

文山溫泉周邊地質安全評估及對策

執行機關：內政部營建署太魯閣國家公園管理處

承辦單位：中華民國工程環境學會

中華民國九十六年八月三十日

目 錄

第一章 計畫緣起與目的	1
第二章 計畫內容及工作流程	2
第三章 地理位置與人文環境	4
3.1 地理位置	4
3.2 人文地理	5
第四章 地質環境	8
4.1 地層與岩質	8
4.2 峽谷地形及作用	11
第五章 峽谷崩塌機制	21
5.1 峽谷崩塌機制	21
5.2 峭壁懸崖落石災害之特性	28
第六章 文山溫泉地區地質災害調查	29
6.1 文山溫泉地區山坡崩塌環境分析	29
6.2 文山溫泉地區步道等設施區地質災害分段調查	33
6.3 文山溫泉地區地質災害調查成果與課題分析	52
第七章 文山溫泉地區地質災害對策	54
7.1 地質災害防制之硬體對策—地質災害之防制，不外「疏隔、攔、迴避法」。	54
7.2 文山溫泉地區落石災害防治原則	56
7.3 文山溫泉地區地質安全對策構想	56
7.4 地質災害防制之軟體對策	58
第八章 文山溫泉與資源利用	60
8.1 文山溫泉產狀	60
8.2 文山溫泉資源利用	63
第九章 自然風景型國家公園天災課題	64
9.1 步道區斷崖落石課題	64
9.2 荒野地不可抗力之天災與責任	64
第十章 結論與建議	66

圖 目 錄

圖 2.1 工作進行流程圖	3
圖 3.1 文山溫泉地理位置圖	4
圖 4.1 計畫區各地層之地理分布圖	8
圖 4.2 溪谷斷面各部地貌特徵	11
圖 4.3 3S 山坡示意圖	14
圖 4.4 太魯閣峽谷地質圖	16
圖 4.5 溪谷成長機制示意圖	20
圖 5.1 複合型凸坡	24
圖 5.2 垂直節理面崩落凸坡	24
圖 5.3 兩面 > 型懸崖凸坡	24
圖 5.4 落石運動型態示意圖	26
圖 5.5 上下陡坡間夾緩坡之坡型	27
圖 5.6 上下陡坡間夾陡坡之坡型	27
圖 5.7 峭壁垂直節理之坡型	28
圖 6.1 文山溫泉地區集水區範圍及地形圖	29
圖 6.2 文山溫泉地區集水區垂直溪床和等高線之地形剖面	30
圖 6.3 全隧道與半隧道示意圖	33
圖 6.4 落石影響範圍示意圖	34
圖 6.5 文山溫泉地區步道分段地理區位示意圖	38
圖 7.1 防護設施功能示意圖	57
圖 8.1 文山溫泉露頭示意圖	61

表 目 錄

表 6.1 計畫區崩塌危險度研判基準·····	37
表 6.2 文山溫泉地區步道分段地質安全調查成果表·····	39
表 6.3 文山溫泉地區步道分段調查成果一覽表·····	52

摘 要

本研究計畫目的在於文山溫泉地區地質安全調查分析及安全使用對策之研擬，以供太魯閣國家公園管理處作為相關決策之參考。

本計畫主要工作內容計有六項：

- (一) 峽谷崩塌機制分析
- (二) 文山溫泉地區地質災害調查
- (三) 文山溫泉地區地質災害對策
- (四) 文山溫泉資源與利用
- (五) 自然風景型國家公園天災課題
- (六) 結論與建議

文山溫泉位在天祥北方直線距離約二公里處的大沙溪之溪床上，乃太魯閣國家公園內唯一符合第三級遊憩區設置要件之溫泉資源，彌足珍稀，已為素喜富饒野趣湯池之遊客使用日久，其使用歷史可遠溯至日治時期，迄今應已有百年使用歷史。

文山溫泉區中橫公路入口聯外步道至大砂溪溪床間之山壁，皆由千枚岩和石英雲母片岩組成；大砂溪左岸湯池區下游近溪床側壁則為堅固之白色塊狀石英質變質岩，其上部為較脆弱之千枚岩和片岩。石英岩與石英雲母片岩之接觸岩面裂隙乃溫泉之泉源。

文山溫泉區屬峽谷內落石型災害。落石是崩塌現象中運動速度最快的一種，當其撞擊保全對象而產生災害時，其特性是：

1. 突發性—幾無預警。
2. 快速性—幾無可閃避。
3. 直擊性—即使極小石粒亦可能致人於死。

故有落石之虞之地區，除非有適當之防護措施，否則乃潛在極其危險之地區。

文山溫泉地區步道總長度約 365 公尺，分為十三路段，各分段調查成果一覽表顯示其中：

1. 「危險」路段有四；
2. 「不穩定」路段有五；
3. 「穩定」路段有四。

本計畫對文山溫泉地區「危險」和「不穩定」路段之安全對策構想如下：

1. 以維護遊憩安全為著眼點。
2. 遊憩安全防護設施須滿足三條件：
 - (1) 有效保護遊憩安全；
 - (2) 無礙景觀視野；
 - (3) 無礙自然生態。

防護設施包括防止落石直接撞擊之「防落石棚架」和落石撞擊地面後，側向彈射之「防落石柵」。

文山溫泉每日可生產原水約 150 立方公尺。可深入評估於溫泉露頭設置集水設備，並抽取至文山階地利用之可行性，以及溫泉原水產量增加之可行性等課題。

自然風景型國家公園多荒野地區 (Wilderness)，各國之國家公園多曾發生落石、雷擊、野生動物等威脅遊客安全事件，西洋法律視之為天災 (Acts of God)，與戰禍、恐怖事件、傳染病等災害同屬旅遊業無須負責之事件，卻為國家公園經營與管理上不可能有完美解答之課題。

為避免因發生災害而遭到陸續被封閉之命運，致使國家公園失去遊憩之重要機能，本計畫因此建議將調查規劃和營建「零災害步道」，列為國家公園管理處之政策目標。

第一章 計畫緣起與目的

文山溫泉是太魯閣國家公園天祥遊憩區附近大沙溪溪床上的一處野溪溫泉，以其攝氏約 45° 度之湧泉在溪邊與清冷溪水自然混合形成天然三溫暖湯池，富饒野趣而為遊客所喜愛，其使用歷史可遠溯至日治時期，迄今應已有百年使用歷史。

九十四年夏日此地傳出自然落石傷人事件，其資源利用與管理問題遂浮上檯面。惟此處溫泉以其極富野趣而久為天祥遊憩區遊客一處重要遊憩資源，因此雖有安全之虞，卻仍有開放之議。但此天然資源如何可為安全而妥適之利用，則為國家公園管理處之基本原則，乃有本「文山溫泉週邊地質安全評估及對策」研究計畫。

本研究計畫目的在於計畫區地質安全調查分析及安全使用對策之研擬，其結論與建議將以供管理處作為相關決策時之參考。

第二章 計畫內容及工作流程

本計畫以文山溫泉地區為計畫範圍。文山溫泉地區係指中部橫貫公路上之文山溫泉步道入口至溫泉浴池之地區而言。

本計畫主要工作內容計有八項：

- (一) 地理位置與人文環境
- (二) 地質環境
- (三) 峽谷崩塌機制
- (四) 文山溫泉地區地質災害調查
- (五) 文山溫泉地區地質災害對策
- (六) 文山溫泉資源與利用
- (七) 自然風景型國家公園天災課題
- (八) 結論與建議

本計畫作業流程如下：

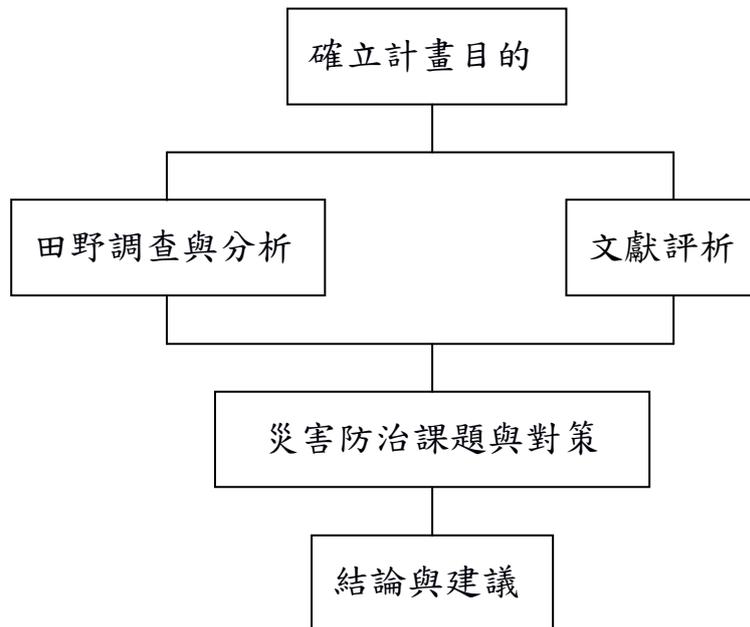


圖 2.1 工作進行流程圖

第三章 地理位置與人文環境

3.1 地理位置

1.文山溫泉在天祥北方直線距離約二公里處的大沙溪溪床上。

大沙溪是立霧溪在天祥向北分出的一條支流，其上游分為陶塞溪和小黑瓦爾溪，分別源出南湖大山東峰（3632m）南坡和中央尖山（3705m）東坡。

2.行政轄區上，文山溫泉與天祥同屬花蓮縣秀林鄉富世村。

3.中部橫貫公路在天祥以西逐漸爬升，在文山，其路面距大沙溪溪床約 50 公尺。自公路有步道下至溪床溫泉處。



圖 3.1 文山溫泉地理位置圖

3.2 人文地理

1. 依「太魯閣國家公園計畫」(民國 92 年第二次通盤檢討)之分區計畫，文山台地及文山溫泉地區屬天祥遊憩帶之第三級遊憩區。

第三級遊憩區係指「位於國家公園主要道路沿側或遊憩步道可通達之據點，腹地雖足夠，惟自然限制或交通不便，不適作一般規模之遊憩發展。因周圍景觀優美，宜適當闢設步道系統，及簡易遊憩設施、公共設施，以提供遊客健行賞景之原野性遊憩活動。」

