

附件2

## 103年度彰化地區水準檢測及分析範例

### 一、儀器校驗

依照作業規範規定，得標廠商應於決標日之次日起起 30 日內將精密水準儀及鋼鋼水準尺送交國家度量衡標準實驗室或簽署國際實驗室認證聯盟相互承認辦法之認證機構所認證之實驗室辦理校驗，並於校驗證明文件核發後 14 日內送本署備查（如圖 1 及圖 2）。

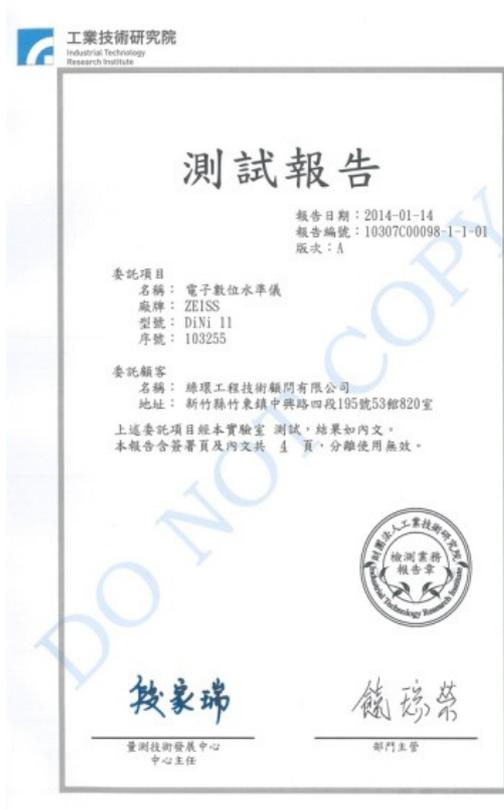


圖 1 水準儀測試報告

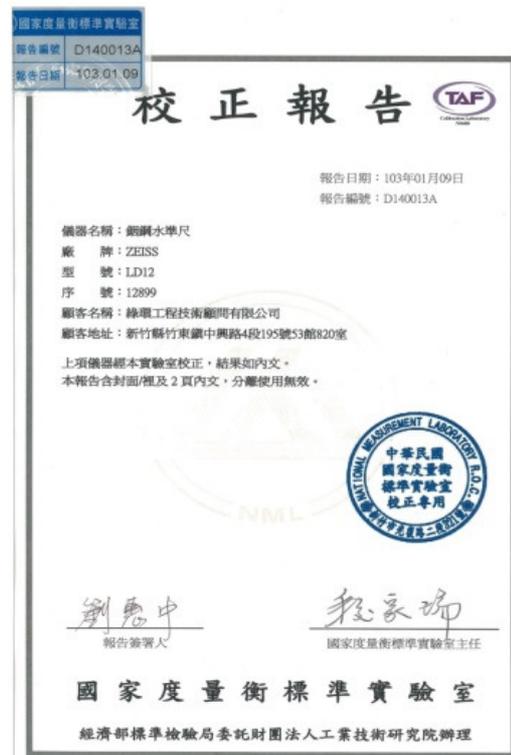


圖 2 鋼剛尺校正報告

## 二、水準網型規劃

水準網形規劃主要係依據歷年檢測範圍，再加上新興地層下陷區或重要開發區加密檢測，擬定當年度之水準網形，103年度彰化地區水準檢測網如圖3。

