

921 大地震台 21 線新中橫公路邊坡水土保持工法 在地震後的觀察與檢討

撰寫人：顏召宜

壹、前言

台 21 線新中橫公路於民國 69 年~77 年間闢建，自南投縣水里鄉頂崁村至信義鄉塔塔加，全長 71 公里，再連接台 18 線至阿里山。公路前段(頂崁~神木)約 34 公里，大致沿陳有蘭溪水系而建，後段(神木~塔塔加)約 45 公里，則繞行同富山及東埔山興建，沿線多斷層、褶皺等，地質極為破碎，公路闢建後之邊坡更顯得鬆動而極不穩定。故自通車以來邊坡崩坍災害頻仍，絕大多數均為颱風豪雨所造成，尤以 85 年 7 月 31 日之賀伯颱風豪雨造成沿線橋樑、路基及邊坡嚴重災害，其搶修及復建經費即達 4 億元。也因為邊坡災害的不斷發生，本路段所使用之水土保持工法亦是多樣化，且各有其成效。及至 86 年底賀伯風災復建完成，沿線邊坡已呈現較穩定之局面。然而，88 年 9 月 21 日凌晨 1 時 47 分發生了芮氏規模 7.3 的大地震，震央距本路段起點僅約 6 公里，再度為本路段帶來嚴重災情，沿線邊坡大量崩坍，原已完成水土保持復建之坡面受到嚴厲的考驗。本文即是對沿線水土保持工法於震災後所做的觀察與探討。

貳、新中橫公路沿線的地形及地質概況

台 21 線新中橫公路自頂崁(80K)至筆石(99K)段，係沿陳有蘭溪右岸依原有產業道路拓建，本段地層屬古第三紀之板岩層，其組成主要為板岩、硬頁岩、變質砂岩與石英岩。由筆石(99K)經和社(106K)至神木(114K)段，分別沿陳有蘭溪及和社溪左岸興建，沿途地層屬未變質之新第三紀沈積岩，其組成主要為頁岩、砂岩及砂頁岩互層。此段公路西側有一平行之和社背斜，再加以陳有蘭溪逆斷層，以致沿線山坡地質極為破碎。

神木(114K)至塔塔加(151K)段則是繞行同富山東側及東埔山西側闢建，沿線地層屬南莊層，其組成主要為青灰色細料砂岩、暗灰色頁岩及砂頁岩互層。由於途經神木斷層、十八折坑斷層及無數小斷層、褶皺等，故坡面岩體極為破碎不穩。

參、沿線邊坡水土保持工程概況

本公路開闢時期對於較易坍滑之不穩定邊坡，除坡腳採用重力式擋土牆外，還使用了(一)蛇籠擋土牆(二)覆草蓆坡面植生等。通車後由於颱風、豪雨經常造成邊坡坍方災害，在歷次搶修復建工程中又陸續使用了多種水土保持工法，包括：

- 一、坡面噴漿對於節理發達或風化岩層無法植生之坡面，施以單純之水泥噴漿處理，或中間加設鋼絲網及固定錨釘，可減緩岩坡表面風化的持續進行，固結

鬆散的浮石，防止落石的發生。

- 二、型框植生護坡係於凹凸坡面鋪上立體鐵絲網後設置鋼筋並打入錨釘固定，沿鋼筋噴水泥砂漿形成格框，以短矩形框之結構，使鬆散之土體、岩塊不致鬆離崩落，減少連鎖性受蝕。再於框內藉噴植生基材混以草木種籽，達到綠化坡地，保育水土之功能。
- 三、立體網層植生護坡在坡度較緩之崩積土層上鋪設立體鐵絲網，再噴以植生基材混合草木種籽，防止裸坡表面殘土浮石流失，並達到綠化之功效。
- 四、預力地錨擋土牆於具有潛在性地滑之坡面中段或坡趾，構建 RC 擋土牆並鑽埋抗張材（如鋼鍵、鋼絞索、鋼棒等），穿越滑動面之一側設置錨碇段，藉由對抗張材施以預力並傳遞至穩定地層，增加坡面滑動之抗力，阻止地滑之發生。
- 五、H 型混凝土塊擋土牆以 H 型混凝土塊交互堆疊成擋土牆，具有柔性結構之優點，容許較大變形及不均勻沈陷，對局部坍滑坡面之穩定效果良好。
- 六、土工格網加勁擋土牆在高填方土體內，埋設加勁材料（如土工格網，土工織布，金屬片等），以改善土壤之物理性質，防止土體崩滑之工法。

