

坡地社區減災營造與智慧防災系統  
整合研發－  
預力地錨破壞監測及整體系統穩定  
性之強化

成果報告

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國108年12月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)



# 坡地社區減災營造與智慧防災系統 整合研發－ 預力地錨破壞監測及整體系統穩定 性之強化

受委託者：明新科技大學

研究主持人：郭治平

共同主持人：鄧福宸

研究人員：沈哲緯

研究助理：林宛瑩、吳晉維

計畫期程：中華民國108年1月至108年12月

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國108年12月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)



## 目次

目次.....	i
圖次.....	v
表次.....	vii
摘要.....	ix
ABSTRACT.....	xv
<b>第一章 緒論 .....</b>	<b>1</b>
第一節、研究緣起與背景 .....	1
壹、研究緣起.....	1
貳、研究背景與目標.....	1
第二節、相關研究近況與參考資料.....	7
壹、無線傳輸技術方面.....	7
貳、管理值訂定方面.....	11
第三節、工作項目與範圍.....	12
第四節、研究方法及進度說明.....	13
<b>第二章 文獻回顧與研究區域概述 .....</b>	<b>15</b>
第一節、人工邊坡致災原因回顧.....	15
第二節、人工邊坡監測器.....	19
第三節、無線傳輸系統技術.....	22
壹、低耗能長距離廣域無線網路技術(Low Power Wide Area Network, LPWAN).....	23
貳、LPWAN主要通訊技術分析.....	25
參、LPWAN主要通訊技術之比較.....	30
肆、本案採用NB-IoT之特色.....	31
第四節、研究區域概述.....	32
壹、氣象資料.....	32
貳、地質資料.....	33
參、現況照片.....	35
<b>第三章 邊坡監測器整合與傳輸系統 .....</b>	<b>37</b>
第一節、整合型監測器研發.....	37
第二節、整合型感測器電力來源.....	43
壹、太陽能發電系統.....	43

貳、儲電系統.....	43
第三節、整合型監測器與通訊系統之測試安裝.....	45
<b>第四章 地錨揚起試驗與監測系統安裝 .....</b>	<b>47</b>
第一節、地錨揚起試驗.....	47
壹、地錨揚起試驗意義.....	47
貳、受測地錨選取.....	47
參、地錨揚起試驗.....	50
肆、地錨內視鏡檢測與既存荷重檢測成果.....	53
伍、地錨防鏽處理.....	58
陸、地錨荷重計安裝.....	59
第二節、本次地錨試驗綜合評述.....	61
<b>第五章 邊坡監測系統運作情形 .....</b>	<b>63</b>
第一節、現場安裝完畢狀況.....	63
第二節、整合監測感應器部分.....	67
第三節、通訊部分.....	68
<b>第六章 防災資訊平台展示 .....</b>	<b>73</b>
第一節、平臺系統需求分析.....	73
第二節、平臺系統架構與核心技術.....	73
第三節、平臺開發成果與展示.....	77
<b>第七章 本監測技術之推廣情況 .....</b>	<b>83</b>
第一節、建置成本.....	83
第二節、邊坡社區監測服務可能之執行模式.....	84
第三節、本年度示範社區之安裝意願.....	85
壹、擋土牆設施維護.....	85
貳、邊坡安全相關監測作業.....	85
<b>第八章 本年度研究案各項會議歷程 .....</b>	<b>87</b>
第一節、工作會議.....	87
第二節、專家會議.....	88
第三節、專業訪談.....	88
第四節、推廣說明會記錄.....	89
<b>第九章 初步制定安全管理值方法研究 .....</b>	<b>91</b>
第一節、示範案例.....	91
第二節、數值模擬.....	91

壹、 分析目的 .....	91
貳、 數值模擬方法與作法 .....	91
參、 輸入參數及邊界條件 .....	91
肆、 分析設計 .....	92
第三節、 數值驗證結果 .....	93
<b>第十章 結論與建議 .....</b>	<b>97</b>
第一節、 結論 .....	97
第二節、 建議 .....	98
<b>參考文獻 .....</b>	<b>100</b>
<b>附錄一 專家會議記錄 .....</b>	<b>101</b>
<b>附錄二 工作會議記錄 .....</b>	<b>107</b>
<b>附錄三 推廣說明會會議記錄 .....</b>	<b>121</b>
<b>附錄四 審查意見與回覆 .....</b>	<b>125</b>
<b>附錄五 前期(107年度)計畫摘要 .....</b>	<b>133</b>
<b>附錄六 感測器與通訊器材相關文件 .....</b>	<b>137</b>



## 圖次

圖1-1 國道三號3.1K順向坡滑動空拍照片(內政部空勤總隊拍攝 2010).....	4
圖1-2 林肯大郡倘土牆破壞照片(廖洪鈞提供) .....	4
圖1-3 林肯大郡之預力地錨鋼腱射出與錨頭脫落照片(廖洪鈞提供) .....	4
圖1-4 於南投縣信義鄉神木村土石流觀測站進行LoRa傳輸試驗狀況(水保局 2018) .....	8
圖1-5 於宜蘭縣大同鄉四季聚落進行LoRa傳輸試驗狀況(水保局 2018).....	9
圖1-6 台北市文山區某測試點相對位置關係與紀錄(建研所 2018) .....	10
圖1-7 103/07/25~103/09/09 BH-5孔口變位與變位速率(水保局 2014).....	12
圖1-8 計畫預定執行流程圖 .....	13
圖2-1 達觀鎮社區擋土牆崩塌 .....	17
圖2-2 達觀鎮社區雨量圖 .....	17
圖2-3 本研究預計採用之雨量監測系統示意圖 .....	20
圖2-4 本研究預計採用之自動化連續記讀水壓觀測記模組 .....	20
圖2-5 本研究採用之地錨荷重計 .....	21
圖2-6 LPWAN廣域物聯網服務之願景模擬 .....	22
圖2-7 訊號傳輸示意圖 .....	23
圖2-8 新店區示範社區 .....	23
圖2-9 LPWAN廣域物聯網路之優勢及IoT頻譜分析 .....	24
圖2-10 LPWAN具長距離低耗能之傳輸特性 .....	24
圖2-11 LoRaWAN 基地台規格特色.....	26
圖2-12 Sigfox服務架構.....	27
圖2-13 Weightless的特色 .....	29
圖2-14 LPWAN通訊技術支援服務比較 .....	30
圖2-15 研究區域附近歷年雨量資料(水利署01A410測站).....	32
圖2-16 研究區域位置圖(底圖取自1/25000經建版地形圖4版) .....	34
圖2-17 研究區域地質分布圖(底圖取自中央地調所) .....	34
圖2-18 研究區域現況照片(108/03/21) .....	35
圖3-1 雙軸傾斜儀 .....	37
圖3-2 振弦式裂縫計 .....	38
圖3-3 土壤水分計 .....	39
圖3-4 水壓計 .....	39
圖3-5 自計式雨量筒 .....	40
圖3-6 地錨荷重計 .....	40
圖3-7 整合感測器外箱之尺寸 .....	41
圖3-8 整合感測器外箱施作 .....	41
圖3-9 整合感測器於現場安置完畢示意圖與透視圖 .....	42
圖3-10 整合感測器透過NB-Iot測試.....	42
圖3-11 太陽光電發電案例 .....	43

圖3-12 本實驗之訊號轉換系統與通訊系統整合組裝 .....	45
圖3-13 監測系統運作流程圖 .....	46
圖3-14 監測測試成果範例 .....	46
圖4-1 受測地錨挑選 .....	49
圖4-2 選出之受測地錨頭情況 .....	50
圖4-3 地錨揚起試驗裝置與照片示意圖 (方仲欣等人 2014) .....	51
圖4-4 本研究預計採用之預力地錨施拉和荷重量測構造(廖洪鈞等人 2017) .....	52
圖4-5 地錨防鏽處理過程 .....	58
圖4-6 地錨完成防鏽後加蓋 .....	59
圖4-7 地錨荷重計安裝 .....	60
圖5-1 示範社區平面圖與相關擋土及監測設施(改自監測公司) .....	63
圖5-2 示範社區部份邊坡監測結果(摘錄自監測公司) .....	64
圖5-3 現場監測設備裝設完畢後照片 .....	65
圖5-4 現場監測儀器裝設完畢後照片 .....	66
圖5-5 感測器作動紀錄 .....	68
圖5-6 本研究使用之NB-IOT模組 .....	69
圖5-7 本研究採用NB-IoT之某段時間傳輸紀錄 .....	71
圖6-1 本研究之智慧監控系統前後端開發架構圖 .....	74
圖6-2 Bootstrap分段點響應效果示意圖 .....	75
圖6-3 響應式效果案例說明 .....	75
圖6-4 Web-GIS各種地圖視覺化方式 .....	76
圖6-5 turf.js IDW空間內插-以全台雨量測站為例 .....	76
圖6-6 示範社區人工邊坡智慧監控系統首頁 .....	79
圖6-7 專案介紹功能 .....	79
圖6-8 監測示警功能-子彈圖 .....	79
圖6-9 監測示警功能-時序列折線圖 .....	80
圖6-10 Web-GIS地圖功能-可互動式地圖 .....	80
圖6-11 Web-GIS地圖功能-邊坡裝設照片 .....	80
圖6-12 Web-GIS地圖功能-動態查詢 .....	81
圖6-13 即時防災看板 .....	81
圖6-14 本系統RWD效果呈現 .....	81
圖9-1 GEO-SLOPE分析數值模型圖 .....	91
圖9-2 Anchor設置模型圖 .....	92
圖9-3 Surcharge設置模型圖 .....	93
圖9-4 pore-Water Pressure設置模型圖 .....	93
圖9-5 數值分析結果(Anchor 36t) .....	94
圖9-6 數值分析結果(Anchor 30t) .....	94
圖9-7 數值分析結果(Anchor 25t) .....	95
圖9-8 數值分析結果(Anchor 20t) .....	95

## 表次

表1-1 全臺重大順向坡滑動致災歷史事件簿(紀宗吉 2010) .....	3
表1-2 於南投縣信義鄉神木村土石流觀測站進行LoRa傳輸試驗成果(水保局 2018) .....	8
表1-3 於宜蘭縣大同鄉四季聚落進行LoRa傳輸試驗成果(水保局 2018).....	9
表1-4 位移速率與邊坡穩定性判斷建議表(日本地滑對策技術協會 1978) .....	11
表1-5 高雄寶山聚落(坡地社區)建議之安全監測管理值(水保局 2014).....	12
表2-1 LPWAN主要技術比較表 .....	30
表4-1 地錨檢測評估分級建議表 .....	48
表4-2 揚起試驗成果闡釋須注意事項(方仲欣等人 2014) .....	51
表4-3 地錨既存荷重及健全度之概略判斷標準(譯自日本獨立行政法人土木研究所等，2008) .....	52
表4-4 G1地錨檢測成果 .....	54
表4-5 G2地錨檢測成果 .....	55
表4-6 G3地錨檢測成果 .....	56
表4-7 G4地錨檢測成果 .....	57
表5-1 本次研究採用國內某知名電信之現行NB-IoT資費方案.....	70
表7-1 常見自然邊坡監測儀器裝設費用 .....	83
表8-1 工作會議歷程 .....	87
表8-2 專家會議歷程 .....	88
表8-2 專家會議歷程 .....	88
表8-4 推廣說明會歷程 .....	89
表8-5 第二場推廣說明會節目與議題 .....	89
表9-1 材料參數 .....	91
表9-2 GEO-SLOPE分析設計 .....	92
表9-3 GEO-SLOPE分析設計結果 .....	94



## 摘要

關鍵字：坡地社區、邊坡安全監測、地錨擋土牆、揚起試驗、物聯網、雲端大數據

### 壹、研究緣起

台灣由於地狹人稠，都會區提供居住用地有限，因此山坡地社區比例極高。然而由於地質條件不良且面臨日益頻仍之極端降雨，坡地社區中的邊坡監測自動化為提供在地化預警的重要方法之一。由於預警所需的管理值建立需要長期的觀測以取得相關數據，因此監測儀器的耐久性與穩定性相當重要。社區中除了自然邊坡外，人工擋土設施中，地錨是常見提供穩固的方法，其工作荷重的變化相當重要，但相關之監測並不常見於坡地社區。建研所近年以坡地社區智慧防災系統研發為中心，已陸續完成自然邊坡與整合型一般人工邊坡智能感測器，本年度計畫除再加入預力地錨監測功能外，亦宜針對選定之坡面進行數值分析，以了解監測邊坡可能之破壞機制，並進一步提出可能之安全監測管理值，以供未來本系統推動與應用之參考。

### 貳、方法與過程

基於前期計畫「山坡地社區智慧防災系統精進—人工邊坡智能感測器研發與雲端系統擴充應用」成果，已研發人工邊坡之智能感測器，本年度除致力改善人工邊坡智能感測器之耐候性外，為降低通訊成本與提高穩定性，改採用較為通用之NB-IOT進行訊號傳輸，另外針對常見之既有地錨邊坡進行檢測與維護外，並挑選其中具代表性之地錨進行揚起試驗與荷重監測，並提出制定安全管理值之方法。最後透過上述成果，作為推廣說明會之題材，以供社區居民、產業界、公部門與學界交流討論之題材，進一步促成商轉目的。

本(108)年度研究計畫具體目標如下：

一、強化與擴充前期開發之智能感測器：以建研所已研發之適合

於一般社區人工與自然邊坡使用之整合型智能感測器為藍本，該智能感測器之最大特色為以高剛性之不銹鋼盒保護通訊元件、感測記錄模組與電源模組等，達到高耐候性之要求。當外蓋罩上後則相當低調，不亦引發居民關注，以免遭受破壞。另一特色為感測紀錄模組可持續擴充，因此今年度預期可順利將雨量計、水位計與地錨荷重計納入，並提升「防水與通風」之需求，故共包含雨量計、雙軸向傾斜儀、裂縫量測應變計、水位計與地錨荷重計等，透過低功耗無線傳輸模組進行連結，並佈設於示範山坡地社區中人工邊坡牆面進行監測。

- 二、地錨擋土牆檢測、監測與防蝕：於坡地社區邊坡選擇一既有地錨擋土牆，透過地錨設計資料與揚起試驗了解其設計荷重與殘餘荷重。經敲開錨頭進行目視或揚起試驗之地錨，使用目前業界最新穎之除鏽防蝕工法進行自由段錨腱與錨頭之保護。選定一支具有代表性之地錨以揚起試驗取得既存工作荷重資料後，裝設地錨荷重計，進行地錨荷重變化量監測。
- 三、研究低功耗廣域網路傳輸方式於坡地監測之適用性，並整合物聯網系統至現有的感測器標準：新發展的低耗能長距離廣域無線網路技術(Low Power Wide Area Network, LPWAN)，包含 LoRa、Sigfox、NB-IoT、Weightless 等無線通信技術皆已逐漸成熟，全球的物聯網與通訊廠商也積極廣設各種跨域或獨立之 LPWAN 基地台，將長距離、高覆蓋率、低功耗、低成本優勢與高端傳感器和智慧裝置結合，開始提供相關創新服務。因此，如能透過此新一代萬物聯網概念 (Internet of Things, IoT) 並透過 LPWAN 通訊技術加以實證，將可大幅擴展物聯網的應用情境，包含應用於各種生活需求，改善生活環境。低功耗廣域網路專為機器對機器(M2M)應用而設計，這些應用通常對應偏遠地區需求，由於偏遠地區數據傳輸率相對較低，需要較長的電池續航時間，以及可長期在無人看管的情況下運行。對未來進行防災業務而言相當重要，特別

是人力無法時常到達之處。本研究將探討目前最常用之 LoRa 與 NB-IoT 技術在本示範場址應用之可行性與可能遭遇之困難。

- 四、於既有監測井設置自動化水位或水壓監測系統並建置一自動化雨量監測系統：地層中超額孔隙水壓之消長為邊坡穩定之主要因素之一，故掌握地下水頭之變化為邊坡監測之重要課題，因此本研究規劃於既有之水位觀測井安裝全自動連續自記式水壓計。影響地下水位或水壓變化最大的來源之一即為降雨，而現行常用之防災預警管理值為累積降雨量。因此結合雨量與水壓的監測，為重點監測項目。
- 五、整合監測數據至建研所防災資訊平台：本監測系統為整合場域即時監測資料以及提供使用者端簡潔且具有防災意義性的場域資訊，以視覺化呈現人工邊坡即時監測數據，讓社區民眾能直觀地掌握邊坡各監測狀況。
- 六、辦理社區說明會，並針對完成之自動化監測系統研題推廣應用機制與途徑：於計畫後其辦理，以此宣導此系統，並提升民眾之山坡地社區自主防災觀念，落實防災即時化、在地化以及效率化。

### 參、重要成果

#### 一、強化與擴充前期開發之智能感測器

前期計劃案成功整合各感測器至一個箱體內，除可節省現場建置成本外，也可降低維護與巡檢成本。而耐候性與擴充性在本年度獲得驗證，可穩定執行監測工作，且不至於過度顯眼。本年度示範社區雖然已經有工程治理且自辦委託人工定期巡檢，但是頻率為半年一次，對於事件掌握相當有限，更無法提供即時預警功能。特別是颱風豪雨事件發生時之監測數據取得相當有限，透過本研究研發之強化整合型感測器即可解決此問題。本案採用之感測器為市售成熟之產品，皆可符合監測需求順利作動，然而由

於試驗期間未發生重大颱風豪雨事件，精度與耐候性仍需後續監測成果方能評估。

## 二、低功耗傳輸系統建置方面

本案為改良過去採用之Weightness傳輸方式，本年度經過比較LoRa與NB-IoT兩種通訊方式後，採用較為容易架設之NB-IoT通訊技術於本研究。該技術已廣為應用於都會區之精密廠房中，然而應用於野外防災監測之案例仍在起步中，從建置至今已經遭遇各種不同之問題，包括供電、漏失率與韌體調整等。目前已確認可順利通訊，但漏失率部分需透過電信商一同合作處理改善，團隊已著手進行因應處理。

## 三、地錨擋土牆檢測與監測方面

地錨擋土牆的地錨品質與既存荷重檢測在國內發生林肯大郡、國道3號滑坡事件後，在公路邊坡施作相當密集，然而在坡地社區施作之案例卻相當少。探究其原因不外乎社區居民對於身家所在周遭之地錨類擋土設施並不熟悉，或因不知聯繫專業檢測人員之管道，或自主出資檢測費用意願低落等，導致地錨品質持續劣化卻未被發現而失去除鏽防蝕保護的時機，縱使後期發現，可能剩餘之功能或既存荷重已相當低落。因此大量推廣費用與品質能兼顧之地錨擋土牆檢測與監測方法，為本研究案重要成果之一。以本年度示範試區而言，已願意出資進行相關作業。

## 四、山坡地社區智慧防災監控平台建置方面

本平台以開源程式建立，提供使用者整合的場域即時監測資料以及簡潔且具有防災意義性的場域資訊。首先透過人工邊坡監測物聯網監測資料庫接收場域資料，如本案於示範社區的整合型感測器，同時亦建立與本場域相關資料。此外為讓本整合平台能提供使用者端更多元的服務，亦介接防救災相關公開資料，如氣象局即時雨量以及國家災害防救科技中心公開示警訊息。且此平台已連結納入本所105年「山坡地社區建築管理履歷資料庫平台」，以利應用。

## 五、山坡地社區智慧防災系統應用推廣說明會方面

本計畫於民國108年09月01日與108年10月08日於位於新北市新店區之示範社區辦山坡地社區智慧防災系統應用推廣說明會。除了向山坡地社區居民說明與推廣山坡地社區邊坡監測的重要性與導入智慧防災即時監測系統的有效性，提升邊坡災害預防及應變作為，並了解山坡地社區居民對於此系統之看法及其需求藉此進行精進，且此次說明會參與之居民、里長、里民、業界代表與專家學者皆對於此抱持強烈興趣也相當認同其必要性。

## 肆、主要建議事項

### 建議一

邊坡監測系統成效驗證：短期建議

主辦機關：內政部建築研究所

建研所歷年主辦多項關於坡地社區自然邊坡、人工邊坡等監測設備與系統之研發，以及相關監測管理值之推估方法，並以示範社區進行驗證示範工作。然而因為尚未遭遇足夠規模之天災事件以驗證各種監測器之管理值，且可能因類似試驗造成社區居民之疑慮，因此建議未來相關參數取得與管理值驗證試驗，可考慮選擇於無保全對象之擋土設施或空地以模型試驗進行。

### 建議二

地錨擋土牆巡檢、維護與宣導裝設監測系統：短期建議

主辦機關：各地方政府主管單位

協辦機關：內政部建築研究所、內政部營建署

坡地社區經常採用背拉式地錨擋土牆作為爭取用地之方式，雖然目前新建坡地社區對於監測邊坡之規範，然而既有坡地社區之擋土設施監測則無；由於既有坡地社區中傳統地錨之服務現況(包含鏽蝕情況、既存荷重)無法由外觀或居民自主巡檢得知，勢必得透過專業技術團隊執行外觀檢視、揚起試驗、除蝕防鏽、荷重監測等工作。目前各地方政府主管單位已在執行年度例行性之

相關社區邊坡巡檢作業，因此建議各地方政府主管單位協助宣導啟發社區居民自主尋求專業協助之相關意識。

### 建議三

人工邊坡智能防災系統商轉應用：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：各保險商業同業公會、各公寓大廈管理維護商業同業公會

邊坡社區之擋土設施可由本研究研發之相關檢監系統進行長期邊坡監測作業，以提供坡地社區啟動擋土設施維護與更新進行、或防災避難之參考依據。然而這些研發成果仍需推廣與商轉之單位。建議保險業者與物業管理業者可推出應用坡地社區整合性監測之相關商品。設計該產品所需要之大量坡地社區災害生命財損報告，建請內政部營建署於保險業者與物業管理業者提出需求時提供相關資料。

## ABSTRACT

Hillside residential communities in Taiwan are threatened by landslide disasters caused by extreme rainfall events, thus the forecasting and warning system based on automation monitoring system on slopes is crucial for the communities. To accumulate huge amount of monitoring data to establish the Slope Management Forewarning Value, the durability and stability of monitoring devices is the key components. Most of slopes with artificial retaining structures are protected by anchors, however the working load of the anchors are rarely monitored. This study aims to integrate a monitoring unit for pre-stressed anchors into the intelligent monitoring system for artificial slopes developed by ABRI. Numerical simulations on the selected slope will be conducted to investigate possible failure mechanism. A complete monitoring package for landslide disaster forecasting and warning system is developed and used in promoting the automation monitoring services for hillside residential communities.

Keyword: Hillside residential communities, Integrated Safety Monitoring System, Retaining Wall with Pre-stressed Ground-anchors



## 第一章 緒論

### 第一節、研究緣起與背景

#### 壹、研究緣起

台灣由於地狹人稠，都會區提供居住用地有限，因此山坡地社區比例極高。然而由於地質條件不良且面臨日益頻仍之極端降雨，坡地社區中的邊坡監測自動化為提供在地化預警的重要方法之一。由於預警所需的管理值建立需要長期的觀測以取得相關數據，因此監測儀器的耐久性與穩定性相當重要。社區中除了自然邊坡外，人工擋土設施中，地錨是常見提供穩固的方法，其工作荷重的變化相當重要，但相關之監測並不常見於坡地社區。建研所近年以坡地社區智慧防災系統研發為中心，已陸續完成自然邊坡與整合型一般人工邊坡智能感測器，本年度計畫除再加入預力地錨監測功能外，亦宜針對選定之坡面進行數值分析，以了解監測坡面可能之破壞機制，而為了強化自動化坡地社區邊坡監測系統之完整性與針對傳輸穩定性及設備耐候性進行研究，擬將進行下列之研究項目，未來長期維運或可參考IOTA的Tangle概念建立以租代買的區塊鍊支付機制，以全面推動山坡地社區監測。

#### 貳、研究背景與目標

近年極端降雨事件頻傳，邊坡監測及防災預警實為山坡地社區安居之重要議題，山坡地社區開發需施作擋土設施，周緣邊坡也存在崩塌威脅，然以往山坡地社區監測多以人工定時記錄，常遭遇山坡地社區局部降雨及邊坡位移資訊無法即時協勤防災管理。

台灣為一高山島，人口眾多，土地資源卻十分有限，在地狹人稠的人口壓力之下，有限的國土資源往往過度開發利用。平原與盆地地區的開發無法滿足國人生活需求的情況下，乃擴張至丘陵山區開發。但在需求甚殷之下，往往過度地擴張，許多山坡地不當地開發為建地，破壞了原有的水土保持，進而對台灣自然環境與台灣民眾生命財產造成重大衝擊與危害。此外，因為山坡地大自然的條件屬於破碎地質，加上地震與颱風的誘因，所以山坡地的開發所形成的聚落，成為重要的保全對象。因此，如何兼顧國土開發利用與環境保育，以維護台灣自然山林生態以及確保民眾生命財產安全，已成為台灣社會當前最重要的環境課題。台灣地質構造複雜為全世界地殼變動最激烈地區之一，頻繁的地震、每年頻繁之颱風侵襲加上人為土地開發不當，經常

造成山崩、地層滑動、地盤下陷、房屋傾斜龜裂、土石流等嚴重災害，導致人民生命財產嚴重的傷害與損失。1999年921地震等重大災害後，凸顯出防災科技研究對防減災工作之重要性。依據世界銀行在2005年發行的Natural Disaster Hotspots：A Global Risk Analysis報告中指出，台灣約有73%的面積及人口暴露在三種以上的天然災害危險當中。

由於台灣中北部麓山帶地質常見膠結不良軟弱砂岩，膠結不良之軟岩其節理經常較不發達，而此等岩性之邊坡往往易發生漸進破壞，不少邊坡破壞之原因乃根源於軟弱岩石之材料力學因素。坡地破壞型態中，順向坡造成之危害居多，如表1-1(紀宗吉 2010)所整理，誘發因素若分為先天不良(受重力變形的潛移作用、地下水分佈)與後天失調(颱風、豪雨、地震等)，則需強而有力的擋土設施，方有機會達到保全目的。在坡地開發工程，為取得用地與安全，地錨系統為最常用之擋土設施。然而因為維護不良，且未施作安全監測，導致憾事發生，如下列兩個最著名的案例：

案例一：根據國家災害防救科技中心(2000)、社團法人大地工程學會(2011)，國道3號崩塌災害發生位置於基隆市七堵區瑪東里國道3號南下3.1公里處路段山坡崩落，跨越國道三號之地方大埔橋(約在3K+250)亦因走山掉落至高速公路主線，阻斷交通(圖1-1)。災害發生時間為2010年4月25日下午2點30分左右，大規模山崩導致分左右，大規模山崩導致4人死亡。因災害發生當時風和日麗，並無颱風豪雨及地震等崩塌致災因素，研判是為高速公路工程開挖道邊坡使得順向坡趾自由端(daylight)露出，加上區域內岩性屬於塊狀砂與頁互層容易在層間產生弱面，因此在透水性佳的砂岩地下分滲，造成厚頁岩頂部的水解與風化，最終造成弱面滑動破壞。

案例二：林肯大郡是一座位於新北市汐止區汐萬路二段228巷的複合功能住宅社區，1997年8月18日，溫妮颱風經過台灣北部，颱風所帶來的雨量破壞地基，擋土牆崩落，如圖1-2所示，造成28人死亡，一百多人房屋損壞、全毀，無家可歸。據調查，當地的地質屬於順向坡，在下邊坡不當開挖追求擴充基地面積，造成自由端出露，大幅降低邊坡安全性。暴雨及地震時，邊坡就會發生崩坍，為潛移造成的災害，以致毀損建物及居民生命。然而根據研究發現，地錨錨頭鏽蝕嚴重，導致夾片失去鎖定能力而使鋼腱內縮或射出，可能是最終使擋土牆潰敗的原因之一，如圖1-3所示。這些災害其實都可透過定期巡檢監測與養護預防之!!

表1-1 全臺重大順向坡滑動致災歷史事件簿(紀宗吉 2010)

地點	發生日期	地層／岩性	滑動面	地層傾角	誘發因素	災情
中山高速公路八堵交流道	63.09.28	南港層厚層砂岩夾薄層頁岩	頁岩	30°	豪雨	36人罹難
中山高速公路汐止收費站附近	66.09.23	南港層厚層砂岩夾薄層頁岩	頁岩	25°	降雨	交通中斷
汐止林肯大郡社區	86.08.18	大寮層砂頁岩薄互層	頁岩	29°	颱風豪雨	民舍100戶損毀28人罹難
基隆市健康博士社區工地	87.08.17	大寮層／砂頁岩薄互層	頁岩	30°	連續降雨	2人受傷
草嶺山	88.09.21	卓蘭層與錦水頁岩砂頁岩互層	頁岩	12 至 15°	921地震	36人罹難
九份二山	88.09.21	樟湖坑頁岩	頁岩	24°	921地震	39人罹難
左鎮326電塔	88.07.29	崎頂層砂岩夾泥岩	泥岩	25°至 30°	連日豪雨	全臺停電數星期
新店北宜路19公里路段	90.06.07	石底層層狀砂岩	砂岩	45°	連續降雨	5人罹難
內湖碧山路	90.09.18	五指山層厚層塊狀砂岩	砂岩	38°	納莉颱風	4人罹難
國道3號七堵段3.1公里	99.04.25	大寮層砂頁岩互層	頁岩	12°至 15°	地下水	4人罹難



圖1-1 國道三號3.1K順向坡滑動空拍照片(內政部空勤總隊拍攝 2010)



圖1-2 林肯大郡倘土牆破壞照片(廖洪鈞提供)



圖1-3 林肯大郡之預力地錨鋼腱射出與錨頭脫落照片(廖洪鈞提供)

鑑此，基於前期計畫「山坡地社區智慧防災系統可行性研究—邊坡智能感測暨雲端運算」、「山坡地社區智慧防災系統精進—人工邊坡智能感測器研發與雲端系統擴充應用」成果，已研發自然邊坡之土壤邊坡智能感測器與人工邊坡智能感測器，係整合微機電感測器、無線傳輸技術與雲端分析技術，建構適合山坡地社區邊坡智慧防災監測儀器，提升邊坡災害預防及應變作為，將山坡地社區防災層面提升至人工邊坡局部危害徵兆觀測精度與建立智慧防災網絡。

在前期計畫執行過程中發現，如何兼顧提升儀器耐候性與降低開發、維運成本，方可順利推廣給坡地社區。因此開發低功耗與低成本之感測器與傳輸技術以降低設置與電力消耗成本，為本研究案於工程技術上之重要課題；藉由政府公部門或產險事業等單位推行給坡地社區居民使用，為本研究案於產品商轉技術上之重要課題。為使坡地社區監測項目更趨完善，除了過去已經開發之微降雨量、地層變位量、裂縫變化量、土壤含水量、結構物傾斜量、結構物(或地表)加速度之感測與監測外，本年度增加降雨量、地下水位(地下水壓)與地錨荷重變化等監測項目。

另外過去採用之通訊方式為傳統之WIFI、4G等方式，雖然訊號穩定但耗電量高(>1W)，需要藉由路燈供電；之後採用低功耗無線傳輸之Weightless技術，雖然可進行雙向傳輸、功耗較低且在市內效果良好，但在野外因耐候性等因素導致穩定性不佳。本年度將採用現行相當熱門之低功耗無線傳輸LoRa(<0.005W)與NB-Iot(<0.1W)技術進行交叉搭配，取得通訊品質與耗電資料，除可提供整體系統穩定性之強化外，期能一舉降低成本，並將研發成果商品化後，推廣給社區居民。

上述之監測成果除彙整至建研所已開發建置之防災資訊平台外，並進行回饋分析，已提出監測物理量對應之管理值，供社區管理單位與居民面臨邊坡產生微變化而至於巨大變化前，尋求工程技術支援之參考依據。

無線傳輸已廣泛應用於坡地防災上，然隨著監測規模擴大，勢必需要開發穩定且低功耗、低成本之整合型監測器及無線傳輸技術。物聯網(Internet of Thing: IOT)是智慧城市的基石，近期發展出來的低耗能長距離廣域無線網路技術(LPWAN Low Power Wide Area Network)如Weightless、LoRa、SIGFOX、NB-IOT等的應用更是非常多元。

在山坡地社區邊坡利用LPWAN的各種終端監測裝置，將大量感測器的監測數據及現況，先回傳基地站址，再統一傳輸至管理平台進行分析、管理或通報，以期能夠在超過警戒值時儘速採取防災行動。一般社區範圍內有數多處邊坡皆須進行監測，如能在具有電力供應及

網路通訊處設置基地站，例如社區辦公室，再將所有感測器監測訊號傳回基地站，由通訊網路上傳至雲端平台，便可大幅度降低過往使用數個電信門號所衍生的費用。

如能透過此新一代的無線通訊技術，作為本案在智能感測器之資料蒐集通訊平台，將可創新出許多智慧防災系統應用。本研究目標及效益如下列：

1. 篩選一處坡地社區地錨擋土牆，設置1只地錨荷重計、1只水壓計與1只雨量計進行自動化連續監測。
2. 進行整合性監測系統之耐候性、傳輸穩定性與建置成本之研究
3. 建置低成本自主供電系統。
4. 整合監測數據至建研所防災資訊平台。
5. 辦理社區說明會，並針對完成之自動化監測系統研提推廣應用機制與途徑。

## 第二節、相關研究近況與參考資料

### 壹、無線傳輸技術方面

將無線傳感器運用於工程相關資訊之監測，已是國際趨勢，如2017年第17屆大地工程研討會之keynote演講，美國加州大學柏克萊分校之Prof. Soga，近幾年便致力於將無線傳感器、光纖等科技應用於公共工程，包含了鐵路、地下結構、深基礎等，因此藉由此些自動化無線傳輸監測系統，進行山坡地社區之安全監控，將可提升監測頻率、穩定度以及準確度，增加防災示警系統的即時性與有效性。

在物聯網(Internet of Thing: IOT)是打造智慧防災城市的策略，將無線傳感器運用於工程相關現象監測，已是國際趨勢，如2017年第17屆大地工程研討會之keynote演講，美國加州大學柏克萊分校之Prof. Soga，近幾年便致力於將無線傳感器、光纖等科技應用於公共工程，包含了鐵路、地下結構、深基礎等，因此藉由此些自動化無線傳輸監測系統，進行山坡地社區之安全監控，將可提升監測頻率、穩定度以及準確度，增加防災示警系統的即時性與有效性。而本研究團隊成員，亦利用LoRa(Long-Range)與Weightless系統分別進行試驗，分述如下。

