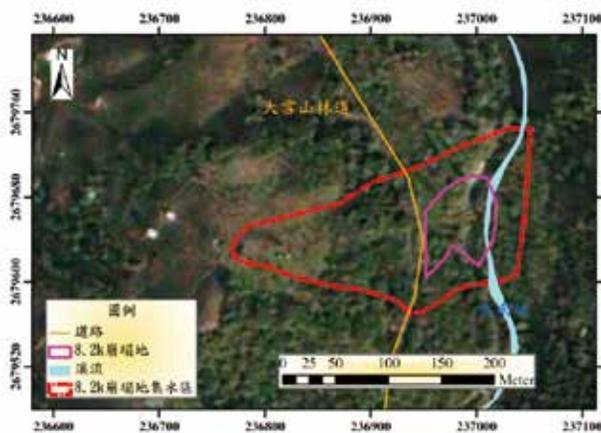


崩塌地緊急處置與調查監測成果-以大雪山林道8.2k爲例

文／圖 ■ 邵龍雨 ■ 林務局東勢林區管理處治山課課長
李準勝 ■ 永勝工程顧問有限公司

一、前言

大雪山林道位於臺中市東勢區，全長 64 公里，為通往大雪山國家森林遊樂區與周邊居民主要道路，於 102 年 7 月份歷經蘇力、潭美及康芮等颱風侵襲，多日強降雨造成轄區生成多處崩塌地，並使多條林道因路基流失而中斷，影響遊樂區營運甚鉅，尤以大雪山林道 8.2k 最為嚴重。東勢林區管理處災後積極辦理搶修與復建工程，以穩定崩塌情況及維持道路通行。



▲圖1 東勢大雪山林道8.2k道路位置圖

為求大雪山林道 8.2k 崩塌地根本之整治，東勢林區管理處於 103 年起辦理地球物理探測、地質鑽探與監測計畫等，配合區域地層資料蒐集、颱風與降雨等資料，並配合邊坡穩定分析及進行綜合研析，以作為整治規劃之參考依據，處置歷程如圖 2。

二、環境背景

(一) 區域地質與構造

參考中央地質調查所「國姓圖幅」1999，本調查區位在猴洞坑層 (Hd) 地層範圍中，猴洞坑層 (Hd) 之地層性質岩性大部份由灰黑色塊狀頁岩組成，部份頁岩內夾 1 至 3 公分薄層細粒緻密砂岩成為砂頁岩互層。鄰近地區最近的活動斷層主要為大茅埔 - 雙冬斷層 (第一類活動斷層，位於調查區西側約 3.5km) 及鄰近相關其他地質構造有馬鞍寮斷層、大坪角斷層、中坑坪斷層、和平斷層及中坑背斜等。



▲圖2 災害處置歷程圖

（二）水文資料

臺灣地區主要降雨量，以每年的梅雨季節和颱風時期為主。參考中央氣象局東勢雨量站資料，經雨量資料統計結果，以算術平均方式推估集水區年平均雨量，約為 2,114mm，雨季多集中 6-8 月，其中亦以 6 月份最多，主要仍為颱風及梅雨帶來之充沛雨量。

（三）環境地質敏感因子

由現場地質調查及參考中央地質調查所公告資料，本調查區南側範圍有順向坡地質敏感因子，同時是經濟部 103 年 12 月 22 公告「山崩與地滑地質敏感區 (L0003 臺中市)」的山崩與地滑地質敏感區範圍內。

三、崩塌發生歷程

（一）102 年蘇力颱風及潭美颱風侵襲

本調查區於 102 年 7 月遭蘇力颱風侵襲後，道路路面毀損、原有擋土牆側向下滑及上邊坡坡面產生裂隙有滑崩之虞，現場災害情形，如照片 1 所示。

經東勢林區管理處搶通後，於 102 年 8 月又遭潭美颱風侵襲，道路路面再次毀損造成交通中斷及下邊坡坡面陷落，現場災害情形，如照片 2 所示。



▲照片1 蘇力颱風侵襲後現場情形



▲照片2 潭美颱風侵襲後現場情形

（二）103 年連續大豪雨及麥德姆颱風侵襲

本調查區於 103 年 5 月遭連日大豪雨後，赴現地勘查發現該處路面龜裂，擋土牆側移外推，研判應受梅雨期間雨量豐沛致使水位偏高無法及時宣洩，側向水壓過大，導致災害發生。現場災害情形，如照片 3 所示。

