

玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東埔步道沿線之地形地質演變分析及解說
資料調查規劃

Analysis of Evolution and Planning of Explanatory
Data on Geomorphology and Geology for the Yushan
Main Peak to Patungkuan- Dong Pu Trail area in
Yu-Shan National Park

受委託者：國立交通大學

計畫主持人：潘以文

協同主持人：胡賢能

計畫助理：黃明萬

內政部營建署玉山國家公園管理處

中華民國 95 年 12 月

中文摘要

關鍵詞：玉山國家公園、地形地質演變、解說資料

一、研究緣起

本計畫主要目的為補充調查園區存在的主要地質構造與地質成因，並探討地形面的發育與變遷，之後，進行地質解說之規劃，期能使進入該路段的遊客除能欣賞自然之美外，更能夠對沿線的岩石種類、地質構造、地形特徵等景觀有其知性的瞭解，以更提昇玉山國家公園生態旅遊的品質及環境教育的目的。

二、方法及過程

本次調查以玉山園區塔塔加登山口-玉山主峰-八通關-東埔之步道沿線，進行以下工作包括：(一) 主要地形地質的深入調查與探討，包括地質景觀形成的因果關係及地質演變的過程等。(二) 由野外露頭的地質資料及地形地質景觀，配合玉山國家公園所完成該路線的正射影像與飛行模擬，規劃 3D 立體場景之地質解說題材及地質解說摺頁內容；(三) 規劃該路線主要解說地點及研擬解說牌幟內容。進行野外地質調查之前，擬蒐集調查區內的地形圖、地質圖及文獻、航空照片，地質災害等相關文獻，以供後續研究參考。並以航空照片，透過立體鏡進行補充地質現象判釋以提供野外地質調查及綜合研判參考。針對調查範圍內步道沿線則利用現有航空照片基本圖為底圖，並以上述地質分區，進行補充地質調查。

三、重要發現

本計畫於全線補充地質調查後共規劃了 12 個地質解說點，解說內容除對該處岩石種類及地質構造進行解說外，亦對可能之地形演變情形加以敘述；另外，所規劃之飛行模擬路線為二；一為自塔塔加鞍部出發，沿楠梓仙溪河谷由西向東飛行至玉山主峰。第二段模擬飛行影片係自東埔出發，沿陳有蘭溪溪谷由西北向東南飛行至八通關草原。至八通關草原後轉向，沿西南方向之老藁溪谷而至玉山主峰。藉由 3D 場景的飛行模擬圖資與解說資料牌百口述相結合，提供玉山園區遊客中心整體性導覽與介紹該區域地質特性。使國家公園解說負有之社會教育使

命與責任，讓遊客獲得知性傳達，珍愛國家公園園區自然景觀與生態環境以達成保育的目標。

四、主要建議事項

本調查工作主要針對玉山登山步道及八通關古道沿線發生崩塌及潛在崩塌地區之破壞機制做一探討，並提出改善方案以供玉山管理處作為整治之參考。玉山登山步道經調查結果，除了於塔塔加登山口至 0.5k 段可見到原始的陳有蘭溪斷層引起之崩塌地有繼續擴大，影響到登山步道外，其餘路段未見較大規模坍塌。八通關沿線較需處理之路段為 (1)父子斷崖路段 (2)小高繞路段 (八通關古道於里程 5.0k 附近) (3) 觀高坪往八通關步道 1.0k 處。

Abstract

1. Motivation

The purpose of this project is a complementary investigation for the main geological structures existing in the Yushan Park. Their origins and geomorphologic evolutions are the base for planning of explanatory data. Besides enjoying the scenery, those data are expected to help visitors have rough knowledge on rocks, geological structures and characteristics on geomorphology. Also it upgrades the touring quality of the park and helps to achieve the goal for environmental education.

2. Methodology

The investigation was preceded along the trail from Tataka entrance to the Main Peak, Batongguan and Dongpu. The main tasks includes (1) ingoing investigation and discussion on major geological and geomorphologic phenomena; (2) developments of the 3-D explanatory film and materials on geology associate with the developed orthophotos and fly-through films; (3) plans for the field explanatory materials and stations along the trail. Before field investigation, the literature should be collected, which includes geological and geomorphologic maps, aerial photos, literature about geological hazards of the desired zone

3. Results

There are ten field geological explanatory stations planned along the trail. The contents of explanatory data relates not only to describing rock category and geological structure but also depicting possible evolutionary process of geomorphology. There are two planned routes for 3-D fly-through films. The first one is from Tataka entrance to the Main Peak. The second one is from Dopngpu to Batongguan and the Main Peak. Combining the field station and 3-D film, the visitors are able to obtain the integral guiding information, especially in the geological aspect.

4. Suggestion

This project also investigated the collapses and potential landslide zones along the Jade Mountain Peaks hiking trail and the Batongguan-Dongpu trail. The failure mechanisms are discussed, also possible solutions are proposed as references for the remedy actions from the authority. For the Jade Mountain Peaks hiking trail, only during the first 500 meters, there is a growing serious collapse due to the fault that might affect the trail's function. For the Batongguan-Dongpu trail, there are three major collapse zones.

目錄

中文摘要.....	i
Abstract.....	iii
目錄.....	v
圖目錄.....	vii
照片目錄.....	ix
1. 前言.....	1
1.1. 計畫緣起.....	1
1.2. 計畫工作項目.....	1
1.3. 文獻回顧.....	2
2. 研究方法.....	5
2.1. 航照判釋.....	6
2.2. 地質調查.....	7
2.3. 地形演變過程推估.....	7
2.4. 數位地形模型及飛行模擬.....	8
2.5. 沿線地形地質解說之規劃.....	9
3. 研究成果.....	17
3.1. 航照判釋成果.....	17
3.2. 地質調查成果.....	21
3.2.1. 地層.....	21
3.2.2. 地質構造.....	22
3.2.3. 地質調查結果.....	22
3.3. 數位地形模型及飛行模擬成果.....	26
3.4. 地質解說資料成果.....	27
3.5. 工程地質調查成果.....	50

玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東埔步道
沿線之地形地質演變分析及解說資料調查規劃

參考文獻.....	69
附錄（一）玉山主峰線沿線地質調查記錄.....	71
附錄（二）期中及期末報告審查意見.....	81

圖目錄

圖 2-1 計劃執行步驟流程圖	5
圖 3-1 塔塔加-玉山-東埔地區航照判釋成果圖.....	20
圖 3-2 塔塔加-玉山-東埔地區地質簡圖.....	25

玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東埔步道
沿線之地形地質演變分析及解說資料調查規劃

照片目錄

照片 2-1 南庄層砂岩	11
照片 2-2 南庄層砂頁岩互層	11
照片 2-3 達見砂岩	12
照片 2-4 陳有蘭溪斷層	12
照片 2-5 八通關地區的古河道及環型丘	13
照片 2-6 由八通關沿斷頭河谷往北望向陳有蘭溪河谷	13
照片 2-7 玉山頂上的變質粉砂岩及夾於其內的變質細砂岩	14
照片 2-8 玉山往東南方向稜線上出露之向斜構造	14
照片 2-9 八通關草原	15
照片 2-10 DTM 圖檔-八通關地區之環形丘、斷頭河及金門峒斷崖	16
照片 3-1 由玉山步道照塔塔加鞍部及鹿林山	53
照片 3-2 塔塔加鞍部往楠梓仙溪林道沿線出露之南莊層岩層	53
照片 3-3 塔塔加鞍部東側出露之十八重溪層板岩	54
照片 3-4 達見砂岩之岩層面上有波浪沈積構造 (Ripple mark)	54
照片 3-5 變質砂岩面上有生物遺留下之痕跡	55
照片 3-6 層狀變質砂岩之層面	55
照片 3-7 玉山主峰與圓峰間之山嶺脊地區	56
照片 3-8 圓峰下風弧形凹槽	56
照片 3-9 玉山步道沿線顯現之大峭壁地形	57
照片 3-10 大峭壁變質砂岩面上所呈現之波痕沉積構造	57
照片 3-11 玉山頂至圓峯嶺脊出露之向斜及背斜構造。	58
照片 3-12 上圖中之背斜構造被兩條岩脈狀(Dike)石英脈所切斷錯移。	58
照片 3-13 南橫公路天池附近岩壁所出露之向斜構造	59
照片 3-14 玉山頂附近地區出露之岩層	59

照片 3-15 玉山頂出現之板岩及變質砂岩(一).....	60
照片 3-16 玉山頂出現之板岩及變質砂岩(一).....	60
照片 3-17 八通關古河道	61
照片 3-18 古河道被陳有蘭溪襲奪	62
照片 3-19 陳有蘭溪及沙里仙溪匯流地區之階地面	62
照片 3-20 陳有蘭溪崩坍地 (一)	63
照片 3-21 陳有蘭溪崩坍地 (二)	63
照片 3-22 父子斷崖	64
照片 3-23 雲龍瀑布	64
照片 3-24 對關山下方大崩崖	65
照片 3-25 金門峒斷崖 (一)	65
照片 3-26 金門峒斷崖 (二)	66
照片 3-27 父子斷崖崩塌段	66
照片 3-28 八通關古道於里程 5.0k 附近崩塌段	67
照片 3-29 T67 座標 (247512,2603061) 附近崩塌段.....	67
照片 3-30 觀高坪往八通關步道 1.0k 處崩塌段 (一)	68
照片 3-31 觀高坪往八通關步道 1.0k 處崩塌段 (二)	68

1. 前言

1.1. 計畫緣起

玉山國家公園坐擁東北亞第一高峰，地形險峻，景觀壯麗，因此，長久以來便馳名中外，吸引無數尋幽訪勝，登高探險的遊客。對多數人而言，處在這群峰峻嶺、斷崖深谷的地方，最能讓人直接感受到遠離塵囂並享受自然之美的最佳去處。事實上除了娛樂身心，玉山國家公園由於較其他地區更能保存良好的原始風貌，故往往是研究野生動物、植物及地質不可多得的地區。

本計畫主要目的為補充調查園區存在的主要地質構造與地質成因，並探討地形面的發育與變遷，之後，進行地質解說之規劃，期能使進入該路段的遊客除能欣賞自然之美外，更能夠對沿線的岩石種類、地質構造、地形特徵等景觀有其知性的瞭解，以更提昇玉山國家公園生態旅遊的品質及環境教育的目的。

為從天然出露的岩石、構造及地質現象所顯示的蛛絲馬跡，窺探地質成因與歷史，並為設法使人們眼中堅硬冰冷的頑石，得以生命化、感性化，本次調查以玉山園區塔塔加登山口-玉山主峰-八通關-東埔之步道沿線，進行以下工作包括：

(一) 有關地形地質的深入調查與探討，包括地質景觀形成的因果關係、地質演變的過程等。(二) 由野外露頭的地質資料及地形地質景觀，配合玉山國家公園所完成該路線的正射影像與飛行模擬，規劃 3D 立體場景之地質解說題材及地質解說摺頁內容；(三) 規劃該路線主要解說地點及研擬解說牌幟內容。

1.2. 計畫工作項目

本計畫主要的工作項目有三項：

(一) 地表地質調查、演變分析以及綜合評估：

1. 針對調查範圍內步道沿線，利用現有航空照片基本圖為底圖，進行補充地質調查，包括：岩層的岩性、地質構造及分布、重要露頭的

簡易手持式 GPS 定位、不連續面位態、崩塌地及分布、潛在危險邊坡及分布。

2. 經由野外調查後，進行該區域內地質現象與演變、路線地質概說、地質災害等分析。
3. 針對本區域的金門峒斷崖崩塌地及八通關環形丘，探討分析其地形演變過程。

(二) 地質解說題材及解說摺頁規劃：

1. 配合該路線過去 3 年所完成的正射影像與 3D 場景飛行模擬，規劃有關本區域的地質解說題材，提供玉山園區遊客中心整體性介紹該區域地質特性。
2. 依本區域的地形特徵與地質特性，研擬地質解說摺頁之內容。

(三) 沿線地形地質解說點規劃及牌幟之研擬

1. 依據本次計畫所做的野外地質調查之原始資料及參考對該地區調查的相關文獻，評估選取主要地質解說地點，大約 6 至 8 個解說地點
2. 研擬規劃本區域沿途的地形、地質等解說牌幟之內容。

1.3. 文獻回顧

本計畫工作重點在了解玉山園區塔塔加登山口—玉山主峰—八通關—東埔之步道沿線間主要地質狀況，並探討地形面的發育與變遷，因此對相關的地形研究及地質調查報告之蒐集及整理，略述如下。

日本於據台期間，對台灣高山地形及地質之研究不遺餘力。早期的地形探查研究，尤以富田芳郎的河谷段丘及地形期對比甚具系統化，而最引人注意的是鹿野忠雄(1932)發表的地形研究報告，其文中指出雪山山區分佈著許多冰河遺跡，而對玉山地區的研究則認為存在 11 個圈谷地形，可能是冰河地形期遺留下的冰

斗地形。在地質研究探討方面，富田與丹（1937、1942）和丹（1944）曾在本地區發現化石 *Assilina* 和 *Corbicula baronensis* 等，因此認為玉山地區地層的沈積年代在始新世時期。

光復後，玉山地區因地處深山，交通甚為不便少有地形及地質學者針對本區作區域地形與地質調查工作。一直到 60 年代末期，才有王文能（1978）及李春生（1979）對孫海林道、郡大林道、玉山林道及八通關古道作區域地質調查工作，李春生更對此區古第三紀地層劃分為十八重溪層、達見砂岩、玉山主峰層以及佳陽層，其中十八重溪層及玉山主峰層為新提出地層單位。而在 70 年代初期，有張寶堂（1984）、張郇生及顏滄波等（1984）均針對玉山山塊作路線或區域地質調查工作。張寶堂將本區岩層分成十八重溪層、達見砂岩和佳陽層，把玉山主峰層併入達見砂岩內。張郇生及顏滄波均以單一地層名稱命名此區地層，分別已 E 層或新高層命名之。朱傲祖（1991）是唯一以地質構造研究觀點，來探討玉山山塊岩層受蓬萊早山運動影響產生的摺曲斷裂錯移之地質構造型態。

玉山國家公園管理處成立後，為詳細了解公園內地質情況，資助學者作地質及地形調查工作，程延年（1988）、林慶偉等（1995）及胡賢能等（2002）均對玉山東埔地區作路線區域地質調查工作，對公園內之地形及地質狀況之了解甚有助益。

值得特別提及的則是台灣冰河地形的研究探討，劉志學（1986）、楊建夫（1999，2000）及朱傲祖（2000）均對雪山地區及南湖大山地區的冰河地形作詳細地研究探討，找出許多冰河地形遺留下來的痕跡，證實台灣高山確有冰河期地形存在。朱傲祖（私下交換意見）近期於玉山地區及嘉明湖地區發現冰河地形遺跡，證實玉山地區曾有冰河發育。

玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東埔步道
沿線之地形地質演變分析及解說資料調查規劃

2. 研究方法

本計劃執行之步驟如圖 2-1 所示：

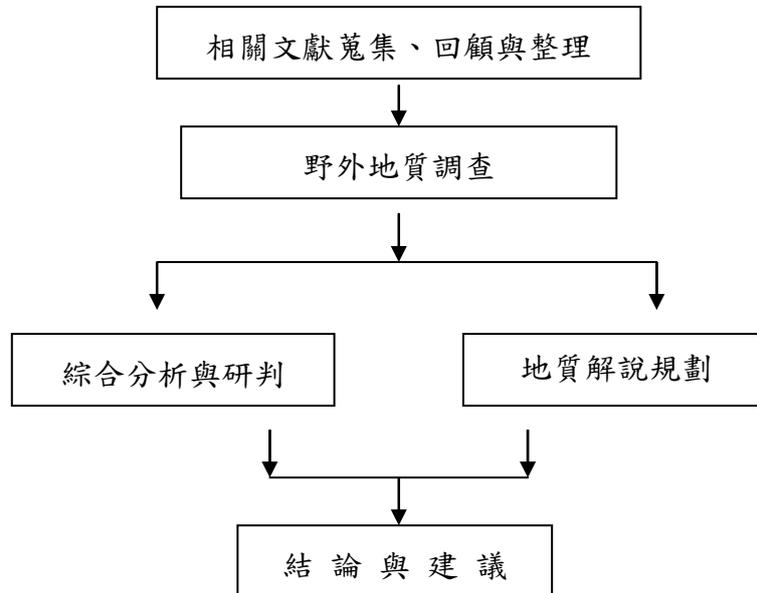


圖 2-1 計劃執行步驟流程圖

為達成上述目的，各項工作執行研究方法分別說明如以下各節。

2.1. 航照判釋

經由有系統的策劃、正確的使用方法與配合野外現地的調查，地質航照判釋可提供其他調查方法所無法產生之重要資訊。航照判釋為現今地質調查方法中具有高效率、經濟性與廣泛性的調查工具。

透過航空照片可直接觀測研究區域內地形與地質的明確構造，進而獲得豐富的地質資料。特別於地理上交通不便及人員不易到達的區域中，經由傳統立體鏡觀察及較新之數位地形模型建置技術可顯示調查範圍內之立體地形，並藉由航照呈現之色調、結構、特殊形狀、侵蝕作用、覆蓋植物種類、土地利用等等，進行地質現象判釋，以提供野外地質調查及綜合研判參考。

本計劃之航照判釋工作利用數套於不同時間拍攝之航照圖片進行地質現象（如斷層、層跡、水系、侵蝕等）判釋。由於時間及比例不同，各批航照圖片亦提供不同功能。例如民國 72 年至 74 年間拍攝之航照圖片因其比例尺較大，故對地形面與水系的判釋較為清晰，相當有利於地形發育史的探討；民國 87 年所拍攝成果，可觀察 921 地震前東埔玉山地區的崩坍地情形；民國 89 年所拍攝成果，為 921 地震後所拍攝，即可針對地震對研究地區邊坡穩定之影響及原有崩坍地擴大比較情形進行判釋。民國 92 年及 93 年攝製成果，除提供判釋外，因其製作時間較具代表性故採用為數位地形立體模型之基礎。

2.2. 地質調查

由前人地質調查成果顯示玉山山塊的岩性相當單調，並無特殊岩層可作為野外追蹤的指準層。且因可供定年的化石稀少及岩層受地質構造強烈擠壓產生緊密褶曲及斷裂，因此至今地層層序仍不甚清楚。

本計劃工作調查重點擺在玉山—八通關步道和八通關—東埔古道沿線地質調查。其主要地質特徵及分布可分為三個地質區（Geologic Terranes）為：1. 中新世未變質沉積岩區，分布於東埔-塔塔加連線以西，主要岩性為砂岩、深灰色頁岩，或砂頁岩互層，屬於南莊層（如照片 2-1 及照片 2-2 所示）。2. 古第三紀變質板岩系的新高群，從塔塔加至以玉山以東接近八通關範圍，玉山主峰層併入達見砂岩（如照片 2-3 所示）。3. 中新世亞變質板岩系之廬山層出露於觀高以東地區附近。

在進行野外地質調查之前，擬蒐集調查區內的地形圖、地質圖及文獻、航空照片，地質災害等相關文獻，以供後續研究參考。本研究將以本團隊於 91 年完成的「玉山國家公園集集大地震後東埔玉山區地形地質調查與構造地質分析之研究」成果為基礎進行進一部的調查，包括航空照片判釋及野外地質調查等。航空照片地形現象判釋成果，例如斷層、層跡、水系、侵蝕等，將標示於二萬五千分之一地質圖上，以提供野外地質調查及綜合研判參考。針對調查範圍內步道沿線則利用現有航空照片基本圖為底圖，並以上述地質分區，進行詳細的補充地質調查，包括：岩層的岩性、地質構造及分布（如照片 2-4 所示）、重要露頭的手持式 GPS 定位、不連續面位態、崩塌地及分布、潛在危險邊坡及分布。

2.3. 地形演變過程推估

有關本計畫內金門峒斷崖崩塌地及八通關環形丘金門峒斷崖及八通關環形丘之地形演變過程已於民國 91 年之「玉山國家公園集集大地震後東埔玉山區地

形地質調查與構造地質分析之研究」報告中提及古地形面之存在、後期地殼變動及河川襲奪現象。其環形丘地形（如照片 2-5 所示）及河川襲奪地形特徵（如照片 2-6 所示）因拍攝現場之限制，無法對整個水系對地形發展之控制作一整體表現描述。本研究將試圖藉由 DTM 圖檔，利用其俯覽角度與立體呈現，明顯呈現古地形面與近期河川侵蝕等地形特徵。如照片 2-10 所示，八通關地區之環形丘、斷頭河及金門峒斷崖等地形景觀皆一覽無遺。

2.4. 數位地形模型及飛行模擬

本計劃將以本中心於 92 年完成之「玉山國家公園塔塔加、東埔、梅山、天池地景地貌航空照相之建立」及 94 年完成之「觀高至東埔地景地貌立體圖資製作及地質地質資料分析」成果為基礎進行進一步之應用。前述計畫所使用之航空影像為農林航空測量所於民國 92 年及 93 年攝製成果，申購數值航空影像後再委請中華航測學會製作正射相片圖及產製數值高程。

攝影所得之影像為中心投影，與地圖相較，空照具有傾斜位移及高差位移。如欲進行地形地貌於不同時段之比較，須將此兩項位移消除，並使用同一座標系統。於使用農委會農林航空測量所攝製像比例尺約在 1/17,000 至 1/20,000 之間之空照時，須於地面測取控制點、進行外方位計算、產製數值表面模型、以產製正射影像。

利用數值高程所產生之立體地形圖可以顯示地形的起伏，也可以結合正射影像或衛星影像所提供的地面覆蓋資料來呈現地形。以新興之虛擬實境展示地形所呈現的圖像類似立體地形圖，但增加了使用者操控的動態展示及互動功能。使用者可以自由旋轉角度，並從任意方向和距離觀察地形。

在空中鳥瞰地面是認識地形的一種方式，透過電腦的模擬，設定飛機飛行的路徑、時間、高度，可如同飛行一般得到更佳的地形觀察與瞭解。飛行動畫是由

一系列的三維（3D）立體圖所構成，以每秒數張至數十張的速率播放，製作飛行動畫時，必須先選擇一條觀景路線，利用電腦模擬飛行來產生路線沿途的連續景象，並且儲存下來成為一動畫檔案，就好像拿攝影機搭飛機拍攝影片一樣。由於電腦的輔助，地圖已經不再局限於靜態的平面展現，也可以是動態、互動的呈現，使用者可以選擇不同角度、距離來觀察地表資訊。

2.5. 沿線地形地質解說之規劃

國家公園解說系統之規劃係將園區自然資源景觀利用以自然的方式，傳達給遊客。因而國家公園有其責任讓進入的遊客認識自然景觀與生態環境，達成保育目標。所以，地質解說資料的規劃，儘量以淺鮮正確的文字及圖片說明及闡述地質景觀及成因。

（一） 地質解說題材及解說摺頁規劃

本區域歷經 3 年的正射影像建立，已完成數值高程模型與數值正射航空影像，並具有 3D 場景的飛行模擬圖資，為能與解說資料相結合，提供玉山園區遊客中心整體性導覽與介紹該區域地質特性，將進行本區域的地形地質解說題材與摺頁之規劃，包括：

1. 建置高解析度之照片及影像檔
2. 建立照片檔之簡易手持式 GPS 定位
3. 照片圖說與摺頁內容之規劃。

（二） 解說點及解說牌幟之研擬：

依據本次計畫所做的野外地質之原始資料並參考對該地區調查的相關文獻，針對本區域的地形特徵與地質特性，包括：1.在野外露頭具有明顯的地質景觀，可用以解說地質現象；2.於步道入口說明該區域的區域地質現象，能夠對沿途地形、地質等景觀有知性瞭解，提升園區生態旅遊品質。因此，在參考相關文獻，選取主要地質解說地點，初步建議建議沿線解說點計有 12 處，分別為：

玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東埔步道
沿線之地形地質演變分析及解說資料調查規劃

1. 塔塔加鞍部登山口
2. 大峭壁
3. 玉山山頂岩塊（如照片 2-7 及照片 2-8 所示）
4. 金門峒斷崖
5. 陳有蘭溪向源侵蝕八通關草原（如照片 2-9 所示）
6. 觀高坪-陳有蘭溪斷層
7. 父子斷崖
8. 東埔登山口
- 9.

(三) 上述地點將再依本次計畫之野外地質調查後，研判與綜合分析，再評估選取合適的解說地點，並依據國家公園解說係以負有社會教育的使命與責任，研擬各解說點的解說牌幟之內容，讓遊客認識「為什麼」的知性傳達，珍愛國家公園園區自然景觀與生態環境，達成保育的目標。



照片 2-1 南庄層砂岩

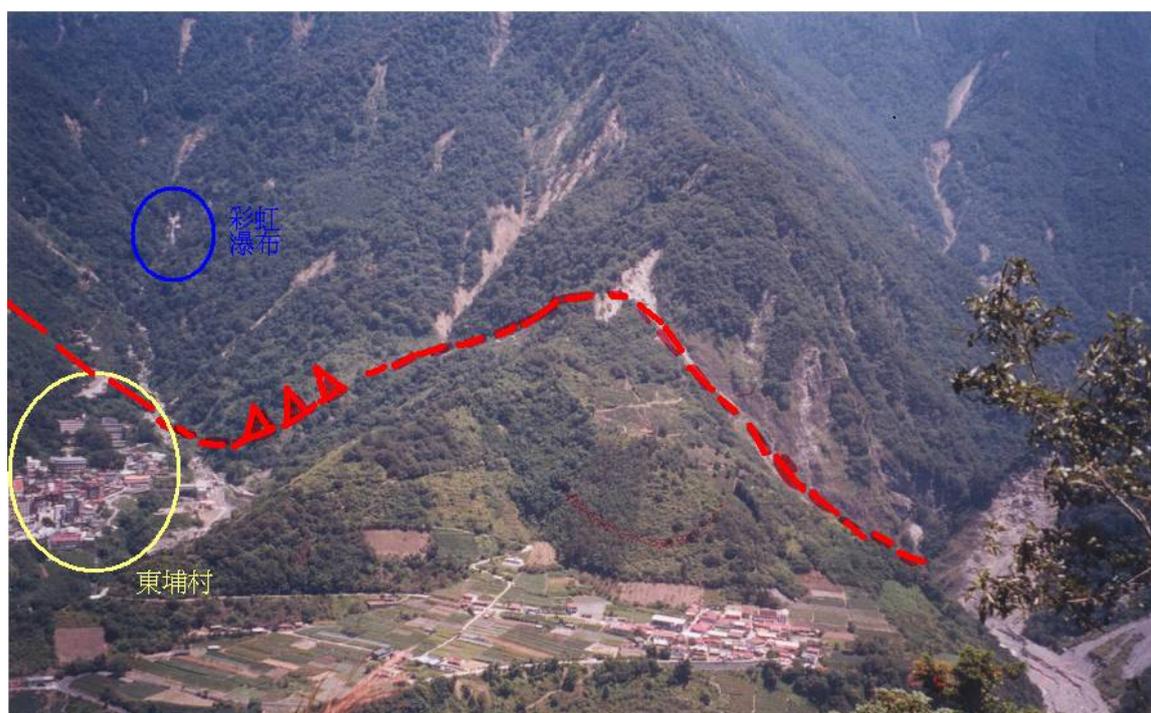


照片 2-2 南庄層砂頁岩互層

玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東埔步道
沿線之地形地質演變分析及解說資料調查規劃



照片 2-3 達見砂岩



照片 2-4 陳有蘭溪斷層



照片 2-5 八通關地區的古河道及環型丘
(簡敏男攝於 1993 年)



