

地工小百科

Google-Earth 衛星影像的應用(1) — 梨山地滑新解

潘國樑*

一、背景

梨山位於中部橫貫公路與其宜蘭支線的交會點，德基水庫的上游。原來政府於 1957 年為了安置退役的榮民，而決定成立福壽山農場；後來中部橫貫公路於 1960 年通車，乃帶動大量的觀光人潮湧進梨山。當時行政院輔導委員會為了提高梨山的知名度，就興建了古色古香、宮殿式建築的「梨山賓館」，且正式於 1971 年對外營業。德基水庫則於 1974 年才完工，梨山從此變成了人人嚮往的有名景點，外地人來此經商的也越聚越多；梨山儼然成為一個世外桃園的社區。

不料於 1990 年 4 月，梨山地區因為連續降雨而發生岩層滑動，造成梨山賓館、國民旅舍、及公路局車站等重要建築物遭受嚴重損壞，並導致橫貫公路宜蘭支線的路基塌滑，交通中斷，使得梨山一夕之間，成為地滑危險區而震驚全國。

二、選址的瑕疵

梨山地滑災害的根本原因是選址錯誤，因為從衛星影像上觀察，梨山地區是一個大面積的地滑地，從其亂崗地形（Hummocky Topography）的表現，就足夠證明它是由崩滑所造成的。但是這不能怪當時的工程師及地質師，因為選定梨山作為公路交匯點（可能為了配合福壽山農場的出入及德基水庫的興建）的那個年代（50 年前）還沒有地滑這個概念。地質災害（Geologic Hazard）這個名詞在 1960 年代末期才出現，比中橫公路的定線還要晚 10 年以上。當時也沒有岩石力學或土壤力學這些專業知識；更沒有遙測這種探測工具。

從遙測的發展史來看，中橫公路完工後 12 年才有用人造衛星取得地球影像。當時的地面解像力只有 80 公尺；再過 27 年才達到 1 公尺的精度；又過了 8 年便進步到 50 公分；已經接近航空照片的解像力了。Google Earth 的全球鑲嵌影像之解像力大約是 1 至 5 公尺的精度；對地滑或其他災害調查誠有莫大的幫助。藉用 Google Earth 的衛星影像，對梨山

地滑進行重新解釋，其結果對梨山地滑是否應該進一步治理或者如何治理將有很大的參考價值。

三、影像判釋結果

梨山地滑地區的衛星影像顯示於圖一；圖二則是該張影像的判釋結果。

為了能看見正地形，所以特別將影像反時針轉了 90°，也就是眼朝東方看，即北方在左手邊；因此太陽方位位於圖一的右上角（即來自東南方）。

影像中包圍著左下角的為大甲溪上游，德基水庫的庫水已經壅高到梨山斷層（F-F）的位置；使梨山斷層的線形顯露無遺。大甲溪的上游帶來很多泥砂，入庫後即刻沉積，由河水顏色的突然變化可以得到證明。這張影像同時證明了影像取得時間的不久前在上游集水區曾經降過雨，所以河水呈混濁現象。

影像上很清楚的顯示，梨山地滑的面積比我們以前的認知起碼還要大一倍以上，其總滑體的冠部從 M，經 C，一直到 N，取其平順弧長的話可以長達 5.5 公里。目前活動中的大滑體係涵蓋 BCN 所包圍的地區；它們可以分成三大部分，被 TF1 及 TF3 兩條撕裂斷層（Tear Fault）所分隔（見圖二）；這兩條斷層的方向與地滑的滑向幾乎一致，都朝向西北方，即地滑的總體滑向係朝著大甲溪。撕裂斷層一般發育在逆衝斷層的上盤；即上盤在長距離搬運時被撕裂的。但是此地並無逆衝斷層，所以它們不是由逆衝斷層造成的。我們也無法證明這些撕裂斷層是因山崩而撕裂的，因為這三塊滑體的滑距極為有限，其衝力不足以造成撕裂斷層；而且這些撕裂斷層（包括 TF1、TF2、及 TF3）都將堅硬的岩層 B（推測應為廬山層內的硬砂岩）撕裂了。B 層靠近大甲溪一側的滑動前鋒之露頭線參差不齊，中間的一塊顯得特別往前凸出，此因這三個斷塊的錯距不等所致。相反的，B 層靠近梨山賓館一側的露頭線卻非常整齊，因為被整體滑動的滑動物質所掩蓋的關係。由此益發證明 TF1、TF2、及 TF3 是深及更深岩層的斷層，而不是

