

花蓮縣第 65 屆國民中小學科學展覽會

作品說明書

科 別：地球科學科

組 別：國中 B 組

作品名稱：地震落石雨怎麼逃？探討落石的地形效應與絕地求生指南

關 鍵 詞：落石災害、地形效應、避難策略

編 號：

地震落石雨怎麼逃？探討落石的地形效應與絕地求生指南

摘要

台灣因地處板塊交界，地震頻繁且地形破碎，落石災害成為威脅人身安全的重要因子。特別是在像太魯閣這類地形陡峭的地區，地震後的落石經常造成人員傷亡。本研究透過地形模型模擬、真實案例分析及 GIS 資料輔助，探討不同地形類別（山稜、山谷、非稜非谷）對落石分布與密度的影響，並據此提出避難策略。結果顯示，落石在山谷區砸落的機率比山稜高出 6.85 倍，凸顯地形類型在求生策略制定中的關鍵性。此外，我們從地震影片中歸納出地震發生至落石發生間平均有 13 秒的反應時間，為緊急避難動作提供寶貴的時間窗口。我們期望能提供更具有科學依據的避難建議，協助民眾在災難中做出正確判斷，提高生存機率。

關鍵詞：落石災害、地形效應、求生策略

壹、研究動機

一、高致命率的落石型山難

臺灣本島土地面積有高達百分之七十以上都是山區，陡峭而破碎的地形地質高度潛藏落石的風險，根據事故統計報告顯示，所有落石類型的山難每案的致命率達 67%，是致死率最高的山難類型(鄭安晞,2005)，這讓我們更加深刻體會到落石的威脅性。

二、花蓮 0403 地震的遺憾與疑惑

根據中央氣象署統計，位於板塊交界的臺灣每年發生上千起有感地震，落石災害頻繁。0403 花蓮地震重創太魯閣國家公園，造成車輛與遊客傷亡，突顯落石避難策略的重要性。然而，相關應對研究稀少，許多人甚至認為遇到落石只能聽天由命。

	
<p>花蓮外海發生規模 7.2 的強震，蘇花公路上的大型貨車駕駛遭落石擊中身亡。 (資料來源：FTNN 新聞網)</p>	<p>太魯閣國家公園獨得卡倫步道 300 公尺處，通報有 3 名登山客遭遇 0403 強震落石撞擊身亡。 (資料來源：TVBS)</p>

圖 1-1、0403 花蓮大地震造成許多落石致死事故，突顯落石避難策略的重要性。

因此，我們的動機在於探討如何結合地形分析、反應時間與避難動作，系統化地提升山區行車及行人在落石情境中的生存機率。我們希望透過此研究，提供一套科學且實用的落石避難策略，幫助人們在面對自然災害時能有效保護自己。

貳、研究目的

一、彙整落石災害的相關文獻

- (一) 彙整現有文獻，探討落石災害的地形因素。
- (二) 彙整現有文獻，探討用路人的落石災害避難策略。

二、探究落石災害的大尺度地形效應

- (一) 以砂卡礑步道為落石模擬場域，探究地形類別對落石運動軌跡的影響力。
- (二) 探究落石的形狀、坡度、坡高與地形類別之間的交互作用。

三、探究地震型落石災害的逃生時間，擬定用路人最佳逃生策略

- (一) 比對地震誘發落石案例，推估用路人在山區地震後的落石逃生時間有幾秒？
- (二) 整合研究成果，擬定山區地震發生時，用路人的落石災害求生策略。

參、研究設備及器材

一、程式軟體與地圖資訊

		
QGIS	BIG GIS	BeamStudio
		
全臺灣 20 公尺網格 DTM	二萬五千分之一等高線圖	Microsoft Excel

圖 3-1、本作品所使用的程式軟體與地圖資料

二、實驗器材

		
小鋼珠落石(0.7g)	方形不規則狀落石(0.7g)	扁長形不規則狀落石(0.7g)
		
電子磅秤(秤量落石質量用)	珠針(標記落石條件、撞擊點)	貼紙(標記落石條件、撞擊點)
		
保麗龍板(製作地形模型用)	長尺、皮尺(測量模型路段)	電焊筆(製作地形模型用)
		
批土(製作地形模型用)	樹脂(製作地形模型用)	刮板(製作地形模型用)
		
