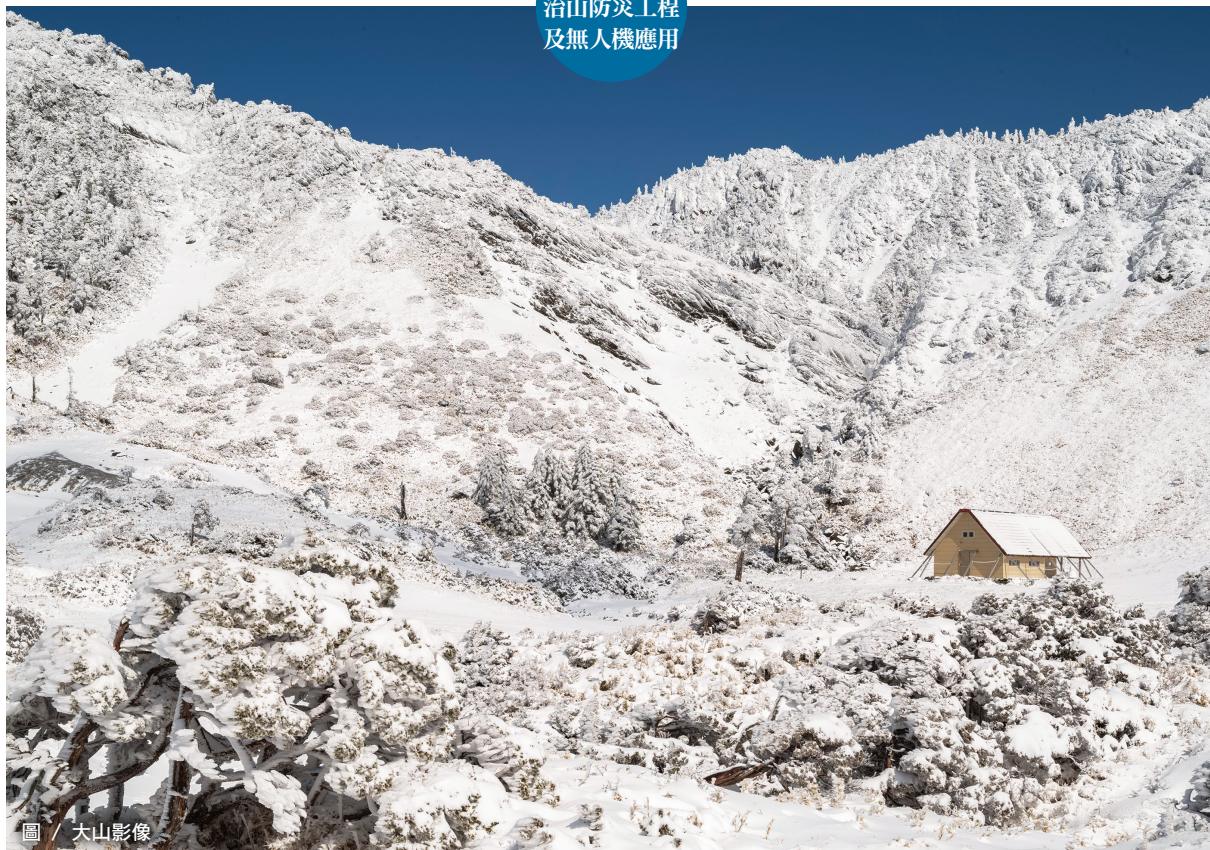


專輯  
治山防災工程  
及無人機應用



## 紅石林道9K-11K改善工程 治理成果紀實

文、圖 | 張蘇能 | 林務局臺東林區管理處治山課技正  
蘇志凌 | 林務局臺東林區管理處治山課技士（通訊作者）  
吳俊昇 | 剏盛工程顧問有限公司水保技師

紅石林道位於臺東縣海端鄉，1970年開設，開設長度約為24公里，早期為運材作業需求而開設，近年林業經營型態已由過去森林資源經營為目的轉換為多目標與永續利用之森林生態系經營為主。2016年尼伯特颱風後，林道路基損壞，9.5K道路中斷，又經莫蘭蒂等颱風劇烈降雨而二次致災，大量土石（砂）下移造成既有排水設施阻塞，流路亂竄造成路基缺口，影響造林中心（近1,000公頃面積）之道路運輸功能，遂由林務局臺東林區管理處辦理改善計畫，投入經費近1,900萬進行災害復建，以維持用路人安全環境。



## 工程概述及設計內容

本工程於2017年6月1日開工，於2018年4月4日完工，結算經費約為1,900萬。在工程設計方面以創新的橋涵式山腹工設計，除提供林道車輛通行使用外，更兼具安全排水及穩定邊坡等功用。工程完工後經歷多次山區豪大雨考驗，整治功效符合預期，能有效減緩坡面崩塌，並保障健行遊客、林業工作安全環境。

工程主要工項如下：

1. 路面工程610m<sup>2</sup>
2. 上下邊坡擋土牆工程114.5m
3. 箱型石籠工程41m
4. 鋼管護欄工程115m
5. D=60cm L=10m 鑽掘套管基樁39支
6. 複合型橋涵式山腹工1座
7. 保護工1座

