

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

內政部建築研究所業務委託報告（111年）

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

內政部建築研究所業務委託報告

中華民國 111 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)

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

受委託者：興創知能股份有限公司
研究主持人：沈哲緯
共同主持人：王禹翔
研究員：賴子銘
研究助理：吳笙緯、張淵翔
計畫期程：中華民國 111 年 1 月至 111 年 12 月
計畫經費：新台幣 144 萬 2 仟 5 佰元整

內政部建築研究所業務委託報告

中華民國 111 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	.....	V
摘要	.....	XI
ABSTRACT	.....	XIV
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	.....	3
第二章 研究方法及過程	.....	6
第一節 文獻回顧	.....	6
第二節 研究方法介紹	.....	11
第三章 工作成果說明	.....	26
第一節 GNSS 定位解算技術研析	.....	26
第二節 示範場域 GNSS 監測測試	.....	31
第三節 時序監測數據分析與驗證	.....	42
第四節 即時運算服務系統之建置	.....	55
第五節 研議本技術落實應用於坡地社區防減災之作		

為與機制	57
第六節 專家座談會議	63
第四章 結論與建議	66
第一節 結論	66
第二節 建議	68
附錄一 評選委員意見回覆	69
附錄二 第一次專家座談會議	70
附錄三 期中審查意見回覆	81
附錄四 第二次專家座談會議	89
附錄五 期末審查意見回覆	103
附錄六 GNSS 設備規格說明	111
附錄七 中英文對照表	112
參考書目	113

表次

表 1-1	各工作項目之研究進度	5
表 2-1	邊坡監測常見之設備儀器	10
表 2-2	社區 GNSS 監測評估專業量表	19
表 3-1	GNSS 動態解算與靜態解算定位誤差分析	30
表 3-2	GNSS 定位解算星曆規格.....	30
表 3-3	TTL202 關聯徵兆調查記錄	32
表 3-4	TTL203 關聯徵兆調查記錄	33
表 3-5	GNSS 社區監測整體評估表.....	37
表 3-6	GNSS 社區站點安裝評估表.....	37
表 3-7	動態解與靜態解之差距	45
表 3-8	點位計算距離與捲尺量測距離清單	48
表 3-9	系統服務費用說明	62
表 3-10	專家座談會議程	63

圖次

圖 1-1	研究流程圖	4
圖 2-1	山坡地社區智慧防災物聯網架構圖	6
圖 2-2	日本 Shamen-net 地表位移即時監測服務	8
圖 2-3	日本 Shamen-net 服務場景案例	8
圖 2-4	中央氣象局局屬 GPS 地表位移監測固定站	9
圖 2-5	2016 年臺灣年度 GPS 速度場	9
圖 2-6	即時動態技術基本架構	12
圖 2-7	ZED-F9P GNSS 模組規格	14
圖 2-8	ZED-F9P GNSS 頻段涵蓋	14
圖 2-9	Raspberry Pi 3 微電腦	15
圖 2-10	雙頻多星系 GNSS 接收儀外觀	15
圖 2-11	本計畫示範社區優先關注敏感圖	17
圖 2-12	本計畫示範社區徵兆位置圖	17
圖 2-13	本計畫示範社區歷史災害	18
圖 2-14	GNSS 設備建置與資料處理流程	19
圖 2-15	GNSS 設備測試期間穩定度統計結果(2022.05.17 至 2022.06.05)	21
圖 2-16	GNSS 設備測試期間穩定度時序分析結果	

(2022.05.17 至 2022.06.05).....	21
圖 2-17 網形測量示意圖	22
圖 2-18 防災監測平台顯示畫面示意	24
圖 2-19 GNSS 設備各方向即時監測資料	24
圖 2-20 各監測設備安裝位置圖	25
圖 2-21 即時防災訊息	25
圖 3-1 GNSS 常見誤差	27
圖 3-2 F9P 晶片的 RTK 誤差結果(上為校正前，下為校正 後)	28
圖 3-3 屈尺(C0AI10)氣象觀測站溫度與雨量時間序列變化	28
圖 3-4 GNSS 設備穩定性分析圓餅圖	29
圖 3-5 示範社區既有徵兆調查與 GNSS 監測站安裝位置圖	31
圖 3-6 TTL202 固定站周遭場域調查結果	35
圖 3-7 TTL203 固定站周遭場域調查結果	36
圖 3-8 各安裝點位設備透空度調查結果	36
圖 3-9 以灌漿方式製作穩固基座	38
圖 3-10 GNSS 測站設備安裝前、後現場照片(TTL201 基站)	

39

- 圖 3-11 GNSS 測站設備安裝前、後現場照片(TTL202 固定站) 39
- 圖 3-12 GNSS 測站設備安裝前、後現場照片(TTL203 固定站) 40
- 圖 3-13 TTL202 測站即時串接成功之畫面 40
- 圖 3-14 TTL203 測站即時串接成功之畫面 41
- 圖 3-15 即時資料串接 API 規格 41
- 圖 3-16 TTL202 固定站累計六個月位移時序分析結果(每日解) 43
- 圖 3-17 TTL203 固定站累計六個月位移時序分析結果(每日解) 43
- 圖 3-18 TTL202 測站累計六個月靜態解算位移時序分析結果(每日解)..... 44
- 圖 3-19 TTL203 測站累計六個月靜態解算位移時序分析結果(每日解)..... 44
- 圖 3-20 GNSS 現地精度驗證點位空間配置 46
- 圖 3-21 GNSS 精度測量點位空間分佈俯視圖 47
- 圖 3-22 GNSS 現地精度驗證定位點資料分佈 47

圖 3-23 捲尺實際量測方法示意圖	48
圖 3-24 第 111086 號地震報告	50
圖 3-25 第 111111 號地震報告	50
圖 3-26 0917 第 111086 號地震事件分析結果(TTL202)。每 秒解(上圖)、每分解(下圖).....	51
圖 3-27 0917 第 111086 號地震事件分析結果(TTL203)。每 秒解(上圖)、每分解(下圖).....	52
圖 3-28 0918 第 111111 號地震事件分析結果(TTL202)。每 秒解(上圖)、每分解(下圖).....	53
圖 3-29 0918 第 111111 號地震事件分析結果(TTL203)。每 秒解(上圖)、每分解(下圖).....	54
圖 3-30 建研所人工智慧邊坡智慧監測系統畫面圖	55
圖 3-31 坡位移量之管理值文獻整理	58
圖 3-32 示範社區短期注意值設計內容。TTL202(上圖、 TTL203(下圖).....	59
圖 3-33 示範社區長期注意值設計內容。TTL202(上圖、 TTL203(下圖).....	60
圖 3-34 山坡地開發審議流程圖	61
圖 3-35 第一次座談會線上參與委員與貴賓合照	63

圖 3-36 第一次專家座談會現場照片一	64
圖 3-37 第一次專家座談會現場照片二	64
圖 3-38 第二次座談會線上參與委員與貴賓合照	65
圖 3-39 第二次專家座談會現場照片一	65

摘要

關鍵詞：衛星導航系統、社區邊坡即時監測、地表位移時序分析

壹、計畫緣起

在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下，坡地上的潛在風險日益增高，經常造成山崩落石、邊坡滑動、土石流及地基淘刷等嚴重災害。然這些潛在災害的肇因並非一日而生，且既有的監測方案中尚且缺少長時間尺度的地表位移觀測機制，以做到更早的趨勢因應與大面積監控，致使需要導入衛星導航系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)來加強坡地安全監控的活用性。

貳、方法與過程

為了提升坡地安全長時間尺度的全域監控能力，本計畫使用國內已研發的低成本 GNSS-IoT 自動化監測設備，實際於坡地社區試行系統化的即時監測作業，其工作內容包含 GNSS 定位解算技術研析、示範場域 GNSS 監測測試、時序監測數據分析與驗證，以及即時運算服務系統之建置四項，透過時序資料分析、觀測數據驗證，以及即時監控展示等內容來完善技術整合之成果。

本(111)年度研究計畫具體目標如下：

- 一、**GNSS 定位解算技術研析**：回顧 GNSS 定位解算技術，蒐集相關技術監測之文獻，以確保國內自主研發的低成本雙頻多星系 GNSS 設備符合坡地監測應用需求。
- 二、**示範場域 GNSS 監測測試**：實際安裝 GNSS-IoT 自動化監測於合適的坡地社區地基，並完成至少 2 站的實地設備安裝與至少三個月的觀測數據採集。
- 三、**時序監測數據分析與驗證**：比較不同解算策略之差異，產出時序觀測數據與常見的位移監測指標，並進一步比較現地既有的觀測數據，交叉驗證實證區潛在位移之趨勢。
- 四、**即時運算服務系統之建置**：完成靜態與即時運算開發，並部署自動化 GNSS 即時監測服務，透過 API 送出數據，並併同長時間尺度的位移監測指標展示於 Web 網頁中，並與本所山坡地建築管理履歷資料庫平台整合。
- 五、**研議本技術落實應用於坡地社區防減災之作為與機制**：在設備可用的觀測精

度下，定義觀測期間若發現超過注意值標準範圍，則建議進行相關專業調查及現場勘驗，以利盡早執行防範處置。

參、重要成果

一、GNSS 定位解算技術研析方面

運用低成本 GNSS 設備與先進解算技術，能夠提升坡地社區落地接受度，本計畫執行期間確實完成一處位於新北市的坡地社區示範性監測，未來可望成為坡地社區安全的長時間監控手段之一，與其他既有的邊坡監測技術搭配使用，達到有效減災之目的。

二、示範場域 GNSS 監測測試方面

GNSS 設備係透過衛星訊號進行坐標解算，電力、通訊與環境透空度都是影響資料傳輸、解算品質的重要因素，因此本計畫透過設計社區專業評估量表，搭配既有的坡地社區地質災害盤查報告，可提供監管單位進行監測建站評估，並加速社區用戶安裝之溝通。

三、時序監測數據分析與驗證方面

本計畫使用消費型 GNSS 晶片，能支援雙頻多星系定位，其設備搭配 RTK 進行解算，長達 6 個月的連續監測，確實驗證了資料的可用性，具備公分級的觀測能力，適合應用於長時間的地表變形監測工作，用以監控坡地社區內潛在的自然邊坡、人工邊坡或建物結構破損。

四、即時運算服務系統之建置方面

本計畫透過「建研所人工邊坡智慧監控系統」，能近即時地提供 GNSS 位移量測結果，除了提供監管單位進行安全性評估，同時也應提供社區用戶定期查閱。透過監測數據除了可以強化防災資訊之溝通，亦可作為法律議題探討之依據。

五、研議本技術落實應用於坡地社區防減災之作為與機制方面

本計畫參考國內、外邊坡監測之實際案例，注意值、警戒值與行動值目前尚未能有統一標準原則，當中涉及更縝密的邊坡調查與長時間監測，因此目前僅以 GNSS 設備的基本量測精度(水平 2 公分、鉛直 4 公分)為注意值，提醒使用者監測達門檻應安排進一步檢測，確認是否存在危險徵兆。除此之外，也完成兩場專家座談會之辦理，針對社區監測落地化方案、設備安裝評估原則、資料分析案例探討與管理政策研析...等多個議題，提出多個面向、

跨領域的參考建議，預期作為未來坡地社區安全監控之具體方案。

肆、主要建議事項

建議一

雷達衛星及 GNSS 資料整合之廣域地表變形監測：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、縣(市)政府

包含本計畫 GNSS 設備在內，現行許多現地型的邊坡監測技術，多半屬於單點或多點的量測手段，往往受到場域內的諸多限制而無法有效發揮設備整合觀測的效益。此時若運用雷達衛星遙測的地表變形分析技術，可望補足大範圍邊坡監測之需求。

建議二

山坡地社區智慧防災行動與管理政策研析：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：直轄市、縣(市)政府

山坡地社區邊坡即時監測，除了保障社區鄰近住戶的居住安全，更希望運用低成本 GNSS 設備，提升廣布監測的可能性，從邊坡滑動或其破壞機制進行掌控，進一步發掘危險警戒值，了解各項行動基準值，方能有效降低潛在危機。

臺灣山坡地範圍約佔國土面積的 73%，面對大量的坡地社區安全監測需求，建議可透過相關管理政策的調整，來加速 GNSS 設備的廣佈監測應用，並透過長期驗證及確保品質之監測資料，在特定的執照審議過程，納入作為輔助依據資料，並建議從政府管理及民眾思考之角度，使用不同程度階段之強制或獎勵的手段，加深申請者自主監測之約束或意願。

ABSTRACT

Keywords : GNSS, Hillside Community Real-time Monitoring, Ground Surface Displacement Analysis

Under the over-exploitation and improper use of land, long-term disrepair and aging of water and soil conservation facilities, coupled with the influence of extreme rainfall and earthquake events, the potential risks on slopes are increasing, often causing landslides, sliding slopes, soil and rock flows and foundation scrubbing And other serious disasters. However, the causes of these potential disasters do not occur in a day, and the existing monitoring plan still lacks a long-term surface displacement observation mechanism to achieve earlier trend response and large-area monitoring, which necessitates the introduction of satellite navigation systems. (Global Navigation Satellite System, GNSS) to enhance the flexibility of slope safety monitoring.

In order to improve the long-term global monitoring capabilities for slope safety, this plan uses the low-cost GNSS-IoT automated monitoring equipment to actually pilot systematic real-time monitoring operations in the slope community. Through time series data analysis, observation data verification, and real-time monitoring display, the results of technical integration are improved.

The expected results in this project are listed as below:

- (1) Review and collect GNSS monitoring documents to ensure that the low-cost equipment meets the application requirements of slope monitoring.
- (2) Complete at least 2 stations of field equipment installation and at least three months of observational data collection.
- (3) Compare the differences of different calculation strategies, produce time series observation data and common indicators, comparing the existing observation data to cross-validate the trend of potential displacement in the empirical area.
- (4) Complete static and real-time computing development, and deploy automated GNSS real-time monitoring services, and display on the Web.
- (5) Develop GNSS real-time monitoring services and integrate various current observation results, construct a long-term-scale slope safety monitoring mechanism, providing complete potential displacement trend. Achieve the high-precision low-cost GNSS-IoT monitoring of slope safety monitoring applications.

第一章 緒論

本章茲就計畫緣起與背景、研究目的及工作進度進行說明。

第一節 計畫緣起與背景

臺灣國土面積中，山地所佔比例高達 70%，在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。在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下，坡地上的潛在風險日益增高，經常造成山崩落石、邊坡滑動、土石流及地基淘刷等嚴重災害。實際上坡地社區安全議題經近年研究探討，也發展出許多於社區內可因地制宜的自動化監測設備，如雨量計、水壓計、裂縫計、傾斜計與地中傾斜管等，每種應用都有其監控需求，上述設備大多作為安全監控的最後防線，針對高風險設施進行嚴密監控，必要時則根據觀測預警結果以工程手段來抑制。

但由於這些潛在災害的肇因並非一日而生，尤其是跨社區或社區外之長期潛變，在既有的監測方案中尚且缺少長時間尺度的地表位移觀測機制，以做到更早的趨勢因應與大面積監控，致使需要導入衛星導航系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)來加強坡地安全監控的活用性。GNSS 作為精密的地表變形觀測設備，過去主要應用於大規模斷層監測與潛在崩塌，但礙於觀測精度與設備使用上的諸多限制，建置成本居高不下。近幾年消費型 GNSS 晶片蓬勃發展，逐漸成為具有優勢、低成本且適用於坡地社區監測之 IoT 自動化監測設備。如何應用國內已有的雙頻多星系 GNSS 設備研發技術成果，於坡地社區試行地表變形監測整合技術之研究，尋找合適的試驗場區，透過時序資料分析、觀測數據驗證，以及即時監控展示等內容來完善整體技術整合之成果，將會是未來重要課題及目標。

第二節 研究目的

為了提升坡地安全長時間尺度的全域監控能力，且近幾年消費型 GNSS 晶片蓬勃發展，逐漸成為具有優勢、低成本且適用於坡地社區監測之 GNSS-IoT 自動化監測設備，本團隊擬應用國內已有的雙頻多星系 GNSS 設備研發技術成果，於坡地社區試行地表變形監測整合技術之研究，研析適用於坡地監測之主要定位解算方法，包含靜態測量(Static)、動態測量(Kinematic)等監測技術之文獻蒐整與研析，並盤點擇定一處合適的坡地社區案場，依據過往的現地調查結果，在通訊、電力與透空無虞的環境下，為潛在崩移的社區地基，完成至少 2 站實地設備安裝與觀測數據之採集後，根據前述的解算策略完成精密定位測量；參照國內外既有 GNSS 數據監測處理方法，比較靜態測量(Static)與動態測量(Kinematic)的測量精度與差異，由時序觀測數據計算常見位移監測指標，評估待測社區地表位移之具體現況，最後透過串接現地 GNSS 觀測設備，搭配應用程式介面(Application Programming Interface, API)在 Web 網頁中即時呈現，除了時序的解算結果，亦包含長時間尺度的位移監測指標統計，配合貴所「山坡地社區智慧防災系統可行性研究—邊坡智能感測暨雲端運算」相關研究成果，初擬異常行動管理門檻，達成早期警戒目的。

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：

壹、工作項目

1. GNSS 定位解算技術研析：回顧 GNSS 定位解算技術，蒐集相關技術監測之文獻，以確保國內自主研發的低成本雙頻多星系 GNSS 設備符合坡地監測應用需求。
2. 示範場域 GNSS 監測測試：實際安裝 GNSS-IoT 自動化監測於合適的坡地社區地基，並完成至少 2 站的實地設備安裝與至少六個月的觀測數據採集。
3. 時序監測數據分析與驗證：比較不同解算策略之差異，產出時序觀測數據與常見的位移監測指標，並進一步比較現地既有的觀測數據，交叉驗證實證區潛在位移之趨勢。
4. 即時運算服務系統之建置：完成靜態與即時運算開發，並部署自動化 GNSS 即時監測服務，透過 API 送出數據，並併同長時間尺度的位移監測指標展示於 Web 網頁中，並與本所既有的「人工邊坡智慧監控系統」進行整合。
5. 研議本技術落實應用於坡地社區防減災之作為與機制：在設備可用的觀測精度下，定義觀測期間若發現超過注意值標準範圍，則建議進行相關專業調查及現場勘驗，以利盡早執行防範處置。

貳、進度說明

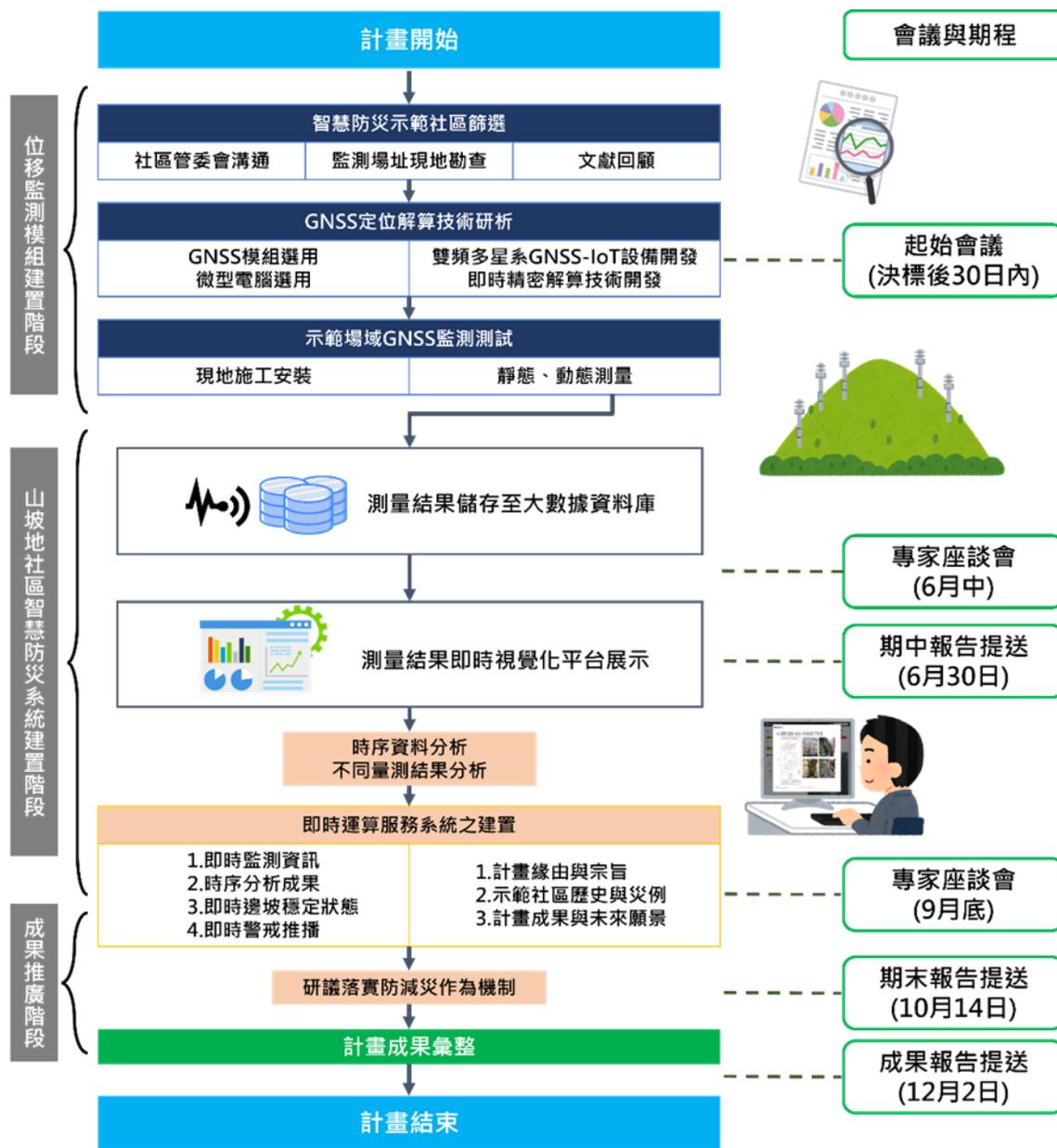


圖1-1 研究流程圖

資料來源：本研究計畫成果。

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.GNSS 定位解算技術研析	■													
2.示範場域GNSS 監測測試			■											
3.時序監測數據分析與驗證							■							
4.即時運算服務系統之建置				■										
5.研議本技術落實應用於坡地社區防減災之作為與機制										■				
6.專家座談會						■			■				第一場：6/15 第二場：9/29	
7. 期中報告						■							111年6月30日繳交期中報告30冊以及工作事項查核表	
8. 期末報告										■			111年10月14日繳交期末報告(初稿)30冊以及工作事項查核表	
9. 成果報告											■		111年12月2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)	5	10	15	20	30	50	55	65	85	92	97	100	■ 完成進度 ■ 預期進度	
<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p>														

第二章 研究方法及過程

第一節 文獻回顧

臺灣由於地狹人稠，都市區域能提供之居住地有限，因此山坡地住宅社區比例逐年提高，在面臨未來極端降水現象不斷發生時，有效監測坡地社區之環境因子尤其重要，如果平時能夠監測各項資料數據，在出現異常數值或劇烈數值變化時，能夠即時提供相關告警資訊給當地居民，超前部署於各項防救災處置作為，降低邊坡災害可能導致之損失。過去 貴所於 106 年度執行「山坡地社區智慧防災系統可行性研究—邊坡智能感測暨雲端運算」計畫，在山坡地社區架設各類型邊坡智能複合式感測器，監測包含雨量、溫濕壓、含水量與傾斜量等關鍵因子，並且打造山坡地社區智慧防災物聯網，如圖 2-1，提供全區域山坡地智慧防災即時示警資訊，包含各類型感測器安全值、預警值及警戒值，如當達到崩塌警戒階段時，直接透過 Line 推播或者 E-mail 收發的方式，讓居民得到第一手告警訊息，並同時作為後續主管機關或專業人員進行安全行評估依據。

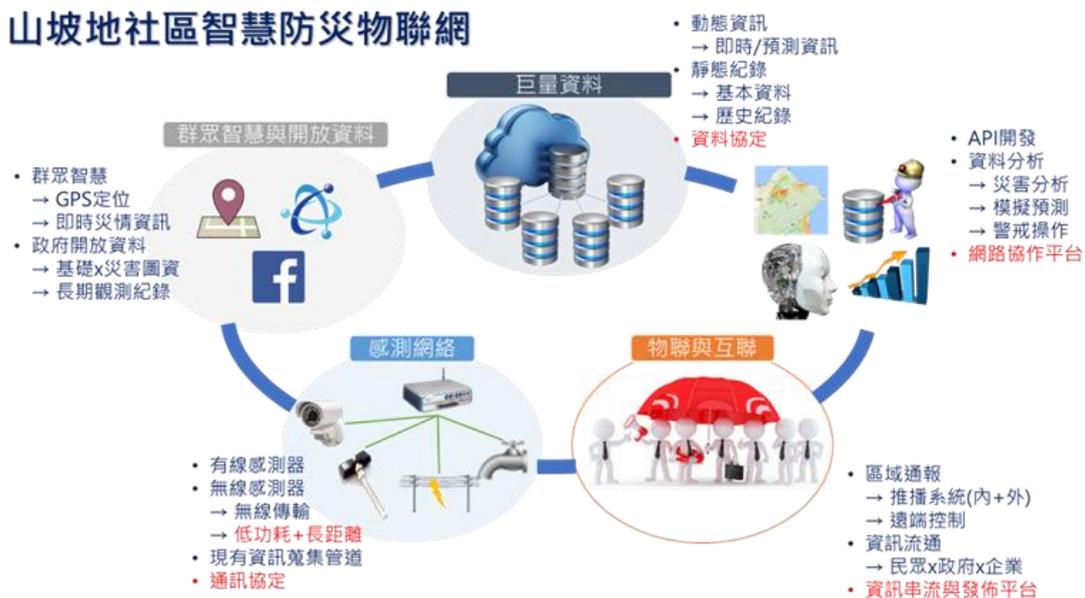


圖2-1 山坡地社區智慧防災物聯網架構圖

同時， 貴所於 107 年度執行「山坡地社區智慧防災系統精進—人工邊坡智能感測器研發與雲端系統擴充應用」計畫，延續 106 年度前期計畫成果，整合微

機電感測器、無線傳輸技術及雲端分析技術，成功整合各感知器於一個箱體內，除了節省建置、維護及巡檢成本外，也透過雙向傳輸技術，提供更高品質且穩定之資料內容，優化感測器在人工邊坡局部危害徵兆觀測精度與耐候性。

除了考量山坡地社區原有的自然邊坡外，人工擋土設施之異常監測也是另一項重要課題，因此於 108 年度執行「坡地社區減災營造與智慧防災系統整合研發—預力地錨破壞監測及整體系統穩定性之強化」，加入預力地錨監測，挑選具代表性之地錨進行揚起試驗與荷重監測，並提出制定安全管理值之方法，了解邊坡可能之破壞機制。然而，如同前面**第一章節、緒論**所言，現行的坡地社區監測多以傳統人工邊坡監測手段為主，多半受限於硬體成本的考量，坡地社區少有運用衛星大地測量(GNSS)來進行高時頻的區域地表位移監控案例。

有鑑於此，本團隊遂參考國際案例進行分析，並以日本《國際航業》(Kokusai Kogyo Co., Ltd.)的 Shamen-net 解決方案為例做說明。Shamen-net 作為《國際航業》在日本的一項即時地表位移監測服務，係以 GNSS/GPS 為主軸的監測設備服務方案，搭配其他邊坡監測設備組成聯合觀測網，並透過先進的 4G 網路技術與 24 小時的即時運算服務，提供用戶最即時的邊坡監控推播資訊。Shamen-net 提供 30 秒一次的位移資訊紀錄，並透過 RTK 方法與自身的演算技術實現 2mm 的定位精度，聯合觀測網除了解算 Shamen-net，亦可整合裂縫計、地下水位計觀測紀錄一併進行分析。透過 Shamen-net 取得監測資訊，可協助客戶建立警戒標準與防災決策，同時減少人力常態性的調查作業。如**圖 2-2**所示，從設備端到軟體端，再從數據端到服務端，透過相對較低的設備成本，達到大量廣布的需求。過去十多年來 Shamen-net 成功服務超過 300 處的案場，當中包含人工邊坡、自然邊坡、水壩堤防、鐵路、機場、港口等重要區域，如**圖 2-3**所示。

同處相似的地質環境與土地利用條件的臺灣，其實國內地球科學領域對 GNSS/GPS 的應用也不陌生，許多科學研究針對地體構造與斷層活動進行長時間的固定站(**圖 2-4**)監控與數據分析，包含中央氣象局、地質調查所、國土測繪中心與中央研究院等機關單位均長期投入研究資源，並繪製所謂的速度場(Velocity Field)(**圖 2-5**)，釐清各種地表變形徵兆。借鏡國內外成功案例，本團隊盤點過往常見的坡地社區監測方案，包含傾斜儀、裂縫計、地中傾斜管、地下水水壓計與雨量筒，並透過**表 2-1**，分析 GNSS 監測設備在坡地社區眾多監測方案中所扮演的關鍵角色。

The screenshot displays the Shamen-net website interface. At the top, it lists 'NETIS登録技術: KT-190078-A' and 'shamen-net.com'. A navigation bar includes 'Home', 'Contact Us', and 'Japanese'. Below this, a horizontal menu categorizes monitoring sites: Road slopes, Deep-seated slope failures, Snow melt landslides, Slope failures, Landslides, Railways, Airports, Harbours, Fill dams, Concrete dams, Steel tower foundations, Mines, Industrial waste disposal sites, Tunnels, Embankments, and Bridges. A central banner reads 'Where Shamen-net is used?' with a '342 處監測' (342 monitoring locations) badge. A diagram illustrates the system: 'High-accuracy GPS measurements' are taken at 10 numbered points on a slope. Data is transmitted via 'FOMA' and 'ISDN-ADSL' to a 'Monitoring center (operational 24 hours/365 days)'. The center provides 'Transmission of integrated monitoring data' to users, shown as 'Depth chart' and 'Time series chart' on a smartphone. A list of compatible devices includes: ① Extensometer, ② Ground surface inclinometer, ③ Borehole inclinometer, ④ Groundwater level gauge, ⑤ Pipe strain gauge, ⑥ Anchor load cell, ⑦ Flowmeter, ⑧ Rain gauge, ⑨ Web camera, and ⑩ Total station. A red banner in the top right corner says '日本案例' (Japan Case Study). The bottom left shows the 'KOKUSAI KOGYO (KKC)' logo and a 'Log In' button.

