

# 大規模潛在山崩機制調查與活動性觀測(4/4)

## Observation of Mechanisms of Large-Scale Potential Landslide Areas and Slope Stability Monitoring (4/4)

主管單位：經濟部中央地質調查所

廖瑞堂<sup>1</sup>      陳昭維<sup>1</sup>      紀宗吉<sup>2</sup>      林錫宏<sup>2</sup>  
Liao Jui-Tang,<sup>1</sup>    Chen Chao-Wei    Chi Chung-Chi<sup>2</sup>    Lin, Hsi-Hung<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 青山工程顧問股份有限公司

<sup>2</sup> 經濟部中央地質調查所

### 摘要

大規模潛在山崩機制調查與活動性觀測為四年計畫，自 101 年起陸續針對 20 處具有大規模潛在山崩問題之聚落地區，進行地質調查與活動性觀測。103 年度為第四年工作，主要研究目的係針對 2 處具有大規模潛在山崩問題之聚落地區進行地表地質調查、地質鑽探調查等地質調查工作，各調查區並進行觀測儀器安裝工作(包括測傾管、雨量計、地下水位計及孔內伸縮計等)，並持續進行既有調查區之山崩活動性觀測。綜合上述成果，研判各調查區之邊坡穩定性，山崩機制及可能影響範圍。此外，本計畫建立整合型之網頁式自動化防災觀測系統，配合研擬之預警機制，以提供各潛在山崩區之即時觀測成果，作為類似大型山崩防災應變措施實行之重要參考，進而達到地質災害防減災之目標。

**關鍵詞：**大規模潛在山崩、自動化觀測系統

## **Abstract**

“Observation of Mechanisms of Large-Scale Potential Landslide Areas and Slope Stability Monitoring” is a four-year project, which intends to perform a detailed investigation 20 regions have the potential problems of large-scale landslides. This year (103 year) is the fourth year, two sites are selected are selected to execute the surface geological survey and geological drilling survey, etc. According to the preliminary survey results, the two selected sites are also placed and installed a number of instruments (e.g. inclinometer, rain gauge, groundwater observing well and in-hole extensometer, etc.) to study the potential activity of landslide. On the other hand, previous survey regions are being kept under continuous observation to understand and trace the potential activity of landslide. Based on the work results, the slope stability, possible landslide mechanisms and its affecting range of each site is assessed and discussed. In addition, an integrated-model of web-based automated disaster observation system has been built in the first of this program. And the collected data of automatically instruments thus can be immediately transmit and display in the form of graph. It is also combined with early-warning mechanism (e.g. management value), which is an important reference and can be applied to the disaster preparedness and response measures for potential large-scale landslide disaster, and then to approach to the target of reduction of geological disasters.

**Keywords : Potential Large Scale Landslide, Automated Monitoring System**

## 一、前言

台灣因特殊之地形及地質條件，加上多雨、多地震的環境因素，致使山崩、地滑及土石流等坡地災害，常重複發生，其中又以大規模山崩危害度最大。一旦災害發在人口聚集之聚落或社區，將造成生命財產嚴重損失，如民國98年莫拉克風災期間，小林村因大規模山崩的災變，幾近滅村之災害規模，造成400餘人死亡，生命財產損失難以估計。

然大規模潛在山崩地區，多有其地形或地質之特殊性(如老崩塌地、順向坡等)，且於山崩破壞前，亦多有徵兆可循。因此，為減少類似小林村災變發生的機會，本研究計畫自民國100年開始，以四年時間，預計針對20處具有大規模潛在山崩問題之聚落地區，進行詳細之地質調查及觀測，綜合分析其可能潛在山崩機制；並建立整合型之自動化防災觀測系統，配合研擬之預警機制，以提供各潛在山崩區之即時觀測成果，作為類似大型山崩防災應變措施實行之重要參考，進而達到地質災害防減災之目標。整體計畫目標如下所示：

