

目錄

目錄	I
圖目錄	III
表目錄	V
第 1 章、緒論	1
1.1 計畫緣起	1
1.2 計畫工作範圍	1
第 2 章、背景資料及地質概況	3
2.1 地形與區域地質	3
2.2 氣象與區域水文	8
第 3 章、工作執行方法及步驟	11
3.1 工作計畫流程	11
3.2 持續監測及設備維護管理	12
3.2.1 傾斜觀測管	14
3.2.2 水位觀測井	16
3.2.3 建物傾斜盤	17
3.2.4 裂縫計	20
3.2.5 沉陷觀測點	20
3.2.6 儀器設備管理及維護	23
3.3 維護監測設備	24
第 4 章、監測資料整合與判釋	27
4.1 資料彙整分析及崩塌預警模式檢討	27
4.2 監測結果與判釋	31
4.2.1 豐原區	31
4.2.2 東勢區	33
4.2.3 神岡區	35
4.2.4 大甲區	38
4.2.5 大安區	40
4.2.6 清水區	42
4.2.7 龍井區	45
4.2.8 大肚區	47
4.2.9 太平區	49
4.2.10 霧峰區	51

4.2.11 大里區	53
4.2.12 南屯區	75
4.3 監測系統維護管理	78
第 5 章、 總結與建議	79
參考文獻	82
附錄一 新增設備型號	
附錄二 傾斜管監測資料	
附錄三 歷屆監測資料	
附錄四 傾度盤汰換照片	

圖目錄

圖 2.1-1 台中區域坡度圖	3
圖 2.1-2 區域地質圖	4
圖 2.2-1 臺中氣象站降水量統計圖	9
圖 2.2-2 水系分布圖	10
圖 3.1-1 計畫執行流程圖	11
圖 3.2-1 傾斜觀測管示意圖	15
圖 3.2-2 測量傾斜管	16
圖 3.2-3 測量水位	17
圖 3.2-4 傾度盤基本構造	19
圖 3.2-5 量測傾度盤	19
圖 3.2-6 裂縫計示意圖	20
圖 3.2-7 自由測站法作業示意圖	21
圖 3.2-8 監測數值達異常值之作業處理程序	24
圖 3.3-1 安裝新傾度盤	26
圖 4.1-1 緊急應變計畫流程圖	28
圖 4.1-2 地表變形應變與時間關係圖	29
圖 4.2.1-1 豐原區監測位置	31
圖 4.2.1-2 測站日降雨量圖	32
圖 4.2.1-3 傾度盤監測數據	32
圖 4.2.2-1 東勢區監測點位分布	33
圖 4.2.2-2 測站日雨量圖	34
圖 4.2.2-3 東勢區傾度盤監測數據	34
圖 4.2.3-1 神岡監測點位分布	35
圖 4.2.3-2 測站日雨量圖	36
圖 4.2.3-3 傾度盤監測數據(1/2)	36
圖 4.2.3-4 傾度盤監測數據(2/2)	37
圖 4.2.3-5 裂縫計監測數據	37
圖 4.2.4-1 大甲區監測點位分布	38
圖 4.2.4-2 測站日雨量圖	39
圖 4.2.4-3 傾度盤監測數據	39
圖 4.2.5-1 大安區監測點位分布	40
圖 4.2.5-2 測站日雨量圖	41
圖 4.2.5-3 傾度盤監測數據	41
圖 4.2.6-1 清水區監測點位分布	42
圖 4.2.6-2 測站日雨量圖	43
圖 4.2.6-3 傾度盤監測數據	43
圖 4.2.7-1 龍井區監測點位分布	45
圖 4.2.7-2 測站日雨量圖	46
圖 4.2.7-3 傾度盤監測數據	46
圖 4.2.8-1 大肚區監測點位分布	47
圖 4.2.8-2 測站日雨量圖	48

圖 4.2.8-3 傾度盤監測數據	48
圖 4.2.9-1 太平區監測點位分布	49
圖 4.2.9-2 測站日雨量圖	50
圖 4.2.9-3 傾度盤監測數據	50
圖 4.2.10-1 霧峰區監測點位分布	51
圖 4.2.10-2 測站日雨量圖	52
圖 4.2.10-3 傾度盤監測數據	52
圖 4.2.11-1 大里區監測點位分布(1/2).....	53
圖 4.2.11-2 大里區監測點位分布(2/2).....	53
圖 4.2.11-3 測站日雨量圖	54
圖 4.2.11-4 地下水位監測數據	54
圖 4.2.11-5 傾斜管 AH-1	55
圖 4.2.11-6 傾斜管 AH-2	56
圖 4.2.11-7 傾斜管 BH-1.....	57
圖 4.2.11-8 傾斜管 BH-2.....	58
圖 4.2.11-9 傾斜管 BH-3.....	59
圖 4.2.11-10 傾斜管 BH-4.....	60
圖 4.2.11-11 傾斜管 BH-5.....	61
圖 4.2.11-12 傾度盤監測數據(1/2).....	66
圖 4.2.11-13 傾度盤監測數據(2/2).....	66
圖 4.2.11-14 電子式傾斜計監測數據	71
圖 4.2.12-1 南屯區監測點位分布	75
圖 4.2.12-2 測站日雨量圖	76
圖 4.2.12-3 傾度盤監測數據(1/2)	76
圖 4.2.12-4 傾度盤監測數據(2/2)	77
圖 4.3-1 邊坡監測系統架構圖監測資料整合與判釋	78

表目錄

表 1.2-1 工作範圍列表	1
表 2.1-1 鄰近地質構造一覽表	5
表 2.1-2 各斷層影響計畫區距離一覽表	7
表 3.2-1 監測系統裝設位置表	12
表 3.2-2 監測系統量測期間及監測頻率表	13
表 3.2-3 本期自動監測數量統計	24
表 4.1-1 傾度盤及沉陷點管理參考基準值	29
表 4.1-2 崩塌預警管理值	30
表 4.2.6-1 沉陷點監測數據	44
表 4.2.11-1 每月傾斜管 X 軸位移量結果	61
表 4.2.11-2 每月傾斜管 Y 軸位移量結果	63
表 4.2.11-3 沉陷點變化	72
表 5-1 傾斜管每月平均地表滑移量	79

第1章、緒論

1.1 計畫緣起

近年極端氣候導致臺灣年年因短延時強降雨而造成邊坡崩塌等致災事件，且預警防災相較於事後災害應變可減少更多災害損失，因此利用預警災害預防因應極端氣候帶來的影響，研提相對應知防災便為首要工作項目之一。本計畫包含邊坡地滑、結構物監測、並持續維運現地監控及後端監測系統，透過無線傳輸及自動推播功能，以提升監測效率並預警防災。

1.2 計畫工作範圍

本計畫工作範圍：包含臺中市境內垃圾掩埋場，如表 1.2-1 及圖 1.2-1 所示。

表 1.2-1 工作範圍列表

項次	台中掩埋場
	範圍
1	豐原區復育掩埋場
2	東勢區復育掩埋場
3	大甲區復育掩埋場
4	神岡區復育掩埋場
5	大安區復育掩埋場
6	清水區復育掩埋場
7	龍井區復育掩埋場
8	大肚區復育掩埋場
9	太平區封閉掩埋場
10	霧峰 4 期掩埋場
11	大里區垃圾衛生掩埋場
12	南屯區文山垃圾衛生掩埋場



圖 1.2-1 本計畫區工作範圍

第2章、背景資料及地質概況

2.1 地形與區域地質

臺中市的地形風貌多樣，包括平原、台地、盆地、丘陵及山地等地形，海拔高度由東向西遞減(圖 2.1-1)，東半部為脊梁山脈及雪山山脈南端，最高高度超過 3500 公尺；中央分布東勢丘陵、台中山地與新社河階；西南部(原臺中市範圍)為台中盆地,盆地南北長約四十八公里，東西最大寬度十四公里，面積大約四百平方公里；盆地以西為縱向的大肚台地及后里台地，大肚台地南以烏溪與八卦台地為界北鄰后里台地，長約 20 公里，寬 7 公里；台地以西為沿海平原，包括北側的大甲扇狀平原區以及南側的清水隆起海岸平原區。

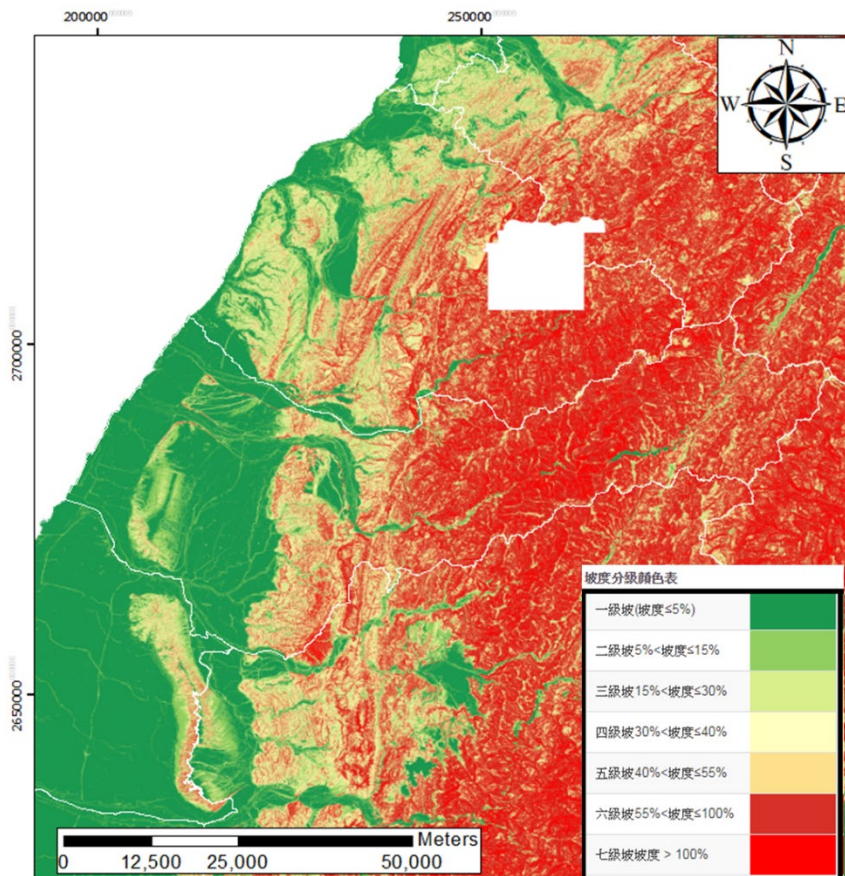


圖 2.1-1 台中區域坡度圖

本計畫分布於臺中市十二個區域，地質構造極為複雜，包括許多褶皺與斷

層。主要斷層有大甲斷層、鐵砧山斷層、屯子腳斷層、清水斷層、車籠埔斷層及其支斷層、大茅埔-雙冬斷層、三義斷層，地質構造圖詳圖 2.1-2。各項地質構造之描述詳表 2.1-1 所示。

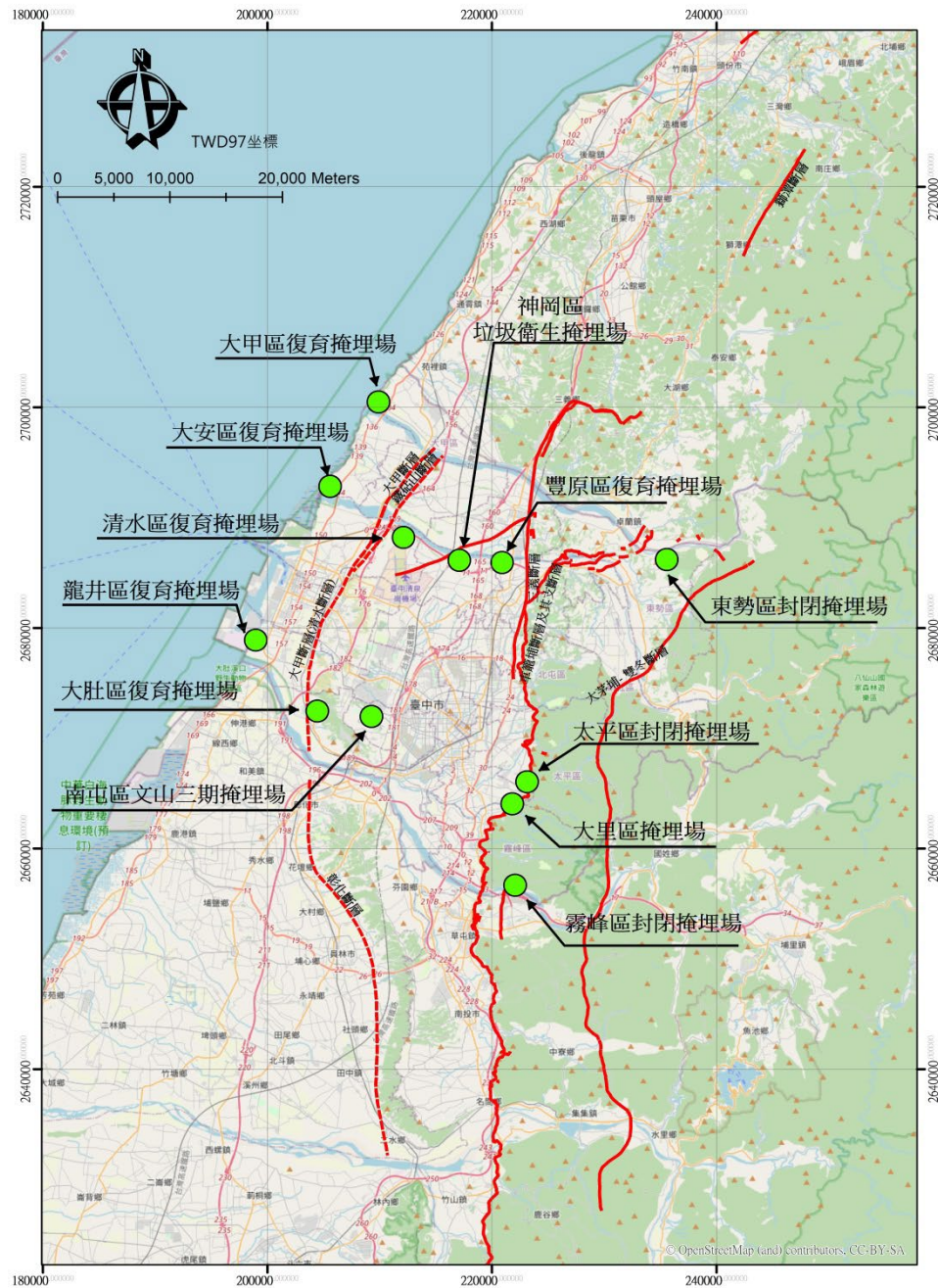


圖 2.1-2 區域地質圖

表 2.1-1 鄰近地質構造一覽表

地質構造名稱	性質描述
車籠埔斷層	<p>車籠埔斷層為逆滑斷層，由臺中市豐原區向南延伸至南投縣竹山鎮，約呈南北走向，長約76公里。在1999年集集地震時，豐原以東的石岡區至苗栗縣卓蘭間形成新的地表破裂，長約16公里；苗栗卓蘭至南投竹山，斷層總長約92公里。車籠埔斷層是誘發集集地震(規模MW=7.6)的斷層，造成的地表破裂包括斷層崖、單斜崖與撓曲崖，在地表上由主斷層的分支斷層構成寬廣的斷層帶。</p>
大茅埔-雙冬斷層	<p>大茅埔-雙冬斷層為逆滑斷層，由臺中市和平區向南延伸至南投縣鹿谷鄉，為北東走向轉為南北走向，長約69公里；北段稱為大茅埔斷層，南段稱為雙冬斷層。1999年集集地震(規模7.6)，雙冬斷層未有明顯的大量位移，但沿斷層跡有噴砂或噴泥現象，形成沙火山或泥火山；在中寮平林溪的斷層跡位置，河床沉積層呈階梯式陷落移距超過30公分，隆起沙脊斷裂與噴沙排列與斷層走向一致；集集往水里的快速道路在斷層跡附近有密集的隆起現象，但無法確認是因大茅埔-雙冬斷層活動所致。</p>
三義斷層	<p>三義斷層，為逆移斷層，由苗栗縣大湖鄉大窩，向西延伸經雙連潭、重河至三義，長約8公里；南段呈南北走向，由三義向南延伸經鯉魚口、中城至大甲溪，向南可能延伸至豐原潭子地區，長約25公里。三義斷層，截切低位的河階礫石層與河床上的土壤層，研判斷層在全新世曾經活動，改列第一類活動斷層。</p>
屯子腳斷層	<p>屯子腳斷層，為右移斷層，呈東北東走向，由臺中市后里，向西南延伸經下后里、內埔（屯子腳）至清泉崗，長約14公里。由近期的大地測量結果，跨過屯子腳的速度場變化量，仍以右移形式為主，並兼具壓縮特性，但變化量並不明顯，精密水準測量結果也顯示，跨屯子腳斷層並沒有明顯的高程變化量。屯子腳斷層，列為第一類活動斷層。</p>

地質構造名稱	性質描述
鐵砧山斷層	鐵砧山斷層，為逆移斷層，呈北北東走向，由臺中市大甲區鐵砧山北緣向南延伸至沙鹿後併入大甲斷層，長約13公里。本斷層又稱大甲東斷層，位於大甲斷層東側，可能是前者的背衝斷層。鐵砧山斷層，可能是大甲斷層向西逆衝時上盤所形成的背衝斷層，由於截切更新世晚期的地層，可能在全新世活動過，暫列為第一類活動斷層。
大甲斷層	大甲斷層，為逆移斷層，呈北北東走向，由苗栗縣通霄附近經大甲、甲南、清水、沙鹿至臺中市大肚，長約30公里。大甲斷層有明顯的線狀崖，但是野外尚未發現斷層露頭。由野外調查與鑽探岩芯中的岩層比對結果，地表淺處大甲斷層的垂直移距約50~70公尺，斷層前緣已截切穿出地表，但斷層跡可能為崩積層或沖積層所覆蓋，因此在地表未發現露頭。大甲斷層南段，野外也未發現斷層露頭，而由鑽探結果顯示斷層的前緣已接近地表，並造成階地崖前緣局部剪切帶。大甲斷層截切更新世晚期的地層，可能在全新世活動過，暫列為第一類活動斷層。
清水斷層	清水斷層向北延伸接后里台地西緣之大甲斷層，向南延伸則連接八卦台地西緣的彰化斷層。本斷層在大肚台地的長度約為22公里，由甲南經清水到沙鹿的一段，呈東北走向，沙鹿以南為北北東走向，龍井以南呈北北西走向，斷層跡略呈弧形。

表 2.1-2 各斷層影響計畫區距離一覽表

計畫區 距離 斷層(km)	豐原區	東勢區	大甲區	神岡區	大安區	清水區	龍井區	大肚區	太平區	霧峰區	大里區	南屯區
車籠埔斷層	3.7	2.2	-	-	-	-	-	-	0.13	0.85	0.55	-
三義斷層	2.2	-	-	6.3	-	-	-	-	-	-	-	-
屯子腳斷層	2.4	-	-	0.55	-	3.05	-	-	-	-	-	-
大茅埔-雙冬斷層	-	4.0	-	-	-	-	-	-	6.8	8.0	-	-
鐵砧山斷層	-	-	7.9	6.5	6.3	1.5	-	-	-	-	-	-
大甲斷層	-	-	6.8	7.5	5.28	2.47	-	-	-	-	-	-
清水斷層	-	-	-	-	6.0	-	5.6	0.88	-	-	-	5.4

2.2 氣象與區域水文

根據台灣氣溫：依據中央氣象局有關臺中氣象站之統計，近 30 年臺中市年平均氣溫為 23.3°C，平均最高氣溫為 28.1°C，平均最低氣溫為 19.8°C，7、8 月氣溫最高，1、2 月氣溫最低，相對濕度介於 72%~78%之間，年日照數約 2,043 小時。另依據國家氣候變遷調適政策綱領（原行政院經濟建設委員會，101 年）內容指出，臺灣地區平地平均溫度在近 100 年來上升 1.4°C，近 30 年來每 10 年溫度上升 0.29°C。

降雨量：依據中央氣象局有關臺中氣象站之統計，近 30 年臺中市平均每年降雨量約 1,773 毫米，主要集中於 6 月至 8 月，該時期雨量皆超過 300 毫米。另依據國家氣候變遷調適政策綱領（原行政院經濟建設委員會，101 年）內容指出，臺灣降雨日數呈現減少的趨勢，近 100 年來每 10 年減少 4 天，近 30 年來則每 10 年減少 6 天。

由中央氣象局臺中氣象站（2004 年~2025 年）年總降水量如圖 2.2.1-3 所示，年總平均雨量約為 1800mm。臺中市潮濕的季節從 4 月 10 日至 9 月 19 日持續 5.3 個月，給定的一天為雨日的機率超過 33%。臺中市雨日最多的月份是 6 月，平均 15.3 天的降雨量至少為 1 公釐，乾燥的季節從 9 月 19 日至 4 月 10 日持續 6.7 個月；臺中市降雨最多的月份是 8 月，平均降雨量為 400 公釐，最少的月份是 10 月，平均降雨量為 32 公釐，如圖 2.2-1 所示。

年/月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	總和
2007	57.0	24.5	87.9	136.4	169.1	735.2	62.0	516.0	315.7	289.8	22.6	16.7	2432.9
2008	15.2	38.4	34.1	31.2	332.0	182.8	907.6	50.7	829.7	20.5	24.4	11.2	2477.8
2009	T	12.5	161.2	303.0	20.5	421.5	83.5	810.8	119.7	12.4	16.0	17.6	1978.7
2010	34.1	118.3	22.6	158.4	145.3	529.9	463.5	203.5	328.6	2.1	20.7	27.4	2054.4
2011	35.4	27.6	33.2	5.1	95.0	151.3	300.6	256.3	99.3	13.3	150.7	37.1	1204.9
2012	57.1	77.2	40.8	234.6	267.9	331.6	215.6	726.2	34.2	1.4	144.8	71.1	2202.5
2013	11.2	1.2	62.7	258.6	356.4	72.6	467.7	763.0	44.9	2.7	22.6	69.4	2133.0
2014	2.0	45.2	57.5	15.6	659.6	181.0	149.1	278.3	47.0	0.0	0.8	30.0	1466.1
2015	12.3	21.2	24.8	47.7	662.0	65.5	71.4	368.4	183.9	14.0	2.2	52.9	1526.3
2016	204.9	24.2	194.6	183.4	100.3	230.9	166.7	184.6	126.2	23.9	74.2	8.4	1522.3
2017	4.0	20.8	38.0	98.8	111.5	894.0	313.7	69.0	21.4	53.5	19.5	8.0	1652.2
2018	103.5	25.5	35.5	30.5	73.0	234.0	347.0	408.5	20.0	7.5	10.0	2.0	1297.0
2019	13.0	11.0	179.5	115.5	524.0	480.0	177.5	768.0	133.5	11.5	0.0	94.5	2508.0
2020	20.0	4.5	55.0	59.5	306.5	183.5	93.5	278.5	74.0	T	3.5	41.5	1120.0
2021	5.0	23.5	29.0	8.0	235.0	645.5	132.0	813.0	42.5	11.0	5.5	19.0	1969.0
2022	30.0	122.5	149.0	40.5	465.5	250.0	90.0	278.0	85.0	11.5	19.5	16.5	1558.0
2023	5.0	7.5	19.5	188.5	178.5	162.5	193.0	307.5	261.0	60.0	1.5	12.5	1397.0
2024	8.5	20.0	23.5	172.0	113.5	138.0	469.5	122.5	264.5	51.0	59.5	18.5	1461.0
2025	27.0	78.5	110.0	80.5	178.5	194.5	1177.5	266.0	151.5	7.0	2.0	0.5	2273.5

資料來源：中央氣象局觀測資料查詢-逐月降水量(台中測站)

圖 2.2-1 臺中氣象站降水量統計圖

臺中市境內流域範圍從北至南可大致分為房裡溪、大安溪、大甲溪與烏溪等 4 個流域，水系分布圖如圖 2.2-2 所示。其中臺中市水庫皆位於大甲溪流域，由下游至上游分別為石岡壩、馬鞍壩、天輪壩、谷關水庫、青山壩以及德基水庫。

本計畫區主要水系為烏溪流域、大甲溪流域、大安溪流域，烏溪發源於中央山脈合歡山西麓（海拔高度 2,596 公尺），入海口位於臺中市龍井區麗水里與彰化縣伸港鄉全興村交界處，幹流全長約 119 公里，流域總面積約 2,026 平方公里。主要支流為筏子溪、大里溪、貓羅溪、北港溪、眉溪等，流經區域除南投縣與彰化縣外，亦包括臺中市中區、東區、南區、西區、北區、南屯區、西屯區、北屯區、和平區、豐原區、潭子區、神岡區、大雅區、沙鹿區、太平區、大里區、霧峰區、烏日區、大肚區、龍井區等。

大甲溪發源於中央山脈的南湖大山（海拔高度 3,740 公尺），入海口位於臺中市大安區南埔里與清水區高北里交界處，幹流全長約 124 公里，流域總

大甲溪發源於中央山脈的南湖大山（海拔高度 3,740 公尺），入海口位於臺中市大安區南埔里與清水區高北里交界處，幹流全長約 124 公里，流域總面積約 1,236 平方公里。主要支流為七家灣溪、雪山溪、有勝溪、伊卡頁溪、四季朗溪、南湖溪、合歡溪以及志樂溪等。流經區域除宜蘭縣、南投縣外，亦包括臺中市和平區、東勢區、新社區、石岡區、豐原區、后里區、神岡區、外埔區、大甲區、清水區與大安區等。

大安溪發源於雪山山脈之大壩尖山（海拔高度 3,488 公尺），入海口位於臺中市大安區頂安里與大甲區建興里交界處，幹流全長約 96 公里，河床平均坡降為 1/75，流域總面積約 758 平方公里，其範圍內屬平地者僅約 18 平方公里，其餘屬山坡地，五級坡以上者佔全流域面積約 68%。主要支流包括：馬達拉溪、老庄溪、景山溪、次高溪、大雪溪、南坑溪、無名溪、雪山坑溪與烏石坑溪等。流經區域除苗栗縣外，亦包括臺中市和平區、東勢區、后里區、外埔區、大甲區與大安區等。



第3章、工作執行方法及步驟

3.1 工作計畫流程

對於本計畫之執行工作，依據初步資料彙整結果，包含：(1)持續監測及設備維護管理；(2)增設監測設備；(3)資料彙整分析及崩塌預警模式檢討；(5)監測系統維護管理，整體計畫執行流程如圖 3.1-1 所示，主要工作內容執行方法將於後續各小節詳述。

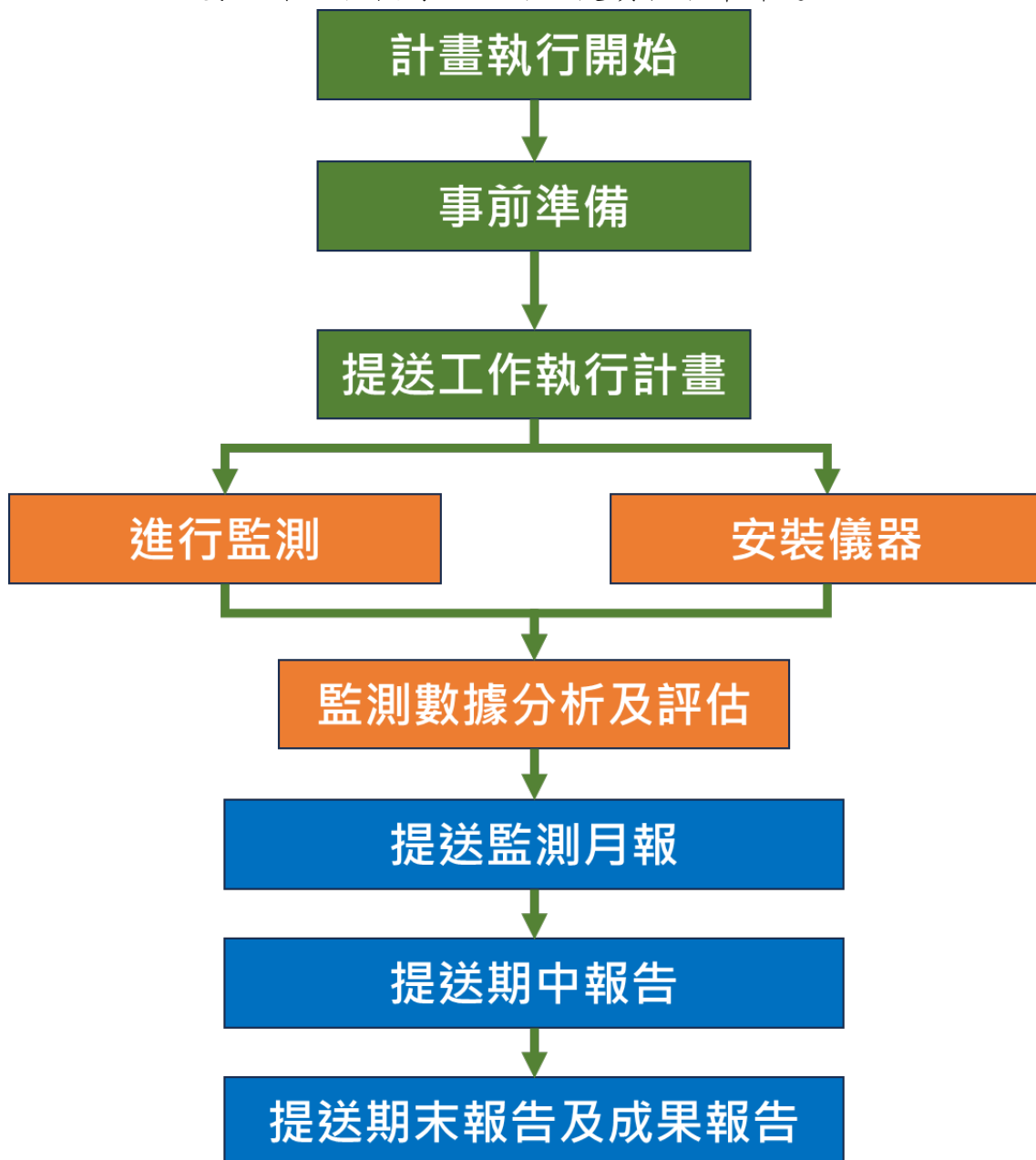


圖 3.1-1 計畫執行流程圖

3.2 持續監測及設備維護管理

每個月前往崩塌地現場測量時，一併進行自動化監測資料蒐集站之資料擷取器、電源供應器及資料傳輸等設備之維護作業，使現場自動化監測儀器功能可以持續正常運作，發揮即時觀測、傳輸功能，因此將部分儀器進行汰換。目前本計畫區掩埋場分別位於豐原區、東勢區、大甲區、神岡區、大安區、清水區、龍井區、大肚區、太平區、霧峰區、大里區及南屯區等共十二處，其監測儀器包括有傾斜管、傾度盤、裂縫計及等監測儀器，設置數量及裝設位置詳表 3.2-1 所示，本期新建立自動化設備將於下一小章說明。

