

97-34-7321

MOTC-IOT-96-HIDB008

全球衛星定位與自動化監測系統 在坡地防災之應用(1/4)



交通部運輸研究所

中華民國 97 年 3 月

97-34-7321

MOTC-IOT-96-HIDB008

全球衛星定位與自動化監測系統 在坡地防災之應用(1/4)

著 者：饒 正、陳志芳、林雅雯、洪本善
李秉乾、周天穎、蕭泰中

交通部運輸研究所

中華民國 97 年 3 月

國家圖書館出版品預行編目資料

全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用. (1/4) / 饒正等著. -- 初版. -- 臺北市
：交通部運研所，民97.03

面；公分

參考書目：面

ISBN 978-986-01-3844-3(平裝)

1. 防災工程 2. 山坡地 3. 衛星觀測

445.5

97006339

全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用(1/4)

著者：饒正、陳志芳、林雅雯、洪本善、李秉乾、周天穎、蕭泰中

出版機關：交通部運輸研究所

地址：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97年3月

印刷者：德輝興業有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷110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

五南文化廣場：臺中市中山路6號•電話：(04)22260330

GPN：1009700788

ISBN：978-986-01-3844-3 (平裝)

著作財產權：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計畫出版品摘要表

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(1/4)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-01-3844-3 (平裝)	政府出版品統一編號 1009700788	運輸研究所出版品編號 97-34-7321	計畫編號 96-HIDB008
主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：陳志芳 研究人員：林雅雯 聯絡電話：04-26587117 傳真號碼：04-26564418	合作研究單位：逢甲大學 計畫主持人：洪本善 協同主持人：李秉乾、周天穎 研究人員：蕭泰中 地址：臺中市西屯區文華路 100 號 聯絡電話：04-24516669		研究期間 自 96 年 02 月 至 96 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。有鑑於臺灣極高密度的 GSM/GPRS 基地台，若利用 GSM/GPRS 無線電傳輸技術進行資料傳輸，則不需要另外建置無線電接發機以及後端的傳輸網路。本計畫選擇嘉義縣阿里山鄉進行 GPS 定位與無線電傳輸模組實際運作。阿里山工務段於臺 18 線 44K 第四彎、45K 五彎仔及小公田村三處，安裝完成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。並訂定更有效的管理值，以減少邊坡災害對國土保持與民眾安危之損失。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
97 年 3 月	126	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 Slopeland Calamity Mitigation by Using GPS Measurement and Automated Monitoring System (1/4)			
ISBN (OR ISSN) ISBN 978-986-01-3844-3 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009700788	IOT SERIAL NUMBER 97-34-7321	PROJECT NUMBER 96-HIDB008
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu PRINCIPAL INVESTIGATOR: J. F. Chen PROJECT STAFF: Y.W. Lin PHONE: 04-26587117 FAX: 04-26564418			PROJECT PERIOD FROM February 2007 TO December 2007
RESEARCH AGENCY: Feng Chia University PRINCIPAL INVESTIGATOR: P. S. Hung PROJECT STAFF: B.J. Lee, T. Y. Chou. ADDRESS: 100, Wen-Hwa Rd., Taichung 407, Taiwan R.O.C PHONE: 886-4-24516669			
KEY WORDS: Multi-antenna GPS, Slopeland Calamity, Monitoring System			
ABSTRACT: As an advanced navigation and measurement technology, GPS has, in the past two decades, been extensively applied to many fields and disciplines. One of the prominent applications of GPS is the precise monitoring of deformations of landslide. 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. We chose the No.18 highway around Alishan area, and finished installing the advanced instruments and automated monitoring system, meanwhile collecting rainfall values and checking landslide section data during investigation period. We integrate the automatic monitoring and return systems, and finish the connection testing and demonstrating. We will process, analyze and make a judgment for the inspection data, then draw up a management value. Finally, hope to reduce the landslide disaster and protect people's lives.			
DATE OF PUBLICATION March 2008	NUMBER OF PAGES 126	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(1/4)

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
表目錄	V
圖目錄	VI
第一章 緒論	1-1
1.1 計畫緣起與目的	1-1
1.2 研究範圍	1-2
1.3 預期成果	1-3
1.4 計畫工作流程	1-5
1.5 國內外相關研究	1-6
1.5.1 土石流觀測站暨防災應變系統（臺灣）	1-7
1.5.2 國土交通省九州地方整備局雲仙復興工事事務所（日本）	1-10
第二章 研究背景概述	2-1
2.1 五彎仔自動化監測現況	2-1
2.2 全球衛星定位現況	2-6
2.3 近景攝影測量現況	2-8
第三章 研究成果	3-1
3.1 全球衛星定位監測系統雛形規劃與測試	3-1
3.1.1 規劃準則	3-1
3.1.2 系統雛形構想	3-1
3.1.3 多天線 GPS 系統	3-2

3.1.4 全球衛星定位監測系統測試.....	3-7
3.2 無線電傳輸模組雛形規劃與測試.....	3-17
3.2.1 無線電傳輸模組介紹.....	3-17
3.2.2 CSMA/CA 無線電通訊系統.....	3-19
3.2.3 Telos 硬體平台.....	3-19
3.2.4 測試無線傳輸模組與微處理器的介面，以及資料傳輸與擷取.....	3-21
3.2.5 現地測試無線傳輸模組以及資料傳輸與擷取.....	3-23
3.3 近景攝影測量雛形規劃與測試.....	3-25
3.3.1 規劃準則.....	3-25
3.3.2 單影像量測計算.....	3-25
3.3.3 近景攝影測試.....	3-26
3.3.4 單相機攝影對地表變位之探討.....	3-27
3.4 道路邊坡自動化監測系統示範站規劃.....	3-31
第四章 結論與建議.....	4-1
4.1 結論.....	4-1
4.2 建議.....	4-2
參考文獻.....	參-1
附錄一 各期審查委員建議辦理情形.....	附錄 1-1
附錄二 期末簡報.....	附錄 2-1

表 目 錄

表 3-1 靜態多天線 GPS 初始值坐標	3-9
表 3-2 雷射經緯儀量測坐標與多天線 GPS 結果比較	3-10
表 3-3 雷射經緯儀量測天線坐標	3-14
表 3-4 Telos 之硬體規格	3-20
表 3-5 訊號遺失率測試結果	3-22
表 3-6 取七次影像測量結果平均	3-26
表 3-7 多天線測試數據	3-40

圖 目 錄

圖 1-1 阿里山公路五彎仔段	1-2
圖 1-2 阿里山公路五彎仔路段第四彎地區	1-3
圖 1-3 本計畫整體流程	1-6
圖 1-4 土石流觀測站系統整合架構圖	1-8
圖 1-5 土石流觀測站整體流程圖	1-8
圖 1-6 土石流觀測站現場觀測儀器	1-9
圖 1-7 觀測站相關設備	1-9
圖 1-8 前端監測儀器資料回傳至應變中心電視牆	1-10
圖 1-9 雲仙復興工事事務所之防災監測系統架構	1-11
圖 1-10 1995 年 6 月 24 日火山碎屑流	1-11
圖 1-11 1993 年 10 月 2 日火山碎屑流	1-11
圖 1-12 長野縣集水井.....	1-12
圖 2-1 臺 18 線 45K 自動化監測儀器小屋	2-1
圖 2-2 臺 18 線 45K CCD 攝影機及紅外線投射燈	2-2
圖 2-3 臺 18 線 45K CCD 攝影機傳回影像	2-2
圖 2-4 臺 18 線 44-45K 崩坍前後對照圖	2-3
圖 2-5 本計畫儀器裝設位置圖	2-4
圖 2-6 小公田村 CCD#1 傳回之第四彎影像	2-4
圖 2-7 小公田村 CCD#2 傳回之崩塌區影像	2-5
圖 2-8 第四彎 CCD 傳回之影像	2-5
圖 2-9 GPS 多天線開關 (GMS) 的設計	2-6
圖 2-10 新一代多天線系統的差分定位構造	2-7

圖 3-1 無線電定位系統雛形概念	3-1
圖 3-2 新一代多天線系統的差分定位構造	3-3
圖 3-3 GPS 接收機、GMS 和資料通訊系統	3-4
圖 3-4 系統軟體的主功能表	3-4
圖 3-5 資料處理與管理軟體的結構	3-5
圖 3-6 一些系統參數的設置	3-5
圖 3-7 顯示系統操作狀態的螢幕	3-6
圖 3-8 監測點的位移顯示	3-7
圖 3-9 多天線 GPS 試驗設備	3-8
圖 3-10 多天線 GPS 試驗配置圖	3-8
圖 3-11 靜態多天線 GPS 初始值量測結果	3-11
圖 3-12 雷射經緯儀量測與多天線 GPS 初始值量測結果比較	3-12
圖 3-13 修改後雷射經緯儀量測結果	3-13
圖 3-14 修改後多天線 GPS 位置配置圖	3-14
圖 3-15 多天線 GPS 移動測試點	3-15
圖 3-16 八個多天線 GPS 測試位置圖	3-16
圖 3-17 無線感測器平台-Telos	3-20
圖 3-18 室內無遮蔽	3-22
圖 3-19 室外有下雨，並放在雨量桶	3-22
圖 3-20 室外有下雨，並沒有遮蔽	3-23
圖 3-21 本計畫儀器裝設位置圖	3-24
圖 3-22 第四彎雨量計裝設位置圖	3-24
圖 3-23 近景攝影測量臺 18 線第四彎 CCD 影像	3-26
圖 3-24 臺 18 線 45K 自動化監測儀器小屋	3-32

圖 3-25 臺 18 線 45K CCD 攝影機及紅外線投射燈	3-32
圖 3-26 臺 18 線 45K CCD 攝影機傳回影像	3-33
圖 3-27 第四彎周邊景象	3-34
圖 3-28 本計畫規劃 GPS 等相關儀器裝設位置圖	3-35
圖 3-29 監測儀器小屋外觀	3-35
圖 3-30 小公田村 CCD#1 傳回之第四彎影像	3-36
圖 3-31 小公田村 CCD#2 傳回之崩塌區影像	3-36
圖 3-32 第四彎 CCD 傳回之影像	3-36
圖 3-33 現地多天線儀器配置圖	3-37
圖 3-34 臺 18 線第 4 彎路段之儀器設備箱（左）及內部設備狀況（右）	3-37
圖 3-35 第 1 號天線（無線 CCD 頂）	3-38
圖 3-36 第 2 號天線（第 4 彎路燈頂）	3-38
圖 3-37 第 3 號天線.....	3-38
圖 3-38 第 4 號天線（自立支架）	3-38
圖 3-39 GPS 基站天線位置	3-38
圖 3-40 臺 18 線 45K 自動化監測儀器小屋	3-39
圖 3-41 第一號天線 X 方向位移量（2007/10/19~2007/10/21）	3-41
圖 3-42 第一號天線 Y 方向位移量（2007/10/19~2007/10/21）	3-42
圖 3-43 第一號天線 Z 方向位移量（2007/10/19~2007/10/21）	3-43
圖 3-44 第二號天線 X 方向位移量（2007/10/19~2007/10/21）	3-44
圖 3-45 第二號天線 Y 方向位移量（2007/10/19~2007/10/21）	3-45
圖 3 - 46 第二號天線 Z 方向位移量（2007/10/19~2007/10/21）	3-46
圖 3-47 第三號天線 X 方向位移量（2007/10/19~2007/10/21）	3-47

圖 3-48 第三號天線 Y 方向位移量 (2007/10/19~2007/10/21)	3-48
圖 3-49 第三號天線 Z 方向位移量 (2007/10/19~2007/10/21)	3-49
圖 3-50 第四號天線 X 方向位移量 (2007/10/19~2007/10/21)	3-50
圖 3 - 51 第四號天線 Y 方向位移量 (2007/10/19~2007/10/21)	3-51
圖 3 - 52 第四號天線 Z 方向位移量 (2007/10/19~2007/10/21)	3-52
圖 3-53 道路邊坡自動化監測系統 (第一號天線)	3-53
圖 3-54 道路邊坡自動化監測系統 (第二號天線)	3-53
圖 3-55 道路邊坡自動化監測系統 (第三號天線)	3-54
圖 3-56 道路邊坡自動化監測系統 (第四號天線)	3-54

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；由於全球衛星定位模組大量生產的關係，低廉的價格更增加全球衛星定位計技術於邊坡災害監測應用之價值。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。

本計畫針對全球衛星定位與自動化監測系統在道路邊坡地滑災害之應用進行深入探討，並結合全球衛星定位及 GSM/GPRS 無線電傳輸技術搭配其他感測器所建構之自動化監測系統，將可在有限建構成本下更機動地因時因地制宜增加邊坡的觀測捕捉率，朝向即時即地（any time every where）目標前進，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，以做為未來道路邊坡地滑災害相關課

題研究之參考依據，並訂定更有效的管理基準值，減少道路邊坡地滑災害對國土保持與民眾安危之災損。

1.2 研究範圍

依據工作說明書要求，計畫測試地區需選擇公路邊坡敏感地區，因此依據本團隊建議本計畫執行地區初步選定為阿里山公路五彎仔段（TWD67 橫坐標約為 212312 公尺，縱坐標約為 2592307 公尺），詳細位置如下圖所示。

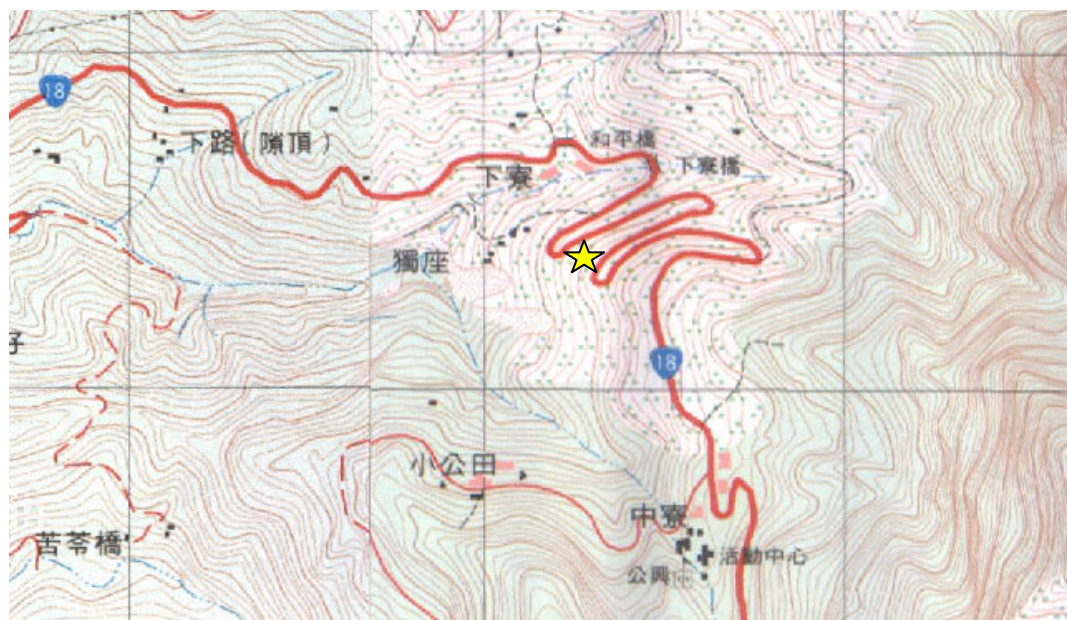


圖 1-1 阿里山公路五彎仔段

由於梅嶺大車禍後，危險道路受到國人關注，交通部官員透露，阿里山公路五彎仔段是全臺危險公路之首，除道路本身又陡又彎外，邊坡還會走山，公路總局幾經會診：「試過各種方法都擋不住」，很讓人擔心。並依據 95 年 12 月 19 日聯合報之報導，阿里山公路廿八至卅一公里段，俗稱五彎仔路段(因阿里山公路段起點變更，現今五彎仔路段公里數應為 42 至 45K)，邊坡會走山，每年往外位移約廿公分，其中第四彎，公路總局評估須立即改善。因此本團隊選定五彎仔地區為計畫實驗地區，作為本計畫後續規劃與施作示範區域。



(照片摘錄自聯合報)

圖 1-2 阿里山公路五彎仔路段第四彎地區

1.3 預期成果

本計畫分為四個年度分段進行，計畫執行重點有建立道路邊坡自動化監測系統示範站系統、全球衛星定位與無線傳輸監測系統測試開發、近景攝影測量應用於道路邊坡滑動監測可行性研究以及緊急通報系統及防災應變系統雛形建置工作，依據上述工作項目要求，擬定各年度計畫執行重點說明如下：

● 第一年（民國96年）

- 1.利用先進科技整合技術—以全球衛星定位技術進行坡地防災之應用，探討於阿里山公路第四彎地區進行邊坡滑動監測技術之可行性。
- 2.於實驗室進行一機多天線GPS系統測試工作，並進行系統調整與修正工作。
- 3.發展全球衛星定位及無線電傳輸模組整合系統，並進行實地觀測數值分析工作，提升全球衛星定位系統於坡地災害監測之精度與適用性。

4.利用攝影機現地觀測資料，進行初步近景攝影測量變位量資料分析工作。

● **第二年（民國97年）**

1.道路邊坡自動化監測系統示範站系統維護

針對前期所安裝之設備進行保養與維護工作，以維持實驗工作正常進行無虞。

2.全球衛星定位與無線傳輸監測系統整合測試

針對前期已建置完成之全球衛星定位與無線傳輸監測系統持續進行整合測試與坡地災害監測與數據資料分析工作。

3.近景攝影測量

利用攝影硬體設備，採單攝影機方式作地表二度空間變位監測，並與全球衛星定位監測結果相互比對。研析是否增設攝影硬體設備，採雙攝影機作地表三度空間變位測量，以提高測量精度。

4.緊急通報系統及防災應變系統雛形建置

依據前期規劃成果，建立緊急通報系統及防災應變系統雛形建置工作，並與現有公路局第五區維護工程處之山區道路邊坡監測系統進行整合，提供臺18線路段整合性監測儀器數據展示平台。

● **第三年（民國98年）**

1.道路邊坡自動化監測系統示範站系統維護

針對前期所安裝之設備進行保養與維護工作，以維持實驗工作正常進行無虞。

2.全球衛星定位與無線傳輸監測系統整合測試

整合現有當地各單位之監測儀器數據，進行交叉統計分析，探討可能觸發坡地災害發生原因與研擬警戒參考數值。

3.近景攝影測量

(1)以現有當地現有之CCD攝影機觀測資料進行近景攝影測量分析

工作，並針對氣候因素進行分離與排除影響分析因子等工作，增加已現有CCD攝影機進行影像對應實地之變異量分析工作。

(2)建立第四彎地區三維立體像對模型，建立現場3維空間觀測基本資料庫，並藉以驗證現場各項各項量測數據狀況。

4.持續道路邊坡自動化監測系統示範站系統建置與維護工作。

5.緊急通報系統及防災應變系統雛形建置設計工作。

● 第四年（民國99年）

1.道路邊坡自動化監測系統示範站系統維護

針對前期所安裝之設備進行保養與維護工作，以維持實驗工作正常進行無虞。

2.全球衛星定位與無線傳輸監測系統整合測試

整合現有當地各單位之監測儀器數據，持續進行各項數據資料交叉統計分析，進一步探討觸發坡地災害發生相關原因，並持續修正與研擬警戒參考數值。

3.近景攝影測量

建立『自動化』影像變異分析系統，以現有當地現有之CCD攝影機觀測資料以系統自動化方式，進行近景攝影測量自主分析工作，並針對氣候因素進行分離與排除影響分析因子等工作，增加已現有CCD攝影機進行影像對應實地之變異量分析工作

4.完成第四彎地區緊急通報系統及防災應變系統雛形建置工作。

1.4 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 1-3 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：

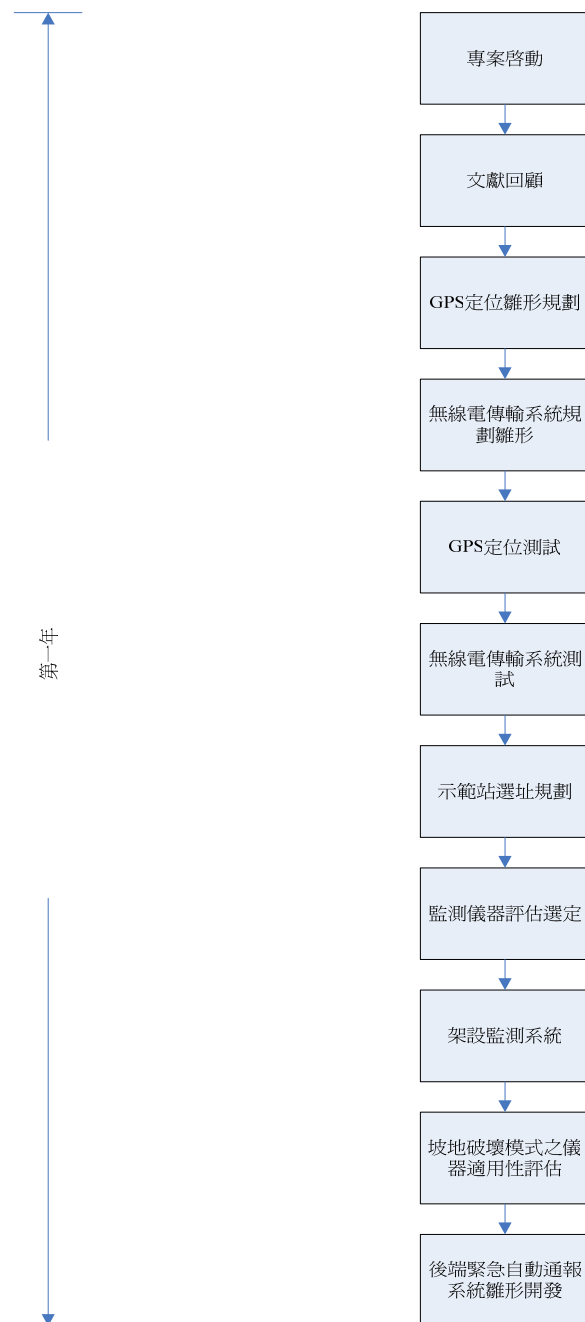


圖 1-3 本計畫整體流程

1.5 國內外相關研究

由於國內外已有許多邊坡監測系統之研究，惟足以上線成為政府單位業務應用且運作良好之案例較少，茲舉我國與日本兩項運作多年或已經過天然災害試煉之範例作為說明。

1.5.1 土石流觀測站暨防災應變系統（臺灣）

研發時間：2001 迄今

農委會水土保持局為求有效掌握土石流動態，尤其是土石流發生與雨量型態、源頭崩坍性狀和流出時間等因素之即時動態資訊，對開展土石流防災、減災及避災等措施之專業知識水平，具有舉足輕重之意義，於是成立本計畫。按計畫工作需求，本計畫擬規劃建置土石流危險溪流之觀測系統，包括前端之觀測儀器規格及傳輸方式、中端之現場與局本部應變中心間傳輸網路架構、後端之應變中心整合系統建置等三方面。

土石流觀測系統係利用先進量測儀器和高效率傳輸介面設置於土石流危險溪流的適當區段，即時觀測記錄土石流發生、運動、停積及其通過各種工程構造物之行為變化，深入瞭解土石流，從而掌握其形成、運動和停積等階段的行為機制，以作為各項治理措施及避難時機之依據，相當重要。

為此，逢甲大學乃接受水土保持局之委託，辦理土石流觀測示範站之建置及整合，並選定南投縣水里鄉郡坑村二部坑及上安村三部坑、南投縣信義鄉豐丘村豐丘野溪、南投縣信義鄉神木村出水溪、南投縣國姓鄉南港村九份二山（韭菜湖溪）、苗栗縣卓蘭鎮內灣里白布帆東坑等六處地點作為示範站，除設置基本的雨量計外，亦將安裝鋼索檢知器、地聲檢知器、數位攝影機（CCD）等先進儀器，進行溪流現場動態的即時觀測。