### 1. 大規模潛在山崩地區之地質調查及山崩機制分析

分年完成20處大規模潛在山崩地區之地質調查，並配合觀測成果，評估及分析大規模潛在山崩地區的山崩機制、影響範圍及邊坡穩定概況。

### 2. 建立大規模潛在山崩地區活動性觀測系統及預警機制

整合本計畫建立之山崩活動性觀測系統，建置觀測成果即時網頁展示與防災應變管理系統，並研擬山崩預警機制，進而落實危險坡地聚落的地質災害防減災目標，以防範大規模山崩無預警的發生。

### 3. 新期的山崩觀測技術引進及研究

蒐集新期山崩觀測技術，評估在台灣地區大規模潛在山崩地區之適用性，加以引進、測試或改良，以期有效運用於大規模潛在山崩之觀測。

### 4. 防災應用及國內外技術交流

本計畫之工作成果可供國土規劃單位對於山坡地開發審議之參考，藉由參加研討會或參訪觀摩，達成技術交流及提升之目標。

## 二、計畫範圍

本計畫於第一至第三年度(民國100~102年)已進行南投縣廬山聚落等18處聚落或地區之潛在山崩調查及觀測系統建置。第四年度(民國103年，以下簡稱本年度)，除執行樣子寮地區及潮洲湖地區等2處潛在山崩地區之調查及觀測，並持續進行前年度調查區之山崩活動性觀測工作。此外並將「易淹水地區上游集水區地質調查與資料庫建置-集水區水文地質對坡地穩定性影響之調查評估計畫」(以下簡稱易淹水計畫)等13處邊坡觀測工作，整合至本年度計畫執行。