表 3.2-1 監測系統裝設位置表

監測地點	設置數量				
	傾度盤	傾斜管 (水位觀測)	沉陷計	裂縫計	電子傾斜計
豐原區復育掩埋場	6				
東勢區應急掩埋場	6				
南屯區文山三期 掩埋場	19				
大甲區復育掩埋場	8				
大安區復育掩埋場	9				
清水區復育掩埋場	9		5		
龍井區復育掩埋場	9				
大肚區復育掩埋場	6				
太平區封閉掩埋場	9				
霧峰封閉掩埋場	5				
大里區掩埋場	21	7	10+15		7+3
神岡區垃圾衛生 掩埋場	15			2	

表 3.2-2 監測系統量測期間及監測頻率表

監測地點	監測儀器	數量	量測方式	監測頻率
豐原區復育掩埋場	傾度盤	6	人工量測	每季 1 次 及不定期 1 次
東勢區應急掩埋場	傾度盤	6	人工量測	
大甲區復育掩埋場	傾度盤	8	人工量測	
大安區復育掩埋場	傾度盤	9	人工量測	
清水區復育掩埋場	傾度盤	9	人工量測	
	沉陷點	5	人工量測	
神岡區垃圾 衛生掩埋場	傾度盤	15	人工量測	
	裂縫計	2	人工量測	
龍井區復育掩埋場	傾度盤	9	人工量測	
大肚區復育掩埋場	傾度盤	6	人工量測	
太平區封閉掩埋場	傾度盤	9	人工量測	
霧峰封閉埋場	傾度盤	5	人工量測	
南屯區文山三期 掩埋場	傾度盤	19	人工量測	
大里區掩埋場	傾度盤	21	人工量測	
	沉陷點	10	人工量測	
	電子傾斜計	7+3	自動化量測	
	傾斜管	7	人工量測	
	沉陷點	15	人工量測	

3.2.1 傾斜觀測管

本項觀測目的在於量測土層側向位移之大小、方向及最大側向位移發生之深度，做為判定土層穩定程度之依據，其運作原理為將測管傾斜儀之滑輪對準傾斜觀測管內之滑軌後放入，以測管傾斜儀內部之雙軸傾斜感應器量測觀測管內，各深度受土層側向位移所造成的傾斜角度，再由此傾斜角計算土層之側向位移量。本計畫測管傾斜儀示意圖如圖 3.2-1、圖 3.2-2 所示。

觀測時先將雙軸感應器以電纜線與傾度讀器相連接，再以雙軸感應器之滑輪嵌入傾度觀測管之軌道緩緩放入至管底，停留十五分鐘後，再按標定之深度，逐步提升雙軸感應器並讀取各深度時傾度讀器所顯示之數字，即可算出變量之大小。傾斜管之裝設以監測土層位移，確定邊坡之安全性，同此選取裝設位置位於具最大坡度或高度之坡面上以確定此臨界坡面之安全性。

量測原理係由內部之高精度雙軸測管傾斜儀，將傾斜觀測管內之傾斜角度放大 25000 倍，因此測讀器之顯示值為：

$$\text{顯示值} = 25000 \times \sin(\theta)$$

為避免單軸傾斜儀內部之微量偏心所引起的誤差，在量測過程中測得 X、Y 軸向各 2 組顯示值，將每一軸正負值合併計算，相差值為：

$$X \text{ 軸相差值} = (X^+ \text{ 顯示值}) - (X^- \text{ 顯示值})$$

$$Y \text{ 軸相差值} = (Y^+ \text{ 顯示值}) - (Y^- \text{ 顯示值})$$

傾斜觀測管內傾斜角度之計算公式如下：

$$\text{傾斜角度}(\theta) = \sin^{-1} \left(\frac{\text{相差值}}{2 \times 25000} \right)$$

雙軸測管傾斜儀之總長度為 500mm，因此可由每段測量出之管內傾斜角度計算各深度管壁之橫向位移程量：

$$\text{位移量}(\text{mm}) = \sin \left(\frac{\text{相差值}}{2 \times 25000} \right) \times 500$$

註 1：因相差值為一組讀值之總和，故計算角度時須要除 2。

過去監測經驗並配合現況地質條件下，地表下 1~3 公尺處所量測的位移量，變位曲線通常都有明顯的轉角，大致原因可歸納如下：

1. 邊坡坡面裸露率越高，當強降雨發生時，易產生邊坡坡面淺層沖蝕，造成地表下 1~3 公尺土壤有沖蝕及滑動的跡象。
2. 其他外在因素，例如邊坡進行施工維護時，若傾度管的混凝土基座不明顯、安裝的位置不恰當或施工人員機具的操作不當，皆易毀損。

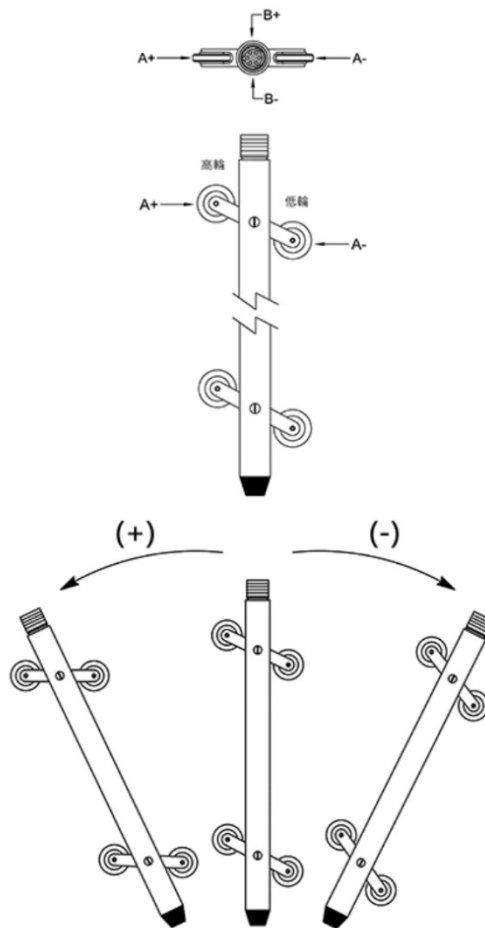


圖 3.2-1 傾斜觀測管示意圖



圖 3.2-2 測量傾斜管

3.2.2 水位觀測井

若地下水位過高，將大幅度的降低土壤有效應力，並增加自然或人工邊坡承受之側向土壓力，故地下水往往是造成邊坡滑動主要因素之一。因此，監測自然或人工邊坡上方之地下水位高低，有助於了解現地排水情形及邊坡承受壓力情況。

其原理為地下水豎管之進入豎管內後，其水位受水壓之平衡作用而算由升降至穩定時，由豎管內量得之水位即為該處之地下水位。地下水位量測方法係利用水位指示器，將感應器(sensor)伸入豎管內，當電表指針及蜂鳴器有反應時，直接讀取電線上之刻度，即可了解下水位深度，如圖 3.2-3 所示，計算公

式如下：

$$\text{水位高程(m)} = \text{管頂高程} - \text{量測水深}$$

水位觀測井監測地下水方面，要特別觀察是否短時間有急遽上升或下降，若有此現象要特別留意邊坡排水設施是否有損壞以及坡頂是否有張力裂縫，或者沉陷造成的錯位裂縫，皆會使逕流水滲入，使其邊坡內部孔隙水壓上升，影響邊坡安全性。



圖 3.2-3 測量水位

3.2.3 建物傾斜盤

本計畫採用結構物傾斜盤作為監測結構物是否有傾斜變動之方式，係於待監測結構物上安裝傾斜傾斜盤。建物傾斜盤基本構造如圖 3.2-4 所示，區分為兩部份，一為銅盤，上有 1、2、3、4 點，1-3 為 X 軸，2-4 為 B 軸，第二部份為感應器及記錄器。量測時使用攜帶式結構物傾斜盤搭配傾斜儀測讀器(如圖 3.2-5)，逐步讀取結構物傾斜盤各方位傾斜數據並加以記錄，將感應器置於銅

盤上，按 1-3、2-4 之順序量取讀數，量測完畢後將讀值 1 減 3、2 減 4 所得之數據，即為其量測值（傾斜 1-3 向：位移量正值表朝 1 方向傾斜，負值表朝 3 方向傾斜，傾斜 2-4 向：位移量正值表朝 2 方向傾斜，負值表朝 4 方向傾斜，依其量測值之變化量進而可判斷其位移之方向及速率。根據歷次量測結果比較結構物傾斜度之變化，藉以判定結構物變動之傾勢。

建物傾斜計之量測原理係由內部之高精度單軸傾斜儀，將建物之傾斜角度放大 25000 倍，因此測讀器之顯示值為：

$$\text{顯示值} = 25000 \times \sin(\theta)$$

為避免單軸傾斜儀內部之微量偏心所引起的誤差，在量測過程中測得 X、Y 軸向各 2 組顯示值，將每一軸正負值合併計算，相差值為：

$$X \text{ 軸相差值} = (X^+ \text{顯示值}) - (X^- \text{顯示值})$$

$$Y \text{ 軸相差值} = (Y^+ \text{顯示值}) - (Y^- \text{顯示值})$$

建物傾斜角度之計算公式如下：

$$\text{傾斜角度}(\theta) = \sin^{-1}\left(\frac{\text{相差值}}{2 \times 25000}\right)$$

註 1：因相差值為一組讀值之總和，故計算角度時須要除 2。

註 2：安全管理值以角秒為單位，故計算之傾斜角度需再乘以 3600。



圖 3.2-4 傾度盤基本構造

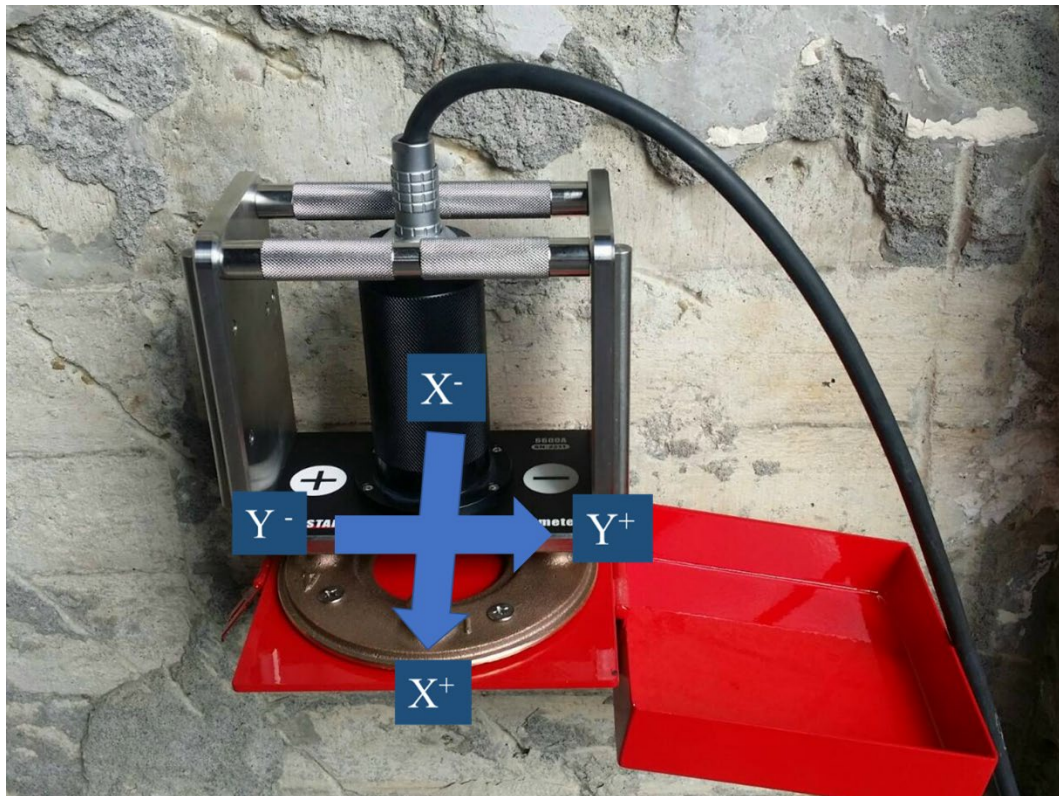


圖 3.2-5 量測傾度盤

3.2.4 裂縫計

裂縫計監測(如圖 3.2-6 所示)：量測既有結構物裂縫之開裂速率與變化情形，以判斷擋土牆結構之穩定程度，進而控制監測區域邊坡之安全。簡易之量測方法則是於選定位置裂縫二側裝設裂縫尺與指標歸零，固定尺固定於裂縫二側並拍照記錄尺標刻度，持續直接讀取二裂縫尺之刻度差即為裂縫展開程度。雖無法量測精確與微小變位，但對於了解邊坡變位情形已足夠。



圖 3.2-6 裂縫計示意圖

3.2.5 沉陷觀測點

本計畫採用地表沉陷觀測點作為監測地盤是否有沉陷變動之方式，係於待監測地盤上安裝地表沉陷觀測釘，使用全站儀進行量測。全站儀由電源部分、測角系統、測距系統、數據處理部分、通訊接口及顯示屏等組成。本案沉陷點觀測係藉由全站儀觀測監測點上之點位坐標，現場提供兩點觀測點，本公司以全測站之自由測站法方式進行儀器中心坐標點定位後，再行後續沉陷觀測點觀測作業，藉以得到觀測點之 N、E 及 Z 等坐標值。

圖 3.2-7 說明自由測站法的施測及解算過程。自由測站法是將儀器架設於適當的地點，後視觀測至少兩個已知點（全國坐標系的平面坐標值和高程值已知，如圖中 A 點）及其他未知點（如圖中 P 點）的水平角、垂直角、斜距 L 及稜鏡高 z ，並假設測站站坐標系如下：

原點：儀器中心 O （即直立軸、橫軸和視準軸的交點）

X 軸：水平度盤零度方向

Z 軸：天頂方向

Y 軸：與 X 軸和 Z 軸形成右旋直角坐標系

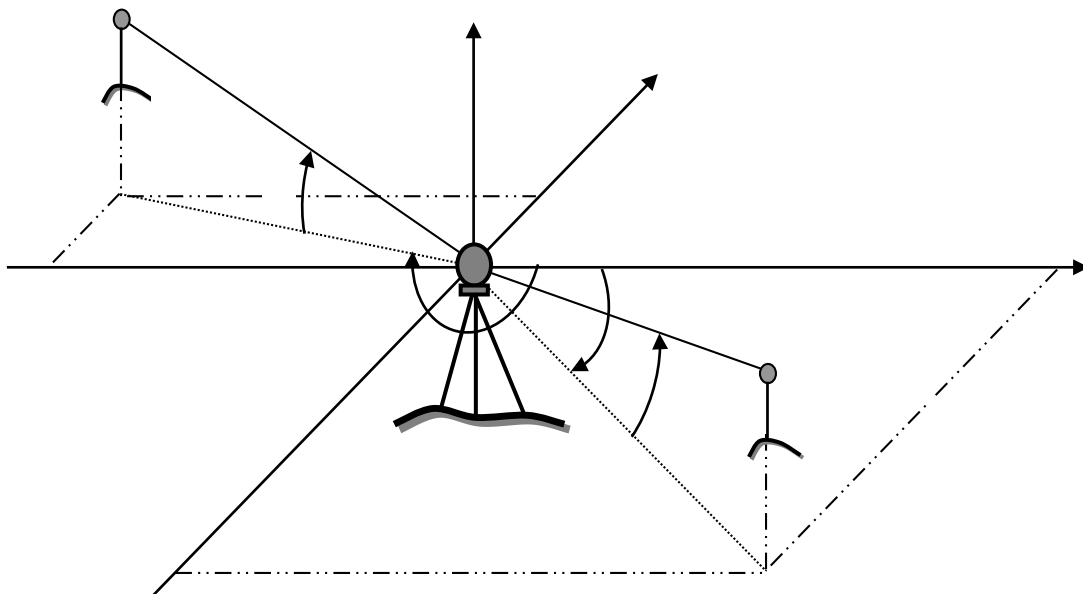


圖 3.2-7 自由測站法作業示意圖

平面坐標計算：

計算所有點位（含已知點和未知點）的測站站坐標值

$$X = L \times \cos\alpha \times \sin\beta$$

$$Y = L \times \cos\alpha \times \cos\beta$$

計算坐標轉換參數，設 A、B 已知點之全國坐標系之坐標值為 (N_A, E_A) 和 (N_B, E_B) ，測站站坐標系之坐標值為 (X_A, Y_A) 和 (X_B, Y_B) ，則可依下式計算得兩

坐標系之坐標轉換參數(a,b,c,d)：

$$E_A = aX_A + bY_A + c$$

$$N_A = -bX_A + aY_A + d$$

$$E_B = aX_B + bY_B + c$$

$$N_B = -bX_B + aY_B + d$$

計算未知點坐標值

根據坐標轉換參數(a,b,c,d)，依下計算觀測點 P 之坐標系之坐標值：

$$E_P = aX_P + bY_P + c$$

$$N_P = -bX_P + aY_P + d$$

高程值計算：

$$Z_A = L_A \times \sin \alpha_A$$

$$Z_P = L_P \times \sin \alpha_P$$

$$H_O = H_A - Z_A$$

$$H_P = H_O + Z_P = H_A - Z_A + Z_P$$

自由測站法之優點如下：

- 可隨觀測環境及現場需求自由設站，不必侷限於任何點位上。
- 架設儀器僅需定平不需定心，可縮短儀器架設時間。
- 可同時進行控制測量和細部測量。
- 要保存測站點位，僅利用光學垂準器將點位標記於實地即可。
- 可減少控制點的佈設，降低控制測量的負擔。

- 可減少整個地籍測量的外業時間。

3.2.6 儀器設備管理及維護

為使本計畫之物聯網監測系統之運作順利無虞，將分為定期與不定期進行自動化監測資料蒐集站之資料擷取器、電源供應器及資料傳輸等設備之租用及維護作業，使現場自動化監測儀器功能可以持續正常運作，發揮即時觀測、傳輸功能，本年度自動監測數量統計如表 3.2-3 所示。本團隊提出一份簡易維護管理計畫，主要工作內容規劃如下：

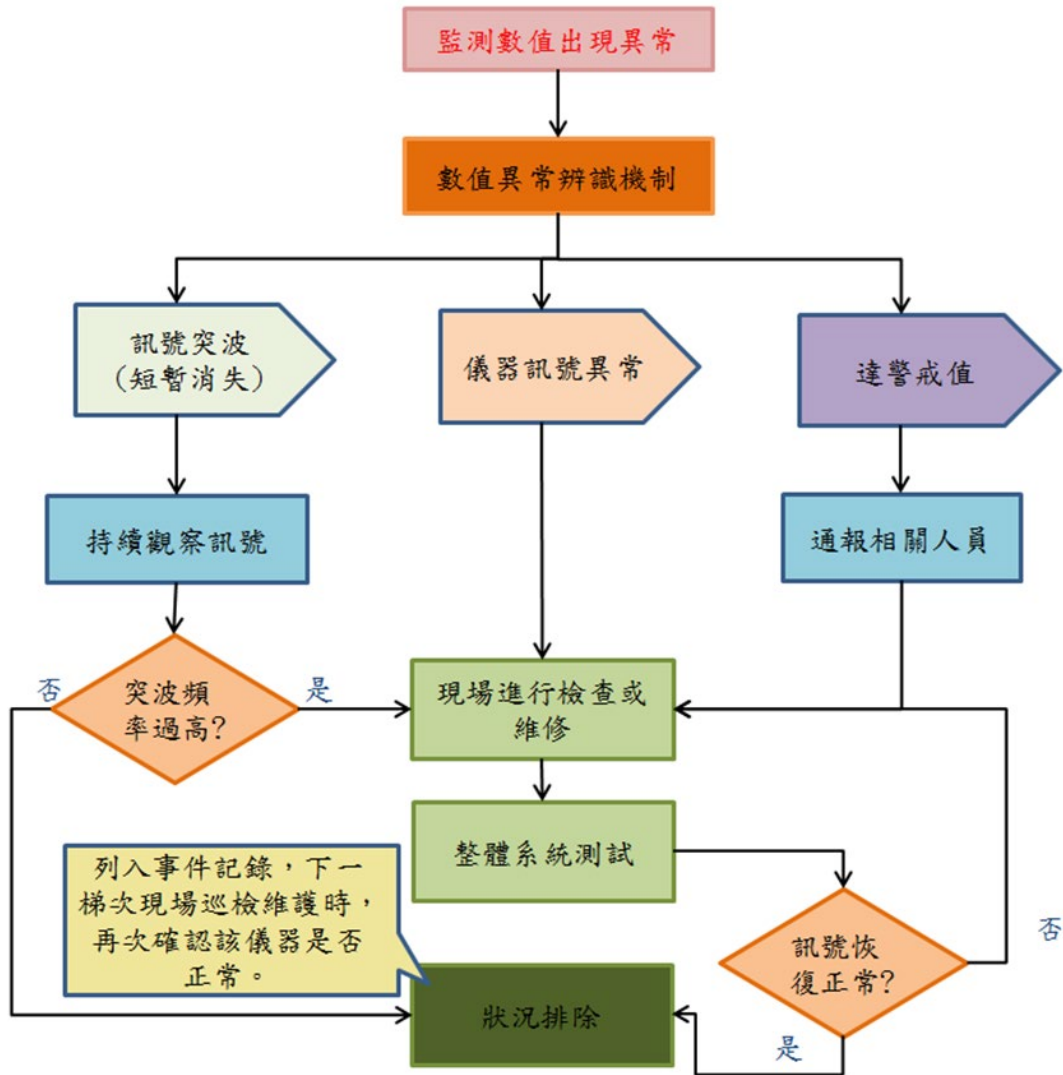
(1) 主要巡檢維護週期分為定期與不定期

(A) 定期：每個月至現場巡檢維護、校正一次。

(B) 非定期：解除颱風陸上警報後，於 48 小時內至現場進行一次巡檢維護保養，確認現場儀器設備是否損壞。

(2) 當系統量測數值如有異常時，將於 24 小時內進行系統盤查，包含軟體及硬體部份，相關標準作業流程如圖 3.2-8 所示，若屬儀器本身因素或故障造成，將於 7 日內進行更換處理。

(3) 資料中斷時，若非電信業者或當地基地台之問題所造成，將於 48 小時內至現場進行檢查或維修，並擷取資料進行回補；若為電信業者或基地台之故障所致，則於 20 日內至現場擷取資料上傳回補。



註 1：儀器訊號異常表示：量測訊號與人工量測差異百分比超過 10% 以上。

圖 3.2-8 監測數值達異常值之作業處理程序

表 3.2-3 本期自動監測數量統計

儀器類型	儀器編號	備註
電子傾斜計	TI1~TI7	大里掩埋場 二期擋土牆
	TI8~TI10	大里掩埋場 河岸

3.3 維護監測設備

因海線地區受海風侵蝕嚴重，部分傾度盤前期計畫已達警戒值，甚至行動值標準，因此已進行 7 處的傾度盤更新，也建議後續計畫應持續使用不銹鋼製傾度盤，以確保監測資料的合理性。





圖 3.3-1 安裝新傾度盤

第4章、監測資料整合與判釋

4.1 資料彙整分析及崩塌預警模式檢討

本團隊監測人員赴設有監測儀器地點進行資料讀取、計錄及分析，以目視方式巡視周圍環境，並記錄坡邊不穩定之表徵，相關照片資訊於每月監測報告一併提送。坡地穩定性具有一定程度之複雜因素，不易對單一變化或行為訂定管理標準。參考黃安斌(2002)建議道路邊坡崩塌預警分期與處理對策分為注意、警戒、避難三期，三期所對應之觀測值分別為預警值、警戒值與行動值。目前管理值係依照本計畫區既有之邊坡監測儀器監測項目進行設定，針對雨量、雙軸傾斜計、傾斜觀測管、地中伸縮計及地下水位等監測項目，參考相關文獻設定參考值，以訂定各監測項目管理值。

本計畫管理基準值分為注意值、警戒值及行動值三期，當觀測值大於「注意值」時，邊坡可能將開始產生不穩定徵兆，具有危險潛勢，需監測並持續觀察變化趨勢；達「警戒值」時，表示不利於邊坡穩定之環境持續惡化，可能造成邊坡持續滑動或邊坡已有滑動徵兆，建議立即通報 貴分局相關單位，應迅速採取必要之防範措施，例如進行疏散避難勸告，撤離危險區域內之民眾，降低人員傷亡與財物損失；達「行動值」係指邊坡加速滑動，危害性極高，應立即通報環保局，應勸告或強制疏散危險區域內之人員，並做適當之安置。為進一步確認及防範本計畫執行期間，區域經監測結果研判可能出現之危險情況，本團隊亦擬定基本應變計畫，其流程詳圖 4.1-11。

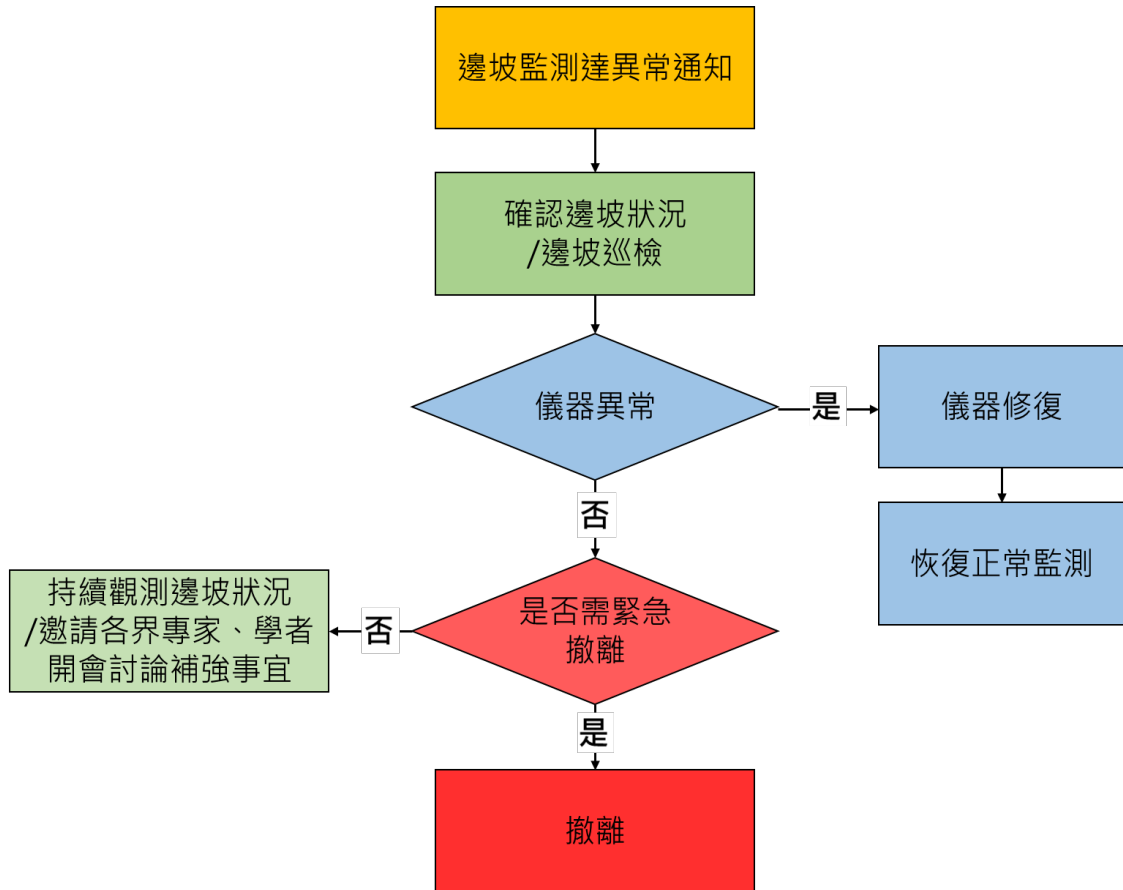


圖 4.1-1 緊急應變計畫流程圖

監測管理值應配合長期觀測成果進行滾動式檢討，因此於事件模式後配合監測成果之累積、觀察環境變遷及待國內崩塌預警系統成熟後，將監測項目因子及管理值進行調整，以下依各監測項目分項說明本團隊於制定管理值之訂定規則。