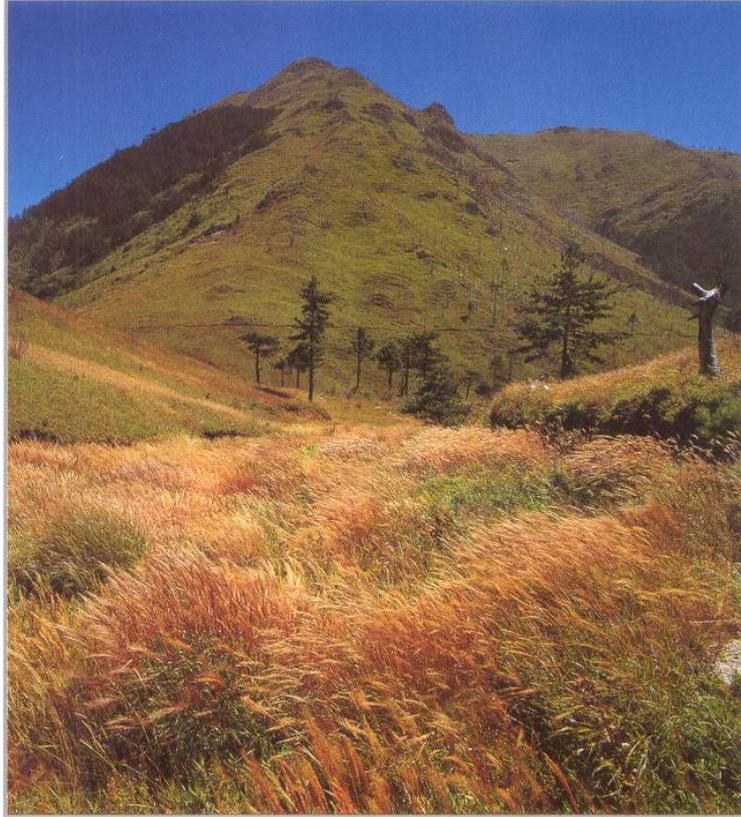
照片 2-6 由八通關沿斷頭河谷往北望向陳有蘭溪河谷



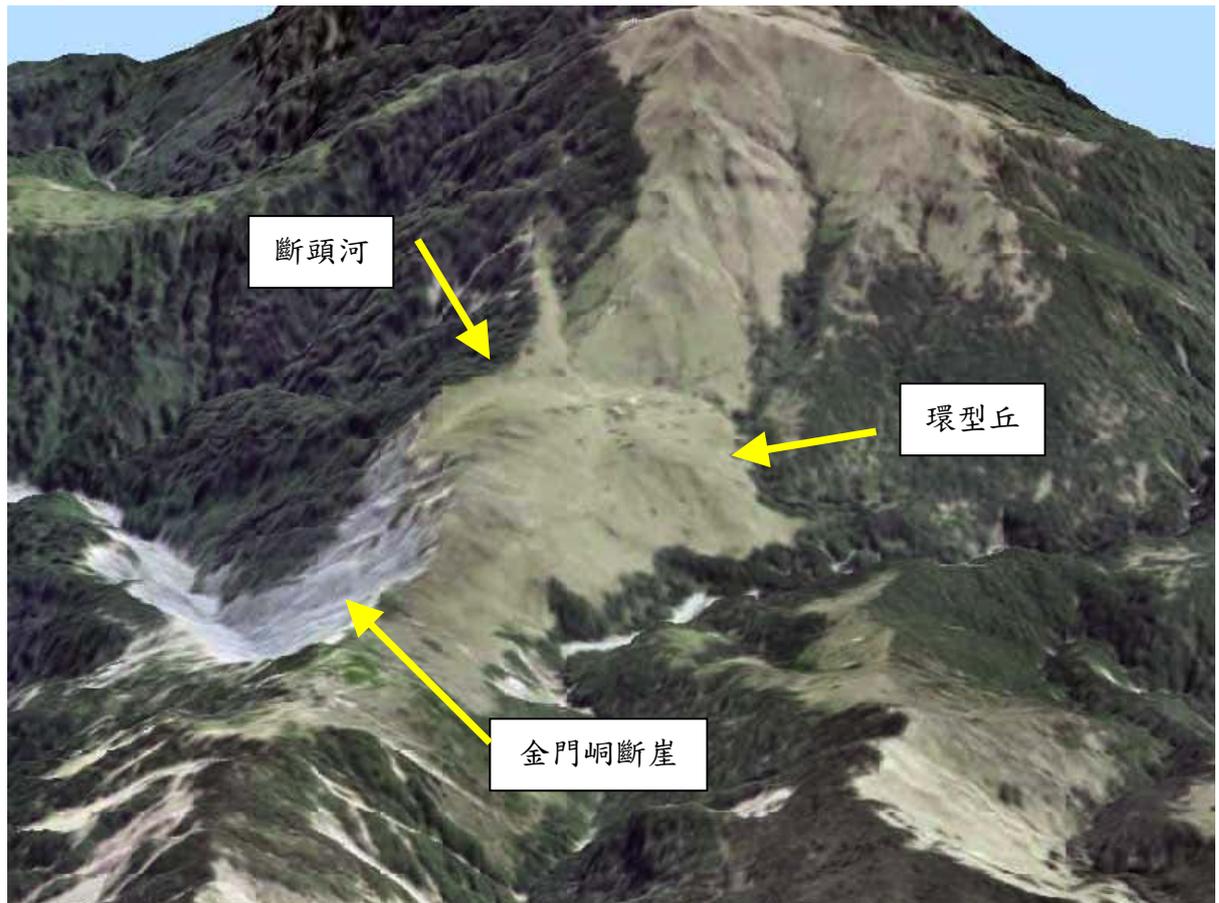
照片 2-7 玉山頂上的變質粉砂岩及夾於其內的變質細砂岩
(此露頭顯示岩層近乎水平，而劈理面近乎垂直，且在不同岩性呈現折射現象。)



照片 2-8 玉山往東南方向稜線上出露之向斜構造
(發育於板岩內的劈理面近乎垂直)



照片 2-9 八通關草原



照片 2-10 DTM 圖檔-八通關地區之環形丘、斷頭河及金門峒斷崖

3. 研究成果

3.1. 航照判釋成果

一般航照判釋成果分水系、岩層層跡、線性分析、地形面發育現況、及崩坍地等五項陳述。判釋成果亦須經野外驗證，再加以分析確認。茲將判釋成果（如圖 3-1 所示）敘述如下。

（一） 水系

水系發育主要由岩性、地質構造、氣候、地殼活動及原本存在之古地形面控制。陳有蘭溪中、上游流路大致呈東南流向西北方向，上游河道相當平直，與沙里仙溪會流後，河道略有曲流現象。陳有蘭溪水系大致呈樹枝狀，水系密度屬中低密度，顯現水系的發育受地質構造及岩性的影響不大。沙里仙水系大致呈南北流向，水系大多呈樹枝狀，水系密度屬中密度。沙里仙溪河道大部分都非常平直，僅中游附近有一主要支流河道呈現明顯的曲流，研判其可能是承襲古河道下切的掘鑿曲流，部分也受到岩性及地質構造所控制，因此在這部分水系密度較其他地方為高。

最值得注意的是八通關—玉山一帶的水系，此一地區水系屬荖濃溪源頭部份，其地形高度在兩千五百公尺至四千公尺之間，但其水系卻呈現老年期地形特有的曲流現象，而水系也呈現格子狀水系，水系密度更呈現高密度狀，種種特徵顯示本區水系受岩性及地質構造的控制而發育，與前述幾條河流水系完全不同。

（二） 層跡

層跡是由軟硬相間的岩層，因對抗風化侵蝕的強弱而顯現的地表特徵，尤其是堅硬砂岩顯現的三角面或豚背脊地形。

陳有蘭溪及沙里仙溪流域內很少有層跡出現，僅於沙里仙溪中游見到三、四處層跡，其位態大致為南北走向，以中、高角度向東傾斜。本區域層跡稀少的原因，除了整個地區的快速抬升外，變質砂岩及板岩緊密褶曲使岩層層面位態變化

大。加上板岩硬化及板劈理面發育，使層面不易顯露。另外，航照圖片上亦可看出大部分林木覆蓋良好，少有露頭出現。玉山主峰、東峰、北峰一帶岩盤裸露，黑白相間的變質砂岩與板岩岩層，可直接看出岩層分佈情形，航照研判時可看到東峰的岩層呈現向斜構造現象。

(三) 線型

表現在航照上之線性通常有二種，一為構造之線性，如斷層、節理、或剪裂帶之線性；另一為非構造之線性，如階地崖或臺地崖之直線型線性。

本次航照判釋在陳有蘭溪及沙里仙河流域，存在的線型較少，此現象與本區快速的抬升有關。玉山—八通關之間的水系表現出格子狀水系，主河流兩側均有垂直主河道的支流發育，形成非常顯著且緻密的線性。由現場劈理面及節理面的觀察及量測，本區水系的發育應是受這些地質弱面所控制。

陳有蘭溪斷層是本區內最顯著且最重要的構造斷層，但在航照判釋上卻不見任何線型存在，現地的對比，僅於東埔一帶見到十八重溪層和南港層在地形表現上，形成陡峭和較平緩邊坡之對比而已。

(四) 地形面發育現況

地形面是探討一個地區地殼抬升與河流侵蝕循環週期，也是用作探討斷層活動性的一種工具。

在本調查區內，僅在東埔一帶見到規模甚小的階地面發育，其中開高巷階地面較大，高出河床約一百公尺，大概可對比於下游的望鄉、久美、羅娜等階地面。在陳有蘭溪及沙里仙溪兩岸均有規模甚小的低位階地面存在，此種階地面多則有四、五階，每階的階地崖僅數公尺至十公尺左右，因此可推測近期整個地區的地殼抬升不斷隆起，間隔時間甚短，使得河流並未向兩側擴寬。

(五) 崩坍地

崩坍地調查是本航照判釋工作之重點，尤其是對比於 921 地震前後崩坍之情況，配合現地的地質調查，以釐清各崩坍地之活動性及整治之方法。

本次航照判釋，陳有蘭溪及沙里仙河流域地區部分，只在東埔附近有新增的崩坍地，但其規模均不大，現場的觀察結果為表層風化岩盤及表土向下滑落。而其他較具規模的崩坍地在地震前均已存在，地震後崩坍規模並無明顯增加。值得一提的是本區向源侵蝕所產生的崩坍地規模相當大，其中以陳有蘭溪源頭的金門峒大斷崖最為明顯；陳有蘭溪上游河床上堆滿砂石，即是源頭附近三、四處大崩坍提供的砂石來源，加上上游水流無力帶走而殘留所致。

玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東埔步道
沿線之地形地質演變分析及解說資料調查規劃

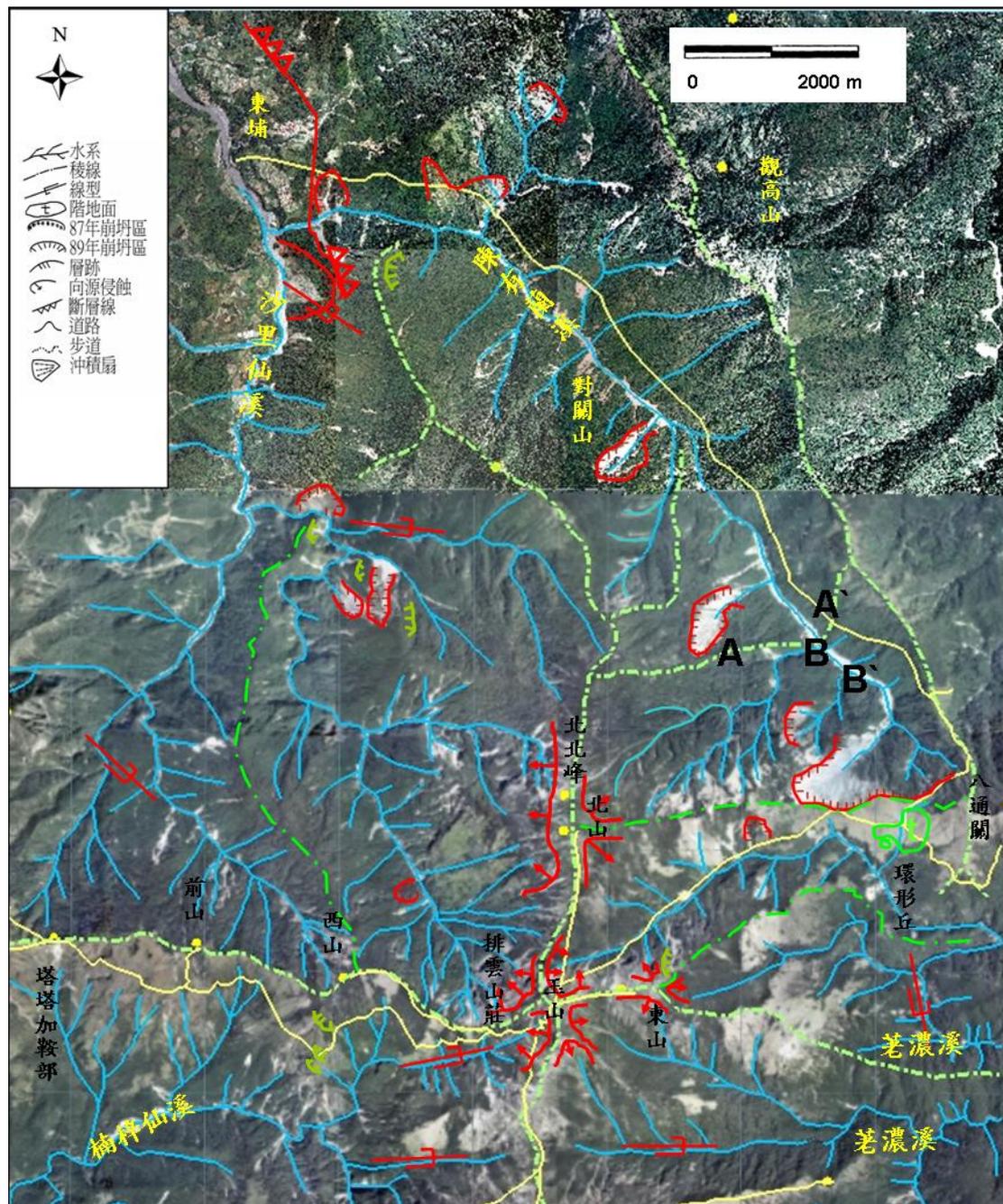


圖 3-1 塔塔加-玉山-東埔地區航照判釋成果圖

3.2. 地質調查成果

本計劃針對塔塔加—玉山—八通關步道及八通關—東埔古道執行詳細路線地質調查，並綜合民國 91 年之「玉山國家公園集集大地震後東埔玉山區地形地質調查與構造地質分析之研究」提出初步地質調查成果。主要工作為記錄步道沿線露頭情況、岩性、層面、劈理面及節理位態、沈積構造、化石及生痕情況、崩塌情形，並研判可能存在之地質構造及性質。除了記錄上述地質現象外，本報告亦以一系列的相片，試圖保留完整的沿線地質資料。並以列表方式紀錄沿線各種地質現象（見圖 3-2 及附錄一）。

3.2.1. 地層

本調查區域的地層是由陳有蘭溪斷層分割成東側的亞變質岩區及西側的西部麓山帶地質區，前者由老至新依次為十八重溪層、達見砂岩、及佳陽層，後者則分為南港層和南莊層。

(一) 十八重溪層

此為玉山地塊中最老的岩層。本層的標準露頭點在南投縣東埔溫泉北面陳有蘭溪支流十八重溪上，其岩性主要由黑色至暗灰色板岩組成，夾有薄層變質砂岩及板岩與變質砂岩所形成黑白相間的薄頁互層。十八重溪層內發現火成岩體的侵入，岩狀似岩脈，以變質輝綠岩為主。

(二) 達見砂岩

本層主要由白色或淺灰色中粒至粗粒石英岩狀砂岩所組成，呈厚層或塊狀，夾有薄層至厚層板岩或變質頁岩，頁岩時含炭質。達見砂岩因為岩性堅強，常構成著名瀑布；如東埔附近雲龍瀑布、彩虹瀑布等。本層內曾發現貝類化石，經鑑定年代屬始新世。

(三) 佳陽層

本層岩性主要由厚層板岩組成，夾有少量變質砂岩或變質粉砂岩。板岩內的

劈裡面相當發達，常夾有少許燧石團塊。

(四) 南港層

本層分佈於陳有蘭溪斷層兩岸，其東側以陳有蘭溪斷層和玉山山塊的亞變質岩區分隔。南港層在東埔地區常被稱為和社層，其岩性以頁岩為主，夾有許多薄層細砂岩，有時砂岩呈厚層狀，含泥質量增加，是為泥質砂岩。由化石的研究，本層的沈積年代在中新世中期。

(五) 南莊層

本層整合覆蓋於南港層之上，在新中橫公路上可見到廣泛的岩層露頭。南莊層在東埔地區岩性主要由淺灰色砂岩和灰色頁岩或砂質頁岩之互層組成，間夾厚層砂岩及砂頁岩之薄頁互層。本層中富含貝類及有孔蟲化石，沈積時代屬中新世中晚期。

3.2.2. 地質構造

由區域地質圖中所示，本調查區內主要的地質構造由西至東有同富山向斜及陳有蘭溪斷層。至於梨山斷層的存在問題，本報告認為它並不存在於觀高及八通關地區，而如果確有梨山斷層存在，則應是在八通關以東地區。

(一) 陳有蘭溪斷層

本斷層大致沿陳有蘭溪河谷右岸呈南北向縱貫切過東埔玉山地區，地質構造上是一條相當重要的斷層，向北可銜接屈尺斷層，斷層的兩側分別為新第三紀未變質之岩層與古第三紀輕度變質之岩層，構造上是一界限斷層。在地形上，陳有蘭溪是順著此斷層發育的斷層線谷。