各種水土保持工法均因地制宜，分別使用於不同形式之坍方坡面，在爾後歷次豪雨的考驗下，都發揮了穩定坡面之功效。

肆、強震後之觀察

921 集集大地震在本路段起點之水里國小測得之震度為 6 級，垂直加速度 171gal，水平加速度東西向為 440gal，南北向為 302gal。阿里山測得之震度為 5 級。且至 88 年 9 月 26 日止，南投縣內發生大於芮氏規模 5.5 的餘震即達 12 次，其中震央沿陳有蘭溪斷層者有 3 處，規模分別達 6.4、5.7、5.5 不等（中央氣象局,1998）。

縱觀本次震災崩坍之坡面，幾乎全都是歷年颱風豪雨未曾發生災害之邊坡。令人感興趣的是歷年豪雨災害使用水土保持工法復建之邊坡，在此次地震中幾無損壞之現象，舉數例說明：

案例一

地點：台 21 線 80K+700

工法：型框植生護坡

說明：該坡面地質為卵礫石層，其特性為坡度甚陡峭仍能維持穩定，惟遇雨易發生落石，87 年間豪雨引發大量落石，即以水泥型框植生工法復建，水保及綠化效果良好，此次地震中未受損。但其相鄰之自然坡面，卻因地震而發生崩坍之現象。

案例二

地點：台 21 線 82K+800 龍神橋頭

工法：坡面噴漿（未掛網）

說明：該處自公路通車後即不斷發生落石事件，經常造成交通阻斷。養護工務段於面向公路側之邊坡以噴漿不掛網方式處理。此次地震卻造成面向河流側未經處理之坡面岩石大量坍塌，部份相鄰之噴漿穩定坡面亦遭擊損。

案例三

地點：台 21 線 81K+500 及 83K+400

工法：鐵絲蛇籠護坡

說明：高度不高之鐵絲蛇籠擋土牆，雖能穩定坡腳的局部滑動，卻無法阻擋坡頂因地震搖動崩落之岩石，再加以鐵絲老舊銹蝕，易因落石撞擊或水平震力導致斷裂，造成卵石外漏之情形。

案例四

地點：台 21 線 84K+800

工法：型框植生護坡

說明：該處邊坡為破碎之崩積土層，原有茅草及小灌木生長，坡頂有人為開墾種植，87 年間豪雨坡面崩坍，以水泥型框植生復建，成效良好，本次地震中並未受損。但相鄰之原有自然坡面，卻因地震造成土表之淺層崩坍。

案例五

地點：台 21 線 107K+600

工法：上邊坡水泥型框植生、路基地錨擋土牆、下邊坡立體網層植生護坡

說明：該處邊坡於 85 年賀伯颱風豪雨發生大規模地滑，路基流失，經採用上述三種工法整治，並歷經溫妮、瑞伯等颱風豪雨，證實成效良好。此次地震中亦未受損。然於相鄰不及百公尺之自然邊坡，於地震中發生表層崩坍災害，連著生之竹叢亦一併滑落，造成交通阻斷。

案例六

地點：台 21 線 110K+400

工法：型框植生護坡

說明：該處邊坡為極度風化破碎之砂岩夾頁岩地質，完工已數年之水泥型框植生護坡於地震中絲毫未受損害。相鄰約百公尺之自然坡面則因地震而造成表層鬆碎土石的大量崩落。

案例七

地點：台 21 線 113K+100

工法：掛網噴凝土

說明：照片中右側邊坡於 85 年賀伯風災發生崩坍，採掛網噴凝土修復成效良好，唯本次地震引發更上方岩塊崩落，擊毀部份噴凝土坡面。左側邊坡則為未經噴凝土處理之新崩坍坡面。