打磨砂輪機	滾磨機	雷射雕刻機

圖 3-2、研究器材及立體地形模型材料

三、砂卡礫溪東岸落石地形模型製作過程

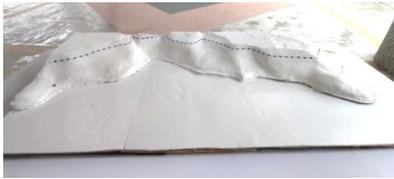
		
操作 QGIS 擷取地形等高線	自製保麗龍板切割裝置	雷射雕刻保麗龍等高線圖版
		
等高線圖版分層黏合	地形模型批土及打磨	地形模型(坡度 43°) 批土完成

圖 3-3、自製落石實驗地形模型

肆、研究流程及研究方法

一、建立研究架構

(一) 研究架構圖



圖 4-1 落石災害的地形效應與避難策略研究流程圖

(二) 研究架構說明

我們主要想要針對落石災害現場提出更有效的避難策略，所以將研究架構分為五個階段，如圖 4-1 所示。首先，透過查閱相關文獻資料，並訪談落石救難現場的專家，了解目前學界和實務上對落石災害的認識和處理方式。接著，我們整理現階段落石災害常見的地形效應，並歸納目前已有的避難策略，作為後續實驗設計的基礎。

在第三階段，我們利用雷射雕刻技術製作出精確的地形模型，並根據不同地形與落石條件，設定各種模擬落石的變因情境。第四階段是觀察模擬結果，分析在不同情境下落石的分布密度與運動特性，進一步掌握地形對災害的影響。最後綜合實驗結果與文獻分析，思考是否可以提出比現有更有效的避難策略，並且將這些新提出的策略，檢視它們的可行性與應用價值。

二、文獻回顧

(一) 落石災害地形因素相關文獻

關於落石的定義，陳宏宇(1998)指出是由單一或數個岩塊或土塊，以自由落體、跳動或滾動的方式，從山坡懸崖或陡坡零星地驟然墜落而形成災害。

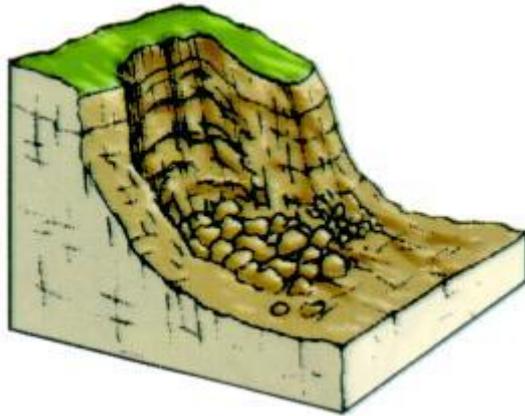


圖 4-2 落石受坡度、沖刷及地震等因素而驟然墜落。

(圖片來源：陳宏宇，1998)

根據上述定義，我們透過文獻回顧歸納出以下落石災害的發生及運動模式的相關因素。

1. 造成落石發生的相關因素

- (1) 地形地質條件：羅佳明(2011)指出坡度與坡高直接關聯岩體的穩定性，認為陡峭邊坡更易受到重力作用而產生破壞；張建仁(2014)指出岩體地質特性，包括岩質、裂隙會直接影響邊坡的長期穩定性。
- (2) 外部觸發條件：氣候的凍融循環和乾濕交替等作用會加速岩石的劣化與崩解(張建仁, 2014)；吳輝龍(2006)指出地震是重要的自然觸發力，可能引發大規模的崩塌與落石事件，另外人為活動，如不當的山坡地開發、道路開挖造成的應力釋放，以及棄土等行為，都可能擾亂自然邊坡的平衡，導致落石發生。

2. 影響落石運動的相關因素

- (1) 落石本身的特性：張建仁(2014)的研究指出岩塊的形狀對其運動模式有顯著影響。圓滑的岩塊在坡面上更易於滾動及彈跳，可移動更遠的距離，較重的落石慣性較大，不易受到坡面微地形的阻礙，更傾向於持續運動。林景霽(2001)則指出落石材料的物理性質，如硬度與彈性，則影響其在撞擊過程中的能量損失及回彈性能。
- (2) 坡面特性：坡面的傾斜角度是影響落石運動的主要因素，坡度越大，落石的加速度越高，其滾動速度和最終移動距離也可能隨之增加(呂政安，2021)。而坡面的粗糙程度、植被狀況，以及是否存在鬆散的岩屑或土壤等，都會影響落石的運動軌跡與速度(張建仁, 2014)。
- (3) 落距與彈跳高度：彈跳是落石運動的常見形式，當落石的初始釋放高度(落距)提供的衝擊速度與動能會決定其後續的運動路徑(林景霽, 2001)。