本計畫主持人郭治平於2018年執行水保局委託之「長距離低功耗廣域網路連結物聯網於監測資料傳遞應用上最佳化配置研發」，探討LoRa在坡地監測之適用性，並以RSSI(接收訊號強度指數)、SNR(訊號雜訊比)、資料漏失率與耗電量關係進行評估。實驗場址包括南投縣信義鄉神木村土石流觀測站與宜蘭縣大同鄉四季聚落絕大部分點位可獲得穩定好通訊效果。結果發現：(1)本次研究實驗成果中，資料漏失率絕大多數於5%以內，研判為受環境干擾所致；(2)因LoRaWAN資料傳輸至雲端之品質受制於與基地台間之通訊，部分無法即時上傳之資料仍需仰賴當地儲存於如記憶卡之媒體，並於事件後取出；(3)在通訊路徑上有1M厚之混凝土塊障礙物時，仍有良好通訊品質；(4)在空曠處至少可達2.5KM之通訊效果，但需有提供反射訊號之地形為佳；(5)LoRa耗電量極低，僅約0.005W，已於本階段進行壓力測試。以5秒1次的監測頻率，約6.8天從3.34V掉到2.50V，因保護作用而關機。反推一般通訊頻率約10分鐘一次，則電力滿載後開始服務約可持續816天。上述成果說明，雖然LoRa於國外文獻號稱傳輸距離可達15~20KM，但在國內複雜之地形與訊號干擾條件下，仍須謹慎採用；然而若將地形障礙、訊號干擾因素排除，將可大量省下通訊用電。摘錄施作狀況與成果，分別如圖1-4~1-5與表1-2~1-3所示。

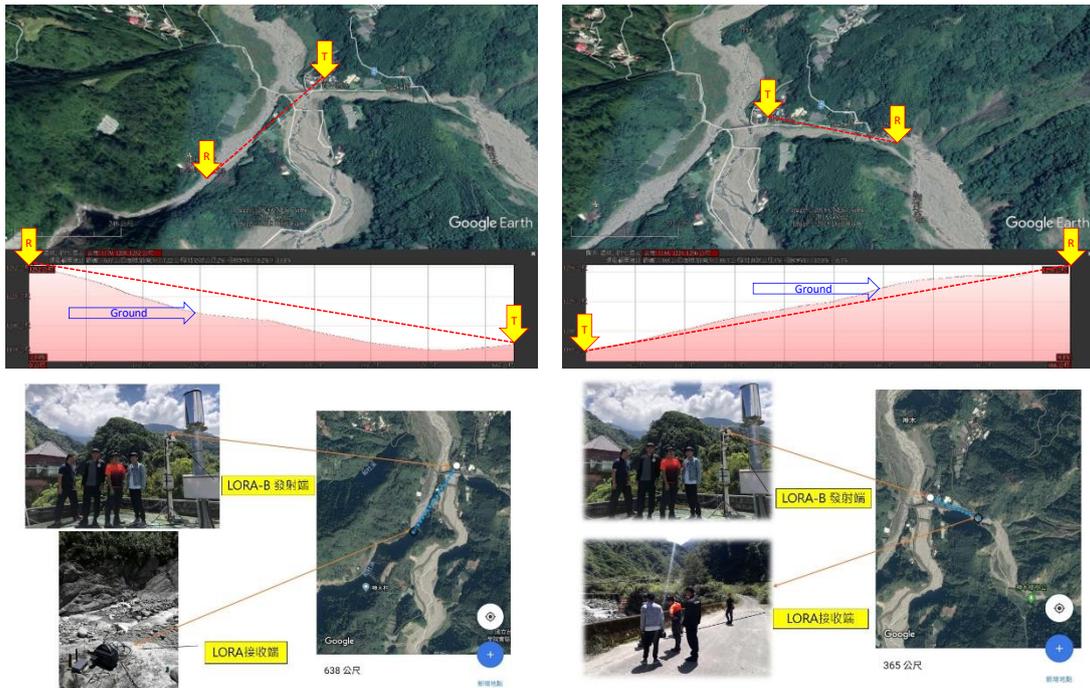
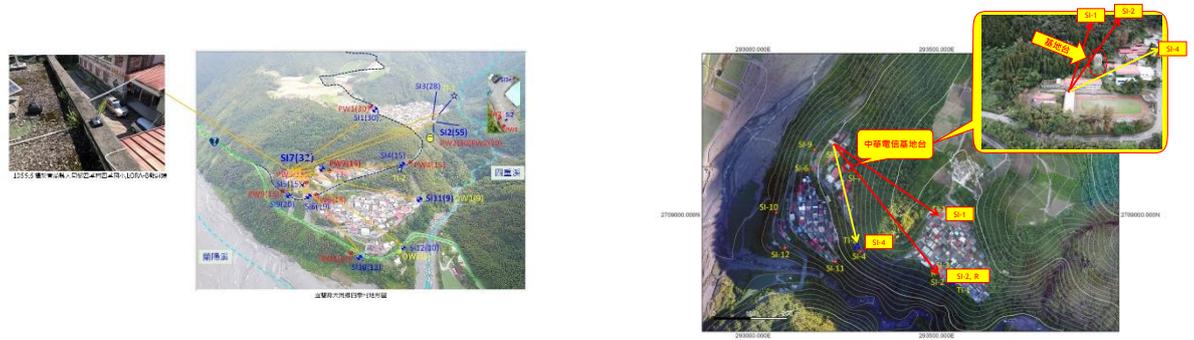


圖1-4 於南投縣信義鄉神木村土石流觀測站進行LoRa傳輸試驗狀況(水保局 2018)

表1-2 於南投縣信義鄉神木村土石流觀測站進行LoRa傳輸試驗成果(水保局 2018)

點位	施測距離(m)	通視性	RSSI(dBm)	實收資料數	漏失率(%)
和社溪	638	可	-100 ± 15	146	2.19
出水溪	365	不可	-95 ± 15	46	0



104.10.10 攝於宜蘭縣四季 SI2 (LORA 接收端)

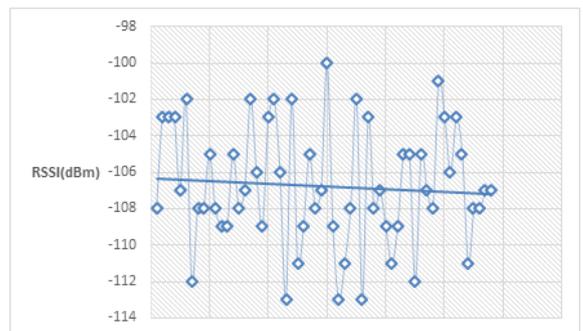


圖1-5 於宜蘭縣大同鄉四季聚落進行LoRa傳輸試驗狀況(水保局 2018)

表1-3 於宜蘭縣大同鄉四季聚落進行LoRa傳輸試驗成果(水保局 2018)

孔號(位置)	與LORA-B直線距離(m)	晴天成功率	陰天成功率	雨天成功率	小雨成功率	大霧成功率
SI1	360	71.79%	75.68%		76.12%	90.91%
SI2、R	440	83.15%	100.00%		100%	
SI3	440	87.88%	81.09%		100%	100%
SI4	290	100.00%	100.00%		100%	
SI5	30	100.00%	100.00%	100.00%		
SI6	90	100.00%	100.00%			
SI7	90	95.24%	100.00%	100.00%		
SI9	50	100.00%	100.00%			
SI10	145	100.00%	100.00%			
SI11	310	96.88%				
SI12	310	100.00%	100.00%			
TI1	550	100.00%	100.00%			100%
平均		94.13%	95.66%	100.00%	93.41%	96.87%

本計畫共同主持人鄧福宸博士於2018年執行建研所委託之「山坡地社區智慧防災系統精進—人工邊坡智能感測器研發與雲端系統擴充應用」，採用Weightless提供低功耗廣域網的無線連接技術，傳輸人工邊坡智能感測器至雲端系統，於位於臺北市文山區某山坡地社區中的兩處人工邊坡進行試驗。圖為施作場址狀況，顯示傳輸路徑受地形與高層結構物阻礙狀況下仍可順利傳輸。實際上Weightless已廣為應用於都會區之精密廠房中，由於首次應用於野外，從建置至今已經遭遇各種不同之問題，包括天線形式、軟體調整與受潮等。由於提升耐候性與穩定性所需開發成本較高，於野外進行防災監測之應用尚需時間進行後續研發。

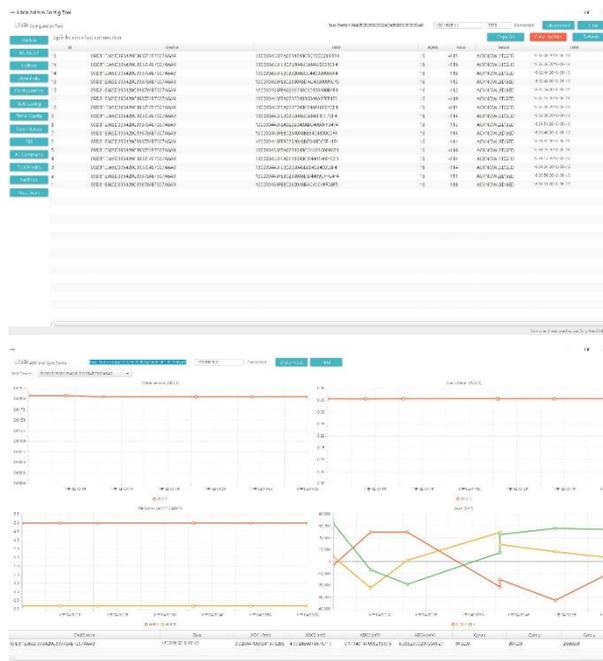
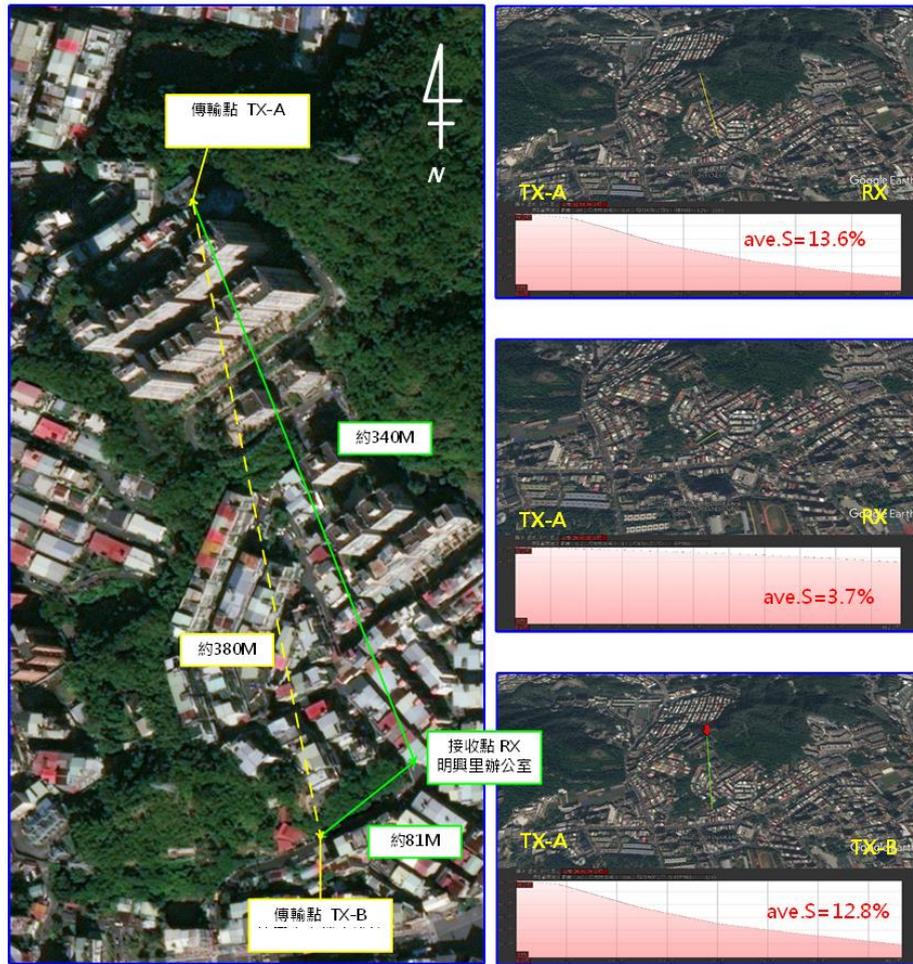


圖1-6 台北市文山區某測試點相對位置關係與紀錄(建研所 2018)

由上述初步成果可看出，未來在實際應用上如何克服佈設障礙，將是本研究之關鍵課題。另外在都會區中由於訊號可以藉由不斷反射而達到遠距離傳送，因此在野外無法通視時，如何善用橋接技術，也是本次研究之重點。

## 貳、管理值訂定方面

本工作是很重要的關鍵，透過本計畫有效的擷取事件發生前中後不中斷的監測資料，將有助於訂出最適合在地的管理值，而不是一味仰賴文獻(如表1-4所示，為當下最常使用之管理值建議表)或僅用經驗訂定。表1-5為本研究主持人郭治平博士執行水保局委託103年寶山潛在大規模崩塌地區監測系統維運與擴充計畫之成果，利用監測期間之大雨事件(麥德姆颱風)所得之監測成果，進行邊坡穩定分析與模擬後，參照如表1-4之文獻顯示方式，訂定該地區之管理基準值，包括位移量、地下水位、地下水壓以及雨量。圖1-7為利用三軸傾斜儀連續觀測後，透過事件發生時監測到之數據與推數值模擬後，推算出表1-5中數值之過程之一。

實際上，本研究案即將進行之邊坡穩定數值分析，為建立不同監測儀器之對應邊坡即將失穩管理值，讓坡地社區管理單位與居民可以有充分的時間進行處置應變，例如尋求相關專業技術人士之協助與評估，及時導入工程治理或管理手段等。

表1-4 位移速率與邊坡穩定性判斷建議表(日本地滑對策技術協會 1978)

變動種別	日變位量 (mm)	月變位量 (mm)	一定方向的累積傾向	活動性判斷	摘要
緊急變動	20以上	500以上	非常的顯著	急速崩壞	崩壞型、泥流型
確定變動	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	0.1以上	2.0以上	略顯著	緩慢運動中	粘土滑動、回填土滑動
潛在變動	0.02以上	0.5以上	稍有	待繼續觀測	粘土滑動、崖錐滑動

表1-5 高雄寶山聚落(坡地社區)建議之安全監測管理值(水保局 2014)

觀測值 (儀器名稱)	對內		對外	
	綠燈(安全)	藍燈(注意)	黃燈(警戒)	紅燈(行動)
位移量 (傾斜管、 三軸傾斜儀 SAA)	變位速率 < 11mm/月	變位速率 > 11mm/月	變位速率 > 14mm/月	變位速率 > 21mm/月
水位 (地下水水位計)	地下水位升高 < 4m	地下水位異常升高 4m	地下水位異常升高 5m	地下水位升至地表
水壓 (水壓計)	孔隙水壓 < 278kPa	孔隙水壓 > 278kPa	孔隙水壓 > 347kPa	孔隙水壓 > 520kPa
雨量 (雨量計)	24小時累積雨量 < 239mm ; 時雨量 < 63.1mm	24小時累積雨量 > 239mm 或 時雨量 > 63.1mm	24小時累積雨量 > 299mm 或 時雨量 > 78.9mm	24小時累積雨量 > 448mm 或 時雨量 > 118mm

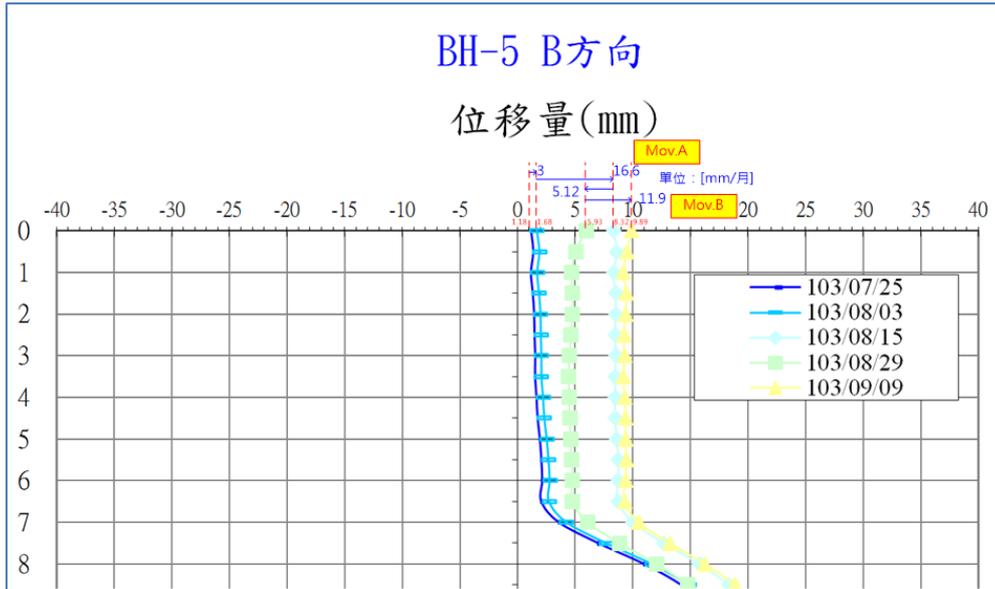


圖1-7 103/07/25~103/09/09 BH-5孔口變位與變位速率(水保局 2014)

### 第三節、工作項目與範圍

本研究之目的在於擴充與強化過去之整合型監測器，加入雨量計、水位計與地錨荷重計，建立低功耗、低成本、高穩定性與耐候性之整合型監測器，以及對應之傳輸系統，提供即時、穩定、可靠之監測資料傳輸系統，擴充防災監控平台，運用於示範山坡地社區，經由本計畫之系統蒐集示範山坡地監測資料，以推廣山坡地社區智慧型防災系統。本研究工作項目如下：

1. 篩選一處坡地社區地錨擋土牆，設置1只地錨荷重計、1只水壓計與1只雨量計進行自動化連續監測。
2. 進行整合性監測系統之耐候性、傳輸穩定性與建置成本之研究
3. 建置低成本自主供電系統。
4. 整合監測數據至建研所防災資訊平台。
5. 辦理社區說明會，並針對完成之自動化監測系統研提推廣應用機制與途徑。

### 第四節、研究方法及進度說明

本研究之執行步驟與流程圖如圖1-8所示。

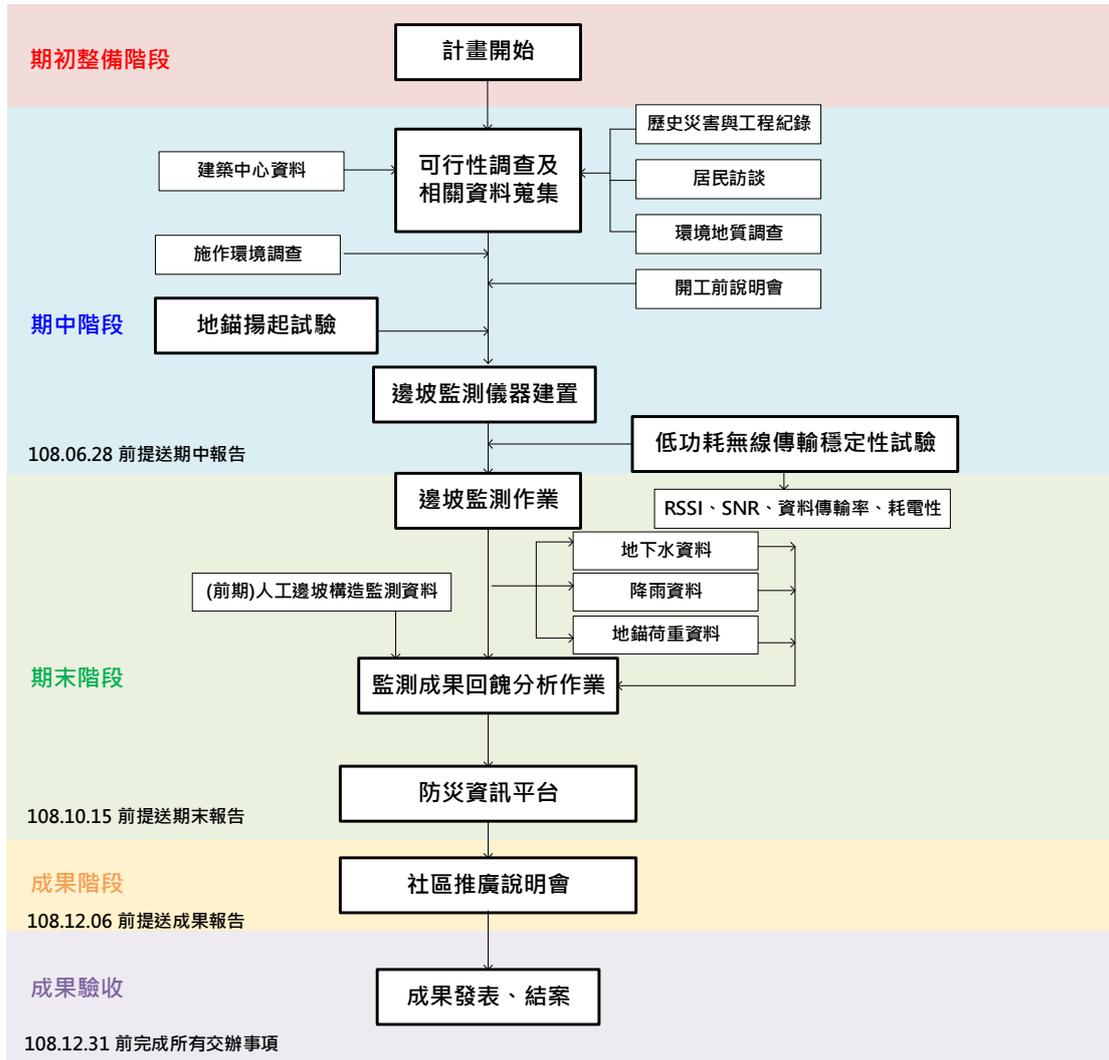


圖1-8 計畫預定執行流程圖



## 第二章 文獻回顧與研究區域概述

### 第一節、人工邊坡致災原因回顧

臺灣有70%以上的土地屬於山坡地，其中山坡地之定義根據「山坡地保育利用條例」第三項規定，指標高在100公尺以上者，或標高未滿100公尺，但平均坡度在5%以上者。隨著經濟發展、人口成長及都市擴張等情況下，山坡地的開發已成為當前社會發展的趨勢。但臺灣位於板塊交界帶，由於板塊運動相對頻繁，造成地質構造複雜且破碎，再加上雨量豐沛且颱風事件頻繁，因此便容易發生坡地災害。為確保邊坡穩定性，會利用人工構築之擋土或護坡設施等用以保護邊坡，目前國內尚無對人工邊坡明確定義之法令，但「水土保持技術規範」及「建築技術規則建築設計施工編山坡地建築專章」中皆有對擋土牆進行定義，而擋土牆為人工邊坡的其中一種形式。臺北市大地工程處對於人工邊坡的定義為，經過人為挖填整地所形成且具有擋土或護坡設施之邊坡，包含噴凝土護坡、型框護坡、土/岩釘護坡、噴植護坡、打樁編柵護坡、重力式擋土牆、加勁擋土牆、三明治擋土牆、乾砌石擋土牆、漿砌石擋土牆、疊式擋土牆、懸臂式擋土牆、扶壁式擋土牆、半重力式擋土牆、混凝土版樁式擋土牆、排樁排土牆、背拉地錨等。

過去數十年間，每逢颱風豪雨往往會發生坡地災害事件，造成道路中斷或民眾財產損失，甚而導致更嚴重的災情。以下針對近年的坡地災害事件進行整理如下：

- (1) 2018/06/19 連日大雨，在南投國姓鄉，位於中潭公路旁發生嚴重的邊坡崩塌，原先之擋土牆已破壞，一共7戶緊鄰此邊坡之民宅受到影響。河川局先派人以帆布覆蓋避免擴大，等雨停後進行後續整治。
- (2) 2017/07 尼莎颱風與海棠颱風接連登陸台灣使南部山區與平地出現強烈降雨，造成許多道路邊坡坍方令道路中斷，主要災情分佈在台7線、台8線、台9線、台18線、台20線、台21線、台26線等。
- (3) 2016/10/09 受到連日豪雨的影響，新北市汐止區水源路二段72巷鄰近房屋之邊坡產生滑動，造成地基掏空。影響6戶民宅，總計疏散34人，所幸無人受傷受困。同日基隆市獅球路37巷19號民宅亦有相同情況發生。
- (4) 2016/09 中度颱風梅姬接在強颱莫蘭蒂與中颱馬勒卡後直接侵襲台灣，其夾帶的強大風力與雨勢為台灣地區帶來嚴重災情。坡地災情主要為高雄燕巢中民路61巷的民宅以及高雄市旗山區後厝巷的民宅被土石沖毀，同時也造成許多道路因邊坡崩塌而中斷。
- (5) 2015/08 蘇迪勒颱風為2015年對臺灣影響最大的颱風事件，其為北部地區帶來強烈降雨。造成多處道路災情與邊坡崩塌，其中以新北市烏來、新北市新店、新北市三峽最為嚴重。
- (6) 2010/04/25 國道3號3.1K南下邊坡發生崩塌，為順向坡地層向下坡滑動造成之災害，造成4人死亡，為近年最重大的順向坡滑動災害之一。其上層厚砂岩風化嚴重、具豐富的垂直節理、容易透水，而下層之頁岩透水性較差，以致於兩岩層界面處含水量較高，岩層界面處因而摩擦力降低導致滑動。

除了上述坡地災害外，2013/12/27位於新北市新店區的達觀鎮社區後方擋土牆亦發生破壞，如圖2-1，對居民的生命財產造成威脅，其原因可能擋土結構之排水設施與地錨疏於維護，受連日降雨(如圖2-2)影響，雨水持續入滲至背填土區，因而造成崩塌。



圖2-1 達觀鎮社區擋土牆崩塌

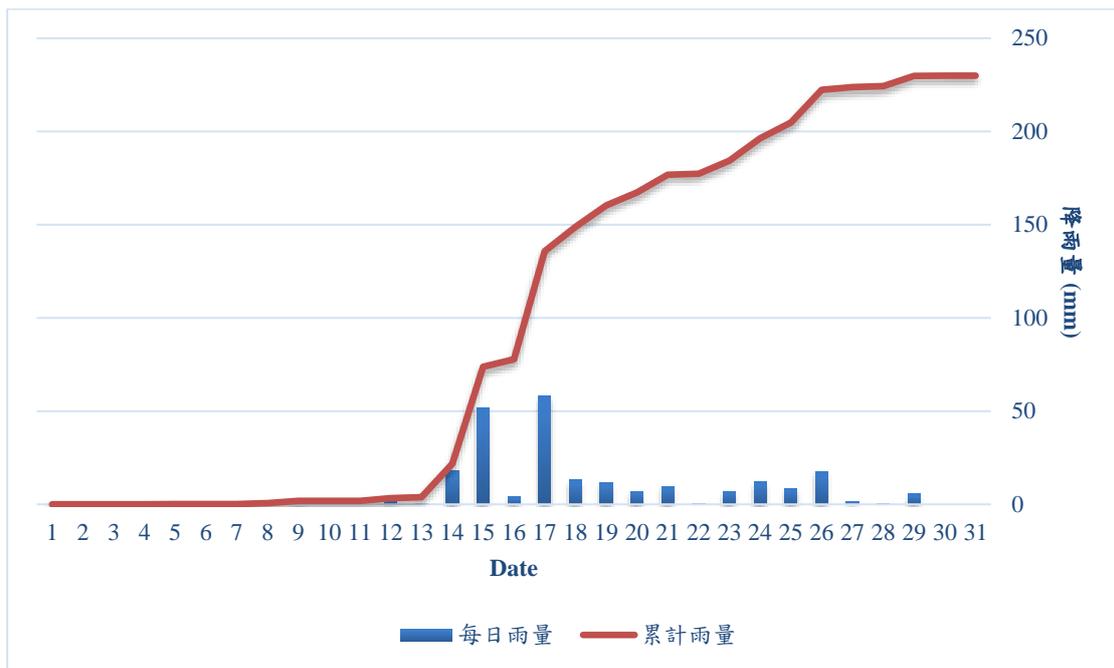


圖2-2 達觀鎮社區雨量圖

由上述各事件可知，降雨是觸發坡地災害發生最主要的原因，而不論是大型崩塌或是規模較小的擋土牆破壞，皆可能會對民眾產生影響，甚至威脅到民眾的生命財產。目前針對降雨驅動的坡地災害，大多使用雨量作為主要警戒指標，但對應各坡地之地質條件、擋土設施、排水設施等情況有所不同，防災警戒行動應回歸到人工擋土結構之位移變化趨勢，透過各感測器進行即時監測，掌握人工擋土結構在觸崩因子作用下的滑動徵兆。本研究藉由對於擋土設施位移情況、既有裂縫變化情形、背填區土壤含水量變化等的即時監測數據作為警戒指標，以此達到更好的預警效果。

## 第二節、人工邊坡監測器

根據中華民國大地工程學會-山坡地監測準則(2016)建議，山坡地監測儀器種類繁多，包括量測氣候、水文、邊坡位移及構造物應力或變形等各類儀器。其量測所得之物理量不同，於不同型態邊坡災害之適用性亦有所不同，監測系統規劃時應根據研判之可能災害類型加以選擇。

監測儀器設備的選擇，應單純而不複雜、能在所埋置的監測環境中有最好的耐久性、對氣候溫度、溼度的變化有最小的敏感性、材料零件不致因施工機具、水、塵土或其他化學作用之影響，依然能夠正常運作等之特性者為佳。相同監測儀器種類，其精度、重複性、量測範圍、適用溫度等可能有所差異。監測系統設計者應先依據山坡地之特性，研判山坡地環境及待測物理量可能分布範圍，據以選擇最適之儀器規格。而對於採自動監測之電子式儀器，亦需考量感測器、資料擷取設備、資料傳輸設備之耗電量。

如邊坡發生不穩定時，將使得構築於邊坡上之構造物應力改變、變形或傾斜，因此可加以監測，研判邊坡之穩定性。

以下針對本計畫設置之感測器進行簡要說明：

1. 構造物傾斜計(Tiltmeter)：安裝於擋土構造物或建物之表面，用以監測擋土牆或建築結構體，因邊坡變位導致構造物產生之傾斜變化情形。構造物傾斜計型式可分為盤式及電子式二類型。
  - (1) 盤式傾斜計：將傾斜觀測盤安裝於待測之構造體表面上，傾斜觀測盤上具有四個外凸銅柱，監測方式為以人工方式攜帶測傾儀量測，測傾儀需確實倚靠銅柱，以進行四個方向之傾斜量監測。
  - (2) 電子式傾斜計：以電子感測原件製作之測傾儀器，一般於自動化監測系統使用。測傾感測器之型式甚多，例如電漿式、振弦式、MEMS等，不同感測器型式之量測範圍、精度、反應時間、功率等規格均不相同，設計者需依據推估構造物之可能傾斜變化量、資料擷取系統及電源供應系統等綜合考量。本案中分別以電子式雙軸傾斜儀與三軸加速度計進行差異變位量之推估依據。
2. 裂縫計(Crackmeter)：安裝於構造物之裂縫二端，以監測裂縫寬度變化。裂縫計型式可分為機械式及電子式二類型。

- 水分計：本計畫採用電容式水分感測器，此型感測器由三個電極所組成，其功能就像是一個電容器。量測時插入土壤中，四周土壤形同電介質，利用振盪器去驅動電容器產生一個正比於土壤介電常數的訊號。由於水的介電常數大於土壤礦物質及有機質，因此含水量的變化可透過感測電路進行立即性的偵測。量測之單位為體積含水量VWC(%) (Volumetric Water Content)，VWC代表一定體積的土壤中水與土壤的體積比(%)，在飽和狀態下相當於土壤孔隙所佔的百分率。此型感測器使用簡便，不需要太多維護工作，配合記錄器能長期監測、記錄土壤水分變動的趨勢。
- 雨量計：雨量為目前國內邊坡防災預警工作中，最容易取得之管理值，可讓社區居民直接有感。圖2-3為預定裝設之雨量筒規格、照片。將以市售之低成本輕量化高耐候性(塑鋼材質)之雨量筒，作為未來推廣給社區之首要安裝監測儀器。

量測範圍	200 mm
系統精度	1.5mm @ 50 mm
感測器型式	傾倒式雨斗
取樣頻率	10 min
紀錄頻率	30min
輸出格式	JPEG



圖2-3 本研究預計採用之雨量監測系統示意圖

- 水壓計：地層中超額孔隙水壓之消長為邊坡穩定之主要因素之一，故掌握地下水頭之變化為邊坡監測之重要課題，因此本研究規劃於既有之水位觀測井安裝全自動連續自記式水壓計。本計畫預計使用之水壓計將俟放置深度與長時地下水位面確認後再進行最適容量選定。圖2-4為預計採用之水壓計、模組與可能之規格。

	量測範圍	0-6 bar (0-61 m)
	感測器型式	壓阻式薄膜
	系統精度	1 cm (水頭壓力)
	線長	60 m (PVC)

圖2-4 本研究預計採用之自動化連續記讀水壓觀測記模組

地錨荷重計：地錨是一種經濟有效的錨固技術，廣泛應用於邊坡工程中，例如高陡邊坡的補強加固、滑坡的治理等。地錨與岩土體的錨碇結合效果，受地層特性、

組件材料、施工工藝及管理維護等因素影響；由於地錨為隱蔽工程，因此，於地錨施工前或施工階段，須進行現場試驗(例如證明試驗、適用性試驗)，以取得設計參數或驗證其效果是否能滿足設計需求；此外，於地錨服役後，為驗證設計的妥適性及掌握工作地錨的服務性能，亦常需進行長期監測或檢測，量測項目一般包括地錨荷重、位移、應力隨時間的變化、地層的潛變位移等；對於變異性大的地層或軟弱岩土等，也可能需要更廣泛的監測與檢測計畫。地錨荷重計則擔任重要的角色，如圖 2-5 所示，由於其長期處於受力狀態，其耐候性與穩定性更需注意。



圖2-5 本研究採用之地錨荷重計

### 第三節、無線傳輸系統技術

隨著資訊及通訊技術(Information and Communication; ICT)的發展，無線監測網域(Wireless Sensor Network; WSN)，指在場域內分散佈建特殊功能的感應及傳輸元件，用來監測和記錄環境的現況資訊，並將資料透過通訊技術蒐集到遠端伺服器來進行分析、判斷及反應，一直都是國內外相關產官學研界積極投入研究發展的領域，早期希望各種監測設備所蒐集之資訊能透過不同的無線平台傳輸，如Zigbee、WiFi、2G、3G或4G等，但多受到傳輸距離、消耗電力及傳輸費用之限制，而無法在廣大的區域來佈建。

