

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 新中橫公路邊坡破壞機制及防治之研究

### Remedial Study for Slope Failures along the New East-West Cross Highway

計畫編號：NSC 87-2116-M-002-026

執行期間：86年8月1日至87年7月31日

主持人：陳榮河 國立臺灣大學土木工程學研究所

#### 一、中文摘要

新中橫公路為本省著名之景觀道路，其沿線由於地形、地質、水文等自然環境特殊，加上近年來公路興築、墾殖等人為開發，使得公路常易於颱風豪雨季節時，發生坍方、落石、土石流等邊坡破壞，不僅造成公路交通受阻，更造成了人民與財產的損失。

根據調查台 21 線段沿線 78 處坡地破壞地點與 25 處土石流發生地點之結果，得知本區域坡地破壞及土石流發生之特性。經進一步探討，發現坡地破壞之可能原因主要為植生狀況、地質因素(岩性、地質構造、崩積層)、雨量、人為開發、自然風化等；而土石流發生之可能原因主要為水文因素(雨量、集水區面積)、溪谷坡度、地質因素、人為開發與利用、公路興建、崩塌地等。這些影響因素發生的頻率均以統計表列出，提供參考。

**關鍵詞：**邊坡破壞、調查、新中橫公路

#### Abstract

The New East-West Cross Highway is a famous scenic road in Taiwan. However, due to its specific unfavorable nature of topology, geology, hydrology, as well as road construction and reclamation made in recent years, its vicinities has suffered many landslides, rockfalls, and debris flows during Typhoon seasons or in heavy rainfall days. The disasters not only broke down traffic but also caused many deaths and property loss. Hence, the remedial study is very importance.

According to the reconnaissance on Tai-21 route of this highway, there were seventy-eight landslide and twenty-five debris flow locations selected for investigation. By looking into more details, the failure types and causes were identified. From this study, the influence factors can be summarized that include vegetation conditions, geological conditions (rock property, geological structure, and colluvial deposit), precipitation, man activities, natural weathering, etc. On the other hand, the causes to debris flows include hydrological conditions (precipitation, catchment area), river bed slope, geological factors, man activities, road constructions, old landslide, etc. The occurrence of these factors is presented by percentage in tables for reference.

**Keywords：**Slope Failures, Investigation, New East-West Cross Highway

#### 二、緣由與目的

新中橫公路是通往玉山國家公園與阿里山風景區的著名景觀公路，亦是南投與嘉義兩縣市的重要運輸道路，然而由於地形陡峭、地質破碎、降雨強度超大等自然因素，及公路開發、濫墾等人為因素，因而每年颱風豪雨季節，道路沿線邊坡災害頻傳；例如賀伯颱風於民國 85 年 7 月 31 日至 8 月 1 日侵襲台灣，帶來罕見的豪雨，尤其是阿里山地區更是下了二百年重現週期的降雨〔1〕，以致造成新中橫公路沿線嚴重的災害。有鑑於此，遂研擬本專題研究計畫，於行政院國家科學委員會(國

科會)之支持下，期完成新中橫公路沿線邊坡破壞之調查。

本研究之主要目的為針對新中橫公路台 21 線段沿線邊坡之破壞，調查其型態、位置及範圍等，並初步研判災害發生與地形、地質、水文、植被、土地使用之關係；希藉由各邊坡災害調查與初步發生原因探討之結果，提供後續計畫研究各類型邊坡破壞之發生機制，並建立破壞之理論模式，以評估邊坡災害發生之可能性及適當之防治工法與設施，期能達成本區邊坡災害之整治，降低災害之擴大，及將危害減至最低之目標。

研究中應用一般坡地調查與土石流流域調查之原則，對公路沿線之邊坡破壞進行現場調查，並配合地形圖、地質圖等基本資料，比對各個邊坡破壞之地形、地質、水文、植生等資料，以建立邊坡破壞之基本資料庫，並進一步探討各類型邊坡破壞之可能原因。

### 三、結果與討論

#### (一) 調查結果

1. 透過地形圖、災害歷史等基本資料之收集與分析，並配合現場初勘，共選定了台 21 線段 78 處坡地破壞地點與 25 處土石流發生地點；如表一與表二所示。再根據一般坡地調查原則與土石流流域調查原則，特針對這些地點進行詳細的現場調查及圖面資料的判識，以收集各個邊坡破壞之地形、地質、水文、植生等詳細資料〔2〕。

