

台 14 線 69K 上方崩塌地治理工程委託設計監造技術服務

倖滄工程顧問股份有限公司

●計畫緣起與目的

臺灣位處於環太平洋地震帶上，地震發生頻率較高，地殼因受造山運動的擠壓而褶皺斷裂，使得山區地層或河流源頭的土層普遍鬆動，容易因風化、侵蝕作用，造成山區邊坡發生崩塌及落石情形。若遭逢豪雨或颱風侵襲，大量降雨夾帶土石崩落至下游道路，使居民生命財產及各項經建設施蒙受莫大之損失。

近十年，位於台 14 線的崩塌頻頻發生，造成道路受阻影響交通樞紐，位於 69K 路段因受到辛樂克、薔蜜及莫拉克颱風與豪雨侵襲後，落石的沖刷形成沖積扇，為了避免此路段再次發生落石崩塌、土石滑落，造成附近居民、遊客或車輛之生命及財產安全受到威脅，甚至造成交通阻斷，對於道路安全之使用產生嚴重影響。希望藉由專業團隊之規劃，使得此路段之邊坡安全性能提高，並且興建設施讓公共道路使用上更加完善，期望能在最短時間內完成計畫範圍內之崩塌地治理、設施維護改善等工程，使居民及遊客能夠有安全的用路品質。



●現有相關資料分析探討

1. 降雨量資料

依據廬山雨量站所公布的資料中可得每年平均雨量為 2378 mm，每月平均雨量為 6 月份達到最高，平均雨量值為 407.82 mm，降雨季節集中於 5~9 月，為梅雨季及颱風季節。此區域土石流警戒雨量為 250 mm，亦即表示雨季時易達到土石流警戒。

2. 地質鑽探資料

A. 鑽孔基本資料

- (1)鑽孔工程名稱：台 14 線 69K 上方崩塌地治理鑽探工程及現地試驗
- (2)鑽孔地點：69K+200
- (3)鑽孔地表高程：952.612 m
- (4)座標系統：TW67
- (5)鑽孔位置：(261187.069，2657034.999)
- (6)鑽機機型：KH-2L
- (7)鑽探總深度：60 m

B. 標準貫入試驗(SPT)

鑽孔所做之現地試驗 SPT 及取樣結果柱狀圖(如圖 3 所示)，淺層 8.65 公尺為崩積土，8.65 公尺以下至 60 公尺為板岩層。

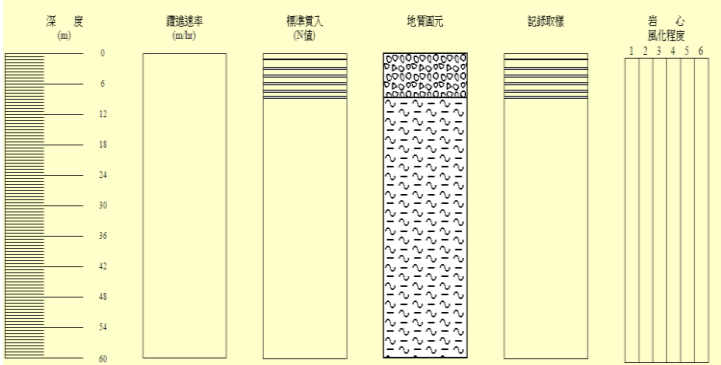


圖 3 鑽孔柱狀圖

上限深度(M)	下限深度(M)	地質圖元代碼	地質圖元說明	地質圖元圖例
0.00	8.65	111	崩積物;岩屑堆積;碎屑	oooo
8.65	60.00	505	板岩	~ ~

表 1 地質圖元說明表

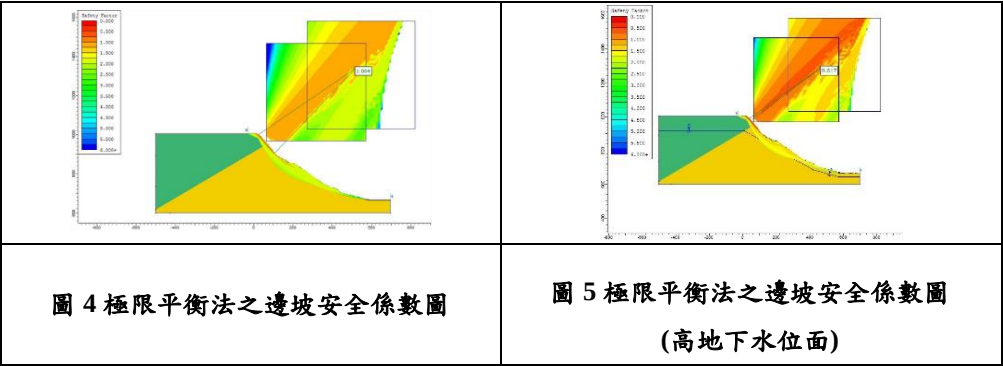
上限深 度(M)	下限深 度(M)	標準貫入					
		N1 值	N1(cm)	N2 值	N2(cm)	N3 值	N3(cm)
1	1.03	100	3				
2.55	3	4		4		3	
4	4.45	12		10		5	
5.55	6	9		8		6	
7	7.45	7		6		8	
8.2	8.65	16		25		39	

