

前瞻基礎建設-軌道建設
阿里山森林鐵路 42 號隧道計畫
(核定本)

中華民國 107 年 7 月修正

目 錄

目 錄	I
表目錄	IV
圖目錄	VI
第一章 計畫緣起	1
1-1 依據	1
1-2 未來環境預測	2
1-3 問題評析	2
1-4 社會參與及政策溝通情形	3
第二章 計畫目標	4
2-1 目標說明	4
2-2 達成目標之限制	4
2-3 績效指標、衡量標準及目標值	7
2-3-1 績效標準及目標	7
2-3-2 績效指標分析	7
第三章 現行相關政策及方案之檢討	12
3-1 現行相關政策	12
3-2 方案之檢討	12
3-2-1 復建方案隧道斷面規模	12
3-2-2 挖填土方量與棄土處理	13
3-2-3 隧道工程細部規劃	17
3-2-4 隧道開挖支撐穩定分析	20
3-2-5 預計工期分析	24
第四章 執行策略及方法	25
4-1 主要工作項目	25
4-1-1 工程規模摘要	25
4-1-2 主要工作項目內容	27
4-2 分期(年)執行策略	27
4-3 執行步驟(方法)與分工	28
4-3-1 環境保護對策	28

4-3-2 交通衝擊評估及維持計畫	33
第五章 期程與資源需求.....	35
5-1 計畫期程.....	35
5-1-1 調查與規劃工期分析	35
5-1-2 補充地質調查與細部設計期程分析	35
5-1-3 施工期程分析.....	36
5-2 所需資源說明.....	36
5-3 經費來源及計算基準.....	37
5-3-1 工程費經費來源.....	37
5-3-2 工程費估算.....	37
5-4 經費需求(含分年經費)及與中程歲出概算額度配合情形	37
第六章 預期效果及影響.....	39
6-1 預期效果.....	39
6-2 計畫之影響.....	39
第七章 財務計畫.....	40
7-1 基本假設與參數設定.....	40
7-2 成本及收益項目	41
7-3 現金流量分析.....	41
7-4 投資效益分析.....	42
7-5 自償率分析.....	44
7-6 敏感度分析.....	44
7-7 財源籌措.....	45
第八章 附則.....	46
8-1 替選方案之分析及評估.....	46
8-2 風險評估.....	60
8-3 相關機關配合事項.....	65
8-3-1 文化資產保存及審議	65
8-3-2 環境影響評估.....	66
8-3-3 地質敏感區.....	68
8-3-4 水土保持計畫.....	69
8-3-5 丁類危險性工作場所	69
8-3-6 炸藥庫申請.....	69
8-3-7 混凝土預拌廠.....	69
8-4 中長程個案計畫自評檢核表及性別影響評估檢視表	70

8-4-1	中長程個案計畫自評檢核表	70
8-4-2	性別影響評估檢視表	72
8-5	民間參與可行性評估	78

表目錄

表 2-3-1	近年阿里山國家森林遊樂區觀光人數統計表	8
表 2-3-2	本計畫復建方案列表	11
表 2-3-3	隧道復建方案營運效益評估表	11
表 3-2-1	岩體設計參數評估表	21
表 3-2-2	隧道復建方案預估工期進度表	24
表 4-1-1	建議隧道復建方案工程摘要表	26
表 4-2-1	阿里山森林鐵路 42 號隧道計畫分期(年)執行策略表	28
表 4-3-1	空氣污染源防制對策及效果	30
表 4-3-2	本計畫施工空氣污染防制措施	30
表 4-3-3	PM _{2.5} 減輕對策及追蹤監督.....	31
表 4-3-4	施工機具噪音、振動具體防制技術	32
表 4-3-5	施工期間非點源污染最佳管理措施	33
表 5-1-1	調查與規劃執行工作進度表	35
表 5-1-2	隧道復建方案預估工期進度表	36
表 5-3-1	隧道復建方案數據表	37
表 5-3-2	隧道復建方案分年經費表	37
表 5-4-1	公共工程及房屋建築經費預算調查表	38
表 7-4-1	經濟淨現值計算表	43
表 7-6-1	敏感度分析彙整表	45
表 8-1-1	橋梁各復建方案數據表	47
表 8-1-2	可行隧道路線摘要表	49
表 8-1-3	橋梁及隧道復建方案優缺點比較表	51
表 8-1-4	隧道各方案岩性比例及覆蓋深度數據表	55
表 8-1-5	橋梁與隧道復建可行方案優缺點比較表(1)	58
表 8-1-5	橋梁與隧道復建可行方案優缺點比較表(2)	59
表 8-2-1	風險可能性等級分級表	62
表 8-2-2	風險嚴重度等級分級表	62
表 8-2-3	風險評估值分析表	62
表 8-2-4	危害等級區分表	62
表 8-2-5	隧道工程設計需求及基地環境潛在危害辨識表	64
表 8-2-6	護坡土方工程設計需求及基地環境潛在危害辨識表	65

表 8-3-1	阿里山林業暨鐵道文化景觀	66
表 8-3-2	阿里山森林鐵路 42 號隧道計畫環境影響說明書工作進度表	67
表 8-4-2	中長程個案計畫性別影響評估檢視表	72
表 8-5-1	公共建設促參預評估檢核表	78

圖目錄

圖 1-1-1	計畫位置示意圖	1
圖 2-2-1	42 號隧道東洞口崩塌地現況圖	5
圖 2-2-2	42 號隧道西洞口崩塌地現況圖	6
圖 3-2-1	隧道標準斷面圖	13
圖 3-2-2	工區附近可推置碴料位置圖	14
圖 3-2-3	屏蔽那碴料堆放平台平面配置圖	15
圖 3-2-4	屏蔽那隧道工程堆置區水保配置圖	16
圖 3-2-5	土石方資源處理場之水土保持設施剖面圖	16
圖 3-2-6	隧道施工狀況案例圖	17
圖 3-2-7	地質強度指數(GSI)建議圖	20
圖 3-2-8	計畫區域邊坡現地應力分布圖	22
圖 3-2-9	隧道開挖分析岩體變位分布圖	23
圖 3-2-10	隧道支撐系統受力分布圖	23
圖 4-1-1	計畫位置示意圖	25
圖 4-1-2	隧道復建方案工程配置圖	26
圖 8-1-1	明隧道配合水保設復建標準斷面及平面圖	46
圖 8-1-2	橋梁復建方案線形平面配置圖	48
圖 8-1-3	可行隧道路線平面圖	50
圖 8-1-4	方案 TC1&TC2 路線平縱斷面圖	53
圖 8-1-5	方案 TD1&TD2 路線平縱斷面圖	54
圖 8-1-6	隧道改線方案地質平面圖	56
圖 8-1-7	方案 TC1&TC2 路線地質縱斷面圖	57
圖 8-1-8	方案 TD1&TD2 路線地質縱斷面圖	57
圖 8-2-1	工程規劃設計階段實施風險管理流程圖	61
圖 8-3-1	復建路線套繪地質敏感區圖	68

第一章 計畫緣起

1-1 依據

阿里山森林鐵路為台灣重要之國寶級文化資產，亦為世界著名之登山鐵路之一，然104年9月杜鵑強颱風侵襲，致森林鐵路58k+710~880路段邊坡崩滑致鐵路中斷，且為新生災害區段，計畫位置如圖1-1-1所示。林務局嘉義林區管理處於104年著手辦理災害區段地質調查與肇災原因分析，並研擬相關復建規劃。「阿里山森林鐵路42號隧道計畫」即根據105年7月「阿里山森林鐵路58K+710~880災害路段地質調查及復建規劃」與106年1月「阿里山森林鐵路58K+710~880復建-復建方案先期規劃構想報告書」內容提出中長程個案計畫。

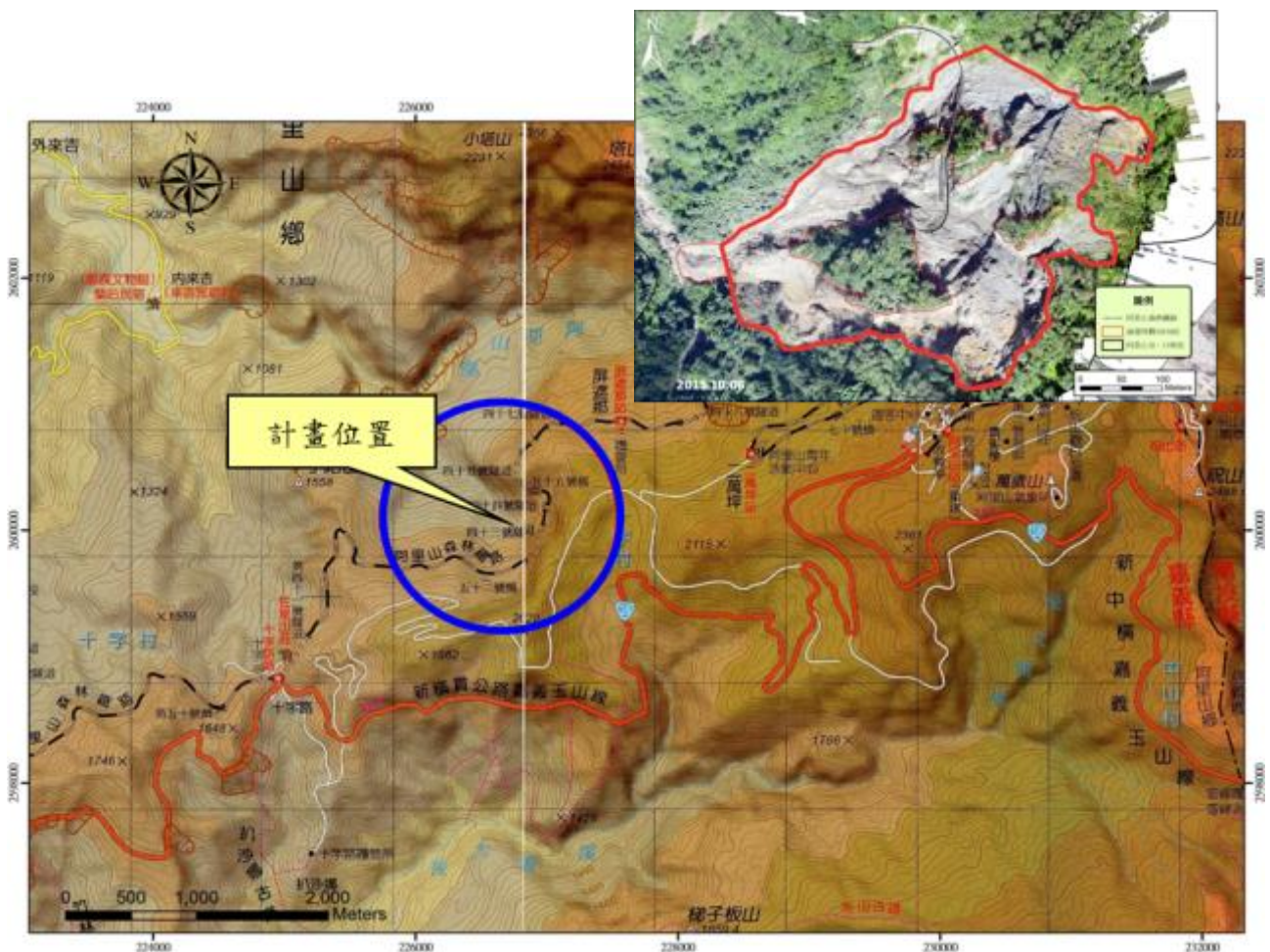


圖 1-1-1 計畫位置示意圖

1-2 未來環境預測

大阿里山地區之未來環境必定朝生態環保、環境永續、在地文化特色凸顯等正向發展，以創造更優質之居住生活環境與觀光競爭力。而本案復建計畫則未與之相違，相關說明如下：

一、生態環保

隨環境意識加深，未來工程規劃對於生態影響必定需降至最低，使用之工程材料則需更加環保，同時採用減法設計及兼顧國土美學與景觀。因此，本計畫工程採隧道方案復建，施工產生之噪音、空氣與水源等汙染皆能控制在規定範圍內，不致影響生態景觀；工程材料則考量再生材料、在地材料與材料減量等綠色環保意識。

二、環境永續

環境永續已為現今大家共同努力之方向，對於森林鐵路58k+710~880邊坡新生災害區段，避開並使大自然自然復育為最佳方法。本計畫即採隧道施工方案避開不穩定區域，降低崩塌地周邊開挖、回填、整地、植被破壞與工程設施之擾動，使其自然恢復。

三、地方文化特色

深具豐富文化底蘊之森林鐵路現況呈現中斷情形；然為提升大阿里山地區觀光潛能、降低公路負荷與提升交通運能，森林鐵路全線通車應符合文化資產保存、觀光能量提升、促進經濟發展與疏解台18線交通之期待。

1-3 問題評析

阿里山森林鐵路為台灣重要之國寶級文化資產，亦為世界著名之登山鐵路之一，因98年之莫拉克風災而受創嚴重，經農委會林務局戮力趕辦災後復原重建工程，原定104年底可全線通車，惟104年9月杜鵑颱風侵襲，又造成原森林鐵路路段58k+710~880處(原42號隧道)邊坡滑動，發生兩段合計長約55公尺新生崩塌，為落實行政院有關阿里山森林鐵路係台灣珍貴文化資產，必須永續動態保存之政策，旋即啟動相關調查，積極辦理災害復原重建工作。

阿里山森林鐵路為台灣歷史文化之重要資產，深具豐富文化底蘊之森林鐵路現況呈現中斷情形；為提升大阿里山地區觀光潛能、降低公路負荷與提升交通運能，森林鐵路全線通車應符合文化資產保存、觀光能量提升、促進經濟發展與疏解台18線交通之期待。因此，森林鐵路之復建對觀光及文化資

產保存有其重要性、必要性及特殊性。鑒此，如何讓森林鐵路早日恢復全線通車為本計畫最重要之關鍵課題。

農委會林務局參考莫拉克風災復建經驗，於委託廠商針對基本資料蒐集及地質條件進行調查後，完成「阿里山森林鐵路58K+710~880災害路段地質調查及復建規劃」報告書，並提出包括以銜接原鐵路之原地簡易修復、隧道及橋梁與隧道複合式3種復健方案，經邀請專家學者於105年10月5日召開復建方案審查會議，綜合評估計畫推動期程、安全性、施工性、景觀性、永續性及復建經費等因素，擇定以長度1,077公尺隧道繞過崩塌區域之方式進行復建，為最適方案，並經農委會於106年1月9-10日赴現地勘查並召開先期規劃構想審議，原則通過。

本案依「開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準」第35條第1項規定，屬災害復原重建、搶通之緊急性工程，並符合因災害受損及銜接原鐵路之原則，經目的事業主管機關農委會於106年4月20日審核後認定免實施環境影響評估，並副知環保署有案。

惟環保署107年1月3日函示本案仍無法明確釐清適用災害復原重建、搶通之「緊急性工程」範疇，難依「認定標準」第35條第1項規定辦理，應實施環境影響評估，農委會予以尊重並即展開相關環評提送作業，因配合辦理環評作業，估增加2年時程，預計111年完工。

1-4 社會參與及政策溝通情形

依過去辦理「民間參與投資經營阿里山森林鐵路及阿里山森林遊樂區案興建暨營運契約」經驗，民間參與之成效不彰；本案為鐵路復建單一性質工程，故不引進民間參與之政策。此外，有關「阿里山森林鐵路42號隧道計畫」之災害原因探討與復建方案規劃，於規劃中已邀請專家學者進行審查；另農委會於106年1月9-10日召開先期規劃構想審議進行方案原則檢討。

第二章 計畫目標

2-1 目標說明

阿里山森林鐵路自西元1906年起由臺灣總督府開始興建，於1912年(大正元年)正式完工通車，全長66.6公里(含支線約85公里)。原森林鐵路以林業開發為主；近年隨觀光事業急速發展，營運目標轉變為客運為主，並逐漸發展為登山觀光鐵路列車。由嘉義至阿里山站，除沿途經歷熱帶、暖帶及溫帶三種林相，自然景觀與生態極為豐富之外；尚有折返式車站、螺旋式攀爬、Z字形爬升及特殊設計之登山火車等重要鐵路特色，台灣重要之國寶級文化資產，亦為世界著名之登山鐵路之一。根據99年5月5日文資字第0990077064號公告，評定森林鐵路之文化價值包括：(1)表現人類與自然互動具有文化意義；(2)具紀念性、代表性或特殊性之歷史、文化、藝術或科學價值；(3)具時代或社會意義；(4)具罕見性。另於92年亦經文化部(原：行政院文化建設委員會)正式公布為臺灣12處世界遺產潛力點之一。

擁有如此特色之森林鐵路因受颱風豪雨影響，森林鐵路58k+710~880路段邊坡崩滑致鐵路中斷，本計畫目標即讓森林鐵路早日恢復全線通車，俾永續動態保存此一文化資產並帶動大阿里山地區整體觀光發展。

2-2 達成目標之限制

阿里山森林鐵路自提供為觀光客運使用以來，已陸續完成各項鐵路沿線邊坡地整治、排水改善與路線維護等相關工作，惟森林鐵路大部分地段皆位於國有林地集水區上游地區，常因風災地震等氣候因素，發生山崩、地滑及土石流等災害。104年9月28日森林鐵路受杜鵑颱風影響，於路線第42號隧道，發現有兩處大型災害，分別一處位於東洞口200公尺處，約有40公尺路基流失，另一處為西洞口內240公尺起約有15公尺損壞，兩處損壞合計約55公尺。由現地勘察結果得知，42號隧道上邊坡堆積大量崩積岩塊與巨礫，造成明隧道頂部結構開裂(圖2-2-1照片1)，42隧道中段處因上邊坡崩塌及向源侵蝕造成隧道遭崩積材料沖毀，鐵軌遭擠壓產生位移(圖2-2-1照片2)，隧道下方結構物鋼筋裸露，結構物均不復見(圖2-2-1照片3)；上邊坡崩塌亦造成崩塌區西側隧道口遭土石淹埋(圖2-2-1照片4)；42號隧道西洞口端於里程58K+600左右，洞口處結構完整(圖2-2-2照片1)，隧道內有將近50公尺區段未施加襯砌與支撐，側壁及頂拱均出露新鮮岩盤，岩盤尚屬堅實完整(圖2-2-2照片2)，在杜鵑風災挾帶

大量雨水入滲、侵蝕下，造成上邊坡崩塌並將隧道截斷破壞，僅殘留隧道側牆結構物(圖2-2-2照片3~4)。安全通過上述災害路段地質破碎區為恢復全線通車之限制條件。



圖 2-2-1 42 號隧道東洞口崩塌地現況圖



圖 2-2-2 42 號隧道西洞口崩塌地現況圖

2-3 績效指標、衡量標準及目標值

2-3-1 績效標準及目標

為達安全通過地質災害路段以恢復全線通車之最終目標，須通盤檢討最基本之安全性、開發對環境影響、全線通車對阿里山森林鐵路帶來之文化資產保存意義與工程復建之經濟效益。工程復建規劃需滿足規範對安全之檢核，且以不對環境生態造成衝擊與影響為目標，另檢討工程復建經濟效益之益本比，若益本比大於1則本計畫符合效益。

2-3-2 績效指標分析

一、直接效益

(一)森林鐵路營運載客人數概算

森林鐵路復建完成後最直接之效益即為鐵路載客營運。根據統計，98年莫拉克前年平均進入阿里山國家森林遊樂區觀光人數為808,004人，近五年平均阿里山國家森林遊樂區觀光人數則為2,372,563人，旅客成長約3倍，相關估算人數如表2-3-1所示。然森林鐵路營運因受限於運能限制，估算年營運人數約394,200人(3車次/日*240人/車次*75%乘坐率*往返兩趟*365天=394,200人/年)。

(二)森林鐵路營運票價收益概算

依據最新公告105年5月1日實施之森林鐵路阿里山號票價表，嘉義至奮起湖票價為384元，單位成本約為8.3元/公里；考量搭乘森林鐵路至阿里山站應屬遠距搭乘或沿途遊玩獨立山、奮起湖等最終進入阿里山站，每人平均運距採森鐵全長之80%(約58Km)，平均票價約為500元。

(三)綜合營運效益

森林鐵路嘉義至阿里山站之單程服務時間達3小時以上，另考量周休二日、提倡慢活渡假，搭乘森林鐵路至阿里山站之旅行應以兩天一夜為基本假期考量，單人花費以1500元/日估計，故直接帶動觀光效益約為1500元/人(根據99年度「阿里山國家風景區災後未來發展及整體規劃案」成果報告書，阿里山國家森林遊樂區平均個人總花費約2,336元/平均停留時間為1.64天，平均花費1424元/天)。

表 2-3-1 近年阿里山國家森林遊樂區觀光人數統計表

時間	莫拉克前 (91~97 平均)	近五年					
		101	102	103	104	105	平均
阿里山 國家森林 遊樂區 觀光人數	808,004	2,080,083	2,063,566	2,761,479	2,709,895	2,247,796	2,372,563

二、間接效益

間接效益主要包含社會效益、國土自然保育與文化資產保存，惟效益難以估算。本案評估以直接效益之10%估算，因鐵路復駛帶動之直接效益(運輸、餐飲與住宿、農特產、觀光商品)越大，則影響之間接效益越大。

(一)社會效益

- 1.保護通行旅客生命及財產安全。
- 2.提升森林鐵路沿線交通動線使用與公共設備安全。
- 3.強化觀光發展建設，提高國家發展觀光產業之競爭力。

(二)國土與自然保育

- 1.避開崩塌潛勢區，使崩塌區域自然復育。
- 2.強化山坡地監測管理，確保水土資源永續利用。

(三)文化資產保存使命

阿里山森林鐵路，是臺灣少數具有比較完整的人文與自然系統的複合性文化資產，更是典型的文化景觀範例。阿里山林業暨鐵道文化景觀之重要性及特徵有：

- 1.阿里山伐木事業記錄著臺灣林業發展史概況。
- 2.林場區內留有許多林業發展相關遺跡、紀念物及地景。
- 3.伐木事業造就社群的組成，形成自然環境及人文互動的景觀。
- 4.集森林鐵路、高山鐵路與登山鐵路於一身，具直立式汽缸齒輪式火車、獨立山螺旋式(Spiral)登山、之字型爬升(Switch back)等特色。

(四)國土美學與景觀效益

國土的永續發展為國家長治久安之所繫、人民幸福生活之所依。故國土發展政策中，「文化」、「綠意」、「美質」及「幸福都市」等一直皆為重要方針；相關具體目標則有1.建構具國土美學的生態都市環境，2.建立具自明性之優質地方環境風貌，3.鼓勵地方參與生態改造運動，邁向永續治理之都市發展，4.強化我國城鄉改造經驗之國際接軌。

阿里山森林鐵路，其林業與森林鐵路具文化保存價值；鐵道沿線綠意盎然，林相複雜且自然生態豐富；且因位處台灣「盛行雲霧帶」之內，終年雲霧繚繞，以日出、雲海、晚霞、神木、登山鐵路等著名，為享譽國際之觀光景點。因此，阿里山森林鐵路42號隧道計畫執行所帶來之國土美學與景觀間接效益有下：

- 1.恢復全線通車具林業與森林鐵路具文化保存價值，強化地方特色之完整性；亦可推廣森林鐵道旅遊，強化森林永續之概念。
- 2.推廣鐵道沿線林相與植生自然生態教育。
- 3.提供多元交通方案以親近阿里山日出、雲海、晚霞、神木、登山鐵路等美景。
- 4.強化國際觀光之潛力，爭取森林鐵路成為世界文化遺產。

(五)減法工程與自然生態保存使命

阿里山森林鐵路42號隧道計畫執行係以安全為基礎，採尊重自然生態與環境永續之減法工程為規劃原則，所帶來之環境效益說明如下：

- 1.整合既有資源並採最小限度之地表環境開發。阿里山森林鐵路42號隧道計畫於西洞口尋覓更穩定之地質條件，進行邊坡保護後即採隧道方式繞過崩塌不穩定區域，銜接既有隧道。達最小地貌與地景擾動、兼顧環境自然復育及自然景觀還原構想等多重目標。
- 2.以隧道方案取代明隧道與橋梁劃過崩塌地，減少地表人工構造物線條。待自然植生復育完成後，可由空中或鄰近登山步道再度欣賞大自然景觀林相與地質之美。
- 3.最小地表開發即代表人類活動干擾最小化與自然生態棲地之最大化，可提供更大面積之動植物棲地，具生態永續意義。

三、經濟效益評估

阿里山森林鐵路58K+710~880復建工程之經濟效益評估係以效益與成本之比較作為衡量效率之基準。工程成本考量整體工程命週期包括規劃與細部設計、施工、營運、維修和汰舊換新等各階段需求，因隧道復建方案已避開崩塌區，估算使用年限應可達50年以上，隧道於未來營運期間所需之維修與汰舊換新成本低，主要為隧道巡檢，以工程建造費之3.0%計，鐵路復建方案相關內容如表2-3-2所示。

(一)固定成本

- 1.年利息：以總投資金額之X計算。(本計畫採 $X=6\%$)
- 2.年償債基金：依總投資金額為準，依年息X複率計算，經濟分析年限採50年，其每年平均負擔數為總投資金額之 $X/[(1+X)^{50-1}]$ 。
- 3.年中期換新準備金：併運轉及維護成本計算。
- 4.年稅捐保險費：一般以工程建造費之0.12%為保險費，0.5%為稅捐費，合計為0.62%。

(二)運轉及維護成本

年中期換新準備金及運轉維護成本，以工程建造費之3.0%計。

(三)效益分析

效益分析以益本比估算之，若表為方程式可寫為： $I = B / C$ 。式中， I =益本比； B =復建後之年計效益； C =計畫投資之年計成本。

依據各項效益進行阿里山森林鐵路58K+710~880復建工程TC2方案效益評估，考量整體綜合效益之益本比為1.37；另於整體綜合效益下，橋梁B3之益本比為0.56，相關估算結果如表2-3-3所示。一般益本比需大於1方有投資效益，然於相同評估條件下橋梁B3方案之投資效益低，以整體綜合效益觀點則TC2隧道方案符合投資成本效益，因森林鐵路除載客營運外，亦將挹注大阿里山地區整體觀光效益，且具文化資產保存之價值。

表 2-3-2 本計畫復建方案列表

工程內容		隧道 1,077m
計畫推動期程(月)	前置作業	27
	施工期	20
	合計	47
安全性	施工期間	隧道開挖若遭遇特殊地質安全性較低
	營運期間	較無安全疑慮
施工性		不易受天候影響
景觀性		隧道內行駛無景觀，與現況稍差(約少 200 公尺景觀)
永續性		永續性佳
計畫推動經費(億元)	前置作業	0.06
	設計監造	0.25
	施工	3.60
	合計	3.91

