

# 從 2012 年正高檢測成果探討國家一等水準測量未來發展 芻議

陳鶴欽<sup>1</sup>  
HeChin Chen

湯凱佩<sup>2</sup>  
KeiPei Tang

梁旭文<sup>3</sup>  
HsuWen Liang

劉正倫<sup>4</sup>  
JengLun Liu

## 摘要

臺灣地區於民國 68 年、88-90 年、90-92 年及 95-97 年由內政部及內政部國土測繪中心辦理全國性一等水準測量及檢測作業，最近一次成果於 98 年公告臺灣本島一等水準點計 2,428 點之水準測量成果，施測水準路線全長約 4,287km，提供各界使用。經濟部水利署多年來為監測地層下陷情形，101 年度亦於台北等 8 個地區進行水準網檢測作業，作為地層下陷防治執行方案之參考。

經濟部水利署為辦理地層下陷監測作業需求，於該地區辦理水準網檢測作業，國土測繪中心基於資源共享及節省公帑，利用 101 年度水利署地層下陷水準網成果與鄰近穩定的一等水準點進行聯測，並重行施以水準網平差，解算各點位高程，成果顯示與 98 年公告值較差超過-200mm 者計有 11 點，較差介於-200~-100mm 者有 31 點，合計較差超過-100mm 者達 42 點，比例接近 1 成，另查較差介於-50mm-100mm 計 87 點，比例已超過 2 成，集中在彰化、雲林、嘉義及屏東地區，成果顯示每年位移量已遠超過一等水準測量作業規範。建議未來於辦理一等水準測量作業時，地層下陷地區不再辦理檢測，點位遺失也不再補建，直接引用水利署觀測成果予以重新平差，改算至內政部公布 TWVD2001 高程系統成果，供各界使用。

關鍵詞：水準測量、正高、地層下陷

## 一、前言

一等水準點之高程為國土測量、水利工程、大地工程、地層下陷監測、海岸工程、道路工程以及其他需要使用到高程成果之工程建設之依據，臺灣地區一等水準測量成果始於 1930 年代日治時期臺灣總督府礦工局土木課測設，光復後由政府接收並於 64 年由內政部委託當時之聯勤總部測量署測設作業，以基隆水準零點為起算值，共計完成全島一等水準網，包含測量 17 條，組合成 6 環線，並增設楠梓至老農支線一條，全長計約 1821.4KM，標石合計 904 座，其中楠梓支線採單獨計算，且未加正高改正(內政部,1979)。

近年來因為經濟快速發展及國家重大工程興建，內政部已逐步加速國內一等水準點檢測及補建頻率，於 88-92 年間完成一等一級及二級水準測量作業，共計在臺灣本島完成 2065 個一等水準點測量作業，並在水準點施測 GPS 測量(含高程)及相對重力測量作業，以建設一個高精度的高程控制系統(曾清涼等,2001、2003)，為因應天然變遷及人為破壞所造成高程控制點精度不敷使用之狀況，內政部復於 88 年至 92 年期間重建台灣地區高精度之高程控制點系統，並於 91 年 5 月 8 日公布 2001 台灣高程基準(Taiwan Vertical Datum 2001，簡稱 TWVD 2001)，嗣後於訂定基本測量實施規則時定義為二〇〇一高程系統(TWVD 2001)，亦係以基隆平均海水面為起算依據之正高系統，其一等一級及一等二級水準測量成果分別於 91 年 5 月 8 日及 92 年 11 月 11 日公布，提供各界使用。另於 95 年至 97 年再次檢測，內政部於 98 年 3 月 19 日公告「97 年臺灣地區一等水準網測量成果」，計 2,428 個一等水準點成果。

內政部於 88 年 2 月 10 日訂定「一等水準測量規範」，作為內政部辦理一等水準測量之依據，並於 90 年 3 月 2 日修正。直至今日內政部已超過 5 年未辦理國內一等水準

<sup>1</sup> 內政部國土測繪中心 技正，建國科技大學兼任助理教授，[23012@mail.nlsc.gov.tw](mailto:23012@mail.nlsc.gov.tw)

<sup>2</sup> 內政部國土測繪中心 技士

<sup>3</sup> 內政部國土測繪中心 課長

<sup>4</sup> 內政部國土測繪中心 主任

測量，而國內因部分地區地層下陷嚴重，依據黃玉婷等 2010 年研究顯示，臺灣地區水準點高程變動速度的平均精度為 $\pm 0.164 \text{ cm/yr}$ ，在 99.9% 信心區間之統計測試下一等水準點平均超過三分之一點位變動速度顯著，其中彰化、雲林、嘉義、屏東、宜蘭地區為地勢沉陷區，並以雲林縣的沉陷最顯著，最大 $-9.83 \text{ cm/yr}$ ，平均 $-3.65 \text{ cm/yr}$ （黃玉婷等，2010），此沉陷速度遠超過一等水準測量作業規範  $2.5\text{mm}/\sqrt{K}$ （ $K$  表示單一測段之公里數），使得地層下陷地區水準測量成果使用略有疑義，又因政府投入基礎測量經費減少，肇致國家基本測量資料的維護作業遭受延宕，對此，國內一等水準測量作業該如何辦理？辦理區域範圍如何？作業規範為何？成果如何管理維護？以上等等問題，將是即刻所需面對問題。

## 二、 作業現況

國內目前大規範進行精密水準測量單位，主要包含內政部國土測繪中心（以下簡稱國土測繪中心）、經濟部水利署（以下簡稱水利署）及中央地質調查所（以下簡稱地調所）等單位，各基於業務執掌辦理國家基本框架維護、地層下陷地區監測及活動斷層監測等作業，現以 101 年各單位施測成果略作討論。

### （一）經濟部中央地質調查所

地質調查所對國內斷層長期以來即以各式高精度測量方式進行監測，921 及大地震後更積極投入各式大地測量方式進行監測作業，在 101 年計畫之精密水準測量工作項目中，依據其與斷層距離遠近之差異，規劃 42 條橫跨活動斷層總長度為約 1,000 公里的精密水準測線來進行精密水準觀測，針對 2002-2010 年所設置之點位與精密水準測量監測網進行重複觀測，並針對歷年精密水準遺失或毀損之點位進行補設作業。藉由全臺 GPS 站點及精密水準之測量資料，計算地表位移向量來推求應變速率之空間分布情形，以瞭解地殼變形狀況。並透過資料的時序分析，闡明地殼變形與地震發生間之關係。

101 年所獲得之 42 條精密水準測量資料共計 1221 個測段，其往返閉合差均合乎內政部 90 年度編印之「一等水準測量作業規範」。其中，測段往返閉合差絕對值小於 2.0 mm 以下者，有 1092 個測段，佔所有測段比例之 89.4 %。重新計算各測段之施測精度，測段往返閉合差精度小  $1.5 \text{ mm}/\sqrt{K}$  者，佔所有測段比例為 72.5 %（885 個測段）；測段往返閉合差精度小於  $2.0 \text{ mm}/\sqrt{K}$  者，則佔所有測段比例為 94.7 %（1156 個測段）。考慮與測段距離的關係後，每公里觀測精度小於 2.0 mm 者有 1070 個測段達測段達 87.6 %，顯示外業觀測品質相當穩定可靠（臺灣大學，2012），其施測路線及位置分佈詳如圖 1。