1. 地表傾斜儀、沉陷點觀測

參考 Geotec Hanoi(2011) 「Interpretation of monitored behavior of slopes for early warning of failure」，該文章針對地表傾斜儀於邊坡滑動與破壞預警提出建議，以 1 天 3 度的傾斜率或取保守值 1 天 1 度的傾斜率(警戒)，訂定邊坡顯著滑動或破壞的標準；並參考國土管理署及臺北市政府工務局大地工程處，同時考量極端氣候制訂單一事件(如：颱風、豪雨)之雙軸地表傾斜計及沉陷點警戒基準管理值採用。依據前

述儀器精度、特性與穩定度，預警、警戒、行動基準之傾斜量。基準值訂定最理想應考量應變與時間的關係(變形加速度)，如圖 4.1-2。雙軸傾斜計及沉陷點管理參考基準值如表 4.1-1，由於管理值的訂定與各地區之地形地質狀況、保全對象及外在環境等均相關，因此若未來持續蒐集資料有利於將管理值滾動式修正較為正確。

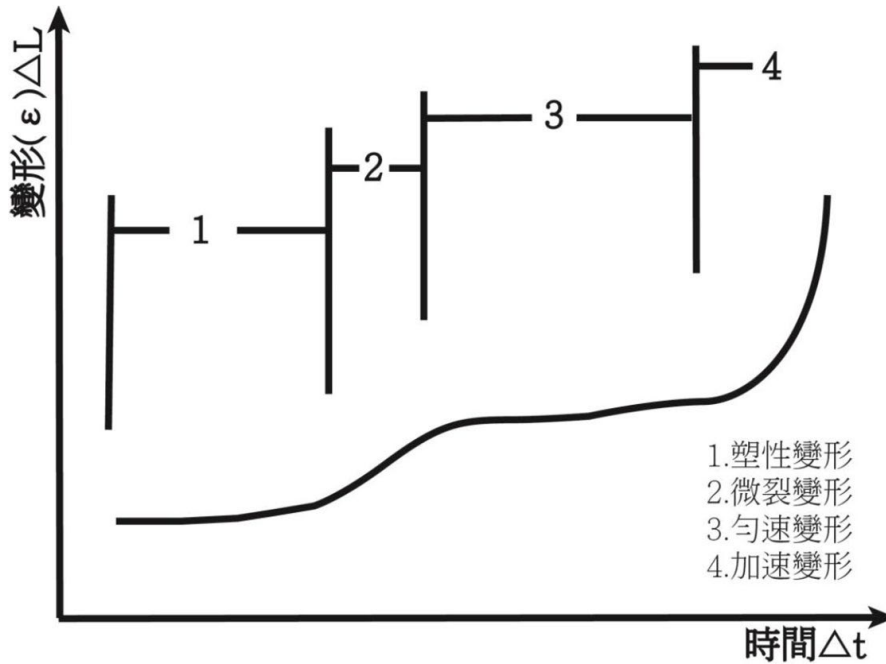


圖 4.1-2 地表變形應變與時間關係圖

表 4.1-1 傾度盤及沉陷點管理參考基準值

類型	累積變化量		
	注意	警戒	行動
傾度盤	413 秒	572 秒	825 秒
沉陷點	30mm	40mm	70mm

2. 傾斜觀測管

邊坡地層變位觀測係屬「直接觀測」，代表邊坡的實際行為，與邊坡穩定性高度相關，參考國土管理署及臺北市政府工務局大地工程處，暫訂定為 5mm 及 10mm 為警戒值及行動值。

本團隊訂定本年度崩塌預警管理值，分別針對地表月位移量(每個月地表總滑動變化量)及最大位移量(地下深處最大的總滑移量變化

量), 如表 4.1-2 所示, 管理值標準需透過歷年儀器數據搭配地質模型, 以了解各個不穩定之坡面的地質特性, 進而提出適宜的管理基準值。

表 4.1-2 崩塌預警管理值

管理值		注意值	警戒值	行動值	備註
監測儀器	傾度盤 /電子 傾斜計	角變量 1/500(413")	角變量 1/360(572") 且有一定傾斜傾向	角變量 1/250(825") 且有一定傾斜傾向	邊坡
	電子傾 斜計	/	角變量 1/120(2475")	角變量 1/83(12375")	加勁 擋土 牆
	傾斜觀 測管	2.0~5.0mm/月 且有一定位移傾 向	5.0~10.0mm/月 且有一定位移傾向	>10.0mm/月 且有一定位移傾向	邊坡
	地表沉 陷觀測 點	沉陷量 30mm	沉陷量 40mm	沉陷量 70mm	邊坡
目的		提供防災整備及減災因應措施之參考			-
意義		可接受之變化 量, 應該是安全 之範圍。	可接受之變化量, 但 可能接近臨界值。	有發生邊坡滑動或 危及結構物之可能 性。	-
因應對策		注意後續之變 化。	提高觀測頻率(每 15 日 觀測 1 次)。 進行現場勘查, 尋找 原因, 研判安全性, 並評估災害可能影響 範圍及研擬補救措 施。	召開會議決定補救 措施及執行時間。	-

註 1: 傾斜管-地表月位移量指的是每個月地表總滑動變化量。

註 2: 傾斜管-最大位移量指的是每個月地下深處最大的總滑移量變化量。

4.2 監測結果與判釋

本期針對監測掩埋場各區所在位置，於 114 年度 1 月至 7 月各項監測項目、監測數據及逐日雨量紀錄分區彙整如下：

4.2.1 豐原區

豐原區進行傾度盤 6 處，其監測位置、逐日雨量紀錄及歷次監測數據詳數據如圖 4.2.1-1~4.2.1-3 所示。

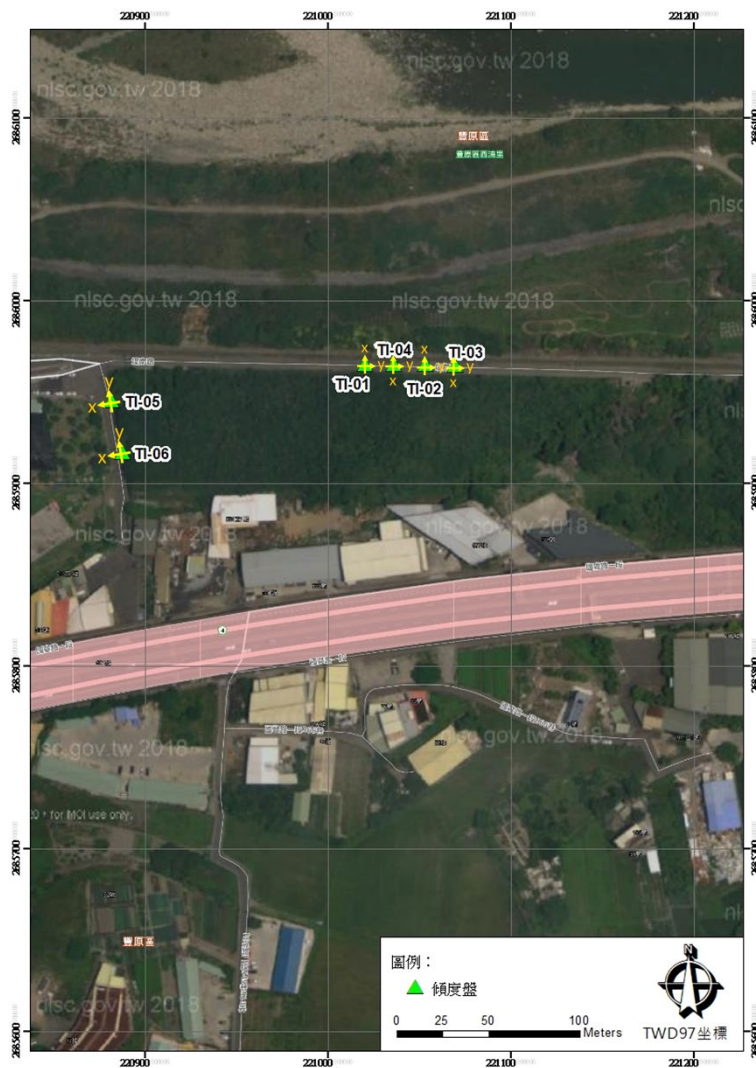


圖 4.2.1-1 豐原區監測位置

一、雨量

依據中央氣象署所屬之豐原測站資料，尤以西南季風 7/31 之日雨量 226.5mm 尤為最高，達豪雨標準。

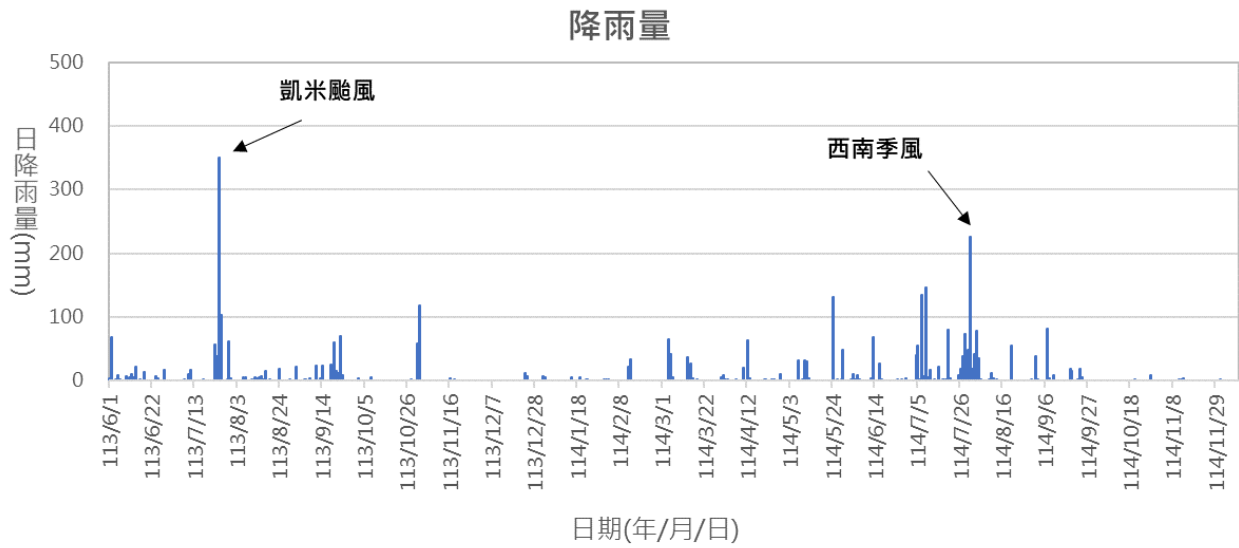


圖 4.2.1-2 測站日降雨量圖

二、傾度盤

各項監測數值皆在安全值範圍內。

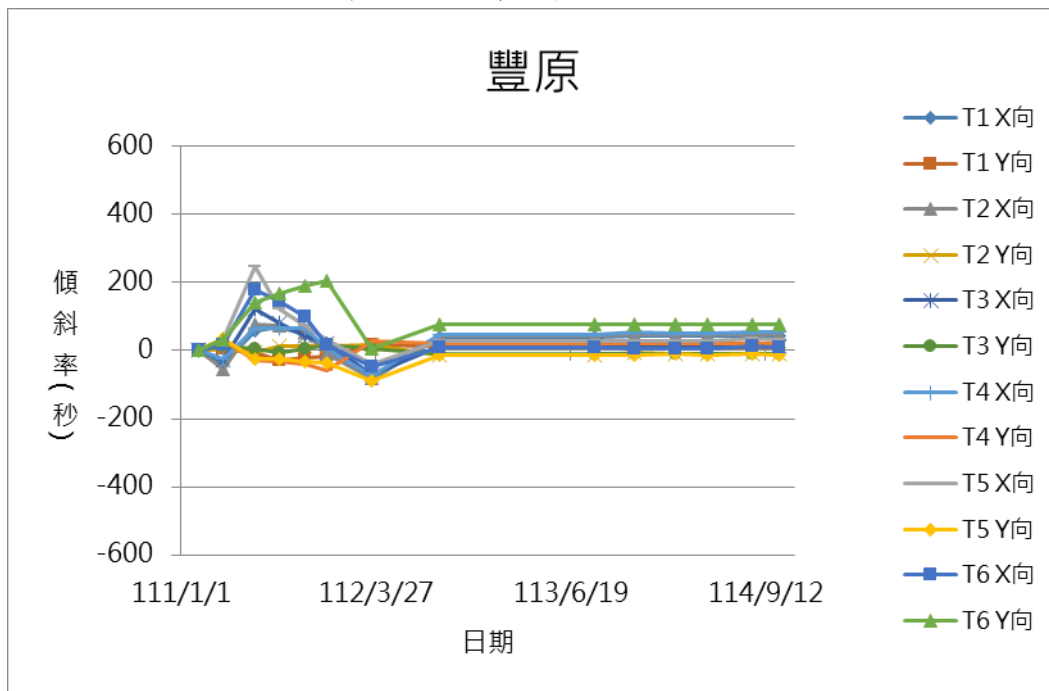


圖 4.2.1-3 傾度盤監測數據

4.2.2 東勢區

東勢區進行傾度盤 6 處，其監測位置、逐日雨量紀錄及歷次監測數據詳數據如圖 4.2.2-1~4.2.2-3 所示。



圖 4.2.2-1 東勢區監測點位分布

一、雨量

依據中央氣象署所屬之伯公龍測站資料，尤以西南季風 7/31 之日雨量 193mm 尤為最多，達大雨標準。

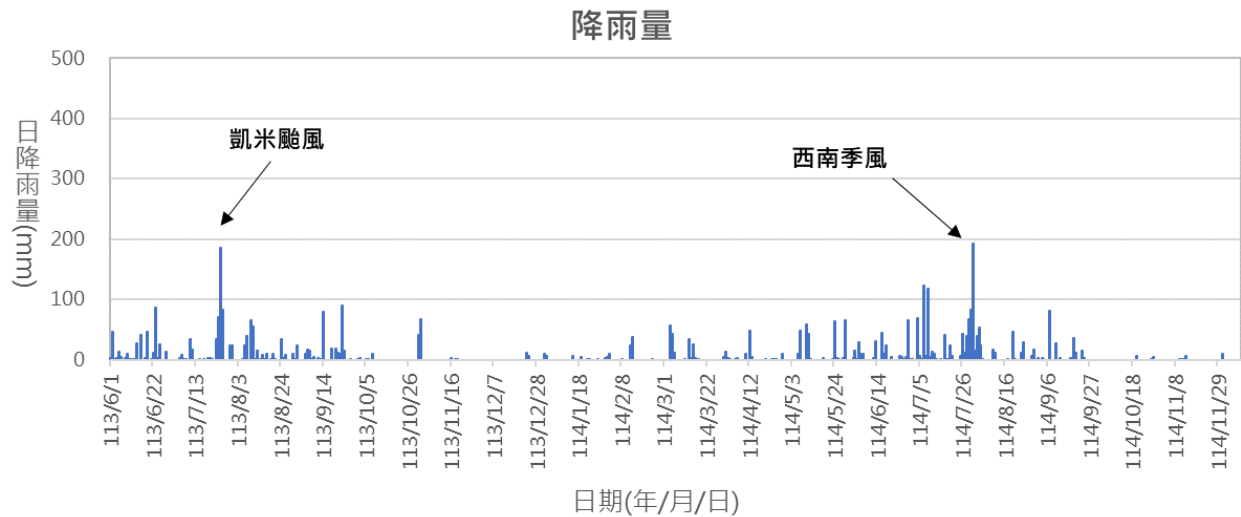


圖 4.2.2-2 測站日雨量圖

二、傾度盤

各項監測項目皆在安全值範圍內。

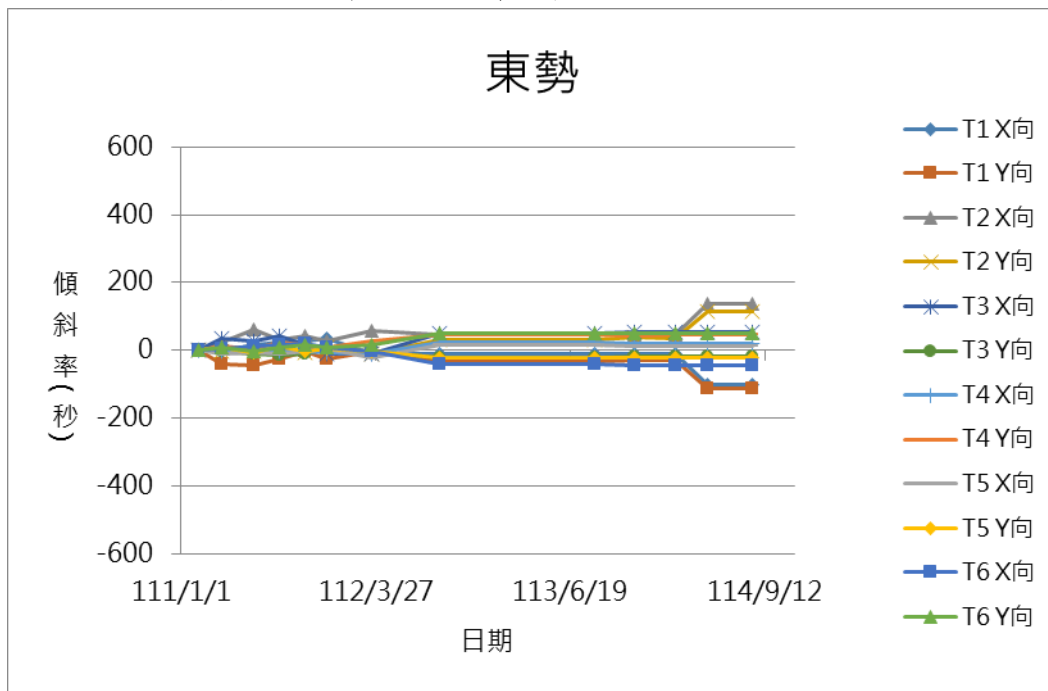


圖 4.2.2-3 東勢區傾度盤監測數據

4.2.3 神岡區

神岡區進行傾度盤 15 處及裂縫計 2 處，其監測位置、逐日雨量紀錄及歷次監測數據詳數據如圖 4.2.3-1~4.2.3-3 及表 4.2.3-1 所示。



圖 4.2.3-1 神岡監測點位分布

一、雨量

依據中央氣象署所屬之神岡測站資料，尤以西南季風 7/31 之日雨量 166mm 尤為最高，達大雨標準。

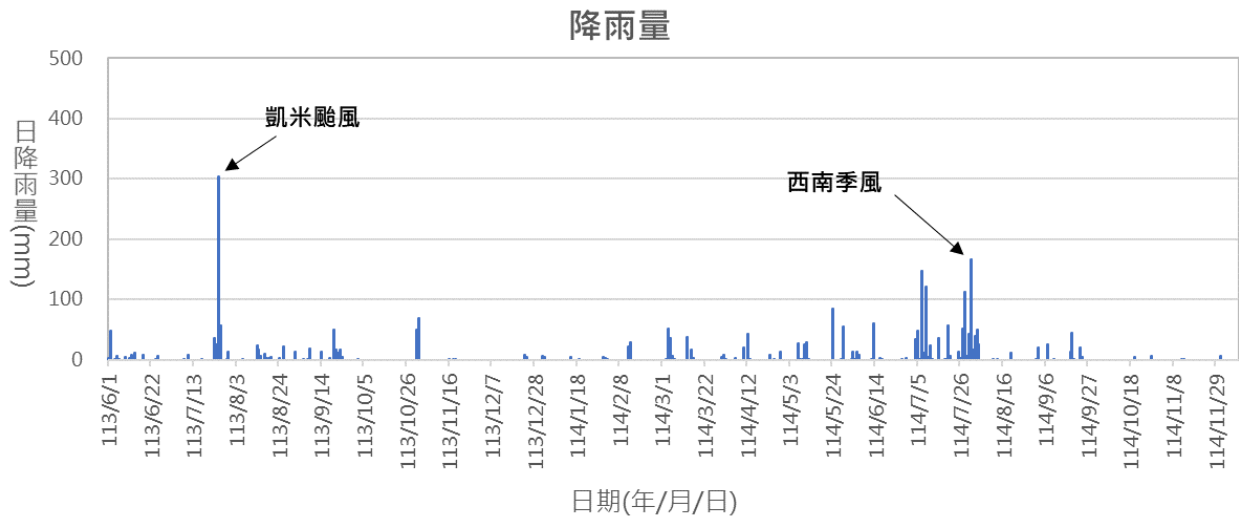


圖 4.2.3-2 測站日雨量圖

二、傾度盤

各項監測數值皆在安全值範圍內。

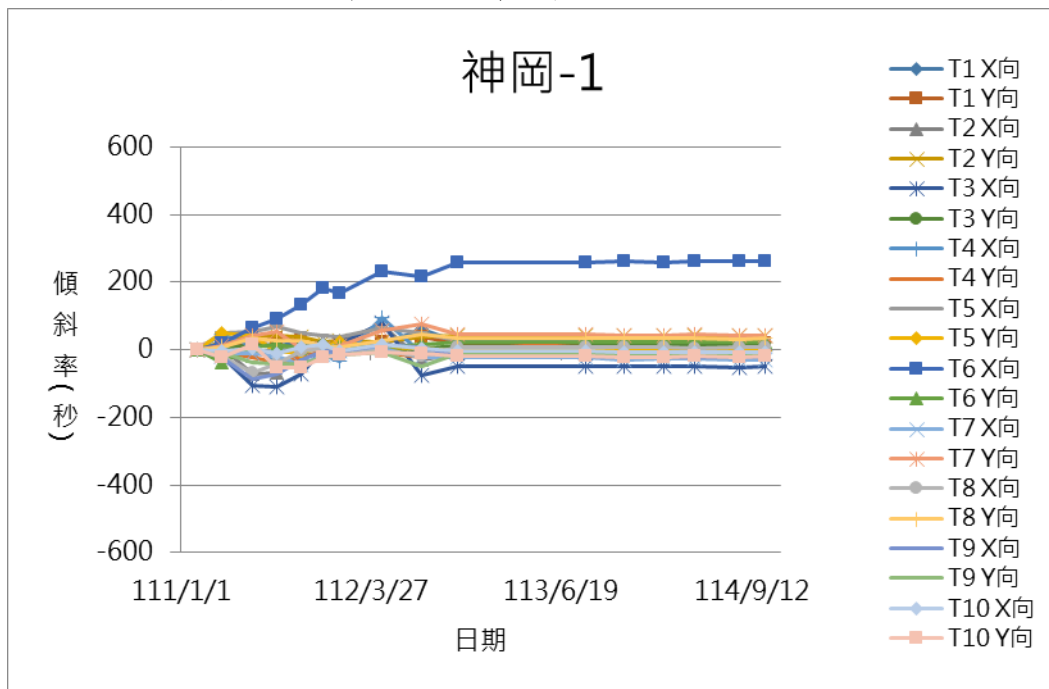


圖 4.2.3-3 傾度盤監測數據(1/2)

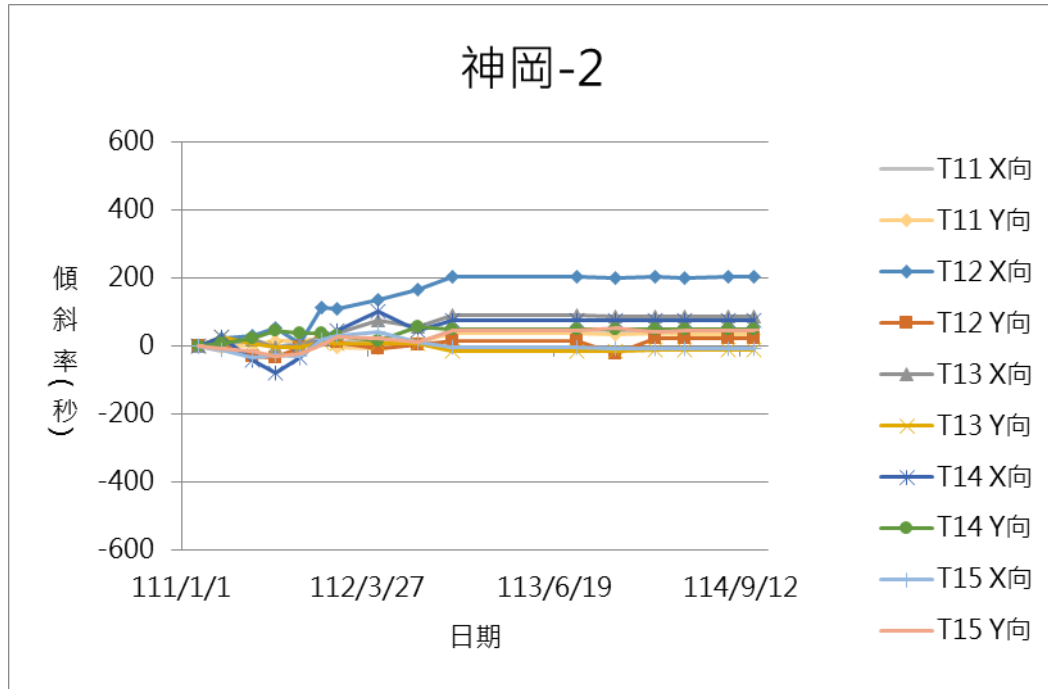


圖 4.2.3-4 傾度盤監測數據(2/2)

三、裂縫計

圖 4.2.3-5 裂縫計監測數據

裂縫計(mm)	CG-01		CG-02	
	X	Y	X	Y
2 月	0.2	0.2	0.3	0.5
5 月	0.2	0.2	0.3	0.5
8 月	0.2	0.2	0.3	0.5
10 月	0.2	0.2	0.3	0.5

4.2.4 大甲區

大甲區進行傾度盤 8 處，其監測位置、逐日雨量紀錄及歷次監測數據詳數據如圖 4.2.4-1~4.2.4-3 所示。



圖 4.2.4-1 大甲區監測點位分布

一、雨量

依據中央氣象署所屬之松柏測站資料，尤以丹娜絲颱風 7/9 之日雨量 243mm 尤為最高，達大雨標準。

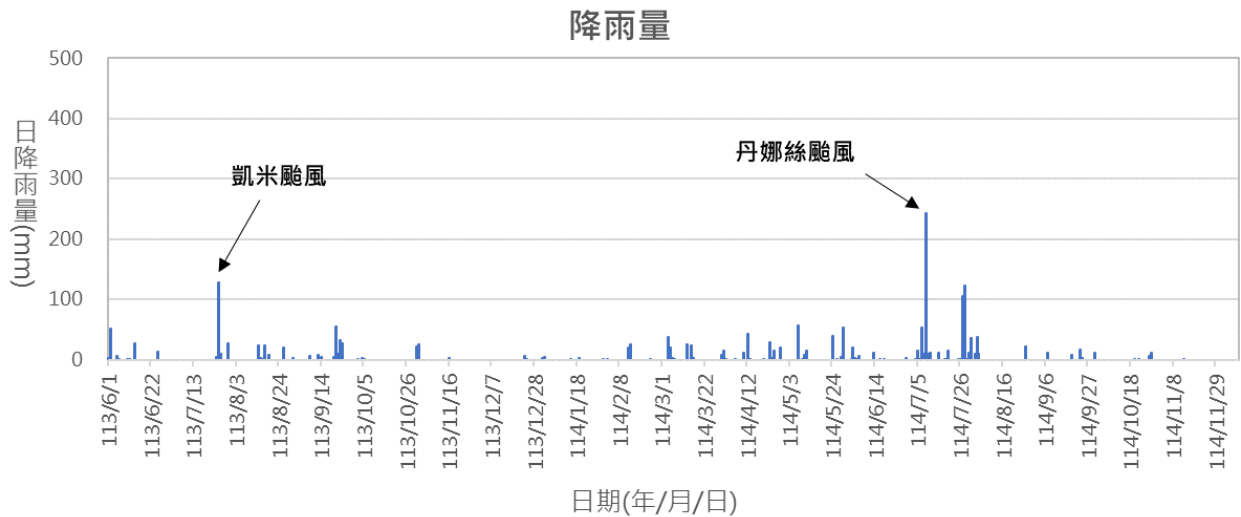


圖 4.2.4-2 測站日雨量圖

二、傾度盤

部分傾度盤於 112 年達 2000~4000 角秒，但經現場勘查後確認是受到海風侵蝕影響，因此於本年度 2 月監測期間更換為不銹鋼傾度盤，其餘傾度盤已於去年完成更換，整體目前暫時趨於穩定，有待後續觀察。

