

雪霸國家公園道路沿線 工程地質及地形景觀研究

計畫主持人：賴典章

工程地質調查研究：紀宗吉、費立沅、賴典章

地層構造調查研究：劉桓吉、邱禎龍、曾俊傑

地質地形景觀解說：費立沅、劉桓吉、賴典章

生物地層研究：謝凱旋、劉桓吉

岩石礦物鑑定分析：張郇生

岩石力學試驗：邱禎龍、曾俊傑

委託機關：內政部
營建署 雪霸國家公園管理處
執行機關：經濟部中央地質調查所

中華民國八十四年八月十七日

雪霸國家公園道路沿線 工程地質及地形景觀研究 目錄

壹:前言.....	1
貳:地理位置.....	5
參:地形地勢.....	6
肆:地質.....	15
一.台灣的地質背景.....	15
二.台灣之地質分區.....	16
三.雪山山脈帶之地層.....	17
(一)雪山山脈北部的地層.....	17
(二)雪山山脈中部和南部的地層.....	20
(三)白冷地區白冷層之古沈積環境.....	21
(四)雪山山脈之地層對比.....	27
(五)超微化石研究與地層對比.....	27
(六)白冷層之岩石礦物研究.....	32
四.雪山山脈之地質構造.....	41
五.雪霸國家公園道路沿線地質說明.....	45
伍:地質地形景觀解說.....	51
陸:工程地質及邊坡穩定分析.....	59
一.目的與方法.....	59
二.調查路線環境概述.....	60
三.岩石試驗.....	64
四.邊坡穩定分析.....	69
五.調查與評估結果.....	74
柒.結論與建議.....	77
捌.致謝.....	79
玖.參考文獻.....	125
拾.附錄	
A:雪見地區林道沿線地質圖	
B:觀霧地區林道及步道沿線地質圖	
C:武陵地區步道沿線地質圖	
D:大雪山地區林道沿線地質圖	
E:樂山-大鹿林道東線邊坡分析與位置圖及 司馬限林道邊坡分析與位置圖	

F: 樂山-大鹿林道東線邊坡資料表及
司馬限林道邊坡資料表
G: 岩石單軸抗壓試驗應力-應變圖及
直接剪力試驗應力-應變曲線圖與抗剪強度圖
拾壹. 附圖: 雪霸園區路線地質圖地理位置

圖目錄

圖1-1：雪霸國家公園地區地質略圖.....	2
圖2-1：雪霸國家公園位置及山川分佈圖.....	6
圖3-1：雪霸國家公園全區法國SPOT衛星影像圖.....	8
圖4-1：雪山山脈界限斷層及岩相分佈圖.....	18
圖4-2：東卯溪剖面地層柱狀.....	25
圖4-3：橫流溪剖面地層柱狀.....	26
圖版4-1：超微化石照片.....	30
圖4-4：漸新世超微指準化石垂直分佈圖.....	31
圖版4-2：白冷層岩石薄片（一）.....	38
圖版4-3：白冷層岩石薄片（二）.....	40
圖4-5：岩體產生節理示意圖.....	44
圖4-6：斷層型式與應力關係示意圖.....	44
圖5-1：鉛筆狀構造形成過程示意圖.....	53
圖6-1：調查研究路線與位置圖.....	61
圖6-2：邊坡破壞類型分類.....	63
圖6-3：邊坡穩定評估體系流程圖.....	70
圖6-4：邊坡坡度與安全係數關係.....	72
圖版及說明.....	81

表目錄

表4-1：雪山山脈中南部之地層劃分表.....	19
表4-2：東卯溪及橫流溪剖面六種沈積岩相敘述.....	22
表4-3A：沈積岩分類表.....	34
表4-3B：顆粒大小等級表.....	34
表4-4A：砂岩成熟度判識流程表.....	35
表4-4B：淘選度圖示及文字說明表.....	35
表4-4C：球度圓度圖示準則表.....	35
表6-1：岩體結構分類.....	60
表6-2：岩石試驗內容與數量.....	65
表6-3：Deere & Miller (1966) 之岩材強度分類.....	66
表6-4：岩石一般物理性質試驗結果.....	67
表6-5：岩石單軸抗壓強度、靜態彈性模數試驗結果.....	67
表6-6：岩石直接剪力試驗抗剪強度.....	68
表6-7：岩體強度評估準則.....	71
表6-8：邊坡穩定度評估準則.....	71
表6-9：傷害危險度評估準則.....	73
表6-10：危害風險度評估準則.....	73
表6-11：樂山-大鹿林道東線不穩定邊坡穩定度數量統計表.....	74
表6-12：樂山-大鹿林道東線不穩定邊坡傷害危險度數量統計表.....	74
表6-13：樂山-大鹿林道東線不穩定邊坡危害風險度數量統計表.....	74
表6-14：司馬限林道不穩定邊坡穩定度數量統計表.....	75
表6-15：司馬限林道不穩定邊坡傷害危險度數量統計表.....	75
表6-16：司馬限林道不穩定邊坡危害風險度數量統計表.....	75

壹、前言

雪霸國家公園屬於山岳型國家公園，境內高山林立，三千公尺以上的山峰多達51座，均聚結於雪山地壘，以雪山為頂點，地勢向四周輻散傾斜，地貌生崎壯麗。以雪山主峰為主分水嶺，發育了四條主要河系，其中大安溪與大甲溪流域幾乎涵蓋了整個園區，這些河流切割著原本已受造山運動影響而隆起的地塊，塑造了今日獨特秀麗的地貌、地形景觀。在今日知識爆發的時代，面對幾數萬分的岩石世界，我們不能對遊客解說它是拜賜於鬼斧神工，我們要讓每一位遊客不但能知其然的欣賞各種佳景天成，亦能知其所以然的瞭解促成地

壹、前言

。雪山山脈水脈雖然早在1930年代即有日籍學者從事地質調查研究，然而由於地形險惡以及地質構造複雜，以致到目前為止，本區只有零星的地質資料，尚無詳盡而完備的地質圖及說明書。因此我們目前對於雪山山脈的地質情況尚不十分瞭解。就以地層而言，出露於大霸尖山地區之層狀變質砂岩與出露於小雪山至雪山地壘之層狀變質砂岩以及出露於谷關至德基之間大甲溪兩側之變質砂岩，這三者之間究竟屬於同一層位之地層或是分別屬於不同時代不同層位之地層呢？據1971年日本山岳地質調查者研究的學者，各有不同的看法。再者，如雪山主峰與主峰南側向東北開口之半碗狀地形，是冰河作用造成之冰斗，或是風化作用造成之崩谷呢？也是許多人急欲知道的。國家公園除了負有保護自然景觀之責外，也積極收集有關園區內自然景觀知識探討的資料，使進入國家公園的遊客，除了能享受自然之美，在知識上也有所獲益，也期望藉以激起遊客保護自然景觀的意識。

除此之外，雪霸國家公園區內有四通八達的登山步道和昔日伐木之林道，這些步道和林道均為日後遊客步行或車中必經之路，不論步道或車道都可能有有崩塌或落石之處，若能掌握沿線地質情況，改善或維護步道或車道的狀況，將可減少邊坡災變的發生。

本研究計畫工程地質調查項目，配合雪霸國家公園第一階段開發重點，看見地區及觀霧地區的關係需要，完成雪見地區、兩馬鞭林道、翠峰區及北坑山地區的林道崩坡穩定分析（詳見附錄1）。

本研究計畫成果將提供雪霸國家公園管理處及登山林道全線

雪霸國家公園道路沿線工程地質及地形景觀研究

壹、前言

雪霸國家公園屬於山岳型國家公園，境內高山林立，三千公尺以上的高峰多達51座，均彙結於雪山地疊，以雪山為頂點，地勢向四周傾降伸展，地貌崇峻壯麗。以雪山主稜為主分水嶺，發育了四條主要河系，其中大安溪與大甲河流域幾乎涵蓋了整個園區，這些河流刻劃著原本已受造山運動影響而隆起的地塊，塑造了今日獨特秀麗的地質、地形景觀。在今日知識爆發的時代，面對綺麗萬分的岩石世界，我們不能對遊客解說它是拜賜於鬼斧神工，我們要讓每一遊客不但能知其然的欣賞各種佳景天成的地質、地形景觀，縱情於山水之間，亦能知其所以然的瞭解促成地形景觀的地質背景。

雪山山脈地區雖然早在1930年代即有日籍學者從事地質調查研究，然而由於地形險惡以及地質構造複雜，以致到目前為止，本區只有零星的地質資料，尚無詳盡而完備的地質圖及說明書。因此我們目前對於雪山山脈的地質情況並不十分瞭解。就以地層而言，出露於大霸尖山地區之層狀變質砂岩與出露於小雪山至雪山地區之層狀變質砂岩以及出露於谷關至德基之間大甲溪兩側之變質砂岩，這三者之間究竟屬於同一層位之地層或是分別屬於不同時代不同層位的地層呢（圖1-1）？以往在本地區調查研究的學者，各有不同的看法。再者，如雪山主峰與北稜角間向東北開口之半碗狀地形，是冰河作用造成之冰斗，抑是風化作用造成之崩谷呢？也是許多人急欲知道的。國家公園除了肩負保護自然景觀之責外，也積極收集有關園區內自然景觀知性探討的資料，使進入國家公園的遊客，除了能享受自然之美，在知識上也有所獲益，也期望藉以激起遊客保護自然景觀的意識。

除此之外，雪霸國家公園區內有四通八達的登山步道和昔日伐木之林道，這些步道和林道均為日後遊客步行或驅車必經之路，不論步道或車道都可能會有崩塌或落石之虞，若能掌握沿線地質情況，改善或維護步道或車道的狀況，將可減少邊坡災變的發生。

本研究計畫工程地質調查項目，配合雪霸國家公園第一階段的開發重點，雪見地區及觀霧地區的開發需要，完成雪見地區；司馬限林道中興（細道邦）至北坑山之間的林道邊坡穩定分析（詳如附錄E）及觀霧地區；大鹿林道東線觀霧至馬達拉溪登山口間及樂山林道全線

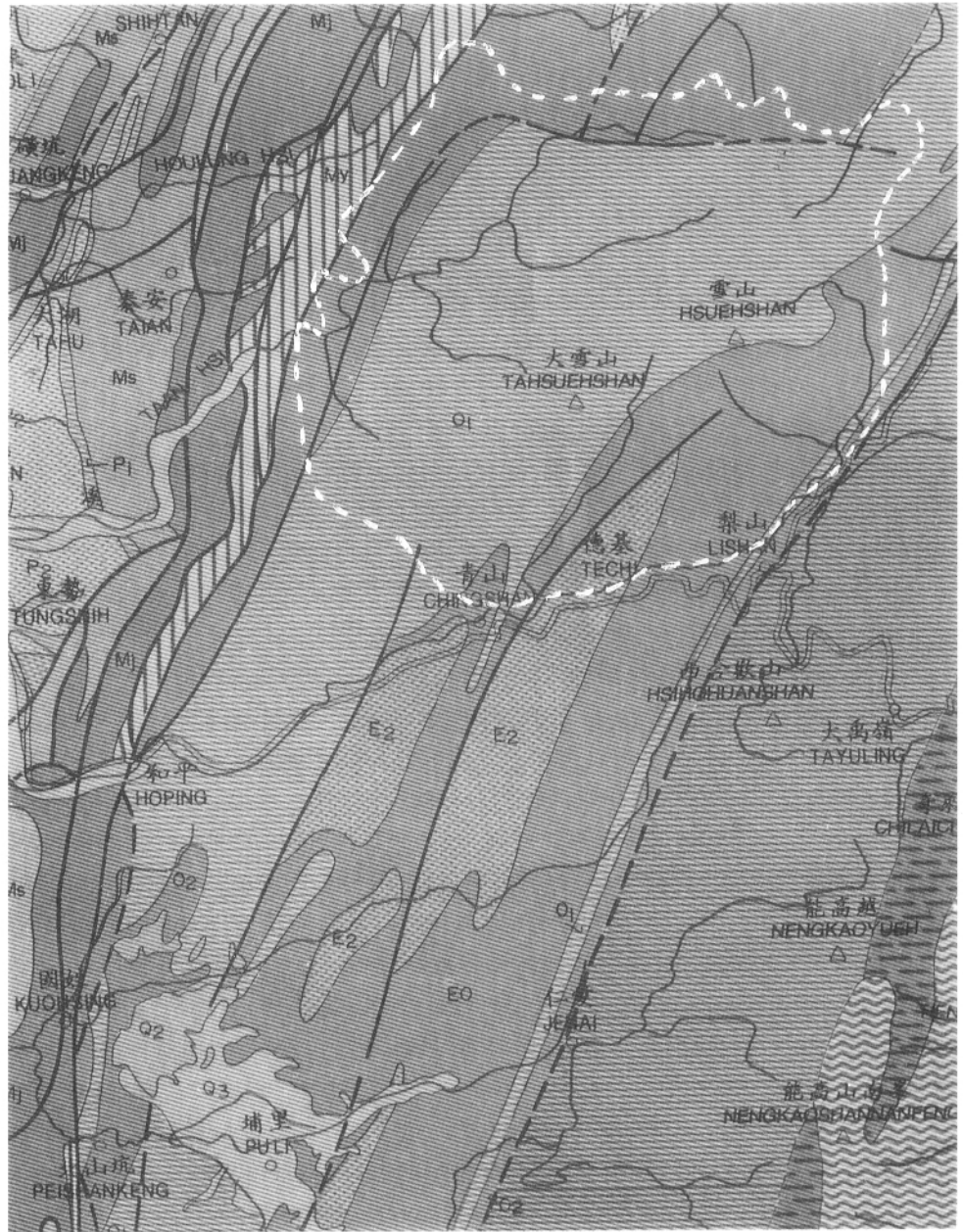


圖1-1 雪霸國家公園地區地質略圖 (摘自何春蓀, 1986)

E2: 達見砂岩 E0: 佳陽層 O1: 白冷層/四稜砂岩/眉溪砂岩
 O2: 水長流層/乾溝-大桶山層 My: 汶水層

之林道邊坡穩定分析（詳如附錄E）。此外，步道方面，北坑溪古道、大霸尖山登山步道及雪山、武陵四秀、環山等登山步道，則依步道之狀況分別評估等級（詳如附錄B，C）。

道路沿線地質調查項目，完成四個分區的路線地質調查，此四個分區即是雪見地區、觀霧地區、武陵地區和大雪山地區。雪見地區，完成司馬限林道中興至北坑山間林道一萬分之一地質圖。此地質圖，以8張A4規格版面銜接（詳附錄A）。觀霧地區，完成樂山林道全線、大鹿林道東線、大鹿林道西線及北坑溪古道、大霸尖山登山步道等路線沿線一萬分之一地質圖，以15張A4規格版面銜接（詳附錄B）。武陵地區，完成武陵－雪山－志佳陽山－環山之登山步道和武陵－武陵四秀之登山步道沿線一萬分之一地質圖，以11張A4規格版面銜接（詳附錄C）。大雪山地區，則完成大雪山200、210、230、233等林道沿線一萬分之一地質圖，以23張A4規格版面銜接（詳附錄D）。

地質地形景觀項目，因限於篇幅僅擇選約150張代表性景觀照片，製成21幅圖版，分別就地質景觀及地形景觀一一解說。除了照片外，也插入若干示意圖輔助說明地質演進。由於本研究僅在園區之若干林道或步道進行，較少涉及溪谷，還有許多經過河流精雕細琢的河谷景觀還沒被發掘，有待我們繼續努力。

本計畫自民國83年8月1日開始執行，預計民國84年7月31日完成全程計畫，但是本研究計畫執行期間，因遭遇多次颱風豪雨，以致調查區域道路多處塌陷，交通中斷，因而延誤研究期限，幸蒙雪霸國家公園管理處寬延研究期限至本年9月30日，本計畫始能順利完成。

貳、地理位置

雪霸國家公園位於台灣島的中央略偏西北，也就是位於雪山山脈的中心，包括雪山、大霸尖山、武陵四秀（品田山、池有山、桃山、喀拉業山）、劍山、志佳陽山、火石山、頭巒山、大雪山、中霸山、加利山、江珠山等地區。

雪霸國家公園，東自邊古巒山（2824公尺）起，向南經喀拉業山（2513公尺）、羅葉尾山（2717公尺）、武佐野群山（2342公尺）至大甲溪谷，南沿大甲溪而下，至與志樂溪會合處沿稜線經宇羅尾山（1835公尺）至三疊山（2689公尺）。西自涼傘山起向北經小雪山（2907公尺）、南坑山（1871公尺）、墨尾山（1871公尺）、東洗水山（2248公尺）、北山（2910公尺）、雪山（3886公尺）、雪山（2910公尺）、南港洋山（2933公尺）至邊古巒山。

貳、地理位置

依行政區域而言，雪霸國家公園範圍跨越新竹縣五峰鄉、尖石鄉、苗栗縣泰安鄉、台中縣和平鄉。

依交通運輸而言，雪霸國家公園西北有大鹿林道外接新竹縣竹東鎮，中有台7甲線（宜蘭支線）向北通達宜蘭，向南接台9線（中橫公路）通台中，花蓮等地。此外有大湖山林道接台中縣東勢鎮，西有梨山林道通苗栗縣大湖鄉（圖2-1）（內政部，1992）。

貳、地理位置

雪霸國家公園位於台灣島的中央略偏西北，也就是位於雪山山脈的中心，包括雪山、大霸尖山、武陵四秀（品田山、池有山、桃山、喀拉業山）、劍山、志佳陽山、火石山、頭鷹山、大雪山、中雪山、加利山、江澤山等地區。

雪霸國家公園，東自邊古巖山（2824公尺）起，向南經喀拉業山（3313公尺）、羅葉尾山（2717公尺）、武佐野群山（2342公尺）至大甲溪谷。南沿大甲溪而下，至與志樂溪會合處沿稜線經宇羅尾山（1866公尺）至三錐山（2689公尺）。西自三錐山起向北經小雪山（2997公尺）、南坑山（1871公尺）、盡尾山（1841公尺）、東洗水山（2248公尺）、北坑山（2168公尺）接樂山（鹿場大山，2618公尺）。北自樂山起向東經觀霧、高嶺、境界山（2910公尺）、南馬洋山（2933公尺）至邊古巖山。

依行政區域而言，雪霸國家公園範圍跨越新竹縣五峰鄉、尖石鄉、苗栗縣泰安鄉、台中縣和平鄉。

依交通運輸而言，雪霸國家公園西北有大鹿林道外接新竹縣竹東鎮。東有台七甲線（宜蘭支線）向北通達宜蘭，向南接台八線（中橫公路）通台中、花蓮等地。西南有大雪山林道接台中縣東勢鎮。西有司馬限林道通苗栗縣大湖鄉（圖2-1）（內政部，1992）。

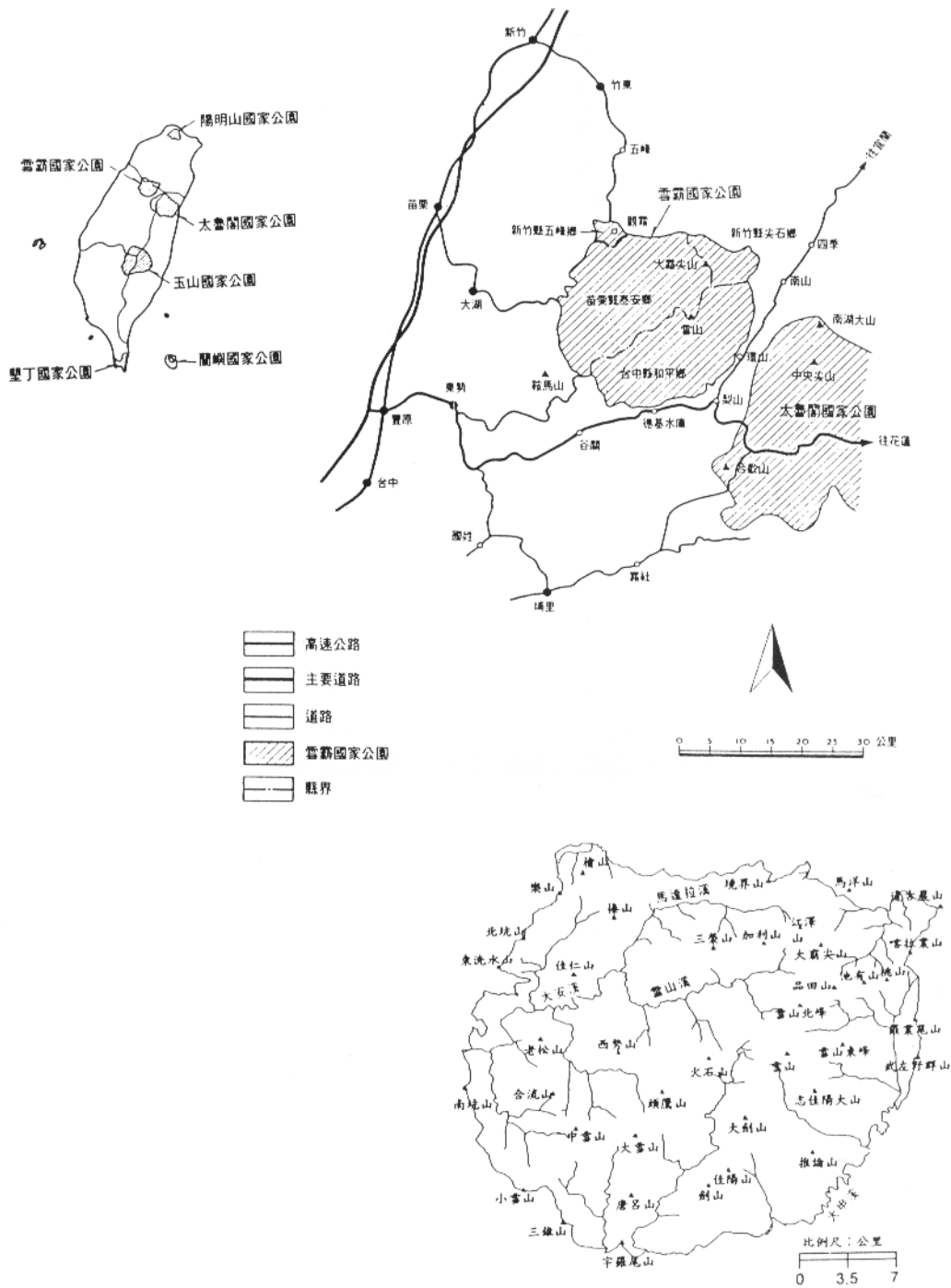


圖2-1 雪霸國家公園位置及山川分佈圖

參、地形地勢

概述

任何區域性地形發育的背景因子中，那包括了氣候及地質兩大要素。氣候因子和當地的地理位置相關，它不但決定了侵蝕營力的種類，也影響了侵蝕營力的強度；地質因子反映當地的地形發育基礎以及地質材料，地質構造形成的最初地形也控制了侵蝕營力的能量，因此討論某一地區的氣候和地質，是瞭解地形作用及地形發育的前題，本研究則著重於探討地質因子。

台灣的地理位置在太平洋海盆的西側，屬於亞洲大陸的邊陲，是我國國土唯一處在大陸與海洋地殼交界上的地塊。中生代早期的南澳構造運動可能在這裡造成山脈，但是不久之後，陸地又沉埋海底。新生代以前古地理，如今已難追溯。最近一代的台灣地質史，大致上要從100萬年前說起。當時從本島東南方向擠壓過來的亞細亞地塊，與歐亞大陸地塊發生碰撞，谷一併撞上了亞洲大陸地塊，強烈的壓、擠作用，造成了台灣造山帶。在那時起今日台灣的地殼發展才有了基礎。

參、地形地勢

強烈的擠壓力一直不停，因此台灣一直處於動盪不安的環境中。連續的地殼隆起，頻繁的地震以及劇烈的侵蝕等等，在台灣的地勢的山拉、河谷、沖積扇、河階地、礫石原等等。地表不斷地上升隆起，根據碳十四同位素定年測定結果，今日恆春半島的上升速率，每年仍然高達半公分（5mm）。據推測，中央山脈上升速率常在數倍以上，如果以100萬年來計，則可達5,000公尺以上。地殼快速隆起，把地質時代甚晚的沈積岩層暴露大氣中，承受風化、侵蝕、山崩等等作用。整個過程彷彿是雕刻師傅拿著銳利鐫刀，雕刻一塊鬆軟的材料，把大地刻劃得山谷密佈。五寮尖、十寮、九寮、八十四峰等等。全島3,000公尺以上的山佔面積20%。主要河川19條，次要河川32條，寫字國家公認這個島嶼佔有76,850公頃地方。3,000公尺以上的高峰有51座。主要河流有4條，顯而易見，在各種不同的岩層分佈下，它們雕刻出了台灣不同的地形景觀（王森，1986）。

中央山脈位於台灣島嶼之西側，北山脈呈北東—南西向，東起基隆，西至屏東，南端延伸到屏東溪，總長180公里，寬28公

參、地形地勢

一、概述

任何區域性地形發育的背景因子中，都包括了氣候及地質兩大課題。氣候因子和當地的地理位置相關，它不但決定了侵蝕營力的種類，也影響了侵蝕營力的強度；地質因子反映當地的地形發育基礎以及地質材料，地質構造形成的最初地形也控制了侵蝕營力的能量，因此討論某一地區的氣候和地質，是瞭解地形作用及地形發育的前題，本研究則著重於探討地質因子。

台灣的地理位置在太平洋海盆的西側，屬於亞洲大陸的邊緣，是我國國土唯一處在大陸與海洋地殼交界上的地塊。中生代末期的南澳構造運動可能在這裡造成山脈，但是不久之後，陸地又深埋海底。新生代以前古地理，如今已難追溯。最近一代的台灣地質史，大致上要從400萬年前說起，當時從本島東南方向擠壓過來的島嶼地塊（海岸山脈）在花東縱谷一帶撞上了亞洲大陸地塊，強烈的壓力，把海底的沈積物擠壓到海水面以上，伴隨的褶皺作用及斷層作用，造成了台灣造山帶。從那時起今日台灣的地質背景才算有了基礎。

東來的擠壓力一直不停，因此台灣一直處於動盪不安的環境裡，繼續的地盤隆起、頻繁的地震以及劇烈的侵蝕等等，在台灣各地造成山稜、河谷、沖積扇、河階地、礫石層等等。地表不斷的向上隆起，根據碳十四同位素定年測定結果，今日恒春半島的上升率，每年仍然高達半公分（5mm）。據推測，中央山脈上升率至少在數倍以上，如果以100萬年來計，則可達5,000公尺以上。地殼快速隆起，把地質時代甚晚的沈積岩層暴露大氣中，承受風化、侵蝕、山崩等等作用。整個過程彷彿是雕塑師傅拿著銳利的工具，雕刻一塊鬆軟的材料，把大地刻劃得山谷密佈—五嶽三尖、十峻、九嶂、八十四峰等等。全島3,000公尺以上的山岳超過200座，主要河川19條、次要河川32條，雪霸國家公園這個面積僅僅76,850公頃地方，3,000公尺以上的高峰有51座，主要河川有4條（圖3-1）。在各種不同的岩層分佈區裡，也雕塑出了各種不同的地形景觀（王鑫，1986）。

雪山山脈位於脊樑山脈之西側，此山脈呈北東—南西向，東北端由三貂角開始，南端延伸至濁水溪，總長180公里，寬28公里。



圖3-1 雪霸國家公園全區法國SPOT衛星影像圖

K: 觀霧, W: 武陵, Hc: 雪見, H: 雪山, T: 大霸尖山
C: 佳陽山, L: 馬達拉溪之大崩場地(鱷魚潭)

雪山山脈之地勢自東北向西南遞昇、至雪山主峰達到最高點；雪山以南地勢向南遞降，到埔里盆地、日月潭降至最低。雪山山脈受到大漢溪、大安溪及大甲溪等河流的侵蝕，已將長達180 公里的山脈切割成爲北部的阿玉階段山地、中部的雪山地疊以及南部的埔里陷落區。

雪山地疊於切峰面圖上呈東北—西南向之矩形狀地疊，頂面高度3,600~3,800公尺。其東南側有高1,400公尺之斷層崖與匹亞南構造線相接。其東北側以600~800公尺之陡崖及400~600公尺之較緩坡忽然降至加裡山脈之高山平夷面；其北側以較緩之山坡降至高山平夷面；其西南側則有兩個分岐，西分岐爲大雪山—小雪山分岐，東分岐爲白姑大山分岐，兩分岐中間有切割地疊之先行河流—大甲溪通過。

依雪山地疊與南湖山塊之形狀、高度、斷層崖、周圍之山麓階等情形看，此兩山塊昔時係一相連之陸地，受準平原作用形成現在之最高隆起平原面（HP面，highest peneplain），然後因地殼運動而形成地疊狀山地，但尙與其他之脊樑山脈及玉山地塊連續，嗣後因台灣島之間歇性大褶皺狀隆起，而形成高山平夷面與其上下之山麓階，最後形成匹亞南構造線，而將該山塊分割成東西兩地塊。

雪山地疊高度大而緯度較高，有相當顯著之冰河地形遺跡，尤其在雪山附近保存特優。根據鹿野忠雄（1934、1935）的報告，在雪山彙所發現的圈谷多達34個。有關圈谷的問題，後面的章節另予討論。

冰河地形外，雪山地疊上最重要之地形面爲最高隆起準平原面（或老年期地形面），此面已受河谷切割、風化、冰蝕等所破壞，而原面遺存無幾，但可看出其片鱗。雪山北峰之東南，雪山主峰之北北東，主稜線東面有一平坦面，其海拔高度在3,600~3,700公尺，面積約一平方公里，向北緩傾，其一部份有極淺之圈谷，而其南面被500公尺以上之陡坡截斷，陡降至七家灣溪河床。此面爲雪山主峰附近最顯著之平坦面，該面係截斷向北傾斜25度之岩層所成之一侵蝕面，似爲最高隆起準平原面（HP）之殘片（林朝棨，1957）。

雪霸國家公園位於雪山山脈最主要的一段，即雪山地疊。地疊內海拔3,000公尺以上的主要山峰由北而南包括大霸尖山、武陵四秀（品田山、池有山、桃山、喀拉業山）、雪山、志佳陽山、大劍山、頭鷹山、大雪山等山。

二、山脈

雪山山脈主要由始新世至漸新世之變質砂岩及板岩或硬頁岩所構成，略呈北東走向，傾斜甚為平緩。雪山地疊以雪山為中心，呈放射狀分支，大致可分為六道稜脈：

(一)、主稜

是雪山地疊中最大的稜脈之一，支稜也多，由雪山向西南延伸的稜脈，到了翠池三叉山以後分為南北兩支稜，向南為南支稜，向北為大雪山稜脈，北稜脈向北延伸至志樂溪之源頭博可爾山後又再轉折為北東—南西走向。從雪山主峰到小雪山之間的22公里直線距離中，超過3000公尺又有山名的高峰，多達16座。列名台灣百岳的有火石山、頭鷹山、大雪山、中雪山等4座。這條由雪山向西南延伸到小雪山的稜脈通稱為雪大縱走路線。

(二)、南支線

由雪山主峰向南延伸的稜脈，過翠池三叉山後又向南分出兩道稜脈，其中的「劍山稜脈」是以大劍山為主，包括雪山西南峰、大劍山、油婆蘭山、布伏奇塞山、佳陽山、劍山等高山，它們由翠池三叉山向南延伸10餘公里，一般稱之為雪劍縱走路線，或「大小劍」。

(三)、北稜

是指由雪山到大霸尖山這段10餘公里的稜脊，其尾稜更延伸到江澤山、加利山。這段南北縱行的稜脊上，計有雪山、北稜角、凱蘭特崑山、雪山北峰、穆特勒布山、素密達山、布秀蘭山、巴紗拉雲山、大霸尖山、小霸尖山等高峰，為雪山山彙中最高峻的一段稜脊，通稱為雪霸縱走路線或「聖稜線」。

(四)、北東支稜

是指在布秀蘭山附近由北稜向東分出的稜脈，經過品田山、池有山、桃山到喀拉業山以後，止於蘭陽溪，也就是「武陵四秀」。

(五)、東南支稜

是昔日登雪山的主要途徑，經由環山部落西側橫越七家灣溪進入松柏農場，循著志佳陽大山的稜脊尾脈上登，往北一直綿延到雪山北峰附近。

(六)、東支稜

由雪山主峰向東分支的支稜，經雪山東峰延伸至七家灣溪，沿途有兩座大型的山莊—三六九山莊和七卡山莊。本稜脈的尾稜，是武陵農場的農墾區。

三、河流作用

塑造地表形狀的外營力中，河流作用是最重要的一種，大多數的山與谷都是河流作用造成的，小規模的地貌更在流水的侵蝕、搬運及堆積過程中形成，例如沖積扇、河階、瀑布等等。地表水沿著地面低窪谷地流動，在到達侵蝕基準面（一般而言是鄰近的海水面）以前，都進行著河流作用。

河流的主要作用可分三大類：一、侵蝕作用，二、搬運作用，三、堆積作用。前兩類作用，屬於破壞性，可以切割地面並將風化岩屑搬運他去，使高地逐漸變成低地；在這種侵蝕、搬運過程中所產生的地形，稱為侵蝕類地形；後一類作用屬建設性，可將別處搬來的物質，在適當的地方堆積下來，使低窪的地方逐漸變高，由這種作用而產生的地形，稱為堆積地形。

河流的侵蝕作用主要可分：（一）水力作用—急速亂流的衝擊作用可以沖垮或舉升岩塊，使岩石崩裂。（二）磨損作用—河水攜帶的泥砂與河床、河岸相互磨損的作用。（三）溶解作用—可溶性岩石物質，可能因河水的長期作用而溶解。

河流的侵蝕又可分為向源侵蝕、側蝕及下切等作用。向源侵蝕，也叫加長作用，使河谷的長度增長，這種作用只發生在河谷的最上端，常伴有劇烈的山崩。側蝕的作用也稱加寬作用，是曲流發育的主力。當河水擺動的時候，擺動的外緣常是河水侵蝕最劇烈的地方，又稱切割坡；相反的內側則是堆積坡，有利於河階地形的發育。河流的下切作用，也稱加深作用。

在水文循環中，河流扮演著一個很重要的角色，它將陸地的降水攜帶到海洋，在這個過程中，河流也從較高處搬運砂石到較低處，河流搬運物質可以分成三種，分別是懸浮質、推移質與溶解質。懸浮質的搬運，主要靠水的上舉作用造成的漂浮，可以把細小顆粒搬運到下游地區，推移質的搬運是在河床上滾動、跳動、滑動，主要是粗大卵石、礫石的移動方式；溶解質可以跟著河水帶入海域。

河床坡度減低、河川的流量減少、河谷加寬或是河道出現障物的時候，河水搬運能力銳減，於是拋下了攜帶的泥砂，並造成堆積現象。曲流的內側、河川的下游、支流匯入主流的地區、河

道加寬的袋狀地等都是堆積作用旺盛的地點。我們認識河流作用之後，就很容易瞭解河流地形的始末（王鑫，1988）。

四、河流地形

雪霸國家公園園區內河川以雪山地疊主稜為分水嶺，東北隅為大漢溪的發源地，南為大甲溪流域，西為大安溪的集水區，西北角為頭前溪之源頭。其中以大安溪流域面積最大，約占全區之51.44%；大甲溪流域次之，面積約占全區之39.48%，大漢溪流域面積占全區之7.05%，而頭前溪流域面積最小，僅占全區之1.73%。

大安溪源於大霸尖山及雪山西坡，總長97公里。天狗社以下之下游部分河床寬闊，洪涵原甚發達；但該社以上之上游部分，呈連續之峽谷。馬達拉溪為大安溪上源之一支流，發源於大霸尖山西北方檜山駐在所附近，於高嶺駐在所與馬達拉駐在所附近合併數條小溪，再於榛山南方4公里，能加山西方3公里地點，合併雪山溪。雪山溪發源於大霸尖山、雪山北山、雪山、火石山、頭鷹山、西勢山諸大山，以數條之支流合併而成。馬達拉溪與雪山溪各本支流均呈顯著之掘鑿曲流，流路殆為標準峽谷而呈槽谷（kerbtal）地形。

大雪溪發源於頭鷹山、大雪山、中雪山與合流山一帶，其河谷地形與雪山溪、馬達拉溪相似，呈上游性之槽谷地形，且呈顯著之掘鑿曲流後，與馬達拉溪合流。馬達拉溪與雪山溪、大雪溪合併後仍稱為馬達拉溪，至合併北坑溪為止，北坑溪合流線以下始稱大安溪。馬達拉溪兩岸雖殆無河岸階地，但肩狀平坦稜卻不少。榛山南方二公里處亦有高度1400-1500公尺，比高140-240公尺之廣大而小起伏之源頭面。其北方有1900公尺之肩狀平坦稜；榛山稜線上（北坑溪與馬達拉溪間之稜線）2200-2268公尺之平坦面，2020或2040公尺之平坦稜面亦甚顯著；雪山溪與馬達拉溪所夾之西勢山稜線上，亦有1840公尺、2240公尺、2500公尺之平坦稜；能加山稜線上亦有2600-2620公尺、2500公尺、2400公尺、2300公尺等之小平坦面或肩狀平坦稜。

北坑溪發源於鹿場大山（樂山），南坑溪發源於鵝公髻山，均先後與大安溪本流會合。其中北坑溪呈峽谷地形，其兩岸亦有肩狀平坦稜；南坑溪亦呈峽谷地形，兩岸亦可看到肩狀平坦稜。右岸之1580公尺平坦稜、1760公尺平坦稜、2030公尺細長狹坦稜（長1300公尺）、左岸之1660公尺平坦稜、1880公尺平坦稜、1920公尺平坦稜、2000公尺平頂峰、2140公尺平坦稜等均係顯著者。

匹亞南 (Piyanan) 鞍部爲大甲溪之發源地，係一「風隙 (wind gap)」，大甲溪以此風隙爲界與宜蘭濁水溪呈谷分水，兩溪間成爲一通谷 (through valley)。大甲溪上游東側有南湖溪、耳無溪、合歡溪等支流，匯集南湖大山、中央尖山及合歡山西坡面之水，注入大甲溪本流中；而其西方有七家灣溪、司界蘭 (Sukiran) 溪、志樂溪、匹亞南溪等支流，匯集大霸尖山、次高山、大雪山等雪山山脈東坡面之水，加入本流中，遂成爲臺灣最大溪谷之一，其全長達到120公里。

大甲溪河谷富於沖積扇、河岸階地、肩狀平坦稜、角階、通谷、環流丘等之地形，其地形式樣之豐富，可與淡水河相媲美。谷關至佳陽25公里之間河岸直壁連互，爲臺灣最標準之峽谷地帶，包括久良屏峽與登仙峽，此段之大甲溪呈顯著掘鑿曲流，但流路中之曲流規模甚小，似於掘鑿作用進行中，發生曲流曲率減退之現象。

過此峽谷區，溯至佳陽，河谷頂部忽然展開，河谷坡面呈緩起伏之地形面。佳陽對岸，合流點附近，有高位與低位階地，上下共有五段，稱爲佳陽階地。高位階地以砂礫層所成，其最上段與支流兩岸之階地面連續，分佈至支流甚遠。此面由支流至合流點之本流逐漸降低其高度，同時展開成扇形，故亦爲一隆起沖積扇，此種地形，富田稱爲扇狀階地，乃指舊沖積扇仍未失其全貌，有一部分被切割，其扇端變爲河岸階地者。

佳陽階地原係沖積扇，因大甲溪之掘鑿作用而被切割者。其支流左岸有五段之平面，但其右岸祇最上一段進行掘鑿作用而已，此最高之階地面深入支流之內，證明其屬於支流之舊河床。支流左岸之階地面，相當於本流曲流之滑走坡面，其最上段乃沖積扇之原面，高1500-1560公尺，比高200-260公尺；第二段高1440-1450公尺，比高120-130公尺；第三段高1370-1400公尺，比高50-120公尺；第四段高1350-1360公尺，比高30-40公尺；第五段高1220-1330公尺，比高0-10公尺；其中第一第二段屬於高位階地面 (LT面)，第三段以下屬於低位階地面 (FT面)。

大甲溪上游區，河岸之稜線上，時常有肩狀平坦稜，高度在2000公尺左右，尤其於平岩山與太保久兩稜線東西坡之短稜上特著，證明該兩稜線上之角階形成時，河谷甚爲寬大。肩狀平坦稜大致位於臨河之短稜群上，平坦部之表面甚狹隘，不宜稱爲平坦「面」而可稱爲平坦「稜」或平坦「線」。觀察大甲溪肩狀平坦稜之地形變化時可知，此種平坦稜亦屬於舊河谷之一部，證示過去大甲溪爲寬闊的流路。

大甲溪最上源之匹亞南鞍部，是為所謂通谷，與宜蘭濁水溪成谷分水。宜蘭濁水溪之上源，河谷深且河岸陡，谷頭侵蝕至大甲溪之上源，以致上源河谷之一部，為濁水溪之谷頭襲奪而去，與大甲溪合流之上源部小溪谷亦隨之被合併，因而大甲溪上源部流量大減，成為現在之無能河流，於匹亞南鞍部附近之谷分水成為風隙，鞍部至匹亞南駐在所間，成為有谷無水之「乾谷」（即化石谷），上述作用及地形特徵是為河流襲奪現象。

大甲溪上游與宜蘭濁水溪，呈北東—南西向之直線，由於此直線之河谷並非斷層所形成之凹帶，而且其全河谷線亦非全部通過斷層線，故不能認為是斷層谷而應屬於斷層線谷。

大甲溪與宜蘭濁水溪，於其地形發育過程中，歷經數次之沈積期，形成平衡流路，河谷發育並非完全受斷層所影響，其間曾發生地盤隆起，河谷被侵蝕。河谷中之斷層，概為壓縮運動所生成之高角度衝上斷層，地層亦隨而多呈近於直立之急傾斜層。陡立地層對河蝕抵抗力特小，故河谷容易選擇其為流路；兩岸之山稜，概為緩斜層或水平層，因緩層或水平層對河蝕之抵抗力較大之故也，故以匹亞南通谷所連絡之大甲溪上游與宜蘭濁水溪之大河谷，實依斷層影響與陡立地層侵蝕所形成之一種斷層線谷。此種事實常見於臺灣河谷中。

塔克金溪與薩克亞金溪發源於大霸尖山及武陵四秀一帶，為大漢溪之最上游，大致呈峽谷地形，曲流不甚彎曲。在現有河谷之上，高度1200公尺，比高200公尺處，赭土緩起伏面分佈甚廣，凹坡地形也相當發達，凹坡的底部有原住民散落居住。以上河流地形部份主要參考台灣地形（林朝棨，1957）。

肆、地質

肆、地質

一、台灣的地質背景

台灣是一個具有地槽和島弧雙重地質背景的島嶼，因之在構造上台灣屬於一個活動帶(mobile belt)，也就是造山作用最活躍的地區，可以說是中國境內地殼最活躍的部份。從台灣的地層和構造的研究，可以證明這一個區域從最早的地質時代開始到現在，一直是一個地槽的地質環境，不過經歷不同的地質時代，台灣地槽數經改造，一再刷新，乃有極為複雜的發育史（何春蓀，1986）。

台灣最早（或第一代）的地槽可能發生在古生代後期以及中生代，其中沉積了相當厚的砂岩、頁岩、粉砂岩和石灰岩，並且有大量火山作用的產物，岩漿活動也造成若干中性到酸性的火成岩類。這一個老地槽曾經過多次造山運動、岩漿活動和變質作用，大致在中生代後期的主要造山運動期內宣告結束，形成山脈。因為在造山運動中有較強烈的變質作用，所以在這第一代地槽中所堆積的巨厚沉積岩層和火成岩現在都變成了一個“變質雜岩系”。這個變質雜岩系目前出露在中央山脈的東斜面，北端從蘇澳的烏岩角開始，南延可以到達台東縣太麻里溪北岸，全長約240公里，寬度自30到10公里不等。

到了中生代末或第三紀初期，已經成為陸地的台灣島又開始下沉，引進海水入侵，於是造成第二代的地槽，成為第三紀地層的沉積場所，以第一代的地槽所成的變質雜岩系為它的基盤。這個地槽中的沉積物是以碎屑岩類為主，就是多砂岩、粉砂岩和頁岩、局部有礫岩和石灰岩的堆積。最早沉積在這第三紀盆地中的是巨厚的深灰色頁岩或泥岩，有時夾有砂頁岩的互層。靠近地槽盆地的西側，還有陸台相的白色砂岩和炭質岩層的堆積，夾有深灰色頁岩的互層。這些岩層後來經過變質作用，泥質岩層變為硬頁岩、板岩和千枚岩；而砂岩變為變質砂岩或石英岩；炭質頁岩則變為石墨質頁岩，這些岩層目前都出露在台灣本島中央山脈的脊樑部份、中央山脈的西斜面和東南側。地質上又可以將這個以硬頁岩和板岩系為主的地質區分為兩帶：一個是西部的雪山山脈帶，一個是脊樑山嶺帶。未變質的新第三紀岩層在中央山脈的西邊，形成西部麓山帶。西部麓山帶未變質的新第三紀岩層和中央山脈已受變質的古第三紀中新世泥質岩層之間多以斷層接觸，這兩個第三紀岩帶或地質區間的地層和構造關係，至今尚未十分明

瞭。由於兩者間變質度、地層層序和岩相有明顯的不同，可能代表在同一地槽循環中的兩個分離而相鄰的盆地沉積。

到了更新世初期的時候，這個以碎屑沉積物爲主的新第三紀盆地內開始有巨厚的礫岩層的堆積，地槽中的沉積物因淤塞而達飽和狀態，就漸告結束。跟著而來的劇烈地殼變動造成台灣最廣泛而重要的造山運動，叫蓬萊運動。西部原來地槽中的沉積都受到推擠而隆起成爲山脈。其東面沉積的古第三紀到中新世以泥質岩層爲主的沉積物也在這次運動中受到變動，成爲一個硬頁岩和板岩系，出露在現今的中央山脈。先第三紀的變質基盤也受到這個運動而再活動，並出露在中央山脈的東翼。

現在台灣東部的海岸山脈是一個位於中央山脈東側的新第三紀沉積盆地。它和西部的第三紀盆地相比，可以看出兩者間有不同的沉積相和地史。海岸山脈中所有的沉積岩層爲典型的濁流地槽式堆積，較強的岩漿活動也是其特點。從板塊構造理論來說，海岸山脈代表位於菲律賓海板塊最西端的一個火山島弧，在其西側的台灣島主體(中央山脈)則位於歐亞大陸板塊的東緣。

二、台灣之地質分區

爲了要充分瞭解台灣的地質發育史，必先明瞭在每一個地質時代不同地質區所沉積地層的不同情形。因爲受到自然條件和環境所支配，在同一時代造成的地層在相異的地質區各有不同的岩相和沉積及構造環境，所以必先討論台灣的地質分區，再來研究同地質區中地層和構造發育的經過。台灣大致可以分爲三個主要地質區。

(一)、中央山脈地質區；本區又可分爲兩個地質亞區：

1、中央山脈的西翼和脊樑山嶺，包括雪山和玉山兩個台灣最高山嶺。

2、中央山脈的東翼。

(二)、西部麓山帶地質區。

(三)、海岸山脈地質區。

中央山脈西地質亞區主要由第三紀的亞變質岩層所組成，分布在中央山脈的西翼、脊樑山嶺和南部及東南翼，本亞區又可分爲西部的雪山山脈帶和東部的脊樑山脈帶兩個不同岩性、構造單位；東地質亞區主要由先第三紀的變質雜岩系組成，分佈在中央山脈的東翼，本亞區又可再分爲西部的太魯閣帶和東部的玉里帶兩岩帶。

西部麓山帶地質區主要由新第三紀碎屑岩層組成，主要的岩石是砂岩和頁岩的互層。本地質區向西另有濱海平原和澎湖群島兩地質區，在地質上也可以歸併在本地質區內。

海岸山脈地質區主要由新第三紀地層所組成，其沉積物的地質環境和西部麓山區者完全不同，所以岩性也大不相同。本區地層以火山岩、含有火山物質的沉積岩、濁流作用造成的碎屑沉積岩、和混雜無章的混同層為代表。

三、雪山山脈帶之地層

地質上通稱的雪山山脈帶東北起自北海岸的福隆，向南延經烏來、雪山、埔里等地，到達王山山脈南邊荖濃溪的上游為止。其西邊以屈尺斷層和西部麓山帶地質區分隔，東邊與脊樑山脈帶以梨山斷層為界。

雪山山脈帶出露的岩層以變質砂岩和硬頁岩或板岩為主（圖4-1）。為了方便地層的敘述，而將雪山山脈帶分為北、中、南三部份，大安溪、雪山以北地區稱為雪山山脈北部；大安溪、雪山以南至南投縣信義鄉之十八重溪止稱為雪山山脈中部；十八重溪以南至王山山脈南邊之老濃溪上游止稱為雪山山脈南部。地質上對於地層的敘述通常是根據出露地層之年代由老而新依次敘述，本章對於各地層之敘述也是循這種傳統，由雪山山脈北部、中部和南部分別簡單敘述如次(表4-1)：

(一)、雪山山脈北部的地層

1、西村層、中嶺層

這是雪山山脈北部出露最老的地層。主要由深灰色板岩構成，夾深灰色中粗粒堅硬的石英砂岩互層。西村層的主要露頭形成一狹帶，從北橫公路台中縣和宜蘭縣交界附近的西村向東北延伸到靠近宜蘭平原的員山附近。本層之時代被推定為漸新世至始新世。在少數早期的報告中，將西村層的下段稱之為中嶺層，但是因為兩層的岩性很相似，實在無此必要。

2、四稜砂岩

四稜砂岩整合覆於西村層之上。本層特徵是以厚層淺灰色至灰白色石英質砂岩或石英岩為主，夾深灰色硬頁岩或板岩，砂岩混有炭質頁岩時常呈現深灰的色調。四稜砂岩主要出露於台灣的北部和東北部，最北分佈在雪山山脈帶的北勢溪及南勢溪與大漢溪的河谷中，都成小規模露頭。在北宜公路的東段和北部橫貫公路上有分佈較廣的四稜砂岩露頭，另外在宜蘭平原西邊山地的頭城、礁溪和員山一帶也有四稜砂

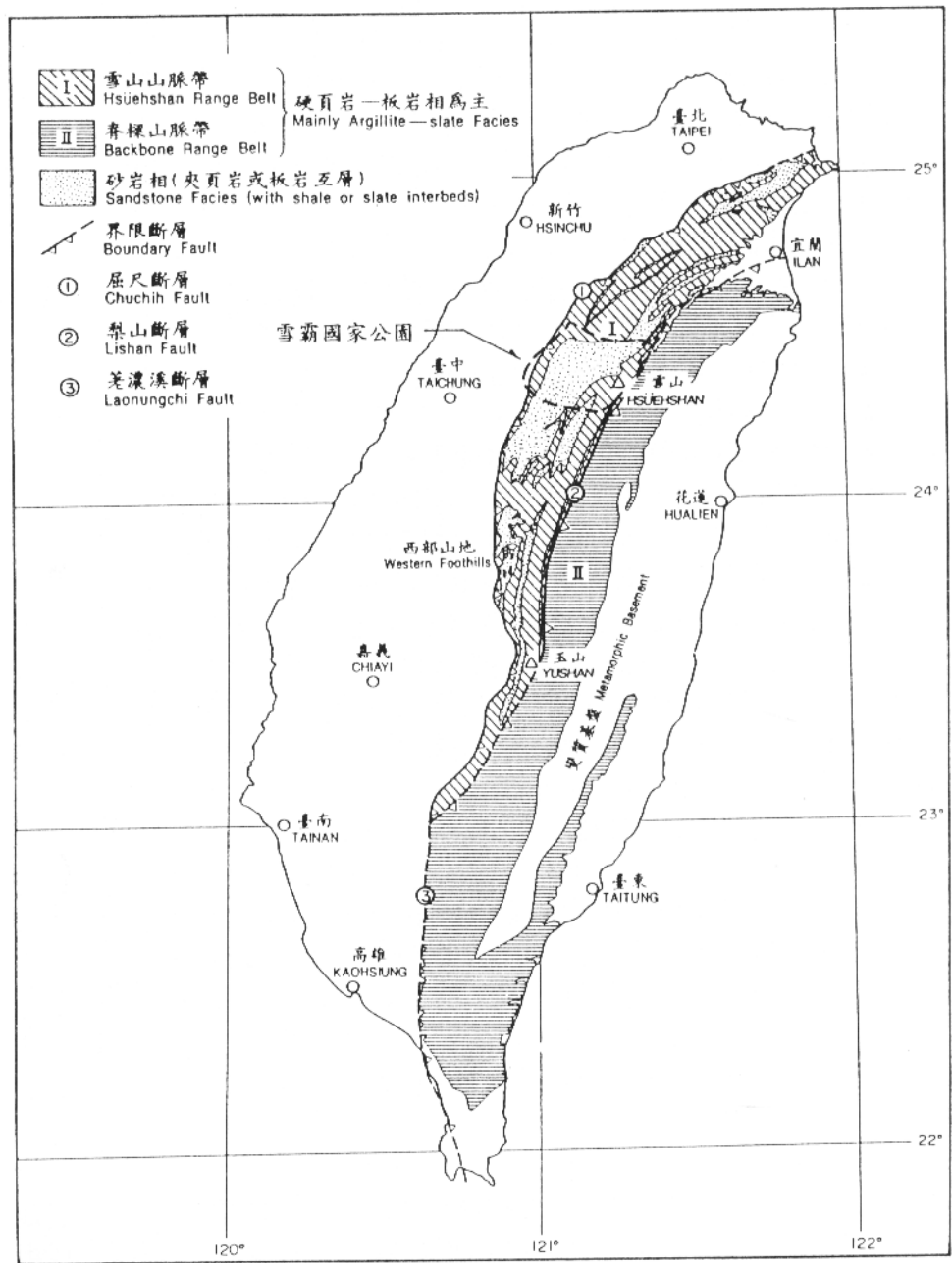


圖4-1 雪山山脈界限斷層及岩相分佈圖 (何春蓀, 1986)

表4-1 雪山山脈中南部之地層劃分表

陳肇夏 (1976, 1977, 1979, 1992)		李春生 (1979)		劉桓吉 (1991, 1992)	
雪山山脈		雪山山脈		雪山山脈	
北部	中南部西翼	中南部東翼	地利斷層東側	濁水溪地區	
澳底層	水長流層*	(水長流層)?	地利斷層西側		
大桶山層					水長流層
粗窰砂岩					
乾溝層***					眉溪砂岩
四稜砂岩	佳陽層**	下段 (H1段)	冷		
西村層	達見砂岩	玉山主山層	達見砂岩	層	
中嶺層					達見砂岩
	十八重溪層	十八重溪層	十八重溪層	十八重溪層	

* *Globigerina ampliapertura* (N1) (Chang, 1963) —日月潭

** *Globigerinoides perimodius*? (N4~N5) (Chang, 1971) —佳陽新村

*** *Sphenolithus distentus*, *S. predistentus* (NP23/CP18) (Shea, 1995) —中霸尖山

岩零星出露，四稜砂岩南延到大霸尖山、雪山一帶，其名稱就被白冷層取代。四稜砂岩的時代暫時推定為漸新世早期或始新世晚期，不過確實時代尚需進一步研究。

3、乾溝層、大桶山層

整合位於四稜砂岩以上的變質泥質沉積物被分為兩個地層單位：上層為大桶山層，下層為乾溝層。這兩層的劃分不太容易，而且缺少客觀的標準。乾溝層主要以硬頁岩或板岩為主，所含砂岩夾層不多，但是砂岩成分由下而上逐漸增加，所以慢慢的就由乾溝層遞變為大桶山層；大桶山層因為含有較多砂岩或粉砂岩互層，就以這特性和它下面的乾溝層分別出來。乾溝層和大桶山層廣布在雪山山脈北部的褶皺構造的中間，也就是說在雪山山脈北部地區，除了背斜構造軸部出露較老的西村層和四稜砂岩及向斜構造軸部出露較年輕的澳底層外，大部分為乾溝層和大桶山層分佈。

4、澳底層

澳底層整合位於大桶山層之上。野外調查製圖時可以將澳底層再分為二段：下為媽岡段，上為枋腳段。媽岡段由深灰色頁岩夾有灰色細粒砂岩的薄互層組成；枋腳段是澳底層中的含煤岩段，大部分由厚層細粒到中粒的砂岩夾有深灰色頁岩或炭質頁岩的互層組成，砂岩—粉砂岩—頁岩所成的薄葉互層為重要的岩性特徵。

(二)、雪山山脈中部和南部的地層

1、十八重溪層

十八重溪層是目前所知為雪山山脈帶出露的最老地層，其時代可能為始新世中期到早期。本層主要由深灰色板岩組成，其中夾有薄層變質砂岩以及板岩與變質砂岩所成的薄葉互層。本地層呈南北走向之長條岩帶分佈，北自日月潭開始，向南延伸到玉山塔塔加鞍部以南為止。

2、達見砂岩

達見砂岩整合覆於十八重溪層之上。主要由灰白色或淺灰色、中粒至極粗粒之石英質砂岩組成，局部含石英礫，呈厚層或塊狀，夾有薄層至厚層板岩，或炭質頁岩。本層主要分佈在雪山山脈中部大甲溪、北港溪、濁水溪，向南延伸至雪山山脈南部之十八重溪上游及玉山地區，其時代可能為始新世。

3、佳陽層

佳陽層整合位於達見砂岩之上，本層主要由厚層板岩組

成，夾少量細粒砂岩或粉砂岩，板劈理至為發達。本層出露於中橫公路德基水庫至佳陽之間，呈帶狀向南延伸，經北港溪上游、濁水溪、至玉山地區。其時代可能為漸新世或始新世。

4、眉溪砂岩

眉溪砂岩整合覆於佳陽層之上，為出露於雪山山脈帶最東邊的地層。主要由層理良好之灰色細粒至粗粒之變質砂岩和砂岩與深灰色硬頁岩的互層組成，夾薄層炭質頁岩。眉溪砂岩在雪山山脈帶的東緣組成一條長達一百公里以上的岩帶，北端起自宜蘭縣蘭陽溪的牛鬥和土場一帶，南延經蘭陽溪與大甲溪分水嶺的思源壩口，再經過中橫之佳陽和北港溪的人止關，延伸至郡大溪的上游觀高為止。其時代暫定為漸新世。

5、白冷層

白冷層為雪山山脈中部出露最廣泛的地層。北自大霸尖山、雪山、大安溪中、上游，南延分布整個大雪山、中雪山及小雪山諸峰及谷關至和平間的大甲溪流域，更向南延經日月潭、水里而止於十八重溪。本層主要由淺灰色或灰白色、細粒到極粗粒的石英質砂岩，夾灰色緻密砂岩和硬頁岩或板岩的互層。局部含石英礫及炭質頁岩。白冷層的時代暫定為漸新世或漸新世—始新世。

6、水長流層

水長流層整合位於白冷層之上，為出露於雪山山脈中部最西邊的地層。本層主要以深灰色硬頁岩為主，夾灰色細粒而堅硬的砂岩，砂岩出現在不同層位的硬頁岩或板岩中，但以下部較為發達。水長流層其時代定為漸新世。

(三)、白冷地區白冷層之古沉積環境

白冷層在雪山山脈中部出露非常廣泛，大安溪中、上游與大甲溪中游間之山地所出露的地層幾乎是白冷層，雪霸國家公園地區所出露之地層大部分是白冷層。白冷層是以灰白色細至粗粒之石英質砂岩為主的岩層，這些岩層中有許多的沉積構造和生痕化石等，我們可以從岩性、沉積構造、生痕化石等特徵來推定白冷層之古沉積環境。

1、沉積岩相

沉積岩相是指一個具有特定岩性、組織、沉積構造、生物擾動程度及化石組成的岩體，代表一個獨立的沉積事件，而岩相的組合和序列可反應沉積當時的物理能量、離岸遠

近、沉積深度與沉積環境之演變史。在白冷地區出露之白冷層可以辨認出六種岩相(表4-2)，各個岩相之重要特徵、可能的水流機制及沉積環境敘述如次：

表4-2 東卯溪及橫流溪剖面六種沈積岩相敘述

岩相	岩性	沈積構造	生痕化石
S 1	100至500公分厚、灰白色至灰色、極粗粒複合砂岩體，局部含石英礫。淘選度中等。	高角度平面交錯層。	一般缺乏生痕化石。
S 2	60至300公分厚、灰色、中至極粗粒複合砂岩體，底部偶見石英礫。淘選度中等。	低角度或平行紋理為主，層面常見不對稱波痕。	輕度生物擾動。
S 3	10至50公分厚、灰色細至中粒之層狀砂岩體，間夾薄層頁岩。淘選度差。	砂岩頂部常見不對稱波痕，有低角度平面狀及槽狀交錯層。	中至高度生物擾動。
S 4	淡灰色細粒砂岩或粉砂岩與頁岩組成之薄葉互層。	以波狀和透鏡狀紋層為主，泥絡狀紋層較次，偶有水平平行紋理。	高度生物擾動。
M 1	灰色至深灰色頁岩為主，間夾薄層砂岩。	砂岩層面常見有波成波痕。	中至高度生物擾動。
M 2	灰色至深灰色塊狀頁岩或砂質頁岩、炭質頁岩。	局部含砂質條痕。	

(1) 沉積岩相S1：厚層至塊狀複合砂岩體。

特徵：

- i. 100至500公分厚、灰白色至灰色、中至粗粒砂岩體，局部含石英礫，淘選度中等。
- ii. 沈積構造以高角度平面狀交錯層為主，前積層面偶有滯礫。
- iii. 本體化石、生痕化石稀少。

解釋：由顆粒度、淘選度看來，本岩相經常處於breaker-surf wave作用的高能量狀況下沉積而成。

(2) 沉積岩相S2：厚層至塊狀複合砂岩體。

特徵：

- i. 60至300公分厚灰色、中至極粗粒砂岩體，底部見滯礫，淘選中等。
- ii. 沉積構造以低角度或平行紋理為主，偶有低角度平面狀及槽狀小型交錯層，岩層面可見不對稱浪痕。
- iii. 無本體化石，偶有輕度生物擾動，生痕化石主要為直管狀*Ophiomorpha ichnosp.*

解釋：本岩相具有平行或低角度交錯紋理可能處於surf-swash wave作用的高能量狀況下的沉積而成的。
Ophiomorpha ichnosp. 生痕化石亦指示其為高能量環境下的產物。

(3) 沉積岩相S3：中至厚層之層狀砂岩。

特徵：

- i. 10至50公分厚、灰色、細粒至中粒之層狀砂岩體，間夾薄層頁岩，淘選度差。
- ii. 砂岩層面常見不對稱波痕，少許低角度平面狀及槽狀交錯層。
- iii. 含有Corbiculidae sp., Clinocadium sp., Acila ?sp., Vepricardium sp., 等半淡水性貝類化石。中至高度生物擾動，主要生痕化石為直管狀的*Ophiomorpha ichnosp.*, *Thalassimoides ichnosp* 和 *Skolithos ichnosp.*

解釋：本岩相為層狀、中粒砂岩，層面具有不對稱波痕，可能為build-up wave 作用之中高能量狀況下沉積的。

(4) 沉積岩相S4：砂岩與頁岩之薄互層。

特徵：

- i. 灰色細粒砂岩或粉砂岩與頁岩薄葉互層。
- ii. 沉積構造以波狀和透鏡狀交錯層為主，泥絡狀交錯層較次，偶有水平平行紋理。
- iii. 高度生物擾動，生痕化石有*Ophiomorpha ichnosp.*

解釋：本岩相具有波狀透鏡狀和泥絡狀交錯層理，其受到週期性水流活動的影響，當水流活動時，砂質經由搬動而沉積；當水流靜止時，懸浮的泥質則沉降而下，經由動、靜水流的交替作用，而產生了這種特殊的沉積構造。

(5) 沉積岩相M1：頁岩夾砂岩

特徵：

- i. 灰色至深灰色頁岩為主，間夾薄層砂岩。

ii. 砂岩層面常見波成波痕。

iii. 中至高度生物擾動。

解釋：本岩相以頁岩為主，代表一安靜環境，而夾薄層砂岩，可能為間歇性高能量事件。

(6) 沉積岩相M2：塊狀頁岩。

特徵：

i. 灰色至深灰色塊狀頁岩或砂質頁岩及炭質頁岩，局部含砂質條痕。

ii. 稀有生物擾動。

解釋：本岩相可能處於低能量狀況慢速沉積而成。

2、沉積岩相組合與沉積環境

岩相組合是指經常伴在一起的幾種岩相組合起來，賦與其物理上的意義，配合生物相的變化來探討其與環境的關係。本區大致可以分為四個岩相組合(圖4-2、4-3)。四個沉積岩相組合敘述如次：

(1) 濱面相(FS1)：S3 + M1 + M2

本組合以薄至厚層灰色細粒至中粒的層狀砂岩夾薄層頁岩，灰色至深灰色頁岩間夾薄層砂岩、深灰色塊狀頁岩或炭質頁岩所組成。砂岩層面常見波痕、中至高度生物擾動。本組合分布在東卯溪剖面中段、橫流溪A剖面之上、中段和B剖面之中、下段。可能為濱面環境。

(2) 瀉湖相(FS2)：M1 + M2 + S4

本組合主要為厚層頁岩夾薄至中層砂岩。頁岩內富含炭質物，生物擾動強烈；砂岩內主要的沉積構造是波狀層理、波狀透鏡及泥絡狀交錯層理。本相之頁岩為一安靜低能量且水深較淺的環境產物，又夾有指示波痕、水流或潮汐作用薄砂體，意味在此一安靜環境下，仍有間歇性的碎屑物質於此沉積，本組合分布在橫流溪A剖面下段及東卯溪剖面中段，可能為瀉湖環境。

(3) 堰洲島相(FS3)：S2 + S3

本組合主要為厚層至中層細粒至中粒砂岩，淘選度普通至良好，主要沉積構造是平行紋理、低角度交錯層理、泥絡狀層理。生痕化石以平行或垂直層面的 *Ophiomorpha ichmosp.* 為主。本組合僅在橫流溪A剖面下段出現，可能為堰洲島相環境。

(4) 前濱相(FS4)：S1 + S2

本組合的特徵是幾乎都是灰色至灰白色、塊狀、中至

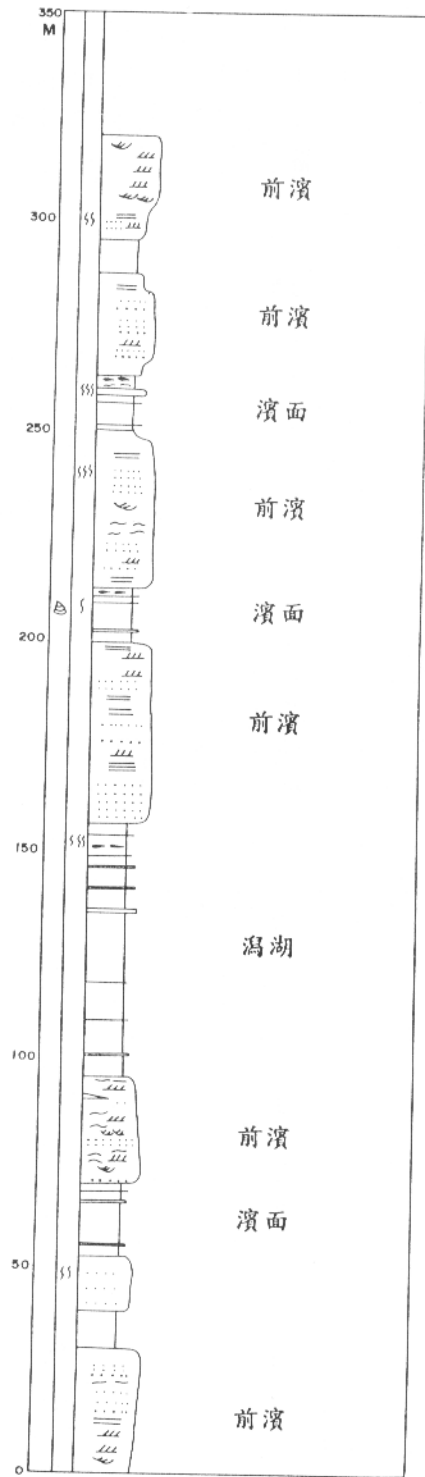


圖4-2 東卯溪剖面地層柱狀圖

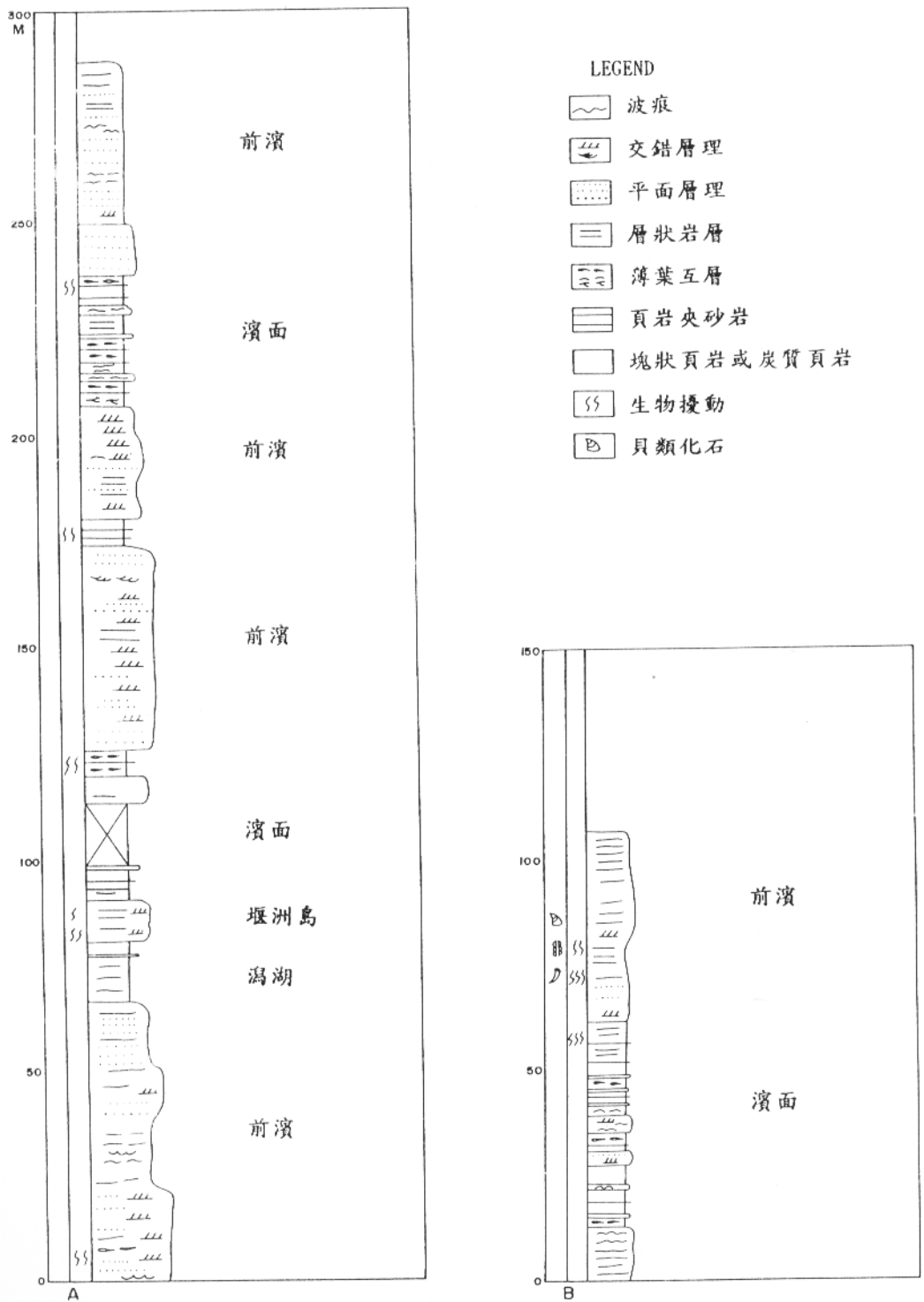


圖4-3 橫流溪剖面地層柱狀圖

極粗粒砂岩，局部含石英礫。沉積構造發達，主要有高角度平面狀交錯層、低角度或水平紋理、不對稱波痕等，底部偶見滯礫，生物擾動非常輕微。本組合在本區廣泛分布。可能為高能量的前濱環境。

(四)、雪山山脈之地層對比

在前面章節敘述雪山山脈北、中、南部的地層時，使用的地層名稱有十一個之多。同樣是以硬頁岩或板岩為主的岩層，就有西村層、乾溝層、大桶山層、十八重溪層、佳陽層、水長流層等名稱。我們要瞭解這些地層名稱間的相對關係，就要進行「地層對比」的工作，一般較普遍的地層對比方法有三種：岩石地層對比—根據岩性和地層層位相同；生物地層對比—根據化石內容和生物地層層位相同；時代地層對比—根據時代和時代地層層位相同。在前述三項地層對比中，以岩石地層單位的對比最為重要，其對比的主要依據是地層的岩性和地層層位彼此相同。舉乾溝層、大桶山層和水長流層來說明岩石地層對比。乾溝層和大桶山層的岩性是以深灰色硬頁岩或板岩為主，而水長流層的岩性也是以深灰色硬頁岩或板岩為主，兩者岩性相同。另外，從生物地層的研究知道乾溝層含有N1的有孔蟲化石，而水長流層也含N1的有孔蟲化石，也就是說兩者時代相同，在雪山山脈之地層層序中，其兩者層位相當。從岩性和地層層位的比較我們可以說雪山山脈北部的乾溝層、大桶山層和雪山山脈中部的的水長流層可以對比。但是有些地層中，因缺乏足以定年的化石，以致無法確定該地層的層位，因此不同的學者可能就會有不同的地層對比看法，雪山山脈中部的地層中，有些地層缺乏足以定年的化石，因此許多學者對於雪山山脈的地層關係尚未有一致性的看法(表4-1)。本文第一作者最近幾年都在雪山山脈地區調查研究，對於整個雪山山脈的地層關係已有初步的看法，但還需補充資料佐證。

(五) 超微化石研究與地層對比

為確定大霸尖山出露之變質砂岩及上覆硬頁岩地層之時代和地層對比，採集出露於中霸尖山附近之硬頁岩標本數個，進行超微化石研究，其中8212100標本確定含有海相之超微化石，所含之指準化石足以作為地層時代和層位對比之依據。

編號8212100標本採自於大霸尖山西北方之中霸尖山附近，該地區露出的岩層為硬頁岩，整合覆於大霸尖山變質砂岩層之上，標本之層位在變質砂岩之上約150公尺。

標本經取3—5克輕敲成約1mm以下之粉末狀岩屑，加水後經超音波振盪使顆粒儘量分離，再以沈澱法和離心機法去除粗顆粒和細粒懸浮顆粒，選取3~15 μ m部份之岩樣製作成薄片，最後在高倍偏光顯微鏡下觀察鑑定超微化石之種屬並記錄及照相，8212100標本經鑑定含有如下之超微化石：

Sphenolithus predistentus Bramlette and Wilcoxon, *Sphenolithus distentus* (Martini), *Sphenolithus celsus* Haq, *Sphenolithus moriformis* (Bronnimann & Stradner), *Cyclicargolithus floridanus* (Roth & Haq), *Dictyococcites bisectus* (Hay, Mohler & Wade), *Discoaster adamanteus* Bramlette and Wilcoxon, *Discoaster deflandrei* Bramlette and Riedel, *Discoaster* sp., *Coccolithus pelagicus* (Wallich), *Helicosphera* sp.等，屬於漸新世之超微化石組合（圖版4-1）。

依據 Martini (1971) 所定義之超微化石帶，*Sphenolithus predistentus* 和 *Sphenolithus distentus* 兩種共存於NP23之上部，Martini (1971) 定義之NP23下界為 *Reticulofenestra umbilica* 之絕滅面，上界至 *Sphenolithus ciperoensis* 首現面為止（圖4-4），此帶之中 *Sphenolithus predistentus* 逐漸演化為 *Sphenolithus distentus*，而於NP23帶之上部兩者普遍共存，之後 *Sphenolithus distentus* 於NP24演化為 *Sphenolithus ciperoensis*，且兩者在NP24帶共存；由於標本中有 *Sphenolithus predistentus* 及 *Sphenolithus distentus* 兩種指準化石共存，且未發現屬NP22之 *Reticulofenestra umbilica* 或屬NP24之 *Sphenolithus ciperoensis* 指準化石，應可確定屬於Martini (1971) 定義之NP23化石帶。

Okada & Bukry (1980) 依 *Sphenolithus predistentus* ~ *S. ciperoensis* 之演化系列將NP23再劃分，定義其CP17和CP18化石帶，即 *Sphenolithus distentus* 出現之前屬於CP17，*S. distentus* 出現之後和 *S. predistentus* 共存之上段定義為CP18，因此該化石組合也屬於Okada & Bukry (1980) 之CP18化石帶，依據Berggren

圖版4-1說明

中霸尖山板岩標本所含之超微化石，照片放大比率2500倍

1 *Sphenolithus distentus* (Martini)

2, 3 *Sphenolithus predistentus* Bramlette and Wilcoxon

4 *Helicosphera* sp.

5a, b *Sphenolithus* cf. *distentus* (Martini)

a和b觀察角度在偏光下沿c軸相差45度

6, 7 *Sphenolithus celsus* Haq

8, 9 *Cyclicargolithus floridanus* (Roth & Hay)

10, 11 *Discoaster adamanteus* Bramlette & Wilcoxon

12a, b *Discoaster* cf. *adamanteus* Bramlette & Wilcox

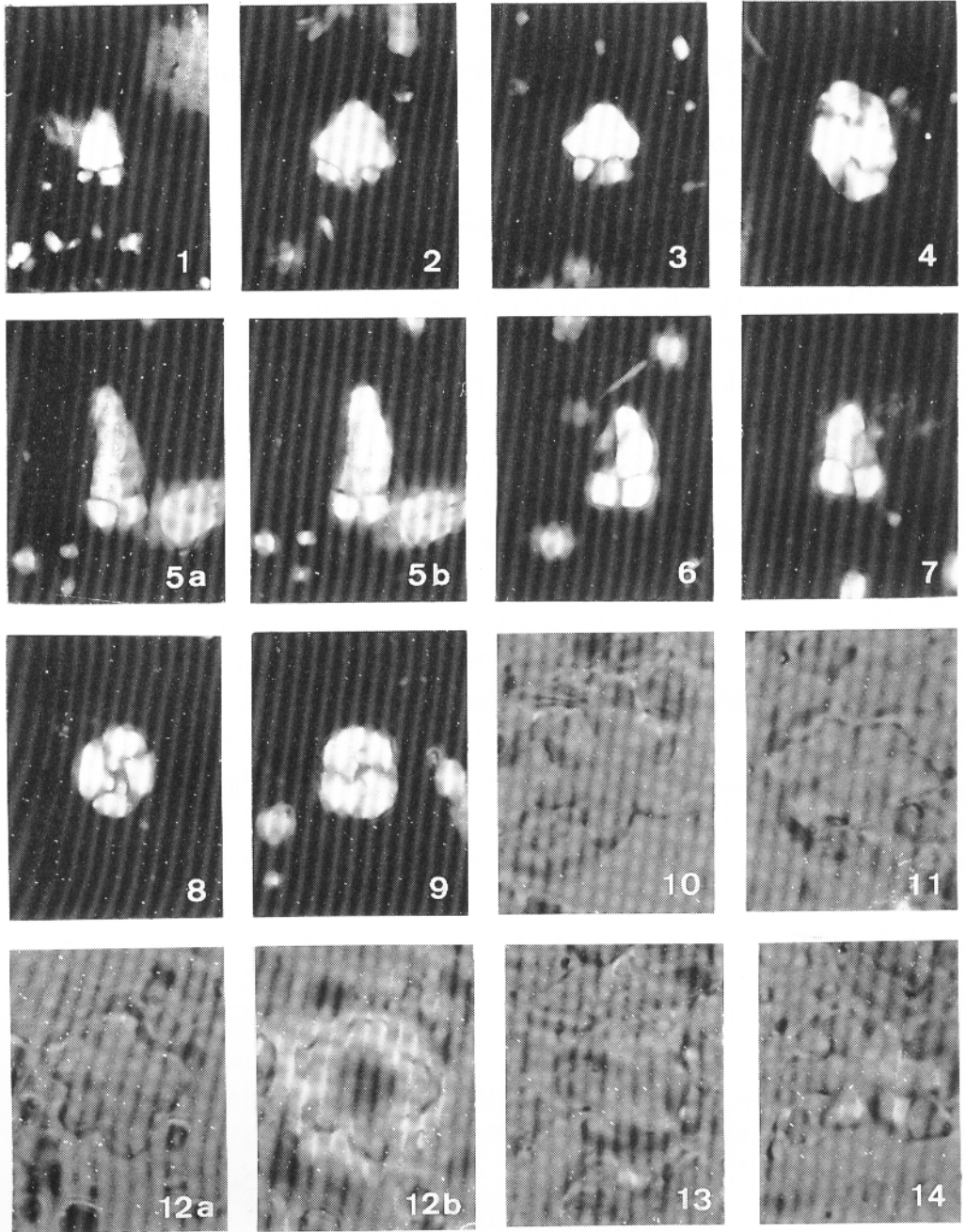
a爲透視光，b爲對比相差

13 *Discoaster deflandrei* Bramlette and Riedel

14 *Discoaster* sp.

