

# 921 大地震台 21 線 138k 與 141k 災害原因分析及修復

張玄政

## 壹、前言

新中橫公路全線於民國 80 年通車至今已 9 年餘，本路線位於玉山山脈與阿里山山脈之間，由南投縣水里鄉（台 21 線 83k）至塔塔加鞍部（台 21 線 151K 亦即台 18 線 95K 銜接處）往阿里山全長 68 公里，大部分路段係沿山壁開鑿，其中 141k+600、138k+500、127k+600 形成上線、中線、下線「之」字型態勢，9 年來歷經無數次颱風、地震洗禮，（尤以 85 年賀伯颱風單日降雨量達 2000 公釐為最大），均未造成重大損害，豈料 88 年 7 月豪雨及同年 921 集集大地震卻造成 138k+500 處路基缺口，141k+600 邊坡滑動，交通阻斷。

## 貳、地質現況

本路段位於神木村東方，塔塔加鞍部北方，公路沿東埔山關建，路線所經地層為沉積岩區之南莊層及和社層，屬第三世紀中新世未變質沉積岩，以深灰色頁岩或砂頁岩石層為主，岩層破碎且節理發達，路段大部份為順向坡。

## 參、災害狀況及搶修

88 年 7 月之豪雨使得 138k+500 上邊坡（亦為 141k+600 下邊坡）土石坍塌擋土護坡損壞，其下邊坡擋土牆亦損壞，造成路基下陷形成路基缺口，交通阻斷，工務段暫以預拌混凝土拍漿方式鋪於路面，避免雨水及地下水滲入路基擴大災情，並維持通車。而 141k+600 處路基下陷適為 138k+500 上邊坡之坍塌，採取回填再加封路面瀝青混凝土，維持交通。921 集集大地震發生後，138k+500 處上邊坡再度崩落大量土石，留下破碎岩面，變成危石，幸路面並未損壞。同時 141k+600 下邊坡擋土牆基腳裸露，路面又下陷，只得再加封瀝青混凝土，維持交通順暢。

## 肆、地滑災害原因之推定及探討

本路段路線行經受斷層強烈擾動之南莊岩層，邊坡地質破碎，地表覆蓋土層大部份為嘉義～玉山工程處公路關建時之棄土，該棄土場位於 141k+600 下邊坡當初僅以鐵絲網蛇籠保護，惟經年累月風吹日曬雨淋造成鐵絲網腐蝕斷裂，無法承受巨大土壓力，遇雨則土石沿山溝淤積至 138k+500 處，加以

141k+500 處之涵管亦匯集上邊坡及其上方 141k+600 處之雨水，集中至同一點，災害從此不斷。86 年 7 月豪雨災害時 138k+500 上邊坡土石（即棄土場部分）遭沖刷，曾施做擋土牆護坡並設鋼軌樁及廢輪胎以為防護，但因上方棄土場之土石已鬆動，仍無法抵擋豪雨的衝擊。災害成因都屬靜態水壓上升有效應力降低，伴隨剪力遞減，增加側向壓力及土重，另地下水流產生滲流壓力，均大大降低有效應力及剪力強度，因此造成 138k+500 上邊坡滑動、路基流失及下邊坡擋土牆沖毀。88 年 9 月 21 日集集大地震，更增加上線下滑的驅動力，再次造成大量土石崩落，擋土牆基礎裸露，且餘震不斷災害持續擴大。

## 伍、復建對策及工法之選定

本路段並無替代道路，針對此次災害復建對策，擬有幾項方案，以不影響交通之維持為第一要件，復建時效必須迅速。

### 一、138k+500 處復建對策及優缺點比較

方案	復建內容	優點	缺點
一	新建明隧道跨越長約 100m	一勞永逸	經費龐大
二	築鋼橋跨越長約 80m	可成為造型優美鋼構橋，增添新中橫公路景觀美點。	鋼橋材料需訂作，耗費時日影響修復時機。 下部結構施工時會影響交通維持。
三	施做 RC 擋土牆並施做預力地錨	容易維持交通且符合經濟效益。	RC 擋土牆基礎仍有繼續淘刷之虞，須再加強山溝整治。

災害經評估後採用方案三復建方式辦理本工程。

另 141k+600 處路基下陷於原擋土牆下邊坡，依現有坡度亦施做 RC 擋土牆並施拉預力地錨，基礎部分以 51mm  $\phi$  自鑽式灌漿微型樁加強，取代鋼軌樁無法打入堅硬岩層之困擾。