近2~3年來，新發展的低耗能長距離廣域無線網路技術(Low Power Wide Area Network; LPWAN)如圖2-6，包含LoRa、Sigfox、NB-IoT、Weightless等無線通信技術皆已逐漸成熟，全球的物聯網與通訊廠商也積極廣設各種跨域或獨立的LPWAN基地台，將長距離、高覆蓋率、低功耗、低成本優勢與高端傳感器和智慧裝置結合，開始提供相關創新服務。因此，如能透過此新一代IoT通訊技術加以實證，將可大幅擴展物聯網的應用情境，包含應用於各種生活需求，改善生活環境。



圖2-6 LPWAN廣域物聯網服務之願景模擬  
(資料來源：本團隊整理)

對於本研究而言，無線傳輸技術首要難題為建築物屏蔽，如圖2-7，人工擋土結構前方大多都有保全對象(如社區民宅等)，因此感測器之無線傳輸訊號便可能受到障礙物屏蔽，而造成訊號無法傳輸。此外接收處需要有穩定電源，而監測器皆裝設於人工邊坡上，兩者間除存在一定距離外，更存在高程差異。如圖2-8所示之山坡地社區，便顯示了高程落差、建物屏蔽、佈點位置受限之困難。因此良好的位置選擇及傳輸技術的優劣，遂成為智能感測器以無線傳輸的關鍵。

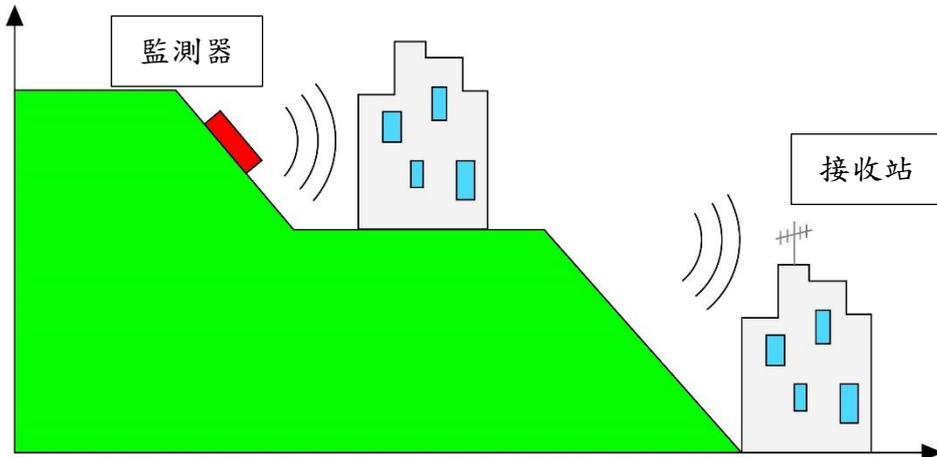


圖2-7 訊號傳輸示意圖



圖2-8 新店區示範社區

(資料來源：鏡傳媒)

#### 壹、低耗能長距離廣域無線網路技術(Low Power Wide Area Network, LPWAN)

對應於物聯網時代大量數據傳輸需求之應用情境，低耗能長距離廣域無線網路系統(Low Power Wide Area Network, LPWAN)即為近年

物聯網新發展的重點技術之一，現今已廣泛應用在智慧工廠、城市、社區、農漁牧業等領域。本團隊歸納主要具備以下5大優勢如圖2-9，且與其他無線技術比較如圖2-10。

1. 低成本：適合大量應用，減少期初建置與營運成本。
2. 大範圍：無需繁複的基礎建設，具更強的穿透力與更遠的傳輸距離。
3. 低功耗：減少電池能量消耗，以增加裝置或感測器的使用時間。
4. 非授權頻率：適用於全球各個國家的佈建。
5. 頻寬費低：使用頻寬通訊費低廉。

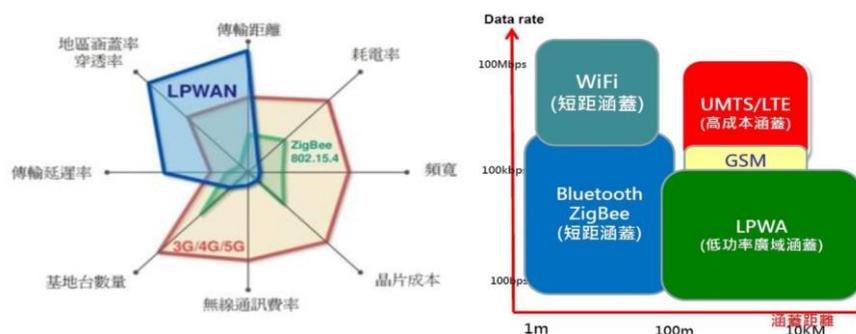


圖2-9 LPWAN廣域物聯網路之優勢及IoT頻譜分析

(資料來源：本團隊整理)

無線技術	2G	3G	LAN	ZigBee	Low Power WAN
傳輸距離 (I=室內, O=室外)	N/A	N/A	O: 300公尺 I: 30公尺	O: 90公尺 I: 30公尺	O: >15公里
TX 電流消耗量	200mA-500mA	500mA-1000mA	50mA	35mA	18mA
待機電流消耗量	2.3mA	3.5mA	NC	0.003mA	0.001mA
電池 2000mAh (LR6)	4-8小時(com) 36天(idle)	2-4小時(com) X小時(idle)	50小時(com) X小時(idle)	60小時(com)	120小時(com) 10年(idle)

圖2-10 LPWAN具長距離低功耗之傳輸特性

(資料來源:正文科技)

## 貳、LPWAN主要通訊技術分析

為因應物聯網裝置省電、長距離傳輸資料的需求，LPWAN以提供可靠的網路傳輸功能，將裝置蒐集來的資訊整合到物聯網的資料管理中心，可說是當前最具體萬物聯網的實現。本計畫列舉LoRa、Sigfox及Weightless等三項LPWAN發展之主要技術說明如下：

### LoRa

LoRa為美國半導體製造商Semtech於2012年併購擁有LoRa IP的法國公司Cycleo，開始整合無線通訊技術平台，並依此基礎與IBM共同合作完成規範，目前由Semtech、IBM、Cisco等科技大廠為核心組成低功率無線電聯盟(LoRa Alliance)來推動其相關技術發展，在全球擁有500多家公司會員，屬當前受物聯網產業支持的LPWAN技術之一，也是物聯網時代最需要的基礎網路。

LoRaWAN是用來定義網路的通訊協議和系統架構，LoRa則是提供長距離通訊連結的實體無線層。LoRaWAN協議和網路架構會直接影響節點的電池壽命、網路容量、服務品質、安全性和各種網路應用。LoRa是將資料調變成電磁波的技術，使用的傳輸方法稱為「線性調頻展頻技術」(Chirp Spread Spectrum)，主要是為解決物聯網大量連接無線通訊需求、工作在1GHz以下非授權頻譜的私有低功耗廣域接入網路技術。相關LoRaWAN物聯網使用頻譜說明如下：

#### (1) LoRaWAN在不需授權的無線頻譜中運行

開放任何人都可以使用無線電頻率，而不需要為傳輸支付極高的費用，類似於WiFi所使用全球的2.4GHz和5GHz ISM頻段，任何人都可以設置WiFi路由器和傳輸WiFi信號而無需許可證與許可，屬於免照頻段(Unlicensed Band)頻譜。LoRaWAN基地台如圖2-11所示。

#### (2) LoRaWAN使用較低及較寬的射頻頻率

頻率範圍更寬的事實也帶有更多國家特定的限制，ISM頻譜的使用頻段和法規要求因使用國家區域而有所不同，常見的兩種頻率分別是歐盟用的868MHz與美國的915MHz。雖然LoRaWAN試圖在世界各個不同的地區儘可能一致，但國情不同、規定不同也促使LoRaWAN得以在不同區域採用不同的頻帶。

#### (3) 台灣頻段AS 923 920~925MHz

台灣國家通訊傳播委員會(NCC)規劃將無線射頻辨識(RFID)器材操作頻段由922~928MHz修正為920~928MHz，並增訂低功率廣域物

聯網器材(920~925MHz)、以及低功率海上活動示標器(926~928MHz)的使用規定，其頻段的規格與美國相同，不同之處在於其上行頻率高於美國頻段，其下行鏈路信道與US902~928 MHz頻段相同。



GloT Gateway	
Host Interface	10/100Mbps Ethernet
Wireless Frequency Band	922 ~ 928 MHz ISM
Number of Channels	Up to 16 concurrent channels
Operating Voltage	48V ± 10% (POE adapter)
Transmit Power	0.5W (up to 27 dBm)
Receive Sensitivity	-142 dBm
Antenna Type	N-Type connected antenna
Operating Temperature	-20°C ~ 60°C
Modulation	Based on IEEE 802.15.4g
Management	TR069
Dimensions	L:230 x W:200 x H:68mm
Security	AES 128
Certification	FCC, NCC

圖2-11 LoRaWAN 基地台規格特色

## SIGFOX

來自法國的Sigfox也是種低功耗廣域網路規範，該廠商於2009年創立開發無線通訊技術，並從2012年開始建立一個全球共同的IoT網路，再透過各地特許的網路營運商SNO(SIGFOX Network Operator)推展服務，原則上單一地區由單一業者負責(例如台灣特許營運商為UnaBiz)。

透過Sigfox超窄頻傳輸技術(Ultra Narrow Band)，與LoRa同樣在免執照Sub-GHz ISM頻段上傳輸，取代蜂窩通訊技術(cellular technology)，雖然採用非授權頻譜，但是需要仰賴廠商搭建的基地台，如此一來便能在成本與通訊品質上取得平衡，此外也提供SIGFOXCloud雲端系統整合服務，能夠降低使用者開發程式、存取資料的複雜度。服務架構圖如圖2-12。

相較於其他LPWAN技術，Sigfox是傳輸速率最低的技術，速度僅100bits/s，且每個裝置一天最多只能傳送140則訊息，每則訊息最大的容量為12bytes。由於降低了資訊傳輸量，因此就能大幅節省物聯網裝置的電力消耗，適用於如電表、水表、路燈控制相關流量回報頻率每小時低於一次的應用。綜整以下Sigfox主要技術特性：

### (1) SIGFOX需使用廠商基地台

採用Sub-1 GHz ISM頻段進行通訊，這種無線電波為運作頻率在1GHz以下的工業、科學和醫療專用波段，使用這些頻段相同於LoRa無需許可證或費用，只需要遵守一定的發射功率(一般低於1W)，並且不要對其它頻段造成干擾即可。



圖2-12 Sigfox服務架構

(基地台由廠商負責佈建，使用者利用 SIGFOX Cloud 雲端服務平台連接至物聯網裝置 資料來源:SIGFOX)

### (2) SIGFOX採用較為封閉之運營策略

採用此通訊協定讓每個裝置占用的頻寬較低，因此能在同樣的網路建設下容納更多裝置，這對裝置數量相當龐大的物聯網裝置來說相當重要，能確保基地台能為每個裝置提供穩定的通訊服務。

- SIGFOX對使用其平台的技術生態系統有較為嚴格之限制。
- SIGFOX網路的合作夥伴需要分成大量服務收入。

### Weightless

Weightless為the Weightless Special Interest Group, SIG組織和技術之名稱。提供低功耗廣域網的無線連接技術，專為物聯網而設計，它既可以工作在Sub-GHz免授權頻段，也可以工作在授權頻段。Weightless是一種無線通信協議，用於連接智慧設備到網際網路上，與其他LPWAN計算一樣使用Sub-GHz頻段，低功耗、低速率、通信距離遠等特點。不同於專有或專利的無線連接技術，**Weightless是一個開放的標準**。開放的標準也是Weightless SIG宣傳的一個特點，開放意味著更多的公司或組織可以參與其中，眾多的供應商也可以保證低成本、低風險，並且可以可以持續更新和發展

Weightless有三個不同的架構：分別為Weightless-N、Weightless-P及Weightless-W。Weightless-N屬於單向通訊，是低成本的版本；Weightless-P是雙向通訊版本，通訊效能較好；如果當地TV空白頻段可用，可選擇Weightless-W。ARM支援的Weightless-P頻寬為12.5kHz。

Weightless與歐洲電信標準化協會(European Telecommunications Standards Institute, ETSI)達成合作協議，該技術未來可能會仿效Wi-Fi，**建立統一的標準和認證體系，將技術和產品標準化、產業化**。

使用非授權頻譜LPWAN標準方面，Weightless的利用效率很高，在相同條件下與LoRa、Sigfox相較，網路訊號覆蓋LoRa最好，但在支援節點數量與頻譜效率部分，Weightless則較LoRa、Sigfox表現更好。與其他LPWAN技術相同，Weightless也強調長距離、省電、支援多節點連結、網路傳輸安全、彈性架構與開放性標準等。其優點如圖2-13所示。

目前Weightless SIG中，主要的會員包含ARM、Accenture、Sony等，該技術架構中，支援多項先進網路功能，包含對稱式的上傳/下載(Symmetric DL/UL)、群播/廣播(Multicast/Broadcast)、訊息確認(Message Ack)、電池運作(Battery Operation)、電源控制(Power Control)、定位服務(Location Service)、換手支援(Handover Support)、

韌體升級(Firmware Upgrade)等，其他技術並不完整支援的功能，可以提供接近NB-IoT的網路服務品質。

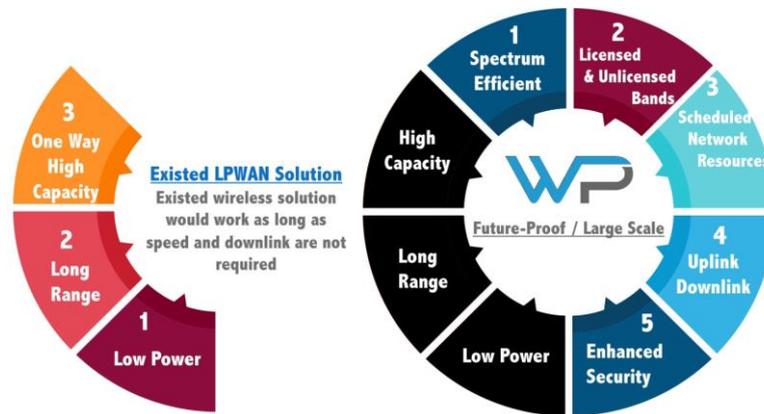


圖2-13 Weightless的特色  
(資料來源:優必闊科技)

### 參、LPWAN主要通訊技術之比較

目前較受關注的LPWAN技術中，大概可以從技術使用的無線電頻段分成授權頻段(License Band)與非授權頻段(Unlicense Band)，使用授權頻段技術為3GPP主導的NB-IoT，採用現有3G/4G網路，主要投入為電信營運商與相關設備廠商；而投入並使用非授權頻段技術者，大多為不屬於電信領域的ICT廠商。這些主要技術的比較整理如表2-1，而LPWAN通訊技術支援服務比較如圖2-14:。

表2-1 LPWAN主要技術比較表

技術協定	主推者	成立時間	佈建國家	基站連接數目	使用頻段	傳輸距離	傳輸速度	技術範疇
Sigfox	Sigfox	2009	17	100萬個	ISM Band Sub-1GHz	市區 10km 郊區 50km	100bps	終端設備至前端應用
LoRaWAN	IBM、CISCO	2015	12	25萬個	ISM Band Sub-1GHz	市區3-5km 郊區15km	300bps-50kbps	通訊協定
Weightless	ARM、NEUL	2015	3	100萬個	ISM Band Sub-1GHz	5km+(-N) 2km+(-P)	30-100kbps(-N) 100kbps(-P)	通訊協定
RPMA	Ingenu	2008	25	20萬個	2.4GHz	4km	8bps-8kbps	通訊協定及硬體規格
HaLow	IEEE	2013	NA	~萬個	ISM Band Sub-1GHz	1km	>100kbps	通訊協定
NB-IoT	3GPP	2016	NA	10萬個	GSM or LTE Band	20km	~50kbps	通訊協定

(資料來源:依據新通訊2月號資料重製)

	Symmetric DL/UL	Multicast / Broadcast	Message Ack	Battery operation	Power control	Location services*	Handover support	Firmware upgrade
LoRa	⓪	⓪	⓪	⓪	●	⓪	●	⓪
UNB/SigFox	●	●	●	⓪	⓪	●	●	●
Weightless-P	⓪	⓪	⓪	⓪	⓪	⓪	⓪	⓪
RPMA	⓪	⓪	⓪	⓪	⓪	⓪	⓪	⓪
Telensa UNB	⓪	⓪	⓪	⓪	⓪	⓪	●	⓪
LTE Cat-1	⓪	⓪	⓪	●	⓪	⓪	⓪	⓪
LTE Cat-m1	⓪	⓪	⓪	⓪	⓪	⓪	⓪	⓪
LTE NB-IoT	⓪	⓪	⓪	⓪	⓪	⓪	⓪	⓪

Legend:  
 ⓪: Supported | ●: Not supported | ⓪: Partial support; optional support | ⓪: Not required  
 \* Location services include paging capability.

圖2-14 LPWAN通訊技術支援服務比較

(資料來源: Mobile Expert: Mobile and Wide-Area IoT:LPWA and LTE connectivity.2016)

#### 肆、本案採用NB-IoT之特色

本計畫之無線傳輸系統測試採NB-IoT技術。NB-IoT的全名為NarrowBand IoT，顧名思義，就是為物聯網裝置設計的窄頻無線電通訊技術，它是由3GPP(3rd Generation Partnership Project，第三代合作夥伴計劃，功能為制定國際電信標準的組織)所提出的通訊標準，以目前手機使用的行動通訊技術為基礎，讓透過電池提供電力運作的物聯網裝置，能夠具有長距離通訊的能力，以及保持長續航力的特色。

不同於LoRa採用非授權頻譜(Unlicensed Spectrum)，NB-IoT則是採用授權頻譜(Licensed Spectrum)，兩者主要的差異在於是否需要無線通訊使用的頻段，是否需要經過主管機關分配與授權電信商使用。簡單地說，一般手機使用通訊頻段，就是屬於需要受到管制的授權頻譜，申請執照後才能使用，一般人不能私自架設基地台，而Wi-Fi無線網路則屬於非授權頻譜，大家都不需申請即可自行在家中裝設熱點。

由於LoRa採用的是非授權頻譜，因此在使用的過程中不會產生相關費用，然而因為NB-IoT採用頻率低於1GHz授權頻譜，根據NB-IoT vs LoRa Technology白皮書的資訊，這種sub-GHz頻譜中，每MHz的申請成本約為美金500萬元，另一方面，因為NB-IoT需要仰賴行動通訊的基地台，所以在建置成本上會比較高。

不過也就是因為NB-IoT使用授權頻譜，因此訊號比較不會受到干擾，能夠避免在裝置繁多的環境中發生彼此干擾的問題。而且相較於LoRa使用的通訊方式為非同步通訊協定(Asynchronous Protocol)，NB-IoT使用的同步通訊協定(Synchronous Protocol)能夠降低通訊的延遲。

舉個例子來說，LoRa就像是寄平信，雖然便宜，但是寄達時間比較不能掌握，且有信件可能會遺失，然而NB-IoT則像是限時掛號，能夠確保信件能準時寄達。由於NB-IoT具有這種服務品質(Quality of Service，簡稱QoS)的特性，能夠確保資料能正確地傳輸到目的地，因此更適合用於如收銀系統、火災警報等牽涉到金融與安全的應用情境。

#### 第四節、研究區域概述

本計畫之研究區域選定位於新北市新店區某社區之人工邊坡進行，以下對於此區域的氣象、地質、社區概況及預訂監測之人工邊坡等進行說明。

##### 壹、氣象資料

研究區域之降雨高峰期間大致落於每年6月9日，與一般北部之坡地社區面對之降雨條件類似。平均日照時間約2~5小時，對於太陽能發電不太足夠，因此仍區開發高效能儲電系統。

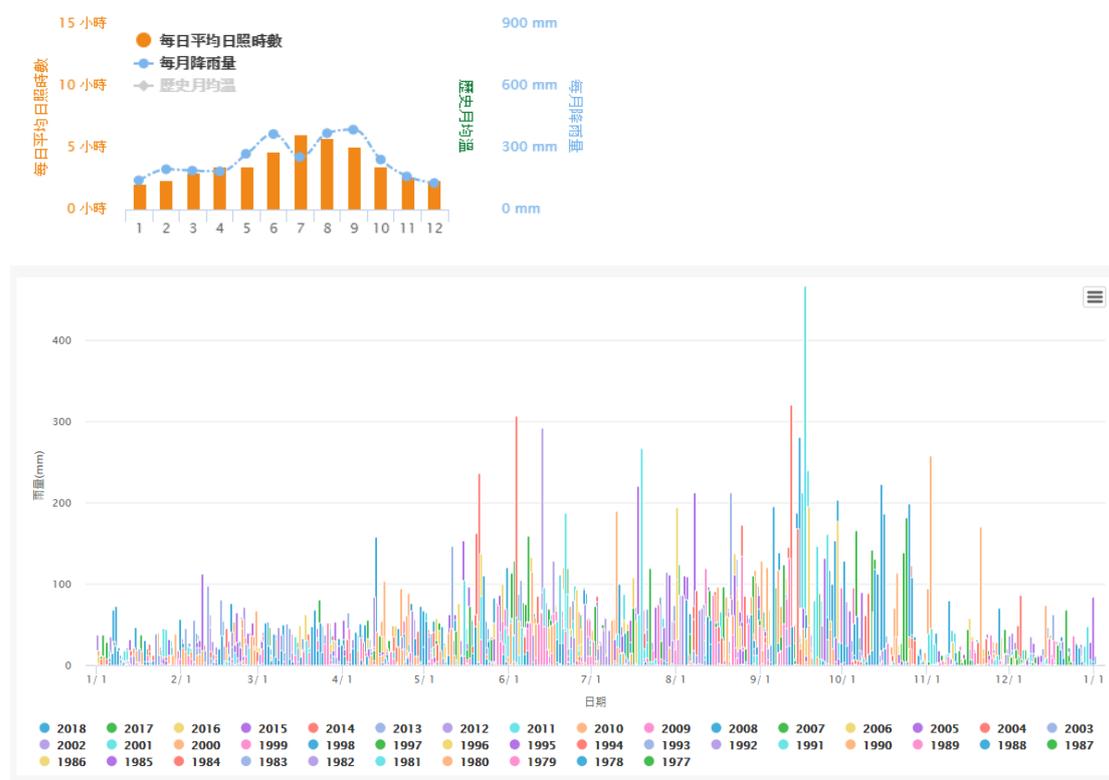


圖2-15 研究區域附近歷年雨量資料(水利署01A410測站)

## 貳、地質資料

本計畫之研究區域選定位於新北市新店區某社區進行，研究區域位置與地形如圖2-16所示，地質分布如圖2-17所示。研究區域高程大約E.L.180M，並未發現順向坡地形。主要地質為大桶山層(Nk)，從東北海岸南延到臺灣中部，大桶山層廣布在雪山山脈帶的主要褶曲構造的中間。本層的下部由暗灰色到黑色硬頁岩和顏色相近的灰色細粒砂岩和泥砂岩互層構成。硬頁岩和砂岩或粉砂岩彼此漸變，兩者間難作明顯的劃分，層厚通常在十公分到二公尺之間。堅硬緻密的泥質粉砂岩抗蝕力強，常沿著河床形成陡壁，地形上和砂岩的豚脊狀地貌很相似，這是大桶山層一個最顯著的特徵。大桶山層的上部由暗灰色堅緻的硬頁岩和砂質頁岩羣雜著少量砂岩或泥質粉砂岩的互層組成，硬頁岩或泥岩在濕的時候呈塊狀，乾時就顯出良好的裂面或劈理面。一般層理有的明顯，有時也並不明顯，但是破劈理或板劈理比較發達。大桶山層的厚度在不同報告中曾有八百公尺到二千公尺的差距，目前尚無從標準剖面量出的厚度，因為本層的上下界限也常因人而異，沒有明確的規定，所以它的全厚難免有上述數字的差異。依據比較合理的估計，本層的厚度大約是在一千五百公尺左右。在雪山山脈帶的北部，大桶山層的下部岩層中夾有一個厚砂岩段，砂岩是暗灰色、泥質、細粒，並且含有少許硬頁岩的夾層，它的厚度大約是二百公尺以上。這個砂岩段曾被市川雄一（1932）命名為粗窟砂岩層（粗窟砂岩或粗窟層），可以成為大桶山層和其下乾溝層分界的依據，可是粗窟砂岩僅代表大桶山層下部的一個砂岩較富的岩段而已，而且只見於大桶山層分布地區的較北部。到了烏來以南，這個厚層砂岩段就逐漸消失不見，大桶山層變為以硬頁岩為主的地層，其中也夾有泥質砂岩的互層。更南到了臺灣中部，連泥質砂岩的夾層也逐漸減少，大桶山層以黑色到暗灰色的硬頁岩和板岩為主，夾有極少量的砂岩互層。這時大桶山層和乾溝層已經很難區分，所以有水長流層這個地層單位提出來，用以包括北部的乾溝層和大桶山層。大桶山層在許多地方含有狹小的玄武岩質火山碎屑岩，也有少量的玄武岩流，通常成為凸鏡體或不規則體。乾溝層中也含有火山岩體，但數量上顯然少得多。這種夾在大桶山層中的火山岩體在臺灣的北部又比中部多，它們的厚度從一公尺以下到數十公尺不等，大部是沿著層面出露在不同層位的硬頁岩或板岩的中間，但也有不沿著層面的。它們的水平延展情形不甚了解，因為由於草木的掩覆或是山勢崎嶇，很難追蹤它們確實分布的情形，可能真正的火山岩體數目和它們的分布情形比目前地質圖上所能表示的要多。這些火山岩體是和大桶山層沉積同時的火山噴發活動所造成的

產物。乾溝層加上大桶山層可以和臺灣中部的水長流層對比，因為它們的時代和岩性大致相同。這些地層中曾找到不少的化石，包括貝類、有孔蟲類，和海膽類。在標準地點大桶山東北約三十公里處的魚行曾找到很多有孔蟲化石，經研究結果，都被認為屬於漸新世魚行組化石群，也就代表了張麗旭（1954）所謂的漸新世石槽階地層。最近微體古生物學家的研究，也主張大桶山層是漸新世的說法。在新的地質圖上，大桶山層和乾溝層（以及水長流層）的時代皆定為漸新世。

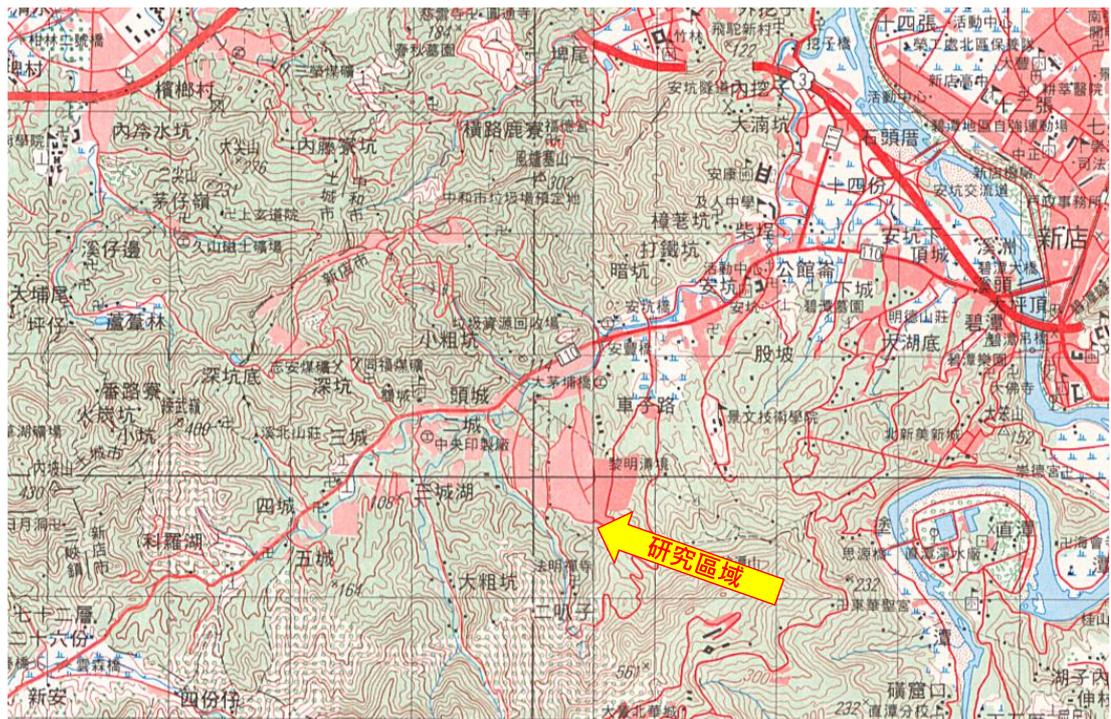


圖2-16 研究區域位置圖(底圖取自1/25000經建版地形圖4版)



圖2-17 研究區域地質分布圖(底圖取自中央地調所)

參、現況照片

社區南側為三個單為組成之地錨擋土牆，目前社區委託某顧問公司進行週期半年之定期監測。照片如圖2-18所示。



(a)計畫團隊與擋土牆



(b)擋土牆已明顯變形且滲水



(c)擋土牆後之自然岩層



(d)擋土牆非常高聳且緊貼社區建物

圖2-18 研究區域現況照片(108/03/21)



## 第三章 邊坡監測器整合與傳輸系統

### 第一節、整合型監測器研發

本計畫將延續107年度已研發適合於社區人工邊坡使用之低功耗、低成本整合型監測器，包含雙軸向傾斜儀、裂縫量測應變計等，本年度再添加雨量計、水壓計與地錨荷重計。訊號傳輸改採透過NB-IoT進行連結，並將佈設於示範山坡地社區中人工邊坡牆面進行將監測。各項監測器說明如下：

#### 1. 雙軸向傾斜儀

傾斜變位計/微機電式傾斜計主要應用於水庫、水壩、堤防之傾斜變位長期觀測；鄰近開挖工地之建物傾斜監測；連續壁施工監測；橋樑或高架道路之墩柱及橋面傾斜監測；超抽地下水或潛盾施工引致之地表差異沉陷引發結構傾斜監測等。本計畫規畫裝設雙軸傾斜儀，為微機電式MEMS傾斜變位計(Micro-Electro-Mechanical-Systems)的設計目的在於永久裝設在結構物上以求觀測該結構物之長期傾斜變位量。照片如圖3.1-1所示，將以自動量測方式，頻率為每10分鐘至少1次，若監測期間傾斜儀5分鐘變化幅度大於1度時，則改以頻率為每分鐘1次。



圖3-1 雙軸傾斜儀

#### 2. 裂縫量測應變計

振弦式裂縫計(拉伸式)係用於監測裂縫的擴張與收縮，包括：水壩混凝土結構結合處、岩石隧道表面裂縫、橋樑橋墩表面裂縫、捷運高架橋樑柱表面裂縫、混凝土結構物結合處等。振弦式裂縫計(拉伸式)採用振弦式位移感測器測量裂縫，裂縫計內部包含一組振動鋼弦敏感元件，鋼弦一端被固定，另一端則連接到彈簧拉力棒，裂縫變形時帶動拉力棒的移動，使彈簧改變了鋼弦的振動頻率，這個振動頻率的大小與裂縫開合大小成比例關係，如圖3-2所示。



圖3-2 振弦式裂縫計

### 3. 土壤水分計

一般傳統土壤水份量測為利用土壤變乾，水會被土壤從張力計內的管柱抽出；當下雨或灌溉時則產生反轉的動作。然而為量測到更精確的土壤中水份變化，改以量測土壤的介電常數(即電容)變化，而換算成土壤含水量。探針式電容感應器能敏感地量測土中電容變化，並將土壤模擬成電阻(R)與電容(C)的並聯等效電路，以換算成水份含量。其形式為Capacitance Probe (CP)多節式電容土壤水份感測器，為一單感多節式土壤水份感測器，多點感測環可依實驗所需深度進行調整，量測資

料經由介面卡與資料收集處理器(Data logger)所收集。感測原理採高頻電容式(High Frequency Capacitance)，反應時間約1.1秒，精確度 0.008% Vol。儀器如圖3-3所示。



圖3-3 土壤水分計

#### 4. 水壓計

電子式水壓計以自動化監測之方式，即時掌握地下水壓之變化情形，並與雨量監測之成果進行比對，用以初步推估降雨對於地下水壓之影響。範圍： $7.0 \text{ kg/cm}^2$ 、精度： $0.025\% \text{ FSR}$  解析度： $\pm 0.1\% \text{ FSR}$  ( $1 \text{ kg/cm}^2 = 98.1 \text{ KPa}$  優規)，如圖3-4所示。



圖3-4 水壓計

#### 5. 雨量計

採用自計傾倒式雨量計，以0.5mm為單位，並連結自動監測站內資料記錄器；其中雨量計規格，量測精度達每降雨累積達50mm 誤差小於1.5mm內。預計每小時紀錄一筆資料，視需要調整紀錄頻率。相關照片如圖3-5所示。



圖3-5 自計式雨量筒

## 6. 地錨荷重計

地錨荷重計用於監測擋土牆或邊坡上地錨或岩錨之預力變化，也可應用於地下開挖、靜力試樁、托底之支撐等。本研究採用振弦式地錨荷重計，容量為100T，靈敏度 $<0.025\%FS$ 。內部包含3~6個振弦式感應器，等距離圍繞軸心安裝在一個合金鋼圓柱體內，並在上下配備荷重承壓板，地錨荷重計內部的振弦式感應器透過多芯電纜線連接到讀數儀或自動化集錄器上可以精確快速反應荷重計本體當下所承受的預力。相關照片如圖3-6所示。



圖3-6 地錨荷重計

## 7. 整合式感測器封箱與測試

上述之感測器需透過類比數位轉換器，將類比訊號轉換成數位訊號後，再利用低功耗長距離無線傳輸技術傳送至雲端。除

感測器須外露外，其餘元件皆可整合至一箱體中，尺寸與照片如圖3-7與3.8所示。預計安裝於現場之示意圖如圖3-9所示，其中各項重要元件如通訊元件、雙軸傾斜儀、訊號轉換器、長效電源等皆固定於箱內並進行防水封裝。未來箱體尺寸、形式與材質皆可因地形條件、監測內容進行調整。經測試感測儀器可正常動作並將資料上傳至雲端，如圖3-10所示。