註：a, b表示同一標本以不同方式觀察照相。

圖版4-1



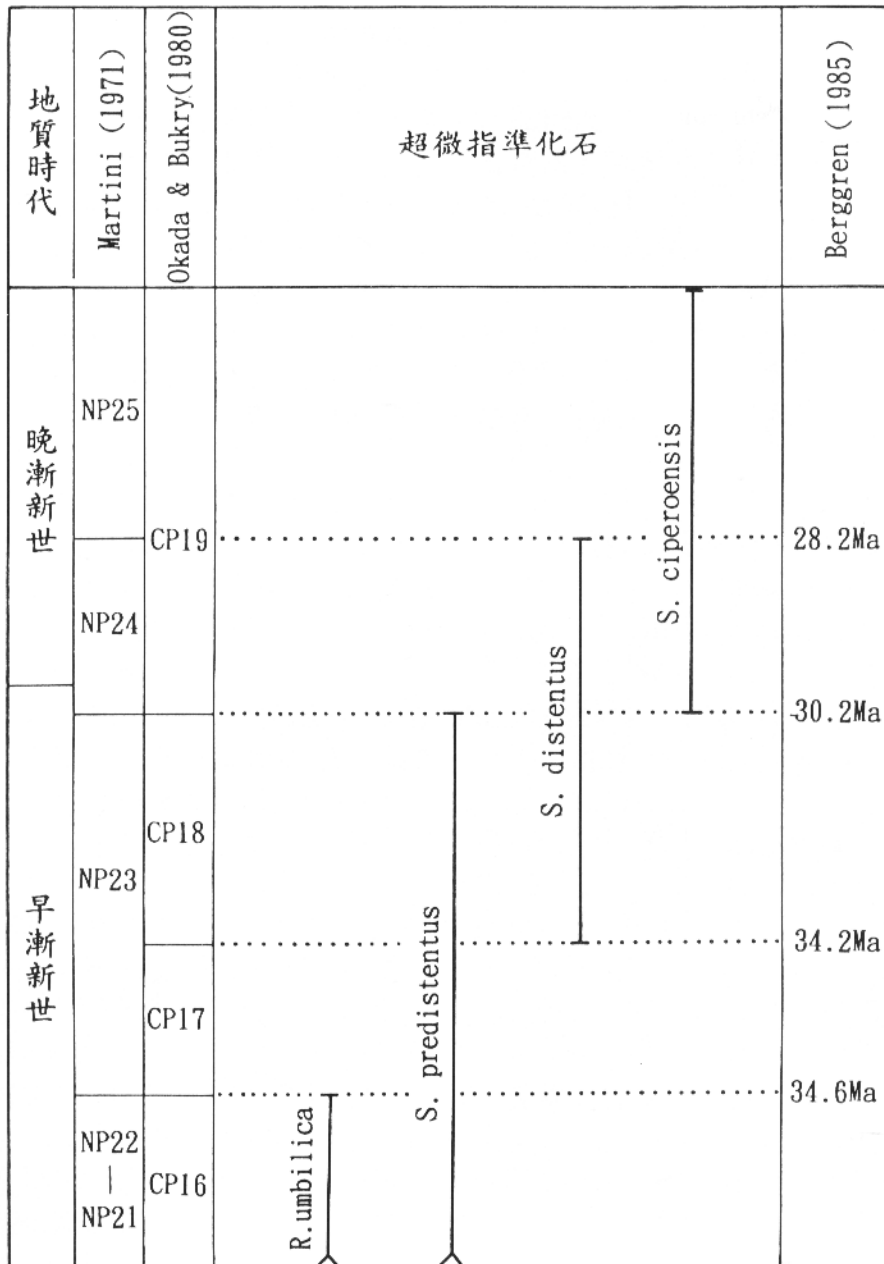


圖4-4 漸新世超微指準化石垂直分佈圖

et.al. (1985) 之資料其時代約在30.2佰萬年至34.2佰萬年之間(圖4-4)。

台灣地區漸新統主要分佈於雪山山脈地質區，在雪山山脈北部，烏來群之層序包括四稜砂岩、乾溝層、粗窟砂岩和大桶山層，中部則為白冷層及水長流層，皆為漸新世之沈積地層。黃廷章(Huang, 1977)於上部烏來群所建立之超微化石帶中，乾溝層之下段含NP23有化石組合，指準化石出現在四稜砂岩和乾溝層界面之上約170公尺至200公尺處(Huang, 1977, Fig. 5)，往上之乾溝層上段至粗窟砂岩下段則屬NP24，粗窟砂岩上段至大桶山層結束皆屬NP25，但乾溝層最下部和四稜砂岩因未含超微化石，其化石帶仍無法確定，因此四稜砂岩是否屬早漸新世或部份已達始新世仍有些爭論。中部國姓地區北港溪剖面超微化石之研究(Huang & Ting, 1979)顯示 *Sphenolithus distentus* 之絕滅面位於水長流層底部之上240公尺處，其上約20公尺即有 *Sphenolithus ciperensis* 出現，而 *Sphenolithus predistentus* 與 *Sphenolithus distentus* 共存之層位出現在水長流層底部之上約110公尺附近，因此水長流層之下段有NP23或CP18超微化石帶是可以確定的，此層位和乾溝層之下段在生物地層上可互相對比。由於超微化石之對比具有時代意義，8212100標本之化石組合和北部烏來群乾溝層下段及中部水長流層下段皆同屬NP23或CP18超微化石帶，其層位和時代上應可互相對比。

由於超微化石的對比確定在中霸尖山的硬頁岩屬乾溝層，那麼乾溝層之下的變質砂岩應相當四稜砂岩，也就是說，大霸尖山之變質砂岩屬於四稜砂岩。水長流層之下段亦含有NP23或CP18超微化石帶之化石，其層位與乾溝層相當，那麼整合在水長流層下之白冷層與整合在乾溝層下之四稜砂岩其層位也可認定相當。由此地層對比關係可以推論：在大雪山林道之白冷層其層位，與在大霸尖山之四稜砂岩之層位相同，此結果對我們瞭解雪霸國家公園園區之地層關係頗有幫助。

(六) 白冷層之岩石礦物研究

雪霸國家公園園區內之岩石主要以粗粒石英岩、石英岩、板岩為主，也就是說主體由母岩為沉積岩之砂岩及頁岩經輕度變質而成之岩石。

一般沉積岩之分類表見表4-3A，而顆粒大小等級表則見表4-3B。以下分別就雪霸國家公園內所採得之岩石，將其切成厚0.03mm之岩石薄片，在岩石偏光顯微鏡之下觀察並拍攝之照片來說明其岩象學上之特徵。

因本區內岩石雖然屬於輕度變質之變質岩類，但是其岩象上仍然保有沉積岩之各種特徵及粒度，故我們仍然沿用描述沉積岩所用之砂岩成熟度(表4-4A)，淘選度(表4-4B)及球度(表4-4C)等之詞彙，以便於我們掌握其母岩之特徵。

1、粗粒石英岩

此類岩石在野外為厚層砂岩，從岩象上來觀察(圖版4-2A、B)，其組成砂岩成份為粗粒石英顆粒，以及岩屑為主。以砂岩成熟度而言屬於成熟砂岩，也就是說其粘土填充物含量在5%以下，淘選度為良好淘選(well sorted)，而顆粒圓度為次角狀(sub angular)。

2、石英岩

石英岩之組成成份也以石英顆粒及岩屑為主(圖版4-2C、D)，而岩屑之成份則以變質砂岩屑為主。其砂岩成熟度亦屬於成熟砂岩。

其次值得注意的是石英顆粒之特徵。一些較粗粒之石英均呈現波狀消光之現象，且十分明顯(圖版4-2E、F)，這種現象表示岩體受到構造力之作用，因而使得這些砂岩中之石英顆粒受力變形，而呈現波狀消光之現象，因此這種砂岩可稱之為受構造力砂岩(tectonized sandstone)，而這些石英顆粒可稱之為受力石英(pressurized quartz)，且從岩象上觀察到這些構造力乃貫穿(penetrative)全部岩體之力(圖版4-2G)。

3、變質石英砂岩

這種砂岩略受變質，石英顆粒之間略有熔合之現象，而基質部份之粘土已有部份轉化成為絹雲母。其砂岩成熟度則屬於次成熟砂岩(submature sandstone)。其組成成份以石英、岩屑及少部份粘土為主(圖版4-2H、4-3A)。

4、板岩

岩石學上之板岩，若從岩象上觀察，這類岩石其母岩為粉砂岩，故也可稱之為變質粉砂岩(圖版4-3B)，其組成成份以石英砂及大量粘土填充物(>50%)。其中之泥質物已有部份轉化成為絹雲母，故在交叉偏光顯微鏡下呈現出黃褐色的光性。

表4-3A 沈積岩分類表

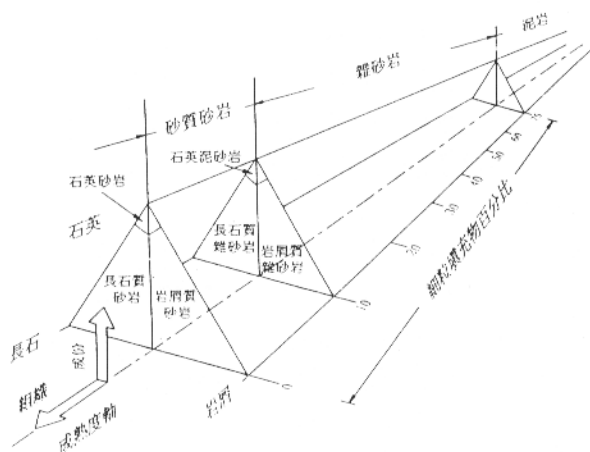


表4-3B 顆粒大小等級表

顆粒直徑界限 (mm) (φ 單位)		大小等級		
2048	- 11	極大	巨礫	1 m
1024	- 10	大		
512	- 9	中		
256	- 8	小	中礫	10 ⁻¹
128	- 7	極粗		
64	- 6	粗	卵石	10 ⁻²
32	- 5	中		
16	- 4	細		
8	- 3	極細		
4	- 2	極粗	砂	10 ⁻³
2	- 1	粗		
1/2	+ 1 - 500	中		
1/4	+ 2 - 250	細		
1/8	+ 3 - 125	極細		
1/16	+ 4 - 62	極粗	粉砂	10 ⁻⁴
1/32	+ 5 - 31	粗		
1/64	+ 6 - 16	中		
1/128	+ 7 - 8	細		
1/256	+ 8 - 4	極細		
1/512	+ 9 - 2		粘土	10 ⁻⁵

表4-4A 砂岩成熟度判識流程表

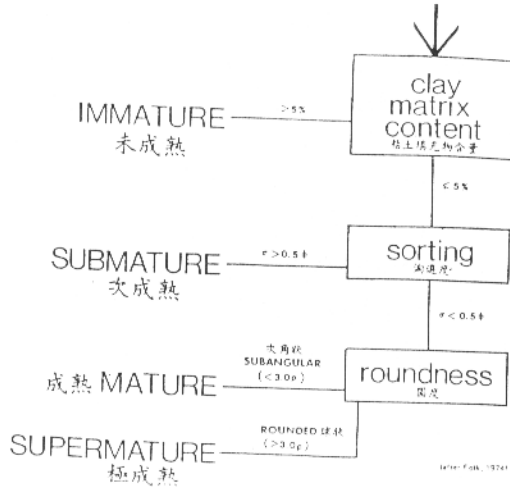


表4-4B 淘選度圖示及文字說明表

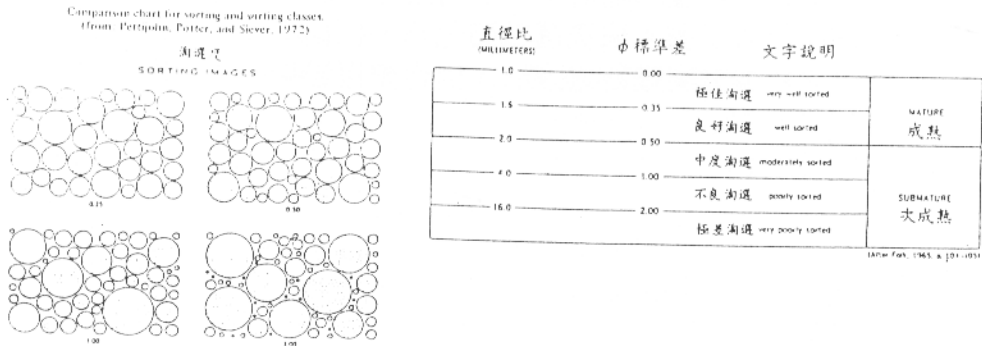
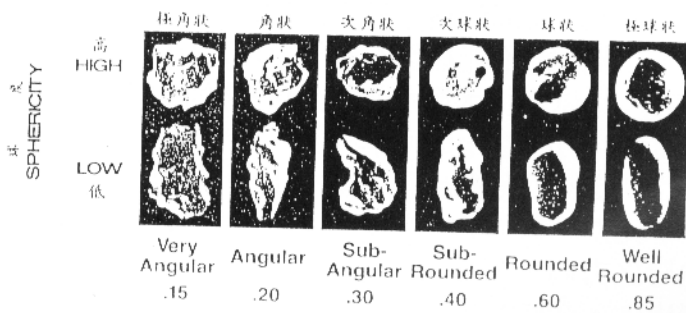


表4-4C 球度圓度圖示準則表



板岩標本中，部份地區之板劈理(slaty cleavage)十分的發達，在岩象上可以十分明顯觀察到這些現象，(圖版4-3C、D)上從左下至右上橫貫圖片之黑色條紋即為板岩之劈理。而其變質度已達到綠泥石之程度，故有綠泥石變晶生成，且呈現曲紋壓力邊緣(curved-fibre pressure fringes)之現象。且顆粒均有優勢排列之現象(preferred orientation)，這些現象在在均顯示這類岩石承受構造力之擠壓，因此在岩層之上留下了受力之構造。

5、板岩中之鈣質有孔蟲化石

在板岩中之微體化石，因受到變質作用的影響，這一類的化石經常受到破壞，也因此不易在岩層中保留下來。所以板岩之生物地層年代也就不容易加以定年，其層位就不易加以確定。

在本研究進行中，在部份板岩地層之岩石切片中，我們發現了部份保存極佳的微體古生物鈣質有孔蟲的化石(圖版4-3E、F)。這些切片之發現雖然不能依化石切片之外觀來研判生物地層年代，但是卻提供我們深入研究之方向。從這些產生化石之板岩地層中，若再投入相當之資源加以研究，例如採集大量標本來洗選微體化石，相信必能對本區生物地層學之研究有突破性之進展，對台灣板岩地層之研究帶來一線曙光。

6、砂岩中之岩屑

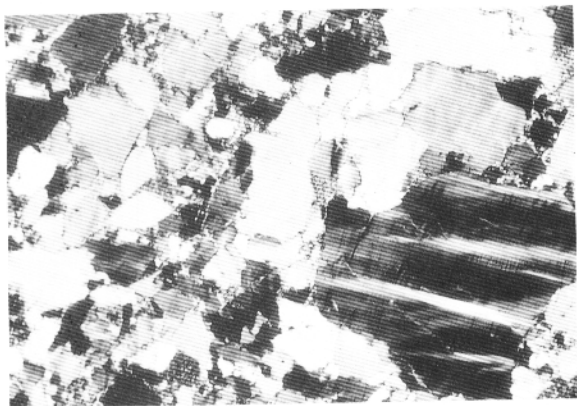
砂岩中岩屑之成份多少能透露出其母岩之特性，(圖版4-3G、H)可以看到岩屑是變質岩中之片麻岩，其中之石英顆粒邊緣都有再熔的現象，這種岩屑之來源地很類似福建地區之基盤岩石。

綜合以上之分析可以歸納出本區岩石之一些特徵：

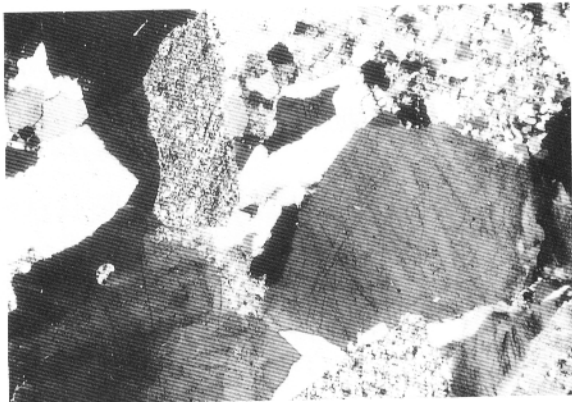
- 1、本區岩層均受到貫穿全體岩層之構造力之擠壓，因而有受力砂岩，石英之波狀消光，板劈理之發育，石英顆粒邊緣之再熔現象，以及部份粘土轉化成為絹雲母等現象。
- 2、母岩之來源雖不能確認，但是由砂岩中岩屑之成份及特徵來研判，其母岩從大陸福建沿海一帶的酸性火成岩或其基盤雜岩而來的可能性十分可信。
- 3、板岩中發現了有孔蟲化石之切片，証明了此區部份地層中保存了完整的微體古生物之化石，提供我們深入研究此區生物地層之方向，若能投入相當之資源(人力、物力，及新計畫提出)，必能對此區之研究有突破之進展。

圖版4-2說明

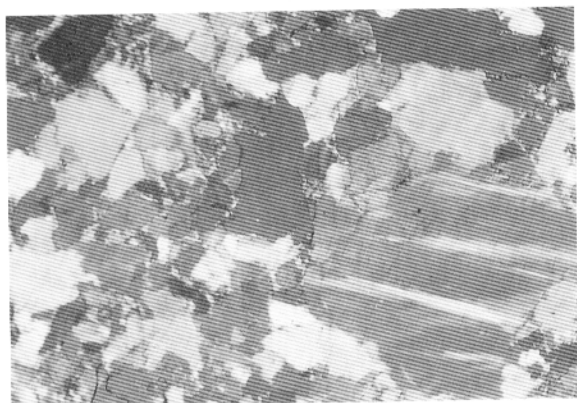
- A：粗粒石英岩。組成顆粒有石英及岩屑。石英顆粒邊緣有重結晶現象。照片範圍 $2.8 \times 4.0\text{mm}$ ，交叉偏光。
- B：照片同4-2A，加上一波長試板（ λ -plate）。
- C：石英岩。以石英顆粒及岩屑為主要成份，色彩斑斕者為岩屑。照片範圍 $2.8 \times 4.0\text{mm}$ ，交叉偏光。
- D：照片同4-2C，加上一波長試板（ λ -plate）。
- E：石英岩。石英顆粒有波狀消光，顯示標本有受到構造力之作用，可稱之為受構造力砂岩（tectonized sandstone）。
- F：照片同4-2E，加上一波長試板（ λ -plate）。照片右之石英粒有明顯受力之現象。
- G：受力砂岩。照片右之石英顆粒有明顯受力而產生兩組相交之波紋。照片左中之石英顆粒也有相似之現象，可以證明這種構造力是穿透（penetrative）全岩體之力。
- H：變質石英砂岩。顆粒間已有熔合之現象。照片範圍 $1.1 \times 1.6\text{mm}$ ，交叉偏光。基質部份之膠結物多已由粘土轉化成絹雲母。



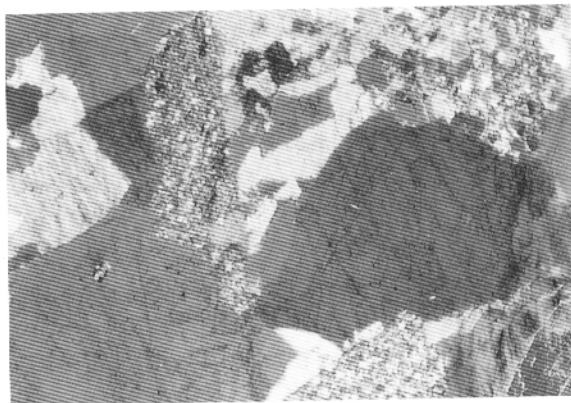
E



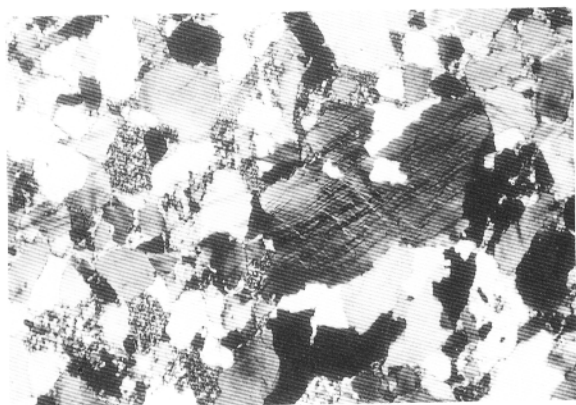
A



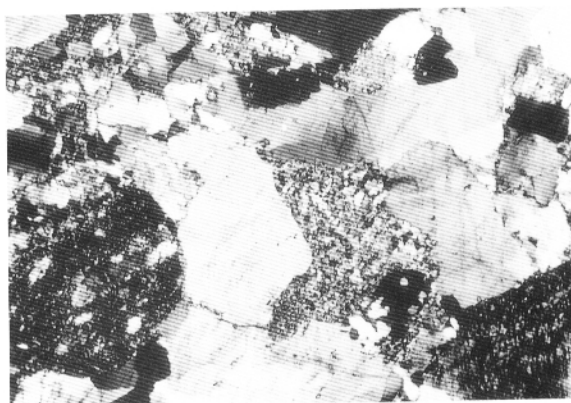
F



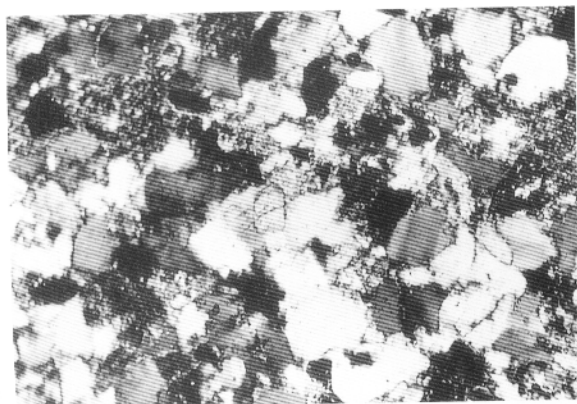
B



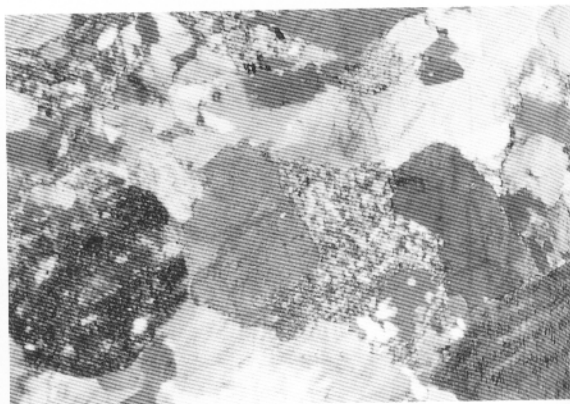
G



C



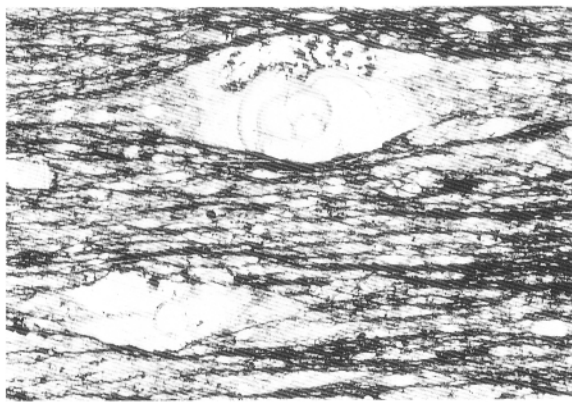
H



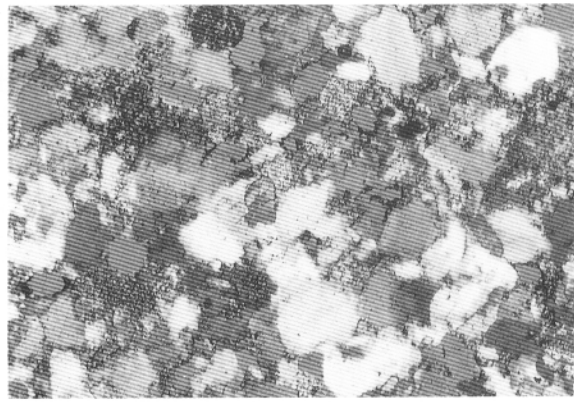
D

圖版4-3說明

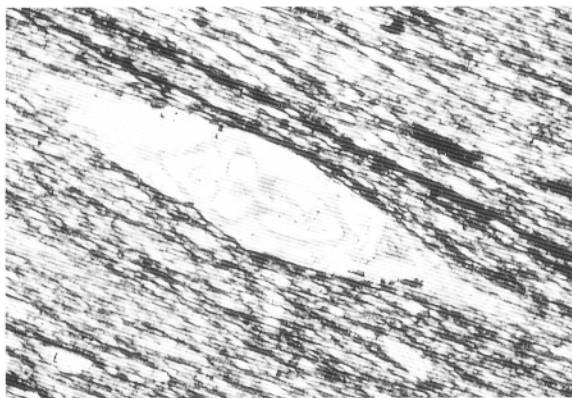
- A：照片同圖版4-2H，加上一波長試板（ λ -plate）。色彩斑斕者為岩屑顆粒，色彩均一者為石英顆粒。
- B：板岩（變質粉砂岩）。照片範圍 $2.8 \times 4.0\text{mm}$ 。泥質多有變質成爲絹雲母，照片中基質部份呈現黃褐色部份即爲粘土轉化成之絹雲母。低度變質。顆粒部份大多爲石英顆粒，交叉偏光。
- C：板岩。照片範圍 $1.1 \times 1.6\text{mm}$ ，交叉偏光。藍色眼狀礦物即爲綠泥石之變晶。
- D：照片同4-3C。交叉偏光。
- E：板岩。照片範圍 $1.1 \times 1.6\text{mm}$ 。含鈣質有孔蟲殼體。單向偏光。
- F：板岩中所含之鈣質有孔蟲殼體。照片範圍 $1.1 \times 1.6\text{mm}$ ，單向偏光。
- G：石英岩中岩屑及顆粒中之石英顆粒有再熔現象。照片範圍 $2.8 \times 4.0\text{mm}$ ，交叉偏光。此種岩屑之來源很類似福建地區之基盤岩石。
- H：照片同4-3G，加上一波長試板（ λ -plate）。



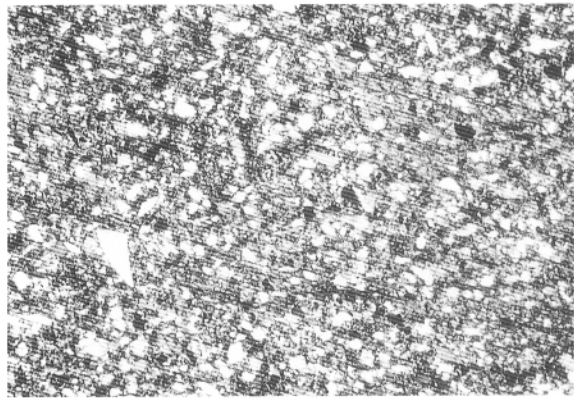
E



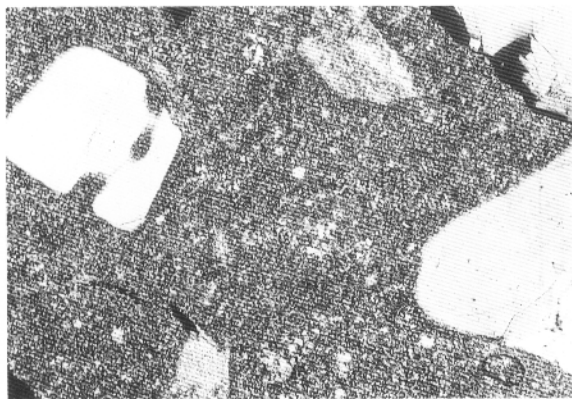
A



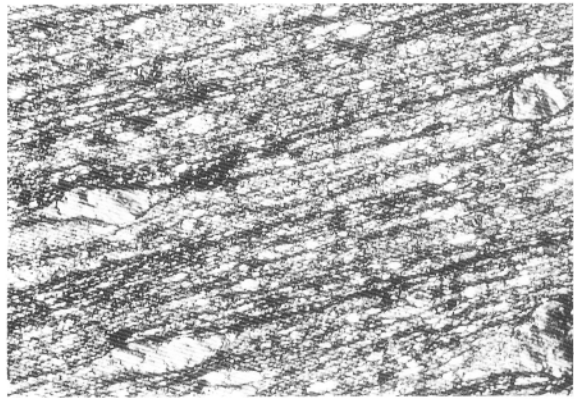
F



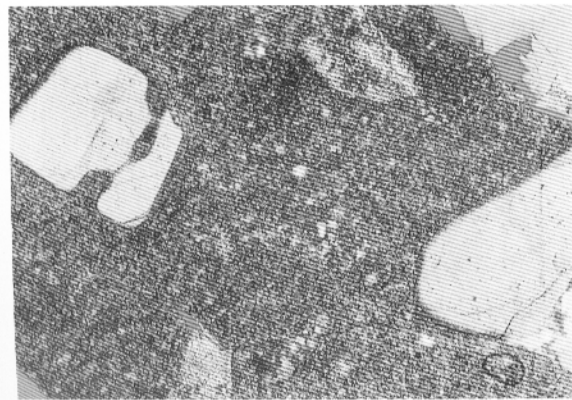
B



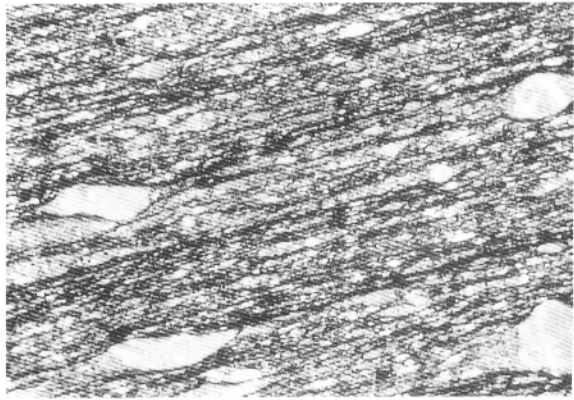
G



C



H



D

四、雪山山脈之地質構造

在自然界中，各種岩體內涵的脈絡—地質構造是絕對客觀地存在那裏，但由於表土、植物的覆蓋，其真實的內容只能經由零星分散的露頭中去推測。爲了方便描述起見，可將地質構造分爲微視構造、中視構造及巨視構造。其分類的基礎不在於構造的實際大小，而在於人本身肉眼所能觀察得到的範圍而定。所謂微視構造是指一個地質構造需藉助顯微設備如顯微鏡才能解析者，諸如岩層中組成顆粒之排列、礦物結晶軸之方向、單晶礦物的帶狀或環狀構造等等；中視構造係指岩層中之構造能以肉眼在一個露頭上觀察得到者。此種構造包含與岩層同時生成之原生構造及受構造運動而產生的次生構造；巨視構造係指地質構造乃需經由整理、解析及整合零星分布的露頭後才能鑑明者，如地質圖上所表現的地質構造即是。這種分類有如我們在玩拼圖遊戲一般，中視構造是一塊一塊分開的圖版，而巨視構造是拼起來才觀察得到的，至於微視構造就如圖版上模糊不清的線條，要用放大鏡才能認清。

中視構造是我們在野外最常見到也最有意義的地質構造，在此特加說明，此種構造又可分爲與岩層沈積同時生成的原生構造和成岩後受構造運動而產生的次生構造。

(一)、原生構造

1、層理(bedding)：

層理是沉積物沉積時，因組成成份的改變而形成的界面，也就是我們所稱的層面(圖版—C，變質砂岩面)。

2、交錯層理(cross bedding)：

水流或波浪遷移產生的前積紋理面。它可以指示水流方向和地層正向或反向(圖版—D，鐵錘頂部)。

3、粒級層理(graded bedding)：

岩層內由底部到頂部粒度由粗變細，或由細變粗，前者稱正粒級層，後者稱逆粒級層。它可以指示地層正向或反向(圖版—F，正粒級層)。

4、波浪(ripple mark)：

當風、流水或波浪作用於新近沉積的沉積物表面時，造成了一些起伏不平的波痕跡(圖版—G，H)。

5、鑄痕(load cast)：

沉積物沉積在一種能在壓力下流動的軟性物質上面所形成的突起印模。

6、生物活動構造(bioturbation structures)：

生物在未固化的沉積物中或沉積物表面活動所留下的痕跡(圖版三D)。

(二)、次生構造

1、褶皺(fold)：

岩石受壓縮力或剪力推擠以後，可以發生傾斜或呈波浪狀的彎曲，這種現象叫褶皺(圖版五A~H)。褶皺又可分背斜和向斜。我們在野外可以看到多種不同型態的褶皺；有相似褶皺(圖版五H)、平行褶皺(圖版五D)、尖頂褶皺(圖版五C, G)等。在雪山山脈所看到的褶皺其型態與一組褶皺岩層中每一層的厚度、各岩層間的相對強度比(粘性比)和厚度比頗有關係。在五層中就其強度比可分為大與小兩種情形，而厚度比分為大、中、小三種情形，經不同的組合後，可分為以下六種不同的褶皺模式：

(1) 模式A：

相對強度比很小，且相對厚度比很大的情況下，所形成的褶皺波長小於強岩層的厚度。在強岩層與弱岩層層面間所形成的褶皺，通常呈類似一串腸子的鳥嘴狀與鳥趾狀褶皺(cusped and lobate fold)。

(2) 模式B：

相對強度比較小，且相對厚度比較中等的情況下，易形成強岩層與弱岩層均具相似褶皺(similar fold)的和諧褶皺。

(3) 模式C：

相對強度比較小，且相對厚度比也小的情況下，僅會形成波長相當不一致且振幅很小的褶皺。

(4) 模式D：

相對強度比大，且相對厚度比也大的情況下，褶皺形態為和諧褶皺，其中強岩層的褶皺形態接近平行褶皺(parallel fold)，弱岩層則為阮賽(Ramsay)等傾角分類中的B型。當作用力加強時，強岩層常會形成串腸構造(boudinage structure)。

(5) 模式E：

相對強度比大，且相對厚度比中等情況下，強岩層受應力作用形成和諧褶皺，而弱岩層則形成尖頂褶皺(chevron fold)。

(6) 模式F：

相對強度比大，且相對厚度比小時，因強岩層的間距小，則會形成共軛的轉折褶皺(conjugate kind fold)。

一般而言，岩層之厚度和粘度比是控制褶皺規模的主要因素，不同粘度的層狀材料組合發生褶皺變形時，總是由其中較強的材料起主導作用，並且由它的特徵主波長決定褶皺的規模。其主波長的大小與受力大小和應變速率無關，而是與主導層的厚度(T)和岩層間的粘度比成正比，這種關係可用主波長(Wd)公式來表示：

$$Wd = 2\pi T \sqrt[3]{\eta_1 / \eta_2}$$

式中， η_1 是主導層的粘度， η_2 是相鄰軟弱層的粘度。從公式中可見，當 $\eta_1 = \eta_2$ 時，主波長值接近 $3.64T$ ，此時褶皺不明顯。

2、節理(joint)：

岩石經過變形到達破裂階段時所造成的一種破裂面（圖版二E，F，G），但是在裂面兩側的岩層沒有沿裂面發生相對移動。圖4-5(A)為岩體產生節理的實驗模型。平行最大主應力方向會產生張裂節理；剪裂共軛節理組的銳角夾角平分線也和最大主應力軸平行。圖4-5(B)和(C)則表示張裂節理和剪裂節理在褶皺構造的位置。

3、斷層(fault)：

斷層也是一種破裂性變形，不過在破裂面兩側的岩層沿著裂面發生相對的移動（圖版四A，B，C）。又根據斷層兩側岩層所發生相對移動關係可分為三類，即是正斷層、逆斷層、橫移斷層。圖4-6為斷層的类型與應力狀況示意圖。當最大主應力 σ_1 垂直，而中間主應力 σ_2 和最小主應力 σ_3 水平時發生正斷層；當最小主應力 σ_3 垂直而最大主應力 σ_1 和中間主應力 σ_2 水平時發生逆斷層；當中間主應力 σ_2 垂直，而最大主應力 σ_1 和最小主應力 σ_3 水平時發生橫移斷層。

4、岩石劈理(rock cleavage)：

岩石劈理是指在變形和變質過程中形成的構造，可將岩石分割成無數薄板或薄片狀的一種次生透入性面狀構造（圖版二E，F，G）。目前對於劈理的成因，雖無一致的定論，但一般認為片狀礦物會有順向排列，不外乎下列三種機制：(i)機械旋轉。(ii)再結晶作用。(iii)壓溶作用。岩石劈理的幾何分類，以四個可變量分類，即是(i)劈理域的寬度。(ii)劈理域的形狀。(iii)夾質域中的前生組構。(iv)劈理

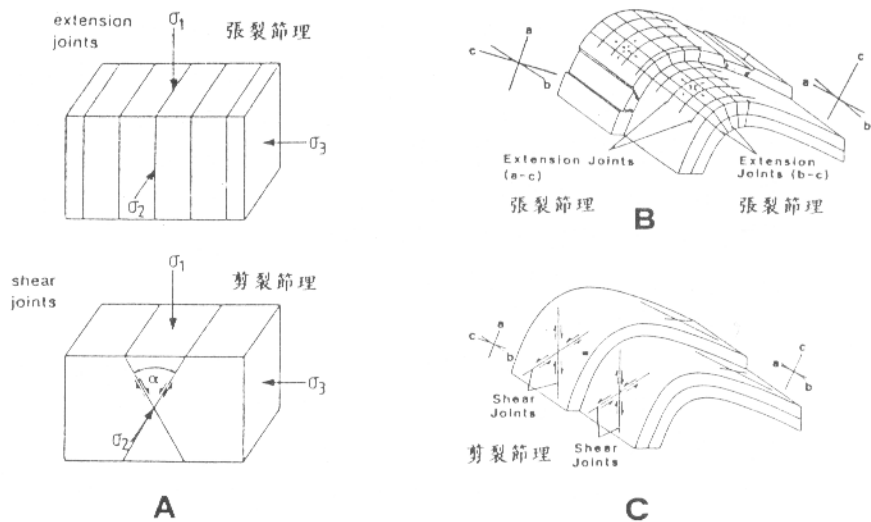


圖4-5 (A) 岩體產生節理的示意圖
 (B) 和 (C) 張裂節理和剪裂節理在褶皺構造的位置

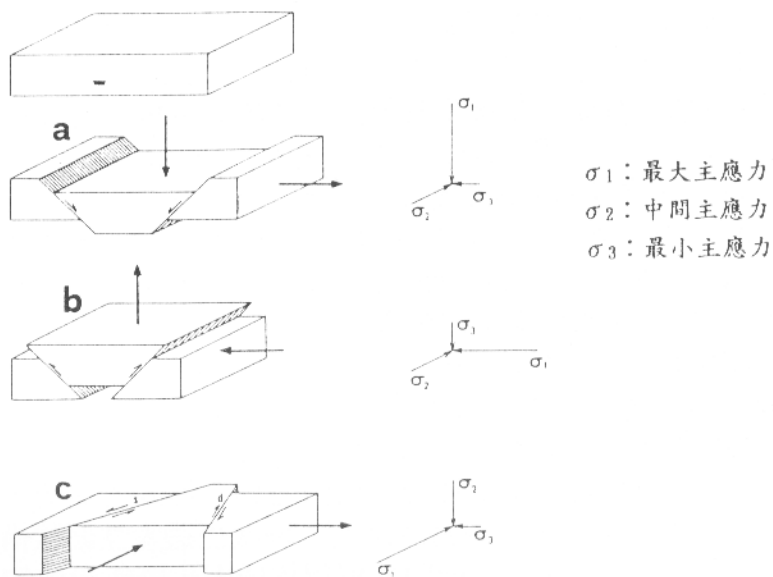


圖4-6 斷層的类型與應力關係示意圖
 a. 正斷層 b. 逆斷層 c. 平移斷層

域在整個岩石中所佔比例。首先根據劈理域特徵能識別的尺度，把岩石劈理分爲二大類，即連續劈理和間距劈理。如劈理特徵很細小(劈理領域間距小於1mm以下)得借助顯微鏡才能分辨，這種劈理稱之爲連續劈理(圖版六A)；如岩石中之劈理域和夾質域可用肉眼分割(劈理領域的間距大於1mm以上)，則稱爲間距劈理(圖版六B)；。雪山山脈之板岩中所發育的岩石劈理以連續劈理的板劈理和間距劈理的無前理劈理爲主，較泥質的板岩發育前者；而較砂質的板岩則發育後者。

5、轉折帶(kink bands)：

發育良好的葉理，在表面發生突然轉折的構造叫轉折帶，其外形如褶皺，但只有半個波長，且其轉折處甚爲尖銳。在自然界常見於板岩、片岩等具有強烈均質且異向性葉理的岩石。依其外形上的差異可分爲：(i)共軛轉折帶，又可分爲收縮型轉折帶和伸張型轉折帶。(ii)單斜轉折帶，又可分爲右移轉折帶和左移轉折帶。轉折帶是物質在異向性較高之情形下的變形行爲，材料發生狀態約在柔脆性，當最大主應力與葉理面平行時，形成共軛收縮轉折；但在最大主應力與葉理面夾 45° 時，則產生不對稱之單斜轉折帶；在最大主應力與葉理面夾 90° 時，產生伸張型共軛轉折帶。在中橫公路德基水庫往台電員工宿舍之岔路口右側陡坡，出露地層爲佳陽層的板岩，其層面上出現的轉折帶，頗爲壯觀(圖版六C)。

6、石英脈(quartz veins)：

石英脈爲岩石產生脆性破裂，再經石英充填而形成。岩石破裂方式可分爲剪力破裂(圖4-5)與張力破裂兩種(圖4-5)。剪力破裂通常成對形成，稱爲共軛剪力破裂，其所夾銳角約 $40^\circ \sim 60^\circ$ ，而銳角平分線可視爲破裂當時的最大主應力(σ_1)方向；張力破裂通常呈雁行排列方式，其尖端方向約與最大主應力方向平行，而與最大剪應力方向之夾角呈 45° ，若其受連續變形則常成S型(圖版四G, H)。在剪裂帶外圍新形成之裂縫，其尖端方向仍與最大主應力方向平行，而較寬的中間部分則已旋轉。石英脈在變質砂岩中常見，是一種很好的運動學指標。

五、雪霸國家公園道路沿線地質說明

雪霸國家公園園區涵蓋雪山山脈的中央部份，出露的岩層，除了在園區西南緣水長流斷層以西地區，出露中新世未變質的汶水層

外，其餘地區露出之地層，均為漸新世至始新世之變質岩。依據早期的地質文獻（市川雄一，1930，1932；市村毅，1938；早阪一郎等，1936；丹桂之助，1944；詹新甫，1976；詹新甫等，1961；Chen，1976，1977，1979；），將馬達拉溪、大霸尖山以北地區，也就是本文所指雪山山脈北部地區所出露的變質砂岩稱為四稜砂岩，硬質岩稱為乾溝層和其上部的大桶山層。馬達拉溪、大霸尖山以南地區，雪山山脈中部和南部地區，所出露的地層，分別使用不同的名稱，大安溪以西至水長流斷層間，屬西部麓山帶，出露之硬質岩稱為水長流層；大安溪至大甲溪之間，分佈於整個大雪山至小雪山間的主、支稜脈，以變質砂岩為主的岩層稱為白冷層；谷關至德基間大甲溪兩側之變質砂岩稱為達見砂岩；雪劍稜脈以東至大甲溪間所露出的板岩稱為佳陽層；在雪山山脈最東邊，有一條以變質砂岩和板岩互層為主的岩帶，自思源埡口沿大甲溪上游向南延伸，經武陵—環山—佳陽新村等地區，此套地層被稱為眉溪砂岩。

目前依據超微化石的研究結果，雪山山脈北部的乾溝層可以和中部的水長流層對比；四稜砂岩也可以和白冷層的上部對比。至於園區東疆的達見砂岩、佳陽層和眉溪砂岩這三個地層，由於資料不充分的關係，尚不明確。茲將園區道路沿線地質按照雪見地區、觀霧地區、武陵地區及大雪山林道地區分別敘述之。

（一）雪見地區

雪見地區之司馬限林道，自中興（細道邦）開始，經新興（司馬限）、二本松、盡尾山至北坑山附近為止，調查沿途露頭之岩層性質、地質構造等特徵，繪製成沿線一萬分之一地質圖，合計A4規格版面8張，如附錄A。

司馬限林道為開闢已久之林道，因此大部份路段邊坡植生良好，露頭連續性欠佳，尤其在盡尾山以東路段，除了局部崩塌地出露岩盤外，大多為崩積層覆蓋或植生掩蓋。

水長流斷層為本區重要斷層，此代表雪山山脈地質區與西部麓山帶地質區的界限斷層，園區內約以北東走向通過盡尾山東方約200公尺處。（附錄A4及圖版四D）。

水長流斷層是由東側輕度變質之水長流層逆衝到西側未變質之汶水層之上，水長流層為泥質沈積物為主的頁岩或泥岩，到變質作用後成為硬頁岩，偶夾薄層至中層之變質砂岩（圖版五E，F），硬頁岩在風化時常呈洋蔥狀風化或鉛筆狀構造（圖版二A~D）。

水長流斷層西側之地層為中新世未變質岩層，主要岩性為中層之砂岩與頁岩互層（圖版五G），有些岩段則以頁岩為

主，夾有薄層砂岩（圖版五H）。本區受到造山運動的影響，褶皺構造非常普遍（圖版五G，H）。一般造山帶中斷層與褶皺為最常見的構造，但是，斷層往往造成岩層破碎，所以在破碎帶中常是雜草叢生處，植生更形茂密，益加不易觀察到斷層露頭。

（二）觀霧地區

觀霧地區之林道有樂山林道、大鹿林道東線西線；步道有大霸尖山步道、北坑溪古道。本研究也是沿林道及步道觀察及記錄所有露頭的岩性特徵及地質構造。繪製成沿線一萬分之一地質圖，成果表現於A4規格版面15張（附錄B）。

本區出露之岩層為變質砂岩和硬頁岩或板岩。變質砂岩屬於白冷層，主要出露於大鹿林道東線馬達拉登山口至班山路段、大鹿林道西線榛山到佳仁山段和馬達拉登山口至九九山莊路段之步道。屬於乾溝層的硬頁岩分佈範圍較廣，含樂山林道全線、大鹿林道東線觀霧至馬達拉登山口以及九九山莊至中霸尖山之步道和北坑溪古道等地區。中霸尖山之硬頁岩經超微化石研究和對比，確定屬於乾溝層，其時代屬於早漸新世。大鹿林道東線台灣 樹保護區附近，出露之岩層為板劈理較發達的板岩，板岩也是泥質沈積物受變質作用而成，但受程度較硬頁岩深些。

本區也受到劇烈造山運動的影響，變質砂岩層位態都非常陡峭、褶皺構造普遍，如榛山就是變質砂岩受褶皺作用而拱起呈獨峰（圖版十三A）；三榮山是變質砂岩彎曲成向斜構造，在向斜兩翼呈雙峰屹立（圖版十三B）。馬達拉溪左岸中山之西北方，因河流向源侵蝕而發生大型崩塌地，崩塌地露出非常複雜之斷層褶皺構造（圖版十三E~H），由以上的解說照片可知本區地殼變動的程度。

大霸尖山之登山步道，除登山口至九九山莊部份路段為碎石坡，路況較差外，九九山莊至中霸尖山路段為硬頁岩分佈區，稜線較平坦，路況較佳，所以大部份走稜線（圖版十一B）。大、小霸尖山及霸基由變質砂岩構成，可能接近背斜軸部關係，岩層位態較平緩，而且略呈向北傾斜，層次分明（圖版十二），由地層疊置關係，可以認定大霸尖山之變質砂岩層位比雪山之變質砂岩層位要高。換句話說，雪山地區之岩層先沈積，大霸尖山地區之岩層再沈積在雪山地區岩層的上部，後來的造山運動將前後期堆積岩層一併傾動撓曲。

但是目前雪山之高度比大霸尖山高出將近400公尺，這證據說明了台灣處在造山運動劇烈環境之下。

北坑溪古道沿線所露出之岩層爲水長流層硬頁岩，除了通過溪谷部份受到沖蝕和零星的崩塌外，一般步道尚可維持通行。

(三) 武陵地區

武陵地區主要是登山步道，包括武陵登雪山、武陵登武陵四秀以及雪山經志佳陽山至環山等步道。本研究主要沿武陵—雪山—志佳陽山—環山步道和武陵—池有山—品田山—桃山—喀拉業山等步道調查沿線地質狀況，繪製成沿線一萬分之一地質圖，計A4版面11張（附錄C）。

本區出露之岩層，大致以海拔3000公尺等高線爲界，界線以上稜線和接近稜線部份之山坡，出露之岩層大部份爲白冷層的變質砂岩，3000公尺以下則出露佳陽層之板岩。

武陵至雪山東峰前，沿線出露著板岩，偶夾薄層粉砂岩，由於崩積層覆蓋和植生茂密，露頭不多。接近東峰前碎石坡路段爲變質砂岩。如從三六九山莊往西北方看，由變質砂岩構成之峭壁呈現在眼前（圖版十七D）。三六九山莊至雪山主峰路段都是變質砂岩，此變質砂岩向東北延伸，亦出露於品田山、池有山、桃山等地區，由灰白色變質砂岩構成的池有山顯得特別雄峙（圖版十七C）。雪山南峰至志佳陽山段爲變質砂岩夾板岩，板岩發達地區長滿箭竹，形同大草原（圖版十四E）。志佳陽山至司界蘭溪段都是板岩，局部夾有薄層砂岩或粉砂岩，此段岩層劈理位態較陡，層理較平緩（圖版四E）。

武陵四秀之步道沿線，新達營地附近爲硬頁岩，所以箭竹叢生，形成大草原，由於地勢起伏，低窪地區遂蓄水成高山湖泊（圖版十七G，H）。池有山至桃山段爲變質砂岩佈露區，處處可見散落的岩塊，步道因而崎嶇。桃山西南坡爲順板劈理發育的順向坡，長滿箭竹，像個滑草場。桃山營地附近爲變質砂岩出露的下限，由桃山營地以下至七家灣溪路段出露的則是板岩，板岩之板劈理非常發達，一呈向東南傾斜位態，傾角約六、七十度。

本區除了在品田山之岩層受到褶皺作用而褶曲（圖版十七D）外，其餘岩層之位態都很平緩（圖版十六A，E，F，G），這是本區地質構造比較特殊的地方。

(四) 大雪山林道地區

林務單位在大雪山地區闢有多條林道，由東勢至小雪山管制站50公里路程為大雪山200林道，全部為柏油路面。從小雪山管制站向東北方另闢230林道，經過西勢山隧道至火石山北坡，全長62公里，這是最深入雪霸國家公園內腹的林道。210林道則從35K管制站前向東北方分出，經烏石坑山、南坑山至無名山西坡，此林道末段已坍塌，可通行路段約50公里。

本研究從大雪山200林道35K管制站開始，沿200林道、210林道、230林道繪製沿線一萬分之一地質圖，A4版面共23張（附錄D）。

本區除了210林道在南坑山附近，向西北凸出之一小段出露水長流層之硬頁岩外，其餘地區露出的地層都是白冷層。換句話說，大安溪與大甲溪間之大、小雪山地塊各林道沿線所出露的地層幾乎全是白冷層。本區白冷層的主要岩性為灰白色厚層中至極粗粒變質砂岩，夾厚薄不一之板岩（圖版一A~F）。

白冷層分佈範圍如此廣泛，推測是因為區內有無數大小規模的背斜及向斜相間排列，構成一個複背斜（anticlinorium）的巨視構造，使得地層褶曲呈波浪狀的蓋層，蓋在一個未受褶皺作用的核心之上。在本區各林道上可以發現許多各種型態的褶皺構造（圖版五A、C、D、G、II），和大小規模（scale）的斷層（圖版四A~D），可以證明本區岩層在劇烈的造山運動作用下受到不同程度的變形。

伍、地質地形景觀解說

雪霸國家公園園區，涵蓋雪山地疊的主要部份，由於受到造山運動的影響，境內高山林立，褶曲現象非常普遍，加上大漢溪、頭前溪、大安溪和大甲溪等主、支流的侵蝕作用，與邊坡作用等內外營力的交互作用，蘊育了雪霸國家公園獨特秀麗的地質地形景觀。

地形景觀的欣賞，除了從知性的角度去瞭解它的形成作用、組成、歷史以及意義之外，當然也能作為純粹感性欣賞的題材，任何具有形狀的物體，都具有某種型式的美，如果從它的外形中能表現內容，或是透過意識的解析而產生某種意境時，可能就產生了內容之美。如果說自然的景觀或是人為的構造物表現出某種感情，那麼就出現了內容美。實際上，境由心生，內容美是富於想像力的人才能創造出來的。

雪霸國家公園蘊藏許許多多地質、地形景觀，限於篇幅，本報告僅選擇150幅各林道及步道代表性的照片，就地質景觀及地形景觀分別解說。當然，我們面對某一事物時，以不同的角度自然會產生不同意境，也就是說，讀者對這些自然景觀的解說，有更感性的看法時，不妨幫它換一件新衣穿，讓雪霸國家公園的每一角落顯得更活潑、更美麗。

一、地質景觀：

雪霸國家公園園區之地質景觀包括岩石組構、本體化石、生痕化石、原生構造及次生構造等。

(一) 岩石組構：

雪霸國家公園之大雪山200、210、230、233等各林道，還有大、小霸尖山、雪山諸峰及武陵四秀和德基等地區所露出的岩層都以變質砂岩為主，相關的景觀如圖版一及說明。在司馬限林道盡尾山以東、樂山林道、大鹿林道東線、環山至志佳陽山和武陵地區三千公尺以下之步道等地區，出露之岩層以硬頁岩或板岩為主，所見的景觀如圖版二、圖版六A、B及說明。

(二) 本體化石：

園區岩層中常見的本體化石如貝類化石，如圖版三A、B、C及說明；植物的印模，如圖版三F、G及說明。

(三) 生痕化石：

生痕化石亦為岩層中常見的生物活動遺跡，景觀如圖版三D、E及說明。

(四) 原生構造：

原生構造為岩層沈積時所形成的地質構造，具有地質意義的景觀：如層理，圖版一A、B、C；交錯層，圖版一D；粒級層，圖版一F；波痕，圖版一G、H。

(五) 次生構造：

次生構造為成岩作用岩化後之岩層，受地殼變動影響而產生之地質構造：如鉛筆狀構造，圖版二A、B及說明，鉛筆狀構造形成之過程如圖5-1所示；劈理，圖版二E、F、G及說明；節理，圖版二E、F、G及說明；斷層，圖版四A、B、C、D及說明；石英脈，圖版四G、H及說明；褶皺，圖版五A~H及說明；轉折帶，圖版六C及說明。

✓(六) 大、小霸尖山之地形演化

外貌卓然出眾的大霸尖山聳立於雪山地疊的北側，只要沒有雲霧籠罩的天氣，站在竹苗一帶的曠野上，都可以清晰的看見素有「世紀奇峰」之美譽的大霸尖山屹立於東方，尤其在頭份鎮之田野，看得特別清楚，為苗栗縣的重要地標。這個遠看秀麗，近看雄偉的大霸尖山是怎樣形成的？圖版七及說明是我們由地質、地形觀點所做的推論。

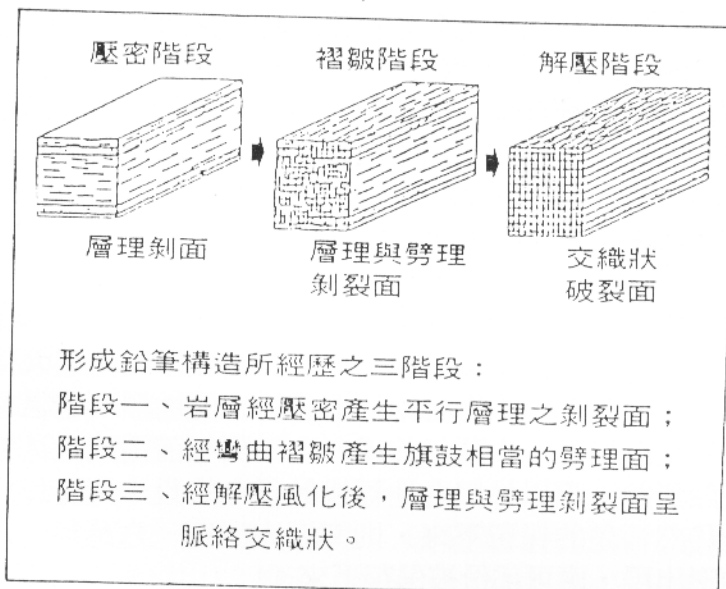
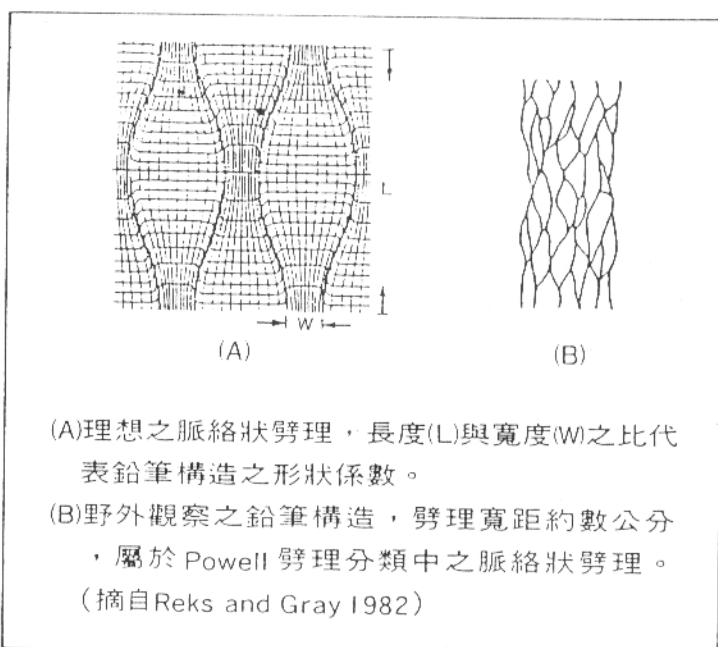
✓(七) 雪山崩谷

雪山區域最惹人注目，也最引起爭議的地形景觀，正是雪山彙出現的大崩壁。日籍地理學家鹿野忠雄（1934）指出在雪山彙發現的圈谷多達34個，並詳細描述每一個圈谷的地理位置、形狀、證據。鹿野認為雪山之冰河型式為冰帽，其理論根據如下：

1. 雪山山頂附近有受冰蝕作用之圓頂瘤狀緩起伏面。
2. 此等緩起伏地之岩面上有磨削的痕。
3. 附近有圓頂峰。
4. 並無否定冰帽冰河存在之有力證據。
5. 雪山地疊頂上，尤其雪山主峰以北之山稜上頗為平坦，屬於前期循環之準平原面或亞循環之老年期地形，故可以推想冰帽冰河可以在此平坦面上形成。
6. 冰帽冰河之形成須要降雨量與降雪量大；大雪山附近受海洋之影響特大，年雨量2000公厘以上，地理環境適於冰河之形成。

他認為雪山地疊中，海拔3600公尺以上之部份受過冰蝕，但在北側者比南側者受冰蝕部份要再降低300公尺左右，此冰帽向基亞丸溪（七家灣溪）方面伸下一條長大之冰舌，鹿野舉出三項證據說明此細長冰舌之成因，：

1. 此地最高點之北或東北部積雪最多，故冰床最厚。



(摘自宋國城, 1992)

圖5-1 鉛筆狀構造形成過程示意圖

2. 雪山地疊具自然傾斜，以雪山主峰為最高點，向北緩傾。
3. 在冰期前已有基亞丸溪之流路，向低處流動之冰舌，只須順其舊流路流下而已。

關於雪山彙之圈谷，除了鹿野忠雄（1934）之報導外，迄今還沒有學者深入研究探討。田中薰及鹿野忠雄（1934）認為具有冰河地形之南湖大山的冰蝕地形問題，則有詹新甫（1960）、劉志學（1986）和徐鐵良（1990）等三位學者分別持不同的看法。

詹新甫（1960）對於南湖大山冰蝕地形的看法為：

1. 依據南湖大山之緯度位置與地質背景，當地現有之地形係經由常態侵蝕形成。
2. 在常態侵蝕下所形成之南湖大山地形，雖有一部份與冰蝕地形類似，但未見到曾受冰蝕之有力證據，故不能遽視之為冰蝕地形。
3. 設若更新世之氣候較今寒冷，發生冰川，而當時地形與今相似，但經過由彼迄今之長期劇烈侵蝕，種種冰川痕跡當不復保存。
4. 若南湖大山確曾於更新世發生冰川，但當時氣候與今日氣候無大差異，則當時南湖大山之高度須在5000公尺以上始有可能，然而南湖大山之高度現僅3740公尺。若謂在此期間地面曾下降一千餘公尺，則有悖於台灣島在最近地質時期地盤繼續上升之現象；倘此一千餘公尺之差額係地面受蝕所致，則原來之冰川地形必已蕩然無存，何能再見於今日？

劉志學（1986）認為南湖大山上、下圈谷的特殊地形應是冰蝕地形，以三個觀點來論證之：

1. 就地理位置而言：南湖大山為中央山脈東北邊第一高峰，可以擋住東北季風的冷流，此一特殊地理環境下，若年平均溫度下降些許，則不需5000公尺海拔便可造成冰蝕地形。
2. 就以古氣候而言：由花粉研究證實台灣在五、六萬年前及最近二萬多年前曾有冷期發生，則高在3700公尺的南湖大山，配合地理位置，似乎可能會有冰河造成的冰蝕地形。若言台灣之侵蝕速率足以把五、六萬年前或一、二萬年前造成之冰蝕地形全部侵蝕無餘，證以林口台地經侵蝕至今的幾十萬年以來，原生紅土仍然清楚的保留下來，則南湖大山五、六萬年之內曾有冰蝕地形出現，應可部份被保存下來。
3. 就地質與地形而言：a. 南湖大山上、下圈谷若為向源侵蝕造成，則不應出現如此巨大且凹深的地形。b. 在下圈谷滿佈擦痕的岩石，若要在岩石上面劃滿槽狀擦痕，非冰川力量不可。c. 下圈

谷呈冰磔阜構造，各種大小岩塊積於下圈谷末端，高約五至十公尺，各類岩屑堆積如此高度，實有賴冰川力量才能完成。

徐鐵良（1990）的看法：

1. 台灣每年颱風侵蝕劇烈，即使當時確曾一度形成的冰川地形的地貌，經過最後一次冰川期，至今約遭到兩萬年的侵蝕作用，是否尚能保留其原貌，實成疑問。
2. 由於中央山脈之岩層軟弱與劇烈風化侵蝕作用的影響，即使當年曾因冰期酷寒而成之冰川地形，經過長期侵蝕作用，亦必蕩然無存。
3. 鹿野等一再強調者為「圈谷地形」，查河流之溯源侵蝕至其頂端地方，往往呈近似半圓形之陡壁，吾人應予細察，所謂南湖大山冰川地形說之倡議是否屬實，吾人應就當前地形之表現及其成因背景歷程因素，詳加檢討。

作者等並未察遍所有類似冰蝕地形，僅就觀察雪山附近之岩層組構、岩層位態、半碗狀谷底之形狀及其堆積物等特性（圖版十六A, B, C及說明），看法與詹新甫及徐鐵良兩學者較接近，如圖版八及說明。

（八）佳陽扇狀河階的形成

佳陽扇狀河階為大甲溪中的重要河流地形，也顯示大甲溪河流下切作用的旺盛，其形成的過程如圖版九及說明。

（九）褶皺的發育

褶皺構造為雪霸國家公園園區最普遍的地質景觀（圖版五A~II及說明），褶皺的發育如圖版十說明。

二、地形景觀

雪霸國家公園涵蓋了雪山山脈的中部地區。山脈受到更新世以來的造山運動影響，形成了山高谷深的地貌之外，原本平鋪的岩層也受到劇烈的褶曲作用，而呈現許許多多不同型態的褶皺構造。在重地的地質與地形的交互作用之下，塑造了許多獨樹一格的地形景觀。本報告之地形景觀解說，概括的分為觀霧地區、武陵地區和大雪山林道地區等三區敘述：

（一）觀霧地區：

觀霧地區之地形景觀包括：1. 欣賞聖稜線的雪（景圖版十一A）。2. 大、小霸尖山之雄姿（圖版十一B~II）。3. 東霸連峰的特寫（圖版十一D）。4. 聖稜線的近照（圖版十二）。5. 榛山獨峰（圖版十三A）。6. 三榮山雙峰（圖版十三B）。7. 馬達拉溪河谷地形（圖版十三C）。8. 大雪溪切山成谷（圖版十三D）。9. 大山崩及地質構造景觀（圖版十三E~II）。10. 登山步道景觀（圖版十

四A~D)。11.大草原景觀(圖版十四E)。12.瀑布(圖版十四F)。13.解說牌的啓示(圖版十四G, H)。

(二) 武陵地區：

武陵地區之地形景觀包羅萬象：1.有準平原面地形景觀(圖版十五A)。2.崩谷地形景觀(圖版十五B, C)。3.“V”型谷景觀(圖版十五C, D)。4.美不勝收的雪山景觀(圖版十五E~H)。5.雪山崩谷的景觀(圖版十六A~C)。6.碎石坡景觀(圖版十六D)。7.斷崖景觀(圖版十六E)。8.北稜角景觀(圖版十六F)。9.雪山四周景觀(圖版十六G, H)。10.武陵四秀景觀(圖版十七A)。11.桃山草原景觀(圖版十七B)。12.池有山景觀(圖版十七B)。13.品田山斷崖景觀(圖版十七D)。14.高山湖泊景觀—桃山池(圖版十七E)、天池(圖版十七F)、新達池(圖版十七G, H)。15.多彩多姿的雲海景觀(圖版十八A~D)。16.三六九山莊晨曦景觀(圖版十八E~G)。17.晚霞無限好只是近黃昏(圖版十八H)。18.雪劍稜線景觀(圖版十九A)。19.長城景觀(圖版十九B)。20.櫻花鉤吻鮭的溫柔鄉(圖版十九C)。21.大甲溪河谷地形景觀—佳陽扇狀河階(圖版二十A)、肩狀平坦稜(圖版二十B)、角階地形(圖版二十C)、峽谷地形(圖版二十D)。

22.松茂鐘乳石景觀：在大甲溪上游松茂對岸之林道上邊露出一生長鐘乳石之洞穴(圖版二十E)。在該洞穴有樹根蔓生，含碳酸鈣質的地下水滲出地表後沿附著樹根流下，因此碳酸鈣包覆樹根沈澱形成石柱(圖版二十F)。含碳酸鈣質的地下水沿地表流下逐漸沈澱出石灰華(圖版二十G)。石柱切製薄片在顯微鏡下觀察(圖版二十H)，發現此地之石柱呈層狀生長，也就是說，此石柱由化學作用和生物作用交替生長。化學作用生長的石柱或鐘乳石，主要是在地下水中含飽和碳酸鈣，此溶液流經洞穴時則沈澱形成鐘乳石等。若地下水中含碳酸鈣未達飽和時，如有細菌等生物作用，也可以沈澱形成鐘乳石等(錢憲和教授口頭交談，1995)。本地採取水樣在台大地質系利用感應耦合電漿(ICP; Inductive Coupled Plasma)法分析，結果水中含鈣「Ca」124ppm，比一般水樣為高(一般水樣含鈣在60ppm~80ppm之間)。

此地之地下水含鈣質高，在地質上甚有意義，值得深入探討。因為本地出露的岩層為輕度變質的板岩，屬於佳陽層。雪山山脈的佳陽層，並沒有發現夾有石灰岩體的報導，是否本地佳陽層夾有石灰岩體而未曾發現？亦是地下水中所含鈣質有其他來

源，因未作詳細的區域調查，尚不得知。作者保守的看法是，佳陽層爲海相泥質沈積物受變質而成板岩，此海相泥質沈積物可能含有鈣質化石，在變質作用時此鈣質溶解在地下水中，遂使此地下水含鈣較高。

(三) 大雪山林道地區

大雪山地區早在四十到六十年代，爲本省重要的伐木區，林務單位闢有多條林道，深入大雪山脈內腹。然而今日森林資源枯竭，伐木作業已停止，多條林道廢棄疏於維護而塌陷後，目前僅大雪山230林道仍有維護，故可達火石山北麓。在大雪山林道地區之地形景以雄偉之山勢及造山運動的見證者—褶皺構造爲主：1. 鳶嘴山之景觀（圖版二十一A）。2. 佳陽山景觀（圖版二十一B）。3. 雪劍稜脈景觀（圖版二十一C）。4. 南湖—中央尖景觀（圖版二十一D）。5. 大雪山草原景觀（圖版二十一E）。6. 劍山景觀（圖版二十一F）。7. 中雪山景觀（圖版二十一G）。8. 小雪山遠眺玉山景觀（圖版二十一H）。

陸、工程地質及邊坡穩定分析

道路沿線工程地質調查研究目的，一方面在了解當地工程地質背景與可為綠林道沿線之工程地質背景外，同時進一步分析沿線邊坡之基礎穩定等相關問題。目前沿線開挖坡面多無適當保護性措施，因受雨季影響，常因雨後，邊坡經常破壞，不穩定的形勢較嚴重，對於未來道路工程之安全至關重要，經費將會相當龐大。

道路工程地質調查與設計包含下列內容：
1. 相關工程背景與目的
2. 包括地形圖、地質圖、地質剖面、調查報告、資料整理、野外調查
3. 調查內容主要是道路沿線工程地質背景邊坡存在何種地質工程問題之因素。

4. 調查內容包括：不連續面、岩體結構分類、地質工程問題、地質工程類型、坡度、坡高、
5. 地質工程問題與地質工程、地質規模、植生、
6. 地質工程問題與地質工程、地質規模、植生、
7. 地質工程問題與地質工程、地質規模、植生、

8. 地質工程問題與地質工程、地質規模、植生、

9. 地質工程問題與地質工程、地質規模、植生、

10. 地質工程問題與地質工程、地質規模、植生、

11. 地質工程問題與地質工程、地質規模、植生、

12. 地質工程問題與地質工程、地質規模、植生、

13. 地質工程問題與地質工程、地質規模、植生、

14. 地質工程問題與地質工程、地質規模、植生、

15. 地質工程問題與地質工程、地質規模、植生、

16. 地質工程問題與地質工程、地質規模、植生、

17. 地質工程問題與地質工程、地質規模、植生、

18. 地質工程問題與地質工程、地質規模、植生、

陸、工程地質及邊坡穩定分析

一、目的與方法

(一)研究目的

道路沿線工程地質調查研究目的，一方面在了解樂山一大鹿林道東線與司馬線林道沿線之工程地質背景外，同時進一步分析沿線邊坡與路基穩定等相關問題。目前沿線開挖坡面多無適當保護性措施，因此每當颱風、豪雨過後，邊坡經常破壞，不穩定情形非常嚴重。對於這類型的道路，如果全面整治，經費將會相當龐大。如果要分階段進行邊坡整治時，則必須要先了解那些是比較有嚴重問題的邊坡，那些是影響比較輕微的邊坡以便能分期處理。本報告將對道路之邊坡問題作較詳盡之闡述，除詳細描述影響邊坡穩定之相關地質、地形因素外，並嚐試綜合這些因素，建立邊坡穩定分析評估體系，以了解園區道路各邊坡之穩定情況與可能造成危害之程度，以提供未來道路拓寬整治計畫之參考。

(二)研究方法與步驟

道路沿線工程地質調查研究方法計包含下列內容：

1. 相關文獻蒐集與研判：

包括地形圖、地質圖、航空照片、調查報告、氣候資料等。

2. 野外調查：

調查內容主要是道路沿線工程地質特性與邊坡穩定相關之地質、地形因素。

(1)地質：岩性、不連續面、岩體結構分類(表6—1)。

(2)地形：邊坡類型、坡度、坡高。

(3)邊坡現況：活動狀況、活動規模、植生。

(4)破壞方式：落石、平面型、楔型、翻倒與圓弧型破壞。

(5)現行地質作用：自然崩塌作用、溝蝕與沖瀉(王鑫，1989)作用。

3. 岩石力學試驗

採取新鮮岩樣進行岩石單軸抗壓、直接剪力試驗，求得岩石強度與殘餘剪力強度，以作為邊坡穩定分析之依據。

4. 室內分析

室內分析工作主要在建立邊坡穩定評估體系，內容包括：

(1)邊坡穩定度分析：了解邊坡破壞之相對難易程度。

(2)傷害危險度分析：崩塌對遊客、車輛之相對傷害程度。

(3)危害風險度評估：作為整治計畫之優先順序參考。

5. 沿線工程地質圖繪製

圖內包括道路沿線工程地質特性，與各潛在危險邊坡之分析結果及各項評估值。

表6-1 岩體結構分類

岩體結構		岩體特徵
塊狀結構	整體	完整岩體，節理稀少
	塊狀	厚層岩層，節理一組發育
	裂隙塊狀	中厚層岩層，節理交叉切割，裂隙發達
層狀結構	互層	軟硬相間砂頁岩
	間夾層	硬層間夾軟層
	薄層	薄層及片狀、板狀岩體
碎裂結構	鑲嵌	均一堅硬岩體的破碎帶
	碎裂	均一岩體的破碎帶，裂隙張開夾泥
	層狀碎裂	層狀岩體的破碎帶，層面、裂隙張開夾泥
鬆散結構	鬆散	岩體破碎成爲大小不等碎塊、岩屑
	鬆軟	岩體由岩塊、泥團及岩屑、土壤構成

(摘自王思敬等，1984)

二、調查路線環境概述

(一) 調查路線位置與範圍

1. 樂山一大鹿林道東線，西起樂山經觀霧至大霸登山口。
2. 司馬線林道，自中興經二本松至北坑山附近。

調查路線與範圍如圖6-1。

(二) 氣候

氣候對於地形的發育與演化過程有很大的影響，而植物的生長、岩石土壤的風化作用、水文狀況，除了受地質因素控制外，主要也受氣候之影響，氣候因子中最重要的就是降雨。降雨使得地下水位上升、孔隙水壓增加、地表沖蝕加劇、地質材料風化加速（陳時祖，1995）。現就研究區內之降雨狀況，作一簡單之敘述。

觀霧地區由分析民國五十五年至七十四年間之雨量資料可知，平均年雨量高達2960公釐，雨量充沛，平均月雨量最高536公釐，達全年總雨量六分之一；而最低值爲74公釐，顯示降雨之差異性極大，本區無明顯乾季，降雨主要集中在二月至九月，其中三至六月爲春雨及梅雨期，七至九月爲颱風豪雨期，而十月至隔年二

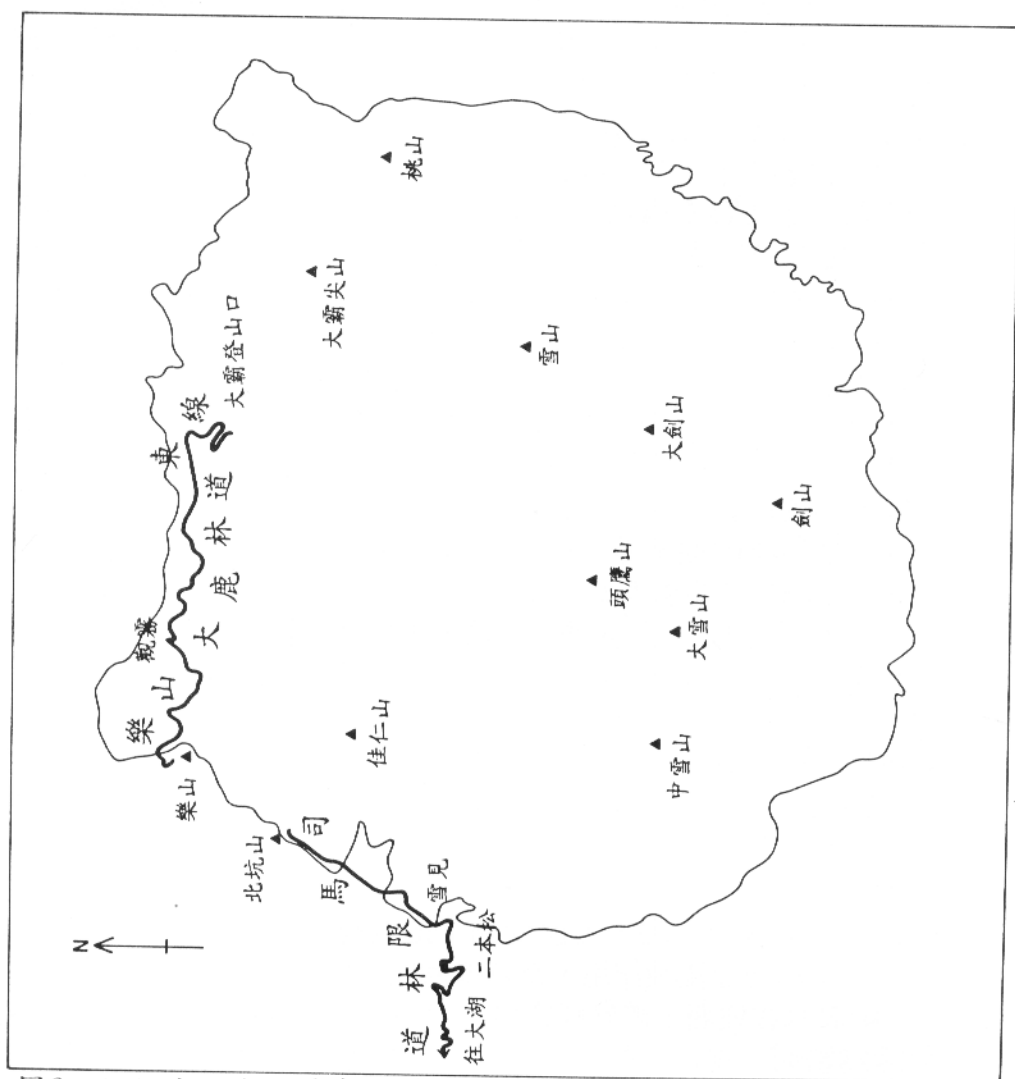


圖6—1 調查研究路線與位置圖

月受鋒面及東北季風的影響，偶有異常降水發生，但雨量相對較低。降雨量影響地表水侵蝕力的大小，對於道路工程環境而言，雨量愈多，愈為不利，尤其是降雨強度大，綿延數日的豪雨，經常引發山崩、道路邊坡崩塌、路基流失等災害。

(三)道路邊坡破壞現況說明

道路切穿邊坡時，其剖面依空間位置可分為四個單元：上邊坡、開挖坡、路面與下邊坡（王鑫，1986），四個單元的屬性雖不同，但是互有關連。上邊坡指開挖坡以上至分水稜線間的坡段；開挖坡為路面以上至開挖上限；路面包括山邊溝與駁坎；下邊坡則指駁坎以下至坡底。上邊坡為坡面之上游區，本身受道路開挖坡影響，但是能對其它三個單元作輸出之影響，上邊坡在自然環境下若已穩定，並且未受人為干擾，將不致於對道路安全造成為害；如果上邊坡仍處於自然活動狀態，或是沖蝕區，則對道路安定有不利的影響。園區內道路沿線上邊坡大多為自然穩定狀態，屬於自然活動的並不多，而沖蝕溝與開挖坡的不穩定則是導致上邊坡不穩定的主要原因。

開挖坡的穩定，關係著上邊坡的安定與道路安全，其行為受到地質構造、開挖坡之角度、地下水的影響，依據坡面地質材料類別，開挖坡可分為基岩開挖坡、風化碎屑岩開挖坡與崩積土、石開挖坡。由於區內道路沿線邊坡多存在不利的地質構造因素，且一般開挖坡之坡度陡直，或未施予防護工程，常造成本區開挖坡的不穩定。

路面的安定亦是相當重要的一環，其一方面承受來自上邊坡與開挖坡之崩落物，另一方面受到下邊坡穩定之影響至鉅，尤其是來自蝕溝的向源侵蝕作用，常造成園區內路面與下邊坡不穩定。

地表水在坡面上流動所造成之侵蝕及沖瀉作用，與道路安全關係極為密切。邊坡上的大、小蝕溝，聚水沖擊路基，或挾帶土石沖瀉而下，可能造成路面損壞，嚴重者甚至引起交通阻斷。地形等高線有明顯彎曲，而無常流水之山谷稱為蝕谷。蝕谷中沖蝕的力量較蝕溝為大，蝕谷中平常見大、小石塊堆積，颱風或暴雨時大、小石塊順谷充沖瀉而下，釀成災害。

(四)邊坡破壞型式分類

園區邊坡破壞的型式可以分為圓弧型滑動、岩塊(屑)墜落、翻倒型破壞、平面型滑動、楔型滑動。各破壞類型如圖6-2。

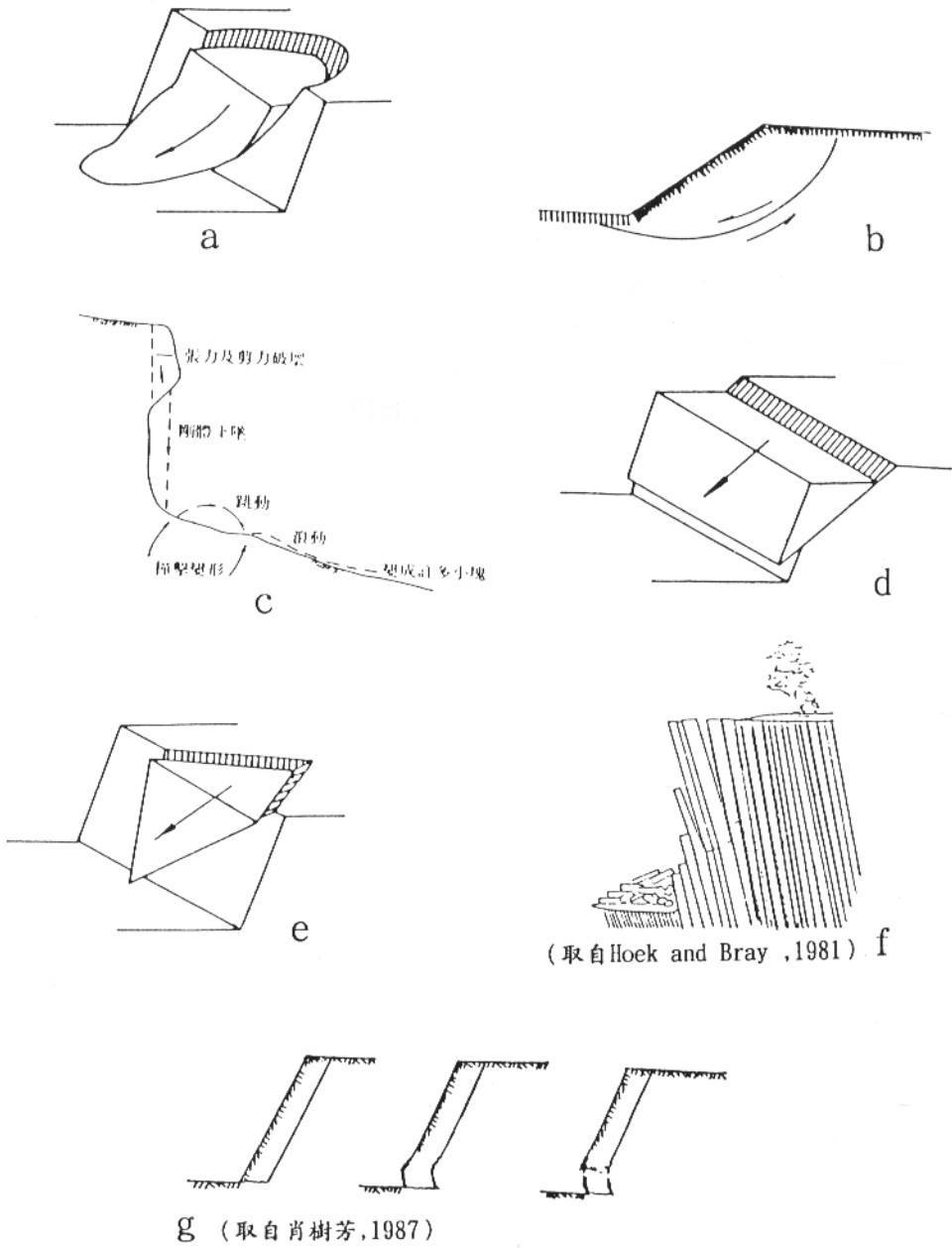


圖6-2 邊坡破壞類型分類

a.圓弧型; b.圓弧型縱剖面圖; c.墜落; d.平面型
e.楔型; f.翻倒型; g.折斷型示意圖

1. 圓弧型滑動 (circular sliding)

在較軟弱之岩層、未固結之土壤、高度風化之岩層或極度破碎之岩層內常易發生圓弧型滑動之破壞，其滑動面之縱剖面呈現近似圓弧型。

2. 岩塊(屑)墜落 (rock or debris fall)

陡峭邊坡上大、小岩塊或高度破碎的岩屑，都可能在失去支撐後，脫離岩體驟然掉落，繼而經由跳動及滾動移至坡腳。此類破壞為最直接且最快速之破壞模式，通常在無預警之情況下發生，雖無法稱得上具有規模，但可能是最常造成人車受損之邊坡破壞型式。

3. 平面型滑動 (planar sliding)

平面滑動通常發生在具有明顯的地質不連續面或軟弱地層之交界面中，並且需滿足下列四個條件：

- (1) 滑動面與地形坡面大致平行，且兩者具有相同之傾向。
- (2) 滑動面之傾角小於地形坡面之傾角。
- (3) 滑動面之傾角大於滑移岩層被剪斷材料之摩擦角。
- (4) 滑動岩塊之兩側必須有與滑動面方向平行之陡立不連續面，將滑動體切成獨立之岩塊。

4. 楔型滑動 (wedge sliding)

楔型滑動是由於二個相交的面所形成之楔型岩塊，沿兩平面的交線地滑所造成的破壞。

5. 翻倒 (toppling) 與折斷

翻倒主要發育在直立或陡傾的層狀岩層中，在自重產生的彎距作用下，向臨空方向作懸臂式的彎曲變形，當此變形超過臨界值時，岩層被折斷而翻落；也可能由於應力釋放而直接向前向外傾倒。

折斷為向坡外陡傾岩層，在自重作用下，外側分離岩層與岩體產生相對位移，使坡腳岩石承受到的應力，超過其強度所造成的一種曲折式斷裂。

三、岩石試驗

(一) 研究目的

岩石試驗所需之試樣，選自野外取回岩塊，由鑽岩心機鑽取之岩心。試驗種類包括：一般物理性質試驗、單軸抗壓試驗、直接剪力試驗，數量列如表6—2。目的在於了解岩石材料強度及基本物理性質，本項計畫的試驗工作，進行步驟分別以下列準則為依據：

- 1 .Brown,E.T (1981) Rock Characterization Testing & Monitoring .Royal School of Mines Imperial College of Technology .London England.211pp.
- 2 .American Society for Testing and Materials (1988) Annual Book of ASTM Standards,volume 04.08 .890pp.
- 3 .Asian Instiute of Technology (1984) Laboratory Manual for Rock Testing .250pp.