依據工程致災原因分析檢討後，工程配置內容說明如下：

### 1. 橋涵式山腹工1座

除提供林道通行使用，並兼具安全排水、安定坡趾、減低衝擊、生態友善以及永續利用之功能。全長為42公尺、4孔橋涵，橋面兩側設有鋼管護欄；淨深7公尺；樁長度10公尺@1.5公尺/支，計28支，基樁平均入岩2-3公尺提供基礎穩定性；梳齒間設有可拆式H型鋼可攔蓄、可調放土石滿足維護管理需求。

### 2. 保護工1座

穩定山腹工基腳、抑制縱橫向侵蝕擴張，並達到風險分擔之效益。全長47.6公尺、5只梳齒；通水總寬28公尺；基樁長度10公尺@3公尺/支，計11支平均入岩2-3公尺，提供基礎穩定性；梳齒間設有可拆式H型鋼，可攔蓄土石。



2016.11.03莫蘭蒂颱風後空拍。



2016.07.10尼伯特颱風災害。



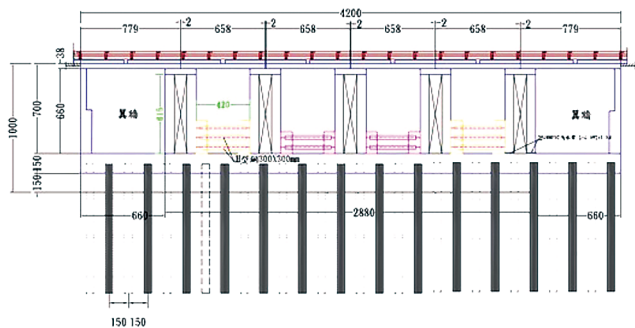
2016.11.03莫蘭蒂颱風災害。

### 3. 護坡73公尺

平日為邊坡穩定設施，淤滿時可機動吊放，騰出清淤便道。

### 4. 下邊坡保護工41公尺

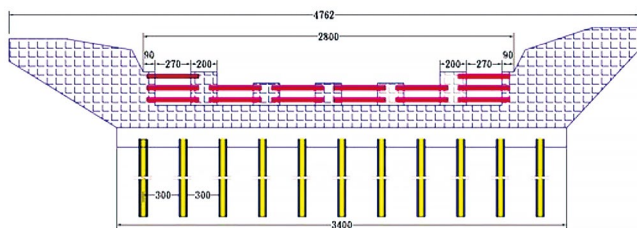
以石籠及擋土牆作為路基保護，確保路基穩定。



橋涵式山腹工之立面圖。



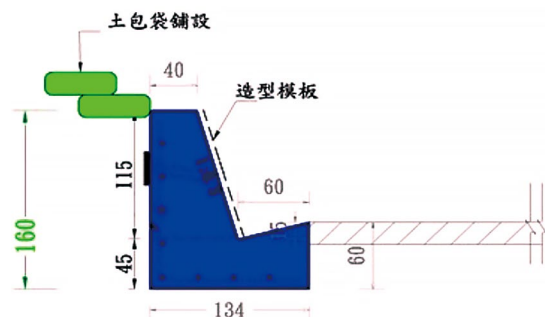
護坡完工照。



保護工之立面圖。



下邊坡保護工完工照。



護坡之剖面圖。

## 設計規劃理念

本工程主要施工項目為林道路面及排水改善等工項，工程完工後可有效導引路面及上邊坡的排水，減少排水竄流造成坡面土石鬆軟及崩落，並分散地表逕流，將雨水導引至安全地點排放，能抑制林地崩塌，及維持林道行車安全順暢，保護巡視人員及民眾行車安全。

## 工程規劃

為維持林道暢通，提供林業經營作業安全，設計理念分別以抑止崩塌調節土砂、維護林道安全通暢、抑制縱橫向擴張侵蝕、生態保育環境友善為考量。

### 1. 橋涵式山腹工

設有梳齒，梳齒間設置可拆式H型鋼，能有效阻抗土砂下移的沖擊力，抑止崩塌及調節土砂；除提供林道使用者的安全外，多孔式的設計能確保排水順暢，以減低邊坡材料疏失。

### 2. 橫向構造物（保護工）

抑制崩場地擴展，增加坡面穩定性，能夠抑制縱橫向擴張侵蝕；並有著透過性可拆式設計維持縱向通道暢通，並提供棲息地安定，兼具防災、保育及永續的功能，及為生態保育環境友善。

