

# 重大地震對臺灣地區 e-GNSS 系統 營運之因應實務研究

內政部國土測繪中心自行研究報告

中華民國 107 年 12 月

本報告內容及建議，純屬研究人員意見，不代表本機關意見



# 重大地震對臺灣地區 e-GNSS 系統 營運之因應實務研究

研究人員：	技士	蕭世民
	課員	鍾岳龍
	專員	莊峰輔
	課長	陳鶴欽
	簡任技正	梁旭文

內政部國土測繪中心自行研究報告

中華民國 107 年 12 月

本報告內容及建議，純屬研究人員意見，不代表本機關意見



NATIONAL LAND SURVEYING AND MAPPING CENETR,  
MINISTRY OF THE INTERIOR  
RESEARCH PROJECT REPORT

Study of the seismic affection on the  
e-GNSS system service in Taiwan

BY

Hsiao, Shih Min

Jung, Yuen Lung

Juang, Feng Fu

Chen, He Chin

Liang, Hsu Wen

December 28, 2018



## 目 錄

表次 .....	III
圖次 .....	V
摘要 .....	VII
<b>第一章 緒論 .....</b>	<b>1</b>
第一節 作業目的 .....	1
第二節 臺灣地區大地構造 .....	2
第三節 重大地震與 e-GNSS 系統.....	5
第四節 人員分工及工作進度.....	9
<b>第二章 e-GNSS 即時動態定位系統 .....</b>	<b>11</b>
第一節 系統組成與服務簡介.....	11
第二節 VBS-RTK 定位技術.....	15
第三節 臺灣地區坐標變位情形.....	16
第四節 e-GNSS 系統坐標更新及監控機制 .....	19
第五節 三維坐標轉換服務 .....	23
第六節 系統服務應用 .....	28
<b>第三章 0206 花蓮地震檢測 .....</b>	<b>29</b>

第一節 檢測過程概述 .....	29
第二節 更新基準站坐標 .....	30
第三節 辦理花蓮地區基本控制點靜態檢測 .....	33
<b>第四章 重大地震對 e-GNSS 系統營運實務探討與分析 .....</b>	<b>45</b>
第一節 問題概述 .....	45
第二節 系統服務效能降低 .....	45
第三節 三維坐標轉換精度評估.....	49
第四節 影響系統服務之地震規模及範圍評估 .....	58
第五節 檢測流程概述 .....	61
<b>第五章 結論與建議 .....</b>	<b>63</b>
第一節 結論 .....	63
第二節 建議 .....	68
<b>附錄 .....</b>	<b>73</b>
<b>參考書目 .....</b>	<b>77</b>



## 表次

表 1- 1 臺灣地區百年來十大地震傷亡損失表 .....	7
表 1- 2 本研究分工表 .....	9
表 2- 1 電子化全球衛星即時動態定位服務收費基準表 .....	13
表 2- 2 e-GNSS 系統登錄點提供服務表 .....	13
表 2- 3 e-GNSS 系統登錄點坐標系統及 RTCM 版本表 .....	14
表 2- 4 臺灣 88 年集集地震以來之主要地震事件統計表 .....	18
表 2- 5 e-GNSS 系統坐標框架定義表 .....	20
表 2- 6 e-GNSS 系統歷年坐標系統變動表 .....	20
表 2- 7 TPP 網型監控模組之基準站位移量表 .....	22
表 2- 8 RTCM 3.1 轉換訊息說明表 (內政部國土測繪中心, 2014) .....	25
表 2- 9 RTCM 3.1 type 1021 傳送資料說明 (內政部國土測繪中心, 2014) .....	25
表 2- 10 RTCM 3.1 type 1023 傳送資料說明 (內政部國土測繪中心, 2014) .....	27
表 3- 1 花蓮地區基準站於 TPP 監控模組中之位移量 .....	31
表 3- 2 0206 花蓮地震基準站地震前後坐標較差表 .....	32
表 3- 3 0206 花蓮地震 6 小時基本控制點檢測時段表 .....	34
表 3- 4 基準站檢測成果 (最小約制) 與 TWD97[2010]公告成果較差表 (單位:公尺) .....	36
表 3- 5 基準站距離相對關係分析表 (低於 1/100000) .....	37
表 3- 6 53 個基本控制點強制附合坐標較差表 (單位:公尺) .....	38
表 3- 7 基本控制點檢測成果變動分析統計表 (單位:公尺) .....	41
表 3- 8 0206 花蓮地震基本控制點檢測約制點位一覽表 .....	41
表 3- 9 0206 花蓮地震基本控制點檢測更新坐標 (TWD97[2010A]) 點位清冊 .....	42
表 4- 1 基準站坐標更新前三維坐標轉換坐標與公告坐標成果差異表 (單位:公尺) .....	46
表 4- 2 e-GNSS 系統基準站坐標更新前後檢測成果比較表 .....	48
表 4- 3 震後三維坐標轉換坐標與公告坐標成果差異表 .....	51
表 4- 4 僅用基準站建置 e-GNSS[2017A]→TWD97[2010]轉換結果表 (單位:公尺) .....	52
表 4- 5 使用基準站及基本控制點建置 e-GNSS[2017A]→TWD97[2010]轉換結果表 (單位:公尺) .....	53
表 4- 6 僅用基準站及原 e-GNSS[2013]→TWD97 建置 e-GNSS[2017A]→TWD97 轉換結果表 (單位:公尺) .....	56
表 4- 7 使用基準站及基本控制點建置 e-GNSS[2017A]→TWD97 轉換結果表 (單位:公尺) ....	58
表 4- 8 臺灣 88 年集集地震以來之主要地震事件統計表 .....	60
表 5- 1 0206 花蓮地震基準站位移比較表 (單位:公尺) .....	64



## 圖次

圖 1- 1 全球主要板塊分布圖(中央氣象局, 2018) .....	2
圖 1- 2 臺灣大地構造框架(景國恩等, 2017) .....	4
圖 1- 3 百年來臺灣大地震震央分布圖(鄭世楠, 2004).....	6
圖 1- 4 1070206 美濃地震造成臺南地區之災害現況及 UAV 拼接影像.....	7
圖 1- 5 2016 年美濃地震水平地表同震位移場 .....	8
圖 1- 6 內政部國土測繪中心所計算之 20160206 美濃地震震後基準站位移圖 .....	8
圖 2- 1 e-GNSS 系統主備用站分布圖 .....	12
圖 2- 2 e-GNSS 系統登錄點服務範圍圖 .....	14
圖 2- 3 VBS-RTK 定位技術示意圖 (內政部土地測量局, 2006) .....	16
圖 2- 4 93 年度一、二等衛星控制點檢測工作衛星控制點水平速度量圖 .....	17
圖 2- 5 TPP 網型監控模組之基準站位移量圖 .....	21
圖 2- 6 坐標轉換模型建置流程圖 (內政部國土測繪中心, 2014) .....	23
圖 2- 7 RTCM 3.1 type 1021 轉換網格示意圖 .....	25
圖 2- 8 RTCM type 1023 殘差網格示意圖 .....	28
圖 3- 1 0206 花蓮地震因應作為時間表 .....	29
圖 3- 2 0206 花蓮地震基準站位移圖(左), 0206 花蓮地震報告圖(右, 氣象局網頁, 2018)....	31
圖 3- 3 0206 花蓮地震地表位移圖 .....	32
圖 3- 4 0206 花蓮地震 6 小時基本控制點檢測網絡圖.....	35
圖 3- 5 0206 花蓮地震 6 小時基本控制點檢測作業情形.....	35
圖 3- 6 22 個基準站位置圖 .....	37
圖 3- 7 檢測成果與公告成果平面及高程分量較差示意圖.....	40
圖 4- 1 震後使用 e-GNSS[2017]測量 30 個基本控點成果圖.....	48
圖 4- 2 基準站坐標修正後檢測成果較差示意圖 .....	50
圖 4- 3 僅用基準站建置 e-GNSS[2017A]→TWD97[2010]轉換較差圖.....	53
圖 4- 4 建置 e-GNSS[2017A]→TWD97[2010]轉換模型共同點分布圖.....	54
圖 4- 5 使用基準站及基本控制點建置 e-GNSS[2017A]→TWD97[2010]轉換較差圖.....	54
圖 4- 6 使用基準站及基本控制點建置 e-GNSS[2017A]→TWD97[2010]轉換平面成果差異圖 .....	55
圖 4- 7 使用基準站及基本控制點建置 e-GNSS[2017A]→TWD97[2010]轉換高程成果差異圖 .....	55
圖 4- 8 僅用基準站及原 e-GNSS[2013]→TWD97 建置 e-GNSS[2017A]→TWD97 轉換較差圖 .....	56
圖 4- 9 建置 e-GNSS[2017A]→e-GNSS[2013]轉換模型共同點分布圖.....	57
圖 4- 10 使用基準站及基本控制點建置 e-GNSS[2017A]→TWD97 轉換較差圖 .....	58
圖 5- 1 0206 花蓮地震 TPP 網型監控模組位移圖 (左) 及軟體解算之位移圖 (右) .....	64
圖 5- 2 基準站相對關係示意圖 (1) .....	65
圖 5- 3 基準站相對關係示意圖 (2) .....	66
圖 5- 4 基準站相對關係示意圖 (3) .....	67

圖 5- 5 基準站相對關係示意圖 (4) .....	67
圖 5- 6 e-GNSS 系統檢測作業流程圖 .....	69
圖 5- 7 基本控制點檢測流程圖 .....	71

# 摘要

關鍵詞：e-GNSS、VBS-RTK、基準站、地震

## 一、研究緣起

e-GNSS 即時動態定位系統提供 2 公分定位精度的即時動態定位服務，現為國內重要的空間資訊蒐集工具，惟臺灣位於板塊碰撞地區，長期擠壓造成地表持續位移，e-GNSS 系統須定期更新坐標以維持基準站之相對關係。針對突發的大地震，內政部國土測繪中心（以下簡稱國土測繪中心）應啟動應變機制，透過檢測、坐標及模型更新等作為，維持系統服務效能與精度，同時亦應檢測區域內之基本控制點，確認其精度符合後續應用測量使用。

## 二、研究方法及過程

107 年 2 月 6 日晚上 23 點 50 分 (UTC 15:50)，花蓮縣近海發生規模 6 級淺層地震，造成花蓮市附近區域多處建築物倒塌及人員傷亡，為確認該區域 e-GNSS 系統服務效能與精度，國土測繪中心啟動一連串檢測作為，簡述如下。

### (一)、檢測基準站位移

資料處理範圍為南宜蘭縣、花蓮縣及北臺東縣，西側以新竹尖石泰崗站 (THAI) 及玉山北峰站 (YUSN) 範圍內，共計 53 站資料。觀測資料計算時間則以主震 16 小時及震後 8 小時等 2 個時間段為主，計算基準站受地震影響之位移量。

比較 2 個時間段之 53 個基準站坐標成果，2 者較差即為本次地震所造成之地殼位移，最大位移量為交通部中央氣象局之花蓮氣象站 (HUAL)，往東北北方向位移約 45 公分 (dN: 0.426m, dE: 0.148m)。

### (二)、更新基準站坐標

挑選宜蘭南澳基準站 (NAAO) 以南，花蓮鳳林追蹤站 (FLNM) 以北及宜蘭棲蘭基準站 (CLAN) 及南投高峰基準站 (KFN2) 之範圍內約 22 個基準站，蒐集 2 月 7 日至 2 月 13 日之基準站衛星觀測資料，搭配 IGS 之快速精密星曆 (IGR)，約制測繪中心基準站 (LSB0)，以 Bernese

軟體重新解算基準站坐標為 e-GNSS【2017A】，更新本次地震前、後位移超過 1 公分之 11 個基準站坐標，同步更新 e-GNSS 系統三維坐標轉換模型。

更新坐標及轉換模型後，國土測繪中心於 3 月 8 日使用 3 組儀器，於 44 個基本控制點上辦理動態定位檢測，成功解算 43 點，但國土測繪中心將檢測成果透過新三維坐標轉換模型轉換至法定坐標系統 TWD97[2010]分析，發現部分點位與公告坐標仍有較大差值，顯示新三維坐標轉換模型精度未達國土測繪中心預期。

### (三)、辦理基本控制點檢測

經分析基準站位移結果顯示，地震造成之北花蓮地區地表位移複雜，區域內之基本控制點精度已不符規定，國土測繪中心挑選北從花蓮和平，南至鳳林，西至中央山脈為檢測範圍，安排 18 組人力儀器，採 6 小時蛙跳式靜態觀測辦理 53 個基本控制點檢測，並與範圍內 22 個基準站進行聯合計算處理。

### (四)、更新基本控制點坐標及三維坐標轉換模型

為分析基本控制點位移量及其更新公告坐標之必要性，國土測繪中心採用逐級套合方式進行平差計算，先行檢測花蓮地區衛星基準站約制於 TWD97[2010]之相對關係，挑選出相對精度優於 1/100,000 之基準站作為「約制點」，相對精度低於 1/100,000 之基準站則重新計算坐標以作為「次級約制點」，兩者併同基本控制點組成基線網一併解算新坐標成果為 TWD97[2010A]。

將 53 個基本控制點成果納入轉換共同點，重新計算三維坐標轉換模型，並進行基本控制點即時動態定位測量檢測，驗證模型更新後即時動態定位成果精度，經動態檢測 43 點更新後之基本控制點，精度符合國土測繪中心預期（平面較差 $\leq$ 5 公分，高程較差 $\leq$ 10 公分）。

## 三、重要發現

當發生如 0206 花蓮地震之類的大地震，地表在小範圍內可能會產生不規則的位移量，針對本次地震發現問題如下：

- (一)、基準站位移量會降低系統服務效能，造成 VBS-RTK 求得固定解時間變長，或無法求得固定解。
- (二)、雖然 e-GNSS 系統已完成基準站坐標更新，但因地表位移為小範圍且不均勻，而基準站分布間距為數公里至數十公里不等，不足以完整表現小區域內複雜之地表擠壓變形狀況，以基準站作為共同點進行更新之三維坐標轉換模型，就會發生其網格修正量無法完全反應小範圍變動量，導致部分已知點 e-GNSS 成果轉換至法定坐標系統後，無法符合預期精度。
- (三)、複雜的地表變形同時會造成範圍內已知控制點相對關係不佳，其精度恐無法供各項應用測量後續使用。
- (四)、為解決前述問題，挑選範圍內之已知控制點辦理靜態測量，以逐級加密概念更新已知點坐標成果，可重新恢復範圍內已知控制點間相對關係；同時利用其基線計算出已知控制點之新 e-GNSS 成果，作為共同點納入新三維坐標轉換模型中，即可有效提升坐標轉換精度。

#### 四、主要建議事項

##### 建議一

建立重大地震後自行檢測標準流程：立即可行建議

主辦機關：內政部國土測繪中心

將地震規模大於 6、地震震源深度在 30 公里內且地震震央位於臺灣本島陸地，或離海岸線 20 公里範圍內之地震，視為可能對 e-GNSS 系統營運造成影響之大地震，當發生大地震後，先於 e-GNSS 系統網型監控模組初步觀察震央鄰近基準站位移狀況，若發現其位移與量級較相鄰基準站不一致，則開始啟動檢測機制。

##### 建議二

協助評估重大地震後基本控制點精度：中長期建議

主辦機關：內政部

協辦機關：內政部國土測繪中心

依國土測繪法之定義，基本控制測量係指以精密測算點位坐標、高程或其他相關資料，提供測繪作業之依據，並以全國整體控制測量需求為目的之測量。又依同

法「本法所稱主管機關：在中央為內政部；」，「基本測量實施之精度規定、作業方法、實施程序及其他相關事項之規則，由中央主管機關定之。」，可知基本控制測量係國內辦理各項應用測量之重要依據，其權責機關為內政部。另依基本測量實施規則第 2 條規定「中央主管機關應視……及國土變遷情形，釐訂實施計畫辦理基本測量。」，臺灣位於板塊交界地帶，地震發生頻繁，國土測繪中心應於每次大地震檢測作業後，檢送相關分析結果予內政部，協助內政部評估是否應重新辦理該區域基本控制點坐標更新，以確保各項測繪業務引用之成果依據正確無誤。



# ABSTRACT

Keywords: e-GNSS, VBS-RTK, CORS, earthquake

## A. Background

The e-GNSS real-time kinematic positioning system (be called for short as e-GNSS system) provides real-time RTK service with 2 centimeter precision and has been used for geospatial data collecting. Due to the plate collision, the e-GNSS system updates the CORS' coordinates regularly to keep the interrelationship because of the surface displacement in Taiwan. So after a big earthquake, NLSC should re-calculate the system coordinates and the transformation model to keep the service precision. At the meantime, NLSC also should examine the precision of basic control points in these area, to make sure the precision fits surveying work.

## B. Study method and process

The magnitude 6.2 earthquake struck at 11:50PM 6 Feb 2018 (UTC+8) with 10 kilometers depth. The Hualien County emergency operation center has reported that several residential buildings either collapsed or tilted. NLSC execute detecting procedures to keep the e-GNSS system service precision.

### 1. Re-calculate the CORS displacement

Collected 53 CORS' GNSS data which locates between south Yilan County, Hualien County and north Taitung County. The biggest displacement is about 45 centimeters on CORS (named HUAL) which belongs to the Central Weather Bureau

### 2. Update the e-GNSS system coordinates

Base on the prior re-calculate result, NLSC chose 22 CORS which displacement more than 1 centimeter, and executed these data by using Bernese software with IGS Rapid products from 7 Feb to 13 Feb, 2018. Finally NLSC updated the e-GNSS system coordinates and transformation model.

### 3. Examine the precision of basic control points

According to the data analysis result, the surface displacement point out that the precision of basic control points are inconsistent on the north Hualien County.

NLSC arranged static surveying for the 53 basic control points and calculated the results based on 22 CORS data from the Xiulin Township to the Fenglin Township.

4. Update the basic control point coordinates and the coordinate
  - ( 1). NLSC analyzed the CORS and chose the CORS whose interrelationship are better than 1/100,000 as reference stations on TWD97[2010], combined these baselines with the basic control points and calculate the results.
  - ( 2). NLSC also updated the coordinate transformation model by using the 53 basic control points results, and using the e-GNSS system to check the 43 precision of basic control points, the results showed that the transformation precision is good enough for applied surveying.

### C.Important discoveries

There are 4 important discoveries coming up from this study:

1. The displacement of the e-GNSS system will reduce the system efficacy and expend more time to get the initial fixed result.
2. The spatial relationship is inconsistent in small area after the big earthquake, these CORS' information used for establishing the coordinate transformation model is too far to indicate.
3. The basic control points' interrelationships are inconsistent after the big earthquake, the precision can't provide the surveying work.
4. NLSC calculate the coordinates of the CORS first, and then using these results to calculate the basic control points coordinates. All results used to provide the coordinate transformation model and get better service precision.

### D.Recommendations

This project comes to 2 recommendations:

1. NLSC should take it as a big earthquake which could affect the e-GNSS system service when an earthquake occurred whose magnitude is over 6, locates within Taiwan mainland or 20 kilometers off seashore, above 30 kilometers depth. If NLSC finds the anomalous CORS displacement in earthquake area, the standard operation procedure should execute to figure out.
2. Due to the plate collision, the earthquake occurs frequently in Taiwan, NLSC should present the analysis results to the Ministry Of Interior, in order to evaluate the necessity of updating the coordinates.

# 第一章 緒論

## 第一節 作業目的

臺灣位於歐亞大陸板塊及菲律賓海板塊交界處，為一活躍的板塊邊界的區域 (Yu, et al. 1997; Yu et al. 1999; Yu and Kuo, 2001)，地殼的應變速率約為 0.1-1.0  $\mu$  strain/yr (Bos et al., 2003; Chang et al., 2003; Hsu et al., 2009a)，在臺灣西南部旗山斷層至六甲-木屐寮斷層間有約 0.7-1.4  $\mu$  strain/yr 之最大壓縮量 (Yu and Chen, 1994)，在震間時期 (interseismic period)，臺灣東部地區的地表速率可達約 7 公分/年。自有大地測量紀錄以來，臺灣因為大地震造成的同震位移量 (coseismic displacement)，小則約 3 公分，如 99 年芮氏規模 (以下簡稱  $M_L$ ) 6.2 甲仙地震 (Ching et al., 2011)，大則可達約 10 公尺，例如 88 年  $M_L$  7.3 集集地震 (Yu et al., 2001)。88 年  $M_L$  7.3 的集集地震與 92 年  $M_L$  6.4 的成功地震均有顯著的震後變形 (Hsu et al., 2002; 2007; 2009b; 2009c; Yu et al., 2003; Chen et al., 2006; Cheng et al., 2009)。另臺灣地區地震活動十分頻繁，依據中央氣象局 90~104 年 15 年的觀測資料顯示，臺灣地區平均每年約發生 26,686 次地震，其中約有 965 次為有感地震 (中央氣象局, 2018)，顯見重大地震活動對於國家坐標系統及各級控制測量的成果精度將會造成嚴重影響。

臺灣地區以往曾建立的全國性國家坐標系統包含地籍坐標系統、TWD67、TWD97 及 TWD97[2010]等 (內政部國土測繪中心, 2018)，主要提供包含各項製圖、民生經濟、工程建設等使用，惟因受地震、斷層活動、土石山坡滑動及人為破壞等各項因素影響，部分控制點成果已逐漸喪失原本測設時的應有精度，不符後續使用，這其中對於測量精度要求極高的地籍測量，尤為明顯。

近年來由於衛星測量及網際網路等相關新科技發展，使用虛擬參考站即時動態技術發展出來的網路化 RTK (Network RTK)系統已被應用的各項實務測量中，經驗證可達公分級精度 (Lachapelle et al., 2000; Vollath et al.,

2000;Landau et al., 2002)，內政部國土測繪中心（以下簡稱國土測繪中心），於 93 年建置 e-GNSS 即時動態定位系統（以下簡稱 e-GNSS 系統），包含分布全臺及金馬澎湖地區的 78 個衛星基準站（以下簡稱基準站）及資料計算中心，在數秒鐘內提供公分級定位精度，並於 98 年正式對外營運，提供各界快速便捷的外業測量工具。從 102 年起每 2 年更新一次基準站坐標，並同時計算國內相關約 400 個衛星追蹤站（或基準站）在此框架內成果，目前使用坐標系統為 e-GNSS[2017]，並利用基準站為共同點，建立三維坐標轉換模型以轉換至法定公告坐標 TWD97、TWD97[2010]，截至 107 年年底，系統使用帳號數超過 1,700 個，規費收費金額超過新臺幣 700 萬元，全年使用即時動態定位服務總時數約 40,000 小時。

## 第二節 臺灣地區大地構造

板塊構造學說主要在說明目前發生在地球上層的構造及解釋地震發生之原因。地球的最外部為冷而硬的可移動之岩石，稱為岩石圈，其厚度平均約 100 公里，岩石圈之下為軟流圈為黏度高的液體物質所組成，在高溫、高壓作用下而成可塑性，使岩石圈漂浮其上。板塊構造的基本觀念是將岩石圈分成數個接近剛性之板塊，包括較大的歐亞板塊、美洲板塊、非洲板塊、印度洋板塊、太平洋板塊及南極洲板塊和數個較小之板塊（圖 1-1），板塊受到張力、壓力、重力及地函對流的作用，不同的板塊之間每年以數公分的相對速度緩慢移動，大部分的地震、火山及造山運動便由於相鄰板塊之互相作用而發生。（中央氣象局，2018）



圖 1-1 全球主要板塊分布圖(中央氣象局, 2018)

臺灣是新生代大地構造活動的產物，是一座活動的造山帶；除了中央山脈東

緣有少許中生界以下的地層外，多為新生界地層所覆蓋（何春蓀, 1986）。在 1970 年代以前，大地構造大多從地質的角度來詮釋，所依據的理論多為「地槽學說」，1970 年代以後，板塊運動學說帶來革命性看法，此領域也成為地質學和地球物理學的綜合的領域。現今對臺灣的板塊構造格局已有相當的了解，目前最流行的可說是「弧陸碰撞」模式，並認為臺灣新生代的史大致可以分為兩期—碰撞前的新生代早期和碰撞後的新生代晚期。

臺灣位於歐亞板塊和菲律賓海板塊的交界處。菲律賓海板塊在臺灣的東北方沿著琉球海溝隱沒到歐亞板塊之下，並在歐亞板塊上形成琉球島弧；在臺灣的南方則沿著馬尼拉海溝俯衝到歐亞板塊之上，在菲律賓海板塊的西緣形成呂宋島弧。臺灣也就位在這兩個島弧之間的轉接點。大致以中壢—花蓮一線附近為界，以北屬於琉球島弧系統，以南屬於呂宋島弧系統（圖 1-2）。