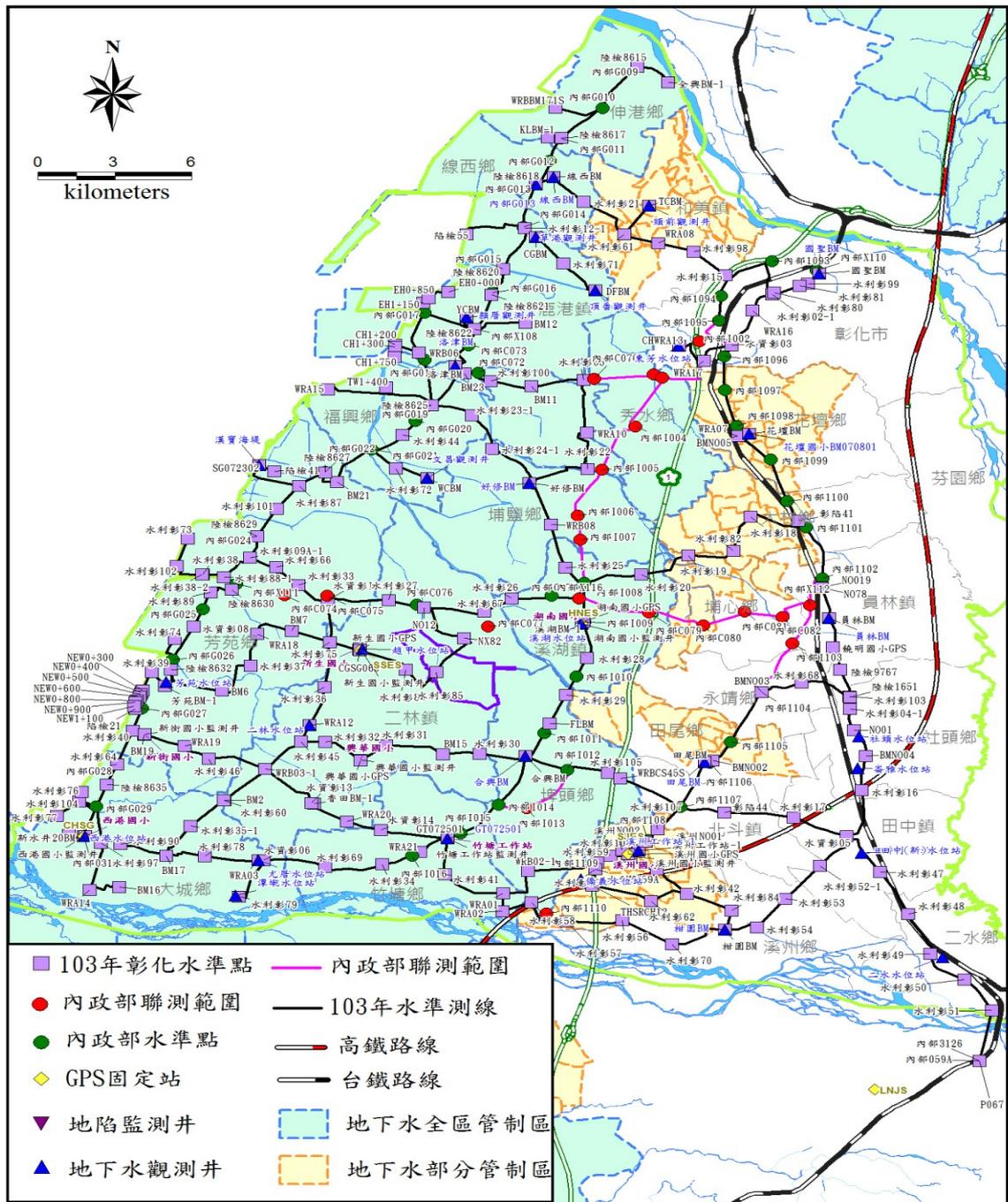


圖3 103年度彰化地區水準檢測網

### 三、高程基準

控制系統分析目的有兩項：一是追溯探討歷年水準計算之起算方式，另一目的是檢測民國103年彰化水準網引用之水準基樁是否無顯著沉陷。

民國103年彰化地區水準控制系統路線由彰化市水準樁「國聖國小」經花壇鄉、大村鄉、員林鎮至水準樁「陸檢9767」，路線長約18.7公里。比較民國100年～103年控制系統相同水準樁之高差如表1，由表中顯示103年度整條控制線屬於穩定狀態，故103年度延續使用「內部1096」為彰化地區水準測量基樁。

