

151 線 15k+450 路基坍塌以地錨及土釘修復護坡歷經 921 大地震考驗評估

撰寫人 陳義桐

壹、緣由

八十五年八月一日賀伯颱風侵襲台灣，為中部地區帶來豪雨，阿里山雨量高達 1930mm，造成該地及南投信義、溪頭等地土石流重大災害。151 線（通往溪頭縣道）15k+450 右側為北勢溪上游，該處河床為連續彎道，洪水來臨時第一個彎道正面衝擊道路並淘空路基，八月四日中午 12 時竟將投 55 線路基全部沖毀並擴及 151 線形成一大缺口，長 100 公尺寬 9 公尺深達 80 公尺，交通中斷。經南投工務段及地方政府洽得台大實驗林管理處同意向左側開挖便道搶修，於八月十日搶修通車竣事。下邊坡大缺口部份及投 55 線道路，由行政院同意編列預算辦理修復工作。

貳、復建工程

為辦理此缺口修復，由公路局組成勘災修復小組，前謝志尚總工程司任召集人，邀集亞新工程顧問、中華工程顧問現地勘查結果，認應依現況坡面作邊坡保護，不宜與大自然爭地，刻意再作高擋土牆，故決定將投 55 線路段另行改線不予照原位置修復；151 線路基部份則按邊坍塌現況辦理修復。本案委由亞新工程顧問辦理測量、鑽探、設計，於八十六年一月三十日完成設計，並於八十六年二月五日發包，由強生營造有限公司以柒仟捌佰伍拾陸萬元整得標，隨即於八十六年二月十日開工，工期 300 日曆天。

參、主要工程概述

一、鋼線網噴凝土（T=12cm；20cm）施工順序如下：

（一）坡面整理

本項工作包括由工程司指示之清除所有施工面區之殘幹、樹根、碎屑、廢物與所有障礙物（如凸石）等，使其儘量平整，如有滲水部份先以塑膠軟管導引使其坡面保持乾燥。

（二）第一層鋼線網鋪設

鋪設之前鋼線須先送請學術單位檢驗合格後方予使用，開挖面與鋼線間的空隙不可超過 20cm，其搭接長度至少需有 20cm，鋪設鋼線網時應確實固定，以防施噴噴凝土時鬆動，其固定點之間距應依工程司之指示或不大於 1.0 公尺。

（三）第一層噴凝土（T=6cm；10cm）

本工程噴凝土厚度分 12cm 及 20cm 兩種，必須分層施工，第一層（6cm；10cm）噴凝土工作開始前，應將岩石表面之鬆離碎片、污穢或其他有礙噴凝土與岩石面黏結之有害物徹底清除乾淨，經工程司認可後

方可進行噴凝土工作，厚度之控制應用適當長度之鐵釘釘入岩層中作為厚度之基準，每一次噴凝土工作完成後所有回彈料應立刻予以清除，噴凝土之強度必須 $>210\text{kg/cm}^2$ 。

(四) 第二層鋼線網鋪設及噴凝土

二、土釘護坡

包括鑽孔、鋼棒埋設、灌漿作業、土釘頭鎖定及保護，分別簡要說明如下：

(一) 鑽孔

土釘之鑽孔位置孔徑、方向及深度需依照圖說施工，鑽孔若係使用衝擊式氣鑽工法，不得造成鄰近結構物及設備之損壞，所有鑽孔在灌漿前需清除孔內殘留之碎料、污泥及岩屑。

(二) 鋼棒埋設

本工程鋼棒採用 $\text{SD42 } \phi=32\text{mm}$ 之竹節高拉力鋼筋，鋼棒必須以中心固定器裝置於鑽孔中（相片二及相片四），埋設鋼棒時如發生崩孔，此鑽孔將不予接受，而廢孔必須自費灌漿回填，灌漿管須固定於鋼棒全長。

(三) 灌漿作業

鋼棒灌漿時須確保土釘完全為漿液浸覆，必要時可加適當之壓力，必須分二次灌漿，第一次須以灌漿管自孔底向上灌注、俟漿液自孔口溢流並確保土釘完全為漿液所浸覆，第二次須先以砂漿封住孔口並留一小洞，再自小洞口進行第二次灌漿，將鑽孔灌滿與坡面平齊。每次灌漿應製作九個水泥塊使用 50mm 之水泥試體，分成三組養護，求 3 日 7 日 28 日齡期之抗壓強度，其 28 日抗壓強度應至少達 300kg/cm^2 。