雖然地調所精密水準點作業方式、觀測資料品質及數量皆符合「一等水準測量規範」，但是因其點位分布係以斷層監測為主要考量，分布較不均勻，無法全數納入內政部一等水準測量作業中，但是在外業實務作業中，倘一等水準測量測線上有鄰近地調所點位，通常均會要求外業人員一併聯測，納入後續平差計算，讓爾後資料成果可整合共享及交換使用。

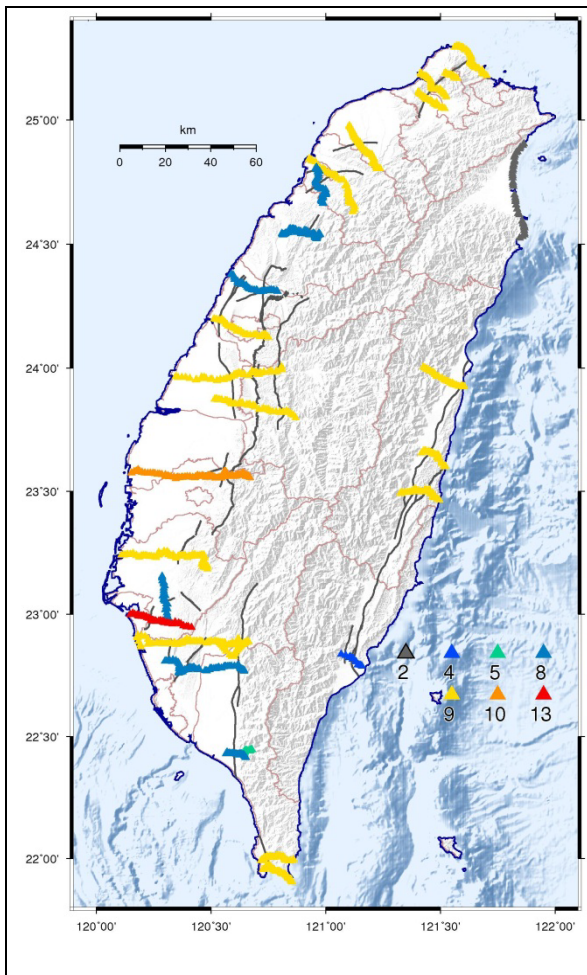


圖 1a：42 條精密水準測線。右圖點位之顏色表示該側線施測的次數

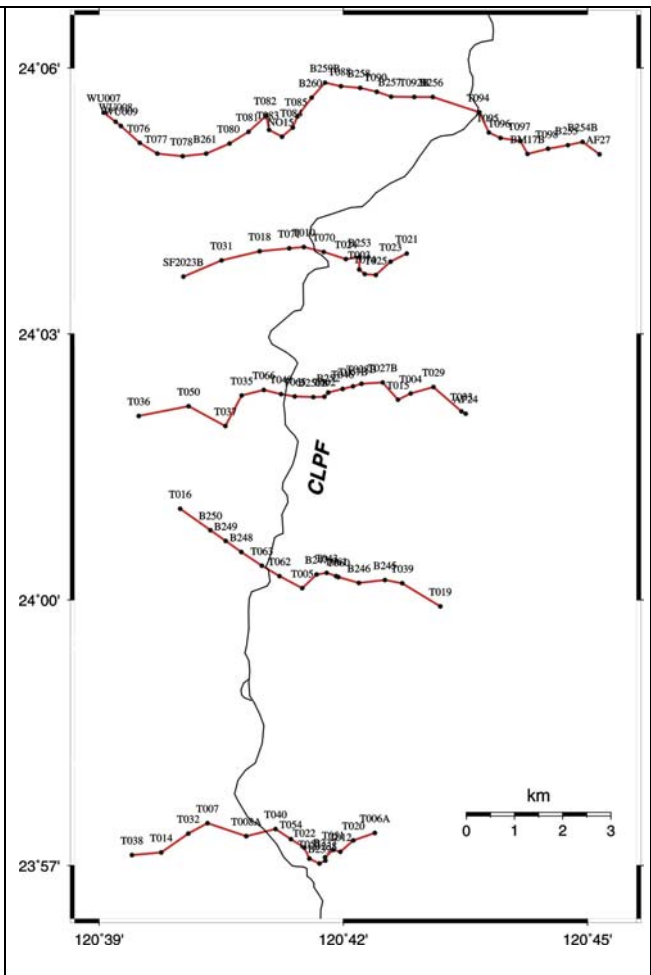


圖 1b：中部跨車籠埔斷層短測線分布圖

## (二) 經濟部水利署

經濟部水利署（以下簡稱水利署）多年來為監測台灣地區地層下陷情形，作為地層下陷防治執行方案實施之參考，選定全台灣多個區域全面辦理下陷區水準網檢測、監測井監測、基本資料收集及加強預警機制等工作。101 年度辦理包括臺北、宜蘭、苗栗、臺中、彰化、雲林、嘉義及屏東等 8 個地區之水準網檢測，詳如圖 2，該水準網由水利署所布設，多數點位為該署自行埋設及命名，亦同時聯測區域內由內政部布設之一等水準點，該署 101 年度水準測量之精度要求，除宜蘭地區採一等一級水準測量精度，測段閉合差需小於  $2.5 \text{ mm}\sqrt{K}$  ( $K$  為測段長度，單位：公里)外，其餘地區採用一等二級水準測量精度，閉合差應小於  $3 \text{ mm}\sqrt{K}$  (內政部，2001，惟目前國土測繪法僅規範一等及二等 2 種精度)，於一般工程中應用已足夠。

成果顯示，101 年度水利署計辦理水準測線距離 2299 公里，施測水準點 1795 點，每測段閉合差均小於  $3 \text{ mm}\sqrt{K}$ ，系統誤差改正後之自訂環線閉合差均小於  $3 \text{ mm}\sqrt{F}$ ，後驗中誤差約介於  $0.5\sim 1.5 \text{ mm}\sqrt{K}$  間，彰雲嘉仍屬嚴重下陷地區，下陷速率約  $3.0\sim 7.4 \text{ cm/yr}$ ，惟已有逐步減緩趨勢，其他地區下陷速率約在  $0\sim 2 \text{ cm/yr}$  (交通大學，2013；達雲科技有限公司，2013)。