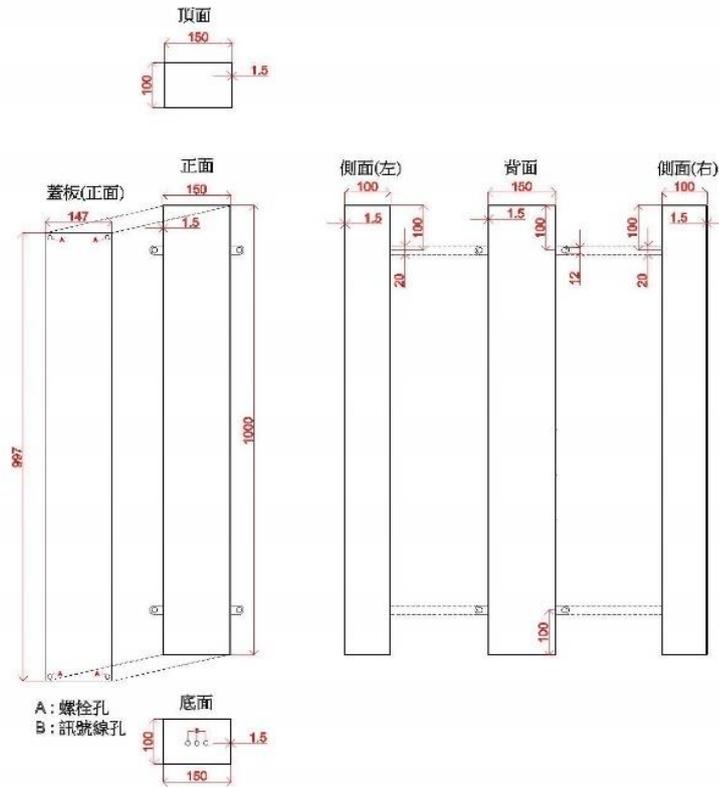
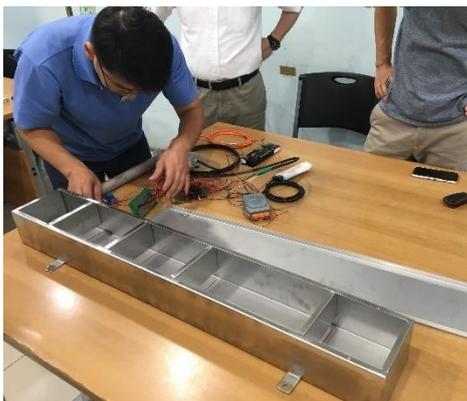
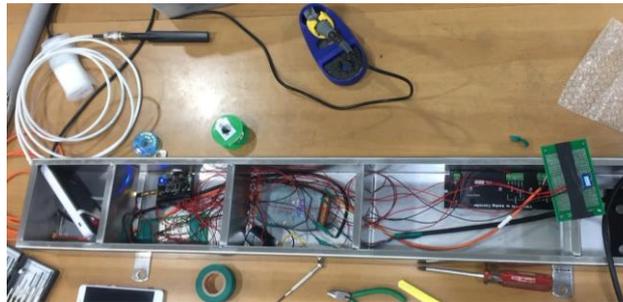


圖3-7 整合感測器外箱之尺寸



(a)箱體



(b)裝箱過程

圖3-8 整合感測器外箱施作

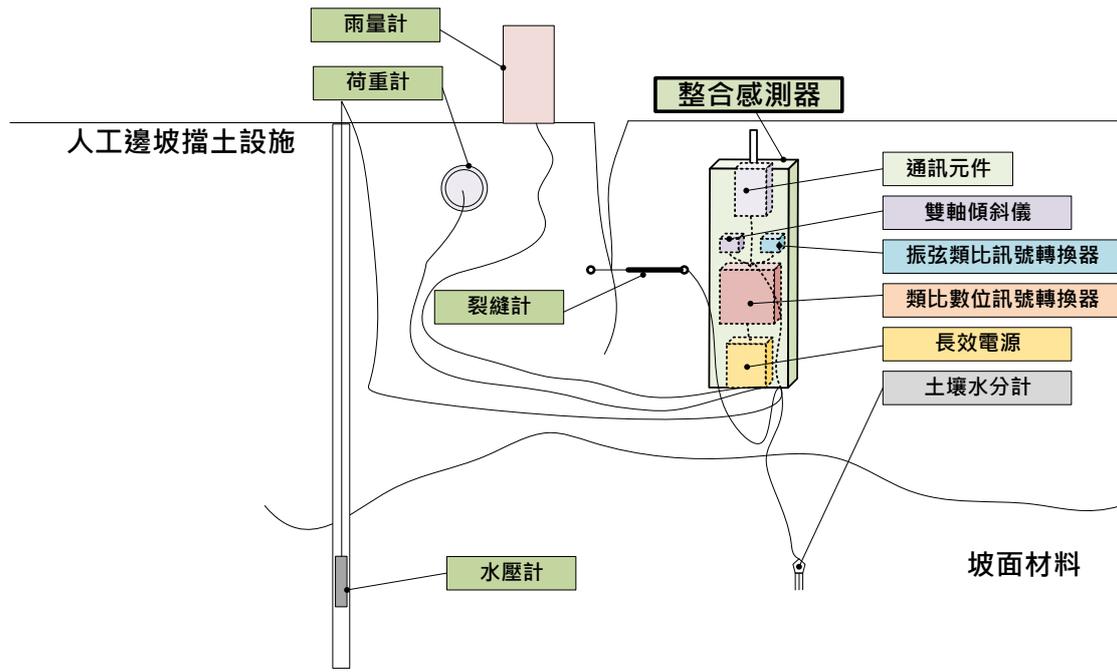


圖3-9 整合感測器於現場安置完畢示意圖與透視圖

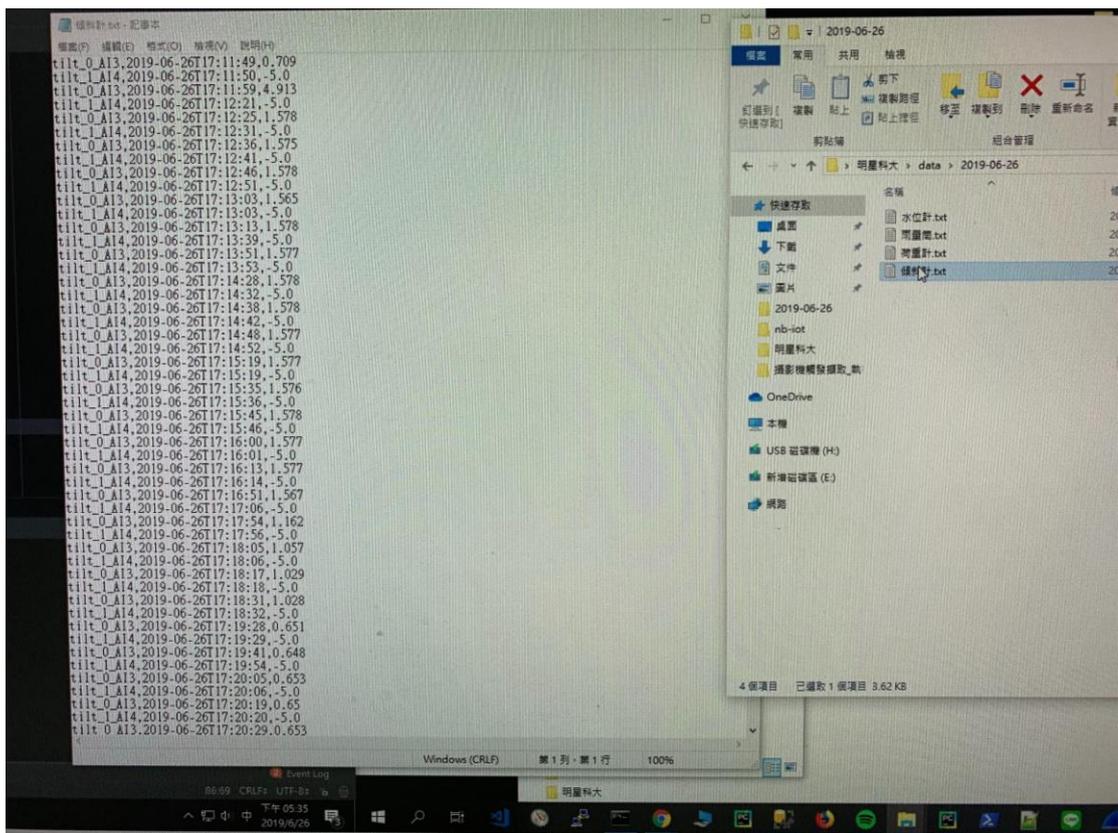


圖3-10 整合感測器透過NB-Iot測試

## 第二節、整合型感測器電力來源

### 壹、太陽能發電系統

若預定監測之人工邊坡屬於電力不及或不易取得的區域，則必須就地採用自然再生能源作為電力來源，由於風力發電較不可預測，故建議以太陽光電發電做為電力來源，說明如下：

1. 運用型式:獨立型太陽光電發電系統，如圖3-11所示。
2. 系統設計說明
  - (1) 無市電備援，設計時須注意發電及蓄電量必須大於用電量
  - (2) 在最差日照條件下仍需維持系統正常運作，因此蓄電容量必須依設備用電量有最長連續無日照天數進行設計
  - (3) 必須提供合理的使用壽命，視地區電池組可將更換週期設計為2~5年
  - (4) 必須考慮太陽光電可能受遮蔭影響之問題



圖3-11太陽光電發電案例

### 貳、儲電系統

由於邊坡社區常面臨日照不足的問題，且感測器越多耗電量越大，太陽能發電之成本也隨之攀升。高效能儲電系統具減少自放與高密度儲存電力之優勢。鋰電池是20世紀開發成功的新式高能電池，能夠理解為含有鋰元素(包含金屬鋰、鋰合金、鋰離子、鋰聚合物)的電

池，可分為鋰金屬電池(很少的出產和運用)和鋰離子電池(如今許多運用)。因其具有比能量高、電池電壓高、作業溫度範圍寬、貯存壽數長等長處，已廣泛應用於軍事和民用小型電器中，如行動電話、可攜式計算機、攝像機、照相機等，部分替代了傳統電池。鋰離子電池(Li-ion Batteries)是鋰電池開展而來。所以在介紹Li-ion之前，先介紹鋰電池。舉例來講，扣子式電池就歸於鋰電池。鋰電池的正極資料是二氧化錳或亞硫酸氯，負極是鋰。電池拼裝完成後電池即有電壓，不需充電。這種電池也能夠充電，但循環功用不好，在充放電循環進程中，容易構成鋰枝晶，形成電池內部短路。

另一種為聚合物鋰電池，聚合物鋰電池所用的正負極資料與液態鋰都是相同的，電池的作業原理也根本共同。它們的首要差異在於電解質的不同，鋰電池運用的是液體電解質，而聚合物鋰電池則以固體聚合物電解質來替代，這種聚合物能夠是「乾態」的，也能夠是「膠態」的，現在大部分選用聚合物膠體電解質，聚合物鋰電池可分為三類：

1. 固體聚合物電解質鋰電池。電解質為聚合物與鹽的混合物，這種電池在常溫下的離子電導率低，適於高溫運用。
2. 凝膠聚合物電解質鋰電池。即在固體聚合物電解質中參加增塑劑等添加劑，然後進步離子電導率，使電池可在常溫下運用。
3. 聚合物正極資料的鋰電池。選用導電聚合物作為正極資料，其能量是現有鋰電池的3倍，是最新一代的鋰電池。由於用固體電解質替代了液體電解質，與液態鋰電池比較，聚合物鋰電池具有可薄形化、任意面積化與任意形狀化等長處，也不會發生漏液與焚燒爆破等安全上的問題，因而能夠用鋁塑複合薄膜製作電池外殼，然後能夠進步整個電池的容量；聚合物鋰電池還能夠選用高分子作正極資料，其品質與能量將會比現在的液態鋰電池進步50%以上。此外，聚合物鋰電池在作業電壓、充放電循環壽數等方面都比鋰電池有所進步。

本次整合型監測器與傳述系統耗電量初估方式如下：監測頻率為10分鐘時，每次發送需1.2W，因此一整天耗電為172.8W。若日照時間為5小時，則太陽能板發電量需34.6W。本研究將首先採用傳統鉛蓄電池進行實驗，再逐步採購不同高效能電池做為儲電系統。

### 第三節、整合型監測器與通訊系統之測試安裝

由於擋土牆緊鄰高樓，對於LoRa傳輸造成障礙，故本計畫選定NB-IoT為通訊傳輸系統。組裝與測試照片如圖3-12所示，系統傳輸流程如圖3-13所示，測試階段以10秒為傳輸頻率，資料以水壓計為例，當設定每10秒傳一比時，訊號序列與時間差整理如3-14所示。結果顯示NB-IoT可順利傳輸資料，但時間差部分與設定不同，可再深入探討。

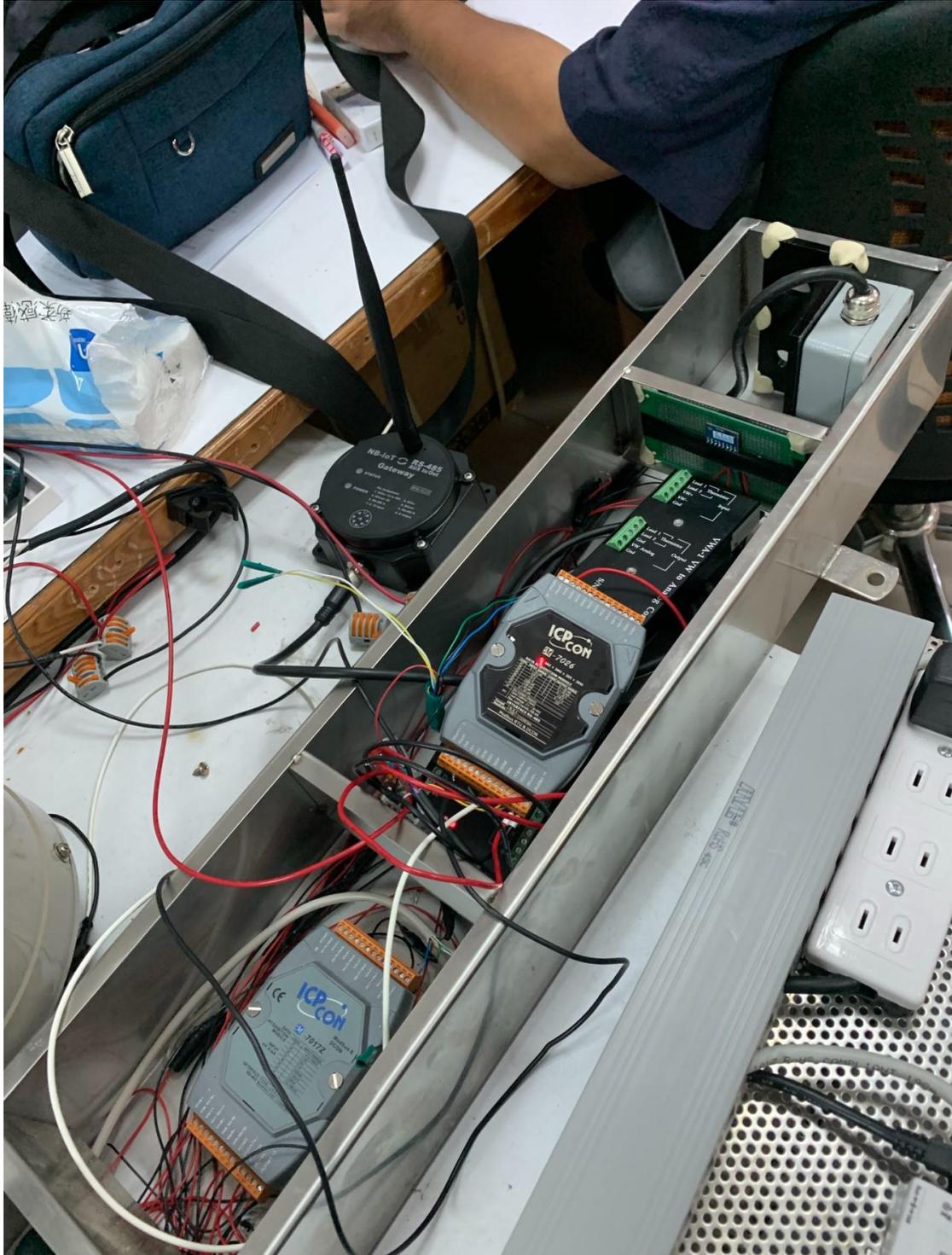


圖3-12 本實驗之訊號轉換系統與通訊系統整合組裝

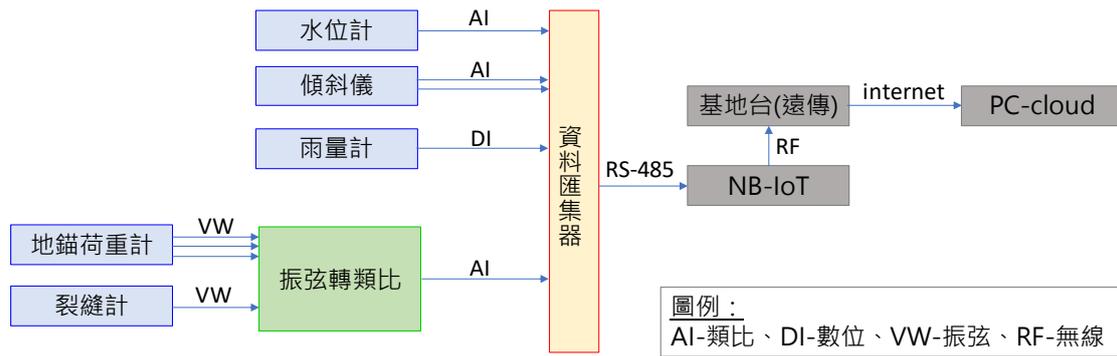


圖3-13 監測系統運作流程圖

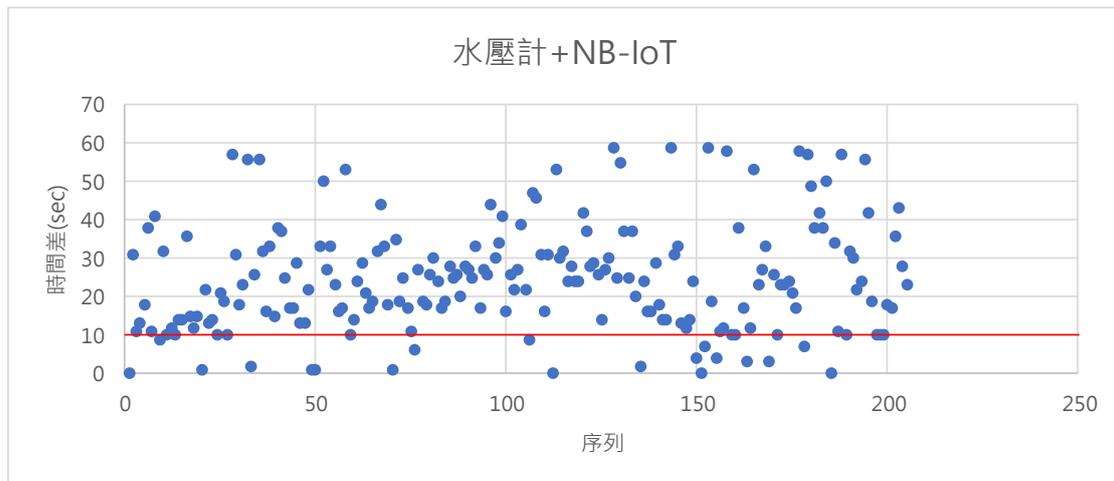


圖3-14 監測測試成果範例

## 第四章 地錨揚起試驗與監測系統安裝

### 第一節、地錨揚起試驗

#### 壹、地錨揚起試驗意義

團隊將透過地錨設計資料與揚起試驗了解其設計荷重與殘餘荷重。方仲欣等人(2014)歸納地錨預力揚起案例後指出，地錨於鎖定預力完工之後，其預力將隨著時間而變化；為瞭解地錨的長期工作性能，可以採用「地錨荷重計」長期監測其預力變化情形，或於使用階段擇機辦理「揚起試驗」(Lift-off Test)以檢測地錨之既存荷重(或稱殘餘荷重)。其原理係利用當施拉荷重大於地錨之既存荷重時，該地錨會有較明顯變位之特性，經由此變位量即可評估判讀該地錨之既存荷重。一般而言，造成地錨應力和位移的變化，主要原因包括鎖定時抗張材的滑動損失、護管與抗張材的摩擦損失、抗張材的鬆弛、地層的潛變行為、地層壓密、臨近工程施工影響、溫度的變化、各種衝擊作用、以及岩土體應力狀態的變化等。Johnson and Turner(2003)曾研究了數個邊坡的地錨預力長期監測案例，觀測所得之地錨荷重長期而言(觀測約2~5年)約成為設計荷重的66%~80%。

#### 貳、受測地錨選取

團隊分別於107/03/21與107/05/26至現地現勘與挑選地錨，現場照片如圖4-1所示，經現場評估後選出四處外觀已經破損漏水之地錨施作，經敲開錨頭透之照片如下圖4-2所示。從照片中可看出，G1、G2錨頭為傳統錨頭；G3、G4為可調式錨頭。

根據交通部臺灣區國道高速公路局100年研究資料之目測檢視判斷建議，如表4-1所示，本研究區域之錨頭皆為極差。

表4-1 地錨檢測評估分級建議表

分級	檢測目的	A.極差	B.不佳	C.尚可	D.正常
保護座外觀檢視	<ul style="list-style-type: none"> <li>地錨外觀(包括保護座、承壓結構及坡面滲水)異常狀況調查</li> <li>水質腐蝕性</li> </ul>	 <p>錨頭保護座與承壓結構分離大於 2mm</p>	 <p>錨頭保護座與承壓結構分離，且小於 2mm 或承壓結構開裂或下方表土掏空</p>	 <p>錨頭保護座週邊滲水、白華或錨座外觀輕微破損</p>	 <p>無異狀</p>
錨頭組件檢視	錨頭組件銹蝕及滲水情形	 <p>錨頭有深層銹蝕，鋼腱或錨頭表面可見局部鐵銹碎片和裂縫，分佈面積大於 50%以上，鋼腱橫切面已因銹蝕而變形</p>	 <p>嚴重銹蝕或滲水錨頭有深層銹蝕，鋼腱或錨頭表面可見局部鐵銹碎片和裂縫，但分佈面積小於 50%</p>	 <p>輕微銹蝕或滲水。錨頭有銹蝕現象，銹蝕深度淺薄，無法量測或小於 0.1mm</p>	 <p>無銹蝕或無滲水</p>
內視鏡檢視	檢查錨頭背面鋼腱銹蝕、自由段無漿長度及滲水情形	 <p>鋼腱呈深褐色，表面已有珊瑚狀或瘤狀突起或銹蝕面積達 90%以上</p>	 <p>鋼腱呈深褐色，表面略粗糙，尚無珊瑚狀或瘤狀突起或銹蝕面積介於 50~90%</p>	 <p>鋼腱呈淺褐色，但表面光滑或銹蝕面積介於 10~50%</p>	 <p>無異狀或銹蝕面積未達 10%</p>
揚起試驗	地錨殘餘荷重確認	$Tr > 1.2Tw$ 或 $Tr \leq 0.2Tw$	$0.2Tw < Tr \leq 0.5Tw$	$0.5Tw < Tr \leq 0.8Tw$	$0.8Tw < Tr \leq 1.2Tw$



圖4-1 受測地錨挑選

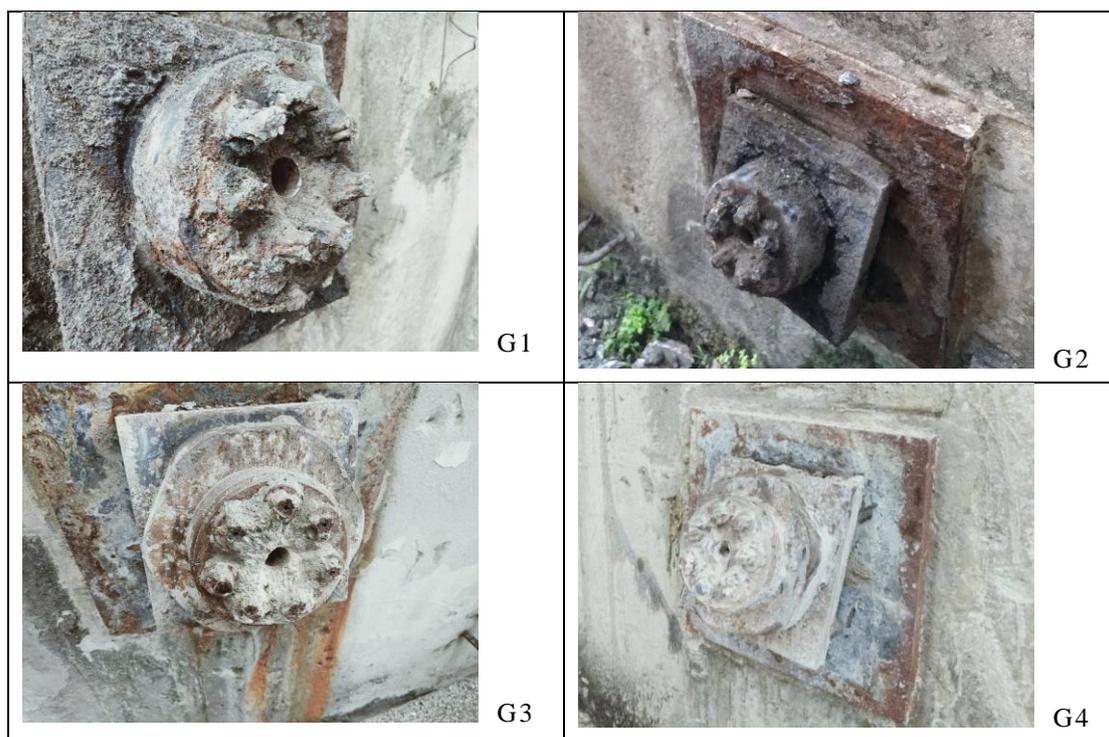


圖4-2 選出之受測地錨頭情況

### 參、地錨揚起試驗

本研究於關鍵性地錨擋土牆進行地錨揚起試驗，因無法取得相關設計資料，僅能直接施作揚起試驗取得既存荷重。團隊以1000T之千斤頂施做。地錨揚起試驗裝置示意照片如圖4-3所示，成果闡釋須注意事項列於表4-2。取得殘餘荷重後，置入地錨荷重計進行長期監測。表4-3為成果判釋後研判可能之地錨健康程度與邊坡穩定狀態，將如實紀錄並提出建議對策。

圖4-4為國內常用之預力地錨的施拉和荷重量測構造，荷重計的安裝位置可在千斤頂之下方或上方，而位在荷重計上下方的兩塊承壓板應有合適的材質和厚度，以確保荷重可以均勻地施加到荷重計上和準確地量測荷重。如圖中之紅色虛線所示，整個施拉和荷重量測構造之安裝排列，必須要能共線，才能確保施拉和荷重量測之正確性。然而在實務上，邊坡上的地錨多半是高高掛在半空中，必須搭架工作平台才有辦法施工，研究團隊將謹守上述原則，以確保量得正確讀數。

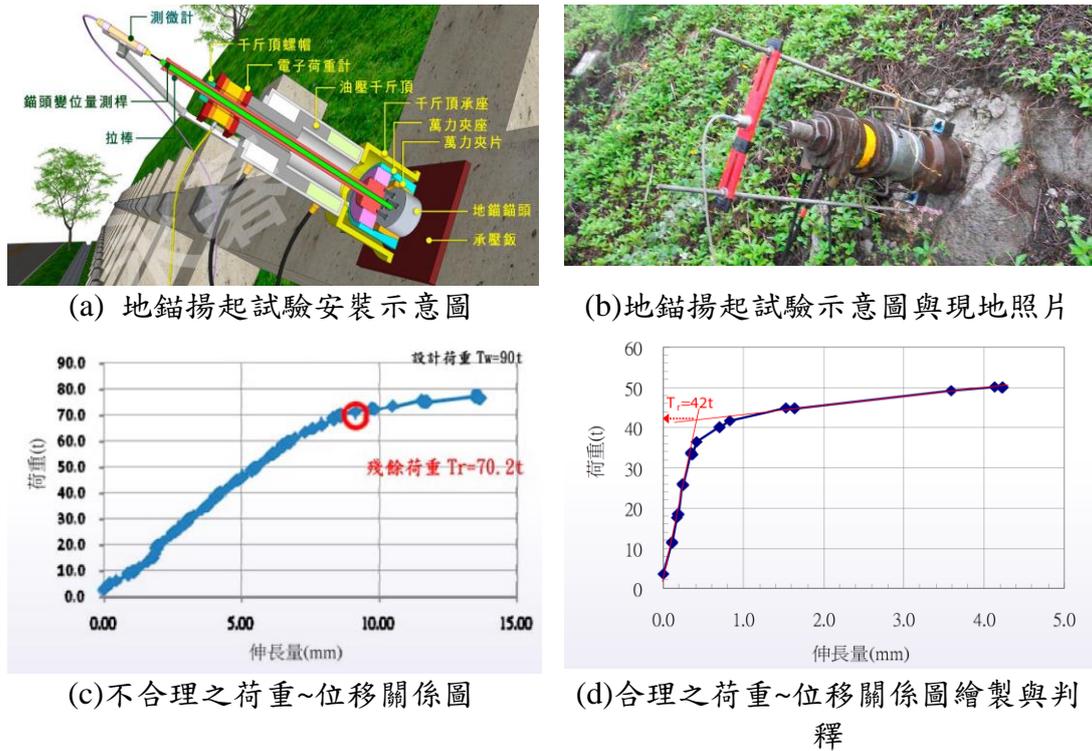


圖4-3 地錨揚起試驗裝置與照片示意圖 (方仲欣等人 2014)

表4-2 揚起試驗成果闡釋須注意事項(方仲欣等人 2014)

既存荷重範圍	健全度	狀態	處理方式例
容許荷載 ( $T_a$ )	E	有斷裂之疑慮	實施緊急對策
	D	有處於危險狀態之疑慮	實施對策
	C	超越容許值	
設計荷載 ( $T_d$ )	B		觀察其變化狀態，以檢討對策之必要性
錨碇時預力 ( $P_t$ )	A	健全	
	A	健全	
$0.8P_t$	B		觀察其變化狀態，以檢討對策之必要性
$0.5P_t$	C	機能大幅降低	實施對策
$0.1P_t$	D	無法提供機能	

表4-3 地錨既存荷重及健全度之概略判斷標準(譯自日本獨立行政法人土木研究所等，2008)

型式	圖形	P-δ 曲線特性分類	
I		$\frac{E \cdot A}{(l_f + 0.5 l_a)} \leq \tan \theta \leq \frac{E \cdot A}{0.9 l_f}$	正常
		$\frac{E \cdot A}{(l_f + 0.5 l_a)} > \tan \theta$ 或 $\frac{E \cdot A}{0.9 l_f} \leq \tan \theta$	異常 (自由段長度)
II		試驗拉力小於設計荷重 (T <sub>w</sub> )，錨碇段拉脫	異常 (錨碇段脫落)
III		試驗拉力突然下降或抖動，表示夾片與鋼腱可能發生滑動	異常 (鎖定功能異常)
IV		試驗拉力未達設計荷重 (T <sub>w</sub> )，鋼腱銹蝕斷裂	異常 (鋼腱銹蝕)
V		既存荷重大於設計荷重 (T <sub>w</sub> )，故無法求得其值	異常 (邊坡滑動)

註：上表中 P= 荷重，δ= 錨頭位移量，l<sub>f</sub>= 自由段長度，l<sub>a</sub>= 錨碇段長度，E= 鋼腱之彈性模數，A= 鋼腱之總斷面積

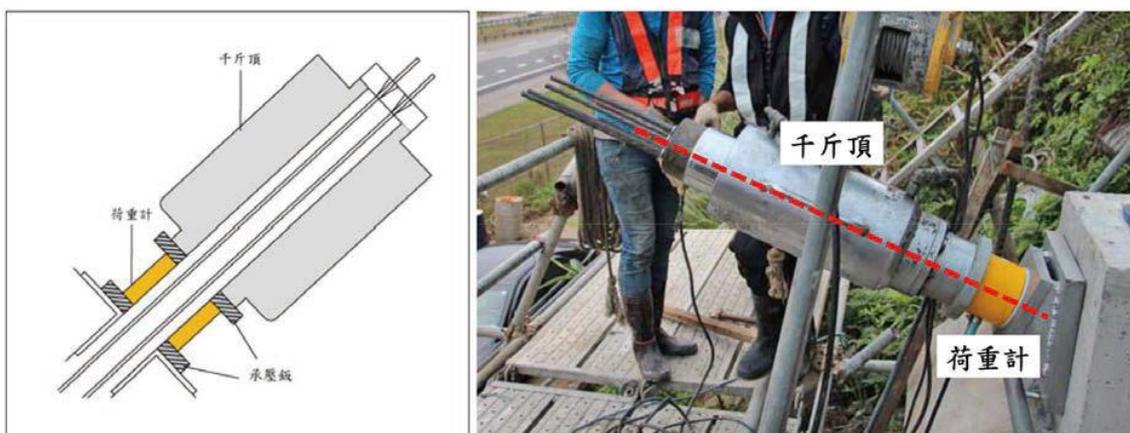


圖4-4 本研究預計採用之預力地錨施拉和荷重量測構造(廖洪鈞等人 2017)

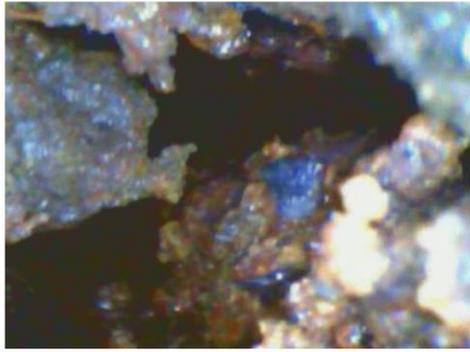
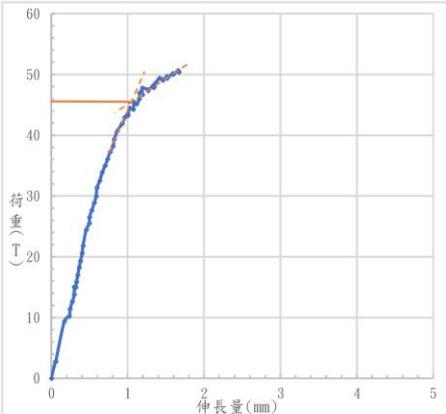
#### 肆、地錨內視鏡檢測與既存荷重檢測成果

由於G3、G4地錨為可調式錨頭，需訂製特殊夾具，耗時耗工，因此直接進行除鏽作業與加上保護蓋；僅G1、G2地錨施作揚起試驗，成果如表4-4與4-5。G3、G4檢測成果表4-6與4-7。

