

# 地工小百科 技術

## 以古鑑今～為小林埋村事件抽絲剝繭

潘國樑 \*

小林村並非如一般人所稱的位於河階台地上。從地形上觀之，它其實是處於堆積扇上。而堆積扇的地形特徵為：錐頂正對著溪谷的出口，且錐體的中線從溪口向外延伸展佈，其中央高聳成脊，而分別向兩側傾斜低下，略呈對稱狀，如圖一所示。影像的右下角才是河階台地（五里埔台地），其地形面平坦，且很少對正谷口，反而橫梗在谷口，且將谷口封閉，更未以谷口為界展現對稱狀。河階台地與堆積扇在位置上及其微地形之差別極大，兩者非常容易辨別。對小林堆積扇的確認，是研究埋村原因非常關鍵的一步。

從圖一觀察，小林堆積扇上游的溯源溪溝，規模細小，河道低淺，且其源頭的高程比曲河（小林村北邊的深溝，本文暫稱為曲河）的河床還高（本文稱為高程節點）；既然沒有發源地，何以能夠形成廣大的堆積扇？即堆積扇的土石來自何處？此點誠令人困惑，此其一。

圖二是小林埋村事件發生後的福衛二號衛星影像之 3D 模型。圖中顯示，小林埋村事件的發生，起源於獻肚山發生了深層滑動，由於地表逕流量朝下游遞增，結果演變成土石流。從圖中可以清晰的辨認，土石流從發源地以及從流通段兩側不斷的加入土石，以至體積越積越多，最後全部直接沖向小林村。至於土石流為什麼沒有沿著河床較深的曲河傾瀉？或者起先確有順著曲河流動，後來因為曲河發生什麼事，導致土石流轉向，改為爬高越過高程節點而直搗小林村。此點又是令人困惑，此其二。

雖然獻肚山的高程大，位能也大，所以水流的速度快，加上土石流有直進運動的特性，因此土石流直沖小林村應可理解，但是曲河至少應起著分流的作用，分擔大部份的流量才對。結果是土石流在高程節點處發生溢流，反而大部份物質以直線的方式直接沖向小林堆積扇上的小林村，因此才釀成巨大災難。

從圖二復可見，曲河的軌跡於災後仍然清晰

可辨，但那是土石流發生之後，在清水時期所沖蝕出來的涓涓細流。緊接著曲折點的下游，可明辨一堆暗灰色的土壤，其長軸方向平行於曲河；而暗灰土壤的右下方則緊貼著另外一堆黃色的土壤。它們所處的位置幾乎就在前述的高程節點附近。黃色土壤下方的斷崖為楠梓仙溪的古河岸；土石流至此將一如瀑布，下沖小林村，因此全村瞬間被埋沒，可能已向下游發生移位。圖三是 1 公尺解像力的衛星影像。在影像上，上述兩堆土壤（B 及 C）之間的接觸關係益形清楚（參考圖四及圖五）。從影像中尚可判斷土壤 B 係為左方的順向坡下滑所形成的堆積物，曲河的河道因而被堵塞。小堰塞湖 A 則為災後的清水時期所形成者；圖四為整個形成過程的特寫景象。

土壤 B 與 C 之間的關係則可從圖五中加以研判。在兩者的接觸線上，可以明確的辨認右邊的土壤 C（黃棕色）係覆蓋在左邊的土壤 B（青灰色）之上，且 C 在流動過程中對 B 產生拖曳作用，使得 B 的砂岩層發生了撓曲現象。足證 B 的存在及其阻擋作用才是導致土石流發生溢流及直沖小林村的致命因素。因此在發生程序上，首先有曲河的順向坡滑動，將其河道阻斷，然後才有大量的土石衝向小林村。前述的困惑二因而獲得解答。

