

以長時間地電阻影像法監測崩塌潛勢區地下電阻率與降雨之關係



蔡武男、陳建志

國立中央大學 地球科學系

摘要

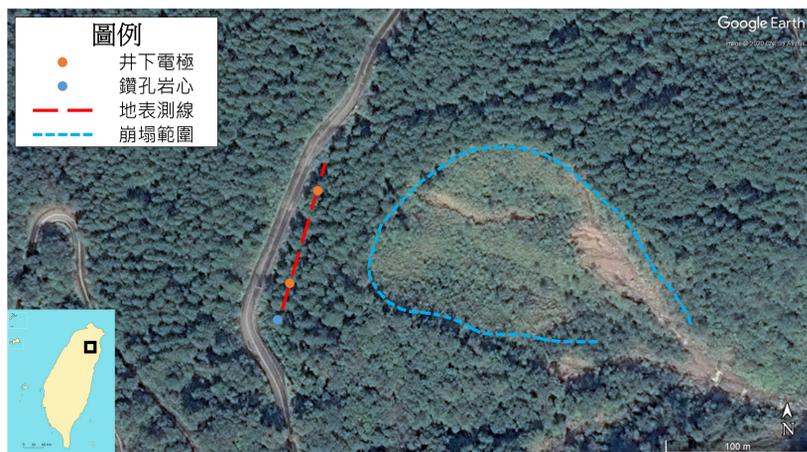
由 Archie's Law 知材料的電阻率與含水量呈冪次反比關係，而崩塌的發生也常與地下材料的含水量有密切的聯結，因此本研究期望藉由降雨前後的電阻率影像和電阻率趨勢變化更了解地下結構如何改變，在未來對崩塌警戒值的設定提供不同的資訊。

本地電阻測量使用非傳統的混編陣列每日定時施測，本研究據此分析了自 2019 年至 2020 年三月的電阻監測資料。透過長期且穩定的地電阻監測，可以看到降雨事件對於地下電阻率結構的改變。本研究結合岩心資料與電性結構進一步將電阻率影像進行分區，並對每個區域電阻率取其中位數來代表該區域電阻率變化趨勢，細化在不同時間、空間尺度的地下電阻率結構探討。

對於不同的地質材料雨水滲透至地下需要的時間也不同，對應時段的降雨不會直接造成地底深處的電阻率改變，因此本研究將降雨事件劃分為數段的雨場以利分析。並從數個雨場挑選出兩個代表性案例，在較小的時間尺度下明顯觀察到淺層分區對降雨事件較為敏感，在雨場初期電阻率整體下降、雨場結束後迅速回升。

研究區域

研究區域位於宜蘭太平山(如圖一)，電極配置包含 108 米長的地表測線與兩條分別置於深度約 100 米的井下測線。其中左井電極由近地表至最深的 98 米處，共 17 支井下電極，右井最深電極在井下 84 米處，共 15 支井下電極。僅憑地表測線無法解析至目標測深約 100 米，因此加上井下電極以增加對深部地層的解析能力。藍色虛線部分為根據正射航照影像圖判釋的崩塌範圍。



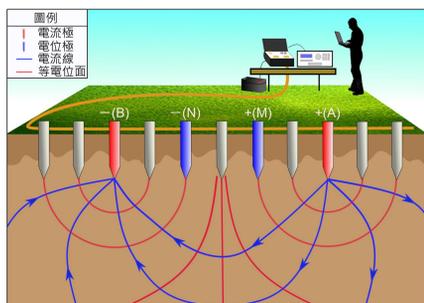
圖一、研究區域及測線分佈圖。

研究方法

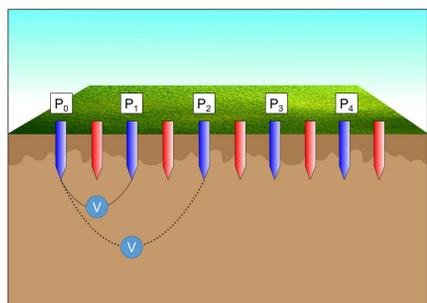
地電阻法 (Electrical Resistivity Tomography, ERT)

為一主動源地球物理探勘方法，施測者由電流極(A, B)向地下土體通電形成人為電場，並利用電位極(M, N)量測電位計算 M 和 N 之間的電位差(如圖二)。由電極間的相對位置可以計算一幾何排列因子，配合量測電位差計算出地層的視電阻率，進而利用反演算來推估地下材料的電阻率分布。

本研究選用混編陣列，先將電流極和電位極交錯排列，再選定其中一電位極為 N 極(共負極，P₀)，由於每個電位極對(例如 P₀P₁ 和 P₀P₂)的 N 極相同，電位極對 P₁P₂ 的電位差可以由電位極對 P₀P₁ 和 P₀P₂ 兩組電位差相減而得(如圖三)。