表 2 標準貫入試驗數值表

C. 台 14 線 69K 崩塌地之邊坡穩定分析

使用 Slide 邊坡穩定分析軟體，將邊坡坡面之地形數值匯入，使用極限平衡法及有線元素法進行邊坡穩定分析，判斷該邊坡之安全係數是否足夠，及後續相關工程之必要性。

由圖 4 可以得知，此邊坡在平時之安全係數為 1.004，雖大於 1 但在雨季時，地下水位面升高，分析結果如圖 5，此邊坡分析出來的最小安全係數值為 0.617，此值小於 1，表示此坡面為不穩定之坡面，隨時只要受到豪雨或其他破壞極有可能崩塌，故須做後續相關邊坡整治及相關設施，以避免災害發生時造成遺憾。



D. 台 14 線 69K 崩塌地之邊坡落石分析

使用 Rockfall 軟件進行落石分析，將坡面數值匯入，設定以 1000 顆 100 公斤重之落石進行分析，獲得最大動能在經過公式轉換為落石掉落在隧道頂最大應力，獲得最大應力為 13.583 KN/M²。

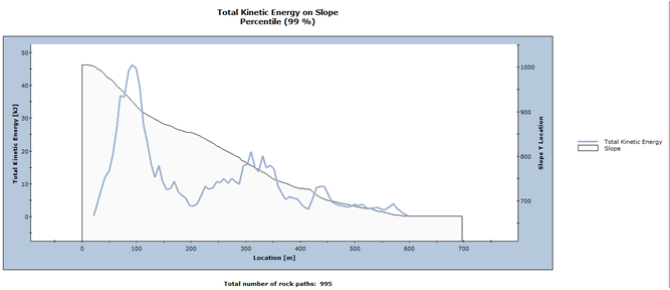


圖 6 邊坡落石分析動能圖

●計畫規劃構想與執行步驟及方法

由於本路段受到土石沖積，為了維護用路人的安全，故設計擋土牆及明隧道。土石流沖積範圍約為 200 公尺長，為了減少受影響路段的長度，故將整段路段往坡面上提進行設計，便可減少預算花費，以設計出長度和安全兼具的明隧道。

1. 明隧道之設計

明隧道大多設置於山坡易崩塌的路段，由於傾斜的坡頂設計，讓落石能自然從坡頂向下滾落及堆積，可防止落石直接砸落於路面，造成路基損壞或道路中斷。明隧道的設計與分析，本公司採用結構技師公會認證之『SAP2000』結構軟體進行分析。

A. 設計基本資料

明隧道使用鋼筋混凝土為主體結構，設計總長為 110.5 公尺，坡頂傾斜 14.7 度，高度分別為 6.7 及 4.6 公尺。

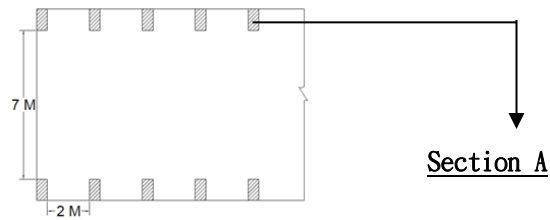
- 靜載重：結構體本身的重量，包含結構體的樑、柱、板牆、管線等。
- 活載重：根據邊坡落石分析得知，落石滑落的最大應力強度為 13.583 KN/m²，取強度折減係數 $\phi=0.9$ ，故於頂板施加 15.092 KN/m² 活載重進行設計。
- 地震力：使用規範「IBC-2012」地震反應進行模擬，阻尼比定為 0.05。
- 結構材料規格：

