

應用H.O.S.T地圖於土石流潛勢溪流 影響範圍地形特徵判釋

陳昭岑^{1,2*} 陳振宇² 高百毅² 白佩鑫² 林宥伯²

摘要

民國 98 年莫拉克颱風重創臺灣中南部地區，造成許多嚴重的大規模土砂災情。近年來隨著高精度、高解析度數值地形發展，國內外許多學者應用地形圖資於分析及判釋地形，已能掌握各種地形地貌特徵。然各類地形圖資對於一般未經訓練的人而言，不僅不容易直接判讀出地形地貌，並腦海中自動轉換成三維地形，且多數地形圖資受限於主觀判讀影響，致使地圖使用者判讀地形特徵產生落差。

由於天然災害多具有重複性，如能掌握土石流之地形特徵，將能準確劃定其影響範圍並確定保全對象，以作為後續防減災工作之重要資訊。本文使用具有絕佳地形呈現效果之 H.O.S.T 地圖進行判釋，成果顯示 H.O.S.T 地圖較一般地形圖更能凸顯出細微的地形特徵，使用者在室內即可輕易判讀出該地區地形等資訊，以及土石流潛勢溪流之溢流點、災害型態及影響範圍，大幅減少在野外調查時所耗費的時間。

緒言

臺灣由於高山地區地形陡峭、地質脆弱和水流湍急等不利於土體安定之條件，再加上極端氣候所帶來的強降雨、颱風及地處地震帶等不利因素，造成山區易發生崩塌、地滑及土石流等土砂災害，其中土石流因飽含大量土砂、石塊和巨礫等與水混和形成流動體，造成人員傷亡及經濟損失甚為嚴重。

近年來水保局依「土石流潛勢溪流劃設作業要點」(水土保持局，2019a)及「土石流潛勢溪流劃設作業手冊」(水土保持局，2019b)等規定，利用相關圖資判釋土石流潛勢溪流，劃設影響範圍，掌握災害潛勢，並進行溪流調查分析，提升土石流潛勢預測能力及有效進行災害防治工作，作為各項土石流防災整備與緊急疏散之參考。

現今已有多種圖資應用於判釋地形地貌，如等高線圖、分層設色圖及日照陰影圖等，然各式圖資仍有其不足之處，且一般未經訓練的人不容易於腦海自動轉換成三維地形，並藉由圖資直接判讀地形地貌。為此本文運用具有極佳立體感及可呈現微地形特徵之

¹⁾ 財團法人農業科技研究院。300-110 新竹市香山區大湖路 51 巷 1 號。

²⁾ 行政院農業委員會水土保持局技術研究發展小組。54044 南投縣南投市中興新村光華路 6 號。

* 通訊作者，E-mail: wji4xo6@mail.swcb.gov.tw。

H.O.S.T 地圖，判釋土石流潛勢溪流影響範圍之地形特徵，並進行野外查核，以驗證在室內應用高精度數值地形圖判讀之地形特徵與野外特徵檢核成果是否吻合。

方法

研究區域

本研究區域為南投縣信義鄉神木村之土石流潛勢溪流，編號為投縣 DF199，位處鹿林子集水區內，鄰接神木子集水區，屬濁水溪水系支流陳有蘭溪流域上游之出水溪。溪流總長為 5.5 公里，集水區總面積為 845 公頃，災害類型為溪流型土石流，土石流災害潛勢風險等級為高。

研究區域所在地層為中新世晚期之南莊層、深坑砂岩及現代沖積層（圖 1）。南莊層之岩性為白色砂岩、灰色砂岩、暗灰色頁岩與砂、頁岩薄互層為主，白色砂岩為中至粗粒厚層狀，風化後常呈黃灰色、淺黃色或紅棕色。深坑砂岩由灰至淡灰色細粒泥質或粉沙質厚層塊狀砂岩，及暗灰色頁岩組成，頁岩常與薄層砂岩構成互層。岩層層面為東北西南走向朝東傾。地質構造方面，有東北 - 西南走向之向斜及背斜軸通過，附近有沙里仙溪斷層、神木斷層及霍薩溪斷層通過，致使該地區地層多為破碎的岩層，造成邊坡土體不安定，易受風化與侵蝕作用影響而發生崩塌，為土石流潛勢溪流帶來大量的土砂料源。