2. 坡地崩塌特性包括：(1) 植生狀況- 崩塌地或裸露地分別佔全部之 32% 與 44%，植被稀疏的佔 40%，無植被的佔 23% 及裸岩佔 31%；(2) 地形方面- 坡度 45° 以上之破壞地點佔全部之 82%，主要集中在 45°~60° 間；(3) 地形動態作用- 主要為蝕溝、舊崩塌地、新崩塌地與岩石(裸岩)；(4) 地質方面- 地層主要以南港層(35%)及南莊層(54%)佔絕大部分；(5) 邊坡類型- 主要為老崩塌地(41%)與斜交坡(49%)，其它順向坡、逆向坡等類型，所佔石為主。

#### (二) 破壞原因探討

比例不高；(6) 土地利用方面- 與道路等土地利用有關之坡地破壞佔了全部之 33%；(7) 崩塌類型- 如表三所示，以岩屑滑落(44%)為最多，其次為落石(23%)，至於蝕溝沖蝕、弧形破壞及岩屑滑崩亦佔了不少比例；(8) 崩塌災害原因中則以坡趾開挖(74%)及雨量(73%)為坡地破壞的最主要原因。

3. 土石流發生特性包括：(1) 溪流長度- 主要集中於 1000 公尺至 3000 公尺間，約佔全部之 60%，未有 500 公尺以下之土石流發生例，而 6000 公尺以上之溪流所佔比例很低；(2) 集水區面積- 主要集中於 10 公頃至 200 公頃間，約佔全部之 52%，至於集水區面積 10 公頃以下則未有土石流發生例；(3) 有效集水區面積- 主要集中於 200 公頃內，約佔全部之 60%，未有 10 公頃以下之發生例，而 500 公頃以上之溪流所佔比例不高；(4) 溪床平均坡度- 主要集中於 15 度至 30 度之間，約佔全部之 72%，而溪床平均坡度在 10 度以下或 40 度以上，則未有土石流發生之例子；(5) 集水區形狀係數- 主要在 1.0 以下，而且幾乎集中於 0.1 至 0.5 間，約佔 88%，屬於狹長形集水區；(6) 地質種類- 包括沖積層、水長流層、白冷層、南港層、及南莊層，其中以水長流層及南港層各佔 32% 為最高；(7) 地質不利條件- 如表四所示，以崩積土或崖錐地形為最常見，在 25 處溪流中佔了 17 處(68%)，而風化土層發達者有 12 處，佔全部之 48%，較無膠結不良的情形出現；(8) 植生狀況- 以中等所佔比例最高(60%)，而植生稀疏亦佔了 32%，至於植生密集情況則較少有土石流發生例；(9) 土地使用狀況- 有人為土地使用的佔了 88%，其中以檳榔園、竹林及梅園等作物為最主要；(10) 土石流溪流之流域中有道路的佔了 64%，有崩塌地的則佔了全部的 80%；(11) 自水里至神和橋段，此段公路通過多處溪谷之下游，邊坡災害以土石流為主，多處的沖積扇與河階地亦是土石流發生的證據；而自神和橋至塔塔加鞍部，因道路邊坡陡峭，災害則以坍方及落

1. 植生具有涵養水源、防止地面沖蝕及防止淺層崩塌的功能，因此植生狀況不良將使得邊坡容易產生破壞，而崩塌的土石與被沖蝕的表土則成為土石流材料的來源，並且因植生不良而造成地表逕流的加大，更使得土石流發生的機會大增。由調查結果發現，坡地破壞地點之植生狀況多為稀疏甚至為裸露，而植生密集的溪谷則不易發生土石流。由於區域內公路沿線部分為高海拔路段，道路邊坡植生覆蓋較差，且植生演替緩慢，人工植生的坡面仍以草生地為主，使得植生護坡的效果不大。