表6-2 岩石試驗內容與數量

實驗項目 標本取樣點	樣本之地 層名稱	一般物理 性質試驗	單軸抗 壓試驗	直接剪 力試驗	採樣位置之 相關圖號
司馬限林道砂岩	汶水層	2	2	2	A8-4
大鹿東線林道硬頁岩	乾溝層	2	2	2	B15-8
南坑溪頭變質砂岩	白冷層	1	1	1	D23-11
台8甲線變質砂岩	達見砂岩	1	1	1	
210林道變質砂岩	白冷層	1	1	1	D23-1

(二) 試驗步驟及方法

1. 物理性質試驗—密度、含水比：

本項試驗以直徑5公分規則岩心為試樣，長徑比為1：1。密度為岩塊重量與體積之比，體積以測微尺量測直徑及長度計算之，重量則以西德製之電動天平稱之，精度達0.01g。

含水比為試體中所含水重與試體乾重之比。含水比測定所需試樣之烘乾，乃是將試樣置於烘箱內，在 $105 \pm 2^{\circ} \text{C}$ 之溫度下，烘24小時以上達成之。合計進行7個試樣的試驗。

2. 單軸抗壓試驗：

將直徑5公分的岩心試樣以切割機修裁成長徑比約為2：1，兩端再以車床分別整修使其垂直於岩心長軸，並且相互平行，然後上機進行抗壓試驗，本試驗採用英國 Wykeham Farrance 公司之10噸萬能試驗機。試驗時以固定速率緩慢加壓，加壓之速率以使試體在5～15分鐘破壞為原則，本試驗加壓速率控制在0.015～0.020cm/min，直至岩石試體破壞為止，記錄其最大荷重，即為岩石之單壓強度。

試驗所得之結果另繪製應力-應變曲線圖，表示岩樣在不同應力下之應變軌跡變化。

3. 直接剪力試驗：

園區內採樣標本，不論砂岩、硬頁岩都極為堅硬，以現有之 WYKEHAM FARRANCE 直接剪力設備，即使用高強度石膏製成模

子，會先從石膏模子破裂，無法繼續加壓將岩石剪斷，所以在本研究中先將完整岩心沿預設的面破壞，製造出一個人工的破裂面，再以這一裂面進行殘餘剪力之試驗。本試驗採單段式進行，每一個試體僅作一次加壓試驗，所得到的結果僅有殘餘剪力強度，而無尖峰剪力強度。

試驗步驟係將試體岩心固定於預計剪破面位置後，以高強度石膏製成適合剪力儀之模子。每組試樣以三個相同岩性試體，分別在不同正向壓力下進行剪力試驗，以求取殘餘剪力狀況之殘餘凝聚力 (C_r)、殘餘磨擦角 (ϕ_r) 值，三種正向壓力值分別為 1.0、2.0、4.0 kg/cm²。在預定之正向應力下施加剪應力，以求得殘餘剪應力。剪動之過程中同時以 Dial gauge 記錄剪位移。

(三) 試驗結果

此區域之岩石強度都屬於中高強度之岩塊(見附表6-3)，變質砂岩與中新世砂岩共做了五組單軸抗壓試驗，單壓強度平均在 1400 kg/cm² 左右，硬頁岩共做了二組單軸抗壓試驗，單壓強度平均在 700 kg/cm² 左右，試驗結果見附表6-5。

在直接剪力試驗方面變質砂岩與中新世砂岩共做了五組直接剪力試驗，其殘餘磨擦角平均為 39°，殘餘凝聚力平均為 0.2 kg/cm² 左右。

硬頁岩共做了二組直接剪力試驗，其殘餘磨擦角平均為 27°，殘餘凝聚力平均為 0.4 kg/cm² 左右，試驗結果見附表6-6。

一般物理性質試驗方面變質砂岩與中新世砂岩共做了五組，密度平均為 2.62 g/cm³，含水量平均為 0.2%，硬頁岩共做了二組，密度平均為 2.66 g/cm³，含水量平均 0.5%，試驗結果見附表6-4。

表6-3 Deere & Miller (1966) 之岩材強度分類 (施國欽, 1995)

強度分級	單壓強度 (kg/cm ²)	註*
極高強度 (Very High Strength)	>2250	>8fc
高強度 (High Strength)	1125~2250	4~8fc
中強度 (Medium Strength)	563~1125	2~4fc
低強度 (Low Strength)	281~563	1~2fc
極低強度 (Very Low Strength)	<281	<1fc

註*：若以 281 kg/cm² (4000 psi) 為混凝土 28 天抗壓強度 fc，則其分級可如表中所示。

表6-4 岩石一般物理性質試驗結果
(BASIC PHYSICAL PROPERTIES OF ROCK)

標本取樣點	密度(ρ) Density (g/cm ³)	含水比(w) Water content (%)	備註
司馬限林道砂岩	2.58	0.3	
司馬限林道砂岩	2.58	0.3	
大鹿東線林道硬頁岩	2.67	0.5	
大鹿東線林道硬頁岩	2.67	0.5	
南坑溪頭變質砂岩	2.66	0.2	
台8甲線變質砂岩	2.62	0.1	
210林道變質砂岩	2.58	0.2	

表6-5 岩石單軸抗壓強度、靜態彈性模數試驗結果
(UNIAXIAL COMPRESSION TEST FOR INTACT ROCK)

標本取樣點	密度 (ρ) Density (g/cm ³)	含水比(w) Water content (%)	單壓強度(σ_s) Uniaxial com- pressive str- ength(kg/cm ²)	彈性模數(Es) Young' s modulus (10 ⁴ kg/cm ²)	備註
司馬限林道 砂岩	2.58	0.3	1568.62	6.63	見附 件G1
司馬限林道 砂岩	2.58	0.3	1282.26	6.21	見附 件G2
大鹿東線林 道硬頁岩	2.67	0.5	809.33	5.35	見附 件G3
大鹿東線林 道硬頁岩	2.67	0.5	674.28	5.17	見附 件G4
南坑溪頭變 質砂岩	2.66	0.2	1020.48	7.38	見附 件G5
台8甲線變 質砂岩	2.62	0.1	1806.41	4.71	見附 件G6
210林道變 質砂岩	2.58	0.2	1347.71	4.80	見附 件G7

表6-6 岩石直接剪力試驗抗剪強度
(DIRECT SHEAR TEST FOR INTACT ROCK)

標本取樣點	密度(ρ) Density (g/cm ³)	含水比(w) Water content (%)	殘餘抗剪強度 Residual strength		備註
			Cr(kg/cm ²)	$\phi r(^{\circ})$	
司馬限林道 砂岩	2.58	0.3	0.0	38.5	見附件 G8.G9
司馬限林道 砂岩	2.58	0.3	0.0	38.2	見附件 G10.G11
大鹿東線林 道硬頁岩	2.67	0.5	0.5	27.0	見附件 G12.G13
大鹿東線林 道硬頁岩	2.67	0.5	0.4	28.5	見附件 G14.G15
南坑溪頭變 質砂岩	2.66	0.2	0.1	38.9	見附件 G16.G17
台8甲線變 質砂岩	2.62	0.1	0.2	40.1	見附件 G18.G19
210林道變 質砂岩	2.58	0.2	0.4	38.6	見附件 G20.G21

四、邊坡穩定分析

道路邊坡穩定分析的目的，除了分析邊坡穩定程度以外，更進一步評估邊坡破壞後，對於遊客、車輛、交通狀況的威脅程度。研究對象主要針對有可能發生潛在災害之路段，在野外根據地形特徵、植生覆蓋情形與活動狀況等條件來認定，經由整合「邊坡穩定度」與「傷害危險度」，建立邊坡穩定評估體系。

邊坡穩定評估體系，首先需調查與量測各道路邊坡相關之評估因素，包括地質與地形二大類，及各類評估因素見圖6-3。

岩體強度評估準則見表6-7，是岩石強度與破碎程度之組合。依組成邊坡的地質材料，岩性因素可概分為基岩與工程土壤。園區之基岩包括砂岩、變質砂岩、板岩、硬頁岩與頁岩。砂岩或變質砂岩之岩石單壓強度，根據本研究所作五組試驗，單壓強度均在 $1000\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上，直接剪力試驗其殘餘摩擦角平均為 39° ，抗風化性高，屬第一類；板岩或硬頁岩根據所作二組試驗，單壓強度均在 $1000\text{kg}/\text{cm}^2$ 以下，殘餘摩擦角平均為 27° ，易於風化產生劈裂，強度降低為第二類；風化破碎岩體與崩積層岩體強度極低，屬第三類。第一類與第二類再依據所出現之不連續面組數與間距，進行岩體強度評分。對於第一類岩如果有一組不連續面，且間距大於30公分，其評分值為1，每增減一項不利因素，評分值亦增減1。評分值1-2 屬強岩，3屬中強岩，4-5屬弱岩。

邊坡穩定度評估準則見表6-8，乃基於岩體強度、破壞岩體坡角與不連續面是否露出於坡面等三項評估，以表示邊坡相對穩定的程度。

自然邊坡坡度與開挖坡角是控制道路邊坡穩定的重要因素，坡度增加，將造成斜坡岩體之卸荷張裂而遠超過岩體所能支撐之摩擦角，同時將導致滑動體高度增加（肖樹芳，1987），而降低安全係數。坡角等級之劃分見圖6-4。

邊坡穩定度評估準則是以坡角為 $45-65$ 度(V: II介於1:1-2:1)之強岩邊坡，且無不連續面露出，定為穩定度等級1，每增減一項不利因素，評分值亦增減1。評分值1表極穩定，2表穩定，3表中等，4表不穩定，5表極不穩定。

傷害危險度見表6-9，是指邊坡破壞滑落路面，可能對遊客或車輛造成傷害的相對程度。其傷害的程度和破壞體的高度具有正比關係。

危害風險度為邊坡穩定度與傷害危險度之組合，以表示發生災害之機率或所承擔之風險。例如一個邊坡在穩定度分析時為不穩

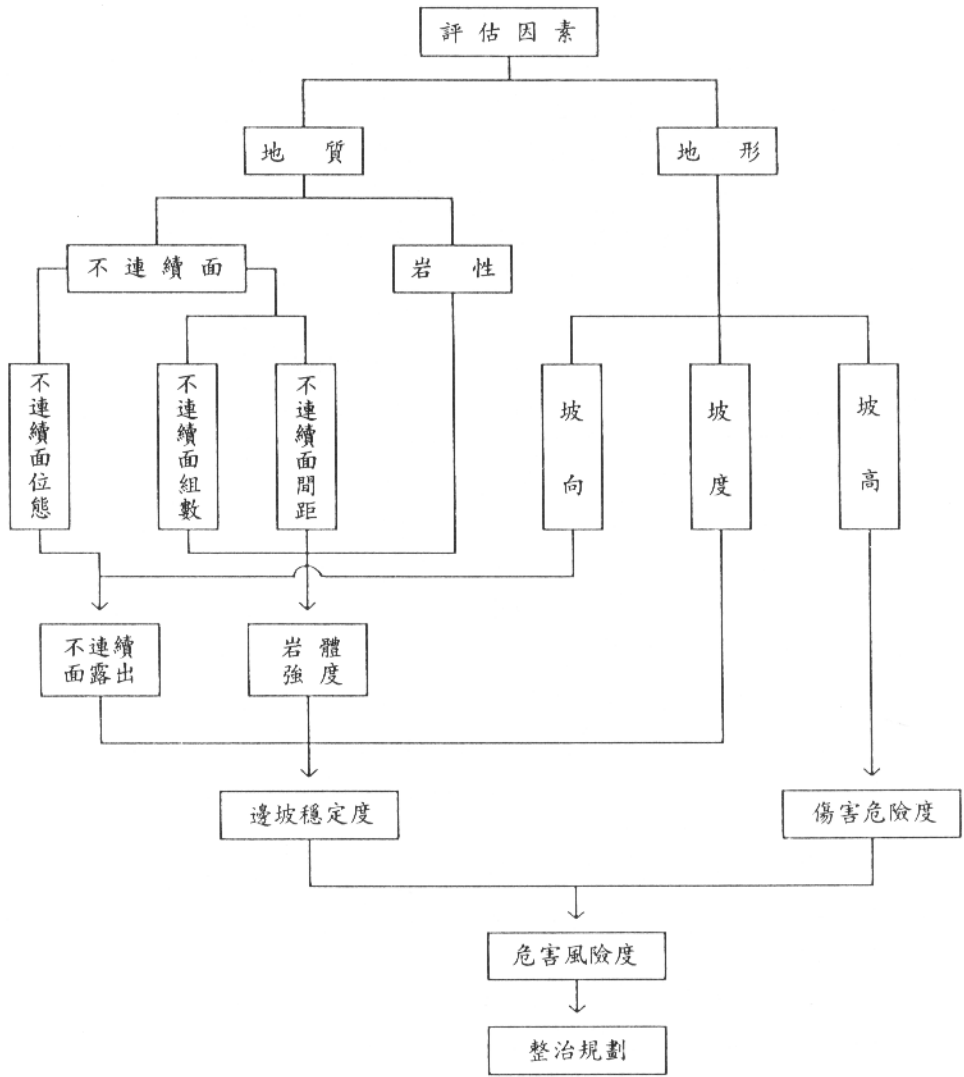


圖6-3 邊坡穩定評估體系流程圖

表6-7 岩體強度評估準則

		岩 性				風化破碎岩體或崩積層
		砂岩或變質砂岩		頁岩、硬頁岩、板岩		
不連續面組數	1 組	1	2	2	3	5
	2 組	2	3	3	4	
	3 組以上	3	4	4	5	
		> 30	< 30	> 30	< 30	
不連續面間距(CM)						

(不連續面間距採自王鑫,1989)

- 1-2 級 表強岩體
- 3 級 表中強岩體
- 4-5 級 表弱岩體

表6-8 邊坡穩定度評估準則

坡 度	< 45°	2	1	0	無	不連續面露出
		3	2	1	有	
度	45° 65°	3	2	1	無	
		4	3	2	有	
	65° 90°	4	3	2	無	
		5	4	3	有	
		弱	中強	強		
		岩 體 強 度				

坡度採用分析岩體實際坡角估計

- 0-1 級 表極穩定
- 2 級 表穩定
- 3 級 表中等
- 4 級 表不穩定
- 5 級 表極不穩定

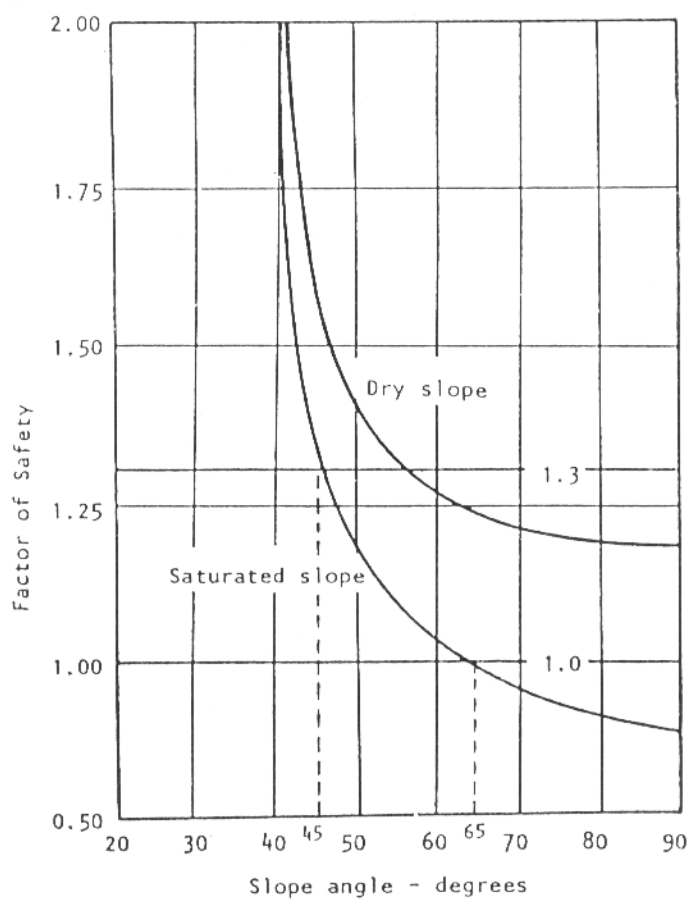


圖6-4 邊坡坡度與安全係數關係(取自Hoek & Bray, 1977)
 在關係圖中僅考慮飽和狀態下安全係數曲線，
 在坡度大於 65° 以上時，安全係數降為1.0以下； 65° 至 45° 之間，安全係數介於1.0至1.3；坡度小於 45° 時，有極高之安全係數。

表6-9 傷害危險度評估準則

		岩 體 破 壞 高 度 (M)				
		> 20	15-20	10-15	5-10	0-5
等級		5	4	3	2	1

- 1 級 表傷害力極低
- 2 級 表傷害力低
- 3 級 表傷害力中等
- 4 級 表傷害力高
- 5 級 表傷害力極高

表6-10 危害風險度評估準則

		邊 坡 穩 定 度				
		5	4	3	2	1
傷 害 危 險 度	1	3	2	2	1	1
	2	3	3	2	2	1
	3	4	3	3	2	2
	4	5	4	3	3	2
	5	5	5	4	3	3

- 1 級 表危害風險極低
 - 2 級 表危害風險低
 - 3 級 表危害風險中等
 - 4 級 表危害風險高
 - 5 級 表危害風險極高
-
- 4、5 級 整治計畫時優先考慮
 - 3 級 可列第二階段整治
但須有臨時防護性措施
 - 1、2 級 可暫列為後階段整治

定的邊坡，其傷害危險度等級為低，對於這類的邊坡，其破壞後可能阻礙部分交通，但對人員之威脅較輕。因此我們認為在整治上較無急迫性。但對於極不穩定且傷害度高的邊坡，其造成災害機率極高，就有急待整治的必要。危害風險度評估準則見表6—10。

五、調查與評估結果

(一) 樂山-大鹿林道東線

本段道路沿線不穩定邊坡計分析43處，邊坡穩定度評估統計結果見表6—11。屬於極不穩定與不穩定邊坡合計35處，佔81%以上。傷害危險度等級統計見表6—12，傷害度高與極高者計11處，佔26%。危害風險度等級統計見表6—13，危害風險等級高與極高者共計16處，佔37%，中等者23處，佔54%。道路沿線工程地質與邊坡穩定分析點的位置及分析結果見附錄E，邊坡資料見附錄F。

在本線距大鹿林道東線起點7公里處，為一路基不穩定路段(見附錄E4，DL32)，已造成多次路基坍方事件。根據現場調查結果，本段為硬頁岩分佈區，新鮮時硬頁岩劈理並不發達，露出地表後逐漸解壓及風化開裂，較為破碎。由不連續面分析結果顯示，有一組節理面傾向與坡面傾向一致，地質條件較為不利。本路段在地形上位於一沖蝕谷邊緣，地形坡度較陡，其路基下坡面有一蝕溝發育。由於長期降雨、蝕溝的向源侵蝕作用，和地質條件不利的影響，乃造成路基坍方的最大原因。

表6—11 樂山-大鹿林道東線不穩定邊坡穩定度數量統計表

	極穩定	穩定	中等	不穩定	極不穩定
數量	0	1	7	18	17
比例(%)	0	2.3	16.3	41.9	39.5

表6—12 樂山-大鹿林道東線不穩定邊坡傷害危險度數量統計表

危險度	極低	低	中等	高	極高
數量	0	13	23	7	4
比例(%)	0	30	44	16	10

表6—13 樂山-大鹿林道東線不穩定邊坡危害風險度數量統計表

危險度	極低	低	中等	高	極高
數量	0	4	23	11	5
比例(%)	0	30	44	26	11

(二) 司馬限林道

本段道路沿線不穩定邊坡計分析18處，邊坡穩定度評估統計結果見表6—14。屬於極不穩定與不穩定邊坡合計14處，佔80%。傷害危險度等級統計見表6—15，傷害度高與極高者計3處，佔6%。危害風險度等級統計見表6—16，危害風險等級高與極高計5處，佔28%，中等者11處，佔61%。道路沿線工程地質與邊坡穩定分析點的位置及分析結果見附錄E，邊坡資料見附錄F。

本線由中興往新興途中，道路由一谷底蜿蜒爬升至山嶺。由野外調查發現，谷坡自河谷近坡腳處至谷頂為一緩慢活動中之地滑區(見附錄圖E7)。根據當地居民訪問表示，過去並未發生。由目前活動跡象顯示，僅屬於初期活動階段，且持續活動中；此可由已修補好之崩壞路段仍有新的裂縫產生而証實。

本區岩層屬於頁岩區，局部更受斷層影響有錯動現象，整體看來岩性較為軟弱，長久以來受侵蝕作用而形成一谷地。谷底處溪流的側蝕更加速侵蝕作用進行。對於長期性的降雨有隨時引發大規模滑動的可能，應進行長期性監測。由於滑動範圍廣大，整治不易，宜考慮封閉更改路線為佳。

表6—14 司馬限林道不穩定邊坡穩定度數量統計表

	極穩定	穩定	中等	不穩定	極不穩定
數量	0	1	3	7	7
比例(%)	0	5.6	16.6	38.9	38.9

表6—15 司馬限林道不穩定邊坡傷害危險度數量統計表

危險度	極低	低	中等	高	極高
數量	1	9	4	2	2
比例(%)	6	50	22	11	11

表6—16 司馬限林道不穩定邊坡危害風險度數量統計表

危險度	極低	低	中等	高	極高
數量	0	2	11	2	3
比例(%)	0	11	61	11	17

柒、結論與建議

- 2 一、雪霸園區所出露之岩層，以變質砂岩、硬頁岩和板岩爲主。變質砂岩主要出露於大安溪與大甲溪間之大、小雪山地塊各林道沿線和雪山至大霸尖山、雪山至武陵四秀之間主稜線海拔3000公尺以上部份。硬頁岩或板岩主要出露於盡尾山以東、北坑溪以西、馬達拉溪以北大部份地區，包括樂山林道和大鹿林道東線、九九山莊至中霸尖山間稜線地區，以及武陵地區海拔3000公尺以下地區。
- 二、根據採於中霸尖山附近硬頁岩標本中所含超微化石研究，確定中霸尖山之硬頁岩屬於早漸新世的乾溝層，其可以和水長流層對比，也由此推定大霸尖山之變質砂岩屬於四稜砂岩，而四稜砂岩又可以和白冷層之上部對比。
- 三、本研究僅進行至主要道路沿線地質調查，尙未延展至全園區的調查，因此全區地質構造的整體架構還不十分清楚。
- 四、水長流斷層通過雪霸園區西疆之盡尾山東方200公尺處，呈北北東走向，向南北延伸。此斷層爲雪山山脈地質區與西部麓山帶地質區的界限斷層。斷層以東之地層受到輕度變質作用，斷層以西地層則未受到變質，本園區絕大部分地區位於輕度變質岩區。
- 1 五、雪霸園區受到造山運動影響，境內褶曲現象非常普遍，加上大小溪谷河流旺盛的侵蝕作用，因此蘊育出雪霸獨特秀麗的地質地地形景觀。
- 六、樂山-大鹿林道東線與司馬限林道大部份爲開挖邊坡，多無護坡措施，因此每當颱風、豪雨過後，邊坡經常破壞。
- 七、本研究建立園區的邊坡穩定分析評估體系，以分析園區路線邊坡穩定性程度的高低，同時評估邊坡破壞後對遊客、車輛、交通傷害的程度，並進一步得到可能造成危害的風險等級，以提供整治上的參考。邊坡穩定分析評估結果：
- 3 八、樂山-大鹿林道東線除在7公里處路基遭受侵蝕塌陷外，其餘路段路基大致穩定。計分析43處邊坡，有81%爲不穩定者，其中屬於危害風險高以上者佔35%，危害風險中等者佔46%。
- 4 九、司馬限林道邊坡不穩定情形較樂山-大鹿林道東線稍佳，計分析18處邊坡，有78%爲不穩定者，其中屬於危害風險高以上者佔28%，危害風險中等者佔50%。

- 十、造成本區邊坡不穩定的原因除了因開挖坡之坡角陡直，且未施予穩定工程外，上邊坡的大、小蝕溝聚水下沖，或挾帶土石沖瀉因而導致的邊坡不穩定，另外來自蝕溝的向源侵蝕作用也是造成路面與下邊坡不穩定的主因。本區雨量充沛，年平均雨量達2960公釐，是本區道路邊坡破壞的主要誘因。
- √十一、以目前的地質資料尚不足以繪製雪霸園區完整的地質圖，建議繼續推動同類研究計畫，俾早日完成雪霸園區詳細地質圖。
- √十二、園區已完成地質地形景觀調查的區域，建議參考研究成果，製作解說手冊，以廣為宣傳；園區內秀麗的河谷地形、獨特地質景觀等，仍應逐步進行調查研究。
- 十三、邊坡穩定分析經評估為危害風險高的邊坡，宜優先整治；中等者如暫時未能增加其穩定，亦宜豎立警告標誌等，以告知人車小心通過；危害風險低者雖亦可能有不穩定情形，但安全顧慮較低，發生破壞後僅會影響部份交通，但易於清除之。

捌、致謝

首先感謝林處長大力支持本計畫，與重視園區的地質調查研究工作，讓地質調查所有機會進行此項具有多重意義的計畫，也由於彭副處長與黃秘書對於本計畫的關心與督促，使我們更能不畏艱辛地爬山涉水，終致獲得豐碩的成果。管理處的多位同仁如吳課長祥堅、陳課長裕良、徐課長朝聰、楊技正金臻、劉技正金龍、俞錚皞先生、李淑娟小姐、雪見行政中心趙主任、武陵行政中心鍾主任、觀霧行政中心詹主任和各中心的巡山員等不時在工作上給予指導、在行政上提供廣泛的支援，使計畫進行得特別順利。兩位野外工作時的好夥伴－田祚榮和王榮光先生，亦使我們留下曾經攜手，共同克服各種艱難地形挑戰的深刻回憶。要感謝的人還有許多，我們都會永銘於心。

本計畫工作人員誠摯感謝國家公園提供此一機會，讓我們有幸貢獻於：

- 一、充實雪山山脈地區的地質資料。
- 二、經由分析雪見及觀霧地區主要道路的邊坡穩定，獲得之實務經驗可以引用到台灣其他變質岩地區。
- 三、園區內獨特秀麗的地質、地形景觀，得以讓遊客能深入瞭解。如此不僅滿足遊客知性的需求，同時藉著國家公園解說手冊廣佈，使地球科學知識生活化。

最後，要感謝本所簡所長芳欽博士，在研究進行期間的督促與鼓勵；同時也非常感謝本所同仁在技術上的建議與協助以及行政上的支援與配合，本研究計畫才能夠順利進行並畫下完美的句點。

說明(續)

1. 位於香港新界國家公園翠園內山麓於廣泛的岩層。主要中厚層至塊狀灰岩及深灰色、中粒至粗粒粒之變質砂岩(砂土質結晶，粗水噴濺之風化面)剖面。(照片攝於大帽山200林道)

2. 位於香港新界200林道的白岩層。主要為厚層變質砂岩(砂土質)及厚層頁岩的板岩(砂)較厚。

3. 位於香港新界變質地帶(砂土)經過河水沖刷，粗粒砂岩的產出。較似火地岩。整合在變質砂岩上的是深灰的灰岩(砂土)兩者均成塊狀的風化面。(照片攝於大帽溪)

變質砂岩的變質作用

變質砂岩的變質作用，可分為三種：(1) 變質砂岩的變質作用，(2) 變質砂岩的變質作用，(3) 變質砂岩的變質作用。

圖版及說明

1. 中厚層至厚層的相等的變質砂岩(砂土)和板岩(砂土)結晶(砂土)也是由深層的一種常見的岩相(頁岩 facies)。(照片攝於大帽山200林道西勢山脚道前方500公尺)

2. 照片中由粒徑大於2mm的石英點狀組成之變質砂岩。稱之為粗粒變質砂岩(粗粒砂岩，*coarse-grained sandstone*)。亦可稱為粗砂岩。

3. 照片中由粒徑大於2mm的石英點狀組成之變質砂岩。稱之為粗粒變質砂岩(粗粒砂岩，*coarse-grained sandstone*)。亦可稱為粗砂岩。

4. 照片中由粒徑大於2mm的石英點狀組成之變質砂岩。稱之為粗粒變質砂岩(粗粒砂岩，*coarse-grained sandstone*)。亦可稱為粗砂岩。

圖版一說明

- A：白冷層為雪霸國家公園園區內出露最廣泛的岩層，主要由厚層至塊狀、灰白色至淡灰色、中粒至極粗粒之變質砂岩（ss）所構成，間夾薄層之深灰色板岩（sl）。（照片攝於大雪山233林道）
- B：陡立於大雪山233林道的白冷層，主要岩性為變質砂岩（ss），部分岩段夾的板岩（sl）較厚。
- C：組成白冷層的變質砂岩（ss），經過河水沖刷，顯得特別的潔白，貌似大理岩。整合在變質砂岩上的是深灰色板岩（sl），兩者構成強烈的黑白對比。（照片攝於大雪溪）
- D：在砂岩相中，高角度平面狀交錯層（high angle planar cross-bedding）為主要沈積構造，代表沈積環境經常處於breaker-surf wave作用的高能量狀況。
- E：由出露比率大約相等的變質砂岩（ss）和板岩（sl）構成互層，也是白冷層的一種常見的岩相（litho facies）。（照片攝於大雪山230林道西勢山隧道前方500公尺）
- F：照片中由粒徑大於2mm的石英顆粒組成之變質砂岩，稱之為粒狀變質砂岩（granular metasandstone），亦可稱為石英岩（Quartzite）。
- G：波痕（ripple marks）為砂岩層面常見的一種沈積構造，可據以推測古水流方向（如箭頭所示），了解沈積物的來源。估計此砂岩面上波痕在三千五百萬年前形成。
- H：現代河床上，水流留下的舌狀波痕（linguoid ripple marks），流向自右上往左下（鐵鏈柄的方向）。

圖版二說明

- A：硬頁岩主要出露於雪霸國家公園的觀霧地區和雪見地區。硬頁岩係頁岩或泥岩受輕度變質作用形成，風化時常呈鉛筆狀構造（pencil structure）。（照片攝於司馬限林道）
- B：鉛筆狀構造近觀，照片中之筆長13.5CM。
- C：硬頁岩常呈現洋蔥狀風化（onion weathering），因岩石的成份先發生化學風化作用，產生新的粘土礦物，在體積增加產生壓力後，造成同心圓狀的剝離層。（照片攝於司馬限林道）
- D：大型洋蔥狀風化，鐵鎚柄長33CM。（照片攝於司馬限林道）
- E：板岩亦為雪霸國家公園內常見的岩層，出露於武陵地區海拔3000公尺以下的登山步道和觀霧地區大鹿林道東線。板岩也是頁岩或泥岩受變質作用而形成的，但變質程度較硬頁岩為深。照片中C代表劈理（cleavage）；J代表節理（joint），J1，J2表示二組節理。（照片攝於大鹿林道東線）
- F：板岩中的節理面易誤認為層理面。白線係節理面與劈理面的交線，照片正視面為劈理面（C）。（照片攝於大鹿林道東線）
- G：大鹿林道東線7.5K發生路基崩塌，是由於岩層被互相垂直的節理切割，形成分離的楔型岩塊，造成邊坡岩塊墜落。（C：劈理面，J：節理面）
- H：地形坡向與岩層傾斜方向一致者，稱為順向坡（dip slope）。當順向坡之坡腳被截切，失去支撐後，易造成淺部岩層沿弱面產生滑動。（照片攝於大鹿林道東線）

圖版三說明

- A：沈積岩層中往往保存有古生物的遺骸—化石，化石可具有時代意義，由此定出含化石層的時代；有些化石可據以判斷沈積環境。照片白點線所示為白冷層中貝類化石密集帶，種類可能屬於 *Corbicula baronensis* TAN，時代為始新世。（照片攝於大雪溪，鐵鎚柄長33CM）
- B：圖版三、A之近照，箭頭所示為貝類化石，外殼呈現再結晶現象，內部已為方解石所填充。筆套長4.5CM。
- C：白冷層之貝類化石，其外殼已溶解，只有內部填充物保存著。（照片攝於小雪山附近）
- D：在砂岩層沈積之前，生物在泥層表面覓食或爬行時所遺留的凹狀痕跡，於砂層沈積後，先前凹痕拓印在砂層底部會形成層下生痕化石。根據初步觀察，此生痕化石屬於 *Planolites* sp.，沈積環境為低能量安靜環境。（照片攝於小雪山附近，鐵鎚柄長33cm）
- E：箭頭所示長條狀砂棒為層中生痕化石，屬於 *Planolites* sp.，為低能量環境下的生物覓食痕跡。（照片攝於樂山林道，筆長13.5cm）
- F：白冷層中棕櫚葉（leaf of the palm tree）的印模，棕櫚樹一般生長在熱至亞熱帶的海邊，由此推測白冷層之沈積環境部份為濱海環境。（照攝於大雪山200林道）
- G：棕櫚葉印模，筆長13.5CM。（照片攝於小雪山附近）
- H：白冷層中偶夾煤，但有些煤受變質作用呈石墨化。（照片攝於東卯溪）

圖版四說明

- A：與沈積作用同時出現之正斷層（synsedimentary normal fault）。（照片攝於中橫公路青山附近，筆套長4.5CM）
- B：斷距70公分的正斷層，深灰色板岩出現拖曳（drag）現象。（照片攝於大雪溪）
- C：白線指示向斜軸部的逆斷層，斷層帶寬數十公分，缺少指準層對比，所以斷距不詳，通常這種斷層斷距不很大。（照片攝於大雪山230林道）
- D：通過盡尾山東邊的水長流斷層（白點線），為雪山山脈與西部麓山帶兩不同地質區的界線斷層。東側為輕度變質的水長流層，逆衝到西側未變質的汶水層上。U表示上盤（上升側），D表示下盤（降側）。
- E：由板劈理與層理位態關係，可以判定岩層為正常位態或倒轉位態。劈理（S1）的位態較層理（S0）的位態陡時，岩層為正常位態。（照片攝於志佳陽山附近）
- F：斷層面擦痕（slickensides）和階痕（steps）。照片中略近水平的條痕為擦痕，表示照片正視面與目前已剝離的岩塊曾經發生水平方向相對運動；黑色箭頭為朝右邊的階痕，表示相對向右運動，也就是右移斷層。（照片攝於池有山附近）
- G：剪切帶中的張力裂隙由石英脈充填。石英脈尖端平行於最大主應力（ σ_1 ）方向，且與剪切帶兩壁呈 45° 交角。受漸進式變形作用影響，紡錘狀石英脈中心部份已旋轉，但脈尖方向仍保持不變，故石英脈呈現“S”型。照片中兩平行白線表示剪切帶兩壁，單箭頭示剪動方向，雙箭頭示最大主應力 σ_1 方向。（照片攝於大雪山200林道收費站前方1.5KM）
- H：“S”（sigmoid）型石英脈。

圖版五說明

- A：西勢山隧道西南方，因山崩而露出具有構造意義的褶皺景觀。
- B：西勢山隧道前500方公尺處，上邊坡陡立的岩層，在重力作用下彎折，是一種由潛變（creeping）作用而造成的岩層翻倒（toppling），易誤解為褶皺。
- C：中層之變質砂岩與板岩之互層，受褶皺作用形成尖頂褶皺（chevron fold），其特徵是兩翼平直，軸部呈銳角。
- D：厚層變質砂岩夾薄層板岩，受褶皺作用形成平行褶皺（parallel fold），其特徵是在褶皺軸部及翼部，各層厚度均沒有增厚或減薄現象，如同心圓般。
- E：在司馬限林道盡尾山以東地區，露出之岩層為水長流層，由硬頁岩（arg）夾薄層變質砂岩（ss）組成。由於岩層抗蝕性不同，呈現差異侵蝕現象，砂岩抗蝕性強，所以比較凸出；硬頁岩抗蝕性較弱，所以凹入，整體呈現階梯狀的地形景觀。
- F：水長流層部份岩段所夾的變質砂岩較厚。此種脆性岩石受到擠壓後容易產生節理，當岩層受到兩組直交的節理（J1和J2）切割時，易形成楔形岩塊沿層面（B）滑落，這是一般常見的山崩類型。
- G：在司馬限林道盡尾山以西地區，所出露的岩層為未變質的沈積岩，二本松附近露出的是石底層，以砂頁岩薄互層為主，受到褶皺作用後易形成尖頂褶皺。（照片攝於涼亭三叉路口）
- H：岩性以頁岩（sh）為主夾薄層砂岩（ss）時，所形成的褶皺多為相似褶皺（similar fold），其特徵是在平行軸面方向量測，褶皺之內弧與外弧間距離會相等，即軸部往往會有增厚的現象。

圖版六說明

A：含砂質少之板岩，呈現連續劈理（continuous cleavage）。以肉眼不能分別劈理領域（cleavage domain），也就是劈理領域的寬度小於1mm的稱為連續劈理。

B：含砂質較多之板岩，呈現間距劈理（spaced cleavage）。劈理領域的寬度大於1mm，而可以肉眼分別者稱間距劈理。

C：在發育良好的葉理，其表面突然的轉折之構造稱為轉折帶（kink bands）。其外形如褶皺，但只有半個波長，且其轉折角甚為尖銳。如板岩或片岩等具有強烈均質且異向性葉理之岩石常呈現轉折帶構造。依其外形上的差異可分為共軛轉折帶（conjugate kink bands）和單斜轉折帶（monoclinical kink bands）；共軛轉折帶又可分為收縮型轉折帶和拉張型轉折帶，單斜轉折帶又可分為右移轉折帶和左移轉折帶。最大主應力垂直葉理時產生收縮型轉折帶，最大主應力平行葉理時產生拉張型轉折帶，最大主應力與葉理呈 45° 交角時產生單斜轉折帶。在中橫公路德基橋右側岩壁上呈現一片轉折帶，屬於左移轉折帶（sinistral kink bands），其最大主應力（ σ_1 ）平行轉折軸。

圖版十一說明

- A：觀霧遠眺聖稜線雪景。
- B：從樂山遠眺大、小霸尖山。九九山莊以上之登山步道已舖上一層白雪。
- C：大、小霸尖山，如一對被拆離的情侶互訴思情，願真情動天，來日能重聚。
- D：中霸連峰為雪霸公園獨特景觀，好像屯兵的營帳。
- E：積雪期的大小霸尖，充滿神秘氣息，令人敬畏。
- F：大小霸雙耳之平直線條，框景出陡峭崢嶸的穆特勒布峰。
- G：唯我獨尊的大霸尖山，拔地擎天，傲視群峰。
- H：小霸尖山雖不若大霸尖山的峻挺，但要拾階而上登頂也要有一番能耐。

圖版十二說明

聖稜線的雪景。出露在聖稜線的地層為始新世白冷層，主要以灰白色中至粗粒變質砂岩夾板岩，或由中至厚層的灰白色至淺灰色變質砂岩與板岩組成的互層為主，可能是接近褶皺軸部的關係，岩層之傾角都很平緩。變質砂岩與板岩的差異性侵蝕，在降雪以後，皓潔的雪花配合著凹凸有致的地形，構成一幅黑白分明、層次井然的線條。照片A、B、C銜接在一起，就像一條巨龍盤踞在台灣的山脊。只有雪霸國家公園得天獨厚，擁有無以倫比的景觀。（照片攝於大霸登山步道3050高地）

圖版十三說明

- A：每一峰谷都可以道出一段地質事件；榛山就是岩層受褶皺作用而拱起呈獨峰，嶺脊即是背斜軸部通過處。
- B：三榮山（右峰）與其左峰由同一層變質砂岩構成因受褶皺作用中央凹入而呈向斜構造。砂岩之上可能覆有板岩但已侵蝕殆盡而殘留抗蝕較強之變質砂岩遂成兩個對稱的山峰並立。（照片攝於大霸尖山登山步道）
- C：馬達拉溪切穿萬嶂奔向大海，即使再堅硬的岩石也抵不住流水的切蝕，讓人領悟「柔能制剛」的真諦。（照片攝於大鹿林道東線）
- D：大雪溪河道也是流水切山成谷的偉蹟。（照片攝於中霸尖山）
- E：觀霧東南方的大崩場地。類似照片中由向源侵蝕造成的山崩，不但破壞了大自然的美，也造成河床和水庫的淤積。
- F：山崩會使地質構造出露，展示出地殼變動的故事，使我們瞭解地質演變詳情，所以針對地質學家而言，山崩並不是百害無益的。
- G：地質構造的特寫一。
- H：地質構造的特寫二。

圖版十四說明

- A：雪山及大霸尖山登山步道路況可略分為三級，一級步道為已改善或較平整之步道，如雪山步道過了哭坡之後路段及大霸尖山步道九九山莊至江澤山段較平整的路段。
- B：有些步道較為崎嶇或受地表逕流沖蝕，路況稍差，如桃山步道或九九山莊至碎石坡段，此類路段歸為二級。
- C、D：
- 三級步道係有路基塌陷、邊坡不穩定或是碎石坡等具有潛在危機處。照片C為雪山南峰與志佳陽間之一鞍部，由於受到司界蘭溪支流向源侵蝕影響而崩塌，已危及步道，而且情況可能會惡化，故此段步道宜封閉改道；照片D為池有山附近一段緊臨石坡步道，岩塊有潛在崩落的危機。
- E：板岩山坡長滿小箭竹，遠看像一片大草原，綠意盎然，與光禿禿的山頭形成強烈的對比。（照片攝於志佳陽山附近）
- F：瀑布的形成，主要是河流在流路中遇到堅硬岩層，暫時阻止了河流的下蝕，結果在硬岩層岩壁上造成垂直或近垂直水瀑，並在崖底造成深潭。（照片攝於大鹿林道東線15K）
- G：「解說牌」有其積極的正面意義，使遊客能夠透過解說牌的訊息，清楚瞭解到眼前的事物。照片中的解說牌說明雲葉這種植物是地球上的「古生物」，但沒有說到重點（到底是那個時代出現在地球上的？），所以我們無法體會到它在時空上的地位與其存在意義。另外告訴我們此植物有較原始的「管胞」，好像在鼓勵我們去設法驗證其中是否有「管胞」？
- H：「水晶礦床」也不是很恰當的解說牌。在地質上所謂礦床（ore）指自然界中富集的礦物，且具有開採經濟價值，沒有經濟價值者則稱為脈石（gangue）。此地填充在變質砂岩之白色岩脈，應稱為石英脈（Quartz vein）。

圖版十五說明

- A：雪山與品田山，兩峰之間的平頂山稜，日籍學者鹿野忠勇認為此地形面是雪山期地形作用之準平原面，即所謂的最高隆起準平原面（HP面）（highest peneplain）（林朝棨，1957）。
- B：雪山崩谷的遠景。崩谷下方之溪谷呈“V”字型，與一般冰河地形呈“U”型谷迥然不同。（從桃山營地拍攝）
- C：似隱若現的雪山。
- D：皓白似玉的雪山冬景。
- E - II：蔚藍的晴空、蒼勁的松柏、奔騰的雲海，襯托著傲視群峰的雪山，美不勝收。（從池有山三叉路營地拍攝）

圖版十六說明

- A：由谷口朝西南向內壁拍攝之雪山崩谷，谷壁露出位態平緩的岩層，崩落之岩塊堆積在坡腳處，箭頭所示為近期崩積之岩塊，尚未植生，由此可見崩谷之周圍邊坡仍持續有崩落現象。
- B：雪山崩谷，由內壁朝東北向的谷口拍攝。照片中顯示谷底十分平坦，並未有鹿野忠雄氏所述：「接近圈谷末端的中央部分，有高逾50公尺的冰碛狀小丘（morainic mound）」。
- C：堆積在谷口之碎石幾乎都呈稜角狀，而經過搬運的岩塊多少受磨蝕會呈次角狀至次圓狀。
- D：本諾夫山北側碎石坡，為雪霸國家公園的特殊景觀。在順向坡表面滿佈破碎岩塊，僅於照片左端出露緩傾斜的岩層。
- E：本諾夫山的南坡，為陡峭的反斜坡（scarp slope）。變質砂岩（ss）與板岩（sl）相間疊置，層次分明，構成柔和的線條。
- F：壯麗雄偉的雪山北稜角，看似一條游向南方的大鯨魚。
- G：從雪山主峰向北遠眺凱蘭特昆山及大霸尖山。
- II：從雪山主峰向西南遠眺大雪山。

圖版十七說明

- A：從三六九山莊遠眺武陵四秀中之三秀。自右而左為桃山、池有山和品田山。
- B：桃山西坡為順著板岩劈理發育之順向坡，箭竹植生茂密，遠看像滑草場，令人有順坡滑行的衝動。
- C：由灰白色粗粒變質砂岩構成的池有山，雄偉高峙，與其前方由板岩構成之平頂稜形成一「柔剛」之強烈對比。（照片從新達池朝東拍攝）
- D：品田山由變質砂岩與板岩之互層構成，岩層受褶皺作用而彎曲呈弓狀。照片正視面為反斜坡，由於岩層裸露而呈現曲線畢露，非常壯麗。（照片從三六九山莊朝東北方拍攝）
- E：雪霸國家公園中零星分佈著高山湖泊，照片中為草木環繞的桃山池，海拔2750公尺。
- F：大雪山230林道起點（即大雪山200林道50K管制站後方）之天池，其面如鏡，海拔2610公尺。
- G：新達山屋在其前後各有一水池，登山界稱之為新達池，海拔3160公尺。
- H：由池有山下新達山屋遇到的第一個水池，海拔3150公尺左右。

圖版十八說明

- A：雪霸國家公園具備豐富的自然景觀。除了山與水組合了許多綺麗的地形、地質景觀外，變幻萬千的雲層更是難得一見的美景。在230林道西方的台中盆地上空常出現層積雲，如大地鋪上雪花，非常美觀。
- B：驚濤駭浪般的層積雲，有如萬馬狂奔，非常壯觀。
- C：白雲蒼狗世事多變，原為生氣蓬勃仍在發展的層積雲（照片中濃白部份）。轉瞬間被吹散而成碎積雲（照片前較稀薄雲層）。
- D：層積雲高度降低後形成層雲，隨風漂泊，頗有閑雲野鶴雲淡風清之美，使人忘卻塵囂（照片從梨山朝雪山拍攝）。
- E：三六九山莊前晨曦景觀之一；尚隱匿在地平線下的太陽，放射出金黃色光芒，雲彩顯得五彩繽紛。
- F：三六九山莊前晨曦景觀之二；隨著昇陽的舞步，色彩變幻無窮，絢麗耀眼。
- G：三六九山莊前晨曦景觀之三；天際逐漸翻白，宣示著一天的開始。
- H：七卡的晚霞，大地將遠離繁囂，步入沈靜夜色中。

圖版十九說明

- A：從梨山遠眺雪劍稜線景觀。由於雪劍稜脈東斜坡大多由板岩構成，植生大致良好，只有小規模的山崩露出基岩。稜線所見小徑為林務單位開闢的防火巷，作為阻止森林火災漫延之用。
- B：從池有山遠眺大、小霸尖山及南洋山景觀。此一氣勢宏偉的「長城」，由傾角平緩之厚層變質砂岩與板岩重疊成，大霸尖山則類似「烽火台」。
- C：雪山與七家灣溪蘊育出國寶魚櫻花鉤吻鮭，清晨的七家灣溪仍嬾繞著薄霧。

圖版二十說明

- A：大甲溪河谷地形之一：佳陽扇狀河階。位於大甲溪上游，由佳陽山崩落之岩塊堆積在支流出口形成沖積扇，後來此沖積扇再受大甲溪切割，因此外形甚似河岸階地。
- B：大甲溪河谷地形之二：肩狀平坦稜。大甲溪上游地區緊臨河岸的稜線，部份形成肩狀平坦稜，上覆砂礫層（白點線位置以上），為河流急速下切之前的河床位置。
- C：大甲溪河谷地形之三：角階地形。在梨山東北方，來自東北的南湖溪匯入合歡溪，而西南流向的合歡溪又匯入大甲溪。兩支流的流路均大致與大甲溪主流平行，因此在主、支流間夾著細長的山稜。這兩條細長稜線的上方均呈現明顯的平坦階地，在地形上稱為角階。（照片攝於志佳陽山—環山登山步道，M：大甲溪主流，D：合歡溪，E：角階）
- D：大甲溪河谷地形之四：峽谷。谷關至德基間之大甲溪兩岸直壁連互，素以峽谷著稱，以青山及達見最具盛名，青山一帶原有「久良屏峽」之稱，達見一帶則稱為「登仙峽」。峽谷的形成主要是河流旺盛的下切力所致。（照片攝於青山附近）
- E：松茂對岸林道發現之鐘乳石露頭。
- F：含碳酸鈣質的地下水滲出地表後，碳酸鈣沈澱包覆樹根形成石柱。
- G：含碳酸鈣質的地下水，在地表沈澱出石灰華。
- H：石柱的切片，於顯微鏡下可見其組構。

圖版二十一說明

- A：座落在橫龍山稜脈的鳶嘴山，具有金字塔般外形，是由白冷層的變質砂岩構成，為大雪山林道的一個重要地標。（照片攝於大雪山210林道）
- B：佳陽山形勢酷似鳶嘴山，座落在雪劍稜脈，山體由板岩構成，東南向之光滑面為劈理面。（照片站在雪山主峰朝西南方拍攝）
- C：從梨山西眺雪山和佳陽山，仁者之樂，樂在其中。
- D：分明的層次凸顯出中央尖山和南湖群峰。（照片攝於志佳陽山）
- E：淡綠的色調配以渾圓的外形，大雪山看起來柔和可親。（照片攝於西勢山隧道前）
- F：劍山雄姿，頗有唯我獨尊之氣概。（照片攝於大雪山200林道埡口附近）
- G：從合流山遠眺中雪山，林相構成抽象圖案，流暢山勢構成怡人曲線。
- H：立足小雪山，視野穿過橫臥的山稜，東北亞第一高峰—玉山若隱若現。

圖版二十二說明

- A:DL01 具有平面型與楔型滑動岩坡。
- B:DL02 風化破碎硬頁岩，邊坡陡直不利於穩定，易形成岩塊掉落。
- C:DL03 塊狀硬頁岩節理發達，暫時呈穩定狀態，但仍應防落石發生。
- D:DL07 裂隙發達和坡角陡直的邊坡，具有落石的威脅。
- E:DL12 近於落石方式之平面型滑動。
- F:DL13 崩坍材料堆積之碎石坡，仍處於不穩定狀態。
- G:DL18 塊狀結構的板岩，節理面向外露出產生平面型的滑動。
- H:DL20 風化岩屑沿滑動面平面型滑動。

圖版二十三說明

- A:DL21 鬆散結構岩體之圓弧型滑動。
- B:DL35 楔型破壞與岩塊掉落。
- C:DL39 近於落石之高角度平面滑動破壞。
- D:SM03 順向坡滑動，坡頂極不穩定。
- E:SM04 直交型的邊坡，雖有利於邊坡的穩定，但發達的層理，仍有岩塊掉落的潛在威脅。
- F:SM05 層狀砂岩有局部性落石。
- G:SM08 表面風化破碎頁岩邊坡所發生圓弧型滑動。
- H:SM10 節理發達塊狀砂岩具有平面型及楔型滑動。

圖版二十四說明

- A:DL04 塊狀硬頁岩無潛在滑動面露出呈穩定現象。
- B:DL05 硬頁岩節理發育不良，穩定性較佳。
- C:DL06 碎裂結構的板岩極不穩定，造成平面型與圓弧型的滑動。
- D:DL09 潛在落石邊坡。
- E:DL11 植被良好之潛在落石邊坡。
- F:DL14 破碎的岩體，具有平面型滑動和岩塊掉落的破壞。
- G:DL15 高角度向外傾斜節理之折斷型的破壞。
- H:DL16 裂隙塊狀岩體，不連續面交線向外露出產生的楔型滑動。

圖版二十五說明

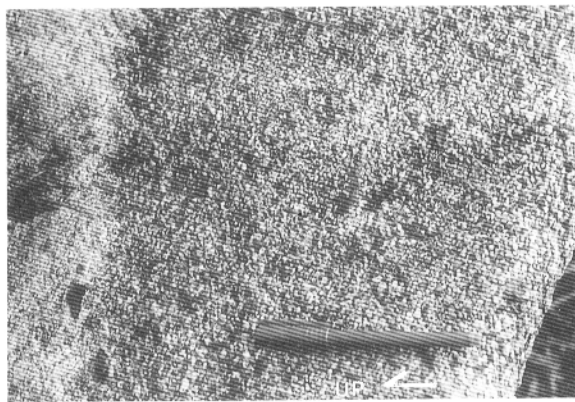
- A:DL19 風化的岩屑以圓弧型方式滑動。
- B:DL22 具有平面型、楔型滑動與落石破壞之高角度邊坡。
- C:DL23 坡面發育侵蝕溝，侵蝕之材料堆積於坡腳處。
- D:DL24 傾向坡面內之節理，造成翻倒型的破壞。
- E:DL25 具有平面型滑動與翻倒型破壞。
- F:DL26 高聳岩坡之岩塊掉落。
- G:DL28 平面型滑動。
- H:DL29 平面型滑動。

圖版二十六說明

- A:DL31 舊崩積材料邊坡具有潛在的圓弧型滑動。
- B:DL32 由沖蝕溝的向源發展和不利的節理面共同造成大規模崩塌。
- C:DL33 風化岩屑掉落。
- D:DL34 近於落石之高角度平面滑動。
- E:DL36 楔型滑動。
- F:DL40 塊狀結構岩體，具有平面型滑動破壞。
- G:DL42 層狀結構岩體之楔型滑動與落石破壞。
- H:DL43 風化破碎岩體之圓弧型滑動破壞。

圖版二十七說明

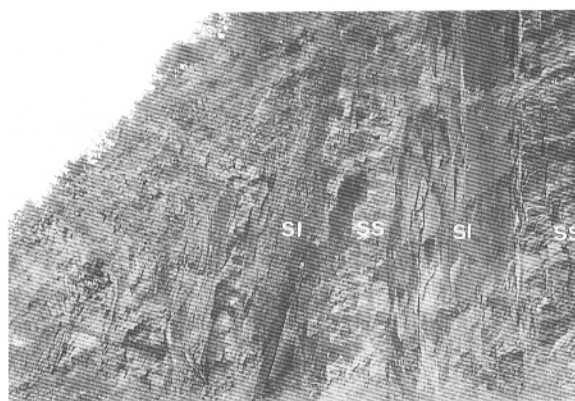
- A:SM02 由塊狀砂岩和頁岩組成倒懸邊坡，頁岩不斷風化剝落砂岩節理發達有落石潛在威脅。
- B:SM07 水平層狀砂岩構成之邊坡，植生良好，無明顯邊坡破壞。
- C:SM09 風化破碎頁岩所發生岩屑塊之圓弧型滑動。
- D:SM11 具有發達節理之硬頁岩，有平面型滑動與落石破壞。
- E:SM12 風化碎裂硬頁岩，沿露出滑動面之平面型滑動破壞。
- F:SM13 由二組節理面相交形成之楔型滑動破壞。
- G:SM14 近乎落石方式之平面型滑動。
- H:SM15 風化碎裂結構之硬頁岩，呈岩屑塊之楔型滑動。



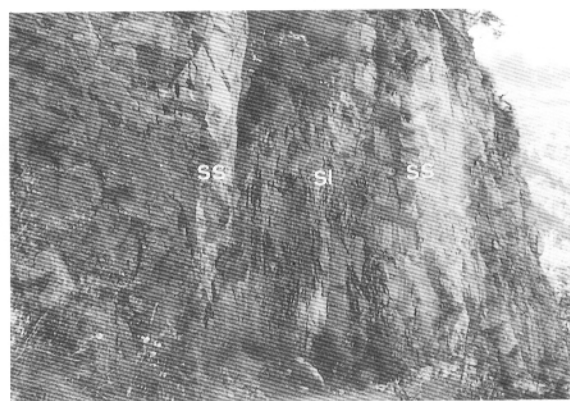
E



A



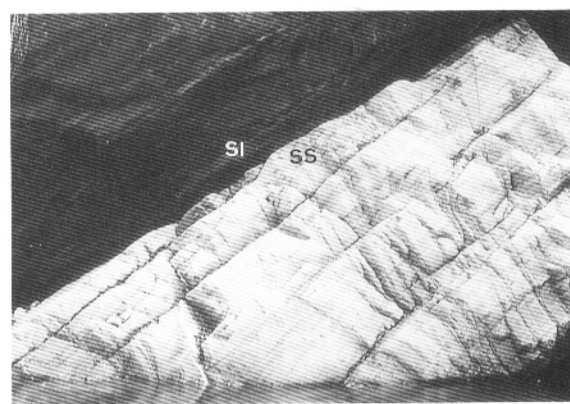
F



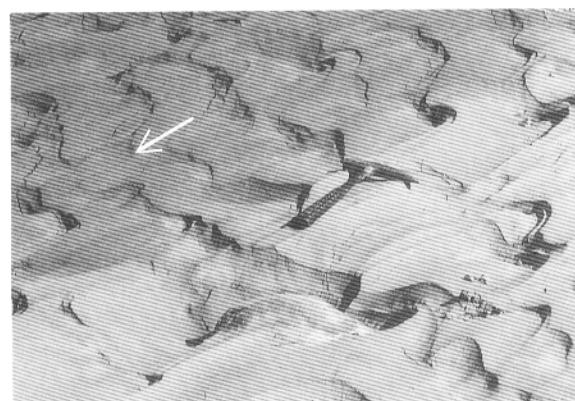
B



G



C



H



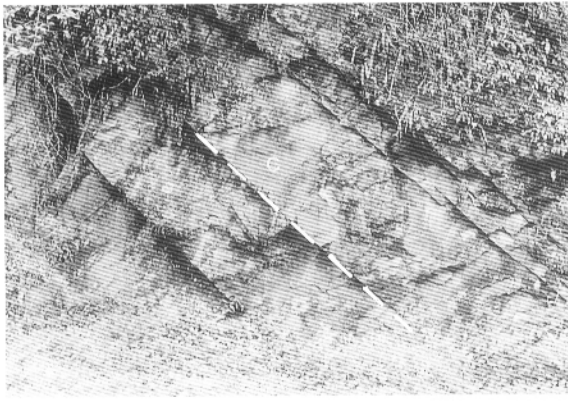
D



E



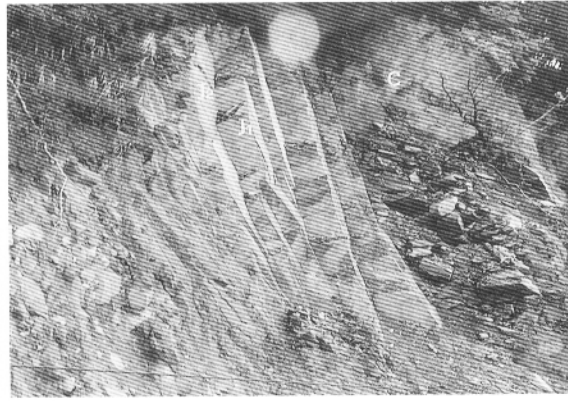
A



F



B



G



C



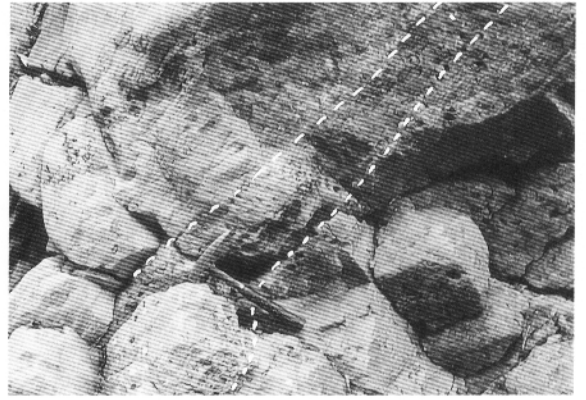
H



D



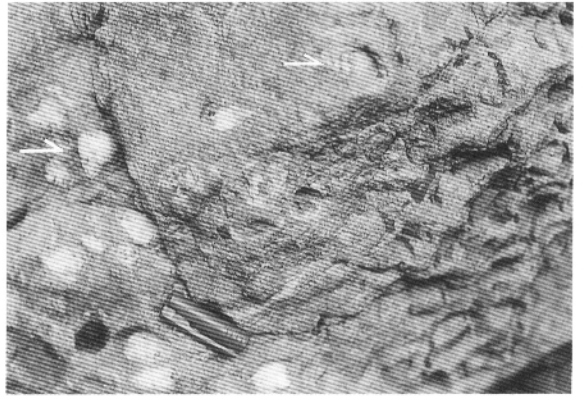
E



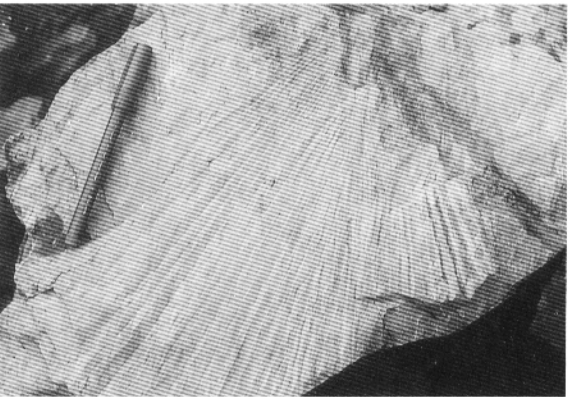
A



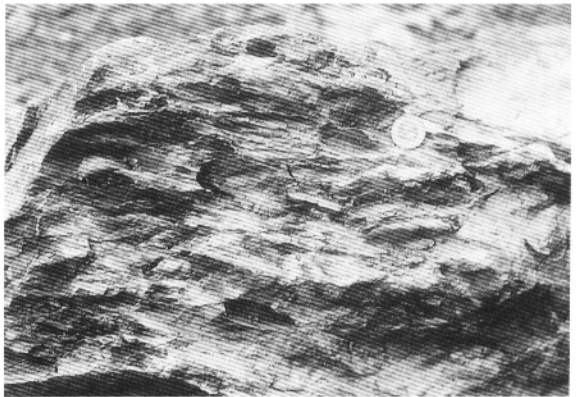
F



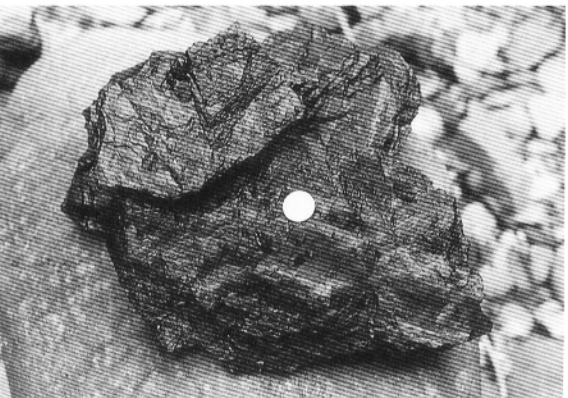
B



G



C



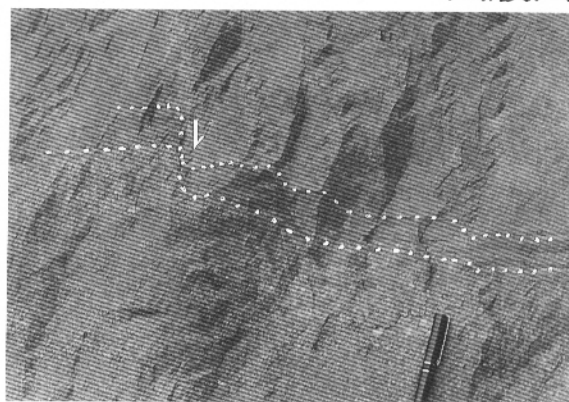
H



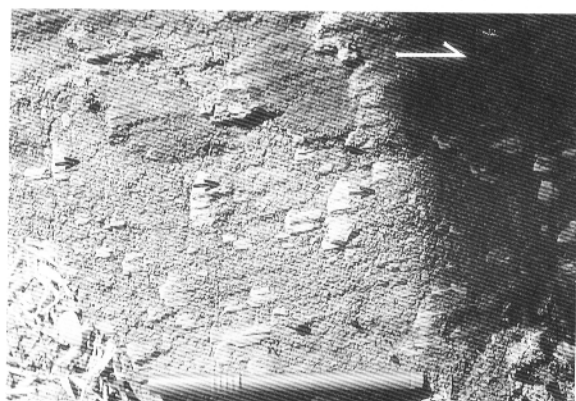
D



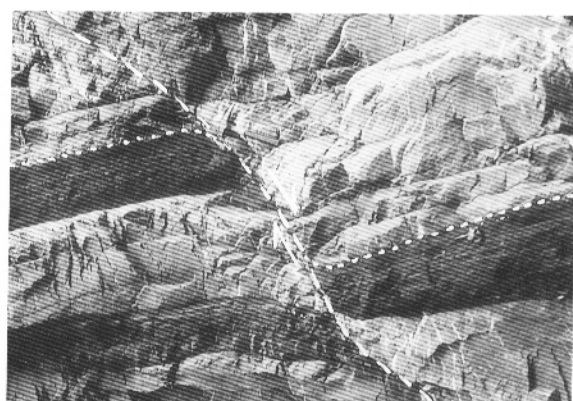
E



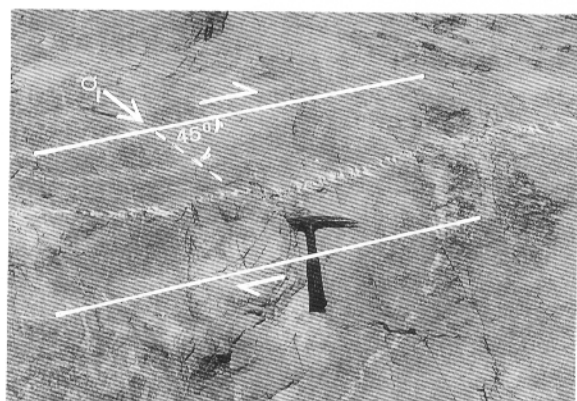
A



F



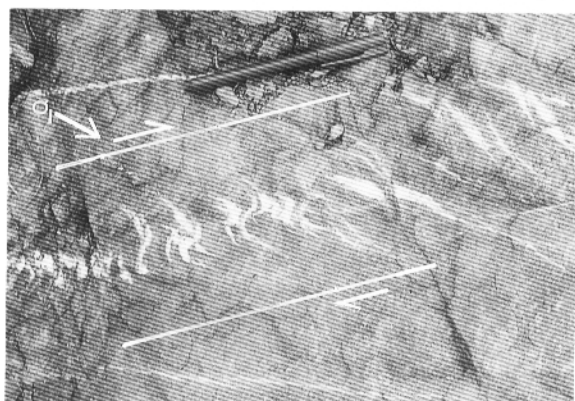
B



G



C



H



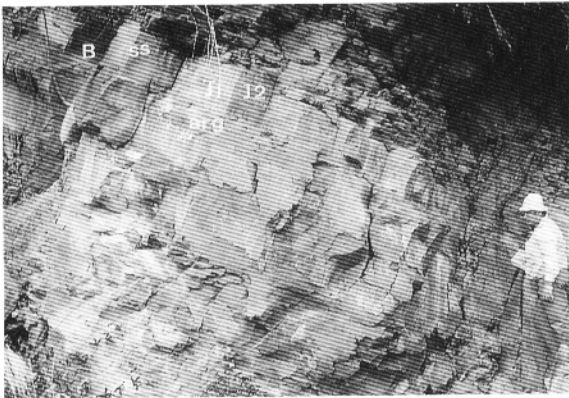
D



E



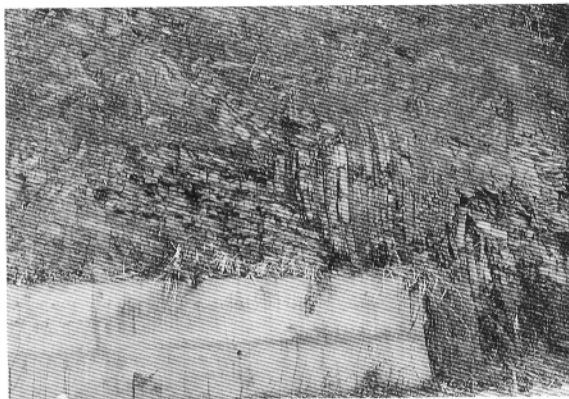
A



F



B



G



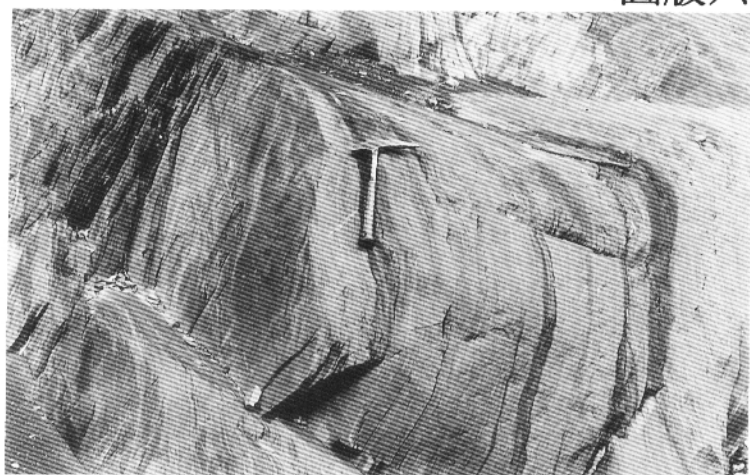
C



H



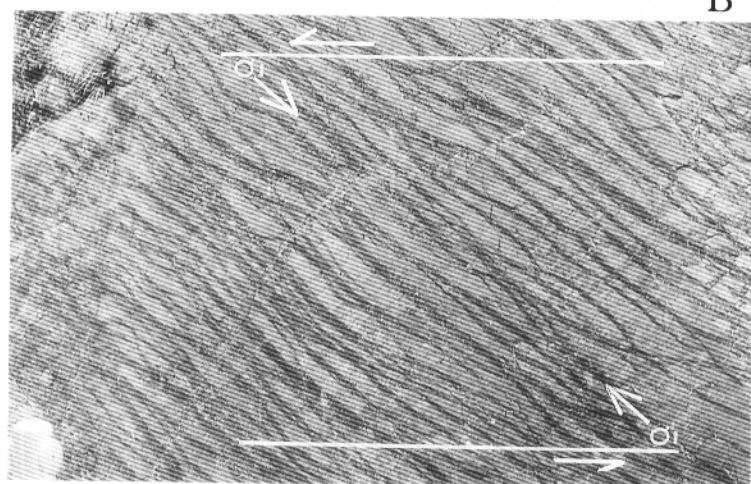
D



A



B

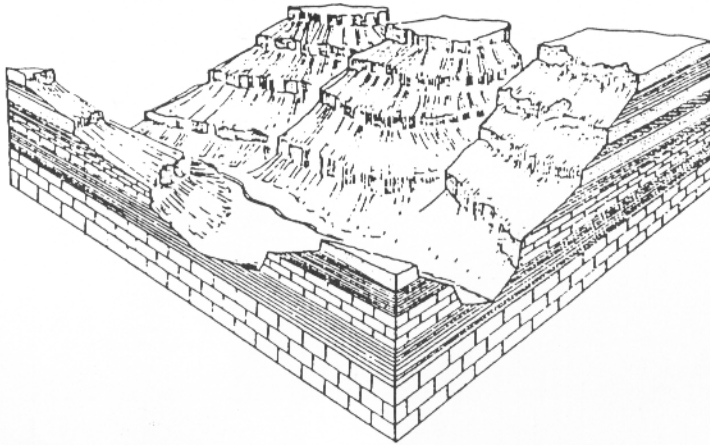


C



圖版七說明

並立於海拔3300公尺霸基上的大、小霸尖。
岩層與地質構造（如層理、節理、劈理、褶曲）經常主導著地形的發育。在緩傾斜的沈積岩厚互層疊置區，山坡往往呈現階狀外形，因為砂岩抗蝕力較強，故易保持著平頂山與陡崖地形；而互層中的頁岩抗蝕力較弱，因而常形成緩坡（如下圖所示）。大、小霸尖山的地形發育除了岩性之外，也受節理控制。在略呈水平的砂岩層中，節理非常發達，因此地表水容易沿節理面滲入，平常會加速風化作用，結冰時，水體積膨脹形成張力，加速岩塊崩落，這種楔裂作用（frost wedging）通常從表層逐漸向下層發展，經過長時間後，遂形成上狹下寬的疊狀地形。





圖版八說明

雪山主峰東側朝北東方向開口之碗狀窪地，日籍地理學者認為是圈谷地形（冰斗）。但是此窪地開口之下方並沒有一般認定冰河地形的懸谷及U型谷，因此很難證明此地曾歷經冰河作用。根據筆者的觀察，此窪地可解釋為谷源之岩壁，在受到風化作用後，岩塊崩落，而形成的“崩谷”。



大雪山210林道21 K附近，也有一朝西南開口之窪地，酷似冰斗狀，但該地海拔僅1950公尺，曾歷經冰河作用的可能性極低，應該是河流向源侵蝕所形成之窪地。

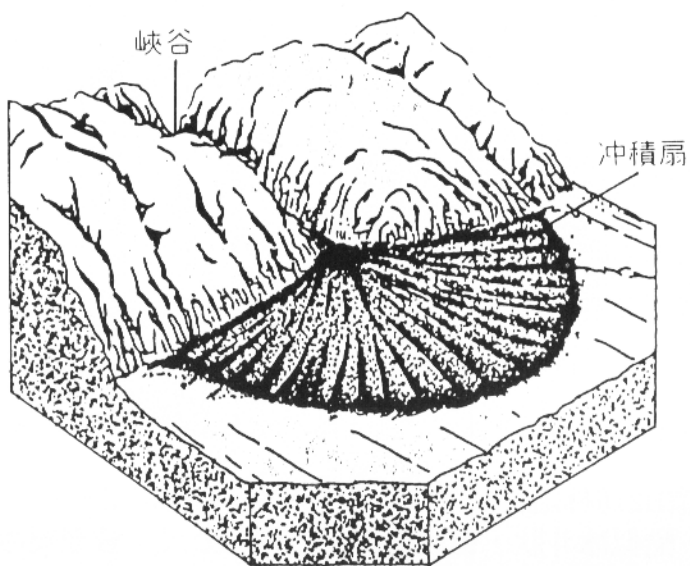


圖版九說明

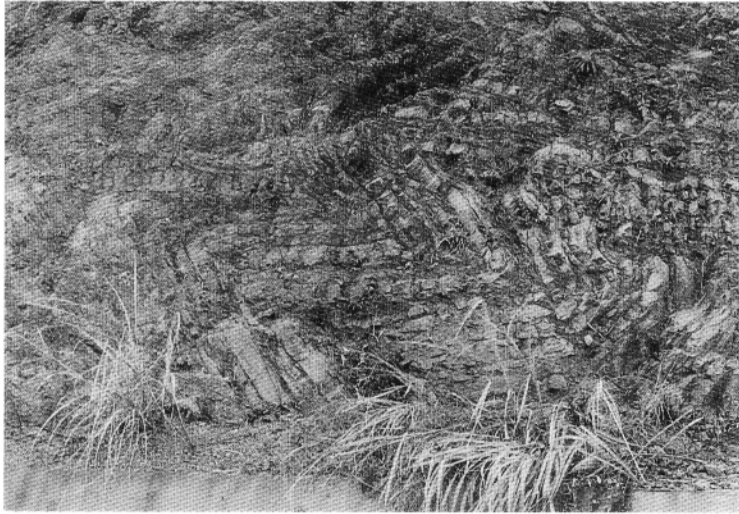
位於德基水庫上游的佳陽扇狀河階。

河流從山區流至山麓或平地，由於河床坡度急刻變緩，流速銳減，搬運力量也隨著急減，於是便在谷口進行堆積，形成以谷口為頂點向低處成扇狀分佈的堆積性地形面，稱為沖積扇（如下圖所示）。

照片中沖積扇是大甲溪支流搬運下來的沈積物，在大甲溪會合口堆積成沖積扇，後來大甲溪河流繼續下切，將沖積扇之扇尾切割，目前該沖積扇已高出大甲溪河床數十公尺，形成河階，所以佳陽沖積扇改稱為扇狀河階會更確切。



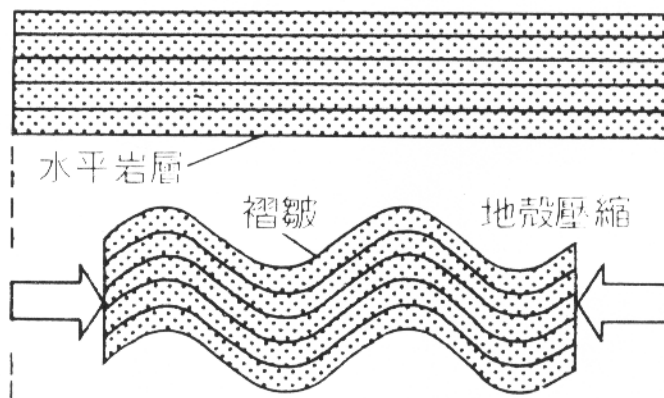
沖積扇地形

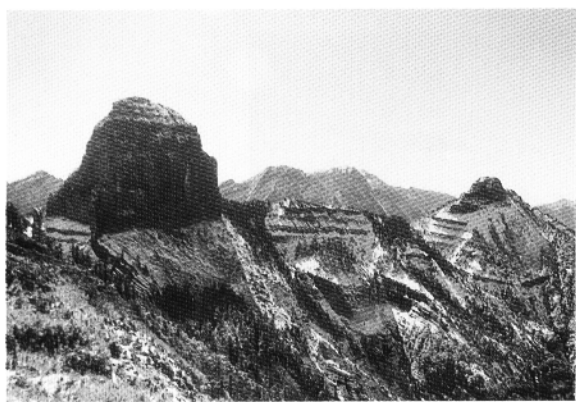


圖版十說明

司馬限林道二本松涼亭附近出露之褶皺構造。
岩層受到大地應力擠壓、剪動作用而發生塑性變形，造成傾斜或波浪形的彎曲（如下圖所示），這種現象叫褶皺。岩層向上拱起者稱為背斜，構成背斜的岩層向上隆起，兩翼分向相反的方向傾斜，較老的岩層依次在褶皺的彎曲中心出露。岩層向下凹入者稱為向斜，褶皺中的兩翼向同一中心傾斜，較新的地層逐次在褶皺的彎曲中心出露。

