

臺北市山坡地人工邊坡地錨護坡設施檢測案例探討

黃立遠^[1] 林士淵^[2] 蔡正發^[3]

摘 要 臺北市政府自 99 年度起辦理人工邊坡調查建檔工作，截至目前調查發現有關地錨設施之人工邊坡計有 350 筆資料，有鑑於 2010 年國道 3 號 3K+100 公里處地錨邊坡發生無預警之順向坡滑動事件，震驚全國，臺北市政府為保障人民生命財產安全，優先挑選鄰近道路或住宅之護坡辦理地錨檢測工作，以主動積極的管理態度提升山坡地防災能力。本文主要探討地錨檢測之工作內容，包含護坡檢視、內視鏡檢視、地錨揚起試驗及人工邊坡整體安全性評估等，以作為後續執行檢測之參考。

關鍵詞：人工邊坡、地錨、揚起試驗

Inspection of manmade-slope with anchor in Taipei City

Li-Yuan Huang [1] Shih-Yuan Lin [2] Cheng-Fa Tsai [3]

ABSTRACT Taipei City Government have investigated and archived hillside manmade-slopes since 2010. Among all, there are about 350 manmade-slopes with ground anchors. In light of the landslide hazard at 3.1 km of freeway No.3 in 2010, Taipei City Government preferentially selects and does inspection to those manmade-slopes with anchor nearby roads and buildings, in order to protect people's lives and property safety. The purpose of this paper is to discuss works on anchor detection, including visual inspections on slopes, in-depth visual inspections, lift-off tests and safety assessment on manmade-slopes, as a reference to following detections on manmade-slopes with anchors.

The project is devoted to enhance slopeland disaster prevention ability with an active management attitude; also, we hope to provide working procedure as a reference to test manmade-slopes with anchors.

Key Words: *manmade-slope, anchor, lift-off test*

[1] 臺北市政府工務局大地工程處處長

Director, Taipei City Geotechnical Engineering Office, Taiwan

[2] 臺北市政府工務局大地工程處地住宅科科長

Section Chief, Slope Land Building Section, Taipei City Geotechnical Engineering Office, Taiwan

[3] 臺北市政府工務局大地工程處地住宅科股長

Sub-section Chief, Slope Land Building Section, Taipei City Geotechnical Engineering Office, Taiwan

一、前言

臺北市山坡地 15,004 公頃，占全市面積 55%，臺北市政府為有效管理山坡地人工邊坡及防治坡地災害的發生，於 99 年起即針對本市山坡地環境地質影響範圍內之住宅、道路周邊之人工邊坡進行調查建檔工作，截至目前已完成 33,000 餘筆資料，其中有關地錨護坡設施之人工邊坡共計 350 筆資料。

另臺北市政府因有鑑於國道 3 號 3K+100 公里處地錨邊坡發生走山事件，震驚全國，讓國人開始重視人工邊坡地錨護坡設施之安全性，特別挑選有重要保全對象之地錨人工邊坡進行檢測工作，以保障人民生命財產安全。

二、檢測流程

(一) 地錨檢測工作各項主要工作內容包含：

1. 護坡檢視及錨頭外觀檢視
2. 錨頭混凝土座鑿開檢視
3. 自由段內視鏡檢視
4. 地錨揚起試驗
5. 錨頭保護座復舊或保護
6. 混凝土鑽心試驗
7. 現況地錨功能檢測評估
8. 人工邊坡整體安全性評估及後續處理方式建議

(二) 地錨檢測數量原則參考「地錨應用於邊坡工程設計與施工規範」(交通部臺灣區國道新建工程局委託社團法人中華民國大地工程學會執行,2014) 及「公路邊坡大地工程設施維護與管理規範」(交通部臺灣區國道新建工程局委託社團法人中華民國大地工程學會執行,2014)建議之地錨檢測數量，如表 2.1 所示，並依現地整體護坡及地錨外觀是否有異常徵兆

及重要保全對象等情況，依關注重點及評估需求進行檢測數量建議。

表 2.1 地錨檢測研究及規範建議執行數量表

相關規範	檢測項目	每處地點	
		銹蝕 (錨頭鑿開構件 檢測)	荷重 (揚起試驗)
公路邊坡大地工程設施維護與管理規範		地錨總數 5~15%，且不低於 3 支	地錨總數 5~15%，且不低於 3 支
地錨應用於邊坡工程設計與施工規範	邊坡地錨數少於 50 支	抽檢 10%(應大於 3 支)	抽檢 10%(應大於 3 支)
	邊坡地錨數大於 50 支、且小於 100 支	抽檢 10%	抽檢 7%
	邊坡地錨數大於 100 支	抽檢 5%	抽檢 5%

