

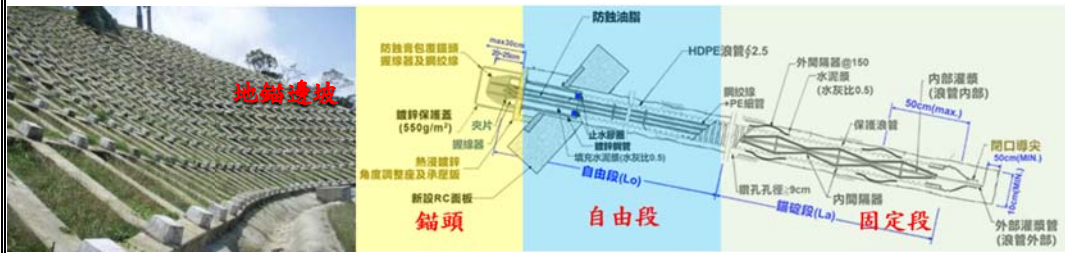


臺北市政府創意提案競賽提案表

提案類別	<input type="checkbox"/> 創新獎 <input checked="" type="checkbox"/> 精進獎 <input type="checkbox"/> 跨域合作獎
提案年度	112年度
提案名稱	3年縝密佈局 地錨強勢回歸
提案單位	臺北市政府工務局大地工程處坡地整治科
提案人員	主要提案人：謝旻希 貢獻度：35% 參與提案人：廖陳侃 貢獻度：30%、林士淵 貢獻度：20%、林志龍 貢獻度：15%
提案範圍	1. 有關本府重要市政計畫、市政白皮書、市長政見及重大政策等之改進革新事項。 2. 有關各機關業務推動方法、作業流程及執行技術之改進革新事項。 3. 其他對促進機關行政革新有所助益之創新作為(節省成本)。
成效屬性 (可複選)	<input checked="" type="checkbox"/> 全國首創、 <input type="checkbox"/> 導入精實管理手法、 <input type="checkbox"/> 小 e 化、 <input checked="" type="checkbox"/> 節省成本(時間、人力、經費)、 <input checked="" type="checkbox"/> 發表期刊論文或專書、 <input type="checkbox"/> 取得專利、 <input checked="" type="checkbox"/> 其他：榮獲獎項
提案緣起	<p>從臺灣脆弱的地質說起，坡地災害，屢見不鮮…</p> <p>臺灣坡地環境的體質脆弱不堪衝擊，坡地災害對臺灣人來說並不陌生。13年前，國道3號基隆七堵段無預警發生通車30多年以來最嚴重走山事故，20多萬噸的土石坍方，造成雙向6個車道全線堵塞，1個月以上交通中斷，甚至奪走4條人命，震驚社會；這場意外，促使十幾年未過關的地質法在當年底迅速三讀通過，使經濟部有法源充分揭露地質資訊；而111年下旬，國道1號汐止段邊坡發生大面積坍方，地錨格樑斷裂，車流嚴重回堵，畫面怵目驚心。無獨有偶，2件重大災害都與地錨邊坡有關。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>成也地錨，敗也地錨…</p> <p>邊坡治理工法中，地錨是一種防止坡面滑動的方式，類似像橡皮筋一樣，是一種用預力鋼腱(多股鋼絞線)將錨碇力穩定傳遞至坡面格樑的工法，對邊坡施加地錨預力以抵抗邊坡的滑動。採</p>

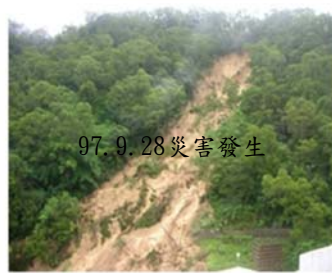
用地錨工法，可避免大面積的開挖與擾動地質，是非常經濟且有效的邊坡整治工法。



然而，地錨的耐久性難以掌握，所以它一直讓人又愛又恨。自然環境存在的水與空氣，是人類不可或缺的必需品，但對於地錨來說則像是慢性毒藥，和鋼絞線的鐵元素作用後產生鏽蝕，致使地錨預力隨著時間逐步遞減，甚至可能提早喪失應有的性能。論究國道3號的邊坡崩塌主因，即是地錨內部猶如生命線的鋼絞線鏽蝕嚴重甚至斷裂，因此，地錨何時會失效其實也很難預測。