本年度計畫亦針對前年度計畫之新北市烏來區西羅岸調查區，進行補充調查及新增觀測儀器。本年度計畫共執行33處調查區，位置及工作內容如圖1所示。

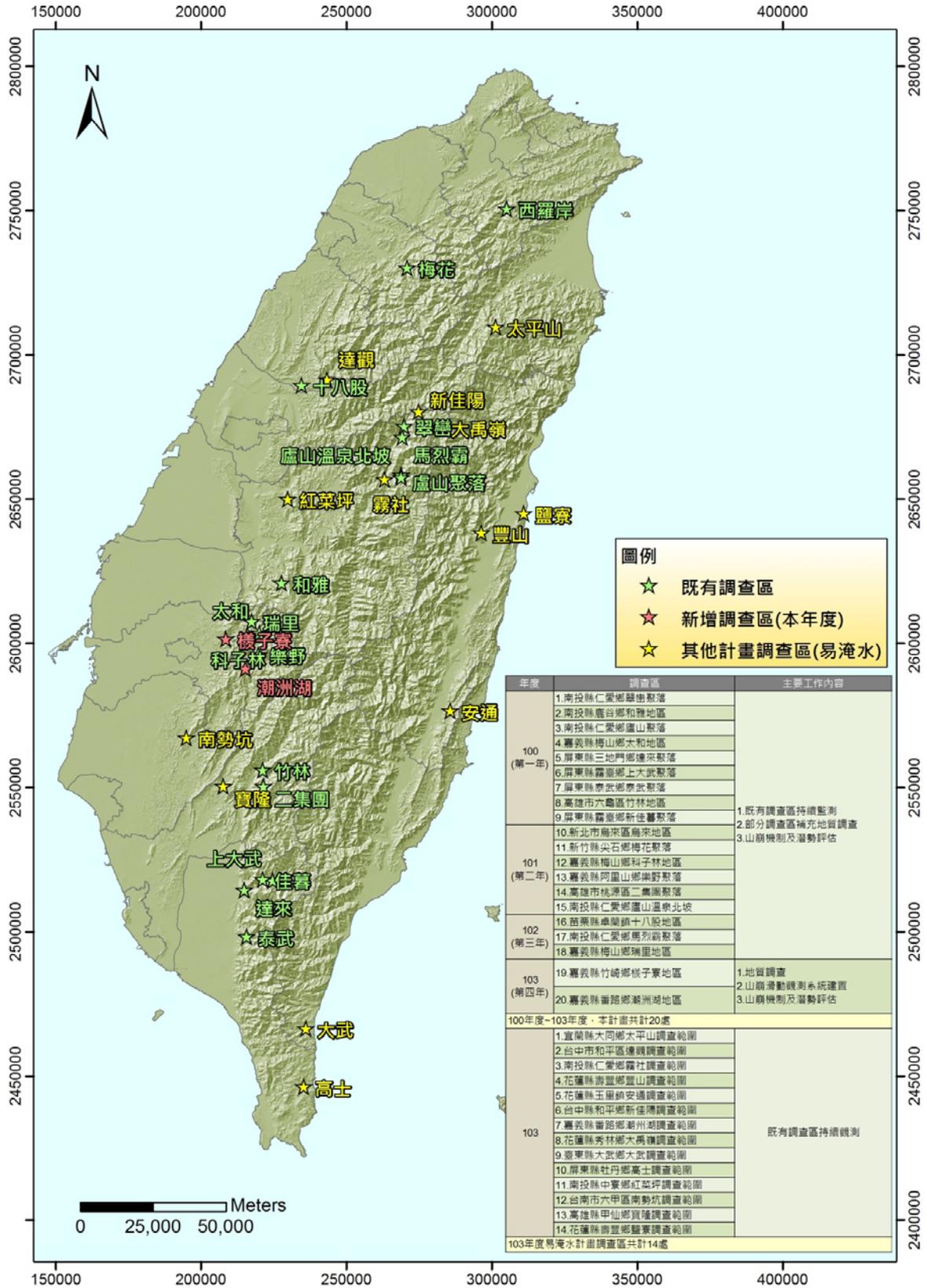


圖1、本年度計畫調查區

### 三、計畫內容

本計畫於第一至第三年度(民國100~102年)已進行南投縣廬山聚落等18處聚落或地區之潛在山崩調查及觀測系統建置。本年度(103年度)則依整體計畫之執行目標，新增2處具有大規模山崩潛勢地區之調查及觀測工作，並針對前三年調查區尚有需釐清部分，進行補充調查及增設觀測儀器，以持續觀測追蹤。此外亦持續研究新式地層滑動性觀測技術，並評估運用於台灣地區之可行性。本年度(103年度)主要工作項目包括：

#### 1. 2處具大規模潛在山崩聚落地區之調查及觀測：

本年度進行嘉義縣竹崎鄉樣子寮地區及嘉義縣番路鄉潮洲湖地區等2處調查區(位置如圖1所示)之地質調查，並初步建置山崩活動性觀測系統，工作項目包括：

- (1) 地質鑽探調查：每一調查地區規劃2~4孔不等，總計6孔，總鑽探總長度共440m，孔深40~100m不等。
- (2) 現地觀測儀器安裝：安裝測傾管、雨量計、地下水位計、孔內伸縮計等。除測傾管係以人工手動方式監測外，其他儀器均採自動監測方式。各調查區之儀器安裝數量如所示。
- (3) 山崩範圍及機制研判：依據調查及監測成果，配合航空照片之判釋成果進行研判，並評估邊坡穩定性。
- (4) 山崩預警機制研擬：由調查及監測成果，依據個別山崩破壞型態之特性，研擬合理之山崩預警機制。

#### 2. 前期計畫調查區之補充調查：

根據第三年度之調查成果及地層位移觀測顯示，新北市西羅岸地區之部分區域邊坡已有不穩定現象，故於本年度設置自動化地層變位觀測儀器，期能即時掌握地層變位情形。惟前年度計畫之儀器鑽孔主要佈設於滑動塊體中段，故本年度於坡趾處進行補充地質鑽探調查及安裝觀測儀器。新北市烏來區西羅岸地區之補充地質調查數量如所示。

#### 3. 前期調查區持續監測

本年度除持續進行第一至第三年度之18處調查區及本年度新增2處調查區之觀測工作外，亦將「易淹水地區上游集水區地質調查與資料庫建置-集水區水文地質對坡地穩定性影響之調查評估計畫」共計15處調查區一併納入本年度執行觀測工作中執行。

#### 4. 觀測成果管理系統更新及維護：

本計畫於第一年度已建置完成「大規模潛在山崩地區之自動化觀測成果整合系統」，提供操作簡便且可有效管理各項觀測成果之系統，以利颱風豪雨期間之防災應變作業使用。於第二及第三年度陸續新增9處地區之自動化觀測系統，其觀測成果納入「大規模潛在山崩地區之自動化觀測成果整合系統」一併呈現。故本年度工作亦將新增2處地區之自動化觀測系統納入既有系統，並持續進行該整合系統之維護工作。