表 2-3-3 隧道復建方案營運效益評估表

整體觀光效益			整體觀光效益		
		隧道 TC2			橋梁 B3
綜合觀光營運效益	(a)每年人數	394,200	綜合觀光營運效益	(a)每年人數	394,200
	(b)平均消費/人日	1,500		(b)平均消費/人日	1,500
	(c)純益	10%		(c)純益	10%
直接效益(a*b*c/1000)(千元)		59,130	直接效益(a*b*c/1000)(千元)		59,130
觀光帶動區域發展及文化間接效益(千元)(直接效益總和之10%)		5,913	觀光帶動區域發展及文化間接效益(千元)(直接效益總和之10%)		5,913
年計效益		65,043	年計效益		65,043
總經費(千元)		391,000	總經費(千元)		957,000
1.固定成本		27,234	1.固定成本		66,645
(1)年利息		23,460	(1)年利息		57,420
(2)年償債基金		1,350	(2)年償債基金		3,292
(3+4)年稅捐保險費		2,424	(3+4)年稅捐保險費		5,933
2.運轉維護成本		11,730	2.運轉維護成本		28,710
總計(1+2)		38,964	總計(1+2)		95,355
營運期年計效益		65,043	營運期年計效益		65,043
營運期年計成本		38,964	營運期年計成本		95,355
營運期益本比		1.67	營運期益本比		0.68
全生命週期益本比		1.37	全生命週期益本比		0.56

第三章 現行相關政策及方案之檢討

3-1 現行相關政策

- 一、根據99年5月5日文資字第0990077064號，評定阿里山森林鐵路之文化價值包括：(1)表現人類與自然互動具有文化意義；(2)具紀念性、代表性或特殊性之歷史、文化、藝術或科學價值；(3)具時代或社會意義；(4)具罕見性。另於92年亦經文化部（原：行政院文化建設委員會）正式公布為臺灣12處世界遺產潛力點之一。
- 二、林務局嘉義林區管理處於105年7月完成「阿里山森林鐵路58K+710~880災害路段地質調查及復建規劃」，研擬採隧道方案復建工程。
- 三、復建計畫農委會於106年1月9-10日召開先期規劃構想審議，原則通過。
- 四、復建計畫列入前瞻基礎建設計畫內容之中南部觀光鐵路計畫內容。
- 五、依環保署107年1月3日環署綜字1060101010號函，應實施環境影響評估。

3-2 方案之檢討

隧道復建方案在隧道開挖前，需考慮(1)洞口水保(若由既有隧道擴挖入洞則無)；(2)鑽炸工法炸藥儲存室；(3)出碴土方堆置區(含水保)及(4)臨時預拌混凝土場等先行作業(依施工規範，預拌混凝土自拌合場運至工地澆置完成時間不得超過90分鐘)，本計畫亦牽涉到地質敏感區的評估期程。整體方案之檢討如下。

3-2-1 復建方案隧道斷面規模

隧道內空斷面除考慮路線曲率、行車安全、隧道縱坡受地形條件之限制、符合森林鐵路之寬度3.6公尺及車行包絡線淨高3.7公尺之至少要求外，車輛之最小轉彎半徑($R=50$ 公尺)亦需同時考慮，因此隧道全線車道寬階採4.2公尺，車行包絡線淨高度採4.6公尺，隧道襯砌外側以全斷面鋪設防水層，隧道斷面兩側亦設置L型邊溝，並於隧道洞口設置橫向截流溝，除了收集防水層所排出的地下水之外，亦可避免豪大雨時洞口逕流流入隧道內，鋪設防水膜後，再行施作厚度40公分之鋼筋混凝土內襯砌。

隧道內規劃設一排水孔收集滲入隧道內之地下水及路面水，以維持隧道內結構安全；由於隧道長度在0.9~1.2公里範圍，隧道施工通風部分，本計畫

隧道開挖斷面淨高僅約5.4公尺，隧道工程由東、西兩洞口分別自洞口處每間距達360公尺需再增加串聯1部通風機，以增加通風機風壓及送風距離，使隧道內之空氣品質達安全標準及使施工人員獲得充足、新鮮之空氣，滿足施工需求，完工後可採用自然通風，必要時導入科技輔具。

而地處偏僻交通量極低且列車本身有車燈照明，現有鐵路亦無設置電氣設施，因此為節省工程費及維護費不設照明設備，隧道標準斷面詳圖3-2-1所示。由於本隧道斷面較小，為方便隧道開挖機具進出與加速施工進度，每200公尺設置1迴車洞及避車道，其中迴車洞可供機具迴轉空間，完工後予以回填，避車道可供隧道開挖機具會車之用，完工後不予回填，可供日後維修人員緊急閃避之避坑。

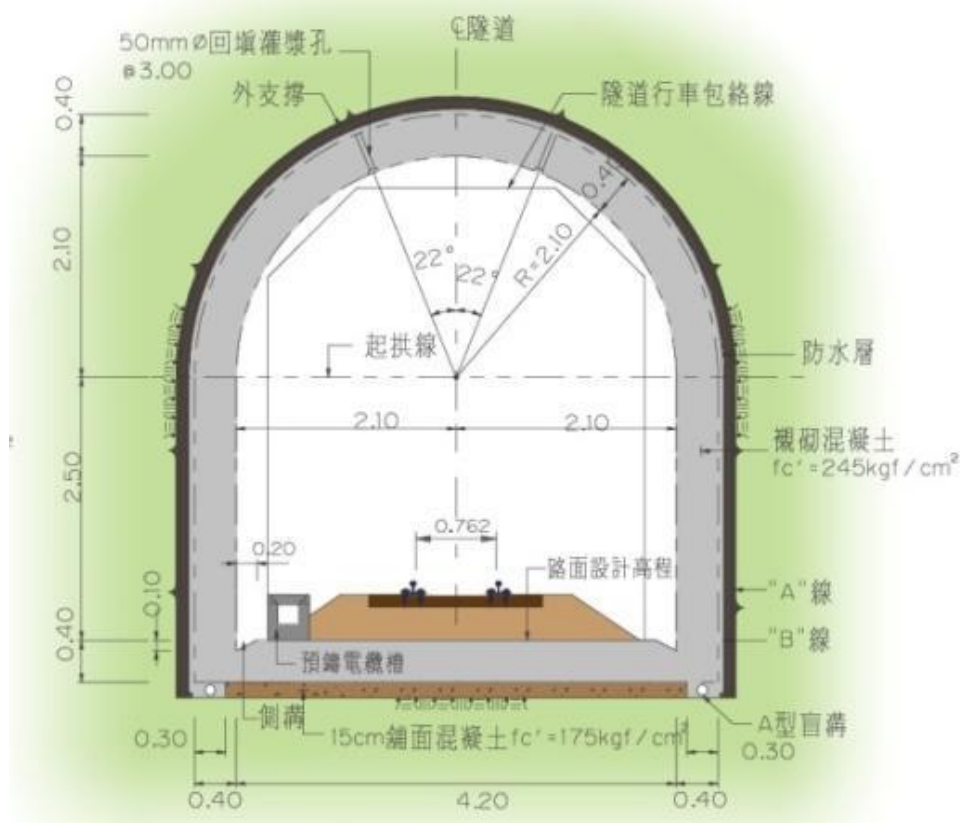


圖 3-2-1 隧道標準斷面圖

3-2-2 挖填土方量與棄土處理

隧道開挖支撐規劃部分，建議隧道方案出碴鬆方約為3.15萬立方公尺，圖3-2-2評估工區附近可推置碴料位置，包含(1)未來廢棄之43號與42號隧道(1.3萬立方公尺)、(2)工區平台(0.7萬立方公尺)及(3)西段既有橋梁之橋下空間(0.9萬立方公尺)，共為2.9萬立方公尺，工區附近約可容納90%以上之隧道出碴土方。

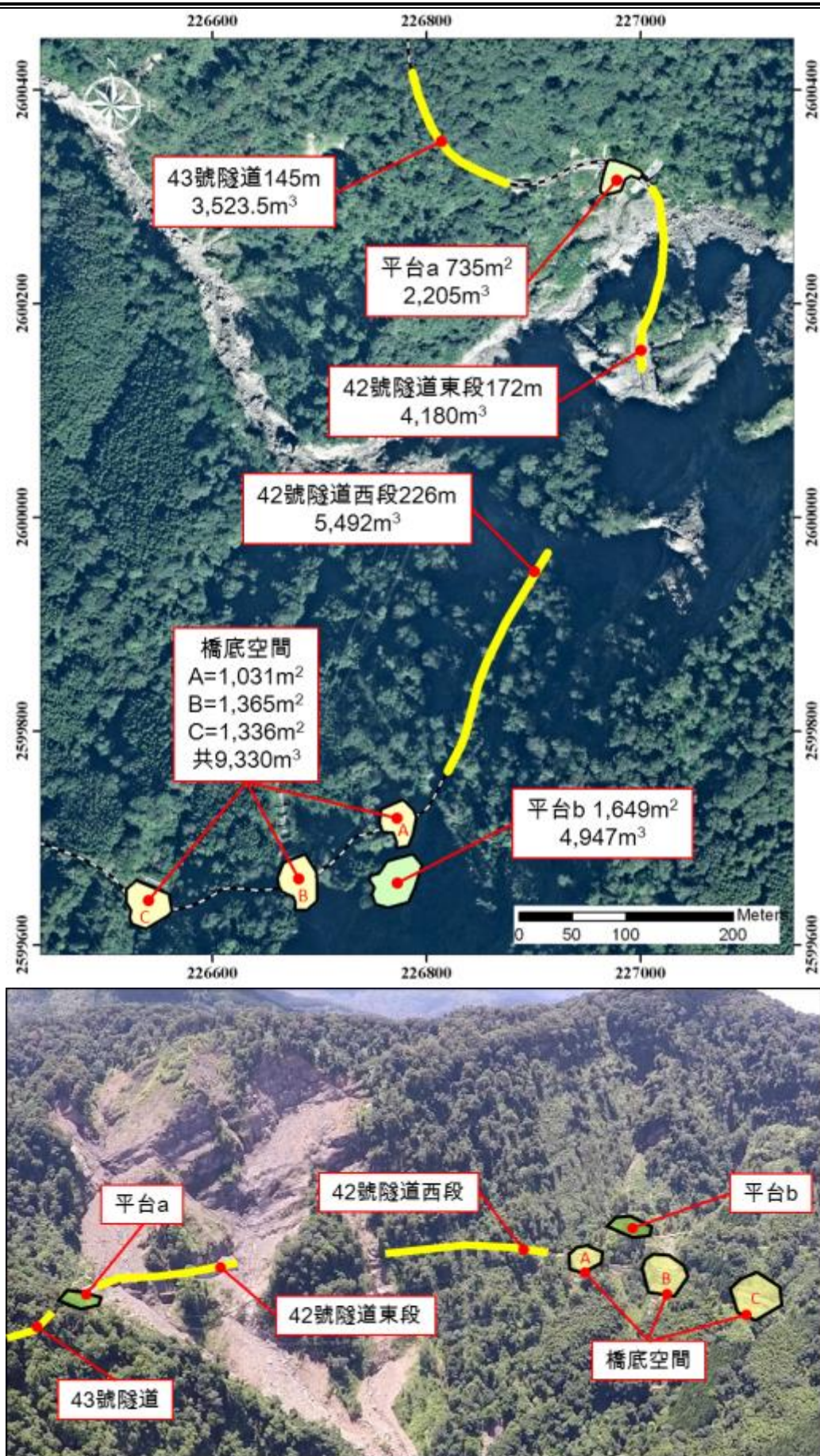


圖 3-2-2 工區附近可推置碴料位置圖

東側施工動線可由屏蔽那施工便道進出，並優先選用屏蔽那平台(圖 3-2-3)腹地B，在評估其加高穩定性後進行堆置，不足時才選用腹地A及C，以及屏蔽那崩塌地通達道路上邊坡沖蝕溝與道路整治堆放，亦需進一步評估其堆填後之水土保持設施穩定狀況；其中前期屏蔽那隧道工程於B區塊堆置區之水土保持工程容納土方為4.5萬立方公尺(如圖3-2-4，資料來源「森林鐵路60k+550~61k+450 路基修復工程-簡易水土保持(103.07)」)，後續土方堆高則需進一步評估其護坡穩定性，並調整排水設施，確認可行後可進行水保工程做為永久護坡(如圖3-2-5)。



圖 3-2-3 屏蔽那碴料堆放平台平面配置圖

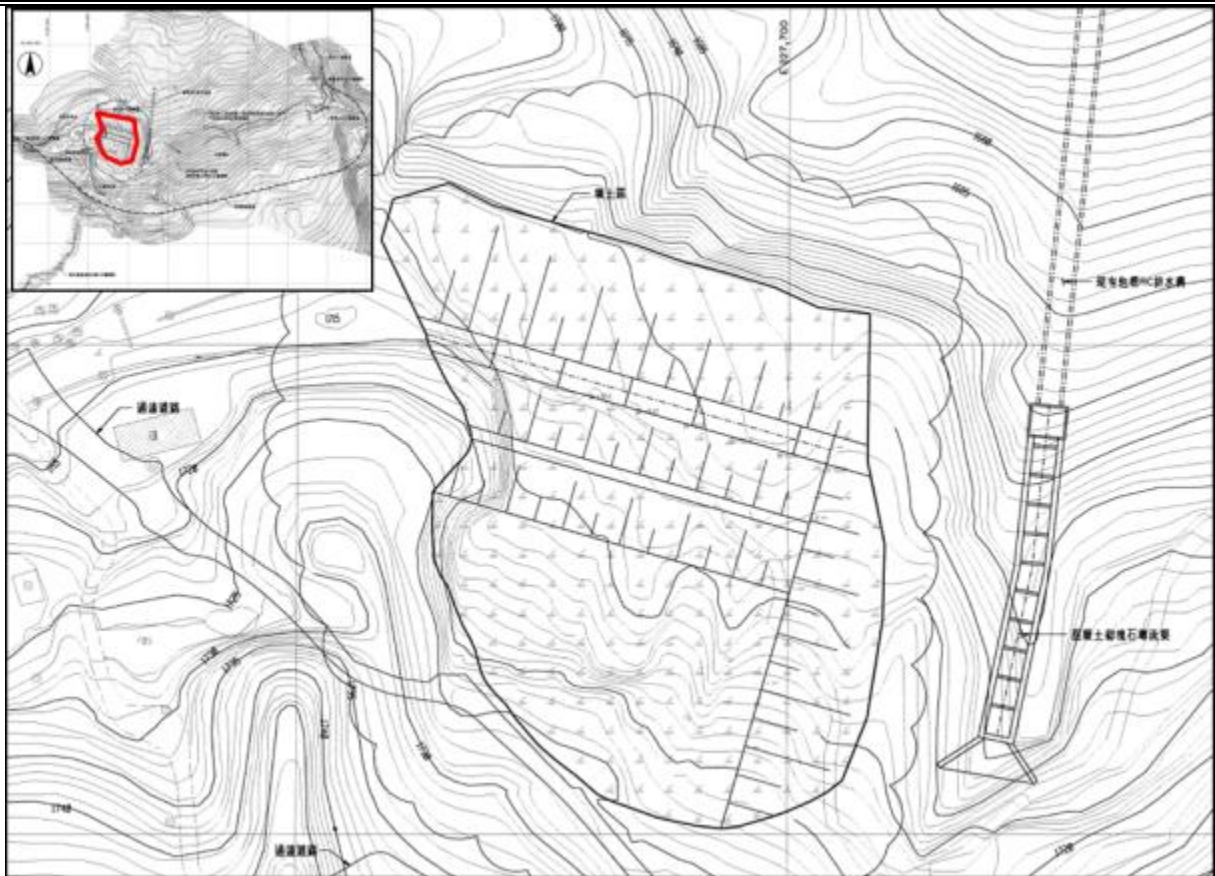


圖 3-2-4 屏遮那隧道工程堆置區水保配置圖

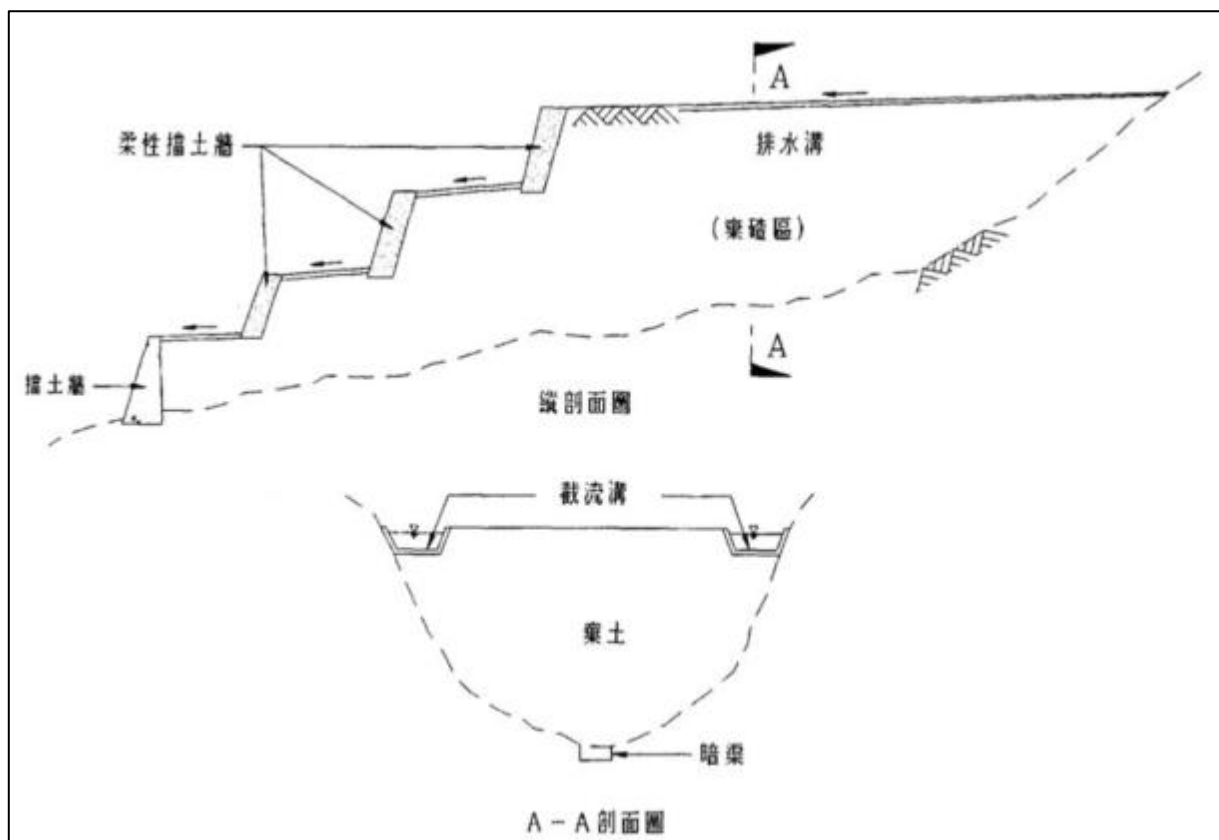
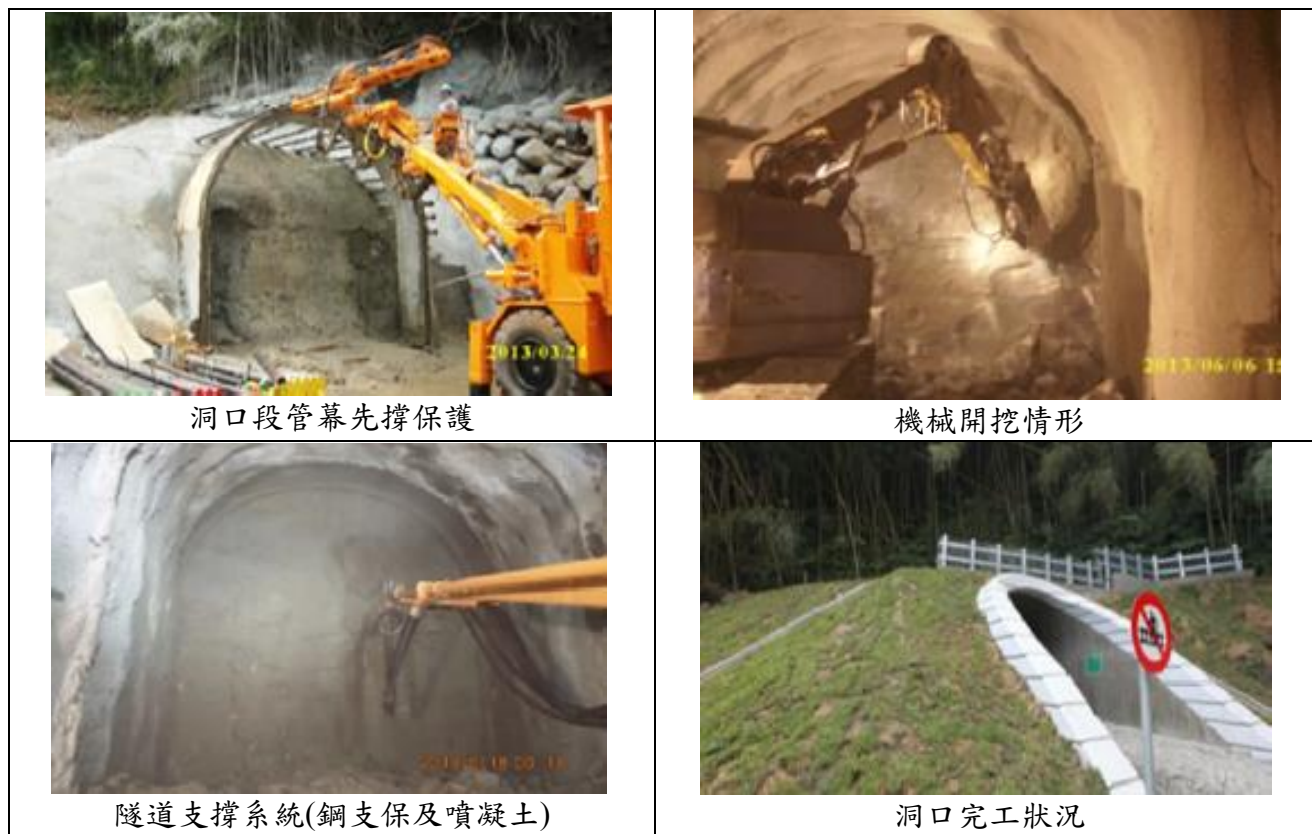


圖 3-2-5 土石方資源處理場之水土保持設施剖面圖

混凝土襯砌澆置需於屏蔽那設置臨時拌合場，以避免預拌混凝土車輛行走阿里山公路造成觀光衝擊及預拌混凝土品質疑慮，襯砌則採西側單邊方式進行，工期評估詳第五章說明。

各方案擬定評分將參考附近案例(多林及屏蔽那隧道)編列經費期工期估算，附屬工程(如洞口坡面整治)內容亦將納入評估項目中。

隧道採傳統鑽炸法開挖，視實際地質條件及岩體分類選用支撐型式，配合新奧工法NATM採用噴凝土、鋼支保及岩栓等進行開挖支撐，洞口淺覆蓋區域採用機械方式開挖，隧道施工狀況如圖3-2-6所示；施工中若遭遇特殊地質狀況時，需採先探查、先處理之原則小心通過，若有大量湧水可採近灌遠排原則進行處理，隧道出碴採一般裝載車運輸方式，棄至屏蔽那平台土石方資源堆置場。



資料來源：阿里山森林鐵路隧道復建工程，劉弘祥等人(2014)

圖 3-2-6 隧道施工狀況案例圖

3-2-3 隧道工程細部規劃

山岳隧道開挖工法依其施工方式有不同之分類。若以施工程序加以分類應可分類為循序開挖工法(Sequential Excavation Method)及TBM(Tunnel Boring Machine)全斷面開挖工法(TBM Full Face Boring Method)兩大類。

循序開挖工法係指隧道之施工依開挖-出碴及支撐等步驟依序進行，每

一循環稱為一輪進。其中開挖之方式可為鑽炸(Drill & Blast)開挖工法、鑿岩機(Rock Breaker)開挖工法、旋臂式削岩機(Roadheader)開挖工法及挖土機(Backhoe)開挖工法進行鑿挖。考量本隧道之長度、斷面形狀及地盤條件等，建議開挖方式採用國內技術已臻成熟，且施工應變能力較佳之鑽炸工法或鑿岩機開挖工法，同時採全斷面開挖，輪進長度依地質狀況不同分為0.8~1.5公尺。

本計畫採用公共工程委員會建置之「台灣岩體分類與隧道支撐系統(PCCR系統)」進行隧道岩體分類。係針對各種地質狀況對應之岩體分類系統及隧道支撐建議，依據地質材料特性、岩體相關強度特性、岩體對水的敏感性，並參考岩層地質年代辦理岩盤類別劃分，將台灣全區之地層劃分為A、B、C、D四種岩盤類別。其中本工區屬A岩類，隧道通過岩段為南莊層之厚層砂岩及砂、頁岩互層，依RMR定量分類法本區岩盤屬於A_{II}、A_{III}及A_{IV}岩類，崩積層屬於D_{III}岩類，因此依岩體評分區分為4類，據此設計隧道之支撐。

隧道中段的A岩類的支撐型式依岩體評分為A_{II}、A_{III}及A_{IV}型，其中A_{II}型包括岩栓L=3.0公尺@1.5×1.5公尺，8公分鋼纖維噴凝土；A_{III}型包括G125級桁型鋼支保@1.5~2.0公尺，12公分鋼纖維噴凝土；A_{IV}型包括G150級桁型鋼支保@1.0~1.5公尺，12公分鋼纖維噴凝土，頂拱先撐鋼材種類，包括#11先撐鋼棒、 ϕ 40公厘先撐鋼管、注膠先撐鋼管、自鑽式岩栓或型鋼，可由廠商依地質特性選用，鋼筋混凝土襯砌厚度為40公分。

洞口部分地表植生茂密且有樹林，研判為穩定狀態。隧道開挖時依岩體分類採用D_{III}型式支撐，包括16公分鋼纖維噴凝土、H200級桁型鋼支保@0.8~1.2公尺及 ϕ 100公厘管幕鋼管等支撐材料，鋼筋混凝土襯砌厚度為40公分。考慮崩積層或淺覆蓋岩段的透水性良好且儲水空間有限，平時開挖預估無地下水問題，僅需採用管幕鋼管先期支撐，兼具地盤改良功能即可，當豪大雨時可暫停開挖工作，讓開挖面自然排水，必要時鑽設排水孔加強排水即可減輕滲水壓力。

由於隧道洞口地層屬崩積層，厚度較厚且近年來由於環保意識高漲，任何工程均以儘量減少地表開挖為原則，甚至要求施工後的景觀性及安全度較施工前更為優良，為減少洞口大量開挖，隧道洞口均直接由既有坡面上鑽設先撐管幕鋼管，以增加頂拱之穩定性，再於洞外架設桁型鋼支保及噴佈鋼纖維噴凝土以形成假洞，視需要於假洞完成後再回填坡面，可避免後續開挖時發生偏壓現象，當內部襯砌厚度為40公分完成後，再將洞口形塑為一斜坡面造型，最後於假洞上方補充覆土植生。