表 1 103 年度彰化地區水準控制系統高程變化分析表

樁號	點名	100年 高程差 (m)	101年 高程差 (m)	102年 高程差 (m)	103年 高程差 (m)	100-101 高程差 差值(mm)	101-102 高程差 差值 (mm)	102-103 高程差 差值 (mm)	距離 (km)	允許誤差 $3\text{mm}\sqrt{K}$ (mm)
GC070401	國聖國小	9.87685	9.87090	9.86630	9.87096	-5.95	-4.60	4.67	5.50	7.04
內部 1096	南興國小	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00	0.00	0.00	0.69	2.49
內部 1097	北口莊	1.75390	1.75517	1.75715	1.75472	1.27	1.98	-2.43	2.47	4.71
內部 1098	花壇鄉公所	3.22299	3.22455	3.22447	3.22011	1.56	-0.08	-4.36	4.22	6.16
HT070801	花壇國小	3.72949	3.73035	3.72874	3.72498	0.86	-1.61	-3.76	5.25	6.87
內部 1099	華南國小	4.89722	4.89918	4.89933	4.89590	1.96	0.15	-3.43	7.09	7.99
內部 1100	大村農產中心	7.40802	7.40814	7.41259	7.40859	0.12	4.45	-4.00	9.44	9.22
內部 1101	大村國中	6.93276	6.93201	6.93705	6.93502	-0.75	5.04	-2.03	11.12	10.01
內部 1102	僑信國小	11.81654	11.81240	11.81856	11.81588	-4.14	6.16	-2.68	13.77	11.13
陸檢 9767	大路畔	20.93299	20.92583	20.93500	20.92747	-7.16	9.17	-7.53	18.74	12.99

註：高程差係指各個「水準樁」與「內部 1096」之高程差

## 四、測量精度分析

測量精度分析分為測線分析、環線分析、水準網平差與改正數分析四個步驟。測線分析目的乃檢核每條測線是否合乎測量精度。環線分析目的乃應用幾何閉合條件，確認測量成果之內在精度。水準網整體平差階段提供高程平差成果、精度指標、可靠度指標與數據偵錯。

### 4-1 測線精度分析

分析彰化地區測線測段與測線每公里之中誤差如表2。103年度彰化水準網測線每公里之總中誤差平均為 $\pm 0.20 \text{ mm} \sqrt{k}$ ，該成果顯示本年度彰化地區水準測量精度符合作業規範要求。

表2 測線測段中誤差分析表

測線	測線長 (KM)	測段數	測線 每公里 總中誤差 $M_L$ ( $\text{mm} \sqrt{\text{KM}}$ )	測線 閉合差 D (mm)
L01	2.577	4	0.06	-0.183
L02-1	3.164	3	0.18	0.641
L02-2	11.124	10	0.06	-0.431
L03-1	3.017	2	0.19	0.665
L03-2	5.921	4	0.08	0.412
L04	7.745	5	0.33	1.860
L05	6.933	3	0.08	0.410
L06-1	4.082	2	0.05	-0.213
L06-2	6.969	6	0.25	-1.317

測線	測線長 (KM)	測段數	測線 每公里 總中誤差 $M_L$ (mm $\sqrt{KM}$ )	測線 閉合差 D (mm)
L07-1	2.118	3	0.02	0.067
L07-2	1.225	3	0.06	0.137
L07-3	1.562	2	0.07	-0.184
L08-1	4.914	2	0.23	1.002
L08-2	0.661	2	0.12	-0.190
L08-3	0.879	1	0.02	0.043
L09	4.375	2	0.38	-1.576
L10	6.659	5	0.40	-2.073
L11	7.083	4	0.11	-0.583
L12	8.207	4	0.36	2.055
L13	4.330	3	0.63	-2.603
L14	5.867	4	0.01	-0.071
L15	2.048	1	0.66	-1.887
L16	10.919	7	0.09	-0.589
L17	2.907	2	0.18	-0.616
L18	2.236	1	0.04	0.112
L19	3.861	4	0.03	0.120
L20	6.298	5	0.06	-0.303
L21	6.008	12	0.01	-0.063
L22	10.542	5	0.35	-2.279
L23	4.923	3	0.22	0.967
L24	0.507	1	0.00	-0.004
L25	5.735	6	0.60	2.888
L26	1.584	1	0.03	0.074