**歐亞板塊：**以中國的大陸型地殼為基底，在古生代以前中國大陸分成許多小陸塊，在經歷多次碰撞和併合作用後，到中生代晚期才形成一塊大陸。進入新生代後，受到張裂作用的影響，中國大陸邊緣地殼的厚度逐漸減薄，並下陷成渤海、黃海、東海和南海等邊緣海。張裂活動同時造成一系列的地塹型盆地，累積了厚層的新生界沈積物。在南海地區，張裂活動在新生代中期將大陸邊緣的地殼拉斷，形成一被動大陸邊緣，並且引發海底擴張，造就了南海的海洋型地殼。在東海地區，中國大陸邊緣似乎一直有隱沒作用伴隨，因此雖然有裂谷產生，但不曾有海底擴張，始終是個活動大陸邊緣。臺灣位於東海和南海之間，正是被動大陸邊緣和活動大陸邊緣的交界處。（黃奇瑜，1999）

**菲律賓海板塊：**以海洋型地殼為基底，在新生代早期形成，原位於赤道以南，經由不斷北移才到達現今位置，如今仍以每年約 7cm 的速度向西北移動。

從活動的大地構造而論，臺灣島可視為呂宋島弧北端擠入中國大陸邊緣的碰撞造山帶，也就是兩者的結合體。臺灣中央山脈和海岸山脈向南延伸，可以分別和馬尼拉海溝內的增積岩體以及呂宋島弧相連。花東縱谷就是島弧和大陸之間的縫合線（何春蓀, 1986）。在臺灣東北部的地質架構雖然存在，但是和呂宋島弧相關的碰撞作用已經由與琉球島弧相關的隱沒作用取代。由於呂宋島弧由東向西的

擠壓，使得臺灣的地質特徵有明顯的東西向變化，概述如下：

**臺灣海峽和西部海岸平原：**還未捲入碰撞造山帶，因此仍保有中國大陸邊緣的構造形態。地層大致平整，除了些微的撓曲和下陷外，沒有明顯的褶皺（褶曲）現象。

**西部麓山帶：**岩層受碰撞擠壓作用的影響，形成一系列平行的褶皺和斷層，沿著 NNE-SSW 的方向排列。原本覆蓋在中國大陸邊緣的沈積層，被抬升侵蝕而出露在西部麓山帶，形成第三系的沈積岩。

**中央山脈：**部分的大陸基盤被捲入造山帶，形成中央山脈的大南澳變質雜岩。原本覆蓋在中國大陸邊緣的沈積層，被抬升侵蝕形成中央山脈中的第三系板岩層。

**海岸山脈：**可以發現原本屬於呂宋島弧系統的岩層，也被碰撞造山運動擠出，形成安山岩層、混同層和濁積層。

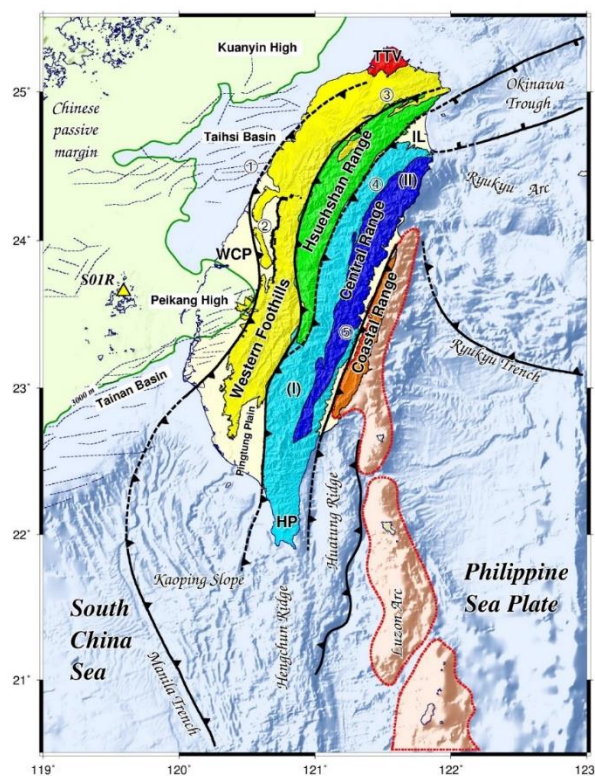


圖 1- 2 臺灣大地構造框架(景國恩等, 2017)

說明：綠色的大陸邊緣區域為先第三系基盤高區的位置 (Lin et al., 2003)。虛線為碰撞造山前所發育之正斷層。WCP 為西部海岸平原；TTV 為大屯火山；HP 為恆春半島；IL 為宜蘭平原。數字 1-5 分別代表變形前緣、車籠埔斷層、屈尺斷層、梨山斷層及縱谷斷層。I-II 分別代表中央山脈西翼板岩區及中央山脈東翼變質雜岩區。

### 第三節 重大地震與 e-GNSS 系統

依鄭世楠等人 (2004) 研究指出，一般所謂的大地震，是指地震規模大於或等於 7.0 的地震。大地震釋放的地殼應變能量較大，對於板塊構造的研究有特殊的意義。地震是地殼釋放能量的一種自然現象，不一定會造成災害。地震災害的大小主要受到地震規模、震源深度、震央或主要震動地區及地震發生的時間等因素影響，而通常大地震會造成民眾生命財產的損失，對國家的經濟發展影響鉅大，鄭世楠研究及交通部中央氣象局彙整臺灣地區百年來重大災害地震如圖 1- 3 及表 1- 1。

臺灣由於位於板塊碰撞的造山帶，地震頻繁，對民眾的生命財產造成重大的影響，也因地表位移，造成政府測繪部門所建置的基本控制點精度遭受破壞，無法符合原本測設精度，影響後續使用。例如 88 年 921 集集大地震在南投縣集集鎮附近發生 Mw7.3 強烈地震，對位處震央附近之南投縣、臺中縣市，造成重大災害。由車籠埔斷層所引起之強烈地震，造成地層地表嚴重錯動擠壓隆起，範圍長達約 90 公里，震災地區除房屋倒塌位移、地表隆起變形及嚴重山崩外，對為測量基礎之基本三角點以及對民眾之土地權益（如宗地面積、界址位置、道路位置）等皆產生相當程度之影響。（內政部國土測繪中心網頁）

集集地震造成地表表土錯動，以地處車籠埔斷層附近位移錯動最為嚴重，且該斷層屬南北走向之逆衝斷層，所以位處斷層東邊之表土位移最為嚴重，最大絕對位移量達 9 公尺以上。因此，災區範圍內之基本控制點、圖根點、界址點等皆產生位移，致地震後大部分資料已無法繼續使用。鑒於基本控制點為測量及建設之基礎，國土測繪中心特訂定基本控制點檢測計畫，以瞭解地震引起之土地位移情形、對地籍測量之影響並提供新的控制點成果作為災區災後測量及重建之依據。

88 年時國土測繪中心尚未建立 e-GNSS 即時動態定位系統提供即時性公分級定位服務，但是依照位移量研判，倘當時有 e-GNSS 系統，應該是無法提供高精度定位服務及維持系統營運。而發生在 105 年 2 月 6 日半夜芮氏規模  $M_L=6.6$  美濃地震造成臺南地區 117 死亡，551 人受傷，維冠金龍大樓社區全毀死傷慘重，

造成無數家庭破碎，影響無數人的生活損失慘重（圖 1- 4）。然而依據景國恩等人（2017）研究指出美濃地震對地表水平位移量約 2-3 公分，垂直位移量同樣也約 2-3 公分之同震位移量如圖 1- 5，這樣的位移量對 e-GNSS 系統而言，似乎尚在可容忍範圍內，無須重新啟動系統基準站坐標重新計算及三維坐標轉換模型重建等作業。事實上，在 105 年 2 月 6 日當日上午，國土測繪中心已利用當時所擁有基準站及超快速星曆資料，快速計算出美濃地震震後基準站位移量，發現最大位移量不超過 3 公分如圖 1- 6，研判不影響系統營運，故當下並未有任何處置措施。

107 年 2 月 6 日發生的芮氏規模  $M_L=6.2$  的花蓮地震，國土測繪中心接受科技部國家災害防救科技中心（NCDR）的通報，除派出無人飛機（UAV）至現場蒐集相關災情並製作災後現況地圖外，針對 e-GNSS 系統也提時啟動基準站坐標計算工作，快速求解地表的同震位移量（約 45 公分）及後續的一連串改進因應措施。對 e-GNSS 系統而言，這是營運以來第 1 次遭遇到重大地震，造成地表巨大位移量，影響 e-GNSS 系統營運，國土測繪中心 e-GNSS 系統該如何因應此重大事件？未來是否應建立標準作業程序以防範未來其他可能的重大地震事件，這是本次研究最重要的目標。

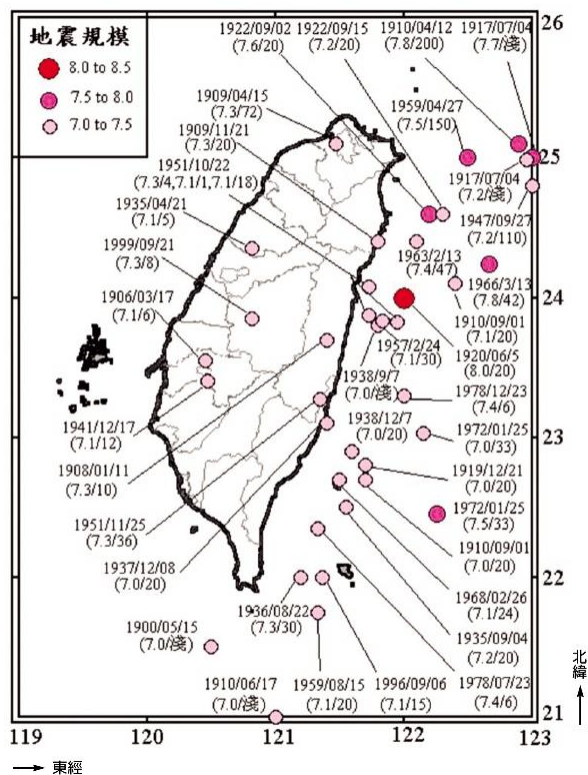


圖 1- 3 百年來臺灣大地震震央分布圖（鄭世楠, 2004）



表 1- 1 臺灣地區百年來重大地震傷亡損失表

時間	震央	規模	死亡	受傷	房屋受損
24. 04. 21	新竹關刀山	7. 1	3276	12053	54688
民前 6. 03. 17	嘉義民雄	7. 1	1258	2385	20987
30. 12. 17	嘉義市中埔	7. 1	358	733	15606
民前 8. 11. 06	嘉義附近	6. 3	145	158	3840
53. 01. 18	臺南白河	6. 5	106	653	40965
35. 12. 05	臺南新化	6. 3	74	482	4038
40. 10. 22	花蓮東南東	7. 3	68	856	2382
6. 01. 05	埔里附近	5. 8	54	85	755
24. 07. 17	後龍溪口	6. 2	44	391	7621
40. 11. 25	臺東北方	7. 3	17	326	1598
88. 09. 21	南投集集	7. 3	2415	11305	79804

資料來源：中央氣象局網頁



圖 1- 4 1070206 美濃地震造成臺南地區之災害現況及 UAV 拼接影像

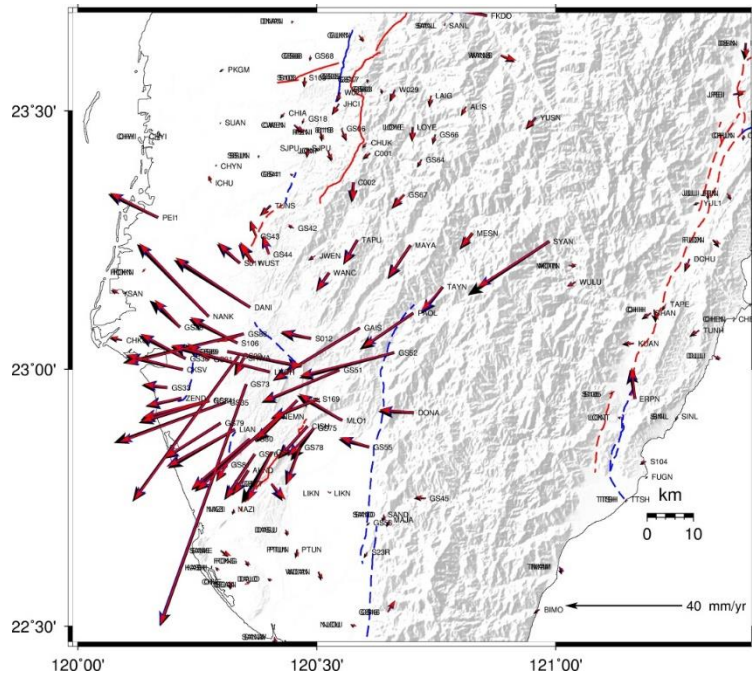


圖 1- 5 2016 年美濃地震水平地表同震位移場

說明：黑色箭頭為超快速星曆之地表同震位移成果、藍色箭頭為快速星曆之地表同震位移成果、紅色箭頭為最終精密星曆之地表同震位移成果。紅色實線為中央地質調查所公告之活動斷層。

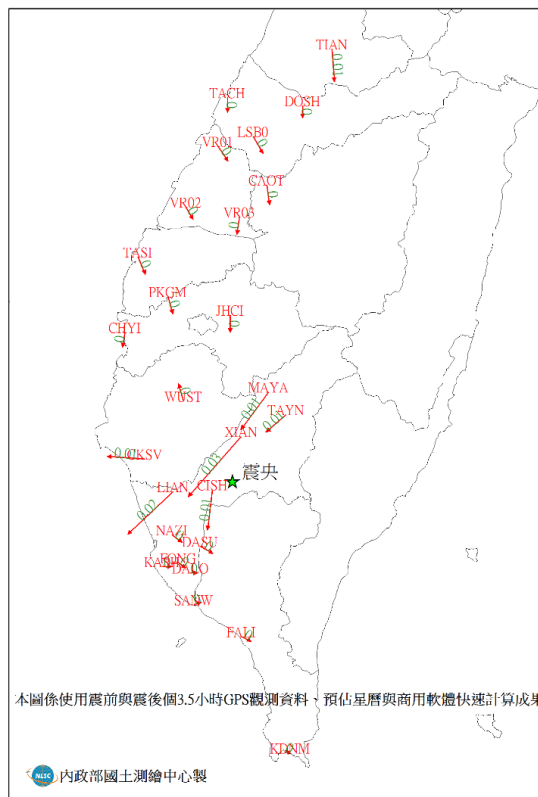


圖 1- 6 內政部國土測繪中心所計算之 20160206 美濃地震震後基準站位移圖

#### 第四節 人員分工及工作進度

本研究報告由國土測繪中心同仁自行完成相關研究，包含資料計算及成果分析，個人分工如表 1- 2。另在 e-GNSS 動態外業資料蒐集部分則由國土測繪中心北區第一測量隊同仁執行，另外在 107 年 2 月 26 日至 3 月 2 日由國土測繪中心調派 12 部接收儀 28 人、花蓮縣政府 2 部接收儀 4 人及花蓮地政事務所 4 部接收儀 4 人，共 18 組人力，北從花蓮和平，南至鳳林，西至中央山脈，計辦理 53 個基本控制點檢測，並與範圍內 22 個基準站進行聯合計算處理。

本案相關成果國土測繪中心已於 107 年 3 月 31 日測控字第 1070400127 號函檢陳辦理花蓮縣地震後續基本控制點檢測工作成果，並經內政部 107 年 4 月 20 日台內地字第 1071302871 號公告提供各界使用。

表 1- 2 本研究分工表

職稱	姓名	負責作業項目
簡任技正	梁旭文	督導本案
課長	陳鶴欽	督導本案及撰寫報告
技士	蕭世民	負責報告撰寫及 e-GNSS 系統測試
技士	鍾岳龍	負責外業測試及撰寫報告
專員	莊峰輔	負責建立坐標轉換模型及撰寫報告



## 第二章 e-GNSS 即時動態定位系統

### 第一節 系統組成與服務簡介

國土測繪中心為順應國際衛星定位測繪科技已邁向網路化、行動化及全功能、多目標即時動態定位服務之潮流趨勢，及國內已具備優質的寬頻網路與行動化的無線數據傳輸環境，於 93 年度起建置 e-GPS 即時動態定位系統，並於 97 年 12 月 30 日訂定「內政部國土測繪中心電子化全球衛星即時動態定位系統服務供應要點」，自 98 年 1 月 1 日起正式營運，開放即時性衛星動態定位服務、衛星觀測資料電子檔供應服務及衛星觀測資料後處理動態定位服務等 3 項服務。嗣後為配合多星系潮流的發展，國土測繪中心自 101 年度起進行現代化更新作業，於 103 年度完成系統軟硬體設備全面更新，並於 103 年 9 月 1 日起更名為 e-GNSS 即時動態定位系統（以下簡稱 e-GNSS 系統），提供國內登記有案之法人團體高精度之雙星系（GPS+GLONASS）定位服務。

e-GNSS 即時動態定位系統之基本組成可區分為三大組成單元，茲就其操作功能性分述如下：

#### 一、衛星定位基準網：

- (一)、由國土測繪中心建置之基準站為主體，搭配交通部中央氣象局、高雄市政府地政局……等單位之基準站共同組成（圖 2-1）。
- (二)、每秒接收 1 筆衛星觀測資料，24 小時連續接收。
- (三)、透過網際網路將衛星觀測資料即時傳輸至控制及計算中心。

#### 二、控制及計算中心：

- (一)、連續進行衛星觀測資料之品管、儲存、處理與遠端監控。
- (二)、連續計算產生定位誤差修正資料。
- (三)、組成 VBS 虛擬觀測資料。
- (四)、透過行動網路及 RTCM 網際網路傳輸通訊協定（Networked Transport of RTCM via Internet Protocol, NTRIP），將 VBS 虛擬觀測資料（RTCM 格式）傳送至移動站。

#### 三、移動站：

- (一)、由使用者攜帶至待測點位上整置。
- (二)、接收衛星觀測資料並計算產生導航坐標。
- (三)、透過行動網路及 NTRIP 將導航坐標 (NMEA 格式) 傳輸至控制及計算中心。
- (四)、接收控制及計算中心發送之虛擬觀測資料，並聯合移動站觀測資料進行 RTK 定位解算。

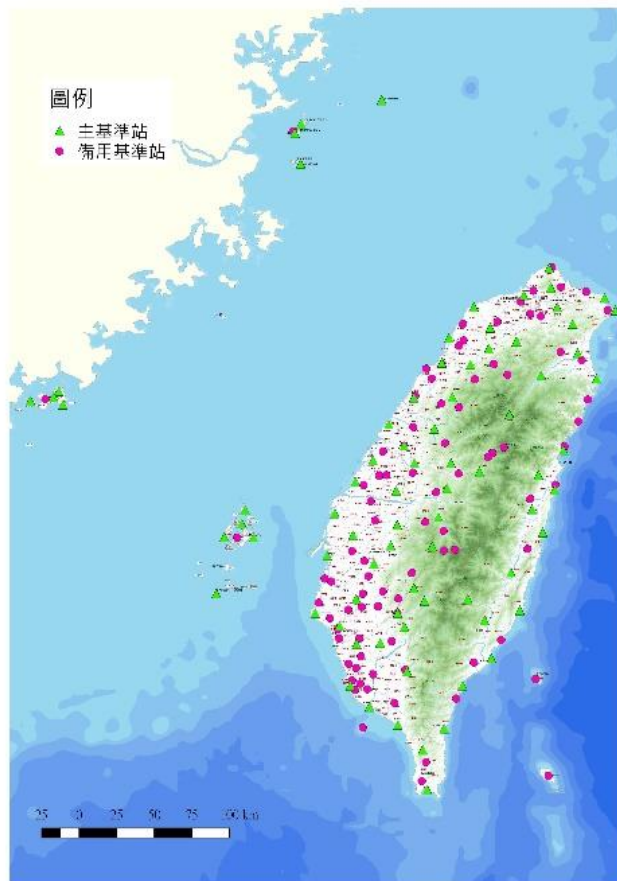


圖 2- 1 e-GNSS 系統主備用站分布圖

依 e-GNSS 系統服務供應要點規定，e-GNSS 系統可提供之服務項目如下：

一、即時動態定位服務：

- (一)、公分級精度虛擬基準站即時動態定位 (VBS-RTK)。
- (二)、次公尺級精度網路化電碼差分即時動態定位 (DGNSS)。

二、衛星觀測資料電子檔供應服務：

- (一)、實體基準站衛星觀測資料。
- (二)、虛擬基準站衛星觀測資料。

三、衛星觀測資料後處理動態定位服務。

e-GNSS 系統依「國土測繪成果資料收費標準」第 2 條規定收費，系統服務項目及費額如表 2- 1：

表 2- 1 電子化全球衛星即時動態定位服務收費基準表

服務項目	計費單位	單價 (元)	備註
虛擬基準站即時動態定位服務	每組帳號每日	300	虛擬基準站即時動態定位服務
網路化電碼差分即時動態定位服務	每組帳號每日	100	網路化電碼差分即時動態定位服務
衛星觀測資料電子檔	每站、每日	45	服務項目包括提供實體基準站衛星觀測資料電子檔及虛擬準站衛星觀測資料電子檔。
衛星觀測資料後處理動態定位服務	每點	30	本項服務以經國土測繪中心解算成功且出具成果與精度分析報表者，方依收費標準計費。
會員許可	每次	2,000	每會員徵收 2000 元，有效期限為 5 年。

e-GNSS 系統即時動態定位服務共有 7 個不同的登錄點 (Mount Point) 供使用者連接，通過帳號密碼驗證後可連結並提供不同服務；各登錄點提供之服務內容及涵蓋範圍如表 2- 2、圖 2- 2，登錄點坐標系統及 RTCM 版本如表 2- 3。

表 2- 2 e-GNSS 系統登錄點提供服務表

登錄點名稱	服務內容
Taiwan	臺灣本島 VBS-RTK 服務 (相容 RTCM 版本 3.1)
Taiwan_RTCM23	臺灣本島 VBS-RTK 服務 (相容 RTCM 版本 2.3)
Kinmen_Penghu	金門及澎湖 VBS-RTK 服務 (相容 RTCM 版本 3.1)
Kinmen_Mazu_Penghu	金門、馬祖及澎湖 VBS-RTK 服務 (相容 RTCM 版本 2.3)
KCG	高雄市政府地政局專用 VBS-RTK 服務
TTG_TWD97	臺灣本島 3 維即時坐標轉換 VBS-RTK 服務 (TWD97)
TTG_2010	臺灣本島 3 維即時坐標轉換 VBS-RTK 服務 (TWD97【2010】)
DGNSS	臺澎金馬 DGNSS 定位服務

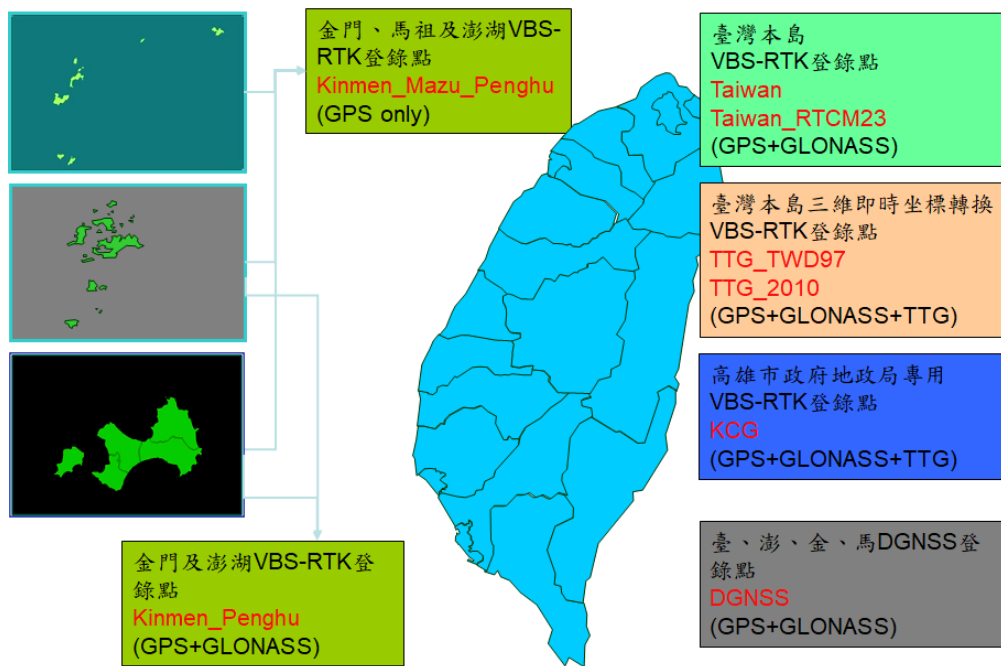


圖 2- 2 e-GNSS 系統登錄點服務範圍圖

表 2- 3 e-GNSS 系統登錄點坐標系統及 RTCM 版本表

登錄點名稱	測量成果坐標系統	RTCM 版本	有效服務範圍
DGNSS	e-GNSS	RTCM 2.3	臺灣本島
Taiwan	e-GNSS	RTCM 3.1	臺灣本島
Taiwan_RTCM23	e-GNSS	RTCM 2.3	
KCG	平面：TWD97【2010】 高程：TWVD2001 正高	RTCM 3.1 (需使用廣播或自動坐標系統)	
TTG_TWD97	平面：TWD97 高程：TWVD2001 正高	RTCM 3.1 (需使用廣播或自動坐標系統)	
TTG_2010	平面：TWD97【2010】 高程：TWVD2001 正高	RTCM 3.1 (需使用廣播或自動坐標系統)	
Kinmen_Mazu_Penghu	平面：TWD97 高程：TWD97 橢球高	RTCM 2.3	金門縣 連江縣 澎湖縣
Kinmen_Penghu	平面：TWD97 高程：TWD97 橢球高	RTCM 3.1	金門縣 澎湖縣