投縣 DF199 之災害紀錄最早始於民國 85 年賀伯颱風，土石流沿出水溪流出，將橋面拱起隨土石流下移，造成道路中斷，危及右岸之神木國小；民國 88 年豪雨造成土石流沖毀神木國小前便橋，使居民對外交通中斷；民國 90 年桃芝颱風，出水溪再次發生土石流溢流災害；民國 95 年豪大雨，引發土石崩落，將設置之多項觀測儀器掩埋，並危及下游

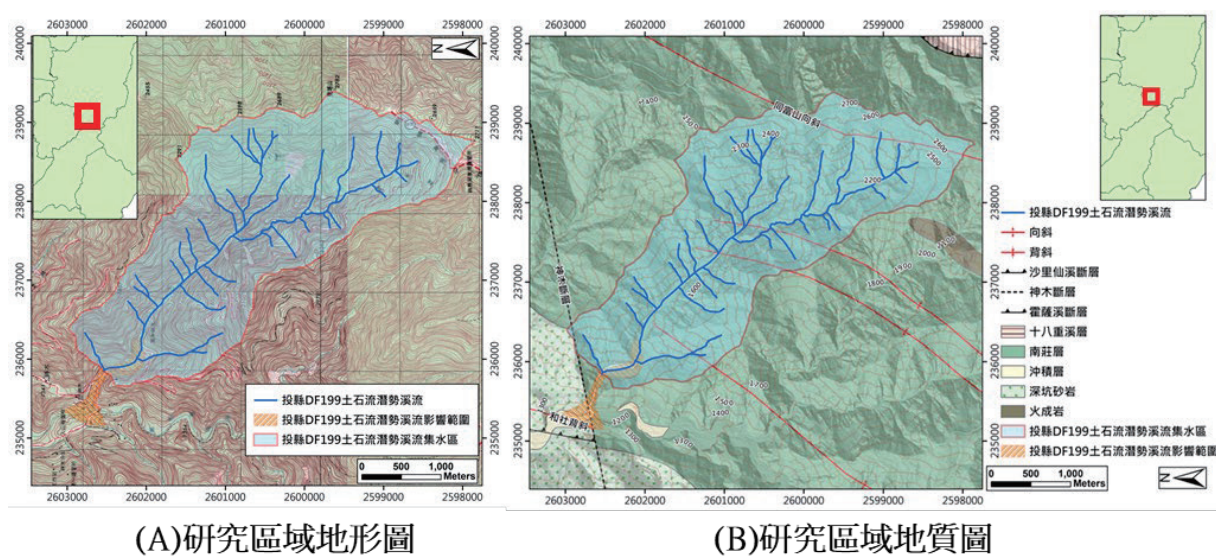


圖 1. 研究區域地形與地質位置圖

地區；民國 96 年西南氣流與聖帕颱風帶來的豪雨，土石流致使出水溪上游觀測點鋼索斷裂，對下游保全對象造成嚴重威脅；民國 98 年莫拉克風災，土石流爆發，導致神木樟樹公及鄰近設施、觀測儀器皆遭土石損壞、掩埋，並造成對外連絡道 - 神木巷遭土石沖毀而中斷；民國 106 年連日豪雨，土石流造成多處民宅沖毀，連外道路全數中斷。

H.O.S.T 地圖

儘管目前已有如等高線圖、日照陰影圖等多種圖資可應用於判讀地形地貌與輔佐現地勘查之用，然其表現方法仍有限制，可能造成地圖使用者遺漏相關重要地形資訊。鑑此，在水土保持局創新研究計畫支助下，國立中興大學水土保持學系蕭宇伸教授發展出結合地形高程 (Height)、地形開闊度 (Openness) 及地形坡度 (Slope) 之三維視覺化地形圖 (Terrain Map)—H.O.S.T 地圖，其製作原理如圖 2 (郭耀駿，2016；蕭宇伸，2017)。

本文使用內政部 2011 年 8 月航拍光達所產製之 1m 數值高程模型 (DEM) 及 2021 年 5 月使用無人機空拍影像所製成的 0.5m 數值地表模型 (DSM)，分別製作成 H.O.S.T 地圖。H.O.S.T 地圖能有絕佳的地形呈現效果，主要係藉由不同的地形開闊度計算方法，融合地形坡度，運用合適的彩度色階來表現出地形的平緩或傾斜程度，在視覺上提供更佳的立體效果，讓人以肉眼觀看便能輕易的判別出豐富且詳細的地表資訊。

