
H. O. S. T 地圖及 CS 地圖判釋與應用 BigGIS 繪製 判釋圖資

執 行 單 位：水土保持局技術研究發展小組

專案主持人：陳振宇 副總工程司

研 究 人 員：陳昭岑、白佩鑫、林宥伯、施佩昱、高百毅、
詹婉妤

行政院農業委員會水土保持局 編印

中華民國 110 年 12 月

（本手冊內容及建議純屬執行單位意見，僅供本局施政參考）

目錄

目錄.....	I
表目錄.....	III
圖目錄.....	IV
第一章 緒論.....	1
第一節 前言.....	1
第二節 目的.....	1
第二章 H.O.S.T 地圖.....	3
第一節 簡介.....	3
第二節 製作原理.....	5
一、 地形坡度.....	6
二、 地形開闊度.....	7
三、 視覺化調色盤.....	13
第三節 H.O.S.T 地圖製作.....	15
第三章 紅色立體地圖.....	16
第一節 簡介及製作原理.....	16
第二節 紅色立體地圖製作.....	17
一、 ArcGIS.....	17
二、 QGIS.....	34
第四章 CS 地圖.....	52
第一節 簡介.....	52
第二節 製作原理.....	53
一、 地形曲率.....	54

二、 色調判釋.....	55
第三節 CS 地圖製作.....	56
一、 ArcGIS	56
二、 QGIS.....	66
第五章 高精度數值立體地形圖應用於地形地貌判釋	75
第一節 崩塌地判釋.....	75
一、 崩塌定義及成因	75
二、 崩塌分類.....	75
三、 地形特徵判釋.....	78
四、 現地調查檢核.....	87
第二節 土石流判釋.....	94
一、 土石流定義及特徵.....	94
二、 土石流分類.....	95
三、 地形特徵判釋.....	96
四、 現地調查檢核.....	107
第六章 應用 BigGIS 繪製判釋圖資	118
第一節 土石流影響範圍劃設.....	118
一、 土石流潛勢溪流影響範圍劃設作業.....	118
二、 應用 BigGIS 劃設土石流影響範圍	120
第二節 大規模崩塌影響範圍劃設.....	125
一、 大規模崩塌影響範圍劃設作業.....	125
二、 應用 BigGIS 劃設大規模崩塌影響範圍	135
參考文獻.....	141

表目錄

表 2-1、單窗半徑門檻值設置比對表。	12
表 4-1、CS 地圖預設設定。	63
表 5-1、崩塌分類表。	76
表 5-2、國內常見崩塌分類表。	77
表 5-3、土石流分類表。	95
表 6-1、崩塌可能致災類型評估表。	128
表 6-2、重力堆積型公式計算圖示。	130
表 6-3、堰塞湖型公式計算圖示。	133
表 6-4、小林村潛在大規模崩塌相關參數表。	138

圖目錄

圖 2-1、相同地點於不同型態地形圖呈現之效果。	4
圖 2-2、全台 H.O.S.T 地圖二維及三維展示。	5
圖 2-3、H.O.S.T 地圖製作原理。	5
圖 2-4、地形坡度示意圖。	6
圖 2-5、地形開闊度示意圖。	8
圖 2-6、地形示意圖。	9
圖 2-7、單窗內網格資料與單窗掃描網格資料之示意圖。	10
圖 2-8、單窗半徑示意圖。	11
圖 2-9、單窗半徑示意圖。	11
圖 2-10、平面地圖調色盤。	13
圖 2-11、立體調色盤。	15
圖 3-1、紅色立體地圖製作流程示意圖。	17
圖 3-2、ARCGIS 軟體之 TOPOGRAPHIC OPENNESS TOOL 於官網下載位置。	18
圖 3-3、RASTER ANALYSIS TOOL 壓縮檔中所含的安裝檔內容。	19
圖 3-4、RASTER ANALYSIS TOOL 安裝精靈畫面。	20
圖 3-5、檔案安裝位置選擇。	20
圖 3-6、製作程式安裝進行中。	21
圖 3-7、RASTER ANALYSIS TOOL 安裝完成畫面。	21
圖 3-8、RASTER ANALYSIS TOOL 於 ARCTOOLBOX 介面。	22
圖 3-9、ARCTOOLBOX 於 ARCGIS 介面。	23
圖 3-10、TOPOGRAPHIC OPENNESS 於 ARCGIS 介面。	23

圖 3-11、TOPOGRAPHIC OPENNESS 操作介面。	24
圖 3-12、SLOPE 操作介面。	25
圖 3-13、TOPOGRAPHIC OPENNESS 製作頁面。	26
圖 3-14、TOPOGRAPHIC OPENNESS 製作等待畫面。	27
圖 3-15、製作完成之畫面。	27
圖 3-16、RASTER CALCULATOR 執行介面。	28
圖 3-17、RASTER CALCULATOR 製作介面。	29
圖 3-18、開闊度圖完成介面。	29
圖 3-19、SLOPE 製作頁面。	30
圖 3-20、SLOPE 圖製作完成畫面。	31
圖 3-21、LAYER PROPERTIES 於 ARCGIS 介面。	31
圖 3-22、SYMBOLGY 操作介面。	32
圖 3-23、EDIT COLOR RAMP 介面。	32
圖 3-24、DISPLAY 操作介面。	33
圖 3-25、ARCGIS 群組化圖層介面。	34
圖 3-26、TOPOGRAPHIC OPENNESS 操作介面。	35
圖 3-27、SLOPE 操作介面。	37
圖 3-28、匯入 DTM 檔於 QGIS 內操作步驟。	38
圖 3-29、透過 PROCESSING TOOLBOX 尋找功能，找尋 OPENNESS 工具列。	39
圖 3-30、開闊度圖製作介面。	40
圖 3-31、開闊度圖製作等待畫面。	41
圖 3-32、圖層在 QGIS 介面展示畫面。	41
圖 3-33、於 QGIS 中執行 RASTER CALCULATOR 介面。	42

圖 3-34、RASTER CALCULATOR 執行介面。	43
圖 3-35、開闊度圖完成介面。	44
圖 3-36、於 QGIS 中執行 SLOPE 介面。	44
圖 3-37、透過 PROCESSING TOOLBOX 尋找功能，找尋 SLOPE 工具列。	45
圖 3-38、坡度圖製作介面。	46
圖 3-39、坡度圖製作等待畫面。	47
圖 3-40、圖層在 QGIS 介面展示畫面。	47
圖 3-41、LAYER PROPERTIES 於 QGIS 介面。	48
圖 3-42、SYMBOLOGY 操作介面。	49
圖 3-43、TRANSPARENCY 操作介面。	50
圖 3-44、QGIS 群組化圖層介面。	51
圖 4-1、相同地點於 H.O.S.T 地圖與 CS 地圖呈現之效果。	53
圖 4-2、CS 地圖製作原理。	54
圖 4-3、地形曲率與水流方向示意圖。	55
圖 4-4、CS 地圖色調層級。	55
圖 4-5、ARCGIS 軟體之 CSMAPMAKER 於 G 空間情報中心下載位置。	57
圖 4-6、CSMAPMAKER 檔案中所含安裝檔內容。	57
圖 4-7、ADD TOOLBOX 於 ARCGIS 介面。	58
圖 4-8、PRODUCE RASTER LAYERS FOR CS MAP FROM DEM 於 ARCGIS 介面。	59
圖 4-9、PRODUCE RASTER LAYERS FOR CS MAP FROM DEM 操作介面。	59
圖 4-10、CSMAPMAKER 製作頁面。	60
圖 4-11、CSMAPMAKER 製作等待畫面。	61
圖 4-12、CSMAPMAKER 製作完成畫面。	61
圖 4-13、圖層在 LAYERS 疊置畫面。	62

圖 4-14、ARCGIS 配色調整設定介面。	64
圖 4-15、ARCGIS 透明度調整設定介面。	64
圖 4-16、ARCGIS 群組化圖層介面。	65
圖 4-17、ARCGIS 儲存圖層檔介面。	66
圖 4-18、QGIS 軟體之 CSMAPMAKER 於 G 空間情報中心下載位置。	67
圖 4-19、PLUGINS 功能於 QGIS 介面。	68
圖 4-20、CSMAPMAKER 於 QGIS 介面。	68
圖 4-21、CSMAPMAKER 操作介面。	69
圖 4-22、CSMAPMAKER 製作頁面。	71
圖 4-23、CSMAPMAKER 製作等待畫面。	72
圖 4-24、圖層在 QGIS 介面疊置畫面。	72
圖 4-25、QGIS 群組化圖層介面。	73
圖 4-26、QGIS 儲存圖層檔介面。	74
圖 5-1、潛在大規模崩塌地形特徵示意圖。	79
圖 5-2、潛在大規模崩塌地形特徵示意圖。	79
圖 5-3、崩塌冠部特徵。	80
圖 5-4、崩塌冠部地形遭人為改變。	80
圖 5-5、主崩崖特徵(黑線)。	81
圖 5-6、子崩崖特徵(黃線-第一階子崩崖；紫線-第二階子崩崖；橘線-第三階子崩崖)。	82
圖 5-7、侵蝕崖特徵(綠線)。	82
圖 5-8、側邊崩崖特徵(白線)。	83
圖 5-9、裂隙特徵(藍綠線)。	83
圖 5-10、侵蝕溝特徵(藍線)。	84

圖 5-11、多重山脊特徵(黑線為主崩崖、粉色線為子崩崖)。	85
圖 5-12、反向坡特徵(黃色面積圈選處)。	85
圖 5-13、陷溝特徵(淺藍色線)。	86
圖 5-14、趾部隆起特徵。	87
圖 5-15、T002 之現生崩塌地。	88
圖 5-16、邊坡護坡工程已壞損。	89
圖 5-17、崩塌地冠部已被開墾為等高線梯田。	90
圖 5-18、主崩崖邊界擋土牆與道路裂縫。	91
圖 5-19、子崩崖崖面落差明顯。	92
圖 5-20、邊坡工程有多處毀損。	93
圖 5-21、坡趾處有大面積現生裸露地與格梁護坡毀損。	94
圖 5-22、土石流示意圖。	97
圖 5-23、土石流潛勢溪流發生區崩塌現象。	98
圖 5-24、湧水類型一。	99
圖 5-25、湧水類型二。	99
圖 5-26、土石流潛勢溪流流動區河道土砂堆積。	100
圖 5-27、土石流潛勢溪流堆積區沖積扇地形。	100
圖 5-28、溢流點之地形位置參考。	102
圖 5-29、土石流潛勢溪流溢流點特徵(星型，判定方式-谷口、地形開闊處起點及彎曲段)。	103
圖 5-30、土石流堆積扇細部特徵。	104
圖 5-31、(A)溪流型土石流及(B)坡面型土石流示意圖。	105
圖 5-32、溪流型土石流。	106
圖 5-33、坡面型土石流。	107

圖 5-34、現地調查範圍及點位。	108
圖 5-35、溪流匯流處大量土砂堆積。	109
圖 5-36、土石流影響範圍保全對象位置。	109
圖 5-37、溪流下游下切河道地形特徵。	110
圖 5-38、溢流點 CD01 位置。	111
圖 5-39、2 座潛壩結構體狀態。	111
圖 5-40、河道內大量土石材料堆積。	112
圖 5-41、河道兩側崩塌地，左側崩塌岩性為黑色片岩，右側崩塌岩 性為砂頁互層之崩積層為主。	113
圖 5-42、溪流型土石流所產生之土石堤。	114
圖 5-43、扇狀地剖面粒徑分布。	114
圖 5-44、溢流點 CD02 位置。	115
圖 5-45、應用空拍影像於河床表面粒徑組成分析。	116
圖 5-46、DEFINE PARTICLE COUNT BUTTON 介面。	117
圖 5-47、ROCK-SEDIMENT GRADATION ANALYSIS 介面。	117
圖 6-1、縱橫斷面分析於 BIGGIS 介面。	121
圖 6-2 坡度分析於 BIGGIS 介面(星號為溢流點)。	122
圖 6-3、多邊形面積測量集水區面積(星號為溢流點)。	122
圖 6-4、利用 BIGGIS 劃設影響範圍(星號為溢流點)。	123
圖 6-5、於 BIGGIS 修正影響範圍(星號為溢流點)。	124
圖 6-6、繪圖成果展示於 GOOGLE EARTH PRO 介面。	124
圖 6-7、大規模崩塌可能致災類型判釋流程圖。	127
圖 6-8、重力堆積型示意圖。	129
圖 6-9、土石流型堆積示意圖。	131

圖 6-10、堰塞湖型堆積示意圖。	131
圖 6-11、天然壩迴水區影響範圍劃設概念圖。	133
圖 6-12、崩塌滑動體越域(溢流)評估示意圖。	135
圖 6-13、多邊形面積測量工具於 BIGGIS 介面。	136
圖 6-14、縱橫斷面分析於 BIGGIS 介面。	137
圖 6-15、災害類型判定。	137
圖 6-16、影響範圍初步劃設。	139
圖 6-17、於 BIGGIS 修正影響範圍(綠框)及河道內堆積範圍(橘框)。	139
圖 6-18、影響範圍(綠框)及河道內堆積範圍(橘框)劃設套疊 SPOT 衛 星影像成果。	140

第一章 緒論

第一節 前言

近年來地形測繪技術的發展日漸成熟，尤其是地面光達(Ground Based LiDAR)與空載光達(Airborne LiDAR)的技術。隨著全球衛星定位系統(Global Positioning System, GPS)的發展，目前已經可以精確地定位地表上任何目標物體的坐標位置，並透過無人航空載具搭載 GPS 產製出高精度的數值高程模型(Digital Elevation Model, DEM)及數值地表模型(Digital Surface Model, DSM)。現今，數值高程模型已被廣泛應用於國內水土保持、土砂災害、國土規劃、環境監測、防救災規劃與資源探勘等相關研究之中。

第二節 目的

本手冊編撰目的，主要係應用數值地圖輔助現地調查工作，於未來現地勘查、崩塌災害判釋、防救災規劃等工作事項，實有助於第一線工作人員知識技術能力精進及推動之參考，達到防減災的目標。

手冊分四章，各章節內容分述如下：

第一章 「緒論」，說明本手冊編撰目的及各章節概述。

第二章 「H.O.S.T 地圖」，介紹 H.O.S.T 地圖及其製作原理與流程，並說明 H.O.S.T 地圖的使用優勢，提供製作方法與

步驟讓使用者可以自行產製 H.O.S.T 地圖。

第三章 「紅色立體地圖」，介紹紅色立體地圖及其製作原理與流程，並說明紅色立體地圖的應用方法，提供製作方法與步驟讓使用者可以自行產製紅色立體地圖。

第四章 「CS 地圖」，介紹 CS 地圖及其製作原理與流程，並說明 CS 地圖的使用優勢，提供製作方法與步驟讓使用者可以自行產製 CS 地圖。

第五章 「高精度立體地形圖應用於地形地貌判釋」，包括崩塌地判釋及土石流判釋。介紹大規模崩塌與土石流之定義、成因和分類，並以案例說明如何進行地形特徵之判釋，以及如何將圖資應用於現地勘查時的檢核工作。

第二章 H.O.S.T 地圖

第一節 簡介

目前國內外已發展多種圖資可應用於判讀地形地貌與輔佐現地勘查之用，包含正射影像、等高線圖、分層設色圖、日照陰影圖等。然而上述之圖資表現方法仍有其限制，並可能造成使用者遺漏重要的地形資訊，進而增加防災決策時之風險。

鑒於上述圖資表現方法的限制，在水土保持局 2016 年及 2017 年創新研究計畫的支助下，國立中興大學水土保持學系蕭宇伸副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)，並以高程、開闊度、坡度與地形之英文字首取名為 H.O.S.T 地圖，並於 2018 年 6 月取得國內專利(I627602 號)。

以往常用 1/25000 經建版地形圖及高精度數值地形圖等圖資進行地形地貌之判釋。然一般未經訓練的人並不容易將二維圖資自動轉換成具有立體感的三維地形，造成地形判讀上的困難，更因圖資精度有限，而無法呈現微地形變化。判讀衛星影像則因受限於植生環境，難以呈現山區小徑，其應用於地形與地質災害的判釋更是一大挑戰。相對於過去眾多傳統地形圖呈現方式，H.O.S.T 地圖融合地形開闊度與

坡度，表現出絕佳的立體感，使上述問題皆可逐一解決。縱使是未經訓練的一般民眾，亦可直覺的判讀道路、山脊和山谷等地形特徵，如圖 2-1。

①大規模崩塌；②蝕溝發展；③溪床堆積物；④崖錐堆積物；⑤滑落崖；⑥道路

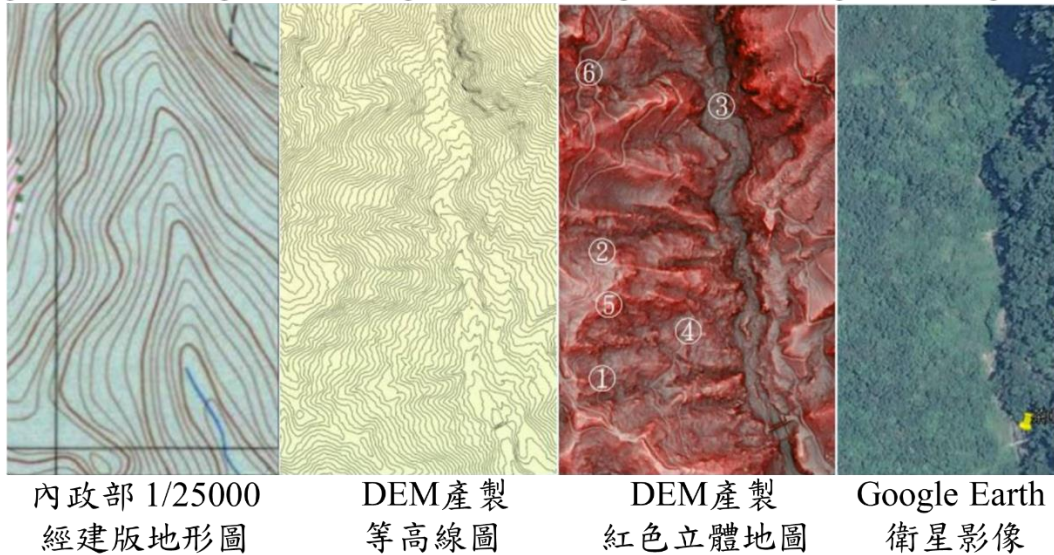


圖 2-1、相同地點於不同型態地形圖呈現之效果。

2019 年水土保持局完成全台解析度 20m 及 6m 之 H.O.S.T 地圖製作，並展示於 BigGIS 巨量空間資訊系統(<https://gis.swcb.gov.tw>)。局內的同仁可透過 EIP 員工入口網登入 BigGIS 查看全台解析度 1m 的 H.O.S.T 地圖，並自由切換雙視窗比對，同步展示二維與三維地圖，如圖 2-2。

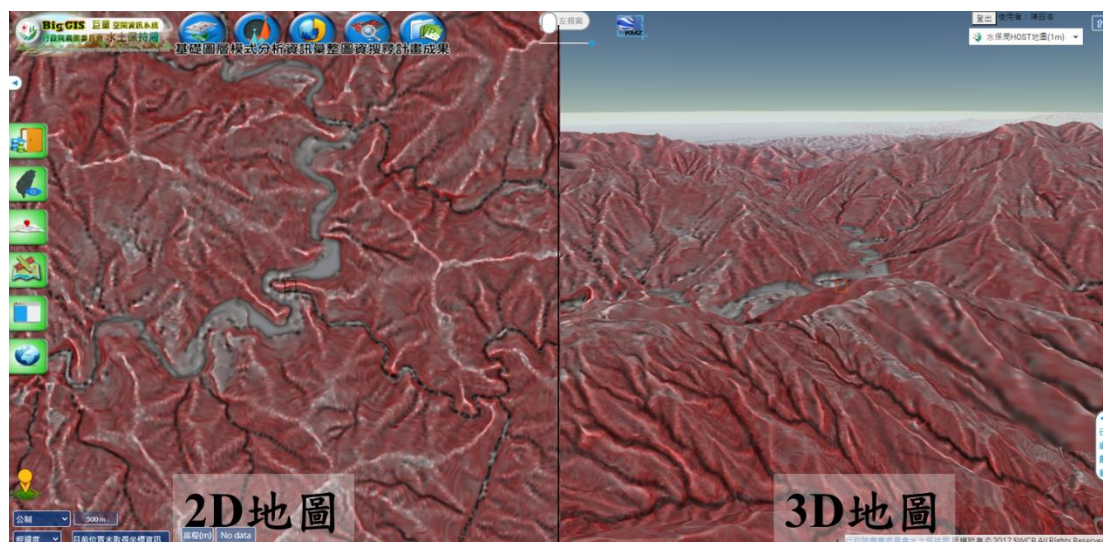


圖 2-2、全台 H.O.S.T 地圖二維及三維展示。

第二節 製作原理

H.O.S.T 地圖利用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，提供更視覺化的立體效果，讓使用者以肉眼觀看即可輕易的判讀出豐富且詳細的地表資訊。H.O.S.T 地圖與紅色立體地圖(RRIM)最大的差異，在於計算方法之改良及融入高程資訊，運用立體調色盤產製立體地形圖。

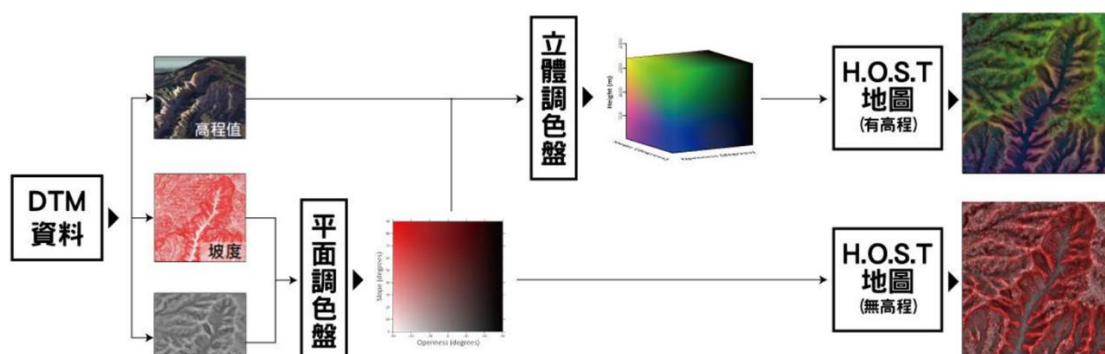


圖 2-3、H.O.S.T 地圖製作原理。

一、地形坡度

地形坡度，為地形的傾斜程度，一般以三角函數中正切函數的百分比來表示。而蕭宇伸副教授所研發之地形坡度值乃為角度(degree, deg)，非坡度百分比，其範圍介於 0° 至 90° 之正值，無負數坡度值。若點 A 為待計算網格點，則 θ 為計算後坡度值；若 B 點網格點低於 A 點，則計算坡度值仍取 $+\theta$ ，代表無論為仰角或俯角皆無正負值之分，如圖 2-4 所示。H.O.S.T 地圖中所使用的地形坡度計算方法以「網格微分法」計算，其為 GMT 軟體內建計算規則網格微分程式 (grdgradient 程式)，計算得每個網格點之坡度值。若使用 grdgradient 對 DEM 水平距離進行一次微分，即可得到該 DEM 之坡度值。

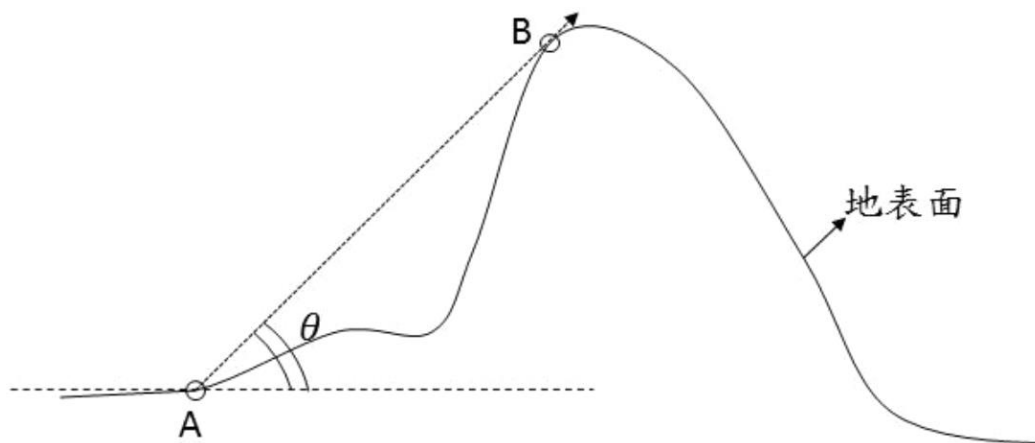


圖 2-4、地形坡度示意圖。A 為待計算網格點，B 為相鄰網格點， θ 為計算後坡度值。

二、地形開闊度

地形開闊度為紅色立體地圖之核心參數，最早由日本 Yokoyama 等學者所提出，將地形開闊度定義為通過地面上某一點位中，八鄰域之天頂角與天底角的平均值，用以表示相對水平面凹凸起伏程度的大小。由於地形開闊度具有與入射光源無關的表現特性，因此其所製成之地圖已去除地形陰影的因素，且計算成果於其他參數與受 DEM 噪音干擾影響程度較小(Yokoyama *et al.*, 2002)。

H.O.S.T 地圖的製作使用平均法之計算方式來呈現地形開闊度，其定義為計算待算網格點與範圍內，周邊網格點之水平距離和高程差所形成的縱角平均值。以圖 2-5 為例，位於山谷中之待算網格點 A，與周邊較高處某一網格點 B 所形成的縱角為 Φ (仰角)，如圖(A)；若點 A 位於山頂(如圖(B))，則點 A 與點 B 所構成縱角為 $-\Phi$ (俯角)。因此，定義山脊部分之地形開闊度為負值(地形開闊度佳)；山谷部分之地形開闊度為正值(地形開闊度差)。地形開闊度值範圍介於 -90° 至 90° 之間，有正負之分。

地形開闊度平均法公式：

$$\text{地形開闊度} = \frac{\sum_{i=1}^N \tan^{-1} \frac{S \times \Delta H}{\Delta D}}{N}$$

S 為地形對比值，用於增加地形起伏

ΔH 為與待計算網格點之高程差

ΔD 為與待計算網格點之水平距離

N 為罩窗半徑內網格數

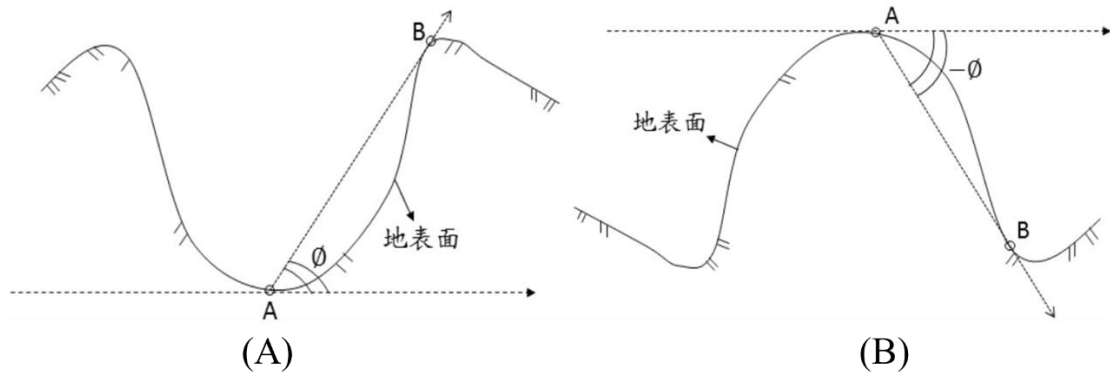


圖 2-5、地形開闊度示意圖。(A)山谷地形；(B)山脊地形。

H.O.S.T 地圖能有絕佳的地形呈現效果，最主要的影響因素便是地形開闊度值，其優點如圖 2- 6 所示。由於點 A 與 A' 之地形高程與坡度值均相同，因此在等高線圖、分層設色圖或日照陰影圖中之表達方式無任何差異。然 H.O.S.T 地圖由於地形開闊度不同，因此兩者在圖上會以不同的彩度來呈現，藉此分辨不同地形特徵。

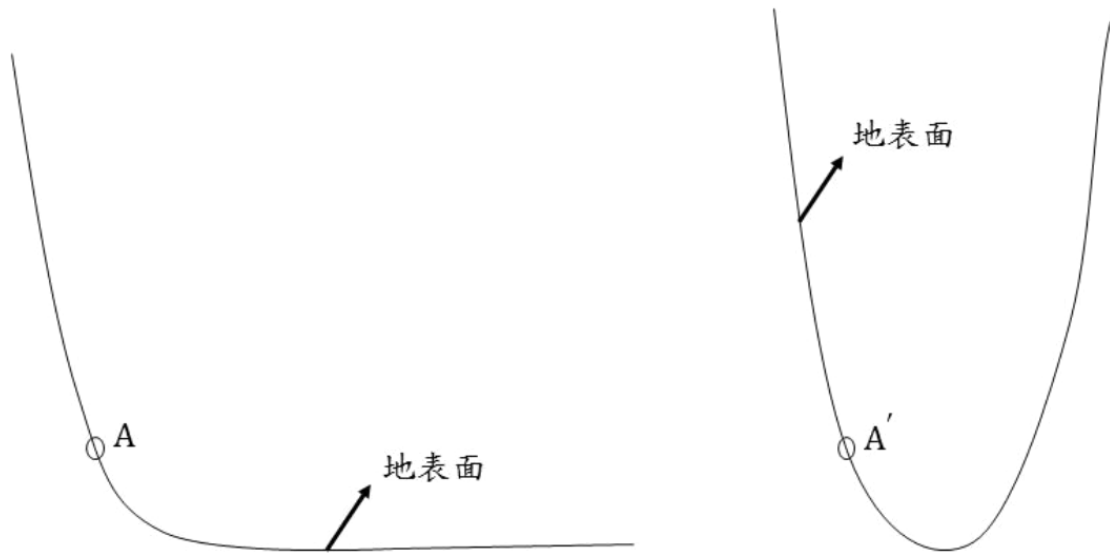


圖 2- 6、地形示意圖。點 A 與 A' 具有相同之高程值與坡度值，然地形開闊度值不同。

計算方面，**罩窗半徑(搜尋半徑，W)**與**地形對比值(S)**為 H.O.S.T 地圖特色之一，在計算地形開闊度之前，需先決定罩窗半徑之範圍大小。如圖 2- 7 所示，計算罩窗半徑時以待算網格點 A 為計算中心，W 為罩窗半徑，單位為網格個數，並以罩窗半徑範圍內之正方形網格，所有網格點與點 A 所構成的縱角值總和取其平均值，作為地形開闊度值。

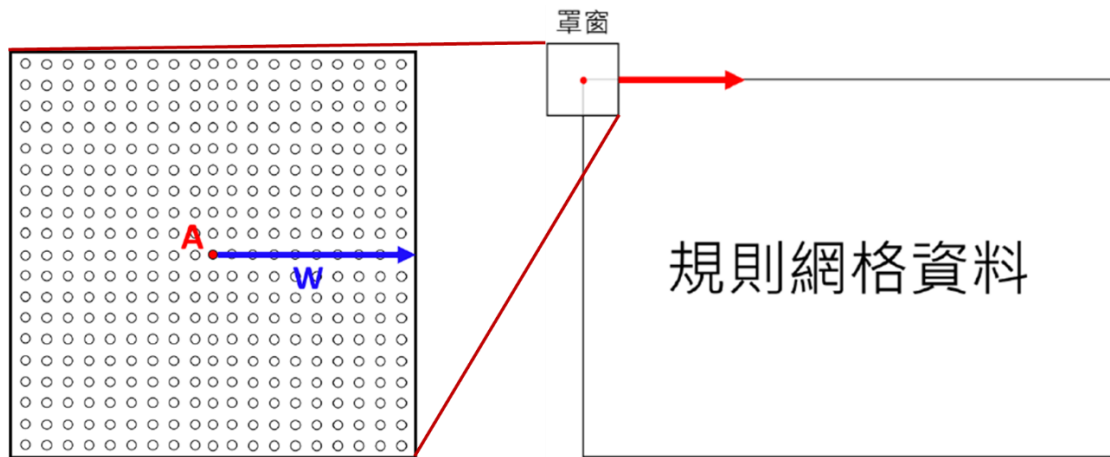


圖 2-7、罩窗內網格資料與罩窗掃描網格資料之示意圖。紅點 A 為待計算網格點；W 為罩窗半徑(單位：網格數)；紅色箭頭為各待計算網格點地形開闊度計算方向。

罩窗半徑的設定會直接影響地圖的繪製成果，選擇不同罩窗半徑對地形繪製有很大的影響。若罩窗半徑過小，無法完整搜尋到計算點周為鄰近之地形網格點，造成計算出之地形開闊度有所誤差。如圖 2-8 所示， W_1 為較短罩窗半徑， W_2 為較長罩窗半徑，若以 W_1 計算地形開闊度，因罩窗半徑過短，無法搜尋點 B 所處地形特徵，使該地形因開闊度良好而顏色呈現偏白；若以 W_2 計算，罩窗半徑較長，點 B 也在搜尋網格點內，所計算成果較為貼近正確地形，且顏色偏暗。

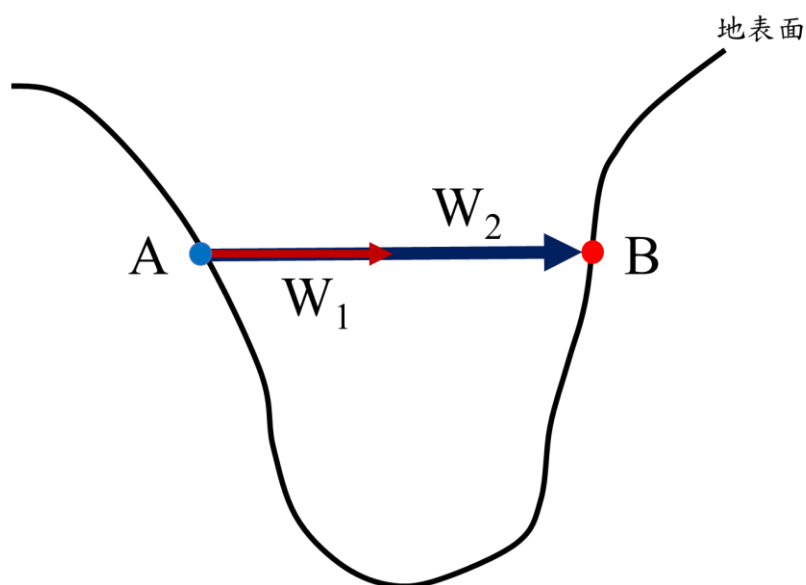


圖 2- 8、罩窗半徑示意圖。點 A 為待算網格點，點 B 為任意點位，
 W_1 為較短罩窗半徑， W_2 為較長罩窗半徑。

如圖 2- 9 所示，若罩窗半徑過長， W_3 為設定過長之罩窗半徑，
 造成需要多於的計算時間外，亦導致地形特徵之輪廓線變平滑化。

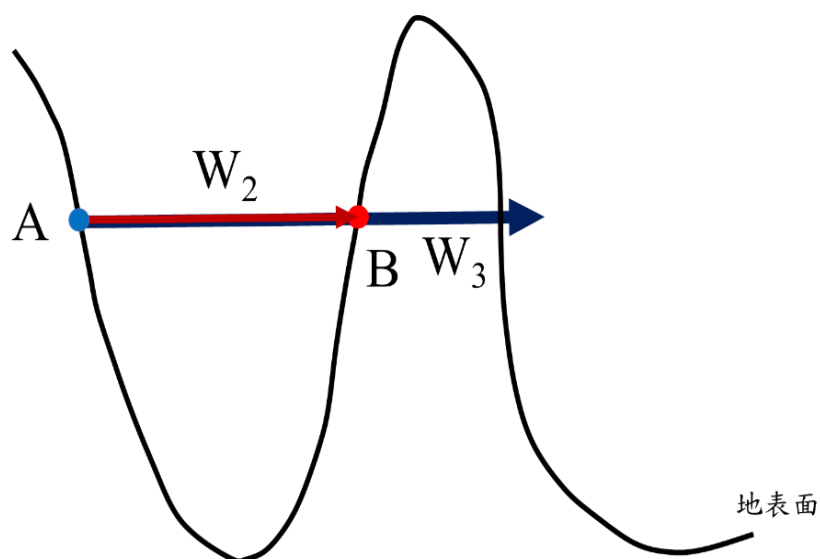


圖 2- 9、罩窗半徑示意圖。點 A 為待算網格點，點 B 為任意點位，
 W_2 為較短罩窗半徑， W_3 為較長罩窗半徑。

罩窗半徑設定門檻比對值如表 2-1 所述，由此可知不同網格大小及不同地形樣區所選擇之罩窗半徑不同，設定過長之罩窗半徑對於地形之呈現並無優勢。

表 2-1、罩窗半徑門檻值設置比對表。

罩窗半徑	地形特徵	地圖呈現
過小	地形雜訊過多	地圖呈現較破碎狀態，失去原有的立體感，無法知曉地形起伏情況。
過大	地形過於平緩	地形起伏被平均化，輪廓線糊化，細微特徵消失，無法有效分辨地形起伏。

地形對比值為呈現地形起伏的重要參數，若將地形對比值增大，會使輪廓線較為清晰，黑白色層次更明顯且立體效果更好。然其值若過大，將導致顏色對比太過強烈，徒增圖像地形特徵判釋的困難。

由於罩窗半徑與地形對比值是以網格大小、主觀視覺及地形特徵進行參數調整，因此技研小組開發可自行調整罩窗半徑與地形對比度值之 H.O.S.T 地圖製作程式，讓使用者可自行設定適當的值，以呈現最佳的三維視覺化地圖。

三、視覺化調色盤

(一)平面調色盤

H.O.S.T 地圖所使用之平面地圖調色盤為參考 Chiba *et al.* (2008) 之研究，將調色盤之 x 與 y 軸範圍配置分別改為地形開闊度(單位：度)與地形坡度(單位：度)，如圖 2- 10。其中，x 軸範圍 -90° 至 90° ，顏色配置為白色(灰階值 255)漸層至黑色(灰階值 0)。此配置代表越佳之地形開闊度網格，由於具有較多之光照，故顏色偏白色；反之，地形開闊度越差之網格，其光源接受量少，故為較黑的顏色。y 軸範圍為 0° 至 90° ，顏色配置由白色漸層至紅色(RGB 配色：255,0,0)，此配置代表越陡之坡度網格，顏色越偏紅色，而較平緩地形則偏白色。

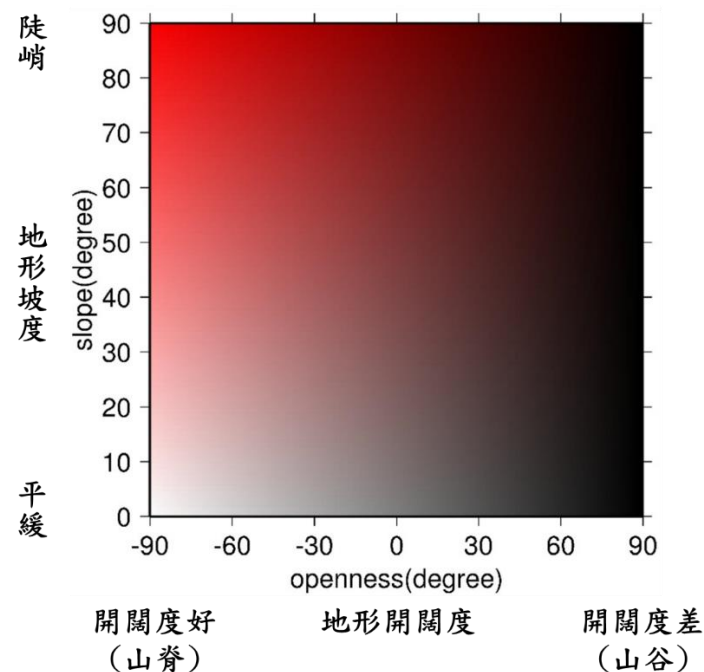


圖 2- 10、平面地圖調色盤。

在色彩的選擇方面，因紅色相較於其他顏色更能增進地形特徵之解讀與判釋，讓地圖有最佳的呈現效果，故選擇紅色作為主要顏色之色階。

(二)立體調色盤

雖然平面調色盤所繪製之 H.O.S.T 地圖可解決日照陰影圖之缺點，並保留其優點，但因缺少高程資訊，必須套用等高線圖或分層設色圖 (Chiba *et al.* 2008) 來了解高程變化。而套疊後又容易造成整張地圖過於雜亂或在顏色方面混淆不清等問題，對於地形特徵之判讀上無任何優勢。

因此，蕭宇伸副教授研究團隊將平面調色盤加入 Z 軸，產製出具有高程值之立體調色盤，其範圍依實地地形高程做適當之設定，顏色配置由原底圖顏色增加綠色值(RGB 配色：0,255,0)與藍色值(RGB 配色：0,0,255)，此配置代表該地勢越高，顏色越偏綠色。地勢較低處之顏色由白色(RGB 配色：255,255,255)改為藍色，故平面調色盤上紅色部分，融合藍色合成紫色，如圖 2- 11。

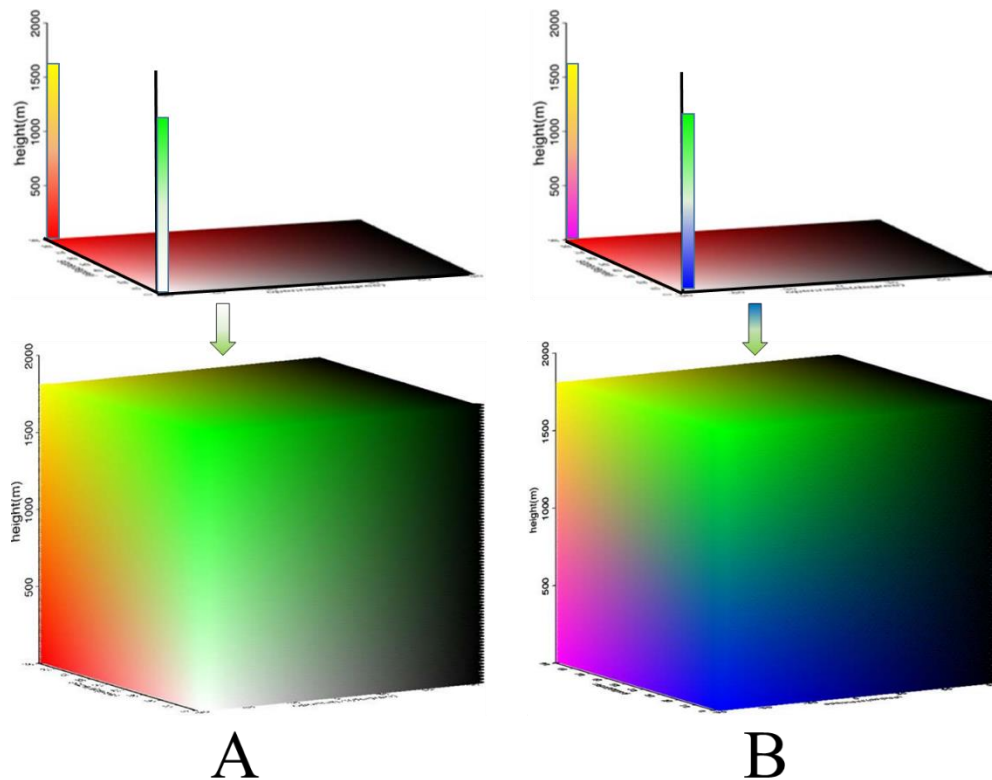


圖 2-11、立體調色盤。圖 A 為增加高程值綠色(白色至綠色)；圖 B 為修改低處高程值為藍色(藍色至綠色)。

第三節 H.O.S.T 地圖製作

2018 年水土保持局技術研究發展小組與逢甲大學地理資訊中心合作，開發出圖形使用者介面（Graphical User Interface, GUI）的 H.O.S.T 地圖產製工具。只需要選取所要製作的 DTM 檔案，再透過程式自動抓取資料運算，就能快速產出 H.O.S.T 地圖。

水保局局內同仁可於局內雲端硬碟中找到製作程式，且附有 H.O.S.T 地圖製作簡易操作指引，檔案置於 **03 本局/06-技術研究發展小組/10 核心技術發展/03 紅色立體地圖與 CS 地圖判識**資料夾內。

第三章 紅色立體地圖

第一節 簡介及製作原理

紅色立體地圖(Red Relief Image map, RRIM)，日本稱為赤色立體地圖(赤色立體地圖)，最早由 Yokoyama *et al.*(2002)提出地表開闊度之計算概念，採用醫院的手術燈照射原理，模擬環境自然光線從全方向照射到地形，並分別對地形隆起與凹陷之特徵，進行地上開闊度及地下開闊度之光照陰影分析，製作出不會遺漏任何地形細節且具立體感之地形圖。

2008 年，Chiba *et al.*結合地形開闊度與地形坡度，並採用辨識效果最佳的黑紅色階，製作出紅色立體地圖。由於立體效果良好，對於地質災害的微地形特徵具有較佳之辨識能力，且不易因判讀者的熟練度不同，導致判釋結果不一致的現象。

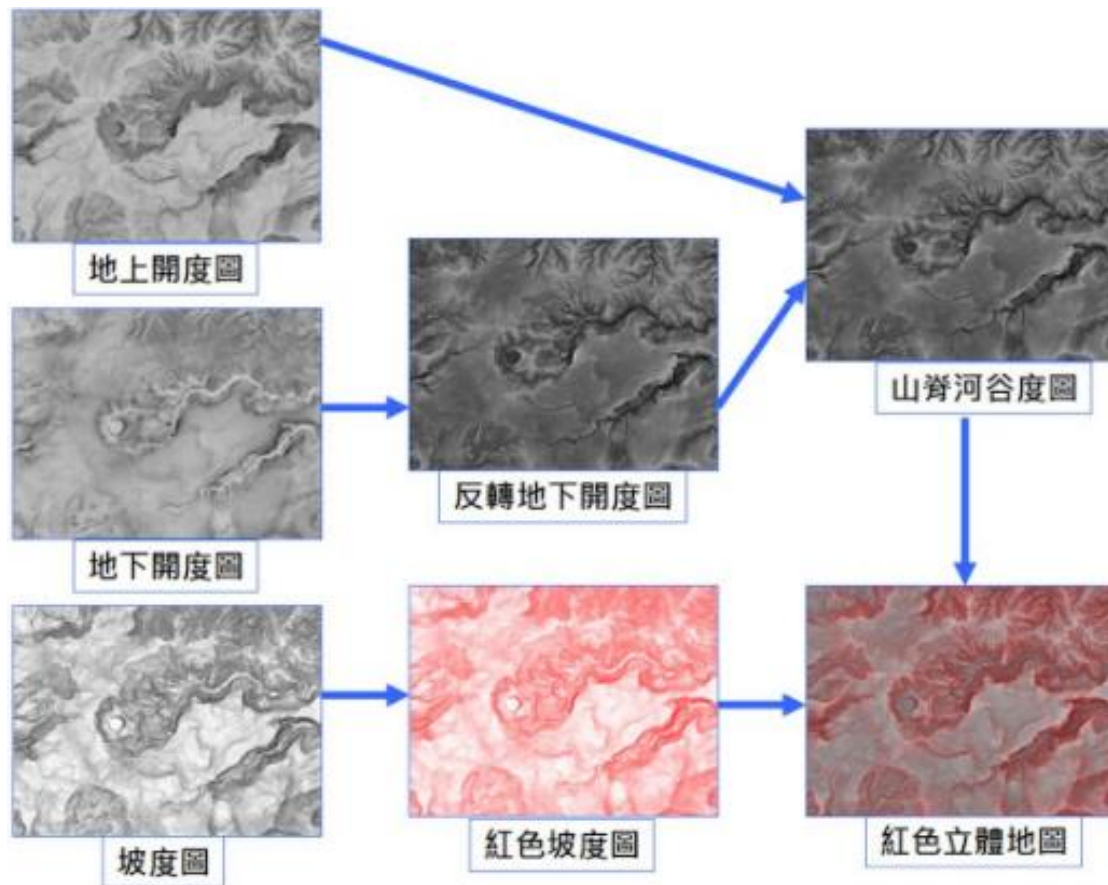


圖 3- 1、紅色立體地圖製作流程示意圖。(水土保持局，2015)

第二節 紅色立體地圖製作

目前市面上常見的 GIS 軟體也開發出可產製開闊度圖資的工具，提供免費下載或直接在該軟體中查詢與使用，即可製作開闊度圖，後續再結合坡度圖，便能製作出簡易的紅色立體地圖。以下分別介紹如何使用 ArcGIS 與 QGIS 兩個軟體產製紅色立體地圖。

一、ArcGIS

(一)程式安裝

在 ArcGIS 官方網站可找到製作開闊度圖(Topographic Openness

Tool)的外掛程式，目前僅提供 ArcGIS10.5、ArcGIS 10.6、

ArcGIS10.7 版(下載位置

ArcGIS10.5：[https：](https://www.arcgis.com/home/item.html?id=53a7bdf145dc4e6390eb8ccf1ae3053d)

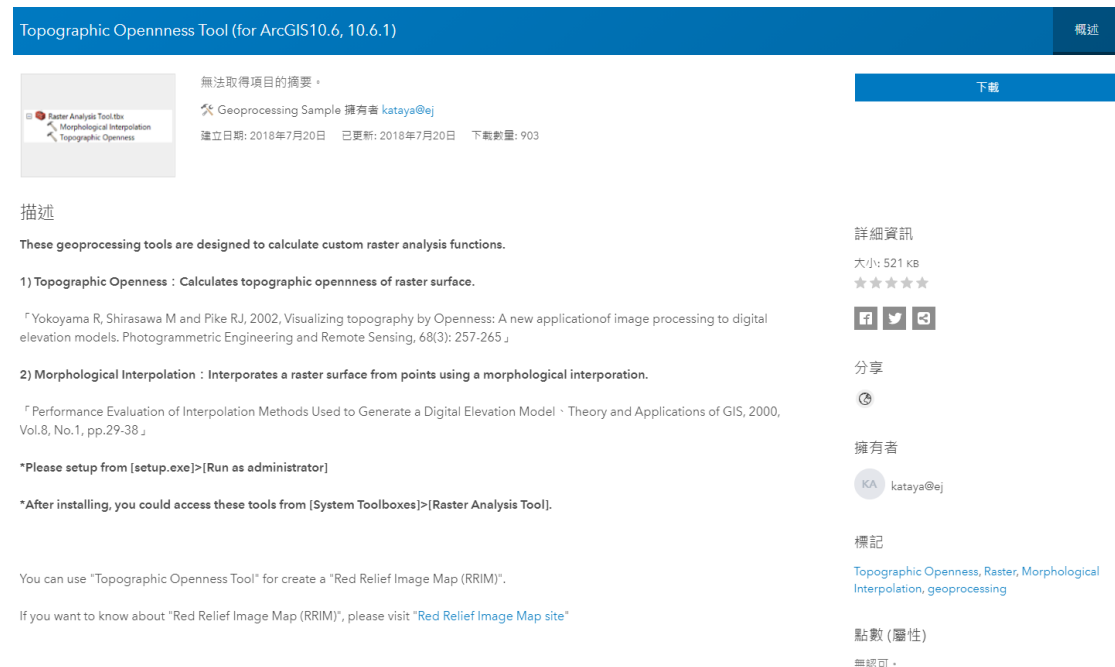
[//www.arcgis.com/home/item.html?id=53a7bdf145dc4e6390eb8ccf1ae3053d](https://www.arcgis.com/home/item.html?id=53a7bdf145dc4e6390eb8ccf1ae3053d)

ArcGIS10.6：[https：](https://www.arcgis.com/home/item.html?id=b61d84afb36646c4a35228b2eea1d6bc)

[//www.arcgis.com/home/item.html?id=b61d84afb36646c4a35228b2eea1d6bc](https://www.arcgis.com/home/item.html?id=b61d84afb36646c4a35228b2eea1d6bc)

ArcGIS10.7：[https：](https://www.arcgis.com/home/item.html?id=6a0f60951f344923a1bbab0c9d2d23c5)

[//www.arcgis.com/home/item.html?id=6a0f60951f344923a1bbab0c9d2d23c5](https://www.arcgis.com/home/item.html?id=6a0f60951f344923a1bbab0c9d2d23c5))，如圖 3- 2，下載壓縮檔案，並解壓縮。



Topographic Openness Tool (for ArcGIS10.6, 10.6.1)

無法取得項目的摘要。

Geoprocessing Sample 擁有者 kataya@ej

建立日期: 2018年7月20日 已更新: 2018年7月20日 下載數量: 903

下載

描述

These geoprocessing tools are designed to calculate custom raster analysis functions.

