

# 推估新北市新店區屈尺里野溪於不同24小時累積雨量下引致的土石流規模

黃名村  
健行科技大學土木工程系助理教授  
E-Mail: hmc@uch.edu.tw  
黃英芳  
健行科技大學土木工程系空間資訊與防災科技研究所碩士生  
E-Mail: ml1022026@uch.edu.tw

## 摘要

近年來，每逢颱風豪雨季節，土石流已成為台灣地區經常發生之坡地災害之一，為此我們已發展出一個數值模式Debris-2D來模擬土石流的影響範圍。然而對於同一個土石流潛勢區而言，不同的24小時累積雨量，會導致不同的土石流規模(體積量)，在防救災規劃的考量也會有所不同。因此，若欲利用數值模式模擬不同24小時累積雨量下的土石流影響範圍，必須先估計出各個不同24小時累積雨量下的土石流體積量。本研究利用物部公式來估計不同24小時累積雨量的降雨強度，再以合理化公式來估算某個24小時累積雨量所對應的洪峰流量，並以三角歷線法計算出土石流中的「水量」，配合平衡濃度的觀念，可反推出不同24小時累積雨量下的土石流體積量，並與現場溪流上游的殘留土方量所推估的土石流體積量做比較，取較小的值，將之輸入數值模式中即可進行模擬。文中將以新北屈尺里土石流潛勢溪流為例，說明此方法如何劃定該地區不同24小時累積雨量的土石流規模。

關鍵詞：土石流規模、Debris-2D數值模式、24小時累積雨量

## 一、前言

土石流是水融合土砂、石頭等細粒料後所形成的多相體，當其內部的阻抗應力被外力抵消後，因為重力的作用，會沿著邊坡、蝕溝或溪谷向下游快速流動，造成淤埋、沖刷、撞擊、磨蝕、堵塞、漫流改道、彎道超高與擠壓河道等危害，而這些災害，往往導致嚴重的經濟損失與人命傷亡。因此，若能事先對於土石流動時的流動狀況，諸如流速、流深、沖刷能力、衝擊力及影響範圍等做一評估，將可提供相關防救災工程規劃上的參考，降低土石流災害所造成的生命財產損失。此時，土石流數值模擬便成為一個能夠協助進行相關規劃的絕佳工具。

黃名村(2003)利用非線性本構關係式與流體守恆定律，配合流體力學中邊界層分離計算之觀念，發展了一個能應用於現場之土石流數值模式Debris-2D，來模擬具有降伏應力的土石流之流動情形，藉以獲得工程設計上所需之參考數據。模式中各參數之檢定方法可利用簡易之測量法來推估。此模式從2004年開始陸續應用在台東縣、台北縣(現為新北市)與台北市的土石流潛勢溪流之災害評估計畫中，十年下來，該數值模式已經進行了超過50條土石流潛勢溪流的數值模擬與災害分析，其結果皆獲得政府相關防災單位與民間工程單位的採用與認可。除了在台灣的應用外，此模式還在2008年推廣到韓國的地質礦業研究所(Korea Institute of Geology, Mining and Materials)，應用在當地的土石流模擬與災害評估而得到不錯的分析結果(劉與吳，2009)。有了這些驗證與應用經驗，大幅提升了本模式分析結果的可信度。

然而，不同24小時累積雨量的降雨，會導致不同規模的土石流，由於土石流的規模與保全對象的多少、疏散避難路線的規劃等息息相關，故如何將不同24小時累積雨量降雨考慮進來，藉以劃定出對應的土石流的影響範圍，便是本研究的目的。本文利用集水區的水文特性，首先估計出不同24小時累積雨量所導致的洪峰流量及水量，並配合平衡濃度的概念，將水與土混合後，推估出不同重現期距的降雨所引致的土石流體積量。

## 二、不同24小時累積雨量之土石流體積量估計

欲建立某個土石流潛勢區在不同24小時累積雨量的降雨下所引致之土石流體積量，必須先將24小時累積雨量轉化為降雨強度，再利用合理化公式及三角歷線法，推估不同降雨狀況下所帶來的水量，並依此反推出土石流的體積量。要將24小時累積雨量轉化為降雨強度，本研究採用的是物部公式：

$$I_t = \frac{r_{24}}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} = \frac{1}{24} \left(\frac{24}{t}\right)^{2/3} r_{24} = C_t r_{24} \quad (1)$$

式中， $I_t$  = t時間內平均降雨強度(mm/hr)； $r_{24}$  = 24小時累積雨量(mm)；t = 集流時間或洪峰到達時間(hr)； $C_t$  = 0.56。

