



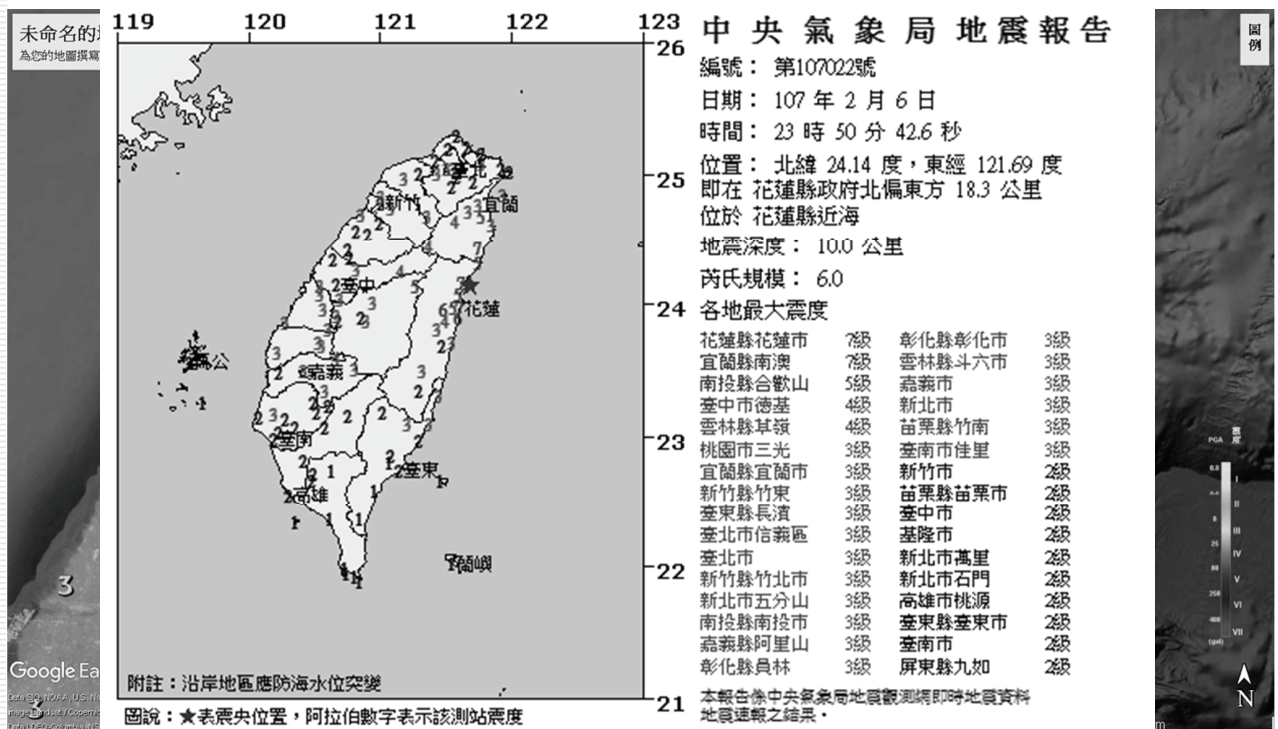
# 0206花蓮地震後基本控制點檢 測實務作業探討

內政部國土測繪中心

鍾岳龍



## 20180206 花蓮縣近海地震





資料來源：網路照片

3

## 源起

❖ 臺灣時間107年2月6日深夜23點50分(UTC 15:50)，花蓮縣近海發生芮氏規模6.0淺層地震，其中花蓮市最大震度達到7級，造成市區附近區域多處建築物倒塌及人員傷亡(以下統稱0206花蓮地震)。

