

99-77-7486

MOTC-IOT-98-H1DB008

全球衛星定位與自動化監測系統 在坡地防災之應用(3/4)



交通部運輸研究所

中華民國 99 年 5 月

99-77-7486

MOTC-IOT-98-H1DB008

全球衛星定位與自動化監測系統 在坡地防災之應用(3/4)

著 者：饒 正、林雅雯、洪本善、李秉乾
方耀民、蔡明璋

交通部運輸研究所

中華民國 99 年 5 月

全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用.(3/4) / 饒正等著.-- 出版.-- 臺北市：交通部運輸研究所，民 99. 05

面； 公分

參考書目：面

ISBN 978-986-02-3695-8 (平裝)

1. 防災工程 2. 山坡地 3. 衛星觀測

445.5

99009839

全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用(3/4)

著 者：饒正、林雅雯、洪本善、李樹莊、李秉乾、方耀民、蔡明璋

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)

電 話：(04)26587176

出版年月：中華民國 99 年 5 月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 100 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站

定 價：200 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02)25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1009901804

ISBN：978-986-02-3695-8 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究出版品摘要表

出版品名稱：全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用(3/4)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN978-986-02-3695-8 (平裝)	政府出版品統一編號 1009901804	運輸研究所出版品編號 99-77-7486	計畫編號 98-H1DB008
主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計劃主持人：饒正 研究人員：林雅雯 聯絡電話：04-26587118 傳真號碼：04-26564418	合作研究單位：逢甲大學 計劃主持人：洪本善 協同主持人：李秉乾 研究人員：方耀民、蔡明璋 地址：臺中市西屯區文華路 100 號 聯絡電話：04-24516669		研究期間 自 98 年 02 月 至 98 年 12 月
關鍵詞：多天線全球衛星定位系統、邊坡災害、監測系統			
摘要： 全球衛星定位系統（GPS）係以衛星為基礎的無線電定位系統，藉由地球軌道上之定位衛星，可提供全球具接收裝備之使用者極精確之三維定位、速度及時間資料。該系統不受天氣影響，並可提供全球統一之經緯度參考資料。前期計畫於阿里山公路 43K 第四彎安裝先進的量測儀器和高效率傳輸系統組成之監測系統。對此邊坡路段進行降雨前、後之資料調查，同時蒐集調查期間的雨量記錄及過去的崩塌資料進行分析，以瞭解阿里山公路邊坡受震後的災害狀況與崩壞特性。 本計畫因應第四彎截彎取直工程，同時配合交通部運研所光纖計畫進行設置，將原第四彎之儀器設備遷移至光纖計畫監測區，以建立地表位移與地下滑動位移間之關係，並加以運算分析研判，構成完整之監測網絡。本計畫透過觀測設備及各項預警機制之建立，提供坡地防災單位研擬預警措施之參考，期能有效掌握地滑狀況，預先進行防範，未來亦可在此研究基礎上持續完善監測架構，達成國土保安及降低邊坡災損之計畫目標。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
99 年 5 月	226	200	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐密 ☐機密 ☐極機密 ☐絕對機密 （解密條件：☐ 年 ☐ 月 ☐ 日解密，☐公布後解密，☐附件抽存後解密，☐工作完成或會議終了時解密，☐另行檢討後辦理解密） ☒普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Application of Slope Land Calamity Mitigation by Using GPS Measurement and the Automated Monitoring System (3/4)			
ISBN(OR ISSN) ISBN978-986-02-3695-8 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009901804	IOT SERIAL NUMBER 99-77-7486	PROJECT NUMBER 98-H1DB008
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Jao Cheng PROJECT STAFF: Ya-Wen Lin PHONE: 04-26587118 FAX: 04-26564418			PROJECT PERIOD FROM February 2009 TO December 2009
RESEARCH AGENCY: Feng Chia University PRINCIPAL INVESTIGATOR: P. S. Hung PROJECT STAFF: B.J. Lee. ADDRESS: 100, Wen-Hwa Rd., Taichung 407, Taiwan R.O.C PHONE: 886-4-24516669			
KEY WORDS: Multi-antenna GPS, Slope Land Calamity, Monitoring System.			
ABSTRACT: As an advanced navigation and measurement technology, GPS has been extensively applied to many fields and disciplines. One of the prominent applications of GPS is the precise monitoring of deformations of landslides. A multi-antenna GPS system has been developed and tested by the research team aiming at significantly reducing the cost of GPS when used for monitoring deformations of objects such as slopes. The system uses special hardware and software components to allow one GPS receiver to be connected to a number of GPS antennas. One set of such equipment can therefore be used to monitor a number of points. The advanced instruments and automated monitoring system were installed at 43Km mark of Mt. Ali Road in 2008. Then, the before and after of rainfall values are collected and the landslide section data is investigated. We integrate the automatic monitoring and return systems, and finish the connection testing and demonstrating. We will process the analysis and judgment of the inspection data, and draw up the management value. To coordinate with the meander cut-off construction and the optical fiber construction in the 4th curve of Mt. Ali areas, the equipment is moved to the monitoring area in the optical fiber plan. The data of surface displacement and underground sliding displacement is collected and analyzed to construct the complete monitoring network. This project ensures effective control in slippery conditions, advance prevention, homeland security and reduced slope to reach disaster damage of the projected target through observation equipment and the establishment of early warning mechanisms. This project helps the traffic and disaster prevention units to draw up early warning alternatives. In the future, the mature and complete monitoring framework can be built up to achieve the comprehensive goal.			
DATE OF PUBLICATION May 2010	NUMBER OF PAGES 226	PRICE 200	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

全球衛星定位與自動化監測系統在 坡地防災之應用(3/4)

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
表目錄	VII
圖目錄	IX
第一章 緒論	1-1
1.1 計畫緣起與目的	1-1
1.2 研究範圍	1-3
1.3 計畫工作流程	1-4
第二章 研究背景概述	2-1
2.1 國內外相關研究	2-1
2.1.1 道路邊坡自動化監測系統示範站系統維護與監測	2-1
2.1.2 梨山地滑監測	2-5
2.1.3 九份二山崩塌地觀測計畫	2-7
2.1.4 降雨入滲與邊坡破壞之相關研究	2-8
2.1.5 林內鄉坪頂村崩塌監測	2-12
2.2 五彎仔地區前期自動化監測說明	2-14
2.2.1 全球衛星定位模組自動化監測	2-14
2.2.2 地下光纖量測現況	2-15
2.2.3 其他監測設施現況	2-15
2.3 全球衛星定位發展現況	2-17
2.3.1 硬體構成	2-19
2.3.2 資料處理和分析演算法和軟體	2-20

第三章自動化監測系統示範站系統維護工作.....	3-1
3.1 設備維護項目	3-1
3.1.1 資料接收中心機房	3-1
3.2 設備保養及管理維護工作週期及內容	3-2
3.2.1 系統維護	3-2
3.2.2 GPS 儀器設備維護項目	3-4
3.2.3 資料接收中心（儀器屋）維護項目	3-5
3.3 歷次現場維護記錄	3-6
3.3.1 第一次現場維護作業	3-6
3.3.2 第二次現場維護作業	3-7
3.3.3 第三次現場維護作業	3-8
3.3.4 第四次現場維護作業	3-9
3.3.5 第五次現場維護作業	3-10
3.3.6 第六次現場維護作業	3-12
3.3.7 第七次現場維護作業	3-13
3.3.8 第八次現場維護作業	3-21
3.3.9 第九次現場維護作業	3-22
第四章全球衛星定位系統監測位置調整工作.....	4-1
4.1. 前期 GPS 監測位置說明	4-1
4.2 監測位置調整作業規劃	4-4
4.2.1 GPS 接收天線自立桿架設	4-4
4.2.2 多天線 GPS 天線拆遷作業規劃	4-5
4.3 監測位置調整現勘作業	4-7
4.3.1 GPS 天線架設位置勘查	4-7
4.3.2 GPS 接收主機架設位置	4-17
4.4 監測位置調整施工作業	4-19
4.4.1 自立桿架設作業	4-19

4.4.2 電線桿天線支架架設作業.....	4-20
4.4.3 線路鋪設作業.....	4-21
4.4.4 接收主機架設.....	4-24
4.4.5 監測位置調整施工作業成果.....	4-25
第五章 全球衛星定位系統監測結果與相關單位成果比對與分析	5-1
5.1 多天線 GPS 位移量監測與分析	5-1
5.2 現地全球定位系統靜態監測.....	5-13
5.2.1 靜態測量點位勘查.....	5-13
5.2.2 全球定位系統靜態監測成果.....	5-18
5.3 整合現有當地各單位監測儀器數據	5-43
5.4 研擬警戒參考數值	5-47
第六章 緊急通報與防災應變系統開發建置.....	6-1
6.1 系統環境架構及應用技術.....	6-1
6.1.1 系統環境架構.....	6-1
6.1.2 圖台開發技術.....	6-1
6.1.3 導入 3D 立體展示平台.....	6-3
6.2 整體規劃	6-4
6.3 系統開發成果	6-4
6.3.1 系統首頁.....	6-4
6.3.2 GPS 即時資料展示	6-4
6.3.3 靜態測量資訊展示.....	6-5
6.3.4 雨量資料展示.....	6-6
6.3.5 其他量測資料展示.....	6-8
6.3.6 衛星雲圖展示.....	6-9
6.3.7 颱風警報資訊展示.....	6-10
6.3.8 警戒機制.....	6-11
第七章 計畫執行進度	7-1

7.1 工作進度規劃	7-1
7.2 計畫進度甘特圖	7-2
第八章 結論與建議	8-1
8.1 結論	8-1
8.2 建議	8-2
參考文獻	參-1
附錄一 歷次維護記錄表	附錄 1-1
附錄二 期中審查意見回覆	附錄 2-1
附錄三 期末審查意見回覆	附錄 3-1
附錄四 期末簡報資料	附錄 4-1

表 目 錄

表 2-1 梨山地區各自動監測站儀器配置表	2-7
表 2-2 位移速率與邊坡穩定性判斷建議表	2-11
表 2-3 地層滑動監測管理基準	2-12
表 2-4 各項監測儀器管理值	2-13
表 5-1 多天線 GPS 量測位移量 (2009/5/26~2009/10/21)	5-1
表 5-2 基站每月靜態測量座標(m).....	5-18
表 5-3 2009 年 6 月 1 日至 6 月 6 日新基站的坐標(m).....	5-20
表 5-4 2008 年 9 月 9 日和 2009 年兩次靜態測量之 E 座標(m).....	5-20
表 5-5 2008 年 9 月 9 日和 2009 年兩次靜態測量之高程 H(m).....	5-21
表 5-6 2009 年兩次靜態測量新測站之 N 座標(m).....	5-21
表 5-7 2009 年兩次靜態測量新測站之 E 座標(m)	5-21
表 5-8 2009 年兩次靜態測量新測站之高程 H(m).....	5-21
表 5-9 2008 年 9 月 9 日和 2009 年三次靜態測量之 N 坐標(m).....	5-30
表 5-10 2008 年 9 月 9 日和 2009 年三次靜態測量之 E 坐標(m)....	5-30
表 5-11 2008 年 9 月 9 日和 2009 年三次靜態測量之高程 H(m).....	5-30
表 5-12 2009 年三次靜態測量之 N 坐標(m).....	5-30
表 5-13 2009 年三次靜態測量之 E 坐標(m)	5-30
表 5-14 2009 年三次靜態測量之高程 H(m).....	5-31
表 5-15 新 S2-3 之 N 坐標、E 坐標及高程	5-35
表 5-16 2008 年 9 月 9 日與 2009 年四次相同點位靜態測量之 N 坐標(m)	5-37

表 5-17 2008 年 9 月 9 日與 2009 年四次相同點位靜態測量之 E 坐標(m)	5-37
表 5-18 2009 年四次靜態測量新設點位之 N 坐標(m)	5-37
表 5-19 2009 年四次靜態測量新設點位之 E 坐標(m)	5-37
表 5-20 新 S2-3 點位之 N 坐標	5-38
表 5-21 降雨強度與位移速率關係表	5-47
表 5-22 雨量管理準則	5-49
表 5-23 颱風期間位移模擬表	5-52

圖 目 錄

圖 1-1 阿里山公路五彎仔段	1-3
圖 1-2 計畫工作流程圖	1-4
圖 2-1 日本長野市地附山相關位置示意圖	2-2
圖 2-2 湯谷小區受損照片	2-3
圖 2-3 松壽莊受損照片	2-3
圖 2-4 整治工程配置示意圖	2-4
圖 2-5 整治工程前 (1985/7/27)	2-5
圖 2-6 整治工程後 (1988/4/23)	2-5
圖 2-7 GPS 監測儀器配置圖	2-5
圖 2-9 梨山地區各自動監測站分布位置圖	2-7
圖 2-10 原第 4 彎現地 GPS 天線儀器配置圖	2-14
圖 2-11 GPS3 天線及自立桿被施工單位拆除現況	2-15
圖 2-12 前期計畫儀器裝設位置圖	2-16
圖 2-13 小公田村 CCD#1 傳回之第四彎影像	2-16
圖 2-14 小公田村 CCD#2 傳回之崩塌區影像	2-17
圖 2-15 第四彎 CCD 傳回之影像	2-17
圖 2-16 GPS 一機多天線開關 (GMS) 的設計	2-18
圖 2-17 新一代一機多天線系統的差分定位構造	2-19
圖 2-18 GPS 接收機、GMS 和資料通訊系統	2-20
圖 2-19 系統軟體的主功能表	2-20
圖 2-20 資料處理與管理軟體的結構	2-21
圖 2-21 一些系統參數的設置	2-22

圖 2-22 顯示系統操作狀態的螢幕	2-23
圖 2-23 監測點的位移顯示	2-23
圖 3-1 觀測站資料接收報告表	3-4
圖 3-2 98 年 4 月 21 日現場維護作業	3-7
圖 3-3 98 年 5 月 12 日現場維護作業	3-8
圖 3-4 98 年 5 月 28 日現場維護作業	3-9
圖 3-5 98 年 6 月 16 日現場維護作業	3-10
圖 3-6 98 年 6 月 20 日現場維護作業	3-11
圖 3-7 98 年 7 月 24 日現場維護作業	3-12
圖 3-8 儀器屋內現況	3-13
圖 3-9 儀器屋淹水痕跡	3-14
圖 3-10 儀器屋上方崩塌	3-14
圖 3-11 儀器屋上方崩塌近照	3-15
圖 3-12 接收主機檢測	3-15
圖 3-13 各天線災後狀況	3-17
圖 3-14 GPS8 基座崩塌	3-18
圖 3-15 GPS8 天線損毀	3-18
圖 3-16 GPS 監測區災前護坡工程	3-19
圖 3-17 GPS 監測區災後崩塌	3-19
圖 3-18 98 年 9 月 23 日現場維護作業	3-20
圖 3-19 98 年 10 月 20 日現場維護作業	3-21
圖 4-1 原 GPS 天線儀器配置圖	4-1
圖 4-2 原 GPS 基站天線位置	4-2
圖 4-3 儀器設備箱內部設備情況	4-2

圖 4-4 原原儀器設備箱	4-2
圖 4-5 原第 1 號天線.....	4-2
圖 4-6 原第 2 號天線（第 4 彎路燈頂）	4-2
圖 4-7 原第 4 號天線.....	4-2
圖 4-8 原第 5 號天線（自立支架）	4-3
圖 4-9 原第 6 號天線（自立支架）	4-3
圖 4-10 原第 7 號天線（自立支架）	4-3
圖 4-11 原第 8 號天線（自立支架）	4-3
圖 4-12 自立桿設計圖範例	4-4
圖 4-13 自立桿架設示意圖	4-5
圖 4-14 PVC 管保護傳輸線作業情形	4-5
圖 4-15 GPS1 架設位置現勘	4-7
圖 4-16 GPS1 架設位置標示	4-8
圖 4-17 GPS2 架設位置現勘	4-8
圖 4-18 GPS2 架設位置標示	4-9
圖 4-19 GPS3 架設位置現勘	4-9
圖 4-20 GPS3 架設位置標示	4-10
圖 4-21 GPS4 架設位置現勘	4-10
圖 4-22 GPS4 架設位置標示	4-11
圖 4-23 GPS5 架設位置現勘	4-11
圖 4-24 GPS5 架設位置標示	4-12
圖 4-25 GPS6 架設位置現勘	4-12
圖 4-26 GPS6 架設位置標示	4-13
圖 4-27 GPS7 架設位置現勘	4-13

圖 4-28 GPS7 架設位置標示	4-14
圖 4-29 GPS8 架設位置現勘	4-14
圖 4-30 GPS7 架設位置標示	4-15
圖 4-31 基站天線架設位置現勘	4-15
圖 4-32 基站天線架設位置標示	4-16
圖 4-33 GPS 天線位置調整空間分布圖	4-16
圖 4-34 接收主機現勘.....	4-17
圖 4-35 接收主機位置標示	4-18
圖 4-36 自立桿基礎.....	4-19
圖 4-37 自立桿固定鋼索	4-20
圖 4-38 天線支撐架.....	4-21
圖 4-39 天線訊號線路配置	4-22
圖 4-40 高架線路強化保護固定	4-23
圖 4-41 訊號配線作業.....	4-23
圖 4-42 接收主機安裝架設	4-24
圖 4-43 線路埋設作業.....	4-25
圖 4-44 一號天線架設成果	4-26
圖 4-45 二號天線架設成果	4-26
圖 4-46 三號天線架設成果	4-26
圖 4-47 四號天線架設成果	4-26
圖 4-48 五號天線架設成果	4-27
圖 4-49 六號天線架設成果	4-27
圖 4-50 七號天線架設成果	4-27
圖 4-51 八號天線架設成果(現已毀損).....	4-27

圖 4-52 基站天線架設成果	4-28
圖 4-53 接收主機架設成果	4-28
圖 5-1 一號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)	5-2
圖 5-2 二號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)	5-3
圖 5-3 三號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)	5-4
圖 5-4 四號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)	5-5
圖 5-5 五號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)	5-6
圖 5-6 六號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)	5-7
圖 5-7 七號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)	5-8
圖 5-8 八號天線監測成果 (2009/5/26~2009/10/21)	5-9
圖 5-9 台 18 線第六彎 GPS 測點相對位置圖	5-10
圖 5-10 台 18 線第六彎 GPS1 測點位移方向圖	5-10
圖 5-11 台 18 線第六彎 GPS2 測點位移方向圖	5-11
圖 5-12 台 18 線第六彎 GPS3 測點位移方向圖	5-11
圖 5-13 台 18 線第六彎 GPS4 測點位移方向圖	5-11
圖 5-14 台 18 線第六彎 GPS5 測點位移方向圖	5-12
圖 5-15 台 18 線第六彎 GPS6 測點位移方向圖	5-12
圖 5-16 台 18 線第六彎 GPS8 測點位移方向圖	5-12
圖 5-17 台 18 第二彎護欄及路面龜裂現況照片	5-13
圖 5-18 第二彎靜態測量位置現勘	5-14
圖 5-19 第二彎靜態測量位置標示	5-14
圖 5-20 台 18 五彎仔段新第四彎	5-15
圖 5-21 第四彎靜態測量位置現勘	5-15
圖 5-22 第四彎靜態測量位置標示	5-16

圖 5-23 第六彎靜態測量位置現勘	5-17
圖 5-24 第六彎靜態測量位置標示	5-17
圖 5-25 每月基站之座標	5-18
圖 5-26 每月基站之座標	5-19
圖 5-27 每月基站之座標	5-19
圖 5-28 S4-3(原測站七) 點位坐標趨勢圖	5-22
圖 5-29 S6-1(原測站一) 點位坐標趨勢圖	5-22
圖 5-30 S6-2(原測站二) 點位坐標趨勢圖	5-23
圖 5-31 S4-1(原測站六-1) 點位坐標趨勢圖	5-23
圖 5-32 S6-3 點位坐標趨勢圖	5-24
圖 5-33 S4-2 點位坐標趨勢圖	5-24
圖 5-34 S2-1 座標趨勢圖	5-25
圖 5-35 S2-2 點位坐標趨勢圖	5-25
圖 5-36 S2-3 點位坐標趨勢圖	5-26
圖 5-37 S4-3(原測站七)點位外業記錄照片	5-26
圖 5-38 S4-2 點位外業記錄照片	5-27
圖 5-39 S4-1(原測站六-1)點位外業記錄照片	5-27
圖 5-40 S6-3 點位外業記錄照片	5-27
圖 5-41 S6-2(原測站二)點位外業記錄照片	5-28
圖 5-42 S6-1(原測站一)點位外業記錄照片	5-28
圖 5-43 S2-1 點位外業記錄照片	5-28
圖 5-44 S2-2 點位外業記錄照片	5-29
圖 5-45 S2-3 點位外業記錄照片	5-29
圖 5-46 S4-3 點位 9 月坐標趨勢圖	5-31

圖 5-47 S4-1 點位 9 月坐標趨勢圖	5-32
圖 5-48 S6-1 點位 9 月坐標趨勢圖	5-32
圖 5-49 S6-2 點位 9 月坐標趨勢圖	5-33
圖 5-50 S6-3 點位 9 月坐標趨勢圖	5-33
圖 5-51 S4-2 點位 9 月坐標趨勢圖	5-34
圖 5-52 S2-1 點位 9 月坐標趨勢圖	5-34
圖 5-53 S2-2 點位 9 月坐標趨勢圖	5-35
圖 5-54 原本 S2-3 的點位位置(已被土石掩埋).....	5-35
圖 5-55 舊 S2-3 附近之新設置點新 S2-3 位置	5-36
圖 5-56 新增 GPS7 靜態測量點位	5-36
圖 5-57 S4-3 點位坐標趨勢圖	5-38
圖 5-58 S4-1 點位坐標趨勢圖	5-39
圖 5-59 S6-1 點位坐標趨勢圖	5-39
圖 5-60 S6-2 點位坐標趨勢圖	5-40
圖 5-61 S6-3 點位坐標趨勢圖	5-40
圖 5-62 S4-2 點位坐標趨勢圖	5-41
圖 5-63 S2-1 點位坐標趨勢圖	5-41
圖 5-64 S2-2 點位坐標趨勢圖	5-42
圖 5-65 新 S2-3 點位坐標趨勢圖	5-42
圖 5-66 現場光纖佈置圖	5-44
圖 5-67 測站 1 靜態量測照片	5-44
圖 5-68 光纖 NCTU-01 量測與地表 GPS1 量測結果.....	5-45
(2008 年 8 月 7 日至 12 日)	5-45
圖 5-69 光纖 IHMT-01 量測與地表 GPS2 量測結果	5-45

(2008 年 8 月 7 日至 12 日).....	5-45
圖 5-70 地下水壓量測結果(2008 年 8 月 7 日至 12 日).....	5-46
圖 5-71 降雨強度與位移速率關係圖	5-48
圖 5-71 降雨強度與位移速率關係圖	5-49
圖 5-72 日累積降雨量.....	5-50
圖 5-73 天線三之 E 坐標滑動速度擬合	5-50
圖 5-74 天線四之 E 坐標滑動速度擬合	5-51
圖 5-75 降雨強度與 GPS1 之 E 坐標滑動位移比較圖	5-51
圖 5-76 降雨強度與 GPS2 之 E 坐標滑動位移比較圖	5-52
圖 6-1 系統運作架構圖.....	6-1
圖 6-2 系統功能架構圖	6-3
圖 6-3 系統主畫面開發成果	6-4
圖 6-4 GPS 展示開發成果	6-5
圖 6-5 靜態測量展示開發成果	6-6
圖 6-6 鄰近氣象局雨量站雨量資訊展示	6-7
圖 6-7 雨量組體圖展示畫面	6-8
圖 6-8 第六彎 CCD 影像展示	6-9
圖 6-9 衛星雲圖展示.....	6-10
圖 6-10 颱風警報資訊展示	6-11
圖 7-1 計畫進度甘特圖	7-2

第一章 緒論

1.1 計畫緣起與目的

臺灣地區位於板塊擠壓處，地震頻繁，地質破碎，山地形勢陡峭，河流既短且陡急且降雨時空分配不均，若遭逢梅雨、颱風季節所帶來之集中性豪雨，常引發大規模之落石、土石流或地滑等邊坡崩坍災害，嚴重危害地區交通運輸及產業經濟之發展。山區道路往往是區域唯一聯外通道，而道路邊坡穩定性攸關居民之生命財產安全，因此如何在這些重要卻具有高邊坡災害潛勢區域導入各項先進科技之自動化監測系統、緊急通報系統及防災應變系統，將傳統的防災作業進化成災害管理，已成為近年來各界對於邊坡災害防治的重要發展方向。

全球衛星定位系統（GPS）係以衛星為基礎的無線電定位系統，藉由地球軌道上之定位衛星，可無限制地提供全球具接收裝備之使用者極精確之三維定位、速度及時間資料。該系統不受天氣影響，並可提供全球統一之經緯度參考資料，且應用層面非常廣泛，已屬成熟技術。GPS 監測系統除為累積足夠監測歷史資料提供後續各項學理研究發展外，亦希望可即時掌握邊坡災害發生前兆和發生時之動態反應，增加地區居民之應變時間，提供防災應變決策之參採，大幅降低災害所造成之傷害，因此即時有效之通訊傳輸將是整體監測系統重要環節之一。

本計畫整合地表位移量測及地下位移量測技術，將原第四彎一機多天線 GPS 量測儀器移至地下井光纖監測區，以取得同一地區之地表位移量測數據以及地下位移量測數據，並進行交叉比對分析，進一步求得研究區之整體位移趨勢，提供政府或相關工程、學術單位對於邊坡災害發生機制、預警及防治有實質性幫助，並可供工務單位進行邊坡整治及災害預警之參考。

另一方面，本計畫將開發專屬之緊急通報系統及防災應變系統，應用最新之網頁開發技術，並透過 Web Services 進行資料交換資訊，

提供網際網路平台展示五彎仔地區各單位感測儀器量測成果，包含 GPS 量測成果、地下井光纖量測數據，以及 CCD 影像、雨量資料等，同時，結合邊坡地滑預警模組，縮短災害發生時道路維安之反應時間，進一步避免民眾生命財產之損失。

本計畫整合地表全球衛星定位與地下自動化監測系統在坡地防災之應用上深入探討，將可在有限建構成本下，因時因地制宜增加邊坡觀測之廣度，以期在最短時間內收集最多邊坡災害發生之相關資訊，提供學術機構未來坡地防災相關課題研究參酌之用。同時，觀測及研究資訊可作為政府相關單位進行邊坡整治、道路維安以及災時警戒之重要參考依據。期能減少邊坡災害對民眾生命財產之危害，進一步達到國土保安之目的。

1.2 研究範圍

本計畫因應阿里山公路五彎仔段第四彎改道，及結合地下井光纖監測系統，研究區域選定為阿里山公路五彎仔段（TWD67 橫坐標約為 212507,縱坐標約為 2592115）地下井光纖監測區，詳細位置如下圖所示。



圖 1-1 阿里山公路五彎仔段

1.3 計畫工作流程

依據交通部運輸研究所港灣技術研究中心計畫內容，茲以圖 1-2 說明全球衛星定位與自動化監測在道路邊坡地滑災害之應用的工作流程：

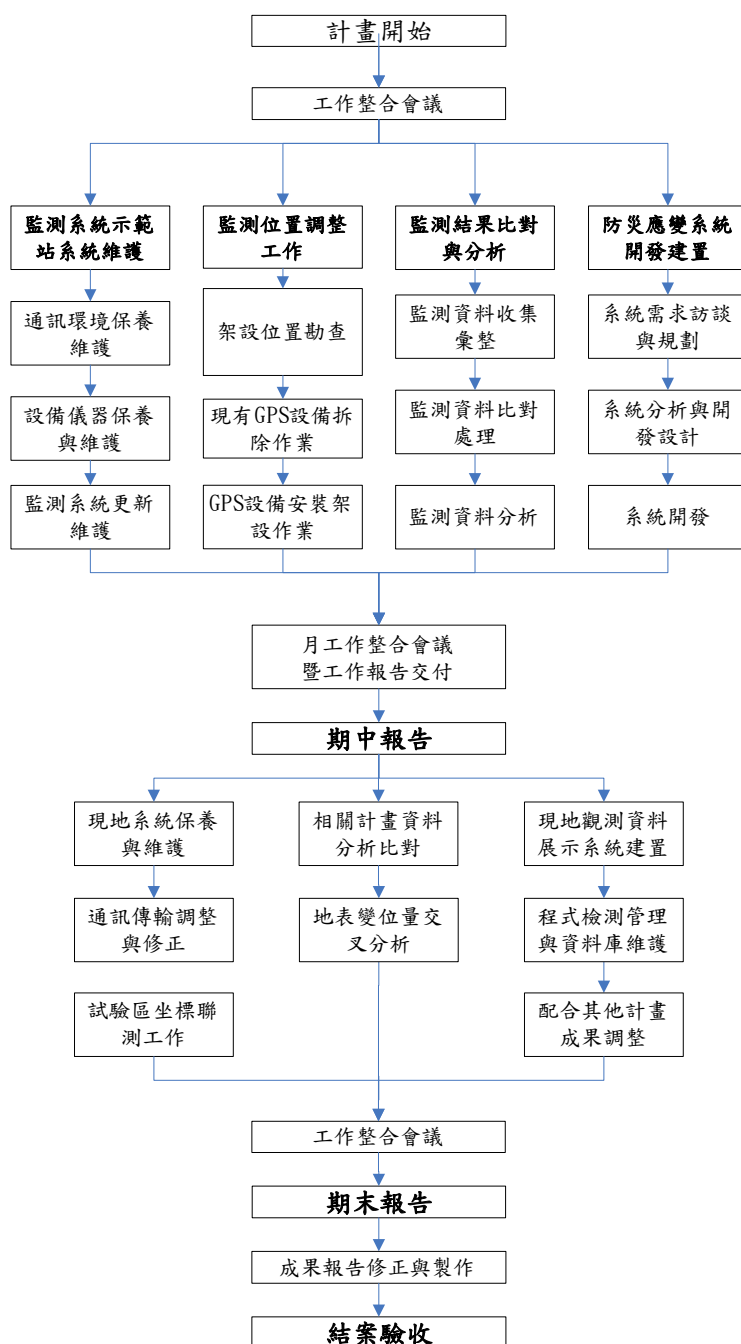


圖 1-2 計畫工作流程圖

第二章 研究背景概述

2.1 國內外相關研究

近年衛星遙測發展形成環境監測工具，其中以衛星雷達之全天候特性，且具有重複觀測功能，可即時監測提供災害位置。洪浩倫[3]建置衛星雷達影像自動化套疊與變遷分析，減少人為誤差及提昇效率，採用 Radarsat-1 高解析模式雷達影像(解析力約為 10 公尺)，以自動化套疊分析，減少人為誤差及提昇效率。並針對台中縣境內山區的 2006 年 612 水災前後期 SAR 影像，即時偵測大甲溪上游的知馬漢山地區，崩塌面積約為 9 公頃。重大崩塌如 1999 年 921 地震，以 ERS-2 進行全台航帶變遷判識分析，偵測出九份二山崩塌面積約為 174 公頃。隨著公尺級超高解析衛星雷達 Radarsat-2 與 TerraSAR-X 即將升空運作，將滿足全天候山區崩塌監測實務需求。

對雷達影像而言，其受本身側視感測成像系統的特性、地形效應影響，導致投影於地面上的解析力有一定的限制，而系統本身於運作時為移動狀態，在同調性處理(Coherent Processing)上會產生所謂的漣漪(fading)，使得處理後的雷達影像上會受到嚴重的斑駁雜訊干擾，影像的可識別的能力相當差，若以人眼於影像上尋找大量共軛點是相當困難且費時的。自動化匹配方法可減少人為操作時間與及降低匹配錯誤率(Chalermwat[7])。引入階層匹配(Hierarchical matching)多重尺度的概念(Hiep[8])，由粗而細對雷達影像進行特徵點的萃取與匹配。

另一方面全球衛星定位系統(GPS)已經廣泛應用於許多學科和領域，且被證明是用於監測人為和自然結構變形和邊坡位移的一個非常有力的工具，GPS 具有許多優於傳統測量技術的優點，簡單說來，GPS 更加精確、有效、高自動化和低勞動強度。

2.1.1 道路邊坡自動化監測系統示範站系統維護與監測

日本地附山位於長野市西北方(善光寺北方)，海拔 733 公尺。1985 年 7 月 26 日下午 5 時剛過，其東南斜坡發生大規模滑坡。崩落土石湧

入湯谷小區及松壽莊養老院一帶，造成 26 人死亡，64 戶房屋被全毀或半毀。該滑坡寬約 500 公尺，從頂部到崩落土石の末端約長 700 公尺，崩落土石約 360 萬立方公尺，滑落面積約 25 萬頃。其地理位置如圖 2-1 所示。地滑發生的原因是因為地附山的地質以及 1985 年梅雨季節（4~7 月）發生歷史上第二高的豪雨（449.5mm），如圖 2-2~2-3 所示。



圖 2-1 日本長野市地附山相關位置示意圖

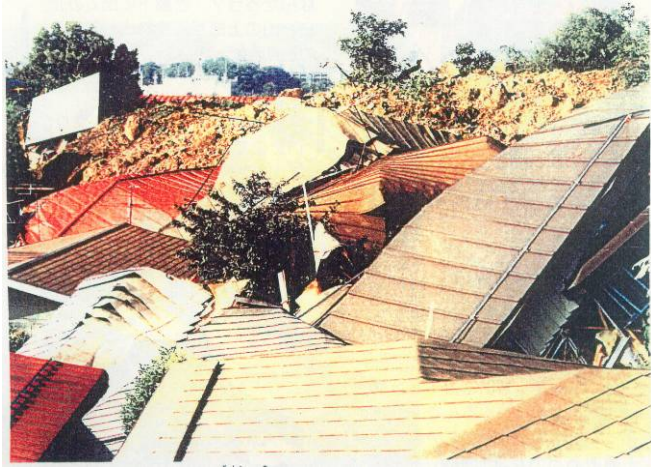


圖 2-2 湯谷小區受損照片

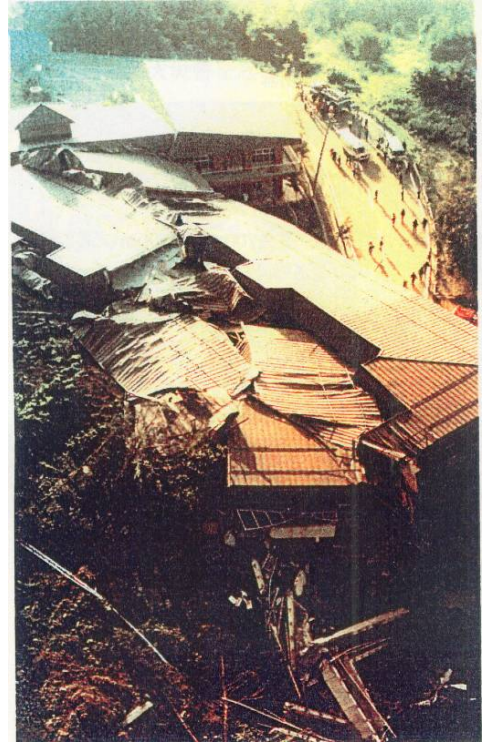


圖 2-3 松壽莊受損照片

地附山滑坡的治理工程包括大型灌注樁、錨、鋼管樁等阻止工程和集水井、排水隧道等預防工事，整體工程配置示意圖如圖 2-4 所示。工程於 1985 年開始到 1989 年竣工，整治工程前後照片如圖 2-5~2-6 所示。竣工後安裝即時監測系統，其測量儀器種類如下：

1. 地下水位計 38 個，目的在量測鑽孔中地下水位的變化，尋找與滑坡的關係。
2. 孔隙水壓計 2 個，目的在通過精確測量與土壤強度密切相關的孔隙水壓，尋找與滑坡的關係。
3. 地表面伸縮計 13 個，目的在測量地表面的變化以及龜裂的擴大等，以預測滑坡的動向。
4. 內孔伸縮計 13 個，目的在通過測量固定於滑坡面以下的鋼絲的伸縮，調查滑落土石의動向。
5. 地盤傾斜計 5 個，目的在測量地盤傾斜變化，及測滑坡的擴及發生的時間。

6. 土壤水分計 8 個，目的在測量降水時土壤中的滲透情況，調查土壤強度降低的機制。
7. 雨量計 1 個，測量降水量，獲取警戒時的雨量情況，調查與其他變動的關係。
8. GPS 11 個，目的在測量地表面的變化以及預測滑坡的動向，其儀器配置圖與安裝位置照片如圖 2-7、圖 2-8 所示。

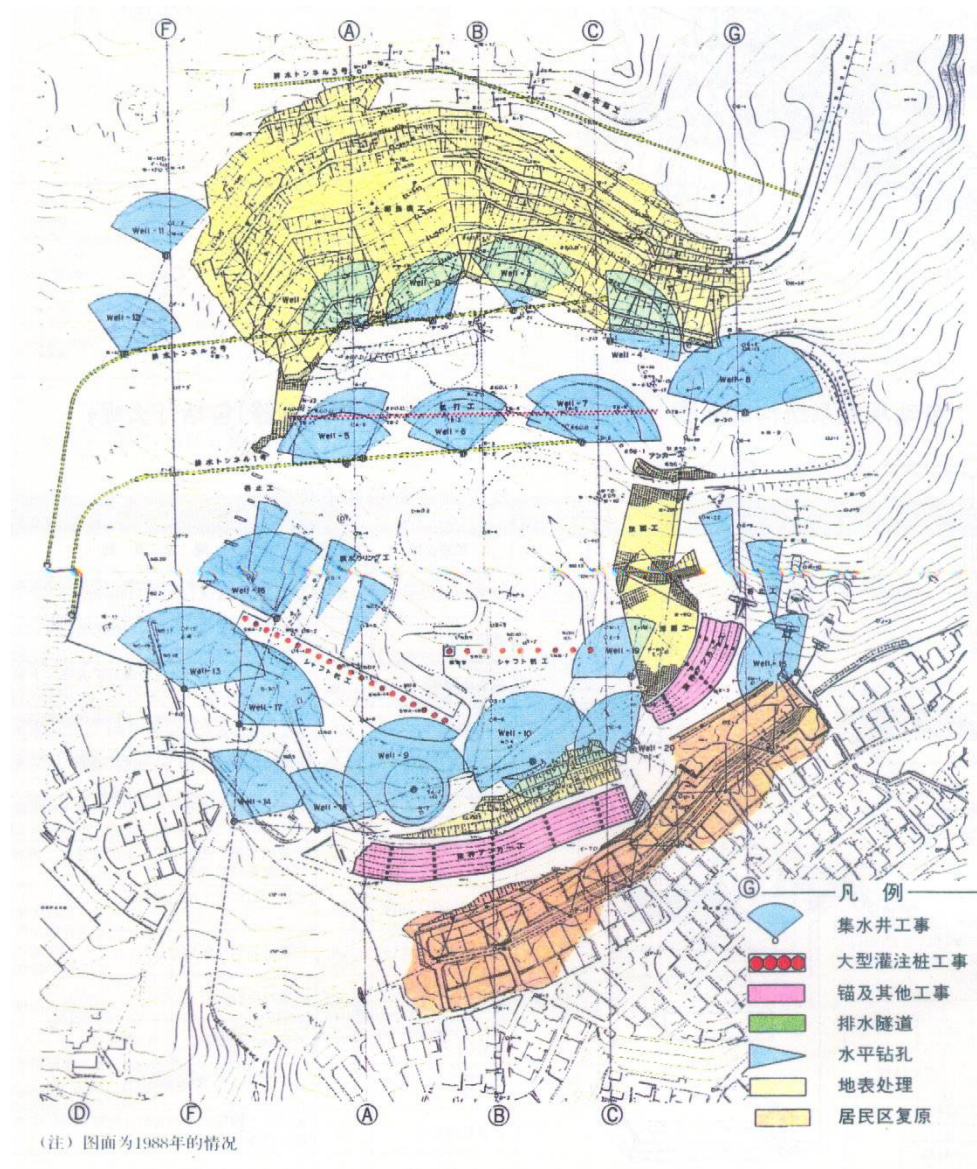


圖 2-4 整治工程配置示意圖



圖 2-5 整治工程前 (1985/7/27)



圖 2-6 整治工程後 (1988/4/23)

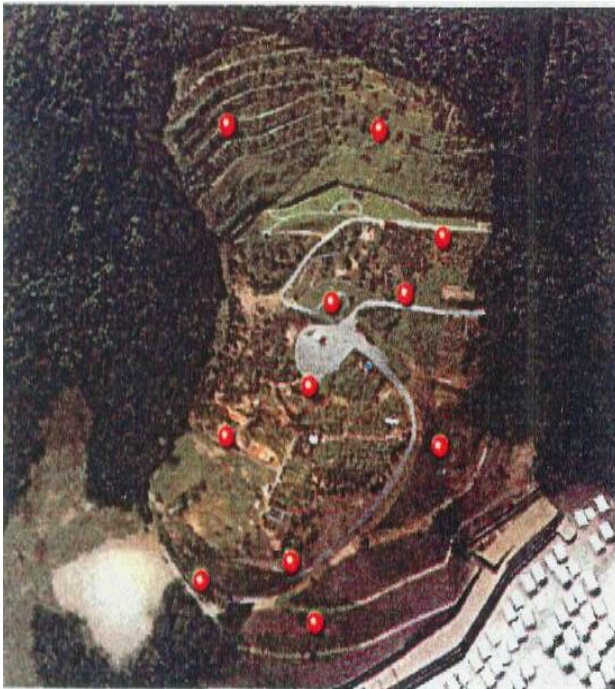


圖 2-7 GPS 監測儀器配置圖

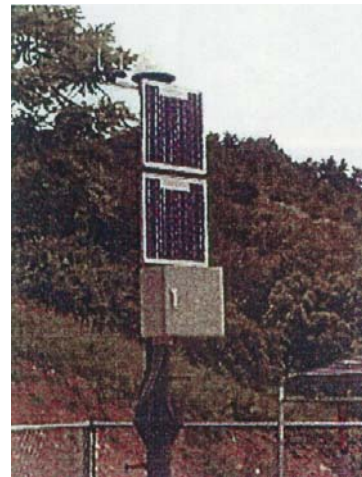


圖 2-8 GPS 架設照片

2.1.2 梨山地滑監測

梨山地區地滑範圍涵蓋遼闊，主要包含中橫公路台 8 線與宜蘭支線台 7 甲線交會處的梨山村一帶，此地區在 1990 年 4 月間發生大規模的地層滑動。為了防止地滑災害持續擴大以及維護居民安全與道路暢通，行政院農業委員會水土保持局自 1995 年度起實施梨山地區的「坡地災害整治」計畫。首先調查資料之收集與彙整，綜合梨山及松茂地區各處設立之自動監測站監測資料、集水井與排水廊道排出水量觀測

及其他監測資料等，調查之結果作資料的彙整與研判，並隨時確認監測資料是否有異常。接下來就滑動觀測結果持續進行分析作業，並建立各項觀測值，包括降雨、水位高度、滑動量和滑動面深度等因子，進行其相互影響的迴歸關係。擬定管理基準值所需要之相關資料，並持續檢討與驗證長期現地監測系統的管理基準值，以作為預警之依據。最後設置 TDR 與 GPS 觀測系統，並預定持續建立設置梨山地滑預警中心，提供即時通報系統。

梨山地滑地區自動監測站為梨山預警系統之依據，其中地表伸縮儀為地滑發生與否為最重要的指標。另外採用全球衛星定位系統 (Global Positioning System；GPS) 高精度、大範圍且不易受影響的特性搭配地表伸縮儀為梨山發生地滑與否的重要指標。應用 GPS 分別針對即時動態與靜態進行量測，藉此找出精度與時間的關係，並判斷即時動態與靜態何者精度較適用於地滑監測。結果可知 GPS 靜態基線測量在接收衛星資料 3 個小時之精度適用於地滑監測。再利用 GPS 在不同日期靜態量測 3 個小時所得基線長度變化量與梨山地滑地區之地表伸縮儀之變位量行進滑動量的比對，得知可利用 GPS 靜態基線測量與地表伸縮計有相同的位移量，且可利用大範圍的基線測量，更能掌握大面積之滑動土體滑動的趨勢。最後再將 GPS 長期架設於梨山進行靜態長期監測。