2. 文山溫泉乃太魯閣國家公園內唯一符合第三級遊憩區設置要件之溫泉資源，彌足珍稀，已為素喜富饒野趣湯池之遊客使用日久，並設有通達之步道等設施。



照片 3.1 文山賓館。



照片 3.2 文山溫泉步道。

3.天祥乃天祥遊憩帶第一級遊憩區，區內有五星級天祥晶華度假酒店和天祥青年活動中心等住宿度假設施，並有福園和祥德寺等遊憩景點。



照片 3.3 天祥晶華度假酒店



照片 3.4 天祥青年活動中心。



照片 3.5 天祥祥德寺。



照片 3.6 天祥福園。

4. 距天祥約一公里的中部橫貫公路上，有隧道通過原台電立霧溪發電計畫道路的「白楊瀑布步道」，長 7.6 公里，乃天祥地區熱門景點之一，洞口設有寬大停車場。



照片 3.7 白楊瀑布步道中橫洞口。



照片 3.8 白楊瀑布步道中橫洞口停車場。

5. 自白楊瀑布步道入口洞口向北約兩公里即為文山，設有太魯閣國家公園警察隊，文山溫泉即在此處公路下方之溪谷，亦屬天祥遊憩區之景點。



照片 3.9 太魯閣國家公園警察隊。

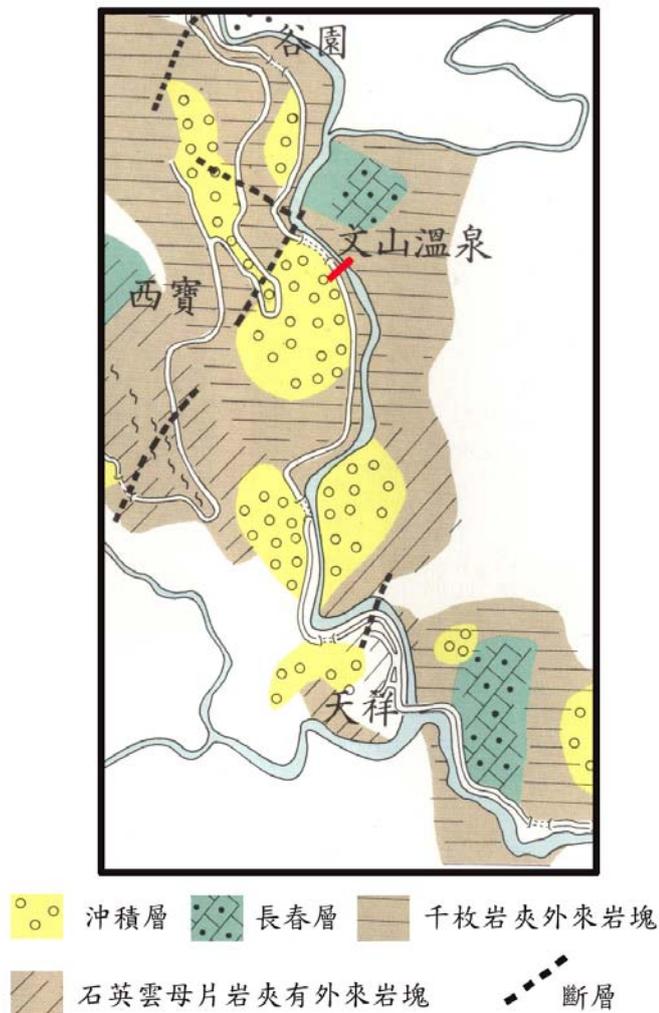


照片 3.10 文山溫泉地區入口。

第四章 地質環境

4.1 地層與岩質

分布於天祥及其以北文山、谷園等地區之地層為中央山脈東斜坡古生代晚期至中生代之變質岩層。本區岩層構造擾動甚劇，各地層分布斷續而相互混雜，其生成時代與層序尚無定論，故目前祇能依據地層岩性分層。計畫區各地層之地理分布如下圖所示，包括長春層（藍色）和天祥層（褐色），以及不整合覆蓋於其上之近代沖積層（台地堆積層）（黃色）。



(王執明, 1991)

圖 4.1 計畫區各地層之地理分布圖

本地質圖顯示，文山溫泉位於文山台地下方溪床，岩層屬天祥層。天祥層之主體為石英雲母片岩與千枚岩。

石英雲母片岩為灰色至深灰色，葉理較不發達而常呈塊狀。



照片 4.1 石英雲母片岩因葉理不發達而呈塊狀，顏色為灰色至深灰色。

千枚岩因含較多層狀礦物而特富葉理，其風化表層以容易呈片剝離變形為特徵。



照片 4.2 千枚岩因葉理發達而呈片狀，顏色為淡灰色。

文山溫泉區中橫公路入口連外步道至大砂溪床間山壁，皆由千枚岩和石英雲母片岩組成；大砂溪左岸湯池區下游近溪床側壁則為堅固之白色塊狀石英質變質岩，其上部為較脆弱之千枚岩和片岩。石英岩與石英雲母片岩之接觸岩面裂隙乃溫泉之泉源。



照片 4.3 由千枚岩和石英雲母片岩所組成之步道區側壁與懸空頂部。



照片 4.4 湯池左岸區下游近溪床側壁由白色塊狀石英質變質岩所組成。

4.2 峽谷地形及作用

1. 峽谷坡形

文山溫泉區位於峽谷內。

峽谷 (Gorge) 是指狹而深之溪谷，兩岸多為新鮮而堅硬之岩壁，其坡度或為大於 60° 之峭壁 (Scarp)，或為 90° 之垂直絕壁 (Cliff)，甚或為大於 90° 之懸崖 (Hanging wall)，而大多數情況自上坡至溪床次第為峭壁、絕壁、懸崖。峽谷區一般之地形橫斷面如下圖所示。

大於 60° 之山壁極容易於強烈地震時發生崩塌，所以峽谷是岩壁容易崩塌的危險區。

其小於 60° 之斜坡，大於 30° 者稱為陡坡；小於 30° 者稱為緩坡。

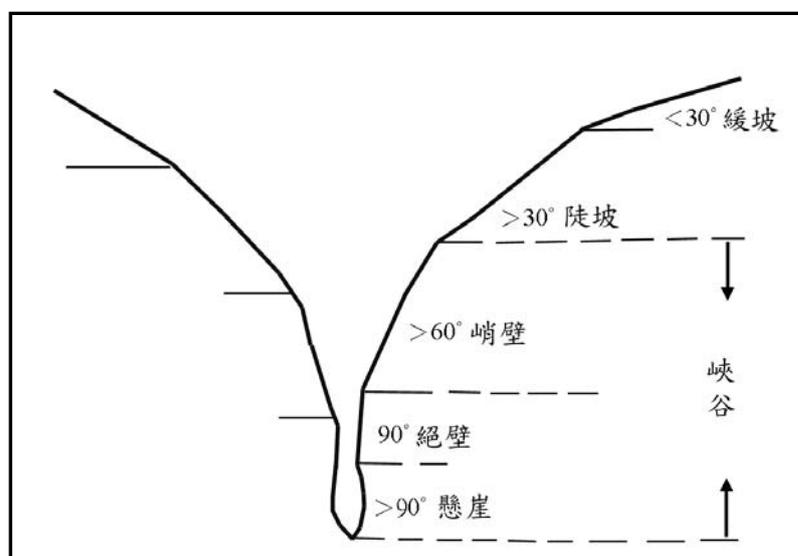


圖 4.2 溪谷斷面各部地貌特徵



照片 4.5 太魯閣峽谷地形，自上而下為「陡坡」,「絕壁」,「懸崖」。

2.峽谷成因

峽谷是陸塊相對於海平面急速隆起，使溪水獲得強大之切蝕能量，切割山體而造成的大地一道縫隙。流水的切蝕能量係與切蝕點距海平面之垂直高度成正比，此因高度決定流水所具備之位能的大小。所以，當溪床與海平面等高時，溪水就完全喪失了下切之能力，並且開始堆積，如立霧溪口錦文橋下游之溪床。



照片 4.6 立霧溪口錦文橋下游之溪床已為堆積河段，坡度平坦。

反之，距海平面越高者切蝕能量越大，其係以向下切蝕河道之方式，形成 V 型溪谷，藉以向其上游延伸其流域範圍，擴大其集水面積。此向上游之地形作用稱之為河流之「溯源侵蝕」。



照片 4.7 溪畔下游左岸支流 V 型溪谷地形，乃因河流之「溯源侵蝕」所造成。谷口沖積扇土石為「溯源侵蝕」所產生之材料。

3. 「造崖岩」與峽谷之型態

厚層而堅硬之岩層常造成地形上雄偉壯觀之峭壁斷崖，而被稱為「造崖岩」(Cliff-maker)，其在立霧溪者以變質石灰岩(大理岩)為主，片麻岩次之。

岩石曝露於大氣中產生各種風化作用而使山勢後退、山容變形。其中厚層堅硬的「造崖岩」較易產生機械風化而成為絕壁斷崖，而岩質軟弱者則易產生化學風化而生成土壤，成為和緩山坡。



照片 4.8 太魯閣峽谷之峭壁斷崖，由大規模厚層之「造崖岩」所造成。



照片 4.9 軟岩風化成和緩山坡。

4. 「3S」與「2S」山坡

山坡型態乃岩性最佳之指標，常可以「遙感」(Remote sensing)方法作遠距離之地質大體觀察而可無重大失誤之虞。

在軟硬岩互層的近水平地層之分布區，如美國大峽谷 (Grand canyon) 或台灣鼻頭角，其山坡常呈現 3S (Triple S) 之山坡，即：「絕壁」(Scarp)、「岩棚」(Shelf) (山坡上突出之水平而平坦岩面) 和「斜坡」(Slope)。其軟硬岩分布之位置一目了然。

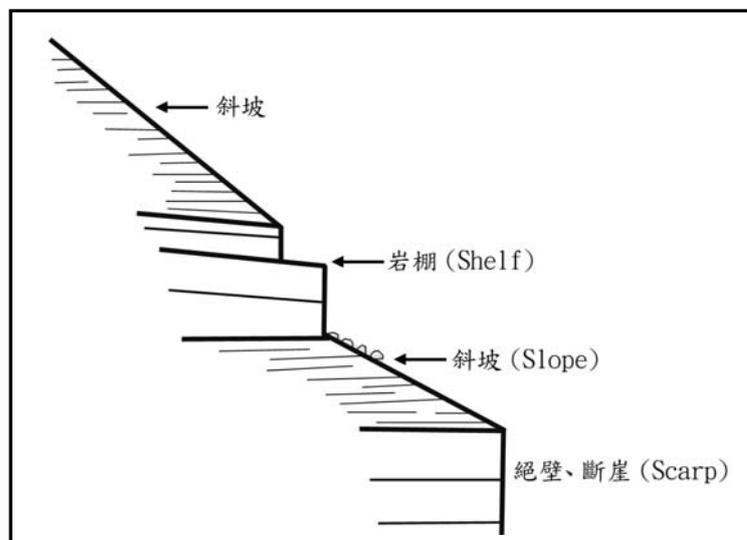


圖 4.3 3S 山坡示意圖



照片 4.10 鼻頭角 3S 山坡。

立霧溪為變質岩分布區，因岩層構造極度擾亂，由水平層面構成的「岩棚」(Shelf) 幾不存在，因此只有大理岩之硬岩「絕壁」(Scarp) 和板岩、片岩之軟岩「斜坡」(Slope) 構成的 2S 山坡，或大理岩或片麻岩等單一硬岩構成之「絕壁」(Scarp) 1S 山坡。