## 第二節 VBS-RTK 定位技術

即時動態定位服務為 e-GNSS 系統最為主要之對外服務，該服務主要使用 VBS-RTK (Virtual Base Station-RTK) 定位技術。以往提到野外即時定位多為傳統單主站即時動態定位技術 (Real Time Kinematic, RTK)，該技術應用上的主要瓶頸，在於主站系統誤差改正參數之有效作用距離，因定位誤差的空間相關性，會隨著主站與移動站間距離的增加，而逐漸失去誤差模型的有效性，特別是電離層殘餘誤差。而利用 VBS-RTK 定位技術，將可有效增加傳統單主站 RTK 定位之作業範圍，其採用多個衛星定位基準站所組成的觀測網絡來估算涵蓋範圍內之定位誤差，配合最鄰近的實體基準站觀測資料，建構虛擬基準站 (Virtual Base Station, VBS) 作為 RTK 主站使用。因該虛擬基準站與實體移動站間因距離甚短，誤差模型具有高度相關的特性，在 RTK 差分解算的過程中，系統誤差即可完整地消除，獲得高精度及高可靠度的定位成果。因此，在 VBS-RTK 定位解算過程中，移動站並不是接收某個實際基準站的實際觀測資料，而是接收由控制及計算中心所傳出的虛擬觀測數據，也就是 RTK 主站是經過人工產製的虛擬化基準站，但其意義就如同使用者是接收實體基準站觀測資料一般，這種網路化 RTK 定位技術，稱之為虛擬基準站 RTK 定位技術或簡稱為 VBS-RTK 定位技術 (內政部土地測量局，2006)。

VBS-RTK 的基本概念是由多個衛星定位基準站 (以下簡稱基準站) 所組成的 GNSS 觀測網，全天候連續接收衛星資料，並經由網路或其它通訊設備與控制及計算中心連接，彙整計算產生區域改正參數資料庫，藉以計算出任一移動站附近之虛擬基準站的相關資料。所以在基準站所構成的基線網範圍內，使用者只需在觀測點位上架設移動站衛星定位接收儀，將單點定位坐標透過網路以美國國家海洋電子學會 (NMEA) 專為衛星定位接收儀輸出資料訂定之標準傳輸格式傳送至控制及計算中心，並計算虛擬基準站的模擬觀測量後，再以國際海運系統無線電技術委員會 (RTCM) 制定之差分 GNSS 標準格式回傳給移動站，進行超短距離之即時動態定位 (RTK) 計算，在短時間內即可即時求得公分級精度定位坐標，示意圖如圖 2-3 (內政部土地測量局，2006)。

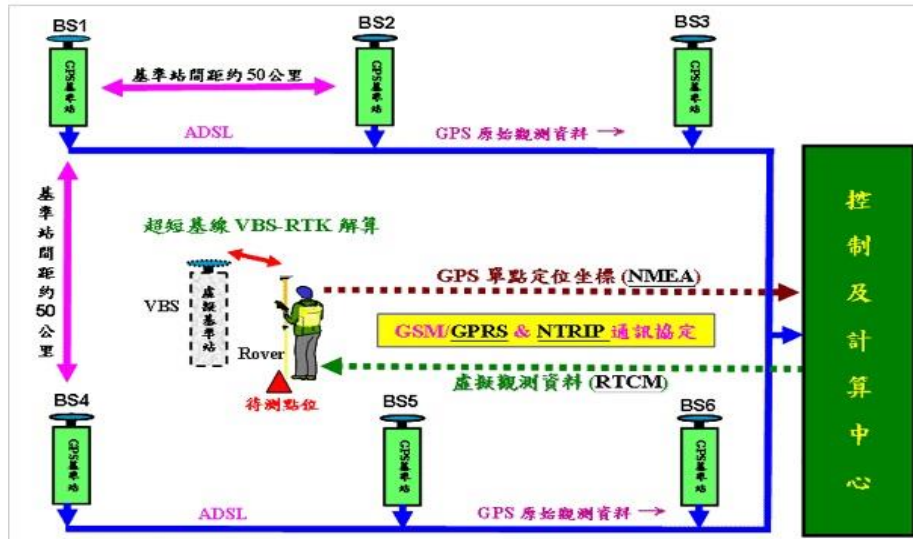


圖 2- 3 VBS-RTK 定位技術示意圖（內政部土地測量局，2006）

VBS-RTK 定位測量之優點綜整如下：

- (一) 可擴大有效作業範圍，提高定位精度及可靠度。
- (二) 測量誤差及初始化時間不因距離增長而增加。
- (三) 使用者無須架設區域性主站。
- (四) 單人單機即可作業。
- (五) 可縮短作業時間，增加產能，降低作業成本。
- (六) 所有使用者皆在同一框架下進行即時定位。
- (七) 可提供全面性的定位成果品質監控。

### 第三節 臺灣地區坐標變位情形

坐標為以數值型式描述特定點位在空間中之位置，坐標系統為國家建設、測繪發展、學術研究的基礎。理論上，坐標系統不應隨著時間而產生變化。然而實務上，受到板塊相對運動的影響，使得國家控制點坐標產生長期近似穩定的相對位移，或因為瞬間特殊事件（如地震）衍生所致的相對地表錯動，造成坐標系統隨時間而漸失去其原有的相對精度而不敷各界使用（內政部國土測繪中心，2018）。

臺灣本島地區位於板塊交界處，受到地殼變動因素影響，各地區每年會有不同方向及量級的平面位移量，以內政部 93 年度辦理「一、二等衛星控制點檢測

工作」案成果為例（圖 2- 4），可發現臺灣本島地區可依平面位移量及方向概略劃分 5 個區域。

一、西部平原地區：臺北市以南至臺南市沿海地區，每年位移量約 1~2 公分向西。

二、中部山區：每年位移量約 4~5 公分向西。

三、宜蘭地區：每年位移量約 4~5 公分向東南。

四、南部地區：臺南市山區、高雄市及屏東市，每年位移量約 5~7 公分向西南。

五、東部地區：每年位移量約 7~8 公分向西。

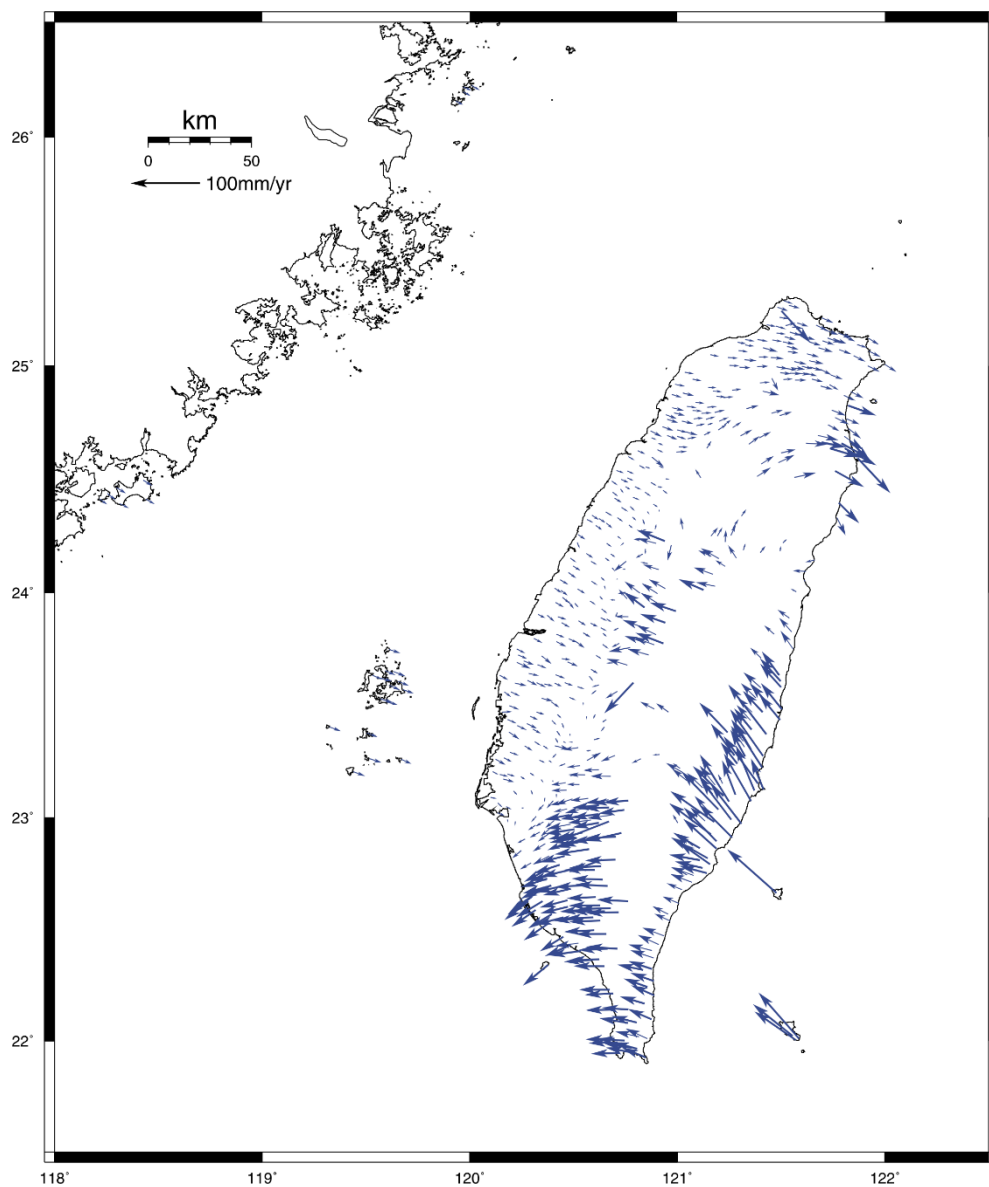


圖 2- 4 93 年度一、二等衛星控制點檢測工作衛星控制點水平速度量圖

除前述地表穩定位移量外，臺灣本島亦為地震發生頻繁地區。依交通部中央氣象局統計數據，該局目前每年約可蒐錄近 40,000 次地震，其中有感地震約 100 次，通常地震規模越大，代表所釋放的能量愈大，若加上震源深度較淺，就容易對地表造成嚴重災情，表 2-4 為自 88 年集集地震至 107 年花蓮地震 - 臺灣近 20 年主要重大地震統計資訊。

表 2-4 臺灣 88 年集集地震以來之主要地震事件統計表

地震事件	時間	規模 (M <sub>L</sub> )	震央 (°)	深度 (km)	地表最大 水平位移 量 (cm)	地表最大 垂直位移 量 (cm)	參考文獻
88 年集集地震	88/09/21 01:47:05.9	7.3	23.85 N, 120.82 E	8	890	323.8	Yang et al. [2001]
91 年花蓮外海地震	91/03/31 14:52:50.0	6.8	24.14 N, 122.19 E	13.8	5.50	-	Chen et al. [2004]
92 年成功地震	92/12/10 12:38:13.5	6.4	23.07 N, 121.40 E	17.7	12.6	26.3	Chen et al. [2006]
95 年卑南地震	95/04/01 18:02:19.5	6.2	22.88 N, 121.08 E	7.2	3.51	-2.70	Chen et al. [2009]
95 年恆春地震	95/12/26 20:26:21.0	7.0	21.89 N, 120.56 E	44.1	2.54	3.23	Chen et al. [2008]
95 年恆春地震	95/12/26 20:34:51.0	7.0	21.97 N, 120.42 E	50.2	2.83	-2.54	Chen et al. [2008]
99 年甲仙地震	99/03/04 08:18:52.1	6.4	22.97 N, 120.71 E	22.6	2.74	2.5	Ching et al. [2011]
102 年 3 月南投地震	102/03/27 10:03:19.6	6.2	23.90 N, 121.05 E	19.4	1.08	-	Chuang et al. [2013]
102 年 6 月南投地震	102/06/02 13:43:03.2	6.5	23.86 N, 120.97 E	14.5	4.98	-	Chuang et al. [2013]
102 年瑞穗地震	102/10/31 20:02:09.5	6.4	23.57 N, 121.35 E	15.0	6.2	-	Chuang et al. [2014]
105 年美濃地震	105/02/06	6.6	22.92 N, 120.54 E	14.6	7.3	12.2	Chen et

地震事件	時間	規模 (M <sub>L</sub> )	震央 (°)	深度 (km)	地表最大 水平位移 量 (cm)	地表最大 垂直位移 量 (cm)	參考文獻
震	03:57:26.1						a1. [2017]
107年2月花蓮地震	107/02/06 23:50:41.6	6.2	24.1 N, 121.73 E	6.3	123.4	34.1	本次研究

#### 第四節 e-GNSS 系統坐標更新及監控機制

臺灣本島地區由於受到前述地殼變動因素影響，各基準站坐標移位量級及方向勢必不一，但 e-GNSS 系統之 VBS-RTK 技術須仰賴高精度的基準站坐標，作為定位誤差修正的理論基礎，故就國家坐標系統一致性與各項測繪業務成果整體考量，各基準站之坐標理應以內政部現行公告之 TWD97 或 TWD97[2010]坐標系統為基準，不僅可避免坐標系統轉換所衍生的轉換誤差，使用上亦更為便利。惟臺灣位處地殼變動劇烈地帶，各地區域性地表位移量在方位及量級上均明顯不同，為維持基準站間之相對關係，確保測量成果精度品質，e-GNSS 系統應在儘量維持與法定坐標系統相關性的前提下，自行定義 1 坐標系統使用，同時各基準站坐標須定期計算更新，以維持精度。系統服務成果屬 e-GNSS 系統坐標，非法定坐標。

自 93 年系統建置初期，坐標系統參照 TWD97 定義在 IRTF94 框架，選定以竹南基準站 (JUNA) 坐標起算約制站，其成果係由 TWD97 下之陽明山站 (YMSM) 推算而得，並在 98 年更新為 e-GPS[2009]。國土測繪中心於 101 年分析基準站位移量對系統效能的影響，考量坐標頻繁更新對使用者的影響、坐標更新作業期程及系統服務效能等因素，決議 e-GNSS 坐標系統自 103 年起以 2 年 1 次頻率辦理更新，以 103 年度為例，更新作法為由國土測繪中心蒐集中央研究院地球所、交通部中央氣象局、經濟部中央地質調查所、水利署、農委會林務局南投林區管理處、臺中市政府、臺南市政府及高雄市政府等機關所設置超過 365 個衛星基準站資料進行解算，資料為自 101 年 12 月 1 日至 102 年 1 月 31 日接收之衛星觀測資料及 IGS 公布之衛星精密星曆，採用 Bernese 研究型基線及網形平差計算軟體，重新解算各基準站之精密坐標 e-GNSS[2013.0]，搭配國土測繪中心三維坐標轉換服務至臺灣本島各地區實地測試無誤後，於 103 年 1 月 1 日更新臺灣本島

地區基準站坐標為 e-GNSS[2013.0]。104 年度則為因應長期營運維護及設備管理便利，將坐標起算約制站由竹南基準站 (JUNA) 改為設置在國土測繪中心樓頂之基準站 (LSB0)，坐標框架定義表如表 2- 5，至於澎湖、金門及馬祖地區，則持續維持現有 TWD97[1997]坐標框架，整理歷年坐標系統更新情形如表 2- 6。

表 2- 5 e-GNSS 系統坐標框架定義表

國際坐標基準框架		ITRF94	
固定站名稱	X	Y	Z
測繪中心 (LSB0)	-2967207.333	5010439.297	2593842.976
速度量	N	E	U
LSB0	-0.0042 m/yr	0.0000 m/yr	-0.0022 m/yr

表 2- 6 e-GNSS 系統歷年坐標系統變動表

時間	臺灣地區	澎湖、金門及馬祖地區
97.5.1*1~98.7.1	e-GPS 【2007】	TWD97 【1997】
98.7.1~103.1.1	e-GPS 【2009】	
103.1.1~104.4.30	e-GNSS 【2013】	
104.5.1~106.4.30	e-GNSS 【2015】*2	
106.5.1~	e-GNSS 【2017】	
備註： 1. e-GNSS 系統於 97 年 5 月 1 日開始試營運，98 年 1 月 1 日正式營運。 2. 最小約制點位由竹南基準站 (JUNA) 104 年起更改為測繪中心 (LSB0)。		

除定期更新坐標系統之外，國土測繪中心為即時確認 e-GNSS 系統基準站之地表位移量，避免影響系統服務，使用 e-GNSS 系統核心軟體 TPP(Trimble Pivot Platform)的網型監控模組(Network Motion Engine)，對基準站坐標進行監控。該模組可設定 1 個基準站為固定主站，即時接收其餘基準站衛星觀測資料，解算基準站間之基線解，初次解算在 24 小時後可得到基準站之「真實」坐標，該組坐標在納入電離層及對流層誤差修正模型的狀況下，坐標成果精度約可達到平面 1 公分及高程 2 公分，在基準站即時資料流不中斷的情況下，可持續維持以此精

度監控基準站。當系統坐標剛完成更新時，此基準站「真實」坐標會與 e-GNSS 系統坐標幾乎吻合，隨著時間經過，兩者的差值會因地區不同而有不同的變動速率，管理者可分析比較此差值的連續變化，藉此確保基準站相關設定是否正確（如坐標值或天線高等）。

e-GNSS 系統目前使用之坐標系統為 e-GNSS[2017]，係蒐集自 105 年 12 月 1 日至 106 年 1 月 31 日接收之基準站衛星觀測資料解算，至 107 年 10 月底止，離坐標系統定義時間約經過 1 年 10 個月，挑選 19 個均勻分布基準站（含固定主站），顯示其在網型監控模組之監控結果如表 2- 7 及圖 2- 5，N 方向最大位移量為 0.077 公尺，E 方向最大位移量為 0.101 公尺，h 方向最大位移量為 0.055 公尺，與圖 2- 4 相比較，可見 2 者之位移方向與量級相當。

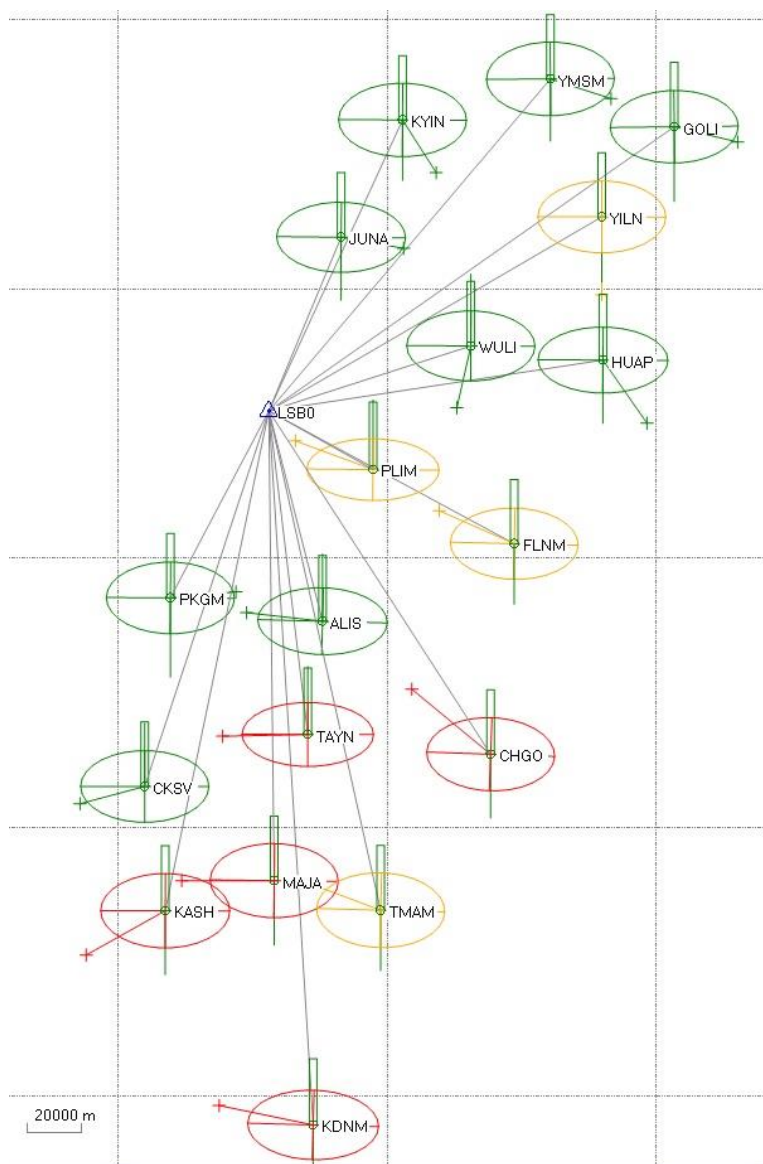


圖 2- 5 TPP 網型監控模組之基準站位移量圖

表 2- 7 TPP 網型監控模組之基準站位移量表

站名	N 方向位移 (單位：m)	E 方向位移 (單位：m)	h 方向位移 (單位：m)
ALIS	0.005	-0.046	0.02
CHGO	0.077	-0.094	-0.01
CKSV	-0.005	-0.018	0.008
FLNM	0.025	-0.057	-0.004
GOLI	-0.003	0.014	-0.042
HUAP	-0.039	0.028	-0.008
JUNA	-0.001	0.009	-0.008
KASH	-0.043	-0.076	-0.010
KDNM	0.021	-0.101	-0.001
KYIN	-0.005	0.003	-0.003
LSB0	0.000	0.000	0.000
MAJA	-0.001	-0.094	-0.011
PKG M	0.001	0.016	-0.055
PLIM	0.022	-0.061	0.028
TAYN	-0.002	-0.072	0.022
TMAM	0.021	-0.056	-0.002
WULI	-0.008	-0.002	0.033
YILN	-0.051	0.000	-0.013
YMSM	-0.003	0.009	-0.005



## 第五節 三維坐標轉換服務

e-GNSS 系統服務在臺灣本島地區得到之成果為 e-GNSS 坐標系統，與國家法定坐標系統不同，為避免使用者不了解 2 者間之差異，或自行坐標轉換過程出錯導致成果誤用，e-GNSS 系統提供三維坐標轉換服務，該服務藉由同時具 e-GNSS 與 TWD97 之控制點及同時具 e-GNSS 與 TWD97[2010]之控制點，計算坐標轉換參數並建置殘差網格修正模型，可將 e-GNSS 系統 VBS-RTK 定位成果由 e-GNSS 坐標即時轉換至法定 TWD97 及 TWD97[2010]坐標。同時於殘差修正網格模型中加入內政部公告之大地起伏模型，將 e-GNSS 坐標中之橢球高即時轉換至法定 TWVD2001 正高，建置坐標轉換模型之方法如圖 2- 6，詳細流程說明如下：