圖2-2 日本 Shamen-net 地表位移即時監測服務

Where shamen-net services are applied in Japan

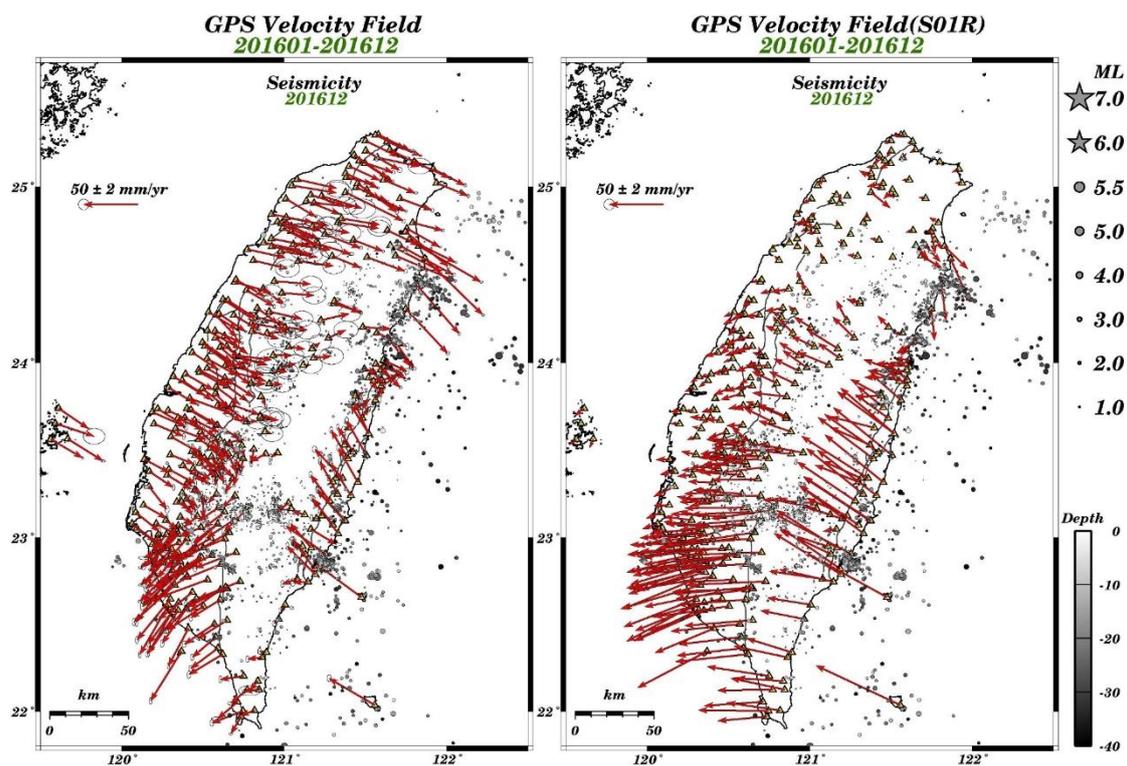


圖2-3 日本 Shamen-net 服務場景案例



(圖片摘自：中央氣象局)

圖2-4 中央氣象局局屬 GPS 地表位移監測固定站



(圖片摘自：中央氣象局)

圖2-5 2016 年臺灣年度 GPS 速度場

表2-1 邊坡監測常見之設備儀器

監測方案	GNSS 監測設備	傾斜儀	裂縫計	地中 傾斜管	地下水 水壓計	雨量筒
監測原理	衛星定位坐 標解算	傾度盤	裂縫伸張 拉動引線	地層滑動 位移量測	地下水 水壓監控	雨量統計
監測目標	自然邊坡 人工邊坡 結構物	人工邊坡 結構物	人工邊坡 結構物	自然邊坡	自然邊坡	區域降雨
監測範圍	多站觀測 範圍大	單點觀測 範圍小	單點觀測 範圍小	深層觀測 範圍中	深層觀測 範圍中	區域觀測 範圍大
觀測物理量	三軸 絕對位移	相對弧度	單軸 絕對位移	單軸 相對位移	相對水壓	公釐
觀測頻率	1 秒	10 分鐘	10 分鐘	人工	10 分鐘	10 分鐘
施工難度	中	低	低	高	高	低
監測成本	中	低	低	高	高	低

第二節 研究方法介紹

壹、GNSS 定位解算技術研析

為了確實評估潛在地表變形問題對坡地社區的影響，延續相關文獻蒐集成果與監測技術之研析，規劃 GNSS 地表變形監測方法，以物聯網設備配合現地安裝規劃與演算法即時解算，探討 GNSS 即時監測應用之方案，以下就 GNSS 的解算技術與硬體設備分項說明：

一、即時精密解算技術

精密坐標解算為 GNSS 地表變形監測之核心，除了透過硬體規格來滿足精度需求，也必須仰賴即時定位技術的應用。現行能夠達到公分級精度的即時定位技術主要有二種，包含即時動態定位(RTK, Real Time Kinematic)與精密單點定位(PPP, Precise Point Positioning)，以下個別說明解算原理。

(一) 即時動態定位

即時動態技術(RTK)是即時動態載波相位差分技術的簡稱，是一種透過基準站(Base Station)與待測站(Rover Station)的同步觀測方法(圖 2-6)。利用差分(Differential)定位的解算方式，可以有效消除大部分衛星與接收儀的定位時表誤差，對於基準站與待測站間的短基線範圍(10 公里範圍內)，動態定位即可達到近公分等級的定位精度。雖然 RTK 對區域性的動態定位有很大的助益，但隨著基線範圍增長定位精度也會隨之而降低。為解決此問題，衍伸出了虛擬基準站即時動態定位技術(VBS-RTK, Virtual Base Station Real-Time Kinematic)，同樣基於 RTK 原理，透過多個永久基準站全天候連續地接收衛星資料，評估基準站涵蓋區的定位誤差，以虛擬基準站的概念，提供待測站進行短基線的 RTK 定位。

(二) 精密單點定位

精密單點定位(PPP)是一種全球導航衛星定位系統(GNSS)定位方法，和 RTK 的定位的方式不同，僅使用一台接收儀的非差分載波相位觀測數據進行單點定位，選擇不使用差分的方式消除誤差，而改以 IGS(International GNSS Service)全球公開的衛星星曆、精密軌道與精密鐘差進行迭代修正，隨著這些衛星數量的增加，修正參數也越加精準，PPP 解算的收斂速度比起過往有大幅度的提升，定位精度也因而有所進

展，實現公分級的成果。不受基線長度的影響，也不需要額外設置基準站，PPP 的設置規劃更加方便。

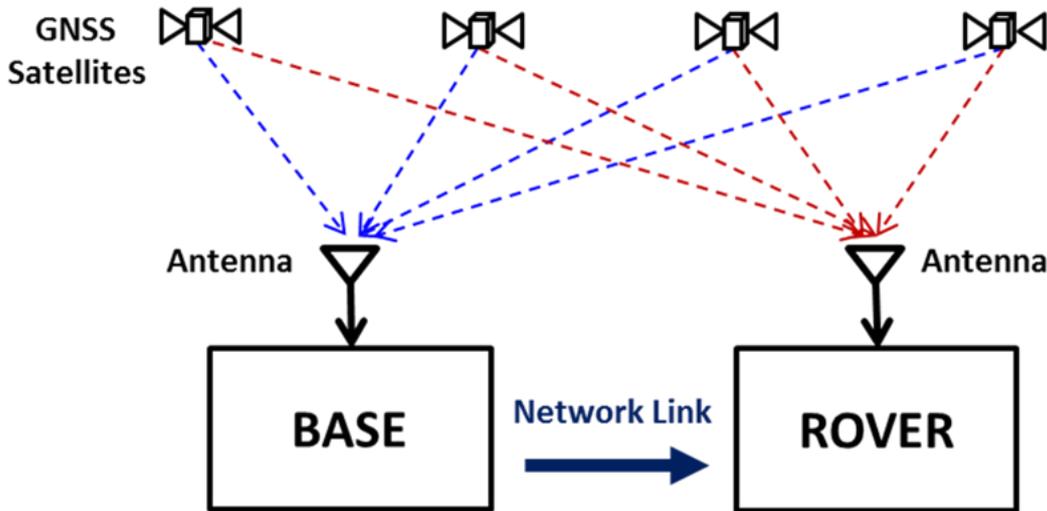


圖2-6 即時動態技術基本架構

二、雙頻多星系 GNSS 設備

因應全球多星系導航衛星系統之發展，以及市場上源源不絕的高精度定位物聯網應用需求，例如無人車機的自動導航、精緻化產業的定位運作等，這讓消費型 GNSS 晶片逐漸成為積體電路(IC, Integrated Circuit)產業發展重點之一，雙頻的 GNSS 晶片也一躍成為市場競爭的核心關鍵，過去公尺級的定位精度大幅提升至公分級，配合理想的觀測環境，精度早已不亞於專業進口設備使用的定位晶片，在這樣的契機之下雙頻多星系 GNSS 設備，逐漸擴大多元資料應用之彈性，也包含高精度需求的地表變形監測，以下針對細部設備規格說明監測可行性。

(一) 高精度 GNSS 模組(u-blox ZED-F9P)

u-blox 是一間瑞士的 IC 晶片製造商，致力發展應用於汽車、工業與消費型市場的導航定位和無線通訊技術。2018 年問世的 ZED-F9P(圖 2-7)整合多頻即時動態定位技術，尺寸輕巧(22x17x2.4mm)，能在數秒內提供穩健的高精準度定位效能，ZED-F9P 具備多個 GNSS 頻帶(L1/L2/L5)，可支援四個主流衛星定位星系，GPS、GLONASS、BDS 與 GALILEO (圖 2-8)，這讓 ZED F9P 可在數秒內達到公分級的準確度。即使在嚴苛的環境中，仍可透過大量的衛星訊號最大化公分級的準確

度，本計畫即是透過 ZED-F9P 達成公分級精度。

(二) 低成本微型電腦(Raspberry Pi 3)

樹莓派是由英國樹莓派基金會所開發的微型單板電腦，使用博通(Broadcom)出產的 ARM 架構處理器，以記憶卡作為系統儲存媒體，配備 USB 介面和 HDMI 視訊輸出(支援聲音輸出)，內建多種網路連結方式包含 3G、4G 或 WiFi 網路傳輸等(圖 2-9)，平時待機功率僅需 5 瓦，十分省電。透過將 GNSS 的解算演算法打包安裝於 Raspberry Pi 3 中，並藉由台灣科技公司友訊科技(DLink)的網路模組，便能達成即時資料傳遞與解算功能。

結合 ZED-F9P 模組與 Raspberry Pi 3，便能得到高精度低成本的地表變形監測設備，其定位精度(Postion Accuracy)使用靜態(Static)解算時，水平精度為 $5\text{mm}+1\text{ppm RMS}$ 、鉛直精度為 $11\text{mm}+1\text{ppm RMS}$ ；若改以動態(Kinematic)解算，水平精度為 $8\text{mm}+1\text{ppmm RMS}$ 、鉛直精度為 $15\text{mm}+1\text{ppm RMS}$ 。

本計畫在團隊成員海洋大學林修國副教授的協助下，將 u-blox 整合於 Raspberry Pi 微型電腦之中，搭配天線盤、通訊模組，以及由副教授自主開發的軟體演算法，籌組完成應用於坡地社區的低成本雙頻多星系 GNSS 設備(圖 2-10)，以滿足後續示範場域之使用。

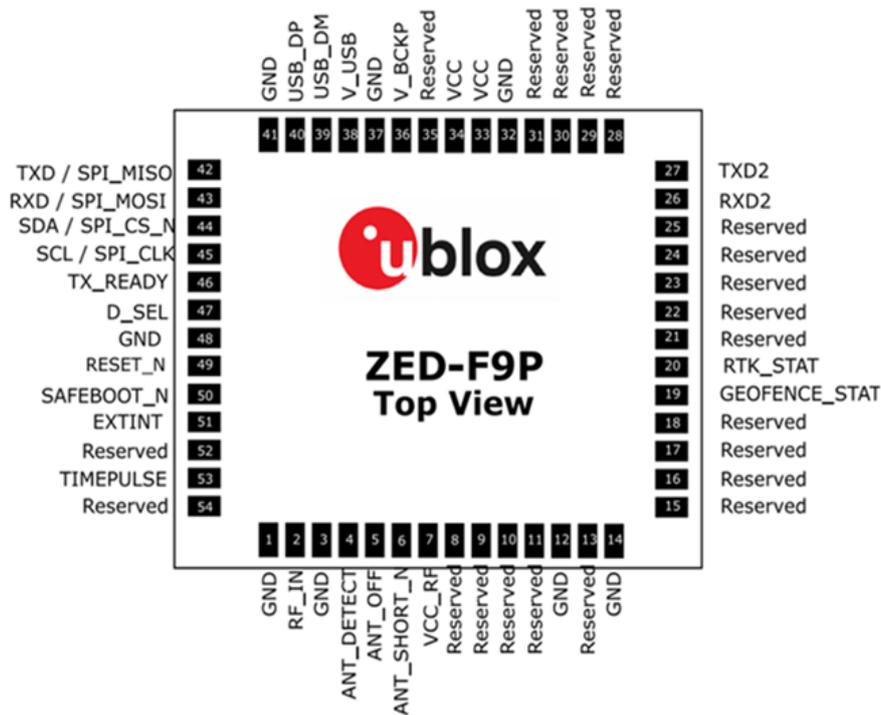


圖2-7 ZED-F9P GNSS 模組規格

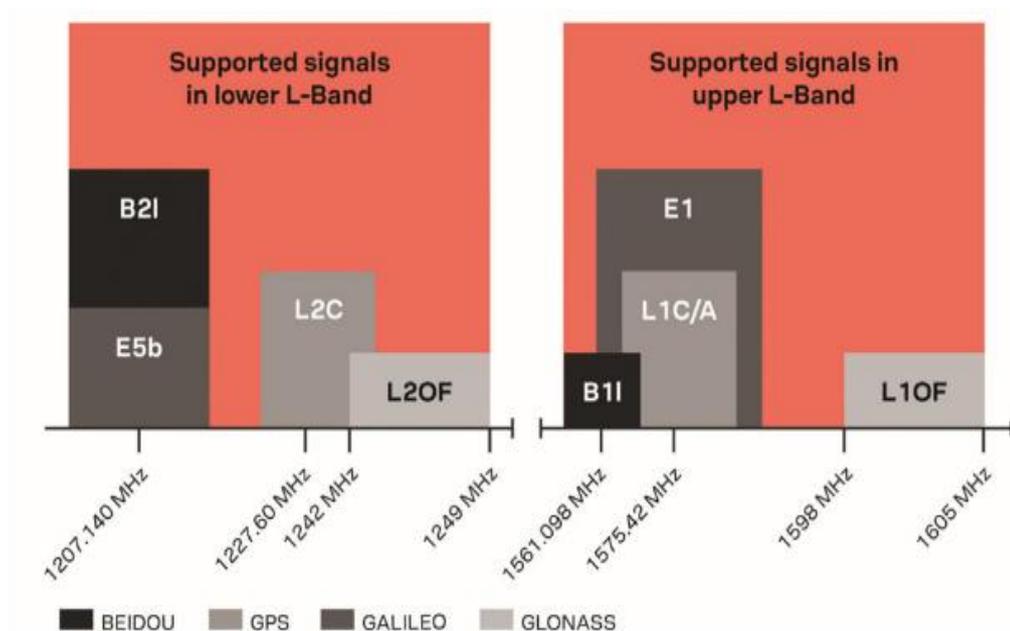


圖2-8 ZED-F9P GNSS 頻段涵蓋

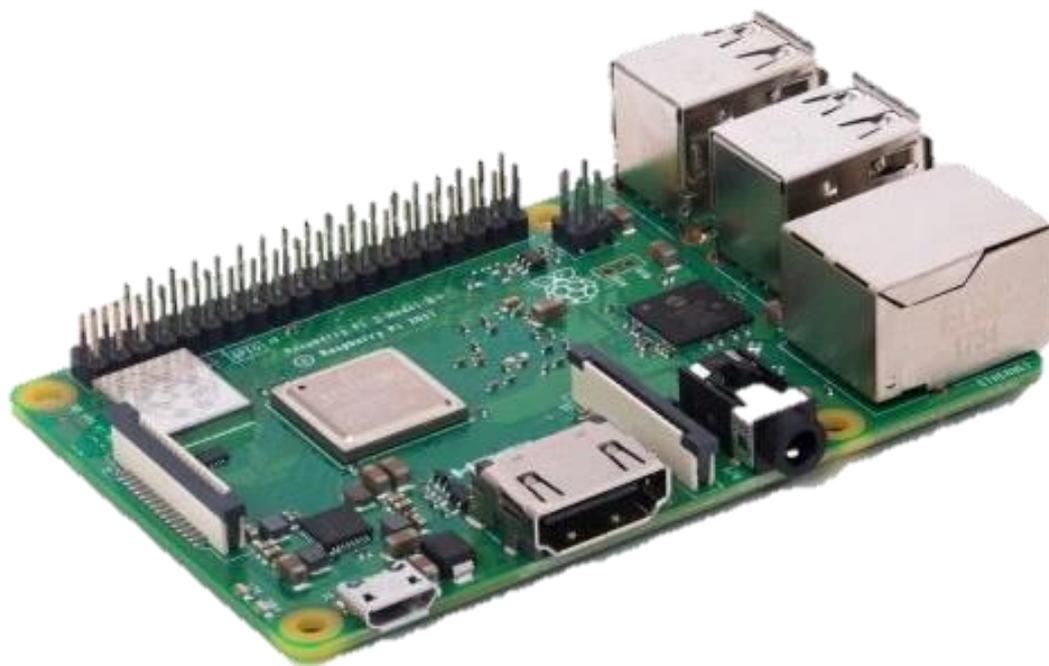


圖2-9 Raspberry Pi 3 微電腦



圖2-10 雙頻多星系 GNSS 接收儀外觀

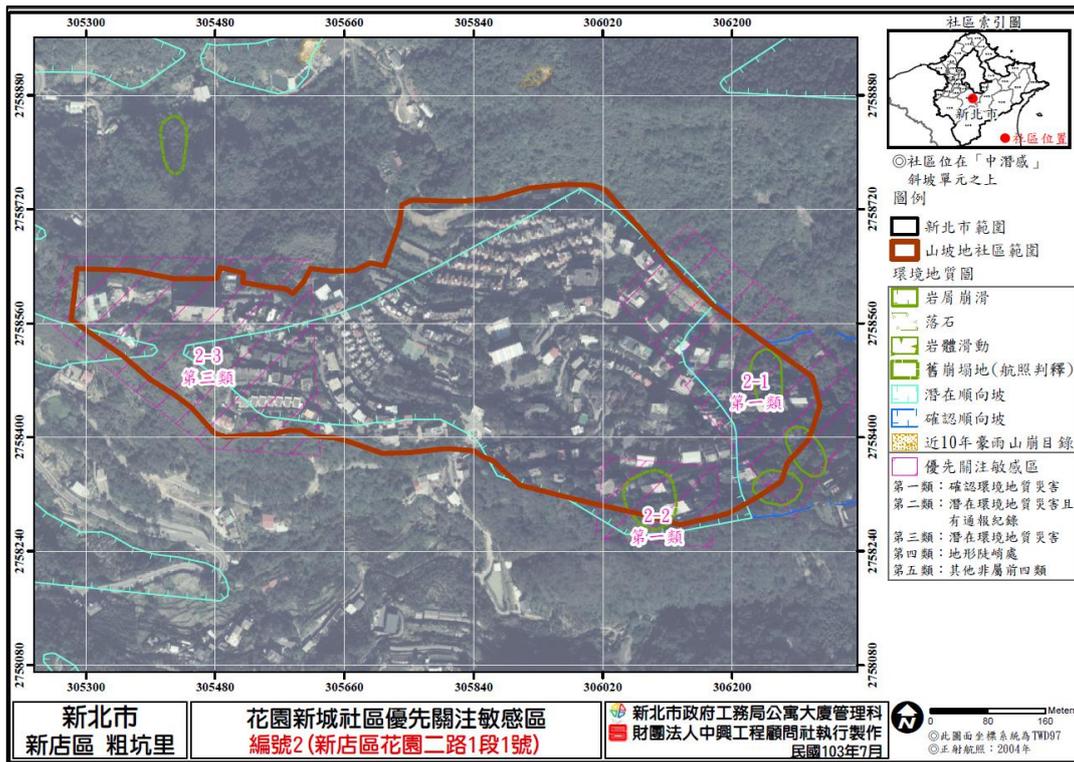
貳、示範場域 GNSS 監測測試

為了確實評估潛在地表變形問題對坡地社區的影響，延續相關文獻蒐集成果與監測技術之研析，以物聯網設備配合現地安裝規劃與演算法即時解算，探討 GNSS 即時監測應用之方案。因此本計畫以新北市新店區一處山坡地住宅社區為示範場域，實際安裝 1 站基站與至少 1 站固定站(待測站)，並監測至少半年數據，固定站數量依照安裝點位規劃結果而定，以下就示範場域規劃與 GNSS 監測流程進行說明。

一、示範場域規劃

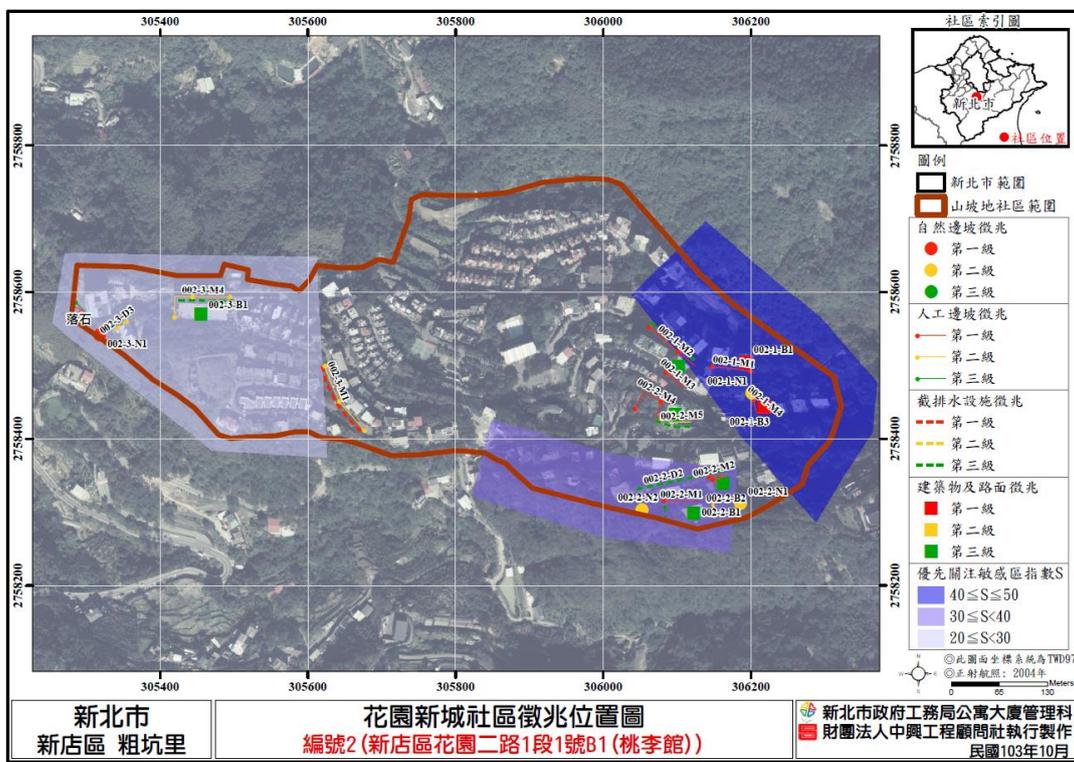
基於歷年山坡地安全檢查經驗，彙整坡地監測需求、配合意願及參考建研所 105 年「山坡地社區建築管理履歷資料庫建立與關鍵致災因子關聯性分析」計畫易致災區域劃設成果，在實際場勘後，團隊決議以新店區一處山坡地住宅社區作為示範場域，相關社區說明如下：

該社區位於新北市新店區粗坑里，社區範圍 28.53 公頃，地理條件屬於典型的山谷形，地形坡向朝北。據地調所地質圖，社區位於大寮層，主要由砂岩和厚層頁岩，或砂岩、頁岩互層所組成。依據中興社歷史調查本社區優先敏感及徵兆圖(如圖 2-11 及圖 2-12)顯示，本社區範圍多位於山崩與地滑地質敏感區內(順向坡及岩屑崩滑)，且，歷史災害主要為人工邊坡破壞(如圖 2-13 (a)~(c))，近年伴隨極端氣候引致颱風、強降雨(如 104 年杜鵑颱風、蘇迪勒颱風)造成部分自然邊坡崩塌(如圖 2-13(d))。本社區花園六路三段 2 號附近的住宅前院嚴重傾斜與位移，如果未來受到極端天氣事件之影響，可能造成嚴重龜裂以及土石掏空，危及整體建築物物件架構，故積極選擇此區域做為高度關注之監測場域。



(圖片摘自：新北市政府工務局，104年山坡地社區災害風險管理委託專業服務案成果報告)

圖2-11 本計畫示範社區優先關注敏感圖



(圖片摘自：新北市政府工務局，104年山坡地社區災害風險管理委託專業服務案成果報告)

圖2-12 本計畫示範社區徵兆位置圖



(圖片摘自：新北市政府工務局，104年山坡地社區災害風險管理委託專業服務案成果報告)

圖2-13 本計畫示範社區歷史災害

二、GNSS 監測流程

在選定示範場域後，便要實地探查，選擇適宜的安裝位置，包含安裝位置的條件(如電力通訊、透空、地基穩定等)，並與社區管委會溝通協調，確認是否能夠安裝。因此本團隊設計一社區 GNSS 監測評估專業量表，此張表格主要用意在於，以**(1)社區現況安全評估**、**(2)設備安裝意願溝通**與**(3)設備配置規劃設計**等三大面向，在場地協調階段，建立一套建站評估表，以利研判是否適合進行實際安裝作業，如表 2-2。

社區現況安全評估係依據既有坡地社區評估報告確認潛在危險區域，並安排基本調查與現況評估，用於確認影響範圍與建站建議數量；而社區安裝意願溝通則因安裝區域大多屬於私有土地，必須詳細溝通了解需求後取得居民同意，方能確認安裝數量與進場施工；最後的設備配置規劃則需研判天線盤安裝基礎是否穩固避免傾倒、環境透空度不宜低於 50%，並確認電力與通訊應是否穩定。

在確認可實際執行安裝後，便要與工班確認安裝日程與安裝方式，待設備建置完成後，便能透過網路將監測資料回傳，進行後續分析。整體流程可歸納如圖 2-14。

表2-2 社區 GNSS 監測評估專業量表

社區整體評估		站點安裝評估	
評估問題	評估回覆	評估問題	評估回覆
潛在危險區 影響戶數 (監測建議站數， 不包含基站本身)	三戶以下 (至少 2 站)	鄰近住戶安裝意願	有 / 無
	三至十戶 (至少 5 站)	有無合適基樁位置	有 / 無
	十戶以上 (5 站以上)	環境透空 (50%以上)	有 / 無
社區管委會 安裝意願	有 / 無	電力有無	有 / 無
是否已存在 既有監控	有 / 無	通訊有無	有 / 無

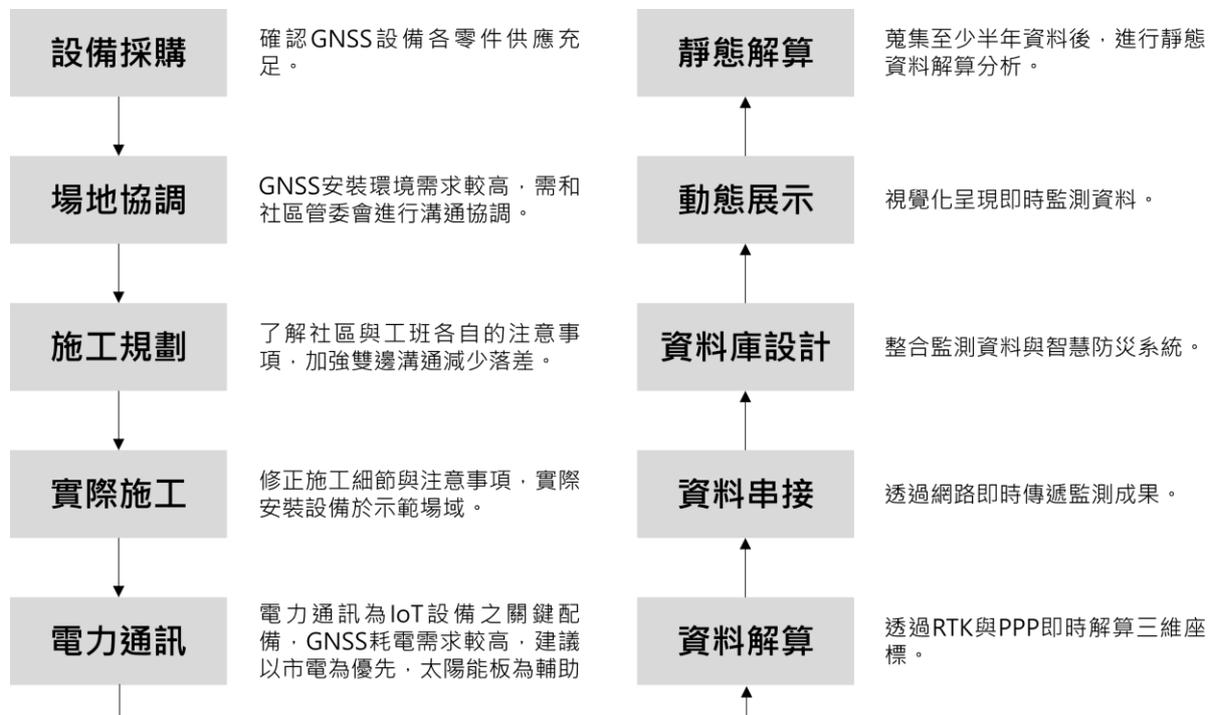


圖2-14 GNSS 設備建置與資料處理流程

參、時序監測數據分析與驗證

將 GNSS 設備安裝於現地後，監測資料便能透過網路回傳至本地資料庫，資料內容分為靜態測量觀測檔與動態測量即時數據，GNSS 設備每秒便會記錄一筆監測資料(1Hz)，每個站每天有 86,400 筆，在蒐集半年的時間後，便能利用龐大的數據資料進行分析，包含靜態與動態的資料穩定度分析、靜態時序分析與其他資料驗證，以下分別說明：

一、資料穩定度分析

監測資料所記錄的內容為該時間所量測到的三維坐標、接收衛星數與解算模式，透過統計可以了解平均接收衛星數、解算模式等資訊，對衛星數來說，由於本計畫所採用的 GNSS 設備可接收雙頻多星系衛星訊號，故衛星數應保持在 10 顆以上；而解算模式在有良好的網路通訊時，應保持 RTK 或 PPP 模式且接收穩定(誤差數公分內)，若坐標不為此模式所解算而得，其誤差將較大(數十公分至數公尺)。圖 2-15 為本團隊測試此 GNSS 設備 2022 年 5/17 至 6/5 全天為期 20 天之資料穩定度測量模式統計，圖中的綠色與橘色都是 RTK 模式，差別在於前者為網路傳輸穩定狀態(fixed)另一個則為不穩狀態(float)，藍色則是跳脫 RTK 模式，僅靠差分定位(differential global positioning system, dgps)來解算，紅色則是固定站與基站之間的通訊斷掉，導致只能靠自身進行定位(standard position system, sps)。

除此之外，由於剛架設完成時需要進行網路相關設定，且測試期間恰逢大樓施工斷電，連線伺服器無法順利運作，導致 GNSS 設備無法連線，所以資料看起來穩定度相對較差，同時從時間序列圖，如圖 2-16 所示，也會明顯發現到，資料不穩定之時間區間幾乎都在前半段，待設定穩定及大樓施工完成後，後續時間區間之資料便相對穩定許多，因此在 GNSS 設備安裝完成後至期末階段前，將可利用此統計來檢查後續資料之穩定性。

5/17-6/5 測量模式統計

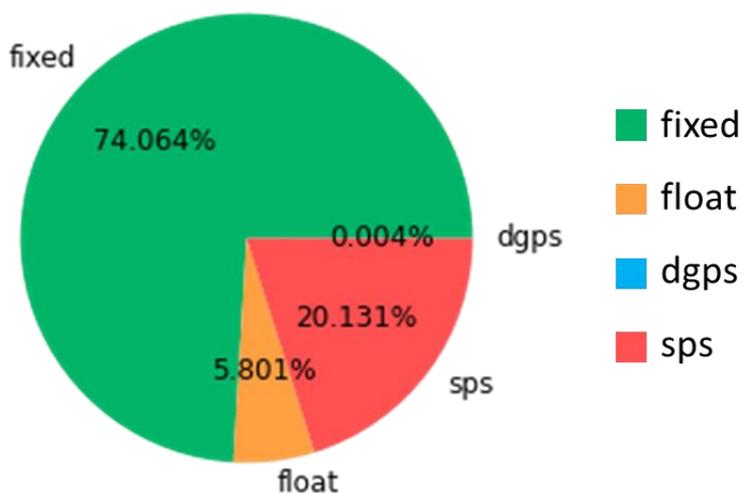


圖2-15 GNSS 設備測試期間穩定度統計結果(2022.05.17 至 2022.06.05)