1) Topographic Openness : Calculates topographic openness of raster surface.

「Yokoyama R, Shirasawa M and Pike RJ, 2002, Visualizing topography by Openness: A new application of image processing to digital elevation models. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 68(3): 257-265」

2) Morphological Interpolation : Interpolates a raster surface from points using a morphological interpolation.

「Performance Evaluation of Interpolation Methods Used to Generate a Digital Elevation Model」Theory and Applications of GIS, 2000, Vol.8, No.1, pp.29-38」

*Please setup from [setup.exe]>[Run as administrator]

*After installing, you could access these tools from [System Toolboxes]>[Raster Analysis Tool].

You can use "Topographic Openness Tool" for create a "Red Relief Image Map (RRIM)".

If you want to know about "Red Relief Image Map (RRIM)", please visit "Red Relief Image Map site"

詳細資訊

大小: 521 KB

☆☆☆☆☆

分享

擁有者

kataya@ej

標記

Topographic Openness, Raster, Morphological Interpolation, geoprocessing

點數 (屬性)

無認可

圖 3- 2、ArcGIS 軟體之 Topographic Openness Tool 於官網下載位置。

Raster Analysis Tool 檔案中包含 3 個主要檔案。

Step1：setup.exe 點選右鍵，以系統管理員身份執行，如圖 3-3。

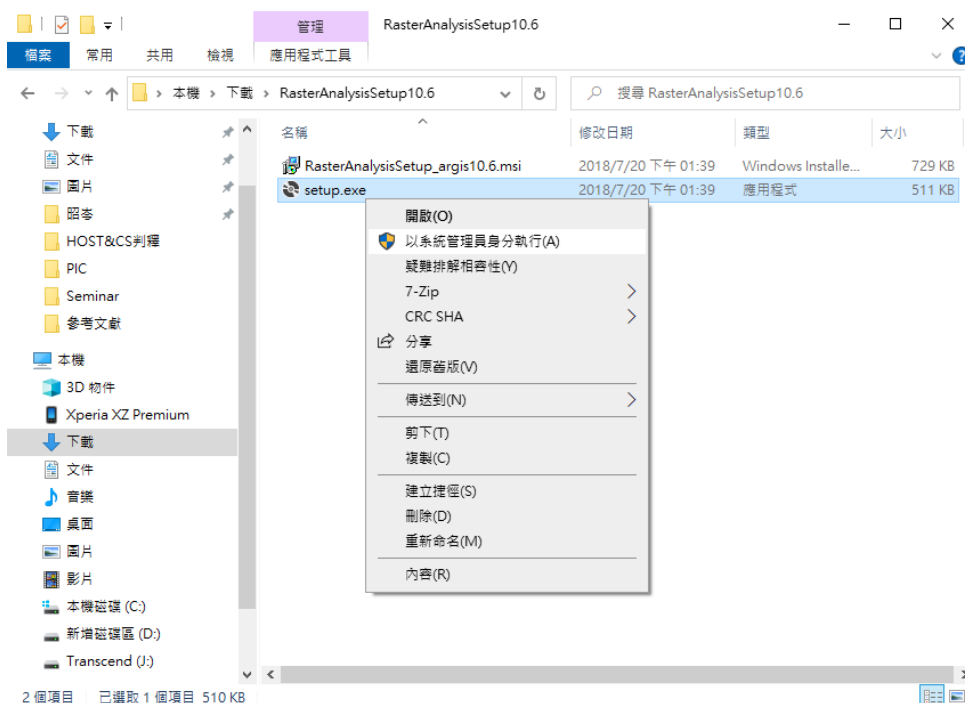


圖 3- 3、Raster Analysis Tool 壓縮檔中所含的安裝檔內容。

Step2：開啟安裝精靈後，依序點選下一步，如圖 3- 4。

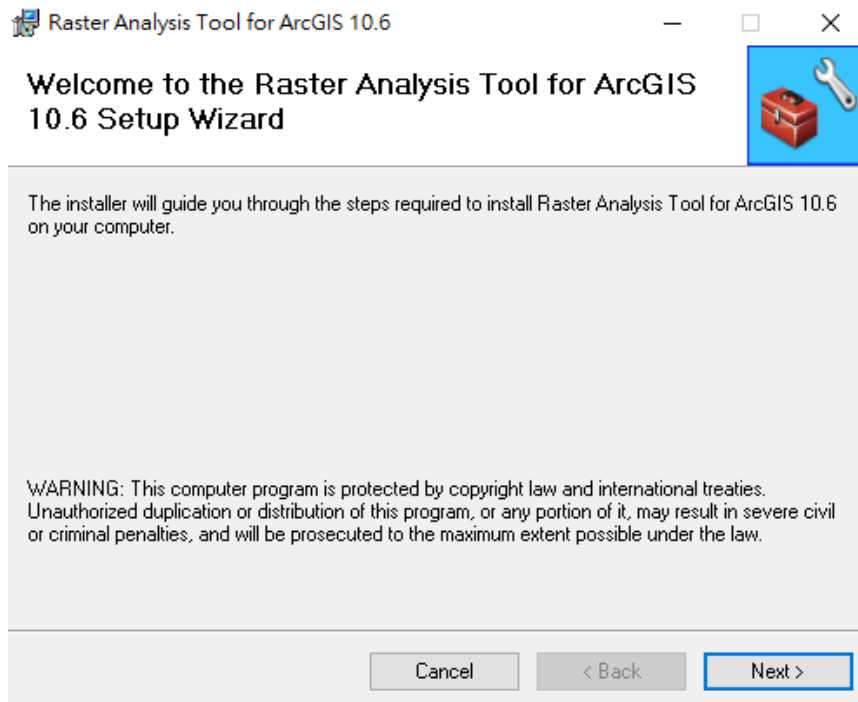


圖 3- 4 、 Raster Analysis Tool 安裝精靈畫面。

Step3：使用者可自由選擇檔案安裝位置或採預設的檔案安裝位置，如圖 3- 5。

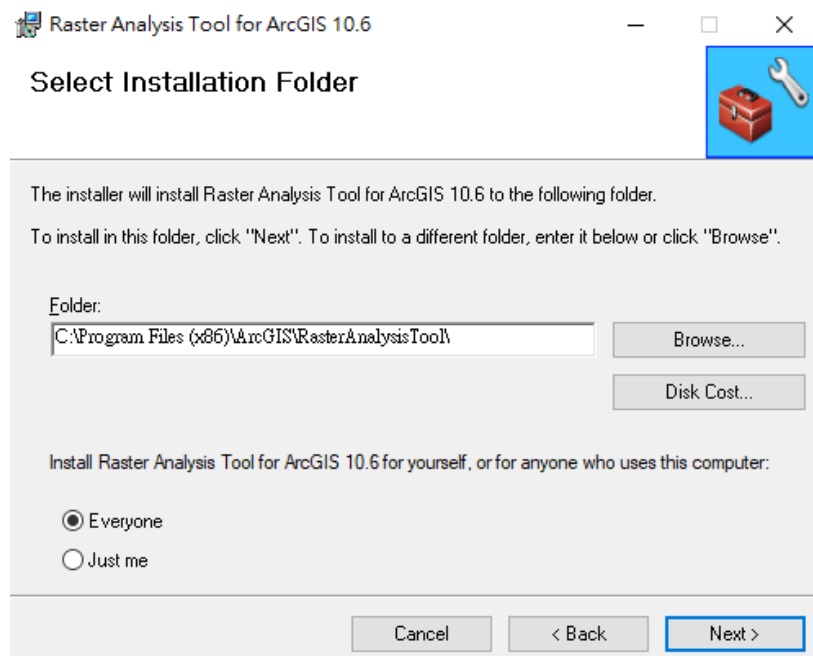


圖 3- 5 、 檔案安裝位置選擇。

Step4：持續點選下一步及允許相關系統權限來完成程式安裝，

如圖 3- 6。

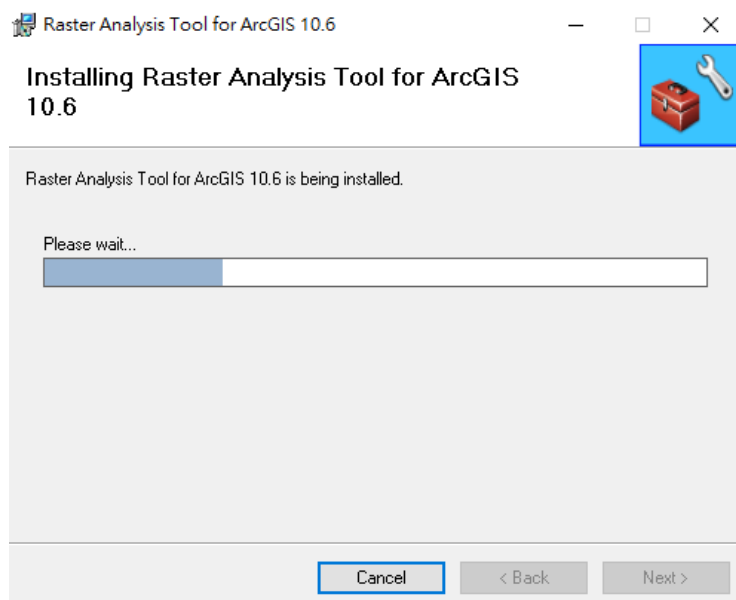


圖 3- 6、製作程式安裝進行中。

Step5：完成後，點選關閉，如圖 3- 7。

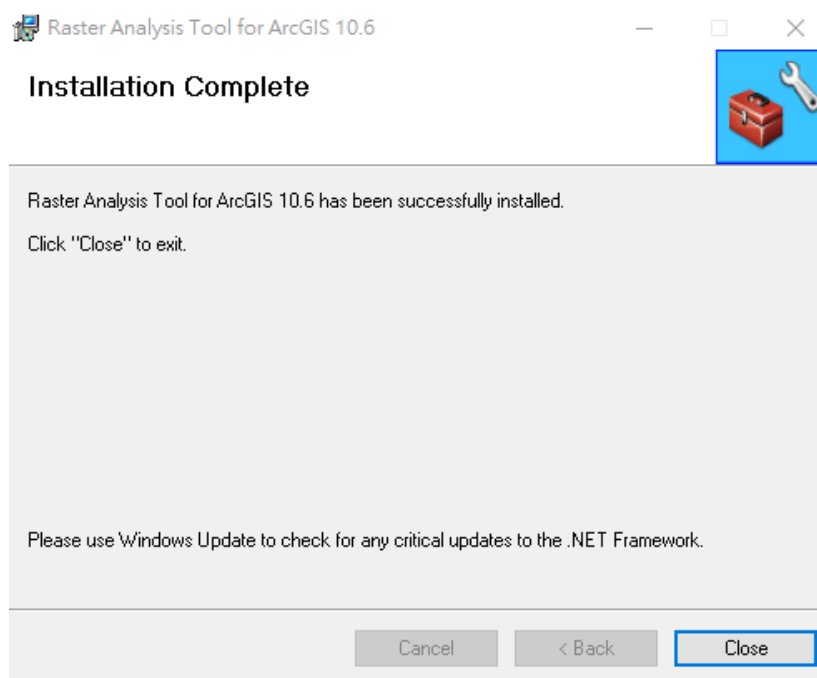


圖 3- 7、Raster Analysis Tool 安裝完成畫面。

Step6：安裝完成後，開啟 ArcGIS，在工作列的 ArcToolbox 位置

可見 Raster Analysis Tool，如圖 3- 8。如未發現 Raster

Analysis Tool，則開啟 ArcGIS，在工作列的 ArcToolbox 位

置按右鍵，點選 Add Toolbox，自行加入 Raster Analysis

Tool 工具列，如圖 3- 8。

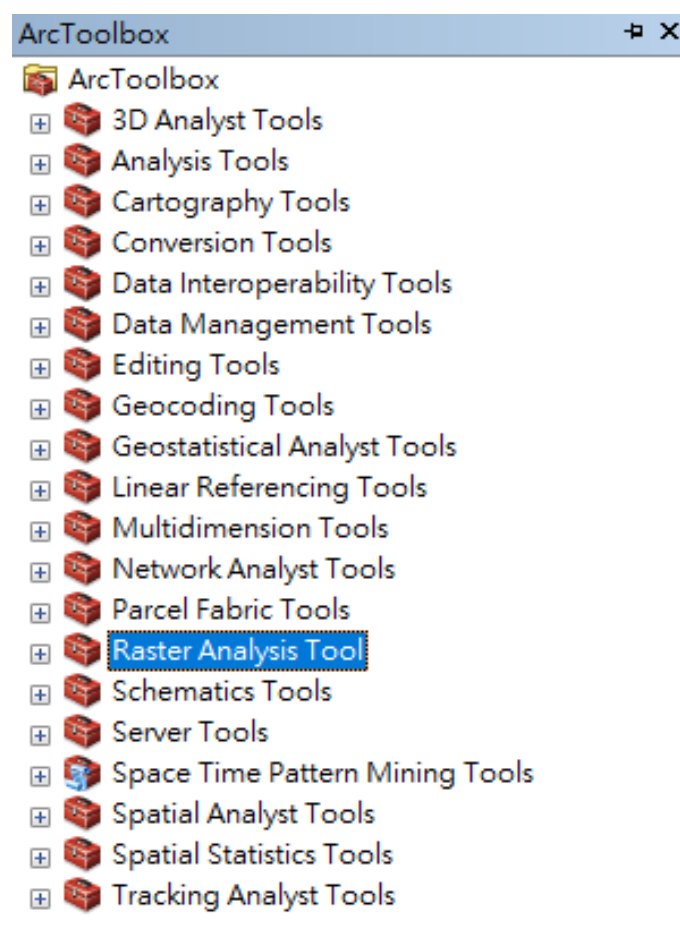


圖 3- 8、Raster Analysis Tool 於 ArcToolbox 介面。

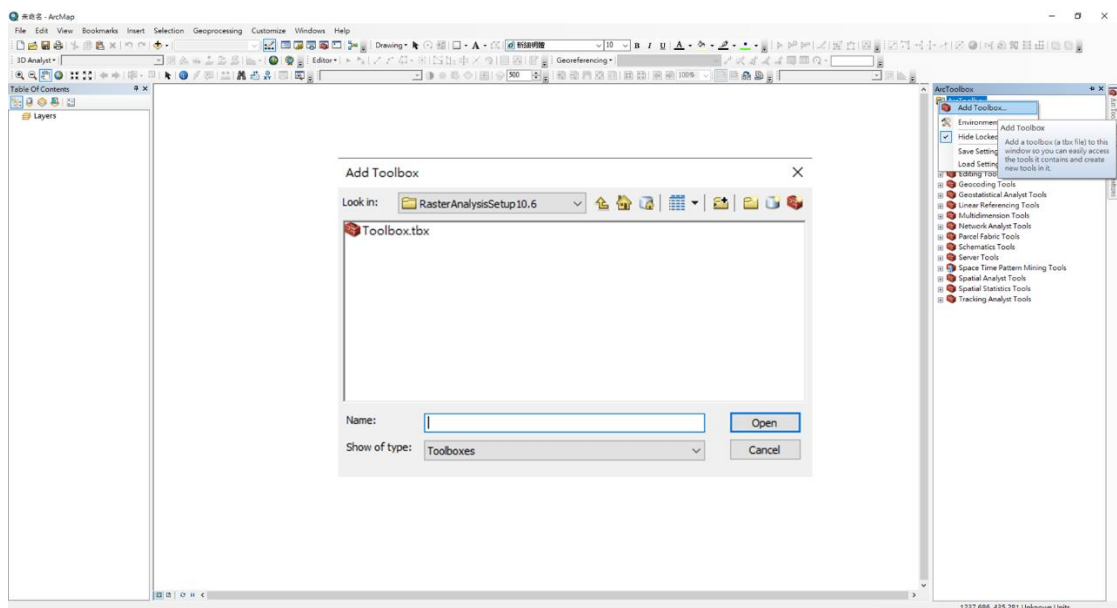


圖 3- 9、ArcToolbox 於 ArcGIS 介面。

Step7：找到 Raster Analysis Tool 的 Toolbox 檔案並開啟，即可在

ArcToolbox 中執行 Topographic Openness，如圖 3- 10。

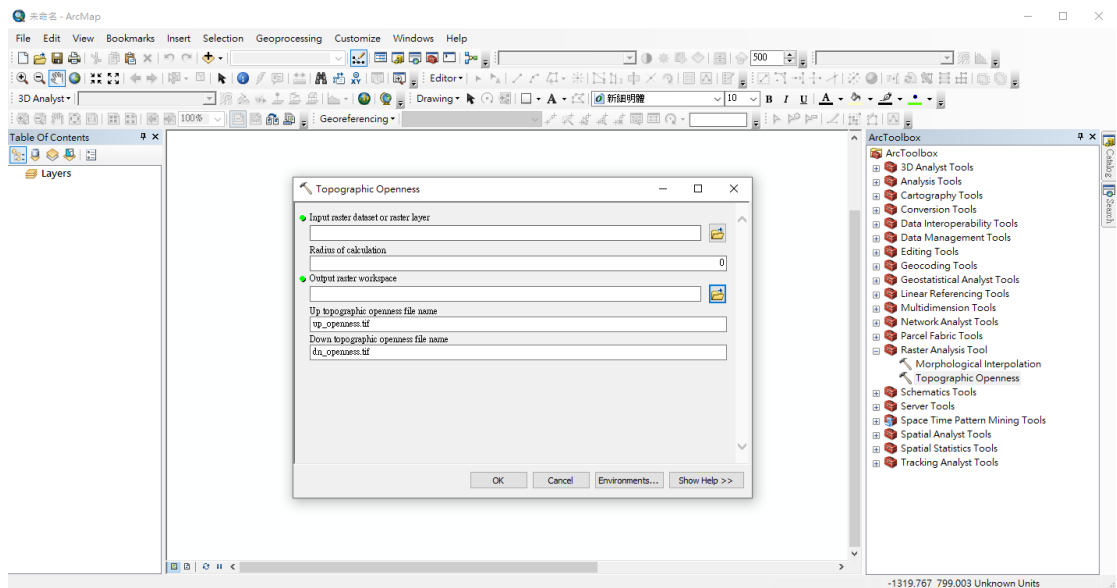


圖 3- 10、Topographic Openness 於 ArcGIS 介面。

(二)介面說明

1.開闊度圖 Openness 操作介面

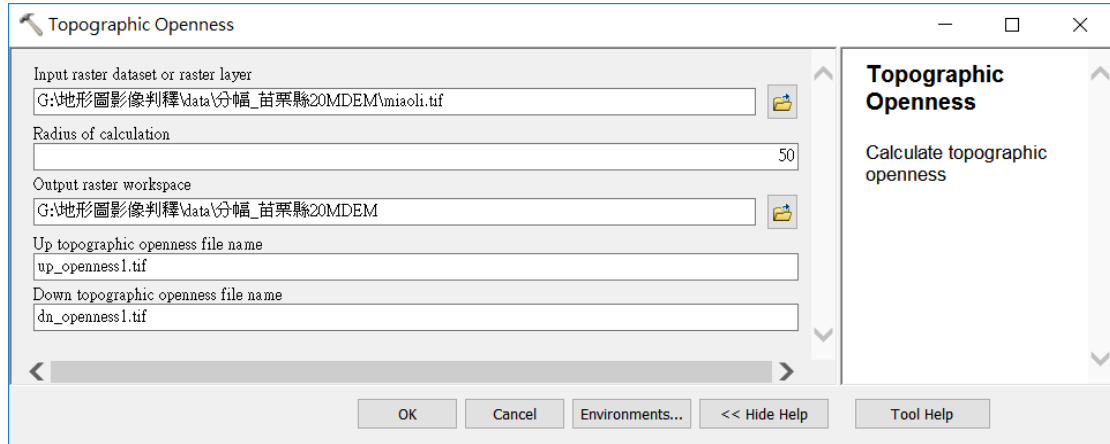


圖 3- 11、Topographic Openness 操作介面。

(1)Input raster dataset or raster layer：

將需要製作成開闊度圖的 DTM 檔案匯入製作 Toolbox 裡。

(2)Radius of calculation：

根據產出需求可自行調整，罩窗半徑越小，產出結果呈現之微地形特徵較細緻；罩窗半徑越大，地形起伏明顯，較適合大範圍地區之地形特徵判釋。

(3)Output raster workspace：

設定製成開闊度圖檔放置位置，方便日後辨識。

(4)Up topographic openness file name：

建立地上地形之開闊度圖名稱。

(5)Down topographic openness file name：

建立地下地形之開闊度圖名稱。

2.坡度圖 Slope 操作介面

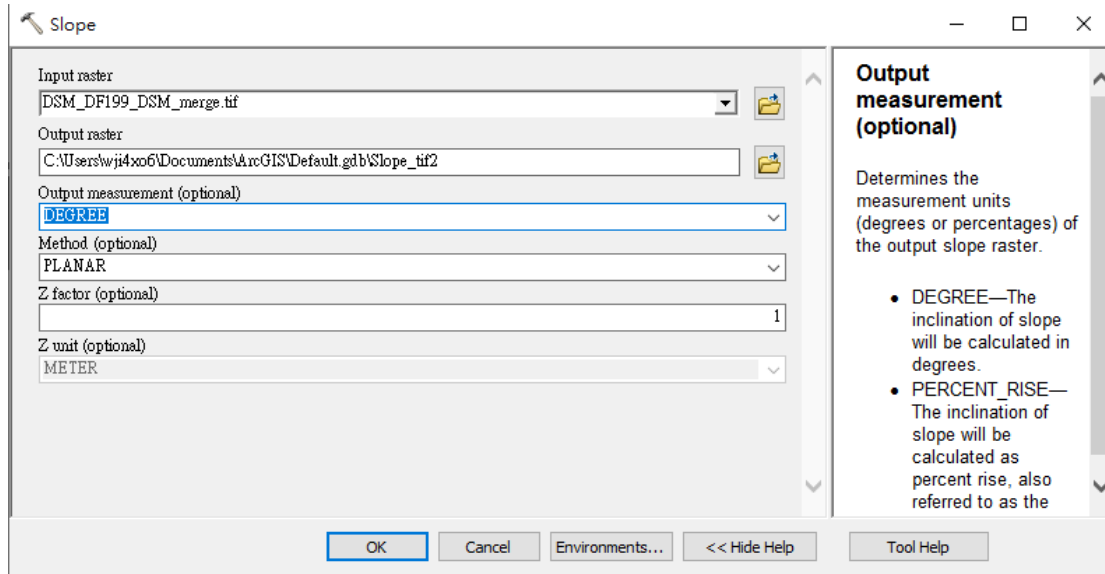


圖 3- 12、Slope 操作介面。

(1)Input raster：

匯入製作坡度圖所需的 DTM 檔案。

(2)Output raster：

設定開闊度圖檔匯出位置，以方便查找檔案。

(3)Output measurement(optional)：

選擇輸出之坡度單位，度(DEGREE)或百分比(PERCENT_RISE)。

(4)Method(optional)：

選擇計算坡度之方法，平面方法(PANAR)或大地測量(GEODESIC)。

(5)z factor(optional)：

高程軸對應 X,Y 度量單位數。

(三)建立單檔紅色立體地圖之執行步驟

1.開闊度圖 Openness 製作流程：

Step1：建立新開闊度地圖，如圖 3-13。依序輸入需要製作成開闊度地圖之 DTM 檔案，並設定罩窗半徑與輸出文件夾位置，最後設定地上開闊度圖與地下開闊度圖名稱，即可點選 OK 產製開闊度圖。

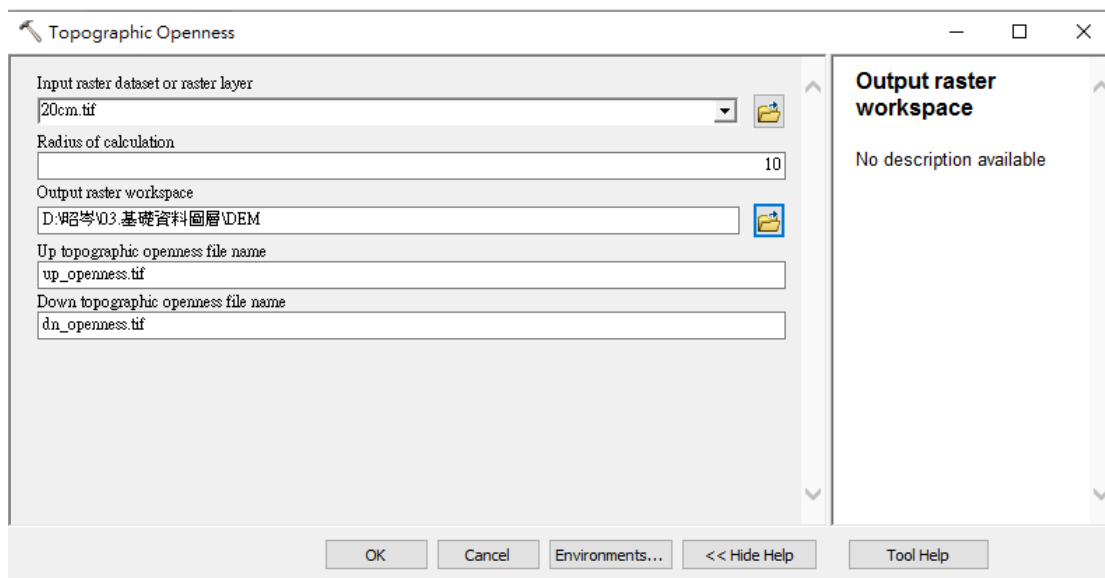


圖 3-13、Topographic Openness 製作頁面。

Step2：點選 ok 後，進入開闊度圖製作頁面，請靜待製作完成，如圖 3-14。

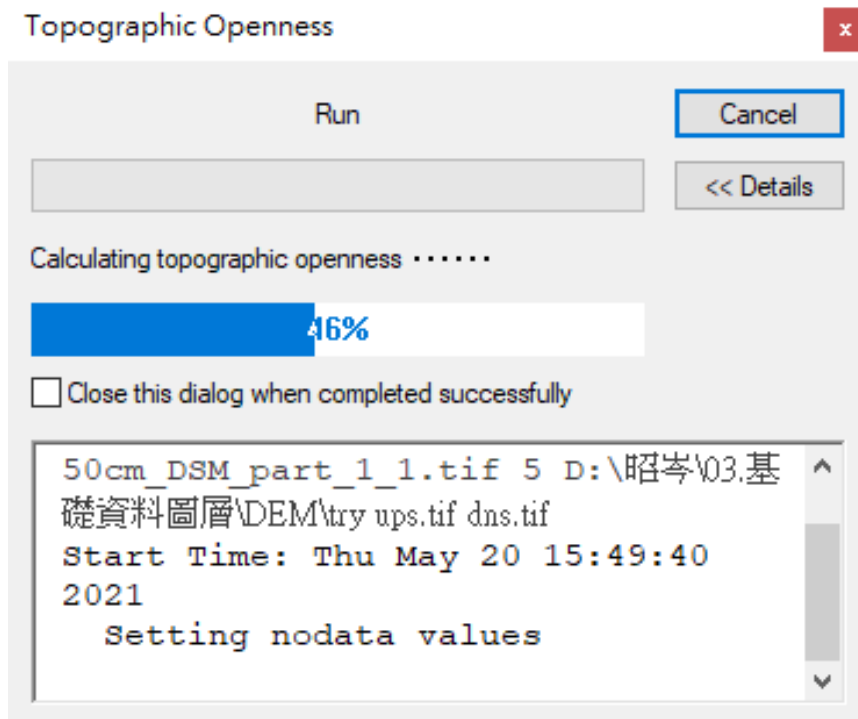


圖 3- 14、Topographic Openness 製作等待畫面。

Step3：完成後，出現產出完成提示視窗，即可在 ArcGIS 中檢視製成之開闊度圖，如圖 3- 15。

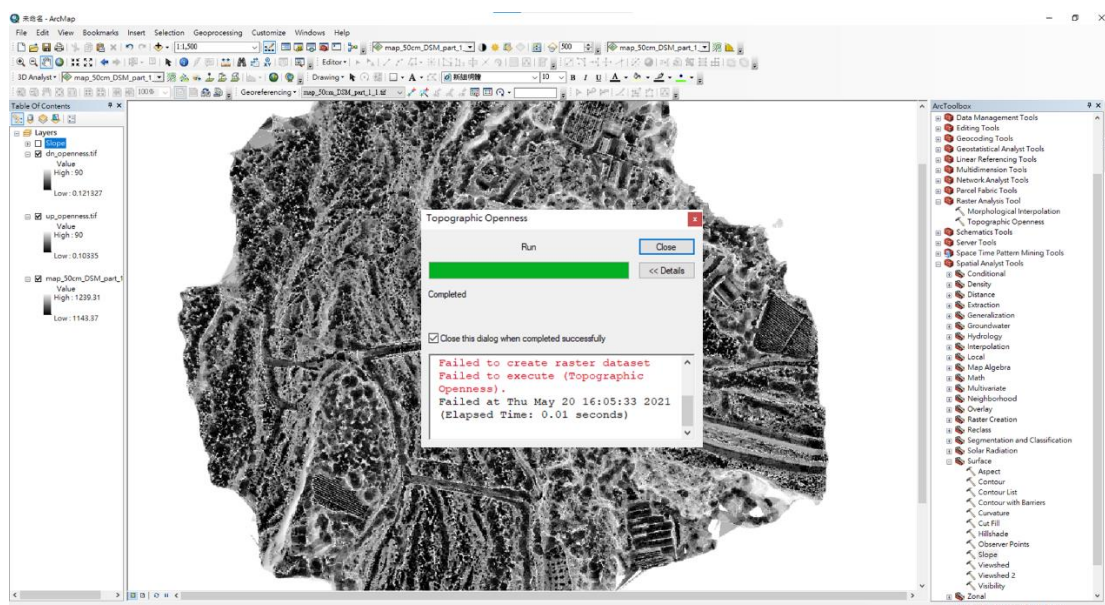


圖 3- 15、製作完成之畫面。

Step4: 將所製完成之地上開闊度圖與地下開闊度圖匯入 ArcGIS

中，找到 Raster Calculator 的 Toolbox 檔案(Arctoolbox> Spatial Analyst Tools>Map Algebra>Raster Calculator)並開啟，即可在 ArcToolbox 中執行 Raster Calculator，如圖 3-16。

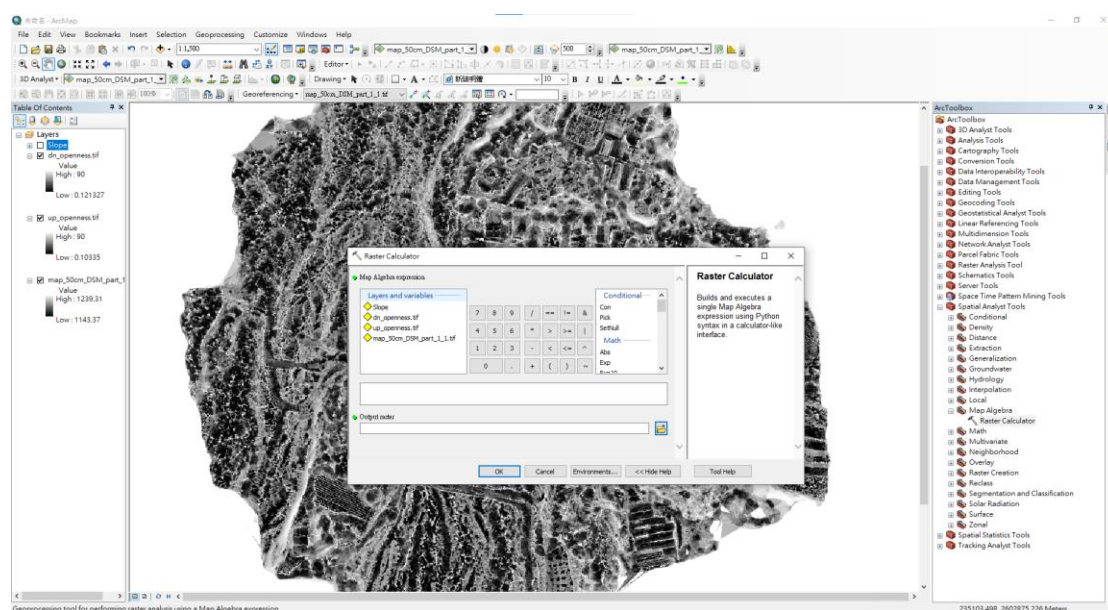


圖 3- 16、Raster Calculator 執行介面。

Step4: 在 Raster Calculator 中(如圖 3- 17)，填入("地上開闊度圖" - "地下開闊度圖")/2 數學式，最後在 Output raster 可自行填入產生的檔名。

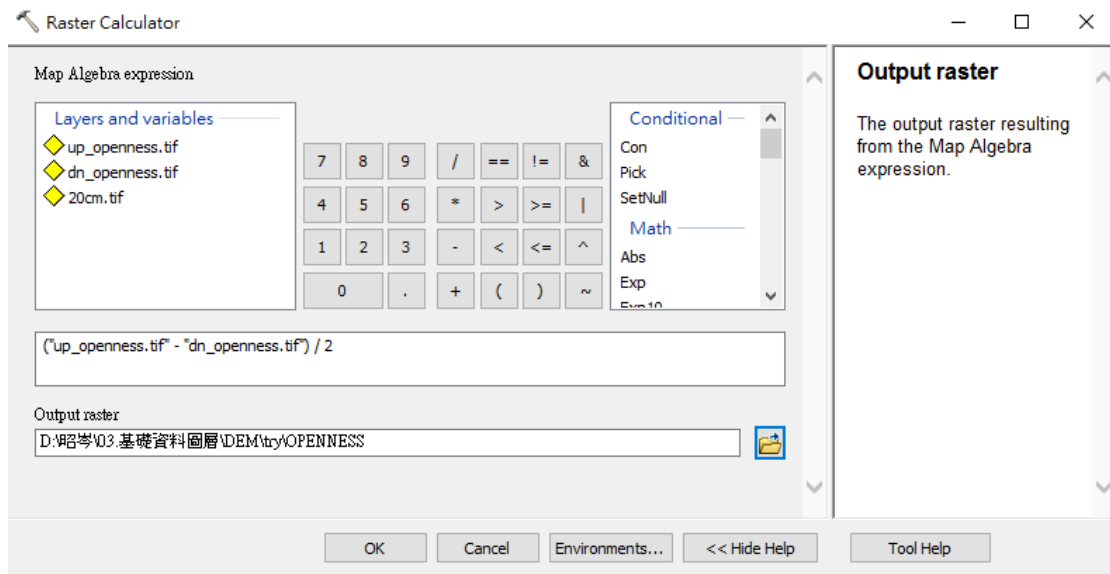


圖 3- 17、Raster Calculator 製作介面。

Step5：完成後，即完成開闊度圖之製作，如圖 3- 18。

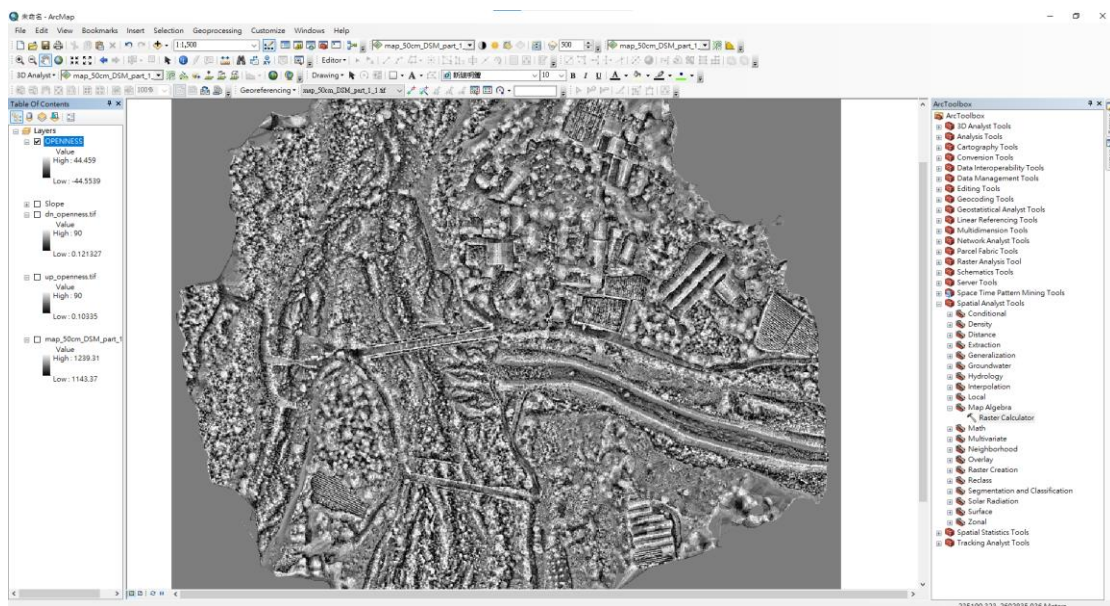


圖 3- 18、開闊度圖完成介面。

2.坡度圖 Slope 製作流程：

Step1： 將欲製作坡度圖之 DTM 匯入 ArcGIS 中，找到 Slope 的 Toolbox 檔案(Arctoolbox> Spatial Analyst-

Tools>Surface>Slope)並開啟，即可在 ArcToolbox 中執行 Slope，如圖 3- 19。使用者可依序匯入需要製作成坡度圖之 DTM 檔案，並設定匯出文件夾位置與名稱，選定坡度圖單位、計算方式及單位數，即可點選 OK 產製坡度圖。