(三) 工作執行流程如圖 2.1 所示。

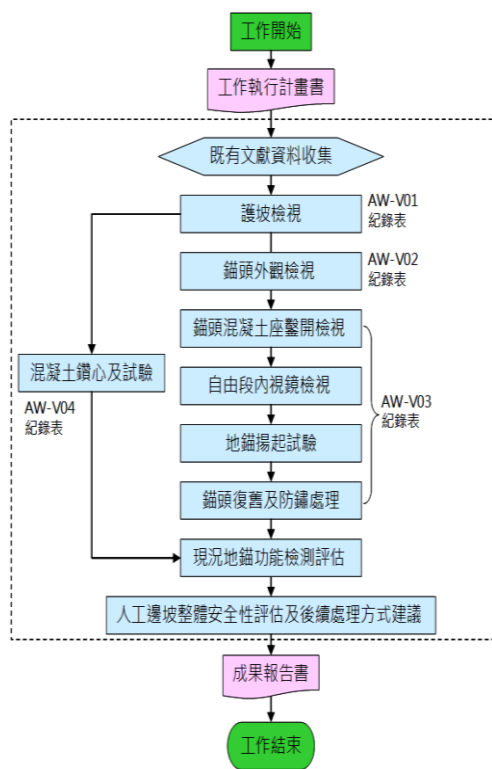


圖 2.1 工作執行流程圖

三、檢測工作內容及方法

地錨檢測工作之內容及方法詳細說明如下：

(一) 護坡檢視：於指定地點進行現勘檢視調查，針對地錨護坡之情形以照片及繪圖紀錄，其成果提供錨頭鑿開檢視及揚起試驗地錨選擇之參考。護坡檢視調查之重點以坡地調查經驗及一般住宅擋土設施檢視內容概要整理現場護坡檢視紀錄表，如表 3.1 所示

(二) 錨頭外觀檢視方式：針對每一顆錨頭是否翻轉、掉落、分離、白華、滲水、破損等外觀進行全面檢視，並佐以輔助工具(如榔頭等)敲擊錨頭護蓋之方式，依據敲擊聲響差異研判錨頭護蓋內是否有部分分層、孔洞、碎裂等內部損壞情況。並將地錨錨頭外觀狀況分五類，分別為 X.功能喪失(■黑色)、A.極差(■紅色)、B.不佳(■黃色)、C.尚可(■藍色)、D.正常(■綠色)等五級，有關地錨外觀檢視分級參考圖及地錨外觀檢視結果表(AW-V02)如圖 3.1 及表 3.2。

表 3.1 護坡檢視紀錄表(AW-V01)

護坡檢視表(AW-V01)				
檢定日期：年 月 日		檢視人員：		
基本資料	人工護坡編號：	行政區：		
	座標(m)： N	位置說明：		
資料	鄰近健全戶門牌：			
地錨資料	地錨所在護坡尺寸： 形狀概略：			
	設計資料： <input type="checkbox"/> 無法取得 / <input type="checkbox"/> 已取得 地錨錨頭型式： <input type="checkbox"/> 鋼環(夾片)錨定式； <input type="checkbox"/> 螺帽錨定式； <input type="checkbox"/> 混合(螺絲+螺帽)錨定式 地錨錨頭數量： 支 設計符號： T；自由段： m；錨固段： m；打設角度： 度 錨固段型式： 支 設計符號： T；自由段： m；錨固段： m；打設角度： 度 錨固段型式： <input type="checkbox"/> 設置於 RC 牆面 / <input type="checkbox"/> 設置於鋼筋樁 <input type="checkbox"/> 錨桿直徑： m；深： m；垂直間距： m；水平間距： m <input type="checkbox"/> 錨桿直徑： m；深： m；垂直間距： m；水平間距： m <input type="checkbox"/> 錨桿直徑： m；深： m；垂直間距： m；水平間距： m <input type="checkbox"/> 錨桿直徑： m；深： m；垂直間距： m；水平間距： m <input type="checkbox"/> 其他型式： <input type="checkbox"/> RC 牆面 RC 錨桿：高： m <input type="checkbox"/> 錨桿：錨徑： m；中心間距： m；錨桿尺寸 寬： m；深： m <input type="checkbox"/> 其他： 錨固段： ； 主要用途： 鄰近構造： ； 距離及影響： 鄰近地質敏感區： 檢視說明： <input type="checkbox"/> 無法收集到鄰近地質資料(以下免填) <input type="checkbox"/> 有鄰近地質資料： 剪層信息： <input type="checkbox"/> 無資料 <input type="checkbox"/> 有資料： 剪理 1： ； 剪理 2： 護坡所在地點地層鑽孔資料： 表土及覆蓋層厚： m；土壤描述： 砂質粉土； <input type="checkbox"/> 厚層塊狀砂岩； <input type="checkbox"/> 砂質頁岩； <input type="checkbox"/> 其他 硬底岩埋藏深度： m 鄰近地區是否有剪層出露(以下免填) <input type="checkbox"/> 鄰近地區有剪層出露 出露岩性： <input type="checkbox"/> 厚層塊狀砂岩； <input type="checkbox"/> 砂質頁岩； <input type="checkbox"/> 砂質粉土； <input type="checkbox"/> 其他 剪層信息： <input type="checkbox"/> 無法判斷 剪理 1： ； 剪理 2： <input type="checkbox"/> 有資料 剪理 1： ； 剪理 2： 人工路上設施物與地錨： 與剪層不連續面幾何關係： <input type="checkbox"/> 順向坡； <input type="checkbox"/> 斜交坡； <input type="checkbox"/> 逆向坡； <input type="checkbox"/> 並列順向(剪理 1/剪理 2)； <input type="checkbox"/> 樹型； <input type="checkbox"/> 其他 重要歷史記錄： 檢定人員資料來源： <input type="checkbox"/> 無； <input type="checkbox"/> 有 時間： 政策情況：			
檢定項目	無明顯異狀	有異狀	異狀照片編號	備註
地錨錨土	錨土結構整體是否有傾斜和有位移情況	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 有異狀照片編號；
錨頭結構檢視	錨土結構基礎是否有不均勻沉降或局部隆起	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 有異狀照片編號；
	錨土結構縫處是否有異樣或分離情況	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 有異狀照片編號；
錨頭外觀	錨土結構沉澱土是否有剝落、空洞、鋼絲露、銹蝕等情況	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 有異狀照片編號；
	錨土結構是否有裂縫和龜裂情形	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 有異狀照片編號；
	地錨錨頭是否鬆脫、鋼絲材料突出或下沉	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 有異狀照片編號；
	地錨錨頭是否已脫落、變形或磨蝕	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 有異狀照片編號；
	地錨錨頭鋼絲是否有斷裂射出現況	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 有異狀照片編號；
	錨土設施物有是否有人為超載情況(土浮力或冰凍膨脹等)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 有異狀照片編號；
	錨土設施物有回填材料是否有流失情況	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 有異狀照片編號；
	上方護坡中是否有崩塌、鬆動浮石、滾石情況	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 有異狀照片編號；
	鄰近護坡中是否有冲刷情況	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 有異狀照片編號；
	鄰近護坡中植生覆蓋情形是否良好	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 有異狀照片編號；
排水檢視項目	遠端於調查時是否有觀察到明顯張力裂縫	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 有異狀照片編號；
	上護坡是否有集流水下沖刷現象	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 有異狀照片編號；
	遠端中是否有滲水、湧水	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 有異狀照片編號；
	錨土錨管積水及擋土壁洩水孔阻塞	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 有異狀照片編號；
其餘檢視情況判定說明	組織、土砂等於積或雜阻礙水路暢流	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 有異狀照片編號；
	遠端上下方截、排水設施情況	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 有異狀照片編號；
	地形圖	①		
異狀照片及編號	編號 1 (照片)	編號 2 (照片)		



