研究社區評估合適的自主防災監測用設備及數據使用說明建議，來提升坡地社區防災意識與自主防災能力。
3.	人工檢監測成果如何介接，電子式傾斜儀成果似為純量角度變化，如何與 PS-InSAR 觀測之變位活躍性比對，請說明。	人工檢監測成果介接可參照報告書中 P.92 表 3-9 檢監測儀器資料存取分類分析表，透過轉檔機制進行資料介接。 本研究案透過雷達衛星遙測解算技術(PS-InSAR)進行坡地社區大範圍長期監測分析，產製坡地社區地表變形活動度圖資，挑選歷史颱風事件，針對圖資中較高風險之地表變位地區，去比對實際社區中所現有之 IoT 檢監測設備，是否有相應地表潛移之觀測紀錄。 相關成果詳見本報告書章節壹、一、(四)社區年位移速度潛勢圖之分析與驗證(P.54)
梁專委成兆		
1.	資訊技術不斷進步，建議監測資料除了預警，亦可考量其他附加價值，如雨量、流量、水位及變位之綜合呈現。	感謝委員意見，監測數據整合之呈現，透過數據整合介面，進行檢監測數據標準化呈現，試作數據加值應用示範案例，供坡地社區評估使用，展示成果說明詳見本報告書章節壹、一、(一)5 防災監控應用之構想(P.104)
2.	本案後續推動，建議可再細分以下面向思考，採取相對應之策略。 (1)既有社區(水保法前)：應關注地錨擋土牆及填方邊坡。 (2)新建社區(水保法後)：應關注 5 公尺以上擋牆及基地內陡坡。 (3)社區周遭邊坡或順向坡：先運	感謝委員意見，納入未來檢監測設備設置區位建議事項中。詳見本報告書第參章、二、(二)坡地社區檢監測設備裝設使用規範建議(P.83)。

	用衛星 InSAR 做快篩，接著再進行巡檢及監測。	
3.	社區監測緣起應係林肯大郡後，內政部於 86 年 8 月 28 日函文要求大地工程需監測系統，續於加強坡審有要求，建議思考評估以函釋或規範增訂取代修法，如增訂建築技術規則(施工篇)264-1 條，避免修法曠日廢時。	感謝委員意見，此點已納入坡地社區檢監測裝設規範建議中。詳見本報告書第參章、二、(二)坡地社區檢監測設備裝設使用規範建議(P.83)
盧科長昭宏		
1.	報告書第 36 頁即時資訊使用中央氣象署及水利署資料 API，建立雨量、水位監控即時展示，首先要徵得該機關同意，其次為資訊欄位格式須能相容，再者納管後要持續更新維護，需編列經費支應。	本研究案在此工作項目主軸為即時資料串接應用之示範展示，將針對各資料來源格式進行標準化作業，使資訊欄位格式相容，提供資訊後續管理費用估算，供使用單位參考。
2.	報告書第 50 頁在花園新城處理 GNSS 設備查修，在考量設備費用及社區現地狀況及安全風險，最終決定不採用 UPS 系統，而是增加 LINE Notify 推播機制，但在強震及颱風災害發生情況下，通訊軟體斷訊是頻繁且非常可能發生，如此，LINE 推播是否可行且可靠，需要更多實際經驗比較。	GNSS 設備之資料傳輸採用 4G 網路即時上傳觀測資料，LINE Notify 推播機制之設計為自動偵測資料上傳狀態，當資料傳輸中斷或訊號恢復時皆會自動發送通知至維運群組。維運流程規劃為當訊號中斷超過 1 小時，即派員至設備現場查修。 經近幾個月的實測，偶有發生暫時性的訊號中斷，當自動恢復傳輸，團隊收到通知時，經確認資料有正常上傳則無需特別處理，目前此推播機制運作良好，目前評估可行且可靠。
3.	報告書第 49 頁倒數第 4 行，0403 地震過「0」後為贅字，請修正。	感謝委員指正，贅字為誤植已修正。
4.	報告書第 66 頁於法規面(2)規範之法治優點已敘明，但監測法規是否複雜到要以規範來實施，有無其他法治體例可引用，請敘明。	目前監測法規有「新北市政府辦理山坡地建築審查要點」，建照申請階段，管理維護計畫書應含「監測期三年以上之廠商合約文件」，可進行引用。
5.	報告書第 66 頁設備面，如透過「罰則」來提升社區裝設意願，亦涉及母法規定，而非僅子法、規範及審議三個法規範疇進行。	感謝委員指正，坡地社區檢監測設備裝設，前期仍主要以鼓勵與規範來推動，罰則作為最後採取手段。
6.	報告書第 69 頁以 ESG 報告鼓勵廠商在坡地社區進行投資，是嶄新之標的概念，建議再深入研討加以推廣。	感謝委員肯定。
7.	坡地社區安全管理實務上較少引用建築法第 77 條第 1 項，且其罰	感謝委員意見，坡地社區檢監測設備裝設，主要以鼓勵為原則，罰則為輔助推動機制，