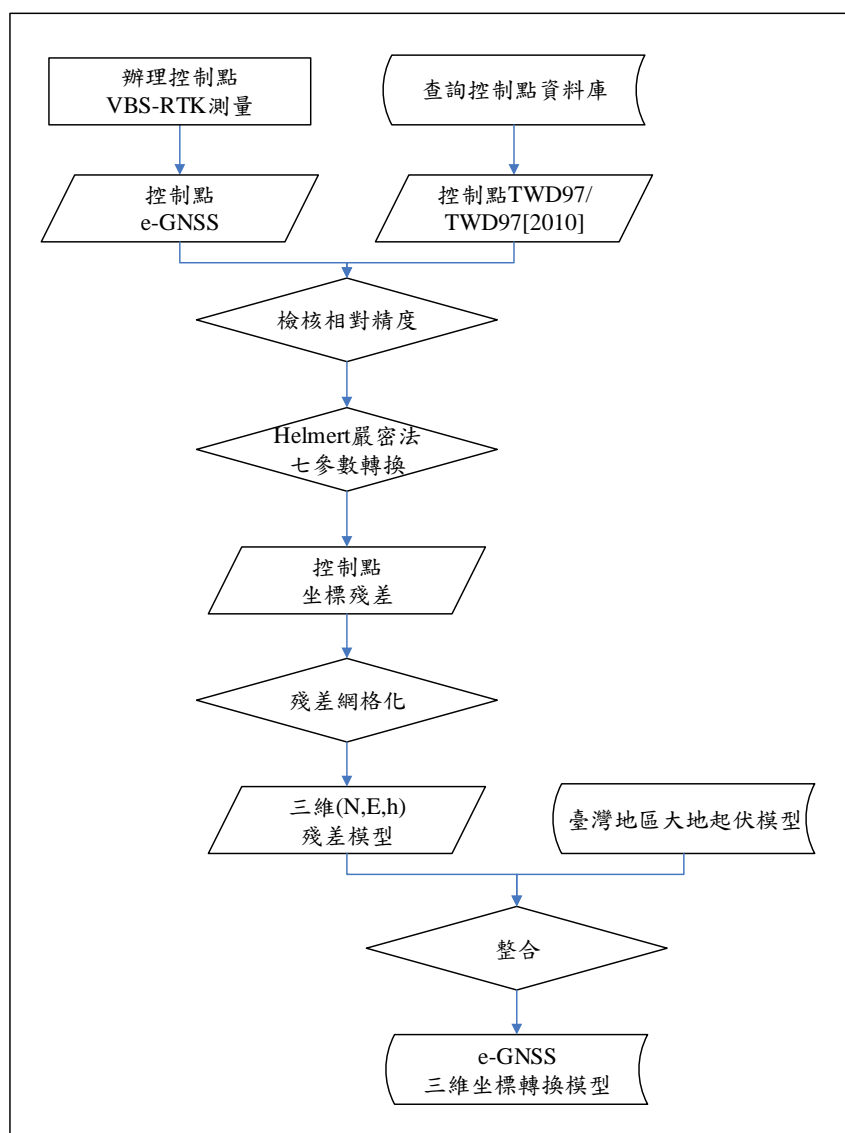


圖 2- 6 坐標轉換模型建置流程圖（內政部國土測繪中心, 2014）

- 一、於具 TWD97 及 TWD97[2010]之控制點辦理 e-GNSS 系統 VBS-RTK 測量，獲得控制點 e-GNSS 坐標。
- 二、查詢控制點資料庫，獲得控制點公告 TWD97 及 TWD97[2010]坐標。
- 三、利用控制點 e-GNSS 與 TWD97 坐標；e-GNSS 與 TWD97[2010]坐標檢核其相對關係，確保納入建置坐標轉換模型之控制點坐標可用性。
- 四、進行 Helmert 嚴密法 7 參數坐標轉換，獲得坐標轉換 7 個參數與控制點 7 參數轉換後坐標。
- 五、將控制點公告坐標與 7 參數轉換後坐標相減，獲得控制點坐標殘差。
- 六、將控制點殘差資料利用克利金法組成殘差網格修正模型。
- 七、整合殘差網格修正模型與大地起伏模型，分別獲得 e-GNSS 轉法定 TWD97、TWD97[2010]及 TWVD2001 轉換模型（內政部國土測繪中心, 2014）。

本服務主要利用國際海運系統無線電技術委員會（RTCM）制定的差分 GNSS 標準格式 RTCM 3.1，提供 VBS-RTK 測量進行即時坐標轉換的方法。RTCM 3.1 提供 type 1021~1027 等 7 種轉換訊息讓使用者自行應用（如表 2- 8），國土測繪中心依 RTCM 3.1 type 1021 及 type 1023 資料規定格式，計算坐標轉換 7 參數並建置坐標殘差網格修正模型，透過 type1021 傳送坐標轉換 7 參數；type1023 傳送經緯度網格殘差資料及網格內插模式，使用者只要透過 NMEA 格式將單點定位坐標傳送至 e-GNSS 系統，系統即可利用 RTCM 3.1 type 1021 及 type 1023 將坐標轉換參數及殘差網格修正模型傳送給使用者，讓使用者在測量時可即時獲得轉換後之 TWD97 或 TWD97[2010]成果，達成 VBS-RTK 測量成果即時轉換至法定坐標系統。

RTCM 3.1 type 1021 傳送之資料為坐標轉換參數，包括坐標轉換方法、高程系統、伺服器接收到移動站所在網格的坐標重心、網格經緯度解析度、坐標轉換參數、來源坐標橢球資料與目標坐標橢球資料等資訊（如表 2- 9），轉換網格示意圖如圖 2- 7。

表 2- 8 RTCM 3.1 轉換訊息說明表 (內政部國土測繪中心, 2014)

訊息	訊息名稱	訊息說明	功能
1021	Helmert/Abridged Molodenski 轉換	傳送 Helmert/Abridged Molodenski 轉換 7 個參數	進行 7 參數坐標轉換
1022	Molodenski-Badekas 轉換	傳送 Molodenski-Badekas 轉換 10 個參數	進行 10 參數坐標轉換
1023	球面坐標殘差網格	傳送球面坐標殘差網格資訊	進行球面坐標殘差修正
1024	卡氏坐標殘差網格	傳送卡氏坐標殘差網格資訊	進行卡氏坐標殘差修正
1025	地圖投影	傳送所有地圖投影參數 (除了 LCC2SP 及 OM 投影)	進行地圖投影
1026	LCC2SP 投影	傳送 Lambert Conformal Conical with 2 SP 地圖投影參數	進行 LCC2SP 投影
1027	OM 投影	傳送 Oblique Mercator 地圖投影參數	進行 OM 投影

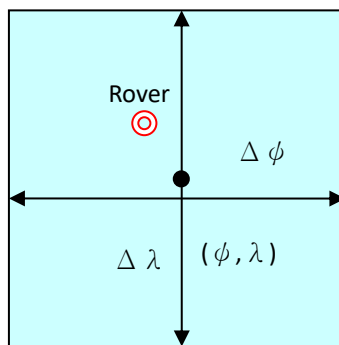


圖 2- 7 RTCM 3.1 type 1021 轉換網格示意圖

表 2- 9 RTCM 3.1 type 1021 傳送資料說明 (內政部國土測繪中心, 2014)

資料名稱	數值	數值說明
坐標轉換方法	1	0=Helmert 線性式轉換 1=Helmert 嚴密法轉換 2=Abridged Molodenski 轉換 3=Molodenski-Badekas 轉換
高程系統	1	0=橢球高 (h) 1=正高 (H) 2=大地起伏 (N)
移動站緯度	23	緯度網格重心 ( $\phi$ )
移動站經度	121	經度網格重心 ( $\lambda$ )
緯度解析度	0.0083	網格緯度解析度 ( $\Delta \phi$ )
經度解析度	0.0083	網格經度解析度 ( $\Delta \lambda$ )
轉換參數-dX	0.8089	dX 平移參數值
轉換參數-dY	-0.0816	dY 平移參數值
轉換參數-dZ	0.8705	dZ 平移參數值
轉換參數- $\omega$	0.0591	$\omega$ 旋轉參數值
轉換參數- $\phi$	-0.0349	$\phi$ 旋轉參數值
轉換參數- $\kappa$	-0.0514	$\kappa$ 旋轉參數值
轉換參數-S	0.0179	S 尺度參數值
來源坐標橢球長半徑	6378137	來源坐標橢球長半徑
來源坐標橢球短半徑	6356752.3141	來源坐標橢球短半徑
目標坐標橢球長半徑	6378137	目標坐標橢球長半徑
目標坐標橢球短半徑	6356752.3141	目標坐標橢球短半徑

RTCM 3.1 type 1021 支援 Helmert 線性式 7 參數、Helmert 嚴密法 7 參數、Abridged Molodenski 7 參數及 Molodenski-Badekas 十參數等 4 種坐標轉換方法。考量 TWD97、TWD97[2010] 及 e-GNSS 坐標系統之參考橢球與坐標框架相同，e-GNSS 系統僅以一般常用之 Helmert 嚴密法 7 參數坐標轉換將 e-GNSS 坐標轉換至 TWD97 及 TWD97[2010] 坐標系統，其轉換公式如下 (Fritzensmeier et al. , 1985、Rapp , 1993) :

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = S \cdot R \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix}$$

其中 S 表尺度因子， $R = R_1(\omega)R_2(\phi)R_3(\kappa)$ ，為 Cardan 旋轉矩陣， $(X, Y, Z)$  和  $(x, y, z)$  為目標及來源坐標， $(dX, dY, dZ)$  為平移參數。

RTCM 3.1 type 1023 傳送之資料為殘差網格修正模型與網格內插計算方法，包括坐標轉換後點位所在網格的坐標重心、網格經緯度解析度、轉換後點位周圍 16 個網格殘差修正量的平均值、每一個網格的殘差修正量與網格內插計算方法等資訊（如表 2- 10），殘差網格示意圖如圖 2- 8。

表 2- 10 RTCM 3.1 type 1023 傳送資料說明（內政部國土測繪中心, 2014）

資料名稱	數值	數值說明
坐標轉換後緯度	23.0005	網格緯度重心 ( $\phi_0$ )
坐標轉換後經度	121.0005	網格經度重心 ( $\lambda_0$ )
網格緯度解析度	0.0083	網格緯度解析度 ( $\Delta\phi$ )
網格經度解析度	0.0083	網格經度解析度 ( $\Delta\lambda$ )
緯度修正量平均值	0.00001	16 個網格緯度修正量平均值
經度修正量平均值	0.00001	16 個網格經度修正量平均值
高程修正量平均值	20.1234	16 個網格高程修正量平均值
網格 1_緯度修正量	0.00005	網格 1 在緯度方向的修正量
網格 1_經度修正量	-0.00005	網格 1 在經度方向的修正量
網格 1_高程修正量	20.1111	網格 1 在高程方向的修正量
網格 2_緯度修正量	0.00002	網格 2 在緯度方向的修正量
網格 2_經度修正量	-0.00002	網格 2 在經度方向的修正量
網格 2_高程修正量	20.2222	網格 2 在高程方向的修正量
...	...	...
網格 16_緯度修正量	0.00002	網格 16 在緯度方向的修正量
網格 16_經度修正量	-0.00002	網格 16 在經度方向的修正量
網格 16_高程修正量	20.2222	網格 16 在高程方向的修正量
平面坐標內插方法	0	0=雙線性內插 1=雙二次曲線內插 2=雙雲形曲線內插
高程坐標內插方法	0	0=雙線性內插 1=雙二次曲線內插 2=雙雲形曲線內插

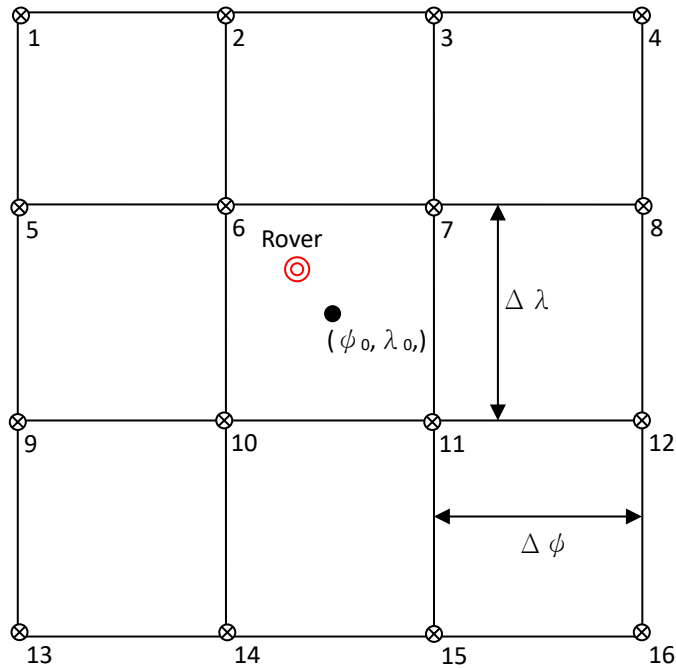


圖 2- 8 RTCM type 1023 殘差網格示意圖

## 第六節 系統服務應用

e-GNSS 系統自 98 年開始對外營運，提供政府機關及本國法人團體申請註冊成為會員，至 107 年 12 月止有 760 個註冊會員，核准超過 1,700 個即時動態定位服務帳號，22,000 個站/天衛星觀測資料，累計服務費收入達 4,099 萬 6160 元。註冊會員中有 100 個地政機關，占全國地政機關總數 8 成以上；75 間內政部核准之測繪業公司，佔全國總數 3 分之 2；會員總數半數則為各式各樣的私人公司，包括工程顧問公司、土木營造業等，顯然 e-GNSS 系統服務已成為國內各單位辦理空間資訊蒐集之必備工具之一。

相較於傳統測量方式須在通視良好的狀況下，由已知控制點逐級引測、施測待測點位，e-GNSS 系統服務可在短時間內直接取得公分級精度坐標，搭配三維坐標轉換模型可即時獲得法定 TWD97 與 TWD97[2010] 成果，對於空間資訊成果蒐集具有創新性。因應國內各項應用對其依賴漸深，行政院國土辦公室自 103 年將國土測繪中心建物及 e-GNSS 系統服務納入國家關鍵基礎設施 (Critical Infrastructure, CI)，國土測繪中心除定期執行各項防護演練計畫，完成服務不中斷的核心目標，亦應隨時確保核心功能正常運作，維持系統服務可用性。

## 第三章 0206 花蓮地震檢測

### 第一節 檢測過程概述

107 年 2 月 6 日晚上 23 點 50 分 (UTC 15:50)，花蓮縣近海發生規模 6 級淺層地震 (以下簡稱 0206 花蓮地震)，其中花蓮市最大震度達到 7 級，造成花蓮市附近區域多處建築物倒塌及人員傷亡。因花蓮市附近地區已發生顯著地表位移，推測該地區之 e-GNSS 系統服務精度將受到影響；區域內之基本控制點是否仍足以供後續應用測量使用，亦須加以評估。國土測繪中心隨即自 107 年 2 月 7 日起，展開一連串檢測作業，以確認與維持 e-GNSS 系統服務之精度，至 107 年 3 月 31 日檢陳辦理花蓮縣地震後續基本控制點檢測工作成果予內政部為止，共歷時 53 日，期間辦理工作項目內容整理如圖 3- 1。

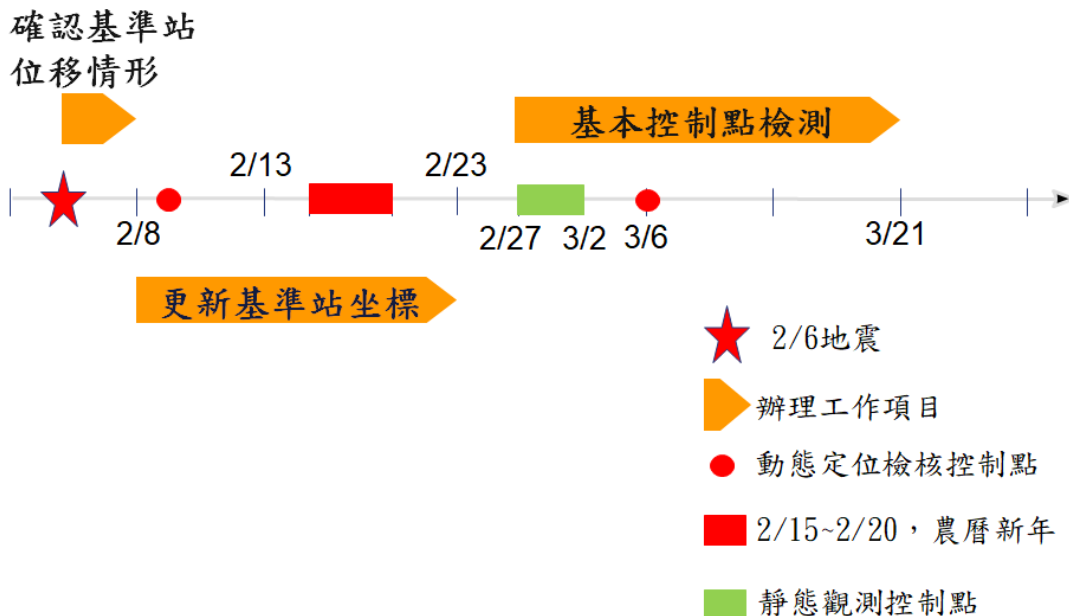


圖 3- 1 0206 花蓮地震因應作為時間表

主要包括 2 大工作項目，分述如下：

- 一、**更新基準站坐標**：蒐集建置於宜蘭縣、花蓮縣、北臺東縣及中央山脈地區之基準站計 53 站，以 107 年 2 月 6 日 8 時至 23 時 50 分及 107 年 2 月 7 日 0 時至 8 時等 2 個時間段衛星觀測資料，以 Trimble 公司的 Trimble Business

Center 軟體計算地震前、後之位移量，所有成果約制在金門追蹤站 (KMNM)，結果顯示，地表最大位移量約達 45 公分，而其中位移量超過 1 公分的基準站有 11 個。

## 二、基本控制點檢測：

- (一)、工作日期：107 年 2 月 26 日至 3 月 2 日，5 個工作天。
- (二)、人力儀器：共計 18 部衛星定位接收儀 36 人，由國土測繪中心調派 12 部接收儀 28 人，花蓮縣政府 2 部接收儀 4 人，花蓮地政事務所 4 部接收儀 4 人。
- (三)、作業範圍：北從花蓮和平，南至鳳林，西至中央山脈，計辦理 53 個基本控制點檢測，並與範圍內 22 個基準站進行聯合計算處理。

## 第二節 更新基準站坐標

107 年 2 月 6 日晚上 23 點 50 分 (UTC 15:50)，花蓮縣近海發生規模 6 級淺層地震，其中花蓮市最大震度達到 7 級，造成花蓮市附近區域多處建築物倒塌及人員傷亡，為了解地震影響量，國土測繪中心於本年 2 月 7 日聯繫中央研究院地球科學研究所、交通部中央氣象局、經濟部中央地質調查所及成功大學等單位，蒐集各單位建置之衛星基準站觀測資料，並研擬檢測範圍及資料處理原則。

首先須確認資料蒐集處理範圍，初步由 e-GNSS 系統網型監控模組評估，發現一般東部地區之基準站位移方向為向西，而地震後花蓮地區新城 (SICH) 及壽豐 (SOFN) 2 基準站之位移方向與量級呈現不正常狀況 (SICH 向東南 14 公分，SOFN 向西北 11 公分)；同時參考中央氣象局地震報告，如表 3-1 及圖 3-2，決定資料處理範圍為南宜蘭縣、花蓮縣及北臺東縣，西側以新竹尖石泰崗站 (THAI) 及玉山北峰站 (YUSN) 連線範圍內，共計 53 個基準站資料。觀測資料計算時間則以主震【主震時間為 15:53 (UTC)，臺灣時間 23:53】前 16 小時【107/2/6 00:00 至 15:50 (UTC)】及震後 8 小時【107/2/6 16:00 至 24:00 (UTC)】等 2 個時間段為主，計算基準站受地震影響之位移量，使用計算軟體為 Trimble Business Center，所有成果皆約制在金門追蹤站 (KMNM)。



表 3- 1 花蓮地區基準站於 TPP 監控模組中之位移量

站名	N 方向	E 方向	H 方向
SICH	-0.132	0.014	-0.004
SOFN	0.084	0.027	0.026

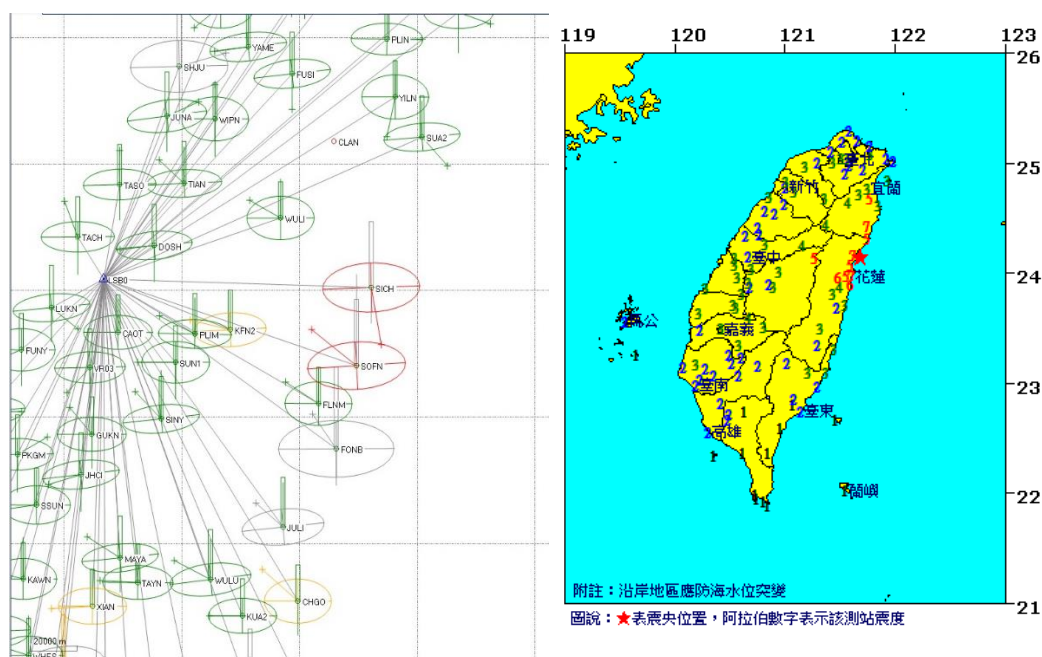


圖 3- 2 0206 花蓮地震基準站位移圖 (左)，0206 花蓮地震報告圖 (右，氣象局網頁，2018)

比較 2 個時間段之 53 個基準站坐標成果，2 者較差即為本次地震所造成之位移量，最大位移量為交通部中央氣象局之花蓮氣象站 (HUAL)，往東北北方向位移約 45 公分 (dN: 0.426m, dE: 0.148m)，統計地震前後位移量過 1 公分者有 11 個基準站，成果如表 3- 2。

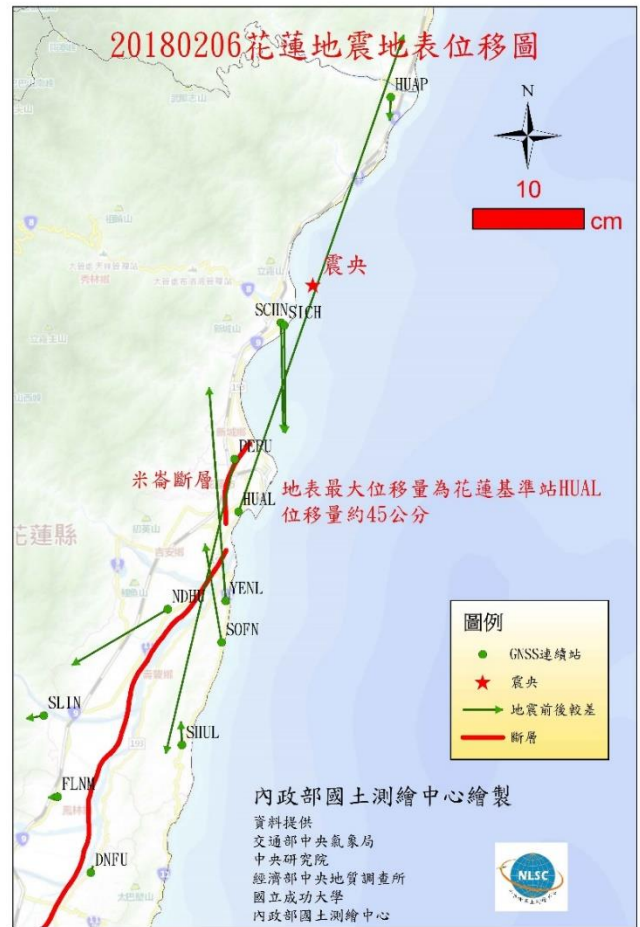
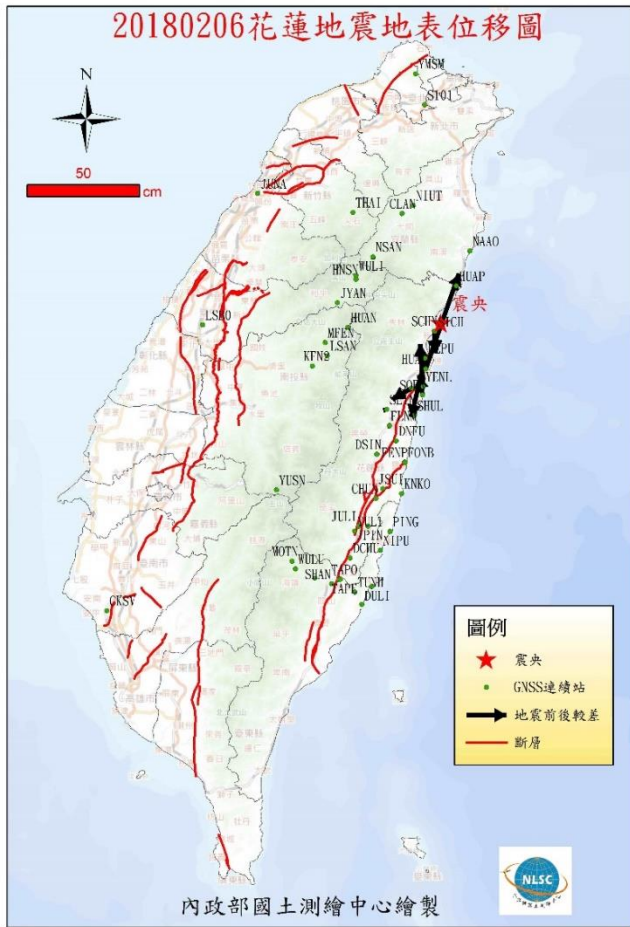


