阿里山森林鐵路42號隧道計畫

優良農業建設工程獎-實地評審



報告人：顏呈仰 副總經理
(黎明工程顧問股份有限公司)

團隊介紹

主辦機關

農業部林業及自然保育署阿里山林業鐵路及文化資產管理處

設計/監造單位

黎明工程顧問股份有限公司

施工廠商

利德工程股份有限公司

環境監測

景丰科技股份有限公司

生態檢核

漢林生態顧問有限公司

簡報大綱

壹、工程緣起
貳、工程內容
參、規劃設計
肆、三級品管
伍、工程特色
陸、工程效益
柒、其他要項



Chapter

壹

工程緣起

阿里山林鐵特色

- 臺灣重要國寶級文化資產
- 世界著名登山鐵路之一
- 世界遺產潛力點之一
- 第一個國家級的重要文化景觀





災後重建　曙光乍現

98年8月 莫拉克颱風災害，造成全線421處損壞。

第一分道



42號隧道



32號隧道



104年9月 修復完成







杜鵑颱風　再受重創

104年9月底杜鵑颱風強力侵襲，造成42號隧道55m路基流失。







工區位置與交通

經歷兩次颱風的重創，無法全線通車

位置:

- 嘉義縣阿里山鄉
- 海拔1,629~1,712公尺

交通:

- 十字路車站上行約3公里
- 屏遮那車站下行約2公里

重要性:

- 亞洲高海拔的單孔窄軌隧道
- 百年林鐵全線通車的最後一哩
- 臺灣世界遺產潛力點戰略要衝
- 林鐵歷史文化傳承的關鍵環節





以永續安全、低擾動為復建原則

為長治久安，減輕生態影響，採用隧道方案



橋梁

- 擁有較佳之視野
- 整體施工難度高
- 生態環境衝擊高

明隧道

- 經費較低
- 工期較短
- 仍有崩塌風險

隧道

- 完全避開崩塌區
- 崩塌地自然復育
- 整體環境衝擊小

評估方案	明隧道	橋梁	隧道
工期 (月)	24	36	30
安全性	有被上邊坡浮石衝毀疑慮 安全性低		隧道改線至堅硬地盤內 **提高安全性**
施工性	易受天候影響 施工安全風險高		不易受天候影響 **施工安全風險底**
防災韌性	路線行經崩塌區 防災韌性差		避開崩塌區 **防災韌性佳**
自然資源折耗	不開闢施工便道 生態影響小	需開闢施工便道 生態影響大	不開闢施工便道 **生態影響小**

底圖來源：經濟部水利署， 地理資訊倉儲中心-GIS圖台」

Chapter

貳

工程內容

推動歷程

阿里山42號隧道計畫

前期推動　104年12月

- 可行性評估
- 隧道設計
- 文化資產審議
- 環境影響評估
- 水土保持計畫
- 生態檢核

工程發包　109年5月

- **申請火藥庫**
- 申請簡易拌合廠
- 丁類危評
- **隧道開挖**
- **棄土運置**
- 防水包覆
- 水保設施
- 管線重整
- 職安設施
- **環境保育**
- 環境監測

維護管理　113年5月

- 每日巡檢
- 每月步檢
- 環境監測

全線通車

工程經費

- 契約金額：新臺幣3億5,460萬元
- 追加金額：新臺幣　3,334萬元
- 物調金額：新臺幣　3,620萬元

工期

- 開工　：109年05月31日
- 竣工　：113年05月17日(提前4天)

工程概要

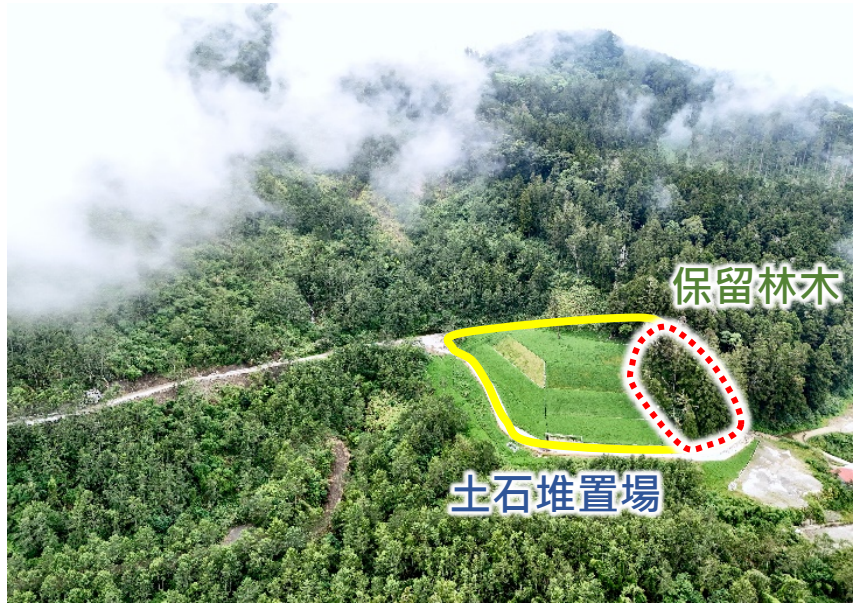
- 隧道工程　：1,106公尺
- 補充地質鑽探　：200公尺
- 填土區、排水、植栽工程

變更設計

第一次變更設計

總工程費 3億6,988萬元 (追加1,528萬元)

- 加強土石堆置場內林木保護，**調整排水溝位置**。
- 隧道西洞口原採格梁擋土牆，調整為半重力式擋土牆，增加洞口安全。
- 為確保施工人員安全，43號隧道東洞口向外延伸15m及既有隧道頂拱孔洞回填灌漿。



第二次變更設計

總工程費 3億8,794萬元 (追加1,806萬元)

- 經溝通台電公司無法配合架設電力至工區，改由施工廠商施作。
- 依生態檢核成果，滾動增設滯洪沉砂池與集水井之動物逃生通道。
- 因應實際施作數量，進行各工項結算
  (支撐類別、化學止水灌漿、**噴凝土**、掛網式噴凝土)。



原鄉地區-環境影響評估執行

依原民法辦理部落會議

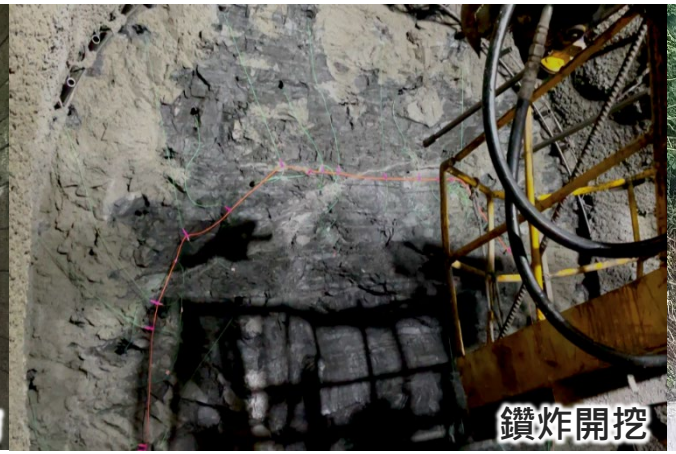
- ✓ 非炸山-小規模鑽炸作業，開炸為岩石開裂手段
- ✓ 不亂堆-土石堆置經分析計算，並設置監測系統
- ✓ 尊重傳統-工程重要節點依部落傳統舉行儀式
- ✓ 全民督工 –公開資訊，並提供人員聯絡資訊

依環評法辦理環境影響評估

- ✓ 胸徑超過10公分原生喬木進行移植
- ✓ 隧道開挖時，洞口往內50公尺區間採機械開挖
- ✓ 鑽炸開挖以7段延時雷管引爆，每個延時炸藥用量6公斤以下
- ✓ 利用既有鐵道路線運輸材料，不開闢施工便道


地方說明會


民眾現地參訪


鑽炸開挖


既有鐵道路線運輸

105.01 規劃調查

106.09.21 地方公開說明會

106.10.13 地方公開說明會

106.11.14 民眾現地參訪

107.10.12 環境影響評估公開說明會

108.01.25 部落會議通過

108.09.16 環境影響評估公告通過

108.10.18 環境影響評估取得同意函

文化資產場域開發

依文資法進行文化資產審議

- ✓ 拆除軌道做為施工便道，完工後復原
- ✓ 保留舊隧道殘構，作為文資及教育解說
- ✓ 路線規劃為側線，增停主題列車



- 106.06.28 嘉義縣政府審議會議通過
- 108.07.09 授證為全國首個重要文化景觀
- 108.09.23 文化部審議會議通過



落實各階段生態檢核作業

檢核執行歷程

107年10月 **民眾參與**十字村公開說明會

108年1月 **民眾參與**來吉部落會議同意於部落傳統領域興建

108年3月 分級確認第2類

設計階段

運用鐵道或設施範圍內施工及運輸，減輕對生態環境影響

108年6月邀請NGO吳仁邦委員參與；提出林相保護、動物減輕干擾、蝙蝠保護三大對策

108年9月 **環評通過**

施工階段

保護稀有植物、喬木移植、減輕干擾 (噪音、燈光、震動)、**爆炸作業**

友善驅離隧道蝙蝠、環境保護(污水、油汙、火藥量控制)

109年5月 開工

落實**生態檢核自主檢查**(C01)查驗確認；持續環境監測

111年3月 林務局督導施工自主檢查，精進環評承諾及生態友善措施

111年11月 生態、設計監造單位**研商設置動物逃生通道**

落實生態友善措施執行

維管階段

持續2年生態環境監測

迴避

- 避開舊隧道蝙蝠棲所

縮小

- 利用既有鐵道運送機具材料
- 控管土方堆置場範圍

減輕

- 滯洪沉砂池、集水井設置動物逃生通道
- 舊42號隧道維持東西向洞口及側向開口
- 施工期間保護稀有植物
- 移植胸徑大於10公分既有喬木

補償

- 土方堆置場撒播種籽快速回復植生覆蓋

環境影響評估

公共工程生態檢核作業



- ✓ 環境監測
- ✓ 生態保護

Chapter

參

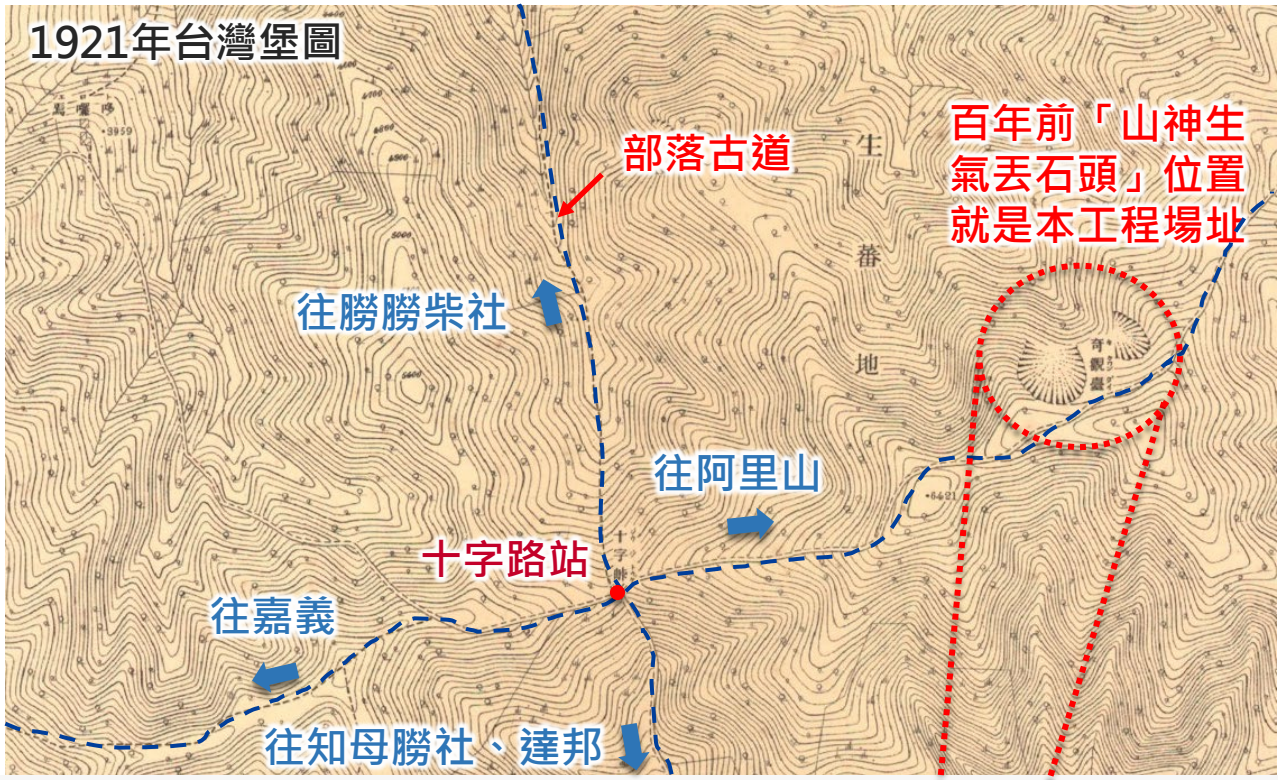
規劃設計

部落訪談

- 勝勝柴社(舊來吉)的舊遷徙道路
- 部落訪談與期待
  - 「山神生氣丟石頭」的傳說
  - 部落的擔憂與期待-
    1. 擔憂炸山重演小林村事件
    2. 林鐵復駛活絡部落經濟