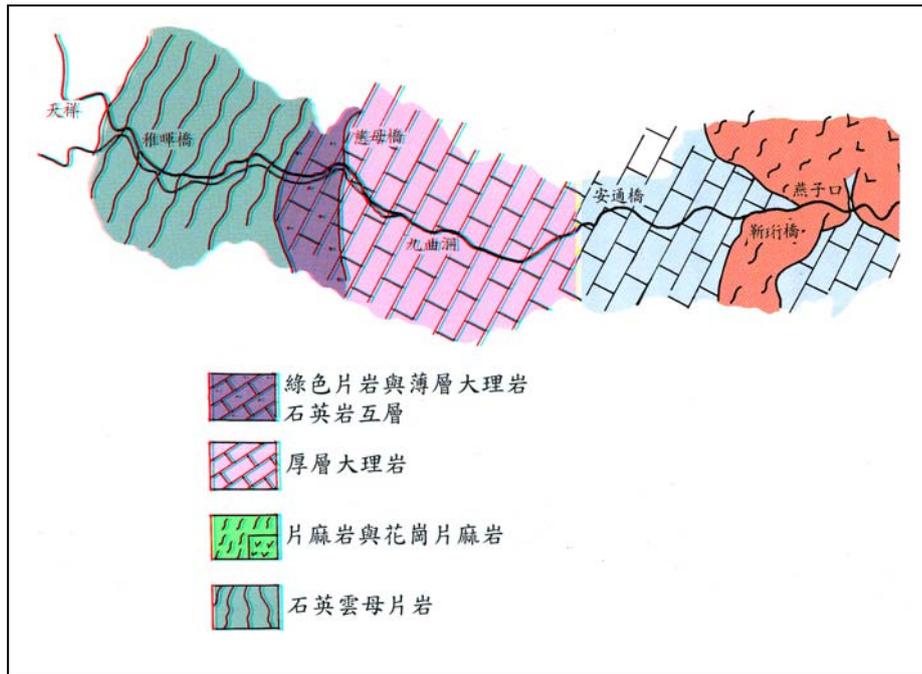
照片 4.11 立霧溪片麻岩構成之 1S 絕壁。



照片 4.12 立霧溪大理岩絕壁和片岩緩坡構成之 2S 山坡。

5. 大峽谷與小峽谷

峽谷峭壁規模大小決定於「造崖岩」的厚度。立霧溪最厚的「造崖岩」是靳珩橋至慈母橋之間的厚層大理岩，如下圖所示，斷崖高度達四、五百公尺，而錐麓斷崖者更達八百公尺。



(王執明，1991)

圖 4.4 太魯閣峽谷地質圖



照片 4.13 九曲洞巨厚大理岩大「造崖岩」之大峽谷。

文山地區之「造崖岩」為石英質片岩，其均質性與厚度遠不如九曲洞大理岩，因此其峽谷規模較小，蓋有大小巫之別。



照片 4.14 文山地區片岩小「造崖岩」之小峽谷。

6.內峽谷與峽谷內

天祥標高約 220 公尺，因其為中部橫貫公路服務之重鎮，路線高程受其控制，故其以東，路線都靠近立霧溪床而行，沿途兩岸峭壁蔽天，立霧溪湍流儀態萬千，聲色俱佳，其風景天下一絕。遊客身在深谷中，巨岩壓頂，抬頭仰望天成一線，其地勢之危殆，令人驚懾不已。



照片 4.15 「峽谷內」中橫公路視野。

天祥以西，中橫公路朝標高一千公尺的洛韶而去，路線高出峽谷，遊客但知下有立霧溪，然其聲色俱已遠離感官矣。公路上之視野逐漸開闊，群山獻媚，頓有海濶天空，壓力全消之感。



照片 4.16 「峽谷外」中橫公路視野。

世人為區別天祥東、西邊景色之殊異，而稱在其東邊者為「內峽谷」(或太魯閣內峽谷)，在其西邊者為「外峽谷」。實際上整條立霧溪，狹谷雖有高低之別卻從沒消失過。因此，所謂「內峽谷」者乃觀景者處於「峽谷內」之謂，而「外峽谷」者乃觀景者處於「峽谷外」之謂。處於「峽谷內」者感受到峽谷地形之險峻，而「外峽谷」者則否。

7. 文山溫泉地區

中橫公路在文山段雖然已在「峽谷外」，但文山溫泉則在「峽谷內」，而俱有內峽谷之各種地勢上之特色。



照片 4.17 中橫路上文山溫泉區入口。



照片 4.18 文山溫泉區峽谷內地勢。

8. 峽谷之凹岸沖

山區溪床以坡度大、流水湍急為其特性。溪流有縱向沖蝕和橫向沖蝕兩種作用。坡降大之溪床以縱向沖蝕、刷深溪床造成深谷為主力。但流路上有堅硬岩石擋路時，流水就會閃避而造成曲流。曲流為溪水側蝕之主力，側蝕造成凹岸後退，久之則形成坡度大於九十度之懸壁。峭壁與懸崖皆為山壁崩塌之溫床。



照片 4.19 立霧溪橫向沖蝕溪岸，造成峭壁與懸崖之雛形。

燕子口和文山溫泉處腹大口小之甕形峽谷溪床，乃高山溪流縱橫向沖蝕之產物。



照片 4.20 燕子口兩岸高大平滑懸壁。



照片 4.21 文山兩岸小型參差懸壁。

9.自由面

然而，溪流的縱橫向沖蝕作用所造成的懸崖絕壁，提供上坡鬆動岩石向下運動的自由空間，稱之為「自由面」。



照片 4.22 九曲洞大理岩懸壁下方之崩塌「自由面」。

自由面使上方岩石失去平衡而崩塌，才使溪谷得以擴大。所以沖蝕與崩塌之反復作用是溪谷成長的機制，如下圖所示。

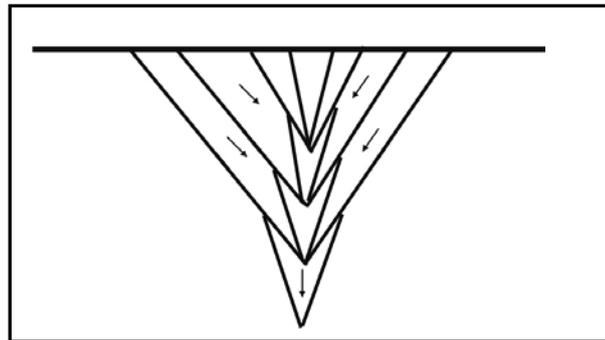


圖 4.5 溪谷成長機制示意圖

大地上涓涓細流不捨晝夜的無間歇的沖蝕與崩塌的循環運作，終於使其於百十萬年間而成就今日的峽谷景象。即使是此刻，在我人談話中或筆尖的移動中，峽谷也正悄悄地增長中。

第五章 峽谷崩塌機制

山坡之土壤或岩石在重力作用下之集體自然移動現象稱為崩塌 (Landslide)，其形成之地貌為崩塌地。山坡崩塌對人員財產造成損害者屬地質災害；地震、火山爆發等災害亦屬之。文山溫泉落石傷人，故為地質災害事件。

文山溫泉地區在峽谷內。峽谷由峭壁斷崖所組成，其崩塌以落石為其主要型態。故本章特將峽谷崩塌機制分析如下。

5.1 峽谷崩塌機制

1. 崩塌條件

鬆動土壤或岩石及其下坡的自由面是山坡崩塌之必要條件。山坡上岩塊鬆動是切斷與母岩之連繫的分離作用。山坡峭壁上岩塊鬆動通常經由下列的岩石破裂與風化作用的過程：

(1) 解壓節理

岩壁由於山谷空間的形成，解除谷壁側面壓力，而產生平行於谷壁之張力裂隙，稱之為「解壓解理」。有自由面之張力裂隙岩石已具備崩塌條件。



照片 5.1 岩壁上之「解壓解理」為崩塌之必備條件。

(2) 物理化學性風化作用

岩石與大氣、水和陽光接觸之表面產生物理性崩解和化學性分解等破壞性作用，而變成破碎而疏鬆之土壤。土壤與母體之間為容易分離之「物理不連續面」(Physical discontinuity)，乃崩塌之基面。節理面兩面皆與空氣接觸而風化，故節理發達之岩體更容易風化崩塌。



照片 5.2 文山破碎風化板岩形成外側岩石崩落之分離面。

新生的地形面由溪床下切產生。故距溪床越近之地形面越年青，其岩石越新鮮；越遠（高）者越年老，其岩石因長期的風化作用變成土壤的部份越大。此所以近嶺頂者坡度緩，近溪床者坡度陡。(參考圖 4.2)



照片 5.3 近溪床之新生溪岸岩石新鮮而陡。



照片 5.4 距溪床越遠者風化越久，其山坡越趨緩。

(3) 生物性風化作用

地衣 (Lichen) 等苔蘚類及草類植物著生於鬆濕岩面上，分泌酸性物質，可加速岩面之風化和分離作用。

飛來之樹木種子著床於風化岩石裂隙中，久之根系漸粗，深入並撐裂岩隙；而樹大則招風，颱風來襲時，樹幹搖晃及於根部，終使風化岩塊與母體完全分離而崩落。此種情況以崖緣之獨立大樹尤為危險。