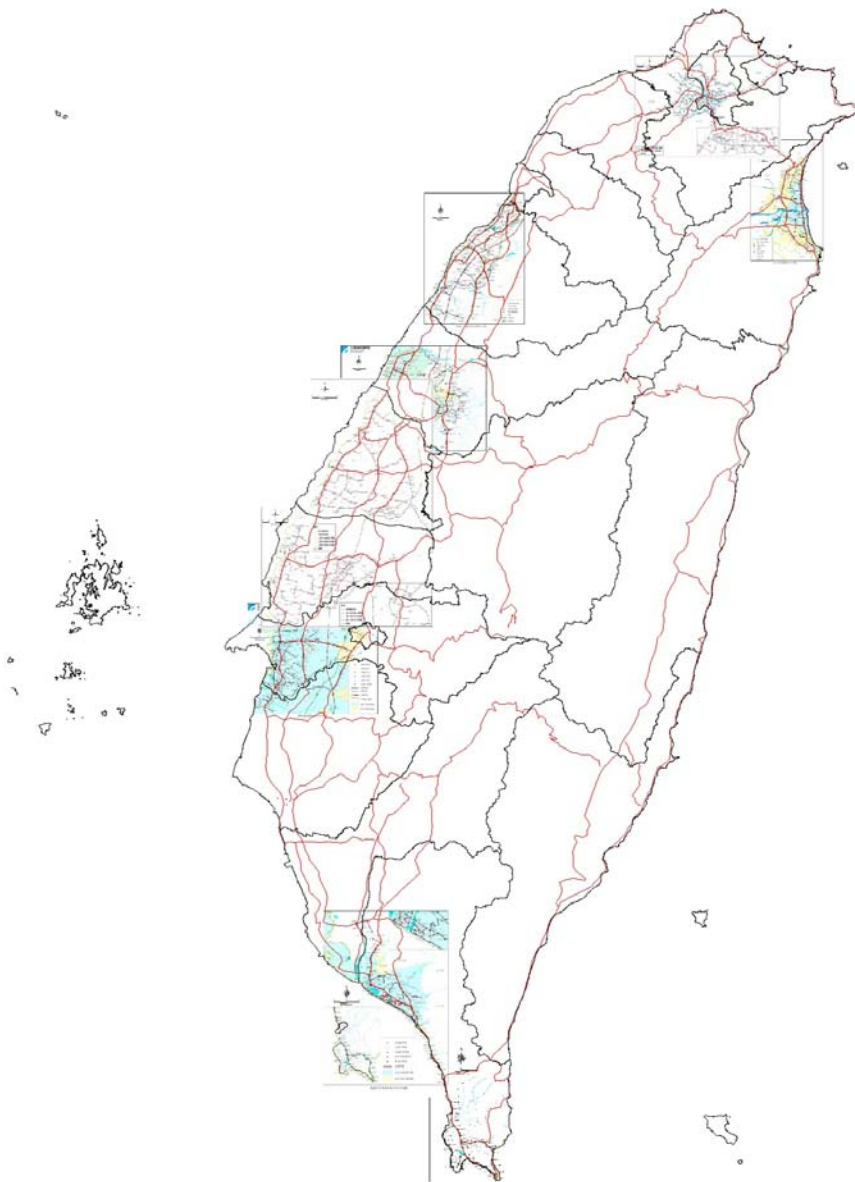


圖 2：經濟部水利署監測水準網分布示意圖

表 1：101 年度經濟部水利署地層下陷水水測量成果彙整表

範圍地區	測線距離 (KM)	點數	後驗中誤差	平均誤差	最大誤差	多於觀測數
台北	287	251	$\pm 0.537\text{mm}\sqrt{K}$	1.45mm	2.04mm	28
苗栗	185	136	$\pm 0.786\text{mm}\sqrt{K}$	2.5 mm	3.8 mm	11
台中	160	126	$\pm 0.649\text{mm}\sqrt{K}$	2.1 mm	2.9 mm	9
彰化	383	274	$\pm 1.179\text{mm}\sqrt{K}$	4.46mm	6.28mm	17
雲林	519	385	$\pm 1.479\text{mm}\sqrt{K}$	6.40mm	8.65mm	26
嘉義	335	256	$\pm 0.781\text{mm}\sqrt{K}$	2.4 mm	3.7 mm	23
屏東	270	207	$\pm 0.979\text{mm}\sqrt{K}$	3.5 mm	6.5 mm	19
宜蘭	160	160	$\pm 0.795\text{mm}\sqrt{K}$	2.9 mm	4.1 mm	13

### (三) 內政部國土測繪中心

國土測繪中心曾於 95-97 年度委外辦理全島一等水準測量作業後外，每年利用自有  
人力辦理全島約 34 處潮位站高程基準檢測及基隆水準原點監測測量作業，使用水準測

量規範為  $2\text{mm}\sqrt{K}$ ，相關成果及報告並公布於國土測繪中心網站供各界使用，為對於全國性大歸模水準測量限於預算經費，遲遲無法依國土測繪法規定期辦理檢測作業，另在地層下陷地區亦有部份水準點遺失，且 97 年度所公布成果精度因受地層下陷影響，已無當初施測所宣稱精度，對此，國土測繪中心已思索如何因應，基於資源共享及節省國家公帑，101 年度利用水利署水準網檢測成果，與鄰近穩定的一等水準點聯測，並以各鄰近之穩定水準點作為高程約制點，重新進行水準網平差，解算各點位高程值，其中屬於內政部一等水準點者，可與公告高程值比較得到高程變化，達到檢測的目的，所稱穩定的一等水準點係利用內政部於 90~91 年、95 年及 96~97 年共計辦理 3 次一等水準點正高測量，經採最小約制平差計算成果，分析各水準點最近兩次的成果，將高程變化小於 5mm 者視為穩定的一等水準點。

聯測主要工作內容包含(1)精密水準測量：監測網與一等水準點間之水準測量。(2)內業資料處理：主要是整併水利署監測水準網及本中心聯測之水準測量成果，進行水準網平差計算。(3)工作報告撰寫。於水準測量外業成果整理完成後即結合水利署水準測量資料進行聯合水準網平差，計算時須給予高程約制，故必須篩選穩定之水準點先進行高程檢核作業，最後再選定適當點位作為高程約制。本次各區水準網選定的高程約制點為 2~4 個不等，水利署監測水準網各區採用之高程約制點除臺北及屏東地區使用 2 點外，其他地區使用 1 點。

高程約制點為水準網平差之依據，其高程值必須可靠方可用來推算其他點位高程，達到檢測目的，目前內政部 98 年 3 月公告之一等水準點高程為 96~97 年度所施測，距本次作業已約 5 年，部分點位高程可能已有變動，部分點位則是相對穩定，而作為高程約制點必須為穩定水準點（高程變化量少），並且尚須考量點位於水準網中的分布位置。

分析內政部歷次辦理一等水準點正高測量成果，將水準點最近兩次測量高程成果變化小於 5mm 者視為穩定水準點，列為本次作業優先考量點位，但點位高程是否真無大變動，尚必須經過檢核。本次作業中各地區高程約制點選定原則如下(1)約制點為穩定之內政部一等水準點，採其 98 年 3 月公告高程值。(2)約制點位置須坐落水準網外側，並應儘量均勻分布。(3)局部區域有多點可選時，以節點為優先選擇。各區高程約制點選擇及檢核成果詳如表 2、3。