部落文化已深根於森鐵

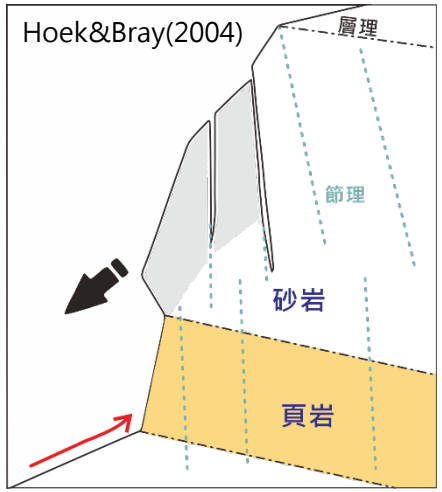

處長平日即常與部落長老閒話家常

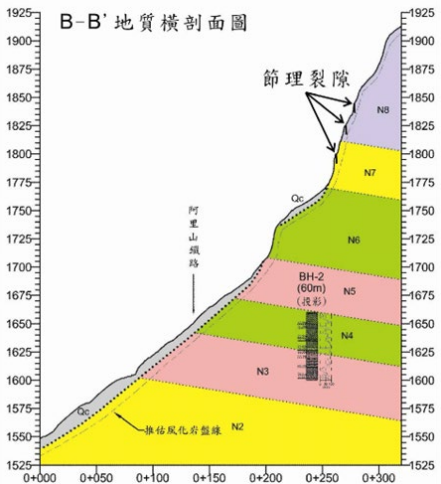




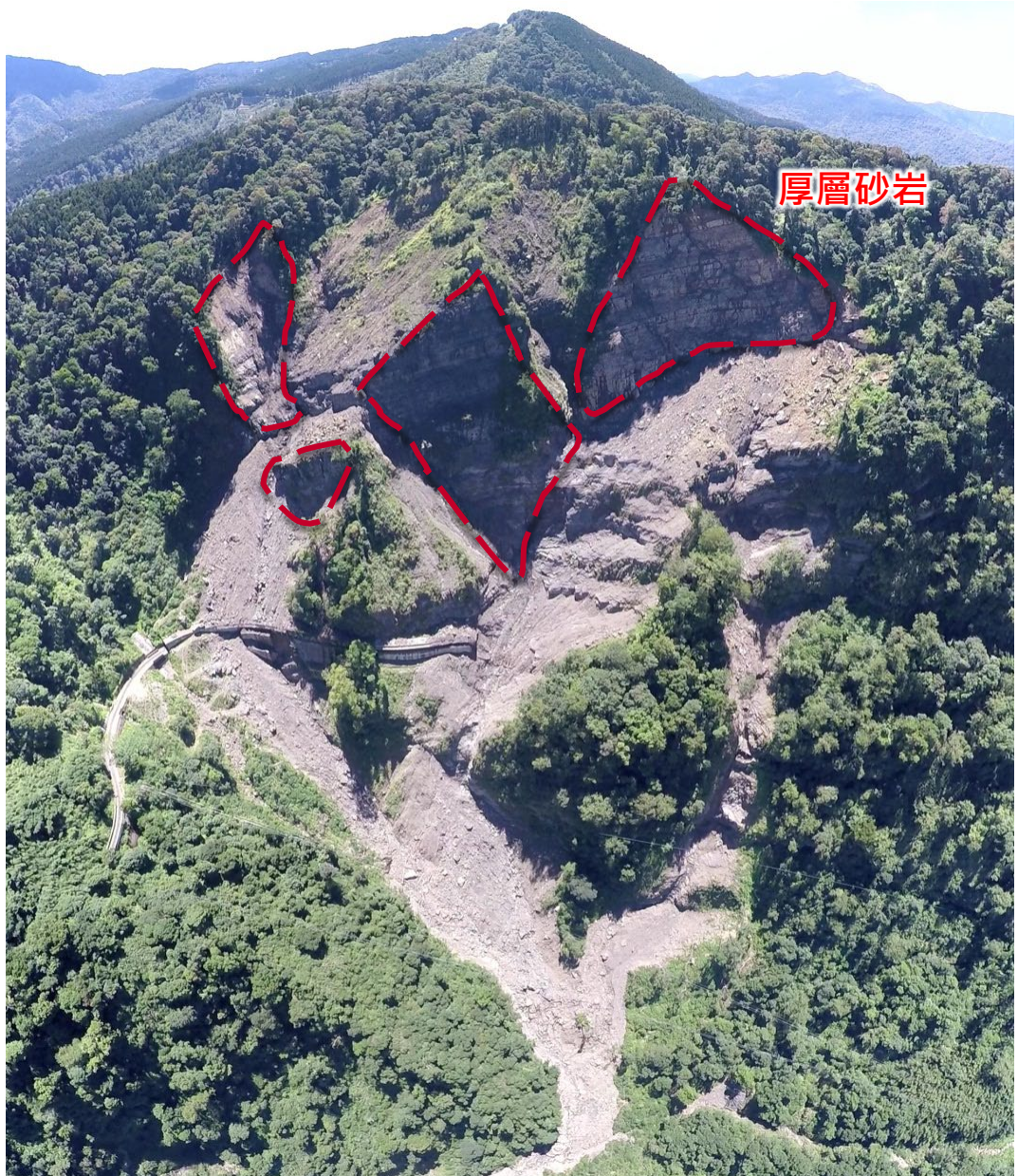
「山神生氣扔石頭」的由來

- 原因：頁岩侵蝕使厚層砂岩失去支撐，
  地震與強降雨誘發山崩
- 結論：仍會持續發生落石崩塌



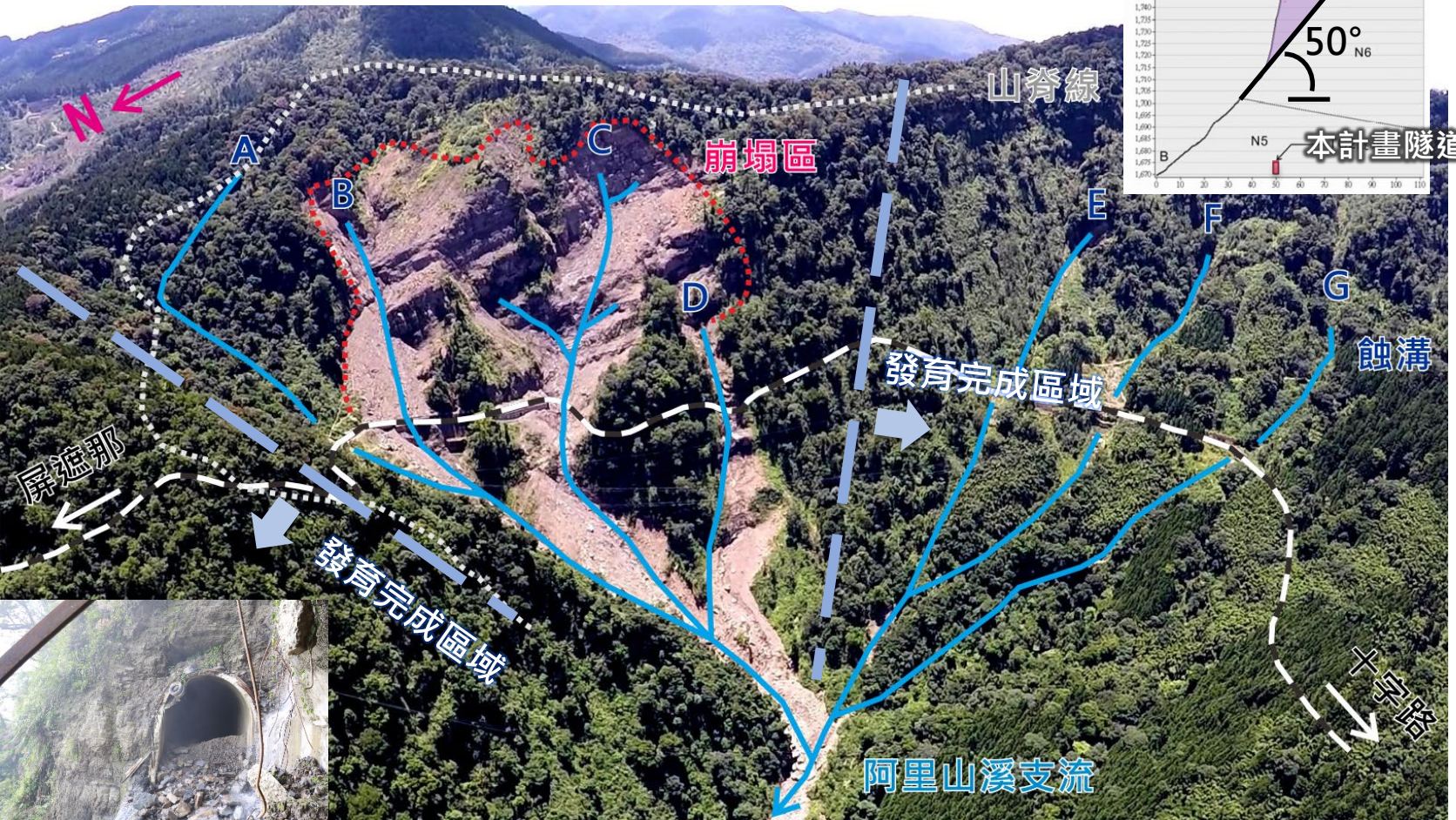


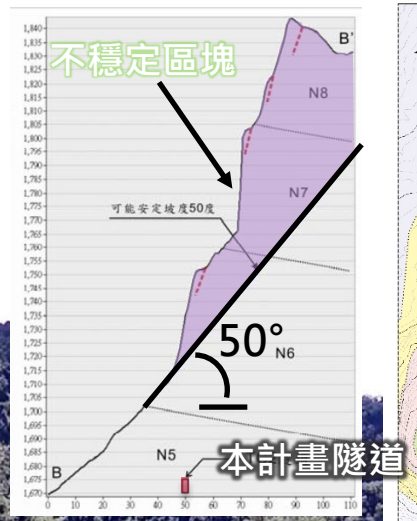


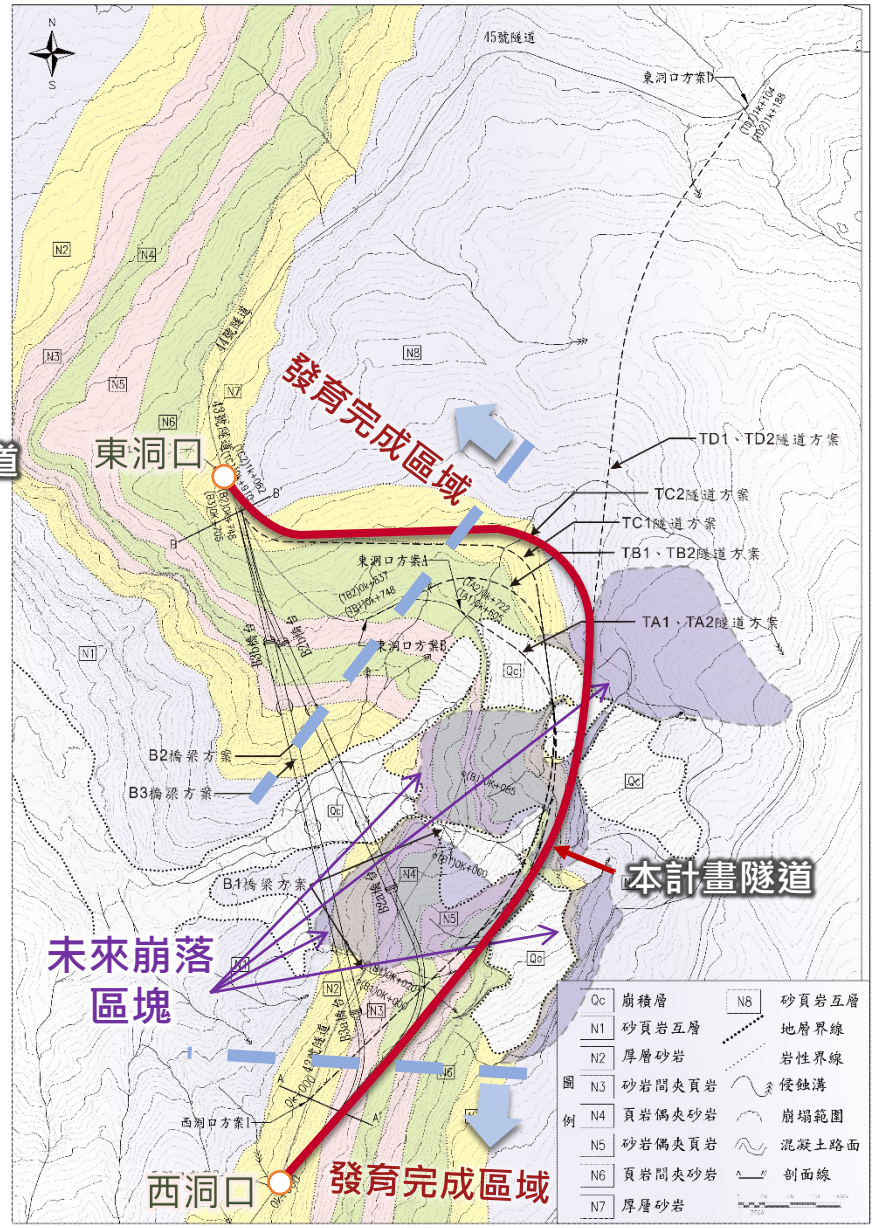


不安定坡體的確認與釐清

- 避免邊坡崩塌造成隧道出露損毀
- 地質調查確認邊坡安定坡角
- 安定坡體內規劃隧道線型





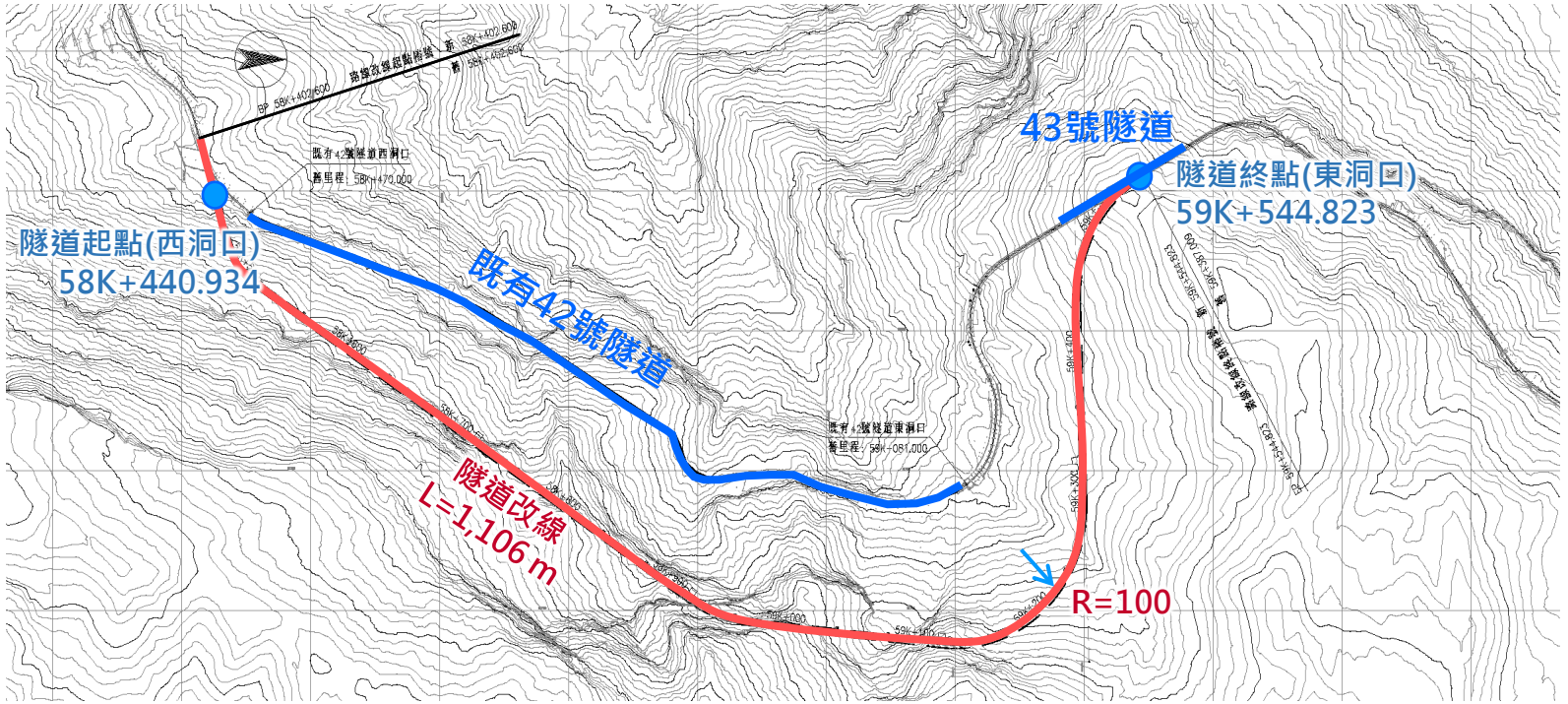


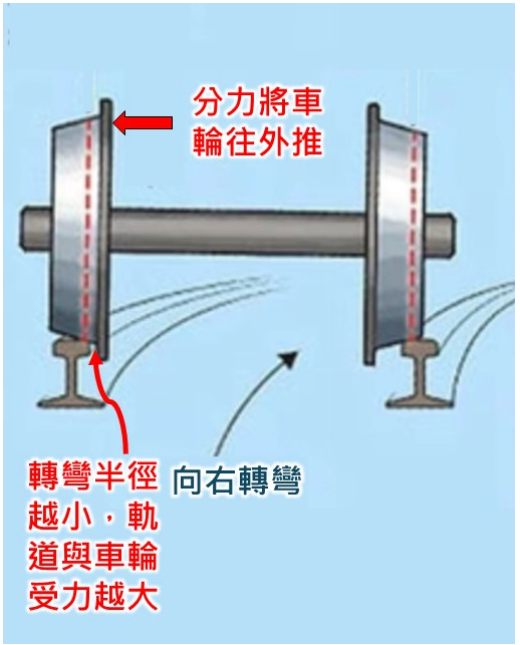
安全選線-優化隧道線形

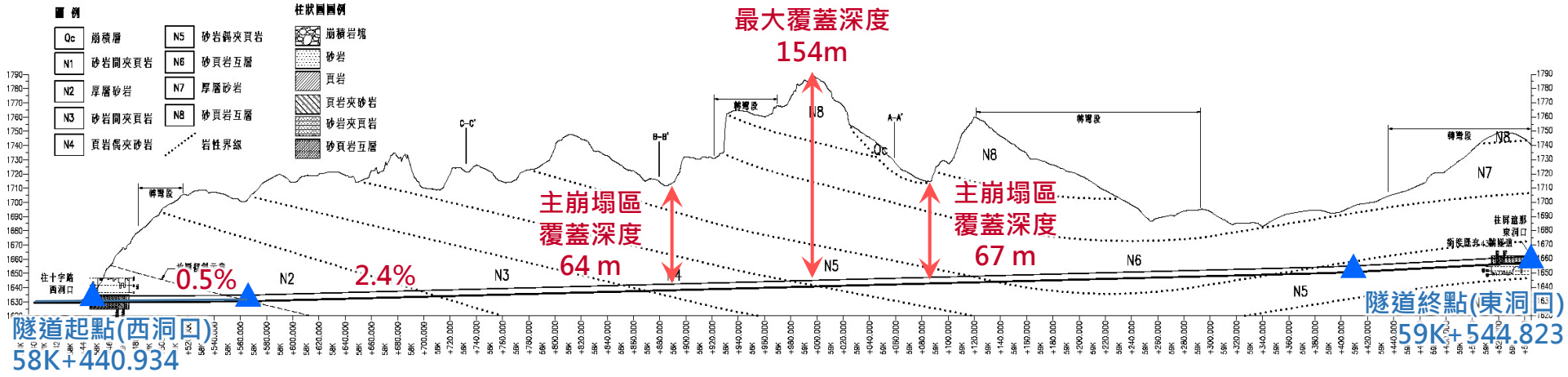
提升鐵路行車安全

- 平曲線：R50→R100
- 豎曲線：5% → 2.4%
- 提升行車安全：

  平曲線與豎曲線妥善配置



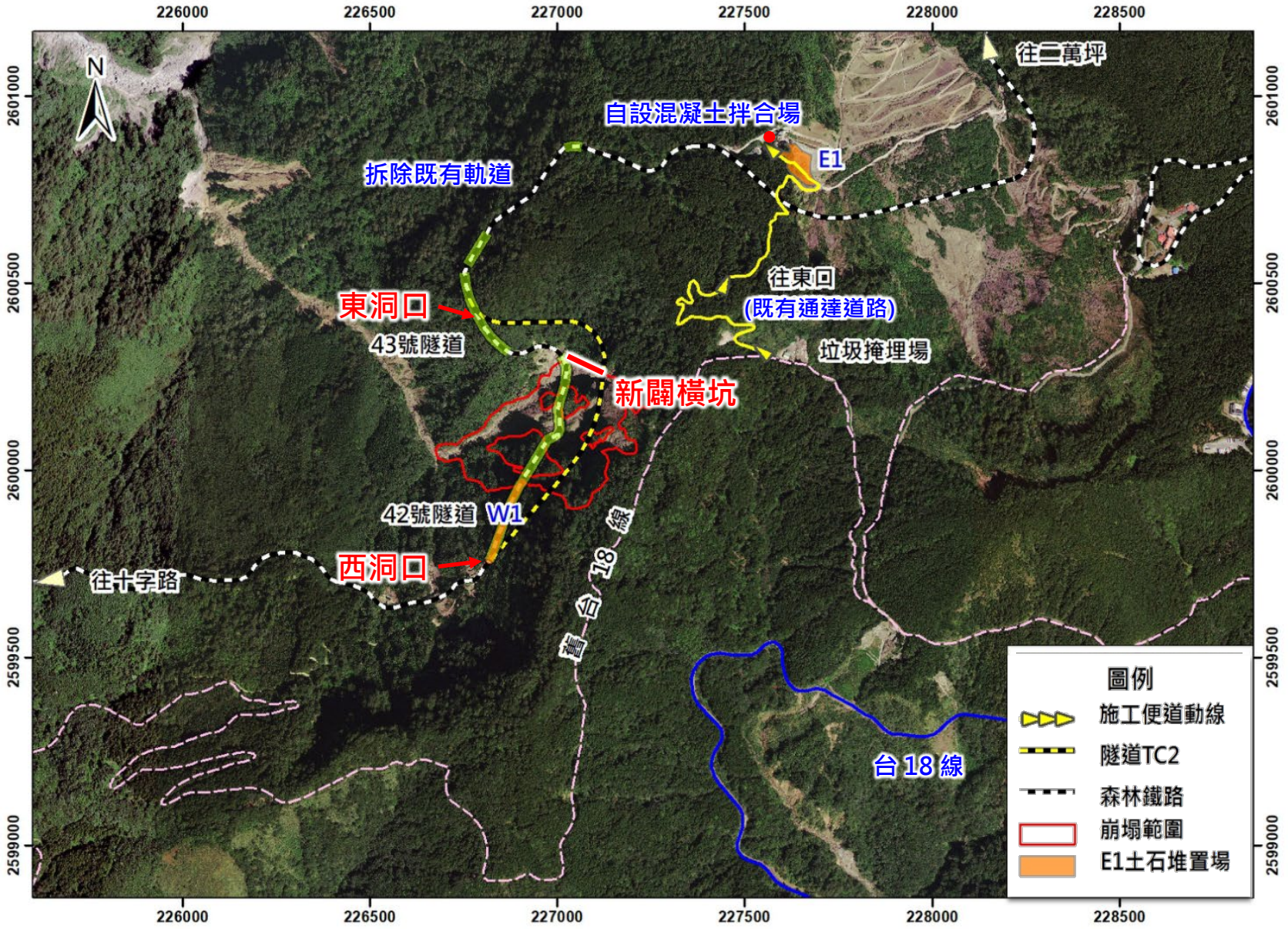




施工動線-最小環境衝擊

- 工區無通達道路
- 西洞口的困難
  - 十字路站緊鄰聚落施工影響大
  - 採火車運輸材料機具
- 東洞口的開展
  - 拆除東段鐵軌作為施工便道
  - 從舊43號隧道採洞中洞開挖
  - 開闢橫坑解決隧道開挖送風