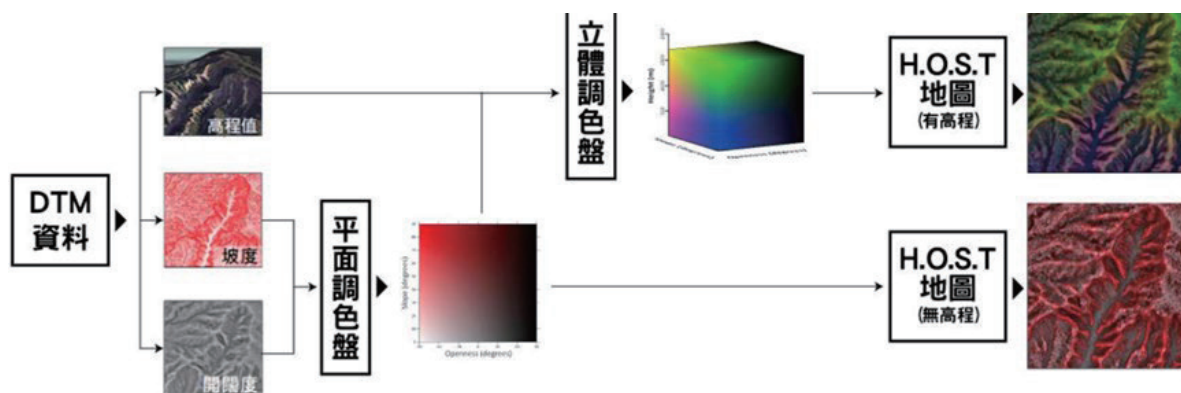


圖 2. H.O.S.T 地圖製作原理

野外查核

為比對 H.O.S.T 地圖室內判釋成果，本研究針對判釋出之土石流潛勢溪流特徵位置進行野外查核，調查點為沿投縣 DF199 溢流點 2 至下游匯流口，調查點位置圖如圖 3 所示。並依現地狀況填寫「土石流潛勢溪流基本資料現地調查表」(水土保持局，2019b)，將調查表要求之位置，進行 GPS 定位、拍攝現地影像、調查河道土砂沖淤情形，且依現地地形及歷史災害判定溢流點位置與潛勢溪流現況。