圖 3.1 地錨外觀檢視分級參考圖

表 3.2 地錨外觀檢視結果表(AW-V02)

地錨外觀目視檢查(AW-VI2)					
工程名稱	地點				
檢查日期	檢查日期				
檢視分級	X.功能喪失(黑色)	A.極差(紅色)	B.不佳(黃色)	C.尚可(藍色)	D.正常(綠色)
說明	鋼鍵斷裂或斷裂		鋼鍵表面(或鋼鍵表面)有明顯的剝離，且小於2mm		鋼鍵表面(或鋼鍵表面)有淺度剝離，且小於2mm
地錨構造	鋼管 鋼管 鋼管	鋼管 鋼管 鋼管	鋼管 鋼管 鋼管	鋼管 鋼管 鋼管	鋼管 鋼管 鋼管
檢查表式	鋼管 鋼管 鋼管	鋼管 鋼管 鋼管	鋼管 鋼管 鋼管	鋼管 鋼管 鋼管	鋼管 鋼管 鋼管

(三) 錨頭混凝土座鑿開檢視方式：錨頭鑿開後，對錨頭、夾片、鋼鍵、角度等組件是否脫落、斷裂、內縮、銹蝕、裂縫、滲水等狀態進行檢視，並參照相關規範將地錨鑿開檢視分級建議表進行分級與記錄，並建議將鋼鍵折角情況納入考量，有關地錨鑿開檢視分級參考圖如圖 3.2。

X.功能喪失(黑色)	A.極差(紅色)	B.不佳(黃色)	C.尚可(藍色)	D.正常(綠色)
鋼管脫落(或片脫落、鋼管內縮或斷裂)	鋼鍵或鋼管表面可見局部脫落(鋼管內縮或斷裂)	鋼鍵或鋼管表面可見局部脫落(鋼管內縮或斷裂)	鋼管有銹蝕或滲水，鋼管有銹蝕現象，鋼管有銹蝕現象，鋼管有銹蝕現象	無銹蝕且無滲水。

圖 3.2 地錨鑿開檢視分級參考圖

(四) 自由段內視鏡檢視方式：地錨鑿開後，除檢視錨頭、夾片、鋼鍵、角度等組件現況外，並針對錨頭下方自由段鋼鍵銹蝕及灌漿情形，以工業用內視鏡對錨頭內側鋼鍵及自由段進行檢查，利用拍照詳細記錄地錨銹蝕狀況，有關地錨內視鏡檢視分級參考圖如圖 3.3。

X.功能喪失(黑色)	A.極差(紅色)	B.不佳(黃色)	C.尚可(藍色)	D.正常(綠色)
鋼鍵斷裂或鋼鍵斷裂且全周銹蝕	鋼鍵呈深褐色，表面已有斑斑狀或龜裂現象	鋼鍵呈深褐色，表面略粗糙，尚無斑斑狀或龜裂現象	鋼鍵呈淺褐色，僅表面光澤	無異常