以(1)式計算出不同24小時累積雨量所對應的降雨強度後，可再利用合理化公式計算出不同24小時累積雨量所對應的洪峰流量：

$$Q_p = \frac{1}{360} C I_t A \quad (2)$$

其中 $Q_p$ 為洪峰流量(cms)；C為逕流係數，依照水土保持技術規範的建議值為0.75； $I_t$ 為(1)式計算出不同24小時累積雨量所對應的降雨強度(mm/hr)；A為集水區面積(ha)。

計算出洪峰流量後，接著利用三角歷線法推估出土石流中的「水」所佔據的體積量。三角歷線法的示意圖如圖1所示，圖中的縱軸Q為土石流河道中的水流量，橫軸則為時間t，三角形的曲線則代表土石流河道中的水流量隨時間的變化，三角形曲線的頂點，代表河道中水流量的最大值 $Q_p$ ，其值為(2)式計算所得之洪峰流量，該洪峰流量會在時間等於集流時間 $t_c$ 時發生。集流時間 $t_c$ 的計算將採用Kirpich(1940)所提出的公式：

$$t_c = 0.0078L^{0.775}S^{-0.385} \quad (3)$$

其中 $t_c$ 為集流時間(分鐘)，L河道流路的長度(呎呎)，S為河道平均坡度(無單位)。

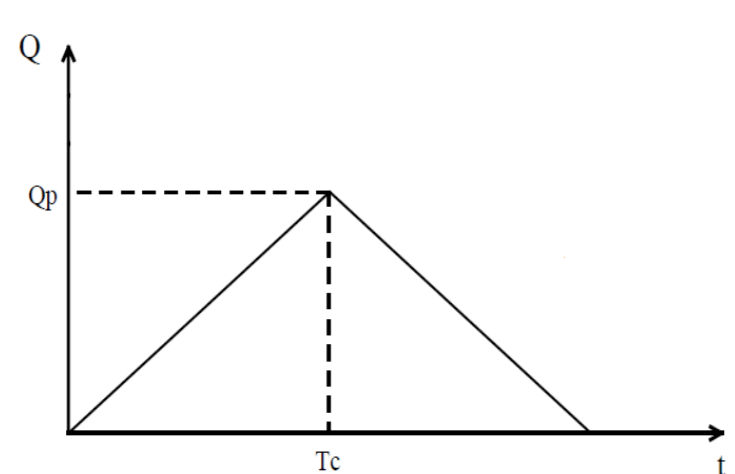


圖1 三角歷線法之示意圖

土石流中的水所佔據的體積量，為圖1中河道流量Q達到洪峰流量 $Q_p$ 前，三角歷線底下的面積，該面積的大小等於集流時間乘上洪峰流量後，再除以2，此即為土石流中的水所佔據的體積量 $V_{water}$ 。

土石流係由水與土組成，土於土石流中所佔據的比例稱為「土石流體積濃度」。根據Takahashi(1980)的研究認為，土石流體積濃度的變化乃是底床沖刷與淤積之重要關鍵，當土石流在某一底床坡度下達到完全發展狀態，即堆積層不沖不淤時，土之濃度會趨於平衡狀態，此時的土石流體積濃度稱為「土石流平衡濃度」。根據他的研究，土石流平衡濃度的公式如下：

$$C_{bc} = \frac{\rho \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta)} \quad (4)$$

其中 $C_{bc}$ 為土石流平衡濃度， $\rho$ 為土石流中流體(水)的密度，一般可採用 $1.0g/cm^3$ ，但若現場發現有類似黏土質之細粒料存在，一些細粒料會溶於流體中，加大水的密度，故泥流可採用預測值 $1.2g/cm^3$ 。 $\theta$ 為底床坡度，因為崩塌點均位於溪谷上游，故可以將現場河道上游流路平均坡度代入做計算。 $\sigma$ 為砂礫之密度，一般可採用 $2.65g/cm^3$ ， $\phi$ 則為砂礫的內摩擦角，一般為 $37^\circ$ 。Takahashi的實驗指出，土石流濃度有其上限值，約為0.603，因此若(4)式計算出來的濃度大於0.603，則土石流平衡濃度為0.603。