由表4-4可看出，G1之既存荷重約45T，對照表4-3之結果屬於形式I，為正常之試驗成果，因此以此地錨作為後續監測之地錨。由表4-5可看出，G2之既存荷重約36T，對照表4-3之結果屬於形式III，為鎖定功能異常之試驗成果。

表4-4 G1地錨檢測成果

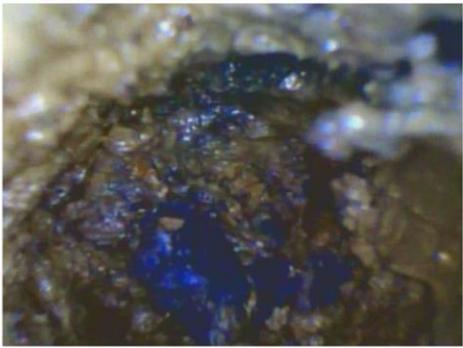
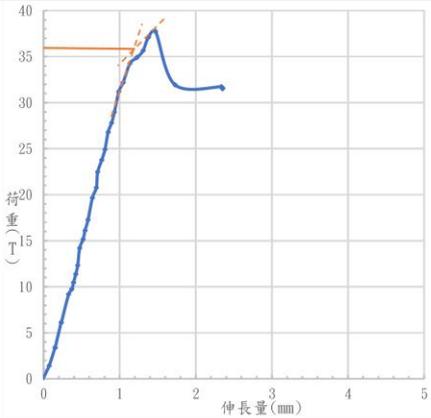
工程名稱：新店觀天下社區邊坡地錨揚起試驗與監測儀器安裝工程

位置：	地錨編號：G1	鋼鍵型式：7-12.7 <sup>mm</sup> §	剩餘長度(cm)：3
承壓結構：格樑面板	底鈹尺寸：350x350x30 mm	承壓鈹尺寸：200x200x25 mm	角度：16°
握線器形式：§ 125mm t50mm		自由段無漿段長度(m)：0.24	
<p>錨頭組件檢視</p> 		<p>錨頭銹蝕程度分級</p> <input type="checkbox"/> X 級 <input type="checkbox"/> A 級 <input checked="" type="checkbox"/> B 級 <input type="checkbox"/> C 級 <input type="checkbox"/> D 級	
		<p>防銹脂</p> <input type="checkbox"/> 無異狀 <input type="checkbox"/> 劣化 <input type="checkbox"/> 無防銹脂	
		<p>承壓鈹</p> <input type="checkbox"/> 無異狀 <input type="checkbox"/> 變形 <input type="checkbox"/> 浮出 <input checked="" type="checkbox"/> 劣化	
		<p>握線器</p> <input type="checkbox"/> 無異狀 <input checked="" type="checkbox"/> 銹蝕 <input type="checkbox"/> 功能喪失	
		<p>滲水狀況</p> <input checked="" type="checkbox"/> 無異狀 <input type="checkbox"/> 輕微 <input type="checkbox"/> 嚴重	
		說明	
<p>內視鏡檢測</p> 		<p>自由端灌漿情況</p> <input type="checkbox"/> 滿漿 <input checked="" type="checkbox"/> 未滿漿	
		<p>鋼鍵銹蝕程度分級</p> <input type="checkbox"/> X 級 <input checked="" type="checkbox"/> A 級 <input type="checkbox"/> B 級 <input type="checkbox"/> C 級 <input type="checkbox"/> D 級	
		<p>鋼紋線散開</p> <input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否	
		<p>可見灌漿管或回漿管</p> <input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否	
		<p>內部潮濕或有地下水</p> <input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
		說明：	
<p>揚起試驗檢測</p>			
			<p>分級</p> <p>C <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>揚起噸數 (T)</p> <p>45.5</p>

註：X.功能喪失(x黑色)，A.極差(■ 紅色)，B.不佳(■ 黃色)，C.尚可(■ 藍色)，D.正常(■ 綠色)

表4-5 G2地錨檢測成果

工程名稱：新店觀天下社區邊坡地錨揚起試驗與監測儀器安裝工程

位置：	地錨編號：G2	鋼繩型式：7-12.7mm §	剩餘長度(cm)：2.5
承壓結構：格樑面板	底板尺寸：350x350x30 mm	承壓板尺寸：200x200x25 mm	角度：17°
握線器形式：§ 125mm t50mm		自由段無漿段長度(m)：0.19	
<p>錨頭組件檢視</p> 		錨頭銹蝕程度分級 <input type="checkbox"/> X級 <input type="checkbox"/> A級 <input checked="" type="checkbox"/> B級 <input type="checkbox"/> C級 <input type="checkbox"/> D級	
		防銹脂 <input type="checkbox"/> 無異狀 <input type="checkbox"/> 劣化 <input type="checkbox"/> 無防銹脂	
		承壓板 <input type="checkbox"/> 無異狀 <input type="checkbox"/> 變形 <input type="checkbox"/> 浮出 <input checked="" type="checkbox"/> 劣化	
		握線器 <input type="checkbox"/> 無異狀 <input checked="" type="checkbox"/> 銹蝕 <input type="checkbox"/> 功能喪失	
		滲水狀況 <input checked="" type="checkbox"/> 無異狀 <input type="checkbox"/> 輕微 <input type="checkbox"/> 嚴重	
		說明	
<p>內視鏡檢測</p> 		自由端灌漿情況 <input type="checkbox"/> 滿漿 <input checked="" type="checkbox"/> 未滿漿	
		鋼繩銹蝕程度分級 <input type="checkbox"/> X級 <input checked="" type="checkbox"/> A級 <input type="checkbox"/> B級 <input type="checkbox"/> C級 <input type="checkbox"/> D級	
		鋼絞線散開 <input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否	
		可見灌漿管或回漿管 <input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否	
		內部潮濕或有地下水 <input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	
		說明：	
揚起試驗檢測			
			分級 <input checked="" type="checkbox"/> C
		揚起噸數 (T)	
		36	

註：X.功能喪失(x黑色)，A.極差(紅色)，B.不佳(黃色)，C.尚可(藍色)，D.正常(綠色)

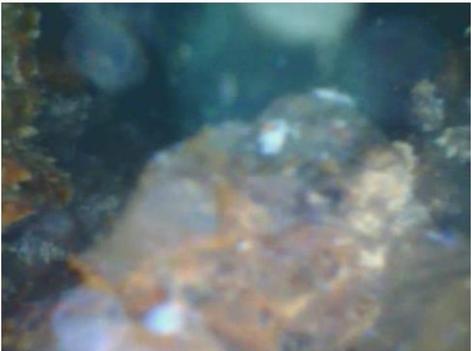
表4-6 G3地錨檢測成果

工程名稱：新店觀天下社區邊坡地錨揚起試驗與監測儀器安裝工程

位置：	地錨編號：G3	鋼腱型式：7-12.7 <sup>mm</sup> §	剩餘長度(cm)：0.9
承壓結構：格樑面板	底鈹尺寸：350x350x30 mm	承壓鈹尺寸：200x200x25 mm	角度：15°
握線器形式：§ 118 公牙錨座+170/185 六角螺帽		自由段無漿段長度(m)：22cm	
錨頭組件檢視		<input type="checkbox"/> X 級 <input type="checkbox"/> A 級 <input type="checkbox"/> B 級 <input checked="" type="checkbox"/> C 級 <input type="checkbox"/> D 級	
		錨頭銹蝕程度分級	<input type="checkbox"/> 無異狀 <input type="checkbox"/> 劣化 <input type="checkbox"/> 無防銹脂
		防銹脂	<input checked="" type="checkbox"/> 無異狀 <input type="checkbox"/> 變形 <input type="checkbox"/> 浮出 <input type="checkbox"/> 劣化
		承壓鈹	<input type="checkbox"/> 無異狀 <input type="checkbox"/> 銹蝕 <input checked="" type="checkbox"/> 功能喪失
		握線器	<input type="checkbox"/> 無異狀 <input checked="" type="checkbox"/> 輕微 <input type="checkbox"/> 嚴重
		滲水狀況	<input type="checkbox"/> 無異狀 <input checked="" type="checkbox"/> 輕微 <input type="checkbox"/> 嚴重
說明：各股鋼絞線之心線均內縮最深達 73 <sup>mm</sup>			
內視鏡檢測		<input type="checkbox"/> 滿漿 <input checked="" type="checkbox"/> 未滿漿	
		鋼腱銹蝕程度分級	<input type="checkbox"/> X 級 <input checked="" type="checkbox"/> A 級 <input type="checkbox"/> B 級 <input type="checkbox"/> C 級 <input type="checkbox"/> D 級
		鋼絞線散開	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否
		可見灌漿管或回漿管	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否
		內部潮濕或有地下水	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
		說明：	

表4-7 G4地錨檢測成果

工程名稱：新店觀天下社區邊坡地錨揚起試驗與監測儀器安裝工程

位置：	地錨編號：G4	鋼腱型式：7-12.7mm $\phi$	剩餘長度(cm)：2.2
承壓結構：格樑面板	底錨尺寸：350x350x30 mm	承壓錨尺寸：200x200x25 mm	角度：19°
握線器形式： $\phi$ 118 公牙+錨座 170/185 六角螺帽		自由段無漿段長度(m)：0.39	
錨頭組件檢視		錨頭銹蝕程度分級	<input type="checkbox"/> X 級 <input type="checkbox"/> A 級 <input type="checkbox"/> B 級 <input checked="" type="checkbox"/> C 級 <input type="checkbox"/> D 級
		防銹脂	<input type="checkbox"/> 無異狀 <input type="checkbox"/> 劣化 <input type="checkbox"/> 無防銹脂
		承壓錨	<input checked="" type="checkbox"/> 無異狀 <input type="checkbox"/> 變形 <input type="checkbox"/> 浮出 <input type="checkbox"/> 劣化
		握線器	<input checked="" type="checkbox"/> 無異狀 <input type="checkbox"/> 銹蝕 <input type="checkbox"/> 功能喪失
		滲水狀況	<input type="checkbox"/> 無異狀 <input checked="" type="checkbox"/> 輕微 <input type="checkbox"/> 嚴重
		說明：六角螺母 可轉動	
內視鏡檢測		自由端灌漿情況	<input type="checkbox"/> 滿漿 <input checked="" type="checkbox"/> 未滿漿
		鋼腱銹蝕程度分級	<input type="checkbox"/> X 級 <input checked="" type="checkbox"/> A 級 <input type="checkbox"/> B 級 <input type="checkbox"/> C 級 <input type="checkbox"/> D 級
		鋼絞線散開	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否
		可見灌漿管或回漿管	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否
		內部潮濕或有地下水	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否
		說明：承壓錨下方自由段充滿地下水	

### 伍、地錨防鏽處理

圖4-5為檢測作業完成之地錨，進行防鏽處理之過程，圖4-6為完成後之現況。



圖4-5 地錨防鏽處理過程



圖4-6 地錨完成防鏽後加蓋

#### 陸、地錨荷重計安裝

圖4-7為G1地錨安裝荷重計過程紀錄，日後將以此地錨荷重變化行為與其他監測得物理量作為研究對象。



荷重計安裝中



荷重計安裝完成



荷重計保護蓋安裝完成

圖4-7 地錨荷重計安裝

## 第二節、本次地錨試驗綜合評述

1. 本社區地錨混凝土保護蓋因強度極差，輕而易舉便可鑿除，鑿開後G1、G2地錨的握線器等鐵件均已嚴重銹蝕，G3、G4地錨則僅輕微銹蝕。
2. 各孔地錨均採用350×350×30mm承壓底鈹，配合角度鈹以使地錨垂直200×200×25mm承壓鈹，承壓鈹及承壓底鈹尺寸均足夠，但承壓底鈹未牢固在面版內；所幸地錨俯角 $<20^\circ$ ，承壓底鈹和面版之間的正向摩擦力大於地錨垂直分力，故仍可維持正常功能。
3. G1、G2地錨施做揚起試驗G1之揚起噸數為45.5T，G2之揚起噸數為36T，以使用7-12.7mm  $\phi$  鋼絞線推測其設計拉力約60T，則G1、G2功能均尚可；但G2試驗至38T時發生異聲，試驗完成後檢視發現2股鋼絞線內縮，研判其殘餘荷重已小於31.5T。
4. 由G1、G2之揚起試驗結果而言，地錨錨碇功能尚屬正常。
5. 由G2 二股鋼絞線內縮及G3各股鋼絞線之心線均內縮，可知約一半之地錨握線器功能已失效；G2應該是夾片銹蝕為主因，G3為多年來首見之案例，其原因尚待有機會施做揚起試驗時進一步確認。
6. 依內視鏡檢視結果，各孔自由段均已嚴重銹蝕，G1、G2俟完成揚起試驗隨即進行自由段補灌，建議其餘各孔地錨亦應儘速進行。
7. 依上述說明，錨頭嚴重銹蝕為本社區地錨主要缺失，故外露鐵件已依鋼結構橋樑防蝕塗裝標準，施做三層塗裝說明。
8. 本次打開之錨頭已換裝鋼製鍍鋅保護蓋，鋼絞線及握線器均以符合歐盟規範之DENSO防銹油保護，再以DENSO防蝕膏包覆和外界隔絕，此外，保護蓋亦設有止水墊圈阻絕外部之水氣。
9. 針對G3鋼絞線心線內縮之現象，建議可進一步施做揚起試驗或其他試驗，以確認其確切原因。



## 第五章 邊坡監測系統運作情形

### 第一節、現場安裝完畢狀況

本研究之監測系統安裝於圖 5-1 中雲形線框選之位置。實驗場址最近期之人工監測報告(示範社區委託某工程有限公司執行)中，最接近之地中傾斜管監測紀錄如圖 5-2 所示，可看出近兩期並未有太明顯之變化，然而在過去曾經發生過較大之側向變位。另外由地下水位監測記錄顯示地下水位極低且變化不大，與觀察到擋土牆面多處潮濕滲水之現象不甚符合，推測該濾水管可能已經堵塞，已建議社區進行相關之洗孔維護作業。

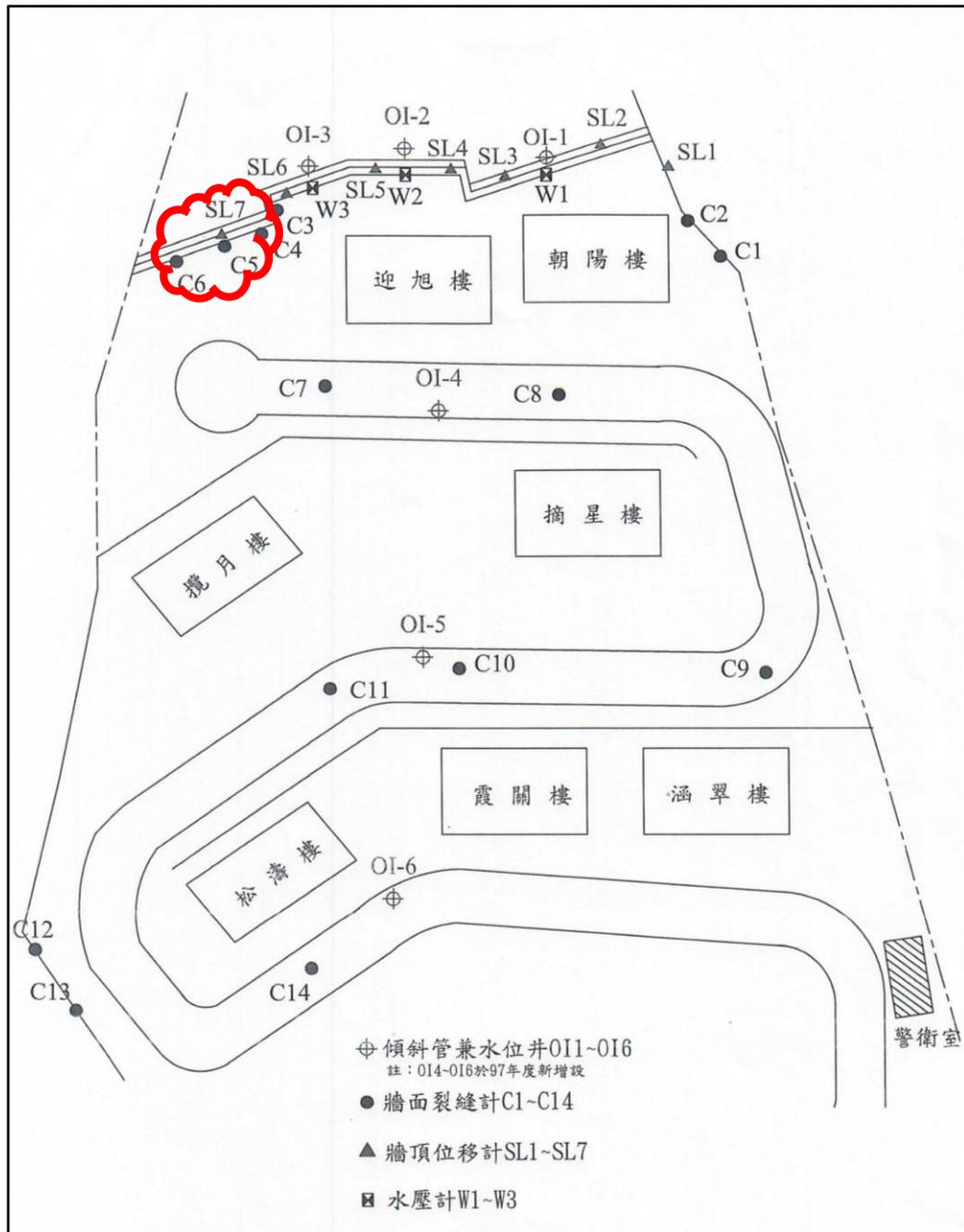


圖5-1 示範社區平面圖與相關擋土及監測設施(改自監測公司)

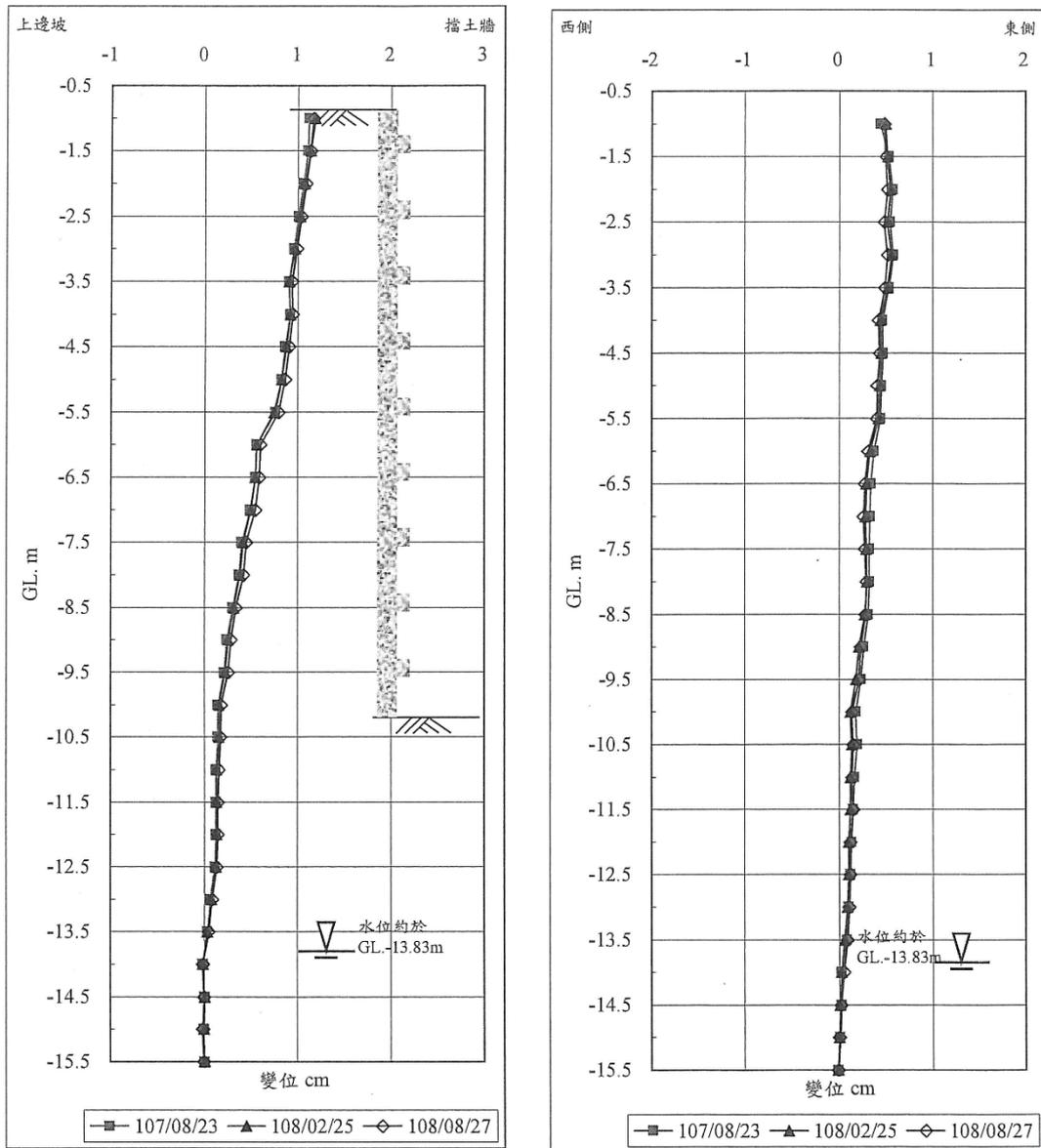


圖5-2 示範社區部份邊坡監測結果(摘錄自監測公司)

現場安裝本研究計畫之監測設備裝設完畢後照片如圖 5-3 所示，地錨荷重計設置於離地約 3M 高之地錨，並於其上方之牆頂與牆背設置太陽能板、雨量筒與其他相關設備。以外觀而言並不顯目，然而期間發生過數次整合型監測儀器箱體被打開、線路被扯出之狀況，未來將進行簡易之保全設施，例如上鎖等。

現場整合型監測儀器箱體與相關之監測儀器裝設狀況如圖 5-4 所示，規格列於附錄六中。



圖5-3 現場監測設備裝設完畢後照片



圖5-4 現場監測儀器裝設完畢後照片

## 第二節、整合監測感應器部分

本研究採用之感測器(雙軸傾斜儀、雨量計、水壓計、地錨荷重計)已為各界長年運用於邊坡安全監測。本研究之構想為將其針對人工邊坡量身打造低成本易維護易推廣之整合型感測器概念，結合低功耗之傳輸技術，以提供大量災前與災時之即時監測數據，以現階段測試成果看來尚為可行(如圖 5.2-1 所示)，但是穩定性部份還需長時間觀察確認。整合型感測器外型可依照監測項目所需之感測器以及通訊器材所需之天線形式進行調整，以安全簡約為原則，並可讓一般坡地住宅居民接受。然而驅動方式與資料傳輸儲存方式之間可能造成的電力損耗，較少被探討。過去相關研究案由於採用市電，較無斷電問題，自 107 年度研究案起電力供應一直為影響系統正常做動關鍵因素之一。由於大部分社區居民表示希望監測設備不要太過顯眼。因此無法裝設功率較大之太陽能板(另一方面成本亦偏高)，因此為了維持穩定電力供應，高效能之太陽能板(面積較小、成本較高)仍為未來研發之趨勢。



圖5-5 感測器作動紀錄

### 第三節、通訊部分

本研究採用 LTE Cat NB1 傳輸規格之收發器，頻帶為 Band 1/ Band 3/ Band

5/ Band 8/ Band 20/ Band 28，靈敏度為-116dBm，最大傳輸能量為 23 dBm(Class 3)，傳輸速率為上傳 26.15 kbit/s、下載為 62.5 kbit/s。儀器外觀如圖 5-6 所示。



圖5-6 本研究使用之NB-IOT模組

本次研究採用國內某知名電信，其於2017年啟用台灣第一套NB-IoT服務，初步以大台北及桃園工業園區為服務基礎。NB-IoT(Narrow Band - Internet of Things)是一個由LTE延伸而來的技術，應用類似的頻段(以該電信而言，是700MHz頻段的guard band)，擁有相同的廣大覆蓋範圍，但只佔去極小的流量，適合低傳輸量、低即時性的資料，正適合 IoT 應用。

該電信提出的應用，大致上都是以企業、工廠為主，而非一般住家，像是瓦斯錶、電錶、販賣機庫存、智慧路燈、智慧農業、智慧養殖、資產追蹤等。大致上都是以生產硬體，同時提供服務的公司為對象，讓產品擁有回報數據的能力。表5.3-1為該電信目前提供的方案，本年度研究採用輕量型方案，已經足夠傳輸一個月的監測量。

表5-1 本次研究採用國內某知名電信之現行NB-IoT資費方案

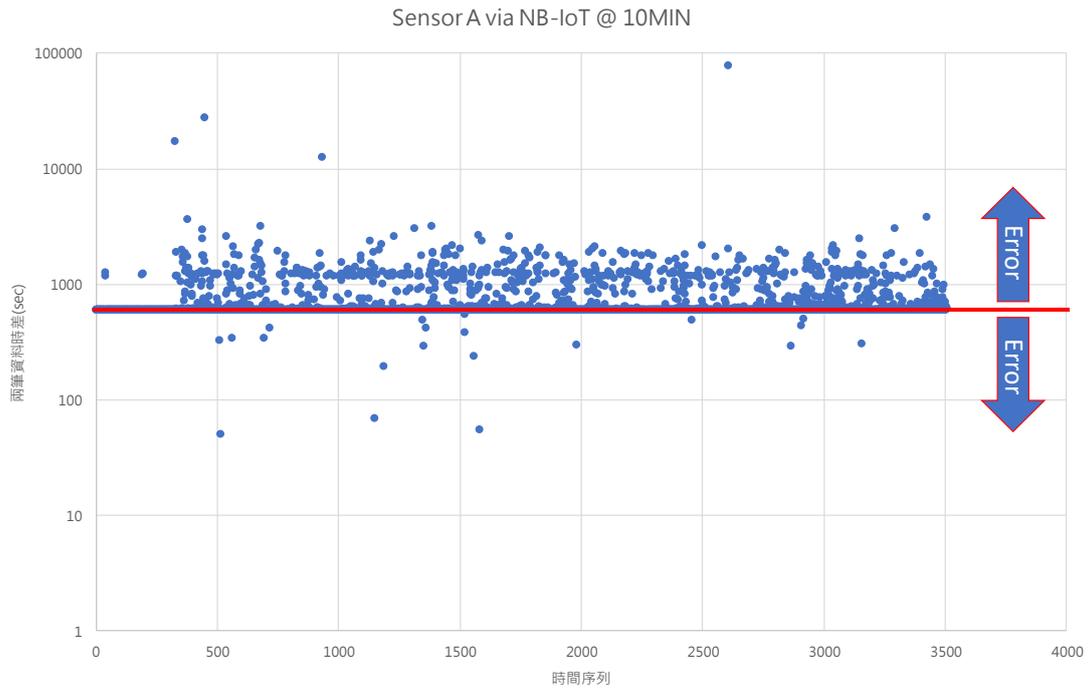
**NB-IoT 資費方案**

方案類型	輕量型	重量型	勁量型
月租費	\$10	\$25	\$60
內含資料傳輸量	5MB	15MB	40MB
超過上網用量資料傳輸費	\$0.0015/KB(\$1.536/MB)，最高上限為699元		
適用領域	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 瓦斯表</li> <li>• 智慧路燈/照明</li> <li>• 空氣品質偵測</li> <li>• 火災偵測</li> <li>• 消防器</li> <li>• 電量監測</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 販賣機庫存偵測</li> <li>• 事務機監控</li> <li>• 健康偵測</li> <li>• 智慧家電</li> <li>• 智慧農業</li> <li>• 智慧養殖</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 資產追蹤</li> <li>• 車聯網</li> <li>• 機器控制</li> <li>• 停車格偵測</li> <li>• 跌倒偵測</li> <li>• 太陽能發電管理</li> </ul>

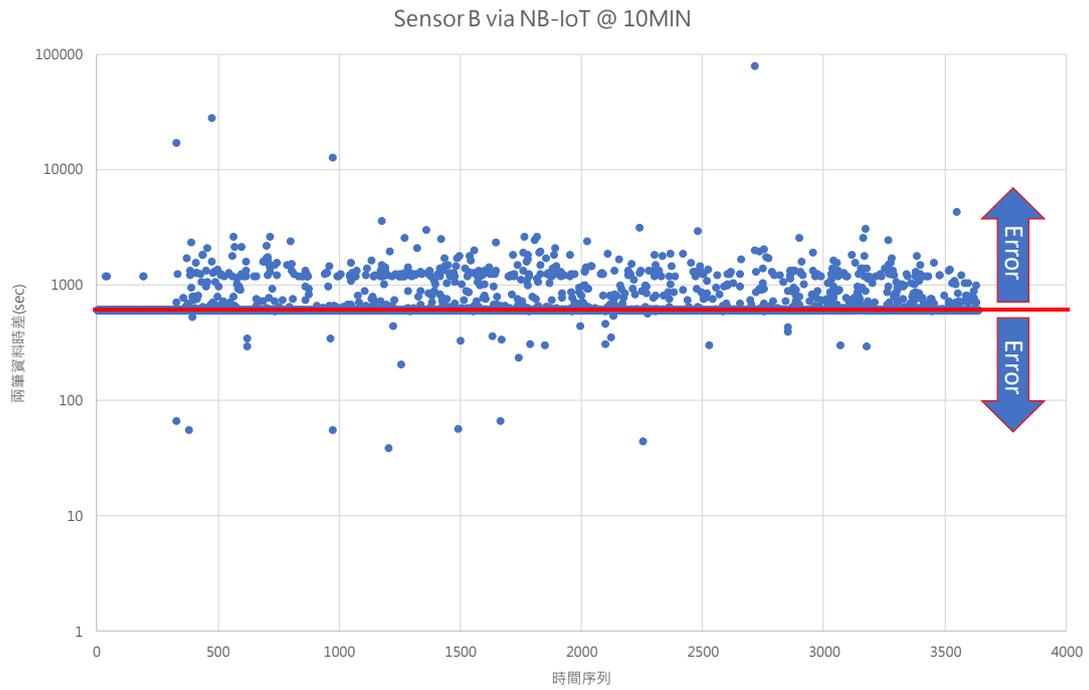
註：合約為兩年期約

現場採用10分鐘1筆之傳送頻率，經隨機抽樣統計測試時間為期30天，以10分鐘1筆資料計算之，總資料筆數需為4320筆。因此若測試時間實收筆數少於4320筆，則視為確定漏失；圖5-7(a)所示之資料經歸納可得感測器A(水位計)之確定漏失率為18.8%；圖5-7(b)所示之資料經歸納可得感測器B(雨量筒)之確定漏失率為15.8%。

由於漏失率不低，且誤點時間偏高，因此未來採用NB-IoT為監測通訊方式時，仍須注意此現象。



(a) 水位計搭配NB-IoT之紀錄



(b) 雨量筒搭配NB-IoT之紀錄

圖5-7 本研究採用NB-IoT之某段時間傳輸紀錄



## 第六章 防災資訊平台展示

### 第一節、平臺系統需求分析

本監測系統為整合場域即時監測資料以及提供使用者端簡潔且具有防災意義性的場域資訊，同時亦建立與本場域相關資料(如圖層與裝設照片等)。此外為讓本整合平台能提供使用者端更多元的服務，亦介接防救災相關公開資料(Open Data)，如氣象局即時雨量以及國家災害防救科技中心公開示警訊息(Common Alerting Protocol)。

由後端資料庫整合資料後，即可透過使用者端介面系統設計，以將資料轉換成更具有意義性的防災訊息。前端系統採用資料庫動態護動檢索、Web-GIS 地理圖台與資料視覺化關鍵技術，以滿足本平台使用者各種需求應用。透過分析社區民眾對於防災系統的需求，本系統設計四大元件，(1)專案介紹：概述本專案的目的與場域背景介紹。(2)監測示警：視覺化呈現人工邊坡即時監測數據，以讓社區民眾能直觀地掌握邊坡狀況。(3)Web-GIS 地圖：可查詢人工邊坡位置。(4)即時防災看板：提供雨量與多元災害公開示警訊息。

### 第二節、平臺系統架構與核心技術

平臺系統開發以網站平臺作為主要，並結合 HTML5、CSS3、JavaScript、jQuery、Bootstrap 與地圖函式庫等現代網站前端技術，建立動態、具響應介面以及資料視覺化的網站平臺，以提供不同解析度的手持裝置與電腦畫面上使用，本團隊網路平臺系統開發架構如下圖 6-1 所示。以下針對前後端架構進行簡述：

- 1、後端架構：由於本平臺功能應用牽涉於即時資料的串接與展示，故在系統後端的架設上亦為重要的一環，在需儲存大量GIS資料情況下，SQL資料庫的建立與連結為前後端整合的重要關鍵。本團隊伺服器作業系統採用Windows Server，網站伺服器使用Apache，資料庫軟體採用Microsoft SQL Server，除可存取工程資料與坑溝調查資料外，更可方便其它介面程式進行get、post、insert、delete等資料搜尋與修改等操作。而連接前端與資料庫之程式語言採用php5，方便搜尋與抓取資料庫的存取資料。本計畫可就監測點位資料以及其它相關圖層，採用GeoJSON地理交換資料進行管理與發佈，此檔案基於JSON語言，其格式編碼參照OGC (Open Geospatial Consortium)的規範，使用此軟體可自行發布空間圖層，以供應平臺使用者瀏覽與分享資訊。
- 2、前端架構：視覺設計採用html、CSS與bootstrap建立網站中的所有元件，且以RWD設計概念為開發基礎，以使平臺可適用於各解析度裝置(圖6-2與圖6-3)。操作與事件監聽上，以JavaScript與JQuery為平臺動態操作為主要核心，透過元件事件觸發的監聽，能進行

動態排程更新與人機介面互動設計。資料視覺化上，結合資料視覺化工具plotly.js、highchart.js與d3.js可進行時序列繪圖，以視覺化方式展現感測器資料，如各式統計量結果可設計不同統計圖表展示，以讓使用者更迅速且簡明地瞭解其所查詢的資訊。而互動式地圖開發上，採用leaflet.js達到Web-GIS的功能，以供圖層查看、疊圖分析、地理查詢以及地理定位資訊，此外亦可介接公開網路地圖服務以及圖層影像，以及GeoJSON圖層，最後整合所以圖層可進行疊圖分析，達到更多元與目的之應用(圖6-4)。另外，turf.js可搭配以上Web-GIS技術進行兩圖層之間的空間查詢與內插等空間分析功能(圖6-5)，將更能補足Web-GIS的空間查詢功能的完整性。由於平臺開發基於SaaS (Soft as a Service)概念，故平臺開發完畢後透過網站伺服器發布即可使用(不須透過程式安裝等程序)，同時後續若需要更新與維護亦具方便性(如更新監測資料與圖層檔案等)。