本調查區於 103 年 7 月遭麥德姆颱風侵襲後，道路上邊坡坡面裂隙亦有輕微變大趨勢，道路下邊坡坡面因植生護坡工已損壞，亦有邊坡滑落之趨勢，現場災害情形，如照片 4 所示。



▲照片3 連日大豪雨過後現場情形



▲照片4 麥德姆颱風侵襲後現場情形

四、緊急處置作為

(一) 102 年處置作為

本調查區遭颱風侵襲後，路面龜裂，原有擋土牆側向下滑，對附近居民及大雪山遊樂園區往來人車安全嚴重威脅。

對此，東勢林區管理處即以「東勢處轄內搶修工程」開口契約緊急搶修，以穩固路面並回復通車。緊急施作工作包括：利用鋼軌、鋼板與混凝土等工材施作臨時擋土並回填現地土體，藉以穩固路面。現場工程施作如照片 5 所示。



▲照片5 緊急搶修情形

除緊急搶修並回復通車外，並籌編經費辦理「大雪山林道 8.2K 蘇力颱風復建工程」，除針對舊有損毀路基修復外，亦於沿途上、下邊坡新設擋土牆並於基礎底部植入微型樁，藉以穩固林道坡面避免滑動側移，施作內容如下：

1. 上、下邊坡擋土牆共計 69m
2. 鋼板護欄 60m
3. 排水溝 108.5m
4. 截牆 8 座
5. 掛網噴植 580m²
6. 瀝青鋪設 675m²
7. 噴漿縱溝 96m、橫溝 30m
8. 靜水池 1 座

現場工程施作過程如下面說明及照片 6 及 7 所示。



▲照片6 工程施作過程(一)



▲照片7 工程施作過程(二)

本工程施作微型樁鑽孔作業期間，孔穴內地下水層湧出，與原評估地下水位於枯水期間應降至原預定開挖地底 10m 以下，然實際鑽孔後發覺地底砂、泥岩層交錯摺皺，地下水位高於原評估，為避免開挖至透水層招致湧水、鋼軌沉陷情事發生，故調整鋼軌埋設深度。調整部份鋼軌埋設深度由 9.5m 修改為深度 8m，藉以避免地下水層，如照片 8 及 9。



▲照片8 孔穴內地下水層湧出情形



▲照片9 微型樁施作情形

下邊坡微型樁設置完成後，再進行 A 型擋土牆作業，擋土牆採分層混凝土澆置，其 A 型擋土牆施作完成後再進行導水墩座及護欄施設，最後再進行路床整理回填。現場工程施作如照片 10 及 11。



▲照片10 擋土牆施作過程



▲照片11 導水墩座及護欄完工

本工程最後施作上邊坡 B 型擋土牆，施作工程內容分別為新設排水溝、B 型擋土牆（鋼軌樁共計九支）、路面整理及 AC 鋪設。現場工程施作如照片 12 及 13 所示。



▲照片 12 新設排水溝施作過程



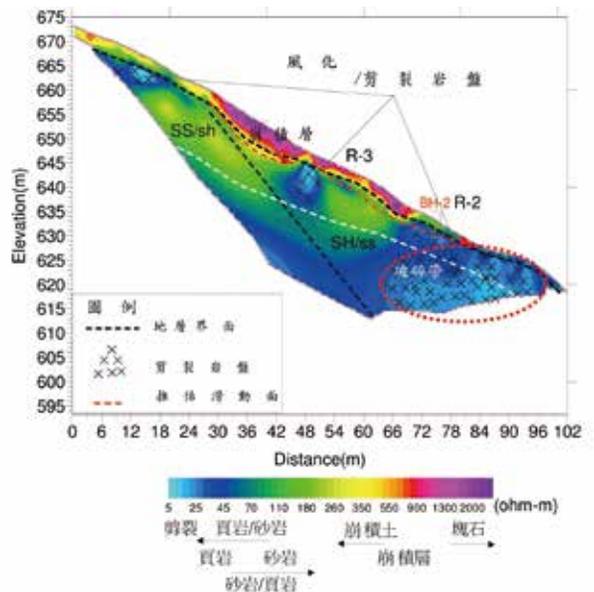
▲照片 13 現場工程完成

（二）103 年處置作為

本調查區於連日大豪雨後，AC 路面產生裂隙及部份路基掏空影響道路進行，另上邊坡擋土牆有裂隙產生，下邊坡則因大量雨水灌入導致部份土石崩落，前期已完成之護坡工程設施有再度傾斜現象，而噴漿溝及掛網植生部份已損壞，影響下邊坡之安全穩定性。有賴微型樁發揮效用，林道擋土牆上端側向

