

土石流災害



土石流災害



壹、 災害名詞定義

依據行政院農業委員會水土保持局土石流潛勢溪流劃設作業手冊」說明：

- 一、 集水區面積：採用現地判定之溪流線終點為定點，進行集水區圖層繪製，並計算其集水區面積。
- 二、 屬土石流造成之土石災害：土石流溪流多位於山區，因此其上中下游之劃分，無法沿用一般河川之分類基準。基於土石流之運動型態，本作業手冊以土石流溪流發生、流動及堆積特性，作為溪流上、中、下游之劃分基準。
 1. 「上游」段為溪床，坡度較陡，約 $15\sim 30^\circ$ ，以土石流發生區為主。地形特徵上常位於陡峻山嶺凹谷或向源侵蝕之前緣，河川較窄淺，常侵蝕成深溝或峽谷而多呈 V 字形，谷壁崩塌之碎屑會大量堆積在於此，因此河道底質多為巨石岩塊與大小不一之石頭。上游水流速度快，但平時水量較少，水質清澈。
 2. 「中游」段溪床坡度稍緩，約 $6\sim 15^\circ$ ，以土石流流動區為主。河道常較上游稍寬。若曾發生土石流，則河岸多因土石流淘刷而常呈 U 字形，且植被較疏，露出岩盤或土層。溪流底質可能堆積大量岩石、泥砂或漂流木，亦可能為光滑之裸岩，此端視河道之輸送能力與通阻狀況而定。土石流溪流中游地形因受到侵蝕及搬

運之影響，常有曲流及深潭之地形，巨石阻斷形成湍流亦相當常見。

3. 「下游」段溪床坡度約 $3\sim 6^\circ$ ，以土石流堆積區為主。堆積之土石常提高河床，而後繼由水流切削出一或數流槽。下游段多為平坦寬廣之河段或由谷口進入平原地區，坡度平緩，底質多為巨石與砂泥混和堆積，且因受搬運及沈積運動影響，而多成為扇形地形。

三、 土石流又分為溪流型土石流及坡面型土石流，其判斷依據如下：

1. 溪流型：依現地調查及 1/25,000 地形圖比對後，有明顯溪谷地形者，且可看出土石流之發生區、流動區及堆積區。溪流型土石流流路較長，集水區面積較大，堆積物前端之礫石呈規則性之排列。
2. 坡面型：根據現地調查及 1/25,000 地形圖比對後，發現無明顯溪谷地形者，而可以看出有土石流發生區、流動區及堆積區之表徵。坡面型土石流流路短、坡度大，土石多為一次性搬運，稜角均較明顯。

四、 土石流特性：

1. 土石流常呈間歇性之流動，當前端部分受阻而停止時，其後續部分會因慣性而產生壅高，並因壓力之加大迫使前端再次流動。
2. 土石流前端部份呈波浪狀，並常有巨礫集中

之現象。相對於土石流前端部分大量之巨石，其後續部分礫石之大小及濃度等皆減小。

3. 淘選(Sorting)不良之堆積，常形成大石在上、小石在下。
4. 堆積礫石上泥漿裹覆。
5. 扇狀堆積。
6. 土質材料支撐。
7. 堆積土石中高旁低。
8. 堆積區發展順序，先直後橫。
9. 巨石疊瓦狀堆積分佈。

貳、本市土石流潛勢溪流

依據 104 年 2 月 3 日，行政院農業委員會水土保持局最新公布之土石流潛勢溪流分佈資料顯示，本市共有 110 條土石流潛勢溪流，依數量多寡依序為：六龜區(31 處)、甲仙區(17 處)、桃源區(16 處)、那瑪夏區(14 處)、美濃區(9 處)、旗山區(7 處)、杉林區(4 處)、內門區(3 處)、鼓山區(3 處)、茂林區(3 處)、田寮區(1 處)、岡山區(1 處)、阿蓮區(1 處)；土石流潛勢溪流分佈圖詳如圖 1。