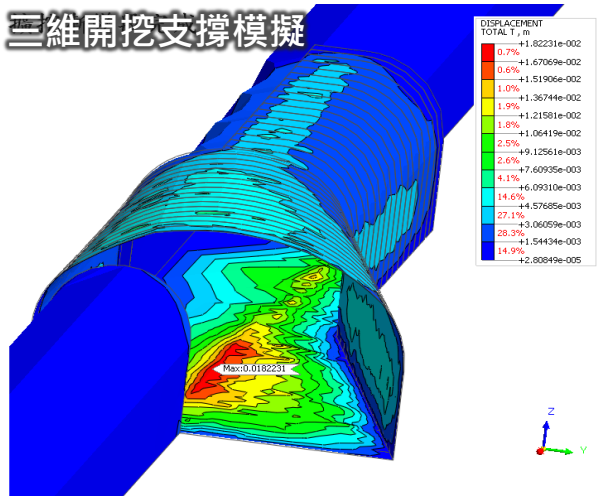




東洞口-舊洞進新洞

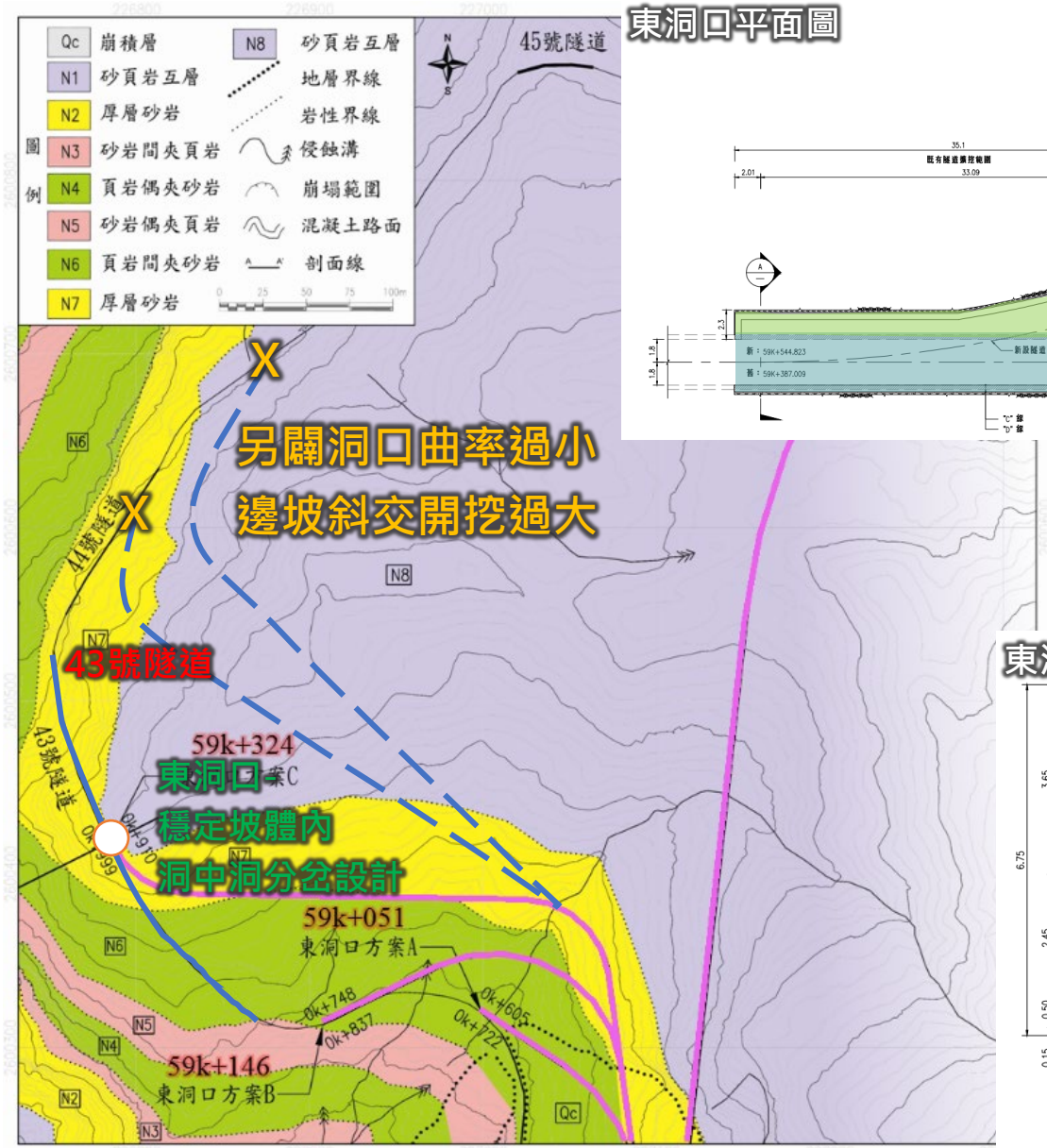
- 新闢洞口開挖過大
- 既有隧道分岔設計

三維開挖支撐模擬

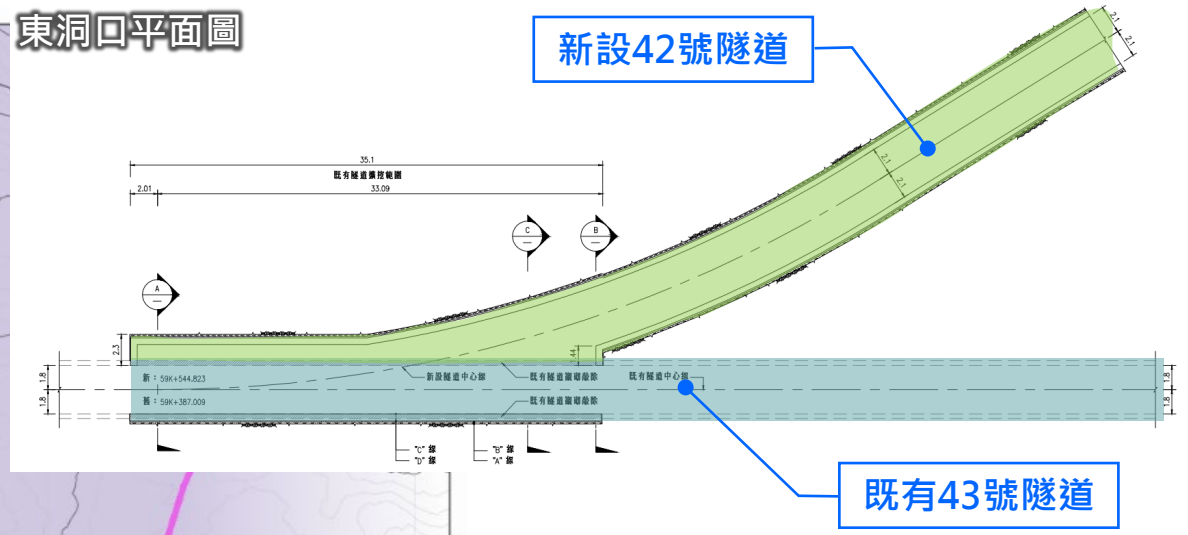


洞中洞連接過去與未來

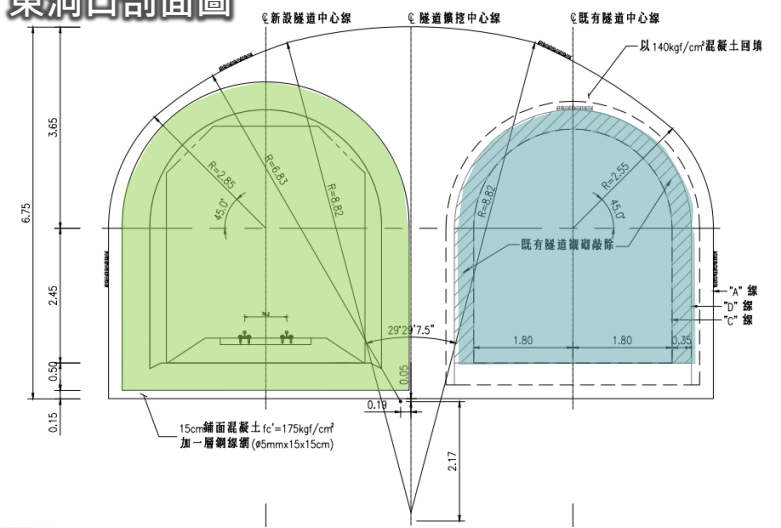




東洞口平面圖



東洞口剖面圖

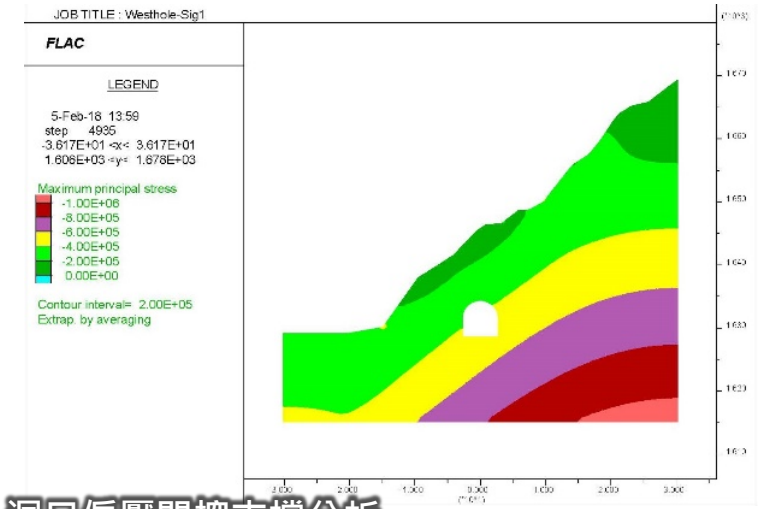


西洞口-假洞培厚偏壓平衡

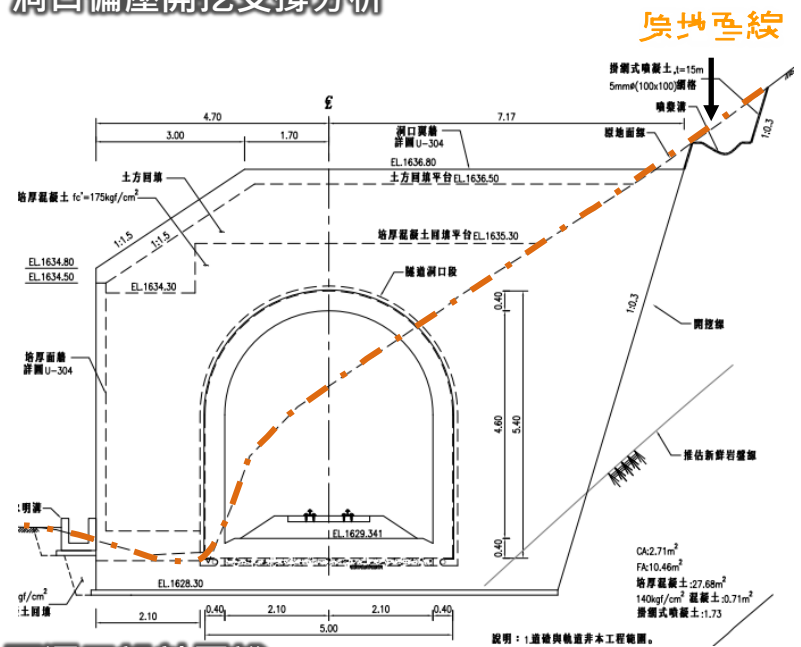
- 因應地形減少開挖
- 偏壓環境培厚處理
- 抵抗落石假洞保護



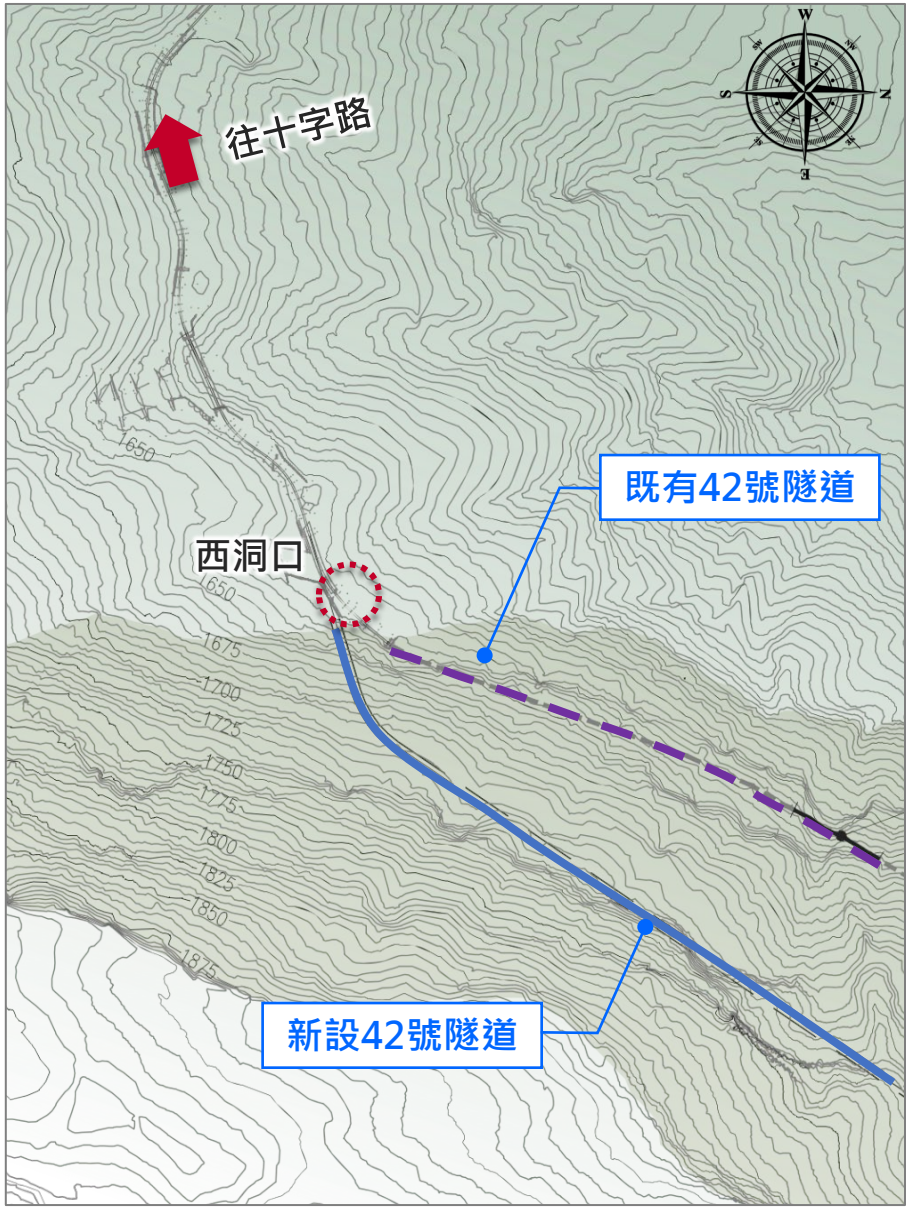




洞口偏壓開挖支撐分析

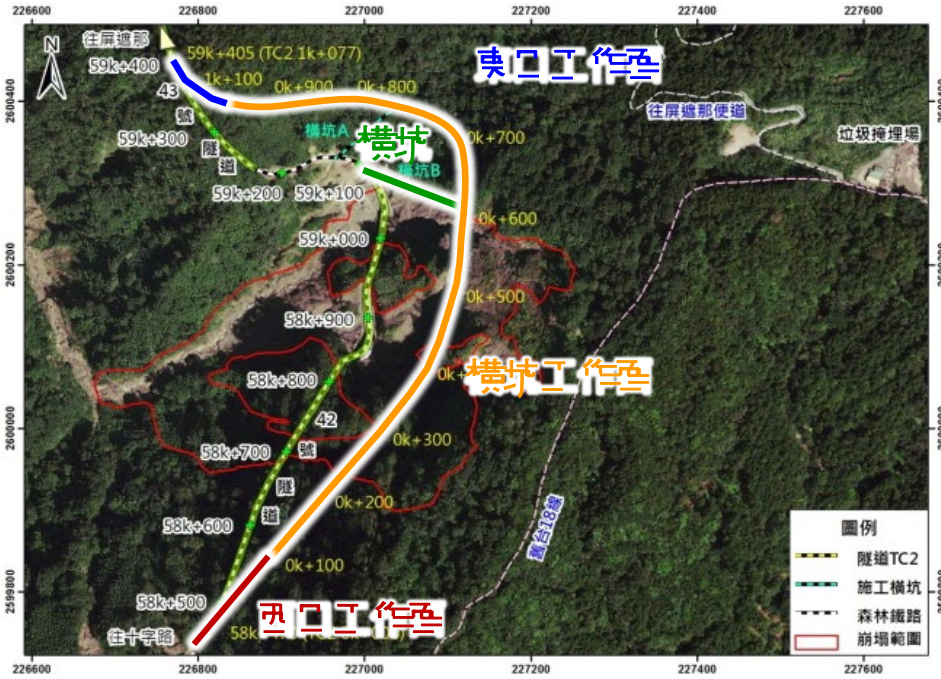


西洞口設計圖說

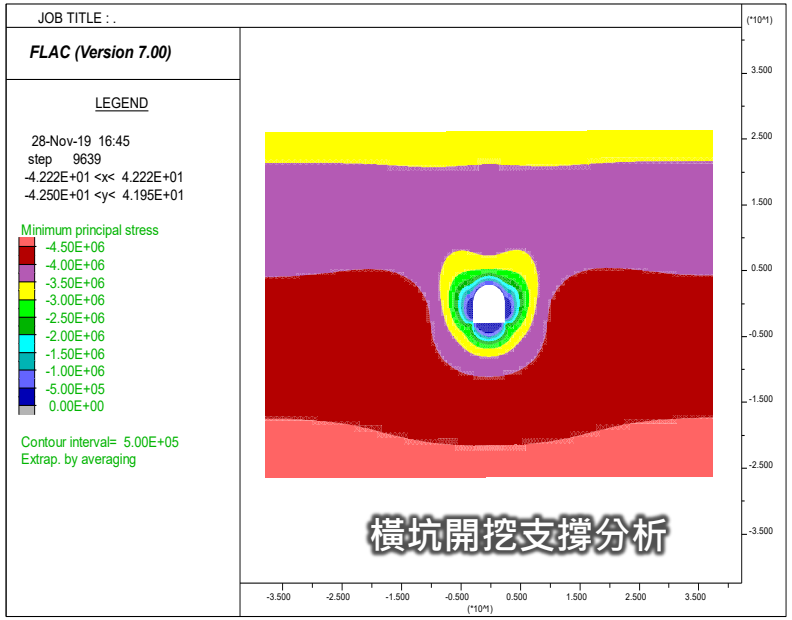


橫坑設計-改善通風與提升工率

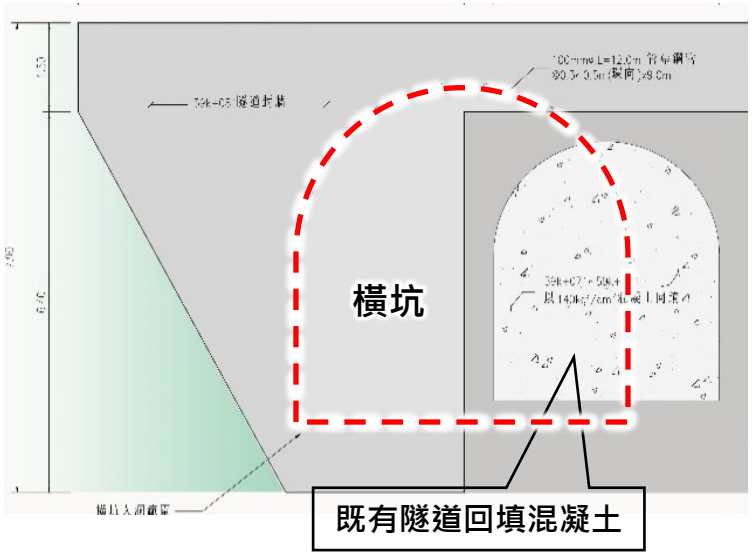
- 解決隧道開挖面送風
- 增加施工工作面
- 勞工疏散撤離通道
- 竣工後回填碴料及混凝土