僅位移約 17cm，路面僅局部毀損而未大規模坍塌。

針對此次林道損壞因素，即利用 103 年度「東勢轄內崩場地調查緊急評估規劃」進行地電阻法探測地下水位確認其水位高層 EL612（該處林道路面 EL620-618），該處土層含水極為豐沛，造成側向應力加劇，且在道路至道路上方邊坡約 40 公尺地層為剪裂破碎岩盤或開口裂隙發達。大雨時地表水易由開口裂隙向下滲流或造成邊坡坍塌、崩滑。地電阻法探測成果如圖 3 所示。



▲圖 3 地電阻法探測成果圖

由於本調查區林道下邊坡地下水層甚高，為免汛期再次發生災害，施作水平集水管洩水（共計 29 孔、總鑽深長 1,000m）、噴漿護坡及重力式擋土牆並路面 AC 重鋪，藉以減少雨水入滲及地下水壓，並加強抗側移力與坡腳穩定等方式穩定坡面，施作如照片 14 及 15。



▲照片14 施作水平集水管洩水



▲照片15 現場工程完成

為了解崩塌地根本之整治，於水平集水管洩水完成後，緊接進行地質鑽探，並設置傾度管兼地下水位管及水位計以達到完整且具經濟效期的監測計畫，如照片 16 及 17。

經鑽探結果顯示，未固結地層分佈於道路上邊坡厚度約在 1.35m、道路下邊坡厚度約 8-9m，主要為崩積層。固結地層部份，由上層至下層分布為砂岩頁岩互層 (SS-SH)、頁岩夾砂岩 (SH/ss)、砂岩夾頁岩 (SS/sh) 和頁岩夾砂岩 (SH/ss) 等四個層次，岩性膠結良好，但相當多的剪裂段及剪裂破碎段。

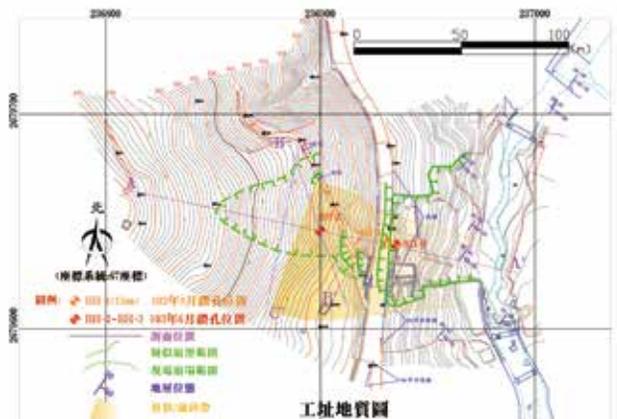
另於鑽探完成後，再次調查地下水位，其邊坡水位高層為 EL594(較施工前水位降低 18m)，顯見水平集水管發揮功效，有效降低地下水位高層，減少側向壓力，續即以量測方法持續觀察。



▲照片16 現場鑽探施工照



▲照片17 地下水位量測照片



▲圖4 工址地質圖

五、長期監測成果分析

為快速掌握大雪山林道 8.2K 崩塌區之滑動範圍、地下水位等現地資料，於崩塌區鑽探 BH-2 及 BH-3 並建置傾度管及地下水位計監測系統。自動式水位計，以即時方式進行地下水位之觀測；此外，設置傾度管，量測不同深度之地層變位情況，透過監測之方式來瞭解是否有滑動或傾倒的現象，及明白邊坡之穩定狀況。監測儀器設備項目及建置目的，詳表 1 監測設備一覽表。

表 1、監測設備一覽表

編號	儀器名稱	數量	量測方式	建置目的	備註
1	地下水水位計	2組	自動量測	即時地下水位變化監測	採 3G 方式進行傳輸
2	傾度管	2組	人工量測	地表滑動變化監測	