圖 3- 3 0206 花蓮地震地表位移圖

表 3- 2 0206 花蓮地震基準站地震前後坐標較差表

20180206 花蓮地震前後坐標較差					單位：公尺	
點號	dN	dE	dh	S	站名	建置單位
HUAL	0.426	0.148	0.063	0.451	花蓮氣象站	氣象局
HUAP	-0.021	-0.001	0.025	0.021	和平	氣象局
NDHU	-0.050	-0.086	0.043	0.099	東華大學	氣象局
NSAN	-0.012	0.002	0.025	0.012	南山	氣象局
PEPU	-0.263	-0.062	0.101	0.270	北埔	氣象局
SCHN	-0.098	0.002	-0.001	0.098	新城	中研院
SHUL	0.021	-0.001	0.005	0.021	水璉國中	氣象局
SICH	-0.097	0.001	-0.005	0.097	新城	測繪中心
SLIN	-0.003	-0.016	0.024	0.016	西林	氣象局
SOFN	0.088	-0.015	0.000	0.089	壽豐	測繪中心
YENL	0.191	-0.015	-0.033	0.192	東管處	氣象局

因位移量過大，已對 e-GNSS 系統定位精度造成影響，故 e-GNSS 系統入口網站於 107 年 2 月 8 日公告，為因應地震影響，國土測繪中心將進一步規劃派員進行大規模檢測，並評估是否須更新基準站坐標，於國土測繪中心檢測期間，建議自和平基準站 (HUAP) 至鳳林追蹤站 (FLNM) 之間區域，對於高精度定位測量作業，應避免使用 e-GNSS 系統服務，如仍有使用 e-GNSS 系統定位服務之必要時，應先至鄰近已知點進行檢核無誤後，再予辦理，並請自行評估是否可達作業目的精度，以確保測量成果之正確性，避免造成後續相關問題。

為因應前述基準站位移所造成影響，國土測繪中心依檢測結果，挑選宜蘭南澳基準站 (NAAO) 以南，花蓮鳳林追蹤站 (FLNM) 以北及宜蘭棲蘭基準站 (CLAN) 及南投高峰基準站 (KFN2) 之範圍內約 22 個基準站，蒐集 2 月 7 日至 2 月 13 日之基準站衛星觀測資料，搭配 IGS 之快速精密星曆 (IGR)，約制測繪中心基準站 (LSB0)，以 Bernese 軟體重新解算基準站坐標為 e-GNSS 【2017A】，依表 3-2 更新本次地震前、後位移超過 1 公分之 11 個基準站坐標，同步更新 e-GNSS 系統三維坐標轉換模型，相關成果於 2 月 23 日公布使用。

### 第三節 辦理花蓮地區基本控制點靜態檢測

依國土測繪中心所計算衛星基準站在 0206 花蓮地震前後的移動量，推測北至花蓮縣和平鄉，南至花蓮縣鳳林鄉，西至中央山脈之間地區，該範圍內基本控制點之點位間相對關係應已無法符合基本測量實施規則所要求之精度。故國土測繪中心規劃辦理前述區域基本控制點檢測，進一步更新該區域基本控制點坐標，確保其成果精度足供該區域後續各項應用測量使用。

透過分析基準站位移情形，規劃北從花蓮和平，南至鳳林，西至中央山脈為檢測範圍，安排 18 組人力儀器，採 6 小時蛙跳式靜態觀測辦理 53 個基本控制點檢測 (其中一等衛星控制點 2 點、二等衛星控制點 11 點、三等控制點 40 點)，於 107 年 2 月 27 日至 3 月 2 日共計 4 個觀測時段 (如表 3-3、圖 3-4、圖 3-5)，並與範圍內 22 個基準站進行聯合計算處理。

表 3- 3 0206 花蓮地震 6 小時基本控制點檢測時段表

觀測時段表																	
觀測人員	第 1 組	第 2 組	第 3 組	第 4 組	第 5 組	第 6 組	第 7 組	第 8 組	第 9 組	第 10 組	第 11 組	第 12 組	第 13 組	第 14 組	第 15 組	第 16 組	第 17 組
測段 1	E319	E415	E637	E902	U013	U025	U026	U027	U028	U037	U038	U040	U043	U048	U222	U223	U224
2/27、 09:00	農場	國福	花蓮市 市民廣場	三棧	和仁	民有	秀林	加灣	佳民	華東	嘉新	水源地	花蓮 (一)	南濱北	大清水	匯源	德燕
步行時間	1	2	2	5	0	0	1	1	0	0	1	0	3	0.5	0	1	0.5
測段 2	E331	E415	E637	E970	U004	U058	U071	U050	U053	U055	U057	U040	U226	U048			
2/28、 09:00	初英山	國福	市民廣場	東海岸 風景區 北	南埔	南濱	吳全 (二)	南昌	文蘭	南華	廣賢	水源地	光華農 場	南濱北			
步行時間	2	2	2	0	1	3	1	1	2	2	0.5	0	10	0.5			
測段 3	E302	E307	E315	E970	E549	U067	U071	U064	U053	U055	U057	U074	U077	U070	U231	U239	BD88
3/1、09:00	鯉魚山	壽山	賀田山	東海岸 風景區 北	吳全	重光	吳全 (二)	干城 (二)	文蘭	南華	廣賢	光榮	月眉	大坑	壽豐	豐山	大榮牧 場
步行時間	5	40	5	0	0	1	1	0	2	2	0.5	0.5	0	0	2	3	3
測段 4	E007	E316	E315	U007	U104	U083	U086	U091	U094	U096	U102	U103	U077	U237	U231	U239	U238
3/2、09:00	月眉山	溪口	賀田山	兆豐	中興	鹽寮南	豐坪	溪口	水璉北	米棧 (二)	上工寮	北林	月眉	橄子樹 腳	壽豐	豐山	大樹腳
步行時間	65	3	5	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	1	0.5	0	1	2	3	0

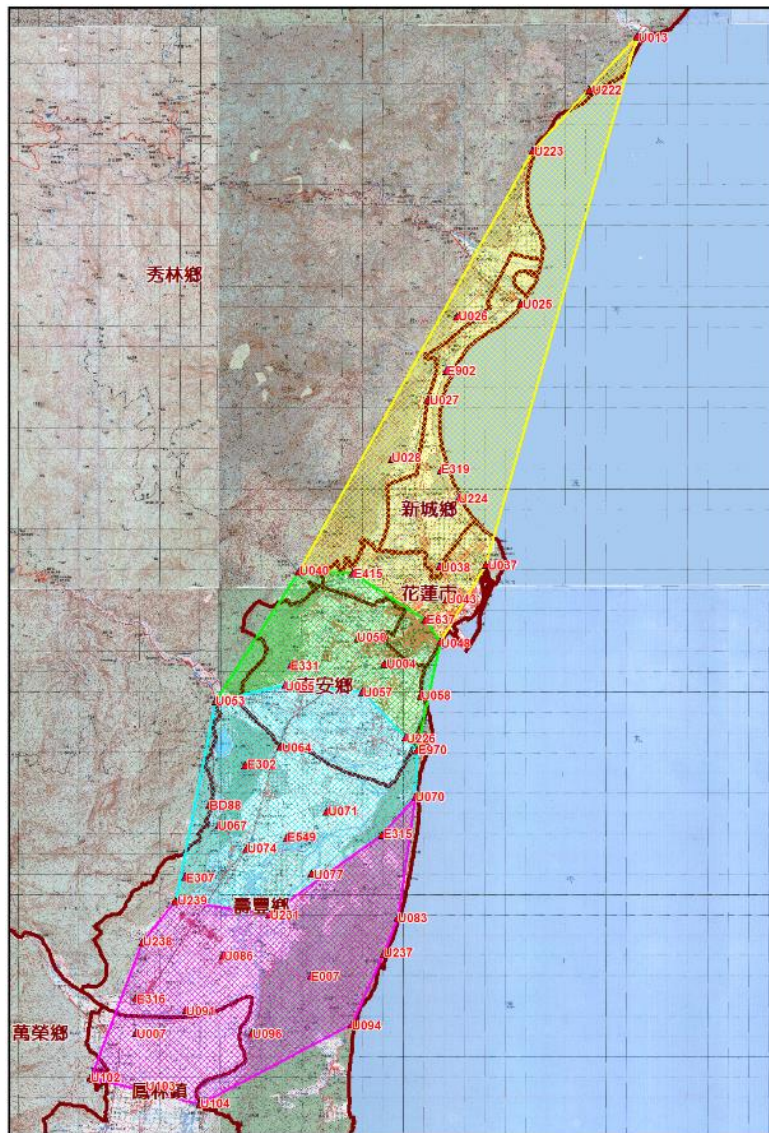


圖 3- 4 0206 花蓮地震 6 小時基本控制點檢測網絡圖



圖 3- 5 0206 花蓮地震 6 小時基本控制點檢測作業情形

由於花蓮屬於地殼擠壓劇烈地區，TWD97[2010]成果之觀測時間至今已逾7年，已知控制點間相對關係已有明顯變動，再加上本次地震影響，為分析基本控制點位移量及其更新公告坐標之必要性，國土測繪中心決議採用逐級套合方式進行平差計算，先行檢測花蓮地區衛星基準站約制於TWD97[2010]之相對關係，挑選出相對精度優於1/100,000之基準站作為「約制點」（視為無變動），相對精度低於1/100,000之基準站則重新計算坐標以作為「次級約制點」，兩者併同基本控制點組成基線網一併解算新坐標成果，具體資料處理過程詳述如下：

- 一、蒐集22個基準站1天（107年3月2日，24小時）、15秒間隔之衛星觀測資料，以Bernese V5.0軟體計算各站間之基線向量，並使用國土測繪中心「衛星定位基線網形平差系統」執行網形平差計算，最小約制於武陵（WULI），其中13個基準站具有TWD97[2010]公告成果，較差表如表3-4。

表3-4 基準站檢測成果（最小約制）與TWD97[2010]公告成果較差表（單位：公尺）

點號	站名	dN	dE	dh	已知點成果	備註
WULI	武陵	0.000	0.000	0.000	101年公告衛星追蹤站	約制點位
FLNM	鳳林	-0.068	0.157	0.062	101年公告衛星追蹤站	
CLAN	棲蘭	0.040	-0.094	0.037	101年公告一等衛星(GPS連續站)	
DNFU	東富	-0.123	0.21	0.073	101年公告一等衛星(GPS連續站)	
MFEN	梅峰	-0.041	0.172	0.039	101年公告一等衛星(GPS連續站)	
NAAO	南澳	0.251	-0.143	0.114	101年公告一等衛星(GPS連續站)	
NSAN	南山	0.017	-0.035	-0.017	101年公告一等衛星(GPS連續站)	
HUAP	和平	0.250	-0.119	0.133	101年公告一等衛星(GPS連續站)	
HUAL	花蓮氣象站	-0.462	-0.036	0.034	101年公告一等衛星(GPS連續站)	
NDHU	東華大學	0.010	0.259	0.077	101年公告一等衛星(GPS連續站)	
SHUL	水蓮國中	-0.182	0.168	0.167	101年公告一等衛星(GPS連續站)	
SICH	新城	0.197	0.021	0.096	101年公告一等衛星(GPS連續站)	
SOFN	壽豐	-0.243	0.155	0.133	101年公告一等衛星(GPS連續站)	

二、分析 13 個基準站間距離相對關係，依其相對精度低於 1/100,000 之基線剔除疑義點位，經分析剔除花蓮 (HUAL)、東華大學 (NDHU)、水蓮國中 (SHUL)、新城 (SICH) 及壽豐 (SOFN) 等 5 站後 (如表 3-5)，其餘基線相對精度皆高於 1/100,000，計約制 8 個基準站 (如圖 3-6)，作為計算其餘 14 個基準站更新後之 TWD97[2010] 成果 (簡稱 TWD97[2010A]) 之依據。

表 3-5 基準站距離相對關係分析表 (低於 1/100000)

測站	測站	檢測距離 (公尺)	反算距離 (公尺)	較差 (公尺)	距離/較差
HUAL	NDHU	10753.793	10753.239	0.554	19396
HUAL	SICH	17162.034	17162.687	-0.653	26281
HUAL	SOFN	11747.122	11746.88	0.242	48614
HUAL	HUAP	39447.463	39448.102	-0.639	61732
HUAL	SHUL	21428.991	21428.671	0.320	66965
HUAL	FLNM	30162.932	30162.496	0.436	69163
HUAL	DNFU	34815.393	34814.986	0.407	85637
HUAL	NAAO	56168.131	56168.761	-0.63	89163
NDHU	SHUL	12201.276	12201.457	-0.181	67305
SICH	SOFN	28866.077	28866.482	-0.405	71279

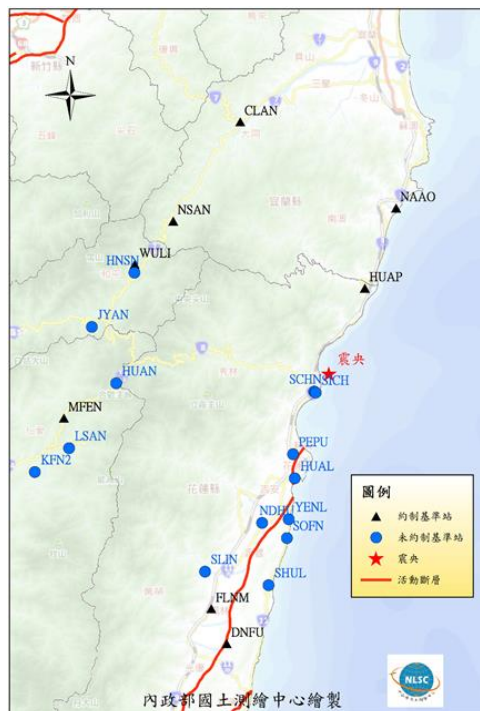


圖 3-6 22 個基準站位置圖

三、辦理 6 小時靜態觀測之基本控制點除各時段資料，同時蒐集鄰近基準站之接收資料，使用 Topcon MAGNET V4.3 軟體進行基線向量計算，總計選取 1,523 條基線觀測量（實際觀測基線 1579 條，剔除基線 56 條，合格率 96.5%）。

四、彙整各時段基線觀測量組成觀測網形，使用國土測繪中心「衛星定位基線網形平差系統」執行網形平差計算，進行基線偵錯，並採用上開 8 個基準站之 TWD97[2010]坐標及 14 個基準站之 TWD97[2010A]坐標作為約制，進行強制附合網形平差計算。

五、將各點位檢測成果與公告成果進行比較，各點位較差如表 3-6，檢測成果與公告成果平面與高程分量較差示意圖如圖 3-7，變動分析統計結果如表 3-7，大部分點位各分量變動情形均十分顯著。

表 3-6 53 個基本控制點強制附合坐標較差表（單位：公尺）

編號	點號	[改算坐標 A]-TWD97[2010]公告坐標			
		dN	dE	dh	dS
1	U238	-0.010	0.000	0.082	0.010
2	E316	-0.007	0.025	0.024	0.026
3	U102	-0.013	0.025	0.066	0.028
4	U007	-0.021	0.023	0.060	0.031
5	U103	-0.034	0.024	0.058	0.042
6	U091	-0.031	0.039	0.087	0.050
7	U086	-0.023	0.053	0.109	0.058
8	U239	0.011	0.061	0.060	0.062
9	E307	0.004	0.075	0.014	0.075
10	U104	-0.063	0.041	0.087	0.075
11	U231	-0.030	0.076	0.096	0.082
12	BD88	0.028	0.080	-0.010	0.085
13	U096	-0.081	0.036	0.117	0.089
14	U026	0.085	0.042	0.092	0.095
15	U067	0.015	0.095	0.048	0.096
16	U077	-0.033	0.097	0.097	0.102



編號	點號	[改算坐標 A]-TWD97[2010]公告坐標			
		dN	dE	dh	dS
17	U025	0.089	0.051	0.111	0.103
18	U074	0.016	0.102	0.080	0.103
19	E007	-0.096	0.050	0.059	0.108
20	U027	0.122	0.041	0.043	0.129
21	U053	0.039	0.126	0.023	0.132
22	U028	0.118	0.072	0.039	0.138
23	E302	0.050	0.129	0.071	0.138
24	E902	0.127	0.057	0.069	0.139
25	U223	0.130	-0.058	0.098	0.142
26	U040	0.062	0.134	0.008	0.148
27	E549	0.012	0.148	0.003	0.148
28	U064	0.060	0.144	0.035	0.156
29	U013	0.145	-0.083	0.165	0.167
30	U071	0.042	0.165	0.075	0.170
31	U237	-0.169	0.028	0.160	0.171
32	U094	0.013	-0.172	0.387	0.172
33	E331	0.080	0.168	-0.021	0.186
34	E415	0.130	0.134	-0.045	0.187
35	U083	-0.186	0.029	0.122	0.188
36	E315	-0.181	0.057	0.121	0.190
37	E319	0.190	0.042	0.067	0.195
38	U055	0.090	0.174	-0.013	0.196
39	U057	0.154	0.149	0.013	0.214
40	U050	0.174	0.149	-0.010	0.229
41	U222	0.194	-0.142	0.267	0.240
42	U058	0.235	0.070	0.195	0.245
43	U004	0.243	0.079	0.029	0.256
44	U038	0.243	0.095	0.020	0.261
45	U224	0.259	0.040	0.069	0.262
46	E637	0.292	0.046	0.186	0.296
47	U070	-0.315	-0.025	0.167	0.316

編號	點號	[改算坐標 A]-TWD97[2010]公告坐標			
		dN	dE	dh	dS
48	U226	0.223	0.288	-0.013	0.364
49	E970	-0.410	0.024	0.176	0.411
50	U048	-0.502	-0.120	0.028	0.516
51	E008	-0.664	-0.089	0.003	0.670
52	U043	-0.676	-0.287	-0.135	0.734
53	U037	-0.981	-0.749	-0.341	1.234

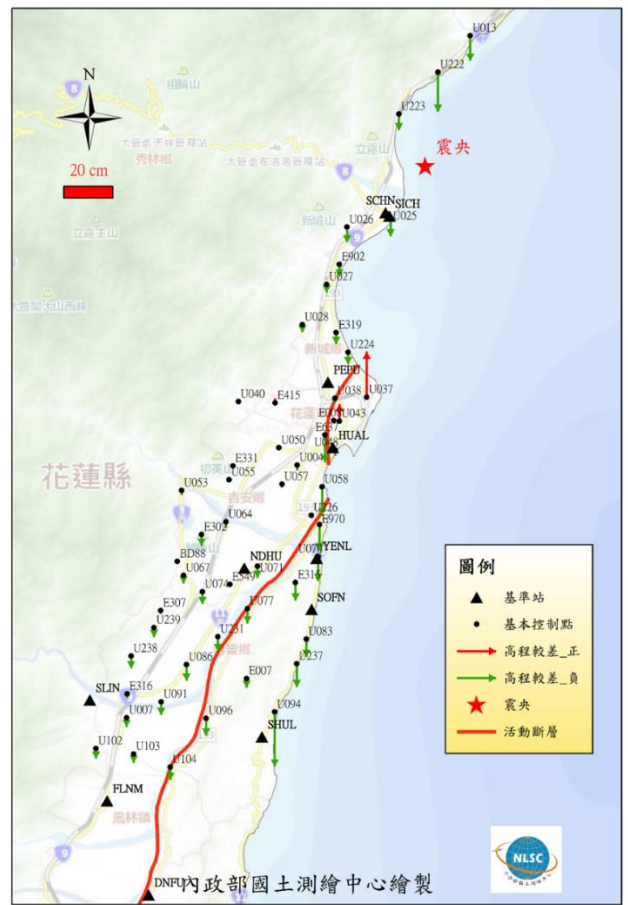


圖 3- 7 檢測成果與公告成果平面及高程分量較差示意圖

表 3- 7 基本控制點檢測成果變動分析統計表 (單位:公尺)

項目 \ 坐標分量	N 分量	E 分量	h 分量
最大變動量	0.981 (U037)	0.749 (U037)	0.341 (U094)
平均變動量	0.155	0.100	0.086

六、另考量實際應用情形，將檢測成果與公告成果之較差在 5 公分內(基本控制點檢測作業規範，內政部土地測量局 90 年 5 月委託研究之二等衛星控制點較差標準)之基本控制點，計有 E316、U007、U091、U102、U103、U238 等 6 點 (其中最大值 U091 改正為 5.0 公分)，仍加以強制約制平差。

七、本次檢測作業計採用 8 個基準站與 6 個基本控制點之 TWD97[2010]坐標 (如表 3- 8) 及 14 個基準站之 TWD97[2010A]坐標為約制，進行強制附合網形平差計算 47 點基本控制點之 TWD97[2010A]坐標成果 (如表 3- 9)。

表 3- 8 0206 花蓮地震基本控制點檢測約制點位一覽表

編號	點號	點位等級
1	CLAN	101 年公告衛星追蹤站
2	FLNM	101 年公告衛星追蹤站
3	DNFU	101 年公告一等衛星控制點 (GPS 連續站)
4	HUAP	101 年公告一等衛星控制點 (GPS 連續站)
5	MFEN	101 年公告一等衛星控制點 (GPS 連續站)
6	NAAO	101 年公告一等衛星控制點 (GPS 連續站)
7	NSAN	101 年公告一等衛星控制點 (GPS 連續站)
8	WULI	101 年公告一等衛星控制點 (GPS 連續站)
9	E316	二等衛星控制點
10	U007	三等衛星控制點
11	U091	三等衛星控制點
12	U102	三等衛星控制點
13	U103	三等衛星控制點
14	U238	三等衛星控制點

表 3- 9 0206 花蓮地震基本控制點檢測更新坐標 (TWD97[2010A]) 點位清冊

編號	點號	點位等級
1	HUAL	101 年公告一等衛星控制點 (GPS 連續站)
2	NDHU	101 年公告一等衛星控制點 (GPS 連續站)
3	SHUL	101 年公告一等衛星控制點 (GPS 連續站)
4	SICH	101 年公告一等衛星控制點 (GPS 連續站)
5	SOFN	101 年公告一等衛星控制點 (GPS 連續站)
6	HNSN	基準站
7	HUAN	基準站
8	JYAN	基準站
9	KFN2	基準站
10	LSAN	基準站
11	PEPU	基準站
12	SCHN	基準站
13	SLIN	基準站
14	YENL	基準站
15	E007	一等衛星控制點
16	E008	一等衛星控制點
17	E302	二等衛星控制點
18	E307	二等衛星控制點
19	E315	二等衛星控制點
20	E319	二等衛星控制點
21	E331	二等衛星控制點
22	E415	二等衛星控制點
23	E549	二等衛星控制點
24	E637	二等衛星控制點
25	E902	二等衛星控制點
26	E970	二等衛星控制點
27	BD88	三等衛星控制點
28	U004	三等衛星控制點
29	U013	三等衛星控制點
30	U025	三等衛星控制點

編號	點號	點位等級
31	U026	三等衛星控制點
32	U027	三等衛星控制點
33	U028	三等衛星控制點
34	U037	三等衛星控制點
35	U038	三等衛星控制點
36	U040	三等衛星控制點
37	U043	三等衛星控制點
38	U048	三等衛星控制點
39	U050	三等衛星控制點
40	U053	三等衛星控制點
41	U055	三等衛星控制點
42	U057	三等衛星控制點
43	U058	三等衛星控制點
44	U064	三等衛星控制點
45	U067	三等衛星控制點
46	U070	三等衛星控制點
47	U071	三等衛星控制點
48	U074	三等衛星控制點
49	U077	三等衛星控制點
50	U083	三等衛星控制點
51	U086	三等衛星控制點
52	U094	三等衛星控制點
53	U096	三等衛星控制點
54	U104	三等衛星控制點
55	U222	三等衛星控制點
56	U223	三等衛星控制點
57	U224	三等衛星控制點
58	U226	三等衛星控制點
59	U231	三等衛星控制點
60	U237	三等衛星控制點
61	U239	三等衛星控制點

八、針對變動趨勢進行分析，明顯以斷層位置（圖 3- 7 紅線標示位置）作為區隔，斷層西側檢測點位變動趨勢朝南、偏西南，斷層東側檢測點位變動趨勢朝北，趨勢明顯不同，應可推論係受到 2 月 7 日地震群造成地表位移所致。

九、國土測繪中心於本年 3 月 31 日以測控字第 1070400127 號函檢陳辦理花蓮縣地震後續基本控制點檢測工作成果，並經內政部 107 年 4 月 20 日台內地字第 1071302871 號公告提供各界使用（如附錄）。

## 第四章 重大地震對 e-GNSS 系統營運實務探討與分析

### 第一節 問題概述

辦理第三章基本控制點檢測作業過程中，發現與 e-GNSS 系統營運相關問題，透過成果分析及成果套用，逐一釐清解決，茲將主要遭遇問題與解決方法條列如下，以作為未來系統營運及遭遇重大地震事件的處置參考。