此外，本年度將「易淹水地區上游集水區地質調查與資料庫建置-集水區水文地質對坡地穩定性影響之調查評估計畫」之5處具自動化觀測系統之調查區，併入本計畫之「大規模潛在山崩地區之自動化觀測成果整合系統」一併呈現。

#### 5. 提供防災應變之協助：

配合地調所成立防災應變中心之時期，由專業人力提供各式觀測儀器成果研判及觀測整合系統問題排除等防災應變之協助。

#### 6. 山崩觀測資料整理及研析：

本計畫將第一年至第四年度共20處調查區之觀測成果彙整，以利後續進行研析工作，並綜合評估。

#### 7. 新式地層變位觀測技術研究及可行性評估：

本計畫於第一年度至第三年度執行期間，皆持續廣泛蒐集國外新式山崩觀測技術，其中於第二年度期間，針對「無線式地表位移計」及「多段式孔內伸縮計」兩項較符合使用需求之監測儀器技術進行實驗室測試工作，並於第三年度將上述儀器於現場測試安裝。故本年度將針對其等新式儀器之觀測數據加以研析判釋，以達其完善之可行性評估。

#### 8. 大規模山崩研判及觀測技術交流研討：

為提升國內有關大規模山崩機制調查、研判及觀測等技術水準，本計畫於本年度舉辦一場技術研討會，邀集此領域專精之學者專家共同研討，達成技術交流目的。

### 四、計畫執行流程：

本計畫執行流程如圖2所示，根據本計畫之計畫目標，主要工作項目可分為以下四大項：

1. 山崩潛勢區地質調查：地質鑽探、超音波孔內攝影、地電阻探測、地下水檢層；
2. 山崩觀測系統建置及安全觀測執行；
3. 大規模潛在山崩區域之範圍及機制研判；
4. 新式山崩觀測技術研究及測試。