圖 3.3 地錨內視鏡檢視分級參考圖

(五) 地錨揚起試驗方式：

1. 地錨選測原則：根據鑿開及內視鏡兩項檢測後，以不破壞原有地錨為原則，根據鑿開及內視鏡兩項檢測後，以不破壞原有地錨為原則。
2. 揚起試驗設備構造：針對鑿開後之地錨型式，選擇不同夾具進行揚起試驗工作，並以可直接量測錨頭變位方式，立即由曲線反應瞭解鋼鍵變化，減少拉棒變化影響錨頭變位量測之組件設備進行試驗，相關本案採用之揚起試驗設備詳細構造如圖 3.4 所示，常見地錨錨頭構造如圖 3.5 所示。
3. 施加拉力：各階段荷重施加以設計荷重之 0.1~0.2 倍範圍內為原則。最大荷重以既存荷重之 1.2 倍範圍內以不破壞地錨為原則，若已達到原預定最大荷重仍未揚起，在評估不影響護坡穩定情況下，視整體試驗結果彈性擇定部分地錨試驗至 1.2 倍以上設計荷重，以評估地錨構件之抗拉能力。本案量測均採電腦自動記讀方式讀取資料，精準掌握試驗過程荷重及變位量關係，試驗時量測週期小於 10 秒/次。
4. 設計荷重及施加拉力決定：設計荷重以設計圖說標示為準。若無設計圖說，以鑿開錨頭後檢視鋼絞線數量或採用構件斷面推估設計荷重。

5. 評估及建議：依據地錨揚起試驗成果獲得之既存荷重值，並參照相關規範分級建議表予以分級，相關分級整理如表 3.2 所示。

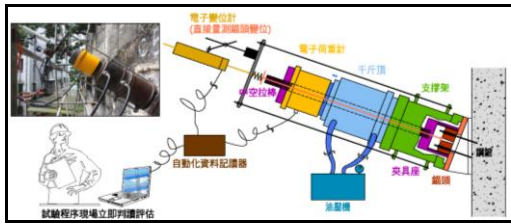


圖 3.4 錨頭預力檢測設備剖面示意圖

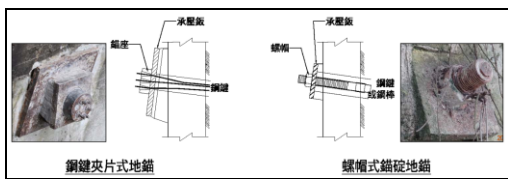


圖 3.5 常見地錨錨頭構造示意圖

表 3.2 地錨揚起試驗分級建議表

分級項目	X 功能喪失 A ₁ 極差 (黑色)	A ₂ 極差 (紅色)	B ₁ 不佳 (黃色)	C ₁ 尚可 (藍色)	D ₁ 正常 (綠色)
既存荷重	拉脫、鋼錠斷裂或 Tr=0	Tr > 1.3Tw	1.2Tw < Tr ≤ 1.3Tw	1.1Tw < Tr ≤ 1.2Tw	Tr > 1.1Tw 時加註說明(因所在邊坡可能具不穩定情況)

註：既存荷重(Tr) 地錨設計荷重(Tw)

(六) 錨頭保護座復舊或保護方式：地錨於揚起試驗後需將錨頭恢復原狀，錨頭復舊及自由段補漿將依據下列步驟進行復原工作。於鑿開後立即進行除銹及塗防銹漆工作，並於揚起試驗後先進行自由段低壓灌注水泥漿，並進行錨頭復舊及保護，本案錨頭復舊及自由段補漿，將依據表 3.3 步驟進行復原工作，相關預計採用之地錨錨頭保護蓋圖說，如圖 3.6 所示。另有防銹油脂於高溫環境或具豐沛地下水及潮濕環境，易發生劣化變質或流失等情形，故目前相關規範在訂定時，另有建議可採用防銹膏方式進行防銹處理工作，其施工方式如下表 3.4 所示。採用防蝕膏地錨錨頭保護蓋圖說，如圖 3.7 所示。

表 3.3 地錨錨頭復原及自由段補漿步驟

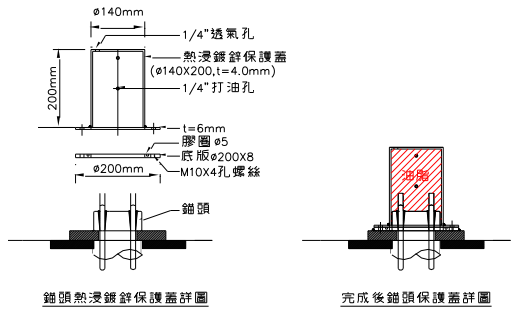


圖 3.6 既有錨頭熱浸鍍鋅保護蓋詳圖(防銹油脂)

表 3.4 地錨錨頭防銹膏復舊施工步驟

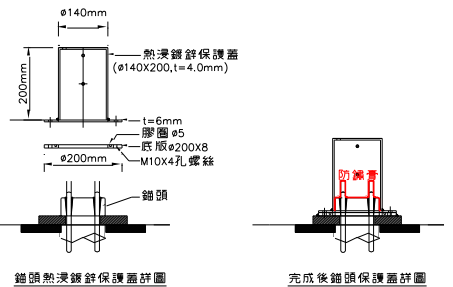


圖 3.7 既有錨頭熱浸鍍鋅保護蓋詳圖(防銹膏)