沈鍵偉^[1]為確切掌握 GPS 長期監測地滑地之可行性，以梨山地滑地區進行可行性觀測，可知 GPS 長期監測地滑地系統適合的量測方法為 GPS 靜態基線測量，1 秒接收一筆衛星資料，3 個小時靜態基線解算每次移動 1 小時，此方法最適用於地滑地監測，且可得到公厘級的精度。最後利用 GPS 的精度及滑動的速度訂定出 GPS 長期監測地滑管理基準值，由監測的結果可知此管理基準值初步判斷是可行的。

梨山地區各自動監測站即時監測之項目配置表如表 2-1 所示，監測站之分布位置如圖 2-9。

表 2-1 梨山地區各自動監測站儀器配置表

滑動體	雨量計	地下水位計	地表傾斜儀	地表伸縮計
B01	×	○	○	○
B04	×	○	○	×
B05	×	○	○	○
B09	○	○	○	○
B11	○	○	○	×
B13	×	○	○	○
C01	○	○	○	○
C02	×	○	○	×
A01	○	○	○	×

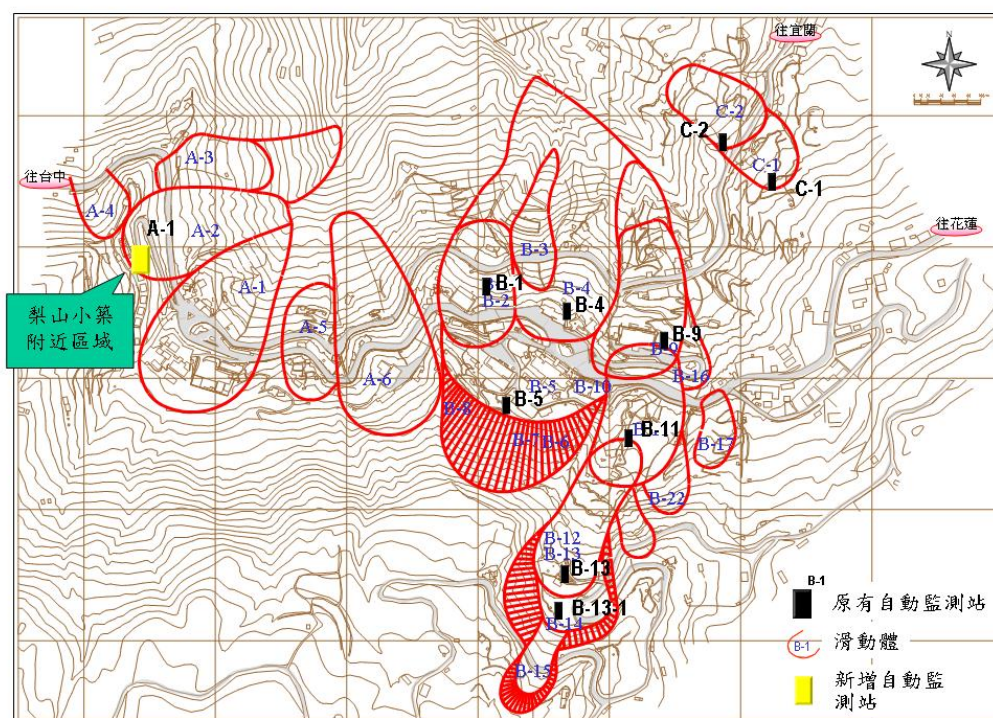


圖 2-9 梨山地區各自動監測站分布位置圖

2.1.3 九份二山崩塌地觀測計畫

南投縣國姓鄉南港村崁斗山東南山麓一帶，受 921 大地震的影響，發生大規模順向坡岩體滑動，即通稱的”九份二山崩塌地”，崩塌區與堆積區之總面積達 195 公頃，計 39 人慘遭活埋，崩塌土石堵塞北山坑溪（木屐欄溪）支流茱萸湖溪及澀子坑溪，分別形成茱萸湖溪及澀

仔坑兩處堰塞湖。

由於崩塌範圍廣闊，堆積土石量遠超過以往經驗，為加速災區復舊，防範豪雨潰洪與土石流災害，遂由水保局委託中興大學針對該崩塌地堆積區，進行基本資料之調查研究、建立監測與通報系統、堆積區之整治工程對策規劃、堰塞湖破壞及可能之災害分析等工作。成果報告中建議以降雨量、堰塞湖水位、堆積區鑽孔地下水位、及溢流水位等觀測項目，作為預警項目並設定基準值。

2002 年 11 月間，崩塌區順向坡址部，再度發生上拱及張口裂縫等異常現象，水保局為了瞭解九份二山崩塌地是否繼續滑動中，隨即辦理「九份二山崩塌地觀測計畫」，進行地質鑽探、地表變動觀測、孔內傾斜及地下觀測等方法，以初步瞭解地表及地下變動行為，作為颱風豪雨來臨時，緊急應變之參考。

2.1.4 降雨入滲與邊坡破壞之相關研究

由於邊坡破壞常發生在暴雨過後，這使我們相信邊坡破壞與降雨有某種型式的關聯。事實上，Brand^[7], Lumb^[10], Slosson and Larson^[13]等人，已經注意並證實邊坡破壞與降雨間的關聯性。但除了暴雨之外，引發邊坡破壞還需要某些臨前水文條件。前期降雨能讓邊坡表層充滿水分，使得水能在邊坡中更容易流動。亦即，土壤表層需要先飽和使得隨後的暴雨能啟動邊坡破壞的機制。而邊坡破壞所需要的前期降雨量是依據土壤表層的覆蓋、土壤之水力傳導性、滲透率、蒸發散和邊坡的水文情況來決定。

對於前期降雨對邊坡穩定的影響已經被研究很多年，Lumb 發現了前期降雨對邊坡破壞的影響，特別的是，他發現如果前期降雨量較高的話，將會伴隨著發生較多的邊坡破壞事件。他並區分降雨所造成的邊坡破壞事件為下列四類：

- 1.最嚴重的事件在一天中造成超過50起的邊坡破壞
- 2.嚴重的事件在一天中造成10到50起的邊坡破壞

3.次要的事件在一天中造成少於10起的邊坡破壞

4.獨立的事件在一天中僅造成1起邊坡破壞

根據所獲得的降雨資料，Lumb 訂定了不同等級事件的範圍，並以 15 天的前期降雨和 24 小時的暴雨來說明。最嚴重的事件發生在 24 小時的降雨量超過 100mm，而 15 天的前期降雨超過 350mm。嚴重的事件發生在 24 小時的暴雨超過 100mm，而前期降雨量達到 200mm。當降雨與邊坡破壞的關聯性被證實之後，便有許多針對何時達到邊坡破壞降雨門檻值的研究。在南加州降雨量超過平常(係指超過 100 年之記錄資料的平均值)的 140%時，便會成功地啟發邊坡破壞的機制 (Slosson^[11], Slosson and Krohn^[11])。Wilson^[15]建議在舊金山引發邊坡不穩定的門檻值為降雨量達平常的 125%。Wieczorek^[14]也在舊金山得到相同結果。而 Auer 和 Shakoar 研究 1969 年美國中部 Nelson County 在 Camille 風災後的崩塌分布發現，由西向東行進的颶風，在西、西北、西南向邊坡造成較為嚴重的崩塌，因此崩塌地發生邊坡的坡向也可能與颶風行逕有關。雖然香港並沒有地震引起崩塌的記錄，但土力工程處曾進行研究，比較地震與雨水導致的人造斜坡崩塌的風險。研究結果顯示，地震導致人造斜坡崩塌的風險遠比因暴雨導致的風險為低。

Brand 使用下列三個步驟來調查香港的邊坡破壞：

- 1.參考Lumb的資料，使用香港46個自動雨量記錄器收集的雨量資料。
- 2.考慮降雨延時為1小時與24小時的暴雨，且搭配30天的前期降雨。
- 3.藉消防署的報告確認邊坡破壞的時間。

由災害數目與降雨強度的關係，根據上述研究，Brand 提出以下結論：

- 1.香港過半數的邊坡破壞，都是因為局部短暫的降雨所引起。
- 2.當降雨強度超過70mm/hr便達到引發邊坡破壞的門檻值。

簡世杰^[6]藉現地量測資料探討各種因子對邊坡滑動機制之影響，研究區域在嘉義縣番路鄉公田村五彎仔附近公路沿線之山坡地(28K+900

至 31K+500)。該地區屬於舊地滑區，自公路開闢以來，長期遭受地層滑動之苦。自 2000 年初在該區設置若干監測儀器，針對當地地層、地表變形、地下水位及雨量等進行持續觀測；期間歷時約兩年。同時配合理論分析與室內試驗結果，做相關性之探討。觀察結果顯示，此區域處於極不穩定之狀態。發現此區之滑動行為和降雨量有密切之關係。由 2000 年監測資料顯示，邊坡產生加速滑動所需之累積雨量約為 80~270mm，相當於 3~5 天之累積降雨量所造成。

葉信富^[5]應用集水區水平衡概念，探討降雨入滲補注對坡地崩塌之影響性。(1)利用河川流量歷線法與基流推估模式來推估河川基流量，視基流量為地下水入滲補注量；(2)利用未飽和土壤水平衡法，考慮降雨、入滲、逕流、蒸發散及地下水補注的相互關聯系統。顯示兩種模式所求之結果相近。再利用 STEDWIN 進行敏感度分析探討對邊坡穩定之影響，顯示內摩擦角變異性對邊坡穩定影響最大，坡度變異性影響次之，再依次為地下水位抬升、凝聚力及單位重。推估該地區降雨量與安全係數關係圖，得知當坡度提昇至 35 度時，利用 Janbu 簡化法分析發現降雨量在 400 至 500 公厘時其安全係數即達到 1.0 而有達到臨界崩塌之虞。在實例探討上，清水河流域曾發生崩塌之地點，與所推估出之降雨補注係數有相對的關係。

邱奕峰^[2]藉現地量測配合理論分析，探討相關因子對於邊坡滑動機制之影響。自 2000 年初即針對台十八線五彎仔附近（29K+900~31K+500）地表及地層變位、降雨量、地下水位、地下水流量等項目，進行長期監測工作。2003 年 6 月 26 日發生嚴重破壞，造成 31K+340 路段路基流失約 150 公尺，公路中斷約 1 個半月。分析探討此案例造成邊坡破壞的原因，與現場監測結果對照，配合理論分析，並對破壞後殘坡之穩定性進行評估，最後提出可能之整治方案。高明仁^[4]研究台 18 線公路五彎仔附近山坡地，2003 年 6 月 26 日於 31K+340 路段邊坡無預警的發生滑動破壞，造成整條公路中斷。利用 SLOPES/W 軟體，以地下水位變化來模擬邊坡的枯水期與雨季，並在雨季時外加载重輸入，使邊坡達到破壞條件，再加以整理分析其破壞模式與傾斜儀觀測

數據比較。

根據日本地滑對策技術協會建議，採用位移速率對於不穩定邊坡之活動性加以分級，如表 2-2 所示，該分級法係由測得之地層位移量除以觀測時間求得位移速率，再以位移速率之大小及位移趨勢是否顯著做為分級之依據，由表中可知不穩定邊坡之活動性大致分為四級，其中第一級係為緊急變動，第二級為確定變動，第三級為準確定變動之邊坡，該三類邊坡均屬確定有問題且在活動中之邊坡，需儘速提出有效因應對策加以處理。至於第四級之潛在變動邊坡，由於其位移速率每月僅有 0.5mm~2.0mm 之間，相當於每年位移量僅有 6mm~24mm，該變動之位移速率甚小，若其位移方向仍有一固定趨勢時，則這類型邊坡之穩定性，仍極具潛在危險；若是位移速率超過 0.5mm/月，但其位移方向卻沒有一定累積傾向時(即有時觀測向前位移，有時又向後位移)，則可能係儀器量測誤差，或傾斜觀測管安裝時四周回填不夠緊密所影響，此類邊坡之穩定性，有待後續量測加以確認。日本高速道路調查會有關預警方法及管理準則如表 2-3 所示，利用地表伸縮計和雨量計訂出警戒與避難管理值。

表 2-2 位移速率與邊坡穩定性判斷建議表

變動種類	日變動量 (mm)	月變動量 (mm)	一定方向的累 積傾向	活動性 判斷	摘要
緊急變動	20mm 以上	500mm 以上	非常的顯著	急速崩壞	崩壞型 泥流型
確定變動 (行動值)	1 以上	10 以上	顯著	活潑運動中	崩積土滑動 深層滑動
準確定變動 (警戒值)	0.1 以上	2.0 以上	略顯著	緩慢運動中	黏土滑動 回填土滑動
潛在變動 (預警值)	0.02 以上	0.5 以上	稍稍有	待繼續觀測	黏土滑動 崖錐滑動

表 2-3 地層滑動監測管理基準

監測方法	管理區分		
	注意	警戒	避難
地表伸縮計 降雨強度 累積降雨量	0.5-10mm/day	>10mm/day 10-20mm/hr 50mm	>50mm/day >20mm/hr 100mm

2.1.5 林內鄉坪頂村崩塌監測

素有小黃山之稱的雲林縣林內鄉坪頂溪上游坪頂村林北坑地區於 1999 年 921 大震後即有大崩塌情勢發生，其後於 2004 年敏督利、艾利颱風及 2006 年 69 連續豪雨期間皆持續發生邊坡崩塌情形，為監測上述地區崩塌災害狀況，水土保持局針對坪頂溪上游坪頂村林北坑地區進行現場邊坡水文地文資料蒐集與崩塌地變化監測，完成坪頂溪上游坪頂村林北坑地區進行現場邊坡水文地文資料蒐集、崩塌地變化監測及當地防災應變中心軟硬體強化等工作，期能於後續防汛期間即時掌握崩塌地活動狀況，提昇坡地防災應變能力及災情警戒通報效率，以保障當地眾多居民生命財產之安全。

由於國內目前沒有相關的管理值訂定規範，再加上還未有長期監測結果，且日本在此方面已有相當的經驗，所以先參考日本邊坡穩定性判斷的建議值與儀器可量測的精度，伸縮計行動值為警戒值的 5~10 倍，目前暫訂各項監測儀器行動值為警戒值的 5 倍，其監測管理值暫訂如表 2-4 所示。

表 2-4 各項監測儀器管理值

各項 監測儀器	雨量計降雨 強度 and 累 積雨量	伸縮計 (磁感式)	伸縮計 (拉線式)	GPS (水平)	傾度盤
行動值 (紅燈)	>20mm/hr and 100mm/day	>±50mm/day or ±5mm/min	>±250mm/day or ±25mm/min	±80mm/min	±0.3°/min
警戒值 (黃燈)	10-20mm/hr and 50mm/day	>±10mm/day or ±1mm/min	>±50mm/day or ±5mm/min	±50mm/min	±0.1°/min
精度	0.5 mm	0.1 mm	1mm	30mm	0.01°

2.2 五彎仔地區前期自動化監測說明

2.2.1 全球衛星定位模組自動化監測

為將全球衛星定位模組（GPS）與無線電傳輸模組能實際應用於道路坡面滑動的監測，2007 年於嘉義縣阿里山鄉台 18 線第四彎地區上進行 4 組 GPS 定位與無線電傳輸模組實際運作，其 4 組 GPS 天線訊號經由接收主機進行解算，其訊息經由第 4 彎無線網路傳回至資料接收中心的 IPC 主機上。

為擴大道路坡面滑動的監測範圍，2008 年擴新增另外四組 GPS 天線，合計共八組天線(GPS1~GPS8)，儀器位置配置如圖 2-10 所示，並將所有之 GPS 訊號線整合至儀器保護箱。惟本團隊於 2009 年 2 月 4 日至現地勘查，發現 GPS3 天線已遭當地施工單位逕自拆除(圖 2-11)，目前共有 7 組 GPS 天線運作於台 18 線第 4 彎地區。

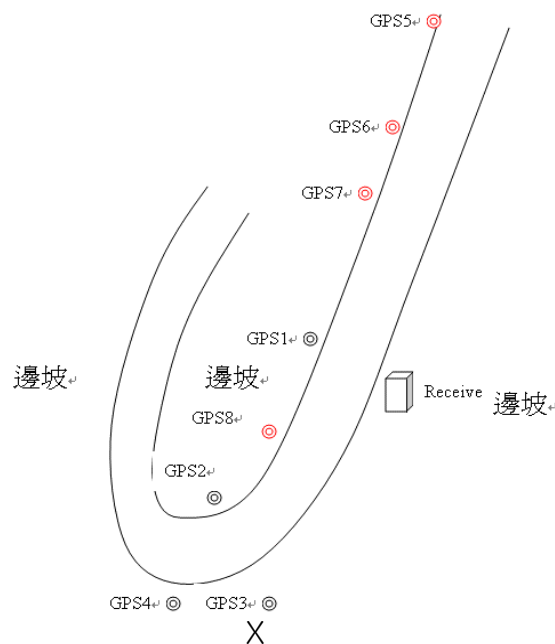


圖 2-10 原第 4 彎現地 GPS 天線儀器配置圖



圖 2-11 GPS3 天線及自立桿被施工單位拆除現況

為了即時將全球衛星定位模組與無線電傳輸模組能實際應用於道路坡面滑動的監測，因此目前 GPS 接收資訊係台 18 線 45K 處之資料接收中心，經現場資料接收伺服器儲存、加值後，將即時監測資料經過中華電信之衛星服務傳送至網際網路。

2.2.2 地下光纖量測現況

交通部運輸研究所的光纖計畫於五彎仔地區進行地下位移量測作業，研究結果顯示表示地表未發生地滑現象，但地底下已發生位移，可能未來會造成地表的滑動，應持續監測此位移的變化，並建立地表位移與地下滑動位移之間的關係，進而探討觸發坡地災害發生原因與研擬警戒參考數值。

2.2.3 其他監測設施現況

逢甲大學團隊受阿里山工務段委辦，利用台 18 線 45K 現已架設完成之各項傳輸設備及儀器，配合 93 年度新購置之設備，將 45K 之道路邊坡監測延伸至 44K 處，並由原示範性質，轉變為使工務段更有使用價值的實務性質，為 92 年監測示範站建置的延伸。

計畫施行成果，包含台 18 線 44K 第四彎處及小公田村，設置 CCD 攝影機共三部、紅外線投射燈二部、變位計、地表伸縮儀各一部及影像資料傳輸設備等，儀器部署如圖 2-12~2-15 所示：

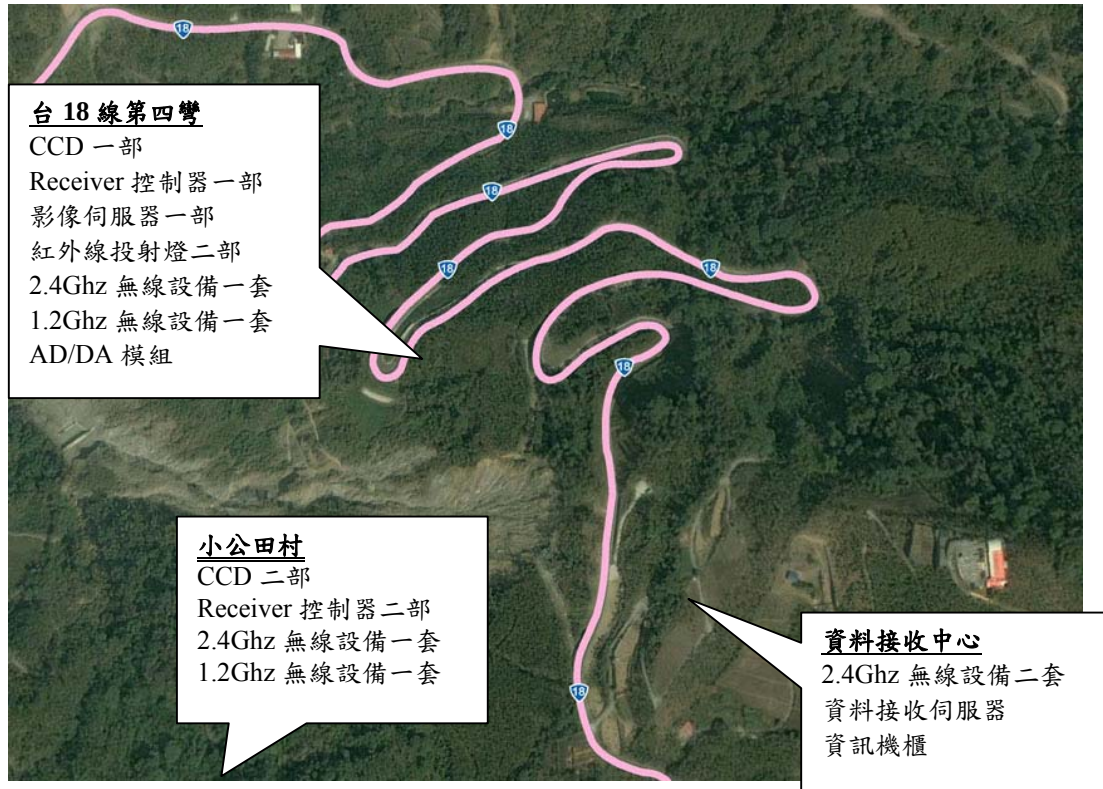


圖 2-12 前期計畫儀器裝設位置圖



圖 2-13 小公田村 CCD#1 傳回之第四彎影像



圖 2-14 小公田村 CCD#2 傳回之崩塌區影像



圖 2-15 第四彎 CCD 傳回之影像

2.3 全球衛星定位發展現況

近二十年來，全球衛星定位系統（Global Positioning System；簡稱 GPS）已經廣泛應用於許多學科和領域，且被證明是用於監測人為和自然結構變形和位移的一個非常有力的工具，GPS 具有許多優於傳統測量技術的優點，簡單說來，GPS 更加精確、有效、高自動化和低勞動

強度。但是，在這些應用中影響 GPS 大規模使用的一個限制因數就是它的硬體成本高。對於變形體的連續監測來說，每個被監測的點位元都需要配備一套高質量的大地型 GPS 接收機。這就使得設備費用投入太昂貴。為此我們提出了一機多天線 GPS 的構想，使用多根 GPS 天線和一台接收機相連，形成所謂的一機多天線 GPS 系統，特別適用於結構變形和位移監測（Tsakiri et al., 1998; Chen et al., 2000; Ding et al., 2000）。由本研究組研製的第一套系統是使用外接一台現成的、標準商業化 GPS 接收機和一個專門設計的 GPS 多天線開關（GMS：GPS multi-antenna switch），使得多個天線能和一台接收機連接在一起，所有天線所在的點位元都能監測（見圖 2-16）。這樣，每個監測點上的 GPS 硬體成本就得到成倍地減少，從而使得 GPS 在許多應用中成為可能，更加實用化。

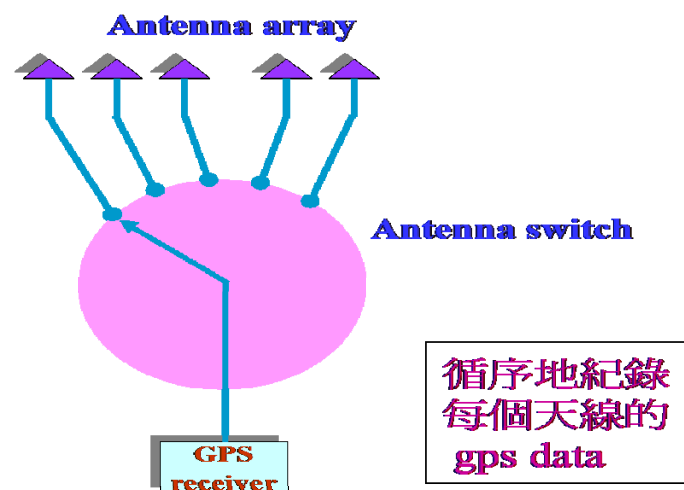


圖 2-16 GPS 一機多天線開關（GMS）的設計

對於一個標準的 GPS 系統而言，一台 GPS 接收機只有一根天線。所以，這種標準的 GPS 系統，一台接收機只能測量一個由天線位置確定的點位元。這些標準的 GPS 系統已被廣泛用於導航、測量及其它許多領域中。當使用標準 GPS 系統進行連續的變形監測時，無論是對於地球表面的變形（如邊坡等），還是對於各種工程結構變形（如壩體，橋樑等），每台 GPS 接收機只能用於監測一個點的位移情況。

多天線 GPS 系統，採用分時原理允許每個天線都能與接收機連接，按設定的時間順序採集 GPS 觀測資料。這個原理採用一個特別設計的 GPS 多天線開關（GMS）在一台工業 PC 的控制下來實現。每個天線所採集的資料都能用來計算回應天線的位置，或每個相應的天線的位移。使用差分定位模式，一套完整的多天線 GPS 系統的構造如圖 2-17 所示。這裏使用一台接收機安裝在已知站上，作為基準站，從而提高多天線 GPS 系統的定位精度。

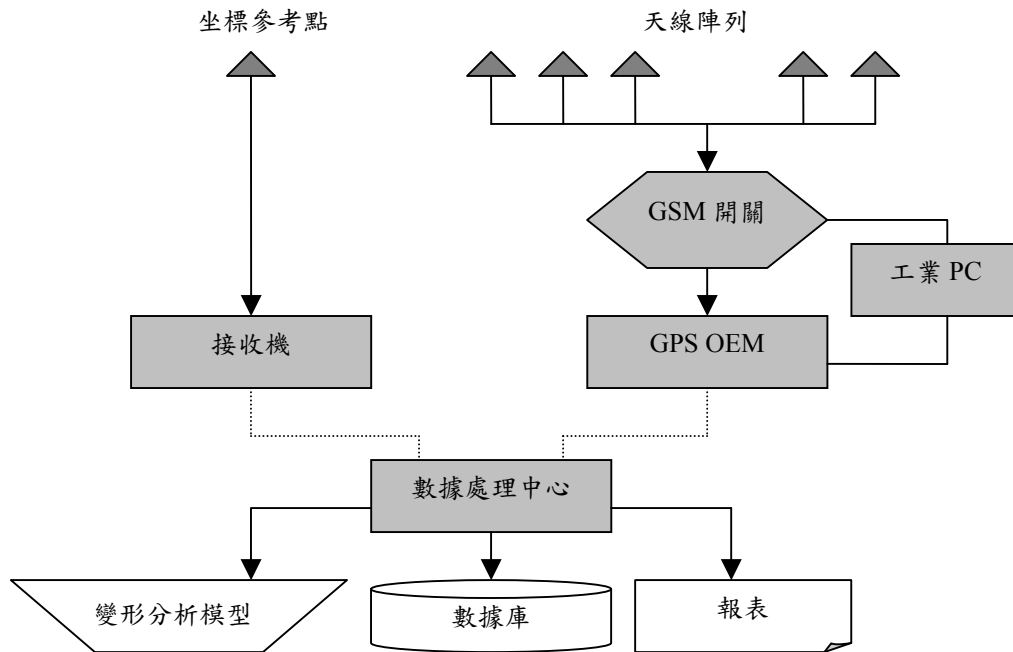


圖 2-17 新一代一機多天線系統的差分定位構造

2.3.1 硬體構成

系統採用一台適於野外環境的工業電腦把 GPS/OEM 板、多天線開關（GMS）和資料通訊系統（目前採用 GSM900/1800），更加高度地集成在一起。用一塊 GPS/OEM 板代替外接大地型 GPS 接收機，這樣使得它更加容易與其他元件集成，同時進一步減少系統的成本。在市場上可用於這種系統的 GPS/OEM 板的選擇餘地比較大。選擇一塊 GPS/OEM 板主要考慮兩個因數：資料採樣率和它是單頻或是雙頻的接收板。

監控人員辦公室和 GPS 系統站之間的通訊連接將經由衛星傳遞至陽明山衛星接收站，再經固定的電話線或 T1 專線傳回，無線電發射器通常易於受環境條件的影響，或者有時需要使用中繼轉發站。圖 2-18 (a) 所示的是單元的前端，它具有 8 通道天線連接器、一個軟碟驅動器和電話線插座。另外旁邊還有一個 GSM 數據機和一個連接在單元上的天線。(b) 所示的是用於控制的工業電腦的螢幕和鍵盤，在系統安置完畢後均可以取下。



圖 2-18 GPS 接收機、GMS 和資料通訊系統

2.3.2 資料處理和分析演算法和軟體

系統所開發的套裝軟體是用來遙控系統的操作、計算多天線 GPS 系統上天線中心的位置和位移，從而來評估被監測物體所處的狀態。軟體的主功能表如圖 2-19 所示。

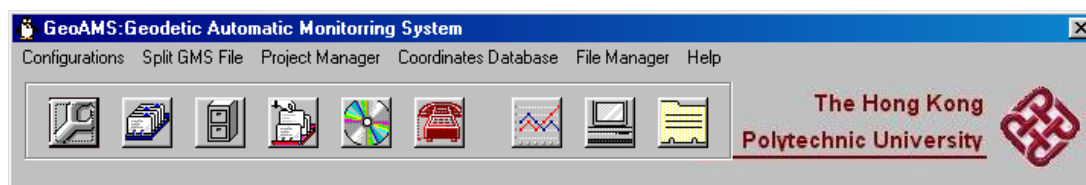


圖 2-19 系統軟體的主功能表

資料處理與管理軟體的結構如圖 2-20 所示。一旦系統在初始化建立起來後，它的操作就可以通過資料通訊系統來遙控。決定系統操作

的重要參數包括系統的資料採樣率、衛星接收截止角、接收機在 GSM 每掃描一圈中與每根天線連接的時間，以及資料是如何被傳輸到辦公室的方式（例如，以即時的方式或是以固定時間間隔的方式）。

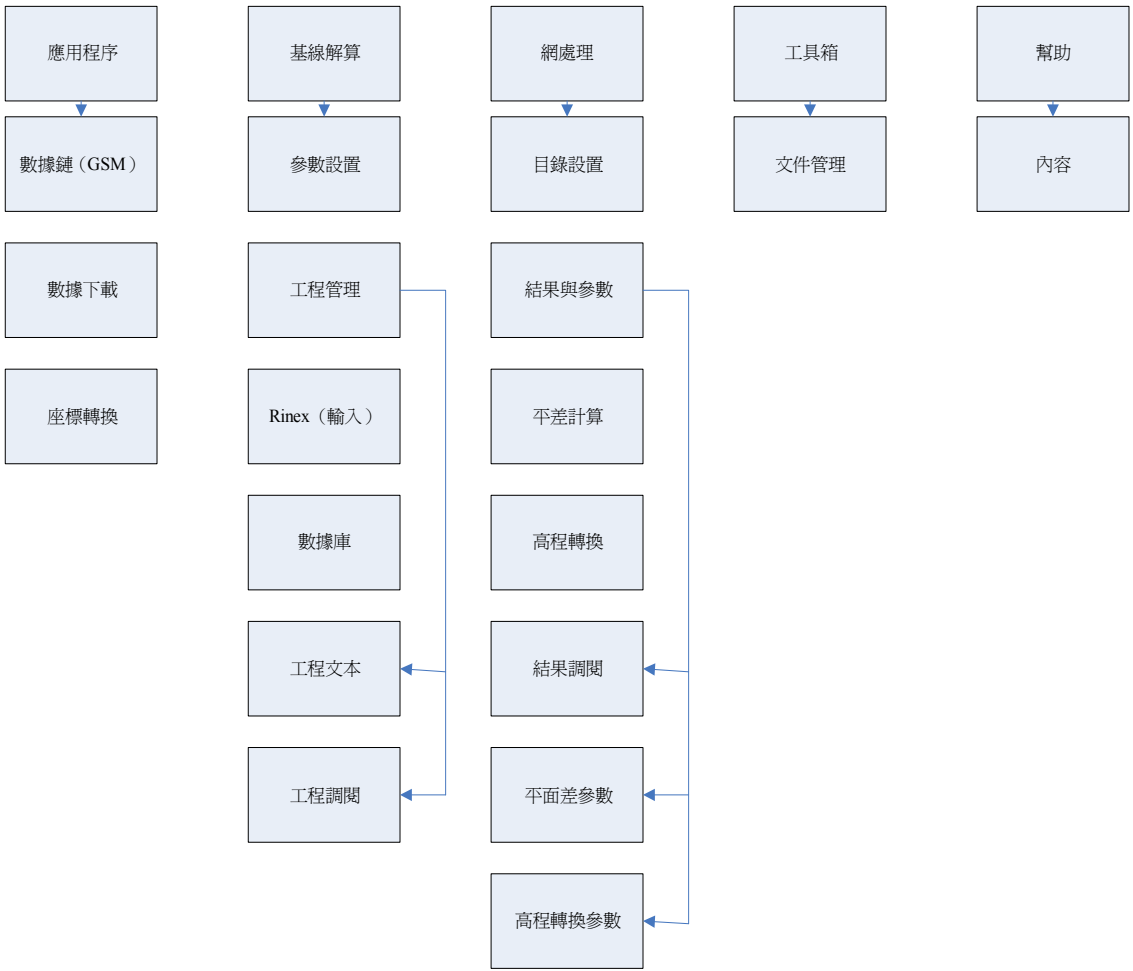


圖 2-20 資料處理與管理軟體的結構

圖 2-21 所示的是系統參數的設置視窗，它包括所要使用的天線通道選擇、資料的採樣間隔、衛星截止角、在掃描一圈中每個通道的時間間隔和所決定的資料傳輸形式。

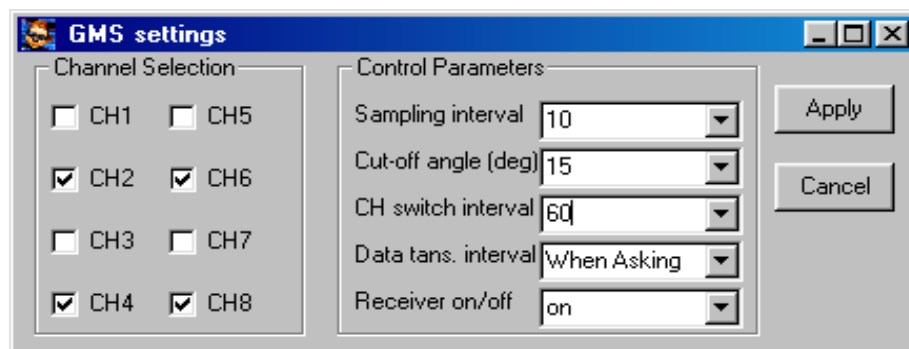


圖 2-21 一些系統參數的設置

圖 2-22 是系統所顯示的系統操作狀態視窗，包括每個通道的狀態、當前被追蹤的衛星數目和每顆衛星的方位角和高度角。

軟體接收資料採用通常所使用的標準 GPS 資料交換格式，如 RINEX 資料格式。軟體能進行 GPS 基線處理、進行 GPS 網平差和將大地高轉化為正常高等功能。系統可以有靜態或動態（RTK）兩種工作模式，其計算時間的長短會影響監測的精度。前者提供毫米級定位精度但需要較長的觀測時間，取決於當時的位置條件和基線的長度；後者提供釐米級的即時或準即時定位。

圖 2-23 是軟體所顯示的被監測點以三維坐標變化的形式所反映的各坐標的變化情況，和在水平面內點的的位移/或運動軌跡的情況，圖內上半部之白色細線條的間隔單位為公分，如此可明瞭此即時位移監控的能力可達公分精度。

Multi-antenna GPS System Control and Display

File transferring GMS Settings Receiver

Date Time No of Sat PDOP

GMS Status:

☐ CH01 ☐ CH05
☐ CH02 ☐ CH06
☐ CH03 ☐ CH07
☒ CH04 ☐ CH08

Satellite Status:

Prn	30	29	25	21	18	14
Azi.	24	175	149	92	78	10
Elv	46	50	46	59	22	57
S/N	51	47	52	62	25	62

Prn	6					
Azi.	56					
Elv	17					
S/N	30					

Wireless data-link (GSM 900/1800)

Phone number

Modem Status

圖 2-22 顯示系統操作狀態的螢幕

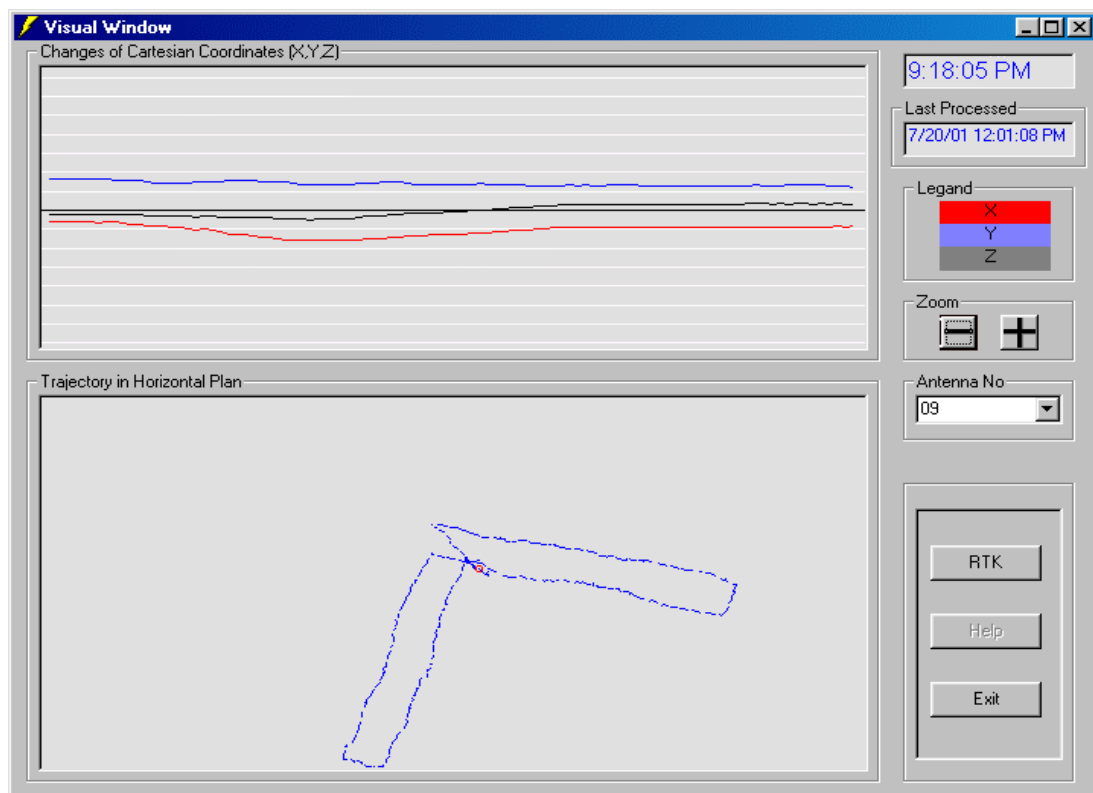


圖 2-23 監測點的位移顯示

第三章 自動化監測系統示範站系統維護工作

3.1 設備維護項目

本項工作內容規劃包含位於儀器屋機房內之工業電腦主機及相關線路、通訊、電力及多天線 GPS 觀測儀器；其維護對象說明如下：

3.1.1 資料接收中心機房

1. 多天線GPS主機天線（Base）：1組。
2. 工業級電腦：1組。
3. 多天線GPS解算軟體：1組。
4. 衛星傳輸設備：1組。
5. 前端GPS接收天線
6. 多天線GPS天線及線路：7組。
7. 多天線GPS主機：1組。
8. 多天線GPS類比數位轉換器：1組。
9. 電源供應器：1組。
- 10.儀器設備機箱：1組。

3.2 設備保養及管理維護工作週期及內容

為使監測系統持續維持正常運作，對於觀測設備預知保養（Condition Based Maintenance）之流程是必須執行的，基於調查觀測儀器設備劣化、耗損狀況之點檢診斷進行的修復與更換動作，即是預知保養，所謂「預防勝於治療」，就是此道理，因此對觀測設備作定期之測試維護，除可延長設備之壽命，更重要的是當災害來臨之時更能發揮最大之監測效益。

本團隊規劃每月至少一次前往現場進行設備保養及管理維護工作，如發生特殊狀況則立即派員前往現場察看檢修，例行檢測與維護重點如下：

1. 資訊系統病毒碼更新及網路安全性檢測工作。
2. 檢視GPS儀器設備外觀及線路完整性檢視工作。
3. 資料接收中心主體結構及儀器設置處所周邊環境清潔維護，對於影響觀測工作進行之相關問題，本團隊將會同相關單位進行溝通協調。
4. 其他甲方臨時要求處理事項。

3.2.1 系統維護

本團隊負責系統資訊安全相關工作，每二週進行系統維護、資料備份及填報資訊安全工作辦理情形，以確保系統正常運作，資訊安全及系統維護之作業內容包含三大類。

1. 資料備份

本計畫每兩週定期備份系統資料，含應用系統(AP)程式及資料庫(Database)資料。同時，系統自動每日進行資料庫備份，若發生資料庫毀損之情事，可由最近備份之資料光碟進行資料庫回復作業，將資料損失降至最低限度。

2. 系統維護

定期檢視系統運作狀況，包含硬體、軟體及網路狀況，發現異常即時排除。例行維護將以遠端連線方式進行，同時，本計畫於保固期間內免費提供網頁、程式及資料庫相關之維護諮詢。

3. 定期更新

定期進行作業系統修補程式更新，及防毒軟體修補程式與病毒碼更新，確保系統處於最佳防護狀態，防止惡意入侵或破壞。

本計畫於本案執行及保固期間內將提供程式除錯及修正服務，以使系統維持正常運作。包含上開程式除錯及修正服務含因系統之作業系統(OS)及資料庫(DB)升級，或為系統安全考量而作之元件更新及各項漏洞修補程式(如 Patch 等)更新。

4. 監測系統維護

本團隊將開發監測資料接收報告，每 2 小時回報 1 次，後端工作人員可藉此掌握現地各觀測儀器運作情形，若有接收異常，則會顯示異常，工作人員可依此將有異常之觀測儀器登錄內部控制管理系統，以安排維修人員處理。

2009 年 06 月 23 日 09 時 12 分台 18 線資料接收報告

色塊說明: ■無資料傳回

台 18 線--<http://140.134.48.19/taiwan18/ge/index.html>

影像	雨量	GPS
1)06/23 09:11:23	氣象局：0mm(06/23 09:00:00)	1)1(06/22 15:51:00)
2)06/23 09:11:24	現地：0mm(06/23 09:00:00)	2)2(06/22 15:53:00)
3)06/23 09:11:25		3)3(06/22 15:55:00)
4)06/23 09:11:27		4)4(06/22 15:57:00)
		5)5(06/22 15:59:00)
		6)6(06/22 15:59:00)
		7)7(06/22 15:47:00)
		8)8(06/22 15:49:00)

台 18 線資料接收回報時間:

- 1) 星期一～五 早上 07:00~19:00 每二小時回報一次
- 2) 星期六日 06:00 12:00 18:00 回報一次

圖 3-1 觀測站資料接收報告表

3.2.2 GPS 儀器設備維護項目

針對各項儀器設備功能特點採取適當的保養工作，維持其應有之效能，並且透過維護測試程序儘早發現問題，以採取檢測及預防校正等相關工作。同時，由於各項儀器設備長時間放置野外作業，飽受日曬雨淋，相對於室內作業則較容易故障，因此在維護時須注意以下事項：