### 五、計畫成果：

本年度主要工作成果詳表1，成果說明如下：

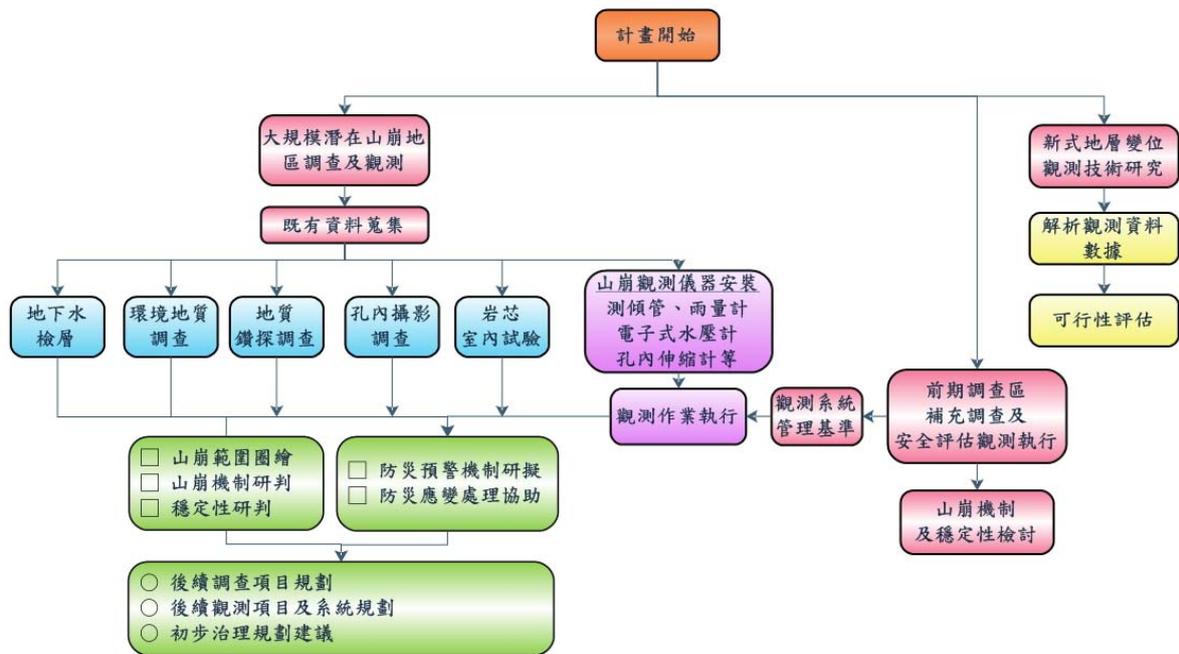


圖 2、本計畫工作執行流程圖

表 1、本年度計畫完成工作項目及數量表

項次	工作項目	103 年度預定工作內容	完成數量
一	新增調查區 地表地質調查	1.樣子寮地區 2.潮洲湖地區	2 處
二	地質鑽探 調查	新增調查區地質鑽探 前期調查區補充地質鑽探	6 孔，共計 440m 3 孔，共計 220m
三	超音波 孔內攝影	1.潮洲湖地區 2.樣子寮地區	3 孔
四	地電阻探測	廬山溫泉北坡地區測線長度 500m	500m
五	地下水檢層	1.潮洲湖地區 2.西羅岸地區 3.樣子寮地區	3 孔
六	剪裂帶 強度試驗	剪裂帶反覆直接剪力試驗	10 組
七	觀測系統 安裝	測傾管 多點式中變位計(SAA) 孔內伸縮計 電子式水壓計 自記式水壓計	4 孔，共計 300m 1 處，共計 12m 2 孔 5 支 5 支
八	自動觀測站 建置	資料擷取系統 太陽能電源供應系統 無線資料傳輸系統 觀測成果展示網頁更新	1 處 1 處 1 處 34 處
九	山崩活動性 觀測	測傾管手動觀測 觀測點 GPS 量測	74 處/次 25 處/次
十	邊坡穩定 分析	1.潮洲湖地區 2.西羅岸地區	2 處

## 1. 大規模潛在山崩聚落地區之調查及觀測(2處)

本年度新增2處調查區之調查成果如表2及圖3、圖4所示。

表2、本年度計畫執行2處大規模潛在山崩調查成果表

項目	調查區名稱	內容	
		樣子寮地區	潮洲湖地區
地理位置		嘉義縣竹崎鄉	嘉義縣番路鄉
重要保全對象(初估)		約25戶	約20戶
調查區 潛在滑動範圍		10公頃	15公頃
出露地層(岩性)		沉積岩，卓蘭層 (細粒至粉砂質層狀砂岩為主)	沉積岩，長枝坑層 (堅硬暗灰色頁岩與 灰色砂岩互層為主)
具順向坡地形		○	○
具古崩坍地形特徵		○	○
主要調查區 曾有災害歷史		○	○
調查區附近 曾有災害歷史		○	○
調查區範圍內 可見滑動表徵		○	○
已安裝地層變位 觀測自動化儀器		X	○
現有觀測成果 顯示滑動現象		○	○
研判可能滑動深度 (測傾管編號)		5m(SH-B1)	60m(KH-03)
主要聚落位於現地 確認之潛在滑動塊體		○	○
可能滑動型態		崩積層與岩層間之滑動	1.崩積層與岩層間之滑動 2.擾動岩層間之滑動

備註： ○：確定

△：疑似或尚不明確

X：無此現象

—：尚無資料



## 2. 前期計畫調查區之補充調查

根據民國 101 至 102 年之調查及觀測成果顯示，新北市烏來區西羅岸地區之邊坡具位移趨勢，且由於調查區內具重要保全對象，故本年度於該調查區進行補充調查及新增觀測儀器，以進一步調查區之地層分佈及更有效掌握該調查區邊坡位移情形。本年度補充調查之工作內容如表 3 所示。

表 3、前期調查區之補充調查及新增儀器表

調查區	編號	孔深 (m)	安裝儀器	數量	備註
西羅岸	WL-B4	60	測傾管兼水位井 (自記式水壓計)	1 支	-
	WL-E1	80	孔內伸縮計	-	施作地下水檢層
	WL-W1	80	分層水位觀測井 (電子式水壓計)	3 支	-
	WL-G1	-	GPS 觀測站	1 處	-
	WL-G2			1 處	
	WL-B2	100	多點式地中變位儀(SAA)	12m	既有鑽孔新設儀器
總鑽孔深度 220m；新增 2 處 GPS 觀測站；1 處多點式地中變位儀(SAA)					