2. 新中橫公路自水里至土場段出露的地層為古第三紀輕度變質岩，包括水長流層、白冷層、佳陽層、達見砂岩及十八重溪層，而自土場至塔塔加鞍部則為新第三紀沈積岩，包括南港層與南莊層；主要構造則包括陳有蘭溪斷層、沙里仙斷層、東埔斷層、神木斷層、十八折坑斷層、兒玉斷層等斷層，以及和社背斜、同富山向斜等褶皺〔3〕。受到這些地質構造的影響，使得本區之岩體異常的破碎，劈理、節理等不連續面相當發達，再加上沖積層、崩積層等組織鬆散且岩性脆弱的地層，均對邊坡的穩定性具負面影響。由於公路自土場後出露的地層為南港層與南莊層，其岩性主要為砂岩、頁岩或砂頁岩互層，當表層以厚層之頁岩為主時，因為頁岩較易風化，所以邊坡常有較厚之風化土層，容易產生弧形破壞；當厚層砂岩夾頁岩層、或厚層砂岩夾砂頁岩薄葉互層時，則因砂頁岩之差異侵蝕，易形成翻落型或落石型之破壞；而且由於頁岩透水性差，在砂頁岩的界面易形成一高孔隙水壓之界面，使岩體沿著砂頁岩層的界面產生滑動型破壞。

3. 本區除了陳有蘭溪兩側河谷地勢較為低平外，其餘地區之地形均非常陡峭，坍方、侵蝕等作用盛行，而公路沿線之溪谷由於具有高差大、坡降陡的特性，因而具備了土石流發生的基本條件。

4. 雨量是邊坡破壞的一大原因，由於本研究區域年雨量豐富，而且降雨多集

4. 建議適度限制人為的開發，尤其是防止濫墾、濫伐等超限利用的情形，並加強造林與護林的工作，應可有效減少邊坡災害

中於五至九月的梅雨及颱風季節，豪雨或暴雨帶來大量而集中的降雨，往往使得新中橫公路沿線柔腸寸斷，而由歷年來的災害紀錄及公路的修復紀錄，亦可發現無論是坍方、落石、土石流等邊坡破壞，均與豪雨及颱風有密切的關係。

5. 本區域多為高溫多濕的氣候，降雨集中於夏季，受到氣候、乾溼季交替及降雨之影響，加速了岩石節理的開裂與岩層的風化，而且公路的高海拔地區，溫差變化大更加速了風化的作用，甚至因氣溫較低而有凍融的現象；因此，本研究區域內自然風化作用的盛行，亦是造成邊坡破壞的原因之一。

6. 根據王鑫等人〔4〕比較新中橫公路施工前、施工中、完工後三個時期公路邊坡環境之結果，發現道路開挖工程對邊坡穩定及景觀的衝擊、破壞非常鉅大，其中尤其以公路 127km 至 146km 之大迴頭彎段最為嚴重；而且公路沿線人為的開發與利用，種植了各種的農作物並開闢了許多的道路，部分地區甚至因濫墾、濫伐而有土地超限利用的情形，這些人為的因素，不僅促使邊坡破壞的發生，更因而加大了災害的規模。

### (三) 建議

1. 老崩場地很容易再產生崩塌，而曾經發生土石流之野溪其再發生之機率亦非常高，因此，建議對仍未有防治工程或防治工程不足的情形，相關單位應優先加以防治或整治，以避免災害的再度發生。

2. 公路沿線若涵洞與橋樑有排水斷面不足的情形〔5〕，將使得土石流越過道路與橋樑，造成嚴重的災情，部分地區如豐丘、隆華國小、同富等地尚有涵洞過小的情況，建請相關單位能加以改善。

3. 房舍若興建於土石流可能泛濫的地區或沖積扇上，將造成嚴重的人員傷亡與財產損失，例如豐丘及神木村等地，因此，應在選定土石流危險溪流，並模擬可能之影響區域後，進行土石流危險區域之劃定，限制該危險區域內人為的使用，並進行土石流防治的作業。