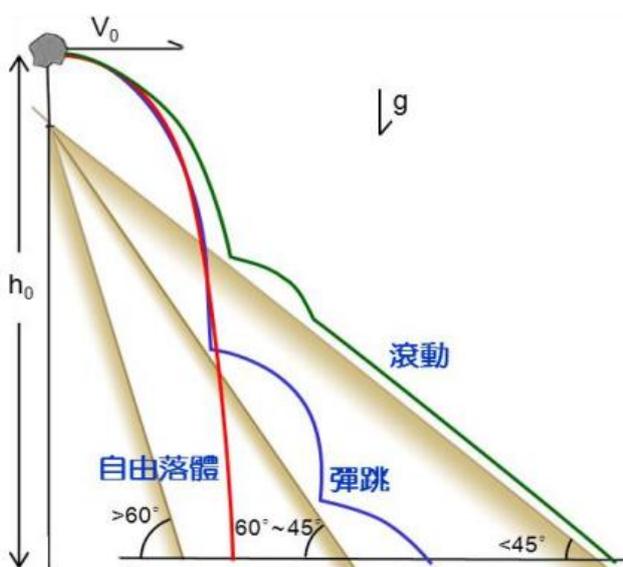


圖 4-3 坡面的傾斜角度是影響落石運動的主要因素

(圖片來源：呂政安，2021)

(二) 落石災害避難策略相關文獻

工程防治與管制措施是屬於災害預防的作法，不在討論本研究討論範圍，本研究聚焦在用路人遭遇落石情境時的避難策略。文獻彙整後得到以下避難措施：

1. 提早預警

用路人看到「注意落石」標誌區域時應降低速度觀察，落石前兆會出現小石塊滑落和樹枝折斷聲等，幫助提早預警。如果沒有以上狀況，就應該保持安靜快速通行落石的危險區域(于璧嘉，2024)。

2.尋找掩護、保持低姿態

Straybirds (2022) 表示聽到落石聲音或看到石頭滾落時，應立刻靠近山壁，並縮小身體以減少暴露面積，掩護期間須蹲下身體保持低姿態，用背包或手臂保護頭部，避免直接受到衝擊。

3.評估逃生路徑

若可視距離足夠，應立即觀察石頭的滾動方向，並向相反的方向逃離，尋找如大樹或岩石等堅固的障礙物來作為掩護。若在開車途中遇到落石，應立即棄車遠離，因為車輛對大石頭的抵抗力極低，小石塊也能打碎車窗(于璧嘉，2024)。

三、大尺度地形的落石模擬實驗

(一) 實驗概念

本實驗旨在探討臺灣山區的大尺度地形特徵如何影響落石運動的軌跡與撞擊位置。我們以砂卡礑溪東岸的實體地形模型模擬臺灣山區的落石模式，觀察落石是否會因地形類型（如山稜、山谷）產生收斂或擴散的效應，進一步分析落石災害的避難策略。

依據文獻回顧內容，我們設定地形坡度、坡高、落石形狀作為實驗的操作變因，並透過地理資訊系統 QGIS 的水系分析功能，分類步道/車道上的不同地形類型，統計各地形類型落石撞擊密度的分布情形。最終目的是為山區災害防範提出更科學化的避難策略參考。

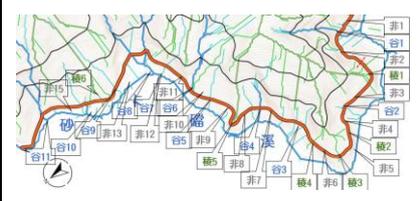
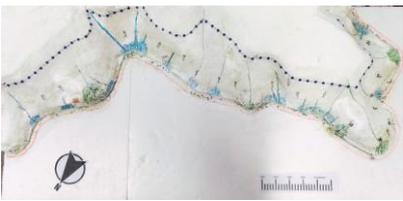
		