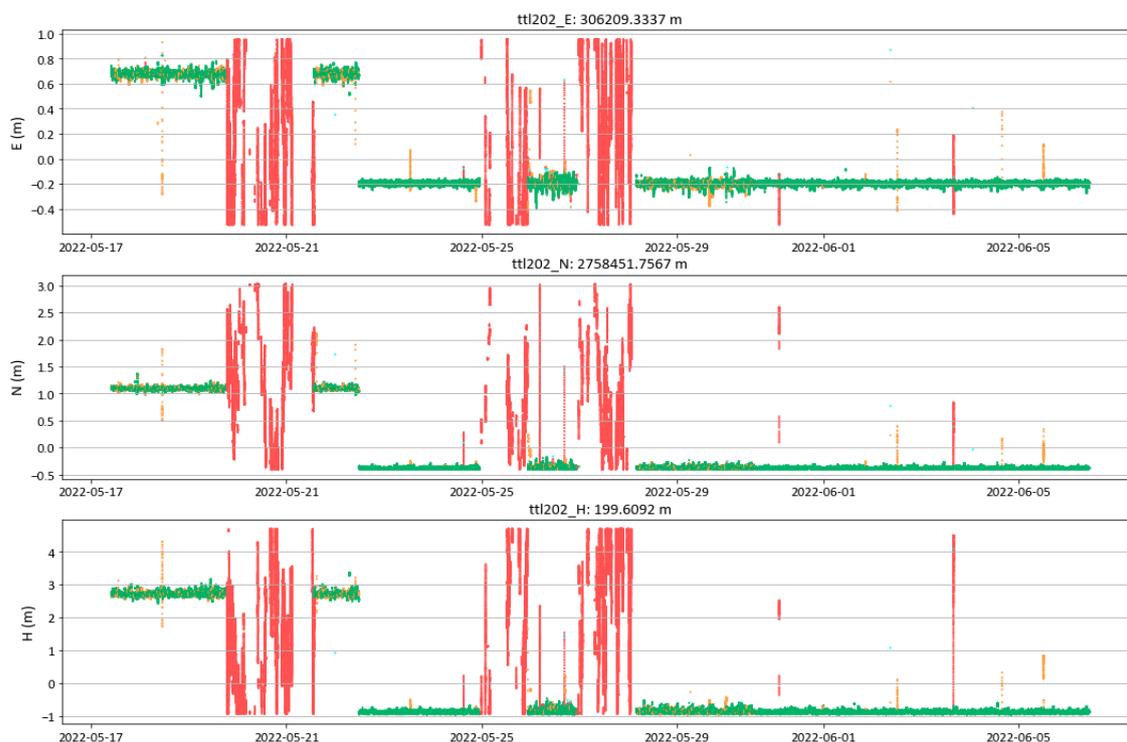


圖2-16 GNSS 設備測試期間穩定度時序分析結果(2022.05.17 至 2022.06.05)

二、靜態時序分析

全球分布的 IGS (International GNSS Service) 跟蹤站積累了 20 多年的連續觀測數據，為高精度地球動力學研究提供準確且可靠的 GNSS 坐標，單日解序列是 GNSS 應用研究的前提及重要內容，而高精度的 GNSS 數據處理主要依賴於相應的高精度 GNSS 數據後處理軟體。現階段 BERNESSE、GAMIT-GLOBK、GIPSY-X 和 RTKLIB 等是國際上通用的高精度 GNSS 數據後處理軟體，廣泛應用於大地測量領域。然而 GNSS 數據處理較複雜繁瑣，不同的軟體及解算策略對時間序列存在不同影響，如何獲得準確、可靠的單日解序列，並提高數據處理的效率，是大地測量研究工作者需要解決的問題。完成 6 個月的資料累積，本團隊選擇使用 RTKLIB，搭配 IGS(<https://igs.org/products/>)後處理完畢的精密星曆(precise ephemeris)資料進行時間序列解算，並做為靜態與動態解算比對之依據。

三、現地資料驗證

除了上述資料分析與其他觀測數據的比對外，本團隊也透過人工現地測量的方式，驗證 GNSS 設備資料品質之精度與正確性。透過實驗的設計量測目標物件四個邊角的經緯度坐標，如圖 2-17 所示，使用一台可任意移動的 GNSS 固定站(TTL204)，與社區內既有的 GNSS 基站(TTL201)進行 RTK 定位，並且在預設的目標物件邊角(固定點)進行至少 15 分鐘的連續觀測，並將其坐標動態解算結果換算為距離，再以皮尺量測進行驗證後，而後計算其平均誤差來獲得驗證結果。

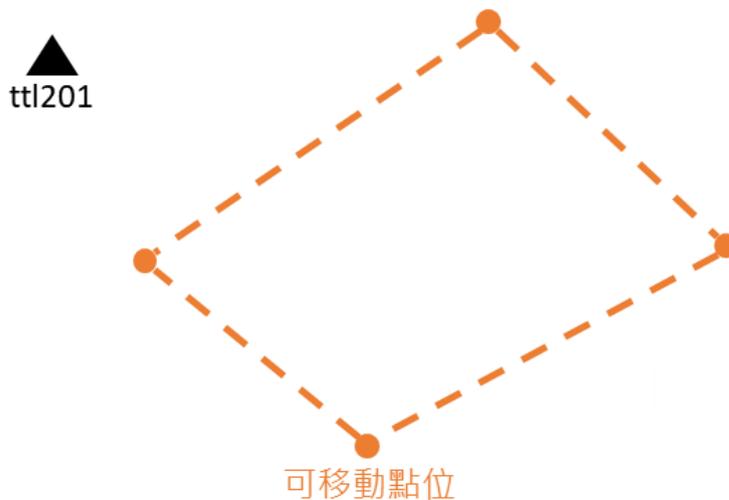


圖2-17 網形測量示意圖

肆、即時運算服務系統之建置

為了實現以坡地社區為主體的自動化 GNSS 即時監測服務，本計畫透過 4G 網路串接現地 GNSS 設備的監測資料，進行空間坐標之位移解算，並搭配應用程式介面(Application Programming Interface, API)，在 Web 網頁中視覺化即時呈現結果，包含時序的解算結果與長時間尺度的位移監測指標統計。同時也配合建研所的「建研所人工邊坡智慧監控系統」相關研究成果，初擬異常行動管理門檻值，達成早期警戒之目的。而本計畫資料也會與建研所既有的山坡地建築管理履歷資料庫平台進行整合，打造一智慧防災系統，將資料轉換成更具有意義性的防災訊息。相關成果亦可藉由此系統為山坡地集合住宅推廣活動達成創意加值回饋之目的。其系統各元件說明如下：

一、即時資訊掌握

前端系統採用資料庫動態互動檢索、Web-GIS 地理圖台與資料視覺化關鍵技術，以滿足本平台使用者各種需求應用。系統進入後之畫面如圖 2-18 所示，可一目瞭然所有監測項目的即時監測值以及狀態，以便掌握社區人工邊坡的安全狀況；左下角條列鄰近場域的雨量站資訊，透過檢視與量表則可大致上瞭解本場域近 24 小時的降雨狀況；右下角為地圖資訊，標示出人工邊坡的位置以及名稱，同時再透過點及點位則可進一步查看屬於該點位的進階資訊。透過資訊簡潔地整合與視覺化設計，即可讓使用者迅速瞭解本系統的應用目的。

二、監測示警功能

視覺化呈現人工邊坡即時監測數據，讓社區民眾能直觀地掌握邊坡監測狀況。資料視覺呈現方法為「時序列折線圖」(圖 2-19)，圖中表為單一 GNSS 各方向近 5 分鐘的監測狀況，使用者即可從折線的走向判斷其趨勢。

三、Web-GIS 地圖

於地圖中可標示此社區畫裝設設備的位置(圖 2-20)，此外透過互動式地圖檢視，方便社區居民瞭解這些位置位於村里範圍中的哪個地理區位上。此外透過點擊地圖點位，則可再進階查看該處的裝設狀況，瞭解本計畫如何在邊坡佈設這些感測儀器，另也可輸入查詢時間以動態查詢歷史監測值的狀況，而呈現上以同步檢視方法，以探討各監測值的相關性。

四、即時防災看板

介接中央氣象局天氣小幫手資料，提供每日生活氣象與防災氣象訊息

(圖 2-21)，如提醒今日下雨機率、衣物穿著與傘具攜帶等。



圖2-18 防災監測平台顯示畫面示意

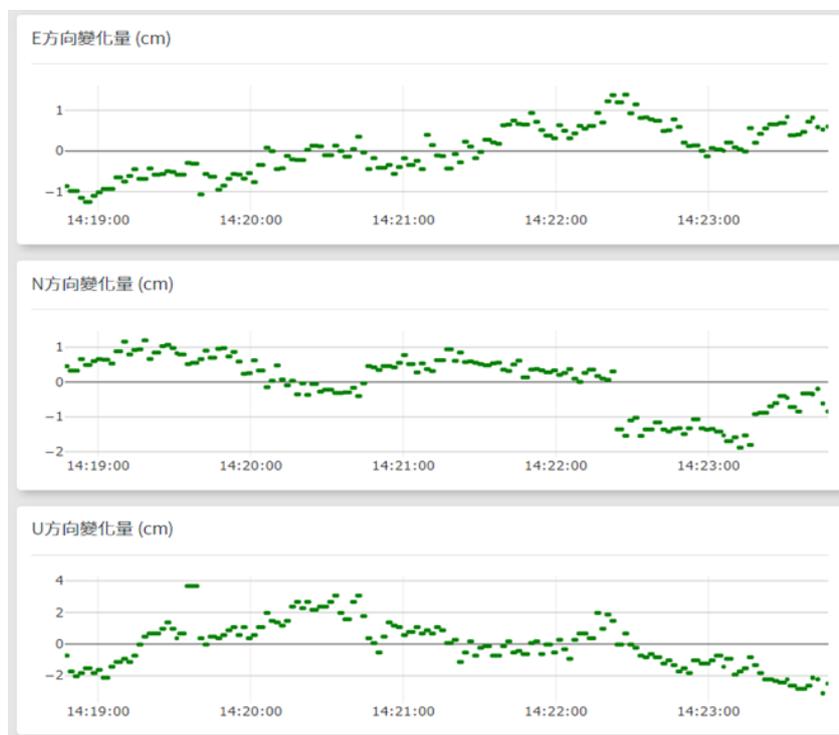


圖2-19 GNSS 設備各方向即時監測資料



圖2-20 各監測設備安裝位置圖

即時防災訊息

☀天氣訊息(2021-12-23T07:08)

(1)雲量偏多有局部短暫雨，早晚稍有寒意，出門請攜帶雨具，早晚並注意多添衣物

(2)昨天(22日)仍受南方雲系影響，整體降雨情形減緩，不過各區仍有短暫雨；氣溫方面，臺北站低溫17.1度，白天高溫18.5度。

(3)今天(23日)水氣偏多影響，雲量偏多有局部短暫雨，氣溫略回升，但早晚仍稍有寒意；預測平地氣溫約18-22度，出門請攜帶雨具，早晚並注意多添衣物。

(4)臺南以北、東部、東南部(含蘭嶼、綠島)、恆春半島沿海空曠地區及澎湖、金門、馬祖有較強陣風，請注意。

⚠公開示警訊息(2021-12-23, 16:54)

(1)現在沒有示警。

圖2-21 即時防災訊息

第三章 工作成果說明

本章茲就 GNSS 定位解算技術研析、示範場域介紹、監測數據分析與系統建置等成果內容逐項進行說明。

第一節 GNSS 定位解算技術研析

壹、定位解算技術發展

全球導航衛星系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)其前身為美國於 1978 年發射的全球定位系統(Global Positioning System, GPS)，最一開始是做為軍事用途，在 1983 年時開放民間使用，於 1993 年佈建完成，是一個全時全域全天候工作的定位系統，後來除了美國的 GPS 外，各國也相繼發展各自的定位系統，如歐盟的伽利略、俄羅斯的 GLONASS、中國的北斗等，且接收器也不再僅限於接收單一系統的衛星，故合稱為 GNSS。

GNSS 的基本定位原理是由訊號接收器接收來自至少 3 顆衛星的電碼，藉由電碼傳遞時間計算出接收器與衛星間的距離，進而解算出用戶的三維位置，但透過電碼所測量的距離，只要有微小的時間誤差，便會導致公尺等級的距離誤差，為了改善此問題，後來發展出載波測量，透過解算載波的整波個數，進一步計算出距離，由於載波的波長較小(約 20 公分)，故此方法測量出的距離誤差也較小(公分等級)。

然而即使是載波測量，仍無法避免在測量時出現的誤差，如衛星與接收器鐘差、軌道誤差、大氣延遲誤差與多路徑效應等(如圖 3-1)，為了減少這些誤差，發展出了差分技術，透過多台接收器同時觀測共同衛星，降低衛星鐘差、接收器鐘差與大部分大氣延遲誤差，提升測量精度，而差分技術再演化，便是靜態衛星測量與即時動態測量。

隨著定位技術的進步，GNSS 能得到更廣的應用，如都市管理上可做到地籍測量與國有財產管理、數位城市建構與都市規劃、災害監測(邊坡、重要公共設施)與災害搶救等，例如中央氣象局建立了全台 GNSS 觀測網，調查長期地形變化、道路坡面滑動監測與重要公共設施安全。而 GNSS 監測資料也能自動化回傳解算後匯入資料庫，透過多種資料視覺化展示方式(包含資料列表、折線圖與衛星影像套疊圖等)呈現，達到即時預警之功能，恰如本計畫之研究目的。

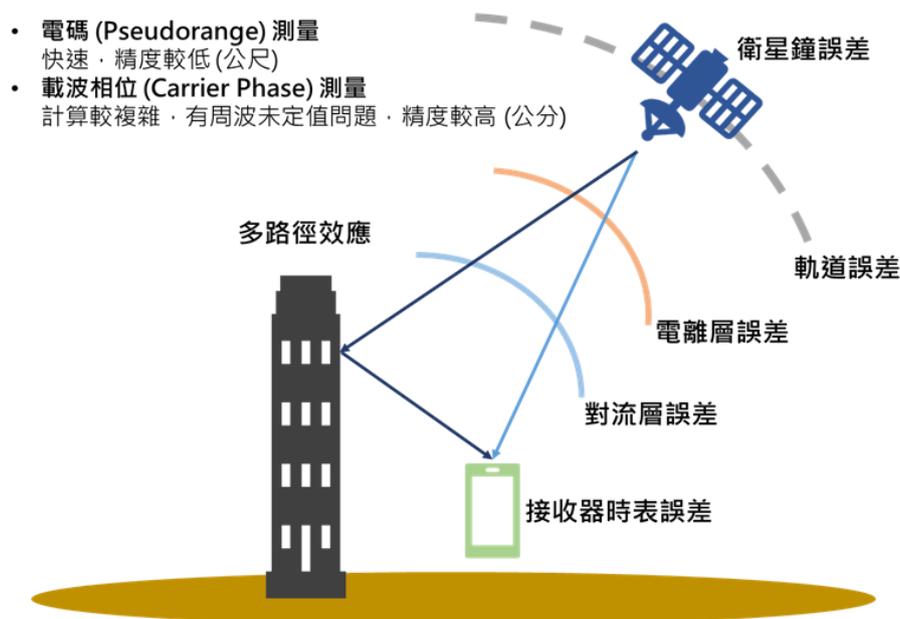


圖3-1 GNSS 常見誤差

貳、低成本監測設備發展

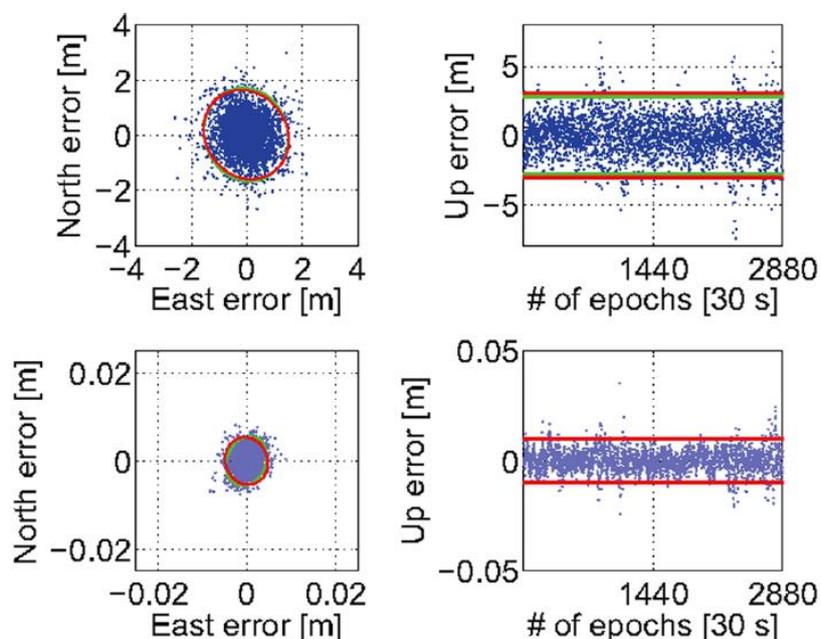
為達上述之目的，本計畫以即時動態定位(RTK)方法進行長時間地表位移監測。實際上 GNSS/GPS 的定位技術應用，最早源自於 1958 年的美國海軍研究實驗室(NRL, United States Naval Research Laboratory)，是一個為當時美國海陸空三軍所發展的衛星導航系統，由於其軍事國防需求，相關技術產業連帶發展受限，致使定位韌體晶片與訊號接收設備價格高昂，動輒數十萬元台幣的進口儀器，也間接影響國內定位技術之應用。

然而，隨著軍事議題逐漸淡化，許多國家也開始有能力發展定位技術，同時消費型電子產品成為引領全球的主流，便迫使消費級 GNSS 晶片快速演進，以瑞士 GNSS 晶片製造商 u-blox 為例，近幾年雙頻晶片 F9P 的售價已不到萬元，國內聯發科 MT33 系列的 GNSS 晶片量產價格更是僅僅只要千元。設備籌組後的價格也從數十萬元台幣下滑不到過去的十分之一。

除此之外，定位技術也從原有的單頻演進到雙頻，甚至可以達到三頻，使訊號接收儀擁有更多的衛星訊號來強化定位精度，公分級的定位將也不再是昂貴設備才能達成的，透過觀測誤差修正消費級晶片也能實現相似的定位精度(圖 3-2)。因此，本計畫運用消費級 GNSS 晶片(u-blox ZED-F9P)籌組低成本衛星定位設備，並於示範區域內進行長達 6 個月(2022/06/01-2022/11/30)的固定站觀測。

另外，有關耐後候性評估，在 GNSS 設備觀測期間找尋最鄰近的氣象觀測站(屈尺 C0AI10)進行環境分析，如圖 3-3 所示，可見六個月中最高溫與最低溫分別

為 39.7 度(2022/07/24)和 17.7 度(2022/10/11)，最大降雨出現在 2022/10/16 高達 254.5mm，對比觀測數據高達 90%的資料穩定性(圖 3-4)可見 GNSS 設備在社區環境足以安全運作，具備長時間觀測之能力。



圖片摘自(R. Odolinski1 and P. J. G. Teunissen, 2017)

圖3-2 F9P 晶片的 RTK 誤差結果(上為校正前，下為校正後)

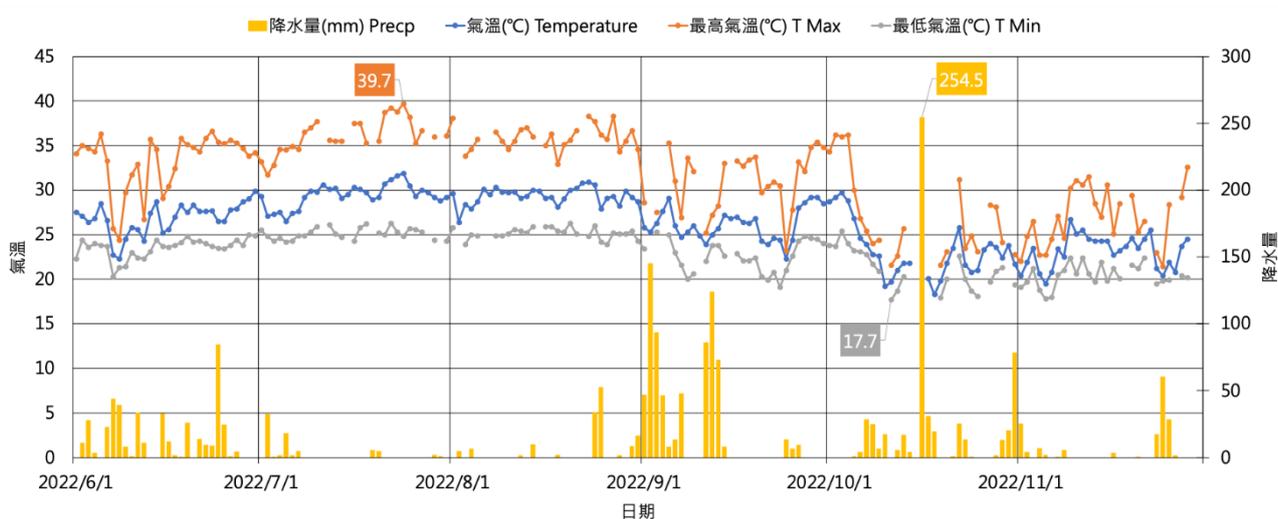


圖3-3 屈尺(C0AI10)氣象觀測站溫度與雨量時間序列變化

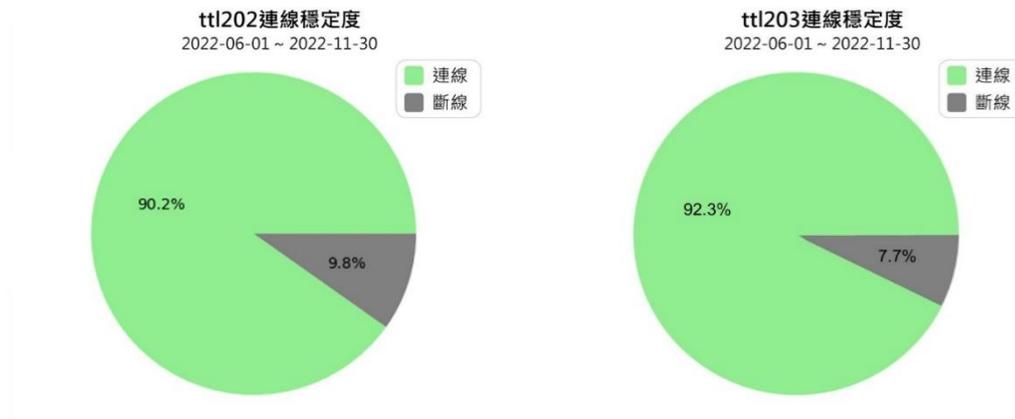


圖3-4 GNSS 設備穩定性分析圓餅圖

參、解算定位誤差分析

隨著定位導航技術的發展，現代的即時動態定位已逐漸擁有公分級的觀測精度，定位品質也逐漸能與靜態基線解算相匹配。為了驗證本計畫採用之 GNSS 設備同樣具備公分級的即時動態定位能力，本節擷取相同的觀測時間段，分別比較靜態解算與動態解算之 GNSS 固定站定位結果，如表 3-1 所示，由於靜態解算修正項目較動態解算來得多，一般包含地球潮汐修正、電離層修正、對流層修正、軌道修正與時錶修正，因此單一固定點的觀測差距大概在 2 公尺左右。然而若進一步計算 TTL202 與 TTL203 的基線長(TTL202-203)，則可發現水平方向的距離誤差僅僅只有三公分，而鉛直方向的距離誤差大約為八公分左右。

除此之外，靜態解算與動態解算最大的差異主要來自星曆的使用，如表 3-2 所示，GNSS 設備係透過持續性的接受衛星訊號來計算距離，並解出地表坐標，而星曆扮演的則是衛星軌道資訊。一般而言，動態解算採用的是推估的衛星軌道資訊(Broadcast)，軌道推估必然只是推測，這也間接影響 GNSS 設備的定位能力 (~100cm)；相較之下靜態解算使用的精密星曆(Final)，紀錄的是真實的衛星軌道資訊，雖然要等衛星通過後的兩到三週才能取得，但能大幅提升定位能力 (~2.5cm)。也因此，才需要在特定距離內(小於 10 公里範圍)透過差分方式來扣除系統性誤差，提升定位準確度。

表3-1 GNSS 動態解算與靜態解算定位誤差分析

站碼		E(公尺)	N(公尺)	U(公尺)
TTL202	動態	306206.390	2758451.264	198.195
	靜態	306208.478	2758453.071	199.938
動態 - 靜態		-2.087	-1.808	-1.743
TTL203	動態	306152.305	2758531.857	168.283
	靜態	306154.411	2758533.693	170.103
動態 - 靜態		-2.106	-1.836	-1.820
TTL 202-203	動態	54.085	-80.593	29.913
	靜態	54.067	-80.621	29.836
動態 - 靜態		0.018	0.028	0.077

表3-2 GNSS 定位解算星曆規格

星曆產品		定位精度	資料長度	更新頻率	採樣間隔
GPS	Broadcast	~100 cm	real time	-	daily
	Ultra-Rapid (predicted half)	~5 cm	real time	at 03, 09, 15, 21 UTC	15 min
	Ultra-Rapid (observed half)	~3 cm	3 – 9 hours	at 03, 09, 15, 21 UTC	15 min
	Rapid	~2.5 cm	17 – 41 hours	at 17 UTC daily	15 min
	Final	~2.5 cm	12 – 18 days	every Thursday	15 min
GLONASS	Final	~3 cm	12 – 18 days	every Thursday	15 min

第二節 示範場域 GNSS 監測測試

在經過多次考察與當地居民協調溝通後，本計畫之示範場域如前章節所述，選定位於新店區一處山坡地住宅社區進行示範監測，為了之後能順利技術轉移與協助建研所社區推廣，本計畫建立了相關作業流程，包含環境調查圖資蒐集、現地地表變形調查、設備安裝量表評估、現地施工作業與設備安裝測試，其流程如下：

壹、環境調查圖資蒐集

為了確實掌握示範社區地表變形現況，本計畫擷取並整理 104 年山坡地社區災害風險管理委託專業服務案成果報告(新北市政府工務局，2014)之相關調查結果(圖 3-5)，透過歷史的環境調查與徵兆判斷記錄進行確認，並根據徵兆集中區域優先規劃評估設備建站，初步選擇示範社區東側的敏感區域為主要目標。表 3-3 與表 3-4 即為 TTL202 固定站與 TTL203 固定站之預定位置鄰近歷史調查徵兆紀錄，前者包含一處自然邊坡徵兆、一處人工邊坡徵兆與一處建築物及路面徵兆；後者則包含兩處人工邊坡徵兆。眾多徵兆顯示鄰近區域存在地表變形之風險，因此接續以實地走訪調查確認相關選址之工作。

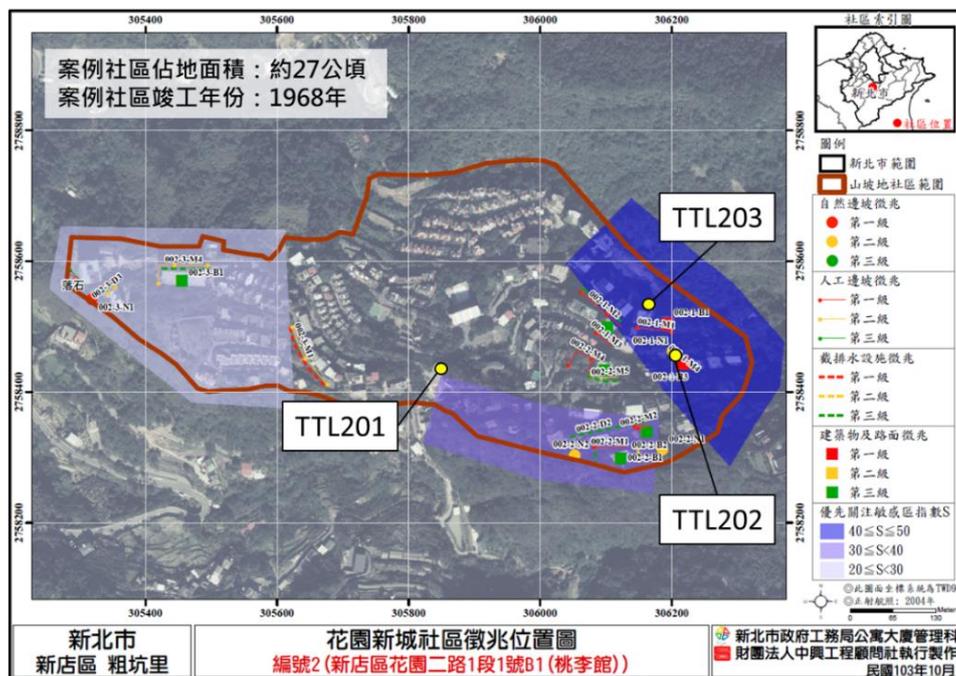


圖3-5 示範社區既有徵兆調查與 GNSS 監測站安裝位置圖

表3-3 TTL202 關聯徵兆調查記錄

編號	002-1-N1	002-1-M4	002-1-B3
坐標 定位	TWD97 306205, 2758487	TWD97 306207, 2758436	TWD97 306218, 2758444
徵兆 類別	自然邊坡徵兆	人工邊坡徵兆	建築物及路面徵兆
敏感區 類型	上邊坡	漿砌石擋土牆	RC 造建築(地上 4 樓) 瀝青路面
調查內容與不利條件分級	<ol style="list-style-type: none"> 1. 平均坡度大於 55%。(高) 2. 高程差 < 45 公尺。(低) 3. 未具截排水設施, 已見侵蝕溝, 或沖刷嚴重致使表土層裸露。(高) 4. 未發現現生災害。(低) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 外露高度 3~6 公尺。(中) 2. 上邊坡最大坡度 30~55%。(中) 3. 下邊坡 < 30%。(低) 4. 上邊坡結構物加載四層樓以上公寓或大樓。(高) 5. 擋土型人工邊坡。(低) 6. 牆(坡)頂無截排水設施, 亦無掏空陷落現象。(中) 7. 牆(坡)面無明顯變形或屬砌石牆、加勁擋土牆之自然變形。(低) 8. 一半以上洩水孔阻塞或洩出含泥砂水, 或外部為其他物品遮蔽, 以致無法目視判斷。(高) 9. 牆(坡)體基腳無掏空或人為開挖減載。(低) 10. 牆(坡)面裂縫寬度超過 5mm。(高) 11. 牆(坡)體未發現材料破損或外漏情形。(低) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 道路路面未有異常現象。(低) 2. 牆(壁)體磁磚、粉刷大量剝落, 或有明顯裂縫(寬度大於 5mm)。(高) 3. 門窗有輕微變形, 但仍可正常開關。(中) 4. 樑柱裂縫寬度超過 0.3mm, 以致鋼筋外露或歪斜。(高) 5. 明顯差異沉陷導致基礎外露、建物開裂或擠壓變形。(高)

徵兆分級	第二級	第一級	第一級
分級原則	1. 第一級 ：第 4 項為高者 2. 第二級 ：未歸屬於第一級及第二級者。 3. 第三級 ：第 4 項為低，且第 1 至第 3 項無高者。	1. 第一級 ：第 9 至第 11 項有一高者，或第 1 至第 8 項有四高。 2. 第二級 ：未歸屬於第一級及第三級者。 3. 第三級 ：第 9 至第 11 項皆為低，且第 1 至第 8 項無高者。	1. 第一級 ：第 4 或第 5 項有一高者，或第 1 至第 3 項有兩高。 2. 第二級 ：未歸屬於第一級及第三級者。 3. 第三級 ：第 4 及第 5 項皆為低，且第 1 至第 3 項無高者。

(資料摘自：新北市政府工務局，104年山坡地社區災害風險管理委託專業服務案成果報告)

表3-4 TTL203 關聯徵兆調查記錄

編號	002-1-M1	002-1-M2
坐標定位	TWD97 TM2 306175, 2758496	TWD97 TM2 306092, 2758527
徵兆類別	人工邊坡徵兆	人工邊坡徵兆
敏感區類型	漿砌石擋土牆	漿砌石擋土牆
調查內容與不利條件分級	1. 外露高度 3~6 公尺。(中) 2. 上邊坡最大坡度<30%。(低) 3. 下邊坡<30%。(低) 4. 上邊坡結構物加載四層樓以上公寓或大樓。(高) 5. 擋土型人工邊坡。(低) 6. 牆(坡)頂無截排水設施，亦無掏空陷落現象。(中) 7. 牆(坡)面無明顯變形或屬砌石牆、加勁擋土牆之自然變形。(低) 8. 一半以上洩水孔阻塞或洩出含泥砂水，或外部為其他物品遮蔽，以致無法目視判斷。(高) 9. 牆(坡)體基腳無掏空或人為開挖減載。(低) 10. 牆(坡)面裂縫寬度超過 5mm。(高)	1. 外露高度 3~6 公尺。(中) 2. 上邊坡最大坡度<30%。(低) 3. 下邊坡<30%。(低) 4. 上邊坡結構物加載四層樓以上公寓或大樓。(高) 5. 擋土型人工邊坡。(低) 6. 牆(坡)頂無截排水設施，亦無掏空陷落現象。(中) 7. 牆(坡)面明顯變形，且已有斷裂痕跡出現。(高) 8. 一半以上洩水孔阻塞或洩出含泥砂水，或外部為其他物品遮蔽，以致無法目視判斷。(高) 9. 牆(坡)體基腳無掏空或人為開挖減載。(低) 10. 牆(坡)面裂縫寬度超過 5mm。(高)