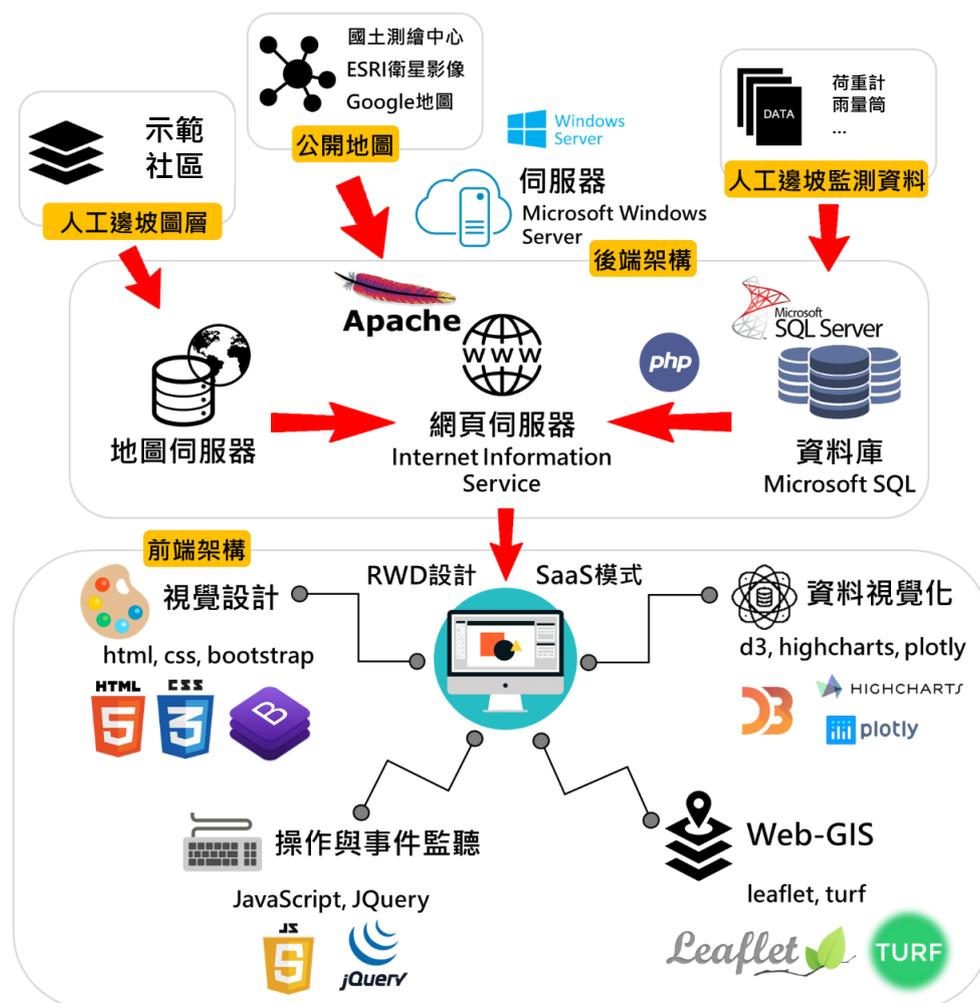


圖6-1 本研究之智慧監控系統前後端開發架構圖

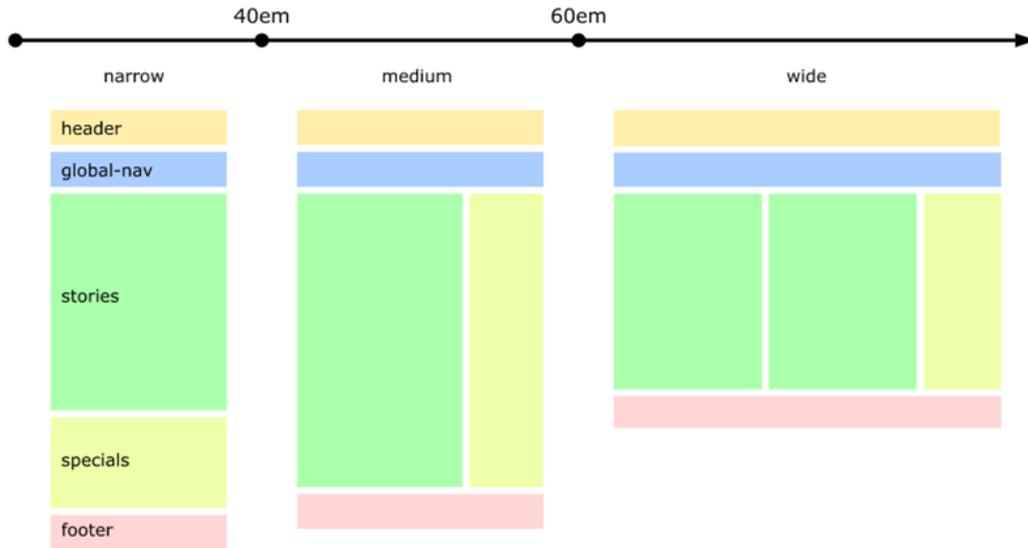


圖6-2 Bootstrap分段點響應效果示意圖



圖6-3 響應式效果案例說明

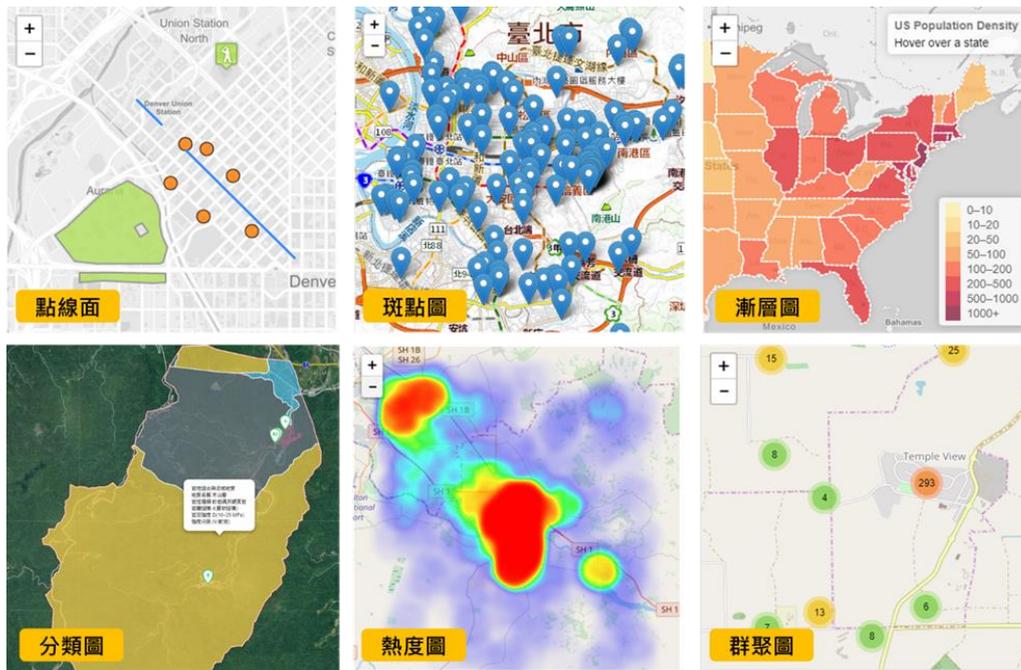


圖6-4 Web-GIS各種地圖視覺化方式

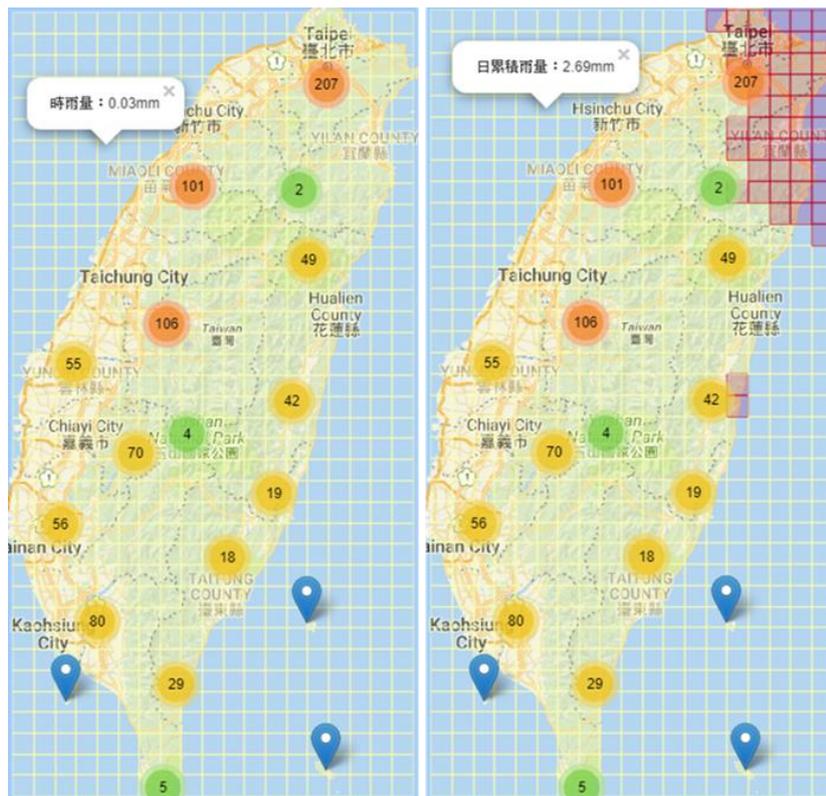


圖6-5 turf.js IDW空間內插-以全台雨量測站為例

### 第三節、平臺開發成果與展示

本系統進入後之初始畫面如圖6-6所示，使用者首先可以一目瞭然所有監測項目的即時監測值以及狀態，以便於掌握兩處人工邊坡的安全狀況。而左下角條列鄰近場域的雨量站資訊，透過檢視與量表則可大致上瞭解本場域近24小時的降雨狀況。而右下角為地圖資訊，標示出兩處人工邊坡的位置以及名稱，同時再透過點及點位則可進一步查看屬於該點位的進階資訊。故透過資訊簡潔地整合與視覺化設計，即可讓使用者進入本監測系統後，就可大致上瞭解本系統的應用目的，以下再針對本平台各功能進行詳述使用操作介紹。

- 1、專案介紹功能：可提供使用者查看本專案的目的與場域背景介紹。透過點擊本系統右上方按鈕，即可檢視本專案目的與場域背景資料，介紹資料如同投影片(共有八頁，簡潔地說明本案目的與場域背景)，透過文字和圖片呈現本場域的相關資料(如圖6-7所示)，如本場域人工邊坡的地文特性、過往監測數據分析判斷、過往紀錄以及潛藏災害跡象判斷等。

透過此功能可讓社區民眾能瞭解監控的目的以及監控值如何解讀等，另外透過瞭解居住地的背景資料，以增強居民對於居住地的環境瞭解並提升在地防災意識。進而在劇烈天氣發生時(如下雨天)，能避開這些易於發生高風險的區位。

- 2、監測示警功能：視覺化呈現人工邊坡即時監測數據，以讓社區民眾能直觀地掌握邊坡各監測狀況。視覺化設計呈現共有兩種方式，第一種為「子彈圖」(圖6-8)，主要可呈現最近一筆監測讀值的狀況(安全、待觀察與需立即處理)，此外設計上將讀值以指針方式呈現，可讓資訊識讀者瞭解目前監測數據是位在哪個狀態區塊上，且指針亦表達出目前讀值與各狀態上下限的相對關係，更進而增強資訊輔佐居民防災避難決策作為。此外子彈圖的方式可利用較少的版面呈現資訊，為此使用者可迅速地掌握所有監測值的安全狀況。

然子彈圖的設計，僅能呈現近一筆監測值狀況，而近期的監測狀況亦為防災避難的判斷標準。因此第二種資料視覺呈現方法為「時序列折線圖」(圖6-9)，圖中表式各監測數據近半日的監測狀況，使用者即可從折線的走向判斷其趨勢，另外圖面中亦標示出各監測讀值的安全、預警與警戒區塊，方便使用者判釋近半日監測讀值在哪個狀態下，如近半日達到多少次數的預警或是警戒。

- 3、Web-GIS地圖：於地圖中標示出本計畫裝設感測器的邊坡(圖6-10)，此外透過互動式地圖檢視，方便社區居民瞭解這兩處邊坡位於村里範圍中的哪個地理區位上。此外透過點擊地圖點位，則可再進階查看該處邊坡的裝設狀況(圖6-11)，瞭解本計畫如何在邊坡佈設這些感測儀器，另也可輸入查詢時間以動態查詢歷史監測值的狀況，而呈現上以同步檢視方法，以探討各監測值的相關性(圖6-12)。
- 4、即時防災看板(圖6-13)：為介接中央氣象局天氣小幫手資料，其提供每日生活氣象與防災氣象訊息，如提醒今日下雨機率、衣物穿著與傘具攜帶等。

CAP共通示警資訊部分，為國家災害防救科技中心自民國102年起執行由行政院科技會報辦公室規劃的「災害共通示警協議及開放資料服務」計畫，與中央氣象局、水土保持局、水利署、公路總局、人事行政總處、臺灣鐵路管理局及台灣高速鐵路公司等共同合作，依循國際通用之示警發布標準「共通示警協議(Common Alerting Protocol, CAP)」，結合我國現行的災害警報準則，研擬各式災害示警訊息發布的統一方法，有效地將我國各種示警資訊規格化、標準化，並藉由政府開放資料服務模式，使得災害示警訊息廣泛增值、快速傳播。目前NCDR CAP共含有24種即時災害示警資訊，當中包括水位警戒、開放臨時停車、水門資訊、颱風、地震、降雨、雷雨、淹水、土石流、河川高水位、水庫放流、道路封閉、停班停課、鐵路事故、高鐵事故、水門資訊、開放路邊停車、海嘯、低溫、強風、濃霧、防空、國際旅遊疫情與傳染病。

而本平台為求能夠跨平台使用(如手機、平板與桌上型電腦等)，透過Bootstrap進行RWD功能的開發，可供任何裝置瀏覽與使用。以便於使用者透過智慧型行動裝置隨時進行監測值監控或是瞭解示警與天氣概況等，示意畫面如圖6-14。

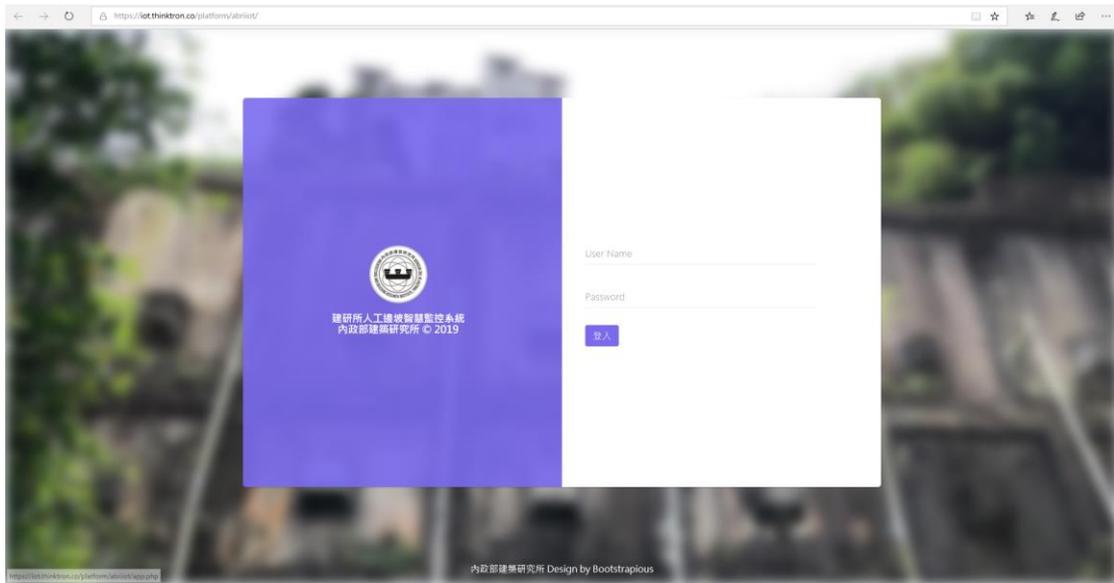


圖6-6 示範社區人工邊坡智慧監控系統首頁



圖6-7 專案介紹功能



圖6-8 監測示警功能-子彈圖

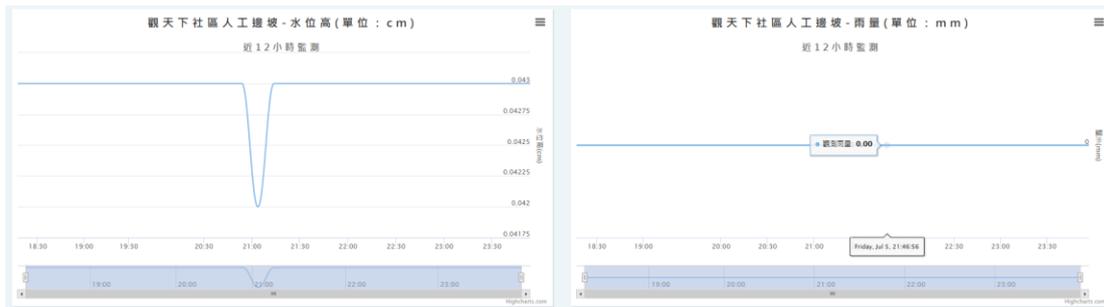


圖6-9 監測示警功能-時序列折線圖



圖6-10 Web-GIS地圖功能-可互動式地圖

觀天下社區人工邊坡的相關資訊

裝設環境照片

本年度研究區域—新北市

社區

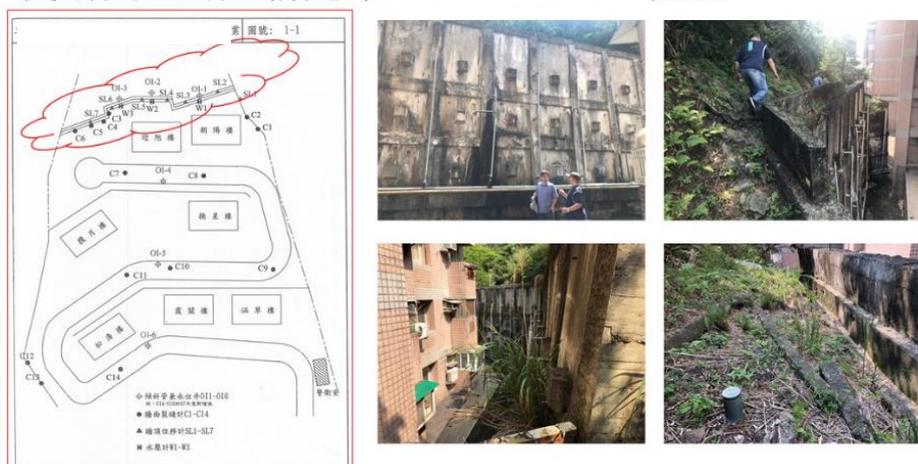


圖6-11 Web-GIS地圖功能-邊坡裝設照片



圖6-12 Web-GIS地圖功能-動態查詢

即時防災訊息

☀天氣訊息(2019-10-14T17:26)

- (1)東北風影響，早晚稍涼，有局部短暫雨，外出請攜帶雨具備用。
- (2)今日(14)日東北風增強，各區大多為多雲到晴的天氣，局部地區有短暫降雨，但量值不多；氣溫方面，臺北站測得的高溫為29.6度，低溫為24.1度。
- (3)明(15)日東北風影響，早晚稍涼，各地有局部短暫雨，平地全日氣溫約21至26度，外出請攜帶雨具備用，早晚歸民眾請適時添加衣物。

⚠公開示警訊息(2019-10-14, 08:00)

(1)台北捐血中心血液庫存量偏低(4-7日) 台北捐血中心存量偏低血型：A型

圖6-13 即時防災看板



圖6-14 本系統RWD效果呈現



## 第七章 本監測技術之推廣情況

## 第一節、建置成本

目前市面上較常見之邊坡監測儀器費用不一，大致上耐久性與抗噪性越佳，成本與施作費用越高。表 7-1 與表 7-2 分別為近年台灣市面常見之監測儀器價格，報價基準為僅採購單只，因此較高；亦即若大量採購單價將可降低。

表 7-1 常見自然邊坡監測儀器裝設費用

編號	儀器	單位	單價(均價)	單價(高規)
1	雨量計	只	10,000	50,000
2	地表變位計(GPS)	只	100,000	400,000
3	自記式傾斜管	M	5,000	10,000
4	人工量測傾斜管	孔	2,000	5,000
5	水份計	只	10,000	30,000
6	水壓計(非自記、自記)	只	25,000	65,000
7	訊號擷取系統(含轉換)	CH	20,000	40,000
8	通訊系統	對	25,000	50,000
9	太陽能板與儲電系統(50W)	套	10,000	15,000
10	施工	式	100,000	150,000
11	雲端維護	月	2,000	5,000

表 7-2 常見人工邊坡監測儀器裝設費用

編號	儀器	單位	單價(均價)	單價(高規)
1	雨量計	只	10,000	50,000
2	裂縫計	只	20,000	35,000
3	自記式結構物雙軸傾斜計	只	30,000	50,000
4	人工記讀結構物雙軸傾斜計	處	1,500	2,500
5	自記式三軸加速度規	只	20,000	35,000
6	地錨荷重計	只	30,000	50,000
7	地錨揚起試驗	組	3,000	5,000
8	訊號擷取系統(含轉換)	CH	20,000	40,000
9	一般儀器施工	式	100,000	200,000
10	太陽能板與儲電系統(100W)	套	15,000	25,000
11	地錨配件(荷重計保護蓋)	組	100,000	100,000
12	地錨配件(一般保護蓋)與施工	組	10,000	20,000
13	地錨維護施工	式	50,000	100,000
14	通訊系統	對	25,000	50,000
15	雲端維護	月	2,000	5,000

很顯然若一般社區欲進行數項監測項目，裝設費用至少超過十萬元，以社區為單位負擔不低，但若以戶為單位分擔費用，假設共有百戶願意分擔，則成本可降低至千元左右，應可負擔。然而出資之住戶若有相關之獎勵措施，可能更能提高出資意願。

## 第二節、邊坡社區監測服務可能之執行模式

以下為經過歷年研究、專業訪談與推廣說明會後，匯集各方討論結果，提出可能之執行模式。以下分別討論之：

1. 坡地社區安全認證標章：
  - 本方式實現方式極低
  - 因為坡地社區雖然可因設置監測系統而獲得安全認證標章，然而對提供認證單位而言所需承擔之風險較高
  - 目前無相關單位有意願提供
2. 保險公司(人險、產險)提供社區坡地災害險：
  - 本方式實現方式目前較低
  - 然而若保險公司可獲得大量之坡地社區災害生命財損報告後，可進行保費與賠償經費比例之估算，未來可能提出相關產品
  - 本方式比較可能實行方式為參考地震險、火險等產品
3. 工程顧問公司、學術單位、技師公會或技師事務所提供服務：
  - 本方式實現方式較高
  - 但對於工程顧問公司、學術單位、技師公會或技師事務所所需負擔之風險亦高，亦即雖然在社區安裝監測系統，然而卻仍發生坡地災害，工程顧問公司、學術單位、技師公會或技師事務所需面對巨額賠償
  - 因此服務費用較高
4. 工程顧問公司、學術單位、技師公會或技師事務所提供服務並投保相關專業責任險：
  - 本方式實現方式較高
  - 續上，若保險公司願意提供可能因坡地災害產生之專業責任險，則應可提高執行單位之意願與降低服務費用
5. 法令規範住戶進行委託監測服務義務或強制保險：
  - 目前無相關法令
  - 若法令可強制規範住戶進行委託監測服務義務，則住戶或管委會必須進行相關之監測工作
  - 可佐以配套之獎勵措施，譬如進行相關之監測工作之社區，可以較低之保費投保坡地災害險

6. 保全業者提供巡檢結合自動化監測服務

**第三節、本年度示範社區之安裝意願**

**壹、擋土牆設施維護**

示範社區由於自主防災意識較高，從 1998 年開始，社區居民共同出資，委託工程顧問公司，進行山坡地調查，開始了長年的監測。監測最主要的項目包括地下水的變化，以及地層是否有傾斜、滑動的現象。然而社區之擋土牆與地錨等設施推測可能之施作時間為民國 70 年代，距今已逾 30 年，其服務功能已不若當年之設計。

研究團隊於現勘時觀察到擋土牆開裂、滲水、地錨錨頭漏水、白華等現象相當多，初步評估該社區之擋土設施需進行對應處置，包括牆面排水管疏通、傾斜管兼作水位井洗井、地錨錨頭除鏽防蝕、地錨自由段灌漿等作業，經建議後，社區管委會願意以管理費進行，並分階段施作。

**貳、邊坡安全相關監測作業**

社區雖然委託顧問公司進行監測，週期為半年，對於擋土設施之預警性可能不足，實在有需要透過安裝本研究推出之相關監測設備，社區有意願安裝，然而經費部分需讚進行後續討論。



## 第八章 本年度研究案各項會議歷程

## 第一節、工作會議

本研究案總共進行7次工作會議，如表8-1所示，相關議題與紀錄請詳附錄二；其中期初與期末工作會議並邀請建研所提供寶貴建議。

表8-1 工作會議歷程

會次	時間	討論內容	參與單位
1	108.02.27	1. 前期研發成果檢討與整合 2. 示範社區選取 3. 關鍵課題 4. 說明會與專家會議邀請對象 5. 研討會擺攤與展演	● 建研所 ● 執行團隊
2	108.03.30	1. 決定本年度施作研究社區。 2. 決定第一次專家會議將時間。 3. 拆卸去年度兩組儀器，進行整理與移置本年度社區。 4. 決議本年度監測通訊方式。 5. 為配合南港防災展之展示事宜。	● 執行團隊
3	108.05.02	1. 示範社區選取。 2. 決議 5/16(四)上午團隊正式場勘示範社區。	● 執行團隊
4	108.06.18	1. 討論與選取監測地錨 2. 討論已開蓋地錨之防蝕保護方式	● 執行團隊
5	108.07.08	1. 討論監測儀器安裝位置 2. 討論現地通訊品質	● 執行團隊
6	108.08.30	1. 防災資訊平台移交 2. IOTA 應用或其他推廣方式	● 執行團隊
7	108.09.10	1. 防災資訊平台移交 2. IOTA 應用或其他推廣方式 3. 前期研發成果整合 4. 第二次專家會議 5. 推廣說明會 6. 研討會擺攤與展演 7. 後續延伸計畫	● 建研所 ● 執行團隊

## 第二節、專家會議

本研究案總共進行 2 次工作會議，如表 8-2 所示，相關議題與紀錄請詳附錄一。

表8-2 專家會議歷程

會次	時間	議題	專家
1	108.05.02	1. 工作進度報告 2. 示範社區選取 3. 執行方式 4. 未來商轉模式	● 國立台灣大學楊國鑫教授 ● 大可土木大地技師事務所張志彰技師
2	108.10.08	1. 推廣說明會成果 2. 未來運作模式	● 國立台灣科技大學廖洪鈞教授 ● 國立台灣大學楊國鑫教授 ● 大可土木大地技師事務所張志彰技師 ● 中興工程顧問有限公司阮仲如技師 ● 磐宇土木大地技師事務所游振棋技師 ● 新北市政府工務局公寓科林文中科長

## 第三節、專業訪談

本研究案總共進行 3 次工作會議，如表 8-3 所示。訪談對象皆表示有興趣，但保險公司須獲得大量之坡地社區災害生命財損報告後，方可進行保費與賠償經費比例之估算，未來才可能提出相關產品。

另一個可能性為管理單位立法規範社區或住戶須強制投保，才可能有相關產品推出。

表8-2 專家會議歷程

項次	時間	議題	對象
1	108.09.23	邊坡監測服務與保險服務機制	明台產物保險
2	108.09.24	邊坡監測服務與保全服務機制	中興保全企業中保科技
3	108.09.26	邊坡監測服務與保險服務機制	富邦人壽

#### 第四節、推廣說明會記錄

本研究案總共進行 2 次推廣說明會，如表 8-4 所示。其中第一場為配合建築中心主辦之 108 年度「坡地社區自主防災教育與應用推廣計畫」社區防災工作坊進行，第二場為本研究主辦，節目與議題如表 8-5 所示。

兩場推廣說明會皆相當熱烈，住戶對於坡地自主防災意願相當高，因此未來可能透過擋土設施更新維護案，建請社區一併施作相關自動化監測。

表8-4 推廣說明會歷程

項次	時間	議題	參加單位
1	108.09.01	地錨擋土牆邊坡防蝕檢查與維護之重要性	示範社區居民
2	108.10.08	<ul style="list-style-type: none"> <li>●既有邊坡社區面臨之設施維護需求</li> <li>●擋土牆與地錨邊坡檢監測與維護之重要性</li> <li>●邊坡社區擋土設施安全維護之可能服務方式</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●示範社區居民</li> <li>●台北市文山區某里</li> <li>●專家學者(廖教授洪鈞、楊教授國鑫、張技師志彰、阮技師仲如、游技師振棋)</li> <li>●機關團體(新北市政府工務局公寓科、三聯科技股份有限公司、富邦人壽保險股份有限公司)</li> </ul>

表8-5 第二場推廣說明會節目與議題

時間	活動與議題
19:00~19:05	活動開場介紹
19:05~19:15	建研所致詞、與會機關致詞
19:15~19:20	社區致詞
19:20~19:40	既有邊坡社區面臨之設施維護需求
19:40~20:00	擋土牆與地錨邊坡檢監測與維護之重要性
20:00~20:20	邊坡社區擋土設施安全維護之可能服務方式
20:20~20:40	專家學者諮詢與建議
20:40~21:00	全體與會者座談



## 第九章 初步制定安全管理值方法研究

### 第一節、示範案例

本研究區域選定位於新北市新店區某山坡地社區中擋土牆進行分析。

### 第二節、數值模擬

#### 壹、分析目的

探討地下水位及地錨失效對擋土牆穩定性的影響，進而了解擋土牆發生破壞的時機。

#### 貳、數值模擬方法與作法

以 SLOPE/W 進行邊坡穩定分析。設定 10m 高的 RC 擋土牆作分析，在基準分析數值模型方面，需輸入不同之土層參數。另外，藉由輸入初始地下水位作模擬分析。模擬安全係數。GEO-SLOPE 程式數值模型如圖 9-1 所示。

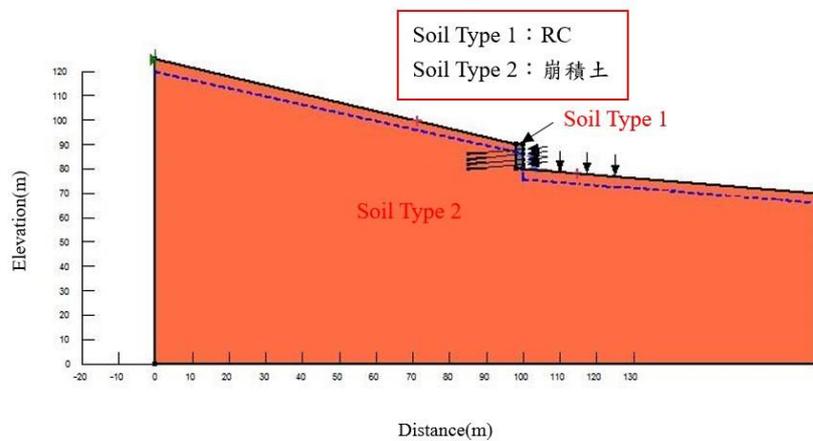


圖9-1 GEO-SLOPE分析數值模型圖

#### 參、輸入參數及邊界條件

土壤參數部分，參考文獻經濟部石門水庫阿姆坪防洪防淤工程可行性規劃地質調查專題成果報告及水土保持學報(2013)，找出崩積土之土層剪力強度參數。GEO-SLOPE 分析所需之材料參數整理如表 9-1 所示。

表9-1 材料參數

		Soil Type 1	Soil Type 2
Soil name		RC	崩積土
c	(kPa)	150	19.62
$\phi$	(°)	35	15
$\gamma_s$	(kN/m <sup>3</sup> )	24	21.58

#### 肆、分析設計

本研究之觀察現況地錨已有漸漸失效之情形，假定地錨長度約 15m，高 10m 之擋土牆，每 2m 設置 1 組地錨(共 4 組)，並假定地錨為 36t、30t、25t、20t 進行 4 組(如表 9-2)數值驗證(圖 9-2 所示)。