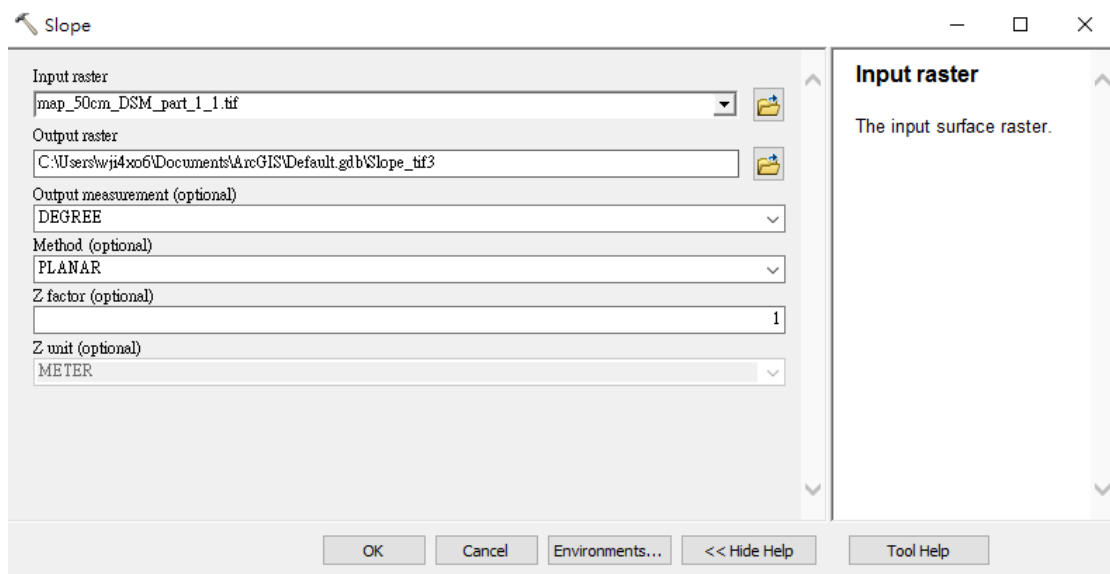


圖 3- 19、Slope 製作頁面。

Step2：點選 OK 後，進入坡度圖製作頁面，請靜待製作完成，完成後出現產出完成提示視窗，即可在 ArcGIS 中檢視坡度圖，如圖 3- 20。

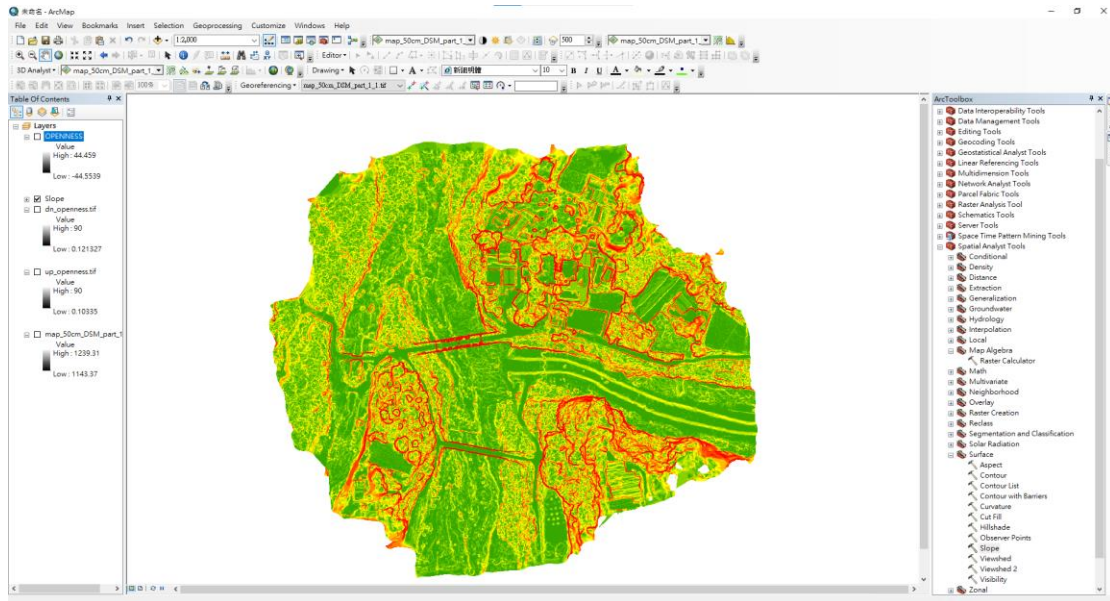


圖 3- 20、Slope 圖製作完成畫面。

3.紅色立體地圖製作流程：

Step1：點選坡度圖，按右鍵選取 Properties，如圖 3- 21。

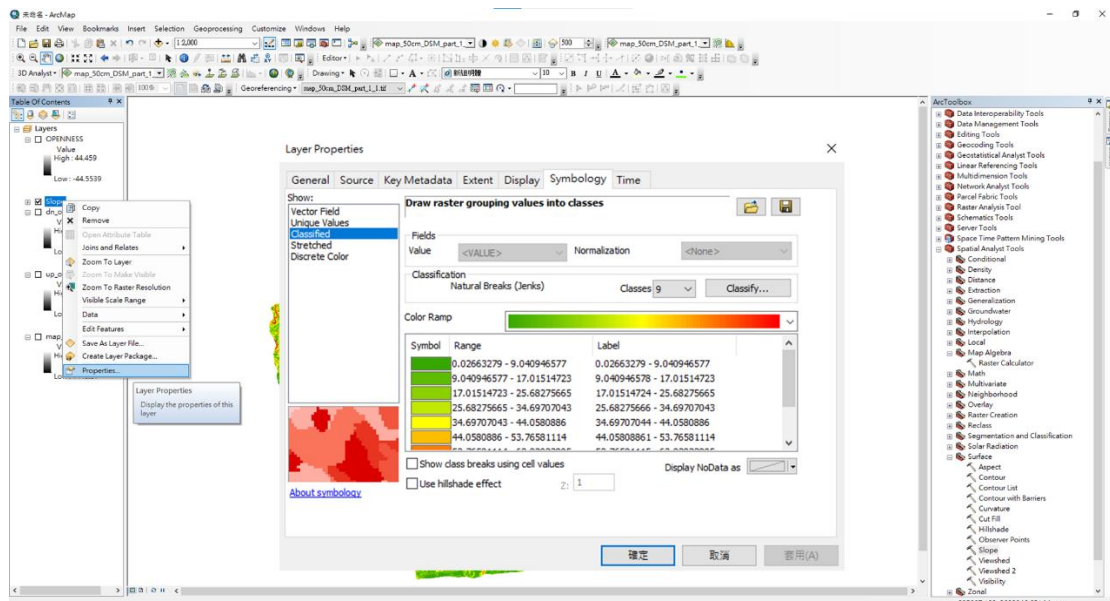


圖 3- 21、Layer Properties 於 ArcGIS 介面。

Step2：點選 symbology 中之 Stretched，並在 color ramp 之黑白
色條上按右鍵選擇 Properties 填入新顏色，如圖 3- 22。

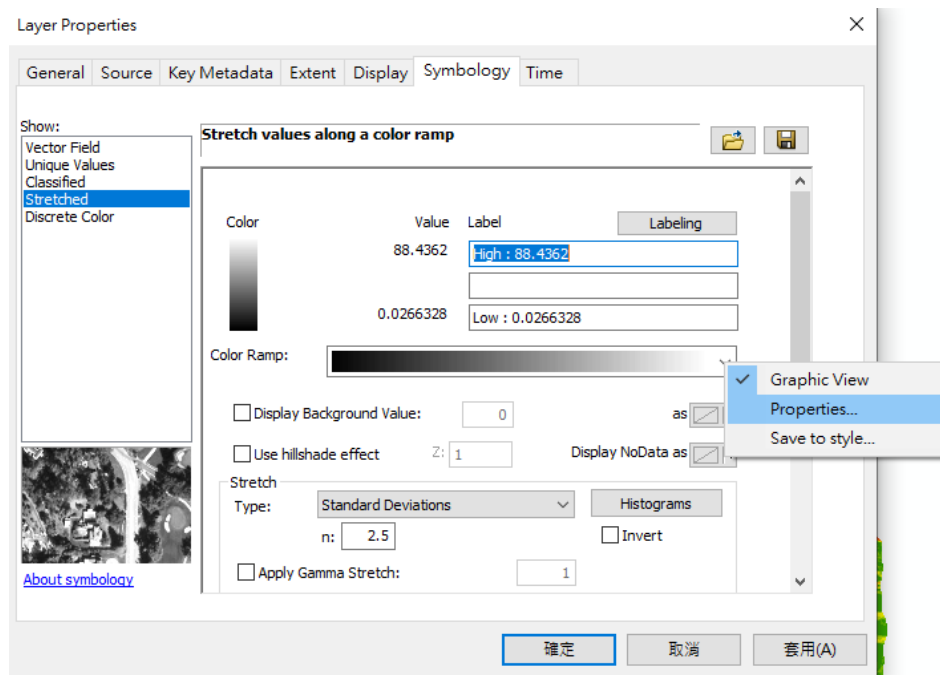


圖 3- 22、Symbology 操作介面。

Step3：調整 Edit Color Ramp 之顏色，給定 Color1 為紅色，給定

Color2 為白色，如圖 3- 23。

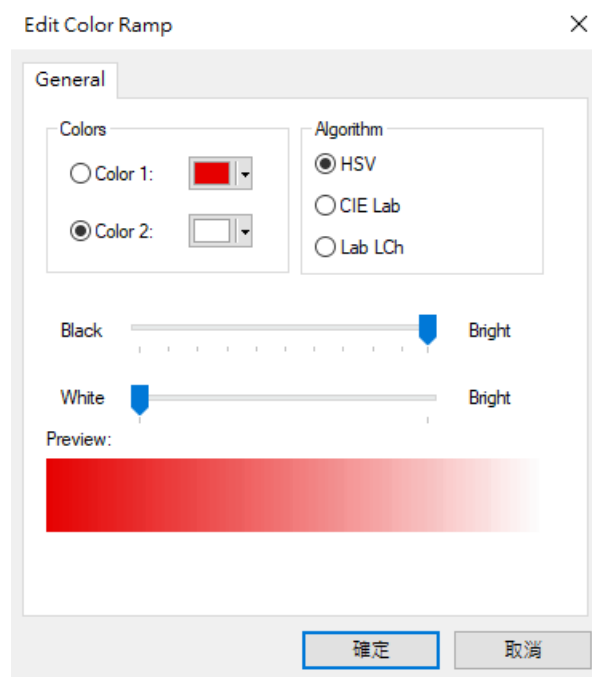


圖 3- 23、Edit Color Ramp 介面。

Step4：回到 Layer Properties 介面，調整 Display 中的透明度 (Transparency)百分比，如圖 3- 24。

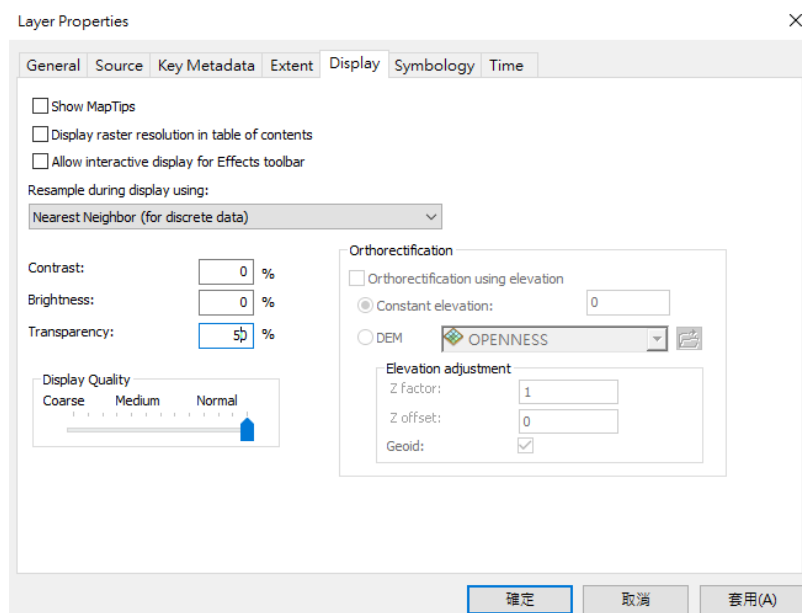


圖 3- 24、Display 操作介面。

Step5：將製作完成之 Slope 圖與 Openness 圖，在 Layers 功能中，依照順序(1)Slope 及(2)Openness，並將其群組化，即完成紅色立體地圖製作，如圖 3- 25。

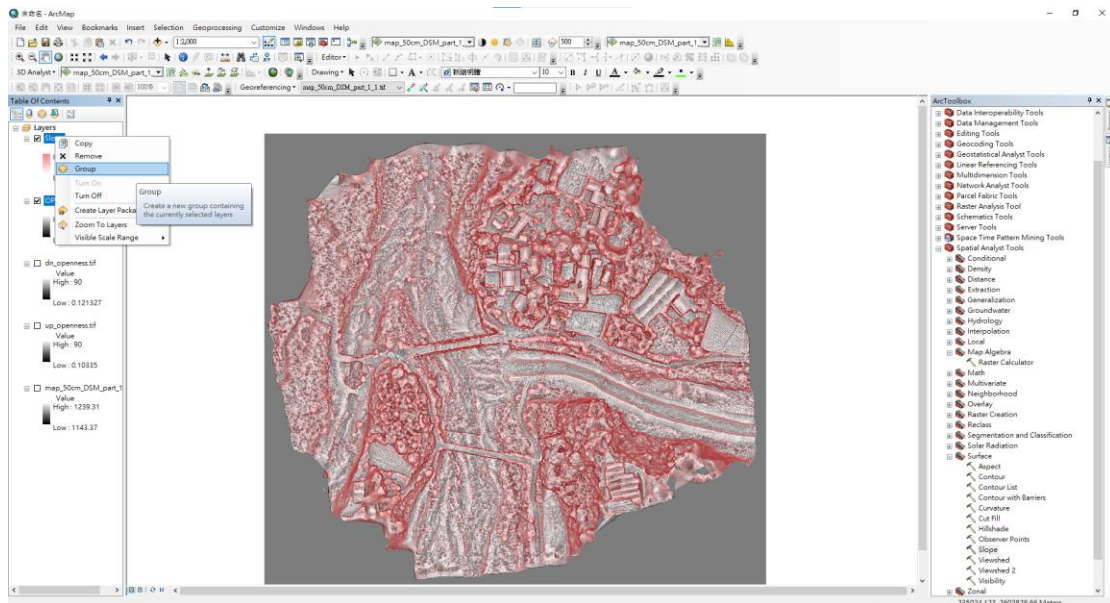


圖 3- 25、ArcGIS 群組化圖層介面。

二、QGIS

由於 QGIS 軟體中已有安裝開闊度圖與坡度圖製作工具，因此無須再安裝任何外掛程式。但因 QGIS 軟體之 TOPOGRAPHIC Openness 功能，為 2012 年後才公開的功能，且僅公開於 QGIS3.X 後的版本，因此若版本為 QGIS2.X，請更新至 QGIS3.X 版本，否則無法順利使用 TOPOGRAPHIC Openness 功能製作 Openness Map。

(一)介面說明

1.開闊度圖 Openness 操作介面

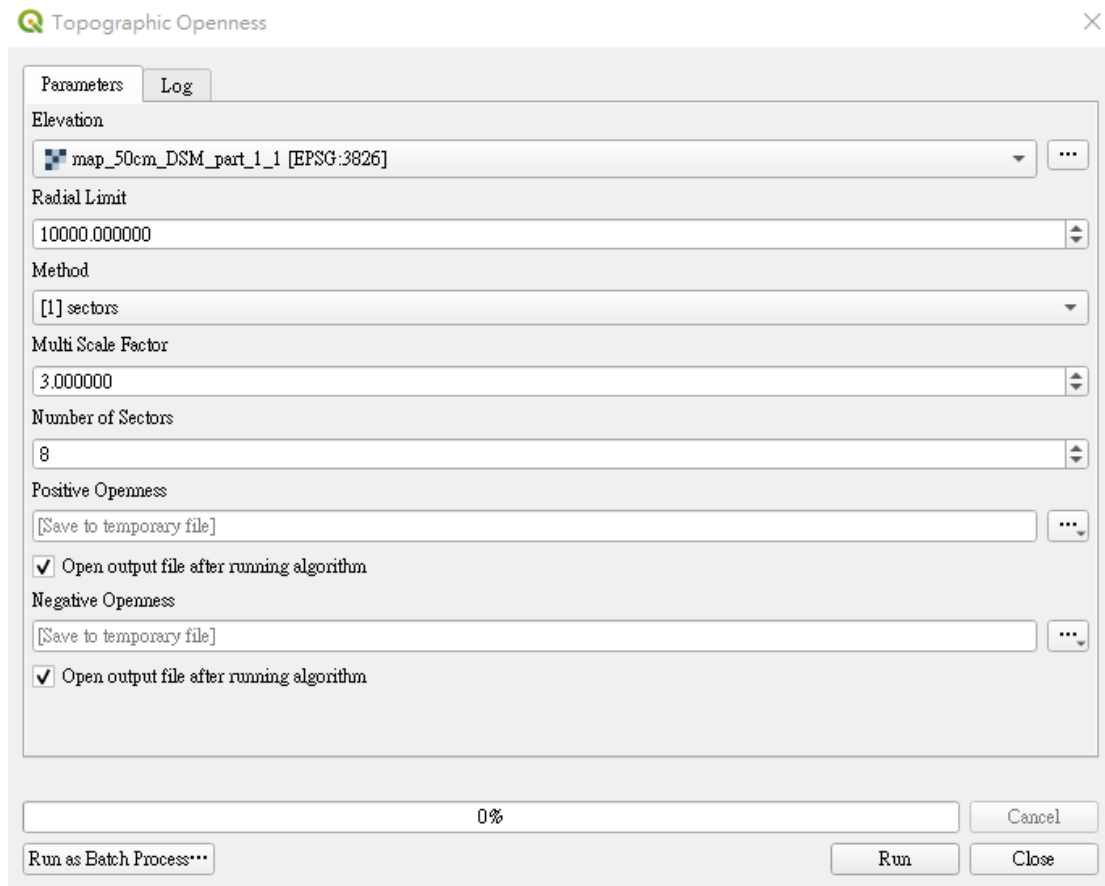


圖 3- 26、Topographic Openness 操作介面。

(1)Elevation：

將製作開闊度圖所需的 DTM 檔案匯入工具列中。

(2)Radial Limit：

根據產出需求自行調整天底角與天頂角的半徑。

(3)Method：

選定開闊度計算方法，多尺度([0]multi scale)與扇形([1]sectors)。

sectors 為 Yokoyama et al.(2002)所提出之計算方法；multi scale 為 sectors 加金字塔層計算，雖能加快計算速度，但準確性較低。

(4)Multi Scale Factor：

定義建構金字塔採樣比例(若選擇 sectors 則可忽略此欄位)。

(5)Number of Sectors：

定義方位角數量，預設為 8 方位角。

(6)Positive Openness：

設定地上地形之開闊度圖名稱。

(7)Negarive Openness：

設定地下地形之開闊度圖名稱。

2.坡度圖 Slope 操作介面

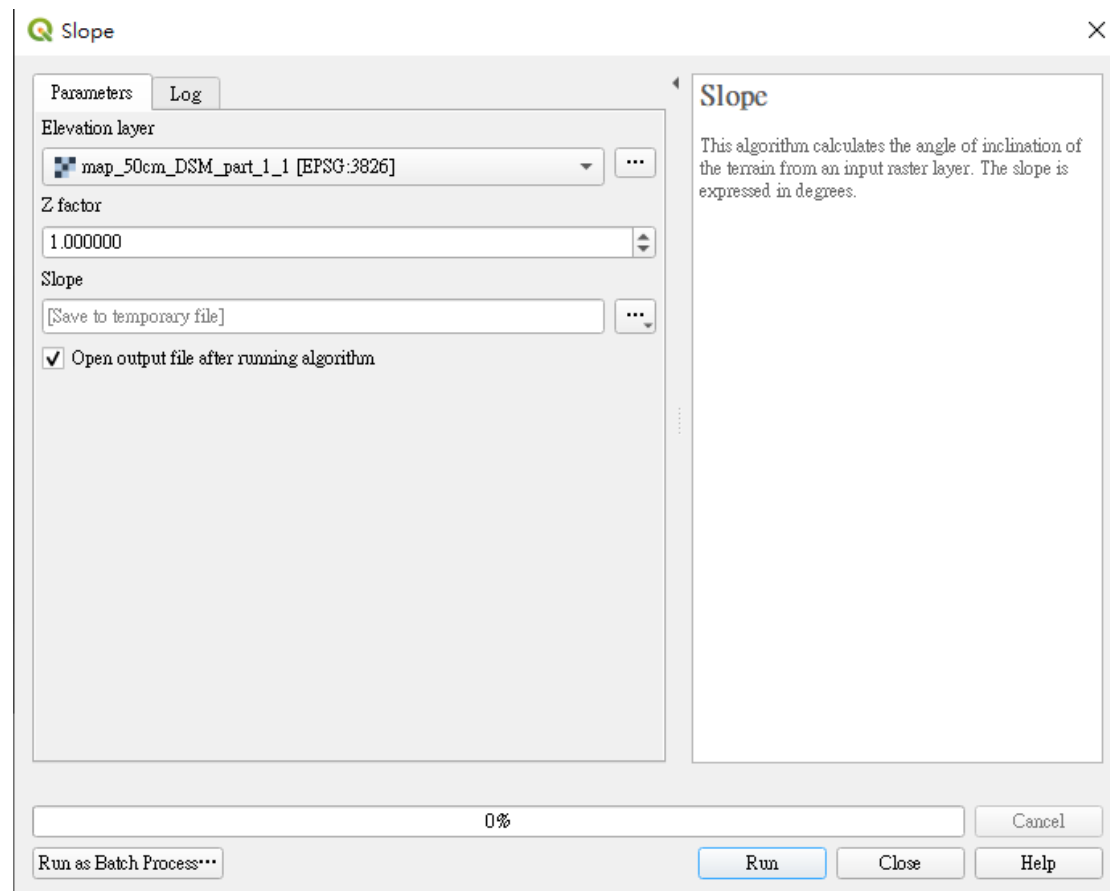


圖 3- 27、Slope 操作介面。

(1)Elevation layer：

將製作坡度圖所需的 DTM 檔案匯入製作工具列中。

(2)Z factor：

高程軸對應 X，Y 度量單位數。

(2)Slope：

設定製成之坡度圖存放位置與檔名，方便日後辨識。

(二)建立單檔紅色立體地圖之執行步驟

1.開闢度圖 Openness 製作流程：

Step1：開啟 QGIS，在工作列中點選 Layer 功能，於 Layer 中點選 Add Layer，再點選 Add Raster Layer，將所要製作成開闢度圖之 DTM 檔案匯入 Raster dataset(s)中，最後點選 Add，即會將圖資匯入 QGIS 軟體內，如圖 3- 28。

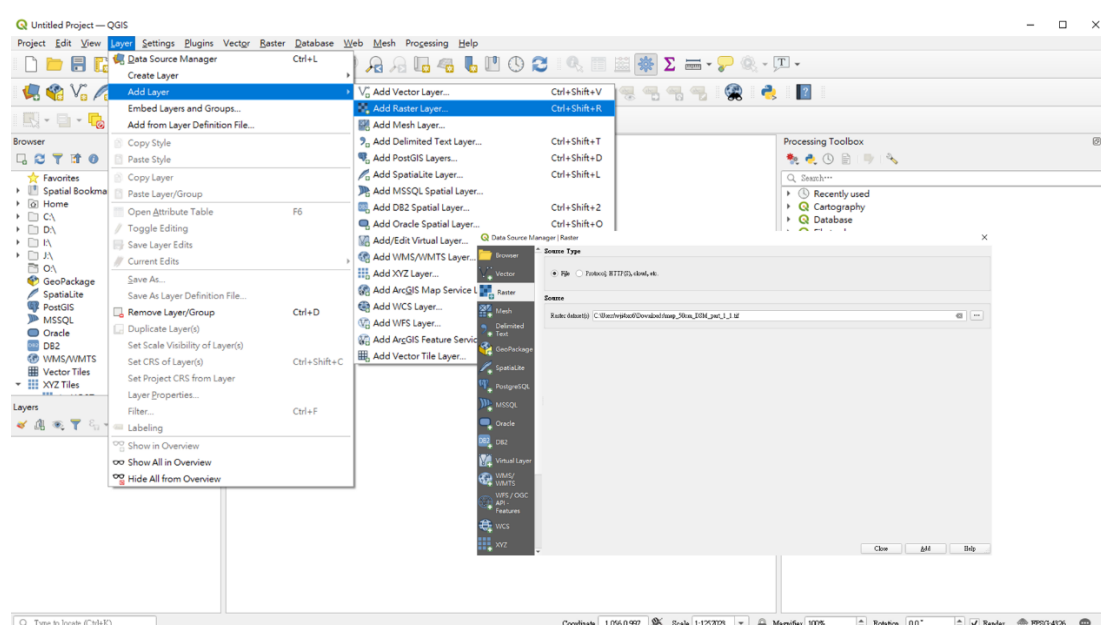


圖 3- 28、匯入 DTM 檔於 QGIS 內操作步驟。

Step2：於 Processing Toolbox 中輸入 Openness 尋找該工具列，並點選 Topographic openness，即可找到該工具列，如圖 3- 29。

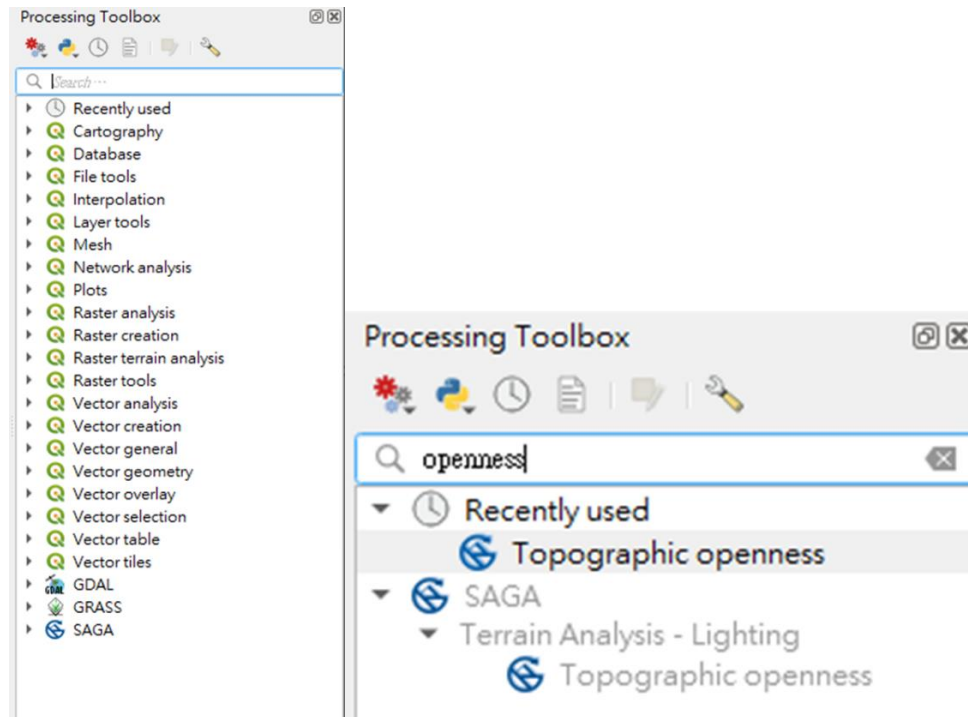


圖 3- 29、透過 Processing Toolbox 尋找功能，找尋 openness 工具列。

Step3：建立新開闊度圖，如圖 3- 30。使用者匯入所要製作成開

闊度圖之 DTM 檔案，調整天底角與天頂角的半徑，選擇

計算方式與設定方位角數量，並設定好欲儲存之地上及地

下地形之開闊度圖位置，即可點選 Run 產製開闊度圖。

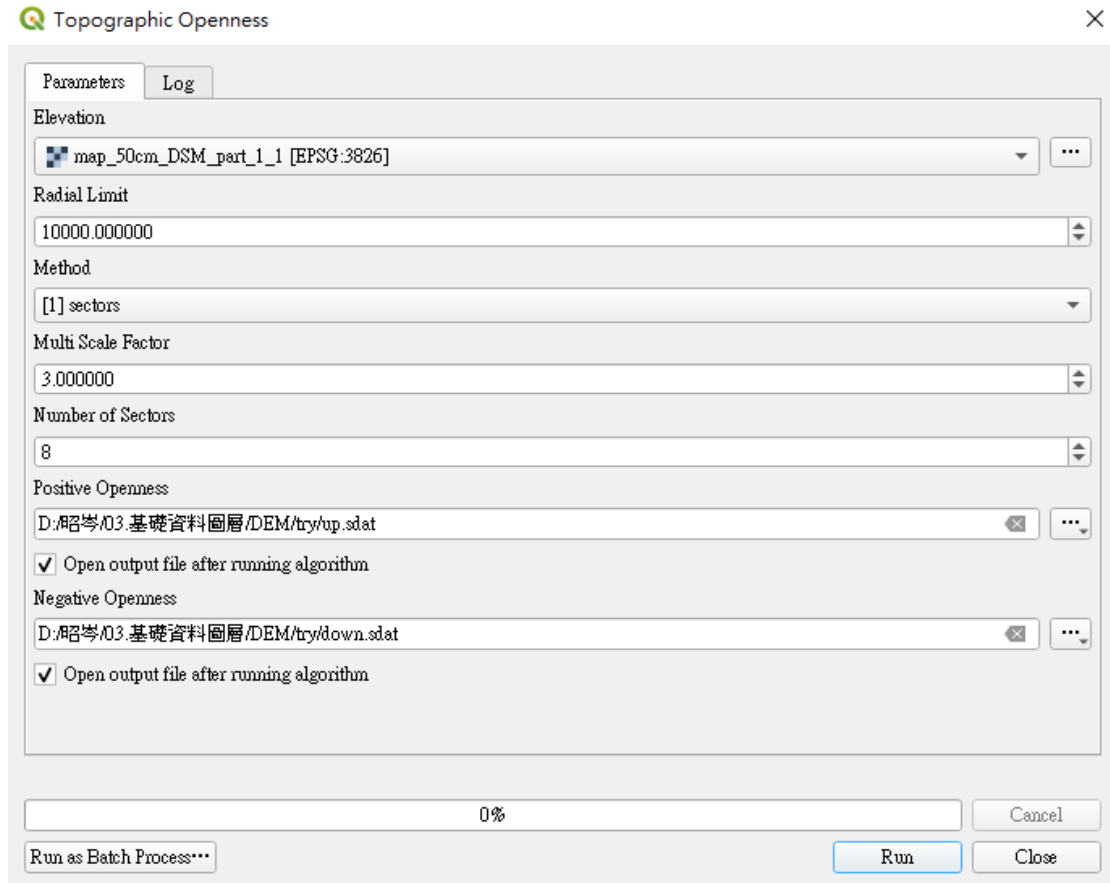


圖 3- 30、開闊度圖製作介面。

Step4:點選 Run 後，進入開闊度圖製作頁面，請靜待製作完成，

如圖 3- 31。

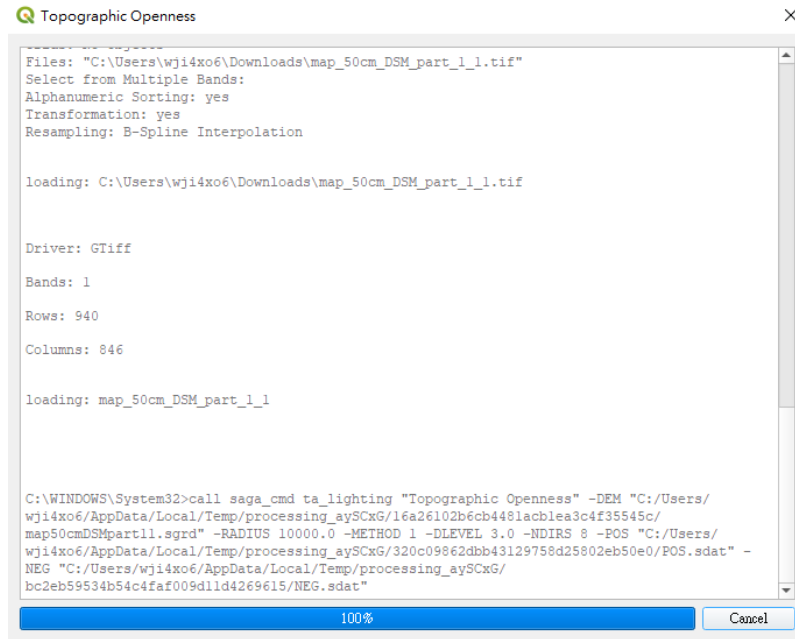


圖 3- 31、開闊度圖製作等待畫面。

Step5：製作完成後，會自動產出圖層於 QGIS 介面上，使用者可直接檢視製成之地上地形及地下地形開闊度圖層，如圖 3-32。

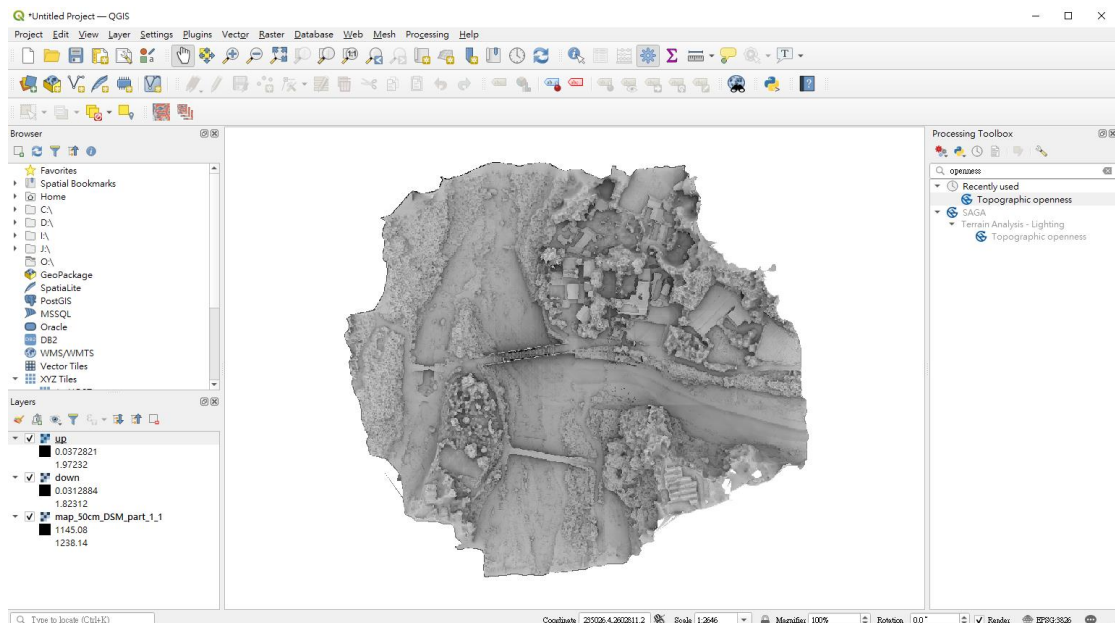


圖 3- 32、圖層在 QGIS 介面展示畫面。

Step6：在工作列中點選 Raster 功能，選擇 Raster Calculator，即會跳出 Raster Calculator 操作介面，如圖 3- 33。

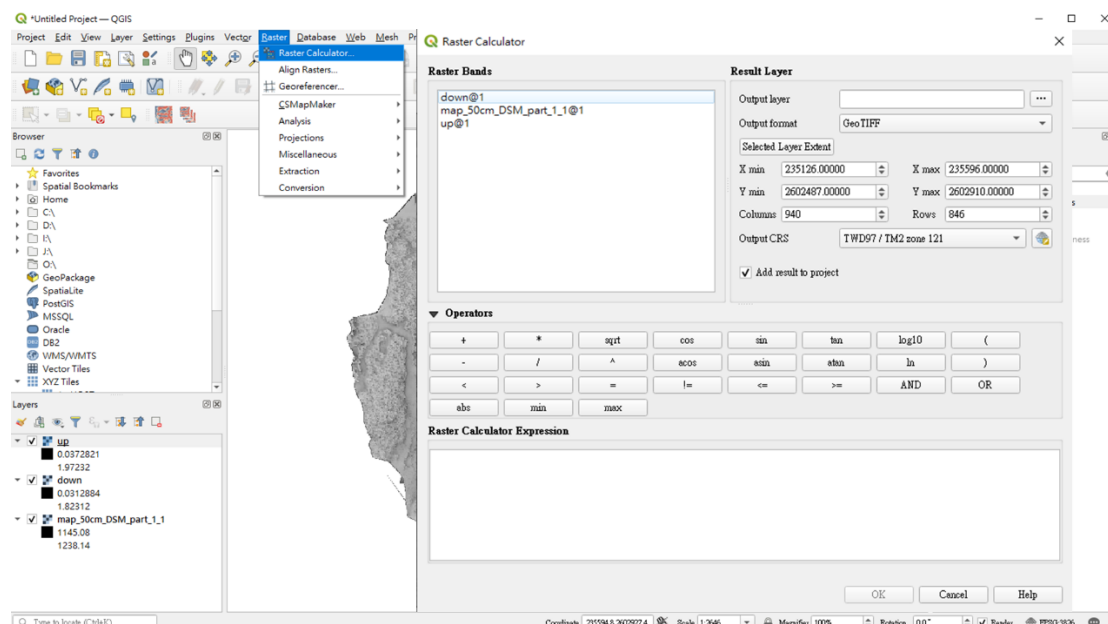


圖 3- 33、於 QGIS 中執行 Raster Calculator 介面。

Step7：在 Raster Calculator Expression 中，如圖 3- 34，輸入(“地上地形之開闊度圖”-“地下地形之開闊度圖”)/2 之數學式，並在右側 Result Layer 選單中，於 Output layer 自行選擇所要儲存圖檔位置，Output format 則可選擇所要儲存圖檔種類，即可點選 OK 進行製作。

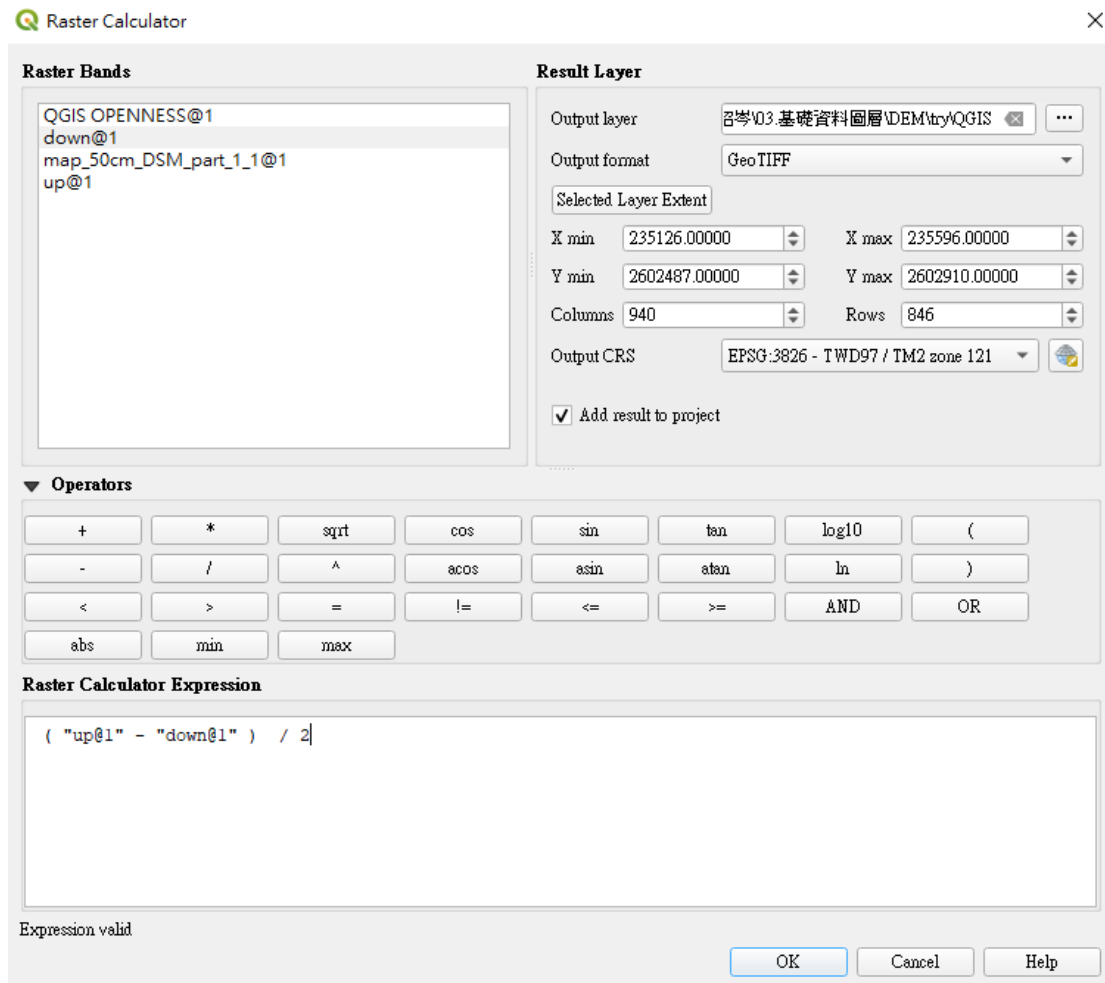


圖 3- 34、Raster Calculator 執行介面。

Step8：完成後，即完成開闊度圖之製作，如圖 3- 35。

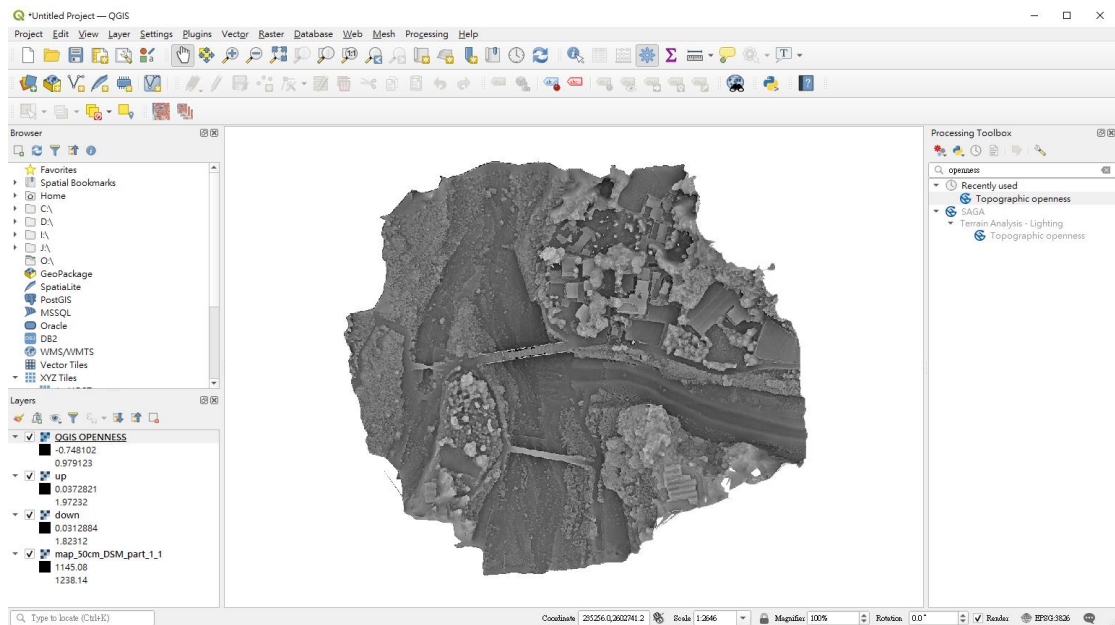


圖 3- 35、開闊度圖完成介面。

2.坡度圖 Slope 製作流程：

Step1: 在工作列中點選 Raster 功能，選擇 Analysis 中之 Slope，

即會跳出 Slope 操作介面，如圖 3- 36。

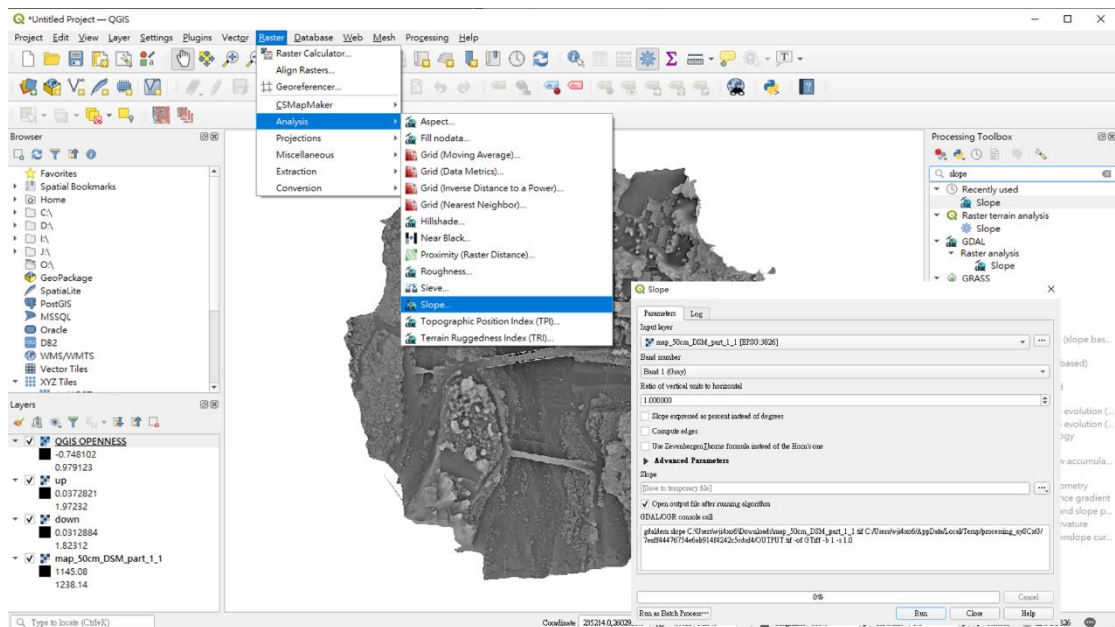


圖 3- 36、於 QGIS 中執行 Slope 介面。

或於 Processing Toolbox 中輸入 Slope 尋找該工具列，並點選 Raster terrain analysis 中之 Slope，即可找到該工具列，如圖 3- 37。

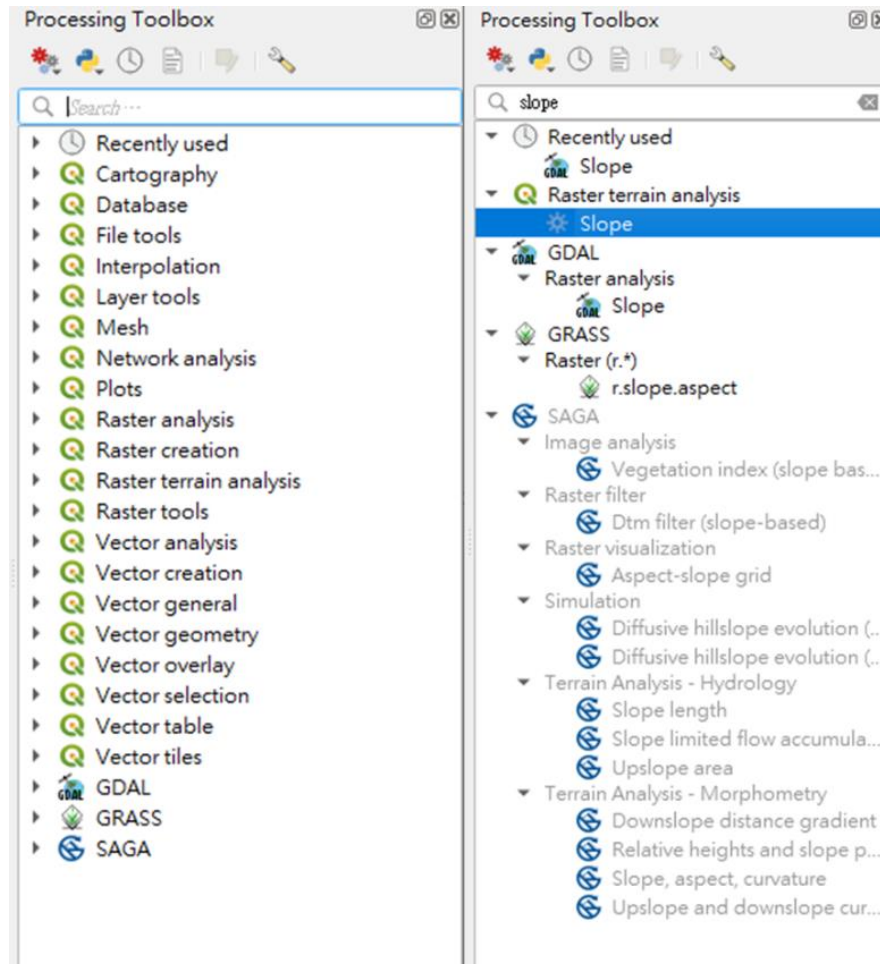


圖 3- 37、透過 Processing Toolbox 尋找功能，找尋 slope 工具列。

Step2：建立新坡度圖，如圖 3- 38。使用者匯入所要製作成坡度圖之 DTM 檔案，調整 Z factor 直，並設定好圖資匯出位置，即可點選 Run 產製坡度圖。