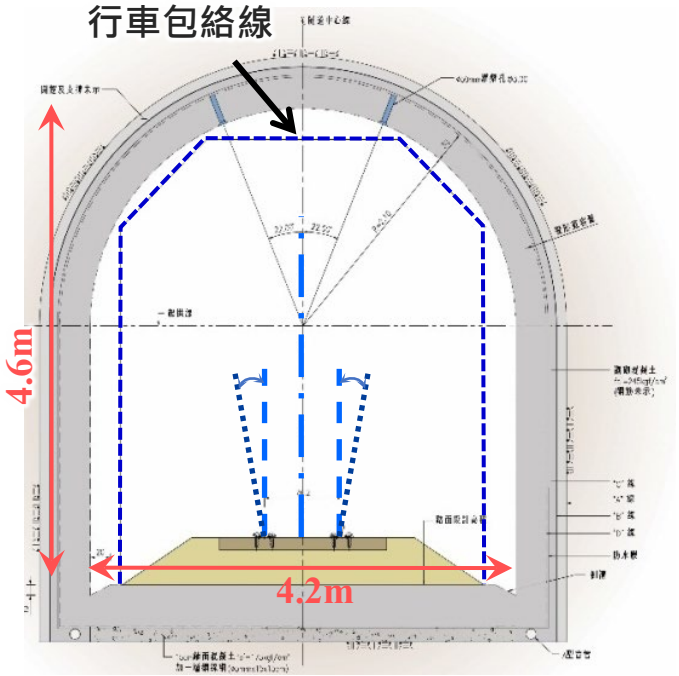




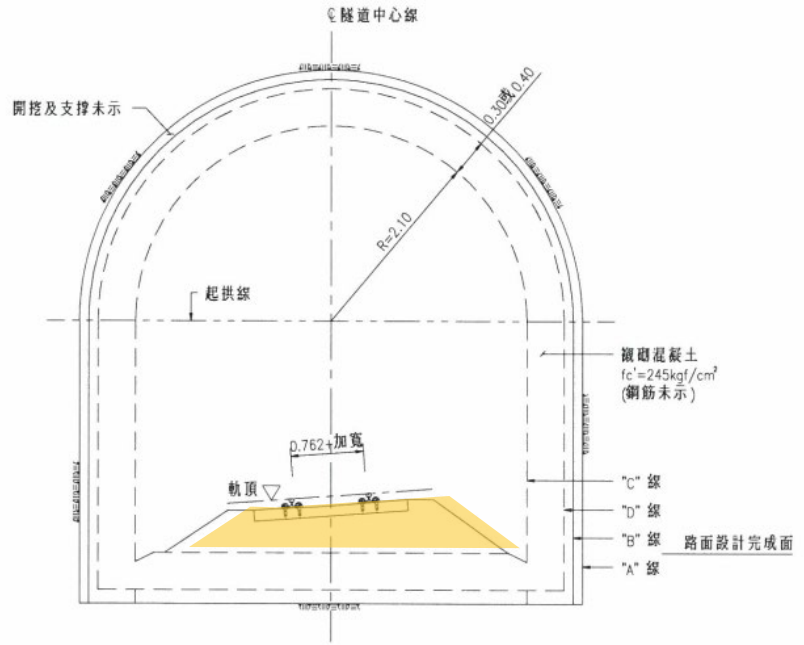
單孔窄軌隧道-便利營運維護設計

隧道斷面設計

- 襯砌底板阻絕道碴泥化
- PC軌枕延長維護週期
- 加大斷面尺寸便利維護
- 防水設計延緩軌道鏽蝕
- 緊急避難空間
- 管線擴充設施



轉彎處已先行考量





軌道道碴泥化案例


PC軌枕設置

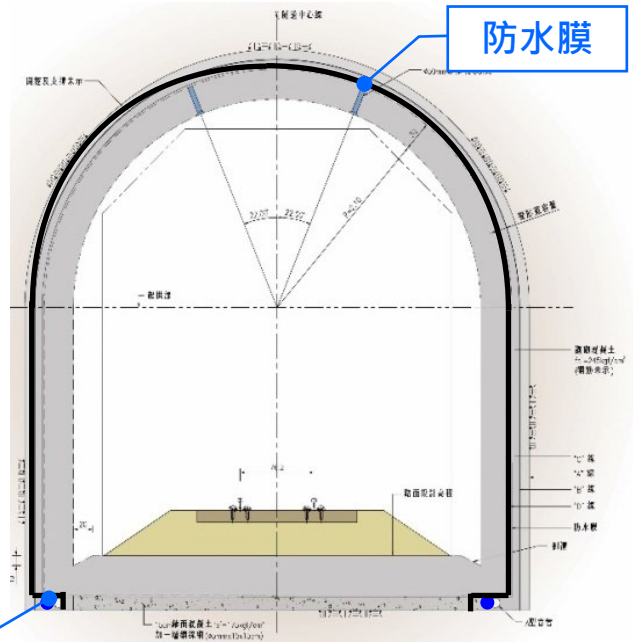

防水膜施作完成

防水止滲設計-避免湧水導致災變

岩層內節理開裂將造成隧道湧水

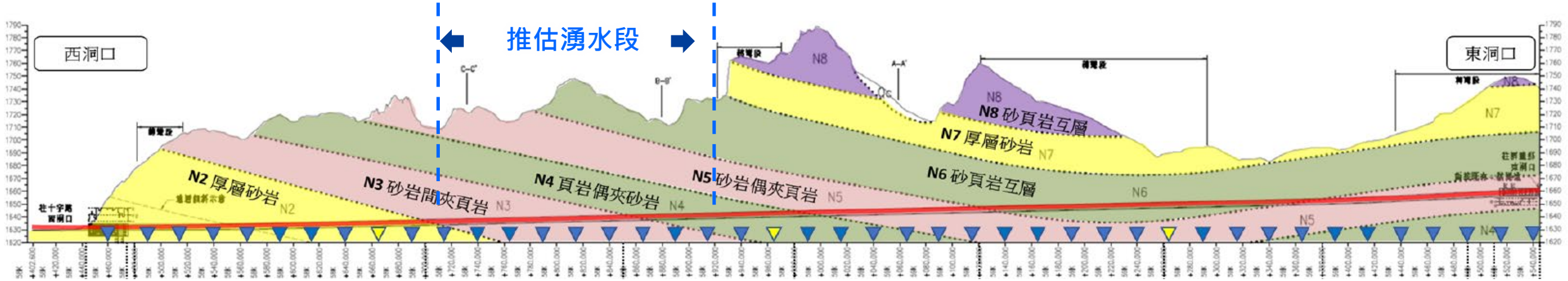
對策：

1. 前進探查孔排水孔
2. 化學藥液止水灌漿
3. 襯砌設置防水膜
4. 地下盲管解壓







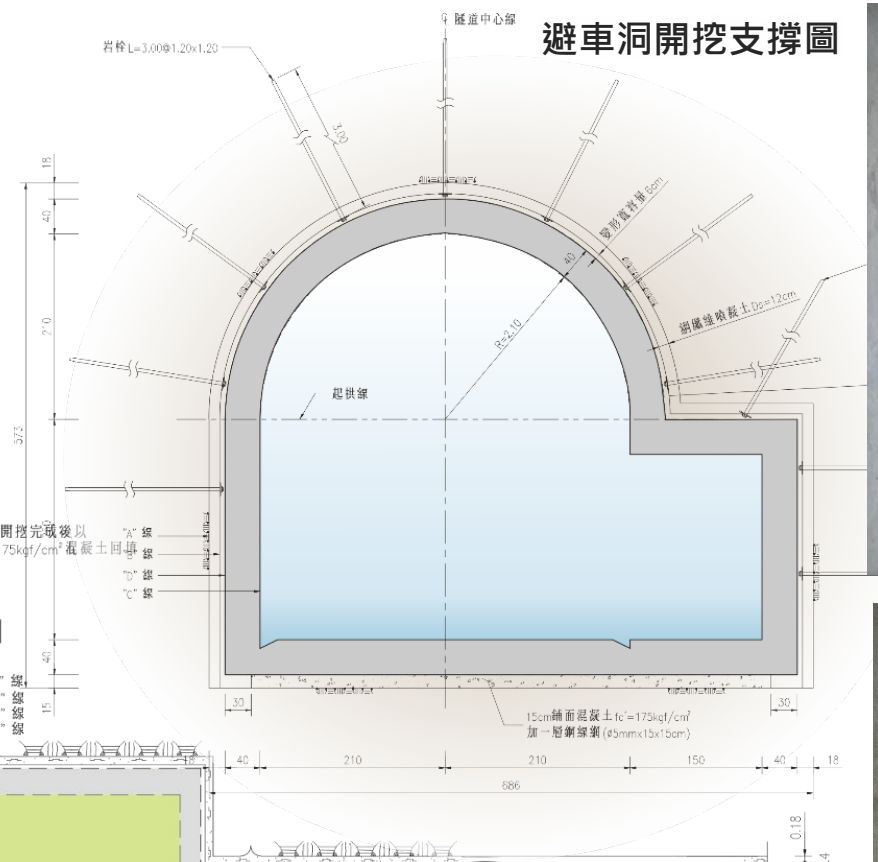


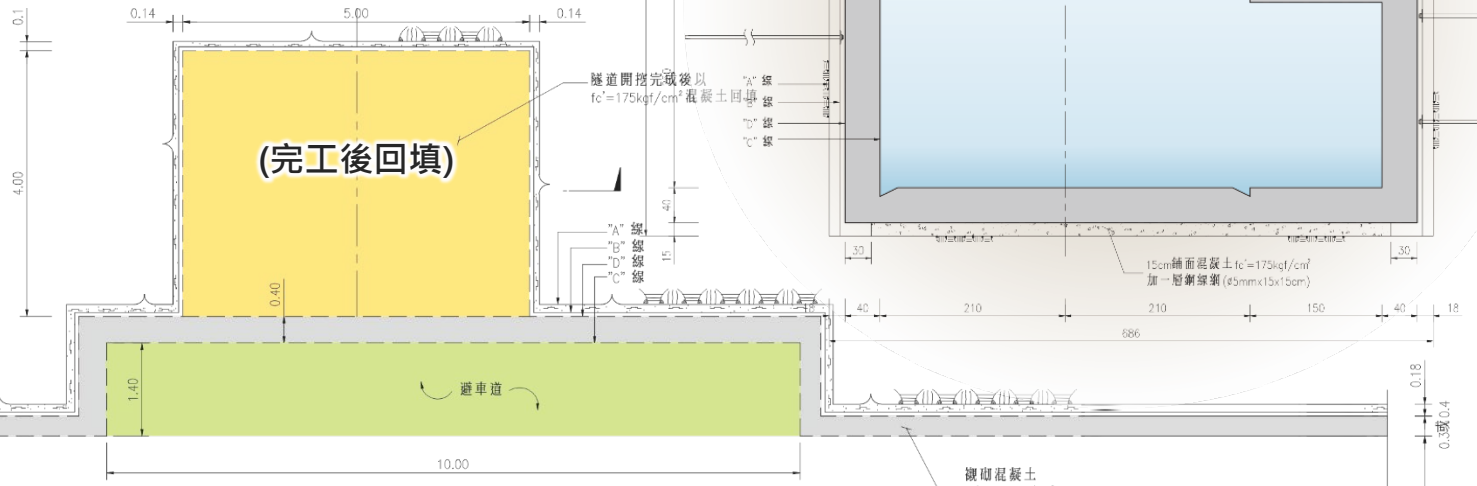
避車洞設計-提供緊急避難空間

避車洞設計

- 每40m設置
- 淨高充足人員可直接進入
- 保留避車道增加緊急空間
- 設置滅火器及時管控火勢

避車洞開挖支撐圖







迴車洞及避車道平面配置圖





管線布置設計-考量各方需求

管線架設計

- 確認權屬與使用需求(電纜、光纖、居民水管...等)
- 隧道側壁設置管架，美觀且提升維護效率
- 管線黏貼聯絡資訊，提升維管的效能





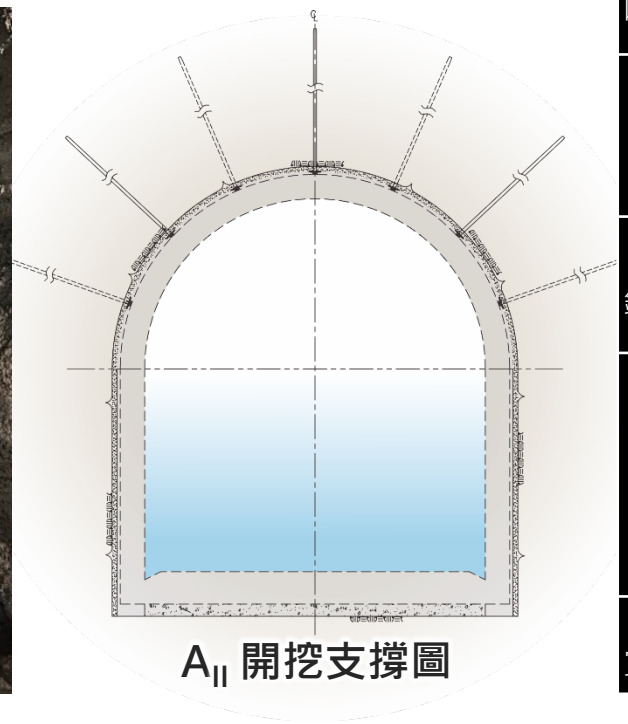


鑽炸工法設計-減輕環境擾動

最高強度1,400kgf/cm²厚層砂岩開挖

- 開挖斷面僅5m之狹小空間，施工機具動能不足，以鑽炸法開挖隧道之環境減輕對策：
  1. 洞口50m範圍禁炸，減輕地表擾動
  2. 鑽炸由傳統5段延時改為7段，減少炸藥量



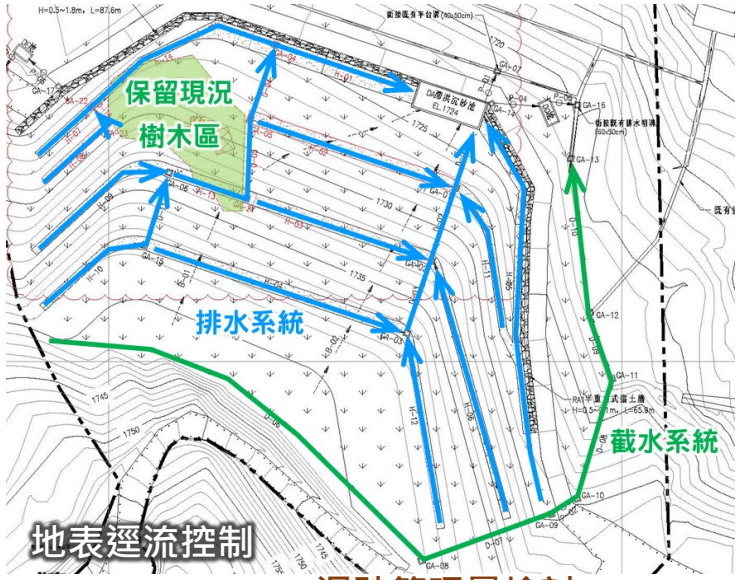


A_{II} 開挖支撐圖

支撐等級	A_I	A_{II}	A_{III-a}	A_{III-b}	A_{IV}	A_V
RMR值	≧80	80~61	60~41		40~21	20~11
輪進	2.0m	2.0m	1.5~2.0m		1.0~1.5m	1.0m
噴凝土	5cm (視需要)	5cm	-		-	-
鋼纖維噴凝土	-	-	12cm		12cm	15cm
岩栓	-	L=3.0m @2.0m(環向) x2.0m	L=3.0m @1.5m(環向) x1.5~2.0m	-	-	-
桁型鋼支保	-	--	-	G100@1.5~2.0m	G100@1.0~1.5m	G125@1.0m
先撐保護	-	-	-	先撐鋼棒 L=3m @0.2~0.4 (環向) x1.5~2.0m	先撐鋼棒 L=3m@0.2~0.4 (環向) x1.0~1.5m	100mmψ, L=12m 管冪鋼管 @0.3~0.5m (環向)x9.0m
變形寬容量	4cm	4cm	6cm		10cm	10cm

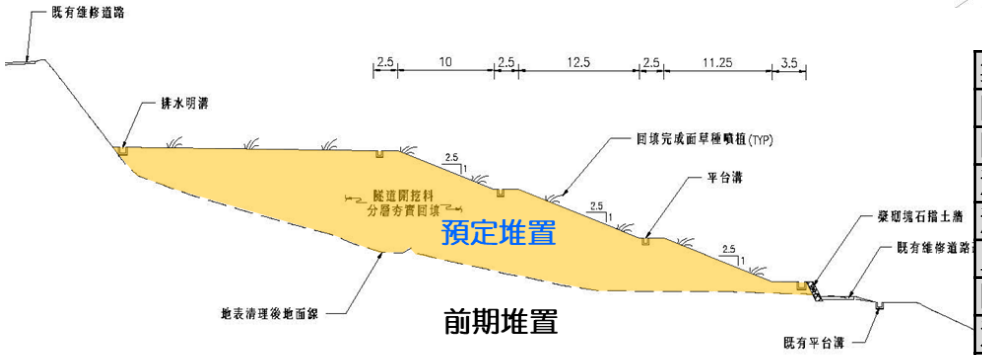
土方平衡設計-去化與管理

- 邊坡安全
- 逕流控制
- 泥砂管理
- 安全監測

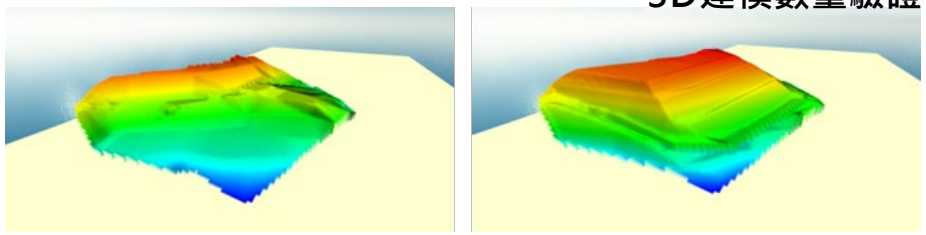


地表逕流控制


土石堆置場(施工後)



3D建模數量驗證



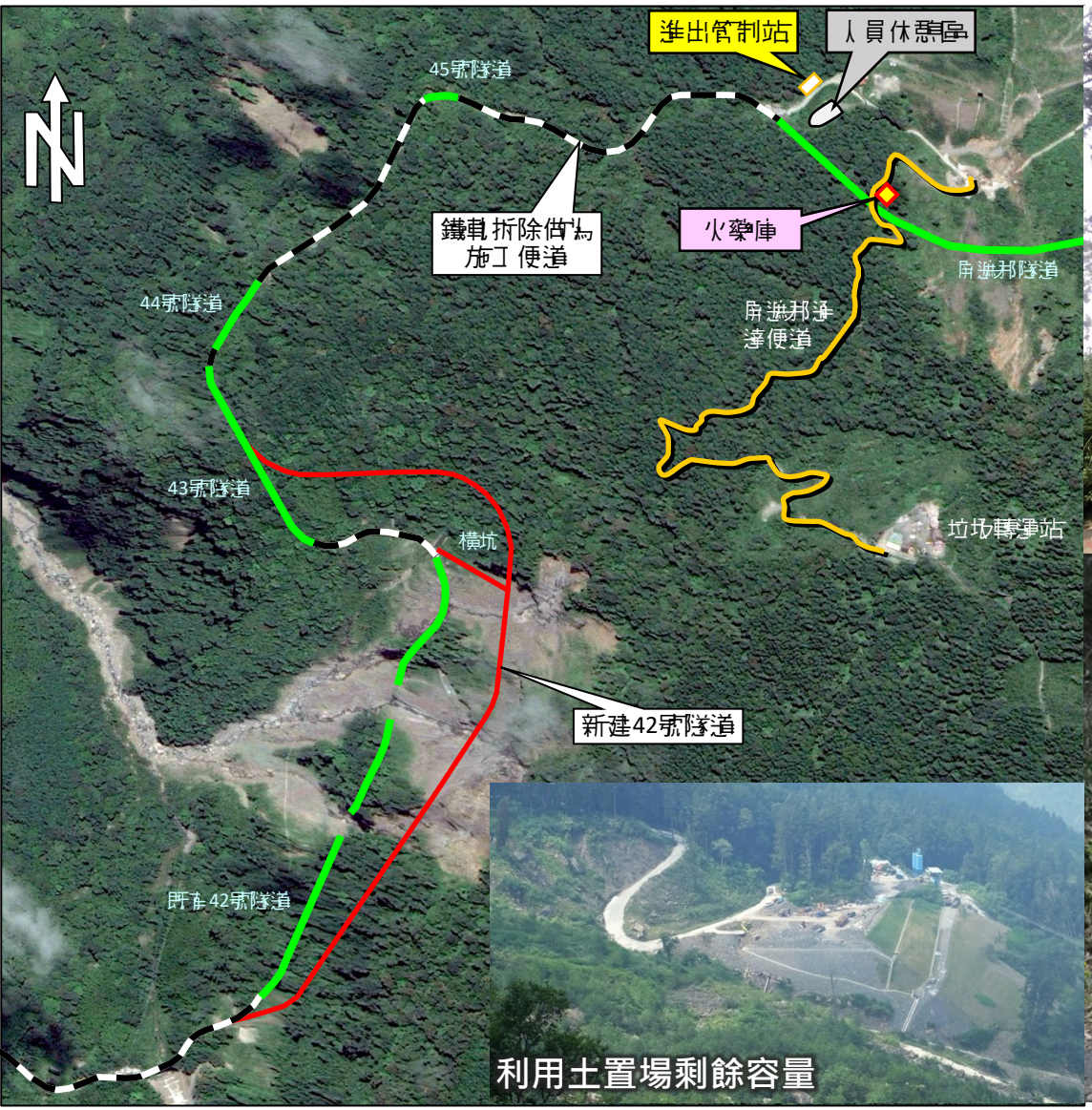
▼ 泥砂管理量檢討

集水區面積		ha	0.725
開發前Q_{25}		cms	0.254
開發後Q_{50}		cms	0.330
滯洪量V_s		m^3	136.8
滯洪需求量$V_{sd}(1.1V_s)$		m^3	150.5
土壤流失量		m3/ha/year	30
開發區泥砂生產量V_d		m^3	21.7
沉砂需求量$(1.5V_d)$		m^3	32.6
滯洪池設計	滯洪池頂面積(尺寸)	m^2	65.6
	滯洪池底面積(尺寸)	m^2	65.6
	設計滯洪深度(h_d)	m	2.5
	設計滯洪體積	m^3	164.0>150.5
沉砂池設計	沉砂池頂面積(尺寸)	m^2	65.6
	沉砂池底面積(尺寸)	m^2	65.6
	設計沉砂深度(h_d)	m	0.6
	設計沉砂體積	m^3	39.4>32.6

▼ 土置場監測系統設置表

監測項目	編號	數量	深度(m)	量測儀器	監測頻率
傾斜管、水位觀測井	BR-01	4孔	50	傾斜儀及水位計	1. 堆置中每月1次。 2. 堆置完成後前3個月，每月1次，之後每季1次。
	BR-02		50		
	BR-03		40		
	BR-04		40		
位移觀測點	U-01	2處	–	經緯儀	
	U-02				