鄰近隧道工程經驗整理下面事項供後續計畫推動參考：

- 一、隧道洞口保護：洞口崩積層較厚，傳統洞口工程為先將崩積層削挖，再配合邊坡保護設施，但是多林段隧道及屏蔽那段隧道之西洞口直接由既有坡面上鑽設先撐管幕鋼管，增加頂拱穩定性，再於洞外架設鋼支保及噴佈鋼纖維噴凝土形成假洞，部分覆土培厚，以避免發生偏壓現象。當內部襯砌完成後，再將洞口造型為斜坡面，最後於假洞上方覆土植生。以此種工法施工結果，可大量減少露天明挖部分之開挖量，提高洞口邊坡的穩定性，完工後為綠化的景觀坡面，可增加觀光價值。
- 二、隧道主體開挖：多林段隧道及屏蔽那段隧道之西口崩積層(D_{III}類)開挖段分別長達109.8公尺及99公尺，一般隧道少有如此長之崩積層開挖段，本隧道工程崩積層開挖段支撐係採用新奧工法之理念，由先撐構件管幕鋼管配合鋼支保及鋼纖維噴凝土提供圍束作用，將周圍岩盤形成一承受應力之拱環，承受開挖所造成之岩盤變形與應力變化，以維持隧道之安全與穩定。
- 三、多林段隧道東洞口設計：將多林段隧道東口由距離既有35號隧道東口約70公尺處匯入，形成交叉段。將新建多林隧道匯接至既有結構良好的舊35號隧道，除了減少新建多林隧道之總長度之外，亦無需新建隧道東洞口。減少工程費及工期，並保留既有35號隧道東口結構物，亦不破壞邊坡生態環境。
- 四、隧道開挖作業所產生之土石方量大，考量土方外運所費不貲，同時大量砂石車進出對於阿里山公路交通將造成嚴重衝擊，故於工區內尋找適宜之填土區作為棄土地點，可節省運輸及土資場費用，並減輕運土造成之污染及交通影響。以多林隧道為例，配合施作排水箱涵及地表排水渠道，以維持既有山溝的排洪量，相關之水土保持設施完成後，除可減緩地面坡度及原山溝溪床掏刷現象，亦可增加坡面穩定性。

3-2-4 隧道開挖支撐穩定分析

一、岩體參數評估

該評估方法主要係將岩盤材料可能存在之弱面及現地條件納入評估，進行岩心材料試驗成果換算至岩盤材料之力學參數，依據本計畫相關岩石力學試驗成果，將相關參數輸入RockLab軟體(E. Hoek, 2006)中，主要輸入參數共四項，分別為單壓強度、岩體強度指數GSI、岩材常數 m_i 及擾動係數D；單壓強度 q_u 主要藉由試驗統計取得，岩體強度指數GSI透過地表地質調查及取樣岩心進行評分(如圖3-2-7)，開挖擾動係數D則依現況邊坡與隧道開挖常見之分類系統據以建議，假設邊坡考量鐵路闢築時採機械式開挖，擾動係數D建議值為0.7，全斷面採用鑽炸法開挖擾動係數D為0.5，因此折減出岩盤強度及變形參數，相關設計參數如表3-2-1所示。

		結構表面等級				
		VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
岩體結構		DECREASING SURFACE QUALITY →				
	完整或塊狀體結構 岩塊咬合非常良好之未擾動岩體，岩塊由三組或三組以下間距較大之結構面切割而組成。	90	80		N/A	N/A
	塊狀結構 岩塊咬合非常良好之未擾動岩體，岩塊由三組或三組正交結構面切割而成之立方體。		70			
	鑲嵌良好之碎塊狀結構 岩體由四組或四組以上結構面切割，具有多面相互咬合之稜角狀岩塊組成，部分岩塊已受擾動。		60			
	碎裂結構 岩體受褶皺或是斷層等地質構造發育影響，由多組結構面切割形成之稜角狀岩塊組成，層理或片理面連續。		50			
	散體狀結構 塊體間互致程度差，岩體極度破碎並呈混合狀，由稜角狀和渾圓狀之岩體組成。		40			
	層狀/剪裂帶 由於密集之片理或是剪裂行為，岩體由極薄之葉片狀岩體構成，片理非常發達，無塊狀岩塊。		30			
			20			
			10			
		N/A	N/A			

註：修繪自 Hoek and Brown, 1997

圖 3-2-7 地質強度指數(GSI)建議圖

表 3-2-1 岩體設計參數評估表

設計參數 岩體類別		輸入岩心及現地參數					分析所需岩盤參數			
		單壓 強度 (MPa)	GSI	mi	D	MR	ν	凝聚力 (MPa)	內摩 擦角 (°)	彈性 模數 (MPa)
邊坡		43.3	60	10	0.7	240	0.2	0.63	42.69	2,085.48
隧道	II	65.7	80	10	0.5	240	0.2	5.32	37.08	9,267.78
	III	43.3	60	10	0.5	240	0.2	2.12	29.49	2,825.50
	IV	21.4	40	10	0.5	240	0.2	0.70	21.99	394.93

註：

1. 邊坡考量鐵路闢築時採機械式開挖，擾動係數 D 建議值為 0.7，隧道岩體分類採鑽炸法開挖擾動係數 D 建議值為 0.5
2. GSI 值由現地露頭狀況及取樣岩心進行評分
3. m_i ：砂岩：17±4；頁岩：6±2
4. 現況穩定邊坡整體之剪力強度參數經反算，凝聚力應不小於 600 kPa，摩擦角應不小於 30°
5. Hoek and Brown(2002 & 2006)評估公式：

$$c = \frac{\sigma_{ci} [(1+2a)s + (1-a)m_b \sigma'_{3n}] (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a) \sqrt{1 + (6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}) / (1+a)(2+a)}}$$

$$\phi = \sin^{-1} \left[\frac{6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b (s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}} \right]$$

$$E_{rm} = \left(1 - \frac{D}{2} \right) \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} \times 10^{(GSI-10)/40}$$

二、隧道開挖穩定性評估

隧道開挖穩定性評估部分，考量隧道改線洞口及沿線力學機制複雜，本計畫採三維分析，破壞準則採用Mohr-Coulomb準則；隧道改線之分析方法選用MIDAS Information Technology Co., Ltd. 所發展的midas/GTS 2010程式，進行開挖支撐分析，該軟體是以有限元素法(finite element method)為基礎所開發之數值分析軟體，可模擬隧道岩體開挖及支撐構件之行為。

分析所需的相關岩石力學材料參數，根據現場鑽探取樣試體進行試驗之量化數據來推估，透過岩體評分的方式考量地質弱面的影響，採用Hoek and Brown(2006)建議的岩體參數評估方法代入數值軟體進行分析。

分析成果顯示，圖3-2-8為計畫工區邊坡現地應力分布圖，隧道開挖沿線包含交叉段擴挖、通過主崩塌地區及洞口區域，位移分布及支撐受例如圖3-2-9及圖3-2-10所示，隧道位移量皆小於4公分，洞口淺覆蓋區域則有6公分之位移，支撐系統皆無達到降伏，顯示初步規劃成果應屬可行。

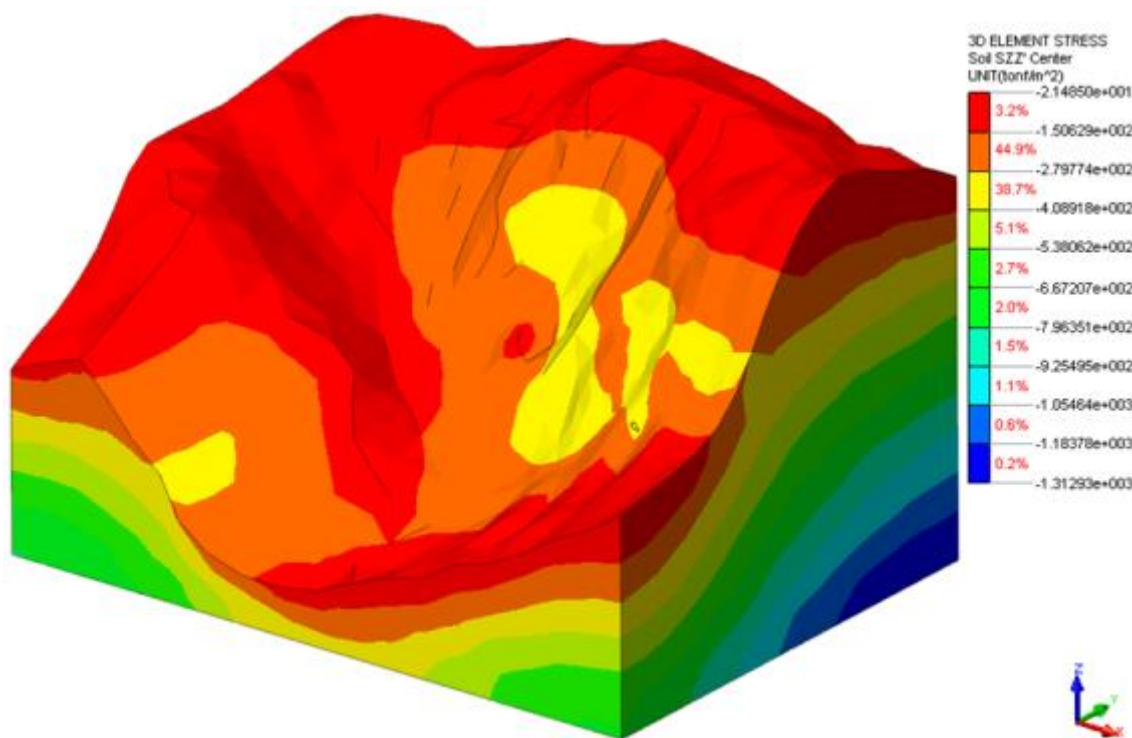


圖 3-2-8 計畫區域邊坡現地應力分布圖

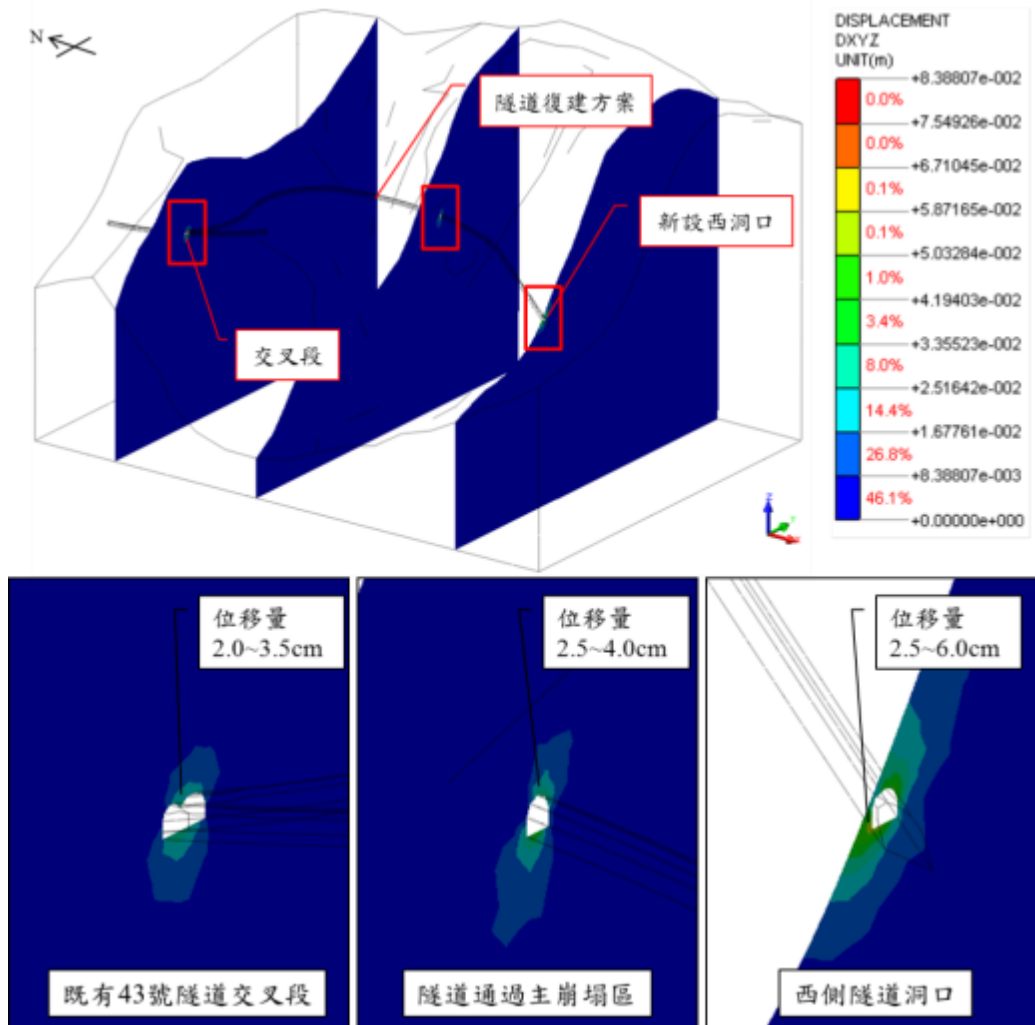


圖 3-2-9 隧道開挖分析岩體變位分布圖

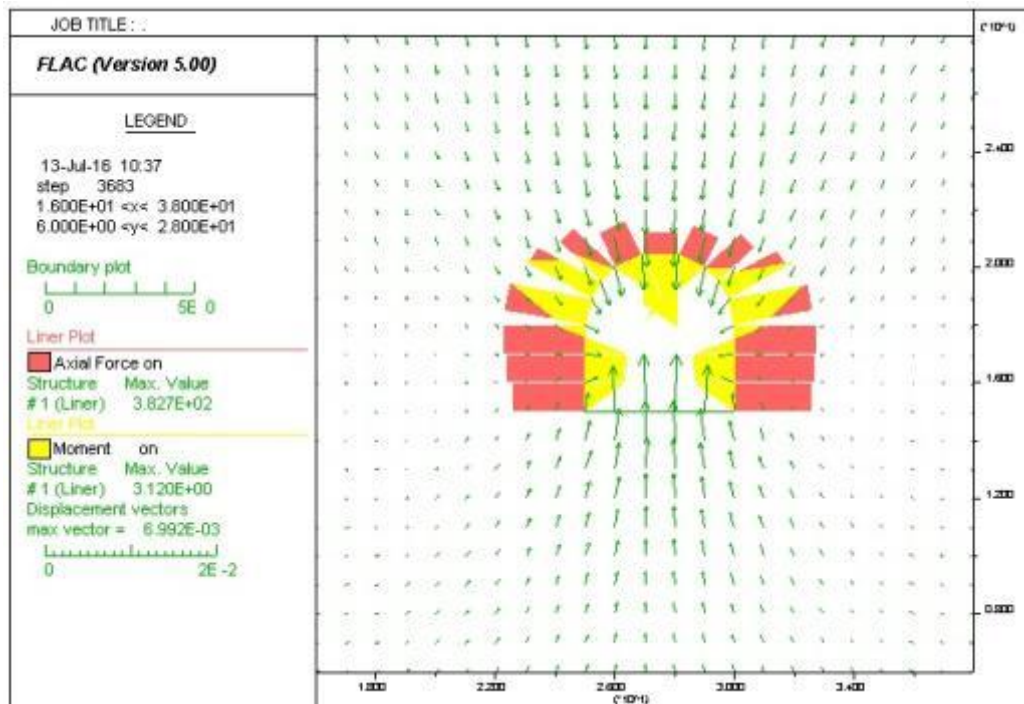


圖 3-2-10 隧道支撐系統受力分布圖

3-2-5 預計工期分析

復建方案預計工期分析之相關工項功率說明如下，預估工期進度如表 3-2-2 所示。表中，以「橫坑+4 工作面開挖+2 工作面襯砌」進行工期概估，合計至少約需個 20.0 月，實際工期將視隧道補充地質調查結果，於細部設計階段時進行調整與精算，若地質狀態良好，工期預估可縮短 1~2 個月。

一、丁類危評：約 3 個月。

二、本案預計採橫坑+4 工作面開挖+2 工作面襯砌

(一)動員及洞口保護工或既有隧道交叉段擴挖：約 1.5 個月

(二)隧道開挖：約 45 公尺/月

(三)內襯砌施作：約 120 公尺/月(以 6~12 公尺/模估算)

(四)軌道鋪設及零星工程：約 3 個月。

表 3-2-2 隧道復建方案預估工期進度表

工作項目\月次			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	準備作業	施工計畫及準備(含丁類危評等相關計畫)																				
2		施工便道/便橋																				
3		施工機具改裝搬運																				
4	隧道	隧道施工前準備																				
5		洞口&交叉段保護																				
6		施工橫坑																				
7		隧道開挖																				
8	其他	隧道襯砌																				
9		水土保持工程																				
10		軌道工程																				
11		工地整理																				

第四章 執行策略及方法

4-1 主要工作項目

4-1-1 工程規模摘要

根據資料文獻與現況調查，104年9月28日阿里山森林鐵路受杜鵑颱風影響，於路線第42號隧道，發現有兩處大型災害。一處位於東洞口200公尺處(約森鐵59K+080)，約有40公尺路基流失；另一處為西洞口內240公尺(森鐵59K+080)起約有15公尺損壞，兩處損壞合計約55公尺。

阿里山森林鐵路42號隧道計畫工作範圍位於森林鐵路58K+710~880，計畫位置如圖4-1-1所示，建議方案採用隧道改線方式復建，東側擇定里程59k+362處(既有43號隧道內)，西側擇定里程58k+490處，此隧道方案保有既有鐵路大部分路段，於既有43號隧道擴挖入洞，除可避開主崩塌區，亦能保有43號隧道以東之屏蔽那之觀光景觀路線；工程規模摘要如表4-1-1，工程配置如圖4-1-2。

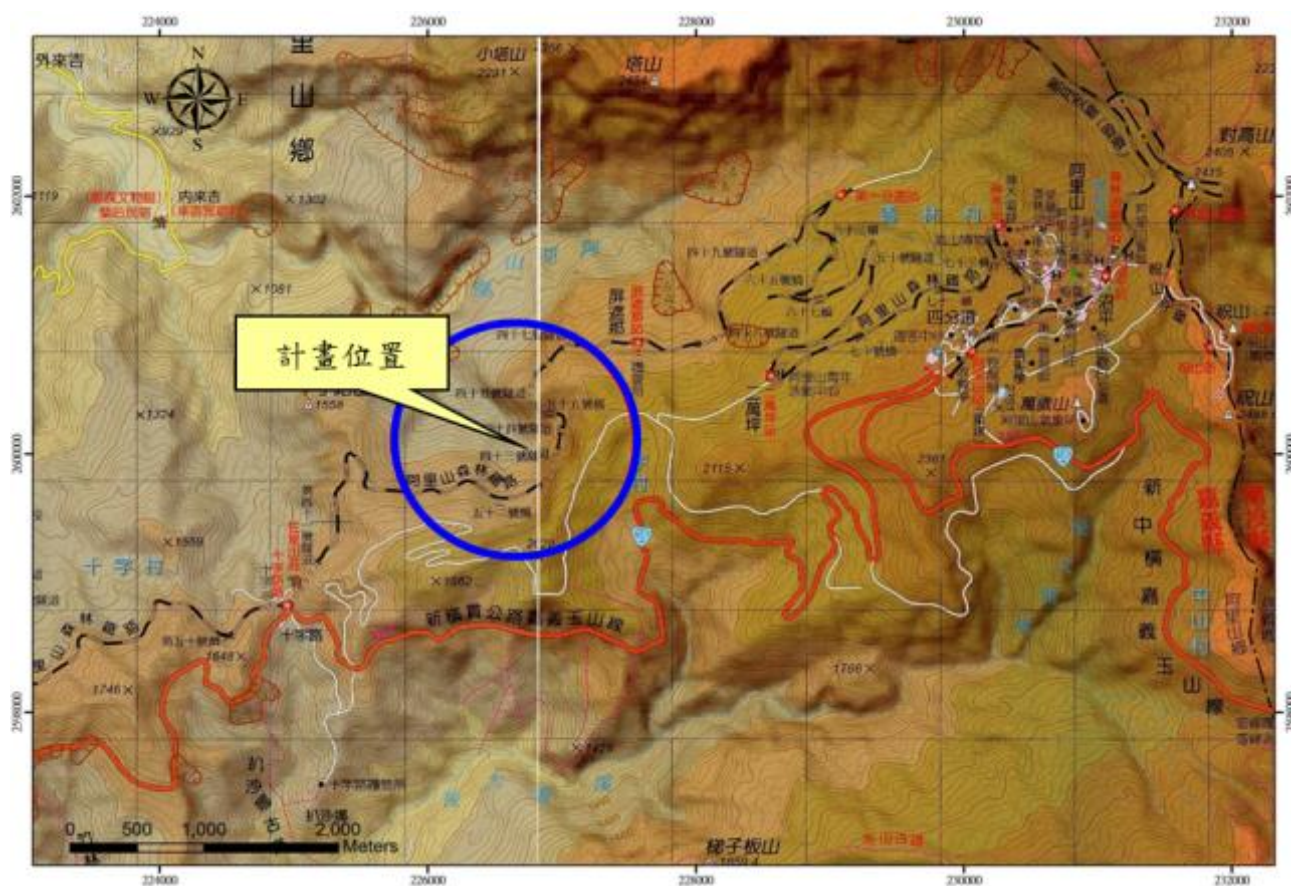


圖 4-1-1 計畫位置示意圖

表 4-1-1 建議隧道復建方案工程摘要表

東口	西口	隧道長度 (m)	隧道縱坡 (%)	最大覆蓋深度 (m)	通過主崩塌區 覆蓋深度(m)
59k+362	58k+490	1,077	0.95/4.39	120	48

註：里程為既有森林鐵路樁號

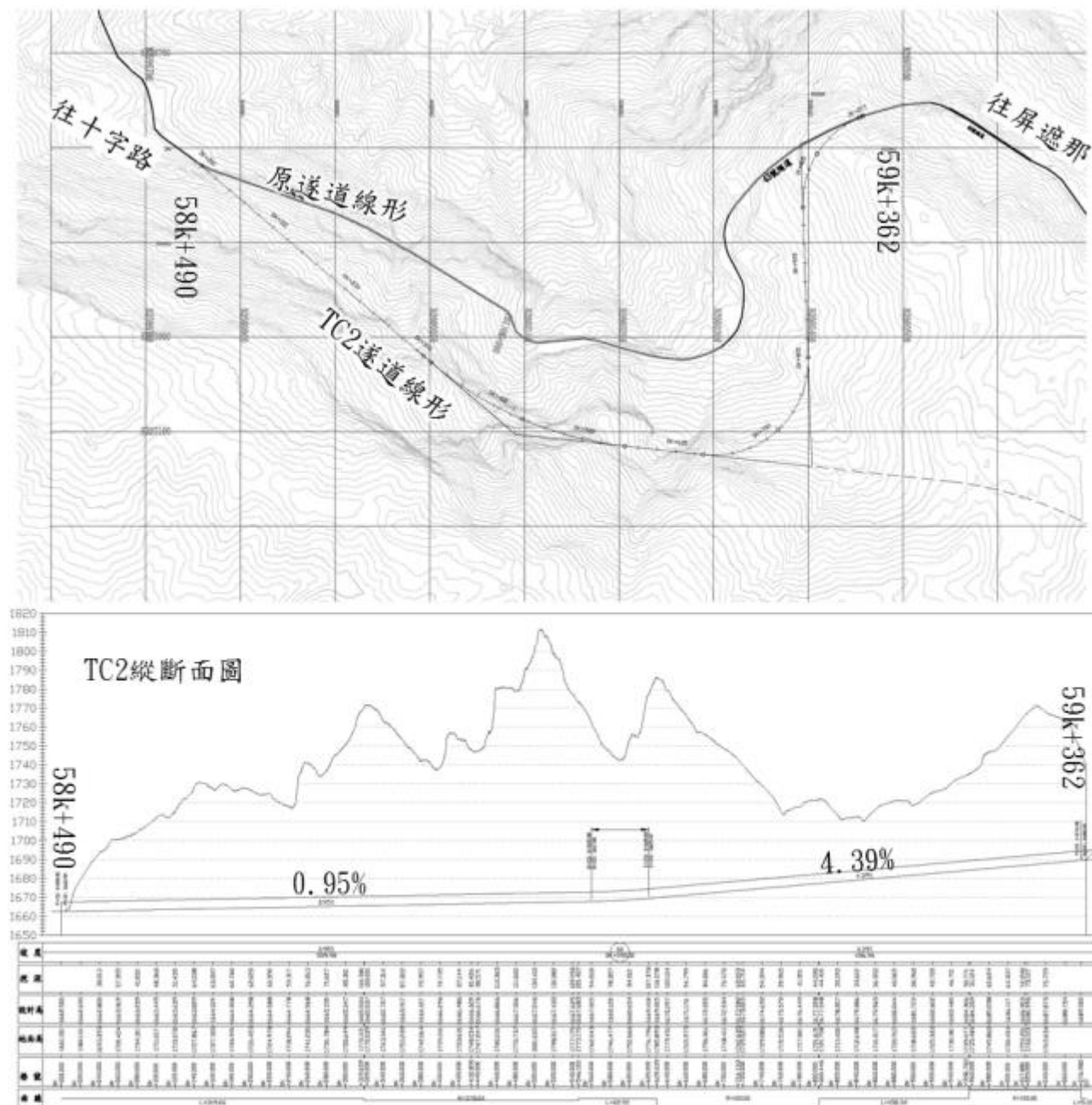


圖 4-1-2 隧道復建方案工程配置圖

4-1-2 主要工作項目內容

一、工程規劃設計與監造

- (一)復建工程結構物規劃、設計與分析
- (二)補充工程地質調查、工程基地調查、地形測量
- (三)設計圖說與預算書編製
- (四)視本工程特性及需求，提送相關報告
 - 1.土石堆置場之申請及管理(視需要)
 - 2.協助主辦機關辦理環境影響評估
 - 3.地質敏感區安全評估報告
 - 4.水土保持計畫或簡易水土保持申請
- (五)相關審議(含文化資產審議、查核金額審議等)

二、工程施工

- (一)相關施工計畫審查(含丁類危評、炸藥庫申請、混凝土預拌廠申請)
- (二)完成復建工程相關內容
- (三)施工期間臨時防減災措施及相關監測
- (四)完成水土保持計畫工程內容

4-2 分期(年)執行策略

為達安全通過地質災害路段以恢復全線通車之最終目標，復建工程依地質調查與復建規劃、補充地質調查與細部設計及工程發包施工階段，分三期執行。其中，已於105年11月完成「阿里山森林鐵路58K+710-880災害路段地質調查及復建規劃」，106年5月辦理文化資產審議；預計於107~109年3月完成補充調查、細部設計及依環保署函示辦理第一階段環境影響評估作業，並俟環保署核定環評後隨即辦理工程發包作業，預計於111年12月完工，分期(年)執行策略如表4-2-1所示。