#### 一、重大地震造成地表錯動：

蒐集地震前後基準站衛星觀測資料並計算，分析成果以評估位移狀況。

#### 二、基準站位置變動影響 e-GNSS 系統服務：

更新衛星基準站坐標與三維坐標轉換模型。

#### 三、評估三維坐標轉換模型精度：

納入基本控制點檢測成果，加強坐標轉換共同點之分布密度。

#### 四、定義可能影響系統服務之地震規模及範圍：

蒐集近 20 年重大地震資料比對地表平面位移。

### 第二節 系統服務效能降低

臺灣位於板塊交界處，板塊擠壓作用造成基準站有區域性、長期的位移現象，以位移量較大的東部地區為例，每年位移量約往西 7~8 公分，e-GNSS 系統坐標固定每 2 年更新 1 次，故在新坐標上線服務前，臺灣本島地區最大的基準站位移量大概為 10~15 公分不等(約制主站 LSB0)，但因此為大範圍區域整體移動，除在區域交界兩側之基準站間會發生相對距離精度較差之現象外，絕大部分基準站間仍會維持良好的相對關係，待測點位與最近的實體基準站位移量亦相當，故使用者求得固定解的時間會隨著基準站間相對關係變差而逐漸變長，但仍能維持相對可靠之定位精度。

分析 0206 花蓮地震之基準站震前震後觀測資料，11 個基準站中有 7 個基準站位移量超過 8 公分，最大位移量為 45 公分，其餘 4 個基準站位移量約略在

2 公分，顯示區域地表在短時間內有不規則且較大的位移量，而檢測範圍內部分基準站位移量過大，對 e-GNSS 系統在該地區之定位精度應造成相當影響。為了解震後未更新基準站坐標之動態定位成果，及進一步位移細部資料，2 月 13 日國土測繪中心派員於花蓮地區已知控制點上進行即時動態定位測量，測試系統定位服務效能及蒐集地表位移資訊。

進行 RTK 定位時，移動站完成載波相位之週波未定值求解後，其狀態稱為得到固定解 (FIXED)。在地震前，花蓮地區使用者通常與 e-GNSS 系統連線後，數秒鐘內即可得到固定解，惟本次挑選辦理花蓮地區 30 點基本控制點 (以易到達點位為主) 進行 e-GNSS 檢測，僅 17 個點位可成功獲得動態固定解，成果精度不佳且與公告坐標之較差無規則性，最大較差 U043 約 81.7 公分 (dN: -0.766m, dE: -0.285m, dh: -0.099m) (如表 4- 1 及圖 4- 1)。

相關成果顯示，震後的 e-GNSS 系統部分地區成果精度已不如預期，且因基準站受震後位移影響，其實際相對關係與坐標反算結果差異過大，以致辦理即時動態定位時不易獲得固定解，需更新基準站坐標以符合實際狀況，提升定位服務精度及效能。

表 4- 1 基準站坐標更新前三維坐標轉換坐標與公告坐標成果差異表 (單位：公尺)

點號	2010_△N	2010_△E	2010_△h
E549	0.016	0.019	0.057
E319	0.069	0.043	0.099
E637	0.150	0.056	0.214
E970	-0.498	0.030	0.079
U025	-0.003	0.020	0.095
U027	0.018	0.044	0.039
U028	0.004	0.056	0.086
U038	0.104	0.081	0.011



點號	2010_△N	2010_△E	2010_△h
U043	-0.766	-0.285	-0.099
U053	0.093	0.265	0.256
U064	0.101	0.085	0.001
U070	-0.146	-0.060	0.141
U083	-0.075	0.000	0.069
U086	0.018	-0.002	0.059
U224	0.148	0.037	0.114
U231	0.025	-0.020	0.005
U237	-0.051	-0.008	0.138

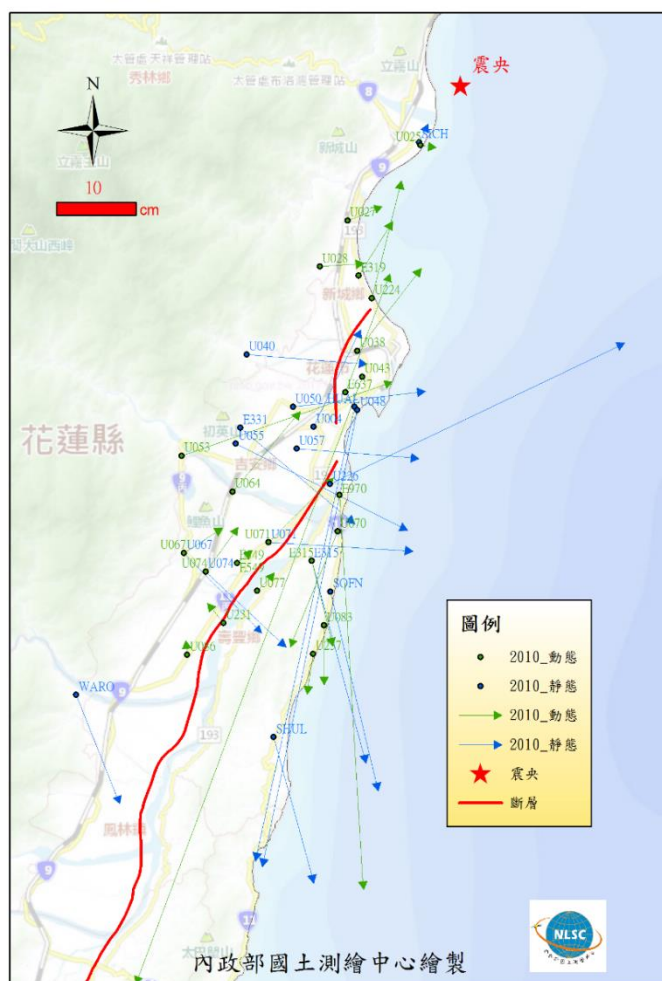


圖 4- 1 震後使用 e-GNSS[2017]測量 30 個基本控點成果圖

國土測繪中心於 2 月 23 日更新基準站坐標後，為驗證系統服務精度與效能，再次於 3 月 8 日使用 3 組儀器，於 44 個基本控制點上辦理動態定位檢測，成功解算 43 點（解算失敗為 E008 米崙山，因透空不良），相關成果較差顯示，基準站坐標更新後動態觀測成功率由 57%提高至 98%（如表 4- 2）。

表 4- 2 e-GNSS 系統基準站坐標更新前後檢測成果比較表

	基準站坐標修正前	基準站坐標修正後
規劃觀測點數	30	44
動態觀測成功點數	17	43
快速靜態解算點數	13	0
無成果點數	0	1

### 第三節 三維坐標轉換精度評估

更新基準站坐標後雖已提高動態觀測成功率，但在系統服務精度部分，將動態成果透過新三維坐標轉換模型轉換至法定坐標系統 TWD97[2010] 分析，發現部分點位與公告坐標仍有較大差值，顯示新三維坐標轉換成果未達系統預期精度（平面及高程分別優於 5、10 公分，如圖 4- 2 及表 4- 3），

同時亦發現 0206 花蓮地震在小範圍(數公里)內有不規則的地表變形位移，因三維坐標轉換模型係以基準站作為共同點進行更新，若僅以基準站（相隔間距多為 10 公里以上）作為 0206 花蓮地震坐標轉換共同點，僅能概略顯示本次地震影響位移方向及量級，以致新三維坐標轉換模型中的網格修正量，無法完整表現小區域內複雜之地表擠壓變形狀況，為解決此一問題，勢必須挑選分布較密且均勻之基本控制點，進一步辦理檢測作業並同時將檢測成果納入三維坐標轉換模式。

針對此狀況，國土測繪中心於 3 月 21 日公告 e-GNSS 系統三維坐標轉換服務於花蓮縣和平基準站至鳳林追蹤站之間暫停適用。

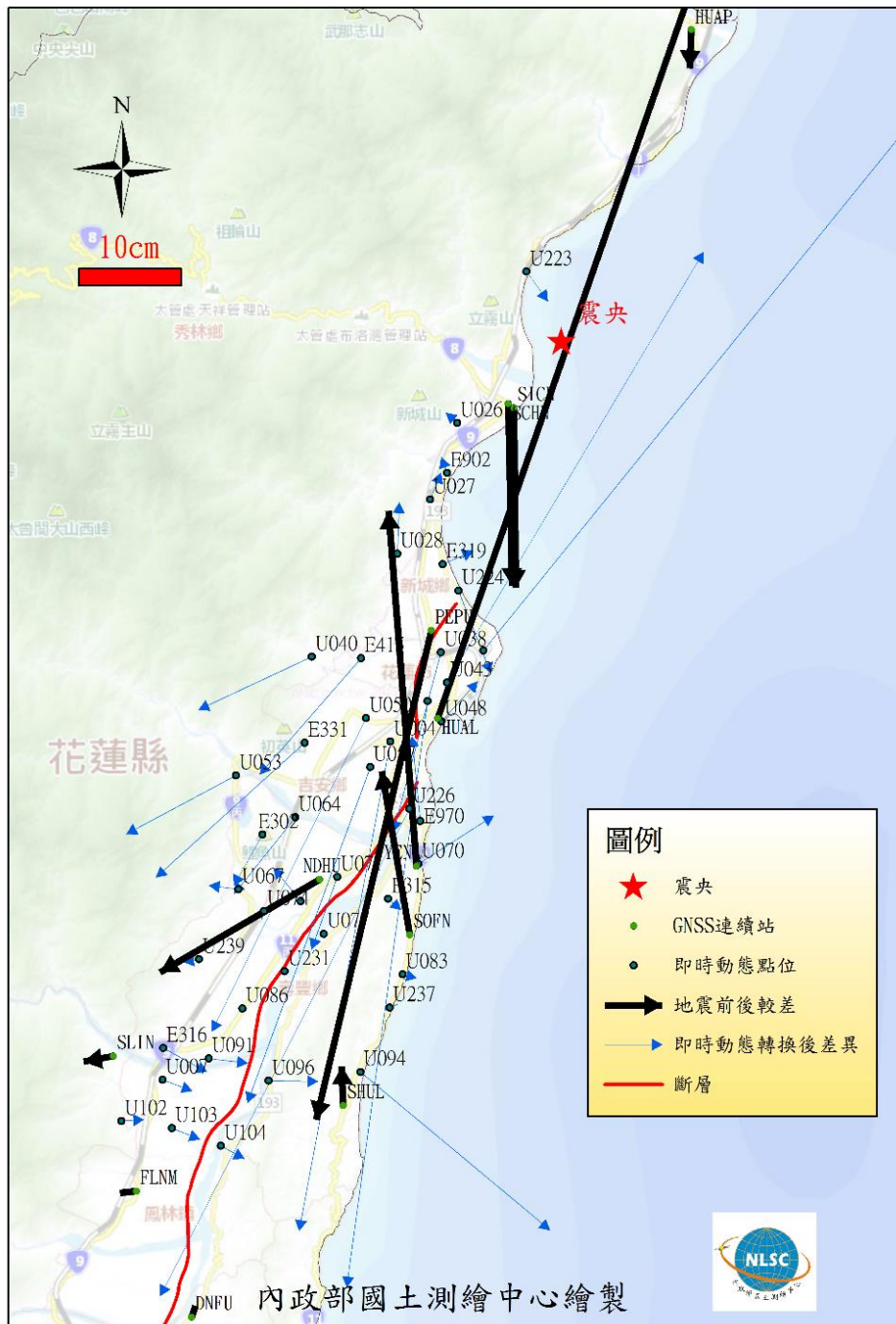


圖 4- 2 基準站坐標修正後檢測成果較差示意圖

表 4- 3 震後三維坐標轉換坐標與公告坐標成果差異表

點號	震後檢測		
	$\Delta N$	$\Delta E$	$\Delta h$
E302	-0.055	-0.031	-0.046
E315	-0.012	0.014	-0.053
E316	-0.026	0.047	-0.035
E319	0.014	0.033	-0.122
E331	-0.145	-0.160	-0.016
E415	-0.125	-0.109	0.069
E549	0.036	-0.029	0.049
E637	-0.630	-0.087	-0.242
E902	0.017	-0.006	-0.080
E970	0.091	-0.009	-0.115
U004	-0.526	-0.098	-0.018
U007	-0.012	0.032	-0.086
U026	0.011	-0.012	-0.117
U027	0.029	0.012	-0.088
U028	0.055	0.002	-0.093
U037	0.962	0.780	0.269
U038	-0.193	-0.051	-0.132
U040	-0.057	-0.122	0.004
U043	0.463	0.276	0.193
U048	0.043	0.039	-0.060
U050	-0.337	-0.166	-0.021
U053	-0.063	-0.118	-0.004
U057	-0.361	-0.132	-0.037
U064	-0.082	-0.066	-0.038
U067	0.004	-0.032	-0.070
U070	0.052	0.081	-0.078
U071	-0.078	-0.028	-0.037
U074	-0.010	-0.003	-0.082
U077	-0.003	0.001	-0.074
U083	-0.004	0.015	-0.051
U086	0.000	0.005	-0.115
U091	-0.005	0.042	-0.099
U094	-0.170	0.204	-0.288
U096	-0.001	0.053	-0.090
U102	0.002	0.024	-0.069
U103	-0.012	0.030	-0.081
U104	-0.014	0.025	-0.084
U223	-0.032	0.023	-0.131
U224	-0.089	0.035	-0.118
U226	-0.524	-0.268	0.064
U231	0.001	0.005	-0.063
U237	0.004	0.009	-0.060
U239	-0.003	-0.017	-0.093

e-GNSS 系統每 2 年固定更新基準坐標，目前（107 年）e-GNSS 系統測量成果為 e-GNSS[2017]坐標。惟受 0206 花蓮地震影響，花蓮地區地表位移劇烈，e-GNSS 系統雖已如第三章第三節所述，更新花蓮地區基準坐標並命名為 e-GNSS[2017A]，同時更新三維坐標轉換模型，惟經實地檢測發現未達系統預期轉換精度。後經國土測繪中心辦理該地區基本控制點檢測作業，再將 53 個基本控制點成果（6 個基本控制點之 TWD97[2010]坐標及 47 個基本控制點之 TWD97[2010A]），納入三維坐標轉換模式，重新計算轉換模型網格後，再度進行基本控制點即時動態定位測量，驗證坐標更新後即時動態定位成果精度，經動態檢測 43 點更新後之基本控制點，精度符合預期，顯示以更新後之基本控制點坐標重建三維轉換模型，可使 e-GNSS 系統即時動態定位獲得正確成果。有關模型建置方式及測試結果說明如下：

一、e-GNSS[2017A]→TWD97[2010]：

(一)、原先規劃利用 296 個基準站 e-GNSS[2017A]坐標與 e-GNSS[2017]坐標，建置 e-GNSS[2017A]→e-GNSS[2017]轉換模型，再組合原本 e-GNSS[2017]→TWD97[2010]轉換模型，將 e-GNSS[2017A]坐標轉換至 TWD97[2010]坐標，轉換結果如表 4-4，較差情形如圖 4-3。因 0206 花蓮地震造成米崙斷層兩側同震變形量甚大，且方向相反，若僅使用基準站作為建置轉換模型的共同點，無法完全反應同震變形造成的影響，故此轉換模型精度在平面分量僅為 0.162 公尺，在高程分量为 0.051 公尺。

表 4-4 僅用基準站建置 e-GNSS[2017A]→TWD97[2010]轉換結果表（單位：公尺）

分量	N	E	h
MAX	0.423	0.095	0.115
MIN	-0.253	-0.128	-0.095
MEAN	0.030	-0.026	0.008
STD	0.155	0.044	0.051

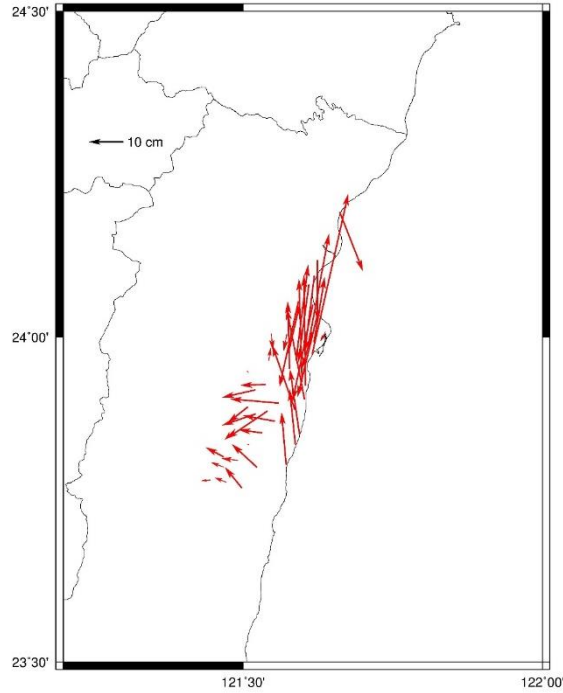


圖 4- 3 僅用基準站建置 e-GNSS[2017A]→TWD97[2010]轉換較差圖

(二)、為增加花蓮地區建置轉換模型的共同點，本案使用震後花蓮地區 53 點基本控制點 6 小時 GNSS 檢測結果，將其觀測網形強制附合於鄰近基準站 e-GNSS[2017A]坐標，計算基本控制點 e-GNSS[2017A]坐標，並使用其與 178 個基準站 e-GNSS[2017A]坐標與 0206 花蓮地震後 TWD97[2010]坐標，建置 e-GNSS[2017A]→ TWD97[2010]轉換模型，轉換結果如表 4- 5，轉換共同點分布情形如圖 4- 4，較差情形如圖 4- 5。因為增加了花蓮地區轉換共同點，其點位分布與密度足以反應同震變形造成的影響量，故此轉換模型精度明顯提升，在平面分量達 0.022 公尺，在高程分量為 0.031 公尺，平面及高程轉換成果差異圖如圖 4- 6 及圖 4- 7。

表 4- 5 使用基準站及基本控制點建置 e-GNSS[2017A]→TWD97[2010]轉換結果表 (單位：公尺)

分量	N	E	h
MAX	0.022	0.021	0.064
MIN	-0.040	-0.047	-0.101
MEAN	-0.001	-0.007	-0.004
STD	0.012	0.018	0.031

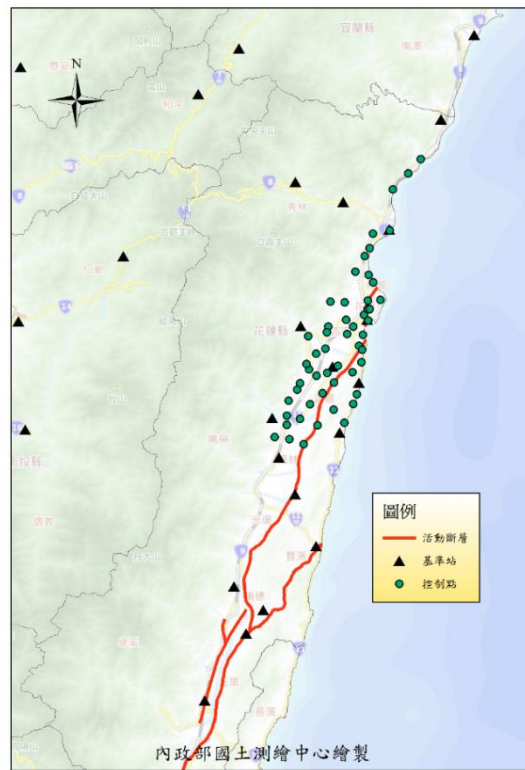


圖 4- 4 建置 e-GNSS[2017A]→TWD97[2010]轉換模型共同點分布圖

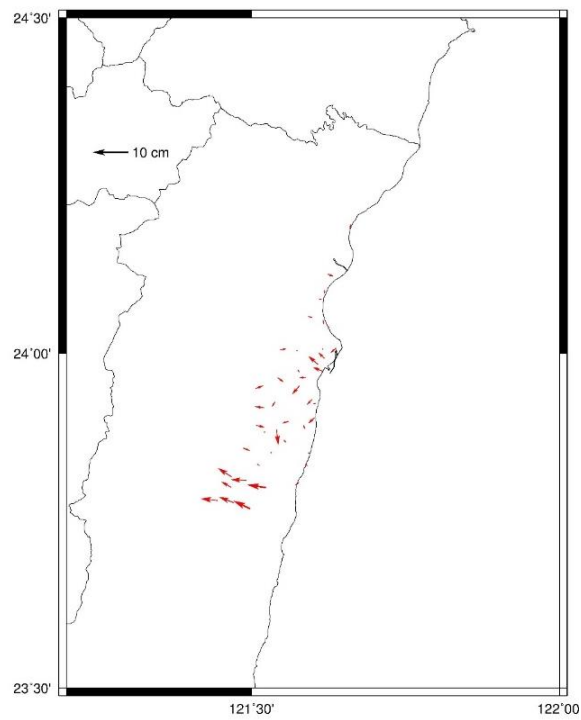


圖 4- 5 使用基準站及基本控制點建置 e-GNSS[2017A]→TWD97[2010]轉換較差圖



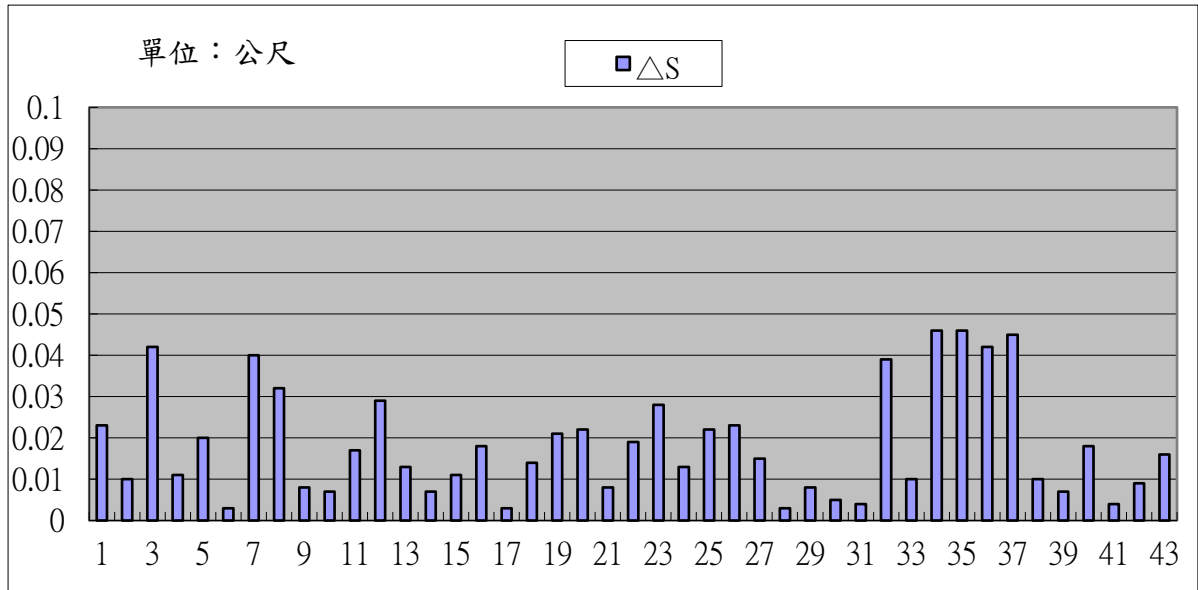


圖 4- 6 使用基準站及基本控制點建置 e-GNSS[2017A]→TWD97[2010]轉換平面成果差異圖

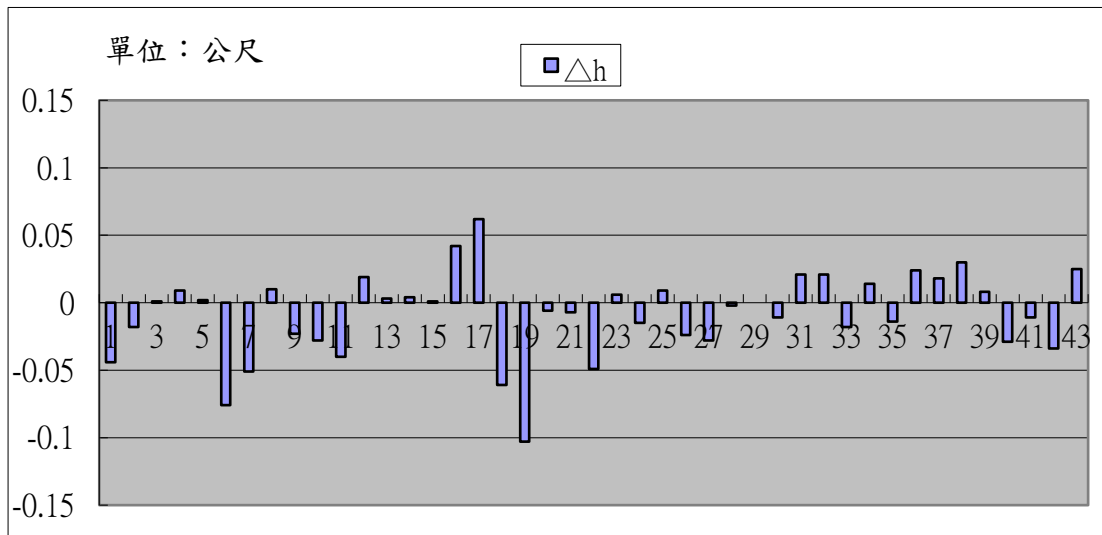


圖 4- 7 使用基準站及基本控制點建置 e-GNSS[2017A]→TWD97[2010]轉換高程成果差異圖

二、e-GNSS[2017A]→TWD97：

(一)、原先規劃利用 296 個基準站 e-GNSS[2017A]坐標與 e-GNSS[2013]坐標，建置 e-GNSS[2017A]→e-GNSS[2013]轉換模型，再組合原本 e-GNSS[2013]→TWD97 轉換模型，將 e-GNSS[2017A]坐標轉換至 TWD97 坐標，轉換結果如表 4- 6，較差情形如圖 4- 8。因 0206 花蓮地震造成米崙斷層兩側同震變形量甚大，且方向相反，若僅使用基準站作為建置轉換模型的共同點，無法完全反應同震變形造成的影響，故此轉換模型精度在平面分量僅為 0.283 公尺，在高程分量為 0.101 公尺。