(七) 混凝土鑽心試驗：此試驗屬部份破壞性試驗，試驗的主要目的是在確認已完成之混凝土結構體中部份區域之抗壓強度

是否合乎設計強度要求，為了達到這些強度的量測，必須於結構體部分區域進行破壞性之取樣工作以取得可檢測之試體，對結構物或多或少會造成破壞性的傷害，故取樣處之選擇需由專業技師於現場進行判斷，選定對整體結構破壞最小處進行取樣動作。並對試驗結果進行評估並選定合理之現況混凝土強度參數，以作為後續穩定分析參數之依據。

(八) 現況地錨功能檢測評估：

1. 專家評估整體功能(專家評估)：完成工作後將各項地錨檢測項目工作結果進行統計(如圖 3.8 所示)，並統整繪製成地錨檢測與試驗成果展開圖、等勢分級圖以及雷達圖(如圖 3.9~圖 3.11 所示)，並依據整體邊坡外觀、周圍地形地質資訊及地錨檢測結果等，由專業技師針對邊坡地錨功能進行評估說明。
2. 整體邊坡地錨既存預力推估：依據以往地錨檢測工作，若地錨檢測結果將作為後續邊坡分析評估之參考依據，邊坡中既有地錨整體之既存效率評估及推測，即為後續設計分析之重要參考數值。依據以往地錨檢測經驗及研究，提出相關評估流程作為本案工作整體邊坡地錨既存預力推估之依據及建議。相關流程如圖 3.12 所示。

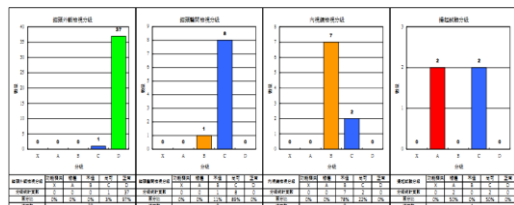


圖 3.8 地錨檢測項目工作結果統計示意圖

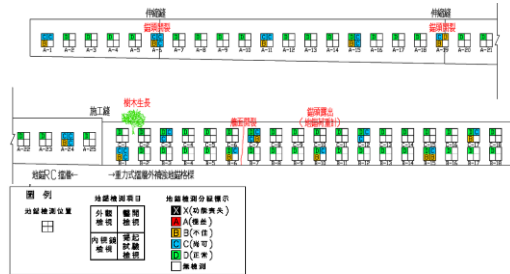


圖 3.9 地錨檢測與試驗成果展開示意圖

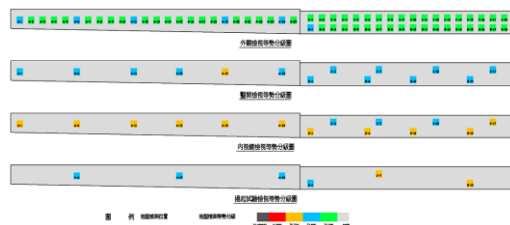


圖 3.10 地錨檢測與試驗成果等勢分級展開圖

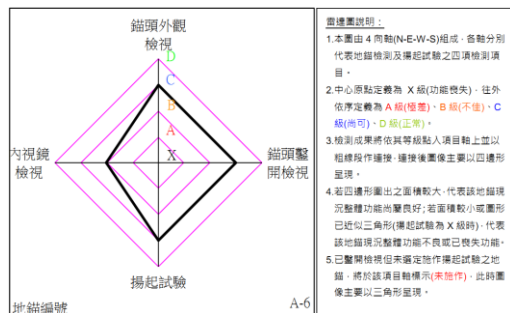


圖 3.11 地錨檢測與試驗成果雷達示意圖

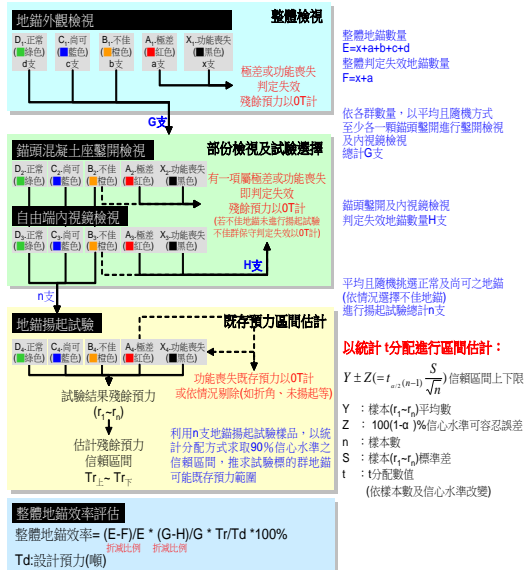


圖 3.12 整體地錨效率評估建議方式

(九) 後續處理方式建議：依據前述地錨檢測

結果，搭配相關技師於現場踏勘，並儘可能蒐集邊坡曾有之調查、設計施工與觀測等資料，於瞭解後，配合現況地錨功能檢測評估結果，評估各處地錨護坡之地錨功能，並依據相關評估結果提出後續改善之建議，後續處理方式建議流程如圖 3.13 所示。