表 4-2-1 阿里山森林鐵路 42 號隧道計畫分期(年)執行策略表

期程	執行內容	備註
107-108 年	補充地質調查與細部設計、地質敏感區安全評估、水土保持計畫、查核金額審議、第一階段環境影響評估	災害路段地質調查及復建規劃於 105 年 11 月完成；106 年 5 月辦理文化資產審議
109 年	第一階段環境影響評估、工程發包、施工前準備(含丁類危險性工作場所審查、炸藥庫申請、混凝土預拌廠申請)、施工	
110-111 年	施工	預計 111 年 12 月完工

4-3 執行步驟(方法)與分工

4-3-1 環境保護對策

本工程內容主要為隧道、邊坡及相關排水等工程，而以隧道為主體工程。環境保護對策主要需針對施工現場進行詳細勘查地形、地貌及周遭之環境生態，審慎評估各施工場區所需之施工機具、材料堆置場，並慎選所需之運輸路線，俾降低對工區環境之影響，並且應依相關法令（相關環保法令及環保署公告之「施工活動非點源污染最佳管理作業規範」、「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」與「營建工程空氣污染防制設施管理辦法」…等）辦理施工期間各項環境保護工作，並遵守相關法令規定作好管理，更應恪遵工程司指示及特訂條款規定做好相關環保措施。

另因本案隧道工程進出洞口之邊坡開挖與整地，施工時將干擾土壤穩定結構與地表植被保土功能，使土壤抗蝕力減弱，導致暴雨時產生土壤沖刷現象，因此應避免於雨天中施工，且應配合施工進度設置臨時性水土保持措施，如臨時性攔砂、導排水與截水溝等設施，以導引地下水或雨水之宣洩，更應注意該溝下游水路之疏導，並於裸露面覆蓋以免造成更大之沖刷致引起泥濘而污染環境。施工期間之環境保護計畫重點在空氣污染防治、噪音及振動管制、水體水質保護等。

一、工址環境現況

隧道工程計畫路線現況為主要為森林。

二、空氣污染防治

本計畫路線主要行經森林，臨近無民宅住家，亦未與既有公路系統交會。惟須注意施工面空氣品質與注意粉塵對林木所造成之影響。依環保署「營建工程空氣污染防制措施管理辦法」相關規定，辦理各項空氣污染減輕對策及採取有效抑制粉塵之防制設施如下：

(一)裸露地表

採行有效抑制粉塵之防制設施包括覆蓋防塵布或防塵網、植生綠化、配合定期灑水。本計畫為第二級營建工程，防制設施應達裸露地面積50 %以上。

(二)物料堆置

具粉塵逸散之物料採用防塵布或不透氣覆蓋物覆蓋。

(三)工區出入口設置洗車設施及沉砂池，施工車輛出工區時，應有效清洗車體及輪胎，其表面不得附著污泥。

(四)車行路徑

- 1.工區內之車行路徑，應選擇鋪設鋼板、鋪設混凝土、鋪設瀝青混凝土、鋪設粗級配或其他同等功能之粒料等方式，本計畫為第二級營建工程，鋪設面積需達車行路徑面積之50 %以上，以減少車行路徑裸露面。
- 2.當嘉義縣發布空氣品質不良且主要指標污染物為懸浮微粒時，應依據環保署「空氣品質嚴重惡化緊急防制辦法」，立即加強灑水或道路洗掃。

(五)施工車輛及機具

- 1.依「營建工程空氣污染防制設施管理辦法」規定，選用低污染之施工車輛及機具，並定期進行機械設備及車輛維護。
- 2.運輸車輛長時間停等應熄火，並採用合格油品，減少待速產生廢氣。
- 3.於阿里山公路運輸路線依交通維持計畫行駛，加強行駛規範訂定及執行，於穿越人口稠密地區時，降低車速(<30 km/h)以避免掀揚塵土。
- 4.使用打樁機、鑽機等施工時設置覆幕，防止油漬、泥土飛散。
- 5.運輸車輛採車隊管理，以無線電聯絡通知候車及進出，以維護附近空氣品質。
- 6.當環保署空氣品質達到「空氣品質嚴重惡化緊急防制辦法」二類五級狀況時，依規定減少操作頻率或停工，加強洗掃、灑水。

(六)街道洗掃

於施工期間規劃阿里山垃圾處理場往台18線方向進行道路洗掃，於施工期間每日洗掃1次，並依「街道揚塵洗掃作業執行手冊」辦理。

(七)空氣污染源之防制技術

施工期間各種污染源之防制技術如表4-3-1，施工期間應要求承包商確實執行各項防制措施。

(八)PM2.5之積極減輕對策及追蹤監督機制

另本計畫參照行政院環保署「營建工程逸散粉塵量推估及其污染防治措施評估」中，針對本計畫施工空氣污染防制措施，預期防制效率可達70%，詳細說明如表4-3-2所示。擬定施工階段PM2.5之積極減輕對策及追蹤監督機制，如表4-3-3所示。

表 4-3-1 空氣污染源防制對策及效果

防制措施	措施內容	防塵效率(%)		備註
		範圍	平均	
灑水噴霧措施	車行無鋪面道路	30~70	50	經常性灑水
	車行鋪面道路	70~90	80	
	儲料堆工程餘土區	50~75	60	
	運土作業/傾卸作業	20~50	35	
	裸露地表	40~65	50	
	砂石場	30~50	40	
防塵罩(網)措施	網徑 1 mm， $n_x/L=0.2$	<20	15	粉塵粒徑<100 μm
	網徑 0.5 mm， $n_x/L=0.33$	<30	30	粉塵粒徑<100 μm
	不透氣之防塵塑膠布	80~100	90	
防塵屏措施	一般營建工程	10~70	40	
集塵系統	重力沉降室	50~80	70	
	慣性衝擊板	70~90	80	
	離心式集塵器	70~95	90	
	袋式集塵器	95~99	97	
	文式洗塵器	90~99	95	
	噴淋式洗塵器	80~90	85	
管理措施	一般行政管理	0~40	20	
其他措施	如植被、化學穩定劑	10~80	60	

資料來源：營建工程逸散粉塵量推估及其污染防治措施評估，行政院環保署 85 年 6 月。

表 4-3-2 本計畫施工空氣污染防制措施

等級		本計畫採行污染防制措施	防塵效率(%)
項目			
隧道開挖作業	灑水	晴天 2 小時一次以上	75
	臨時鋪面	瀝青、混凝土材質	80
土石及材料堆置	清除	堆置適當地點待清除	20
	覆蓋	不透氣塑膠布材質	90
工地內裸露地面	灑水	晴天 2~4 小時一次	60
	植生	茂密且完整者	60
	鋪面或壓實	瀝青、混凝土材質	80
隧道結構施工	灑水	晴天 2 小時一次以上	75
	覆蓋	尼龍布材質	90
車輛裝卸運送作業	洗車	具專用洗滌措施能完全清洗	35
	掃洗路面	每日一次	80
	車輛覆蓋	塑膠布或尼龍布完全覆蓋	90
	灑水	表面濕潤且未有污染產生	35

表 4-3-3 PM_{2.5} 減輕對策及追蹤監督

產生機制及源頭	減輕對策	追蹤監督
營建工地粉塵 (原生性懸浮微粒、 細懸浮微粒)	1. 將易受風影響之物料(如砂石等)堆置於不易受風處，並常保濕潤。 2. 裸露地表防塵布覆蓋，減少裸露面及現場土方堆置問題，降低環境衝擊。 3. 工地內具粉塵逸散性之工程材料、砂石、土方或廢棄物，配合灑水降塵。 4. 晴天灑水一次，遇空氣品質不良季節加強灑水。 5. 工程進行期間，依環保署「營建工程空氣污染防制措施管理辦法」相關規定辦理各項空氣污染減輕對策。為落實營建工程空氣污染防制措施，執行加強灑水或停工，以延緩或減輕沙塵暴來襲與本土污染物結合之空氣品質不良現象，降低對環境二次污染。	1. 每週巡視工地內物料堆置及覆蓋情形，如有帆布破損或覆蓋不確實者應盡速更換改善，颱風季節應縮減至每週兩次。 2. 施工期間每季進行空氣品質檢測分析項目包括總懸浮微粒(TSP)、PM ₁₀ 、PM _{2.5} 等，並於每季監測結束後提交監測報告予主管機關檢核。
車行揚塵 (原生性懸浮微粒、 細懸浮微粒)	1. 土方運輸車輛設置防塵罩或防塵布網，防止載運物料掉落地面。 2. 依道路指示標誌行駛，避免任意於開挖地區行駛揚起塵土。 3. 出口設置洗車設施，於車輛離開工地時，有效清洗車體及輪胎，使其表面不附著污泥。	1. 透過施工單位、開發單位及主管機關不定期查核監督，並配合監測計畫加強灑水頻率。 2. 工程車輛離開工區皆應加以清洗，由現場監工人員檢查認可後，始得駛出施工地點。
機動車輛燃燒排放 (原生性/衍生性懸浮 微粒、細懸浮微粒)	1. 施工車輛採符合第四期車輛排放標準。 2. 遵守政府訂定之燃料油含硫分限值、交通工具空氣污染物排放標準、車用汽柴油成分標準，減少 PM _{2.5} 、PM ₁₀ 、SO ₂ 、NO _x 、VOCs 與 NH ₃ 等前驅物排放量。	1. 施工機具或車輛使用之汽柴油符合車用汽柴油成分管制標準 2. 施工車輛和設備定期維修保養及車輛排氣檢驗。

三、噪音振動防制

為避免因施工活動之進行致影響環境噪音及振動品質，可採行下列相關措施進行噪音振動防制：

(一)噪音振動源改善

1. 選擇低噪音或備有消音設備之施工機具。
2. 調整施工順序及機具同時操作數量，降低噪音振動合成增量。
3. 落實作業員教育，小心處置、堆置器具及材料，控制不必要機具空轉。
4. 規劃高噪音機具設置及操作上遠離噪音敏感點。
5. 施工機具及運輸車輛定期維修保養。
6. 施工車輛依規定路線行駛。機動調整運輸規劃，控制最大運輸車次，車輛不集中時段行駛。
7. 車輛禁止急加速、減速及按喇叭等突增噪音量行為，行經阿里山青年活

動中心附近及十字社區時，應降低車速小於30公里/小時。

8.運輸道路須保持路面平整，如造成破損則立即進行維護。

(二)噪音振動傳播路徑改善

在出入口、鄰地界處工區之機具音源周圍加裝防音罩等減低音量設施。

(三)敏感受體保護

- 1.依「營建工程噪音管制標準」，將管制標準納入施工規範，要求承包商確實遵守並做好管理措施。
- 2.做好敦親睦鄰及事前說明之工作，若接到居民之陳情或抱怨，即時處理並配合調整施工方式以降低噪音、振動影響。
- 3.針對計畫區附近敏感點定期噪音及振動監測，以供未來環保改進措施之參考。

相關具體之噪音防制技術對策詳如表4-3-4所示：

表 4-3-4 施工機具噪音、振動具體防制技術

施 工 機 具	主 要 機 具 名 稱	噪 音、振 動 消 除、緩 衝 方 法
挖土搬運機具	推土機	. 引擎安裝隔音罩、消音器 . 引擎改用電動馬達式 . 採用膠輪式
挖土機具	履帶式鏟土機	. 安裝隔音罩、消音器 . 引擎改用電動馬達式 . 採用膠輪式、輪式油壓鏟
裝載機具	履帶式裝載機	. 安裝隔音罩、消音器 . 引擎改用電動馬達式 . 採用膠輪式、輪式裝載機
搬運機具	傾卸車	. 安裝排氣罩 . 使用載用機、管路
懸吊機具	車載式起重機	. 起重機之引擎改為電氣化 . 使用油壓式起重機
滾壓機具	壓路機、夯實機	. 使用膠輪式滾壓機
混凝土機具	車載式拌合機	. 動力傳送裝置裝消音器

四、水體水質保護

(一)應依「水污染防治法」第13條規定，於設立或變更前，應先檢具水污染防治措施計畫及相關文件，送直轄市、縣(市)主管機關或中央主管機關委託之機關審查核准。

(二)應依「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」第9條規定，於開挖面或堆置場所，鋪設足以防止雨水進入之遮雨、擋雨及導雨設施，並設置沉砂池，處理降雨初期逕流及車輛離場時車身沖洗之廢水。

- (三)應依「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」第10條規定，於施工前檢具逕流廢水污染削減計畫報主管機關核准並據以實施。
- (四)應依水土保持計畫確實做好施工中防災措施，包括截水溝、滯洪沉砂池、護坡等臨時性防災設施，將雨水及地表逕流所造成之土壤沖蝕降至最低。
- (五)若遇豪雨、颱風來襲，事先清除工區內排水系統渠道淤沙，將裸露地表覆蓋保護，以減少泥沙之沖蝕量。施工期間施行非點源污染最佳管理措施，如表4-3-5所示。
- (六)施工人員生活污水採租用流動式廁所(定時委託代清除處理業清除)或工務所設置套裝污水處理設施(符合建築物污水處理設施之相關管理規定)方式處理。

表 4-3-5 施工期間非點源污染最佳管理措施

管理措施	執行方法
工地管理	1.劃定廢棄物處理場及容器，並遠離排水系統。 2.廢棄物應放置於遮蓋或具二層防範之場所，防止因暴雨產生污染物外流。 3.定期清除截水溝及泥砂沉澱設施內之累積物。 4.定期清掃工區內落塵及砂土。 5.於開挖面或堆置場所鋪設遮雨、擋雨及導雨設施。
施工便道及車輛管理	1.以灑水、鋪瀝青、混凝土或粗粒料方式穩定施工道路，防止土壤侵蝕及飛塵。 2.車輛離開工地前，於洗車台清洗附著於車輪上之泥水，清洗廢水流入沉砂池沉澱後再行排放。
降雨逕流管理	1.設置截水溝使降雨逕流引至沉砂池，減少土壤沖刷外流。 2.設置臨時性沉砂池，使水中泥砂沉澱後再行排放。 3.工區圍牆設置防溢座，避免泥砂直接流入承受水體。 4.水溝蓋覆蓋紗網，並維持水溝暢通。

4-3-2 交通衝擊評估及維持計畫

由於阿里山森林鐵路於本計畫區域路段目前為停止營運階段，由鐵路局定期派員進行路線巡查，並不開放民眾通行，而通達工區之施工道路僅於東側(屏蔽那上邊坡範圍)，會與抵阿里山青年活動中心及垃圾處理場路線部分重疊，因此於隧道改線方案進行路線復建施工階段，對於用路人影響為施工機具進出些許時程，隧道開挖及土方處理皆不與該路線重疊，故評估對交通衝擊影響甚小。

在綜合考量監測儀器裝設之必要性及業主監測人力後提出以下說明，包含邊坡及隧道開挖監測兩大項目。

本計畫之地質鑽探鑽孔已設置之水位觀測井(105-BH01、105-BH-02與

105-BH-03)，可進行人工量測並累積量測資料，以持續蒐集崩塌區邊坡水位變化之重要資訊，供邊坡穩定分析之地下水位參數參考。另後續補充地質調查若有增加新鑽孔，亦可採用自記式水位計記錄新設或既有之水位井，以記錄地下水位之變化，一般設定每小時記錄水位乙次，以較能確實掌握降雨量與地下水位之變化關係。

而後續補充地質調查可針對隧道洞口區域或填土區域進行鑽孔，除可量測水位變化外，亦可裝設傾斜管，其常安裝於易滑動之坡面，常發生測傾管受邊坡剪斷之情形；由於本計畫隧道工程出碴之土方預計存放於屏蔽那平台處，前期已堆置屏蔽那隧道工程之土方，並設置水土保持工程，為確保填土區之邊坡穩定狀況，故於監測設施設置前應整體考量邊坡穩定之情況，於設置邊坡保護工後再行設置，將可避免邊坡破壞而毀損監測儀器。

隧道開挖部分，為避免發生大規模抽坍，以順利完成此開挖工作，於隧道開挖過程中，可安裝伸縮儀及收斂釘等監測儀器，以計測回饋資料調整支撐設施。

為提供營運期間行車安全，建議可於隧道洞口設置太陽能供電之監測設備，如微震儀、地聲感知器、雨量計等，作為預警性停駛之參考，以及針對洞口及橋面板設置即時傳輸錄影系統，並採無線方式傳輸至各站，提供通過該路段前之即時資訊。

第五章 期程與資源需求

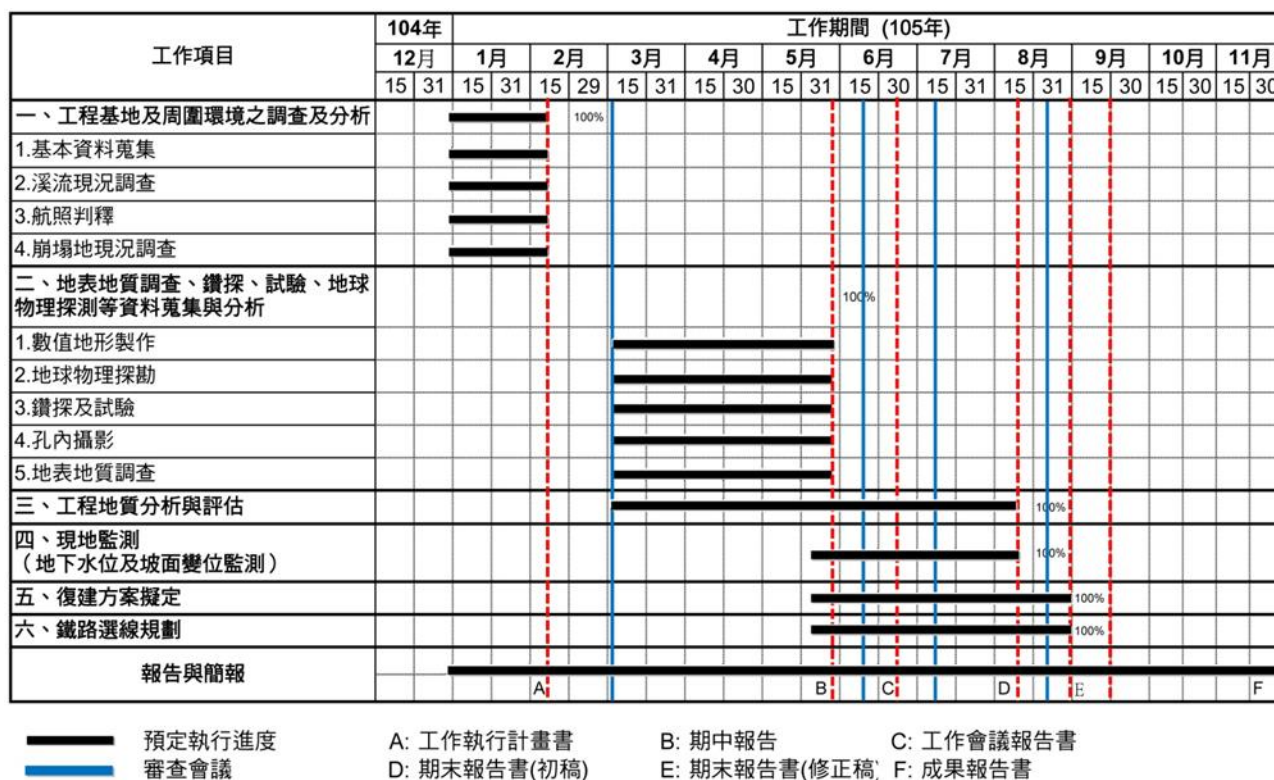
5-1 計畫期程

5-1-1 調查與規劃工期分析

地質調查與復建規劃研擬需於160日曆天內完成，相關工作內容已於105年11月如期完成，調查與規劃

執行相關工作進度如表5-1-1所示。

表 5-1-1 調查與規劃執行工作進度表



5-1-2 補充地質調查與細部設計期程分析

補充地質調查與細部設計期程分析規劃，相關管控期程說明如下：

- 一、初步設計階段應依據現場調查、地質補充調查及測量成果、評選委員建議等相關資料，於開工後130日內提送初步設計方案。
- 二、水土保持計畫(或簡易水土保持申請書)送審需於初步設計審查審查通過後30日內提出。
- 三、細部設計階段應於初步設計經審查小組審查通過後60日內提出細部設計書圖、材料數量表、斷面計算表、施工規範等資料。

四、設計書與預算書編製應於細部設計經審查小組審查通過後10日內完成工程設計書與工程預算書編製。

五、除上述補充地質調查與細部設計所需期程外，加上依環保署函示辦理第一階段環境影響評估、設計書圖審查、文化資產審議、地質敏感區安全評估、水土保持計畫、查核金額審議、工程發包等時程，預計於107年1月~109年3月共計27個月期間完成。

5-1-3 施工期程分析

動員及洞口保護工或既有隧道交叉段擴挖，施作約1.5個月，隧道開挖預估月進度約45公尺，隧道開挖過程同時申請工地預拌混凝土場，內襯砌施作月進度約120公尺(以6~12公尺/模估算)，軌道鋪設及零星工程3個月。以「橫坑+4工作面開挖+2工作面襯砌」進行工期概估，合計至少約需個20.0月，工期估算如表5-1-2所示。

表 5-1-2 隧道復建方案預估工期進度表

工作項目\月次			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	準備作業	施工計畫及準備(含丁類危評等相關計畫)																				
2		施工便道/便橋																				
3		施工機具改裝搬運																				
4	隧道	隧道施工前準備																				
5		洞口&交叉段保護																				
6		施工橫坑																				
7		隧道開挖																				
8	其他	隧道襯砌																				
9		水土保持工程																				
10		軌道工程																				
11		工地整理																				

5-2 所需資源說明

本計畫已於106年1月9-10日召開先期規劃構想審議原則通過，107~111年度所需總經費(包含依環保署函示增辦環境影響評估0.06億元)為3.91億元。其中107年所需經費為0.02億元，108年所需經費為0.03億元，109年所需經費為0.62億元，110年所需經費為1.90億元，111年所需經費為1.34億元。

107年度已編列0.67億元預算，除辦理環評所需0.02億元，餘0.65億元以專案保留至109年度，爰各年度預計編列預算為：108年編列0元(以107年度保留款支付當年度所需經費0.03億元)，109年預算編列0元(以107年度保留款支付當年度所需經費0.62億元)，110年編列1.90億元，111年編列1.34億元。

5-3 經費來源及計算基準

5-3-1 工程費經費來源

本計畫列入前瞻基礎建設計畫內容之中南部觀光鐵路計畫內容，107~111年合計編列特別預算計3.91億元。

5-3-2 工程費估算

一、工程費估算

預估每公尺隧道主體建造費用約30萬元(含開挖支撐及襯砌)，方案TC2預估經費約為3.6億元(含雜項職安品管營業稅等費用)，相當於平均每行進公尺單價為33萬元；另為增加工作界面施設工作橫坑約需2仟萬元，預估工程經費如表5-3-1，分年經費估算如表5-3-2。

表 5-3-1 隧道復建方案數據表

方案	長度(m)	最大覆蓋深度(m)	坡度(%)	預估工期(月)	預估工程費(億元)	雜項費(億元)	營業稅(億元)	預估總工程費(億元)
隧道復建	1,077	120	0.95/4.39	20.0	2.996	0.433	0.171	3.600

註1：鄰近工區案例，多林段隧道，最大覆蓋厚度約100m(總長約487m)

註2：屏遮那段隧道，最大覆蓋厚度約80m(總長約1,165m(含明隧道24.8m))。

註3：隧道復建工法預估總經費平均每行進公尺單價為33萬元。

註4：工期估算含施工橫坑增加之工作面。

表 5-3-2 隧道復建方案分年經費表

預估費用(萬元)	分年經費(萬元)		
	109 年	110 年	111 年
36,000	4,950	18,400	12,650

5-4 經費需求(含分年經費)及與中程歲出概算額度配合情形

本計畫所需經費原主要係依100年4月28日行政院院臺工字第1000018801號函修正之政府公共工程計畫與經費審議作業要點(以下簡稱審議要點)進行分年編列。計畫農委會於106年1月9-10日召開先期規劃構想審議原則通過，107~111年度(包含依環保署函示增辦環境影響評估0.06億元)所需總經費為3.91億元，有關阿里山森林鐵路58K+710~880復建工程分年分期之計畫。因復建工程為隧道方案，根據復建規劃期程，將於107~109年3月進行第一階段環境影響評估作業、水土保持計畫及細部設計作業，並俟環保署核定環評後即辦理工程發包作業，109~111年度進行工程施工。經費需求如表5-4-1所示。

表 5-4-1 公共工程及房屋建築經費預算調查表

機關及名稱	計畫名稱 (分年填列)	新興 或 延續	計畫 期程	計畫 類型	計畫 功能 類別	總經費	以前 年度 編列 經費	以前 年度 保留款	本年度預算數							本年度 預算來源	
									規劃設計 監造費	工程經費	工程 管理費	機械 及 設備費	土地 價款 補償費	環境影響 評估	合計	中央 政府 預算	地方 政府 配合款
行政院農業委員會林務局嘉義林區管理處	阿里山森林鐵路 42 號隧道計畫 (107 年度)	新興	107~ 111 年	公共 建設 計畫	C5 觀光	2,000,000								2,000,000		67,000,000 (已編列)	
	阿里山森林鐵路 42 號隧道計畫 (108 年度)	新興	107~ 111 年	公共 建設 計畫	C5 觀光	3,000,000								3,000,000		0 (以 107 年保 留款支付所 需經費 3,000,000)	
	阿里山森林鐵路 42 號隧道計畫 (109 年度)	新興	107~ 111 年	公共 建設 計畫	C5 觀光	62,000,000			10,500,000	49,500,000	1,000,000			1,000,000		0 (以 107 年保 留款支付 62,000,000)	
	阿里山森林鐵路 42 號隧道計畫 (110 年度)	新興	107~ 111 年	公共 建設 計畫	C5 觀光	190,000,000			5,000,000	184,000,000	1,000,000					190,000,000	
	阿里山森林鐵路 42 號隧道計畫 (111 年度)	新興	107~ 111 年	公共 建設 計畫	C5 觀光	134,000,000			6,500,000	126,500,000	1,000,000					134,000,000	

第六章 預期效果及影響

6-1 預期效果

阿里山森林鐵路42號隧道計畫災害調查與復建工程預期可達成三大成果，其分別為(一)阿里山森林鐵路恢復全線通車與提升鐵路之行車安全、(二)促進大阿里山地區觀光發展、(三)保存歷史文物資產。由規劃至竣工使用各階段預期效果說明如下：

一、調查與規劃階段

以恢復阿里山森林鐵路全線通車為最終目標，將進行地質調查、鑽探等基本資料之蒐集，並進行災害分析與評估，研擬出可行治理模式並提出鐵路選線方案，以作為未來復建工程細部設計之參考依據。