### ❖ 可能遭遇問題

- e-GNSS即時動態定位系統精度無法滿足需求
- 基本控制點受地震影響，產生相對位置變化

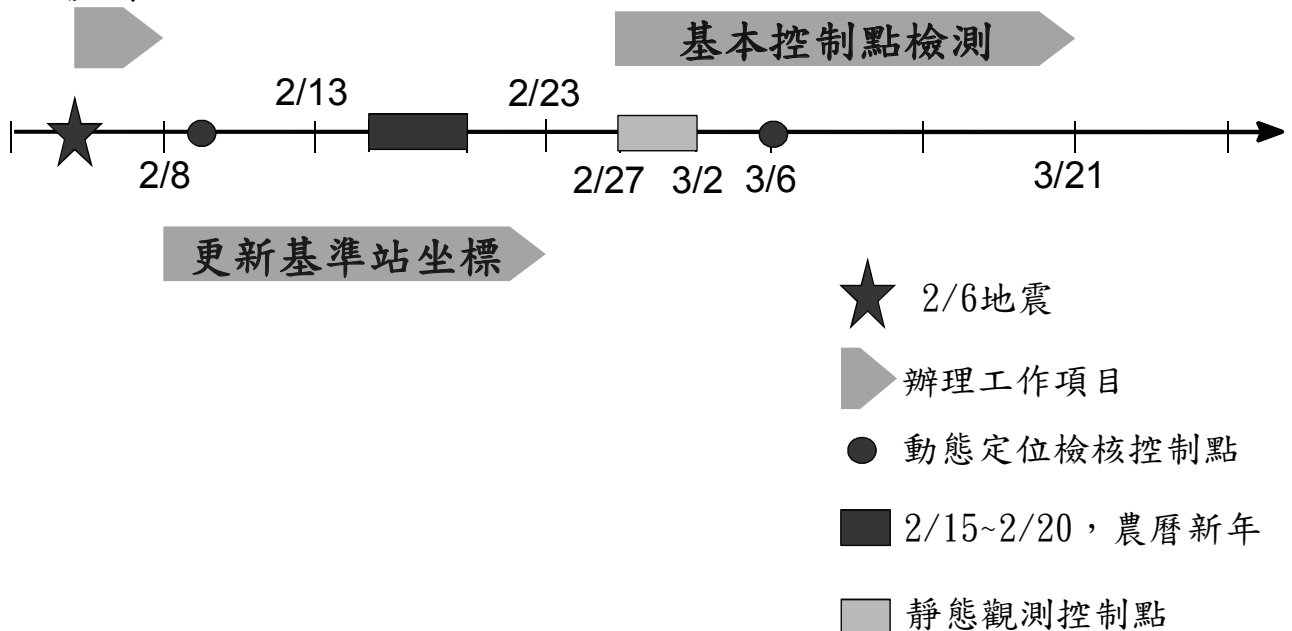
## 控制測量系統遭遇問題及因應措施

- ❖ 發生重大地震
  - 計算衛星基準站觀測資料，以評估位移狀況。
- ❖ 基準站位置變動
  - 重新計算衛星基準站坐標。
  - 更新三維坐標轉換模型。
- ❖ 已知控制點相對關係變動
  - 辦理已知控制點靜態觀測。
  - 重新計算已知控制點坐標。
- ❖ 三維坐標轉換模型精度不足
  - 以實際檢測數據加密轉換模型網格。

5

## 0206花蓮地震控制測量因應作為

確認基準站  
位移情形



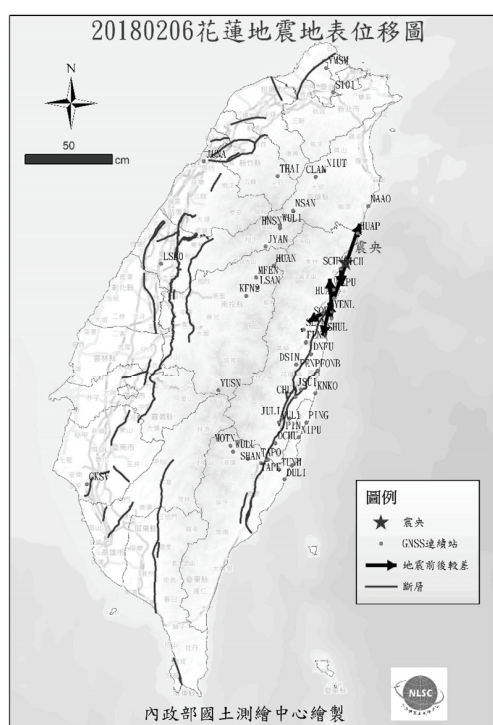


## 確認基準站位移情形

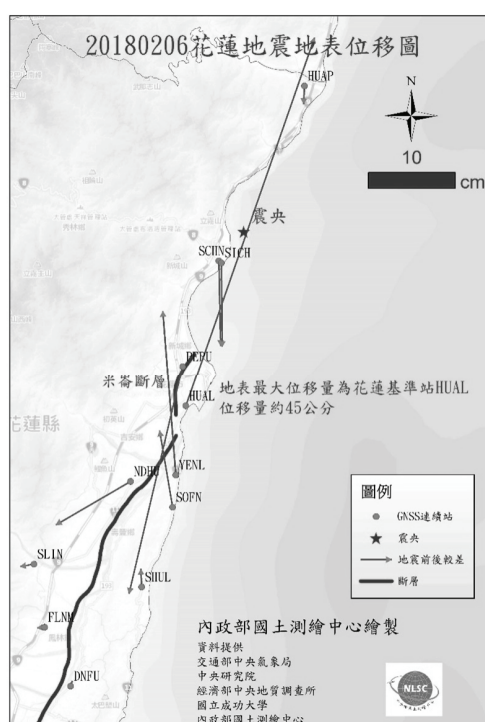
- ❖ 範圍：建置於宜蘭縣、花蓮縣、北臺東縣及中央山脈地區之衛星定位基準站計53站。
- ❖ 以2月6日8時至23時50分及2月7日0時至8時等2個時間段衛星觀測資料，計算地震影響之位移量，所有成果約制在金門追蹤站（KMMN），於2月8日公布。
- ❖ 地表同震位移場 = 地震後8小時平均坐標 - 地震前16小時平均坐標
- ❖ 地震前、後位移量超過1公分計有11站，最大位移量為花蓮基準站（HUAL）45公分。

7

## 基準站位移情形



震前  
163  
125  
143  
125  
101  
101  
105  
105  
124  
100  
133  
台東  
縱  
至  
寺  
階



3. 所有成果約制在金門追蹤站(KMMN)。



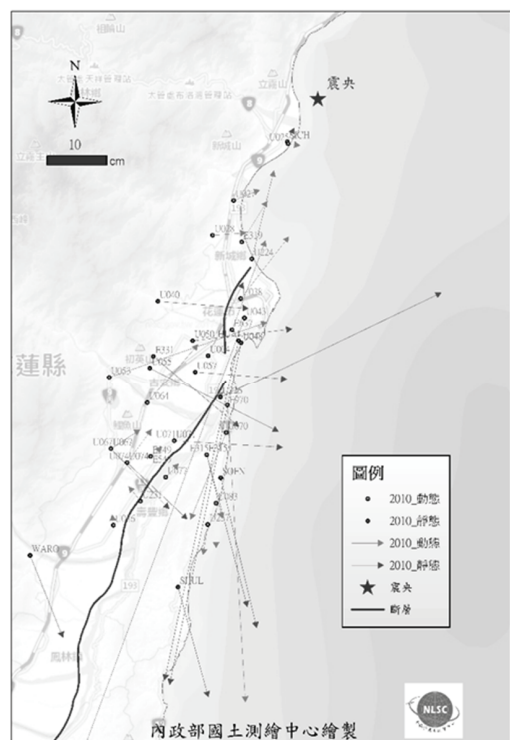
## 震後e-GNSS成果檢測(107. 2. 13)