### 二、復建工法

#### (一) 路基部份

## 路基岩錨擋土牆

138k+500 處路基，上邊坡施做擋土牆護坡牆面並採用 5cm\*5cm 壓條，施做 45cm\*45cm 方格造型牆面，下邊坡施做 RC 擋土牆並施拉預力地錨（深度平均 12m，間距 2.75m，設計拉力 60t）。可深入滑動層，錨碇於較佳之岩層，穩定路基及增加上半部崩積土層之滑動抗力。

141k+600 處係於原擋土牆下邊坡施做 RC 擋土牆並施拉預力地錨（深度平均 12m，間距 2.75m，設計拉力 60t），並依現有坡面開挖基礎後施做自鑽式 51mm  $\phi$  灌漿微型樁（每支長=6m），深入滑動層。

### 1. 自鑽式灌漿微型樁工法（詳單價分析表二）

自鑽式灌漿微型樁本身即為鑽桿，鑽設前鑽桿裝上鑽頭，利用鑽機將鑽桿依設計長度，分段接續貫入後，直接由錨桿內注入水泥漿，使錨桿完全錨碇在地層中。

灌漿採水泥漿時其水灰比在 0.4 至 0.55 之間，錨桿之鑽孔長度應達規定長度，孔內所有浮土、岩屑應利用鑽機之水力或空壓清理乾淨，灌漿時灌漿材料從錨桿底部開始灌注，朝下灌注，待水泥漿灌滿孔流出後，始完成灌漿程序，直接與擋土牆基礎鋼筋搭接後一體成型。

自鑽式灌漿微型樁應符合以下規範要求標準：

#### 錨桿

※ 材質應符合 DIN EN 10083-1，28Mn 或 DIN2448 ST 52.0 或 DIN 17124 STE 460 或 SAE J1397 UNS NO.G1540 之高抗張力無縫鋼管，標稱外徑 51mm  $\phi$ ，抗拉破壞強度（最少）690N/mm<sup>2</sup> 降伏荷重 450KN 以上。