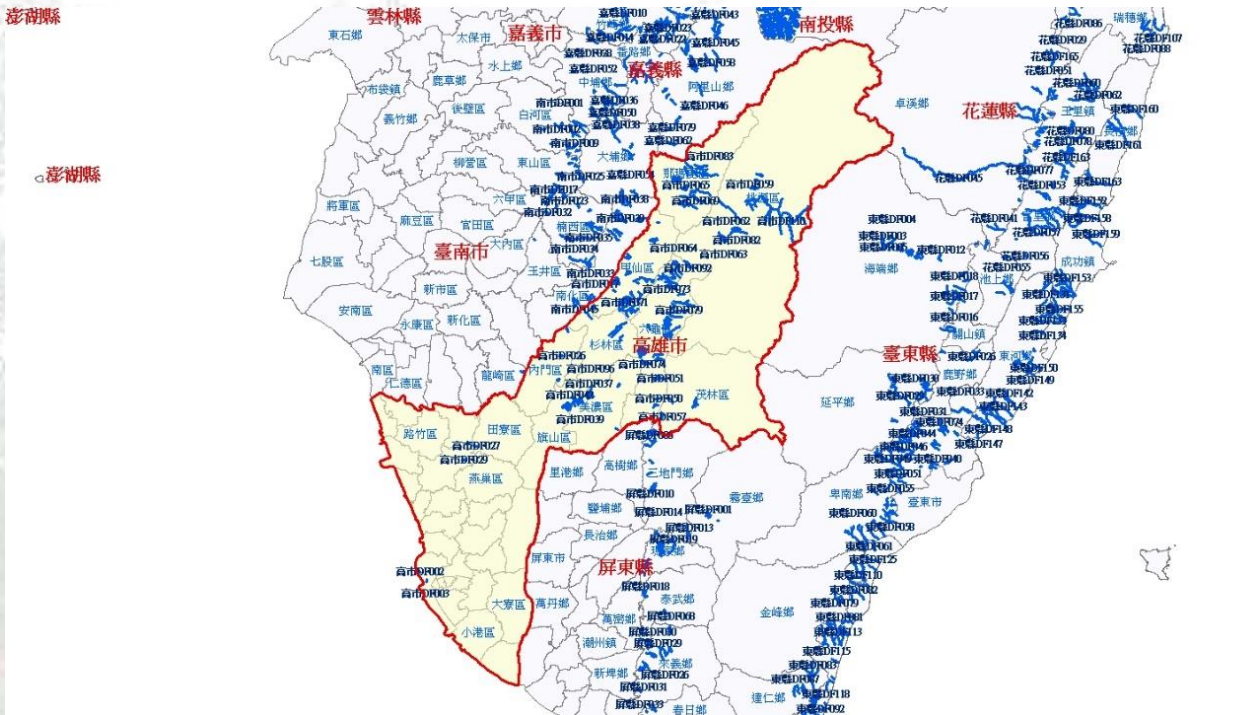


圖 1 高雄市土石流潛勢溪流分佈圖

(圖資來源：農委會水保局土石流防災資訊網；104年2月3日更新)

參、 土石流境況模擬與危險度分析

所謂境況模擬係指依據地區特性與環境，參考歷史災害規模，設定各種可能成災之狀況與條件，利用各種評估工具模擬於想定狀況條件下之致災規模；而危險度分析則是利用對各種成災條件之分析，訂定與災害發生相關性高之指標、各指標值之計算方式與所估之權重，以計算災害之發生機率(發生度)與對於保護對象危害度，並利用歷史災害資料驗證逐步修正各指標，災害境況模擬與危險度分析結果可提供決策者進行災害防救對策擬定與防救災整備、應變作業之參考。

一、 土石流境況模擬

土石流實際運動過程十分複雜，除了受地形效應影響之外(例如遇狹隘地形時，易發生淤積阻塞效應進而發生溢流、谷口平坦地形容易大量堆積並向外擴散)；河床沖淤交替作用所形成之地形變動，亦會造成氾濫範圍的改變(如河道受刷深影響後造成原來流路改變)。為能瞭解本市土石流發生後對於下游可能造成之衝擊與影響範圍，有關土石流境況模擬，採用成功大學防災研究中心所發展之二維土石流沖淤模式進行土石流演算，以瞭解土石流流動過程之沖淤特性，另有關災害應變期間緊急疏散範圍之界定，採用農委會水土保持局所提供之土石流潛勢溪流影響範圍，作為災中緊急疏散時參考。