- ❖ 未更新基準站坐標前，測試系統定位成果情形
- ❖ 地震前，花蓮地區使用者通常為數秒鐘即可得固定解(FIXED)
- ❖ 辦理花蓮地區30點基本控制點 e-GNSS檢測  
(以易到達點位為主)
- ❖ 規範
  - 辦理動態解算 3分鐘 2測回，較差2公分合格
  - 無法達成，則辦理靜態測量10分鐘(RTKLIB後處理)

9

## 檢測成果分析(107. 2. 13)

- ❖ 僅17點可獲得動態成果
- ❖ 新城鄉花蓮市吉安鄉成果不佳
- ❖ 成果無規則性
- ❖ 最大較差U043(dN, dE, dh)  
(-0.766, -0.285, -0.099)

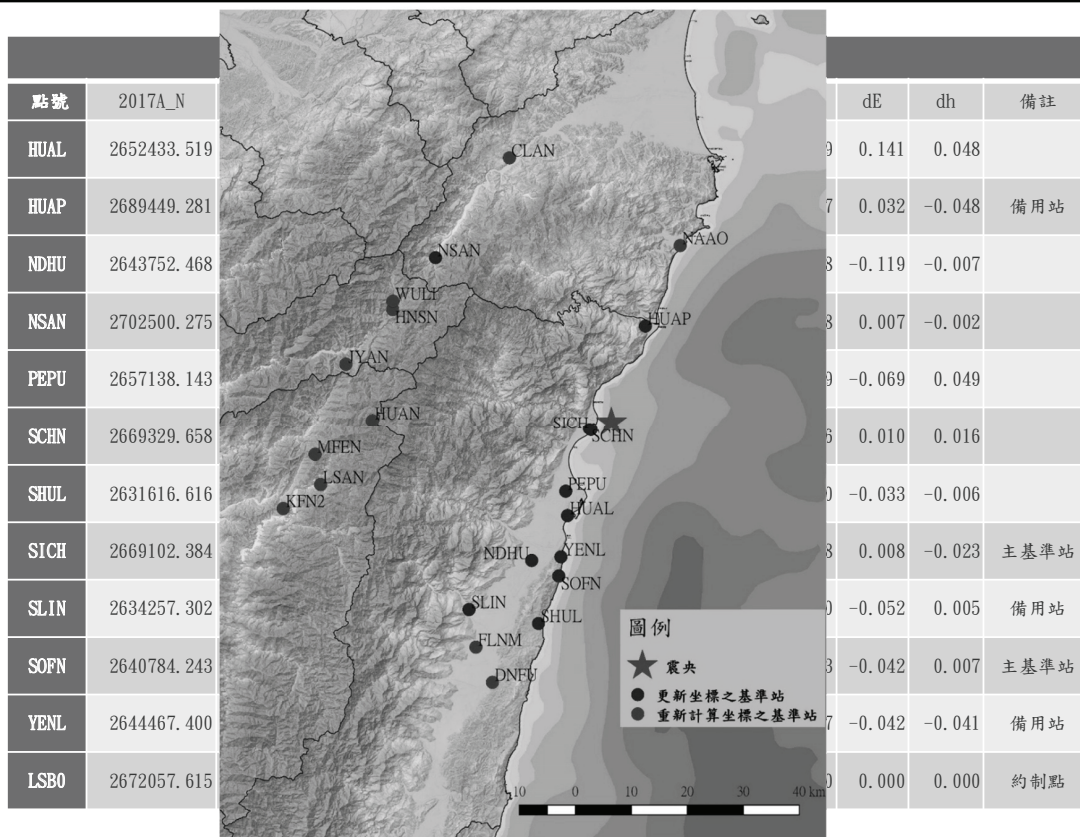


## 重新計算基準站坐標

- ❖ 範圍：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22個基準站。
- ❖ 蒐集本年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，並同步更新本系統三維坐標轉換模型。

11

## 更新11個基準站坐標(107. 2. 23)



12

24

## 第2次e-GNSS成果檢測(107.3.6)

❖ 3組儀器辦理44點基本控制點檢測，成功解算43點  
(E008米崙山透空不良)