接續用連接桿除與桿身具相同材質外，應有自動止鎖密結合。

#### 錨頭

※ 材質應為合金鋼鑄造。

錨頭為耐磨鑽頭，規格適合各種地質所需並預留漿孔供漿液

出孔。

### **錨帽**

※ 材質應符合 CNS 3128 規定。

## **2. 預力地錨工法**

地錨施工中，其鑽孔方法、孔壁清除，鋼鍵安裝、灌漿及上述四者之施工時間都可能影響到地錨之錨碇力，應特別注意。茲說明如下：

### **施工準備**

※ 施工前應依施工計畫及施工進度，使用材料、施工場地和其他相關設施，如給水、用電、灌漿、鋼鍵組立、鑽孔泥水收集處理及材料貯存等。

### **鑽孔**

※ 鑽孔應按地盤條件及地錨設計要求，選擇適當之鑽孔方法，以滿足設計圖說所規定之孔徑、深度和方位，並使該地層之錨碇力充分發揮。

◎ 鑽機可採用任何型式，其鑽頭口徑應依有效孔徑、施工性、經濟性、預力鋼鍵之保護層厚度等予以決定。

◎ 鑽孔應採用不擾亂孔壁周圍地層方式進行，如遇易崩坍地層，應打設套管，以保護孔壁。

◎ 鑽孔用循環水應用清水為原則，不得使用污水或添加對地錨錨碇強度有不良影響之藥液。

◎ 鑽孔進行中，如遇岩盤破碎、裂縫、地下湧水等情形，承包商應按工程司指示先行灌漿妥善處理後重新鑽孔。

### **清孔**

※ 鑽孔完成後，應清洗附著於孔壁之殘渣，以免影響地錨錨碇力。

### **鋼鍵組力**

※ 鋼鍵除應按設計圖示之抗張材數目、自由段、錨碇長度以及防蝕規定等組立外，尚需預留適當抗張材長度以供施預力之

用。

◎ 封漿器應確實填塞止水材料，以免漿液流入自由段護管內。

◎ 鋼鍵組立應使用適當之中心器及間隔器每 2~2.5m 裝上，以確保抗張材間有足夠之保護層及適當間距。

◎ 鋼鍵抗張材之裁切以機械切割為原則，以免損其材質。

### **鋼鍵安裝**

鋼鍵應以穩定之速率推入孔中，並加以固定直至主要灌漿液硬固為止。

### **主要灌漿**

※ 地錨主要灌漿之目的在形成錨碇段，其主要步驟為攪拌與注入。

◎ 灌漿須從鑽孔最低處開始，孔內之水及空氣應確實排出。

◎ 每一階段之灌漿應一次且不中斷完成。

◎ 加壓灌漿時，其壓力不得過高，以免破壞地層或鄰近結構物。

◎ 灌漿時，應視需要自地錨孔口採取迴漿，製作適量之試體，進行強度試驗以確保品質無虞。

◎ 灌漿作業時，應將灌漿設備、灌漿材料配比（水灰比在 0.4~0.55）、灌漿壓力及注入量予以記錄。

### **預力施拉**

※ 預力施拉之目的，在拉伸抗張材使之產生預力並將地錨鎖定於鎖定荷重。

◎ 預力施拉應使用校正之電動油壓幫浦及千斤頂進行。

◎ 地錨需經驗收試驗確認，合格後才予以鎖定。

◎ 預力施拉過程中所施加之拉力、變位量及對應時間均應記錄。

### **二次灌漿（自由段灌漿）**

※ 預力鋼鍵施預力完成經檢查合格後實施自由段灌漿。

- ◎ 如護管內鋼鍵以灌漿方式防蝕者，應先行灌滿鋼鍵與護管間空隙後，再行灌注護管與孔壁間空隙。如鋼鍵以其他方式防蝕則僅灌滿護管與孔壁間空隙即可。

### 錨頭處理

- (1) 錨頭處理抗張材之切除以機械切割為原則以免損及材質。
- (2) 地錨施預力完成後應進行二次灌漿，以免自由段抗張材腐蝕。
- (3) 地錨之孔口應於鋪設承壓板之前妥善處理，以防鏽蝕。
- (4) 地錨錨頭應加防鏽處理，以防錨頭生鏽失去功能。

### 維護

- (1) 地錨於其使用期間必須定期檢查，以維護正常功能。
- (2) 地錨及使用地錨之結構如其周圍有發現異狀時，即應就量測結果進行檢討。必要時，可以再施拉拉力釋放及增加地錨數量等方式處理。
- (3) 地錨錨頭部份應加以妥善保護，不得使其受損。

## (二) 排水工程

### 1. 路面排水工程

對於山溝及坡面逕流，配合水土保持工程在坡頂及坡面設置截水溝，並在道路靠山壁側設置排水溝及穿越道路之橫向鍍鋅格柵板蓋板排水溝，以利淤積土石之清除，避免影響排水功能。

### 2. 坡面排水功能

災區外圍匯流排除：於災區外緣構築「截洩溝」配合「消能池」設施將坡面水截流不使滲入破裂之地層中，經消能後導入道路邊溝放流。

災區坡面整流：坡面分段構築「橫向截洩溝」攔截坡面逕流，減少植生初期之沖刷及滲入土層，匯流後導入「縱向截洩溝」配合「消能池」設施，導入道路邊溝放流。

### 3. 水土保持部份

本路段地質岩性鬆軟，且覆蓋新生土石大量流失，水土保持防災計畫應配合整體治山防洪措施始為治本之道，當前僅能就受災坡面配合道路復建之迫切性初步之災害防止。

### 人工整坡

由於坡面坍塌後造成土石鬆動，必須先削除危石、清除殘土石屑，以利掛網及植生等後續之水土保持作業，以及施工期間人員安全。

### 上邊坡型框植生護坡

由於岩裂發達，浮屑不穩，坡面粗糙度大，非表層植被所能克服，故採以土木結構與『型框植生護坡工法』〔本工法於台 21 線 107k+200 上邊坡，109k+500 上邊坡，132k+500 上邊坡，134k+200 上邊坡……等施做經本次 921 集集大地震洗禮大都未損壞成效不錯〕。

## 陸、復建經費

本路段由於先受 88 年 7 月份豪雨肆虐繼受同年 921 集集大地震災害衝擊，且餘震持續擴大災情，經核算結果計需修復經費六仟餘萬元（詳復建經費表）。

【復建經費表】

88 年 7 月豪雨災害 138k+500 路基流失便道搶修部份				
工程項目	單位	單價	數量	總（仟元）價
機械挖土石方	m3	108	3291	355
鋪壓 40cm 厚碎石級配料	m3	450	215	97
280kg/cm2 預拌混凝土	m3	1820	155	282
零星工程	式		1	247
合計				981