褶皺的發育





E



A



F



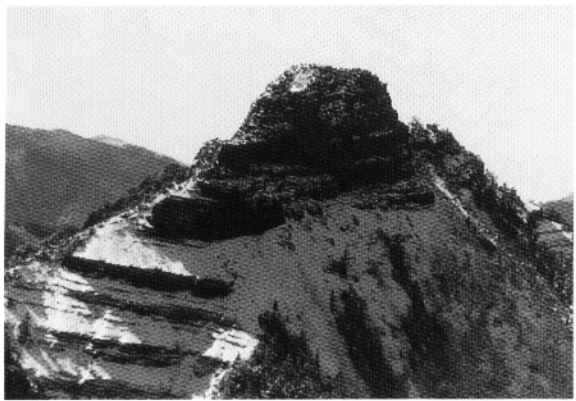
B



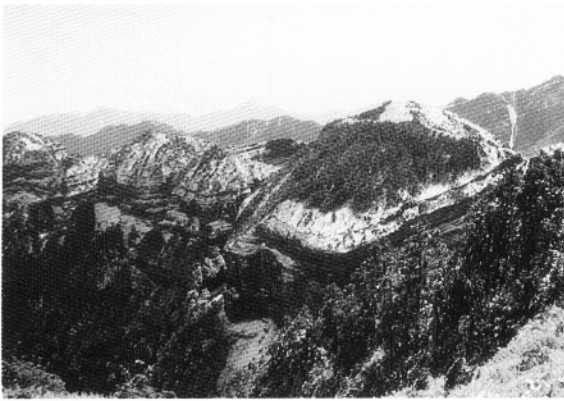
G



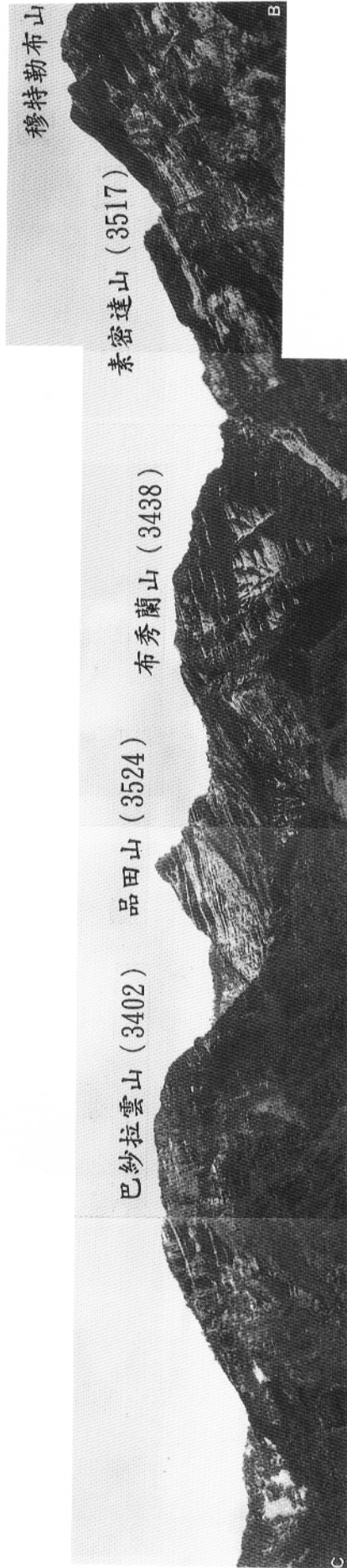
C



H

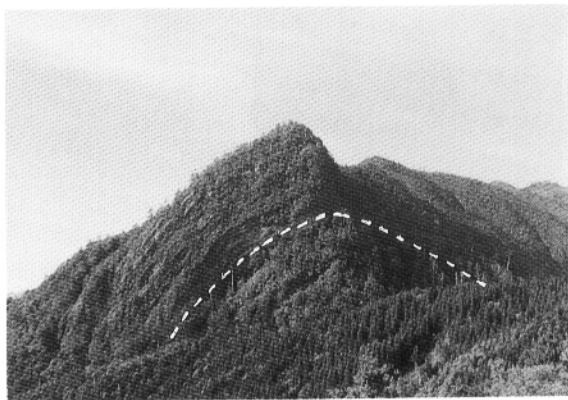


D





E



A



F



B



G



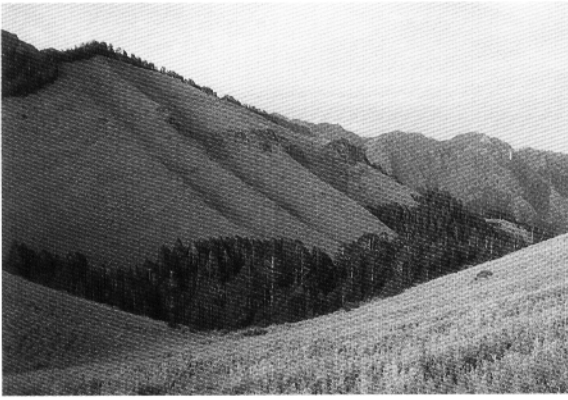
C



H



D



E



A



F



B



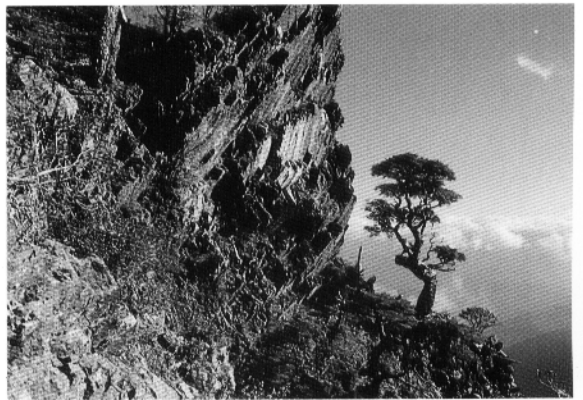
G



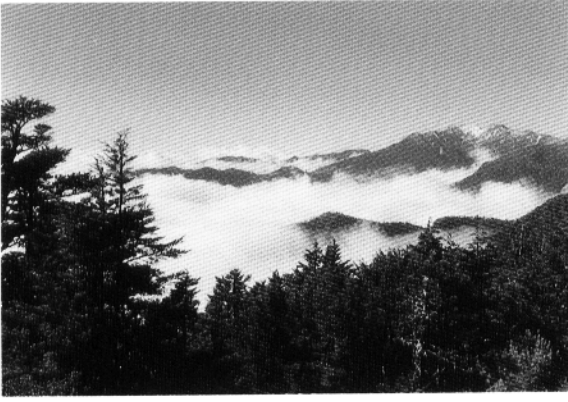
C



H



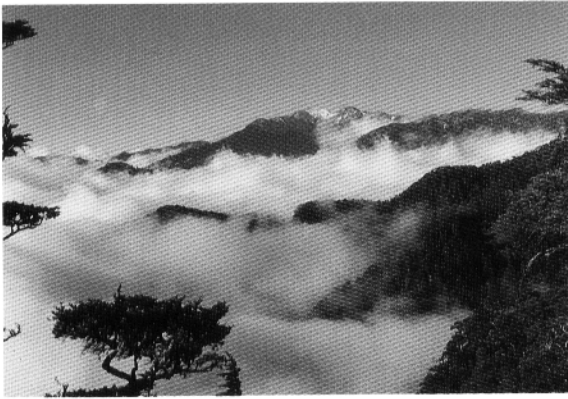
D



E



A



F



B



G



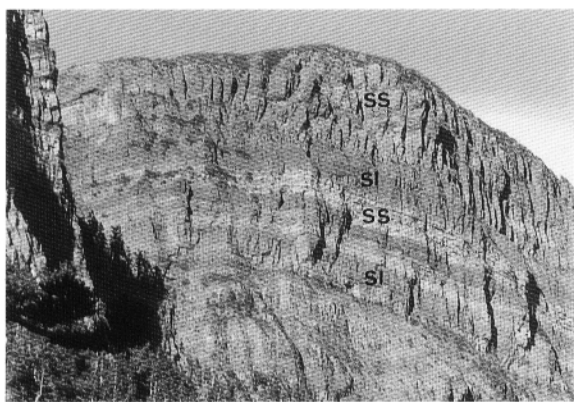
C



H



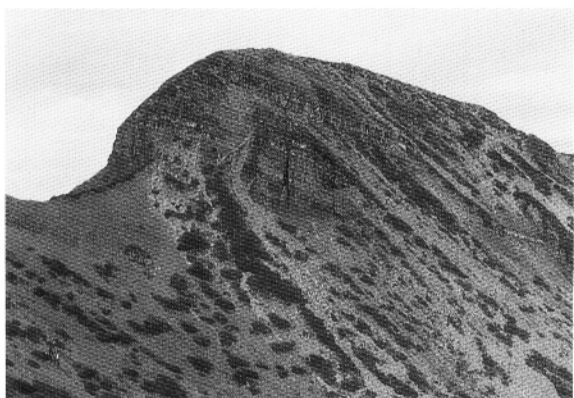
D



E



A



F



B



G



C



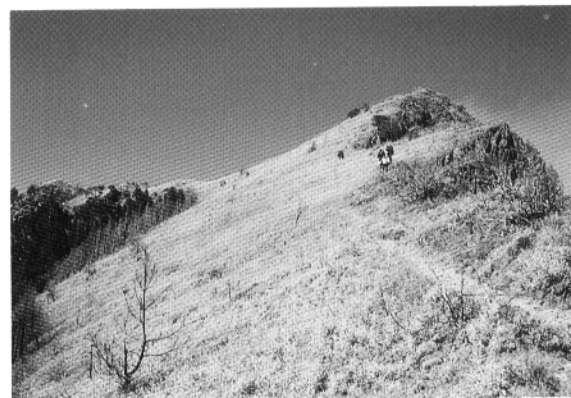
H



D



A



B



C



D



E



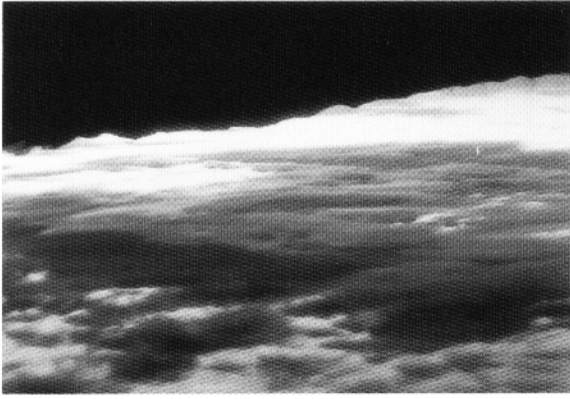
F



G



H



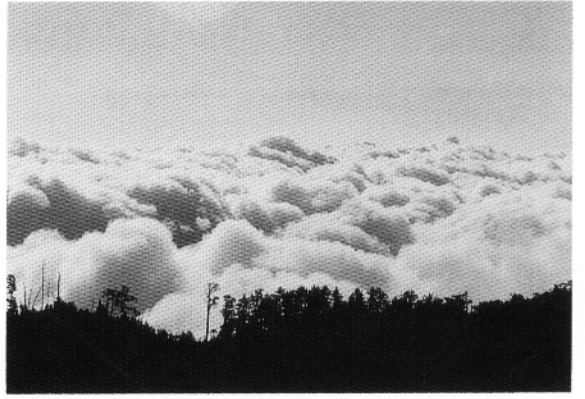
E



A



F



B



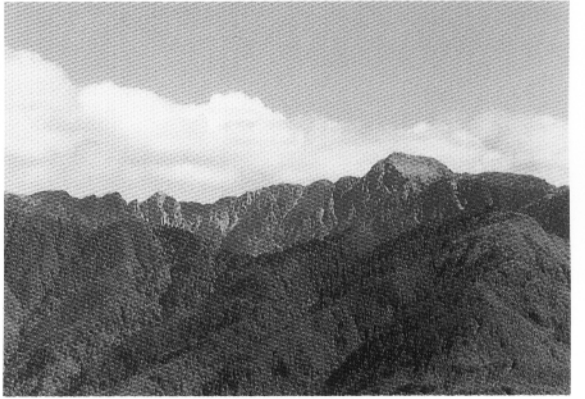
G



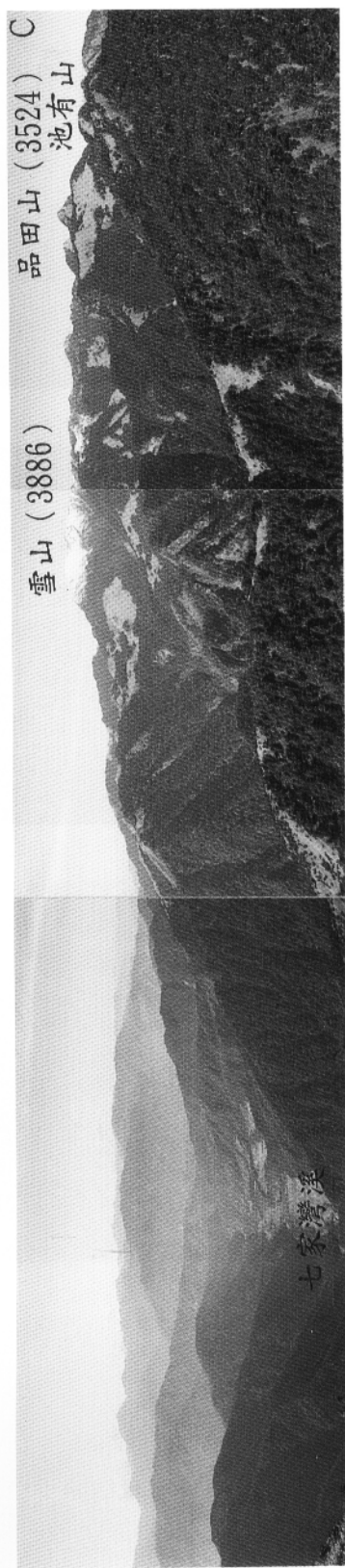
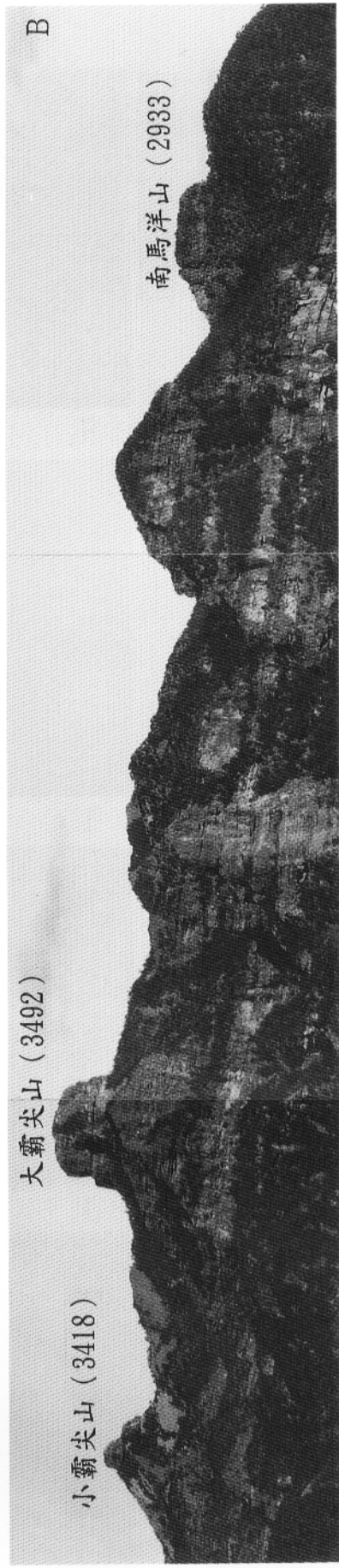
C



H



D

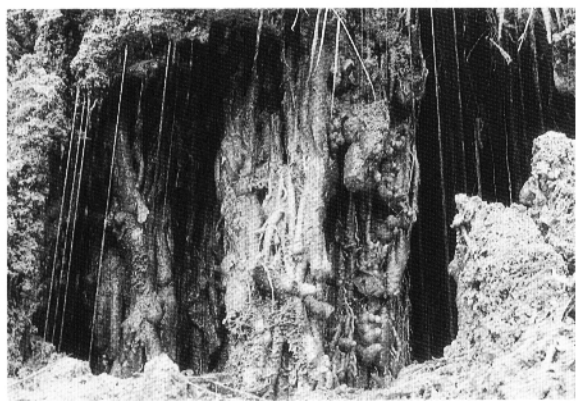




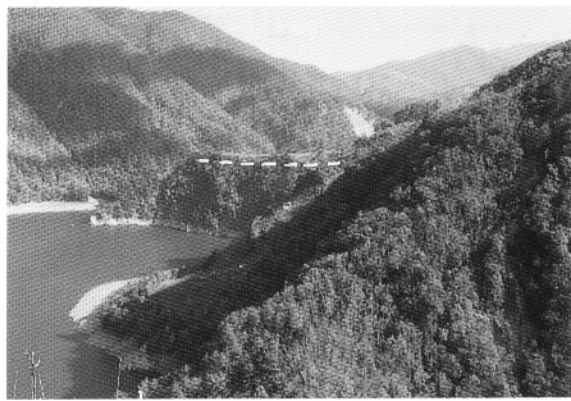
E



A



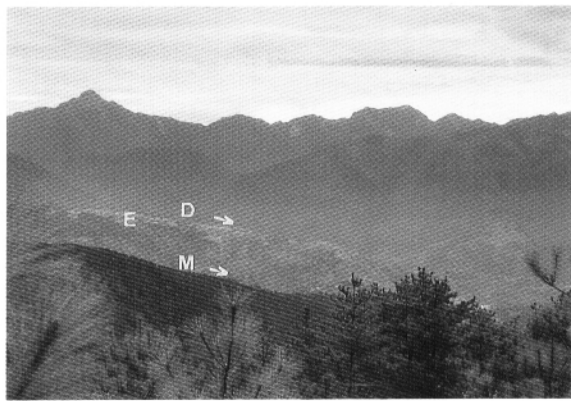
F



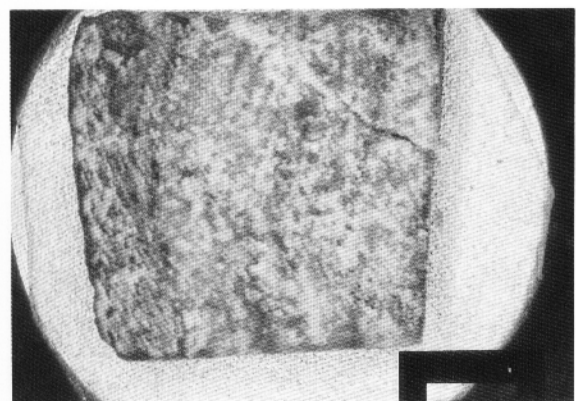
B



G



C



H



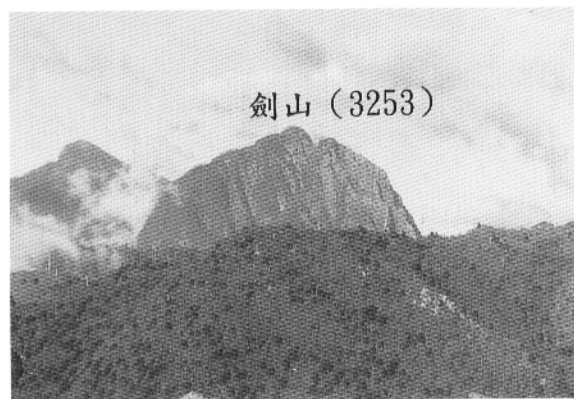
D



E



A



F



B



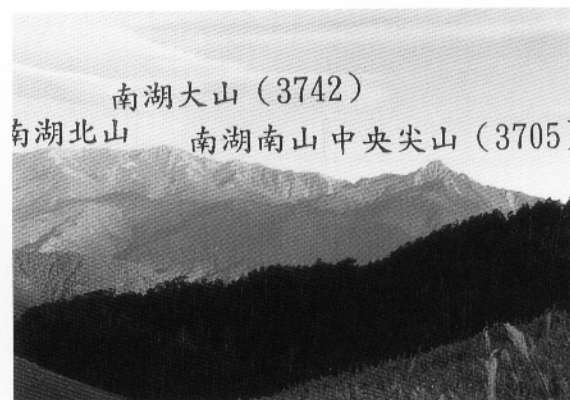
G



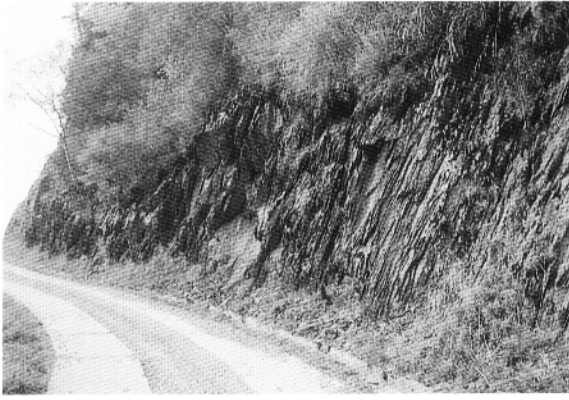
C



H



D



E



A



F



B



G



C



H



D



E



A



F



B



G



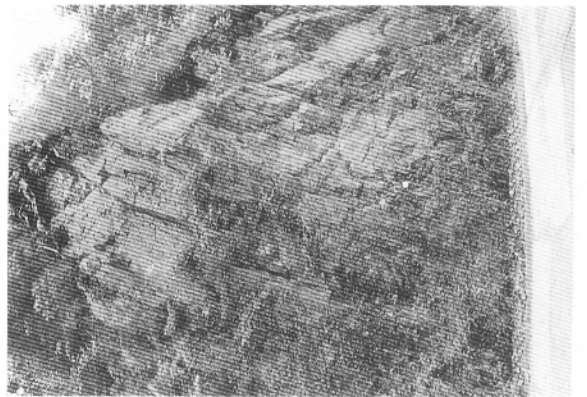
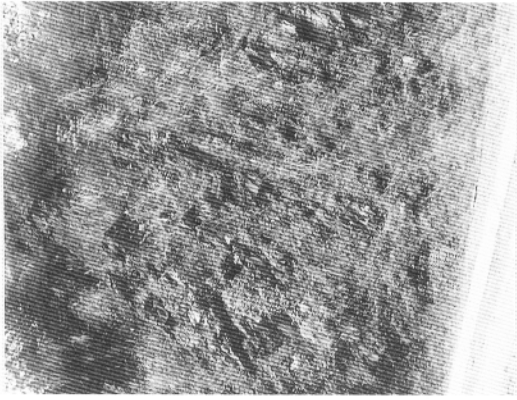
C



H

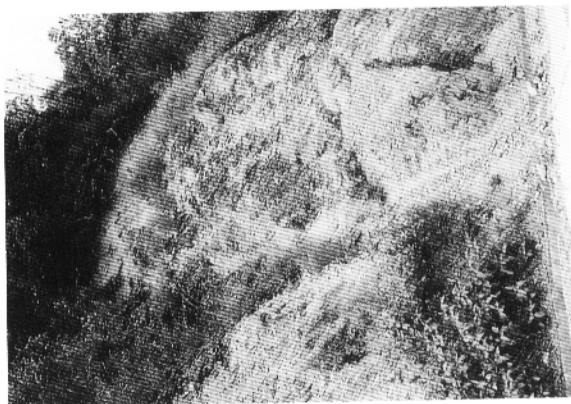


D

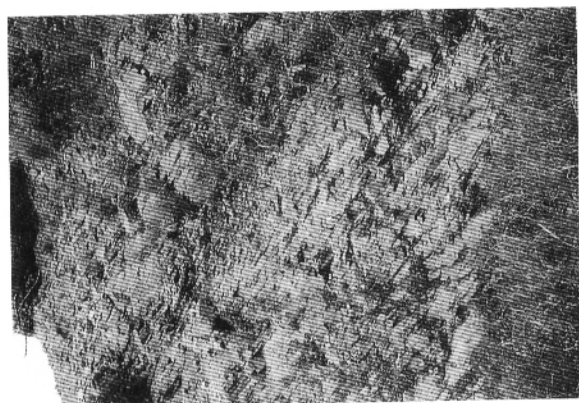




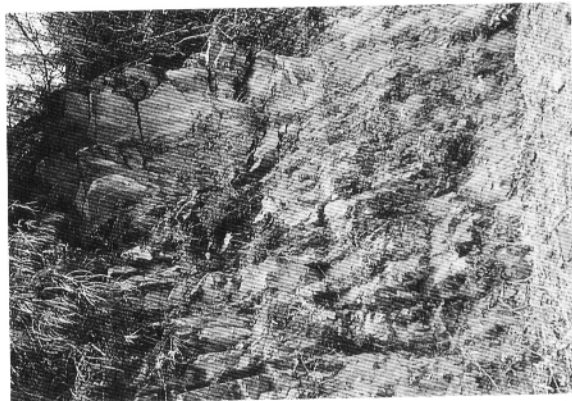
E



A



F



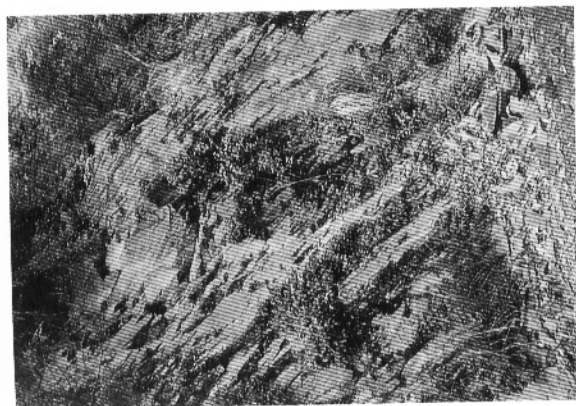
B



G



C



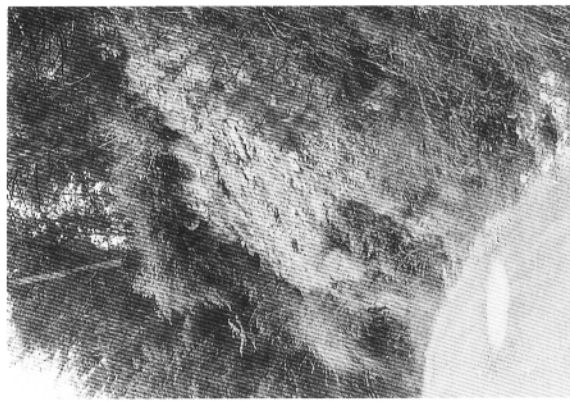
H



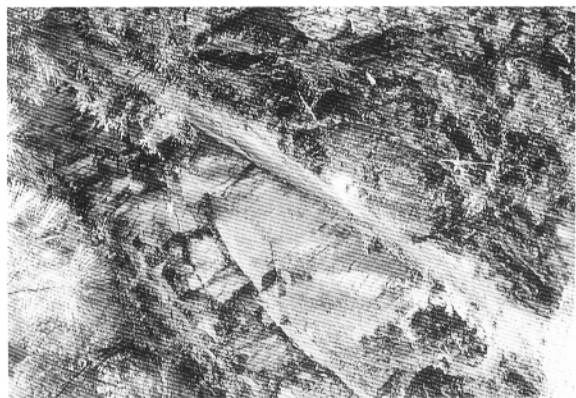
D



E



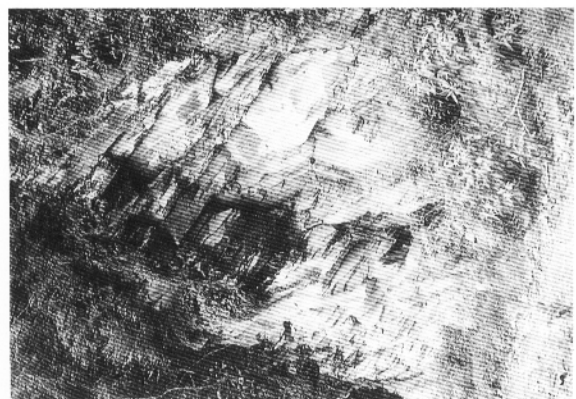
A



F



B



G



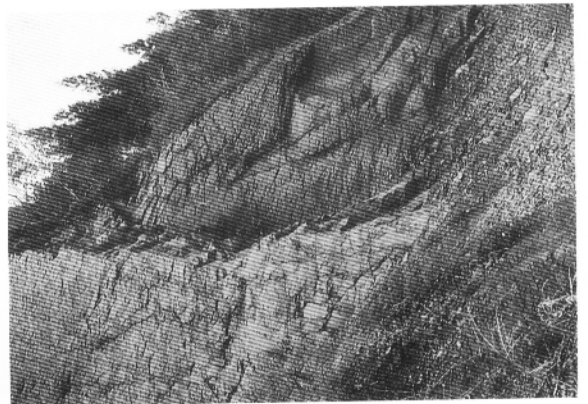
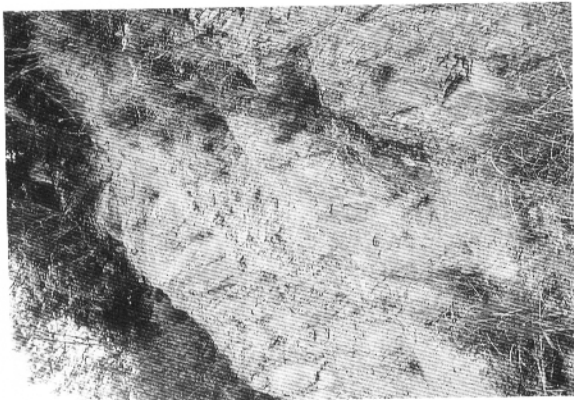
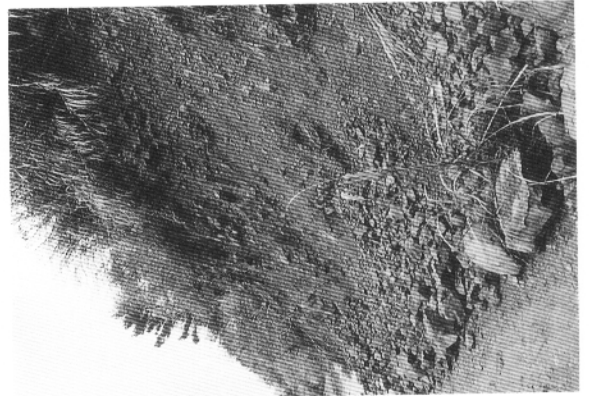
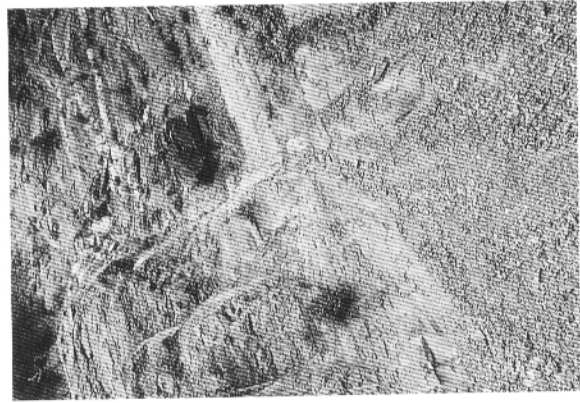
C



H



D



玖、參考文獻

- 大江二郎(1931) 李嶼山地質圖幅說明書。台灣總督府殖產局，第608號。
- 王文能、余炘雲(1981) 台灣中部埔里地區地質。礦業技術，第19卷，第12期，305-324頁。
- 王鑫 (1984)a 陽明山國家公園地質及地形景觀。內政部營建署，89頁。
- ____ (1984)b 太魯閣國家公園地理，地形及地質景觀。內政部營建署，124頁。
- ____ (1986) 東北角地形化石景觀簡介。交通部觀光局東北角海岸風景特定區管理處，147頁。
- ____ (1988) 地形學。聯經出版事業公司，356頁。
- ____ (1989) 墾丁國家公園地形景觀簡介。墾丁國家公園解說教育叢書之八，墾丁國家公園管理處，190頁。
- 、李光中 (1989) 中橫公路道路邊坡的地貌分析 (太魯閣)，國科會防災科技研究報告，第78-30號，94號。
- 、楊建夫、許玲玉 (1986) 中橫公路道路邊坡的地貌分析，國科會防災科技研究報告，第74-48號，72頁。
- 王思敬、楊志法、劉竹華 (1984) 地下工程岩體穩定分析，科學出版社，282頁。
- 丹桂之助 (1944) 烏來統諸地層之討論兼論四稜砂岩、白冷層、與新高層之同時性。台灣博物學會會報，第34卷，第246-250期，174-223頁。
- 內政部 (1992) 雪霸國家公園計畫。221頁。
- 田中薰、鹿野忠雄 (1934) 台灣南湖大山山彙に於ける冰蝕地形 就。地理學評論，第10卷，第 3號，169 - 190頁。
- 早阪一郎、市村毅、富田芳郎、丹桂之助 (1936) 昭和十年台灣地震害地域地質調查報告。載於「昭和十年台灣震災誌」中，台灣總督府出版。
- 市川雄一 (1930) 桃園地質圖幅說明書。台灣總督府殖產局，第581號。
- ____ (1932) 新店地質圖幅說明書。台灣總督府殖產局，第655號。
- 市村毅 (1938) 四稜砂岩層的砂岩及白冷層的砂岩。台灣地學記事，第9卷，第3期，第48—67頁。

- 肖樹芳、楊淑碧 (1987) 岩體力學，地質出版社，200頁。
- 李錦發 (1987) 青山至德基地區達見砂岩古應力之初步研究。國立台灣大學地質研究所碩士論文，78頁。
- 何春蓀 (1986) 台灣地質概論－台灣地質圖說明書 (增版第二版)。經濟部中央地質調查所出版，164頁。
- 林啓文 (1988) 台灣中部橫貫公路谷關至德基達見砂岩之應變分析。國立台灣大學地質研究所碩士論文，64頁。
- 周瑞燧 (1990) 台灣中央山脈及雪山山脈之古第三紀地層。經濟部中央地質調查所特刊，第四號，177-192頁。
- 吳樂群 (1986) 台灣中部國姓地區漸新統及中新統之古沉積環境分析。國立台灣大學地質學研究所碩士論文，94頁。
- 施國欽 (1995) 岩石力學室內試驗及其應用。地工雜誌，第50期，71-84頁。
- 徐鐵良 (1990) 南湖大山所謂冰川地形之檢討。地質，10卷，1期79-79頁。
- 鹿野忠雄(1934)a 台灣次高山彙に於ける冰河地形研究(第1報)1。地理學評論，第10卷，第7號，606 - 623頁。
- _____ (1934)b 台灣次高山彙に於ける冰河地形研究(第1報)2。地理學評論，第10卷，第8號，686 - 707頁。
- _____ (1934)c 台灣次高山彙に於ける冰河地形研究(第1報)3。地理學評論，第10卷，第9號，816 - 835頁。
- _____ (1934)d 台灣次高山彙に於ける冰河地形研究(第1報)4。地理學評論，第10卷，第11號，990 - 1017頁。
- _____ (1935) 台灣次高山彙に於ける冰河地形研究(第1報)5。地理學評論，第11卷，第3號，244 - 263頁。
- 張石角、齊士崢 (1990) 太魯閣峽谷地形發育過程的研究。太魯閣國家公園管理處，40頁。
- 程延年、葉貴玉、劉進金、盧佳遇 (1988) 玉山國家公園東埔玉山區地質調查暨解說規劃報告。玉山國家公園管理處，192頁。
- 程延年、葉貴玉、劉進金、何恭算 (1989) 玉山國家公園古道地質調查暨解說規劃研究報告(二)。玉山國家公園管理處，81頁。
- 黃鑑水、李錦發 (1992) 雪山山脈眉溪砂岩之地層沉積環境及其四稜砂岩之關係。經濟部中央地質調查所特刊，第六號，第143-152頁。
- 黃鑑水、劉桓吉、張憲卿、高銘健 (1994) 台灣雪山山脈之地層沉積研究(一)。經濟部中央地質調查所特刊，第8號，65-80頁。

- 烏居敬造 (1935) 東勢地質圖幅同說明書。台灣總督殖產局，第732號，26頁。
- 陳文山 (1994) 台灣的生痕化石。經濟部中央地質調查所，台灣地質之四，102頁。
- 陳時祖 (1994) 阿里山公路沿線公路邊坡崩塌與雨量關係之研究，國科會防災科技研究報告，第83-14號，118頁。
- 陳隆隆 (1990) 玉山觀石。玉山國家公園管理處，175頁。
- 楊南郡 (1991) 雪山、大霸尖山國家公園登山步道系統調查研究報告。內政部營建署，124頁。
- 陳肇夏 (1992) 台灣雪山山脈與中央山脈第三紀地層對比問題。經濟部中央地質調查所特刊，第6號，39-68頁。
- 陳肇夏、王京新、鐘三雄 (1994) 鉀雲母結晶度在台灣雪山及中央山脈地層與構造研究上之應用。經濟部中央地質調查所特刊，第8號，261-283頁。
- 詹新甫 (1976) 台灣雪山山脈之褶皺與塊體運動。台灣省地質調查所彙刊，第二十五號，29-34頁。
- 、許以祺、毛乃先 (1961) 苗栗細道邦煤田地質。台灣省地質調查所彙刊，第十三號，1-14頁。
- 賴典章、胡賢能、費立沅、陳福將、朱傲祖、張郇生、劉憲德、艾克非 (1988) 玉山國家公園關山地區地質調查暨解說規劃調查報告。玉山國家公園管理處，95頁。
- 劉志學 (1986) 再論南湖大山之冰蝕地形。台灣大學地質系系學會，演化，第八期，65-66頁。
- 劉柏宏 (1989) 山坡地分析，科技圖書股份有限公司，200頁。
- 劉桓吉 (1991) 台灣雪山山脈濁水溪地區地質構造之研究。國立台灣大學地質學研究所碩士論文，66頁。
- (1992a) 台灣雪山山脈濁水溪地區之地質。經濟部中央地質調查所彙刊，第八號，第31-61頁。
- (1992b) 台灣中部大甲溪支流橫流溪及東卯溪白冷層剖面之古沉積環境研究。地質，第十二卷，第二期，第185-198頁。
- Adams, A.E., Mackenzie, W.S., and Guilford, C (1984) Atlas of Sedimentary Rocks under the Microscope. John Wiley & Sons. 104PP.

- Berggren, W.A., Kent, D.V. and Van Couvering, J.A. (1985) Neogene geochronology and Chronostratigraphy. In: Snelling, N.J. (ed.), *Geochronology and the Geologic Time Scale*, Geol. Soc, London Mem., V.10, p.211-260.
- Biq, C. (1989) The Yushan-Hsuehshan megashear zone in Taiwan: *Proc. Geol. Soc. China*, v. 32, P. 7-20.
- Carozzi, A. V. (1993) *Sedimentary Petrography* PTR Prentice Hall. 563PP.
- Chang, L.S. (1963) A biostratigraphic study of the so-called Hori slate in Central Taiwan based on smaller foraminifera. *Proc. Geol. Soc. China* no. 6. p. 3-17.
- _____ (1971) A biostratigraphic study of the so-called slate formation in Taiwan based on smaller foraminifera: 1. The E-W Cross-Mountain highway. *Proc. Geol. Soc. China*. no. 14. p. 45-61.
- _____ (1974) A biostatigraphic study of the so-called formation in Taiwan based on smaller foraminifera: IV. northernmost part of the central Taiwan: *Proc. Geol. Soc. China*, no. 17, p. 85-94.
- Chen, C.H. (1976) The stratigraphy of the Meichi Sandstone in Central Taiwan. *Proc. Geol. Soc. China*, no. 19. p. 71-77.
- _____ (1977) Some stratigraphic problems of the Hsuehshan Range of Taiwan. *Proc. Geol. Soc. China*. no. 20. p. 61-70.
- _____ (1979) Geology of the East-West Cross Island Highway in Central Taiwan *Mem. Geol. Soc. China*. no. 3. p. 219-236.
- Chiu, H.T. (1973) Basement rocks under the Neogene formations of the west-central Taiwan: *Proc. Geol. Soc. China*. p. 51-58.
- _____ (1975) Miocene Stratigraphy and its relation to the Paleogene Rock, in West-Central Taiwan. *Patrol. Geol. Taiwan*. no. 12, p. 51-80.
- Chou, J.T. (1988) Eocene Formations in Taiwan: *Petroleum Geol. Taiwan*, no. 24, p. 51-59.
- Clark, M.B., Fisher, D.M., Lu, C.Y. and Chan, C.H. (1993) Kinematic analyses of the Hsuehshan Range, Taiwan: a large-scale pop-up structure: *Tectonics*, Vol. 12 p. 205-217.

- Clifton, H.E. (1981) Progradational sequences in Miocene shoreline deposits. Southeastern Caliente Range. California. jour. Sed. Petrol. vol. 51. no. 1. p. 0165-0184.
- Harms, J.C. Southard, J.B. Separing, D.R. and Walker, R.G. (1975) Depositional environments a interpreted from primary sedimentary structures and stratification sequences SEPM Short course. no. 2. p. 161.
- Hoek, E. and Bray, J. (1977) Rock Slope Engineering, Revised 2nd edition, the Institution of Mining and Metallurgy, London.
- Huang, C.S. and Huang, C.C. (1987) Delta facies of Paleogene rocks along the Sunhai Logging Road. Central Taiwan. Proc. Geol. Soc. China. no. 30. p. 94-101.
- Huang, T.C. (1977) Calcareous nannoplankton stratigraphy of the upper Wulai Group (Oligocene) in northern Taiwan: Petrol. Geol. Taiwan 14, p147-180.
- _____ (1980) A calcareous nanofossil biostratigraphic study of the Assilina-bearing section. Chunkengchi Nantou. Proc. Geol. Soc. China. no. 23. p. 7-15.
- _____, Ting, J.S. (1979) Calcareous nanofossil succession from the Oligo-Miocene PeiKangChi section and revised stratigraphic correlation between northern and central Taiwan : Prol. Geol. Soc. China 22, p105-120.
- Kanno, S., Hashimoto, W., Lin, C.C.; Aoki, N., Lee, C.S., Caagusan, N.L., Liu, H.C., Wang, C.C., Shieh, K.S; and Chang, H.C., (1985) New discovery of Colpospire (Acutospira). Gastropoda. from Taiwan and Phillipine. Proc. Japan Acad. Ser. B. no. 8. p. 348-351.
- Lee, C.S. (1979) Paleogene rocks of the Yushan-Shuili area. Nantou. Central Taiwan. Mem. Geol. Soc. China. no. 3. p. 237-247.
- Liu, T.K. (1988) Fission track dating of the Hsuehshan Range; thermal record due to arccontinent collision in Taiwan: Acta Geologica Taiwanica, no. 26, p. 279-290.
- Lu, C.Y. (1991) The vein systems in Central Taiwan-An example from kukuan to Tekee, Central Cross Island Highway: Proc. Geol. Soc. China, v. 34, p77-94.

- Lu, C.Y., Lee, J.C. and Lee, J.F. (1991) Extensional and compressional tectonics in central Taiwan: in Neotectonics and resources ed. by Cosgrove, J. and Jones, M. Belhaven Press, London and New York, p85-92.
- Lu, C.Y. (1992) The development of the vein system in central Taiwan: A case study of the section from Kukuan to Tekee along the China, Vol. 35, no. 1, p. 77-94.
- Lue, Y.T., Lee, T.Q., Horng, C.S. and Wong, Y. (1991) Magnetic fabric in the non-metamorphosed terrain of the northwestern foothill-Hsuehshan belts of Taiwan: Proc. Geol. Soc. China, v. 34, p. 131-146.
- Martini, E. (1971) Standard Tertiary and Quaternary Calcareous nannoplankton zonation, In: Farinacci, A. (ed.), Proc. Second Planktonic Conf., Roma, 1970, p. 739-785.
- Okada, H. Bukry, D. (1980) Supplementary modification and introduction of code numbers to the low-latitude coccolith biostratigraphic zonation (Bukry, 1973; 1975). Mar. Micropaleontol., 5(3), p. 321-325.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. and Siever, R. (1987) Petrographic Analysis of Sandstones (in Sand and Sandstone, second edition, Appendix p. 519-531, Springer-Verlag)
- Reading, H.G. (1986) Sedimentary Environments and Facies. Alden press, Oxford, 2nd ed, 615pp.
- Scholle, P.A. (1979) Constituents, Textures, Cements, and Porosities of Sandstones Associated Rocks. AAPG Memoir 28. 201PP
- Tan, L.P. and Lee, C.M. Wang (1977) Quartzites and Quartz Veins: Acta Geol. Taiwanica, no. 19, p. 74-78.
- _____ and Youh, C.C. (1978) Characteristics and Paleogeographic environment of the metamorphosed highpurity Sandstone deposits in Taiwan: Proc. Geol. Soc. China, no. 21, p. 92-100.
- Tang, C.H. and Yang, C.Y. (1976) Mid-Tertiary stratigraphic break in the northeast Hsuehshan Range of Taiwan: Petrol Geol Taiwan, no. 13, p. 139-148.

- Teng, L.S., Huang, C.Y. and Lee, C.T. (1988) Sedimentary features and depositional environments of the Wulai Group in the Wulai Area, northern Hsuehshan Terrain, Taiwan. *Proc. Soc. China*, v.31, no.2, p.101-118.
- Teng, L.S., Huang, C.Y. and Lee, C.T., (1988) On the stratigraphy of the Wulai Group in the Wulai-Pinglin area, northern Hsuehshan Terrain, Taiwan: *Proceedings of the Geological Society of China*, v.31, p.93-100.
- Teng, L.S. (1992) Geotectonic evolution of Tertiary continental margin basins of Taiwan; *Petroleum Geol. Taiwan*, no.27, p.1-9.
- _____, Wang, Y., Tang, C.H., Huang, C.Y., Huang, T.C., Yu, M.S., and Ke, A. (1991) Tectonic aspects of the Paleogene depositional basin of northern Taiwan: *Proc. Geol. Soc. China*, no.34, p.313-336.
- Tsan, S.F. (1971) Structural geology of the southern Hsuehshan Range, Taiwan: *Proc. Geol. Soc. China*, no.14, p.62-75.
- Tu, M.K., Liu, H.C., Chen, W.C. and Shea, K.S. (1987) Distribution of Miocene sediments in the Paling-Hsiuluan area in the Hsuehshan Range terrane of northern Taiwan: *Proc. Geol. Soc. China*, v.31, p.24-32.
- Yang, H.Y. and Shau, Y.H. (1988) Occurrence of Pumpellyite-bearing basaltic tuffs in Hsuehshan range: *Proc. Geol. Soc. China*, v.31, p.24-32.
- Yen, T.P. (1970) Structural analysis of the slate formation of Taiwan: *Bull. Geol. Surv. Taiwan*, no.21, p.1-51.
- Yen, T.P. (1973) The Eocene sandstones in the Hsuehshan Range terrain, northern Taiwan. *Proc. Geol. Soc. China*, no.16, p.97-110.

拾、附錄

- A1 ~A8 : 雪見地區林道沿線地質圖
- B1 ~B15 : 觀霧地區林道及步道沿線地質圖
- C1 ~C11 : 武陵地區步道沿線地質圖
- D1 ~D23 : 大雪山林道沿線地質圖

附錄圖例

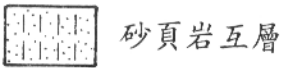
未變質岩區



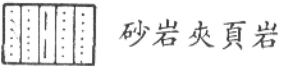
砂岩



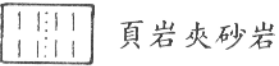
頁岩



砂頁岩互層



砂岩夾頁岩

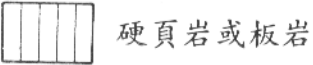


頁岩夾砂岩

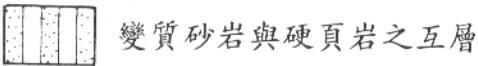
變質岩區



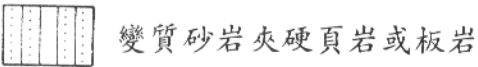
變質砂岩



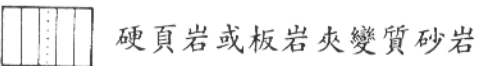
硬頁岩或板岩



變質砂岩與硬頁岩之互層



變質砂岩夾硬頁岩或板岩



硬頁岩或板岩夾變質砂岩



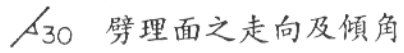
植被, 無露頭



崩積層



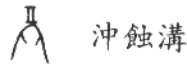
岩層之走向及傾角



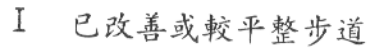
劈理面之走向及傾角



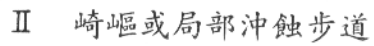
邊坡崩塌



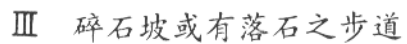
沖蝕溝



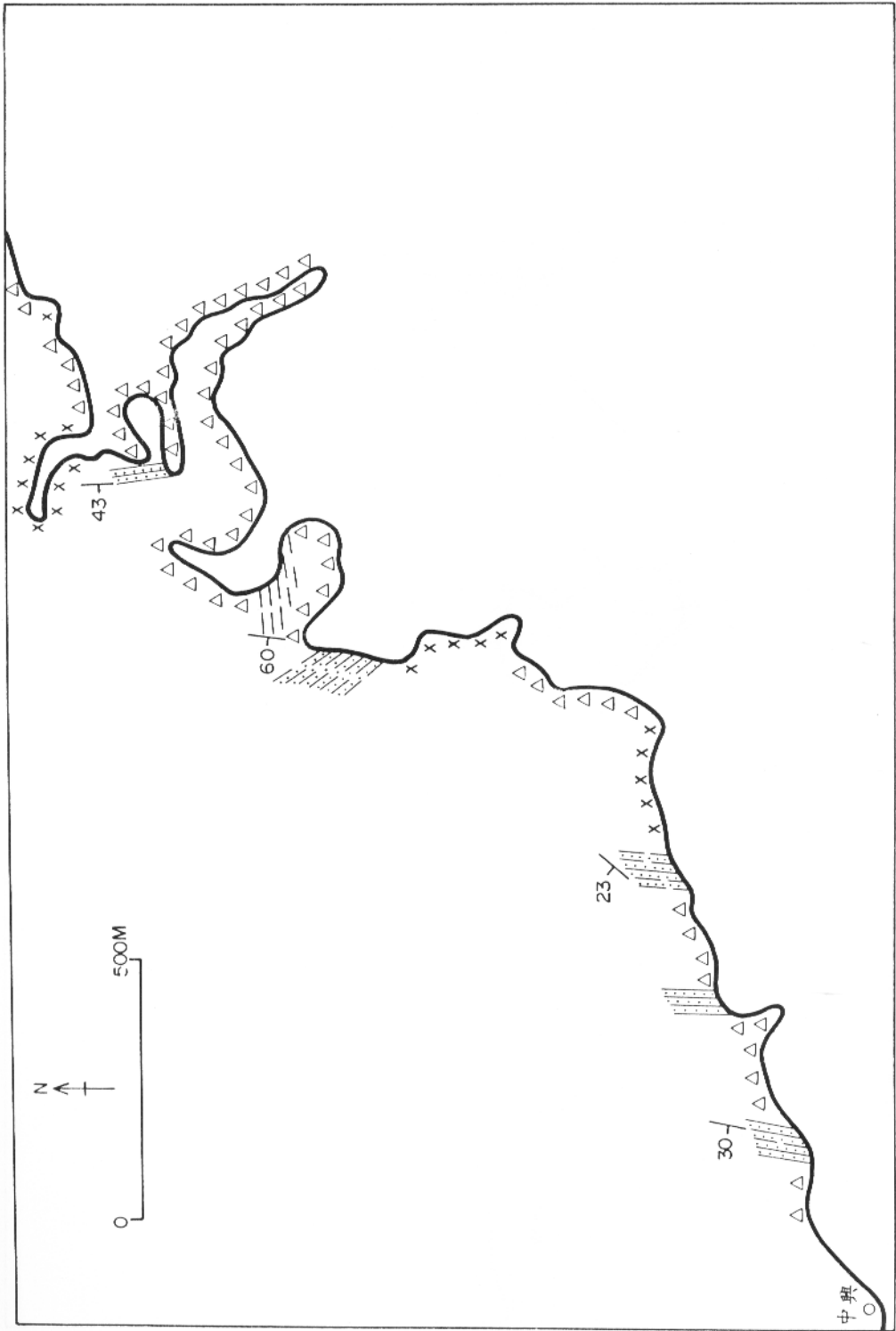
已改善或較平整步道



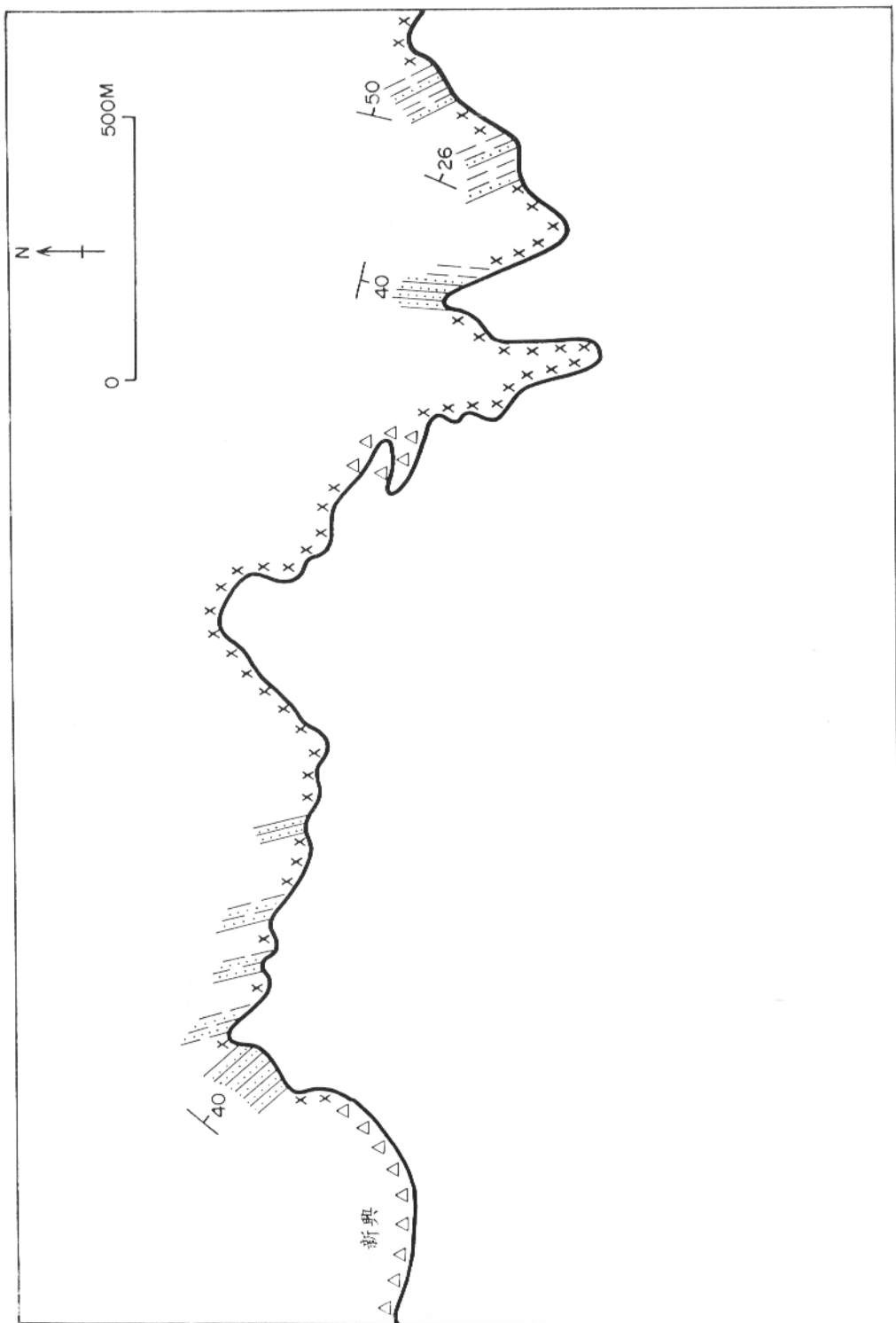
崎嶇或局部沖蝕步道



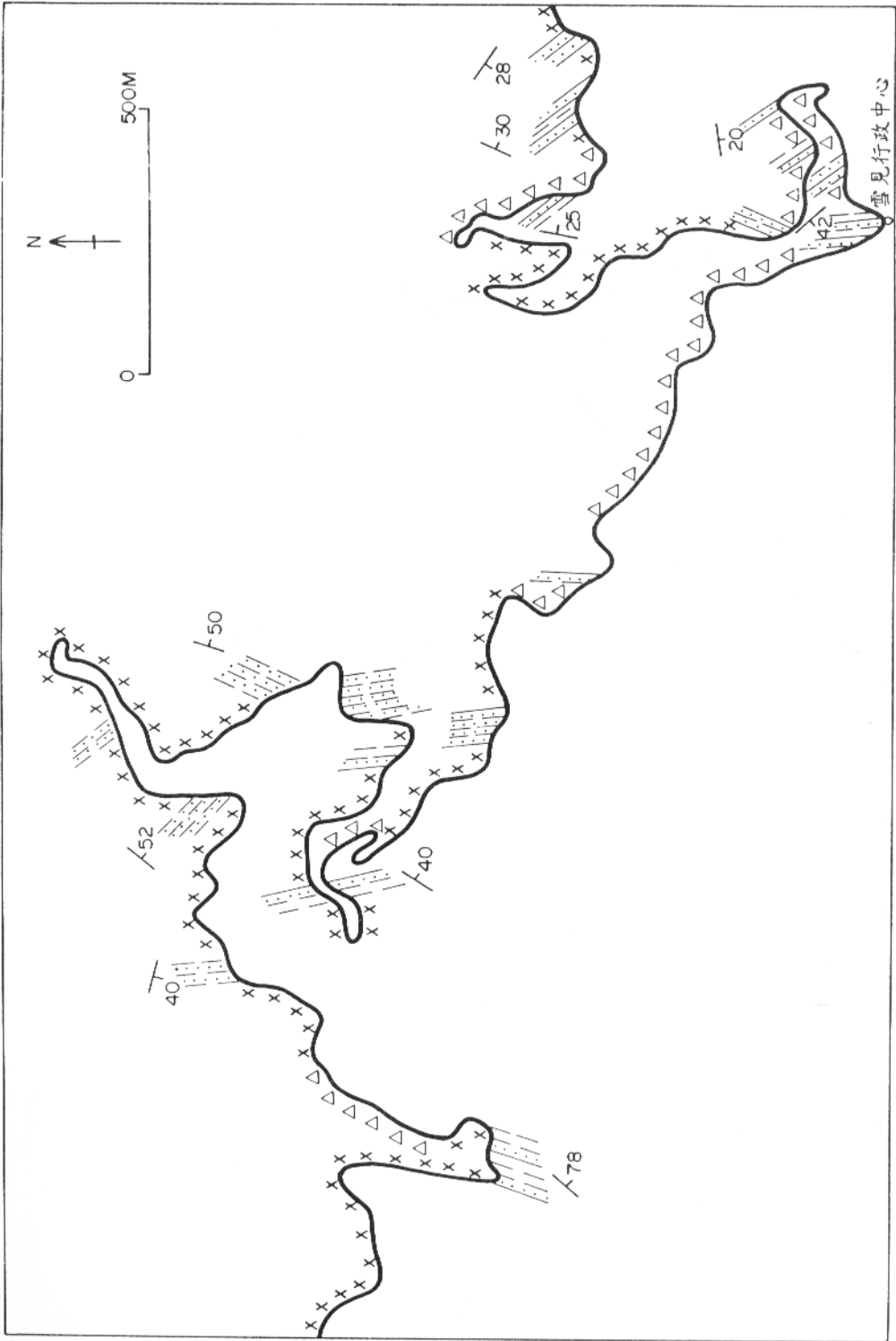
碎石坡或有落石之步道



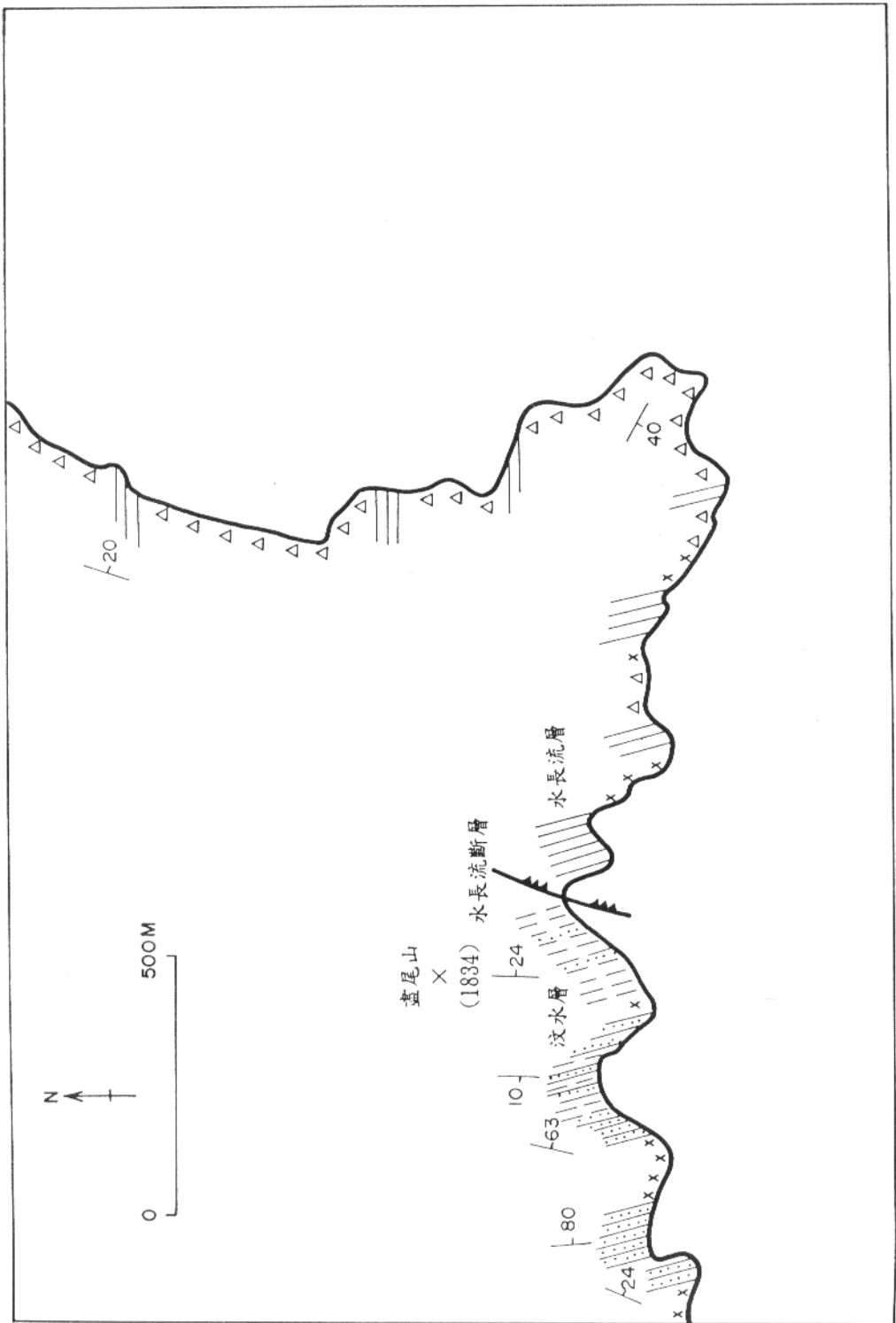
圖A-1雪見地區林道沿線地質圖 (A8-1)



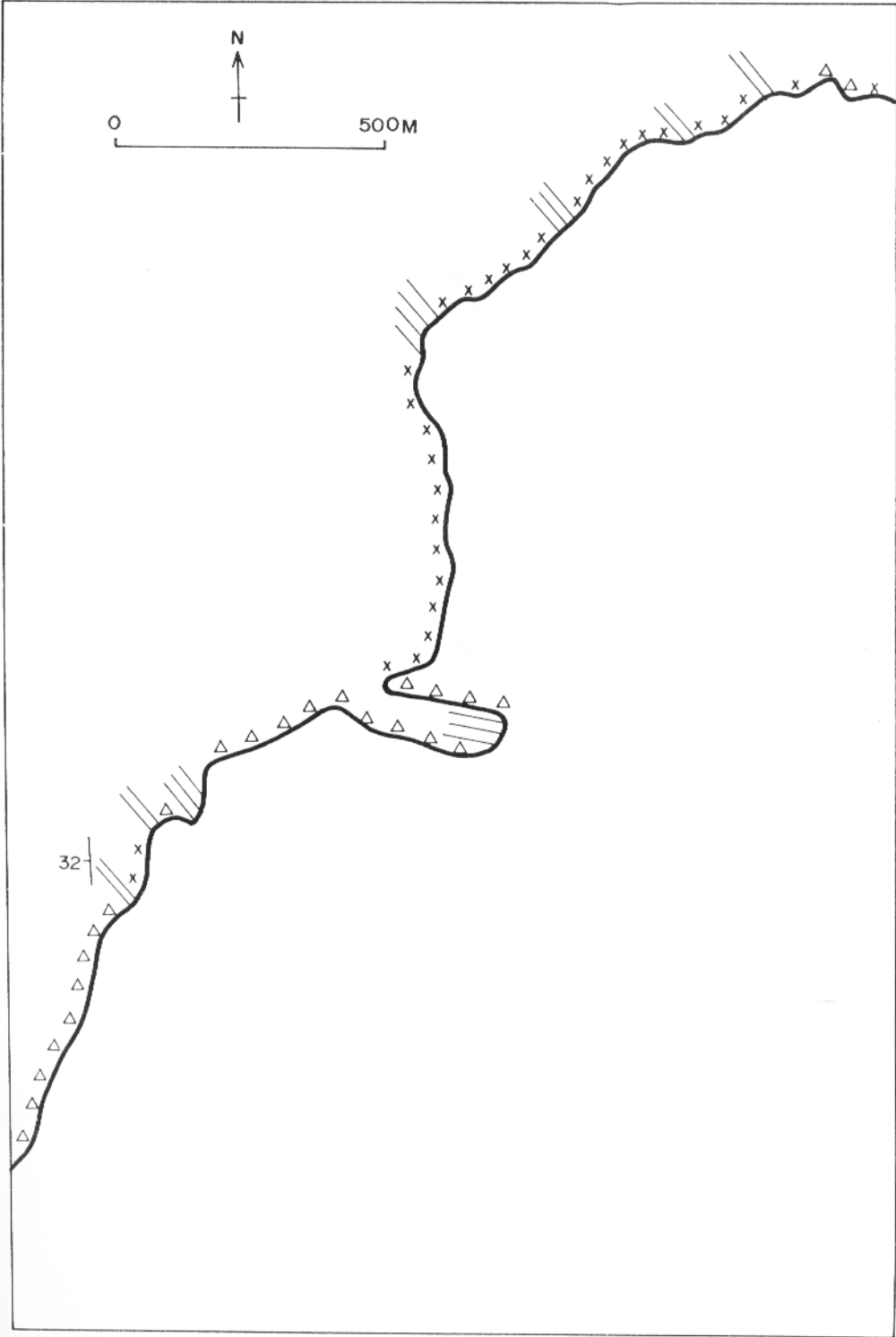
圖A-2雪見地區林道沿線地質圖 (A8-2)



圖A-3雪見地區林道沿線地質圖 (A8-3)



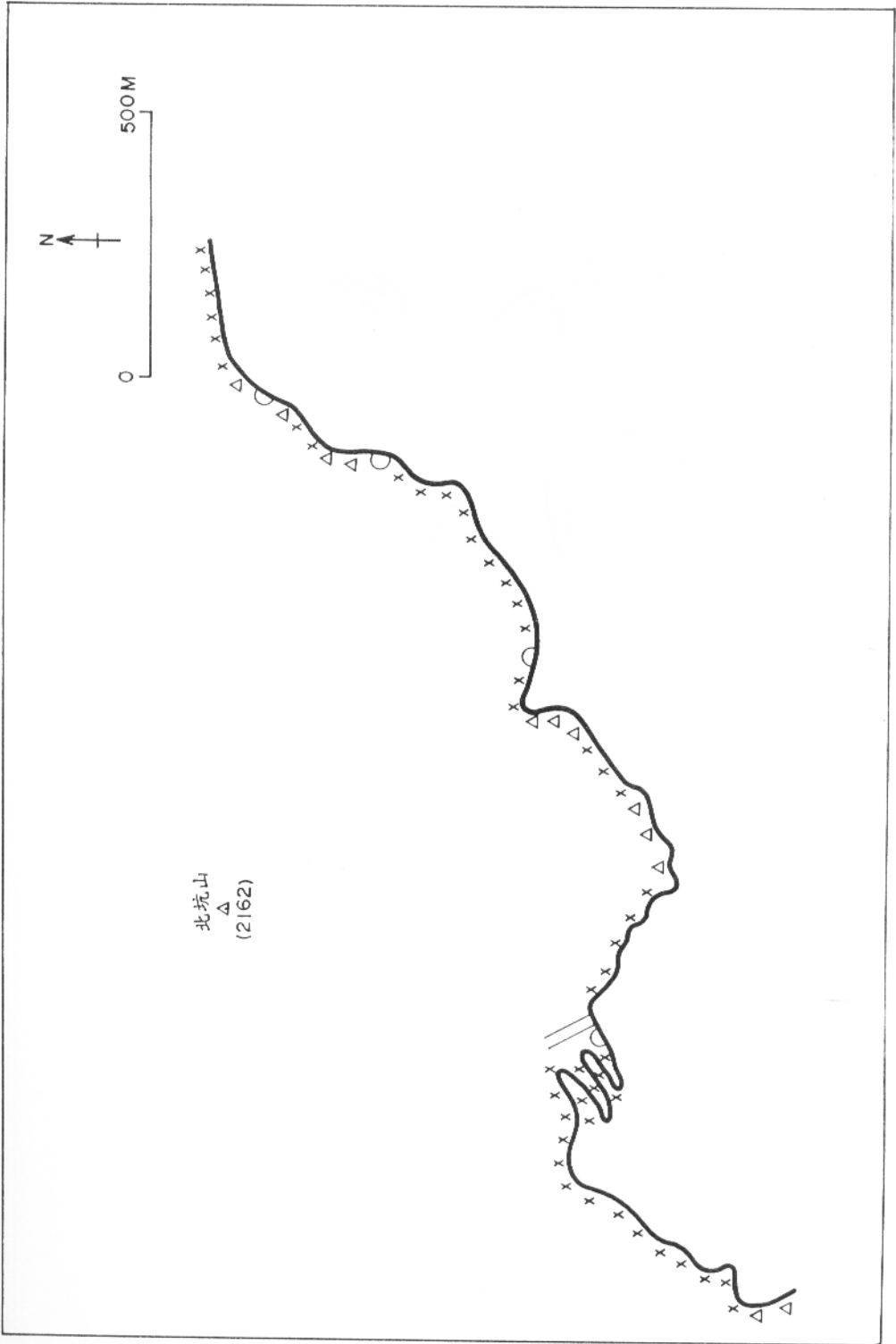
圖A-4雪見地區林道沿線地質圖 (A8-4)



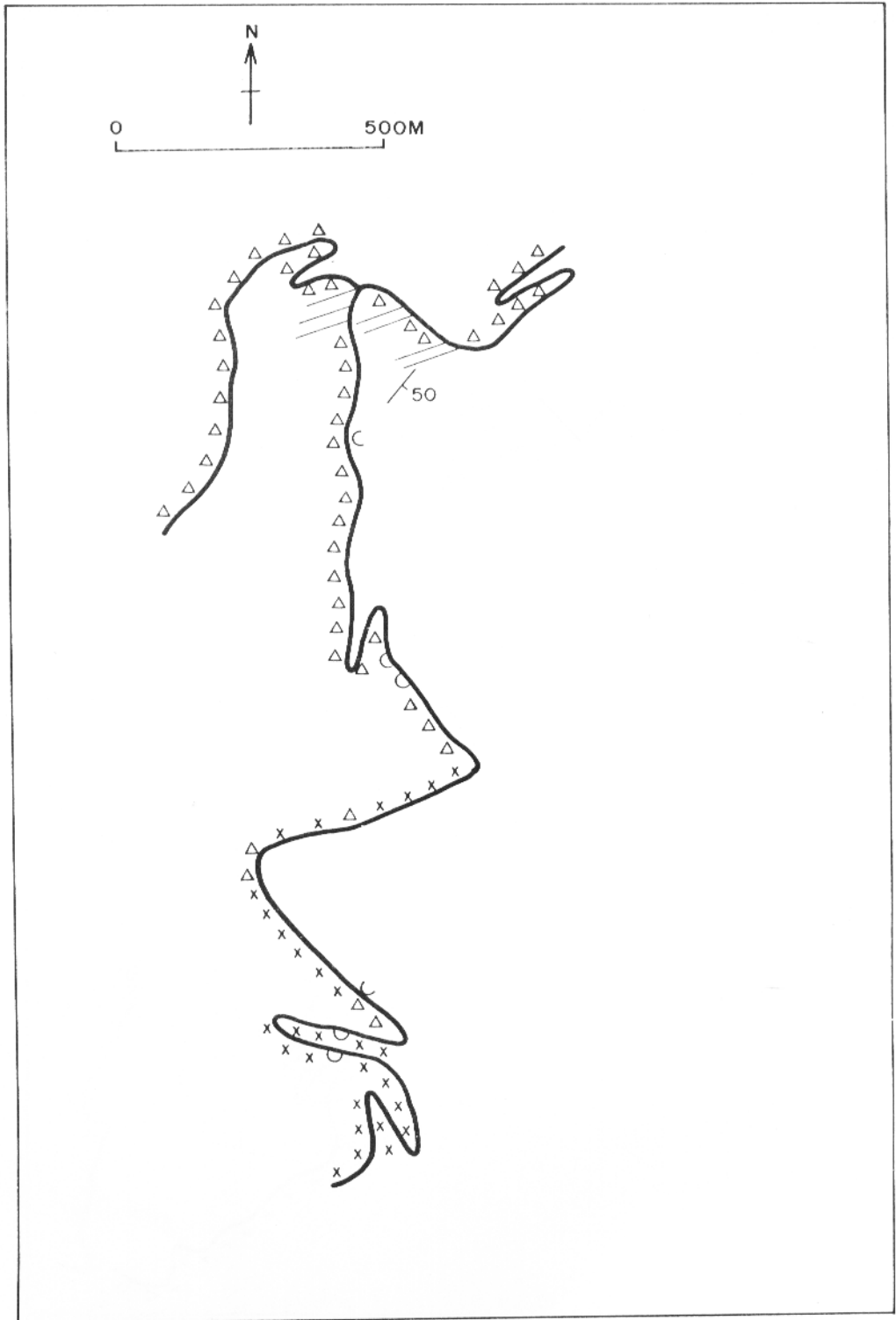
圖A-5雪見地區林道沿線地質圖 (A8-5)



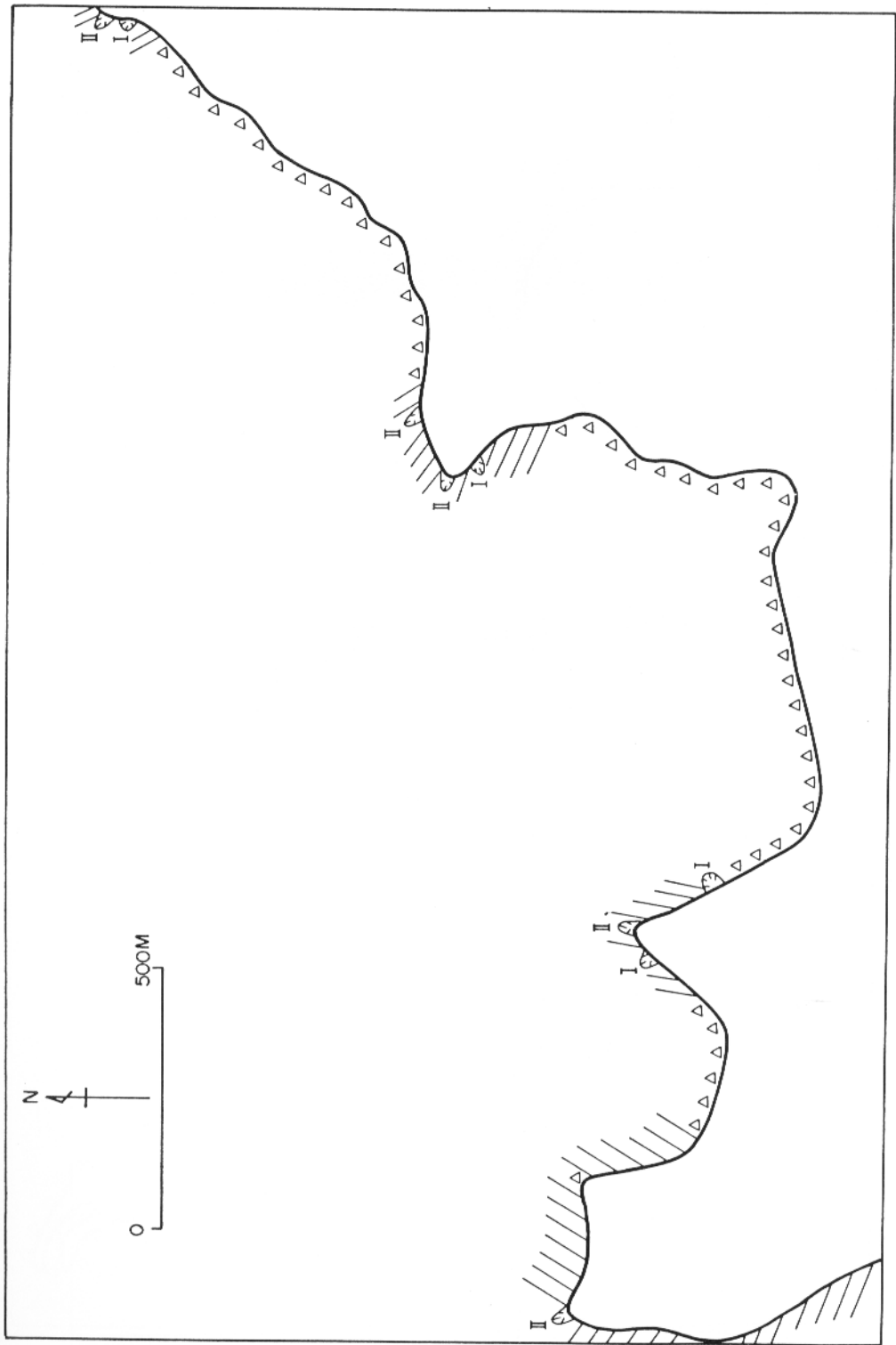
圖A-6雪見地區林道沿線地質圖 (A8-6)



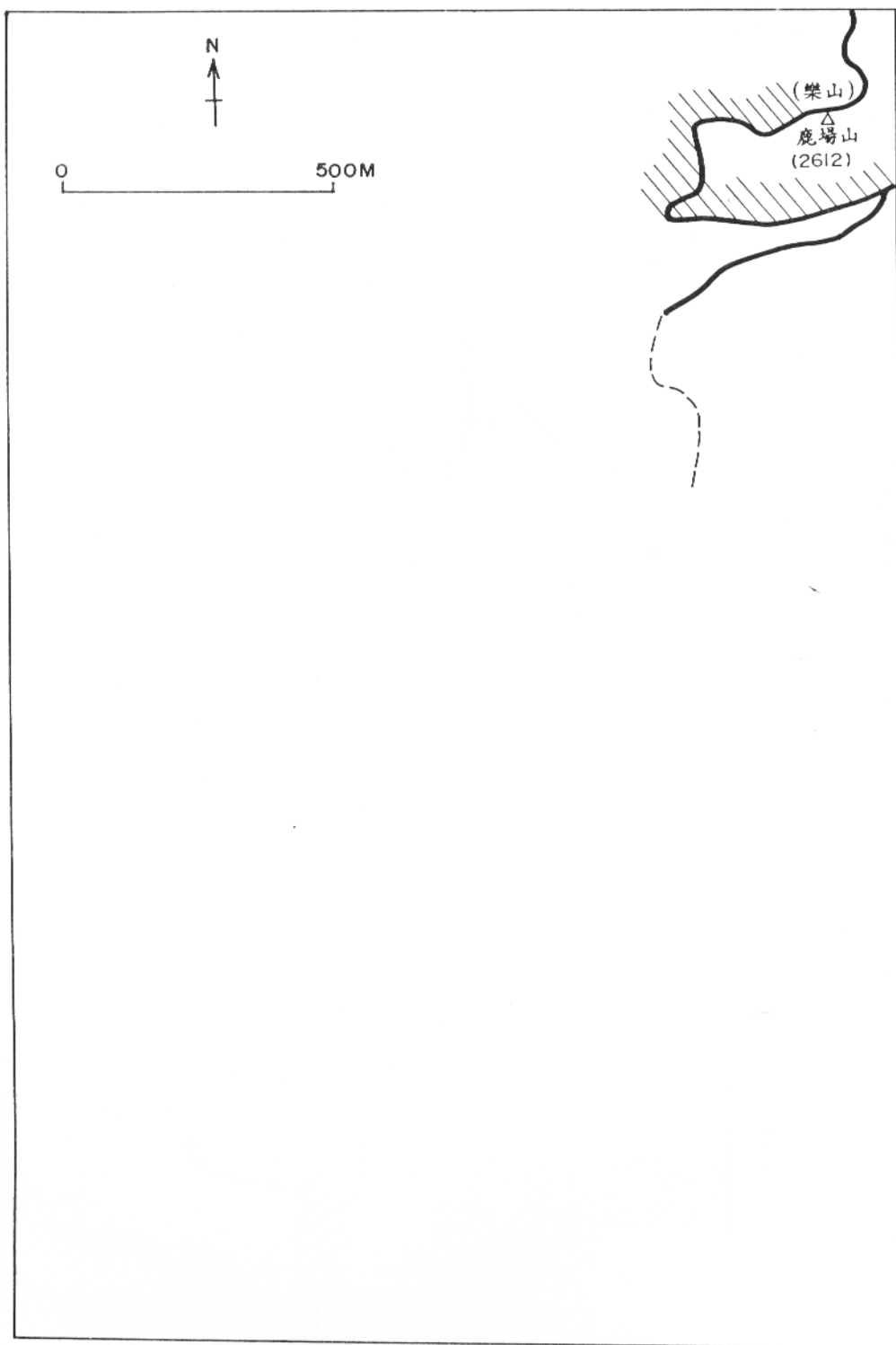
圖A-7雪見地區林道沿線地質圖 (A8-7)