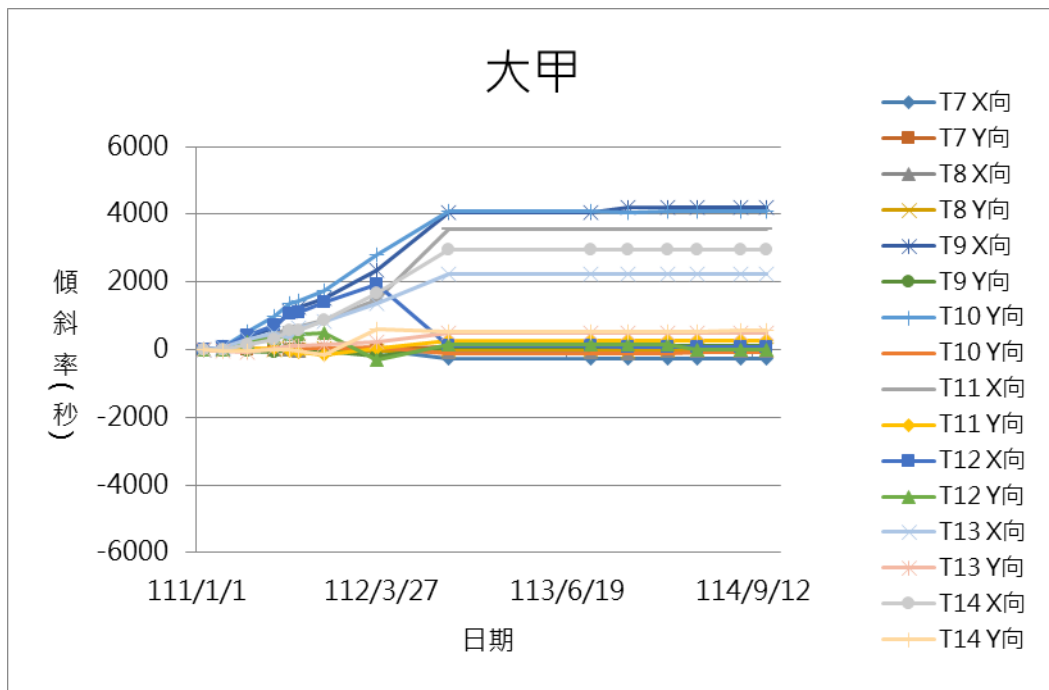


圖 4.2.4-3 傾度盤監測數據

4.2.5 大安區

大安區進行傾度盤 9 處，其監測位置、逐日雨量紀錄及歷次監測數據詳數據如圖 4.2.5-1~4.2.5-3 所示。

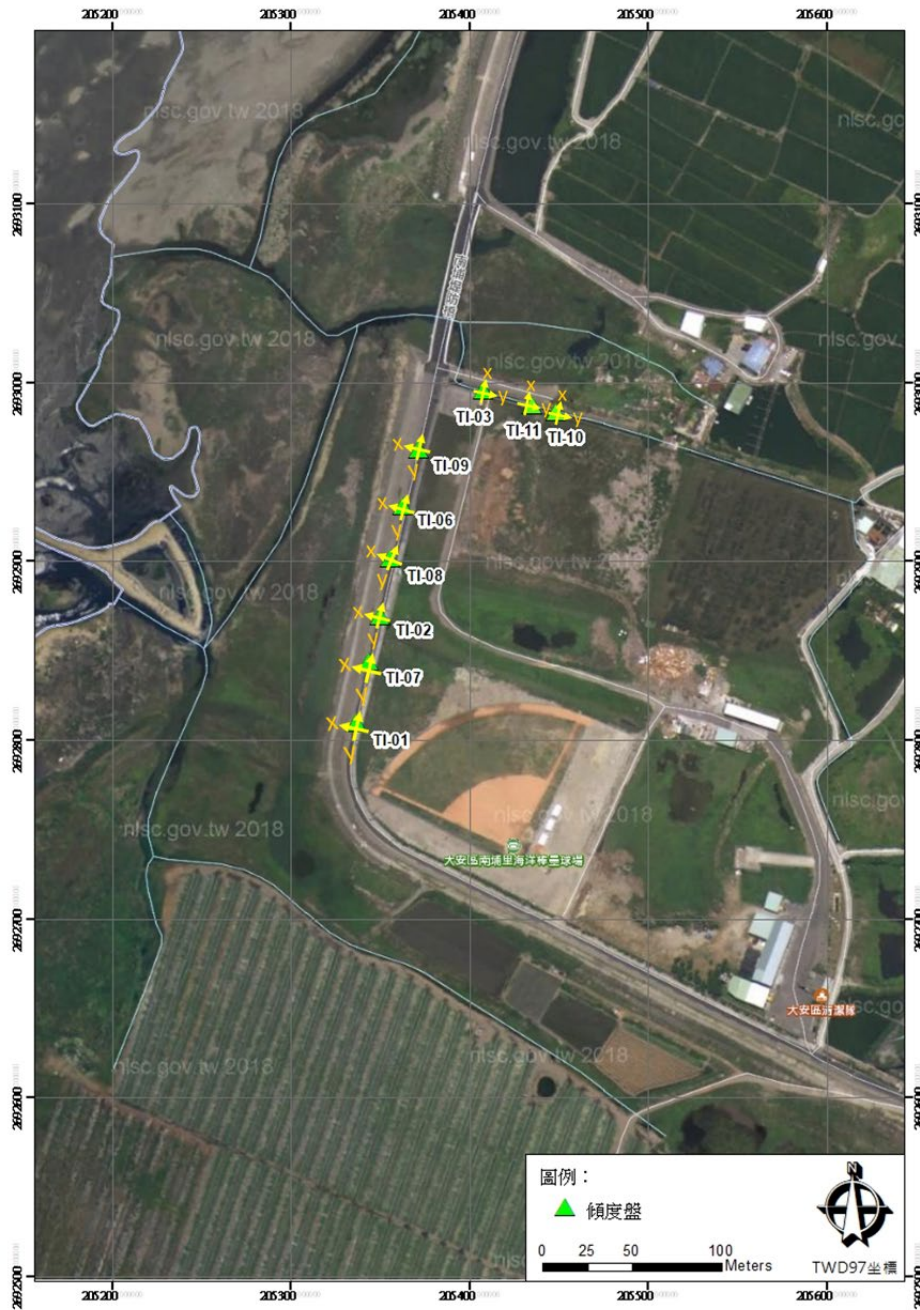


圖 4.2.5-1 大安區監測點位分布

一、雨量

依據中央氣象署所屬之清水測站資料，尤以西南季風 7/28 之日雨量 209mm 尤為最高，達豪雨標準。

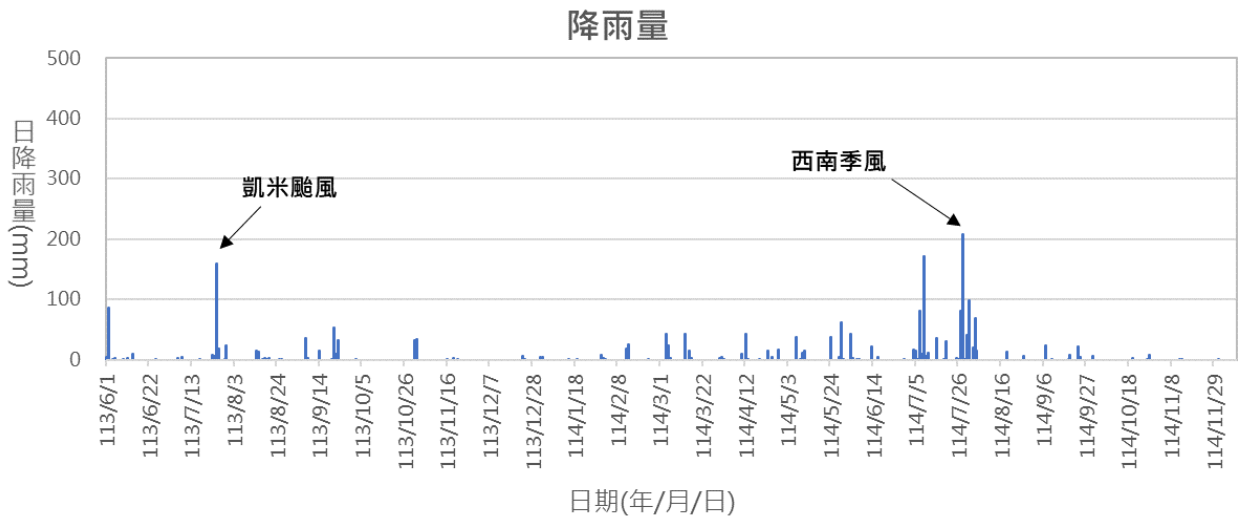


圖 4.2.5-2 測站日雨量圖

二、傾度盤

受到海風侵蝕影響，112 年有 5 處傾度盤達 900~2200 角秒，且 2 處外觀有鏽蝕，因此本年度將 7 處傾度盤 T2-T8、T10-T11 於本年度 2 月監測期間進行更換，有待後續觀察其變化。

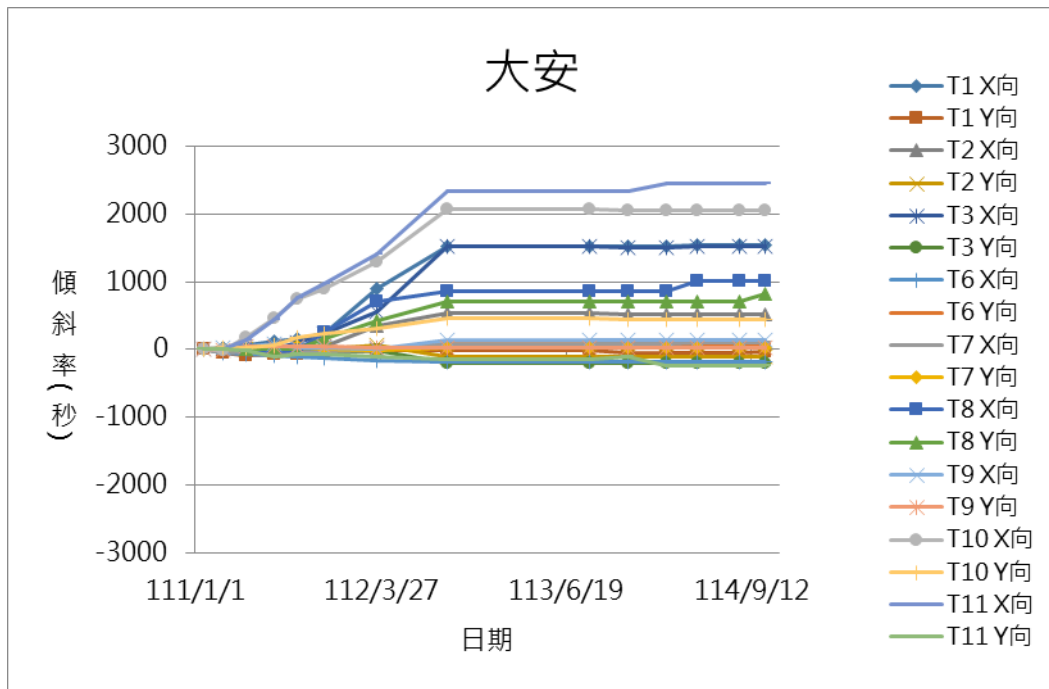


圖 4.2.5-3 傾度盤監測數據

4.2.6 清水區

清水區進行傾度盤 9 處及 5 處沉陷點，其監測位置、逐日雨量紀錄及歷次監測數據詳數據如圖 4.2.6-1~4.2.6-3 及表 4.2.6-1 所示。

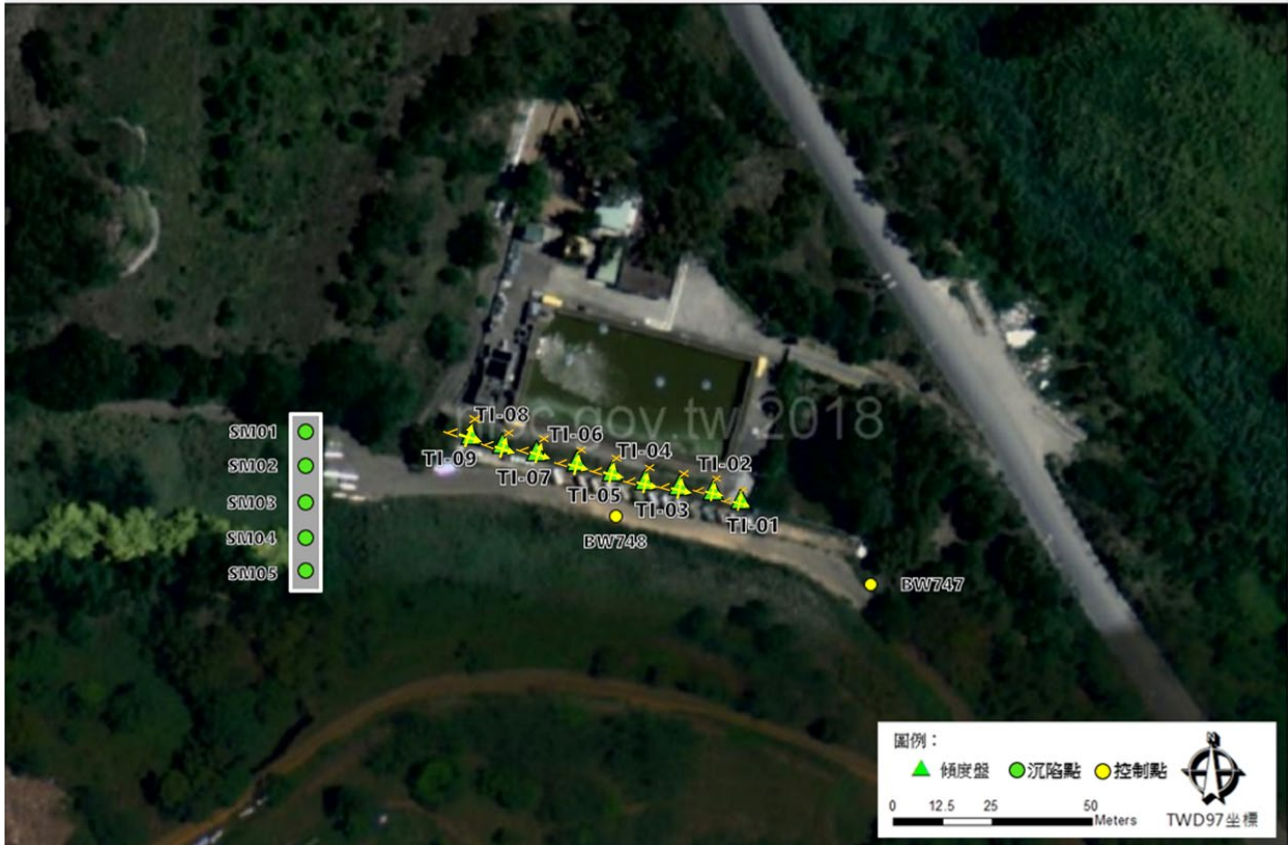


圖 4.2.6-1 清水區監測點位分布

一、雨量

依據中央氣象署所屬之神岡測站資料，尤以西南季風 7/31 之日雨量 166mm 尤為最高，達大雨標準。

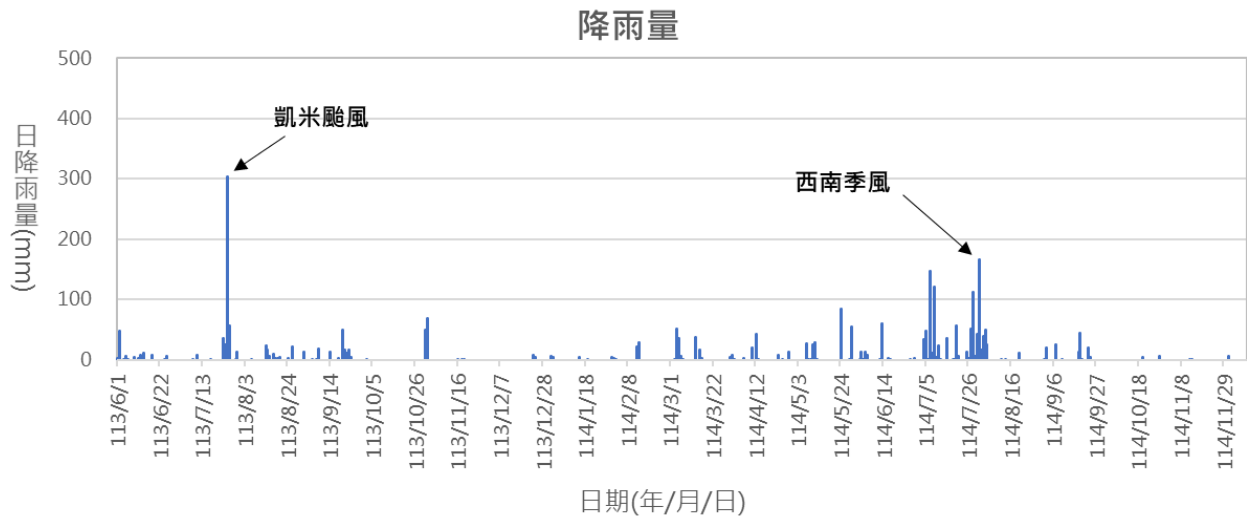


圖 4.2.6-2 測站日雨量圖

二、傾度盤

目前均在安全值範圍內。

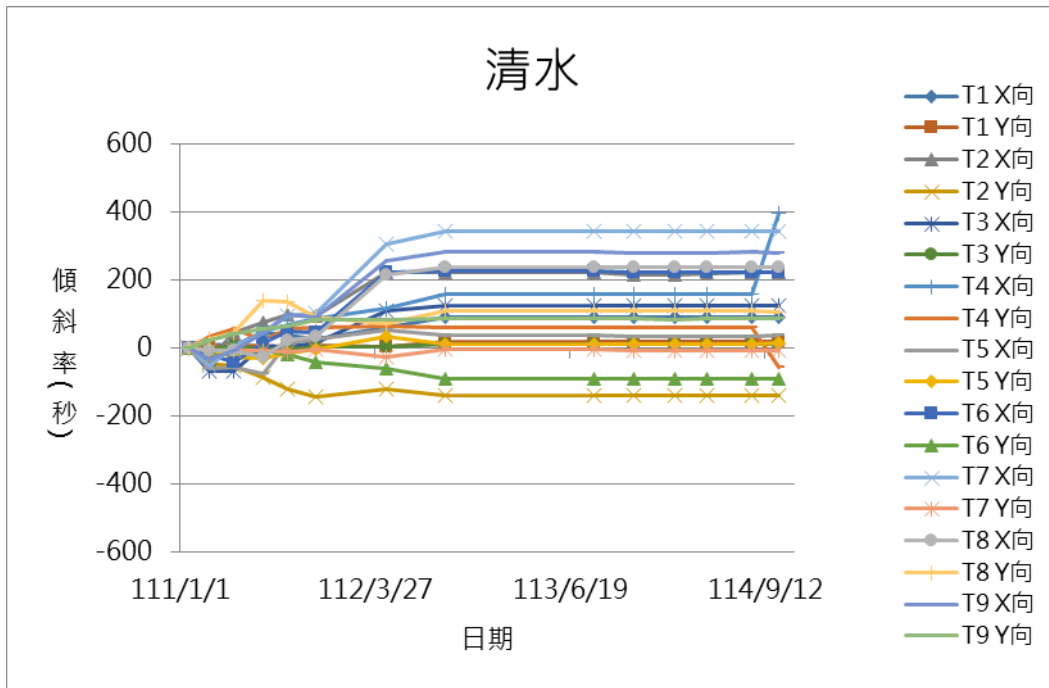


圖 4.2.6-3 傾度盤監測數據

三、沉陷點

目前均在安全值範圍內。

表 4.2.6-1 沉陷點監測數據
清水沉陷觀測紀錄(單位:m)

紀錄	2 月			5 月			8 月		
	N	E	Z	N	E	Z	N	E	Z
SM01	0.007	-0.004	-0.009	0.007	-0.005	-0.007	0.006	-0.004	-0.009
SM02	0.013	-0.011	0.000	0.012	-0.011	0.002	0.011	-0.011	0.005
SM03	0.009	-0.008	-0.003	0.01	-0.003	-0.003	0.01	-0.004	-0.008
SM04	0.012	-0.008	-0.010	0.011	-0.004	-0.012	0.015	-0.005	-0.011
SM05	0.004	-0.006	0.003	0.002	-0.003	0.005	0.005	-0.001	0.006
紀錄	10 月								
	N	E	Z						
SM01	0.006	-0.001	-0.009						
SM02	0.013	-0.016	0.003						
SM03	0.008	-0.007	-0.006						
SM04	0.012	-0.006	-0.011						
SM05	0.005	0	0.004						
備註	控制點								
	BW671			N: 2688174.313 ; E: 211986.813 ; Z:163.154					
	BW672			N: 2688186.134 ; E:211962.356 ; Z:163.031					

4.2.7 龍井區

龍井區進行傾度盤 9 處，其監測位置、逐日雨量紀錄及歷次監測數據詳數據如圖 4.2.7-1~4.2.7-3 所示。



圖 4.2.7-1 龍井區監測點位分布

一、雨量

依據中央氣象署所屬之台中電廠測站資料，尤以丹娜絲颱風 7/9 之日雨量 150mm 尤為最高，達大雨標準。

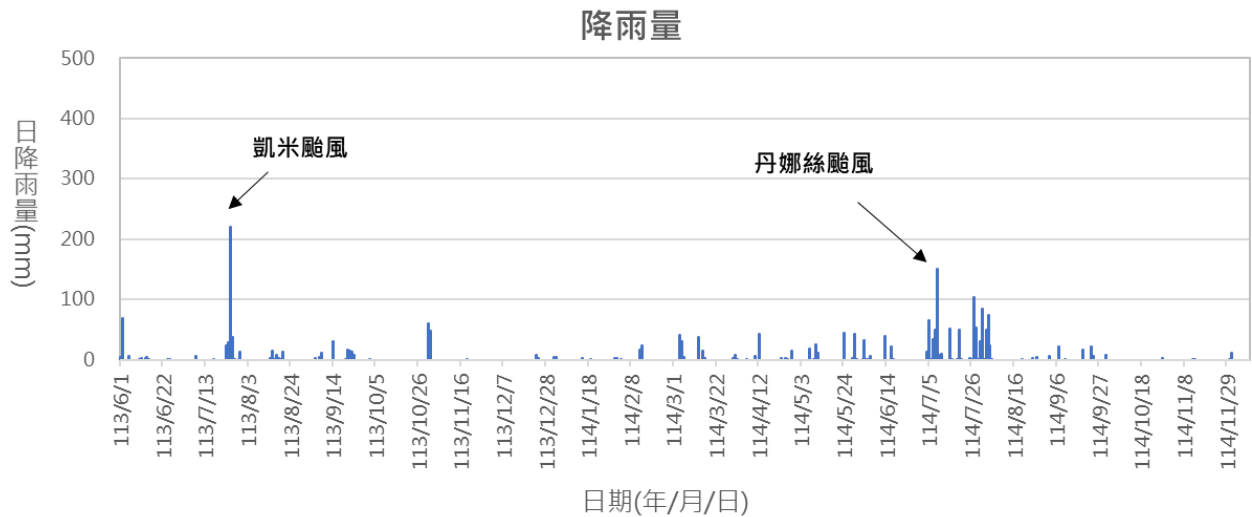


圖 4.2.7-2 測站日雨量圖

二、傾度盤

T5 因於 112 年超過 800 角秒，因此於本年度 2 月監測期間進行更換為不銹鋼傾度盤，而 2 處目前達 685 跟 812 角秒，有待後續觀察後續變化情形、剩餘則在安全值範圍內。