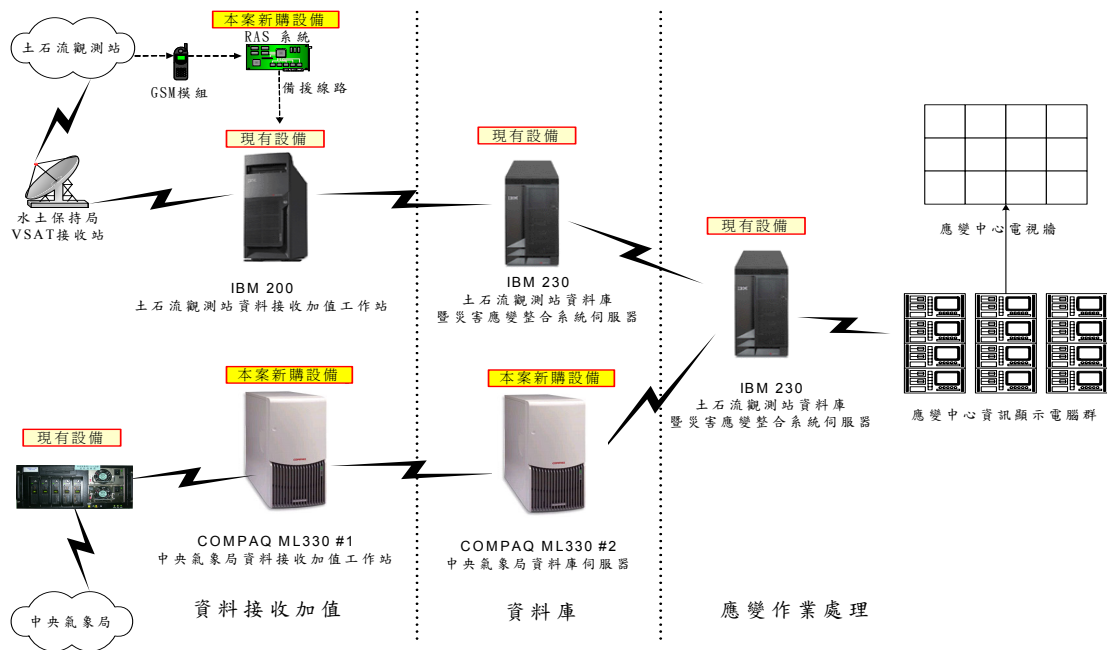


圖 1-4 土石流觀測站系統整合架構圖

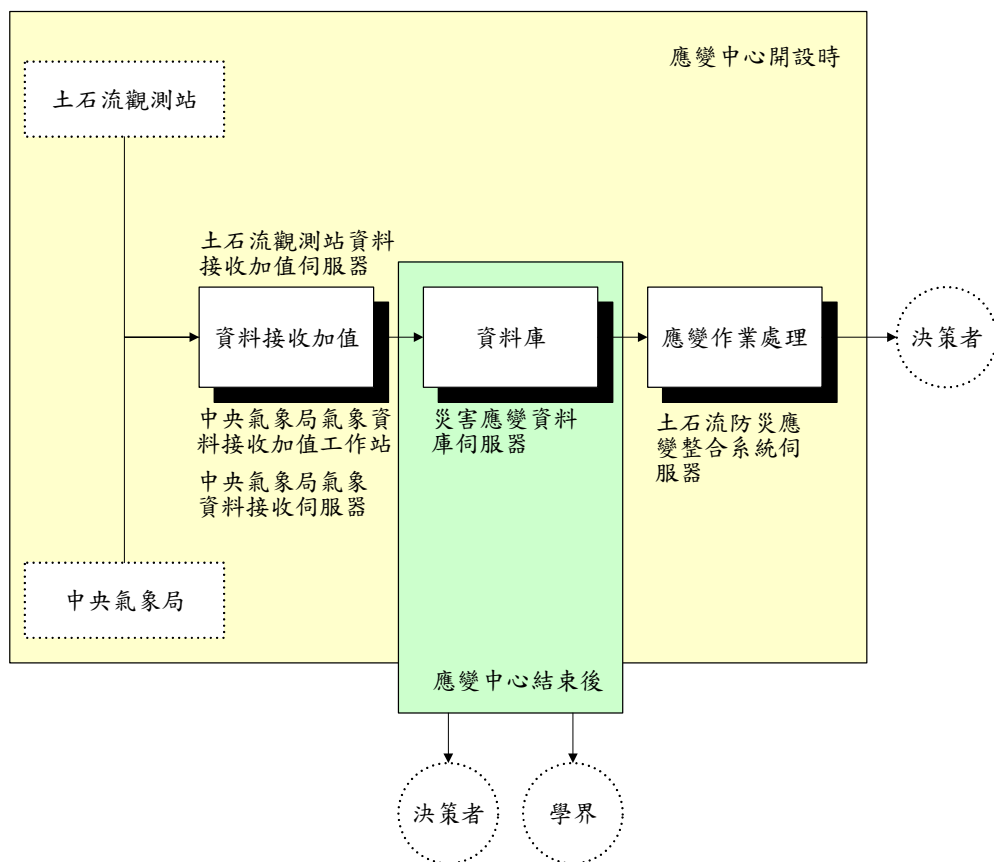


圖 1-5 土石流觀測站整體流程圖



圖 1-6 土石流觀測站現場觀測儀器



圖 1-7 觀測站相關設備

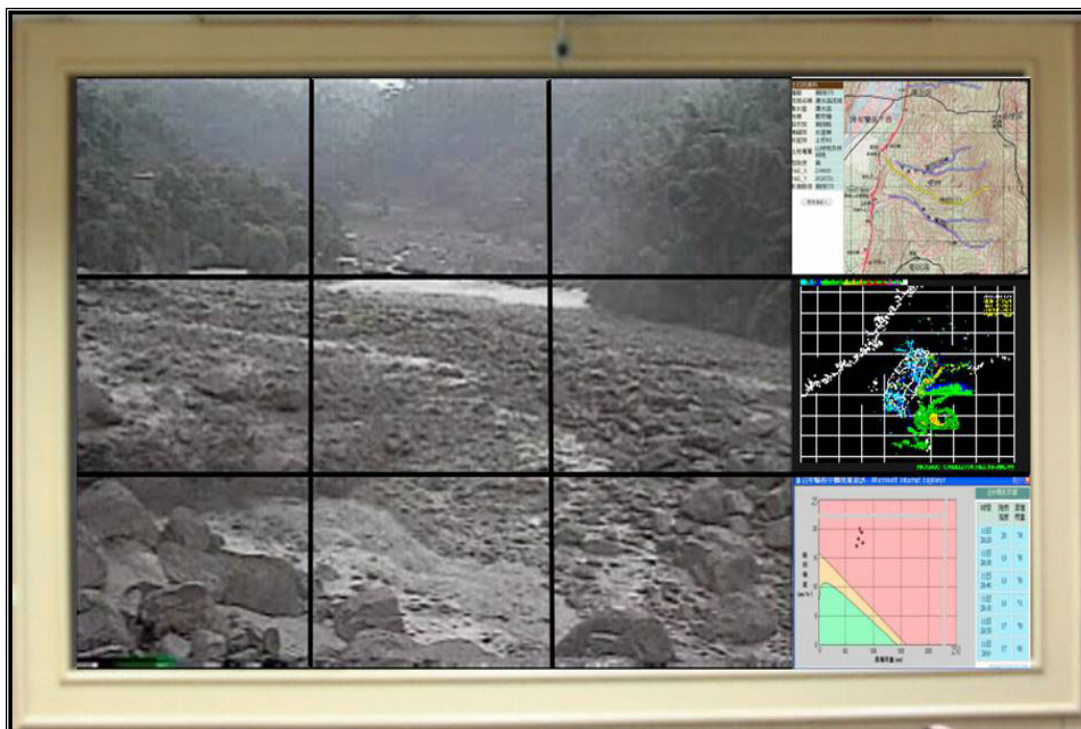


圖 1-8 前端監測儀器資料回傳至應變中心電視牆

1.5.2 國土交通省九州地方整備局雲仙復興工事事務所（日本）

研發時間：1995~今

1990 年（平成二年）11 月 17 日位於日本長崎縣島原半島的雲仙普賢火山開始產生劇烈活動，隔年 5 月 20 日開始噴發熔岩，並於 24 日爆發火山碎屑流，總計此次爆發所產生之碎屑流造成週邊高達一億七千萬立方公尺的崩塌，期間受到豪雨之侵襲更造成土石流等邊坡災害。一直到 1996 年（平成八年）後，整個地區的火山活動才逐漸緩和下來，這六年來總計造成 56 人死傷或失蹤，2511 棟民宅破壞，直接間接損失金額高達二千二百九十億日圓（佔島原半島總經濟產值的 70%），其中更造成了國道 57 號有 817 日中斷、國道 251 號 196 日中斷、島原鐵路 1698 日中斷，對人民生命財產、經濟活動造成莫大的衝擊。

國土交通省九州地方整備局為重建當地並監測雲仙普賢火山的活動，於 1995 年（平成六年）於該地設立雲仙復興工事事務所，持續運用先進科技，於重要地點設置各式監測儀器，並設計完整通報作業程

序，以將火山所造成之各項災害（土石流、邊坡災害）所造成之危害降至最低。

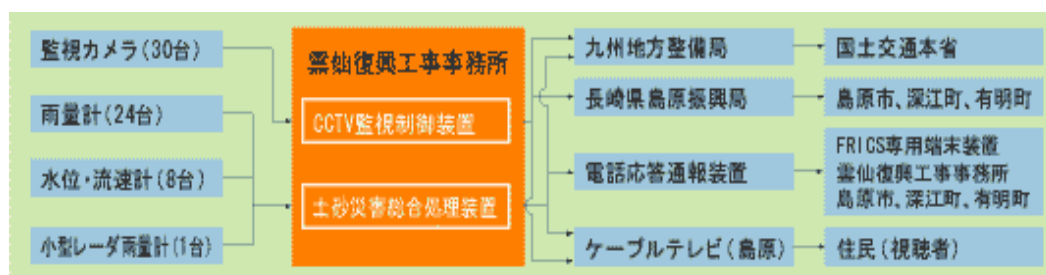


圖 1-9 雲仙復興工事事務所之防災監測系統架構



圖 1-10 1995 年 6 月 24 日火山碎屑流



圖 1-11 1993 年 10 月 2 日火山碎屑流

20 年前，長野市西北處海拔高約 700 米之地附山發生大規模地滑造成 25 公頃面積地滑，共 26 人死亡，土方量 360 萬平方公尺，由一場 500 公釐大雨所引起，多年來由長野縣府出資開始設立大量集水井及坑鋼管，花費近 126 億日幣，近年來更由長野市府配合擬開發為地滑景觀公園，設立步道、遊憩區、展望台，並擬利用一口深達 30 米以上之集水井作為教育之用，井口以透明材質並配合照明設備，讓遊客看到集水井如何收集地下水之方法，且引用收集之地下水提供遊客用水所需，更謂兼具多重功能之設施。此處架設 20 個造價近 5000 萬日幣之集水井及 20 根單價一億日幣之鋼管，可見日本對此片地滑地整治之決心，近年來亦配合安裝 GPS 監測站，擬未來可作為地滑警示之用。



圖 1-12 長野縣集水井

第二章 研究背景概述

2.1 五彎仔自動化監測現況

臺 18 線 45K 五彎仔由阿里山工務段搶通雙向便道後，由各大專院校研究團隊裝置各項儀器設備監測道路狀況；其中由逢甲大學裝設之傾斜儀、水位計、雨量計、CCD 即時影像，皆透過儀器小屋內 93 年度阿里山工務段採購之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回公路局各單位，達成自動化即時監測之目的。



圖 2-1 臺 18 線 45K 自動化監測儀器小屋



圖 2-2 臺 18 線 45K CCD 攝影機及紅外線投射燈



圖 2 -3 臺 18 線 45K CCD 攝影機傳回影像

第四彎完成儀器架設後之現況：五彎仔第四彎約為臺 18 線 44 公里處，為一處 U 型彎道，彎道外側河谷即為八掌溪上游，因河谷自然沖刷，及前年（92 年）45 公里處因豪雨發生嚴重坍方，造成 44K 處路基下滑，危及道路安全，並隨時間持續下滑中。阿里山工務段，已於

93 年底開始，對 30K 處發包施工路基補強之作業，現工程已完成。

逢甲大學團隊受阿里山工務段委辦，利用臺 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，包含臺 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：

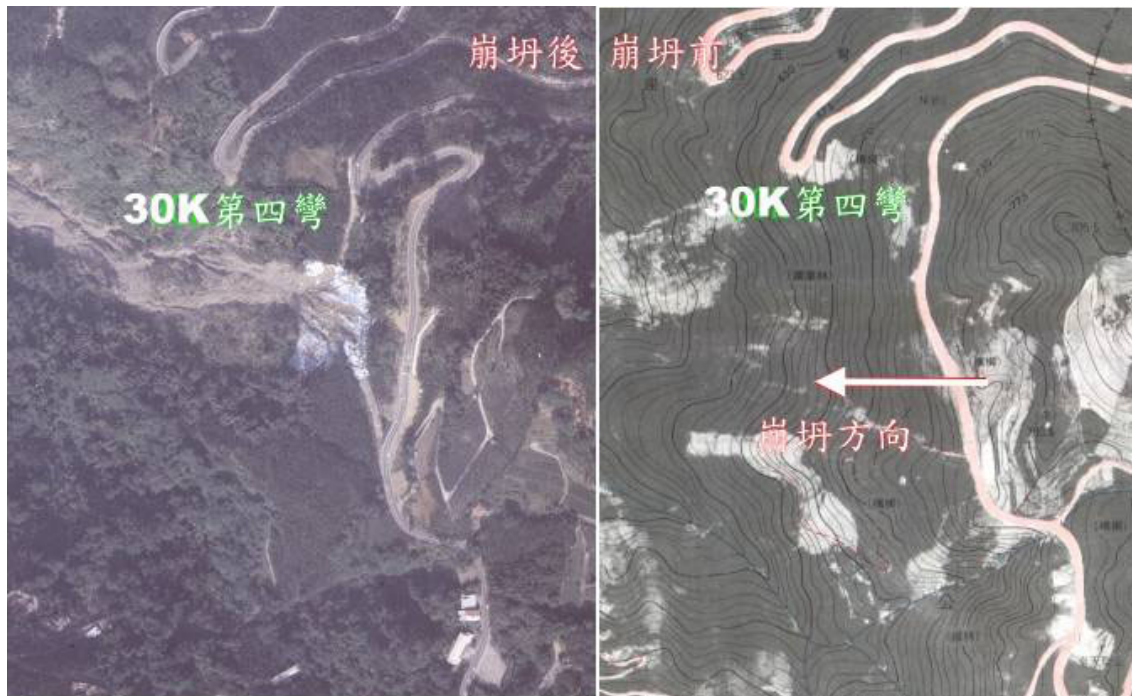


圖 2-4 臺 18 線 44-45K 崩坍前後對照圖

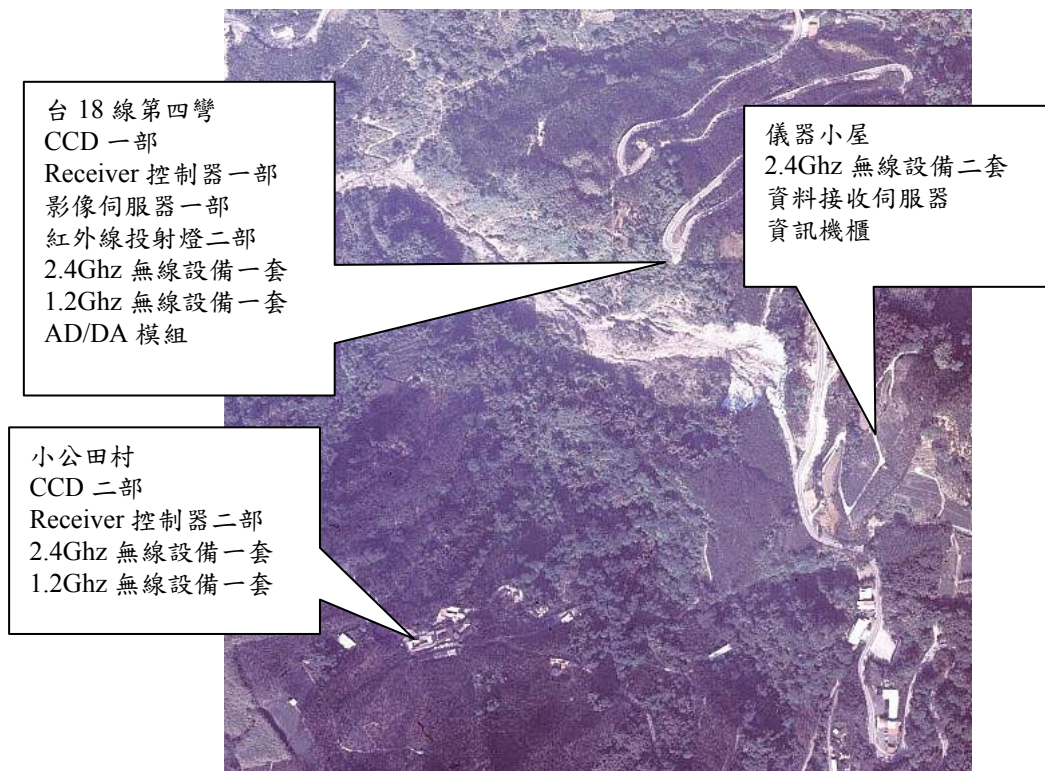


圖 2-5 本計畫儀器裝設位置圖



圖 2-6 小公田村 CCD#1 傳回之第四彎影像



圖 2-7 小公田村 CCD#2 傳回之崩塌區影像



圖 2-8 第四彎 CCD 傳回之影像

2.2 全球衛星定位現況

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 2-9）。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。

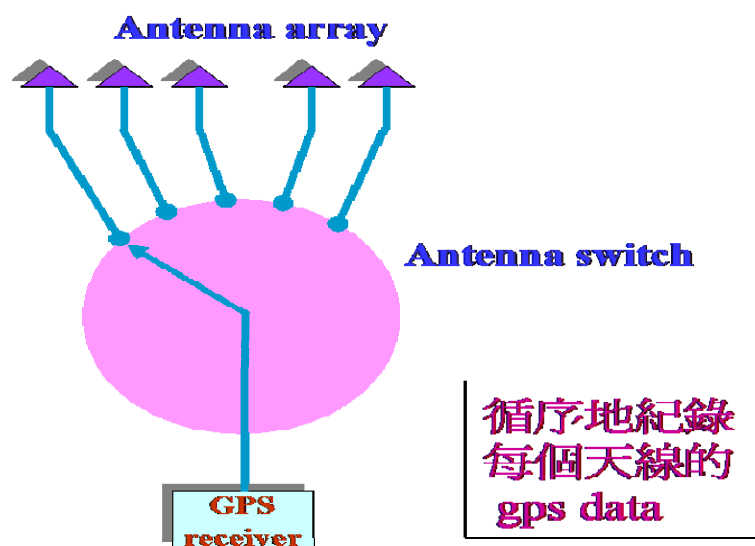


圖 2-9 GPS 多天線開關（GMS）的設計

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 2-10 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。

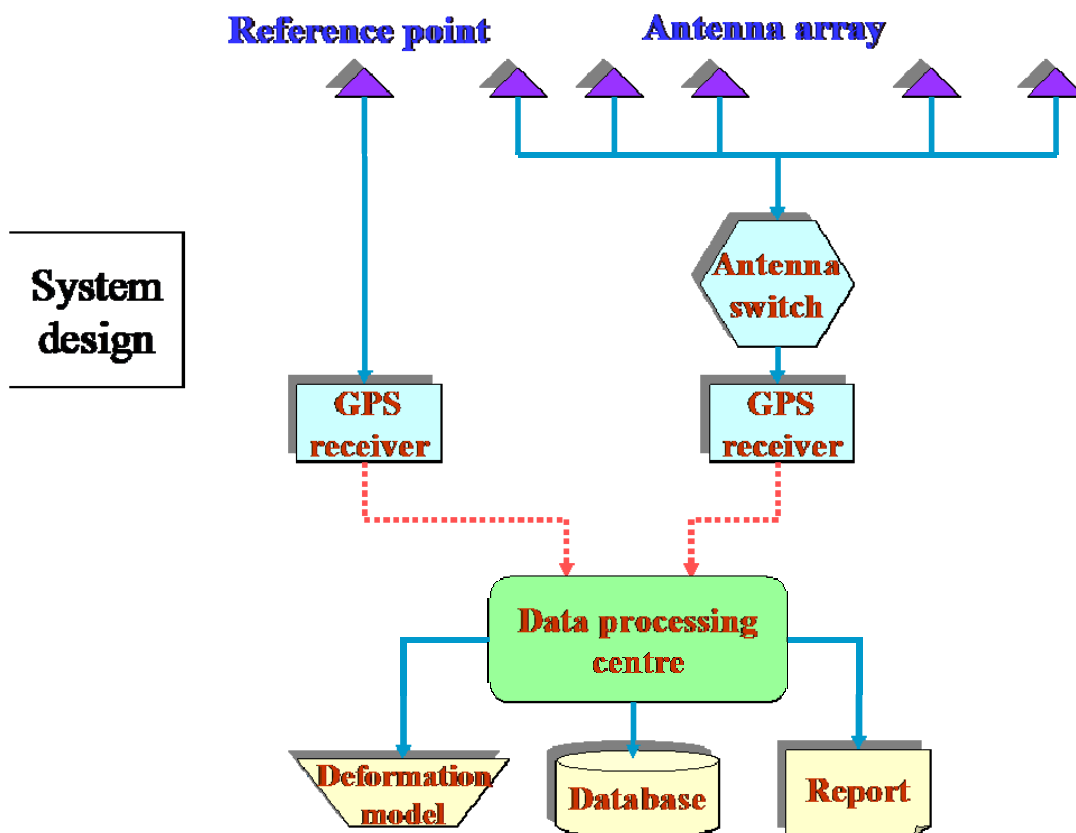


圖 2-10 新一代多天線系統的差分定位構造

2.3 近景攝影測量現況

近景攝影測量 (Close-Range Photogrammetry) 是通過攝影 (攝像) 和隨後的圖像處理和攝影測量處理以獲取被攝目標形狀、大小和運動狀態的一門技術(馮文灝, 2002)。近景攝影測量係指攝影物距 (Object-to-Camera Distance) 小於 300 公尺者 (Ghosh, 1988; 何維信, 1995; 葉俊二, 2002)。由於物距短, 大氣折光與地球曲率之影響可以忽略, 物空間之坐標系統可採用較方便的自定坐標, 攝影站接近地面, 攝影站位置於施行控制點測量時, 可同時測得, 攝影作業及控制測量亦較航空測量簡易 (楊心輝, 1985; 葉俊二, 2002)。由於使用非量測且無框標之數位相機擷取影像, 因此計畫採用直接線性轉換法 (Direct Linear Transformation) 解算, 如此, 不用將儀器坐標轉換成像片坐標, 再由像片坐標轉換為物空間坐標, 而可將坐標量測儀系統透過轉換參數直接計算成物空間坐標系統。

近景攝影測量的優點在於它兼有非接觸性量測手段, 不傷及被測物體, 信息容量高, 信息易儲存, 可重複使用信息, 精度高, 速度快, 特別適用於測量容有大批量點位的目標, 躲避危險環境而遠離攝影對象等眾多優點 (楊心輝, 1985; 何維信, 1995; 馮文灝, 2002)。近景攝影測量被證明是不接觸物空間待測物, 而能量測出其位置進而推算其變位的極佳方式 (蘇建源, 1985)。

近景攝影的應用範圍十分廣泛, 舉凡建築工程、地形測繪、採礦工程、土木工程、人類學乃至於電機領域的機器人視覺都可發現其應用實例。在地球科學領域中, 近景攝影的技術最常被應用於地形學的研究上, 配合立體解析製圖儀, 可以建構出數值地形模型。雖然近幾年遙測技術及自動化影像匹配技術的進步, 使數值地形模型的建立已不似以往倚重解析製圖儀, 但在地形起伏變化大的地區, 由解析製圖儀所建立的數值地形資料精度仍是目前影像匹配技術所能達到者望其項背的。由此可知, 在目前由近景攝影技術配合解析製圖儀來取得目標物的精確數值資料仍有其不可取代性。

所謂近景攝影定義是拍攝距離在一百公尺以內均屬近景攝影，其原理乃是對於同一目標物，於不同角度、方向均予以拍攝，再利用解析製圖儀的操作來組構出目標物的立體像對，而後進一步取得數值資料，便完成一個立體的數值模型建製。而近景攝影運作步驟是基於測量學中像平面與物空間坐標之間的幾何關係所發展出來，步驟簡述如下：

由近景攝影機對目標物於幾個吾人所設計的角度予以拍攝。

選定所拍攝地區的控制點，做為以後儀器作業時坐標控制，控制點的位置需儘量均勻分佈。

開始進入解析製圖儀作業流程以取得目標物的數值資料。

第三章 研究成果

3.1 全球衛星定位監測系統雛形規劃與測試

3.1.1 規劃準則

全球衛星定位與無線電傳輸監測系統係由多天線 GPS 系統、無線電接發機及終端資料接收中心三部分組成，系統需符合下列要求：

1. 造價便宜。
2. 可獨立自主（無人化）進行坡地觀測工作。
3. 通訊設備可克服天候及地形限制，立即傳送現場資料回應變中心。
4. 電力系統可獨立供電 72 小時以上。
5. 模組化設計易於管理及維護工作。

3.1.2 系統雛形構想

為了能及時得知坡地災害發生時候的監測資料，本計畫將會以多天線 GPS 系統、無線電接發機及終端資料接收中心三部分進行結合，並且利用衛星定位的技術，求取坡地災害的即時資料。系統雛形概念如圖 3-1 所示。

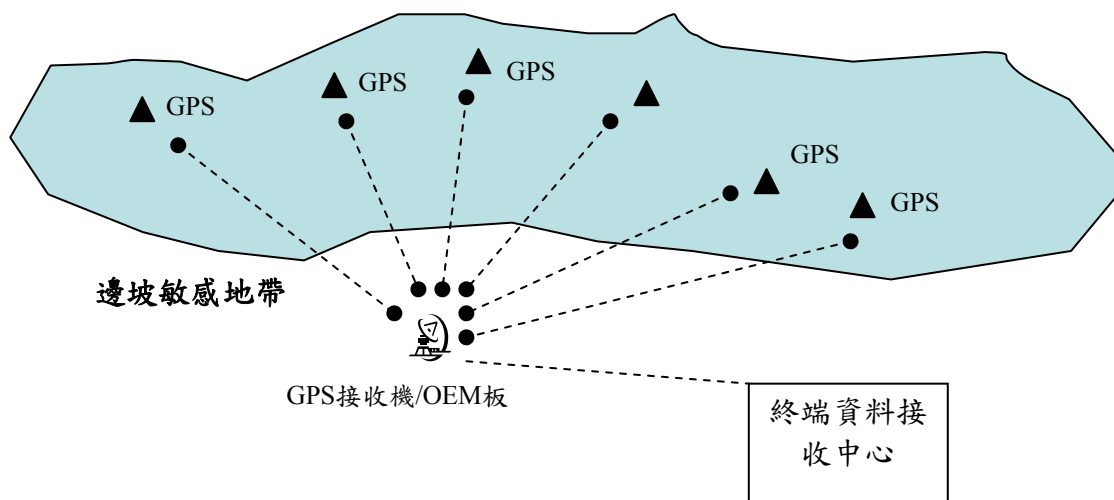


圖 3-1 無線電定位系統雛形概念

本系統各個元件的功能如下：

1. 多天線 GPS 系統：按設定的時間順序採集 GPS 觀測資料，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（與先前測得坐標比較量）。
2. 無線電接收機：主要功能為傳輸 GPS 系統所送出的數據資料，然後經由無線電接收機將資料傳輸回中端資料接收中心。
3. 終端資料接收中心：負責整合所有 GPS 系統的即時資料（real-time data），以及其他邊坡的相關監測資料。

3.1.3 多天線 GPS 系統

對於一個標準的 GPS 系統而言，一台 GPS 接收機只有一支天線。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。

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 3-2 所示。而其必須使用一台接收機安裝在坐標已知站上作為基準站，從而提高多天線 GPS 系統的定位精度。

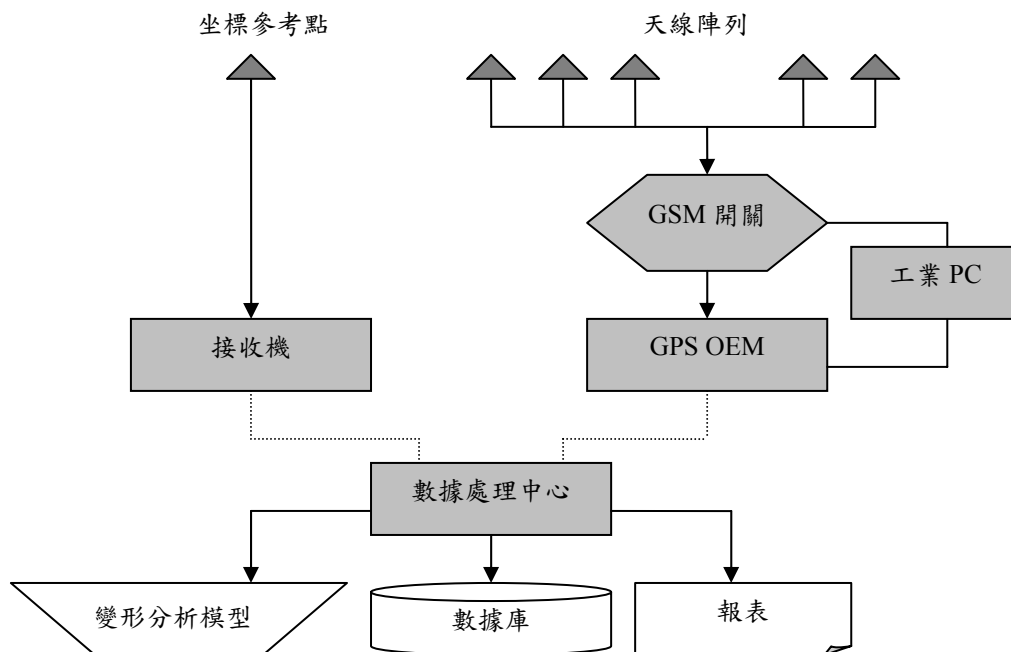


圖 3-2 新一代多天線系統的差分定位構造

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，如圖 3-3。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 3-3（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 3-3 GPS 接收機、GMS 和資料通訊系統

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 3-4 所示。

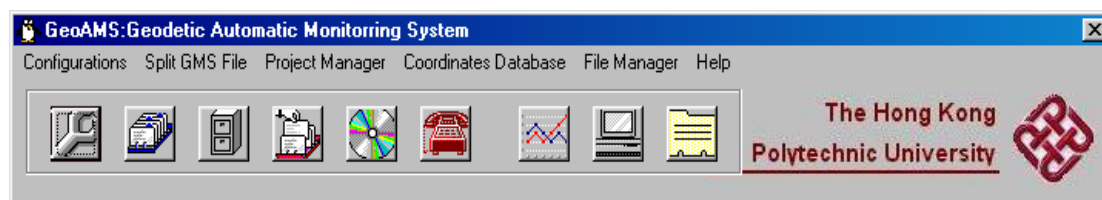


圖 3-4 系統軟體的主功能表

資料處理與管理軟體的結構如圖 3-5 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 GMS 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）。