關鍵點一經打通，我們即可進行整個事件的重建。茲藉用圖六來說明整個埋村過程如下：

民國 98 年 8 月 8 日台灣南部地區因為莫拉克颱風的侵襲而降下幾乎刷新歷史紀錄的豪大雨，高雄甲仙獻肚山上的地表逕流在 J 處匯聚（J 稱為匯水窪地），首先順著曲河渲洩（J-G-H-C），由於量豐水急，乃對著河岸的側壁進行猛烈的侵蝕，造成順向坡的坡腳（由砂岩組成）被砍斷，遂引起大規模的順向坡滑動（F 為平面型滑動面，G 為滑動物質的一部份），於是將曲河的河谷堵塞。9 日清晨獻肚山的深層裂隙（即 J 處的扇狀裂隙）已經飽水，遂發生爆裂，啟動了地滑；根據估計，約有 60 至 80 公尺厚的

\* 中央大學應用地質所

岩層捲入其中。由於降雨猛暴，不旋踵即轉化為土石流，因為不斷的從流通段兩側獲得更多土石的挹注，所以累積了驚人的土石方，往下游傾瀉；而在高程節點處（A）因為受到曲河滑動物質的阻擋，乃發生溢流，且爬高越過節點，並以直進的運動方式（J-G-A-D-E），高速的冲向小林村（E）；全村遂在瞬間即被埋沒，事件於焉造成。

從衛星影像所具有的廣域優勢，我們還可看出小林地區的岩層之層面呈現球面狀的特殊景象，如圖七所示，這種現象從地面上是不易觀察得到的。尤其於埋村事件發生之後，更顯露出球狀的層面（見圖八）。曲河即是順著球面發育的一條坑溝，即使發生了 2009 年的土石流事件，亦不改其道。前述的順向坡滑動以及小林地滑都是在不同的球面上發生，以曲河的平面型滑動面位於較深的層位。

根據日據時代的報導，日本人為了興建嘉南大圳，於 1922 年在開鑿烏山嶺引水隧道時，發生了嚴重的瓦斯爆炸事故，且犧牲了 50 多名工程人員。災難是因為從地底下湧出的沼氣發生爆炸而引起的。因為發生事故的岩層就是在糖恩山砂岩內，與發生小林地滑的岩層屬於同一層，所以我們大膽推測，小林地區的球狀層面可能也是因為地層在成岩之前曾發生瓦斯爆炸所致。圖九將可為上述的假設提供一個佐證，影像中有許多扇狀的裂隙，可能就是爆炸中心。這類裂隙係由旋扭應力（旋轉式的剪力）所造成；因為瓦斯爆炸是在封閉的空間內發生，所以爆炸時遂產生一種右旋的扭力，造成了旋扭裂隙。小林土石流的發源地（S3）就出現一組非常顯著的旋扭裂隙，可能就是一個爆炸中心；由於該裂隙密集而深切，才能為小林的深層地滑創造了極有利的發生條件。

如果重回事件前的衛星影像（見圖十），我們可以發現曲河的順向坡滑動在 2009 年事件之前即曾發生過，且留下明顯的平面型滑動面之痕跡，即影像中的 D。滑動後則堆積在 1 的範圍及其左側未標誌的區塊。至於地滑及土石流的發生區（參考圖六的 J）在衛星影像上也極為清楚，不因年代久遠而模糊或消失。類似的事件以同樣的程序久久發生一次，週而復始，這樣才有可能形成廣闊的小林堆積扇。前述的第一個困惑因而

也獲得了答案。每次事件發生時，均將小林地區的岩層一套一套（屬於糖恩山砂岩）的往下剝移，恐怕要遇到厚層頁岩（即下伏的鹽水坑頁岩）才可能停止；該層頁岩目前已出露於楠梓仙溪的古河岸（見圖三及圖四）。可見以古可以鑑今，也就是說，如果能夠從衛星影像上檢出古地滑或古土石流，即可預測未來的地滑或土石流；它們發生的規模也許有大小之分，但是它們發生的位置則不會有太大的變動；尤其土石流總是在固定的槽溝或河道內發生，它是最容易辨識及清查的一種災害。

小規模的小林土石流一直都在曲河內發生，所以我們才會見到深切的曲河河谷，同時也出現了高程節點。至於規模宏大的小林地滑及小林土石流之再現期很長，需要經過好幾代才能遇到一次，因而養成居民缺乏憂患意識。經過民國 98 年莫拉克颱風的教訓，我們才深深覺得，在極端氣候的威脅下，古深層滑動的清查是何等的重要與急迫。

