

特別報導專欄

枋山二號隧道東口自強號脫軌意外

董家鈞 楊哲銘 張中白* 林銘郎**

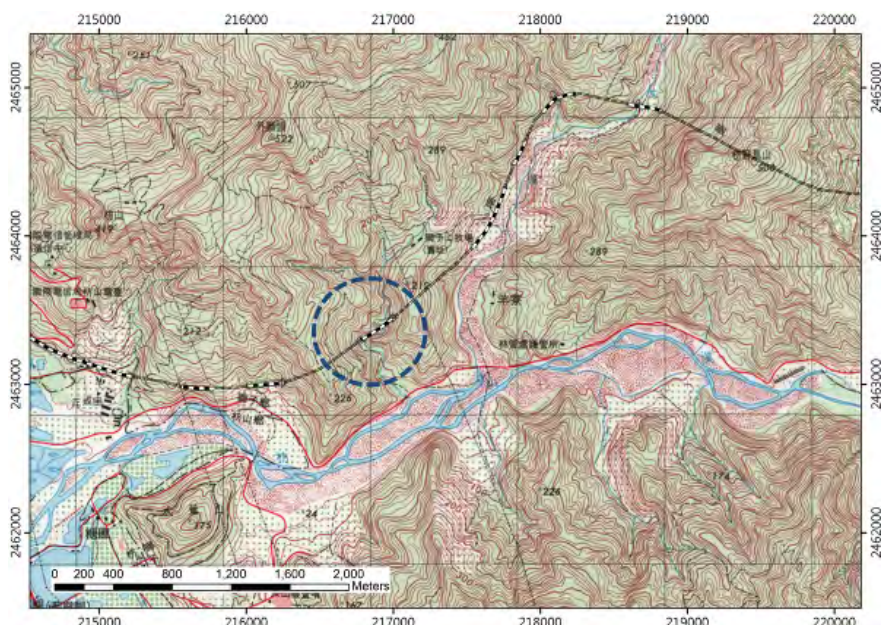
2013年8月31日，載運兩百五十名乘客、6時12分從台東開往高雄的南迴線台鐵302次自強號，於上午7時33分發生脫軌意外，據媒體報導，此一脫軌意外與落入軌道之土石堆積物有關。為迅速提供地工技術讀者此一受到媒體及國人矚目之災害發生相關背景資訊，特於第一時間撰寫完成本報導性短文。

一、脫軌意外經過

本起意外事件之事發地點位於屏東枋山段枋山二號隧道東口附近，事發當時據列車駕駛表示，列車以時速90公里自枋山三號隧道西口駛出(枋山三、二號隧道之東、西口間鐵道位置標示於圖一)，於距枋山二號隧道東口約100~200公尺處，看到隧道洞口附近鐵軌堆積有土石，雖採緊急煞車措施，但列車仍撞上土石堆，並衝進隧道，列車由隧道洞口向西拖行80公尺，其中六號至三號車廂在隧道內，最西側之六號車廂(車頭)與五號車

廂脫離，一號與二號則在隧道外，以第五號及第四號車廂受創最嚴重。另外，根據受傷送醫紀錄統計，送醫17人中，重傷旅客均位於第五號車廂。駕駛心有餘悸的表示：「幸好沒有撞到隧道口，否則絕對出人命」。圖二顯示事發後隔天於枋山二號隧道東口之搶修過程，由圖二仍可隱約看見隧道內尚未拖出之車廂。

若駕駛所述屬實，列車抵達二號隧道東洞口前，土砂應已堆積在軌道上，然而，另有一說表示，土砂流入鐵道時間點為車頭(六號車廂)通過蝕溝口時，也因此造成六號與五號車廂脫離以及重傷者均為五號車廂乘客之結果。若土砂堆積鐵軌時間早於列車通過時間，自動化監測系統或對避免脫軌事件發生有正面幫助，若土砂恰好於列車通過時流出，意外似乎難以避免，然而，事發時到底土砂堆積情況為何，目前似乎尚未能獲得一致的看法。



圖一 枋山三、二號隧道之東、西口間鐵道位置圖(圖中圓圈處黑白相間路段)