## 3. 前期調查區持續監測

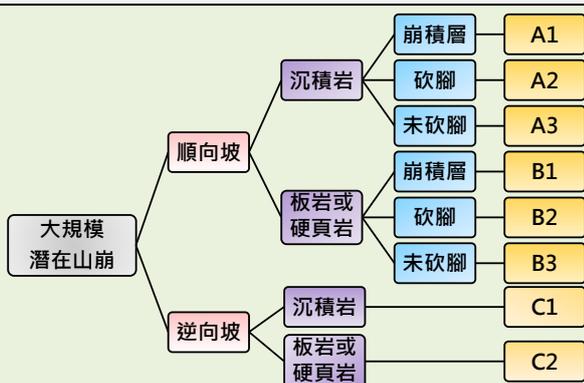
本年度計畫共執行 33 處調查區之山崩活動性觀測工作，依照手動觀測之測傾管地層變位觀測成果，將各調查區分為(1)目前具滑動趨勢；(2)疑似或滑動趨勢尚不明確及；(3)尚未有滑動趨勢等三類，統計如 4。目前 33 處調查區中，具位移情形者計有 25 處，佔整體 76%，其中有 7 處岩性屬於板岩之調查區，其滑動深動大於目前孔深。

針對目前觀測成果，提出後續建議如下：

- 現階段觀測成果具有滑動現象者，後續建議可採每年4~6次以上之高頻率觀測，包含太和、廬山聚落等25處調查區。
- 針對目前滑動深度大於孔深者，後續建議可進行補充鑽探並補充安裝大深度之測傾管，以釐清滑動深度，包含廬山聚落、二集團、下大武、新佳暮、豐山、翠巒、馬烈霸等7處調查區。
- 現階段觀測成果未有滑動現象或尚不明確者，後續建議暫可先採每年2次較低頻率觀測，包含寶隆、樂野等8處調查區。

表 4、本計畫調查區可能山崩機制及活動性統計表

可能山崩 機制代號 <sup>註1</sup>	調查區	處	現有觀測成果具滑動現象		
			確定 滑動	疑似或 尚不明確	尚未 滑動
A1	<b>太和</b> <sup>註2</sup> 、 <b>寶隆</b> 、 <b>樣子寮</b> 、 <b>潮洲湖</b>	4	3	0	1
A2	<b>科子林</b> 、 <b>瑞里</b>	2	0	0	2
A3	<b>太和</b> 、 <b>和雅</b> 、 <b>梅花</b> 、 <b>樂野</b> 、 <b>十八股</b> 、 <b>樣子寮</b> 、 <b>潮洲湖</b> 、 <b>達觀</b> 、 <b>高士</b>	9	5	1	3
B1	西羅岸、竹林	2	2	0	0
B2	達來、大禹嶺	2	2	0	0
B3	<b>廬山聚落</b> <sup>註3</sup> 、 <b>廬山溫泉北坡</b> 、 <b>二集團</b> 、 <b>下大武</b> 、 <b>泰武</b> 、 <b>新佳暮</b> 、 <b>新佳陽</b> 、 <b>霧社</b> 、 <b>太平山</b> 、 <b>大武</b>	10	10	0	0
C1	安通、紅菜坪、南勢坑、 <b>鹽寮</b>	4	3	0	1
C2	<b>翠巒</b> 、 <b>豐山</b> 、 <b>馬烈霸</b>	3	3	0	0
總計		36	25 <sup>註4</sup>	1	7



- 註：
1. 調查區可能山崩機制如左圖
  2. 以**粗體**表示之調查區，表示有多個可能山崩機制，如**太和**、**樣子寮**、**潮洲湖**
  3. 調查區以雙底線標註者，表滑動深度大於孔深，包含廬山聚落、二集團、下大武、新佳暮、豐山、翠巒、馬烈霸等7處調查區
  4. 現有觀測成果具滑動現象之調查區統計，減去重複之**太和**、**樣子寮**、**潮洲湖**