	11. 牆(坡)體未發現材料破損或外漏情形。(低)	11. 牆(坡)體未發現材料破損或外漏情形。(低)
徵兆分級	第一級	第一級
分級原則	<ol style="list-style-type: none"> 第一級：第 9 至第 11 項有一高者，或第 1 至第 8 項有四高。 第二級：未歸屬於第一級及第三級者。 第三級：第 9 至第 11 項皆為低，且第 1 至第 8 項無高者。 	<ol style="list-style-type: none"> 第一級：第 9 至第 11 項有一高者，或第 1 至第 8 項有四高。 第二級：未歸屬於第一級及第三級者。 第三級：第 9 至第 11 項皆為低，且第 1 至第 8 項無高者。

(資料摘自：新北市政府工務局，104年山坡地社區災害風險管理委託專業服務案成果報告)

貳、現地地表變形調查

依循既有的環境調查圖資，需搭配現地的地表變形調查工作，以實際了解場域環境特性與潛在位移之現況。因此，在社區管委會的協助下，優先鎖定兩處調查地點，六路三段2號，是為TTL202的預定地(圖3-6)，可以發現鄰近公寓有多處裂縫，且相較104年的調查照片又更加明顯，顯示地表變形實際影響著公寓結構之安全；另一處十路二段4號，是為TTL203的預定地(圖3-7)，公寓庭院地板發現多處裂縫，有些裂縫的發展時間較長，甚至可發現有雜草沿著裂縫生長的情況。

除了地表變形徵兆的觀察與發現，更需要進一步了解GNSS監測站的設置環境是否符合要求，通訊、電力確認無虞的情況下，更需要以透空照片(圖3-8)加以評估衛星訊號接收是否足夠，因此除了基站預計設置於管委會頂樓透空良好(100%~85%)之外，TTL202固定站的預定地透空情況尚可(85%~70%)，而TTL203固定站的預定地則較靠近建築透空度普通(70%~50%)，此設備透空分析級可作為後續資料可靠度之重要依據，更是新建設備環境評估不可或缺之關鍵。



圖3-6 TTL202 固定站周遭場域調查結果

TTL203 調查結果



圖3-7 TTL203 固定站周遭場域調查結果



30度仰角 透空狀態	良好	尚可	普通	偏差	極差
簡易目視 透空比例	100~85%	85~70%	70~50%	50~30%	30~0%

- 透空**良好**，訊號良好，資料**可靠度高**。
- 透空**極差**，訊號不穩，資料**可靠度低**。

圖3-8 各安裝點位設備透空度調查結果

參、設備安裝量表評估

本計畫依據前述的設備安裝評估量表，評估示範社區之設備安裝可行性，經過現地調查與實地訪談，確認地表位移徵兆、顯著影響的潛在戶數，以及管委會及住戶的安裝意願後，彙整於整體評估表中，如表 3-5 所示，同時亦詳細踏勘施工預定點位，確認是否滿足監測需求，通訊、電力與透空均需詳加記錄，完成站點安裝評估表(表 3-6)。

表3-5 GNSS 社區監測整體評估表

示範社區 整體評估				
評估問題	評估回覆			
潛在危險區影響戶數 (監測建議站數，不包含基站本身)	三戶以下(至少 2 站)		V	
	三至十戶(至少 5 站)			
	十戶以上(5 站以上)			
社區管委會安裝意願	有	V	無	
是否已存在既有監控	有		無	V

表3-6 GNSS 社區站點安裝評估表

站點_TTL202_安裝評估			站點_TTL203_安裝評估		
評估問題	評估回覆		評估問題	評估回覆	
	有	無		有	無
鄰近住戶安裝意願	V		鄰近住戶安裝意願	V	
有無合適基樁位置	V		有無合適基樁位置	V	
環境透空(50%以上)	V		環境透空(50%以上)	V	
電力有無	V		電力有無	V	
通訊有無	V		通訊有無	V	

肆、現地施工作業

確認監測場域後，為使 GNSS 設備能順利運作，除了在點位篩選上需參照建站評估表以外，也需同時確認是否滿足下列基本原則：

1. 對空通視良好(仰角 10 度以上無障礙物)，以利全天候提供服務。
2. 附近地形地物應長期保持現狀，不做其他用途。
3. 遠離廣播電台、雷達站、微波站及其他電磁波源，以避免訊號干擾。
4. 有完善電力及電信設備，以利資料接收及傳輸。
5. 站與站之間距離以均勻分佈為佳。

除了上述篩選原則外，最終也需與場域管理者進行最終確認，確保所挑選位置能夠進行安裝作業。本計畫於 2022/03/21 取得示範社區管委會的安裝同意，規劃的 GNSS 點位分佈如圖 2-20，包含一座基站與兩座固定站(TTL202、TTL203)。

選好安裝位置且確認通訊、電力等都沒有問題後，便能讓工班施工安裝。若是安裝在草地或泥地等較不穩固的地方，需要先進行灌漿的動作，製造出一穩固的基座後，方能將 GNSS 設備安置於基座上(如圖 3-9)。本計畫於現地安裝的 GNSS 設備，包含天線盤、防水收納箱(內置 GNSS 接收器)、1 公尺高的不銹鋼柱與連接線，其完工前、後差異照如圖 3-10 至圖 3-12 所示。



圖3-9 以灌漿方式製作穩固基座



圖3-10 GNSS 測站設備安裝前、後現場照片(TTL201 基站)



圖3-11 GNSS 測站設備安裝前、後現場照片(TTL202 固定站)



圖3-12 GNSS 測站設備安裝前、後現場照片(TTL203 固定站)

伍、設備安裝測試

建置好的 GNSS 測站，會主動透過網路將監測資料即時回傳至設定好的伺服器，並即時顯示於伺服器端的系統平台上，如圖 3-13 與圖 3-14 所示，顯示兩監測設備安裝完成後的即時資料接通畫面，同時資料亦可透過 API 的形式介接回傳，其規格說明如圖 3-15 所示，內容包含測站代碼、TWD97 坐標(E、N)、經緯度坐標(lati、longti)、時間(DateTime)等。除此之外，原始的衛星訊號紀錄則會以 RINEX 3 的格式紀錄於設備端，可定期透過檔案傳輸協定(FTP, File Transfer Protocol)取得。當資料傳輸趨於穩定，累計至少一個月的時間後，便能開始對資料進行數據分析與精度測試，包含資料本身的穩定性、誤差分析、數據測量趨勢等。

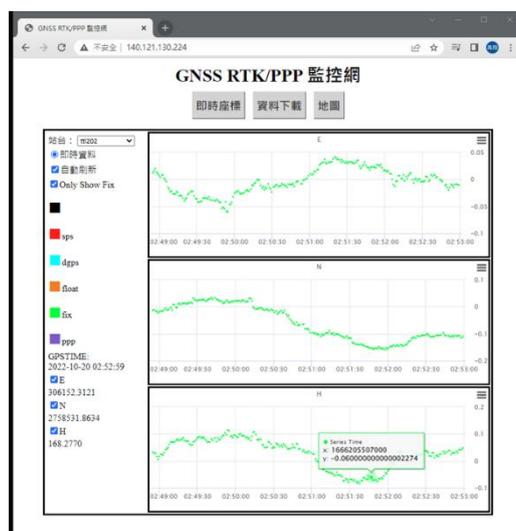


圖3-13 TTL202 測站即時串接成功之畫面

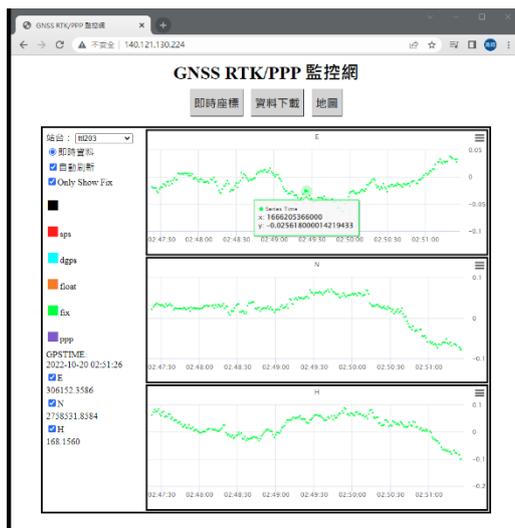


圖3-14 TTL203 測站即時串接成功之畫面

API格式：

```

"SiteName": string
"SiteUrl": string
"SiteDesc": string
"SiteAbridge": string
"E": float(TWD97TM2)
"N": float(TWD97TM2)
"lati": float(WGS84_degree)
"longti": float(WGS84_degree)
"DataTime": yyyy/mm/dd hh:mm:ss
"rms":
    
```

圖3-15 即時資料串接 API 規格

第三節 時序監測數據分析與驗證

壹、時間序列分析

本節針對 TTL202 與 TTL203 兩處固定站，分析自設備安裝完工以來長達六個月相對於 TTL201 基站之時間序列分析，並分別比較動態解算與靜態解算之差異。圖 3-16 與圖 3-17 為動態解算(即時動態定位)時間序列成果，係將每一秒的即時定位資訊平均計算成每一日的定位結果所繪製，而黃線則代表觀測期間兩起全台有感之強震(第 111086 號規模 6.4、第 111111 號規模 6.8)，其三分量之平均標準差均小於 1 公分，顯示長時間位移變化資料具備良好的穩定性。同樣的時間段區間，圖 3-18 與圖 3-19 為靜態解算(靜態基線)時間序列成果，係使用 RTKLIB 軟體將每一秒的衛星資訊平均計算成每一日的定位結果所繪製，其三分量之平均誤差亦小於 1 公分，部分分量更只有動態解算一半，顯示靜態解算穩定性確實更高於動態解算。同時亦可發現，不論靜態解算或動態解算水平方向(E、N)表現均優於鉛直方向(U)，真實反映出 GNSS 定位誤差之特性。

除此之外，更進一步分析六個月以來的位移變化趨勢。如表 3-7 所示，將半年的序列變化以年變化為單位計算，這段期間位移變化其實並不顯著，甚至比標準差計算結果來得更小，說明長達半年的觀測暫且無顯著位移，但亦由於地表確實存在許多破裂徵兆，仍建議示範社區持續監控。

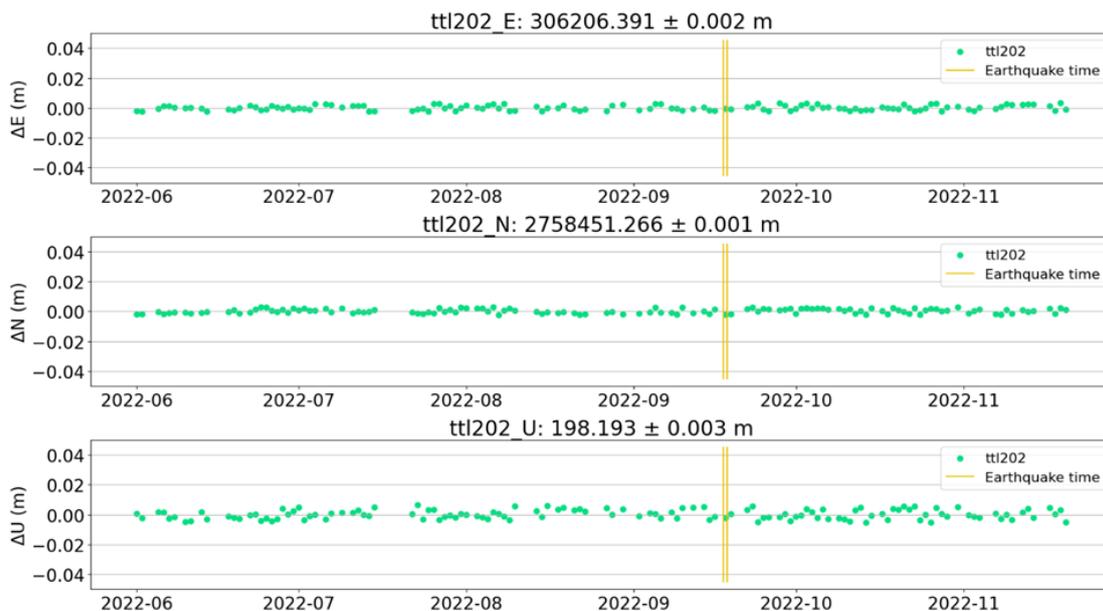


圖3-16 TTL202 固定站累計六個月位移時序分析結果(每日解)

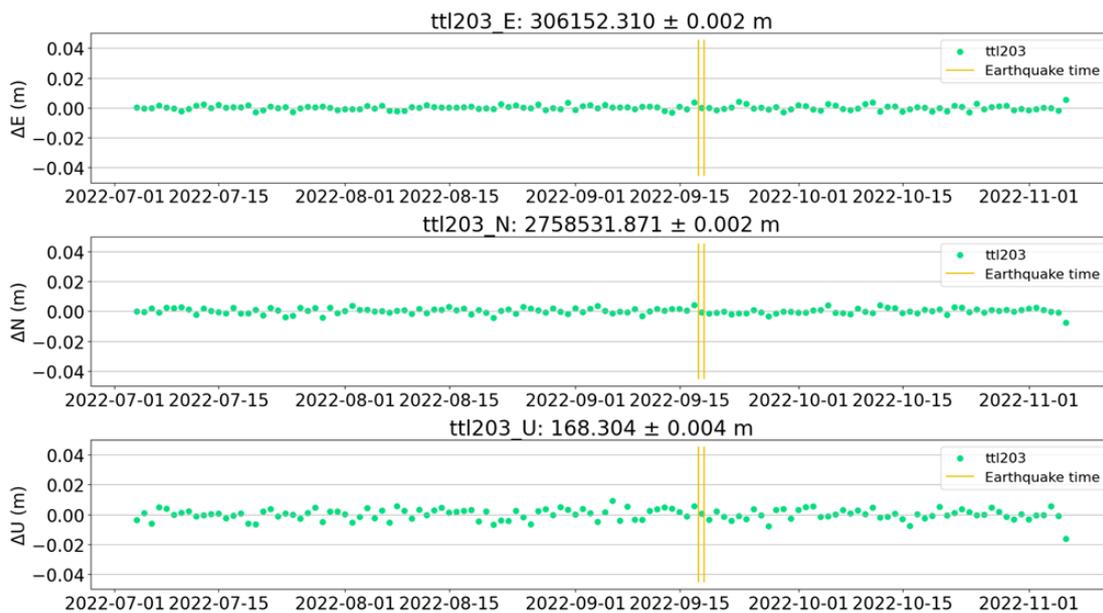


圖3-17 TTL203 固定站累計六個月位移時序分析結果(每日解)

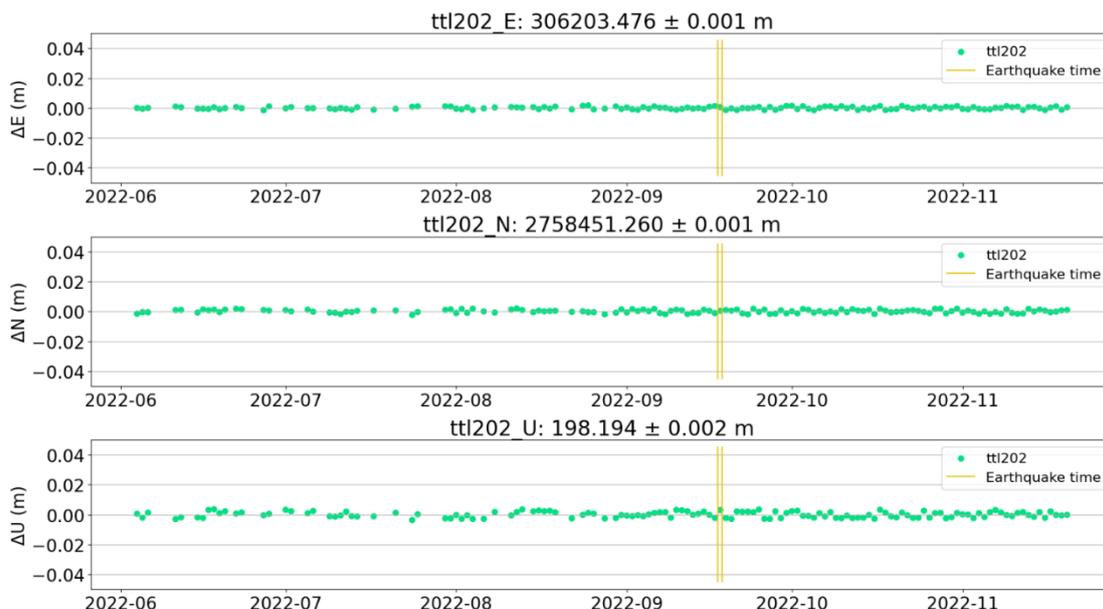


圖3-18 TTL202 測站累計六個月靜態解算位移時序分析結果(每日解)

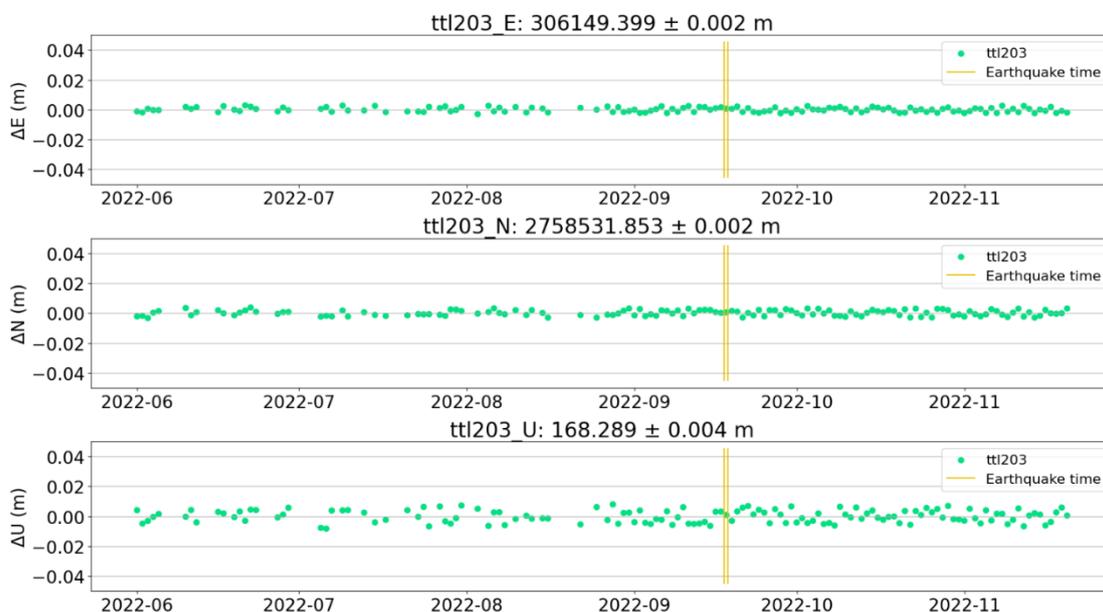


圖3-19 TTL203 測站累計六個月靜態解算位移時序分析結果(每日解)

表3-7 動態解與靜態解之差距

測站編碼	方向	動態解 (m)	動態速度場 (m/year)	靜態解 (m)	靜態速度場 (m/year)
TTL202	E	306206.391	0.002	306203.476	0.000
	N	2758451.264	0.003	2758451.259	-0.001
	U	198.192	-0.001	198.195	-0.001
TTL203	E	306152.306	0.000	306149.400	-0.001
	N	2758531.859	-0.001	2758531.853	0.001
	U	168.285	-0.001	168.290	0.000

貳、現地資料驗證

除了上述測站資料時序分析外，本團隊也規劃透過現地人工測量距離方式，來驗證 GNSS 設備資料品質之精度與正確性，其方法為藉由 GNSS 測量點位後，利用捲尺量測點位間之距離，比較捲尺測得距離與點位計算所得距離之差，若誤差小於 1 公分，則視為 GNSS 的測量精度為可信的。

本團隊規劃之定位點如圖 3-20 所示，p1 到 p4 分別為木桌上 4 個點，使用 GNSS 分別量測 p1 到 p4 的位置結果如圖 3-21，其各定位點觀測期間的資料散佈如圖 3-22 所示；另一方面，捲尺量測方法如圖 3-23，分別於兩端點各量測一次從底座邊緣開始的邊長後扣除底座直徑並計算平均值，即可得到 GNSS 中心點之間的距離，點位計算距離與捲尺量測距離整理於表 3-8，從表中的距離差可發現，GNSS 測量結果與捲尺測量結果差距不到 1 公分，足見 GNSS 的精度為具備參考依據。

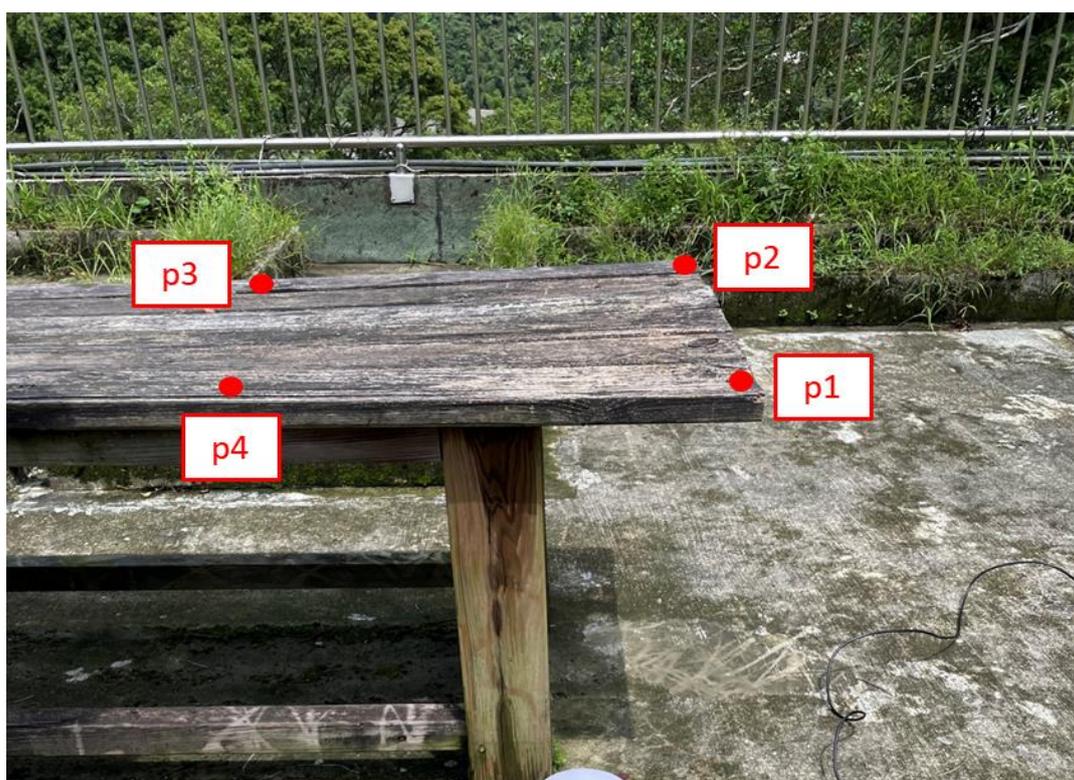


圖3-20 GNSS 現地精度驗證點位空間配置

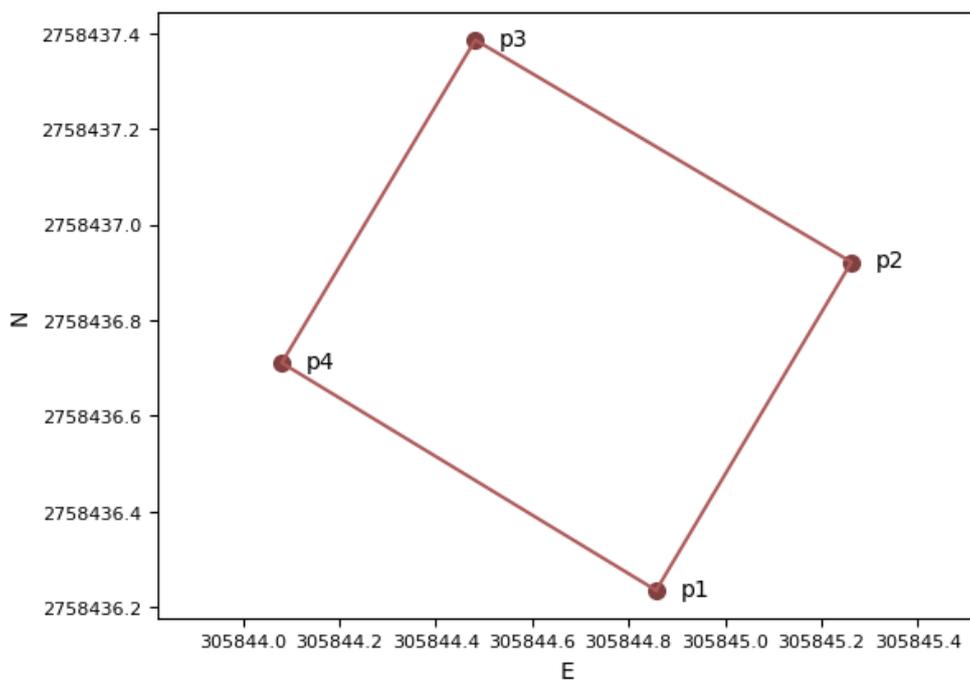


圖3-21 GNSS 精度測量點位空間分佈俯視圖

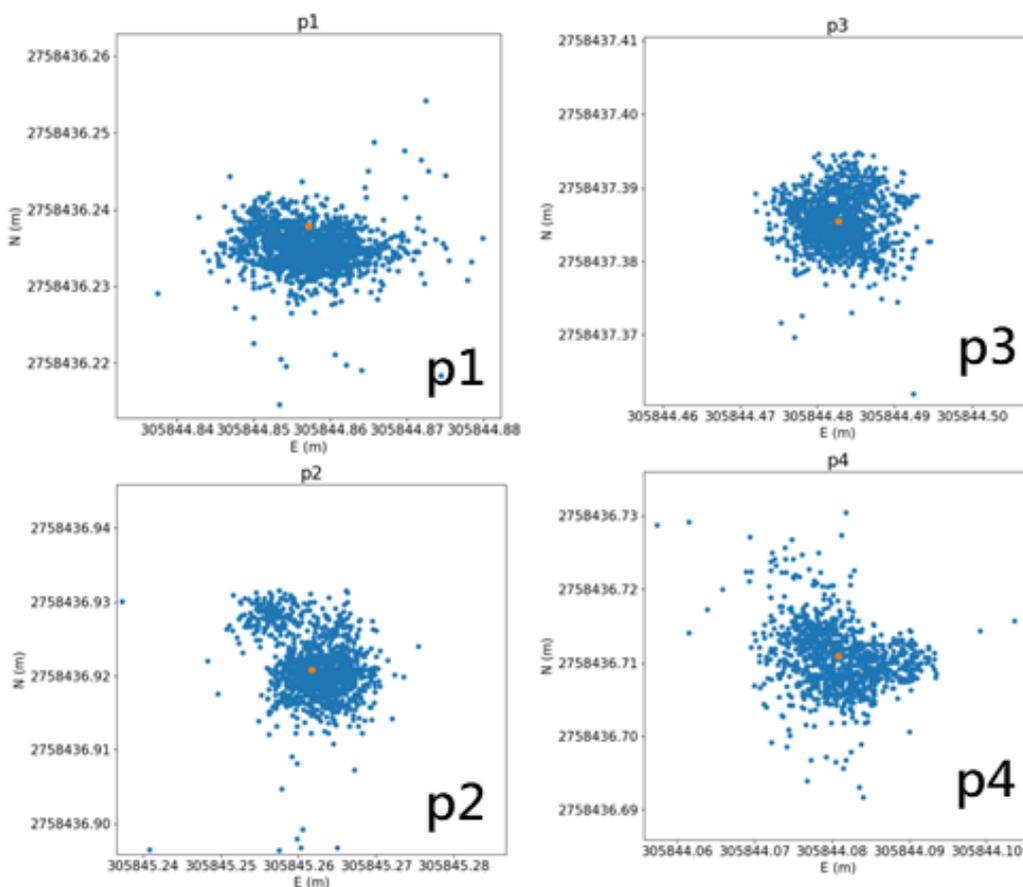


圖3-22 GNSS 現地精度驗證定位點資料分佈



圖3-23 捲尺實際量測方法示意圖

表3-8 點位計算距離與捲尺量測距離清單

線段	GNSS 計算距離	捲尺量測距離	距離差
p1-p2	0.797 m	0.795 m	0.002 m
p2-p3	0.908 m	0.915 m	0.007 m
p3-p4	0.785 m	0.790 m	0.005 m
p4-p1	0.910 m	0.912 m	0.002 m

參、地震事件分析

在驗證完 GNSS 資料其穩定度與精度後，本團隊亦透過近期地震事件分析，進一步測試 GNSS 之觀測敏感度。在今年九月中旬，臺灣發生了多起連續有感地震，其中最大規模的兩起地震分別發生於 9/17 與 9/18，地震規模為 6.4(第 111086 號，圖 3-24)及 6.8(第 111111 號，圖 3-25)，兩起地震皆在新店造成二級的最大震度紀錄。

實際觀察地震發生時間前後各 5 分鐘(每秒 1 筆，上圖)與前後各 1 小時(每分鐘平均為 1 筆，下圖)之 GNSS 資料監測情形如圖 3-26 至圖 3-29 所示，由於兩起地震震度在新店僅有二級，且測站距離震央甚遠，TTL203 測站的同震位移情況並不顯著，而 TTL202 測站則在第 111111 號地震發生後 15 秒左右的時間出現些許的地表瞬間變形，水平分量約 2 公分左右，鉛直分量約 5 公分左右，推測可能與地震有關。