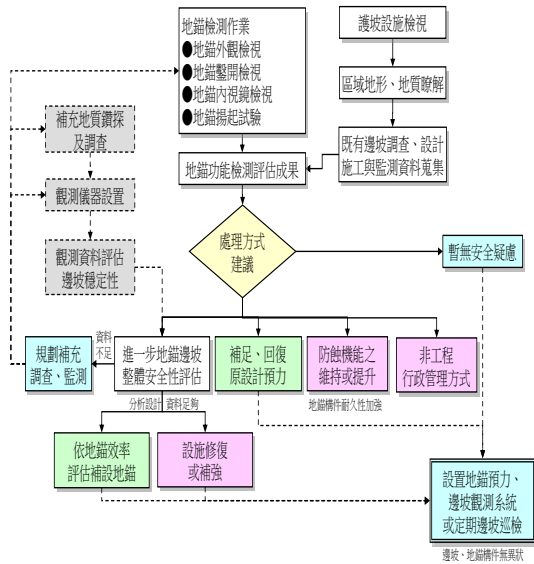


圖 3.13 後續處理方式建議流程圖

崩塌後進行整治施作。由地形剖面圖比對之地形變化研判，應為上方邊坡產生淺層崩塌，而下方之道路及四分溪護岸並未破壞。

有關工作現地擋土牆地錨數量整理展開圖及檢測位置如圖 4.1 所示，工作情況及檢測工作照片如表 4.1。

表 4.1 工作情況及檢測工作照片整理表

護坡檢視及地錨外觀檢視		錨頭混凝土鑿開	
施工警示措施設置		錨頭鑿開檢視	
自由段內視鏡檢視		地錨揚起試驗儀器組裝	
分層施拉，以電腦自動記錄及現場技師研判		鑿開錨頭自由段補漿	
補漿後塗佈防鏽膏保護		設置地錨預力、邊坡觀測系統或定期邊坡巡檢	
混凝土鑽心取樣		錨頭保護蓋復舊	

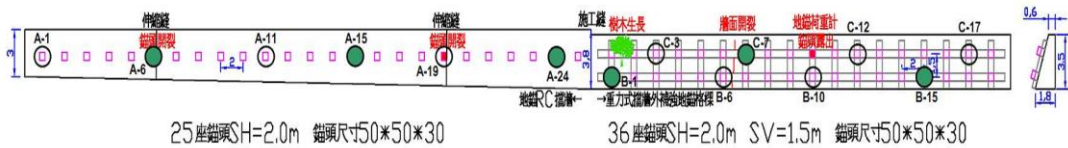


圖 4.1 擋土牆地錨數量整理展開圖及檢測位置圖

四、地錨檢測結果及案例探討

本案檢測地點位於南港區大豐里產業道路旁，地錨護坡設施分為高約 3.5m 之重力式擋牆外補強地錨格樑及高約 3~3.8m 之地錨 RC 擋土牆，格樑擋土牆上設置有 2 排地錨，總計 36 支，垂直及水平間距約為 1.5m 及 2.0m，目前牆面有出水及破損生長樹木之情況。另一側地錨 RC 擋土牆上方設置有一排地錨，總計 25 支，水平間距約為 2.0m，目前牆面伸縮縫處錨頭有裂開與白華情況。

經查護坡設施於 90 年因豪雨造成邊坡

(一)有關本案地錨檢測工作結果如下：

1. 地錨外觀檢視及抽選：現場由專業技師對地錨外觀進行全面檢視，並依需求挑選出適合抽樣檢測之地錨。其檢視結果地錨功能正常 54 支，功能尚可 7 支，功能不佳 0 支，功能極差 0 支，功能喪失 0 支，並抽選 14 支地錨進行後續檢測工作。
2. 地錨鑿開檢視成果：將抽選之錨頭水泥封頭鑿開，供檢視錨頭組件及執行揚起試驗。本案挑選鑿開共計 23 支地

錨，其中地錨功能正常 0 支，功能尚可 13 支，功能不佳 1 支，功能極差 0 支，功能喪失 0 支。

3. 地錨內視鏡檢視成果：將上述鑿開之地錨頭利用工業用內視鏡深入地錨自由段進行檢視 (內視鏡檢視地錨數量共計 14 支)，其中地錨功能正常 0 支，功能尚可 3 支，功能不佳 11 支，功能極差 0 支，功能喪失 0 支。
4. 揚起試驗成果：本案揚起試驗利用錨頭鑿開之地錨進行，本案總計進行 6 支地錨揚起試驗，其中地錨功能正常 0 支，功能尚可 4 支，功能不佳 2 支，功能極差 0 支，功能喪失 0 支
5. 地錨錨頭復舊及防鏽處理：地錨於揚起試驗後需將錨頭恢復原狀。
6. 混凝土鑽心試驗成果：本案地錨擋土牆共有二種形式，其中地錨 RC 擋牆各試體抗壓強度亦大於 $0.75fc'$ ($fc' = 245\text{kgf/cm}^2$)，符合結構混凝土施工規範規定。另外重力式擋牆之試體抗壓強度小於 $0.75fc'$ (推估 $fc' = 210\text{kgf/cm}^2$)，不符結構混凝土施工規範規定，且取樣過程中確認無異常且試體無明顯既有弱面，破壞形式亦無不正常情況。故推估該重力式擋牆之混凝土設計強度低於工程慣例(小於 210kgf/cm^2)，導致本次鑽心試驗結果較低。