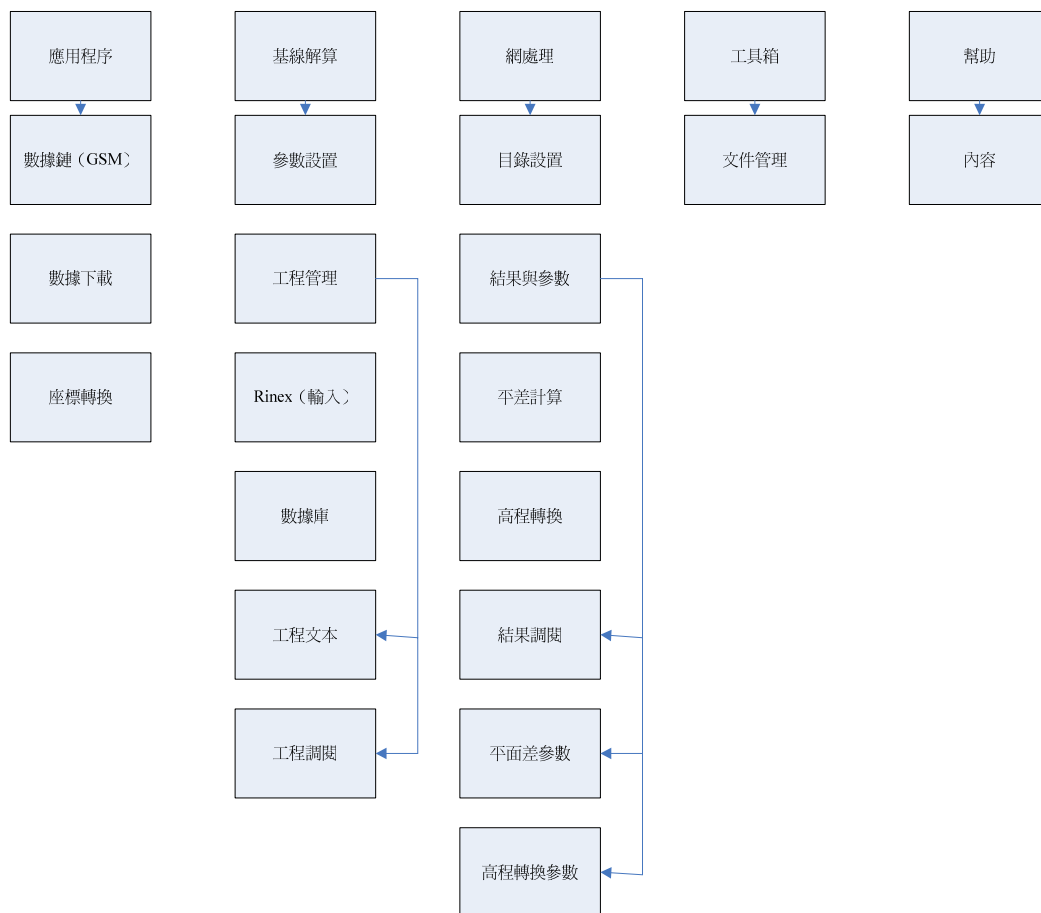


圖 3-5 資料處理與管理軟體的結構

圖 3-6 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。

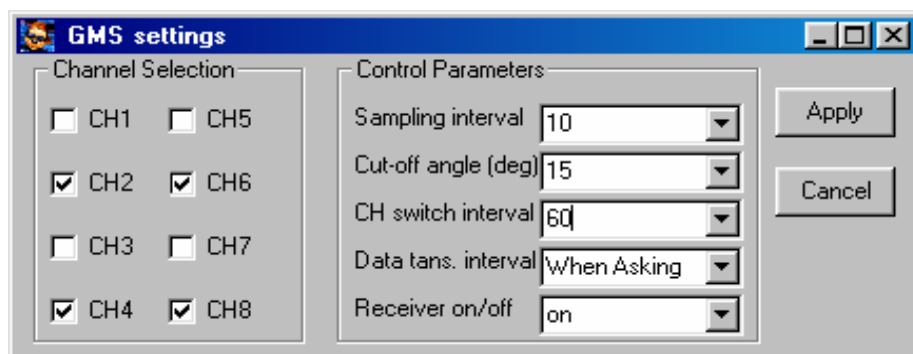


圖 3-6 一些系統參數的設置

圖 3-7 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准即時定位。

圖 3-8 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: 9/10/01 Time: 11:08:12 AM No of Sat: 7 PDOP: 2.39

GMS Status:

CH01	0	CH05	0
CH02	0	CH06	0
CH03	0	CH07	0
CH04	57	CH08	0

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

Wireless data-link (GSM 900/1800)

Phone number: 96471847 Dial

Modem Status: Connect OK! Hang up

圖 3-7 顯示系統操作狀態的螢幕

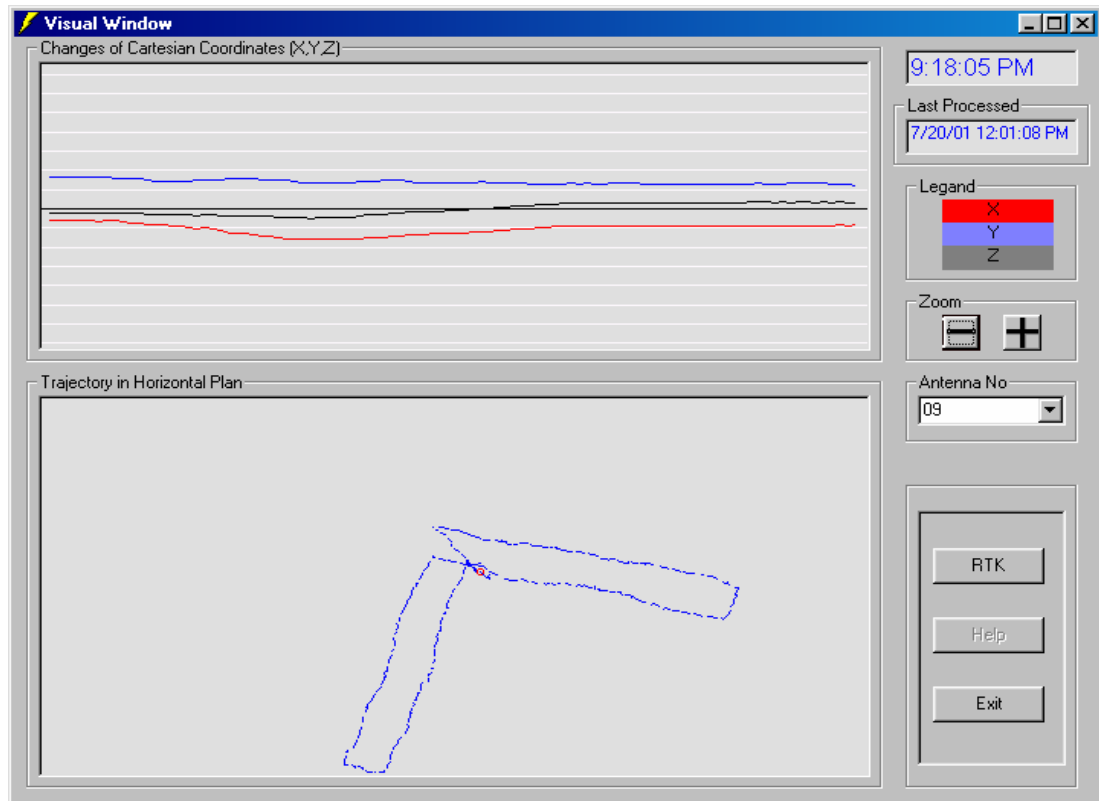


圖 3-8 監測點的位移顯示

3.1.4 全球衛星定位監測系統測試

在確保全球衛星定位監測系統的精度與穩定性前，必須先進行實驗室測試完成後才能移至現地量測，故選擇逢甲大學商學館 13F 天台上進行測試。

1. 實驗場地介紹

為了尋求試驗便利與對空通視的地方，故利用商學館頂樓進行測試。以現有的儲藏室做為儀器控制室，其中包含一台多天線 GPS 切換器 (Switch)、兩台 GPS 接收器 (Receiver) 和一台電腦主機，如圖 3-9 所示。並以現有的內政部 GPS 固定站作為此多天線 GPS 量測基站，整個多天線 GPS 佈設位置如圖 3-10 所示，其中包含一個基站和七個移動站。



圖 3-9 多天線 GPS 試驗設備



圖 3-10 多天線 GPS 試驗配置圖

2. 靜態初始值量測

選擇七個移動站位置，均勻分布於頂樓空曠的地方。在進行多天線 GPS 動態位移量測時，必須先紀錄一段長時間（約 2~3 天）的靜態 GPS 初始值位置量測。其 GPS 資料擷取方式為每 5 秒接收一筆資料，連續記錄 30 分鐘後切換至另一個 channel，且每小時解算位置一次，將初始值位置量測結果整理如表 3-1 所示。其中 GPS0 代表內政部固定基站，且移動站 GPS1 至 GPS7 的坐標是相對於 GPS0 的坐標，將相對位置與基站之距離繪製如圖 3-11 所示。由於基站的高程較移動站為高，故垂直方向的高程坐標均為負值。

表 3-1 靜態多天線 GPS 初始值坐標

測站編號	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)
GPS0	0	0	0
GPS1	545.23	27.05	-514.92
GPS2	531.67	-327.14	-404.19
GPS3	1020.38	139.09	-507.18
GPS4	1146.76	-133.93	-491.37
GPS5	906.27	445.34	-479.36
GPS6	727.94	636.10	-475.67
GPS7	979.30	-336.95	-390.93

3. 雷射經緯儀測量

為了確認全球定位系統量測的準確性，故另外利用雷射經緯儀針對 GPS0 至 GPS7 之固定站和移動站位置，進行水準與高程測量。由於水準測量必須以某方向當作固定方向，其他待測點則是相對於此方向，故將 GPS0 和 GPS1 連線方向做為固定方向，並將所得結果與多天線 GPS 量測結果相互比較，整理坐標如表 3-2 所示。由表中可以發現在垂直方向的差異較大，此結果與 GPS 量測文獻相同，且在 GPS6 的水平方向出現誤差較大的結果。將相對位置與 GPS 天線之距離繪製如圖 3-12 所示。

討論結果發現多天線 GPS 準確性較差的原因，主要是在於 GPS 的天線距離地面太低，訊號有反射的現象，一般建議要距離地面約 50~100cm 以上，才不會有訊號干擾的現象。再加上因為頂樓屋凸（儀器屋）的位置剛好遮蔽大約一半的對空通視，產生多路徑的效應。另一方面在進行水準與高程測量時，因為不確定天線內部接收晶片的真實位置，故以天線頂部為量測目標，所以才會造成以下的結果。

表 3-2 雷射經緯儀量測坐標與多天線 GPS 結果比較

測站編號	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)
GPS0	0	0	0	多天線 GPS 比較差異		
GPS1	544.98	27.04	-490.20	0.25	0.01	-24.72
GPS2	527.82	-328.62	-383.10	3.85	1.48	-21.09
GPS3	1018.63	125.49	-492.80	1.75	13.6	-14.38
GPS4	1142.66	-144.14	-491.00	4.1	10.21	-0.37
GPS5	913.28	460.69	-491.10	-7.01	-15.35	11.74
GPS6	694.56	637.05	-488.00	33.38	-0.95	12.33
GPS7	975.83	-339.66	-383.50	3.47	2.71	-7.43

4. 移動多天線 GPS 位置量測

因為先前多天線 GPS 的位置距離地面太近，故重新選擇多天線 GPS 的位置，再加上為了測試動態移動的精度，特別將其中一個天線換成放置在角架上，方便移動已知固定位移，現場配置如圖所示。並在角架下方固定四個已知位移量的點，如圖 3-14 所示，每個移動量大約 1.5~2.0cm 左右。

實驗步驟同前兩項，由於改變了多天線 GPS 的位置，故還是必須要重新進行靜態長時間量測以確定初始值坐標，再利用雷射經緯儀確認出 GPS 天線的位置，此次量測已注意到天線內部接收晶片的相關位置。接下來進行動態量測試驗，其 GPS 資料擷取方式為每 5 秒接收一筆資料，連續記錄 2 分鐘後切換至另一個 channel，且每小時解算位置一次。

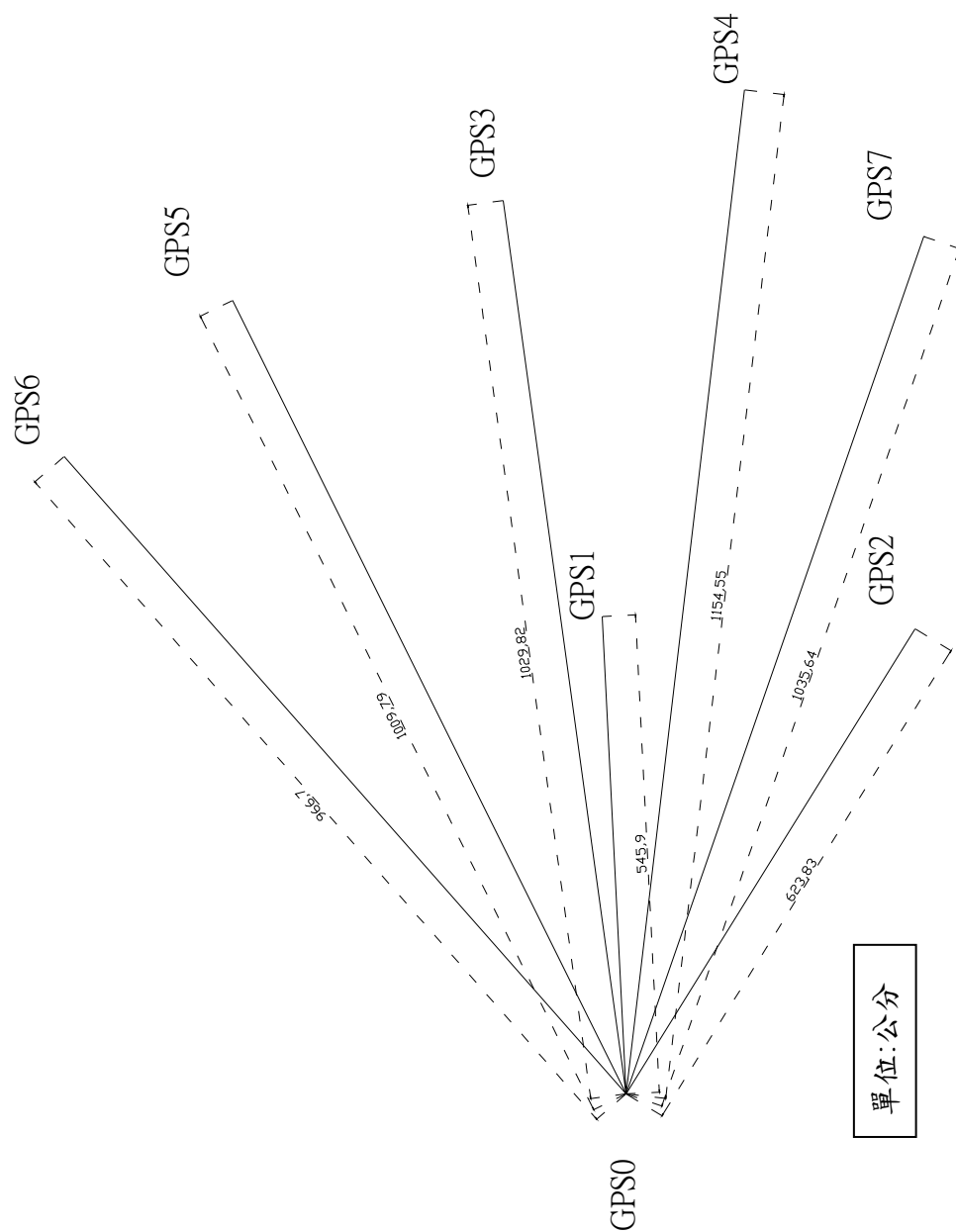


圖 3-11 靜態多天線 GPS 初始值量測結果

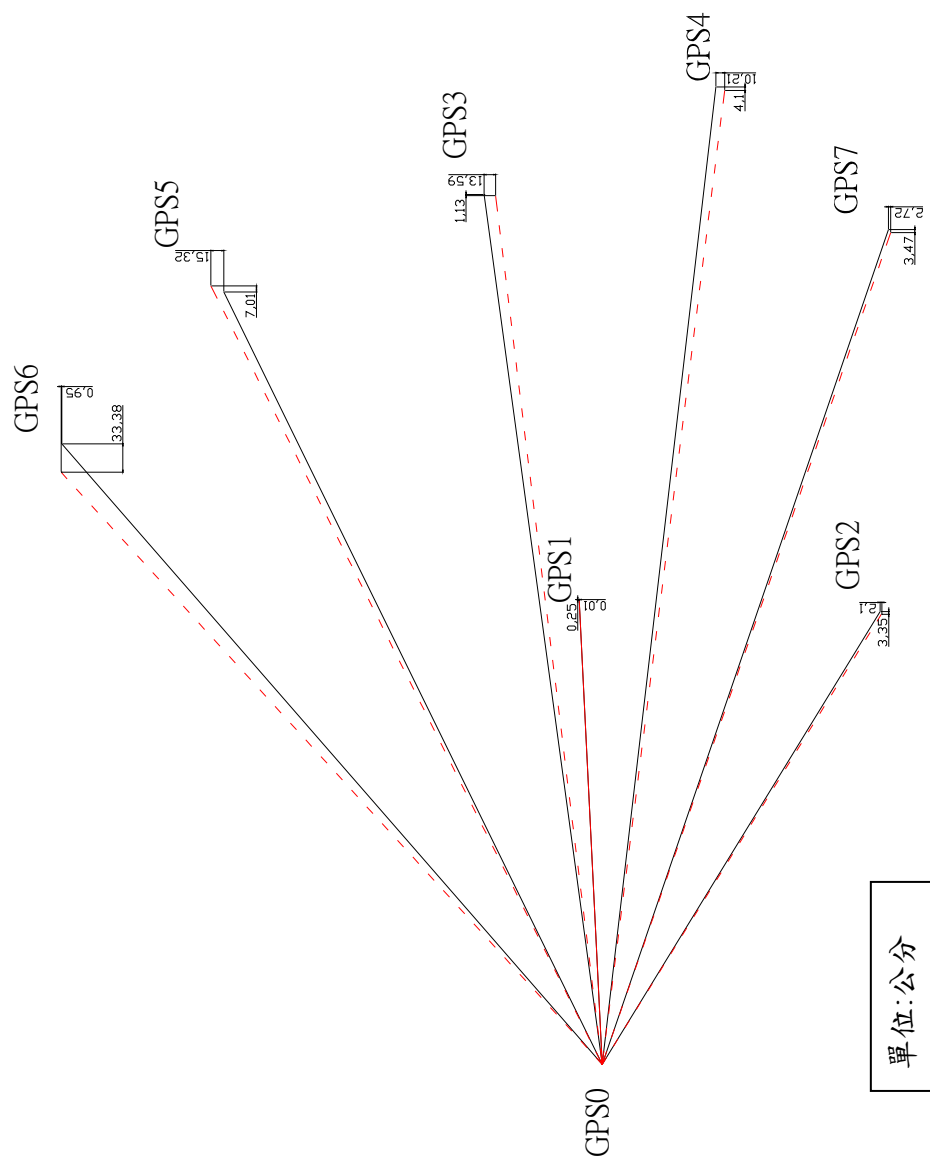


圖 3-12 雷射經緯儀量測與多天線 GPS 初始值量測結果比較

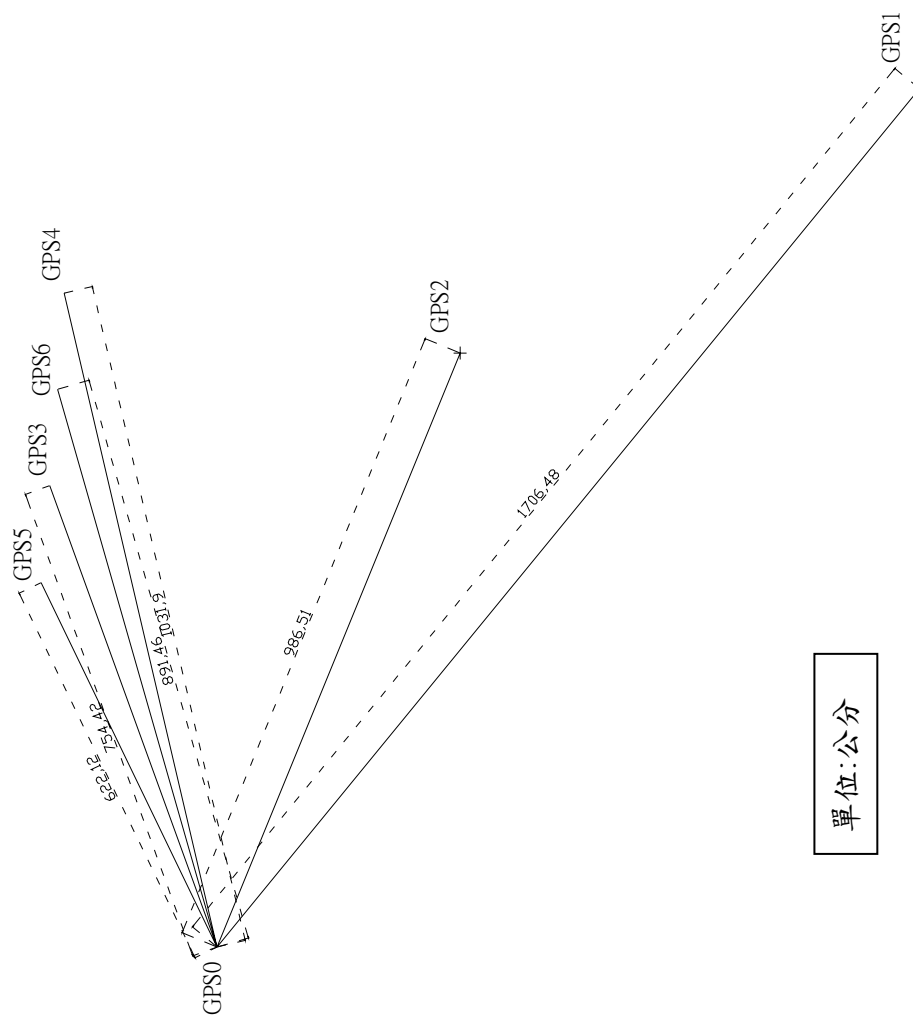


圖 3-13 修改後雷射經緯儀量測結果

表 3-3 雷射經緯儀量測天線坐標

測站編號	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)
GPS0	0	0	0
GPS1	559.9	271.2	-369.7
GPS2	708.9	258.1	-369.7
GPS3	856.9	245.8	-370.6
GPS4	1004.6	235.8	-382.6
GPS5	1318.7	-1083.1	-355.6
GPS6	912.5	-374.9	-357



圖 3-14 修改後多天線 GPS 位置配置圖

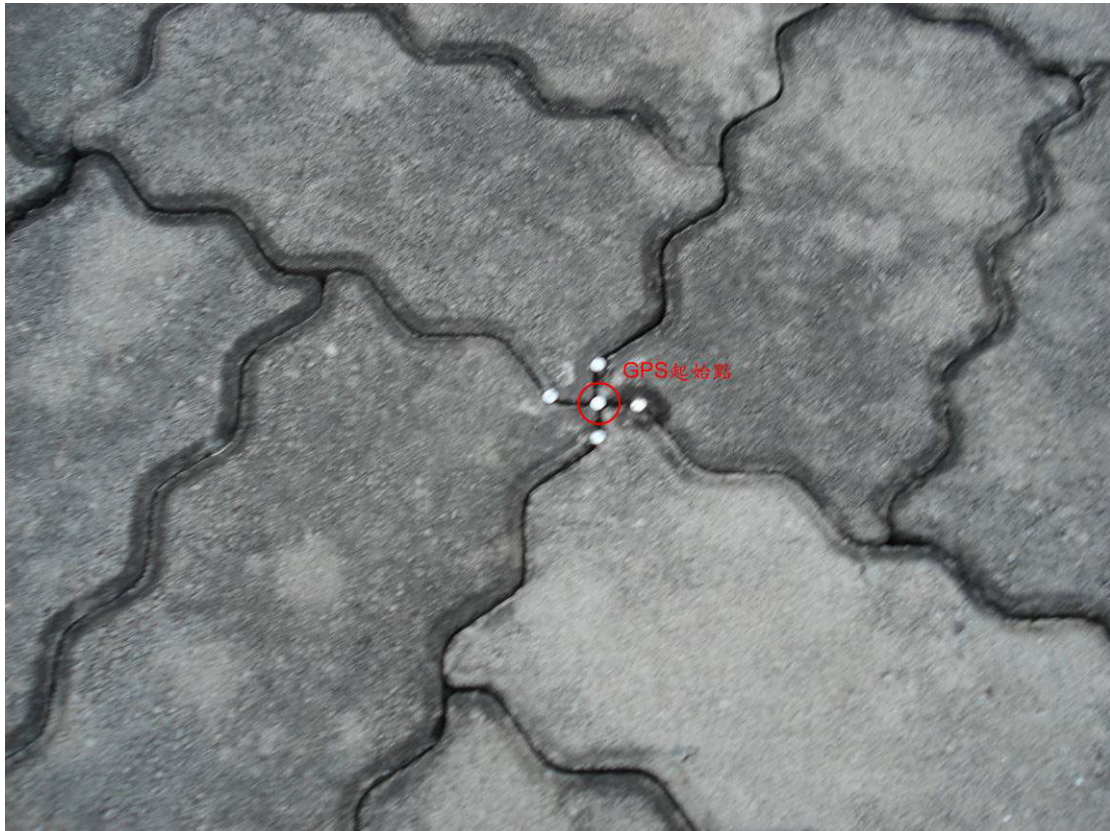
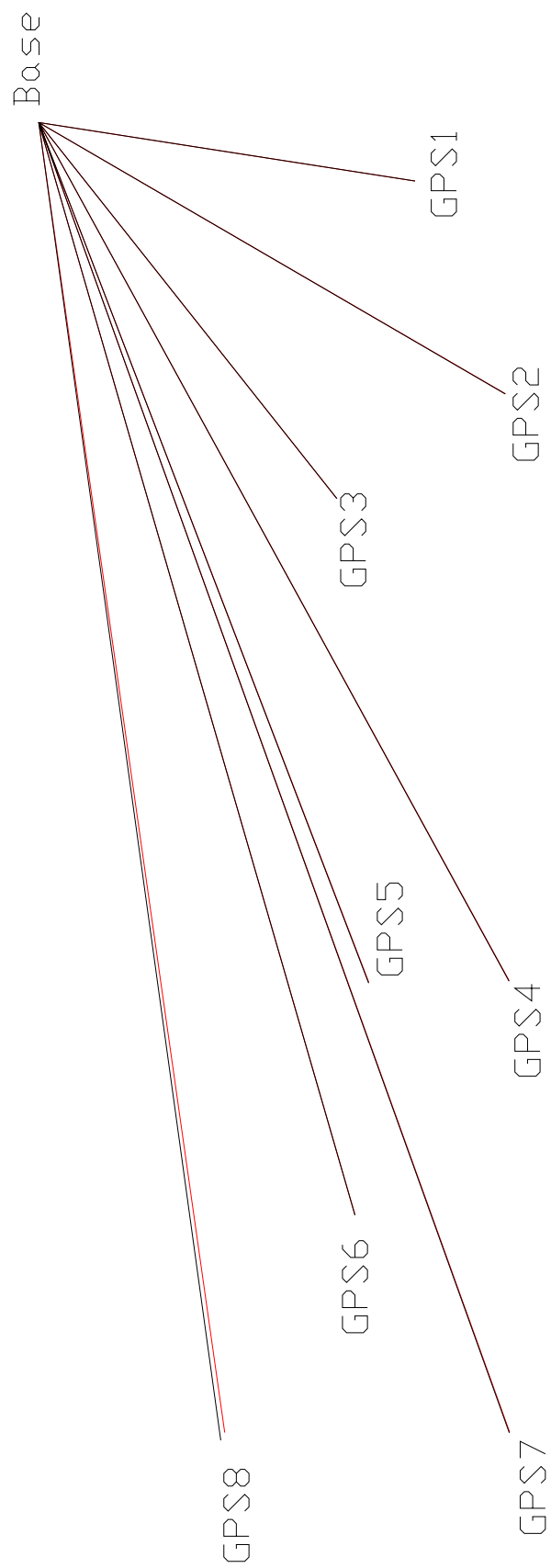