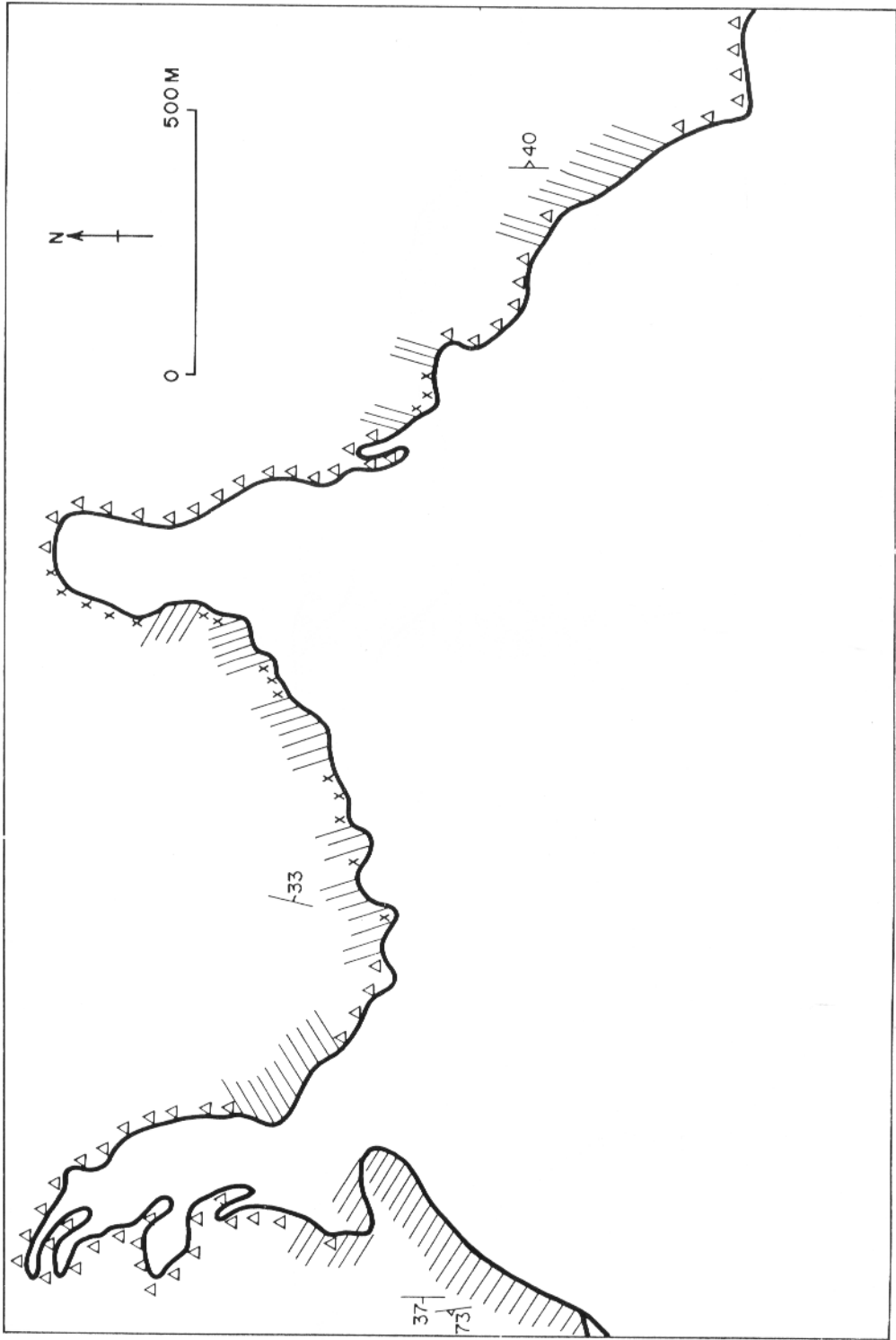
圖A-8雪見地區林道沿線地質圖 (A8-8)



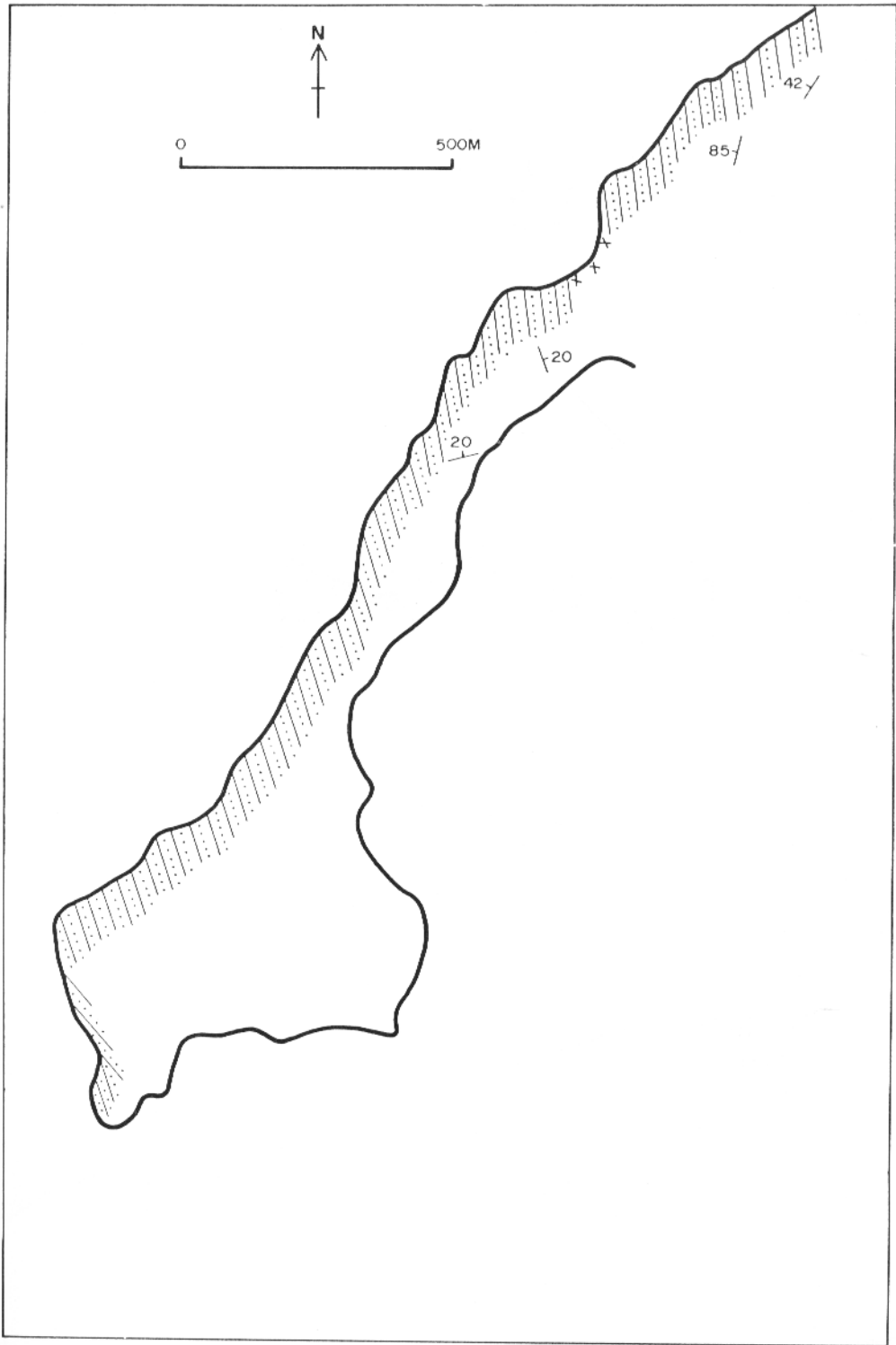
圖B-1觀霧地區林道及步道沿線地質圖 (B15-1)



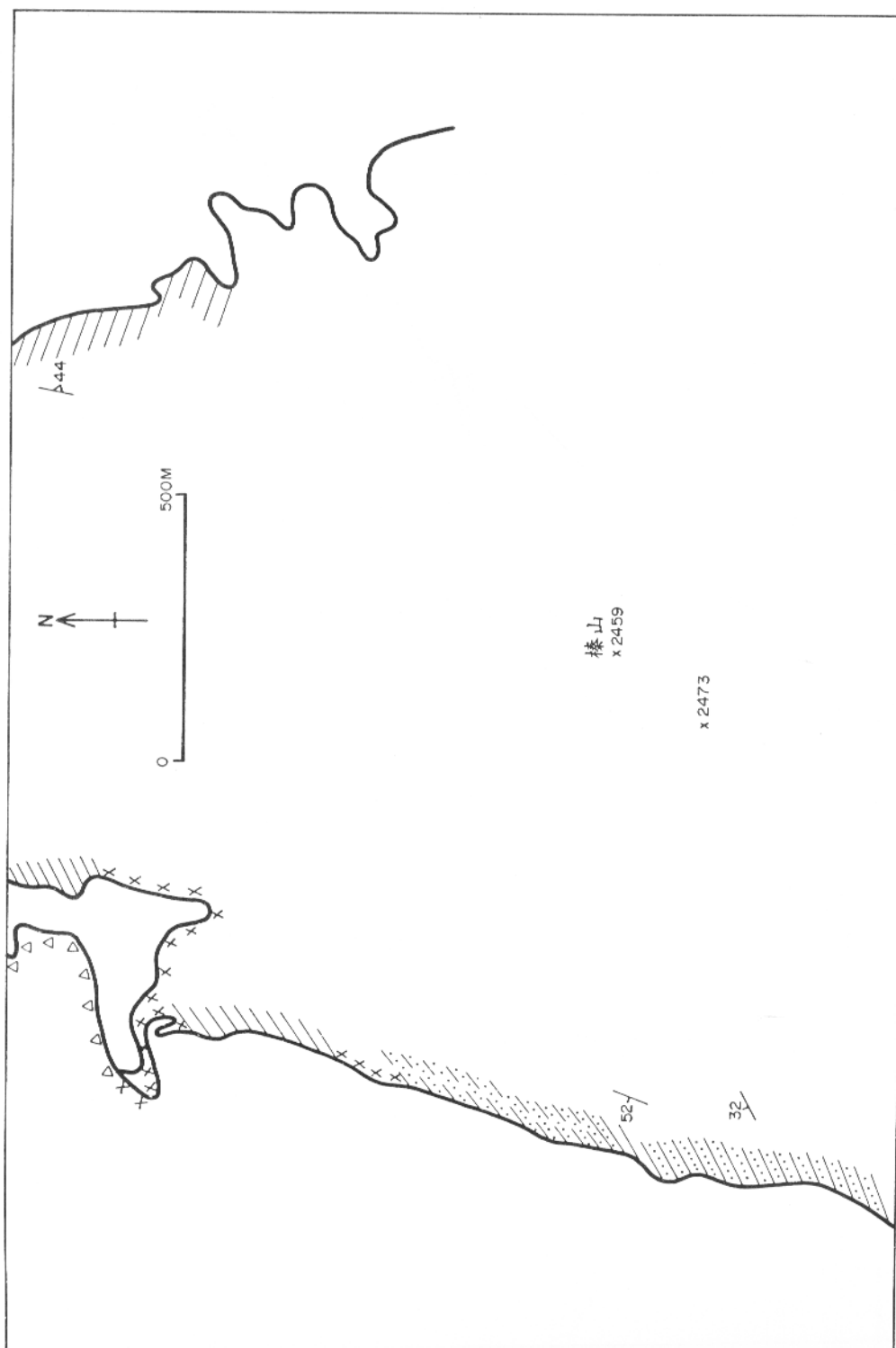
圖B-2觀霧地區林道及步道沿線地質圖 (B15-2)



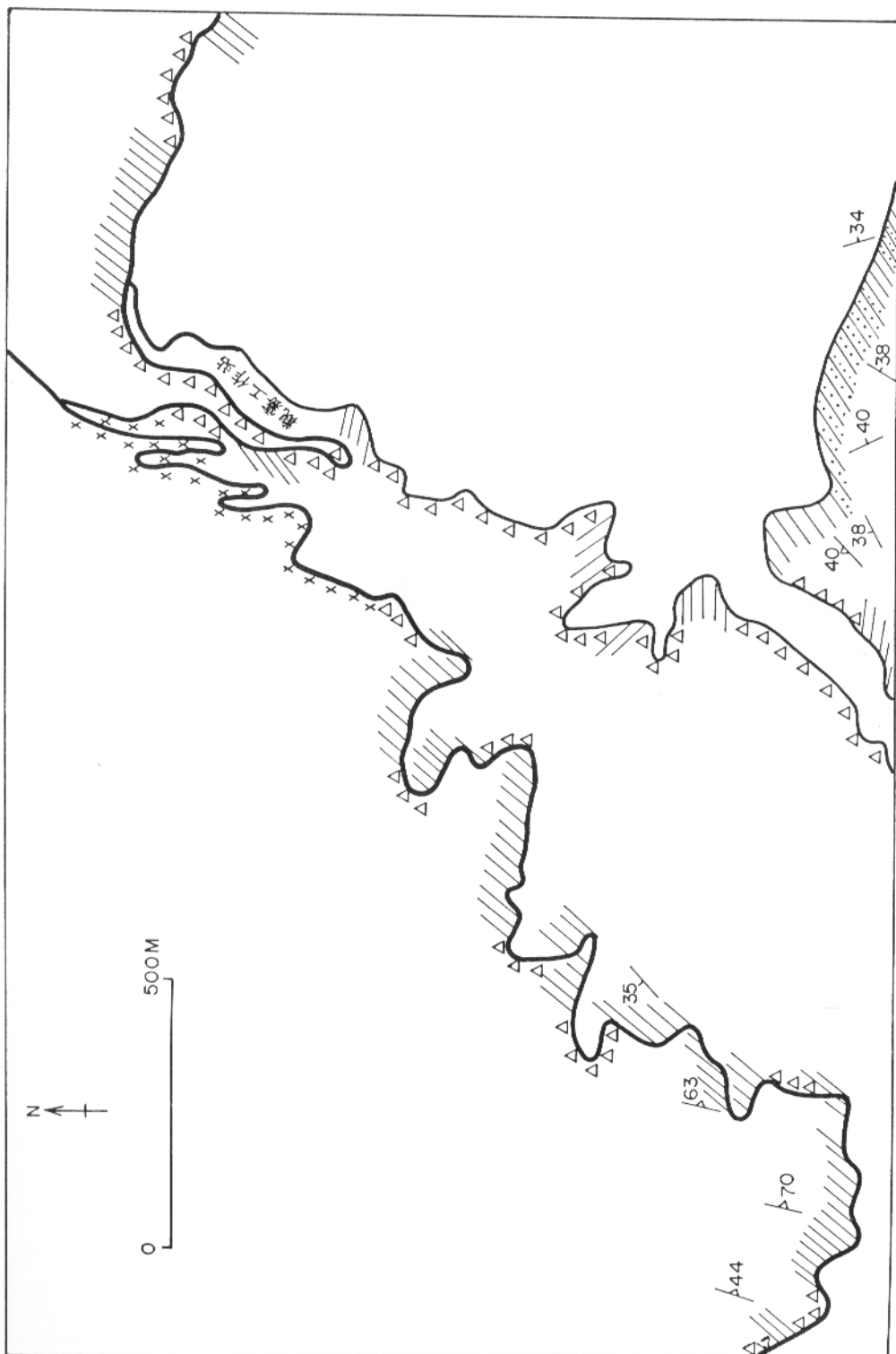
圖B-3觀霧地區林道及步道沿線地質圖 (B15-3)



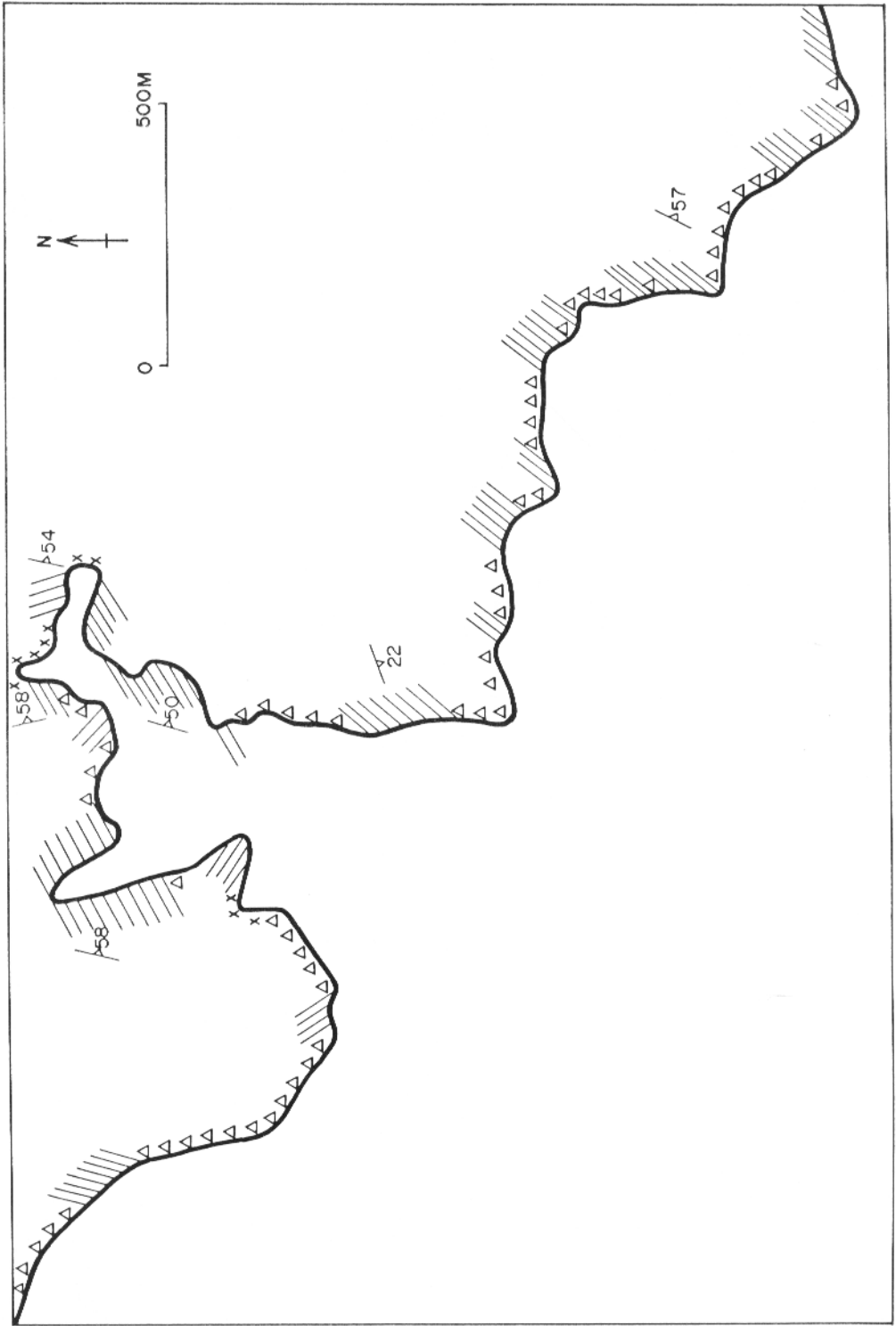
圖B-5觀霧地區林道及步道沿線地質圖 (B15-5)



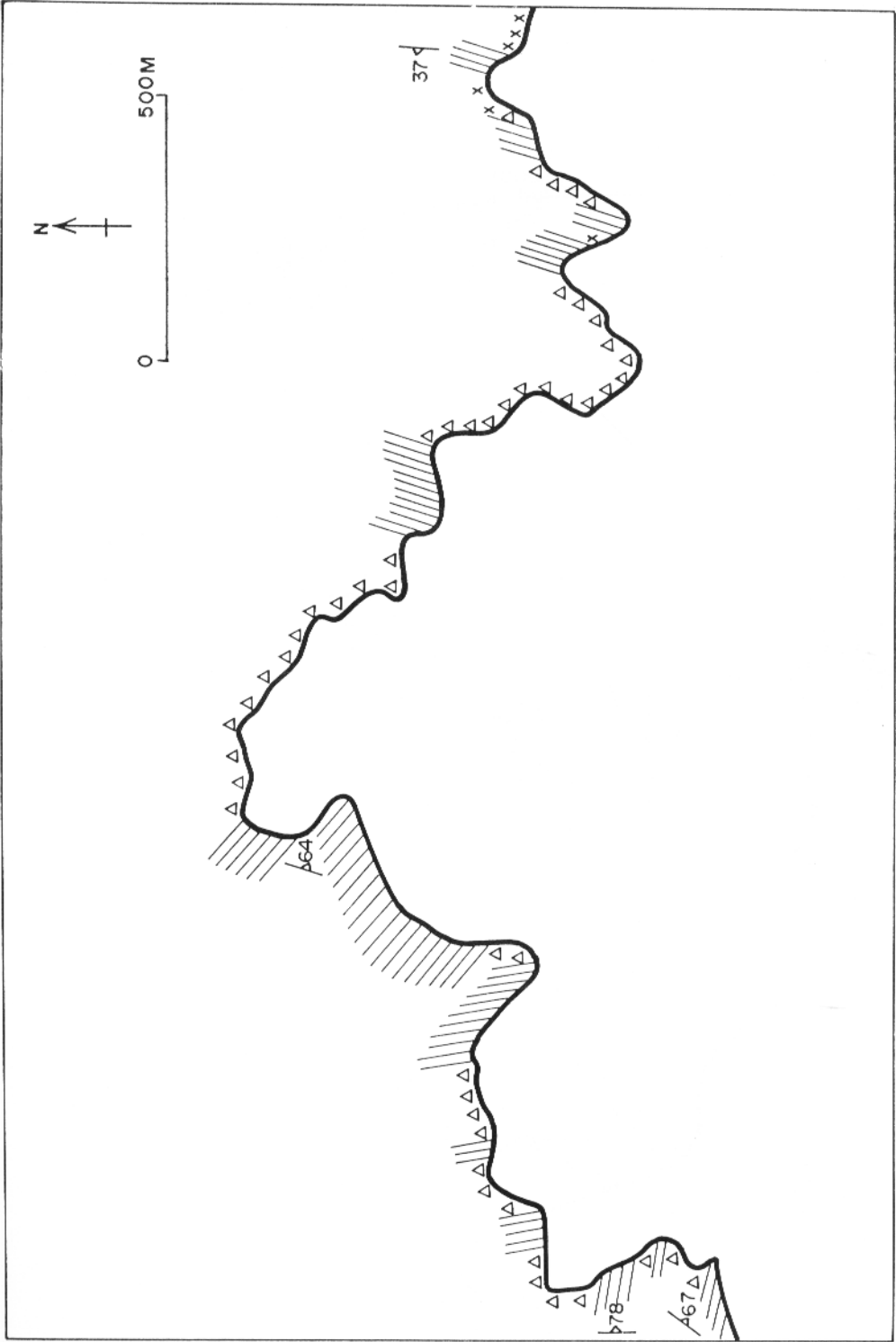
圖B-6觀霧地區林道及步道沿線地質圖 (B15-6)



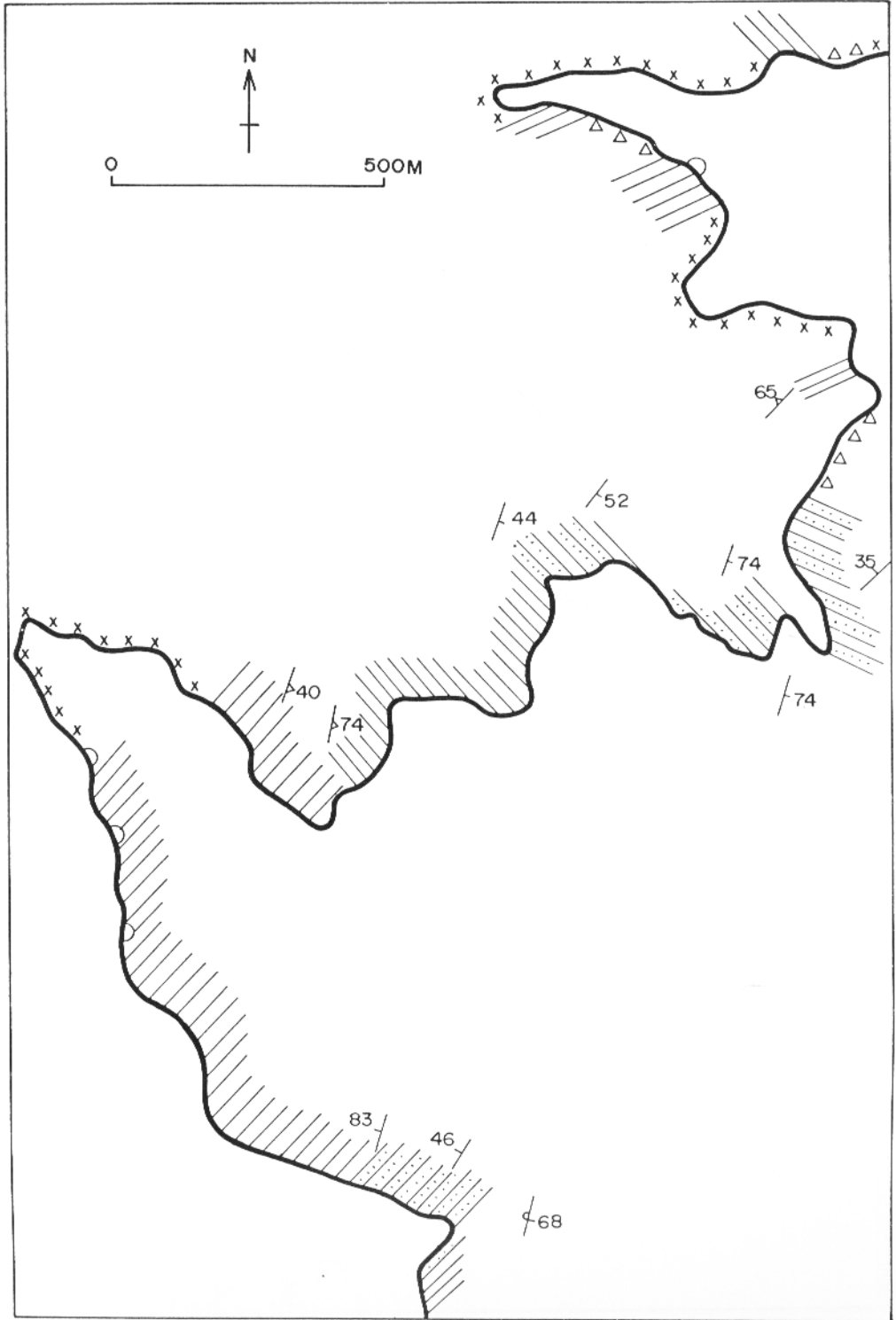
圖B-7觀霧地區林道及步道沿線地質圖 (B15-7)



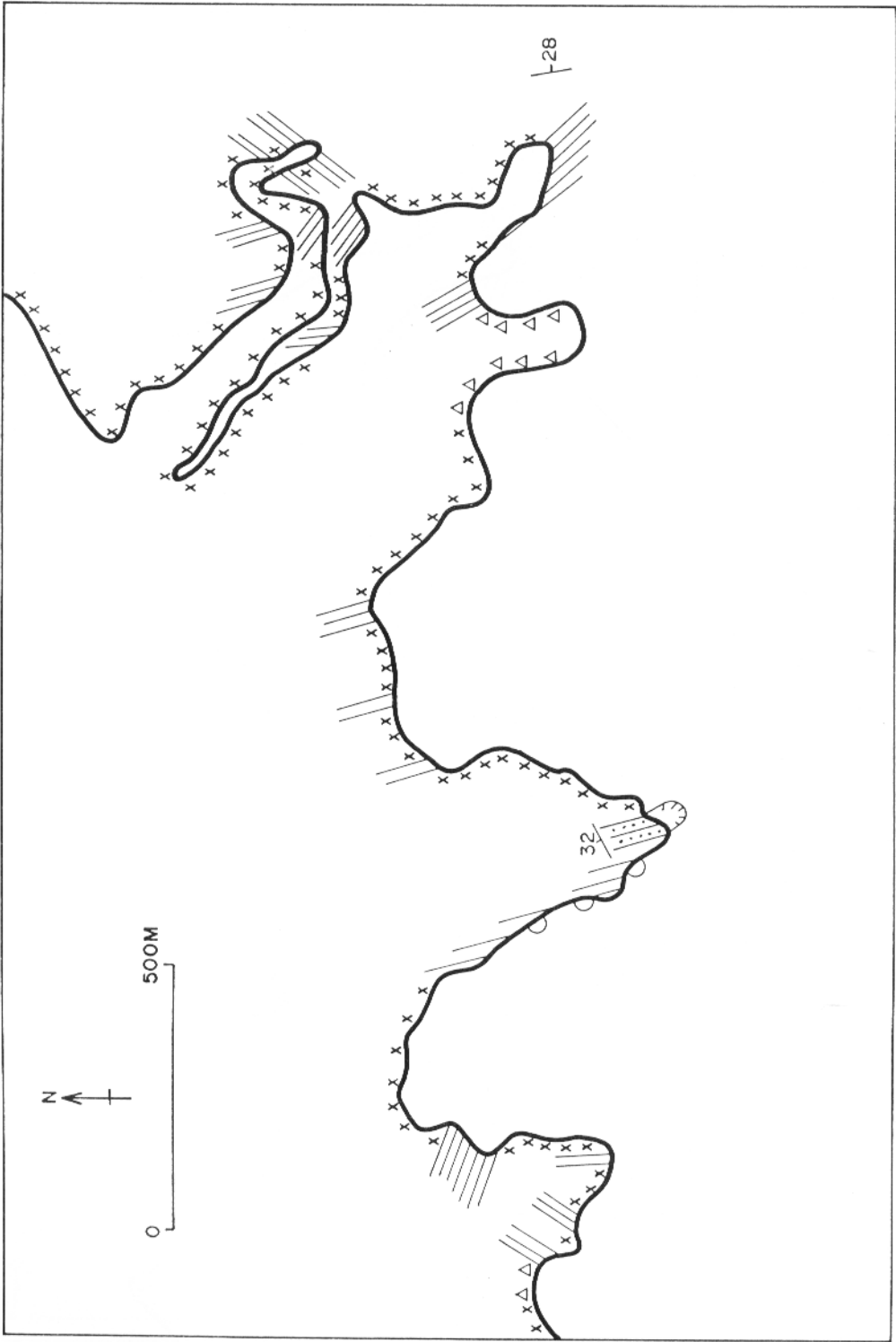
圖B-8觀霧地區林道及步道沿線地質圖 (B15-8)



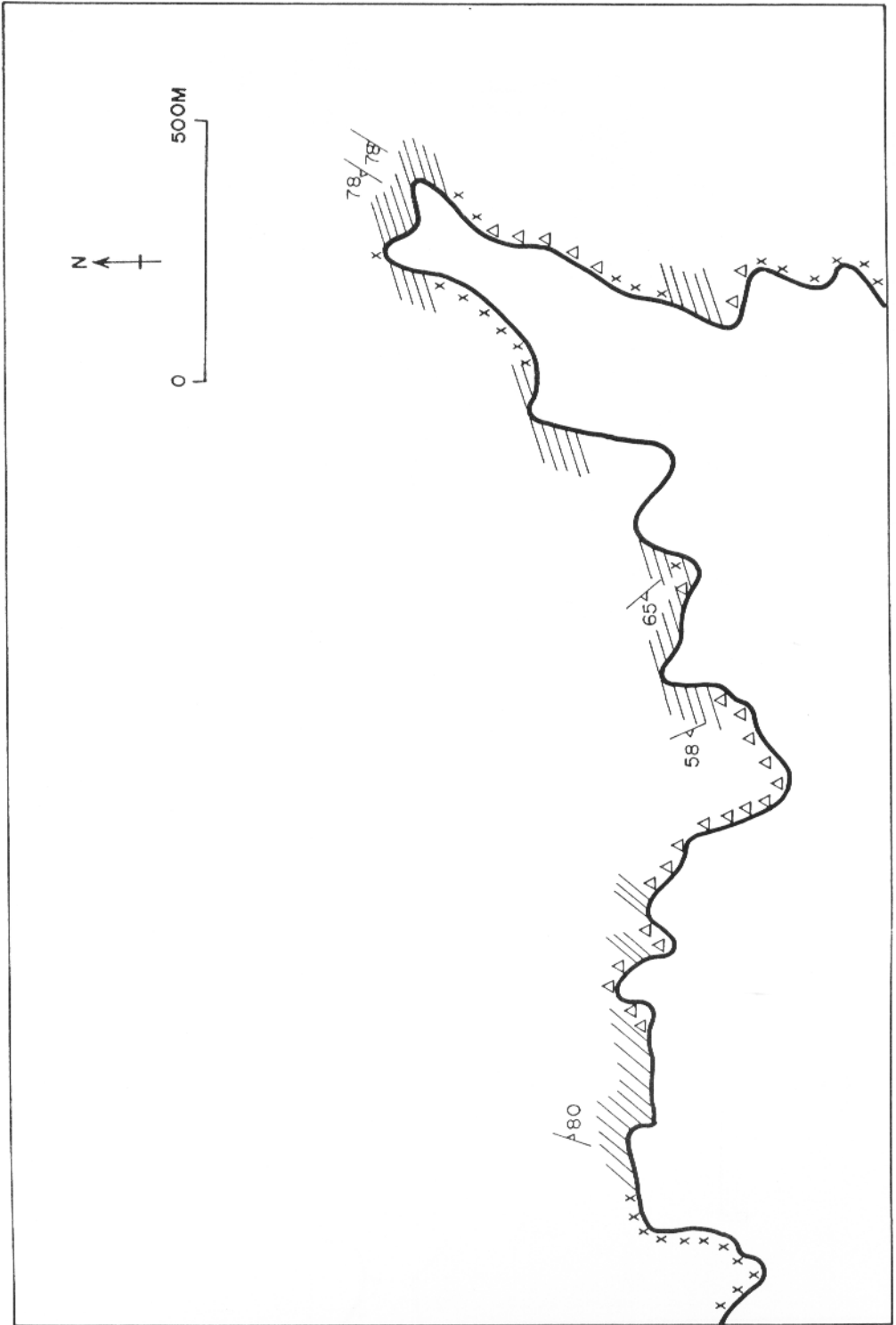
圖B-9觀霧地區林道及步道沿線地質圖 (B15-9)



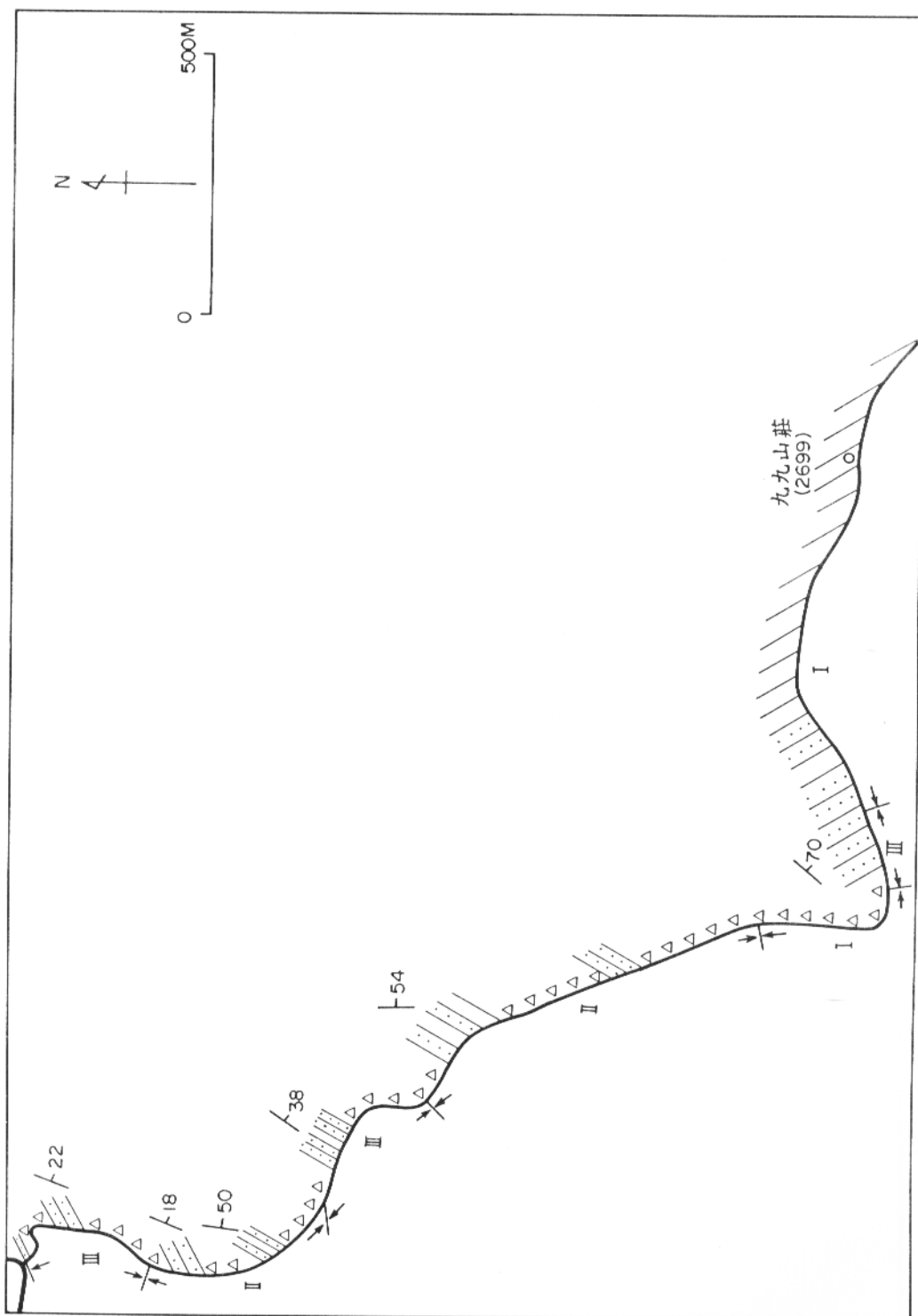
圖B-10觀霧地區林道及步道沿線地質圖 (B15-10)



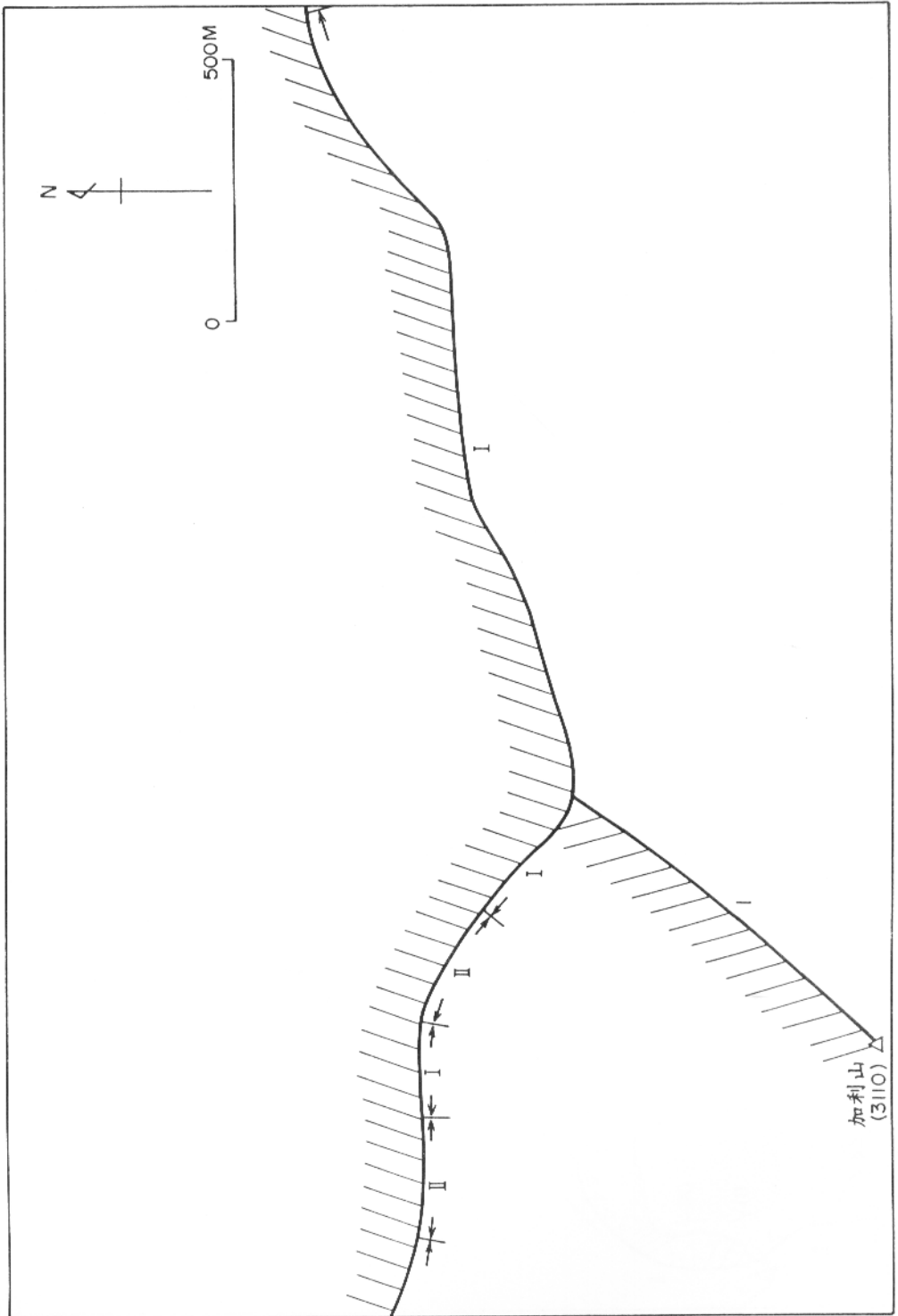
圖B-11觀霧地區林道及步道沿線地質圖 (B15-11)



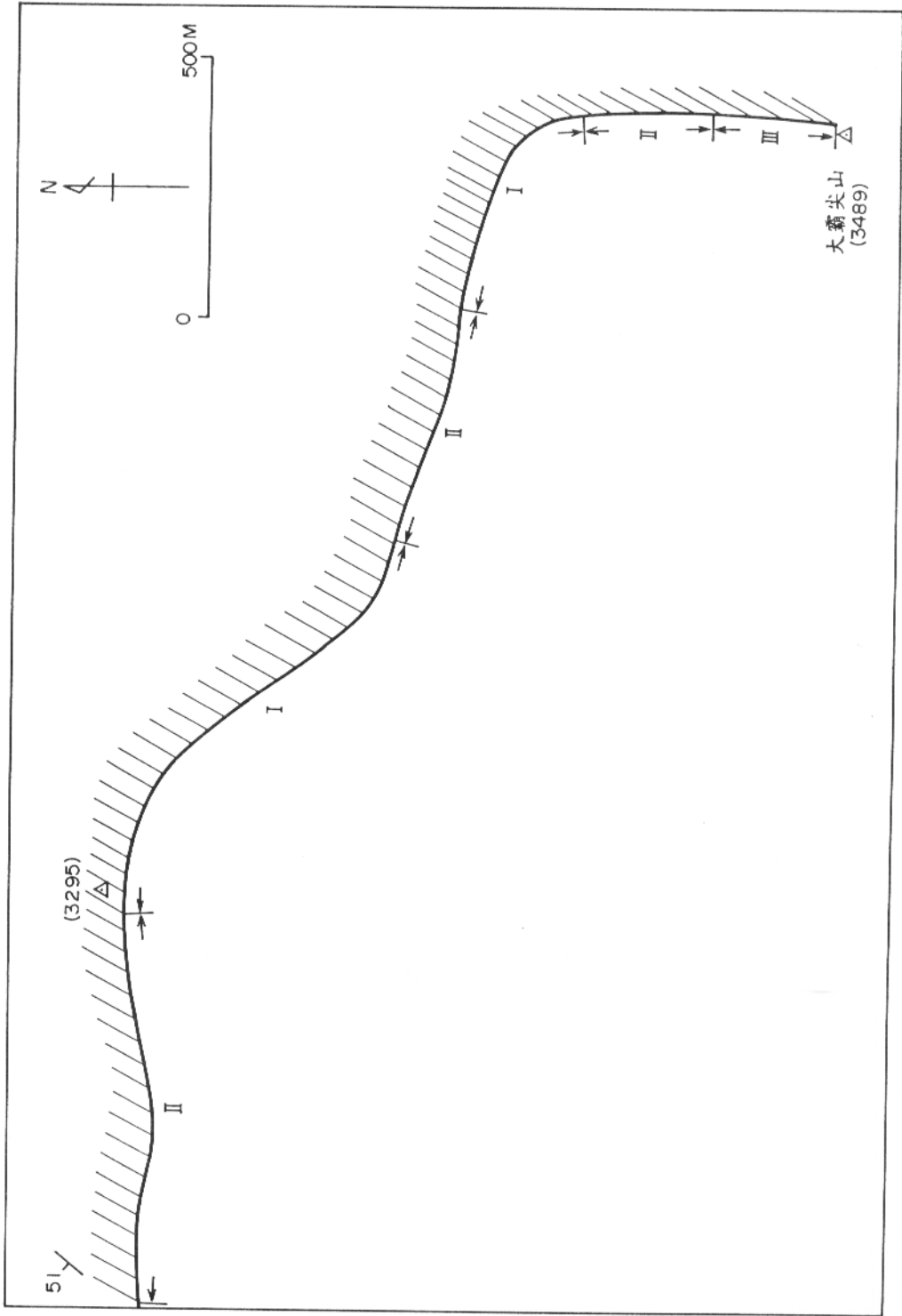
圖B-12觀霧地區林道及步道沿線地質圖 (B15-12)



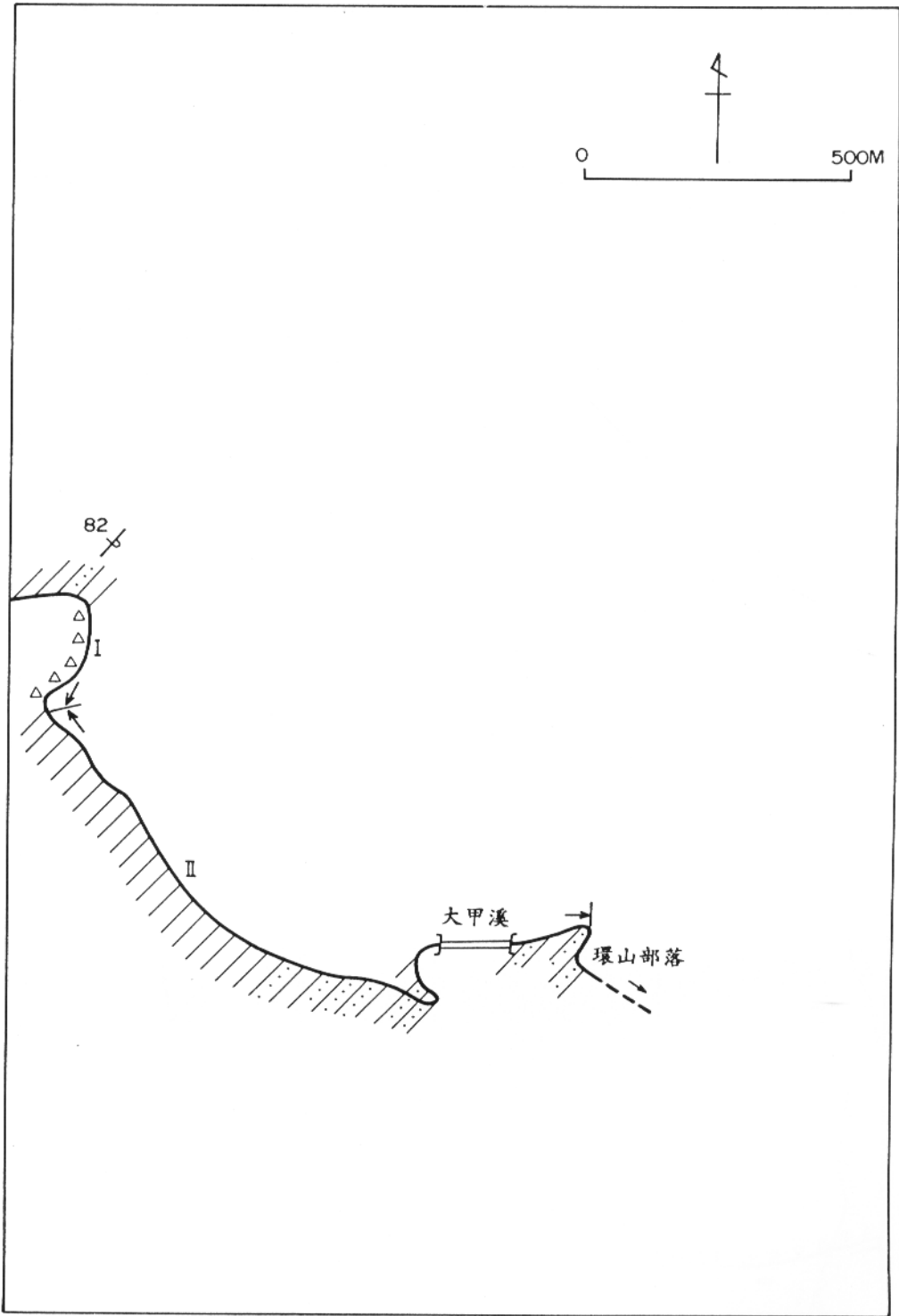
圖B-13觀霧地區林道及步道沿線地質圖 (B15-13)



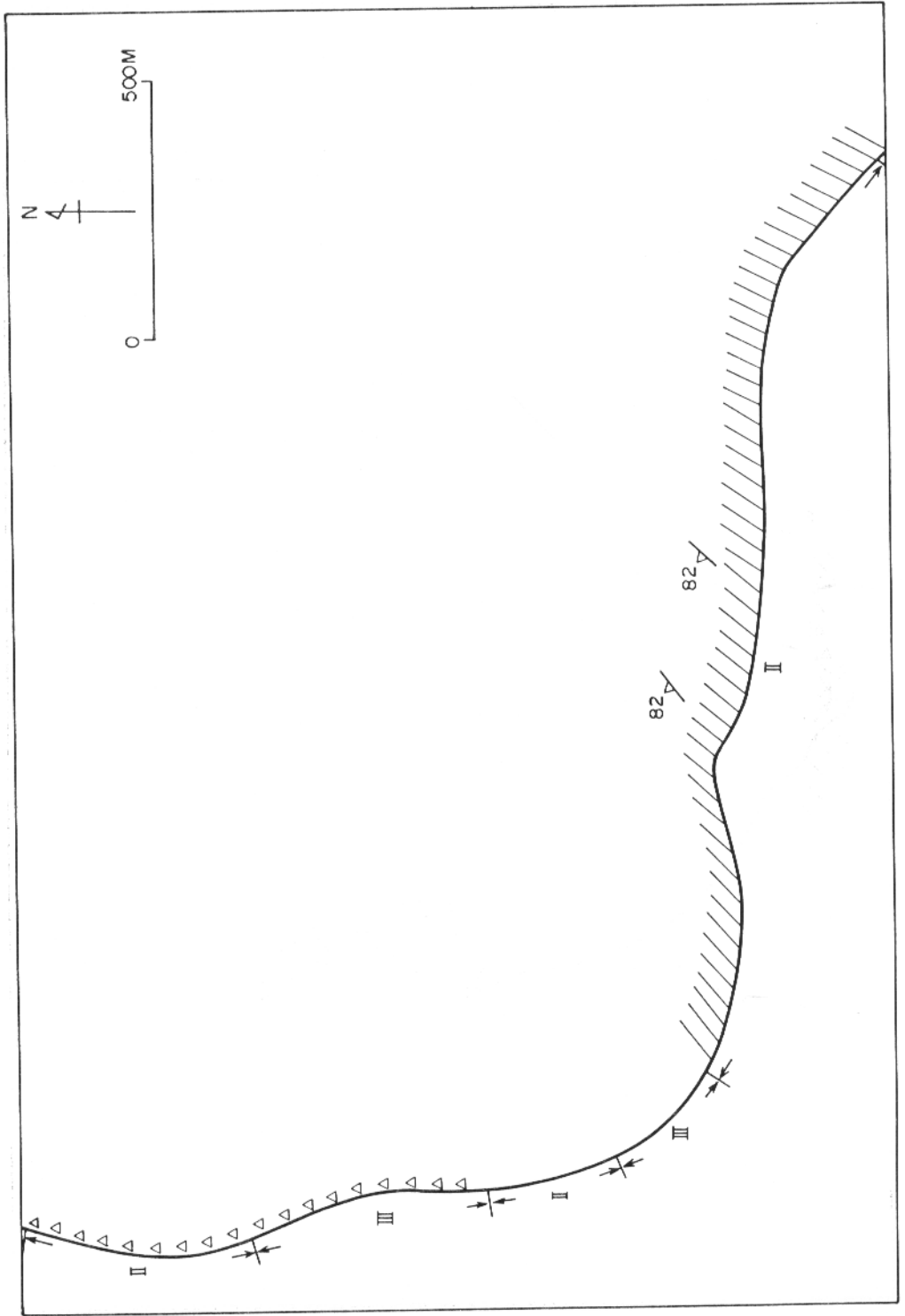
圖B-14觀霧地區林道及步道沿線地質圖 (B15-14)



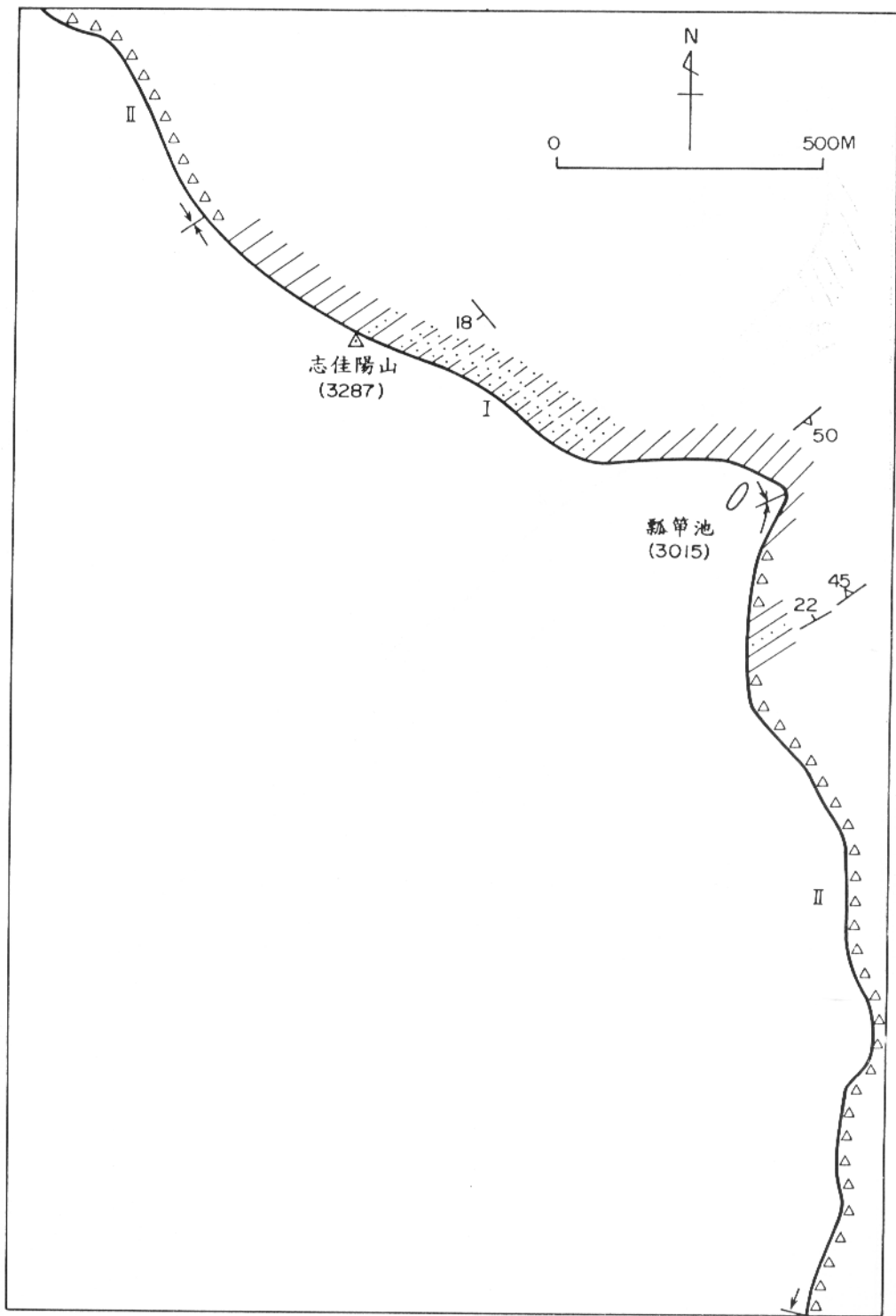
圖B-15觀霧地區林道及步道沿線地質圖 (B15-15)



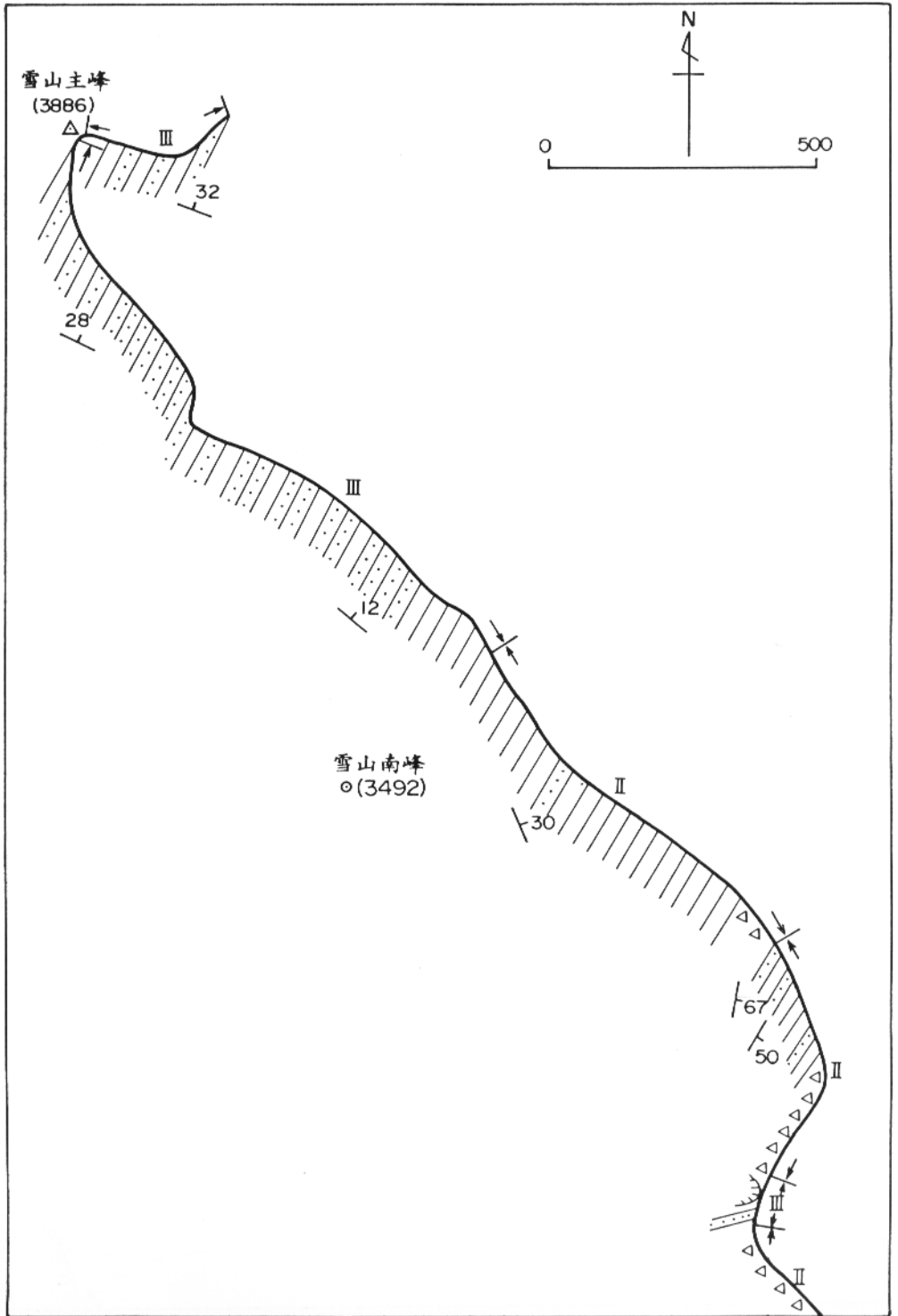
圖C-1武陵地區步道沿線地質圖 (C11-1)



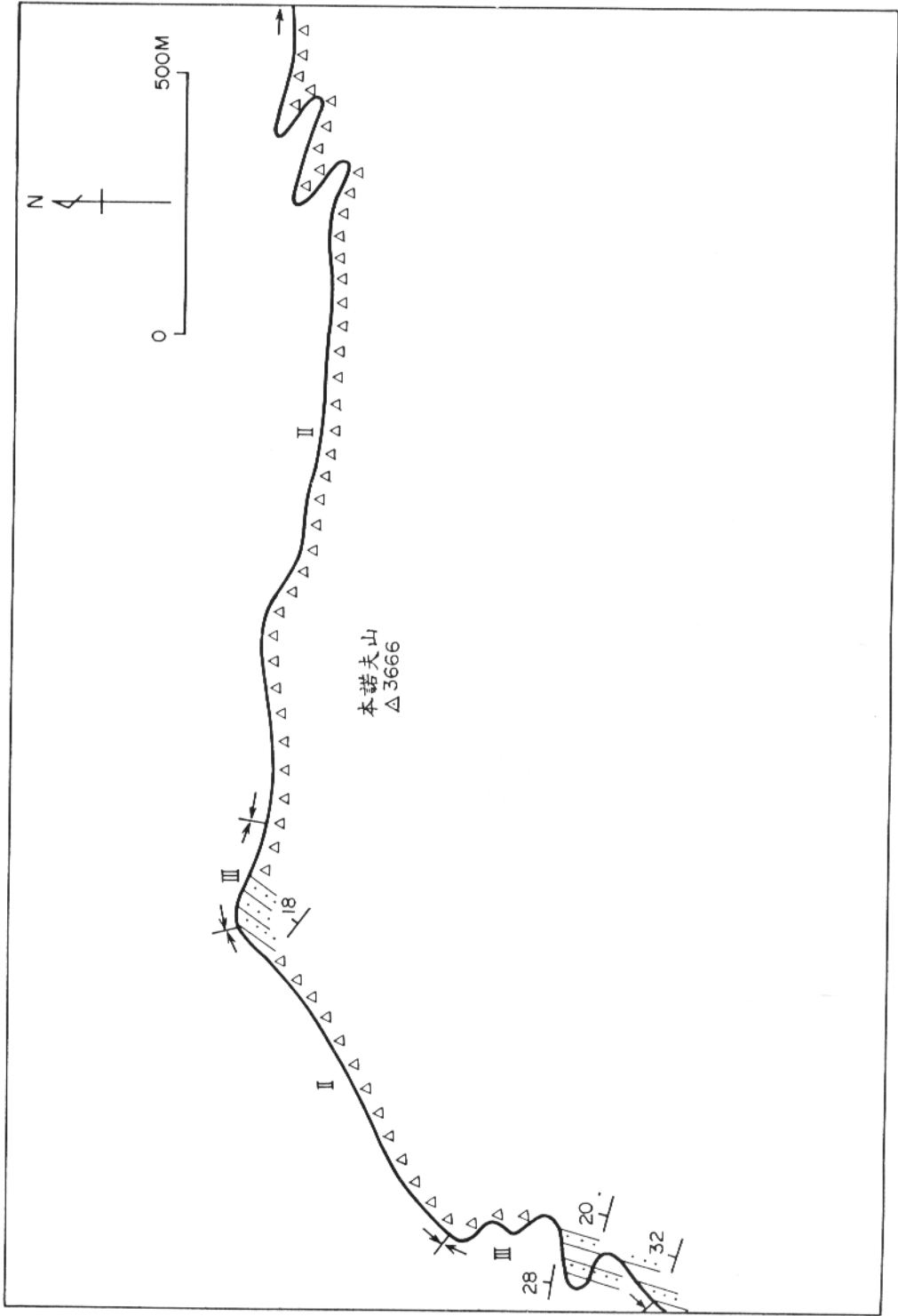
圖C-2武陵地區步道沿線地質圖 (C11-2)



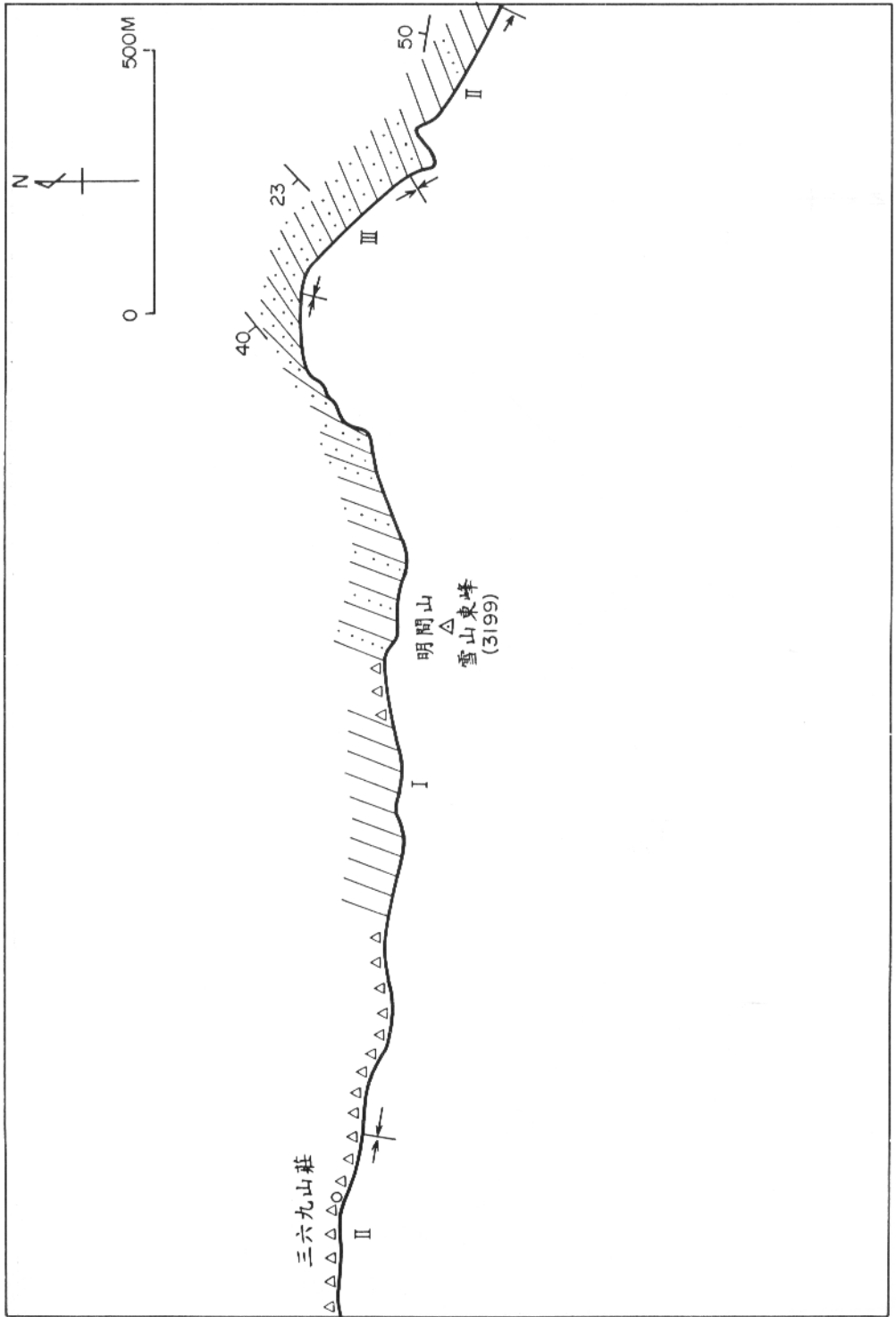
圖C-3武陵地區步道沿線地質圖 (C11-3)



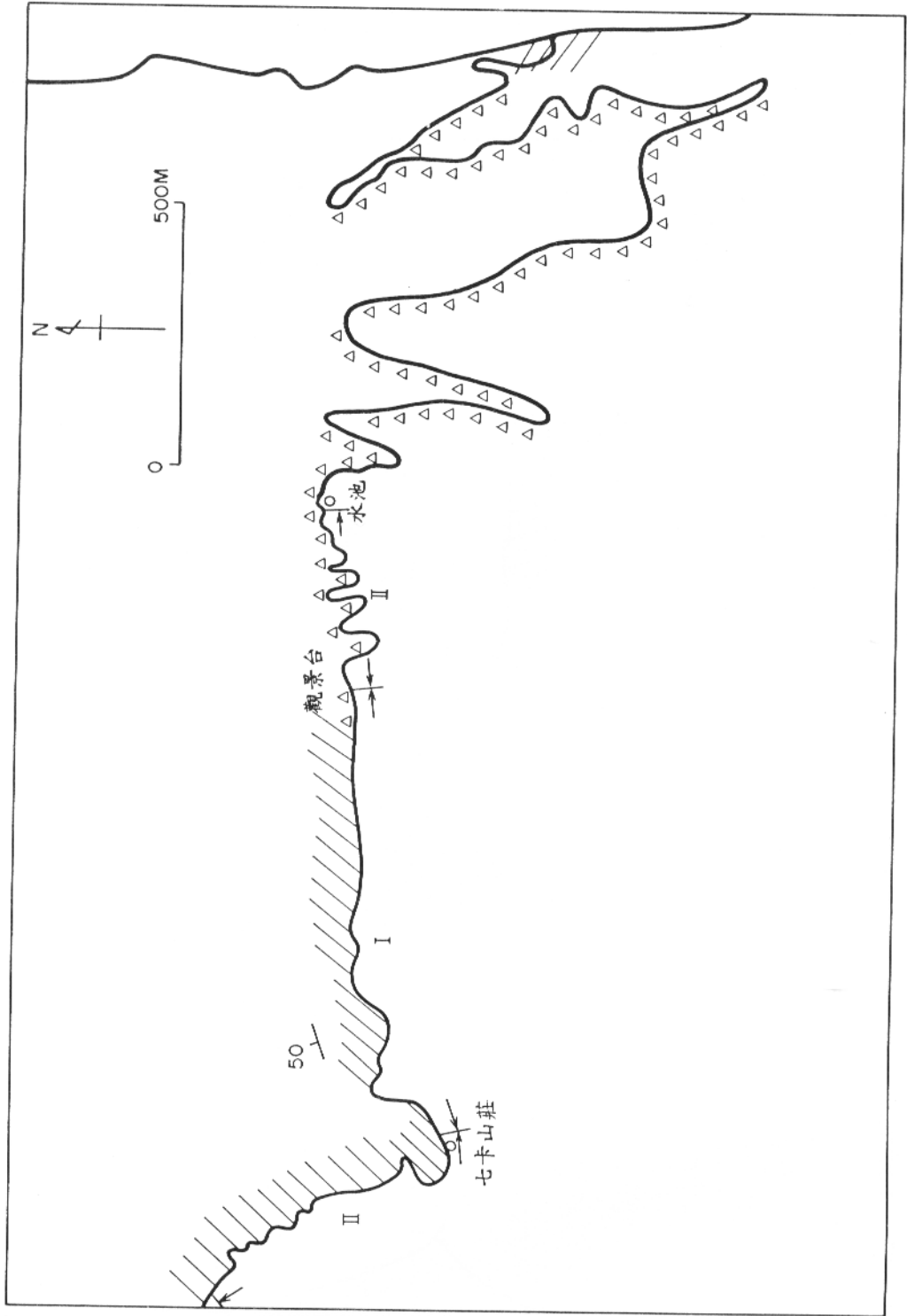
圖C-4武陵地區步道沿線地質圖 (C11-4)



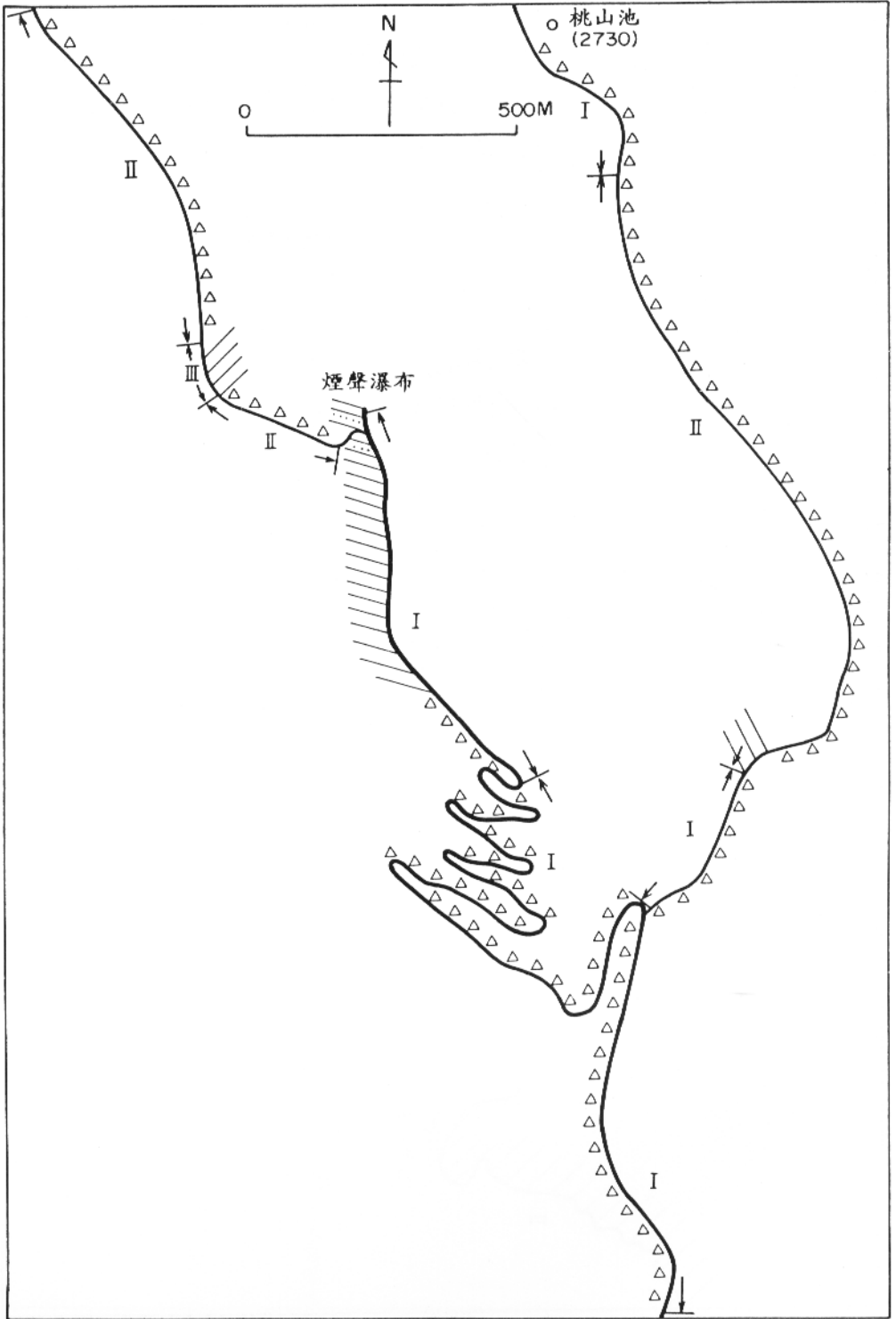
圖C-5武陵地區步道沿線地質圖 (C11-5)



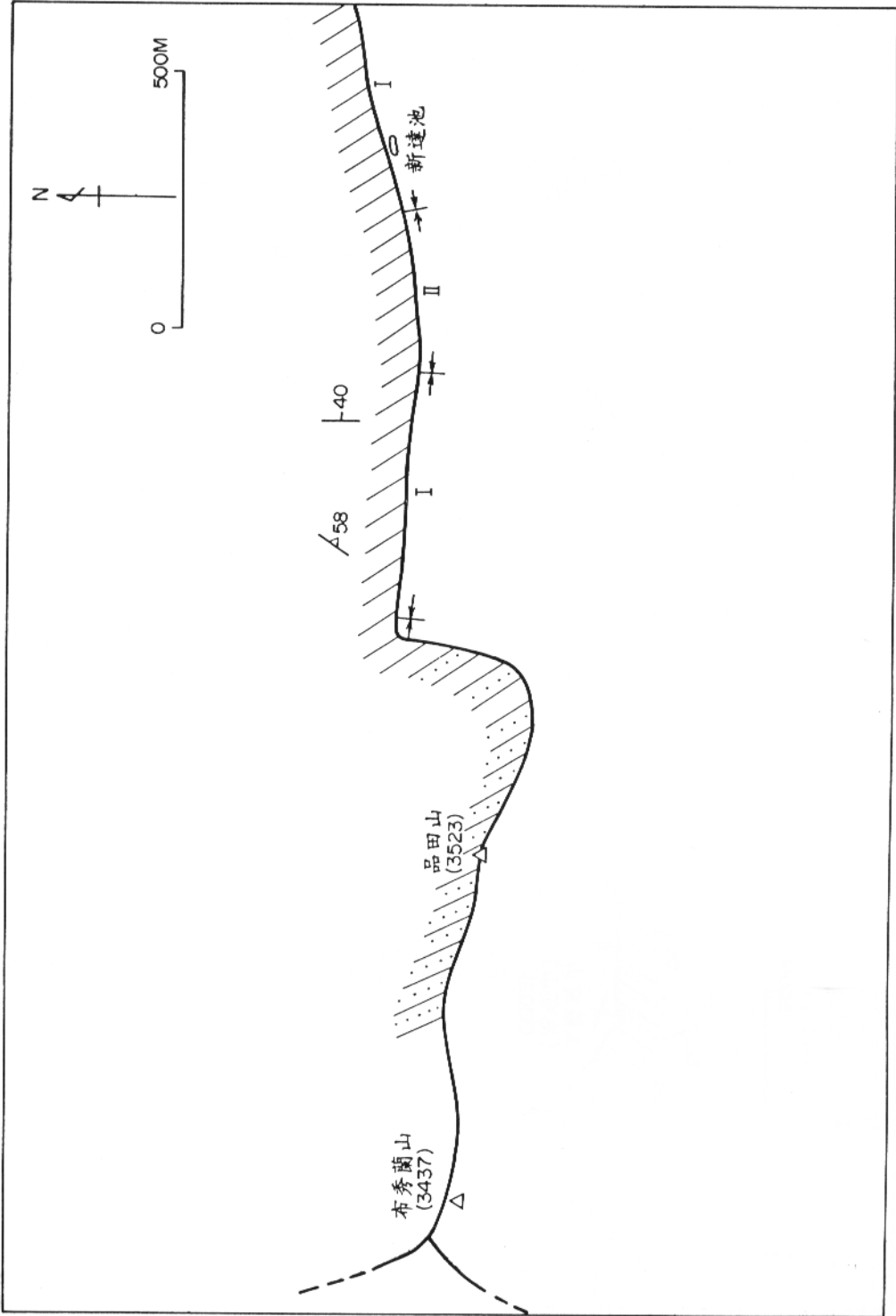
圖C-6武陵地區步道沿線地質圖 (C11-6)



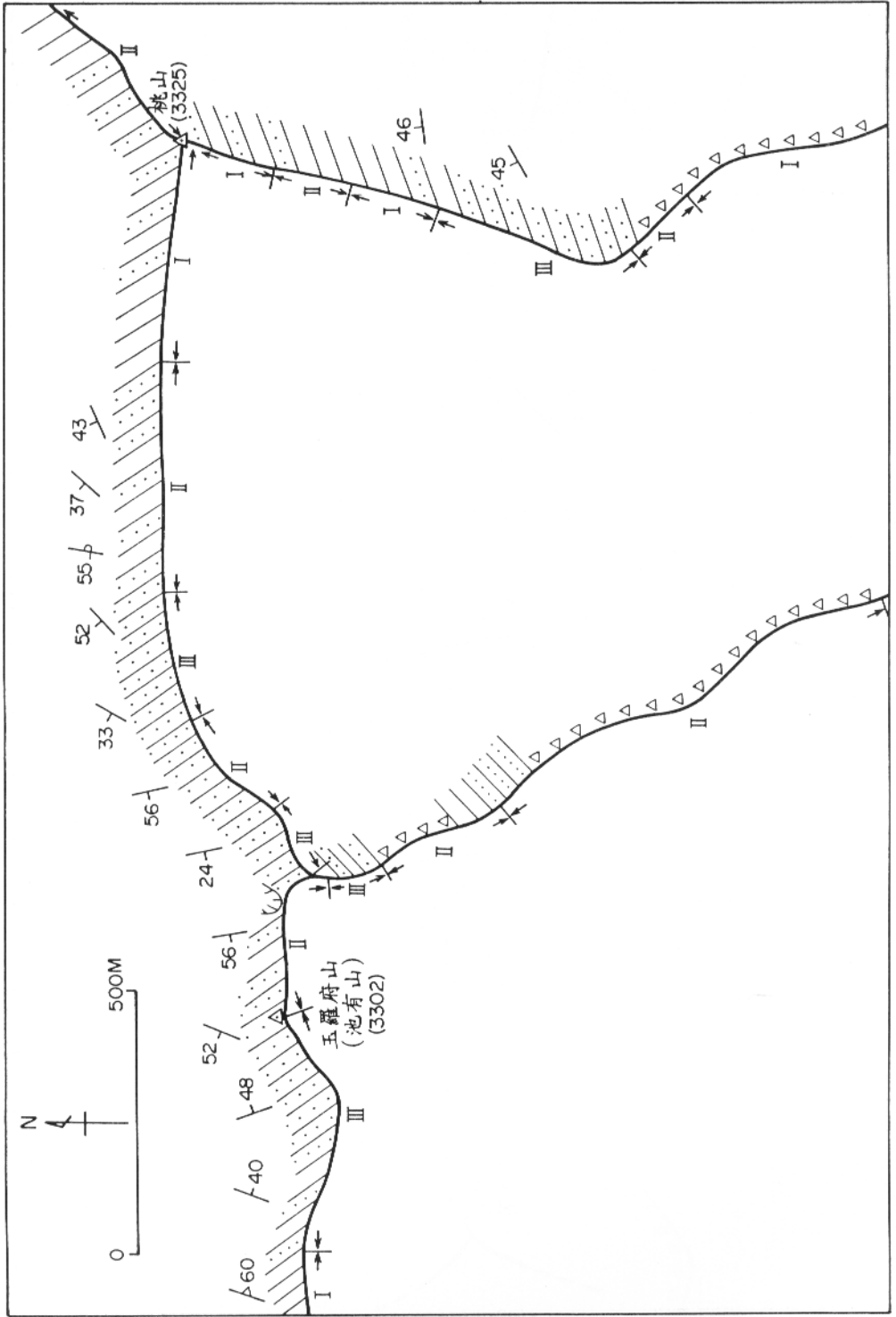
圖C-7武陵地區步道沿線地質圖 (C11-7)