1. 檢視GPS接收天線支架有無鏽蝕情形，若鏽蝕情況嚴重，則需更換新品，並做適當之防鏽處理。
2. 檢視儀器外觀（如表面、設置角度、接頭防水狀況），進行必要之調整並予擦拭乾淨。
3. 檢視線路外皮有無異常破損等情形。
4. 儀器訊號收納箱常有昆蟲進入築巢，平時需將訊號箱內不需使用之出線口封死或放入除蟲劑，避免訊號箱內昆蟲滋生。

3.2.3 資料接收中心（儀器屋）維護項目

資料接收中心負責所有監測資訊之集中傳輸，如資料接收中心任一設備發生異常，將導致監測資訊無法對外傳送。有鑑於此，需確實執行資料接收中心維護工作。本計畫擬定資料接收中心維護項目如下，並需填寫維護記錄表已落實資料接收中心日常維護作業。

1. 資訊系統：檢視7組GPS天線訊號擷取是否正常，擷取後之資料數據是否自動儲存，檢視並清潔工業級電腦及其它儀器系統之外觀灰塵。
2. 電力系統：關閉市電測試UPS自動切換情形，充電機是否正常運作，量測電瓶電壓是否在正常範圍。
3. 資料接收中心(儀器屋):檢查清潔儀器屋各設施如通風口、窗戶、除濕機、風扇設施等；記錄市電電表度數(含日期、時間及度數)。
4. 撰寫相關維護紀錄表:於現場維護檢視時，填寫相關記錄表，並記錄其測試情形。

3.3 歷次現場維護記錄

一機多天線設備已完成硬體初步遷移作業完成後，本計畫開始進行現場維護作業，截至六月底前共進行五次系統維護作業，維護內容摘要如下，歷次維護紀錄請參閱附件一。

3.3.1 第一次現場維護作業

一機多天線設備已完成硬體初步遷移作業，現場網路連線中斷，本團隊於 98 年 4 月 21 日至現地更換設備並進行維護作業。

1. 資訊設備

連結至接收主機之網路異常，經查為 Hub Switch 故障，更換新品測試後已正常運作並進行測試後恢復正常運作。其餘資訊設備正常。

2. 電力設備

各電力設備均正常運作。

3. 觀測儀器

遷移作業初步完成，尚待連通測試。

4. 系統功能

GPS 資料接收程式待線路連通測試完成後啟動接收資料，緊急通報系統與防災應變系統開發中，衛星通訊系統正常運作。



圖 3-2 98 年 4 月 21 日現場維護作業

3.3.2 第二次現場維護作業

一機多天線設備已遷移完成並進行訊號連通測試，但現場網路連線中斷，本團隊於 98 年 5 月 12 日至現地更換設備並進行維護作業。

1. 資訊設備

ROUTER 故障，至現地更換新品，測試後已可正常對外連結。其餘資訊設備正常。

2. 電力設備

各電力設備均正常運作。

3. 觀測儀器

連通測試中。

4. 系統功能

GPS 資料接收程式待線路連通測試完成後啟動接收資料，緊急通報系統與防災應變系統開發中，衛星通訊系統正常運作。

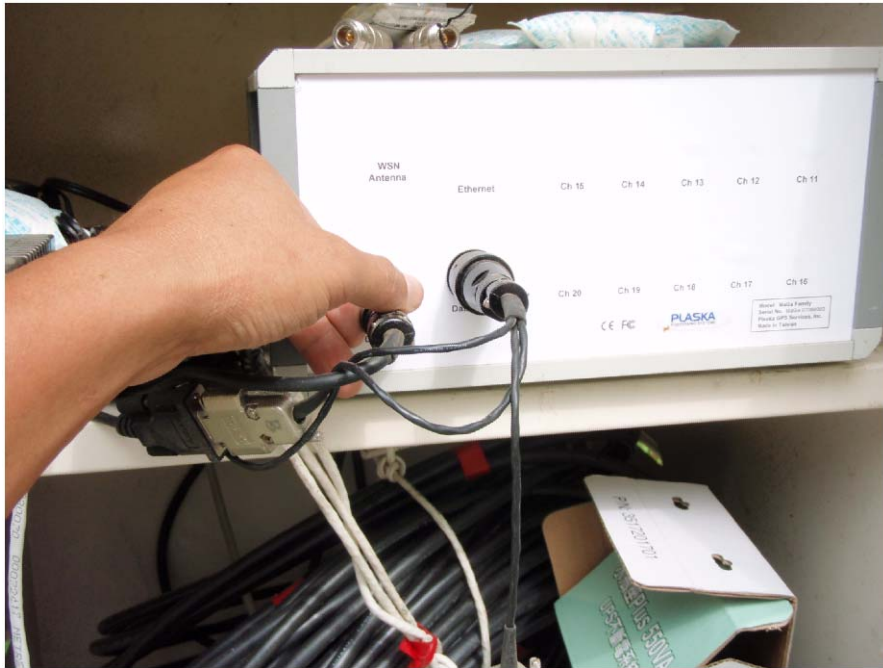


圖 3-3 98 年 5 月 12 日現場維護作業

3.3.3 第三次現場維護作業

一機多天線訊號連通測試完成，已開始回傳觀測資料，但接收主機端電源不穩，本團隊於 98 年 5 月 28 日至現地更換設備並進行維護作業。

1. 資訊設備

接收主機 UPS 故障，已更換設備，並恢復正常運作。其餘資訊設備正常。

2. 電力設備

各電力設備均正常運作。

3. 觀測儀器

各觀測儀器均正常運作。

4. 系統功能

各系統均正常運作。



圖 3-4 98 年 5 月 28 日現場維護作業

3.3.4 第四次現場維護作業

七號天線訊號可正常回傳，但其觀測數值顯示位移量相當大，本團隊於 98 年 6 月 16 日至現地檢查七號天線並進行維護作業。

1. 資訊設備

各資訊設備正常。

2. 電力設備

各電力設備均正常運作。

3. 觀測儀器

至現地檢查七號天線並無傾倒或位移之現象，其餘各觀測儀器均正常運作。

4. 系統功能

各系統均正常運作。



圖 3-5 98 年 6 月 16 日現場維護作業

3.3.5 第五次現場維護作業

因網路連線中斷，同時蓮花颱風來襲，本團隊於 98 年 6 月 20 日至現地進行維護作業。

1. 資訊設備

IDU 當機，現場重開機測試後已正常連結，其餘各資訊設備正常。

2. 電力設備

各電力設備均正常運作。

3. 觀測儀器

各觀測儀器均正常運作。

4. 系統功能

各系統均正常運作。



圖 3-6 98 年 6 月 20 日現場維護作業

3.3.6 第六次現場維護作業

因現地電路瞬斷造成網路連線中斷，本團隊於 98 年 7 月 24 日至現地進行維護作業。

1. 資訊設備

網路設備現場重開機測試後已正常連結，其餘各資訊設備正常。

2. 電力設備

各電力設備均正常運作。

3. 觀測儀器

各觀測儀器均正常運作。

4. 系統功能

各系統均正常運作。



圖 3-7 98 年 7 月 24 日現場維護作業

3.3.7 第七次現場維護作業

莫拉克颱風來襲造成台 18 公路 39K 等多處坍方道路中斷，8 月 7 日凌晨三點電力中斷，現地狀況無法掌握，本團隊積極關切道路修復狀況，在臨時便道開放通車後，於 98 年 9 月 1 日至現地進行維護作業。

1. 資訊設備

兩部電腦主機及基站接收主機毀損需攜回修復，其餘各資訊設備正常。

2. 電力設備

接收主機 UPS 電源設備毀損，其餘電力設備可正常供電。

3. 觀測儀器

因邊坡坍方造成 GPS8 天線毀損，其餘天線正常。

4. 系統功能

各系統均正常運作。

5. 莫拉克災後現勘記錄

9 月 1 日災後現勘記錄如下所述

(1)儀器屋現況

網路設備正常，但兩部 PC 皆無法開機，基站接收主機亦無法連線，疑似暴雨濕氣太重造成電子零件短路，將各設備攜回修理，接收主機則需送回原廠修復。

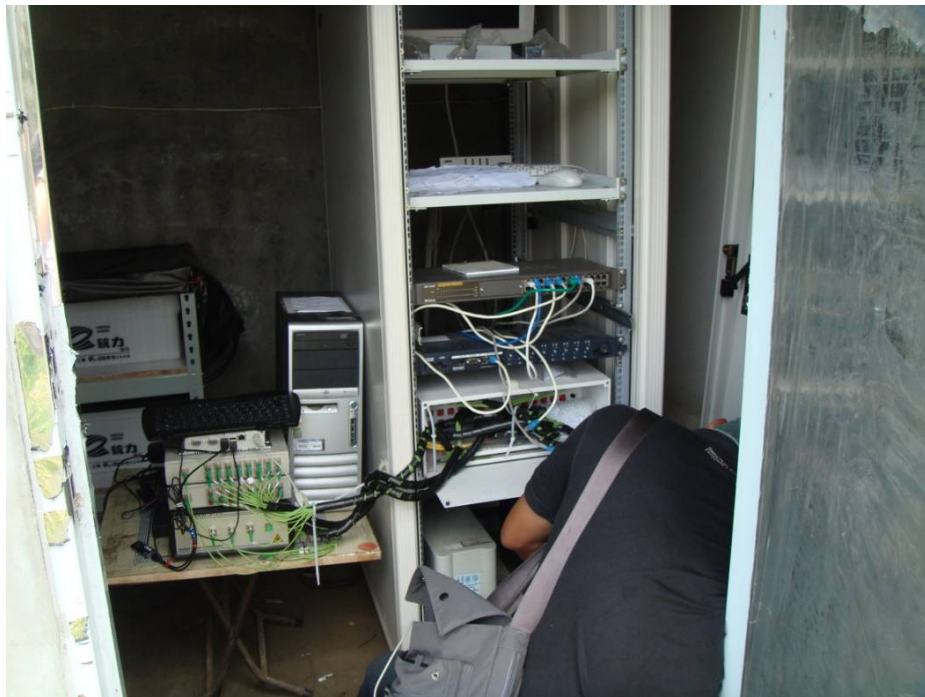


圖 3-8 儀器屋內現況

資料接收中心地板有淹水痕跡，靠上坡處牆壁之右下方有一通風口，疑為元兇，建議將右下方通風口封閉。



圖 3-9 儀器屋淹水痕跡

另外，儀器屋上方有一處新生崩塌但規模不大，研判應無立即危險。



圖 3-10 儀器屋上方崩塌



圖 3-11 儀器屋上方崩塌近照

(2)接收主機現況

電源供應設備疑似因濕氣太重而無法運作，已攜回維修。



圖 3-12 接收主機檢測

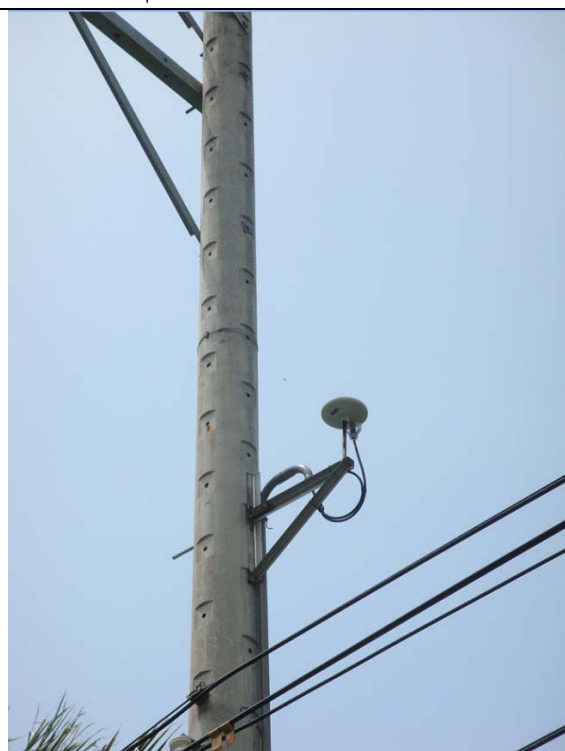
(3)各天線現況



GPS1 正常



GPS2 正常



GPS3 正常



GPS4 正常



GPS5 正常



GPS6 正常



GPS7 正常



基站天線正常

圖 3-13 各天線災後狀況

GPS8 天線基座已掏空崩塌，天線損毀，目前是由鋼纜拖住自立桿，由於當地已無穩固地點可供架設，且天線已經斷裂，本站擬不予復原。



圖 3-14 GPS8 基座崩塌



圖 3-15 GPS8 天線損毀



圖 3-16 GPS 監測區災前護坡工程



圖 3-17 GPS 監測區災後崩塌

3.3.8 第八次現場維護作業

更新兩部電腦主機，並重新設定系統環境，另一方面，因接收主機需送回原廠修復需時較久，原廠修復接收主機後，本團隊於 98 年 9 月 23 日至現地進行系統復原及維護作業。

1. 資訊設備

兩部電腦主機及基站接收主機重新安裝設定後已正常連結，其餘各資訊設備正常。

2. 電力設備

各電力設備均正常運作。

3. 觀測儀器

GPS8 已移除，其餘各觀測儀器均正常運作。

4. 系統功能

各系統均正常運作。



圖 3-18 98 年 9 月 23 日現場維護作業

3.3.9 第九次現場維護作業

因現地電力中斷造成網路設備停擺，本團隊於 98 年 10 月 20 日至現地進行系統復原及維護作業。

1. 資訊設備

網路設備重新開啟已正常連結，其餘各資訊設備正常。

2. 電力設備

各電力設備均正常運作。

3. 觀測儀器

GPS8 已移除，其餘各觀測儀器均正常運作。

4. 系統功能

各系統均正常運作。

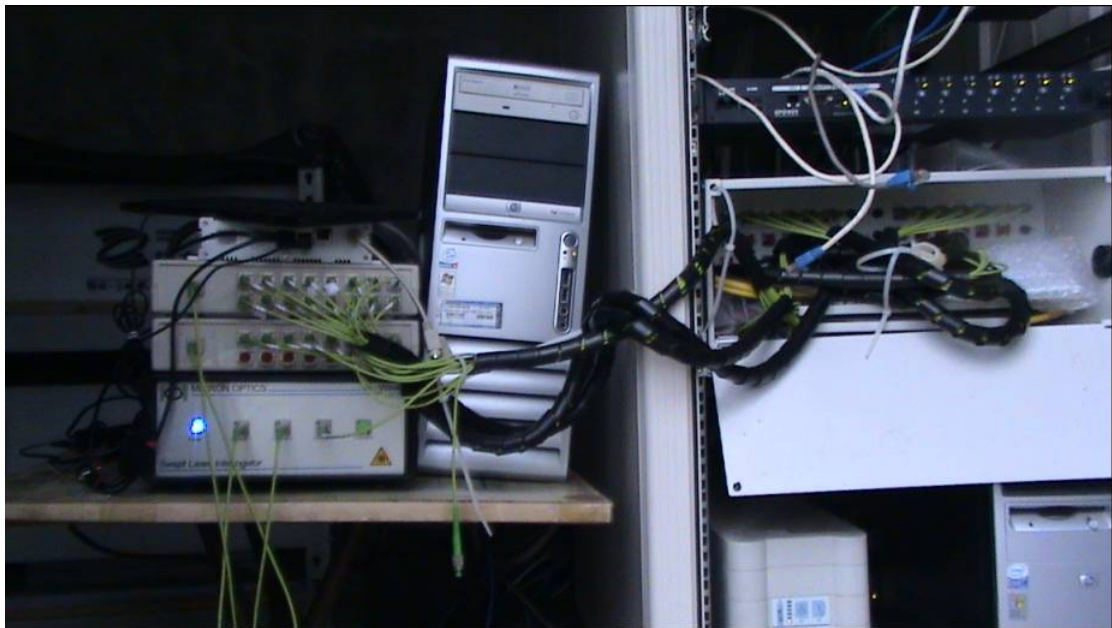


圖 3-19 98 年 10 月 20 日現場維護作業

第四章 全球衛星定位系統監測位置調整工作

4.1. 前期 GPS 監測位置說明

全球衛星定位模組 (GPS) 實際應用於道路坡面滑動的監測，民國 97 年於嘉義縣阿里山鄉台 18 線 30K 第四彎上進行 7 組 GPS 定位與無線電傳輸模組實際運作，其分佈位置如圖 4-1 所示，其中三號天線因道路施工已被施工單位毀損，各儀器現況如圖 4-2 至圖 4-11。

GPS 天線訊號經由接收主機進行解算，其訊息經由第 4 彎無線網路傳回至資料接收中心的 IPC 主機上，經現場資料接收伺服器儲存、加值後，將即時監測資料經過中華電信之衛星服務傳送至網際網路上。

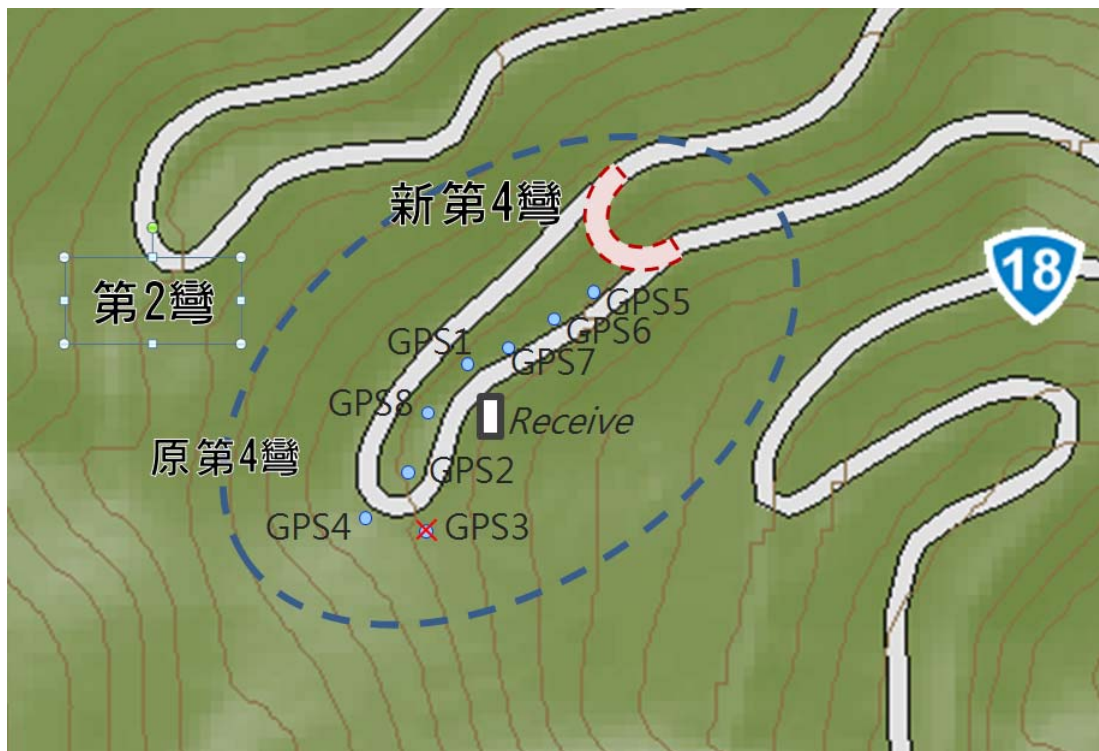


圖 4-1 原 GPS 天線儀器配置圖



圖 4-2 原 GPS 基站天線位置



圖 4-3 儀器設備箱內部設備情況



圖 4-4 原原儀器設備箱



圖 4-5 原第 1 號天線



圖 4-6 原第 2 號天線(第 4 彎路燈頂)



圖 4-7 原第 4 號天線



圖 4-8 原第 5 號天線（自立支架）



圖 4-9 原第 6 號天線（自立支架）



圖 4-10 原第 7 號天線（自立支架）



圖 4-11 原第 8 號天線（自立支架）

4.2 監測位置調整作業規劃

本計畫配合第 4 彎截彎取直改道，以及結合地下井光纖監測，進行 GPS 監測位置調整作業，亦即將 7 組 GPS 天線及 GPS 接收主機遷移至資料接收中心前方地下井光纖監測區內，以及基站天線擇地遷移，GPS 遷移相關工作項目及內容如下說明：

4.2.1 GPS 接收天線自立桿架設

新設置之地點需自立電線桿或鋁管以提供 GPS 天線接收訊號之環境，電線桿或鋁管之架設應確保穩固，若表面地質鬆軟應挖除鬆軟之土層，改以澆置混凝土方式固定其自立桿，或以鋼繩補強，避免因末端搖晃而造成 GPS 天線接收之誤判，自立感設計圖範例如圖 4-12，架設示意圖如圖 4-13。

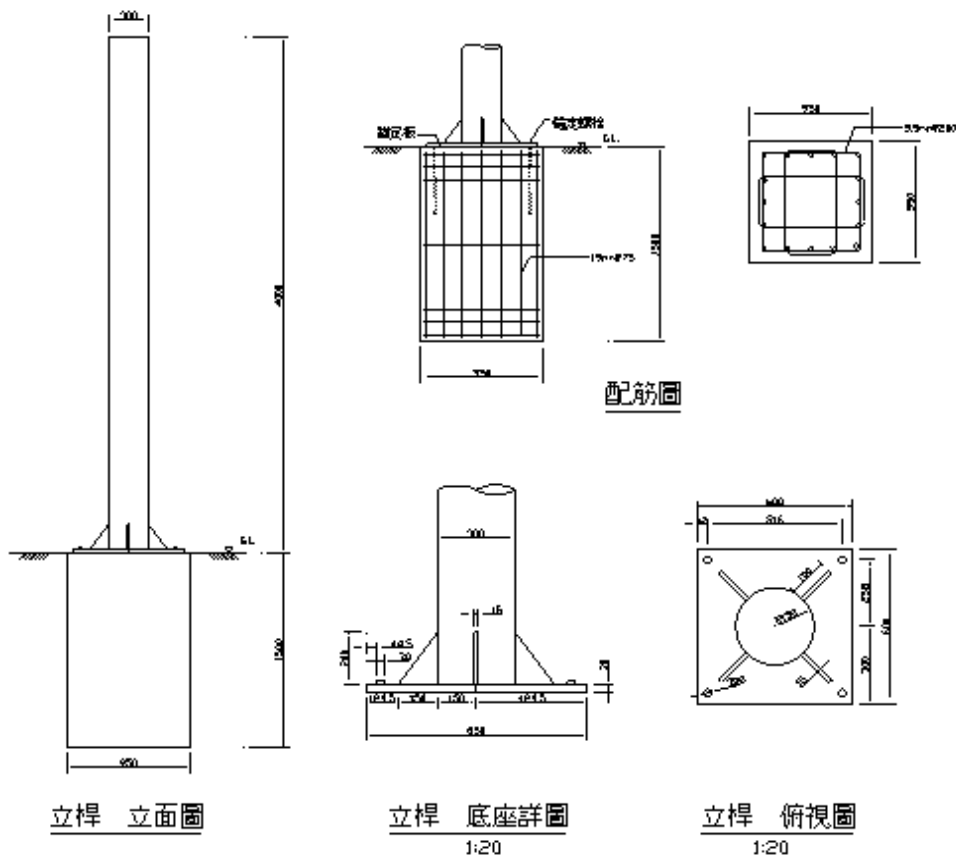


圖 4-12 自立桿設計圖範例

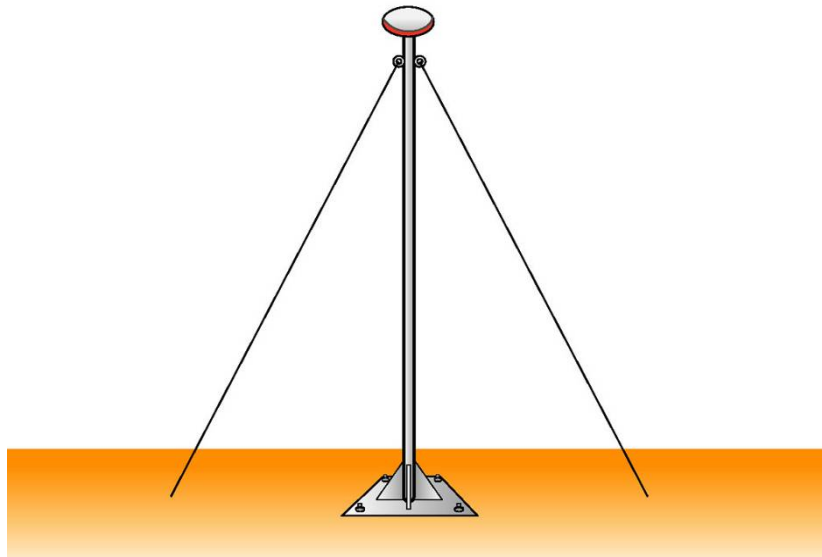


圖 4-13 自立桿架設示意圖

4.2.2 多天線 GPS 天線拆遷作業規劃

本工作項目包含 9 組 GPS 天線（含基站）、傳輸線拆除作業，以及重新架設 GPS 接收天線並鋪設傳輸線，其傳輸線需以 PVC 管保護(圖 4-14)，若線路經過行車路線，則以高架方式牽引線路，避免訊號線受損或影響行車安全。



圖 4-14 PVC 管保護傳輸線作業情形

另一方面，由於現有基站 GPS 天線所在位置亦可能發生地滑，為確保基站坐標資訊之正確性，本計畫亦進行基站天線遷移作業，將基站天線設置於透空度良好且基礎穩固之處所。

4.3 監測位置調整現勘作業

本團隊配合港研中心承辦人員於 98 年 3 月 6 日進行現場勘查作業，相關勘查成果說明如後。

4.3.1 GPS 天線架設位置勘查

GPS 天線架設位置需考量其量測效益、透空度及訊號線回傳距離限制，各天線架設位置說明如下：

1. GPS1（一號天線）

本天線架設於光纖地下井及現地靜態測量點位旁，可配合不同來源之量測數據進行分析。



圖 4-15 GPS1 架設位置現勘



圖 4-16 GPS1 架設位置標示

2. GPS2（二號天線）

本天線架設於 NCTU-01 及 NCTU-01 點位旁，可配合不同來源之量測數據進行分析。



圖 4-17 GPS2 架設位置現勘



圖 4-18 GPS2 架設位置標示

3. GPS3 (三號天線)

本天線架設於資料接收中心對面電線桿上，監測該路段邊坡側滑狀況。



圖 4-19 GPS3 架設位置現勘



圖 4-20 GPS3 架設位置標示

4. GPS4（四號天線）

本天線架設於資料接收中心旁電線桿上，監測資料接收中心邊坡側滑狀況。



圖 4-21 GPS4 架設位置現勘



圖 4-22 GPS4 架設位置標示

5. GPS5（五號天線）

本天線架設於原基站天線位置，監測原基站之邊坡側滑狀況。



圖 4-23 GPS5 架設位置現勘



圖 4-24 GPS5 架設位置標示

6. GPS6 (六號天線)

本天線架設於舊台 18 線路基處，監測目前台 18 路基下方之邊坡側滑狀況，並與 GPS4 及 GPS5 構成 E 方向監測網。



圖 4-25 GPS6 架設位置現勘



圖 4-26 GPS6 架設位置標示

7. GPS7（七號天線）

本天線架設於舊台 18 線路基大面積崩塌地邊緣，監測該崩塌地是否有持續滑動之趨勢，並與 GPS3 構成 E 方向監測網。



圖 4-27 GPS7 架設位置現勘



圖 4-28 GPS7 架設位置標示

8. GPS8 (八號天線)

本天線架設於舊台 18 線路基大面積崩塌地上方，監測該崩塌地是否有持續滑動之趨勢，並與 GPS1 及 GPS2 構成 E 方向監測網，莫拉克颱風崩塌擴大，造成 GPS8 基礎崩落毀損。



圖 4-29 GPS8 架設位置現勘



圖 4-30 GPS7 架設位置標示

9. Base（基站天線）

基站天線架設於資料接收中心後方坡坎處。



圖 4-31 基站天線架設位置現勘



圖 4-32 基站天線架設位置標示

各天線之相對位置形成一監測網，可監測整個塊體之側滑狀況，亦可分析 N 方向不同位置之相對位移量，各天線之空間分布位置，有利於取得更多可提供分析之資訊。



圖 4-33 GPS 天線位置調整空間分布圖

4.3.2 GPS 接收主機架設位置

多天線 GPS 主機設置地點需考量安全及資料傳輸問題，因各天線距離接收主機不可超過 100 公尺，本團隊經實際量測後，將多天線 GPS 主機遷移至資料接收中心對面，GPS 天線下方處（圖 4-34），8 組 GPS 天線之訊號均集中至主機進行資料解算工作，解算結果直接透過高架線路進到資料接收中心內之 IPC，無須另行透過無線網路傳輸，減少其訊號損失率，同時避免因無線傳輸設備損壞造成之資料傳輸問題。



圖 4-34 接收主機現勘



圖 4-35 接收主機位置標示

4.4 監測位置調整施工作業

完成各設備架設位置勘查後，本團隊即積極依據規劃進行現地施工作業，包含天線遷移、基礎開挖、整地、自立桿架設、線路鋪設及現場回復等各項作業。

4.4.1 自立桿架設作業

自立桿架設作業首要考量為基礎穩固，需先進行基礎開挖灌漿，埋設固定螺絲，再將自立桿鎖於基礎之上，請參閱下圖。



圖 4-36 自立桿基礎

除基礎外，自立桿需利用固定鋼索強化其穩定性，利用兩條鋼索固定於地面，避免因颱風等因素致使自立桿傾倒，請參閱下圖。



圖 4-37 自立桿固定鋼索

4.4.2 電線桿天線支架架設作業

三號及四號天線架設於現有電線桿上，需製作支架承托天線並固定於電線桿上，支撐架需能穩固的鎖在電桿上，架設的方向並需考量透空度，天線支撐架之架設作業如下圖所示。



圖 4-38 天線支撐架

4.4.3 線路鋪設作業

山區降雨豐沛，線路鋪設需注意接頭防水問題，本計畫特別加強線路接頭防水，線路均以 PVC 管保護。另外，在兩端接頭處增加防水處理，避免雨水透過兩端接頭流入，影響正常訊號傳輸，接頭防水作業請參閱下圖。



圖 4-39 天線訊號線路配置

部分線路因地形或行車安全因素，需以高架方式鋪設，高架線路除事先勘訂線路鋪設位置外，實際施做時需以 PVC 管保護訊號線，並以鋼索強化固定，線路兩端並保留一段線路彈性空間，避免因拉扯造成線路脫落，請參閱下圖。



圖 4-40 高架線路強化保護固定

訊號線路均遵循以標準施工規範施做，架設完成後並需測試訊號是否可正常，如下圖所示。



圖 4-41 訊號配線作業

4.4.4 接收主機架設

接收主機架設位置需考量各天線位置，同時，接收主機機箱需有穩固之基礎，因此亦需先建立機箱基礎，再將機箱固定於基礎之上，機箱亦需考量與線路之接合防水問題，接收主機架設作業請參閱下圖。



圖 4-42 接收主機安裝架設

另一方面，各天線線路匯集於此，為避免線路遭受破壞，線路需進行地下化，首先開挖線路渠，並將線路埋設於線路渠內再後進行回填，線路埋設作業請參閱下圖。



圖 4-43 線路埋設作業

4.4.5 監測位置調整施工作業成果

各天線及接收主機架設施工作業成果如下列各圖。



圖 4-44 一號天線架設成果



圖 4-45 二號天線架設成果



圖 4-46 三號天線架設成果



圖 4-47 四號天線架設成果



圖 4-48 五號天線架設成果



圖 4-49 六號天線架設成果



圖 4-50 七號天線架設成果



圖 4-51 八號天線架設成果
(現已毀損)



圖 4-52 基站天線架設成果



圖 4-53 接收主機架設成果

第五章 全球衛星定位系統監測結果與相關 單位成果比對與分析

5.1 多天線 GPS 位移量監測與分析

針對 2009 年 5 月 26 日~2009 年 10 月 21 日 148 天的動態即時監測相對位移結果繪製如表 5- 1 所示。其中 8 月 7 日莫拉克颱風造成現地電力中斷，又因為 8 月 8 日到 8 月 9 日三天的豪雨，造成第六彎嚴重的地滑崩塌所產生的位移量。而 GPS8 因此嚴重受損，分析與 GPS8 同一個斷面的 GPS1 和 GPS 同時量測到明顯往西的位移量。其中除了 GPS7 有位移量異常外，其餘有明顯的地滑位移，顯示本系統能真實反應地表位移量。而 GPS7 於 2009 年 6 月 16 日赴現場確認未有明顯位移或固定桿晃動等，之後並與 GPS6 對調後，發現還是異常，故研判可能為 Switch 第 7 個 channel 故障的問題。所有動態即時位移量如圖 5- 1 至圖 5- 8 所示。但由於基站天線本身因為整個第六彎都在滑動，經由比對內政部參考站所計算出向北位移 35mm，向西位移 61mm，所以 GPS1 至 GPS8 的位移量必須加上基站的位移量，得到絕對位移量，如表 5-1 所示。

表 5-1 多天線 GPS 量測位移量 (2009/5/26~2009/10/21)

測站	N (mm)	E (mm)	原位移 量(mm)	修正 N (mm)	修正 E (mm)	修正水平位 移(mm)
GPS1	1	-15	15.03	36	-76	84.1
GPS2	-16.3	-22.3	27.62	18.7	-83.3	85.37
GPS3	-10.7	18.8	21.63	24.3	-42.2	48.7
GPS4	4.1	-55.6	55.75	39.1	-116.6	122.98
GPS5	-6.2	14.2	15.49	28.8	-46.8	54.95
GPS6	-1.7	1.9	2.55	33.3	-59.1	67.84
GPS7	-333.3	103.5	-	-	-	-
GPS8	-1.6	-25	25.05	33.4	-86	92.26

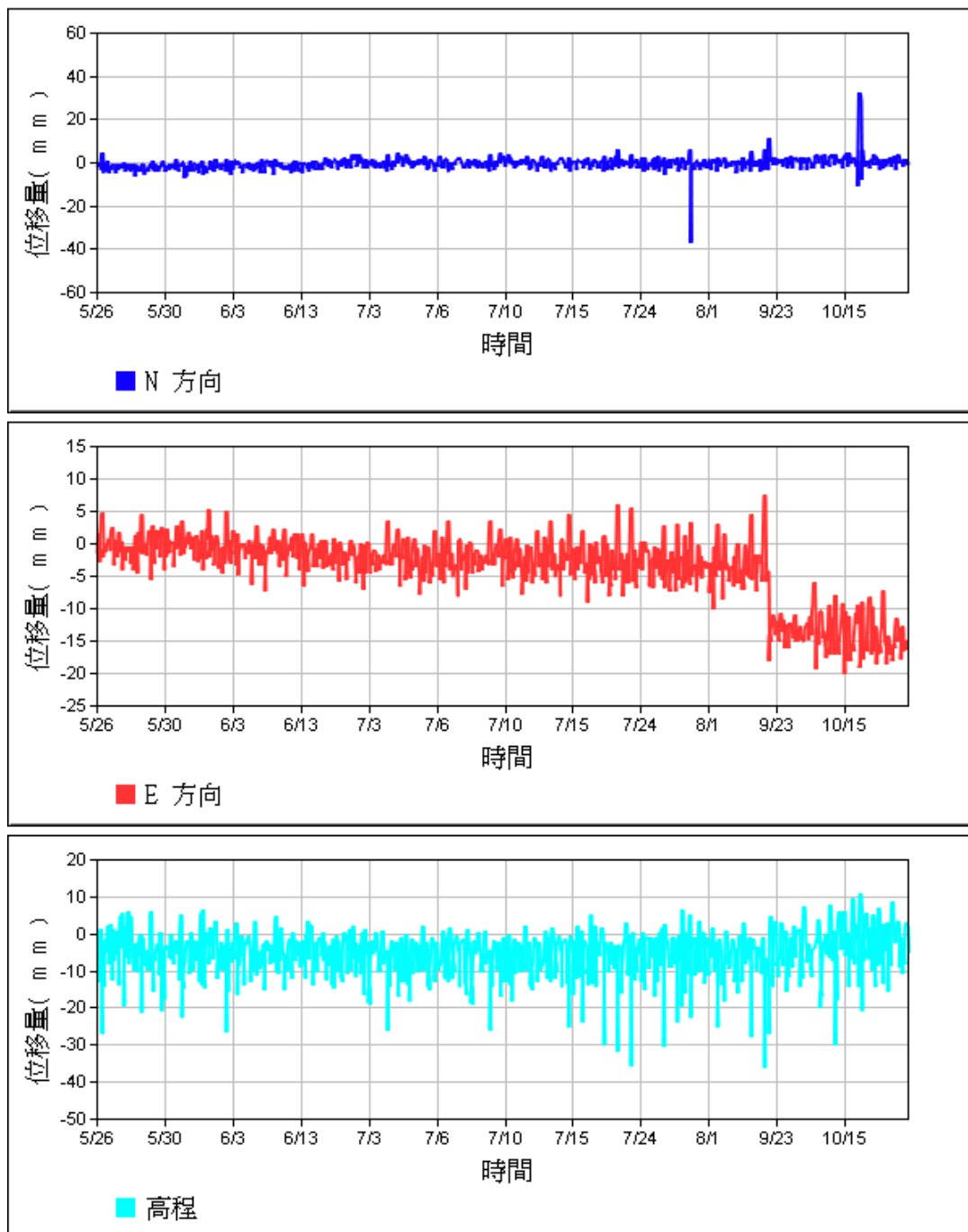


圖 5-1 一號天線監測成果

(2009/5/26~2009/10/21)

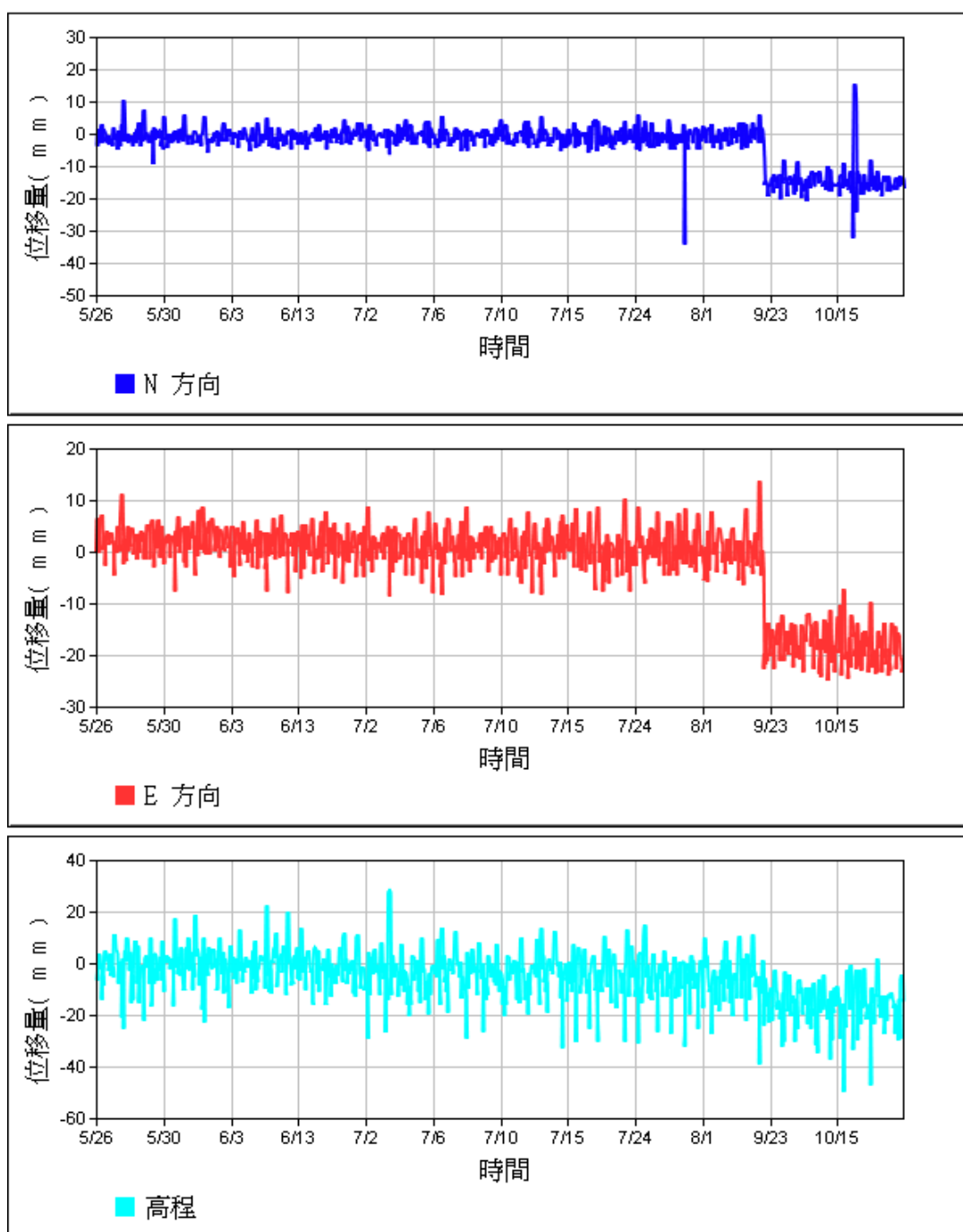


圖 5-2 二號天線監測成果

(2009/5/26~2009/10/21)

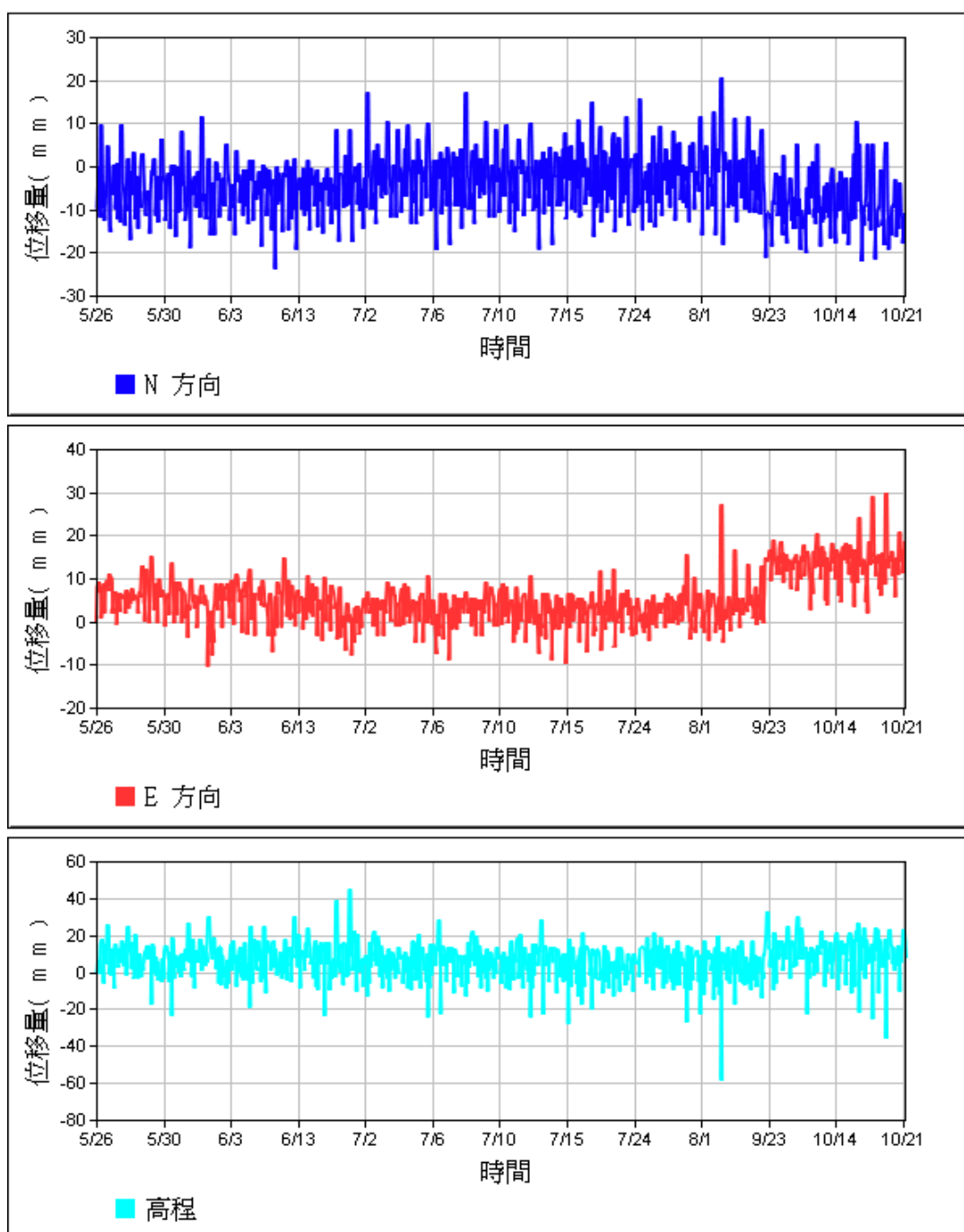


圖 5-3 三號天線監測成果

(2009/5/26~2009/10/21)