二、補充調查與細部設計階段

以調查與規劃階段資料為基礎，進行研擬復建方案之補充地質調查並完成基本設計、細部設計、水土保持計畫、地質敏感區評估報告及工程發包所需資料，以作為施工依據。

三、施工階段

依相關審議及細部設計相關圖說、施工規範及品質要求，安全且如期如質恢復全線通車。

6-2 計畫之影響

一、阿里山森林鐵路恢復全線通車有助於將阿里山日出、雲海、晚霞、神木及登山鐵道等特色推向國際，成為國際知名觀光景點。

二、阿里山森林鐵路為台灣歷史文化之重要資產，全線通車對文化資產保存具有指標性意義。

三、阿里山森林鐵路全線通車可舒緩台18線公路之交通流量，亦可分散交通風險，提供替代路線。

四、阿里山森林鐵路全線通車可提供便利之觀光交通路線，增加旅客停留於鐵路沿線之遊憩時間，擴大整體觀光產值。

五、阿里山森林鐵路串聯多林、十字村及來吉村等山村部落（人口約733人），提供便捷使用鐵路運輸進出阿里山與嘉義市區。

第七章 財務計畫

7-1 基本假設與參數設定

一、成本基本假設與參數設定

(一)評估期間

阿里山森林鐵路58K+710~880復建工程設計施工(預定107年~111年)及營運期間之工程全生命週期計50年。

(二)折現率：本財務計畫之折現率將採3%進行相關之試算評估。並針對不同折現率進行敏感度分析。

(三)貨幣換算之基準年：106年

(四)計畫開始年期：107年

(五)路線完工年期：111年

(六)營運維修成本

隧道於未來營運期間所需之維修與汰舊換新成本低，主要為隧道巡檢，營運維修成本以工程建造費之3.0%計。

(七)年利息：以總投資金額之6(%)計算。

(八)年中期換新準備金：併運轉及維護成本計算。

(九)年稅捐保險費：以工程建造費之0.12%為保險費，0.5%為稅捐費，合計為0.62%。

(十)土地成本：公地，不計地價成本。

二、效益基本假設與參數設定

(一)森林鐵路營運載客人數概算

森林鐵路載客營運人數依(車次/日)x(人/車次)x乘坐率%x往返兩趟進行估算。

(二)營運成長：森林鐵路營運因受限於運能限制，每日以3車次往返進行計算。

(三)森林鐵路營運票價收益概算

依據最新公告105年5月1日實施之森林鐵路阿里山號票價表，單位成本約為8.3元/公里；每人平均運距採森林鐵路全長之80%(約58Km)。森林鐵路營運票價收益概算平均票價約為500元。

(四)森林鐵路營運成本：票價收入之90%估算。

(五)間接效益量化：量化效益之10%

7-2 成本及收益項目

一、成本項目

(一)規劃設計與管理作業費：

已於104~105年度由林務局執行災害調查與規劃。

(二)建造成本：3.91億元

1.第一階段環境影響評估費：0.06億元

2.委外規劃設計監造及工程管理費：約0.25億元

3.發包工程費：約3.60億元

二、收益項目

(一)森林鐵路營運票箱年收入：1.971億元/年

1.年營運人數=3車次/日x240人/車次x75%乘坐率x往返兩趟x365天
=394,200人/年。

2.票箱年收入=394,200x500/100,000,000=1.971億元/年。

3.票箱收入純益=1.971億元x10%=0.1971億元

(二)其他附屬事業收入：無

7-3 現金流量分析

一、年資金需求評估

本計畫第一階段環境影響評估、規劃設計及發包施工期程概估約5年，預估所需經費合計3.91億元。其中，107年所需經費為0.02億元，108年所需經費為0.03億，109年所需經費為0.62億元，110年所需經費為1.90億元，111年所需經費為1.34億元。

二、年化營運支出

年化營運支出成本包含固定成本、運轉及維護成本，合計約38,964,000元，相關計算如下說明。

1.年利息：以總投資金額之6%計算，年利息=391,000,000x6%=23,460,000元。

- 2.年償債基金：依總投資金額為準，依年息X%複率計算，經濟分析年限採50年，其每年平均負擔數 $=391,000,000 \times 6\% / (1+6\%)^{(50-1)} \doteq 1,350,000$ 元。
- 3.年稅捐保險費：保險費以工程建造費之0.12%估算，稅捐費以工程建造費之0.5%，合計年稅捐保險費 $=391,000,000 \times 0.62\% = 2,424,000$ 元。
- 4.運轉及維護成本：年中期換新準備金及運轉維護成本以工程建造費之3.0%估算，年運轉及維護成本 $=391,000,000 \times 3\% = 11,730,000$ 元。

三、年化營運收入

年化營運收入主要為鐵路營運計197,100,000元，相關計算如下說明。

- 1.鐵路營運：票箱年收入 $=394,200 \text{人/年} \times 500 \text{元/人} = 197,100,000$ 元。
- 2.觀光住宿收入：住宿年收入 $=394,200 \text{人/年} \times 1000 \text{元/人} = 394,200,000$ 元。
- 3.間接效益收入：可量化純益之10% $= (197,100,000 + 394,200,000) \times 10\% \times 10\% = 5,913,000$ 元。

7-4 投資效益分析

一、經濟淨現值(Net Present Value, NPV)

$$NPV = \sum_{t=0}^n [(R_t - C_t) / (1 + i)^t]$$

其中，NPV：經濟淨現值

R_t ：第 t 年之產出效益

C_t ：第 t 年之投入成本

i：社會折現率(3%)

t：建設及營運年期

n：評估期間

經濟淨現值 $=373,120,640$ 元

表 7-4-1 經濟淨現值計算表

t	R _t	C _t	(1+i) ^t	(R _t -C _t)	(R _t -C _t)/(1+i) ^t	t	R _t	C _t	(1+i) ^t	(R _t -C _t)	(R _t -C _t)/(1+i) ^t
1	-	38,964,000	1.030	-38,964,000	-37,829,126	26	65,043,000	38,964,000	2.157	26,079,000	12,090,403
2	-	38,964,000	1.061	-38,964,000	-36,723,845	27	65,043,000	38,964,000	2.221	26,079,000	11,742,008
3	-	38,964,000	1.093	-38,964,000	-35,648,673	28	65,043,000	38,964,000	2.288	26,079,000	11,398,164
4	-	38,964,000	1.126	-38,964,000	-34,603,908	29	65,043,000	38,964,000	2.357	26,079,000	11,064,489
5	-	38,964,000	1.159	-38,964,000	-33,618,637	30	65,043,000	38,964,000	2.427	26,079,000	10,745,365
6	65,043,000	38,964,000	1.194	26,079,000	21,841,709	31	65,043,000	38,964,000	2.500	26,079,000	10,431,600
7	65,043,000	38,964,000	1.230	26,079,000	21,202,439	32	65,043,000	38,964,000	2.575	26,079,000	10,127,767
8	65,043,000	38,964,000	1.267	26,079,000	20,583,268	33	65,043,000	38,964,000	2.652	26,079,000	9,833,710
9	65,043,000	38,964,000	1.305	26,079,000	19,983,908	34	65,043,000	38,964,000	2.732	26,079,000	9,545,754
10	65,043,000	38,964,000	1.344	26,079,000	19,404,018	35	65,043,000	38,964,000	2.814	26,079,000	9,267,591
11	65,043,000	38,964,000	1.384	26,079,000	18,843,208	36	65,043,000	38,964,000	2.898	26,079,000	8,998,965
12	65,043,000	38,964,000	1.426	26,079,000	18,288,219	37	65,043,000	38,964,000	2.985	26,079,000	8,736,683
13	65,043,000	38,964,000	1.469	26,079,000	17,752,893	38	65,043,000	38,964,000	3.075	26,079,000	8,480,976
14	65,043,000	38,964,000	1.513	26,079,000	17,236,616	39	65,043,000	38,964,000	3.167	26,079,000	8,234,607
15	65,043,000	38,964,000	1.558	26,079,000	16,738,768	40	65,043,000	38,964,000	3.262	26,079,000	7,994,788
16	65,043,000	38,964,000	1.605	26,079,000	16,248,598	41	65,043,000	38,964,000	3.360	26,079,000	7,761,607
17	65,043,000	38,964,000	1.653	26,079,000	15,776,770	42	65,043,000	38,964,000	3.461	26,079,000	7,535,105
18	65,043,000	38,964,000	1.702	26,079,000	15,322,562	43	65,043,000	38,964,000	3.565	26,079,000	7,315,288
19	65,043,000	38,964,000	1.754	26,079,000	14,868,301	44	65,043,000	38,964,000	3.671	26,079,000	7,104,059
20	65,043,000	38,964,000	1.806	26,079,000	14,440,199	45	65,043,000	38,964,000	3.782	26,079,000	6,895,558
21	65,043,000	38,964,000	1.860	26,079,000	14,020,968	46	65,043,000	38,964,000	3.895	26,079,000	6,695,507
22	65,043,000	38,964,000	1.916	26,079,000	13,611,169	47	65,043,000	38,964,000	4.012	26,079,000	6,500,249
23	65,043,000	38,964,000	1.974	26,079,000	13,211,246	48	65,043,000	38,964,000	4.132	26,079,000	6,311,471
24	65,043,000	38,964,000	2.033	26,079,000	12,827,841	49	65,043,000	38,964,000	4.256	26,079,000	6,127,585
25	65,043,000	38,964,000	2.094	26,079,000	12,454,155	50	65,043,000	38,964,000	4.384	26,079,000	5,948,677
經濟淨現值=373,120,640(當年幣值)											

二、益本比

各年淨現金流量折現為總額利益，除以期初投資額之折現總額成本之比值，又稱「現值指數」(present value index)。益本比公式可表示為：

一、經濟淨現值(Net Present Value, NPV)

$$\frac{R}{C} = \left[\sum_{t=0}^n [(R_t)/(1+i)^t] / \sum_{t=0}^n [(C_t)/(1+i)^t] \right]$$

其中，R：總額利益

C：總額成本

R_t ：第 t 年之淨現金流入量

C_t ：第 t 年之投資額

i ：折現率(3%)

t ：建設及營運年期

n ：評估期間

依據各項效益進行阿里山森林鐵路58K+710~880復建工程TC2方案效益評估，整體綜合效益之益本比為1.37，以整體綜合效益觀點則TC2隧道方案符合投資成本效益，因森林鐵路除載客營運外，亦將挹注大阿里山地區整體觀光效益，且具文化資產保存之價值。

7-5 自償率分析

依據促參法施行細則第32條第1項，自償率(Self-Liquidation Ratio, SLR)係指「營運評估年期內各年現金淨流入現值總額，占公共建設計畫工程興建評估年期內所有工程建設經費各年現金流出現值總額之比值」。即

$$\text{自償率} = \frac{\text{營運評估期間之淨現金流入現值總和}}{\text{興建期間工程建設經費現金流出現值總和}}$$

一、營運評估期間之淨現金流入現值總和=50年 $\times$ (年化營運收入-年營運成本)=50*(197,100,000-177,390,000)=985,500,000元

二、興建期間工程建設經費現金流出現值總和=50年 $\times$ 年化營運支出=50*38,964,000=1,948,200,000元

三、自償率=[985,500,000/(1+3%)⁽⁵⁰⁻¹⁾]/[1,948,200,000/(1+3%)⁽⁵⁰⁻¹⁾]=0.506。

經分析本復建工程自償率小於1，大於0；其表示計畫為未具完全自償，須編列補助經費。

7-6 敏感度分析

因經濟效益評估年限長達數十年，評估年期內各項參數可能因外在環境變動而有所變化，將會影響本計畫之經濟可行性，故本計畫乃進行敏感度分析，考慮之變數為折現率變動、建造成本變動以及效益變動之情境，以瞭解其變動而產生之影響程度。各項參數變動敏感度分析結果彙整於表7-6-1所示；由表可知於建造成本與折現率合理變化下，本復建工程皆具投資效益。

表 7-6-1 敏感度分析彙整表

項目		淨現值	益本比	內部報酬率
建造成本	+10%	272,857,812	1.25	8.51%
	不變	373,120,640	1.37	10.70%
	-10%	473,357,740	1.52	13.10%
折現率	4%	270,711,782	1.32	10.70%
	3%	373,120,640	1.37	10.70%
	2%	512,873,111	1.42	10.70%

7-7 財源籌措

本計畫列入前瞻基礎建設計畫軌道建設工程內容之中南部觀光鐵路計畫內容，107~111年所需經費合計3.91億元，擬由中央編列特別預算支出。其中，107年度已編列0.67億元預算，除辦理環評所需0.02億元，餘0.65億元以專案保留至109年度，爰各年度預計編列預算為：108年編列0元(以107年度保留款支付當年度所需經費0.03億元)，109年編列0元(以107年度保留款支付當年度所需經費0.62億元)，110年編列1.90億元，111年編列1.34億元。

第八章 附則

8-1 替選方案之分析及評估

一、明隧道配合水保措施修復方案評估

由地形及工程地質現況分析可知，42號隧道西段E、F、G蝕溝所處邊坡，其坡度現況已達穩定角度，並已於鐵路上下邊坡蝕溝設置固床工及攔砂壩，以橋梁方式通過。故簡易原線修復方案需針對蝕溝B、C、D上邊坡不穩定塊石剝除、邊坡噴漿保護、蝕溝下游河道設置攔砂壩及固床工抑制頁岩崩原侵蝕造成砂岩倒懸的發展、基礎需設置樁徑1.2公尺長度10公尺之基樁並貫入至堅實岩盤乘載層...等措施進行整治，應可提供森林鐵路復駛之目的，惟蝕溝B、C、D區域仍屬發育中不穩定坡面，需透過監測預警停駛之措施，將列車人員風險降到最低。

於鐵路里程中斷區域：58k+710~58k+730(西段20公尺)及58k+830~58k+880(東段50公尺)，新設明隧道結構物長度為70公尺，明隧道標準斷面如圖8-1-1，並配合整體坡面工配置加以整治，依施工流程包含下列項目：(1)崩塌地下邊坡蝕溝8座攔砂壩設置，D1~D3座落於主河道，D4~D8設置於蝕溝C與蝕溝D；(2)進行崩積層土岩方剝除，編號為Qc1~6，下刷之土岩方則以安息坡度自然堆疊於攔砂壩上；(3)復建明隧道路線上下邊坡進行地錨護坡(AcE與AcW)穩固路基及上邊坡；(4)將已刷坡完成之坡面(Qc1~5)利用自由型框及灌漿錨筋進行護坡工程；(5)最後完成明隧道結構及軌道鋪設等作業。

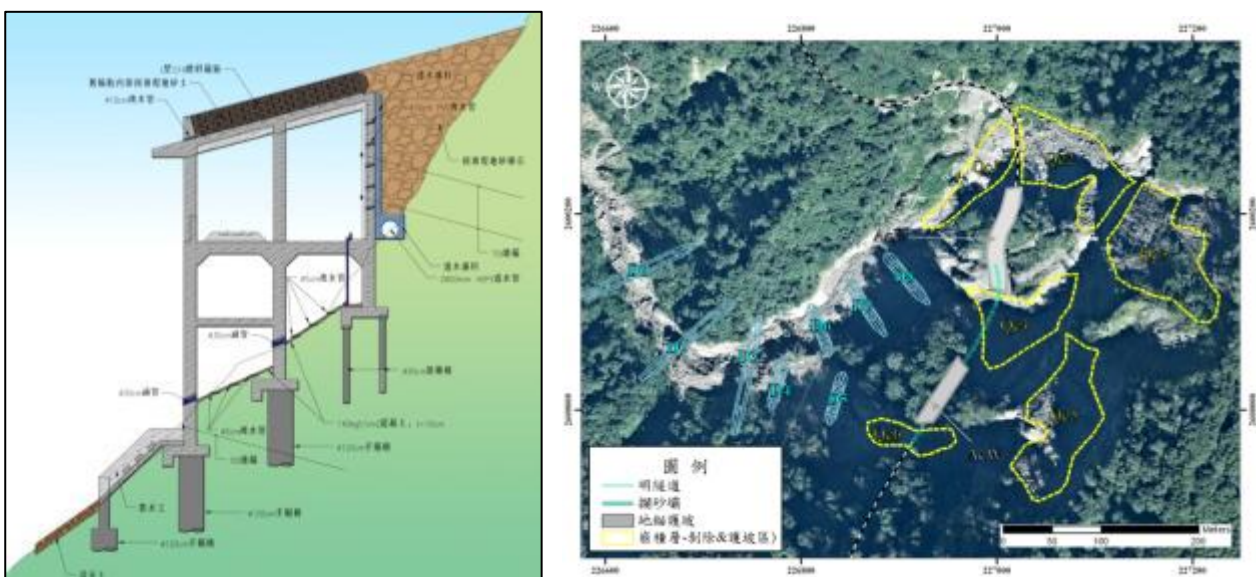


圖 8-1-1 明隧道配合水保設復建標準斷面及平面圖

二、橋梁修復方案

目前，受杜鵑颱風影響造成之兩處大型災害分別約位於鐵路里程 58k+710~725 及 58k+840~880。採橋梁復建方案時，橋梁線形離現況邊坡遠近與安全、經費及施工性息息相關。橋梁離邊坡較近時，邊坡崩塌、落石對橋梁之沖擊影響較大；惟可施作短、中跨距橋梁，具經費低、工法多樣且施工性佳等優點。橋梁離邊坡較遠時，邊坡崩塌與落石對橋梁則較無影響；惟依地形測量成果，現況地勢極為陡峭，溪流縱坡約 100%，橋梁選線離邊坡較遠時，除需採長跨距橋梁外尚需配合施作深度超過 100 公尺之橋墩，工程經費將大幅提升且施工挑戰性高。

根據現況調查、基地地形與地質、橋梁配置與施工性等考量要素，研擬規劃橋梁復建 B1、B2 與 B3 方案。其中 B1 橋梁方案於原隧道線形進行重建，屬短中跨距橋梁規模，屬簡易修復方案；B2 與 B3 橋梁方案則為避開崩塌區域之長跨距橋梁規模，為長期復建方案，兩者東西側皆需透過隧道聯結避開崩塌區，而 B2 橋梁方案需配合較長之隧道。B1、B2 與 B3 橋梁各復建方案數據如表 8-1-1 所示，平面配置如圖 8-1-2。

表 8-1-1 橋梁各復建方案數據表

方案	方案總長度 (m)	橋梁長度 (m)	西段隧道長度 (m)	東段隧道長度 (m)	經費 (億元)
B1	105	20(西)+85(東)	-	-	4.57
B2	760	260	347	153	8.58
B3	705	370	200	135	9.01

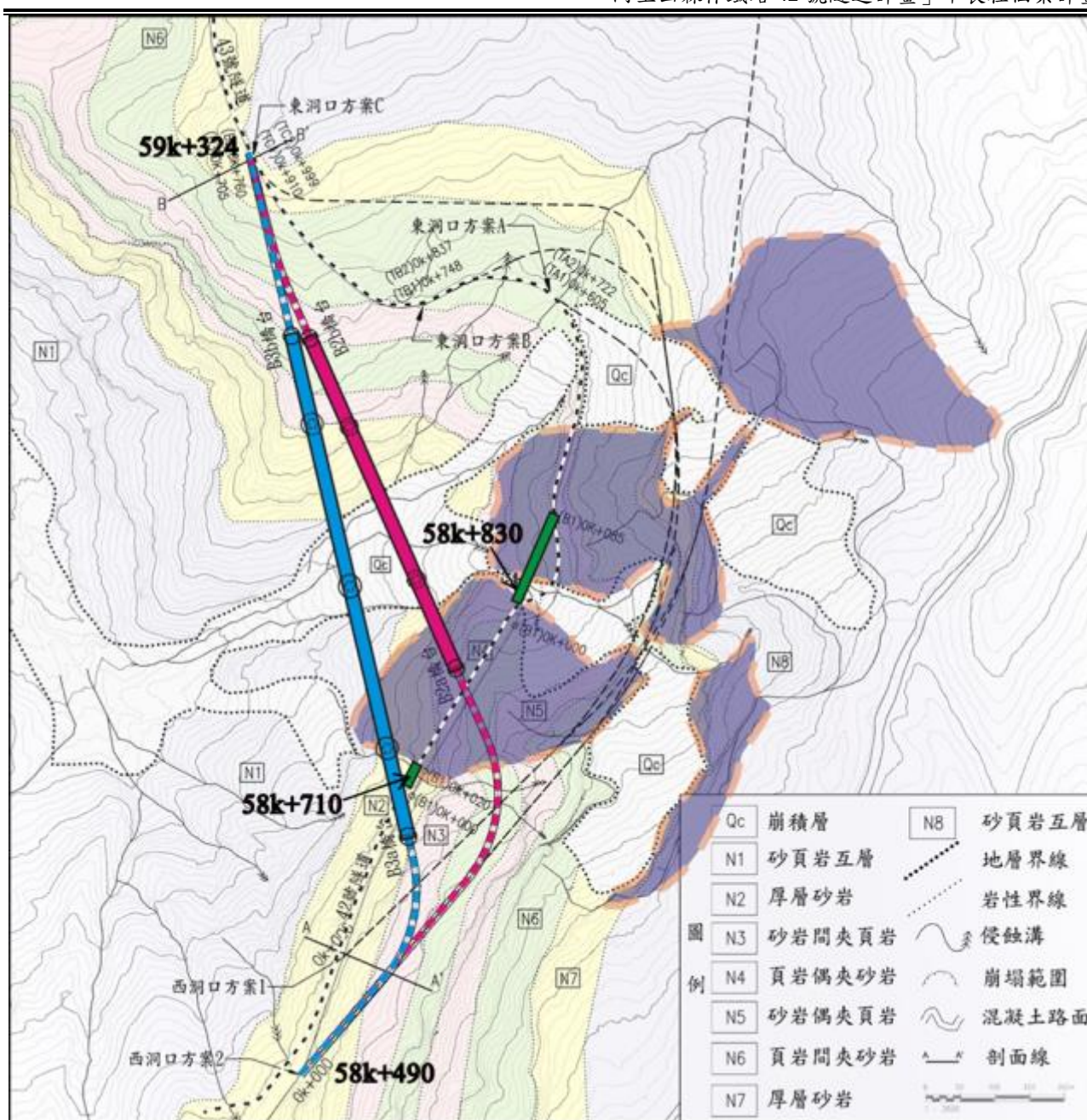


圖 8-1-2 橋梁復建方案線形平面配置圖

三、隧道修復方案

以隧道方式做為森林鐵路修復以避開大規模崩塌為常用之選線方案。過去，林務局嘉義林區管理處即於計畫位置週邊規劃屏蔽那隧道與多林隧道復建方案，其皆為可行且相當成功之復建案例。

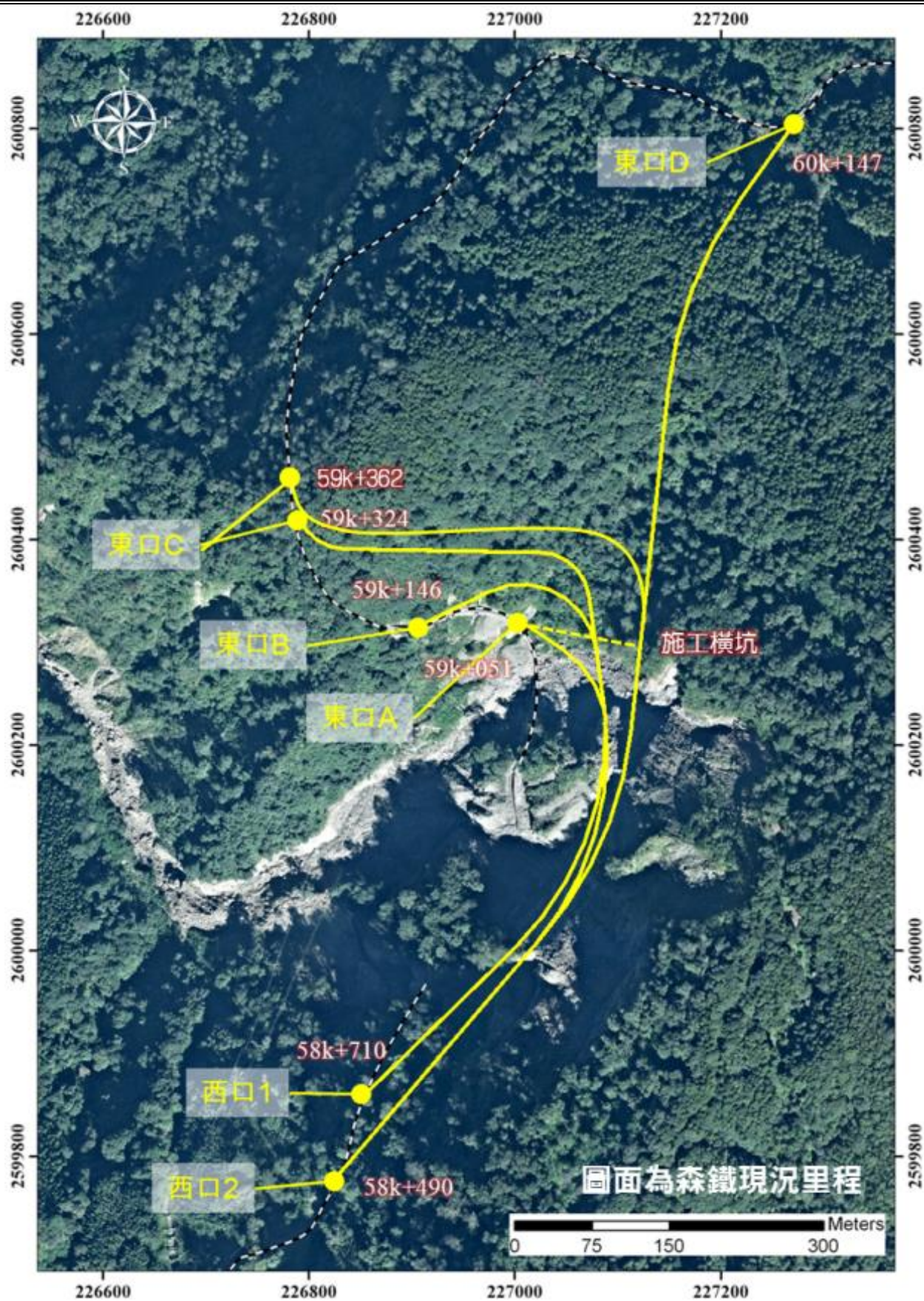
由於在森林鐵路里程58k+840~58k+880處為經過一處大型沖蝕溝，導致本計畫鐵路路段明隧道及路基沖毀，為避免此再次受土砂災害影響而毀損，以避開崩塌區為復建原則，因此提出長期復建-隧道改線方案做為評估。根據計畫區域(1)地形特徵、(2)地表地質調查、(3)地質鑽探及試驗、(4)地球物理探測結果綜合評估分別於崩塌區北側往屏蔽那站方向研選四處可行之隧道方案東洞口位置，西洞口位置則於崩塌區南側往十字路站方向研選二處可行之隧道方案。