照片 5.5 峭壁裂隙上的草類及暗色苔蘚類促進風化作用。



照片 5.6 文山崖緣獨立大樹樹根深入岩隙，可撐裂岩石使之崩落。

2. 崩塌地點

崩塌恆發生於山坡之縱向凸坡緣。「縱向凸坡」係指山坡坡度向下坡遞增的坡形。

以下是太魯閣峽谷凸坡的幾種型式，可藉以事先辨識可能崩塌之處。

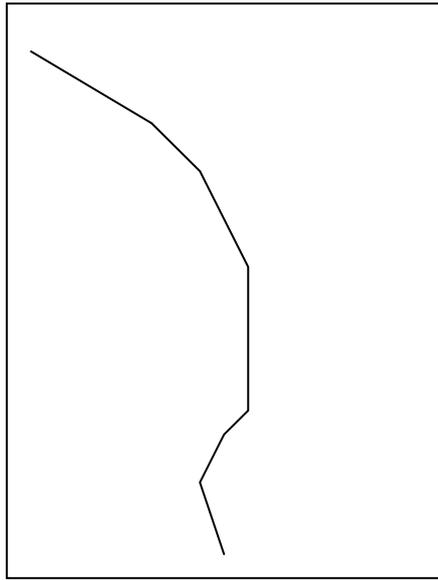


圖 5.1 複合型凸坡



照片 5.7 燕子口複合型凸坡。

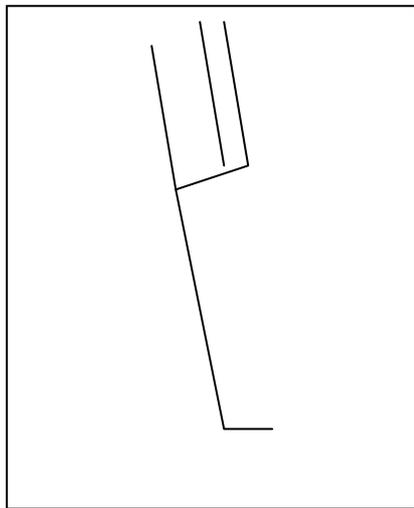


圖 5.2 垂直節理面崩落凸坡



照片 5.8 九曲洞垂直節理面崩落凸坡。

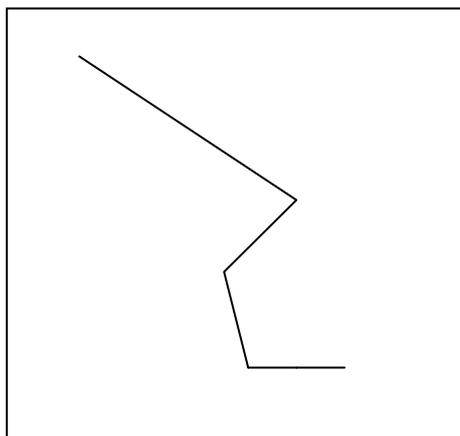


圖 5.3 兩面>型懸崖凸坡



照片 5.9 九曲洞兩面>型懸崖凸坡。

凸坡緣處容易發生崩塌乃因其具有邊坡崩塌之要件：

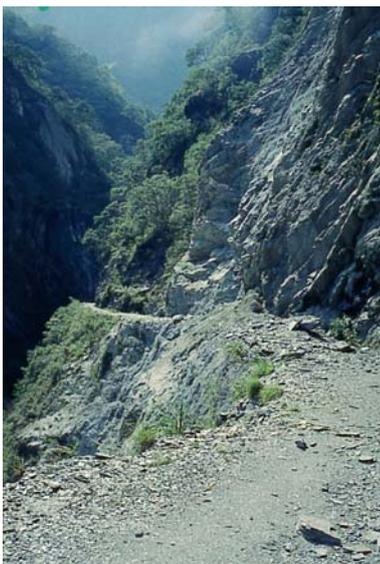
- (1) 突坡緣下方恆為自由面；
- (2) 凸坡至少有兩岩面受到風化，風化較深。

3.崩塌時機

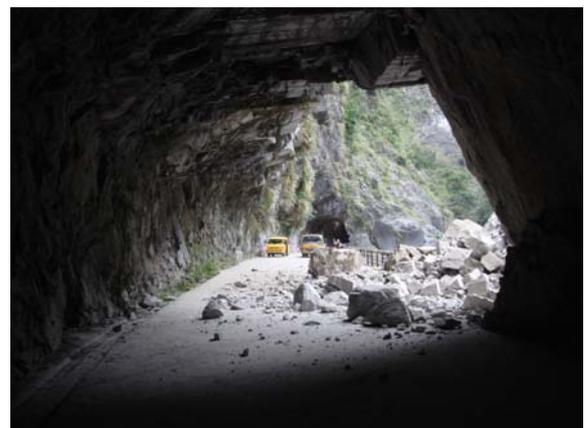
下列時機可使峭壁風化岩石完脫離母體而崩落：

- (1) 降雨崩塌—降雨時，雨水滲入岩石土壤裂隙，增其裂隙水壓與重量而崩塌。
- (2) 地震崩塌—強震時，坡度 60° 以上山坡之風化層會被震落。
- (3) 颱風崩塌—颱風時，強勁風力搖晃淺根樹木枝幹，鬆動岩石而崩塌。
- (4) 極限風化崩塌—岩石風化程度到達分離作用之極限時，可於無風、無雨，並無地震的情況下，發生崩塌。

以上四種時機，除颱風、豪雨是明顯可能發生落石的天候徵兆外，崩塌幾乎隨時隨地都可能發生。其中強震時，峭壁區普遍落石如雨下，狀極恐怖；其他原因者則多屬零星崩落。



照片 5.10 白楊瀑布步道地震沿線普遍落石。



照片 5.11 九曲洞局部性風化落石。

4.峭壁區岩石崩落方式

峽谷峭壁岩石崩落以「落石」(Rockfall)為其主要型式。

「落石」是懸崖峭壁上任何大小的鬆動岩塊向下垂直運動的現象。它是崩塌現象(Landslide)中，運動速度最快的一種。

鬆動岩石脫離母體後的運動方式及路徑決定於其所著落之坡型，而大致可分為峭壁、懸崖之凌空墜落以及斜坡面之陡坡彈跳墜落和緩坡滑落等三種運動型態。

其中：

- (1) 斜坡面為中央高兩側低之「橫向凸坡」時，其上坡崩落土石會呈扇形散落，波及範圍大；
- (2) 斜坡面為中央低兩側高之「橫向凹坡」時，其上坡崩落土石會向中央匯集沖落，力道集中而強大；
- (3) 「橫向平坡」之落石為平行墜落而無分散或集中情形。

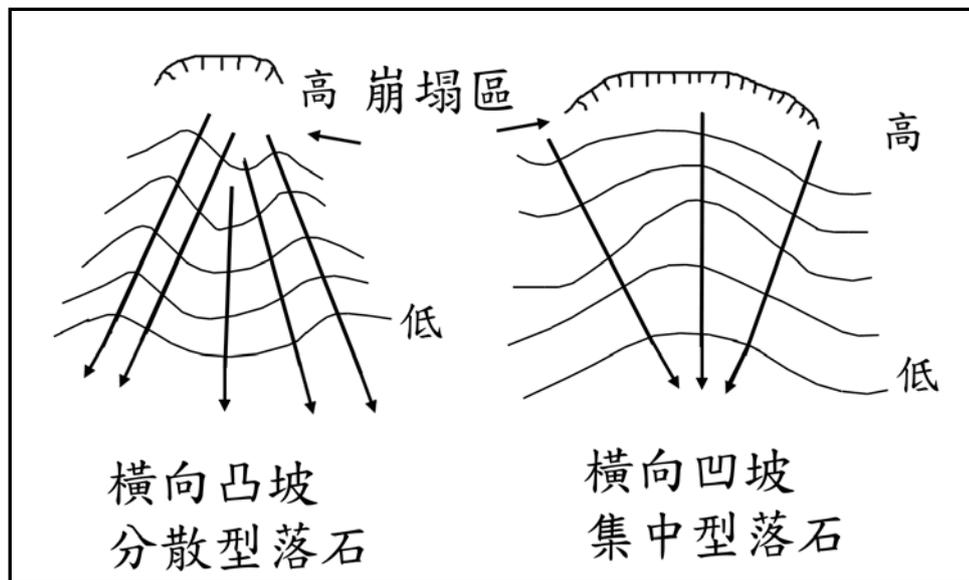


圖 5.4 落石運動型態示意圖

鬆動岩石脫離母體後之運動方式及路徑如下：

- (1) 上下陡坡間夾緩坡—夾於上下陡坡間者為稍緩斜坡。上峭壁墜落石塊在斜坡上蠕移至懸崖緣後，以重力凌空墜落。

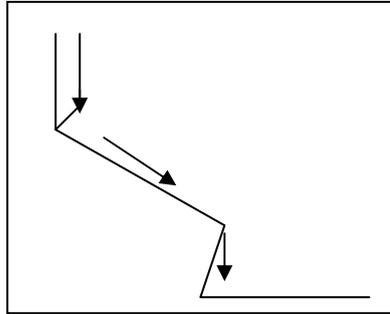


圖 5.5 上下陡坡間夾緩坡之坡型



照片 5.12 文山溫泉橫向凹坡懸崖，落石滑落及凌空墜落坡型。

- (2) 上下陡坡間夾陡坡—夾於上下陡坡間者為陡坡。上峭壁墜落石塊在陡坡上碰撞跳躍至懸崖緣後，或以重力凌空墜落，或彈跳至稍遠處墜落。彈跳之高度約在 2 公尺。

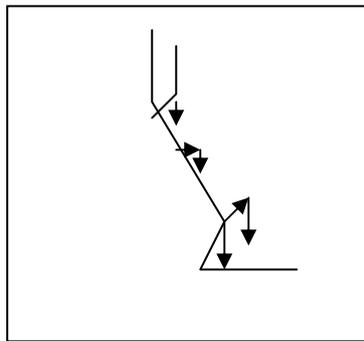


圖 5.6 上下陡坡間夾陡坡之坡型



照片 5.13 九曲洞橫向凸坡，落石散開彈跳墜落及凌空墜落坡型。

(3) 峭壁垂直節理—岩石沿垂直節理凌空墜落。



照片 5.14 九曲洞橫向平坡峭壁垂直墜落。

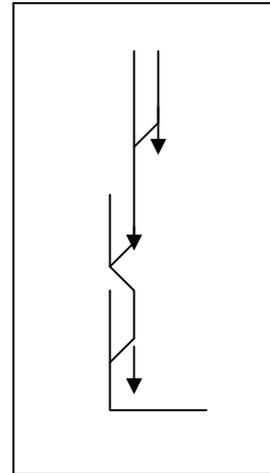


圖 5.7 峭壁垂直節理之坡型

懸崖緣之鬆動岩石，由於極限風化或樹木搖晃撐裂，而凌空墜落時，無聲無息，速度又快於會發出碰撞聲響的跳躍型墜落，幾無預警，最為恐怖。文山溫泉區落石即屬此型。

5.2 峭壁懸崖落石災害之特性

落石是崩塌現象中運動速度最快的一種，當其撞擊保全對象而產生災害時，其特性是：

1. 突發性—幾無預警。
2. 快速性—幾無可閃避。
3. 直擊性—即使極小石粒亦可能致人於死。

故有落石之虞之地區，除非有適當之防護措施，乃潛在極其危險之地區。

第六章 文山溫泉地區地質災害調查

6.1 文山溫泉地區山坡崩塌環境分析

6.1.1 文山溫泉地區集水區及其地形剖面

「集水區」指溪流一定地點以上天然排水所匯集地區。此處「一定地點」係指含文山溫泉地區約 180 公尺長之溪段兩岸上坡天然排水所匯集地區。蓋此集水區內所發生之崩塌，其土石最終會到達文山溫泉溪段，以落石等方式墜入溪床；而在此集水區以外發生之崩塌者則否。故集水區地勢之分析有助於研判計畫區內發生落石時之狀態。