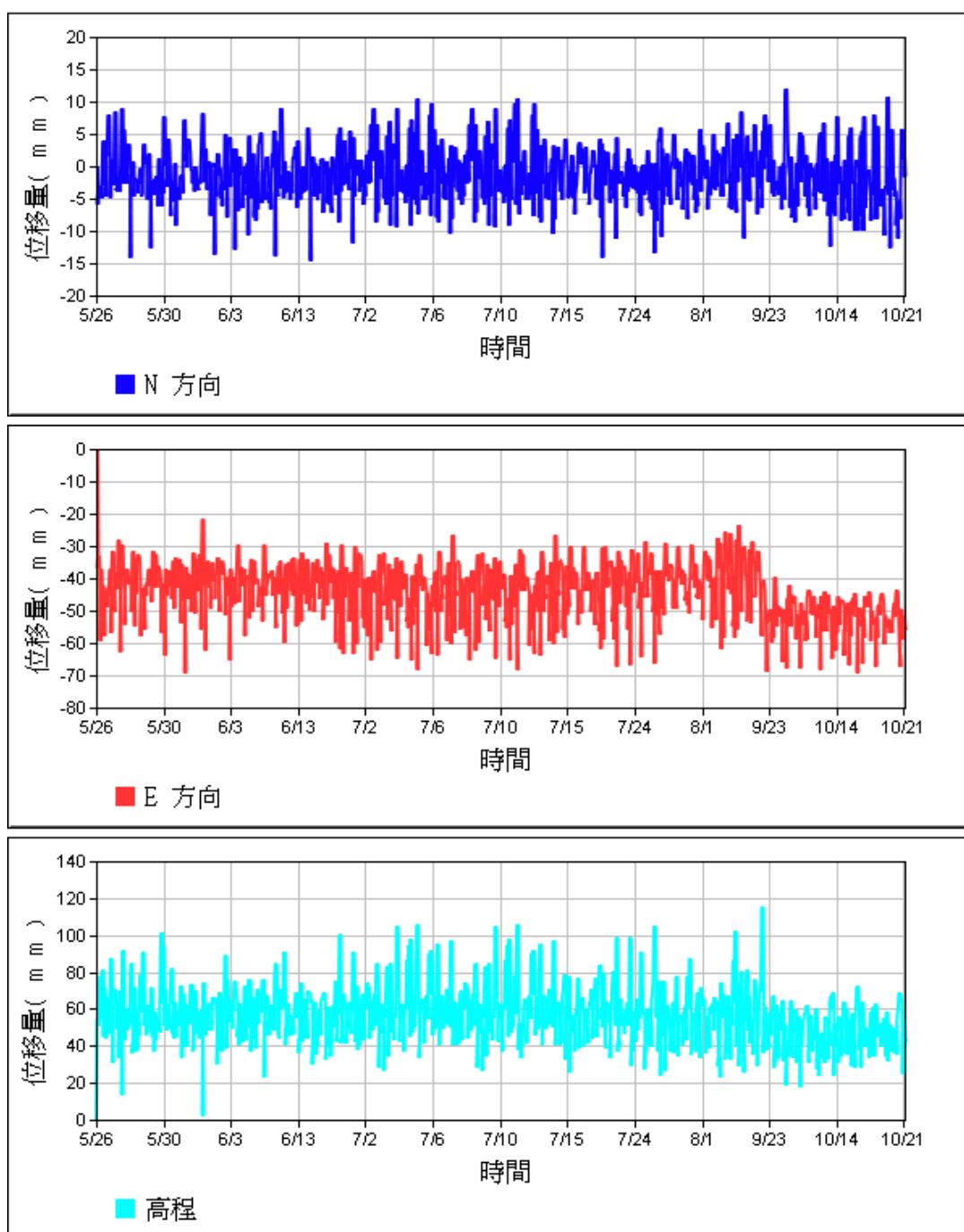


圖 5-4 四號天線監測成果

(2009/5/26~2009/10/21)

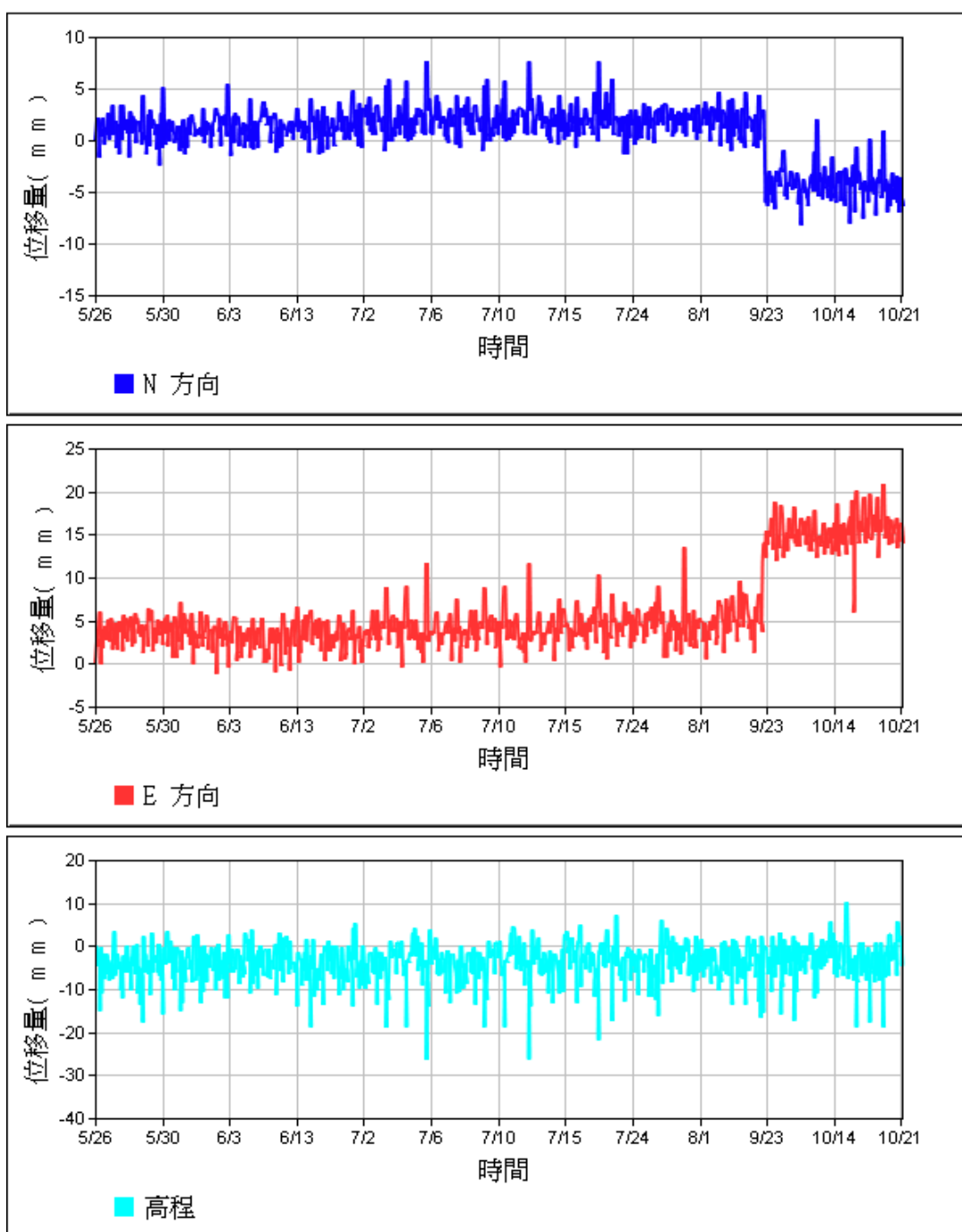


圖 5-5 五號天線監測成果

(2009/5/26~2009/10/21)

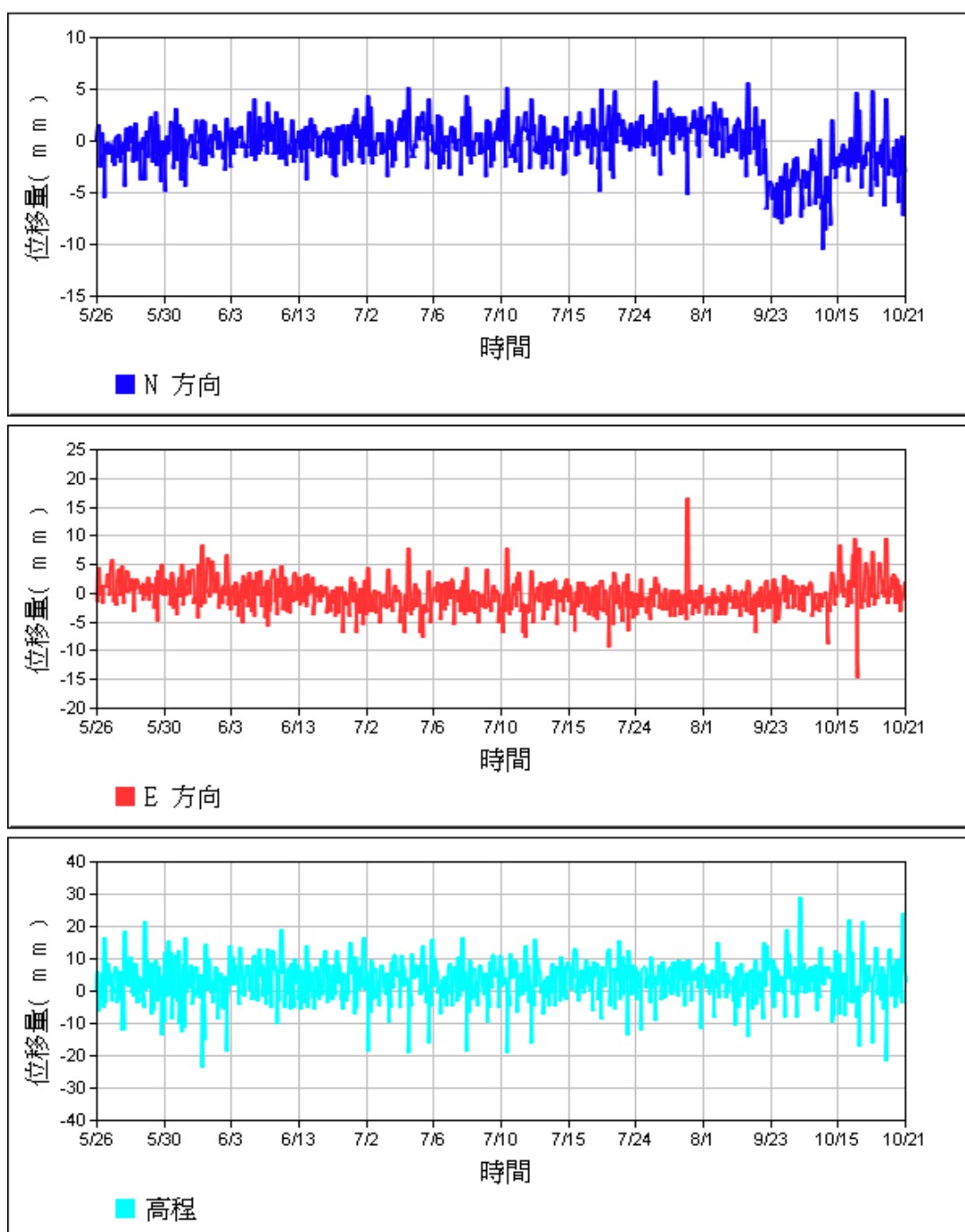


圖 5-6 六號天線監測成果

(2009/5/26~2009/10/21)

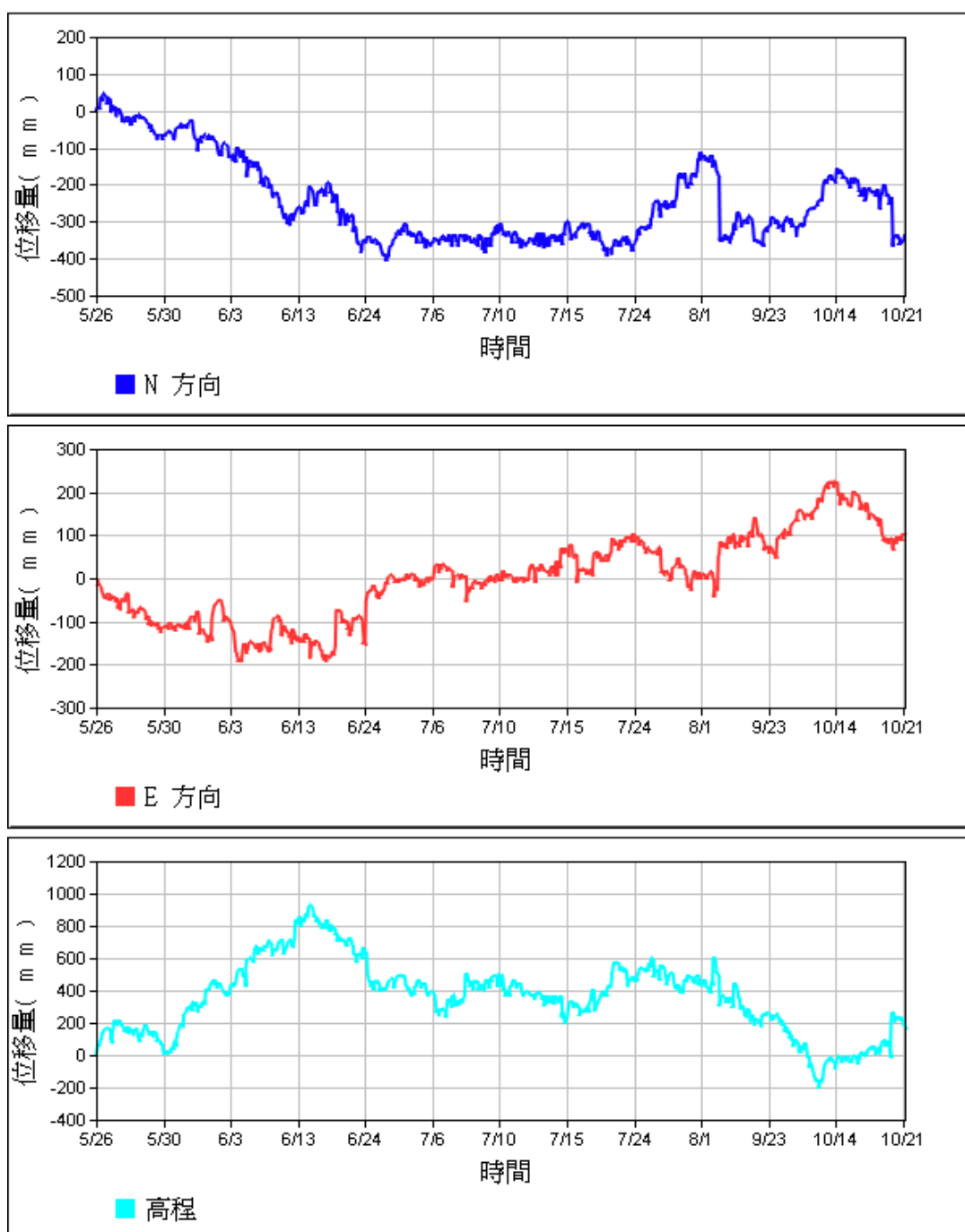


圖 5-7 七號天線監測成果

(2009/5/26~2009/10/21)

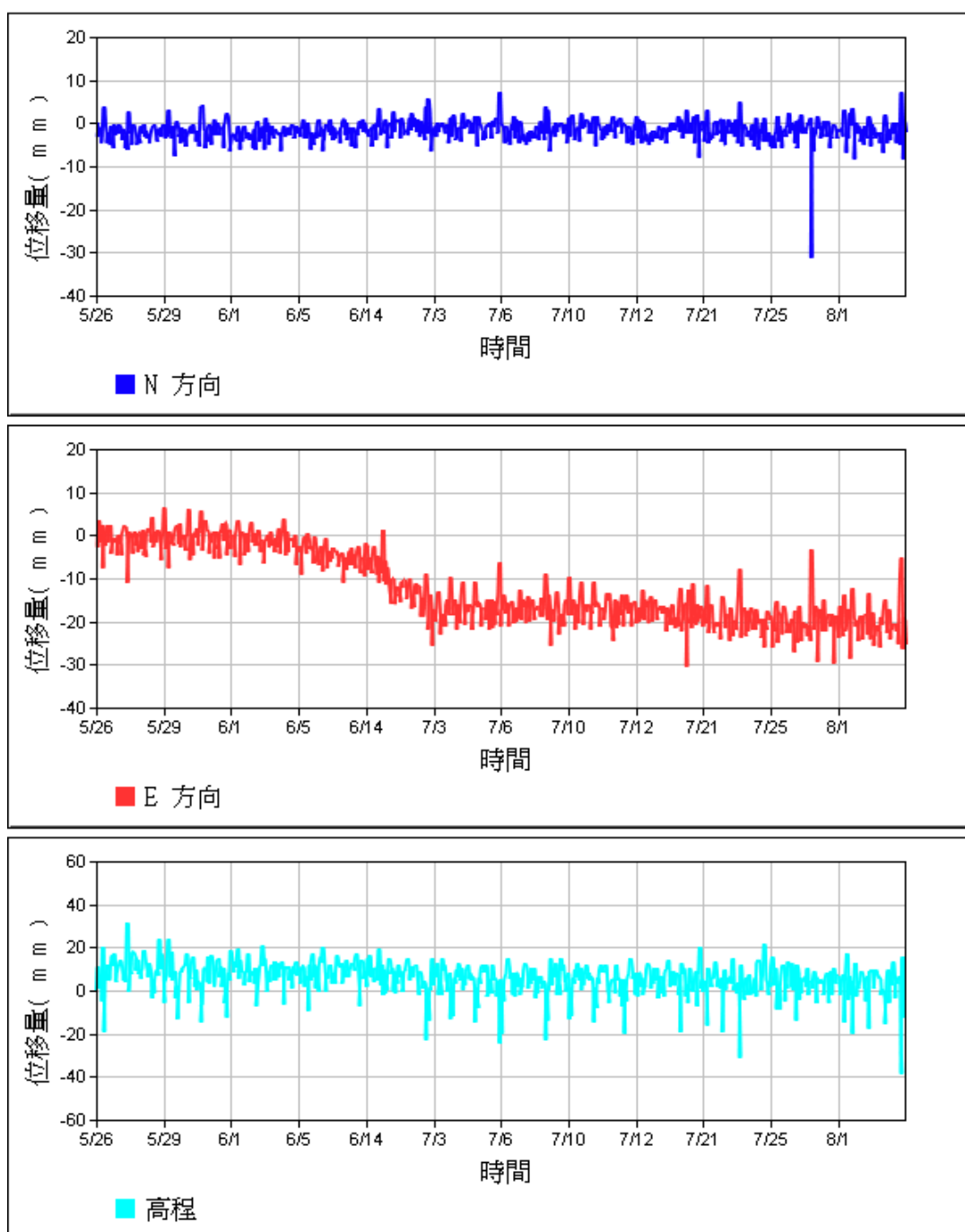


圖 5-8 八號天線監測成果

(2009/5/26~2009/10/21)

將上述八組 GPS 所量測的結果之起始靜態坐標，繪製出空間關係，如圖 5-9 所示。並將 GPS1 至 GPS8 除了受損的 GPS7 外，每個 GPS 從 5 月 26 日至 10 月 21 日的位移方向繪製如圖 5-10 至 5-16 所示。



圖 5-9 台 18 線第六彎 GPS 測點相對位置圖

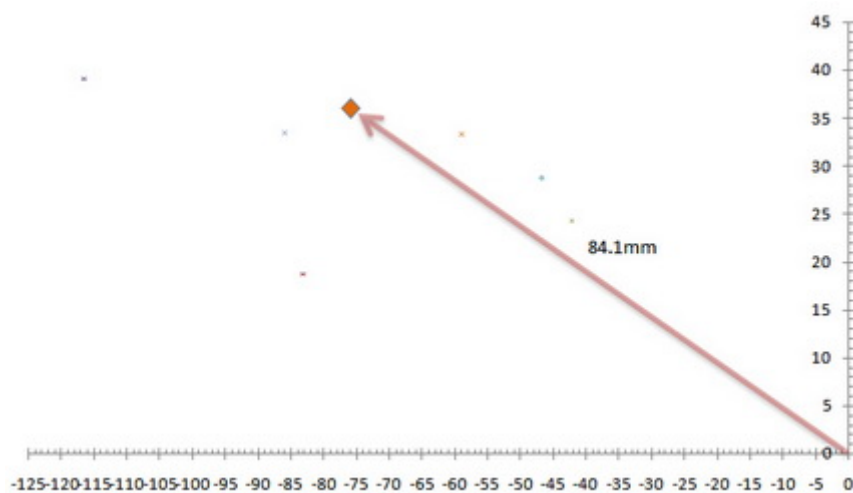


圖 5-10 台 18 線第六彎 GPS1 測點位移方向圖

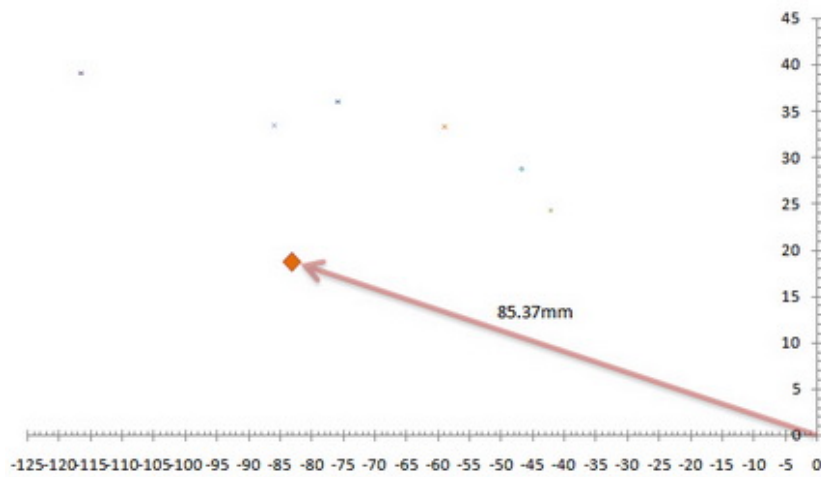


圖 5-11 台 18 線第六彎 GPS2 測點位移方向圖

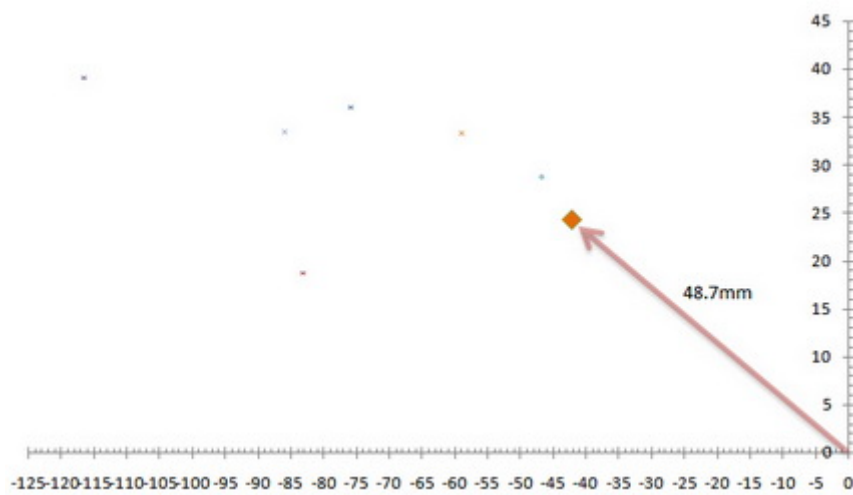


圖 5-12 台 18 線第六彎 GPS3 測點位移方向圖

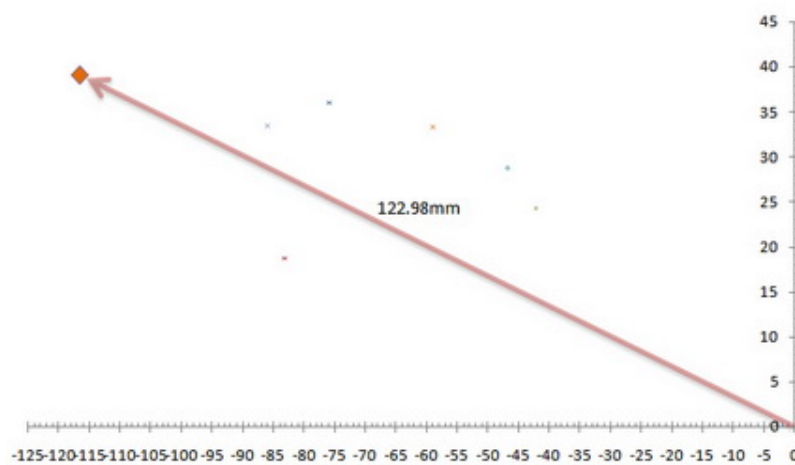


圖 5-13 台 18 線第六彎 GPS4 測點位移方向圖

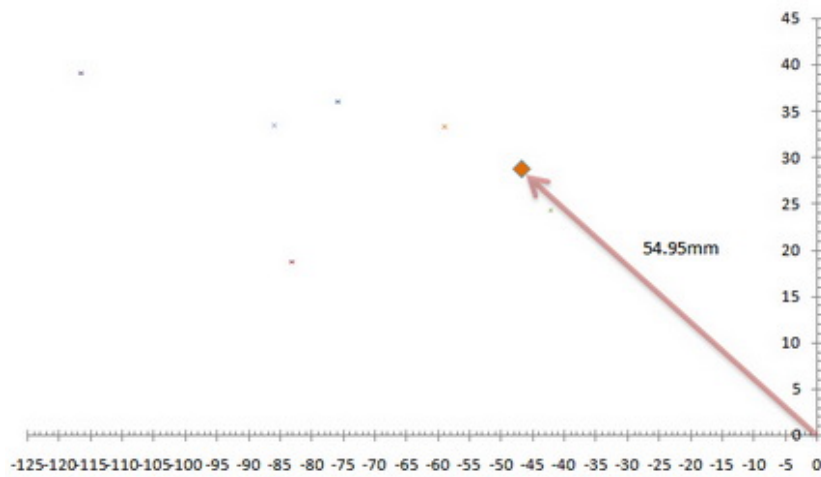


圖 5-14 台 18 線第六彎 GPS5 測點位移方向圖

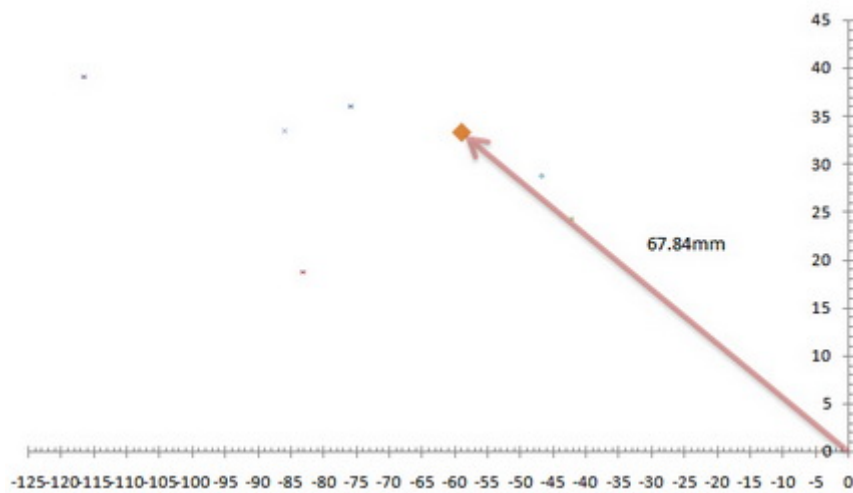


圖 5-15 台 18 線第六彎 GPS6 測點位移方向圖

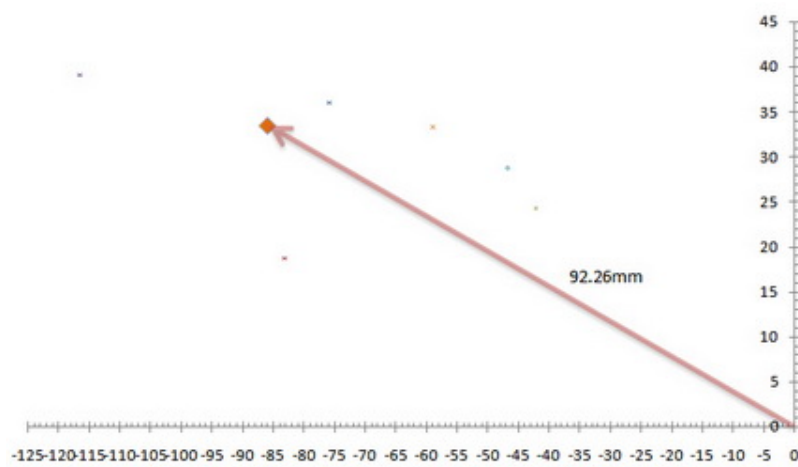


圖 5-16 台 18 線第六彎 GPS8 測點位移方向圖

5.2 現地全球定位系統靜態監測

5.2.1 靜態測量點位勘查

靜態測量點位需考量其量測效益、測量網型及透空度，本團隊配合港研中心承辦人員於 98 年 3 月 6 日進行現場勘查作業，相關勘查成果說明如後。

1. 第二彎靜態測量點位

台 18 第二彎處已出現護欄及路面龜裂等邊坡側滑現象（圖 5-17）。



圖 5-17 台 18 第二彎護欄及路面龜裂現況照片

為取得第二彎邊坡實際側滑數據，本計畫於第二彎新增三處靜態測量點位，編號分別為 S2-1、S2-2、S2-3，其中 S2-1 與現地傾斜計量測點位共點，未來如能取得傾斜計量測資訊則可配合不同來源之量測數據進行分析。



圖 5-18 第二彎靜態測量位置現勘



圖 5-19 第二彎靜態測量位置標示

2. 第四彎靜態測量點位

台 18 五彎仔段舊第四彎因邊坡側滑嚴重，對行車安全已構成重大威脅，台 18 主線道現已改道至新第四彎處（圖 5-20）。



圖 5-20 台 18 五彎仔段新第四彎

本計畫為量測新第四彎邊坡是否穩固，於新第四彎選定三個靜態測量點位，編號分別為 S4-1、S4-2、S4-3，其中 S4-1 及 S4-3 兩點與前期計畫之靜態測量點位共點，可分析不同時期第四彎地區之位移量。



圖 5-21 第四彎靜態測量位置現勘



圖 5-22 第四彎靜態測量位置標示

3. 第六彎靜態測量點位

台 18 五彎仔地區第六彎為本計畫主要研究地區，本計畫同樣於第六彎選定三個靜態測量點位，編號分別為 S6-1、S6-2、S6-3，其中 S6-1 及 S6-2 兩點與前期計畫之靜態測量點位共點，可分析不同時期第六彎地區塊體之位移量。

同時，S6-1 測量點位於 GPS1 天線及地下井光纖附近，S6-2 測量點位於 GPS2 天線及交大地下水位測量點 NCTU-01、NCTU-02 附近，S6-3 測量點位於交大地下水位測量點 NCTU-03。於本地區設置靜態測量點位，可將相關靜態量測成果與一機多天線量測成果進行分析比對，作為一機多天線監測成效之重要分析基準。



圖 5-23 第六彎靜態測量位置現勘



圖 5-24 第六彎靜態測量位置標示

5.2.2 全球定位系統靜態監測成果

前期（前兩個年度）計畫於 2007 年 10 月至 2008 年 2 月，每月各取七天 GPS 基站天線所接收的全球定位系統資料，分別以內政部國土測繪中心之嘉義縣竹崎 e-GPS 固定站為基準進行基線運算(本站約距離實驗區 13.4 公里)。經由上述五個月的數據發現，基站坐標並無太大變化，約 $\pm 1\sim 2\text{cm}$ 範圍。因此，視為偶然誤差特性，故求其平均值作為基站之坐標。

另外，於 2008 年 7 月至 10 月，依相同方式求基站坐標，以確認基站經過幾個月後是否有偏移狀況。每月坐標值如表 5-2 所示。圖 5-18 為五次基站坐標值，發現二月至七月間有向西移約 4cm，七月、八月、九月幾乎沒有移動，而九月至十月又向西移動了約 2.4cm。

表 5-2 基站每月靜態測量座標(m)

基站坐標	N	E	高程
2007/11~2008/2 平均	2591861.416	213379.657	775.019
7 月	2591861.427	213379.6178	774.9985
8 月	2591861.419	213379.6243	774.9828
9 月	2591861.395	213379.622	774.901
10 月	2591861.414	213379.598	775.0038

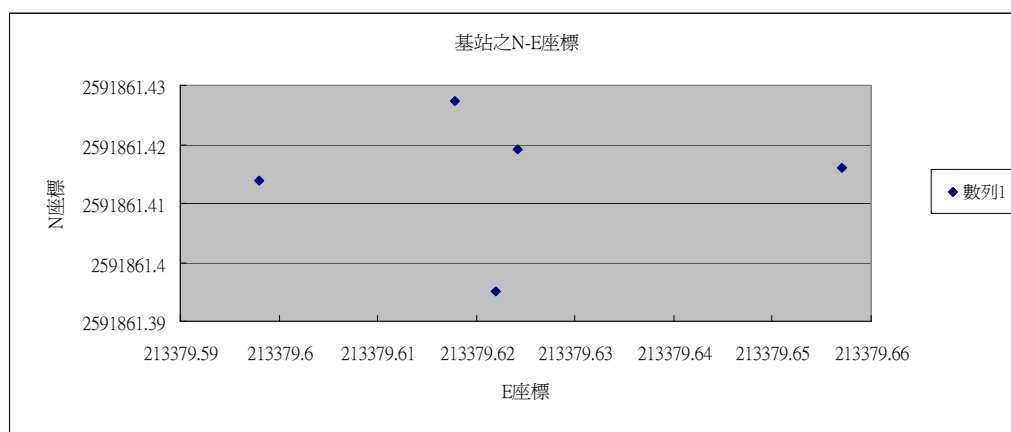


圖 5-25 每月基站之座標

據阿里山公路段表示第二彎的地滑現象亦十分明顯，因此本年度計畫將靜態定位監測站分別設置第二彎、第四彎、及第六彎等三處（每處 3 點），編號為 S2-1、S2-2、S2-3，S4-1、S4-2、S4-3，S6-1、S6-2、S6-3 等九點。2009 年三月初，前往阿里山台 18 線佈設新點位，其中原測站點位置因現場施工，點位遭破壞，新佈設 S4-1 點位，與 2008 年所設的測站 6-1 點位僅差距一公分，測點 S4-3 與去年的測站 7 相同，點號 S6-1、S6-2 與昔日測站一、測站二相同，另於基站附近新設點位 S6-3，故今年 2009 年所佈設的靜態測量測站點位為九個點。2008 年 9 月 9 日測站分布如圖 5-19 所示，而 2009 年 3 月初所佈設的測站點如圖 5-20 所示。

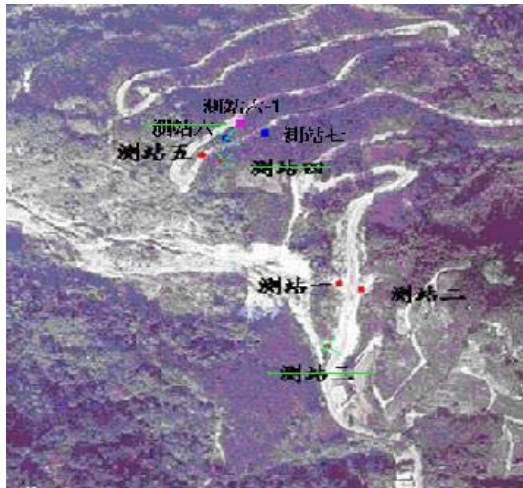


圖 5-26 每月基站之座標



圖 5-27 每月基站之座標

1. 第一次與第二次靜態測量

由於今年度 GPS 即時動態監測站重新布設於第六彎處，因此基站位置更換，基站遷移後於 5 月 26 日開始接收觀測資料，故新基站坐標須以竹崎站為基準站進行坐標計算，坐標成果如表 5-3。

表 5-3 2009 年 6 月 1 日至 6 月 6 日新基站的坐標(m)

基站坐標	N	E	高程
2009 年 6 月 1 日	2591864.339	213412.562	785.459
2009 年 6 月 2 日	2591864.338	213412.558	785.670
2009 年 6 月 3 日	2591864.346	213412.551	785.853
2009 年 6 月 4 日	2591864.339	213412.558	786.540
2009 年 6 月 5 日	2591864.341	213412.554	785.728
2009 年 6 月 6 日	2591864.339	213412.562	785.459

選定點位和新測設點位後，於 2009 年 3 月 20 日和 6 月 6 日進行現地觀測作業，儀器設定同步接收至少一個小時以上的資料(sample rate 每 15 秒一筆)。因新基站資料於 5 月 26 日才開始運作，故 3 月 20 日的觀測數據的坐標解算，是比較 2009 年 3 月 20 日和 2009 年 6 月 6 日兩個時期的 S4-3、S6-1、S6-2 與 S4-1 四個測點形成邊長網形關係，結果顯示兩個時期的點位邊長相對關係沒有顯著改變，換句話說，兩個期間此四點間的邊長較差小於 5mm。因此假設基站坐標不變的情況下，此時期的測站點位移動量是沒有明顯位移。故以 2009 年 6 月 6 日 S4-3 點位的坐標值為基準，來計算 2009 年 3 月 20 日 S4-3 點位的坐標，並以 S4-3 坐標再進一步解算 2009 年 3 月 20 日其它測站點位的坐標值。表 5-4、5-5 和 5-6 為 2008 年 9 月 9 日和 2009 年 3 月 20 日以及 2009 年 6 月 6 日一樣測站點位的資料。

表 5-4 2008 年 9 月 9 日和 2009 年兩次靜態測量之 E 座標(m)

N 座標	2008 年 9 月 9 日	2009 年 3 月 20 日	2009 年 6 月 6 日
S6-1(原測站一)	2591979.953	2591979.952	2591979.956
S6-2(原測站二)	2591986.768	2591986.779	2591986.775
S4-1(原測站六-1)	2592271.040	2592270.992	2592270.994
S4-3(原測站七)	2592261.241	2592261.238	2592261.238
E 座標	2008 年 9 月 9 日	2009 年 3 月 20 日	2009 年 6 月 6 日
S6-1(原測站一)	213388.192	213388.081	213388.076
S6-2(原測站二)	213415.584	213415.466	213415.470
S4-1(原測站六-1)	213288.271	213288.182	213288.189
S4-3(原測站七)	213368.089	213368.013	213368.013

表 5-5 2008 年 9 月 9 日和 2009 年兩次靜態測量之高程 H(m)

高程(H)	2008 年 9 月 9 日	2009 年 3 月 20 日	2009 年 6 月 6 日
S6-1(原測站一)	780.089	780.445	781.807
S6-2(原測站二)	785.805	786.104	787.494
S4-1(原測站六-1)	696.349	696.782	698.100
S4-3(原測站七)	710.618	710.913	712.323

而其它新設置的測站點位，於 2009 年 3 月 20 日和 6 月 6 日其坐標值如下表 5-7、5-8 和 5-9 所示。

表 5-6 2009 年兩次靜態測量新測站之 N 座標(m)

N 座標	2009 年 3 月 20 日	2009 年 6 月 6 日
S6-3	2591874.139	2591874.134
S4-2	2592258.956	2592258.954
S2-1	2592308.671	2592308.683
S2-2	2592241.171	2592241.178
S2-3	2592275.011	2592275.026

表 5-7 2009 年兩次靜態測量新測站之 E 座標(m)

E 座標	2009 年 3 月 20 日	2009 年 6 月 6 日
S6-3	213495.615	213495.617
S4-2	213265.833	213265.825
S2-1	213090.301	213090.296
S2-2	213063.276	213063.262
S2-3	213096.522	213096.514

表 5-8 2009 年兩次靜態測量新測站之高程 H(m)

高程(H)	2009 年 3 月 20 日	2009 年 6 月 6 日
S6-3	808.739	810.034
S4-2	698.298	699.710
S2-1	641.123	642.442
S2-2	643.381	644.740
S2-3	645.900	647.257

圖 5-28 為 S4-3(原測站七)於 2008 年 9 月 9 日和 2009 年兩次現場測量之坐標趨勢圖，2009 年 3 月 20 日與 6 月 6 日 S4-3 的坐標值是一致的，故 2009 年 3 月 20 日與 2009 年 6 月 6 日兩個時期的點位

沒有明顯位移。由圖 5-28 可看出從 2008 年 9 月 9 日到 2009 年 3 月 20 日，時隔半年左右，S4-3 測站點位的移動量，南北方向沒有明顯改變，而約向西移動了 7cm。

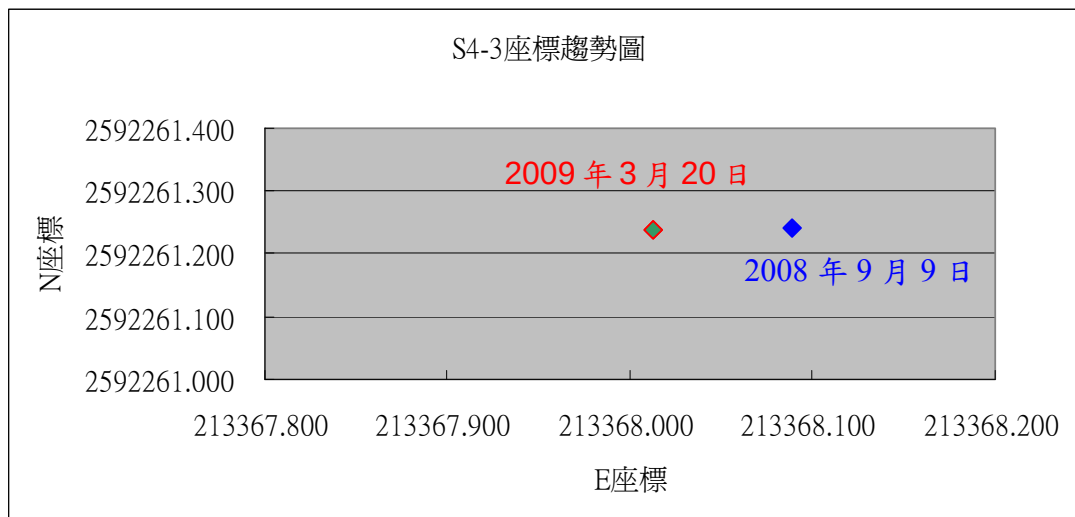


圖 5-28 S4-3(原測站七) 點位坐標趨勢圖

圖 5-29 為 S6-1(原測站一)於 2008 年 9 月 9 日和 2009 年兩次現場測量之坐標趨勢圖，其移動方向與 S4-3 點位一致。南北方向變化不大，而約向西移了 11cm。