3.2.3. 地質調查結果

本計劃先期之登山步道地質調查工作是以一萬分之一的地形圖為底圖，沿著塔塔加登山口－玉山登山步道做路線地質調查工作，沿路以玉山國家公園製作的里程標示為主，輔以掌上型 GPS 衛星定位將各露頭點標於圖上。

(一) 塔塔加登山口－排雲山莊

本步道長約 8.5 公里。里程 0K 至 2K 段出露之岩層以板岩為主，夾少許變質砂岩。部分露頭點發現變質凝灰岩塊石，顯示其上方有變質凝灰岩塊體存在，該凝灰岩含有氣孔構造，顯微火山噴出物。由層位及岩性特徵的判讀，此段岩層應屬於十八重溪層。此外，在塔塔加鞍部雖未見陳有蘭溪斷層之露頭，但在鞍部西側南莊層砂岩內發現破裂劈理面 (fracture cleavage)，顯然與陳有蘭溪斷層的活動有關，因此推測陳有蘭溪斷層通過塔塔加鞍部一帶，而這斷層屬於逆衝斷層，將東側始新世的十八重溪層變質岩逆衝覆於年輕的中新世未變質的南莊層岩層之上。

距塔塔加登山口里程 2K 附近開始出露以變質砂岩為主的岩層，岩性屬於達見砂岩。根據附近岩層褶曲情形及層面位態變動情況，推測西側的十八重溪層並非整合下伏於達見砂岩底部岩層下方，而是以斷層關係直接與達見砂岩中段岩層接觸，而此斷層為一背衝斷層，因此，十八重溪層向東逆衝上覆於達見砂岩之上。

里程 2K 至 7.5K 段出露之岩層含變質砂岩量高，可以清楚地辨認層面與劈理面之關係，藉由各露頭層面位態的變化，可看出幾個較寬廣的背、向斜構造。較遺憾的是沒有指準層可用作追蹤岩層延伸情形及判別有無逆衝斷層存在於各背、向斜構造之間。

里程 7.5K 至排雲山莊出露岩層以板岩為主，夾有薄至厚層變質砂岩。此段岩層的劈理面較為發達，比較難釐清內部之褶皺情形。

(二) 排雲山莊—玉山頂

從排雲山莊往玉山頂路程約 2.5 公里，沿線大部分為碎石坡，僅局部出露板岩及變質砂岩與板岩互層狀，在玉山頂出露的岩層在變質砂岩含量上明顯較高，有時呈現似厚塊狀變質砂岩。由玉山向東南延伸的稜線露頭，可明顯地看出一褶幅數百公尺的緊密向斜構造，其西翼岩層近乎水平，而東翼岩層則近乎垂直，配合所觀察之劈理面與層面位態關係，可瞭解本區的褶皺模式已達到板岩系中同斜褶皺 (Isoclinal folds)。

(三) 玉山-八通關

由八通關往玉山方向步道里程數全長約 6.5 公里。本段沿線露頭零星分佈，變質砂岩含量大致有向東逐漸減少的趨勢，文獻將達見砂岩與佳陽層界線定於步道里程 1.6~1.85k 之間（胡賢能 2002）。在此界線向東的佳陽層幾乎由黑色板岩組成，僅局部地區含有變質粉砂岩出現。佳陽層岩性較軟弱，易受風化侵蝕，受河流向源侵蝕影響，常形成崩坍地，金門峒斷崖即其一例。

（四） 八通關-東埔

八通關-觀高段步道長約 2.5 公里，沿線出露之岩層均屬於黑色板岩，其內僅見到劈理面，因此無法瞭解岩層褶曲情形，也無法得知有無斷層的存在。觀高-東埔步道全長約 14.5 公里。文獻將而達見砂岩與佳陽層之界線則在 7.2K 附近（胡賢能 2002）。

觀高-東埔步道之岩層露頭與登山口-排雲山莊步道的岩層露頭最大的差異在於達見砂岩範圍，明顯地此路段達見砂岩露佈範圍相當小。現場的觀察發現達見砂岩內的變質砂岩除了局部地區有緊密褶曲現象外，岩層均大致呈南北走向且傾向東方，即岩層呈現越向東側越年輕，沒有明顯的背、向斜構造存在。除了緊密褶曲增加了岩層原始的厚度外，基本上岩層仍有越往上越年輕的現象。

綜合觀察所有步道沿線露頭，除了於一處地方有變質凝灰岩露頭外，其他均由變質砂岩與板岩所構成。這些岩層均由濱海相至淺海相的沈積岩經過輕度變質作用而形成，基本上應可見到許多沈積構造，但因步道沿線露頭情況較差，只可分辨出波痕及底痕沈積構造，其他較常見的紋層、交錯層與級層等沈積構造則不易辨識。

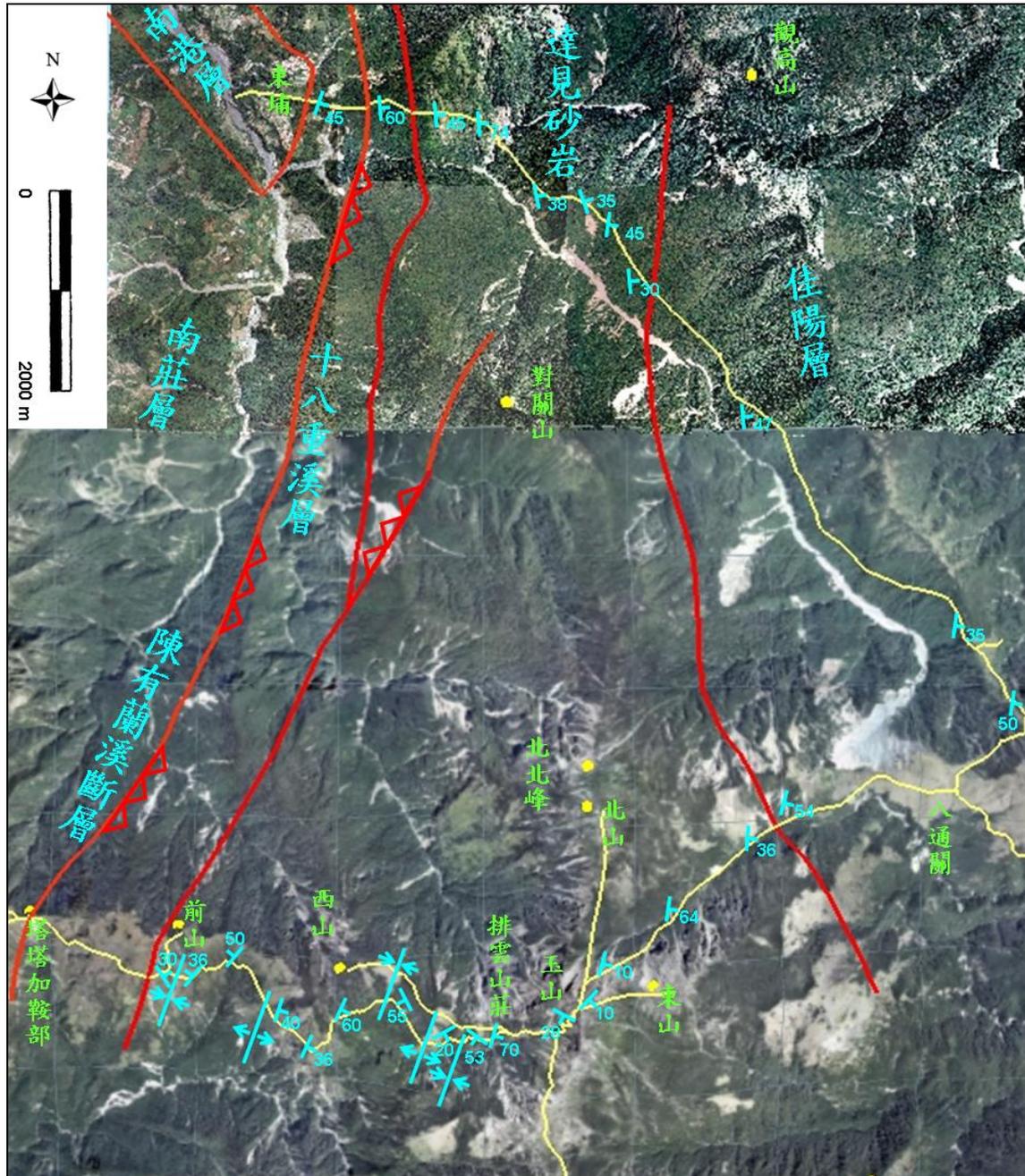


圖 3-2 塔塔加-玉山-東埔地區地質簡圖

3.3. 數位地形模型及飛行模擬成果

本計劃先期規劃之飛行模擬路線為二；一為自塔塔加鞍部出發，沿楠梓仙溪河谷由西向東飛行至玉山主峰。藉由本路線模擬飛行來產生路線沿途的連續景象，登山遊客除可清楚了解塔塔加-玉山主峰線之登山步道之高低起伏，亦可觀察南莊層與十八重溪層之分界線-陳有蘭溪斷層之分布。飛行前進至步道約里程2K後，附近地層分佈由十八重溪層轉變至達見砂岩。

第二段模擬飛行影片係自東埔出發，沿陳有蘭溪溪谷由西北向東南飛行至八通關草原。至八通關草原後轉向，沿西南方向之老麓溪谷而至玉山主峰。藉由本路線模擬飛行來產生路線沿途的連續景象，登山遊客可清楚了解沿八通關古道上地層分佈係由南港層轉變至十八重溪層，後轉為達見砂岩，至觀高則為佳陽層，進入老麓溪谷不遠後又回到達見砂岩。藉由3D場景的飛行模擬圖資與解說資料牌百口述相結合，提供玉山園區遊客中心整體性導覽與介紹該區域地質特性。使國家公園解說負有之社會教育使命與責任，讓遊客獲得知性傳達，珍愛國家公園園區自然景觀與生態環境以達成保育的目標。

3.4.地質解說資料成果

(一) 解說點 1：塔塔加鞍部登山口

1. 位置與範圍

本解說點擬設在塔塔加鞍部登山口處，亦即設至於楠溪林道與登山步道交會處，也就是玉山登山步道之起始點。

2. 設置目的及解說概要

登山遊客於攀登主峰前，於鞍部登山口整裝待發，利用此站對進入玉山步道沿線之地質景觀及陳有蘭溪斷層，做一整體性及概略性的認識。在進入玉山步道前，登山遊客或由阿里山公路至登山口，或由東埔沿新中橫公路至登山口，沿途均經過沈積岩區之岩層，而到達塔塔加鞍部後，跨越了陳有蘭溪斷層，即進入輕度變質之玉山地塊變質岩區。顯然地，陳有蘭溪斷層為台灣島上一重要的界限斷層，其兩側地質區的岩性、地質構造、地形特徵、沈積環境及地質史均不相同。

3. 解說內容

地形上，玉山山塊以沙里仙溪河谷及楠梓仙溪河谷為界和西側的阿里山山塊分隔；而在地質上，則以陳有蘭溪斷層分隔兩個地質區。顯然地，沙里仙溪河谷及楠梓仙溪河谷大致順著陳有蘭溪斷層發育，而塔塔加鞍部恰在兩溪谷之分界嶺脊上，也是陳有蘭溪斷層通過之處。

塔塔加鞍部東西兩側出露之岩層分屬於西部麓山帶之沈積岩層及雪山山脈之輕度變質岩。照片 3-1 是整個鞍部地區之鳥瞰圖，照片顯示陳有蘭溪斷層通過鞍部地區，西側之鹿林山屬於南莊層岩層分布區，東側出露的則為十八重溪板岩區。照片 3-2 拍攝位置在鞍部西南側，出露之岩層屬南莊層之砂頁岩互層，其岩體受斷層影響，顯得相當破碎。照片 3-3 是斷層東側出露之十八重溪層板岩，因受斷層錯動影響，岩體內多剪動破碎帶，加上板岩易受其內劈理面解壓風化影響，碎裂成碎片，形成規模不小的崩塌地。

4. 解說內容英譯稿

Topographically, the mountains Yushan and Alishan are separated by the Salishinchi and the Nantzeshinchi valleys which run from north to south. Geologically, there are two geological zones divided by the Chenyulanchi fault. Both the valleys of the Salishinchi and the Nantzeshinchi develop along the Chenyulanchi fault. The Ta-Ta-Chia saddle is right at the ridge line of the divide between the two valleys. It is also where the Chenyulanchi fault passes.

The strata on the west and east sides of the Ta-Ta-Chia saddle are the western foothill sedimentary rocks and slightly metamorphosed rocks of the Xue-San Ridge, respectively. Figure 3-1 is the top view of the saddle area. It shows that the Chenyulanchi fault passes through the saddle. The strata of the Lulin Mountain on the west side of the saddle is the Nanchang Formation. The strata on the east side of the saddle is slate of the Shihpachunchi Formation. Figure 3-2 was taken from the southwest side of the saddle. The outcrops exhibit alternating sandstone and shale of the Nanchang Formation. The rocks are fractured due to faulting. Figure 3-3 shows the outcrop of the slate of the Shihpachunchi Formation. The rock mass is highly fractured due to faulting and tensional jointing of unloading as well as weathering. Extensive collapsed slope is a consequence of the fractured slates.

(二) 解說點 2：玉山步道里程 2.7 km 處

1. 位置及範圍

本解說點位於玉山步道 2.7 km 處，剛好在往前山之登山口上，常是登山遊客休息地點。

2. 設置目的及解說概要

對大部分遊客而言，很難想像滄海桑田的變遷，而台灣的最高山玉山即是由海底堆積的岩層，經地殼變動抬升而至今日之高山，這些變動主要的證據就是存在於岩石內之海底生物化石及沈積構造。而在此處，人們腳上所踏之岩石，就有這些證據存在。

3. 解說內容

此處出露之岩層屬達見砂岩之變質砂岩與板岩之互層，年代上屬於始新世（約四千萬年前）之岩層。由其內所含貝類化石及頭足類化石，不但可推測其沈積年代屬於始新世時期，亦可証實當時之沈積環境屬於開闊且淺海相之海洋。本站所處岩層層面近乎水平，層面上可見波浪沈積構造（照片 3-4）及生痕化石（照片 3-5），這些現象顯示當時的沈積環境屬於開闊的淺海區，水流可以帶動細砂，遺留下來流動之波痕，而海底下生物覓食、藏匿、棲息等生活行為，亦於岩層內留下痕跡。

另外，在附近層狀變質岩露頭處（照片 3-6）出現近乎水平之層面。此類變質砂岩之岩性相當堅硬，組成物質以石英顆粒為主，不易生成劈理面，但偶而會有破裂劈理面出現（fracture cleavage），其劈理面位態與板岩之劈理面位態相近。

4. 解說內容英譯稿

The outcrop here is composed of alternating metamorphosed sandstone and slate of the Tachien Sandstone Formation. Based on the shell fossil, it is inferred that the sedimentary age of the rocks belongs to the Eocene/Oligocene Epoch (between 56 to 25 million years ago) and the environment during sedimentation was an open and shallow ocean. The rock bedding here is nearly horizontal. Ripple sedimentary

structures (Figure 3-4) and lebensspuren (figure 3-5) could be observed. Water flow drove fine sands and left ripple marks in the sediment. Ocean creatures' activities also leave some trace fossils on rock.