圖 3-15 多天線 GPS 移動測試點

接下來將進行 8 個多天線 GPS 測試與新式的 switch 接收器測試。多天線位置佈置後，同樣與雷射經緯儀作比對測試。發現除了第八個天線外，其他的精度都在容許範圍內。之後進一步確認後發現是因為 switch 的內部線路問題，修改後已恢復正常，並確認多天線 GPS 之穩定性與準確性。



單位:公分

圖 3-16 八個多天線 GPS 測試位置圖

測站編號 (單位)		x	y	z
2 (cm)	經緯儀	109.3634	97.7714	11.6688
	GPS	109.37	97.772	11.664
	cm	-0.66	-0.06	0.48
3 (cm)	經緯儀	106.0288	103.147	11.3648
	GPS	106.025	103.147	11.351
	cm	0.38	0	1.38
4 (cm)	經緯儀	90.6461	97.655	11.5724
	GPS	90.66	97.652	11.391
	cm	-1.39	0.3	18.14
5 (cm)	經緯儀	90.5877	102.1316	11.3974
	GPS	90.612	102.126	11.386
	cm	-2.43	0.56	1.14
6 (cm)	經緯儀	83.1861	102.5695	11.3486
	GPS	83.208	102.57	11.336
	cm	-2.19	-0.05	1.26
7 (cm)	經緯儀	76.2541	97.6472	11.4703
	GPS	76.277	97.636	11.458
	cm	-2.29	1.12	1.23
8 (cm)	經緯儀	76.0137	106.8461	11.5876
	GPS	76.262	106.721	11.63
	cm	-24.83	12.51	-4.24

5. 小結

多天線 GPS 系統測試階段，以確認完成多天線 GPS 之穩定性與準確性。

3.2 無線電傳輸模組雛形規劃與測試

3.2.1 無線電傳輸模組介紹

無線電通訊傳輸模組的主要功能為提供無線傳輸通道將所接受之監測位置資料，經由無線電接發機轉手後，傳送到終端資料接收中心，目前可以應用到坡地的監測應用上的無線傳輸方式，大略可以分為三種：(1)GSM/GPRS(2)WLAN/802.11B/G(3)，其他無線傳輸模式，茲分述於後：

1.GSM/GPRS：

這是一般運用於第二代行動通訊的最普遍的一種系統，也是台灣所有第二代行動通訊系統的共同規格。由於臺灣有數家第二代行動通訊公司共同提供服務，因此在激烈的競爭下，臺灣 GSM/GPRS 基地台的密度非常的高，加上部分土石流危險區域距離村落並不遠，所以如果能直接運用 GSM/GPRS 作為無線傳輸模組，則不需要另外建置無線電接發機以及後端的傳輸網路，只需要在土石流可能發生的時候，租用 GSM/GPRS 的線路來進行傳輸即可。GSM/GPRS 一般的通信頻率有 900MHz 與 1800MHz，為了對抗雨衰，以 900MHz 的效果較好。

2.WLAN/802.11B/G：

這是現在無線網路中，最為普遍的一種規格。所使用的頻率為 2.4GHz，頻寬最大的理論值為 22Mbps，在沒有使用特別的天線或是功率放大器，傳輸距離最遠可以到達 150 公尺，若是安裝指向性天線，或是應用其他的功率放大／集中裝置，傳輸距離可達一公里。這種通訊模式理論頻寬很大，但是當通訊距離拉長的時候，頻寬就會減少，最低頻寬大約為 1MHz 左右。此外，由於使用比較高頻的 2.4GHz，所以抗雨衰的效果比較差（2.4GHz 同時也是水分子震動的頻率，所以對雨霧的穿透力並不好）。優點是有些現有的觀測站已經配備有 802.11B/G 的設備，因此有較佳整合性。

3.其他無線傳輸模式：

其他的無線傳輸模式，可以考慮使用低頻率的 FSK／ASK 來進行無線傳輸的工作。使用低頻率的 FSK／ASK 的主要原因為，多天線 GPS 系統所傳送回來的資料量非常少，因此並不需要高頻寬的傳輸模式。同時，使用低頻率的 FSK／ASK 對於抗雨衰也會有比較好的效果，所以亦是列入考慮的一個選擇方案。

最後決定採用上述的第二種方式，作為本計畫之無線電通訊系統。

3.2.2 CSMA/CA 無線電通訊系統：

載波檢測多路存取 / 碰撞避免 (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance, CSMA/CA) 是 802.11 無線區域網標準中採用的媒體存取控制 (Media Access Control, MAC) 方式。和乙太網 MAC 層採用的 CSMA/CD 不同的原因是：無線的環境、不容易確實的偵測是否有碰撞發生，所以修改被動的碰撞偵測的方式為主動的避免碰撞。

CSMA/CA 主要使用兩種方法來避免碰撞：一種是送出資料前，聆聽媒體狀態，等沒有人使用媒體，維持一段時間後，再等待一段隨機的時日後依然沒有人使用，才送出資料。由於每個裝置採用的隨機時間不同，所以可以減少碰撞的機會。另一種是送出資料前，先送一段小小的請求傳送封包 (RTS: Request to Send) 給目標端，等待目標端回應 CTS: Clear to Send 封包後，才開始傳送。

利用 RTS-CTS 交握 (handshake) 程序，確保接下來傳送資料時，不會被碰撞。同時由於 RTS-CTS 封包都很小，讓傳送的無效開銷變小。

簡言之 CSMA/CA 是 CSMA/CD 的一種改良協定，它適用於較低速的區域網路傳輸，資料在傳輸之前，先檢查網路上是否有其它傳輸動作，若沒有，才啟動目前的傳輸工作，以避免網路上傳輸的封包發生碰撞 (collision)。因為 CSMA/CA 在傳輸以前，都必須先檢查網路上是否有資料在傳輸，所以不免會有一些傳輸的延遲，所以高速網路通常使用 CSMA/CD (碰撞偵測) 協定來取代避免碰撞的 CSMA/CA，較低速的無線網路則常使用 CSMA/CA。

3.2.3 Telos 硬體平台

首先解釋 FIFO 的意思是 first in, first out，先進先出，在處理事務的流程時這是最公平的一種做法，先出現的工作的先辦完，較後來的等前面的完了再處理；不過在實務上不見得會這麼做，例如有急件出現可能就插隊先辦理了。

無線感測網路之應用多為將感測器大量佈建於環境中，為了要避

免干擾本來的環境，感測器的硬體設計大多體積小且設計精簡。目前學界以及部分業界之先期研究多採用由 U.C. Berkeley 所設計之 Telos 硬體平台，本計劃主要會使用 Telos 為無線感測器的硬體平台。以下為 Telos 之硬體規格：

表 3- 4 Telos 之硬體規格

元件	規格	特點
Processor	TI MSP430	16-Bit CPU
RAM Flash	10kB 48kB	
RF module	CC2420	符合 Zigbee 規格之晶片
頻帶	2.4GHz	
資料傳輸速率	250 Kbps	
傳輸範圍	20M~30M （室內） 75M~100M （室外）	*資料來源：Crossbow Inc.



圖 3-17 無線感測器平台-Telos

除了硬體外，U.C. Berkeley 設計了執行於無線感測平台上之作業系統：TinyOS。TinyOS 以軟體元件的概念提供硬體抽象介面，系統服務以及使用者的程式亦實做成軟體元件；TinyOS 應用程式便是透過定義軟體元件間相互的輸出/輸入關係建立而成。此外，TinyOS 亦提供一個簡單的排程機制（FIFO），以協調在感測器中各項將執行的工作。TINYOS 內於以 CC2420（如 Telos）為基礎的無線感測器平台上面的 MAC Layer 是採用 BMAC，是以 CSMA/CA 為基礎的無線傳輸控制層，其有低功耗、高傳輸成功率，抗雜訊效果佳等優點，傳統上一般應用均基於 BMAC 為基礎。

在確定行動感測器膠囊規劃方式後，為印證其實際應用性，未來將針對所建議採用之無線定位模組及無線電傳輸模組進行相關測試。

3.2.4 測試無線傳輸模組與微處理器的介面，以及資料傳輸與擷取

為了測試無線傳輸模組在不同環境下的資料傳輸與擷取效果，將無線感測器 Telos 連接到雨量計，並測試以下幾種不同的環境如：室內環境無遮蔽情況、室外有下雨且無線傳輸模組放在金屬雨量筒內與室外有下雨且無線傳輸模組沒有遮蔽三種情況，如圖 3-17 至 3-19 所示。試驗訊號在長時間接收下，遺失率與距離之間的關係如表 3-5 所示。

1. 由於此無線感測器的天線是有方向性的，而在試驗個過程中，因為天線並沒有互相對準，所以遺失率偏高。
2. 此無線感測器版本是使用功率較低且耗電量低的傳輸模組，所以其傳輸距離約為 40m，接下來將會提高其功率和修改天線種類來改善傳輸距離。
3. 關於遺失率的部分可以利用內部記憶的功能，在通訊中斷的過程中，先行記錄在內部記憶體內，待通訊回復後一併傳回，以克服遺失率的問題。
4. 此無線感測器很容易受到金屬的遮蔽所影響，故未來將使用非金屬材質的外殼包覆，並做到在戶外能防水和防潮。

表 3-1 訊號遺失率測試結果

試驗場地	遺失率	距離
室內無遮蔽	6%	12 公尺
室外有下雨，有遮蔽	52%	20 公尺
室外有下雨，無遮蔽	47%	35 公尺



圖 3-18 室內無遮蔽



圖 3-19 室外有下雨，並放在雨量桶

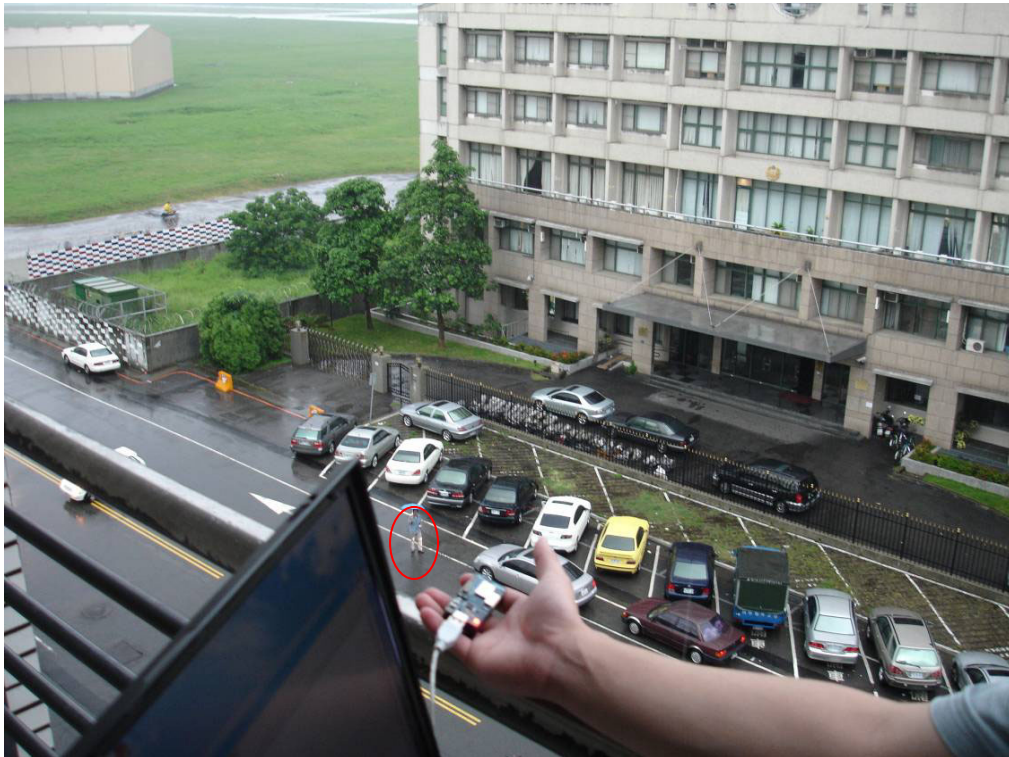


圖 3-20 室外有下雨，並沒有遮蔽

3.2.5 現地測試無線傳輸模組以及資料傳輸與擷取

利用先前測試的結果，經過修改傳輸距離以及天線指向性的問題，接下來於現地測試無線傳輸模組。本計畫無線傳輸規劃如下圖所示，由第四彎直接傳輸到儀器小屋旁的無線接收器，故將雨量計所接收到的原始資料，利用無線傳輸方式先傳至儀器小屋旁的無線接收器，再由無線接收器傳送至儀器小屋。

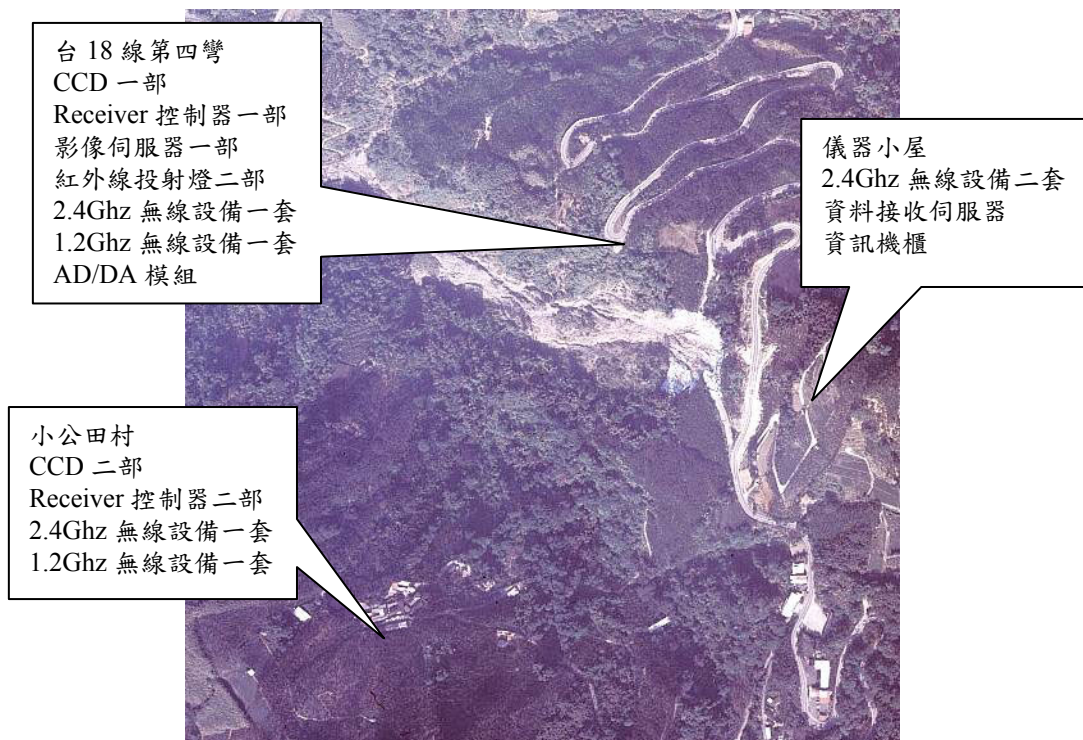


圖 3-21 本計畫儀器裝設位置圖



圖 3 - 22 第四彎雨量計裝設位置圖

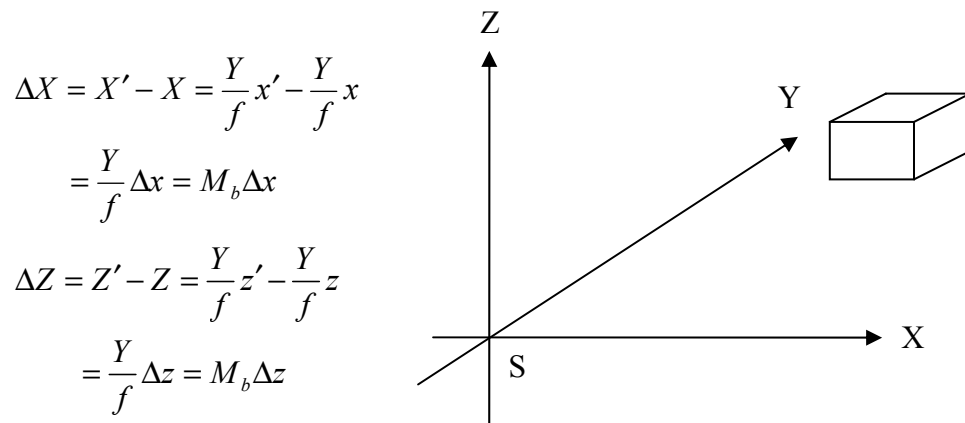
3.3 近景攝影測量雛形規劃與測試

3.3.1 規劃準則

依本計畫現有之攝影硬體設備作雛型規劃，採用單攝影機作地表二度空間變位監測，本規劃採用時間基線視差法量測。其原理由一固定攝影站對地物連續拍攝從中擷取其相應之兩張影像，將此兩張影像組成像對，量出預測點之視差變化值，並由該點之成像比例尺，即可計算該點運動之變量。

3.3.2 單影像量測計算：

其坐標系如下圖，S 為攝影站：



$$\Delta D = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Z^2} = M_b \sqrt{\Delta x^2 + \Delta z^2}$$

上式 x, z, x', z' 變形前後目標點的像點坐標；

$\Delta x, \Delta z$ 點在像面上的位移；

X, Z, X', Z' 變形前後目標點的坐標；

$\Delta X, \Delta Z$ 點在物空間的位移；

Y 攝影站與目標點的距離；

f 攝影機焦距。

3.3.3 近景攝影測試

針對臺 18 線第四彎 CCD 影像進行近景攝影測試，如下圖所示。首先取 CCD 影像中固定且明顯的景物來做測試，故選擇車行方向牌示。將車行方向牌示箭頭頂端分為 A、B 和 C 三部分，利用影像判釋距離與現場量測距離來計算近景攝影精度。



圖 3-23 近景攝影測量臺 18 線第四彎 CCD 影像

表 3-6 取七次影像測量結果平均

測點	X (公尺)	Y (公尺)
A	144.7875 ± 0.009873	126.7551 ± 0.008731
B	146.9761 ± 0.012389	126.8578 ± 0.016037
C	148.9881 ± 0.017058	126.9484 ± 0.02327

取上圖標示牌作測試：

$L=AC$ 的實測距離=1.195 公尺

$Dist$ =攝影站至 A、B、C 各點平均距離=36.553 公尺

$I=AC$ 影像量測距離=4.205046

$$\frac{1}{M_b} = \frac{I}{L} = \frac{1}{0.284182}$$

IBC = BC 影像量測距離 = 2.014038

L'BC = IBC × Mb = 0.572354 公尺

LBC 實際量測距離 = 0.578 公尺

差數 ΔLBC = L'BC - LBC = -0.00565 公尺

$$\text{計算精度} = \frac{\Delta L_{BC}}{\text{Dist}} = \frac{1}{6474}$$

此精度代表利用此畫數之 CCD 影像，如欲測量此圖片中之待測物距離為 10 公尺時，其誤差約為 0.15 公分，由以上測試影像量測精度與像比例尺之間的關係，可以確定近景攝影方法的可行性。

3.3.4 單相機攝影對地表變位之探討

本研究係採用單相機序列數位攝影之不同時期影像作數字減影法，以量測目標物變位之探討，來達到可以有效監測地表變動。

1. 數位減影法：

將兩幅數位影像直接相減，若兩幅數位影像完全一致，則得到一幅全零（全黑）的影像；若兩幅影像雖背景相同，但有一目標在運動，則得到背景處為零而目標區域不為零的影像。

數位減影法是用於目標運動識別和檢測的一種方法，當相機靜止時，可以很方便的得到目標的位置和邊界，從而對目標進行識別和定位。利用這種減背景的數位減影法，可以提高目標識別定位的可靠性。

2. 研究方法：

實驗地區於臺 18 線五灣仔地區，影像擷取時間為 2007 年 5 月至 9 月，每月取一幅影像作測試，將不同時期之影像，作影像灰階化後，採數位減影法得出影像差異圖，於影像差異圖上作數位量測並配合比例常數值（ M_b ），計算出其差異量。

數位減影法流程圖：

(1) 擷取不同時期影像 (S) (T)



(2) 將影像灰階化 (Sg) (Tg)



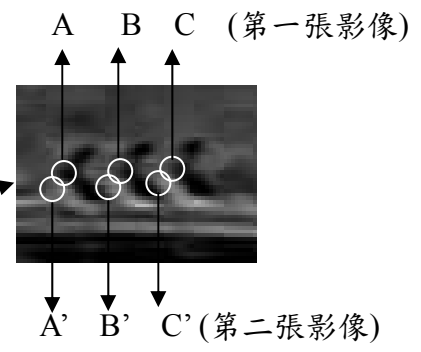
(3) 做影像相減
 $(Sg) - (Tg)$
 $(STdiff)$



影像差異圖

3. 實驗成果：

選取 5 月到 9 月份 5 張影像，針對圖中的指示牌取三點 (A,B,C) 做控制點，先將 5 月與 9 月作處理，再逐月採減影法得到以下表格數據。(其中 5040903 為 9 月減 5 月，5040612 為 6 月減 5 月，6120703 為 7 月減 6 月，7030804 為 8 月減 7 月，8040903 為 9 月減 8 月) 依據期中報告之 $M_b = 0.284182$ ， $BC = 0.578$ 公尺 (實測距離) 作參數合併計算。



時期	5040903		5040612		6120703		7030804		8040903	
A	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
A'	144.8335	126.9023	144.8427	126.7956	143.8858	126.2391	144.2834	126.2763	143.944	126.2457
	143.0394	125.1097	144.6414	126.4939	144.159	126.2391	144.0152	126.0419	142.979	125.0961
		2.53618		0.362691		0.2732		0.356195		1.500935
		A 點 相差量		A 點 相差量		A 點 相差量		A 點 相差量		A 點 相差量
		0.721		0.103		0.078		0.101		0.427
B	146.9123	126.9023	147.024	126.8627	146.037	126.4097	146.4957	126.4773	145.9854	126.5053
B'	144.977	125.5399	146.8562	126.4603	146.2419	126.4438	146.0599	126.1759	145.1317	125.1703
		1.948159		2.148848		1.882954		1.781547		1.8557
		BC 檢核		BC 檢核		BC 檢核		BC 檢核		BC 檢核
		0.554		0.611		0.535		0.506		0.527
		2.366753		0.435985		0.207718		0.529871		1.584623
C		B 點 相差量		B 點 相差量		B 點 相差量		B 點 相差量		B 點 相差量
	148.8522	127.0815	149.1718	126.9298	147.915	126.5462	148.2722	126.6113	147.8411	126.5053
C'	146.6634	125.5757	148.7355	126.5944	148.1882	126.5803	147.9035	126.3098	146.9132	125.2444
		2.656742		0.550319		0.27532		0.476279		1.565525
		C 點 相差量		C 點 相差量		C 點 相差量		C 點 相差量		C 點 相差量
		0.755		0.156		0.078		0.135		0.445

由表格數據得知 9 月與 5 月之影像 A 點差量為 0.721 公尺，B 點差量為 0.673 公尺，C 點差量為 0.755 公尺。採用 5 月份影像 BC 距離影像量測 0.554 公尺，與實測距離差異為 0.024 公尺。

6 月與 5 月之影像 A 點差量為 0.103 公尺，B 點差量為 0.124 公尺，C 點差量為 0.156 公尺。採用 6 月份影像 BC 距離影像量測 0.611 公尺，與實測距離差異為 0.033 公尺。

7 月與 6 月之影像 A 點差量為 0.078 公尺，B 點差量為 0.059 公尺，C 點差量為 0.078 公尺。採用 7 月份影像 BC 距離影像量測 0.535 公尺，與實測距離差異為 0.043 公尺。

8 月與 7 月之影像 A 點差量為 0.101 公尺，B 點差量為 0.151 公尺，C 點差量為 0.135 公尺。採用 8 月份影像 BC 距離影像量測 0.506 公尺，與實測距離差異為 0.072 公尺。

9 月與 8 月之影像 A 點差量為 0.427 公尺，B 點差量為 0.450 公尺，C 點差量為 0.445 公尺。採用 9 月份影像 BC 距離影像量測 0.527 公尺，與實測距離差異為 0.051 公尺。

結語：

各月份間均有地表單獨之變動量，由於地表變動非規則性，且相機不甚穩定，因此影像量測尚有微變誤差存在，致使影響地物坐標變化。本研究之數據已顯示出地表具有變化，變化數值僅供參考，未來可再作相機穩定性之研究，始能正確判釋地表變位量。

3.4 道路邊坡自動化監測系統示範站規劃

為了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，因此計畫於嘉義縣阿里山鄉臺 18 線上進行 GPS 定位與無線電傳輸模組實際運作。此路段於 93 年期間，阿里山工務段即以專案方式於臺 18 線 30K 第四彎、31K 五彎仔及小公田村三處，完成先進量測儀器和高效率傳輸系統組成之監測系統安裝，其中在臺 18

線 45K 五彎仔邊，裝設有傾斜儀、水位計、雨量計、CCD 即時影像等儀器，44K 第四彎處及小公田村則設置 CCD 攝影機、變位計及地表伸縮儀等儀器。儀器訊號皆透過安裝於儀器小屋內阿里山工務段採購之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回公路局各單位。



圖 3-24 臺 18 線 45K 自動化監測儀器小屋



圖 3-25 臺 18 線 45K CCD 攝影機及紅外線投射燈



圖 3-26 臺 18 線 45K CCD 攝影機傳回影像

此計畫以阿里山之臺 18 線第四彎處為道路邊坡為主要觀測地點，並與阿里山工務段設置的邊坡觀測站進行合作，將 GPS 定位等相關資料透過衛星回傳，此道路邊坡自動化監測系統主要工作項目規劃如下：

1. 設置全球衛星定位模組與無線電傳輸模組

本計畫主要以全球定位模組（GPS）做為邊坡面移動監測的研究，透過 GPS 的精細定位及透過無線電傳輸模組資料傳遞，將 GPS 定位資料回傳至觀測站。利用設置於觀測站附近的 GPS 參考點（基站），進行定位及位移等運算及資料儲存。

2. 收集雨量計資料

邊坡面的移動與降雨有著許多關聯，因此利用現有五彎仔旁觀測站附近的雨量計，以進行現地降雨量資料收集。

3. CCD 影像監測

配合原阿里山工務段設置的 CCD 攝影機，對臺 18 線 44K 處第四彎進行道路坡面滑動影像監測，以實際監測畫面與觀測點的 GPS 位移的記錄進行坡面滑動監測記錄。

4. 近景攝影測量

透過定期定點的方式，對第四彎處週邊進行高畫素相機，以近景進行拍攝，透過記錄各時期的坡面變化情形及長期的拍攝記錄，以量測坡面變化情形。

6 月 13 日赴現地勘查，並進行近景攝影，使用不同畫素的數位相機拍攝，其中有 300 萬、500 萬和 800 萬畫素，分別計算出不同畫素照片下的精度。最後針對現地已知固定移動量作測試，於現地製造出已知的移動量，再利用現有 CCD 與高畫素數位相機去判釋移動量並計算量測誤差。



圖 3-27 第四彎周邊景象

全部的儀器佈署規劃如下圖所示：



圖 3-28 本計畫規劃 GPS 等相關儀器裝設位置圖



圖 3-29 監測儀器小屋外觀



圖 3-30 小公田村 CCD#1 傳回之第四彎影像



圖 3-31 小公田村 CCD#2 傳回之崩塌區影像



圖 3-32 第四彎 CCD 傳回之影像

5. 全球衛星定位監測系統實地測試

為了實地測試多天線 GPS 系統，本計畫於 10 月初完成所以儀器現地架設工作，其中 GPS 基站一組、移動監控 GPS 天線四組，現場架設情形如圖 3-33～圖 3-39 說明所示：