表9-2 GEO-SLOPE分析設計

Case No.	Description
1	Anchor 36t
2	Anchor 30t
3	Anchor 25t
4	Anchor 20t

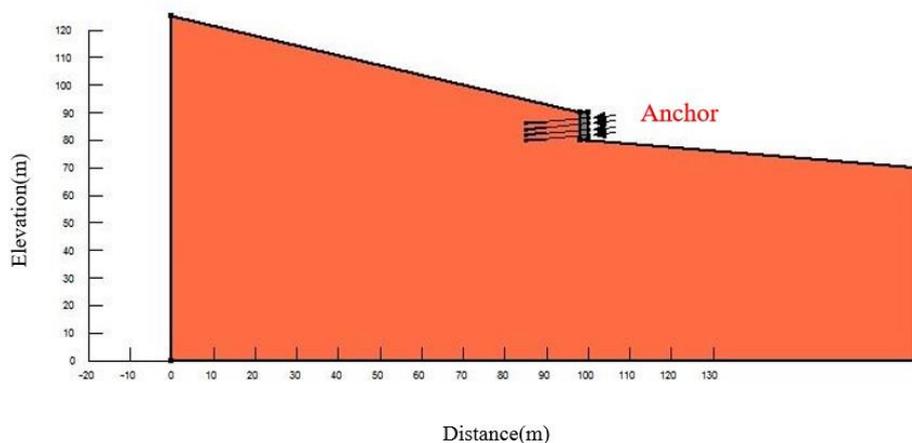


圖9-2 Anchor設置模型圖

高 10m 之擋土牆前，約 20 樓高之大樓，每層自重約 1tf，以設置 Surcharge 進行數值驗證(圖 3 所示)。

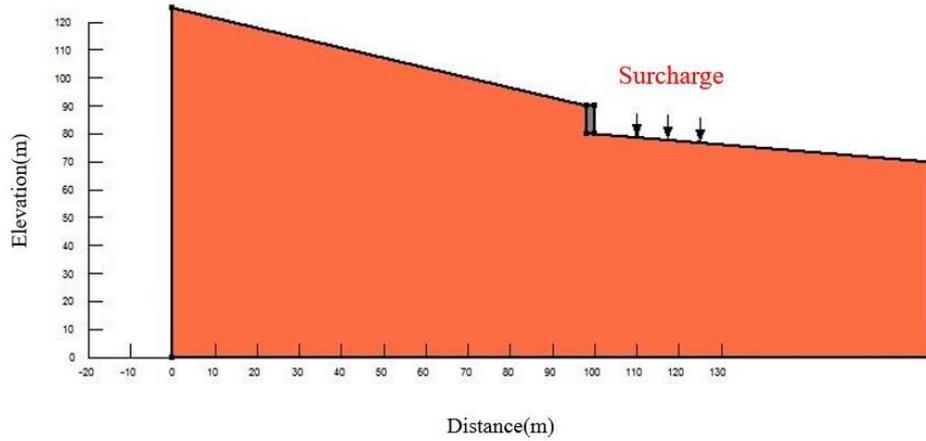


圖9-3 Surchage設置模型圖

觀測地下水位較高，故設定接近地表進行數值驗證，(圖 9-4 所示)。

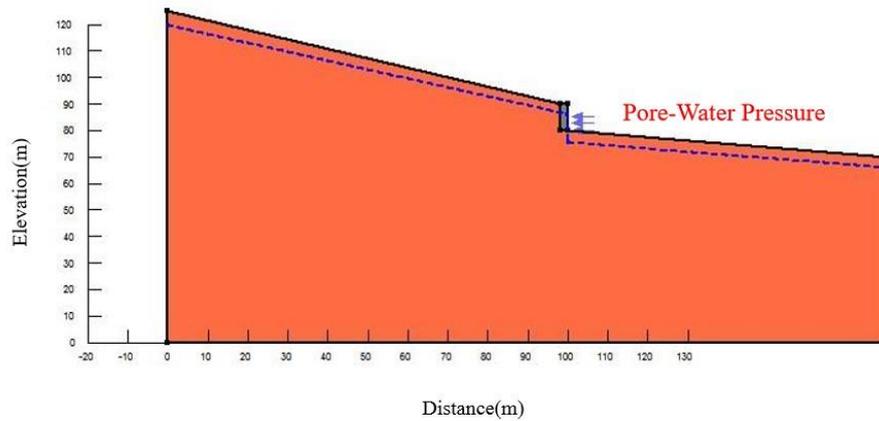


圖9-4 pore-Water Pressure設置模型圖

### 第三節、數值驗證結果

本研究以 Slope/W 進行邊坡穩定分析，並假定地錨為 36t、30t、25t、20t 進行 4 組數值驗證，以了解邊坡是否受地下水位及地錨影響而發生破壞。由表 9-3 及圖 9-5~9-8 可知安全係數。

因此當地錨荷重監測值低於 30t 時即須保持注意，當低於 25t 時須立即處理。

表9-3 GEO-SLOPE分析設計結果

Case No.	Description	FS
1	Anchor 36t	1.057
2	Anchor 30t	1.004
3	Anchor 25t	<b>0.961</b> <b>(NG)</b>
4	Anchor 20t	<b>0.921</b> <b>(NG)</b>

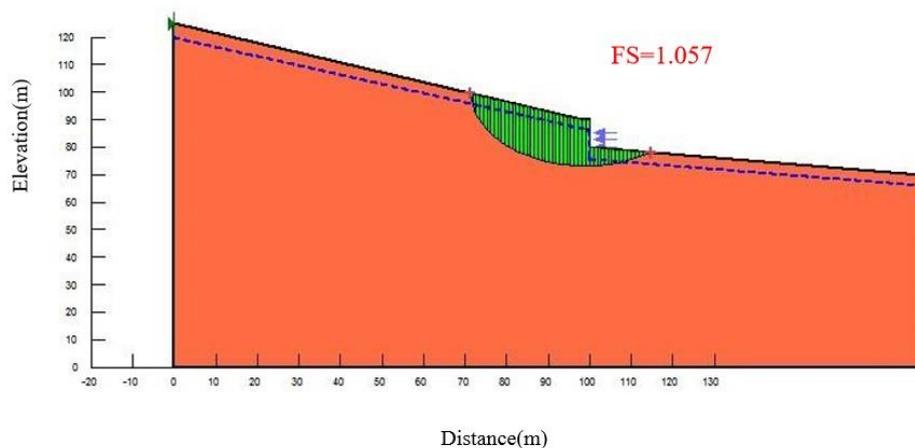


圖9-5 數值分析結果(Anchor 36t)

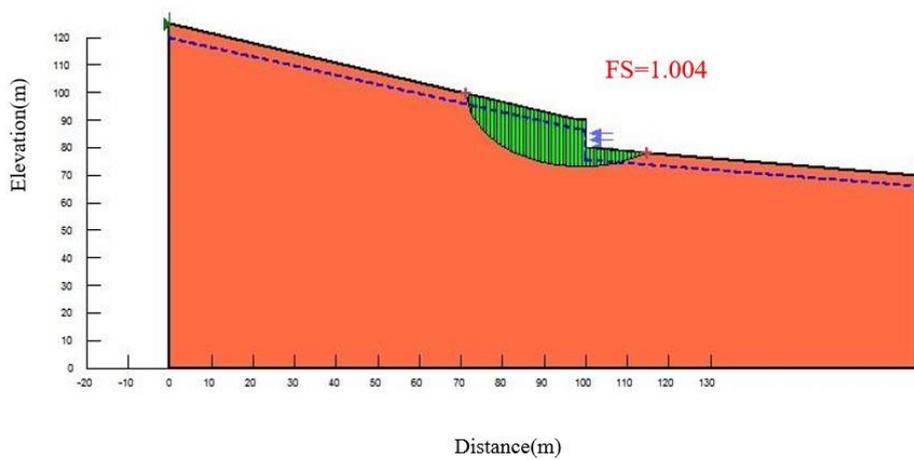


圖9-6 數值分析結果(Anchor 30t)

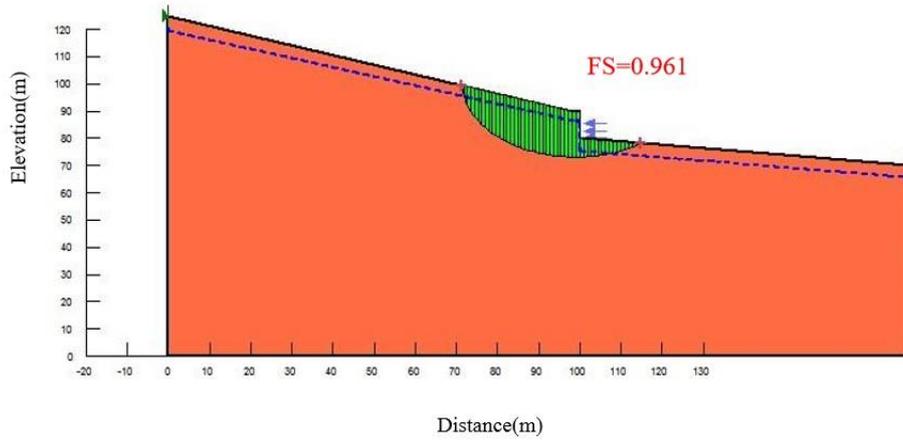


圖9-7 數值分析結果(Anchor 25t)

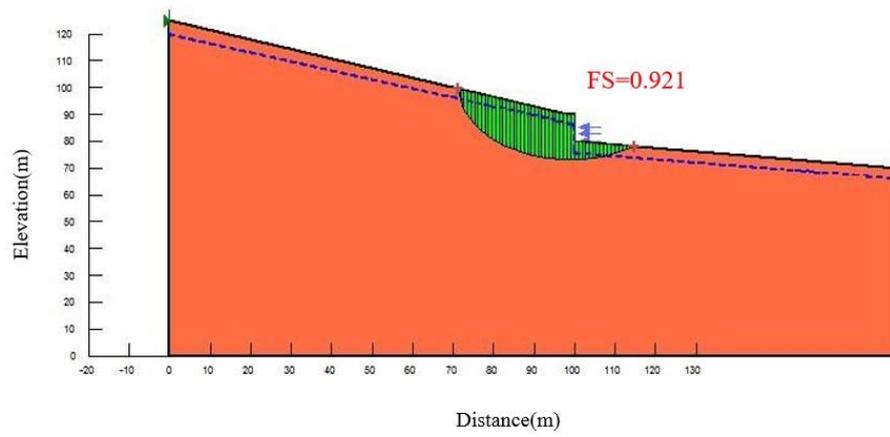


圖9-8 數值分析結果(Anchor 20t)



## 第十章 結論與建議

### 第一節、結論

#### 壹、低功耗傳輸系統建置與系統強化方面

本年度改採用較為容易裝設之NB-IoT通訊技術取代過去採用之Weightless通訊技術於本研究，該技術已廣為應用於都會區之智慧住宅或精密廠房中，且因電信廠商已針對NB-IoT通訊服務於都會區開設基地台，對於本研究之監測系統而言應用上，其穩定性與價格容易實現，目前已確認可順利通訊，強化過去系統之穩定性與耐候性，且可降低電力使用之需求與建置費用。

因此本系統經強化後可提供建研所防災資訊平台更穩定之監測數據，提供使用者場域的即時監測資料。此外因平台能提供更多元的資訊服務，已介接防救災相關公開資料，如氣象局即時雨量以及國家災害防救科技中心公開示警訊息等，未來可供專業人士、社區居民、研究人員等使用。

#### 貳、地錨擋土牆檢監測作業與坡地社區智慧防災系統應用推廣方面

地錨擋土牆在台灣的坡地社區相當常見。然而既有坡地社區之居民對於地錨擋土牆的功能並不熟悉，更無法瞭解地錨品質與既存荷重對於保護邊坡與社區之重要性。國內進行地錨檢監測之作業大多施行於道路邊坡，在坡地社區施作之案例卻相當少見。

本年度計畫之示範試區一開始並不清楚社區內地錨之狀況，經過團隊進行一連串之檢測，包含目視、內視得知地錨銹蝕現況與揚起試驗取得既存荷重，並擇一進行相關之地錨荷重監測。上述作業皆製作成防災講習與座談會之教材，於示範社區辦山坡地社區智慧防災系統應用推廣說明會後，不但讓社區居民願意出資進行相關地錨維護作業以及裝設本研究研發之檢監測系統，與會之物業管理、保險等業界代表與專家學者皆肯定相關之研發成果與推廣方式。

## 第二節、建議

### 建議一

邊坡監測系統成效驗證：短期建議

主辦機關：內政部建築研究所

建研所歷年主辦多項關於坡地社區自然邊坡、人工邊坡等監測設備與系統之研發，以及相關監測管理值之推估方法，並以示範社區進行驗證示範工作。然而因為尚未遭遇足夠規模之天災事件以驗證各種監測器之管理值，且可能因類似試驗造成社區居民之疑慮，因此建議未來相關參數取得與管理值驗證試驗，可考慮選擇於無保全對象之擋土設施或空地以模型試驗進行。

### 建議二

地錨擋土牆巡檢、維護與宣導裝設監測系統：短期建議

主辦機關：各地方政府主管單位

協辦機關：內政部建築研究所、內政部營建署

坡地社區經常採用背拉式地錨擋土牆作為爭取用地之方式，雖然目前新建坡地社區對於監測邊坡之規範，然而既有坡地社區之擋土設施監測則無；由於既有坡地社區中傳統地錨之服務現況(包含鏽蝕情況、既存荷重)無法由外觀或居民自主巡檢得知，勢必得透過專業技術團隊執行外觀檢視、揚起試驗、除蝕防鏽、荷重監測等工作。目前各地方政府主管單位已在執行年度例行性之相關社區邊坡巡檢作業，因此建議各地方政府主管單位協助宣導啟發社區居民自主尋求專業協助之相關意識。

### 建議三

人工邊坡智能防災系統商轉應用：中長期建議

主辦機關：內政部建築研究所

協辦機關：各保險商業同業公會、各公寓大廈管理維護商業同業公會

邊坡社區之擋土設施可由本研究研發之相關檢監系統進行長期邊坡監測作業，以提供坡地社區啟動擋土設施維護與更新進

行、或防災避難之參考依據。然而這些研發成果仍需推廣與商轉之單位。建議保險業者與物業管理業者可推出應用坡地社區整合性監測之相關商品。設計該產品所需要之大量坡地社區災害生命財損報告，建請內政部營建署於保險業者與物業管理業者提出需求時提供相關資料。



## 參考文獻

1. Hault, N.A., Bennet, P.J., Stoianov, I., Maksimović, C., Middleton, C.R., Graham, N.J.G. and Soga, K. (2009) : “Wireless Sensor Networks: creating ‘Smart Infrastructure’,” Proceedings of ICE, Civil Engineering, Vol. 162, August 2009, pp. 136–143
2. Hughes, J., Yan, J., Soga, K (2015): “Development of wireless sensor network using bluetooth low energy (BLE) for construction noise monitoring,” International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems, Vol.8, No. 2, pp.1379-1405
3. Nawarz, S., Xu,X., Rodenas-Herr'aiz,D., Fidler,P., Soga,K. and Mascolo, C. (2016) : “Monitoring A Large Construction Site Using Wireless Sensor Networks,” Proceedings of the 6th ACM Workshop on Real World Wireless Sensor Networks, pp. 27-30
4. 中華民國大地工程學會，2017。山坡地監測準則 (TGS-SLOPEM106)。
5. 內政部建築研究所，(2018)，「山坡地社區智慧防災系統精進－人工邊坡智能感測器研發與雲端系統擴充應用」。
6. 行政院農業委員會水土保持局，(2014)，「103 年寶山潛在大規模崩塌地區調查監測系統維運與擴充計畫」。
7. 行政院農業委員會水土保持局，(2018)，「長距離低功耗廣域網路連結物聯網於監測資料傳遞應用上最佳化配置研發」。



## 附錄一 專家會議記錄

內政部建築研究所「坡地社區減災營造與智慧防災系統整合研發 -  
預力地錨破壞監測及整體系統穩定性之強化」研究計畫  
第一次專家諮詢會議記錄

- 一、會議時間：民國一零八年五月二日 上午十點三十分整
- 二、會議地點：內政部建築研究所簡報室  
(新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓)
- 三、主持人：明新科技大學郭治平博士
- 四、紀錄：林宛瑩
- 五、出席者：國立台灣大學楊國鑫博士、大可土木大地技師事務所張志彰技師、青山工程顧問股份有限公司陳昭維總經理、建築研究所安全防災組蔡綽芳組長、建築研究所安全防災組王鵬志副研究員
- 六、列席者：明新科技大學郭治平博士、台灣科技大學鄧福宸博士、台灣科技大學李威儀博士、銓壕科技工程有限公司鍾文鐘經理、基能科技股份有限公司陳弘宇總經理、台灣地球觀測學會行政秘書林宛瑩
- 七、工作進度簡報：( 檔案連結 )
  1. 經過三處社區場勘 ( 汐止水蓮社區、達觀鎮 A2 社區、新店觀天下社區 )，考量社區環境及居民意願，工作團隊建議以新店觀天下社區為示範社區。
- 八、議題討論：
  1. 楊國鑫博士：
    - (1)若工作團隊有預算及作業彈性空間，監測地點也許可以考慮文山區翡翠城堡社區，因該社區鋪設之地錨殘力僅剩初始值 1/5，且該社區有預算可執行相關修繕。  
工作團隊回覆：感謝建議，將於工作會議討論。
    - (2)設備箱體是否過大？  
工作團隊回覆：目前箱體較大的設計理由是為通風、散熱考量。
    - (3)其他設備與功能建議：防落石網、警戒燈、即時監測數據上傳平台供手機即時通訊瀏覽功能等，是否也可考慮架設？箱體也可加上建研所字樣或 LOGO。  
工作團隊回覆：因此案為研究案，暫時不考慮架設較明顯的設備或張貼標示。
    - (4)是否考慮以進行空拍、PIV 方式以輔助環境監測？  
工作團隊回覆：將於工作會議討論，可能以全測站方式監測。

(5)通盤警戒值若只考慮以地錨揚起試驗設立，可能不夠全面。另外，在設定管理警戒值前，宜先有一套設定警戒值的標準作業程序。工作團隊回覆：此研究案其中一項工作項目在於設立警戒值的標準作業程序，暫時不考慮設定警戒值。

2. 張志彰技師：

(1) 想確認地錨的揚起試驗，是否只針對一個地錨做一次？因預期的殘存預力應較高工局案例更低。

工作團隊回覆：是，目前僅計畫做一次地錨揚起試驗。

3. 蔡綽芳組長：

(1)經常面對其他公務單位（如高公局）人員詢問，目前市場上監測技術服務已成熟，為何仍需進行此研究案？

工作團隊回覆：因量測內涵及服務對象不同，因此此案仍具相當研究價值。高公局預算高，且大多採人工監測，一般社區難以比照辦理。因此此研究案不僅在研究監測技術，也著重於如何提供坡地社區的監測防災資訊服務。

(2)是否坡地社區防災預警系統現階段無法以全面自動化監測取代人工監測，仍需傳統監測方式配合？

工作團隊回覆：系統建置初期應先以人工方式進行社區環境全面體檢，確認需要的量測項目後再建置自動化系統。自動化監測系統的優點在於監測頻率高。楊博士補充：且自動化監測數據自動上傳資訊平台，有益於提升利害關係人防災意識。

張技師補充：但也有遇過因考量對房價、保險費用的影響，而不樂見在地防災相關資訊公開的社區。因此台北市大地處的作法為發函給社區，告知需要建置相關防災系統，請自行尋找相關廠商協作。

(3)因此研究案為防災相關議題，關於後續工作會議，可以考慮也找消防局相關單位與會。且目前選定的示範社區（新店觀天下）位於新北市，也可找新北市相關單位與會。

工作團隊回覆：工作會議將討論並納入考量。

(4)此研究案，建研所主要目的為以安全防災的角度研發精確可靠的技術提供社區或物業管理進行自主防災。

工作團隊回覆：遵照辦理。未來商轉模式，建議考慮從地方政府層級發函給相關單位（比照台北市大地處作法）。

九、散會（中午十二點十分）

內政部建築研究所「坡地社區減災營造與智慧防災系統整合研發 - 預力地錨破壞監測及整體系統穩定性之強化」研究計畫  
第一次專家諮詢會議

簽到單

單位	姓名
內政部建築研究所	蔡得芳 王明奇
台灣大學	楊同欽
青山工程顧問股份有限公司	請假
大可土木大地技師事務所	張志華
明新科技大學	李治平
台灣科技大學	許福展 柯威倫
銓壕科技工程有限公司	鍾文鐘
基能科技股份有限公司	陳弘宇
興創知能股份有限公司	請假
台灣地球觀測學會	林宛螢
建築中心	請假

「預力地錨破壞監測及整體系統穩定性之強化」案

第二次專家學者諮詢會議意見

專家學者	意見	回覆
廖洪鈞	無意見	謝謝委員肯定
楊國鑫	無意見	謝謝委員肯定
林文中	無意見	謝謝委員肯定
張志彰	無意見	謝謝委員肯定
游振棋	無意見	謝謝委員肯定
阮仲如	<p>研究團隊以通俗語言，深度淺出傳達坡地社區邊坡安全維護觀念，並解答社區居民疑惑，由與會居民熱烈反應顯示，說明會除了充分達成本案既定之推廣目標外，亦達到凝聚社區意識的目的，將專業研究成果延伸至建立社區居民日常之危安意識，實屬難得。</p> <p>以該社區之擋土牆為例，於既有地錨保護蓋下，普遍可見明顯之滲水痕跡，推測地錨鋼腱之雙重防蝕機制已嚴重受損，再加上受限國內早期之地錨施工技術實務，錨頭端普遍存在自由段灌漿保護及錨頭防蝕維護不足等現實，因此錨鉸除鏽；自由端補灌漿及錨頭保護座更新及防蝕作業刻不容緩。</p> <p>相較於公共工程，坡地社區之老舊擋土設施並無強制性之安全檢查及維護機制，然就其重要性及影響層面而言，並不亞於公共工程。雖然公權力或公務預算擴及私人產業確有其限制，然一旦發生災害，將付出極大的社會成本，對於其善後責任，政府相關機關亦恐難置身事外。因此相關配套研擬，宜及早因應。</p> <p>關於老舊地錨，除了加強防蝕以延長其生命週期外，對於預力損失幅度過大情況，於擋土設施增加補強地錨為常用之選項，建議將地錨之修復(例如錨板更換、剛腱傳力機制更換)、新材料應用(例如環氧樹脂包覆鋼腱、全包覆式地錨等)、新技術(單孔多段式地錨等)、監測(例如應變指標是荷重指示計等)及國際規範演進等回顧與研究，建議優先列入未來(後期)工作目標。</p>	<p>謝謝委員肯定與鼓勵，相關意見與建議將列於本研究建議事項。</p>

	<p>近年來公共工程之地錨維護已為例行性工作，相關之檢測結果及執行功效，具有相當考價值，建議列入未來(後期)工作目標。</p>	
	<p>關於坡地社區地錨之檢查、檢測、評估分析、監測及補強等作業內容及考量並建立作業流程，建議列入未來(後期)工作目標，供住宅社區管委會及相關專業單位執行之參考。</p>	
	<p>由座談會中社區居民之問題，常見關於社區擋土設施維護之相關責任歸屬，建議未來(後期)工作納入由法律層面，分別探討設計及建造單位責任及追訴效期、管委會管理維護及建管單位核照及督導責任。透過責任釐清，推動坡地社區相關維護工作。另建議參考現行設立於各縣市政府之水土保持服務團，由各領域專業人員組成服務團隊，針對坡地社區相關管理維護等工作提供諮詢服務之可行性。</p>	

內政部建築研究所 108 年度委託研究案「坡地社區減災營造與智慧防災系統  
整合研發－預力地錨破壞監測及整體系統穩定性之強化」  
推廣說明會暨專家學者諮詢座談會

簽到單

- 一、 時間：108 年 10 月 08 日下午 19 時 00 分
- 二、 地點：觀天下社區
- 三、 出席單位及人員：

出席單位及人員	簽名
內政部建築研究所	
專家學者	游振堯 薛洪鈞 楊中 陳如 楊國光
機關團體	黃意祥 吳宗賢 許俊豪 謝振聲
執行團隊	李紹平 吳晉華 楊品節 林冠榮 許俊豪

## 附錄二 工作會議記錄

內政部建築研究所「坡地社區減災營造與智慧防災系統整合研發 - 預力地錨破壞監測及整體系統穩定性之強化」研究計畫

第一次工作會議

議程表

- 一、 主持人說明
- 二、 指導單位致詞
- 三、 議題討論
  1. 前期研發成果檢討與整合
    - (1). 人工邊坡部分
    - (2). 自然邊坡部分
  2. 示範社區選取
    - (1). 既有地錨
    - (2). 既有鑽孔
    - (3). 存在裂縫
    - (4). 可裝設雨量
    - (5). 社區意願高
  3. 關鍵課題
    - (1). 監測儀器整合技術
    - (2). 儀器耐候性與穩定性
    - (3). 低成本傳輸技術與維運
    - (4). 成果推廣
  4. 說明會與專家會議邀請對象
    - (1). 民眾
    - (2). 業管與產險業者
    - (3). 公部門
  5. 研討會擺攤與展演
    - (1). 2019 亞太智慧防救災高峰論壇(2019/05/08-10)
    - (2). ICEO & SI 2019(2019/06/23-26)
    - (3). 16<sup>th</sup> ARC(2019/10/14-18)
- 四、 臨時動議
- 五、 散會

內政部建築研究所「坡地社區減災營造與智慧防災系統整合研發－  
預力地錨破壞監測及整體系統穩定性之強化」研究計畫

第一次工作會議記錄

- 一、會議時間：民國一零八年二月二十七日 上午十點三十分整
- 二、會議地點：內政部建築研究所簡報室  
(新北市新店區北新路三段 200 號 13 樓)
- 三、主持人：明新科技大學郭治平博士
- 四、紀錄：林宛瑩
- 五、出席者：  
協同主持人：台灣科技大學鄧福宸博士  
研究團隊成員：興創智能(股)公司技術研發部副部長紀柏全博士、基能科技(股)公司總經理陳弘宇、銓壕科技工程(有)公司總經理吳宗書、台灣地球觀測學會行政秘書林宛瑩
- 六、列席者：建築研究所王鵬智博士、建築中心吳室賢先生
- 七、議題討論：
  1. 前期研發成果檢討與整合
    - (1). 人工邊坡部分
    - (2). 自然邊坡部分
  2. 示範社區選取
    - (1). 既有地錨
    - (2). 既有鑽孔
    - (3). 存在裂縫
    - (4). 可裝設雨量
    - (5). 社區意願高
  3. 關鍵課題
    - (1). 監測儀器整合技術
    - (2). 儀器耐候性與穩定性
    - (3). 低成本傳輸技術與維運
    - (4). 成果推廣
  4. 說明會與專家會議邀請對象
    - (1). 民眾
    - (2). 業管與產險業者
    - (3). 公部門

5. 研討會擺攤與展演

- (1). 2019 亞太智慧防救災高峰論壇(2019/05/08-10)
- (2). ICEO & SI 2019(2019/06/23-26)
- (3). 16<sup>th</sup> ARC (2019/10/14-18)

八、會議決議：

1. 本期研究案所使用之監測器，預計以三軸加速度器為其他監測儀器開始傳輸資料的 Trigger，以利低成本傳輸技術與維運；至於資料傳輸技術，則以 LoRa 及 NB-IoT 搭配應用為主。待選定示範社區，將社區座標先提供給陳弘宇總經理，以利先行確認周遭通訊訊號強度。
2. 候選的示範社區為水蓮山莊、觀星台北兩社區，預計於三月份完成現勘。示範社區選定後，也邀請該社區報名建築中心舉辦之山坡地社區防災推廣說明會遴選(預計五月中進行遴選)
3. 下次工作會議時間為三月二十九日下午，主持人將再通知確切時間地點
4. 四月初舉行專家會議，預計邀請對象如下：
  - (1). 公部門(如雙北地區政府單位)請紀博士協助邀請
  - (2). 預計邀請游技師、廖博士、張志彰技師
  - (3). 新北物業管理公會及物管業者請吳室賢先生協助邀請
5. 2019 亞太智慧防救災高峰論壇(2019/05/08-10)：本團隊將拆除前期研究設備(Weightless)，協助建築中心參加論壇進行展演。
6. ICEO&SI 2019(2019/06/23-26)：本團隊亦將與建築研究所參展推廣山坡地社區智慧防災系統。

九、散會 ( 中午十二點十分 )

內政部建築研究所「坡地社區減災營造與智慧防災系統整合研發 - 預力地錨破壞監測及整體系統穩定性之強化」研究計畫

第一次工作會議

簽到單

單位	姓名
內政部建築研究所	王明哲
明新科技大學	李治平
台灣科技大學	胡福宸
銓壕科技工程有限公司	吳辛書
基能科技股份有限公司	陳弘宇
興創知能股份有限公司	紀柏全
台灣地球觀測學會	林完瑩
建築中心	吳登賢

內政部建築研究所「坡地社區減災營造與智慧防災系統整合研發 -  
預力地錨破壞監測及整體系統穩定性之強化」研究計畫

第二次工作通訊會議記錄

- 一、會議時間：民國一零八年三月三十日 下午一點十分整
- 二、主持人：明新科技大學郭治平博士
- 三、紀錄：林宛瑩
- 四、出席者：明新科技大學郭治平博士、台灣科技大學鄧福宸博士、台灣科技大學李威儀博士、興創知能股份有限公司沈哲緯博士、興創知能股份有限公司紀柏全博士、銓壕科技工程有限公司吳宗書、銓壕科技工程有限公司鍾文鐘經理、基能科技股份有限公司陳弘宇總經理、台灣地球觀測學會行政秘書林宛瑩
- 五、議題討論：
  1. 本年度施作研究社區為觀天下社區，因為該社區有完整監測資料，社區參與意願高，施作實驗動線好。
  2. 第一次專家會議將於四月完成，會後接著進行第三次工作會議。
  3. 請銓壕團隊擇期前往文山區拆卸上年度兩組儀器，並與基能團隊研討通訊設備更換事宜。由於該社區 4G 訊息穩定，建議可以 NB-IOT 進行。
  4. 為配合南港防災展之展示，上述工作請於五月初完成。
  5. 稍後將提供關於專家會議之日期時間委員推薦名單調查問卷，再請各位填寫。
- 六、散會（下午一點三十分）

內政部建築研究所「坡地社區減災營造與智慧防災系統整合研發－預力地錨破壞監測及整體系統穩定性之強化」研究計畫

第二次工作會議

簽到單

單位	姓名
明新科技大學	高了治平
台灣科技大學	杜威威 謝福宏
銓壕科技工程有限公司	鍾文鐘
基能科技股份有限公司	陳志昇
興創知能股份有限公司	請假
台灣地球觀測學會	林完瑩
建築中心	請假

內政部建築研究所「坡地社區減災營造與智慧防災系統整合研發 -  
預力地錨破壞監測及整體系統穩定性之強化」研究計畫

第三次工作會議記錄

- 一、會議時間：民國一零八年五月二日 中午十二點三十分整
- 二、會議地點：阿輝牛肉城(新北市新店區中興路三段 225 號)
- 三、主持人：明新科技大學郭治平博士
- 四、紀錄：林宛瑩
- 五、出席者：明新科技大學郭治平博士、台灣科技大學鄧福宸博士、台灣科技大學李威儀博士、銓壕科技工程有限公司鍾文鐘經理、基能科技股份有限公司陳弘宇總經理、台灣地球觀測學會行政秘書林宛瑩
- 六、列席者：建築研究所安全防災組蔡緯芳組長、建築研究所安全防災組王鵬志副研究員、大可土木大地技師事務所張志彰技師
- 七、議題討論：
  1. 示範社區選取，討論是否採納專家諮詢會議中，楊國鑫博士提議之文山區翡翠城堡  
決議：因該社區現已有既有團隊執行防災設施相關事宜，列入未來考量示範社區之一。
  2. 示範社區(新店觀天下)團隊正式場勘日期討論  
決議：5/16(四)上午。當天將攜帶儀器至現場。儀器的規格請鄧福宸博士先提供給基能陳總經理。
- 八、散會(下午一點三十分)

內政部建築研究所「坡地社區減災營造與智慧防災系統整合研發－預力地錨破壞監測  
及整體系統穩定性之強化」研究計畫

第三次工作會議

簽到單

單位	姓名
內政部建築研究所	蔡得芳 王明哲
明新科技大學	鄧治平
台灣科技大學	柯威儀 鄧福表
銓壕科技工程有限公司	鍾文鐘
基能科技股份有限公司	陳亮才
興創知能股份有限公司	請假
台灣地球觀測學會	林宛瑩
建築中心	請假

內政部建築研究所「坡地社區減災營造與智慧防災系統整合研發 -  
預力地錨破壞監測及整體系統穩定性之強化」研究計畫

第六次會議記錄

- 一、會議時間：民國一零八年八月三十日 下午十二點三十分
- 二、主持人：明新科技大學郭治平博士
- 三、紀錄：郭治平
- 四、出席者：明新科技大學郭治平博士、台灣科技大學鄧福宸博士、興創知能股份有限公司沈哲緯博士

五、議題討論：

1. 防災資訊平台移交

說明：沈哲緯博士團隊(中興工程顧問社)曾於 104 年協助建築研究所建置山坡地防災資料庫，現需討論此平台之維運管理及使用方式。沈哲緯博士說明：當時此資料庫之建置，為協助整合建研所所有山坡地相關監測、調查、遙測、圖資資料，以利建研所內跨單位使用，後陸續增加自然邊坡、人工邊坡的相關資料，並於 105 年利用此資料庫進行大數據分析、建立決策樹等，當時並承諾當時安災組陳組長免費維運此平台至 106 年。現可協助將此平台移轉至建研所，唯考量到建研所可能較無管理維運專責單位或人力，以及未來資料統合應用的需求，因此除了以單一平台管理的方式以外，也進一步建議串聯所有政府單位防災資訊相關平台，進行實體資料庫整合，以利防災資訊應用。

決議：建請建研所收回平台營運管理。

2. IOTA 應用及其他推廣方式

說明：沈哲緯博士說明：先前曾建議 IOTA(IOTA 為國內外物聯網 IOT 區塊鏈方式，營運方式為設備做為資料經濟的交換、消費)作為監測服務提供之模式，但 IOTA 較適合未來長期、大部會或跨部會(如內政部)整合使用的方式。建研所因設備量較少，較適合的方式是整合所內資料，短期內較不適用 IOTA 方式。因此建議建研所將相關資料格式統一使用國發會第三代 API 格式做串接，如動態資訊用 API、靜態資訊則用標準圖資格式做資訊交換等，以利未來開放資料，由物業管理業者開發防災相關商業應用。並建議建研所可參考交通部公共運輸整合資訊流通服務平台 Public Transport data eXchange 作法。

六、

內政部建築研究所「坡地社區減災營造與智慧防災系統整合研發 - 預力地錨破壞監測  
及整體系統穩定性之強化」研究計畫  
第六次工作會議

簽到單

單位	姓名
明新科技大學	郭治平
台灣科技大學	謝福慶
興創知能股份有限公司	沈司壽

內政部建築研究所「坡地社區減災營造與智慧防災系統整合研發 -  
預力地錨破壞監測及整體系統穩定性之強化」研究計畫

第七次會議記錄

- 七、會議時間：民國一零八年九月十日 下午三點整
- 八、主持人：明新科技大學郭治平博士
- 九、紀錄：林宛瑩
- 十、出席者：建築研究所王鵬志博士、建築中心吳室賢先生、明新科技大學郭治平博士、興創知能股份有限公司沈哲緯博士、明新科技大學吳晉維先生、台灣地球觀測學會行政秘書林宛瑩女士
- 十一、議題討論：

1. 防災資訊平台移交

說明：沈哲緯博士團隊(中興工程顧問社)曾於 104 年協助建築研究所建置山坡地防災資料庫，現需討論此平台之維運管理及使用方式。沈哲緯博士說明：當時此資料庫之建置，為協助整合建研所所有山坡地相關監測、調查、遙測、圖資資料，以利建研所內跨單位使用，後陸續增加自然邊坡、人工邊坡的相關資料，並於 105 年利用此資料庫進行大數據分析、建立決策樹等，當時並承諾當時安災組陳組長免費維運此平台至 106 年。現可協助將此平台移轉至建研所，唯考量到建研所可能較無管理維運專責單位或人力，以及未來資料統合應用的需求，因此除了以單一平台管理的方式以外，也進一步建議串聯所有政府單位防災資訊相關平台，進行實體資料庫整合，以利防災資訊應用。