13

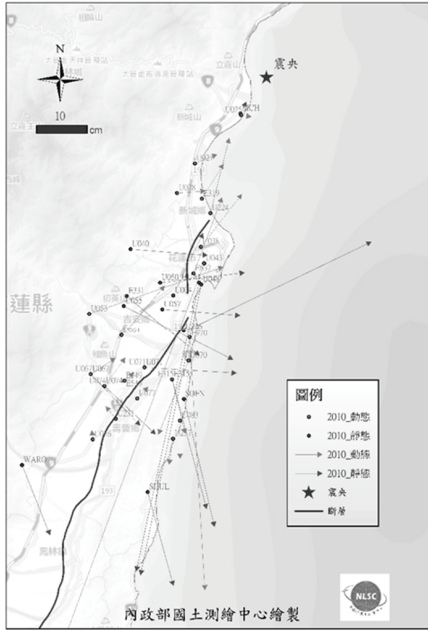
## 基準站坐標修正前後動態觀測成功率比較

	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

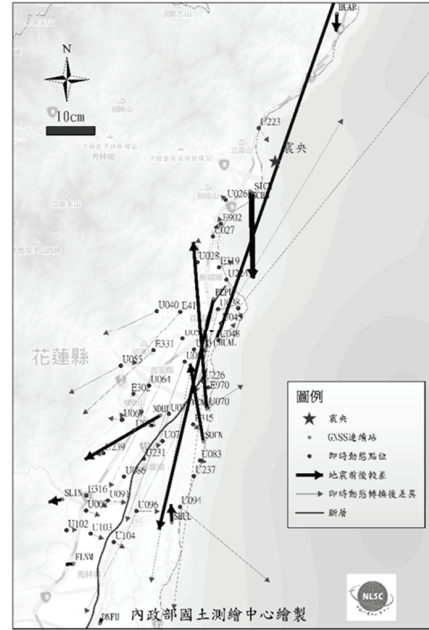
◆ 基準站坐標修正後，動態觀測成功率由57%提高至98%。



# 基準站坐標修正前後動態觀測點位位移圖



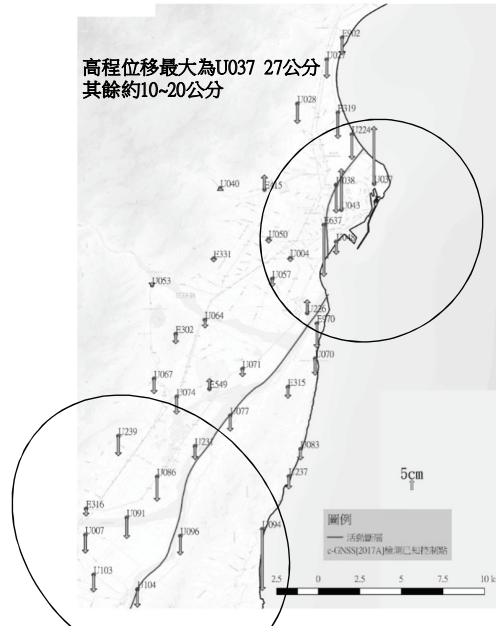
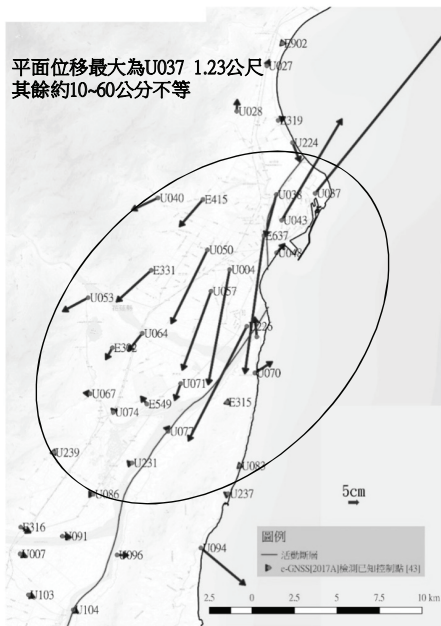
基準站坐標修正前點位位移圖



基準站坐標修正後點位位移圖

- ◆ 基準站坐標修正前:基本控制點位移情形雜亂無章，動態觀測差異較大的區域範圍大。
- ◆ 基準站坐標修正後:基本控制點位移情形較有系統性，斷層帶西邊約往西南方向位移，東邊約往東北方向位移，僅基準站位移較大附近動態觀測發生差異較大情形。

# TTG三維坐標轉換成果



e-GNSS三維坐標轉換與TWD97[2010]成果較差圖(左:平面方向、右:高程方向)

- ◆ TTG三維轉換成果未達系統預期精度(優於平面5公分、高程10公分)

## 分析及因應措施

### ➤ 分析：

- 基準站坐標修正後進行基本控制點動態觀測，基準站位移量較大地區之基本控制點仍無法與TWD97[2010]公告坐標吻合，可能是基準站間距離較遠，以致TTG網格修正量無法完全反映小範圍變動量。

### ➤ 因應措施：

- 加入6小時靜態觀測之基本控制點解算成果，修正該區域基本控制點TWD97[2010]公告坐標。
- 以該區域修正後基本控制點TWD97[2010A]坐標，重新計算轉換模型網格。

## 基本控制點檢測

❖ 辦理花蓮地區和平基準站（HUAP）至鳳林追蹤站（FLNM）間53個一、二、三等基本控制點檢測。

### ❖ 靜態衛星測量：

- 18組儀器，採蛙跳式觀測，每時段6小時。
- 2/27至3/2(4天)辦理4個時段觀測。
- 使用IGR星曆，Topcon MAGNET V4.3基線軟體
- 國土測繪中心自行開發 BLNET網形平差軟體

### ❖ 儀器與人力：

- 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
- 國土測繪中心12部接收儀、28人

## 逐級套合平差計算

- ❖ 蒐集22個基準站1天（107年3月2日，24小時）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。
- ❖ 分析13個基準站間距離相對關係，依其相對精度低於1/100000之基線剔除疑義點位，計剔除花蓮(HUAL)、東華大學(NDHU)、水蓮國中(SHUL)、新城(SICH)及壽豐(SOFN)等5站，約制其餘8個基準站，用以計算其餘14個基準站更新後之TWD97[2010]成果(簡稱TWD97[2010A])。

19

## 逐級套合平差計算

- ❖ 以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53個一、二、三等基本控制點。
- ❖ 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6點，仍加以強制约制平差。
- ❖ 計採用8個基準站與6個基本控制點之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47點基本控制點之TWD97[2010A]坐標成果。