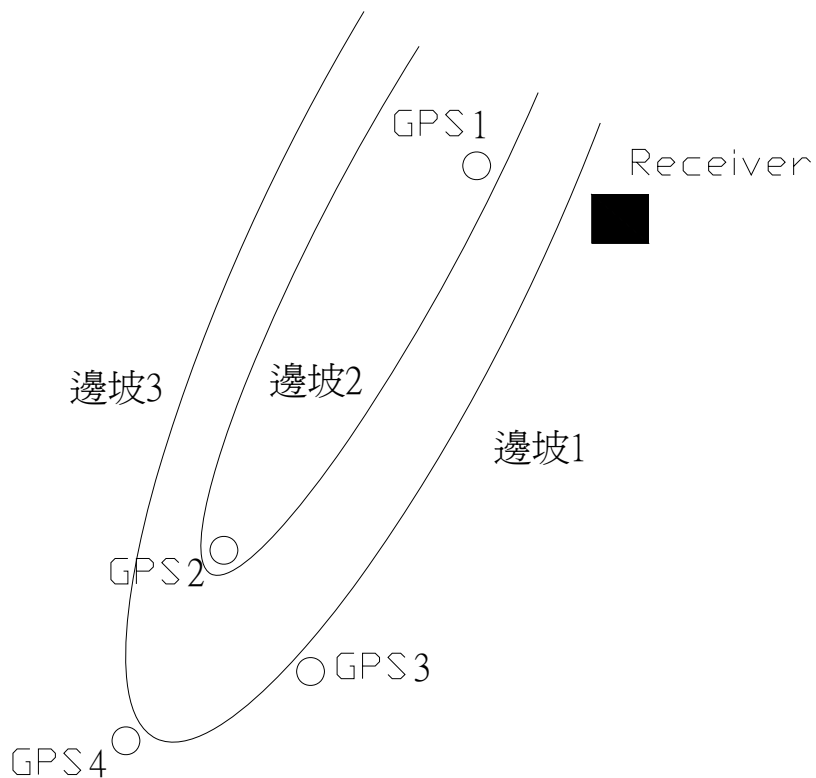


圖 3-33 現地多天線儀器配置圖



圖 3-34 臺 18 線第 4 彎路段之儀器設備箱（左）及內部設備狀況（右）



圖 3-35 第 1 號天線(無線 CCD 頂)



圖 3-36 第 2 號天線(第 4 彎路燈頂)



圖 3-37 第 3 號天線



圖 3-38 第 4 號天線(自立支架)



圖 3-39 GPS 基站天線位置

為了即時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，因此目前 GPS 接收資訊係臺 18 線 31K 處之儀器小屋，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 3-40 臺 18 線 45K 自動化監測儀器小屋

首先於 2007/10/17 收集一整天的靜態接收資料，解算出靜態坐標後並於 2007/10/19 開始進行動態即時監測。並將 2007/10/19~2007/10/21 三天的動態即時監測結果繪製如下圖所示。其中除了 GPS3 和 GPS4 的 Y 方向有持續的位移量（約 2.4cm）外，其餘皆來回震盪，並呈穩定狀態。再持續針對 2007/10/19~2007/11/12 二十天的動態即時監測結果繪製如下表所示。其中除了 GPS3 和 GPS4 的 Y 方向有持續的位移量（約 9.76cm）外，其餘皆來回震盪，並呈穩定狀態。並於 2007/10/25 赴現場確認並非為儀器異常或固定桿晃動等，故研判為邊坡地滑的位移量。將會持續進行即時監測，未來會與影像判釋做比較，看是否能得到相同的結果。

表 3-7 多天線測試數據

測站	靜態座標 (m) 2007,10,17~18			3 天動態座標 (m) 2007,10,19~21			3 天位移量 (cm)		
	X	Y	Z	X	Y	Z	dX	dY	dZ
GPS1	334.7169	-173.6945	-66.1253	334.7145	-173.7077	-66.1578	-0.24	-1.32	-3.25
GPS2	285.491	-218.9558	-75.3336	285.4819	-218.9744	-74.8855	-0.91	-1.86	-2.76
GPS3	269.0273	-207.2832	-77.9727	269.0205	-207.3074	-77.9852	-0.68	-2.42	-1.25
GPS4	270.1067	-232.2456	-82.5404	270.1033	-232.2671	-82.5615	-0.34	-2.15	-2.11
測站	靜態座標 (m) 2007,10,17~18			20 天動態座標 (m) 2007,10,19~11,12			20 天位移量 (cm)		
	X	Y	Z	X	Y	Z	dX	dY	dZ
GPS1	334.7169	-173.6945	-66.1253	334.7129	-173.7236	-66.191	-0.4	-2.91	-6.57
GPS2	285.491	-218.9558	-75.3336	285.4887	-218.0387	-74.9328	-0.23	-8.29	-7.49
GPS3	269.0273	-207.2832	-77.9727	269.0205	-207.3808	-77.0147	-0.68	-9.76	-4.2
GPS4	270.1067	-232.2456	-82.5404	270.0954	-232.3301	-82.605	-1.13	-8.45	-6.46

GPSIX

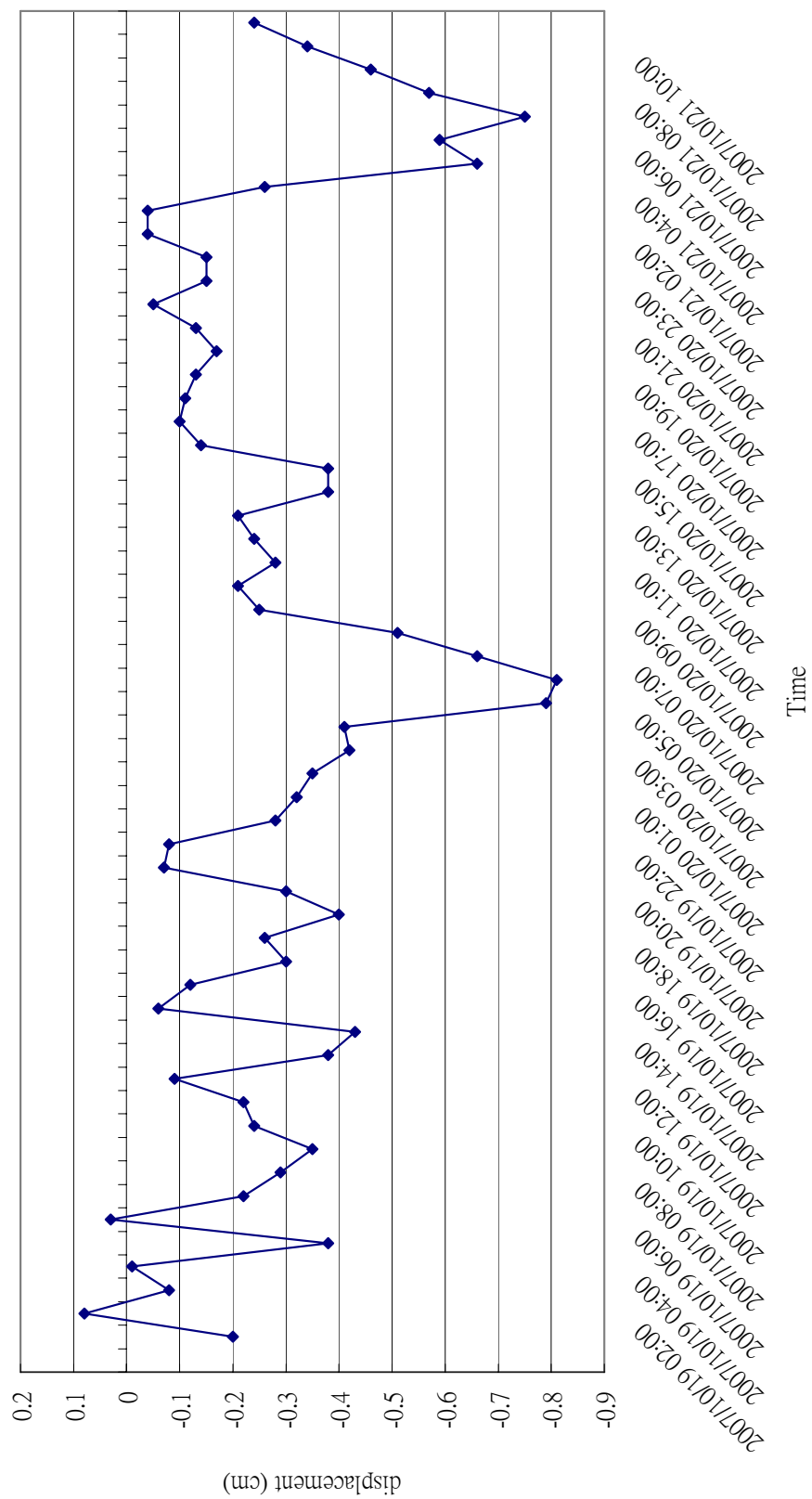


圖 3-41 第一號天線 X 方向位移量 (2007/10/19~2007/10/21)

GPS1Y

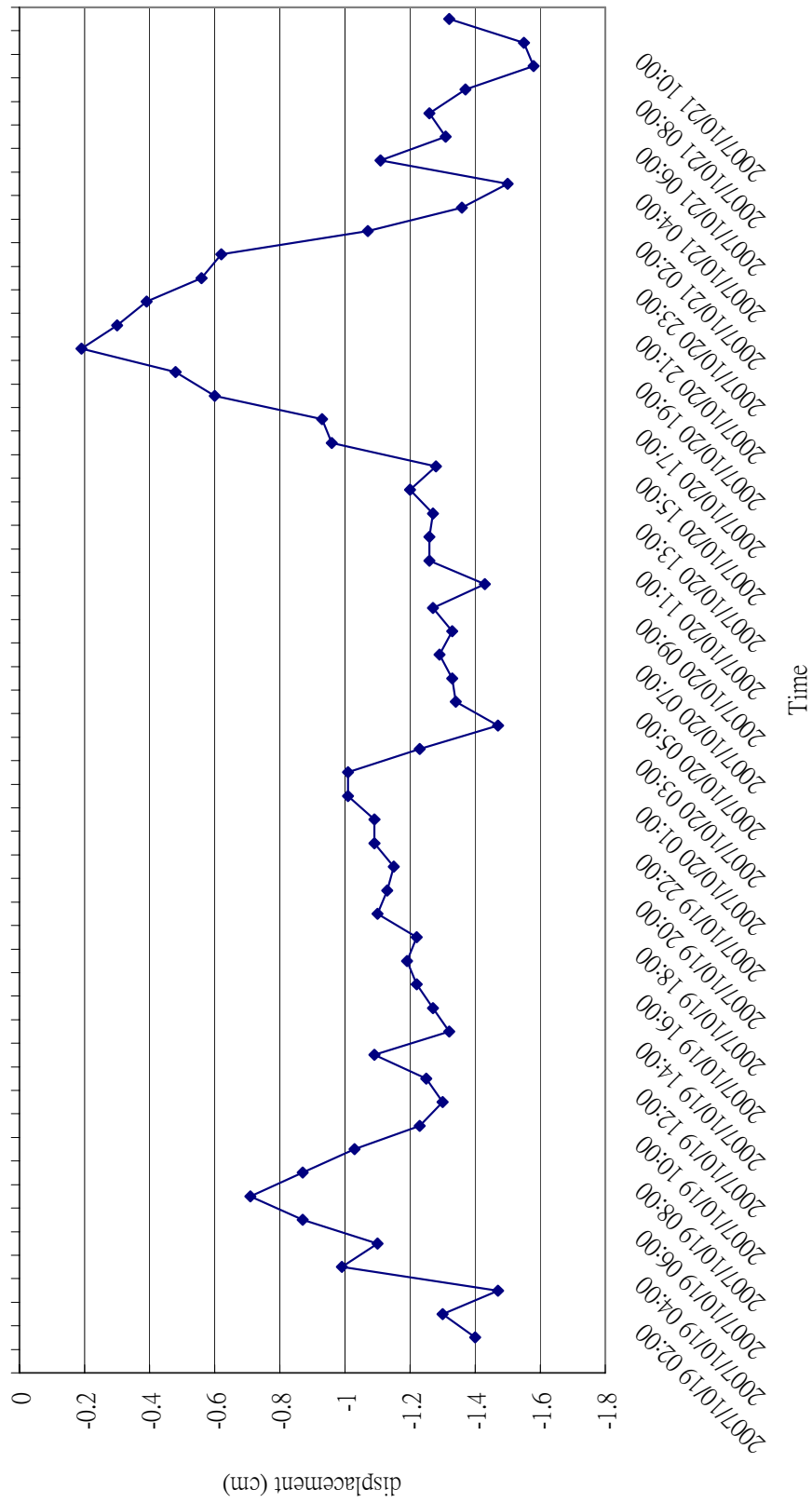


圖 3-42 第一號天線 Y 方向位移量 (2007/10/19~2007/10/21)

GPS1Z

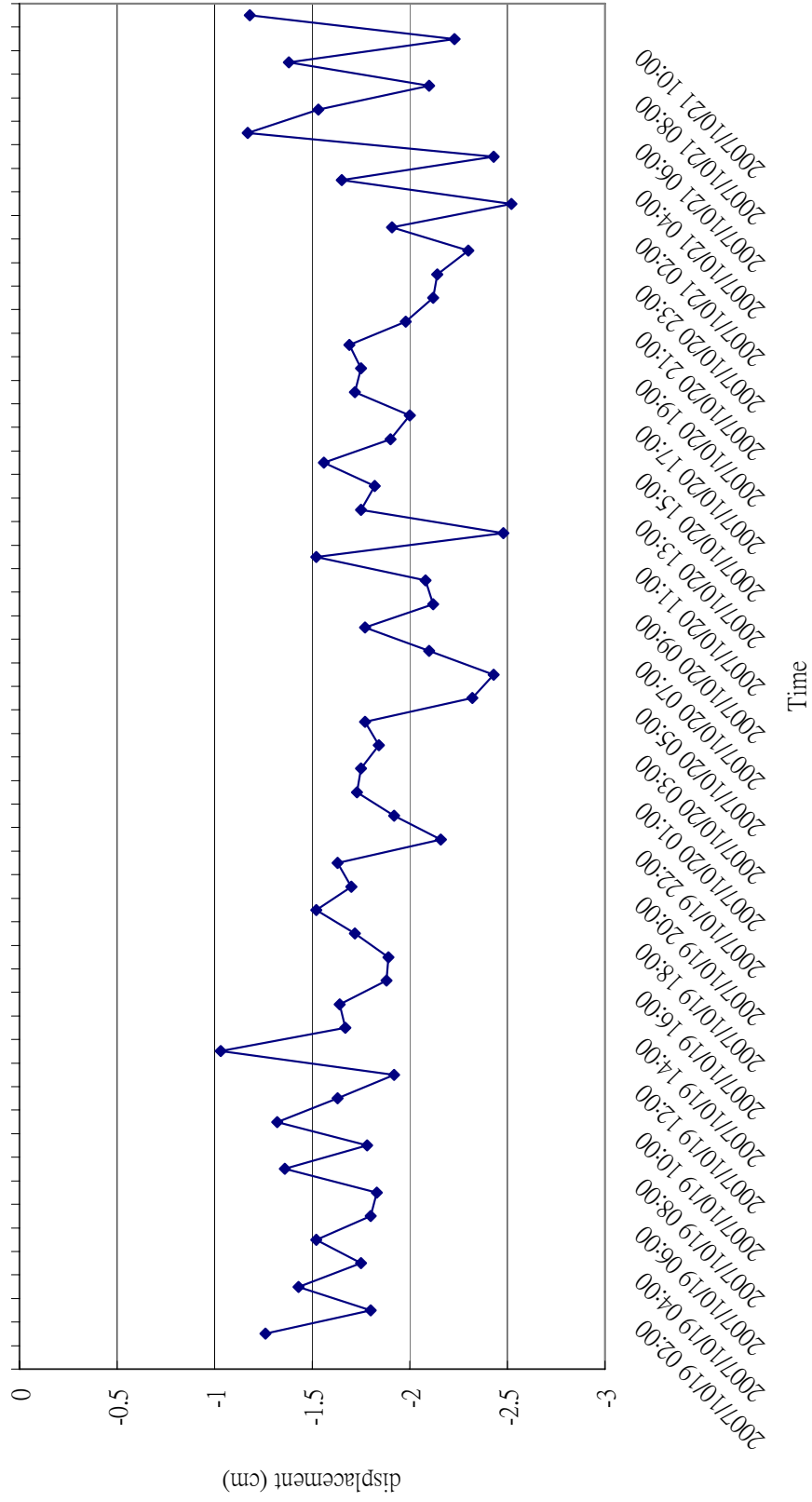


圖 3-43 第一號天線 Z 方向位移量 (2007/10/19~2007/10/21)

GPS2X

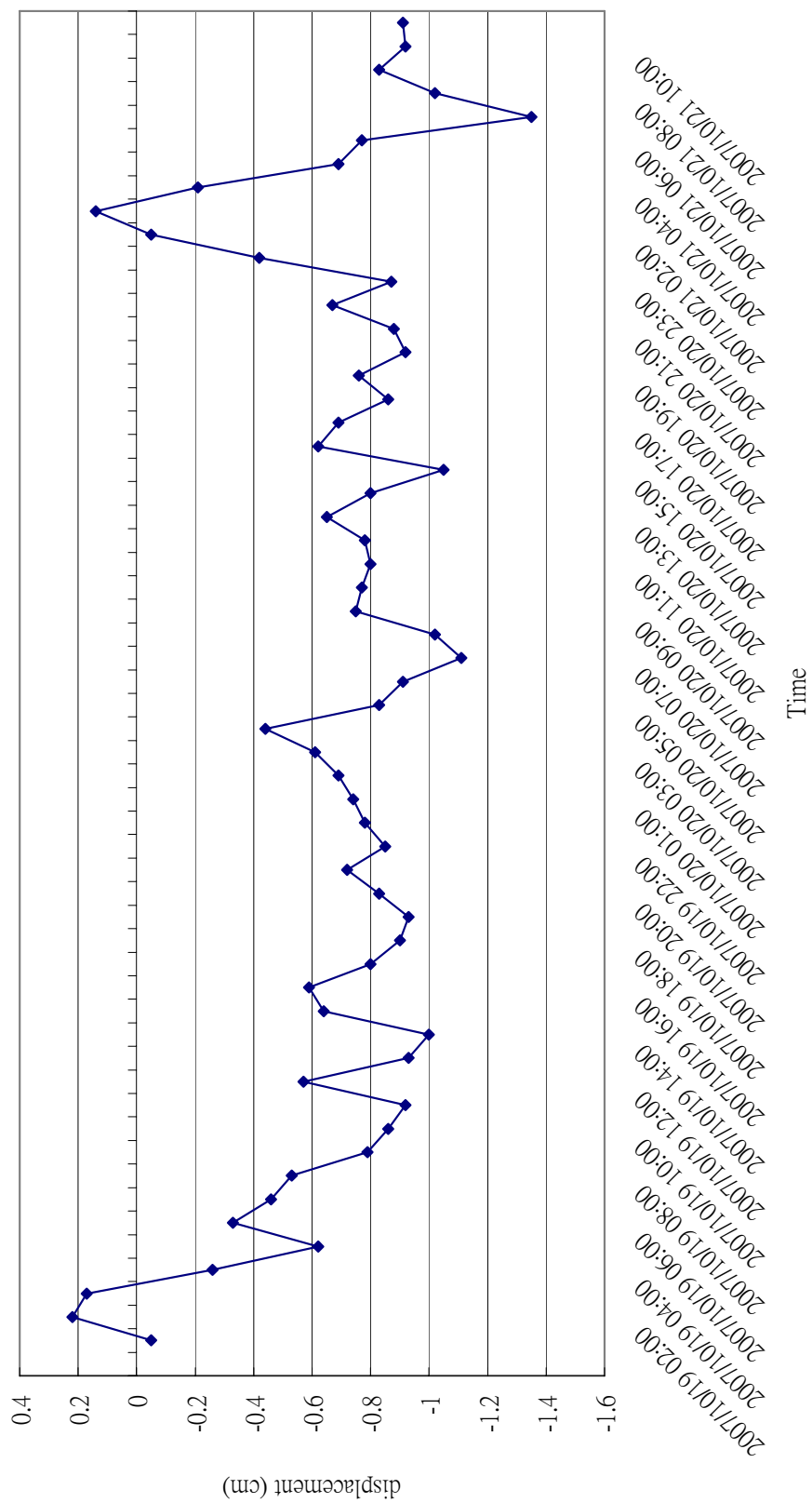


圖 3-44 第二號天線 X 方向位移量 (2007/10/19~2007/10/21)

GPS2Y

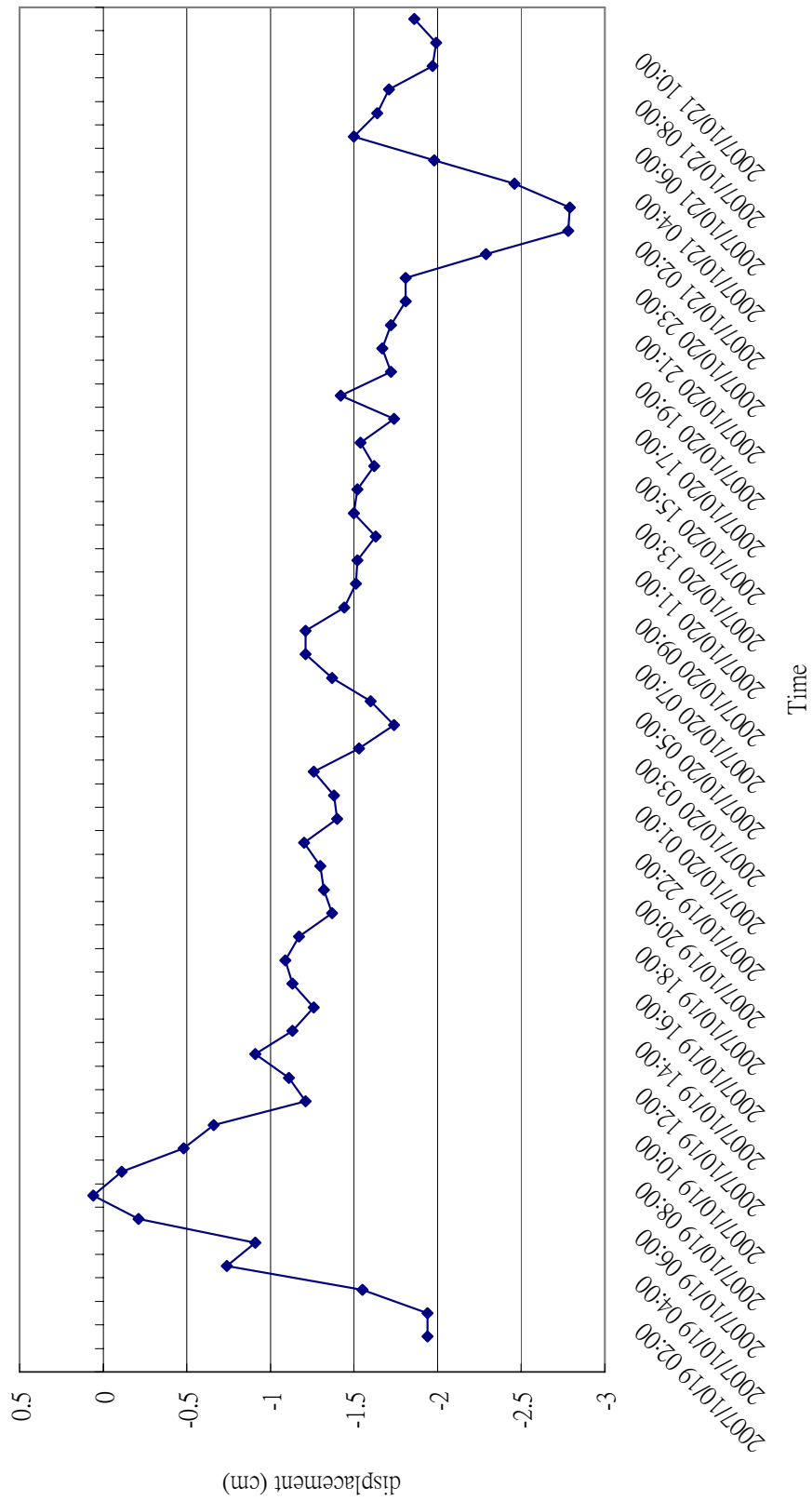


圖 3-45 第二號天線 Y 方向位移量 (2007/10/19~2007/10/21)

GPS2Z

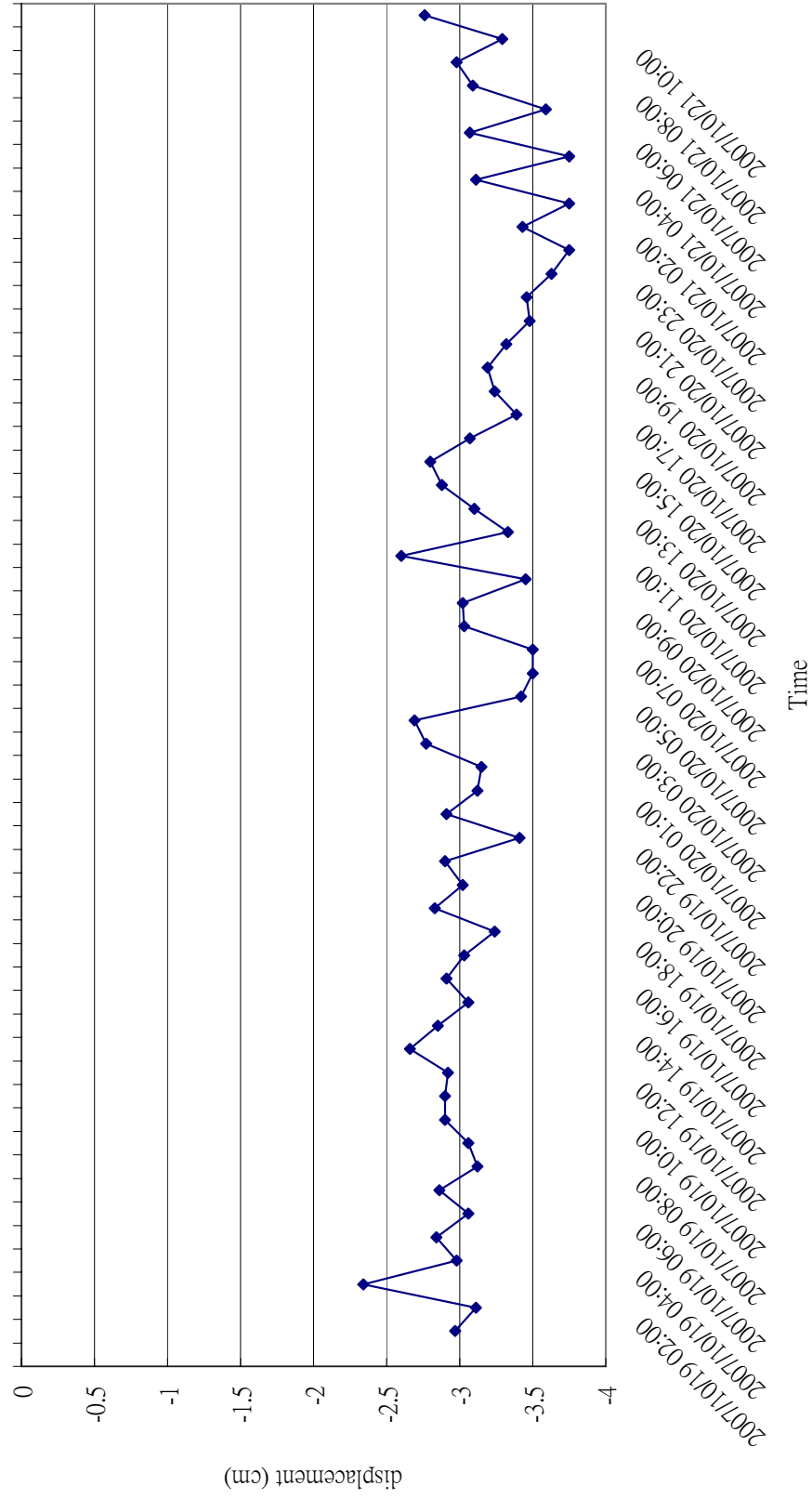


圖 3 - 46 第二號天線 Z 方向位移量 (2007/10/19~2007/10/21)