二、 土石流沖淤演算

有關土石流沖淤演算，採用成功大學防災研究中心謝正倫教授所發展出二維土石流沖淤模式，該模式是由流體力學之觀點出發，針對土石流運動過程中之沖淤行為與底床邊界變動量進行計算，土石流沖淤演算之條件係參考行政院農業委員會水土保持局執行土石流特定水土保持區劃定時所採用之劃定基準，降雨基準採用 50 年重現期之降雨量，配合土砂流出量之估算，進行土石流潛勢溪流之沖淤分析。

三、 土石流沖淤演算

有關土石流影響範圍劃定，依據水土保持技術規範第五章第三節第三百一十三條之劃定方法進行劃定，首先決定危險區之頂點 A，其以山谷之出口、扇狀地之頂點，或坡度十度為頂點；其次由 A 點依據土石流最大擴展角度(一百零五度)向下游劃出一扇狀區域；最後以扇狀區內坡度二度之等坡度線 B 作為土石流之到達邊界，則該扇形區與線 B 所涵括之範圍，即為土石流可能之影響範圍。

四、 土石流潛勢溪流危險度分析

有關土石流危險度分析，採用成功大學謝正倫教授執行全國土石流調查所提出之危險度評估方法，根據有效集水面積、集水區內地質之岩性、通過集水區內之斷層長度、溪流上游之崩塌面積等四個誘發土石流發生因子作為土石流發生度之評估指標，同時加入土石流發生對於保全對象危害度評估因子，區分出土石流潛勢溪流之危險等級為高、中、低三個等級。

歷史災害

桃芝颱風造成之土石流災害

資料簡介[1]

時間：民國 90 年 7 月 30 日

登陸地點：花蓮縣秀姑巒溪附近

災害地點：花蓮及中部地區多處坡地崩塌及土石流災害

傷亡統計：103 人死亡、111 人失蹤、189 人受傷，
其中以花蓮和南投縣為最多

表 1 桃芝颱風土石流災害統計

災害地點	土石流災害點數
台中縣	8
南投縣	23
苗栗縣	2
花蓮縣	2

(資料來源：水保局、中華民國大地工程學會會訊 第五卷第二期)

表 2 桃芝颱風最大時雨量資料

災害	雨量測站	地點	最大時雨量 (mm)	累積雨量 (mm)
土石流	光復	花蓮縣光復鄉	146	489.5
土石流	鳳凰	南投縣鹿谷鄉	141	601.5
無	奮起湖	嘉義縣竹崎鄉	137	593
土石流	龍神橋	南投縣水里鄉	130	481
土石流	信義	南投縣信義鄉	126	448.5
土石流	鳳林	花蓮縣鳳林鎮	124	570

(資料來源：中華民國大地工程學會會訊 第五卷第二期)

損毀區域[2]：

1. 南投縣水里鄉上安村

桃芝颱風挾帶暴雨，大量土石沖刷而下，高達三、四層樓的土石流沿著三部坑溪傾瀉而下，相關工程措施雖發揮部分攔蓄效果，仍無法抵擋土石的破壞，原本不到 10 公尺寬之三部坑溪，瞬間被沖刷成逾 100 公尺寬，一時之間橋斷路毀、房屋倒塌、田園流失、人員傷亡，共計造成上安村死亡失蹤 17 人，田園流失 80 餘甲，房屋全倒 26 戶、半倒 29 戶、財損超過 80 餘戶。



桃芝颱風對上安造成之災害照片1



桃芝颱風對上安造成之災害照片2

圖 1、2 桃芝颱風對南投上安村造成之土石流災害

(圖片來源:行政院農委會水保局土石流資訊網)

2. 花蓮縣光復鄉大興村

爆發嚴重的土石流災情，造成約 150 萬立方公尺之土石下移，大興全村 184 戶，近 150 戶遭土石掩埋，造成 27 人死亡、16 人失蹤、8 人受傷的慘重災情。



桃芝颱風-橋受土石衝擊破壞



桃芝颱風-大興村社區被土石掩埋

圖 3、4 桃芝颱風對花蓮大興村造成之土石流災害

(圖片來源:行政院農委會水保局土石流資訊網)