	則之處罰對象為社區之全體區分所有權人為同一處罰對象，此體例是否納入供建管機關引用，再請深入斟酌。	可由建管機關自行決定使用時機。
8.	報告書第 66 頁坡地監測法規建議以表列方式，敘明法規層級，研擬重點及權責機關，可以更完整清楚的呈現。	感謝委員意見，已修正內容於期末報告中。詳見詳見本報告書章節壹、一、(三)1 法規面」表 3- 8(P.87)
林技師明鼎		
1.	在報告書第 16 頁提及之法規面及政策面部分，水保法目前確無明確的法令依據，但水保技術規範與水保手冊均有提及監測事項，建議可以透過解釋函令補強設置適用範疇，或以政策公告、委外審查注意事項，以利水保計畫審查時，加強監測建置必要性審議。	感謝委員意見，已將相關內容納入坡地社區檢監測裝設規範建議中。詳見本報告書第參章、二、(二)坡地社區檢監測設備裝設使用規範建議(P.83)。
2.	報告書第 84 頁，建議增加擋土牆距邊界之維管距離，兼具設置監測設備之空間使用。	感謝委員意見，納入坡地社區檢監測裝設規範建議中。詳見本報告書第參章、二、(二)坡地社區檢監測設備裝設使用規範建議(P.83)。
3.	水保計畫監測設備如果是納入水保計畫中之設施項目，則應會設置，另外亦可參考新北市政府工務局的規定，於申辦水土保持完工申報時，提出監測維管計畫。	感謝委員意見，納入坡地社區檢監測裝設規範建議中。
陳總經理昭維		
4.	請補充說明選擇 PS-InSAR 分析方法的考量。	PS-InSAR 技術具備廣域、高精度的地表變形監測能力，能覆蓋數百公里範圍，達到公分級精度，特別適用於台灣複雜地形的長期觀測。此技術能建立長時間序列資料，分析地表變形趨勢，有助於識別山坡地災害風險。相比傳統地面監測，PS-InSAR 不需安裝地面設備，並能應對部分自然環境限制，是相對低成本且大範圍的地表變形監測技術。
5.	地表變形移動圖請加註解說明沒有分級的區塊是沒有足夠的 PS 點，而非是地表無變形指標。	感謝委員意見，補充說明於檢監測設備資料使用注意事項中。詳見本報告書章節壹、一、(八)雷達衛星解算成果資料解析方式說明(P.68)。
6.	SAR 解算後之變位為垂直變位，與不同監測位移量的觀測成果比對驗證，建議註明清楚。	本研究案於圖資產製階段，已將 InSAR 解算之變位投影至坡面方向，以利與現地調查或是 IoT 檢監測設備所觀察之成果進行比對