測線	測線長 (KM)	測段數	測線 每公里 總中誤差 $M_L$ (mm $\sqrt{KM}$ )	測線 閉合差 D (mm)
L27	6.497	5	0.79	-4.007
L28	2.071	1	0.06	-0.174
L29-1	4.153	3	0.53	-2.169
L29-2	8.772	5	0.01	-0.088
L30-1	0.968	1	0.26	0.504
L30-2	9.359	10	0.05	-0.314
L31	3.949	4	0.44	1.753
L32-1	3.299	3	0.27	-0.995
L32-2	4.735	4	0.57	2.480
L33	2.444	1	0.03	0.088
L34-1	6.246	5	0.24	1.188
L34-2	7.573	3	0.28	1.557
L35	6.012	3	0.09	0.447
L36	2.581	2	0.29	0.948
L37	2.026	1	0.13	-0.363
L38	2.219	2	0.01	-0.044
L39	2.307	2	0.25	0.757
L40	5.407	5	0.41	1.897
L41	2.198	3	0.34	1.021
L42-1	4.294	3	0.06	0.236
L42-2	4.556	3	0.00	-0.015
L42-3	5.257	3	0.29	-1.349
L43-1	2.425	2	0.04	0.118
L43-2	2.173	2	0.03	0.097

測線	測線長 (KM)	測段數	測線 每公里 總中誤差 $M_L$ (mm $\sqrt{KM}$ )	測線 閉合差 D (mm)
L44	4.034	3	0.06	0.241
L45	8.941	5	0.16	0.948
L46	5.615	3	0.67	-3.157
L47	11.328	5	0.47	-3.178
L48	13.137	9	0.06	0.455
L49	7.207	5	0.07	-0.385
L50-1	3.373	2	0.28	1.036
L50-2	3.766	2	0.05	0.199
L51	12.601	7	0.09	-0.647
L52	5.584	5	0.09	-0.410
L53	10.818	9	0.45	2.956
L54	11.383	5	0.27	1.832
L55	1.294	1	0.14	0.312
L56	4.747	2	0.17	0.738
L57	4.712	3	0.10	0.436
L58	1.152	1	0.13	0.270
L59	1.498	1	0.04	-0.104
L60	2.300	1	0.36	-1.102
L61	3.462	3	0.12	-0.438
L62	11.637	5	0.68	4.655
TL03	2.403	2	0.11	-0.344
TL04	3.880	2	0.09	-0.371
TL05	2.454	4	0.12	-0.382
TL06	2.206	2	0.23	-0.676

測線	測線長 (KM)	測段數	測線 每公里 總中誤差 $M_L$ (mm $\sqrt{KM}$ )	測線 閉合差 D (mm)
TL07	1.199	1	0.57	1.257
TL09	1.358	1	0.29	-0.668
TL10	3.714	4	0.02	-0.087
TL11	2.280	2	0.01	0.018
TL12	5.136	2	0.32	1.432
TL13	1.654	3	0.25	-0.635
TL14	2.212	3	0.18	0.532
TL15	2.182	1	0.19	-0.568
TL16	2.771	1	0.33	-1.085
TL17	2.046	1	0.08	-0.215
TL18	0.840	1	0.03	-0.048
TL20	1.718	1	0.01	-0.039
TL21	0.868	1	0.10	0.187
TL22	4.359	3	0.04	0.185
TL23	0.760	2	0.16	0.283
TL24	3.523	2	0.37	1.376
		平均值=	$\pm 0.20$	
		標準差=	$\pm 0.19$	