GPS3X

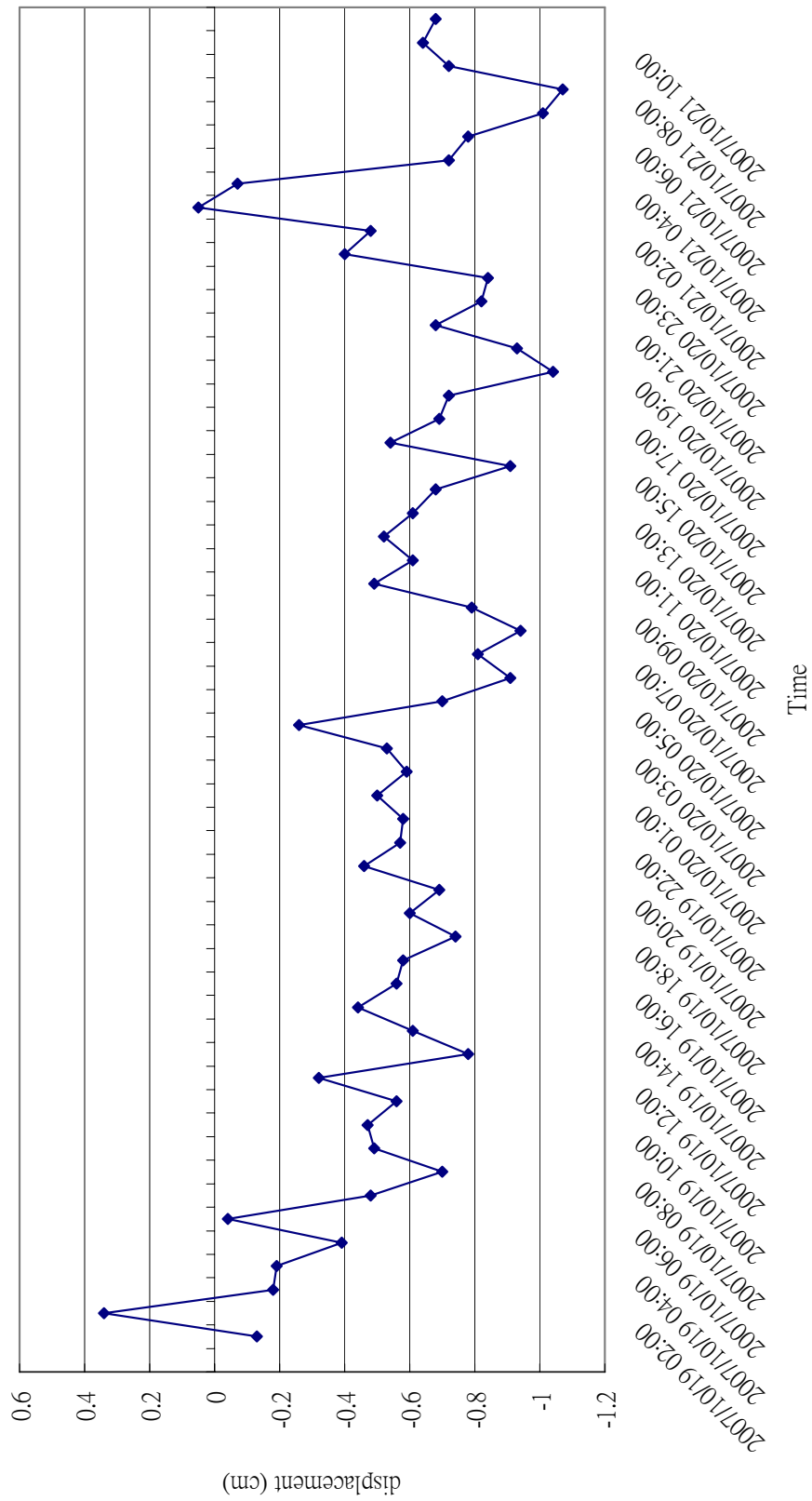


圖 3-47 第三號天線 X 方向位移量 (2007/10/19~2007/10/21)

GPS3Y

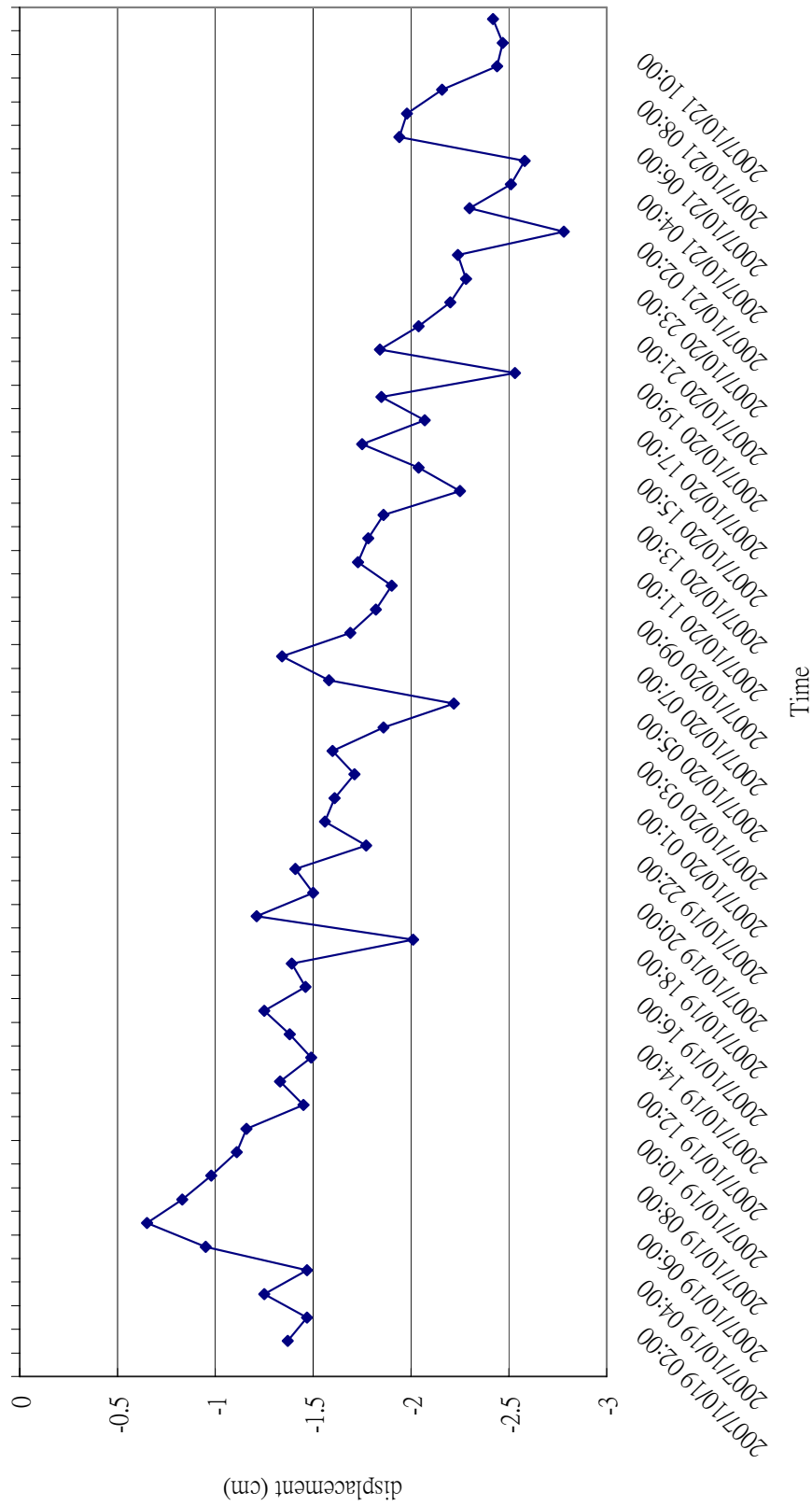


圖 3-48 第三號天線 Y 方向位移量 (2007/10/19~2007/10/21)

GPS3Z

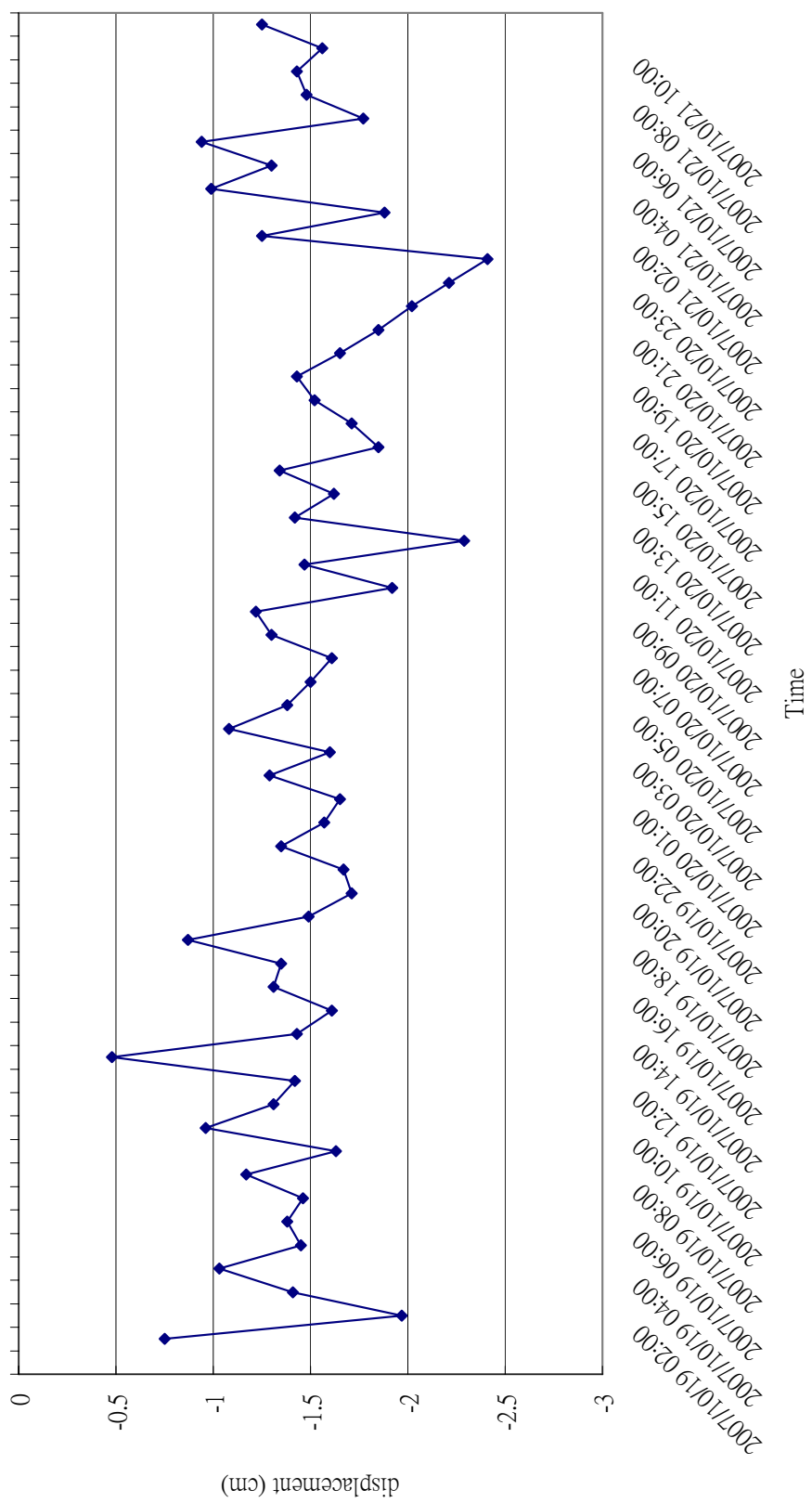


圖 3-49 第三號天線 Z 方向位移量 (2007/10/19~2007/10/21)

GPS4X

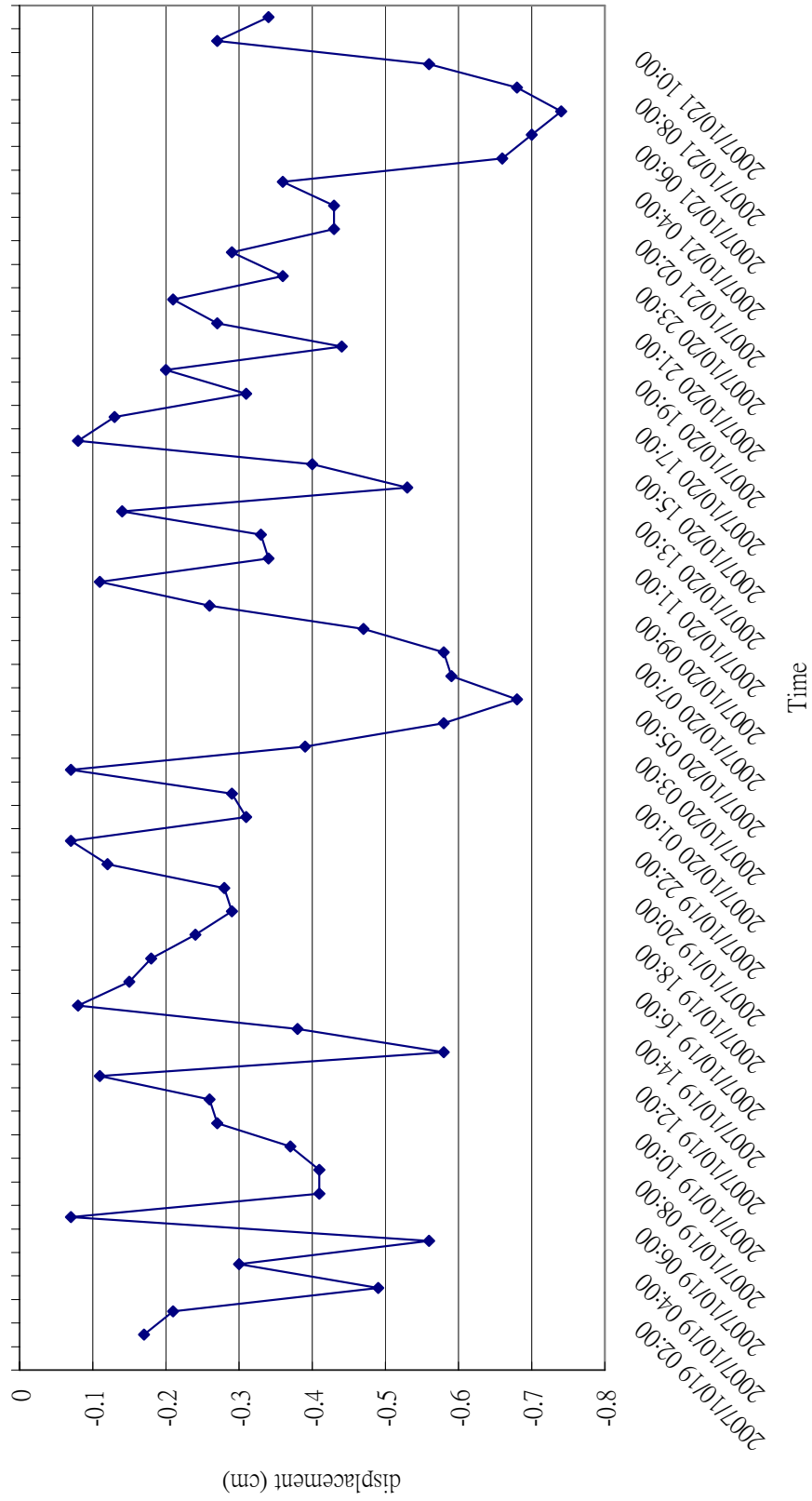


圖 3-50 第四號天線 X 方向位移量 (2007/10/19~2007/10/21)

GPS4Y

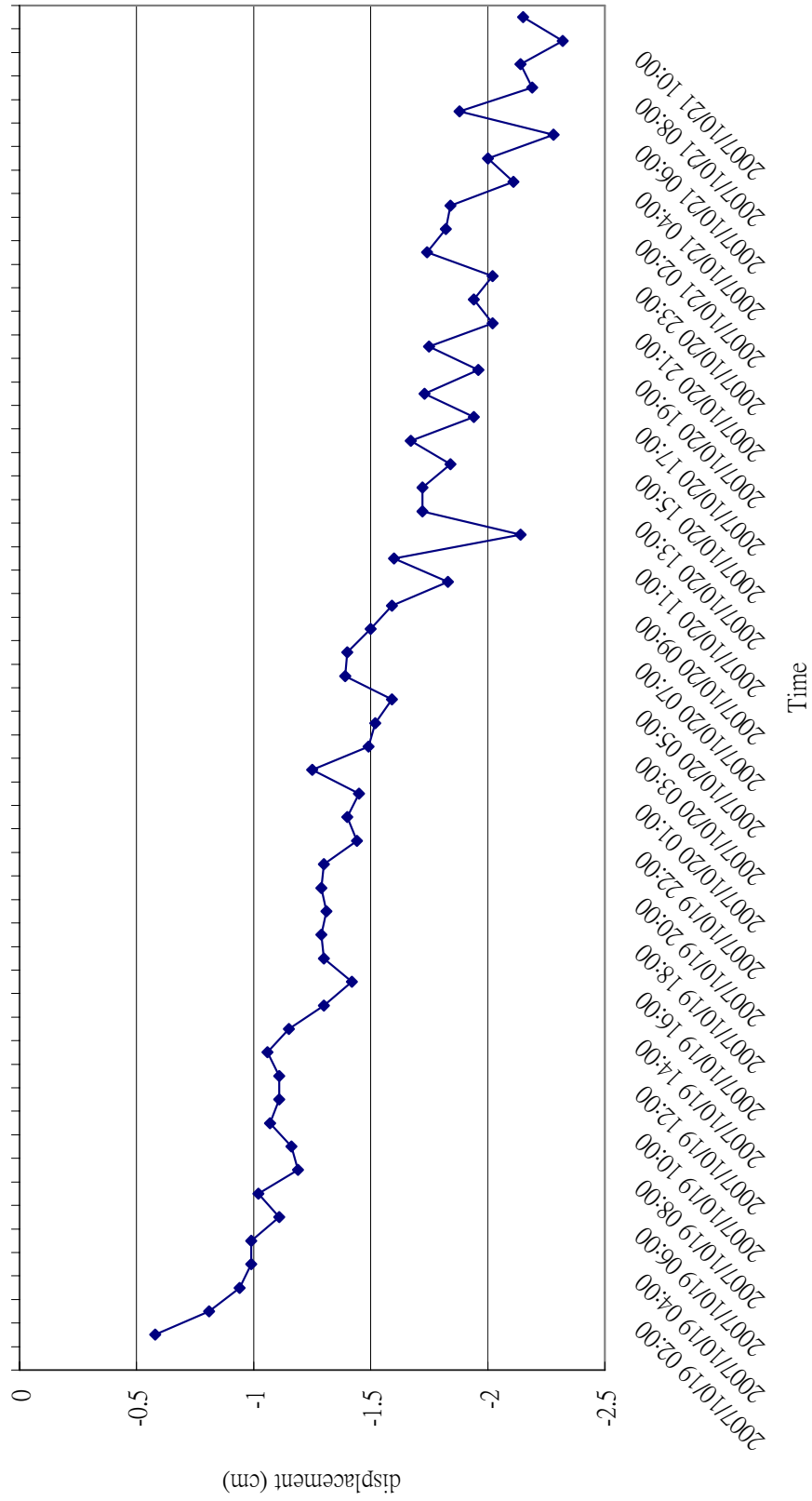


圖 3 - 51 第四號天線 Y 方向位移量 (2007/10/19~2007/10/21)

GPS4Z

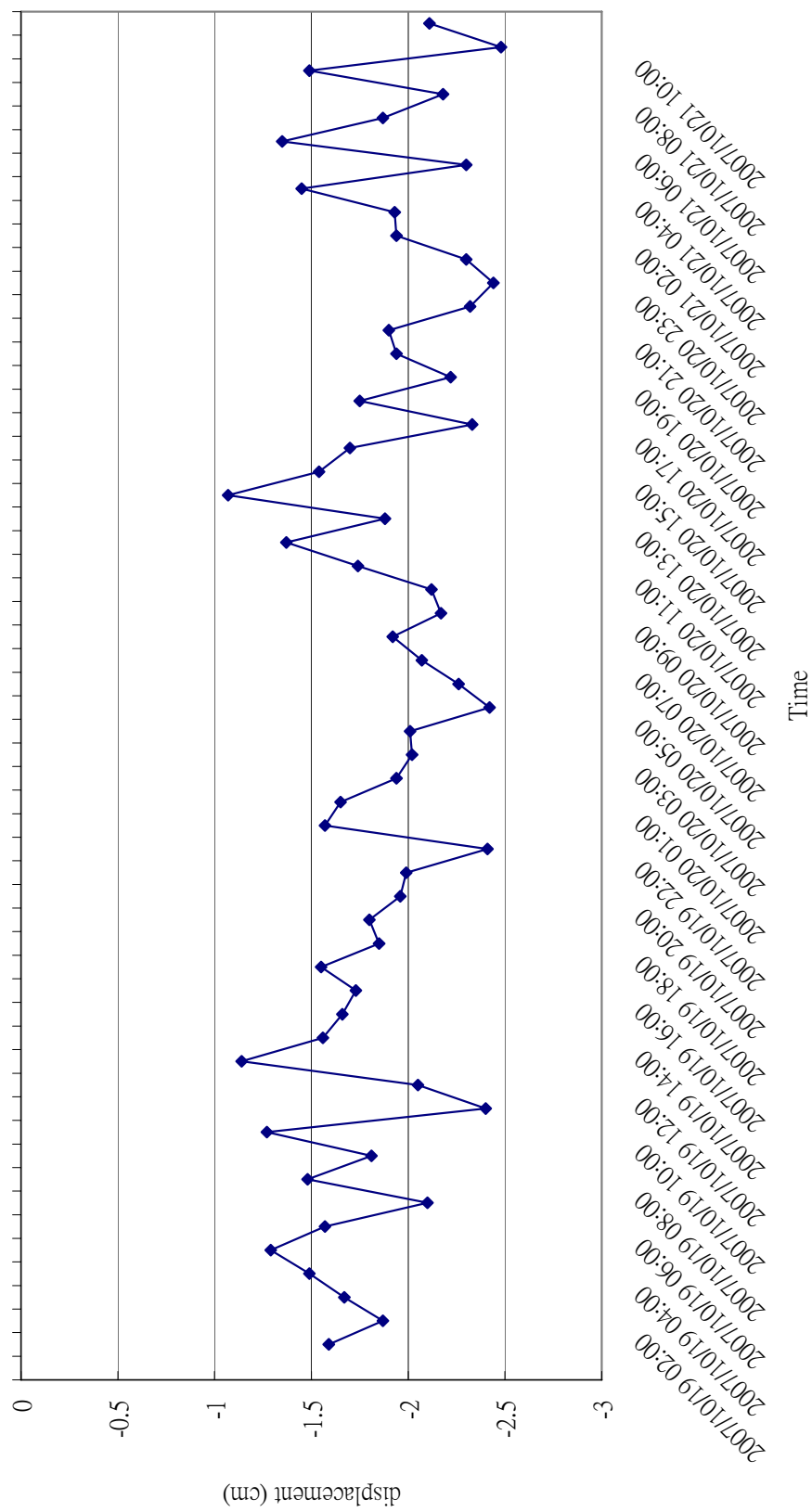


圖 3 - 52 第四號天線 Z 方向位移量 (2007/10/19~2007/10/21)



圖 3-53 道路邊坡自動化監測系統（第一號天線）

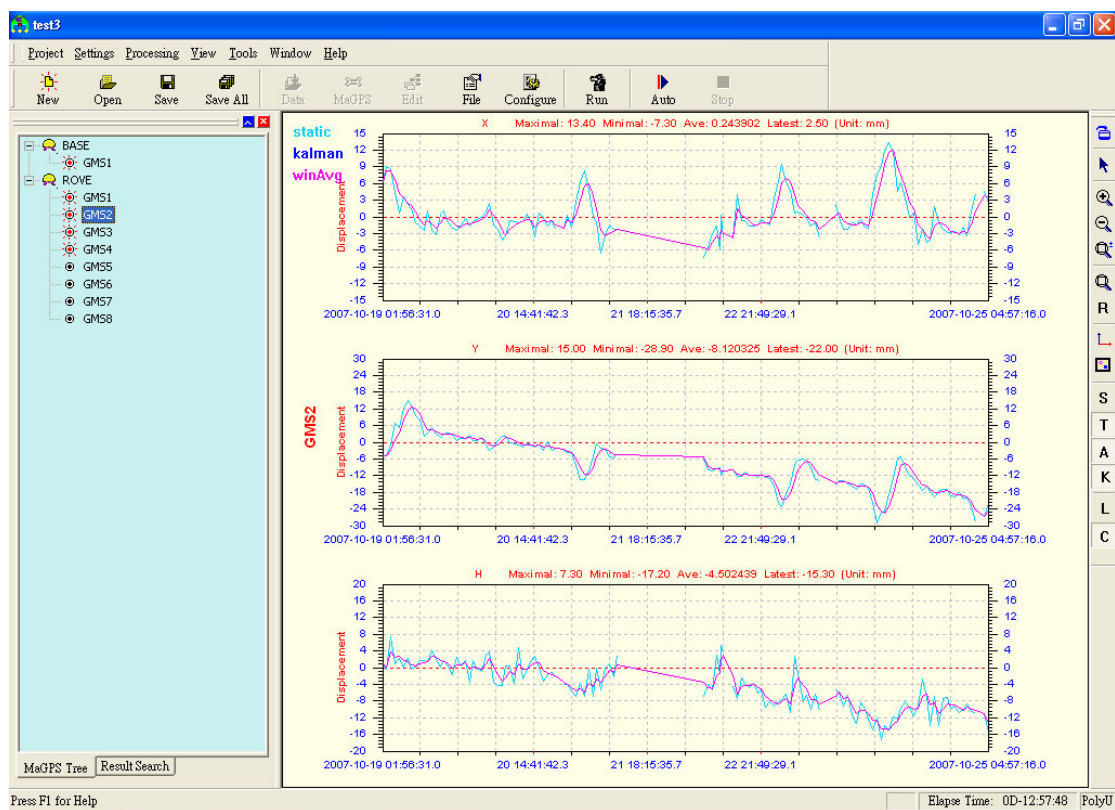


圖 3-54 道路邊坡自動化監測系統（第二號天線）

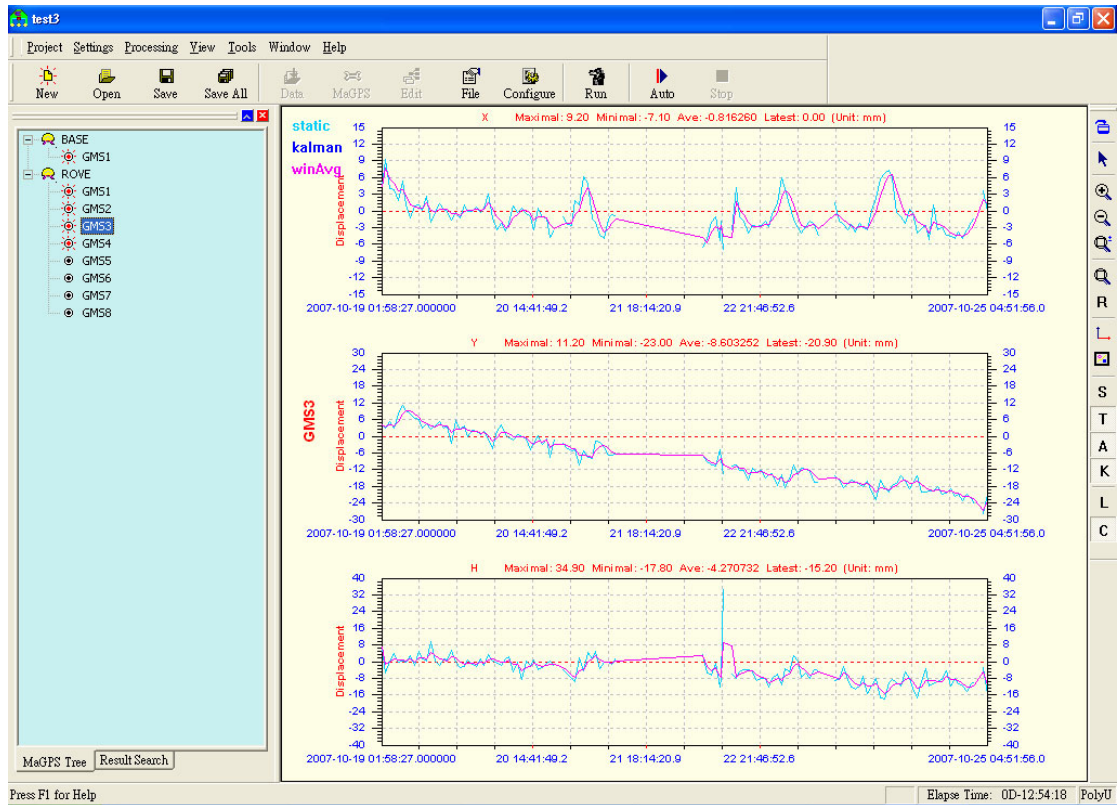


圖 3-55 道路邊坡自動化監測系統（第三號天線）



圖 3-56 道路邊坡自動化監測系統（第四號天線）

第四章 結論與建議

全球衛星定位與自動化監測在坡地防災之應用為四年期之科技計畫，計畫目的為利用全球衛星定位系統與自動化監測新興科技技術建立臺灣地區坡地防災系統，因此計畫中本研究團隊引進多天線型式之全球衛星定位系統進行測試與調教工作，並選定於號稱『臺灣最危險公路』之阿里山公路五彎仔地區，進行現場測試與架設工作，系統測試期間雖因多次颱風侵襲干擾，但是本團隊以專業技術為核心，分別克服了軟硬體技術之困難，完成了現場架設與分析研究等工作，本章藉此以近一年的專案工作經驗，提出本計畫初步結論與建議，以能提供後續相關計畫執行參考之依據。