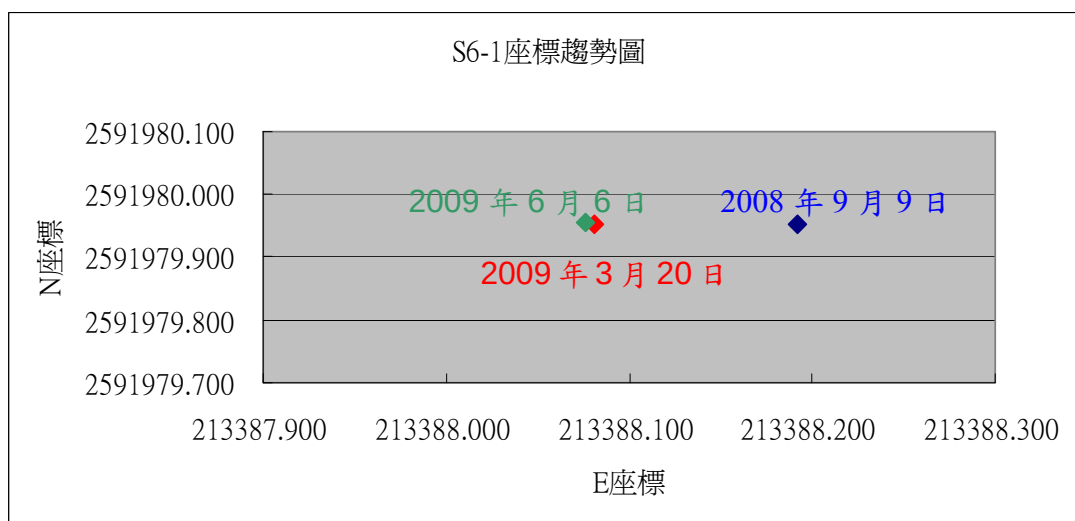


圖 5-29 S6-1(原測站一) 點位坐標趨勢圖

圖 5-2930 為 S6-2(原測站二)於 2008 年 9 月 9 日和 2009 年兩次現場測量之坐標趨勢圖，其移動方向與 S4-3 點位一致。南北方向沒有多大變化，而約向西移 11cm。

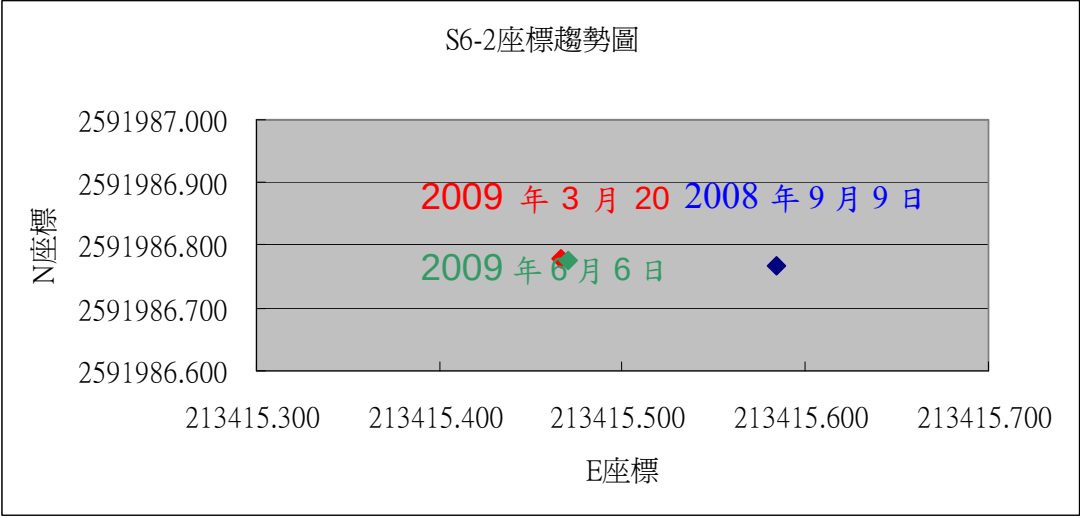


圖 5-30 S6-2(原測站二) 點位坐標趨勢圖

圖 5-31 為 S4-1(原測站六-1)於 2008 年 9 月 9 日和 2009 年兩次現場測量之坐標趨勢圖，移動方向亦與 S4-3 一致。南北方向沒有明顯變化，則是向西移約 9cm。

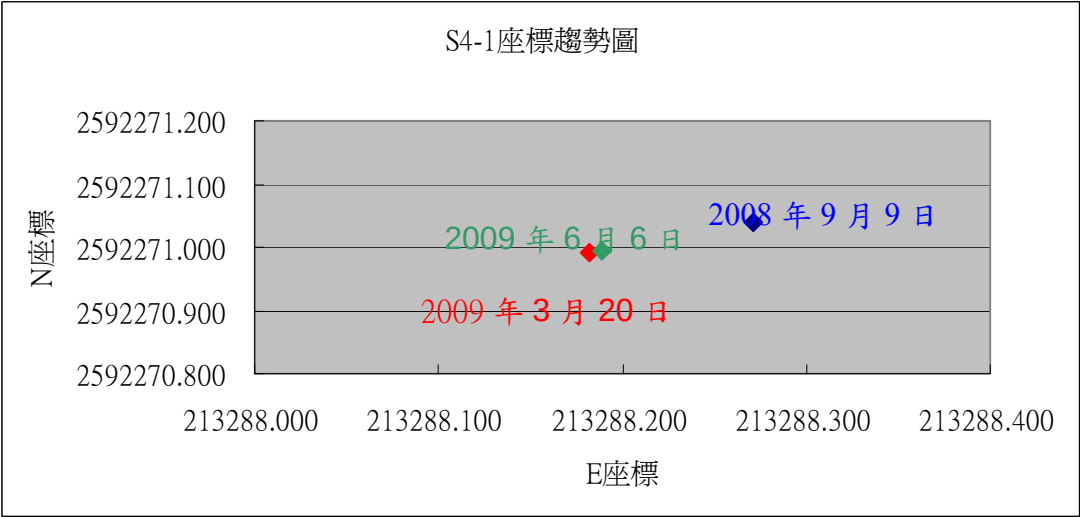


圖 5-31 S4-1(原測站六-1) 點位坐標趨勢圖

圖 5-32 為新測站 S6-3 於 2009 年兩次現地測量之坐標趨勢圖，由 2009 年 3 月 20 日到 2009 年 6 月 6 日 S6-3 測站點位，其南北方向和東西方向的移動量都不到 1cm。這是於解算基線時，其偶然誤差範圍，而此值是在可接受的範圍，所以整體來說點位是沒有明顯的改變。

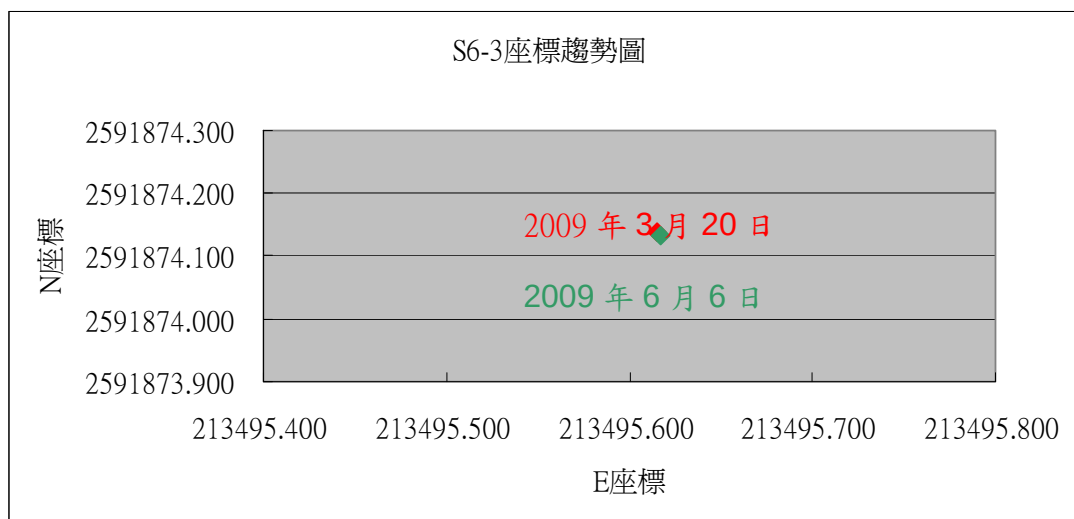


圖 5-32 S6-3 點位坐標趨勢圖

圖 5-33 為新測站 S4-2 於 2009 年兩次現地測量之坐標趨勢圖。其情況與 S6-3 測站點位一樣，移動量沒有多大變化。

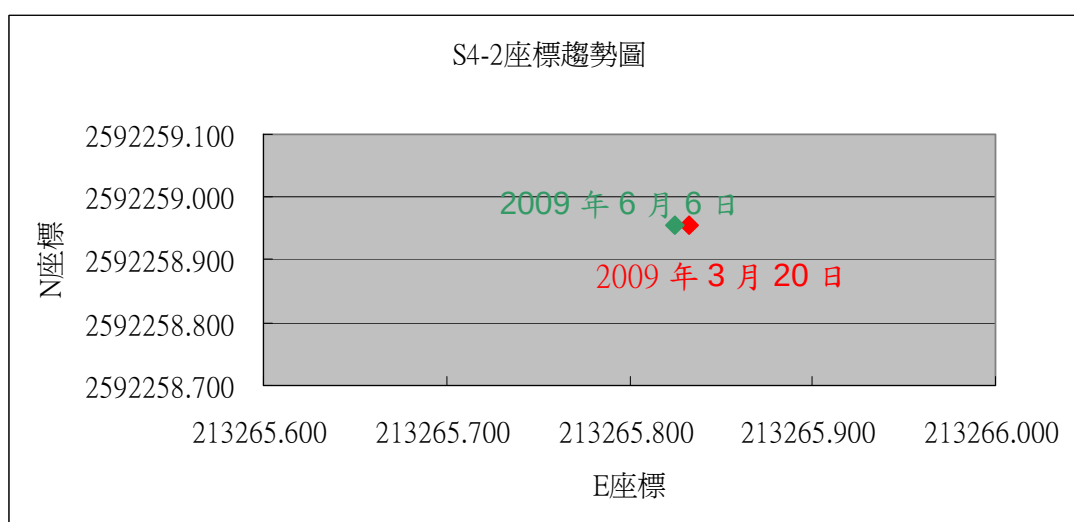


圖 5-33 S4-2 點位坐標趨勢圖

圖 5-34 為新測站 S2-1 於 2009 年兩次現地測量之坐標趨勢圖。其情況與 S6-3 測站點位一樣，沒有很顯著的變化。

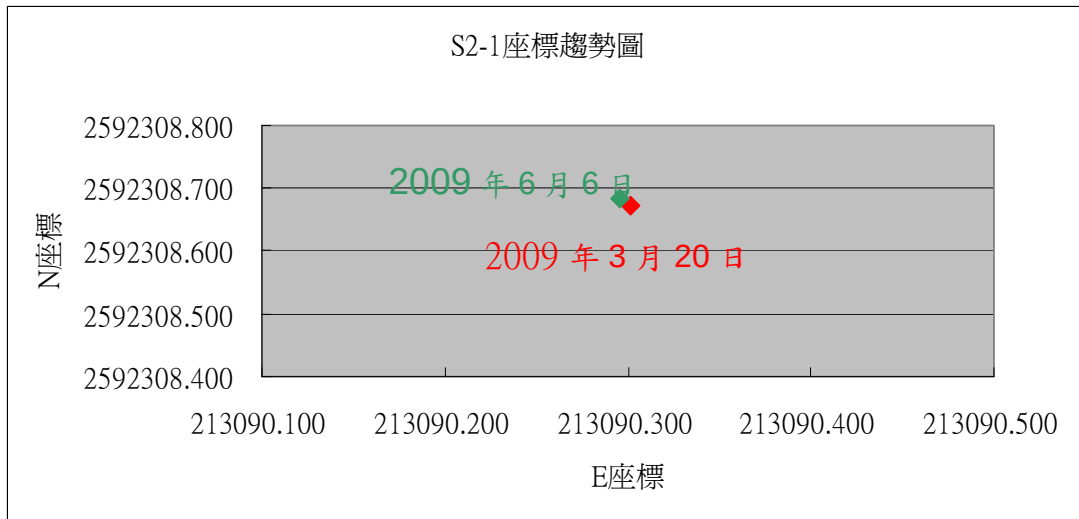


圖 5-34 S2-1 座標趨勢圖

圖 5-35 為新測站 S2-2 於 2009 年兩次現地測量之坐標趨勢圖。其情況與 S6-3 測站點位相同，南北方向沒有變化，而東西方向約向西移 1cm。

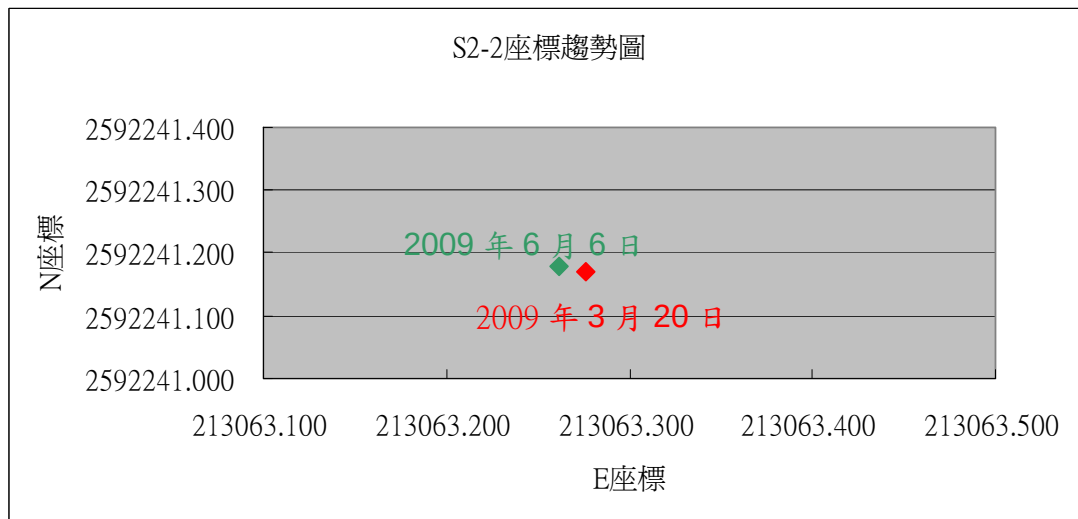


圖 5-35 S2-2 點位坐標趨勢圖

圖 5-36 為新測站 S2-3 於 2009 年兩次現地測量之坐標趨勢圖，其情況亦與 S6-3 測站點位一樣，整體沒有顯著的位移。

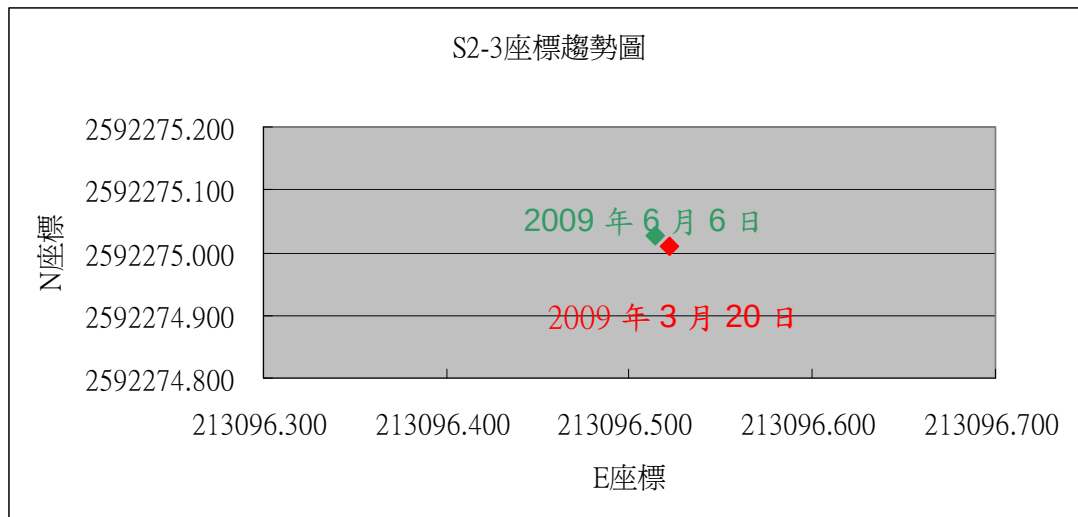


圖 5-36 S2-3 點位坐標趨勢圖

圖 5-37 至圖 5-45 為現地測量九個測站點位之外業記錄照片。



圖 5-37 S4-3(原測站七)點位外業記錄照片



圖 5-38 S4-2 點位外業記錄照片



圖 5-39 S4-1(原測站六-1)點位外業記錄照片

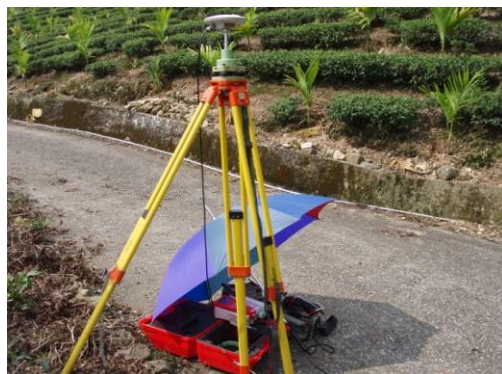


圖 5-40 S6-3 點位外業記錄照片



圖 5-41 S6-2(原測站二)點位外業記錄照片



圖 5-42 S6-1(原測站一)點位外業記錄照片



圖 5-43 S2-1 點位外業記錄照片



圖 5-44 S2-2 點位外業記錄照片



圖 5-45 S2-3 點位外業記錄照片

2. 第三次靜態測量

由於莫拉克颱風的影響，阿里山路段多處坍方，道路損毀，本團隊在道路搶通後立即於 2009 年 9 月 1 日前往阿里山五彎仔路段進行第三次靜態測量，以及於 2009 年 10 月 25 日進行第四次靜態測量。而需進行靜態觀測的點位之中，點 S2-3 已被土石掩埋。所以新設點於 S2-3 原點位附近，編號為‘新 S2-3’點，因此 2009 年 9 月 1 日所設置的點‘新 S2-3’與 2009 年 6 月 6 日點 S2-3 為不同點。

選定好新 S2-3 點後開始進行現地觀測作業，儀器設定同步接收至少一個小時以上的資料(sample rate 每 15 秒一筆)。表 5-9 至表 5-11 為 2008 年 9 月 9 日至 2009 年 9 月 1 日相同測站點位的資料。

表 5-9 2008 年 9 月 9 日和 2009 年三次靜態測量之 N 坐標(m)

N 坐標	2008 年 9 月 9 日	2009 年 3 月 20 日	2009 年 6 月 6 日	2009 年 9 月 1 日
S6-1	2591979.953	2591979.952	2591979.956	2591979.912
S6-2	2591986.768	2591986.779	2591986.775	2591986.740
S4-1	2592271.040	2592270.992	2592270.994	2592270.981
S4-3	2592261.241	2592261.238	2592261.238	2592261.196

表 5-10 2008 年 9 月 9 日和 2009 年三次靜態測量之 E 坐標(m)

E 坐標	2008 年 9 月 9 日	2009 年 3 月 20 日	2009 年 6 月 6 日	2009 年 9 月 1 日
S6-1	213388.192	213388.081	213388.076	213387.738
S6-2	213415.584	213415.466	213415.470	213415.132
S4-1	213288.271	213288.182	213288.189	213287.855
S4-3	213368.089	213368.013	213368.013	213367.720

表 5-11 2008 年 9 月 9 日和 2009 年三次靜態測量之高程 H(m)

高程 H	2008 年 9 月 9 日	2009 年 3 月 20 日	2009 年 6 月 6 日	2009 年 9 月 1 日
S6-1	780.089	780.445	781.807	777.249
S6-2	785.805	786.104	787.494	782.991
S4-1	696.349	696.782	698.100	693.513
S4-3	710.618	710.913	712.323	707.738

而其它設置的測站點位，由下表 5-12、表 5-13 和表 5-14 所示，為本年度 2009 年三次靜態觀測的坐標資料。

表 5-12 2009 年三次靜態測量之 N 坐標(m)

N 坐標	2009 年 3 月 20 日	2009 年 6 月 6 日	2009 年 9 月 1 日
S6-3	2591874.139	2591874.134	2591874.081
S4-2	2592258.956	2592258.954	2592258.922
S2-1	2592308.671	2592308.683	2592308.656
S2-2	2592241.171	2592241.178	2592241.148

表 5-13 2009 年三次靜態測量之 E 坐標(m)

E 坐標	2009 年 3 月 20 日	2009 年 6 月 6 日	2009 年 9 月 1 日
S6-3	213495.615	213495.617	213495.297
S4-2	213265.833	213265.825	213265.526
S2-1	213090.301	213090.296	213089.957
S2-2	213063.276	213063.262	213062.912

表 5-14 2009 年三次靜態測量之高程 H(m)

高程(H)	2009 年 3 月 20 日	2009 年 6 月 6 日	2009 年 9 月 1 日
S6-3	808.739	810.034	805.485
S4-2	698.298	699.710	695.142
S2-1	641.123	642.442	637.909
S2-2	643.381	644.740	640.155

圖 5-46 所示為點 S4-3 於 2008 年 9 月 9 日和 2009 年三次現場測量之坐標趨勢圖。由圖 5-46、表 5-9 及表 5-10 資料中可以發現，由 2009 年 6 月 6 日至 2009 年 9 月 1 日，時隔近三個月，因為莫拉克颱風所帶來的強大豪雨之故，點位的移動量相當明顯。點 S4-3 測站點位的移動量，向南移動約 4 公分，向西移動約 29 公分之多的距離。

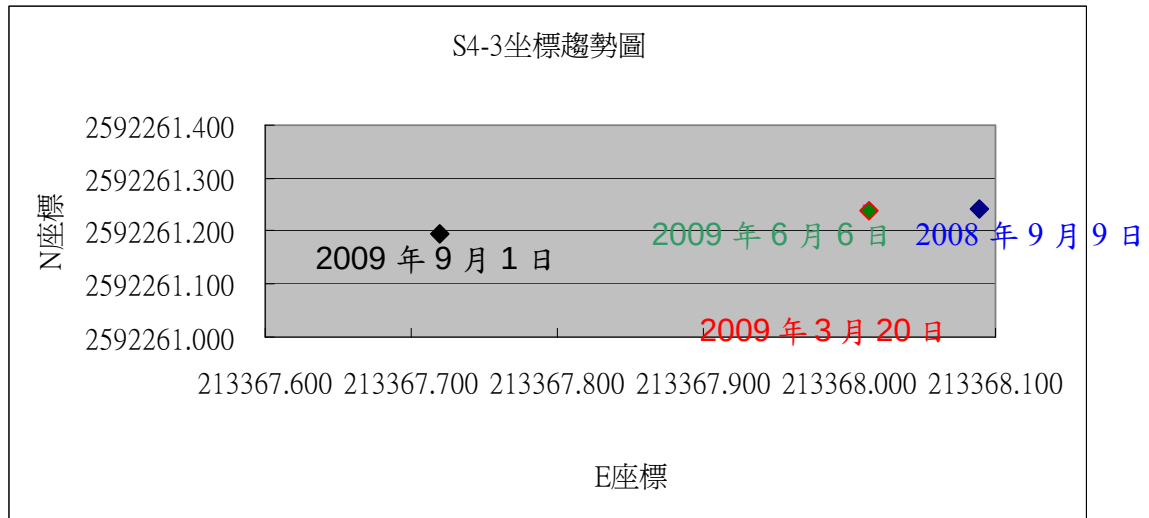


圖 5-46 S4-3 點位 9 月坐標趨勢圖

圖 5-47 為點 S4-1 於 2008 年 9 月 9 日和 2009 年三次現場測量之坐標趨勢圖。其移動方向與 S4-3 一致，而位移量為約向南移動 1 公分，向西移動約 33 公分。

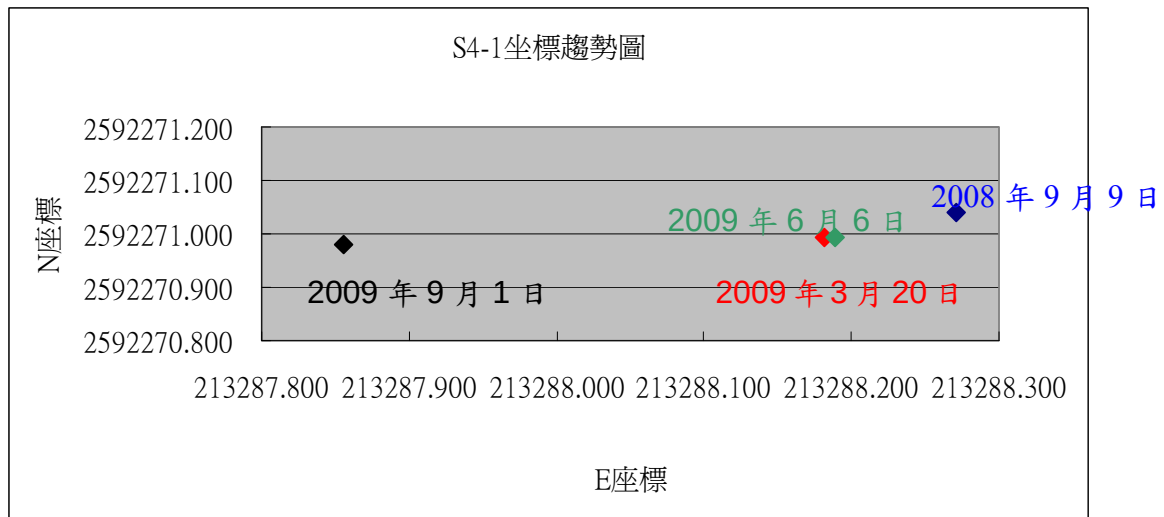


圖 5-47 S4-1 點位 9 月坐標趨勢圖

圖 5-48 為點 S6-1 於 2008 年 9 月 9 日和 2009 年三次現場測量之坐標趨勢圖。其移動方向與 S4-3 一致，位移量則是向南移動約 4 公分，而向西移動約 33 公分。

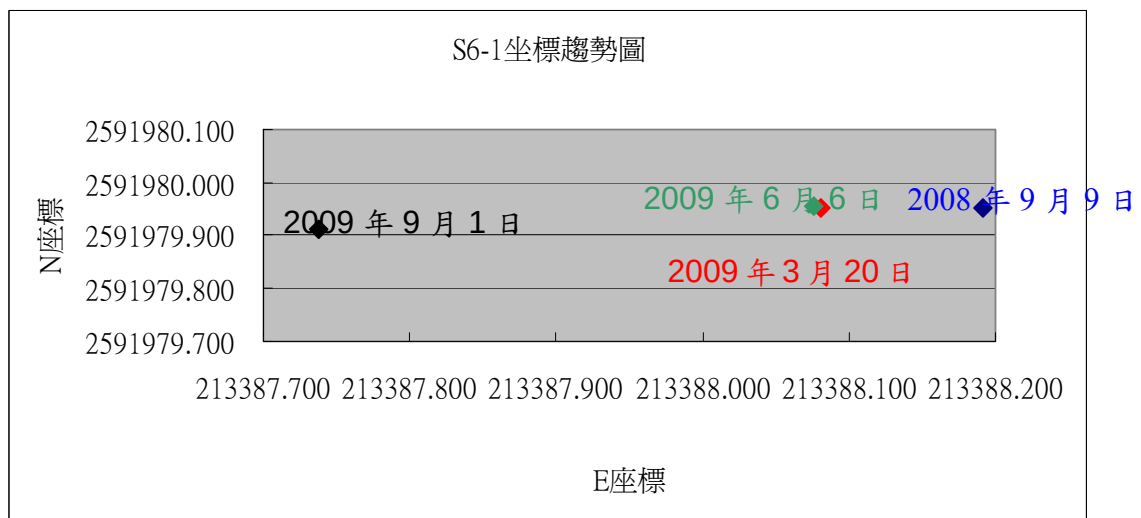


圖 5-48 S6-1 點位 9 月坐標趨勢圖

圖 5-49 為點 S6-2 於 2008 年 9 月 9 日和 2009 年三次現場測量之坐標趨勢圖。其移動方向與 S4-3 一致，位移量向南移動 3 公分，向西移動 33 公分。

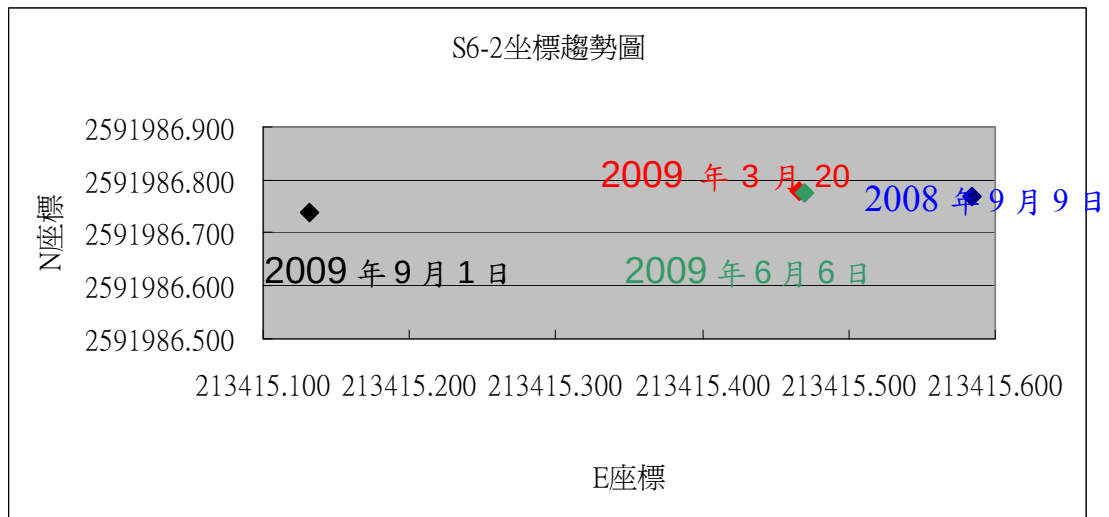


圖 5-49 S6-2 點位 9 月坐標趨勢圖

圖 5-50 為點 S6-3 於 2009 年三次現場測量之坐標趨勢圖。其移動方向與 S4-3 一致，向南移動約 5 公分，向西移動 32 公分。

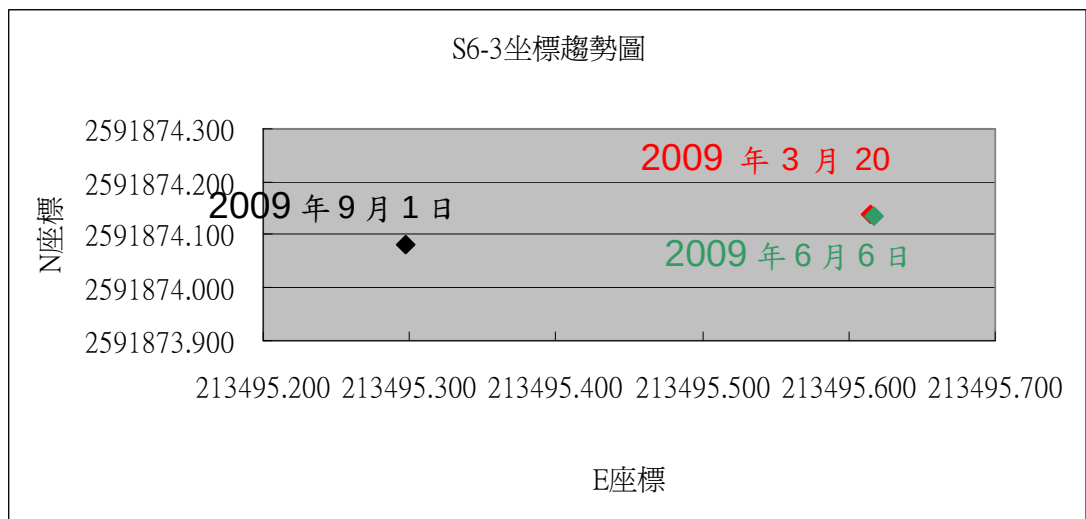


圖 5-50 S6-3 點位 9 月坐標趨勢圖

圖 5-51 為點 S4-2 於 2009 年三次現場測量之坐標趨勢圖。其移動方向與 S4-3 一致，約向南移動 3 公分，向西移動約 30 公分。

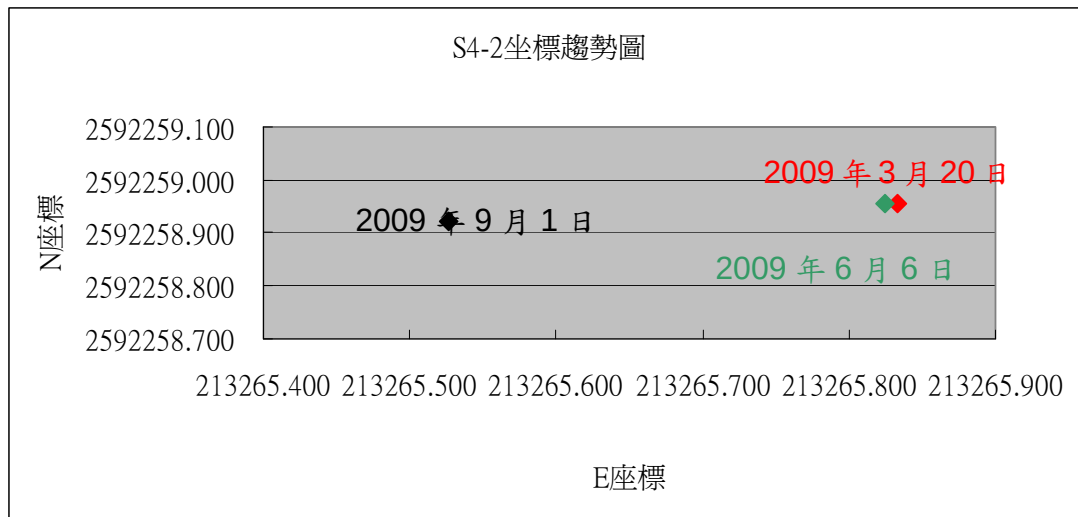


圖 5-51 S4-2 點位 9 月坐標趨勢圖

圖 5-52 為點 S2-1 於 2009 年三次現場測量之坐標趨勢圖。其移動方向與 S4-3 一致，向南移動約 3 公分，向西移動 33 公分。

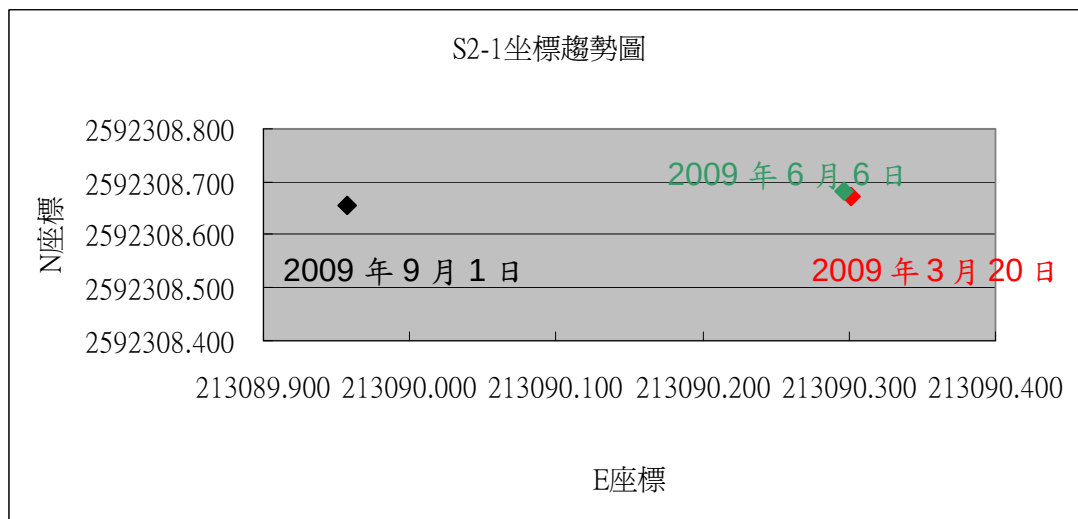


圖 5-52 S2-1 點位 9 月坐標趨勢圖

圖 5-53 為點 S2-2 於 2009 年三次現場測量之坐標趨勢圖。其移動方向與 S4-3 一致，向南移動 3 公分，向西移動 35 公分。

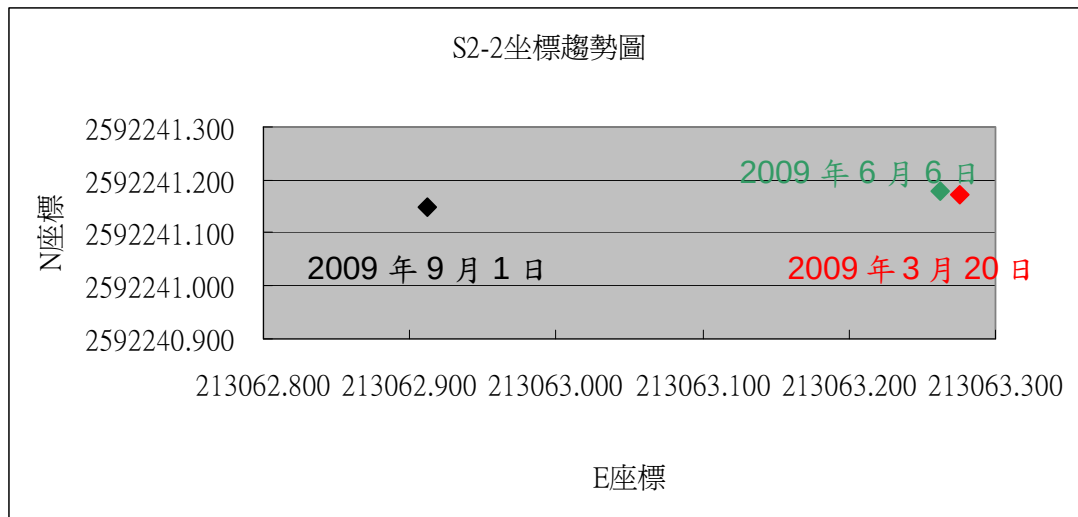


圖 5-53 S2-2 點位 9 月坐標趨勢圖

點 S2-3 因為被土石所掩埋，因此於附近另設一點為新 S2-3，新 S2-3 其點位坐標如表 5-15 所示。

表 5-15 新 S2-3 之 N 坐標、E 坐標及高程

點位	N 坐標(m)	E 坐標(m)	高程 H
新 S2-3	2592271.466	213104.591	643.160



圖 5-54 原本 S2-3 的點位位置(已被土石掩埋)



圖 5-55 舊 S2-3 附近之新設置點新 S2-3 位置



圖 5-56 新增 GPS7 靜態測量點位

3. 第四次靜態測量

本團隊於 2009 年 10 月 25 日前往阿里山五灣仔路段進行第四次靜態觀測測量，儀器設定同步接收至少一個小時以上的資料(sample rate 每 15 秒一筆)。下表 5-19 與 5-20 為 2008 年 9 月 9 日與 2009 年本年度四次靜態測量相同點位的 N、E 坐標。

表 5-16 2008 年 9 月 9 日與 2009 年四次相同點位靜態測量之 N 坐標(m)

N 坐標	2008 年 9 月 9 日	2009 年 3 月 20 日	2009 年 6 月 6 日	2009 年 9 月 1 日	2009 年 10 月 25 日
S6-1	2591979.953	2591979.952	2591979.956	2591980.001	2591979.989
S6-2	2591986.768	2591986.779	2591986.775	2591986.829	2591986.819
S4-1	2592271.040	2592270.992	2592270.994	2592271.029	2592271.028
S4-3	2592261.241	2592261.238	2592261.238	2592261.280	2592261.272

表 5-17 2008 年 9 月 9 日與 2009 年四次相同點位靜態測量之 E 坐標(m)

E 坐標	2008 年 9 月 9 日	2009 年 3 月 20 日	2009 年 6 月 6 日	2009 年 9 月 1 日	2009 年 10 月 25 日
S6-1	213388.192	213388.081	213388.076	213387.998	213387.995
S6-2	213415.584	213415.466	213415.470	213415.392	213415.390
S4-1	213288.271	213288.182	213288.189	213288.117	213288.157
S4-3	213368.089	213368.013	213368.013	213367.982	213367.986

下面表 5-18 與表 5-19 為 2009 年四次靜態測量之 N、E 坐標。

表 5-18 2009 年四次靜態測量新設點位之 N 坐標(m)

N 坐標	2009 年 3 月 20 日	2009 年 6 月 6 日	2009 年 9 月 1 日	2009 年 10 月 25 日
S6-3	2591874.139	2591874.134	2591874.169	2591874.169
S4-2	2592258.956	2592258.954	2592259.012	2592259.020
S2-1	2592308.671	2592308.683	2592308.747	2592308.743
S2-2	2592241.171	2592241.178	2592241.240	2592241.234

表 5-19 2009 年四次靜態測量新設點位之 E 坐標(m)

E 坐標	2009 年 3 月 20 日	2009 年 6 月 6 日	2009 年 9 月 1 日	2009 年 10 月 25 日
S6-3	213495.615	213495.617	213495.556	213495.556
S4-2	213265.833	213265.825	213265.788	213265.796
S2-1	213090.301	213090.296	213090.220	213090.223
S2-2	213063.276	213063.262	213063.174	213063.172

下表 5-20 為新 S2-3 點位之 N、E 坐標。

表 5-20 新 S2-3 點位之 N 坐標

新 S2-3	2009 年 9 月 1 日	2009 年 10 月 25 日
N 坐標	2592271.557	2592271.550
E 坐標	213104.853	213104.859

圖 5-57 所示為 S4-3 點於 2008 年 9 月 9 日和 2009 年四次現場靜態測量之坐標趨勢圖。2009 年 9 月 1 日與 2009 年 10 月 25 日兩個時期位移量沒有什麼變化。

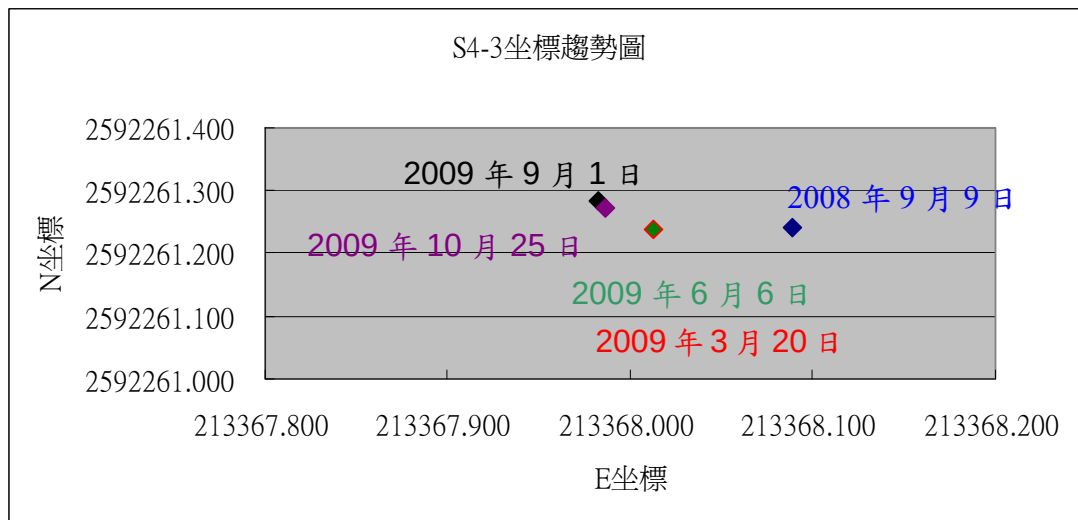


圖 5-57 S4-3 點位坐標趨勢圖

圖 5-58 所示為 S4-1 點於 2008 年 9 月 9 日和 2009 年四次現場靜態測量之坐標趨勢圖。於 2009 年 9 月 1 日與 2009 年 10 月 25 日兩次靜態測量位移量於上述提到，因為點位模糊不清，兩次靜態測量所佈設的點位有所不同，致使 S4-1 點位坐標值於這兩個時期不一樣。