圖 5 花蓮大興村土石流災情

(圖片來源:紀宗吉(Chi, Chung-Chi) 2001/08/07)

土石流災害原因分析[3]：

1. 天災暴雨

首先，桃芝颱風帶來十分集中且強度大的降雨，颱風桃芝颱風暴雨造成光復鄉、鳳林鎮重大災害，因為7月30日凌晨3小時內下了近500公厘的暴雨；而當颱風移入台灣中部山區，在早上6至7時亦產生實降雨量近90公厘之高強度降雨，造成中部山區慘重的土石流災情，桃芝暴風中心於30日上午10時20分從新竹出海後，有近3個小時在台灣海峽呈現近似滯留狀態，使受到陸地破壞的颱風結構得以重新組織發展，整個「眼牆」涵蓋在台灣南投縣、台中縣及苗栗縣山區，**連續6個小時暴雨不停**，並有連續2個小時出現時降雨量超過85公厘，以致在台灣中部各地引發大小災情，並造成救災不易之窘境，所以災因之一應為天災暴雨。

2. 921集集大地震後土石鬆動

台灣中部山區在921集集大地震後原本就土石鬆動，**抵抗坡地崩坍及土石流災害的能力已明顯不足**，故造成台灣中部地區大規模的土石流災變，亦為原因之一。根據農委會的統計，桃芝風災後新增的土石流災情達十九處，且全數集中在中部山區，據農委會水保局長吳輝龍表示，921集集大地震後土質鬆動，未來十年內都將年年面對土石流災害。

3. 水土保持不良

桃芝風災造成南投縣信義鄉土石流災害現場與賀伯颱風現場幾乎如出一轍，對於 5 年來的任何水土保持與山坡地維護的措施應加以檢討。雖然行政院九二一震災災後重建推動委員會為加速災區崩塌地植生復育，避免水土流失成災，並顧及災民就業機會，已從成立之初即結合各鄉鎮市公所選定**諸多崩塌裸坡進行人工植生**。但不容諱言，人工植生尚有若干技術瓶頸待克服，如**高海拔或坡度較陡峭崩塌地進行植生不易，加上人工植生較曠日廢時，部分裸坡未及植生**，桃芝風災除造成原崩塌面積持續擴大外，並產生許許多多新增的崩塌地。另如上游區域未能整治好，所造成洪峰量增加與稽延時間縮小，往往波及下游區域，此次鹿谷鄉下游之竹山鎮東埔蚋溪沿岸就遭受嚴重的土石流與水患。

4. 植被人為破壞

大量的樹木森林不僅可以保護地表，也有吸收水分，阻止雨水的功能，然而，在觀光產業的提倡及高山經濟作物的栽培下，平地農業資本大量向山地轉移，以高山蔬菜、水果、茶葉為主要作物，**大量開墾，終而導致植被無法保護地表**，土石隨大雨沖刷而下。以花蓮縣光復鄉為例，近十年來已經成為花蓮檳榔產量最多、最為集中的地方，整片整片的原始山林早已變成整山整山的檳榔園。森林遭砍伐改種保水抗風性差的梧桐、生薑、乃至於現在的檳榔樹之歷史由來已久。或許原先是以造林提出土地利用申請，實際上卻種植高冷蔬菜或檳榔，接著再申請產業道路的開發，如今卻在風災後變成土石流與坡地崩坍的勘災路線。

The background is a faded, grayscale photograph of a residential yard. In the foreground, there is a dirt path leading towards a fence. The fence is made of vertical slats and runs across the middle ground. Behind the fence, there are several trees and a house with a window visible. The overall scene is somewhat overcast and lacks sharp detail due to the fading effect.

參考文獻

[1] 中華民國大地工程協會(民 90 年 8 月 20 日)。桃
芝颱風造成之土石流災害。中華民國大地工程學
會會訊 第五卷第二期

[2] 土石流防災資訊網。潛勢溪流治理。行政院農業
委員會水土保持局。取自
https://246.swcb.gov.tw/debrisClassInfo/treatment/treatment4_2.aspx

[3] 台灣土石流數位博物館(民 96)。近年重大土石流
案例。取自
<http://www.hmhsieh.idv.tw/mis2005/www/3-2.html>