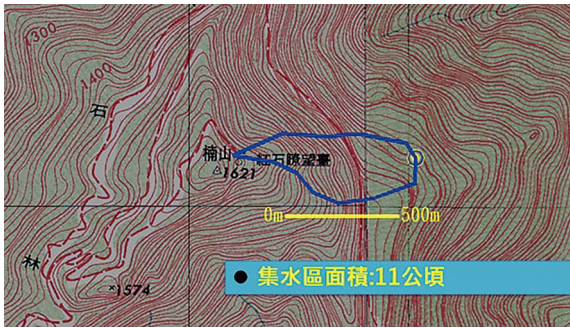




2018.04.04完工空拍照。



保護工。



集水區範圍圖。



易拆式H型鋼。

## 工程設計

水文分析：依50年迴歸週期計算，紅石雨量站平均年雨量2,450mm，代入無因次降雨強度公式及合理化公式估算，得洪峰流量3.98cms。

## 工程之創新、挑戰、周延、延續性

工址位於偏遠山區，施工道路蜿蜒陡坡，大型機具及材料搬運受限，期間更經歷了多次颱風豪雨，且工程位置處於崩塌區，下雨時常有土石滑落，且山區經常性的濃霧增加施工的困難度，為了達成林地修復及目標，於設計時除了周延的考量外，施工的挑戰性更是完工的成敗關鍵，以下為工程之創新性、挑戰性、周延性及延續性之說明。

## 創新性

### 1. 複合型構造

本工程位處崩塌沖蝕發達地區，除有崩塌坡面整治工程需求外，又有交通運輸通行需求，於是發想如何在崩塌坡面治理工程除採取山腹工方式抑制坡面崩塌，並將橋梁結合於山腹工中，以縮短施工期限並更為經濟。經多次圖說修正檢討，遂將山腹工與橋梁二種工項合而為一，產出「複合式橋梁山腹工」模式設計，上部結構可供車輛通行，以利來往之交通，下部則是半封閉式山腹工，能夠抑制崩塌地擴張並確保排水順暢。

### 2. 維護拆解便利

山腹工梳齒間及下游保護工，設置易拆式H型鋼，H型鋼可迅速拆解，俾利調節上、下游土砂。



保護工之線型平整。



使用現地材料已達到節能減碳之功用。



2019.12.20紅石林道9k-11k定期巡視空拍照。

### 3. 線形平整

在施工中配合造型模版規格以整模設計，施作完成後線形平整、美觀，讓構造物看起來整齊一致。

### 4. 落實節能減碳

中空式山腹工梳齒柱內回填現地土方及塊、卵石，減少混凝土用量，損壞鋼構件可回收當煉鋼原料再生利用，其減碳量達到66噸。

### 挑戰性

1. 工法選擇上，分為鋼構橋與橋涵式山腹工，受限於材料運輸、林道工區偏遠及基地位處崩塌地(崩塌跨距約42公尺)，多次聘請專家共研治理對策，經過討論與決議後，因橋涵式山腹工易維護、易檢視，且預算經費較鋼構橋優惠，故決定採橋涵式山腹工進行復建。

2. 因工區位處偏遠山區，工程施作及材料運輸相當不易，且施工環境險峻，並有經常性濃霧，因在山區中，午後濃霧也會導致視線不佳而無法施工。

3. 在施工期間遭遇多次颱風豪雨，氣候影響甚巨，於汛期期間施工，上邊坡土石易滑落，造成施工的困難度增加，施作期間交通與氣候等施工條件險峻，經充分協調施工作業流程與加強施工安全及臨時防災措施，決定加強臨時擋土措施，並於崩塌地下方施工派員警戒上邊坡。

### 周延性

1. 為避免影響生物棲地環境，限制施工範圍，並保留周邊林木，以降低施工期間對環境衝擊。
2. 橋梁式山腹工及下游保護工位處陡峭地形，因結構安全考量，基座設計時增加鑿掘基樁及基礎樁，並將基樁擴座及強化基礎連結，以增加結構安全性。

3. 在風險應對上，下游保護工能分擔橋梁式山腹工之可容許攔阻量外，並能降低因基礎淘刷造成損壞之風險，達到風險管控的成效。

### 延續性

定期巡視觀察周遭地形地貌變化，立即回報處理，並逐年編列預算改善路基安全及坡面植生復育。





獲頒2018優良農業建設工程獎。

## 興建效益

1. 工程完工後有效抑制坡面崩塌，大幅提升林道疏伐運材通行安全性，創造每年可疏伐60公頃面積，產生疏伐標售經濟價值約1,000萬。
2. 有效減緩崩場地蝕溝沖蝕與坡面沖刷，維持林道暢通，確保巡視人員及登山健行遊客車行安全。



林業經營現地照。

3. 擴大登山健行景點深度，提供鄰近社區家庭成員進行親子健行好去處。

## 結語

紅石林道對臺東林管處之林業經營等作業有其重要性，設計階段透過各領域專家學現勘實地審查，針對工區施工環境、條件及材料運輸可行性檢討，施工期間結合監造廠商、施工廠商共同努力克服困難及挑戰達成治理目標。並於107年參選由農委會舉辦優良農建工程獎評鑑，獲頒優等獎殊榮，得到全國農業工程最高榮譽。

工程完工除提供林道車輛安全通行使用外，更兼具安全排水及穩定邊坡等功用，至今亦經歷多次山區豪大雨考驗，整治功效符合預期，能有效減緩坡面崩塌，並保障健行遊客、林業工作人員安全環境。🌱



圖 / 大山影像