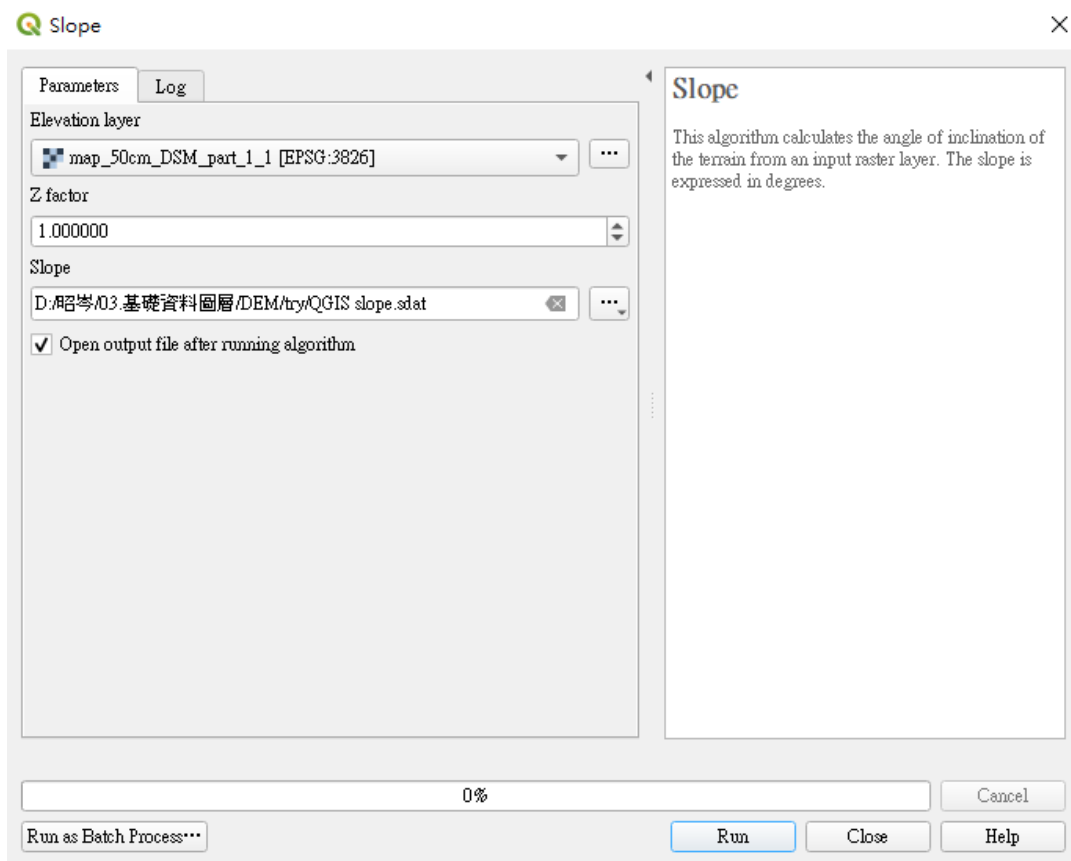


圖 3- 38、坡度圖製作介面。

Step3：點選 Run 後，進入坡度圖製作頁面，請靜待製作完成，

如圖 3- 39。

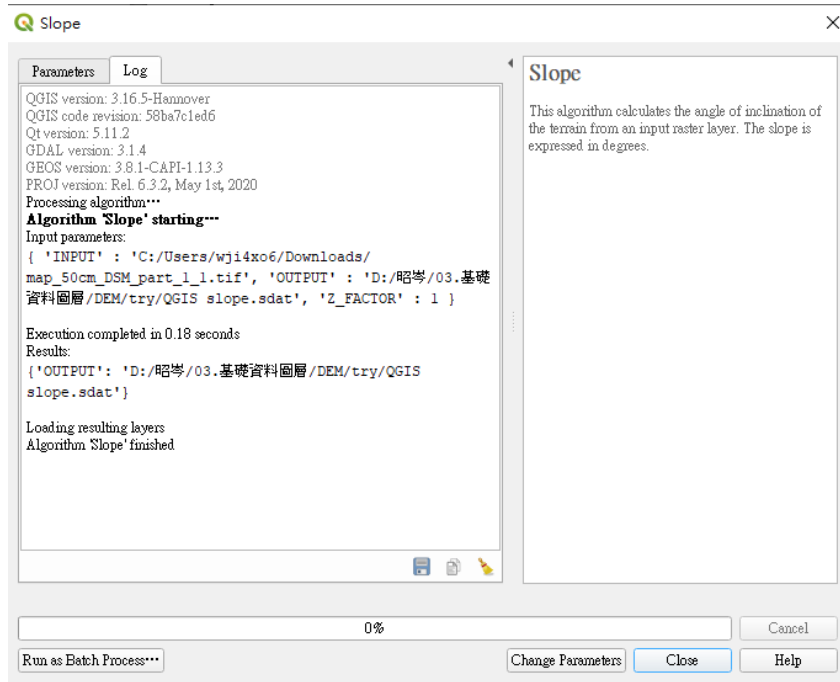


圖 3- 39、坡度圖製作等待畫面。

Step4: 製作完成後，會自動產出圖層於 QGIS 介面上，可直接檢視製成之坡度圖層，如圖 3- 40。

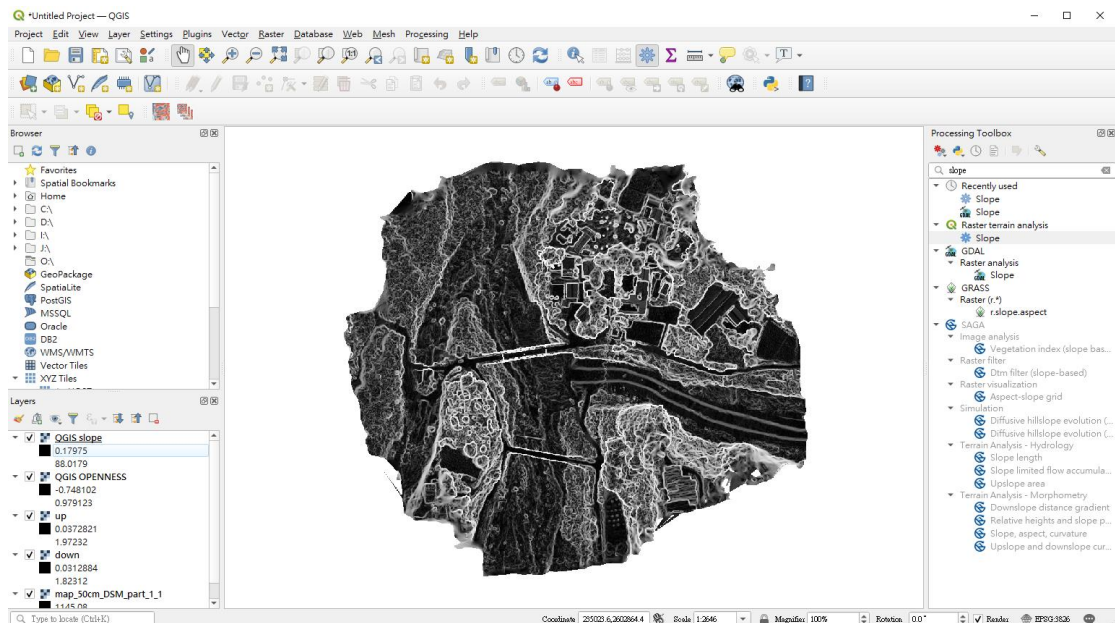


圖 3- 40、圖層在 QGIS 介面展示畫面。

3.紅色立體地圖製作流程：

Step1：點選坡度圖，按右鍵選取 Properties，如圖 3- 41。

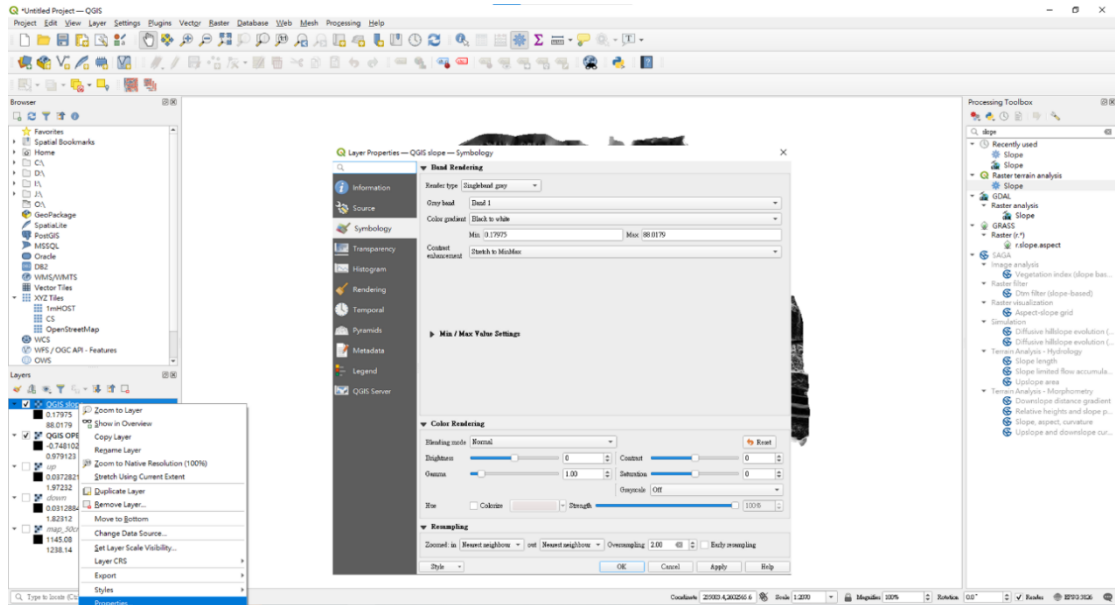


圖 3- 41、Layer Properties 於 QGIS 介面。

Step2：更改 symbology 中之 Render type，將 Singleband gray 改為 Singleband pseudocolor，並在 Color ramp 之選單中，選擇 Reds 顏色，如圖 3- 42。

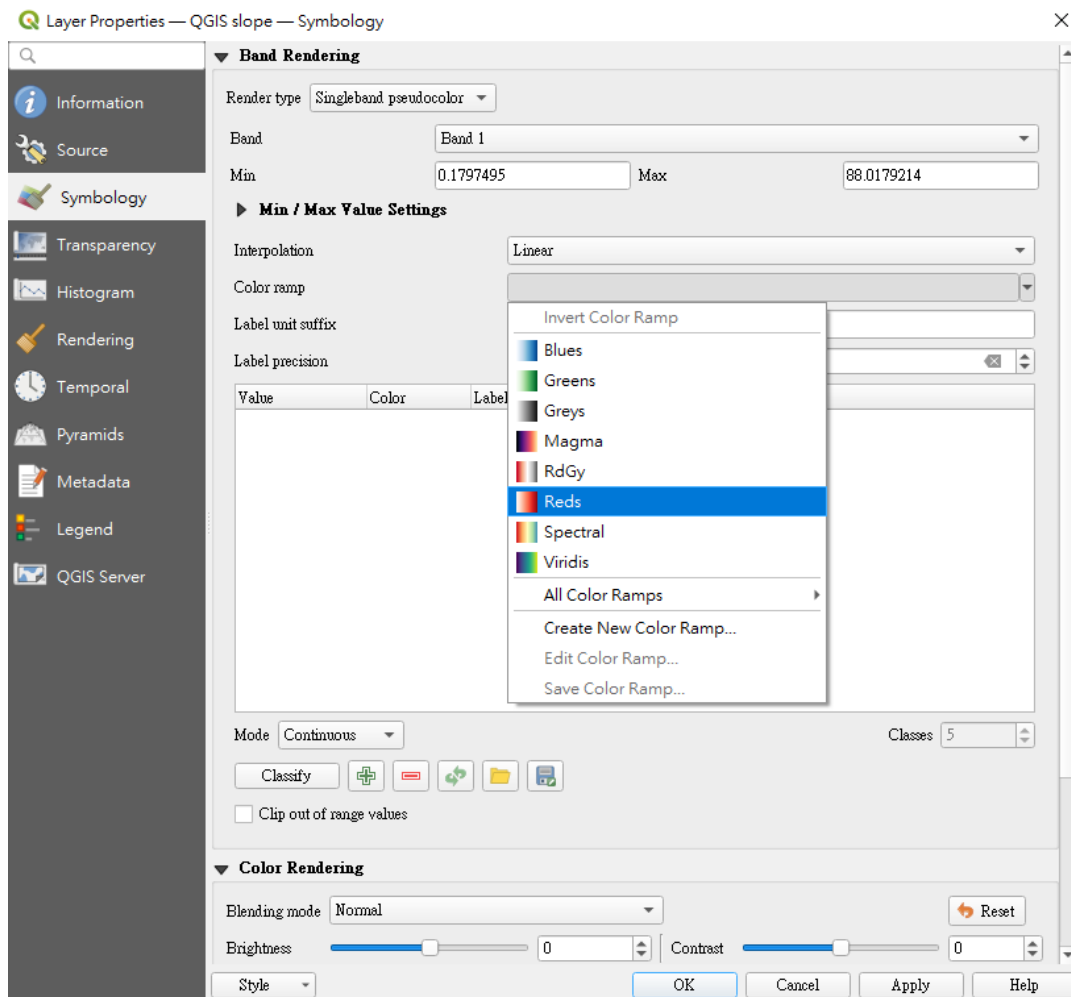


圖 3- 42、Symbology 操作介面。

Step3: 回到 Layer Properties 介面，調整 Transparency 中的 Global Opacity 透明度百分比，如圖 3- 43。

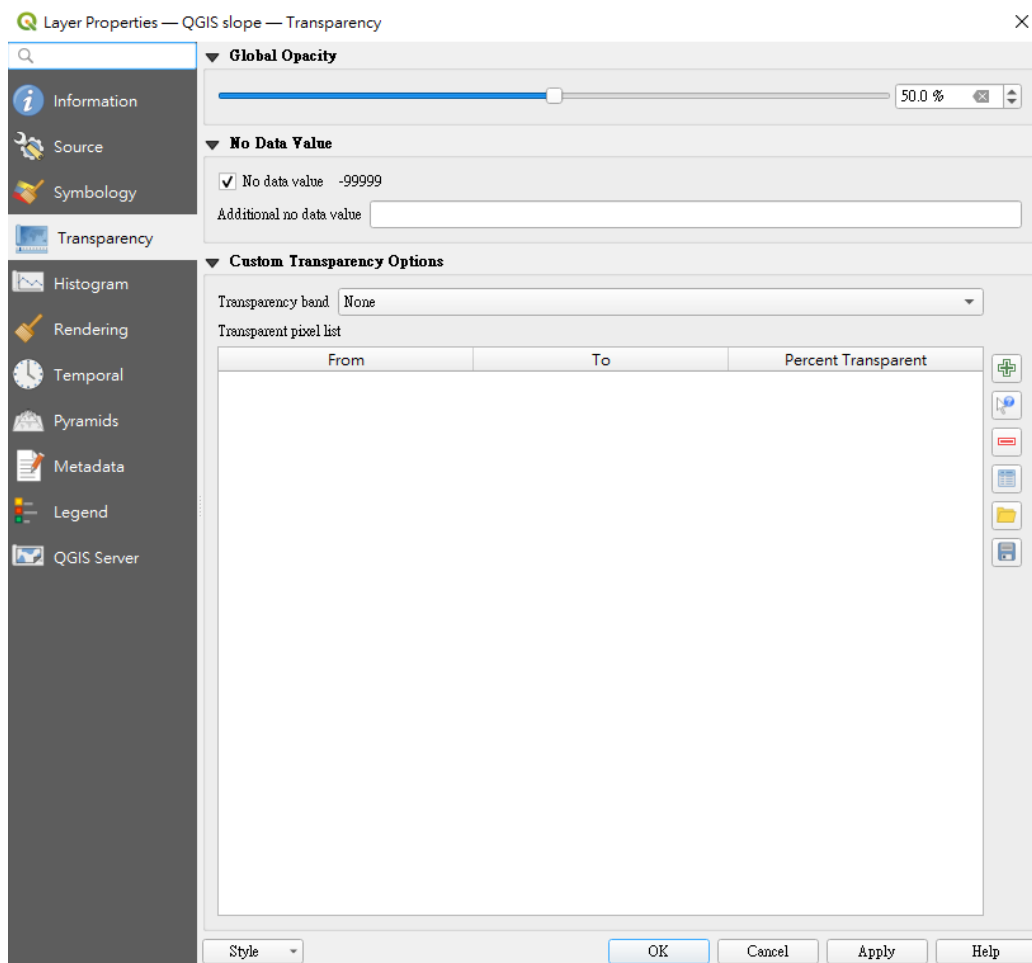


圖 3- 43、Transparency 操作介面。

Step4: 將製作完成之 Slope 圖與 Openness 圖，在 Layers 功能中，依照順序(1)Slope 及(2)Openness，並將其群組化，即完成紅色立體地圖製作，如圖 3- 44。

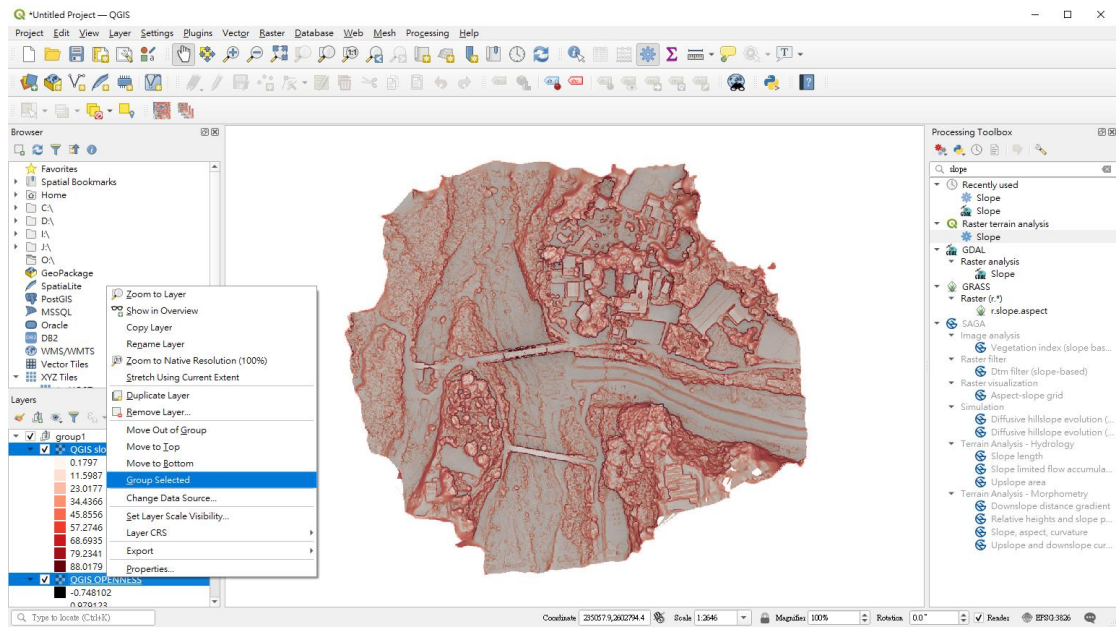


圖 3- 44、QGIS 群組化圖層介面。

第四章 CS 地圖

第一節 簡介

在應用各種圖資於判讀地形地貌特徵時，會因判讀者主觀判讀的觀點不同，而可能對地形特徵的判讀產生不同的結果，進而影響人工判釋的準確率，增加防災決策時之風險。

對於一般未經訓練的人而言，更是難以直接透過圖資判讀出地形特徵。將平面圖資轉換成三維立體地圖的呈現，無論應用於災害地形判讀或傳遞防災知識與宣導，皆可提升對於災害潛勢區之危險認知與防災能力。

為解決上述兩種問題，日本長野縣立林業研究中心(長野県林業総合センターが)設計出結合地形高程(Height)、地形曲率(Curvature)及地形坡度(Slope)之地形圖，並以地形曲率及地形坡度之英文字首取名為 CS 地圖(CS 立体図)。其目的是讓使用者更容易判讀地圖上的地形特徵，並且強調未經訓練的人亦可直覺的判讀出地形特徵與立體感。

H.O.S.T 地圖與 CS 地圖同樣將二維圖資呈現三維的立體感，並力求於不須經過訓練即可判釋出地貌特徵。但在地形判釋項目上，兩者仍有不同的判讀優點，由於 CS 地圖於局部地貌之凹凸曲率判讀較 H.O.S.T 地圖優越，而邊坡上之凹槽通常為水體匯流或侵蝕之處。故

CS 地圖於水路相關應用及局部微凹凸地形的判釋優於 H.O.S.T 地圖，

如圖 4-1。

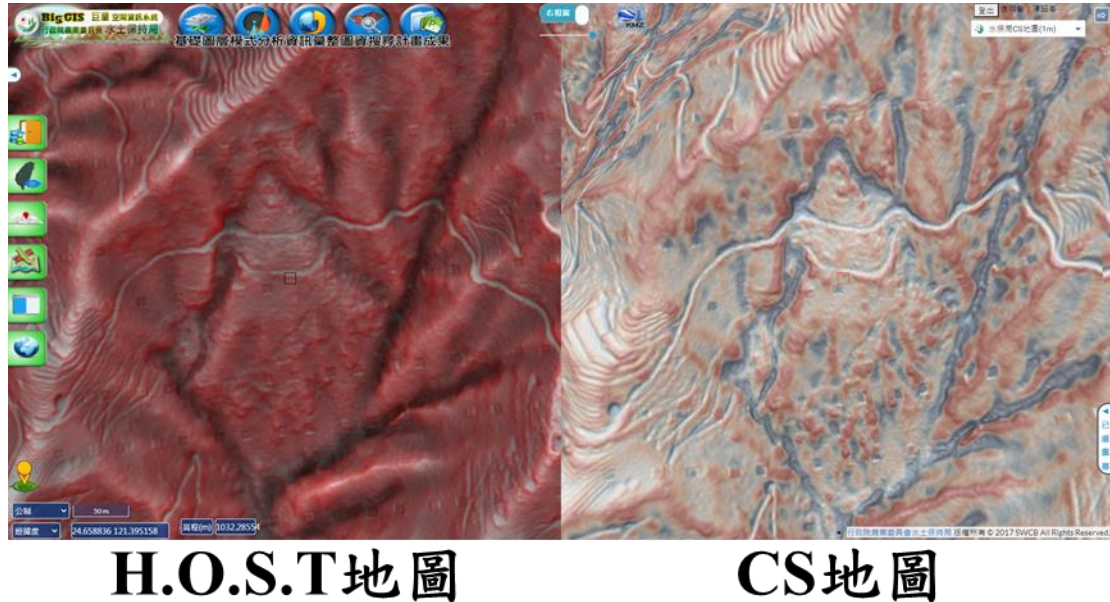


圖 4-1、相同地點於 H.O.S.T 地圖與 CS 地圖呈現之效果。

第二節 製作原理

CS 地圖結合地形高程、坡度與曲率等地形量，運用不同的色調及透明度來表現地形的傾斜程度與等高線的彎曲量，並將不同的圖資套疊，如圖 4-2 所示，繪製成具立體表現的地形圖，單以肉眼觀看便能輕易的辨識出不同的地表特徵。

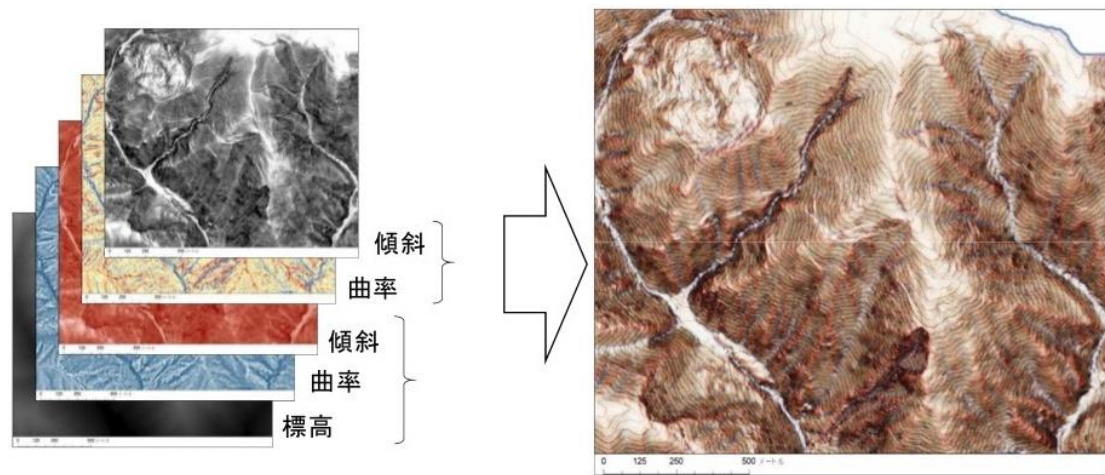


圖 4- 2、CS 地圖製作原理。

一、地形曲率

曲率用以表現地面起伏的等高線彎曲程度。在地形計測中，曲率是對地形表面一點彎曲、變化程度的定量化度量數值，也是用於表示地形曲面幾何形態的參數之一(謝有忠，2016)。可依方向性區分為平面曲率(planform curvature)及剖面曲率(profile curvature)。

CS 地圖所應用之曲率概念，同時考量平面曲率與剖面曲率，讓地圖使用者在判讀時能更精準的了解整個坡面的水流流動情形，如圖 4-3。計算曲率值方面，常用 3*3 規則式移動網格的地形資料來計算，以地形面二次微分的值代表地形曲率(Zeverbergen *et al.*, 1987; Moore *et al.*, 1991; ESRI, 2012)，計算公式可參考 ESRI 操作說明。

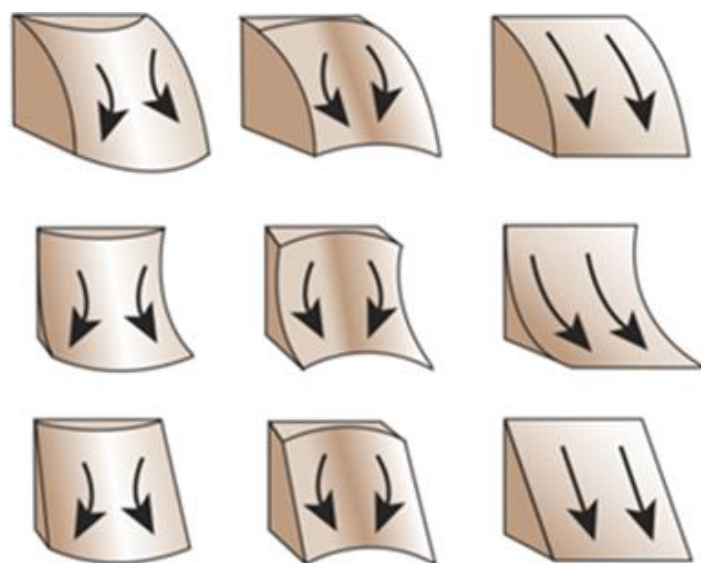


圖 4-3、地形曲率與水流方向示意圖。

二、色調判釋

為能使在判讀圖資時能快速區別地形特徵，使用兩種色系來呈現不同的地貌。顏色配置為青色(RGB 配色：32,91,109)漸層至橘紅色(RGB 配色：183,94,62)，如圖 4-4 所示。當局部地貌呈現青色，表該地屬凹面型地貌，顏色越濃則凹陷程度越劇烈；反之，當局部地貌呈現橘紅色，表該地屬凸面型地貌，顏色越濃則凸出程度越劇烈。

- 凹面型地貌：如野溪、河谷、邊坡上之凹洞、湧水點等
- 凸面型地貌：如山稜線、斷崖邊、出露之硬岩塊、岩層等

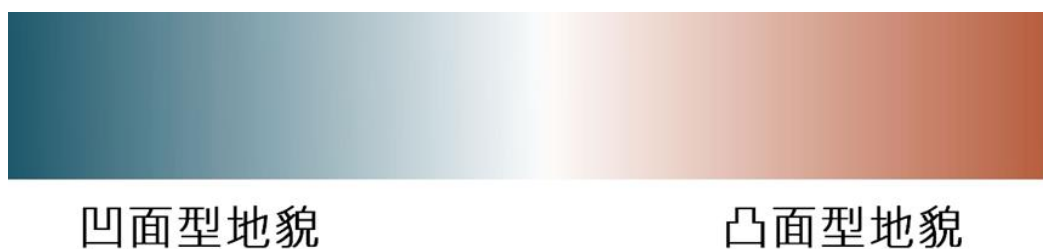


圖 4-4、CS 地圖色調層級。

第三節 CS 地圖製作

2017 年日本長野縣立林業研究中心(長野県林業総合センターが)開發出可應用於 QGIS 軟體與 ArcGIS 軟體中的外掛程式——CSMapMaker plugin([https :
//github.com/waigania13/CSMapMaker](https://github.com/waigania13/CSMapMaker))，並將安裝方法等操作
流程，展示於 G 空間情報中心網站([https :
//www.geospatial.jp/gp_front/csmap](https://www.geospatial.jp/gp_front/csmap))，提供使用者自由下載，且
可以直接在軟體中尋找與使用，即可利用 CSMapMaker 製作 CS 地
圖。

一、ArcGIS

(一)程式安裝

在 G 空間情報中心網站中可找到適用於 ArcGIS 的 CSMapMaker
外掛程式，如圖 4-5。下載壓縮檔案，並解壓縮。

 データセット
  カテゴリ

ArcGIS用CS立体図自動作成ソフト

CS立体図自動作成ソフトです。

ダウンロードには、ログインが必要です。

ライセンスは、CC-BY-ND（表示－改変禁止）です。

本ソフトは、ArcGIS上（10.0以上）でのみ稼働します。

データ



CSMapMaker ver. 1.0
 リンクの移動先からzip形式のファイルをダウンロードして
 適当なフォルダーに展開しArcCatalogから開いてくださ
 い。 CSMapMaker ver....

[詳細](#)

CS立体図

自動作成ソフト

追加情報

フィールド	値
作成者	森林総合研究所 大丸裕武
メンテナー	森林総合研究所 大丸裕武
バージョン	1.0
最終更新	2020年9月21日, 早上3点31分 (UTC+08:00)
作成日	2017年3月17日, 中午12点16分 (UTC+08:00)



国立研究開発法人
森林総合研究所
Forestry and Forest Products Research Institute

国立研究開発法人 森
 林総合研究所

森林は自然生態系の形成や農林水産業にとって重要であるだけでなく、自然災害に強い社会基盤や人類の生存に欠かせない地球環境を支えています。国立研究開発法人森林総合研究所の役割は、そのような森林・林業・木材産業に係わる研究開発と事業を通じて、科学技術、行政施策、社会経済活動、国際協力等へ貢献し、森林文化の醸成と循環型社会の形成に資することです。もっと読む

圖 4-5、ArcGIS 軟體之 CSMapper 於 G 空間情報中心下載位置。

CSMapMaker 檔案中包含 4 個文件夾、1 個 ArcGIS Toolbox 檔、1 個 Python 檔與一個簡易的操作過程教學說明，如圖 4-6。

名稱	修改日期	類型	大小
help	2021/3/9 上午 09:03	檔案資料夾	
kernel	2021/3/9 上午 10:22	檔案資料夾	
orgdem	2021/3/9 上午 09:12	檔案資料夾	
output	2021/3/9 上午 10:09	檔案資料夾	
symbol	2021/3/9 上午 09:03	檔案資料夾	
csmmap03b.py	2021/3/9 上午 09:03	Python File	5 KB
CsmapMaker.tbx	2021/3/9 上午 09:03	ArcGIS Toolbox	52 KB
manual.pptx	2021/3/9 上午 11:01	Microsoft Power...	686 KB

圖 4-6、CSMapMaker 檔案中所含安裝檔內容。

Step1：開啟 ArcGIS，在工作列的 ArcToolbox 位置按右鍵，點選
Add Toolbox，如圖 4- 7。

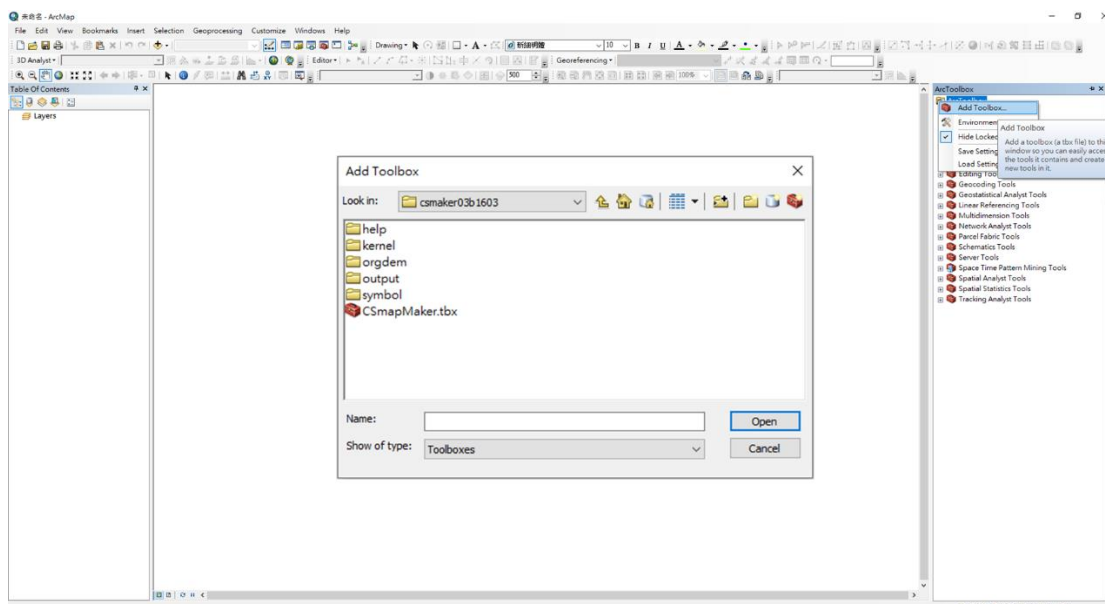


圖 4- 7、Add Toolbox 於 ArcGIS 介面。

Step2：找到 CSMapMaker 的 Toolbox 檔案並開啟，即可在 Arc
Toolbox 中使用 Produce raster layers for CS Map from DEM，
如圖 4- 8。

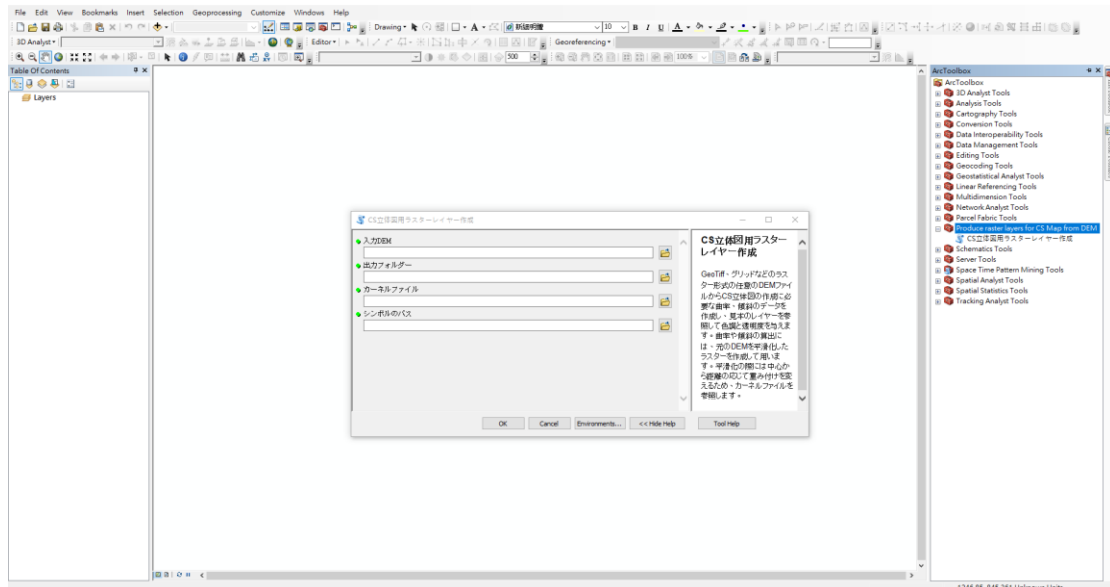


圖 4- 8、Produce raster layers for CS Map from DEM 於 ArcGIS 介面。

(二)介面說明

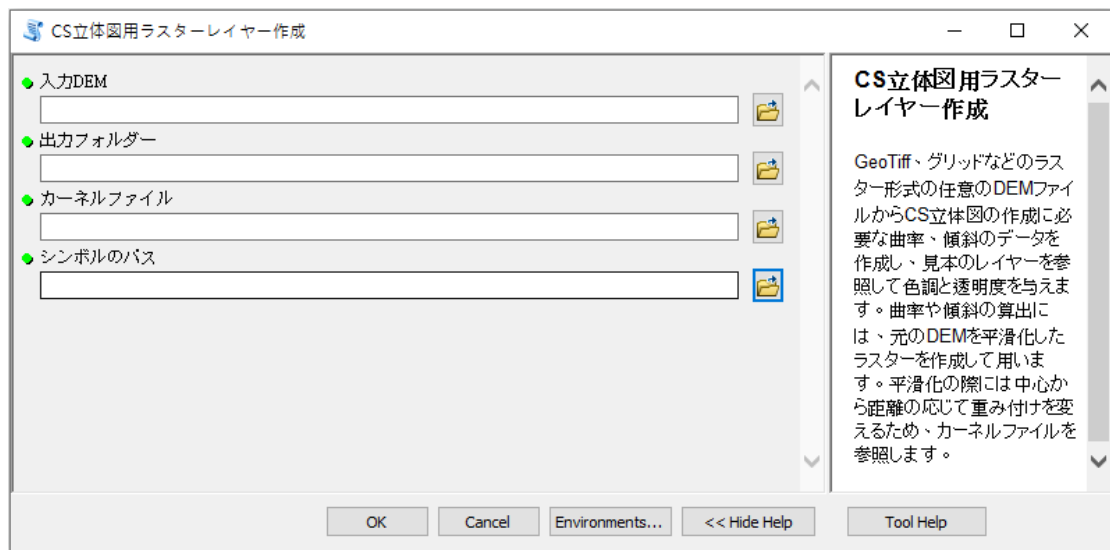


圖 4- 9、Produce raster layers for CS Map from DEM 操作介面。

(1)輸入 DEM：

將製作 CS 地圖所需的 DTM 檔案匯入製作 Toolbox 裡。

(2)輸出文件夾：

建立日期或設定製成 CS 地圖檔放置位置，方便查找匯出之圖資。

(3)內核文件：

設定原始 DEM 資料與中心點距離相對應的位置的權重值。可參考文件夾中的參考數值檔(kernel\gaus2503.txt)設定參數。

(4)符號路徑：

設定圖層檔.lyr 位置。

(三)建立單檔 CS 地圖之執行步驟

Step1：建立新 CS 地圖，如圖 4-10。依序輸入製作 CS 地圖所需之 DTM 檔案，並設定輸出文件夾位置與中心點權重值。最後設定圖層檔路徑，點選 OK 產製 CS 地圖所需之圖層。

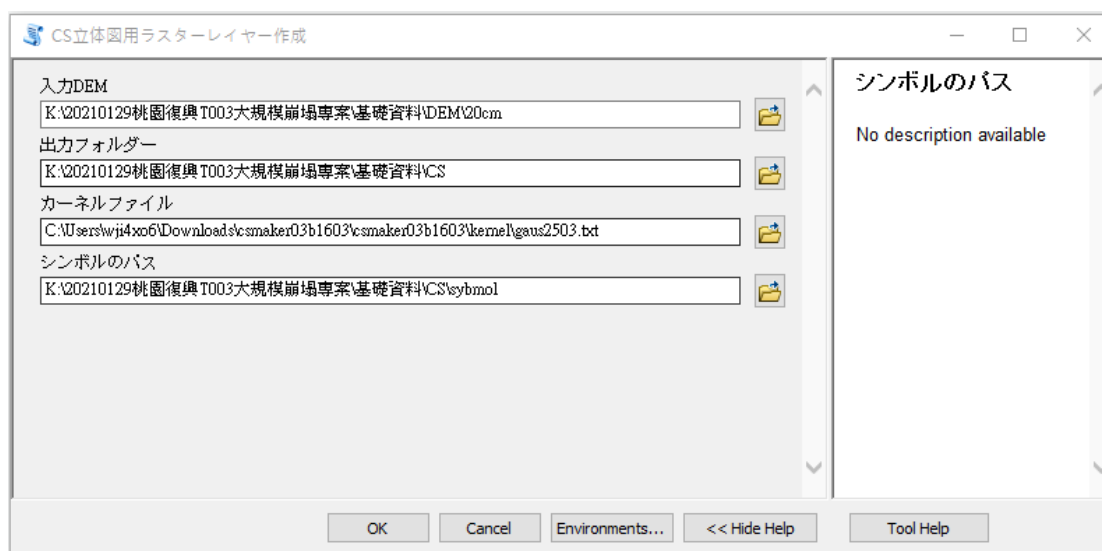


圖 4-10、CSMapMaker 製作頁面。

Step2：點選 OK 後，視窗將顯示 CS 地圖製作頁面，請靜待製作完成，如圖 4- 11。

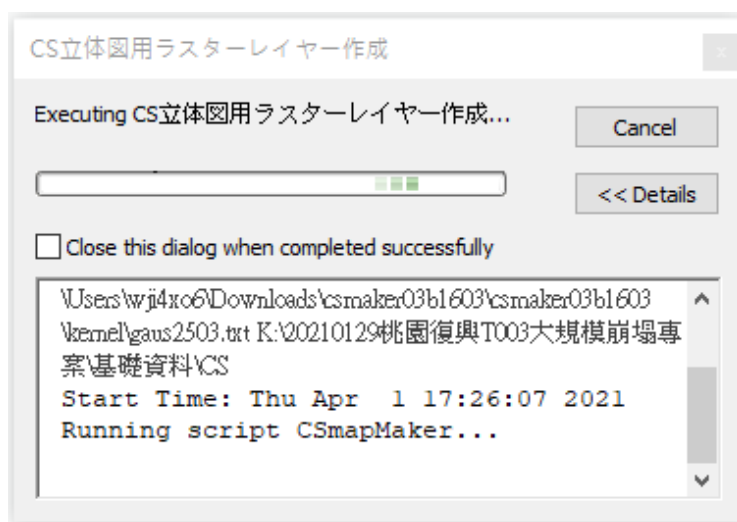


圖 4- 11、CSMapMaker 製作等待畫面。

Step3：製作完成後，出現產出完成提示視窗，如圖 4- 12。

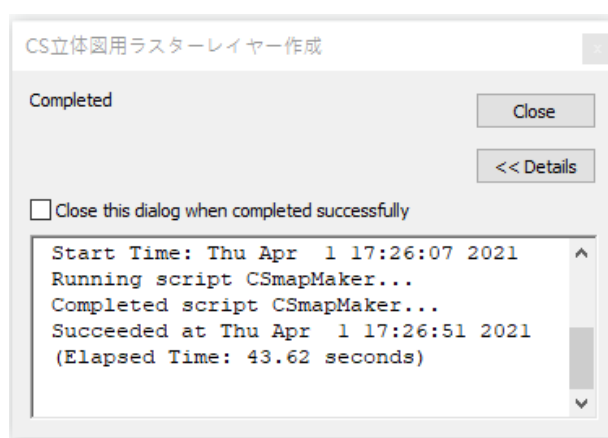


圖 4- 12、CSMapMaker 製作完成畫面。

Step4：圖層製作完成後，使用者即可開啟圖層所在的資料夾，並在 Layers 功能中，依照順序(1) dem.lyr、(2)curvature2.lyr、(3)slope2.lyr、(4)curvature1.lyr 與(5)slope1.lyr 置入圖層，如圖 4- 13。

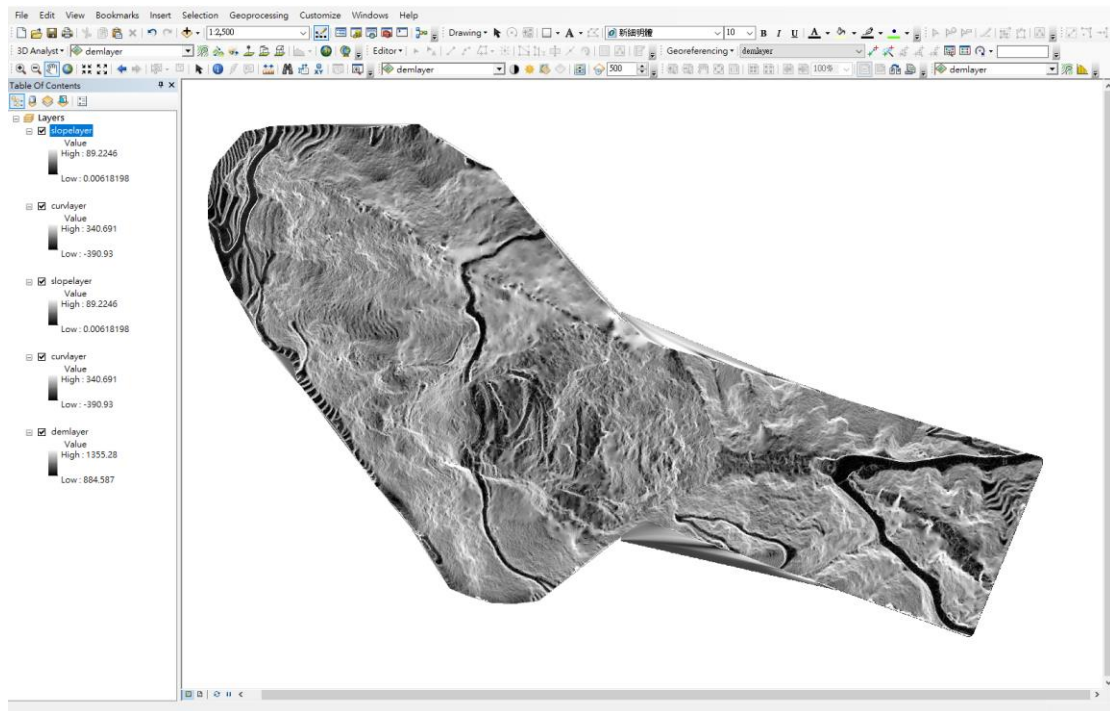


圖 4- 13、圖層在 Layers 疊置畫面。

由於 CSMapper 所產製圖層皆為預設配色-黑白底圖與未經透明化處理，因此須調整其配色與透明度，以利閱讀多圖層套疊後之成果。

Step5：在 Layers 功能中，點選色條，出現 Select Color Ramp 視窗，即可更改配色；透明度部分，於 Layers 功能中按右鍵點選 Properties，並切換至 Display 圖層屬性介面，在 Transparency 設定圖層的透明度。將各圖層依據 CS 地圖預設設定調整為對應之配色與透明度，預設設定如表 4- 1 所述，成果如圖 4- 14 及圖 4- 15。