案例八

地點：台 21 線 121K+550

工法：型框植生護坡

說明：該處邊坡為風化破碎之崩積土層，87 年間以水泥型框植生完成局部災害之復建，惟此次地震引發更大面積之淺層坍滑，原有型框工程部份崩落，部份則被上方崩落土石覆蓋。

案例九

地點：台 21 線 134K+300

工法：型框植生護坡

說明：該處邊坡為風化頁岩地質，照片左側未經保護之坡面，在地震中有崩落之現象，右側型框植生坡面則未受損害。

案例十

地點：台 21 線 139K+400

工法：H 型混凝土塊擋土牆

說明：該擋土牆於 81 年間建造，歷經 83 年道格颱風及 85 年賀伯颱風，均驗證其效果。本次地震亦顯現此柔性結構在強震下之適用性。

案例十一

地點：台 21 線 139K+500

工法：地工格網加勁擋土牆

說明：該擋土牆亦於 81 年前後構築，目前其表面已密生茅草，且歷經 83 年道格颱風及 85 年賀伯颱風，僅外露之格網有風化剝落之現象。此次地震後再度觀察，亦顯現其耐震性。

伍、檢討與建議

縱觀本次地震造成台 21 線新中橫公路邊坡崩坍之災害，絕大多數均為落石型態之邊坡災害，僅有小部份為淺層地滑。

地質原已極為破碎之公路邊坡，長期受雨水侵蝕，使得地表土壤及細小砂石流失，坡頂較大岩石裸露鬆動，在強震的搖撼之下會引發大量岩石的鬆脫，沿坡面滾落或彈跳，並撞擊坡面上其餘鬆動之土石，造成大面積崩坍。此一機制較不會由颱風豪雨所引發，這也正說明了為何在賀伯颱風坍方較不嚴重的國家公園路段（監工站 126K~塔塔加 151K），卻在本次地震中發生大規模的崩坍。也因為坍方路段在國家公園範圍內，無法就地棄土（雖有緊急命令，亦不忍傷及林木），只好一車車遠運覓地傾倒，這也是本路段災害搶修耗時的主要原因。

水土保持工法中使用的噴漿（不論掛網與否）及掛網植生護坡，除了在豪雨

中有穩定坡面土石的效果之外，其將破碎之土石彼此固結之作用，亦克服了因地震力造成土石崩落之機制。若能對於較鬆碎之崩積土質坡面，加長金屬網錨釘之深度，應可減少因地震鬆動之機率，並可防止淺層地滑的發生。

柔性擋土設施在本次的強震中，充分表現其吸收較小地震力之特性，應可在邊坡水土保持及坡趾穩定上廣為使用。惟鐵絲蛇籠之鐵絲銹蝕問題，應做定期的觀察，適時予以補強（如噴凝土包覆）。

參考文獻

- 一、廖志中(1998)，“瑞里地震道路邊坡災害之觀察與檢討”，1988 瑞里地震災害調查研討會論文集。
- 二、林慶偉(1996)，“南投縣和社地區崩塌地發育之地質影響因子”，土工技術，第 57 期。
- 三、李錫堤(1996)，“從地形學的觀點看陳有蘭溪的賀伯風災”，土工技術，第 57 期。
- 四、顏召宜(1998)，“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 為例”，1998 岩盤工程研討會論文集。
- 五、王榮棻(1999)，“新中橫公路台 21 線 139 公里迴頭彎段採行 H 型擋土牆穩定工法之評估”。
- 六、台灣公路工程，第 25 卷，第八,九期。
- 七、1990 道路工程技術系列研習會講義，第六次：加勁土壤結構工程之設計與施工專題。
- 八、1994，U.S. Federal Highway Administration， “Rockfall Harzard Mitigation Method”。