表 4- 6 僅用基準站及原 e-GNSS[2013]→TWD97 建置 e-GNSS[2017A]→TWD97 轉換結果表（單位：公尺）

分量	N	E	h
MAX	0.523	0.296	0.333
MIN	-0.969	-0.772	-0.347
MEAN	0.033	-0.016	-0.004
STD	0.233	0.161	0.101

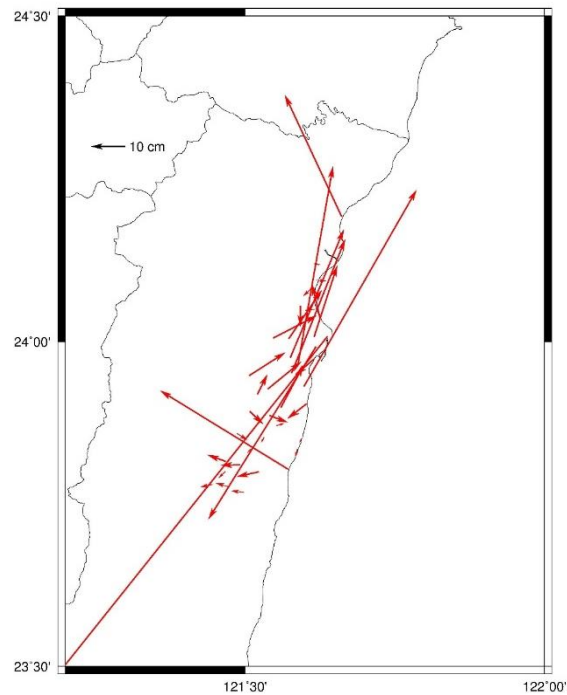


圖 4- 8 僅用基準站及原 e-GNSS[2013]→TWD97 建置 e-GNSS[2017A]→TWD97 轉換較差圖

(二)、為增加花蓮地區建置轉換模型的共同點，本案使用震後花蓮地區 53 點基本控制點 6 小時 GNSS 檢測結果，將其觀測網形強制附合於鄰近基準站 e-GNSS[2017A]坐標，計算基本控制點 e-GNSS[2017A]坐標，並使用其中 31 點基本控制點（因其他 22 點無 e-GNSS[2013]坐標）與 296 個基準站 e-GNSS[2017A]坐標與其 e-GNSS[2013]坐標，建置 e-GNSS[2017A]→ e-GNSS[2013]轉換模型，轉換共同點分布情形如圖 4- 9，再組合原本 e-GNSS[2013]→TWD97 轉換模型，將 e-GNSS[2017A]坐標轉換至 TWD97 坐標，轉換結果如表 4- 7，較差情形如圖 4- 10。因為增加了花蓮地區轉換共同點，其點位分布與密度可以反應同震變形造成的影響量，惟 0206 花蓮地震僅更新 TWD97[2010]坐標，未更新 TWD97 坐標，故此轉換模型精度在平面分量為 0.109 公尺，在高程分量為 0.090 公尺，轉換精度雖有提升，但因基本控制點 TWD97 公告坐標已變動但未更新，故驗證結果較差。

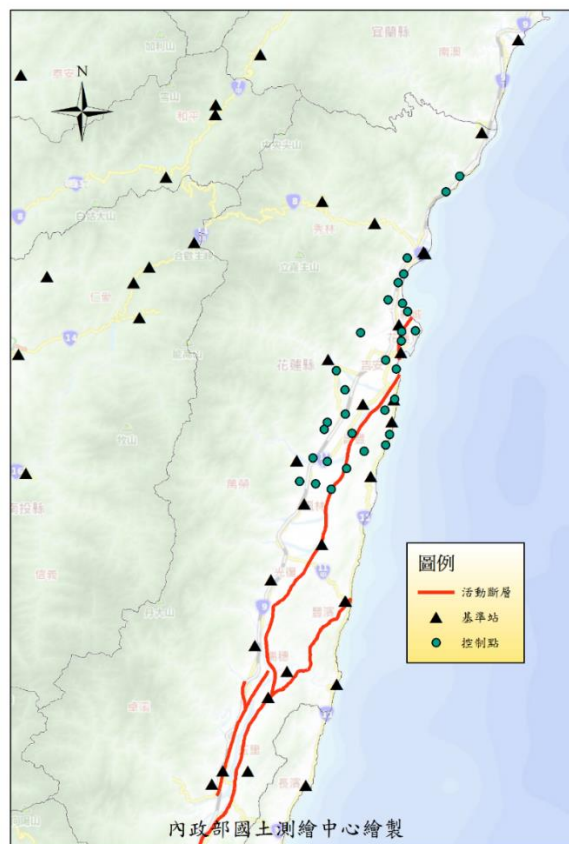


圖 4- 9 建置 e-GNSS[2017A]→e-GNSS[2013]轉換模型共同點分布圖

表 4- 7 使用基準站及基本控制點建置 e-GNSS[2017A]→TWD97 轉換結果表 (單位：公尺)

分量	N	E	h
MAX	0.280	0.231	0.352
MIN	-0.146	-0.325	-0.267
MEAN	0.013	-0.009	-0.010
STD	0.078	0.076	0.090

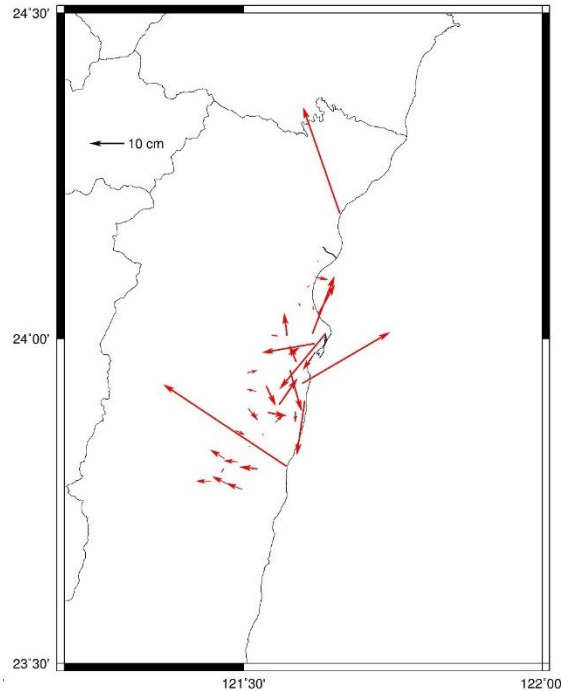


圖 4- 10 使用基準站及基本控制點建置 e-GNSS[2017A]→TWD97 轉換較差圖

#### 第四節 影響系統服務之地震規模及範圍評估

臺灣位於板塊交界處，基準站位移為 e-GNSS 系統營運無法避免的議題，而位移又分為均勻穩定的板塊擠壓，以及劇烈不規則的地表錯動。板塊擠壓因具有大範圍、均勻及一致性等特性，絕大部分基準站間仍會維持良好的相對關係，依國土測繪中心辦理 e-GNSS 系統營運經驗，每 2 年更新系統坐標即可有效維持系統服務效能及精度；而地表錯動係瞬間發生的特殊事件（如地震）所導致，其發生時間、規模及地點皆無法預期，由 0206 花蓮地震檢測成果顯示一定規模以上之地震會對地表造成複雜錯動，導致 e-GNSS 系統服務效能及精度立即受到影響，為確保服務正常提供，國土測繪中心實有必要定義影響系統服務之地震。

當地震發生時，交通部中央氣象局會在第一時間取得觀測資料、計算並公

布以下資訊：(1)地震發生之日期與時間。日期公告格式為年、月、日、時、分、秒；(2)震央位置。震源投影至地表點之經緯度坐標；(3)震源深度。震源至地面之垂直距離，以公里表示；(4)地震規模。地震所釋放的能量，臺灣地區採芮氏規模。臺灣地區自 88 年 9 月 21 日，發生區域芮氏規模 7.3 之集集地震後，即開始有學者針對臺灣地區顯著地震進行研究，故自集集地震後，臺灣地區之顯著地震即有同震位移場的相關紀錄，而這些同震位移場之紀錄，即為能夠最佳反應實際地震震源位置與規模，在不同條件下將造成的最大地表同震位移量。88 年區域地震規模達 7.3 的集集地震，其震源深度約 8 公里，所造成的地表水平位移量高達近 9 公尺，垂直位移則高達近 3.2 公尺，為臺灣地區有科學儀器紀錄以來造成地表位移量最大之地震（內政部國土測繪中心，2018），表 4-8 為自 88 年集集地震至 107 年花蓮地震 - 臺灣近 20 年主要重大地震統計資訊，除本次 0206 花蓮地震外，其餘大部分地震事件所造成的地表最大水平位移量約介於 2.5 公分至 7.5 公分之間。

比對表 4-8 中規模最小且類似規模之地震事件，如 95 年卑南地震與 102 年 3 月南投地震，比較其震源深度及其所分別造成之最大地表位移量，可發現地震規模 6.2，震源深度在 19 公里左右時，其所造成之最大地表水平位移量約為 1.1 公分，屬於不易偵測之精度範圍；但當震源深度在 7 公里左右時，其所造成之最大地表位移達 3.5 公分，應可在地震前後基準站解算成果比較中顯示；觀察震源深度介於 14 公里到 25 公里間，地震規模達 6.4 以上之地震事件，其地表最大水平位移量由最小約 2.7 公分至最大約 12.6 公分。另外，在表 4-8 統整之資料中，規模達 7.0 之地震在震源深度 50 公里以內，皆會造成 2.5 公分以上之水平位移量（內政部國土測繪中心，2018）。

綜上，分析 0206 花蓮地震之基準站震前震後觀測資料，11 個基準站中有 7 個基準站位移量超過 8 公分，最大位移量為 45 公分，其餘 4 個基準站位移量約略在 2 公分，且經實地檢測證實，該位移量會影響 e-GNSS 系統服務效能及精度。參考 0206 花蓮地震位移量，以平面位移量 2 公分為篩選值，同時比對近 20 年來重大地震規模及深度與地表平面位移量之關係，建議後續當有地震發生時，可依據交通部中央氣象局公告資料，將地震芮氏規模 6 以上且地震震源深度在 30 公里以內，或地震芮氏規模 7 以上之地震，皆視為有可能影響 e-GNSS 系統服務效

能之中大型地震，並依本研究報告內容，啟動自行檢測流程。

表 4- 8 臺灣 88 年集集地震以來之主要地震事件統計表

地震事件	時間	規模 (M <sub>L</sub> )	震央 (°)	深度 (km)	地表最大 水平位移 量 (cm)	地表最大 垂直位移 量 (cm)	參考文獻
88 年集集地震	88/09/21 01:47:05.9	7.3	23.85 N, 120.82 E	8	890	323.8	Yang et al. [2001]
91 年花蓮外海地震	91/03/31 14:52:50.0	6.8	24.14 N, 122.19 E	13.8	5.50	-	Chen et al. [2004]
92 年成功地震	92/12/10 12:38:13.5	6.4	23.07 N, 121.40 E	17.7	12.6	26.3	Chen et al. [2006]
95 年卑南地震	95/04/01 18:02:19.5	6.2	22.88 N, 121.08 E	7.2	3.51	-2.70	Chen et al. [2009]
95 年恆春地震	95/12/26 20:26:21.0	7.0	21.89 N, 120.56 E	44.1	2.54	3.23	Chen et al. [2008]
95 年恆春地震	95/12/26 20:34:51.0	7.0	21.97 N, 120.42 E	50.2	2.83	-2.54	Chen et al. [2008]
99 年甲仙地震	99/03/04 08:18:52.1	6.4	22.97 N, 120.71 E	22.6	2.74	2.5	Ching et al. [2011]
102 年 3 月南投地震	102/03/27 10:03:19.6	6.2	23.90 N, 121.05 E	19.4	1.08	-	Chuang et al. [2013]
102 年 6 月南投地震	102/06/02 13:43:03.2	6.5	23.86 N, 120.97 E	14.5	4.98	-	Chuang et al. [2013]
102 年瑞穗地震	102/10/31 20:02:09.5	6.4	23.57 N, 121.35 E	15.0	6.2	-	Chuang et al. [2014]
105 年美濃地震	105/02/06 03:57:26.1	6.6	22.92 N, 120.54 E	14.6	7.3	12.2	Chen et al. [2017]
107 年 2 月花蓮地震	107/02/06 23:50:41.6	6.2	24.1 N, 121.73 E	6.3	123.4	34.1	本次研究

## 第五節 檢測流程概述

e-GNSS 系統辦理自行檢測之目的為確保地震後系統服務之效能及精度。檢測流程第一步應為評估基準站位移量，具體辦理方式係蒐集地震發生區域內之基準站衛星觀測資料，解算後比較地震前及地震後之基準站坐標。考量辦理基準站位移評估之時間皆在地震發生後 24 小時內，所採用之工具為商用衛星基線解算軟體搭配廣播星曆，處理之資料時間長度應該在 3-8 小時不等，加以主震後通常伴以一連串餘震，影響坐標解算精度，故參考 0206 花蓮地震檢測結果（最小位移量約 2 公分），將基準站位移之檢測門檻值略為放寬設定為 3 公分。若解算成果顯示地震前後基準站位移量未超過 3 公分，視為對系統服務無影響；若超過 3 公分，則代表此地震位移量對系統服務造成一定規模的影響，應進行基準站坐標更新作業。

為辦理基準站坐標更新，應先觀察主震後餘震發生之頻率，待地殼活動較穩定後，蒐集至少連續 7 天之基準站觀測資料，以 Bernese 軟體搭配 IGS 之快速精密星曆（IGR），約制測繪中心基準站（LSB0）重新解算 e-GNSS 系統坐標，更新地震前後位移量超過 1 公分之基準站坐標，以恢復系統服務效能；並同時更新三維坐標轉換模型。

為驗證三維坐標轉換服務精度，應挑選均勻分布於檢測區域之基本控制點，利用 e-GNSS 系統服務辦理動態檢測，驗證轉換精度是否符合國土測繪中心預期（平面精度優於 5 公分，高程精度優於 10 公分），若有則結束檢測作業；若否，則應擴大辦理基本控制點檢測作業。

以靜態測量方式完成基本控制點檢測後，將檢測之基本控制點納入坐標轉換共同點中，重新計算轉換模型網格，並再次進行動態檢測作業，直到確認坐標轉換精度符合精度為止。





## 第五章 結論與建議

### 第一節 結論

0206 花蓮地震發生後，國土測繪中心隨即針對區域內 e-GNSS 系統基準站與基本控制點辦理檢測作業，過程中發現各項問題，本研究透過分析 0206 花蓮地震前後基準站位移狀況，搭配該地區基本控制點檢測作業成果，以實測方式驗證 e-GNSS 系統服務在大地震後、更新基準坐標後與更新三維坐標轉換模型後之效能與精度，獲得以下結論：

- 一、花蓮地區受到地震影響，造成最大同震位移在花蓮氣象站，地表位移約 45 公分，已對該地區 e-GNSS 系統及基本控制點造成影響，點位相對精度已不符合原規劃精度要求。故於震後即時更新基準站與基本控制點坐標成果，除維護我國高精度大地測量基準並提供後續測繪業務使用，亦可重建 e-GNSS 系統三維轉換模型提供各界優質穩定的即時動態定位服務。
- 二、e-GNSS 系統現使用 TPP 的網型監控模組對基準坐標進行監控，依官方說明文件該模組可持續接收基準站即時觀測資料，並即時解算基準站系統坐標與真實坐標之較差，在 24 小時內坐標成果精度可收斂達到平面 1 公分及高程 2 公分。國土測繪中心於 2 月 7 日上午 9 時（0206 花蓮地震發生後約 9 小時）記錄該模組監控結果，可明顯發現花蓮地區新城(SICH)與壽豐(SOFN)基準站之位移異常，其監控位移數據與國土測繪中心後續蒐集地震前後觀測資料解算成果進行比較，位移圖及比較表分別如圖 5- 1 及表 5- 1，兩組數據在位移方向與量級皆相當，代表在地震發生後的第 1 時間（尚未完成觀測資料蒐集與解算分析），此模組之成果精度應可供國土測繪中心作概略位移規模判斷，並規劃基準站更新計算之範圍。

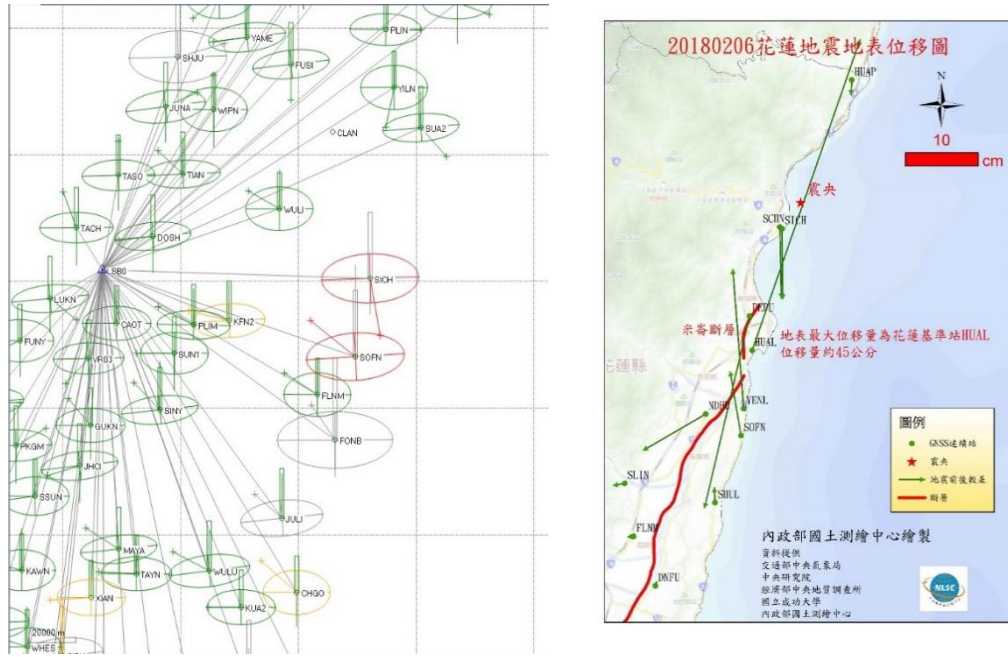


圖 5- 1 0206 花蓮地震 TPP 網型監控模組位移圖（左）及軟體解算之位移圖（右）

表 5- 1 0206 花蓮地震基準站位移比較表（單位：公尺）

站名	TPP 網型模組監控位移			軟體解算位移		
	N 方向	E 方向	H 方向	N 方向	E 方向	H 方向
SICH	-0.132	0.014	-0.004	-0.097	0.001	-0.005
SOFN	0.084	0.027	0.026	0.088	-0.015	0.000

三、網路化 RTK 技術係採用多個衛星基準站所組成的觀測網絡來估算涵蓋範圍內之定位誤差，配合最鄰近的實體基準站觀測資料，建構虛擬基準站作為 RTK 主站使用，因該虛擬基準站與待測移動站間距離甚短，定位誤差模型具有高度相關的特性，在 RTK 差分解算的過程中，系統誤差即可完整地消除，獲得高精度及高可靠度的定位成果。

(一)、在未受地殼變動影響的外島地區（金門、馬祖及澎湖地區）或 e-GNSS 系統坐標剛完成更新時的臺灣本島地區，其基準站相對關係良好（如圖 5- 2，坐標反算結果與實測距離幾乎一致），故誤差模型內插算出的誤差量搭配實體基準站觀測資料，可以準確地顯示當地電離層及衛星軌道誤差等誤差之影響量，使用者在範圍內可快速得到精準的

固定解成果。

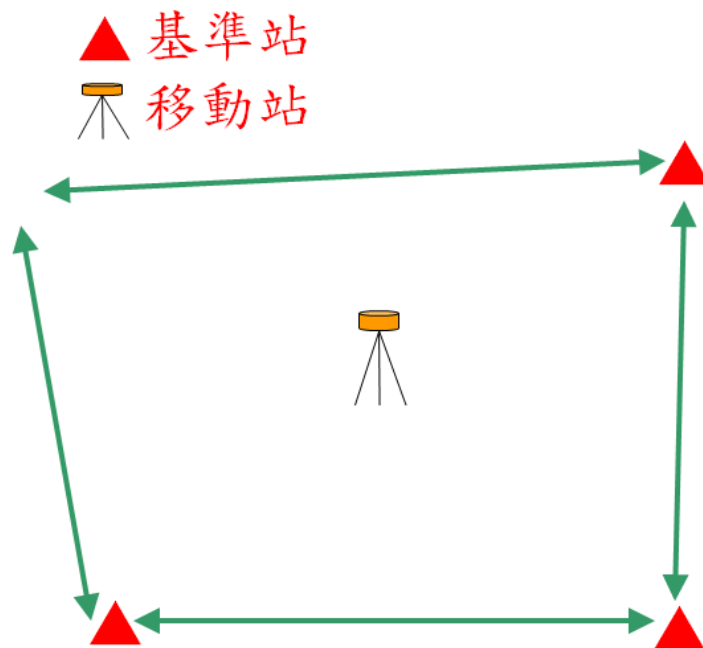


圖 5- 2 基準站相對關係示意圖 (1)

- (二)、臺灣本島地區每年受板塊擠壓，地表會產生穩定的位移，分析其位移量可發現具有大範圍、均勻及一致性等特性，以整個臺灣來看，不同區域間因位移量與方向不一致，在區域交界兩側之基準站間會發生坐標反算結果與實測距離差異較大現象，但因此為大範圍區域整體移動，絕大部分基準站間仍會維持良好的相對關係，待測點位與最近的實體基準站位移量亦相當，故使用者求得固定解的時間會隨著基準站間相對關係變差而逐漸變長，但仍能維持相對可靠之定位精度（如圖 5- 3）。e-GNSS 系統為解決此問題，已自 103 年起定期每 2 年更新 1 次系統坐標，同時更新三維坐標轉換模型。

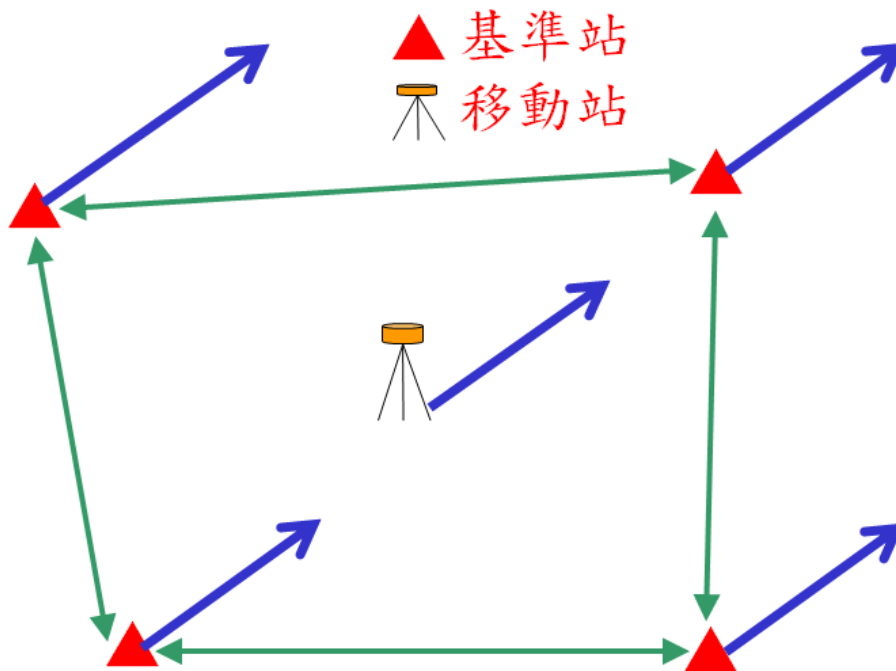


圖 5- 3 基準站相對關係示意圖 (2)