## 4-2 環線精度分析

彰化地區水準網閉合環線之觀測精度分析如表3，每個閉合環線之閉合差觀測精度皆在允許誤差內。

表3 環線閉合差分析表

水準閉合	測線關係	閉合環線	環線閉合差	允許誤差
環線編號		總長度(km)	(mm)	(3mm√K)
環線一-1	- L42-3 - L42-2 + L57 + L58 + L60 + L61 + L34-1 - L39 - L40 - L41	37.598	0.749	18.40
環線一-2	- L61 + L62 + L46 + L34-2	28.287	-4.343	15.96
環線一-3	L59 + L02-2 + L47 - L62 - L60	37.887	0.676	18.47
環線二-1	- L47 + L03-1 - L55 + L54 - L30-1	27.990	0.082	15.87
環線二-2	- L54 - L56 - L06-2 - L11 - L30-2	39.541	-4.272	18.86
環線二-3	L03-2 - L06-1 + L56 + L55	16.045	1.971	12.02
環線三	L04 - L05 + L06-2 + L06-1	25.730	1.583	15.22
環線四	L07-1 + L07-3 + L08-2 + L08-1 + L09 - L10 + L11	27.370	-4.315	15.69
環線五-1	L30-2 - L16 + L23 + L53 - L29-2	44.791	4.210	20.08
環線五-2	L53 + L29-1 - L28	17.042	3.786	12.38
環線六	L10 - L45 - L15 + L16	28.566	4.502	16.03
環線七	- L12 - L13 - L14 + L45	27.345	2.819	15.69
環線八	L14 + L17 - L18 - L19 - L20	21.169	-4.756	13.80
環線九	- L23 + L15 + L20 + L21 - L22	29.819	-1.008	16.38
環線十	L22 + L24 + L25 + L26 + L27 - L28	26.936	-4.360	15.57
環線十一	L29-2 + L29-1 - L27 + L31 - L32-2 - L32-1 + L35 - L46 + L30-1	44.001	6.119	19.90
環線十二	L33 - L34-1 - L34-2 - L35	22.276	-2.338	14.16
環線十三	- L33 - L36 - L37 - L38 + L39	11.578	-1.130	10.21
環線十四	L05 - L49 - L50-2 - L50-1 - L07-2 - L07-1	24.621	-0.460	14.89
環線十五	L50-2 - L51 - L08-1 - L52	26.864	3.231	15.55

### 4-3 整體平差分析

彰化地區水準高程整體平差，高程計算參考值以「內部1096」為計算基點，其高程參考值為11.26849公尺。水準高差觀測數量總共314個，水準點總數292個，平差後高程精度的統計如表4，水準點平均誤差2.1公釐，平差系統的自由度為23。

表4 103年度彰化水準高程平差後驗精度統計表

觀測個數	314
水準點數	292
多餘觀測數	23
後驗中誤差	$0.674\text{ mm}\sqrt{k}$
平均誤差	2.1 mm
最大誤差	3.3 mm