表 2：聯測作業各地區高程約制點及其檢測結果表

地區	編號	點號	98 年公告 高程(M)	檢測成果 高程(M)	高程較差 (mm)	高程較差差值 最大值(mm)
宜蘭	1	9049	12.97334	12.97334	0.00	11.12
	2	9048	21.97803	21.97384	-4.19	
	3	9034	60.04073	60.04766	6.93	
臺北	1	5012	20.60996	20.60996	0.00	8.44
	2	1013	121.72410	121.72870	4.62	
	3	9005	19.14698	19.14316	-3.82	
	4	D001	6.14530	6.14455	-0.75	
苗栗	1	X031	14.54651	14.54651	0.00	4.84
	2	6007	88.20908	88.20785	-1.23	
	3	1046	9.21514	9.21875	3.61	
臺中	1	1093	17.64943	17.64943	0.00	12.90
	2	G004	4.51497	4.52279	7.82	
	3	3088	243.06264	243.05756	-5.08	

彰化	1	C086	232.66110	232.66110	0.00	9.68
	2	G013	3.83553	3.84496	9.43	
	3	3126	102.72810	102.72790	-0.25	
雲林	1	F032	40.03537	40.03537	0.00	3.84
	2	3127	83.64841	83.65225	3.84	
嘉義	1	1129	26.56354	26.56354	0.00	2.79
	2	1140	19.10514	19.10793	2.79	
屏東	1	X222	19.00750	19.00750	0.00	36.03
	2	G120	3.71058	3.71376	3.18	
	3	X215	19.40999	19.44602	36.03	

表 3：聯測作業各地區約制點檢測高程與 98 公告高程較差之兩兩差值檢核成果

地區	點位 1	點位 2	距離(KM)	高程較差 差值(mm)	$3.0 \text{ mm}\sqrt{K}$ (mm)	通過檢核
宜蘭	9034	9048	27.73	-11.12	15.80	是
	9034	9049	29.17	-6.93	16.20	是
	9048	9049	2.36	4.19	4.61	是
臺北	5012	9005	20.57	-3.82	13.61	是
	5012	1013	37.45	4.62	18.36	是
	5012	D001	25.72	-0.75	15.22	是
	9005	1013	20.33	8.44	13.53	是
	9005	D001	19.26	3.07	13.16	是
	1013	D001	17.45	-5.37	12.53	是
苗栗	1046	X031	21.34	-3.61	13.86	是
	1046	6007	27.96	-4.84	15.86	是
	X031	6007	10.96	-1.23	9.93	是
臺中	1093	G004	19.64	7.82	13.30	是
	1093	3088	27.24	-5.08	15.66	是
	G004	3088	21.75	-12.90	13.99	是
彰化	C086	G013	23.31	9.43	14.48	是
	C086	3126	23.17	-0.25	14.44	是
	G013	3126	43.48	-9.68	19.78	是
雲林	3127	F032	12.36	-3.84	10.54	是
嘉義	1140	1129	23.67	-2.79	14.60	是
屏東	X215	X222	81.75	-36.03	27.13	否
	X215	G120	69.84	-32.85	25.07	否
	X222	G120	15.65	3.18	11.87	是

### 三、 成果分析與討論

#### (一) 宜蘭地區

對於確認已知不動點部分，先採用單點約制（最小約制自由網），且不加入新增測線時，後驗精度成果為  $0.795\text{mm}/\sqrt{K}$ （ $K$  測線為公里數），與水利署成果相同；加入新增測線後，單點約制之結果為  $0.770\text{mm}/\sqrt{K}$ ，2 點約制之成果為  $0.87\text{mm}/\sqrt{K}\sim 1.04\text{mm}/\sqrt{K}$ ，3 點約制之成果為  $1.274\text{mm}/\sqrt{K}$ 。最後水準網內一等水準點採 3 點約制平差之高程成果與公告高程比較，全區 40 點中有 16 點較差大於 20mm，均是呈現下陷，16 點中有 5 點超過 30mm，最大者為 2082 較差約為 48.2mm。整體結果顯示該區域水準點高程略微呈現下陷變化，各點位高程較差示意圖如圖 3。

#### (二) 台北地區

對於確認已知不動點部分，先中採用單點約制（最小約制自由網）且不納入新增測線時，其後驗精度為  $0.481\text{mm}/\sqrt{K}$ （ $K$  測線為公里數），納入新增測線後，單點約制之結果為  $0.662\text{mm}/\sqrt{K}$ ，東西向 2 點（1013、5012）約制之成果為  $0.668\text{mm}/\sqrt{K}$ ，南北向 2 點（D001、9005）約制之成果為  $0.666\text{mm}/\sqrt{K}$ ，4 點約制之成果為  $0.706\text{mm}/\sqrt{K}$ 。最後水準網內一等水準點採 4 點約制平差之高程成果與公告高程比較，全區 32 點，其中點位 3007 為 99 年度重新埋設，其高程已與原公告值不同，除此之外計有 5 點較差大於 20mm，均是呈現下陷，最大者為 3002 較差約為 27.4mm。整體結果顯示，該區域內一等水準點高程較差多數在 20mm 以內，高程變化相對穩定，各點位高程較差示意圖如圖 4。

#### (三) 苗栗地區

對於確認已知不動點部分，採用單點約制計算後驗精度成果與水利署成果相同，為  $0.786\text{mm}/\sqrt{K}$ （ $K$  測線為公里數），採 2 點（1046、6007）約制後驗精度成果為  $0.818\text{mm}/\sqrt{K}$ ，採 3 點約制後驗精度成果為  $0.786\text{mm}/\sqrt{K}$ 。最後水準網內一等水準點採 3 點約制平差之高程成果與公告高程比較表，全區 68 點中點位 6005 為 99 年度重新埋設，高程已與公告值不同，除此之外計有 2 點較差介於 20~30mm，最大者為 B005 較差約 27.2mm，53 點較差小於 10mm。整體結果顯示，該區域水準點高程變化相對穩定，各點位高程較差示意圖如圖 5。

#### (四) 台中地區

對於確認已知不動點部分，採用單點約制計算後驗精度成果為  $0.593\text{mm}/\sqrt{K}$ （ $K$  測線為公里數），採 2 點約制計算成果為  $0.642\text{mm}/\sqrt{K}$ ，採 3 點約制計算成果為  $1.042\text{mm}/\sqrt{K}$ 。最後水準網內一等水準點採 3 點約制平差之高程成果與公告高程比較表，全區 50 點中較差大於 10mm 者有 5 點，最大者為點位 3093 較差約為 19mm。整體結果顯示，該區域水準點高程變化相對穩定，各點位高程較差示意圖如圖 6。