貓纜 T16塔柱下方地錨邊坡，你還好嗎？

97年蕃蜜颱風橫掃臺北市，導致貓纜 T16塔柱基礎下方發生長度230公尺、寬度20~80公尺的大面積坍方，耗時一年多的復建工程完工後，99年起，本處隨即啟動長期管理機制，其中，最讓人關心的地錨邊坡部分，從12支地錨荷重計的長期紀錄來看，並沒有觀察到明顯滑動跡象，但108年卻發現竟然有1/3的地錨荷重計開始出現明顯預力減少、數值跳動或是無法讀取的異常現象，意味著監測成果可信度可能已經慢慢降低。



用了10年的地錨還能重返榮耀嗎？

在過去的經驗裡，一旦發現地錨預力損失時，往往是直接沿用原有的施工方式，在格柵圍中間補設地錨，費工費時，且所需工程費用相當龐大，於是我們開始反思，找尋其他替代方式一樣可以滿足補強目的。



傳統地錨補強方式，費工費時且所費不貲

在不斷發展的精進構想中，或許「針對個別衰退地錨的補充荷重」適合作為一個更永續、更經濟也更方便操作的手段。

本處以高速公路局之技術規範及養護手冊為依據著手，引入地錨全生命週期維護管理的概念(圖1)，研擬改善措施 SOP，以「地錨複拉」方式為主軸，嘗試讓原本狀態不佳的地錨華麗再生，強勢回歸到工作崗位，也就不需要補設大量的新地錨，大幅降低施工成本。

一、實施方法



地錨維護的首要問題在於釐清地錨的狀態是否達到需要更換的程度。本處先選出可以代表整體邊坡狀況的地錨當作抽驗標的，透過檢測，包含目視錨頭外觀、內視鏡檢視鋼絞線鏽蝕程度、試驗鋼腱既存荷重等方式得知個別地錨功能。

本處依據檢測成果，評估邊坡安全狀況，且依據地錨鋼腱的健康程度，決定改善的方法，全國首創嘗試全面逐支複拉地錨，同時個別檢查固定段錨錠狀況，再針對滿足複拉條件的地錨加拉至原訂設計水準。但如果在加拉過程中，因為固定段鬆脫或是鋼絞線斷裂等意外導致地錨失效，則再局部補設地錨。

實施方法、過程及投入成本

最後，搭配地錨邊坡的多元監測技術，透過地表下的傾斜管、水位觀測井、水位計和電子式地錨荷重計等觀測地層的變化，空中遙測技術的 D-InSAR(差分干涉合成孔徑雷達分析)觀察地表是否變動，以及針對地錨參考鋼絞線的簡易式量測，再加上安裝光纖光柵地錨荷重計，可與傳統電子式荷重計數據相互比對及驗證其準確性，隨時掌握地錨狀態，防患於未然。

二、實施過程-流程、期程

(一) 第一階段(109年)

1. 辦理地錨檢測(地錨全生命週期維護管理首部曲)

全區619支地錨總計篩選出45支地錨位置進行檢測(圖2、圖3)，符合檢測數量大於邊坡地錨總數5%的原則。同時將整體地錨邊坡劃分為6個微分區(A1, A2, B1, B2, C1, C2)，以利工程分區施作，檢測結果說明如下(圖4)：

- (1) 地錨保護蓋外觀：全區619支大部分無破損或白華現象，屬正常範圍。
- (2) 錨頭組件：45支檢視後有輕度鏽蝕情形。
- (3) 內視鏡檢視：45支影像顯示PE管包覆良好且充滿油脂約8成以上。