以 QGIS 進行水系分析	QGIS 萃取研究區的稜谷線	將 GIS 稜谷線轉繪至模型上

圖 4-4、本作品使用 GIS 輸出地形模型，探討地形防災議題。

(二) 變因說明

表 4-1、本實驗各項變因一覽表

類別	內容說明
控制變因	1. 山區地形模型表面材質一致，無植被與摩擦差異 2. 投放時，落石初速皆為 0，落距為 0.5 公分 3. 投放時，落石的頂腳及朝向都以同一姿態固定於坡面上 4. 每種落石重量皆控制為 0.7 公克
操作變因	1. 地形坡度（原始 86°、縮放後 43°） 2. 坡高（高位投放 vs 低位投放） 3. 落石形狀（小鋼珠、方塊狀、長條狀）
應變變因	1. 落石運動軌跡與偏移情形，落石最終撞擊點位置 2. 步道/車道的地形分區（山稜路段、山谷路段、非稜非谷路段） 3. 步道/車道各地形區段的落石撞擊密度 4. 落石受地形影響形成收斂或擴散效應的空間分布現象

(三) 操作流程與記錄方式

1. 模型建立與分類處理

(1) 製作兩組地形模型（坡度 86°與 43°），模擬砂卡礫溪東岸地形，坡度 86°的地形模型垂直/水平比例依照原始地形比製作，復刻第二組地形模型，但將模型垂直比例降為二分之一，成為坡度 43°的地形模型，用以測試落石在不同坡度上的運動變化。

(2) 使用 QGIS 的 Channel Network Analysis 功能，以集水門檻值 3 萃取出谷線與稜線。

(3) 將模型上總長 195 公分的虛擬步道/車道區段劃分為三種類型：

A. 山稜路段：稜線與步道/車道接壤處左右各 50 公尺

B. 山谷路段：谷線與步道/車道接壤處左右各 50 公尺

C. 非稜非谷路段：其餘未接觸稜線或谷線之區段

2. 落石模擬實驗操作

(1) 落石投放點設置於坡度 86°模型的 400 公尺、600 公尺等高線上。

(2) 落石投放點設置於坡度 43°模型的 600 公尺等高線上。

(3) 每 2 公分設置一個落石投放點，一條等高線會有 65~78 個投放點。

(4) 每次僅投放一顆落石，初速為 0，自 0.5 公分高度自由落下。

(5) 各投放點每顆落石投放 1 次，共分為 3 種形狀落石，重複操作以確保統計。

3. 觀察與紀錄方式

(1) 每次落石掉落至步道/車道後，由兩位同學同步目視確認最終撞擊點。

(2) 首先插上珠針標記，確認無誤後換上圓點貼紙作永久記錄點，不同落石的投放條件設定不同顏色貼紙：陡坡 600m 等高線(鋼珠綠色、方石黃色、扁石藍色)、陡坡 400m 等高線(鋼珠橘色、方石桃紅色、扁石紫色)、緩坡 600m(鋼珠綠色、方石黃色、扁石藍色)。

(3) 統計各路段的落石密度分布，探討形成差異的原因，統計結果如附錄所示。



圖 4-5、地形效應導致落石在山稜、山谷、非稜非谷三種路段出現明顯的密度差異。

伍、結果與討論

一、探究地形類別對落石的運動軌跡是否有顯著影響

(一) 山稜路段、山谷路段、非稜非谷路段的統計意義

本研究透過落石地形模型實驗，統計三種地形類別（山稜路段、山谷路段、非稜非谷路段）中的落石數量與分布面積，進一步計算出落石平均密度，探討地形類型是否對落石運動軌跡產生顯著影響，實驗統計結果如下。

表 5-1、三種地形路段的落石平均密度統計

地形類別	總落石數	總面積 (cm ²)	平均密度 (顆/cm ²)
山谷路段	362	74	5.3
非稜非谷路段	166	79	2.1
山稜路段	28	42	0.7

從密度比較可得，落石在山谷區的分布最密集，其次為非稜非谷地區，而山稜區的落石密度最稀少，顯示三者間有明顯差異。這表示當地震引發大規模的落石災害時，停留在山谷地形路段中，遭遇落石的風險多了比山稜路段足足高出 750%！即使是待在非稜非谷的區域，也比山谷中多了 2.5 倍的安全。