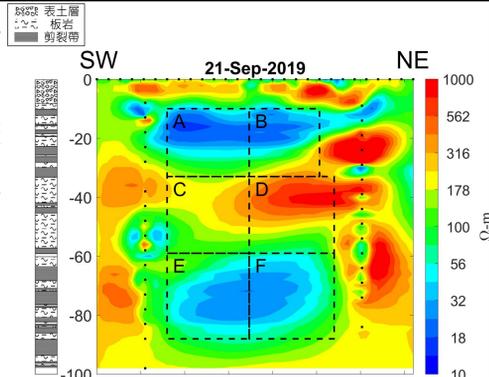
圖二、地電阻法施測示意圖。



圖三、混編陣列示意圖。

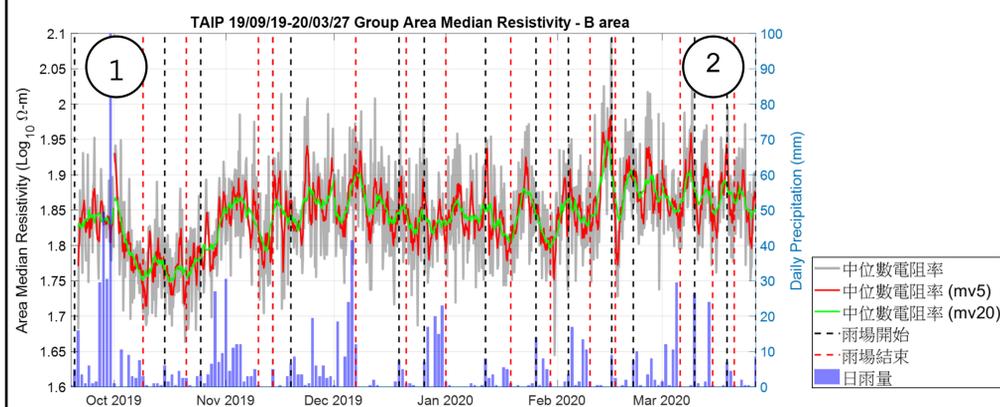
研究成果與討論

以岩心資料和電阻率剖面進行比對，電阻率剖面中靠近地表的橘紅色高阻為表土層，下方的板岩層可以觀察到剪裂帶分佈較密集處電阻率也相對較低。我們依照電阻率剖面的電性結構進行分區，由淺至深分別為深度 10 到 33 米藍色低阻的 AB 區、33 到 59 米橘紅色高阻的 CD 區以及 59 到 88 米淺藍色低阻的 EF 區域(如圖四)。



圖四、岩心資料與電阻率剖面分區圖。

1. 從 2019 年 9 月至 2020 年 3 月中位數電阻率有隨雨場發生的短周期變化，但整體而言電阻率在這約半年的時間無太大改變(如圖五)，顯現此地電阻施測的穩定性。
2. 觀察各區整體電阻率(以中位數代表)隨降雨的改變，同深度的 AB 兩區在部分雨場發現電阻率明顯下降，並且在雨場結束後迅速回升。以強降雨事件為例，下方兩個案例分別為長、短延時雨場，此兩種情境皆能觀察到類似的行為(見圖六、圖七)。
3. 由剖面間的相對變化率，觀察到降雨事件對電性結構在空間上的影響，兩種案例電阻率變化的區域相似，這可能反映了雨水的入滲路徑。



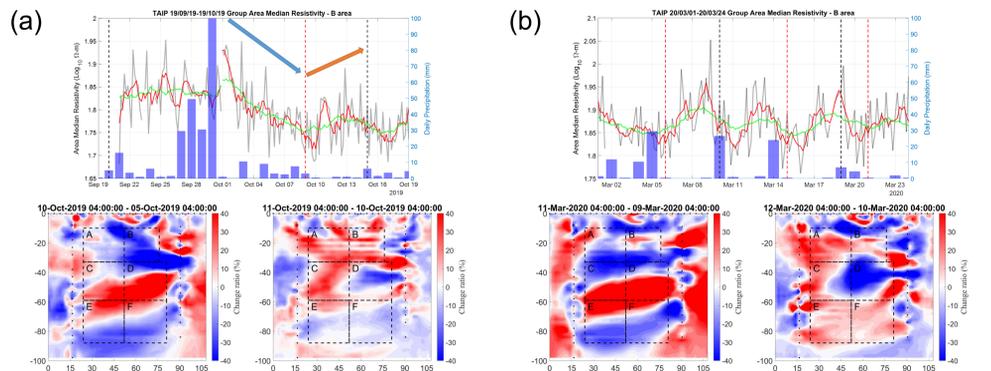
圖五、B 區中位數電阻率時序圖，時間為 2019 年 9 月 19 日至 2020 年 3 月 27 日。

案例 1：長延時強降雨。

案例 2：短延時強降雨。

降雨量：416mm / 持續時間：20 天

降雨量：53.5mm / 持續時間：6 天



圖六、上子圖為各案例對應時段 B 區中位數電阻率時序圖，下子圖為各案例中三個電阻率剖面的相對變化率圖。(a)長延時強降雨案例時段。(b)短延時強降雨案例時段。

結論

1. 淺層的 A 和 B 區域在雨場初期電阻率明顯下降、雨場結束後則迅速回升，顯現對於降雨事件較為敏感，電阻率上升下降幅度較大也較迅速。
2. 在強降雨案例中電阻率剖面的相對變化率有類似的趨勢，可能反映入滲路徑。

參考文獻

1. 農委會水土保持局 (2020)，蘭台大規模崩塌潛勢示範區觀測科技整合與分析期末報告書。
2. 科技部 (2017)，106 年大規模崩塌多元多尺度綜合監測、資料綜整分析與滑動機制研究：以太平山蘭台地區為例 (III)。