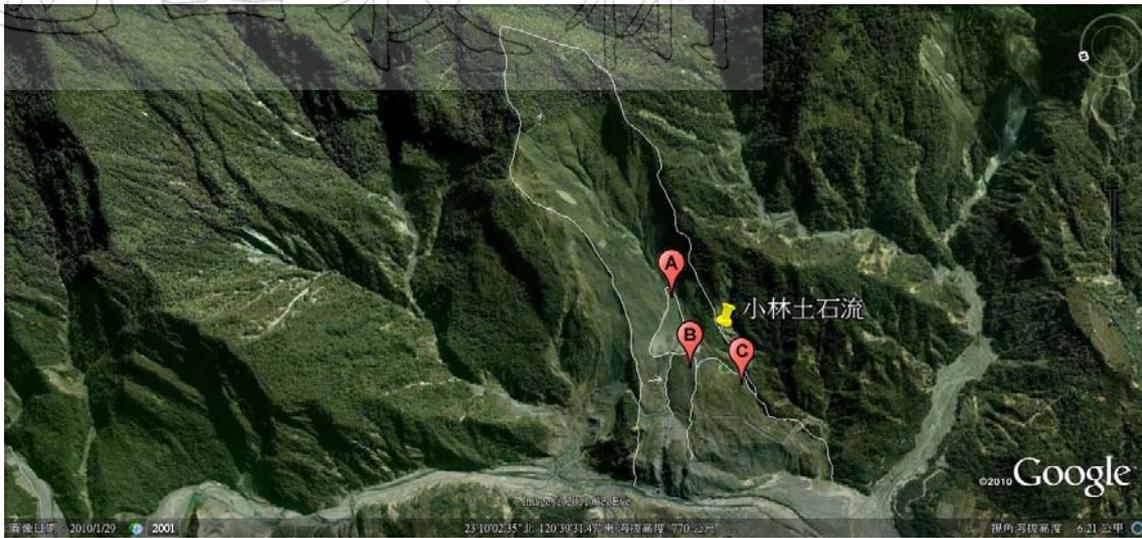


圖一 小林埋村事件發生前的衛星影像（注意北向在左側）（影像來源：Google Earth）



圖二 小林埋村事件發生後的福衛二號影像 3D 模型

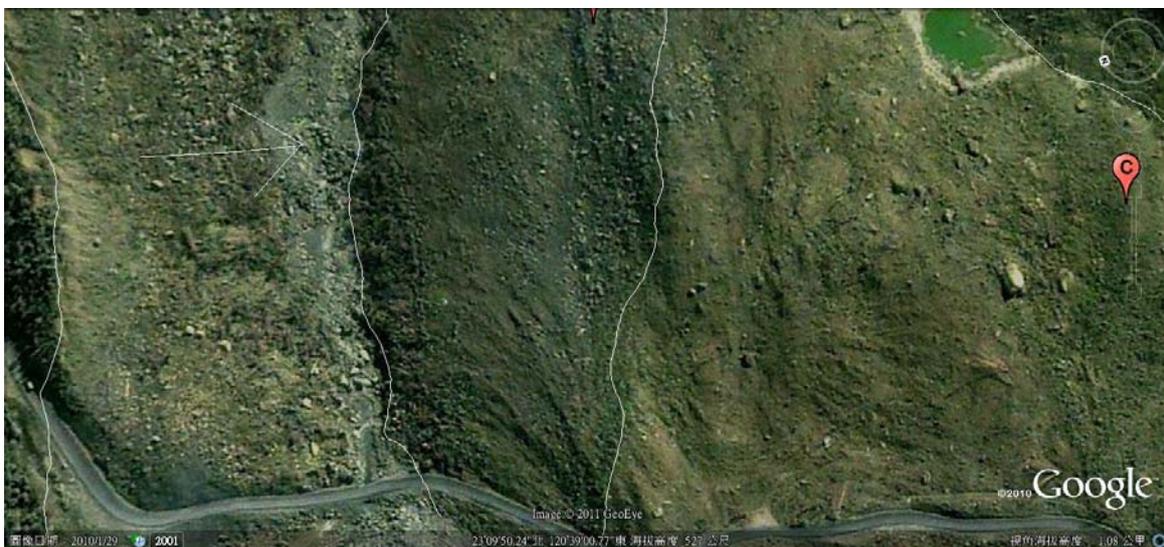
# 土工技術



圖三 小林埋村事件發生後的衛星影像（影像來源：Google Earth）



圖四 順向坡滑動造成的土壤 B，堵塞了曲河的河谷；A 為災後清水時期所形成的小堰塞湖（影像來源：Google Earth）



圖五 土壤 B（中）與土壤 C（右）之間的接觸及疊覆關係（影像來源：Google Earth）