(4) 既存荷重：本邊坡原始地錨設計荷重為40公噸，45支地錨揚起試驗結果雖屬尚可情形，大都分布在20~32公噸左右，普遍有荷重損失現象。

2. 評估地錨性能(地錨全生命週期維護管理二部曲)

綜整各項診斷結果：全區地錨邊坡評分為76.24，屬C級邊坡(尚可)，多有發現地錨荷重損失現象，接著套入邊坡穩定性評估進行剖面分析後結果有多組安全係數不足，且又對於地錨荷重計數值可信度存有疑慮等因素，故需進到下一程序，對症下藥。

(二) 第二階段(110-111年)

地錨改善措施(地錨全生命週期維護管理三部曲)又可細分為耐久性提升、維修補強及更新三大類別：

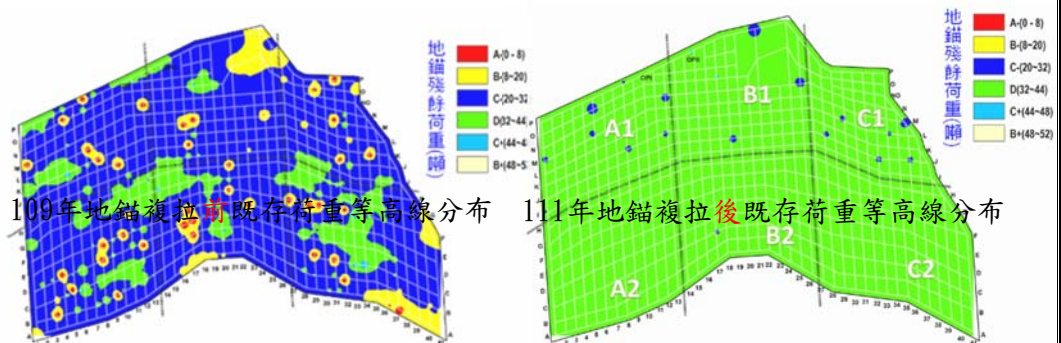
1. 改善錨頭防蝕(耐久性提升)

針對全區619支錨頭加強防蝕保護，原先混凝土型式錨頭保護塊全面更換為鍍鋅保護蓋，並於鋼腱頂端表面包覆防蝕膏，澈底杜絕地錨鏽蝕隱憂。

2. 地錨複拉(維修補強)

為降低地錨複拉失效狀況，本處創新導入**延伸地錨揚起試驗**來進行既有地錨健全度的檢查(圖5)，並據以評估是否具有可進行複拉的條件，相當於對每支地錨都做個別體檢，總共完成599支地錨荷重補充工作。

依據地錨性能分級表(圖6)及既存荷重等高線分布，可明顯發現，109年複拉前的地錨荷重多為C級(尚可)，111年複拉後的地錨荷重幾乎都為D級(正常)，足稱已完全回復地錨剛完工時的服務水準。



3. 補設新式地錨(更新)

針對在第一階段已知失效的4支地錨及43支複拉拉脫的地

錨，本處導入新式全浪管預力地錨(圖7)，可避免水泥砂漿漏漿，阻隔地下水滲入地錨，降低造成管內鋼腱鏽蝕影響因素，同時提高錨頭的防蝕能力等，大幅提高地錨的使用年限。

(三) 第三階段(112年以後)

多元化監測技術導入—除了傳統的電子式地錨荷重計單一方式監測外，額外搭配下列3種監測技術：

1. D-InSAR(差分干涉合成孔徑雷達分析)

為強化觀測面向，導入使用具大範圍、週期性觀測特性的空中遙測技術(D-InSAR)進行地表變位趨勢分析，以掌握整體邊坡長期的變化(圖8)。

2. 簡易式量測(鋼腱變形量)