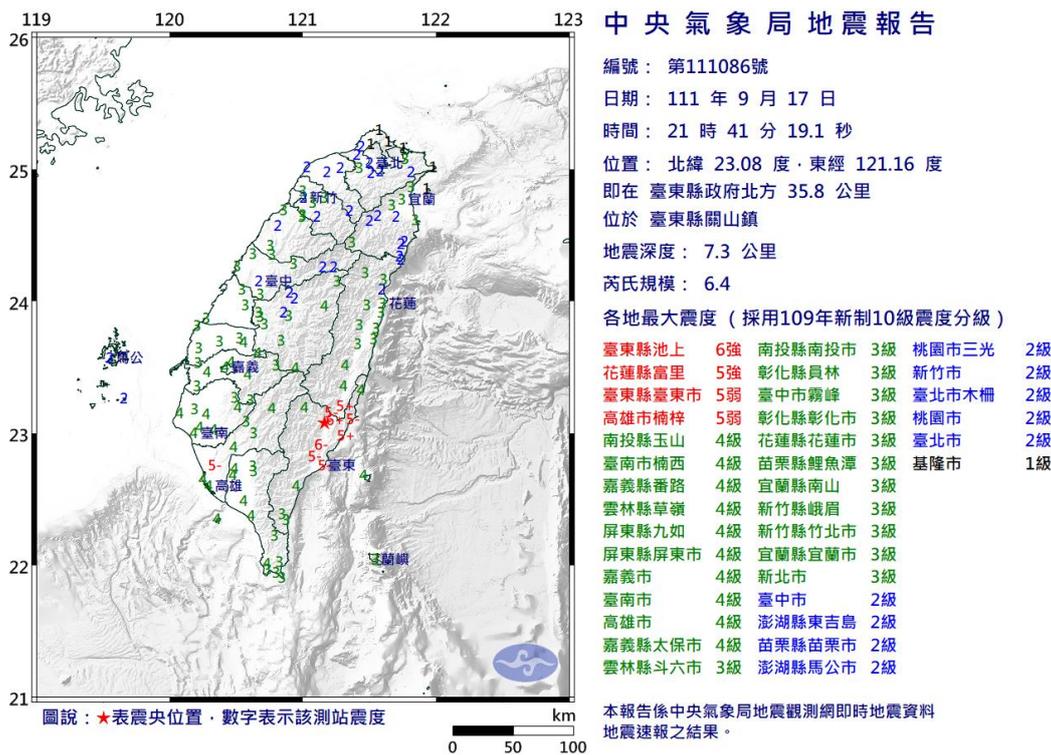


圖3-24 第111086號地震報告

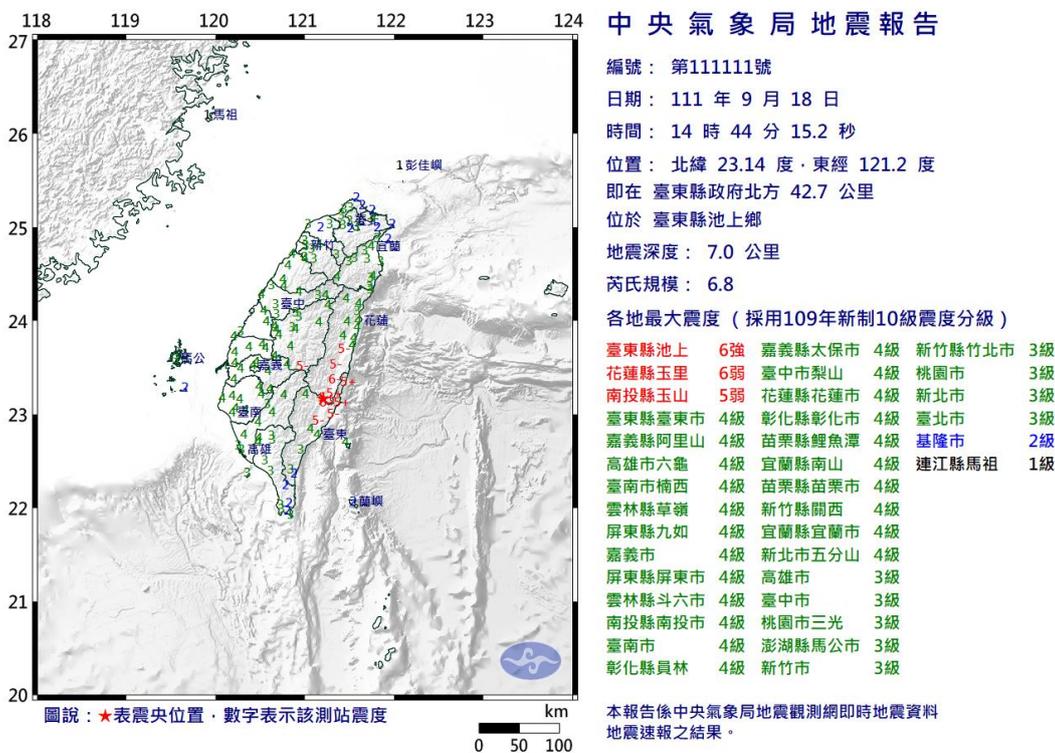
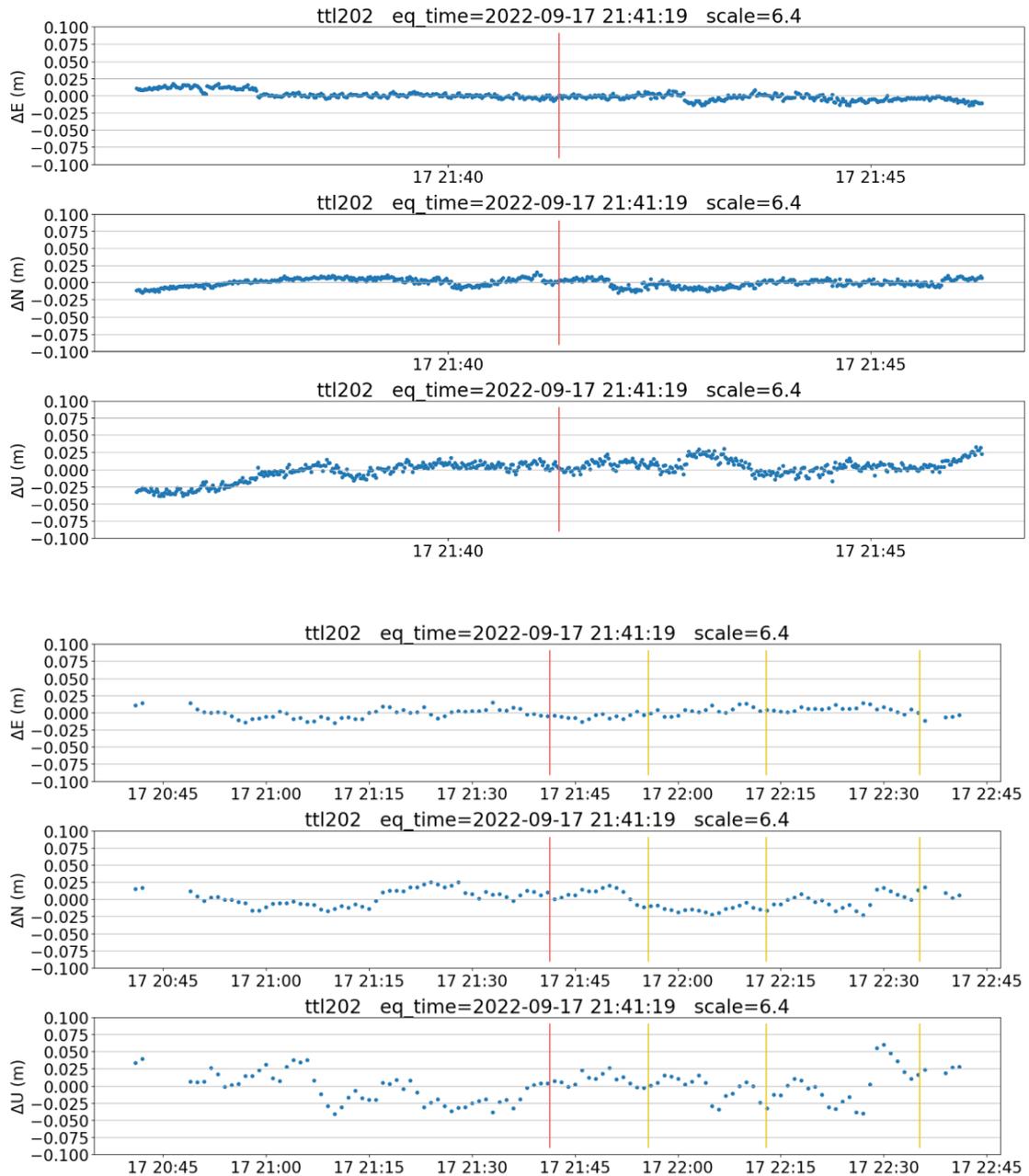
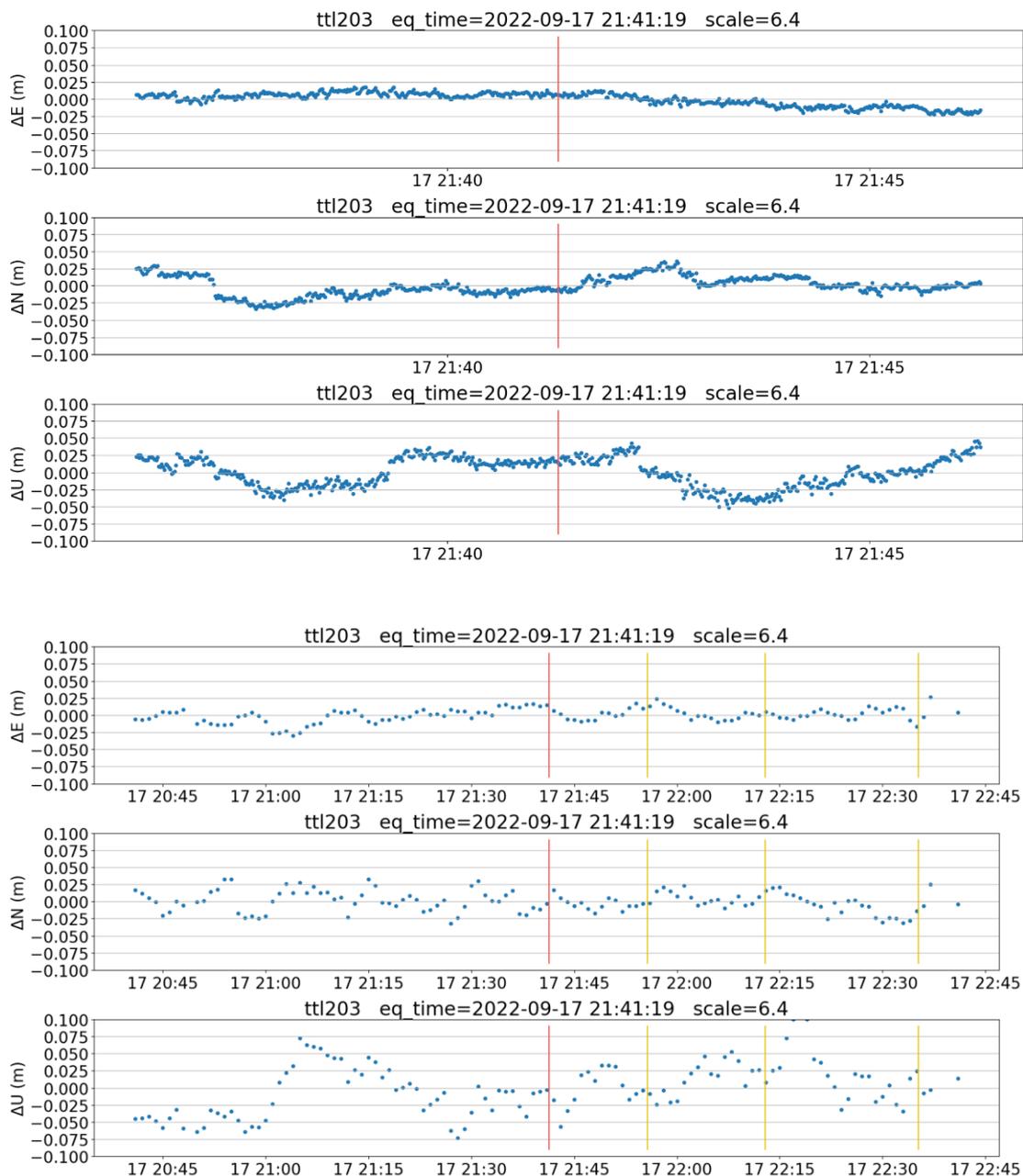


圖3-25 第111111號地震報告



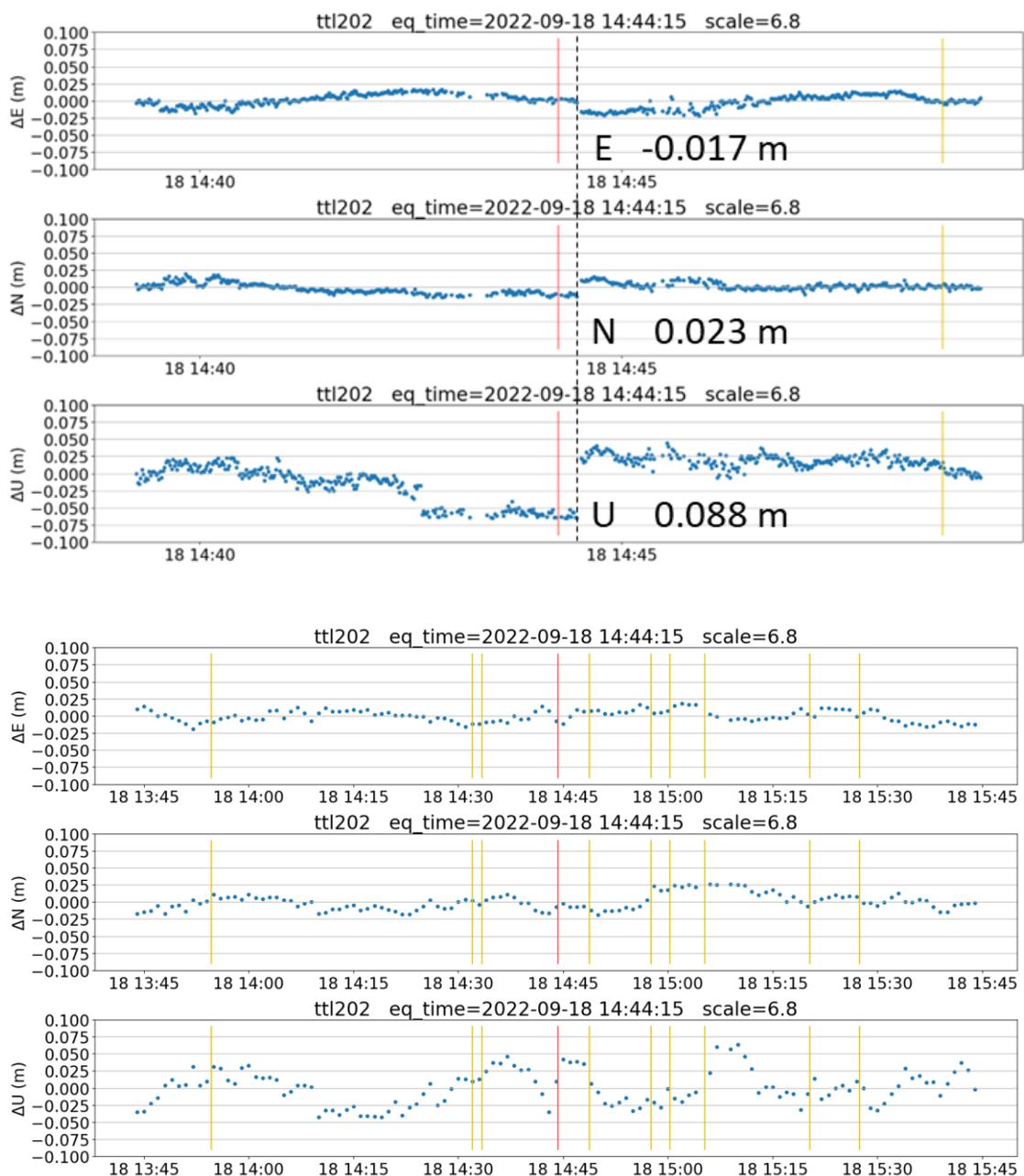
註：紅色垂直實線為主震(規模 6.4)發生時間點，黃色則為其他餘震(編號地震)紀錄

圖3-26 0917 第 111086 號地震事件分析結果(TTL202)。每秒解(上圖)、每分解(下圖)



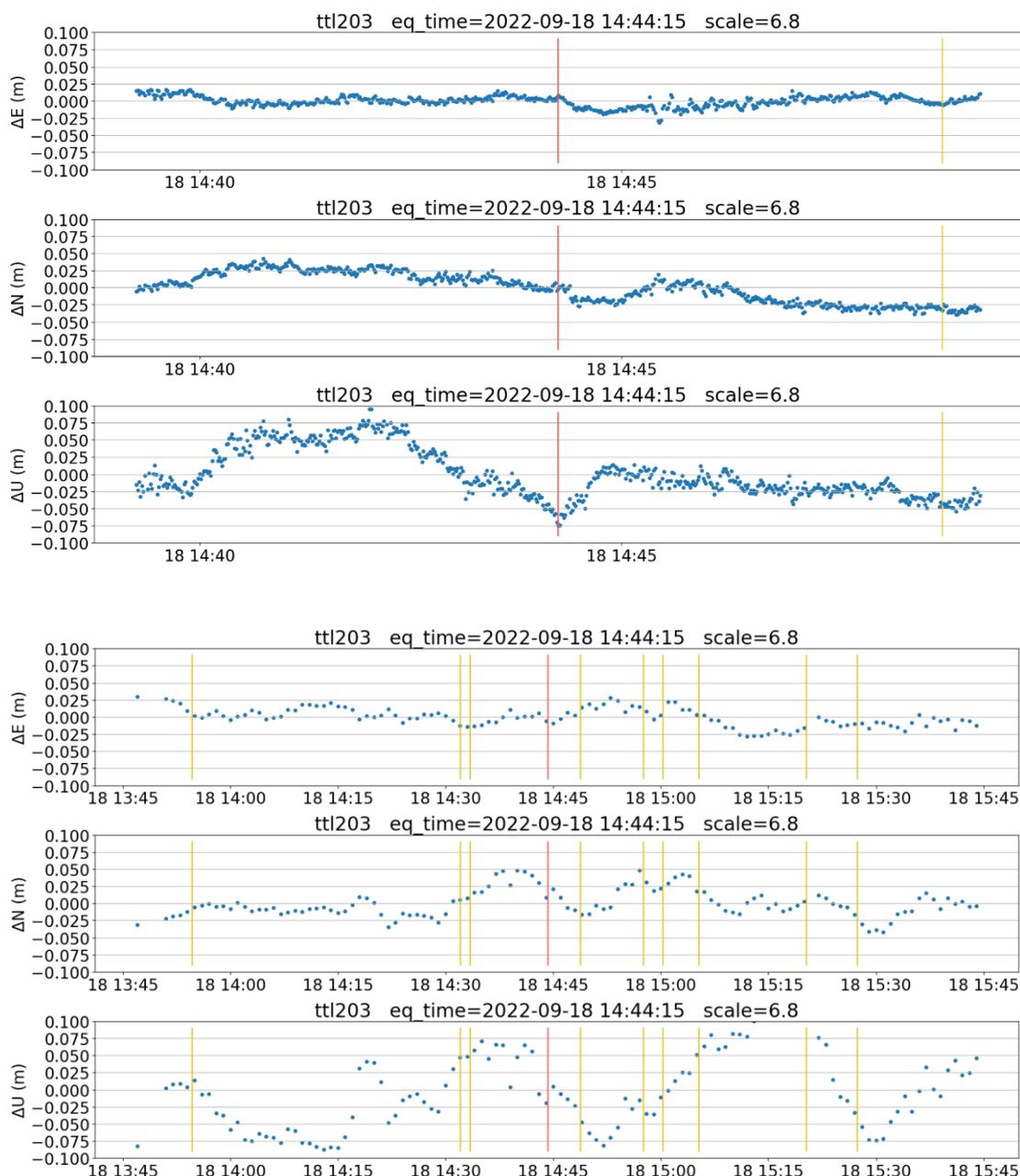
註：紅色垂直實線為主震(規模 6.4)發生時間點，黃色則為其他餘震(編號地震)紀錄

圖3-27 0917 第 111086 號地震事件分析結果(TTL203)。每秒解(上圖)、每分解(下圖)



註：紅色垂直實線為主震(規模 6.8)發生時間點，黃色則為其他餘震(編號地震)紀錄

圖3-28 0918 第 111111 號地震事件分析結果(TTL202)。每秒解(上圖)、每分解(下圖)



註：紅色垂直實線為主震(規模 6.8)發生時間點，黃色則為其他餘震(編號地震)紀錄

圖3-29 0918 第 111111 號地震事件分析結果(TTL203)。每秒解(上圖)、每分解(下圖)

第四節 即時運算服務系統之建置

如同研究方法之章節所提，GNSS 監測資料可透過 API 進行串接，本計畫已完成監測成果之串接，並整併至 貴所既有的人工邊坡智慧監控系統，除了展示即時監測資料外，也會展示相關分析成果。

有關完工後的系統畫面，如圖 3-30 所示，畫面一共分為四大區塊，頂端的即時跑馬燈主要來自國家災害防救科技中心的民生示警公開資料平台 API，顯示即時的示警情資；主頁面中分為三個次區塊，左上角代表過去 7 天資料品質圓餅圖，包含穩定、尚可與斷線等狀態；畫面右上角，顯示 GNSS 設備的所在位置以地圖呈現，畫面下方預設紀錄過去七日的小時資料時序變化，用以掌握短時間發生的地表位移事件，若發現時序位移超過一定範圍，則會透過不同顏色呈現，提醒需加以關注該點位，如地震或降雨特殊事件所造成之影響；同時，該區塊也可切換至過去三個月日資料時序變化，用以了解長時間地表位移潛勢，例如順向坡潛移等問題。

在符合資安原則下，透過帳密管理系統限制閱覽者，僅提供示範區管委會即時數據查詢，同時在計畫結束後的持續性監測規劃中，預計每半年提供監測數據揭露報告供管委會運用。

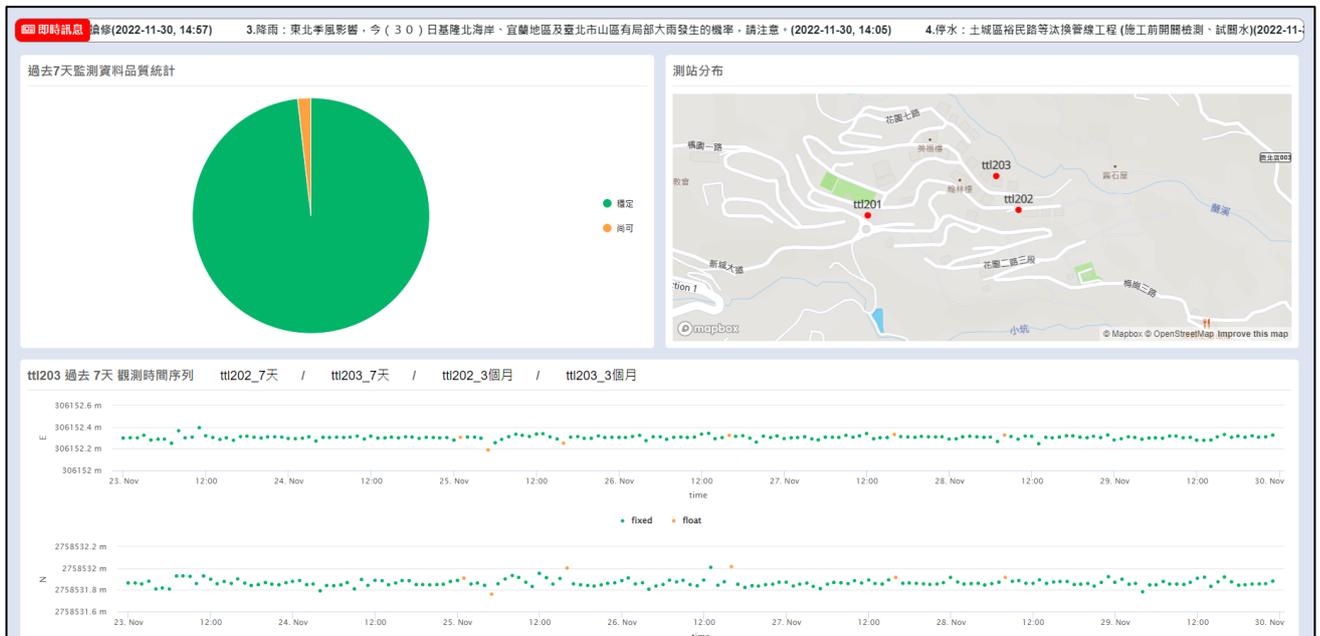


圖3-30 建研所人工智慧邊坡智慧監測系統畫面圖

第五節 研議本技術落實應用於坡地社區防減災之作為與機制

壹、警戒應用研究

在強烈地震發生的時候，山坡地社區往往承受較高的風險及損傷，特別是在一些斷層處或者鬆軟地層之山坡地敏感性範圍，因此政府對於山坡地社區安全監測工作一直非常注重，但要如何透過建立有效之注意值、警戒值與行動值，來評估每個社區之安全性，並適時提供重要訊息給當地居民，減少災害導致之傷亡與財產損失，是未來山坡地社區安全評估之重要課題之一。

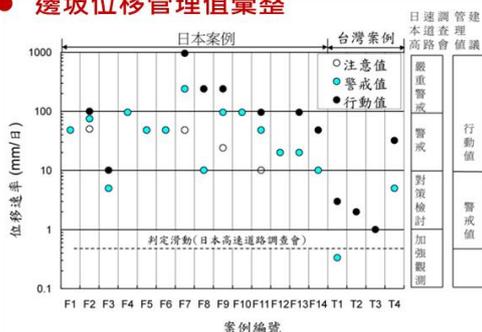
根據日本地滑對策技術協會標準及廖瑞堂(2013)等人之研究內容，如上圖 3-31 所示，因每個社區坡地樣態多元，其位移標準變化大，並且實際位移致災後差異皆不完全相同，因此無法有效制定相同之注意值、警戒值與行動值標準，亦無法適用統一量化方式管理，本計畫研議透過裝設在本社區之 GNSS 設備觀測資料，來客製化社區設計注意值內容，以供未來當地社區居民及管委會同仁進行檢視。

由於其警戒定義之困難性，目前僅使用注意值來提供動作評估，根據本計畫 GNSS 設備精度測試之成果，現有的設備水平精度約 1 公分，鉛直精度約 2 公分。如圖 3-32 所示，在短時間的監測工作中(七日)，若連續 24 小時時平均位移，超出水平方向 2 公分，或鉛直方向 4 公分則達到注意值；另一方面如圖 3-33 所示，在長時間的監測工作中(三個月)，若連續 1 季(三個月)位移趨勢累積變化高達±1 公分/年則達到注意值。

在上述情境中，若觀測期間發現觀測資料持續超過注意值標準範圍，則建議進行相關專業調查及現場勘驗，以利盡早執行防範處置，有效落實坡地社區防減災之作為與機制。

		管理值代表意義		
		注意值(注意體制)	警戒值(警戒體制)	行動值(避難體制)
台灣 案例	九份地滑區	邊坡已略有不穩定徵兆，觀測結果已超出設計標準，具較高潛在之危險。	邊坡已確定為不穩定。	邊坡已發生滑移或已瀕臨破壞。
	廬山溫泉北側邊坡	現場環境出現不利於邊坡穩定之情形。(如豪大雨，造成地下水位開始上昇)	1.不利於邊坡穩定之情形持續惡化。 2.可能造成邊坡開始產生滑動或邊坡已發生初期滑動現象。(如開始產生邊坡滑動時之地下水位)	確認邊坡已經發生滑動，危害性極高。(如滑移量持續增加，或有加速現象)
	台北市順向坡	可接受之變化量，應該是安全之範圍。	可接受之變化量，但可能接近臨界值。	有發生邊坡滑動或危及結構物之可能性。
	台電鐵塔邊坡	1.變化量略有持續之異常變化或現象，但仍在安全範圍內。 2.環境已有不利邊坡穩定之改變。	1.變化量有持續之異常變化，但可能已接近安全之臨界值。 2.不利於邊坡穩定之環境因素持續惡化。	1.變化量持續增加，且變化速率加速，有立即之安全疑慮。 2.變化量已超出電纜可正常運作之設計限度。
	白沙灣安樂園區	1.當觀測值大於注意值，表示邊坡已略有不穩定徵兆。 2.觀測結果已超出設計標準，具較高潛在之危險。	邊坡或擋土牆已確定為不穩定。	未規定
日本案例	邊坡開始產生滑動，邊坡已脫離正常狀態。	邊坡滑動速率增加，邊坡崩壞可能性大增。	邊坡滑動速度快，邊坡瀕臨崩壞。	

● 邊坡位移管理值彙整



● 國內邊坡個案位移統計

案例	滑動型態	地表最大滑移速率 (cm/日)	說明	
廬山溫泉北側邊坡(T4)	地滑區(深層滑動)	3.20	自動監測	現況尚無大崩壞
		1.81	手動監測	
基隆立德街社區(T16)	順向坡(平面滑動)	0.04	破壞前62天量測(最終發生崩壞)	
汐止大尖山(T18)	回填邊坡(圓弧滑動)	2.24	曾瀕臨崩壞，但已緊急補強穩定	

資料參考：日本地滑對策技術協會標準、廖瑞堂(2013)

圖3-31 坡位移量之管理值文獻整理

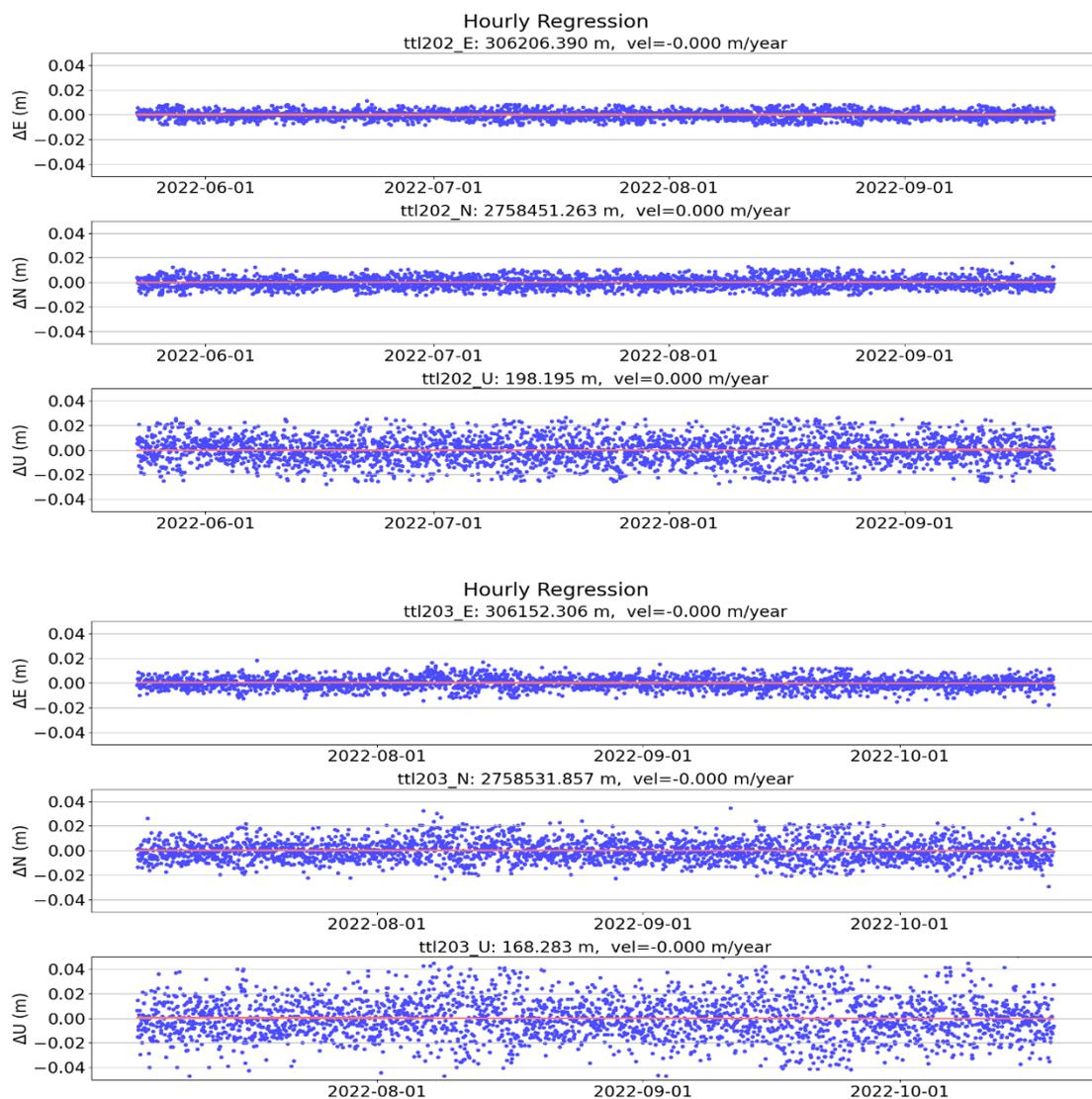


圖3-32 示範社區短期注意值設計內容。TTL202(上圖、TTL203(下圖)