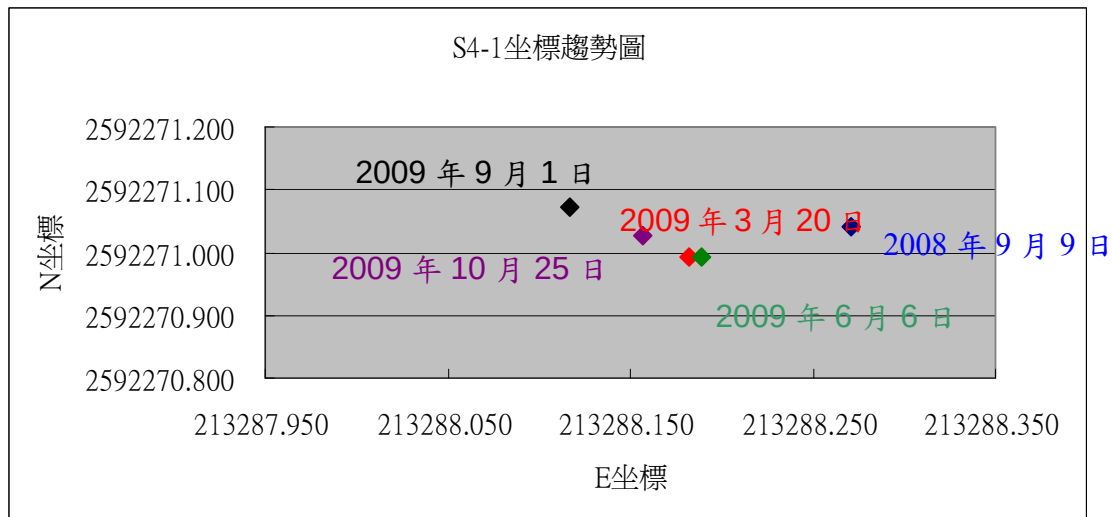


圖 5-58 S4-1 點位坐標趨勢圖

圖 5-59 所示為 S6-1 點位於 2008 年 9 月 9 日和 2009 年四次現場靜態測量之坐標趨勢圖。2009 年 9 月 1 日與 2009 年 10 月 25 日兩個時期位移量沒有什麼變化。

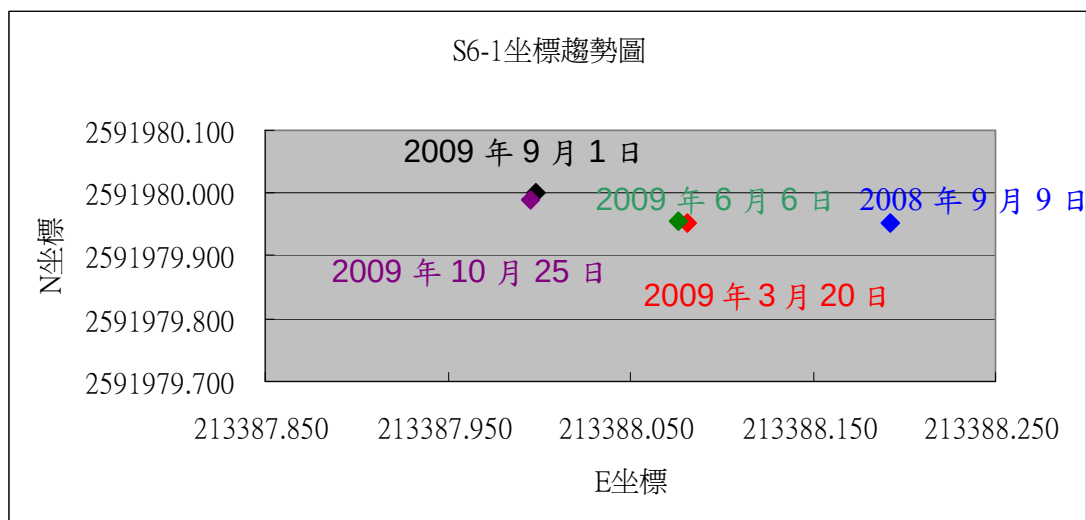


圖 5-59 S6-1 點位坐標趨勢圖

圖 5-60 所示為 S6-2 點位於 2008 年 9 月 9 日和 2009 年四次現場靜態測量之坐標趨勢圖。2009 年 9 月 1 日與 2009 年 10 月 25 日兩個時期位移量沒有什麼變化。

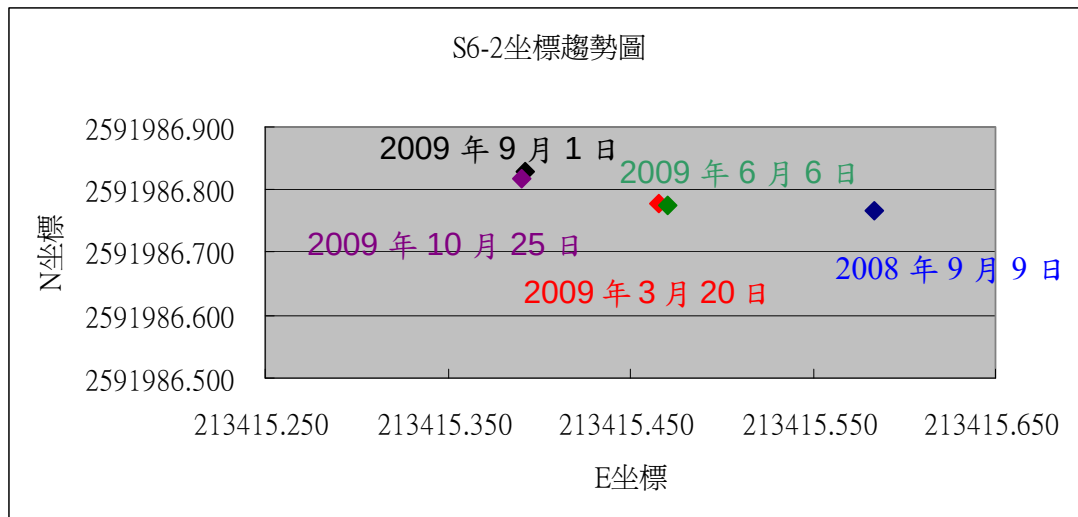


圖 5-60 S6-2 點位坐標趨勢圖

圖 5-61 所示為 S6-3 點位於 2008 年 9 月 9 日和 2009 年四次現場靜態測量之坐標趨勢圖。2009 年 9 月 1 日與 2009 年 10 月 25 日兩個時期位移量沒有什麼變化。

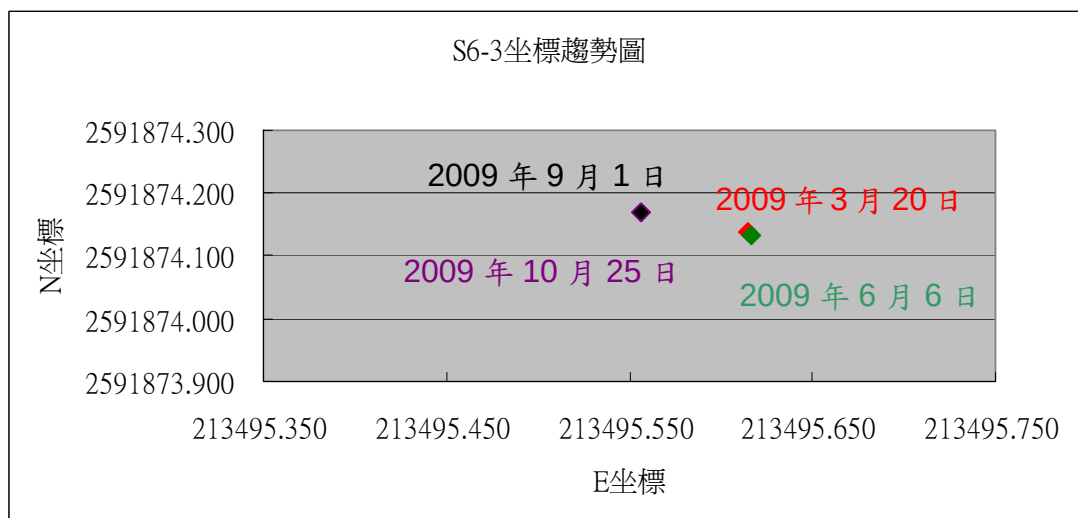


圖 5-61 S6-3 點位坐標趨勢圖

圖 5-62 所示為 S4-2 點位於 2008 年 9 月 9 日和 2009 年四次現場靜態測量之坐標趨勢圖。2009 年 9 月 1 日與 2009 年 10 月 25 日兩個時期位移量沒有什麼變化。

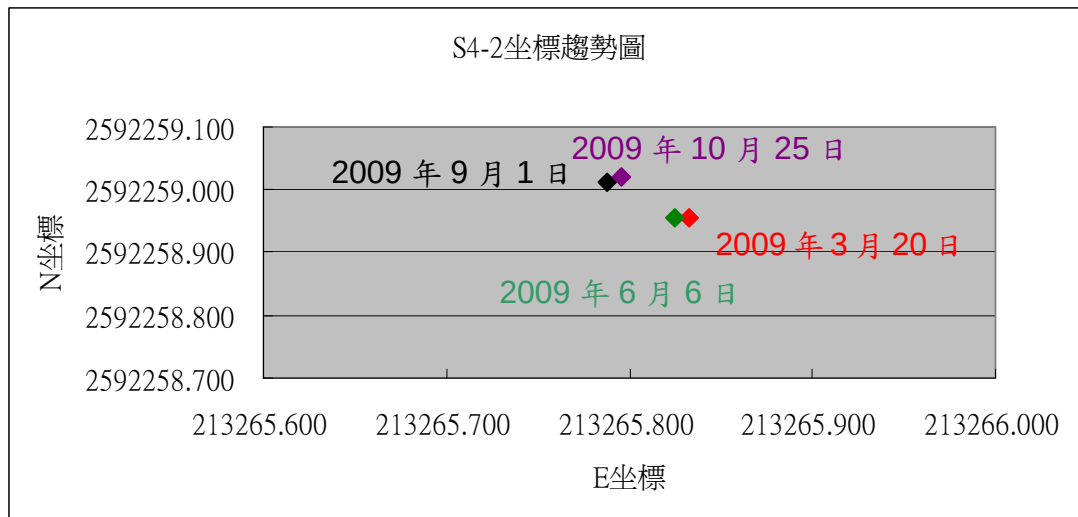


圖 5-62 S4-2 點位坐標趨勢圖

圖 5-63 所示為 S2-1 點位於 2008 年 9 月 9 日和 2009 年四次現場靜態測量之坐標趨勢圖。2009 年 9 月 1 日與 2009 年 10 月 25 日兩個時期位移量沒有什麼變化。

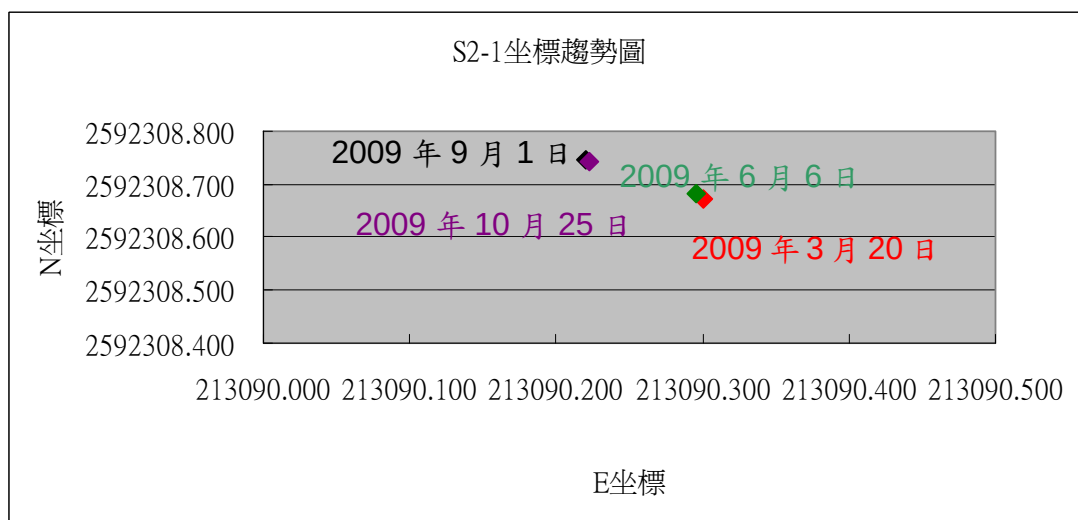


圖 5-63 S2-1 點位坐標趨勢圖

圖 5-64 所示為 S2-1 點位於 2008 年 9 月 9 日和 2009 年四次現場靜態測量之坐標趨勢圖。2009 年 9 月 1 日與 2009 年 10 月 25 日兩個時期位移量沒有什麼變化。

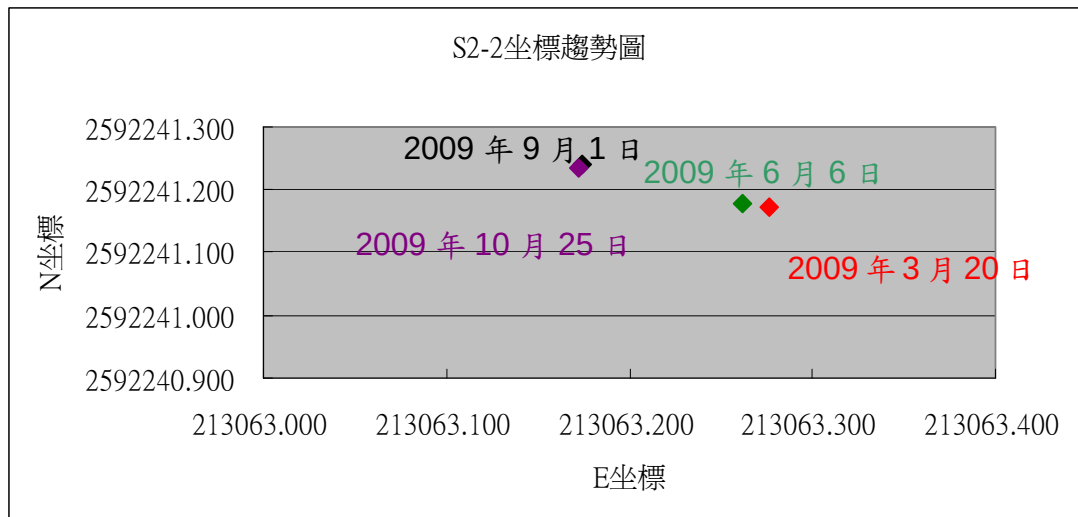


圖 5-64 S2-2 點位坐標趨勢圖

圖 5-65 所示為新 S2-3 點於 2009 年 9 月 1 日和 2009 年 10 月 25 日兩次現場靜態測量之坐標趨勢圖。2009 年 9 月 1 日與 2009 年 10 月 25 日兩個時期位移量沒有什麼變化。

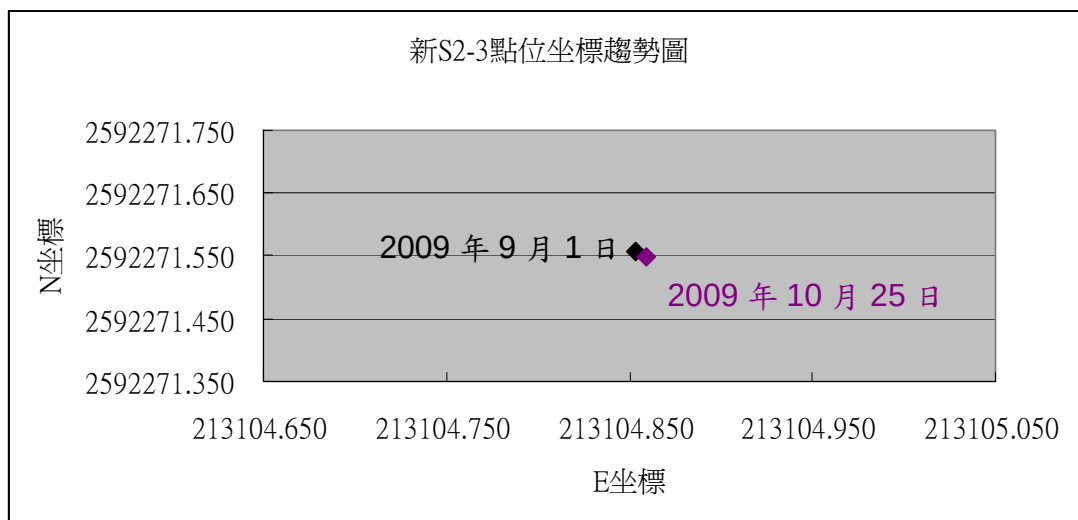


圖 5-65 新 S2-3 點位坐標趨勢圖

5.3 整合現有當地各單位監測儀器數據

阿里山公路五彎仔段於第四彎處有其他單位進行監測作業，其中包含交通部公路總局第五區養護工程處的地滑區調查、整治規劃及安全評估和交通部運輸研究所的地下光纖量測量測計畫。

圖 5-66 為其他單位進行的監測位置圖，其中 IHTM-01 為 200m 深的光纖位移計，監測範圍為地下 35m 至 65m 深。NCTU-01 為 40m 深的光纖位移計，監測範圍為地下 0m 至 20m 深，NCTU-03 為量測地下水壓。將 2009 年 8 月 7 日至 8 月 12 日莫拉克颱風期間地下位移量與水壓量測結果繪成圖 5-59 至圖 5-61 所示。首先比較與 IHTM-01 位置最接近的 GPS1 位移量，由圖中可以發現地表下從 35m 至 65m 深的位移量皆沒有超過 1mm，但是地表位移量為 15mm。接下來比較與 NCTU-01 位置最接近的 GPS2 位移量，由圖中可以發現地表下從 0m 至 20m 深的位移量皆沒有超過 1mm，但是地表位移量為 22.3mm。最後從圖 中可以發現地下水壓在颱風前後有明顯的增加，由此顯示當地下水壓急速增加時，會造成地表的位移。

接下來必須持續收集各單位監測儀器數據資料，其中包含地下水壓的變化與並建立地表位移與地下滑動位移之間的關係，才能探討觸發坡地災害發生原因與研擬警戒參考數值。

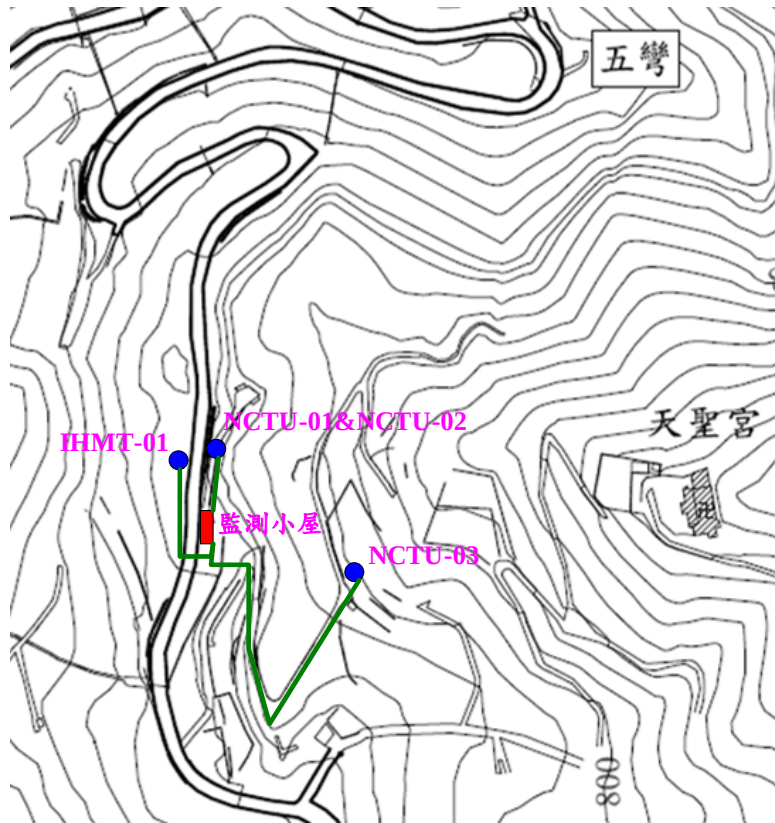


圖 5-66 現場光纖佈置圖

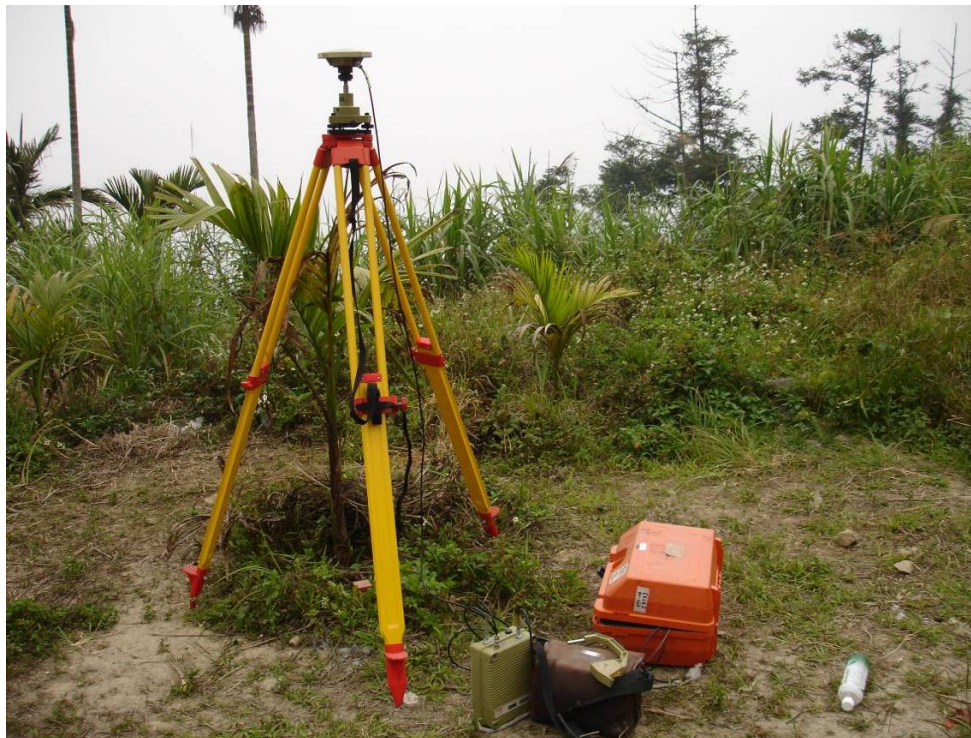


圖 5-67 測站 1 靜態量測照片

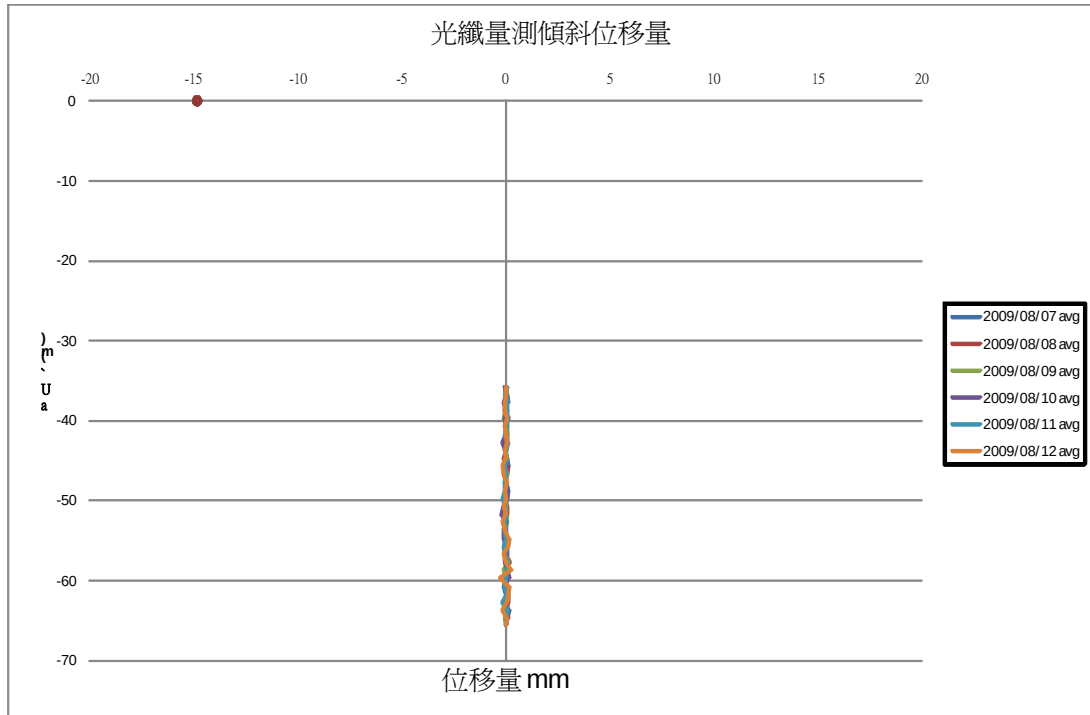


圖 5-68 光纖 NCTU-01 量測與地表 GPS1 量測結果
(2008 年 8 月 7 日至 12 日)

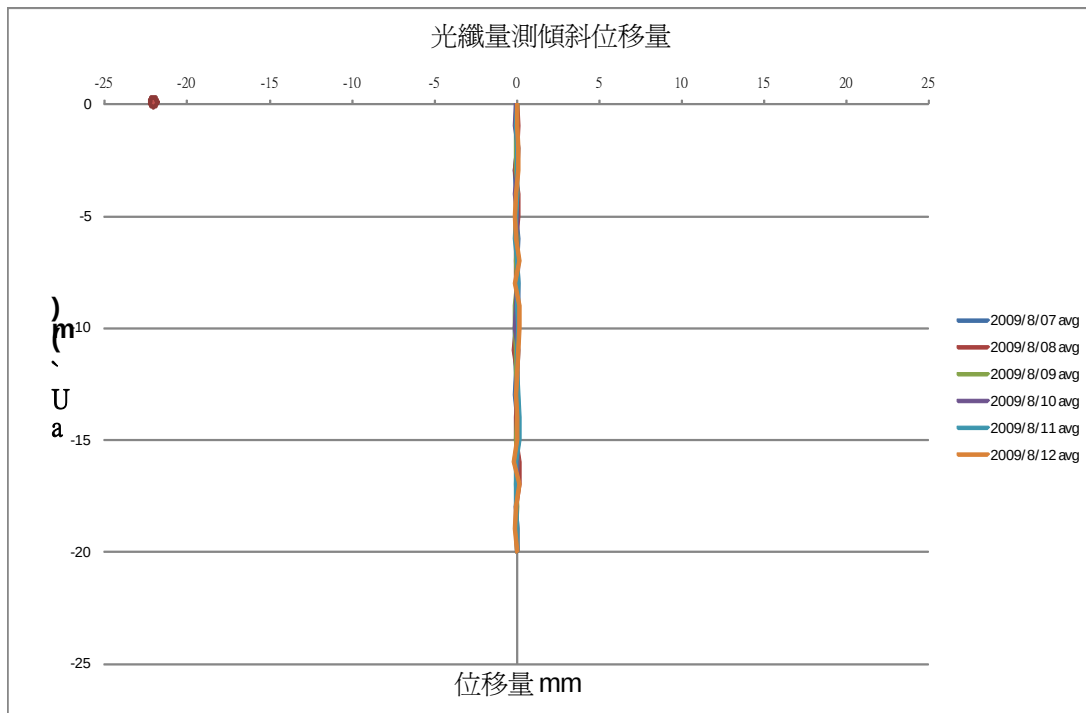


圖 5-69 光纖 IHMT-01 量測與地表 GPS2 量測結果
(2008 年 8 月 7 日至 12 日)

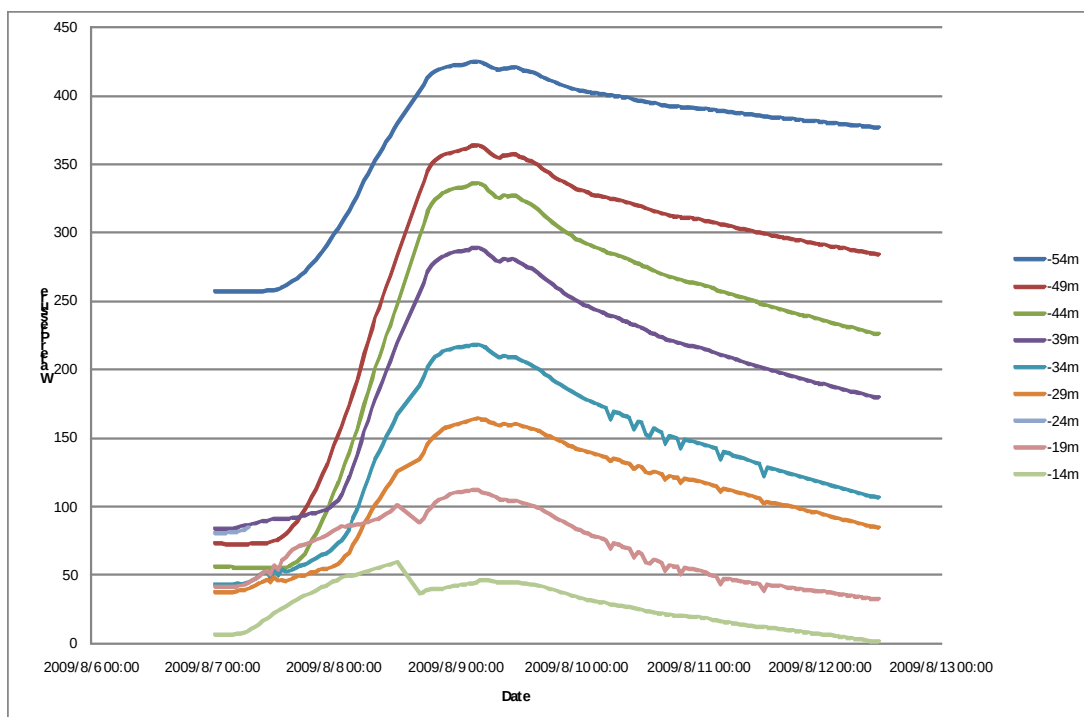


圖 5-70 地下水壓量測結果(2008 年 8 月 7 日至 12 日)

5.4 研擬警戒參考數值

雨量為地表位移及地下水位上升的主因之一，每逢豪大雨或颱風之後，台 18 線五彎仔地滑地區即產生地滑現象、道路變形或下陷，因此對於雨量管理方面，本研究利用林勝義(2005)所分析的結果，並配合日本地滑對策技術協會的地滑管理值及現地降雨資料，訂定各種分級制度下降雨強度。

依據日本地滑對策技術協會初步分級，由雙曲線回歸的結果，對當位移速率達 20mm/day，降雨強度為 555mm/day（表 5-21），並利用位移速率與降雨強度回歸出線性方程式（接下來將所有 GPS 於颱風期間實際量測絕對位移量取平均約為 79.5mm，與利用降雨強度與位移速率的關係式模擬出來的位移量 84mm 接近，如表 5-23 所示。再次證明所研擬的警戒值具有參考的價值。

表 5-21 降雨強度與位移速率關係表

管理值	位移速率（mm/day）			
	0.1	1	10	20
降雨強度（mm/day）	2	28	278	555

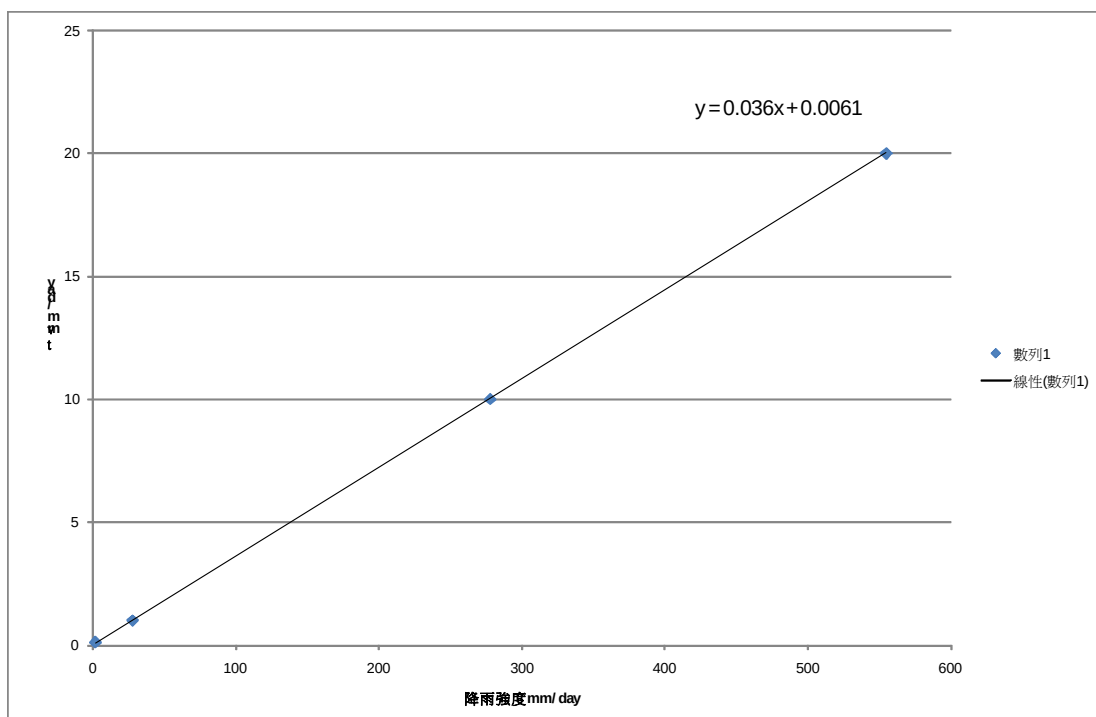


圖 5-71 降雨強度與位移速率關係圖

根據現地監測降雨資料（圖 5-72 所示）顯示過去並無達到此降雨強度，而位移速率達 10mm/day，降雨強度為 278mm/day，只有在 2001 年 7 月 30 日（桃芝颱風）、2001 年 9 月 17 日和 9 月 18 日（納利颱風）、2004 年 7 月 2 日和 7 月 3 日（敏督利颱風），共五天達到次降雨強度，此時邊坡變形的位移速率也急遽上升。本研究考慮參考日本地滑協會管理值建議之雙曲線回歸分析結果，並配合現地資料，初步訂定五彎仔南邊坡 6 月 26 日 事件地滑區雨量管理準則如表 5-22 所示。其中注意值的移動量每日 3.6mm 乘上 6 日的移量動為 2.16cm/6 天，與去年度第四彎第三天線與第四天線量測到的移動速度接近，這表示所訂的管理值具有一定的參考，如圖 5-73 與圖 5-74 所示，其中負值所代表的意思為向西方向。

比較莫拉克颱風期間距離第六彎最近的中央氣象局瀨頭雨量站雨量資料與 GPS1 和 GPS2 的位移歷程，當 8 月 8 日雨量強度達到 465mm 時，帶入到上述所回歸出來的公式，預估所產生的位移量為 16.7mm，而地表真實位移分別達到 15mm 與 22.3mm。由這次的颱風事件再次驗

證第六彎管理值的可信度。接下來將所有 GPS 於颱風期間實際量測絕對位移量取平均約為 79.5mm，與利用降雨強度與位移速率的關係式模擬出來的位移量 84mm 接近，如表 5-23 所示。再次證明所研擬的警戒值具有參考的價值。

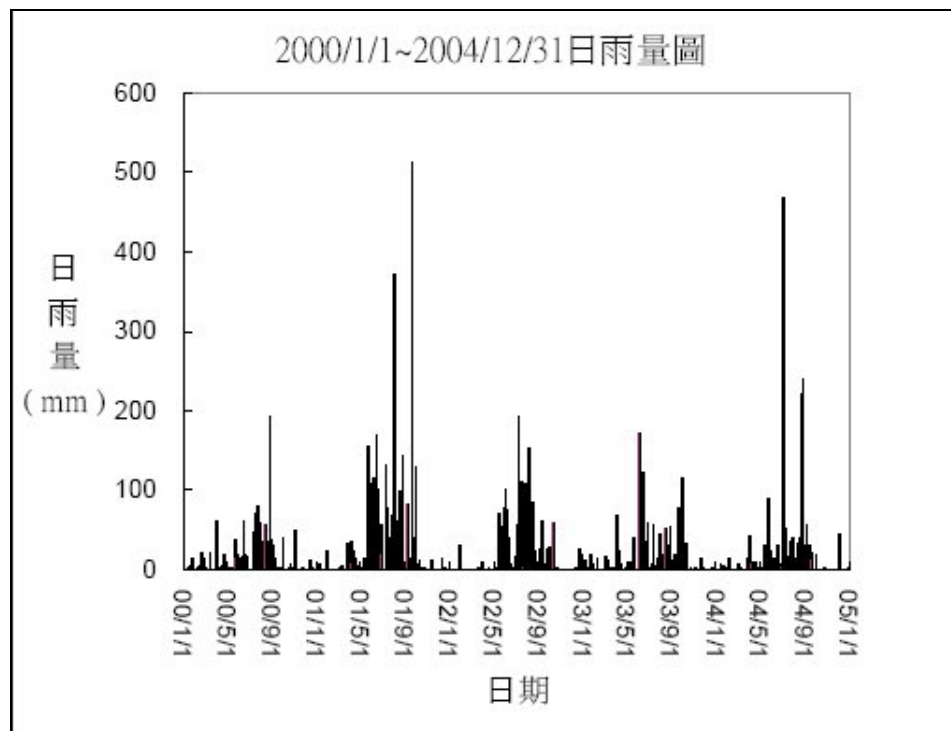


圖 5-72 日累積降雨量

表 5-22 雨量管理準則

管理等級	注意	警戒	疏散
降雨強度 (mm/day)	100	200	300
位移速率 (mm/day)	3.6	7.2	10.8

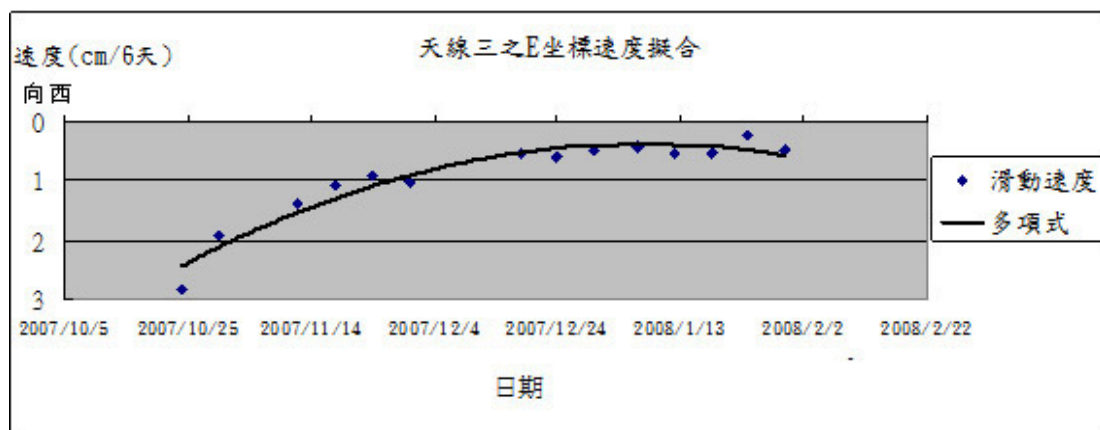


圖 5-73 天線三之 E 坐標滑動速度擬合

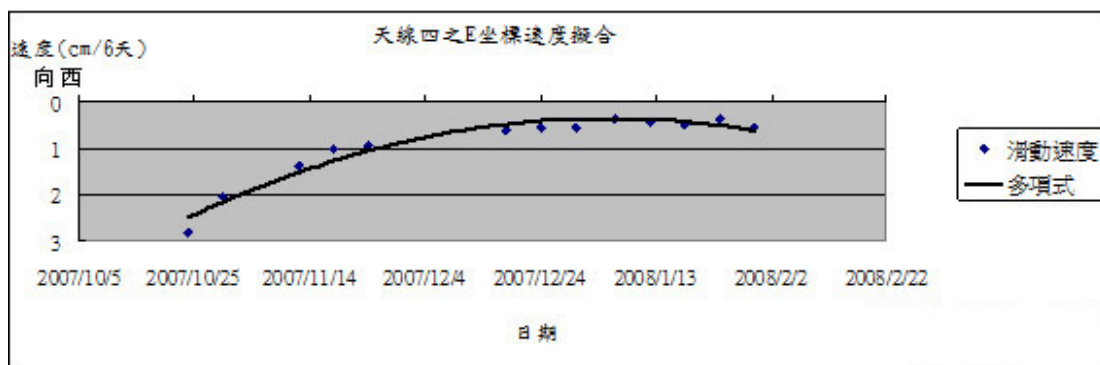


圖 5-74 天線四之 E 坐標滑動速度擬合

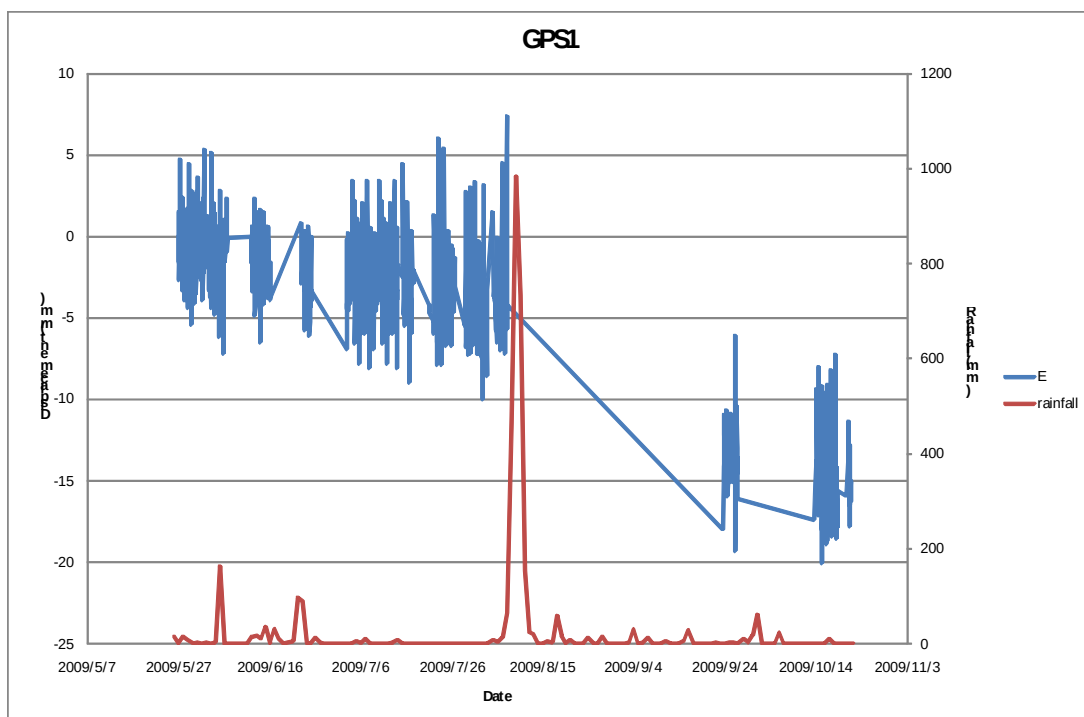


圖 5-75 降雨強度與 GPS1 之 E 坐標滑動位移比較圖

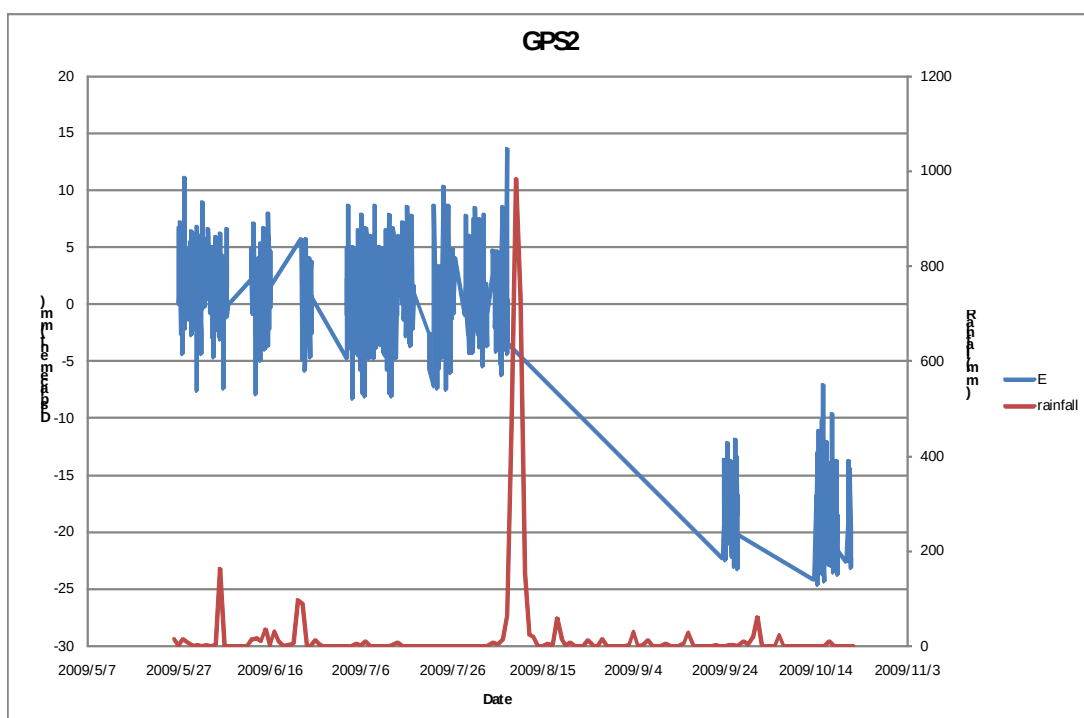


圖 5-76 降雨強度與 GPS2 之 E 坐標滑動位移比較圖

表 5-23 颱風期間位移模擬表

日期	降雨強度	模擬位移量
2009/8/8	465mm	16.8mm
2009/8/9	982.5mm	35.4mm
2009/8/10	731.5mm	26.3mm
2009/8/11	153.5mm	5.5mm
	累積位移量	84mm