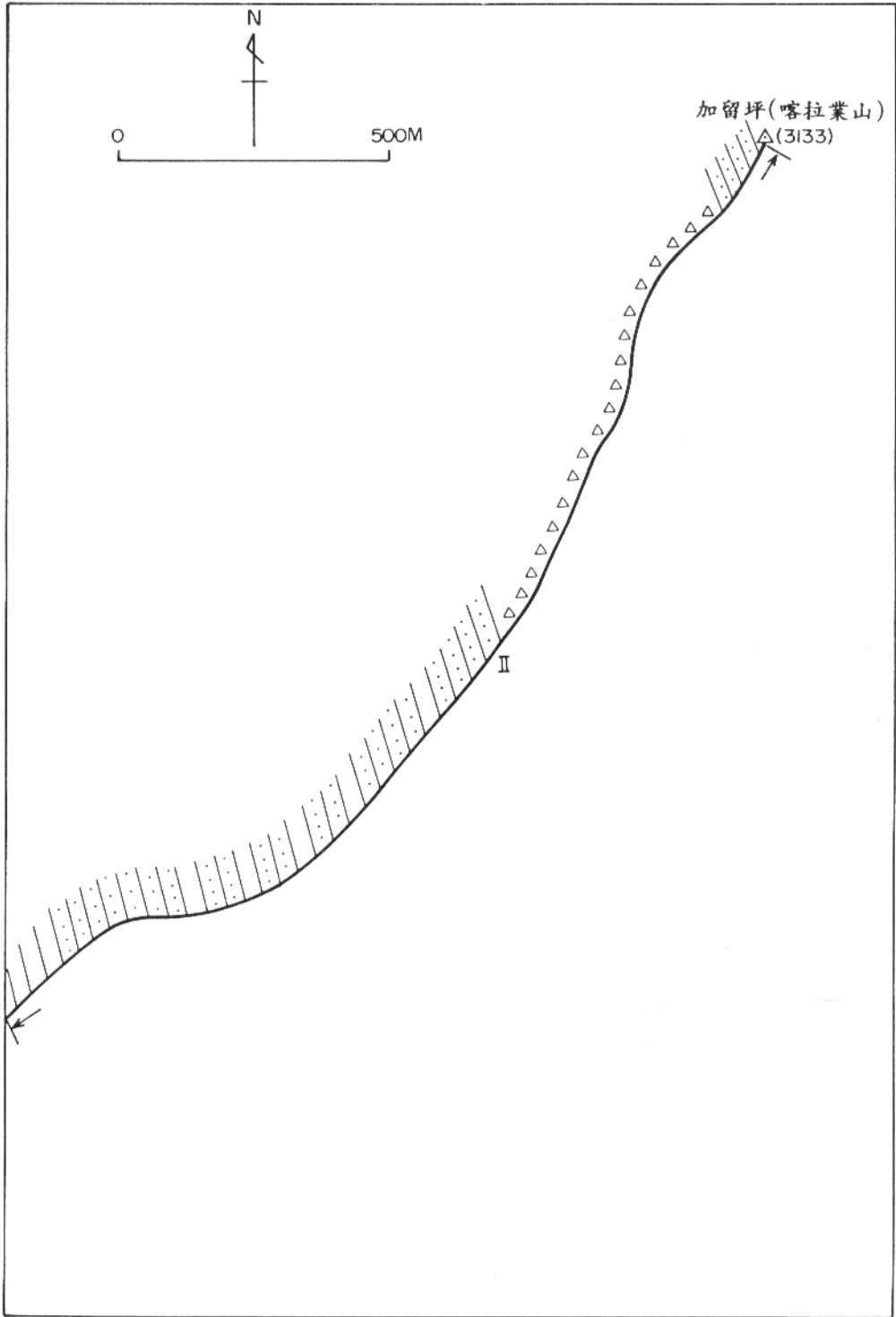
圖C-8武陵地區步道沿線地質圖 (C11-8)



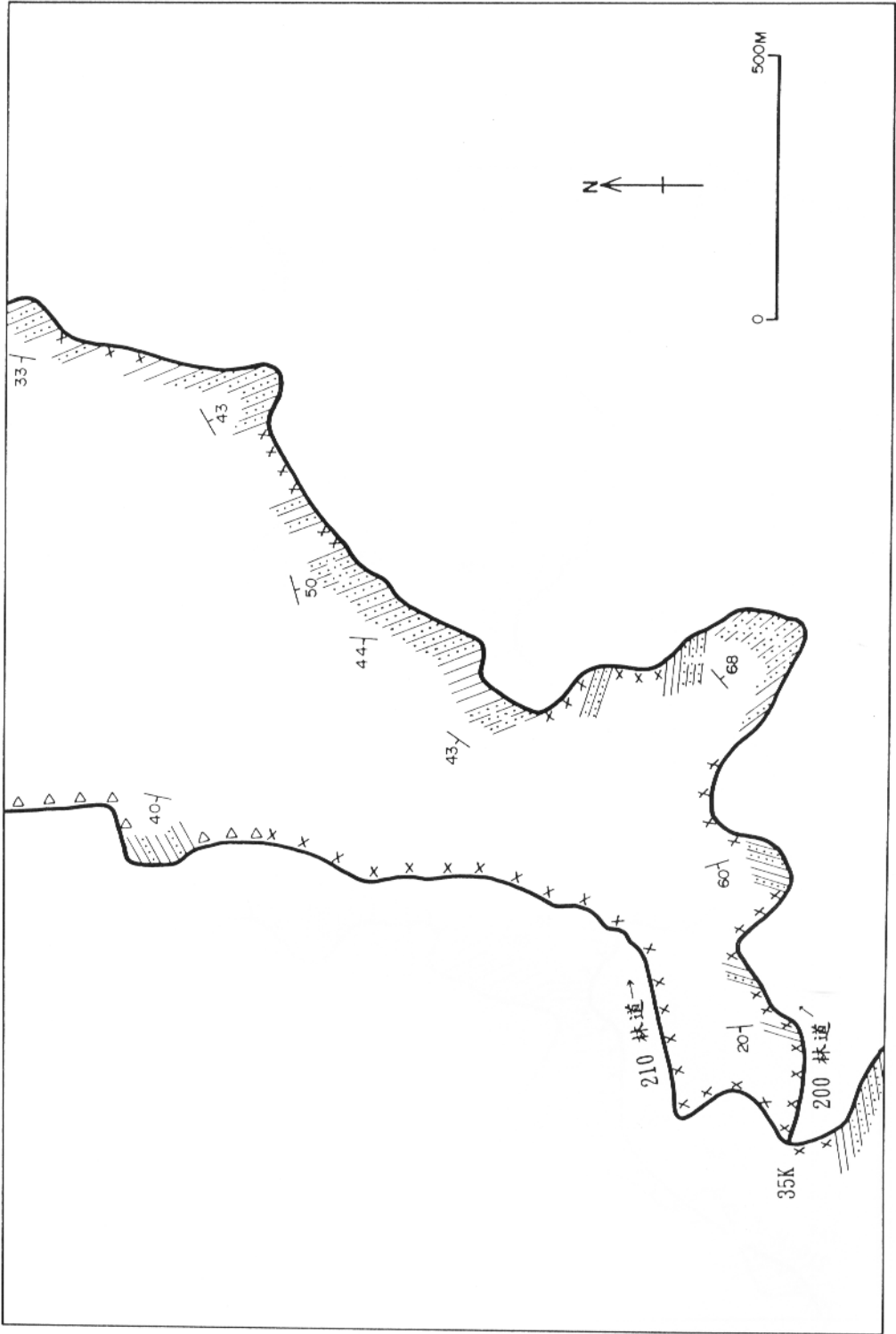
圖C-9武陵地區步道沿線地質圖 (C11-9)



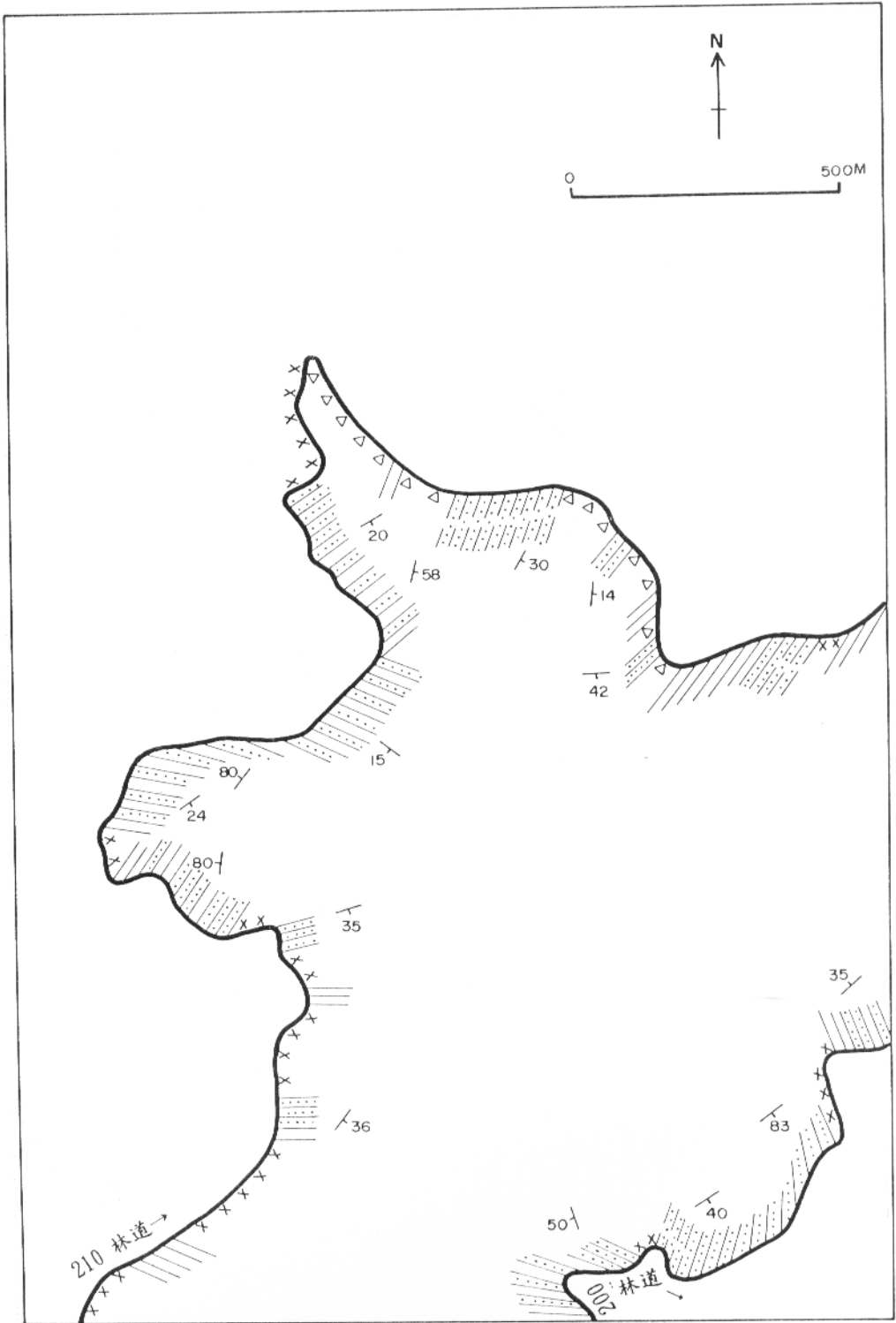
圖C-10武陵地區步道沿線地質圖 (C11-10)



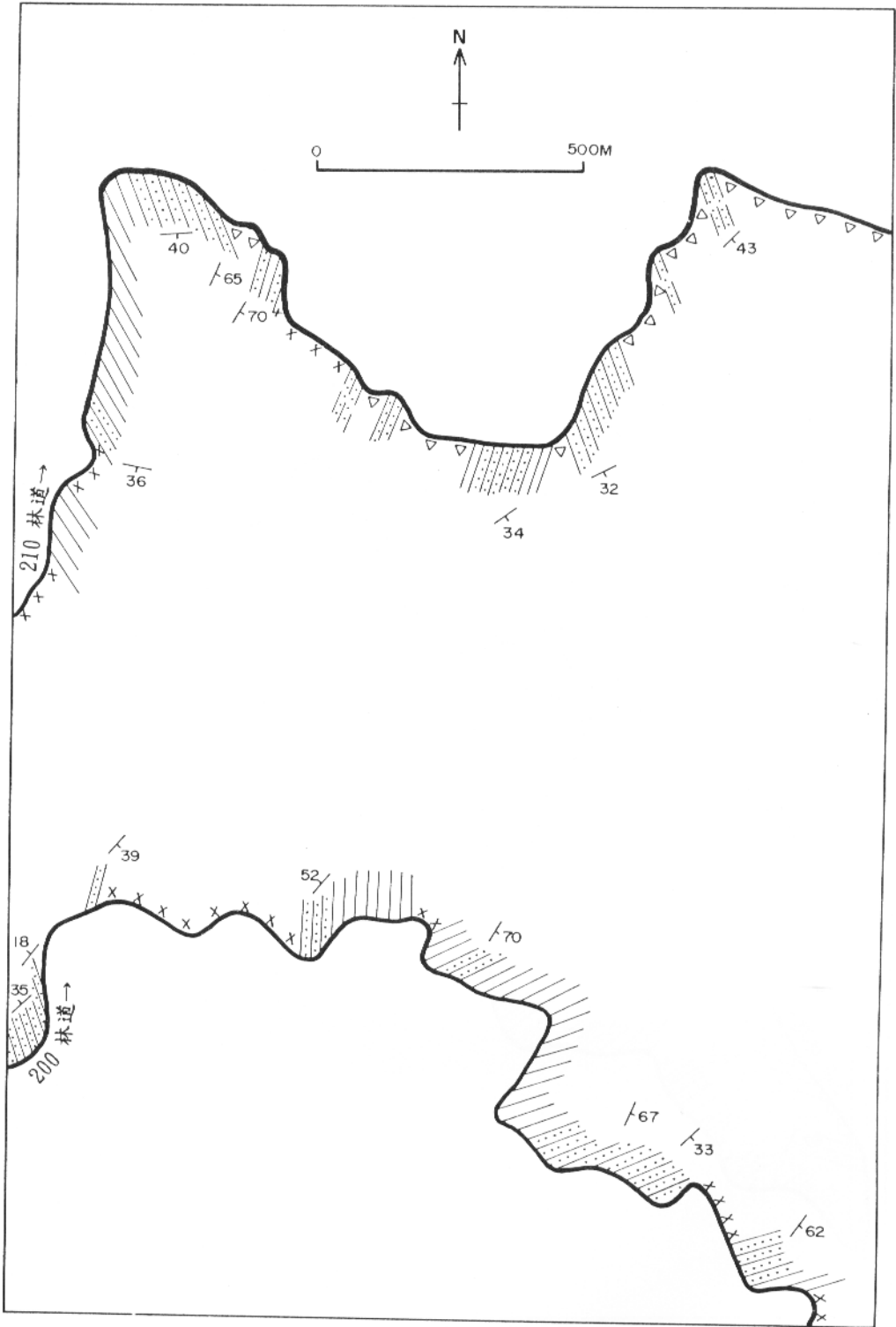
圖C-11武陵地區步道沿線地質圖 (C11-11)



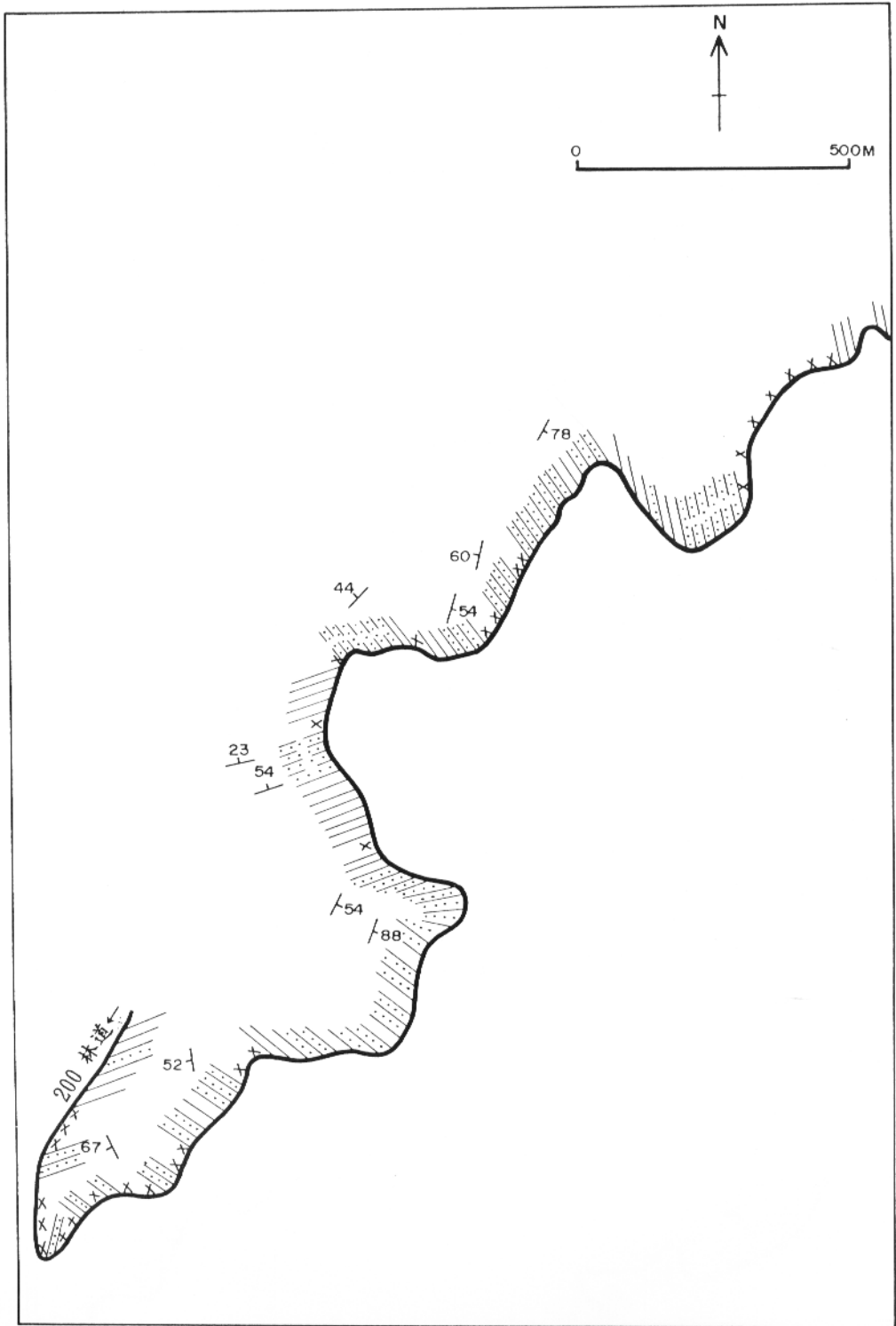
圖D-1大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-1)



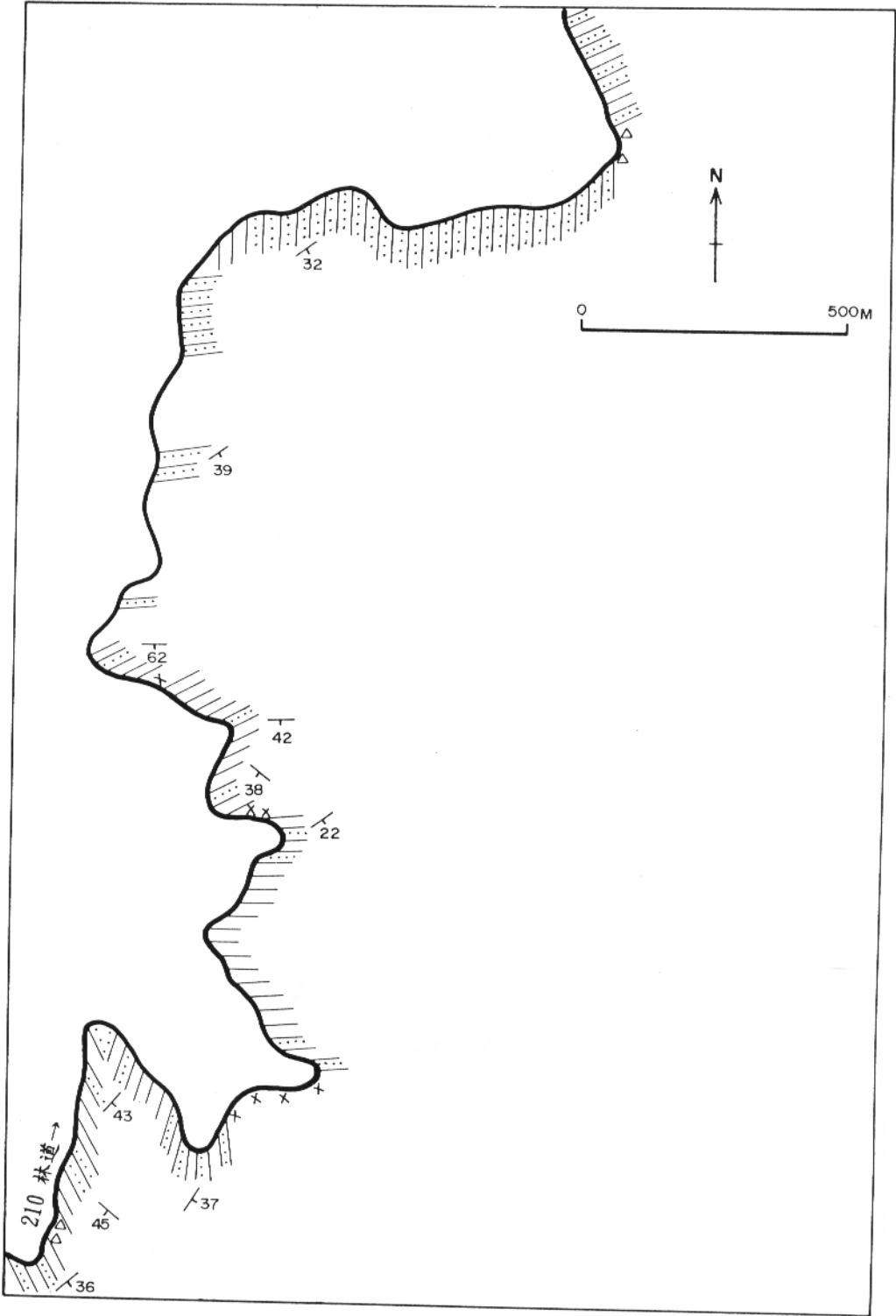
圖D-2大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-2)



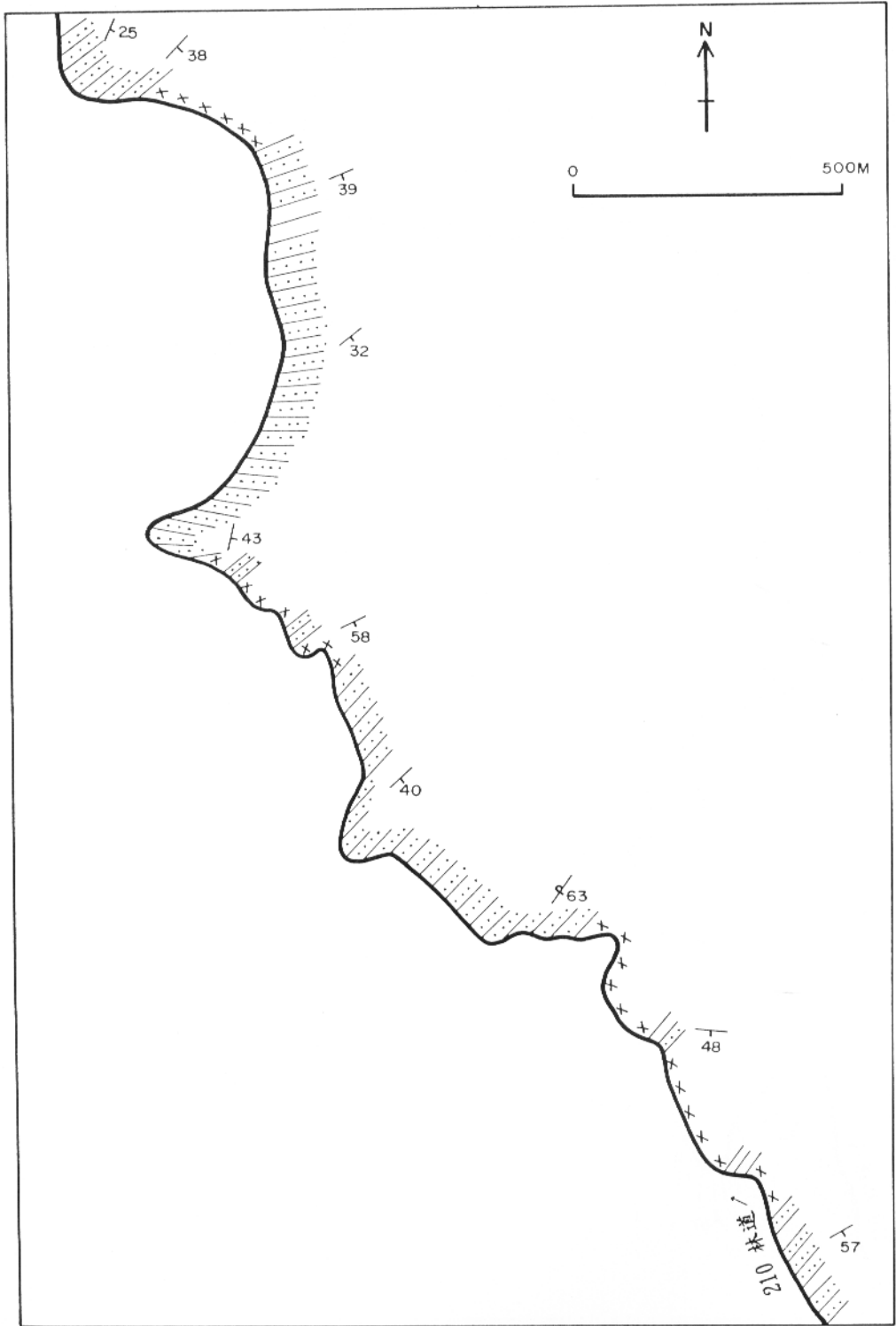
圖D-3大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-3)



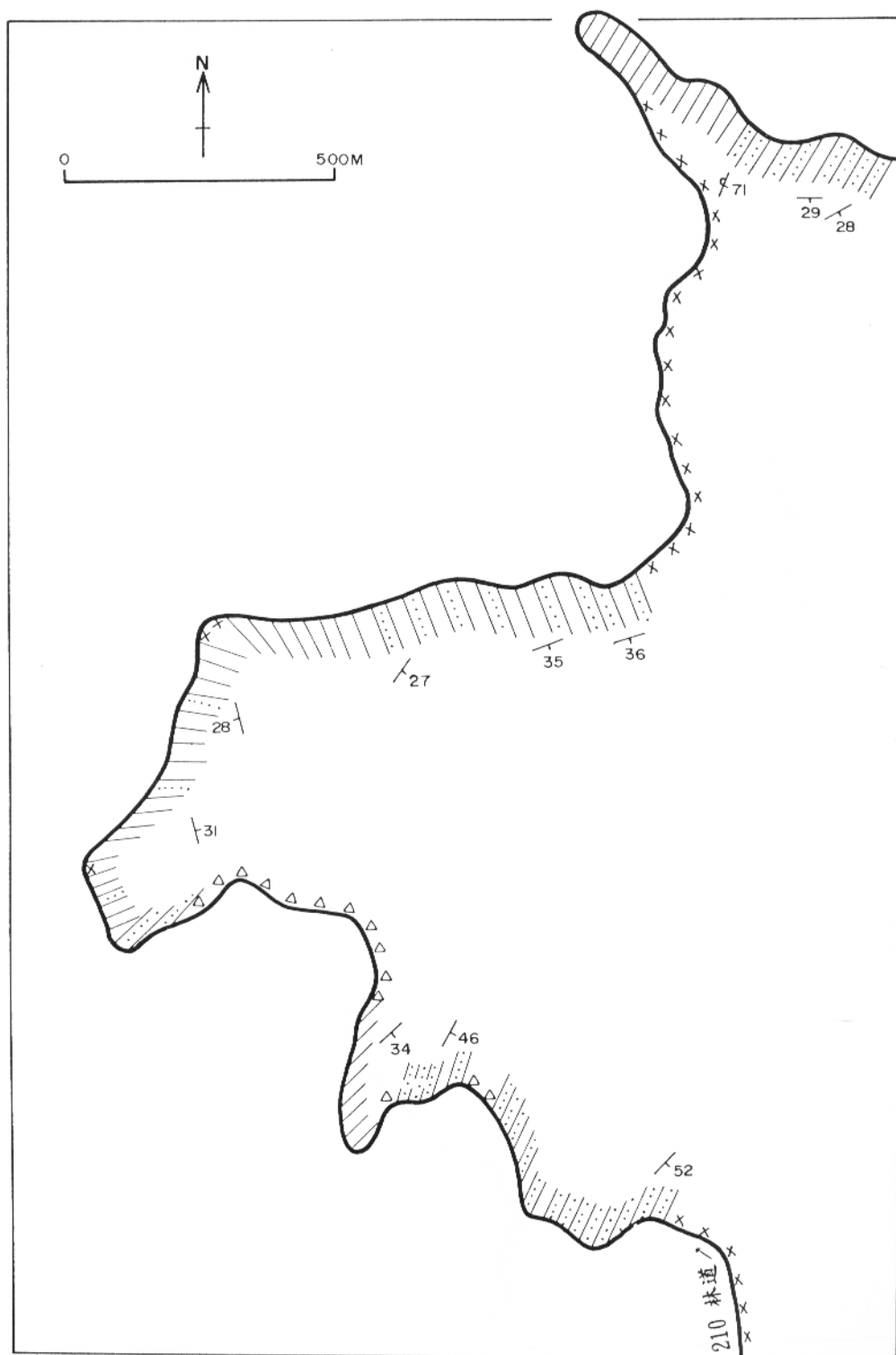
圖D-4大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-4)



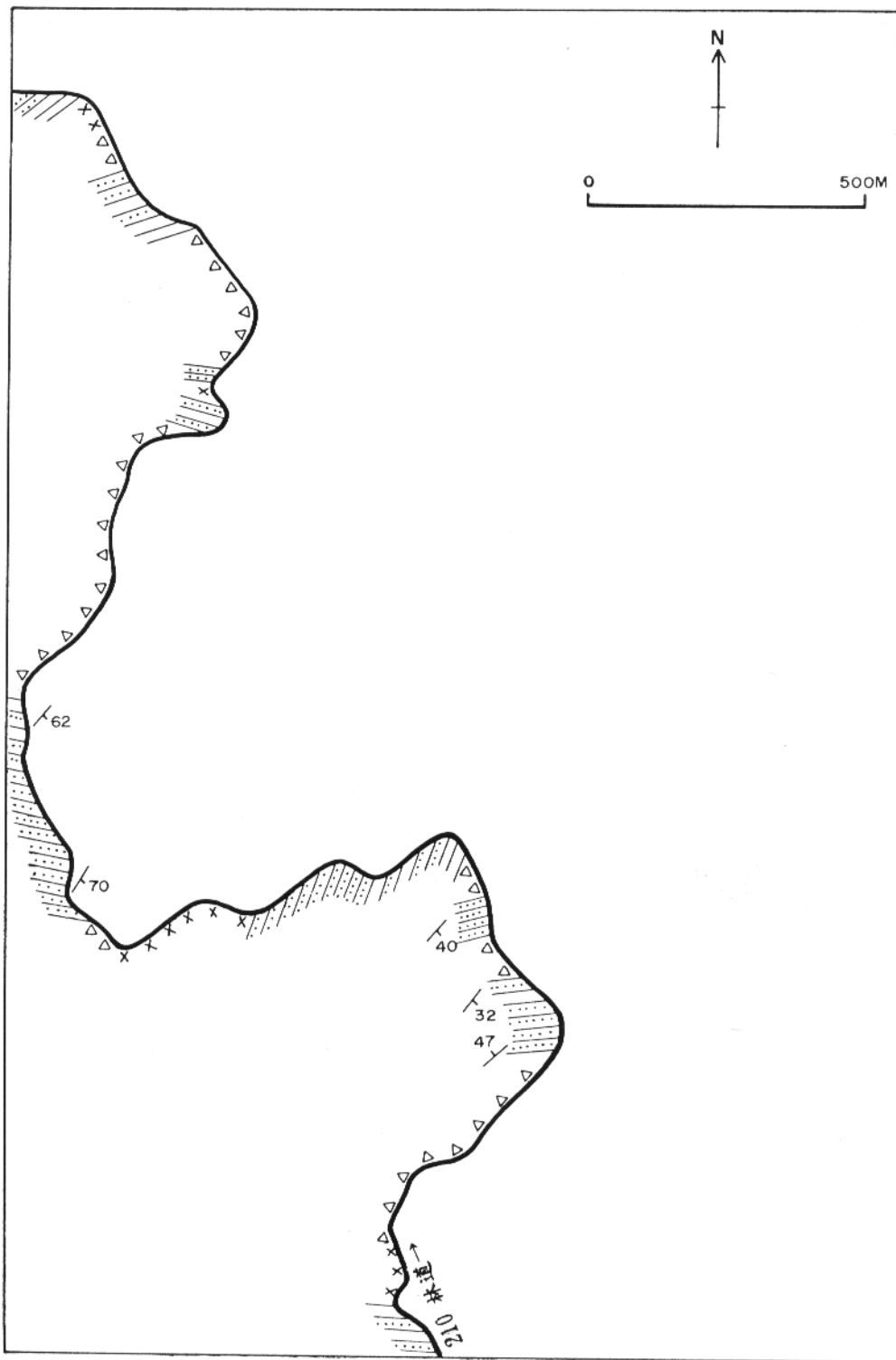
圖D-5大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-5)



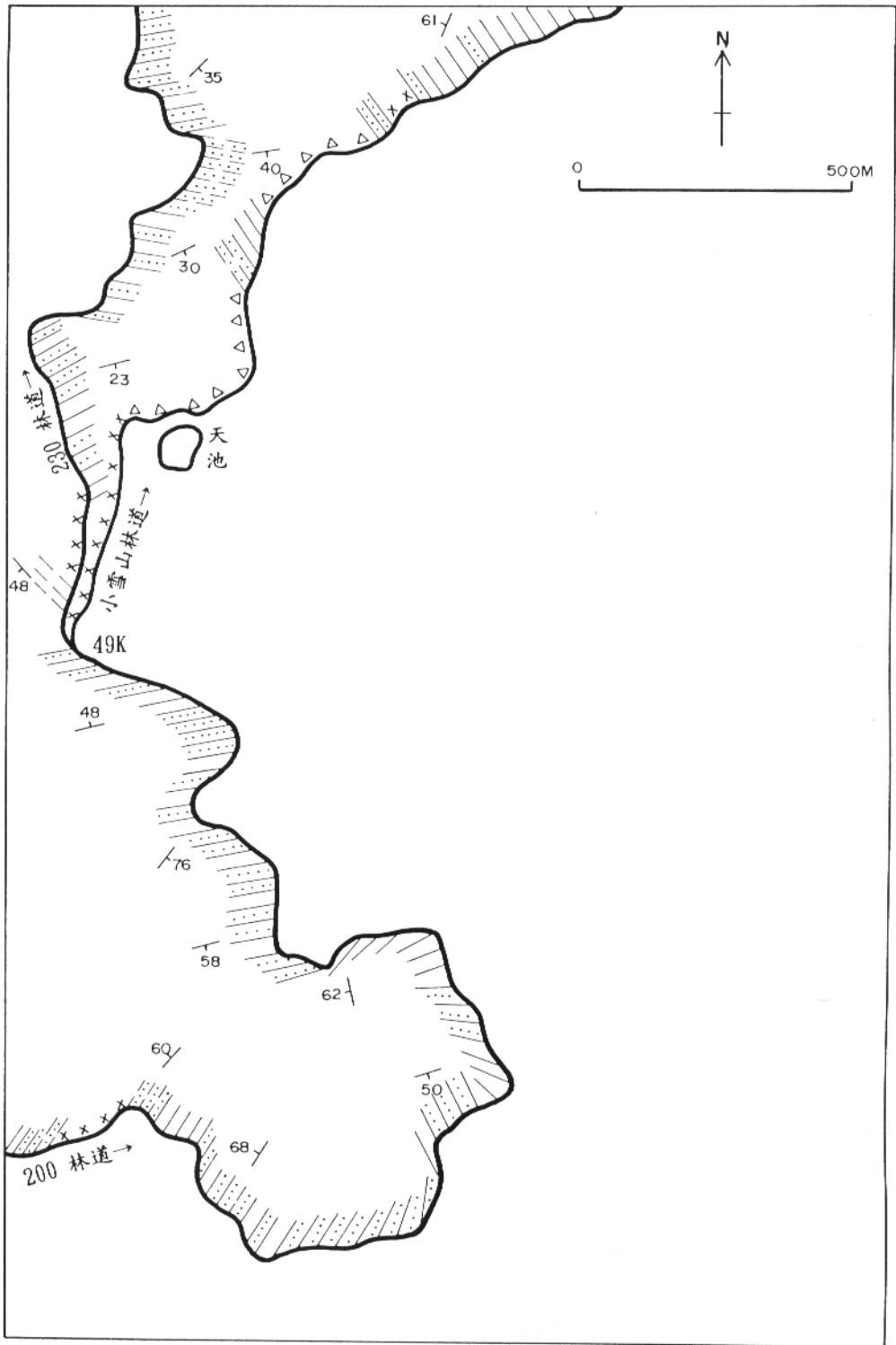
圖D-6大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-6)



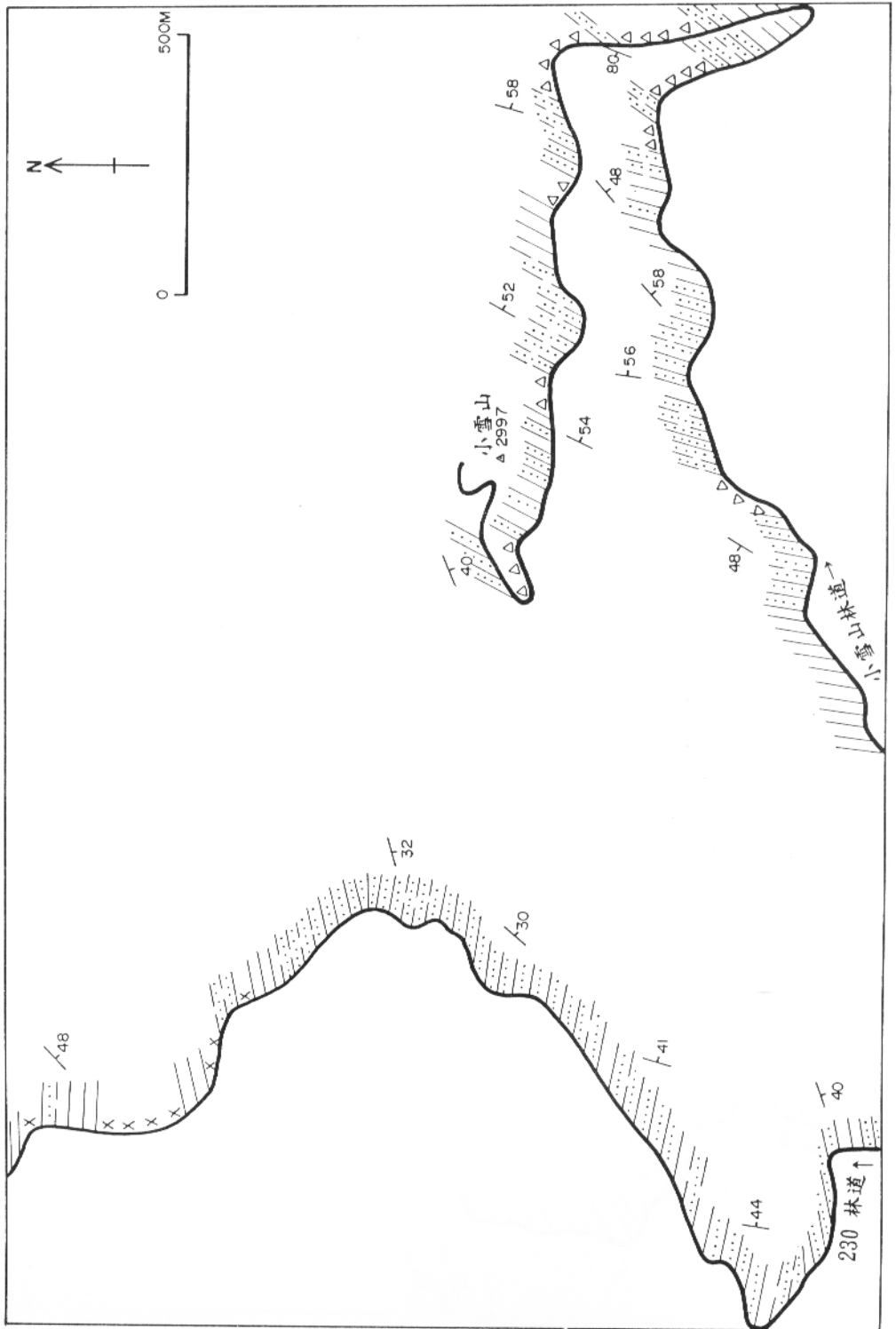
圖D-7大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-7)



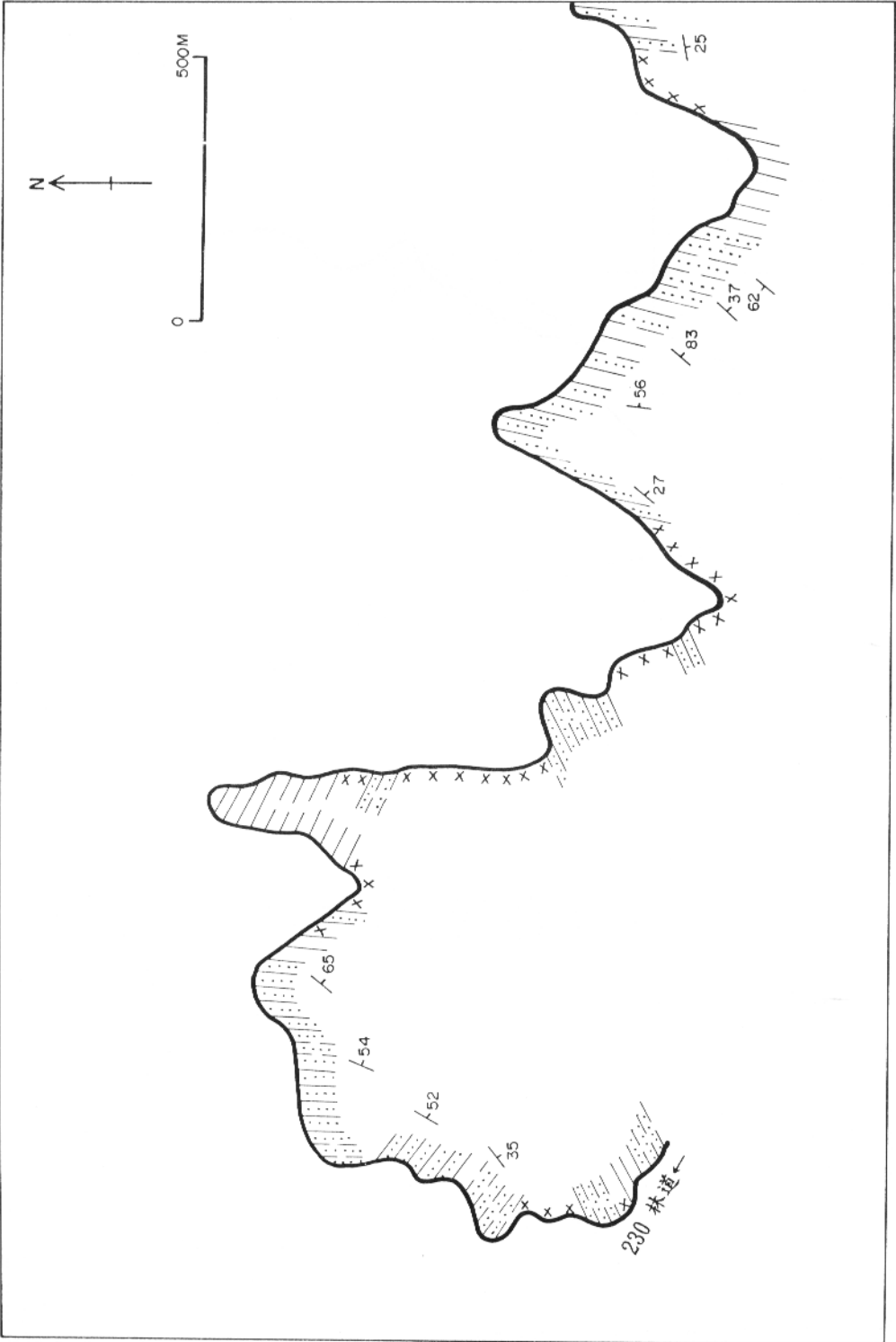
圖D-8大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-8)



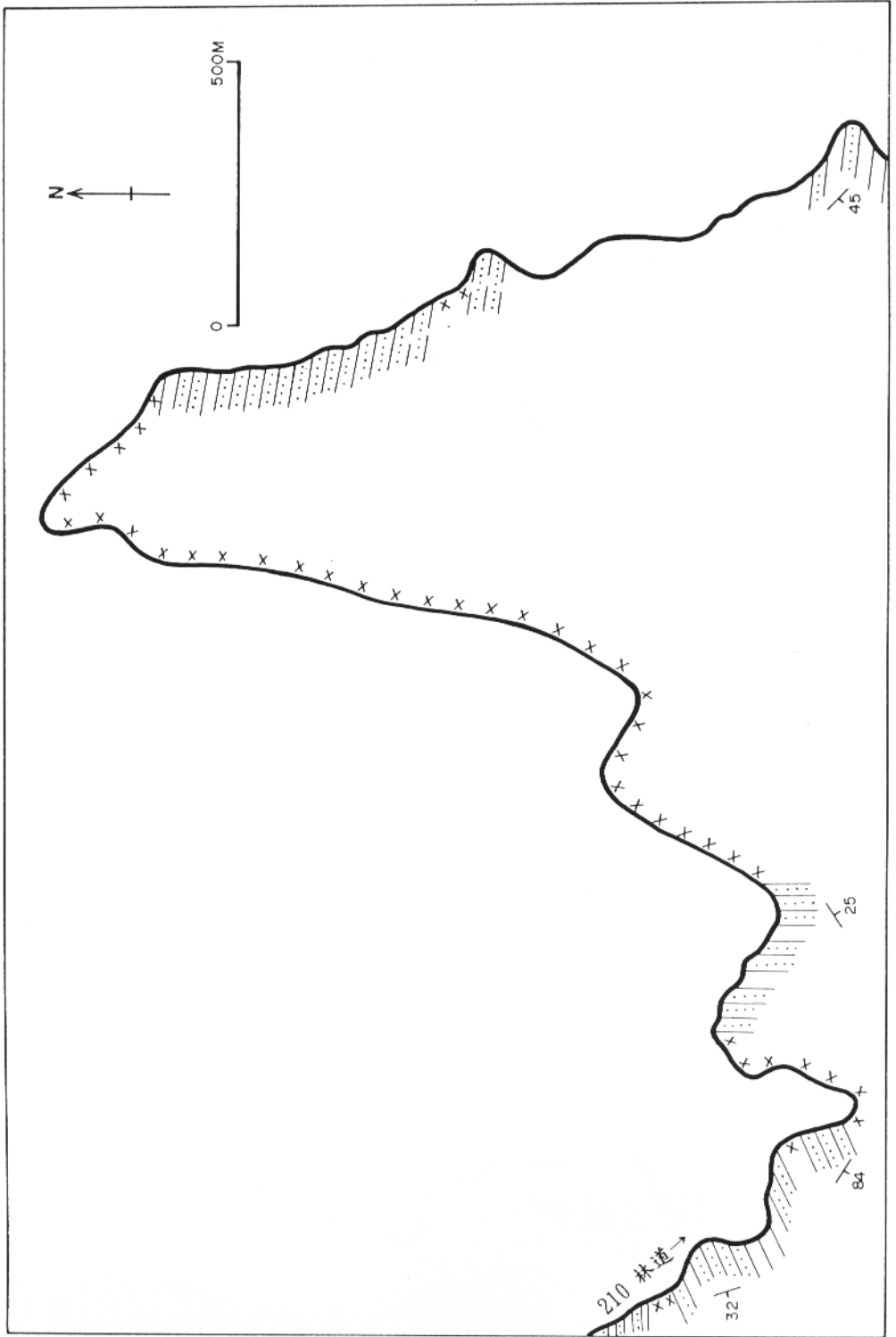
圖D-9大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-9)



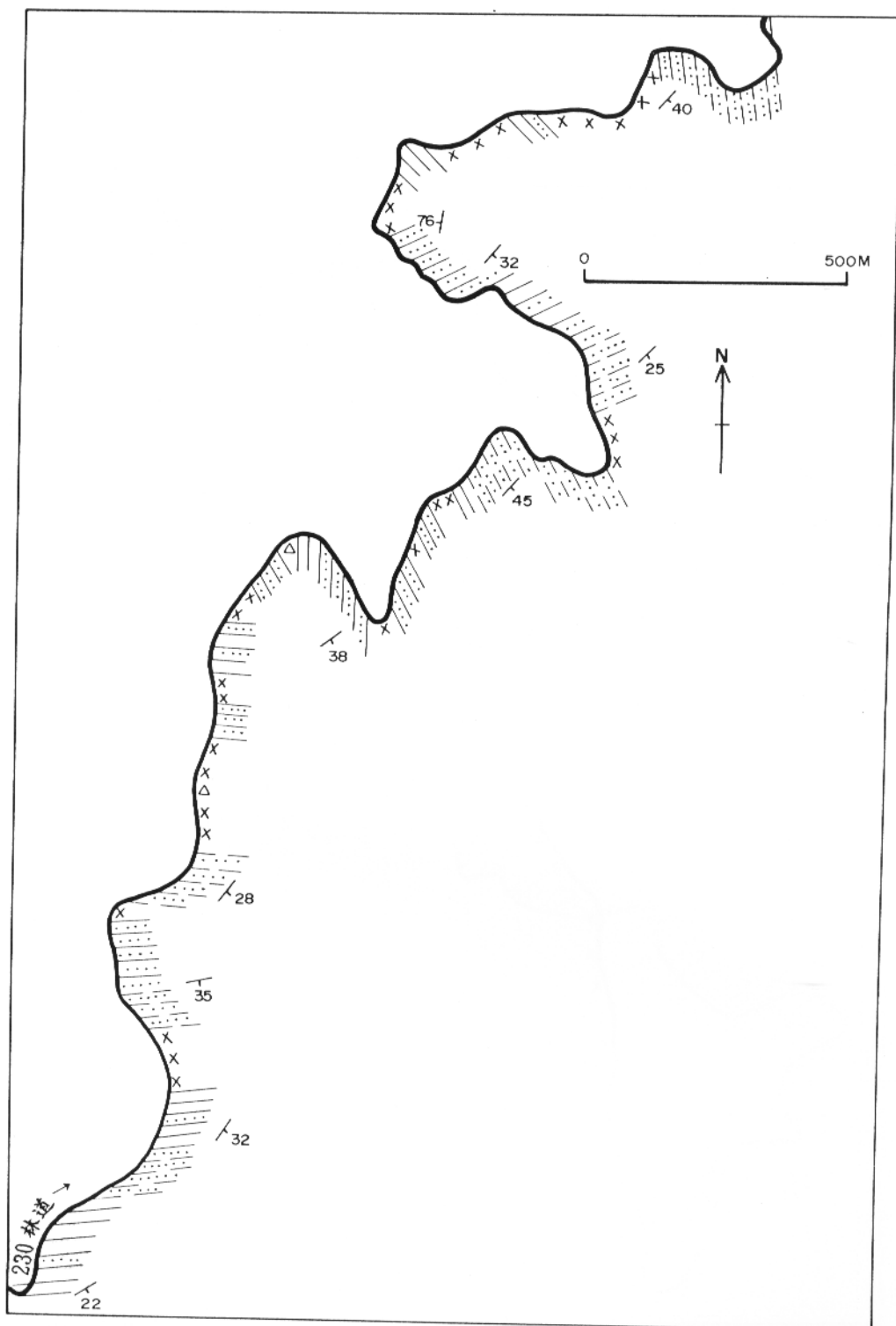
圖D-10大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-10)



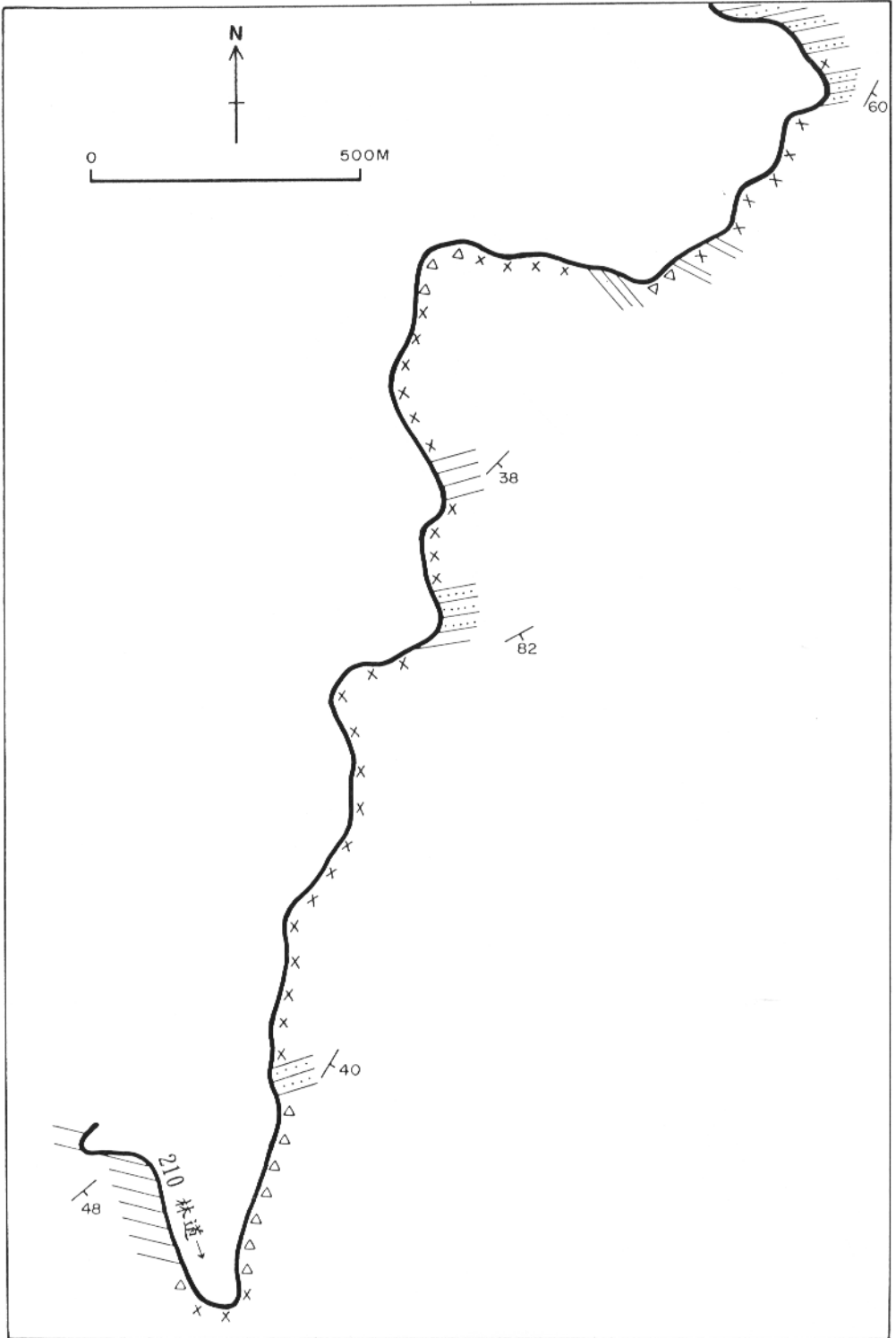
圖D-11大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-11)



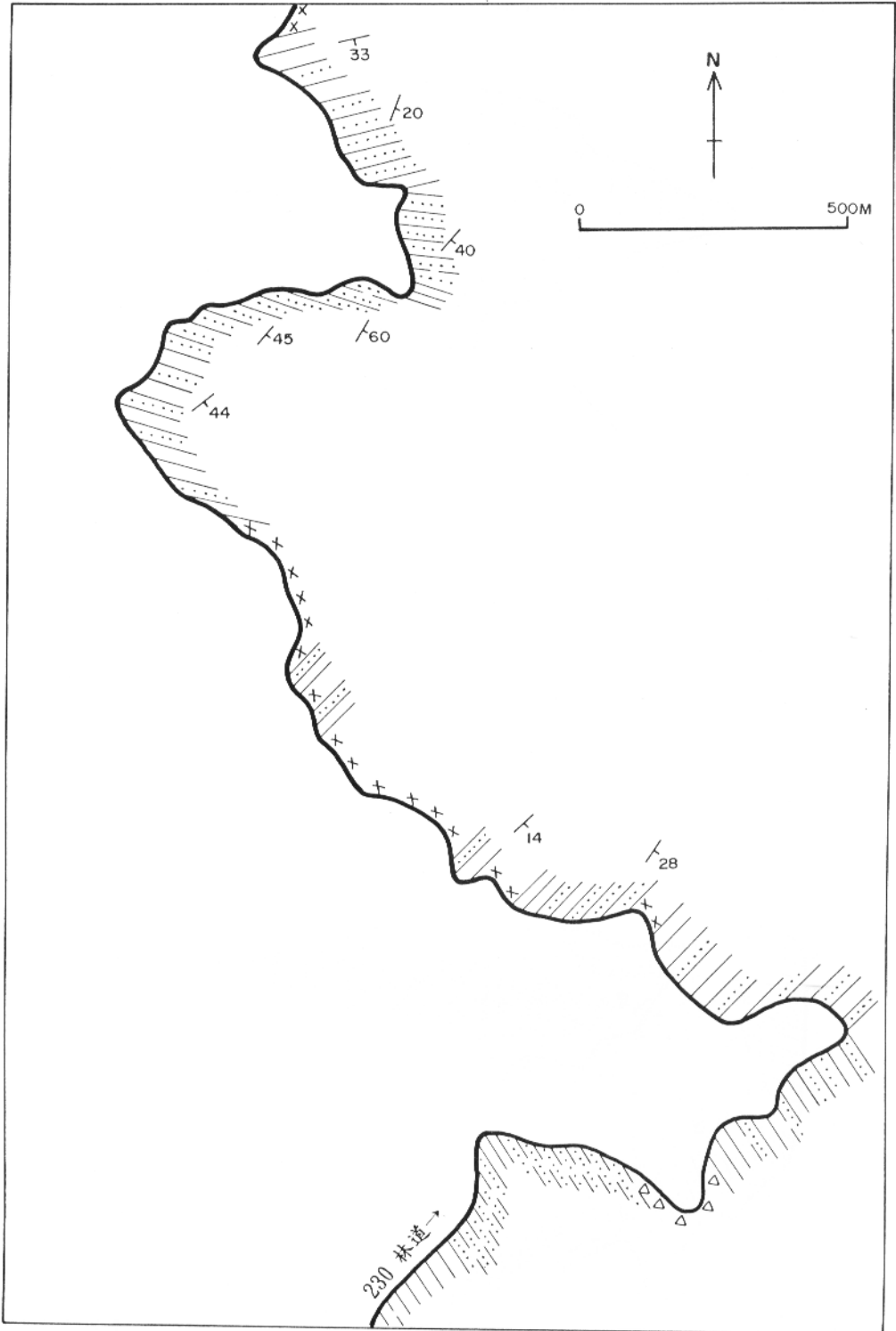
圖D-12大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-12)



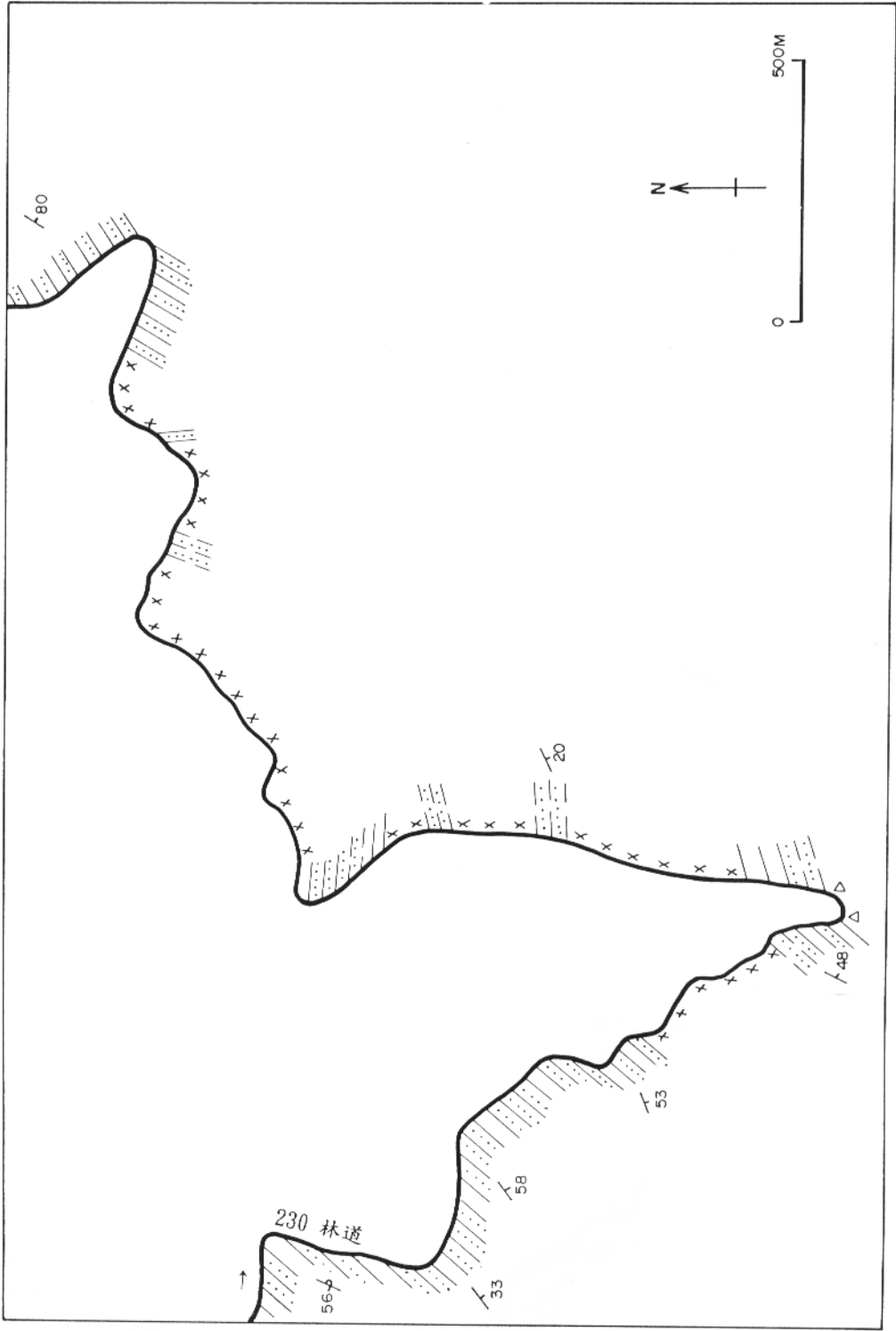
圖D-13大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-13)



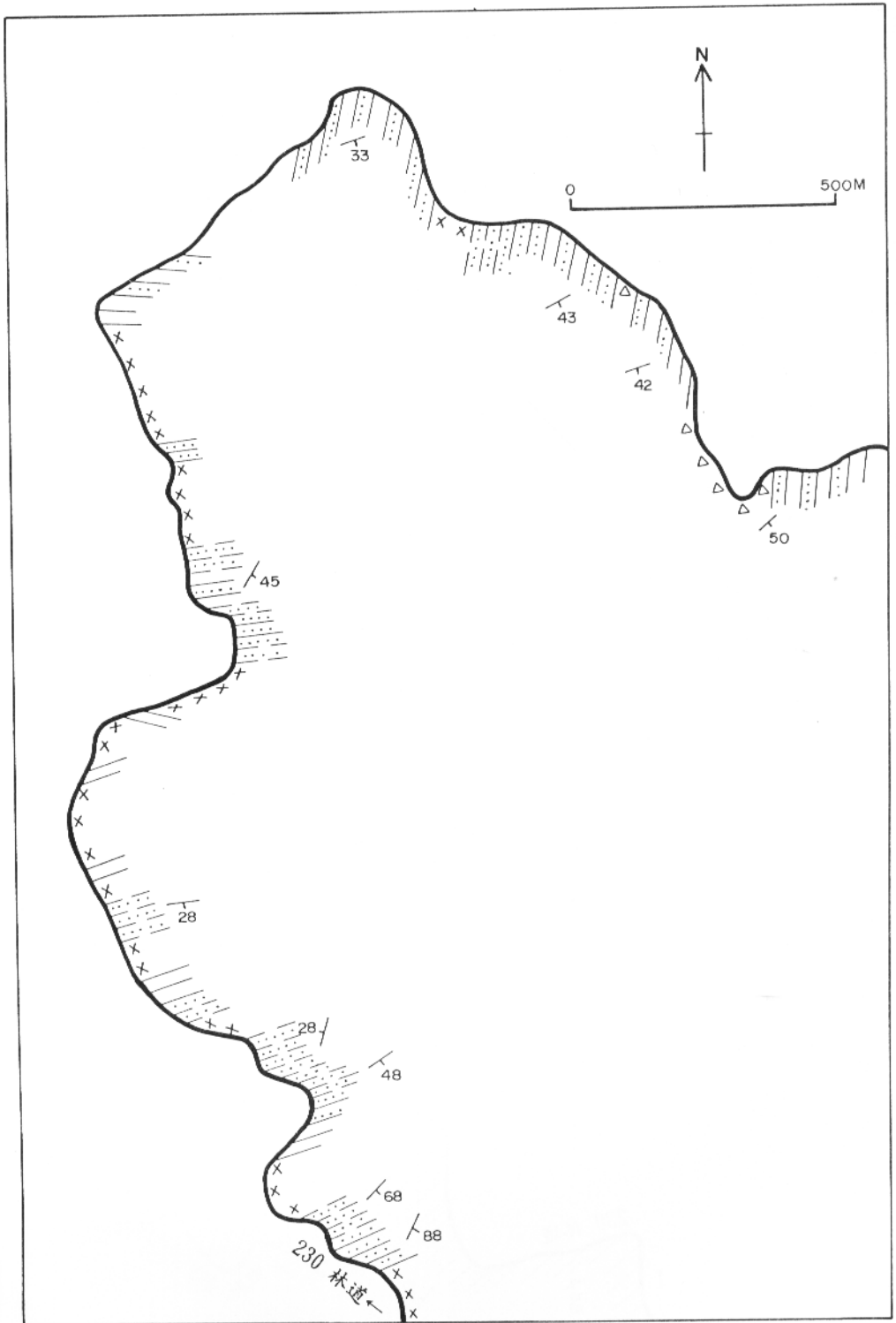
圖D-14大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-14)



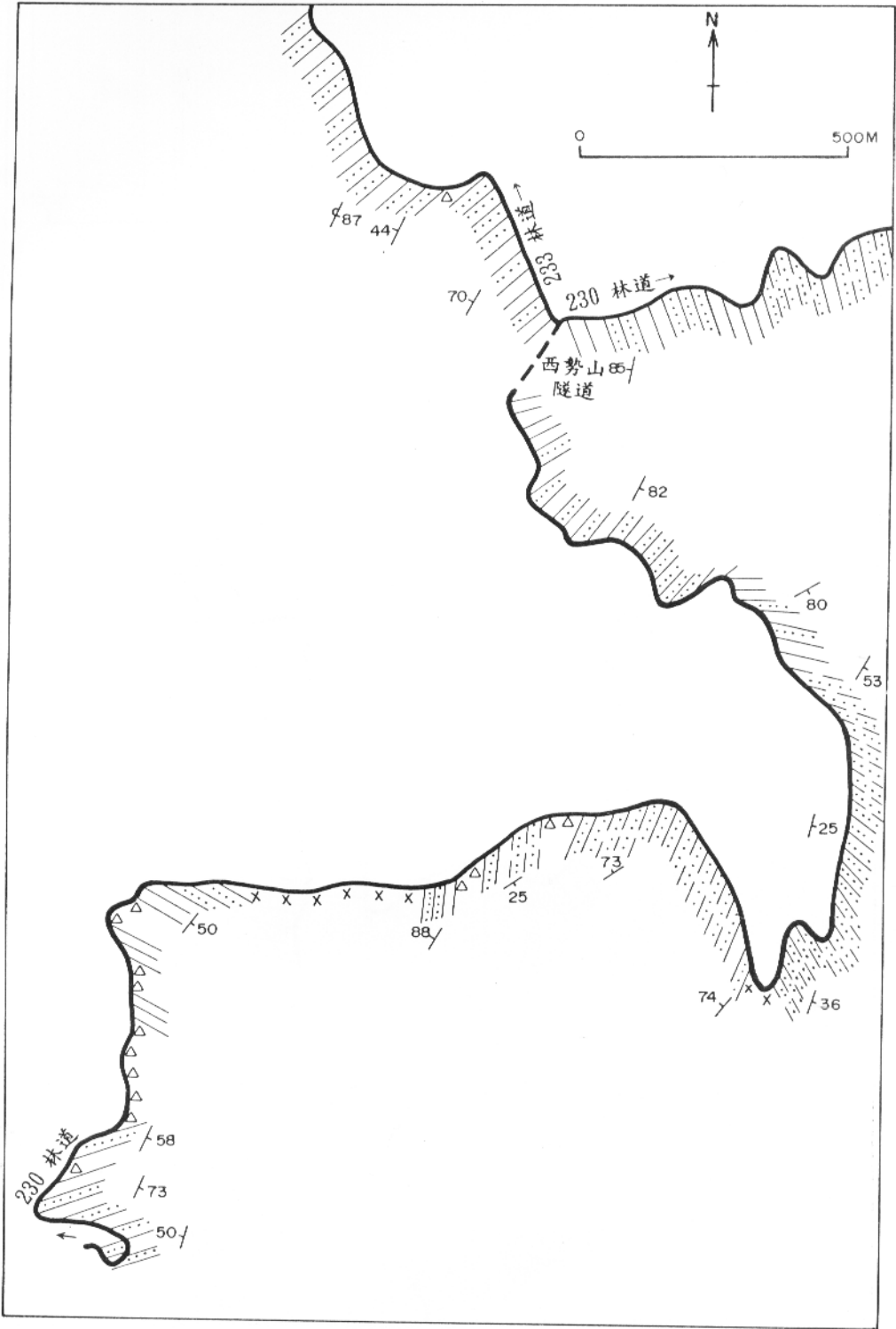
圖D-15大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-15)



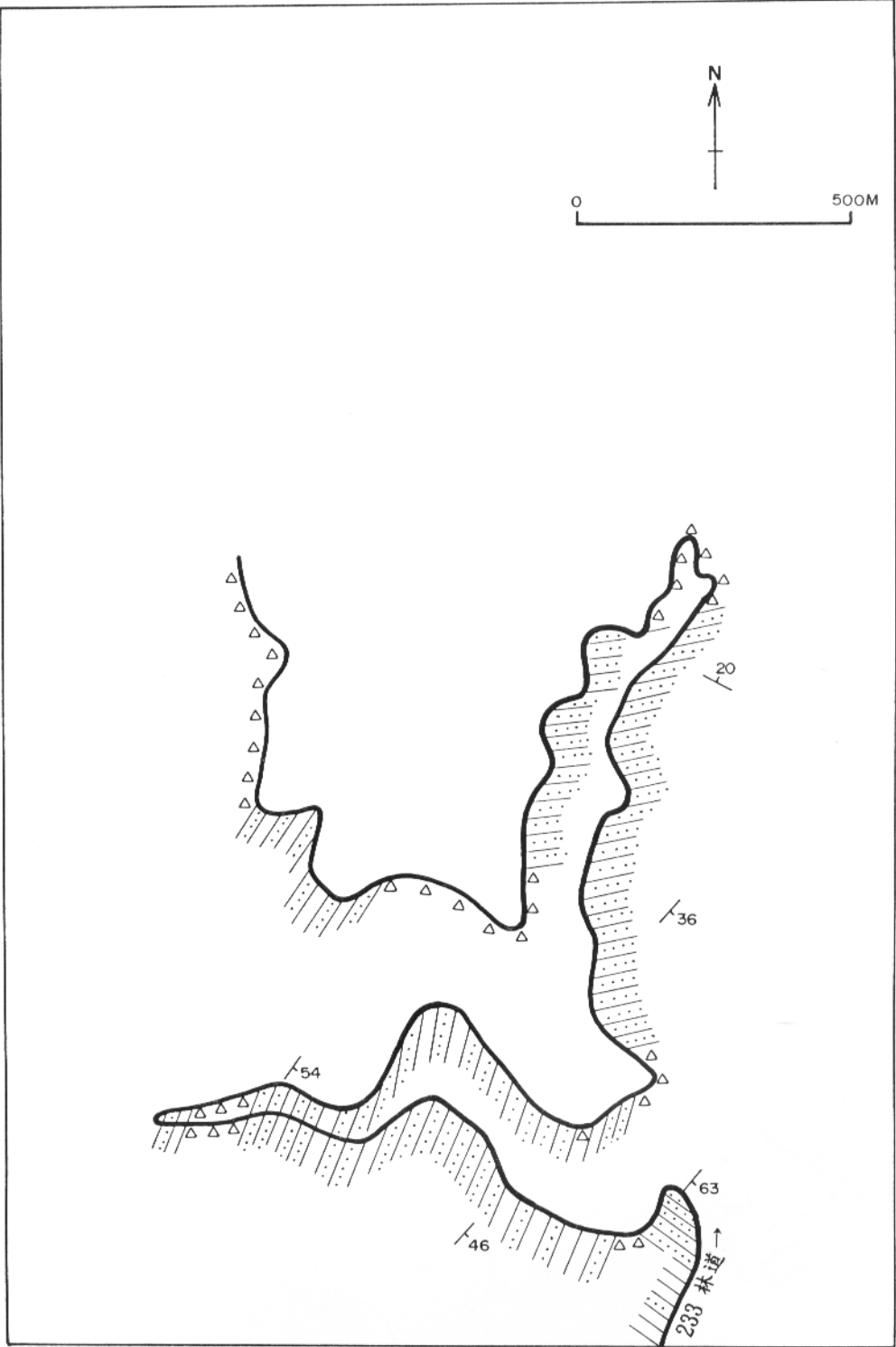
圖D-17大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-17)



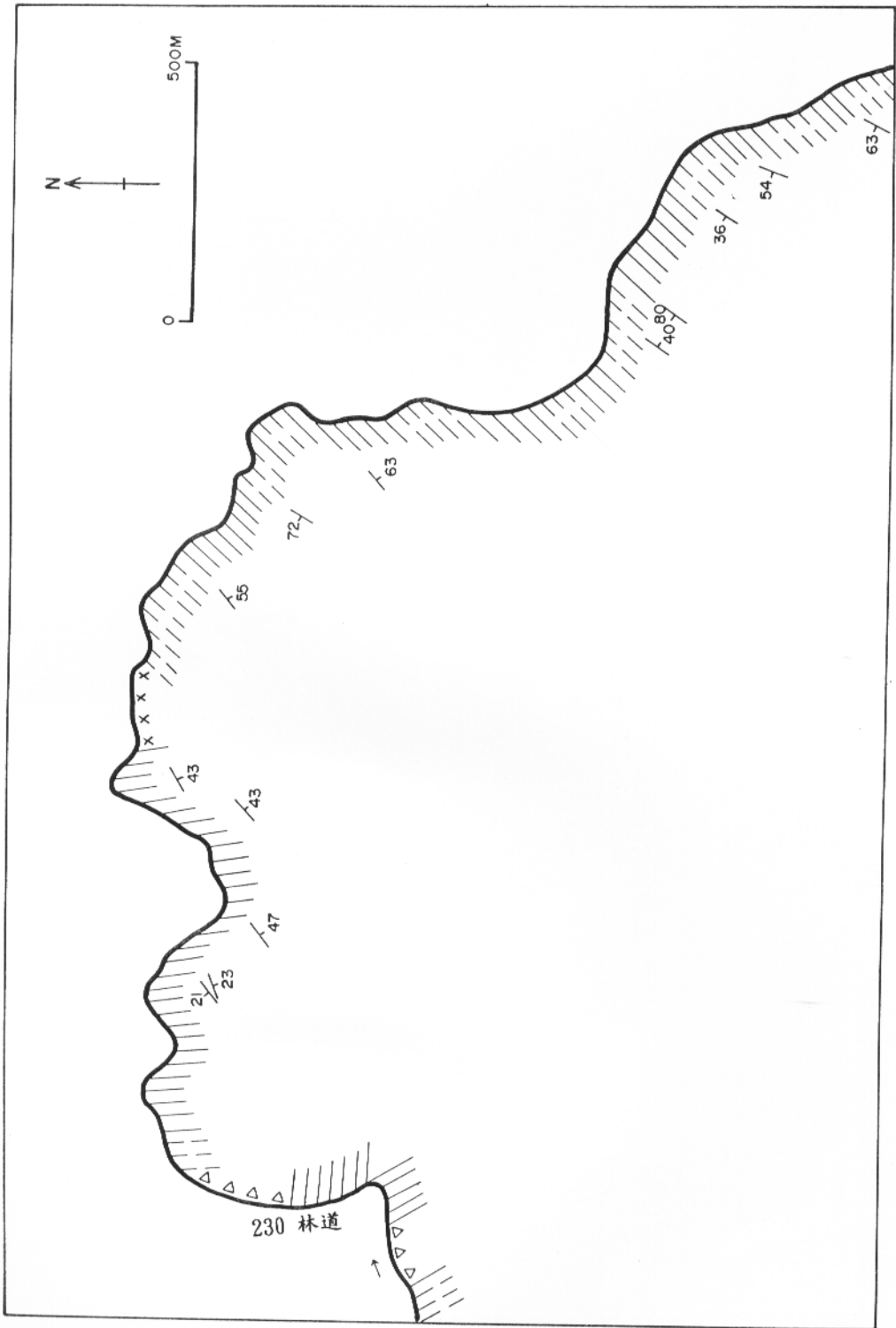
圖D-18大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-18)



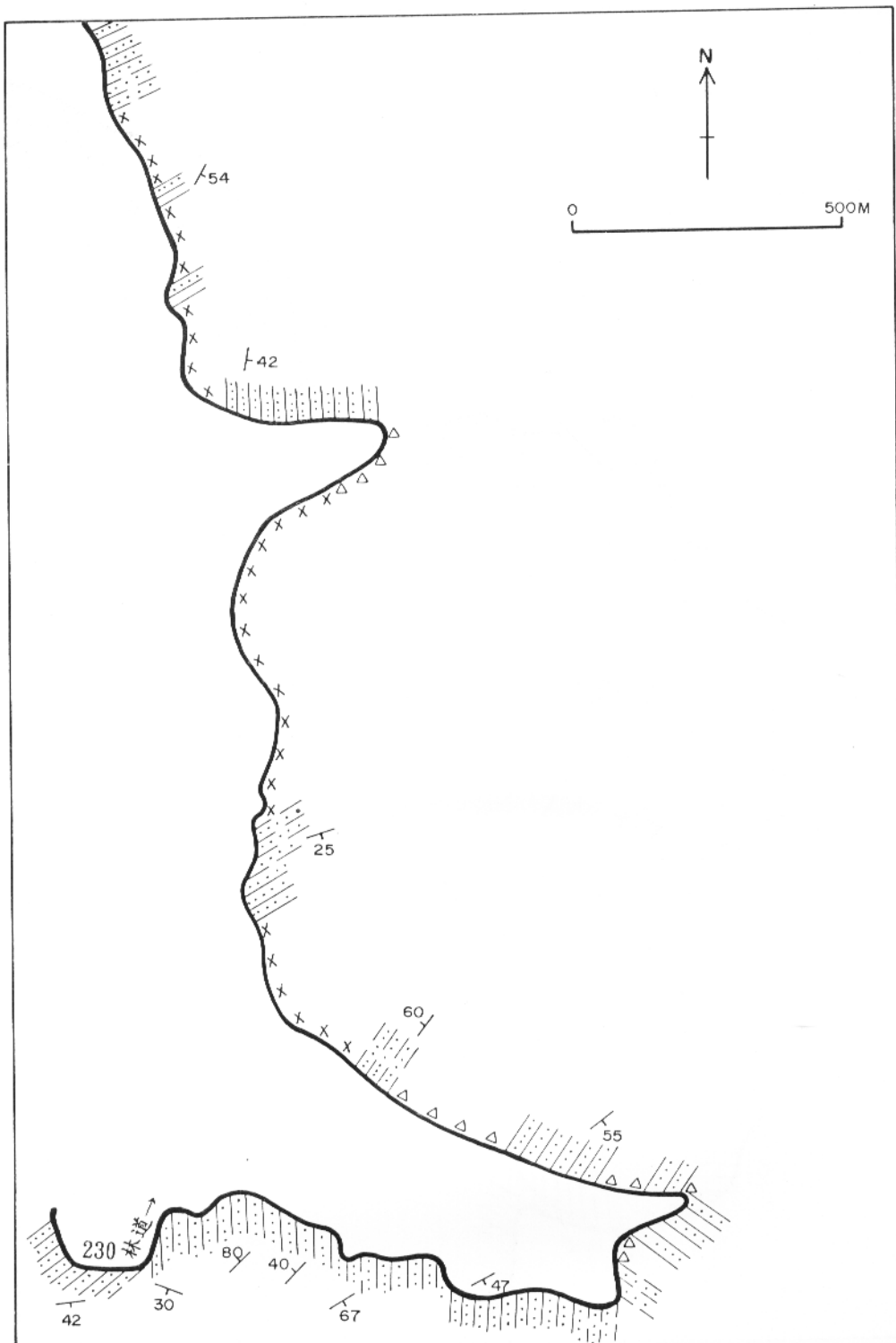
圖D-19大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-19)