		分析。
7.	有關坡地社區規範探討，建議加入 SAR 之研究成果。	感謝委員意見，SAR 研究成果使用說明補充在檢監測設備資料使用注意事項中，詳見本報告書第參章、二、(二)坡地社區檢監測設備裝設使用規範建議(P.83)。
8.	監測資料串接與即時展示所選的坡地社區是哪兩處，是否會利用建議的 API 格式，請說明。	本案挑選數處社區進行進行監測資料串接展示，包含前期計畫中，架設 GNSS 地表位移監測站之新店區花園新城社區，新北市政府提供之 5 處即時傾斜儀資料之社區，及本案歷史颱風事件分析之伯爵山莊等，相關成果已彙整本報告中展示說明。詳見本報告書章節壹、一、(一)「坡地服務雲端展示介面」整體服務雛型概念展示(P.93)。
中華民國大地工程技師公會 何技師政道		
1.	報告書第 28 頁有關衛星遙測解算之精度，建議應補充說明。	理論上，單次雷達差分干涉技術所得之地表位移之精度可達公分級。但由於目前的雷達衛星皆為單波段，所以無法良好地直接消除大氣與電離層誤差，故雷達差分的精度要視所解算之干涉環裡包含多少誤差，可能會落在數公分到十幾公分之間。 本研究案主要是要推估地表變形速率，因此會從地表變形的時間序列中回歸出長期的變形速率，若只有零星的觀測點誤差較大，對於回歸速率來說則影響不大。
2.	報告書第 32-34 頁衛星遙測解算技術精進後，預期精度可以改善至何種程度，請說明。	本研究案預計對地表變形的時間序列進行兩種處理方式。一是利用統計計算排除離群值，將可能是誤差過大的資料點排除。二是在 PS-InSAR 所得的地表變形時間序列可能受到季節影響，因此在回歸推估速率時，嘗試加入季節性變化的年週期函數，以檢驗是否可以增進精度。
3.	有關衛星遙測技術是否可作為社區邊坡安全檢測之用，報告書第 71 頁之初步結論，建議應再明確。	結論部分已詳述於本報告書章節 0 第一節結論(P.121)。
4.	報告書第 72 頁有關短期預期貢獻衛星遙測與 GNSS 設備觀測，打造「公分級」監測服務，是否能滿足邊坡安全監測之需求，建議補充說明。	受限於坡地社區檢監測設備裝設尚未普及，透過雷達衛星遙測大範圍長期監測，期可擴大坡地社區監測範圍，透過產製坡地社區地表變形活動度圖資進行現地調查比對，可協助社區進行邊坡安全快速評估。 搭配 GNSS 設備或其他 IoT 檢監測設備針對高風險點位進行小範圍監測，結合現地調查作業，可更全面性的滿足邊坡安全監測之需求。現況調查成果詳見本報告書章節壹、

		一、(四)4 花園新城社區(P.58)。
5.	遙測監測點位於建築物上，是否能反應邊坡潛在滑動的位置，請再補充說明，並請評估是否有可能設置獨立的點式參考點。	本案主要關注的是坡地社區安全，因此分析的目標是坡地社區中的建物或人工邊坡等結構物。如監測主體為大範圍的邊坡潛在滑動，確實可考慮另外設置金屬材質的人工反射板，作為獨立的點式參考點，用以增加觀測範圍中之穩定訊號的 PS 點。
中華民國土木技師公會全國聯合會 林技師自勤		
1.	報告書第 9-11 頁針對雷達衛星遙測解算技術-台灣案例分析文內之圖 2-5 危險徵兆位置，建議加強說明如何判讀，又圖 2-7 地表變形活動度圖內第一級至第三級所代表意義，請於文內增加說明。	感謝委員意見，已於本案產製之社區地表變型活動度圖中加上圖例說明，分級說明義補充至本報告書章節壹、一、(五)社區地表變型活動度圖資(P.61)。圖資判讀之建議與注意事項詳述於本報告書章節壹、一、(八)雷達衛星解算成果資料解析方式說明(P.68)。
2.	請說明報告書第 15 頁採取最高級別(A 級)的處理措施的方式為何。	經查詢參考之報告書(中文參考文獻 14)，臺北市政府工務局大地工程處針對地質敏感區(順向坡)巡勘觀測成果分級為 A 級的處理措施為「密集巡勘觀測且緊急處理徵兆」。其他級別之對應處置參考如下： B 級：每月巡勘觀測一次 C 級：緊鄰集合住宅或密集人群活動之區位仍為每月巡勘一次，或每季巡勘觀測一次 D 級：每年汛期前巡勘觀測一次
3.	本研究案監測整合分析之後是否有依據分析結果與安全評估後需執行的預告做比較，以利防災應用。	感謝委員意見，分析結果與安全評估後需執行的預告做比較，補充說明於檢監測設備資料使用注意事項中。詳見本報告書第參章、二、(二)坡地社區檢監測設備裝設使用規範建議(P.83)。
4.	報告書第 45 頁洪峰流量公式 $Q = CIA$ ，其中 I 之降雨強度在文內沒有表述，請加強說明。	感謝委員指正，I 之降雨強度為每小時雨量(mm)，已補充於本報告書第 43 頁。
5.	報告書第 73 頁如果監測技術與標準都齊備，為了山坡地社區的居安要求，自然應當併入現行建築相關設計規範，要求建商應在新社區興建中將監測設備皆納入施工內容，請參酌。	感謝委員意見，納入坡地社區檢監測裝設規範建議中。詳見本報告書章節壹、一、(三)坡地監測法規之建議(P.86)。
王組長順治		
1.	本案從檢監測技術角度協助坡地防災安全，針對衛星遙測技術發展與提升精度，建議從空間尺度與能提供之資料分析災害特性，供現行使用之社區管理者及專業	感謝委員意見，補充說明於檢監測設備資料使用注意事項中。詳見本報告書第參章、二、(二)坡地社區檢監測設備裝設使用規範建議(P.83)。