最大化利用既有設施



利用土置場剩餘容量


沿用前工程火藥庫用地


拆除鐵軌做施工便道


利用既有構造物供人員休憩

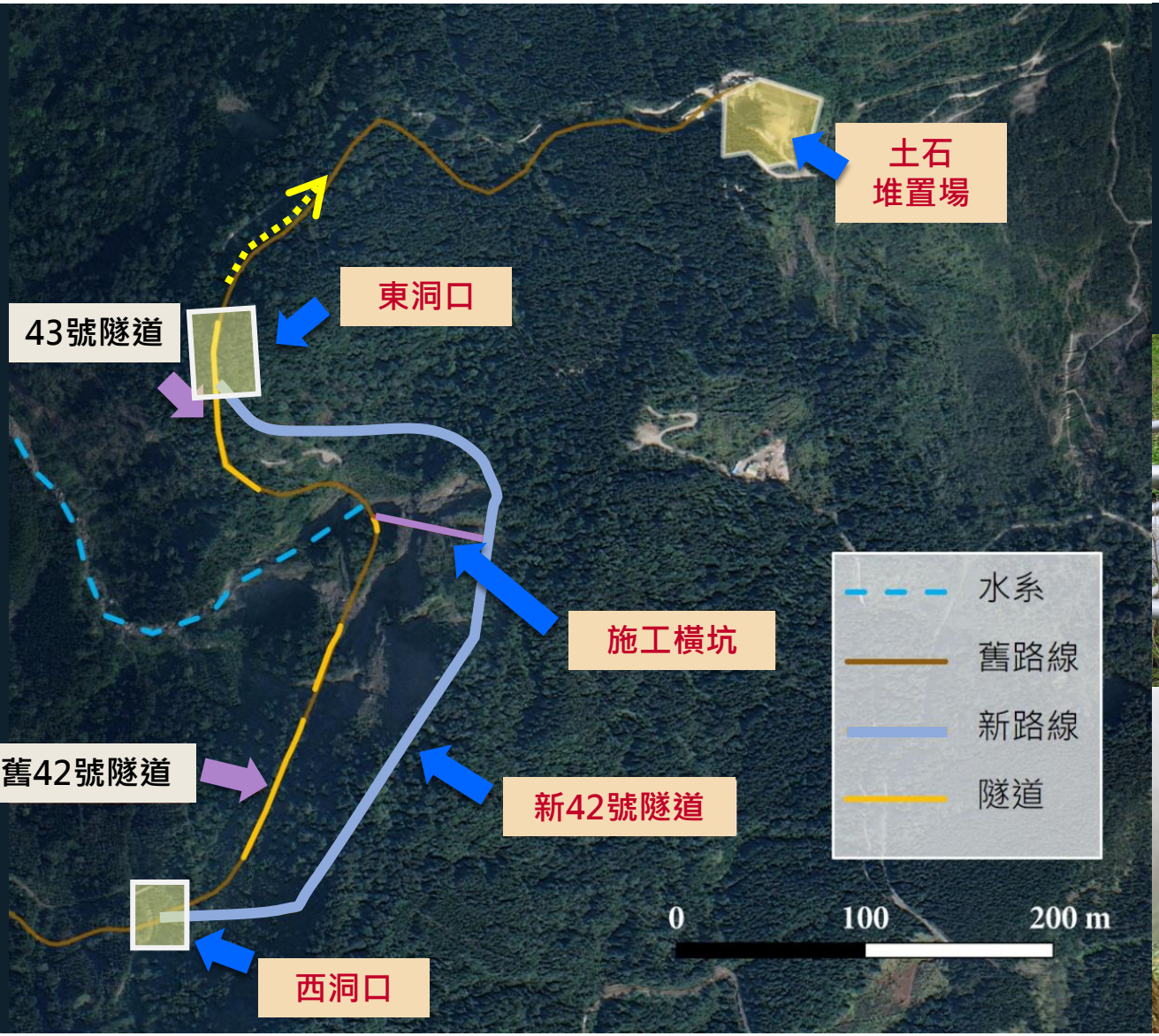

利用屏遮那站房做為管制站

生態友善措施

土石堆置場工區
- 水質控制
- 既有喬木移植
- 植生復育
- 設置動物逃生通道

東洞口、橫坑工區
- 利用既有鐵道拆除後運送材料及土碴
- 保護5種稀有植物

西洞口工區
- 舊42隧道西口禁止人員進入影響蝙蝠作息
- 以培厚取代邊坡大規模開挖
- 完工後維持舊隧道供蝙蝠棲息



全工區
- 低噪音機具
- 減震措施
- 夜間光源友善
- 逕流廢水管控





環境美化與特色營造





■ 導入在地文化創生

- 原住民藝術創作取代傳統圖騰
- 認識自我與重生的精神刻劃
- 融合鄒族與紐西蘭象徵-國際級景點
- 永恆情誼，譜寫未來的歷史

職業安全衛生-執行風險評估及風險傳遞

環境危害辨識

缺氧	隧道內施工送氣不足 (缺氧、中毒)
爆炸	採鑽炸法施工 (爆炸、燙傷)
交通事故	施工動線狹小 (交通事故、被撞)
物體飛落	邊坡懸石掉落、滾落 (物理飛落、滾落)
墜落	邊坡及系統模板施工 (高空失足、墜落)

危害對策



- 個人防護具
- 隧道加強通風
- 氣體偵測器



- 合格爆炸物管理員
- 臨時火藥庫設置
- 火藥、雷管分車運送



- 設計避車、迴車空間
- 施工進出號誌管制
- 安全防護避免翻車

風險傳遞



風險有效傳遞
避免施工災害

Chapter

肆

三級品管

計畫書核定

檔　號：
保存年限：

行政院農業委員會林務局阿里山林業鐵路及文化資產管理處　函

地址：60081嘉義市文化路308號
聯絡方式：連祥益 05-2779843#166

受文者：黎明工程顧問股份有限公司

發文日期：中華民國 109 年 03 月 26 日
發文字號：林鐵維字第1090001416號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：監造計畫書，紙本，1，本。

主旨：所報「阿里山森林鐵路42號隧道」委託技術服務案監造計畫(第一版)一式三份，同意備查，請　查照。

說明：復貴公司109年3月20日黎水字第1092701054號函。

正本：黎明工程顧問股份有限公司
副本：本處鐵路維護科(含附件，請存查)

處長黃妙修

本案依分層負責規定授權業務主管決行

決標前核定

監造計畫
林鐵處109.03.26核定
林鐵維字第1090001416號

整體品質計畫送審核章表

工程名稱：阿里山森林鐵路 42 號隧道計畫
契約編號：

承提造報單位	提報版次：第一版	提報日期：109 年 6 月 12 日
	蓋施工所章	簽章欄
	阿里山施工所	專任工程人員：[illegible] 工地負責人：[illegible] 品管人員：[illegible]
監審造單位	審查結果	
	□依審查表所提修正意見重新提報 （限期提報日期：　年　月　日） □建議可部分核定：審查合格部分建議主辦單位先行核定，由主辦機關同意辦理開工程序，不合格部分依審查表所提修正意見重新提報，俟提報之修訂版本審查合格及核定後，方可進行施工作業 （限期提報日期：　年　月　日） ☑審查合格，請准予核定	
	簽章欄	
	監造單位(審查)	監造單位主管
	張明智	[illegible]
主辦機關單位	※核定日期：　年　月　日	
	簽章欄	
	承辦人員	單位主管 / 秘書
	技正連祥益	科長沈宜慶
	副處長	處長
		代爲決行

動工前核定

整體品質計畫
林鐵處109.06.29核定
林鐵維字第1090003029號

整體施工計畫送審核章表

工程名稱：阿里山森林鐵路 42 號隧道計畫
契約編號：

承提造報單位	提報版次：第一版	提報日期：109 年 6 月 22 日
	蓋施工所章	簽章欄
	阿里山施工所	專任工程人員：[illegible] 工地負責人：[illegible] 品管人員：[illegible]
監審造單位	審查結果	
	□依審查表所提修正意見重新提報 （限期提報日期：　年　月　日） □建議可部分核定：審查合格部分建議主辦單位先行核定，由主辦機關同意辦理開工程序，不合格部分依審查表所提修正意見重新提報，俟提報之修訂版本審查合格及核定後，方可進行施工作業 （限期提報日期：　年　月　日） ☑審查合格，請准予核定	
	簽章欄	
	監造單位(審查)	監造單位主管
	[illegible]	[illegible]
主辦機關單位	※核定日期：　年　月　日	
	簽章欄	
	承辦人員	單位主管 / 秘書
	技正連祥益	科長沈宜慶
	副處長	處長
		代爲決行

整體施工計畫
林鐵處109.07.01核定
林鐵維字第1090003096號

品質督導

品管制度與執行

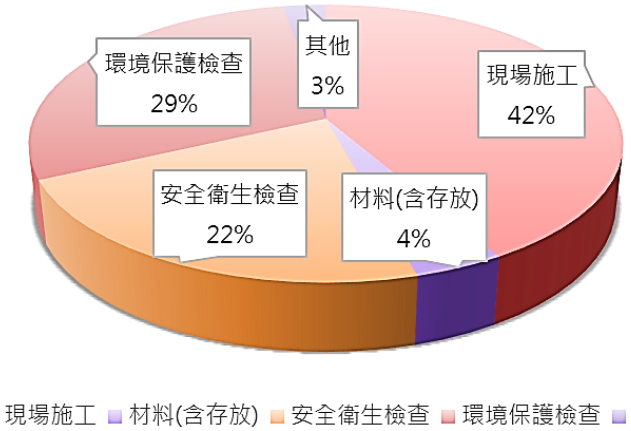
施工查核

主管機關	工程會 農業部	工程會查核1次：110年12月10日 — 80分 農業部查核3次：110年09月14日 — 85.6分 111年05月24日 — 85分 112年11月23日 — 87分

品質保證

上級機關	林業及自然保育署 鐵道局	署工程督導4次 — 皆為甲等 鐵道局工程督導3次 — 正面肯定，無評分
主辦機關	林鐵及文資處	走動式督導75次 (每二週至少一次)
監造單位	阿里山42號隧道工務所	施工檢討會議28次

查核督導缺失統計



監造計畫審查

審查情形	日 期
第一次提送	109.02.19
依審查意見修正	109.03.04
第二次提送	109.03.10
依審查意見修正	109.03.17
第三次提送	109.03.20
同意核定	109.03.26

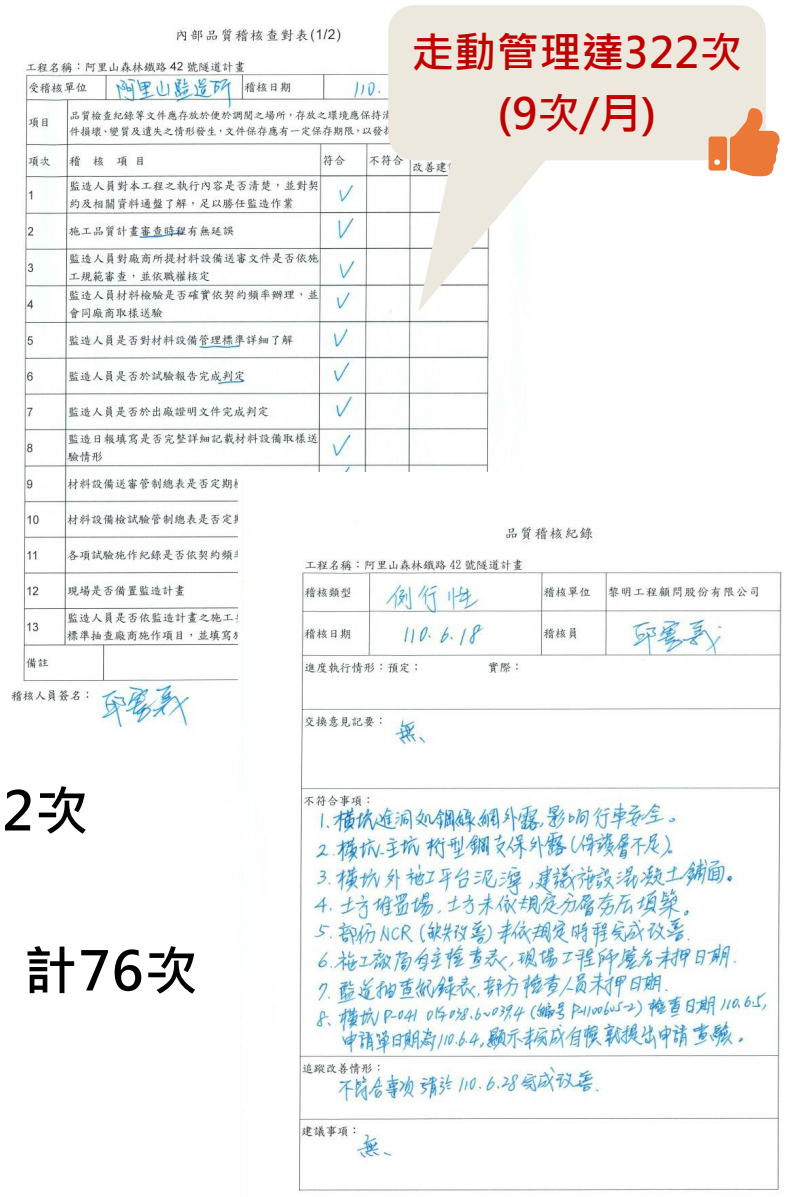
品質稽核

走動管理要點

- 施工品質督導，提升品質
- 不定期巡查，宣導宣導職安衛規定
- 現場指導監造人員檢查重點
- 經驗傳承

走動管理頻率

- 土木技師:每月定期一次督導，計42次
- 水保技師:每周一次，計204次
- 監造主管走督:定期及不定期走督，計76次



內部品質稽核查對表(1/2)

工程名稱：阿里山森林鐵路42號隧道計畫

受稽核單位	阿里山監造所	稽核日期	110.

項次	稽核項目	符合	不符合	改善建
1	監造人員對本工程之執行內容是否清楚，並對契約及相關資料通盤了解，足以勝任監造作業	✓		
2	施工品質計畫審查時程有無延誤	✓		
3	監造人員對廠商所提材料設備送審文件是否依施工規範審查，並依職權核定	✓		
4	監造人員材料檢驗是否確實依契約頻率辦理，並會同廠商取樣送驗	✓		
5	監造人員是否對材料設備管理標準詳細了解	✓		
6	監造人員是否於試驗報告完成判定	✓		
7	監造人員是否於出廠證明文件完成判定	✓		
8	監造日報填寫是否完整詳細記載材料設備取樣送驗情形	✓		
9	材料設備送審管制總表是否定期			
10	材料設備檢試驗管制總表是否定			
11	各項試驗施作紀錄是否依契約頻			
12	現場是否備置監造計畫			
13	監造人員是否依監造計畫之施工標準抽查廠商施作項目，並填寫			
備註				

稽核人員簽名：

走動管理達322次
(9次/月)

品質稽核紀錄

工程名稱：阿里山森林鐵路42號隧道計畫

稽核類型	例行性	稽核單位	黎明工程顧問股份有限公司
稽核日期	110.6.18	稽核員	

進度執行情形：預定：　　實際：

交換意見記要：無。

不符合事項：
1.橫坑近洞口鋼線網外露，影響行車安全。
2.橫坑.主坑 拱型鋼支保外露(保護層不足)
3.橫坑 外施工平台泥濘，建議施設混凝土鋪面。
4.土方堆置場，土方未依規定分層夯壓填築。
5.部份NCR(缺失改善)未依規定時程完成改善.
6.施工廠商自主檢查表，現場工程師屬名未押日期.
7.監造抽查紀錄表，對方檢查人員未押日期.
8.橫坑P-041 0K+038.6~039.4(編号P41006S-2)檢查日期110.6.5，申請單日期為110.6.4，顯示未依成自報就提出申請查驗。

追蹤改善情形：
不符合事項請於110.6.28完成改善.

建議事項：無。



第一次施工品質指導(隧道襯砌)



指導監造人員檢查重點

材料廠商送審管制

項次	契約詳細表項次 材料/設備名稱	契約數量	是否取樣試驗	預定送審日期 實際送審日期	是否驗廠 驗廠日期	送審資料 協力廠商資料	型錄	相關試驗報告	樣品	其他	審查日期 審查結果	備註(核定文號)
1	壹.一.10 先進支撐，支撐鋼棒，D=36mm(弘浚)	22,838M	是	109.08.30 109.08.19	否	V	V	V	V		109.09.02 合格	林鐵維字第1090004208號(109.09.02)
2	壹.一.11 先進支撐，管幕鋼管，D=100mm(弘浚)	1,854M	是	109.08.30 109.08.19	否	V	V	V	V		109.09.02 合格	林鐵維字第1090004208號(109.09.02)
3	壹.一.12 [illegible]	4,866M	是	109.08.30	否	V	V	V	V		109.09.02	林鐵維字第1090004208號
	....略....											
34	壹.一.21，壹.三.27 級配粒料，碎石級配	195M³	是	111.11.30 111.11.25	否	V	-	-	-			

監造單位
確認材料符合契約圖說規定並公文函復機關核定

應送審項目	已送審項目
34	34

材料檢(試)驗管制

項次	契約詳細表項次 材料/設備名稱	預定進場日期 實際進場日期	進場數量	抽樣日期 抽樣數量	規定抽（取）樣頻率	累積進場數量 累積抽樣數量	檢(試)驗結果	檢(試)驗及會同人員	備註 (歸檔編號)
1	壹.一.10	110.01.20		111.06.10	每500支檢驗1支	6000支	合格	張明智	T-01-01-01
	先進支撐，支撐鋼棒，D=36mm	110.01.07		3支		12支		湯建昌	
2	壹.一.10	110.03.28	1000支	110.03.17	每500支檢驗1支	1000支	合格	林世芳	T-01-01-01
	先進支撐，支撐鋼管，D=40mm	110.03.17		2支		2 支		湯建昌	
3	壹.一.11	110.04.30	174組	110.04.07	每500支(組)檢驗1支	174組	合格	張明智	T-01-01-01
	先進支撐，管幕鋼管，D=100mm	110.04.06		1支		1組		湯建昌	
4	壹.一.12	110.01.20	1700組	111.06.10	錨桿：同爐號每批取1支；承板：未超過50T取1片，超過50T取2片	2000		張明智	T-02-01-01
	隧道用岩栓，SN岩栓(非預力)	110.01.07		2組				湯建昌	

確認取樣頻率符合契約規定

監造人員會同查驗

總項次為34項，
材料檢/試驗共計344次，
檢(試)驗皆合格

材料設備源頭檢試驗

材料設備源頭管理

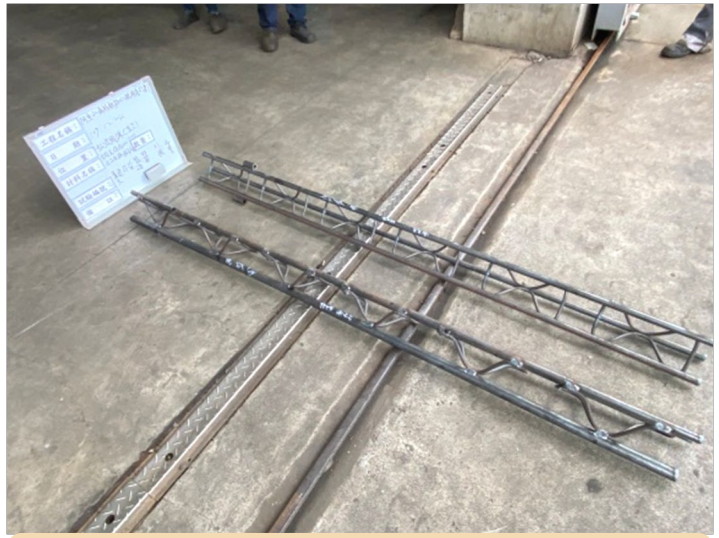
- **避免發生現場退件**：運輸不易，廠驗合格才可上山
- **材料與設備廠驗**：依規範進行廠驗，驗證材料與設備符合設計與工地需求