鋼筋：使用 ASTM 規範之竹節鋼筋號數與斷面。

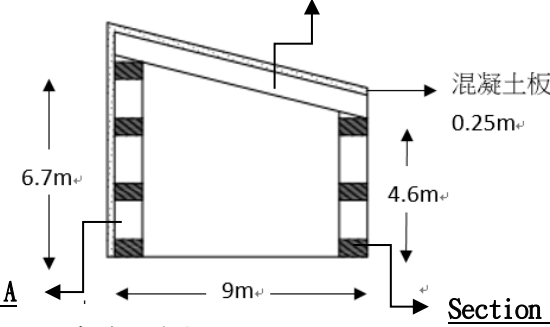
混凝土：提供抗壓強度 $f_c=280\text{kgf/cm}^2$ 。

B. 結構規劃

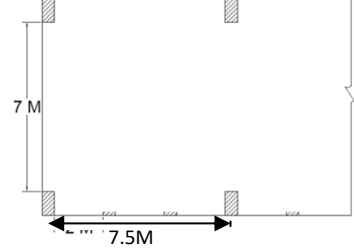
➤ 平面結構佈置



➤ 側向結構佈置



➤ 基礎結構佈置



C. 結構設計

柱設計	Section A
樑設計	Section B
	Section C
板、牆設計	

D. 結構應力分析設計

➤ 電腦應力分析資料

各載重組合下之桿件最大應力比皆介於 0.9~1 之間，如圖所示。

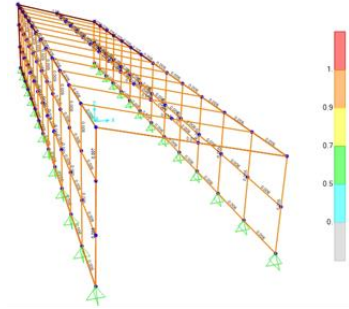


圖 7 明隧道結構應力比

➤ 載重組合下之支承受力與最大位移

使用「鋼筋混凝土設計規範」所使用的載重因數與基本載重組合

載重組合	最大位移量(公分)
靜載重	0.212
活載重	1.097
地震力	0.193
1.4DL	0.296
1.2DL+1.6LL	2.009
1.2DL+0.8W	0.254
1.2DL+1.0LL+1.6W	1.351
1.2DL+1.0LL+1.0E	1.351
0.9DL+1.6W	0.190
0.9DL+1.0E	0.192

2. 擋土牆之設計

擋土牆的設計，是用來防止邊坡滑動後破壞明隧道之結構，擋土牆之設計本公司採用重力式擋土牆為主體，參考建築物基礎構造設計規範、水土保持技術規範等擋土牆設計應有之相關規範。

A. 設計基本資料

設計之擋土牆全長 110.5 公尺，底部寬為 4.2 公尺，高 6 公尺，頂部寬為 2 公尺，每 2 平方公尺設置一直徑為 5 公分之排水孔，設計圖如圖 9 所示。

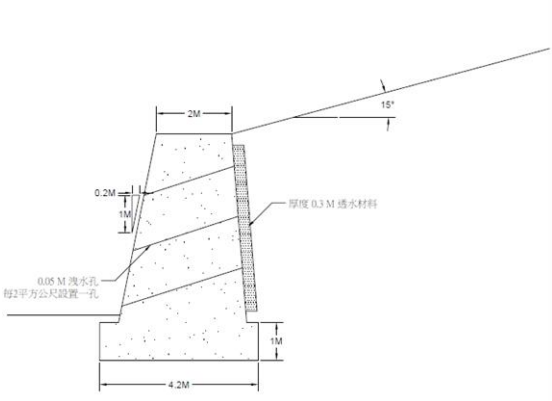


圖 8 重力式擋土牆側視圖

B. 擋土牆安全係數檢核

- (一)抗傾倒安全係數：FS = 4.439 > 2
- (二)抗滑動安全係數：FS = 2.039 > 1.5
- (三)抗承载力破壞安全係數：FS = 4.23 > 3

C. 預計施作位置

預計將明隧道、擋土及道路工程施作於邊坡如圖 3.3.1 所示之位置，隧道及擋土牆總長 110.5 公尺。

※為符合道路設計規範，道路上升的坡度不可大於 10%，亦即此邊坡需整地才可符合規範，故此工程總挖方數量為 77939 M3，總填方數量為 17846M³。

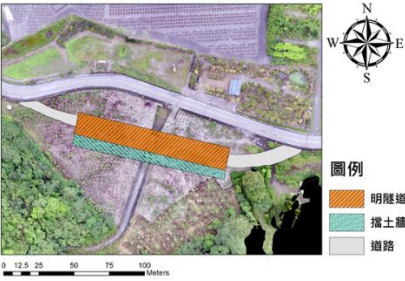


圖 3.3.1 預計施工位置圖

D. 預計替代道路

因施工期間台 14 線部分路段將實施封路施工，改以楓林路作為施工期間臨時替代道路，相關位置如圖 3.4.1 所示，圖中紅色路段即為替代道路之路線。

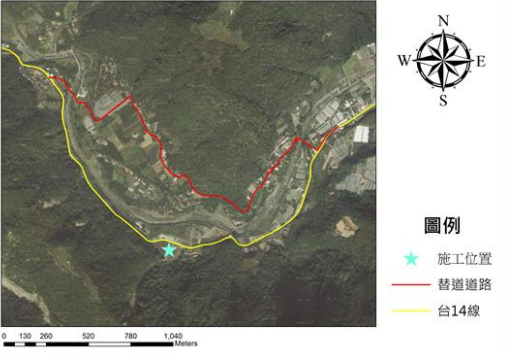


圖 3.4.1 施工替代道路圖

● 整體工作項目日程

年度		106 年										107 年	
工作階段	月份	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1
先期規劃階段	工作項目												
	評選規劃、設計、監造單位												
	初步規劃作業												
	辦理基地地質重點鑽探工作												
	測量作業												
綜合規劃及設計階段	地形量測												
	進行規畫及細部設計												
工程發包階段	請領建造執照作業												
	辦理建築工程及水電工程採購												
工程施工階段	擋土牆工程施工												
	明隧道工程施工												
	道路工程施工												
	生態綠化工程施工												
工程驗收階段													