配合新式地錨施作，擇3支地錨各預留一股無受力的鋼絞線作為伸縮量的對照組，利用簡易且經濟的測量方式快速推估荷重變化，即時了解地錨鋼腱變化(圖9)。

3. 光纖光柵地錨荷重計

考量光纖光柵傳感器質量輕、體積小、靈敏度高、耐腐蝕、抗電磁干擾，具有良好的穩定性和耐久性(約5~7年)，搭配新式地錨安裝3組光纖光柵地錨荷重計(圖10)。

三、投入成本

(一) 經費

本案藉由檢測，研判全區1/3地錨已有預力損失，傳統改善方案約需重新補設地錨200支；本創新精進方案採用「全面複拉+補設」，總共複拉599支，單價約25,000元；47支拉脫或已失效地錨需重新補設，單價約150,000元，可看出複拉單價約為補設的1/6。3年共投入約2,600萬元(含地錨檢測與評估費用約300萬元、地錨複拉與補設費用約2,200萬元及新設監測儀器費用約100萬元)，其中創新精進方案較傳統方案節省約27%經費，且減少40%工期，兼具環境美觀及節能減碳效益。

T16方案比較	傳統方案	創新精進方案
工項	補設地錨200支	地錨複拉599支 補設新式地錨47支
經費	約3,000萬元	約2,200萬元(27%↓)
工期	7.5個月	4.5個月(40%↓)

(二) 人力

計畫包含本處團隊4人、設計監造團隊7人及施工廠商。另外，在無新增人力成本的情況下，導入多元化監測技術更能全面了解坡地變化狀況，促進坡地管理朝高科技智慧監控邁進。

<p>實際執行 (未來預期)成效</p>	<p>一、地錨邊坡強勢回歸</p> <p>透過本處發展出的方法，地錨性能還原成剛完工的水準，且599支地錨複拉過程中僅43支拉脫無法恢復預力(約佔7.2%)；換句話說，除了讓已使用10幾年的地錨邊坡又重獲新生，單支補強成功率也達9成以上，大幅重振整體邊坡應有的防災減災效能。</p> <p>二、精進創新經驗擴散</p> <p>(一)教育訓練：在這3年期間，本處會同設計與施工團隊共安排5場內部實地教育訓練，增進同仁專業職能，也邀請專家學者共襄盛舉並給予技術指導，傳承業務經驗，另同時直播分享於社群媒體，促進產、官、學交流合作(圖11)。</p> <p>(二)研討會發表：本處積極參與學術交流活動，彙整本案成果於111年8月參加第19屆大地工程學術研討會簡報口頭發表，地錨複拉的創新嘗試引起廣泛討論，會後也受其他單位熱烈諮詢，促進交流(圖12)。</p> <p>(三)期刊論文：本處獲工程界執牛耳的期刊地工技術邀請投稿第173期論文(111年9月)，主題為本案創新導入之相關地錨工程技術與經驗，藉由期刊的發行與流通，本處已將此創新方法推廣分享供各界參考(圖13)。</p> <p>三、獲獎肯定</p> <p>本處以「貓纜 T16塔柱下邊坡地錨全生命週期維護管理與精進作為」參加社團法人中華民國大地工程學會111年度大地工程技術獎，獲頒技術創新獎之殊榮，亦獲邀於會員大會分享創新之處及獲獎心得，精進成果備受肯定 (圖14)。</p> <p>四、結語及未來期許</p> <p>就地錨邊坡改善而言，地錨複拉其實是一個很直覺的概念，但一直以來幾乎沒被採用，就是因為必需確保鋼腱沒有嚴重鏽蝕仍堪用，且複拉的設備需國外進口，不易施工且容易失敗，成本極高，故傳統上，寧可補設地錨也不考慮複拉。</p> <p>本案提出的地錨邊坡改善，透過縝密且嚴謹的 SOP，並有科學依據與驗證，利用「延伸地錨揚起試驗」來完成地錨複拉，幾乎每家廠商都能施作，且可達經濟且有效的成果，佐以多元化的監測技術，已經在工程界引發熱議，相信有望擴散到全國供各機關單位參考應用，持續發揮本處身為坡地管理專責機關領頭羊的精神。</p>
<p>相關附件</p>	<p>圖1~圖14</p>
<p>聯絡窗口</p>	<p>姓名：謝旻希 電話：(02)2759-3001#3521 Email：ge-10753@gov.taipei</p>