(二) 有關本案地錨功能檢測評估如下：

本案檢測成果分級統計如表 4.2 所示，地錨檢測與試驗成果展開圖如圖 4.2 所示，等勢分級展開圖如圖 4.3 所示，雷達圖彙整如表 4.3 所示，揚起試驗成果彙整如表 4.4 所示。有關整體地錨效率推估係依據過去參考統計原則所建立之標準

統計推估流程，並採用 t 分配法，於統計 90% 信心水準下，推估既存整體邊坡地錨之預力範圍區間。本案試驗標的地錨群相關統計分析數值如表 4.5 所示。

本案相關檢視及試驗結果，在試驗標的地錨群殘餘預力估計及配合整體外觀檢視、部份錨座鑿開及內視鏡檢視結果分級折減下，推估各邊坡整體地錨效率。相關分析數值如表 4.6 所示。統整相關推估殘餘預力區間結果如表 4.7 所示，地錨評估效率將做為後續整體邊坡評估之參考。

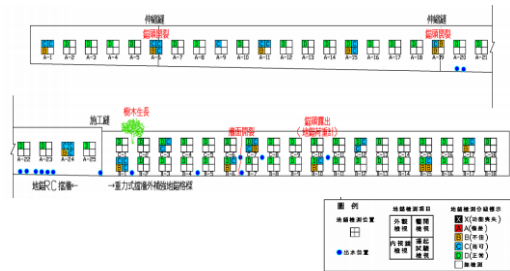


圖 4.2 地錨檢測與試驗成果展開圖

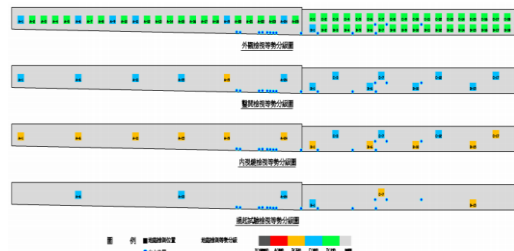


圖 4.3 地錨檢測與試驗成果等勢分級展開圖

表 4.2 檢測成果分級統計表

類別	總計					總數	百分比
	X	A	B	C	D		
總計	0	0	0	13	1	14	100%
內視鏡檢測分級	0	0	0	3	11	14	100%
揚起試驗分級	0	0	0	4	2	6	100%
RC 擋牆分級	0	0	0	13	1	14	100%
重力式擋牆分級	0	0	0	13	1	14	100%

表 4.3 地錨檢測與試驗成果雷達圖

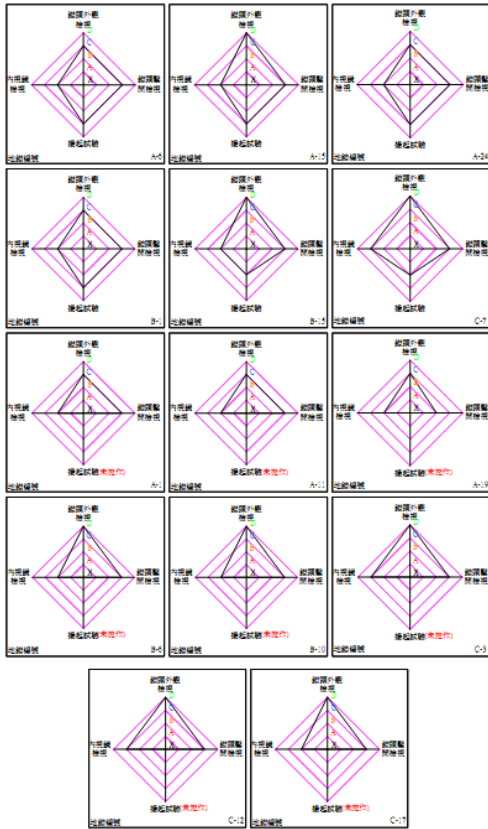


表 4.4 地錨揚起試驗成果彙整表

邊坡位置	地錨編號	設計荷重 Td(t)	殘餘荷重 Tr(t)	Tr/Td (%)	是否揚起	檢視分級	備註
大豐產業道路	A-6	50	39	78	揚起	C	
	A-15		35	70	揚起	C	
	A-24		40	80	揚起	C	
	B-1		26	52	揚起	C	
	B-15		21	42	揚起	B	
	C-7		20	40	揚起	B	

表 4.5 本案試驗標的地錨群估計鋼鍵所能承受拉力統計分析結果表

邊坡位置	地錨揚起試驗樣本數 N (支)	自由度 n-1	殘餘預力百分比平均值 Y (Tr/Td) (%)	樣本標準差 S (%)	信心水準 (%)	t 分配值 (n-1, 90%信心水準)	可容忍誤差 Z (%)	標的群信賴區間 (Y-Z) (%)	標的群信賴區間 (Y+Z) (%)
大豐產業道路	6	5	60.33	17.95	90	2.015	18.84	79.17	41.49