(四) 土釘頭鎖定及保護

灌漿作業完成後應施加約 0.5T 拉力將螺帽、球形墊塊與承壓板鎖緊，且儘速澆置混凝土保護。

三、 $3\text{M}\times 3\text{MR.C}$ 格樑：

本構造於鋼線網噴凝土完成後施工，格梁斷面為 $50\text{cm}\times 50\text{cm}$ ，混凝土抗壓強度為 240 kg/cm^2 ，施工程序依設計圖紮筋、組模、澆注混凝土（相片五及六）、施工中必須先將預力地錨位置預留孔預留。

四、預力地錨：

包括鑽孔、施拉設備、鋼鍵組立與安裝、灌漿、施加預力等，詳預力地錨施工程序。另須接受試驗、錨頭處理。

(一) 鑽孔工程

本工程為邊坡格樑式加地錨工法，預力地錨施作時，必須與格樑密切配

合施工，地錨鑽孔口徑 ϕ 10cm 以上，打設角度水平向下 20 度。由於在地錨鑽孔過程中會發生崩孔現象，而造成地錨孔徑之縮小，如此對地錨的錨碇力有很大的影響，所以在地錨鑽孔的過程中，必須配合套管來進行鑽孔以防止崩孔之現象發生，影響地錨錨碇力。

鑽孔使用鑽機型式

日本 KOKEN PR-100，YC-25 全自動油壓旋轉打擊式鑽機，又地錨的錨碇力受土質、地下水位、及鑽孔時迴水的影響很大，所以在施工時須特別留意以上事項，以保證地錨的品質。

(二) PC 鋼絞線加工準備

鑽孔作業和 PC 鋼絞線組立加工同時進行。PC 鋼線組立須在地錨完成拉力試驗之後，檢討其錨碇力無慮後開始組立 PC 鋼線，又固定端之錨碇力須能有效地承受自由端之拉力。所以 PC 鋼線須確實包裹自由端以完全將拉力傳遞至錨碇端。

1. 自由端：

本工程鋼絞線採用 8*12.7MM 鋼絞線，地錨鋼絞線加工前須確實做好防銹，並檢查 PC 鋼線有無銹蝕，並確實做好 PC 鋼線之防銹處理，PC 鋼線須用 PE 管包裹，並在其內塗上防蝕油，外部套上 PE 平行管以防止水泥漿和 PC 鋼線之結合。

2. 固定端：

本工程採用格梁式預力地錨工程，地錨固定端設計長度為 10 公尺於工地組立鋼線時，先套上浪形管並應注意避免固定端鋼絞線生銹及附著泥土，避免影響鋼絞線之錨碇。

(三) PC 鋼絞線置入孔中工程

鑽孔完成後，為了要將孔中之殘泥完全的洗出孔外，所以在必要時須用清水洗孔或在插入 PC 鋼線前，須先插入水管、注入清水、確認孔中完全洗淨時，再插入 PC 鋼絞線。

(四) 拔取套管及灌漿作業

水泥漿配比

水泥	水	水灰比±5%
100kg	50kg	50%

(五) 養生

養生時間通常為 7-10 天，水泥漿強度須達 180kg /cm²。地錨孔內注入水泥漿後，須達到所須強度時，方可用油壓機及千斤頂將地錨鎖定於設計荷重。

(六) 施預力

養生完成後，開始進行施預力，施預力分六階段施拉，由 0.2TW→

0.50TW→0.75TW→1.00TW→1.10TW →1.20TW→錨固

(七) 廢孔認定及處理

如地錨施預力結果無法達到設計要求或伸長量超過要求值，即視為廢孔，並於原地錨孔旁重新施作一支並須達到設計要求。

(八) PC 鋼線之管理

PC 鋼絞線應依 CNS 3332 G3073 之規定，其規格品（製造廠之出廠證明），根據試驗其品質在出廠時均應符合規範之規定。在 PC 鋼絞線切斷時，應使用鋼絞線切斷機切斷，如用瓦斯切斷時，在切斷面部份之 15-20MM 之範圍內，由於受熱影響，將使 PC 鋼絞線之鋼性變化，而導致強度不足現象。

在 PC 鋼線的保管上，須注意不要使髒油脂附著於上，不要使用鋼材覆蓋其上，應使用帆布等覆蓋保護避免與雨水接觸而生銹。應注意在打設完成之後及施預力完成錨碇後其露出土面之 PC 鋼線保護。由於使用瓦斯或電焊時，所引起的火花，會引起 PC 鋼線之強度降低的情形，因此在架設橫檔或安裝錨碇附件時，要直接往焊接之材料上焊接，還有須注意不要將 PC 鋼線當成焊接時之導地線使用。