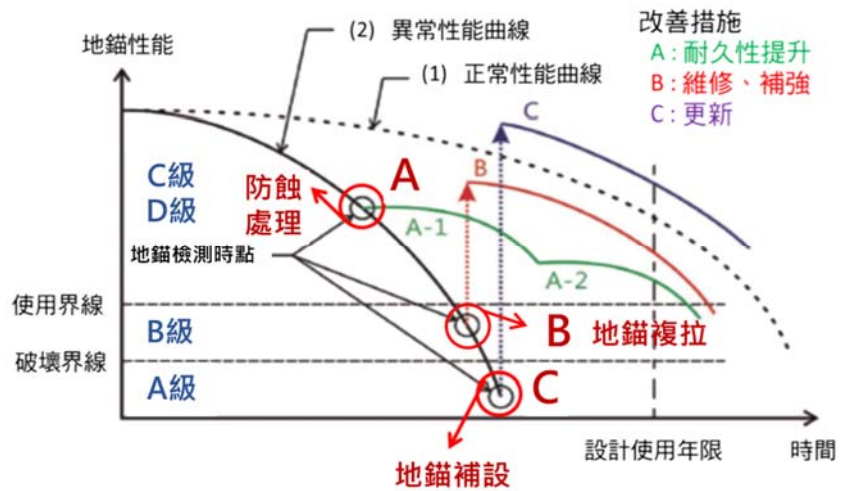


圖1 地錨全生命週期維護管理



圖2 貓纜 T16塔柱下方地錨邊坡空拍圖

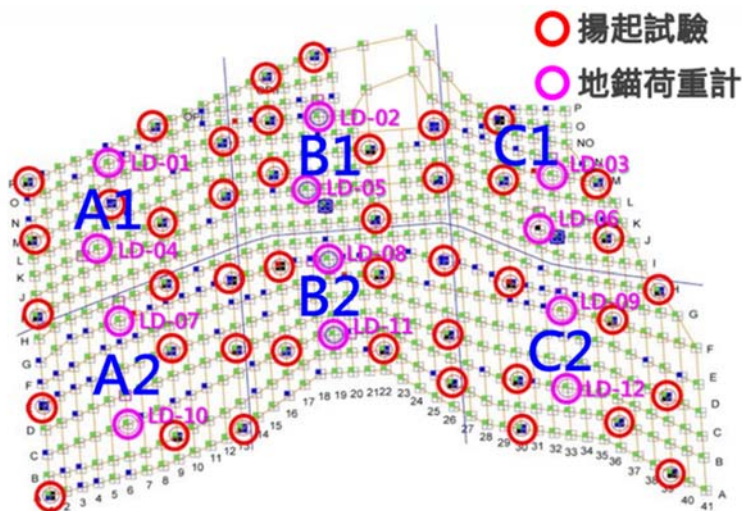


圖3 地錨檢測選點及地錨荷重計位置圖



圖5 地錨複拉標準作業程序

高速公路養護手冊

地錨功能檢測分級	地錨保護蓋外觀		錨頭組件		內視鏡檢視		既存荷重(揚起試驗)	
	支數	百分比	支數	百分比	支數	百分比	支數	百分比
X (功能喪失)	1	0%	0	0%	0	0%	2	4%
A (極差)	6	1%	0	0%	0	0%	0	0%
B (不佳)	0	0%	5	11%	4	9%	3	7%
C (尚可)	103	17%	40	89%	16	36%	36	80%
D (正常)	509	82%	0	0%	25	56%	4	9%
合計	619	100%	45	100%	45	100%	45	100%