4.1. 結論

1. 本計畫分別針對先進科技整合技術—全球衛星定位與無線電傳輸監測系統，於坡地防災之應用提出具體解決方案，並於阿里山公路段初步完成全球衛星定位及無線電傳輸模組系統監測測試工作；本團隊並主動針對公路段所架設之攝影機資料進行近景攝影測量初步研究工作，並將相關資訊整合於道路邊坡自動化監測系統示範站規劃中，以作為緊急通報系統及防災應變系統之發展之依據。
2. 本年度第四彎地區經歷帕布、梧提、聖帕颱風、柯羅沙颱風夾帶大量豪雨之惡劣氣候侵襲下，10月初於該地區進行現場勘查中明顯發現多處地表滑動現象，地表裂隙最大處約達20公分左右，因此在相關設備完成架設後，立即發現多組天線GPS設置位置變位情形，為求資料正確性，本團隊除以多天線GPS系統進行即時監測工作任務外，並定期利用全測站經緯儀進行GPS天線端與基礎變位狀況監測，以瞭解第四彎地區滑動特徵，以及透過與土地測量局衛星追縱站資料與本計畫GPS基站進行絕對坐標連測工作，可瞭解五彎仔地區大規模滑動狀況。

- 3.多天線 GPS 系統於 10 月下旬完成架設後，隨即進行監測工作，經過初步觀測發現 20 天期間有 9.76 公分的最大位移量，推測由於今年 10 月初柯羅莎颱風侵臺環流影響，造成當時阿里山公路周邊地區累積降雨量高達為六百餘公厘，因大量降雨與地表逕流，加劇了第四彎地區坡面滑動現象。
- 4.由於現階段現地 CCD 影像解析度受限於衛星通訊頻寬限制，因此解析度不足，此仍為影像判視工作之最大障礙，因此本研究改採用高解析度數位相機影像進行變位狀態判視，初步測試成果與多天線 GPS 觀測資料及以全測站經緯儀實測成果相互驗證成果相符，與上述二者間之誤差量小於 10 公分以內，初步效果符合預期。

4.2.建議

- 1.由於本年度短暫現場觀測記錄即可發現，第四彎地區滑動狀況頗為嚴重，因此建議仍應持續進行本地區坡面災害監測工作，藉由相關資料蒐集與觸發因子探討，增進臺灣地區公路邊坡災害觀測與防制機制之技術水準。
- 2.本年度採用高解析度數位相機影像進行變位狀態判視工作，初步測試成果與多天線 GPS 觀測資料及以全測站經緯儀實測成果相互驗證成果相符，與另二者間之誤差量小於 10 公分以內，雖然目前以影像直接進行判視變位精度較差，但由於後續應用乃可利用現有架設於各地之路口監測系統影像進行加值分析工作，因此仍有其後續發展與研究之必要性，建議應持續進行相關研究工作。
- 3.第四彎地區由於地處偏遠山區市電供應及不穩定，雖本團隊建立有微型備援電力提供警急電力供應使用，惟本年度多次經驗發現其微型備援電力供應系統尚不足以支應該地區長時間電力中斷現象，影響現場觀測工作甚巨，因此建議後續應計畫應編列備援電力供應系統設備經費，以利後續觀測計畫工作進行。
- 4.第四彎地區地表裂隙明顯，地表逕流水皆由裂隙流入滑動面中，推測

此為邊坡滑動加劇原因之一，因次建議相關單位應儘速針對現有表面裂隙進行填補工作，以避免地表逕流及降雨大量透過裂隙入滲至滑動面中，造成第四彎地區坡面破壞狀況加劇。

參考文獻

- 1.黃安斌、林志平、董家鈞、廖志中、潘以文，道路邊坡高效能監測系統研發與崩塌預警基準制定，2003，91 年度防救災專案計畫成果研討會，臺北。
- 2.林主潔、羅俊雄、施邦築、姚錫齡、李君宇、廖惠菁，2003，大規模災變之公路系統防救災規劃與修復策略之研究，91 年度防救災專案計畫成果研討會，臺北。
- 3.董家鈞、黃安斌、林志平，2002，『山坡地防災與安全監測技術』，2002 地球系統科學研討會，中壢，中央大學。
- 4.李春明、董家鈞、李錫堤，2002，『考慮楔型破壞模式之岩坡岩體分類初步探討』，第六屆岩盤工程研討會，新竹，印刷中。
- 5.衷嵐焜、辜文元、陳慧雯、周天穎，2002，土石流災害管理科際整合之成功範例，第七屆海峽兩岸水利科技交流研討會，臺南。
- 6.周天穎，2001.2，3S 技術於防災害分析之應用，土石流災害之學術研究。
- 7.衷嵐焜、辜文元、陳慧雯、周天穎，2002，整合土石流發生基準值模式以提昇土石流災害應變中心，第十三屆水利工程研討會，雲林。
- 8.廖志中、董家鈞、林進興、林忠義，2000，『1999 集集大地震豐原市中正公園附近車籠埔斷層破碎帶分佈特性』，921 集集大地震週年紀念學術研討會，臺南。
- 9.潘以文、廖志中、楊錦釧、黃安斌、董家鈞，1999，『集集大地震引致之壩工及堰塞湖災害』，集集大地震災害調查討論會，臺南，pp.C01-C20。
- 10.李秉乾、周天穎、李維聰（2002），土石流觀測示範站建置計畫成果報告書，農委會水土保持局計畫成果報告書。
- 11.財團法人臺灣營建研究院（2003），“臺灣地區道路邊坡崩塌發生機

制及防治效益評估方法研究與應用(一)”，交通部，計畫編號 MOTC-STAO-91-11。

- 12.國立交通大學防災工程研究中心(2002)，“道路邊坡高效能監測系統研發與崩塌預警基準制定”，交通部，計畫編號 MOTC-STAO-91-09。
- 13.許盈松(2001-2002)，“淹水監測預警系統規劃研究(一)”，國科會專題研究計畫，計畫編號 NSC-90-2625-Z-009-001。
- 14.許盈松(2000)，“河川自動化測深儀之研究”，經濟部水利處研究計劃成果報告。
- 15.霍志濤(2006)，“三峽庫區滑坡監測中的新記數和新方法”，華南地質與礦產。
- 16.楊明(2006)，“山區公路斜坡工程外部變形監測技術與研究”，路基工程。
- 17.姜衍祥(2006)，“利用 GPS 監測地面沈降的精度分析”，測繪科學。

附錄一

交通部運輸研究所合作研究計畫（具委託性質） 期中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（1/4）

執行單位：逢甲大學

會議時間：96 年 7 月 19 日下午 1 時 40 分 會議地點：港研中心 2 樓階梯教室

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
海洋大學 林三賢教授		
有關道路邊坡自動化監測系統示範站，阿里山鄉臺 18 線上之測站已執行多年，之前的監測結果應可於期中報告提供，以供相關單位可立即應用。	感謝委員建議，本團隊已蒐集近年來臺 18 線五彎仔地區相關研究報告做為參考依據。	同意。
監測是否有遇到一些問題亦可先行檢討以利計畫後半段執行之參考。	感謝委員建議，研究期間所遭遇到之相關困難與瓶頸，為計畫中之寶貴經驗資料，因此本團隊將相關過程與經驗，皆揭露於各期報告書中。	請納入期末報告書。
成功大學 陳景文教授		
坡地災害發生，大部份乃長期變位之累積，達到某一臨界值後才發生，長期微變量之歷時資料，乃是坡地災變預防分析中必要的資料，GPS 之監測是否有足夠的精度，符合這些資料之精度？	感謝委員建議，依據相關文獻說明該地區年位移量約為公分等級，而本團隊目前所測試之多天線 GPS 其觀測精度約落在公分等級，此測量等級應可應用於臺 18 線第四彎地區地表滑移狀況。	同意。
GPS 監測受到地形地物之影響甚鉅，本計畫是否能克服這些困難？	本團隊於選擇 GPS 天線架設地點時，即特別地形地物等可能影響之因子，注意與考量目前資料接收情形也屬可	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
	接受範圍。	
坡地之大地變量，通常在惡劣氣候時變量最大、亦最不規則，在這種天候下 GPS 監測之資料蒐集是否有困難？	GPS 定位訊號較不易受天後影響，因此於惡劣天候下仍可提供定位功能，惟接收設備之防護便顯得至為重要，本團隊於架設時便針對天候可能之衝擊，加強儀器設備防護工作。	同意。
監測站長期監測中，若電力發生中斷時將使監測中止，是否有因應措施？	由於山區市電供應狀況不穩定，因此本團隊分別於前端設備儀器端及資料接收中心 2 處分別架設有 1000KVA 不斷電系統，協助支援短暫電力中斷狀況。	同意。
港研中心 謝明志研究員		
利用 GPS 做遠方監測，特別是多天線的配置，對惡劣地形的資料獲取，電源取得困難下，是一個新穎的構想，計畫值得肯定。	感謝委員肯定，本團隊將戮力以赴，於計畫期限內完成本計畫相關工作。	同意。
儀器測試修正後精度由 10m 約降到 2cm，有顯著改善，而試驗地的滑動（位移）量平均值，平均移動 2cm 約須多久時間，請用儀器精度及地滑地移動速率，來估算儀器接收資料的最小間隔時間、（擷取頻率最小值），擷取的間隔時間愈長，可能愈省電。	感謝委員建議，本團隊依據相關研究成果，進行觀測時間間格調整，目前接收頻率為每分鐘一筆，30 分鐘完成單一天線一週期觀測，因此有效解算時間約為一天，以有效達到節省電力並不影響觀測工作進行，相關研究成果請詳見各期報告書中之說明。	同意。
GPS 是有條件的接收資料，需靠上空的衛星數量及角度，來決定其接	感謝委員建議，由於 GPS 衛星目前維持約 30 顆在天際中運作，因此幾乎全年 24 小	同意。

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位審 查意見
收狀況正常或不適用。因衛星的數量、軌道都是固定的，軟體已可預知某一固定點，何時是可量測？何時是不可量測？在五灣仔這個地方，GPS 的全年適用時段到底有多少？或連續不適用時段，最常會是多少？能否把這些資料彙整出來，供研究參考。	時皆可觀測，為 GPS 天線對於訊號遮蔽問題較為敏感，因此本次觀測天線設置地點皆裝設於高處，避免因地形地物對 GPS 訊號的影響。	

交通部運輸研究所合作研究計畫（具委託性質）

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（1/4）
執行單位：逢甲大學

會議時間：96 年 11 月 14 日下午 2 時 00 分 會議地點：港研中心 2 樓簡報室

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
海洋大學 林三賢教授		
測量小屋及各 GPS 站之布置，應全面測量其絕對及相對位置，因為五彎仔地區之走山有時是大區域性的。	感謝委員建議，本計畫多天線 GPS 坐標系統中之基站坐標系與土地測量局 GPS 參考站進行連測後取得絕對坐標，並將定期進行基站絕對坐標檢測，應可檢測出五彎仔地區大區域性滑動現象。	同意。
位移量之表示建議能分為位移量/每單位小時(i.e 變化率)及一小段或一大段長時間內之累積位移量/時段。	感謝委員建議，由於觀測取樣條件限制，目前建議可提供之有效最小時間單位為『日』，並將依此單位加值，提供後續長時間段累積移動量說明。	同意。
報告內所提供照片除 2004 年者外，能否提供近幾年來之變化情況，以供工程單位參考。	感謝委員建議，本團隊將於計畫執行期間持續進行影像資料蒐集工作，現階段成果報告書中將提供本年度各次現勘調查照片提供委託單位參考。	同意。
成功大學 陳景文教授		
本計畫乃為四年期計畫，第一年計畫應詳細規劃四年期內之明確工作與預期成果。	感謝委員建議，相關規劃說明及預期成果，請參閱本計畫成果報告書第一章中相關說明。	同意。
結論有關測試中，發現地表裂隙達 20cm，而 20 天觀測累積觀測為 9.76 公分，請說明差異之原因。	報告書中所述 20 公分裂隙為架設系統前，於現場勘查時發現該處道路駁坎多處裂隙寬達 20 公分，因此選定鄰近地點設置 GPS	同意。

	觀測天線，經過約 20 日觀測後發現累積位移量達 9.76 公分。	
儀器之系統是否會受到天候之影響，請說明。	全球衛星定位系統定位訊號並不會受到天候影響，惟設置地點屬偏遠山區，常會因惡劣天候而造成市電供應中斷，本團隊雖建置有小型不斷電系統，可供突發短時間市電中斷應急使用，為長時間電中斷仍會造成研究工作中斷，建議可於後續計畫中編列相關備援電力系統經費。	同意。
公路總局第五區養護工程處蔡宗成副處長		
臺 18 線起點已改至嘉義縣太保市高鐵站附近，里程增加約 14 公里報告書中里程數建議修正為新里程(即原里程數加 14 公里)。	感謝委員指正，已於成果報告書中完成修正。	同意。
全球衛星定位監測系統測試，在學校建物屋頂進行雷射經緯儀量測坐標與多天線 GPS 結果比較，GPS 經度較差，經檢討認為反射、干擾、遮蔽效應等影響，而改變 GPS 位置再進行量測比較，其比較結果建議如表 3-2 納入報告書中；另外，如果人力、資源允許，建議增加研究地區現址量測比較。	由於此為於學校實驗場地進行測試，目的在檢核廠商所交付之設備是否符合本計畫實驗需要，因此在發現該組天線受多天線效應影響後，隨即更換該組天線設置位置，並無後續其他比較工作進行。對於現址量測的比較，建議明年度計畫中蒐集該地區之偵測儀器量測數據，以進行交差比較分析工作，可進一步確認該地區整體滑動狀況。	同意。

臺 18 線五灣仔地區是古崩塌積地面積地，面積有四十幾公頃，地質構造複雜，滑動塊體潛移不斷，本研究之 GPS 接收機安裝在滑動範圍區，則提高多天線 GPS 系統的定位精度將受影響。	目前本團隊所採用之多天線 GPS 定位精度為公分等級，對於監測年移動量約為數十公分之第四彎地區監測滑動狀況良好，且基站定期進行絕對坐標比對工作，除監測第四彎地區局部滑動外，對整個五灣仔路段之滑動狀況，亦可定期提供量化之數據資料。	同意。
港研中心賴聖耀研究員		
GPS 天線裝設於電線桿上，其優點是接收訊號較好，缺點是變位也許會受到電線的牽制而產生相反的方向，請再校核。	本團隊除以 GPS 隨時間位移狀況，並定期前往現場以全測站經緯儀進行天線端與基礎（即進行電線桿上、下方偏移差異比較）及各個 GPS 天線相對位置檢核工作，目前經過 2 次檢測發現結果發現現階段上、下方位移趨勢一致。	同意。
報告中之 P.54 圖 3-43 應為第一號天線 Z 方向位移量，P.60 圖 3-43 應為第三號天線 Z 方向位移量，請修正。	感謝委員指正，已於成果報告書中修正完成。	同意。
報告中 P.63 與 P.62 之插圖資料重複，請修正。	感謝委員指正，已於成果報告書中修正完成。	同意。

全球衛星定位與自動化監測系統 在坡地防災之應用(1/4)

逢甲大學地理資訊系統研究中心

簡報人：洪本善 博士

民國96年11月14日

大綱

- 一. 計畫目的與範圍
- 二. 研究背景概述
- 三. 工作內容
 - 3.1. 全球衛星定位監測系統雛型規劃與測試
 - 3.2. 無線電傳輸模式與近景攝影測量雛型規劃與測試
 - 3.3. 近景攝影測量雛形規劃與測試
 - 3.4. 道路邊坡自動化監測系統示範站規劃
 - 3.5. 緊急通報系統與防災應變系統雛型規劃
- 四. 結論與建議

2

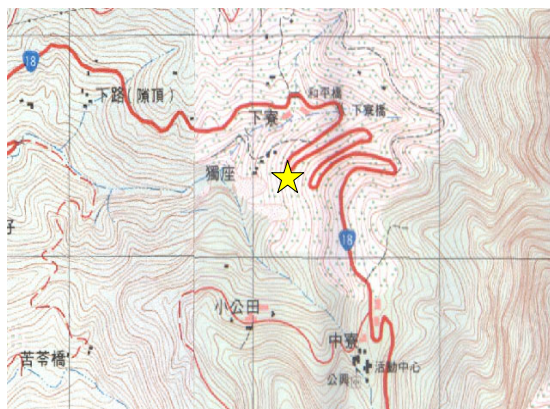
計畫目的

- 針對全球衛星定位與自動化監測系統在坡地防災之應用進行深入探討，並結合全球衛星定位及無線電傳輸技術搭配其他感測器所建構之自動化監測系統。
- 在最短時間內收集最多邊坡災害發生之相關資訊，提供政府做為坡地防災相關課題研究之參考依據，並訂定更有效的管理基準值，減少邊坡災害對國土保持與民眾安危之災損。

3

研究範圍

- 本團隊選定測試地區為**阿里山公路五彎仔公路段**（TWD67橫坐標為212,312m,縱坐標為2,592,307m）



4

阿里山五彎仔 最危險公路

- 2006-12-19【聯合報／記者陳俚任、謝恩得／台北—嘉義縣連線報導】

梅嶺大車禍後，危險道路受到國人關注。交通部官員透露，阿里山公路五彎仔段是全台危險公路之首，除道路本身又陡又彎外，邊坡還會走山，公路總局幾經會診，「試過各種方法都擋不住」，很讓人擔心。



阿里山公路廿八至卅一公里段，俗稱五彎仔路段，邊坡會走山，每年往外位移約廿公分，其中第四彎，公路總局評估須立即改善。
記者謝恩得／攝影

5

研究範圍

攝影機觀測影像

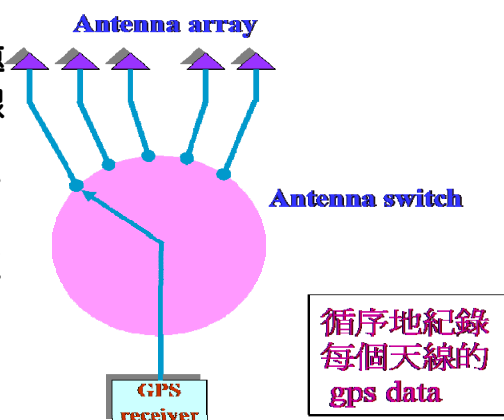


6

研究背景概述

全球衛星定位現況

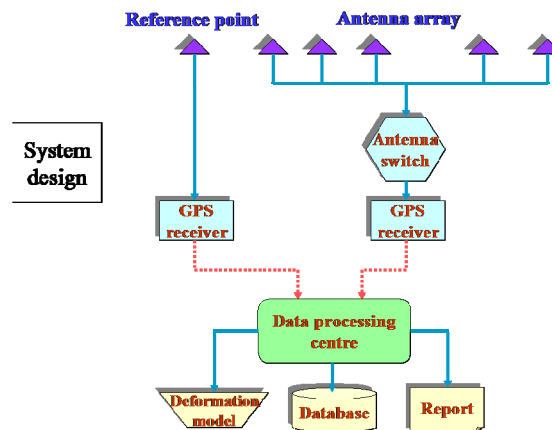
- 規劃利用標準商業化GPS接收機和一個專門設計的GPS多天線開關（switch），使得多個天線能和一台接收機連接在一起，所有天線所在的點位元都能監測。



GPS多天線開關（GMS）設計

新一代多天線系統

- 採用分時原理允許每個天線都能與接收機連接，並用一個特別設計的GPS多天線開關，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。



新一代多天線系統的差分定位構造

9

監測系統雛形規劃

無線電定位方式

1. 全球衛星定位（GPS）：利用不同衛星傳送信號之時間差進行定位
2. 其他無線電定位：利用無線電接發機傳送信號之方向、強度、或傳輸時間差進行定位

無線電傳輸方式

1. GSM/GPRS
2. WLAN/802.11x
3. 其他無線電傳輸模式（如：FSK/ASK）

10

監測系統雛形規劃

衍生之組合模式

組合模式	無線電定位	無線電傳輸
GPS + GSM/GPRS	GPS	GSM/GPRS
GPS + WLAN/802.11x	GPS	WLAN/802.11x
GPS + FSK/ASK	GPS	FSK/ASK
GSM/GPRS only	GSM/GPRS	GSM/GPRS
WLAN/802.11B/G only	WLAN/802.11x	WLAN/802.11x
FSK/ASK only	FSK/ASK	FSK/ASK

11

全球衛星定位與無線電傳輸模組測試

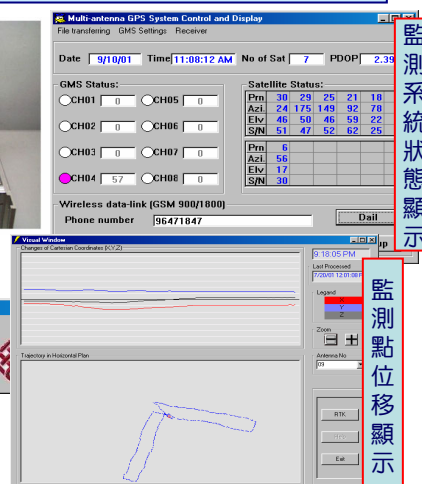
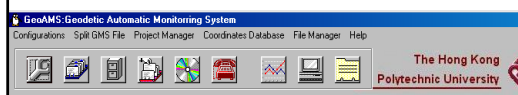
項目一 測試多天線GPS系統與無線電傳輸模組的介面，以及資料擷取

項目二 測試無線電傳輸模組與微處理器的介面，以及資料傳輸與擷取

GPS接收機、GMS和資料通訊系統



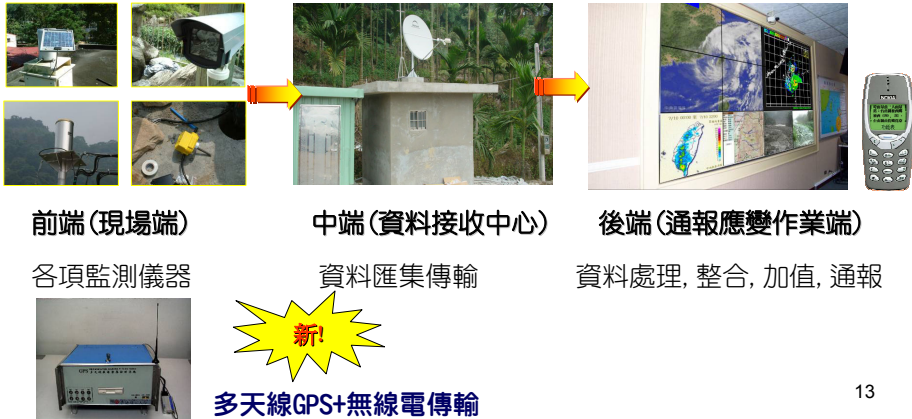
資料處理和分析軟體



道路邊坡自動化監測系統示範站規劃與建置

利用五彎仔地區現有之自動化監測之厚實基礎，作為本計畫之試驗場。

五彎仔地區監測系統現有三層式架構(3-tiers framework)

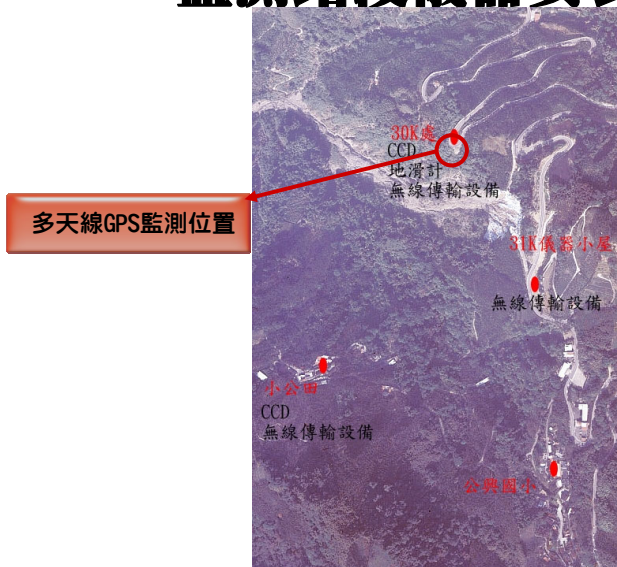


13

監測路段儀器系統現況



監測路段儀器安裝規劃



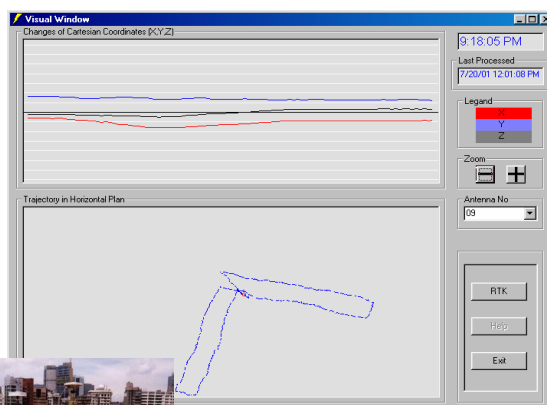
15

本計畫特點

- 當地傳統之監測方式多採行「點」狀之監測，對於複雜之大地現況難以巨觀方式描述。
- 傳統之監測方式昂貴，因此無法大量佈點
- 多天線GPS監測方式精度高，可大量佈點，益本比極高。
- 利用五彎仔已具有自動化監測之厚實基礎，可作為全台第一座全天候高精度坡地災害觀測示範站。

16

監測點位儀顯示



17

測試成果

全球衛星定位監測系統雛形規劃與測試

- 全球衛星定位與無線電傳輸監測系統係由多天線GPS系統、無線電接發機及終端資料接收中心三部分組成，系統需符合下列要求：
 - 造價便宜。
 - 可獨立自主（無人化）進行坡地觀測工作。
 - 通訊設備可克服天候及地形限制，立即傳送現場資料回應變中心。