	技師參考。	
2.	在制度面上如何與本計畫成果結合以發揮效益，建議可盤點專業技師、坡地住民、防災士及管委會在坡地安全分攤角色如何，供未來成果銜接時之參考。	感謝委員意見，坡地社區之坡地風險管理各利害關係人權責分配，以及使用介面方式與時機，於期末報告中彙整說明。詳見本報告書第參章、二、(二)坡地社區檢監測設備裝設使用規範建議(P.83)。
主席		
1.	雷達衛星遙測和檢監測設備系統之應用與設置情形，請加強說明。	感謝主席建議，基於第 92 頁表 3-9 山坡地社區檢監測方式分析表，針對本研究計畫研究區域之應用與設置情形說明，詳見本報告書章節壹、一、(八)雷達衛星解算成果資料解析方式說明(P.68)。
2.	本計畫分析之數據，建議朝向設立基準或指標，提供各單位針對山坡地狀況變化，與未來做預測、預警等方面之應用。	感謝委員意見，檢監測數據使用需透過專業技師，針對各式坡地社區因地制宜，進行設備數據解讀與應用，本研究將針對檢監測數據使用方式進行說明，提供使用者參考，相關內容補充說明於檢監測設備資料使用注意事項中。詳見本報告書第參章、二、(二)坡地社區檢監測設備裝設使用規範建議(P.83)。
3.	對山坡地社區之研判資料，與其他政府相關部門之平台資料，是否需納入整合，亦請詳加說明。	感謝委員意見，本研究將整合交通部中央氣象署之雨量資訊，與坡地社區檢監測設備資訊，進行坡地社區防災資訊展示，展示成果說明詳見本報告書章節壹、一、(一)「坡地服務雲端展示介面」整體服務雛型概念展示(P.93)。

計畫主持人回應（鄭總經理錦桐）

1. 有關衛星遙測技術提升部分，將以 GNSS 資料為基準做誤差比較，進行精度修正。在應用方面，所分析之資料可做為快篩依據，再輔以自主巡檢方式，協助坡地社區做好安全防護。
2. 在法規部分，因新監測技術不斷進步，衛星解析度會越來越高，設備越來越便宜，將盤點利害關係人和現行法規，找出相關約束門檻，並儘量以獎勵方式進行。
3. 有關監測資料處理方面，已訪談新北市工務局和台北市大地工程處 2 單位，並進行監測資料之盤點，因儀器設置原則和設置內容不同，資料格式有所差異，後續將對本計畫所需之監測資料進行彙整，找出共同性建立共同標準，再以範例展示，達到數位優化之目標。

附錄七 監測設備費用彙整表

依據第二場專家座談會建議之檢監測設備種類，依據重要順序性排列如下表，價格估計區間主要針對硬體設備價格評估，未包括設備安裝、系統管理及維護相關費用，盤點各設備硬體價格區間：

設備名稱	硬體價格區間(以下金額為約略概估)	
	人工計量設備 (商品名稱)	電子自動計量設備 (商品名稱)
雨量計	NT\$100- T\$150 (花園戶外雨量計)	NT\$3,000- NT\$4,500 (翻斗式雨量計傳感器)
裂縫計	NT\$50- NT\$75 (亞克力牆壁裂縫尺)	NT\$1,000- NT\$1,500 (高精度裂縫計電子尺)
傾斜計	NT\$300- NT\$450 (360度傾斜計)	NT\$800- NT\$1,200 (電子傾斜計)
傾度盤	NT\$1,000 - NT\$1,500 (簡易型傾度盤)	-
傾斜儀	-	NT\$20,000 - NT\$30,000 (電子式雙軸無線傾斜儀)
地下水位計	-	NT\$3,000 - NT\$4,500 (電子水位計)
傾斜管	-	NT\$100,000 - NT\$150,000 (傾斜觀測管)
GNSS	-	NT\$50,000 - NT\$75,000