第六章 緊急通報與防災應變系統開發建置

6.1 系統環境架構及應用技術

本計畫依據政府對交通災害之通報應變程序進行分析，目前現地各儀器資料藉由現地資料接收中心擷取並回傳至資料接收伺服器後，於伺服器中進行資料分析，並將資料存於資料庫伺服器中，監測資料與防災應變的展示系統則是透過註冊 Web Service 的方式讀取資料庫的監測數據，讓使用者直接在 Web 瀏覽器觀看展示的結果。

6.1.1 系統環境架構

現地資料傳回資料接收伺服器，經由資料整合加值處理後，將資料以 Web Service 的方式發佈成 XML 文件，Web 伺服器藉由註冊 Web Service 來取得 XML 文件，最後再將資料展示在系統上，由於阿里山公路五灣仔地段有許多量測計畫，考量到各計畫之間資料相互接收傳遞的方便性以及系統資料庫之安全性，因此使用 Web Service 的方式做為資料供應方式。系統運作架構如下圖所示。

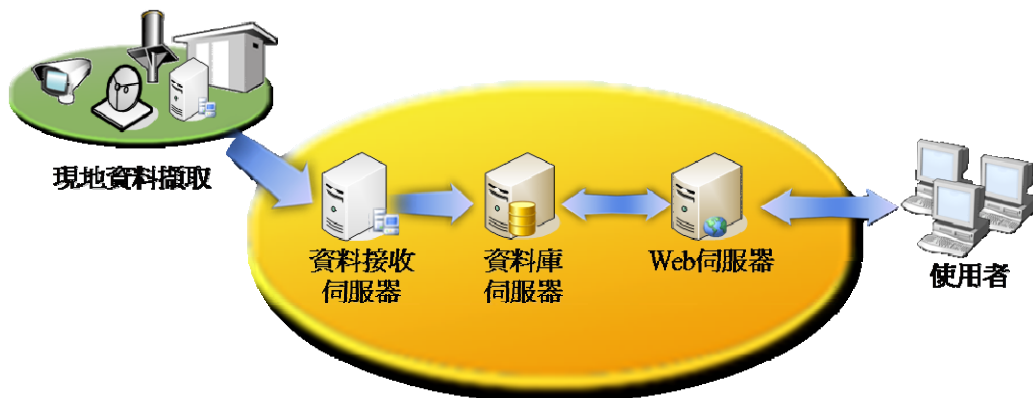


圖 6-1 系統運作架構圖

6.1.2 圖台開發技術

藉由前端圖台使用介面(Web-Viewer)提供一個直覺、簡化、便利式的操作查詢介面，與透過後端 Web-GIS 地圖服務伺服器，將電子地圖的技術與網際網路相結合，並直接讀取圖資資料庫，將所查詢的結果

和電子地圖影像直接於網際網路上呈現展示。

圖台介面開發採 AJAX 技術，是整合非同步 JavaScript 及 XML 技術 (AJAX)，不須重新載入整個頁面的前提下更新資料，具快速回應、網頁快取與系統運作效率佳等特性與優點。使用者瀏覽器無須外掛，維護簡易，不須重載頁面即可更新資料，所以使電子地圖瀏覽更為快速；而網頁快取與系統運作效率佳，可大幅降低網頁伺服器負擔。

6.1.3 導入 3D 立體展示平台

Google Earth 是一款 Google 公司開發的虛擬地球儀軟體，它把衛星照片、航空照相和 GIS 布置在一個地球的三維模型上。Google Earth 使用了公共領域的圖片、受許可的航空照相圖片、KeyHole 間諜衛星的圖片和很多其他衛星所拍攝的地表照片。在開啟了「Terrain」效果的情況下可以觀察到以 3D 方式顯示的高原、山地等地形。

Google Earth 已經在網際網路 3D 地形展示領域提供相當優異的平台，本計畫將透過結合 Google Earth 平台之方式，建構 3D 展示平台。

6.2 整體規劃

透過系統雛形使用者可瞭解系統初步功能架構及使用者介面規劃，為使系統能符合使用者實際需求，本計畫於系統正式開發前先行製作系統雛形，並於 3 月 19 日將系統雛形呈港研中心研商，並獲得寶貴之修正建議，本團隊依據建議修正系統雛形，並於 4 月 1 日提供修正後之系統雛形，修正後之系統雛形架構獲港研中心同意，本團隊即據以進行系統分析設計及建置作業。

本計畫進行系統整體規劃開發建置，系統功能包含展示模組及警戒模組兩大部分，其架構如下圖所示：

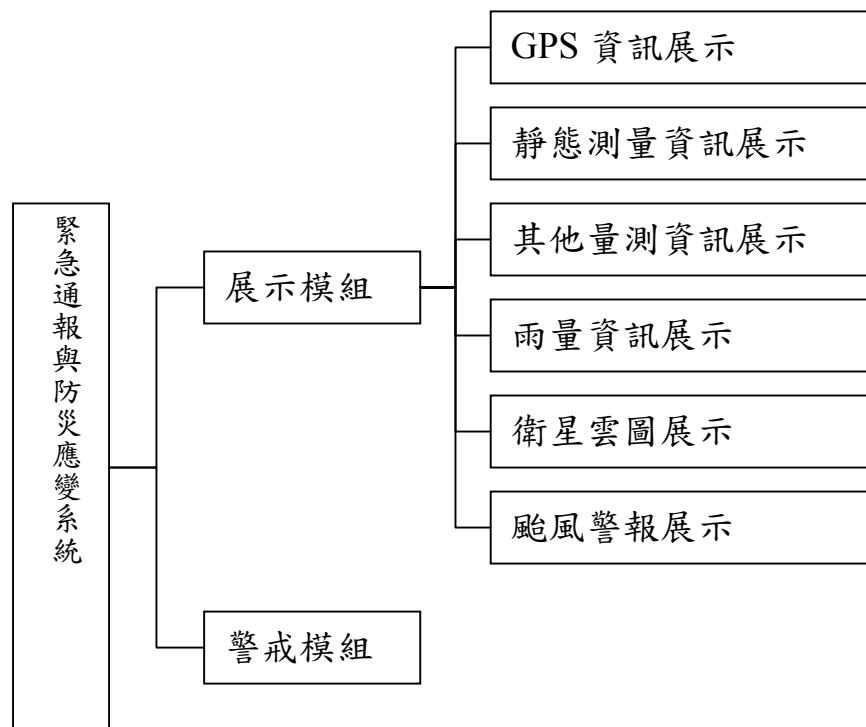


圖 6-2 系統功能架構圖

儀器資料接收及展示以本計畫架設之全球衛星定位與自動化監測系統為主體，其他量測資料展示則包含阿里山工務段之 CCD 影像及後續整合交通大學地下光纖井量測成果，雨量資訊、衛星雲圖及颱風警報資訊展示，則透過中央氣象局 WebServices 服務取得各項資料。各項程式開發分別說明如後：

6.3 系統開發成果

6.3.1 系統首頁

本計畫導入 Google Earth 3D 展示平台，系統主畫面以 3D 立體衛星影像圖做為底圖，讓使用者能清楚的了解目前阿里山公路五彎仔段的儀器及其配置，Google Earth 3D 展示平台提供全方位 WebGIS 展示介面，使用者可調整圖台之各種視角及方位角，取得最佳之展示畫面。

系統主畫面的左方為各項系統展示功能操作介面，使用者點選展示功能按鈕，便可以開啟 GPS 清單或其他展示資訊，使用者亦可直接點選天線或儀器之圖示，可直接開啟天線或儀器之量測資訊，系統主畫面規劃如圖 6-3 所示，各項 GPS 量測資訊之展示功能說明如後：



圖 6-3 系統主畫面開發成果

6.3.2 GPS 即時資料展示

本計畫架設之 GPS 天線共有 8 組，系統主畫面以顯眼圖示呈現各 GPS 天線監測點位之分佈，點選展示平台左方「GPS」功能可展開各天線編號清單，點選天線名稱或展示平台之 GPS 天線圖示，系統會以

該天線為中心顯示地圖，同時可得到該 GPS 的 E 方向、N 方向、及高程等三軸位移滑動的分量資訊，如下圖所示。

另一方面，系統依現地資料接收的頻率定時自動更新畫面所呈現之資料。

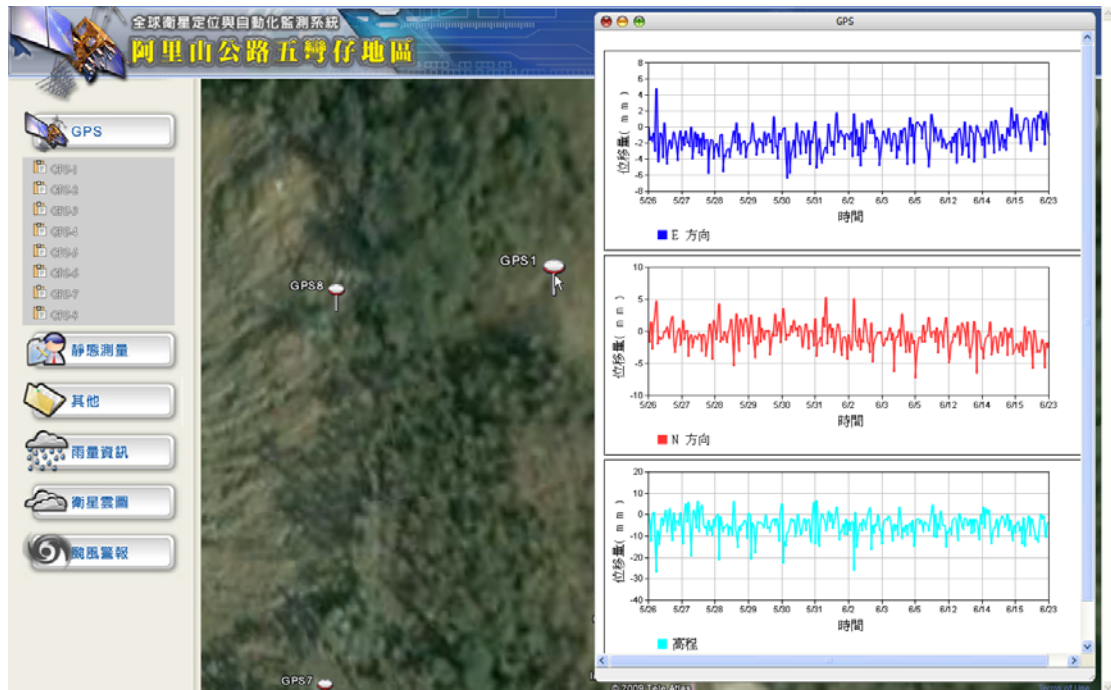


圖 6-4 GPS 展示開發成果

6.3.3 靜態測量資訊展示

本計畫將進行四次現地靜態測量作業，歷次靜態測量成果皆會呈現於展示平台上。本計畫靜態測量共有 9 個點位，分布於第二彎（點號 S2-1~S2-3）、第四彎（點號 S4-1~S4-3）及第六彎（點號 S6-1~S6-3），其中 S4-1、S4-3、S6-1、S6-2 四個監測點與前期計畫靜態測量點位相同，前期量測成果可與本計畫量測成果進行分析比較。

系統主畫面以顯眼圖示呈現各 GPS 靜態測量監測點位之分佈，點選展示平台左方「靜態測量」功能可展開各靜態測量編號清單，點選靜態測量編號或展示平台之靜態測量天線圖示，系統會以該靜態測量點位為中心顯示地圖，同時可得到該點位的 X 坐標、Y 坐標、及高程等量測成果，如該點位有前期量測成果，則除顯示量測資訊外，並以點位分布圖方式顯示不同時期之量測成果，如下圖所示。

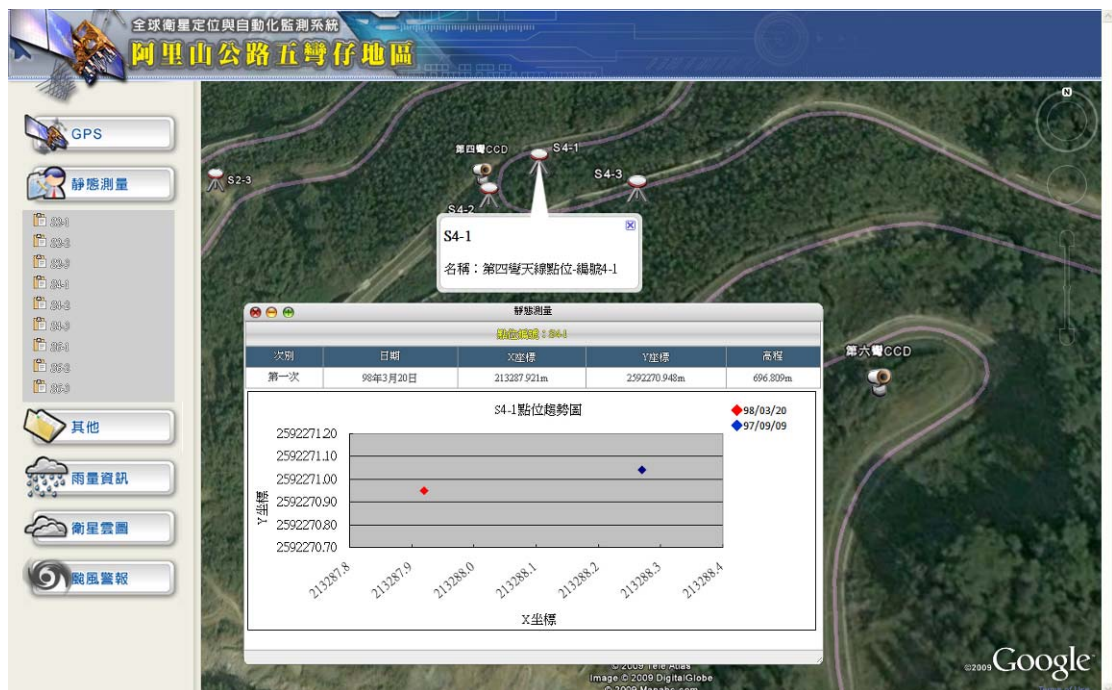


圖 6-5 靜態測量展示開發成果

6.3.4 雨量資料展示

1. 鄰近中央氣象局雨量站

本計畫透過 Web Services 取得中央氣象局提供之雨量站即時雨量資訊，篩選距計畫區最近之三個雨量站，分別為嘉義縣阿里山鄉瀨頭站、嘉義縣番路鄉大湖站及龍美站，點選展示平台左方「雨量資訊」鄰近氣象局雨量站」功能可開啟鄰近雨量站雨量資訊視窗(圖 6-6)，顯示內容包含站名、時雨量、日雨量及更新時間等資訊。



圖 6-6 鄰近氣象局雨量站雨量資訊展示

2. 現地雨量資訊

前期計畫於資料接收中心前架設一自計式雨量計，記錄即時之雨量資訊，本計畫將加值處理後的雨量資料展示於網頁上，點選展示平台左方「雨量資訊」「雨量組體圖」功能或點選展示平台之雨量計圖示，系統會以該雨量計點位為中心顯示地圖，並開啟雨量組體圖視窗顯示時雨量及有效累積雨量的最新數據，可得到二十四小時的降雨組體圖資訊，如下圖所示。

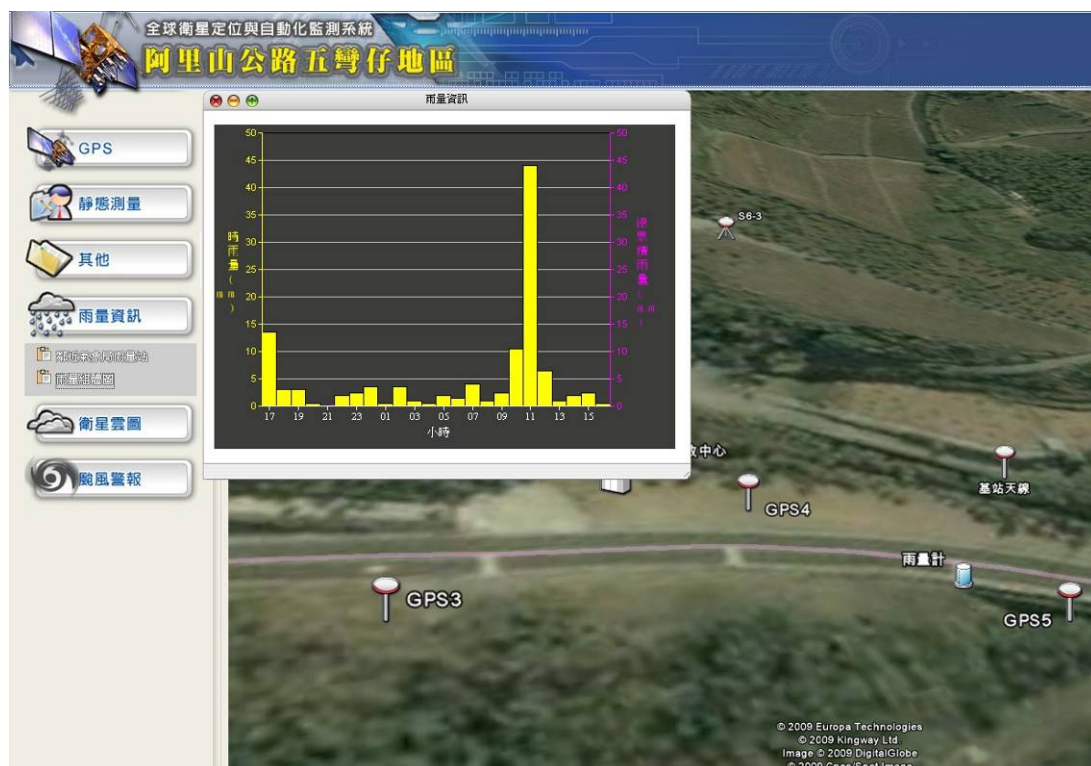


圖 6-7 雨量組體圖展示畫面

6.3.5 其他量測資料展示

1. 現地CCD影像展示

阿里山工務段於第六彎架設一 CCD 攝影機，即時監視現地道路邊坡現況，本計畫取得第六彎 CCD 之即時影像資訊，並將其整合於系統中，點選展示平台之 CCD 圖示，系統會以該 CCD 點位為中心顯示地圖，並開啟 CCD 影像顯示視窗顯示現地即時影像，如下圖所示。



圖 6-8 第六彎 CCD 影像展示

2. 地下光纖量測數據展示

除了 GPS 及雨量資料，本年度規劃加入了地下光纖量測計畫之量測數據的接收及展示，在展示系統中顯示最近的接收數據，本功能待與資料提供單位協商資料取得機制後進行設計開發作業。

6.3.6 衛星雲圖展示

本計畫透過 Web Services 取得中央氣象局提供之衛星雲圖資料，點選展示平台左方「衛星雲圖」功能可開啟衛星雲圖視窗（圖 6-9），顯示即時之衛星雲圖資訊，並可切換「東亞地區藍底雲圖」、「東亞地區色調強化雲圖」、「台灣地區藍底雲圖」、「台灣地區色調強化雲圖」等四種雲圖類型。



圖 6-9 衛星雲圖展示

6.3.7 颱風警報資訊展示

本計畫透過 Web Services 取得中央氣象局提供之即時颱風警報資訊，點選展示平台左方「颱風警報」功能可開啟颱風警報視窗（圖 6-10），顯示即時之颱風警報資訊。



圖 6-10 颱風警報資訊展示

6.3.8 警戒機制

監測資料接收至資料接收中心後，需配合災害警戒分析進行加值處理，依本計畫所訂立之儀器警戒參考數值，將原始的現場資料轉換為有效的警戒資訊，再將警戒資訊展示到系統平台上，目前系統主要以 GPS 及雨量資料進行數據的管理，當接收數據達到所制定的門檻值時，系統將自動發出警訊，提醒人員注意相關事項，在資料展示的部分會以紅燈、黃燈或綠燈的方式顯示目前儀器的接收狀況。

第七章 計畫執行進度

本團隊依據雙方合約工作要求，擬定本計畫各項工作進度規劃，相關規劃與執行狀況詳如下列各節所述。

7.1 工作進度規劃

本契約履約期限自簽約日起至契約規定修正稿完成之提送日期止，須依雙方契約之規定提送工作執行計畫書、期中報告書及期末報告書，並舉行簡報，另雙方得視實際需要，召開工作會報；各階段成果如下列期程進行：

7.1.1 期中簡報

於民國 98 年 6 月 29 日以前提送期中報告初稿。

7.1.2 期末審查會議：

於民國 98 年 10 月 28 日以前提送期末報告初稿。

7.1.3 於履約期限屆滿前提送計畫正式成果報告及相關資料

於期末報告審查結束，由港研中心函送審查意見後 30 個日曆天內或審查會議主持人裁示之日期內，完成修正定稿之提送。

7.2 計畫進度甘特圖

工作月 工作項目	第一月	第二月	第三月	第四月	第五月	第六月	第七月	第八月
啟動會議	■							
文獻回顧	■	■						
GPS 監測位置調整工作	■	■	■	■	■			
現地系統保養與維護		■	■	■	■	■	■	■
監測成果比對與分析			■	■	■	■	■	■
現地調查作業	■		■		■		■	
期中報告				◎				
緊急通報系統及防災應變系統開發建置		■	■	■	■	■	■	
期末報告								◎
工作進度估計百分比	10	20	35	50	65	80	90	100
預定查核點	提送期中報告:98 年 6 月 29 日 提送期末報告:98 年 10 月 28 日							

圖 7-1 計畫進度甘特圖

第八章 結論與建議

8.1 結論

本計畫主要目的在於提出運用全球衛星定位系統進行坡地防災監測之應用，整合當地防災資訊，並開發防災應變系統與研擬警戒參考數值，提供防災應變單位參考，本計畫獲致下列結論：

8.1.1 道路邊坡自動化監測系統示範站系統維護

針對現場安裝之設備進行進行九次保養與維護工作，維持實驗工作正常進行無虞。

8.1.2 全球衛星定位系統監測位置調整工作

本計畫配合當地地下井監測工作調整自動化全球衛星定位監測系統之觀測位置，以期能發揮其觀測效能。本計畫完成各項監測儀器位置調整工作，各監測訊號正常回傳，供後續資料分析之用。

8.1.3 全球衛星定位系統監測結果與相關單位成果比對與分析

本計畫裝設之 GPS 監測設備中除了 GPS7 有位移量異常外，其餘於莫拉克風災後有明顯的地滑位移，顯示本系統能真實反應地表位移量，另外，本計畫進行 4 次現場全球衛星定位系統靜態測量工作，分析結果顯示莫拉克風災後當地有明顯位移，並整合現有當地各單位監測儀器數據，探討可能觸發坡地災害發生原因與研擬警戒參考數值。

8.1.4 緊急通報系統及防災應變系統開發建置設計工作

配合本計畫監測系統建置成果，開發專屬緊急通報系統及防災應變系統，系統內容包含本計畫自動監測成果、現場量測資料及研究區相關監測儀器數據，上述資料除能即時展現監測數據外，亦可提供本地區歷史監測成果資料查詢功能，支援本中心及相關單位應用與參考。

8.2 建議

建議持續監測第六彎地滑現象，同時增設備援電力系統，在颱風豪雨期間提供不中斷之電力來源，持續接收傳輸觀測資料。進一步研擬後續發展規劃方向，提供後續研究之參考。本計畫透過觀測設備及各項預警機制之建立，期能有效掌握地滑狀況，預先進行防範，達成國土保安及降低邊坡災損之計畫目標。

8.2.1 全球衛星定位系統監測位置局部調整工作

由於第六彎於莫拉克颱風期間發生崩塌，造成 GPS8 的天線受損，建議將 GPS5 的天線移至 GPS8，以持續針對這個崩塌地進行監測。

8.2.2 備援電力提升

莫拉克颱風期間台 18 線電力中斷，造成全球衛星定位系統監測資料完全中斷，雖然電力恢復後可以得到最後的位移量，但無法得知移動速率以及和雨量強度的直接關係，建議明年度計畫增設備援電力，以達到防災應用的功能。

參考文獻

1. 方耀民，李秉乾，周天穎，黃俊銘，連榮吉，2009，” 坡地防災監測新思維-以坪頂社區為例”，科技發展政策報導，3(2): 1-23。
2. 沈鍵偉（2004），“應用 GPS 作地滑地地表變位長期監測之可行性研究”，國立中興大學土木工程研究所碩士論文。
3. 邱奕峰(2004)，“阿里山五彎仔 626 坡滑事件機制之探討”，國立雲林科技大學營建工程系碩士論文。
4. 洪浩倫、王志添、陳錕山(2007)，”利用多尺度匹配自動套疊衛星雷達影像”，航測及遙測學刊，12(4)，pp381-401。
5. 高明仁(2006)，“山坡地邊坡滑動之研究－五彎仔崩塌地為例”，國立成功大學土木工程研究所碩士論文。
6. 葉信富(2004)，“降雨入滲對坡地穩定影響之研究-以清水溪流域為例”，國立成功大學資源工程學系碩士論文。
7. 簡世杰(2002)，“阿里山五彎仔地滑區滑動機制與穩定性之研究”，國立雲林科技大學營建工程系碩士論文。
8. Brand, E. W., J. Permchitt, and H. B. Phillipson, (1984).“Relationship between rainfall and landslides in Hong Kong,” Proceedings 4th international symposium on landslides, Toronto, Canadian Geotechnical Society, Vol.1, pp.377-384.
9. Chalermwat, P., “High Performance Automatic Image Registration for Remote Sensing”, Phd thesis, George Mason University, Virginia, USA, 1999.
10. Hiep, Q. L., S. Gautama, and W. Philips, “Automatic Registration of Synthetic Aperture Radar (SAR) Images”, Geoscience and Remote Sensing Symposium, (IGARSS'04), Vol. 6, pp. 3864-3867, 2004.
11. Lumb, P., (1975), “Slope failures in Hong Kong,” Quarterly Journal of Engineering Geology, Vol. 8, pp.31-65.

- 12.Slosson, J. E., (1969), "The role of engineering geology in urban planning," The Governor's Conference on Environmental Geology, Colorado Geological Survey, Denver, Colorado, pp.8-15.
- 13.Slosson, J. E., and J. P. Krohn, (1982), "Southern California landslides of 1978 and 1980," Proceedings of a Symposium, September 17-18. Washington, DC: National Academy Press, pp.291-319.
- 14.Slosson, J. E., and R. A. Larson, (1995), "Slope failures in southern California: Rainfall threshold, prediction, and human causes," Environmental & Engineering GeoScience, Vol. I, No. 4, winter, pp.393-401.
- 15.Wieczorek, G. F., (1987), "Effect of rainfall intensity and duration on debris flows in central Santa Cruz mountains, California," Debris Flow/Avalanches: Process, Recognition and /mitigation: Geological Society of America Reviews in Engineering Geology, J.E. Costa and G. F. Wieczorek, Eds. Vol. 7, pp.93-104.
- 16.Wilson, R. C., R. K. Mark, and G. Barbato, (1993), "Operation of a real-time warning system for debris flows in the San Francisco bay area, California," American Society of Civil Engineers, Proceedings Volumes.
- 17.行政院農業委會水土保持局(2008), "坪頂溪上游坡地監測系統建置計畫~成果報告", 逢甲大學。

附錄一

歷次維護記錄表

歷次維護記錄表

台 18 五彎仔衛星監測設備維護/檢查紀錄表

維護日期		2008/04/21		維護人員	陳國華
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述	
一、資訊設備	IPC	✓			
	N-POWER	✓			
	KVM	✓			
	Hub Switch		✓	Hub Switch 故障，更換新品測試後已正常運作	
	衛星碟盤	✓			
	IDU	✓			
	ODU	✓			
二、電力設備	機房 UPS	✓			
	接收器 UPS	✓			
三、觀測儀器	Base 天線	✓		遷移作業初步完成，尚待連通測試	
	GPS 天線#1	✓			
	GPS 天線#2	✓			
	GPS 天線#3	✓			
	GPS 天線#4	✓			
	GPS 天線#5	✓			
	GPS 天線#6	✓			
	GPS 天線#7	✓			
	GPS 天線#8	✓			
	GPS 主機	✓			
四、系統功能	DataLogging			待線路連通測試完畢進行資料接收	
	Magms				
	GPSget				
	衛星連線偵測	✓			
	監測系統功能			系統開發中	

台 18 五彎仔衛星監測設備維護/檢查紀錄表

維護日期		2008/05/12		維護人員	陳國華
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述	
一、資訊設備	IPC	✓			
	N-POWER	✓			
	KVM	✓			
	Hub Switch	✓			
	衛星碟盤	✓			
	IDU	✓		ROUTER 故障，更換新品，測試後已可正常對外連結	
	ODU	✓			
二、電力設備	機房 UPS	✓			
	接收器 UPS	✓			
三、觀測儀器	Base 天線	✓		連通測試中	
	GPS 天線#1	✓			
	GPS 天線#2	✓			
	GPS 天線#3	✓			
	GPS 天線#4	✓			
	GPS 天線#5	✓			
	GPS 天線#6	✓			
	GPS 天線#7	✓			
	GPS 天線#8	✓			
	GPS 主機	✓			
四、系統功能	DataLogging	✓		待線路連通測試完畢進行資料接收	
	Magms	✓			
	GPSget	✓			
	衛星連線偵測		✓	程式當掉，重開後恢復正常運作	
	監測系統功能			系統開發中	

台 18 五彎仔衛星監測設備維護/檢查紀錄表

維護日期		2008/05/28		維護人員	陳國華
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述	
一、資訊設備	IPC	✓			
	N-POWER	✓			
	KVM	✓			
	Hub Switch	✓			
	衛星碟盤	✓			
	IDU	✓			
	ODU	✓			
二、電力設備	機房 UPS	✓			
	接收器 UPS		✓	內建電瓶故障，已更換設備，恢復正常運作	
三、觀測儀器	Base 天線	✓			
	GPS 天線#1	✓			
	GPS 天線#2	✓			
	GPS 天線#3	✓			
	GPS 天線#4	✓			
	GPS 天線#5	✓			
	GPS 天線#6	✓			
	GPS 天線#7	✓			
	GPS 天線#8	✓			
	GPS 主機	✓			
四、系統功能	DataLogging	✓			
	Magms	✓			
	GPSget	✓			
	衛星連線偵測	✓			
	監測系統功能	✓			

台 18 五彎仔衛星監測設備維護/檢查紀錄表

維護日期	2008/06/16	維護人員	陳國華
------	------------	------	-----

No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述
一、資訊設備	IPC	✓		
	N-POWER	✓		
	KVM	✓		
	Hub Switch	✓		
	衛星碟盤	✓		
	IDU	✓		
	ODU	✓		
二、電力設備	機房 UPS	✓		
	接收器 UPS	✓		
三、觀測儀器	Base 天線	✓		
	GPS 天線#1	✓		
	GPS 天線#2	✓		
	GPS 天線#3	✓		
	GPS 天線#4	✓		
	GPS 天線#5	✓		
	GPS 天線#6	✓		
	GPS 天線#7	✓		
	GPS 天線#8	✓		
	GPS 主機	✓		
四、系統功能	DataLogging	✓		
	Magms	✓		
	GPSget	✓		
	衛星連線偵測	✓		
	監測系統功能	✓		

台 18 五彎仔衛星監測設備維護/檢查紀錄表

維護日期	2008/06/20	維護人員	陳國華
------	------------	------	-----

No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述
一、資訊設備	IPC	✓		
	N-POWER	✓		
	KVM	✓		
	Hub Switch	✓		
	衛星碟盤	✓		
	IDU		✓	IDU 當機，現場重開機測試後已正常連結
	ODU	✓		
二、電力設備	機房 UPS	✓		
	接收器 UPS	✓		
三、觀測儀器	Base 天線	✓		
	GPS 天線#1	✓		
	GPS 天線#2	✓		
	GPS 天線#3	✓		
	GPS 天線#4	✓		
	GPS 天線#5	✓		
	GPS 天線#6	✓		
	GPS 天線#7	✓		
	GPS 天線#8	✓		
	GPS 主機	✓		
四、系統功能	DataLogging	✓		
	Magms	✓		
	GPSget	✓		
	衛星連線偵測	✓		
	監測系統功能	✓		

台 18 五彎仔衛星監測設備維護/檢查紀錄表

維護日期		2008/07/24		維護人員	陳國華
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述	
一、資訊設備	IPC	✓			
	N-POWER	✓			
	KVM	✓			
	Hub Switch		✓	Hub 現場重開機測試後已正常連結	
	衛星碟盤	✓			
	IDU	✓			
	ODU	✓			
二、電力設備	機房 UPS	✓			
	接收器 UPS	✓			
三、觀測儀器	Base 天線	✓			
	GPS 天線#1	✓			
	GPS 天線#2	✓			
	GPS 天線#3	✓			
	GPS 天線#4	✓			
	GPS 天線#5	✓			
	GPS 天線#6	✓			
	GPS 天線#7	✓			
	GPS 天線#8	✓			
	GPS 主機	✓			
四、系統功能	DataLogging	✓			
	Magms	✓			
	GPSget	✓			
	衛星連線偵測	✓			
	監測系統功能	✓			

台 18 五彎仔衛星監測設備維護/檢查紀錄表

維護日期	2008/09/01	維護人員	陳國華	
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述
一、資訊設備	IPC		√	電腦主機故障
	N-POWER	√		
	KVM	√		
	Hub Switch	√		
	衛星碟盤	√		
	IDU	√		
	ODU	√		
二、電力設備	機房 UPS	√		
	接收器 UPS		√	
三、觀測儀器	Base 天線	√		
	GPS 天線#1	√		
	GPS 天線#2	√		
	GPS 天線#3	√		
	GPS 天線#4	√		
	GPS 天線#5	√		
	GPS 天線#6	√		
	GPS 天線#7	√		
	GPS 天線#8		√	基座崩塌天線毀損
	GPS 主機		√	基站 GPS 接收主機故障
四、系統功能	DataLogging	√		
	Magms	√		
	GPSget	√		
	衛星連線偵測	√		
	監測系統功能	√		

台 18 五彎仔衛星監測設備維護/檢查紀錄表

維護日期		2008/9/23		維護人員	陳國華
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述	
一、資訊設備	IPC	✓		電腦主機安裝修復	
	N-POWER	✓			
	KVM	✓			
	Hub Switch	✓			
	衛星碟盤	✓			
	IDU	✓			
	ODU	✓			
二、電力設備	機房 UPS	✓			
	接收器 UPS	✓		安裝修復	
三、觀測儀器	Base 天線	✓			
	GPS 天線#1	✓			
	GPS 天線#2	✓			
	GPS 天線#3	✓			
	GPS 天線#4	✓			
	GPS 天線#5	✓			
	GPS 天線#6	✓			
	GPS 天線#7	✓			
	GPS 天線#8		✓	基座崩塌天線毀損	
	GPS 主機	✓		基站 GPS 接收主機安裝修復	
四、系統功能	DataLogging	✓			
	Magms	✓			
	GPSget	✓			
	衛星連線偵測	✓			
	監測系統功能	✓			

台 18 五彎仔衛星監測設備維護/檢查紀錄表

維護日期		2008/10/20		維護人員	吳昭明
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述	
一、資訊設備	IPC	✓			
	N-POWER	✓			
	KVM	✓			
	Hub Switch		✓	Hub 現場重開機測試後已正常連結	
	衛星碟盤	✓			
	IDU	✓			
	ODU	✓			
二、電力設備	機房 UPS	✓			
	接收器 UPS	✓			
三、觀測儀器	Base 天線	✓			
	GPS 天線#1	✓			
	GPS 天線#2	✓			
	GPS 天線#3	✓			
	GPS 天線#4	✓			
	GPS 天線#5	✓			
	GPS 天線#6	✓			
	GPS 天線#7	✓			
	GPS 天線#8		✓	基座崩塌天線毀損	
	GPS 主機	✓			
四、系統功能	DataLogging	✓			
	Magms	✓			
	GPSget	✓			
	衛星連線偵測	✓			
	監測系統功能	✓			

台 18 五彎仔衛星監測設備維護/檢查紀錄表

維護日期		2008/11/27		維護人員	吳昭明
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述	
一、資訊設備	IPC	✓			
	N-POWER	✓			
	KVM	✓			
	Hub Switch	✓			
	衛星碟盤	✓			
	IDU	✓			
	ODU	✓			
二、電力設備	機房 UPS	✓			
	接收器 UPS	✓			
三、觀測儀器	Base 天線	✓			
	GPS 天線#1	✓			
	GPS 天線#2	✓			
	GPS 天線#3	✓			
	GPS 天線#4	✓			
	GPS 天線#5	✓			
	GPS 天線#6	✓			
	GPS 天線#7	✓			
	GPS 天線#8		✓	基座崩塌天線毀損	
	GPS 主機	✓			
四、系統功能	DataLogging	✓			
	Magms	✓			
	GPSget	✓			
	衛星連線偵測	✓			
	監測系統功能	✓			

附錄二

期中報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

☒ 期中 ☐ 期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用(3/4)

執行單位：逢甲大學

參與審查人員及 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
成功大學 余騰鐸研究員		
1. 請在期末說明 GPS7 測站異常之原因。	1. 遵照辦理，將會配合現地靜態測量等方式分析 GPS7 資料異常之問題。	同意
2. 本案著重於近即時之預警功能，請研擬如果排除因為非地滑因子之異常訊號加強系統偵測之正確度。	2. 遵照辦理，本計畫將利用一些相關統計方式排除非地滑因子之異常訊號，加強系統數據之正確度。	同意
3. 請比較說明以有線或無線將 GPS 天線訊號送回解算主機之優劣點與限制，例如纜線長度。	3. 遵照辦理，將於期末報告加強此方面之分析比較。	同意
4. 請說明本系統與 GPS 量測成果用於未來動態預測上之演算法或是警戒值設訂原則並檢驗其合理性。	4. 本計畫警戒值的訂定會參考其他學者針對台 18 地區所制定的警戒方法，未來可以利用多場颱風豪雨事件所量測到的資料驗證其合理性。	同意
立德大學 林宏明教授		
1. 此研究期中報告已達到計畫的進度要求。	1. 感謝委員的肯定。	同意
2. 於地滑準則（地滑計管理值）的文獻回顧稍薄弱，建議整理國內外常用的準則，以利比較。	2. 遵照辦理，將於期末報告加強此方面之分析比較。	同意
3. 地滑速率受降雨的影響，其滑動速率應分成乾、雨季討論，不宜以二次多項式作整	3. 遵照辦理，由於目前 GPS 完整資料還不夠多，未來可以針對防汛期與非防汛期間	同意

參與審查人員及 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
體回歸，易造成失真。	分別討論，更符合現地真實情況。	
4. GPS7 和 GPS8 的結果異常，是否有相關測量資料做比對，方能解釋其差異性。	4. 本計畫將會配合現地靜態測量等方式分析 GPS7 資料異常之問題。	同意
5. 建議將 8 個 GPS 測站的變位量展現成整體變位方向圖，以利可讀性。	5. 變位方向圖需以長期觀測量作為判斷方向之基礎，本計畫將分析各測站之資料，將變位方向趨勢顯示於系統上，供使用者參考。	同意
高雄大學 梁明正教授		
1. GPS7 的資料明顯異常，是否應利用靜態量測，做比較，並找出原因。	1. 本計畫將會配合現地靜態測量等方式分析 GPS7 資料異常之問題。	同意
2. 位移量的變異性達 5mm，是否合理。	2. 單頻 GPS 水平方向的精度大約在 1cm 左右，而本計畫 GPS 的變異性達 5mm 是合理的。	同意
3. 整體的量測精度準確度須有進一步確認的方式。	3. 本計畫第一年度已利用雷射測距儀針對所有 GPS 的量測精準度進行驗證，故儀器精確度並無問題。	同意
4. 對異常之推除，須有好的方法來確認。	4. 可以於現地利用儀器量測距離量確認異常的原因。	同意
5. 是否應確認 GPS 天線與資料中心間之傳送訊號的頻率是多少，這會影響資料傳送準確度。	5. 目前 GPS 天線訊號解算頻率為 1 秒一筆，每 5 分鐘切換一次天線，接收器解算後轉成數值資料，再傳回資料中心，目前解算頻率符合精度需求。	同意
6. 目前使用資料傳送輪動的方式，會影響資料之收集。	7. 一機多天線之架構需以輪動方式切換天線，除非改成一機一天線之方式，方能改善資料蒐集時間間隔問題。	同意