表 4.6 本案護坡設施整體地錨效率估計分析數值整理表

邊坡位置	設計荷重 Td (t)	整體判定失效地錨數量 E (支)	整體判定成功地錨數量 F (支)	鋼鑄鑿開判定失效地錨數量 G (支)	鋼鑄鑿開判定成功地錨數量 H (支)	試驗標的地錨群估計殘餘預力 Tr/Td (%)	整體估計地錨效率 (E-F)/E*(G-H)/G*Tr/Td (%)
大豐產業道路	50	25	0	14	0	41.49(下限) 60.33(樣本平均) 79.17(上限)	41.49(下限) 60.33(樣本平均) 79.17(上限)

表 4.7 相關推估殘餘預力區間結果統整表

邊坡位置	外觀檢視數量		鑿開檢視數量		設計預力 (t)	地錨效率估計		
	整體 (支)	不佳至功能喪失	整體 (支)	不佳至功能喪失		上限	樣本平均	下限
大豐產業道路	25	0	14	0	50 (490 kN)	79.17%	60.33%	41.49%
						39.59 t (388 kN)	30.17 t (296 kN)	20.75 t (203 kN)

(三) 本案檢測工作之結論與建議

1. 本案主要標的地錨擋牆外觀現況無明顯位移及損壞情況，整體牆面視尚屬穩定，於檢視外觀時地錨外觀大部份均屬正常，但牆面洩水孔有滲水情況，部份地錨於鑿開後甚至有地下水由錨頭滲出情況，顯示牆後有豐沛地下水位，另內視鏡檢視範圍內灌漿材未達滿漿情況，此情況對地錨構件之耐久性不利，造成大部份地錨於鑿開檢視時可見鋼鍵有鏽蝕情況。
2. 本案原始地錨設計荷重為 50 噸，依 6 組地錨揚起試驗結果，殘餘荷重 Tr(t) 在 20~40t，殘餘荷重介於 40~80%，試驗平均值為 30.17t，整體地錨效率屬減低情況。而依統計方式，在 90%信心水準條件，採用 T 方分配方式估計，推估現況整體地錨效率會在 41.49%~79.17% 間，中值約為 60.33%。
3. 依本案相關地層、水位及環境假設條件，依地錨檢測估計結果(平均值 30t)，常時之邊坡穩定安全係數為 1.410，略低於「水土保持技術規範」之要求。若地錨殘餘預力完全損失時(殘餘預力 0%)，邊坡穩定安全係數於常時及地震情況下，安全係數分別為 1.303 及 1.101，低於「水土保持技術規範」之要求，但未小於 1。
4. 本案地錨邊坡擋牆現況均無明顯異常徵兆，以評估地錨殘餘預力配合區域地層參數分析，擋土牆所在邊坡穩定分析均尚屬穩定，故建議可先加強既有牆面洩水孔之疏通或打設水平橫向排水管，降低牆後地下水，並配合改善既有地錨之防蝕保護，增加既有地錨之耐久

- 性，達到維持現況擋土牆穩定狀況。
5. 因邊坡曾有災害歷史且位於斷層破碎帶，所在區域地質條件較差，建議於坡面適當地點增設傾斜管、水位井及水壓計，牆面裝設傾度盤，並進行定期觀測及擋土設施巡勘檢視，除瞭解所在邊坡地層及穩定情況外，可由專業人員與本案分析條件進行比對評估，視需要再進行後續改善補強工作。
 5. 中國土木工程學會(2001)，「地錨設計與施工準則暨解說」，科技圖書股份有限公司。
 6. 廖洪鈞(1998)，「坡地工程之地錨驗收與耐久度檢測」，地錨工程暨地下開挖工程研討會論文集，第 15-44 頁。
 7. 廖洪鈞與張光甫(1998)，「地錨設計與施工規範之探討」，土工技術雜誌第 70 期，第 37-52 頁。

五、結語

大地處針對山坡地水土保持安全不遺餘力，期藉由辦理本案地錨邊坡檢測工作，將地錨檢測工作之流程、內容、分析及評估等項目或方法分享給各位做為後續辦理之參考依據，並以主動積極的管理作為，防患於未然，以保障市民生命財產安全。

參考文獻

1. 長碩工程顧問有限公司(2014)，「103 年度「臺北市山坡地地錨護坡設施檢測工作-委託技術服務案」成果報告書，臺北市政府工務局大地工程處，臺北。
2. 長碩工程顧問有限公司(2013)，「102 年度「臺北市山坡地地錨護坡設施檢測工作-委託技術服務案」成果報告書，臺北市政府工務局大地工程處，臺北。
3. 「公路邊坡及地錨相關設施設計、施工與維護管理規範之研究」委託研究案(2014)-公路邊坡大地工程設施維護與管理規範 - 地錨應用於邊坡工程設計與施工規範
4. 廖洪鈞與李維峰(2009)，「高速公路地錨邊坡檢測維護手冊制定之研究」，國立台灣科技大學，台灣，台北。