* 中央大學應用地質研究所/中央大學太空及遙測研究中心

** 台灣大學土木工程系

二、降雨

根據枋山測站雨量紀錄顯示(圖三)，康芮颱風期間(8月29日傍晚解除颱風警報)累積雨量319.5mm，8月31日清晨五點雨勢開始變強，八點後雨勢趨緩，六到七點間雨勢最大，時雨量達40.5mm。意外發生時間很可能與此三小時左右之高強度降雨有關，合計自康芮颱風至意外發生時，累計雨量為394.5mm。因枋山站與意外事件發生地點仍有一段距離，故事發地點之確切降雨量並不清楚。

三、地質

枋山一號隧道至三號隧道間出露地層為屬中新世晚期的牡丹層(Mt)，牡丹層標準出露地點為屏東縣牡丹鄉四重流域石門至牡丹間，屬大陸斜坡之沉積環境(宋國城、林偉雄，1993)。造山過程中，此區地層受到強烈擠壓變形，緊密褶皺與倒轉情況普遍。

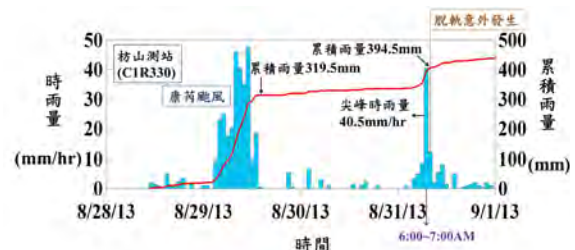
牡丹層主要岩性以頁岩或硬頁岩和砂頁岩薄互層為主，夾有厚層砂礫岩凸透鏡體。根據經濟部中央地質調查所五萬分之一臺灣地質圖一枋寮圖幅(圖四)，事件發生地點枋山二號隧道東口出露地層較接近牡丹層下部，主要為砂頁岩薄互層(圖五)，間夾沉積崩移構造。事件發生地點西側有內獅斷層、南側則有大致平行枋山溪之枋山溪斷層通過，兩個均屬右移

的斷層，可能對枋山隧道東口附近坡面穩定有不利之影響。

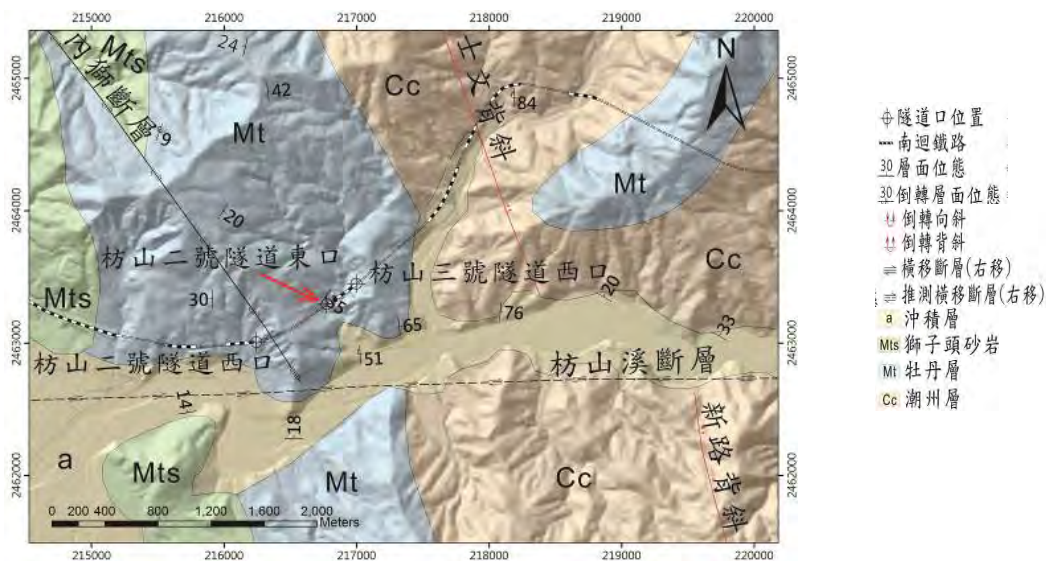
除了構造可能之影響外，牡丹層之頁岩、硬頁岩和砂頁岩薄互層(圖六為於隧道洞口出露之硬頁岩)極易受風化作用而發生消散崩解(Slaking)，消散崩解材料即可能受豪雨或地震影響而沿坡面滑落。