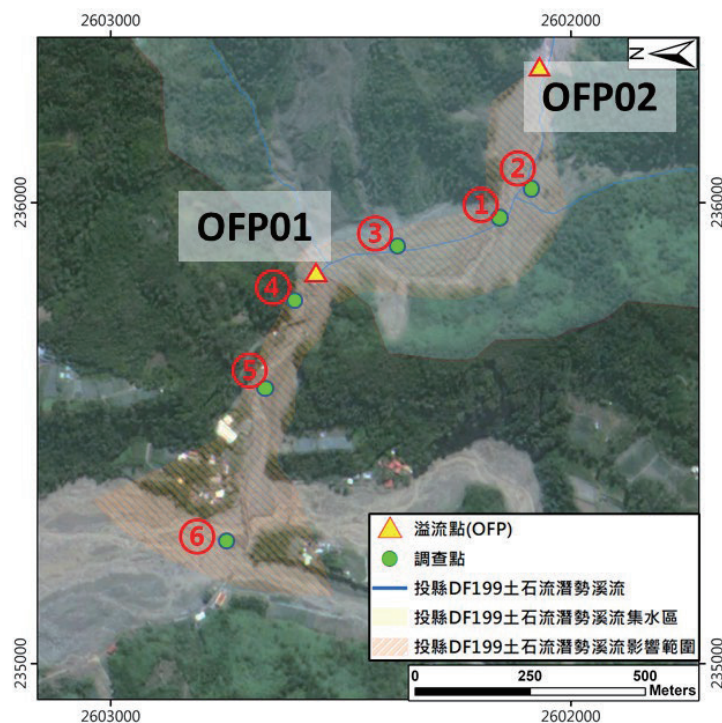


圖 3. 現地查核調查點位圖

結果與討論

HOST 地圖判釋成果

本研究以內政部 2011 年 1m DEM 所製作之 H.O.S.T 地圖如圖 4 所示，同時為呈現溪流現況，亦以 2021 年 5 月 UAV 產製之 0.5m DSM 製作 H.O.S.T 地圖如圖 5~ 圖 8。在地形特徵方面，由圖 4 河道上可見明顯土砂堆積地形，且似不只一期的土砂堆積，若同一集水區在谷口處堆積不同時期多次堆積沖淤者，稱為複成沖積扇 (周憲德，2020)。判讀投縣 DF199 堆積區發現有 2 處複成沖積扇地形產生，一為位於溢流點 1 及溢流點 2 之間的支流所構築的沖積扇 (圖 5)，該支流具有完整的發生段、流動段及淤積段，且具有明顯溪谷地形，然其因集水區面積較小，因此所產生之沖積扇較小。另一種為位於出水溪與那瑪嘎班溪匯流口之複成沖積扇 (圖 6)，因受地形影響，土砂多堆積於匯流口右岸，且該沖積扇地形同時受和社溪及那瑪嘎班溪河道沖刷影響，由河階數量及歷史災例可知沖積扇不只一期的土砂堆積。

河道特徵方面，顯示仍有大量土砂淤積於河道內 (圖 7)，且有多道側積堤與多條水路痕跡存在於河道上，顯示水流會因不同時期之水流大小不同而有不同的路徑。而在溢流點 1 下游處，可明顯看出河道兩側因水流沖刷，已形成明顯之下切河道地形，且在匯流口處形成交叉點 (圖 8)。