附錄八 期末審查意見回覆

項次	審查意見	廠商回覆說明
郭教授治平		
1.	在公部門的監測資料介接上，是否已考慮資安及法規(版權)的需求。	目前取得的監測資料不對外公開，僅供地方政府、管理單位與相關領域專家研討與本案進行研究使用。
2.	各種檢、監測工作未來將逐步推廣，其成本大致為何？如何兼顧成本及功能性，請說明。	關於檢監測儀器與分析費用與說明，已彙整於附錄七供委員參考。
3.	目前以順向坡檢驗為大宗，未來如落石等較為立即發生的破壞模式，是否有機會進一步研究。	目前坡地人工現地檢測確實已順向坡為大宗，本案所研究之雷達衛星 InSAR 之分析，即是針對廣域大範圍之地表變形與破壞進行分析，可包含如逆向坡或是土石流等崩塌以及長時間的地表位移監測。亦可作為社區是否需裝設即時檢監測設備評估使用。
4.	最後的結論與建議適合社區安裝的監測儀器未見 GNSS，原因為何，請說明。	感謝委員提醒，結論中彙整常見安裝之檢監測儀器為目前新北市與臺北市政府已裝設之常見坡地檢監測儀器。GNSS 設備之安裝目前僅有新北市花園新城進行監測。
陳總經理昭維		
1.	本案之研究成果，均已達計畫三項目標，內容豐碩且明確。	感謝委員肯定。
2.	單一颱風事件之雷達衛星解算成果驗證，建議可增加(1)災區 PS 點之歷時曲線，(2)單一事件時距之大範圍位移潛勢圖。	感謝委員建議，目前初步研究顯示，因誤差大於實際位移量，故本期計畫暫不增修成果內容。未來將嘗試持續精進雷達衛星解算成果。 研究方法在設計時，考量是否能藉由長期的位移潛勢，來找到可能發生崩塌/地表變形災害的高風險點位，因此聚焦在長時間大範圍的分析。
3.	不同時間區間之位移趨勢圖比較，除參考點位置外，許多區域亦有變化，該如何解釋，請說明。	區域變化造成原因包括但不限於下面幾點：屋頂加蓋、大型裝置品、道路施工改善以及道路裂縫變形等。 本案採用 Google 街景比對與社區現地勘查拍照的方式進行前後變化之對照比較，詳請參閱第三章第一節、(八)雷達衛星解算成果資料解析方式說明(P.68~70)，另將期末審查簡報內容補充至報告第三章第一節、(五)、4.錦秀碧瑤社區(P.64~66)。
4.	報告書圖 3-14 及圖 3-16 均標示“位移方向”，判斷依據為何，請說明。	感謝委員指教，此二圖之標示說明略有不同，應使用不同符號進行標示，以免誤導，報告內已修正並補充說明。

5.	請說明 Qs 指標之意義內涵，坡地社區均為已採排水(滯洪)工程之坡地，是否適宜。	已補充於報告書第三章第三節、(一) Qs 指標應用說明。(P.101)
6.	本計畫分析網格的均方根誤差 (RMSE)是否計算，是否設定有用資料的門檻標準，請說明。	參考報告書第二章第二節、(一)(2)均方根誤差(RMSE, Root Mean Square Error)計算 (P.31~32)，篩選包含 2 個以上 PS 點之網格，可有效降低誤差。
梁專委成兆		
1.	坡地社區之風險可概略分為外水、外坡、內水、內坡四個面向，InSAR 用於外坡，監測用於內坡，似乎效益較高，建議可思考評估。	感謝委員意見，本報告於第三章第三節、(一)補充說明 Qs 指標之未來延伸應用方向。(P.101) 於第三章第一節、(八)雷達衛星解算成果資料解析方式說明，章節中已補充說明 PS-InSAR 指標主要應用於坡地社區外部風險評估使用。(P.68~70)
2.	外水及外坡之風險，在於集水區大且遭遇短延時強降雨，土砂阻塞截水(溝蓋)造成截水失靈，水流攜帶土砂直線流進社區，因此 Qs 指標內 A 的定義是為社區面積、區外集水面積，或為兩者加總，建議可思考評估。	感謝委員意見，報告於報告書第三章第三節、(一)補充說明 Qs 指標主要應用於坡地社區風險排序使用(P.101)。
3.	開發安全規範立意良好，或許可先透過降低擋牆高度，降低非必要填方思考，若逾越規模(如擋牆 5 公尺以上)再要求監測，以求務實。	感謝委員意見，針對坡地設備規範目的，於本報告書第三章第二節、(三)坡地監測法規之建議，補充以降低坡地社區風險為目的。(P.86)
4.	展示介面立意良好，建議聚焦在長期趨勢分析的價值，而非即時疏散避難之依據。	感謝委員肯定，本計畫僅做技術上的可行性研究，並提供此類展示介面之設計與規劃建議，實際應用仍需由管理單位自行評估。
5.	報告書文字誤繕建議檢視修正，如水保技術規範條文確認。	感謝委員意見，本報告內文中已刪除水土保持技術規範第 147 條與 148 條法條。
內政部國土管理署 徐正工程司文強		
1.	本署所列管之山坡地住宅社區與各縣市資料有所差異，經套繪後業於今年 6 月份將變異點通知各縣市政府加以關注，對於後續是否開放此部份資料，將再做研究。	本報告書中所提及之坡地社區主要以地方政府關注的社區為主，為研究團隊向新北市政府及臺北市政府索取之資訊，及開放資料所能查詢之範圍。 後續如有引用列管社區資料，研究團隊會謹慎諮詢管理單位確認該資料是否能公開。
2.	有關與水保署及國土署資料介接為何種資料，請加強說明。	本案示範展示介面，僅針對水保署系統之土石流潛勢溪流與影響範圍圖，介接資料以開放資料為主。
3.	報告書中提出法規上建議，請提	針對規範目的文字說明補充於本報告書第