路線定線規劃原則為往崩塌地崩積層內側偏移足夠距離，避免受蝕溝下切、解壓節理、岩層風化及隧道偏壓等等影響隧道之穩定。由可行之隧道入洞位置，復建改線方案東側擇定四處：洞口A(里程59k+051處)、洞口B(里程59k+146處)、洞口C(里程59k+362處，43號隧道內)、洞口D(里程60k+147處)，西側則定兩處：洞口1(里程58k+632處)、洞口2(里程58k+490處，42號隧道內)，共有8條路線，隧道數據摘要如表8-1-2，平面配置如圖8-1-3。

表 8-1-2 可行隧道路線摘要表

方案代碼	東口		西口		隧道長度 (m)	隧道縱坡 (%)	備 註
TA1	A	59k+051	1	58k+632	605	0.0	東口 A 緊鄰崩塌地
TA2			2	58k+490	722	1.4	
TB1	B	59k+146	1	58k+632	748	0.5	東口 B 有淺覆 蓋偏壓疑慮
TB2			2	58k+490	837	1.7	
TC1	C	59k+324	1	58k+632	910	1.8	
TC2		59k+362	2	58k+490	1077	0.95/4.39	
TD1	D	60k+147	1	58k+632	1,104	4.5	
TD2			2	58k+490	1,188	5.0	

註：里程為既有森林鐵路樁號



- 註：1. 東口 C 位於既有 43 號隧道內；西口 1 位於既有 42 號隧道內
2. 森林鐵路隧道縱坡上限為 5%；3. 施工橫坑於 TC 與 TD 方案使用增加工作面

圖 8-1-3 可行隧道路線平面圖

四、可行路線方案建議

(一)橋梁及隧道方案優缺點比較

表 8-1-3 橋梁及隧道復建方案優缺點比較表

方案	橋梁B1	橋梁B2	橋梁B3	隧道TC1	隧道TC2	隧道TD1	隧道TD2
工期	16.0月	32.0月	36.0月	16.0月	20.0月	23.0月	24.0月
經費	4.57億元	8.58億元	9.01億元	2.91億元	3.60億元	3.74億元	3.79億元
優點	◎工期最短 ◎不需開挖隧道 ◎森鐵影響時間較短 ◎不需開挖施工便道，現地材料吊裝組立即可	◎避開既有森林鐵路崩塌範圍 ◎景觀及觀光效益優良	◎隧道開挖長度較短 ◎西側隧道線形完全避開崩塌區，對長期營運而言，再次破壞風險較低 ◎安全性最高	◎無需整治崩塌地區域，使其環境可自然復育		◎完全避開崩塌地範圍，通過主崩塌區覆蓋深度大於45公尺 ◎捨棄既有森林鐵路約850公尺，可節省該路段之維護費用	
				◎隧道出碴相對較少 ◎工期低於2年，對全線通車時程有利 ◎東側於既有43號歲道交叉擴挖入洞，減少洞口工程對環境影響，因此能保有既有森連鐵路觀光效益	◎完全避開崩塌地範圍，通過主崩塌區覆蓋深度約50m		
缺點	◎緊鄰現有崩塌地 ◎未來橋面上邊坡仍有坍塌之疑慮(高度潛勢)，若再崩塌後森鐵將再中斷停駛 ◎崩塌地需進行局部整治	◎東側隧道洞口斜交入洞，覆蓋較淺，且需進行隧道交叉段擴挖，穩定性不佳 ◎需施設施工便道，若遇汛期維護成本將提高 ◎橋墩較長，施工較不易	◎經費最高，九億元，工期最長。 ◎東側隧道洞口斜交入洞，覆蓋較淺，且需進行隧道交叉段擴挖，穩定性不佳	◎通過主崩塌區覆蓋深度最少，約為25公尺 ◎西側於既有42號歲道交叉擴挖入洞，該區段覆蓋較淺對隧道擴挖不利 ◎隧道兩側皆為交叉段括挖，襯砌鋼模組裝空間恐受限制	◎西側需新設洞口，部分區域需進行局部整治	◎工程費超過3.5億元，隧道開挖出碴土方較多 ◎工期超過2年，影響森林鐵路通車期程 ◎長度超過1公里，需進行丁類危評 ◎捨棄既有森林鐵路約850公尺，降低其觀光效益 ◎東側需新設洞口，部分區域需進行局部整治	
		◎經費次高，超過八億元 ◎隧道開挖最長 ◎西側隧道洞口出口界於蝕溝C及D之間地質敏感區，仍有崩塌之虞(尚未發育完全)	◎西側需新設洞口，部分區域需進行局部整治 ◎線形縱坡斜度(5%)，達規範上限				
方案評估	X	X	△	△	0	△	△
說明	X:可行性差；△:可行性中等；0:可行性高 橋梁復建費用高，TC1、TC2及TD1隧道方案應為可行方案						

(二)隧道優選建議方案說明

隧道方案東口A緊鄰崩塌地、東口B有淺覆蓋偏壓疑慮，較難達到本計畫復建方案長治久安之目的，因此非為復建方案。其中隧道方案TC1與TC2保有既有鐵路大部分路段，於既有43號隧道擴挖入洞，除可避開主崩塌區，亦能保有43號隧道以東之屏蔽那之觀光景觀路線。西口1由既有結構完整42號隧道擴挖交叉入洞，主要考量線形需往山體內部完整岩盤區域環繞，因此必需避開主崩塌區，若由既有隧道入洞，雖可減少新增一洞口設置之狀況，但由於既有隧道緊鄰邊坡，除覆蓋較淺不利進行隧道擴挖，亦有地表層風化侵蝕造成隧道偏壓之疑慮，因此排除西口1的入洞方式，評估既有西口2地質條件甚佳，地層與隧道軸線大角度斜交，向洞內方向傾斜，有利隧道開挖；因此路線部分採TC1、TC2、TD1、TD2四條路線進行評估工程地質及施工可行性，隧道線形平面及縱斷面如圖8-1-4與圖8-1-5所示。

圖 8-1-4 方案 TC1&TC2 路線平縱斷面圖

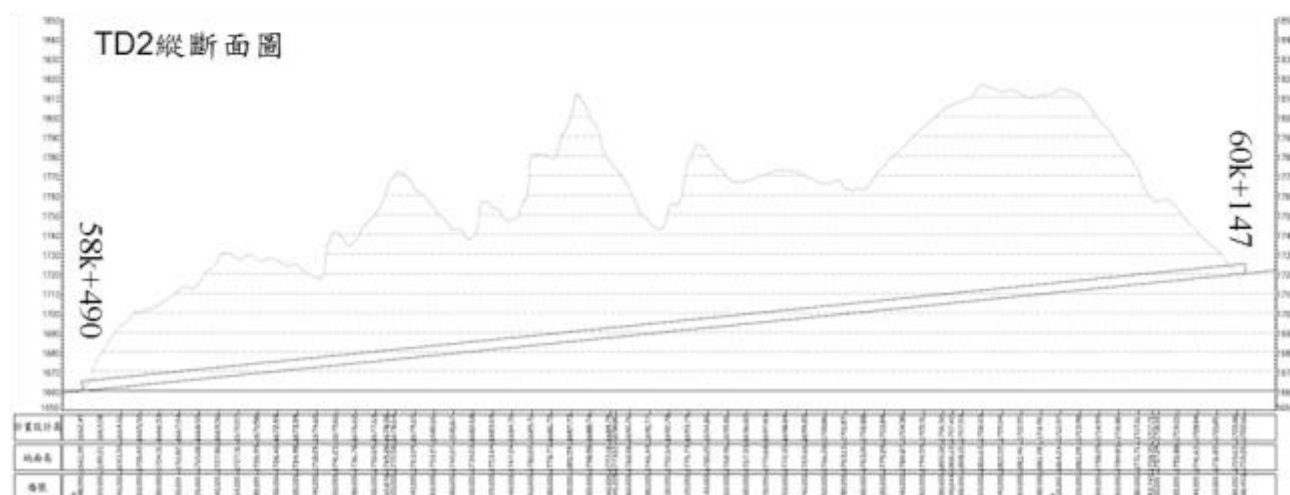
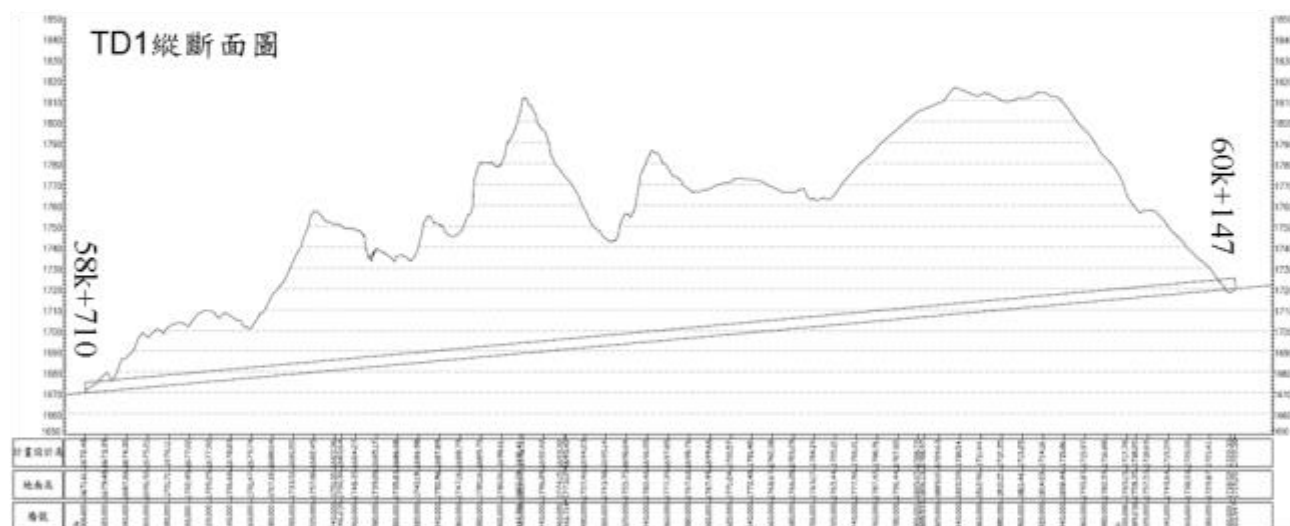
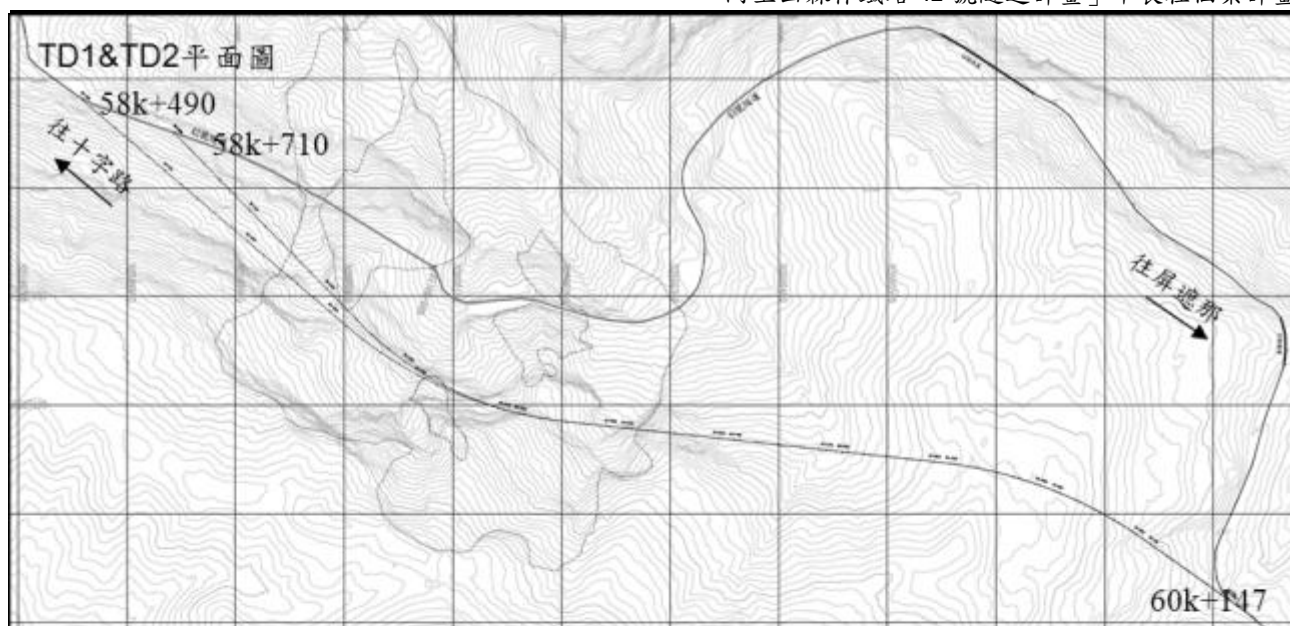


圖 8-1-5 方案 TD1&TD2 路線平縱斷面圖

(三)隧道工程地質

圖8-1-6為隧道改線方案地質平面圖，隧道西口1位於砂岩層，入洞方向調整較現有42號隧道偏向山側，及減緩其洞口區域受偏壓影響，東口部分，東口C位於既有43號隧道岩覆最深處(約80公尺)，東口D則位於砂頁岩互層。

套疊如圖8-1-7與圖8-1-8為隧道改線方案TC1、TC2、TD1、TD2線形地質縱斷面圖後，可知各方案隧道沿線地質狀況及覆蓋深度等資訊，經調查後隧道開挖路線內並無特殊地質之情境，TC1與TC2兩方案隧道沿線位於頁岩層內範圍約佔64%與56%，開挖過程需注意頁岩變形的影響。

參考台灣岩體分類系統(PCCR)，計畫區位於南部南莊層，屬A岩類地層，其特性包括：(1)沈積岩中岩化程度高、具高強度；(2)岩質堅脆，易因大地應力影響而產生發達節理；(3)不因含水量高低而明顯影響其力學性質；(4)破壞機制受節理、劈理等弱面控制；(5)ISRM地質材料強度分級之中強岩以上岩石，因此除洞口段外，隧道沿線多為A_{II}、A_{III}及A_{IV}類岩體；各方案於主崩塌區下方通過之覆蓋深度皆大於25公尺(約5倍隧道開挖高度)，表8-1-4為隧道各方案岩性比例及覆蓋深度數據表，此四方案岩覆深度接足夠不影響隧道開挖安全，且無淺覆蓋大角度出洞需採明隧道方式之構造加固，僅為交叉擴挖段加固及洞口邊坡保護等工項。

表 8-1-4 隧道各方案岩性比例及覆蓋深度數據表

隧道方案	長度(m)	岩性長度(m)&比例(%)			最大覆蓋深度(m)	通過主崩塌區覆蓋深度(m)
		砂岩層	頁岩層	砂頁岩互層		
TC1	910	327(36%)	583(64%)	-	105	25
TC2	1077	475(44%)	602(56%)	-	120	48
TD1	1,104	509(46%)	395(36%)	200(18%)	120	47
TD2	1,188	589(50%)	399(34%)	200(16%)	120	48

註1：隧道開挖高度約5m，2D(=10m)範圍內屬淺覆蓋。

註2：鄰近工區案例，多林段隧道，最大覆蓋厚度約100m(總長約487m)；

屏蔽那段隧道，最大覆蓋厚度約80m(總長約1,165m(含明隧道24.8m))。

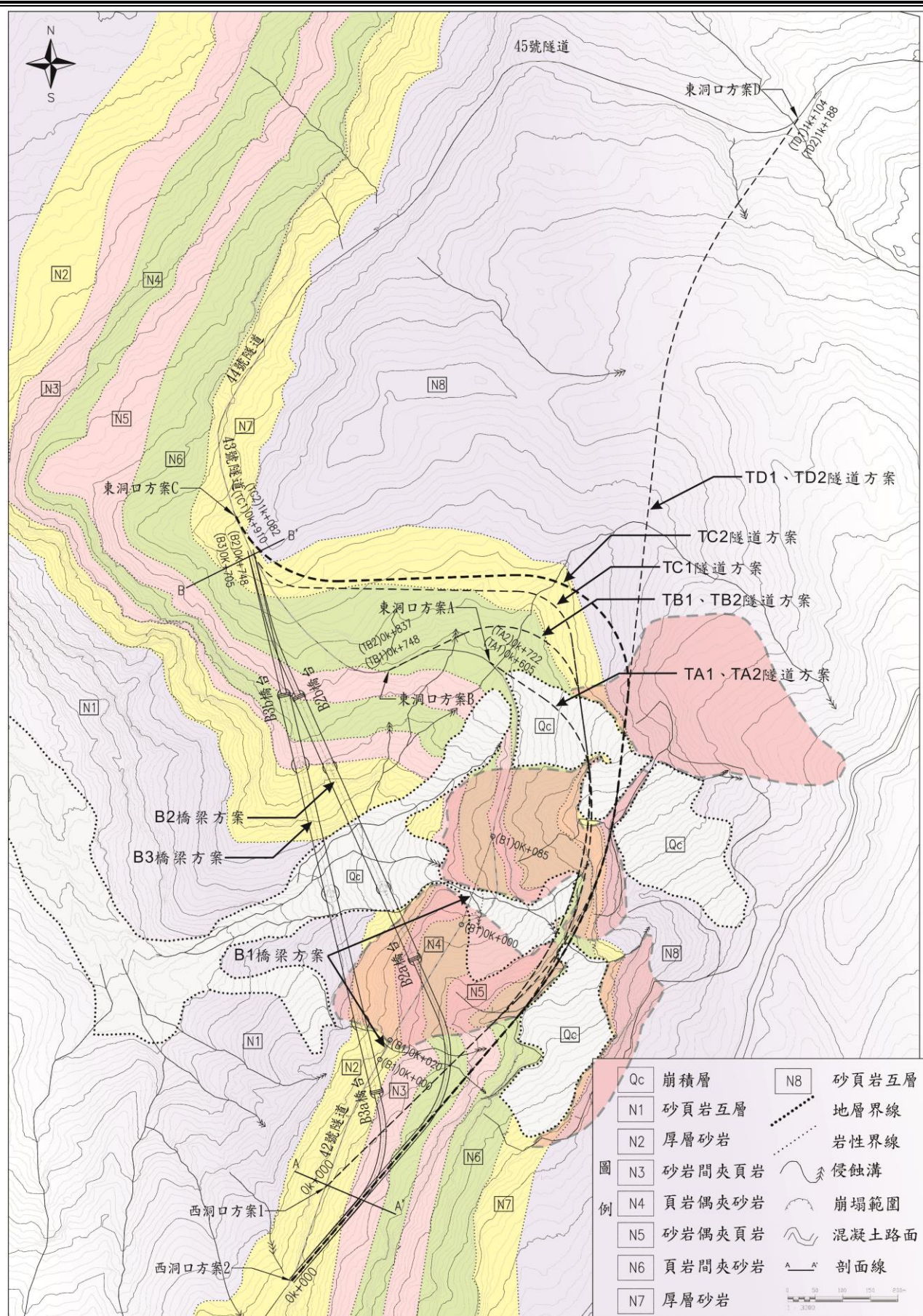


圖 8-1-6 隧道改線方案地質平面圖

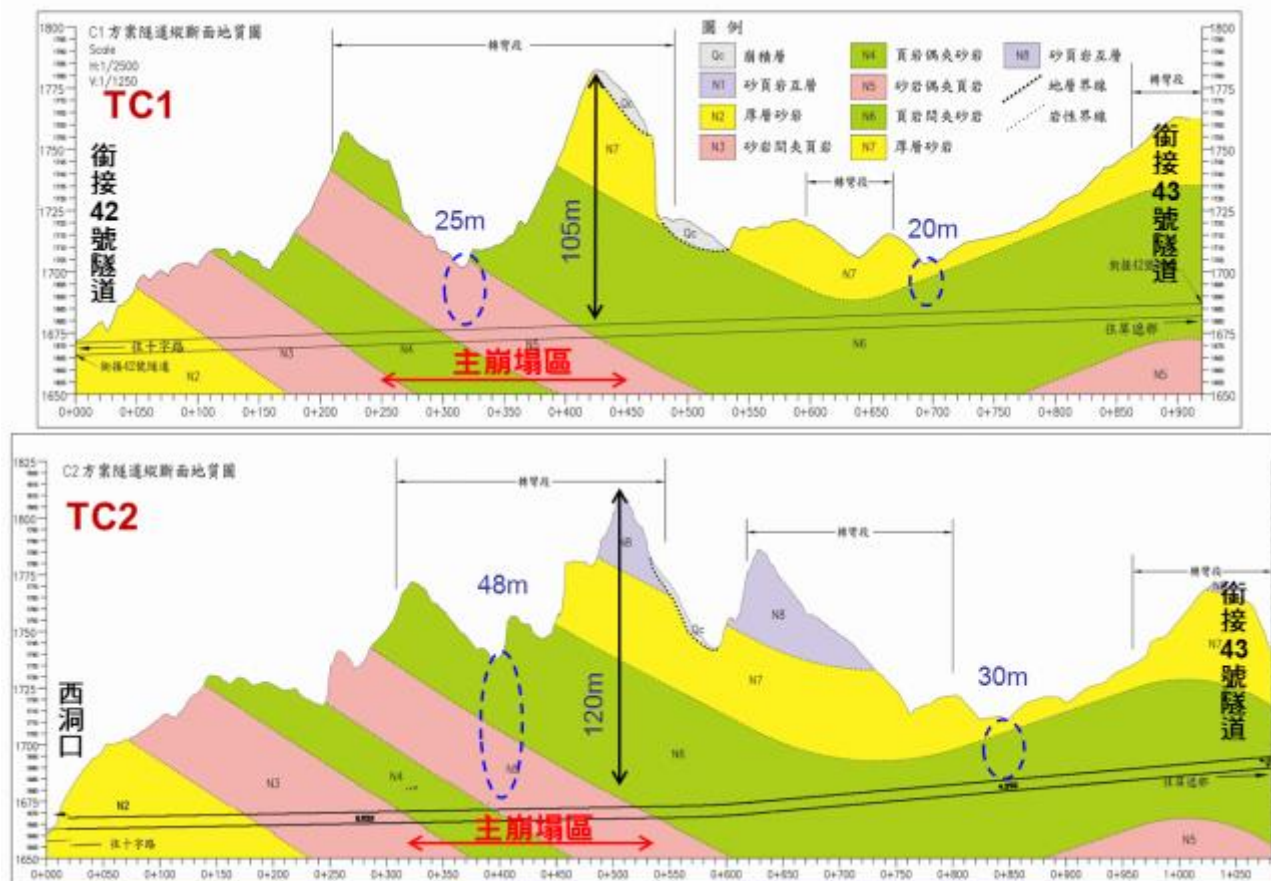


圖 8-1-7 方案 TC1&TC2 路線地質縱斷面圖

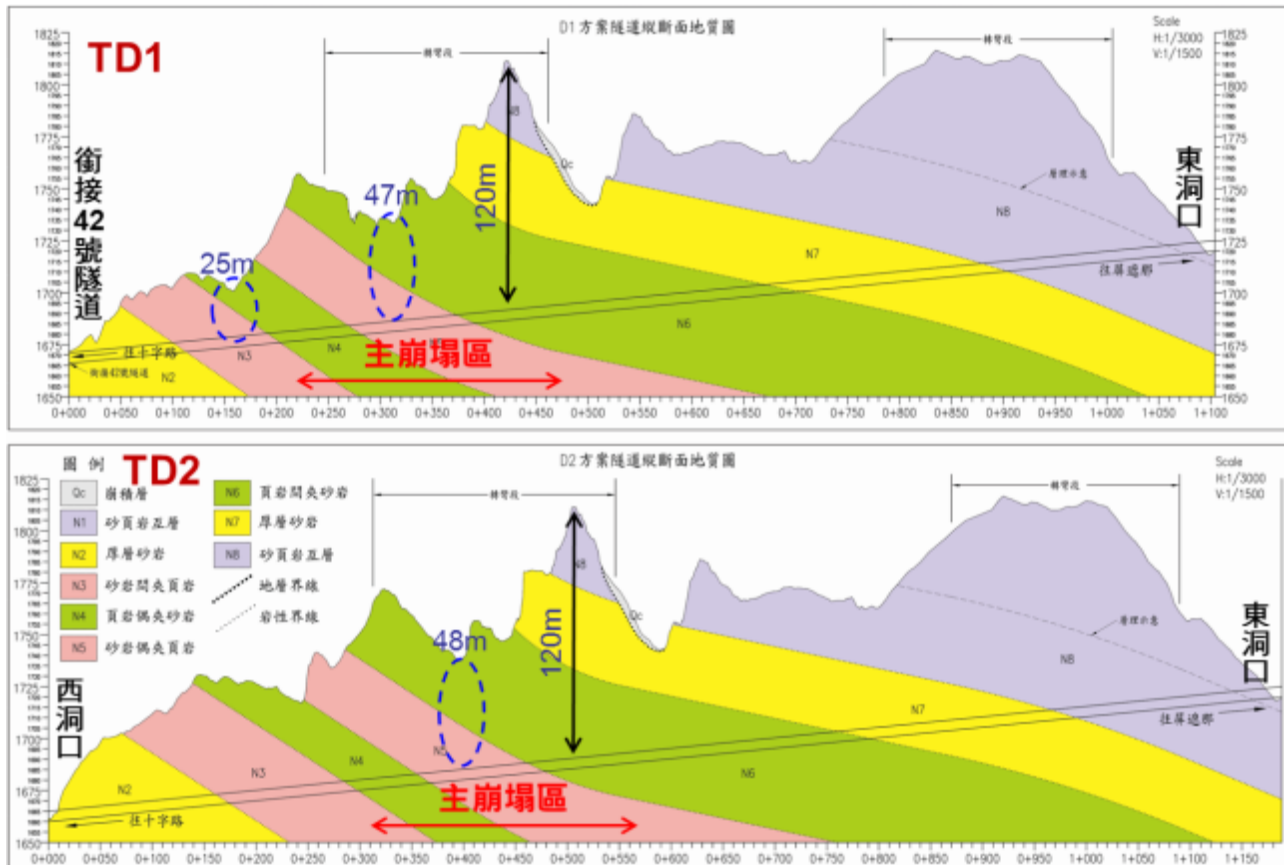


圖 8-1-8 方案 TD1&TD2 路線地質縱斷面圖

(四)建議方案

本計畫規劃橋梁與隧道兩種復建工法，其工程內容包括：鐵路工程、橋梁工程、隧道工程、大地工程、排水工程及相關附屬工程等工作。本計畫區域位於嘉義縣內境內阿里山山脈南緣，崩塌區所在高程約 1,400~1,900 公尺之間，坡度介於 30~80 度之間，屬於偏遠山區，為擬定適當之工程施工方法、動線以及維護施工區域地質及施工人員安全，依現況地形、地勢及腹地大小評估各工法施工可行性。

表 8-1-5 為長期復建工法優缺點比較表，建議採方案 TC2 為較佳方案，該方案係由既有 43 號隧道擴挖入洞，除可避開主要崩塌區外，亦能保有既有觀光路線。

表 8-1-5 橋梁與隧道復建可行方案優缺點比較表(1)