圖4 地錨功能檢測分級結果

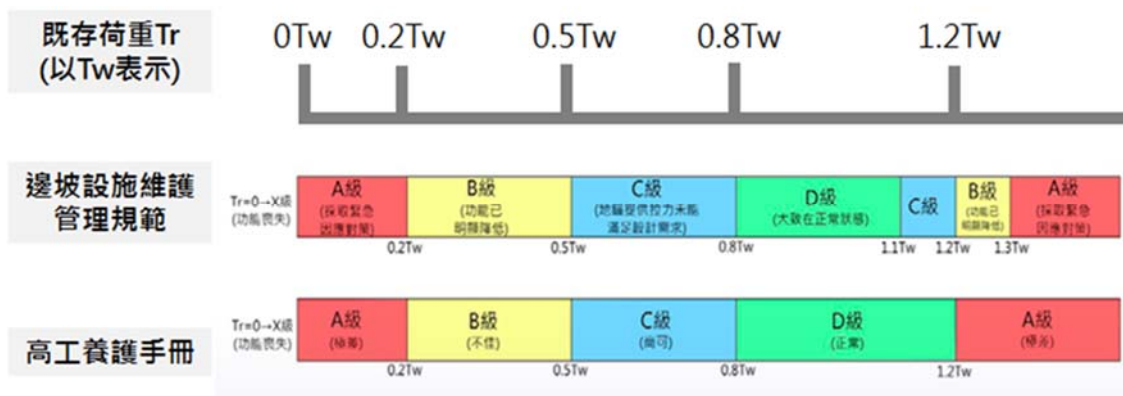


圖6 地錨性能評估圖

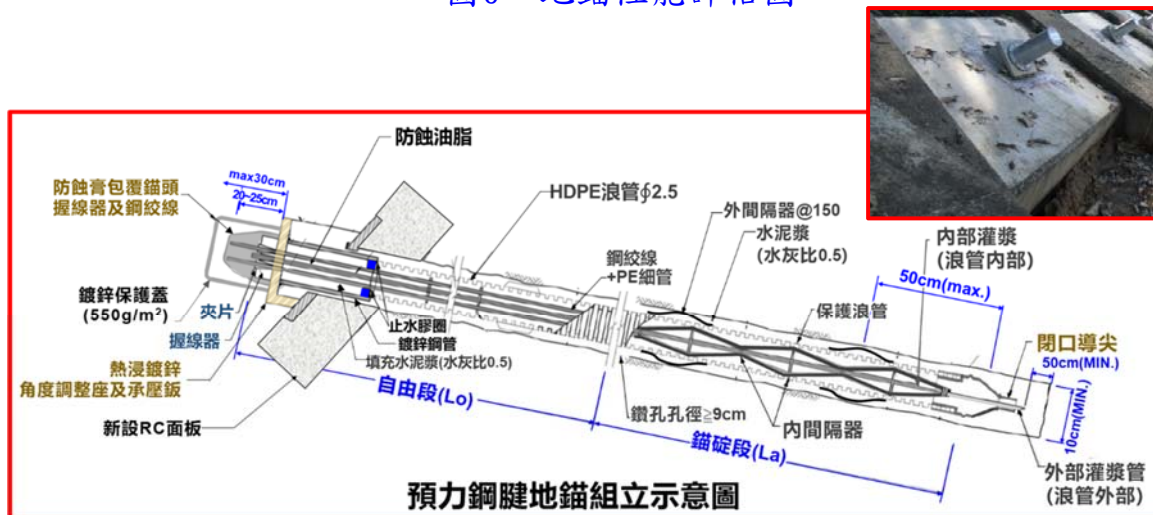


圖7 新式地錨示意圖

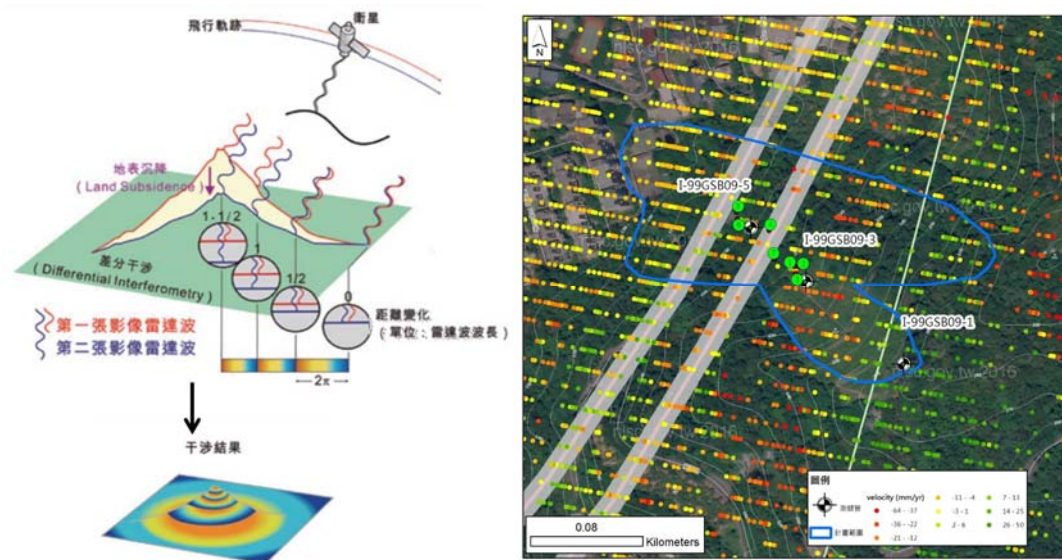


圖8 D-InSAR(Differential Interferometry Synthetic Aperture Radar, 差分干涉合成孔徑雷達分析) 