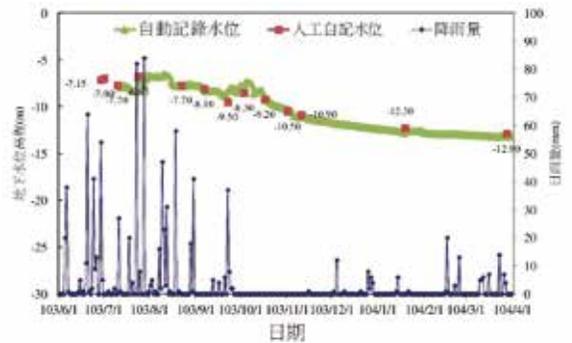
(一) 地下水位計觀測

於傾度管內設置地下水位計，以自動傳輸之方式進行地下水位監測，並將相關資料傳送至現地的資訊接收站，將物理資料整合、儲存於現地外，亦透過 3G 方式將資料即時回傳到後端展示平台。除此之外，本計畫將相關資料進行異地備份並上傳至系統平台，以保障資料傳輸完整性與防災準確性。

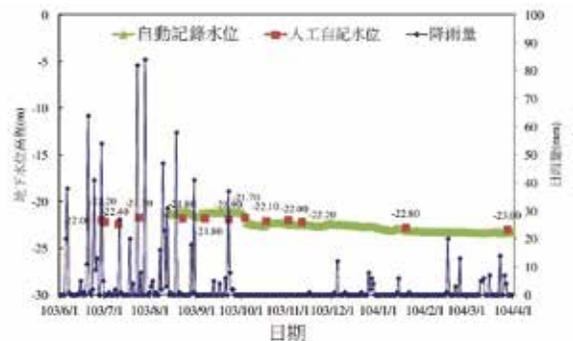
為確保自動水位計之準確性，於傾度管監測時，同步以人工自記方式量測地下水位，並相互比對量測結果，藉以校正或佐證電子式監測之準確性。

由人工自記地下水位、自動地下水位計、及降雨量等三方資料（如圖 5 地下水位與雨量關係圖）比對得知，於道路上方邊坡地下水位變化 GL.-6.80m-GL.-12.90m，由於降雨量減

少，地下水位逐漸下降，顯示降雨量對於上邊坡地下水位影響甚大；另道路下方邊坡地下水位變化 GL.-21.7m-GL.-23.0m，由於此處下方邊坡已由東勢林區管理處施作橫向排水管，故降雨皆可透過水平集水管洩水即時宣洩，對於下邊坡地下水位壓力影響不大，但必須確保目前水平集水管洩水功能。