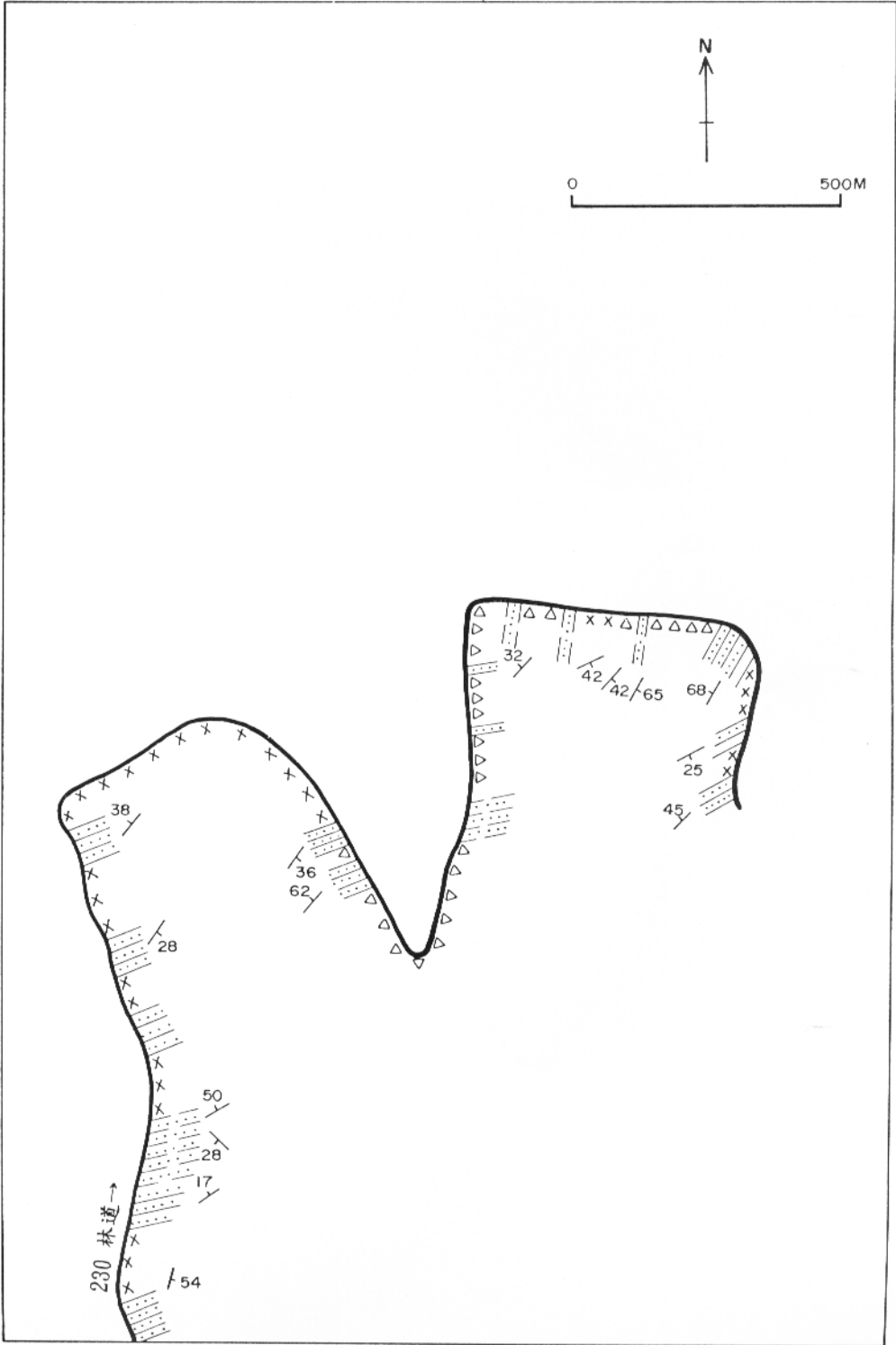
圖D-20大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-20)



圖D-21大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-21)



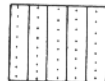

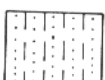

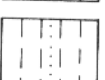
圖D-22大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-22)



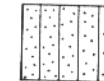


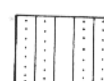

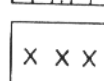
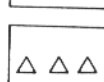
圖D-23大雪山地區林道沿線地質圖 (D23-23)


圖 例


未變質岩區


-  砂岩
-  頁岩
-  砂頁岩互層
-  砂岩夾頁岩
-  頁岩夾砂岩


變質岩區


-  變質砂岩
-  硬頁岩或板岩
-  變質砂岩與硬頁岩之互層
-  變質砂岩夾硬頁岩或板岩
-  硬頁岩或板岩夾變質砂岩
-  植被，無露頭
-  崩積層

 逆斷層

 岩層之走向及傾角

 圓弧型滑動

 劈理面之走向及傾角


 局部落石


S 邊坡穩定度


D 傷害危險度

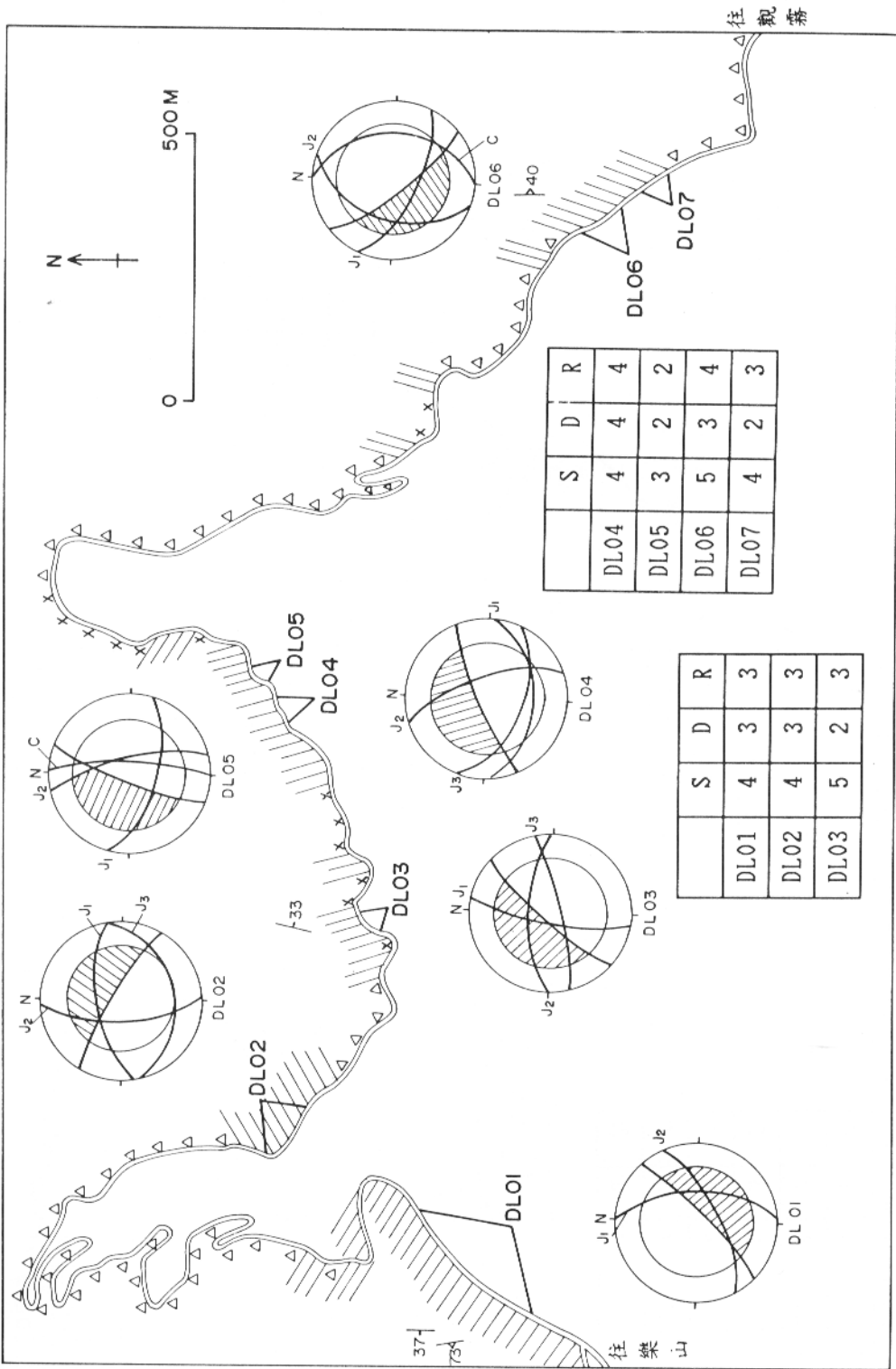
DLOI 分析邊坡編號與位置

R 危害風險度

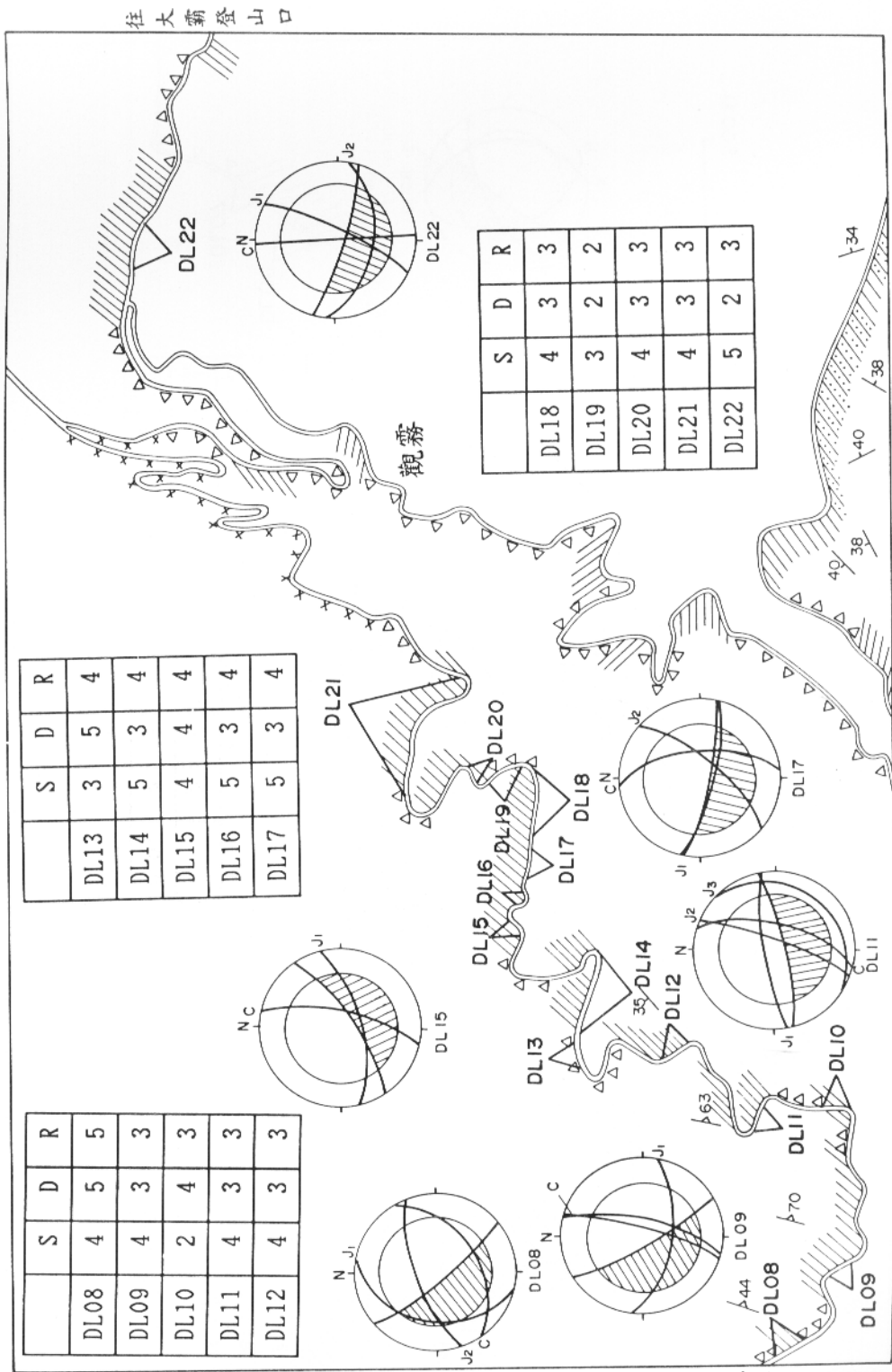
 小蝕溝

 大蝕溝

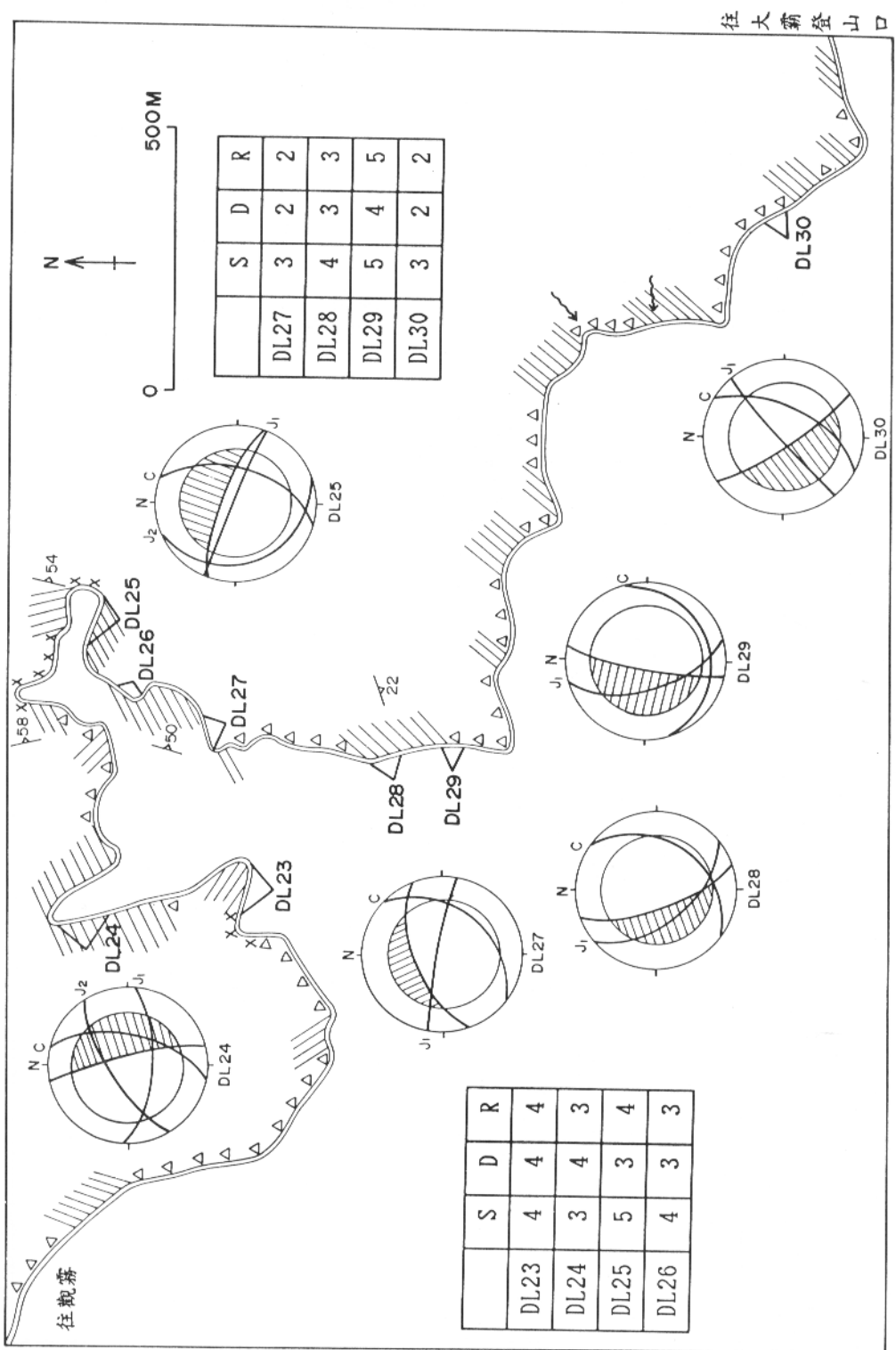
 沖蝕谷



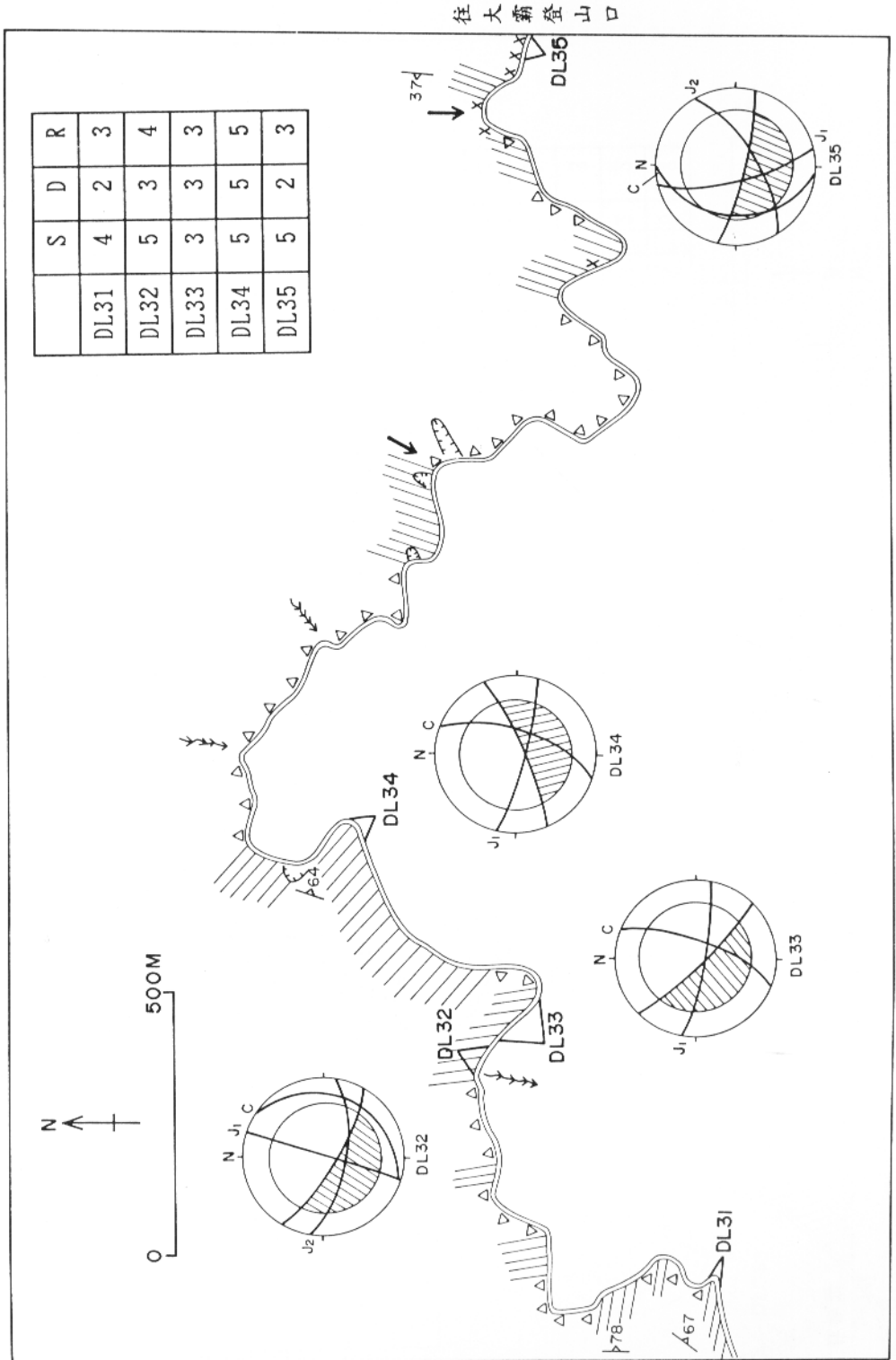
圖E1 樂山-大鹿林道東線沿線邊坡分析與位置圖



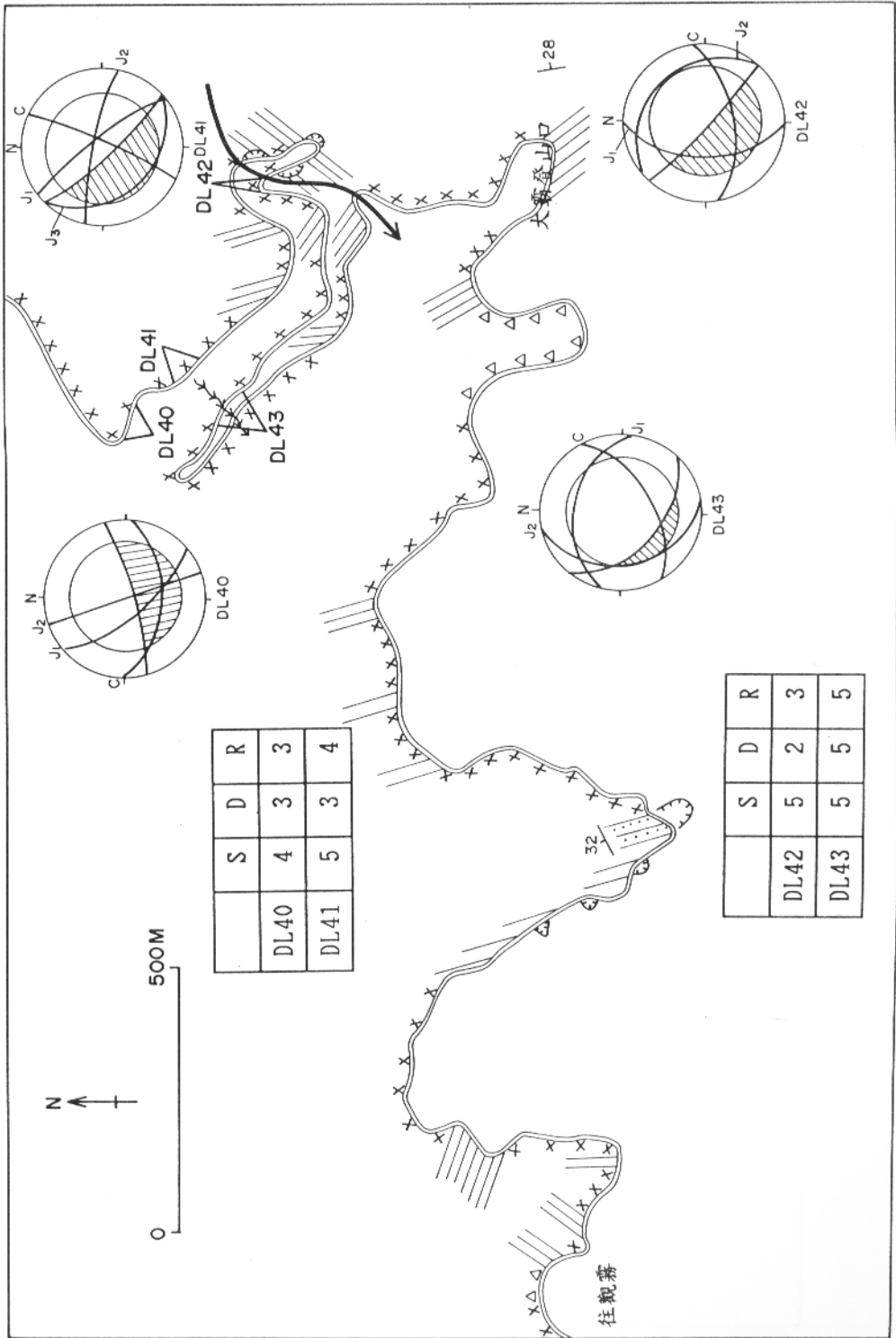
圖E2 樂山-大鹿林道東線沿線邊坡分析與位置圖



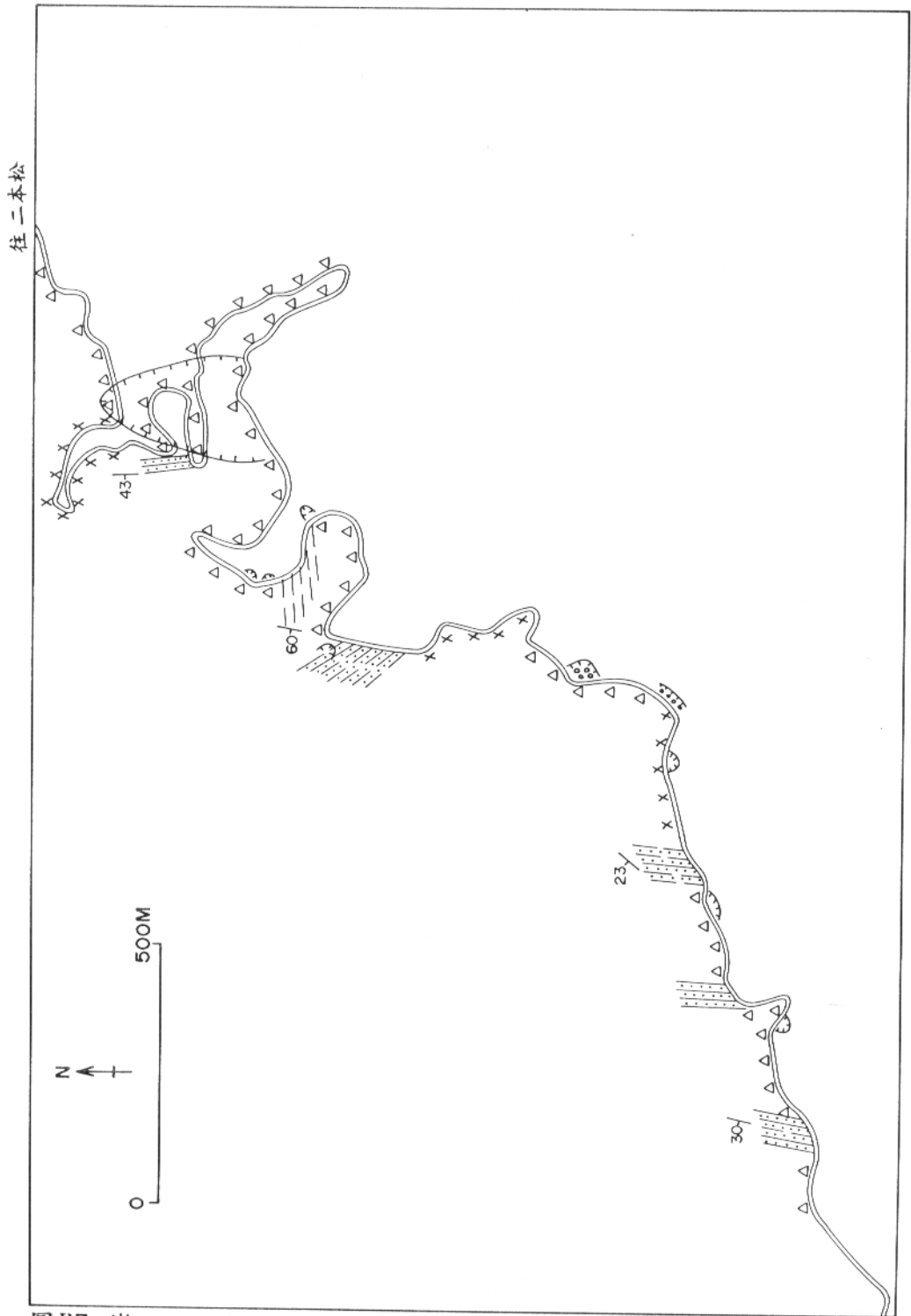
圖E3 樂山-大鹿林道東線沿線邊坡分析與位置圖



圖E4 樂山-大鹿林道東線沿線邊坡分析與位置圖 往觀霧

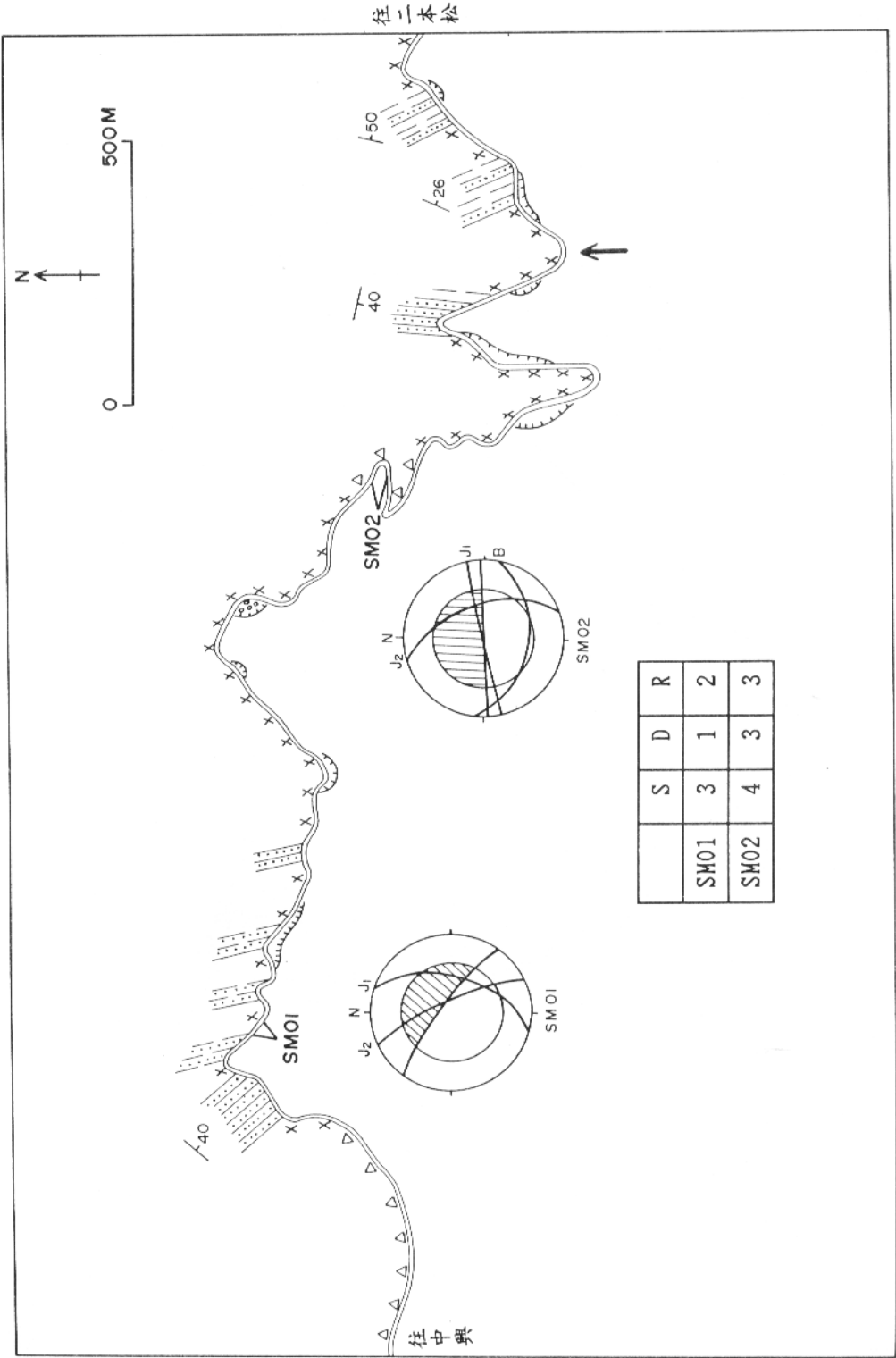


圖E6 樂山-大鹿林道東線沿線邊坡分析與位置圖

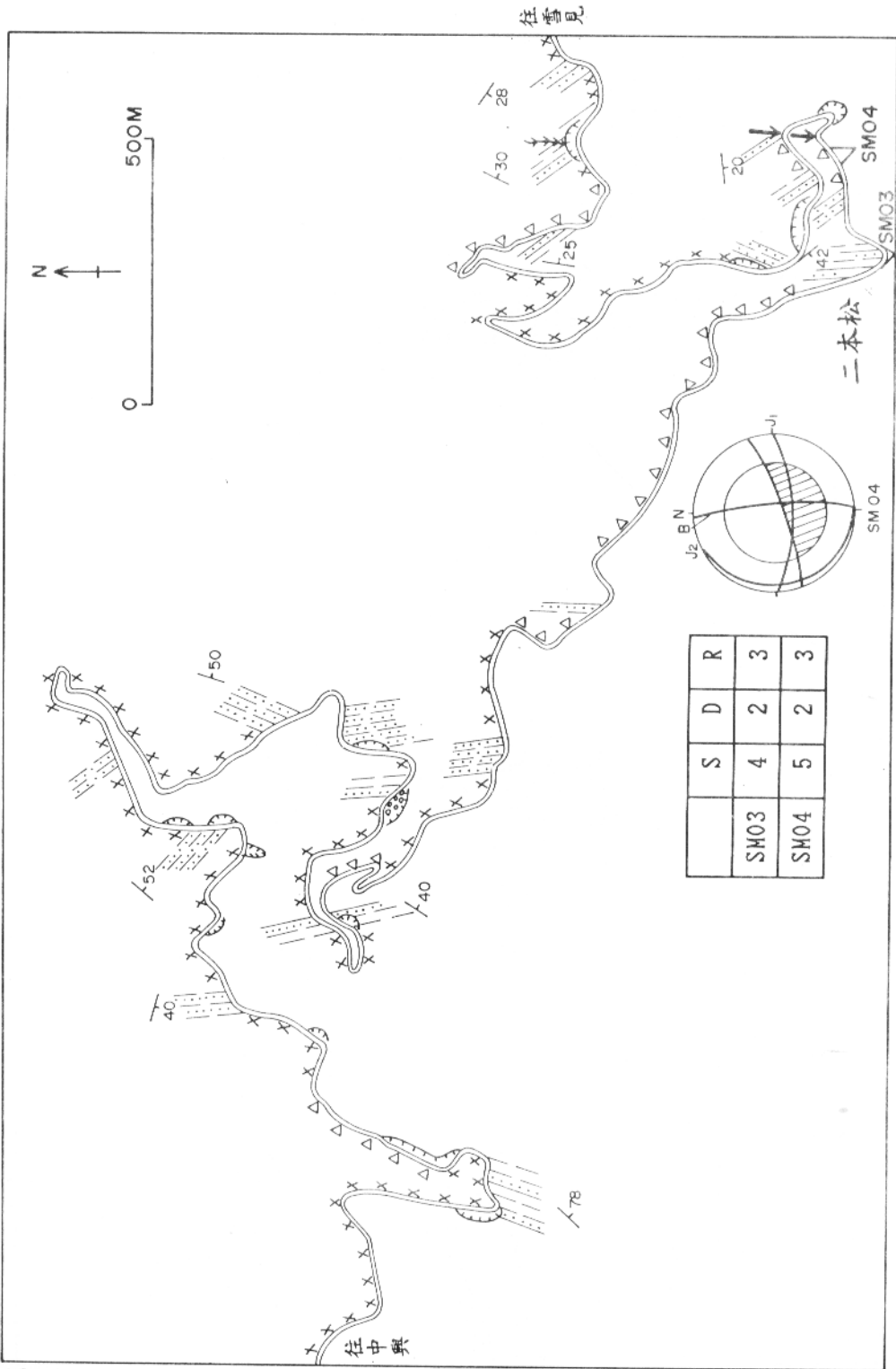


圖E7 樂山-大鹿林道東線沿線邊坡分析與位置圖

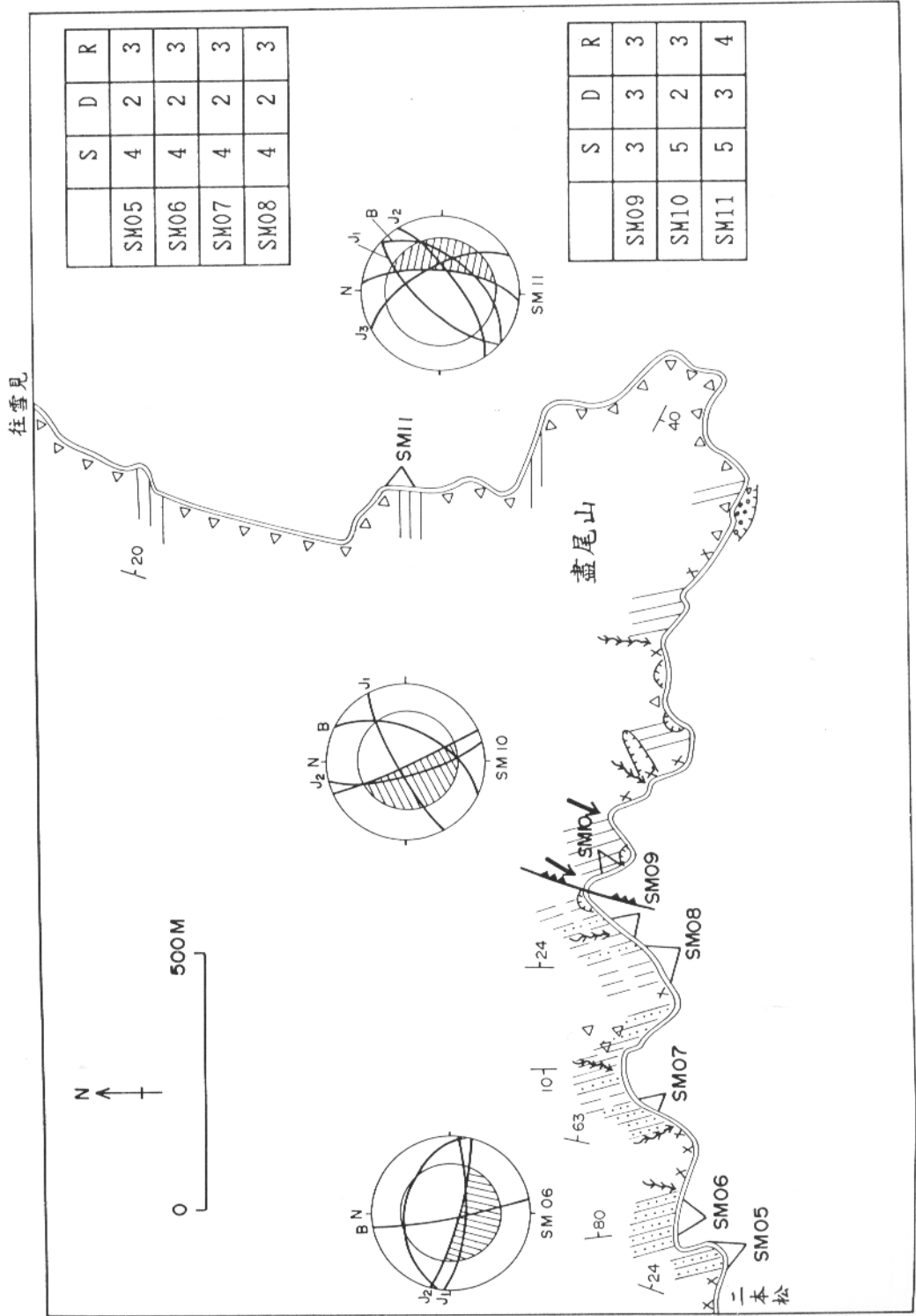
往中興



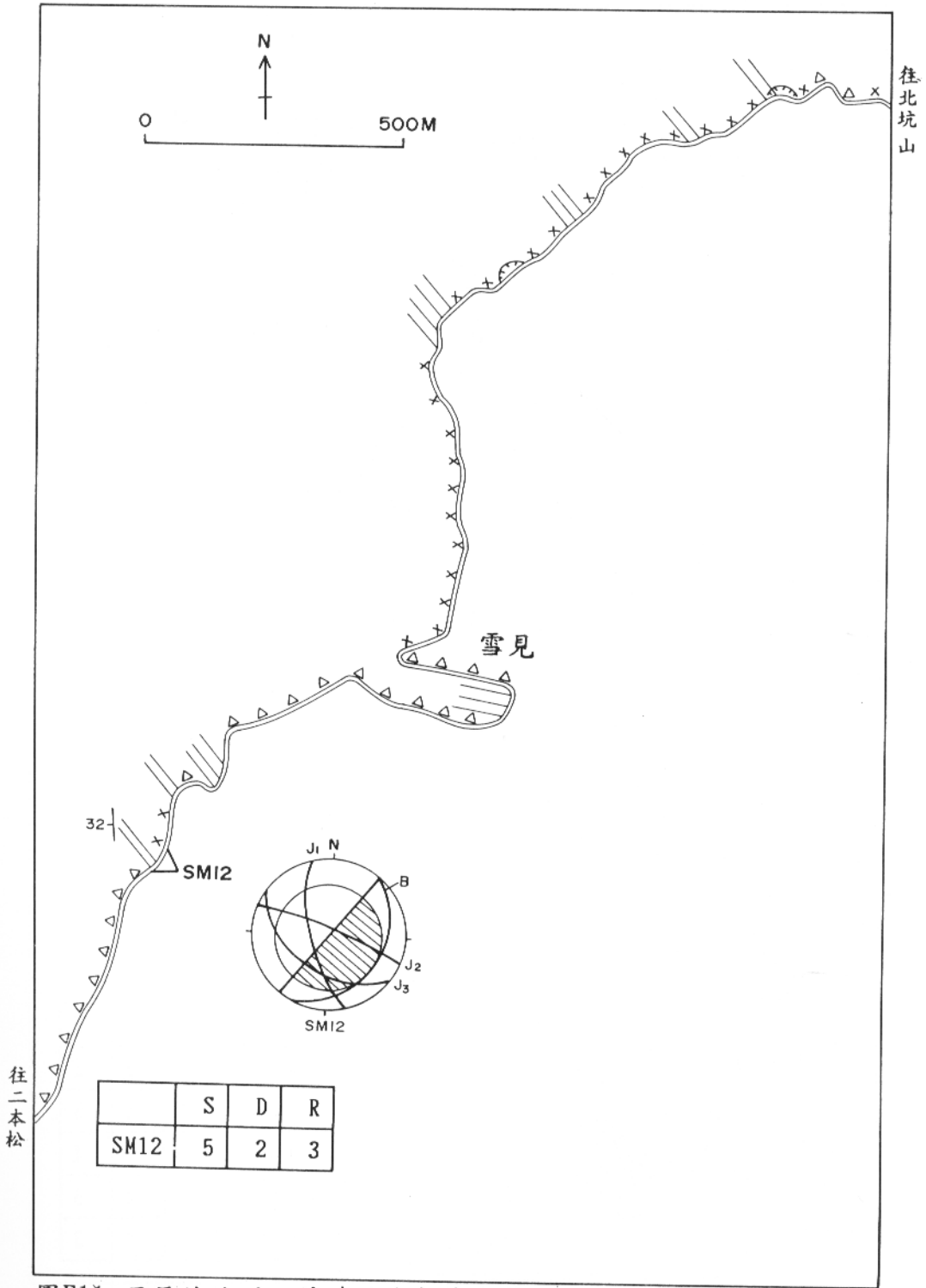
圖E8 司馬線林道沿線邊坡分析與位置圖



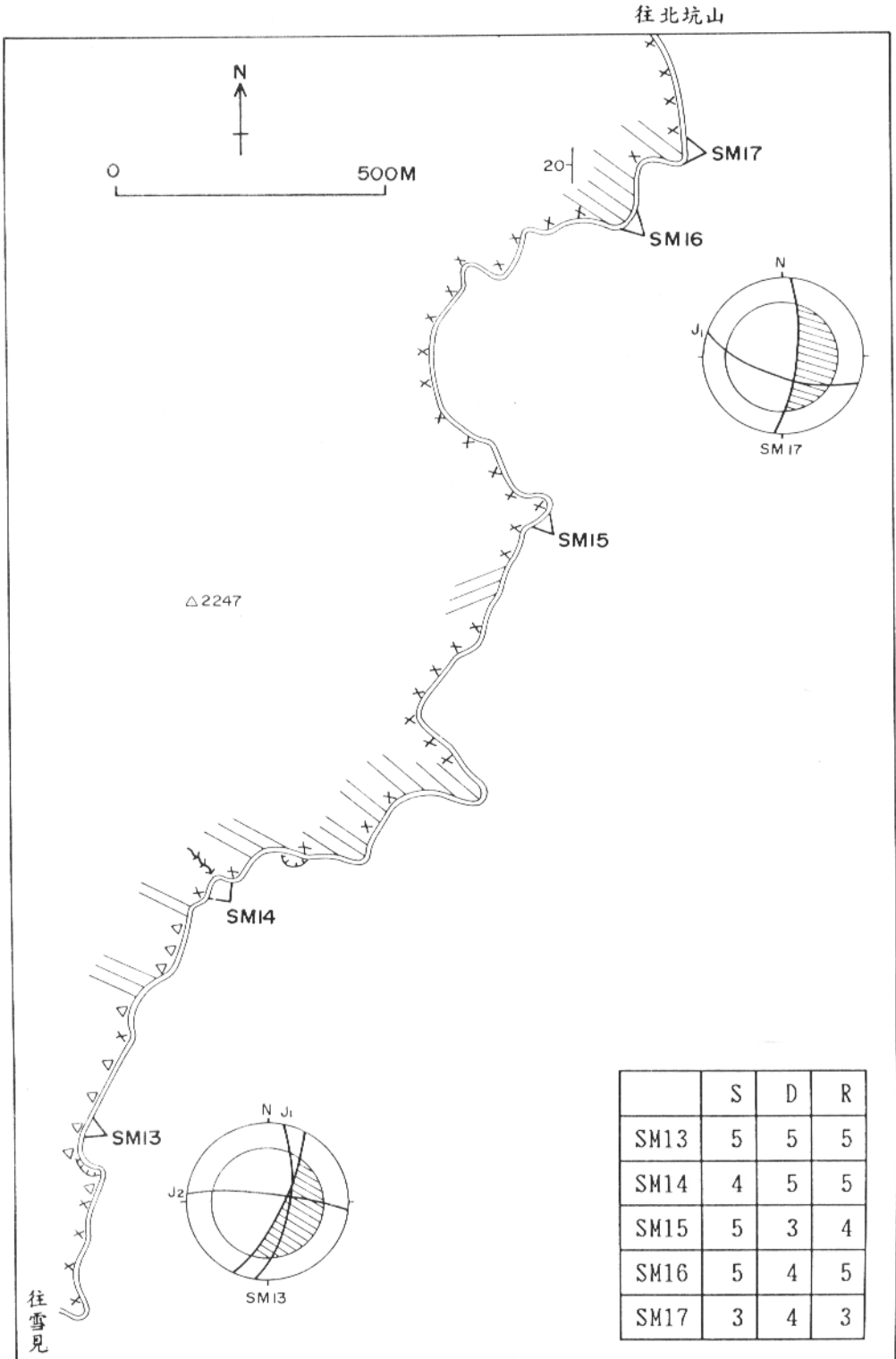
圖E9 司馬線林道沿線邊坡分析與位置圖



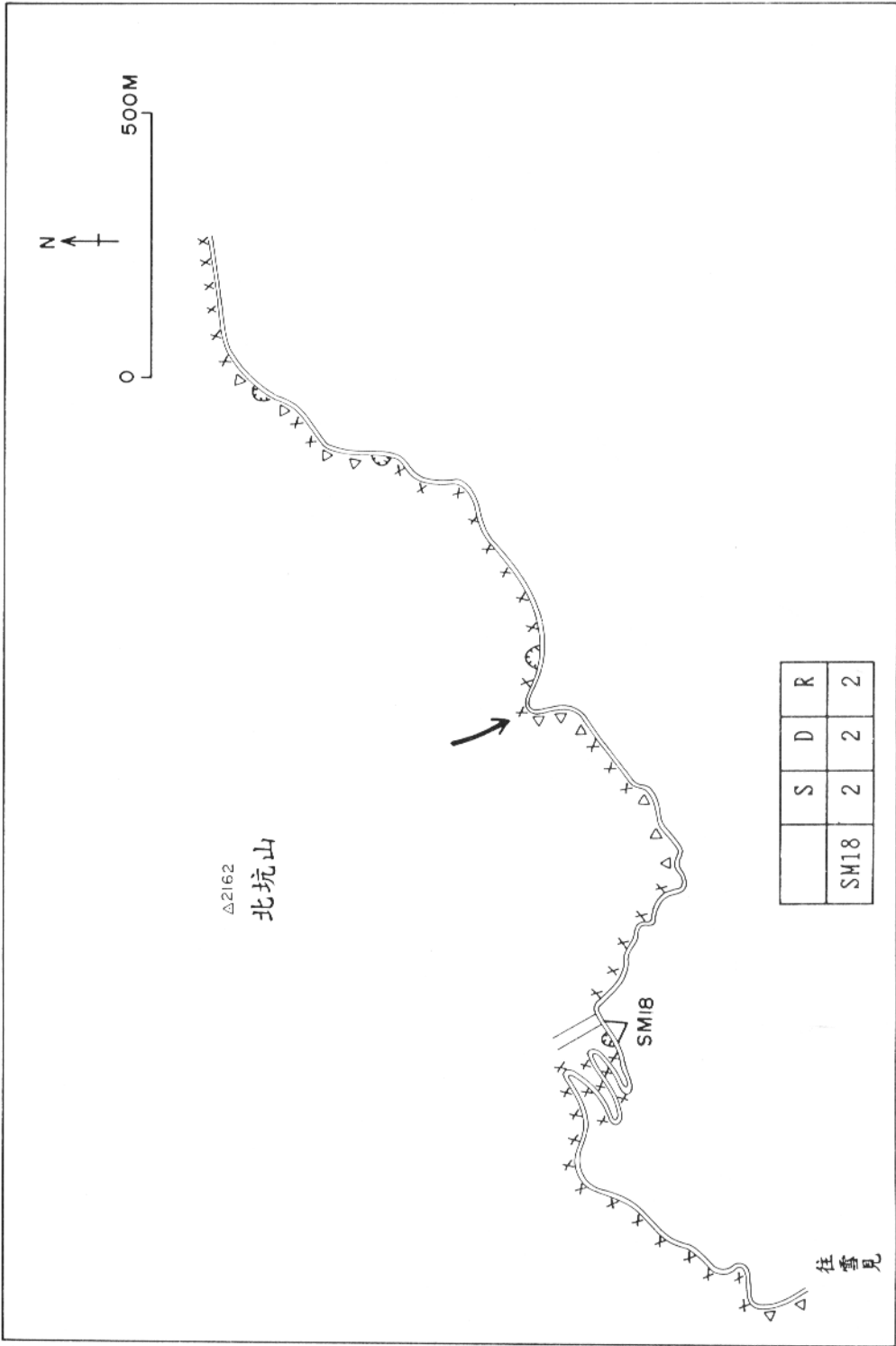
圖E10 司馬線林道沿線邊坡分析與位置圖



圖E11 司馬線林道沿線邊坡分析與位置圖



圖E12 司馬線林道沿線邊坡分析與位置圖



圖E13 司馬線林道沿線邊坡分析與位置圖

表 F1 樂山—大鹿林道東線边坡資料表

边坡資料(圖)			邊坡型態	
圖號	岩 石 類 別	坡 度	邊坡型態	備 註
附錄 F				
圖 F1~F43 樂山—大鹿林道東線邊坡資料表				
圖 F44~F61 司馬限林道邊坡資料表				
圖號	岩 石 類 別	坡 度	邊坡型態	備 註
1	N24/S04 < 30	合	邊坡穩定	不穩定
2	N62L/S4S > 30	分	其他危險度	中等
3		危	其他危險度	中等
坡面岩質			崩塌	崩塌
坡面岩質			崩塌	崩塌
坡面岩質：以中硬岩為主，經年作用，局部不穩定。				

表 F2 樂山—大鹿林道東線边坡資料表

边坡資料(圖)			邊坡型態	
圖號	岩 石 類 別	坡 度	邊坡型態	備 註
附錄 F				
圖 F1~F43 樂山—大鹿林道東線邊坡資料表				
圖 F44~F61 司馬限林道邊坡資料表				
圖號	岩 石 類 別	坡 度	邊坡型態	備 註
1	N24/S04 < 30	合	邊坡穩定	不穩定
2	N62L/S4S > 30	分	其他危險度	中等
3		危	其他危險度	中等
坡面岩質			崩塌	崩塌
坡面岩質			崩塌	崩塌
坡面岩質：以中硬岩為主，經年作用，局部不穩定。				

表F1 樂山-大鹿林道東線DL01邊坡資料表

邊坡編號		DL01		邊坡型態		
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	50° - 60°
	岩性	硬頁岩			坡高(M)	10 - 15
	岩體結構	塊狀結構			破壞岩體坡度	50° - 60°
不連續面狀況	組數	2	間距(CM)	綜合分析	破壞岩體高程	3 - 15
	層理				岩體強度	弱
	劈理				邊坡穩定度	不穩定
節理	1	N2W/59N	< 30	崩坍性質	傷害危險度	中等
	2	N62E/68S	> 30		危害風險度	中等
	3				運動材料	岩石, 岩屑塊
有否露出	有			運動類型	平面型, 楔型	
備註	植被不良, 裸露岩坡, 經常性局部不穩定。					

表F2 樂山-大鹿林道東線DL02邊坡資料表

邊坡編號		DL02		邊坡型態		
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	70° - 80°
	岩性	硬頁岩			坡高(M)	10 - 15
	岩體結構	碎裂結構			破壞岩體坡度	80° - 85°
不連續面狀況	組數	3	間距(CM)	綜合分析	破壞岩體高程	5 - 15
	層理				岩體強度	弱
	劈理				邊坡穩定度	不穩定
節理	1	N80E/64N	> 30	崩坍性質	傷害危險度	中等
	2	N4W/66S	> 30		危害風險度	中等
	3	N76E/35S	> 30		運動材料	岩塊
有否露出	無			運動類型	圓弧型, 墜落	
備註	植被不良, 局部落石。					

表F3 樂山-大鹿林道東線DL03邊坡資料表

邊坡編號		DL03		邊坡型態		
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	80° - 90°
	岩性	硬頁岩			坡高(M)	8 - 10
不連續面狀況	岩體結構	裂隙塊狀結構		綜合分析	破壞岩體坡度	80° - 90°
	組數	3	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 10
連	層理			崩坍性質	岩體強度	弱
	劈理				邊坡穩定度	極不穩定
面	節理	1	N8E/78N > 30	綜合分析	傷害危險度	低
		2	N89E/65N > 30		危害風險度	中等
狀	理	3	N75E/80S > 30	崩坍性質	運動材料	岩石
		有否露出	有		運動類型	平面型，楔型
備註	植被不良 裸露岩坡，無明顯活動跡象。					

表F4 樂山-大鹿林道東線DL04邊坡資料表

邊坡編號		DL04		邊坡型態		
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	90°
	岩性	硬頁岩			坡高(M)	15 - 20
不連續面狀況	岩體結構	塊狀結構		綜合分析	破壞岩體坡度	90°
	組數	3	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 20
連	層理			崩坍性質	岩體強度	弱
	劈理				邊坡穩定度	不穩定
面	節理	1	N89E/42S > 30	綜合分析	傷害危險度	高
		2	N20W/67N > 30		危害風險度	高
狀	理	3	N70W/53S > 30	崩坍性質	運動材料	岩石
		有否露出	無		運動類型	墜落
備註	植被不良 裸露岩坡，無明顯活動跡象。					

表F5 樂山-大鹿林道東線DL05邊坡資料表

邊坡編號		DL05		邊坡型態		斜交	
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	80° -90°	
	岩性	硬頁岩			坡高(M)	8 - 10	
不連續面狀況	岩體結構	塊狀結構		綜合分析	破壞岩體坡度	80° -90°	
	組數	2	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 10	
連層	層理			崩坍性質	岩體強度	中強	
	劈理	N1E/77S	不明顯		邊坡穩定度	中等	
節理	1	N75W/62S	> 30	綜合分析	傷害危險度	低	
	2	N14W/72N	> 30		危害風險度	低	
理	3			崩坍性質	運動材料	岩石	
	有否露出	無			運動類型	墜落	
備註	植被不良 裸露岩坡，無明顯活動跡象。						

表F6 樂山-大鹿林道東線DL06邊坡資料表

邊坡編號		DL06		邊坡型態			
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	70°	
	岩性	板岩			坡高(M)	10 - 15	
不連續面狀況	岩體結構	碎裂結構		綜合分析	破壞岩體坡度	70° -75°	
	組數	3	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 15	
連層	層理			崩坍性質	岩體強度	弱	
	劈理	NS/40E	< 30		邊坡穩定度	極不穩定	
節理	1	N66W/65S	< 30	綜合分析	傷害危險度	中等	
	2	N17E/48N	< 30		危害風險度	高	
理	3			崩坍性質	運動材料	岩屑塊	
	有否露出	有			運動類型	平面型，圓弧型	
備註	無植被岩坡，近期發生新崩落。						

表F7 樂山-大鹿林道東線DL07邊坡資料表

邊坡 編號		DL07		邊坡型態		直交坡		
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	70° -80°		
	岩性	板岩			坡高(M)	6 - 10		
	岩體結構	裂隙塊狀			破壞岩體坡度	70° -80°		
不連續面狀況	組數		間距(CM)	綜合分析	破壞岩體高程	0 - 10		
	層理				岩體強度	弱		
	劈理	N55E/48S	< 30		邊坡穩定度	不穩定		
	節理	1	N30W/60N		< 30	傷害危險度	低	
		2				危害風險度	中等	
理	3			運動材料	岩塊			
有否露出	無			性質	運動類型	墜落		
備註	植被不良 裸露岩坡，無明顯活動跡象。							

表F8 樂山-大鹿林道東線DL08邊坡資料表

邊坡 編號		DL08		邊坡型態				
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	60°		
	岩性	板岩			坡高(M)	25 - 30		
	岩體結構	塊狀結構			破壞岩體坡度	70° -75°		
不連續面狀況	組數	3	間距(CM)	綜合分析	破壞岩體高程	5 - 30		
	層理				岩體強度	中		
	劈理	N58E/44S	> 30		邊坡穩定度	不穩定		
	節理	1	N12E/37N		> 30	傷害危險度	極高	
		2	N70E/70N		> 30	危害風險度	極高	
理	3			運動材料	岩石			
有否露出	有			性質	運動類型	楔型		
備註	邊坡 曾發生局部性崩落。							

表F9 樂山-大鹿林道東線DL09邊坡資料表

邊坡編號		DL09		邊坡型態			
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	80°	
	岩性	板岩			坡高(M)	12 - 15	
不連續面狀況	岩體結構	裂隙塊狀結構		綜合分析	破壞岩體坡度	80°	
	組數	2	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 15	
有否露出	層理			崩坍性質	岩體強度	弱	
	劈理	N13E/70S	< 30		邊坡穩定度	不穩定	
	節理	1	N80W/60S		< 30	傷害危險度	中等
		2				危害風險度	中等
	理	3			運動材料	岩塊	
有否露出	無			運動類型	墜落		
備註	植被不良 岩坡，偶爾出現落石。						

表F10 樂山-大鹿林道東線DL10邊坡資料表

邊坡編號		DL10		邊坡型態			
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	50°	
	岩性	板岩			坡高(M)	15 - 20	
不連續面狀況	岩體結構	塊狀結構		綜合分析	破壞岩體坡度	50°	
	組數	1	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 20	
有否露出	層理			崩坍性質	岩體強度	中強	
	劈理	N25E/80S	< 30		邊坡穩定度	穩定	
	節理	1				傷害危險度	高
		2				危害風險度	中等
	理	3			運動材料	岩屑	
有否露出	無			運動類型	墜落		
備註	經常性表面風化岩屑剝落。						

表F11 樂山-大鹿林道東線DL11邊坡資料表

邊坡編號		DL11		邊坡型態			
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	80°	
	岩性	板岩			坡高(M)	15	
不連續面狀況	岩體結構	薄層結構		綜合分析	破壞岩體坡度	80°	
	組數	4	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 15	
不連續面狀況	層理			綜合分析	岩體強度	弱	
	劈理	N14E/63S	< 30		邊坡穩定度	不穩定	
	節理	1	N80E/78N		< 30	傷害危險度	中等
		2	N20E/80S		< 30	危害風險度	中等
	理	3	N38E/20S	< 30	崩坍性質	運動材料 岩塊	
有否露出	無		性質	運動類型	墜落		
備註	植生良好，無明顯活動跡象。						

表F12 樂山-大鹿林道東線DL12邊坡資料表

邊坡編號		DL12		邊坡型態			
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	73°	
	岩性	板岩			坡高(M)	10 - 15	
不連續面狀況	岩體結構	薄層結構		綜合分析	破壞岩體坡度	73°	
	組數	3	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 15	
不連續面狀況	層理			綜合分析	岩體強度	中強	
	劈理	N24E/73	< 30		邊坡穩定度	不穩定	
	節理	1	N54W/82S		> 30	傷害危險度	中等
		2	N63E/43S		> 30	危害風險度	中等
	理	3			崩坍性質	運動材料 岩塊	
有否露出	有		性質	運動類型	墜落		
備註	1.無植被 裸露岩坡。 2.經常性 表面風化 岩屑剝落。						

表F13 樂山-大鹿林道東線DL13邊坡資料表

邊坡 編號		DL13		邊坡型態			
地 質	地 層	水長流層		邊坡 地形	地形坡度	50°	
	岩 性	硬頁岩			地形	坡高(M)	25
	岩體 結構	鬆散結構		特 徵	破壞岩體坡度	50°	
不 連 續 面 狀 況	組 數		間距(CM)			破壞岩體高程	0 - 25
	層 理			綜 合 分 析	岩體強度	弱	
	劈 理				邊坡穩定度	中等	
	節 節	1				傷害危險度	極高
		2				危害風險度	高
理	3			崩 塌 性 質	運動材料	岩屑塊	
有否 露出					運動類型	圓弧型	
備 註	本邊坡為一大規模潛在活動性崩坍地。						

表F14 樂山-大鹿林道東線DL14邊坡資料表

邊坡 編號		DL14		邊坡型態		直交坡	
地 質	地 層	水長流層		邊坡 地形	地形坡度	80°	
	岩 性	板岩			地形	坡高(M)	10 - 15
	岩體 結構	裂隙塊狀		特 徵	破壞岩體坡度	80°	
不 連 續 面 狀 況	組 數	4	間距(CM)			破壞岩體高程	0 - 15
	層 理			綜 合 分 析	岩體強度	弱	
	劈 理	N32E/70N	< 30		邊坡穩定度	極不穩定	
	節 節	1	N78E/84S		< 30	傷害危險度	中等
		2	N55E/70S		< 30	危害風險度	高
理	3	N65E/34S	< 30	崩 塌 性 質	運動材料	岩石	
有否 露出	有				運動類型	平面型	
備 註	無植被裸露岩坡，偶有出現落石現象。						

表F15 樂山-大鹿林道東線DL15邊坡資料表

邊坡編號		DL15		邊坡型態		
地	地層	水長流層		邊坡	地形坡度	60° - 65°
	岩性	板岩			地形	坡高(M)
質	岩體結構	塊狀結構		特徵	破壞岩體坡度	70° - 80°
	組數	2	間距(CM)		破壞岩體高程	3 - 18
不連	層理			綜合	岩體強度	中強
	劈理	N12E/72S	> 30		分析	邊坡穩定度
面狀	節理	1	N75E/68S > 30	崩坍		傷害危險度
		2			危害風險度	高
況	理	3		性質	運動材料	岩石
		有否露出	有		運動類型	翻倒, 折斷
備註	植被不良, 經常性表面風化岩屑崩落。					

表F16 樂山-大鹿林道東線DL16邊坡資料表

邊坡編號		DL16		邊坡型態		直交坡
地	地層	水長流層		邊坡	地形坡度	80°
	岩性	板岩			地形	坡高(M)
質	岩體結構	裂隙塊狀結構		特徵	破壞岩體坡度	80°
	組數	2	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 15
不連	層理			綜合	岩體強度	弱
	劈理	N16E/82S	< 30		分析	邊坡穩定度
面狀	節理	1	N78E/78S < 30	崩坍		傷害危險度
		2			危害風險度	高
況	理	3		性質	運動材料	岩石
		有否露出	有		運動類型	楔型
備註	植被不良, 表面風化岩屑崩落。					

表F17 樂山-大鹿林道東線DL17邊坡資料表

邊坡編號		DL17		邊坡型態		直交坡	
地	地層	水長流層		邊坡	地形坡度	80°	
	岩性	板岩			地形	坡高(M)	15
質	岩體結構	裂隙塊狀結構		特徵	破壞岩體坡度	80°	
	組數	3	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 15	
不	層理			綜合	岩體強度	弱	
	劈理	N6W/62N	< 30		邊坡穩定度	極不穩定	
續	節	1	N76W/76S < 30	分析	傷害危險度	中等	
		2	N40E/70S < 30		危害風險度	高	
面	理	3		崩坍	運動材料	岩石	
		有否露出	有		運動類型	平面型，楔型	
狀							
況							
備	無植被裸露岩坡，表面風化岩屑剝落。						
註							

表F18 樂山-大鹿林道東線DL18邊坡資料表

邊坡編號		DL18		邊坡型態			
地	地層	水長流層		邊坡	地形坡度	80°	
	岩性	板岩			地形	坡高(M)	10 - 12
質	岩體結構	塊狀結構		特徵	破壞岩體坡度	80°	
	組數	2	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 12	
不	層理			綜合	岩體強度	中強	
	劈理	N42E/87S	> 30		邊坡穩定度	不穩定	
續	節	1	N40E/45S > 30	分析	傷害危險度	中等	
		2			危害風險度	中等	
面	理	3		崩坍	運動材料	岩石，岩屑	
		有否露出	有		運動類型	平面型	
狀							
況							
備	無植被裸露岩坡，表面風化岩屑剝落。						
註							

表F19 樂山-大鹿林道東線DL19邊坡資料表

邊坡編號		DL19		邊坡型態			
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	60°	
	岩性	板岩			坡高(M)	7 - 10	
不連續面狀況	岩體結構	碎裂結構		綜合分析	破壞岩體坡度	60°	
	組數		間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 10	
不連續面狀況	層理			綜合分析	岩體強度	弱	
	劈理				邊坡穩定度	中等	
	節理	1				傷害危險度	低
		2				危害風險度	低
	理	3			崩塌性質	運動材料 岩屑塊	
有否露出				運動類型	圓弧型		
備註	植被不良，表面風化岩屑經常性崩落。						

表F20 樂山-大鹿林道東線DL20邊坡資料表

邊坡編號		DL20		邊坡型態			
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	60°	
	岩性	板岩			坡高(M)	10 - 15	
不連續面狀況	岩體結構	塊狀結構		綜合分析	破壞岩體坡度	60°	
	組數	2	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 15	
不連續面狀況	層理			綜合分析	岩體強度	弱	
	劈理	N30E/80S	< 30		邊坡穩定度	不穩定	
	節理	1	N60E/46S		< 30	傷害危險度	中等
		2				危害風險度	中等
	理	3			崩塌性質	運動材料 岩屑塊	
有否露出	有			運動類型	平面型		
備註	植被不良 裸露岩坡，表面風化岩屑經常性崩落。						

表F21 樂山-大鹿林道東線DL21邊坡資料表

邊坡編號		DL21		邊坡型態		
地	地層	水長流層		邊坡	地形坡度	70°
	岩性	板岩			地形	坡高(M)
質	岩體結構	鬆散結構		特徵		破壞岩體坡度
	不組數		間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 15
連	層理			綜合	岩體強度	弱
	劈理				邊坡穩定度	不穩定
面	節	1		分析	傷害危險度	中等
		2			危害風險度	中等
狀	理	3		崩坍	運動材料	岩屑塊
		有否露出			性質	運動類型
備註	無植被土石坡，有局部性崩落。					

表F22 樂山-大鹿林道東線DL22邊坡資料表

邊坡編號		DL22		邊坡型態		
地	地層	水長流層		邊坡	地形坡度	90°
	岩性	板岩			地形	坡高(M)
質	岩體結構	裂隙塊狀結構		特徵		破壞岩體坡度
	不組數	3	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 10
連	層理			綜合	岩體強度	弱
	劈理	N4W/90S	< 30		邊坡穩定度	極不穩定
面	節	1	N25E/78S < 30	分析	傷害危險度	低
		2	N84W/50S < 30		危害風險度	中等
狀	理	3		崩坍	運動材料	岩石
		有否露出	有		性質	運動類型
備註	植被不良岩坡。					

表F23 樂山-大鹿林道東線DL23邊坡資料表

邊坡編號		DL23		邊坡型態		
地	地層	水長流層		邊坡	地形坡度	70°
	岩性	板岩			地形	坡高(M)
質	岩體結構	碎裂結構		特徵		破壞岩體坡度
	組數		間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 20
不	層理			綜	岩體強度	弱
	劈理				合	邊坡穩定度
續	節	1		分		傷害危險度
		2			危害風險度	高
面	理	3		崩	運動材料	岩屑塊
		有否露出	無		運動類型	圓弧型，墜落
狀						
況						
備	坡面有小蝕溝發育，坡角處並有扇狀崖錐堆積。					
註						

表F24 樂山-大鹿林道東線DL24邊坡資料表

邊坡編號		DL24		邊坡型態		
地	地層	水長流層		邊坡	地形坡度	50° - 60°
	岩性	板岩			地形	坡高(M)
質	岩體結構	薄層結構		特徵		破壞岩體坡度
	組數	3	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 20
不	層理			綜	岩體強度	弱
	劈理	N12E/58S	< 30		合	邊坡穩定度
續	節	1	N86W/64S > 30	分		傷害危險度
		2	N58E/70N > 30		危害風險度	中等
面	理	3		崩	運動材料	岩石
		有否露出	有		運動類型	翻倒型
狀						
況						
備	植被不良岩坡。					
註						

表F25 樂山-大鹿林道東線DL25邊坡資料表

邊坡編號		DL25		邊坡型態		斜交坡	
地	地層	水長流層		邊坡	地形坡度	90°	
	岩性	板岩			地形	坡高(M)	10 - 12
質	岩體結構	裂隙塊狀結構		特徵	破壞岩體坡度	90°	
	組數	3	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 12	
不	層理			綜合	岩體強度	弱	
	劈理	N10E/52S	< 30		邊坡穩定度	極不穩定	
續	節理	1	N68W/87N < 30	分析	傷害危險度	中等	
		2	N25W/25S > 30		危害風險度	高	
面	理	3		崩坍	運動材料	岩石	
		有否露出	有		性質	運動類型	翻倒，平面型
狀	植被不良，目前有局部性崩落。						
況							
注							

表F26 樂山-大鹿林道東線DL26邊坡資料表

邊坡編號		DL26		邊坡型態			
地	地層	水長流層		邊坡	地形坡度	70°	
	岩性	板岩			地形	坡高(M)	15
質	岩體結構	碎裂結構		特徵	破壞岩體坡度	70° - 80°	
	組數		間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 15	
不	層理			綜合	岩體強度	弱	
	劈理				邊坡穩定度	不穩定	
續	節理	1		分析	傷害危險度	中等	
		2			危害風險度	中等	
面	理	3		崩坍	運動材料	岩塊	
		有否露出			性質	運動類型	墜落
狀	偶有落石出現。						
況							
注							

表F27 樂山-大鹿林道東線DL27邊坡資料表

邊坡 編號		DL27		邊坡型態			
地	地 層	水長流層		邊坡	地形坡度	60°	
	岩 性	板岩夾砂岩			地形	坡高(M)	10
質	岩體 結構	塊狀結構		特徵	破壞岩體坡度	60°	
	不	組 數	2		間距(CM)	破壞岩體高程	0 - 10
連	層 理			綜	岩體強度	中強	
	劈 理	N40E/40S			邊坡穩定度	中等	
面	節	1	N79W/85N	> 30	分	傷害危險度	低
		2				危害風險度	低
狀	理	3			崩	運動材料	岩塊
		有否 露出	無			性	運動類型
況							
備	植被不良，至目前無明顯崩落跡象，但可能偶有落石出現。						
註							

表F28 樂山-大鹿林道東線DL28邊坡資料表

邊坡 編號		DL28		邊坡型態			
地	地 層	水長流層		邊坡	地形坡度	70°	
	岩 性	板岩			地形	坡高(M)	10 - 15
質	岩體 結構	塊狀結構		特徵	破壞岩體坡度	70°	
	不	組 數	2		間距(CM)	破壞岩體高程	0 - 15
連	層 理			綜	岩體強度	中強	
	劈 理	N36E/40S	> 30		邊坡穩定度	不穩定	
面	節	1	N40W/56S	> 30	分	傷害危險度	中等
		2				危害風險度	中等
狀	理	3			崩	運動材料	岩石
		有否 露出	有			性	運動類型
況							
備	植生良好，但有局部性崩落現象。						
註							

表F29 樂山-大鹿林道東線DL29邊坡資料表

邊坡編號		DL29		邊坡型態		
地	地層	水長流層		邊坡	地形坡度	70°
	岩性	板岩			地形	坡高(M)
質	岩體結構	薄層狀結構		特徵		破壞岩體坡度
	組數	2	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 20
不	層理			綜	岩體強度	弱
	劈理	N70E/22S	< 30		合	邊坡穩定度
續	節	1	N17W/58S < 30	分		傷害危險度
		2			析	危害風險度
面	理	3		崩		運動材料
		有否露出	有		性質	運動類型
備註	植生不良，有明顯活動跡象。					

表F30 樂山-大鹿林道東線DL30邊坡資料表

邊坡編號		DL30		邊坡型態		
地	地層	水長流層		邊坡	地形坡度	90°
	岩性	板岩			地形	坡高(M)
質	岩體結構	塊狀結構		特徵		破壞岩體坡度
	組數	2	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 10
不	層理			綜	岩體強度	中強
	劈理	N28E/57S	> 30		合	邊坡穩定度
續	節	1	N48E/87N > 30	分		傷害危險度
		2			析	危害風險度
面	理	3		崩		運動材料
		有否露出	無		性質	運動類型
備註	植生良好，暫時無活動跡象。					

表F31 樂山-大鹿林道東線DL31邊坡資料表

邊坡編號		DL31		邊坡型態		
地	地層	水長流層		邊坡	地形坡度	70°
	岩性	崩積岩屑塊			地形	坡高(M)
質	岩體結構	鬆散結構		特徵		破壞岩體坡度
	組數		間距(CM)		破壞岩體高程	3 - 7
不	層理			綜合	岩體強度	弱
	劈理				邊坡穩定度	不穩定
續	節	1		分析	傷害危險度	低
		2			危害風險度	中等
面	理	3		崩坍	運動材料	土，岩屑塊
		有否露出			性質	運動類型
狀						
況						
備	植生不良 土石坡。					
註						

表F32 樂山-大鹿林道東線DL32邊坡資料表

邊坡編號		DL32		邊坡型態		
地	地層	水長流層		邊坡	地形坡度	60° -70°
	岩性	板岩			地形	坡高(M)
質	岩體結構	塊狀結構		特徵		破壞岩體坡度
	組數	3	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 15
不	層理			綜合	岩體強度	弱
	劈理	N20E/20S			邊坡穩定度	極不穩定
續	節	1	N17E/88S < 30	分析	傷害危險度	中等
		2	N81W/65S < 30		危害風險度	高
面	理	3		崩坍	運動材料	岩石
		有否露出	有		性質	運動類型
狀						
況						
備	經常性路基坍方，崩坍作用則來自大蝕溝之向源侵蝕作用與不利之節理方位。					
註						

表F33 樂山-大鹿林道東線DL33邊坡資料表

邊坡 編號		DL33		邊坡型態		
地	地 層	水長流層		邊坡	地形坡度	80°
	岩 性	板岩			地形	坡高(M)
質	岩體 結構	塊狀結構		特徵		破壞岩體坡度
	不 組 數	1	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 14
連	層 理			綜 合 分 析	岩體強度	中強
	劈 理	N20E/70S < 30			邊坡穩定度	中等
面	節	1		崩 塌	傷害危險度	中等
		2			危 害 風 險 度	中等
狀	理	3		性 質		運動材料
		有否 露出	無		運動類型	墜落
備 註	植生不良，表面風化岩屑崩落。					

表F34 樂山-大鹿林道東線DL34邊坡資料表

邊坡 編號		DL34		邊坡型態		
地	地 層	水長流層		邊坡	地形坡度	70° - 80°
	岩 性	板岩			地形	坡高(M)
質	岩體 結構	塊狀結構		特徵		破壞岩體坡度
	不 組 數	2	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 22
連	層 理			綜 合 分 析	岩體強度	弱
	劈 理	N38E/64S < 30			邊坡穩定度	極不穩定
面	節	1	N76W/81S < 30	崩 塌	傷害危險度	極高
		2			危 害 風 險 度	極高
狀	理	3		性 質		運動材料
		有否 露出	有		運動類型	楔型，墜落
備 註	植被不良，經常性崩落。					

表F35 樂山-大鹿林道東線DL35邊坡資料表

邊坡編號		DL35		邊坡型態		
地	地層	水長流層		邊坡	地形坡度	80°
	岩性	板岩			地形	坡高(M)
質	岩體結構	層狀結構		特徵	破壞岩體坡度	80°
	組數	3	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 8
不	層理			綜合	岩體強度	弱
	劈理	N3E/37N	< 30		分析	邊坡穩定度
續	節	1	N14W/74S < 30	崩	傷害危險度	低
		2	N58E/68S < 30		析	危害風險度
面	理	3		性	運動材料	岩石
		有否露出	有		性質	運動類型
狀	備註					
況	植被良好，局部有落石現象。					

表F36 樂山-大鹿林道東線DL36邊坡資料表

邊坡編號		DL36		邊坡型態		
地	地層	水長流層		邊坡	地形坡度	80°
	岩性	板岩			地形	坡高(M)
質	岩體結構	裂隙塊狀結構		特徵	破壞岩體坡度	80°
	組數	4	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 20
不	層理			綜合	岩體強度	弱
	劈理	N28E/76S	< 30		分析	邊坡穩定度
續	節	1	N34W/60S < 30	崩	傷害危險度	高
		2	N30E/90N > 30		析	危害風險度
面	理	3	N60W/48N > 30	性	運動材料	岩石
		有否露出	有		性質	運動類型
狀	備註					
況	植被不良 岩坡。					

表F37 樂山-大鹿林道東線DL37邊坡資料表

邊坡編號		DL37		邊坡型態			
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	80°	
	岩性	硬頁岩			坡高(M)	9	
	岩體結構	塊狀結構			破壞岩體坡度	80°	
不連續面狀況	組數	2	間距(CM)	綜合分析	破壞岩體高程	0 - 9	
	層理				岩體強度	弱	
	劈理	N28W/38S	> 30		邊坡穩定度	極不穩定	
	節理	1	N80E/50N		> 30	傷害危險度	低
		2	N32E/38S		> 30	危害風險度	中等
理	3			崩坍性質	運動材料 岩石		
備註	有否露出		有		運動類型	平面型	
偶有出現 落石。							

表F38 樂山-大鹿林道東線DL38邊坡資料表

邊坡編號		DL38		邊坡型態			
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	80°	
	岩性	硬頁岩			坡高(M)	10 - 15	
	岩體結構	塊狀結構			破壞岩體坡度	80°	
不連續面狀況	組數	2	間距(CM)	綜合分析	破壞岩體高程	0 - 15	
	層理				岩體強度	中強	
	劈理	N12E/87N	> 30		邊坡穩定度	不穩定	
	節理	1	N78W/45S		> 30	傷害危險度	中等
		2				危害風險度	中等
理	3			崩坍性質	運動材料 岩石		
備註	有否露出		有		運動類型	平面型，墜落	
偶有局部 性崩落。							

表F39 樂山-大鹿林道東線DL39邊坡資料表

邊坡編號		DL39		邊坡型態		
地	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	85°
	岩性	硬頁岩			坡高(M)	7 - 8
質	岩體結構	塊狀結構		綜合分析	破壞岩體坡度	85°
	組數	2	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 8
不連	層理			綜合分析	岩體強度	弱
	劈理	N30E/76N	< 30		邊坡穩定度	極不穩定
面狀	節理	1	N60W/72S < 30	崩坍性質	傷害危險度	低
		2			危害風險度	中等
況	理	3		崩坍性質	運動材料	岩塊
		有否露出	有		運動類型	墜落
備註	植生不良，目前有局部性墜落。					

表F40 樂山-大鹿林道東線DL40邊坡資料表

邊坡編號		DL40		邊坡型態		
地	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	80°
	岩性	硬頁岩			坡高(M)	12
質	岩體結構	塊狀結構		綜合分析	破壞岩體坡度	80°
	組數	2	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 12
不連	層理			綜合分析	岩體強度	中強
	劈理	N88W/52S	> 30		邊坡穩定度	不穩定
面狀	節理	1	N40W/70S > 30	崩坍性質	傷害危險度	中等
		2			危害風險度	中等
況	理	3		崩坍性質	運動材料	岩石
		有否露出	有		運動類型	平面型
備註	植生不良，無明顯活動跡象。					

表F41 樂山-大鹿林道東線DL41邊坡資料表

邊坡編號		DL41		邊坡型態			
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	70°	
	岩性	硬頁岩			坡高(M)	10 - 12	
不連續面狀況	岩體結構	裂隙塊狀結構		綜合分析	破壞岩體坡度	70°	
	組數	4	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 12	
備註	層理			崩坍性質	岩體強度	弱	
	劈理	N24E/84S	< 30		邊坡穩定度	極不穩定	
	節理	1	N38W/80N		< 30	傷害危險度	中等
		2	N78W/80N		> 30	危害風險度	高
	理	3	N42W/37S	> 30	運動材料	岩塊	
有否露出	有			運動類型	平面型，楔型		
已有局部崩落現象。							

表F42 樂山-大鹿林道東線DL42邊坡資料表

邊坡編號		DL42		邊坡型態			
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	90°	
	岩性	板岩			坡高(M)	6 - 7	
不連續面狀況	岩體結構	層狀結構		綜合分析	破壞岩體坡度	90°	
	組數	3	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 7	
備註	層理			崩坍性質	岩體強度	弱	
	劈理	N80E/60S	< 30		邊坡穩定度	極不穩定	
	節理	1	N1W/52S		> 30	傷害危險度	低
		2	N44W/28N		> 30	危害風險度	中等
	理	3			運動材料	岩石	
有否露出	有			運動類型	楔型		
植被不良，無明顯崩落現象。							

表F43 樂山-大鹿林道東線DL43邊坡資料表

邊坡編號		DL43		邊坡型態		
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	50°
	岩性	板岩			坡高(M)	20 - 30
不連續面狀況	岩體結構	碎裂結構		綜合分析	破壞岩體坡度	50°
	組數	3	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 30
	層理			崩坍性質	岩體強度	弱
	劈理	N60E/58S	< 30		邊坡穩定度	極不穩定
節理	1	N80W/40N	< 30		傷害危險度	極高
	2	N14W/33S	< 30	危害風險度	極高	
	3			運動材料	岩屑塊	
	有否露出	有			運動類型	楔型
備註	植生不良，經常有崩落現象。					

表F44 司馬限林道SM01邊坡資料表

邊坡編號		SM01		邊坡型態		
地質	地層	石底層		邊坡地形特徵	地形坡度	50° - 60°
	岩性	砂岩			坡高(M)	5
不連續面狀況	岩體結構	裂隙塊狀結構		綜合分析	破壞岩體坡度	75° - 85°
	組數	2	間距(CM)		破壞岩體高程	2 - 5
面狀	層理			崩坍性質	岩體強度	中強
	節理				邊坡穩定度	中等
況	節理	1	N16E/52S < 30	崩坍性質	傷害危險度	極低
		2	N25W/78N < 30		危害風險度	低
備註	有否露出	3		崩坍性質	運動材料	岩屑塊
		無			運動類型	墜落
備註 1. 植被良好，局部因崩落而裸露。 2. 目前有局部性崩落。						