#### (五) 彰化地區

對於確認已知不動點部分，採用單點約制計算成果後驗精度為  $1.155\text{mm}/\sqrt{K}$ （ $K$  測線為公里數），採 2 點及 3 點約制計算成果後驗精度約為  $1.2\text{mm}/\sqrt{K}$ 。最後水準網內一等水準點採 3 點約制平差之高程成果與公告高程比較表，全區 55 點中點位 1109 較差最大為 235mm，I008 及 C078 較差亦超過 200mm，另有 I009 及 I015 較差超過 100mm，該 5 點均呈現下陷。整體結果顯示，區域內部分水準點高程已與公告值有明顯差異，且多數呈現下陷，各點位高程較差示意圖如圖 7。

#### (六) 雲林地區

對於確認已知不動點部分，採用單點約制計算成果後驗精度為  $1.472\text{mm}/\sqrt{K}$ （ $K$  測線為公里數），採 2 點約制計算成果後驗精度為  $1.462\text{mm}/\sqrt{K}$ 。最後水準網內一等水準點採 2 點約制平差之高程成果與公告高程比較表，全區 56 點中有 6 點較差超過 200mm，另有 12 點較差介於 100~200mm 之間，均呈現下陷。整體結果顯示，區域內多數水準點高程已與公告值有明顯差異，且多呈現下陷，各點位高程較差示意圖如圖 8。

### (七) 嘉義地區

對於確認已知不動點部分，採用單點約制計算成果後驗精度為  $0.781\text{mm}\sqrt{K}$  ( $K$  測線為公里數)，採 2 點約制計算成果後驗精度約為  $0.773\text{mm}\sqrt{K}$ 。最後採 2 點約制計算所得水準網內一等水準點新高程與公告高程比較表，全區 60 個點位中除 H059 上升超過 855mm，研判點位已被移動外，另有 14 點較差超出 100mm (皆為下陷)，其中 1135 下陷超過 200mm，其餘 13 點則介於 100~160mm 之間。整體結果顯示，區域內部分水準點高程已與公告值有明顯差異 (38 點超過 50mm)，多數呈現下陷，各點位高程較差示意圖如圖 9。

### (八) 屏東地區

對於確認已知不動點部分，採用單點約制計算成果後驗精度成果為  $0.899\text{mm}\sqrt{K}$  ( $K$  測線為公里數)，採 2 點約制計算成果後驗精度為  $1.229\text{mm}\sqrt{K}$ ，採 3 點約制計算成果後驗精度為  $1.238\text{mm}\sqrt{K}$ 。最最後採 3 點約制計算所得水準網內一等水準點新高程與公告高程比較表，全區 70 個點位中，除 G128 與 Q012 為 99 年度重新埋設，高程值已經完全不同外，計有 4 點較差超過 100mm 且皆為下陷，最大者為 G127 約 134mm，另有 8 點較差介於 50~100mm 亦皆為下陷。從較差成果顯示，區域內部分水準點高程已與公告值有明顯差異，多數呈現下陷，各點位高程較差示意圖如圖 10。

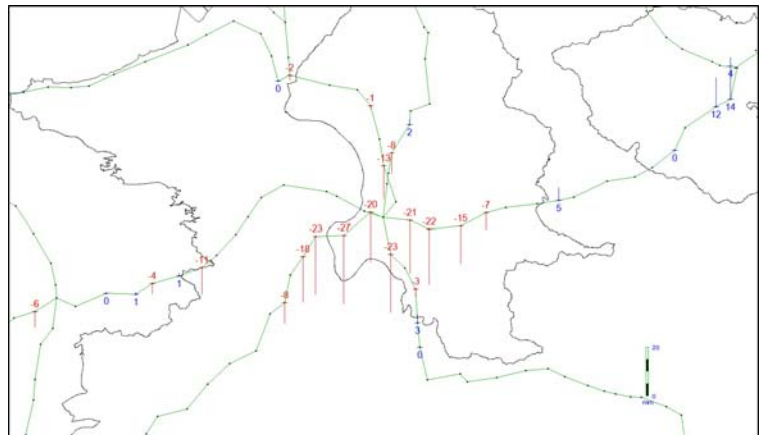
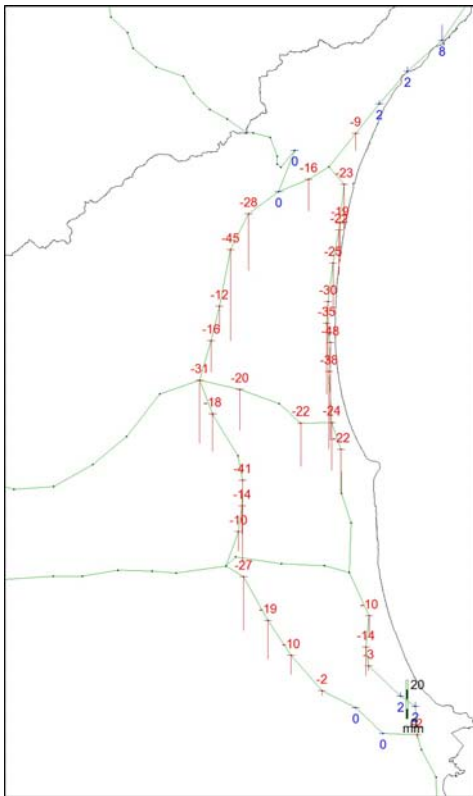