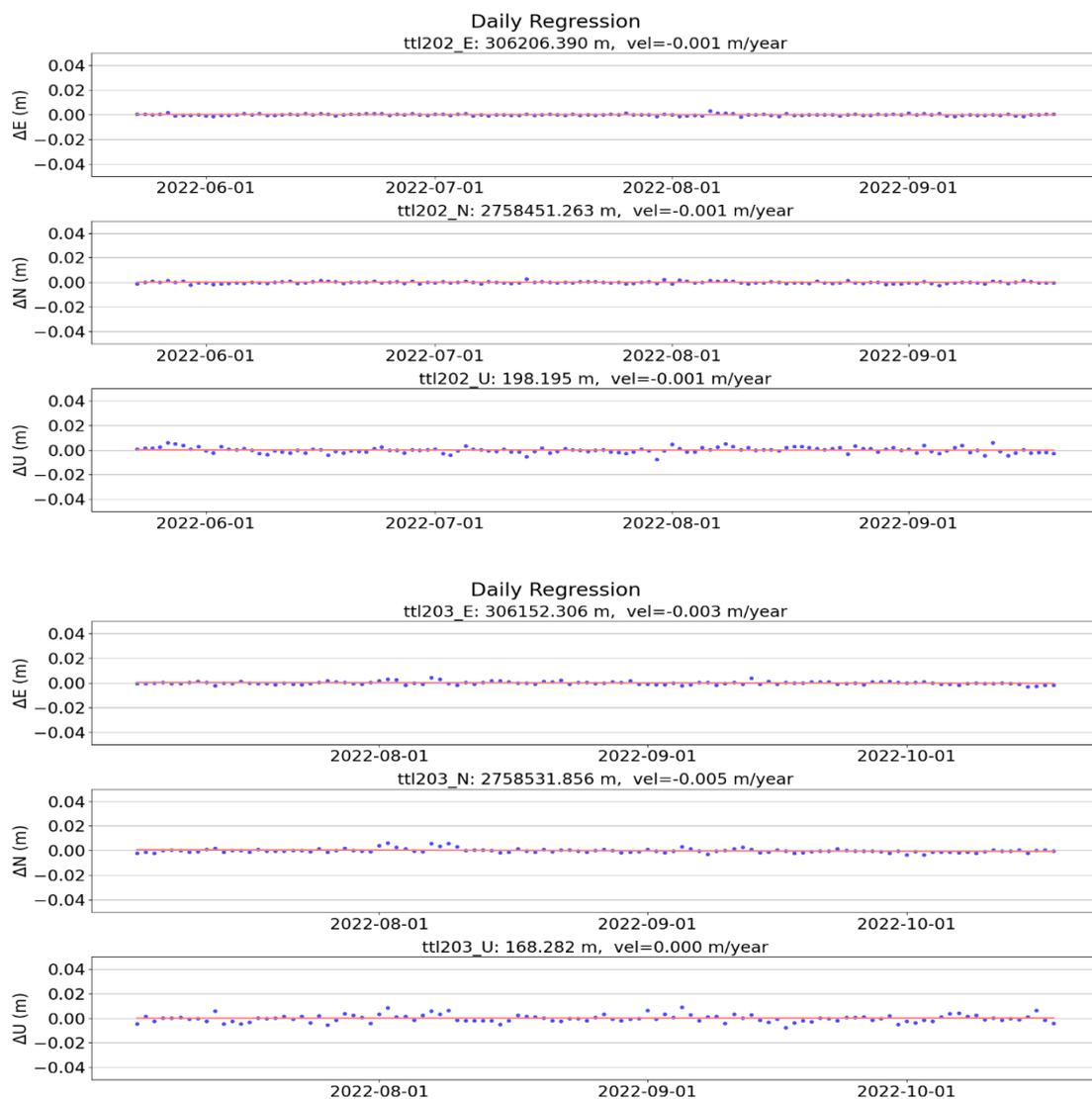


圖3-33 示範社區長期注意值設計內容。TTL202(上圖、TTL203(下圖)

貳、管理對策討論

過往山坡地社區土地開發或者物件變更時，均須特定土地使用分區及用地變更編定程序，方能進行山坡地社區建築使用。因此辦理相關開發計畫，除了需依「非都市土地開發審議作業規範」外，更涉及到「環境影響評估法」及「水土保持法」，需提送相關環境影響說明書、水土保持規劃書及計畫書與開發計畫，並且由地方縣市政府受理審查，由區域計畫委員會審議通過後，才能夠得到土地開發許可，並且允許辦理後續建造執造或雜項執照申請，並在建造完畢後，方能申請使用執造，整體開發審議流程如圖 3-34 所示。

其中，新北市政府早在民國 102 年起，就規定其縣市範圍內之山坡地在進行雜或雜併之建造申請時，除應提送專業技師簽章之管理維護計畫書外，並應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期監測之頻率；同時於使照申請階段，應特別檢附（一）基地地質、構造概述（二）永久性監測系統（三）施工期間監測分析報告（四）監測期三年以上之廠商合約文件（五）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（六）緊急應變防災計畫等內容。因此在此規範中，團隊認為或許在未來可以將本計畫所開發之 GNSS 設備系統一併納入前述監測儀器當中，作為指標性監測儀器，並且透過歷史觀測資料，建立符合當地山坡地之 GNSS 管理值，除了透過科技化方式制定安全規則外，也建議與地方政府進一步討論是否一併納入 GNSS 地表位移監測技術應用於整體山坡地建築物生命週期法律規範中，方能有效強化各縣市山坡地社區住宅之居住安全。

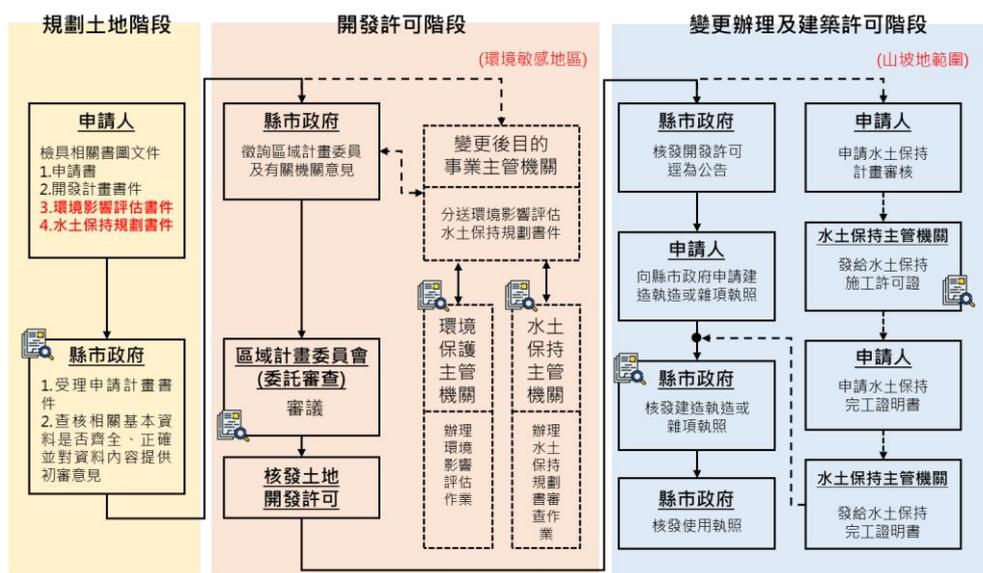


圖3-34 山坡地開發審議流程圖

參、系統服務費用說明

為了提升本計畫發展之低成本 GNSS 設備落地坡地社區應用之可行性，促成設備廣布監測之理想，本計畫試算相關花費，並初步提供適用於坡地社區的月租計價方案，供 貴所參考。如表 3-9 所示，服務費用以月租訂閱制為主，最小監測單元為三站設備，最短監測時間為一年，服務內容包含設備安裝、軟體服務與硬體保固，但服務過程中電費網路均由買方所負擔，總計每月負擔新台幣 15,000 元，當監測設備數量提升超過十站以上則可降低單站維護之費用。此外，監測過程中，服務費用並不包含設備移站與舊址復原費用，而分析報告的產出則依買方需求每次 5,000 元，依本計畫之建議每半年產出報告一次合計為 10,000 元整。

表3-9 系統服務費用說明

單位：新臺幣 元					
項目	工作項目	單位	數量	預估單價	預估總價
1	1.1 設備安裝(三站)	月	12	15,000	180,000
	包含：				
	A. 硬體設備：天線盤、接收儀、訊號線材、通訊模組。				
	B. 其他費用：建站評估、施工耗材、安裝施工。				
	1.2 軟體服務(三站)				
	服務內容：即時運算、資料儲存、資料串接、雲端備份、設備管理。				
	1.3 硬體保固				
	服務內容：例行性檢修、故障排除。				
2	2.1 資料分析報告產出	份	2	5,000	10,000
	服務內容：半年期資料分析報表、特殊事件分析、資料解讀與說明。				
總價新台幣					190,000

第六節 專家座談會議

本團隊依照契約要求，分別於本年度6月15日及9月29日，辦理第一次與第二次專家座談會議，地點皆在建研所13樓會議室，同時考量疫情關係，同時開放線上採用Microsoft Teams視訊參加，兩次座談會議程均相同，如表3-10所示，現場辦理照片如圖3-35至圖3-37，其他詳細內容則可參考附錄二及附錄四。

表3-10 專家座談會議程

項次	議程	時間
1	主席致詞與介紹	下午 02:00~02:10
2	專家座談會簡報—王禹翔 課長	下午 02:10~02:40
3	議題討論	下午 02:40~03:20
4	會議總結與臨時動議	下午 03:20~03:30



圖3-35 第一次座談會線上參與委員與貴賓合照



圖3-36 第一次專家座談會現場照片一



圖3-37 第一次專家座談會現場照片二



圖3-38 第二次座談會線上參與委員與貴賓合照



圖3-39 第二次專家座談會現場照片一

第四章 結論與建議

第一節 結論

壹、GNSS 定位解算技術研析方面

運用低成本 GNSS 設備與先進解算技術，能夠提升坡地社區落地接受度，本計畫執行期間確實完成一處位於新北市的坡地社區示範性監測，未來可望成為坡地社區安全的長時間監控手段之一，與其他既有的邊坡監測技術搭配使用，達到有效減災之目的。

貳、示範場域 GNSS 監測測試方面

GNSS 設備係透過衛星訊號進行坐標解算，電力、通訊與環境透空度都是影響資料傳輸、解算品質的重要因素，因此本計畫透過設計社區專業評估量表，搭配既有的坡地社區地質災害盤查報告，可提供監管單位進行監測建站評估，並加速社區用戶安裝之溝通。

參、時序監測數據分析與驗證方面

本計畫使用消費型 GNSS 晶片，能支援雙頻多星系定位，其設備搭配 RTK 進行解算，長達 6 個月的連續監測，確實驗證了資料的可用性，具備公分級的觀測能力，適合應用於長時間的地表變形監測工作，用以監控坡地社區內潛在的自然邊坡、人工邊坡或建物結構破損。

肆、即時運算服務系統之建置方面

本計畫透過「建研所人工邊坡智慧監控系統」，能近即時地提供 GNSS 位移量測結果，除了提供監管單位進行安全性評估，同時也應提供社區用戶定期查閱。透過監測數據除了可以強化防災資訊之溝通，亦可作為法律議題探討之依據。

伍、研議本技術落實應用於坡地社區防減災之作為與機制方面

本計畫參考國內、外邊坡監測之實際案例，注意值、警戒值與行動值目前尚未能有統一標準原則，當中涉及更縝密的邊坡調查與長時間監測，因此目前僅以 GNSS 設備的基本量測精度(水平 2 公分、鉛直 4 公分)為注意值，提醒使用者監

測達門檻應安排進一步檢測，確認是否存在危險徵兆。除此之外，也完成兩場專家座談會之辦理，針對社區監測落地化方案、設備安裝評估原則、資料分析案例探討與管理政策研析...等多個議題，提出多個面向、跨領域的參考建議，預期作為未來坡地社區安全監控之具體方案。

第二節 建議

建議一

雷達衛星及 GNSS 資料整合之廣域地表變形監測：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、縣(市)政府

包含本計畫 GNSS 設備在內，現行許多現地型的邊坡監測技術，多半屬於單點或多點的量測手段，往往受到場域內的諸多限制而無法有效發揮設備整合觀測的效益。此時若運用雷達衛星遙測的地表變形分析技術，可望補足大範圍邊坡監測之需求。

建議二

山坡地社區智慧防災行動與管理政策研析：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：直轄市、縣(市)政府

山坡地社區邊坡即時監測，除了保障社區鄰近住戶的居住安全，更希望運用低成本 GNSS 設備，提升廣布監測的可能性，從邊坡滑動或其破壞機制進行掌控，進一步發掘危險警戒值，了解各項行動基準值，方能有效降低潛在危機。

臺灣山坡地範圍約佔國土面積的 73%，面對大量的坡地社區安全監測需求，建議可透過相關管理政策的調整，來加速 GNSS 設備的廣佈監測應用，並透過長期驗證及確保品質之監測資料，在特定的執照審議過程，納入作為輔助依據資料，並建議從政府管理及民眾思考之角度，使用不同程度階段之強制或獎勵的手段，加深申請者自主監測之約束或意願。

附錄一 評選委員意見回覆

內政部建築研究所 111 年度

「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」

委託研究計畫案審查意見及廠商回應一覽表

委員	審查意見	廠商回覆
一	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本團隊採大台北華城社區作為示範社區，後續如何利用現場既有之地中傾斜管與 GNSS 成果驗證，請說明。 2. 簡報中之增值服務，後續如果貴團隊得標，是否同意納入契約內容。 3. 本案後續是否有專任人員從事本案之進行。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 團隊參與大台北華城監測十餘年，過去資料均收於系統平台內。 2. 同意納入。 3. 由本案產品工程師全程參與。
二	<ol style="list-style-type: none"> 1. 請說明簡報中所謂低成本 5 萬元之執行內容。 2. 請說明簡報中大台北華城案貴公司參與之項目及成果。 3. 資料收集多久能提供給甲方？ 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設備包含 GNSS 晶片、Pi3、天線盤與保護機殼等。 2. 本團隊過去社區相關專案，每年約 3~500 萬。 3. 動態資料頻率 1Hz 即時回傳；靜態資料本案結束前解算 1 次。
三	<ol style="list-style-type: none"> 1. 請補充說明未來示範案例將如何選擇基站及移動站的點位，以確保所獲得的監測數據，可以與現有的人工監測資料，以及傾測資料之間相互驗證，得出可行的研究成果。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設備安裝須重視電力、通訊與透空，移動站安裝於待測區，固定站則安裝於相對穩定區。
四	<ol style="list-style-type: none"> 1. 請說明目前國內外 GNSS 使用的領域、成熟度及目前技術應用可能面對的限制。 2. 經本研究後會有那些精進或獲取那些可應用的參數。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 早期晶片生產成本高，近 3 年消費型晶片逐漸應用於手機或自駕車領域。 2. 設備限制主要受建物遮蔽與資料接收品質。

附錄二 第一次專家座談會議

附
件
一

內政部建築研究所

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

第一次專家座談會

會議主題：地表位移監測設備於社區落地化探討
與 GNSS 案例分析

壹、時間：111 年 6 月 15 日(星期三) 下午 02:00~03:30

貳、地點：線上會議

參、報告單位：興創知能股份有限公司

肆、主持人：沈哲緯 部長

伍、議程：

項次	議程	時間
1	主席致詞與介紹	下午 02:00~02:10
2	專家座談會簡報—王禹翔 課長	下午 02:10~02:40
3	議題討論	下午 02:40~03:20
4	會議總結與臨時動議	下午 03:20~03:30

陸、計畫緣由：

臺灣山地佔國土比例高達70%，在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。在土地的過度開發與不當利用、水土保持設施年久失修老化、極端降雨與地震事件的影響下，坡地潛在風險日益增高，經常造成山崩落石、邊坡滑動、

土石流及地基淘刷等嚴重災害。然山坡地社區安全議題雖已探討多年，也早發展出許多因地制宜的自動化設備，如雨量計、水壓計、裂縫計、傾斜計與地中傾斜管等，每種應用都有其監控需求，上述設備大多作為安全監控的最後防線，針對高風險設施進行嚴密監控，必要時則根據觀測預警結果以工程手段來抑制。但既有的監測方案中尚且缺少長時間尺度的地表位移觀測機制，以做到更早的趨勢因應與大面積監控，致使需要導入衛星導航系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)加強坡地安全監控的活用性。

為了提升坡地安全長時間尺度的全域監控能力，且近幾年消費型GNSS晶片蓬勃發展，逐漸成為具有優勢、低成本且適用於坡地社區監測之GNSS-IoT自動化監測設備，本計畫應用國內已有的雙頻多星系GNSS設備研發技術成果，於坡地社區試行地表變形監測整合技術之研究，研析適用於坡地監測之主要定位解算方法，包含靜態測量(Static)、動態測量(Kinematic)等監測技術之文獻蒐整與研析，並盤點擇定一處合適的坡地社區案場，依據過往的現地調查結果，在通訊、電力與透空無虞的環境下，為潛在崩移的社區地基，完成3站實地設備安裝與觀測數據之採集後，根據前述的解算策略完成精密定位測量；參照國內外既有GNSS數據監測處理方法，比較靜態測量(Static)與動態測量(Kinematic)的測量精度與差異，由時序觀測數據計算常見位移監測指標，評估待測社區地表位移之具體現況，配合建研所「山坡地社區智慧防災系統可行性研究-邊坡智能感測暨雲端運算」相關研究成果，初擬異常行動管理門檻，達成早期警戒目的。

本次專家座談會主題訂為「地表位移監測設備於社區落地化探討與GNSS案例分析」。針對上述主題，邀請專家學者就此進行討論並惠賜意見，以供計畫後續執行參考。

附件二

內政部建築研究所

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

第一次專家座談會邀請專家學者名單

專家學者	職稱	服務單位
莊昶叡	副教授	國立臺灣大學 地理系
盧志恆	博士後研究員	中央研究院 環境變遷研究中心
景國恩	副教授	國立成功大學 測量及空間資訊學系
徐乙君	博士後研究員	國立中央大學 太空及遙測研究中心

註：上表順序依姓氏筆畫排列。

建研所 111 年度坡地社區智慧防災系統研發及實證研究專家座談會會議記錄

- 壹、開會時間：111 年 6 月 15 日(星期三)下午 14 時整
- 貳、開會地點：建研所 13 樓會議室暨 Microsoft Teams 線上會議
- 參、主席：興創知能股份有限公司 沈部長哲緯
- 肆、出(列)席者及單位：如簽到表
紀
錄：吳笙緯
- 伍、主席致詞(略)
- 陸、委員與專家學者建議事項：

一、盧委員志恆

1. GNSS 設備應架在關鍵地區方可以發揮較大的效益，建議團隊未來可嘗試以高解析的雷達遙測影像分析，作為選點佈站的參考依據。

二、景委員國恩

1. 目前團隊建置的 GNSS 設備數量偏少，可能無法完整涵蓋邊坡滑動範圍，未來建議可善用遙測影像評估邊坡範圍以佈設完整的觀測網絡，亦可作為社區監測建站數量的具體建議。
2. 請團隊評估未來如何將社區 GNSS 觀測結果確實應用於邊坡位移監測之預警，方可作為社區防災決策資訊。
3. 邊坡滑動機制與設備觀測之關係，在這次簡報內容並沒有太多闡述，建議團隊可增加相關論述補充說明。

三、徐委員乙君

1. 過去建站的經驗上，GNSS 設備之精度常受限於天氣狀況、衛星接收狀況以及網路傳輸狀況等問題，建議團隊多加注

意。

2. 若此 GNSS 設備成本較過去低廉，是否能夠廣域佈站，推廣給各地方政府機關、山坡地社區或相關需求單位。

四、莊委員昀叡

1. GNSS 設備建置應注意透空環境，應盡可能避免遮蔽影響資料接收之品質。
2. 建議團隊評估 GNSS 設備在野外之儀器耐受度，包含下雨、露水、等天氣變化因素所造成之影響。

柒、執行團隊回應：

一、林教授修國

1. 設備解算結果不穩，乃因為解算伺服器供電出現異常，為了防止斷電問題發生，並確保資料穩定，目前已研議建立分散式系統，未來可望改善伺服器服務斷線問題。
2. 資料出現異常斷點，主要是因為主站坐標沒有被固定，後續再配合團隊使用國土測繪中心定位點，來做硬體裝置設定。
3. GNSS 設備的 RTK 的有效觀測範圍為 10 公里，在這個範圍內，除非是兩個設備區域上，有明顯差異之天氣變化才可能會有所影響。
4. 目前正在開發快速靜態解算模式，後續團隊可根據需求，調整資料解算方法，透過降低解算頻率來提升觀測精度。

二、王課長禹翔

1. 目前選址主要仰賴過去其他計畫的研究調查，同時也要顧及社區居民的意願才能進行建站，未來確實可評估如何納入遙測影像分析之結果，作為選址建站依據之一。
2. 若經費允許確實可增設觀測站，或是以逐年擴充的方式補足長期觀測之需求。

捌、建研所建議事項：

一、王博士鵬智

1. 在期中審查時，建議團隊提供 GNSS 設備優勢、設備定位與建站 SOP 等資料以強化本計畫執行之價值。
2. 後續若能提供建站成本分析、機構設計、軟硬技術整合、平台整合、資料整合等資訊，方可提升推廣成效。

二、王組長順治

1. 原則上為使研究成果順利推廣，期中、期末報告內容可從專業與非專業的角度切入，例如本研究之目的？要如何應用？也可舉例國外現況，不要只拘泥於自身資料專業分析。
2. 除了技術論述與資料分析，團隊應以推廣角度，說明限制條件、具體效益與法律得配合等資訊，以協助相關主管機關確認計畫推動之價值。
3. 臺灣山坡地面積佔全台面積 3/4 以上，若能有條件運用亦可帶來很大的效益，此課題需請團隊思考如何擴散。

玖、主席結論：

1. 本計畫監測目標主要係針對國內較早開發之山坡地社區，由於早期竣工調查資料較少，且建築物屋齡逐漸攀升，容易受到自然邊坡滑動影響損壞或危及身命財產安全。
2. 本團隊希望為高風險社區提供監測服務，希望結合過去的調查經驗，建立在地化的警戒機制，確實幫助居民有效減災，未來亦思考如何搭配水保與建築相關法規強化推動服務之成效。

拾、散會：下午 16 時整

內政部建築研究所坡地社區置會防災系統研發及實證研究專家
座談會會議簽到表

壹、時間:111 年 6 月 15 日 14 時

貳、會議地點: Teams 視訊會議

參、主席:

肆、出(列)席人員:

記錄: 吳笙緯

單位	姓名	簽名	備註
中央大學	徐乙君	徐乙君 2022.6.15	
台灣大學	莊昀叡	莊昀叡	
成功大學	景國恩	景國恩 for 吳	
中研院	盧志恆	盧志恆 2022.6.15	
海洋大學	林修國	林修國	
建研所	王順治	王順治	
	王鵬智	王鵬智	
興創知能	沈哲緯	沈哲緯	

單位	姓名	簽名	備註
	王禹翔	王禹翔	
	張淵翔	張淵翔	
	吳笙緯	吳笙緯	

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

參、設備建站 安裝作業 選擇新店區 花園新城坡地社區 示範場域

場地調查
 安裝協調
 施工規劃
 實際施工
 電力通訊
 資料串接
 動態展示
 數據分析



2022/03/17 拜訪調查
2022/03/21 同意安裝

9

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

參、設備建站 安裝作業 選擇新店區 花園新城坡地社區 示範場域

場地調查
 安裝協調
 施工規劃
 實際施工
 電力通訊
 資料串接
 動態展示
 數據分析



管委會頂樓(基站)
六路三段2號
十路二段4號



2022/05/12 施工完成

10

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

參、設備建站 安裝作業 選擇新店區 花園新城坡地社區 示範場域

場地調查
 安裝協調
 施工規劃
 實際施工
 電力通訊
 資料串接
 動態展示
 數據分析

API格式:

```

    "siteName": string
    "siteId": string
    "siteDesc": string
    "siteAddress": string
    "x": float (14097702)
    "y": float (14097702)
    "z": float (10084, degree)
    "siteType": float (10084, degree)
    "length": float (10084, degree)
    "width": float (10084, degree)
    "dataLine": "yyyy/mm/dd HH:mm:ss"
    "res": "1"
    
```



2022/05/12 施工完成

11

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

參、設備建站 安裝作業 選擇新店區 花園新城坡地社區 示範場域

場地調查
 安裝協調
 施工規劃
 實際施工
 電力通訊
 資料串接
 動態展示
 數據分析

RTK 1sec dot
 RTK 1hour dot
 RTK 1day dot



12

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

參、設備建站 安裝作業 選擇新店區 花園新城坡地社區 示範場域

即時監測資料展示介面

場地調查
 安裝協調
 施工規劃
 實際施工
 電力通訊
 資料串接
 動態展示
 數據分析

整合既有平台:

1. 現有設備監測器位置
2. 人工遠端監測器位置
3. 山坡地區區集裝箱
4. 防救災示警信號顯示
5. 遠端監測示警之訊息
6. 其他決策與參考說明

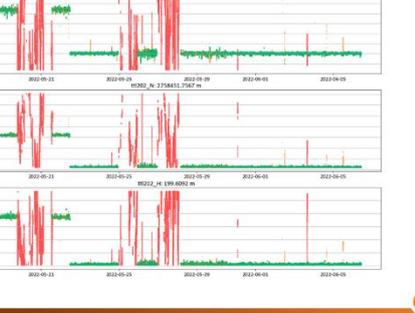


13

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

肆、數據分析 秒資料顯示

RTK02_E_306209.1345 m
 RTK02_N_2754815.27587 m
 RTK11_N_139.8802 m

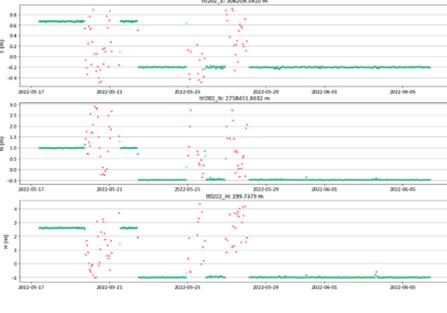


14

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

肆、數據分析 時資料顯示

RTK02_E_306209.1345 m
 RTK02_N_2754815.27587 m
 RTK11_N_139.8802 m

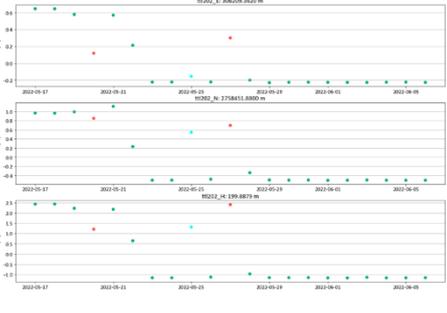


15

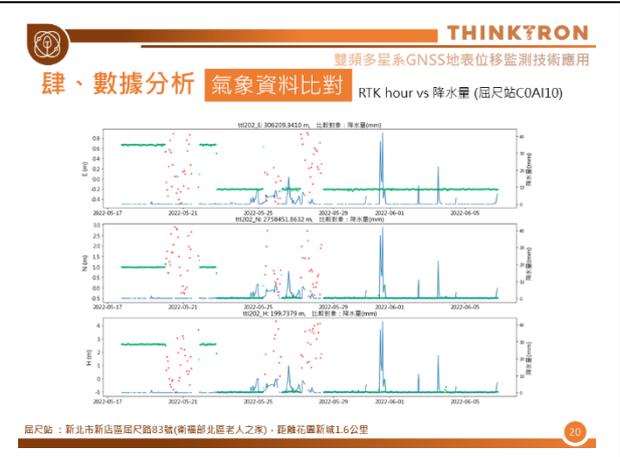
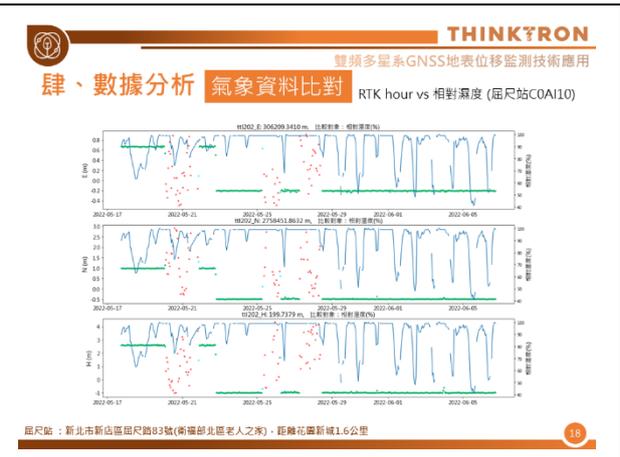
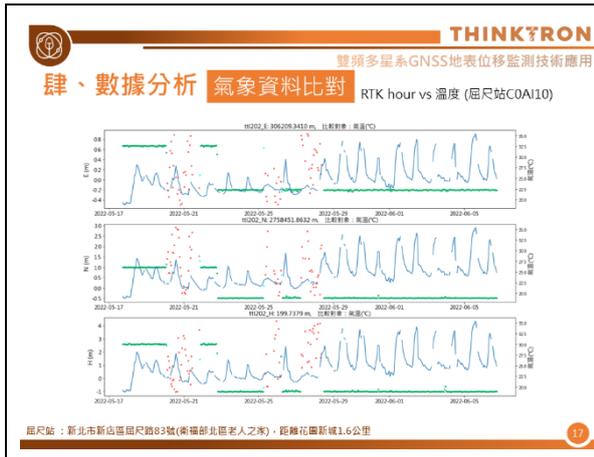
THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

肆、數據分析 日資料顯示

RTK02_E_306209.1345 m
 RTK02_N_2754815.27587 m
 RTK11_N_139.8802 m



16



THINKTRON
雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

肆、數據分析

資料如何提供社區用戶正確解讀？

如何提升資料即時解算的穩定度？

THINKTRON
雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

伍、落地推廣 SaaS服務 雨水下水道雲端訂閱服務 成功案列

訂開制

- 每季支付少量資金
- 訂閱不斷維護不斷
- 租用人無資產負擔

實斷型

- 高頻頻譜列因難
- 後續續列才有維護
- 買斷設備資產負擔

設備成本13萬

新北市府 80站 雨水下水道水位監測，6,500元/站月

雲端易維護、可擴展性高、商品化服務、無設備負擔

營建署六都補助計畫廣設超過 1,000站 適用此構想

THINKTRON
雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

伍、落地推廣 SaaS服務

硬體設備 資產維護 平台整合 資料應用 決策支援

部落 社區 設施

原住民、水災區、新屋部落 建研所、地方政府、坡地社區 聚落區、鐵道局、鐵路機關

產：提供訂閱服務
官：重點場域試行
學：專業技術支援

新創採購

新創共同供應契約

THINKTRON
雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

THANK YOU

計畫共同主持人
王禹翔 事業一部二課 課長

團隊成員：沈哲緯 部長(計畫主持人)、林修國 副教授、張翔翔 產品分析師、吳笠峰 產品工程師

附錄三 期中審查意見回覆

出席人員	意見	回應說明	章節/頁碼
梁委員成兆	報告內文對於 GNSS 原理說明及技術分析內容甚為詳盡，值得肯定；至於設置點位之擇定邏輯及預警類型、資料蒐集之處理分析及後續運用、預警管理值之研訂及行動策略，建議加強說明。	感謝委員肯定，期末階段會再針對應用面加強論述，並盡可能提供合適的管理原則。	第三章、第五小節、(壹)及(貳)次小節
	報告緒論已於文獻回顧方式提及智慧防災系統之歷年計畫，建議以表格方式呈現歷年成果，進而論述本案採 GNSS 地表位移監測系統之構想，及兩者未來如何結合運用或建議研究方向。	感謝委員建議，期末階段會再針對文獻回顧加強過往監測手段之比較，並提出符合需求的社區邊坡監測方案。	如表 2-1
	<p>本案以新店花園新城為示範場域，建議說明下列事項：</p> <p>(1). 歷年災害類型，與社區範圍位於地質敏感區(順向坡及岩屑崩滑)是否相關？</p> <p>(2). 自然邊坡崩塌災害係表層坍塌或弧形滑動？人工邊坡有無損壞或相關徵兆？</p> <p>(3). 住宅前院發生傾斜與位移之災害歷史，係回填夯實問題或地質災害問題？</p> <p>(4). 監測示警功能，監測項目、示警項目及對象，分別為何？例如某項數據變動，代表所有或部分標的區域須採取行動？</p>	感謝委員指教，花園新城雖然未被畫定為地質敏感區，但根據新北市工務局公寓大廈管理科 103 年委託計畫顯示，社區座落於潛在順向坡區域，區域內更有三處邊坡被建議列為優先關注敏感區域，這與我們實際走訪所見一致。此外目前的監測區域雖未能直接判定崩塌類型，但的確在過往的調查結果中人工邊坡與建築物都有明顯的破裂徵兆。而後續針對監測示警之相關應用，將在期末階段加強論述，審慎評估，並盡可能提供合適的管理原則。	第三章、第五小節、(壹)及(貳)次小節
	GNSS 數據處理，後續軟體擇定及解算策略，建議加強論述，並就購置成本及未來發展性等面向納入考量。另中央氣象局 GNSS 觀測網之相關經驗能否適用本案，建議加強說明。	感謝委員指教，期末階段會再針對低成本設備之未來發展加強論述，也包含國內既有 GNSS 觀測應用之補充。	第三章、第一小節、第(貳)次小節
	新社區開發完工後之人工邊坡監測，已有縣市政府於相關審查機制著手	感謝委員指教，本團隊會積極與建研所配合，更甚於他案合作推	第三章、第五小