*成功大學土木系



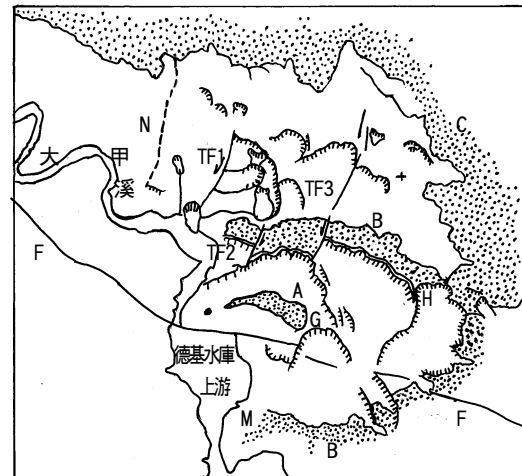
圖一 Google-Earth 衛星影像

深度只及滑動面的撕裂線。換句話說，B層應是被斷層所錯斷，而不是因為梨山地滑造成其錯斷；所以推測B層是穩定的應屬合理。但是A層與B層之間所夾的相對軟弱岩層則是不穩定的；它們是屬於逆向坡的滑塌（Slump）類型。從宏觀的尺度來看，A、B、C三層同屬一種岩性，因為它們都是耐侵蝕的相對堅固岩層，所以地形比較凸出，可以當作指準層（Keybed）；在層序上，以A層為最老，B層次之，而C層最年輕。其中B層在H附近呈現迴轉彎的特徵；這乃是典型的褶皺構造，而且是背斜構造，因為最老的A層位於核心部。C層則在H附近被梨山斷層F-F所截斷；由此也可證明梨山斷層是存在的。如果背斜的推測是正確的，則上述三條撕裂斷層應是背斜翼部的剪切斷層，而不是逆衝斷層所造成的撕裂斷層。

從影像上還可證明，滑動面的深度應切入岩盤，而不是位於崩積層與堅硬岩盤的交界面上。第一個證據是被撕裂斷層所分割的滑體內都由很大的三角形斷塊（大者其橫寬可大到200公尺以上）所組成（見圖一），而且它們的位態雖有變化，但變化並不大，仍然維持向東南方向傾斜的態勢；這不是崩積作用所可辦到的。第二項證據是在G及H兩個地方，硬砂岩A及B都被較新的滑動面所切斷，而且斜切它們下伏的相對軟弱岩層。

四、治理上的盲點

像梨山這麼大規模的地滑，一般係以排水優先，再輔以抗滑措施的方法進行治理；而梨山地滑確實就是如此治理的。但是從衛星影像上觀察，梨山大地滑區已經成為一個半圓形的匯水窪地（見圖一及圖二），其外圍的地表逕流幾乎都朝這個窪地集



圖例

- FF 梨山斷層
- TF 撕裂斷層
- 最新滑體
- 新滑體冠部
- 老滑體冠部
- +

- 梨山地滑邊界，虛線示可疑
- 硬砂岩指準層

N
1:20000

圖二 衛星影像判釋結果

中，並灌入滑體內；加上滑體的出露面積廣大（超過5平方公里），承接的降雨量非常可觀，所以地表水的集排遠比地下水的疏排有效得多，而且可靠性更高，因為它的排水系統比較沒有被堵塞的顧慮；何況集水井還有可能被活動中的滑體所破壞。如果再從經濟上考量，則地表水的處理遠比地下水的處理經濟得多。因此，最好的處理方式就是地表水要與地下水聯合排除；這樣才可以減輕地下水疏排的負荷，而且可以預防集水井被破壞後的排水問題。職是之故，加強地表排水才可收事半功倍之效。

過去的處理只顧及梨山賓館的一塊。雖然該分塊有TF3撕裂斷層可以與別的分塊分隔，但是它們的滑動卻是一體的；從它們的滑動前鋒非常整齊的覆蓋在B層上即可得到證明。因此，如果沒有整體考量進行處理，則已經處理好的一塊難免會受到其他未經處理的分塊之牽動而失效。

因為梨山地滑是位於逆向坡的一側，所以合理的推測，其主滑動面應該會切過B層與C層之間的相對軟弱岩層，其距地表的深度可能不會太淺。如果決策認為需要整治，則這個深度一定要重新確定，才能根本治理梨山地滑的問題。