方案	橋梁 B3	隧道 TC2
優點	1. 隧道開挖長度較短。 2. 避開既有森林鐵路崩塌範圍，西側隧道線型完全避開崩塌區，對長期營運而言，再次破壞風險較低。 3. 景觀及觀光效益優良。 4. 安全性最高。	1. 無須整治崩塌地區域，使其環境可自然復育。 2. 工程費較低。 3. 工期約三年，對全線通車時程有利。 4. 東側於既有 43 號隧道交叉擴挖入洞，減少洞口工程對環境影響，因此能保有既有森連鐵路觀光效益。 5. 完全避開崩塌地範圍，通過主崩塌區覆蓋深度大於 50 公尺。 6. 施工受天候影響性低，人員機具安全風險性較低。 7. 投資效益較高。
缺點	1. 工程費較高。 2. 東側隧道洞口斜交入洞，覆蓋較淺，且需進行隧道交叉段擴挖，穩定性不佳。 3. 需施設施工便道，若遇汛期維護成本將提高。 4. 橋墩較長，施工較不易，且落墩於既有崩塌地下游。 5. 長橋梁需進行丁類危評。 6. 施工易受天候影響，人員機具安全風險性較高。 7. 投資效益較低。	1. 西側需新設洞口，部分區域需進行局部整治。 2. 景觀功能差，但約與現況相同。

表 8-1-5 橋梁與隧道復建可行方案優缺點比較表(2)

評估方案		簡易修復	長期復建	
		A	B3	TC2
工程內容		明隧道原址重建，配合邊坡整治	橋梁(370 m)+兩座隧道(共 335m)	隧道 1,077m
計畫推動期程(月)	前置作業*	-	33	27
	施工期	24	36	20
	合計	24	69	47
安全性	施工期間	施工便道施築及臨邊坡施工，有被上邊坡不穩塊石衝擊疑慮	施工便道施築汛期有被沖毀疑慮	隧道開挖若遭遇特殊地質安全性較低
	營運期間	原址重建路線緊鄰邊坡，有被上邊坡不穩塊石衝擊疑慮	橋台及橋墩坐落於邊坡上，有被上邊坡不穩塊石衝擊疑慮	較無安全疑慮
施工性		易受天候影響，施工人員安全風險高	易受天候影響，施工人員安全風險高	不易受天候影響
景觀性		與現況相同(保留 43 號西口至 42 號東口約 200 公尺景觀)	眺望阿里山溪河谷景觀壯麗	隧道內行駛無景觀，與現況稍差(約少 200 公尺景觀)
永續性		永續性差	永續性佳	永續性佳
計畫推動經費(億元)	前置作業	-	0.12	0.06
	設計監造	0.19	0.44	0.25
	施工	3.50	9.01	3.60
	合計	3.69	9.57	3.91
採用序位		備選方案		建議方案

*包含依環保署函示增辦環境影響評估所增加之時程

8-2 風險評估

工程於設計階段辦理之工作內容包括：確認設計需求、基地調查、方案研擬、設計、規範編定、預算編列等。該等作業過程，實施安全管理之方式及內容如下：

- 一、設計需求分析及基地環境調查－危害辨識。
- 二、方案研擬及評選－將施工安全納入評選項目。
- 三、設計成果安全評估－就設計成果之內容進行安全評估，以確保本質安全。
- 四、安全衛生圖說繪製－依據設計需求繪製安全衛生設施圖說。
- 五、施工規範訂定－依據前列各階段執行結果編列施工作業安全需求。
- 六、預算編列－詳列執行項目與計量計價規定。

工程規劃設計階段實施風險管理流程如圖8-2-1所示。

一、風險辨識

風險辨識主要在辨識整體層級與作業層級目標不能達成之內、外在因素，再利用風險分析及風險評量鑑別內外因素對影響目標達成之風險等級進行後續檢討與策進作為。

二、風險分析

風險分析主要在辨識內、外在風險因素發生之後果，及該內、外在因素發生之可能性。由於發生工安事件之因素甚多，且因不同地形環境條件、不同施工方法、不同承攬廠商及不同之主辦機關、監造單位，均會影響工安事故發生之機率與嚴重程度，故以目前有限之個案數據，僅能以定性方式分析風險之機率與嚴重程度，再利用風險評量鑑別內外因素對影響目標達成之風險等級，以進行後續檢討與策進作為。

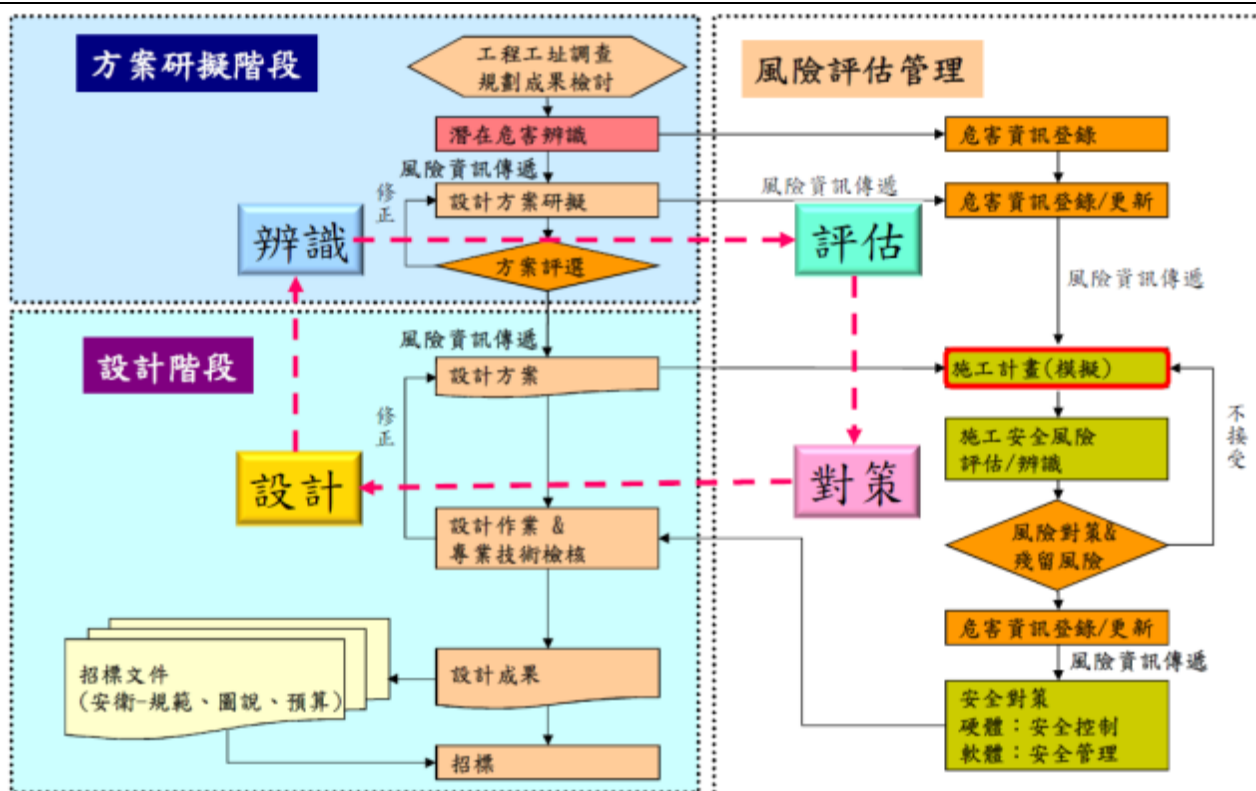


圖 8-2-1 工程規劃設計階段實施風險管理流程圖

三、風險評量

由於公共工程發生工安事件均屬個案，施工地形環境條件不同、廠商本身能力優劣互見、勞工素質不均、工程主辦機關及監造單位之勞安管理能力亦不同，故工安事件發生之原因及造成之損失亦無常規，並不容易以量化之數據表達各類事件發生之頻率(機率)、所造成之財物損失(金額)、勞工損失(受傷或死亡)、工期之延誤(因事故遭勞檢單位停工所衍生之工期延誤、事故善後及改善所衍生之工期延誤等)、民眾之損失(財務、健康、時間)，僅能以定性分析進行評量。

由於風險評量之目的，主要在釐清可接受之風險及主要風險，俾將有限之資源投入主要風險之管控。針對工安事故發生機率極高且後果非常嚴重之因素，自當視為極度危險之風險，而立即採取行動。對於發生機率較低或發生後果仍屬嚴重之因素，則需視為高度風險之危險，需研擬因應計畫並投入足夠之資源，以為因應。

有關工安事故風險評估方式，可分R1~R3三種等級，評估值為1或2者，屬R3級(低度危害)，評估值為3或4者，屬R2級(中度危害)，評估值在6或9間者，屬R1級(高度危害)，表列如下：(詳表8-2-1~表8-2-4)

表 8-2-1 風險可能性等級分級表

可能性狀況	等級	判斷基準
極有可能	3	發生機率極高
有可能	2	不注意就會發生
可能性低	1	發生機率極低

表 8-2-2 風險嚴重度等級分級表

嚴重度狀況	等級
重大	3
中等	2
輕微	1

表 8-2-3 風險評估值分析表

風險評估值			嚴重度		
			重大	中等	輕微
			3	2	1
可能性	極為可能	3	9	6	3
	有可能	2	6	4	2
	可能性低	1	3	2	1

表 8-2-4 危害等級區分表

評估值	危害等級	內容	採取措施基準
6 或 9	高度危害	重大影響之問題	不採用原方案及立即選取替代方案
3 或 4	中度危害	有影響之問題	需立即採取措施
1 或 2	低度危害	些微影響之問題	仍需採取措施

四、工程設計需求及基地現況危害辨識

在展開規劃設計作業之前，即先進行工程基地之環境調查作業。其內容包括：竣工資料、各期地形測量成果、地質調查、鄰近建築物及其他構造物狀況調查、地下管線及埋設物調查、基地附近交通狀況調查、氣象氣候調查以及特殊作業限制調查等等。

在調查完工址現況後，需進行資料檢討與分析，以判斷是否有不足的部份。如有需要補充的資料，則必需再次進行調查。

根據完整的調查結果，設計單位需考量探討工程標的物的特性，並檢討分析施工過程可能出現的災害狀況，預擬相關對策以為因應。

本階段所無法處理的殘留風險，則傳遞至設計實施階段，透過本質化安全設計考量予以消除或減低。

為有效於規劃設計階段考量風險，本案參考行政院勞動部「風險評估技術指引」及「橋梁工程規劃設計階段實施施工安全風險管理技術手冊」為範例，針對本工程特性專案撰寫風險評估，首先透過風險編號的方式來傳遞各階段所辨識之風險，本工程風險編碼方式說明如下：

於風險管理過程中，對辨識出之危害可能產生之風險，為利管制及傳遞採三碼編號如下：

A	—	A	—	001
↓		↓		↓
第一碼		第二碼		第三碼

1.第一碼以風險辨識時機編碼：

A：設計功能需求及基地環境危害辨識

B：設計成果安全評估

2.第二碼以設計單元之分項工程編碼：

A：隧道工程

B：護坡土方工程

3.第三碼採流水號以001起始編列。

五、隧道工程風險評估

隧道開挖過程及營運階段可能遭遇之問題如下：

- (一)隧道於開挖階段，依各岩體類別進行開挖時，雖無特殊地質岩盤，但頂拱及側壁均可能出現不穩定岩楔，有發生抽心塌陷等破壞情形之可能。
- (二)隧道於開挖過程中，岩體大致完整，但若遭遇岩體破碎，透水性高，可能會遭遇到湧水及擠壓變形等現象。
- (三)隧道開挖支撐完成後，若隧道計測結果未收斂趨向不穩定狀態，則表示開挖面可能因隧道周遭地盤擠壓產生變形過大之情形，造成開挖面趨於不穩定，有塌陷之虞。

(四)隧道開挖支撐完成後，若隧道周遭岩盤應力增加，產生變形量增加等問題，會使噴凝土浮離、脫落、產生裂痕或剪力破壞等情形。

現依據工程設計上之需求及現地環境潛在危害之辨識，詳列隧道工程施工時有可能遭遇到之潛在危害及其危害對策(如表8-2-5所示)。

表 8-2-5 隧道工程設計需求及基地環境潛在危害辨識表

設計單元	潛在危害	危害對策	對策處置人員	風險編號	備註
隧道工程	依岩盤類別；隧道開挖時可能發生抽心、塌陷等破壞情形。	1. 頂拱崩塌：先撐管幕、支撐鋼管、鋼矢版。 2. 開挖面不穩定：封面噴凝土。		AA001	
	隧道計測結果；開挖面趨於不穩定	1. 開挖後加強計測頻率。 2. 施噴噴凝土。 3. 打設開挖面岩栓加固。 4. 預留土心。		AA002	
	噴凝土浮離或脫落。	加設鋼線網。		AA003	
	噴凝土應力增加；產生裂痕或剪力破壞。	1. 鋼纖維噴凝土配比檢討。 2. 加設鋼線網。		AA004	
	通過破碎帶及湧水情形。	1. 前進探查孔先行探查斷層破碎帶地質情形。 2. 打設排水孔導水。 3. 施作固結灌漿。		AA005	

六、護坡土方工程風險評估

現依據工程設計上之需求及現地環境潛在危害之辨識，詳列隧道出碴之土方作為護坡工程施工時有可能遭遇到之潛在危害及其危害對策(如表8-2-6所示)。

表 8-2-6 護坡土方工程設計需求及基地環境潛在危害辨識表

設計單元	潛在危害	危害對策	對策處置人員	風險編號	備註
護坡土方工程	護坡土方填築作業過程易受天候影響作業期程及坡面穩定性。	1. 應妥善評估施工順序及工法。 2. 碴料回填之坡度應評估。 3. 配合汛期審慎規劃施工法及進度。		AB001	
	材料運輸動線寬度有線規劃不妥容易延宕工進。	施工空間予以規劃。		AB002	
	基礎及坡腳開挖時可能發生崩塌。	1. 工址位置及其地質狀況應調查評估。 2. 開挖深度及坡度應評估選擇。 3. 配合汛期審慎規劃施工法及進度。 4. 相關防護、救難設施應納入設計考量。		AB003	

8-3 相關機關配合事項

本計畫未來執行過程中仍需依相關法規規定執行規劃報告或計畫審查，有待各主管機關配合協助審查。較重要部分有(1)細部設計前需辦理環境影響評估、文化資產及查核金額審議；(2)細部設計(含監造)階段辦理地質敏感區安全評估及水土保持計畫；(3)丁類危險性工作場所、炸藥庫及臨時混凝土預拌廠送審。

8-3-1 文化資產保存及審議

阿里山森林鐵路自西元1906年起由臺灣總督府開始興建，至1912年正式通車，60年代臺灣全面停止砍伐森林後逐漸轉型為觀光鐵路。依「文化資產保存法施行細則」，森林鐵路屬該法第3條第3款所定，為歷史文化路徑與交通地景之文化景觀；依99年5月5日文資字第0990077064號公告，評定為文化景觀類之文化資產，相關內容概述如表8-3-1所示。文化資產審議程序包括：(1)現場勘查或訪查與(2)作成是否列冊追蹤之決定；而本復建案因森鐵沿線文化景觀之變動，後續應提送復建工程相關內容至嘉義縣文化局進行審議，所需審議期程約需1-2個月。

表 8-3-1 阿里山林業暨鐵道文化景觀

文化資產類別	文化景觀	級別	種類	交通地景
評定基準	(1)表現人類與自然互動具有文化意義(2)具紀念性、代表性或特殊性之歷史、文化、藝術或科學價值(3)具時代或社會意義(4)具罕見性			
指定/ 登錄理由	阿里山森林鐵路，是臺灣少數具有比較完整的人文與自然系統的複合性文化資產，更是典型的文化景觀範例。其鐵路技術的特殊性是文化景觀重要的無形文化資產，而以區域性發展來看，阿里山林業暨鐵道文化景觀與其鐵路建築、機具、相關的管理制度、維護技術、自然環境條件、族群、產業發展的歷史文化、集體知識及社會發展息息相關，是透過產業發展來影響自然環境與人文發展的文化景觀，完整呈現線性人文地理及豐富產業文化。			
內容與範圍：				
(一)位置：於嘉義縣內鐵道沿線經過竹崎鄉、梅山鄉及阿里山鄉。(二)範圍：鐵道暨林區(此次界定範圍森林遊樂區域) 1.主線：沿線車站經過竹崎站、木屐寮站、樟腦寮站、獨立山站、梨園寮站、交力坪站、水社寮站、奮起湖站、多林站、十字路站、平遮那站、二萬平站、阿里山站、神木站。 2.支線：支線起點由沼平站往北眠月線至石猴站，於十字分 道往南祝山線至祝山車站；沼平站往東南前東埔線前段 1.6公里處，現稱水山線。				
現況：				
鐵道部分由於98年莫拉克風災嚴重破壞阿里山鐵道(含主線及支線，其中主線情況較為嚴重)，造成約略四百多處損壞，修復尚未完成，以致目前鐵路停駛中。而林區內的古蹟、設施及森林群則保存良好，祝山線仍在行駛中，101年12月25日嘉義-竹崎的平地線已復駛。				
簡要描述：				
阿里山林業暨鐵道文化景觀，其重要性及特徵如下： (一)林業 1.阿里山伐木事業記錄著臺灣林業發展史概況。 2.林場區內留有許多林業發展相關遺跡、紀念物及地景 3.伐木事業造就社群的組成，形成自然環境及人文互動的景觀。(二)森林鐵道的特徵1.集森林鐵路、高山鐵路與登山鐵路於一身2.直立式汽缸齒輪式火車3.獨立山螺旋式(Spiral)登山4.之字型爬升(Switch back)。				

8-3-2 環境影響評估

農委會林務局參考莫拉克風災復建經驗，於委託廠商針對基本資料蒐集及地質條件進行調查後，完成「阿里山森林鐵路58K+710~880災害路段地質調查及復建規劃」報告書，並提出包括以銜接原鐵路之原地簡易修復、隧道及橋梁與隧道複合式3種復健方案，經邀請專家學者於105年10月5日召開復建方案審查會議，綜合評估計畫推動期程、安全性、施工性、景觀性、永續性及復建經費等因素，擇定以長度1,077公尺隧道繞過崩塌區域之方式進行復建，為最適方案，並經農委會於106年1月9-10日赴現地勘查並召開先期規劃構想審議，原則通過。

本案依「開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準」第35條第1項規定，屬災害復原重建、搶通之緊急性工程，並符合因災害受損及銜接原鐵路之原則，經目的事業主管機關農委會於106年4月20日審核後認定免實施環境影響評估，並副知環保署有案。

惟環保署107年1月3日函示本案仍無法明確釐清適用災害復原重建、搶通之「緊急性工程」範疇，難依「認定標準」第35條第1項規定辦理，應實施環境影響評估，農委會予以尊重並即展開相關環評提送作業，因配合辦理環評作業，估增加2年時程，預計111年完工。

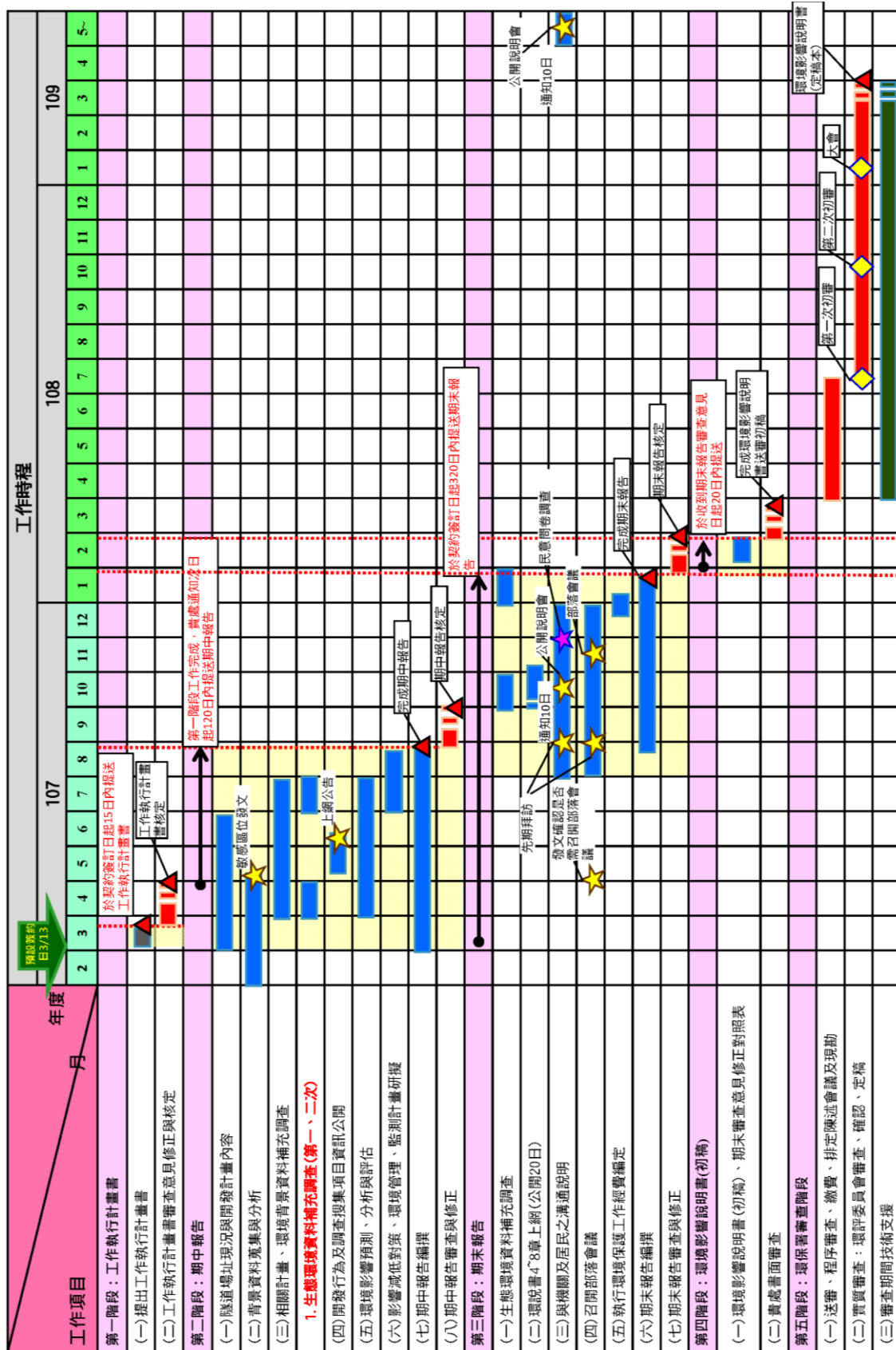


表 8-3-2 阿里山森林鐵路 42 號隧道計畫環境影響說明書工作進度表

8-3-3 地質敏感區

經查中央地質調查所公布之山崩與地滑地質敏感區，圖8-3-1為隧道改線路線套繪地質敏感區成果顯示，本計畫主崩塌區全位於地質敏感區範圍，而兩方案之隧道洞口皆未坐落於地質敏感區內，惟西側雖未坐落於地質敏感區內但距離仍近，依地質法規定需進行地質敏感區調查作業並納入後續相關審查。

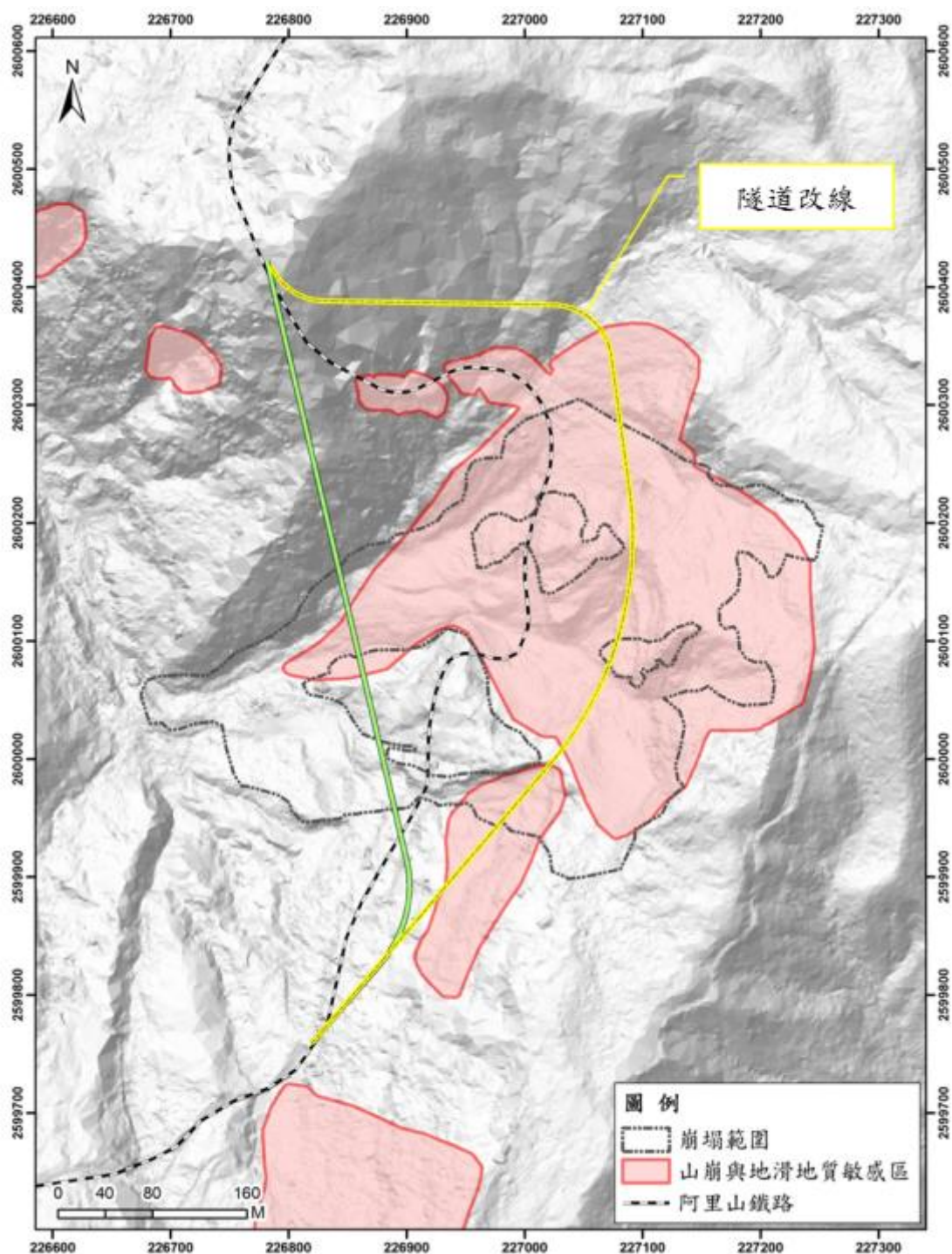


圖 8-3-1 復建路線套繪地質敏感區圖

8-3-4 水土保持計畫

本計畫復建位置鐵路沿線皆屬山坡地範圍，需依規定送審水土保持計畫。

8-3-5 丁類危險性工作場所

本隧道復建工程超過1,000m，廠商於施工前須提送丁類危險性工作場辦理審查作業，核可後始可進行隧道開挖作業。

8-3-6 炸藥庫申請

本隧道復建工程採鑽炸工法，開炸使用之炸藥、雷管及導火線等材料之申購手續及炸藥庫設置場所需由廠商依規定向主管機關申請辦理。

8-3-7 混凝土預拌廠

本隧道復建工程工址地處偏遠山區，最近之拌合場運達時間約2小時。考量隧道施工品質，工址附近需考量所需之臨時混凝土預拌廠(區)。

8-4 中長程個案計畫自評檢核表及性別影響評估檢視表

8-4-1 中長程個案計畫自評檢核表

檢視項目	內 容 重 點 (內容是否依下列原則撰擬)	主辦機關		主管機關		備註
		是	否	是	否	
1、計畫書格式	(1)計畫內容應包括項目是否均已填列(「行政院所屬各機關中長程個案計畫編審要點」(以下簡稱編審要點)第 5 點、第 12 點)	●		●		本復建工程非延續性計畫,亦非跨區域之大型公共建設
	(2)延續性計畫是否辦理前期計畫執行成效評估,並提出總結評估報告(編審要點第 5 點、第 13 點)		●		●	
	(3)是否依據「跨域增值公共建設財務規劃方案」之精神提具相關財務策略規劃檢核表?並依據各類審查作業規定提具相關書件		●		●	
2、民間參與可行性評估	是否填寫「促參預評估檢核表」評估(依「公共建設促參預評估機制」)	●		●		
3、經濟及財務效益評估	(1)是否研提選擇及替代方案之成本效益分析報告(「預算法」第 34 條)	●		●		以益本比進行成本效益分析成果如 P10;分年財務需求如 P37
	(2)是否研提完整財務計畫	●		●		
4、財源籌措及資金運用	(1)經費需求合理性(經費估算依據如單價、數量等計算內容)	●		●		本復建工程非跨區域之大型公共建設;經費由前瞻基礎建設計畫特別預算支應
	(2)資金籌措:依「跨域增值公共建設財務規劃方案」精神,將影響區域進行整合規劃,並將外部效益內部化		●		●	
	(3)經費負擔原則: a.中央主辦計畫:中央主管相關法令規定 b.補助型計畫:中央對直轄市及縣(市)政府補助辦法、依「跨域增值公共建設財務規劃方案」之精神所擬訂各類審查及補助規定		●		●	
	(4)年度預算之安排及能量估算:所需經費能否於中程歲出概算額度內容納加以檢討,如無法納編者,應檢討調減一定比率之舊有經費支應;如仍有不敷,須檢附以前年度預算執行、檢討不經濟支出及自行檢討調整結果等經費審查之相關文件		●		●	
	(5)經費比 1:2(「政府公共建設計畫先期作業實施要點」第 2 點)		●		●	
	(6)屬具自償性者,是否透過基金協助資金調度		●		●	