	供較為明確文字供參考。	三章第二節、(三)坡地監測法規之建議(P.83)。
中華民國全國建築師公會 許建築師偉鈞		
1.	既有社區邊坡安全檢監測，是否可納入土石流預警防範機制(加強基地四周外圍監測之作為)。	土石流預警防範機制，除農業部農村發展及水土保持署公布的土石流影響範圍警戒值外，地方政府訂定土石流警戒僅內部參考使用；PS-InSAR 及 Qs 指標可作為坡地社區外部環境檢監測數據參考，透過長期監測數據趨勢，評估異常徵兆數值，提供基地四周外圍監測風險評估參考使用。
2.	針對新建坡地社區檢監測相關規範設置規定，建議納入建築規劃設計者。	感謝委員意見，針對規範建議文字說明補充於本報告書第三章第二節、(三)坡地監測法規之建議。(P.83)
中華民國土木技師公會全國聯合會 林技師自勤		
1.	建議在報告書結論與建議章節內明確提出山坡地社區新建案，應於社區附近適當處設置雨量計、裂縫計、傾斜計、地下水位與傾斜管等，組成一完整監測系統，並於完工後移交給山坡地社區管委會，以利坡地社區持續長時紀錄。	感謝委員意見，已補充於本報告書第三章第二節、(三)坡地監測法規之建議。(P.83)
2.	有關監測設施的數量在規範內要量化較為合宜。	感謝委員意見，針對規範目的文字說明補充於本報告書第三章第二節、(三)坡地監測法規之建議。(P.83)
新北市政府工務局 林正工程司逸銘		
1.	新北市轄區內坡地社區不少，使用監測設備牽涉未來經費編列，建議本計畫列出建置經費部份供參考，以利推廣普及。	感謝委員意見，各式監測設備費用彙整於附錄七(p.163)，其中設備較貴者為GNSS，硬體價格約五萬，較便宜為傾斜儀與裂縫尺，可從社區接受度較高設備為傾斜儀與裂縫尺來推廣普及。
2.	雷達衛星解算方法利於長期監測，而應用監測儀器或人工自主巡檢方式則較利於即時救災，建議能互相搭配使用。	感謝委員意見，本報告於第三章第一節、(八)雷達衛星解算成果資料解析方式說明，已補充說明 PS-InSAR 雷達衛星解算圖資之使用說明，並建議搭配現勘調查以評估長期位移潛勢及風險預警，在高風險區域可搭配檢監測儀器之裝設，提供即時監測資訊，或人工自主巡檢及測量，使管理單位能更有效管理地管理社區潛在風險點位。
盧科長昭宏(書面資料)		
1.	報告書第 38 頁如依所述依序建置 2022-2023，2023-2024... 多年期資料透過雲端即時傳輸方式於系統上呈現，針對各資料來源格式	後續請各管理單位依需求進行預算之編列。本案以示範展示介面與資料庫收錄之格式等提供建議與規劃，說明資料整合呈現之技術可行。實際收錄資料與建立系