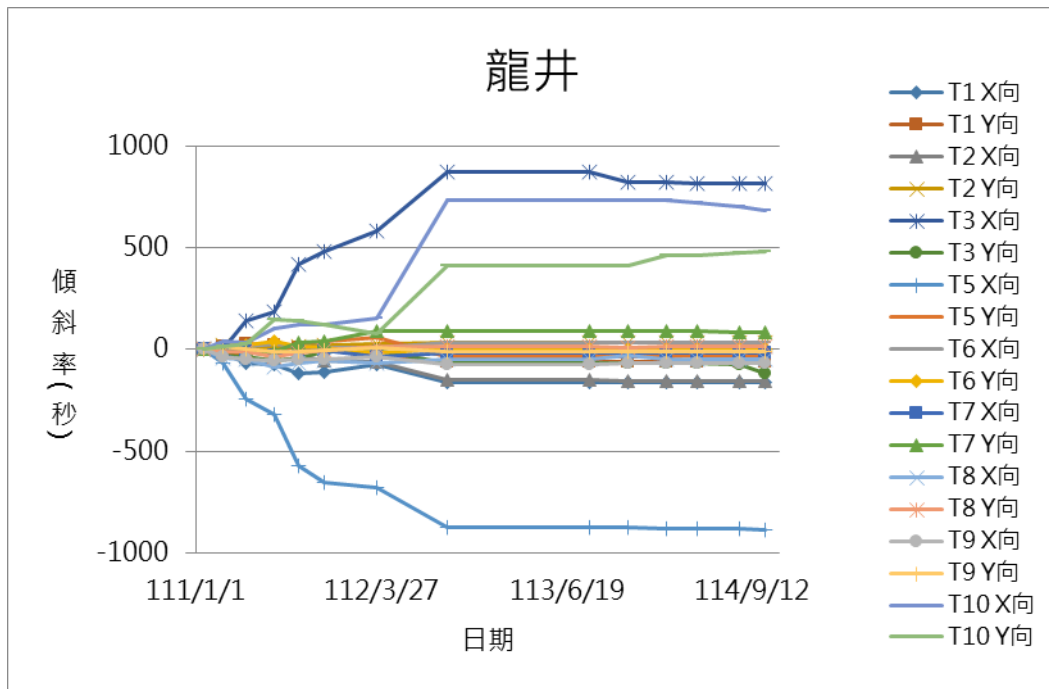


圖 4.2.7-3 傾度盤監測數據

4.2.8 大肚區

大肚區進行傾度盤 6 處，其監測位置、逐日雨量紀錄及歷次監測數據詳數據如圖 4.2.8-1~4.2.8-3 所示。

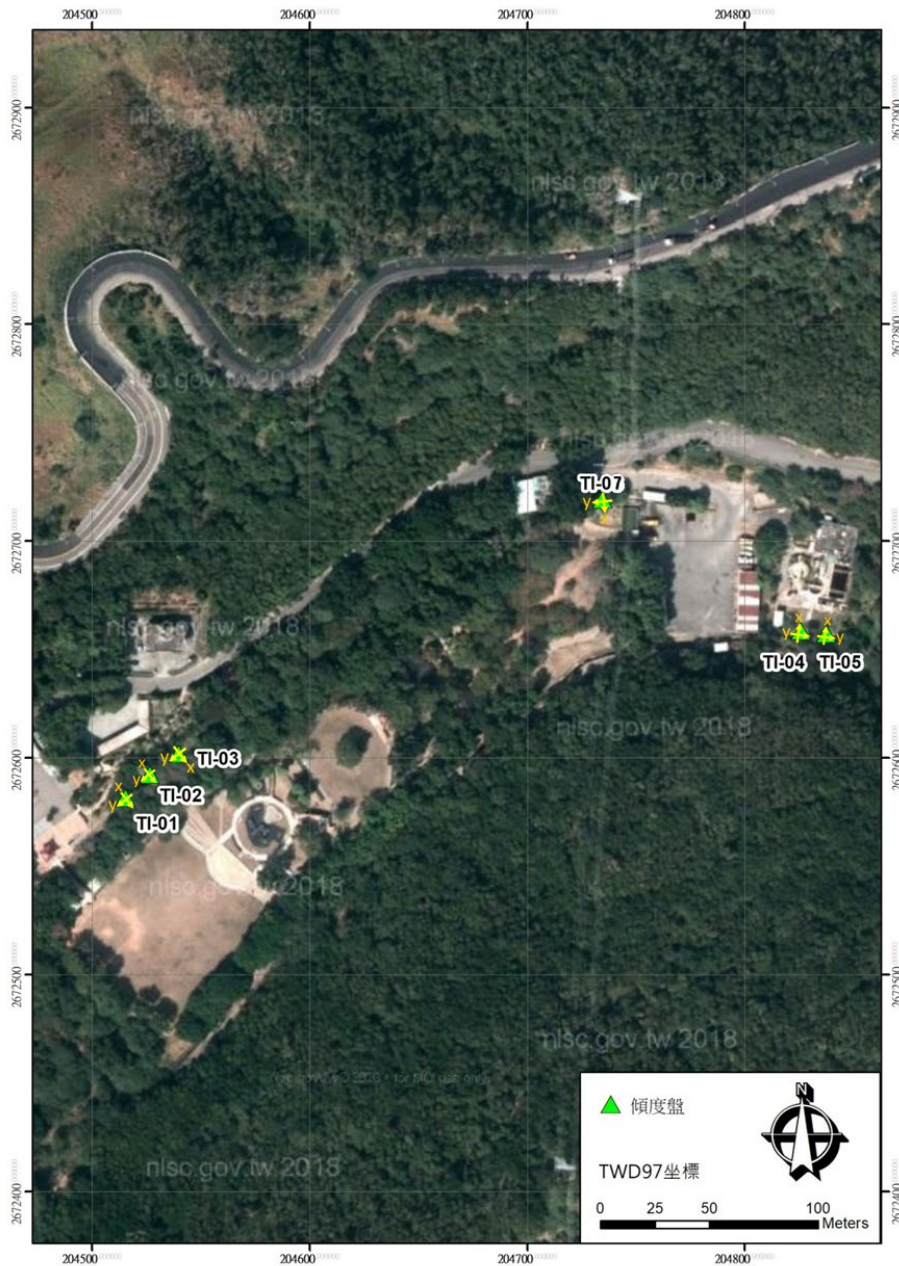


圖 4.2.8-1 大肚區監測點位分布

一、雨量

依據中央氣象署所屬之大肚測站資料，尤以西南季風 7/31 之日雨量 171.5mm 尤為最高，達大雨標準。

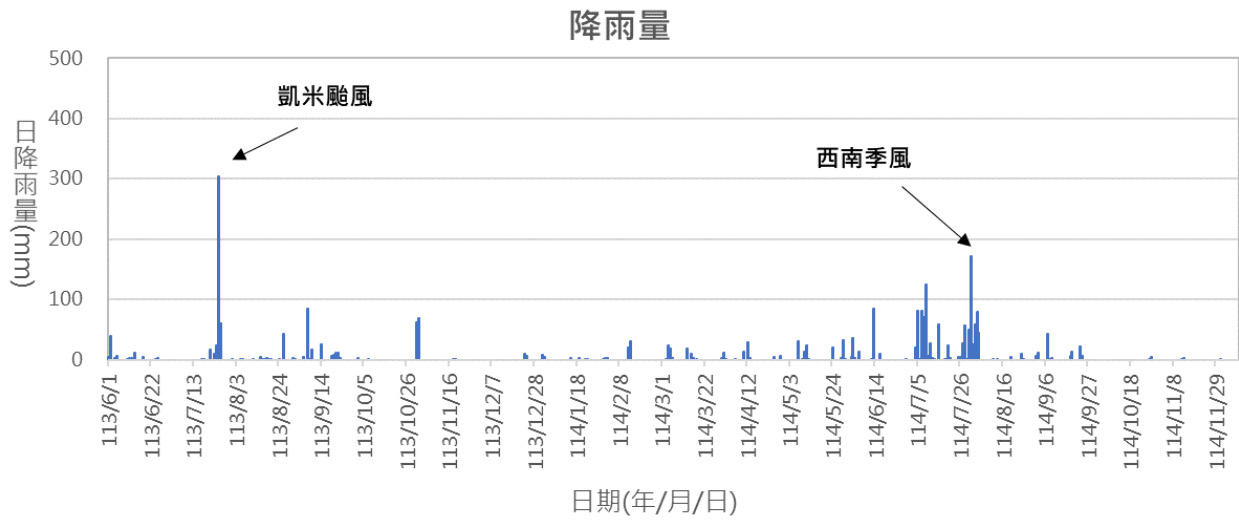


圖 4.2.8-2 測站日雨量圖

二、傾度盤

目前均在安全值範圍內。

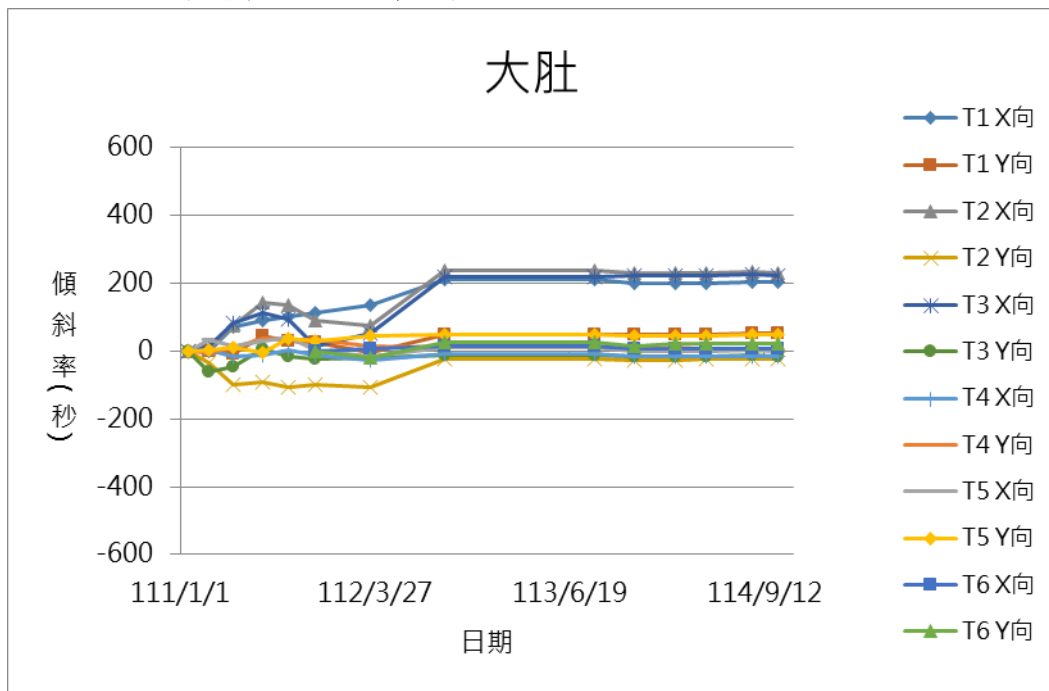


圖 4.2.8-3 傾度盤監測數據

4.2.9 太平區

太平區進行傾度盤 9 處，其監測位置、逐日雨量紀錄及歷次監測數據詳數據如圖 4.2.8-1~4.2.8-3 所示。



圖 4.2.9-1 太平區監測點位分布

一、雨量

依據中央氣象署所屬之中竹林測站資料，尤以西南季風 7/31 之日雨量 385.5mm 尤為最高，達大豪雨標準。

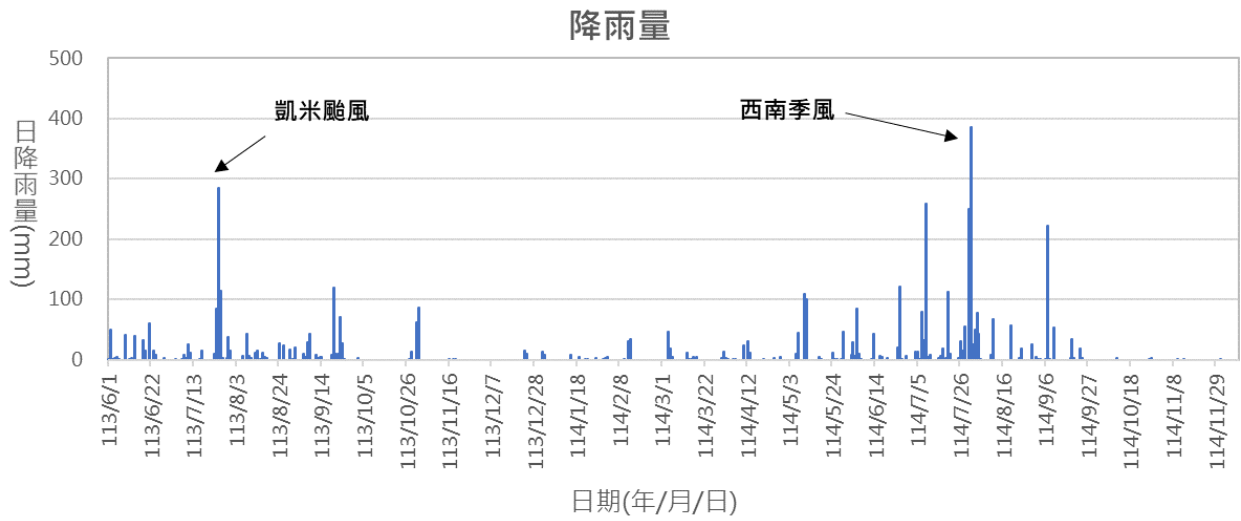


圖 4.2.9-2 測站日雨量圖

二、傾度盤

目前均在安全值範圍內。

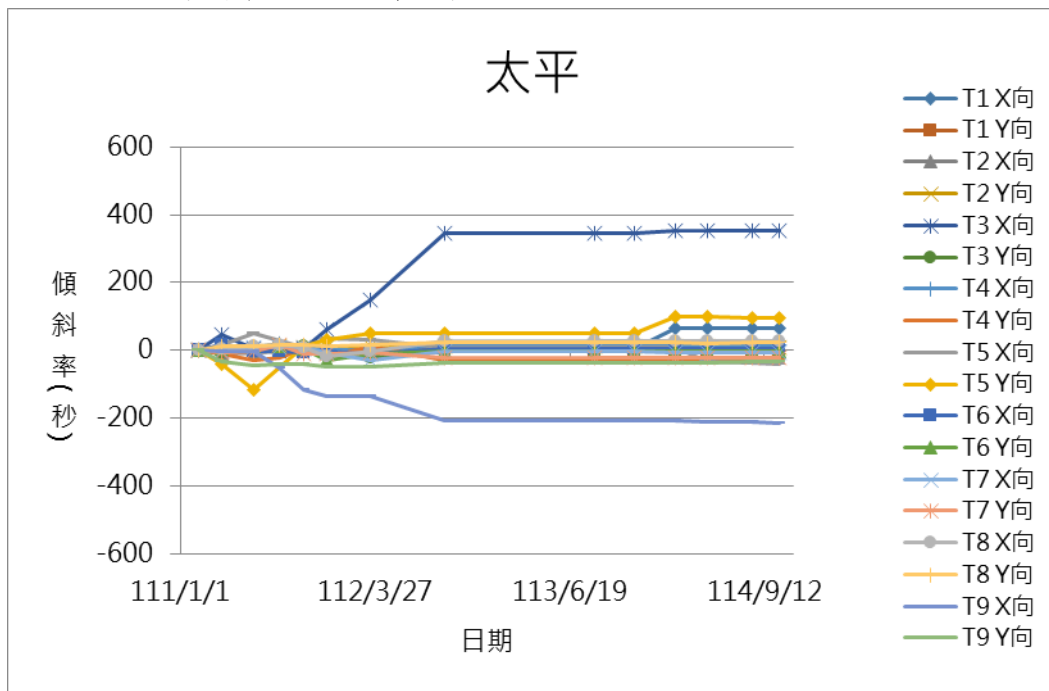
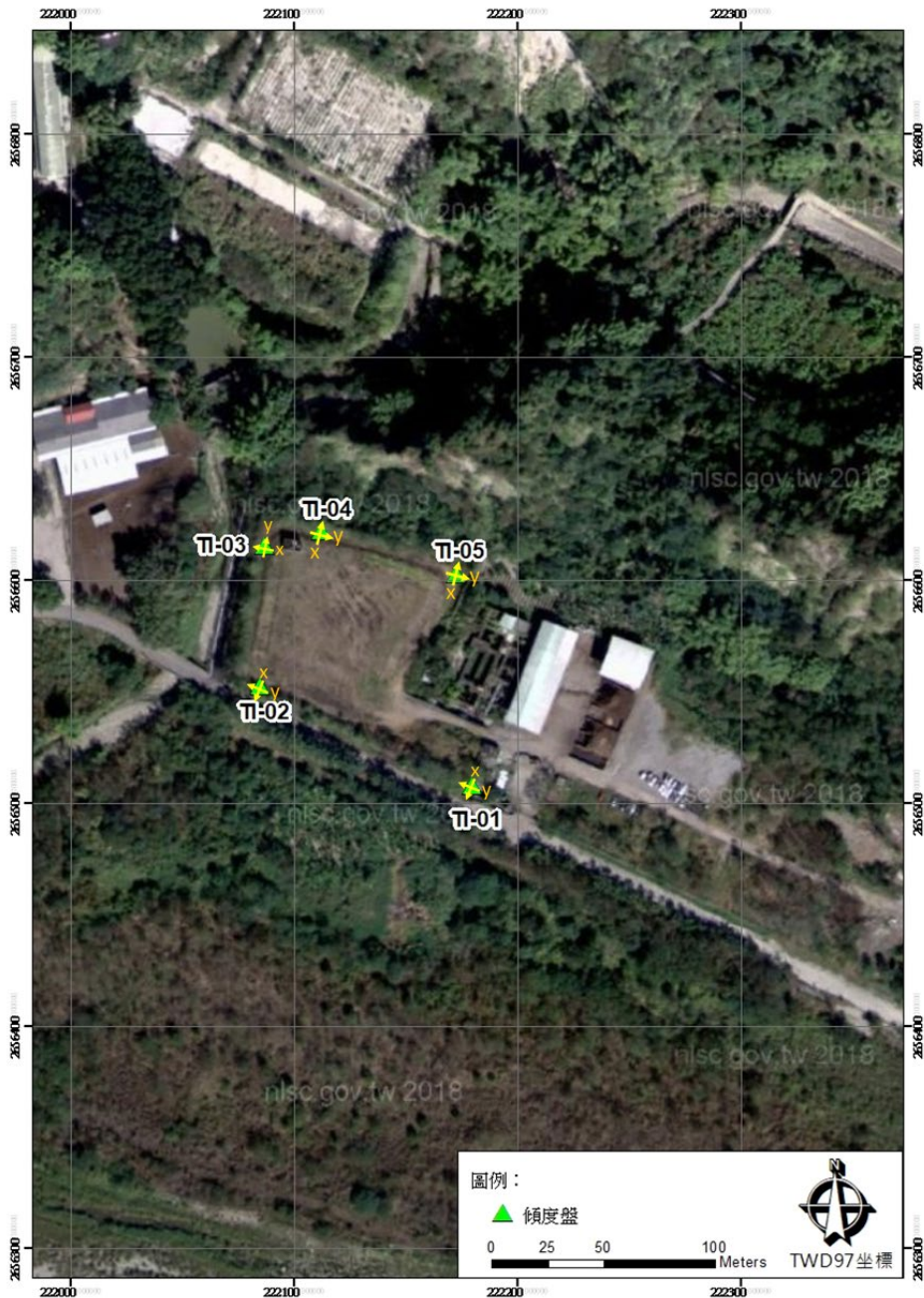


圖 4.2.9-3 傾度盤監測數據

4.2.10 霧峰區

霧峰區進行傾度盤 5 處，其監測位置、逐日雨量紀錄及歷次監測數據詳數據如圖 4.2.10-1~4.2.10-3 所示。



一、雨量

依據中央氣象署所屬之霧峰測站資料，尤以西南季風 7/31 之日雨量 294.5mm 尤為最高，達豪雨標準。

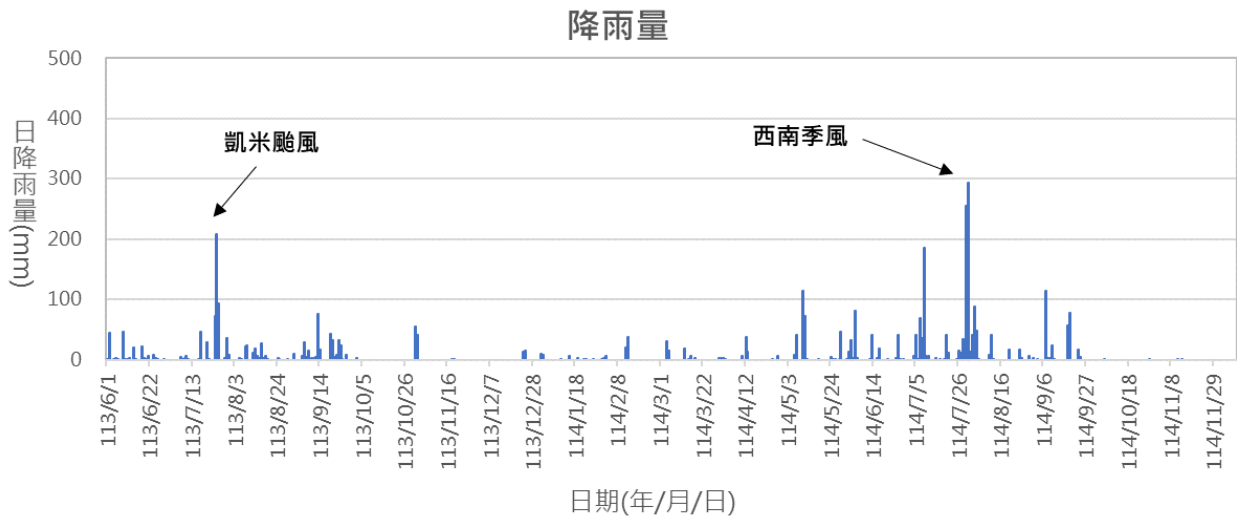


圖 4.2.10-2 測站日雨量圖

二、傾度盤

多數皆為安全值，其中 T1 及 T3 於 112 年達 500~700 角秒，而本年度監測則處於平穩狀態，有待後續觀察。

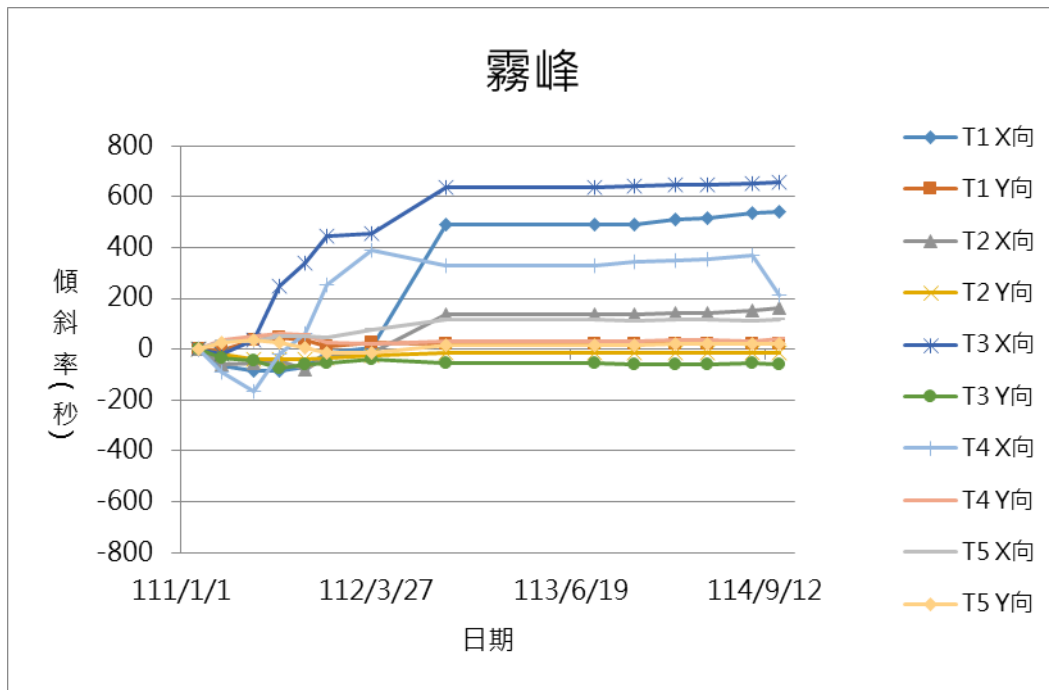


圖 4.2.10-3 傾度盤監測數據

4.2.11 大里區

大里區進行傾度盤 21 處，傾斜管及水位井 7 孔、沉陷點 25 點及 10 個電子式傾斜計，其監測位置、逐日雨量紀錄及歷次監測數據詳數據如圖 4.2.11-1~4.2.11-15 及表 4.2.11-1~4.2.11-2 所示。

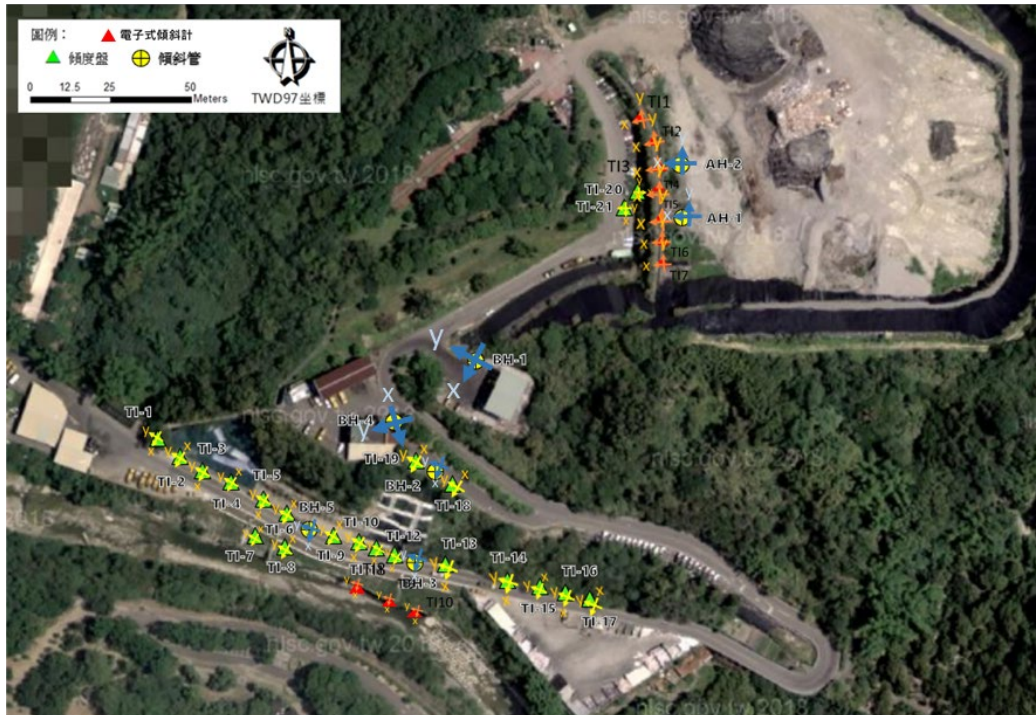


圖 4.2.11-1 大里區監測點位分布(1/2)



圖 4.2.11-2 大里區監測點位分布(2/2)

一、雨量

依據中央氣象署所屬之桐林測站資料，尤以丹娜絲颱風 7/31 之日雨量 368mm 尤為最高，達大雨標準。

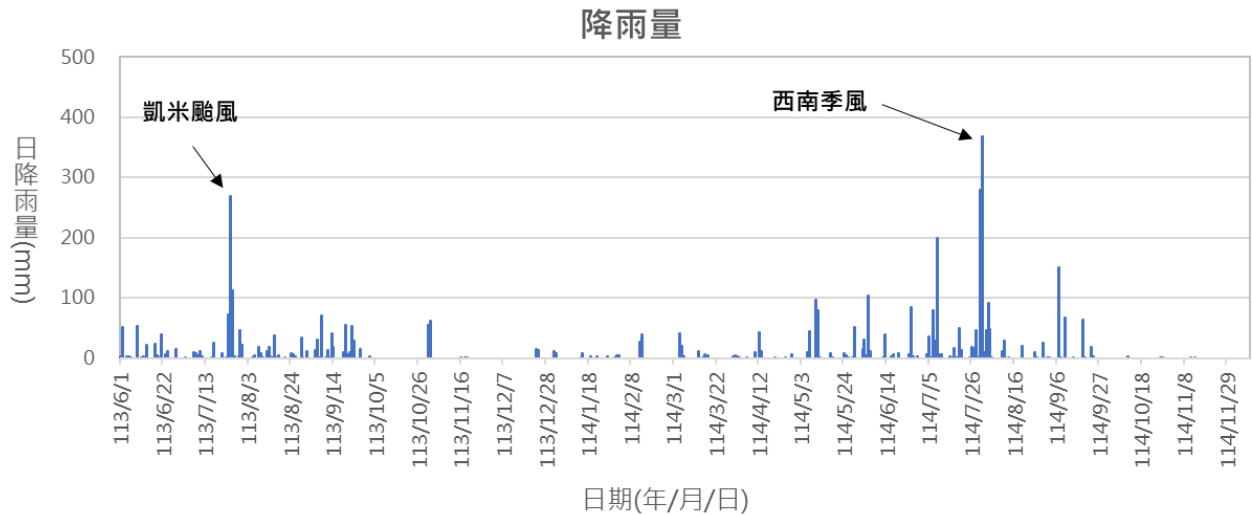


圖 4.2.11-3 測站日雨量圖

二、地下水位

整體水位趨於穩定，於冬季緩慢下降，但大致水位仍偏高水位狀態。

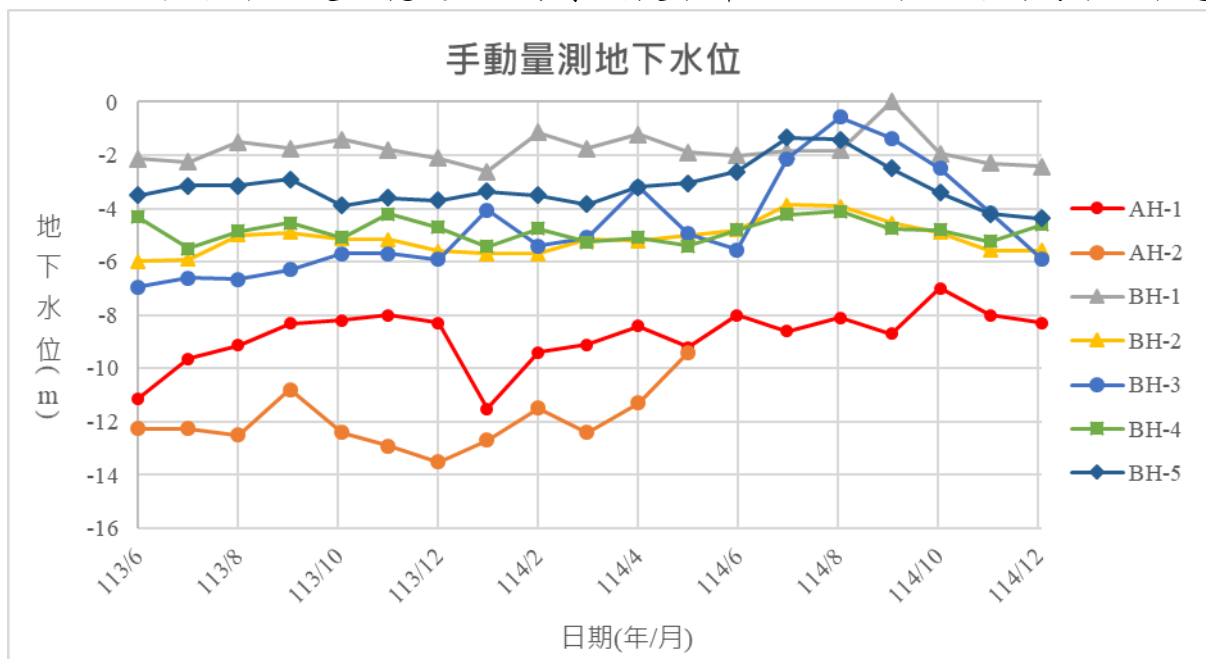


圖 4.2.11-4 地下水位監測數據

三、傾斜管

AH-1 由於安裝於掩埋場內，土質尚未壓密完成，因此每月滑移明顯，

皆達注意值標準。其餘 BH-1~BH-5 則位於已壓密土質中，因此多數為安全值範圍內，但偶達注意值標準。另外 AH-2 由於現場作業緣故導致孔位受損，後續已不再繼續測量，而 BH-1 原先鑽孔應有 47.5m，但本年度第一次量測時因位於垃圾處理區旁，造成異物堵塞，最終僅能量測 12m。