Besides, outcrop of the adjacent layered metamorphic rocks (Figure 3.6) shows horizontal bedding. The metamorphosed sandstone is very hard and since its major composition is quartz, it does not form cleavage easily. Nevertheless, it sometimes does show a few fracture cleavages. The orientation of the fracture cleavages of metamorphic sandstone is close to that of the slates.

(三) 解說點 3：白木林平台

1. 位置及範圍

本解說點位置約在玉山步道里程 5.1 km 附近，也就是白木林平台處。此處建有一休息亭，可供遮風避雨，也是提供登山遊客休息午餐場所。

2. 設置目的及解說概要

玉山為東亞地區之最高峰，地勢雄偉，風景秀麗，地形及地質景觀甚為奇特。此處可遠眺玉山主峰與圓峰間之山嶺脊線，觀賞河流及冰河對高山地形之影響，想像冰河時期玉山地區之地形景觀。

3. 解說內容

台灣高山冰河地形之提出始於鹿野忠雄（1932），光復後有許多地形學者並不認同此說法，但近一、二十年來，由於許多學者致力於高山冰河之探討，幾乎冰河地形特有之地形特徵均可於台灣高山地區找到，其中最具說服力的是冰坎、冰斗、U 形谷、擦痕及類似刃嶺及角峰等冰蝕地形，以及側磧壟和終磧壟（Lateral Moraine and Terminal Moraine）。照片 3-7 是由白木林平台遠眺玉山主峰與圓峰之間山嶺脊之地形，此區地形呈現一弧形圈谷狀，推測在冰河期時代應是一廣大的冰斗地形，但在冰河期後，因楠梓仙溪上游的向源侵蝕作用盛行，致使整個冰斗地形大部分被侵蝕殆盡，僅圓峰下方之冰斗（照片 3-8）仍殘留下來。

4. 解說內容英譯稿

Kano Tadao (1932) first recognized alpine glacial landforms and relicts in the high mountains of Taiwan. Since then, most researchers have disagreed with his view. However, starting from the last decade, several researchers have reported that some features of glacial landform and relicts have been preserved in the high mountains of Taiwan. The most convincing pieces of evidence for the glacial landform are cirque, corrie, u-shaped valley, striation, and arête, horn, lateral and terminal moraines. Figure 3-7 was taken at “white-wood timberland” which is located on the crest line between Main Peak and the Round peak of Yushan. The area displays

玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東埔步道
沿線之地形地質演變分析及解說資料調查規劃

a disintegrated cirque which probably was once much larger during the ice age. After the end of ice age, headward erosion of upstream Nantzeshinchi prevailed; as a result, most parts of the entire glacier cirque have been eroded, only a part of the glacier cirque beneath the Round peak still remains.

(四) 解說點 4：大峭壁

1. 位置及範圍

本解說點擬設於玉山步道 6.7 km 附近。由白木林平台至大峭壁路段，沿線有多處陡峭的崖壁，顯現與登山步道之狹窄及險峻。

2. 設置目的及解說概要

本解說點設置之主要目的為說明大峭壁之成因，並闡述此處岩層之生成環境及地質構造運動所引發之滄海桑田現象。

3. 解說內容

本解說點附近之峭壁均由陡峭的變質砂岩層所形成。大峭壁的岩層是屬於達見砂岩上段的岩層，岩性主要以板岩為主夾有厚至薄層的變質砂岩層。這些岩層是由水平堆積的沈積岩層，經過地殼變動，岩層受區域變質作用及構造運動的擠壓，產生褶皺及斷裂，而在褶皺構造的兩翼，岩層常形成高傾斜角度，在受到河流的侵蝕沖刷後，易形成所謂的順向坡（dip slope）地形。當岩層的基腳被河流侵蝕流失後，上方的岩層常順著層面下滑，形成大面積的峭壁面，本區之大峭壁即是一例（見照片 3-9）。

在大峭壁的層面上，常可見到波痕（Ripple Marks）沈積構造（見照片 3-10），配合岩層內所含的海相生物年代的探討，可推測這些岩層是在大約四千萬年前堆積於淺海的遠濱相海中，經過了上新世至更新世的蓬萊造山運動，抬升至今日三千多公尺的高山。

4. 解說內容英譯稿

The cliff is formed by precipitous metamorphosed sandstones from the Tachien Sandstone. The rock is mainly composed of slate interlaced with thin to thick layers of metamorphic sandstones. It originated from layered sedimentary rock and later was subjected to regional metamorphism and tectonic compression resulting in folds and fractures. Along the two wings of the fold, rock layering is steep. Once the slope toe was eroded by the action of river incision, the rock layer above the toe would slip

down along the bedding plane, resulting in exposure of large cliff face. The Giant Cliff here is a typical example (Figure 3-9).

There are some ripple marks and sedimentary structures exposed on the bedding plane of the cliff (see Figure 3-10). Based on the marine fossils found in these rocks, the rock formation must have been formed offshore of shallow ocean about 40 million years ago. The Plio-Pleistocene Taiwan orogeny is responsible for the uplift to the present elevation of more than 3000 meters.

(五) 解說點 5 :碎石坡區：

1. 位置及範圍

本解說點將設於排雲山莊往玉山登頂佈道 1.0~1.5k 的碎石坡上。此處主要解說對象為玉山頂附近地質構造現象。

2. 設計目的及解說概要

本解說點設置之主要目的為介紹玉山地區之岩層褶曲及斷裂情形，教育遊客玉山的生成是由地殼活動，產生的褶曲、斷裂、逆衝等一連串的地質現象，使岩層隆起成高山。

3. 解說內容

本解說點對面的山脊顯露出一個向斜構造及一個背斜構造（見照片 3-11），顯現整個地區曾受過強烈的擠壓褶曲及斷裂錯移，照片 3-12 及顯示上述之背斜構造被錯移呈現二個背斜構造塊體，而這二個錯移面因磨擦破裂，致使融解之石英脈填充其中，形成堅硬抗風化之石英脈，因此遺留下二條岩脈狀（Dike）之岩體，突立於斷崖面上。

由上述地質現象，可想像三、四百萬年來，菲律賓海洋板塊持續碰撞著歐亞大陸板塊，使深埋於地下的達見砂岩受到擠壓褶曲及斷裂，加上溫壓力的升高，產生變質作用，岩層變的相當堅硬緻密，更有劈理面之生成及石英脈充填於張裂隙之間；其中劈理面之形成主要由片狀及條狀礦物垂直主應力方向發育所致，照片 3-13 是南橫公路上所見之向斜構造，其劈理面與軸面大致平行，切割向斜構造內之岩層成片狀。今日玉山聳立於群山中，其成因是蓬萊山運動造成的擠壓褶曲及斷裂逆衝，使達見砂岩抬升至海平面上數千公尺，且於上升過程中持續地受到構造侵蝕沖刷，遺留下今日之地形地貌。

4. 解說內容英譯稿

The ridge face here shows a syncline and an anticline structure (Figure 3-11). This region was subjected to strong deformation with folding and faulting. As observed in Figure 3-12, the anticline structure has been displaced, apparently

forming two anticlinal structures. The slip surfaces are filled with quartz veins. These quartz veins are resistant to weathering and therefore protrude on the cliff surface.

From the above geological phenomena, it can be realized that the deeply buried Tachien Sandstone has been subjected to deformation with folding and faulting as a result of the collision between the Philippine Sea Plate and Eurasia plate since five million years ago. The elevated temperature and pressure would induce metamorphic reaction. The rock became very hard and compact with the formation of cleavages and quartz veins. The development of cleavages has been caused by the recrystallization and alignment of the platy or prismatic minerals along the plane perpendicular to the major principal stress. Figure 3-13 shows a syncline found on the South Cross Island Highway. The cleavages are roughly parallel to the axial plane of the fold. The Yushan Mountain stands tall due to stacking of the folded and faulted strata. The consequence is that Da-Chen sandstone was elevated to a few thousands meters above sea level. However, the rock formation has also been subjected to erosion continuously during the uplifting process.

(六) 解說點 6：玉山頂

1. 位置及範圍

本解說點擬設於玉山頂上。

2. 設置目的及解說概要

本解說點設置之主要目的為介紹玉山頂岩層之原始生成環境以及後其變質情形。在玉山頂附近地區，仔細觀察，可於岩層內找到沈積構造，證實此區岩層由海底泥砂堆積而成。另外，此區岩層內次生得劈理面可解釋其成岩所經過之變質過程。

3. 解說內容

滄海桑田是我們感嘆大自然物換星移的變動，而在高山地區常可見到對生存於海洋內的貝殼及生物痕跡，顯示其原始堆積於海底的岩層，經過地殼的變動上升至今日高山地區。

在攀登玉山頂的途中，常可見到岩層中還有許多沈積構造。照片 3-14 係攝於玉山頂附近，近乎水平的砂頁岩互層露頭，砂岩層底部最常見的是荷重鑄痕（Loading Cast）此現象是砂岩在海底堆積時，因底下未固結之泥層承受上方堆積砂岩層的重量，發生局部砂岩層下墜現象。而在頁岩內，也可常見到紋層狀砂岩層重複出現，顯示當時岩層堆積時受到潮汐之影響。整體而言，玉山地區岩層均是在海底堆積而來，因此處處可見海洋生物化石及沈積構造。

依據化石的定年研究，玉山頂附近岩層是在始新世時期堆積的，也就是在四千多萬年前堆積於海底下。這些岩層沈積時之地槽持續地下沉，槽內堆積上萬公尺的砂泥層，經長期的壓縮及溫度升高，岩化作用更為明顯。及至蓬萊山造山運動期間（約三、四百萬年前至更新世），地殼變動擠壓褶曲，溫度及壓力增加而產生區域變質作用，這些砂泥層分別變為堅硬的變質砂岩及板岩。板岩內因礦物的重新結晶而有劈理面發育，照片 3-15 可清楚的看出水平的層面，但較陡立的劈理面已取代層面，成為板岩碎裂的主要不連續面。照片 3-16 依稀可見水平層面，劈裡面的發育已將原始堆積層面消滅殆盡。

4. 解說內容英譯稿

Along the trail to the Main Peak of the Yushan Mountain, we can often see sedimentary structures and trace fossils in the rock. As most trace fossils were deposited in the marine environment, it could imply that the high mountains we see today were actually beneath the sea long time ago. Figure 3-14 was taken near the Main Peak. It shows the strata are horizontal with intercalation of metamorphic sandstone and slate.

According to age of the fossils, the rock formation near the Main Peak was deposited in a marine environment during Eocene/Oligocene epoch (between 56-25 my). At the time of deposition, the basin was sinking continuously; the sediment accumulated sand or clay up to ten thousands meters of thickness. The long duration of compaction, compression and heating leads to the conversion of unconsolidated sediments into hard rocks through lithification. During the period of the Plio-Pleistocene Taiwan orogeny (between 5 million years ago and Present), the crust underwent deformation and metamorphophism due to folding and faulting, increased heating and high pressure. The sand or clay became durable metamorphic sandstone and slate, respectively. The development of the slate cleavage is mainly due to the growth of the mineral and re-crystallization. Figure 3-15 displays clear horizontal bedding but later developed cleavages have over printed the bedding planes and become the main discontinuity. Figure 3-16 shows a blurred horizontal bedding plane, where development of cleavage has almost erased its depositional origin.

(七) 解說點 7：八通關古地形面

1. 位置及範圍

本解說點將設於八通關草原地區，範圍是八通關古河道地形及環形丘地形。

2. 設置目的及解說概要

本解說點設置之目的為介紹八通關地形的古地形面，其中最顯著的是切穿曲流所遺留下之環形丘及半軛湖，同時可由殘存的古河道及地形特徵得知河川襲奪現象。

3. 解說內容

在航照圖判釋成果圖中，可明顯地看到荖濃溪源頭地區，呈現曲流及格子狀水系，且其河谷兩岸常存在平緩的山坡及圓弧形山丘，甚至於有谷地平原如八通關草原之存在，這些現象顯示玉山地區曾在某一地形期時達到準平原化地形面。只是後來受到地殼變動，地形面被抬昇的影響，已經達到老年期地形之河流復活，改為以下切侵蝕為主，且各水系間下切速率的不同而發生河川襲奪現象。

八通關地區寬廣平坦的古河道（照片 3-17）及環形丘（照片 2-5），即是谷地形期中切穿曲流所遺留之地形特徵。照片 2-10 及照片 3-18 顯示原本由金門峒斷崖地區流入荖濃溪上游的支流，因陳有蘭溪快速下切，襲奪了該支流源頭，而呈現斷頭河現象。照片 3-18 更顯現斷頭河的部分河道變為反向河，下雨時匯集兩水流經金門峒斷崖而流入陳有蘭溪，此反向河之源頭處即為河川襲奪現象中常見的古分水嶺。

由航照判釋結果，圖 3-1 之 A-A' 嶺脊為古地形期時陳有蘭溪下切快速，向源頭侵蝕切穿此分水嶺，襲奪了荖濃溪水系水源，航照判釋圖中支流匯入陳有蘭溪之匯流點呈現向上游彎曲現象，似為未襲奪前水溪向東南之現象。檢視陳有蘭溪河谷深達一千多公尺，而荖濃溪於八通關河谷僅二、三百公尺深，此現象亦說明何以前者會襲奪後者水源。

4. 解說內容英譯稿

From air-photos, the head stream area of the Laononchi displays curved and

trellis drainage pattern. They are usually gentle slopes and round hills, and specially valley plains like the Patungkuan grass plane. These phenomena imply that the Yushan region was once a peneplain. In time, it was subjected to crustal activities, during which topographic surfaces were elevated and then again incised by stream action. Therefore, these old topographic surfaces have been rejuvenated.

(八) 解說點 8：陳有蘭溪兩岸階地面

1. 位置及範圍

本解說點設於登山口上方之產業道路上，其往下望可看見陳有蘭溪及沙里仙溪兩岸之階地面。

2. 設置目的及解說概要

本解說點設置之目的為介紹河流兩岸階地面生成之原因及過程。

3. 解說內容

東埔地區屬陳有蘭溪中、上游地帶，溪流之下切營力大於側蝕營力，因此僅在陳有蘭溪及沙里仙溪匯流地區存在著規模不大的階地面（照片 2-4 及照片 3-19），這些階地面以最高階者最為發達，其高出河床約一百公尺，在溪谷兩側均有發育，並以右岸地名稱為開高巷階地面。除此階地面外，已有二、三階較低之階地面，其崖高約數公尺至三、四十公尺。

開高巷階地面可對比於下游地區的望鄉、久美、羅娜等階地面，這些階地面規模均相當大，因此可推測當時陳有蘭溪有一相當穩定的時期，使溪流向兩岸擴寬，形成寬廣的曲流河道，後來因地殼抬升，河流下切而形成今日之地貌。陳有蘭溪最特殊之地形特徵，即是此一系列之階地面時期之河床坡降小於現今河床之坡降，亦即今日河流受地殼上升影響，下切營力仍未到達平衡階段。

4. 解說內容英譯稿

The Tungpu area belongs to the mid- to up- stream region of the Chenyulanchi and the down cutting power is larger than the side erosion power. Therefore, limited and small size river terraces are only developed at the confluence of the Chenyulanchi and the Salishinchi (Figure 2-4 and 3-19). The high level river terraces are the most developed terraces along both sides of the river and they are elevated approximately 100 meter above the river bed. The Kaikaoheng terrace located to the right bank of the river is the most pronounced one. There are two to three levels of lower terraces with 30 to 40 meters of elevation from the stream bed. The Kaikaoheng terrace could be

correlated to the terraces of the down-stream area of the Wangshiang, the Chiumei, and the Lola. These terraces are rather broad and it may be inferred that there is a relatively stable period in the Chenyulanchi and the stream channel is broadened on both sides and forms meandered river channels. Later on, the continuing action of tectonic uplifting and stream cutting have resulted in the present topography.