#### 4. 觀測成果管理系統更新及維護：

本年度計畫新增「大規模潛在山崩地區之自動化觀測成果整合系統」之子網頁共計15處，其中並整合「易淹水計畫」既有自動化觀測網頁至本計畫觀測系統，包含太平山、霧社、達觀、安通、豐山調查區等共計5處，目前共計有33處調查區之觀測網頁可供參考，如圖5所示。觀測系統並與國網中心(NCHC)「災害管理資訊研發應用平台」界接，可提供防災應用。

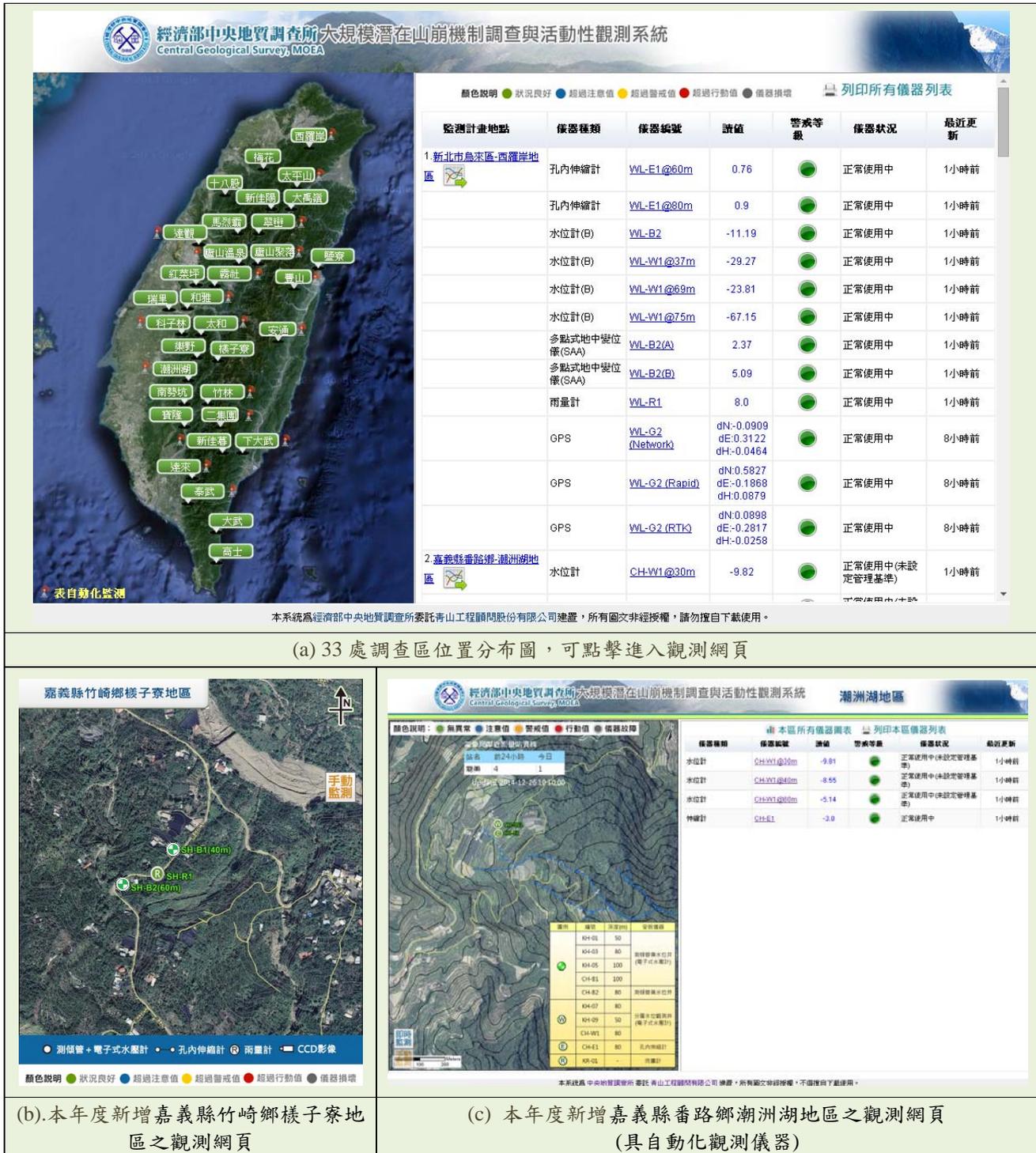


圖 5、本計畫觀測成果網頁：(a)各調查區總覽頁面；(b)及(c)本年度新增調查區之觀測網頁

## 5. 提供防災應變之協助：

配合地調所成立防災應變中心之時期，由專業人力提供各式觀測儀器成果研判及觀測整合系統問題排除等防災應變之協助。本年度執行期間歷經2次颱風事件，包含麥德姆颱風(103/7/22~23)及鳳凰颱風(103/9/20~21)，本計畫團隊依地調所防災應變流程之辦法，成立「青山防災中心」，並指派工程師進駐輪值，以提供觀測成果研判及緊急異常排除工作。

## 6. 山崩觀測資料整理及研析：

綜整共計33處調查區之觀測成果，包含第一年至第四年度20處調查區，及第四年度整合易淹水計畫13處調查區。觀測資料包含降雨量、地下水位及地層變位等；整理工作包含資料庫更新、彙整及觀測成果圖形輸出等，以利後續研析。

## 7. 新式地層變位觀測技術研究及可行性評估：

本計畫於第一年度蒐集國外新式山崩觀測技術之發展資訊，初步評估結果以「無線式地表伸縮計」及「多段式孔內伸縮計」兩項監測技術較符合台灣地區地質條件需求，可改善現有監測技術之不足。於第二年度進行相關之實驗室測試工作，測試結果顯示，該二項技術之觀測機制、精度等均具運用之可行性。於第三年選擇廬山溫泉北側邊坡進行實地安裝測試。本年度則評估其運用於現地之成效：