圖 6.1 為文山溫泉地區之集水區範圍及其地形；

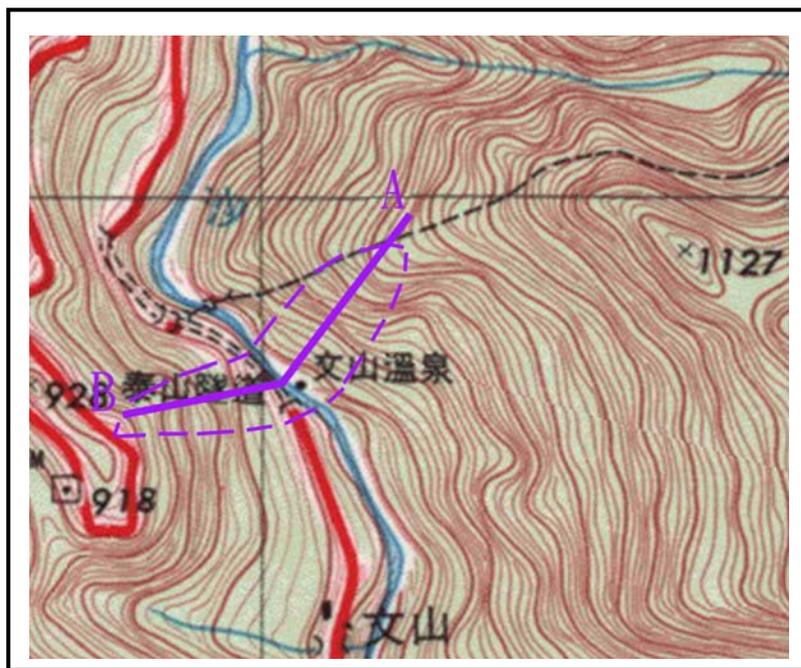
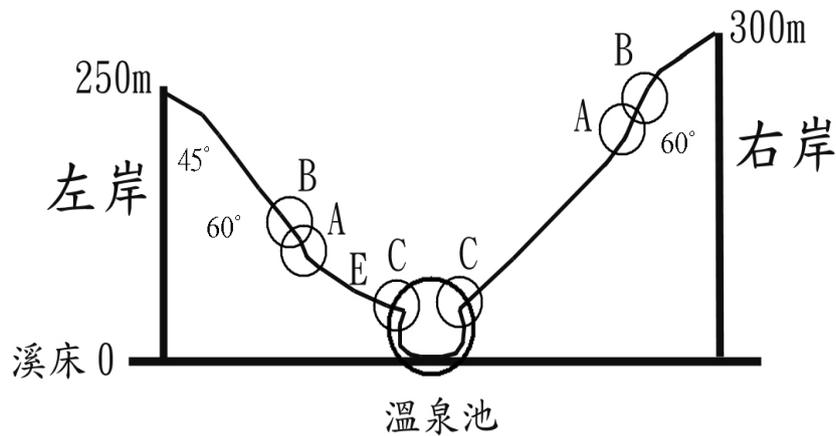


圖 6.1 文山溫泉地區集水區範圍及地形圖

根據圖 6.1，文山溫泉地區兩岸集水區面積共約 14 公頃；河床與山脊之高差，右岸（泰山隧道側）約 300 公尺，左岸（泉源側）約 250 公尺。

圖 6.2 為垂直於溪床和等高線之地形剖面。



比例尺 1:10,000

圖 6.2 文山溫泉地區集水區垂直溪床和等高線之地形剖面

根據本剖面圖所示，本地區容易崩塌之地點，計有 A，B，C 三種地勢，即：

A 區—坡度 $> 60^\circ$ 峭壁；

B 區—凸坡緣；

C 區—懸崖緣；

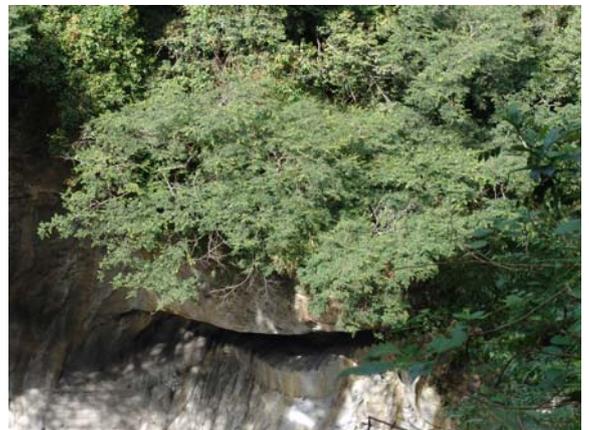
D 區為陡坡落石彈跳區；E 區為緩坡落石滑動區。

6.1.2 文山溫泉地區崩塌與運動類型

圖 6.2 之地形剖面圖顯示本地區有 A，B，C，D，E 等五種地形區，其中 B 區「凸坡緣」之下方因必然為自由面，故不論其規模大小，其存在乃岩石與其母體分離之先決條件。



照片 6.1 小型「凸坡緣」自由面。



照片 6.2 較大型「凸坡緣」自由面。

(1) A 區：坡度 $>60^\circ$ 峭壁—近垂直墜落



照片 6.3 坡度 $>60^\circ$ 峭壁近垂直墜落。



照片 6.4 垂直絕壁垂直墜落。

(2) C 區：坡度 $>90^\circ$ 之懸崖—崖緣凌空墜落



照片 6.5 人工半隧道之懸壁。

(3) D 區：坡度 $>40^\circ$ 之岩石陡坡—跳躍墜落



照片 6.6 懸壁之危岩。

(4) E區：坡度 $<40^\circ$ 之斜坡—蠕移滑落



照片 6.7 坡度 $<40^\circ$ 之斜坡。

6.1.3 文山溫泉地區崩塌時機

本地區發生崩塌之時機計有四種，即：

- (1) 地震崩塌—無預警；
- (2) 豪雨崩塌—梅雨等連續降雨；
- (3) 颱風崩塌—強烈風雨；
- (4) 極限風化崩塌—無預警。

其中以地震崩塌和極限風化崩塌等兩種崩塌因皆無徵兆預警，而為遊憩區最常發生之「意外災害」。

6.2 文山溫泉地區步道等設施區地質災害分段調查

6.2.1 遊憩區崩塌危險度研判基準

崩塌地對保護對象危險性，以崩塌現象發生時可能造成傷害之嚴重性為評估基準；本區以落石災害為主，其嚴重性之評估基準如下：

1. 路況—峭壁懸崖區之通道常為全隧道、半隧道或自然懸崖。
2. 落石型態—全隧道、半隧道或自然懸崖之崩塌型式為落石，包括垂直墜落與彈跳墜落。



照片 6.8 全隧道崩塌高度 (H) 小於 5 公尺。照片 6.9 人工半隧道 (H < 5m)。

3. 落石高度—崩塌高度 (H) 大於 5 公尺者容易肇災，小於 5 公尺者多屬輕微，因此以 5 公尺為界分其輕重。



照片 6.10 自然懸崖 (H > 5m)。

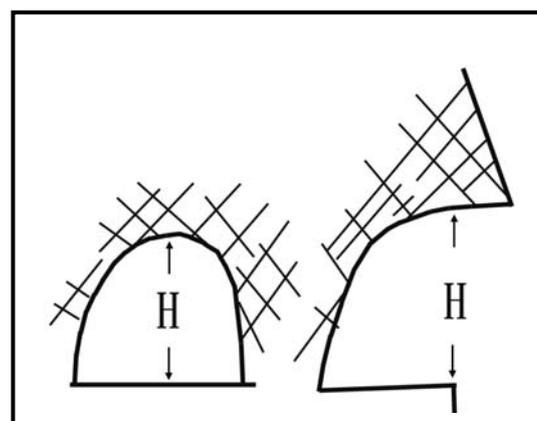


圖 6.3 全隧道與半隧道示意圖

4. 岩壁結構—岩壁穩定度決定於岩石結構：與母體間無分離面存在者，即使下方有自由面也不崩塌；反之岩壁節理縱橫且風化鬆動者易崩。



照片 6.11 岩體結構完整之岩壁。



照片 6.12 節理縱橫之不穩定岩壁。

5. 落石影響範圍—崩落土石之影響範圍多不逾崩塌高度 (H) 之兩倍 (2H)，故在落石地面撞擊點半徑 2H 內為危險區。



照片 6.13 崩落岩石著地後散開範圍略為崩塌高度 (H) 之兩倍。

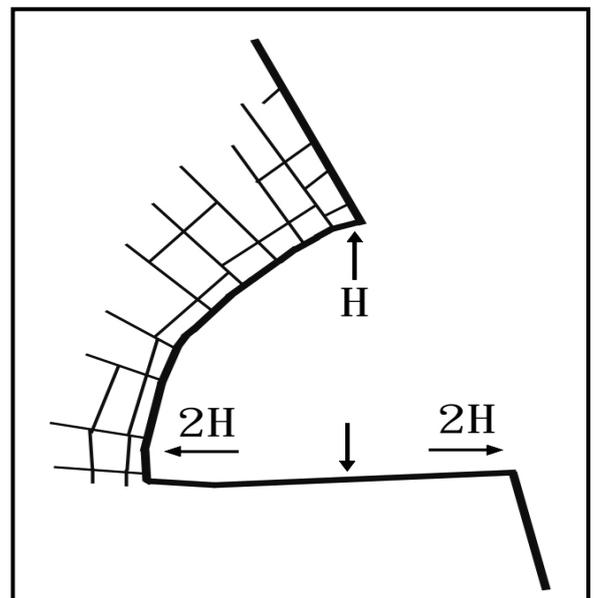


圖 6.4 落石影響範圍示意圖

6. 崩塌地危險度－崩塌地對保護對象危險度，以崩塌現象發生時可能造成傷害之嚴重性為評估基準，危險度分「危險」、「不穩定」、「穩定」等三級。



照片 6.14 「危險」邊坡。



照片 6.15 「不穩定」邊坡。



照片 6.16 「穩定」邊坡。

7. 處理對策－危險度之對應之處理對策為「防護」、「警戒」、「注意」。處理對策中無對崩塌地作直接治理之項目，乃因此地為國家公園，以不改變自然狀態為原則。



照片 6.17 「防護」交通安全之遮蔽工程。 照片 6.18 「警戒」標誌提醒人員勿進入危險區。



照片 6.19 提醒人員注意可能突發路況。

本計畫區崩塌危險度研判基準如下表。

表 6.1 計畫區崩塌危險度研判基準

落石地形區	崩落方式	崩落高度 H (m)	岩壁結構 (鬆動度)	落石撞擊及彈射 影響區	危險度	處理對策
隧道內或懸崖緣垂直投影線以內地區	垂直墜落	H > 5	多組節理 縱橫穿插	落點半徑 2H 以內	A 危險	防護
			單組節理	落點半徑 2H 以內	B 不穩定	警戒
	垂直墜落	H < 5	多組節理 縱橫穿插	落點半徑 2H 以內	B 不穩定	警戒
			單組節理	落點半徑 2H 以內	C 穩定	注意
懸崖或人工半隧道	垂直及彈跳 墜落	H > 5	多組節理 縱橫穿插	落點半徑 2H 以內	A 危險	防護
			單組節理	落點半徑 2H 以內	B 不穩定	警戒
	垂直及彈跳 墜落	H < 5	多組節理 縱橫穿插	落點半徑 2H 以內	B 不穩定	警戒
			單組節理	落點半徑 2H 以內	C 穩定	注意