	進行標準化作業，使資訊欄位相容，惟依據本署介接其他如消防、交通、國土監測單位經驗，後續賡續納管更新維護經費，須按年逐項編列，確所費不貲。	統，其儲存空間與資料量，需依照監測設備之種類、點位數量、資料頻率等因素綜合考量。
2.	報告書第 44 頁首行「在合理化公『式』中」，是否漏字，請修正。	感謝委員提醒，已修正漏字。
3.	報告書第 61-63 頁就山坡地表變形活動度圖資，將社區年位移速度潛勢圖產製研析有其缺點，如內湖區順向坡屬小範圍，解算出 PS 點數亦不多，但如應用在其他社區如伯爵山莊、花園新城、錦秀碧瑤 PS 點，對照一、二級風險網格之位移變化潛勢，似可推算中高風險實地判讀應用價值。	確實，在本案研究過程中發現，如果解算之社區範圍太小，或受限於衛星視角可取得的 PS 點數過少之區域，較難以解算出有意義的社區地表變形活動度圖。
4.	報告書第 84 頁表 3-8 就坡地監測法源與法規彙整表，立意良善，按違反建築法第 77 條以第 91 條處罰，公寓大廈管理條例第 36 條以第 48 條處罰，惟實務上以全體區分所有權人為同一處罰對象，除未成立管理組織或管理委員會均無作為，才會開罰。	感謝委員建議，建築法第 77 條明定「建築物所有權人、使用人應維護建築物合法使用與其構造及設備安全」及檢查申報規範，如未依規定可依建築法第 91 條處新臺幣六萬元以上三十萬元以下罰鍰，及公寓大廈管理條例第 36 條說明管理委員會職務包括「公寓大廈及其周圍之安全及環境維護事項。」，如未依規定可依公寓大廈管理條例第 48 條處新臺幣一千元以上五千元以下罰鍰，並得令其限期改善或履行義務、職務；屆期不改善或不履行者，得連續處罰，未來可透過法令宣導方式，提升坡地社區管委會成立及防災意識。
景教授國恩(書面資料)		
1.	計畫名稱強調「監測整合分析技術」，但是實際工作內容卻是以監測資料彙整展示為主，並沒有進一步做到資料整合分析。因此，如果本計畫是要進行資料整合分析，則建議未來應調整合適的工項；若沒有要進行資料整合分析，則建議調整計畫名稱。	感謝委員建議，本計畫主要進行資料應用方向之建議，各地方監測資料整合應用須由地方權責單位進行規劃，後續計畫名稱延請機關根據計畫項目內容進行調整。
2.	請說明雷達遙測解算中的 PS，是使用 Permanent Scatterer 技術，還是 Persistent Scatterer 技術。	本案使用之技術為永久散射體差分干涉技術(Persistent Scatterers InSAR)，簡稱為 PS-InSAR。本技術原稱 Permanent Scatterer，後因技術發明人將此方法註冊為專利，故後續使用者將此技術概念改稱為 Persistent Scatterer 技術，以避免侵權問

		題。
3.	在時序分析中，一般會採用 3 倍標準差當成是離群點的定義標準，然而在本計畫的 PS 點時序分析中，顯然並不是這麼做。推測是為了讓資料呈現更加漂亮的原因，但是其實這是不需要的，如此反而會讓民眾高估 InSAR 的可靠度，從而可能導致情資的誤判。	感謝委員建議，後續計畫的時序分析將採用 3 倍標準差當成是離群點，合理化資料處理流程，避免情資誤判情形。
4.	本報告中並無見到 GNSS 的成果，是否是因為資料並未正確回傳，請說明。	本研究中針對過去所收錄之 GNSS 觀測結果，係以一場事件進行比對分析研究，詳見圖 3-18 及圖 3-19。其他相關工作成果紀錄於本報告書第三章第一節、(六)GNSS 監測資料盤點及第三章第一節、(七)GNSS 設備與監測資料維運之維運改善與標準化(P.67~68)。
5.	坡地社區監測的規範探討目的為何，因為並沒有真正見到由本計畫成果延伸出來的規範探討，請說明。	本計畫規範探討內容可詳見第一次專家座談會議(附錄四)。坡地社區監測的規範目的為透過規範來提升檢監測設備在坡地社區能透普及，強化社區自主防災意識，經由專家座談會彙整專家建議，鑒於母法與子法較難達成目的，建議可透過規範或指引方式來推動坡地檢監測設備，如在基地建設階段即可安裝雨量計、傾斜儀、傾斜管、地下水水位計、水位計及裂縫尺等坡地檢監測設備，工程完成後，可將檢監測設備移交給社區管理委員會進行後續維護管理。
6.	就預警的角度，台灣目前既有之警戒值與行動值等規範，缺乏不同類型資料的合理整合，同時也並沒有見到不同監測技術間的合理搭配與資料分析，因此建議本計畫未來可朝此方向發展。	感謝委員建議，根據第二次專家座談會建議(附錄五)，本計畫現階段之坡地檢監測為各地方政府分別管理，本案所研究之臺北市及新北市政府，針對各類儀器之佈設與各點位之管理值、警戒值之定義皆有不同。在不同監測技術間的合理搭配與資料分析上，本案研究過程中與各單位接洽探討，對於坡地社區之安全監控，考量資料開放性、資訊安全、法規與民眾防災意識等議題，當前的著力點尚不在不同類型的資料整合，而應從防災教育的角度，帶領坡地社區居民，從自主防災意識的角度，由下而上的從自主居住環境安全的議題進行推動，待監測設備普及後，再來進行資料的整合與警戒值制定，會是較為務實可行的推動方向。