桁型鋼支保驗廠母材取樣



鋼支保廠驗假組立尺寸檢驗



桁型鋼支保廠驗成品取樣



襯砌鋼模廠驗假組立尺寸查驗



隧道防水層材料製程查證

材料設備工區檢試驗

自設拌和廠克服運距問題

- **因應對策**：具時效性材料(混凝土/鋼纖噴凝土)自行生產。
- **品質管控**：定期針對設備及原料查證檢驗，確保品質無虞。



拌和廠全景



拌和廠設備查證



混凝土配比資料核對



拌和廠磅秤校驗查證



鋼纖噴凝土粒料取樣送驗

施工品質抽查統計

項次	抽 查 項 目	累計抽查次數	合格次數	不合格次數	合格率	備註
Q01	施工測量抽查	16	16	0	0%	-
Q02	一般工程施工抽查	42	42	0	0%	-
Q04	回填土方施工抽查	34	33	1	97.06%	NCR-15已改善
Q05	鋼筋施工抽查	120	118	2	98.33%	NCR-23已改善
Q09	鋼支保施工抽查	763	759	4	99.47%	NCR-12已改善
Q10	鋼纖噴凝土施工抽查	763	760	3	99.61%	NCR-4.11已改善
....略....						
Q18	固結灌漿施工抽查	15	15	0	100%	-
合計		3744	3714	30	99.2%	

嚴謹尺寸控管，密集施工品質抽查驗

施工自主檢查統計

現場實測 ➡ 圖說比對 ➡ 數據量化 ➡ 詳實記載

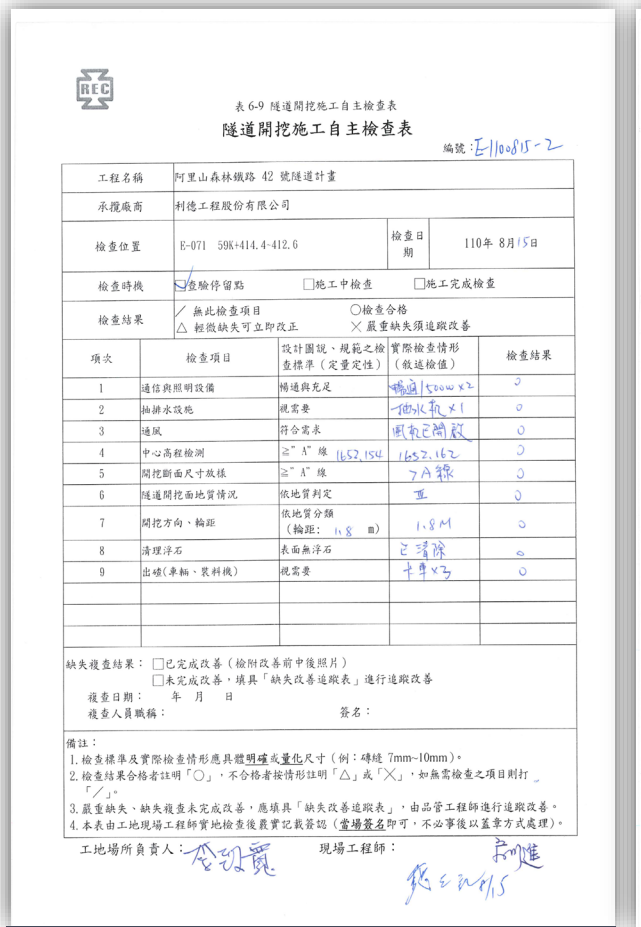


表 6-9 隧道開挖施工自主檢查表

隧道開挖施工自主檢查表

編號：E-1100815-2

工程名稱	阿里山森林鐵路 42 號隧道計畫		
承攬廠商	利德工程股份有限公司		
檢查位置	E-071 59K+414.4~412.6	檢查日期	110年 8月15日
檢查時機	☑爆驗停留點	□施工中檢查	□施工完成檢查
檢查結果	／無此檢查項目 △輕微缺失可立即改正	○檢查合格 ×嚴重缺失須追蹤改善	

項次	檢查項目	設計圖說、規範之檢查標準（定量定性）	實際檢查情形（做送檢值）	檢查結果
1	通信與照明設備	暢通與充足	照明 1500w x2	○
2	抽排水設施	視需要	抽水机 x1	○
3	通風	符合需求	風机已開啟	○
4	中心高程檢測	≧"A"線 1652.154	1652.162	○
5	開挖斷面尺寸放樣	≧"A"線	7A線	○
6	隧道開挖面地質情況	依地質判定	正	○
7	開挖方向、輪距	依地質分類（輪距：1.8 m）	1.8M	○
8	清理浮石	表面無浮石	已清除	○
9	出碴(車輛、裝料機)	視需要	十車x3	○

缺失複查結果：□已完成改善（檢附改善前中後照片）
□未完成改善，填具「缺失改善追蹤表」進行追蹤改善
複查日期：　年　月　日
複查人員職稱：　簽名：

備註：
1. 檢查標準及實際檢查情形應具體明確或量化尺寸（例：磚縫 7mm~10mm）。
2. 檢查結果合格者註明「○」，不合格者按情形註明「△」或「×」，如無需檢查之項目則打「／」。
3. 嚴重缺失、缺失複查未完成改善，應填具「缺失改善追蹤表」，由品管工程師進行追蹤改善。
4. 本表由工地現場工程師實地檢查後農實記載簽認（當場簽名即可，不必事後以蓋章方式處理）。

工地場所負責人：　現場工程師：

隧道開挖自主檢查

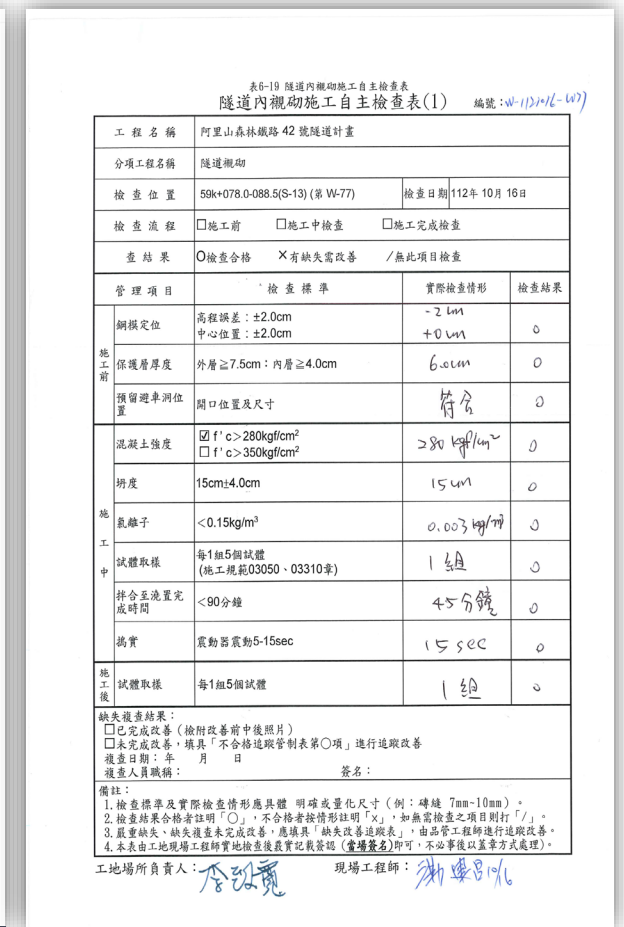


表6-19 隧道內襯砌施工自主檢查表

隧道內襯砌施工自主檢查表(1)　編號：W-1120816-W77

工程名稱	阿里山森林鐵路 42 號隧道計畫		
分項工程名稱	隧道襯砌		
檢查位置	59k+078.0-088.5(S-13) (第 W-77)	檢查日期	112年 10月 16日
檢查流程	□施工前	□施工中檢查	□施工完成檢查
查結果	○檢查合格	×有缺失需改善	／無此項目檢查

管理項目		檢查標準	實際檢查情形	檢查結果
施工前	鋼模定位	高程誤差：±2.0cm 中心位置：±2.0cm	-2cm +0cm	○
	保護層厚度	外層≧7.5cm；內層≧4.0cm	6.0cm	○
	預留避車洞位置	開口位置及尺寸	符合	○
施工中	混凝土強度	☑f'c>280kgf/cm² □f'c>350kgf/cm²	280 kgf/cm²	○
	坍度	15cm±4.0cm	15cm	○
	氯離子	<0.15kg/m³	0.003 kg/m³	○
	試體取樣	每1組5個試體（施工規範03050、03310章）	1組	○
	拌合至澆置完成時間	<90分鐘	45分鐘	○
	搗實	震動器震動5-15sec	15sec	○
施工後	試體取樣	每1組5個試體	1組	○

缺失複查結果：
□已完成改善（檢附改善前中後照片）
□未完成改善，填具「不合格追蹤管制表第○項」進行追蹤改善
複查日期：年　月　日
複查人員職稱：　簽名：

備註：
1. 檢查標準及實際檢查情形應具體 明確或量化尺寸（例：磚縫 7mm~10mm）。
2. 檢查結果合格者註明「○」，不合格者按情形註明「X」，如無需檢查之項目則打「/」。
3. 嚴重缺失、缺失複查未完成改善，應填具「缺失改善追蹤表」，由品管工程師進行追蹤改善。
4. 本表由工地現場工程師實地檢查後農實記載簽認（當場簽名)即可，不必事後以蓋章方式處理)。

工地場所負責人：　現場工程師：

隧道襯砌自主檢查

施工自主檢查合格率99%

項次	施工作業檢查項目	檢查次數	符合次數	不符合次數	符合率(%)
QT-01	施工測量	18	18	0	100.0%
QT-02	一般工程施工	49	46	3	93.9%
QT-03	回填土方施工	35	34	1	97.1%
QT-04	鋼筋施工	125	119	6	95.2%
QT-05	模板施工	142	140	2	98.6%
QT-06	混凝土施工	148	144	4	97.3%
QT-07	隧道開挖施工	795	792	3	99.6 %
QT-08	鋼支保施工	795	790	5	99.4%
QT-09	鋼纖噴凝土施工	795	791	4	99.5 %
QT-10	岩栓施工	46	44	2	95.7 %
QT-11	管冪鋼管施工	5	5	0	100 %
QT-12	先撐鋼棒施工	730	722	8	98.9%
QT-13	隧道隧道計測	49	48	1	98.0%
QT-14	防水膜施作(含盲溝)	35	33	2	94.3%
QT-15	隧道襯砌	148	144	4	97.3 %
	(請詳現場陳列之各工區統計總表)				
	合計	3915	3870	45	99 %

落實職業安全作為



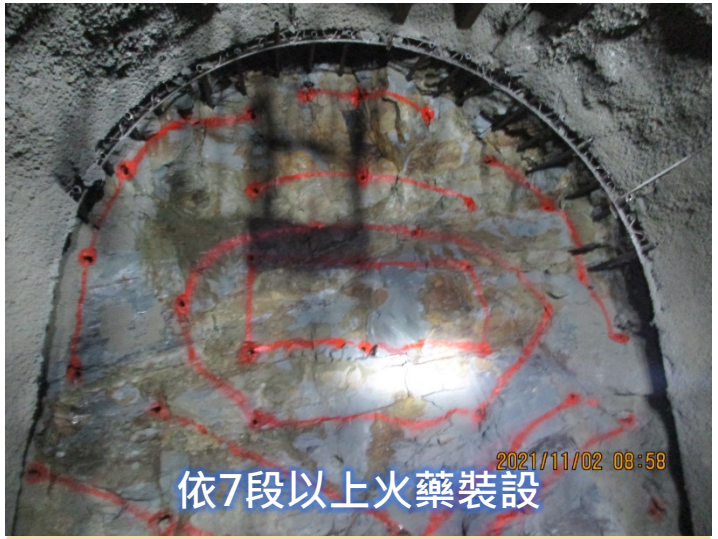
隧道鑽炸雷管監督清點



隧道通風流速抽查



隧道固定式氣體偵測設置抽查



鑽炸佈孔監督



隧道氣體偵測抽查



單孔隧道設置燈號管制

坡地水保防汛監督作為

■ 汛期防汛確實檢查





■ 定期及不定期巡檢





■ 農村水保署監督檢查





生態教育訓練

- **施工前:**針對生態保全對象召開生態教育會議，避免工程人員破壞毀損

- **施工中:**邀請 王豫煌 博士 為生態教育訓練講師，每年開課進行講解，加強工程人員生態保育觀念



施工前生態教育會議



偕同生態專業人員現地指導



與漢林公司進行施工階段生態檢核討論



定期派員參加生態教育會議



生態保育宣導說明

落實生態保護

生態保護作為

- **既有隧道管制:**禁止施工人員進入，以提供蝙蝠棲息及繁殖之環境
- **施工便道:**甲種圍籬方式同意改為紐澤西護欄+欄杆，以增加生物通行廊道
- **工區限制:**嚴格限制施工範圍，減少光害降低昆蟲環境影響





舊有42號隧道警示帶圍護



紐澤西護欄+欄杆增加生物廊道



完工後動物聚集於此



施工便道採流明度較小燈具

生態檢核作為

C01表準時交付生態團隊複核，並填報至國有林地治理工程資訊網(資訊公開)

限縮施工干擾

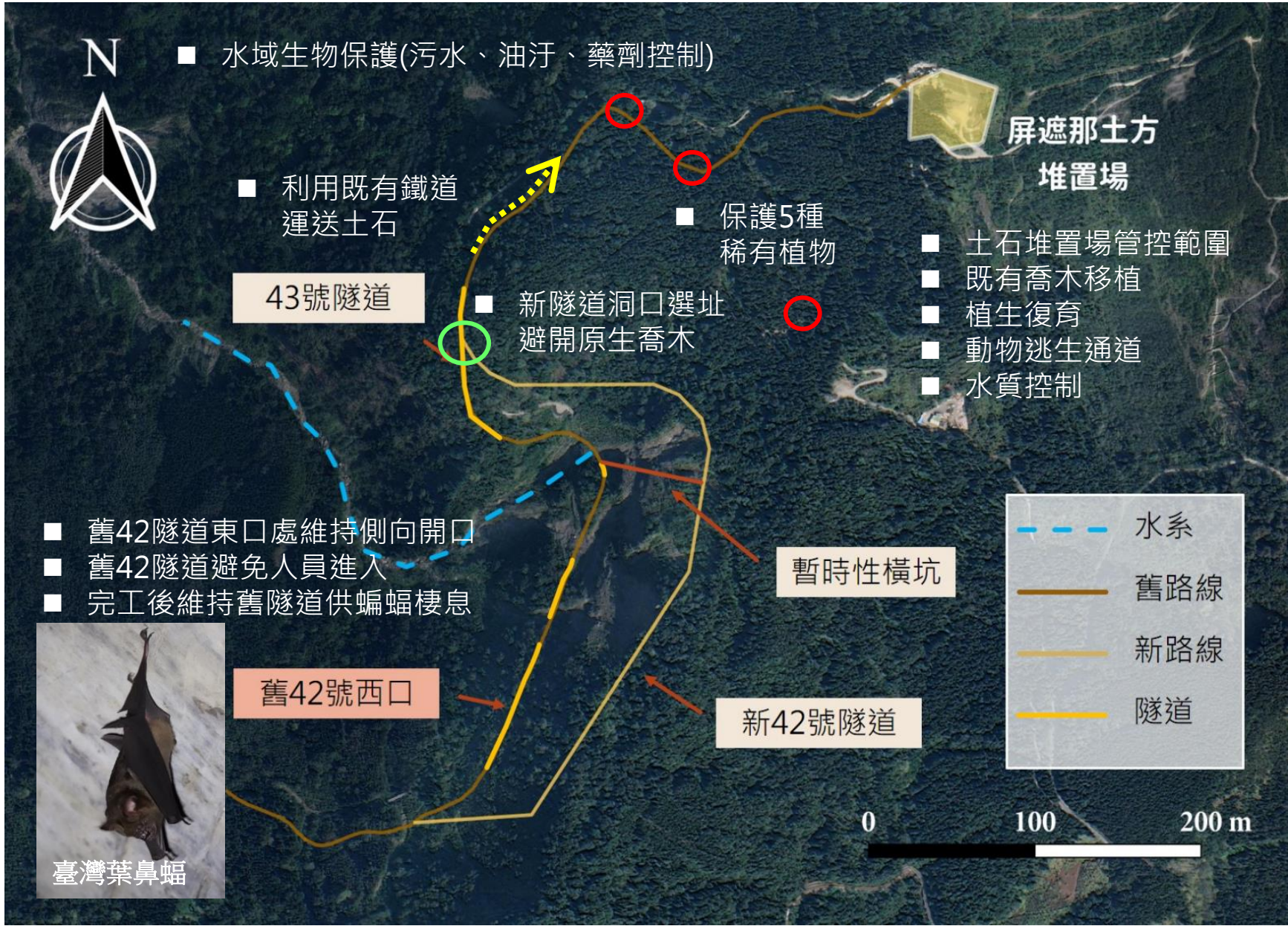
- 廚餘、垃圾集中並妥善處理
- 維持舊隧道既有結構及側向開口、避免人員進入
- 利用既有鐵道修築施工便道運送土石，並將圍籬修正為紐澤西護欄+欄杆，增加生物通行廊道

避免動物受困於結構物

- 滯洪沉砂池增設緩坡動物通道

植被保護及完工後植被回復

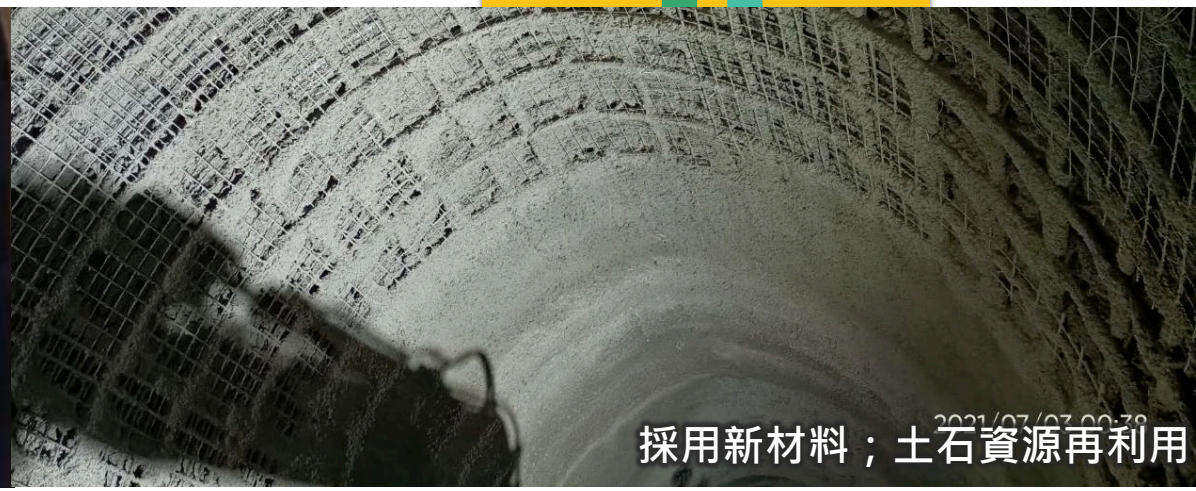
- 施工前於土方堆置區進行既有喬木清點，樹徑大於10 cm紀錄並移植
- 完工後植生覆蓋率約95%



節能減碳設計-落實永續環境

設計階段I減碳效益至少1, 366公噸C02e





完工後I可固碳至少1, 277公噸C02e

減碳效益至少1, 400公噸C02e





節能減碳作為



■ 電熱器使用定時開關



■ 利用既有房舍當管制站



■ 利用既有軌道當施工便道

省水

控制管理	■ 建立給水設備及管路檢測制度 ■ 監控、紀錄每月用水量
減少用水	■ 採用省水標章之設備

節電

控制管理	■ 建立施工用電管理檢測制度 ■ 監控、紀錄每月用電量
替代能源	■ 夜間部份以反光設施取代燈具 ■ 採用太陽能CCTV，警示燈
工務所節能	■ 採用節能電氣、照明設備 ■ 組合式工務所外殼隔熱 ■ 採用自然通風及採光設計 ■ 電氣設備採分時使用
工區節能	■ 避免夜間施工及照明 ■ 採用變頻動力機械設備

減廢

分類回收	■ 營建混合物妥適分類回收 ■ 生活廢棄物妥適分類回收
再利用	■ 重複使用或租賃假設工程設施 ■ 重複使用或租賃工務所設備 ■ 模板重複使用
管理計畫	■ 良好施工規劃，減少重作 ■ 建材適當保存，減少損耗 ■ 良好工料計畫，減少下腳料