(二) 探討山稜/山谷地形對落石分布與運動軌跡的影響

此結果說明，不同地形類型對落石的運動軌跡具有顯著的影響。山稜地形作為落石的起始點，因重力作用與坡度影響，落石較不易停留；而山谷區則因坡度趨緩或障礙物聚集，成為落石最終停留與堆積的地點。以上作用足以說明山稜會對落石產生擴散排擠的地形效應，而山谷則會對落石產生收斂聚集的地形效應。

實際地質災害防治，指出若要有效設置防落石設施，應優先考量落石易聚集的山谷或坡腳地段。整體而言，本次統計與觀察支持了我們原先的假設：地形類別對落石的運動軌跡具有顯著影響，且該影響可藉由密度變化具體呈現。

二、探究地形坡度、落石形狀、坡高與地形類別之間的交互作用

(一) 探討地形坡度與地形類別之間的交互作用

表 5-2、三種地形路段在陡坡、緩坡的落石密度比較

地形類別	坡度 86°	坡度 43°
山谷路段	3.7 顆/cm ²	1.1 顆/cm ²
非稜非谷路段	1.4 顆/cm ²	0.5 顆/cm ²
山稜路段	0.6 顆/cm ²	0.1 顆/cm ²

比較坡度 86°與 43°兩種地形模型，發現緩坡的落石密度差異比陡坡更大，顯示出山稜山谷對落石的收斂/擴散效應會更加明顯，也就是說山谷對落石收斂的能力有隨著坡度下降而增加的趨勢。統計也發現坡度 86°地形中的所有落石均下墜至步道/車道上，但 43°緩坡地形中的落石中有 20%留在坡面上，顯示緩坡的總落石量會有下降的情況。

(二) 探討落石形狀與地形類別之間的交互作用

表 5-3、三種地形路段在不同落石形狀下的落石密度比較

地形類別	圓鋼珠	不規則方形	不規則長形
山谷路段	1.4 顆/cm ²	1.5 顆/cm ²	1.8 顆/cm ²
非稜非谷路段	0.8 顆/cm ²	0.7 顆/cm ²	0.4 顆/cm ²
山稜路段	0.3 顆/cm ²	0.2 顆/cm ²	0.2 顆/cm ²

比較三種形狀落石的密度地形分區可以發現，不規則長形受山稜擴散/山谷收斂地形效應的影響較大，動能及加速度最快的鋼珠受地形效應的影響較小。

另外還值得注意的是，43°緩坡度模型在投放落石的時候，有許多落石卡在邊坡而未下墜至步道/車道區域，其中方形不規則狀落石有 14 顆、長型不規則狀落石有 29 顆停留在邊坡上，顯示落石的摩擦力大小依序是長型落石、方形落石、圓形落石，摩擦力的影響在緩坡時會更加明顯。

(三) 探討落石坡高與地形類別之間的交互作用

表 5-4、在坡度 86°模型中，三種地形路段在不同坡高投放的落石平均密度比較

地形類別	坡高 400 等高線	坡高 600 等高線
山谷路段	2.2 顆/cm ²	1.5 顆/cm ²
非稜非谷路段	0.7 顆/cm ²	0.7 顆/cm ²
山稜路段	0.3 顆/cm ²	0.3 顆/cm ²

比較不同坡高投放的地形分區落石平均密度可以發現，兩種坡高之間的差異沒有非常明顯，但是山谷地形的收斂效應在坡高較低(墜落的高度)時發揮得比較好，推論原因應該是落石在較高處墜落後的重力加速度較大，動能大時落石比較不受地形效應的牽引。

三、探究地震型落石災害的逃生時間，擬定用路人最佳逃生策略

(一) 比對地震誘發落石案例，推估用路人在山區地震後的落石逃生時間有幾秒？

網路上有許多地震誘發落石的影片，提供珍貴的線索給山區用路人作為日後災害發生時的參考，以下是我們的統計。

表 5-5、地震誘發大規模落石影片の間隔時間統計表

編號	影片名稱/地點	地震規模 (芮氏)	地震日期	地震時間	落石時間	間隔 秒數
1	蘇花 163.9k 巨大落石	6.1	20180204	21:56:59	21:57:05	15
2	中橫巨石滾落	6.1	20190418	不明	不明	11
3	南橫山區	6.8	20220918	14:44:34	14:44:39	5
4	中橫慈母橋	7.1	20240403	7:58:21	7:58:37	15
5	天祥上方 161km	7.1	20240403	7:58:31	7:58:44	13
6	蘇花改大清水出口	7.1	20240403	7:58:22	7:58:43	21
7	花蓮寧安橋	7.1	20240403	7:58:22	7:58:32	10