前面已經利用三角歷線法計算出不同24小時累積雨量所對應之「土石流中的水量」 $V_{water}$ ，而(4)式所計算的土石流平衡濃度代表的是「土石流中的土石量佔整個土石流的比例」，因此可以利用下面的公式，由土石流中的水所佔據的體積量 $V_{water}$ ，反推出一個土石流的體積量 $V_1$ ：

$$V_1 = \frac{V_{water}}{1 - C_{bc}} \quad (5)$$

若現場調查後，土石料源的體積量(乾土)為 $V_{debris}$ ，則可由體積濃度的定義反推出另一個土石流的體積量 $V_2$ ：

$$V_2 = \frac{V_{debris}}{C_{dco}} \quad (6)$$

上述的 $V_1$ 代表降下的雨水不夠多的情形，只有部分現地的鬆散土石會被轉化成土石流； $V_2$ 則是代表降下的雨水夠多的情形，足夠把現地的鬆散土石全部轉化成土石流，多餘的雨水還可能引發其他的邊坡穩定問題。本研究將於 $V_1$ 及 $V_2$ 中取較小的值，做為估算出來的土石流規模。

## 三、新北市新店區屈尺里在不同24小時累積雨量下之土石流體積量估計

屈尺位於新北市新店區屈尺里，曾經於2001年納莉颱風時發生過土石流災害的一條野溪。屈尺里係位於新北市新店區台9甲線新烏路上，行政院農業委員會水土保持局於該里內，共劃定了新北DF093及新北DF094兩條土石流潛勢溪流，其相關位置如圖見圖2與圖3。

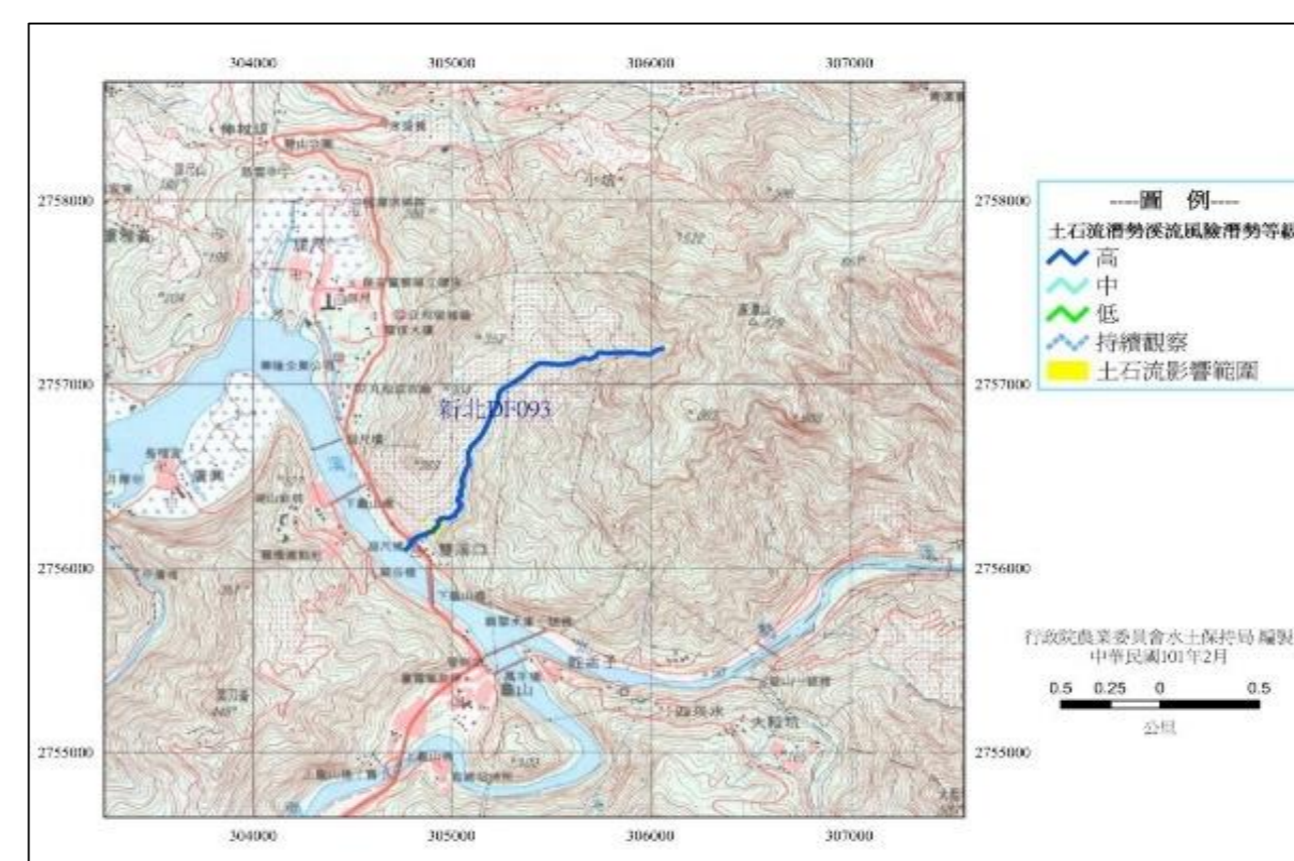


圖2新北DF093土石流之位置圖

(資料來源：水土保持局)