6.2.2 溫泉地區步道分段調查

調查區分成 A、B、C、D、E 等五部分，前四者為步道，E 為湯池區，各部之地理區位示意圖如下。

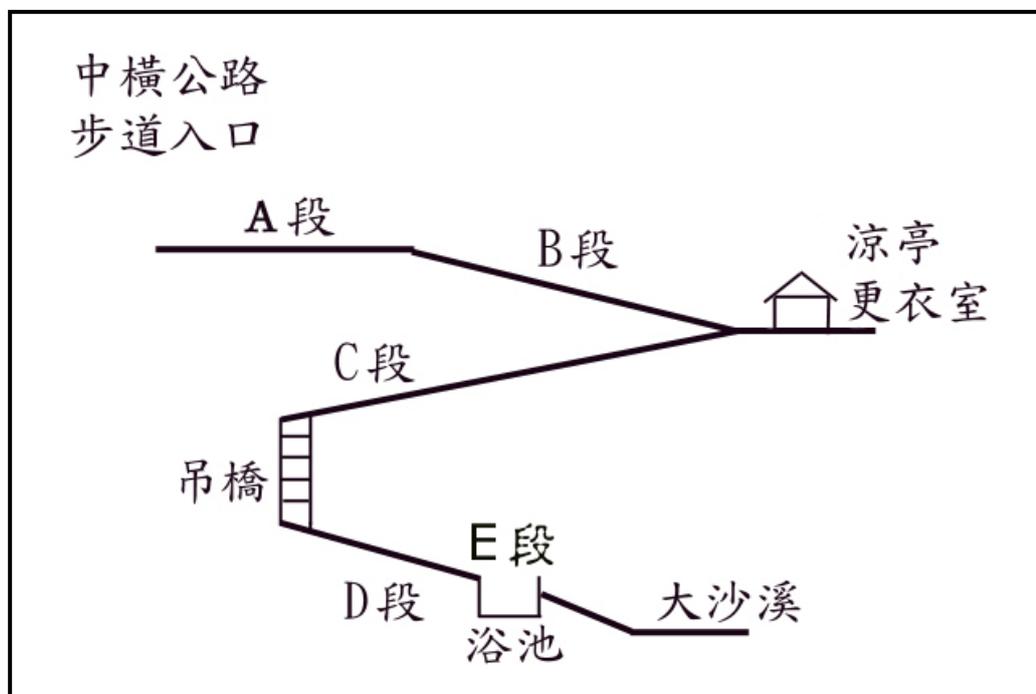


圖 6.5 文山溫泉地區步道分段地理區位示意圖

6.2.3 文山溫泉地區步道分段地質安全調查內容

表 6.2 文山溫泉地區步道分段地質安全調查成果表 (A1)

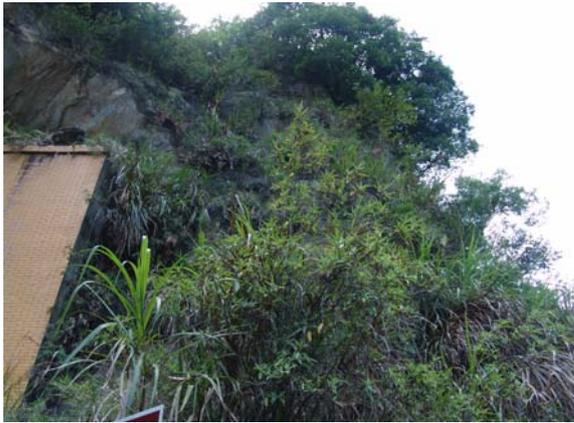
步道分段	步道 坡度 (°)	步道 長度 (m)	步道側壁 類型	步道側 壁緣高 度 (m)	側壁岩質	鬆動岩 塊大小 及形狀	落石 高度 (m)	落石著地點	危險度
A1	0	9	60-90	25	葉理發達 黑色板岩	岩屑	5-30	路面內側	B
									
步道路況：平坦水泥路					步道側壁地形：峭壁至絕壁				
									
步道側壁地質：黑色細葉理板岩，風化呈細碎岩屑。					步道周邊地面崩落岩塊散佈情形：路面岩屑				

表 6.2 文山溫泉地區步道分段地質安全調查成果表 (A2)

步道分段	步道 坡度 (°)	步道 長度 (m)	步道側壁 類型	步道側 壁緣高 度 (m)	側壁岩質	鬆動岩 塊大小 及形狀	落石 高度 (m)	落石著地點	危險度
A2	14	13	90	30	葉理發達 黑色板岩	岩屑	30	路面內外側	B
									
步道路況：木造上坡階梯					步道側壁地形：絕壁				
									
步道側壁地質：葉片狀黑色板岩					步道周邊地面崩落岩塊散佈情形：岩屑				

表 6.2 文山溫泉地區步道分段地質安全調查成果表 (A3)

步道分段	步道 坡度 (°)	步道 長度 (m)	步道側壁 類型	步道側 壁緣高 度 (m)	側壁岩質	鬆動岩 塊大小 及形狀	落石 高度 (m)	落石著地點	危險度
A3	0	33	90	20	葉理發達 黑色板岩	岩屑	30	路面	B
									
步道路況：平坦水泥路					步道側壁地形：絕壁				
									
步道側壁地質：葉片狀黑色板岩					步道周邊地面崩落岩塊散佈情形：岩屑				

表 6.2 文山溫泉地區步道分段地質安全調查成果表 (B1)

步道分段	步道 坡度 (°)	步道 長度 (m)	步道側壁 類型	步道側 壁緣高 度 (m)	側壁岩質	鬆動岩 塊大小 及形狀	落石 高度 (m)	落石著地點	危險度
B1	10	22	>90	3.5	葉理發達 黑色板岩	岩片	3.5	路面外側	C
									
步道路況：下坡平坦水泥路					步道側壁地形：懸壁				
									
步道側壁地質：灰色粉砂質板岩					步道周邊地面崩落岩塊散佈情形： 手掌大岩片				

表 6.2 文山溫泉地區步道分段地質安全調查成果表 (B2)

步道分段	步道坡度 (°)	步道長度 (m)	步道側壁類型	步道側壁緣高度 (m)	側壁岩質	鬆動岩塊大小及形狀	落石高度 (m)	落石著地點	危險度
B2	陡下坡 30	60	>90	25	片理發達 石英雲母 片岩	岩片	10	路面內外側	A
									
<p>步道路況：陡下坡木板階梯</p>					<p>步道側壁地形：高大之岩質破碎懸崖</p>				
									
<p>步道側壁地質：石英質堅硬片岩</p>					<p>步道周邊地面崩落岩塊散佈情形： 少量岩片</p>				

表 6.2 文山溫泉地區步道分段地質安全調查成果表 (B3)

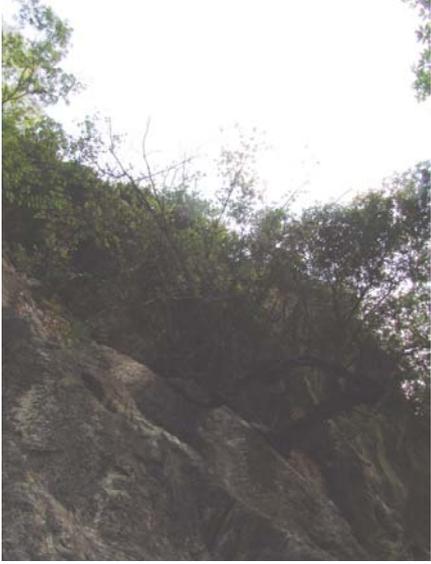
步道分段	步道坡度 (°)	步道 長度 (m)	步道側 壁類型	步道側 壁緣高 度 (m)	側壁岩質	鬆動岩 塊大小 及形狀	落石 高度 (m)	落石著地點	危險度
B3	更衣室前下 坡木板階梯	15	>90	30	片理局部發達 石英雲母片岩	片狀	30	路面內外側	A
									
步道路況：緩下坡階梯					步道側壁地形：片狀至塊狀岩石懸崖				
									
步道側壁地質： 灰色片狀至塊狀石英質片岩					步道周邊地面崩落岩塊散佈情形： 少量小岩塊				

表 6.2 文山溫泉地區步道分段地質安全調查成果表 (C)

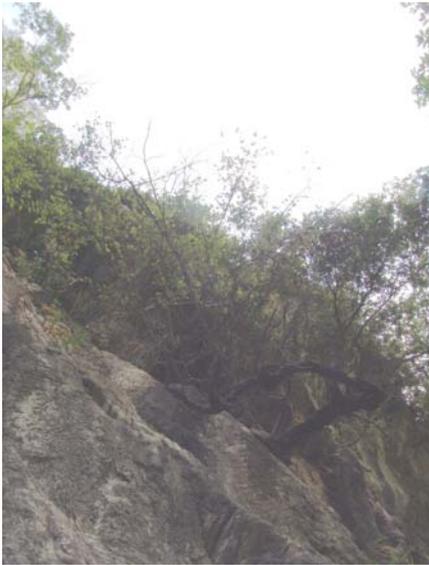
步道分段	步道坡度 (°)	步道 長度 (m)	步道側 壁類型	步道側 壁緣高 度 (m)	側壁岩質	鬆動岩 塊大小 及形狀	落石 高度 (m)	落石著地點	危險度
C	0	5	>60	30	石英片岩	片狀	30	路面內側	A
									
<p>步道路況：盥洗室位於步道迴頭彎處</p>					<p>步道側壁地形：左側為植被頗佳之陡斜坡</p>				
									
<p>步道側壁地質：側壁為塊狀石英片岩</p>					<p>步道周邊地面崩落岩塊散佈情形： 目前無顯著崩塌現象</p>				

表 6.2 文山溫泉地區步道分段地質安全調查成果表 (C1)

步道分段	步道坡度 (°)	步道 長度 (m)	步道側 壁類型	步道側 壁緣高 度 (m)	側壁岩質	鬆動岩 塊大小 及形狀	落石 高度 (m)	落石著地點	危險度
C1	木板階梯， 20	51	崩積層 緩斜坡	5	石英質片岩 崩積層	岩片	<5	滑落路面	C



步道路況：更衣室往吊橋之下坡步道

步道側壁地形：頭頂無岩壁

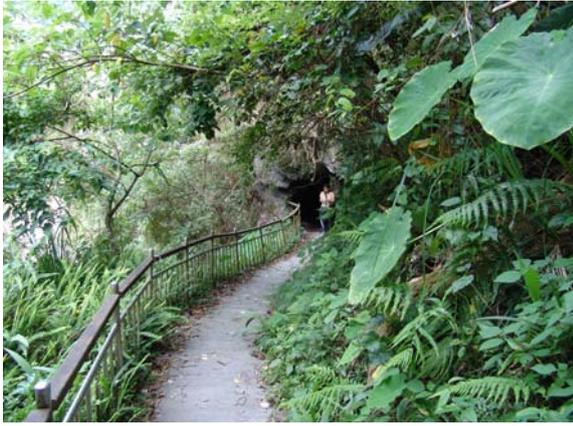


步道側壁地質：
步道上坡側為石英質片岩之崩積層

步道周邊地面崩落岩塊散佈情形：
側上坡崩積層受地表逕流沖刷至路面

表 6.2 文山溫泉地區步道分段地質安全調查成果表 (C2)

步道分段	步道坡度 (°)	步道長度 (m)	步道側壁類型	步道側壁緣高度 (m)	側壁岩質	鬆動岩塊大小及形狀	落石高度 (m)	落石著地點	危險度
C2	10	15	<60 斜坡	20	石英片岩崩積層	岩片	5	滑落路面	C



步道路況：緩坡步道

步道側壁地形：植生良好斜坡



步道側壁地質：片狀剝離之岩片崩積層、植被良好

步道周邊地面崩落岩塊散佈情形：側坡崩積物略有蠕移

表 6.2 文山溫泉地區步道分段地質安全調查成果表 (C3)