20  
28



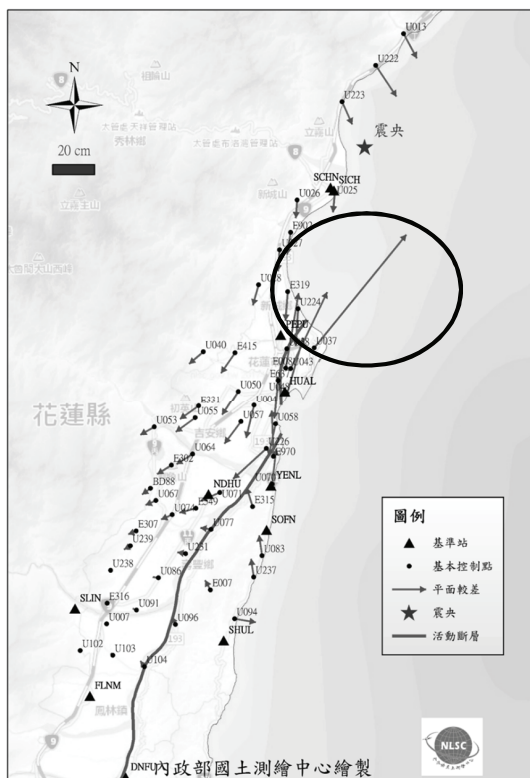
# 基線計算及網形平差

- ❖ 完成檢測之基本控制點計53點，平差成果於2度TM投影坐標N分量、E分量及高程(橢球高)方向之標準誤差平均值分別為 $\pm 0.005$ 公尺、 $\pm 0.005$ 公尺及 $\pm 0.015$ 公尺。
- ❖ 將各點位檢測成果與公告成果進行比較，大部分點位各分量變動情形均十分顯著。

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

## 檢測成果與公告成果平面、高程分量較差示意圖



# U037不符可能原因

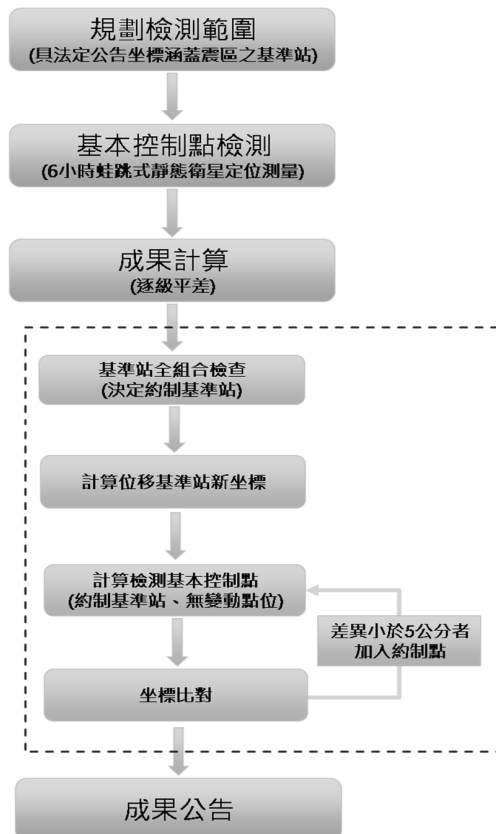


2年前現況(世曦提供)



現場環境異動???

# 作業流程



# 重建TTG模式及成果測試

- ❖ 將53個基本控制點成果，納入三維轉換模式，重新計算轉換模型網格。
- ❖ 6個基本控制點之TWD97[2010]坐標及47個基本控制點之TWD97[2010A]
- ❖ 即時動態定位檢測43點更新後之基本控制點。