表 4- 1、CS 地圖預設設定。

圖層	配色(高程高-低)	透明度%
Slope1.lyr	白-黑 	50%
Curvature1.lyr	藍(RGB：81,125,182)- 淺黃(RGB： 255,255,191)-紅(RGB： 214,47,39) 	50%
Slope2.lyr	白-咖啡(RGB： 171,65,36) 	50%
Curvature2.lyr	白-藍(RGB：47,104,145) 	50%
Dem.lyr	黑(RGB：10,10,10)-白 	0%

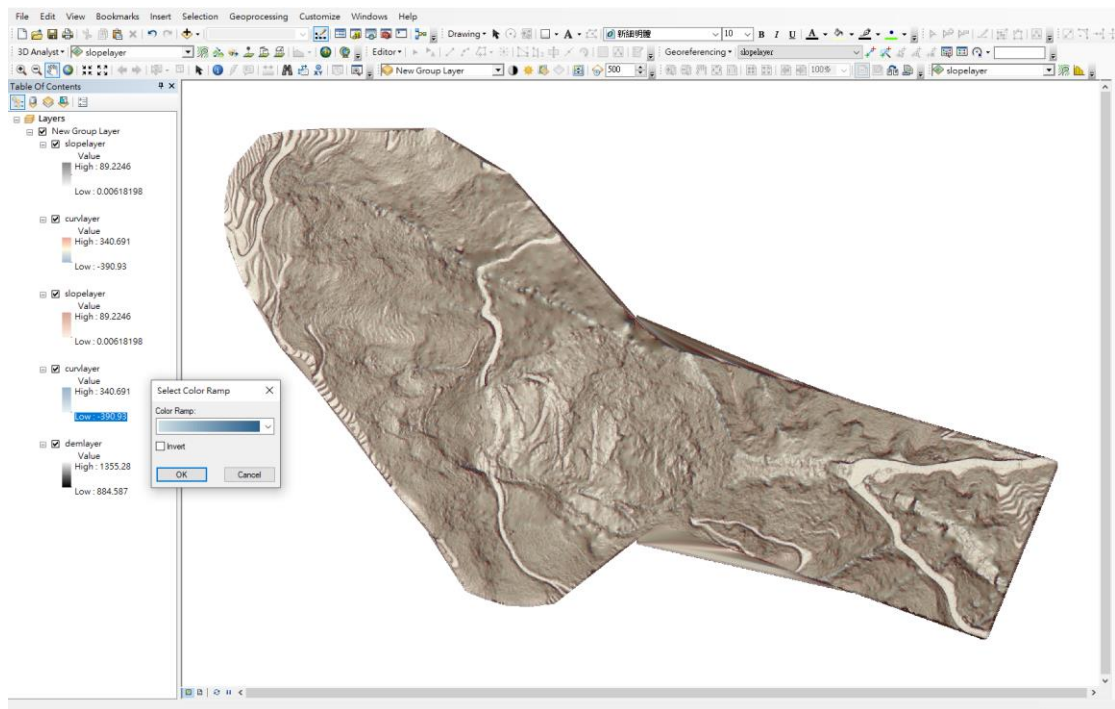


圖 4- 14、ArcGIS 配色調整設定介面。

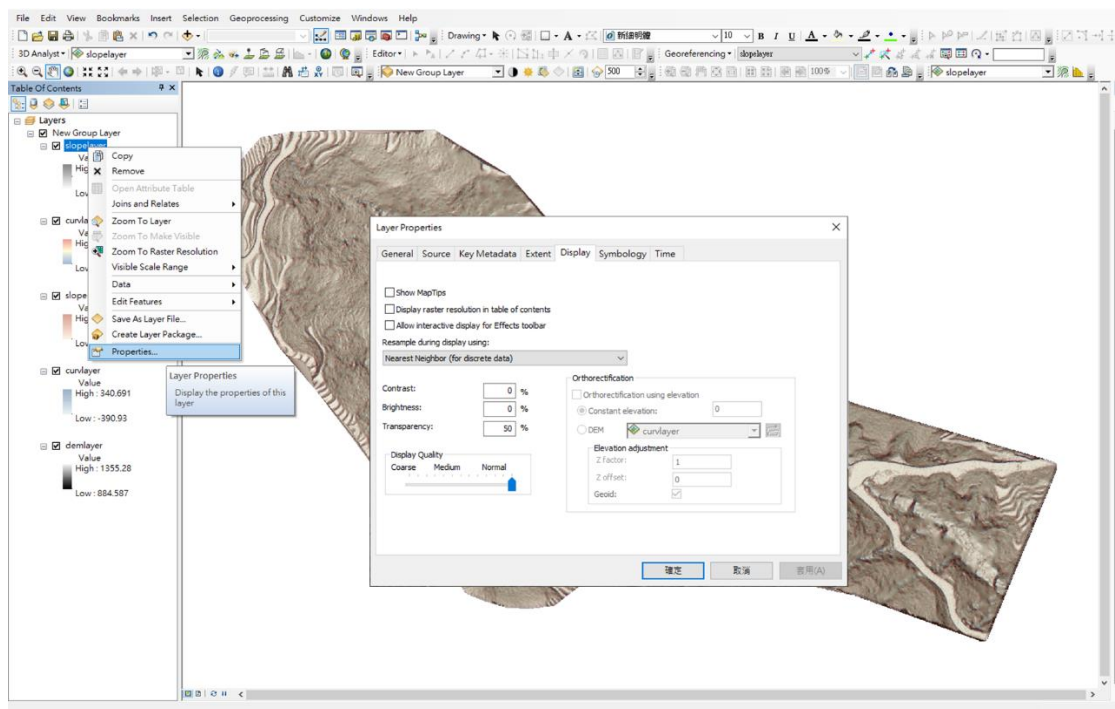


圖 4- 15、ArcGIS 透明度調整設定介面。

Step6：調整完各圖層配色及透明度後，同時選取 5 個圖層，並按右鍵，點選 Group，即可將全部圖層設為群組，如圖 4-16。

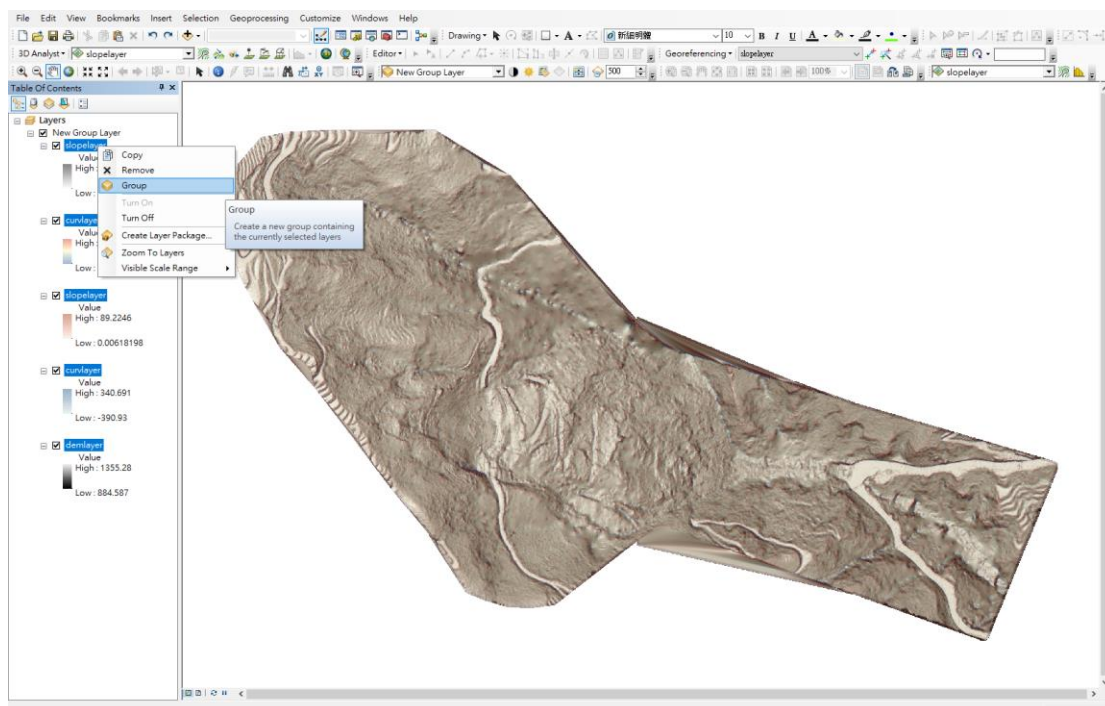


圖 4- 16、ArcGIS 群組化圖層介面。

Step7：在群組圖層位置按右鍵，點選 Save As Layer File，即可將群組圖層儲存於自行設定的文件夾中，如圖 4- 17。下次開啟 CS 地圖時，即可直接匯入群組圖層檔。

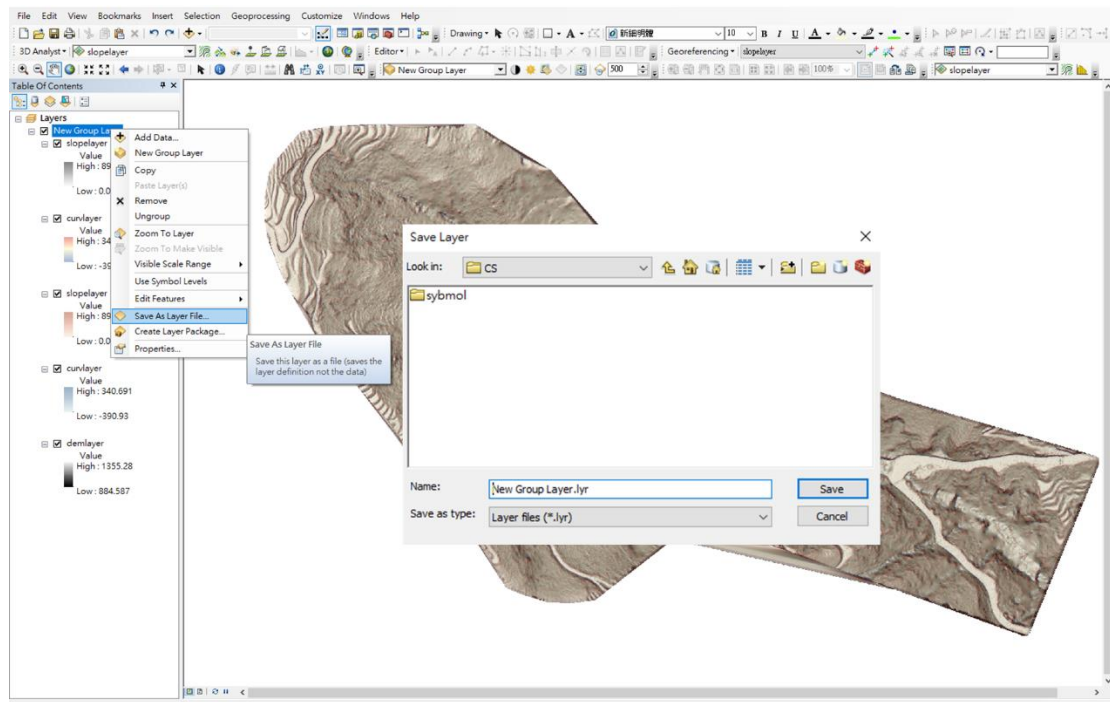


圖 4- 17、ArcGIS 儲存圖層檔介面。

二、QGIS

(一)程式安裝

在 G 空間情報中心網站裡可找到適用於 QGIS 的 CSMapMaker 外掛程式，如圖 4- 18。下載壓縮檔後，解壓縮檔案。

G空間情報センター

データセット / 組織 / カテゴリ / アプリ

CS立体図作成ツール (QGIS版)

フォロー

0

組織



長野県林業総合センター

長野県林業総合センターは、本県の森林・林業の試験研究及び林業の担い手養成機関として昭和36年に林業指導所として始まり、森林・林業に対する社会的な要請が多様化したことに対処するため昭和63年には機能を拡充強化し、林業総合センターに改組され今日に至っております。もっと読む

ライセンス

クリエイティブ・コモンズ 表示

データセット

カテゴリ

CS立体図作成ツール (QGIS版)

株式会社MIERUNE (<https://mierune.co.jp/>) の朝日孝輔氏が作成したCS立体図を作成するツールです。

CS立体図を作成するツールは、下記のリンク先から入手できます。

【注意】このツールは、初期設定では1mメッシュDEMの使用を想定したパラメータ設定になっています。他の解像度のDEMを使用する場合は適宜パラメータを調整するか、セルサイズを1mに変更してから実施してください。

データ

CS立体図作成 QGISプラグイン

QGISで、長野県林業総合センターが開発したCS立体図を作成するためのプラグインです ① zipでダウンロード ②...

詳細

CS立体

CS立体図作成

追加情報

フィールド	値
作成者	朝日孝輔
メンテナー	朝日孝輔
最終更新	2021年2月4日, 下午3点08分 (UTC+08:00)
作成日	2017年4月24日, 下午1点20分 (UTC+08:00)
データ品質	-
制約	-
データ作成日	2017/01/01
地理的範囲	全国

図 4- 18、QGIS 軟體之 CSMapMaker 於 G 空間情報中心下載位置。

Step1：開啟 QGIS，在工作列中點選 Plugins 功能，並於 Plugins 中尋找 CSMapMaker，點選進行安裝，如圖 4- 19。

67

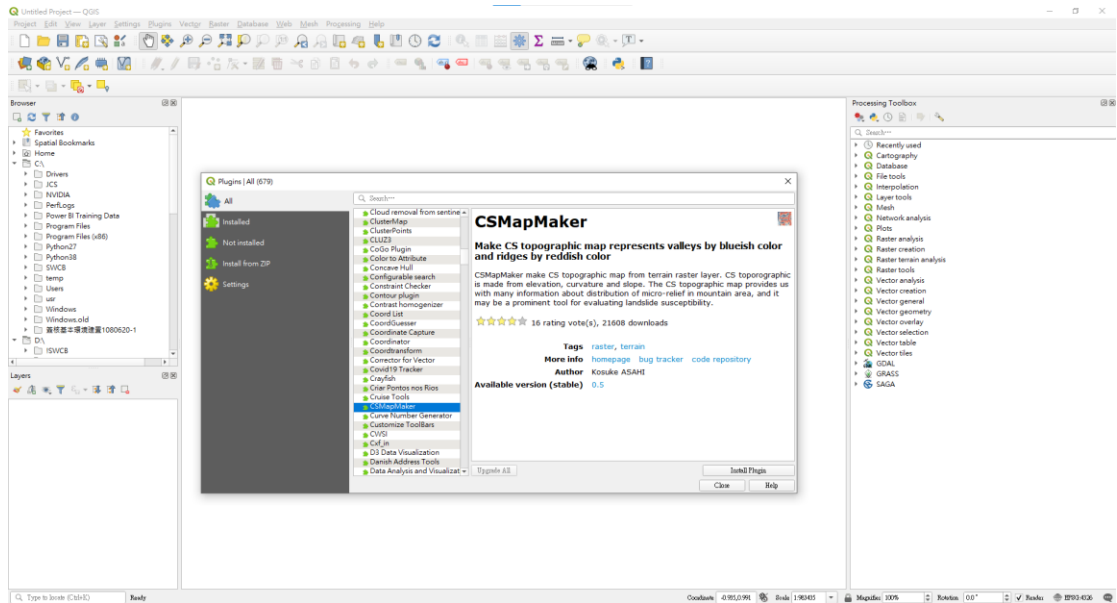


圖 4- 19、Plugins 功能於 QGIS 介面。

Step2：安裝完成後，即可在工作列裡看到 CSMapMaker 外掛程式，並使用其製作 CS 地圖，如圖 4- 20。

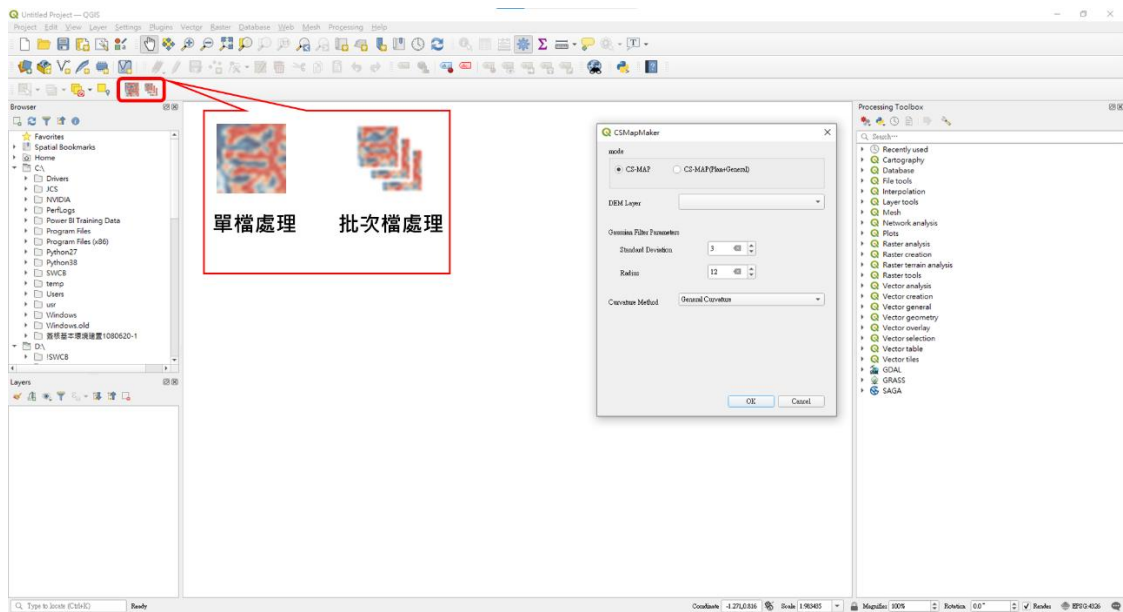


圖 4- 20、CSMapMaker 於 QGIS 介面。

(二)介面說明

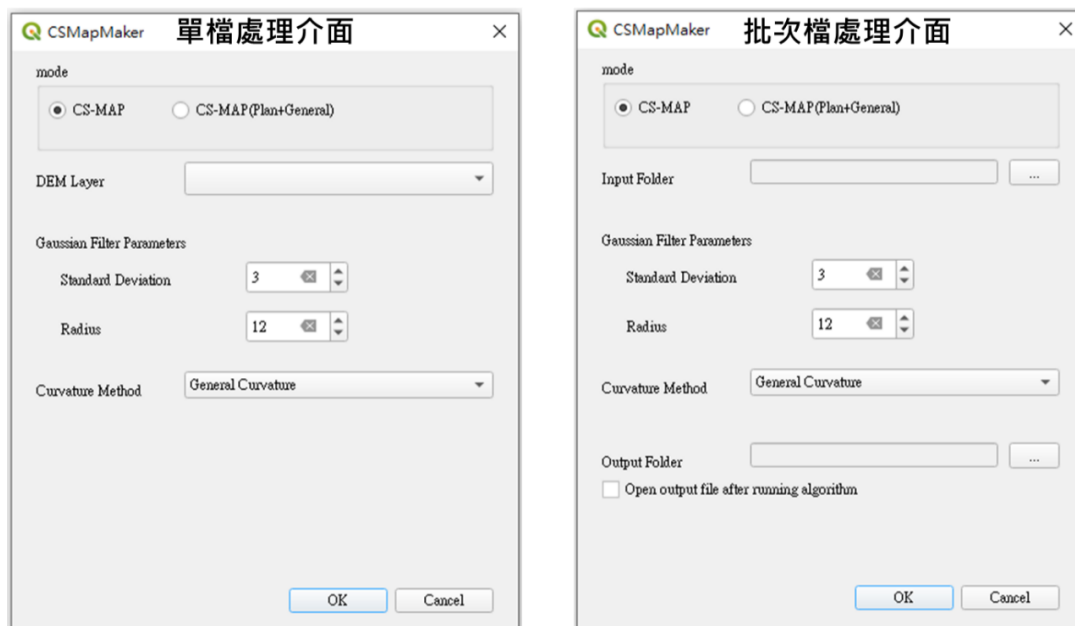


圖 4- 21、CSMapMaker 操作介面。

(1)Mode：

選擇欲建立的 CS 地圖模式。CS-MAP 模式可選擇曲率種類；CS-MAP(Plan+General)僅平面曲率加一般曲率。

(2)DEM Layer：

將製作 CS 地圖所需的 DEM 檔案匯入 CSMapMaker。

(3)Gaussian Filter Parameters：

設定高斯率波參數-Standard Deviation(標準偏差)與 Radius(半徑)。

Standard Deviation：代表資料的離散程度。若標準偏差較小，生成模板的中心係數較大，而周圍係數較小，對影像的平滑效果就

不明顯。

Radius：周邊像素模糊值。若模糊半徑越大，影像越模糊。

(4) Curvature Method：

選擇曲率計算方法。

(5) Output Folder：

在批次處理介面建立輸出檔放置位置，可勾選在批次檔轉換結束時，是否開啟文件夾。

(三)建立 CS 地圖之執行步驟：

Step1：建立新的 CS 地圖，如圖 4-22。選取欲繪製的 CS 地圖模式，匯入 DEM 檔案，並設定高斯率波參數值。最後選擇地形曲率計算方式，即可點選 OK 產製 CS 地圖。

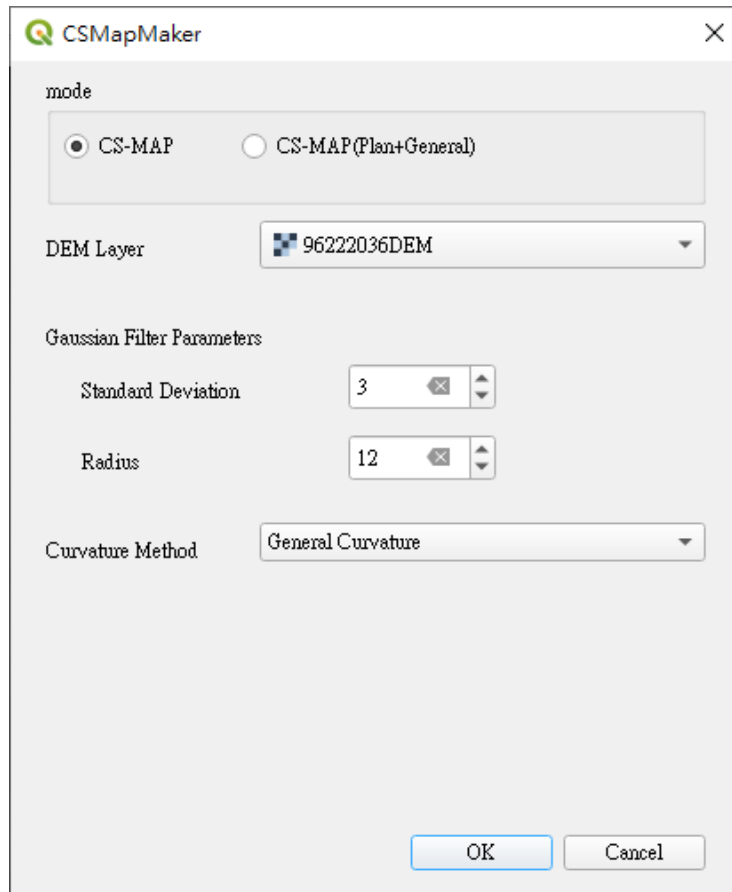


圖 4- 22、CSMapMaker 製作頁面。

Step2：點選 OK 後，進入 CS 地圖製作頁面，請靜待製作完成，

如圖 4- 23。

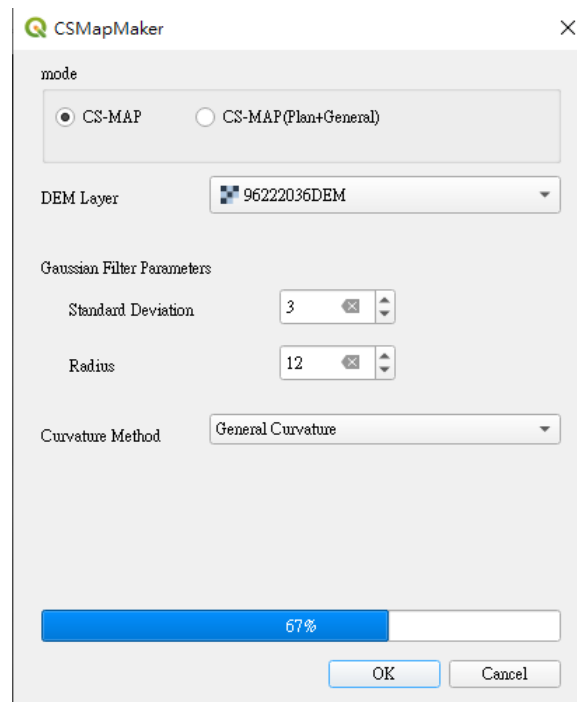


圖 4- 23、CSMapMaker 製作等待畫面。

Step3: 製作完成後，會自動產出圖層於 QGIS 介面上，可直接檢視製成之 CS 地圖圖層，如圖 4- 24。

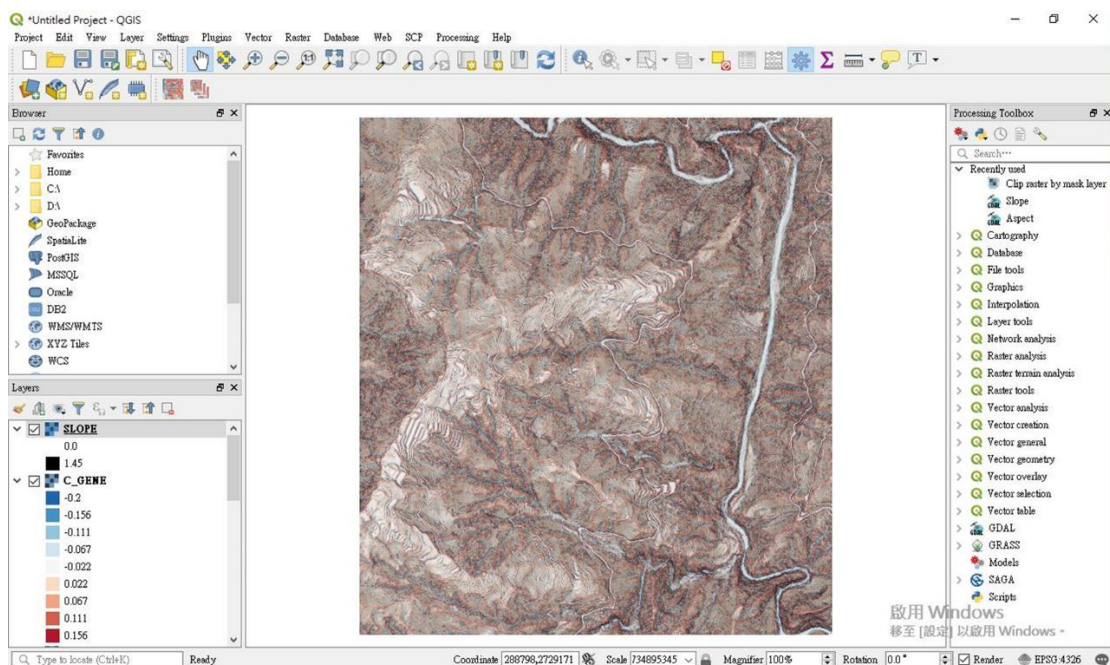


圖 4- 24、圖層在 QGIS 介面疊置畫面。

由於 CSMapper 在 QGIS 上產製的 CS 地圖圖層，已調整完配色與透明度，無須再進行調整。

Step4：全選所有圖層，並按右鍵，點選 Group Selected，即可將全部圖層設為群組，如圖 4- 25。

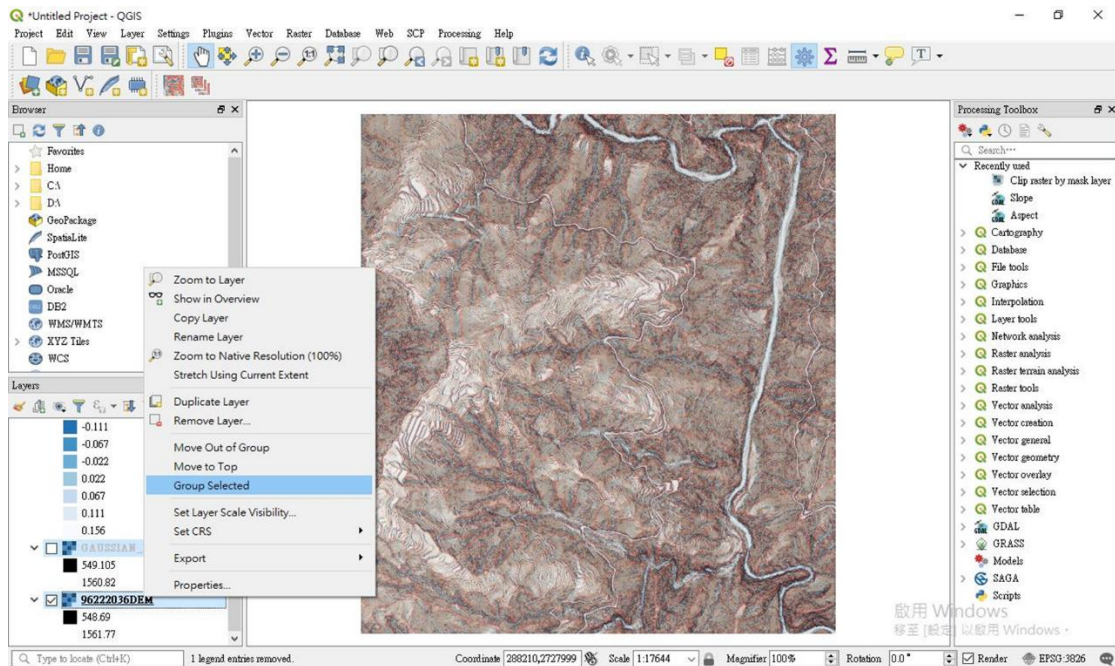


圖 4- 25、QGIS 群組化圖層介面。

Step5：在群組圖層位置按右鍵，點選 Save as Layer Definition File，

即可將群組圖層儲存於自行設定的文件夾中，如圖 4- 26。

再次開啟該圖層檔時，即可直接匯入完整的 CS 地圖。

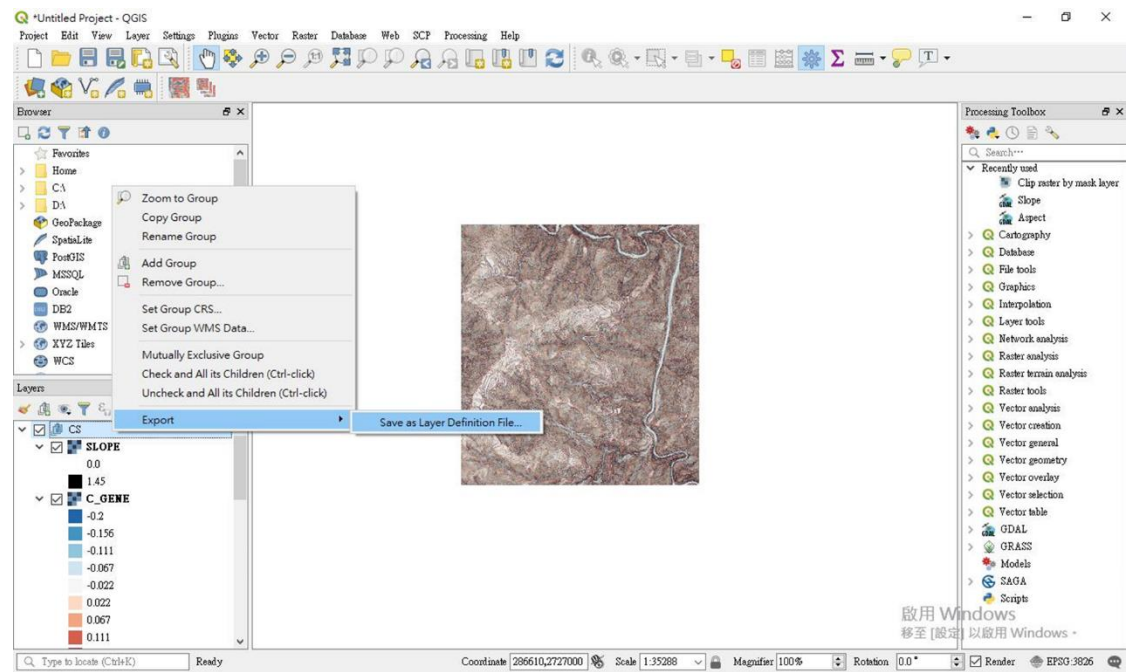


圖 4- 26、QGIS 儲存圖層檔介面。

第五章 高精度數值立體地形圖應用於地形地貌判釋

第一節 崩塌地判釋

一、崩塌定義及成因

美國地質調查局（United States Geological Survey, USGS）定義崩塌(Landslide)為坡面上的岩石或土壤因為受到重力作用的影響，而往下滑移的現象。

崩塌可視為一種自然現象，而其發生原因可分為自然及人為兩大因子，自然因子為可能造成坡地災害的自然條件或環境，如地形、地質、氣象、地下水等，人為因子則為人為的開墾或開發所帶來的水土流失。當不利的因子出現時，將增加致災的風險。若崩塌現象威脅到人身安全、財產、公共設施之安全時，即形成具危害的坡地災害。

二、崩塌分類

Varnes(1978) 依照崩塌運動的方式(type of movement)及材料的種類(type of material)兩項因素做分類的標準，其中崩塌運動的方式分為墜落(falls)、傾覆(topples)、滑動(slides)、側滑(lateral spreads)及流動(flow)與具有兩種以上運動方式的複合型運動 (complex slope movement)等六大類型(表 5- 1)。

表 5- 1、崩塌分類表。(Varnes, 1978)

運動方式 Type of movement		材料種類 Type of material		
		基岩 Bedrocks	工程土壤 Engineering Soils	
			粗粒為主 Predominantly coarse	細粒為主 Predominantly fine
墜落 Falls		岩石墜落 Rock Fall	岩屑墜落 Debris Fall	土墜落 Earth Fall
傾覆 Topples		岩石傾覆 Rock Topple	岩屑傾覆 Debris Topple	土傾覆 Earth Topple
滑動 Slides	轉動 Rotational	岩石崩移 Rock Slump	岩屑崩移 Debris Slump	土崩移 Earth Slump
	移動 Translational	岩體滑動 Rock Block Slide	岩屑塊滑移 Debris Block Slide	土塊滑移Earth Block Slide
		岩石滑動 Rock Slide	岩屑側滑 Debris Slide	土側滑 Earth Slide
側滑 Lateral Spreads		岩石側滑 Rock Spread	岩屑側滑 Debris Spread	土側滑 Earth Spread
流動 Flows		岩石流動 Rock Flow (deep creep)	岩屑流動 Debris Flow	土流動 Earth Flow
			(Soil creep)	
複合型運動 Complex		複合兩種或以上之運動 Combination of two or more principal types of movement		

國內方面，水土保持局(1992)依防災需求，將崩塌類型依運動型態分為山崩(註：現已於水土保持技術規範中統稱為崩塌)、地滑、土石流等三類。經濟部中央地質調查所(2008)參考 Varnes(1978)的崩塌分類，依據運動型態及移動物質類別，將崩塌分為落石、岩屑崩滑、岩體滑動與土石流等四類，並分別給予定義，如表 5- 2 所示。

表 5-2、國內常見崩塌分類表。(經濟部中央地質調查所與青山工程顧問股份有限公司，2018)

		經濟部中央地質調查所		行政院農業委員會水土保持局				
運動型態		移動物質		-				
		基岩	工程土壤					
			岩屑			土壤		
墜落		落石	岩屑崩滑			山崩 (崩落、崩坍、崩壞)		
傾覆						(崩落、崩坍、崩壞)		
滑動	平面型	岩體滑動				地滑 (岩盤型、風化層型、崩積型)		
	楔型							
	圓弧型							
側滑								
流動		-	土石流			土石流		

由於邊坡發生崩塌所產生之土方量體規模、滑動面積與崩塌滑動面深度不同，依據規模與所產生之土方量體可分為大規模崩塌或中等規模崩塌(經濟部中央地質調查所等，2017)。日本國土交通省砂防部依據崩塌滑動面深度不同，分為淺層崩塌與深層崩塌。

國家災害防救科技中心定義大規模崩塌潛勢區位之必要條件為崩塌面積超過 10 公頃、土方量達十萬立方米或崩塌深度在 10 公尺以上，且坡面上具有大規模崩塌破壞之微地形特徵。

三、地形特徵判釋

過去在進行崩塌地現地調查時，因潛在大規模崩塌區位面積甚大、內部崩塌常存在不同活動性之崩塌區位，且常有地形陡峭、人力與交通不可及等因素，而難以對邊坡進行完整的細部調查。近年來，國內相關單位透過航遙測技術，利用航空載具所拍攝之影像與產製成數值地形，進行大規模崩塌潛勢發生位置之判讀與細部崩塌地形判釋，已具初步成效。因此，在進行現地調查前，需進行崩塌細部特徵影像判釋，以事先瞭解崩塌地形特徵與崩塌區位附近的地形環境。

潛在大規模崩塌發生滑動破壞前，會經過很長的孕育發展，且在滑動過程中，地表上會產生一些細微的地形特徵，成為研判潛在大規模崩塌的重要判釋依據。主要的崩塌地形可分為冠部、陷落區(滑動體)、隆起區和河谷型態，細微的地形特徵有冠部裂縫、冠部崩崖、主崩崖、子崩崖、側邊崩崖、侵蝕崖、侵蝕溝、反向坡、多重山脊、陷溝、河道侵蝕、坡趾隆起等等(Varnes, 1978；Agliardi et al., 2001；千木良雅弘, 2011)，如圖 5-1 及圖 5-2。

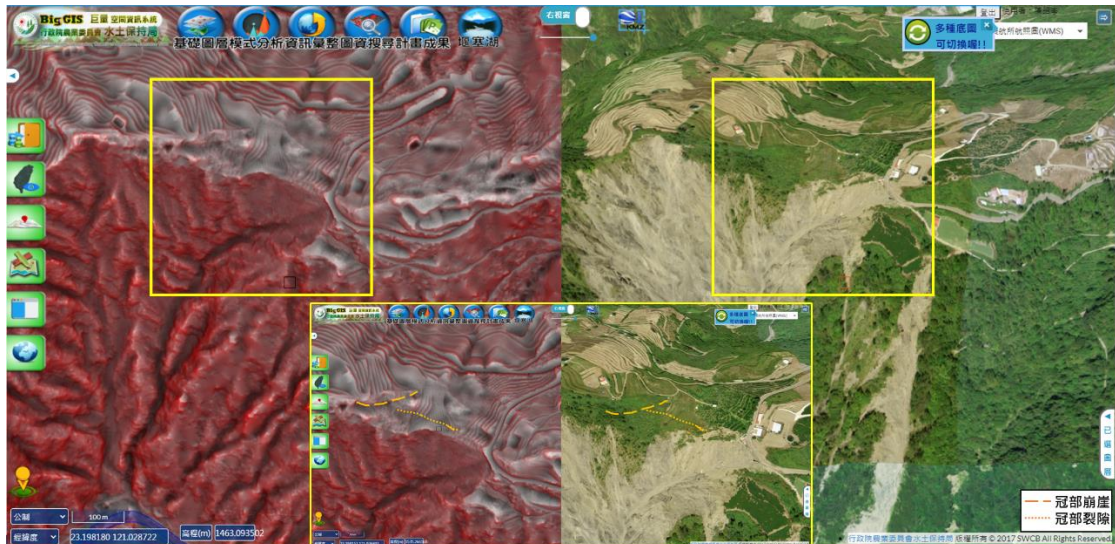


圖 5- 3、崩塌冠部特徵。(崩塌地坐標：23.198863 121.026659)

台灣為多山環境，然高山地區仍有居民居住，亦有許多果園、茶園、梯田、建物等人為設施及建物，改變自然地形，如圖 5- 4，造成許多冠部特徵不易判釋。

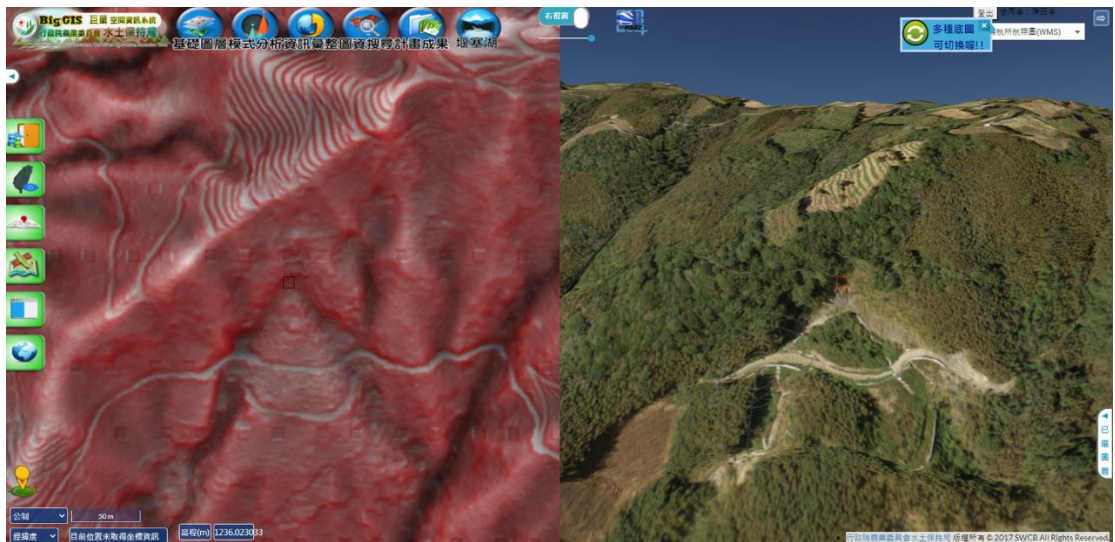


圖 5- 4、崩塌冠部地形遭人為改變。(崩塌地坐標： 24.658238 121.391196)

(二)陷落區(滑動體)：

為大規模崩塌主要材料來源，通常地形上會發育成畚箕狀的凹陷地貌，滑動體鄰近坡頂處常呈現下陷的地形，坡腹中段呈現緩坡狀，坡腹下段則呈隆起地形。內部主要線型地形有崩崖與裂隙等地貌，主要崩塌構造則有侵蝕溝、反向坡、多重山脊與陷溝等地貌。

1.崩崖：外型呈馬蹄狀之崖坡，依據其發育位置又可分為主崩崖、子崩崖與側邊崩崖。

(1)主崩崖為大規模崩塌最主要的滑動面，是主要判釋的地形特徵之一，如圖 5-5。

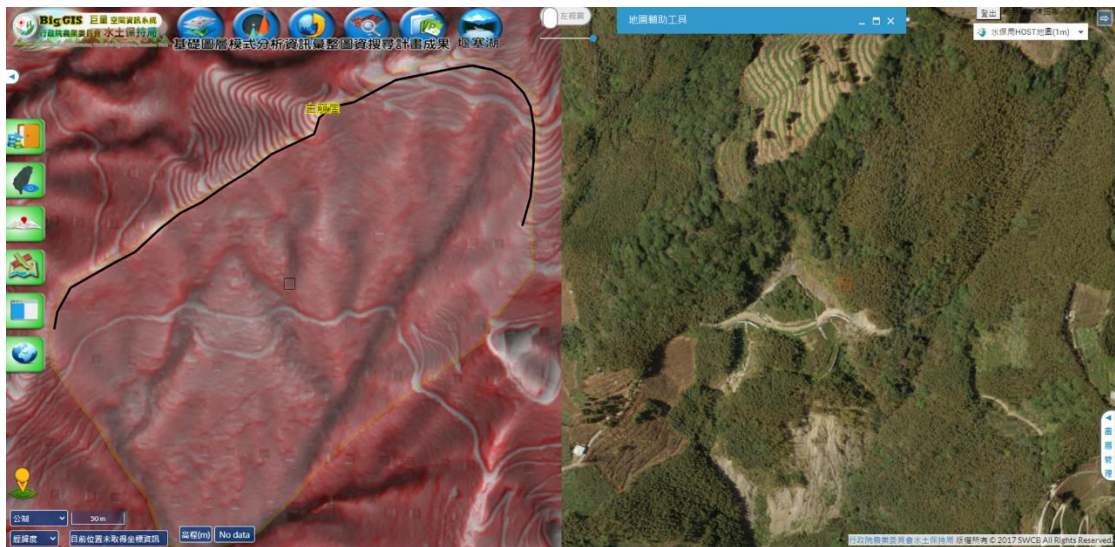


圖 5-5、主崩崖特徵(黑線)。

(2)子崩崖為大規模崩塌滑動體內部之崩崖，主要為舊崩崖。若滑動體內部存在許多子崩崖，使坡面上的地貌呈現階梯狀，並會以階層的方式進行分類，如圖 5-6。其中，第一階子崩崖對應滑動體內部最