圖二 枋山二號隧道東口脫軌事件次日之搶修過程(李春明先生)



圖三 康芮颱風期間至意外發生時之降雨紀錄



圖四 枋山二號隧道東口附近地質圖，資料來源為經濟部中央地質調查所五萬分之一臺灣地質圖一枋寮圖幅(宋國城、林偉雄，1993)



圖五 下部牡丹層常見之砂頁岩薄互層，攝於枋山地區(李春明攝)



圖六 隧道口出露之硬頁岩(李春明攝)

四、地形

枋山二號與三號隧道連接段高程約為海拔 85 公尺(五千分之一第四版像片基本圖-中心崙圖幅，圖七)，下邊坡坡趾臨枋山溪，海拔高程約為 30 公尺。二號三號隧道間有一條為枋山溪支流的野溪通過(圖七，粗藍線)，然而，本次脫軌事件之禍首卻非這條野溪。圖七同時標示有兩條小蝕溝，兩條蝕溝之逕流通過事件發生路段，向南匯入前述之野溪，這兩條蝕溝均已有的整治措施。由圖八可看出，左側(西南側)之蝕溝 1 是這次災害的主角，右側之蝕溝 2 本次並無土砂流出。

圖九為事件前(2013 年 8 月 10 日)、後(2013 年 9 月 5 日)之福衛影像，由事件後影像可看出蝕溝 1 源頭有坡面裸露現象(圖九下多邊形)，崩塌面積大約為 400 平方公尺。蝕溝 2 源頭之裸坡(圖九標示圓圈處)則事件前後影像均看的到，因此並非康芮颱風期間或 8 月 31 日之大雨所造成。另外，圖七兩處蝕溝北側標示為大片果園之開墾坡地，由圖九已難以辨認出。雖然未有證據顯示淺層岩屑滑移與果園開發有關，然而上邊坡之坡面沖蝕及既有產業道路排水對蝕溝及坡面穩定性之影響，值得於後續進行蝕溝治理時注意與重視。

五、致災過程

根據媒體報導以及搶修時現地照片綜合研判(圖一)，堆積在鐵軌附近之土石最大厚度約 4 公尺(平均厚度 2 公尺)，沿鐵軌長度約 20 公尺，若以寬度 8 公尺估計，總土方量大約為 320 立方公尺(應該還有部分崩塌材料尚

未流出蝕溝口)。由現有資料評估(筆者並未到達現地進行調查)，造成災害之禍首可能是兩條蝕溝源頭之淺層岩屑滑動，不排除於接近蝕溝出口時轉為流動。堆積材料以黃棕色、數公分至數十分之板狀岩屑與泥質土壤為主。



圖七 枋山二號隧道附近地形(第四版像片基本圖-中心崙圖幅,TWD67 大地座標系統)



圖八 脫軌事件發生處之兩條蝕溝照片(李春明攝)



事件前福衛影像(2013.8.10)



事件後福衛影像(2013.9.5)

圖九 照片正中心白色直線為枋山二號隧道東口與三號隧道西口間之鐵道，右圖多邊形推測為 8 月 31 日致災之崩塌區

關於致災過程，如前所述，媒體報導有兩種版本。若對照駕駛之說法，土砂自蝕溝 1 流入鐵道時間點為車頭(六號車廂)通過蝕溝口時之說法似不完全正確，因為駕駛表示接近二號隧道東口時，發現堆積在鐵道土石並緊急煞車，另外，駕駛表示通過隧道口前列車曾彈起，所幸高度不高，因此未撞擊到隧道口。這些跡象顯示列車經過蝕溝 1 時鐵道應該已有土砂堆積於軌道上。然而，車頭通過蝕溝時，前述之數百立方公尺之土石應尚未全數流出，否則 20 公尺長、2 公尺左右高度之土石堆在東洞口，列車應難以通過。因此，枋山二號隧道脫軌意外致災之土石或許並非只有一次的流出事件。根據媒體報導，凌晨 4 點 36 分由高雄站開出往台東的區間車，於意外事件 10 分鐘前通過，因此第一次土砂流出時間應該在 7 時 23 分之後，而推測主要土砂流出時間可能就發生在列車六號車廂通過東洞口時。另一個可能性就是土砂流出時間是連續的，但是尖峰流量發生在六號車廂通過東洞口時。上述說法均僅為推論，若欲取得更有說服力之證據，或可從列車車廂土石撞擊泥痕特徵加以研判，然因筆者並未深入調查，因此不宜驟下結論。不過可以確定的是，若土石是直接由側面撞擊第五號、第四號車廂的話，那表示即使有再好的監測儀器，也無法避免車體被