25

## 基本控制點坐標改算前動態觀測較差

紅色字體為  
平面較差  $\geq 5\text{cm}$   
高程較差  $\geq 10\text{cm}$

平面20個點位  
高程11個點位

點號	公告_N	公告_E	公告_h	TTG_N	TTG_E	TTG_h	$\Delta N$	$\Delta E$	$\Delta h$
E302	2646157.476	303005.680	623.482	2646157.421	303005.649	623.436	-0.055	-0.031	-0.046
E315	2642715.337	309760.837	461.762	2642715.325	309760.851	461.709	-0.012	0.014	-0.053
E316	2634695.509	297656.181	252.646	2634695.483	297656.228	252.611	-0.026	0.047	-0.035
E319	2660699.038	312686.112	42.837	2660699.052	312686.145	42.715	0.014	0.033	-0.122
E331	2651108.339	305269.202	321.234	2651108.194	305269.042	321.218	-0.145	-0.160	-0.016
E415	2655640.485	308296.969	73.279	2655640.360	308296.860	73.348	-0.125	-0.109	0.069
E549	2642575.383	305048.164	50.774	2642575.419	305048.135	50.823	0.036	-0.029	0.049
E637	2653340.621	311879.658	27.779	2653339.991	311879.571	27.537	-0.630	-0.087	-0.242
E902	2665608.538	312922.893	32.193	2665608.555	312922.887	32.113	0.017	-0.006	-0.080
E970	2646891.005	311490.703	45.756	2646891.096	311490.694	45.641	0.091	-0.009	-0.115
U004	2651169.343	309875.810	42.834	2651168.817	309875.712	42.816	-0.526	-0.098	-0.018
U007	2632984.502	297620.309	152.464	2632984.490	297620.341	152.378	-0.012	0.032	-0.086
U026	2668294.227	313469.304	66.767	2668294.238	313469.292	66.650	0.011	-0.012	-0.117
U027	2664174.223	312008.612	39.186	2664174.252	312008.624	39.098	0.029	0.012	-0.088
U028	2661269.110	310254.430	90.411	2661269.165	310254.432	90.318	0.055	0.002	-0.093
U037	2656053.360	314877.946	31.969	2656054.322	314878.726	32.238	0.962	0.780	0.269
U038	2655967.516	312600.264	32.437	2655967.323	312600.213	32.305	-0.193	-0.051	-0.132
U040	2655727.191	305653.197	118.576	2655727.134	305653.075	118.580	-0.057	-0.122	0.004
U043	2654331.366	312921.538	77.659	2654331.829	312921.814	77.852	0.463	0.276	0.193
U048	2652244.033	312625.039	29.975	2652244.076	312625.078	29.915	0.043	0.039	-0.060
U050	2652421.188	308567.264	50.742	2652420.851	308567.098	50.721	-0.337	-0.166	-0.021
U053	2649346.310	301570.352	160.190	2649346.247	301570.234	160.186	-0.063	-0.118	-0.004
U057	2649789.678	308792.672	54.949	2649789.317	308792.540	54.912	-0.361	-0.132	-0.037
U064	2647087.690	304764.276	98.872	2647087.608	304764.210	98.834	-0.082	-0.066	-0.038
U067	2643224.190	301711.315	94.398	2643224.194	301711.283	94.328	0.004	-0.032	-0.070
U070	2644582.550	311390.053	58.975	2644582.602	311390.134	58.897	0.052	0.081	-0.078
U071	2643890.353	307030.130	52.706	2643890.275	307030.102	52.669	-0.078	-0.028	-0.037
U074	2642047.440	303073.784	66.978	2642047.430	303073.781	66.896	-0.010	0.003	-0.082
U077	2640831.997	306301.782	56.549	2640831.994	306301.783	56.475	-0.003	0.001	-0.074
U083	2638649.211	310536.143	35.724	2638649.207	310536.158	35.673	-0.004	0.015	-0.051
U086	2636807.677	301917.459	75.221	2636807.677	301917.464	75.106	0.000	0.005	-0.115
U091	2634123.981	300106.284	121.637	2634123.976	300106.326	121.538	-0.005	0.042	-0.099
U094	2633406.014	308260.559	82.358	2633405.844	308260.763	82.070	-0.170	0.204	-0.288
U096	2632939.639	303332.420	90.766	2632939.638	303332.473	90.676	-0.001	0.053	-0.090
U102	2630760.359	295407.445	161.180	2630760.361	295407.469	161.111	0.002	0.024	-0.069
U103	2630379.040	298128.067	115.413	2630379.028	298128.097	115.332	-0.012	0.030	-0.081
U104	2629432.343	300763.201	96.726	2629432.329	300763.226	96.642	-0.014	0.025	-0.084
U223	2676434.958	317203.696	82.621	2676434.926	317203.719	82.490	-0.032	0.023	-0.131
U224	2659282.755	313538.057	31.960	2659282.666	313538.092	31.842	-0.089	0.035	-0.118
U226	2647556.603	310901.376	29.159	2647556.079	310901.108	29.223	-0.524	-0.268	0.064
U231	2638816.757	304189.544	62.817	2638816.758	304189.549	62.754	0.001	0.005	-0.063
U237	2636870.628	309845.969	41.163	2636870.632	309845.978	41.103	0.004	0.009	-0.060
U239	2639466.445	299581.182	94.259	2639466.442	299581.165	94.166	-0.003	-0.017	-0.093