係利用衛星重複軌道的方式，獲取不同時間同一地區的雷達波影像，依地表高程變化所回傳的相位差來計算位移速率及推算變位潛勢。

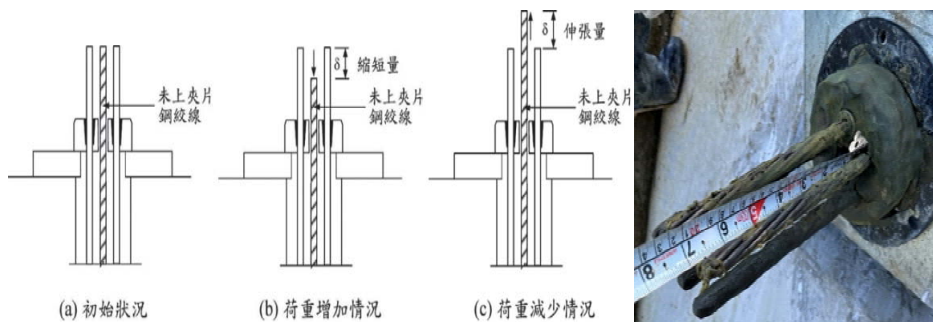


圖9 簡易式量測，施工時於其中一條鋼絞線不使用夾片，讓其自由伸縮的簡易裝置，作為參考鋼絞線，依相對伸縮量來估算地錨荷重的變化：(a) 初始狀況，荷重尚無變化；(b) 當荷重增加時，可量測參考鋼絞線的相對縮短量；(c) 當荷重減少時，可量測參考鋼絞線的相對伸張量。