撞，如何加強邊坡穩定減少土石滑下或衝擊力，或是加強車體堅固程度，以減少被撞後之車體受損及車內人員受災才是關鍵。

意外事件一發生，台灣媒體習慣於第一時間咎責，首要箭靶當然是鐵路管理局。批評者直言南迴全線 60 公里僅設 4 處監視器，且未設邊坡自動偵測警告系統，遇到土石崩落狀況列車無法自動停駛，因此台鐵安全監視(測)系統不及格。平心而論，上述批評雖然並非全無道理，然而，從技術層面觀之，類似本次致災之小蝕溝於南迴沿線不知凡幾，若不能先合理評估哪些潛在危險蝕溝或崩塌坡面需要監測與自動警告，就冒然地設置安全監視(測)系統，反而會有危險邊坡成為漏網之魚，或增設了不必要的自動監視(測)設備。另一批評為台鐵未能及時停駛。根據鐵路管理局之停駛標準，廿四小時累積雨量到達一百三十毫米，時雨量達四十毫米，就應停駛，鐵路管理局表示，意外事件當天台鐵自己沿線布設之雨量監測站紀錄並未達停駛標準。事實上，停駛標準之訂定也是技術層面問題，過嚴格或過寬鬆都會引起批評，非常不容易。據聞鐵路管理局於意外事件前原先即已準備進行邊坡與隧道調查、監測與管理之工作，期待透過專業協助，能將類似之意外事件發生機率降到最低。

另一箭靶是水土保持局，媒體已習慣將各

式各樣的斜坡失穩崩塌全部都叫做“土石流”，所以自然而然所有斜坡土砂災害都會算到水保局頭上。事件發生後，水保局澄清意外發生地點非屬土石流潛勢溪流，且造成此一意外並非土石流，而是崩落土石將靜水池及箱涵堵住，以致溢流到鐵軌造成列車脫軌。此一意外之導因是否為土石流似乎變成不只是技術問題。過去曾有一段時間淺層崩塌轉為流動之現象被稱為坡面型土石流(Brunsdon, 1979)，然而此一名詞最近已較不常見到。回到技術層面，台灣各式各樣的“Landslide”名詞該如何統一，甚至“Landslide”這個字該怎翻譯，似乎仍有賴各領域(包括地質、地形、土工與水保等)的專家盡快敲定，否則以後台灣各大媒體繼續將 CNN 記者口中的“Landslide”叫做“土石流”的事情還會一再上演。除此之外，國道 3 號順向坡災害發生後，山區公路運輸系統的安全巡檢內容，加強了上下邊坡異常及坡面水土保持設施安全巡檢及維護，交通部也完成公路邊坡大地工程設施維護與管理規範(草案)條文及解說，以供公路養護單位作為維護管理的依據，看來針對鐵路邊坡，如果也能儘快完成大地工程設施維護與管理規範(草案)條文及解說，也是此次災害後的一種省思、因應及收穫。

致謝

本文作者感謝李春明先生於災害發生第二天趕赴現場，在很短的時間提供豐富之現地相關資訊供撰稿使用，同時，感謝台灣鐵路管理局員工以及國軍弟兄不眠不休輪番搶修南迴線，並在最短的時間(9月2日)搶通，這種拼戰的態度其實就是最草根的“台灣精神”。

參考文獻

- 宋國城、林偉雄(1993), “五萬分之一臺灣地質圖—枋寮圖幅”, 經濟部中央地質調查所。
- Brunsdon, D.(1979), “Mass movements”, Embleton and Thornes (Eds.), *Process in Geomorphology*, Edward Arnold, London, 130-186.