根據以上統計，地震至引發大規模落石的平均時間為 12.86 秒，標準差 4.98 秒，變異情況不大，說明多數情況下民眾仍有接近 13 秒的應變時間可爭取逃生機會。若結合落石運動的地形效應（山稜擴散、山谷聚集），及時判斷環境並迅速離開危險的山谷區域，就能在「黃金 13 秒」內有效提升 3~7 倍的生存機率。

（二）整合研究成果，擬定山區地震落石發生時的災害求生策略。

根據我們的實驗與資料分析，當山區發生地震並可能引發落石時，以下是最關鍵的求生動作與判斷：

- 1.判斷地形位置：優先辨識自己位於山稜、山谷還是非稜非谷區。若在山谷溪溝地形，應迅速移動至山稜方向或其他非山坳的區域。
- 2.掌握黃金 13 秒：地震發生後平均約 13 秒會引發落石。這段時間內是行動關鍵期，請迅速評估逃生方向，不要原地等待。
- 3.緊急避難動作守則三步驟：避、藏、低

避：判斷落石熱區、觀察落石方向，反向逃離。

藏：若無法移動至安全處，儘可能靠近山壁或大型掩體（如大樹、岩塊）。

低：蹲低身體，用背包或手臂保護頭頸部，減少暴露面積。

陸、結論

一、地形類別對落石分布有決定性影響

本研究發現，不同地形類型對落石密度與分布狀況有明顯差異。特別是在山谷地形中，由於其自然聚攏的特性，落石密度顯著高於山稜與非稜非谷的地形類型，其風險甚至是山稜的近 7.5 倍。這一結果強調了山區用路人應具備基本的地形辨識能力，以有效評估所在位置的落石風險。

二、地形坡度、落石形狀與坡高之間具有交互影響

實驗模擬顯示，緩坡的山谷地形對落石具有更強的收斂效應，但總落石數量可能低於陡坡。落石的形狀也會影響其運動與最終位置：長形不規則落石易被地形引導集中，而圓形落石則因滾動性較強，較難受地形細節控制。此外，落石初始釋放高度愈低，其軌跡愈容易受到地形效應影響而產生聚集現象。

三、地震與落石的時間差可作為避難參考依據

分析多起地震引發落石的影片後，研究團隊歸納出一個關鍵數據：從地震開始至大規模落石發生，平均時間約為 13 秒。這一「黃金 13 秒」提供了山區用路人在地震發生當下，進行應急判斷與避難行動的寶貴時機。

四、提出以地形判斷為核心的避難策略

本研究綜合所有實驗與資料分析成果，提出一套具體且可行的地震落石避難建議。核心原則為：

- (一) 地震發生後，立即判斷所處地形類型
- (二) 應優先逃離山谷或山溝地形，前往山稜的外凸點避難最為安全
- (三) 同時記住「避、藏、低」三步驟——避開落石源頭、藏身堅固掩體、降低身體重心以減少衝擊風險