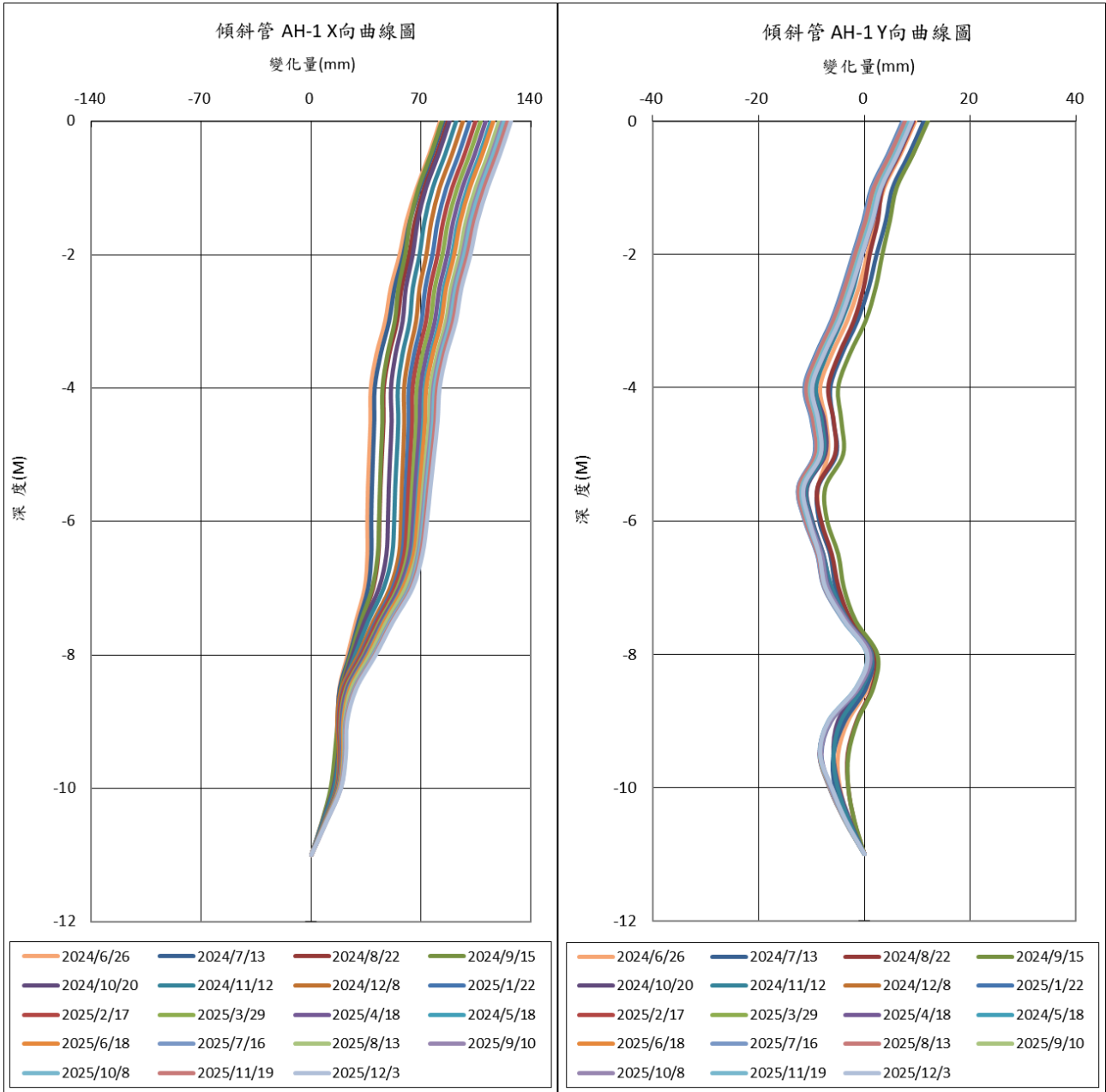


圖 4.2.11-5 傾斜管 AH-1

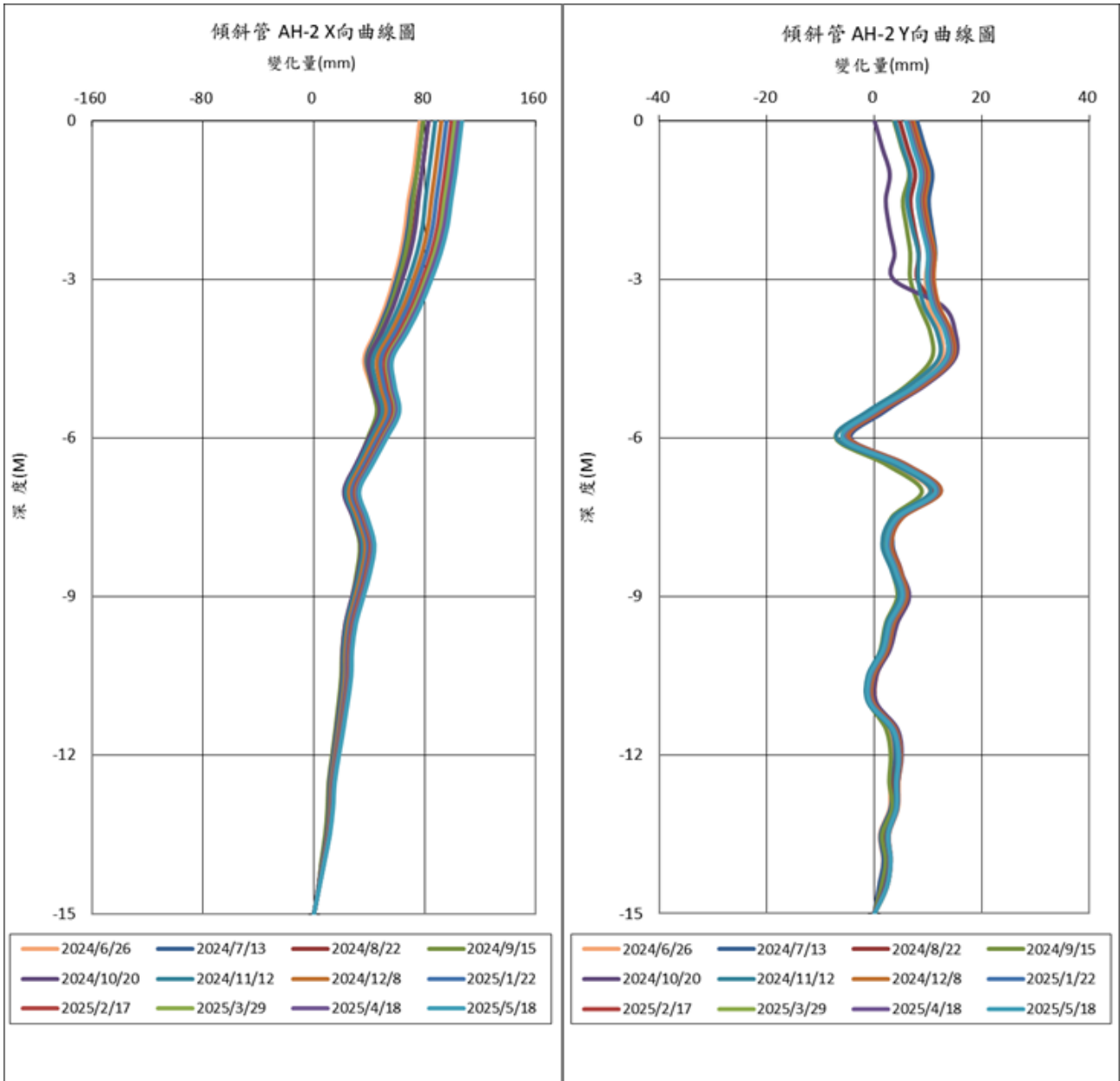


圖 4.2.11-6 傾斜管 AH-2

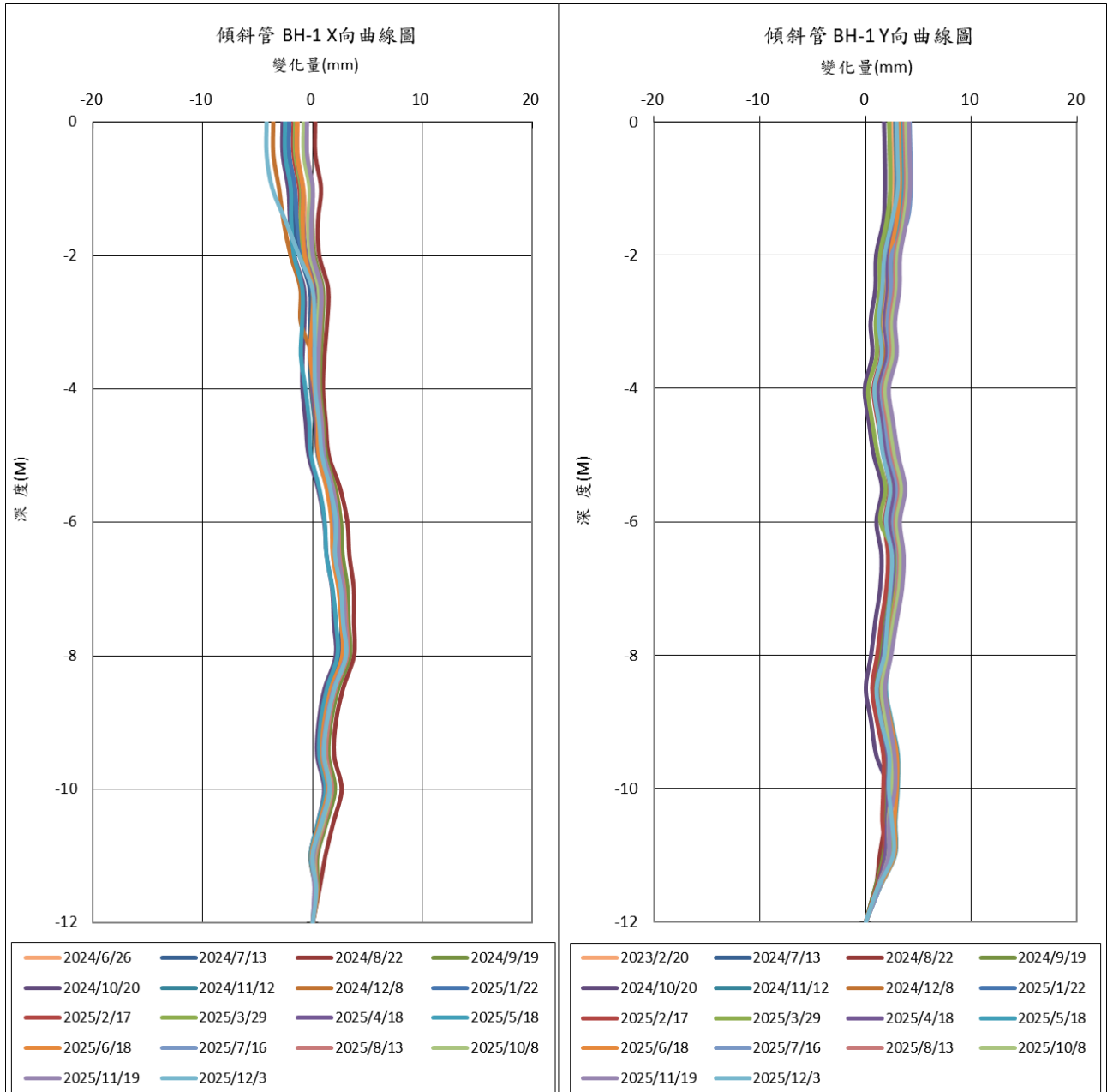


圖 4.2.11-7 傾斜管 BH-1

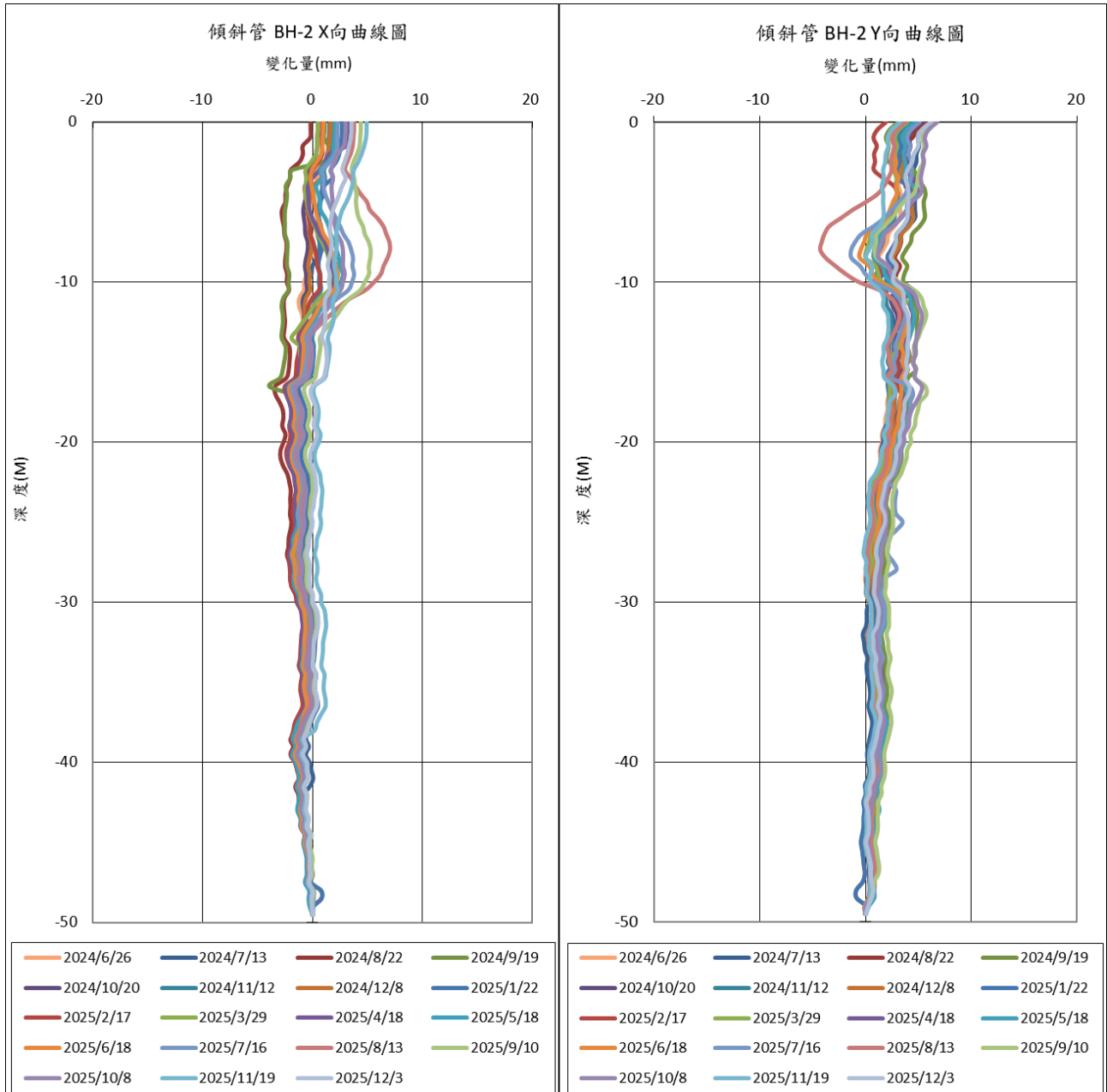


圖 4.2.11-8 傾斜管 BH-2

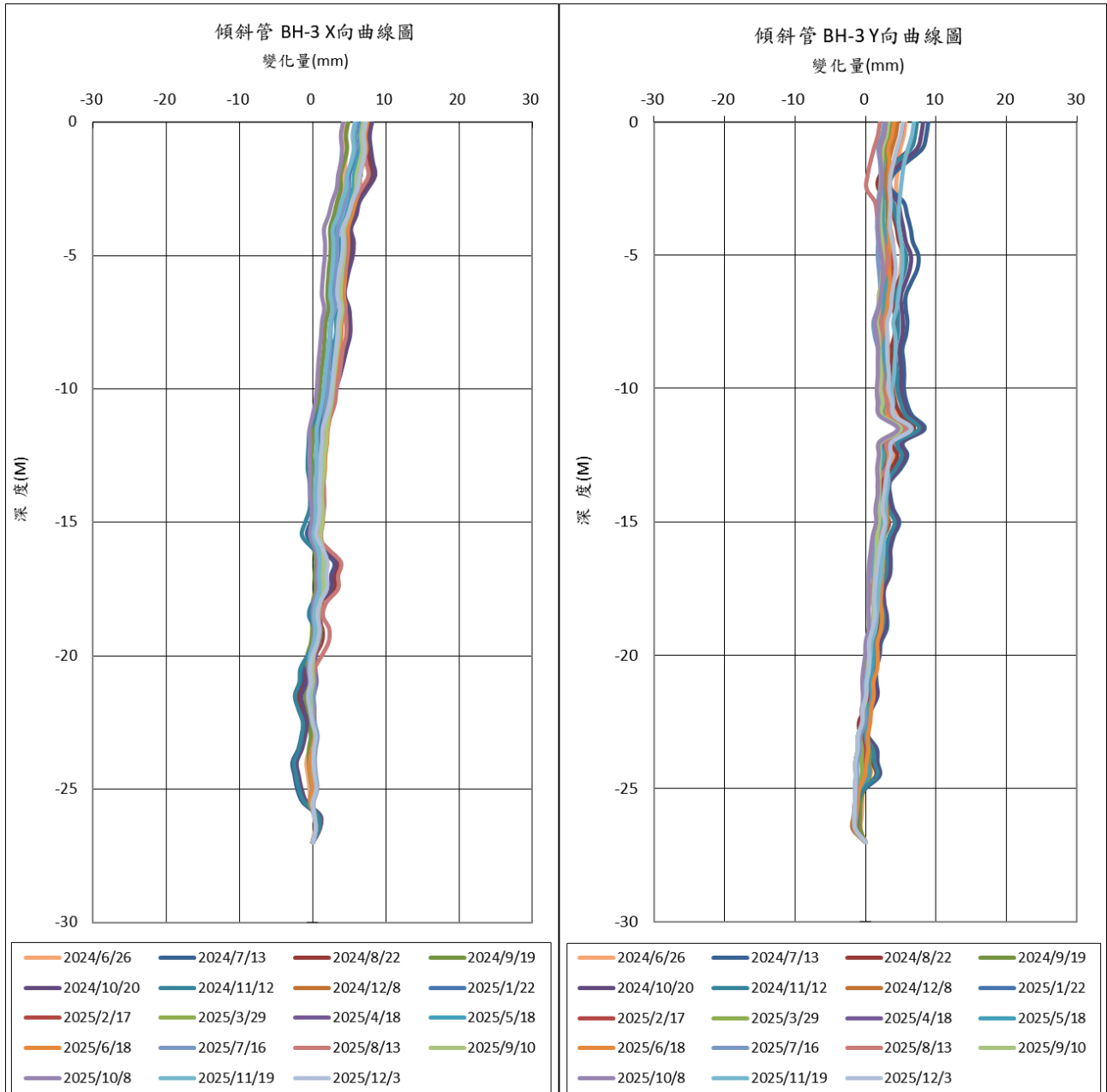


圖 4.2.11-9 傾斜管 BH-3

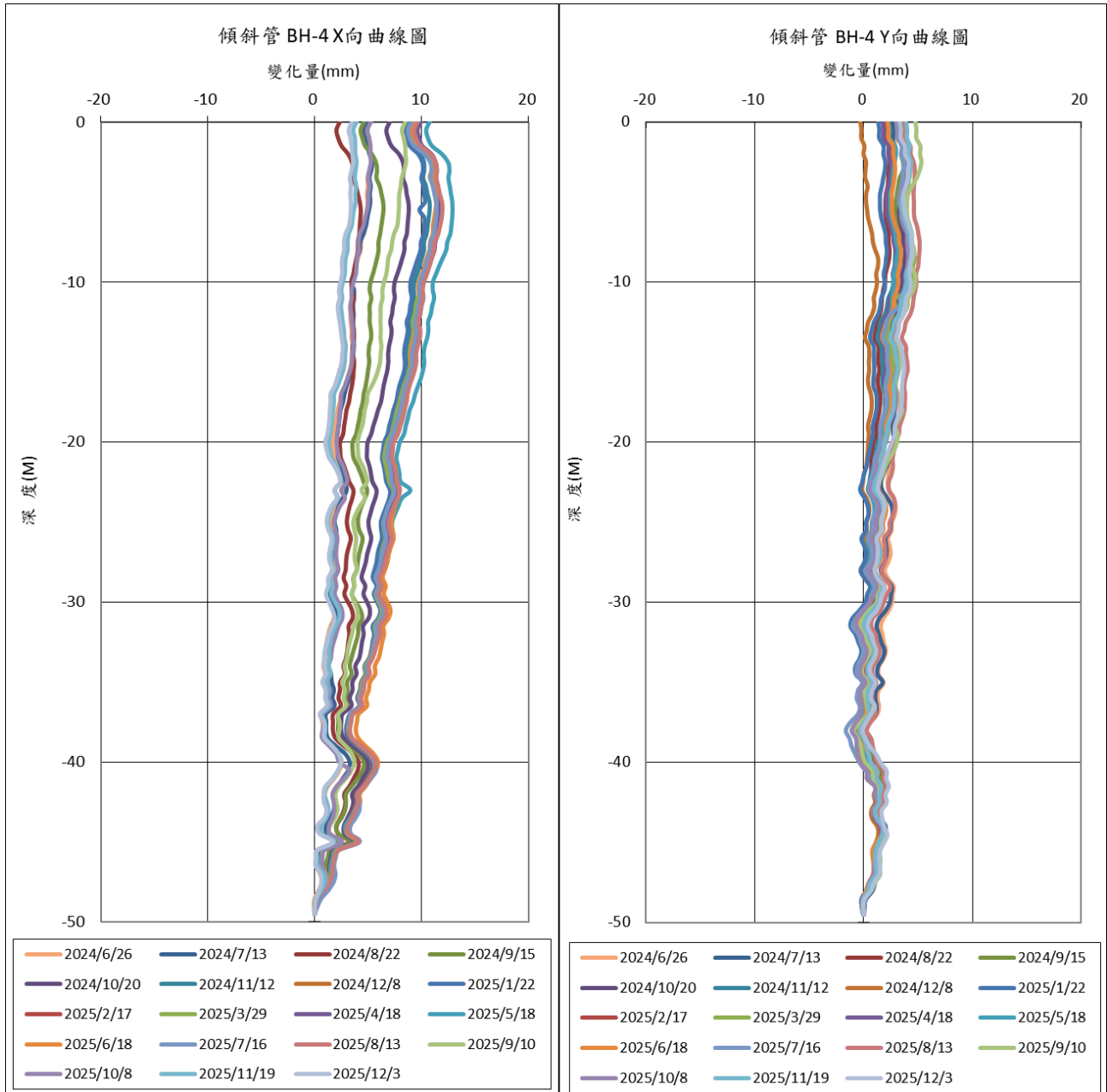


圖 4.2.11-10 傾斜管 BH-4

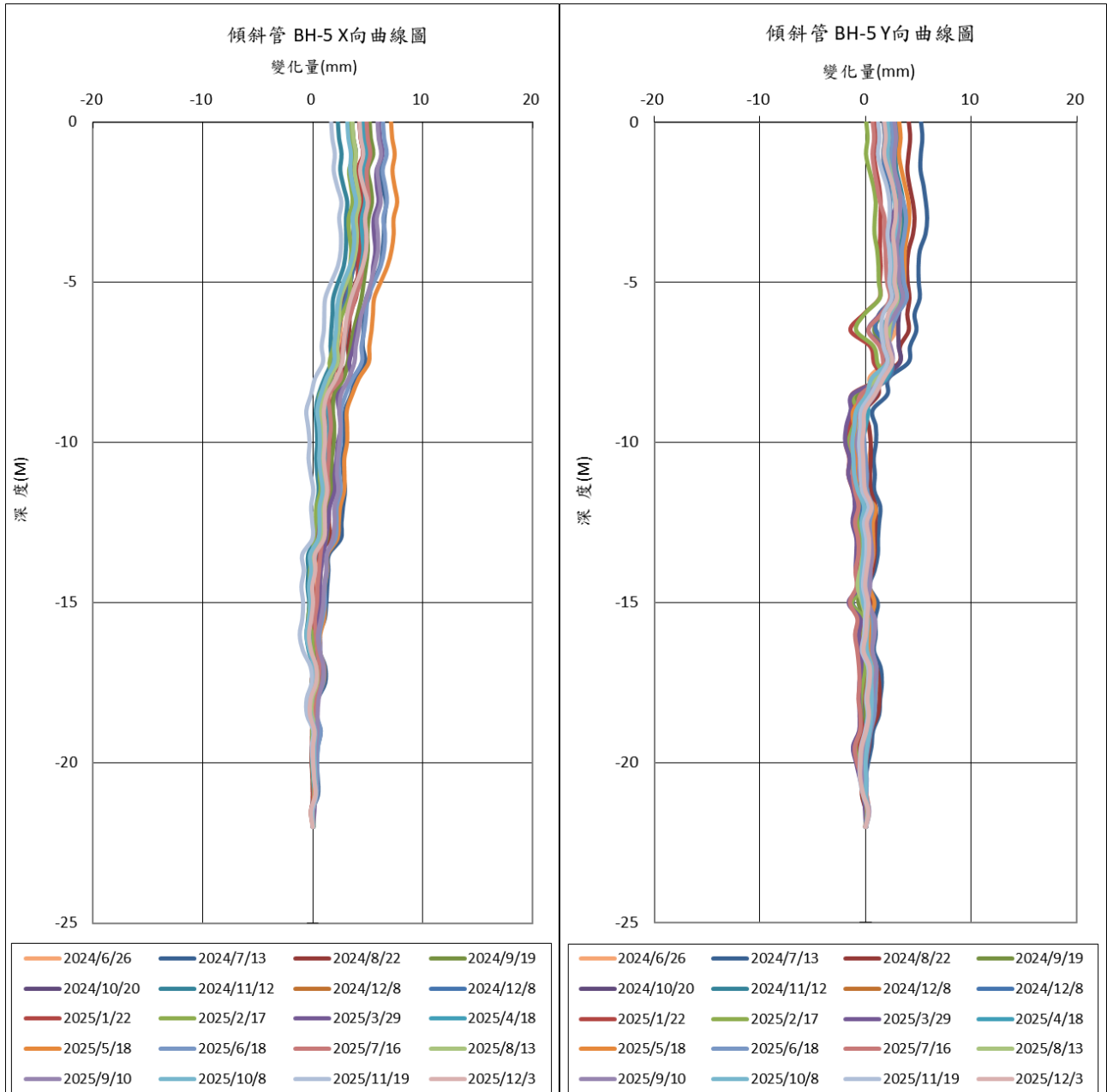


圖 4.2.11-11 傾斜管 BH-5

表 4.2.11-1 每月傾斜管 X 軸位移量結果

編號	1/22			2/17		
	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)
AH-1	4.11	4.11	-0.5	3.44	3.44	-0.5
AH-2	3.50	3.50	-0.5	3.45	3.45	-0.5
BH-1	1.49	1.49	-0.5	0.40	0.40	-0.5
BH-2	1.04	1.04	-0.5	-1.76	2.02	-3.5

BH-3	-0.81	1.26	-8	1.29	1.49	-7.5
BH-4	-0.94	1.55	-5.5	1.06	7.27	-5.5
BH-5	0.64	0.81	-5.5	-0.84	0.95	-3
3/29				4/18		
編號	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)
AH-1	3.65	3.65	-0.5	3.24	3.24	-0.5
AH-2	2.80	2.80	-0.5	2.36	2.36	-0.5
BH-1	0.18	0.19	-10.5	0.10	0.16	-1.5
BH-2	-0.46	1.14	-9	2.70	2.70	-0.5
BH-3	-0.04	0.40	-18.5	-0.39	0.39	-0.5
BH-4	-0.31	0.31	-0.5	0.35	0.55	-11
BH-5	2.59	2.59	-0.5	-1.42	1.42	-0.5
5/18				6/18		
編號	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)
AH-1	3.19	3.19	-0.5	1.45	1.45	-0.5
AH-2	2.75	2.75	-0.5	已損壞		
BH-1	-1.06	1.10	-3	1.10	1.10	-0.5
BH-2	-1.15	1.16	-6	-1.04	1.05	-2
BH-3	-0.29	0.56	-15.5	0.79	0.95	-1.5
H-4	0.80	1.21	-23	-1.34	1.68	-6.5
BH-5	2.59	2.95	-2.5	-0.76	0.96	-2.5
7/16				8/13		
編號	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)
AH-1	1.46	1.46	-0.5	2.00	2.00	-0.5
AH-2	已損壞			已損壞		
BH-1	0.77	0.77	-0.5	0.09	0.29	-6
BH-2	1.32	1.82	-7	1.46	3.90	-6.5
BH-3	-1.41	1.66	-2	1.09	2.89	-2

9/10			10/8			
編號	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)
BH-4	-0.35	0.74	-25	0.59	0.59	-0.5
BH-5	-1.51	1.97	-7.5	-1.26	1.26	-1
AH-1	2.54	2.54	-0.5	1.10	1.10	-0.5
AH-2	已損壞			已損壞		
BH-1	遭掩蓋			-0.24	0.24	-0.5
BH-2	0.65	1.90	-7	-1.42	2.57	-8
BH-3	-0.18	2.37	-16.5	-2.80	2.80	-4
BH-4	-1.16	4.15	-7	-3.21	3.30	-2
BH-5	2.31	2.35	-5.5	-2.77	2.77	-1
11/19			12/3			
編號	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)
AH-1	2.15	2.15	-0.5	2.12	2.12	-0.5
AH-2	已損壞			已損壞		
BH-1	0.29	0.29	-0.5	-3.70	3.70	-0.5
BH-2	1.96	2.21	-2	-1.37	1.39	-1.5
BH-3	1.62	1.62	-1	1.44	1.72	-2
BH-4	-1.65	6.51	-29	-0.40	0.60	-30.5
BH-5	-1.42	1.46	-1.5	2.57	2.57	-1

表 4.2.11-2 每月傾斜管 Y 軸位移量結果

1/22			2/17			
編號	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)
AH-1	-0.24	0.24	-0.5	0.66	0.66	-0.5
AH-2	-1.40	1.40	-0.5	0.92	0.92	-0.5
BH-1	0.16	0.79	-3.5	-0.43	1.32	-2
BH-2	-0.45	0.45	-6.5	-2.66	2.66	-0.5

BH-3	-1.64	1.64	-0.5	2.37	2.37	-0.5
BH-4	1.65	1.82	-2	0.59	1.01	-0.5
BH-5	-0.82	2.34	-6.5	-0.78	0.78	-0.5
3/29			4/18			
編號	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)
AH-1	0.81	0.81	-0.5	0.34	0.34	-1.5
AH-2	-0.52	0.52	-0.5	-0.11	0.11	-0.5
BH-1	-0.92	1.10	-1.5	0.72	1.04	-4
BH-2	1.96	1.96	-0.5	1.00	1.90	-4.5
BH-3	-2.05	2.05	-0.5	-1.29	1.29	-0.5
BH-4	1.67	1.77	-1.5	-1.85	1.90	-1.5
BH-5	2.21	2.21	-0.5	0.21	1.89	-9.5
5/18			6/18			
編號	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)
AH-1	-0.11	0.11	-1.5	-0.50	0.50	-0.5
AH-2	-0.32	0.32	-3.5	已損壞		
BH-1	0.50	0.95	-9.5	-0.27	0.27	-0.5
BH-2	-0.27	0.81	-3.5	-1.05	1.81	-4.5
BH-3	0.71	1.47	-11	1.39	1.39	-0.5
BH-4	0.49	0.76	-29	-0.04	1.11	-24
BH-5	0.66	1.41	-9	-0.69	1.02	-11
7/16)			8/13			
編號	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)
AH-1	-1.10	1.10	-0.5	0.24	0.29	-3
AH-2	已損壞			已損壞		
BH-1	1.02	1.02	-0.5	-0.50	0.50	-0.5
BH-2	1.48	2.14	-25	-1.30	4.16	-6.5
BH-3	-1.39	1.69	-3	-0.69	1.95	-2.5

BH-4	0.83	1.32	-38.5	0.65	1.99	-38.5
BH-5	-1.78	2.19	-2.5	1.39	1.96	-6.5
前期量測(9/10)			本期量測(10/8)			
編號	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)
AH-1	0.82	0.82	-0.5	0.37	0.37	-0.5
AH-2	已損壞			已損壞		
BH-1	遭掩蓋			0.19	0.19	-0.5
BH-2	2.80	5.12	-6.5	0.22	1.07	-32.5
BH-3	1.25	2.00	-2	-0.35	0.94	-16.5
BH-4	1.05	1.22	-38.5	-1.56	1.56	-0.5
BH-5	0.65	1.19	-14.5	-0.69	0.84	-8
11/19			本期量測(12/3)			
編號	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)	地表月 位移量(mm)	最大月變位 量(mm)	對應深度 (m)
AH-1	-0.26	0.57	-8	0.44	0.44	-0.5
AH-2	已損壞			已損壞		
BH-1	0.24	0.34	-3.5	-1.16	1.65	-2.5
BH-2	-3.52	3.80	-4	2.86	2.86	-0.5
BH-3	3.95	3.95	-1	-1.56	1.66	-2
BH-4	-1.45	8.48	-4.5	-0.64	0.85	-40
BH-5	-0.86	0.86	-1	0.57	0.57	-1

四、傾度盤

多數皆在安全值範圍內，其中 T21 於 112 年超過 500 角秒，達注意值範圍內，而本年度監測期間則處於平穩狀態，有待後續觀察；T4 則目前有上升趨勢，但尚在安全值範圍內。