步道分段	步道 坡度 (°)	步道 長度 (m)	步道側壁 類型	步道側 壁緣高 度 (m)	側壁岩質	鬆動岩 塊大小 及形狀	落石 高度 (m)	落石著地點	危險度
C3	5	17	隧道	2.5	片理發達 石英雲母片岩	岩片	2.5	隧道內	C



步道路況：步行隧道

步道側壁地形：隧道洞頂和洞壁未有襯砌，切線與片理垂直



步道側壁地質：石英雲母片岩，自洞頂和洞壁微有碎石脫落

步道周邊地面崩落岩塊散佈情形：洞內新鮮脫落石塊，因高度小而不致傷人

表 6.2 文山溫泉地區步道分段地質安全調查成果表 (C4)

步道分段	步道坡度 (°)	步道長度 (m)	步道側壁類型	步道側壁緣高度 (m)	側壁岩質	鬆動岩塊大小及形狀	落石高度 (m)	落石著地點	危險度
C4	0-5	25	>90	30	片理發達 石英片岩	岩片	5	路面內外側	B
									
步道路況：平坦水泥路面					步道側壁地形：30 公尺高懸崖				
									
步道側壁地質：黑灰色板岩夾石英雲母片岩					步道周邊地面崩落岩塊散佈情形：路面少見崩落石塊				

表 6.2 文山溫泉地區步道分段地質安全調查成果表 (D)

步道分段	步道坡度 (°)	步道長度 (m)	步道側壁類型	步道側壁緣高度 (m)	側壁岩質	鬆動岩塊大小及形狀	落石高度 (m)	落石著地點	危險度
D	38	50	懸崖	5	堅實石英質片岩夾石英岩	岩片	5	路面內外側	B



步道路況：陡峻階梯步道抵已廢棄湯池

步道側壁地形：5 公尺高懸壁



步道側壁地質：塊狀石英質片岩夾石英岩

步道周邊地面崩落岩塊散佈情形：
步道已遭洪流破壞

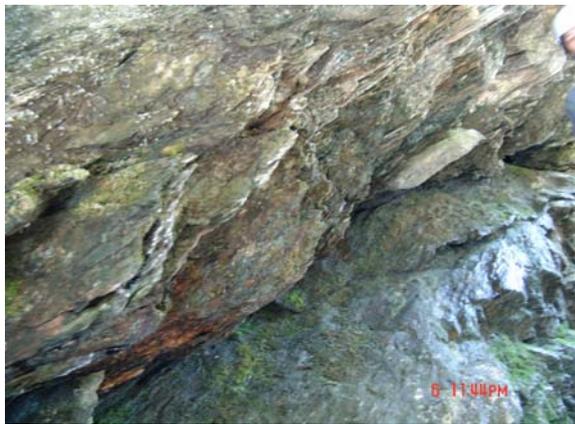
表 6.2 文山溫泉地區步道分段地質安全調查成果表 (E)

步道分段	步道坡度 (°)	步道長度 (m)	步道側壁類型	步道側壁緣高度 (m)	側壁岩質	鬆動岩塊大小及形狀	落石高度 (m)	落石著地點	危險度
E	0	50	>90	30	片理發達 石英雲母片岩 崖緣危木	岩片	30	湯池區 內外側	A



步道路況：被淤沙填滿之湯池

步道側壁地形：崖緣巨木危殆恐怖



步道側壁地質：
沿片理折裂之堅實石英質片岩

步道周邊地面崩落岩塊散佈情形：
自崖緣墜落至湯池之岩片造成傷害

6.3 文山溫泉地區地質災害調查成果與課題分析

6.3.1 文山溫泉地區步道分段調查成果一覽表

表 6.3 文山溫泉地區步道分段調查成果一覽表

步道分段	步道 坡度 (°)	步道 長度 (m)	步道側 壁坡度	側壁 高度 (m)	側壁岩質 及結構	崩落 石塊	路面落 石高度 (m)	影響區	危險度
A：自中橫路 面上坡路段									
A1	0	9	60-90	30	葉理發達 黑色板岩	岩屑	5-30	路面 內側	B
A2	14	13	90	30	葉理發達 黑色板岩	岩屑	30	路面 內外側	B
A3	0	33	90	20	葉理發達 黑色板岩	岩屑	30	路面	B
B：下坡至更 衣室路段									
B1	10	22	>90	3.5	葉理發達 黑色板岩	岩片	3.5	路面 外側	C
B2	陡下坡 30	60	>90	25	片理發達 石英雲母片岩	岩片	10	路面 內外側	A
B3	更衣室前 下坡木板 階梯	15	>90	30	片理局部發達 石英雲母片岩	片狀	30	路面 內外側	A
C 盥洗室	0	5	>60	30	石英片岩	片狀	30	路面 內側	A
C1	木板階 梯，20	51	崩積層 緩斜坡	5	石英質片岩 崩積層	岩片	<5	滑落路 面	C
C2	10	15	<60 斜 坡	20	石英片岩 崩積層	岩片	5	滑落 路面	C
C3	5	17	隧道	2.5	片理發達 石英雲母片岩	岩片	2.5	隧道內	C
C4	0-5	25	>90	30	片理發達 石英片岩	岩片	5	路面內 外側	B
吊橋									
D	38	50	懸崖	5	堅實石英質 片岩夾石英岩	岩片	5	路面內 外側	B
E	0	50	>90	30	片理發達 石英雲母片岩 崖緣危木	岩片	30	湯池區 內外側	A

文山溫泉地區步道總長度約 365 公尺，分為十三路段，各分段調查成果一覽表顯示其中：

1. 「危險」路段有四；
2. 「不穩定」路段有五；
3. 「穩定」路段有四。

6.3.2 課題分析

本計畫區危險路段與穩定路段穿插而呈現以下課題：

1. 無預警落石－懸崖區凌空墜落和跳躍墜落（右岸），無法預料。
2. 災難性災害－落石自天而降，直接撞擊人員，傷害力強。
3. 無法控制之災源區－高處不定點崩落，技術與經濟皆有困難。
4. 點狀落石控制線形遊憩活動－沿線局部落石就須全線警戒而封閉本遊憩區。

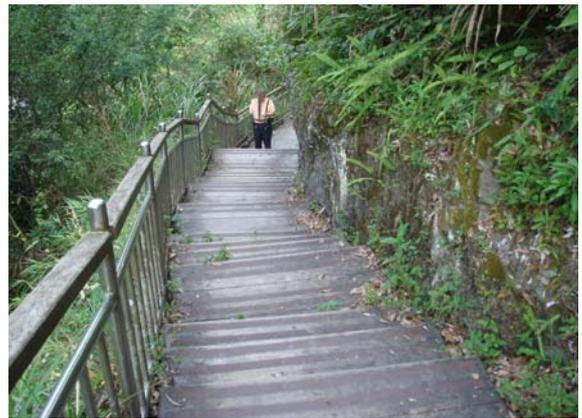
第七章 文山溫泉地區地質災害對策

7.1 地質災害防制之硬體對策—地質災害之防制，不外「疏、隔、攔、迴避法」。

1. 疏—以攔柵、警戒線等疏導和限制人員活動範圍，避免其誤入危險區。



照片 7.1 以警戒標示疏導和限制人員活動範圍。



照片 7.2 以攔柵疏導和限制人員活動範圍。

2. 隔—以柵、牆 (Fence) 和庇護所 (Shelter) (防護棚、明隧道) 等「防護工事」，有效分隔人員活動區與土石活動區。



照片 7.3 以防落石柵區隔人員活動範圍。



照片 7.4 以明隧道區隔人員活動範圍。

3. 攔—以「抑制工法」(以整坡、植生等改造邊坡形貌方法穩定邊坡)或「抑止工法」(以擋土牆、岩錨等方法控制邊坡崩塌)攔阻邊坡發生崩塌及落石移動至保全區。



照片 7.5 以抑止工攔阻邊坡發生崩塌及落石移動至保全區。



照片 7.6 以抑制工攔阻邊坡發生崩塌及落石移動至保全區。

4. 迴避—當疏、隔、攔等防災工法無法防制災害時，不得已採封閉遊憩區之方式維護遊憩安全。



照片 7.7 封閉是防災工法無法防制之最後防線。

7.2 文山溫泉地區落石災害防治原則

1. 落石災害防治分為災源區（落石發生區）治理（攔）與保全對象之直接保護（隔）措施等二項。
2. 災源區治理以治理人力及機具可及之災源區為限；其不可及者則採取直接保護保全對象之措施。
3. 然而，國家公園內對崩塌地採災源區治理有違自然生態保護原則，故除區域通過性道路，公路主管機關普遍採用外，遊憩區基於維護自然景觀之原則，不宜應用災源區治理策略以避免爭議。
4. 本區「危險性」步道及溫泉浴池等可能發生高處落石之災源區，唯有採取「隔」離災害以直接保護保全對象措施一途。

7.3 文山溫泉地區地質安全對策構想

1. 以維護遊憩安全為著眼點，而非治理崩塌地。
2. 地質災害防制之策略為直接保護保全對象。遊憩安全防護設施須滿足三條件：
 - （1）有效保護遊憩安全；
 - （2）無礙景觀視野；
 - （3）無礙自然生態。
3. 防護設施包括防止落石直接撞擊之「防落石棚架」和落石撞擊地面後側向彈射之「防落石柵」。

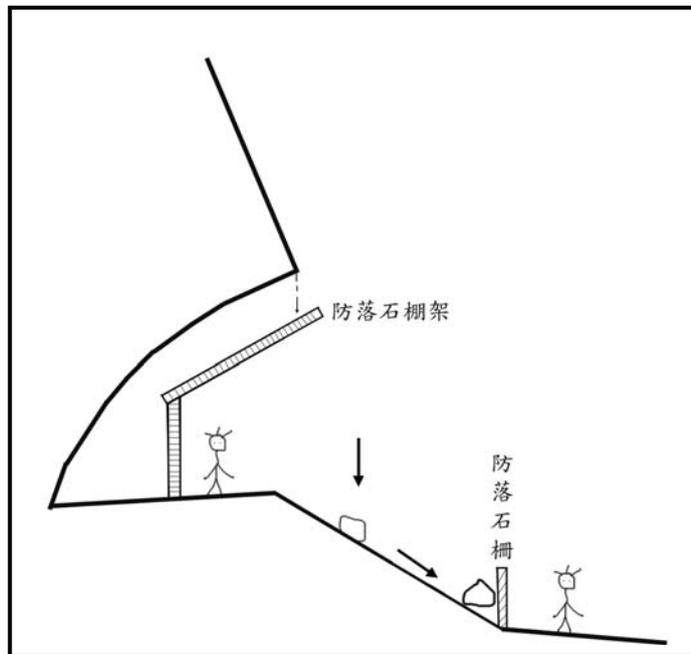


圖 7.1 防護設施功能示意圖

4. 中橫和蘇花公路易落石路段，公路機關正不遺餘力以隧道迴避、崩塌地抑制工程、抑止工程和防護工程等，以經營零災害公路之際，如長春祠、燕子口，九曲洞等懸崖絕壁和半隧道等危險路線，將由國家公園管理處接管作為景觀步道。故國家公園管理處對此等落石高風險步道應研擬永續安全經營對策，以防止二、三級遊憩區因落石意外而封閉所導致之萎縮情況的發生。