柒、參考資料

- Straybirds (2022)。【登山安全】地震應變與安全確保。取自:<https://reurl.cc/MjDNpv>
- 太魯閣落石之解決因應方案辦理情形 (2022)。太魯閣落石解決因應方案辦理情形。取自:<https://reurl.cc/ZVM1Xg>
- 張建仁 (2014)。落石作用在鋼筋混凝土梁、板衝擊力之探討。取自:<https://reurl.cc/E6DXjv>
- 張景泓 (2020)。【登山安全】地震應變與安全確保。取自:<https://reurl.cc/4d8X3X>
- 于璧嘉 (2024)。遭遇山體落石該如何自救呢?記住這些要點。取自:<https://reurl.cc/E6DXjv>
- 曾志企 (2024)。第 1435 期-山區道路落石防治工程。取自: <https://reurl.cc/M3R5v4>
- 張景泓 (2020)。遇到落石怎麼辦? 取自:<https://reurl.cc/4d8X3X>
- 鄭安晞 (2005)。近年來臺灣國內所發生山難之發生成因探討，取自:<https://reurl.cc/zqAjXa>
- 陳宏宇教授 (1998)。地球科學園地·一九九八·六月夏季《第六期》
- 張建仁 (2014)。落石作用在鋼筋混凝土梁、板衝擊力之探討
- Yun Chin Hsu (2024)。.花蓮太魯閣做道路測量員，早上 7:58-30 秒車上的行車紀錄器，7.2 級地震實況～，取自:<https://reurl.cc/zqAjXa>
- 張軒哲 (2019)。地牛翻身中橫巨石滾落車道，取自:YouTube.<https://reurl.cc/QYXegq>
- 游璦櫟 (2018)。蘇花公路 163.9 公里處 6.1 強震巨大落石掉落，取自:YouTube.<https://reurl.cc/eMDLZm>
- 記者爆料網 (2024)。我們是要台中回花蓮的路上 在天祥上方 161k，取自:YouTube.<https://reurl.cc/2KLze4>
- 中時新聞網 (2022)。南橫山區「大片土石」崩落.，取自 YouTube.<https://reurl.cc/0K19e9>
- 記者爆料網 (2024)，希望人員平安，取自 YouTube.<https://reurl.cc/gRD4jb>
- 記者爆料網 (2024) 生死交關！花蓮大地震機車女騎士遭落石擊落邊坡，取自 YouTube.<https://reurl.cc/AMA4mY>

捌、附錄

表 8-1、砂卡礑溪東岸地形模型的步道/車道模擬落石實驗統計表

地形區段	坡度 86°地形模型落石統計			坡度 43°度地形模型落石統計		
	落石數量	路段面積	落石密度*	落石數量	路段面積	落石密度*
山稜路段 1	2	11	0.2	0	11	0
山稜路段 2	0	5	0	0	5	0
山稜路段 3	0	5.5	0	0	5.5	0
山稜路段 4	3	5	0.5	0	5	0
山稜路段 5	4	5	0.85	0	5	0
山稜路段 6	14	10.5	1.36	5	10.5	0.42
總數/ 平均	23	42	0.54	5	42	0.1
山谷路段 1	32	7.5	4.46	9	7.5	1.38
山谷路段 2	24	5	6	6	5	1.71
山谷路段 3	45	16.5	3.36	13	16.5	1.04
山谷路段 4	29	8	3.25	11	8	1.37
山谷路段 5	16	4.5	3.25	6	4.5	1.5
山谷路段 6	24	4.5	5.2	4	4.5	1
山谷路段 7	14	4	2.75	4	4	1
山谷路段 8	70	11.5	8.37	36	11.5	4.5
山谷路段 9	13	3.5	2.85	1	3.5	0.28
山谷路段 10	20	4.5	3.4	5	4.5	1
山谷路段 11	20	4.5	4.25	2	4.5	0.5
總數/ 平均	265	74	5.36	97	74	1.3
非稜非谷 1	9	5	2.25	1	5	0.25
非稜非谷 2	7	5.5	1.07	5	5.5	0.77
非稜非谷 3	13	7.5	1.85	3	7.5	0.57
非稜非谷 4	6	3.5	1	0	3.5	0.16
非稜非谷 5	0	3.5	0	0	3.5	0
非稜非谷 6	1	6.5	0.08	1	6.5	0
非稜非谷 7	7	3.5	2.33	2	3.5	0.33
非稜非谷 8	9	3	4.5	1	3	1.5
非稜非谷 9	8	8.5	1	1	8.5	0.12
非稜非谷 10	20	5	5	11	5	2.7
非稜非谷 11	10	7.5	1.66	0	7.5	0
非稜非谷 12	4	2.5	0.72	4	2.5	0.9
非稜非谷 13	12	8	1.5	3	8	0.38
非稜非谷 14	7	2.5	3.5	1	2.5	0.5
非稜非谷 15	14	7	2	3	7	0.42
總數/ 平均	127	79	1.6	39	79	0.49

*路段面積單位：cm²、*落石密度單位：顆/cm²