出席人員	意見	回應說明	章節/頁碼
	要求(例如都市設計及土地開發審議、山坡地加強雜項執照審查等機制),為期推廣監測防災觀念,建議從政府管理及民眾角度思考,如何將本案成果導入,並建議擇定一案坡地開發進行試辦。	廣,從不同的技術角度或政策角度,討論合適的導入方案。	節、(壹)及(貳)次小節
	本案相關專業名詞,建議整理名詞解釋,以利閱讀。	感謝委員提醒,會再針對專有名詞進行附錄彙整,並加強技術解釋的可讀性。	附錄七
陳 委 員 昭 雄	研究目標之一為「比較不同解算策略的差異,提出時序觀測數據與常見的位移監測指標»,請說明不同解算策略所指為何?且這一研究目標預計如何進行?請於期末中加強說明。	感謝委員指教,期中報告書內不同解算策略指的是動態測量的 RTK、PPP,以及靜態資料的分析,主要針對設備安裝後所收錄的資料進行比較,相關結果將於期末報告中提交更佳完整的說明。	第三章、第一小節、第(參)次小節
	GNSS 位移監測系統,除初期之硬體架設費用,亦包括後續系統解算服務費用,請一併估列費用供參考。	感謝委員指教,相關費用於本計畫之工作計畫書上已有詳列,因此並無重複列出,但針對未來擴散應用所需之成本評估,可在期末階段補充說明。	第三章、第五小節、第(參)次小節
	報告中未明確說明本研究所採取之硬體設備及規格,係市售硬體?還是本研究自行開發?	感謝委員指教,本計畫所使用的硬體為團隊成員海洋大學林修國老師自主研發的 GNSS 設備。	P12
	預計安裝於示範場域之數量為何?請釐清(P.13、P.19 之數量甚大)	感謝委員指教,本計畫於示範場域共安裝 3 台 GNSS 設備,1 站基站、2 站移動站。	第三章、第二小節、第(肆)次小節
	由於 GNSS 之解算精度受天線安裝位置之環境影響甚大,一般而言,坡地社區之透空度多半不佳,建議於期末報告中說明良好安裝位置之選擇考量。	感謝委員指教,有關 GNSS 建站確實存在許多限制與細節,相關標準化流程會在期末階段加強說明。	第三章、第二小節、第(貳)次小節
	P.24,提到本計畫規劃以即時動態測量進行...請說明 PPP 方式是否為本	感謝委員指教,本計畫所用之 GNSS 設備可同時以 RTK 及	-

出席人員	意見	回應說明	章節/頁碼
	研究預計採用之解算方式。	PPP 的方式進行動態解算，然而根據目前所收集的觀測數據品質來看，決定採取 RTK 為主 PPP 為輔的使用做法。	
	P.28, ...誤差量不超過 10 公分...該段描述與前面所述精度可達近公分級差異甚大，建議應說明，避免誤導。	感謝委員指教，論述有誤之處已修正。	-
	建置之即時運算服務系統是否已完成？開放使用單位為何者？開發完成後之系統是否移交給建研所？建議應於以說明。	感謝委員指教，目前系統尚未完工，待完工後應提供給建研所及花園新城管委會作使用。	-
	簡報內容傳達一個觀念：過往各式地表及地中觀測儀器成本高、監測點受限，監測成果管理基準訂定困難，而本研究採用之 GNSS 系統可以解決以上問題。該觀念是否為研究團隊的想法，應說明清楚。	感謝委員指教，過往社區監測確實已有許多監測手段，不同技術其限制、成本本就不同，對於坡地監測的標準也有所差異，本計畫將 GNSS 導入社區監測並非取代過去成果，而是希望在不同的監測提供一個新的選擇，藉此更加強化坡地社區安全監控之需求。	-
王委員鵬智	本案針對社區遴選的評估以及設備安裝的點位選擇原因及 SOP 請於報告中呈現，以方便其他社區之參考。	感謝委員指教，有關 GNSS 建站確實存在許多限制與細節，相關標準化流程會在期末階段加強說明。	第三章、第二小節、第(貳)次小節
	設備的穩定性及耐候性將影響監測的性能，請說明。	感謝委員指教，本團隊近幾年已有使用相同設備在多個場域中進行監測，目前最久的觀測時間長達兩年，運作皆正常穩定性與耐候性應該都有一定程度。然而，設備安裝的環境狀況仍是影響設備穩定的重要因素。	第三章、第一小節、第(貳)次小節
	GNSS 與在地的監測設備如何搭配，如水位計、位移計等。	感謝委員指教，不同設備的搭配基本上就是在同一個時間軸中進行資料比對，各設備可能有各自的警戒訊號可以做判斷，若花	-

出席人員	意見	回應說明	章節/頁碼
		園新城存在既有設備則可進一步進行分析。	
李委員明憲	從報告書來看，GNSS 技術在國內應用並不多見，但是坡地監測系統廣泛應用在高鐵、台鐵、高速公路管理局、水保局坡地崩塌等監測，建議可以蒐集現有行政機關坡地監測系統做各系統的優缺點比較。	感謝委員建議，GNSS 監測技術在國內並不少見，過去主要應用於長時間(10 年以上)的國土測量工作，包含國土測繪中心地界測量測、中央氣象局地震研究、地質調查所活動斷層研究，在防救災的案例上則以水保局的大規模崩塌為主，而絕大部分的監測應用多以靜態資料分析為主，少有即時動態監測之應用。過去受限於技術與經費的影響，GNSS 監測少有進入山坡地社區，亦是本計畫投入研發應用之重要原因。	第二章、第一小節
	P.28-P.29，在 GNSS 資料監測頻率補充說明，以作為後續可以提供即時資訊給落地居民使用。	感謝委員指教，目前 GNSS 監測能以 1Hz(每秒減算一次)的頻率進行紀錄，但動態資料尚需以不同的時間頻率累積統計 (10 分鐘、1 小時、1 日)，才可做為位移資訊提供建研所或在地居民使用，相關資料供應方式亦會在期末階段加強說明。	第三章、第二小節、第(伍)次小節
林委員自動	為了提升坡地安全，研究團隊投入精力進行監測系統化的研究，值得肯定。 此套 GNSS 監測系統若只是供山坡地社區管委會自行監測預警使用(是否需設置預警監測管理辦公室?)，則在整套系統的設置移轉的投入費用與後續管理是否是山坡地社區能夠承擔的費用？又後續運轉中的資訊預警判讀，山坡地社區管委會是否有足夠的能力？	感謝委員肯定。 感謝委員指教，本計畫目前所使用的 GNSS 設備其價格相較於過去的測繪級設備已有顯著降低，應是山坡地社區相對可負擔的費用。搭建好的系統能夠提供建研所與社區居民即時的位移觀測。期末階段會再針對應用面與成本分析加強論述，並盡可能提供合適的管理原則與資料解	- 第三章、第五小節

出席人員	意見	回應說明	章節/頁碼
	<p>此套針對所有坡地社區的監測系統若由公務機關執行掌控預警與管理，在經費與人力上應該配備有足夠的編制，才能永續經營。</p>	<p>釋。</p> <p>感謝委員指教，未來相關技術的維護、擴充或推廣，都將配合建研所作適切的規畫與辦理。</p>	-
景委員國恩	<p>由於報告中有提及 Shamen-net 系統，請問本計畫未來會規劃和 Shamen-net 介接嗎？或是和 Shamen-net 系統借鏡，開發自己的分析系統？</p>	<p>感謝委員指教，Shamen-net 為日本國際航業在地的地表監測資料服務，而本計畫監測系統服務架構正是借鏡 Shamen-net 規畫而成，未來則會依據臺灣山坡地社區應用需求發展出在地化監測系統。</p>	-
	<p>建議重新考慮低價 GNSS 的定位。由於此型態的 GNSS 儀器價位較低，在相同經費下，可以設置更多的儀器，提供高密度之監測成果。因此，雖然施測精度較低，但是卻能透過較多資料的分析，還獲得合理的分析成果，進行即時監測預警。換言之，此系統的後續分析手段會更重要。</p>	<p>感謝委員指教，考量到本計畫執行目標之定位，今年僅優先規劃裝設 3 站設備於試驗場域，藉此評估山坡地社區監測的可行性，若要增設更多設備將需回歸到完整的邊坡調查工作做更完善的大範圍規劃。另針對資料分析的手段目前係採取不同時間頻率進行統計分析與資料律定，以便做為未來管理原則訂定之依據。</p>	-
	<p>由於本工作的最終目標為即時警示，但是在目前的工項中，並未見到相關的研究規劃，這將影響未來 GNSS network 建置位置之合理性，因此建議貴團隊考量相關工作。</p>	<p>感謝委員指教，期末階段會再針對應用面加強論述，並盡可能提供合適的管理原則。</p>	第三章、第五小節、第(壹)次小節
盧委員昭宏	<p>是否可增加探討國外運用 GNSS 即時監測服務裝置之相關文獻及成效，尤其是運用於山坡地住宅社區安全監測的部分。</p>	<p>感謝委員指教，期末階段會再針對國內外案例進行補充說明。</p>	第二章、第一小節
	<p>第 13 頁敘及「新店花園新城社區……該社區長期列為內政部營建署安全檢查表之 A 級社區」等語，查本署列管全國山坡地住宅社區安全分級表</p>	<p>感謝委員指教，本團隊將更加仔細確認資料的正確性，並適當的遮蔽社區基本資訊，避免不當敘述造成困擾。</p>	-

出席人員	意見	回應說明	章節/頁碼
	<p>清冊，新店花園新城社區近 10 年並未列管，遑論列為 A 級，請在釐清查明。又依據政府資訊公開法第四章政府資訊公開之限制，建議研究報告內亦應避免敘及指名某社區之列管分級，而招致不當利用及渲染，造成居民不安。</p>		
	<p>GNSS 設備在臺灣潮濕高溫氣候下之耐候性及建置設備之使用年限、適宜性等，建請補充說明及評估。</p>	<p>感謝委員指教，本團隊近幾年已有使用相同設備在多個場域中進行監測，目前最久的觀測時間長達兩年，運作皆正常穩定性與耐候性應該都有一定程度。然而，設備安裝的環境狀況仍是影響設備穩定的重要因素。</p>	<p>第三章、第一小節、第(貳)次小節</p>
李委員幸芳	<p>本次選定花園新城之佈點少又觀測時間短，建議比較同社區之其他系統對於本社區地表位移量之數值差異性，以確認本系統之穩定性及可行性。</p>	<p>感謝委員指教，本團隊近幾年已有使用相同設備在多個場域中進行監測，目前最久的觀測時間長達兩年，運作皆正常穩定性與耐候性應該都有一定程度。然而，設備安裝的環境狀況仍是影響設備穩定的重要因素。</p>	<p>第三章、第一小節、第(貳)次節</p>
	<p>設備裝置佈點位置、天氣、人為因素等，讓設備的產出值有差異性，故確保產出之數值穩定性，如何選擇設備點，應提出分析建議。</p>	<p>感謝委員指教，有關 GNSS 建站確實存在許多限制與細節，相關標準化流程會在期末階段加強說明。</p>	<p>第三章、第二小節、第(貳)次小節</p>
	<p>地表位移在有限測站及數據下，在後續研究仍應考量建立出「警戒值」、「行動值」，以及所應對之警戒機制、避難救防災機制。</p>	<p>感謝委員肯定，期末階段會再針對應用面加強論述，並盡可能提供合適的管理原則。而對於「警戒值」與「行動值」的訂定建議應累積更長的時間(至少超過一年)來確認邊坡滑移的行為方能更進一步地探討。</p>	<p>第三章、第五小節、第(壹)次小節</p>
	<p>建議提供本技術與其他系統之優劣比較及成本分析。</p>	<p>感謝委員建議，期末階段會再針對文獻回顧加強過往監測手段之比較，並提出符合需求的社區</p>	<p>如表 2-1</p>

出席人員	意見	回應說明	章節/頁碼
		邊坡監測方案。	
張委員博璋	投標階段敘明示範社區採用新店華城社區，現改採新店花園新城社區之考量為何？	感謝委員指教，本計畫原先選擇大台北華城進行監測示範，但礙於計畫期程之規畫未能即時與管委會達成共識，故改於花園新城進行。	-
	新店花園社區之GNSS測站二站距離似乎沒有相差很遠，考量為何？且該處之邊坡滑動機制是否與野溪冲刷有關，非單純之邊坡滑動，坡地社區災害因素多元，GNSS要測定哪一種災害類型是否較為困難。	感謝委員指教，由於GNSS設備選址需考慮許多細節與限制，包含環境透空、電力通訊、施工難度與居民意願等問題，目前兩處位置即是經過綜合評估的結果。另外，GNSS主要應用於地表位移的監測，潛在災害的類型無法單靠目前的GNSS便做出定論。	-
	消費型GNSS若設置費用可較為便宜應可有效引進坡地社區使用，但其資料傳輸及準確性是否較為有所差異，另相關監測警戒值及行動值應有所依據，以利社區使用上之判斷。	感謝委員肯定，目前GNSS的資料傳輸均仰賴4G無線網路傳輸與設備設置環境通訊號有關。另期末階段會再針對應用面加強論述，並盡可能提供合適的管理原則。	第三章、第五小節、第(壹)次節
莊委員叡	利用新興技術監測坡地社區是很好的發展趨勢，應作為未來發展的方向之一。	感謝委員肯定。	-
	目前期中進度安裝了兩台GPS於潛在滑動量最大的地方，後續若經費規劃上允許，可於不同的區域多增加監測儀器。	感謝委員指教，考量到本計畫執行目標之定位，今年僅優先規劃裝設3站設備於試驗場域，藉此評估山坡地社區監測的可行性，若要增設更多設備將需回歸到完整的邊坡調查工作做更完善的大範圍規劃。	-
	此實證研究案主要目的之一是測試與實證利用低價GPS監測坡地社區之可行性，執行團隊應整理各項應注意的事項與會影響定位精度的細節，以作為後續參考之用。	感謝委員指教，有關GNSS建站確實存在許多限制與細節，相關標準化流程會在期末階段加強說明。	第三章、第二小節、第(伍)次小節
主席	建議團隊以解決問題為導向，多運用	感謝委員指教，除了目前既有的	-

出席人員	意見	回應說明	章節/頁碼
	跨領域思維，思考如何落實山坡地社區的 GNSS 監測，這也是合併兩案共同審查的重要目的。	推廣計畫，願配合建研所安排與既有的社區推廣計畫共同合作研議合適的導入方案。	
	建議團隊可多加著墨如何與政策面和法規面進行搭配推廣，相關專業諮詢可安排工作會議與建研所進行討論。	感謝委員指教，有關政策面、法規面之相關專業，會在安排相關會議向建研所請益。	-

附錄四 第二次專家座談會議

附
件
一

內政部建築研究所

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

第二次專家座談會

會議主題：GNSS 地表位移監測社區落地
-設備裝設原則與管理政策研析

壹、時間：111 年 9 月 29 日(星期四) 下午 02:00~03:30

貳、地點：採視訊及實體會議併行

參、報告單位：興創知能股份有限公司

肆、主持人：沈哲緯 部長

伍、議程：

項次	議程	時間
1	主席致詞與介紹	下午 02:00~02:10
2	專家座談會簡報—王禹翔 課長	下午 02:10~02:40
3	議題討論	下午 02:40~03:20
4	會議總結與臨時動議	下午 03:20~03:30

陸、計畫緣由：

臺灣山地佔國土比例高達70%，在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。在土地的過度開發與不當利用、水土保持設施年久失修老化、極端降雨與地震事件的影響下，坡地潛在風險日益增高，經常造成山崩落石、邊坡滑動、

土石流及地基淘刷等嚴重災害。然山坡地社區安全議題雖已探討多年，也早發展出許多因地制宜的自動化設備，如雨量計、水壓計、裂縫計、傾斜計與地中傾斜管等，每種應用都有其監控需求，上述設備大多作為安全監控的最後防線，針對高風險設施進行嚴密監控，必要時則根據觀測預警結果以工程手段來抑制。但既有的監測方案中尚且缺少長時間尺度的地表位移觀測機制，以做到更早的趨勢因應與大面積監控，致使需要導入衛星導航系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)加強坡地安全監控的活用性。

為了提升坡地安全長時間尺度的全域監控能力，且近幾年消費型GNSS晶片蓬勃發展，逐漸成為具有優勢、低成本且適用於坡地社區監測之GNSS-IoT自動化監測設備，本計畫應用國內已有的雙頻多星系GNSS設備研發技術成果，於坡地社區試行地表變形監測整合技術之研究，研析適用於坡地監測之主要定位解算方法，包含靜態測量(Static)、動態測量(Kinematic)等監測技術之文獻蒐整與研析，並盤點擇定一處合適的坡地社區案場，依據過往的現地調查結果，在通訊、電力與透空無虞的環境下，為潛在崩移的社區地基，完成3站實地設備安裝與觀測數據之採集後，根據前述的解算策略完成精密定位測量；參照國內外既有GNSS數據監測處理方法，比較靜態測量(Static)與動態測量(Kinematic)的測量精度與差異，由時序觀測數據計算常見位移監測指標，評估待測社區地表位移之具體現況，配合建研所「山坡地社區智慧防災系統可行性研究-邊坡智能感測暨雲端運算」相關研究成果，初擬異常行動管理門檻，達成早期警戒目的。

本次專家座談會主題延續前一次專家座談會內容進行討論與研究分析，擬訂為「GNSS地表位移監測社區落地-設備裝設原則與管理政策研析」。針對上述主題，邀請專家學者就此進行討論並惠賜意見，以供計畫後續執行參考。

附件
二

內政部建築研究所

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

第二次專家座談會邀請專家學者名單

專家學者	職稱	服務單位
徐乙君	博士後研究員	國立中央大學 太空及遙測研究中心
張博璋	技師	銘美工程技術顧問有限公司
梁成兆	專門委員	臺北市政府工務局大地工程處
景國恩	副教授	國立成功大學 測量及空間資訊學系
盧志恆	博士後研究員	中央研究院 環境變遷研究中心
盧昭宏	科長	內政部營建署

註：上表順序依姓氏筆畫排列。

建研所 111 年度坡地社區智慧防災系統研發及實證研究專家座談會會議記錄

壹、開會時間：111 年 9 月 29 日(星期四)下午 14 時整

貳、開會地點：建研所 13 樓會議室暨 Microsoft Teams 線上會議

參、主席：興創知能股份有限公司 沈部長哲緯

肆、出(列)席者及單位：如簽到表 紀錄：吳笙緯

伍、主席致詞(略)

陸、委員與專家學者建議事項：

一、盧委員志恆

1. 目前已裝設許多 GNSS 測站點，除了從實際觀測資料進行數據分析外，是否也能夠從邊坡滑動、地表位移等對當地建築物有安全疑慮之現象，進行相關科學分析與比較。
2. 目前 GNSS 設備幾乎都是安裝在地質敏感區，是否能在此敏感區外找到相對穩定之基準點進行同步監測，以利制定更多可參考或分級之門檻值。

二、景委員國恩

1. 日前 Shamen-net 的研究中，印象中有透過深度學習或機器學習方法去分析設置一示範區域的注意值、警戒值等，建議團隊可進一步參考應用。
2. 目前團隊所安裝的 GNSS 設備，是否能真實反應邊坡滑動情形，同時，簡報中所提到的注意值等閾值是如何訂定的，建議可補充說明。

三、徐委員乙君

1. 在簡報中有提到短時間的注意值設計，長時間的監測是否也能套用相同標準，又或需要另外設計，請團隊確認。
2. 在 GNSS 設備安裝點位週邊的建築物或是地表，是否有發現與

監測數據相似的位移現象，以利交叉驗證監測數據。

四、梁委員成兆

1. 團隊所監測到的數據，要如何進行解讀？如果發現到有明顯位移，後續該如何執行？如通報各級機關、加強巡邏等，建議團隊可再與建研所進行研討。
2. 現階段許多施工計畫已有默契，比如避免大挖或深挖之工法來降低工程建造風險，團隊之研究成果，如目標社區的地表位移情況、注意值設計等，建議可回饋至新的土地開發案作為施工之參考。

五、盧委員昭宏

1. 依照目前山坡地雜項執照審查流程，檢核小組在進行審查時，監測系統(如地下水位監測、坡面穩定工程監測)亦屬強制監測之項目，相關法令都逐漸完善並與時俱進，提供團隊參考。
2. 無論是新成案之開發還是增建開發所依據之法律，基本上需參照中央法規標準法第 18 條，原則上適用「從新從優原則」，但新法規有反對規定，或舊法規違背新法規精神時，自不在此限，又從新從優原則之適用，仍應一體適用該法規，不得割裂適用。
3. 開發案在進行審查時，若建築敏感區位於建築基地外，需評估是否會影響到建築基地，若會影響確實需一併納入考慮。
4. 團隊開發之 GNSS 監測系統，目前基本上都是安裝在山坡地住宅區，若要納入公寓大廈評鑑獎勵規範中，需先考慮此系統是否有唯一性、必要性與不可取代性，才能進行後續規劃。
5. 依照公寓大廈管理條例第 53 條，若各社區共同使用該監測系統的話，即使超出單一社區範圍，仍屬公寓大廈管理條例的範疇。

柒、執行團隊回應：

一、王課長禹翔

1. 注意值、警戒值等規範需要因地制宜，Shamen-net 利用 AI 方法訂定之閾值目前也無法實地應用於臺灣場域。日本各區域有各自的注意值初始值，須透過至少一年以上的監測資料計算後方能應用，無法一蹴可幾。
2. 發現地表位移活動不尋常時，由於無法直接讓居民離開，因此需考慮強化住戶與相關單位之資訊即時交換，或是建立完善維護機制、技師巡查與補強等作為。
3. 目前注意值得設計是使用監測資料解算出來的兩倍標準差作定義，這同時也代表著符合監測靈敏度的有效數值；而長時間的注意值則要等待資料數量累積達一定程度後，方能進行進一步分析。
4. 目前並無觀察到 GNSS 設備周圍建築物有明顯變化，期末報告將會補充說明設備之敏感性測試結果。

二、沈部長哲緯

1. 由於地質法所規定的地質敏感區，並無考慮建築管理或行政管理的界線(如基隆、新北交界處的地質敏感區)，在法律上該如何規範其適用性、對應圖資跟法規等，會在與建研所業務單位進行後續探討。
2. 現行之地表位移監測設備大部分皆為人工監測，針對地表大規模自動監測目前並無較妥善之方案，本團隊未來希望透過 GNSS 大規模監測、搭配雷達衛星 SAR 影像進行近即時之廣域監測。

捌、建研所建議事項：

一、王博士鵬智

1. GNSS 設備之設置點位篩選機制與目的與過往山坡地監測設備不太一樣，未來建議團隊需建立佈站標準與選點 SOP，以加強後續管理。
2. 無論是研究成果、分析流程或是佈站 SOP 等，都建議團隊納入期末成果報告中，以利後續其他業務單位使用。

二、王組長順治

1. 建議團隊可從多方角度審視開發出來之 GNSS 監測系統，像是產品面、制度面及政策面，並考量其優缺點與利弊。
2. 為使研究成果順利推廣，建議團隊可從專業與非專業的角度切入，並結合各單位需求，提供相對應服務。

玖、主席結論：

1. 針對 GNSS 佈站設置原則，確實須審慎注意相關用詞，避免產生不必要之負面影響。
2. 監測數據與注意值、警戒值等之間關係，本團隊應在期末報告中補充說明。
3. 若需要進一步法律相關諮詢，建議尋找相關專業人員協助，並與建研所內同仁確認與研議，避免不必要之誤解。
4. 此監測系統，未來可推廣至更多實際應用層面，如國土永續發展、工業園區監測、林班地暫存建物等，團隊可多加涉獵了解。

拾、散會：下午 16 時整

內政部建築研究所坡地社區智慧防災系統研發及實證研究專家
座談會會議簽到表

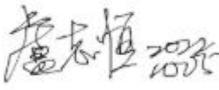
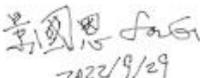
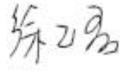
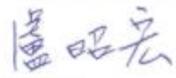
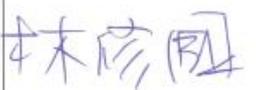
壹、時間:111年9月29日14時

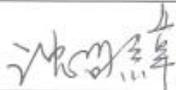
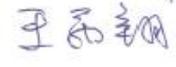
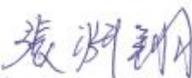
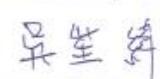
貳、會議地點:採 Teams 視訊及實體會議併行

參、主席:

肆、出(列)席人員:

記錄:吳筌緯

單位	姓名	簽名	備註
中央研究院 環境變遷研究中心	盧志恆		
國立成功大學 測量及空間資訊學系	景國恩		
國立中央大學 太空及遙測研究中心	徐乙君		
臺北市府工務局 大地工程處	梁成兆		
內政部營建署	盧昭宏		
內政部建研所	王順治		
內政部建研所	王鵬智		
國立海洋大學 通訊與導航工程學系	林修國		

單位	姓名	簽名	備註
興創知能股份有限公司	沈哲緯		
	王禹翔		
	張淵翔		
	吳笙緯		

THINKTRON 111年09月29日

內政部建築研究所

坡地社區智慧防災系統研發及實證研究

GNSS地表位移監測社區落地
-設備裝設原則與管理政策研析

第二次專家座談會會議

計畫共同主持人
王禹翔 事業一部二課 課長

THE GLOBAL GOALS

團隊成員：沈麗輝 部長(計畫主持人)、林修齊 副教授、張翔翔 產品分析師、吳聖騰 產品工程師

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

計畫緣起目的

場景需求 + 技術背景

需求：坡地社區監測需求

警戒：遠坡監測管理複雜

危機：居住安全潛在危害

技術：既有技術無法滿足

成本：消費級晶片成本低

案例：國內外案例之實現

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

本計畫期程表

甘格圖

工作項目	技術開發 監測測試 系統建置 應用落地												備註	
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月		
1. GNSS定位解算技術研析	█													
2. 示範環境GNSS監測測試		█												
3. 時序監測數據分析與驗證						█								
4. 即時運算服務系統之建置			█											
5. 研議技術落地與防災作為													█	
6. 專家座談會													█	
7. 報告提交													█	
預定進度(累積數)	5	10	15	20	30	50	55	65	85	92	97	100		

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

委員意見綜整

- 未來可搭配遙測影像進行大範圍的選址評估。
- 設計符合坡地社區的專業量表評估建站數量。
- 觀測設備安裝需符合本計畫之標準作業流程。
- 設備應定期維護以確保符合應有的量測精度。
- 從觀測資料變為警戒資訊的原則應謹慎面對。
- 透過廣泛討論尋找監管單位合適的管理對策。

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

大綱

- 壹 歷史狀況盤查
- 貳 社區專業量表
- 參 設備安裝評估
- 肆 資料維護分析
- 伍 警戒應用研究
- 陸 管理對策討論

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

壹、歷史狀況盤查

新北坡地社區敏感區調查

新東法人中興工程顧問社, 2014

案例社區佔地面積：約27公頃
案例社區竣工年份：1968年

2-1 編號002-1 關注敏感區

優先關注敏感區第一類：穩定環境地质灾害(包含岩屑崩滑)

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

壹、歷史狀況盤查

新北坡地社區敏感區調查

新東法人中興工程顧問社, 2014

優先關注敏感區基本條件調查表

編號	名稱	地址	中(高)層	高度	備註
1	坡地社區	坡地社區(約佔27公頃)	中(高)層	15-25公尺	坡地社區(約佔27公頃)
2	坡地社區	坡地社區(約佔27公頃)	中(高)層	15-25公尺	坡地社區(約佔27公頃)
3	坡地社區	坡地社區(約佔27公頃)	中(高)層	15-25公尺	坡地社區(約佔27公頃)

優先關注敏感區基本條件照片

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

壹、歷史狀況盤查

新北坡地社區敏感區調查

新東法人中興工程顧問社, 2014

案例社區佔地面積：約27公頃
案例社區竣工年份：1968年

2-1 編號002-1 微兆位置關聯

TTL202 002-1-N1 自然崩塌微兆
002-1-M4 人工填坡微兆
002-1-B3 建築物及路面微兆

TTL203 002-1-M1 人工填坡微兆
002-1-M2 人工填坡微兆

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

壹、歷史狀況盤查

TTL202 自然邊坡微兆表

● 人、人、通、地、地、地：002-1-020
 ● 人、人、通、地、地、地：002-1-020
 ● 人、人、通、地、地、地：002-1-020

項目	類別	中(%)	高(%)
1. 自然邊坡	<3m	30-50% (17.5m)	>50% (40%)
2. 自然邊坡	<3m	30-50% (17.5m)	>50% (40%)
3. 自然邊坡	<3m	30-50% (17.5m)	>50% (40%)



002-1-N1 自然邊坡微兆

紅雲法人中興工程顧問社, 2014

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

壹、歷史狀況盤查

TTL202 人工邊坡微兆表

● 人、人、通、地、地、地：002-1-020
 ● 人、人、通、地、地、地：002-1-020
 ● 人、人、通、地、地、地：002-1-020

項目	類別	中(%)	高(%)
1. 人工邊坡	<3m	30-50% (17.5m)	>50% (40%)
2. 人工邊坡	<3m	30-50% (17.5m)	>50% (40%)
3. 人工邊坡	<3m	30-50% (17.5m)	>50% (40%)



002-1-M4 人工邊坡微兆

紅雲法人中興工程顧問社, 2014

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

壹、歷史狀況盤查

TTL202 建築物與路面微兆表

● 人、人、通、地、地、地：002-1-020
 ● 人、人、通、地、地、地：002-1-020
 ● 人、人、通、地、地、地：002-1-020

項目	類別	中(%)	高(%)
1. 建築物	<3m	30-50% (17.5m)	>50% (40%)
2. 建築物	<3m	30-50% (17.5m)	>50% (40%)
3. 建築物	<3m	30-50% (17.5m)	>50% (40%)



002-1-B3 建築物及路面微兆

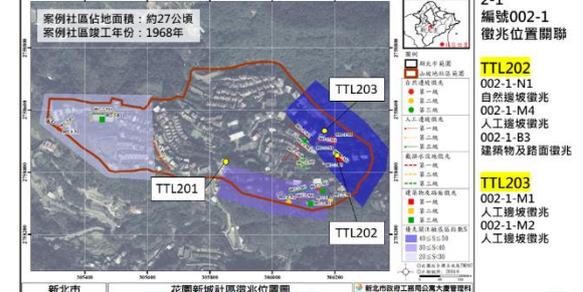
紅雲法人中興工程顧問社, 2014

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

壹、歷史狀況盤查

TTL203 編號002-1 徵兆位置關聯

● 人、人、通、地、地、地：002-1-020
 ● 人、人、通、地、地、地：002-1-020
 ● 人、人、通、地、地、地：002-1-020



2-1 編號002-1 徵兆位置關聯

紅雲法人中興工程顧問社, 2014

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

壹、歷史狀況盤查

TTL203 人工邊坡微兆表

● 人、人、通、地、地、地：002-1-020
 ● 人、人、通、地、地、地：002-1-020
 ● 人、人、通、地、地、地：002-1-020

項目	類別	中(%)	高(%)
1. 人工邊坡	<3m	30-50% (17.5m)	>50% (40%)
2. 人工邊坡	<3m	30-50% (17.5m)	>50% (40%)
3. 人工邊坡	<3m	30-50% (17.5m)	>50% (40%)



002-1-M1 人工邊坡微兆

紅雲法人中興工程顧問社, 2014

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

壹、歷史狀況盤查

TTL203 人工邊坡微兆表

● 人、人、通、地、地、地：002-1-020
 ● 人、人、通、地、地、地：002-1-020
 ● 人、人、通、地、地、地：002-1-020

項目	類別	中(%)	高(%)
1. 人工邊坡	<3m	30-50% (17.5m)	>50% (40%)
2. 人工邊坡	<3m	30-50% (17.5m)	>50% (40%)
3. 人工邊坡	<3m	30-50% (17.5m)	>50% (40%)