§ 使用之 PC 鋼線規格 §

使用 PC 鋼線由 ϕ 12.7MM 8 股鋼線之規格及性能如下：

極限拉力 $p_u=18,700\text{kg}$

降伏點荷重 $p_y=15,900\text{kg}$

斷面積 $A=98,71\text{mm}^2$

重量 $W=774\text{kg/km}$

彈性係數 $E_s=1900000\text{kg/cm}^2$

※ 錨碇器管理

錨碇工具係使用夾片、承壓板及錨頭。鋼鍵是由多條 PC 鋼線組成乙組，以同時施預力之方式將預力錨碇於錨頭，夾片及承壓板上，在錨頭之圓錐狀之空孔，是為了配合 PC 鋼線數目，而使夾片能分條將 PC 鋼線夾在圓錐孔中，使 PC 鋼線不產生滑動。夾片為 3 片式，目的在於能將 PC 鋼線所傳達之力量確實地傳達至構造物上所用之鋼板。錨碇方法是由千斤頂利用握線器、而對數條 PC 鋼線同時施以預力(p)、握線器於開始時會有些許滑動、而導致伸長量增加、由千斤頂繼續施以拉力、直至到達設計荷重時錨碇。

由於錨頭與承壓板在預力到達鎖定時、仍有些許空隙、若預力損失過大時則須再一次施預力、以達設計要求。

※ 施預力報告將附於完工報告上

錨頭 e 8 孔以上之錨頭

材質 e 碳鋼 (S45C)

JIS G4051

夾片 e ϕ 12.7MM 用
材質 e 合金 (SNM23)

※ 承壓板

材質 e 一般鋼材 (SS41)
JIS S3101
千斤頂 e 120T 以上

施預力為地錨施工上之最重要一環、且均以人力進行之故、所以現場工程師於施預力時務必在場、以避免錯誤產生。

(九) 各種試驗地錨的管理：

e 適用性地錨試驗不應包含在確認試驗中

1. 用性試驗後的整理項目

地錨拉力試驗的結果表
荷重—伸長量曲線

2. 確認試驗之整理項目

地錨設計荷重確認結果表
荷重—伸長量曲線

(註) 地錨的錨碇是要和以上試驗同時進行、並確認能滿足設計值要求之後，方可進行錨碇。

(十) 適用性試驗

適用性試驗是為了決定施工的地錨，根據拉拔試驗及土質鑽探資料及其他資料而作的試驗，將達到設計地錨荷重（設計拉力）的 2 倍荷重，計劃為最大荷重，進行反覆荷重可看出地錨之變形特性，為了確認設計拉力及施工之安全性而做的實驗。但是極限荷重不可超過鋼絞線之 0.9PY。

(十) 驗收試驗

一)

驗收試驗目地在於對於工程中所有地錨進行驗收，驗收依規定所有地錨之荷重均能符合設計之地錨荷重（設計拉力 T）之載重，以確保工程之安全。

1. 最大載重荷重 (P) 設計荷重—T=P (TON)

2. 施力方法

PO 0.2P 0.5P 0.75P 1.0P 1.2P 1.0P (錨固)

3. 測定時間 2 分鐘、2 分鐘、2 分鐘、2 分鐘、15 分鐘

五、重力式擋土牆：

包括下層河床導流堤，分上、下兩層施工，W1A 總長：137.2M，高度：

7M。W2A 總長度：157.6M，高度 8M。

肆、施工中遭遇困難與問題之解決

本工程施工中路面仍須開放通車，因在溪頭觀光地區，經常豪雨（地形雨）不斷，大型遊覽車及部份重型車經過，每逢假日均大排長龍，導致路面下陷龜裂約 3CM-5CM 寬，為免路面繼續下陷、龜裂、採取下列緊急措施：

- 一、下陷龜裂處灌注水泥砂漿，將縫隙填高於路面。
- 二、禁止車輛碾壓（以混凝土護欄圍住）
- 三、嚴禁路面水流入龜裂處
- 四、觀察裂縫是否繼續擴大
- 五、土釘工程鑽孔時採用間隔鑽孔方式施工，並馬上埋設鋼棒同時進行灌漿工作。

經過上述之處理路面不再下陷且裂縫不再擴大，本工程已趨於穩定狀態。

伍、檢討與結論

本工程於八十八年四月十七日完工，同年遭逢九二一集集大地震，經勘查結果，均完好無缺，實勘認定為一高邊坡穩定工程之成功案例。唯本工程委託工程顧問公司設計後，於施工時發現坡面地形、坡度與實際有所出入，經多次與顧問公司赴工地現場實地勘查並作修正變更，致使進度延宕多時，對承包商、用路人及本局均造成莫大之成本付出，為美中不足之事。