決議：因建研所需維運的平台眾多，王鵬志博士會再與蔡綽芳組長討論沈哲緯博士的建議。

2. IOTA 應用及其他推廣方式

說明：沈哲緯博士說明：先前曾建議 IOTA(IOTA 為國內外物聯網 IOT 區塊鏈方式，營運方式為設備做為資料經濟的交換、消費)作為監測服務提供之模式，但 IOTA 較適合未來長期、大部會或跨部會(如內政部)整合使用的方式。建研所因設備量較少，較適合的方式是整合所內資料，短期內較不適用 IOTA 方式。因此建議建研所將相關資料格式統一使用國發會第三代 API 格式做串接，如動態資訊用 API、靜態資訊則用標準圖資格式做資訊交換等，以利未來開放資料，由物業管理業者開發防災相關商業應用。並建議建研所可參考交通部公共運輸整合資訊流通服務平台 Public Transport data eXchange 作法。

決議：無異議。主持人郭治平博士表示，雖防災資訊平台及推廣方式皆不在

本計畫合約工作項目內，但仍為辦理成果推廣說明前必須考量的事宜，因此提出討論。

### 3. 前期研發成果整合

說明：沈哲緯博士說明已完成前期研發成果設備移轉。

### 4. 第二次專家會議

決議：與下一議題 5. 推廣說明會並行討論。若之後決議再辦理一次推廣說明會，將邀請專家列席。

### 5. 推廣說明會

說明：此計畫進程已於 9/1 建築中心於示範社區執行「108 年度坡地社區自主防災教育與應用推廣計畫社區防災工作坊」時並行說明，並引起管委會主委、副主委的強烈興趣。而本計畫執行至今，已順利使示範社區管委會意識到地錨壽命有限，社區使用至今必須汰換，進而提高管理費以利編列地錨更換的預算。因此，在建研所的資料整合、坡地社區管理值訂定完成進而擬定可行的營運模式之前，此流程可作為推廣說明會內容。

決議：王鵬志博士會再與蔡綽芳組長討論若需再舉辦推廣說明會，其內容與方向。

### 6. 研討會 16<sup>th</sup> ARC 擺攤與展演

決議：因參展成本(十萬元)過高，決議不參展。

### 7. 後續延伸計畫

說明：主持人郭治平博士建議，除了監測服務系統營運方式擬定與推廣為必須持續進行以外，建議技術上有以下三個方向可延續研究及應用此計畫成果 (1)防災物聯網(2)監測技術精進(3)視覺化模型。並建議建研所延續今年計畫，以利持續觀測示範山坡地社區是否發生 event，以利制定監測管理值。

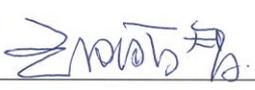
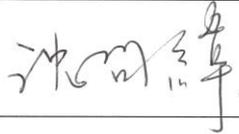
決議：王鵬志博士擬 9/16(一)邀請主持人郭治平博士再與蔡綽芳組長討論後續規劃。

十二、臨時動議：無。

十三、散會(下午五點整)

內政部建築研究所「坡地社區減災營造與智慧防災系統整合研發 - 預力地錨破壞監測  
及整體系統穩定性之強化」研究計畫  
第七次工作會議

簽到單

單位	姓名
內政部建築研究所	
明新科技大學	
台灣科技大學	
興創知能股份有限公司	
台灣地球觀測學會	
建築中心	



### 附錄三 推廣說明會會議記錄

#### 內政部建築研究所「坡地社區減災營造與智慧防災系統整合研發 - 預力地錨破壞監測及整體系統穩定性之強化」研究計畫

#### 推廣說明會暨專家學者諮詢座談會會議記錄

- 十四、會議時間：民國一零八年十月八日 下午七點整
- 十五、主持人：明新科技大學郭治平博士
- 十六、紀錄：林宛瑩小姐
- 十七、出席者：專家學者(國立臺灣科技大學廖洪鈞教授、國立臺灣大學楊國鑫教授、張志彰技師、阮仲如技師、游振棋技師)、機關團體(新北市工務局公寓大廈管理科林文中科長、富邦人壽股份有限公司黃信祥主任)、社區人員(示範社區林○麗副主委、示範社區蔡○智總幹事、示範地方仕紳)、明新科技大學郭治平博士、明新科技大學專任助理吳晉維先生、台灣地球觀測學會行政秘書林宛瑩小姐
- 十八、列席者：國立臺灣科技大學鄧福宸教授、昱全大地工程有限公司楊品錚總經理、財團法人台灣建築中心吳室賢先生
- 十九、主持人開場致詞(略)
- 二十、議題討論：
- (一)主持人郭治平博士簡介研究計畫現執行階段重要議題：
1. 現監測儀器成本：監測儀器成本十萬元，請社區居民思考未來是否可接受此成本。
  2. 現監測異常現象：(1)擋土牆頂已形變 2 公分(2)監測儀器(NB-IoT)有非自然斷線情形
  3. 未來監測服務方式構思
- (二)昱全大地工程有限公司楊品錚總經理簡介「地錨檢測與維護方式」：
1. 依據台電與國防部使用與維護地錨經驗，良好的地錨施作及維護，可使地錨半永久性的發揮良好功能。
  2. 民間使用地錨所遇到的狀況較多，原因多為施作品質及規格問題。
  3. 現示範社區地錨，四顆因本計畫而打開保護蓋之地錨，昱全公司已完成防鏽處理
- (三)富邦人壽黃信祥主任說明「邊坡社區擋土設施安全維護之可能服務方式」相關議題：
1. 坡地災害險自民國 87 年起已有民間呼籲保險業者提供相關產品，現仍未提出，應是因為保險業者無法完整評估坡地社區災害風險。

2. 建議居民或其他利害關係人，以投保醫療險的概念來看待目前想像中的坡地社區安全險。可能是必須先有坡地社區安全檢查的機構能完整評估坡地社區風險，保險業者才較有可能提出相關商品。

3. 即使公務部門立相關專法強制規範坡地社區之安全設施，其相關成本應也需要當地居民吸收。考量時間成本，現階段較建議採取社區本身能達成的作為為優先考量。

(四)國立臺灣科技大學廖洪鈞教授分享坡地社區「敦南山林」擋土牆維護經驗：

1. 「敦南山林」同樣為坡地社區，亦有使用擋土牆與地錨。因 2017 年擋土牆排水管大量出水，居民發現是因擋土牆後填土滑動導致自來水管鬆脫漏水，才決定花費三百餘萬維護地錨，進行近 300 顆地錨全數積水排除、灌漿、防鏽，以及疏通擋土牆排水管。

2. 建議坡地社區居民，在社區經費有限下，可以以「巡邏觀察」的方式來了解現社區安全情形。

(六)與會者座談

	居民提問	專家答覆
1.	何謂地錨？	郭治平博士簡介地錨功能。
2.	現本社區地錨的定錨位置在岩盤嗎？	郭治平博士答覆：查無相關資料。現僅能建議維持地錨現有功能強度為主。 新北市工務局公寓科科長答覆：因本社區地錨為民 70 年左右興建，相關執照申請資料可能亡佚或無法參考。
3.	是否可以現況推算本社區地錨應須具備的拉力數值？	郭治平博士答覆：執行團隊中的鄧福宸教授正在進行此項工作，仍需時間觀測及推算。
4.	當初發執照(雜項執照)給施作地錨的公務門單位應擔負安全責任，或是立法請施作地錨的廠商必須找保險業者承保，避免未來同樣遇到當初施作廠商已找不到、而無人負責安全監測等問題。	郭治平博士答覆：現坡地社區新建案已有法令規範必須持續進行安全監測。
5.	是否有其他方式可取代地錨的功能？	郭治平博士：目前沒有。建議以維護現地錨功能為主。
6.	若有經費維護或甚至更新地錨，如何避免未來施作廠商已結束營業等無人負責的問題？	廖洪鈞教授：請施作廠商針對每一顆地錨都提供一份維護報告，並請社區居民定期請廠商進行維護並記錄相關情形並更新於報告上。

7.	本社區空間上是否可進行如敦南山林的地錨維護工作？	廖洪鈞教授：應該可以。
8.	敦南山林的地錨維護工作內，沒有進行揚起試驗、了解目前地錨功能即進行灌漿，是否會有安全上的疑慮？	廖洪鈞教授：因敦南山林的擋土牆，目視無明顯裂縫，判斷應該維持現有地錨功能即可。
9.	民 92 年，本社區地錨保護蓋有崩落，當時僅將保護蓋蓋回去。請問此情形是否為地錨劣化，且保護蓋蓋回去無提升安全性？	廖洪鈞教授：是，只有蓋回無助於維持功能。建議以後發現此情形，也通報公部門。
10.	如何確保地下水壓力小於土方壓力？水泥砂漿的比例？	廖洪鈞教授：確實疏通洩水管可降低地下水壓力。水：水泥砂漿的比例為 0.5。
11.	本社區擋土牆之當務之急是否為疏通洩水管？	廖洪鈞教授：是。首先疏通洩水管，以及全面維護地錨、停止地錨劣化。
12.	請問本社區地錨揚起試驗結果？	郭治平博士：一個為 36 噸，另一個為 45 噸。但不曉得設計值，也無法就此數字判斷地錨功能是否有變化。僅能以現有儀器持續觀測，並綜合其他徵兆判斷社區坡地安全性。

## 二十一、散會(晚間九點四十分)

內政部建築研究所 108 年度委託研究案「坡地社區減災營造與智慧防災系統  
整合研發－預力地錨破壞監測及整體系統穩定性之強化」  
推廣說明會暨專家學者諮詢座談會

簽到單

- 一、 時間：108 年 10 月 08 日下午 19 時 00 分
- 二、 地點：觀天下社區
- 三、 出席單位及人員：

出席單位及人員	簽名
內政部建築研究所	
專家學者	游振堯 薛洪鈞 楊中 楊國光
機關團體	黃意祥 吳宗賢 許俊豪 謝振聲
執行團隊	李紹平 吳晉華 楊品節 林冠榮 許德宸

## 附錄四 審查意見與回覆

## ● 期中審查

委員	意見	回覆內容
梁成兆	(1)台北市人工邊坡建檔經驗，調查分級過程中，對第一類邊坡(風險高者)同步進行處理(政府整治或要求義務人改善)。本案地錨進行揚起試驗及荷重計安裝同時，能同時進行防鏽除鏽處理，敬表支持，並建議提供社區居民資訊，並規劃未來監測前置作業之積極作為。	(1)謝謝建議，已如建議辦理。
	(2)從全生命週期之思考概念，現況設置地錨之社區數量及興建年份，有助於設定地錨邊坡監測之政策，建議可適度評估，並了解新開發之社區是否已避免地錨設計？如有地錨設計是否開發審查階段即要求監測及維護？將本計劃之成果推廣運用。	(2)謝謝建議，將提供相關單位參考。
	(3)電力耗損及網路傳輸之問題，建議結合社區資源解決，並評估未來透過使照改善監測機制。	(3)謝謝建議，將於說明會時提倡。
	(4)監測系統如果納入傾斜儀之規劃，建議評估連續式斜儀(SAA)及定置型傾斜儀(IPI)之優劣、費用及適用可行性。	(4)遵照辦理，將於期末報告表列。
陳昭維	(1) 本計畫係接續型之研究，相關前期研究內容及成果建議加以說明。	(1)謝謝建議，將節錄相關成果列於期末報告。
	(2) 本計畫主要為新增水壓計、地錨荷重計及雨量計，但1.2.2 節之管理基準並未見說明，請補充。	(2) 遵照辦理，將於期末報告補充。
	(3) 期中階段之預定完成工作請加以說明(圖1.4-1，邊坡監測儀器建置、低功率無線傳輸穩定性試驗等，是否為本階段工作?)	(3)非本階段工作，將於期末報告補充。
	(4) 地錨荷重計及水壓計已經完成安裝，請補充所採用設備之品牌與規格。	(4)將於期末報告補充。

委員	意見	回覆內容
	(5) G2 揚起試驗成果應為異常，文中敘述有矛盾之處，請再論述其可能原因。(鋼腱鏽蝕？夾片握線器滑脫？)	(5)謝謝建議，將於期末報告修正。
	(6) 抽測地錨承壓板角度介於15-19度之間，請比較與地錨設計打設俯角之差異，若差異過大，將造成夾片握線器握裹能力降低(G2、G3的鋼絞線內縮現象應釐清是否為系統性問題)。	(6)因無法取得原設計資料，故僅能以現況為初值進行相關檢測。
	(7) 4.2 節綜合評述第4點，請先說明地錨之設計荷重為何？若試驗拉力大於設計，再研判其「錨碇功能尚屬正常」較為妥適。	(7) 因無法取得原設計資料，故僅能以現況為初值進行相關檢測。
	(8) 地錨荷重計係監測擋土牆是否受力發生變形的有效儀器，實應大力推廣。但其儀器檢測或更換所需動員之機具較為複雜，故結論中提到「易維護」，建議再加考量。	(8)謝謝寶貴建議，將修正。
張志彰	(1) 地錨破壞監測在未來坡地社區是一項必要的工作，建議日後可考量專案評估坡地社區老舊地錨的安全性。	謝謝寶貴建議，遵照辦理。
	(2) 系統開發之APP建議持續開發平台，供住民檢視及推廣智慧防災系統。	謝謝寶貴建議，遵照辦理。
游振棋	(1)本案監測儀器有類比、數位、振弦不同類型，是否考慮簡化儀器類型，減少儀器配置數量，降低開發成本。	(1)遵照辦理。
	(2)雙軸傾斜儀建議評估直接安裝於牆面，不宜設至於整合感測儀器箱內，避免溫度變化影響量測結果。	(2)本年度已改安裝於牆面。

委員	意見	回覆內容
	(3)雨量計每小時紀錄一筆資料，建議考慮是否調整為10分鐘一筆。	(3)遵照辦理。
	(4)本案日後監測資料如何結合數值分析成果，建議再做說明。	(4)將於期末報告呈現。
	(5)本案監測之管理值如何訂定，建議再做說明。	(5) 將於期末報告呈現。
曹書生	(1) 請補充示範社區之基本資料、面積、年份等，有利於地錨之了解。	(1)謝謝寶貴意見。
	(2) 地錨測驗依目測所對應之損壞情形，可作為目視判斷之參考。	(2)建議待實驗量體更大時，再進行連結。
	(3)檢測儀器的型號、廠牌能補充說明，避免儀器不同產生之誤差。	(3) 建議待實驗量體更大時，再進行連結。
王鵬志	科技部建議也將監測資料上傳至民生公共物聯網，建議團隊思考資料如何整合與架接至該物聯網。	未來本研究及規劃將朝民生防災公共物聯網的概念邁進。

● 期末審查

審查委員	審查意見	意見回覆
林文中	<p>示範社區是在新北市的山坡地社區之中較具有自主防災意識的社區，但經10/8與會參與社區推廣說明會，發現社區居民仍普遍對於相關社區資料之保存責任、水保設施的長期維護之責任，似乎常會有與政府機關執照核發產生不當的連結。希望能納入教育之宣導，避免社區對政府機關之誤解。</p>	<p>謝謝寶貴建議，會於未來進行檢討與修正。</p>
	<p>對本研究案並無太大的意見，而且非常感謝建研所之團隊選定並關注新北的社區，也讓社區因此能更凝聚向心力。</p>	<p>感謝委員肯定。</p>
	<p>建議：                      1.我們目前也有委託顧問公司針對山坡地社區做風險管理，也建置自動監(觀)測系統，就自動化儀器部分建議現地標語提醒注意及連絡電話，系統應建置斷電提醒或數據觸及管理值之警示訊號、蜂鳴聲。                      2.以設備自主電力供應是確實會遭遇及應克服的課題。                      3.社區也期待政府的協助，例如研議比照老舊(宅)健檢，建研所可考量。</p>	<p>謝謝寶貴建議，會於未來進行檢討與修正。</p>
梁成兆	<p>人工邊坡之管理除了建檔降低風險之思維，可思考滾動式資料檢討調整，建議彙整過去資料及思考未來監測規劃。</p>	<p>謝謝寶貴建議，若可取得相關資料，會於未來進行檢討與修正。</p>

	社區減災的最終目的應在於民眾自主防災，相關監測過程及監測成果，建議讓社區居民參與及了解監測數據，並思考技術轉移。	謝謝寶貴建議，會嘗試於未來進行讓社區居民參與及了解監測數據，並思考技術轉移。
	地錨設置有維護成本及技術問題，建議思考全生命週期之概念設定使用年限（兼顧建物使用），並對未來坡地開發設定審查標準（如避免地錨設計或增列監測管制）。	謝謝寶貴意見，建議另案辦理以供思考全生命週期之概念設定使用年限。
	NB-IoT應係目前傳輸較可行之方式，能否使用社區之電源及網路，建議分析可行性，提高參與度。	謝謝寶貴建議，會於未來進行使用社區之電源及網路可行性分析。
	SAA造價偏高，但建議長期或大量資料，可能可以把邊坡變位之行動值及管理值，轉化為孔隙水壓、水位或雨量資料，建議未來式技術及價格情形適時評估使用。	謝謝寶貴意見，會建議於未來進行評估。
	保險制度應為可行方向，除了量化風險的面向外，建議思考主動監測維護行為作為納保條件之可行性。	謝謝寶貴建議，會提送給保險業者參考。
	水保法公告前後之坡地社區，就水保義務之課責，建議可調整分別考量，如台北優良社區比賽分組評選之概念。	謝謝寶貴建議，會建議相關補助案配合進行。
陳昭維	本案監測儀器之感測器形式有MEMS、振弦式。建議振弦式感測器形式可改用其他形式以減少介面。	謝謝寶貴建議，會於未來進行檢討與修正。

	箱體設計之抗潮防水功能為重要關鍵，後續計畫可再加強精進。	謝謝寶貴建議，會於未來進行檢討與修正。
	請說明電力系統之計算及採用規格。	謝謝寶貴建議，會於成果報告補充。
	P61綜合評述4所述「地錨錨定功能尚屬正常」，但本次揚起試驗最大試驗未達設計拉力60噸，故該結論用字請再斟酌。	謝謝寶貴建議，會於成果報告進行檢討與修正相關不適合字眼。
	目前社區於監測推廣的難關是甚麼？低成本？有效？成本的關鍵是哪一項目？目前系統費用是多少？	謝謝寶貴建議，會於成果報告進行檢討與修正。
	建議計畫目標與成果需呼應。	謝謝寶貴建議，會於未來進行檢討與修正。
張志彰	低功率傳輸方式的持續研究，如有成效，就社區居民、監測廠商都會有很大助益。	謝謝委員肯定與寶貴建議，會持續低功率傳輸方式的研究。
	常見邊坡監測系統、工程設施、建置維護成本資料庫的建議，對社區居民評估進行及改善邊坡安全有較大助益。	謝謝寶貴建議，會於未來進行檢討與修正。
游振棋	建議本案建置監測成果所需費用請再做補充說明。	謝謝寶貴建議，會於成果報告提列。
	P37中，針對雙軸向傾斜儀「若每五分鐘變化幅度大於1度時，則改為每一分鐘一次讀取一次」，一度之變化量似嫌過大，建議再考量。	謝謝寶貴建議，會於未來進行檢討與修正雙軸向傾斜儀之變化量管理值。
	P39，雨量計預計每小時記錄一筆資料，建議配合每十分鐘一次讀取資料。	謝謝寶貴建議，會於未來進行檢討與修正雨量計預計頻率。
	北部山區於冬天或梅雨季有長時間日照不足之現象，建議使用太陽能板規劃電源時納入考	謝謝寶貴建議，會於未來進行檢討與修正電池電壓建議納入量測項目。

	量，電池電壓建議納入量測項目。	
	P70顯示使用NB-IoT漏失率接近20%，建議考慮加大天線功率，資料擷取系統加入RTC功能。	謝謝寶貴建議，會於未來進行檢討與修正資料擷取系統加入RTC功能之功能。
	P83表7.1-1與表7.1-2，雨量計之裝設費用八萬到十萬似嫌過高，建議再評估。本次計畫地錨相關成果豐碩值得肯定，建議之成果中可建議社區新建若有使用地錨設施時，必須設置地錨荷重計，避免日後監測地錨荷重時，因進行揚起試驗造成之衍生問題。	謝謝寶貴建議，會於未來針對雨量計與地錨荷重計進行檢討與修正。
楊國鑫	直覺式警界資訊再精緻化。	謝謝寶貴建議，會於未來進行檢討與修正。
	整體系統穩定性之強化之具體作為。	謝謝寶貴建議，會於未來進行檢討與修正。



附錄五 前期(107年度)計畫摘要

107301070000G0020

FORMAT2018

山坡地社區智慧防災系統精進—  
人工邊坡智能感測器研發與雲端系  
統擴充應用

期末報告

內政部建築研究所委託研究報告

中華民國107年10月

(本報告內容及建議，純屬研究小組意見，不代表本機關意見)

## 摘要

關鍵字：極端降雨事件、人工邊坡、自動化連續監測、功耗遠距離雙向無線傳輸技術

近年極端降雨事件頻傳，邊坡監測及防災預警實為山坡地社區安居之重要議題，山坡地社區開發需施作擋土設施，周緣邊坡也存在崩塌威脅，然以往山坡地社區監測多以人工定時記錄，常遭遇山坡地社區局部降雨及邊坡位移資訊無法即時協勤防災管理。

鑑此，基於前期計畫「山坡地社區智慧防災系統可行性研究－邊坡智能感測暨雲端運算」成果，已研發自然邊坡之土壤邊坡智能感測器，本年度將致力研發人工邊坡智能感測器，係整合微機電感測器、無線傳輸技術與雲端分析技術，建構適合山坡地社區邊坡智慧防災監測儀器，提升邊坡災害預防及應變作為，將山坡地社區防災層面提升至人工邊坡局部危害徵兆觀測精度與建立智慧防災網絡。

本計畫主要研發人工邊坡智能感測器研發與雲端系統擴充應用，選定臺北市文山區明興里兩處人工邊坡進行實作，目前已完成裂縫計、水分計、雙軸傾斜儀與三軸加速度計四種感測計之整合，並以低功耗遠距離之雙向傳輸技術，將現場監測數據透過發送器以無線方式傳輸至設置於與網際網路連接之基地台，並完成測試。

## 8. 結論與建議

### 8.1. 結論

1. 過去常見市售感測器，可以成功整合至一個箱體內，除可節省現場建置成本外，也可降低維護與巡檢成本。
2. 本案選定之兩處邊坡，過去也經在颱風豪雨事件過後發生過表土崩滑、坡面塌陷與地層掏空，故探討地下水位與邊坡穩定之關係，進行數值驗證。結果顯示由於岩層材料特性，平時安全係數遠大於水土保持規範建議值，然而隨著地下水位上升安全係數急速下降，當地下水位升高至地表時安全係數將小於1。雖然現地已經有工程治理，然而現行之監測為人工定期巡檢，未來颱風豪雨事件發生時之監測數據取得相當有限。
3. 本案採用之感測器為市售成熟之產品，皆可符合監測需求順利作動，然而由於試驗期間未發生重大颱風豪雨事件，精度與耐候性仍需後續監測成果方能評估。
4. 本案採用之通訊技術已廣為應用於都會區之精密廠房中，由於首次應用於野外，從建置至今已經遭遇各種不同之問題，包括天線形式、韌體調整與受潮等。目前已確認兩站皆可順利通訊，但通訊用之基板受不明原因損壞，推測為受到濕氣影響，團隊已著手進行因應處理。

### 8.2. 建議

1. 整合型感測器在耐候性方面，需同時兼具通風降溫與防水功能，相當不易。本次研發出之整合型感測器以符合剛性與通風需求，然而防水功能需於未來持續研發。
2. 相對於工程界使用之感測器呈現之數值，民眾較無法理解管理值之意義。因區域性地區與里內實際的降雨量會有所差異，後續建議加入雨量計，可比較與氣象局的數據資料之差異，也可讓坡地社區居民有感。
3. 坡地社區經常採用背拉式地錨擋土牆作為爭取用地之方式，然而地錨擋土牆之監測較少應用於坡地社區。建議未來可將地錨荷重、錨頭與擋土牆變位等監測整合至本研究案研發之整合型人工邊坡智能感測器中。
4. 為取得在地化之安全監測管理值，可進行邊坡穩定分析參數率定之事件取得相當不易，建議一處監測之期間至少需跨越兩次事件或三年，已取得較客觀之資料。
5. 在緊急災難風險方面，最重要的是避災；人工邊坡之維護與確認安全的責任，可思考保險與管理基金的概念局如何有效的結合起來。另一方面藉由商轉模

式，如 B2G、B2B、B2C 等凡是利用網路進行的商務活動都稱為「電子商務」。B2G、B2B、B2C 等方式說明如下：(1)B2G 模式：企業對政府，採用類似方式來縮短政府與廠商進行採購的流程，簡化採購程序，提高互動品質。代表類型：Dell 在電子商城中就特別針對各州地方政府提供線上產品採購的專屬網頁(2)B2B 模式：即 Business-to-Business (企業對企業)，是指企業對企業之間的營銷關係，它將企業內部網，通過 B2B 網站與客戶緊密結合起來，通過網路的快速反應，為客戶提供更好的服務，從而促進企業的業務發展(Business Development)。近年來 B2B 發展勢頭迅猛，趨於成熟。代表性網站：阿里巴巴、中國製造網。(3)B2C 模式：即 Business-to-Customer (企業對個人)，也就是通常說的商業零售，直接面向消費者銷售產品和服務。這種形式的電子商務一般以網絡零售業為主，主要藉助於網際網路開展在線銷售活動。B2C 即企業通過網際網路為消費者提供一個新型的購物環境——網上商店，消費者通過網路在網上購物、在網上支付。代表性網站：天貓、京東、凡客。

6. 緒上，未來不同商轉方式之規劃，建議未來另案辦理，方可使研發成品落實至各坡地社區。

## 附錄六 感測器與通訊器材相關文件



GEOSTAR 8800 MEMS 傾斜變位計  
Model 8800 MEMS Precision Tiltmeter



### 產品介紹

8800 MEMS 雙軸傾斜變位計 / 微機電式傾斜計主要應用於：

- 鄰近開挖工地之建物傾斜監測
- 水庫、水壩、堤防之傾斜變位長期觀測
- 連續壁施工監測
- 超抽地下水或潛盾施工引致之地表沉陷監測
- 土石流及順向坡滑動監測
- 橋樑或高架道路之墩柱及橋面傾斜監測

8800 微機電式 MEMS 傾斜變位計(Micro-Electro-Mechanical-Systems)的設計目的在於永久裝設在結構物上以求觀測該結構物之長期傾斜變位量。本產品擁有極高的解析度及靈敏度並且可以選擇輸出類比或數位訊號。

本產品內部之精密電子零件安裝在防塵抗潮設計的微型觀測箱內。該箱體配合特製固定角架可以牢固架設在待測結構物上。根據現地條件可以採用垂直式安裝或水平式安裝。安裝工作完成後可使用人工量測或自動化觀測。

### 主要特性

- 與自動化集錄系統完全相容
- 結構堅固耐撞擊
- 反應快速靈敏並具有良好的長期穩定性
- 外觀具防潮及防塵功能(IP68)
- 內建突波及反極性保護裝置
- 數位或類比輸出(可選)



生星科技有限公司 | 11074 台北市信義區北衡南路473巷11弄25號1F  
Tel: 02-28451269 | Fax: 02-28451270 | www.geostar.com.tw

OW-34-BP 転倒ます型雨量計

雨量計



本器は、受水口が200ミリの胴体を従来の円筒型から砂時計型のカバーに変更し、内器を収納した転倒ます型の雨量計です。

受感部は降水量0.5ミリ（標準）の水の重さで倒れる三角型のますで、この転倒ますに取り付けられた磁石が転倒する毎にリードスイッチを瞬間的に閉じることにより、降雨量をパルス状の接点信号に変換して雨量の観測を行います。



特長

- 胴体の中央部分のくびれにより、強風時でも風の影響を受けにくい構造です。
- 内部部品のプラスチック化により軽量化したため設置が容易です。
- 内部部品のプラスチック化とリードスイッチのシリコンモールド化により、高温多湿な環境や、火山地帯、海岸沿い、各種プラントなどの金属部品に影響を与えやすい環境に設置でき、腐食等による問題が起きにくい設計です。
- 設置基礎の取付ピッチは 175mm～206mmに対応しています。

【気象庁型式証明第09512号】

スペック

型式	転倒ます型雨量計の感部No.OW-34-BP
受水口径	口径:200mm±0.6
感度	一転倒=0.5mm 標準タイプ 0.1mm 微量計タイプ
出力信号	リードスイッチによるメーク接点出力
接点容量	25W (DC30V, 1A MAX)
接点作動時間	0.1～0.2秒転倒ます左右の作動時間差：0.05秒以内
測定範囲	0.5mm用最大降雨強度：150mm/h以下 0.1mm用最大降雨強度：50mm/h以下
測定精度	20mm 以下：±0.5mm, 20mm超過：±3%以内
使用温度範囲	0～50°C (凍結しないこと)
寸法	h450 × φ216 mm
質量	約2.2kg
胴体仕様	PC樹脂マンセル値2.5Y6/1近似
付属ケーブル	①単体用標準（自記電接計数器等）：0.5mm <sup>2</sup> ×2C VCTF 10m ②データロガ等：0.75mm <sup>2</sup> ×2C MVVS 20m

価格

- 社内検査（税抜き） ¥75,000 (0.1mm 微量計タイプは社内検査のみ)
- 気象庁検定（税抜き） ¥80,000



## GEOSTAR 9900 系列振弦式地錨荷重計 Model 9900 Vibrating Wire Hollow Type Loadcell



### 產品介紹

9900 地錨荷重計用於監測擋土牆或邊坡上地錨或岩錨之預力變化，也可應用於地下開挖、靜力試樁、托底之支撐等。

本產品包含 3~6 個振弦式感應器，等距離圍繞軸心安裝在一個合金鋼圓柱體內，並在上下配備荷重承壓板，其內部的振弦式感應器透過多芯電纜線連接到讀數儀或自動化集錄器上可以精確快速反應荷重計本體當下所承受的預力。

### 主要特性

- 高精度及高靈敏度
- 測量精度不受電纜線長度影響
- 量程 50~300Tf 可選
- 與無線傳輸自動化集錄系統完全相容
- 結構堅固
- 局部破損也不影響測量精度，液壓荷重計則會有液體滲漏

### 產品應用

- 邊坡地錨安全觀測
- 橋樑承重與水壩監測
- 基樁載重試驗
- 建築工地 H 鋼樑軸力監測
- 房屋遷移千斤頂承重控制
- 壓力試驗機液壓載重控制
- 貨物、穀物進倉重量控制
- 油槽、漆槽自動化容量監控



隼星科技有限公司 | 11074 台北市信義區光復南路 473 巷 11 弄 29 號 1F  
Tel : 02-23451269 | Fax : 02-23451270 | www.geostar.com.tw



GEOSTAR 9900 系列振弦式地錨荷重計  
Model 9900 Vibrating Wire Hollow Type Loadcell

產品性能規格

9900 系列振弦式地錨荷重計					單位
型號	9900-50	9900-100	9900-200	9900-300	
測量範圍	0-50	0-100	0-200	0-300	Tf
外徑(OD)	140			180	mm
內徑(ID)	90			110	
高度(H)	100			80	
重量	7.5			9.5	kg
過載荷重	150				%FS
靈敏度	<0.025				
非線性	<0.5				
操作溫度	-20~80				°C
熱敏電阻	3K				Ω
電纜線長度	標配 2m (長度可客制化)				
電纜線材質	8 芯 / 22 AWG / PE 絕緣 / PVC 外被				
本體材質	合金鋼				
對應測讀儀型號	VW405 / VW406 / MD505 / 9020				



隼星科技有限公司 | 11074 台北市信義區光復南路 473 巷 11 弄 29 號 1F  
Tel : 02-23451269 | Fax : 02-23451270 | www.geostar.com.tw

# NB-IoT Gateway RS485 & AUX In / Out

WW-5C20

WW-5C20 is a wireless industrial gateway for the Narrow-Band Internet of thing. The operating LTE Bands supports Band 1 / Band 3 / Band 5 / Band 8 / Band 20 / Band 28.

Convert an analog signal into data packets through the analog / digital input pins and support TCP, UDP, MQTT and Line Notify protocol.

Transforming the wired into wireless and the signal into data Packets.

It is not difficult that collecting data from sensors and upload to the cloud. Connect one or multiple sensors via RS-485 Modbus. Real-time monitor and transmit the system and control center. Use the NB-IoT gateway can easily collect the environment database such as for the temperature, humidity, brightness, vibration and the quality of PM2.5

- NB-IoT Wireless data link provide stable data stream.
- Wide voltage operation for Industrial applications.
- Multi-Interface support RS-485 / Analog or Digital Input / Digital Output.
- AUX Power output for general purpose such as plug-in sensor, or other sub system.
- Resist the water, dust, temperature and shock and meet with the IP68 standard.
- Analog Input Support 0~10V / 0~20 mA / 4~20 mA / ADC (0~10 V).
- Digital Output support PWM / Latch Mode.



Product Type	Outdoor
Air Stream Protocol	NB-IoT (LTE Cat NB1 3GPP Release 13)
NB-IoT Protocol	TCP / UDP / MQTT / Line Notify / AWS / Google Apps Script
Operating LTE Bands	Band 1 / Band 3 / Band 5 / Band 8 / Band 20 / Band 28
Sensitivity	Maximum -116dBm
Transmit RF Power	Maximum 23 dBm (Class 3)
Cellular Data Rate	NB1 (26.15 kbit / s DL, 62.5 kbit / s UL)
Interface	RS-485 x 1 / Analog or Digital Input x 1 / Digital Output x 1
RS-485 Protocol	Modbus RTU
Serial Interface Baud Rate	1200bps / 2400bps / 4800bps / 9600bps / 19200bps / 38400bps / 57600bps / 115200bps / 230400bps
Analog Input	Analog Input Support 0~10 V / 0~20 mA / 4~20 mA / ADC (0~10 V)
Digital Input	Digital Input Support High / Low Signal Judge
Digital Output	Digital Output Support PWM / Latch Mode
Operating Temperature	-40°C ~ 85°C
Main Unit Dimensions	10 x 10 x 4.8 cm (Not include antenna and external connect)
Weight	195 g
Waterproof	IP 68
Input Power Supply	12V ~ 36V DC / 1A
Output Power Supply	5V DC / 200mA (Max.)
Power Consumption	12V 15mA @receive / 12V 200mA @transmit / 12V ≤ 1mA @standby
Special Specification	Flame Retardant



**Wintec**  
Wireless electronics



坡地社區減災營造與智慧防災系統整合研發:預力地  
錨破壞監測及整體系統穩定性之強化

出版機關：內政部建築研究所

電 話：(02) 89127890

地 址：新北市新店區北新路3段200號13樓

網 址：<http://www.abri.gov.tw>

編 者：郭治平、鄧福宸、沈哲緯、林宛瑩、吳晉  
維

出版年月：108年12月

版 次：第1版

ISBN：978-986-5448-19-6