141k+600 下邊坡部份				
工程項目	單位	單價	數量	總（仟元）價
51mm $\phi$ 自鑽式灌漿微型樁	支	11550	42	485
RC 擋土牆	m2	4500	833	3749

預力地錨	m	3646	902	3289
型框植生護坡	m <sup>2</sup>	1001	6998	7005
截洩溝	m	621	492	306
紐澤西護欄	m	1500	154	231
零星工程	式		1	1848
合計				33493

138k+500 上邊坡部份				
工程項目	單位	單價	數量	總(千元)價
人工整坡	m <sup>3</sup>	160	1405	225
型框植生	m <sup>2</sup>	1012	12372	12520
截洩溝	m	560	1314	736
零星工程	式		1	3637
合計				17118

138k+500 路基部份				
工程項目	單位	單價	數量	總(千元)價
路基上方擋土牆	m <sup>2</sup>	2000	250	500
路基下方擋土牆	m <sup>2</sup>	4500	650	2925
預力地錨	m	3464	734	2676
紐澤西護欄	m	1500	190	285
鋪設密級配瀝青混凝土	t	1100	237	261
便道設施及維持費	式		1	137
零星工程	式			2495
合計				9279
總計				60871

## 柒、結論

邊坡地滑的整治，事前的地質及水文調查分析固然不可缺少，但是在諸多整治工法的選用上，仍應因地制宜。



本次復建工程，上邊坡型框植生護坡，在賀伯颱風及 921 集集大地震災害前引進使用於新中橫公路邊坡災害修復之案例，經歷此兩次空前天然災害都未受損，證實適用於本路段之地質。另下邊坡岩錨擋土牆在台 21 線 107k 及 109k 賀伯風災復建時採用，歷 921 集集大地震災害之擾動下亦都未受損。本路段災害處理遂結合兩者應用於此次滑動之大面積之坍滑整治，成功案例在前，益增信心。

## 參考文獻

1. 內政部營建署玉山國家公園管理處(1994)：「玉山國家公園（第二次通盤檢討）計畫第二章第三節地質土壤 第 2-8 頁~第 2-14 頁」
2. 中國土木水利工程學會「地錨設計與施工準則暨解說」
3. 張明富(1999)：「自鑽式灌漿岩栓施工說明」，弘浚國際企業有限公司
4. 鐘弘遠(1992)：「坡地開發、水土保持植生工程設計要覽」，地景企業公司
5. 顏召宜(1998)：岩盤工程研討會論文集「臨河邊坡地滑整治之實例探討－以賀伯風災新中橫公路台 21 線 107k 復建工程為例」
6. 施國欽(1999)三版：大地工程學（二）文笙書局
7. 大屋準三著 崔征國譯(1992)：圖解新擋土計畫 詹式書局
8. 臺灣省交通處公路局(1997)：公路工程施工說明書 第七章 擋土牆工程（P207~P243）

## 附錄

格柵版排水溝蓋板單價分析表（一）

工程名稱	單位	單價	工料名稱	單位	數量	單價	總價	附註
格柵板排水溝蓋板	m	4113	熱浸鍍鋅格板	Kg	82.5	45	3712.5	含框座及附件
			裝置、搬運及雜項	式	1		400	
			小計				4112.5 4113	

格柵版排水溝蓋板單價分析表（一）

工程名稱	單位	單價	工料名稱	單位	數量	單價	總價	附註
51mm $\phi$ 自鑽氏岩栓 (微型樁)	支	11550	鑽堡	時	0.65	3750	2437.50	
每支長以 6m 計			錨桿、鑽頭、螺帽 (含連接器)	支	1	7523	7523	
			清孔及供水設施	式	1	60	60	
			空氣壓縮機	時	0.65	600	390	
			水泥灌漿費	M3	0.05	700	35	
			施工架及零星材料 (含搭接及損耗)	式	1	500	500	
			領班	時	0.32	720	230.4	
			鑽岩機作業手	時	0.27	720	194.4	
			大工	時	0.32	560	179.2	
			小計				11549.9 $\div$ 11550	