(九) 解說點 9：父子斷崖西側

1. 位置及範圍

本解說點設於父子斷崖西側，即未過鋼管橋前方。此點為正式進入八通關古道險峻之步道，往前即為父子斷崖，往西側下方可見開高巷階地面。

2. 設置目的及解說概要

登山遊客在進入險峻的八通關古道前，利用此站對陳有蘭溪斷層及其兩側地質情況以及地質對地形發育之影響，做一整體性及概略性之認識，同時可解說父子斷崖地形成因。陳有蘭溪斷層分隔兩側不同地質區之岩層，東側者為輕度變質之玉山山塊變質岩區，西側者則為未變質之沉積岩區，此兩地質區之岩性、地質構造、地形特徵、沉積環境及地質史均不相同。父子斷崖的地形隆起與其所在之十八重溪層岩息息相關。

3. 解說內容

陳有蘭溪河谷在東埔至水里段大致順陳有蘭溪斷層發育，由於斷面傾向東側，因此長期的下切侵蝕結果，目前陳有蘭溪河谷位處於陳有蘭西斷層西側，照片 2-4 顯示目前斷層線在開高巷階地面東方山後稜線地形轉折處。

由登山古道往河床望，可見到陳有蘭溪斷層形成的崩坍地（見照片 3-20 及照片 3-21），此崩坍地露出斷層引起的破碎岩盤及黑色滑動泥，這些特徵即屬於斷層錯動所生成的斷層帶。由此斷層帶往陳有蘭溪下游河谷，可見到以頁岩為主的岩層露頭，這些岩層是未變質的台灣西部麓山帶沉積岩區，在此區被歸屬於中新世之和社層。而出露於斷層東側之岩盤則屬於輕度變質的板岩區，屬於始新世的十八重溪層。父子斷崖即位於十八重溪層板岩的西緣（見照片 3-22），此斷崖之成因主要為本區地殼的持續性抬升，相對於陳有蘭溪斷層西測之頁岩易受侵蝕沖刷，十八重溪層粉砂層板岩抗風化侵蝕能力強，因此形成高崇的山脊及稜線，而且其岩盤內主要的不連續面僅位態呈 N30E/45SE 的劈理面，因此其臨西南面及南面均相當穩定，形成高角度的邊坡或地形崖。現場的觀察，父子斷崖的邊坡破壞模式為翻倒破壞（toppling），其發生機制為陡峭的邊坡，因解壓風化影響，

使劈理面及平行劈理面的層面因逆向坡而發生傾倒破壞，如其坡腳遭河流侵蝕，或者坡度大於塊石之安息角，即發生脫離之塊體向下崩落或滑移。

4. 解說內容英譯稿

The Chenyulanchi valley is mainly developed along the fault trace of Chenyulan fault between the Tungpu and the Shuili segment. After prolonged erosion and river down cutting, the present Chenyulan valley is formed at the western side of the Chenyulan fault because the fault dips towards east. The present fault trace is located at the turn of the eastern back ridge of the Kaikaoheng terrace.

As viewed from the mountain path towards the stream beds, one can observe the landslide area related to the shear zone of the Chenyulanchi fault.

The Father and Son cliff exhibit an active landslide site with rock toppling. Quite often, it happened on steep slopes with major discontinuities of cleavage planes, joint planes, and bedding planes. Rock toppling could be triggered by stream down cutting of the slope toe as well as slippage along the planes of major discontinuities.

(十) 解說點 10：雲龍瀑布

1. 位置及範圍

本解說點將設於八通關右道 4.0k 步道上，由父子斷崖至雲龍瀑布段，沿線大部分是陡峭崖壁，顯現八通關右道之狹隘與險峻。

2. 設置目的及解說概要

本解說點設置之主要目的為說明雲龍瀑布之成因，以教育遊客造山運動使地殼隆起，形成今日之地貌。

3. 解說內容

本解說點附近之峭壁均屬於始新世至漸新世之達見砂岩岩層，其岩性由堅硬緻密的變質砂岩與粉砂質板岩所組成。陳有蘭溪主流在此區段大致呈東南往西北流路，剛好以近乎垂直角度切過東北-西南走向的岩層，因此兩岸岩壁大多可以維持相當高角度的邊坡。又由台灣地處於歐亞大陸板塊與菲律賓海洋板塊碰撞帶上，造山運動產生的隆起快速且大，河流的下切營力相當盛行，然而陳有蘭溪兩側支流因水量小，挾帶泥沙侵蝕河床能力不足，導致支流匯入主流河段常形成高達近百公尺之瀑布，雲龍瀑布（見照片 3-23）及乙女瀑布即為明顯的例子。

4. 解說內容英譯稿

The strata forming the steep cliffs are composed of hard and durable Tachien Sandstones of the Eo-Oligocene time. The incision power of the main stream is much greater than that of the second order or third order streams as a result of much larger discharge of the former, so that the rapids and waterfalls (Figure 3-23) of approximate 100 meters are often formed at the river confluence. The Yunlung waterfall and the Yulu waterfall are good examples.

(十一) 解說點 11：大崩崖面褶曲構造

1. 位置及範圍

本解說點將設於八通關右道 7.0k 附近，主要的解說對象是對關山下方的大崩崖，由崖面顯露的岩層褶曲情形看變質岩層之構造型態。

2. 設置目的及解說概要

本解說點設置之主要目的為闡述變質岩的構造型態，由此大崩崖面上砂岩層褶曲重複出現情形，說明原始的沉積岩層在造山運動中，被變質及褶曲情形。

3. 解說內容

對關山下方的大崩崖岩層屬於達見砂岩上段岩層，岩性以板岩為主，夾有厚至薄層的變質砂岩層。這些岩層是由水平堆積的沉積岩層，因持續的堆積，上覆沉積岩層可達上萬公尺，到達相當高的壓力及溫度，再因板塊碰撞，產生區域變質作用及構造運動擠壓，岩層除了因溫度及壓力變化而使內部礦物重新結晶及排列外，亦有劈理面之生成，而岩層沉積時之水平層面，亦發生摺曲及斷裂，常形成等斜褶皺 (isoclinal fold)。大崩崖面上 (見照片 3-24) 可看見達見砂岩內的變質砂岩 (呈現灰白色者) 被緊密摺曲，整個褶皺呈現軸面近乎水平的偃臥褶皺，這種現象可讓我們想像堅硬的岩盤在地下深處的高溫高壓環境中，可像麥芽糖樣的撓曲變形。

4. 解說內容英譯稿

The huge landslide cliff below the Tioukuan Mountain is composed of slate with subordinate thin to thick beds of meta-sandstone of the upper member of the Tachien Sandstone. These strata have accumulated to great thickness, attaining 10,000 meters as a result of continuous down wrapping of the sedimentary basin. The deeply buried sediments were subjected to a compressional and elevated temperature environment. Therefore, besides deformed strata with folds and faults, at the same time, development of cleavages caused by recrystallized and alignment of platy or prismatic

minerals goes on as well. On the cliff face, tight folds with nearly horizontal axial plane of recumbent folds are well exhibited. The behavior of the hard and rigid rock can be likened to that of a bar of maltose candy twisted around.

(十二) 解說點 12：金門峒斷崖

1. 位置及範圍

本解說點擬設於觀高坪，即在八通關古道 14.5k 處，由此處望向八通關，可見對面大崩崖，即為金門峒斷崖。

2. 設置目的及解說概要

本解說點設置之主要目的為解說金門峒斷崖之成因，並述說玉山地區在近幾萬年來之抬升量及陳有蘭溪襲奪荖濃溪源頭，以及其向源侵蝕之劇烈。

3. 解說內容

八通關地區屬於荖農溪源頭地區，其附近水系呈現格子狀水系，且在兩岸常存在著殘存的古老地形面及圓弧形山丘，而在八通關草原區可見到寬廣平坦的古河道，其源頭指向金門峒斷崖，顯然地陳有蘭溪源頭地區在古地形期應是荖濃溪源頭，後來因地殼抬升，陳有蘭溪下切較快速而襲奪了荖濃溪源頭，且由於水量加大，促使陳有蘭溪下切速率增加，形成今日陡峻之峽谷瀑布地形特徵。

金門峒斷崖的形成，除了上述河川襲奪，河谷下切速率加快，以及向源侵蝕之機制使然外，此斷崖之地質環境也促使整個崩坍地之擴大與加深。蓋金門峒斷崖地區屬於佳陽層分佈範圍，岩性以軟弱的板岩為主，斷崖出露之岩層大部分為灰黑色板岩（見照片 3-25 及照片 3-26），此類岩層原屬於沉積的頁岩，經清為變質成板岩，其特徵為易順劈理面破碎，受風化常碎成岩屑，且其抗侵蝕能力差，易被水流沖蝕，呈現出大崩崖。

4. 解說內容英譯稿

The Patungkuan area belongs to the the Laononchi headstream. The adjacent region displays trellis drainage pattern. On both sides of the stream, relicts of old topographic surfaces and rounded and curved hills are often preserved. In the broad and flat grassland of the Patungkuan area, the up-stream of these old stream channels points towards the Kimmantung Cliff. It is obvious that the up-stream of the

Chenyulanchi is also the up-stream of the ancient Laononchi. Due to recent tectonic uplift and the more rapid up-stream erosion, the headwaters of the Laononchi were captured by the Chenyulanchi, so that the increased up-stream area would supply larger quantities of water to the Chenyulanchi. Consequently, rapid stream incision causes development of the gorge valley of the Chenyulanchi. The Kimantung Cliff with the exposure of the grayish slate of the Chiayoung Formation is also expanding due to rapid headwater erosion (Figures 3-25 and 3-26).

3.5. 工程地質調查成果

本調查工作主要針對玉山登山步道及八通關古道沿線發生崩塌及潛在崩塌地區之破壞機制做一探討，並提出改善方案以供玉山管理處作為整治之參考。

玉山登山步道經調查結果，除了於塔塔加登山口至 0.5k 段可見到原始的陳有蘭溪斷層引起之崩塌地有繼續擴大，影響到登山步道外，其餘路段未見較大規模坍塌。對於此崩塌地，目前已經以編柵穩定步道路線，本報告認為此方法處理即可，且如有繼續擴大，亦以此方法處理。本步道較可能存在之崩塌問題為大峭壁一帶之順向坡，如其基腳遭河流側蝕消除，可能引起順向坡滑動，但研判此現象之發生不易，因此無即刻崩塌危機。

八通關古道因沿陳有蘭溪北岸修值，而此溪流下切及側蝕營力甚強，陡峭之岩坡常有過陡的邊坡發生碎屑崩落滑移情形，亦有因解壓風化發生翻倒破壞之邊坡現象，然而最常見的是向源侵蝕形成的崩塌破壞。

茲將沿線較需處理之路段分別敘述如下：

(一) 父子斷崖路段

1. 邊坡破壞模式分析

本路段由鋼管橋及父子斷崖，全長約五、六十公尺，通過父子斷崖步道前半段因下方基岩崩落及上方落石影響，部份道路已崩落，且導致外側欄柵鋼管已掉落（見照片 3-22）。

分析此路段之工程地質情況，其基岩層十八重溪層之粉砂質板岩，內夾薄至層狀變質砂岩，原始的層面受褶曲及變質影響，大部分已遭消滅或和次生的劈理面一致。現場的觀察，主要的不連續面為劈理面，其位態大致為 N30E/45E，因此斷崖的邊坡大致為逆向坡，可維持相當大角度邊坡之穩定。另由於本區靠近陳有蘭溪斷層，局部岩體顯得較為破碎，且由於逆向坡地形甚為陡峭，劈理面經風化解壓結果變為甚為發達，劈理裂面間距僅二、三十公分，加上岩體較破碎，容

易發生翻倒破壞現象，現場可見到順坡面往內約有四、五公尺的岩體發生潛移鬆脫現象（見照片 3-27）。

2. 處理建議

本路段為全線最危險路段，鋼管橋基礎及父子斷崖前半段路基隨時可因下方基岩崩塌而全部掉落崩崖，建議以炸藥清除已脫落之岩層，將鋼管橋墩及步道修值於較穩定之基岩上，以防止雨季期間因雨水淘刷下方脫落基岩，而導致人員及道路整體崩落山谷。

(二) 小高繞路段

八通關古道於里程 5.0k 附近（見照片 3-28）及 T67 座標（247512,2603061）附近（見照片 3-29）均有崩塌現象，為其規模均不大。

1. 邊坡破壞模式分析

此二處崩塌區均屬小規模之崩塌，步道下方為陡峭之崖坡，道路因路基崩移而必須以高繞方式通過崩塌區，且局部路段也伴隨上方邊坡有碎屑崩滑現象，顯示此區段裸露岩盤受解壓風化，岩屑滑落之現象無法根除。

2. 處理建議

此類崩塌地之規模均不大，僅需以二、三十公尺之鋼管橋墩搭配木板路面，依山壁通過即可，盡可能避免開挖岩坡，破壞景觀。

(三) 觀高坪往八通關步道 1.0k 處

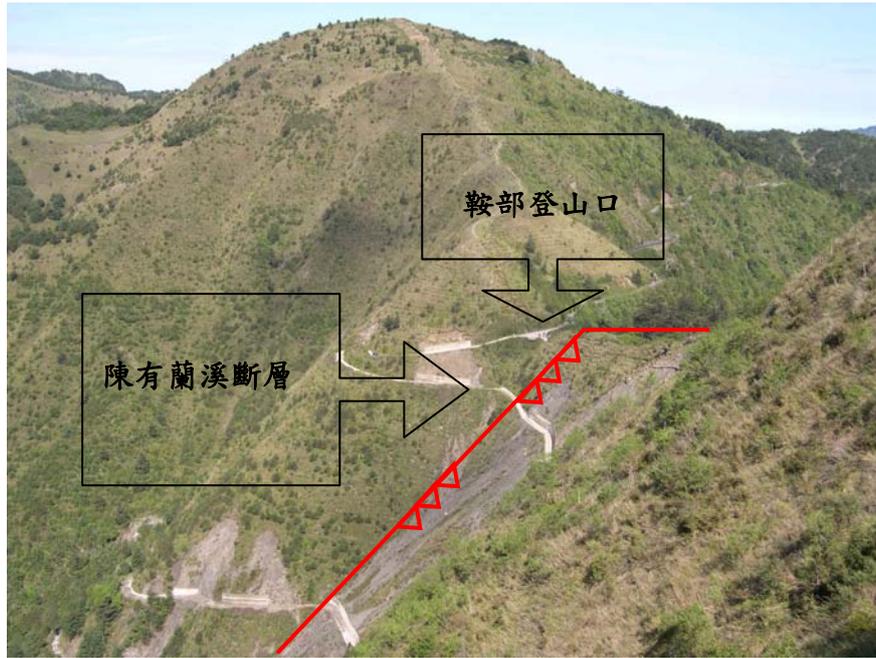
1. 邊坡破壞模式分析

本路段位於陳有蘭溪之一小支流處（見照片 3-30），其基岩層佳陽層之板岩，主要的不連續面為劈理面，位態大致為 N10E/47E，因此其邊坡屬於逆向坡，並不會發生平面型滑動。現場的觀察，此次崩塌主要為向源侵蝕之作用所形成，即陳有蘭溪源頭地區因向源侵蝕，導致陡坡近地表之岩層受解壓風化而鬆脫，遇豪雨沖刷而下滑崩落，此路段約六、七十公尺受到影響，惟其深度不大，步道路標仍存在邊坡上（見照片 3-31，照片中央有 1.0k 標示牌）。