表F45 司馬限林道SM02邊坡資料表

邊坡編號		SM02		邊坡型態		反向坡
地質	地層	石底層		邊坡地形特徵	地形坡度	90°
	岩性	砂岩			坡高(M)	12
不連續面狀況	岩體結構	塊狀結構		綜合分析	破壞岩體坡度	90°
	組數	3	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 12
面狀	層理	N82W/44S	> 30	崩坍性質	岩體強度	中強
	節理				邊坡穩定度	不穩定
況	節理	1	N77E/88N > 30	崩坍性質	傷害危險度	中等
		2	N20W/54N > 30		危害風險度	中等
備註	有否露出	3		崩坍性質	運動材料	岩石
		有			運動類型	平面，墜落
備註 裸露岩坡，目前有局部崩落。						

表F46 司馬限林道SM03邊坡資料表

邊坡編號		SM03		邊坡型態		順向坡	
地	地層	汶水層		邊坡	地形坡度	60° -70°	
	岩性	砂岩			地形	坡高(M)	8
質	岩體結構	薄層結構		特徵	破壞岩體坡度	60° -70°	
	組數	3	間距(CM)		破壞岩體高程	3 - 8	
不連續	層理	N80E/30S	< 30	綜合分析	岩體強度	弱	
	劈理				邊坡穩定度	不穩定	
面狀	節理	1	N20W/80S < 30	崩坍	傷害危險度	低	
		2	N42E/86S < 30		危害風險度	中等	
況	理	3		性質	運動材料	岩屑塊	
	有否露出	有			運動類型	平面型	
備註	新拓寬開挖裸露岩坡。						

表F47 司馬限林道SM04邊坡資料表

邊坡編號		SM04		邊坡型態		直交坡	
地	地層	汶水層		邊坡	地形坡度	80°	
	岩性	砂岩夾頁岩			地形	坡高(M)	6
質	岩體結構	層狀結構		特徵	破壞岩體坡度	80°	
	組數	3	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 6	
不連續	層理	N4W/80N	< 30	綜合分析	岩體強度	弱	
	劈理				邊坡穩定度	極不穩定	
面狀	節理	1	N88E/72S < 30	崩坍	傷害危險度	低	
		2	N20W/10S < 30		危害風險度	中等	
況	理	3		性質	運動材料	岩石	
	有否露出	有			運動類型	平面型，楔型	
備註	新拓寬開挖裸露岩坡。						

表F48 司馬限林道SM05邊坡資料表

邊坡編號		SM05		邊坡型態		斜交	
地	地層	汶水層		邊坡	地形坡度	80°	
	岩性	砂岩			地形	坡高(M)	8
質	岩體結構	層狀結構		特徵	破壞岩體坡度	80°	
	組數	3	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 8	
不	層理	N85E/13S	< 30	綜合	岩體強度	弱	
	劈理				邊坡穩定度	不穩定	
連	節	1	N39W/82S < 20	分	傷害危險度	低	
		2	N50E/88S < 30		危害風險度	中等	
續	理	3		析	運動材料	岩石	
		有否露出	無		運動類型	墜落	
面	崩坍性質						
狀	備註						
況	植被覆蓋良好，局部裸露，無顯著崩落現象。						

表F49 司馬限林道SM06邊坡資料表

邊坡編號		SM06		邊坡型態		斜交坡	
地	地層	汶水層		邊坡	地形坡度	80°	
	岩性	砂岩			地形	坡高(M)	8 - 10
質	岩體結構	層狀結構		特徵	破壞岩體坡度	80°	
	組數	3	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 10	
不	層理	N10W/86S	> 30	綜合	岩體強度	中強	
	劈理				邊坡穩定度	不穩定	
連	節	1	N85W/74S > 30	分	傷害危險度	低	
		2	N81W/42N > 30		危害風險度	中等	
續	理	3		析	運動材料	岩石	
		有否露出	有		運動類型	平面型，楔型	
面	崩坍性質						
狀	備註						
況							

表F50 司馬限林道SM07邊坡資料表

邊坡編號		SM07		邊坡型態		
地	地層	汶水層		邊坡	地形坡度	90°
	岩性	砂岩			地形	坡高(M)
質	岩體結構	薄層結構		特徵		破壞岩體坡度
	組數	3	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 5
不連續	層理	N15W/4S	< 30	綜合分析	岩體強度	弱
	劈理				邊坡穩定度	不穩定
面狀	節理	1	N80W/87N > 30	崩坍	傷害危險度	低
		2	N32E/86N > 30		危害風險度	中等
況	理	3		性質	運動材料	岩塊
	有否露出	無			運動類型	墜落
備註	裸露岩坡，目前無顯著崩落現象。					

表F51 司馬限林道SM08邊坡資料表

邊坡編號		SM08		邊坡型態		斜交坡
地	地層	汶水層		邊坡	地形坡度	70° -80°
	岩性	頁岩			地形	坡高(M)
質	岩體結構	碎裂結構		特徵		破壞岩體坡度
	組數	1	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 8
不連續	層理			綜合分析	岩體強度	弱
	劈理				邊坡穩定度	不穩定
面狀	節理	1		崩坍	傷害危險度	低
		2			危害風險度	中等
況	理	3		性質	運動材料	岩屑塊
	有否露出	無			運動類型	圓弧型
備註	草生坡茂密，目前有局部性崩落。					

表F52 司馬限林道SM09邊坡資料表

邊坡 編號		SM09		邊坡型態		
地	地 層	汶水層		邊坡	地形坡度	60°
	岩 性	頁岩夾砂岩			地形	坡高(M)
質	岩體 結構	碎裂結構		特徵		破壞岩體坡度
	組 數		間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 12
不	層 理			綜	岩體強度	弱
	劈 理				合	邊坡穩定度
續	節	1		分		傷害危險度
		2			析	危害風險度
面	理	3		崩		運動材料
		有否 露出	無		性	運動類型
狀	草生 坡茂 密，目前 有局部性 崩落。					
況						
備						
註						

表F53 司馬限林道SM10邊坡資料表

邊坡 編號		SM10		邊坡型態		斜交坡
地	地 層	汶水層		邊坡	地形坡度	80°
	岩 性	砂岩			地形	坡高(M)
質	岩體 結構	裂隙塊狀 結構		特徵		破壞岩體坡度
	組 數	3	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 8
不	層 理	N25E/55S	> 30	綜	岩體強度	弱
	劈 理				合	邊坡穩定度
續	節	1	N62E/80N < 30	分		傷害危險度
		2	N15W/74S < 30		析	危害風險度
面	理	3		崩		運動材料
		有否 露出	有		性	運動類型
狀	草生 裸露 岩坡，目前 有局部 性崩 落。					
況						
備						
註						

表F54 司馬限林道SM11邊坡資料表

邊坡編號		SM11		邊坡型態		斜交坡			
地	地層	水長流層		邊坡地形	地形坡度	70° -80°			
	岩性	硬頁岩			坡高(M)	15			
質	岩體結構		裂隙塊狀結構		特徵	破壞岩體坡度	70° -80°		
	組數	4	間距(CM)			破壞岩體高程	0 - 15		
不連	層理	N40E/52S	> 30		綜合分析	岩體強度	弱		
	劈理					邊坡穩定度	極不穩定		
面狀	節理	1	N41E/70N	< 30		傷害危險度	中等		
		2	N55E/70S	< 30		危害風險度	高		
況	理	3	N30W/60N	> 30		崩坍性質	運動材料	岩石	
		有否露出	有		運動類型		平面型，楔型		
備註	無植被裸露岩坡。								

表F55 司馬限林道SM12邊坡資料表

邊坡編號		SM12		邊坡型態		斜交坡			
地	地層	水長流層		邊坡地形	地形坡度	50° -60°			
	岩性	硬頁岩			坡高(M)	6 - 7			
質	岩體結構		碎裂結構		特徵	破壞岩體坡度	70° -80°		
	組數		間距(CM)			破壞岩體高程	2 - 7		
不連	層理	N30E/30S	< 30		綜合分析	岩體強度	弱		
	劈理					邊坡穩定度	極不穩定		
面狀	節理	1	N16W/70S	< 30		傷害危險度	低		
		2	N70W/82N	< 30		危害風險度	中等		
況	理	3	N57W/49S	< 30		崩坍性質	運動材料	岩屑塊	
		有否露出	有		運動類型		平面型		
備註	植被不良，經常不穩定。								

表F56 司馬限林道SM13邊坡資料表

邊坡編號		SM13		邊坡型態			
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	60° - 70°	
	岩性	硬頁岩			坡高(M)	40 - 50	
不連續面狀況	岩體結構	塊狀結構		綜合分析	破壞岩體坡度	70° - 80°	
	組數	2	間距(CM)		破壞岩體高程	2 - 50	
理	層理			崩坍性質	岩體強度	弱	
	劈理				邊坡穩定度	極不穩定	
	節理	1	N10E/68S		< 30	傷害危險度	極高
		2	N84W/82N		< 30	危害風險度	極高
有否露出	有		運動材料	岩石, 岩屑塊			
備註	植被不良 裸露岩坡, 經常不穩定。						

表F57 司馬限林道SM14邊坡資料表

邊坡編號		SM14		邊坡型態			
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	70° - 80°	
	岩性	硬頁岩			坡高(M)	40 - 50	
不連續面狀況	岩體結構	塊狀結構		綜合分析	破壞岩體坡度	80° - 90°	
	組數	2	間距(CM)		破壞岩體高程	5 - 50	
理	層理			崩坍性質	岩體強度	中強	
	劈理				邊坡穩定度	不穩定	
	節理	1	N10E/80S		> 30	傷害危險度	極高
		2	N55W/77S		> 30	危害風險度	極高
有否露出	有		運動材料	岩屑塊			
備註	植被不良 裸露岩坡, 經常不穩定。						

表F58 司馬限林道SM15邊坡資料表

邊坡編號		SM15		邊坡型態		
地	地層	水長流層		邊坡	地形坡度	70° - 80°
	岩性	硬頁岩			地形	坡高(M)
質	岩體結構	碎裂結構		特徵		破壞岩體坡度
	組數		間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 15
不	層理			綜合	岩體強度	弱
	劈理				邊坡穩定度	極不穩定
續	節	1		分析	傷害危險度	中等
		2			危害風險度	高
面	理	3		崩坍	運動材料	岩屑塊
		有否露出	有		性質	運動類型
狀	備註					
況	植被不良 裸露岩坡，目前有局部性崩落現象。					

表F59 司馬限林道SM16邊坡資料表

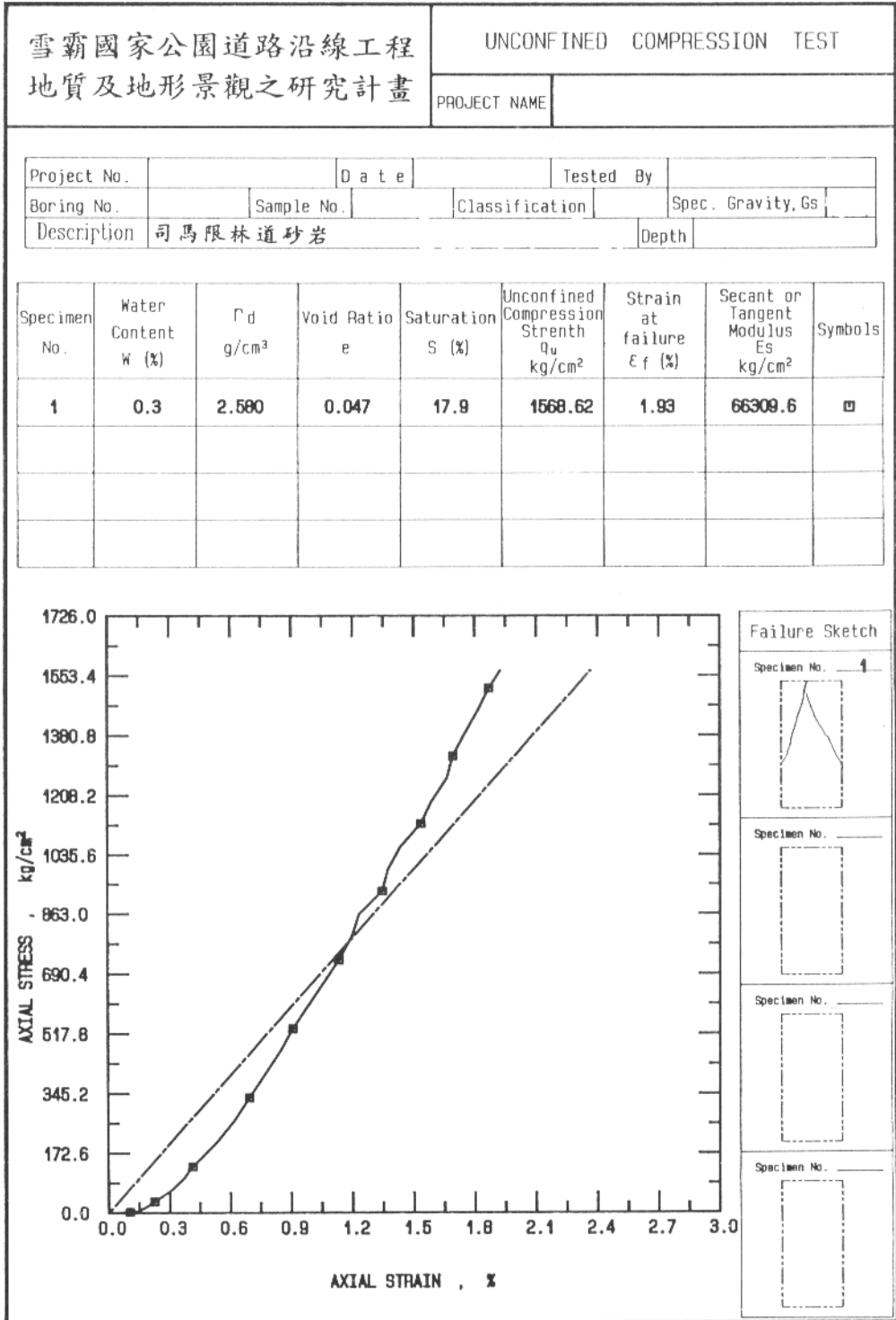
邊坡編號		SM16		邊坡型態		
地	地層	水長流層		邊坡	地形坡度	70° - 80°
	岩性	硬頁岩			地形	坡高(M)
質	岩體結構	塊狀結構		特徵		破壞岩體坡度
	組數	2	間距(CM)		破壞岩體高程	0 - 18
不	層理			綜合	岩體強度	弱
	劈理				邊坡穩定度	極不穩定
續	節	1	N80E/89N > 30	分析	傷害危險度	高
		2	N4W/65N < 30		危害風險度	極高
面	理	3		崩坍	運動材料	岩石
		有否露出	有		性質	運動類型
狀	備註					
況	無植被裸露岩坡，經常性表面風化剝落。					

表F60 司馬限林道SM17邊坡資料表

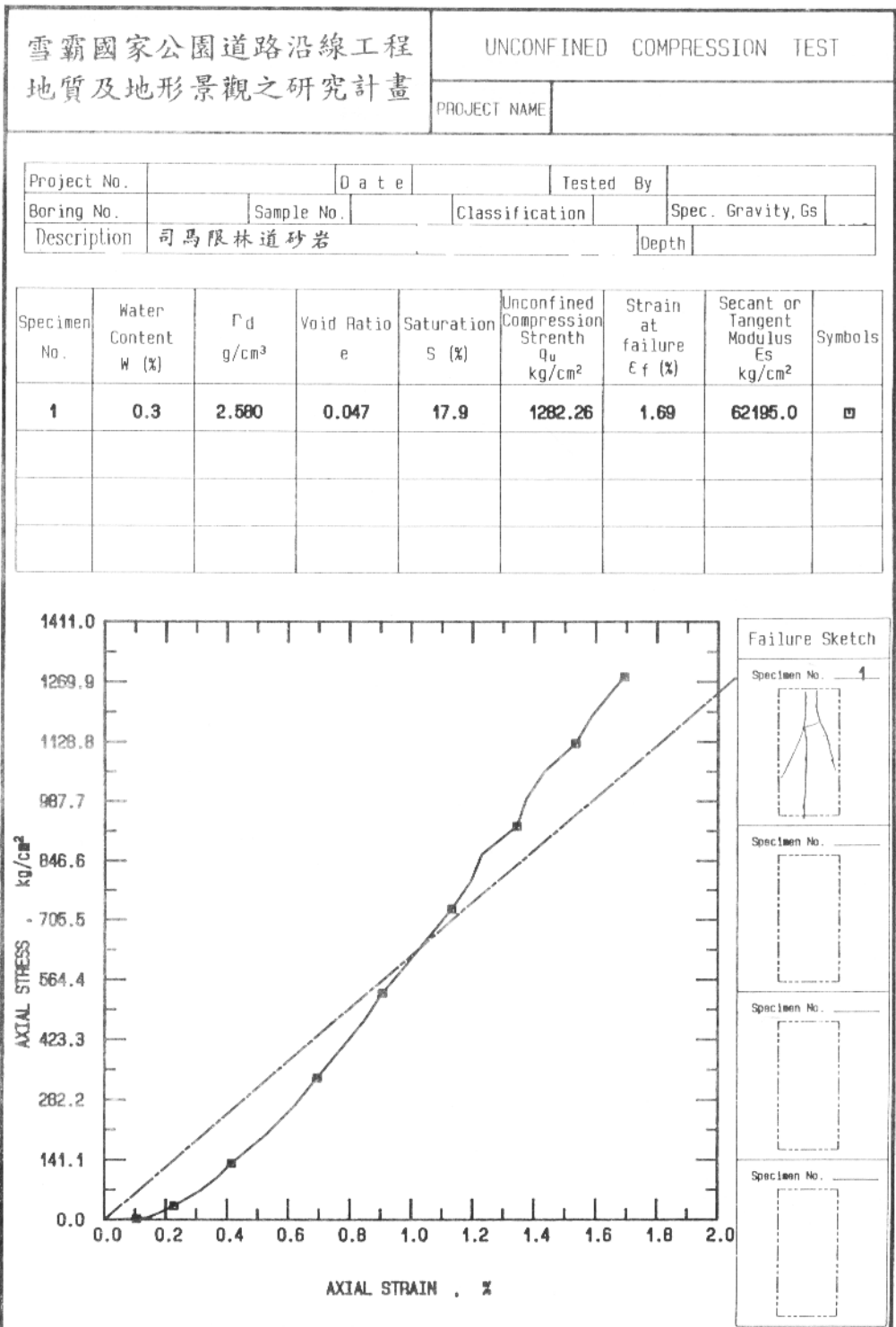
邊坡編號		SM17		邊坡型態			
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	70° - 80°	
	岩性	硬頁岩			坡高(M)	15 - 20	
	岩體結構	塊狀結構			破壞岩體坡度	70° - 80°	
不連續面狀況	組數	1	間距(CM)	綜合分析	破壞岩體高程	0 - 20	
	層理				岩體強度	中強	
	劈理				邊坡穩定度	中等	
	節理	1	N70W/68S		< 30	傷害危險度	高
		2				危害風險度	中等
	3				崩坍性質	運動材料	岩屑
有否露出	無			運動類型	墜落		
備註	無植被裸露岩坡，經常性表面風化剝落。						

表F61 司馬限林道SM18邊坡資料表

邊坡編號		SM18		邊坡型態			
地質	地層	水長流層		邊坡地形特徵	地形坡度	60°	
	岩性	硬頁岩			坡高(M)	8	
	岩體結構	塊狀結構			破壞岩體坡度	60°	
不連續面狀況	組數	1	間距(CM)	綜合分析	破壞岩體高程	0 - 8	
	層理				岩體強度	中強	
	劈理				邊坡穩定度	穩定	
	節理	1			< 30	傷害危險度	低
		2				危害風險度	低
	3				崩坍性質	運動材料	岩屑塊
有否露出	無			運動類型	墜落		
備註	植被不良 裸露岩坡。						



圖G1 岩石單軸抗壓試驗應力—應變圖



圖G2 岩石單軸抗壓試驗應力—應變圖

附錄 G

圖 G1~G7 岩石單軸抗壓試驗應力—應變圖

圖 G8~G21 岩石直接剪力試驗應力—應變曲線圖與抗剪強度圖



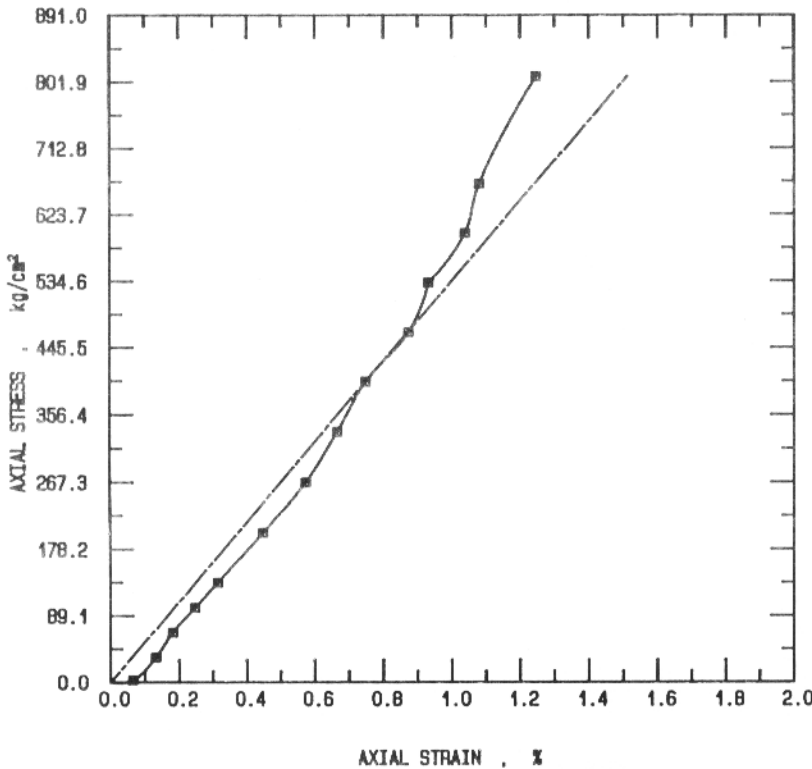
雪霸國家公園道路沿線工程
地質及地形景觀之研究計畫

UNCONFINED COMPRESSION TEST

PROJECT NAME

Project No.		Date		Tested By	
Boring No.		Sample No.		Classification	Spec. Gravity, Gs
Description	大鹿東線林道硬頁岩			Depth	

Specimen No.	Water Content W (%)	ρ_d g/cm ³	Void Ratio e	Saturation S (%)	Unconfined Compression Strength q_u kg/cm ²	Strain at failure ϵ_f (%)	Secant or Tangent Modulus E_s kg/cm ²	Symbols
1	0.5	2.670	0.015	90.4	809.33	1.25	53511.0	■



Failure Sketch

Specimen No. 1

Specimen No. _____

Specimen No. _____

Specimen No. _____

圖G3 岩石單軸抗壓試驗應力-應變圖

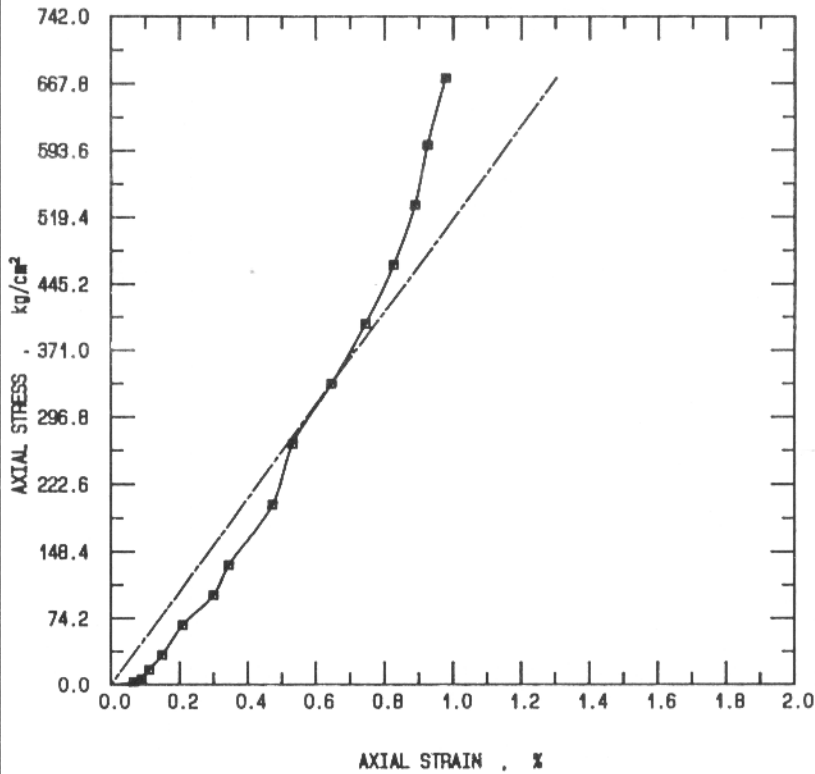
雪霸國家公園道路沿線工程
地質及地形景觀之研究計畫

UNCONFINED COMPRESSION TEST

PROJECT NAME

Project No.		Date		Tested By	
Boring No.		Sample No.		Classification	
Description	大鹿東線林道硬頁岩			Depth	

Specimen No.	Water Content W (%)	Γ_d g/cm ³	Void Ratio e	Saturation S (%)	Unconfined Compression Strength Q_u kg/cm ²	Strain at failure E_f (%)	Secant or Tangent Modulus E_s kg/cm ²	Symbols
1	0.5	2.670	0.022	60.7	674.28	0.98	51721.5	□



Failure Sketch

Specimen No. 1

Specimen No. _____

Specimen No. _____

Specimen No. _____

圖G4 岩石單軸抗壓試驗應力—應變圖

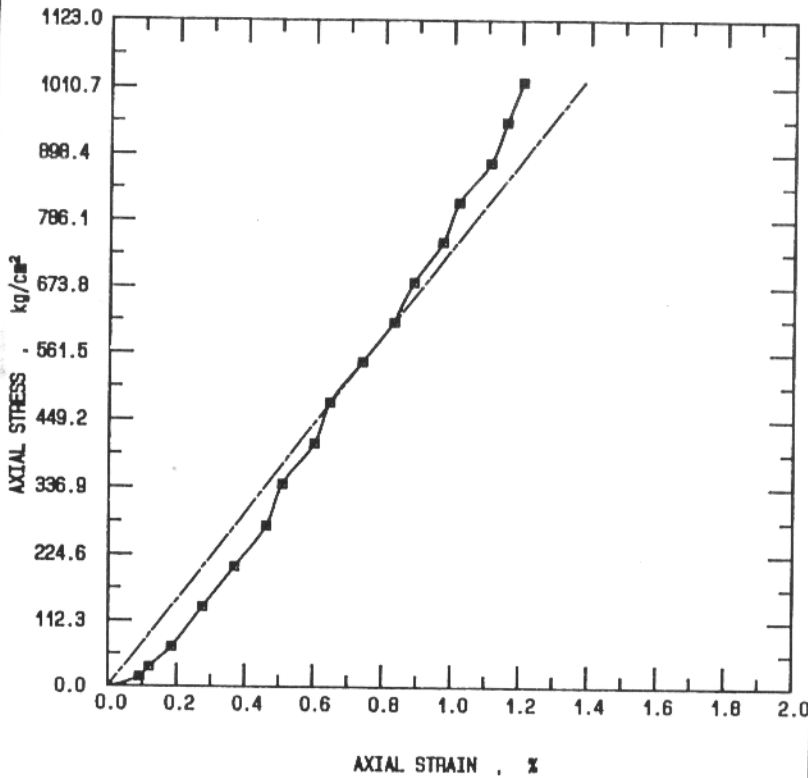
雪霸國家公園道路沿線工程
地質及地形景觀之研究計畫

UNCONFINED COMPRESSION TEST

PROJECT NAME

Project No.		Date		Tested By	
Boring No.		Sample No.		Classification	Spec. Gravity, Gs
Description	南坑溪頭變質砂岩				Depth

Specimen No.	Water Content W (%)	Γ_d g/cm ³	Void Ratio e	Saturation S (%)	Unconfined Compression Strength q_u kg/cm ²	Strain at failure ϵ_f (%)	Secant or Tangent Modulus E_s kg/cm ²	Symbols
1	0.2	2.660	0.015	35.8	1020.48	1.20	73853.8	■



Failure Sketch

Specimen No. 1



Specimen No. _____



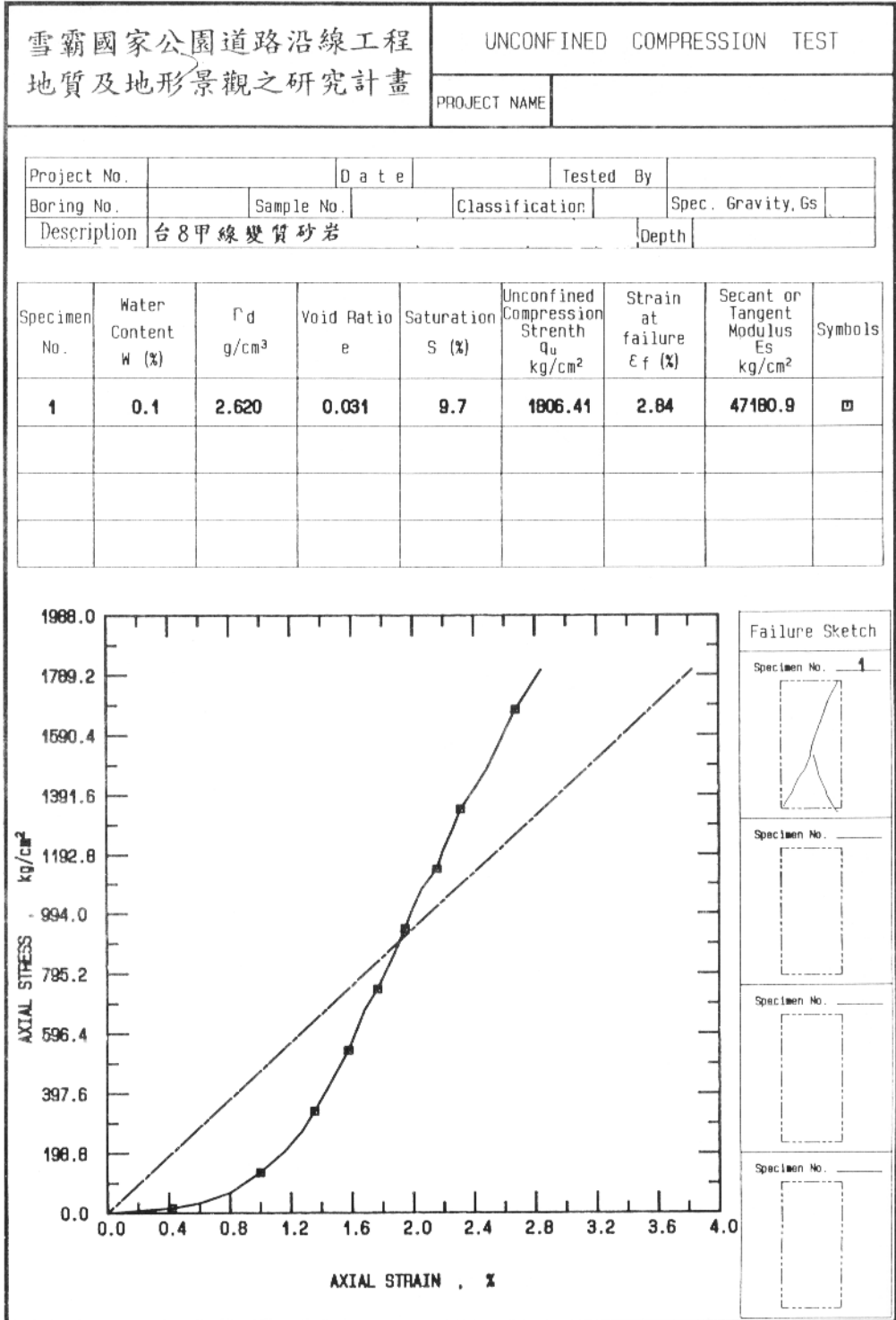
Specimen No. _____



Specimen No. _____



圖G5 岩石單軸抗壓試驗應力—應變圖



圖G6 岩石單軸抗壓試驗應力—應變圖

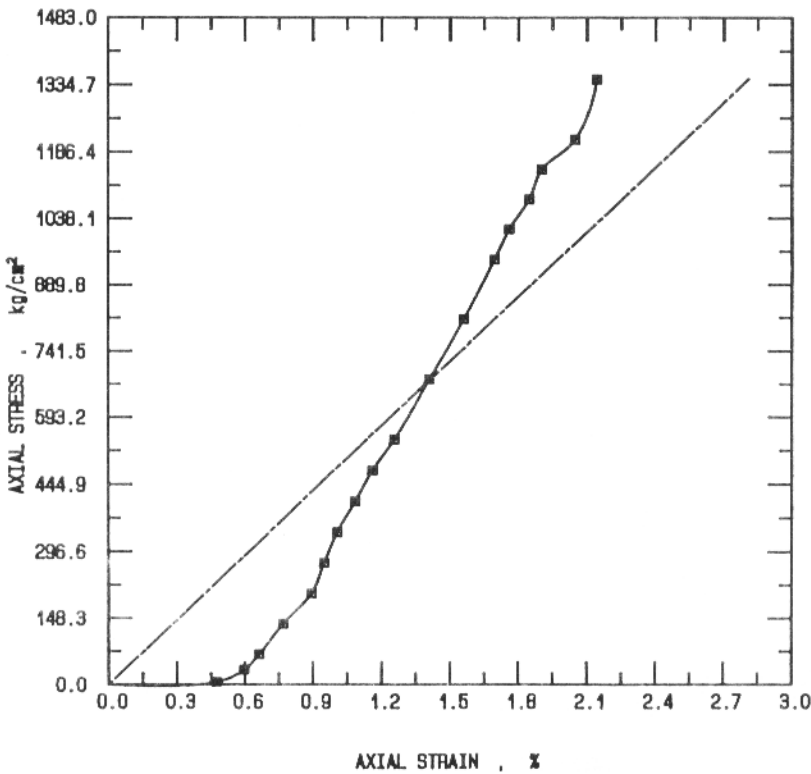
雪霸國家公園道路沿線工程
地質及地形景觀之研究計畫

UNCONFINED COMPRESSION TEST

PROJECT NAME

Project No.		Date		Tested By	
Boring No.		Sample No.		Classification	Spec. Gravity, Gs
Description	210林道變質砂岩			Depth	

Specimen No.	Water Content W (%)	Γ_d g/cm ³	Void Ratio e	Saturation S (%)	Unconfined Compression Strength q_u kg/cm ²	Strain at failure ϵ_f (%)	Secant or Tangent Modulus E_s kg/cm ²	Symbols
1	0.2	2.580	0.047	11.6	1347.71	2.14	48001.4	□



Failure Sketch

Specimen No. 1



Specimen No.



Specimen No.



Specimen No.



圖7 岩石單軸抗壓試驗應力—應變圖

雪霸國家公園道路沿線工程
地質及地形景觀之研究計畫

ROCK DIRECT SHEAR TEST

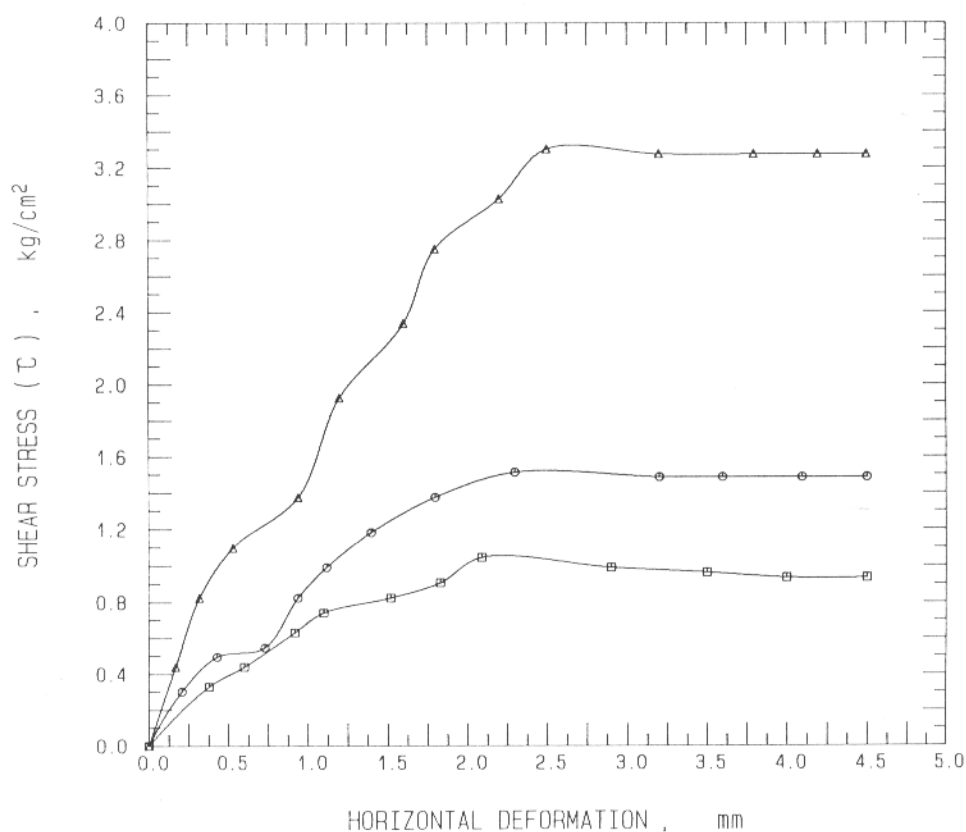
PROJECT NAME : -

DATE : -

TESTED BY : -

BORING NO.	-	CLASSIFICATION	-
DEPTH	-	DESCRIPTION	司馬限林道砂岩

Specimen No.	Symbols	Density g/cm ³	Normal Pressure σ_n	Peak Strength τ_p	Residual Strength τ_r
1	□	2.58	1.0 kg/cm ²	1.0 kg/cm ²	0.9 kg/cm ²
2	○	2.58	2.0 kg/cm ²	1.5 kg/cm ²	1.5 kg/cm ²
3	△	2.58	4.0 kg/cm ²	3.3 kg/cm ²	3.3 kg/cm ²



圖G8 岩石直接剪力試驗應力—應變曲線圖

雪霸國家公園道路沿線工程
地質及地形景觀之研究計畫

ROCK DIRECT SHEAR TEST

PROJECT NAME : -

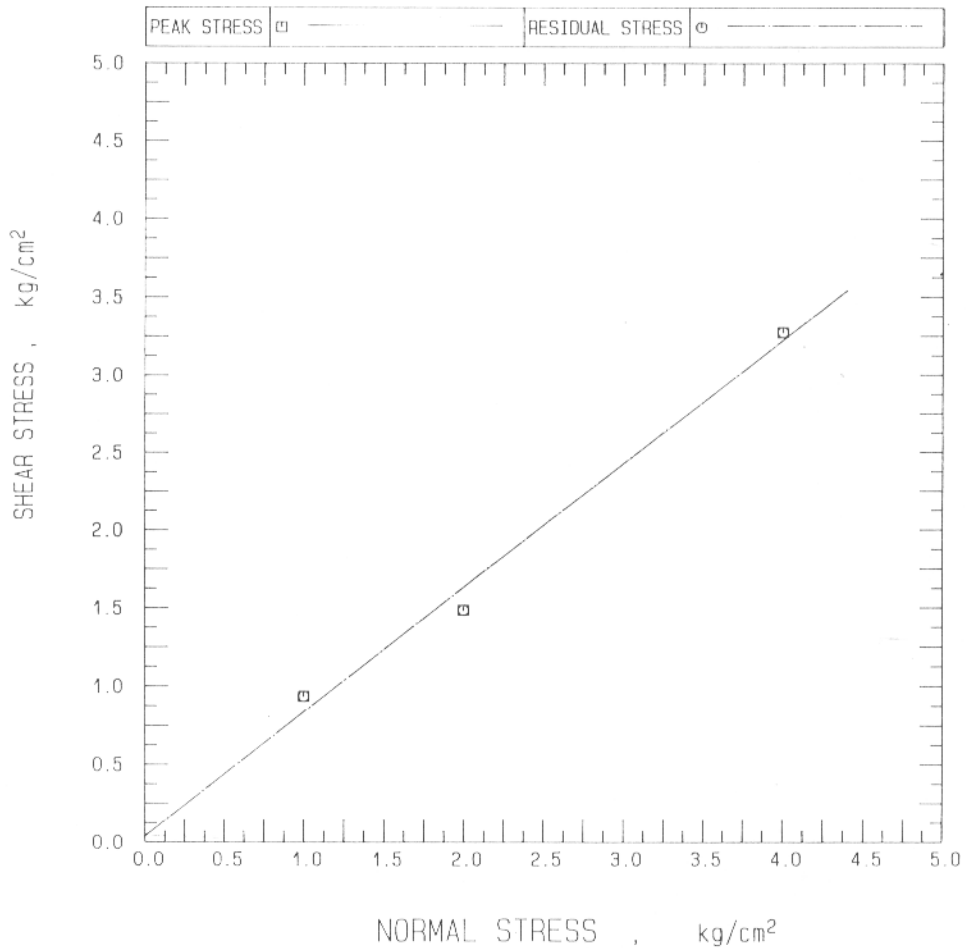
DATE : -

TESTED BY : -

BORING NO.	-	CLASSIFICATION	-
DEPTH	-	DESCRIPTION	司馬限林道砂岩

== FAILURE ENVELOPES ==

C_p		ϕ_p		C_r	0.0 kg/cm ²	ϕ_r	38.5 °
-------	--	----------	--	-------	------------------------	----------	--------



圖G9 岩石直接剪力試驗抗剪強度圖

雪霸國家公園道路沿線工程
地質及地形景觀之研究計畫

ROCK DIRECT SHEAR TEST

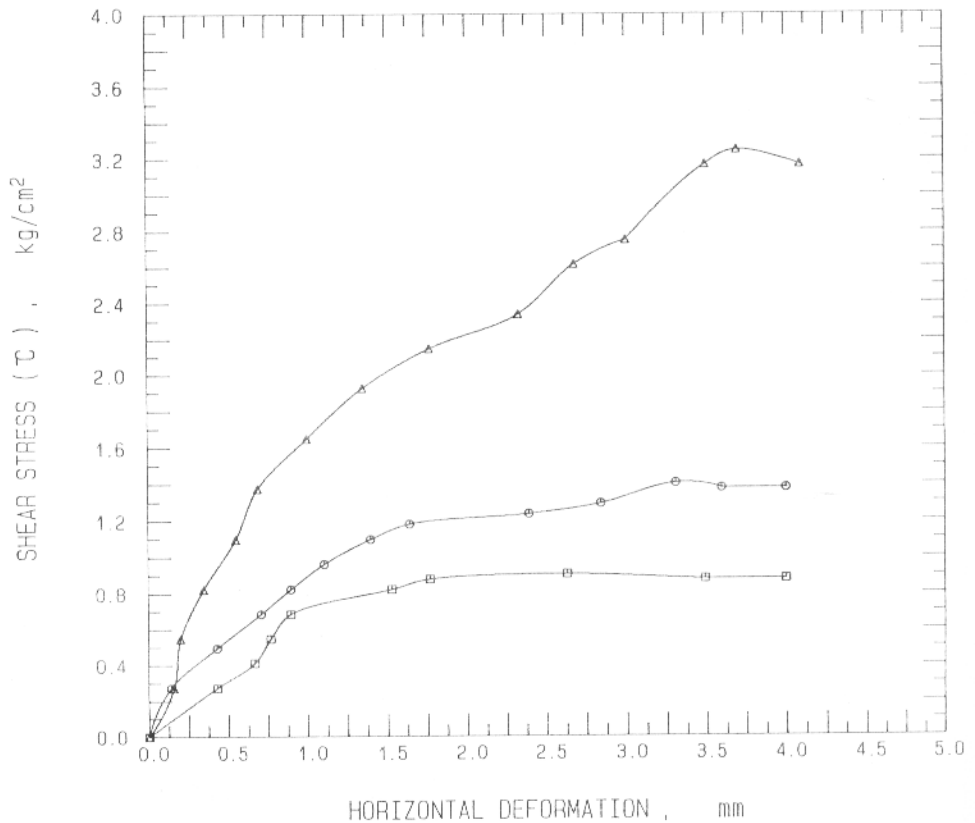
PROJECT NAME : -

D A T E : -

TESTED BY : -

BORING NO.	-	CLASSIFICATION	-
D E P T H	-	DESCRIPTION	司馬限林道砂岩

Specimen No.	Symbols	Density g/cm ³	Normal Pressure σ_n	Peak Strength τ_p	Residual Strength τ_r
1	□	2.58	1.0 kg/cm ²	0.9 kg/cm ²	0.9 kg/cm ²
2	○	2.58	2.0 kg/cm ²	1.4 kg/cm ²	1.4 kg/cm ²
3	△	2.58	4.0 kg/cm ²	3.2 kg/cm ²	3.2 kg/cm ²



圖G10 岩石直接剪力試驗應力—應變曲線圖

雪霸國家公園道路沿線工程
地質及地形景觀之研究計畫

ROCK DIRECT SHEAR TEST

PROJECT NAME : -

DATE : -

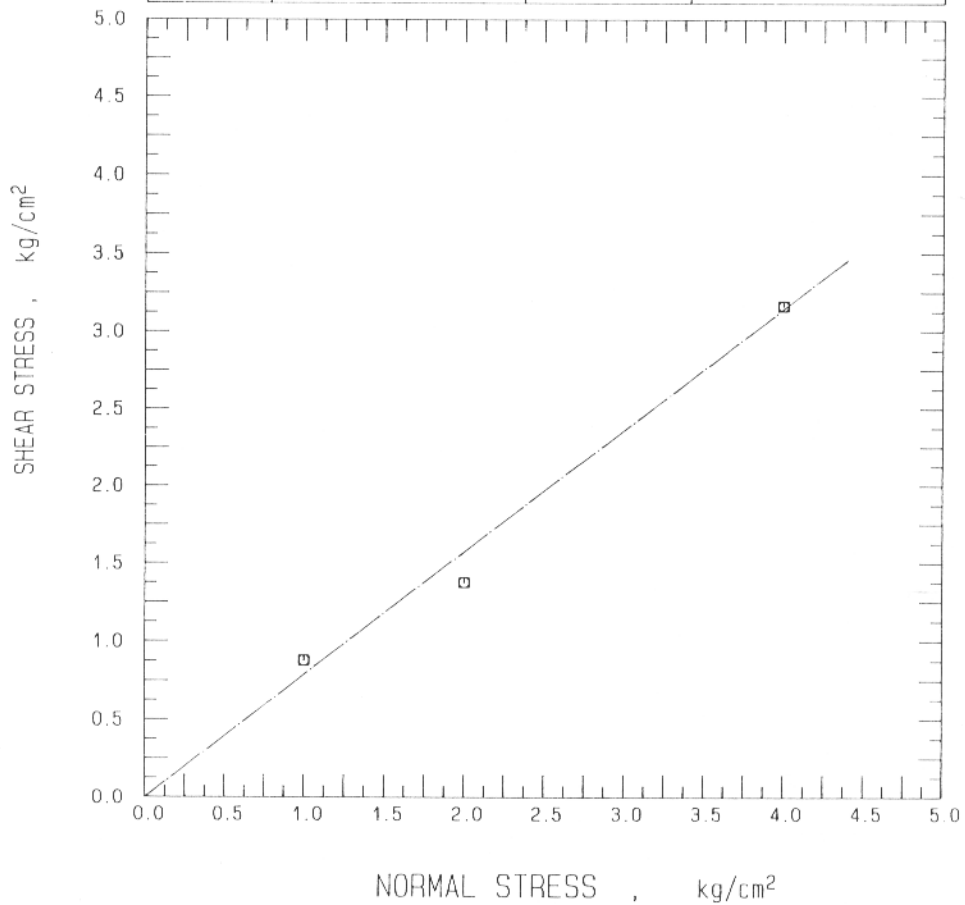
TESTED BY : -

BORING NO.		CLASSIFICATION	-
DEPTH		DESCRIPTION	司馬限林道砂岩

== FAILURE ENVELOPES ==

C_p		ϕ_p		C_r	0.0 kg/cm ²	ϕ_r	38.2 °
-------	--	----------	--	-------	------------------------	----------	--------

PEAK STRESS	□	RESIDUAL STRESS	○
-------------	---	-----------------	---



圖G11 岩石直接剪力試驗抗剪強度圖

雪霸國家公園道路沿線工程
地質及地形景觀之研究計畫

ROCK DIRECT SHEAR TEST

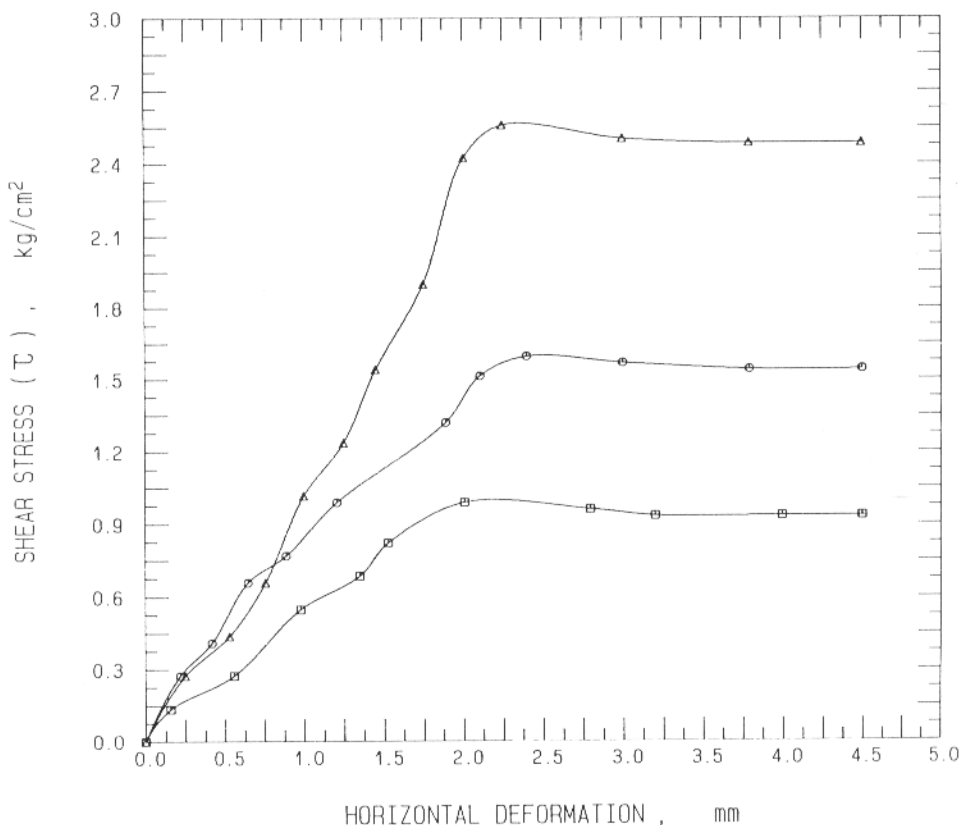
PROJECT NAME : -

DATE : -

TESTED BY : -

BORING NO.	-	CLASSIFICATION	-
DEPTH	-	DESCRIPTION	大鹿東線林道硬頁岩

Specimen No.	Symbols	Density g/cm ³	Normal Pressure σ_n	Peak Strength τ_p	Residual Strength τ_r
1	□	2.67	1.0 kg/cm ²	1.0 kg/cm ²	0.9 kg/cm ²
2	○	2.67	2.0 kg/cm ²	1.6 kg/cm ²	1.5 kg/cm ²
3	△	2.67	4.0 kg/cm ²	2.6 kg/cm ²	2.5 kg/cm ²



圖G12 岩石直接剪力試驗應力—應變曲線圖

雪霸國家公園道路沿線工程
地質及地形景觀之研究計畫

ROCK DIRECT SHEAR TEST

PROJECT NAME : -

DATE : -

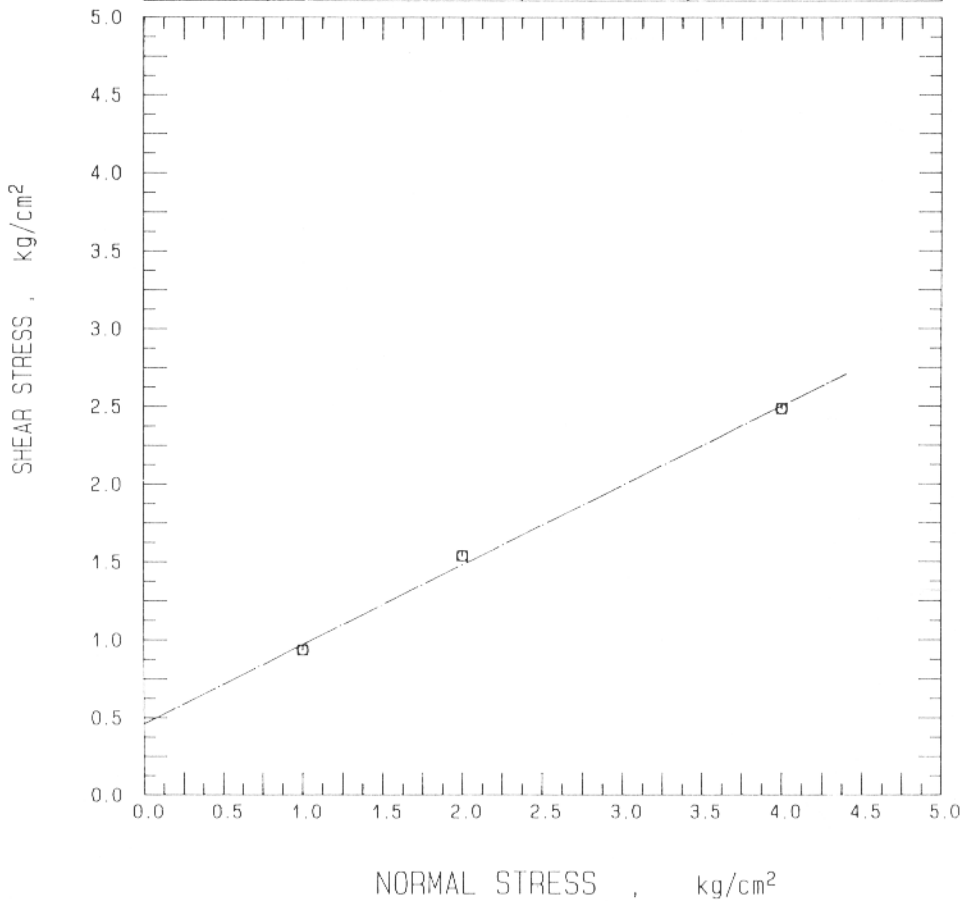
TESTED BY : -

BORING NO.	-	CLASSIFICATION	-
DEPTH	-	DESCRIPTION	大鹿東線林道硬頁岩

== FAILURE ENVELOPES ==

C_p		ϕ_p		C_r	0.5 kg/cm ²	ϕ_r	27.0 °
-------	--	----------	--	-------	------------------------	----------	--------

PEAK STRESS	□	RESIDUAL STRESS	○
-------------	---	-----------------	---



圖G13 岩石直接剪力試驗抗剪強度圖

雪霸國家公園道路沿線工程
地質及地形景觀之研究計畫

ROCK DIRECT SHEAR TEST

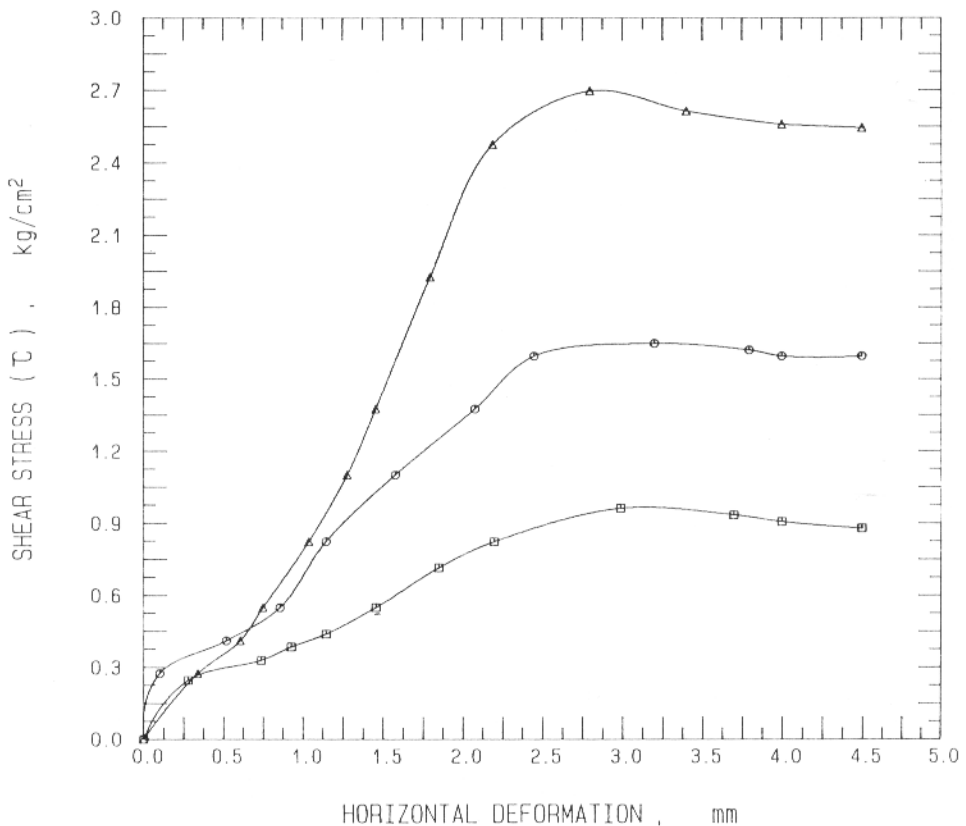
PROJECT NAME : -

DATE : -

TESTED BY : -

BORING NO.	-	CLASSIFICATION	-
DEPTH	-	DESCRIPTION	大鹿東線林道硬頁岩

Specimen No.	Symbols	Density g/cm ³	Normal Pressure σ_n	Peak Strength τ_p	Residual Strength τ_r
1	□	2.67	1.0 kg/cm ²	1.0 kg/cm ²	0.9 kg/cm ²
2	○	2.67	2.0 kg/cm ²	1.7 kg/cm ²	1.6 kg/cm ²
3	△	2.67	4.0 kg/cm ²	2.7 kg/cm ²	2.5 kg/cm ²



圖G14 岩石直接剪力試驗應力—應變曲線圖

雪霸國家公園道路沿線工程
地質及地形景觀之研究計畫

ROCK DIRECT SHEAR TEST

PROJECT NAME : -

DATE : -

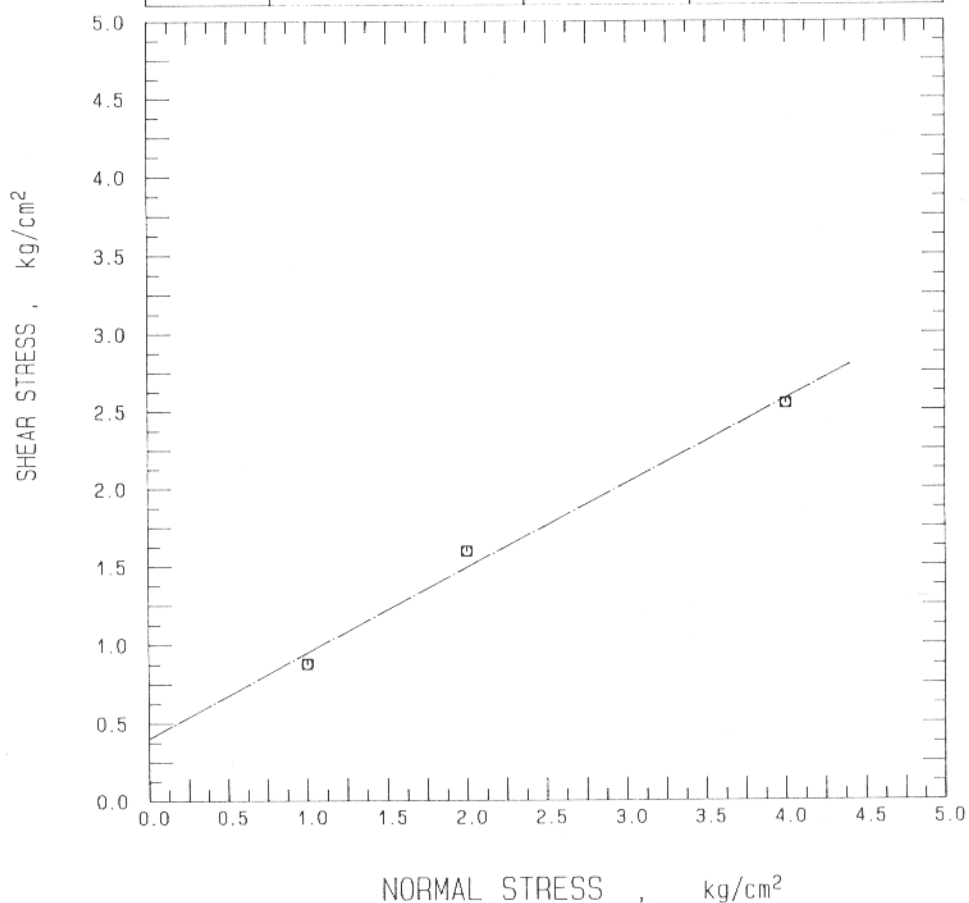
TESTED BY : -

BORING NO.	-	CLASSIFICATION	-
DEPTH	-	DESCRIPTION	大鹿東線林道硬頁岩

== FAILURE ENVELOPES ==

C_p		ϕ_p		C_r	0.4 kg/cm ²	ϕ_r	28.5 °
-------	--	----------	--	-------	------------------------	----------	--------

PEAK STRESS	\square —	RESIDUAL STRESS	\square - - - - -
-------------	-------------	-----------------	---------------------



圖G15 岩石直接剪力試驗抗剪強度圖

雪霸國家公園道路沿線工程
地質及地形景觀之研究計畫

ROCK DIRECT SHEAR TEST

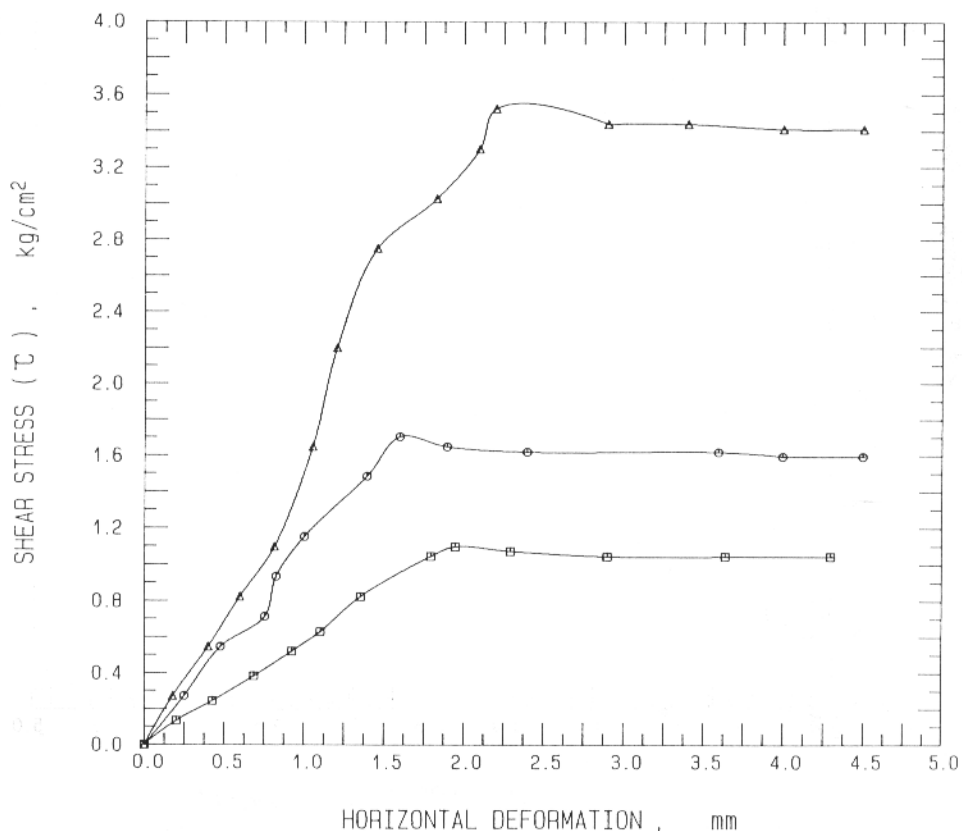
PROJECT NAME :

DATE : c

TESTED BY : -

BORING NO.	-	CLASSIFICATION	-
DEPTH	-	DESCRIPTION	南坑溪頭雙質砂岩

Specimen No.	Symbols	Density g/cm ³	Normal Pressure σ_n	Peak Strength τ_p	Residual Strength τ_r
1	□	2.66	1.0 kg/cm ²	1.1 kg/cm ²	1.0 kg/cm ²
2	○	2.66	2.0 kg/cm ²	1.7 kg/cm ²	1.6 kg/cm ²
3	△	2.66	4.0 kg/cm ²	3.5 kg/cm ²	3.4 kg/cm ²



圖G16 岩石直接剪力試驗應力—應變曲線圖

雪霸國家公園道路沿線工程
地質及地形景觀之研究計畫

ROCK DIRECT SHEAR TEST

PROJECT NAME : -

DATE : -

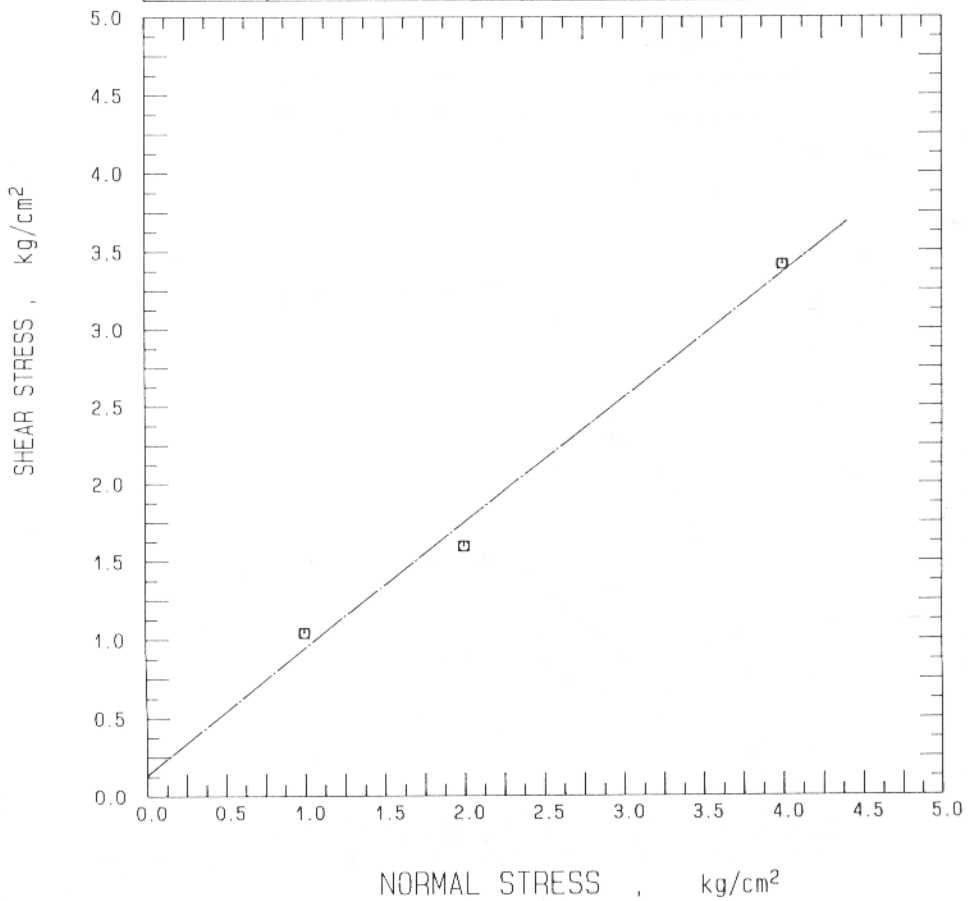
TESTED BY : -

BORING NO.	-	CLASSIFICATION	-
DEPTH	-	DESCRIPTION	南坑溪頭變質砂岩

== FAILURE ENVELOPES ==

C_p		ϕ_p		C_r	0.1 kg/cm ²	ϕ_r	38.9 °
-------	--	----------	--	-------	------------------------	----------	--------

PEAK STRESS	□	RESIDUAL STRESS	○
-------------	---	-----------------	---



圖G17 岩石直接剪力試驗抗剪強度圖

雪霸國家公園道路沿線工程
地質及地形景觀之研究計畫

ROCK DIRECT SHEAR TEST

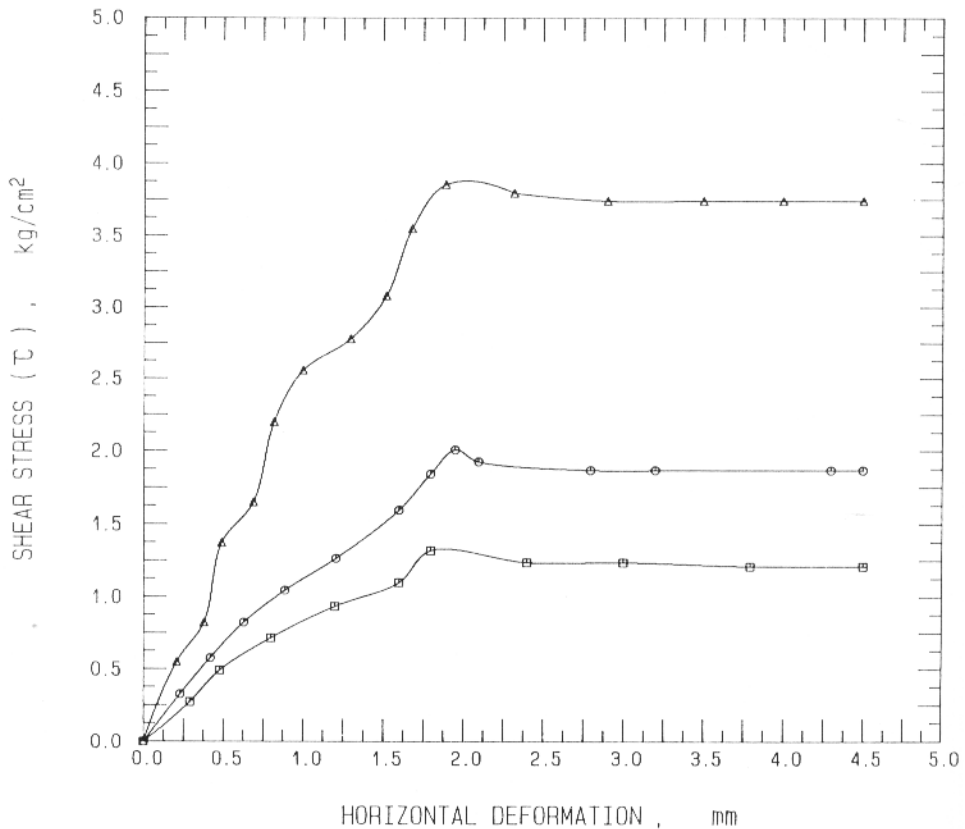
PROJECT NAME : -

DATE : -

TESTED BY : -

BORING NO.	-	CLASSIFICATION	-
DEPTH	-	DESCRIPTION	台8甲線變質砂岩

Specimen No.	Symbols	Density g/cm ³	Normal Pressure σ_n	Peak Strength τ_p	Residual Strength τ_r
1	□	2.62	1.0 kg/cm ²	1.3 kg/cm ²	1.2 kg/cm ²
2	○	2.62	2.0 kg/cm ²	2.0 kg/cm ²	1.9 kg/cm ²
3	△	2.62	4.0 kg/cm ²	3.9 kg/cm ²	3.7 kg/cm ²



圖G18 岩石直接剪力試驗應力—應變曲線圖

雪霸國家公園道路沿線工程
地質及地形景觀之研究計畫

ROCK DIRECT SHEAR TEST

PROJECT NAME : -

DATE : -

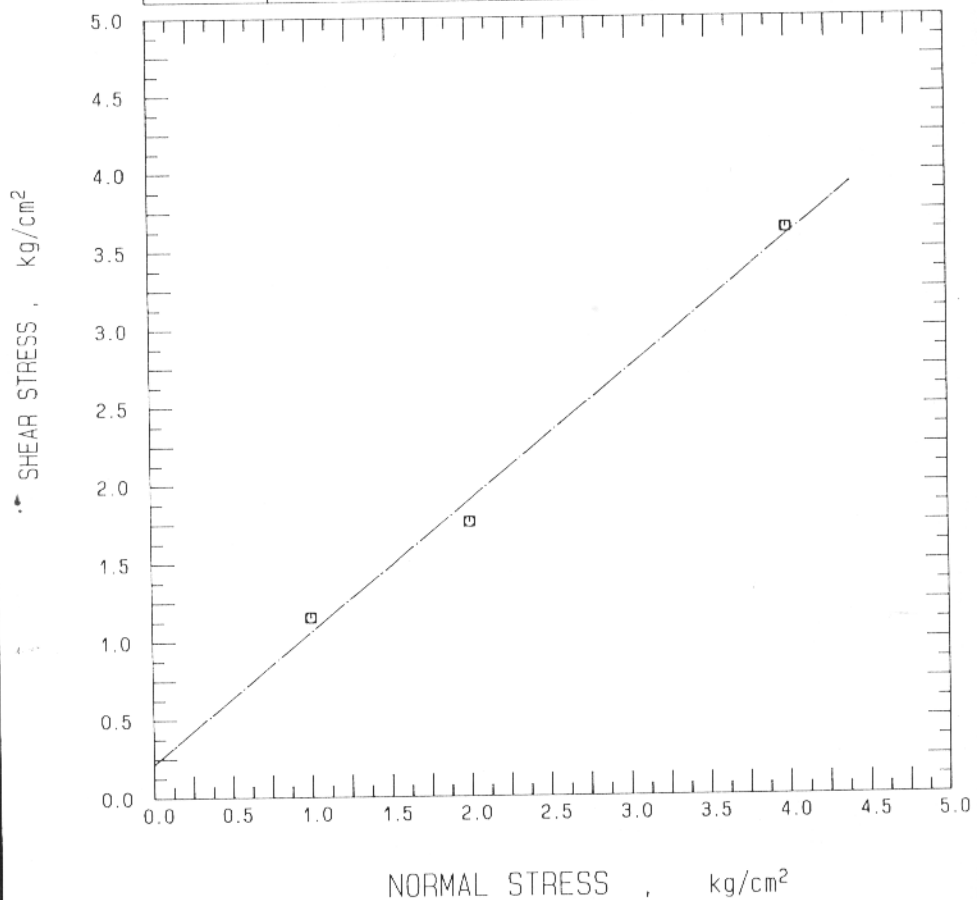
TESTED BY : -

BORING NO.	-	CLASSIFICATION	-
DEPTH	-	DESCRIPTION	台8甲線變質砂岩

== FAILURE ENVELOPES ==

C_p		ϕ_p		C_r	0.2 kg/cm ²	ϕ_r	40.1 °
-------	--	----------	--	-------	------------------------	----------	--------

PEAK STRESS	□	RESIDUAL STRESS	○
-------------	---	-----------------	---



圖G19 岩石直接剪力試驗抗剪強度圖

雪霸國家公園道路沿線工程
地質及地形景觀之研究計畫

ROCK DIRECT SHEAR TEST

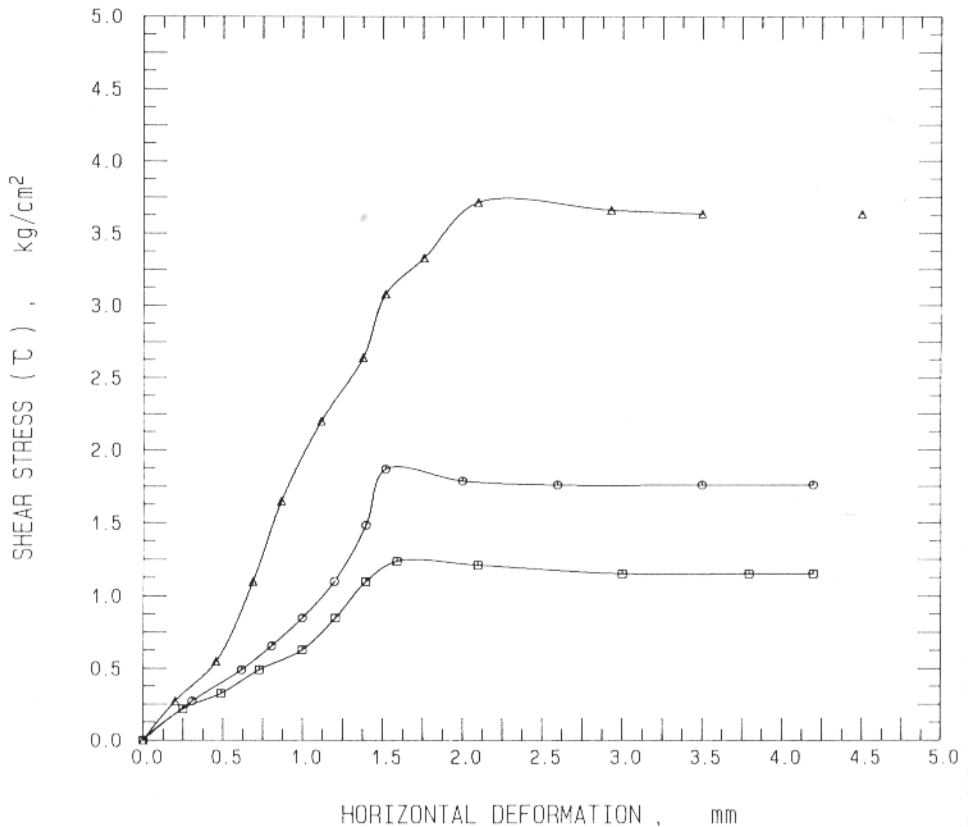
PROJECT NAME : -

D A T E : -

TESTED BY : -

BORING NO.	-	CLASSIFICATION	-
D E P T H	-	DESCRIPTION	210林道變質砂岩

Specimen No.	Symbols	Density g/cm ³	Normal Pressure σ_n	Peak Strength τ_p	Residual Strength τ_r
1	□	2.58	1.0 kg/cm ²	1.2 kg/cm ²	1.2 kg/cm ²
2	○	2.58	2.0 kg/cm ²	1.9 kg/cm ²	1.8 kg/cm ²
3	△	2.58	4.0 kg/cm ²	3.7 kg/cm ²	3.6 kg/cm ²



圖G20 岩石直接剪力試驗應力—應變曲線圖

雪霸國家公園道路沿線工程
地質及地形景觀之研究計畫

ROCK DIRECT SHEAR TEST

PROJECT NAME : -

DATE : -

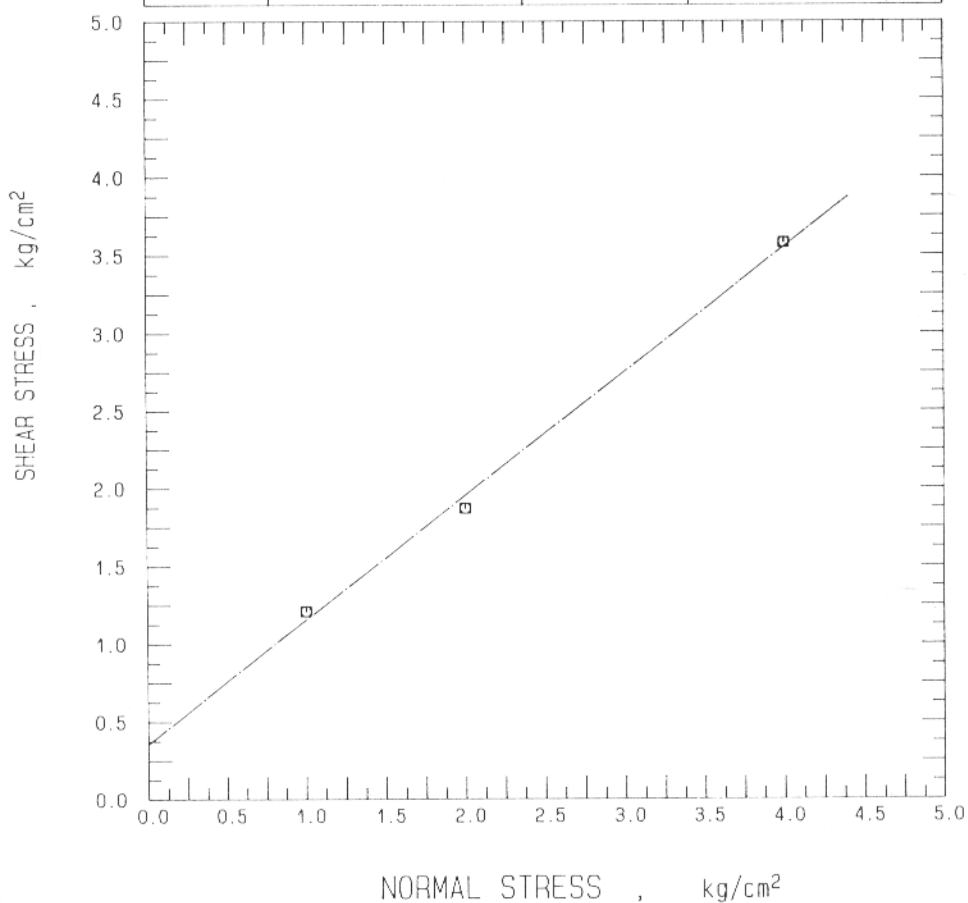
TESTED BY : -

BORING NO.	-	CLASSIFICATION	-
DEPTH	-	DESCRIPTION	210林道變質砂岩

== FAILURE ENVELOPES ==

C_p		ϕ_p		C_r	0.4 kg/cm ²	ϕ_r	38.6 °
-------	--	----------	--	-------	------------------------	----------	--------

PEAK STRESS	□ —	RESIDUAL STRESS	○ — — — —
-------------	-----	-----------------	-----------



圖G21 岩石直接剪力試驗抗剪強度圖