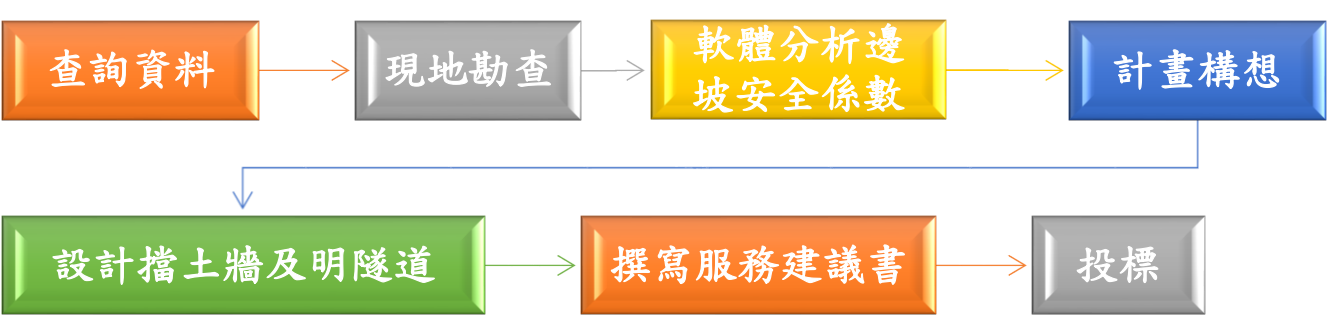
● 預期成果

藉由興建擋土牆及明隧道之工程後，使得此路段之邊坡安全性能提高，並且避免於仁愛鄉台 14 縣 69K 之路段再次發生落石崩塌、土石滑落，造成附近居民、遊客或車輛之生命及財產安全受到威脅，甚至造成交通阻斷，對於道路安全之使用產生嚴重影響。

● 工程預算表

台 14 線 69K 上方崩塌地治理工程委託設計監造技術服務			
總表〔預算〕			
項次	項目	複價	備註
壹	直接工程	21992956.26	
貳	間接工程	11993205.18	
參	營業稅	1867308.072	
肆	設計費	4000000	
伍	空氣污染防治費	32234.774	
陸	鑽探工程及現地試驗	57680	
	合計	39,943,384	

● 過程大綱



● 人員組織與簡歷

類別	姓名	職稱	最高學歷科系	擬任工作內容	相關經歷與專長
計畫主持人		倖滄工程顧問股份有限公司董事長	國立成功大學土木工程學士	統整計畫擬定與執行、行政協調、報告簡報	土木、水利、道路橋梁規劃設計、工程品質管理、景觀環境規劃、工程監造
專案工程師		結構技師	國立台灣科技大學營建工程系博士	工程規劃、設計	土木、道路橋梁、水利工程規劃設計、災害復建、工程品質管理、工程監造、瀝青相關試驗
專案工程師		土木技師	美國哈佛大學土木工程碩士	負責執行規劃，協助現地踏查	道路橋梁規劃設計、災害復建、水利工程、水保工程、工程品質管理、工程監造
專案工程師		交通技師	大漢技術學院土木工程學士	負責執行規劃，協助現地踏查	土木、道路橋梁規劃設計、工程品質管理、工程監造、瀝青相關試驗
專案工程師		大地技師	大漢技術學院土木工程學士	現地調查規劃與執行	道路橋梁規劃設計、水利工程、土木、工程品質管理、工程監造
專案工程師		環工技師	國立台灣大學土木工程學士	負責執行規劃，協助現地踏查	土木、道路、水保、道路橋梁設計、工程品質管理、工程監造

● 心得分享

最後的成果報告中雖然出了一點差錯，但最後也算是有驚無險地完成了報告，而之後委員的問題中也一一的點出了我們報告中的不足，讓我們了解在一個真實的案例中，要考慮的並不只是法規的部分，有些部分還需要經驗的累積才能夠注意到，而在這次的實作實在讓我們學到不少，雖然花費不少心力，但也讓我們了解到自身的不足，距離畢業尚還有一年，我們仍然有時間去充實自己，以迎接未來出社會的挑戰。