運輸減碳

運輸距離	■ 優先採購鄰近材料
動線計畫	■ 妥善混凝土澆置計畫，減少車輛怠速 ■ 建立施工順序、動線計畫
運輸次數	■ 建立妥善進料計畫，控管廠商進料車次 ■ 減少餘土外運
人員移動	■ 人員上下班通勤採大眾交通或共乘方式 ■ 工區人員移動採用綠色交通



■ 工務所未裝冷氣自然通風



■ 隧道內採LED燈



■ 控管砂石進料車次

Chapter

伍

工程特色

1 全生命週期的維護管理考量



道路線型優化

降低軌道磨損

增進行車安全

提升旅程舒適度

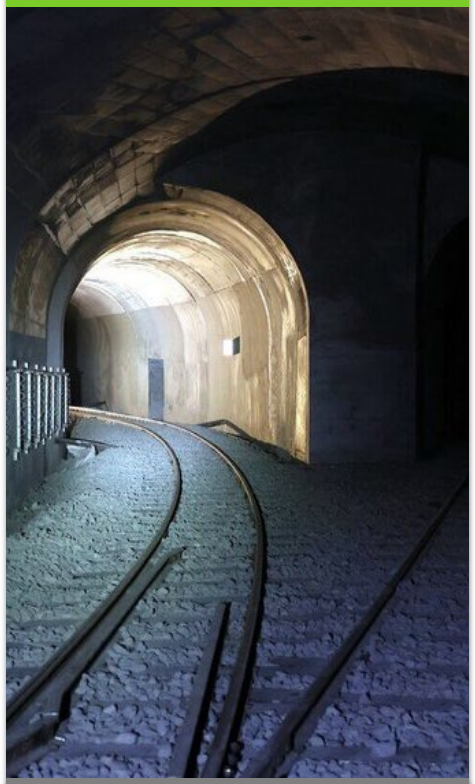


防水隧道斷面

延長軌道壽命

避免列車打滑

防止道碴泥化



逃生避難空間

確保人員安全

降低營運風險



持續環境監測

保護生態平衡

災害預警

營運維護管理

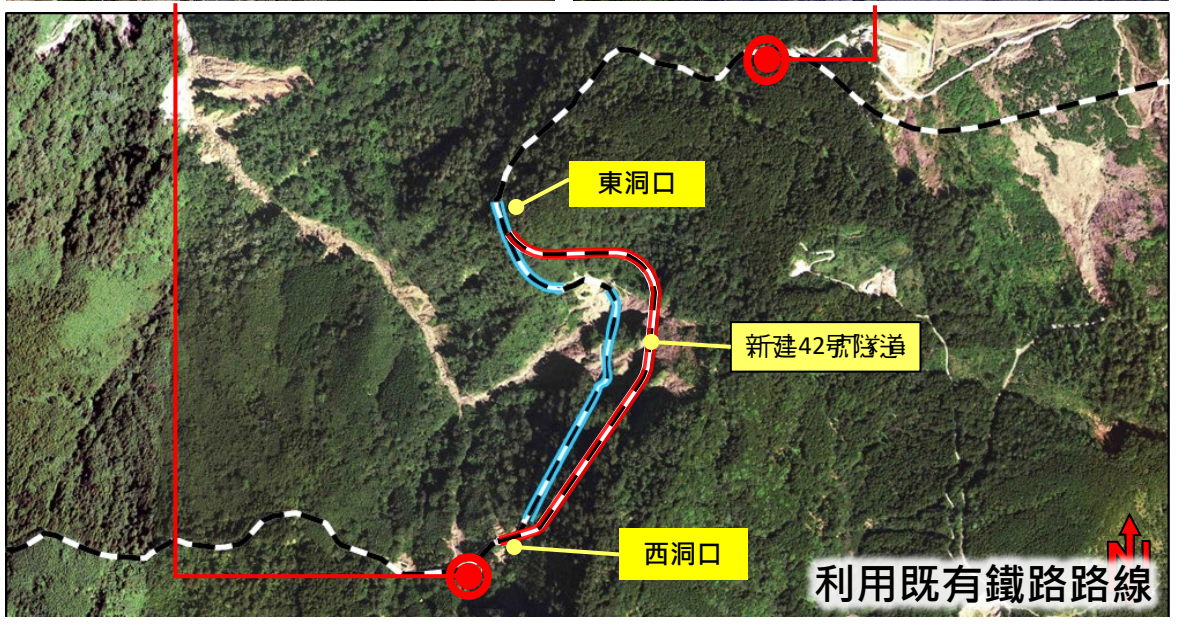
2 縮小工程量體 創造環境和諧

- 減少工程量體：由既有43號隧道內進行開挖(洞中入洞)，為臺灣山岳鐵路隧道之首例。
- 不另闢施工便道：利用既有鐵路路線，東口拆除鐵軌做為便道；西口採用火車協助運輸。



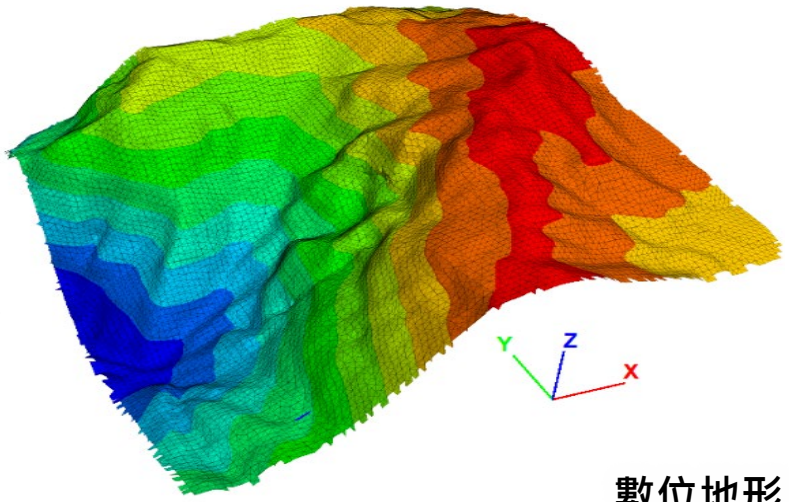




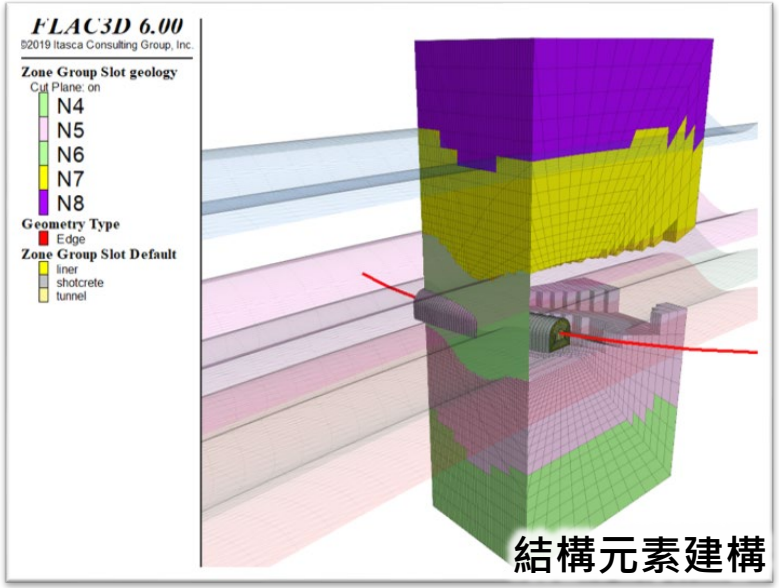


3 創新科技引用 防範未來災變

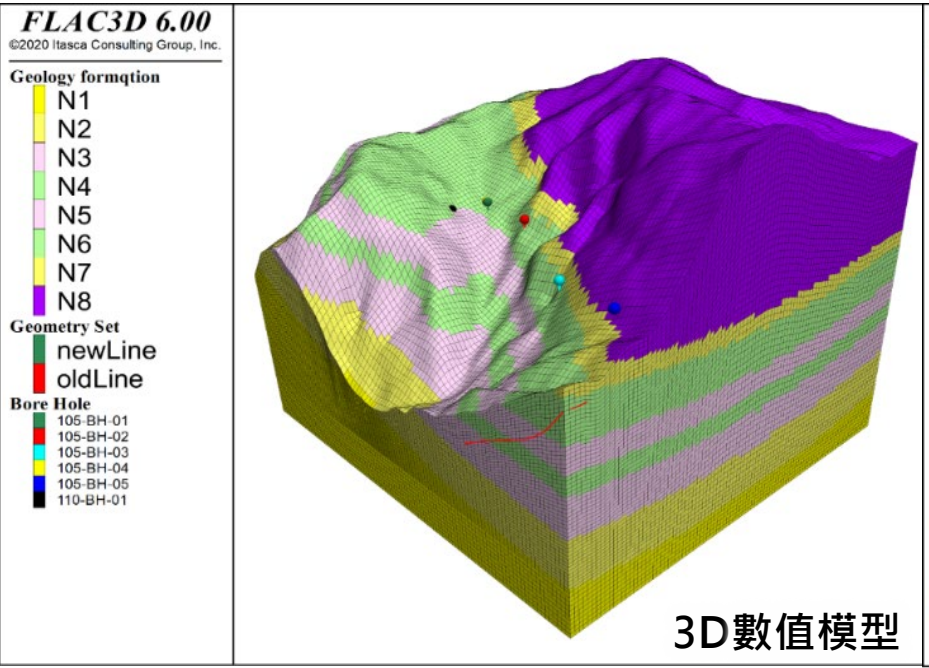
- 分析異常區段，找出異常地形 。
- 分析異常區段，找出異常地質 。
- 分析擠壓區段，找出異常原因 。
- 由異常原因，決定處置方式，防範災變。



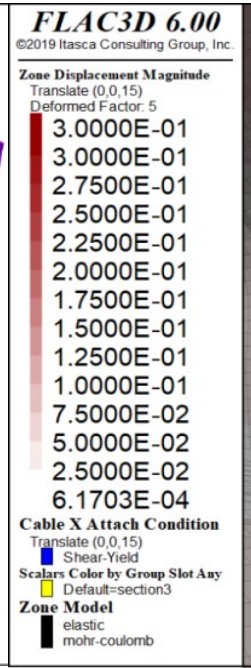
數位地形

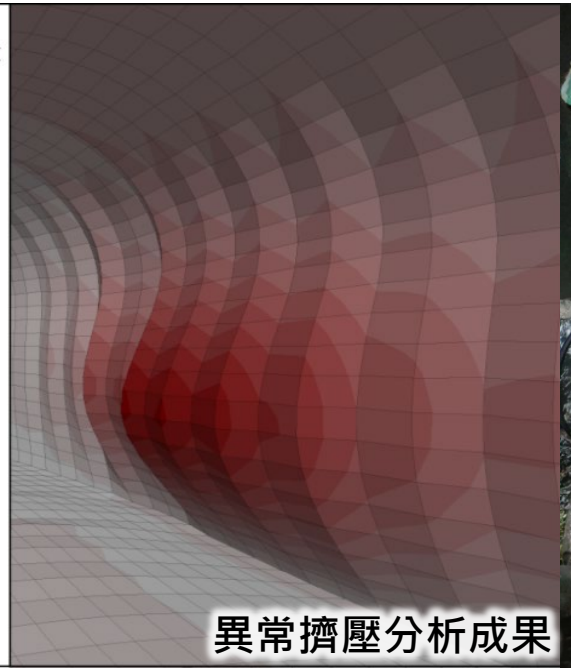


結構元素建構



3D數值模型





異常擠壓分析成果



針對異常區段進行處置

4 重視文資傳承 保全舊有隧道

- 保留崩塌段既有42號隧道，不定期舉辦主題列車方式進行文資景點環境教育導覽。
- 洞口型式延續傳統直立式，邀請鄒族藝術家以在地故事典故為主題進行彩繪，成為觀光亮點。



既有42號隧道東洞口



既有42號隧道西洞口

5 跨域公民參與 共享雙贏成果

- 設計階段舉辦居民說明會並邀請至現場瞭解受災情形。
- 主動邀請居民參與工程，熱情回應、緊密連結、共創歷史！


地方說明會


動工典禮



貫通典禮


災損現勘



動工典禮

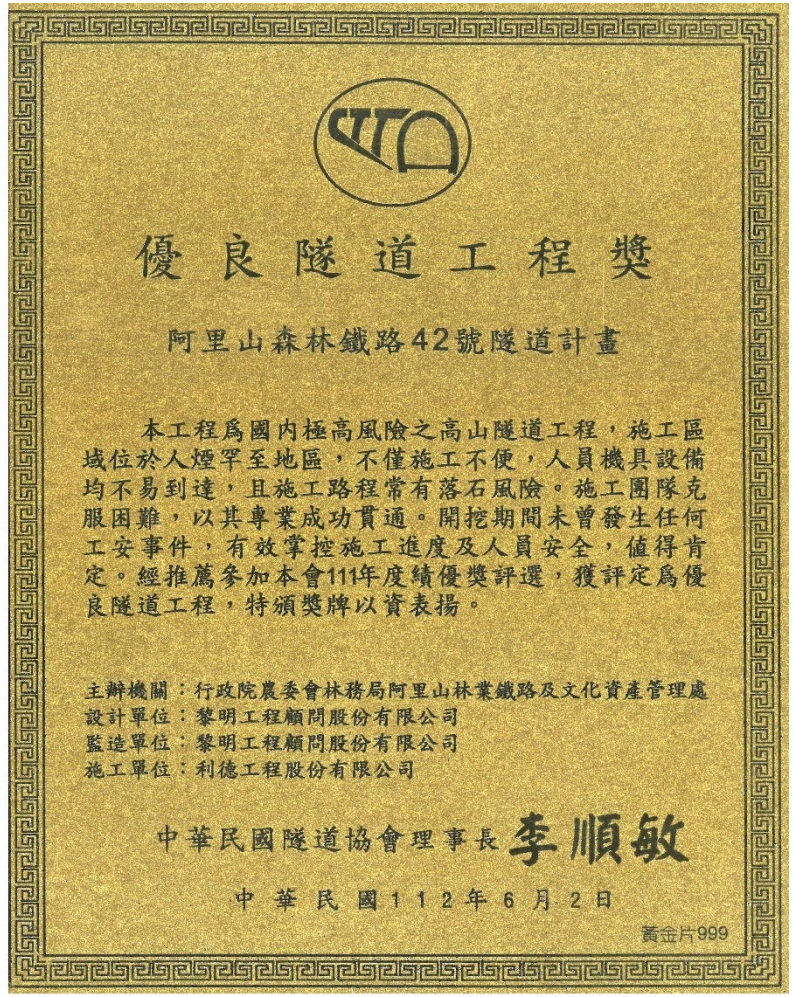

竣工典禮

施工階段即獲肯定 林鐵42號隧道獲優良隧道工程獎

11:15 2023/06/02 | 中時 | 呂妍庭



林鐵42號隧道工程還在進行中，今獲選「優良隧道工程獎」。（阿里山林業鐵路及文化資產管理處提供/呂妍庭嘉義傳真）



優良隧道工程獎

阿里山森林鐵路42號隧道計畫

本工程爲國內極高風險之高山隧道工程，施工區域位於人煙罕至地區，不僅施工不便，人員機具設備均不易到達，且施工路程常有落石風險。施工團隊克服困難，以其專業成功貫通。開挖期間未曾發生任何工安事件，有效掌控施工進度及人員安全，值得肯定。經推薦參加本會111年度績優獎評選，獲評定爲優良隧道工程，特頒獎牌以資表揚。

主辦機關：行政院農委會林務局阿里山林業鐵路及文化資產管理處
設計單位：黎明工程顧問股份有限公司
監造單位：黎明工程顧問股份有限公司
施工單位：利德工程股份有限公司

中華民國隧道協會理事長 李順敏

中華民國112年6月2日

黃金片999

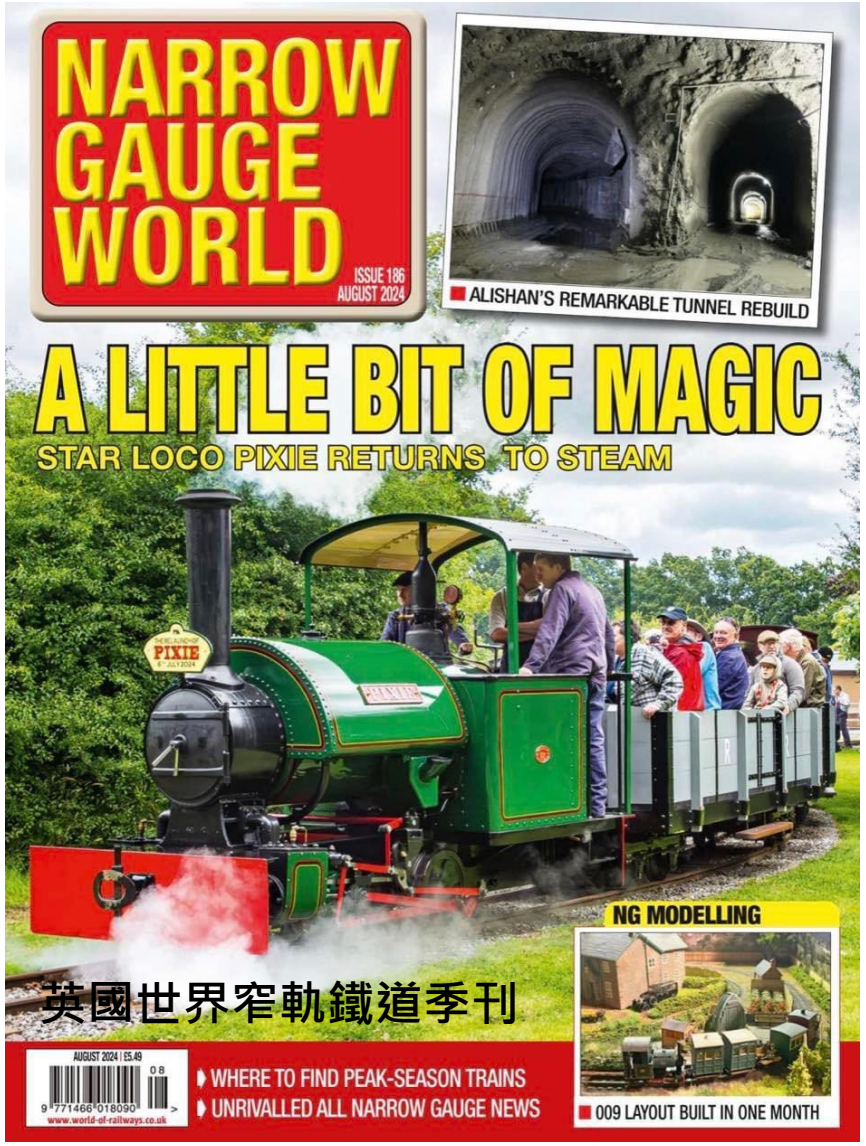
Chapter

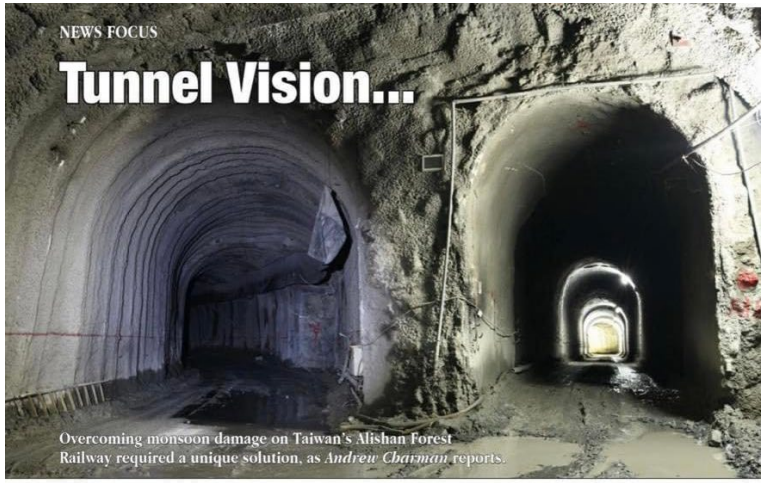
陸

工程效益

1 復建工程 國際觀注

42號隧道工程專題報導，刊載於英國、澳洲、日本等世界各國相關刊物。







Readers of *NGW* will be well aware of the Alishan Forest Railway on the Pacific island of Taiwan, a 760mm gauge line famed for its Shay locomotives and a route that climbs into mountainous scenery with plenty of switchbacks, more than 50 tunnels and 77 mainly wooden bridges. The line has also perhaps become more recently better known to UK enthusiasts due to one of its huge diesel locomotives presently operating on the Welshpool & Llanfair Light Railway in mid Wales on a three-year loan.