圖 3：宜蘭地區一等水準點檢測高程與公告高程較差示意圖

圖 4：台北地區一等水準點檢測高程與公告高程較差示意圖



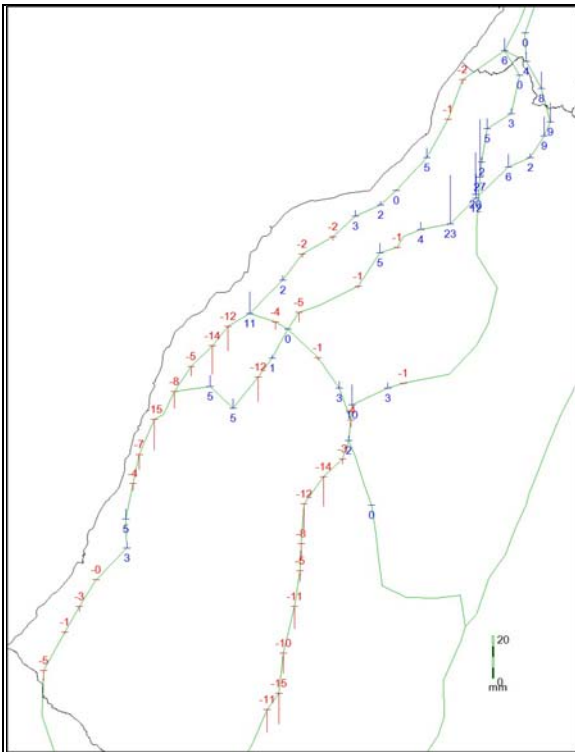


圖 5：苗栗地區一等水準點檢測高程與公告高程較差示意圖

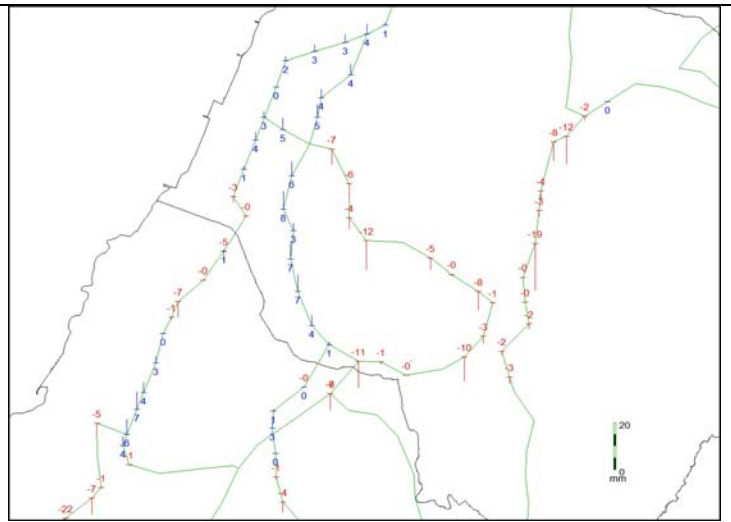


圖 6：台中地區一等水準點檢測高程與公告高程較差示意圖

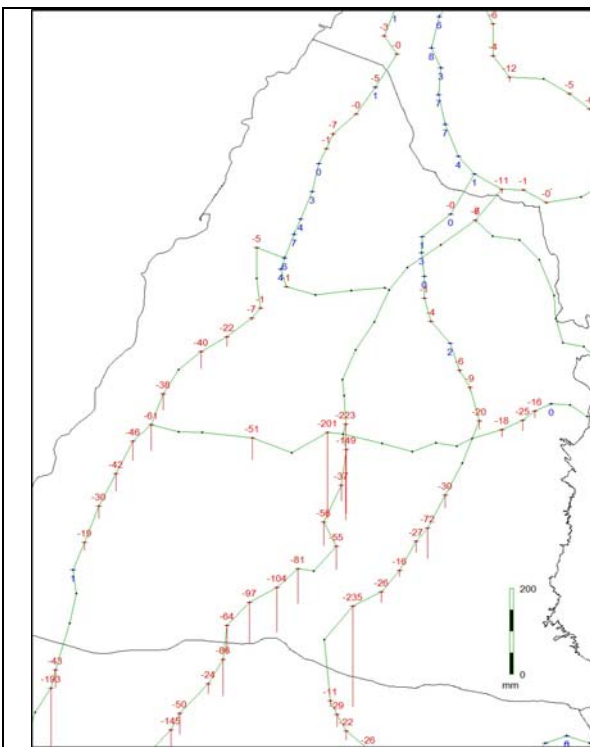


圖 7：彰化地區一等水準點檢測高程與公告高程較差示意圖

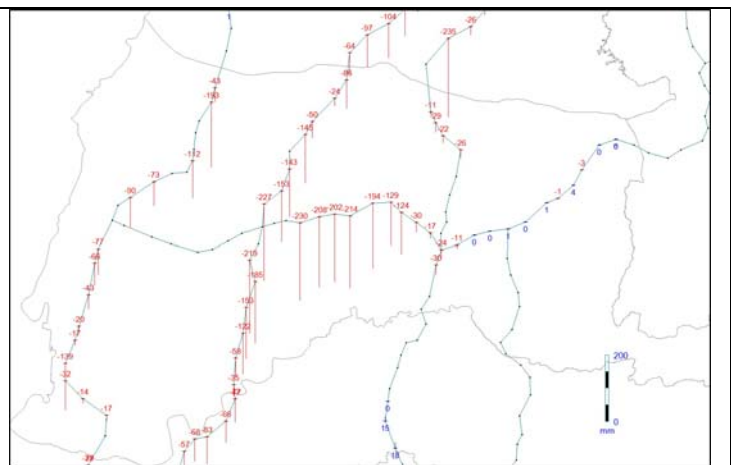


圖 8：雲林地區一等水準點檢測高程與公告高程較差示意圖

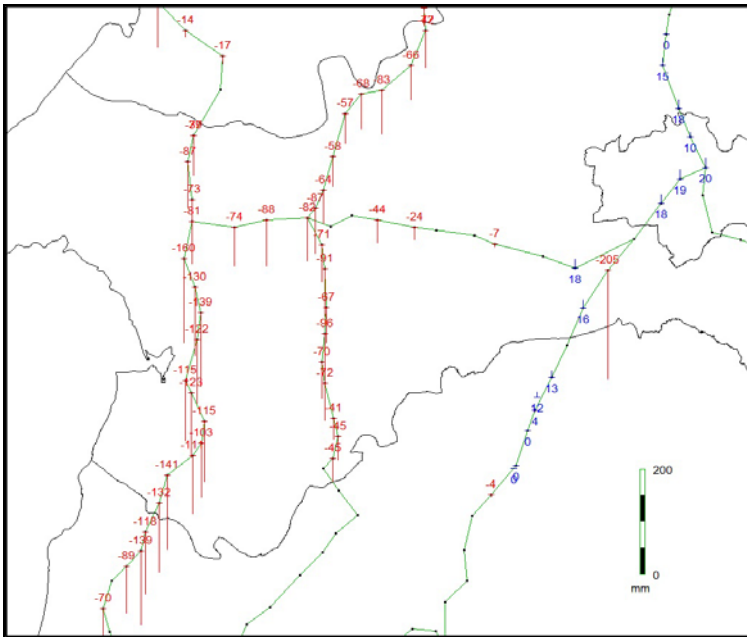


圖 9：嘉義地區一等水準點檢測高程與公告高程較差示意圖

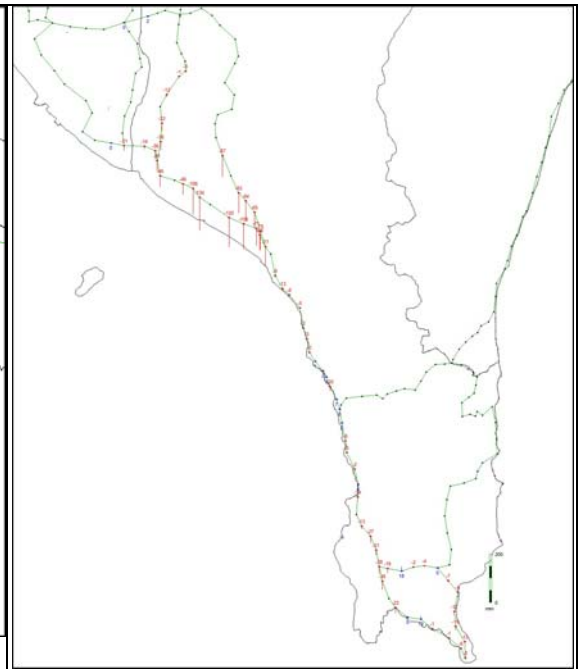


圖 10：屏東地區一等水準點檢測高程與公告高程較差示意圖

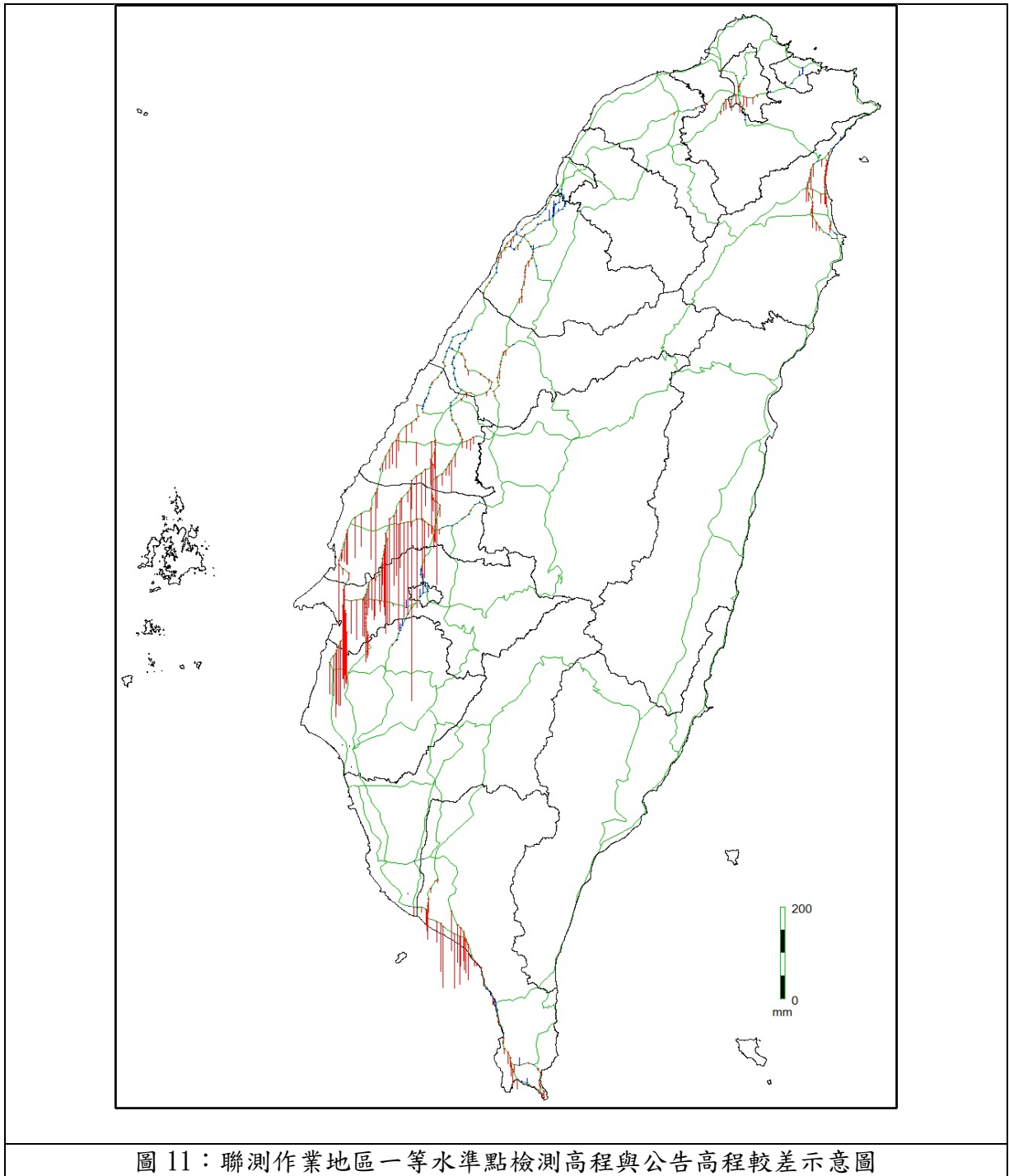
(九) 成果計算總結

前各小節陳述各地區之平差計算成果，其中臺北、彰化及雲林地區依水利署所提供報告書之成果每公里中誤差非常小，經查係平差時觀測量設定之權值較小所致，惟平差後之觀測量之改正數相同，不影響平差結果。聯測作業主要目的為檢測一等水準點高程，水準網經平差計算後得各點位高程成果，屬一等水準點者再與公告高程進行比較獲得點位高程差值。本次聯測工作一等水準點高程檢測成果統計如表 4，各水準點檢測之高程較差示意圖如圖 11。

表 4：一等水準點高程較差統計表

地區	宜蘭	臺北	苗栗	臺中	彰化	雲林	嘉義	屏東		
高程約制點	9034	1013	1046	1093	3126	3127	1129	X215	總計	
	9048	5012	6007	3088	C086	F032	1140	X222		
	9049	9005 D001	X031	G004	G013			G120		