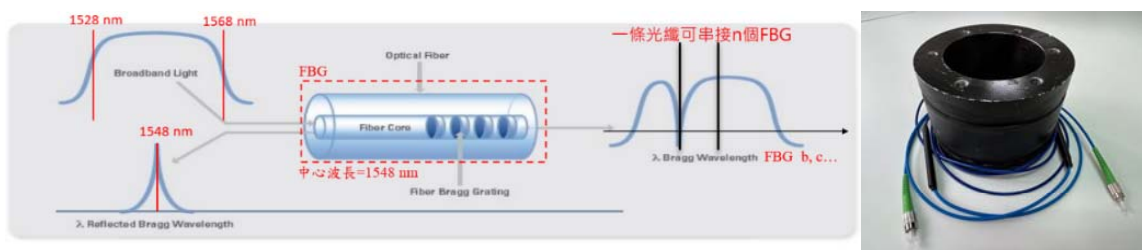


圖10 光纖光柵地錨荷重計，其光纖光柵(Fiber Bragg Grating, FBG)感測器，主要透過光纖本身波長反射的變化與待測物應變和溫度變化成正比的原理，藉由波長改變量與初始波長比值關係，可求得其應變變化量，準確反應地錨預力的變化。



圖11 地錨教育訓練(產、官、學交流合作)



圖12 研討會專題發表

地工技術

2022
SEP

SINO-GEOTECHNICS

173

專輯 / 岩石邊坡的監測 調查、分析與整治

- 節理岩坡之楔型破壞調查與分析案例介紹
- 公路邊坡風險評估與分級之研究
- 以物理模型試驗探討楔形岩坡破壞受弱面及層面位態之影響
- 以物理模型結合振動台試驗探討逆向岩坡受震反應及……
- 輕度變質岩帶潛在崩塌區地質模型精進與加值應用
- 奇岩山順向坡開發後之地形變化與歷次災害整治調查
- 貓纜T16塔柱下邊坡整治後之地錨荷重監測和預力複拉
- 多元尺度監測技術於岩石邊坡預警應用
- 開源物聯網於智慧邊坡調查整合應用



Formosa Rock

絡科國際實業有限公司 FORMOSA ROCK Int.Co.,Ltd.

GEOBRUGG
Slope / Rockfall / Debris Stabilization

岩石邊坡保護-近自然工法





CETE

新北市板橋區文化路二段285號33樓 TEL:02-22506677

Formosa.rock@msa.hinet.net FAX:02-22561100

中華民國營建科技審查認可登錄

圖13 地工技術期刊投稿

111年度大地工程技術獎

得獎名單如下：

大地工程技術獎 傑出工程獎

參選單位	參選作品
台灣世曦工程顧問股份有限公司 (團15)	高雄鐵路地下化延伸鳳山計畫
臺北市政府捷運工程局第二區工程處 (團25)	捷運萬大線急轉彎小半徑潛盾隧道與穿越雙和橋下方基樁規劃及施工
中興工程顧問股份有限公司 (團22)	161kV大潭新~林口線地下電纜管路統包工程 (第二工區)

大地工程技術獎 技術創新獎

參選單位	參選作品
臺北市政府工務局大地工程處(團30)	貓纜T16塔柱下邊坡地錨全生命週期維護管理與精進作為
新北市政府農業局(團51)	新店區雙坑里中生路175號旁坑溝土砂災害復建工程

社團法人中華民國大地工程學會 函

地址：10485台北市中山區松江路185號9樓之4

承辦人：黃靖儀

電話：02-2502-3932

傳真：02-2502-3932

Email：tgstw999@gmail.com

受文者：臺北市政府工務局大地工程處

發文日期：中華民國112年1月5日

發文字號：華地字第1120000002號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：

附件：第十四屆第一次會員大會議程表、參加及廣告回函、委託書

(1120000002_Attach1.docx、1120000002_Attach2.docx、1120000002_Attach3.docx)

主旨：檢送「第十四屆第一次會員大會暨專題演講」大會議程表、會員大會出席暨手冊廣告刊登回函，請辦理惠復。

說明：

一、感謝貴單位歷年來對本學會之支持與襄助，謹申謝忱。

二、本學會謹訂於民國112年4月8日（星期六）上午8時30分，假國立臺灣科技大學國際會議廳IB-101舉行。

第十四屆第一次會員大會暨專題演講，會中會務報告外，並邀請本屆之大地工程技術獎獲獎單位介紹得獎作品，內容精采可期，敬邀各團體會員共襄盛舉。

圖14 111年度大地工程技術獎得獎及受邀演講