- 無線式地表位移計：目前安裝於廬山溫泉北坡之坡趾處，觀測期間內尚未有明顯變化量。而觀測品質尚屬穩定，於野外環境下，量測精度未受到氣候干擾而有重大影響。後續建議可安裝於陷落崖、崩崖等易有發生明顯變形行為之地點，以進一步釐清其觀測大變形變位之可行性。
- 多段式孔內伸縮計：目前安裝於廬山溫泉北坡及西羅岸調查區，目前各儀器尚無明顯位移變化，尚無法有效比較單段式及多段式孔內伸縮計觀測成果的合理性，建議持續觀測追蹤。

## 8. 大規模山崩研判及觀測技術交流研討：

本計畫於民國103年11月24日舉辦「降雨引致山崩之觀測及警戒前瞻技術」研討會，會中邀請國內外於此領域專精之學者專家，共10位，其中並邀請日本關東学院大学齋藤仁教授及日本応用地質株式会社エンジニアリング本部上野将司技師長，蒞臨本研討會演講，使參與研討之各界人士能分享此一領域之技術成長。並於民國103年11月25日~26日前往本計畫之廬山溫泉北坡及西羅岸調查區現勘，進行觀測技術交流，以達國內外技術交流目的。

## 參考文獻

1. 李錦發(2000),「東勢五萬分之一臺灣地質圖及說明書:經濟部中央地質調查所」。
2. 劉桓吉、李錦發(1998),「雲林五萬分之一臺灣地質圖及說明書:經濟部中央地質調查所」。
3. 羅偉、楊昭男(2002),「霧社五萬分之一臺灣地質圖及說明書:經濟部中央地質調查所」。
4. 林錫宏、林銘郎、紀宗吉等(2012),「平面形岩體滑動的邊坡與層間剪裂帶影響探討-以嘉義太和地區為例:岩盤工程研討會」
5. 何春蓀(1986),「臺灣地質概論台灣地質圖說明書:經濟部中央地質調查所」,第40-117頁
6. 何春蓀(1975),「新編臺灣地質圖中地層分類的研討:經濟部中央地質調查所」,地質第1卷,第2期,第159-172頁。
7. 邵屏華、高銘健(2009),「中埔五萬分之一臺灣地質圖及說明書:經濟部中央地質調查所」。