上方且包含其他階子崩崖區位，其餘滑動體內部所發育的其他小崩塌滑動體，再將其細分為第二階子崩崖、第三階子崩崖等。

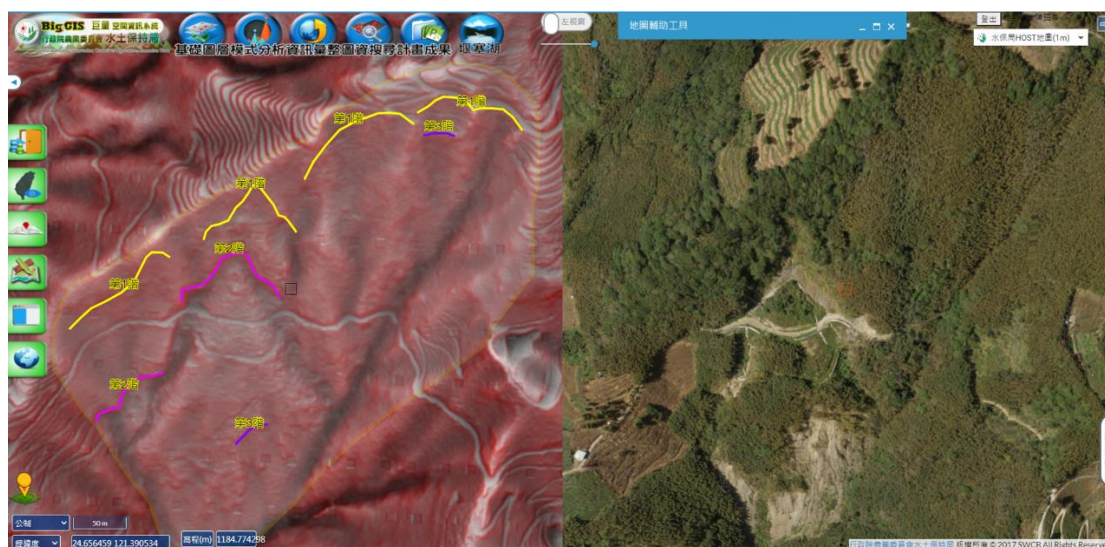


圖 5-6、子崩崖特徵(黃線-第一階子崩崖；紫線-第二階子崩崖；橘線-第三階子崩崖)。

(3)侵蝕崖為若崩崖的發育是由侵蝕溝侵蝕所造成地形上有較大落差者，如圖 5-7。

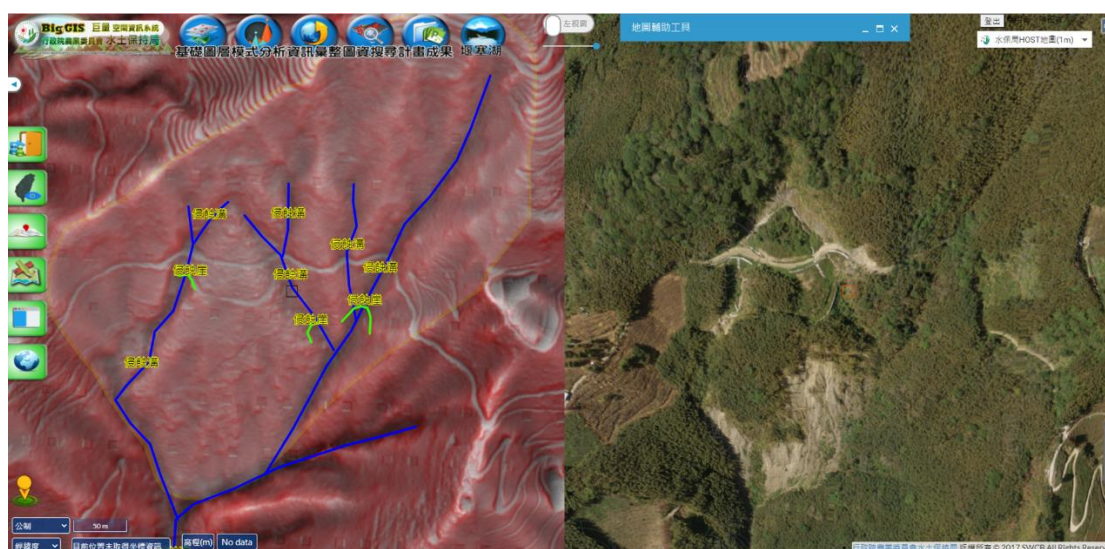


圖 5-7、侵蝕崖特徵(綠線)。

(4)側邊崩崖為潛在大規模崩塌滑動體與圍岩產生剪切破壞的位置，常位於大規模崩塌區的左右兩側，如圖 5-8。

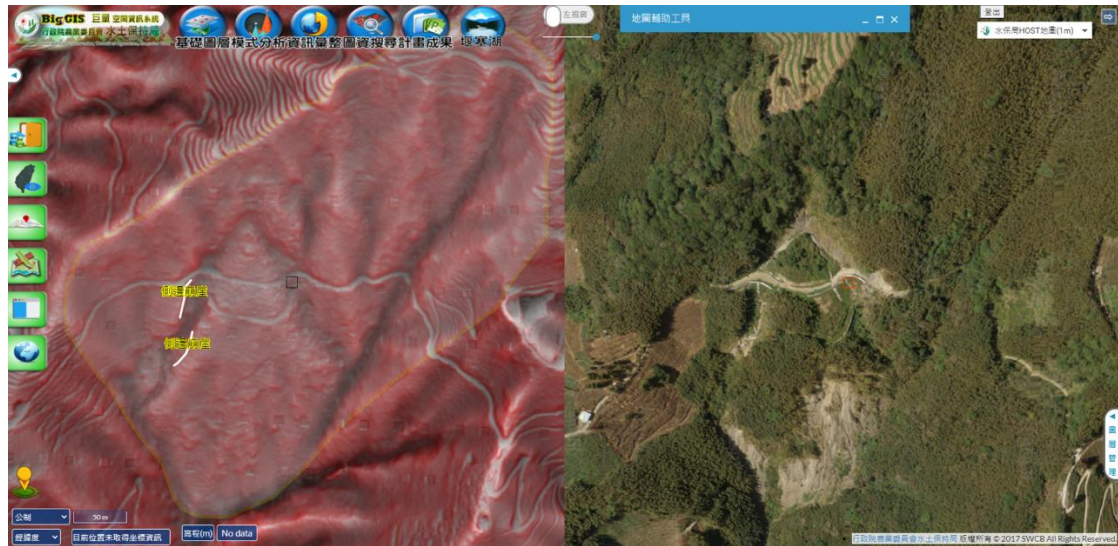


圖 5-8、側邊崩崖特徵(白線)。

2.裂隙(裂縫)：為崩崖發育之前期，若坡面產生拉張應力，便容易發育裂隙，如圖 5-9。若裂隙持續擴大或發育較大落差，則形成崩崖地形。

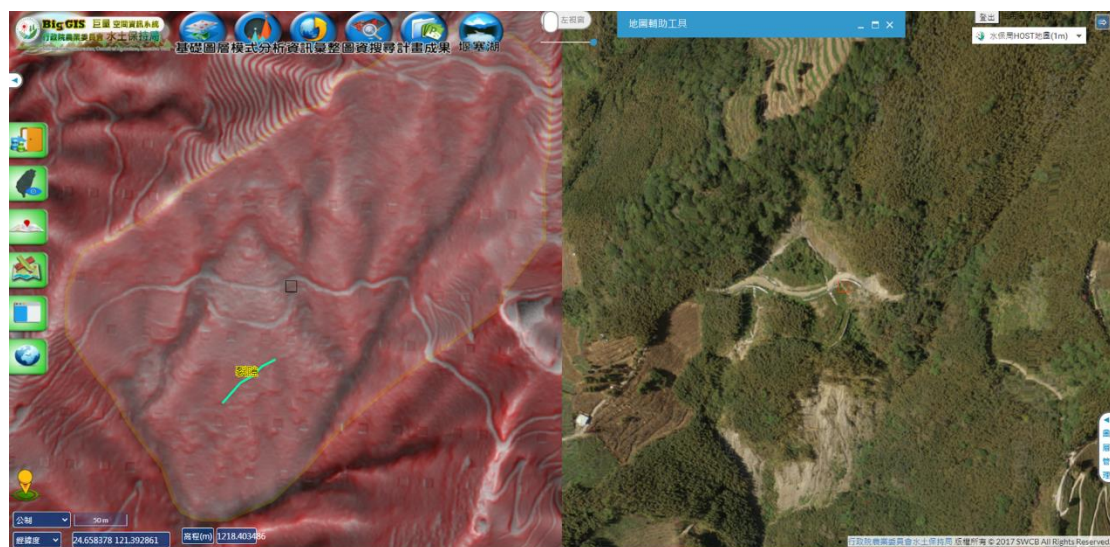


圖 5-9、裂隙特徵(藍綠線)。

3.侵蝕溝：為崩塌滑動體內部水系在地表流動所形成的地形，如圖 5-10。若滑動體內部岩層嚴重破碎且坡面水系密度較周圍坡面低，因地表水快速入滲到岩盤，造成地表容易沖蝕而發育形成侵蝕溝地形。若侵蝕溝源頭朝主崩崖方向持續發育，常形成雙溝同源的地貌特徵。

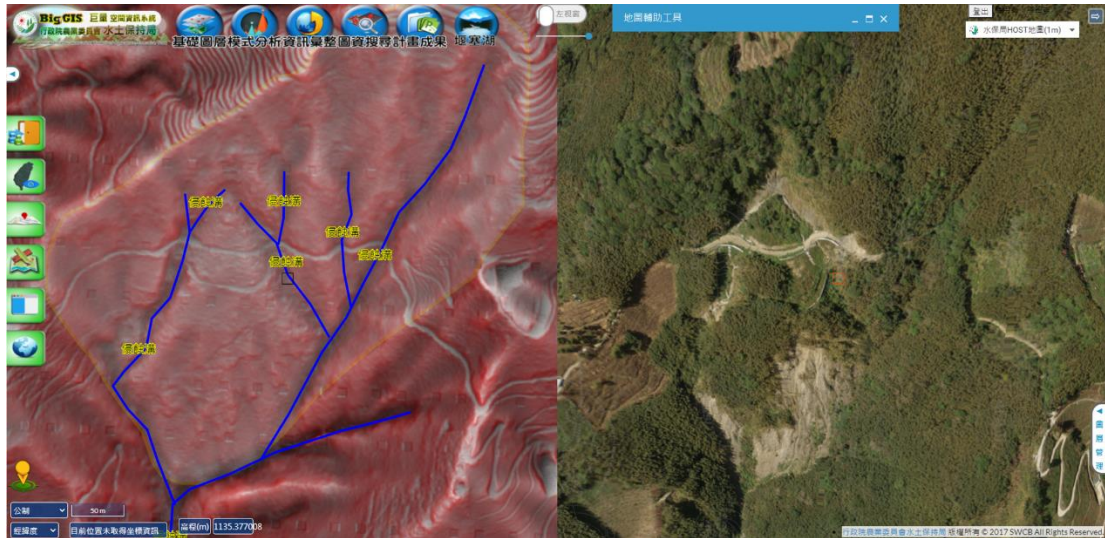


圖 5-10、侵蝕溝特徵(藍線)。圖中位於坡頂處已有形成雙溝同源的地貌特徵。

由於坡面上的水系分佈間接反映崩塌區位在地表下的裂隙情形、表面材料抗侵蝕能力與崩塌地形演育等現象，因此藉由高精度數值地形判釋坡面侵蝕溝分佈、長度及密度等資訊，可推測地表水與地表作用之關係。

4.多重山脊：為崩塌滑動體因移動及旋轉，導致坡面反轉而形成另一道山脊線，如圖 5-11。此為舊有崩塌滑動而產生的地形特徵，表示早期已有滑動跡象。

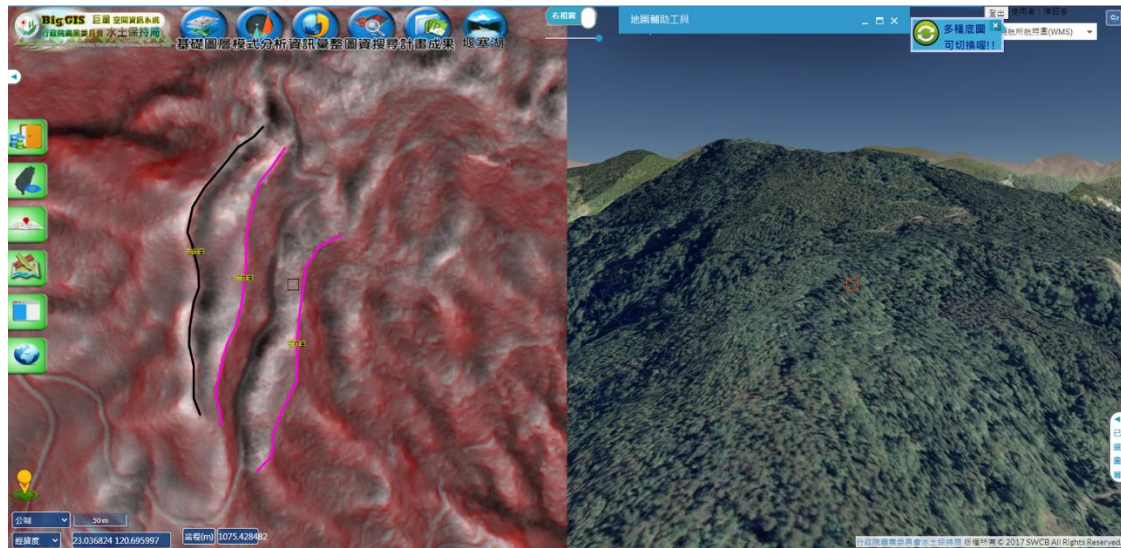


圖 5- 11、多重山脊特徵(黑線為主崩崖、粉色線為子崩崖)。(崩塌地坐標： 23.035191 120.694545)

5.反向坡：為多重山脊上面朝主崩崖之坡面，如圖 5- 12。

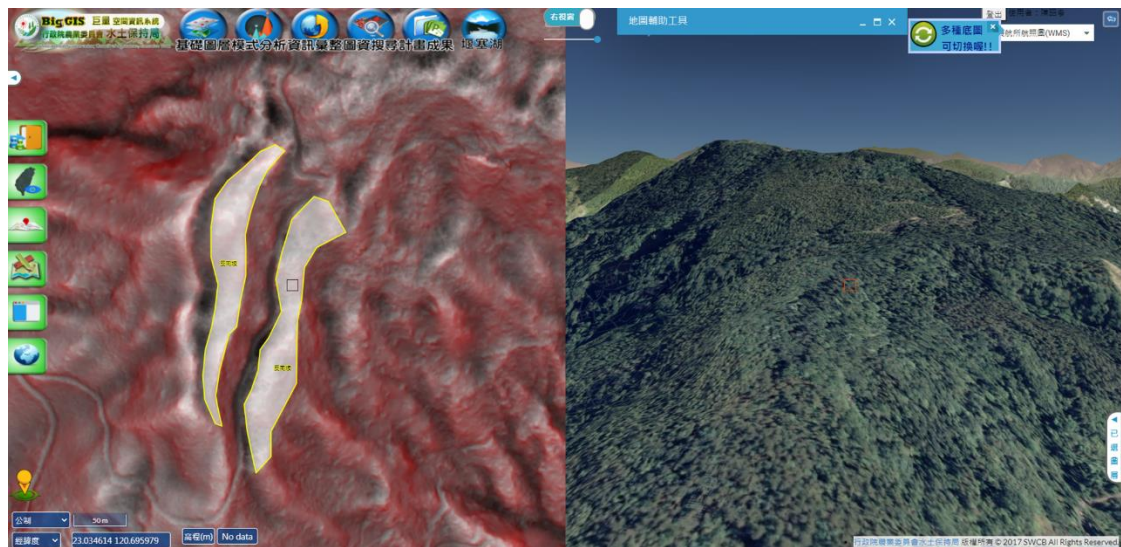


圖 5- 12、反向坡特徵(黃色面積圈選處)。

6.陷溝：為崩塌滑動體與多重山脊之間的凹陷地形谷，圖 5-13。

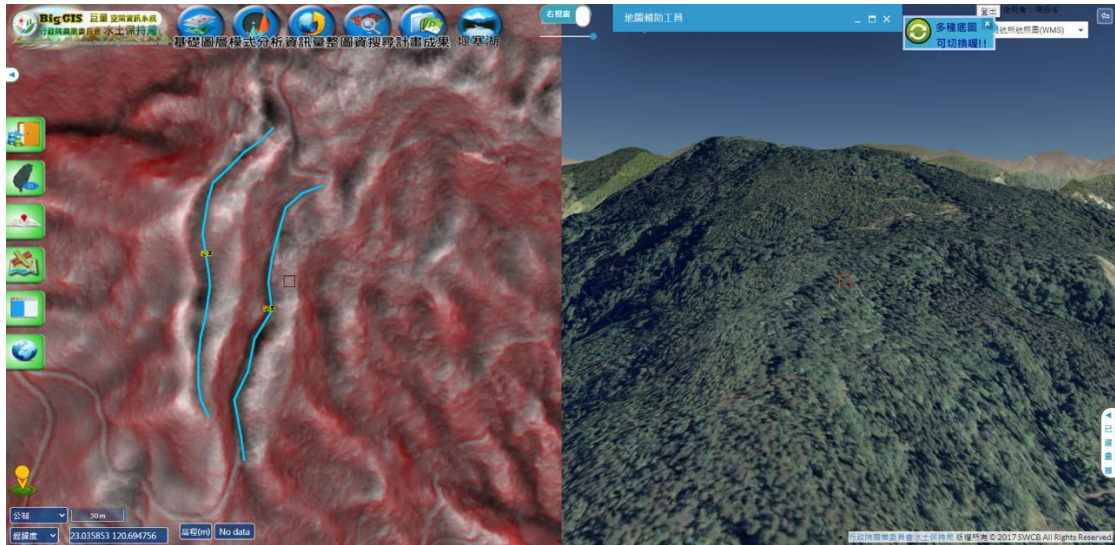


圖 5-13、陷溝特徵(淺藍色線)。

(三)隆起區：

為大規模崩塌趾部變形帶或崩塌堆積區。由於趾部變形帶主要應力狀態為壓應力，因此崩塌體內可見，岩盤破碎變形。

坡趾隆起： 為大規模崩塌材料堆積區，如圖 5-14，在地形上呈現隆起狀。若趾部因崩塌擠壓而突出河道，會使河道變窄或異常轉折。

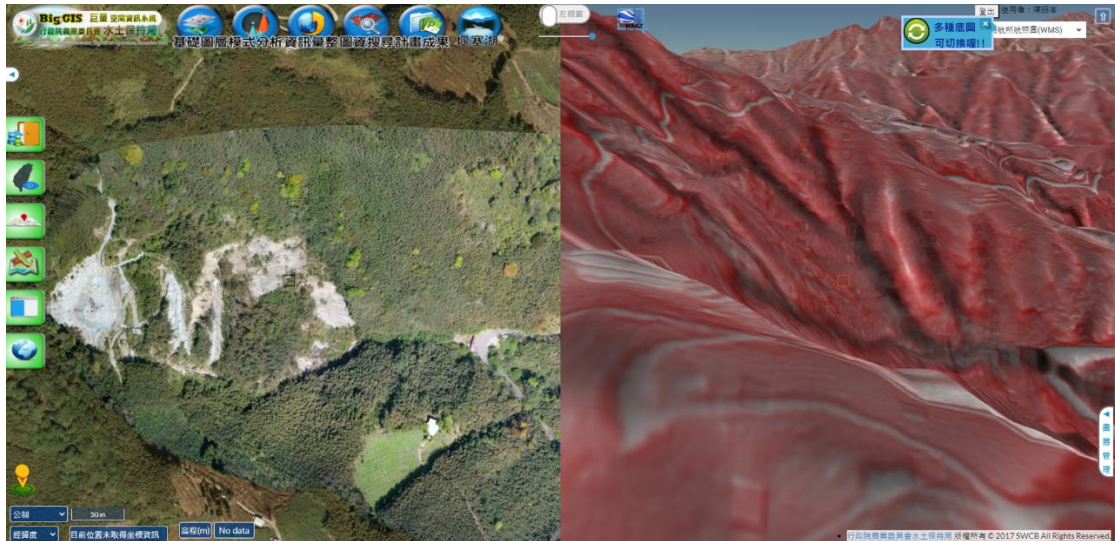


圖 5- 14、趾部隆起特徵。

四、現地調查檢核

雖然藉由航遙測技術，所提供的高精度、高解析度數值地形，可清楚展現細微的地形起伏特徵，協助進行地形判釋，對於關注地區的環境可事先了解其地形、地質等環境狀態。

然現地調查的目的為取得現場資料及蒐集相關環境資料(岩性、地層位態等地質數據)，透過室內進行地形及圖資的判釋，能夠使後續進行現地調查時，可縮短其調查時間與更了解所需調查的對象所在區位，且可進一步檢核與比對地形判釋成果。

對於潛在大規模崩塌潛勢區是否有活動徵兆，透過現地調查是最為直接與必要的檢核方式。若擋土牆、道路或結構物等人工建物中，出現方向一致、具連貫性的裂縫，則可能反映崩塌的前兆與範圍，配

合影像或地形判釋的圖資，可清楚界定崩塌的範圍。若在現地調查時，發現裂縫重複出現或有持續擴大的現象，則顯示該邊坡近期應具較高活動性。

以桃園復興區光華地區之大規模崩塌潛勢區 T002(簡稱 T002)為例，現地調查結果顯示，大規模崩塌潛勢區內有現生崩塌地，如圖 5-15，且可見邊坡護坡工程已有破壞且持續擴大的情形產生，如圖 5-16，顯示此區大規模崩塌活動性非常活躍。



圖 5-15、T002 之現生崩塌地。



圖 5- 16、邊坡護坡工程已壞損。(拍攝日期 2021/03/08，拍攝方位角 180 度)

崩塌冠部受人為開發影響，已被開墾為等高線梯田，因此現場冠部非為自然地形，未見崩塌冠部特徵，如圖 5- 17。



圖 5-17、崩塌地冠部已被開墾為等高線梯田。(拍攝日期 2021/02/23，
拍攝方位角 315 度)

主崩崖亦受人為開發影響，多數地區已被開墾用於種植蔬菜或果園，未見崩塌裸露地，然主崩崖邊界上邊坡擋土牆與道路上有裂縫產生，開口約 1~3 公分，如圖 5-18。

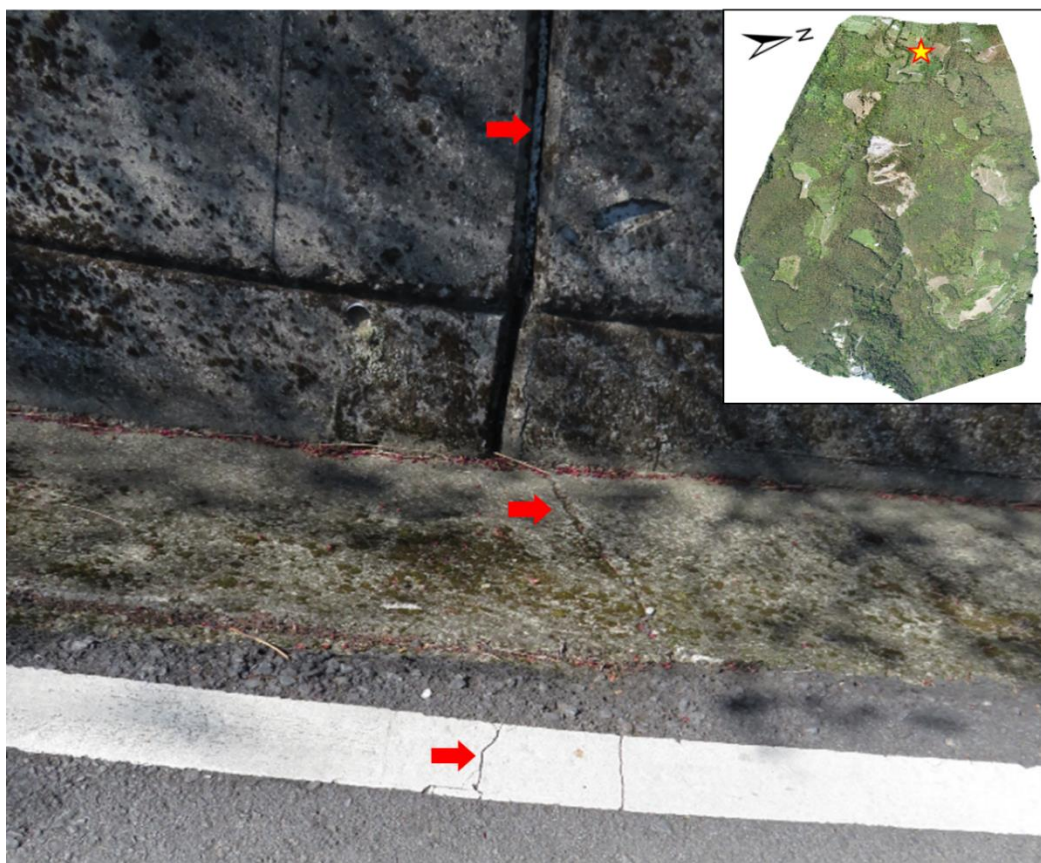


圖 5- 18、主崩崖邊界擋土牆與道路裂縫。(拍攝日期 2021/02/23，拍攝方位角 315 度)

崩塌主體內部現生崩塌區域，可見第二階子崩崖崖面落差及護坡工程毀損，其崖面落差至少 2 公尺以上，已造成光華農路道路毀損，無法通行，如圖 5- 19。



圖 5- 19、子崩崖崖面落差明顯。(拍攝日期 2021/02/23，拍攝方位角 180 度)

現生崩塌坡腹處，亦可見橫向排水及護坡工程破損嚴重，有多條東西向的裂隙產生，整體坡面有向左側傾斜的現象，也有現生裸露地在右側坡腹處生成，如圖 5- 20。



圖 5- 20、邊坡工程有多處毀損。(拍攝日期 2021/03/08，拍攝方位角 0 度)

現生崩塌坡趾處，可見南側坡趾處之格梁護坡已遭受推擠變形，顯示有趾部隆起的現象，而北側坡趾處有現生崩塌裸露地，如圖 5-21。



圖 5- 21、坡趾處有大面積現生裸露地與格梁護坡毀損。(拍攝日期 2021/03/30)

第二節 土石流判釋

一、土石流定義及特徵

土石流(Debris flow)是河川中、上游集水區常見的自然地質現象(詹錢登，2000)，常發生於山區的溪溝或陡峭邊壁斜面上，擁有多種樣貌之流動特徵，不僅水流含砂量特高，且水砂之間作用相當複雜，為一種飽含大量泥、砂、石塊和巨礫等物質與水之混合物的流動體。

土石流是以重力作用為主，水流作用為輔的高濃度且流動快速的兩相流(two-phase flow)(水土保持局，2017)。

土石流發生地，常具有明顯或可辨識的坑溝流路，其下游側常有

舌狀或耳狀淤積，淤積前緣有巨大礫石堆置。同時，因土石流之屈服剪應力 $\tau_B \neq 0$ ，且流動過程中具有一定的流速梯度，並具有較大流動坡度與含有由小至大分布極廣的泥砂粒徑組成等特性，可以做為區分高含砂水流(high-concentration flow)、崩塌、地滑之重要指標。

二、土石流分類

由於土石流擁有多種樣貌和特性，因而有多樣的分類方式，其中，常見且重要的分類方式，以泥砂顆粒組成、地貌條件、固體物質提供方式及動力學特徵等為主，如表 5-3 所述。

表 5-3、土石流分類表。(水土保持局，2017)

分類方式	種類
顆粒組成	礫石型土石流(gravel-type debris flow) 泥流型土石流(mud-type debris flow) 土石流(debris flow)
發源地地貌型態	溪流型土石流(channelized debris flow) 坡面型土石流(hillslope debris flow)
土砂料源的提供方式	崩塌型土石流(landslide-triggered debris flow) 潰壩(臨時壩)型土石流 (dam break type debris flow) 溪床沖刷型土石流(scouring debris flow) 地滑型土石流(Landslide debris flow) 混合型土石流(mixed debris flow)

動力學特徵	土力類土石流(soil-mechanical type debris flow) 水力類土石流(hydraulic-driven type debris flow)
-------	---

三、地形特徵判釋

土石流潛勢溪流(potential debris flow torrent)為溪流具備土石流發生的自然因子和條件，且影響範圍內具保全對象，經綜合評估研判可能發生土石流災害之溪流或蝕溝。因土石流具高強度輸砂能力及沖淤作用，能在短時間內攜帶大量大小混雜之土砂顆粒，且會危害溪流沿岸和下游地區人民生活及財產安全。因此，為了進行溪流災害防治規劃與治理，以及將資源做有效配置，須先進行潛勢溪流判定。

近年來，國內水土保持局及相關單位在進行土石流潛勢溪流之判讀與細部微地形特徵判釋，已具卓越成效。針對擬新增之土石流潛勢溪流是否屬可能發生土石流災害之溪流，須先經初步判定作業，符合條件後，再進行現場調查作業，以事先瞭解土石流潛勢溪流地形特徵與溪流周圍的地形環境。

由於土石流常因直進特性而溢出溪流，或於下游寬平扇狀地上停積，形成自溢流點(overflow point)為起點向外擴散的淤積地形，嚴重影響保全對象之安全，故須先將可能的影響範圍予以圈繪確認，讓範圍內的民眾提前做好防範措施，將土石流所造成的損失降至最低。

(一)土石流潛勢溪流依照**運動階段**，可分為**發生區**、**流動區**與**堆積區**，如圖 5- 22。

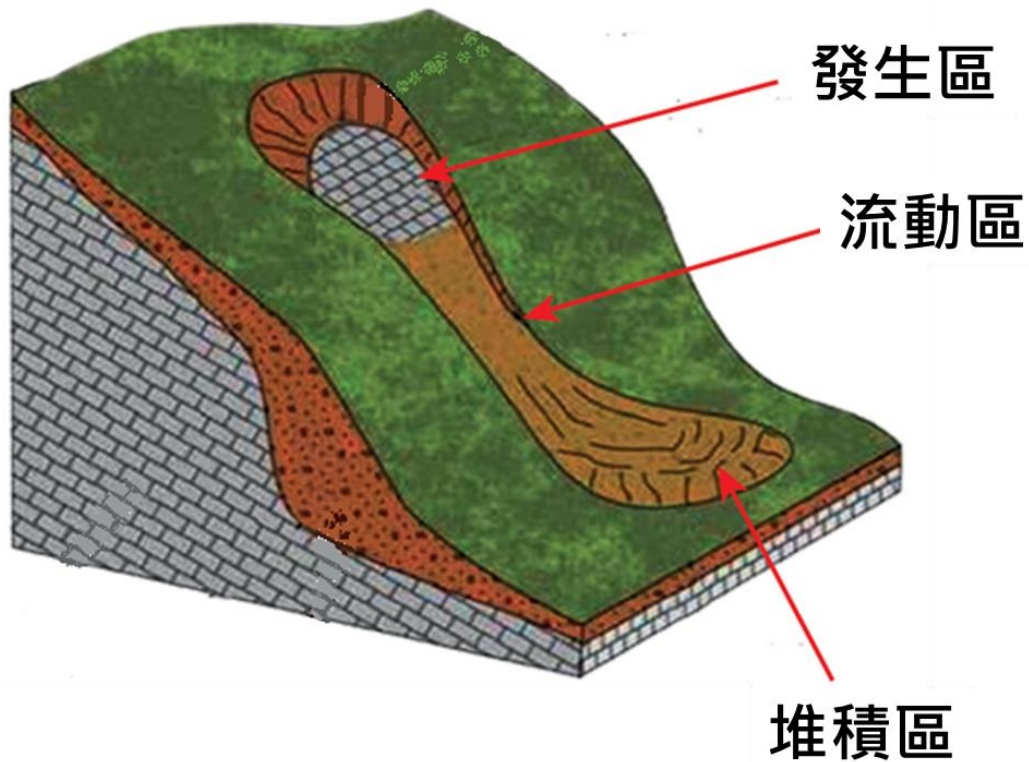


圖 5- 22、土石流示意圖。(水土保持局，2017)

1.發生區：

多好發於流域中上游或源頭，形成湯匙狀或碗狀的匯水凹地地形，如圖 5- 23。坡度多在 15° 以上，其河道橫剖面地形多呈現 V 字型，谷壁崩坍的碎屑大量堆積於此，致使坡面四周植生稀疏。主要判釋特徵為侵蝕溝源頭、崩塌範圍、土石流潛勢溪流集水區範圍。

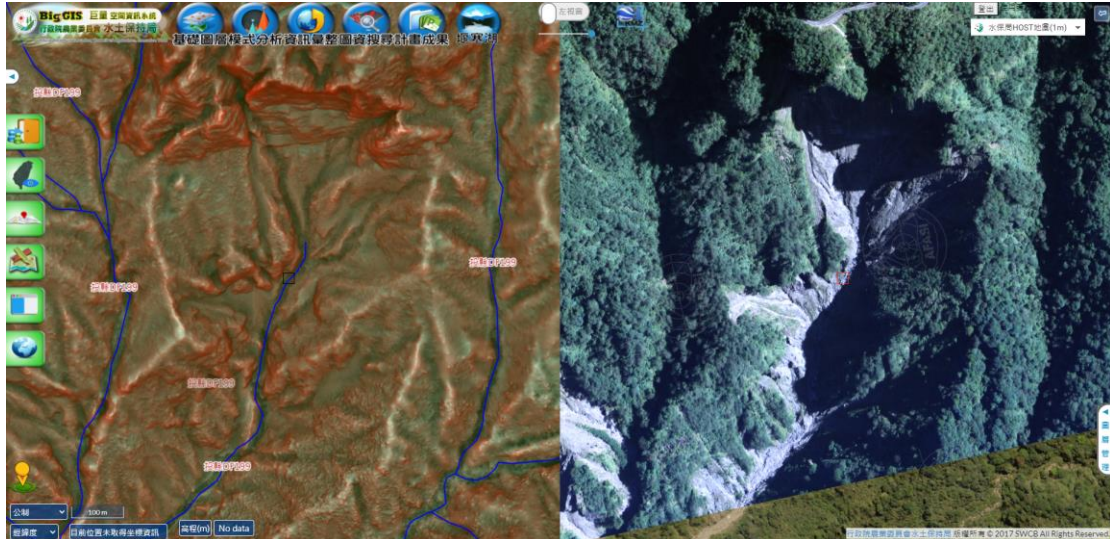


圖 5- 23、土石流潛勢溪流發生區崩塌現象。(土石流潛勢溪流-投縣 DF199，坐標：23.505837 120.884321)

H.O.S.T 地圖上雖能明顯看出坡面地形，然 CS 地圖更有利於坡面上的凹陷處邊界與水路微地形的判釋，應用 CS 地圖判讀坡面湧水點或凹面型地形時，若有明顯的湧水，會呈現一個深青色的圓點，代表坡面湧水位置，而其下方會有青色的線狀特徵，代表侵蝕溝或河道等凹凙地形，如圖 5- 24；若圖資上雖沒有明顯深青色的圓點，卻仍有青色的線狀特徵，代表坡面有表面侵蝕的現象，多為地表沖蝕或逕流的水路，如圖 5- 25。因此 CS 地圖更適合用於發生區侵蝕溝源頭的判釋。

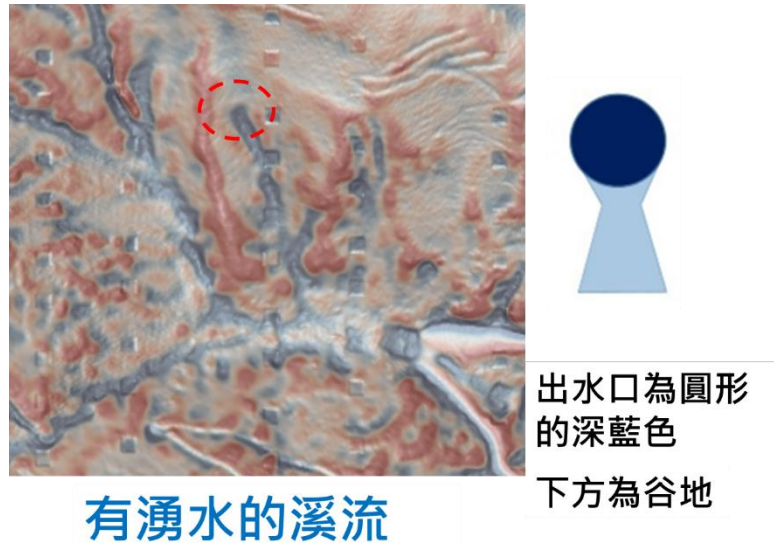


圖 5- 24、湧水類型一。

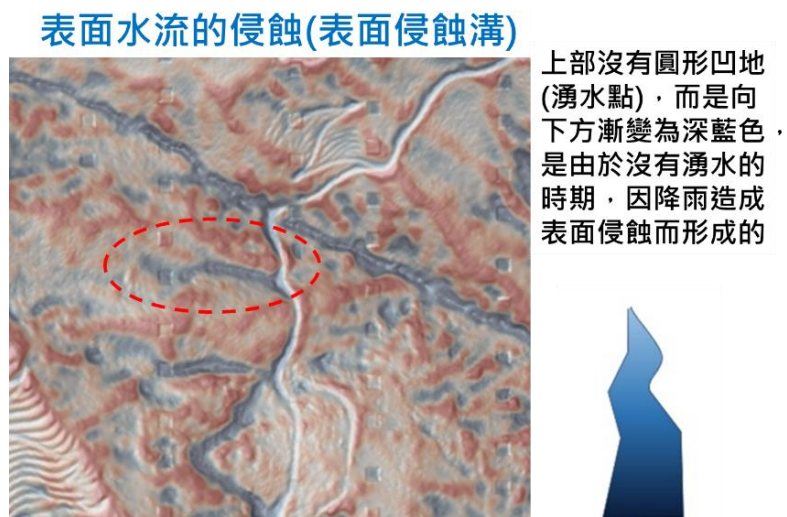


圖 5- 25、湧水類型二。

2.流動區：

多位於流域中下游，如圖 5- 26，河道橫剖面地形因受土石搬運、掏刷影響，多呈現 U 字型，且比上游發生區河道寬闊，坡度多為 $6^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 之間，河床上可見從河道沿岸崩坍下來的土砂材料堆積。

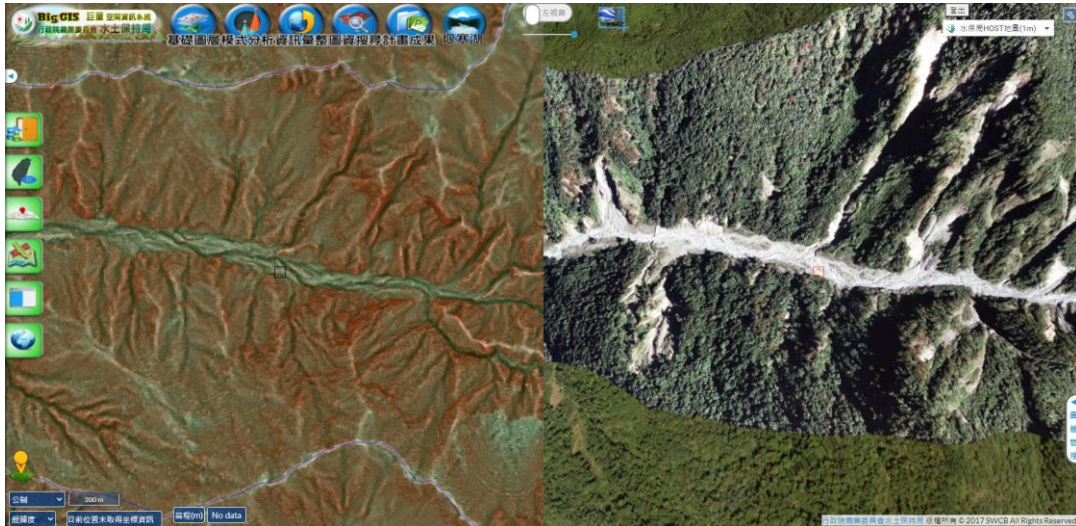


圖 5-26、土石流潛勢溪流流動區河道土砂堆積。(土石流潛勢溪流-投縣 DF199，坐標：23.518817 120.870430)

3.堆積區：

多在溪流下游出口處，常形成沖積扇狀的平坦地形，如圖 5-27，表面與前緣多有巨大岩塊堆積，整體看似像舌狀，坡度多 $3^{\circ}\sim 6^{\circ}$ 。

主要判釋特徵為溢流點位置及堆積扇地貌。

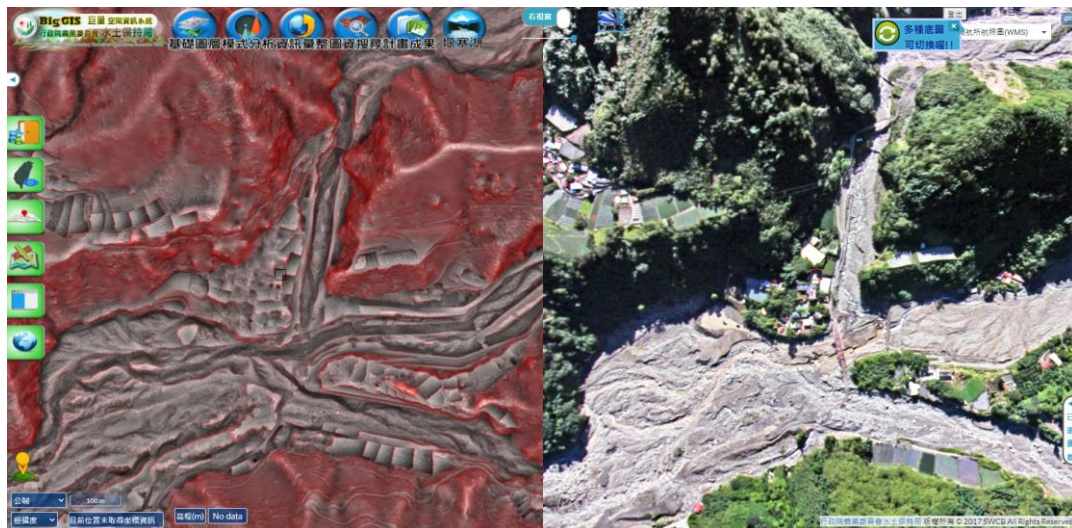
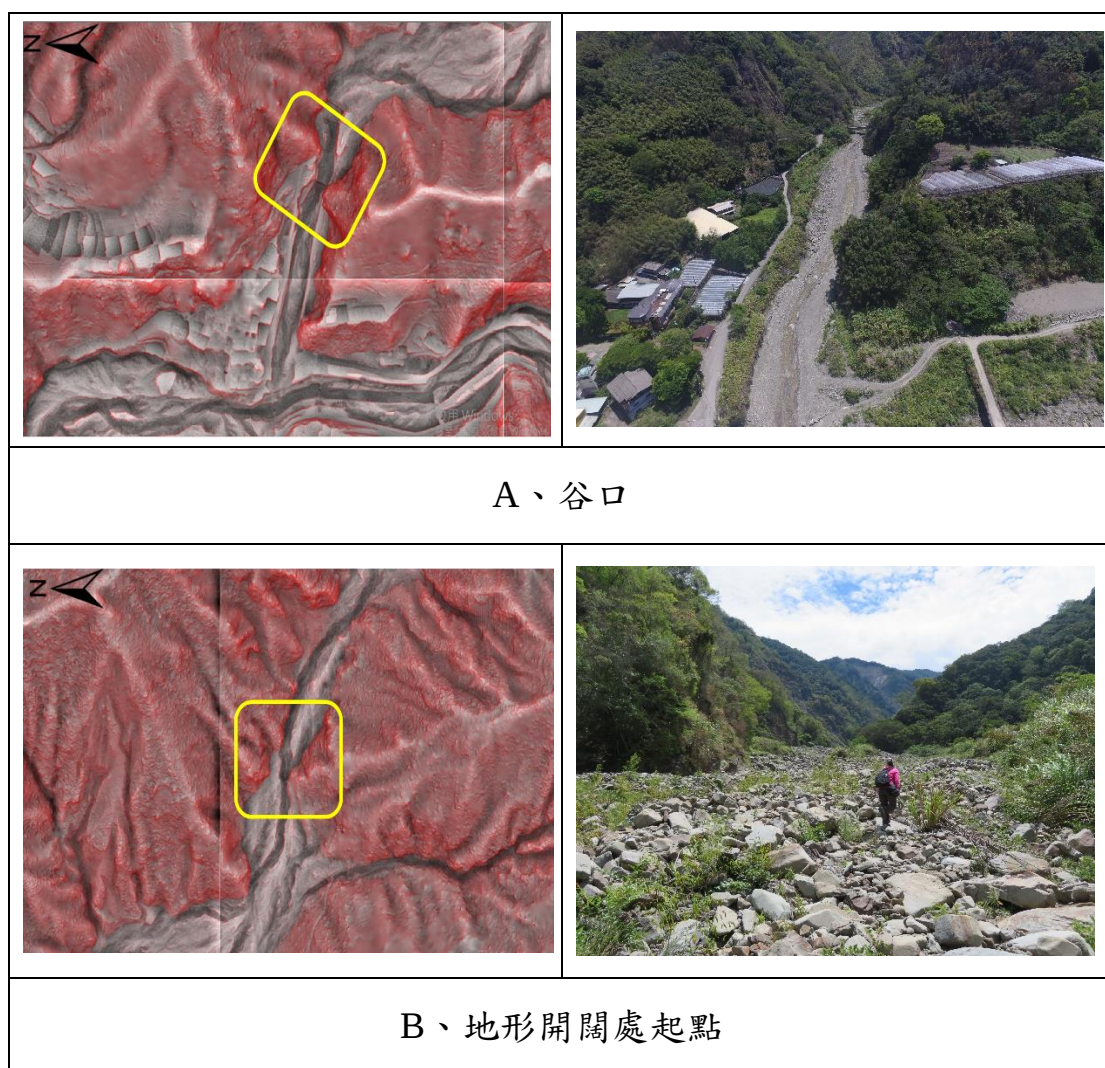


圖 5-27、土石流潛勢溪流堆積區沖積扇地形。(土石流潛勢溪流-投縣 DF199，坐標：23.528443 120.857059)

(1) 溢流點位置：

溢流點為土石流動容易溢出河道之地點，其下游面的一側或兩側多無束狹，可提供土石流溢出後擴散，並導致停積和致災。溢流點的判定，包括谷口(圖 5- 28A)、地形開闊處起點(圖 5- 28B)、坡度陡變處(圖 5- 28C)、障礙物處(圖 5- 28D)或彎曲段(圖 5- 28E)等區位，因此土石流潛勢溪流溢流點通常不止一處，如圖 5- 29。