說明：上邊坡BH2地下水位量測記錄



說明：下邊坡BH3地下水位量測記錄

▲圖5 地下水位與雨量關係圖

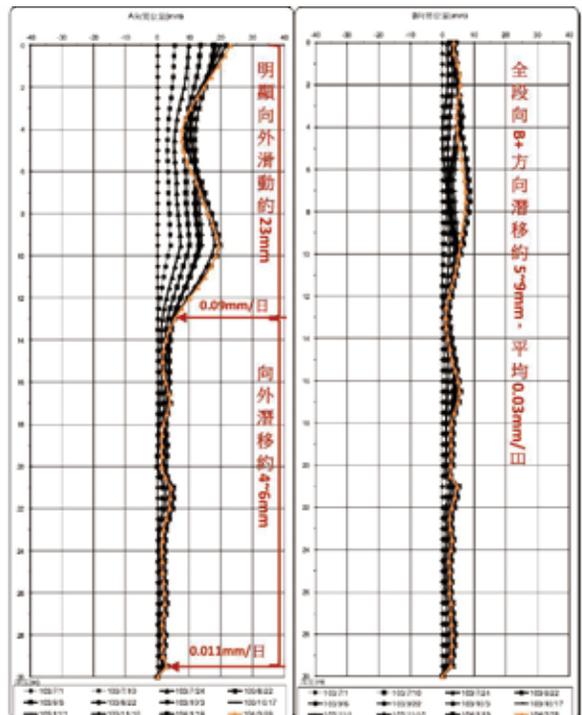
(二) 傾度管觀測

為判別地下滑動面變位情形，量測頻率每月每處 1 次，且其觀測間隔日期，原則需均等，並至少 10 次，如遇強震、颱風豪雨或其他特殊情況應增加觀測次數。

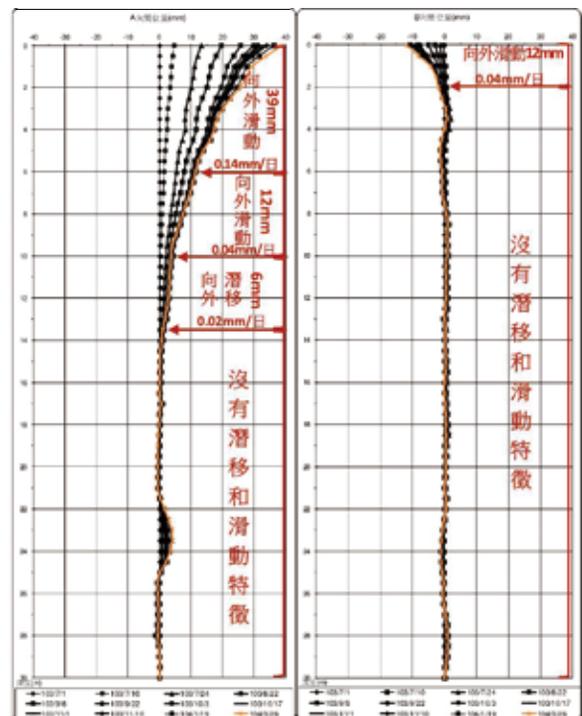
於 103 年 7 月 1 日至 104 年 3 月 28 日期間量測結果顯示，BH-2 及 BH-3 日變位量已達 0.10-0.20mm/日，整體地形剖面側向變化趨勢亦可由圖 6 傾度管量測成果圖所示，可知 BH-2 孔，地表下 0.0-13.0 明顯向外滑動約 23mm。其中地下水位變化 GL.-6.80m-GL.-12.90m，最大位移量由 5mm(日期 103/07/01) 變化至 23mm(日期 104/03/28)；日平均位移量變化為 0.50mm/日~0.09mm/日，變化量亦逐漸漸緩趨勢(如表 2 傾度管監測成果評估表所示)，由上述分析可知，降雨量減少，地下水位逐漸下降，以及日平均位移量變化逐漸漸緩趨勢。

另 BH-3 孔位，該處地下水位變化 GL.-21.7m-GL.-23.0m，最大位移量由 5mm(日期 103/07/01) 變化至 39mm(日期 104/03/28)；日平均位移量變化為 0.50mm/日~0.14mm/日，變化量亦逐漸漸緩趨勢(如表 2 所示)，由上述分析可知，降雨量減少，地下水位逐漸下降，日平均位移量變化逐漸漸緩趨勢。

依據表 3 日本地滑對策技術協會(1978)所提位移速率與邊坡穩定性判斷建議表所示，目前 BH-2 孔向東南東方向傾斜，BH-3 孔向東北東方向傾斜，兩孔均已達『準確定變動』，活動性為緩慢運動中。



BH-2孔量測成果



BH-3孔量測成果

▲圖 6 傾度管量測成果圖

表 2、傾度管監測成果評估表 (103/07/01~104/03/28 (共計 270 天))

孔號	位移量 (mm)	日平均位移量 (mm/日)	傾斜 位移方位	觀測結果
BH-2	23	0.09	東南東側	A向： 地表下0.0~13.0明顯向外滑動約23mm，平均0.09mm/日。 地表下13.0~29.5m向外潛移約4~6mm。 B向： 全段向B+方向潛移約5~8mm，平均0.049mm/日。
BH-3	39	0.14	東北東側	A向： 地表下0.0~6.0m向外滑動39mm，平均0.14mm/日。 地表下6.0~10.0m向外滑動12mm，平均0.04mm/日。 地表下10.0~13.5m向外滑動6mm，平均0.02mm/日。 B向： 地表下0.0~2.0m向外滑動12mm，平均0.04mm/日。

表 3、位移速率與邊坡穩定性判斷建議表 (日本地滑對策技術協會,1978)