002-1-M2 人工邊坡微兆

紅雲法人中興工程顧問社, 2014

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

大綱

- 壹 歷史狀況盤查
- 貳 社區專業量表
- 參 設備安裝評估
- 肆 資料維護分析
- 伍 警戒應用研究
- 陸 管理對策討論

紅雲法人中興工程顧問社, 2014

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

貳、社區專業量表

社區現況安全評估：依據既有坡地社區評估報告確認潛在危險區域，並安排基本調查與現況評估，確認影響範圍與建議建議數量。

設備安裝意願溝通：安裝區域屬於私有土地，必須詳細溝通了解需求後取得同意，才能確認安裝數量與進場施工。

設備配置規劃設計：天線盤安裝基礎需要應避免傾倒、環境透空度不宜低於50%，電力與通訊應確認是否穩定。

社區整體評估		站點安裝評估	
評估問題	評估回覆	評估問題	評估回覆
潛在危險區影響戶數 (估計總數約：不在此區內)	三戶以下 (至少2站)	鄰近住戶安裝意願	有/無
	三至十戶 (至少5站)	有無合適樁位位置	有/無
	十戶以上 (5站以上)	環境透空 (50%以上)	有/無
社區管委會安裝意願	有/無	電力有無	有/無
是否已存在既有監控	有/無	通訊有無	有/無

紅雲法人中興工程顧問社, 2014

THINKTRON
雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

大綱

- 壹 歷史狀況盤查
- 貳 社區專業量表
- 參 設備安裝評估
- 肆 資料維護分析
- 伍 警戒應用研究
- 陸 管理對策討論

17

THINKTRON
雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

參、設備安裝評估

安裝意願溝通之基礎

2-1 編號002-1 徵兆位置關聯

- TTL202**
002-1-N1 自然邊坡徵兆
002-1-M4 人工邊坡徵兆
002-1-B3 建築物及路面徵兆
- TTL203**
002-1-M1 人工邊坡徵兆
002-1-M2 人工邊坡徵兆

新北市 新店區 柑坑里 花園新城社區徵兆位置圖
編號：(新店區花園二路1段1801(桃李樓))

18

THINKTRON
雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

參、設備安裝評估

2022/03/17 拜訪調查、2022/03/21 同意安裝

現地調查與社區溝通

- 潛在危險區影響戶數
- 社區管委會安裝意願

19

THINKTRON
雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

參、設備安裝評估

TTL202 調查

2022.09.07 於車道邊

20

THINKTRON
雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

參、設備安裝評估

TTL203 調查

2022.09.07 於車道邊

21

THINKTRON
雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

參、設備安裝評估

設備透空度

30度仰角透空狀態	良好	尚可	普通	偏差	極差
電氣設備透空比例	100~85%	85~70%	70~50%	50~30%	30~0%

- 透空良好，訊號良好，資料可靠度高。
- 透空極差，訊號不穩，資料可靠度低。

170度 仰角仰角 (horizon 17 min)

22

THINKTRON
雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

參、設備安裝評估

建站評估表

社區現況安全評估：依據既有坡地社區評估報告確認潛在危險區域，並安排基本調查與現況評估，確認影響範圍與建站建議數量。

設備安裝意願溝通：安裝區域屬於私有土地，必須詳細溝通了解需求後取得同意，才能確認安裝數量與進場施工。

設備配置規劃設計：天線安裝基礎需要穩固避免傾倒，環境透空度不宜低於50%、電力與通訊應確認是否穩定。

社區整體評估		站點安裝評估 TTL203 站	
評估問題	評估回覆	評估問題	評估回覆
潛在危險區影響戶數 (依申請區劃定，不含申請區外)	三戶以下 (至少2站)	鄰近住戶安裝意願	有 無
	三至十戶 (至少5站)	有無合適基樁位置	有 無
	十戶以上 (5站以上)	環境透空 (50%以上)	有 無
社區管委會安裝意願	有 無	電力有無	有 無
是否已存在既有監控	有 無	通訊有無	有 無

23

THINKTRON
雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

大綱

- 壹 歷史狀況盤查
- 貳 社區專業量表
- 參 設備安裝評估
- 肆 資料維護分析
- 伍 警戒應用研究
- 陸 管理對策討論

24



THINKTRON 雙頻多星系GNSS地地位移監測技術應用

大綱

- 壹 歷史狀況盤查
- 貳 社區專業量表
- 參 設備安裝評估
- 肆 資料維護分析
- 伍 警戒應用研究
- 陸 管理對策討論

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地地位移監測技術應用

伍、警戒應用研究

由台灣監測案例探討邊坡位移量之管理值

國內外文獻研究

項目	國內文獻研究	國外文獻研究
管理值訂定權	由業主或委託單位訂定	由業主或委託單位訂定
警戒值	由業主或委託單位訂定	由業主或委託單位訂定
警戒值	由業主或委託單位訂定	由業主或委託單位訂定

● 邊坡位移管理值彙整 管理值移率變化大

● 國內邊坡個案位移統計 與國內移率差異大

案別	滑動型態	地與最大滑移速率 (cm/日)	說明
蘆山區保北個邊坡(T4)	地層滑動 (深層滑動)	3.20	自動監測 現況河無入淤塞
基隆區德林紅區(T16)	圓筒滑動 (平面滑動)	1.81	自動監測
汐止區大文山 (即環邊坡 (圓筒滑動)	圓筒滑動 (圓筒滑動)	0.04	設置前哨天量測 (圓筒發生前緣)
汐止區大文山 (即環邊坡 (圓筒滑動)	圓筒滑動 (圓筒滑動)	2.24	警報區崩塌、前已緊急補強穩定

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地地位移監測技術應用

伍、警戒應用研究

由台灣監測案例探討邊坡位移量之管理值

國內外文獻研究

案別	案名	地點	監測設備	管理值	警戒值	備註
T1	蘆山區保北個邊坡(T4)	基隆市	GNSS	3.20 cm/日	1.81 cm/日	自動監測
T2	基隆區德林紅區(T16)	基隆市	GNSS	1.81 cm/日	0.04 cm/日	自動監測
T3	汐止區大文山 (即環邊坡)	汐止區	GNSS	2.24 cm/日	0.04 cm/日	警報區崩塌、前已緊急補強穩定

比較臺灣&日本 邊坡管理作為

邊坡種類多、清除差異大、管理難統一、多設備共法

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地地位移監測技術應用

伍、警戒應用研究

資料觀測現況

注意值設計

- 短時間：連續24小時平均位移，超出水平方向2公分，或鉛直方向4公分。
- 長時間：連續1季(3個月)位趨勢累積變化高達±2公分/年。

訊號良好且解算無誤的前提下，以設備本身的靈敏度為基準，若達上述原則(兩倍靈敏度範圍)，建議安排進行區域調查，檢查是否出現其他危險徵兆，並盡早防範處置。

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地地位移監測技術應用

大綱

- 壹 歷史狀況盤查
- 貳 社區專業量表
- 參 設備安裝評估
- 肆 資料維護分析
- 伍 警戒應用研究
- 陸 管理對策討論

THINKTRON 雙頻多星系GNSS地地位移監測技術應用

陸、管理對策討論

法律規範複雜且銜接不易

非都市土地開發相關法令

- A. 地政法系
 - 區域計畫法及其施行細則
 - 非都市土地使用管制規則
 - 非都市土地開發審議作業規範
- B. 建築法系
 - 建築法
 - 實施區域計畫地區建築管理辦法
 - 山坡地建築管理辦法
 - 建築技術規則
 - 綠建築設計技術規範
- C. 水保法系
 - 水土保持法及其施行細則
 - 水土保持技術規範
 - 山坡地保育利用條例
- D. 環評法系
 - 環境影響評估法及其施行細則
 - 開發行為應實施環境影響評估項目及範圍認定標準

THINKYRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

陸、管理對策討論

土地開發流程複雜且繁瑣

各類土地開發審議流程

第一級 環境敏感地區：以加強資源保育與環境保護及不破壞原生環境與景觀資源為保育及發展原則。
第二級 環境敏感地區：若單案由環境敏感地區對於開發行為的承受力有限，為兼顧保育與開發，及適當條件，規範該類土地開發。

註：非都市土地申請區內開發之核准、建築執照等，需經都市計畫委員會或都市計畫委員會委託之專業評估機構進行評估後，由縣市政府核准之。

33

THINKYRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

陸、管理對策討論

環境評估法源依據來源多

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、野生動物保育法、自然保護區設置管理辦法、森林法、海岸管理法、濕地保育法
	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、水庫蓄水範圍使用管理辦法、森林法、區域計畫法、溫泉法、漁業法、農業法、區域計畫法施行細則
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、嚴重地層下陷地區劃設作業規範、海堤管理辦法、災害防救法、山坡地保育利用條例、水土保持法、區域計畫法
	生態敏感	海岸管理法、區域計畫法、濕地保育法
	文化景觀敏感	文化資產保存法、地質法、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	氣象法、電信法、民用航空法、噪音管制法、核子反應器設施管制法、公路法、大眾捷運法、鐵路兩側禁建限制辦法、國家安全法、重要堡壘地帶法...等	

34

THINKYRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

陸、管理對策討論

山坡地開發審議流程

規畫土地階段 | 開發許可階段 | 變更辦理及建築許可階段

申請人：填寫申請書文件、申請書、開發計畫書、環境影響評估報告、水土保持相關附件

縣市政府：區區計畫委員會(委託審查)審議、核發土地開發許可

變更後目的事業主管機關：分地環境影響評估水土保持規劃條件

環境保護主管機關：辦理環境影響評估

水土保持主管機關：辦理水土保持規劃條件

縣市政府：核發開發許可、核發建築執照、核發使用執照

申請人：申請水土保持計畫書、向縣市政府申請建築執照或雜項執照

縣市政府：核發建築執照或雜項執照

申請人：申請水土保持完工證明書

縣市政府：核發水土保持完工證明書

35

THINKYRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

陸、管理對策討論

山坡地開發審議流程

規畫土地階段 | 開發許可階段 | 變更辦理及建築許可階段

案例：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**永久性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包含：

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、護土護坡等水保設施相關施工圖說及其管理維護計畫
6. 緊急應變防災計畫等內容

36

THINKYRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

陸、管理對策討論

地表位移監測扮演之角色

1. 建照申請階段：若符合**環境敏感地區**(地質敏感區或土石流潛勢...)是否將地表位移監測列為必要之評估?
2. 若既有社區位於地質敏感區且要進行開發，在**時間軸上應適用舊法或新法**? 亦或者優先遵照何種法律或準則?
3. 新建社區若延伸區域為地質敏感區，在**建築線界之劃分問題**上，線外延伸範圍若影響線內區域，該如何從法律上規範?
4. 發給住戶使用執照後，是否能夠將GNSS設備裝設，納入未來**公寓大廈評鑑之獎勵**規範中?
5. 單一獨立社區雖符合相關土地安全法律規範，但要如何轉換成大範圍**聯合坡地防制**作為?

37

THINKYRON 雙頻多星系GNSS地表位移監測技術應用

THANK YOU

計畫共同主持人
王禹翔 事業一部二課 課長

團隊成員：沈首謙 部長(計畫主持人)、林修國 副教授、張翔翔 產品分析師、吳生輝 產品工程師

38

附錄五 期末審查意見回覆

出席人員	意見	回應說明	章節/頁碼
梁委員成兆	<p>本案預完成工作項目，如 GNSS 解算技術研析、安裝設備及數據採集、運算系統建置等，皆有相關成果呈現，值得肯定。至於研議本技術落實應用於坡地防減災之作為與監測，建議加強論述，強化未來可能性之分析。</p>	<p>感謝委員肯定，成果報告書將加強相關論述於技術落實減災之應用機制章節。</p>	<p>第三章、第五小節、第(參)次小節</p>
	<p>本案針對有徵兆之地點監測，監測數字代表意義為何？建議說明清楚。另本案監測似有異於邊坡破壞監測，但後續監測數據如何運用，建議補充說明。</p>	<p>感謝委員提醒，GNSS 乃衛星大地測量，監測數據代表設備所在位置的地表位移趨勢，隨著監測點位的增加，點位移趨勢能擴及到面位移趨勢，能作為自然邊坡、人工邊坡或社區結構物破壞徵兆判斷的參考，進一步從常態位移趨勢中找出異常滑動徵兆，達到減災監測之目標。</p>	<p>如表 3-3、表 3-4</p>
	<p>監測點位之擇定，除了住戶意願外，是否先初判風險因子(如邊坡滑動、擋土老舊、填方下陷...等)，提升管理值及行動值研擬之可行性。</p>	<p>感謝委員建議，本計畫選址不單依據住戶之意願，更仰賴坡地社區過往的風險徵兆調查記錄，以及現場電力網路合宜且施工穩固的基樁安置位置而定。多方考慮監測點位確保資料可用性，方能作為管理值與行動值研擬之參考。</p>	<p>-</p>
	<p>監測數據之蒐集，如不先假設邊坡破壞機制，數據能否作為警示？建議說明。另如廣布測站，跳脫邊坡破壞機制之探究，就其他因子(如坡度、擋牆高度、建物年份、填方或挖方平台...等)分析，或許亦可分析出其他成果，建議思考。</p>	<p>感謝委員建議，就現有的調查紀錄來看，本計畫示範社區之邊坡破壞機制仍舊不易判定與假設，也非計畫研究之範疇。因此僅能由地表變形徵兆切入，跳脫邊坡破壞機制之探究，其他結構設施之關係因子也確實可納入未來新建設備之依據。</p>	<p>-</p>
	<p>現行建築開發相關審查機制(例如都市設計及土地開發審議、山坡地加強</p>	<p>感謝委員建議，後續將做為成果報告書之建議，提供未來執</p>	<p>第四章、第一小節</p>

出席人員	意見	回應說明	章節/頁碼
	雜項執照審查等機制),建議從政府管理及民眾角度思考,針對關注點位鼓勵設置監測設施。	行之方向。	
	期中報告審查回應,建議針對問題精確答覆,並標註相應內文之章節頁碼。	感謝委員指教,相關遺漏之處會再成果報告完善答覆。	-
陳委員昭雄	本研究案已完整根據工作計畫完成研究,並有具體結論。	感謝委員肯定。	-
	工作項目之觀測數據採集時間,P1(3個月)、P2(6個月)不一致。	感謝委員提醒,經確認應依照契約工作項目之要求蒐集至少六個月的觀測數據,不一致之處已配合改。	第三章、第三小節
	因本研究之 GPS 設備係用林修國老師開發之產品,P3 流程圖請刪除”設備及技術開發”項目。	感謝委員指教,本計畫設備韌體雖主要由林修國老師所開發,但為了滿足社區監測之需求團隊仍針對硬體骨幹、設備機箱做相應的開發設計,論述上並無衝突。	-
	結論請依本計畫預計達成目標加以分項說明。如不同解算策略之比較結果及建議。	感謝委員提醒,成果報告書將會配合調整與修正。	第三章、第一小節、第(參)次小節
	期中報告審查意見未說明部分 1. 系統整體費用 2. 系統已完工,是否已提建研所及社區使用。	感謝委員提醒,有關示範社區設備建置之費用均已列於經費花用規劃提供給建研所。針對未來新建(或維運)費用規劃與資料串接之系統操作說明將另外補充於成果報告書內,唯目前已提供初版與社區進行需求確認與操作介紹。	第三章、第五小節、第(參)次小節
王委員鵬智	設備安裝的 SOP、評估的表格或手冊、表 3-3、3-4 等,能否適用其他社區。	感謝委員指教,本計畫研擬之社區監測評估表,表格規劃主要取自團隊過去數個場域監測之經驗,希望盡可能簡化評估困難度,但未來若遇到無法適用的情況建議仍需搭配專業技	-

出席人員	意見	回應說明	章節/頁碼
		師共同會勘做出合適的建站建議。	
	法規的應用建議與地方政府再討論可行性。	感謝委員建議，後續將針對成果報告書之建議進行調整，提供未來充分討論與實際執行之方向。	第四章、第一小節
	請再補充平台的介接與應用。	感謝委員提醒，本計畫已將相關資料介接整合至「建研所人工邊坡智慧監控系統」，相關操作說明與後續應用將於成果報告書中詳加補充。	第三章、第四小節
	設置費用為何？	感謝委員提醒，有關示範社區設備建置之費用均已列於經費花用規劃提供給建研所。針對未來新建(或維運)費用規劃則將額外補充於成果報告書。	第三章、第五小節、第(參)次小節
林委員自勤	P26 的圖 3-3 與 Page27~28 都有提到「徵兆分級」字句，請述明分級定義以利判斷狀況。	感謝委員提醒，相關內容乃摘至新北市工務局委託計畫，相關內容會再確認文獻後補充至成果報告書。	如表 3-3、表 3-4
	P30 的「...確認有顯著影像的潛在戶數，...」是否是「...確認有顯著影響的潛在戶數，...」。	感謝委員指教，已修正文字錯誤。	-
	P31 的下方往上數第五行「...規劃的 GNSS 點為分布如錯誤！找不到參照來源。」應是參照錯誤，請修正？又為何上一次版本的圖 3-3 與本次圖 3-3 不同？	感謝委員指教，已修正參照錯誤，並重新核對圖標與圖片內容。	-
	P41 的 TTL202 測站經過 9/17 與 9/18 地震後測出水平分量移動約 2 公分左右，鉛直分量約 5 公分左右，已達 Page 55 結論 5 所訂之注意值（水平 2 公分，鉛直 4 公分），請問後續的建議與處置如何？	感謝委員指教，由於地震的發生事出突然，系統端相關注意值的設計在當時也尚未完成開發。因此在事後發生後本團隊將資料分析結果通報於社區管委會，揭露量測結果並透過實際查訪了解是否有相應的災情發生。	第三章、第五小節、第(壹)次小節

出席人員	意見	回應說明	章節/頁碼
景 委 員 國 恩	表 2-2 社區 GNSS 監測評估專業量表的設計相當好，值得推廣。	感謝委員肯定。	-
	P25：請補充說明消費級晶片 ublox F9P 經過什麼樣的校正，才達成公分級的精度。	感謝委員指教，有關即時解算校正之演算法，因屬於林修國老師個人韌體研發不屬於本計畫範疇，因此僅能提供相關文獻無法詳述。	-
	P31：現場施工作業中，提及 (2) 地質穩固，無局部滑動之虞，請拿掉或修改；以及 (6) 站與站之間距離不宜過大(10 公里內)，且以均勻分布為佳，請修改。	感謝委員指教，已修正論述不宜之處。	-
	請說明 TTL201 基站之場域是否穩固。	感謝委員指教，自建站以來目前 RTK 的監測數據並未發現明顯的位移趨勢，預計監測的自然邊坡範圍也不包含基站位置，因此目前尚屬穩固。	-
	看起來 TTL202 與 TTL203 這兩個站，皆是按照固定/連續站的方式在設計，請問為何要將這兩站稱呼為移動站？	感謝委員建議，本計畫定義 RTK 主站與移動站，前者代表固定基準點(TTL201)，後者代表目標監測點 (TTL202、TTL203)，僅僅只是用詞上的不同，將再斟酌調整描述。	-
	根據 TTL202 與 TTL203 這兩個站 7-9 月這三個月的時間序列指出，此二測站的運動皆相當穩定。但是，由於這段時間恰逢雨季，請問這樣的結果是相對於基站 TTL201 的結果嗎？TTL201 本身是否沒有運動？是否有雨量資料或是地下水位資料或其他監測資料顯示這段期間，這個場址是穩定的？	感謝委員指教，如委員所見就資料分析結果未發現明顯的位移趨勢，接連的豪雨觀測資料確實可以持續關注比對，以提供管委會之運用。	-
	P41：對於地殼變形而言，2 公分與 5 公分之永久位移量是顯著的。由於 TTL202 和 TTL203 的位移型態並不一致，顯示這並非同震位移場，但是	感謝委員指教，經確認 TTL202 的觀測資料在地震發生之後朝西北方向出現瞬間變化，與向北的自然邊坡滑動面一致，應	-

出席人員	意見	回應說明	章節/頁碼
	<p>卻有可能是地震波導致之邊坡滑動。請問這兩站之位移方向，和現地地形坡度或是滑動面型態有一致嗎？或是單純儀器紀錄出問題？</p>	<p>為真實紀錄而非設備誤差。</p>	
	<p>在建議中有提及雷達衛星遙測的應用，但是請注意：(1)台灣植被茂盛，因此雷達訊號對於台灣邊坡監測會有很大的限制；(2)再者，本場址之坡向朝南，我也相當懷疑用雷達衛星遙測是否能合理的偵測到變形。</p>	<p>感謝委員指教，團隊清楚雷達遙測於地表變形之應用限制，相關建議論述將重新檢視調整。</p>	<p>第四章、第二小節</p>
	<p>利用測地技術進行邊坡監測，需要掌握面的變形資訊，而不是單點運動資訊，因此應建議廣布地表變形監測點。</p>	<p>感謝委員建議，若需要完整監控自然邊坡滑動狀態，多點位監測有助於強化滑動面觀測。然而考量到計畫預算與社區需求，本年度僅先安裝兩處的固定站做為示範，未來再視需求規畫合適的擴充方案。</p>	<p>-</p>
<p>盧委員</p>	<p>P13 敘述新店區粗坑里社區位置及範圍，「本社區長期列為內政部營建署安全檢查表之 A 級社區...」，查未列於山坡地社區安全分級表清冊，再次重申該位置近 10 年並無列管紀錄，遑論列為 A 級，此段文字請避免陳述或逕予刪除。依據政府資訊公開法第四章屬政府資訊公開之限制，建議避免陳述而招致不當利用及渲染，造成居民不安。</p>	<p>感謝委員提醒，已修正描述錯誤之處。</p>	<p>-</p>
<p>昭宏</p>	<p>P41 所敘之強烈地震事件是否易造成監測設備動態位移或變形而使監測設備損壞，進而導致分析結果誤差或失真的可能，此外，GNSS 設備在潮濕高溫氣候條件下之耐候性及使用年限，雖已回應「正常穩定之一定程度表現」，惟仍請完整清楚補充說明，因涉 P56 第二項建議「GNSS 設備廣佈監測應用」之可行性。</p>	<p>感謝委員指教，GNSS 乃衛星大地測量，監測數據代表設備所在位置的地表位移趨勢，其量測原理並不會因為受到地震事件而導致資料失真，若設備遭嚴重毀壞將直接無法運作。另有關設備耐候性之相關說明將於成果報告書中詳加補充。</p>	<p>第三章、第一小節、第(貳)次小節</p>

出席人員	意見	回應說明	章節/頁碼
	P56 是否「得於特定執照審照過程，使用強制或獎勵手段，加強申請自主監測之約束或意願」仍待本設備穩定度；精確性及效益驗證確定後，方有可能以修法方式納入。	感謝委員指教，本團隊除了持續精進設備可靠性，也將本計畫相關監測成果檢附於成果報告書，以提供未來相關政策推動討論與實際執行之方向。	第四章、第一小節
李委員幸芳	針對報告書內容無意見，期待此系統在經濟性的優勢下，可廣泛應用於山坡地社區，並有效發揮其功能。若有本系統在其他易致災害的地區之設備佈置，將會有更明確的成果(對照組)。	感謝委員肯定。考量到計畫預算與社區需求，今年僅能在一個示範社區進行監測，未來若有其他社區具備監測需求，今年的示範成果即可做為一明確的對照組，提升推廣應用之效益。	-
游委員振棋	本計畫運用低成本 GNSS 設備，透過定位解算技術研析、時序監測數據分析與驗證、即時運算服務系統之建置，完成一處位於坡地社區示範性監測成效良好，具備公分級觀測能力，具有實務應用價值，值得肯定。	感謝委員肯定。	-
	報告中圖 3-15、圖 3-16 目前呈現 3 個月資料，圖形中之年變化值(vel)如何估算建議補充說明。	感謝委員建議，由於今年度計畫設備監測未滿一年，因此年變化之計算是以現有的六個月資料換算推估年變化趨勢。	第三章、第三小節
	GNSS 觀測之地表位移對比目前常用監測儀器，性質上較接近傾斜觀測管、地表伸縮計與孔內伸縮計，注意值設計時建議可多參考此 3 類儀器相關文獻。	感謝委員建議，不同監測設備期監控機制對應變化並不相同，也由於示範社區內目前未同時有其他監測方案同步進行，因此無法進行比對，僅能以注意值定義相關動作。	第三章、第五小節、第(參)次小節
	因每個社區坡地樣態多元，制定通用位移變化管理值標準相當不易，報告中建議之短時間與長時間注意值設計以設備靈敏度考量，實務操作可能有困擾，管理值之訂定與設備建置位置建議由相關技師針對個別社區透過坡地安全分析成果訂定較為合理。	感謝委員建議，由於不同自然邊坡滑動機制、規模大小差異甚大難以一體適用，警戒值的訂定更是相當困難，因此本計畫注意值之設計主要希望透過位移監測結果之資訊揭露，進一步提醒相關設施擁有者保持警覺，做出相應的配套與減災	第三章、第五小節、第(參)次小節

出席人員	意見	回應說明	章節/頁碼
		作業。	
	PMG2 設備目前設備中之 4G LTE 是否已內建於設備中，資通訊設備是否符合目前規範，建議補充說明。	感謝委員指教，本計畫安裝之設備所採用的通訊模組為外接的 4G 網卡，係由台灣科技公司友訊科技(DLink)所生產，符合資安規範。	-
	PMG2 設備規格中之定位精度是否為 ZED-F9P 模組之精度，或是經過改良精進後之精度，建議補充說明。	感謝委員指教，運用 ZED-F9P 模組進行即時解算乃是為林修國老師個人韌體研發內容，改良之精度確實有應用於本計畫使用之設備。	P12
	建議補充 PMG2 設備運作之功率，以利規劃太陽能電源系統參考。	感謝委員指教，與設備相關之電需求將於成果報告書中詳加補充。	P12
	建議補充說明建置本系統所需之建置與維護經費。	感謝委員提醒，有關示範社區設備建置之費用均已列於經費花用規劃提供給建研所。針對未來新建(或維運)費用規劃將另外補充於成果報告書內。	第三章、第五小節、第(參)次小節
	目前坡地監測儀器之管理值標準精度多為 mm 等級，本案 GNSS 設備之精度為 cm 等級，應用範圍限制較多，建議後續可持續精進精度與降低建置成本。	感謝委員指教，本團隊除了持續精進設備可靠性，也將本計畫相關監測成果檢附於成果報告書，以提供未來相關監測工作推動與實際應用之方向。	-
主席	建議團隊應以性質面來思考如何透過本系統來強化社區防災意識，研析如何進一步適用於社區居民生活中，並且提供那些參考資訊回饋於民。	感謝委員建議，本計畫最重要的資訊在於提供山坡地社區相關在地化注意值，希望透過位移監測結果之資訊揭露，進一步提醒社區居民或者幹部，做出相應的配套與減災作業，未來在實際推廣與落地時，都會完整說明相關系統資訊服務內容。	-
	建議團隊同時應以推廣角度思考，在推廣本套系統時是否有考慮到其他自然因素，例如地震或強降雨造成之	感謝委員建議，在未來實際推廣與落地時，皆會具體說明本研究之限制與假設，並且基於	-

出席人員	意見	回應說明	章節/頁碼
	<p>邊坡不穩定等，亦或者基於何種預設情況下進行穩定度資訊提供?相關限制在對外推廣時，應特別說明清楚，避免造成不必要之衍伸性疑慮產生。</p>	<p>客觀之分析原則，提供相關技術諮詢服務。</p>	

附錄六 GNSS 設備規格說明

PMG2 GNSS Receiver

Rev. B

PMGNSS

PMGNSS International LTD.



SPECIFICATIONS

- 184 channels
- GPS L1C/A L2C, GLO L10F L20F, GAL E1B/C E5b, BDS B1I B2I, QZSS L1C/A L2C
- Position accuracy :

Static

Kinematic

Horizontal: 5 mm + 1ppm RMS Horizontal: 8 mm + 1ppm RMS

Vertical: 11 mm + 1ppm RMS Vertical: 15 mm + 1ppm RMS

Sample Rate up to 20 Hz (The highest navigation rate can limit the number of supported constellations) clear sky and GDOP<6

FEATURES

- ✓ Support 4G LTE
- ✓ Remote control functions: Receiver setting, raw data measurement, and positioning result download
- ✓ Support NTRIP: Single base and VRS (VBS)
- ✓ FTP: auto-download raw data measurement and positioning result
- ✓ User-friendly UI: Real-time position display, historical data query, and download using a web browser
- ✓ Get real-time position value by Web API
- ✓ LINE Notification: Receiver disconnection, displacement exceeds the threshold
- ✓ Support PPP and RTK individually or simultaneously

INTERFACES

USB	USB 2.0 x 4 ports
Ethernet	Gigabit Ethernet over USB 2.0 (maximum throughput 300Mbps)
Wireless	2.4GHz and 5GHz IEEE 802.11.b/g/n/ac wireless LAN
Bluetooth	Bluetooth 4.2; Bluetooth Low Energy(BLE)

*Low Power Consumption Version: **USB2.0X1** and No Physic Ethernet Port

PMGNSS

pmgness2019@gmail.com

附錄七 中英文對照表

中文	英文	解釋
應用程式介面	API (Application Programming Interface)	應用程式和應用程式之間的橋樑。
檔案傳輸協定	FTP (File Transfer Protocol)	在電腦網路上，客戶端和伺服器之間進行檔案傳輸的協定。
伽利略定位系統	GALILEO	是一套覆蓋全球由歐盟主導的導航定位系統。
全球導航衛星系統	GLONASS	是一套覆蓋全球由俄羅斯主導的導航定位系統。
衛星導航系統	GNSS (Global Navigation Satellite System)	是一套覆蓋全球由各國衛星共同組成的導航定位系統。
全球定位系統	GPS (Global Positioning System)	是一套覆蓋全球由美國主導的導航定位系統。
國際 GNSS 服務	IGS (International GNSS Service)	即時提供 GPS 數據和高精度衛星星曆的機構。
精密單點定位	PPP (Precise Point Positioning)	一種全球導航衛星定位系統 (GNSS) 定位方法。
精密星曆	Precise Ephemeris	刊載一個或多個天體每天特定時刻位置的數據表列。
實時動態技術	RTK (Real Time Kinematic)	一種全球導航衛星定位系統 (GNSS) 定位方法。
1997 臺灣大地基準	TWD97 (Taiwan Datum 1997)	是一套台灣專用的坐標系統。
速度場	Velocity Field	每一時刻、每一點上的速度矢量組成的物理場。

參考書目

以下參考書目按照時間進行排序：

中文部分

1. 財團法人中興工程顧問社，2014。山坡地社區災害風險管理委託專業服務案，新北市政府工務局。
2. 財團法人中興工程顧問社，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，內政部建築研究所委託研究報告。
3. 林修國，2016-2018。「新的 GNSS 與 Radar 技術與應用發展-新世代 GNSS 動態定位研究」，科技部計畫。
4. 財團法人中興工程顧問社，2017。山坡地社區智慧防災系統可行性研究—邊坡智能感測暨雲端運算，內政部建築研究所委託研究報告。
5. 吳順德、李孟羲，2017。「低成本 GNSS 即時動態定位系統之開發」，國立師範大學碩士論文。
6. 國立臺灣科技大學，2018。山坡地社區智慧防災系統精進—人工邊坡智能感測器研發與雲端系統擴充應用，內政部建築研究所委託研究報告。
7. 徐志磬，2018。「以低價 GPS 接收儀(GPS-721-MRTU)進行崩塌潛勢區地表位移監測」，國立中興大學碩士論文。
8. 明新科技大學，2019。坡地社區減災營造與智慧防災系統整合研發—預力地錨破壞監測及整體系統穩定性之強化，內政部建築研究所委託研究報告。

英文部分

1. Cina, A., & Piras, M. (2015). Performance of low-cost GNSS receiver for landslides monitoring: test and results. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 6(5-7), 497-514.
2. Biagi, L., Grec, F. C., & Negretti, M. (2016). Low-cost GNSS receivers for local monitoring: Experimental simulation, and analysis of displacements. *Sensors*, 16(12), 2140.
3. Odolinski, R., & Teunissen, P. J. (2017). Low-cost, high-precision, single-frequency GPS-BDS RTK positioning. *GPS solutions*, 21(3), 1315-1330.

附錄一

評選委員意見回覆

附錄二

第一次專家座談會議

附錄三

期中審查意見回覆

附錄四

第二次專家座談會議

附錄五

期末審查意見回覆

附錄六

GNSS 設備規格說明

附錄七

中英文對照表

參考書目

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

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：沈哲緯、王禹翔、賴子銘、吳笙緯、張淵翔

出版年月：111 年 12 月

版次：第 1 版

ISBN：978-626-7138-72-4