## 4-4 改正數分析

整體平差完成後，將平差後的改正數繪製成改正數分布圖（參考圖4），檢查改正數是否呈常態分布，以確認水準測量成果中無顯著系統誤差。

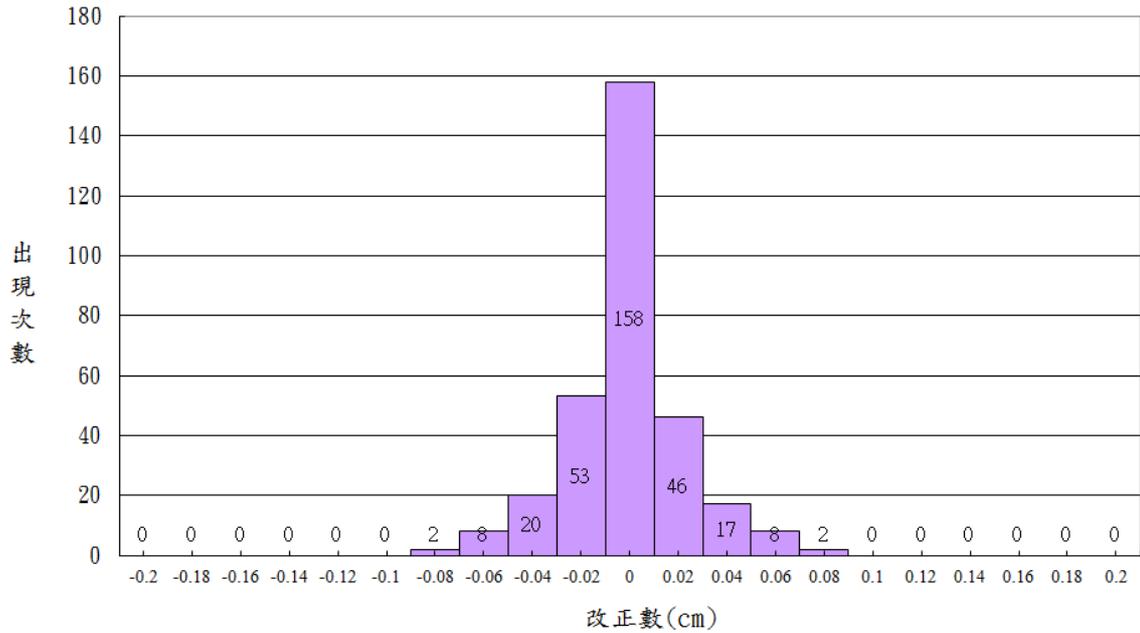


圖 4 改正數分布圖

## 4-5 下陷面積分析

民國103年彰化地區的水準檢測結果顯示，彰化地區下陷速率超過3公分/年以上的鄉鎮包含有：溪湖鎮與溪州鄉等兩個鄉鎮，最大下陷速率約3.4公分/年，持續下陷面積約1.5平方公里(如圖5)。