變動種別	日變位置量 (mm)	月變位置量 (mm)	一定方向的 累積傾向	活動性判斷	摘要
緊急變動	20以上	500以上	非常顯著	急速崩壞	崩壞型 泥流型
確定變動	1以上	10以上	顯著	活潑運動中	崩積土滑動 深層滑動
準確定變動	0.1以上	2.0以上	略顯著	緩慢運動中	黏土滑動 回填土滑動
潛在變動	0.02以上	0.5以上	稍稍有	有待繼續觀測	黏土滑動 崖錐滑動

六、結論與建議

由野外地質調查，本工址的地層位態大致呈 $N35^{\circ}E/55^{\circ}E$ ，相對於本工址的地形坡向其交角大約 20 度左右，所以大致呈斜交 - 順向坡地形，且本調查區南側位處在山崩與地滑地質敏感區範圍內。

地球物理和地質鑽探結果，本工址下方（即包含道路上方邊坡至下方河岸坡址處）為較剪裂破碎甚至含泥的地層，其 RQD 幾乎為零，加上受側向邊坡解壓影響，多形成開口裂隙易留存地下水，尤其大雨時地表水易下滲至開口裂隙造成坡體土重增加，坡體土壤強度大幅降低，因此易發生向下潛移或崩滑現象，由現地觀察大雨過後，多處易發生側向位移裂縫。因此整體邊坡破壞，破壞模式初步推測是由於地層大部分為剪裂破碎，以及容易蓄積地下水，而造成向下潛移或崩塌的圓弧型邊坡破壞模式。

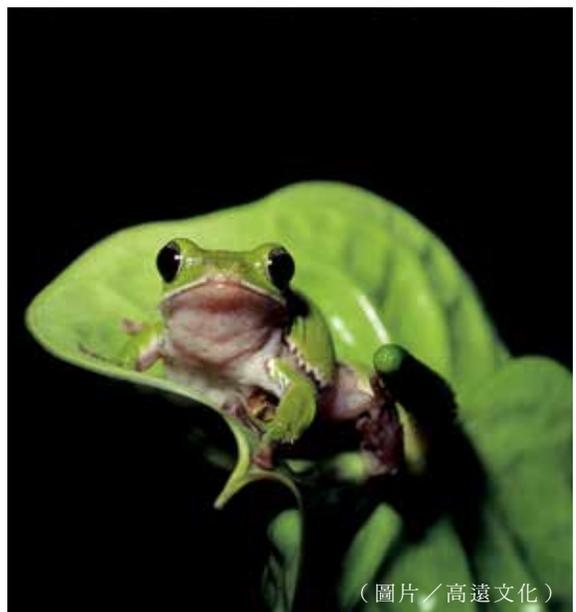
由監測結果顯示，於 103 年 7 月 1 日至 104 年 3 月 28 日為止，BH-2 孔日平均位移量由 0.50mm/日 ~ 0.09mm/日；BH-3 孔日平均位移量變化為 0.50mm/日 ~ 0.14mm/日，因此兩孔皆有緩和之趨勢；依據日本地滑對策技術協會 (1978) 所提位移速率與邊坡穩定性判定關係，本工址目前邊坡穩定狀態為「準確定變動」(0.1~1mm/日或 2~10mm/月)，具有一定傾斜累積方向，大致呈向東傾斜，為緩慢運動中。

本工址於 102 年遭颱風侵襲，造成路面中斷等災害，故施作微型樁、鋼軌、擋土牆等災修復建工程。但由於道路邊坡地下水位豐沛

且地層剪裂破碎，當時觀察地下水位大致分佈在地表下 9m 附近，甚至暴雨時期高達地表下 2~3m 附近，因此於 103 年發生連日大豪雨後，路面再次掏空破壞，有賴前期完成的微型樁充分發揮效能，僅局部毀損未釀成大規模坍塌。同時為減少地下水壓，施作水平集水管洩水，於監測成果得知，地下水位已控制在地表下 22m 附近，林道路基側移日漸趨近緩和獲得改善，顯示水平集水管洩水發揮極大效益，可供後續相關坡地災害緊急處置案例參考。

未來透過持續監測觀察，需注意地下水位是否有不正常變化，以確認水平集水管洩水功能，適時進行管內淤積物清除的工作，避免地下水上升增加側向壓力，再度造成坡地災害。⚠

參考文獻（請逕洽作者）



（圖片／高遠文化）