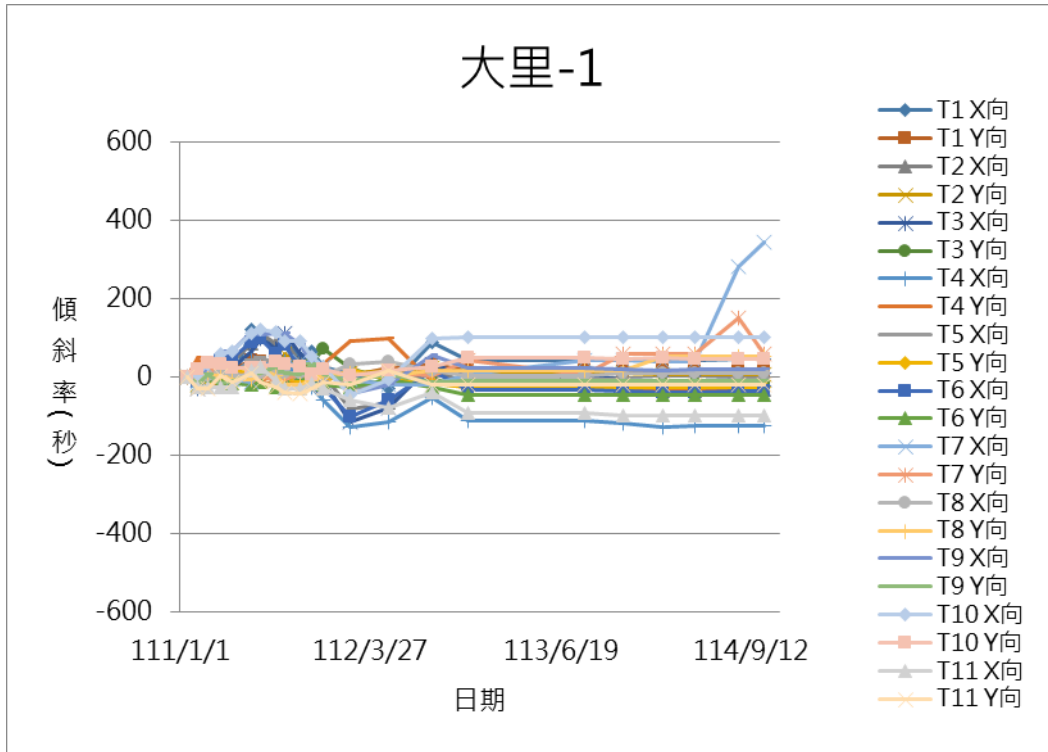


圖 4.2.11-12 傾度盤監測數據(1/2)

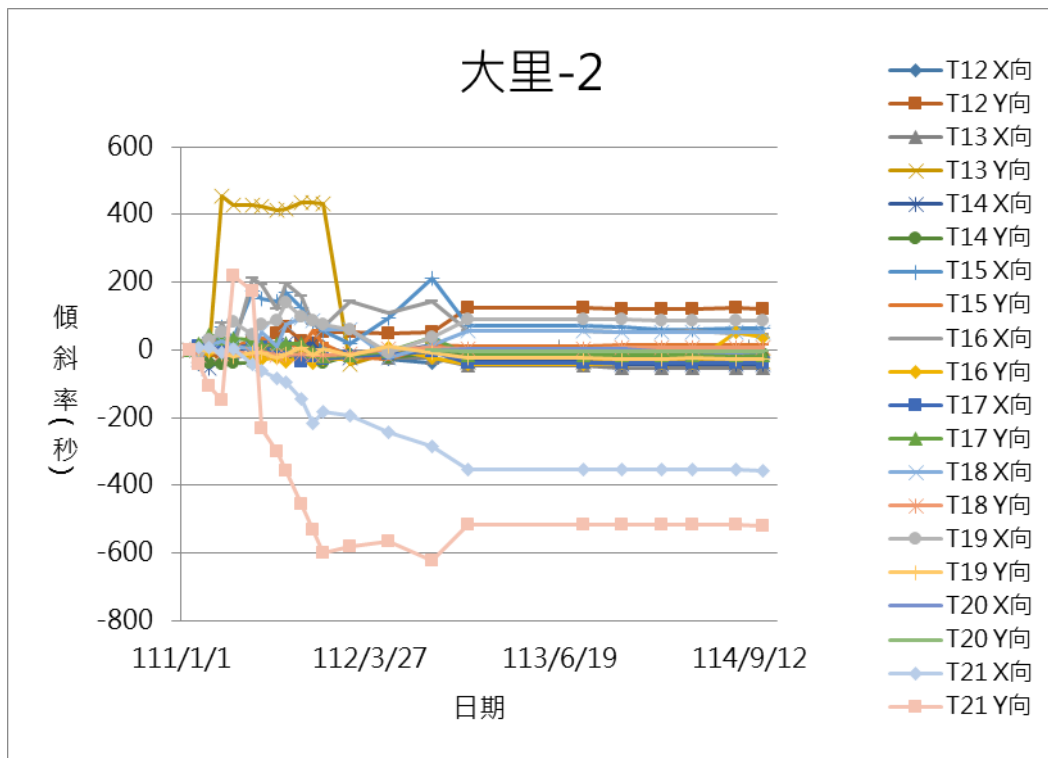
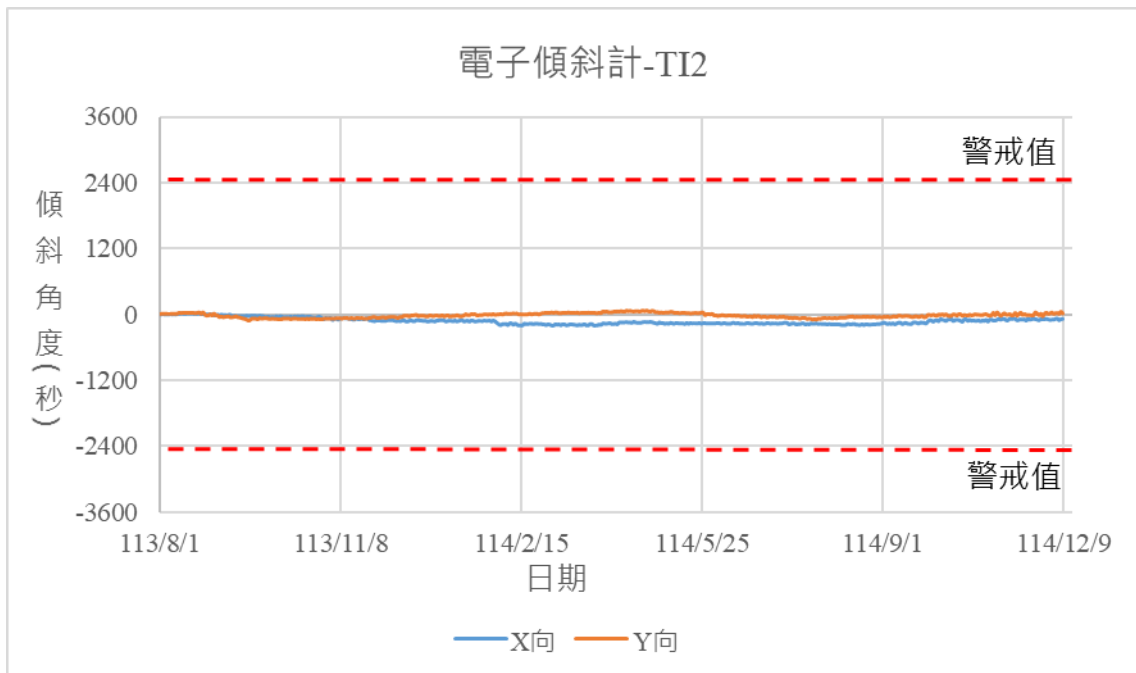
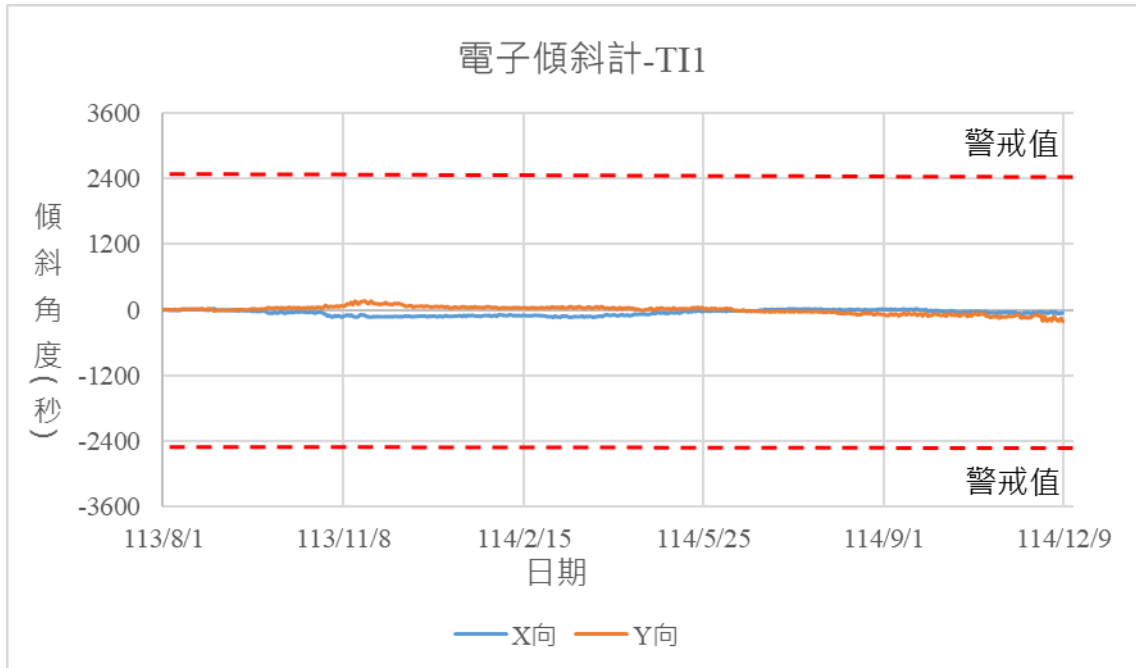
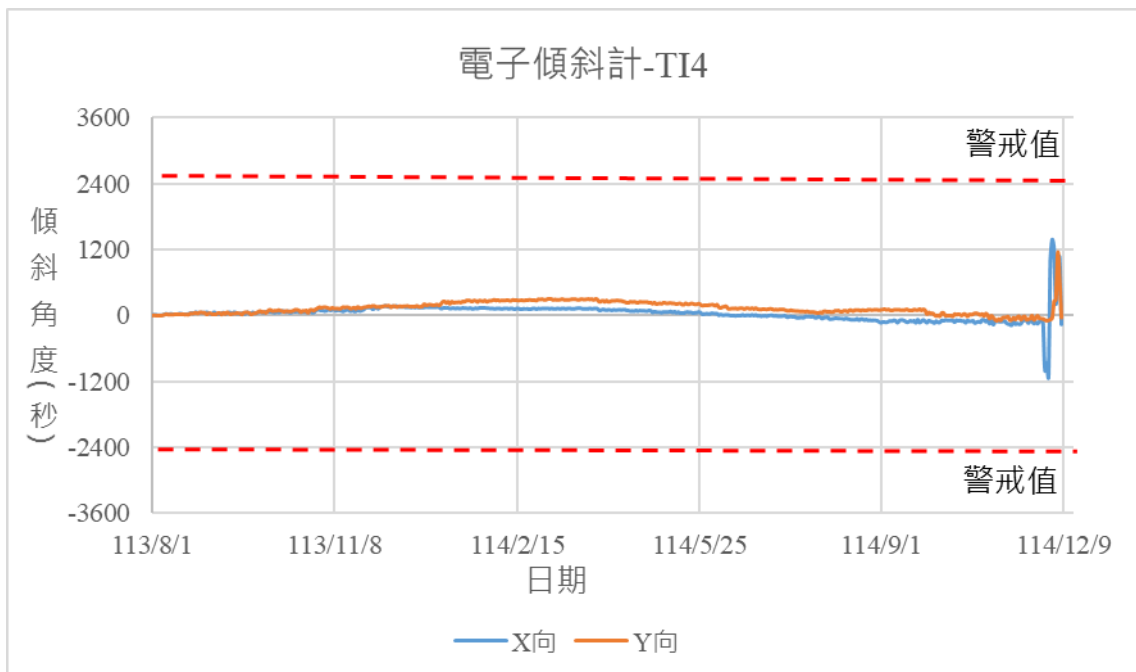
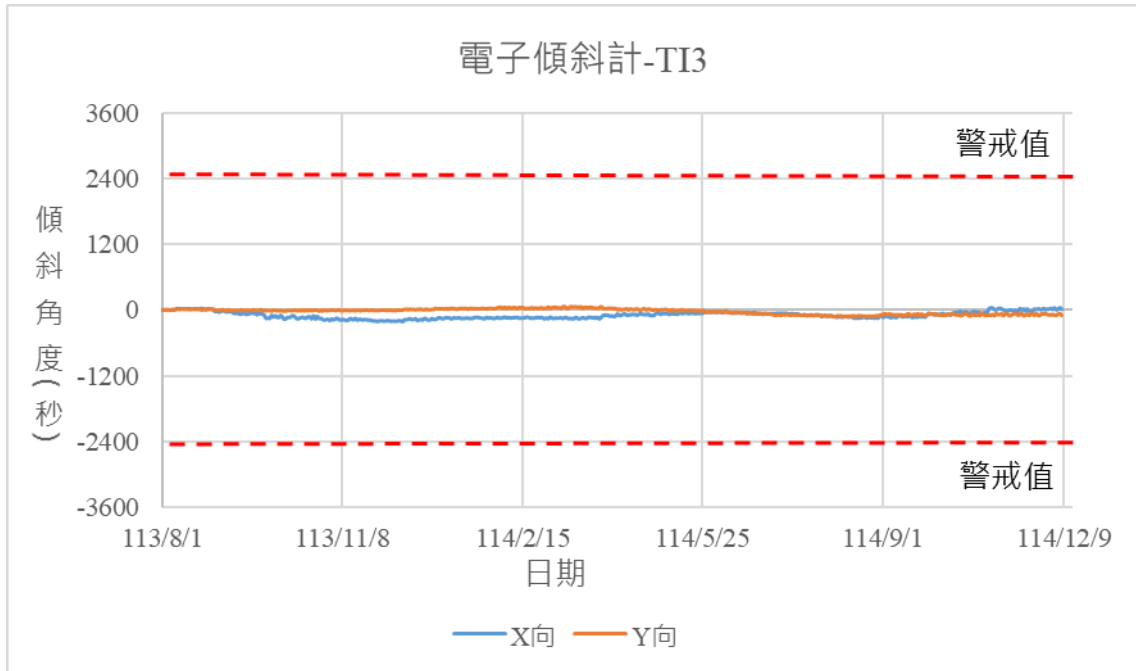
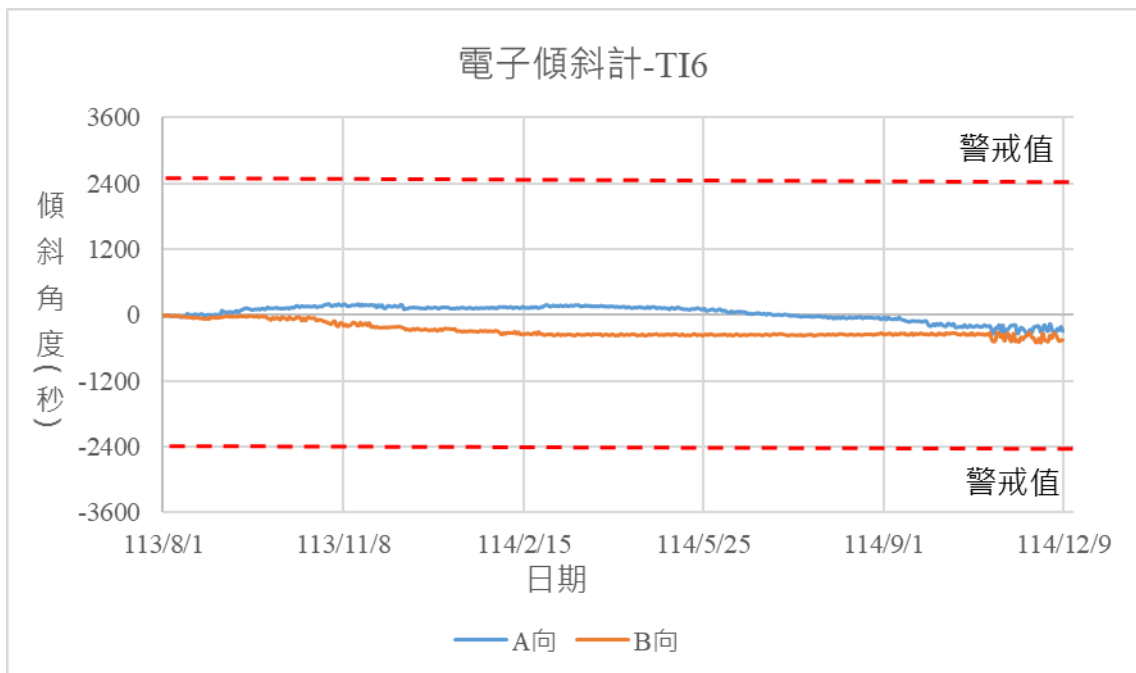
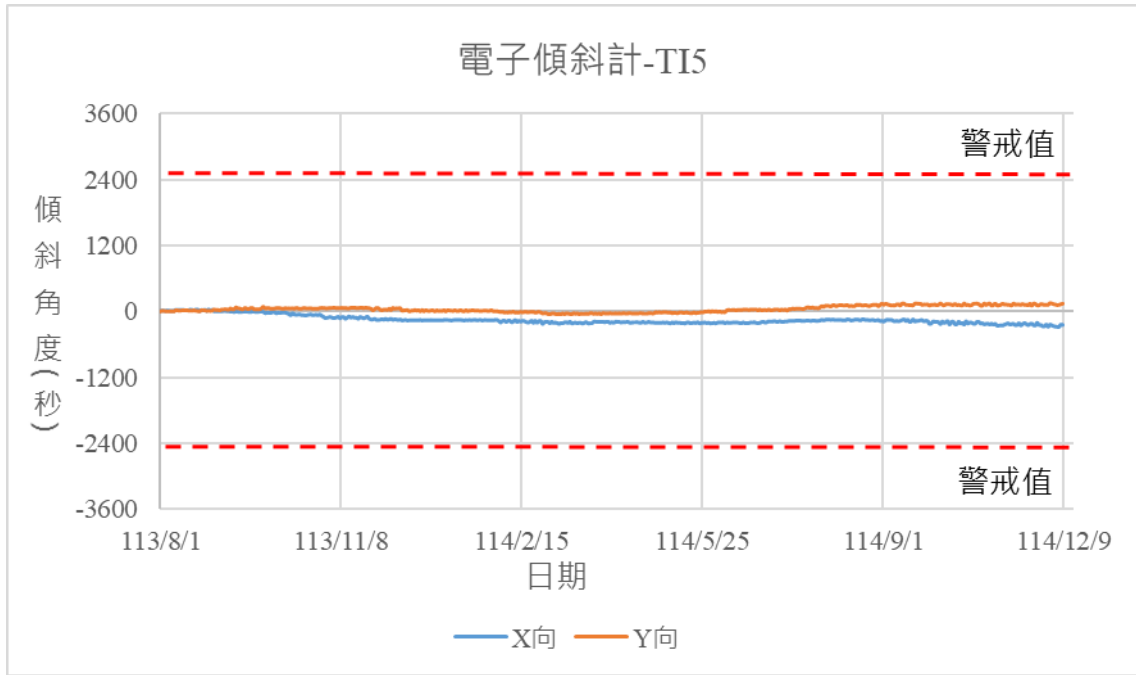


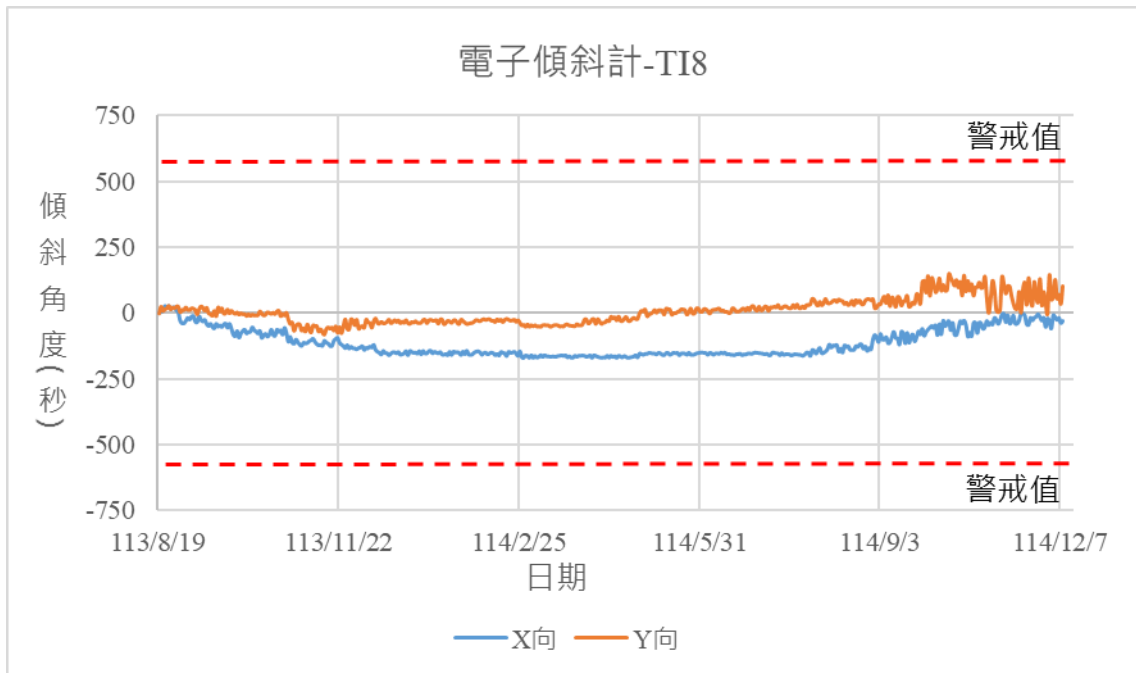
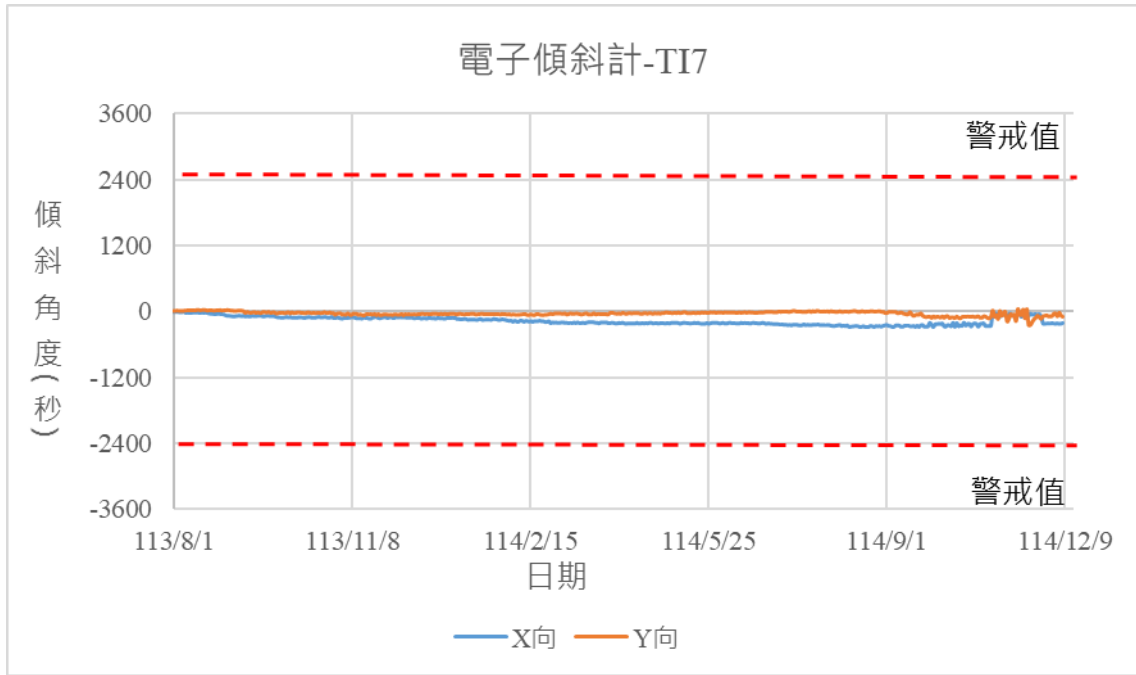
圖 4.2.11-13 傾度盤監測數據(2/2)

五、電子式傾斜計









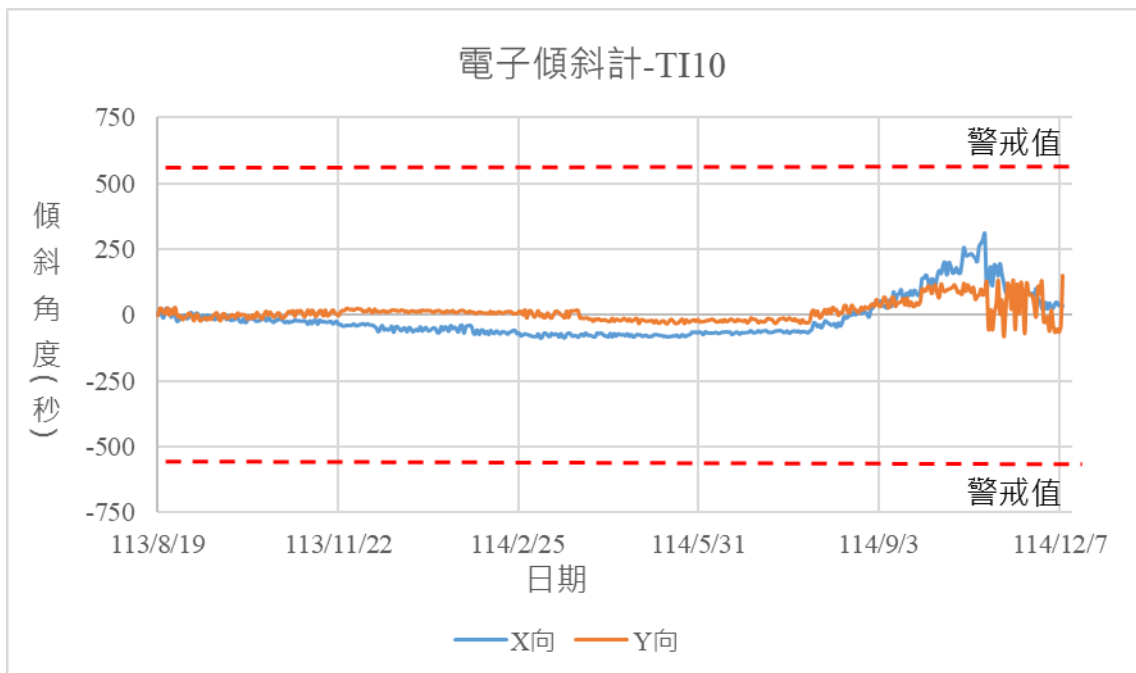
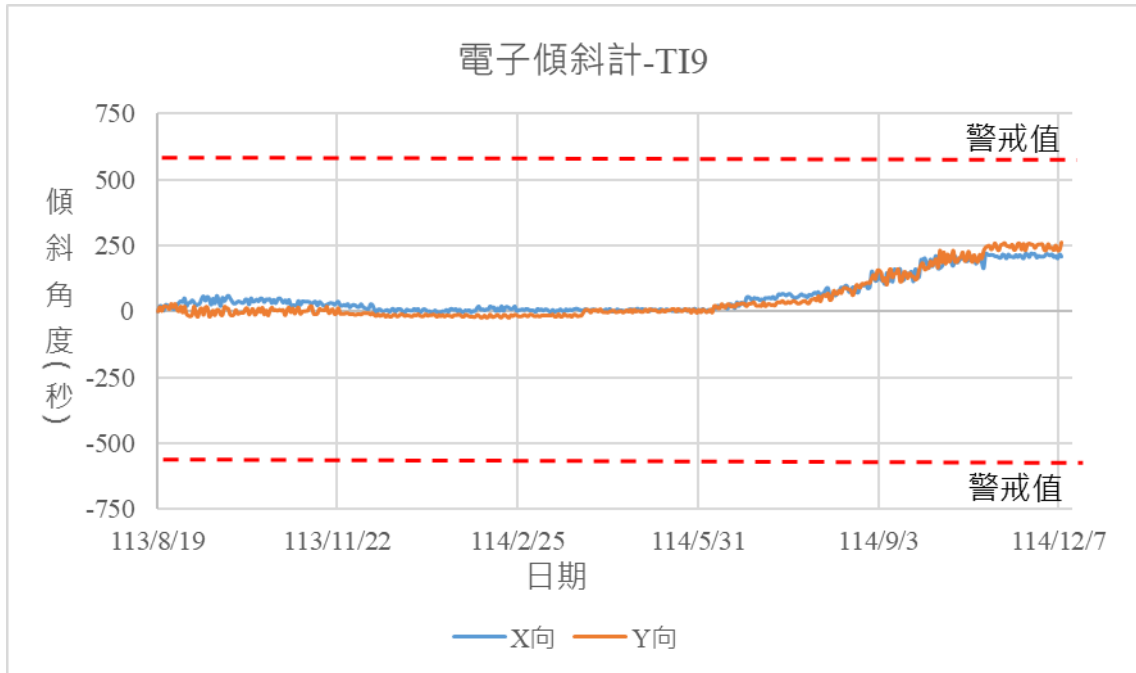