一等水準點數	40	32	68		55	56	60	70	431	
99 年度埋設點數	0	1	1	0	0	0	0	2	4	
較差範圍	-200 以上	0	0	0	0	3	6	2	0	11
	-100~-200	0	0	0	0	2	12	13	4	31
	-100~-50	0	0	0	0	7	7	23	8	45

圍 (mm)	-50~-20	16	5	0	0	11	14	5	12	63
	-20~+20	24	26	65	50	32	17	17	44	275
	+20~+50	0	0	2	0	0	0	0	0	2
較差最大值(mm)	-48.2	-27.4	+27.2	-19.1	-235	-230	-856	-134		



#### 四、問題與討論

經由本次聯測作業，證實可完成「近似」一等水準精度檢測成果，但是對於未來基本控制測量所規範之一等水準點測量作業，實際上仍有諸多因素仍需克服，諸如：

##### (1) 施測規範

依據國土測繪法規定，以水準測量方法實施一、二等基本控制測量之精度規範之系統誤差改正前每測段往返最大閉合差分別為  $2.5\text{mm}\sqrt{K}$  及  $5.0\text{mm}\sqrt{K}$ ，系統誤差改正後水準環線最大閉合差分別為  $2.5\text{mm}\sqrt{F}$  及  $5.0\text{mm}\sqrt{F}$ ，雖然依據上開聯測與重新平差成果符合規定，但是水利署之規範為  $3.0\text{mm}\sqrt{K}$  及  $3.0\text{mm}\sqrt{F}$ （此為原一等二級水準測量作業精度），所以倘此成果要公布使用，此節目須重新加以定義規範。另目前內政部公布之「一等水準測量規範」中規範之系統誤差改正項目包含視準軸誤差、折射誤差、地球曲率改正、正高改正、水準尺溫度改正及水準尺刻劃改正等 6 項，惟水利署部分僅作是準軸誤差改正與地球曲率改正 2 項，與內政部規範不同，綜上，建議地層下陷地區雖然在數據上可聯測改算求取良好成果，但是礙於規範建議可朝二等水準精度方向思考，以符實際。