參考書目

以下參考書目按照筆劃進行排序：

中文部分

1. 山坡地土地可利用限度分類標準. (無日期). 擷取自 <https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?media=print&pcode=M0110024>
2. 內政部建築研究所. (2016). 山坡地社區建築管理履歷資料庫建立與關鍵致災因子關聯性分析. 財團法人中興工程顧問社.
3. 內政部建築研究所. (2022). 山坡地社區智慧防災系統研發及實證研究—雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用. 興創知能股份有限公司.
4. 內政部建築研究所. (2023). 坡地社區智慧防災系統暨安全管理計畫(一)—廣域地表變形雷達衛星遙測技術應用. 興創知能股份有限公司.
5. 自由時報電子報. (2022年10月17日). 汐止伯爵山莊土石流撤離145人 市府漏夜加蓋帆布與沙包防土石再滑落. (自由時報電子報) 擷取自 <https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/4091901>
6. 俞肇福, & 田裕華. (無日期). 汐止伯爵山莊土石流撤離145人 市府漏夜加蓋帆布與沙包防土石再滑落. 擷取自自由時報電子報: <https://news.ltn.com.tw/news/life/breakingnews/4091901>
7. 紀柏全, 沈哲緯, 冀樹勇, 黃立遠, 林士淵, & 連鈞毅. (2015). 由時間域與空間域警戒雨量探討臺北市山坡地老舊聚落疏散避難操作基準. 中華水土保持學會年會及學術研討會.
8. 國家災害防救科技中心. (2022). 111年度豪雨及颱風事件災情彙整報告.
9. 國家發展委員會. (2017). 共通性應用程式介面規範.
10. 新北市政府工務局. (2014). 山坡地社區災害風險管理委託專業服務案. 財團法人中興工程顧問社.
11. 新北市政府工務局. (2022). 111年度新北市山坡地智慧防災社區計畫委託專業服務案. 興創知能股份有限公司.
12. 新北市政府工務局. (2023). 112年度新北市山坡地智慧防災社區計畫專業委託服務案. 興創知能股份有限公司.
13. 農業部農村發展及水土保持署. (2024). 大規模崩塌監測資料規範. 農業部.
14. 廖皓宇, 潘宗毅, 譚義績, 賴進松, & 蘇明道. (2018). 應用禁忌演算法進行降雨-淹水

- 警戒值之優化：以臺北市文山區及新北市新店區為例. 農業工程學報第 64 卷第 1 期.
15. 廖瑞堂, 陳昭維, 紀宗吉, & 林錫宏. (2013). 由台灣監測案例探討邊坡位移量之管理值. 地工技術 No.136, 頁 p59-p70.
 16. 臺北市政府工務局大地工程處 A. (2022). 111 年度臺北市內湖區山崩與地滑地質敏感區(順向坡)巡勘觀測委託專業服務案. 臺北市: 麒昌工程顧問股份有限公司.
 17. 臺北市政府工務局大地工程處 B. (2022). 111 年度臺北市大安、信義及文山區山崩與地滑地質敏感區(順向坡)巡勘觀測委託專業服務案. 臺北市: 富國技術工程股份有限公司.

英文部分

1. Galve, J. P.-P., Pérez-Peña, J. V., Azañón, J. M., Closson, D., Caló, F., Reyes-Carmona, C., . . . & Bally, P. (2017). Evaluation of the SBAS InSAR service of the European space Agency's Geohazard Exploitation Platform (GEP). *Remote Sensing*, 9(12), 1291.
2. Ma, P., Cui, Y., Wang, W., Lin, H., Zhang, Y., & Zheng, Y. (2022). Landslide Movement Monitoring with InSAR Technologies. *Landslides*, 161.
3. Nikolaidis, R. (2002), Observation of geodetic and seismic deformation with the Global Positioning System, thesis, Univ. of Calif., San Diego.

坡地社區邊坡安全檢監測整合分析技術之研究

出版機關：內政部建築研究所

電話：(02) 89127890

地址：新北市新店區北新路3段200號13樓

網址：<http://www.abri.gov.tw>

編者：鄭錦桐、黃瑞賢、吳笙緯、顏伯聰

出版年月：113年12月

版次：第1版

ISBN：978-626-7501-18-4（平裝）