並抑止災情的擴大。

#### 四、計畫成果自評

本研究計畫原歸畫為三年期，現已完成第一年的工作項目及預期成果：

- (1) 邊坡災害之類型、分布位置、及範圍的調查。
- (2) 初步研判災害發生與地形、地質、水文、植被、交通的關係。

本研究成果可提供相關單位作為災區整治的參考。

#### 五、參考文獻

- [1] 李錫堤、林銘郎、陳哲俊，*陳有蘭流域賀伯颱風災害評估*，國立中央大學應用地質研究所暨太空及遙測中心，民國八十五年。
- [2] 江英政，*土石流危險溪流判定之研究*，國立臺灣大學土木工程學研究所碩士論文，民國八十七年。
- [3] 何春蓀，*臺灣地質概論*，經濟部中央地質調查所，民國六十四年十二月。
- [4] 王鑫、李光中、楊建夫、黃國峰、吳慧菊、賴建盛，*山地道路工程對邊坡的影響(新中橫公路—東埔段)*，行政院國家科學委員會，防災科技研究報告 80-23 號，民國八十年。
- [5] 鄭富書、林銘郎，*賀伯風災所暴露之工程缺失*，*土工技術*，第五十七期，第 65-74 頁，民國八十五年。

表一 台 21 線沿線坡地破壞地點

編號	公路里程	編號	公路里程	編號	公路里程
S1	83.0	S27	113.2	S53	132.5
S2	94.45	S28	113.8	S54	132.6
S3	94.55	S29	114.5	S55	132.8
S4	95.0	S30	114.8	S56	134.1
S5	96.1	S31	114.95	S57	134.3
S6	96.4	S32	115.4~115.5	S58	134.4
S7	97.7	S33	115.6~115.7	S59	134.8
S8	98.4	S34	116.5	S60	135.7
S9	100.5~100.6	S35	117.0~117.1	S61	136.0
S10	101.3	S36	119.4	S62	136.5
S11	102.2	S37	119.6~119.7	S63	137.2
S12	102.3	S38	120.8~121.2	S64	138.2
S13	102.7	S39	121.3	S65	138.3
S14	102.9	S40	121.5	S66	138.8
S15	103.0	S41	121.6	S67	138.9
S16	105.3	S42	122.2~122.4	S68	139.0~139.8
S17	106.7	S43	125.4	S69	141.7
S18	107.2~107.6	S44	125.6	S70	144.0
S19	108.4~108.5	S45	125.7	S71	145.3
S20	108.5	S46	125.8	S72	146.2
S21	109.2~109.5	S47	127.9	S73	146.8
S22	109.8	S48	128.3	S74	147.4
S23	110.1~110.2	S49	129.3	S75	147.5
S24	112.2	S50	129.7~130.0	S76	148.3~148.4
S25	112.5	S51	130.4~130.5	S77	149.5
S26	112.7	S52	131.4~131.6	S78	150.8

表二 台 21 線沿線土石流發生地點

編號	名稱	公路里程
D1	壽山橋	83.9
D2	南平坑	84.2
D3	新山橋	84.9
D4	郡坑口	86.0
D5	郡坑	87.1
D6	上安橋	88.5
D7	郡溪口(信義橋)	90.5
D8	九層橋	94.8
D9	(無)	95.05
D10	豐丘北側溪溝	95.5
D11	豐丘	96.06~ 97.0
D12	十八重溪橋右岸	98.2
D13	庫坑橋	101.7
D14	望鄉橋	103.8
D15	同富社區	106.7
D16	隆華野溪	109.0
D17	隆華國小南側溪溝	110.3
D18	新興橋	110.7
D19	玉泉橋	111.7
D20	松泉橋 與神和橋	113.4 113.5
D21	愛玉仔溪	114.2
D22	桐子林溪	117.5
D23	(無)	125.8
D24	烏乾坑溪	127.9
D25	大勇橋	130.1

表三 崩塌災害狀況

崩塌類型	個數	比例(%)	崩塌原因	個數	比例(%)
落石	18	23	雨量	57	73
岩屑滑落	34	44	地表逕流	8	10
岩屑滑崩	9	12	自然風化	9	12
平面破壞	1	1	坡趾開挖	58	74
弧形破壞	13	17	曲流攻擊坡岸	3	4
蝕溝沖蝕	14	18	岩性破碎	10	13
路基流失	2	3	地質構造	5	6

表四 土石流溪流之地質不利條件

地質不利條件	個數	比例(%)
風化土層	12	48
節理或層理發達	9	36
岩性膠結疏鬆	2	8
崩積土或崖錐地形	17	68