參與審查人員及 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
交通部公路總局第五區養護 工程處阿里山工務段		
1.本研究於阿里山台 18 公路 監測地表位移，希望在監測 結果位移有異常時能馬上 通知工務段。	1.遵照辦理，如確認有資料異 常狀況，將即時通知工務 段。	同意
本所港研中心朱金元科長		
1. 簡報 P.36 滑動速度與日期 回歸曲線圖，縱座標速度為 何是負值，請修正。	1.速度定義為一向量，正負值 分別代表東西方向。為了避 免委員誤會，將修改以方向 來取代正負。	同意
2. GPS7 天線接收訊號異常原 因請釐清。	2.本計畫將會配合現地靜態測 量等方式分析 GPS7 資料異 常之問題。	同意
3. 於颱風豪雨期是否針對距 離滑動面較近之 GPS 天線 加密監測頻率，其它 GPS 天線則維持原監測頻率。	3.縮短監測頻率需考量解算精 度之需求限制，本計畫將通 盤考量各條件，盡可能縮短 監測頻率時間。	同意

附錄三

期末報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

☐期中 ☒ 期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用(3/4)

執行單位：逢甲大學

參與審查人員及 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
成功大學 余騰鐸研究員		
1.計畫有具體成果在於使用 GPS 於坡地崩塌之資料觀測。	1.感謝委員的肯定	同意
2.一機多天線得到之動態資料飄移幅度很大，不能直接解算後用於預測山崩之應用，宜討論必要之手段與限制。	2.一機多天線飄移幅度（動態精度）在 1cm 左右。 至於在山崩預測應用方面，利用一機多天線再搭配雨量的監測應屬可行，例如本系統於台 18 現地六彎處量測到的地表位移量為 8 公分左右，確實可偵測到地表之實際位移。	同意
3.自動化監測是否再考量其它工具組成一多效能之監測工作，以補足 GPS 不足，如全站儀或是地面之影像擷取。	3.目前已經和其他監測單位連絡，本計畫的自動化監測系統未來除了 GPS 與雨量即時監測資料外，還會有地下傾斜計與地下水壓資料，組成一多效能之監測系統。未來也可以考慮增設全站儀或是地面之影像擷取。	同意
4.請再明確律定研究案之整體目標，與最後一年之作為補足整體規劃。	4.本計畫為 4 年計畫，前兩年主要是於第四彎進行監測與資料蒐集。本年度主要是建立防災應變系統，明年度朝建立電力備援機制，期能在颱風期間持續運作，其次將朝縮短觀測資料回傳時間努力，並將綜整其他單位資料提供分析成果。	同意

參與審查人員及 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
交通大學 黃安斌教授		
1. 建議改用低功率訊號傳輸系統，在現場安裝電池，可在無電力供應情況下發揮功能。	1. 本團隊已評估系統電力需求，GPS 天線耗電量極低，但資料接收中心因設置資訊電腦設備及衛星通訊設備，其耗電量較高，建議未來可於資料接收中心配置備援電力系統，包含小型發電機及 UPS 不斷電系統等設備。	同意
2. 本系統還未能達到 Real Time 的功能，建議儘快加強數據收集與處理之速度，以達 Real Time 之目的。	2. 本系統為一機多天線接收架構，各天線接收之資料需以逐一切換的方式送給主機進行解算，未來將朝縮短解算時間間隔努力，盡可能加快資料回傳之頻率。	同意
本所港研中心朱金元科長		
1. 防災應變系統於莫拉克颱風時是否有通知工務段位移情形，該系統是否能即時通知工務段達到緊急通報的功能。	1. 莫拉克颱風期間阿里山公路沿線自 8 月 7 日即停電，隨後因暴雨造成接收主機等設備毀損，因此颱風期間未能持續監測作業。未來將提升儀器屋的電力備援設備，期能於颱風期間即時通知工務段達到緊急通報的功能。	同意
2. 簡報中第 37 頁 GPS1 至 GPS8 測站由於莫拉克颱風造成之位移為何須修正，請說明。	2. 莫拉克颱風期間，整個第六彎發生大規模的位移，本計畫利用國土測繪中心竹崎 GPS 站之資料計算多天線 GPS 基準站，發現基站亦有位移現象。因此 GPS1 至 GPS8 所量測到的位移量必須加入基站的位移量進行修正，才能得到絕對的總位移量。	同意
3. 前陣子地震後 GPS 測站是否有位移產生。	3. 地震為瞬間震動，並非持續性之位移，本計畫比對地震發生前後，並無明顯的位移產生。	同意

參與審查人員及 所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
4.簡報 P.9 滑動速度與日期之擬合分析，迴歸公式應補充敘述該公式適用於何期間；報告 P.121 降雨強度與位移速率之關係式，變數應改為降雨強度。	4.遵照辦理，將於成果報告中予以修正。	同意
本所港研中心林雅雯副研究員		
1.本研究案請將重點放在監測資料與相關監測值(例如集水區、集水區內雨量站資料、地下水位及地下位移等)之比對分析上。	1.遵照辦理，本計畫將於成果報告中增加雨量與地下水位和位移的比對分析。	同意
2. 簡報 P.37 莫拉克颱風造成之每個測站位移不同，如 GPS4 位移較大，請檢核並分析這些測站位移的量、趨勢及物理意義。	2.由於 GPS4 所架設的位置於現有的電線桿上，當位移發生時，電線桿有些微傾斜時，就會造成較大的位移。但是整體第六彎7個GPS天線滑動的方向皆相同。	同意
3.請檢核第六彎 GPS 測站與靜態測量所得位移結果是否有一致。	3.本計畫進行之第六彎靜態測量與動態即時監測結果方向一致，將於成果報告書加強說明。	同意
4.防災應變系統 GPS 位移請達到即時更新的功能。	4.本系統為一機多天線接收架構，各天線接收之資料需以逐一切換的方式送給主機進行解算，未來將朝縮短解算時間間隔努力，盡可能加快資料回傳之頻率。	同意

附錄四

期末報告簡報資料

全球衛星定位與自動化監測系統 在坡地防災之應用 (3/4)

期末報告

逢甲大學地理資訊系統研究中心
簡報人：方耀民 博士

民國98年11月17日

1

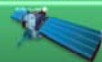
簡報大綱



計畫目的與研究範圍



研究背景概述



全球衛星定位系統監測位置調整工作



自動化監測系統示範站系統維護工作



監測結果與相關單位成果比對與分析



緊急通報系統與防災應變系統開發建置



結論與建議

2

計畫目的與研究範圍

3

計畫目的

- ➡ 將原第四彎一機多天線GPS量測儀器移至地下井光纖監測區，整合地表位移量測及地下位移量測技術，分析研究區之整體位移趨勢
- ➡ 開發專屬之緊急通報系統及防災應變系統，結合邊坡地滑預警模組，縮短災害發生時道路維安之反應時間
- ➡ 觀測及研究資訊可作為政府相關單位進行邊坡整治、道路維安以及災時警戒之重要參考依據。期能減少邊坡災害對民眾生命財產之危害，進一步達到國土保安之目的

4

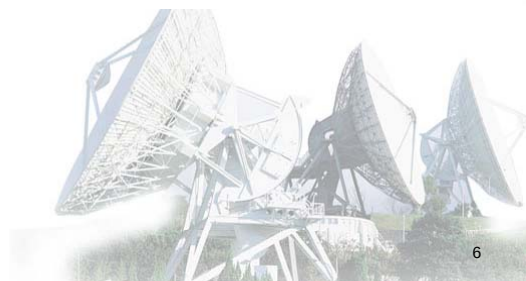
研究範圍

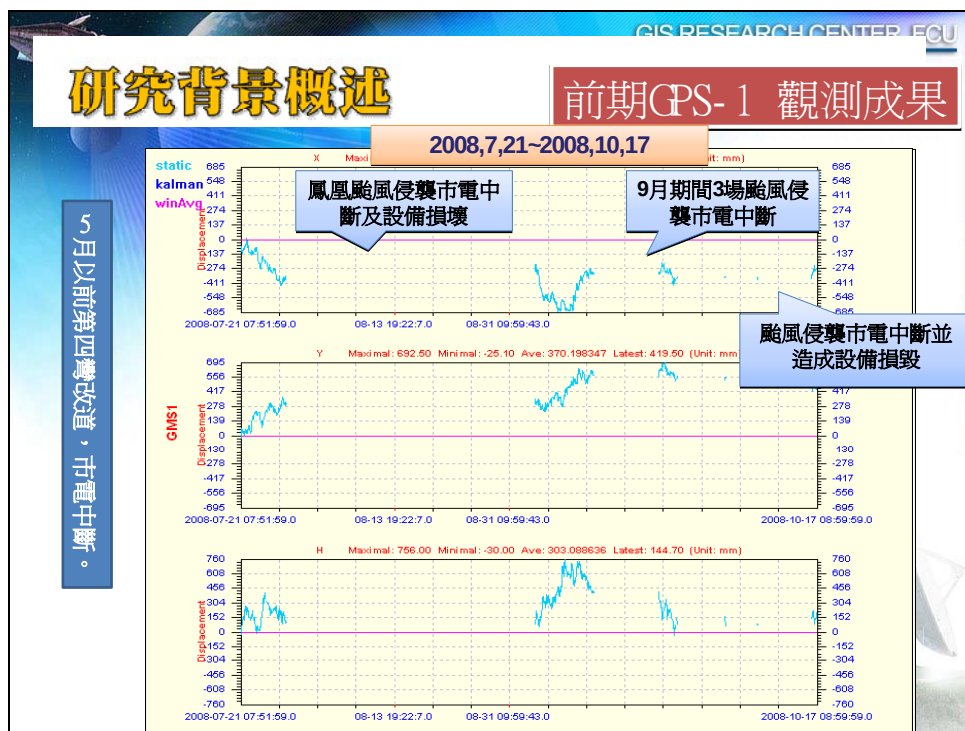
阿里山公路五彎仔段

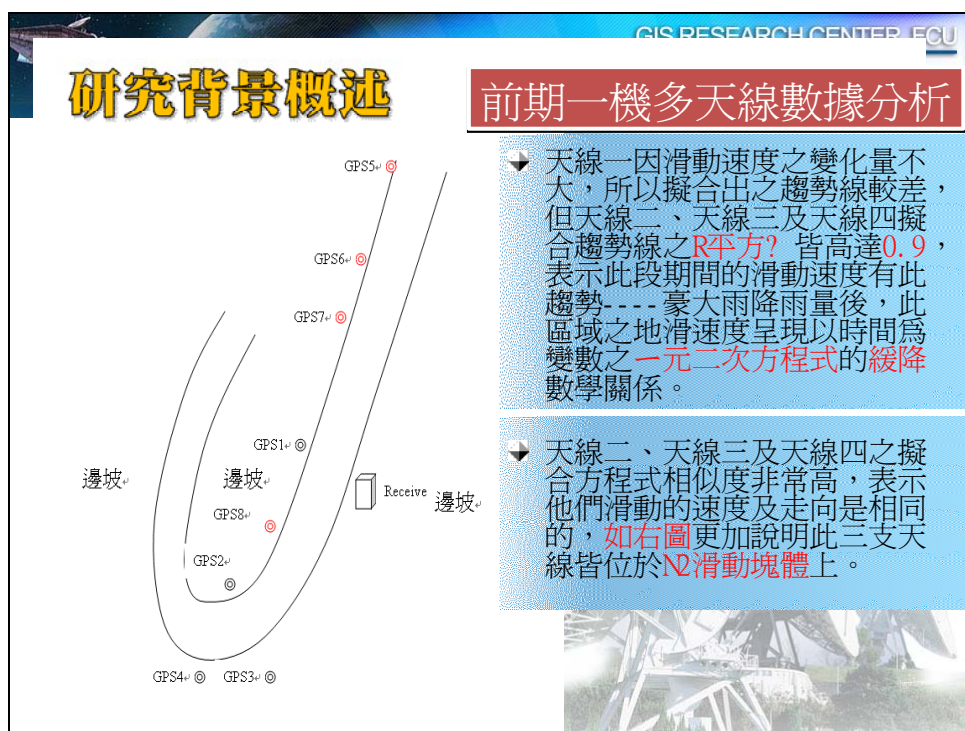
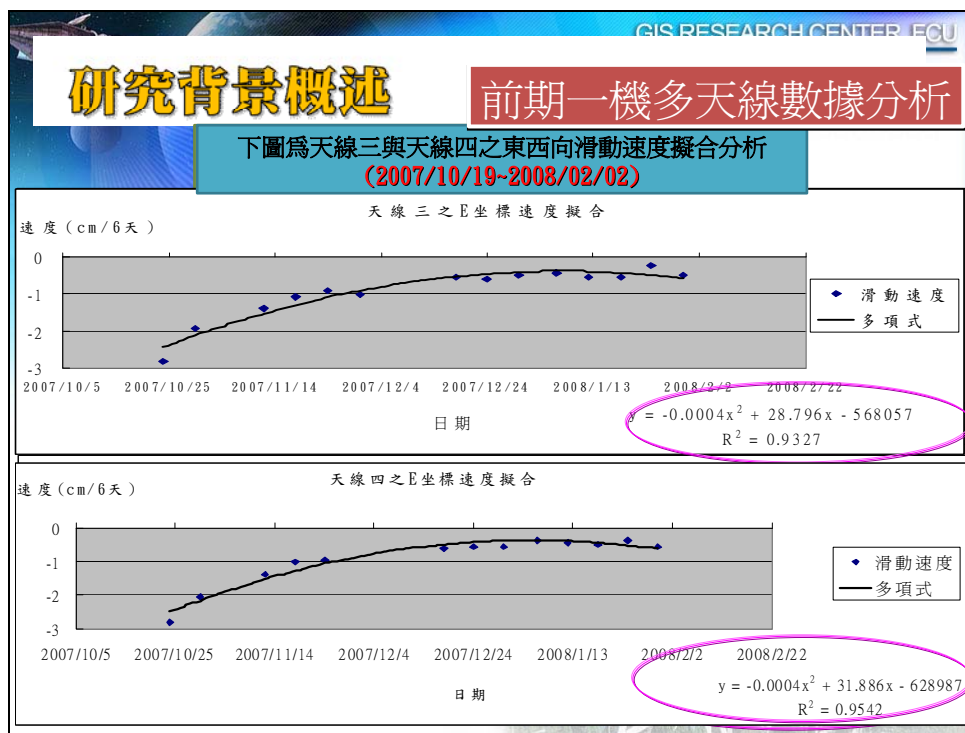


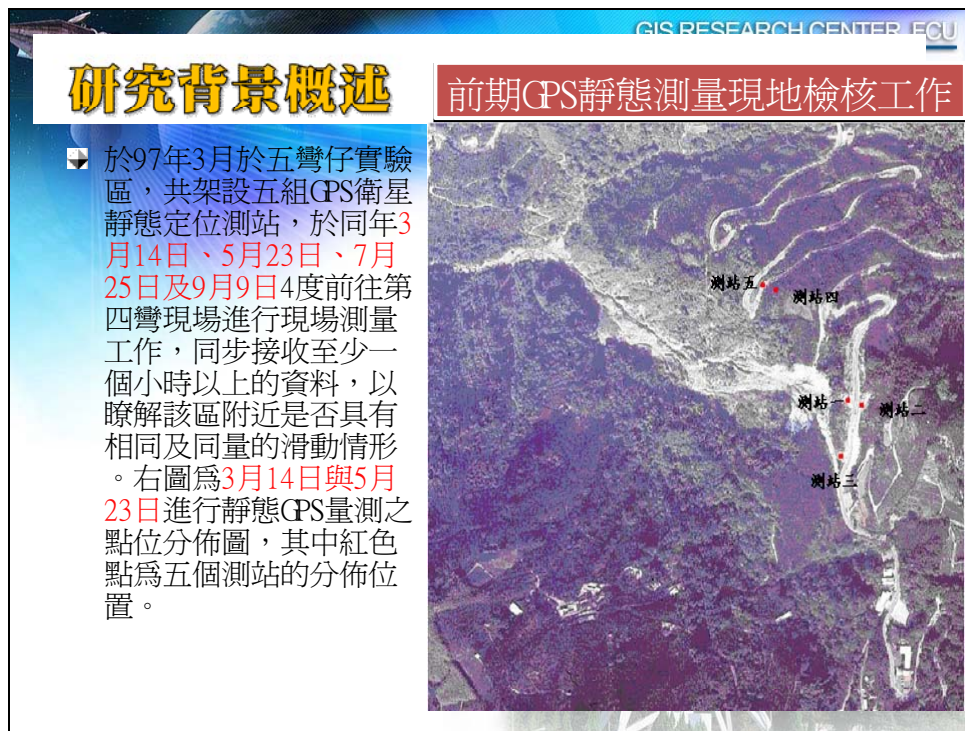
5

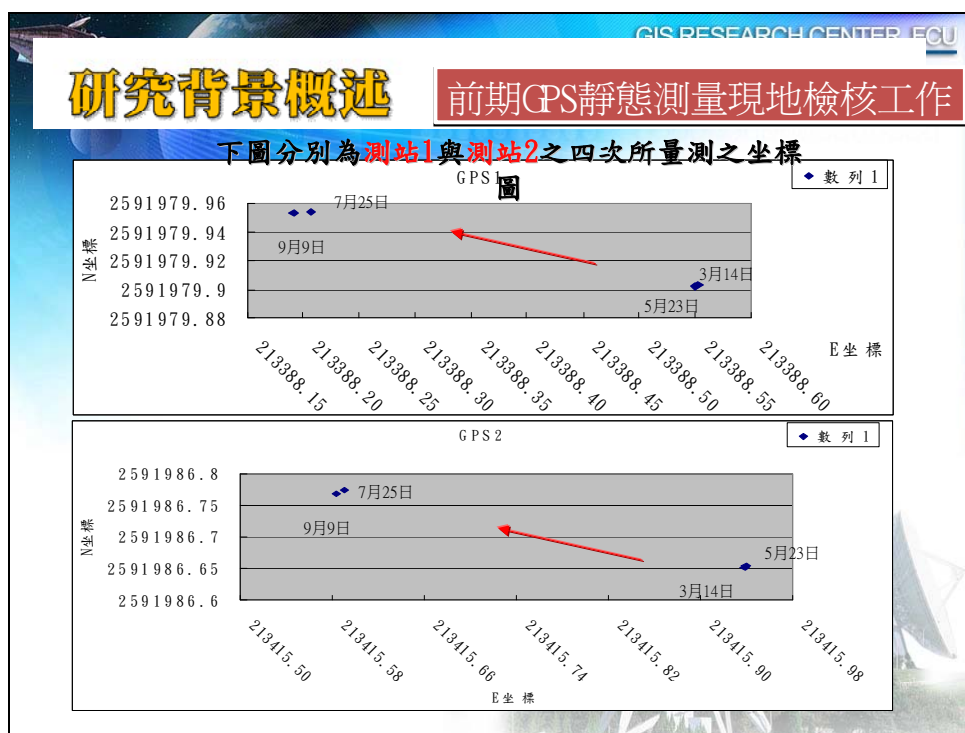
研究背景概述







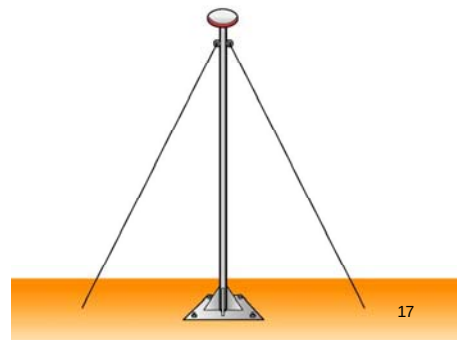
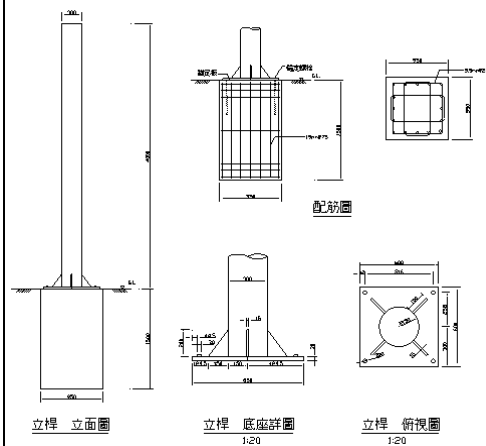






全球衛星定位系統監測位置調整工作

- 現有設備拆除遷移
- 自立桿架設
- 線路配置



全球衛星定位系統監測位置調整工作

■ 監測位置調整現勘作業

本團隊協同港研中心承辦人員於
98年3月6日進行現場勘查作業





GIS RESEARCH CENTER EQU

全球衛星定位系統監測位置調整工作

監測位置調整施工作業

自立桿基礎固定

自立桿鋼索固定

20

全球衛星定位系統監測位置調整工作

電線桿天線支架架設作業



天線支架固定



訊號線路配置

21

全球衛星定位系統監測位置調整工作

高架線路架設作業



高架線路支撐固定

接收主機架設作業



接收主機機箱架設

22

全球衛星定位系統監測位置調整工作

線路埋設配置作業



線路配置

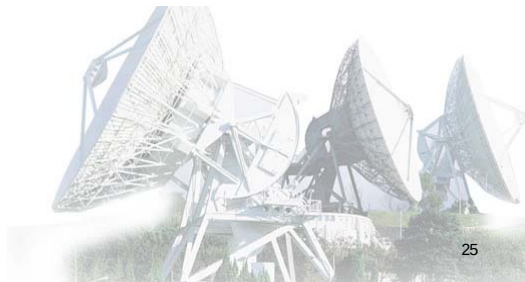


管線埋設

23



自動化監測系統示範站系統維護工作



25

自動化監測系統示範站系統維護工作

資料接收中心機房

- GPS基站天線 (Base) : 1組
- 工業級電腦 : 1組
- 多天線GPS解算軟體 : 1組
- 衛星傳輸設備 : 1組

前端GPS接收天線

- 多天線GPS天線及線路 : 8組
- 多天線GPS主機 : 1組
- 多天線GPS類比數位轉換器 : 1組
- 電源供應器 : 1組
- 儀器設備機箱 : 1組



26

自動化監測系統示範站系統維護工作

- 每月至少一次維護作業
- 監測系統及資料庫更新維護
- 伺服器系統病毒碼更新及資安檢測工作
- 檢視GPS儀器設備外觀及線路完整性檢視工作
- 資料接收中心主體結構及儀器設置處所周邊環境清潔維護
- 其他甲方臨時要求處理事項



27

自動化監測系統示範站系統維護工作

填製維護檢查表

異常即時通報修復

台 18 五等仔衛星監測設備維護/檢查紀錄表

維護日期	2008/06/20	維護人員	陳國華	
No	維護項目	正常	異常	檢查結果概述
一、資訊設備	IPC	✓		
	N-POWER	✓		
	KVM	✓		
	Hub Switch	✓		
	衛星碟盤	✓		
	IDU	✓	✓	IDU 當機，現場重開機測試後已正常運作
二、電力設備	ODU	✓		
	機房 UPS	✓		
	接收器 UPS	✓		
三、監測儀器	Base 天線	✓		
	GPS 天線#1	✓		
	GPS 天線#2	✓		
	GPS 天線#3	✓		
	GPS 天線#4	✓		
	GPS 天線#5	✓		
	GPS 天線#6	✓		
	GPS 天線#7	✓		
	GPS 天線#8	✓		
四、系統功能	GPS 主機	✓		
	DataLogging	✓		
	Magma	✓		
	GPSnet	✓		
	衛星連線檢測	✓		
	監測系統功能	✓		

GIS RESEARCH CENTER EQUI

自動化監測系統示範站系統維護工作

98年4月21日



● 連結至接收主機之網路異常，更換新品測試後已正常運作。其餘資訊設備正常

98年5月12日



● ROUTER故障，至現地更換新品後已可正常對外連結。其餘資訊設備正常

遷移作業初步完成，進行訊號連通測試

29

GIS RESEARCH CENTER EQUI

自動化監測系統示範站系統維護工作

98年5月28日



● 接收主機UPS故障，已更換設備，並恢復正常運作。其餘資訊設備正常

98年6月16日



● 檢查GPS7天線是否異常，經查無傾斜現象

98年6月20日



● 網路無法連線，至現地重啟網路設備可正常對外連結。其餘資訊設備正常

30

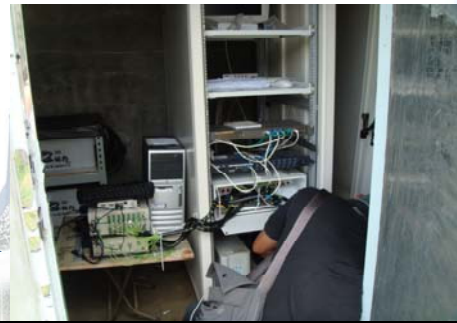
莫拉克災後現勘

■ 台18搶通後，本團隊立即於9月1日至現地勘查災損及進行靜態測量



莫拉克颱風暴雨成災，資料接收中心亦有淹水跡象

兩部電腦主機及基站接收主機受損，攜回修復



莫拉克災後現勘



莫拉克前護坡工程



莫拉克後護坡工程



GPS8基座崩塌



GPS8天線毀損

自動化監測系統示範站系統維護工作

98年9月24日



- 更新兩部電腦主機，並重新設定系統環境，另一方面，因接收主機需送回原廠修復需時較久，原廠修復接收主機後，本團隊於98年9月23日至現地進行系統復原及維護作業

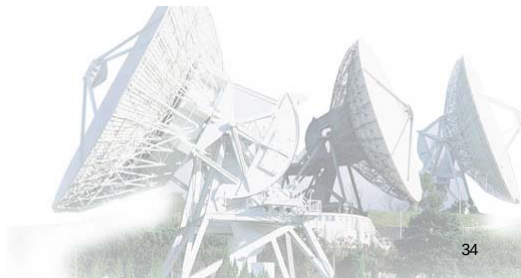
98年10月20日



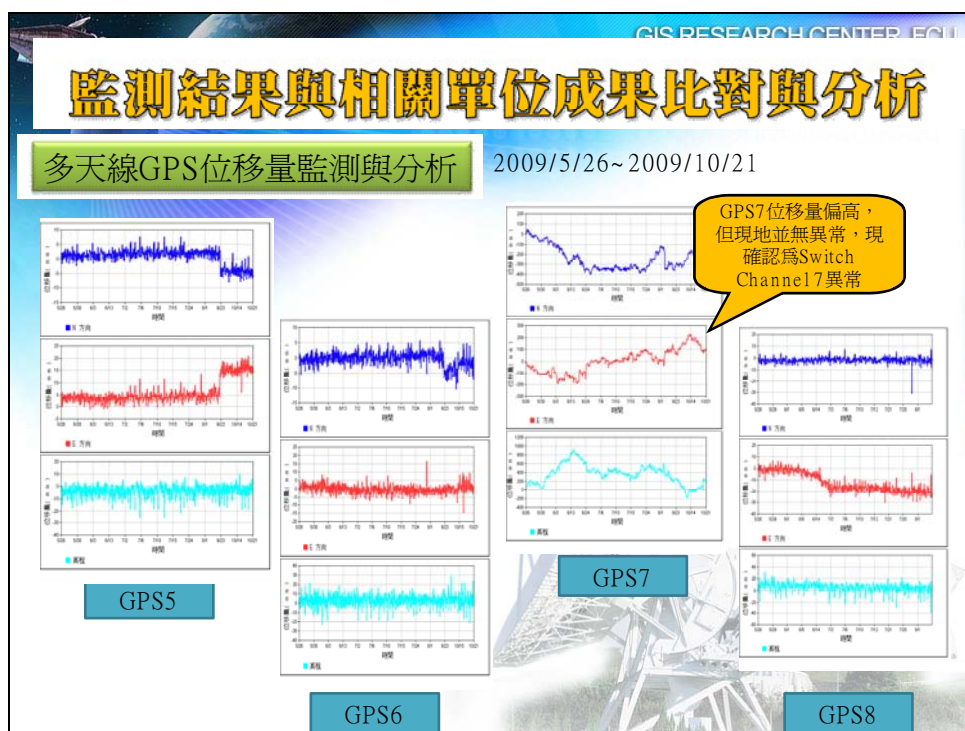
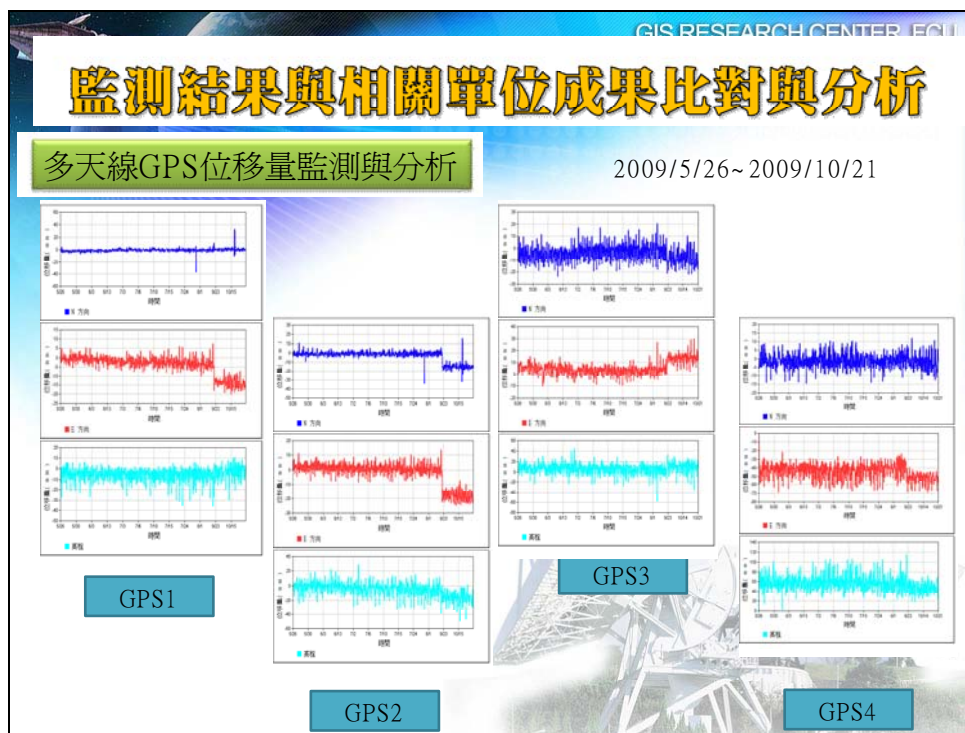
- 因現地電力中斷造成網路設備停擺，本團隊於98年10月20日至現地進行系統復原及維護作業

33

監測結果與相關單位成果比對與分析



34

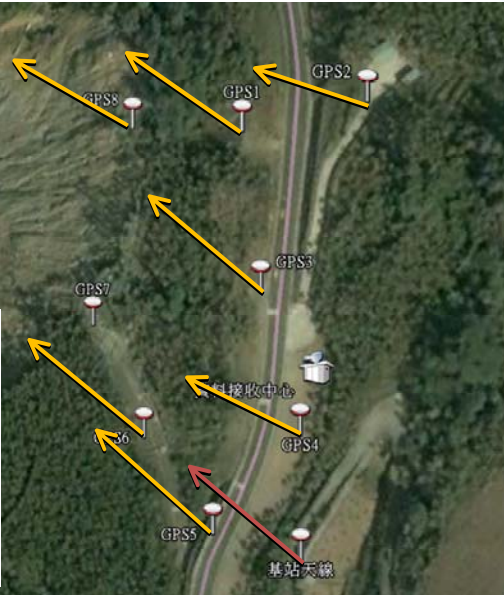


台18線第六彎GPS測點量測結果

- ◆ 基站天線向北位移35mm,向西位移61mm
- ◆ 修正後各GPS測量點均朝西北向移動

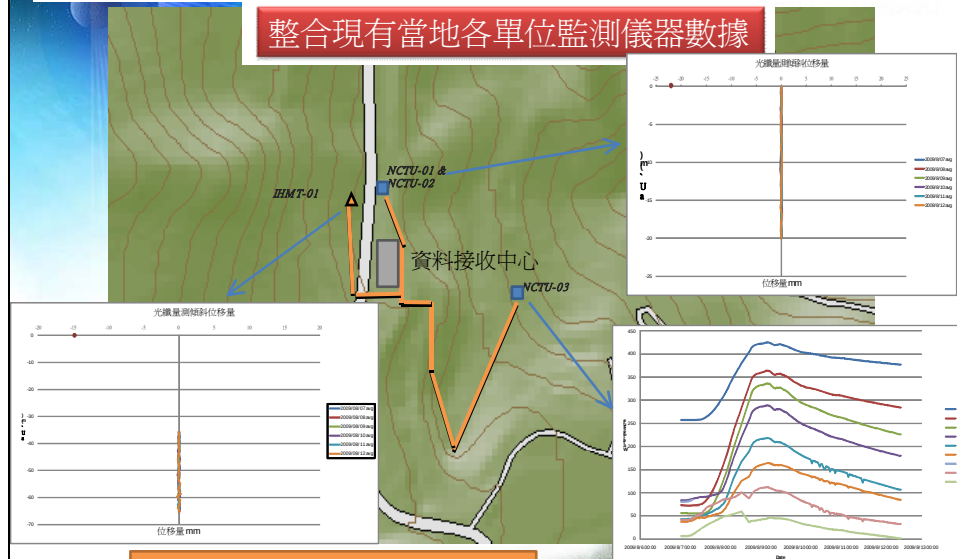
單位:mm

測站	N	E	原位 移量	修正N	修正E	修正 位移
GPS1	1	-15	15.03	36	-76	84.1
GPS2	-16.3	-22.3	27.62	18.7	-83.3	85.37
GPS3	-10.7	18.8	21.63	24.3	-42.2	48.7
GPS4	4.1	-55.6	55.75	39.1	-116.6	122.98
GPS5	-6.2	14.2	15.49	28.8	-46.8	54.95
GPS6	-1.7	1.9	2.55	33.3	-59.1	67.84
GPS7	-333.3	103.5	-	-	-	-
GPS8	-1.6	-25	25.05	33.4	-86	92.26



監測結果與相關單位成果比對與分析

整合現有當地各單位監測儀器數據

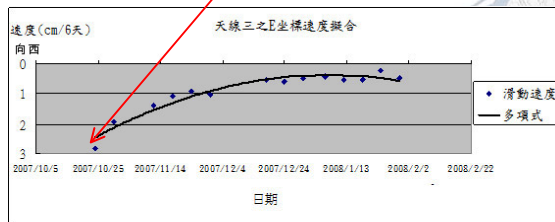


已積極聯絡交大提供相關數據

研擬警戒參考數值

■ 根據日本地滑對策技術學會初步分級，並利用現地量測位移速度與降雨強度回歸出線性方程

管? 等級	注意	警戒	疏散
? 雨強? (mm/day)	100	200	300
位移速率 (mm/day)	3.6	7.2	10.8



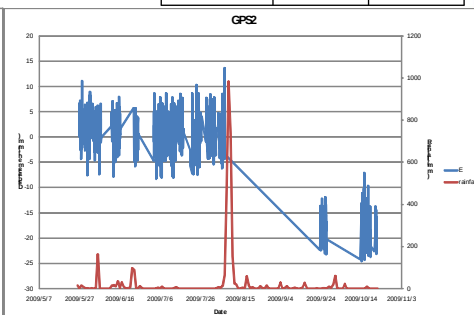
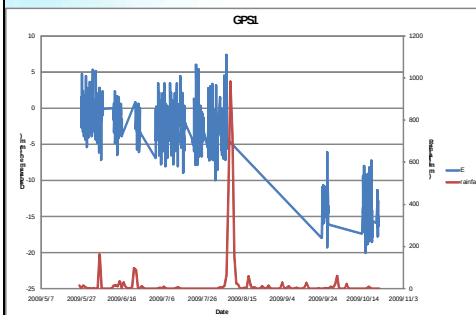
去年度第四彎天線三的滑動速度

39

研擬警戒參考數值

■ 所有GPS於颱風期間實際量測位移量取平均79.5mm，與模擬位移量84mm接近。表示所研擬的警戒值具有參考的價值。

日期	降雨強度	模擬位移量
2009/8/8	465mm	16.8mm
2009/8/9	982.5mm	35.4mm
2009/8/10	731.5mm	26.3mm
2009/8/11	153.5mm	5.5mm
	累積位移量	84mm



降雨強度與GPS1之E坐標滑動位移比較圖

降雨強度與GPS2之E坐標滑動位移比較圖

監測結果與相關單位成果比對與分析

現地全球定位系統靜態監測

- 確認裝上於自立桿上之位移量與地表位移量之關係，並藉由現場量測工作，建立天線端與地表之化算關係式
- 量測第二彎、新第四彎及第六彎之地表位移量
- 本計畫已進行**四次現場測量**工作
 - 第二彎選定三點
 - 新第四彎選定三點
 - 一機多天線研究區（第六彎）選定三點

41

監測結果與相關單位成果比對與分析

靜態測量位置現勘作業

現地全球定位系統靜態監測

據阿里山公路段表示第二彎的地滑現象亦十分明顯，因此本年度計畫將靜態定位監測站分別設置第二彎、第四彎、及第六彎等三處（每處3點），編號為S2-1、S2-2、S2-3，S4-1、S4-2、S4-3，S6-1、S6-2、S6-3等九點



42



監測結果與相關單位成果比對與分析

現地全球定位系統靜態監測



S4-1 靜態測量



S4-2 靜態測量



S4-3 靜態測量



45

監測結果與相關單位成果比對與分析

現地全球定位系統靜態監測



S6-1 靜態測量



S6-2 靜態測量



S6-3 靜態測量

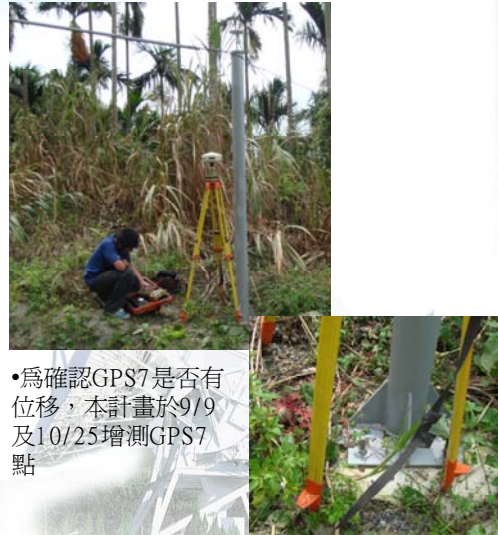
46

監測結果與相關單位成果比對與分析

新測點位

- 原S2-3點位於莫拉克風災遭土石掩埋，本計畫於附近選一新S2-3點進行測量

現地全球定位系統靜態監測

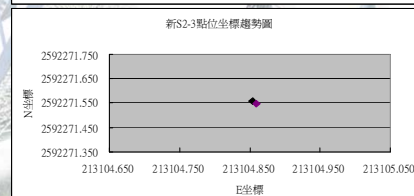
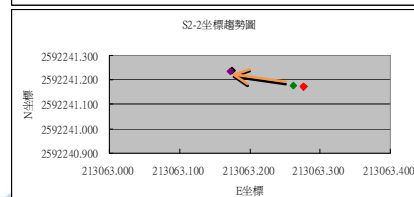
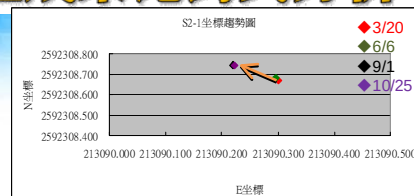


- 為確認GPS7是否有位移，本計畫於9/9及10/25增測GPS7點

監測結果與相關單位成果比對與分析

第二彎測點位移趨勢分析

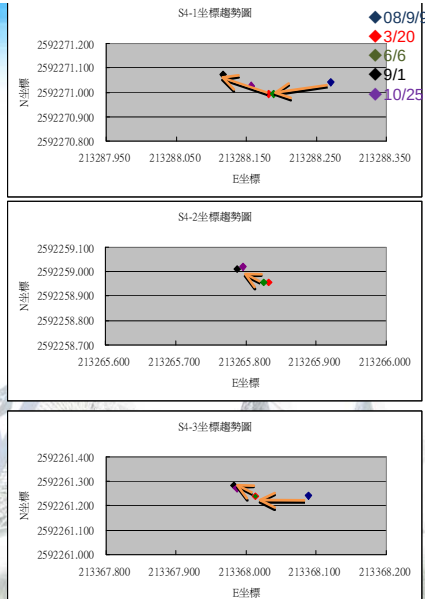
- S2-1於2009年4次靜態測量結果：莫拉克風災後向北移動約6cm，向西移動約7cm
- S2-2於2009年4次靜態測量結果：莫拉克風災後向北移動約6cm，向西移動約9cm
- 原S2-3點位於莫拉克風災遭土石掩埋，本計畫於附近選一新S2-3點，並於9年9月1日和10月25日進行現場測量，兩個時期間位移量無太大變化。



監測結果與相關單位成果比對與分析

第四彎測點位移趨勢分析

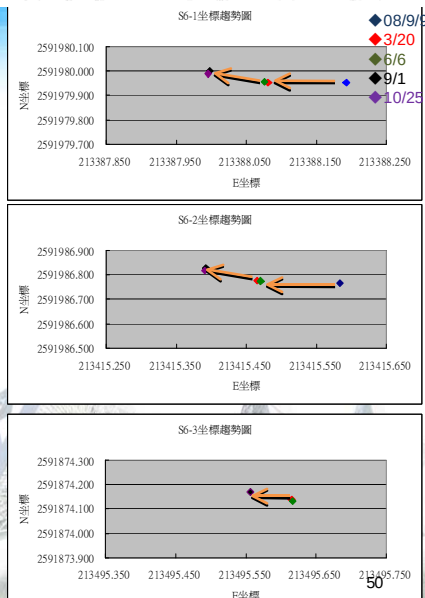
- **S4-1** 從2008年9月9日到2009年3月20日間約向西移動了9cm。莫拉克風災後向北移動約3cm，向西移動約9cm，但因點位模糊不清，9/1與10/25兩次靜態測量所佈設的點位有所不同，致使坐標值於這兩個時期不一樣
- **S4-2** 於2009年4次靜態測量結果：莫拉克風災後向北移動約5cm，向西移動約4cm
- **S4-3** 從2008年9月9日到2009年3月20日間約向西移動了7cm。莫拉克風災後向北移動約3cm，向西移動約3cm



監測結果與相關單位成果比對與分析

第六彎測點位移趨勢分析

- **S6-3** 從2008年9月9日到2009年3月20日間約向西移動了11cm。莫拉克風災後向北移動約3cm，向西移動約8cm
- **S6-2** 從2008年9月9日到2009年3月20日間約向西移動了11cm。莫拉克風災後向北移動約5cm，向西移動約8cm
- **S6-3** 於2009年4次靜態測量結果：莫拉克風災後向北移動約3cm，向西移動約6cm
- 本計畫為確認GPS7是否有位移，於9/1及10/25針對GPS7進行靜態測量，發現並無太大變化，因此確認為接收主機channel7之問題





緊急通報系統與防災應變系統開發建置



監測系統環境架構

53

緊急通報系統與防災應變系統開發建置



監測系統功能架構

54







結論與建議

61

結論

- 本計畫裝設之GPS監測設備中除了GPS7有位移量異常外，其餘於莫拉克風災後有明顯的地滑位移，顯示本系統能真實反應地表位移量。
- 本計畫進行4次現場全球衛星定位系統靜態測量工作，分析結果顯示莫拉克風災後當地有明顯位移。
- 本計畫整合現有當地各單位監測儀器數據，探討可能觸發坡地災害發生原因與研擬警戒參考數值，已獲致初步成果。

62

建議

- 全球衛星定位系統監測位置局部調整工作
 - 由於第六彎於莫拉克颱風期間發生崩塌，造成GPS8的天線受損，建議將GPS5的天線移至GPS8，以持續針對這個崩場地進行監測
- 備援電力提升
 - 莫拉克颱風期間台18線電力中斷，造成全球衛星定位系統監測資料完全中斷，雖然電力恢復後可以得到最後的位移量，但次無法得知移動速率以及和雨量強度的直接關係，建議明年度計畫增設備援電力，以達到防災應用的功能

63

簡報結束

敬請指教

64