檢視項目	內 容 重 點 (內容是否依下列原則撰擬)	主辦機關		主管機關		備註
		是	否	是	否	
5、人力運用	(1)能否運用現有人力辦理	●		●		以最有利標精神評選規劃設計及監造廠商
	(2)擬請增人力者，是否檢附下列資料： a.現有人力運用情形 b.計畫結束後，請增人力之處理原則 c.請增人力之類別及進用方式 d.請增人力之經費來源		●		●	
6、營運管理計畫	是否具務實及合理性(或能否落實營運)	●		●		
7、土地取得	(1)能否優先使用公有閒置土地房舍		●		●	森 林 鐵 路 58K+710~880 復建工程係避 開崩塌區域進 行既有鐵路修 復，復建區段屬 林務局管轄範 圍無土地取得 問題
	(2)屬補助型計畫，補助方式是否符合規定(中央對直轄市及縣(市)政府補助辦法第 10 條)		●		●	
	(3)計畫中是否涉及徵收或區段徵收特定農業區之農牧用地		●		●	
	(4)是否符合土地徵收條例第 3 條之 1 及土地徵收條例施行細則第 2 條之 1 規定		●		●	
	(5)若涉及原住民族保留地開發利用者，是否依原住民族基本法第 21 條規定辦理		●		●	
8、風險評估	是否對計畫內容進行風險評估	●		●		
9、環境影響分析 (環境政策評估)	是否須辦理環境影響評估	●		●		依環保署 107 年 1 月 3 日函
10、性別影響評估	是否填具性別影響評估檢視表	●		●		
11、涉及空間規劃者	是否檢附計畫範圍具座標之向量圖檔		●		●	
12、涉及政府辦公廳舍興建購置者	是否納入積極活化閒置資產及引進民間資源共同開發之理念		●		●	
13、跨機關協商	(1)涉及跨部會或地方權責及財務分攤，是否進行跨機關協商		●		●	
	(2)是否檢附相關協商文書資料		●		●	
14、依碳中和概念 優先選列節能 減碳指標	(1)是否以二氧化碳之減量為節能減碳指標，並設定減量目標	●		●		
	(2)是否規劃採用綠建築或其他節能減碳措施	●		●		
	(3)是否檢附相關說明文件	●		●		
15、資通安全防護 規劃	資訊系統是否辦理資通安全防護規劃		●		●	

主辦機關核章：承辦人

技士陳柏旭

單位主管

林育樂組長張弘毅

首長

林務局林華慶

主管部會核章：研考主管

秘書室黃秀美主任

會計主管

會計室楊敏瑞主任

首長

林聰賢(丁)主任委員

8-4-2 性別影響評估檢視表

表 8-4-2 中長程個案計畫性別影響評估檢視表

填表日期：106 年 6 月 9 日			
填表人姓名：連祥益		職稱：技士	身份： ☒ 業務單位人員
電話：05-2787006#170		e-mail： hyjp123456@gmail.com	☐ 非業務單位人員， (請說明：_____)
填 表 說 明 一、行政院所屬各機關之中長程個案計畫除因物價調整而需修正計畫經費，或僅計畫期程變更外，皆應填具本表。 二、「主管機關」欄請填列中央二級主管機關，「主辦機關」欄請填列擬案機關（單位）。 三、建議各單位於計畫研擬初期，即徵詢性別平等專家學者或各部會性別平等專案小組之意見；計畫研擬完成後，應併同本表送請民間性別平等專家學者進程序參與，參酌其意見修正計畫內容，並填寫「拾、評估結果」後通知程序參與者。			
壹、計畫名稱	阿里山森林鐵路 42 號隧道計畫		
貳、主管機關	行政院農業委員會	主辦機關（單位）	行政院農業委員會林務局 嘉義林區管理處
參、計畫內容涉及領域：			勾選（可複選）
3-1 權力、決策、影響力領域			
3-2 就業、經濟、福利領域			
3-3 人口、婚姻、家庭領域			
3-4 教育、文化、媒體領域			
3-5 人身安全、司法領域			
3-6 健康、醫療、照顧領域			
3-7 環境、能源、科技領域			
3-8 其他（勾選「其他」欄位者，請簡述計畫涉及領域）			☒ 公共工程，森林鐵路復建
肆、問題與需求評估			
項 目	說 明		備 註
4-1 計畫之現況問題與需求概述	阿里山森林鐵路因受颱風豪雨影響，森林鐵路 58k+710~880 路段邊坡崩滑致鐵路中斷，本計畫目標即讓阿里山森林鐵路早日恢復全線通車，欲進行森林鐵路復建(隧道方案)約 1077m。		簡要說明計畫之現況問題與需求。

4-2 和本計畫相關之性別統計與性別分析	本復建工程竣工使用後為服務社會大眾，不分性別、年齡、族群、地區。	1.透過相關資料庫、圖書等各種途徑蒐集既有的性別統計與性別分析。 2.性別統計與性別分析應儘量顧及不同性別、性傾向及性別認同者之年齡、族群、地區等面向。
4-3 建議未來需要強化與本計畫相關的性別統計與性別分析及其方法	建議可蒐集國內隧道開挖規劃、設計、施工各階段工作期間之性別、族群等統計資料，作為相關設備需求評估。	說明需要強化的性別統計類別及方法，包括由業務單位釐清性別統計的定義及範圍，向主計單位建議分析項目或編列經費委託調查，並提出確保執行的方法。
伍、計畫目標概述（併同敘明性別目標）	本計畫目標如下，尚無以性別議題為主之目標： 1.恢復森林鐵路全線通行以服務社會大眾，其不分性別、年齡、族群、地區。2.恢復森林鐵路全線通車，具林業與森林鐵路文化資產保存意義。	
陸、性別參與情形或改善方法（計畫於研擬、決策、發展、執行之過程中，不同性別者之參與機制，如計畫相關組織或機制，性別比例是否達 1/3）	1.本計畫為森林鐵路復建工程，有關計畫於研擬、決策、發展、執行之過程中不涉及性別與族群問題。 2.未來有關設計審查與施工管理將力求性別比例達 1/3 以上。	

柒、受益對象

- 若 7-1 至 7-3 任一指標評定「是」者，應繼續填列「捌、評估內容」8-1 至 8-9 及「第二部分一程序參與」；如 7-1 至 7-3 皆評定為「否」者，則免填「捌、評估內容」8-1 至 8-9，逕填寫「第二部分一程序參與」，惟若經程序參與後，10-5「計畫與性別關聯之程度」評定為「有關」者，則需修正第一部分「柒、受益對象」7-1 至 7-3，並補填列「捌、評估內容」8-1 至 8-9。
- 本項不論評定結果為「是」或「否」，皆需填寫評定原因，應有量化或質化說明，不得僅列示「無涉性別」、「與性別無關」或「性別一律平等」。

項 目	評定結果 (請勾選)		評定原因	備 註
	是	否		
7-1 以特定性別、性傾向或性別認同者為受益對象		●	本計畫為森林鐵路復建工程，竣工使用後為服務社會大眾，不分性別、年齡、族群、地區，無特定受益對象。	如受益對象以男性或女性為主，或以同性戀、異性戀或雙性戀為主，或個人自認屬於男性或女性者，請評定為「是」。
7-2 受益對象無區別，但計畫內容涉及一般社會認知既存的性別偏見，或統計資料顯示性別比例差距過大者		●	本計畫為森林鐵路復建工程，無涉一般社會認知既存之性別偏見，及統計資料顯示性別比例差距事宜。	如受益對象雖未限於特定性別人口群，但計畫內容涉及性別偏見、性別比例差距或隔離等之可能性者，請評定為「是」。

7-3 公共建設之空間規劃與工程設計涉及對不同性別、性傾向或性別認同者權益相關者	●	本計畫為森林鐵路復建工程，主要為隧道工程約 1077m，相關空間規劃未涉及性別、年齡、族群、地區議題。	如公共建設之空間規劃與工程設計涉及不同性別、性傾向或性別認同者使用便利及合理性、區位安全性，或消除空間死角，或考慮特殊使用需求者之可能性者，請評定為「是」。
捌、評估內容 (一) 資源與過程			
項 目	說 明		備 註
8-1 經費配置：計畫如何編列或調整預算配置，以回應性別需求與達成性別目標	本計畫為森林鐵路復建工程，經費未涉及性別差異		說明該計畫所編列經費如何針對性別差異，回應性別需求。
8-2 執行策略：計畫如何縮小不同性別、性傾向或性別認同者差異之迫切性與需求性	1.森林鐵路復建工程未涉不同性別、性傾向或性別認同者差異之迫切性與需求性。 2.加強宣導婦女參與土木工程之角色與可行性。 3.工程施工期間在地工作機會提供；加強於當地原住民社區說明本案工作機會。		計畫如何設計執行策略，以回應性別需求與達成性別目標。
8-3 宣導傳播：計畫宣導方式如何顧及弱勢性別資訊獲取能力或使用習慣之差異	加強於當地原住民社區說明本案工作機會，並請村里長協助散播本計畫可能之工作機會。		說明傳佈訊息給目標對象所採用的方式，是否針對不同背景的目標對象採取不同傳播方法的設計。
8-4 性別友善措施：搭配其他對不同性別、性傾向或性別認同者之友善措施或方案	1.本計畫無搭配其他性別友善措施或方案。 2.施工期間釋出相關工作機會給在地區民、原住民或弱勢族群。		說明計畫之性別友善措施或方案。
(二) 效益評估			
項 目	說 明		備 註
8-5 落實法規政策：計畫符合相關法規政策之情形	本計畫符合並落實憲法、法律、性別平等政策綱領、性別主流化政策及 CEDAW 之基本精神，未防礙法規對人民之基本保障。		說明計畫如何落實憲法、法律、性別平等政策綱領、性別主流化政策及 CEDAW 之基本精神，可參考行政院性別平等會網站 (http://www.gec.ey.gov.tw/)。

8-6 預防或消除性別隔離： 計畫如何預防或消除性別隔離	1.本計畫為森林鐵路復建工程，未設定性別參與限制。2.未來有關設計審查與施工管理將力求性別比例達 1/3 以上。3.加強宣導婦女參與土木工程之角色與可行性。4.工程施工期間在地工作機會提供；加強於當地原住民社區說明本案工作機會。	說明計畫如何預防或消除傳統文化對不同性別、性傾向或性別認同者之限制或僵化期待。
8-7 平等取得社會資源： 計畫如何提升平等獲取社會資源機會	1.本計畫為森林鐵路復建工程，未設定性別參與限制。2.未來有關設計審查與施工管理將力求性別比例達 1/3 以上。3.加強宣導婦女參與土木工程之角色與可行性。4.工程施工期間在地工作機會提供；加強於當地原住民社區說明本案工作機會。	說明計畫如何提供不同性別、性傾向或性別認同者平等機會獲取社會資源，提升其參與社會及公共事務之機會。
8-8 空間與工程效益： 軟硬體的公共空間之空間規劃與工程設計，在空間使用性、安全性、友善性上之具體效益	本計畫為森林鐵路復建工程，空間使用未與使用者直接碰觸，未涉及性別差異。	1.使用性：兼顧不同生理差異所產生的不同需求。 2.安全性：消除空間死角、相關安全設施。 3.友善性：兼顧性別、性傾向或性別認同者之特殊使用需求。
8-9 設立考核指標與機制： 計畫如何設立性別敏感指標，並且透過制度化的機制，以便監督計畫的影響程度	本計畫為森林鐵路復建工程，未涉及性別差異，故無設立考核指標與機制。	1.為衡量性別目標達成情形，計畫如何訂定相關預期績效指標及評估基準（績效指標，後續請依「行政院所屬各機關個案計畫管制評核作業要點」納入年度管制作業計畫評核）。 2.說明性別敏感指標，並考量不同性別、性傾向或性別認同者之年齡、族群、地區等面向。
玖、評估結果： 請填表人依據性別平等專家學者意見之檢視意見提出綜合說明，包括對「第二部分、程序參與」主要意見參採情形、採納意見之計畫調整情形、無法採納意見之理由或替代規劃等。		
9-1 評估結果之綜合說明	本計畫為森林鐵路復建工程，未涉及性別差異	

9-2 參採情形	9-2-1 說明採納意見 後之計畫調整	
	9-2-2 說明未參採之 理由或替代規 劃	
9-3 通知程序參與之專家學者本計畫的評估結果： 已於 年 月 日將「評估結果」通知程序參與者審閱		

* 請機關填表人於填完「第一部分」第壹項至第捌項後，由民間性別平等專家學者進行「第二部分—程序參與」項目，完成「第二部分—程序參與」後，再由機關填表人依據「第二部分—程序參與」之主要意見，續填「第一部分—玖、評估結果」。

* 「第二部分—程序參與」之 10-5「計畫與性別關聯之程度」經性別平等專家學者評定為「有關」者，請機關填表人依據其檢視意見填列「第一部分—玖、評估結果」9-1 至 9-3；若經評定為「無關」者，則 9-1 至 9-3 免填。

* 若以上有 1 項未完成，表示計畫案在研擬時未考量性別，應退回主管（辦）機關重新辦理。

【第二部分—程序參與】：本部分由民間性別平等專家學者填寫

拾、程序參與：若採用書面意見的方式，至少應徵詢 1 位以上民間性別平等專家學者意見；民間專家學者資料可至台灣國家婦女館網站參閱 (http://www.taiwanwomenscenter.org.tw/)。			
(一) 基本資料			
10-1 程序參與期程或時間	106 年 6 月 9 日至 106 年 6 月 9 日		
10-2 參與者姓名、職稱、 服務單位及其專長領域	姓名/職稱：白怡娟講師 服務單位：國立嘉義大學 專長領域：性別教育、成人教育、婦女教育、高齡教育		
10-3 參與方式	☐ 計畫研商會議 ☐ 性別平等專案小組 ☒ 書面意見		
10-4 業務單位所提供之資料	相關統計資料	計畫書	計畫書涵納其他初評結果
	☒ 有 ☒ 很完整 ☐ 可更完整 ☐ 現有資料不足須設法補足 ☐ 無 ☐ 應可設法找尋 ☐ 現狀與未來皆有困難	☐ 有， 且具性別目標 ☒ 有， 但無性別目標 ☐ 無	☒ 有， 已很完整 ☐ 有， 但仍有改善空間 ☐ 無
10-5 計畫與性別關聯之程度	☐ 有關 ☒ 無關 (若性別平等專家學者認為第一部分「柒、受益對象」7-1 至 7-3 任一指標應評定為「是」者，則勾選「有關」；若 7-1 至 7-3 均評定「否」者，則勾選「無關」)。		
(二) 主要意見：就前述各項（問題與需求評估、性別目標、參與機制之設計、資源投入及效益評估）說明之合宜性提出檢視意見，並提供綜合意見。			

10-6 問題與需求評估說明之合宜性	合宜
10-7 性別目標說明之合宜性	無涉
10-8 性別參與情形或改善方法之合宜性	合宜
10-9 受益對象之合宜性	合宜
10-10 資源與過程說明之合宜性	合宜
10-11 效益評估說明之合宜性	合宜
10-12 綜合性檢視意見	本案為為森林鐵路復建工程，確實無涉及性別議題。然未來有關設計審查與施工管理、及後續工作機會之提供等面向上確實與性別有關，且亦於本表格內註明將力求婦女參與，故本案之評估內容相當完整。
(三) 參與時機及方式之合宜性	合宜
本人同意恪遵保密義務，未經部會同意不得逕自對外公開所評估之計畫草案。 (簽章，簽名或打字皆可) <u>白怡娟</u>	

8-5 民間參與可行性評估

表 8-5-1 公共建設促參預評估檢核表

壹、公共建設基本資訊
一、計畫名稱：阿里山森林鐵路 42 號隧道計畫
二、執行機關（構）（即填表單位）：林務局嘉義林區管理處
三、公共建設現況：
（一）基地區位（地理位置）：阿里山森林鐵路 58K+710~880 路段
基地面積或樓地板面積：_____平方公尺
（二）經營現況：
☐ 新興之公共建設
☒ 既有之公共建設
☐ 全部委外
營運現況：
1、每年營運收入：_____萬元
2、每年營運費用：_____萬元
☐ 部分委外，範圍：_____
營運現況：
1、每年營運收入：_____萬元
2、每年營運費用：_____萬元
☒ 自行營運，範圍：計畫路段停止營運（目前僅營運嘉義-奮起湖）
營運現況：
1、每年營運收入：____--____萬元
2、機關管理人力：專職____--____人；兼辦____--____人
3、每年管理維護預算約：____--____萬元
（三）基地是否位於環境敏感地區：
☒ 是，說明：山崩與地滑地質敏感區（中央地質調查所）
☐ 否
（四）土地權屬：
☒ 全數為國公有土地
☒ 管理機關為執行機關
☐ 管理機關為其他機關（機關名稱：_____）
☐ 含私有土地（約估計畫範圍_____%），其所有權人為：
☐ 國營事業（機構名稱：_____）
☐ 私人
☐ 其他
（五）土地使用分區：
☐ 都市計畫區
使用分區為_____
☒ 非都市土地

使用分區為_____

使用地類別為_____

(六) 基地是否有聯外道路：

☒ 是

☐ 否，未來有道路開闢計畫：

☐ 是，說明(含預算編列情形)：_____

☐ 否

(七) 基地是否有地上物待拆除、排除占用或補辦使用執照等情形：

☐ 是，說明(含預算編列情形及執行單位)：_____

☒ 否

貳、政策面

一、本案是否符合相關公共建設政策：

☒ 是，相關政策：

☒ 國家重大計畫：前瞻基礎建設計畫

☐ 中長程計畫：_____

☐ 地方綜合發展計畫：_____

☐ 地方重大施政計畫：_____

☐ 符合公有土地或資產活化目的

☐ 其他：_____

☐ 否(停止作答，跳填「陸」並核章)

二、本案是否符合引進民間參與之政策：

☐ 是，相關政策：

☐ 公共建設計畫經核定採促參方式辦理：_____

☐ 具急迫性之新興或需整/擴建之公共建設：_____

☐ 已建設之公共建設，管理人力、維護經費受限：_____

☐ 其他：_____

☒ 否，說明：曾辦理「民間參與投資經營阿里山森林鐵路及阿里山森林遊樂區案興建暨營運契約」，成效不彰；本案為鐵路復建單一性質工程

參、法律及土地取得面

一、民間參與之法律依據：

☐ 促參法

(一) 公共建設為促參法第 3 條之公共建設類別，其類別為：

(符合促參法施行細則第____條第____項第____款)

(二) 公共建設將以促參法第 8 條之民間參與方式辦理：

☐ 交由民間興建—營運—移轉 (BOT)

☐ 交由民間興建—無償移轉—營運 (BT0)

☐ 交由民間興建—有償移轉—營運 (BT0)

☐ 交由民間整建／擴建－營運－移轉（ROT）

☐ 交由民間營運－移轉（OT）

☐ 交由民間興建－擁有所有權－自為營運或交由第三人營運（BOO）

☐ 其他經主管機關核定之方式

（三）公共建設辦理機關為促參法第 5 條之主辦機關：

☐ 是：

☐ 主辦機關

☐ 被授權機關，授權機關為：_____

☐ 受委託機關，委託機關為：_____

☐ 否

☐ 依其他法令辦理者：

☐ 獎勵民間參與交通建設條例

☐ 都市更新條例

☐ 國有財產法

☐ 商港法

☐ 其他：_____

☐ 無相關法律依據（停止作答，跳填「陸」並核章）

二、土地取得：

☒ 執行機關已為土地管理機關

☐ 尚需取得土地使用權或管理權

☐ 公共建設所需用地為國公有土地，土地取得方式為：

☐ 撥用公有土地

☐ 依其他法令規定取得土地使用權

☐ 公共建設所需用地夾雜公私有土地，私有土地取得方式為：

☐ 協議價購

☐ 辦理徵收

☐ 其他：_____

☐ 是否已與相關機關或人士進行協商：

☐ 已協商且獲初步同意

☐ 已協商但未獲結論或不可行

☐ 未進行協商

三、土地使用管制調整：

☒ 毋須調整

☐ 需變更都市計畫之細部計畫或非都市土地使用編定

☐ 需變更都市計畫之主要計畫或非都市土地使用分區

肆、市場及財務面

一、擬交由民間經營之設施是否有穩定之服務對象或計畫：

☐ 是

☐ 不確定

二、使用者付費之接受情形：

(一) 鄰近地區是否已有類似設施需付費使用

☐ 是

☒ 否

☐ 不確定，尚待進一步調查

(二) 其他地區是否已有類似設施需付費使用

☒ 是

☐ 否

☐ 不確定，尚待進一步調查

(三) 是否已有相似公共建設引進民間參與之成功簽約案例

☐ 有 (案名：_____)

☒ 沒有

三、民間參與意願 (可複選)：

☐ 已有民間廠商自行提案申請參與 (係依促參法第 46 條規定辦理)

☐ 民間廠商詢問者眾

☐ 已初步探詢民間廠商有參與意願

☐ 不確定

四、公共建設收益性：

☐ 具收益性

☐ 具收益性設施所占空間較非收益性設施高出甚多

☐ 具收益性設施所占空間較非收益性設施差不多

☐ 具收益性設施所占空間較非收益性設施少很多

☒ 不具收益性

伍、辦理民間參與公共建設可行性評估及先期規劃作業要項提示 (務請詳閱)

一、機關於規劃時應掌握民意支持情形 (包括：民眾、民意機關、輿論等)，適時徵詢相關民眾及團體之意見，並應將前揭意見納入規劃考量。

二、公共建設如涉土地使用管制調整及位於環境敏感地區，機關應於規劃期間適時洽商土地使用、環境影響評估、水土保持及相關開發審查機關有關開發規模、審查程序等事項，審酌辦理時程及影響，並視需要考量是否先行辦理相關作業並經審查通過後，再公告徵求民間參與。

三、機關於規劃時應考量公共建設所需用水用電供應之可行性、聯外道路開闢等配套措施。

四、依促參法辦理之公共建設，其他重要事項請參考「促參標準作業流程及重要工作事項檢核表」，可至主管機關網站下載 (下載路徑 <http://ppp.mof.gov.tw> → 參考資料 → 其他)。

陸、綜合預評結果概述

一、政策面預評小結：

☒ 初步可行，說明：阿里山森林鐵路 42 號隧道計畫完成後除帶來基本之載客營運收入，尚能帶動大阿里山地區之觀光效益，且對文化資產保存有極大貢獻。

☐初步不可行，說明：_____

二、法律及土地取得面預評小結：

■初步可行，說明：阿里山森林鐵路 42 號隧道計畫係避開崩塌區域進行既有鐵路修復，復建區段屬林務局管轄範圍無土地取得問題，亦能於相關法規下完成復建工程。

☐條件可行，說明：_____

☐初步不可行，說明：_____

三、市場及財務面預評小結：

■初步可行，說明：阿里山森林鐵路 42 號隧道計畫所需經費約需 3.65 億元，屬鐵道復建之單一性質工程，經過往經驗民眾參與意願低。本工程經效益評估，若考量綜效經濟效益與文化資產保存效益，其益本比大於 1，具投資效益。

☐條件可行，說明：_____

☐初步不可行，說明：_____

四、綜合評估，說明：阿里山森林鐵路 42 號隧道計畫係根據地質調查、鑽探、非破壞檢測及肇災原因分析等結果，選擇避開崩塌不穩定區、地質敏感區與縱橫沖蝕發達之蝕溝而擇定之隧道復建方案，且鄰近有多林與屏遮那等成功案例，綜合評估阿里山森林鐵路 42 號隧道計畫原則可行。復建完成後除基本之鐵路載客營運效益，亦可帶動大阿里山地區之觀光產業。此外，其尚兼具恢復阿里山森林鐵路全線通車之重大使命，肩負阿里山林業暨鐵道文化景觀之文化資產保存之深遠意義。

填表機關聯絡資訊

聯絡人

姓名：連祥益；服務單位：林務局嘉義林區管理處；

職稱：技士；電話：05-2787006#170；傳真：(05)2761093

電子郵件：hyjp123456@gmail.com

填表單位核章



機關首長核章 **處長 黃妙修**