19

多天線GPS測試

測試場地:逢甲大學商學館13F



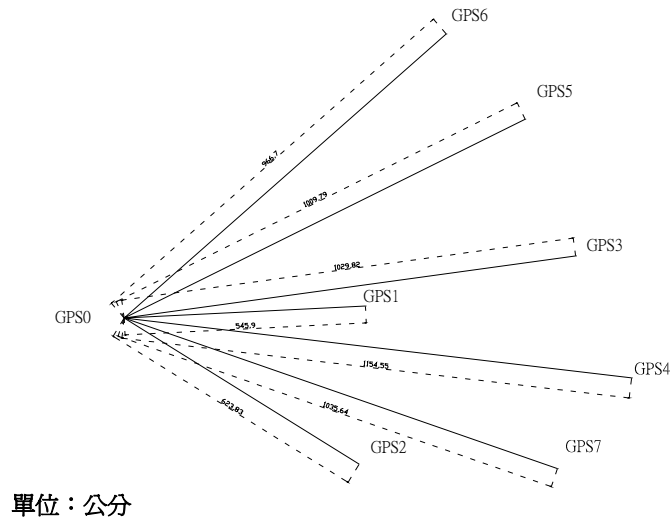
室內儀器設備



室外GPS天線組

20

靜態多天線GPS初始值量測結果



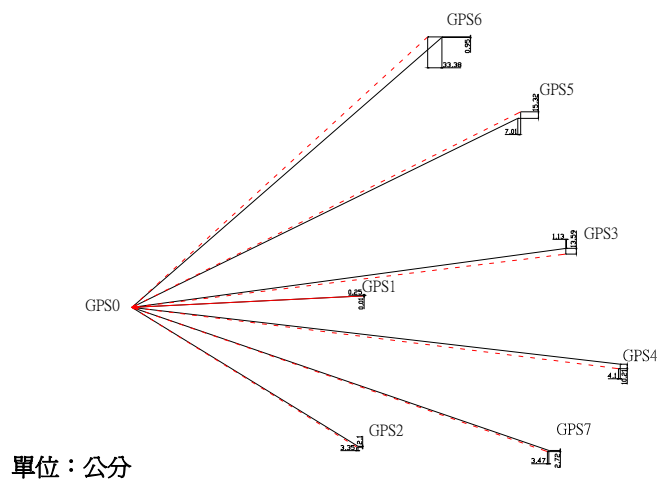
21

靜態多天線GPS初始值坐標

測站編號	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)
GPS0	0	0	0
GPS1	545.23	27.05	-514.92
GPS2	531.67	-327.14	-404.19
GPS3	1020.38	139.09	-507.18
GPS4	1146.76	-133.93	-491.37
GPS5	906.27	445.34	-479.36
GPS6	727.94	636.10	-475.67
GPS7	979.30	-336.95	-390.93

22

雷射經緯儀量測與多天線GPS初始值 量測結果比較



23

雷射經緯儀與多天線GPS量測結果比較

測站編號	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)	X (cm)	Y (cm)	Z (cm)
GPS0	0	0	0	多天線GPS比較差異		
GPS1	544.98	27.04	-490.20	0.25	0.01	-24.72
GPS2	527.82	-328.62	-383.10	3.85	1.48	-21.09
GPS3	1018.63	125.49	-492.80	1.75	13.6	-14.38
GPS4	1142.66	-144.14	-491.00	4.1	10.21	-0.37
GPS5	913.28	460.69	-491.10	-7.01	-15.35	11.74
GPS6	694.56	637.05	-488.00	33.38	-0.95	12.33
GPS7	975.83	-339.66	-383.50	3.47	2.71	-7.43

24

第一階段測試狀況

- 多天線GPS準確性較差的原因，主要是在於GPS天線距離地面太低，衛星訊號有反射的現象。
- 頂樓屋凸（儀器屋）的位置剛好遮蔽大約一半的對空通視，產生多路徑的效應。
- 進行水準與高程測量時，因為不確定天線內部接收晶片的真實位置，故以天線頂部為量測目標，所以才會造成以上的結果。

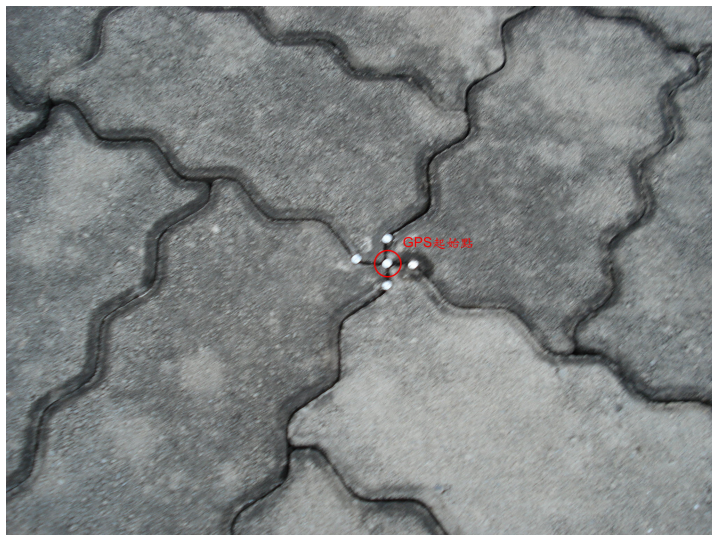
25

修改測試



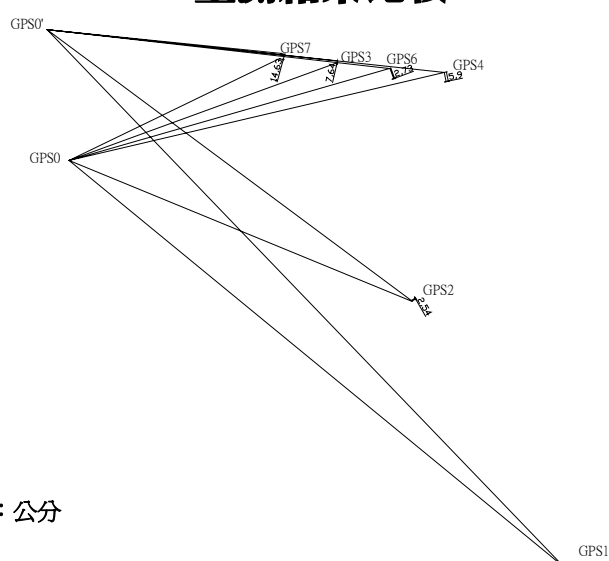
26

多天線GPS移動測試點



27

修正後雷射經緯儀量測與多天線GPS初始值 量測結果比較



單位：公分

28

修正後雷射經緯儀量測與多天線GPS初始值 量測結果比較

測站編號		x	y	z
測站 2	經緯儀	109.3634	97.7714	11.6688
	GPS	109.37	97.772	11.664
	差值	-0.66	-0.06	0.48
測站 3	經緯儀	106.0288	103.147	11.3648
	GPS	106.025	103.147	11.351
	差值	0.38	0	1.38
測站 4	經緯儀	90.6461	97.655	11.5724
	GPS	90.66	97.652	11.391
	差值	-1.39	0.3	18.14
測站 5	經緯儀	90.5877	102.1316	11.3974
	GPS	90.612	102.126	11.386
	差值	-2.43	0.56	1.14
測站 6	經緯儀	83.1861	102.5695	11.3486
	GPS	83.208	102.57	11.336
	差值	-2.19	-0.05	1.26
測站 7	經緯儀	76.2541	97.6472	11.4703
	GPS	76.277	97.636	11.458
	差值	-2.29	1.12	1.23
測站 8	經緯儀	76.0137	106.8461	11.5876
	GPS	76.262	106.721	11.63
	差值	-24.83	12.51	-4.24

單位：公分

29

小結

- 目前還在進行多天線GPS系統測試階段，只有比對移動站初始位置與傳統測量結果。接下來將進行修改多天線GPS位置後之靜態初始值位置量測與固定移動量（約1.5至2cm）下之動態量測比對，以確認多天線GPS之穩定性與準確性。

30

無線電傳輸模組雛形規劃

- 無線感測網路之應用多為將感測器大量佈建於環境中，為了要避免干擾本來的環境，感測器的硬體設計大多體積小且設計精簡。目前學界以及部分業界之先期研究多採用由U.C. Berkeley所設計之Telos硬體平台，本計劃主要會使用Telos為無線感測器的硬體平台。

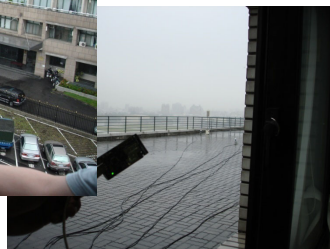


Telos之硬體規格

元件	規格	特點
Processor	TI MSP430	16-Bit CPU
RAM Flash	10kB 48kB	
RF module	CC2420	符合Zigbee規格之晶片
頻帶	2.4GHz	
資料傳輸速率	250 Kbps	
傳輸範圍	20M~30M (室內) 75M~100M(室外)	*資料來源：rossbow Inc.

無線感測網路測試

試驗場地	遺失率	距離
室內無遮蔽	6%	12公尺
室外有下雨，有遮蔽	52%	20公尺
室外有下雨，無遮蔽	47%	35公尺



WSN測試結果

- 兩套WSN+RF放大器+指向天線+整合雨量計
- 架構是採telosb加上2.4ghz放大器與指向天線，傳輸距離為300公尺，傳輸率100%



33

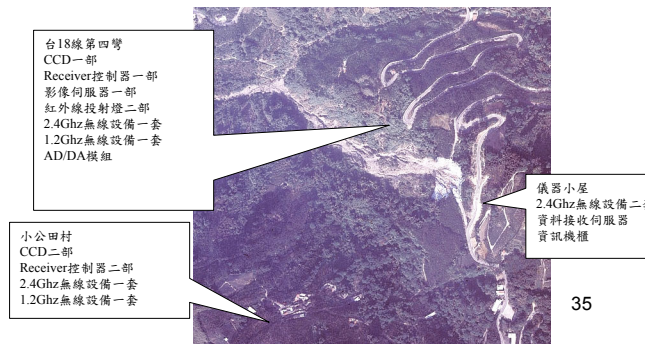
小結

1. 由於此無線感測器的天線是有方向性的，而在試驗的過程中，因為天線並沒有互相對準，所以遺失率偏高。
2. 此無線感測器版本是使用功率較低且耗電量低的傳輸模組，所以其傳輸距離約為40m，接下來會提高其功率和修改天線種類以改善傳輸距離。
3. 關於遺失率的部分可以利用內部記憶的功能，在通訊中斷的過程中，先行記錄在內部記憶體內，待通訊回復後一併傳回，以克服遺失率的問題。
4. 此無線感測器很容易受到金屬的遮蔽所影響，故未來將使用非金屬材質的外殼包覆，並做到在戶外能防水和防潮。

34

小結

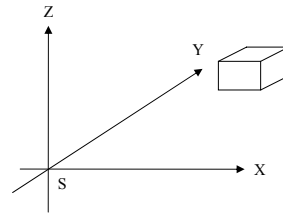
5. 由於第四彎無法直接傳輸到儀器小屋，故將多天線GPS所接收到的原始資料，利用無線傳輸方式先傳至小公田村，再由小公田村傳送至儀器小屋，且GPS基站（位於儀器小屋旁之空曠處）的原始資料也是利用無線傳輸方式直接傳回儀器小屋。



近景攝影測量雛形規劃與測試

近景攝影測量雛形規劃與測試

- 依本計畫現有之攝影硬體設備作雛型規劃，採用單攝影機作地表二度空間變位監測，本規劃採用時間基線視差法量測。其原理由一固定攝影站對地物連續拍攝從中擷取其相應之兩張影像，將此兩張影像組成像對，量出預測點之視差變化值，並由該點之成像比例尺，即可計算該點運動之變量。



$$\Delta X = X' - X = \frac{Y}{f} x' - \frac{Y}{f} x$$

$$\Delta Z = Z' - Z = \frac{Y}{f} z' - \frac{Y}{f} z$$

$$= \frac{Y}{f} \Delta x = M_b \Delta x$$

$$= \frac{Y}{f} \Delta z = M_b \Delta z$$

$$\Delta D = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Z^2} = M_b \sqrt{\Delta x^2 + \Delta z^2}$$

上式 x, z, x', z' 變形前後目標點的像點坐標；

$\Delta x, \Delta z$ 點在像面上的位移；

X, Z, X', Z' 變形前後目標點的坐標；

$\Delta X, \Delta Z$ 點在物空間的位移；

Y 攝影站與目標點的距離；

f 攝影機焦距。

37

整合現地影像進行綜合分析

- 利用現有之CCD攝影機提供之影像，以監測範圍內之固定參考點進行長期觀測，搭配GPS分析成果，判斷該位移情形綜合判斷。



一號攝影機

固定參考點



二號攝影機

38

現有CCD監視影像



小公田村CCD#1傳回之第四彎影像



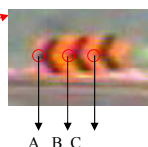
小公田村CCD#2傳回之崩塌區影像



第四彎CCD 傳回之影像

39

近景攝影測試



測點	X (公尺)	Y (公尺)
A	144.7875±0.009873	126.7551±0.008731
B	146.9761±0.012389	126.8518±0.016037
C	148.9881±0.017058	126.9484±0.02327

取上圖標示牌作測試：

$L=AC$ 的實測距離=1.195公尺

Dist=攝影站至A、B、C各點平均距離=36.553公尺

$l=AC$ 影像量測距離=4.205046

$IBC = BC$ 影像量測距離=2.014038

$L'BC = IBC \times Mb = 0.572354$ 公尺

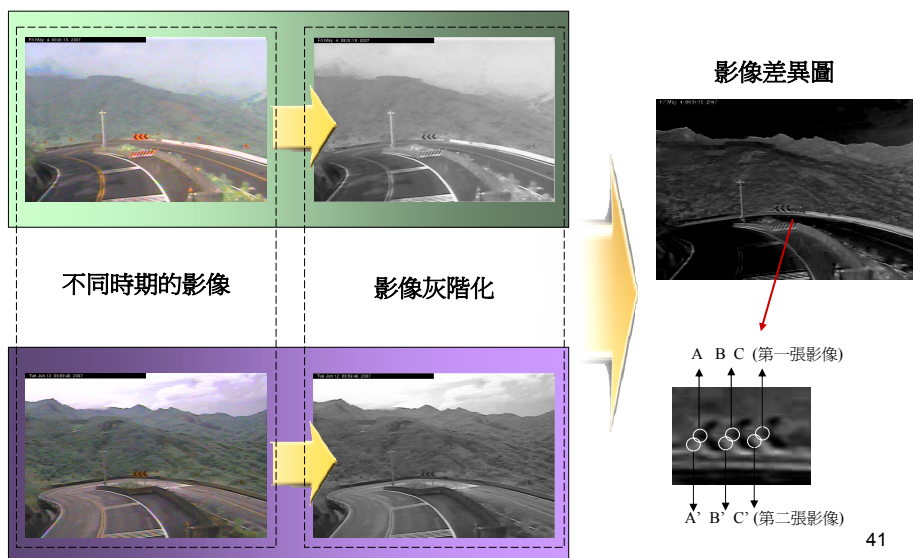
LBC 實際量測距離=0.578公尺

差數 $\Delta LBC = L'BC - LBC = -0.00565$ 公尺

計算精度= 1/6474

40

近景攝影測試



41

近景攝影測試實驗成果(1/2)

時期	504-903			504-612			612-703		
	X	Y		X	Y		X	Y	
A	144.8335	126.9023		144.8427	126.7956		143.8858	126.2391	
A'	143.0394	125.1097		144.6414	126.4939		144.159	126.2391	
			2.53618			0.362691			0.2732
		A點相差量	0.721		A點相差量	0.103		A點相差量	0.078
B	146.9123	126.9023		147.024	126.8627		146.037	126.4097	
B'	144.977	125.5399		146.8562	126.4603		146.2419	126.4438	
			1.948159			2.148848			1.882954
		BC檢核	0.554		BC檢核	0.611		BC檢核	0.535
			2.366753			0.435985			0.207718
		B點相差量	0.673		B點相差量	0.124		B點相差量	0.059
C	148.8522	127.0815		149.1718	126.9298		147.915	126.5462	
C'	146.6634	125.5757		148.7355	126.5944		148.1882	126.5803	
			2.656742			0.550319			0.27532
		C點相差量	0.755		C點相差量	0.156		C點相差量	0.078

42

近景攝影測試實驗成果(2/2)

時期	7030804			8040903		
	X	Y		X	Y	
A	144.2834	126.2763		143.944	126.2457	
A'	144.0152	126.0419		142.979	125.0961	
			0.356195			1.500935
		A點相差量	0.101		A點相差量	0.427
B	146.4957	126.4773		145.9854	126.5053	
B'	146.0599	126.1759		145.1317	125.1703	
			1.781547			1.8557
		BC檢核	0.506		BC檢核	0.527
			0.529871			1.584623
		B點相差量	0.151		B點相差量	0.450
C	148.2722	126.6113		147.8411	126.5053	
C'	147.9035	126.3098		146.9132	125.2444	
			0.476279			1.565525
		C點相差量	0.135		C點相差量	0.445

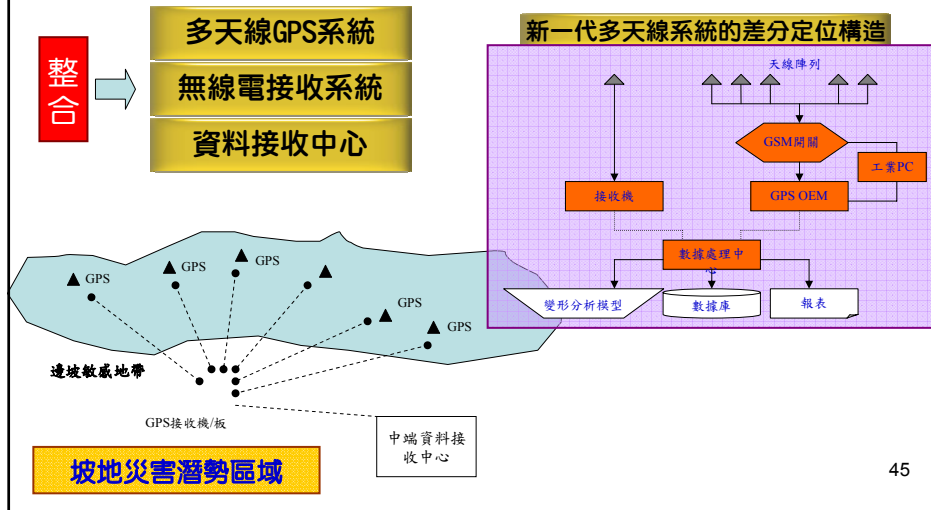
43

小結

- 由以上結果顯示，各月份間均有地表單獨之變動量，由於地表變動非規則性，且相機不甚穩定，因此影像量測尚有微變誤差存在，致使影響地物座標變化。本研究之數據已顯示出地表具有變化，變化數值必須與多天線GPS比對。未來可再作相機穩定性之研究，始能正確判釋地表變位量。

監測系統雛形規劃

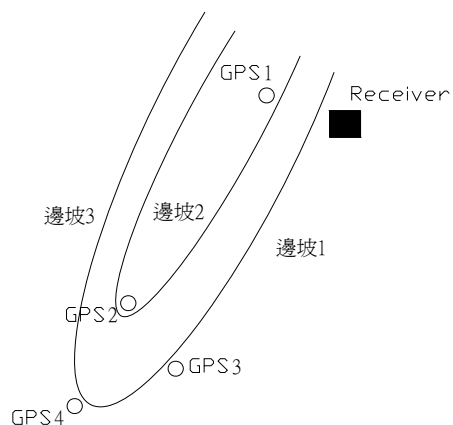
本計畫以多天線GPS系統、無線電接發機及資料接收中心三部分進行結合，並且利用衛星定位的技術，求取坡地災害的即時資料



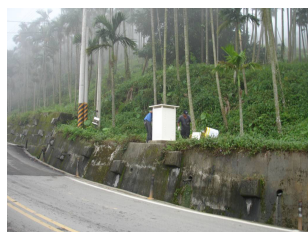
45

儀器現場配置規劃

全球衛星定位監測系統實地測試



現地多天線儀器配置圖



位於台18線第4彎路段之儀器設備箱



儀器設備箱內部設備狀況

47

接收天線安裝位置



1號天線（無線CCD頂端）



2號天線（第4彎路燈頂端）



第3號天線



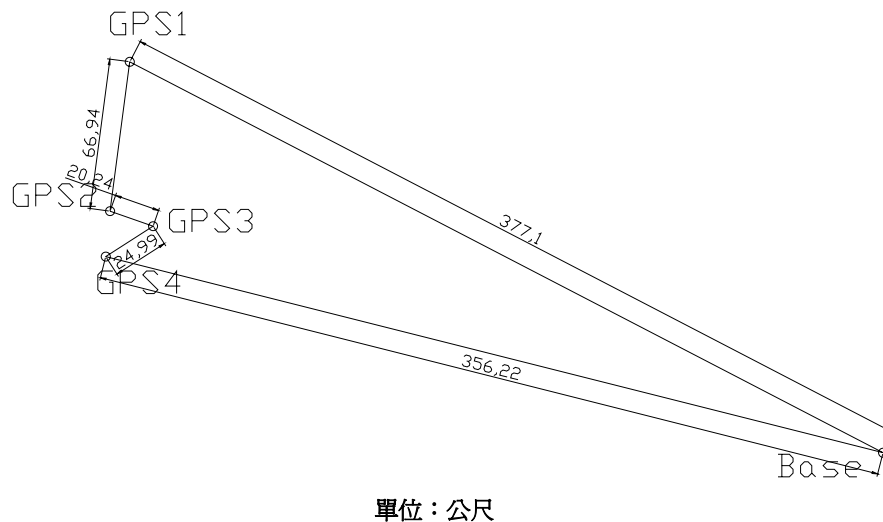
第4號天線（自立支架）



GPS基站天線位置

48

台18線GPS測點相對位置

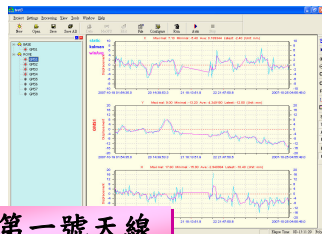


測試數據

測站	靜態座標 (m)			3天動態座標 (m)			3天位移量 (cm)		
	X	Y	Z	X	Y	Z	dX	dY	dZ
GPS1	334.7169	-173.6945	-66.1253	334.7145	-173.7077	-66.1578	-0.24	-1.32	-3.25
GPS2	285.491	-218.9558	-75.3336	285.4819	-218.9744	-74.8855	-0.91	-1.86	-2.76
GPS3	269.0273	-207.2832	-77.9727	269.0205	-207.3074	-77.9852	-0.68	-2.42	-1.25
GPS4	270.1067	-232.2456	-82.5404	270.1033	-232.2671	-82.5615	-0.34	-2.15	-2.11

20天動態座標 (m)			20天位移量 (cm)		
X	Y	Z	dX	dY	dZ
334.7129	-173.7236	-66.191	-0.4	-2.91	-6.57
285.4887	-218.0387	-74.9328	-0.23	-8.29	-7.49
269.0205	-207.3808	-77.0147	-0.68	-9.76	-4.2
270.0954	-232.3301	-82.605	-1.13	-8.45	-6.46

道路邊坡自動化監測系統



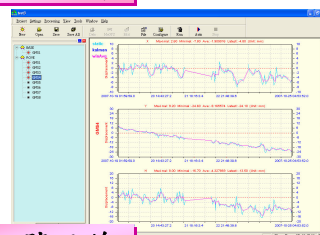
第一號天線



第二號天線



第三號天線



第四號天線

51

監測成果

第一號天線位移量



X方向

Y方向

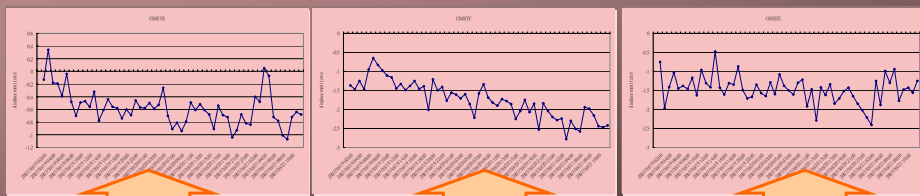
Z方向

第二號天線位移量



監測成果

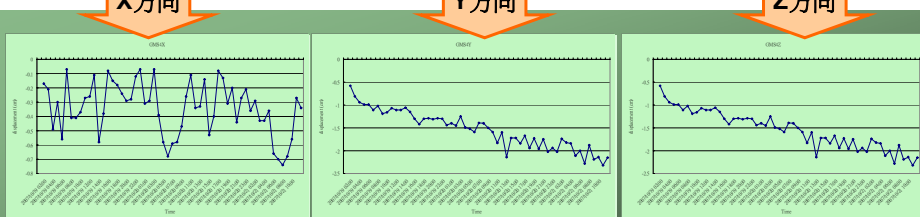
第三號天線位移量



X方向

Y方向

Z方向

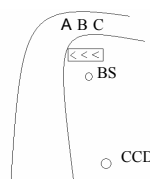


第四號天線位移量

現場實際測量結果

96年10月30日下午3:00 ~ 5:00

- 以全測站經緯儀實測數據，10月ABC到CCD的距離為37.141公尺，6月ABC到CCD的距離為36.553公尺，相差0.588公尺；另從影像量測得知5月到9月ABC平均差異量為0.791公尺，兩者數據有相對關係。



實測數據(單位:公尺)

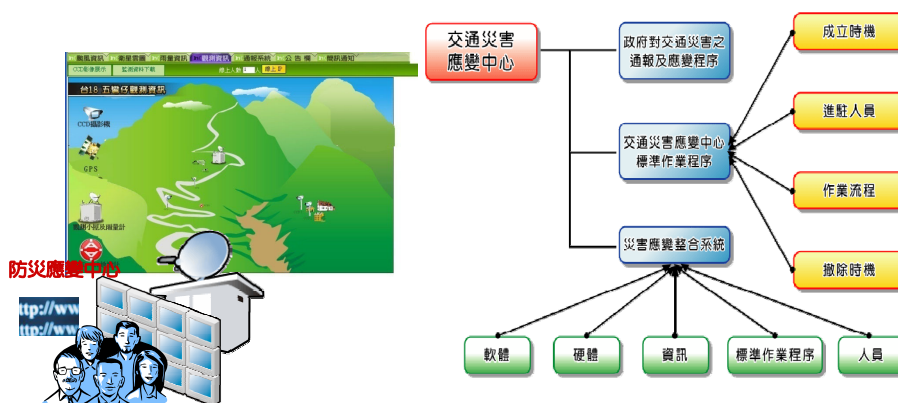


俯視簡圖

日期	ABC - CCD	ABC - BS	BS - CCD
96年6月13日	36.553	4.306	33.537
96年10月30日	37.141	4.519	33.838

緊急通報系統與防災應變系統雛型規劃

- 依據交通部災害應變中心成立前、中、後之標準作業程序，包括成立時機、進駐人員、作業流程及撤除時機；以整合運作順利之「緊急通報系統與防災應變系統」之各項要件，如軟硬體、各項資訊及人員之需求。



結論與建議

結論

- 本計畫整合先進科技技術，坡地防災之應用提出具體解決方案，並於阿里山公路段初步完成全球衛星定位及無線電傳輸模組系統監測測試工作。
- 主動針對公路段所架設之攝影機資料進行近景攝影測量初步研究工作，並將相關資訊整合於道路邊坡自動化監測系統示範站規劃中，以作為緊急通報系統及防災應變系統之發展之依據。
- 本年度第四彎地區經歷帕布、梧提、聖帕颱風、柯羅沙颱風夾帶大量豪雨之惡劣氣候侵襲下，該地區目前可明顯發現多處地表滑動現象，地表裂隙最大處約達20公分左右，因此在相關設備再試驗完成後，累積20天觀測發現多組天線GPS設置位置產生變位情形，且最大位移量為9.76公分。

結論與建議

- **建議**

 近景攝影測量所得到的結果為4個月長時間下的變化量，但是目前GPS所量測的動態時間還不長，所以只能針對兩者之邊坡滑動的速率進行比對。未來待GPS有更長時間的動態測量結果，會與近景攝影測量互相驗證。

 接下來會再規劃另外四個GPS佈設於台18線第四彎，結合先前的四個GPS，未來將可以更精確的量測出第四彎的滑動方向與速率。

 近景攝影測量部分未來將會利用其他高畫數攝影機，以彌補現有的CCD分析精度之不足。

57

簡報結束
敬請指教

58