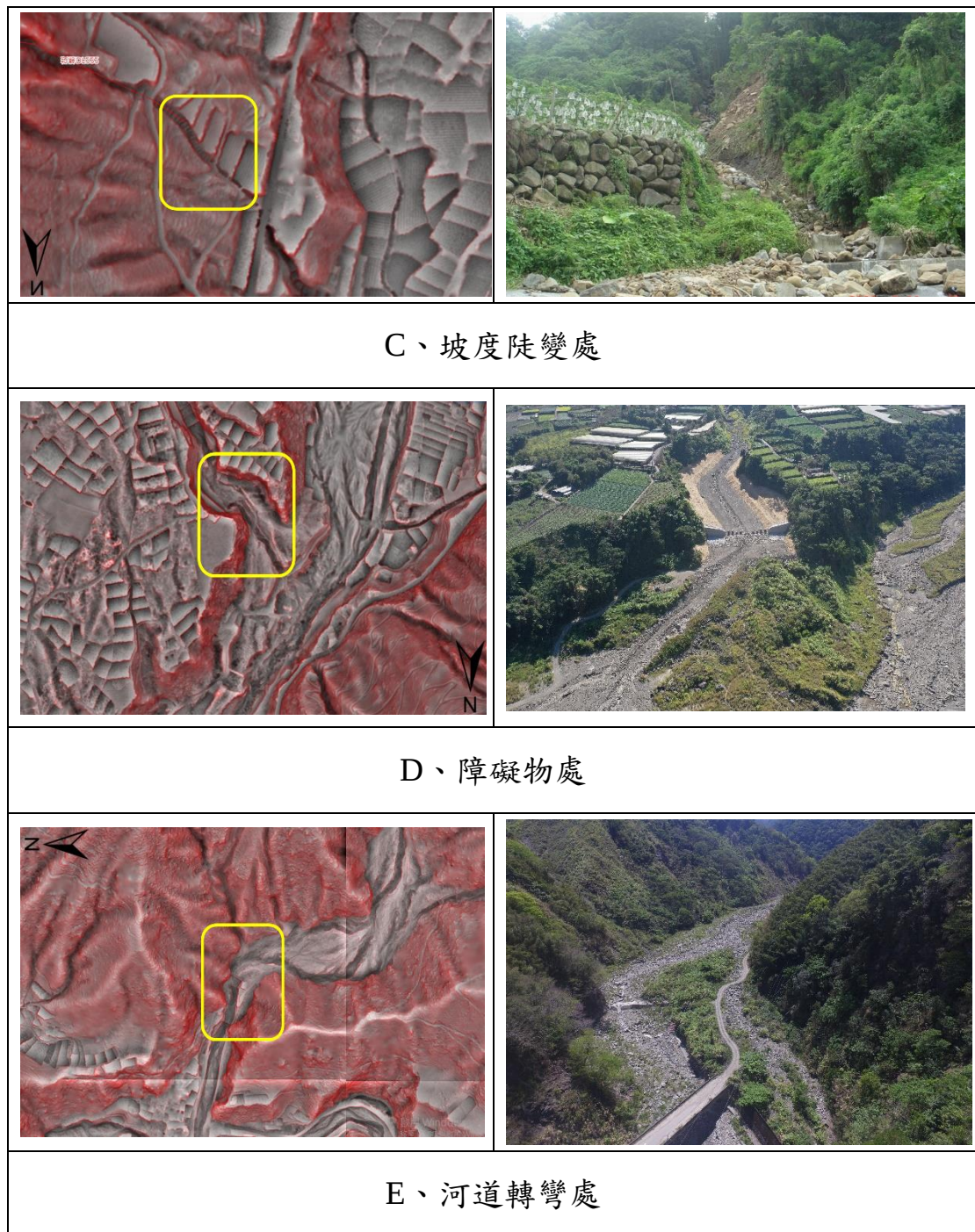


圖 5- 28、溢流點之地形位置參考。

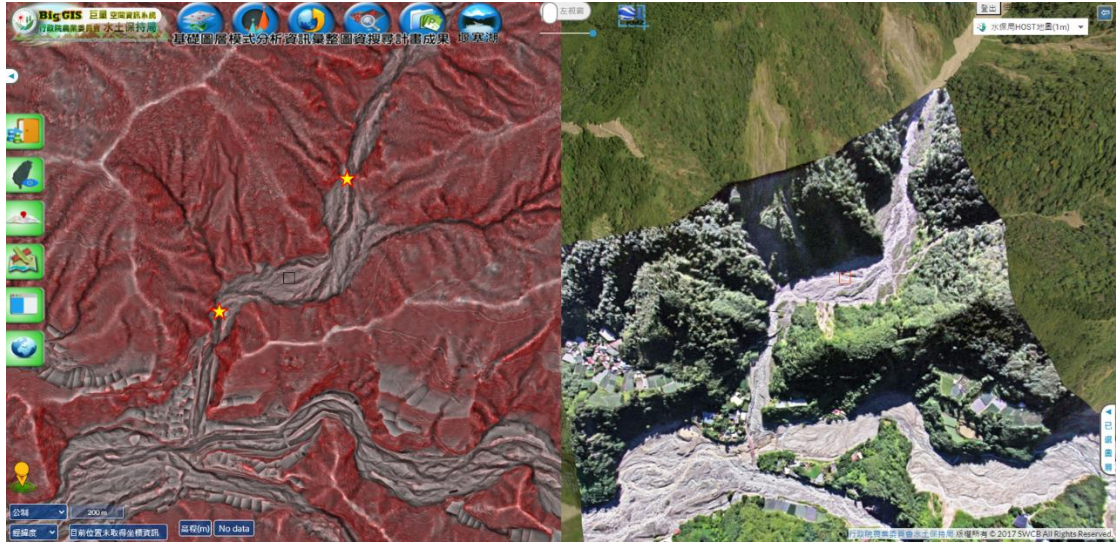


圖 5-29、土石流潛勢溪流溢流點特徵(星型，判定方式-谷口、地形開闊處起點及彎曲段)。

(2)堆積扇：

為集水區土砂運移長期沖淤演化的成果，可由坡度及扇面型態(堆積型態、粒徑組成及河道型態等)來區分土砂運移類型。其細部特徵如圖 5-30 所示。

- a. 扇頂(Fan Apex)為扇面頂點。
- b. 供砂河道(Feeder channel)為提供土砂料源之河道上游。
- c. 下切河道(Incised channel)為扇頂處因坡度陡峭，河水沖刷造成扇面下切而形成。
- d. 交叉點(Intersection point)，因下切河道越往下游，其坡度漸緩、挾砂能力漸減，故地形由沖轉淤，此轉折點為交叉點。



圖 5- 30、土石流堆積扇細部特徵。(圖為出水溪、郝馬戛班溪與和社溪三溪交匯處)

土石流堆積扇的地形特徵為可在扇面上及交叉點下游發現徑向排列之舌狀堆積龍頭(lobe)，且扇面上有側積堤(levee)分布，扇面之縱剖面或橫剖面之坡度皆較陡($>4^{\circ}$)。土砂顆粒部分，土石流堆積扇，其扇面顆粒較大、具稜角且無分層現象，從扇頂到扇端其顆粒大小相近。

(二)土石流潛勢溪流若依照發育和土砂運移特性，又可將溪溝區分為溪流型土石流及坡面型土石流兩種地貌型態，如圖 5- 31。

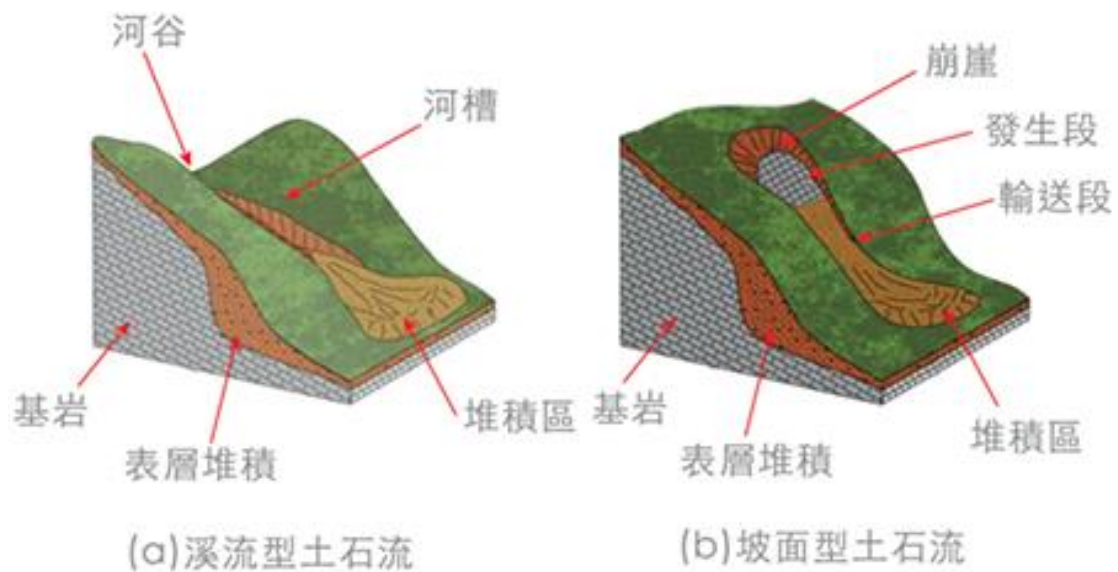


圖 5-31、(a)溪流型土石流及(b)坡面型土石流示意圖。(Nettleton, I. M. et al., 2005)

1. 溪流型土石流

土石流之發生、運動和堆積過程皆在一條發育較為完整的溪谷內進行，具有較為完整的發生段、流動段及淤積段，其土砂料源主要來自溪床質及兩岸邊坡崩塌，在地圖上判釋地形特徵時，溪流型土石流具有明顯溪谷地形，且可明顯看出發生段、流動段及淤積段，如圖 5-32，其土石流流路較長，集水區面積較大，堆積物前端之礫石呈規則性的排列。



圖 5- 32、溪流型土石流。(土石流潛勢溪流-投縣 DF199，坐標 23.526907 120.858750)

2.坡面型土石流

發育於山坡的凹型坡面，受雨水沖蝕使凹型坡面內的土體，沿著地表面向下快速運動而轉化為土石流。其土砂材料僅來自坡面，流量不大，發生及運動過程皆沿著坡面或蝕溝進行，但因坡度陡，水流流速快，土石多為一次性搬運，且稜角均較明顯，而土石多堆積在坡腳或蝕溝出口，堆積範圍與坡面坡度相當，如圖 5- 33。



圖 5- 33、坡面型土石流。(土石流潛勢溪流-投縣 DF184，坐標 23.782134 120.917566)

四、現地調查檢核

雖然透過室內進行地形及圖資判釋，可初步了解土石流潛勢溪流周圍環境狀態與細部地形特徵，能夠使後續進行現地調查時，縮短調查時間與進一步檢核判釋成果。

土石流潛勢溪流室內判釋準則，初步劃設以池谷浩公式所推估的 105 度扇狀地影響範圍為底圖，現地勘查時須將可能之溢流點位置(如谷口處、障礙物處或地形突然變緩處)重新定位，而後根據現地地形修正，將土石流不可能影響之範圍去除。若所計算的扇狀地長度不足以涵蓋整個保全對象範圍時，則視現地勘查狀況延長扇狀地之半徑長度。若於現地調查時發現還有其他保全對象之溢流點存在，則增加該條溪流之影響範圍。若溪流於現地調查評估溢流點附近無保全對象，則不

劃設土石流影響範圍。

以南投縣信義鄉神木村土石流潛勢溪流-出水溪，編號投縣DF199(簡稱 DF199)為例，現地勘查範圍如圖 5- 34 所示。



圖 5- 34、現地調查範圍及點位。

出水溪與郝馬戛班溪合流後，匯入和社溪，並於匯流處可見大量大小不一的礫石、土砂堆積，溪床堆高現象，如圖 5- 35。

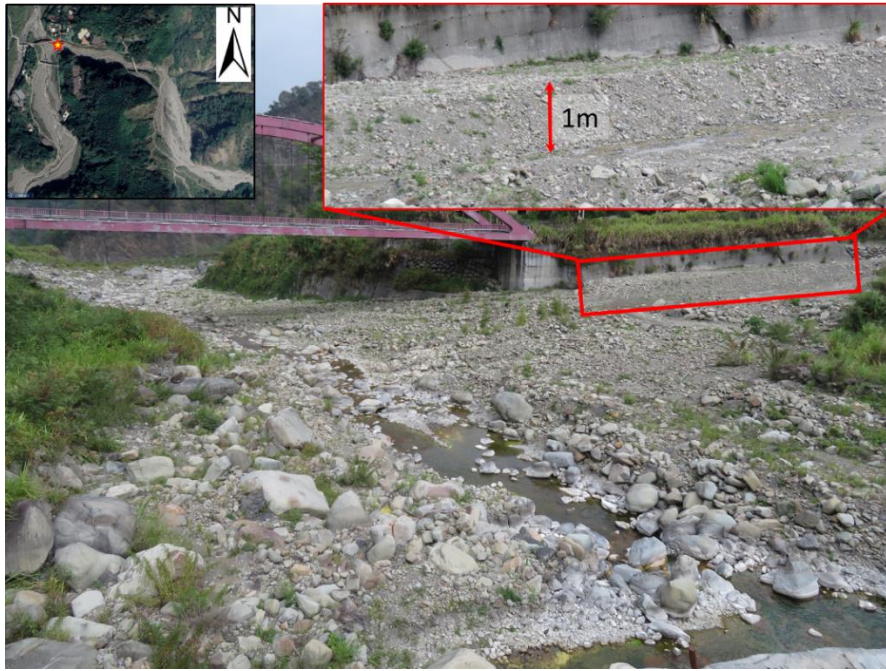


圖 5- 35、溪流匯流處大量土砂堆積。(拍攝日期 2021/5/5，拍攝方位角 45 度)

DF199 影響範圍保全對象主要集中於下游右岸(圖 5-36)，與溪流高差小於 10 公尺，經現場確認仍有民眾實際居住情形。



圖 5- 36、土石流影響範圍保全對象位置。(拍攝日期 2021/5/5，拍攝方位角 90 度)

溪流下游沿岸已有土砂堆積，形成下切河道的地形特徵，如圖 5-37，大量礫石、土砂堆積於河道上，且河岸之護坡工程遭土石漫過，目前土石流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住戶及道路造成影響。



圖 5- 37、溪流下游下切河道地形特徵。(拍攝日期 2021/5/5，拍攝方位角 270 度)

DF199 之溢流點 CD01 位於那瑪嘎班溪橋上游之障礙物處及河道轉彎處，若土石下移可能於此處因彎道超高或堵塞那瑪嘎班溪橋而溢流，如圖 5- 38。



圖 5-38、溢流點 CD01 位置。(拍攝日期 2021/5/5，拍攝方位角 90 度)

在溢流點處設有 2 座潛壩，如圖 5-39，長度約 30 公尺、高度約 2 公尺，位於前方的潛壩壩體已遭土石淹埋，只露出壩翼；而後方的潛壩壩體頂部可見遭磨蝕的痕跡。



圖 5-39、2 座潛壩結構體狀態。(拍攝日期 2021/5/5，拍攝方位角 90 度)

原通往溢流點 CD02 之神木林道已遭土石掩埋，僅可由溪床便道步行，河道內大量土石材料堆積且表面未見青苔，河道內可見新舊土石流事件所堆積之土石堤，礫石多為平均粒徑大於 30 公分之砂岩塊，如圖 5- 40。



圖 5- 40、河道內大量土石材料堆積。(拍攝日期 2021/5/5，拍攝方位角 180 度)

河道兩側有許多舊崩塌地，右側崩塌地雖可見禾本科植生覆蓋，然仍有侵蝕溝發育，可提供下移之土石材料，整體植生狀況屬植被中等稀疏。左側崩塌地坡面較為新鮮，無植生覆蓋且岩盤出露，然崩塌地位於河道攻擊坡處，未來可能受到溪水沖刷坡趾而再度發生崩塌，如圖 5- 41。

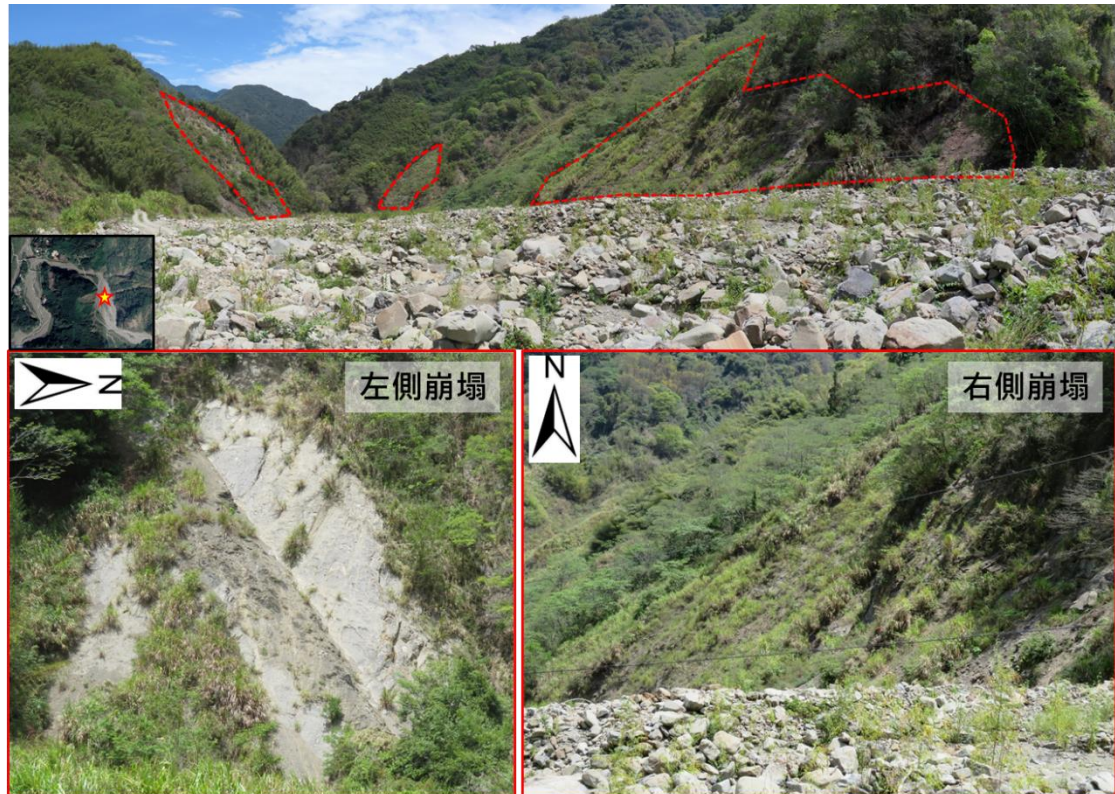


圖 5-41、河道兩側崩塌地，左側崩塌岩性為黑色片岩，右側崩塌岩性為砂頁互層之崩積層為主。(拍攝日期 2021/5/5，拍攝方位角 0 度)

溢流點 CD02 河道轉彎處前，有 1 支流匯入出水溪主流，該支流於室內判釋時，可見明顯的沖積扇地形。於現地勘查時，在河道上可見新舊土石流事件所堆積之土石堤，如圖 5-42。

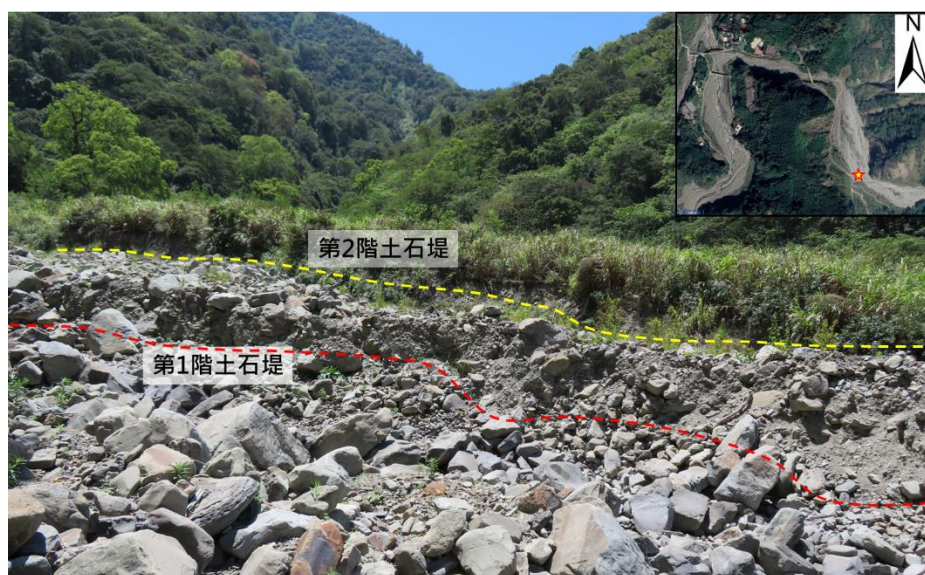


圖 5- 42、溪流型土石流所產生之土石堤。(拍攝日期 2021/5/5，拍攝方位角 225 度)

觀察土石堤垂直縱斷面，發現無明顯粒徑分層與大小規則分布之現象，與依粒徑大小分層淤積之沖積河川水流特性不同，如圖 5-43。

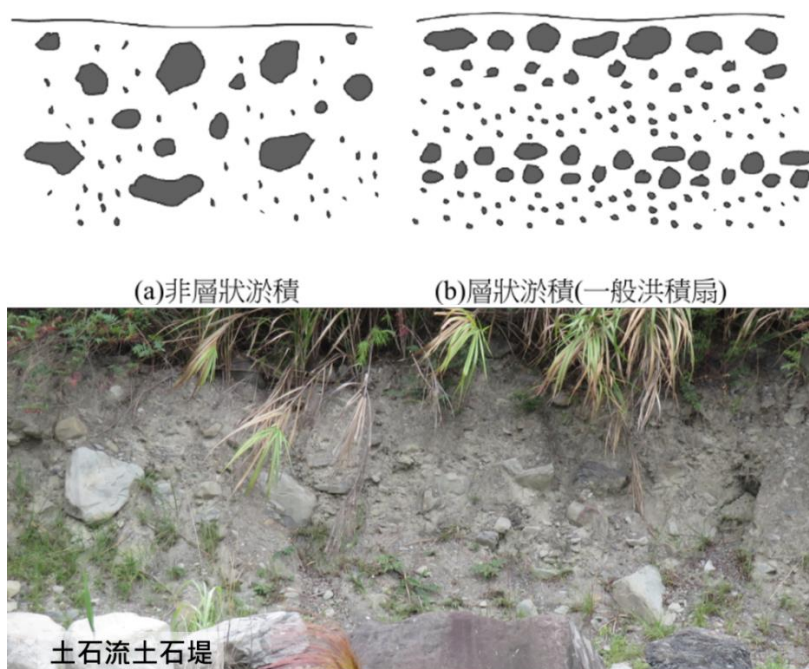


圖 5- 43、扇狀地剖面粒徑分布。(拍攝日期 2021/5/5，拍攝方位角 90 度)

DF199 之溢流點 CD02 位於出水溪主流與支流交匯處上游，河道轉彎處，於河道內可見大量土石材料堆積，如圖 5-44。

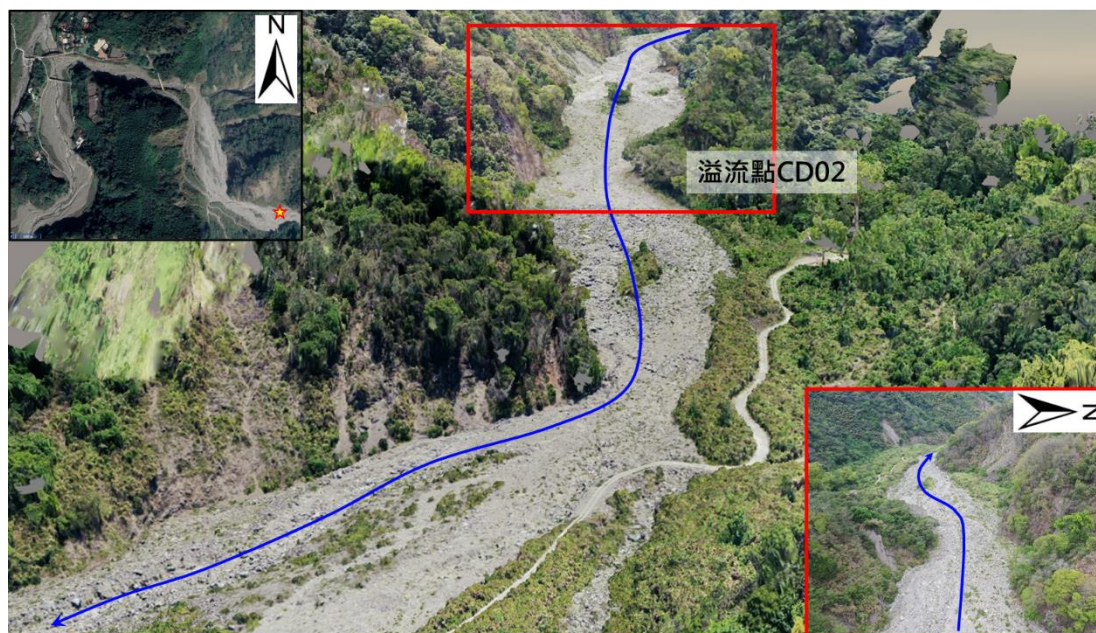


圖 5-44、溢流點 CD02 位置。(拍攝日期 2021/5/5，拍攝方位角 90 度)

由於土石流中大粒徑之礫石為造成災害的主要因素，材料最大粒徑與工程防砂壩或梳子壩壩體開口設計相關，而細粒材料與流體粘滯特性及運動行為相關，因此，獲得代表性河床材料分佈與進行河床粒徑調查極為重要。

傳統上，河床粒徑調查需透過人工直接於現地挖掘試坑，並於樣坑挖掘過程進行野外粗顆粒篩分析及攜回樣品於實驗室分析，十分耗費人力資源，且調查資料之數量及次數有限。然應用 UAV 進行拍攝，可快速提供河床表面影像及三維模型，透過 GIS 分析，可進行河床表面砂礫石材料粒徑分析及岩盤位態量測等，有助於延伸河床材料調查

成果，並評估不同時期河床材料變化特性。

應用空拍影像於河床表面粒徑組成分析，可將高解析河床正射影像，如圖 5-45，匯入美國公路局(FHWA)公開之 Hydraulic Toolbox 程式，應用 Rock-Sediment Gradation Analysis 進行影像辨識及粒徑組成分析，可完成不同粒徑尺寸與數量辨識及計算，如圖 5-46 及圖 5-47。

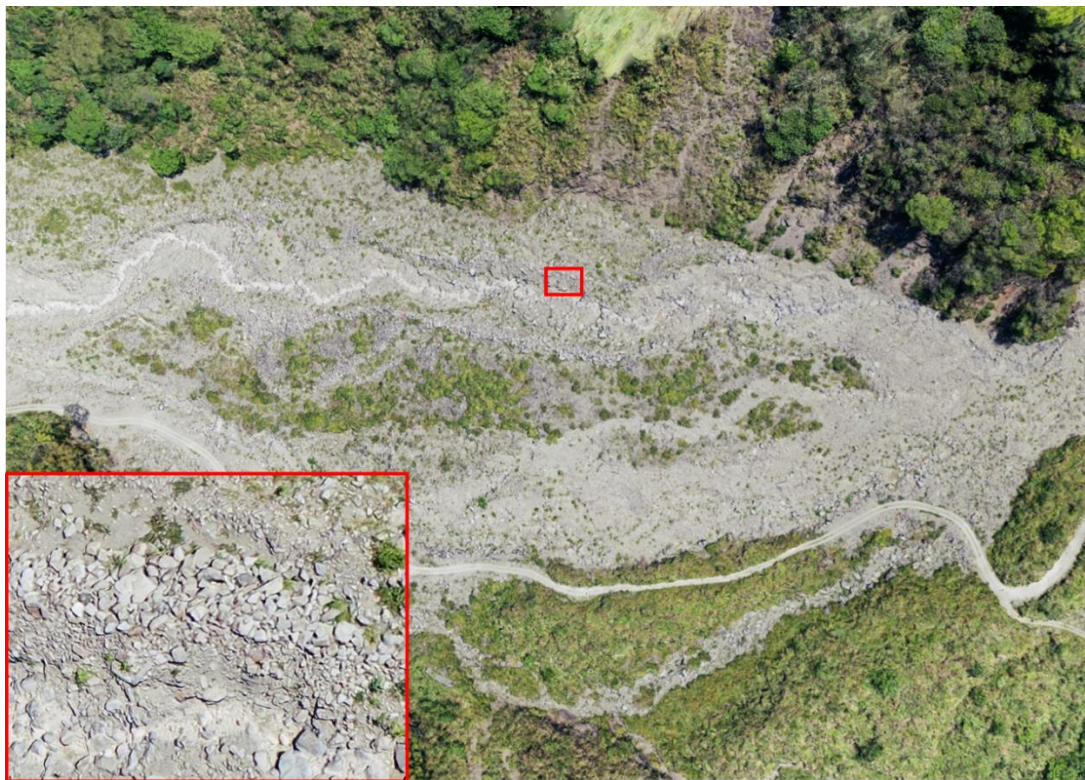


圖 5-45、應用空拍影像於河床表面粒徑組成分析。

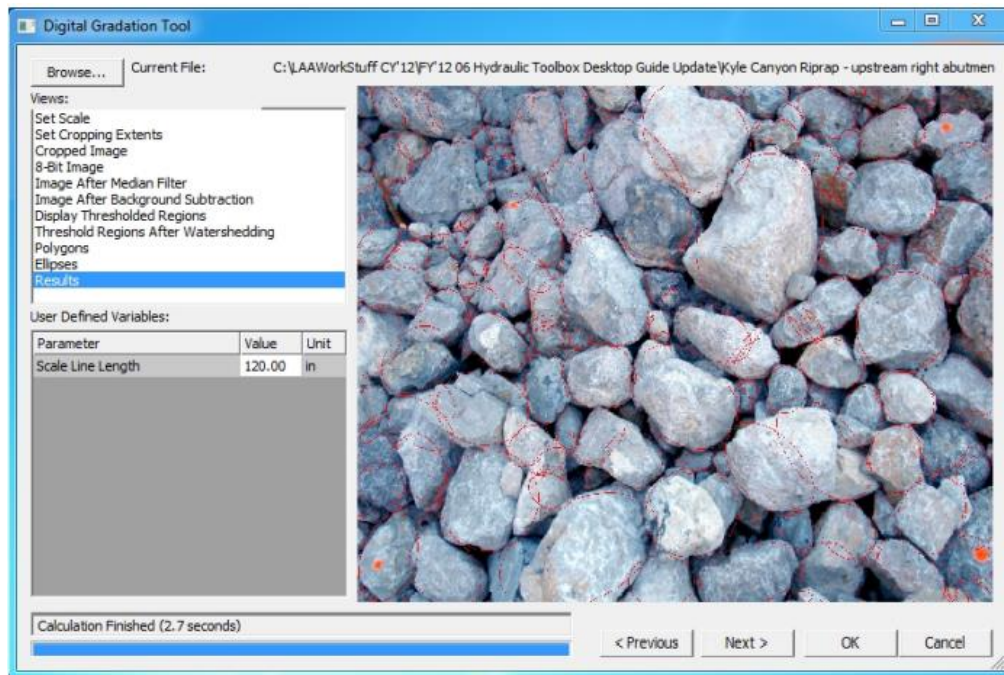


圖 5- 46 、 Define Particle Count Button 介面。(FHWA ， 2014)

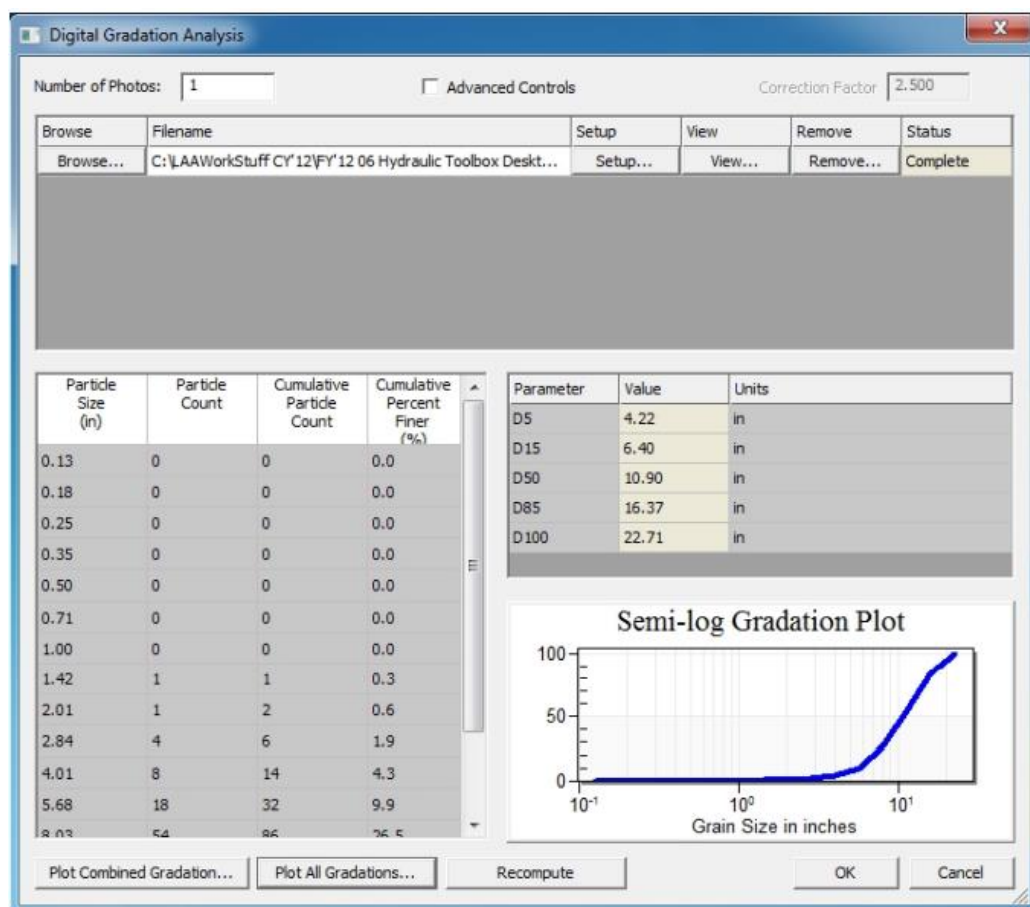


圖 5- 47 、 Rock-Sediment Gradation Analysis 介面。(FHWA ， 2014)

第六章 應用 BigGIS 繪製判釋圖資

第一節 土石流影響範圍劃設

一、土石流潛勢溪流影響範圍劃設作業

土石流潛勢溪流劃設係依據「土石流災害潛勢資料公開辦法」及「土石流潛勢溪流劃設作業要點」，辦理土石流潛勢溪流新增及調整等工作，並更新土石流災害潛勢資料庫，土石流潛勢溪流新增與調整申請作業、現地調查作業、潛勢評估及資料審查作業之流程與方法，明訂於「土石流潛勢溪流劃設作業手冊」。

土石流潛勢溪流影響範圍，係指土石流災害發生時可能遭土石沖擊、淤埋之範圍，且具有保全對象者，其劃設目的係供土石流警戒發布時進行疏散及避難之參據。劃設作業分為三個階段，首先，於室內進行影響範圍之初步劃設，並以此為依據，至現地進行調查時依現地地形地貌加以修正，再回到室內，編修正確影響範圍。

劃設時，其底圖應利用內政部國土測繪中心 1/25000 地形圖判斷河谷地形所在位置與土石流潛勢溪流之集水區，並採用 1/5000 彩色航照圖或相片基本圖繪製與編修溪流線形與影響範圍圖資，並以 1/5000 彩色航照圖作為土石流潛勢溪流位置及影響範圍圖之底圖。

由於影響範圍之劃定應以安全為考量，並應依災害之最大影響範

圍予以劃定。因此，初步劃設時，首先決定溢流點(影響區之頂點)位置；接著由溢流點依據土石流最大擴展角度 105° 向下游劃出一扇狀區域，並以池谷浩公式進行計算求得該扇狀地之半徑長度；最後，以扇狀區內坡度 2 度之等坡度線作為土石流之到達邊界，則該涵括之範圍，即為土石流之影響範圍。

一次土石流土砂流出量公式：

$$V_{SF} = 70,992A^{0.61}$$

(謝正倫，2000)

V_{SF} 為土石流土砂流出量(m^3)； A 為溢流點以上集水區面積(km^2)

池谷浩公式：

$$\log(L) = 0.42 \times \log(V_{SF} \times \tan \theta_d) + 0.935$$

L 為淤積長度，以溢流點(坡度 10°)至土石流前緣間之距離；

θ_d 為土石流輸送段(transportation zone)之平均坡度。

於室內完成初步劃設後，需進行現地勘查，以檢核室內初步劃設之影響範圍，並根據現地地形進行編修。修正依據如以下 3 點：

- 1、 現地勘查時發現其可能之正確溢流點位置，如谷口處、障礙物處或地形突然變緩處，並於現地重新定位，求得其正確位置所在。
- 2、 根據現地地形修正，將土石流不可能會經過之部分(兩岸

地勢之高程值高出流道 10~12 公尺)去除。

3、 若以池谷浩所計算的扇狀地長度不足以涵蓋整個保全對象

範圍，則經由現地勘查之狀況延長扇狀地之半徑長度。

若於現地調查時發現除了初步劃設之溢流點外，還有其餘鄰近保全對象之溢流點存在，則後續回到室內編修時，依具現地勘查所得之潛勢溪流 GPS 定位、溢流點 GPS 定位，及上述現地劃設影響範圍之原則，增加或修正該條潛勢溪流之影響範圍圖層。

二、應用 BigGIS 劃設土石流影響範圍

於 BigGIS 巨量空間資訊系統(<https://gis.swcb.gov.tw>)中，套疊 H.O.S.T 地圖作為地圖底圖，可更清楚判讀微地形地貌，並應用分析功能劃設土石流影響範圍，由等高線計算、坡度分析及縱橫斷面分析，先劃設出土石流潛勢溪流的溢流點位置。

Step1：由地圖輔助工具中，加值應用與分析工具之等高線計算，

圈繪出判讀區域內之等高線。

Step2：利用加值應用與分析工具之縱橫斷面分析，沿下游至上

游河道之等高線圈繪出河道縱剖面，採用 20m DTM 及將

推估間隔設為 20m，並執行分析，且將數值儲存成 XLSX

檔，如圖 6-1。

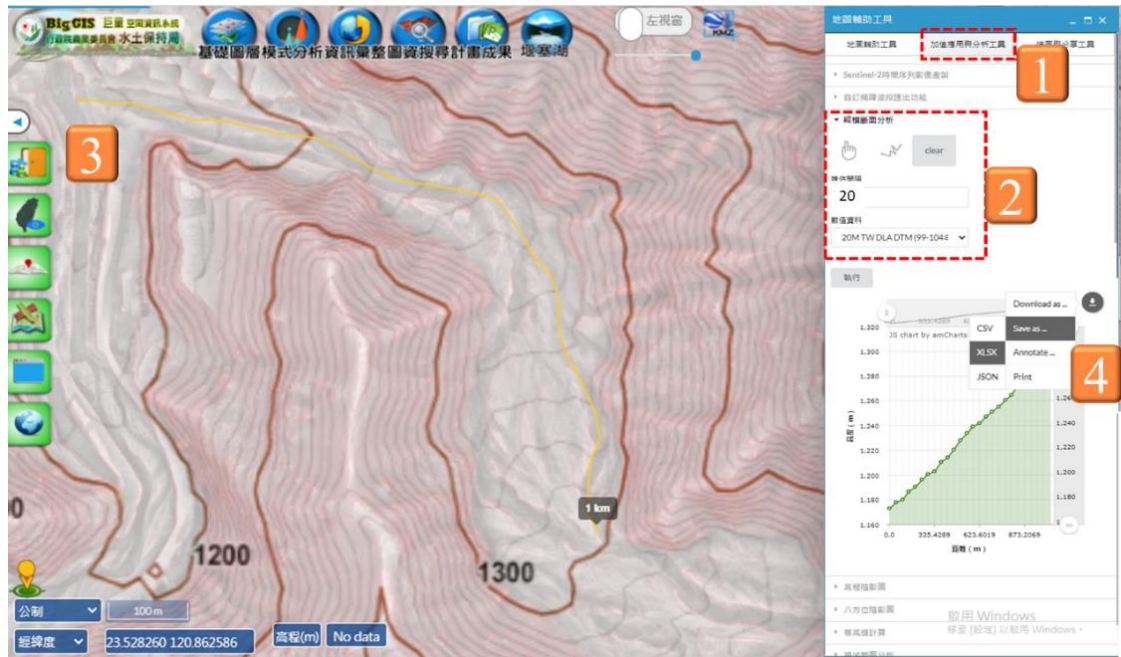


圖 6- 1、縱橫斷面分析於 BigGIS 介面。

Step3：開啟剖面 Excel 檔，新增「上游側 200m 平均坡度(Deg)」

欄位，並設定計算式：

= ATAN((上游 200m 處高程-待算點高程)

/(上游 200m 處水平距離-待算點水平距離))* 180/PI()

計算出可能的溢流點位置(坡度約 6°~10°)，並依據地形特徵(谷口、地形開闊處、坡度陡變處、彎曲段或障礙物處等)，劃設出溢流點位置。

Step4：開啟坡度分析，選擇「災害潛勢坡度分級圖檔」，產出坡度圖，如圖 6- 2，檢視溢流點位置之合理性。

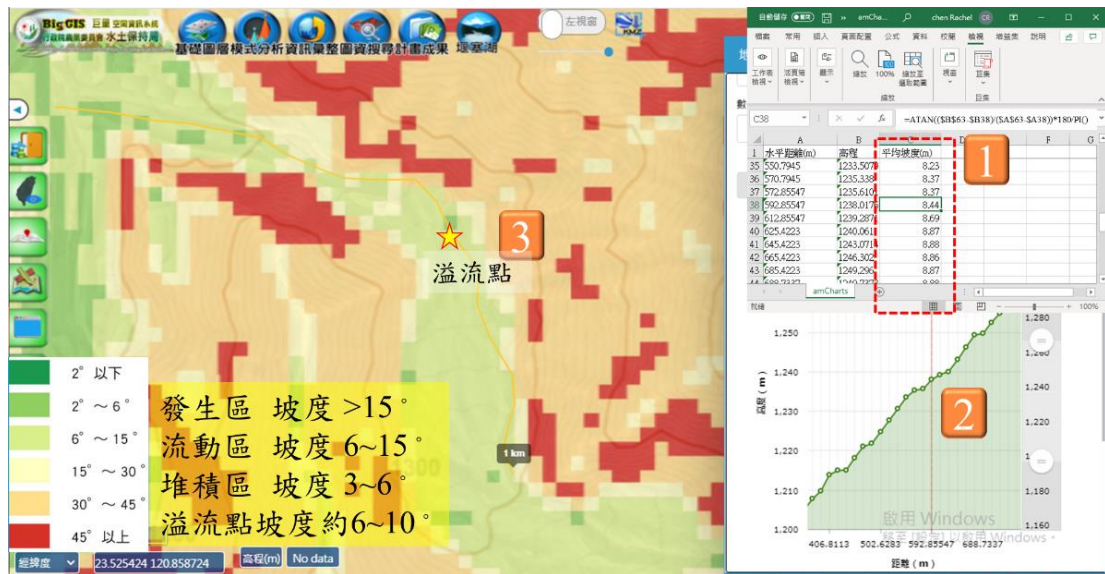


圖 6- 2 坡度分析於 BigGIS 介面(星號為溢流點)。

Step4: 開啟繪圖工具，應用多邊形面積測量，圈繪出溢流點上方集水區範圍面積，如圖 6- 3。



圖 6- 3、多邊形面積測量集水區面積(星號為溢流點)。

溢流點確定後，運用繪圖工具中之測量型態及依據池谷浩公式，計算出集水區面積、流動區坡度，並推估出土砂量與淤積長度。

Step5: 以溢流點為頂點，利用扇形工具取土石流最大擴散角 105° 及計算所得淤積長度為半徑，向下游劃設扇形區域，再依現地地形修正土石流之影響範圍，如圖 6-4。若淤積長度已延伸至坡度 2° 以下的範圍時，則以 2° 之等坡度線作為土石流潛勢溪流影響範圍的邊界。

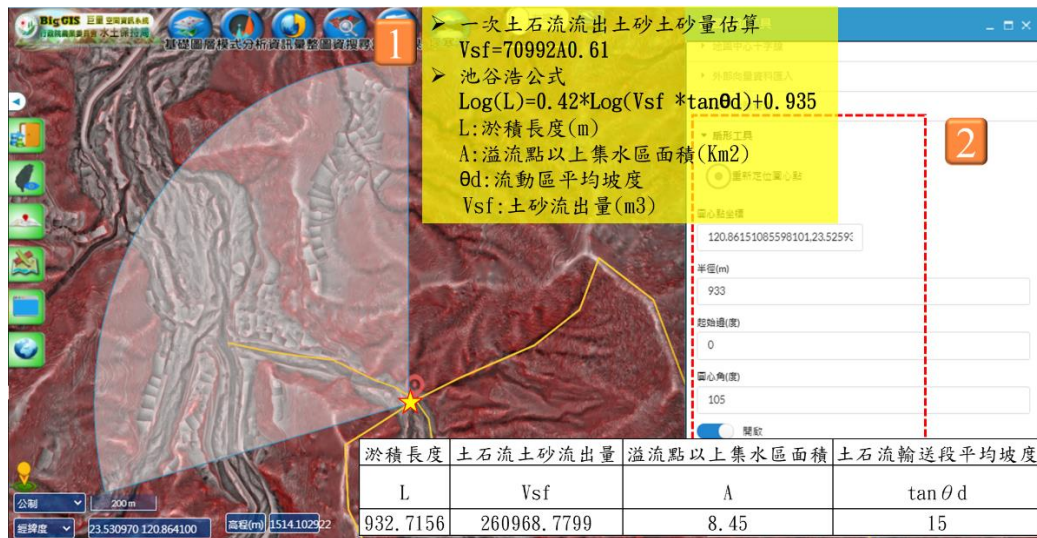


圖 6-4、利用 BigGIS 劃設影響範圍(星號為溢流點)。

Step5: 透過等高線計算，產製等高線圖。藉由繪圖工具依據現地地形，將土石流不可能經過之區域(如兩岸地勢高出河道 10~12 公尺)去除，編修出土石流影響範圍，如圖 6-5。