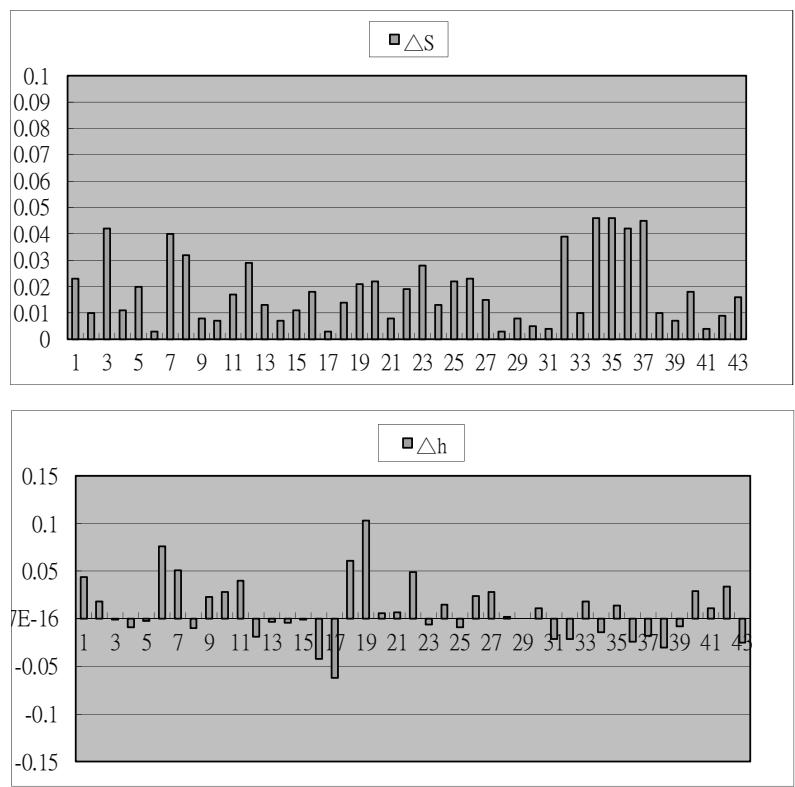


# 基本控制點坐標改算後動態觀測較差

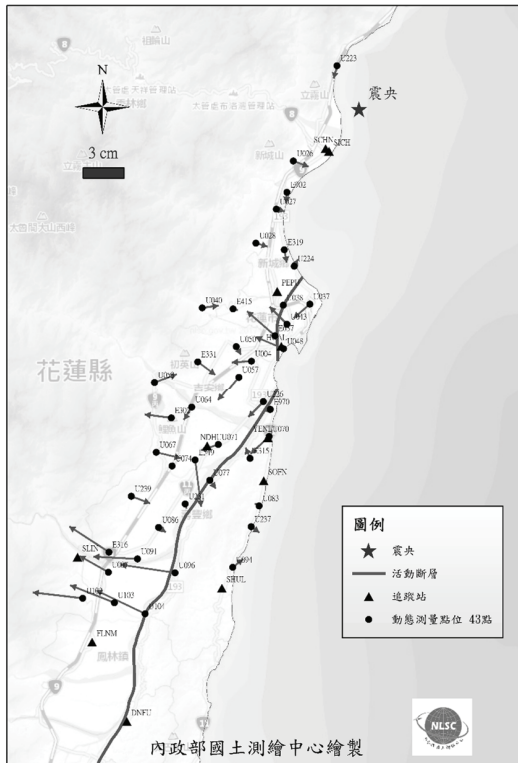
點號	2017A_N	2017A_E	2017A_h	動態_N	動態_E	動態_h	△N	△E	△S	△h
E302	2646157.502	308005.419	623.420	2646157.499	308005.442	623.464	-0.003	0.023	0.003	0.044
E315	2642715.603	309760.639	461.651	2642715.594	309760.644	461.669	-0.009	0.005	0.010	0.018
E316	2634695.616	297656.001	252.633	2634695.595	297656.037	252.632	-0.021	0.036	0.042	-0.001
E319	2660698.859	312686.010	42.781	2660698.870	312686.008	42.772	0.011	-0.002	0.011	-0.009
E331	2651108.319	305268.920	321.262	2651108.331	305268.904	321.260	0.012	-0.016	0.020	-0.002
E415	2655640.394	308296.743	73.337	2655640.395	308296.740	73.413	0.001	-0.003	0.003	0.076
E549	2642575.452	305047.880	50.780	2642575.492	305047.874	50.831	0.040	-0.006	0.040	-0.051
E637	2653340.373	311879.515	27.606	2653340.352	311879.539	27.596	-0.021	0.024	0.032	-0.010
E902	2665608.406	312922.796	32.138	2665608.414	312922.798	32.161	0.008	0.002	0.008	0.023
E970	2646891.484	311490.554	45.588	2646891.485	311490.561	45.616	0.001	0.007	0.007	0.028
U004	2651169.159	309875.618	42.815	2651169.160	309875.635	42.855	0.001	0.017	0.017	0.040
U007	2632984.623	297620.130	152.415	2632984.609	297620.155	152.396	-0.014	0.025	0.029	-0.019
U026	2668294.112	313469.242	66.700	2668294.117	313469.230	66.697	0.005	-0.012	0.013	-0.003
U027	2664174.098	312008.526	39.157	2664174.100	312008.519	39.153	0.002	-0.007	0.007	-0.004
U028	2661268.997	310254.309	90.386	2661269.000	310254.298	90.385	0.003	-0.011	0.011	-0.001
U037	2656054.369	314878.614	32.325	2656054.381	314878.628	32.283	0.012	0.014	0.018	-0.042
U038	2655967.300	312600.088	32.430	2655967.303	312600.088	32.368	0.003	0.000	0.003	-0.062
U040	2655727.171	305652.969	118.583	2655727.169	305652.955	118.644	-0.002	-0.014	0.014	0.061
U043	2654332.075	312921.738	77.806	2654332.060	312921.753	77.909	-0.015	0.015	0.021	0.103
U048	2652244.582	312625.057	29.960	2652244.575	312625.078	29.966	-0.007	0.021	0.022	0.006
U050	2652421.070	308567.004	50.763	2652421.077	308567.000	50.770	0.007	-0.004	0.008	0.007
U053	2649346.342	301570.101	160.175	2649346.334	301570.084	160.224	-0.008	-0.017	0.019	0.049
U057	2649789.588	308792.404	54.944	2649789.609	308792.422	54.938	0.021	0.018	0.028	-0.006
U064	2647087.708	304764.001	98.844	2647087.719	304764.008	98.859	0.011	0.007	0.013	0.015
U067	2643224.256	301711.084	94.359	2643224.261	301711.063	94.350	0.005	-0.021	0.022	-0.009
U070	2644582.946	311389.941	58.816	2644582.961	311389.958	58.840	0.015	0.017	0.023	0.024
U071	2643890.388	307029.831	52.641	2643890.394	307029.845	52.669	0.006	0.014	0.015	0.028
U074	2642047.505	303073.544	66.907	2642047.503	303073.542	66.909	-0.002	-0.002	0.003	0.002
U077	2640832.119	306301.541	56.462	2640832.126	306301.537	56.462	0.007	-0.004	0.008	0.000
U083	2638649.494	310535.963	35.612	2638649.492	310535.968	35.623	-0.002	0.005	0.005	0.011
U086	2636807.797	301917.254	75.122	2636807.801	301917.252	75.101	0.004	-0.002	0.004	-0.021
U091	2634124.110	300106.090	121.560	2634124.107	300106.129	121.539	-0.003	0.038	0.039	-0.021
U094	2633406.100	308260.577	81.983	2633406.095	308260.568	82.001	-0.005	-0.009	0.010	0.018
U096	2632939.819	303332.229	90.659	2632939.813	303332.275	90.645	-0.006	0.046	0.046	0.014
U102	2630760.473	295407.264	161.125	2630760.469	295407.310	161.139	-0.004	0.046	0.046	0.014
U103	2630379.174	298127.887	115.366	2630379.157	298127.925	115.342	-0.017	0.038	0.042	-0.024
U104	2629432.506	300763.005	96.650	2629432.488	300763.046	96.632	-0.018	0.041	0.045	-0.018
U223	2676434.818	317203.718	82.540	2676434.827	317203.723	82.510	0.009	0.005	0.010	-0.030
U224	2659282.508	313537.954	31.904	2659282.502	313537.951	31.896	-0.006	-0.003	0.007	-0.008
U226	2647556.443	310900.970	29.182	2647556.457	310900.981	29.211	0.014	0.011	0.018	0.029
U231	2638816.879	304189.321	62.732	2638816.883	304189.319	62.743	0.004	-0.002	0.004	0.011
U237	2636870.894	309845.789	41.013	2636870.899	309845.782	41.047	0.005	-0.007	0.009	0.034
U239	2639466.524	299580.976	94.210	2639466.529	299580.961	94.185	0.005	-0.015	0.016	-0.025