(三)、當發生如 0206 花蓮地震之類的大地震，地表通常在小範圍內會產生不規則的位移量，針對本次地震發現問題如下：

1. 基準站位移造成相對關係變差，導致系統服務效能降低，造成 RTK 求得固定解時間變長或甚至無法求解。
2. 雖然已完成基準站坐標更新，如果地表位移不均勻，由於基準站分布間距為數公里至數十公里不等，無法完整表現小區域內複雜之地表擠壓變形狀況，僅以基準站作為共同點進行更新之三維坐標轉換模型，就會發生其網格修正量無法完全反應小範圍變動量，導致部分已知點 e-GNSS 成果經轉換至法定坐標系統後，與公告坐標有較大較差（如圖 5- 4）。
3. 複雜的地表變形同時會造成範圍內已知控制點相對關係不佳，其精度恐無法供各項應用測量後續使用。

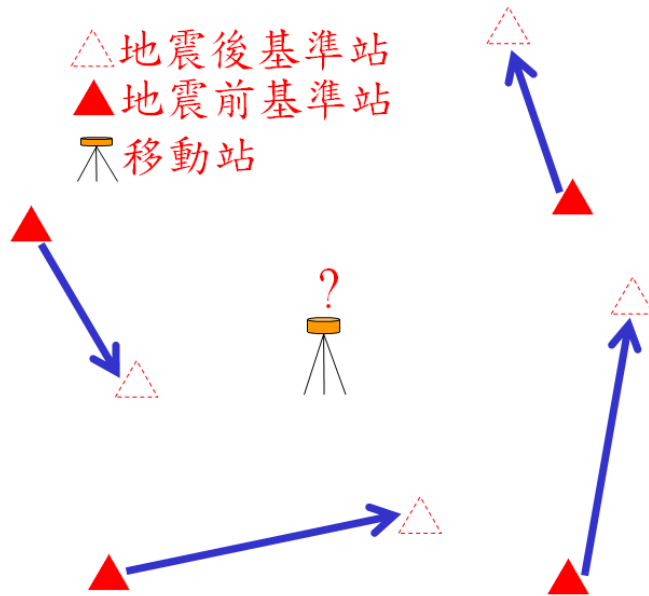


圖 5- 4 基準站相對關係示意圖 (3)

(四)、為解決前述問題，範圍內之基本控制點辦理靜態測量，以逐級加密概念更新已知點坐標成果，可重新恢復範圍內基本控制點間相對關係；同時利用其基線計算出基本控制點之新 e-GNSS 成果，作為共同點納入新三維坐標轉換模型中，方能提升坐標轉換精度(如圖 5- 5)。

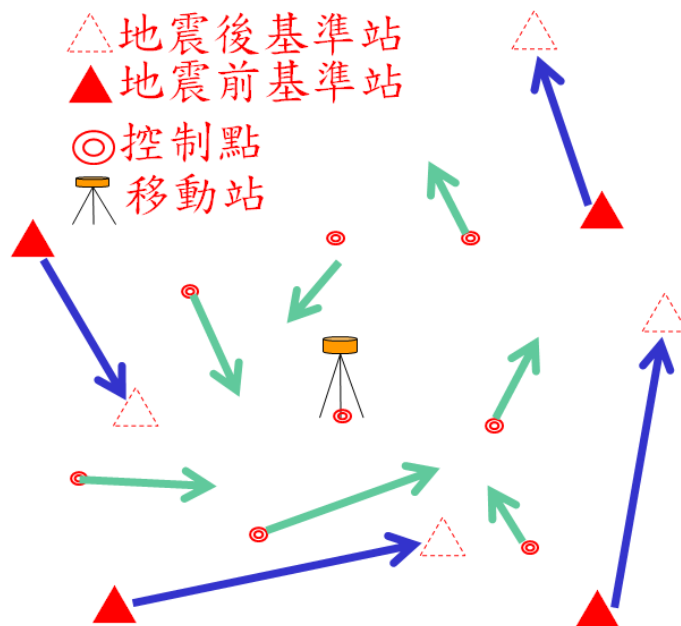


圖 5- 5 基準站相對關係示意圖 (4)

## 第二節 建議

### 建議一

建立重大地震後自行檢測標準流程：立即可行建議

主辦機關：內政部國土測繪中心

依據本次經驗，規劃建立一個 e-GNSS 系統遭遇地震後，自我檢查服務精度並修正恢復的標準作業程序。基本上，地震規模愈大其所可能導致的災害應該愈大。但由於地震是一種能量的釋放，以地震波的形式向四方傳播過程中，能量會因岩層的摩擦、吸收而衰減，所以災情大小通常會與震源深度、震央距離相關（交通部中央氣象局網頁，2018/11/15）。國土測繪中心規劃於地震發生後，參考交通部中央氣象局公告之地震報告，依據其地震規模、地震深度及震央位置等資訊，評估該地震是否有可能對 e-GNSS 系統服務造成影響。若發生地震芮氏規模 6 以上且地震震源深度在 30 公里以內，或地震芮氏規模 7 以上之地震，且地震震央位於臺灣本島陸地，或離海岸線 20 公里範圍內之地震，先於 e-GNSS 系統網型監控模組初步觀察震央鄰近基準站位移狀況，若發現其位移與量級較相鄰基準站明顯不同，則開始啟動檢測機制，初步研擬流程如下（如圖 5-6）：

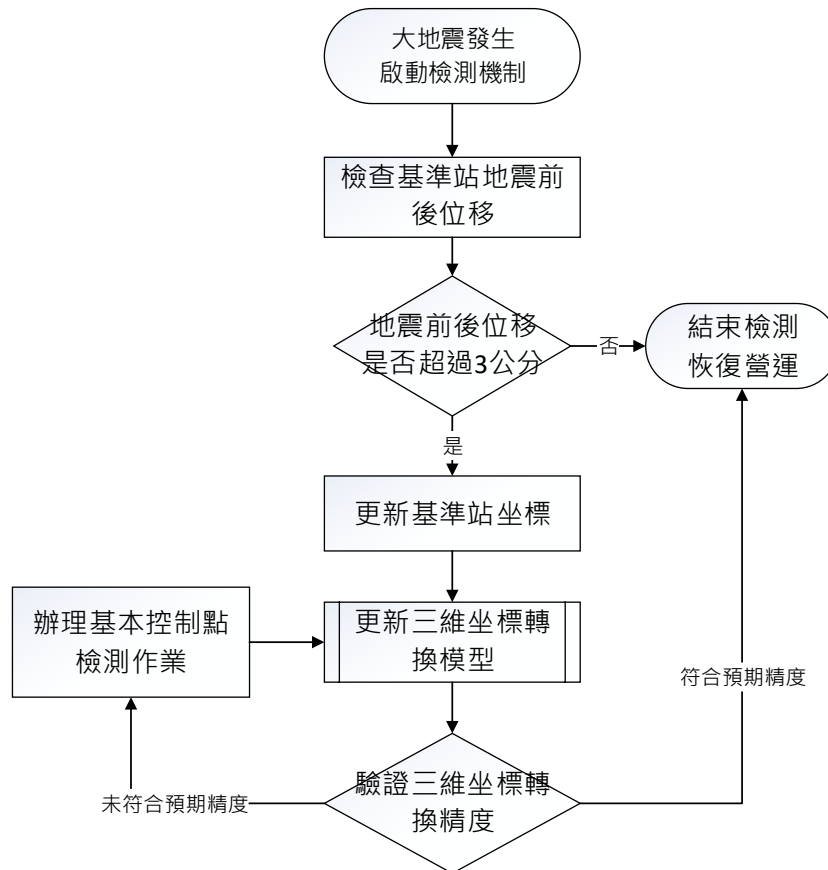


圖 5- 6 e-GNSS 系統檢測作業流程圖

- (一)、 檢測初期應先確認檢測範圍、時間與蒐集基準站資料。首先以震央為中心半徑 50 公里畫圓作為初步檢測範圍，可依地震芮氏規模適時擴大檢測範圍，確認檢測範圍內之基準站數量及其所屬單位；接著聯絡與國土測繪中心進行資料交換之單位，以地震發生時間為基準，分別向前向後各蒐集至少 3 小時的衛星觀測資料，為爭取時效性，以商用衛星基線解算軟體搭配預估精密星曆(IGU)或廣播星曆解算，並分析比較地震前後基準站位移量。
- (二)、 考量前述資料解算之誤差(僅使用商用軟體、採用預估精密星曆(IGU)或廣播星曆及觀測時間長短等因素)，若解算成果顯示地震前後基準站位移量未超過 3 公分，視為對系統服務無影響；若超過 3 公分，則代表此地震對地表造成一定規模的影響，應觀察主震後餘震發生之頻率，待地殼活動較穩定後，蒐集至少連續 7 天之基準站觀測資料，以 Bernese 軟體搭配 IGS 之快速精密星曆(IGR)，約制測繪中心基準站(LSB0)重新解算 e-GNSS 系統坐標，更新地震前後位移量

超過 1 公分之基準站坐標，並同時更新三維坐標轉換模型。

(三)、挑選均勻分布於檢測區域之基本控制點，利用 e-GNSS 系統服務辦理檢測，驗證三維坐標轉換服務精度是否符合國土測繪中心預期（平面精度優於 5 公分，高程精度優於 10 公分），若有則結束檢測作業；若否，則擴大辦理基本控制點檢測作業。

(四)、基本控制點檢測作業之原則及程序，研擬流程如下：(圖 5- 7)

1. 蒐集基準站災害前後之觀測資料，計算分析其位移情形，評估位移量影響標準後據以規劃基本控制點檢測範圍。
2. 檢測範圍內之基本控制點採蛙跳式 6 小時靜態衛星定位測量進行觀測。
3. 以逐級套合方式平差計算基本控制點坐標，分析點位位移量及是否有更新坐標必要，逐級平差程序如下：
  - (1). 解算檢測範圍內所有基準站基線，並進行全組合檢查，以具有公告坐標且相對精度高於 1/100,000 之基準站作為約制點。
  - (2). 以步驟 (1)選定之約制點計算其餘基準站之新坐標成果。
  - (3). 以步驟 (2)基準站坐標成果為約制點，計算檢測之基本控制點坐標成果，並與原公告坐標比對，較差若小於 5 公分視為未變動，將其併入約制點重新計算。
  - (4). 至步驟 (3)重新計算基本控制點之坐標成果與原公告坐標無較差小於 5 公分點位後為最終成果。
  - (5). 辦理更新後基本控制點坐標成果公告。

## 建議二

協助評估重大地震後基本控制點精度：中長期建議

主辦機關：內政部國土測繪中心

依國土測繪法之定義，基本控制測量係指以精密測算點位坐標、高程或其他相關資料，提供測繪作業之依據，並以全國整體控制測量需求為目的之測量。又依同法「本法所稱主管機關：在中央為內政部；」，「基本測量實施之精度規定、作業方法、實施程序及其他相關事項之規則，由中央主管機關定之。」，可知基本控



制測量係國內辦理各項應用測量之重要依據，其權責機關為內政部。另依基本測量實施規則第2條規定「中央主管機關應視……及國土變遷情形，釐訂實施計畫辦理基本測量。」，臺灣位於板塊交界地帶，地震發生頻繁，國土測繪中心應於每次大地震檢測作業後，檢送相關分析結果予內政部，協助內政部評估是否應重新辦理該區域基本控制點坐標更新，以確保各項測繪業務引用之成果依據正確無誤。

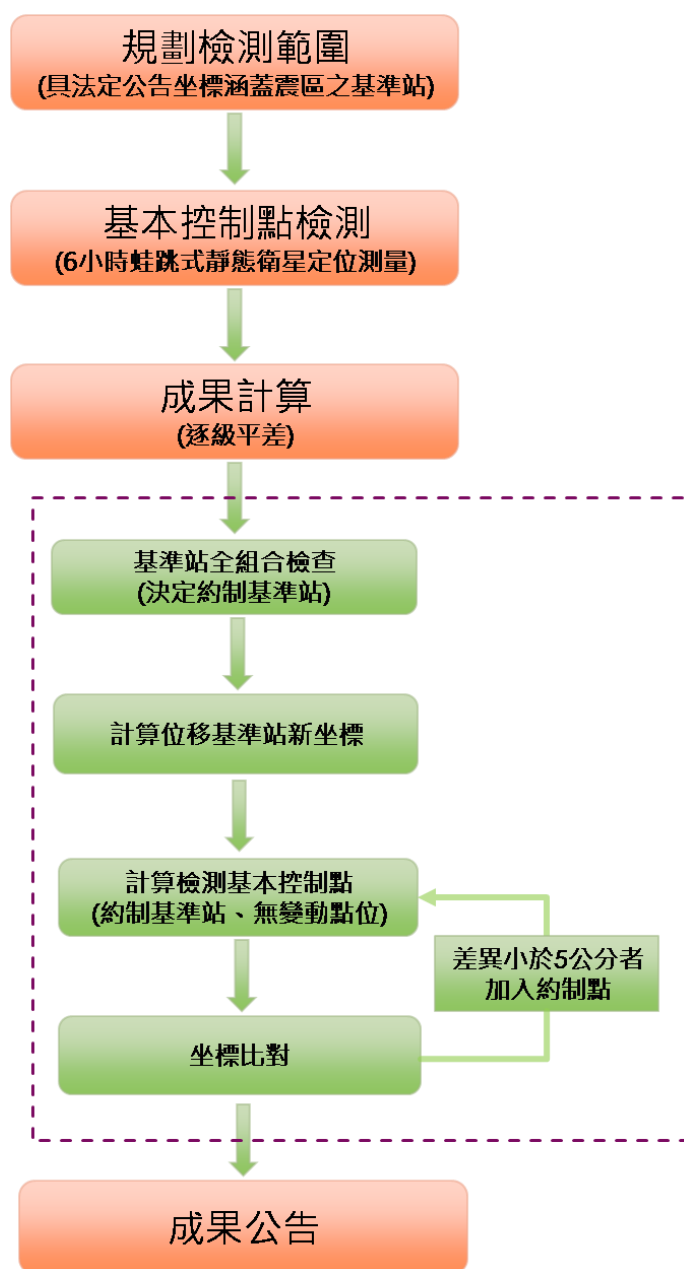


圖 5- 7 基本控制點檢測流程圖



## 附錄

副本

檔 號：

保存年限：

### 內政部國土測繪中心 函

地址：40873臺中市南屯區黎明路2段497  
號4樓

聯絡人：鍾岳龍

電話：04-22522966轉258

傳真：04-22592273

電子信箱：23097@mail.nlsc.gov.tw

受文者：控制測量課

發文日期：中華民國107年3月31日

發文字號：測控字第1070400127號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：

附件：如說明四(附件請至附件下載區 <http://DOCDL2.moi.gov.tw/DL/DL1/DL1100.aspx>  
以發文字號及發文日期下載。) 識別碼：PKHMOBHS

主旨：檢陳本中心辦理花蓮縣地震後續基本控制點檢測工作成  
果1份，請鑒核。

說明：

- 一、本(107)年2月6日花蓮縣近海發生芮氏規模6.0淺層地震，對花蓮地區基本控制點成果精度造成影響，已不符國土測繪法及相關子法所規定基本控制點精度，本中心協調花蓮縣政府及花蓮地政事務所共同規劃於該地區進行基本控制點檢測，據以更新控制點坐標成果，以維護我國高精度大地測量基準並提供後續測繪業務使用。
- 二、本案於本年2月26日至3月2日由本中心調派12部接收儀28人、花蓮縣政府2部接收儀4人及花蓮地政事務所4部接收儀4人，共18組人力，北從花蓮和平，南至鳳林，西至中央山脈，計辦理53個基本控制點檢測，並與範圍內22個基準站進行聯合計算處理。
- 三、本案成果計算說明如下：
  - (一)共選定範圍內22站基準站，先分析其中13站具TWD97 [2010]公告成果基準站之相對關係，剔除5站 (HUAL、

裝

訂

線

線

NDHU、SHUL、SICH、SOFN) 基線相對精度低於 1/100,000之基準站後，以符合精度之8站基準站來約制計算其餘14個基準站更新後之TWD97[2010]成果(簡稱TWD97[2010A])，並將此22站基準站作為後續計算基本控制點使用。

(二)以上開8個基準站之TWD97[2010]坐標及14個基準站之TWD97[2010A]坐標為約制，進行強制附合網形平差計算本案53點基本控制點，將各點位檢測成果與公告成果進行比較，將較差在5公分內(基本控制點檢測作業規範，內政部土地測量局90年5月委託研究之二等衛星控制點較差標準)之基本控制點共6點(E316、U007、U091、U102、U103、U238)，仍加以強制约制平差，計算其餘47點基本控制點之TWD97[2010A]坐標成果。

(三)本案共計算完成5點一等衛星控制點(GPS連續站)、9點衛星基準站及47點基本控制點更新後之TWD97[2010A]坐標成果。

四、有關本案詳細作業內容及成果，請參閱本中心「花蓮縣地震後續基本控制點檢測工作說明」及相關資料(如附件)。

正本：內政部

副本：本中心控制測量課

主任 劉正倫

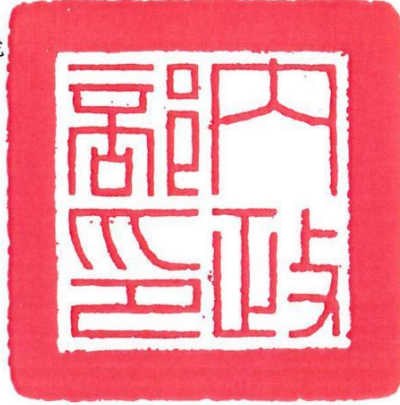


檔 號：

保存年限：

## 內政部 公告

發文日期：中華民國 107 年 4 月 20 日  
發文字號：台內地字第 1071302871 號



主旨：公告內政部 0206 花蓮地震後基本控制點測量成果。

依據：國土測繪法第 15 條第 1 項。

公告事項：

- 一、旨揭成果依「內政部基本測量成果供應要點」提供各界申請使用。
- 二、「0206 花蓮地震後基本控制點測量成果說明」如附件。

部長 葉俊榮



## 參考書目

- 一、內政部國土測繪中心，2018，106 年度 e-GNSS 營運報告，  
<http://www.nlsc.gov.tw/>，前次查閱 2018/11/30。
- 二、交通部中央氣象局，2018，<http://www.cwb.gov.tw/>，前次查閱 2018/11/30。
- 三、何春蓀，1986，台灣地質概論—台灣地質圖說明書，第二版，經濟部中央地質調查所，共 164 頁。
- 四、黃奇瑜主編，1999，台灣的大地構造研討會論文集，「二十世紀台灣地區地球科學研究之回顧與展望」系列研討會。
- 五、鄭世楠、葉永田，2004，台灣百年來的大地震，科學發展，第 373 期，pp69-75。
- 六、陳鶴欽，2009，結合低價單頻 GPS 接收儀與虛擬參考站定位精度之研究，成功大學博士論文，台南。
- 七、陳鶴欽、蕭世民、莊峰輔、梁旭文，2015，e-GNSS[2015]坐標更換及營運實務探討，2015 年台灣地理學會年會暨學術研討會，臺中，逢甲大學。
- 八、內政部土地測量局，2006，e-GPS 衛星基準站即時動態定位系統 VBS-RTK 定位測試成果報告。
- 九、內政部，2006，「九十三年度一、二等衛星控制點檢測工作」工作報告。
- 十、內政部國土測繪中心，2017，106 年度精進現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式工作總報告書。
- 十一、內政部國土測繪中心，2018，107 年度精進現代化 TWD97 國家坐標系統變位模式工作總報告書。
- 十二、內政部國土測繪中心，2014，三維即時坐標轉換輔助 VBS-RTK 定位技術獲得法定坐標系統測量成果之研究。自行研究報告。
- 十三、內政部土地測量局，2001，基本控制點檢測作業規範。委託研究報告。
- 十四、內政部，2007，基本測量實施規則。
- 十五、交通部中央氣象局入口網站，2018/11/15，網址：  
<https://www.cwb.gov.tw/V7/knowledge/encyclopedia/eq000.htm>。

- 十六、 Bos, A. G., W. Spakman, and M. C. J. Nyst (2003), Surface deformation and tectonic setting of Taiwan inferred from a GPS velocity field, *J. Geophys. Res.*, 108, 2458, doi:10.1028/2002JB002336.
- 十七、 Chang, C.-P., T.-Y. Chang, J. Angelier, H. Kao, J.-C. Lee, and S.-B. Yu (2003), Strain and stress field in Taiwan oblique convergent system: Constraints from GPS observations and tectonic data, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 214, 115-127.
- 十八、 Chen H.-Y., S.-B. Yu, L.-C. Kuo, and C.-C. Liu (2006), Coseismic and postseismic displacements of the 10 December 2003 (MW 6.5) Chengkung, eastern Taiwan, earthquake, *Earth Planets Space*, 58, 5-21.
- 十九、 Cheng, L.-W., J.-C. Lee, J.-C. Hu, and H.-Y. Chen (2009), Coseismic and postseismic slip distribution of the 2003 Mw = 6.5 Chengkung earthquake in eastern Taiwan: Elastic modeling from inversion of GPS data, *Tectonophysics*, 466, 335-343.
- 二十、 Ching, K.-E., K. M. Johnson, R.-J. Rau, R. Y. Chuang, L.-C. Kuo, and P.-L. Leu (2011), Inferred fault geometry and slip distribution of the 2010 Jiashian, Taiwan, earthquake is consistent with a thick-skinned deformation model, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 301, 78-86.
- 二十一、 Hsu, Y.-J., S.-B. Yu, M. Simons, L.-C. Kuo, and H.-Y. Chen (2009a), Interseismic crustal deformation in the Taiwan plate boundary zone revealed by GPS observations, seismicity, and earthquake focal mechanisms, *Tectonophysics*, 479, 4-18.
- 二十二、 Hsu, Y.-J., N. Bechor, P. Segall, S.-B. Yu, L.-C. Kuo, and K.-F. Ma (2002), Rapid afterslip following the 1999 Chi-Chi, Taiwan, earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, 29, 10.1029/2002GL014967.
- 二十三、 Hsu, Y.-J., P. Segall, S.-B. Yu, L.-C. Kuo, and C. A. Williams (2007), Temporal and spatial variations of postseismic deformation following the 1999 Chi-Chi, Taiwan earthquake, *Geophys. J. Int.*, 169, 367-379.
- 二十四、 Hsu, Y.-J., S.-B. Yu, and H.-Y. Chen (2009c), Coseismic and postseismic deformation associated with the 2003 Chengkung, Taiwan earthquake, *Geophys. J. Int.*, 176, 420-430.
- 二十五、 Hsu, Y.-J., S.-B. Yu, M. Simons, L.-C. Kuo, and H.-Y. Chen (2009a), Interseismic crustal deformation in the Taiwan plate boundary zone



revealed by GPS observations, seismicity, and earthquake focal mechanisms, *Tectonophysics*, 479, 4-18.

- 二十六、Lachapelle, G., Alves, P., Fortes, L. P., Cannon, M. E., DGPS RTK Positioning Using a Reference Network, *Proceedings of ION GPS 2000*, Salt Lake City, Utah, 1165-1171, 2000.
- 二十七、Landau, H., Vollath, U., Chen, X., Virtual Reference Station System, *Journal of Global Positioning Systems*, Vol. 1, No. 2, 137-143, 2002.
- 二十八、Vollath, U., Deking A., Landau, H. Pagels, C., Wagner, B., Long Range RTK using Virtual Reference Stations, *Proceedings of the international Symposium on Kinematic system in Geodesy, Geomatics and Navigation*, Banff, Canada, June 2001
- 二十九、Yu, S.-B., and H.-Y. Chen (1994), Global positioning system measurements of crustal deformation in the Taiwan arc-continent collision zone, *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, 5, 477-498.
- 三十、Yu, S.-B., and L.-C. Kuo (2001), Present-day crustal motion along the Longitudinal Valley Fault, eastern Taiwan, *Tectonophysics*, 333, 199-217.
- 三十一、Yu, S.-B., H.-Y. Chen, and L.-C. Kuo (1997), Velocity field of GPS Stations in the Taiwan area, *Tectonophysics*, 274, 41-59.
- 三十二、Yu, S.-B., L.-C. Kuo, R.-S. Punongbayan, and E.-G. Ramos (1999), GPS observation of crustal motion in the Taiwan-Luzon region, *Geophys. Res. Lett.*, 26, 923-926.
- 三十三、Yu, S.-B., L.-C. Kuo, Y.-J. Hsu, H.-H. Su, C.-C. Liu, C.-S. Hou, J.-F. Lee, T.-C. Lai, C.-C. Liu, C.-L. Liu, T.-F. Tseng, C.-S. Tsai, and T.-C. Shin (2001), Preseismic deformation and coseismic displacements associated with the 1999 Chi-Chi, Taiwan earthquake, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 91, 995-1012.
- 三十四、Yu, S.-B., Y.-J. Hsu, L.-C. Kuo, H.-Y. Chen, and C.-C. Liu (2003), GPS measurement of postseismic deformation following the 1999 Chi-Chi, Taiwan, earthquake, *J. Geophys. Res.*, 108, 10.1029/2003JB002396.