套疊民國101-102年與102-103年平均下陷速率圖如圖6，下陷面積約略減少，以下將對於本年度兩個主要下陷區分別進行下陷機制分析與說明。

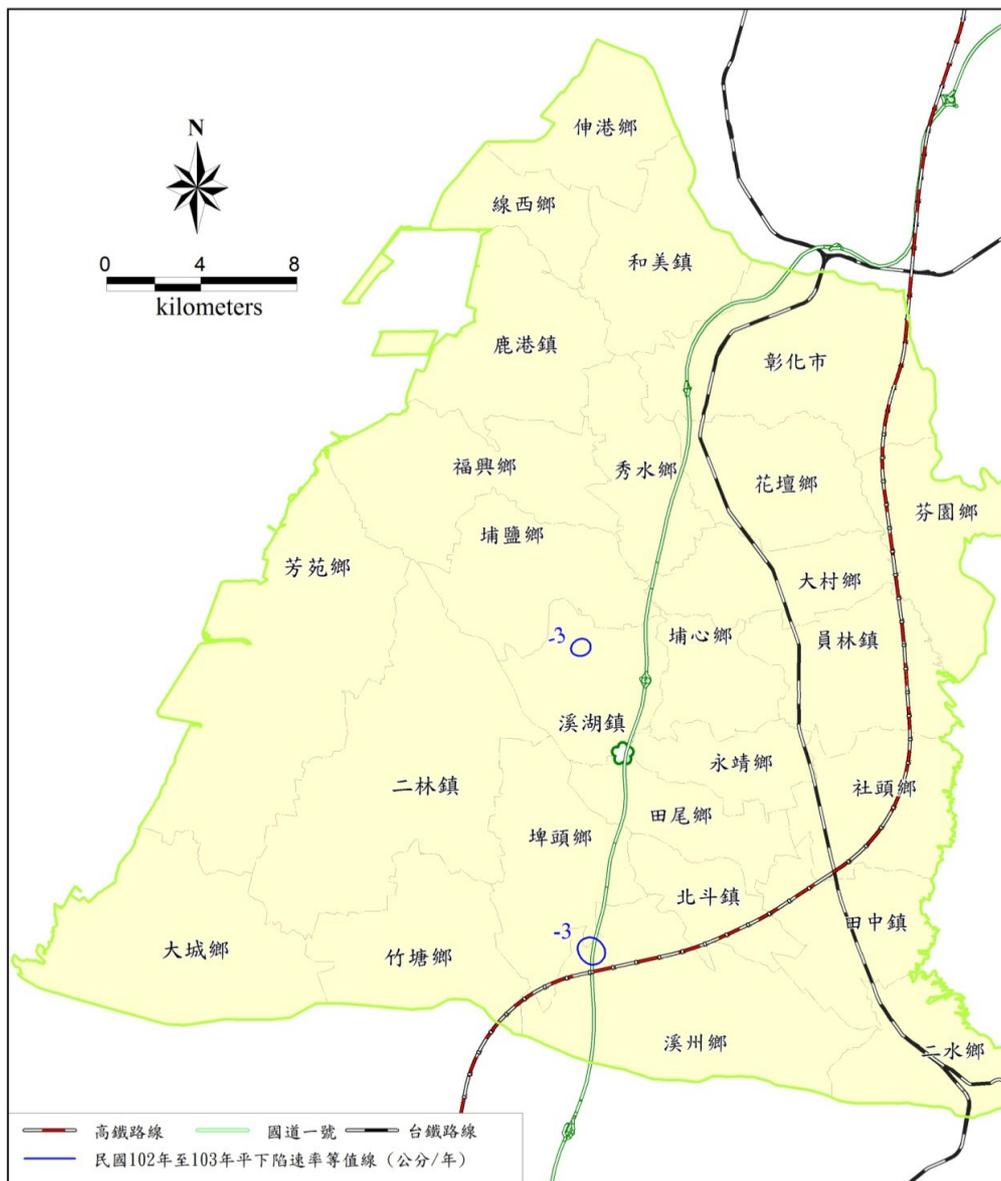




圖 6 彰化地區民國 101-102 年與 102-103 年平均下陷速率等值線圖

## 4-6 累積下陷分析

利用民國81至103年期間，歷年之水準測量成果進行下陷速率與持續下陷面積分析，其成果如表。分析民國81至103年之累積下陷量如圖7，歷年來總下陷量在30公分以上之下陷區涵蓋有大城鄉、芳苑鄉、二林鎮、竹塘鄉、埔鹽鄉、溪湖鎮、埤頭鄉與溪州鄉，其中大城鄉累積下陷量最大。

由表5顯示，大城鄉為過去彰化地區下陷最嚴重鄉鎮，近年來雖然下陷速率已經明顯減緩，但是長期累積下陷量已超過210公分以上，未來大城鄉附近海堤應列為監測重點，同時應注意颱風季節與漲退潮時可能發生海水倒灌情形。