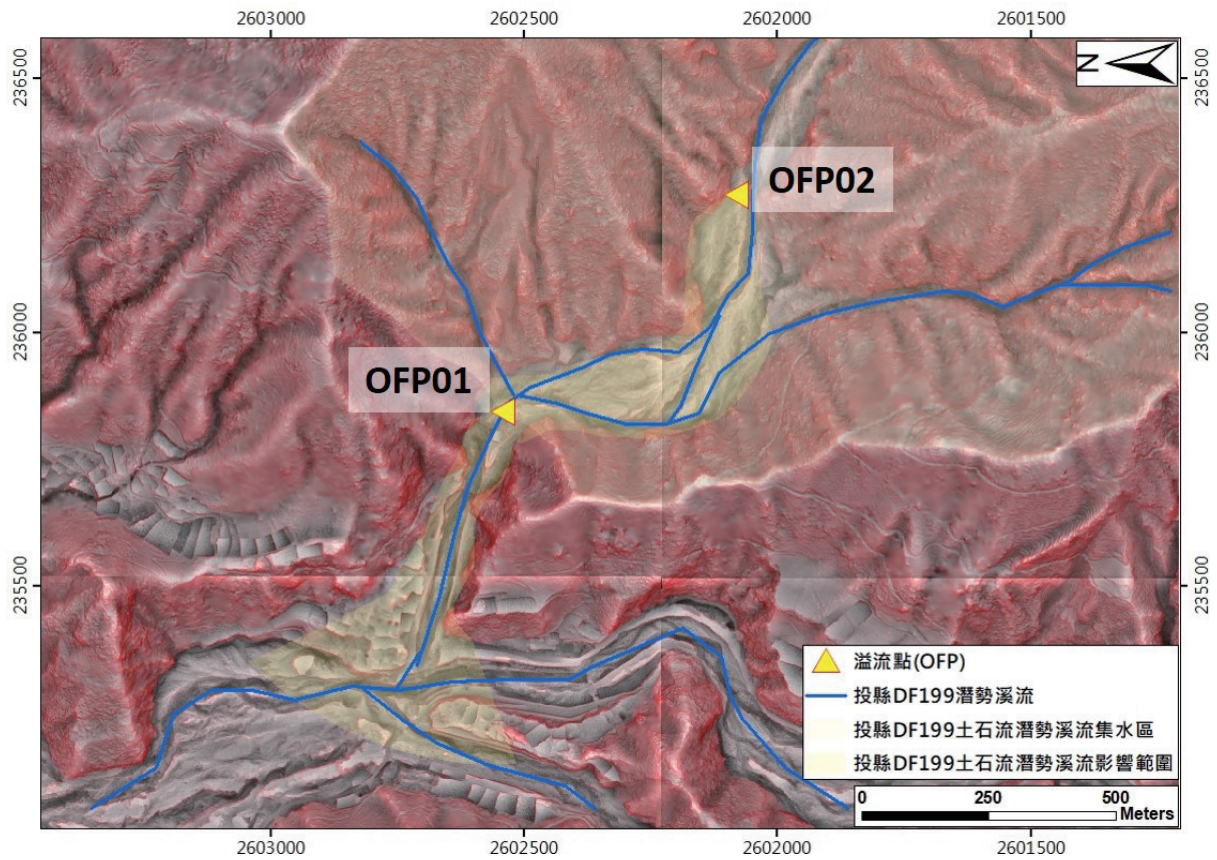


圖 4. 投縣 DF199 影響範圍全景 H.O.S.T 圖

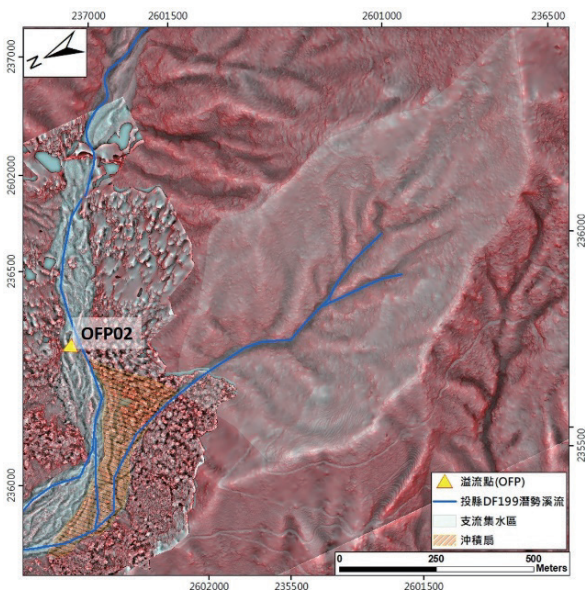


圖 5. 投縣 DF199 土石流支流之沖積扇

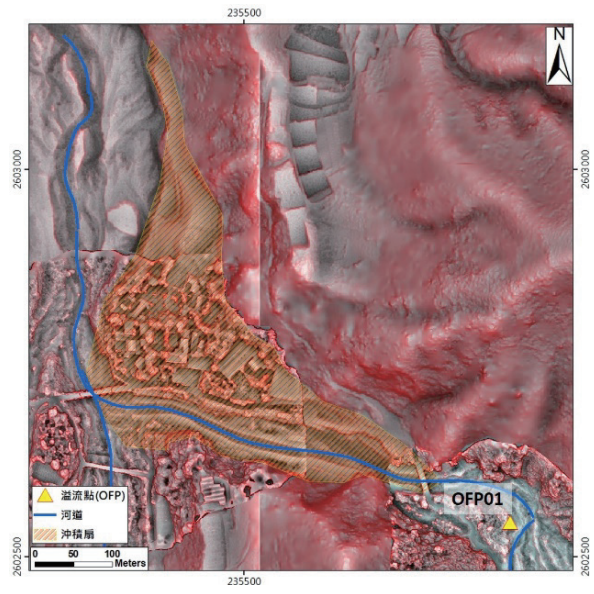


圖 6. 投縣 DF199 匯流口之複成沖積扇

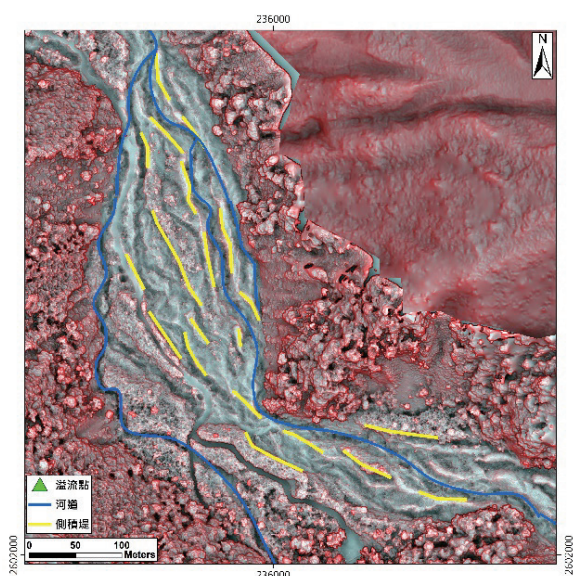


圖 7. 河道土砂堆積情形與側積堤分布

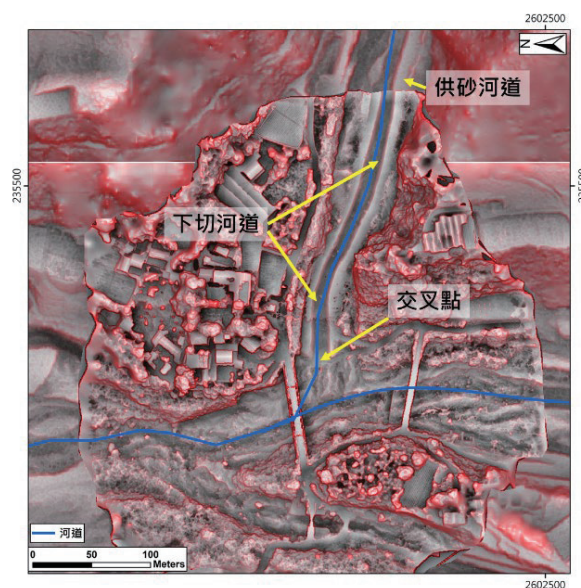


圖 8. 沖積扇微地形特徵

野外查核成果

土石流潛勢溪流之野外查核目的是針對判釋結果進行驗證。查核分為三部分，一是針對溢流點位置；二是地形特徵檢核；三是保全對象的分布。

現地查核方面，調查點位圖如圖 3 所示，調查點 1 為溢流點 1 與 2 之間支流之沖積扇，其土砂堆積高差約 1-2 公尺。從河道上可明顯看出至少 2 階之土石堤（圖 9），觀察土石堤之縱剖面發現無明顯粒徑分層且無大小規則分布之現象（圖 10），此與一般河川沖淤水流粒徑大小分層淤積特性不同，因此推測其為土石流堆積材料。調查點 3 位於溢流點 1 與 2 之間河道上，可見河道內大量土石材料堆積，且表面未見青苔，亦可見新舊土石流事件所堆積之土石堤，堆積礫石多為平均粒徑大於 30 公分之砂、頁岩塊（圖 11）。在溢流點 1 處設有兩座潛壩，長約 30 公尺、高度約 2 公尺，位於前方的潛壩壩體已遭土石掩埋，只露出壩翼；而後方之潛壩壩體頂部可見遭磨蝕的痕跡（圖 12）。溪流下游沿岸已有大量土砂



圖 9. 調查點①支流之沖積扇土石堤圖



圖 10. 調查點②土石堤縱剖面