照片 7.8 以隧道保護行旅安全。



照片 7.9 以防護工程保護行旅安全。



照片 7.10 以防護工程保護行旅安全。



照片 7.11 以明隧道保護行旅安全。

7.4 地質災害防制之軟體對策

1. 風險的不確定性

太魯閣峽谷是因其險峻的地景吸引中外遊客，所以峽谷險峻的地景是其觀光遊憩資源，具有開發利用之經濟價值。險峻的地景難免有一定程度的落石等地質災害風險，而偶會發生遊客傷亡的意外事件，更須有適當之安全管理措施。

經濟資源與災害並存於一地時，自然產生資源利用與安全管理間的矛盾：如封閉危險遊憩區以根絕禍患，則有「因噎廢食」，影響地方經濟之譏；開放而發生災害則有管理疏失之責。此種兩難之局，全世界皆尚未有兩全其美的解答。

根據過去關於太魯閣地區地質災害情況的觀查與研究，對落石發生機制和受災範圍，已經可能作相當程度的掌握，惟獨對發生時日尚無法預料，更可能是永遠無法預測。此乃人類對地質災害無法如願徹底根除之原因。

2. 管理單位「使知」的責任

在此種情況下，在如太魯閣峽谷等國內外聞名的國家重要觀光遊憩地區，為維護和提升遊憩安全，行政上，應盡最大的「使知」之能力，將過去本區有落石之虞之地區及其地質環境情況和災害實態，以各種適切之方式，積極的提供其內容已經力求正確之資訊，予遊客和地方團體，使其能適切的因應猝然而臨之地質災害問題。

3. 遊客與地方團體「知之努力」

遊客與地方團體為保護自身安全，免於意外受到傷害，對管理機關提供之資訊應認真理解，以獲得當地地質災害特性、發生前兆，以及適時的警戒避難之要領等重要知識，以便臨事作出正確之判斷及行動保護自己。

由於高經濟成長促進國民旅遊需求，因此有旅遊價值之風險風景區仍有開放之需求與壓力。兩全之道在於防災設施、安全資訊和遊客自保之意識。

第八章 文山溫泉與資源利用

8.1 文山溫泉產狀

1. 文山溫泉露頭

文山溫泉在大沙溪左岸，浴池之下游側。溫泉露頭在溪岸三角形岩窟內。岩窟內岩石露頭底部為堅實塊狀石英質變質岩，厚度大於二公尺，上覆裂隙發達之石英雲母片岩。兩者間之界面為約 45° 之斷層面，岩壁為「逆向坡」。泉水自此斷層露頭之最低處湧出。



照片 8.1 文山溫泉在大沙溪左岸，浴池之下游側。



照片 8.2 溫泉露頭在溪岸三角形岩窟內。



照片 8.3 斷層面逆向坡與溫泉露頭之關係。



照片 8.4 泉水自斷層面露頭最低處湧出。

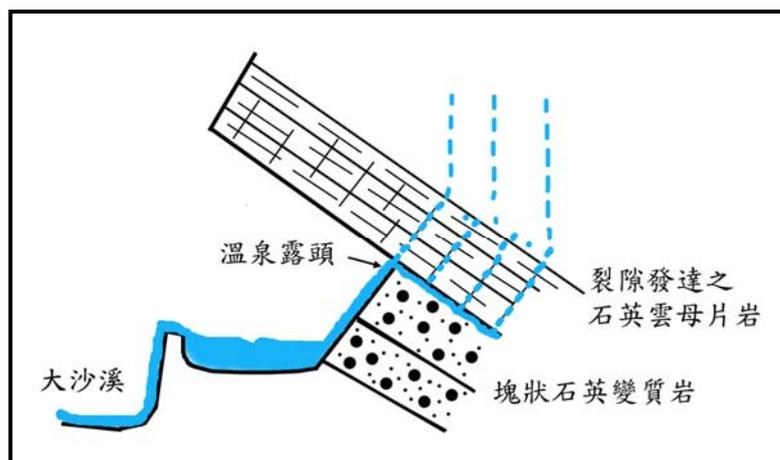


圖 8.1 文山溫泉露頭示意圖

2. 溫泉水質

文山溫泉水溫約 45 度,以其溫度高於人類體溫,故為溫泉 (Thermal spring) 中之「熱泉」(Hot spring)。

文山溫泉為含碳酸氫鈣之碳酸泉而略有硫磺味。池內水色呈透明祖母綠,以溶有碳酸鹽礦物質之故。

泉水流經岩面時,沉澱石灰岩質乳黃色石灰華(Travertine),並有褐色和綠色藻類著生於附近岩壁上。



照片 8.5 岩面沉澱淡黃色石灰華。



照片 8.6 褐色和綠色藻類著生於附近岩壁上。

3. 溫泉水源與水量

文山溫泉露頭上盤為透水性較大之破碎片岩，下盤為不透水塊狀變質石英質硬岩，故泉水來源疑為天水經破碎片岩滲透至地殼深處加熱後，沿斷層下盤不透水之石英岩層面上升而流出地面。故文山溫泉應以天水為主體，但加熱之熱源究竟為岩漿、熱岩、或地熱則不明。



照片 8.7 斷層面上盤破碎片岩。



照片 8.8 斷層面下盤堅實岩層。

文山溫泉水量，以自水源池向大沙溪溢流量所作粗判，約每分鐘 100 公升，每小時 6 立方公尺，每天可生產原水約 150 立方公尺；而自溫泉露頭出水口石灰華沉澱範圍之侷限性觀之，則其流量應屬長期穩定。



照片 8.9 文山溫泉排水口。



照片 8.10 文山溫泉露頭出水口石灰華沉澱。

8.2 文山溫泉資源利用

由以上粗略之估計，文山溫泉每天可生產原水約 150 立方公尺。囿於溫泉法溫泉露頭一定範圍內不得為開發行為（第 6 條）之限制，以及文山溫泉地區之地質災害對策尚待確定的現況下，於溫泉露頭設置集水設備，並抽取至文山階地利用之可行性，以及溫泉原水產量利用溫泉地質產狀以人工方式予以增加之可行性等課題，應有深入評估探討之價值。

第九章 自然風景型國家公園天災課題

9.1 步道區斷崖落石課題

自然風景型國家公園以壯麗自然景色和獨特之野趣吸引遊客。太魯閣國家公園即屬此類，以蘇花公路上之清水斷崖、中橫公路上之立霧溪谷、三棧溪谷、南湖大山、中央尖山、奇萊山、合歡山等為代表。

清水斷崖雖為蘇花公路上最為險峻壯麗之一段海景，而列為台灣八景之一，卻因懸崖落石頻仍，安全賞景據點唯有小清水蘇花舊路一處，加上蘇花公路停車困難等因素，使遊客大多只能在車上驚鴻一瞥。只有立霧溪溪谷和合歡山之可及性最高，具有賞景步道等供遊客使用之設施，因此成為太魯閣國家公園最主要之風景區。

立霧溪峽谷內遊憩區之斷崖自然環境與蘇花公路相仿，落石對遊客安全為一潛在威脅。由於中橫落石危險段逐漸隧道化，而原路段多成為國家公園之步道，使交通安全轉化成遊客安全，而使國家公園面臨艱鉅之挑戰。

9.2 荒野地不可抗力之天災與責任

自然風景區多荒野地 (Wilderness)，因此有各種意外的自然事件威脅遊客安全，如落石 (Rockfall)、雷擊 (Thunder bolt)、土石流 (Debris flow)、野生動物 (Wildlife) (如熊、蛇、虎頭蜂等)。

美國大峽谷國家公園 (Grand Canyon National Park) 每年約有 6、7 人死於落石、溺水等事件；黃石公園露營區也曾遭雷擊；至於野生動物出沒傷人、突發性崩山土石流引起意外傷害亦難予避免。此等自然界意外事件在旅遊規劃中，可說完全不能預料，因此在西方法律上視之為不可抗力的天災 (Acts of God)，即使其必然發生於專供遊客活動的公用設施上，在包含著名的國家地理雜誌探險旅行 (National Geographic Expedition) 的旅遊契約條款 (Terms and Conditions) 中，也完全排除其責任。

國家公園內之天然災害發生機率極低。根據文獻，大峽谷國家公園之看守員（Ranger），謂其於近三十年之服務期間，聽到峽谷內巨大落石聲響者僅三、四次。太魯閣國家公園位於台灣島東部地震頻繁地帶上，落石之機率應大於美國大峽谷國家公園，但就文山溫泉而言，民國94年4月3日發生的落石傷人事件，乃其近百年使用歷史之首件事故。由此觀之，其為發生機率極低而完全不能預料之不可抗力天災，殆無可疑，但在國家公園經營與管理策略上，卻為一不可能有完全令人滿意之解答的課題。

第十章 結論與建議

1. 文山溫泉區屬峽谷內落石型災害。落石是崩塌現象中運動速度最快的一種，其災害特性是：

- (1) 突發性—幾無預警。
- (2) 快速性—幾無可閃避。
- (3) 直擊性—即使極小石粒亦可能致人於死。

故有落石之虞之地區，除非有適當之防護措施，否則乃潛在極其危險之地區。

2. 文山溫泉地區文山溫泉地區步道總長度約 365 公尺，分為十三路段，其中：

- (1) 「危險」路段有四；
- (2) 「不穩定」路段有五；
- (3) 「穩定」路段有四。

本計畫對文山溫泉地區「危險」和「不穩定」路段之安全對策構想如下：

- (1) 以維護遊憩安全為著眼點。
- (2) 遊憩安全防護設施須滿足三條件：
 - ① 有效保護遊憩安全；
 - ② 無礙景觀視野；
 - ③ 無礙自然生態。

3. 防護設施包括防止落石直接撞擊之「防落石棚架」和落石撞擊地面後，側向彈射之「防落石柵」。

4. 文山溫泉每日可生產原水約 150 立方公尺。可深入評估於溫泉露頭設置集水設備，並抽取至文山階地利用之可行性，以及溫泉原水產量增加之可行性等課題。

5. 自然風景型國家公園多荒野地區 (Wilderness)，各國之國家公園多曾發生落石、雷擊、野生動物等威脅遊客安全事件，西洋法律視之為天災 (Acts of God)，與戰禍、恐怖事件、傳染病等災害同屬旅遊業無須負責之事件，其責任顯然也是政府難以承擔，卻是國家公園經營與管理策略上不可能有完美解答之課題。

6. 太魯閣國家公園各步道多有落石之虞。步道乃國家公園最重要之遊憩資源，為避免因發生災害而遭到陸續被封閉之命運，致使國家公園失去遊憩之重要機能，本計畫因此建議將調查規劃和營建『零災害步道』，列為國家公園管理處之政策目標。