The AFR has a strong claim to be a world heritage site in similar vein to the Darjeeling Himalayan Railway in India, and the Taiwan line shares





Alishan Forest Railway Reopening Celebrations: Day 2 Part 2: FenqiHu to Alishan via Tunnel 42!

We changed trains to the Cypress carriages which were also very comfortable and continued onto the portal of tunnel 42. There the train diverted along a short section of the original track, and we were able to view the new portal and venture by foot into the new tunnel. At 1.2 km long, it disappeared off into the dark but was somewhat cooler than in the open. Following a group photo to celebrate the first scheduled passenger train to go through the tunnel, we continued on to the Alishan station.

As the train climbed out of the tropical vegetation of the lower levels we passed through extensive tea plantations on very steep hill sides, probably too steep for mechanisation. Further up we began to get into the Cypress forests. The AFR was originally built by the Japanese during their occupation around the beginning of the 20th century with much of the wood shipped back to Japan for their housing and temple construction. The forests were well managed. Once the Chinese took over Taiwan, they brought machinery into the forest and with little concern for sustainable practices, began cutting a lot of the timber. This was stopped by the Taiwanese with the establishment of their government and now the forest is not logged except for careful thinning and removal of fallen trees.

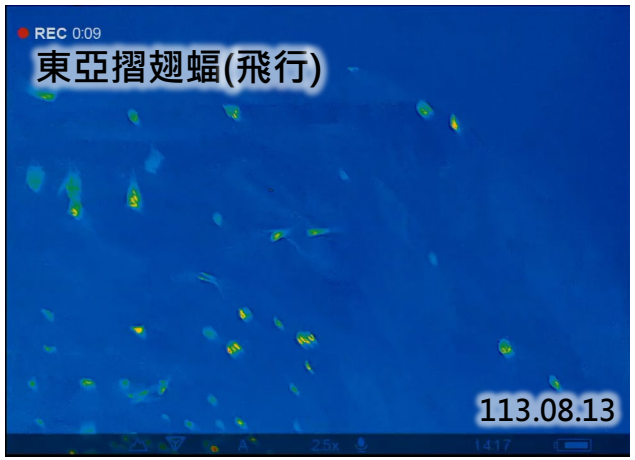


The group photograph at the mouth of the new tunnel.

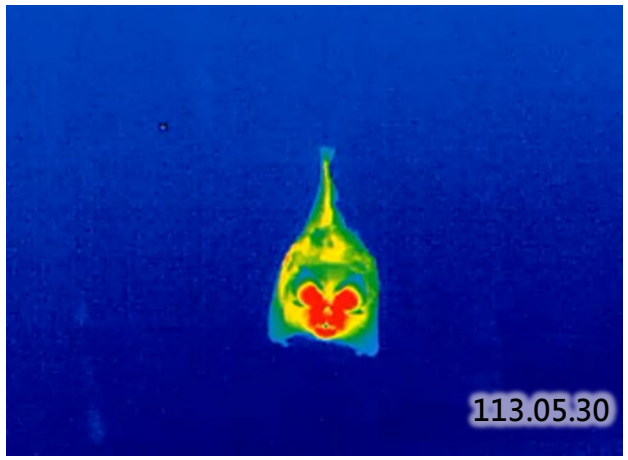
澳洲ZigZag鐵道專訪

2 生態效益 正向顯著

- ✓ 舊42號隧道成為東亞摺翅蝠及臺灣葉鼻蝠夏季繁殖、育幼絕佳棲所。
- ✓ 既有結構設置動物通道，提供小型動物通行飲水及覓食之場域。
- ✓ 完工後土方堆置場植被復育顯著。



隧道內蝙蝠棲息個體達兩百隻以上



臺灣大蹄鼻蝠



蝙蝠



臺灣獼猴















3 落實政策 見證歷史

113年5月17日42號隧道工程竣工，完成全線通車最後一哩路。

總統大推持續發揮鐵道效益，發展文化觀光，帶動臺灣觀光產業。

行政院長讚許讓全世界看見阿里山這塊國際級山林寶藏的璀璨光輝。





院長視導42號隧道竣工典禮

阿里山林鐵超夯 首班車10分鐘售罄

2024/7/2 17:23（7/4 07:38 更新）



阿里山林業鐵路遭颱風重創後中斷15年，新建42號隧道完工後，6日起全線通車並啟用新時刻表，2日下午2時開放網路訂票。圖為阿里山車站。（阿里山林鐵及文資處提供）中央社記者黃國芳傳真 113年7月2日

1 讚

（中央社記者楊淑閔台北2日電）林業署表示，耗時15年，阿里山林鐵6日將全線通車，今天下午2時起可網路預訂6到16日車票，首班車85張10分鐘售罄，傍晚左右，6到16日共935張完售，明天還可預訂17日的車票。





【森好食】北門→十字路

此路段特別規劃停留於多林路間，從餐桌到列車，滿滿的好食列車氛圍，串聯阿里山濃厚人情味故事、精選在地的特色食材，並透過廚師的好手藝，讓旅人吃進肚裡、藏進心裡，喚醒舌尖味蕾。



【森林癒】十字路→阿里山

此路段將漫步在於阿里山山林的綠意蓊鬱下，在專業導覽員帶領下，沿徑「闔、吐、藏、臥」靜心調節呼吸，感受被山擁抱的力量，讓沉寂的心靈得到完美治癒。
大自然之下蟲鳴鳥叫的弦外之音，似在述說這片土地的美好，同時沉浸在森林的氛圍裡，打開五感與林共舞。



【好森音】阿里山→奮起湖

是否誤闖了雲端仙境。此路段停靠在最神秘的二萬坪站，逍遙於雲霧之間，進入充滿杉木林的黑色秘境，在遠處就有裊裊餘音迴盪耳邊。森林間的蟲鳴交織成絕美的四重奏，沐浴於林間的演奏，令人如癡如醉、好不愜意。



【森品茗】奮起湖→北門

此路段旅人將在中海拔山林，由專業的茶師分享茶道藝術，品茗著阿里山帶給旅人的茶禮。
搭配令人陶醉的古典旋律，讓旅人體驗多種高山茶及特色茶點，品嚐茶香餘韻，眺望一望無際的山嵐美景，勾勒出阿里山與福森號的林鐵記憶。

森好食 森林癒 好森音 森品茗

上行：北門→樟腦寮→第三觀景台→奮起湖→多林(緩行)→十字路

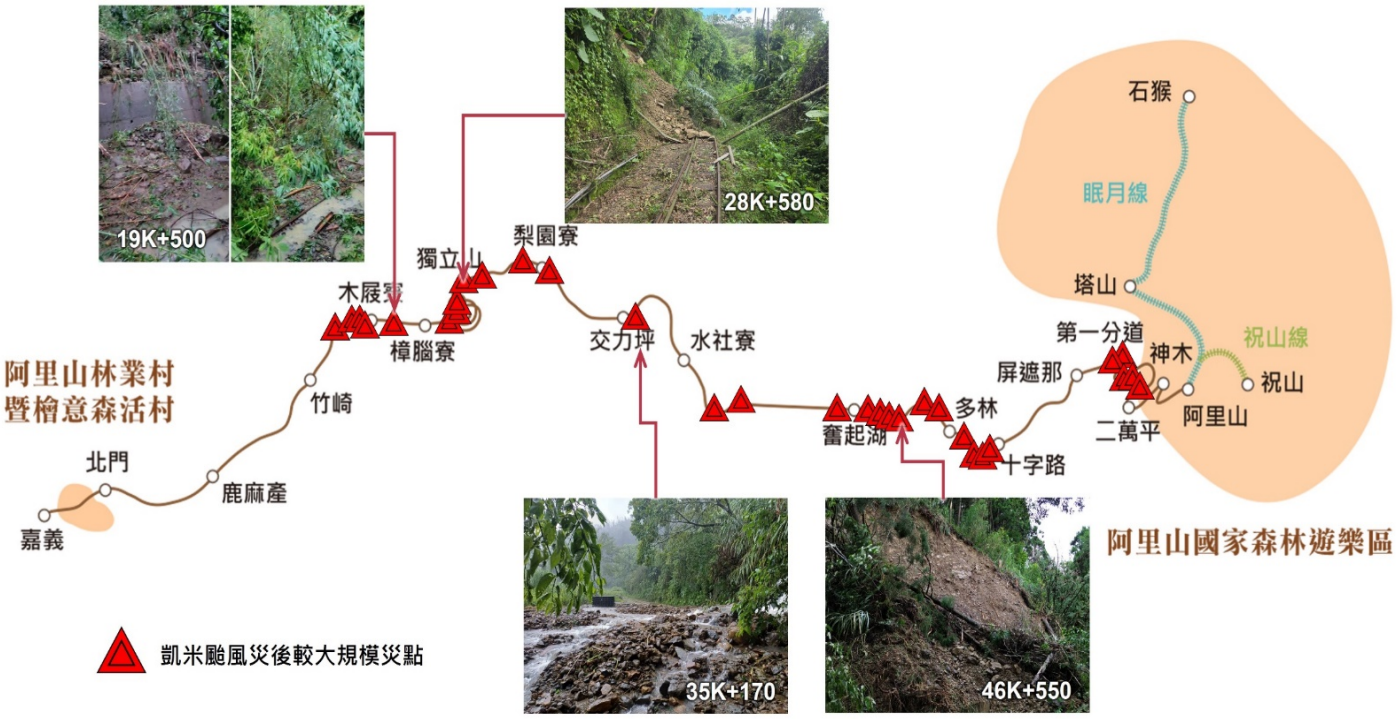
5 極端降雨 品質驗證

- 凱米風災驗證，安全無虞。



42號隧道西洞口通車

凱米颱風災後受災情形統計資料



- 竹崎監工區　：凱米颱風累計雨量1395mm，土砂災害15處、倒樹28處。
- 奮起湖監工區：凱米颱風累計雨量1854mm，土砂災害32處、倒樹20處。
- 阿里山監工區：凱米颱風累計雨量1644mm，土砂災害 6處、倒樹15處。

土砂災害53處、倒樹63處，合計116處

Chapter

柒

其他要項

評審標準重點說明

評分指標	評審標準		索引	重點說明
品質管理 (制度/施工) 10%	1.主辦機關之品質督導(保證機制)	1.對專案管理、監造單位及承攬廠商之履約管理能力。 2.監造計畫之審查紀錄、缺失改善追蹤落實度。	簡報 P.35~36	1. 依三級品管制度確實進行，走動式督導達75次(每兩週至少一次)。 2. 監造計畫於工程決標前審查完成(第一版第三次)，並核定。 3. 相關缺失改善皆已按時完成。
	2. 專案管理廠商之品質督導（保證）機制	1.對監造單位及承攬廠商之履約管理能力 2.監造計畫之審查紀錄、缺失改善追蹤履約能力等事項。	-	本案無專案管理廠商
	3.監造單位之品質保證機制	1.監造單位之監造組織、監造計畫、施工計畫及品質計畫之審查、材料設備抽驗及施工抽查、品質稽核、文件紀錄管理系統等監造計畫執行情形。 2.缺失改善追蹤等之執行情形。	簡報 P.37~42	1. 監造組織完整，且因應本案特性，增派應用地質技師進駐。 2. 內部稽核制度亦確實執行，每月皆有技師或公司主管走動式督導。
	4.承攬廠商之品質管制機制及現地施工成效	1.承攬廠商之品管組織、品質計畫、施工要領、品質管理標準、材料及施工檢驗、自主檢查表、不合格品之管制、矯正與預防措施、內部品質稽核、文件紀錄管理系統等品質計畫執行情形。 2.安全衛生及環境保護措施等之執行情形等事項。	簡報 P.43~48	1. 承攬廠商品管組織完整，依契約撰寫品質計畫，嚴密執行品質管制標準，有效提昇施工品質。 2. 材料取樣344次、自主施工檢查3,915次，落實自主檢查、矯正預防作為，缺失大幅減少，文件紀錄管理系統完整落實。 3. 職安衛檢查749次，重視職安危害教育訓練、交管與職安措施、防汛整備執行、防減災作為。 4. 環境維護檢查749次，施工過程維護環境及保育生態，不造成環境境負擔及破壞生態。

評審標準重點說明

評分指標	評審標準		索引	重點說明
進度管理 10%	1.施工進度管控合理性	1.預定施工進度是否合理。 2.實際施工進度管理是否有效。	簡報 P.10	1.工程位於高山地區， 氣候多變、寒冷， 經監造單位與廠商討論，工期進度尚屬合理。 2.於契約期限前如期如質竣工。
	2.施工進度落後因應對策之有效性	1.進度落後是否提採適當改善措施。 2.改善措施實際運作是否有效。	-	本工程進度除如期如質外，更提早4天完工。
品質耐久性與維護管理 25%	規劃設計	1.規劃設計對營運使用需求考量之周延性。 2.細部設計成果對施工、材料及維護管理措施之完整性。 3.公眾使用空間針對使用者(性別、高齡、幼齡、行動不便等)差異於安全性、友善性或便利性考量之周延性。	簡報 P.19~27	1. 軌道線形調整，最大轉彎半徑由50公尺調整至100公尺、最大坡度由5%放緩至2.4%、平豎曲線妥善配置，以提升行車安全及乘客舒適度。 2. 依據地下水調查成果，設計防水膜及排水管，避免隧道滲水造成鐵軌濕滑、襯砌鋼筋鏽蝕等缺失。並設置隧道底板，以降低隧道內之道碴發生泥化機率，利於未來營運維護。 3. 本工程無公眾使用空間。
	履約管理	1.工程施工管理之嚴謹度。 2.工程材料檢驗之完整性。 3.工程管理電子化作業運用度。	簡報 P.36	1. 主辦機關每月進行不預警現場督導。 2. 本案施工期間林鐵處督導及農委會查核皆獲得甲等肯定。 3. 通訊軟體APP橫向溝通無虞，遭遇問題亦第一時間回傳，工程團隊第一時間掌握現場狀況。 4. 電子化工程管理，整合品質管理文件、日報、督導紀錄、估驗...等，提昇品質及進度管控作業。 5. 施工及材料抽驗皆以TAF試驗室為主，確保品質抽驗客觀性。
	維護管理	1.維護管理手冊之妥適性及周延性（專案評估公共工程之延壽、更新、降級使用或變更用途之處理方案及其時機）。 2.提供技術移轉維護操作手冊及實務訓練課程，以利採購機關後續接管運用。 3. 環境監測調查計畫或機關所訂之規定落實執行。	簡報 P.14、P.52	1. 施工紀錄電子化並於完工後傳承、轉移，供管理單位迅速查閱。 2. 計畫區長期有生態、調查及監測團隊關注。

評審標準重點說明

評分指標	評審標準		索引	重點說明
節能減碳 15%	1.周延性	1.工程設計、施工及維護各階段對節能減碳周延之充分考量。 2.循環經濟，資源有效再利用之具體考量。	簡報 P.49~50	1.在滿足安全前提下，工程結構採最小化設計。 2.依據地下水調查成果，設計止水灌漿、襯砌採半防水膜並設置排水管，可避免隧道滲水造成鐵軌濕滑、襯砌鋼筋鏽蝕等缺失。 3.開挖土不外運，利用既有土石堆置場之剩於容量，堆置開挖土碴。 4.自設混凝土拌合廠，確保混凝土品質，減少混凝土運送之排碳量。 5.既有樹木移植或現地保留，以避免降低原有固碳量。
	2.有效性	1.工程設計、施工及維護各階段運作對節能減碳之有效作為。 2.能源光電相關節能減碳產品之使用效益。		1.設計階段-減碳效益至少1,366公噸CO2e，可固碳至少1,277公噸CO2e。 2.施工階段-以省水、節電、減廢及運輸減碳四大策略執行，光電節能部分具體有：工務所外殼隔熱，並採用自然通風及採光設計、工區內採用太陽能CCTV。
防災與安全 10%	1.工地安全衛生	工地環境衛生整潔、安全措施（安全圍籬、安全護欄、安全警示標誌、交通管制等項目之落實度。	施工廠商卷宗	1. 確實依丁類危評規定，進行風險評估、訂定規範，落實職業安全作為。 2. 以交通錐、警示燈及警示帶等安全措施並以重機械阻隔及人員指揮避免非施工人員進入工地，落實工地職安作業，每日出工時皆填具環保自主檢查表共749份。 3. 每日收工前必加強工地環境衛生整潔、安全措施。
	2.工地災害預防	意外災害之預防及緊急應變計畫之周延性。	施工廠商卷宗	1. 每日落實施工前危害告知並擬定施工緊急應變計畫，周延施工規畫，達成零災害、零事故之目標。 2. 每日出工時皆依規定召開工具箱會議，並全員取得職安卡。 3. 擬定爆炸物使用安全守則，操作及管理人員必須取得相關證照。 4. 隧道開挖期間使用儀器持續測量，判斷隧道是否擠壓位移，確保施工安全。

評審標準重點說明

評分指標	評審標準		索引	重點說明
環境保育 20%	1.環境維護	噪音、光線、溫度、空氣維護管理之周延性。	簡報 P.28~29	1.施工前、中、後皆進行背景環境監測。 2.採用7段延時鑽炸，炸藥使用量小，鑽孔的布置精度須更高，降低爆破震動與聲音對環境的影響，並於洞口處及鄰近活動中心設置震動監測儀器覆核。
	2.生態保育	1.工程規劃階段考慮降低對生態系統之衝擊。 2.施工階段考慮對生態系統干擾。 3.維護階段衡量維護時機、強度、方法、材料、範圍對動植物之影響及對生態之干擾。	簡報 P.46~48	1.設計階段已有依生態調查結果繪製生態敏感圖，限縮開挖範圍避免擾動敏感區。 2.施工中遵循迴避、縮小、減輕、補償等四大手段降低環境生態干擾。主要對策為減少洞口數量(僅一處)，並減少洞口結構尺寸與工程量體，降低施工擾動。利用既有建築、用地、施工便道與森鐵路基，迴避對生態的衝擊。 3. 本工程依據施工階段生態檢核成果回饋設計單位，變更相關水保設施，使本工程更具生態友善特色。目前土石堆置場與滯洪沉砂池已成為多種生物之飲水與覓食空間。
	3.公民參與與資訊公開落實情形(5%)	各階段予關心生態議題之在地民眾與公民團體有共同參與，建立互動平臺，忠實公開所有資訊	簡報 P.48、56	1.設計階段與施工前均召開說明會，與在地民眾互動並落實公開所有資訊。 2.施工階段與社區互動溝通，工程各關鍵節點皆邀請民眾參與，且辦理居民參訪行程，傾聽民眾心聲，拉近與民眾距離，並得到居民支持與肯定。
創新科技 10%	1.創新挑戰性	工程於施工及材料運用新工法及新材料等創新挑戰情形	簡報 P.53	1. 利用既有阿里山林業鐵路做為施工便道，不另開闢新便道；另一側(西洞口)則採用火車協助運輸施工材料、機具及人員。 2. 利用既有43號隧道擴挖交叉段，減少洞口數量，為山岳鐵路隧道之首例。 3. 保留既有崩塌段隧道，作為環境教育場地，另提供蝙蝠繁殖育幼不受干擾。 4. 採用7段延時鑽炸，炸藥使用量小，鑽孔的布置精度須更高，降低爆破震動與聲音對環境的影響。
	2.科技運用	1.工程於施工及材料運用新工法及新材料等科技運用情形 2.協助營建生命週期之各項管理與工程作業之新技術、新方法與新概念之運用情形	簡報 P.54	1. 利用鑽孔之孔內攝影確認岩盤之走向，建立更準確之地質圖，以作為隧道開挖評估之依據。 2. 用鄰近工程(多林、屏遮那隧道)之施工計測資料，反算分析並建立屬於本工程之岩體強度推估公式，避免過度設計。 3. 利用三維數值模擬軟體，確認隧道擴挖交叉段之穩定性。 4. 利用遙感技術監測隧道上方地表變位，覆核工程對於環境之影響


敬請指教