堆積，形成下切河道地形特徵(圖 13)，目前土砂雖未溢出河道對道路造成影響，然未來若再有土石下移可能溢出河道，對保全對象及道路造成影響。出水溪與那瑪嘎班溪匯流口可見大量大小不一的巨礫、礫石及土砂堆積，溪床堆高的現象(圖 14)。



圖 11. 調查點③河道淤積大量土砂石塊



圖 12. 調查點④潛壩現狀



圖 13. 調查點⑤下游明顯下切河道地形



圖 14. 調查點⑥河口有巨礫堆積

結論

土石流潛勢溪流及其影響範圍之判釋，係防減災規劃時之重要基礎工作，由於土石流的發生具有重複性，故藉由現地土石流的遺跡與地形，有助於推估未來該地區之災害情境，並據以擬定相關軟體防災計畫或硬體減災工程。過去許多研究或調查已透過如地形圖或航遙測影像等各式圖資判釋土石流潛勢溪流地形特徵，但這些圖資常受限於植生遮蔽或地形呈現效果，難以有效準確判釋出土石流潛勢溪流之地形特徵。

H.O.S.T 地圖，因其在視覺上提供更佳的立體效果，讓人能輕易的判別出豐富且詳細的地表資訊，在室內可有效判釋出土石流潛勢溪流地形特徵，更提升對於沖積扇微地形特徵之辨識，再結合現地勘查，便能確認影響範圍是否正確，以免發生誤判的情形，也可大幅降低外業所需耗費之時間。

引用文獻

水土保持局 (2017)，水土保持手冊。行政院農業委員會水土保持局，共 1100 頁。

水土保持局 (2019a)，土石流潛勢溪流劃設作業要點。行政院農業委員會水土保持局，共 4 頁。

水土保持局 (2019b)，土石流潛勢溪流劃設作業手冊。行政院農業委員會水土保持局，共 48 頁。

周憲德、曹鼎志與李璟芳 (2020)，堆積扇地貌特性與土砂災害類型之探討。行政院農業委員會水土保持局。

郭耀駿 (2016)，以自製紅色地圖輔助地形判識。國立中興大學水土保持學系所碩士論文，64 頁。

蕭宇伸 (2017)，以嶄新 3D 地形表現技術 (H.O.S.T. 地圖) 輔助地形判釋。行政院農業委員會水土保持局，共 131 頁。