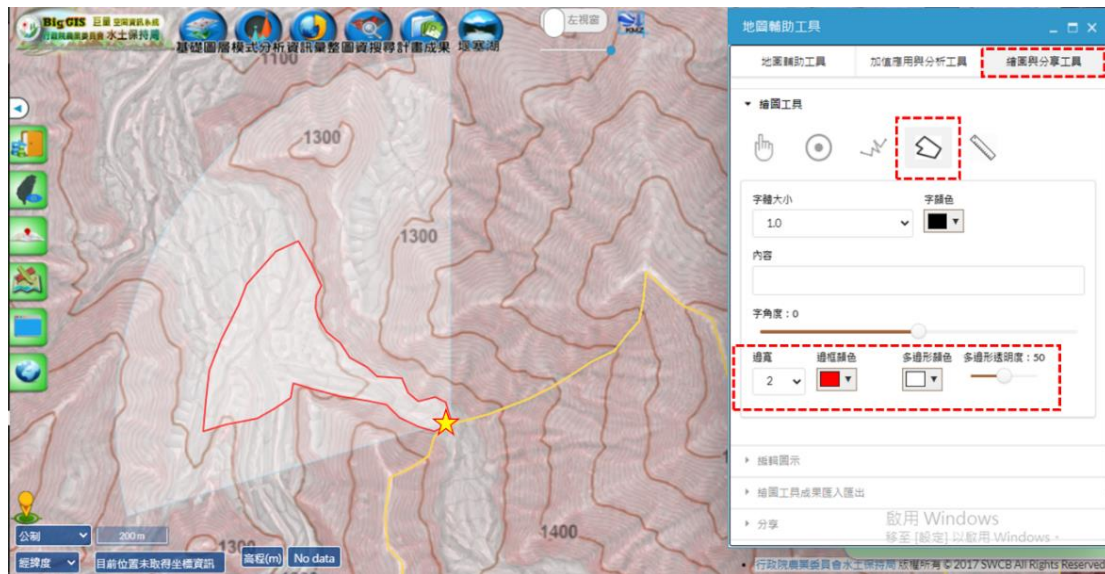


圖 6- 5、於 BigGIS 修正影響範圍(星號為溢流點)。

Step6: 最終可將繪圖成果由「繪圖工具成果匯入匯出」匯出 KML

檔，如圖 6- 6，日後亦可由此匯入此次產出之 KML 檔。

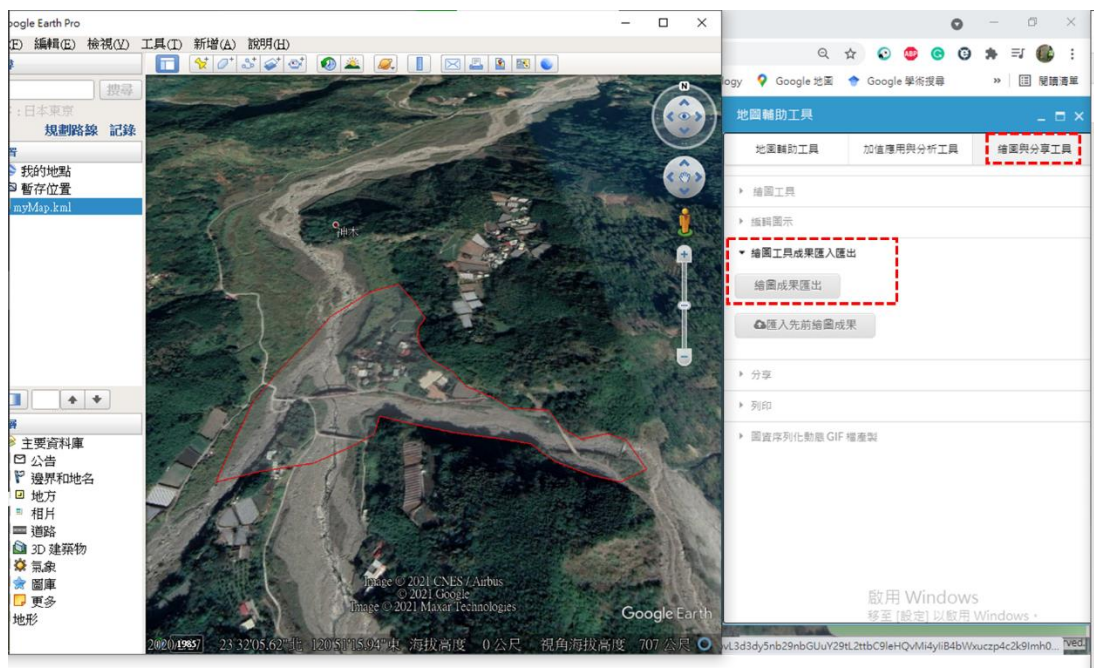


圖 6- 6、繪圖成果展示於 Google Earth Pro 介面。

第二節 大規模崩塌影響範圍劃設

一、大規模崩塌影響範圍劃設作業

由於崩塌所造成的災情，通常在於崩塌發生瞬間，整個村落包含預設的安全避難場所，都可能遭受摧毀，幾乎沒有任何逃生及營救的機會，因此若能事先掌握可能受到崩塌影響之範圍與其保全對象，將能降低崩塌災害之風險性。

水保局於 2015 年已完成「大規模崩塌影響範圍劃設作業手冊」(草案)之撰擬。除掌握崩塌發生後可能造成之災害類型外，並依據劃設作業手冊(草案)採用經驗公式進行初步影響範圍劃設，再依數值計算方法進行細部影響範圍劃設，後根據劃設成果進行現地勘查與保全對象確認，進行劃設方法之檢討修正。

大規模崩塌影響範圍，係指大規模崩塌發生後，可能對坡地或保全對象有衝擊致災之虞的區域，其劃設目的為：(一)作為監測及預警系統佈設範圍；(二)作為避難及疏散計畫範圍研擬之參據。劃設作業分為四個階段，首先，針對崩塌潛勢區既有調查成果進行「潛勢區基本資料蒐集」，彙整所有相關資料，接著透過「潛勢區圖資更新」，更新潛勢區周圍之基本圖資，以提供作為後續影響範圍劃設底圖參考，並判別「可能致災類型」來區別不同運動型態之崩塌影響區域，最後

依據不同類型繪製縱剖面及坡趾地形橫剖面，並填報可能致災類型評估表單(表 6- 1)，劃設初步影響範圍。

於室內完成初步劃設後，需進行現地調查評估，以檢核室內劃設成果，並根據現地地形編修影響範圍。依據如下：

➤ 填報崩塌基本資料調查表

描述崩塌基本特性及基本數據量測，並於現地完成調查表填寫工作。

➤ 環境調查

調查時須針對其崩塌範圍之微地形特徵及地質環境進行再確認，且由河道縱橫向型態與兩側河岸高差決定運動方向與距離，河道匯流坡度、寬度、與工程構造物及重要地形界限之相對關係等，作為劃設考量。

➤ 訪談災害歷史

訪談現地居民或相關單位，詢問鄰近地區災害歷史、崩塌發生規模及受災情況等，並記錄之。

➤ 記錄現地影像

針對崩塌潛勢區域內地表特徵及保全對象進行拍攝，且考量規模與範圍後，可適時輔以無人飛行載具進行空拍，以取得完整坡地影像。

➤ 抄錄及調查保全對象範圍

於室內可先透過遙測影像，標繪出可能的保全對象範圍，後於現地調查時，針對標繪區域清查保全對象地址或重要標的(道路及橋梁)位置。

➤ 細部影響範圍劃設需求評估

依據現地調查成果評估，大規模崩塌可能致災類型(重力堆積、土石流型、堰塞湖型)，並提出後續細部影響範圍劃設作業需求性之參考，如圖 6-7 所示。

以下分別說明各類型之劃設方法。

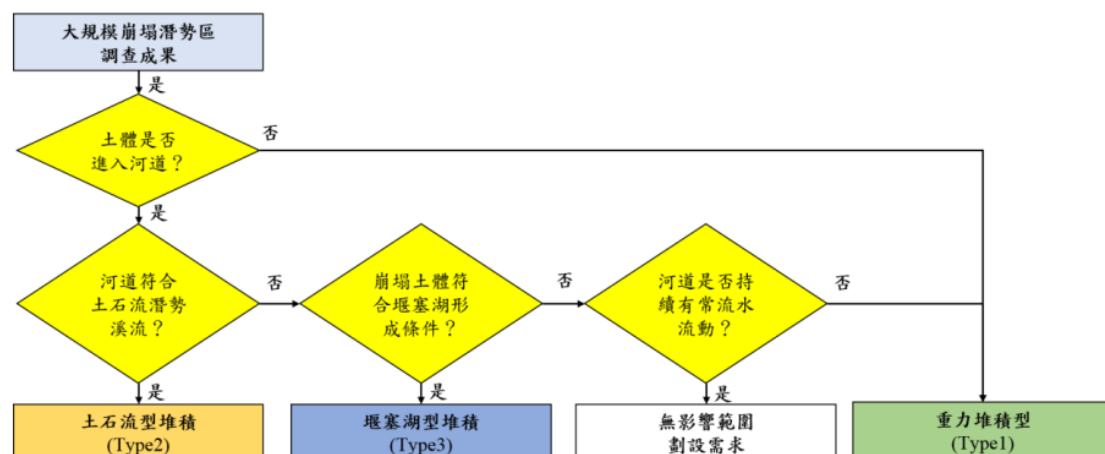


圖 6-7、大規模崩塌可能致災類型判釋流程圖。(水土保持局，2015)

表 6- 1、崩塌可能致災類型評估表。(水土保持局，2015)

評估人員				評估日期			
潛在崩塌區行政區域		____縣/市____鄉/鎮/區		潛在崩塌區編號			
潛在崩塌區坐標 (TWD97)		X: _____			Y: _____		
潛在崩塌區 所在集水區名稱				潛在崩塌區 所在集水區面積		_____ ha	
崩塌體積推估	崩塌區面積	A_L		_____ m ²			
	崩塌體積	$V = 0.1025 \times A_L^{1.401} =$		_____ m ³			
可能移動距離 推估	可能落高	$H = Z_{\max} - Z_{\min}$		_____ m			
	可能移動距離	$L_{Runout} = \frac{H}{10^{0.624 - 0.157 \log F}} =$		_____ m			
	等價摩擦角	$\phi_e = \tan^{-1} \left(\frac{H}{L_{Runout}} \right) =$		_____ °			
崩塌區地形	崩塌區平面圖			崩塌區縱剖面			
				是否進入河道 ☐ A. 是 ☐ B. 否			
崩塌區坡趾地形	崩塌區河谷縱剖面圖			崩塌區河谷橫剖面圖			
	河谷坡度	度		河谷寬度			
是否符合潛勢溪流 ☐ A. 是 ☐ B. 否			是否阻斷河道 ☐ A. 是 ☐ B. 否				
堆積形態判別		☐ A. 重力堆積型 ☐ B. 土石流型 ☐ C. 堰塞湖型 ☐ D. 不須劃設					

(一)重力堆積型劃設方法

若崩塌滑動體沿坡面進入緩坡或平坦地區，且未受到任何地形破壞或限制，此崩塌類型稱為重力堆積型(簡稱 Type1)，如圖 6- 8 所示。

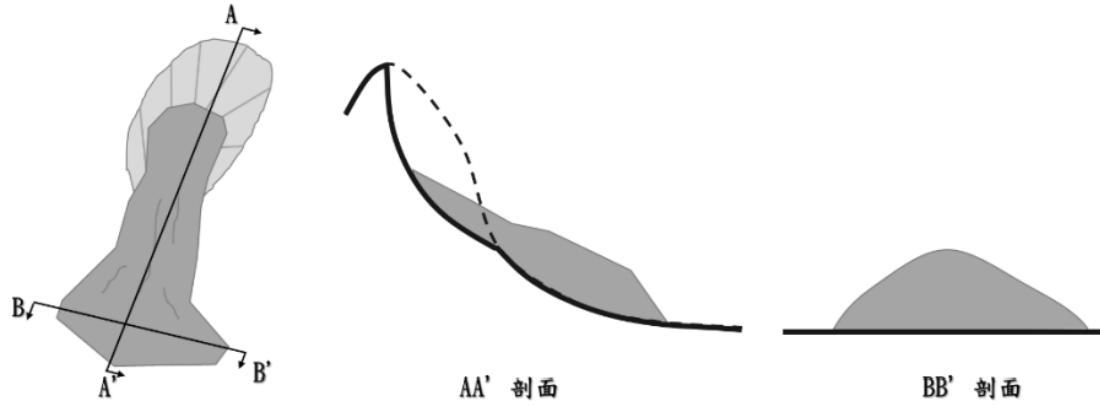


圖 6-8、重力堆積型示意圖。(水土保持局，2015)

劃設時，依可能滑動距離與可能堆積寬度劃設，其相關公式分別如下所述：

1. 可能滑動距離 L_{Runout} (Scheidegger, 1973)：

先計算出崩塌體積，崩塌體積可透過崩塌面積-體積關係式(式 (1))，水土保持局，2015)推估而得，後將體積帶入計算可能滑動距離(式 (2))；亦可透過等價摩擦角求得(式 (3))。

$$V = 0.1025 \times A_L^{1.401} \quad \text{式 (1)}$$

$$L_{Runout} = \frac{H}{10^{0.624 - 0.157 \log V}} \quad \text{式 (2)}$$

$$f_e = \frac{H}{L_{Runout}} = \tan \phi_e \quad \text{式 (3)}$$

V 為崩塌體積(m^3)； A_L 為崩塌斜面面積(m^2)； L_{Runout} 為崩塌水平移動距離(m)； ϕ_e 為等價摩擦角($^\circ$)； f_e 為等價摩擦係數； H 為崩塌土體最大落高(m)。

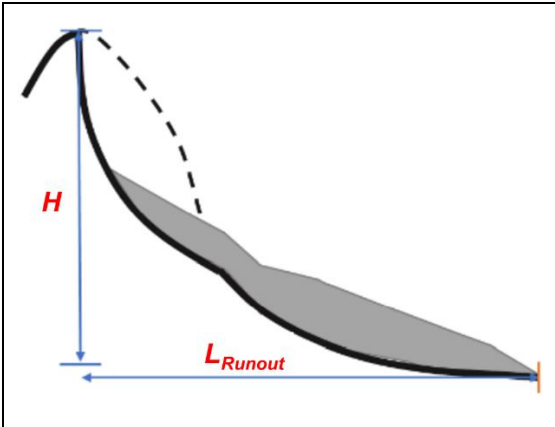
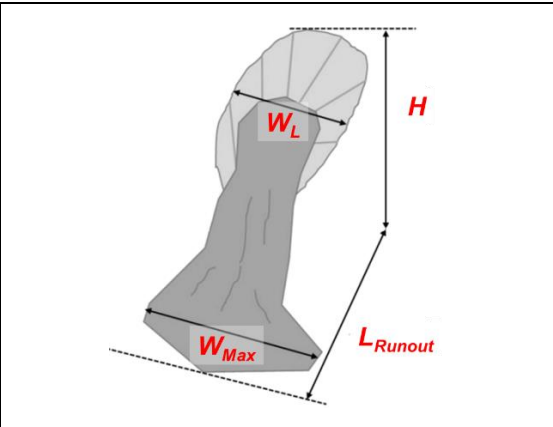
2. 可能堆積寬度 W_{Max} (水土保持局，2015)：

根據崩塌寬度與堆積寬度關係式，其公式為：

$$W_{Max} = 1.5 \sim 2W_L$$

W_{Max} 為最大堆積寬度(m)； W_L 為崩塌寬度(m)。

表 6-2、重力堆積型公式計算圖示。(蔡光榮等，2016)

	
可能滑動距離計算示意圖	崩塌可能堆積寬度計算示意圖

根據公式計算求得相關參數後，即可劃設堆積範圍，後依據現地實際地形進行編修。

(二)土石流型劃設方法

若崩塌滑動體沿坡面滑落至河道內，且該溪流其集水面積大於 3 公頃及溪床坡度大於 10° 以上者，此崩塌類型為土石流型堆積(簡稱 Type2)，如圖 6-9 所示，其劃設方法依土石流影響範圍之劃設方法劃定之(詳本文第六章 第一節)。

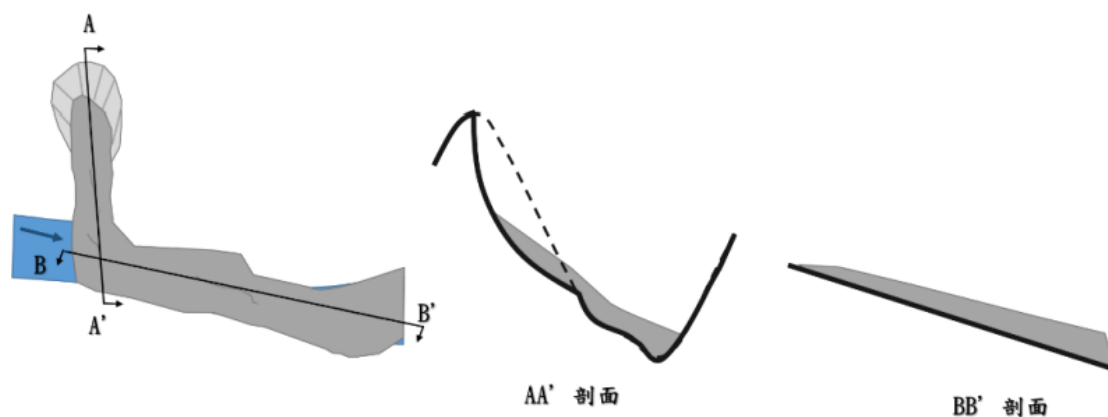


圖 6- 9、土石流型堆積示意圖。(水土保持局，2015)

(三)堰塞湖型劃設方法

若崩塌滑動體沿坡面滑落至河道內，因其可達對岸且土體堆積高度超過水深，符合堰塞湖形成條件，此崩塌類型為堰塞湖型堆積(簡稱 Type3)，如圖 6- 10 所示。

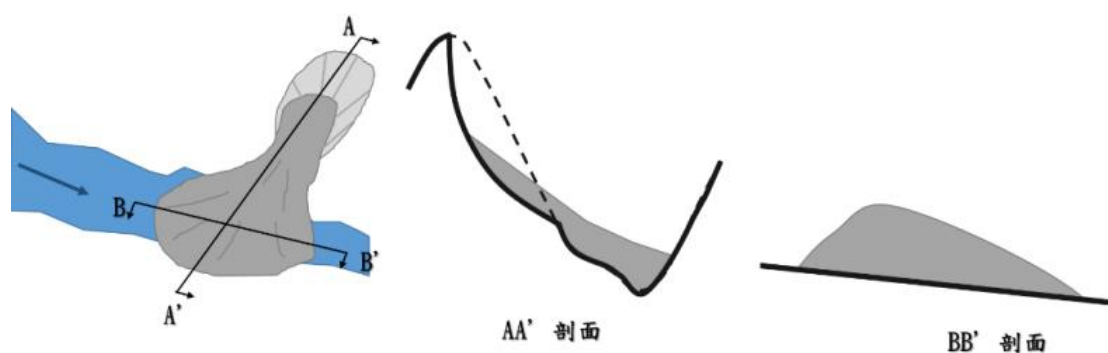


圖 6- 10、堰塞湖型堆積示意圖。(水土保持局，2015)

劃設時，依堰塞湖形成條件劃設，其相關公式如下所述：

崩塌滑動體可達河道對岸(水土保持局，2015)：

$$L_{Runout} = \frac{H}{10^{0.624-0.157\log V}} \geq L_L + B$$

L_{Runout} 為崩塌土體可能滑動距離(m)；H 為坡頂高程差(m)；V 為崩塌

體積(m³)； L_L 為坡面投影長度(m)； B 為河谷寬度(m)；。

崩塌土體最小堆積高度(陳昆廷，2015)：

$$H_D = 18.933V^{0.969} \geq h_w$$

H_D 為堰塞湖天然壩最小堆積高度(m)； V 為崩塌體積(m³)； h_w 為河谷水深(m)。

當確認崩塌類型為堰塞湖型，另可依據影響範圍，劃分為天然壩堆積(Type3.1)；上游迴水範圍(Type3.2)；潰壩(Type3.3)三種類型。

1. 天然壩堆積範圍(Type3.1)(Chen *et al.*, 2014)：

其堆積範圍可由壩體堆積形狀評估，公式如下：

$$\begin{aligned} L_B &= L_d + L_u \\ L_d &= \frac{H_D}{\tan(\phi_d - \theta_r)} \\ L_u &= \frac{H_D}{\tan(\phi_u + \theta_r)} \\ \phi_d &= 2.677\theta_r^{0.486} \\ \phi_u &= 1.075\phi_d\theta_r^{(-1.613)} \end{aligned}$$

L_B 為為天然壩堆積長度(m)； L_d 為天然壩下游堆積面長度(m)； L_u 為天然壩上游堆積面長度(m)； H_D 為堰塞湖天然壩最小堆積高度(m)； ϕ_d 為天然壩下游堆積面坡度(°)； ϕ_u 為天然壩上游堆積面坡度(°)； θ_r 為河谷坡度(°)。

根據公式計算求得相關參數後，即可劃設初步影響範圍，後依據現地實際地形進行編修，並根據相關公式，繪製天然壩堆積範圍及上游迴水區。

(四)緩坡及平坦地區劃設方法

若崩塌滑動體沿坡面滑落至河道內，該溪流不符合土石流潛勢溪流條件及堰塞湖形成條件，且溪流無常流水時，則依緩坡及平坦地區劃設；若有常流水，崩塌土砂易受水流影響而無法堆積，因此不劃設影響範圍。

(五)崩塌跨越稜線越界劃設方法

若崩塌滑動體沿河道或坡面滑落時，跨越稜線越界進入另一河道內，擴大其影響範圍時，需透過計算等價摩擦角評估是否劃設影響範圍，當等價摩擦角為 ϕ_1 時，所對應之能量線與坡面實際地形相交，則判定為運動土體無法越過 A 點；反之，當等價摩擦角為 ϕ_2 時，對應之能量線並未與坡面地形相交，則判定為運動土體可越過 A 點而發生溢流。(圖 6-12)

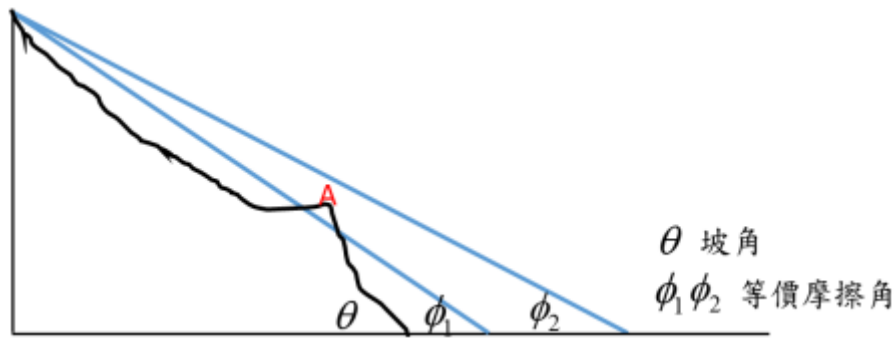


圖 6- 12、崩塌滑動體越域(溢流)評估示意圖。(水土保持局，2015)

等價摩擦角，可用來代表土體運動過程之能量線(Energy Profile)與水平線之夾角，以此判斷有無越域可能。(Okura，2000；Egashira，2015)，其公式為：

$$\phi_e = \tan^{-1}\left(\frac{H}{L_{Runout}}\right)$$

ϕ_e 為等價摩擦角($^{\circ}$)；H 為崩塌頂高程(m)； L_{Runout} 為崩塌土體可能流出距離(m)。

根據公式計算求得相關參數後，即可判定土體越域(溢流)之可能性，後依據現地實際地形進行編修影響範圍。

二、應用 BigGIS 劃設大規模崩塌影響範圍

於 BigGIS 巨量空間資訊系統(<https://gis.swcb.gov.tw>)中，套疊 H.O.S.T 地圖作為地圖底圖，可更清楚判讀出微地形特徵，並應用分析功能劃設出影響範圍，由繪圖工具、多邊形面積測量及縱橫斷面分析，先計算出大規模崩塌其崩塌潛勢區面積、體積及相關參數，並填

妥大規模崩塌潛勢區至災類型判別表(如表 6- 1)。

以高雄市甲仙區小林村之潛在大規模崩塌為例(蔡光榮，2015)。

Step1：由繪圖與分享工具中之繪圖工具，圈繪出大規模崩塌潛勢區，並藉由多邊形面積測量，計算出潛勢區面積(圖 6- 13)後，帶入體積計算公式獲得崩塌體積。利用線段長度測量，根據崩塌地寬度與堆積寬度之關係式，計算出最大可能堆積寬度。

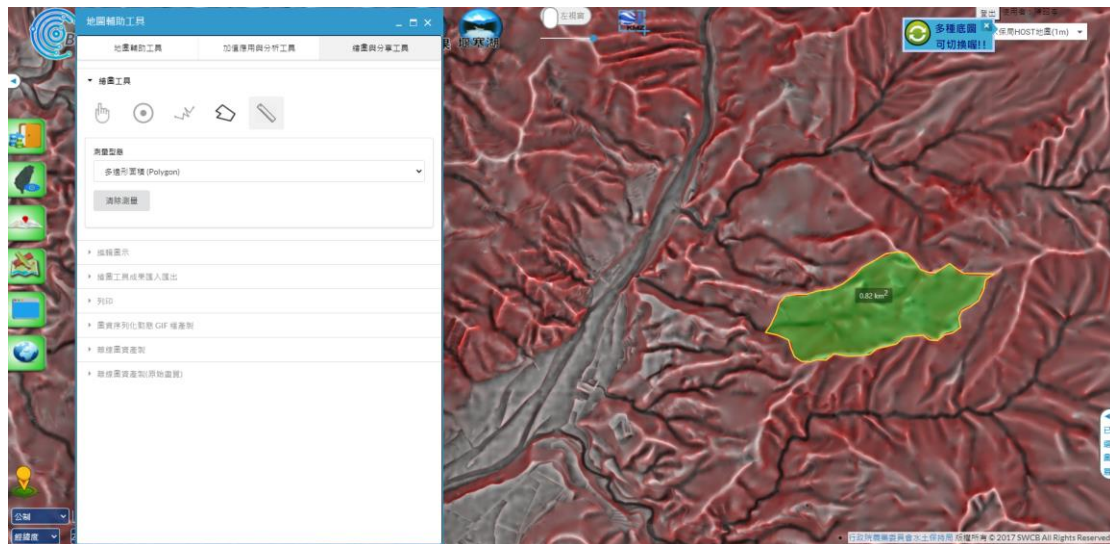


圖 6- 13、多邊形面積測量工具於 BigGIS 介面。

Step2：利用加值應用與分析工具之縱橫斷面分析，由崩塌潛勢區最下緣至最上緣繪出地形剖面，以進行可能至災類型之判別，採用 5m DTM，(因小林村崩塌事件為 98 年發生，因此以 92-94 年之 DTM 作為計算縱橫剖面之數值資料，可較接近當時地形高程)，推估間格設為 100m，如圖 6- 14 所示，並執行分析，可將分析數值成果儲存成 XLSX 檔。

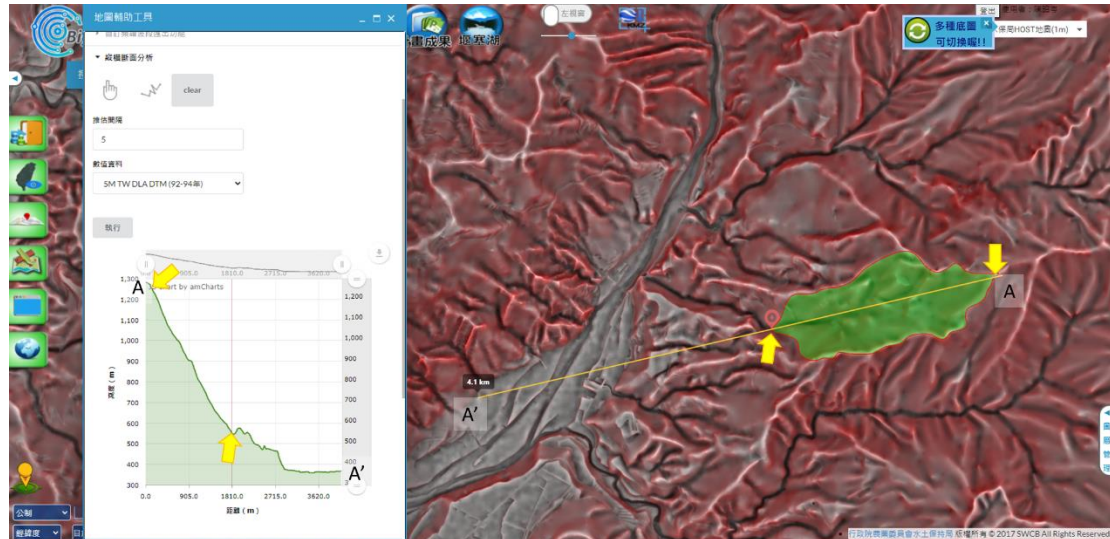


圖 6- 14、縱橫斷面分析於 BigGIS 介面。

Step3：由縱橫斷面分析後所產製之剖面，可以看出崩塌下緣為緩坡地形，且緩坡地形結束位置為旗山溪河道上(如圖 6- 15)，因此需進一步計算崩塌可能滑動距離。

Step4：計算出崩塌可能滑動距離後，一併計算出其對應之等價摩擦角，並將此成果套疊於剖面圖上，如圖 6- 15。

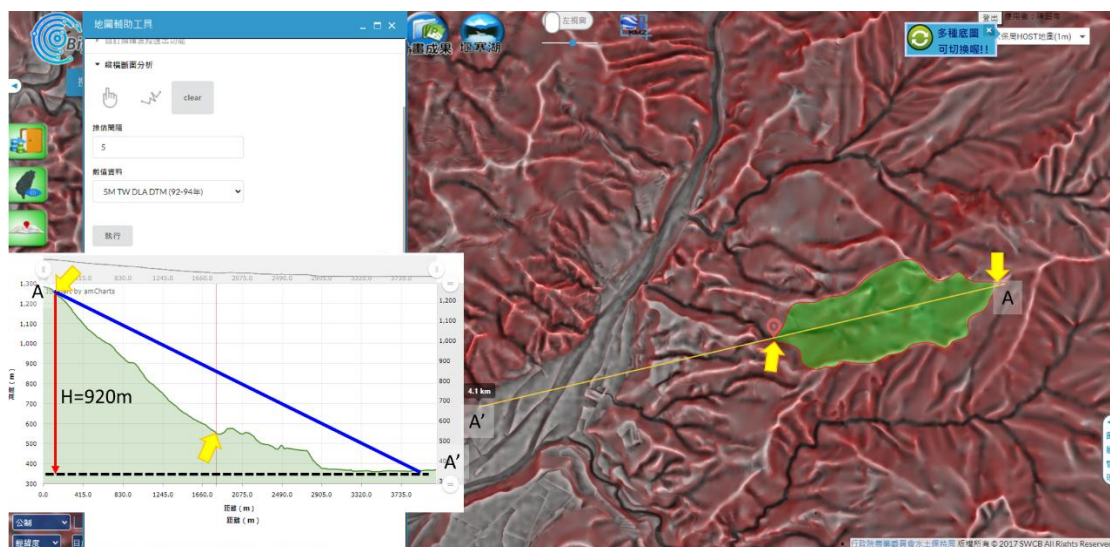


圖 6- 15、災害類型判定。

由套疊成果，可得知土體雖有受地形影響，然仍將會進入旗山溪主流，並抵達對岸，因此需進一步檢算土體可能堆積高度，並判斷其高度是否高過一般河道水流深度，將此崩塌致災類型判定為堰塞湖型堆積，其相關參數計算如表 6- 4 所示。

表 6- 4、小林村潛在大規模崩塌相關參數表。

崩塌區行政區域	高雄市/甲仙區	潛在崩塌區 所在子集水區名稱	錫安山
崩塌面積/體積推估	崩塌區面積	A_L	820,000 m ²
	崩塌體積	$V = 0.1025 \times A_L^{1.401}$	19,768,653 m ³
可能滑移距離推估	可能落高	$H = Z_{max} - Z_{min}$	920 m
	可能滑移距離	$L_{Runout} = \frac{H}{10^{0.624-0.157\log V}}$	3,057 m
	等價摩擦角	$\phi_c = \tan^{-1} \frac{H}{L_{Runout}}$	16.8°
	可能堆積寬度	$W_{Max} = 1.5 \sim 2W_L$	1480 m

判斷出小林村潛在大規模崩塌之致災類型後，因滿足堰塞湖形成條件，再計算天然壩堆積長度，依據崩塌可抵達位置與阻斷長度，繪製河道內可能堆積範圍與初步之影響範圍。

Step5：運用繪圖工具，以可能滑移距離為長度，可能堆積寬度為寬度，劃設影響範圍框，如圖 6- 16。

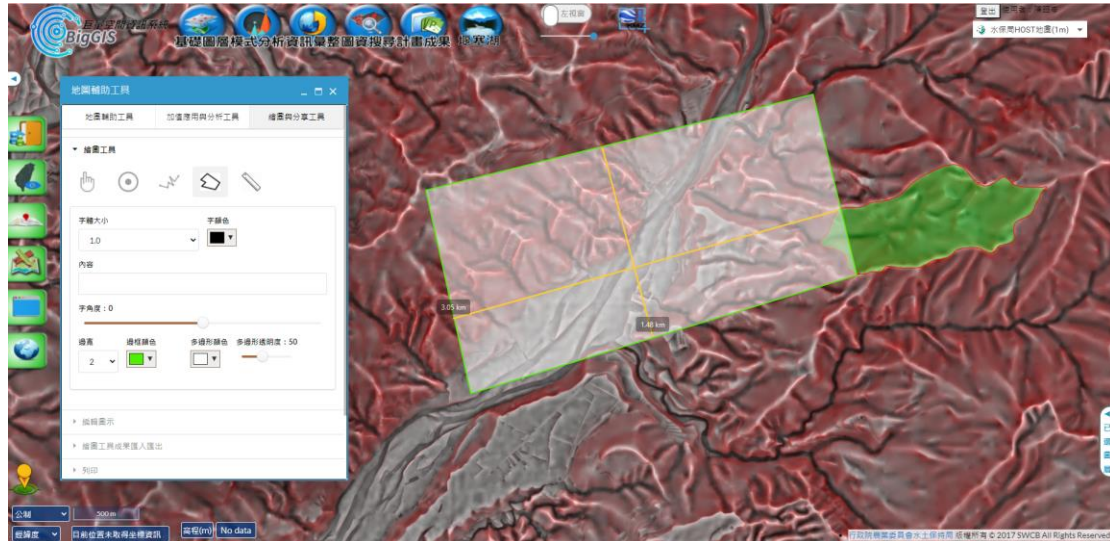


圖 6- 16、影響範圍初步劃設。

Step6：藉由繪圖工具，依現地實際地形，沿集水區(山脊線)與依據運動方向及天然壩阻斷長度，將大規模崩塌可能滑動影響之區域(綠框)、河道內堆積範圍(橘框)及崩塌土體不可能抵達之區域，編修出大規模崩塌影響範圍，如圖 6- 17。

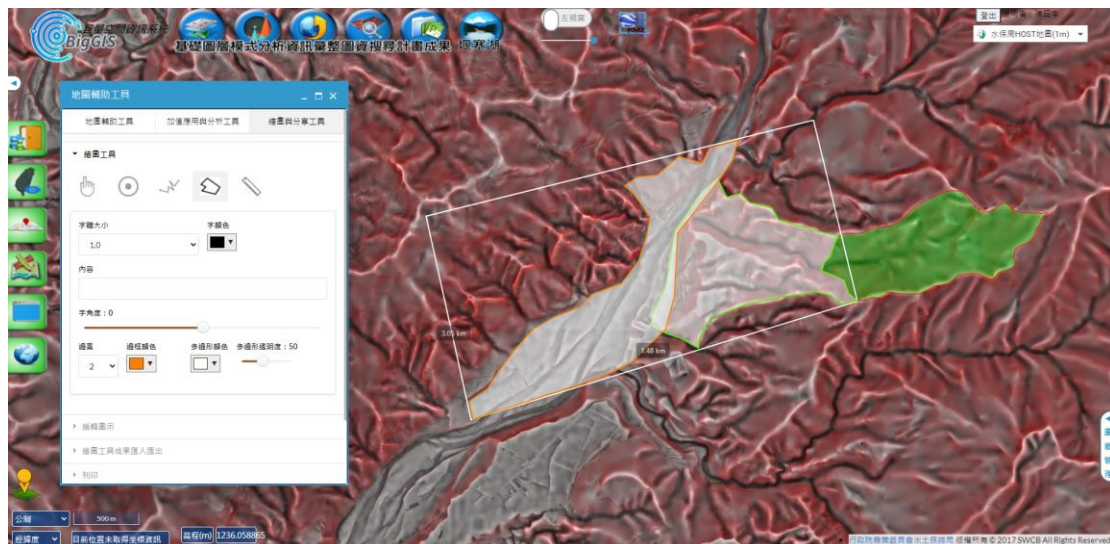


圖 6- 17、於 BigGIS 修正影響範圍(綠框)及河道內堆積範圍(橘框)。

Step7:最終可將繪圖成果由「繪圖工具成果匯入匯出」匯出 KML 檔，日後亦可由此匯入此次產出之 KML 檔。亦可將劃設成果套疊災害影像，進行比對劃設成果與實際成果之涵蓋情形，如圖 6- 18。

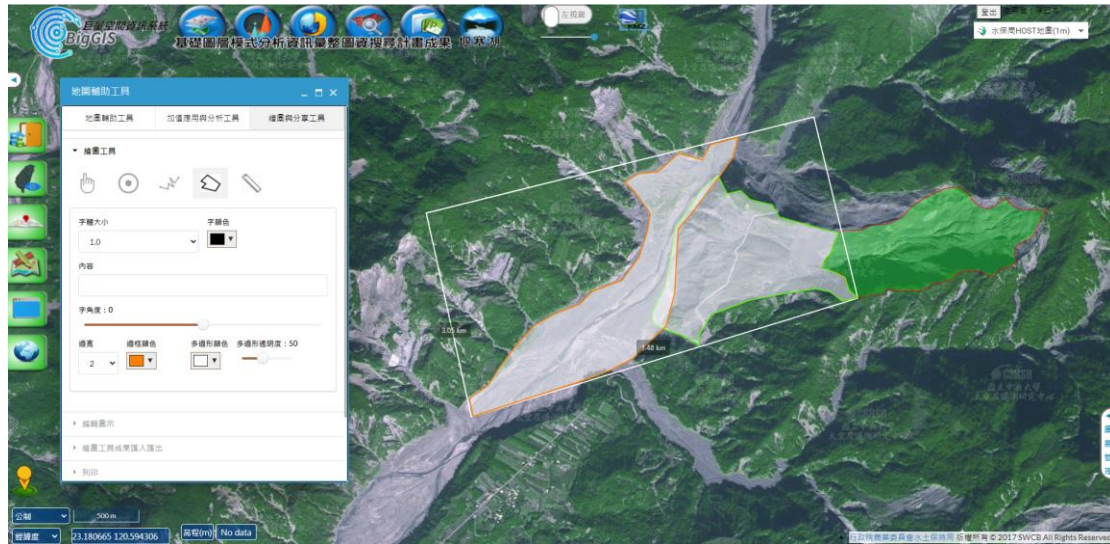


圖 6- 18、影響範圍(綠框)及河道內堆積範圍(橘框)劃設套疊 SPOT 衛星影像成果。

參考文獻

- 千木良雅弘 (2011) 大規模崩塌潛感區。科技圖書股份有限公司，共 227 頁。
- 水土保持局(1992)，崩塌地調查、規劃與設計手冊(地滑篇)。行政院農業委員會水土保持局，231 頁。
- 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。
- 行政法人國家災害防救科技中心(2015)，大規模崩塌災害防治行動綱領，行政法人國家災害防救科技中心。
- 財團法人成大研究發展基金會(2020)，109 年大規模崩塌潛勢區地表位移觀測系統建置與分析，水土保持局，共 643 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，共 127 頁。
- 吳國維、陳春伸、陳春宏(2020)。無人飛行載具於河川管理應用。營

建知訊，第 448 期，第 29-47 頁。

經濟部中央地質調查所(2008)，都會區及周緣坡地環境地質資料庫圖

集說明書。經濟部中央地質調查所，共 65 頁。

經濟部中央地質調查所、財團法人成大水利海洋研究發展文教基金會、

聯合大地工程顧問股份公司(2017)，潛在大規模崩塌精進判釋暨

補充調查，經濟部中央地質調查所。

高治喜、連惠邦(2015)，運用遙測技術協助判釋大規模崩塌潛勢區域

微地形特徵之研究，行政院農業委員會水土保持局。

郭耀駿(2016)，以自製紅色立體地圖輔助地形判識。國立中興大學水

土保持學系所碩士論文，共 64 頁。

連惠邦(1997)，土石流定量判別模式。中華水土保持學報，第 28 卷，

第 2 期，第 129-136 頁。

侯進雄、費立沅、邱禎龍、陳宏仁、謝有忠、胡植慶與林慶偉(2014)，

空載光達數值地形產製與地質災害的應用，航測及遙測學刊，第

18 卷，第 2 期，第 93-108 頁。

曾志民、張國禎(2019)。無人載具高解析影像及點雲於山區河川表層

粒徑分析之可行性研究。水土保持局，共 110 頁。

鈴木龍介(2000)，「建設技術者のための地形図読図入門<第 3 卷>段

邱・丘陵・山地。古今書院，共 942 頁。

- 詹錢登(2000)，土石流概論。科技圖書股份有限公司，共 174 頁。
- 費立沅、廖瑞堂、紀宗吉、邱禎龍、林錫宏、陳昭維、呂家豪與王國隆(2018)，潛在大規模崩塌之調查及觀測技術手冊。經濟部中央地質調查所及青山工程顧問股份有限公司，共 178 頁。
- 潘國樑，沈哲偉，鄭錦桐，冀樹勇(2011)，遙測影像判釋手冊：中興工程顧問社，台北市，共 236 頁。
- 陳宏仁(2020)，數值地圖地形地貌判釋應用專題講座，行政院農業委員會水土保持局。
- 陳奕中、侯進雄、謝有忠、陳柔妃、吳若穎(2014)，高解析度空載光達資料結合地形開闢度分析於構造地形特徵之應用。航測及遙測學刊，第 18 卷，第 2 期，第 67-78 頁。
- 陳振宇、林恩如、吳振佑、陳均維、林詠喬、陳國威、詹婉妤、林宥伯與林家興(2020)，立體地形圖 H.O.S.T. MAP 及 CS MAP 判釋參考指引。水土保持局，共 105 頁。
- 蔡光榮、謝正倫、賴文基、陳禮仁、臧運忠、李鎮鍵、蔡元融、謝宗霈、鍾芸菁、陳志豪、何岱杰、蔡在宗、崔嘉岩、林怡君、陳盈君、吳佩誼、游佳靜、黃孟璇(2016)，105 年大規模崩塌區影響範圍調查與劃設。行政院農業委員會水土保持局，共 701 頁。
- 蔡光榮、謝正倫、賴文基、蔡元融(2018)，潛在大規模崩塌區影響範

圍調查劃設及堰塞湖災害潛勢技術評估。行政院農業委員會水土保持局，共 586 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。水土保持局，共 131 頁。

謝有忠(2016)，地形計測方法應用於潛在大規模崩塌之判釋。航測及遙測學刊，第 20 卷，第 4 期，第 263-277 頁。

長野県 林務部 長野県森林整備加速化林業再生協議会略網部会 (2014)，「長野県型立体地形図=CS 立体図」を用いた林内路網の路網配置検討手順，長野縣，共 121 頁。

Agliardi, F., Crosta, G.B. and Zanchi, A. (2001) Structural constraints on deep-seated slope deformation kinematics : *Engineering Geology*, vol. 59, no. 1, p. 83-102.

Chiba, T., Kaneta, S. I., and Suzuki, Y. (2008) Red Relief Image Map : new visualization method for three dimensional data. The International Archives of the Photogrammetry : *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 37, p. 1071-1076.

Christoph Daxer (2020) Topographic Openness Maps and Red Relief Image Maps in QGIS : *Lacustrine paleoseismology in Carinthia (Austria) and improved seismic intensity assessment based on lake sediments*, DOI : 10.13140/RG.2.2.18958.31047.

- Moore, I.D., Grayson, R.B., and Ladson, A.R., (1991) Digital terrain modelling : A review of hydrological, geomorphological, and biological applications : *Hydrological Processes*, vol. 5, p. 3-30.
- Varnes, D.J. (1978) Slope movement types and processes : Landslides, Analysis and Control, Spec. Rep., 176, Proceedings of the National Academy of Sciences, Washington D.C., p. 11–35.
- Yokoyama, R., Shirasawa, M., and Pike, R. J. (2002) Visualizing topography by openness : a new application of image processing to digital elevation models : *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 68, p.257-265.
- Zevenbergen, L.W., and Thorne, C.R., (1987) Quantitative analysis of land surface topography : *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 12, p.47-56.
- BigGIS(2020)巨量空間資訊系統, <https://gis.swcb.gov.tw>, (2020/12/2)。
- CS 立体図を用いた地形判読 (FOSS4G 2017 Tokyo ハンズオン), [https://www.slideshare.net/osgeojapan/csfoos4g-2017-tokyo\(2020\)](https://www.slideshare.net/osgeojapan/csfoos4g-2017-tokyo(2020)), (2021/3/4)。
- ESRI, 2012. ArcGIS Desktop : Release 10. Redlands, CA : Environmental Systems Research Institute, [http :](http://resources.arcgis.com/) [//resources.arcgis.com/](http://resources.arcgis.com/) , (2021/3/4)。
- ESRI(2016) Curvature Function, [https :](https://)

[//desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/curvature-function.htm](https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/curvature-function.htm) , (2021/3/4)。

ESRI(2016) Topographic Openness Tool (for ArcGIS10.5, 10.5.1),

[https :](https://www.arcgis.com/home/item.html?id=53a7bdf145dc4e6390eb8ccf1ae3053d)

[//www.arcgis.com/home/item.html?id=53a7bdf145dc4e6390eb8ccf1ae3053d](https://www.arcgis.com/home/item.html?id=53a7bdf145dc4e6390eb8ccf1ae3053d) , (2021/5/15)。

ESRI(2016) Topographic Openness Tool (for ArcGIS10.6, 10.6.1), [https :](https://www.arcgis.com/home/item.html?id=b61d84afb36646c4a35228b2eea1d6bc)

[//www.arcgis.com/home/item.html?id=b61d84afb36646c4a35228b2eea1d6bc](https://www.arcgis.com/home/item.html?id=b61d84afb36646c4a35228b2eea1d6bc) , (2021/5/15)。

ESRI(2016) Topographic Openness Tool (for ArcGIS10.7, 10.7.1), [https :](https://www.arcgis.com/home/item.html?id=6a0f60951f344923a1bbab0c9d2d23c5)

[//www.arcgis.com/home/item.html?id=6a0f60951f344923a1bbab0c9d2d23c5](https://www.arcgis.com/home/item.html?id=6a0f60951f344923a1bbab0c9d2d23c5) , (2021/5/15)。

G 空間情報センター(2016) CS 立体図(長野県林業総合センター) ,

[https : //www.geospatial.jp/gp_front/csmap](https://www.geospatial.jp/gp_front/csmap) , (2021/3/4)。

G 空間情報センター(2016) CSMapMaker plugin-QGIS, [https :](https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/cs-tool)

[//www.geospatial.jp/ckan/dataset/cs-tool](https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/cs-tool) , (2021/3/11)。

G 空間情報センター(2016) CSMapMaker plugin-ArcGIS [https :](https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/csmapmaker)

[//www.geospatial.jp/ckan/dataset/csmapmaker](https://www.geospatial.jp/ckan/dataset/csmapmaker) , (2021/3/11)。

紅色立體地圖(2002), [https : //www.rrim.jp/](https://www.rrim.jp/) , (2021/3/4)。