##### (2) 作業區域範圍（地層下陷地區）

若上述作業規範可修訂以符實際需求，在考量經費有效運用下，內政部對於建立國家基本控制測量之高程系統部分，可思索將地層下陷地區剔除原本一等水準測量作業範圍內，利用確認不動已知點後，將水利署每年對地層下陷地區監測數據重新平差改算至 TWVD2001 系統下供各界使用，及時更新水準測量成果。對彰雲嘉等地區每年下陷速度均超過  $3.0\text{ cm/yr}$  部分已遠超過一、二等水準測量精度，倘內政部僅每 3-5 年在此區域實施高精度水準測量，可明顯推論，於當年度完成外業施測至平差計算後所公布成果，所耗時間產生之下陷影響量之已遠超過測量成果精度，故對於地層下陷嚴重之彰雲嘉等區域，建議內政部基於資源共享可運用水利署施測成果重新平差計算，內政部可關注在全島其他地區點位部分，在 3-5 年之周期內定期檢測，以維護良好高程控制系統，促進國家各項建設發展。

##### (3) 儀器檢測作業

目前實際外業測量作業時，每對尺在辦理外業測量時均成對固定，且 A、B 尺分別上點以消除零點誤差。然而作業規範要求必須做「水準尺刻劃改正」，亦要求儀器檢校項目應包含「銜鋼尺刻劃最大容許變形量」，其最大容許值為  $50\ \mu\text{m}$ ，但沒有說明檢校後超過  $50\ \mu\text{m}$  是否可進行系統誤差修正。目前國內僅工研院量測中心可針對銜鋼尺進行檢校，但工研院並沒有提供整對尺之平均變形比例，以 3 米尺為例，其校正報告說明，提供由條碼銜鋼尺頂部下方約 160 mm 的條碼上緣位置處，將此處作為基準點，即此位置之標稱值設定為 0 mm，然後取每間隔 200 mm 的條碼位置處，標示為量測位置 2、3、4... 等，共 14 個量測位置點，量測位置相對應的標稱值依序為 200 mm、400 mm、600 mm、... 至 2600 mm。並提供各量測位置之器差值（量測值-標稱值）及擴充不確定度，若以純數學數據而言，應對此進行一次或二次線性內插改正，以提高觀測精度。另國內對電子水準儀部份，並無任何一通過全國認證基金會（TAF）認證之實驗室提供水準儀校正作業，這點值得國內各測量儀器之認證實驗室作為努力方向。

##### (4) 成果管理維護

在資料處理過程中，我們一再強調「不動已知點」，但吾人該如何判斷，雖然本次作業已提出做法，具體做法詳見內政部國土測繪中心 101 年工作報告，建議未來可納入現代化高程概念，以 GPS 連續站附近同時設置水準點，在平坦地區，若其點位間相差距離在數十公尺範圍內，以幾何差等於正高差概念（ $h=H+N$ ， $\Delta h=\Delta H$ ， $h$  表幾何高， $H$  表正高），可將長期 GPS 連續站高程變化來當做確認不動已知點參考或提供下陷速度場。但即使使用水利署成果資料納入平差使用，內政部（或國土測繪中心）仍應在一定時間周期內（如 5 年內），對全島除地層下陷區外之地區進行一等水準測量作業，以確保高程系統成果品質及提升國家整體競爭力。另外在 5 年週期內水利署是否對每個地區每年

均會重複觀測，而與內政部大規模觀測之時間點有落差，如何納入一併聯合平差或者需納入速度場參數，將是另一個值得探討課題。

## 五、結論與建議

經由國土測繪中心本次聯測水利署地層下陷監測觀測資料，並納入一等水準點重新平差計算後，獲致以下結論與建議：

- (1) 本次聯測作業計完成 431 個一等水準點（含內政部舊水準點 4 點）高程檢測，其中 4 點為 99 年度重新埋設，不納入分析，檢測結果顯示高程變動大者均為下陷。成果顯示與 98 年公告值較差超過-200 mm 者計有 11 點，較差介於-200~-100 mm 者有 31 點，合計較差超過-100 mm 者達 42 點，比例接近 1 成，另查較差介於-50 mm-100 mm 計 87 點，比例已超過 2 成，集中在彰化、雲林、嘉義及屏東地區。
- (2) 一等水準點檢測因人力及經費問題無法經常全面性辦理，透過聯測方式，以較少量的水準測量工作，聯結水利署監測水準網測量成果，可得到監測區內一等水準點之檢測結果，相較大規模水準檢測作業，可節省大量人力及經費。本項利用聯測方式，結合水利署水準測量成果，共享資源並節省公帑之作業模式，可作為辦理監測區內一等水準點檢測的作業方式。本次作業獲得部分一等水準點之檢測成果，其與 98 年公告高程之差值顯示點位自公告以來的可能變動情形，可提供未來聯測規劃之參考。
- (3) 依據水利署監測成果顯示，臺灣西南部彰雲嘉等地層下陷區下陷速率約 3.0-7.4 cm/yr，此一成果已遠超過一等水準測量之作業規範；因水利署每年均在此區域進行監測作業，基於成果有效使用及資源共享，對於台灣西南部彰雲嘉地層嚴重下陷地區，建議不再辦理一等水準測量定期檢測及管理維護作業，範圍內之原內政部一等水準點不再定期檢測及補建遺失點位。
- (4) 因地層下陷地區為每年監測，建議利用水利署每年提供監測網數據，由國土中測繪中心聯測至外圍一等水準點，重新改算至 TWVD2001 高程系統成果，以求得高品質並符實際需求之高程系統成果，提供各界使用。
- (5) 地層下陷地區所改算成果，依據水利署資料顯示，平差計算成果可符合二等水準測量成果精度（ $5\text{ mm}\sqrt{K}$ 、 $5\text{ mm}\sqrt{F}$ ），惟下陷區內之地層下陷量每年已超過 3 cm，此變化量勢必產生高程成果不符值，聯測數據重新改算之下陷區內水準點成果等級如何定義？未來需進一步研議。

## 致謝

本研究所使用資料由經濟部水利署及內政部國土測繪中心提供，特此致謝。

## 參考文獻

- 內政部，1979，中華民國臺灣地區一等水準點檢測成果表。
- 內政部，2001，一等水準測量作業規範。
- 內政部國土測繪中心，2013，101 年度正高監測網聯測工作報告書。
- 臺灣大學，2012，「斷層活動性觀測研究第二階段-斷層監測與潛勢分析研究(4/4)」期末報告，經濟部中央地調查所。
- 交通大學，2013，101 年度多元化監測及整合技術應用於宜蘭、苗栗、台中、嘉義及屏東地區地層下陷監測期末報告書，經濟部水利署。
- 曾清涼、楊名、劉啟清、余致義、林宏麟，2001，《一等一級水準網測量督導查核工作》報告書，內政部。
- 曾清涼、楊名、劉啟清、余致義、林宏麟，2003，《一等二級水準網測量督導查核工作》報告書，內政部。
- 黃玉婷、陳國華、楊名，2010，利用 TWVD2001 水準資料推估臺灣地區高程變動速度場

之研究，台灣土地研究，第十三卷第一期，pp. 25~52。  
達雲科技有限公司，2013，101年度多元化監測及整合技術應用於台北、彰化及雲林地區地層下陷監測期末報告書，經濟部水利署。