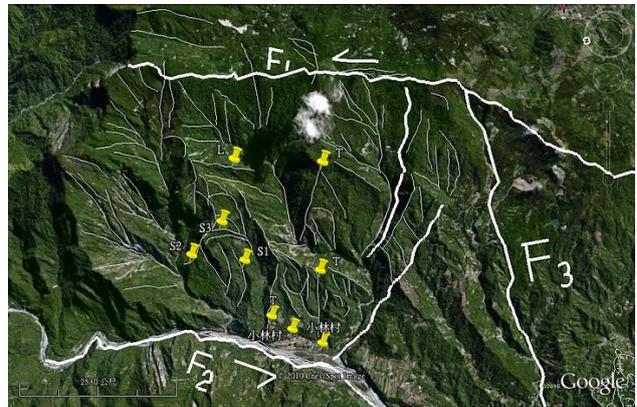
圖六 小林土石流發生過程的重建  
(影像來源：Google Earth)



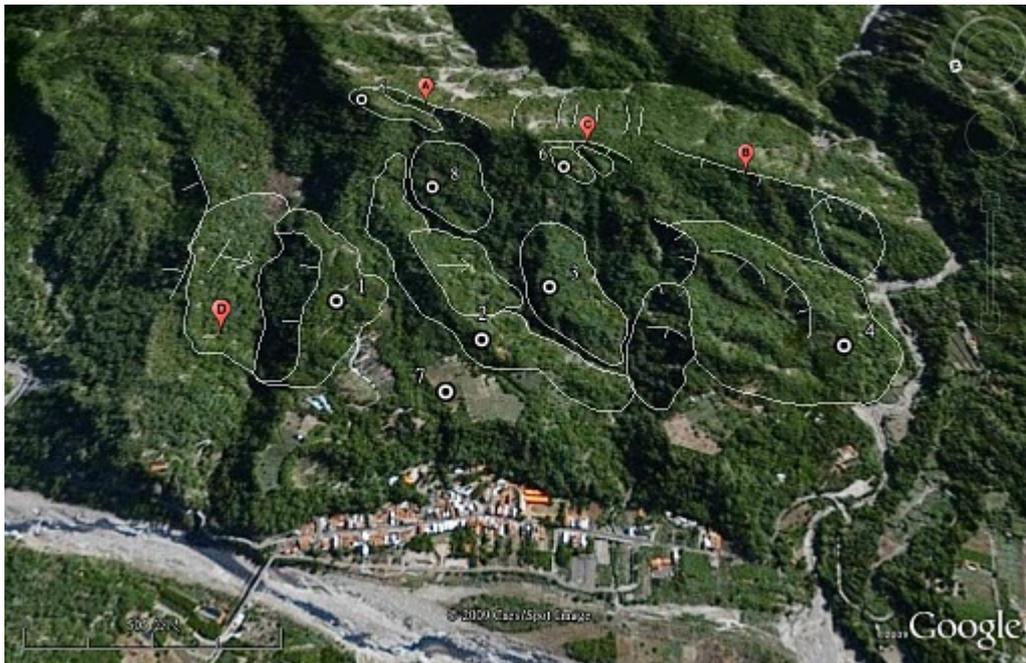
圖七 小林地區的岩層層面呈現球面形的特殊景象  
(影像來源：Google Earth)



圖八 小林埋村事件發生後球狀層面外露而更加顯著  
(影像來源：Google Earth)



圖九 在小林地區散佈的旋扭裂隙疑似瓦斯的爆炸中心  
(S3 為小林土石流的發源地所在)  
(影像來源：Google Earth)



圖十 小林村曲河的順向坡滑動所留下之痕跡 D (影像來源：Google Earth)