2. 處理建議

玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東埔步道
沿線之地形地質演變分析及解說資料調查規劃

此處崩塌地之規模不大，因其下方即有通行空間。建議僅需新闢下切路面，依山壁通過即可。



照片 3-1 由玉山步道照塔塔加鞍部及鹿林山
陳有蘭溪斷層通過鞍部地區，斷層西側為南莊層砂岩互層，東為十八重溪層頁
岩。斷層通過附近地區破碎，易形成崩塌地。



照片 3-2 塔塔加鞍部往楠梓仙溪林道沿線出露之南莊層岩層
岩性以砂頁岩互層為止。此處岩層受陳有蘭溪斷層影響，岩體顯得相當破碎。



照片 3-3 塔塔加鞍部東側出露之十八重溪層板岩
此處岩體受斷層錯動影響，岩體相當破碎，加上岩層易受劈理影響，解壓風化成
碎片，形成崩塌地。



照片 3-4 達見砂岩之岩層面上有波浪沈積構造（Ripple mark）
顯示此類岩層於海底堆積而成，且當時水流流動痕跡保存於砂岩面上。



照片 3-5 變質砂岩面上有生物遺留下之痕跡
生物遺留下之痕跡 (Trace fossils) 顯示此類岩層在海底下沈積。



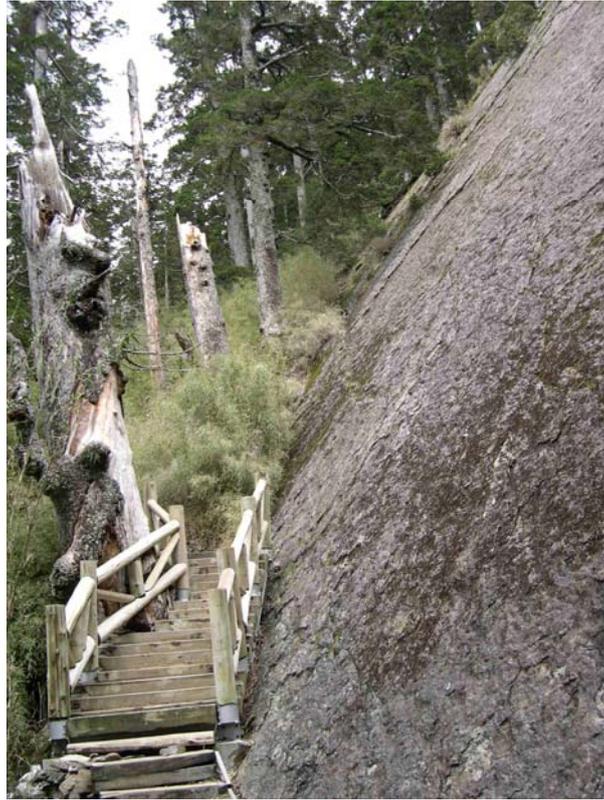
照片 3-6 層狀變質砂岩之層面
層面近乎水平，局部地區受變質作用影響，出現一組裂面發達（間距僅 2 至 3 公分）之破裂劈理面(fracture cleavage)。



照片 3-7 玉山主峰與圓峰間之山嶺脊地區
此區呈現一弧形谷，似為一大冰斗，其大部分以被河流向源侵蝕破壞。



照片 3-8 圓峰下風弧形凹槽
凹形狀甚為平順，似為冰河期遺留下之冰斗地形。



照片 3-9 玉山步道沿線顯現之大峭壁地形
大峭壁地形其主要由陡峭之變質砂岩面所構成。



照片 3-10 大峭壁變質砂岩面上所呈現之波痕沉積構造

玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東埔步道
沿線之地形地質演變分析及解說資料調查規劃



照片 3-11 玉山頂至圓峯嶺脊出露之向斜及背斜構造。



照片 3-12 上圖中之背斜構造被兩條岩脈狀(Dike)石英脈所切斷錯移。



照片 3-13 南橫公路天池附近岩壁所出露之向斜構造
該向斜構造其內發育之劈裡面與軸面平行，似將此向斜構造剝切成切千萬塊。



照片 3-14 玉山頂附近地區出露之岩層
該砂岩底部常有荷重鑄痕(Loading Cast)，而夾於岩層間的頁岩，也常見細紋狀砂層，此種潮汐流動造成的沈積構造亦是海底沈積的證據。



照片 3-15 玉山頂出現之板岩及變質砂岩(一)

山頂出現之板岩及變質砂岩可見一組緻密的劈裡面。此處岩石受風化影響，常沿劈裡面破裂。



照片 3-16 玉山頂出現之板岩及變質砂岩(一)

此處岩層依稀可見水平的層面，板劈理面已取代層面，成為岩層之主要不連續面。



照片 3-17 八通關古河道

寬廣的古河道顯示八通關曾在古地形期時達到準平原面水系及地形特徵。



照片 3-18 古河道被陳有蘭溪襲奪

此照片顯示主河道受近期風化侵蝕之影響，呈現反向河現象，乾涸的河床於下雨時，水流將流入金門峒斷崖下方之陳有蘭溪。



照片 3-19 陳有蘭溪及沙里仙溪匯流地區之階地面



照片 3-20 陳有蘭溪崩坍地（一）

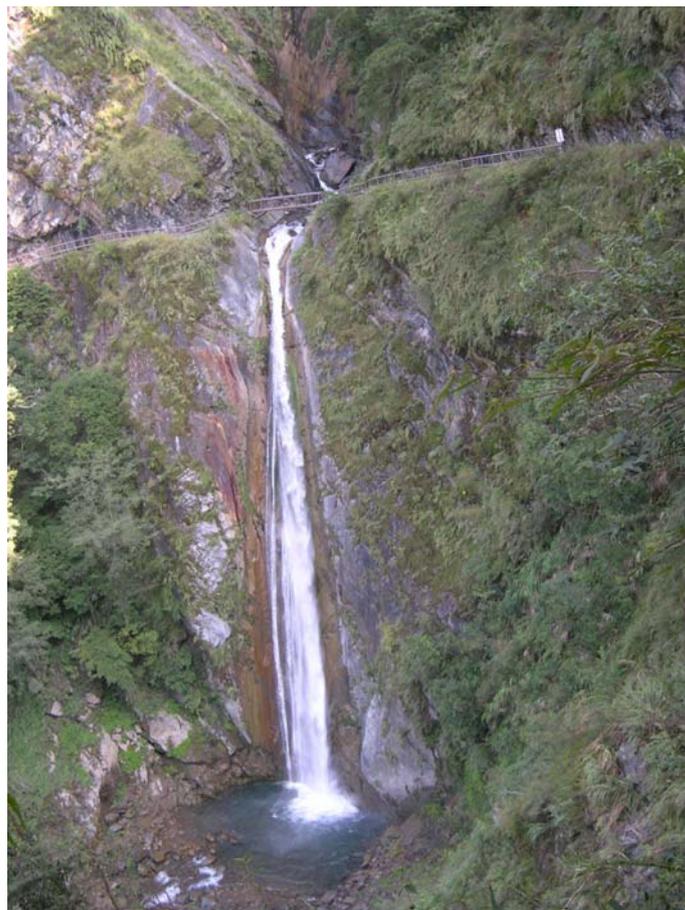


照片 3-21 陳有蘭溪崩坍地（二）

玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東埔步道
沿線之地形地質演變分析及解說資料調查規劃



照片 3-22 父子斷崖



照片 3-23 雲龍瀑布



照片 3-24 對關山下方大崩崖

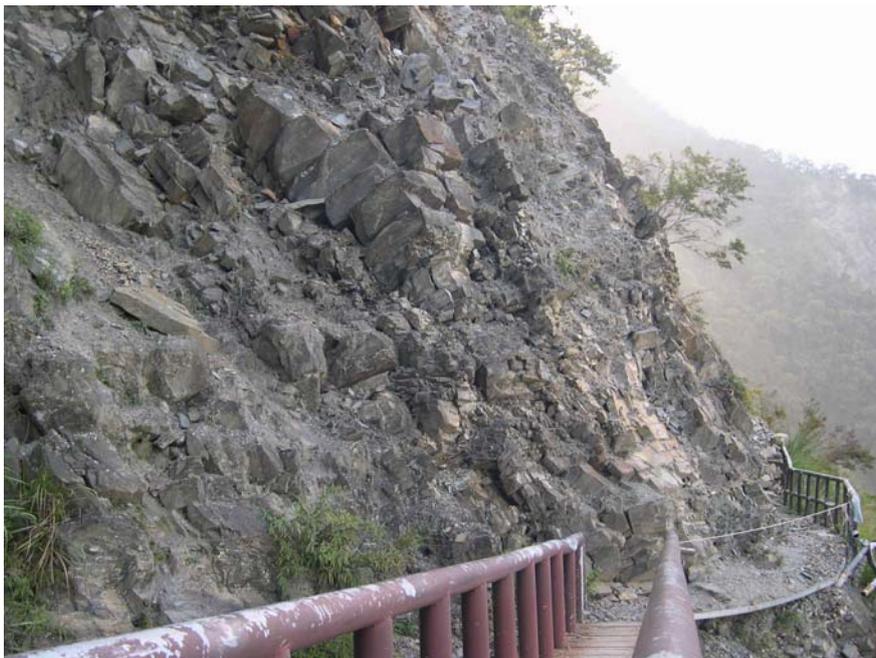


照片 3-25 金門峒斷崖（一）

玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東埔步道
沿線之地形地質演變分析及解說資料調查規劃



照片 3-26 金門峒斷崖 (二)



照片 3-27 父子斷崖崩塌段



照片 3-28 八通關古道於里程 5.0k 附近崩塌段



照片 3-29 T67 座標 (247512,2603061) 附近崩塌段

玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東埔步道
沿線之地形地質演變分析及解說資料調查規劃



照片 3-30 觀高坪往八通關步道 1.0k 處崩塌段 (一)



照片 3-31 觀高坪往八通關步道 1.0k 處崩塌段 (二)

參考文獻

1. 丹桂之助，1942，"台灣脊樑山脈，關於層位學之知見"，台灣地學記事，第十三卷，第一號，pp1-20
2. 王文能、陳清義，1978，"東埔南玉山間之沿線地質概述"，礦業技術，第十六卷，第七期，pp382-386
3. 李春生，1979，"台灣中部南投縣水里—玉山地區之古第三紀地層"，地質學會特刊，第三號 pp.237-247
4. 張寶堂，1984，南投縣東埔溫泉區地質，中央地質調查所特刊，第三號，第 91-102
5. 張郁生，1984，"台灣嘉義—玉山—水里公路沿線之地質"，中央地質調查所特刊第三號
6. 顏滄坡、吳景祥、莊德永，1984，"台灣新中部橫貫公路（玉山線）沿線之地質"，中國地質學會專刊，第九號，pp1-27
7. 程延年、葉貴玉、劉進今、盧佳遇，1988，"玉山國家公園東埔玉山區地質調查暨解說規劃研究報告"，內政部營建署玉山國家公園管理處
8. 劉志學，1986，"再論南湖大山之冰蝕地形"，演化，第 8 期 pp.65-66
9. 林慶偉、吳銘志、黃鎮臺，1995，"玉山國家公園新中橫地區地質構造分析及其對崩塌第發育之影響"，內政部營建署玉山國家公園管理處
10. 楊建夫，1999，"台灣冰河地形的新發現：證實雪山圈谷群是冰斗"，台灣山岳，第 22 期 pp.90-93
11. 楊建夫，2000，"冰河曾經來過：雪山圈谷"，雪壩國家公園管理處，81 頁
12. 程延年、葉貴玉、劉進金、盧佳遇，玉山國家公園東埔玉山區地質調查暨解說規劃研究，1994，內政部營建署玉山國家公園管理處，第 15 頁
13. 胡賢能、廖志中、謝豐隆，2002，玉山國家公園集集大地震後東埔玉山

玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東埔步道
沿線之地形地質演變分析及解說資料調查規劃

區地形地質調查與構造地質分析之研究，內政部營建署玉山國家公園管理處

14. 史天元、廖志中，2003，玉山國家公園塔塔加、東埔、梅山、天池地景地貌航空照相之建立，內政部營建署玉山國家公園管理處

15. 史天元、廖志中，2005，觀高至東埔地景地貌立體圖資製作及地質地形資料分析，內政部營建署玉山國家公園管理處

16. 王鑫，1984，玉山國家公園地理、地質景觀資源調查，內政部營建署。

附錄（一）玉山主峰線沿線地質調查記錄

玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東埔步道
沿線之地形地質演變分析及解說資料調查規劃

點號	T67 座標		里程數	層面位態		地質描述
	E	N		Cleavage	Bedding	
001	238948	2597206	0.0K			登山口位置
002	239115	2597202	0.2K	(C)N50E20E		板岩
003	239270	2597161	0.4K	(C)N30E30E		板岩
004	239306	2597159	0.5K			板岩為主，夾有變質砂岩
005	239410	2597039	0.75K	(C)N30E50E		出露少許變質砂岩
006	239508	2596921	1.0K			沿線可見變質凝灰岩塊，含有氣孔構造，顯然上方有變質凝灰岩露頭存在
007	239591	2596993	1.1K	(C)N23E35E		板岩，夾變質細砂岩
008	239705	2596949	1.25K	(C)N40E30E		板岩，含粉砂岩
009	239762	2596921	1.3K	(C)N10E40E		出露岩層為板岩
010	239973	2596840	1.65K	(C)N48E52E		岩性由板岩所組成
011	240357	2596656	2.1K		(B)N40W30E	層狀至厚塊狀變質砂岩，厚度 30 至 50 公尺
012	240422	2596608	2.2K			表層堆積變質砂岩塊石，顯然基岩以變質砂岩為主
013	240451	2596670	2.25K	(C)NS58E	(B)N20E36W	出露之岩層屬層狀變質砂岩
014			2.4K	(C)N34W88W	(B)水平	出露岩層屬層狀變質砂岩，劈理面不發達
015	240825	2596634	2.7K	(C)N44W85E	(B)N05E04W	屬狀變質砂岩，含 fracture cleavage
016	240878	2596694	2.8K	(C)N46W86E		屬狀變質砂岩，層面有波痕沉積構造
017	240944	2596729	2.9K	(C)N08E58W		屬狀變質砂岩
018	240961	2596712	3.0K	(C)N10E74E	(B)N26E60W	板岩與變質砂岩互層，板岩含粉砂量高，呈現厚塊狀
019	241050	2596746	3.1K	(C)N32E88E		板岩與變質砂岩互層

玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東埔步道

沿線之地形地質演變分析及解說資料調查規劃

點號	T67 座標		里程數	層面位態		地質描述
	E	N		Cleavage	Bedding	
020	241215	2596845	3.35K	(C)N12W86E		岩性以板岩為主
021	241265	2596789	3.5K		(B)N30E38E	岩性以板岩為主，夾變質砂岩
022			3.9K		(B)N04E60W	岩性以板岩為主，夾變質砂岩
023			4.3K	(C)N35E22E	(B)N35E20E	岩性以板岩為主，夾變質砂岩，層面有波痕沉積構造
024	241656	2596280	4.4K		(B)N22E40E	屬狀變質砂岩
025	241695	2596218	4.5K	(C)N55E30E	(B)N55E24E	板岩為主，夾變質砂岩
026	241804	2596114	4.6K	(C)N02W44E	(B)N02W42E	板岩為主，夾變質砂岩
027	242036	2595979	4.9K	(C)N40E36E	(B)N40E36E	板岩為主，夾變質砂岩
028	242216	2595982	5.1K	(C)N14E50E	(B)N14E50E	板岩與變質砂岩互層
029	242225	2596016	5.4K		(B)N16E45E	屬狀變質砂岩，有時呈厚塊狀，局部岩層基腳遭切除
030			5.6K		(B)N28E60E	屬狀變質砂岩
031			5.7K		(B)N04E52E	板岩與變質砂岩互層
032			5.75K		(B)N10E60E	屬狀變質砂岩
033	242535	2596262	5.9K		(B)N38E30E	屬狀變質砂岩
034	243033	2596320	6.7K		(B)N32W55W	屬狀變質砂岩，局部成薄層狀
035	243245	2596087	7.1K		(B)N68E21E	板岩與變質砂岩互層
036			7.2K	(C)N20E56E	(B)N35E36E	板岩與變質砂岩互層
037	243311	2596030	7.25K	(C)N10W74E		板岩為主，含粉砂質高而呈厚塊狀
038	243374	2596024	7.3K	(C)N20E45E		板岩夾變質砂岩
039	243446	2596020	7.4K	(C)N05W80W	(B)N50W55W	板岩夾變質砂岩

點號	T67 座標		里程數	層面位態		地質描述
	E	N		Cleavage	Bedding	
040	243585	2596043	7.6K	(C)N36E60E		板岩
041	243592	2596091	7.8K		(B)N10E87W	屬狀變質砂岩
042	243690	2596118	8.0K		(B)N04E68W	板岩夾層狀變質砂岩
043	243784	2596071	8.15K	(C)N24E52E		板岩為主，偶夾變質砂岩
044			8.2K	(C)N24E54E		岩性以板岩為主
045	244285	2596232	排 0.3K	(C)N25E48E		粉砂質板岩
046	244310	2596165	0.4K		(B)N10E70E(R)	屬狀變質粉砂岩和變質砂岩，厚度 30-50 公尺
047	244336	2596203	0.5K			屬狀變質砂岩為主，夾粉砂質板岩
048	244407	2596176		(C)N42E32E		板岩
049	244532	2596477	1.55K	(C)N22E31E		板岩
050	244578	2596476	1.65K	(C)NS72E		板岩
051	244584	2596494	1.75K	(C)N02W85W	(B)N34W38W	變質細砂岩與板岩互層，有小褶曲存在
052	244632	2596478	1.8K	(C)N08E46E	(B)N42W28W	變質砂岩與板岩薄互層
053	244676	2596523	1.9K	(C)N05E62E	(B)N50W84W	變質砂岩與板岩互層
054	244670	2596573	2.1K		(B)N65W34W	主要岩性為屬狀變質砂岩，含波痕沈積構造
055			玉山頂	(C)N15E55E	(B)N20E10E	岩性由變質砂岩及變質粉砂岩組成，層裡不發達
056	244677	2596849	觀 6.4K	(C)N10E44E	(B)N26E12E	岩性以變質粉砂岩為主，夾層狀變質砂岩
057	244766	2596984	5.8K	(C)N20W86W	(B)N66E20E	板岩夾薄層變質砂岩

玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東埔步道

沿線之地形地質演變分析及解說資料調查規劃

點號	T67 座標		里程數	層面位態		地質描述
	E	N		Cleavage	Bedding	
058	244793	2597054	5.6K		(B)N24W80W	厚塊狀變質砂岩，約 5 公尺厚
059			5.3K	(C)N36W78E	(B)N05E10E	板岩夾屬狀變質砂岩
060			3.8K		(B)N05E64E	板岩夾變質砂岩
061			3.45K	(C)N14W84E	(B)N10W40E	變質粉砂岩及變質砂岩，全部出露厚度約 20 公尺
062	246270	2597777	3.4K			碎石堆
063	246180	2597942	3.2K	(C)N10E44E		板岩
064	246507	2597972	3.0K	(C)N04W60W		板岩
065			2.6K	(C)N48W62W		板岩
066			2.4K	(C)N22W83E		板岩夾變質砂岩
067	246897	2598480	2.15K	(C)N40E60E	(B)N18E38E	板岩夾變質砂岩
068	247073	2598341	1.95K		(B)N12W73E	變質砂岩
069	247099	2598369	1.85K		(B)N80W73S	變質砂岩
070	247336	2598404	1.6K	(C)N8W64W		板岩
071	248000	2598768	0.8K	(C)N20E54E		板岩
072	248128	2598715	0.65K	(C)N20W57E		板岩
073	248250	2598646	0.6K	(C)N20E68E		板岩
074	248835	2598890	2.0K	(C)N04E63W		板岩
075	249115	2599138	1.6K	(C)N34W47E		板岩
076			0.75K	(C)N06W48E		板岩
077	249054	2600343	東	(C)N20E32W		板岩

點號	T67 座標		里程數	層面位態		地質描述
	E	N		Cleavage	Bedding	
			14.15K			
078			14.1K	(C)N40E35E		板岩
079	248979	2600399	140.0K	(C)NS54E		板岩
080	248810	2600580	13.7K	(C)N20E36E		板岩
081	248717	2600764	13.5K	(C)N20W30E		板岩
082			13.1K	(C)N20W50E		板岩
083			12.6K	(C)N10E30E		板岩
084			12.5K	(C)N15E40E		板岩
085	247895	260619	12.0K	(C)N10E30E		板岩
086	247688	2601650	11.9K	(C)N30E43E		板岩
087			11.75K	(C)N60E30E		板岩
088			11.1K	(C)N10W70E		板岩
089	247314	2602393	10.7K	(C)N05E35E		板岩
090	247213	2602390	10.6K	(C)N15E35E		板岩
091	247059	2602454	10.5K	(C)N10E30E		板岩
092	246971	2602563	10.3K	(C)N10W35E		板岩
093	246934	2602965	9.8K	(C)N10E47E		板岩，局部含石英脈
094			9.7K	(C)NS42E		板岩
095	246947	2603150	9.55K	(C)N05E40E		板岩
096			9.4K	(C)N05E35E		板岩

玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東埔步道

沿線之地形地質演變分析及解說資料調查規劃

點號	T67 座標		里程數	層面位態		地質描述
	E	N		Cleavage	Bedding	
097			9.2K	(C)N30W15E		板岩
098			9.1K	(C)N10E60E		板岩
099	246441	2603520	8.8K			板岩
100			8.7K	(C)N30E25E		板岩
101			8.5K	(C)N10W40E		板岩
102			8.4K	(C)N40E45E		板岩
103			7.7K	(C)N05E40E		板岩
104	245695	2604199	7.3K	(C)N20E25E		板岩
105			7.2K	(C)N35E60E		板岩
106	245389	2604395	6.8K	(C)N20E40E	(B)N20E30E	板岩夾變質粉砂岩
107			6.6K		(B)NS30E	板岩夾厚層 10-40 公分變質砂岩
108			6.5K		(B)N10W35E	變質砂岩與板岩互層
109			6.35K		(B)N20E45E	變質砂岩與板岩互層
110			6.3K		(B)N20W38E	板岩主要由變質砂岩構成，厚度約 10 公尺
111			6.2K	(C)N05E28E		板岩
112			6.1K		(B)N18E20E	變質砂岩與板岩互層
113			5.9K		(B)N20E33E	變質砂岩與板岩互層
114			5.7K		(B)N20W15E	板岩夾變質砂岩
115			5.3K	(C)N45E45E		板岩，含粉砂質，成塊狀
116	244710	2605198	5.2K		(B)N20E10E	板岩，含粉砂質

點號	T67 座標		里程數	層面位態		地質描述
	E	N		Cleavage	Bedding	
117			5.15K		(B)N05E43E	粉砂質板岩，局部呈現為變質細砂岩
118	244624	2605264	5.1K		(B)N10W10E	變質砂岩
119			4.9K		(B)NS38E	變質砂岩
120	244450	2605692	4.85K		(B)N20E28E	板岩與變質砂岩互層
121	244409	2605758	4.5K	(C)N30E43E		板岩夾變質砂岩
122				(C)N05W65E	(B)NS60E	主要由變質砂岩組成，含波痕沈積構造
123	244211	2605977			(B)N05W74E	變質砂岩與板岩互層，有拖曳褶皺構造
124					(B)N05E65E	變質砂岩與板岩互層
125				(C)N20E40E		粉砂質板岩
126	243845	2605888		(C)N25E50E	(B)N40W14E	變質砂岩與板岩互層
127	243694	2605930			(B)N15E40E	變質砂岩與板岩互層
128	243511	2605935		(倒轉)	(B)N20W80E	變質砂岩與板岩互層
129	243368	2605867			(B)NS60E	
130				(C)NS40E		板岩
131				(C)NS42E		板岩
132				(C)N10E40E		板岩，偶夾變質砂岩
133				(C)N15E44E		板岩，夾變質砂岩
134	242926	2605865			(B)N05W23E	厚層狀變質砂岩，露出岩層約 10 公尺
135	242891	2605945		(C)N10E55E	(B)N10E70W	板岩夾變質砂岩
136				(C)N10E52E		板岩夾變質砂岩

玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東埔步道

沿線之地形地質演變分析及解說資料調查規劃

點號	T67 座標		里程數	層面位態		地質描述
	E	N		Cleavage	Bedding	
137				(C)N10W45E		板岩
138	242298	2605903		(C)N20E40E		板岩，含粉砂質
139				(C)N30E45E		板岩

附錄（二）期中及期末報告審查意見

玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東埔步道
沿線之地形地質演變分析及解說資料調查規劃

1. 期中報告審查意見

期中報告審查意見	回復意見
<p>（一）飛行模擬對解說極有助益，將來實際配合網站應用上，在地質加註與實際製作時，可能需要再分段，並配合解說調整速度與調整角度。另外，飛行模擬建議能提供語音說明及特殊景觀標示，以能提供玉管處最佳的自導式步道之解說內容。</p>	<p>飛行模擬影片業已配合解說點資料統合語音說明。相關影片及語音素材將於期終正式報告提送時一併提送。</p>
<p>（二）建議能提供有關解說平台的規劃。對於解說牌之設置，建議能提供包括方向、角度之面向說明，以利玉管處未來設置之參考。解說牌建議以圖為主，文字為輔。</p>	<p>報告第3.4節中已將解說資料及圖像條列，解說平台設置方向及角度除應配合解說圖像方位設置外，亦需考慮工址條件。故每一解說點平台配置實屬工程專案細部設計範圍。</p>
<p>（三）航照判釋成果，在步道上若發現有山崩現象，建議標示出來，以供參考。</p>	<p>經本次現地調查結果，現場崩坍範圍基本上與圖 3-1 吻合。</p>
<p>（四）本案包含補充地質調查，是否成果包含解說資料或另有路線地質圖，請補充說明。</p>	<p>本案綜合前人研究及本次調查以整理出本次路線沿線地質資料庫（如附錄一）包含之各岩石露頭照片將於期終正式報告提送時一併提送。</p>
<p>（五）各解說點之資料內容，建議於期末時提出草稿。解說點之內容，若可，建議提供英文，以利玉管處推動雙語化。</p>	<p>英文譯稿將於期終正式報告提送時一併提送。</p>

期中報告審查意見	回復意見
<p>(六)本案主峰線依地質條件是否有腹地可再新增設施，請評估建議，以為玉管處經營管理之參考。</p>	<p>解說設施新設除以工程腹地及自然條件為主要考量外，可用之工程經費亦為一重要考量。依規劃解說點之現場而言，簡易解說設施設立並不困難。如需以配合自然景觀及美學考量整體設計，則工程規模實非本案工作範圍內可估計，應由主辦機關另案通盤考量。</p>
<p>(七)對於玉山-八通關-東埔步道沿線幾個較大規模崩坍地，建議能有工程地質資料說明，以提供玉管處整修維護步棧道工程設計及施工參考。另外，八通關草原步道沖刷下陷嚴重，建議能依地質觀點給與玉管處改善八通關步道之參考。</p>	<p>已於第 3.5 節中提出建議意見</p>
<p>(八)期中報告之參考文獻有些漏掉，請補正。</p>	<p>業已修正</p>
<p>(九)本報告未將期初簡報會議之意見列表納入該報告書之附錄中，建請補充修正之。並請將上述審查意見及辦理情形製表納入期末報告書之附錄中。</p>	<p>業已修正</p>

2. 期末報告審查意見

期末報告審查意見	回復意見
<p>（一）本計畫蒐集之解說基本資料豐富，成果內容可提供後製作之素材。未來用於解說資料之應用，建議可能要通俗化，如果玉管處委託其他工程公司執行解說台及牌幟設置時，仍委本案之交通大學團隊予以指導以免失真。</p>	<p>日後主辦機關如有解說資料再製專案執行，交大團隊必當提供協助。</p>
<p>（二）本案產出之成果，包括沿線地質資料庫，建議提供電子檔或更詳細之成果圖，供後續成果應用。</p>	<p>本案已綜合前整理出本次路線沿線地質資料庫(包含之各岩石露頭照片)(如附錄一)。</p>
<p>（三）飛行模擬已依期中審查意見修改，大致能符合解說用途，但仍有小部分之修正必要，如口語描述與圖面之相關位置之關聯等。本案建議玉管處未來進行後製作時應有考量。</p>	<p>日後主辦機關如有解說資料再製專案執行，交大團隊必當提供協助。</p>
<p>（四）有關照片與解說文字之間可能需要在照片上加註或箭號，以能與文字之間相關聯。</p>	<p>遵照辦理</p>
<p>（五）解說沿線有數處地質潛在危險地點，本案受委單位交通大學團隊在工程地質很專業且本案已對區域地質危險區有整理評估，建議該團隊提供後續處理之建議，亦可請玉管處考慮另案做工程整治規劃，作為處置措施之依據。</p>	<p>謝謝委員肯定</p>

玉山國家公園玉山主峰線至八通關-東埔步道
沿線之地形地質演變分析及解說資料調查規劃

期末報告審查意見	回復意見
(六)請將上述審查意見及辦理情形製表納入期末報告書之附錄中。	遵照辦理