另外，溪州地區自民國81至103年，累積下陷量超過60公分以上，該地區長期下陷將可能會對高速鐵路營運安全產生影響，因此，建議未來仍須持續進行該地區之長期監測。

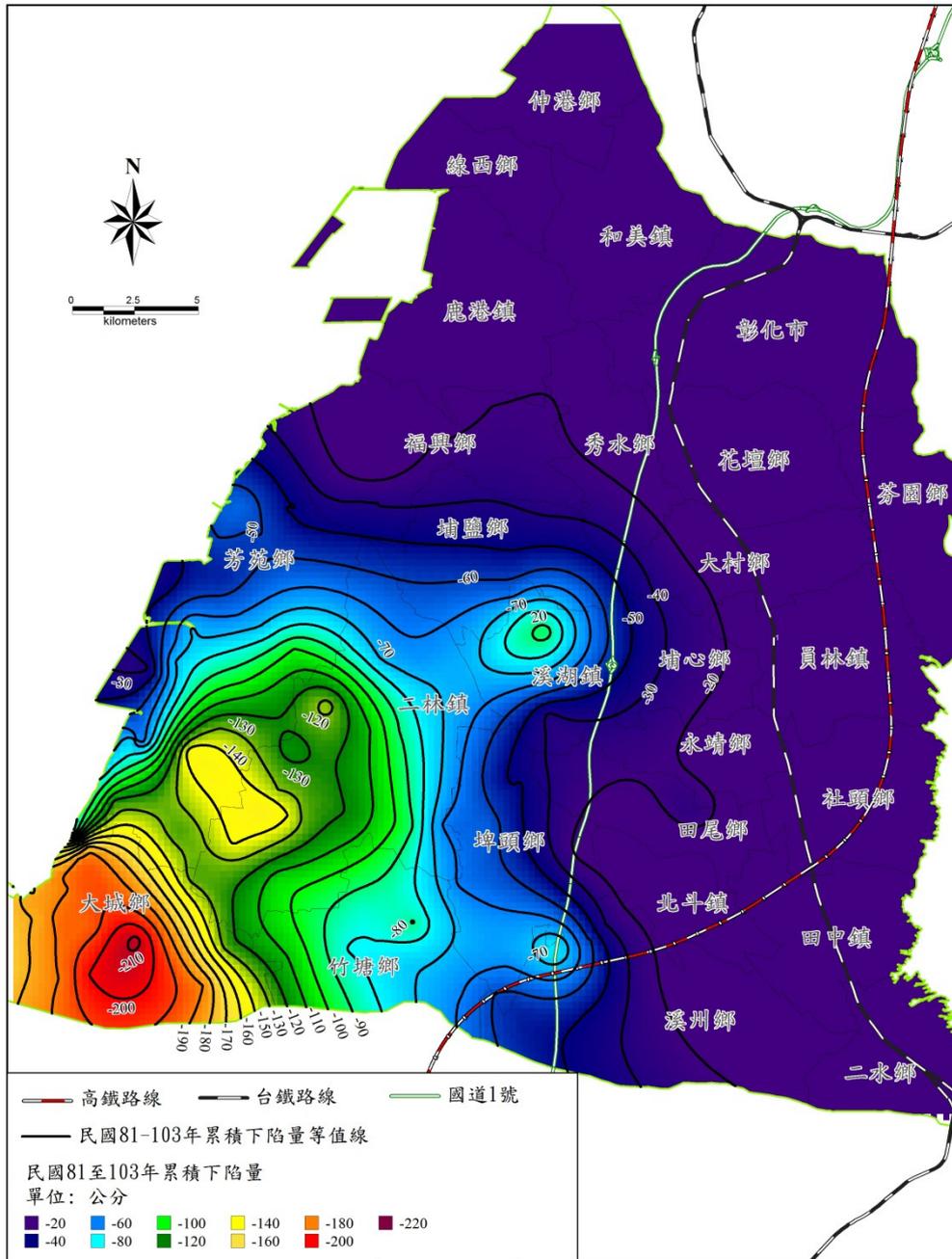


圖7 彰化地區民國81至103年累積下陷量

表 5 彰化地區民國 81 至 103 年下陷面積分析表

觀測期距	81.10~ 82.08	82.08~ 84.08	84.08~ 86.08	86.08~ 87.08	87.08~ 89.06	89.06~ 90.08	90.08~ 92.08	92.08~ 93.08	93.08~ 94.05	94.05~ 95.10	95.10~ 96.07	96.07~ 97.06	97.06~ 98.07	98.07~ 99.06	99.06~ 100.05	100.06~ 101.06	101.06~ 102.06	102.06~ 103.05
最大下陷速率 (公分/年)	17.1	21.7	23.6	19.3	16.4	17.6	10.4	14.2	11.0	8.9	8.4	6.4	5.7	6.4	5.3	6.4	3.8	3.4
最大下陷速率 發生地點	大城鄉	溪湖鎮	溪湖鎮	溪湖鎮	二林鎮	二林鎮	溪州鄉	溪州鄉	溪湖鎮	溪州鄉	溪州鄉	溪州鄉						
速率超過(3公分/ 年)之面積(平方公 里)	59.9	195.9	257.6	392.0	321.6	408.0	357.3	368.1	263.4	278.3	225.6	213.7	78.1	138.9	51.4	80.0	2.1	1.5
3.0~5.0cm	9.16	84.80	96.77	125.42	88.22	114.21	90.49	124.17	76.40	120.16	98.46	185.23	76.67	131.79	49.76	75.4	2.1	1.5
5.0~7.5cm	9.05	44.42	49.75	118.14	75.46	83.99	103.44	99.43	108.44	143.00	126.47	28.41	1.46	7.06	1.66	4.6		
7.5~10.0cm	13.05	15.73	24.58	49.82	89.61	56.27	156.86	121.99	78.49	15.17	0.67							
10.0~12.5cm	13.04	6.32	28.81	44.16	31.39	70.88	6.54	22.15	0.09									
12.5~15.0cm	12.91	11.67	17.40	28.96	27.09	38.29		0.38										
15.0~17.5cm	2.66	17.62	16.28	16.51	9.82	44.31												
17.5~20.0cm		13.00	12.69	9.01														
20.0~22.5cm		2.30	10.18															
22.5~25.0cm			1.12															