- ❖ 紅色字體為
- ❖ 平面較差  $\geq 5\text{cm}$
- ❖ 高程較差  $\geq 10\text{cm}$
  
- ❖ 藍色字體( $\Delta S$ )
- ❖ 平面較差 3-5cm

# 基本控制點坐標改算後動態觀測較差



# e-GNSS[2017A] → TWD97[2010A]

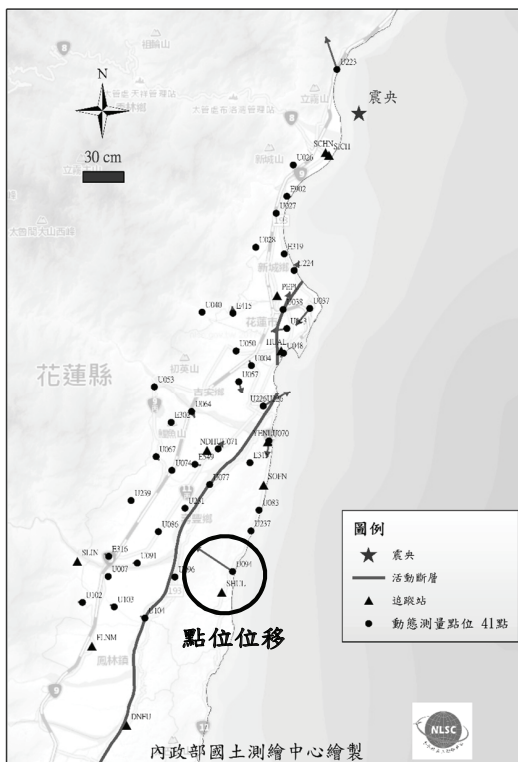


- 驗證資料：43點e-GNSS測量控制點。
- 比較方式：轉換結果與更新後TWD97[2010A]之差異。
- TTG模型已納入基本控制點檢測成果。

單位：公尺

分量	N	E	h
最大值	0.022	0.021	0.064
最小值	-0.040	-0.047	-0.101
中誤差	0.012	0.018	0.031
平均值	-0.001	-0.007	-0.004

# e-GNSS[2017A] → TWD97



- 驗證資料：41點e-GNSS測量控制點。(點數不同係因部分控制點未同時具兩系統公告坐標)
- 比較方式：轉換結果與原公告TWD97之差異。
- TTG模型已納入基本控制點檢測成果。

單位：公尺

分量	N	E	h
最大值	0.280	0.231	0.352
最小值	-0.146	-0.325	-0.267
中誤差	0.078	0.076	0.090
平均值	0.013	-0.009	-0.010

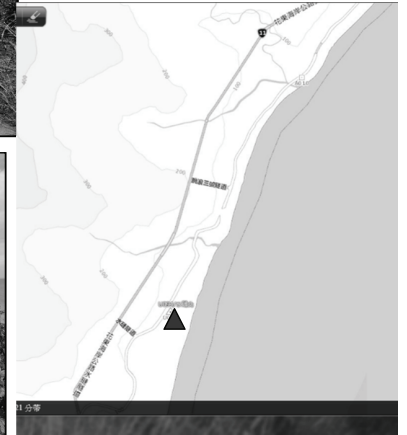
## U094不符可能原因



100年U094現場環境



107年U094現場環境



舊台11線目前  
呈封路狀態

## 結語(1)

- ❖ 在0206地震後，由e-GNSS系統內花東地區53個基準站資料計算發現，本次最大同震位移在花蓮氣象站(HUAL)，地表位移約45公分，已對該地區e-GNSS基準站及基本控制點造成影響，點位相對成果精度已不符原規劃精度要求
- ❖ 在花蓮地震的成果得知，經由更新基準站正確成果確可提升e-GNSS系統外業操作的便利性及正確性，在本次作業成果較差顯示，基準站坐標修正後動態觀測成功率由57%提高至98%



## 結語(2)

- ❖ 在地震後原e-GNSS系統所提供之三維即時轉換功能也因基準站間產生相對位移而喪失原本設計精度，經由重新計算基準站坐標、並加密轉換模型點位數量，方可達到原本平面優於5公分，高程優於10公分的轉換精度要求
- ❖ 由本次花蓮地震的檢測成果發現，不規則的地表變形及過大的變形量將造成e-GNSS系統的營運困難，影響動態定位成果及精度，國土測繪中心透過本次經驗，應建立一個遭遇突發事件因應措施及作為，以提供各界更優質穩定的定位服務
- ❖ 相關措施可參見 e-GNSS入口網站最新消息