圖 4.2.11-14 電子式傾斜計監測數據

六、沉陷點

表 4.2.11-3 沉陷點變化

大里沉陷觀測紀錄(單位:m)									
紀錄	N	E	Z	N	E	Z	N	E	Z
	1 月累積變化值			2 月累積變化值			3 月累積變化值		
SM01	-	-	-	0.004	0.002	0.006			
SM02	-	-	-	0.003	0.001	-0.003			
SM03	-	-	-	-0.003	0.001	-0.001			
SM04	-	-	-	-0.004	-0.001	0			
SM05	-	-	-	-0.006	-0.002	-0.003			
SM06	-	-	-	-0.01	-0.002	0.003			
SM07	-	-	-	-0.012	-0.004	0			
SM08	-	-	-	-0.018	-0.004	-0.002			
SM09	-	-	-	-0.018	-0.003	-0.006			
SM10	-	-	-	-0.022	-0.008	-0.005			
SM11	0.009	-0.014	-0.01	0.010	-0.015	-0.01	0.015	-0.005	-0.006
SM12	0.005	-0.006	-0.002	0.007	-0.005	0	0.043	0.028	-0.033
SM13	0.013	-0.005	0.009	0.012	-0.003	0.01	0.014	-0.005	0.015
SM14	-0.009	0.001	0.006	-0.01	0.003	0.006	0.01	-0.002	0.005
SM15	0.004	-0.005	0.006	0.006	-0.006	0.005	-0.022	-0.024	0.018
SM16	0.006	-0.009	-0.011	0.006	-0.011	-0.009	0.016	-0.01	-0.013
SM17	-0.018	0.008	-0.048	-0.019	0.01	-0.047	-0.004	0.011	-0.051
SM18	0.003	0.021	-0.058	0.002	0.021	-0.058	0.016	0.025	-0.065
SM19	0.009	-0.016	-0.049	0.01	-0.016	-0.047	0.024	-0.001	-0.027
SM20	0.02	-0.011	-0.018	0.019	-0.011	-0.017	0.015	-0.029	0.004
SM21	-0.006	0.006	-0.014	-0.004	0.005	-0.015	0.007	0.009	-0.011
SM22	0.006	-0.006	-0.006	0.006	-0.007	-0.005	0.016	-0.011	-0.007
SM23	0.01	-0.001	0.005	0.011	-0.002	0.005	0.019	0.001	-0.01
SM24	0.006	0.005	0.012	0.005	0.006	0.011	0.011	0.003	0
SM25	0.008	0.001	0.002	0.007	0.002	0	0.01	0.006	0.005
紀錄	N	E	Z	N	E	Z	N	E	Z
	4 月累積變化值			5 月累積變化值			6 月累積變化值		
SM01	-	-	-	0.007	0.001	0.007	-	-	-
SM02	-	-	-	0.003	0.002	-0.002	-	-	-
SM03	-	-	-	-0.005	0.001	-0.001	-	-	-
SM04	-	-	-	-0.006	-0.001	0.001	-	-	-
SM05	-	-	-	-0.006	-0.002	-0.005	-	-	-
SM06	-	-	-	-0.009	-0.001	0.001	-	-	-
SM07	-	-	-	-0.011	-0.001	0.001	-	-	-
SM08	-	-	-	-0.02	-0.004	-0.003	-	-	-

SM09	-	-	-	-0.017	-0.005	-0.006	-	-	-
SM10	-	-	-	-0.021	-0.008	-0.007	-	-	-
SM11	0.015	-0.003	-0.001	0.009	-0.014	-0.007	0.007	-0.014	-0.007
SM12	0.046	0.027	-0.036	0.005	-0.004	0.001	0.005	-0.004	0.001
SM13	0.012	-0.003	0.01	0.014	-0.005	0.011	0.012	-0.003	0.01
SM14	0.007	-0.001	0.007	-0.011	0.006	0.006	0.005	0.009	0.006
SM15	-0.033	-0.021	0.017	0.007	-0.006	0.003	0.008	0.016	0.018
SM16	0.018	-0.008	-0.008	0.009	-0.01	-0.009	0.017	0.004	-0.013
SM17	-0.005	0.01	-0.054	-0.02	0.009	-0.049	0.013	0.021	-0.041
SM18	0.017	0.022	-0.063	0.002	0.021	-0.059	0.005	0.025	-0.05
SM19	0.043	-0.002	-0.025	0.009	-0.018	-0.027	0.012	0.016	-0.043
SM20	0.014	-0.026	0.007	0.02	-0.008	-0.017	0.017	0.013	-0.009
SM21	0.007	0.006	-0.015	-0.005	0.005	-0.016	0.025	0.028	-0.008
SM22	0.02	-0.009	-0.002	0.006	-0.008	-0.007	0.013	0.028	-0.008
SM23	0.025	0.004	-0.014	0.014	-0.002	0.005	0.012	0.011	0
SM24	0.013	0.002	-0.003	0.004	0.004	0.01	0.09	0.012	0.002
SM25	0.007	0.002	0	0.008	0.002	-0.001	0.007	0.002	0
紀錄	N	E	Z	N	E	Z	N	E	Z
	7 月累積變化值			8 月累積變化值			9 月累積變化值		
SM01	-	-	-	0.008	0.002	0.005			
SM02	-	-	-	0.001	0.002	0.001			
SM03	-	-	-	-0.006	0.002	-0.002			
SM04	-	-	-	-0.005	-0.004	-0.001			
SM05	-	-	-	-0.006	-0.004	-0.005			
SM06	-	-	-	-0.008	0.002	0			
SM07	-	-	-	-0.014	-0.001	0.004			
SM08	-	-	-	-0.021	-0.003	-0.005			
SM09	-	-	-	-0.015	-0.005	-0.006			
SM10	-	-	-	-0.018	-0.009	-0.004			
SM11	0.008	-0.013	-0.005	0.009	-0.012	-0.005			
SM12	0.005	-0.006	-0.001	0.008	-0.005	0			
SM13	0.014	-0.001	0.011	0.013	-0.003	0.011			
SM14	0.003	0.008	0.005	0.001	0.008	0.008			
SM15	0.007	0.017	0.02	0.007	0.018	0.02			
SM16	0.018	0.003	-0.014	0.019	0.003	-0.014			
SM17	0.013	0.021	-0.039	0.012	0.02	-0.036			
SM18	0.007	0.023	-0.048	0.005	0.026	-0.046			
SM19	0.013	0.014	-0.041	0.013	0.015	-0.041			
SM20	0.016	0.013	-0.01	0.019	0.014	-0.013			
SM21	0.023	0.027	-0.008	0.023	0.026	-0.01			
SM22	0.015	0.027	-0.009	0.016	0.025	-0.009			
SM23	0.01	0.012	0.002	0.009	0.011	-0.001			
SM24	0.09	0.011	0.001	0.088	0.014	0.001			
SM25	0.008	0.004	-0.002	0.011	0.005	-0.004			
	N	E	Z	N	E	Z	N	E	Z

紀錄	10 月累積變化值			11 月累積變化值			12 月累積變化值		
SM01	-	-	-	0.01	0.002	0.006			
SM02	-	-	-	0	0.003	0.001			
SM03	-	-	-	-0.003	0.002	0			
SM04	-	-	-	-0.007	-0.006	-0.002			
SM05	-	-	-	-0.008	-0.001	-0.005			
SM06	-	-	-	-0.009	0	0.003			
SM07	-	-	-	-0.013	-0.001	0.004			
SM08	-	-	-	-0.021	0	-0.005			
SM09	-	-	-	-0.013	-0.006	-0.008			
SM10	-	-	-	-0.02	-0.009	-0.002			
SM11	0.011	-0.014	-0.009	0.014	-0.015	-0.011	0.015	-0.018	-0.01
SM12	0.004	-0.003	-0.003	0.004	-0.002	-0.003	0.001	0	-0.001
SM13	0.016	-0.004	0.015	0.014	-0.005	0.013	0.013	-0.003	0.016
SM14	0.004	0.01	0.011	0.004	0.008	0.014	0.001	0.011	0.016
SM15	0.009	0.017	0.017	0.01	0.017	0.017	0.009	0.018	0.017
SM16	0.021	0.003	-0.016	0.021	0.002	-0.018	0.023	0.002	-0.016
SM17	0.009	0.02	-0.035	0.011	0.02	-0.032	0.012	0.017	-0.035
SM18	0.011	0.03	-0.046	0.01	0.031	-0.046	0.009	0.031	-0.047
SM19	0.015	0.015	-0.04	0.015	0.013	-0.042	0.016	0.014	-0.044
SM20	0.024	0.01	-0.01	0.027	0.012	-0.01	0.027	0.013	-0.01
SM21	0.025	0.026	-0.011	0.024	0.026	-0.01	0.024	0.026	-0.007
SM22	0.018	0.028	-0.014	0.02	0.03	-0.016	0.017	0.031	-0.014
SM23	0.01	0.015	0	0.009	0.015	0	0.008	0.018	-0.002
SM24	0.088	0.018	0.004	0.088	0.019	0.004	0.088	0.021	0.007
SM25	0.013	0.007	-0.004	0.014	0.009	-0.001	0.011	0.008	0.001
備註	控制點								
		BW674		N:2663878.839 ; E:221828.651 ; Z:86.015					
		BW675		N:2663828.188 ; E: 221969.556 ; Z:90.593					
		BW676		N:2664005.841 ; E:222028.029 ; Z:129.076					
		BW677		N:2664111.787 ; E:222025.874 ; Z:138.938					

4.2.12 南屯區

南屯區進行傾度盤 19 處，其監測位置、逐日雨量紀錄及歷次監測數據詳數據如圖 4.2.12-1~4.2.12-3 所示。

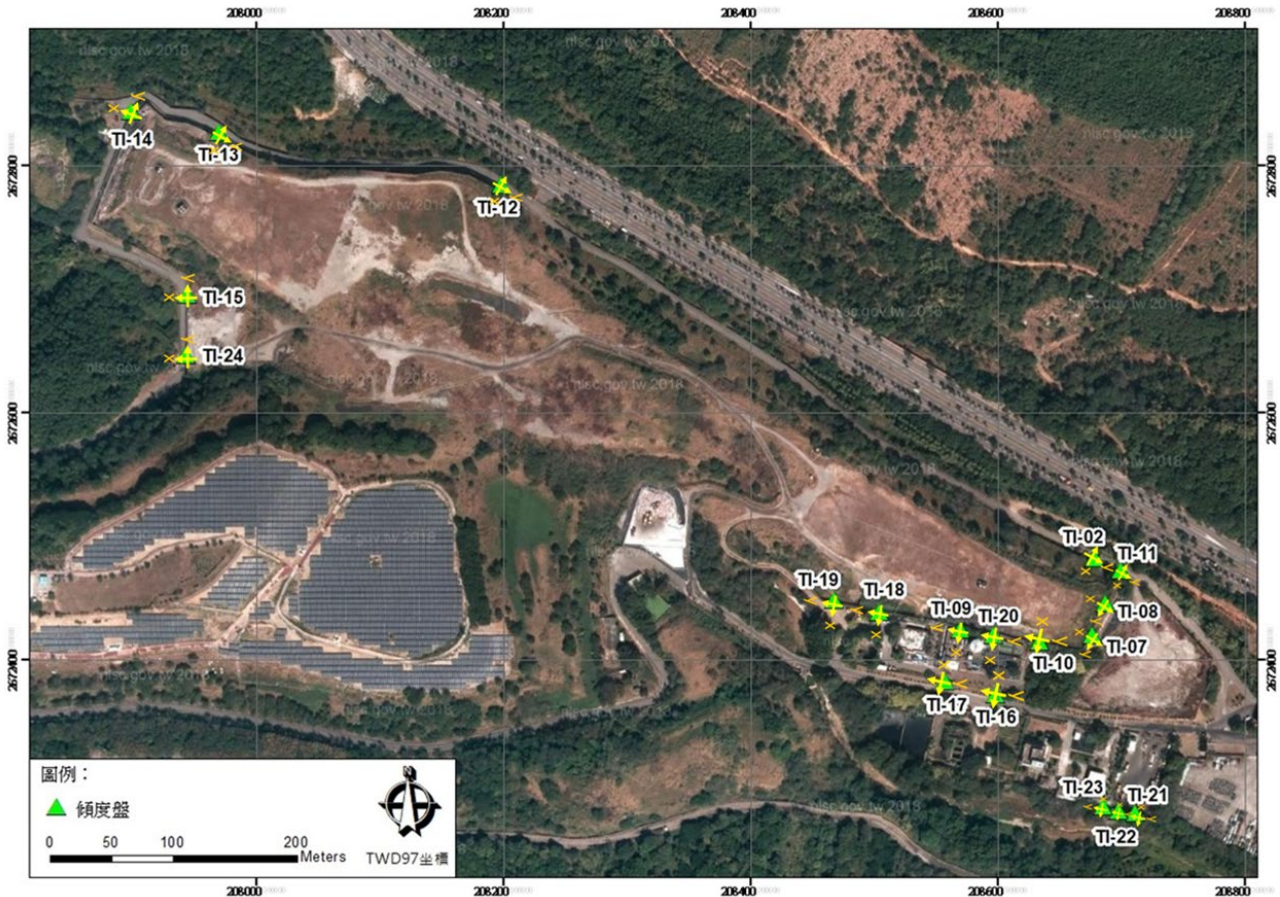


圖 4.2.12-1 南屯區監測點位分布

一、雨量

依據中央氣象署所屬之大肚測站資料，尤以西南季風 7/31 的日降雨量 171.5mm 帶來豐沛的雨量，達大雨標準。

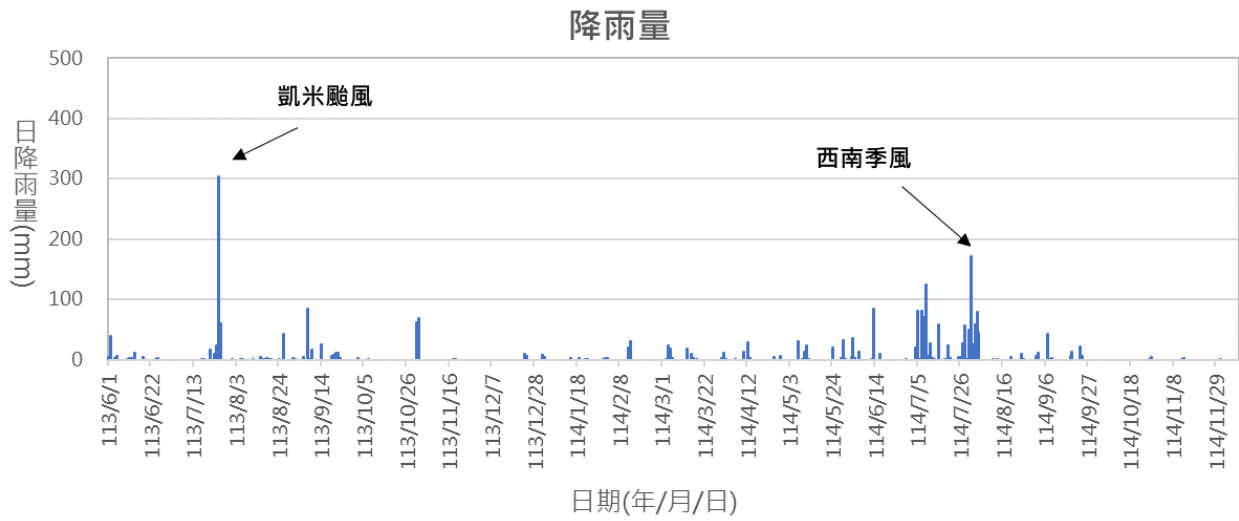


圖 4.2.12-2 測站日雨量圖

二、傾度盤

目前均在安全值範圍內。

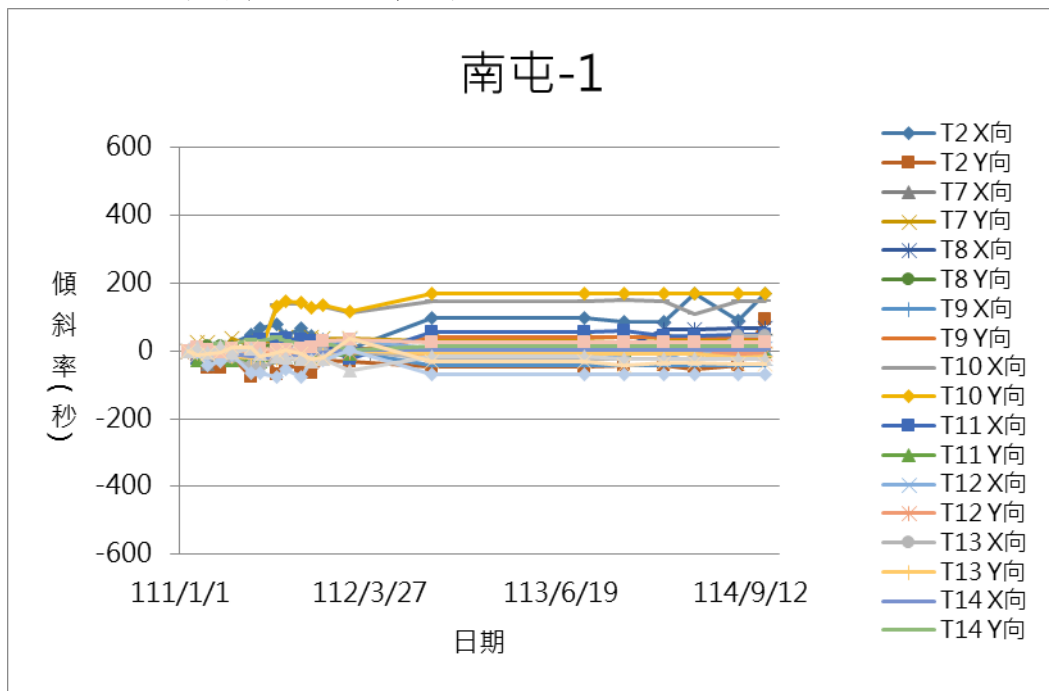


圖 4.2.12-3 傾度盤監測數據(1/2)

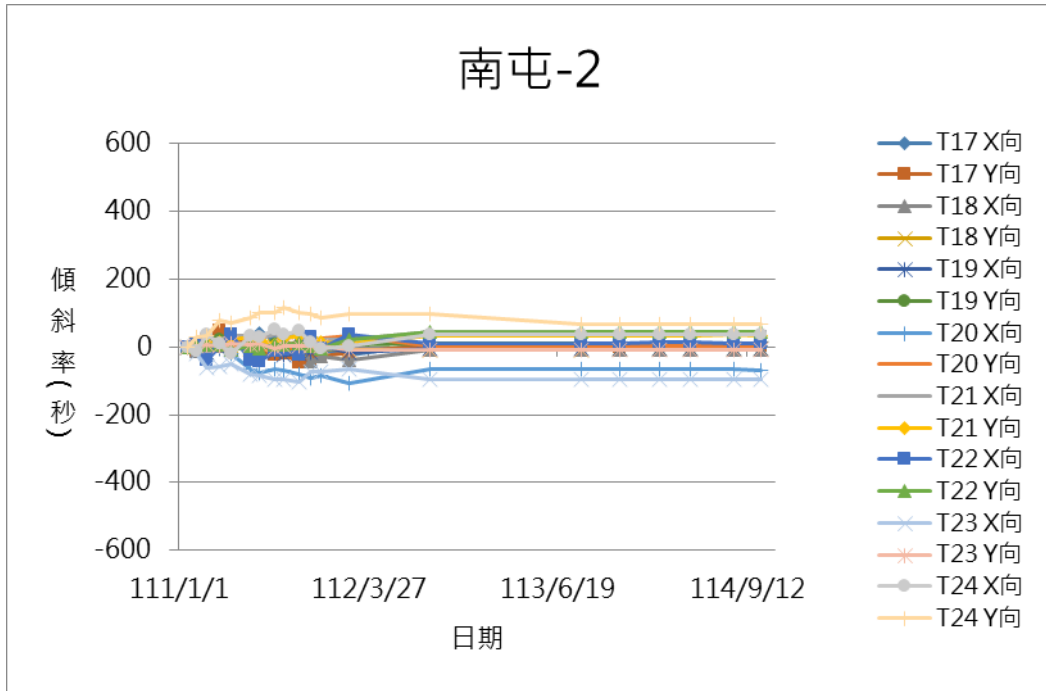


圖 4.2.12-4 傾度盤監測數據(2/2)

4.3 監測系統維護管理

本計畫監測平台蒐集所有現地觀測的感應器資料利用無線傳輸技術傳輸至雲端，利用數據運算並比對管理值即時判斷出監測地區的可能危險程度，一旦達到設定之管理值標準，系統便會利用 LINEBOT 即時通報現地狀況。最後利用監測累積起來的資料庫進行後續管理值檢討，使管理值能符合當地區域的致災風險。

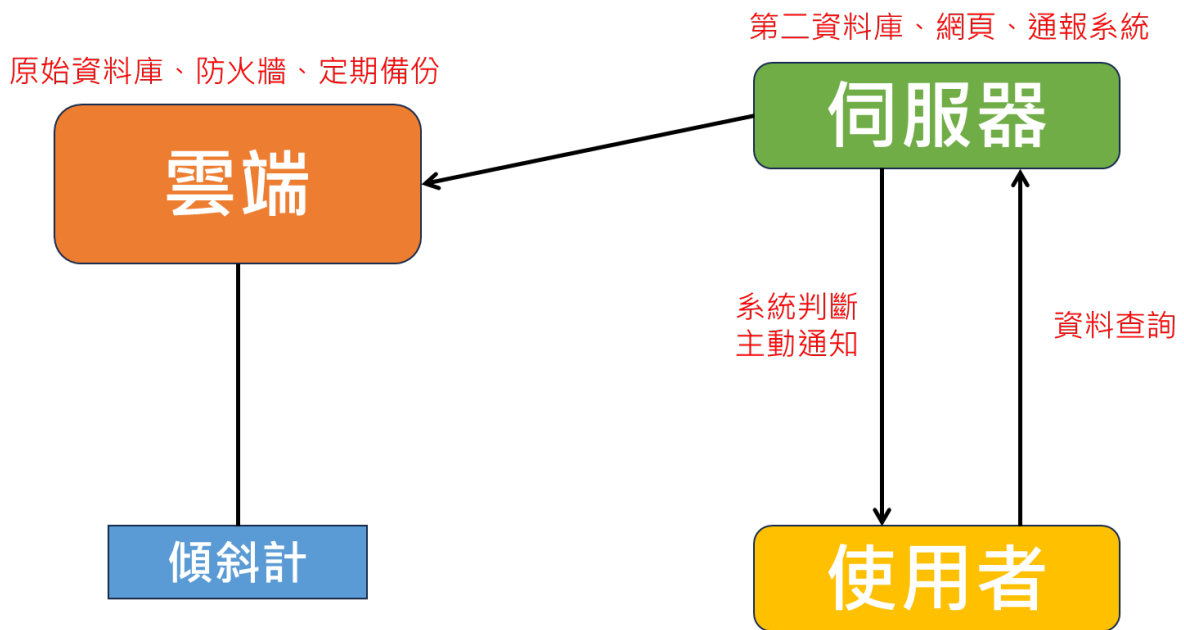


圖 4.3-1 邊坡監測系統架構圖監測資料整合與判釋

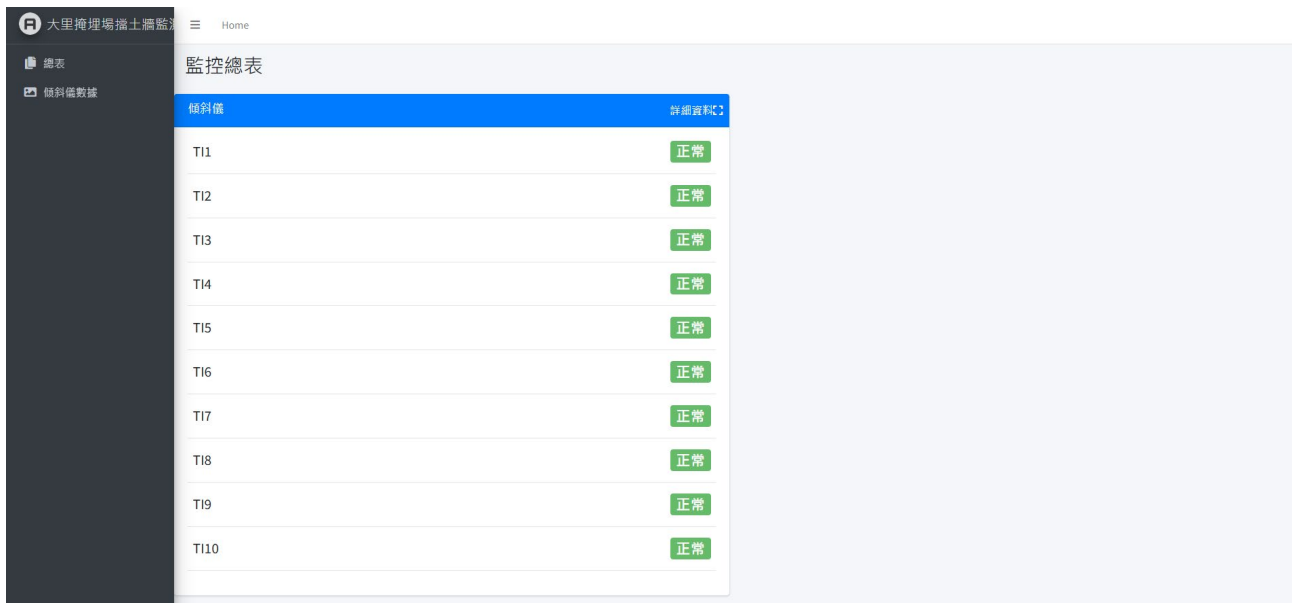


圖 4.3-2 監測網站現況

第5章、總結與建議

一、雨量本年度 7/7~7/9 丹娜絲颱風及 7/29~31 西南季風對台中各地造成大量的降雨量，造成部分地區達大豪雨~大雨標準，特別是較為山區的太平跟大里等地。

二、水位：

大里區目前均呈現穩定狀態，因冬季較少降水，而有下降趨勢。

三、傾斜管：

位於大里掩埋場內 AH-1、AH-2 因土質未壓密完成，有較大的滑動趨勢，每月時常達注意值標準。其餘孔位尚在安全值範圍內，偶達注意值。另外 AH-2 由於現場作業導致孔位損壞，後續已不再測量，而 BH-1 前期計畫可量測至 47.5m，但因位於垃圾處理區附近，造成異物堵塞僅能量測 12m。

表 5-1 傾斜管每月平均地表滑移量

每月平均 地表滑移量(mm)	X	Y
AH-1	3.18	0.16
AH-2	2.97	-0.29
BH-1	0.37	-0.04
BH-2	-0.11	-0.25
BH-3	0.09	-0.08
BH-4	-0.06	0.42
BH-5	0.46	0.13

四、電子傾斜計：

電子傾斜計 10 處，7 處為大里掩埋場擋土牆上，3 處則為溪邊擋土牆，前者特別是在擋土牆中段區域(靠近鐵牆處-TI4~TI6)有較高的傾斜量，但目前尚在安全值範圍內，有待後續觀察；而後者(TI8~TI10)目前均呈穩定狀態。

五、傾度盤：

統整各區傾度盤達管理值標準如下：

- 1.超過 825 角秒：11 處，大甲(T9~11、13 及 14)、大安(T1、3、8、10 及 11)、龍井 T5
- 2.超過 572 角秒：4 處，龍井(T3、T10)、霧峰(T1、3)
- 3.注意值標準：2 處，大里 T21、大安 T2

其中 15 處為前期計畫延續值，於 112 年即超過 572 角秒，本年度觀察並未出現明顯增大趨勢。於 113/12/17 與承辦進行現場勘查達到行動值標準傾度盤，確認是受到海風傾蝕影響，造成傾度盤腐蝕嚴重，因此上年度更換 5 處大甲之傾度盤，並於今年 2 月將 9 處傾度盤已進行更換(龍井 T9、大甲 T11、大安 T2-T8、T10-11)，詳如附錄四，其餘傾度盤數據暫穩定，有待後續觀察。



龍井掩埋場多處鋼筋外露



霧峰掩埋場需移開上方水管，才可量測正確數值

六、沉陷點：

目前量測清水區及大里區沉陷點尚在安全值範圍內，部分點位於 112 年計畫超過 40mm，於本年度監測期間處於穩定狀態。

參考文獻

1. Chigira, M., (1992), “Long-term Gravitational deformation of rocks by mass rock creep”, Engineering Geology, Vol. 32
2. Uchimura, T, Towhata, I., Wang, L., and Qiao, J., (2011). “Validation and interpretation of monitored behavior of slopes vulnerable to failure,” Proceedings of the Second World Landslide Forum – 3-7 October 2011, Rome.
3. 山崩觀測技術發展應用研究(3/4)期末報告，經濟部地質調查及礦業管理中心，2017
4. 山崩觀測技術發展應用研究(4/4)期末報告，經濟部地質調查及礦業管理中心，2018
5. 由台灣監測案例探討邊坡位移量之管理值，廖瑞堂、陳昭維，紀宗吉、林錫宏，土工技術 No.136，2013.6。
6. 地すべり對策技術協會，「地すべり對策技術設計實施要領」，Vol.2，1978。
7. 坡地社區防災預警系統之研究，內政部建築研究所委託研究報告，2003。
8. 傾斜儀的誤差與修正，朱英茂，大地技師期刊，Vol.12，2016。
9. 道路邊坡高效能監測系統研發與崩塌預警基準制訂，黃安斌、林志平、董家鈞、廖志中、潘以文，2002。
10. 公路土壤邊坡與擋土支撐監測系統精進及預警系統測試，交通部運輸研究所，2021。
11. 侯進雄、費立沅 (2013)，臺灣大規模崩塌調查的發展 現況，地質，32 卷，第 1 期，第 40-43 頁。