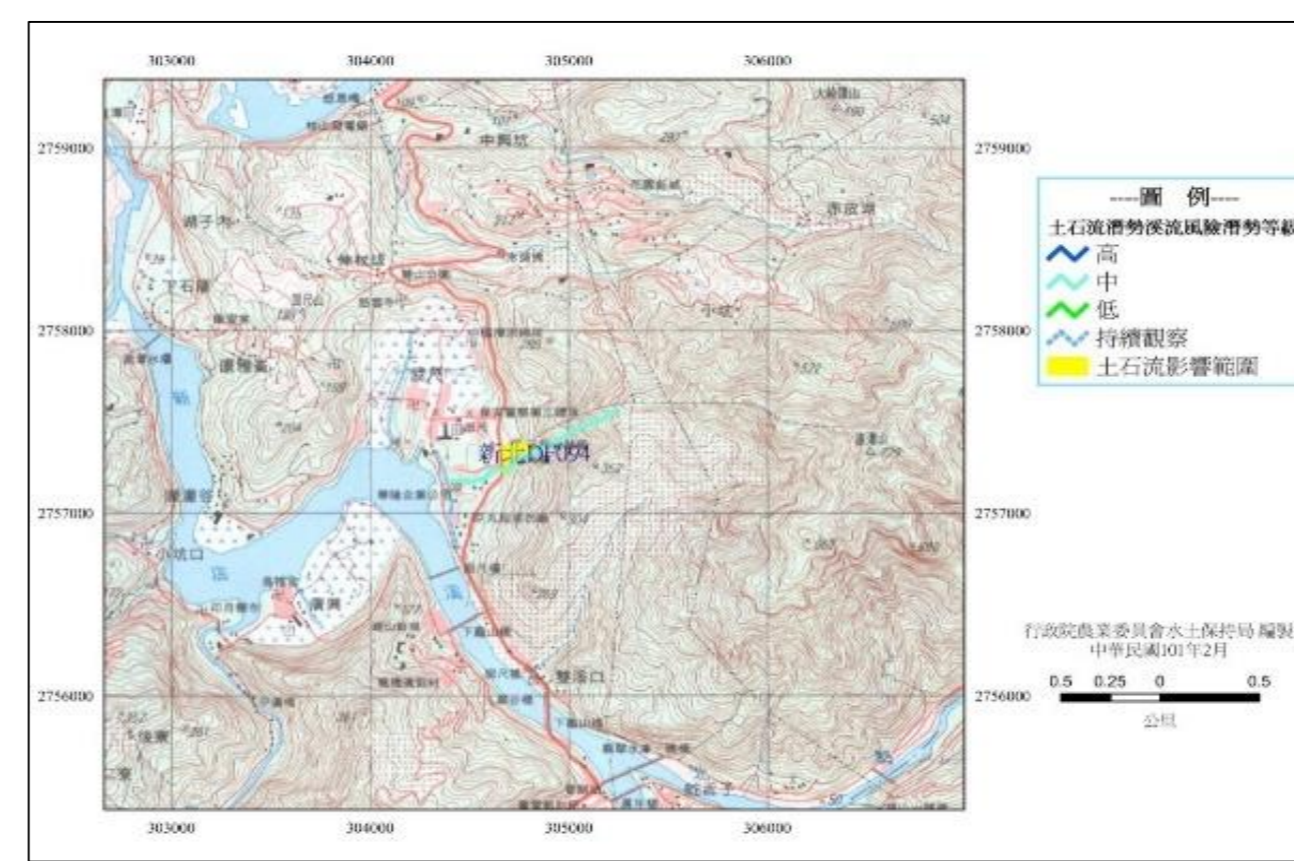


圖3新北DF094土石流之相關位置圖

(資料來源：水土保持局)

屈尺之集流時間，依(3)式計算為7.52分鐘，集水區面積則為23公頃。將350mm、450mm、550mm、650mm共4種不同的24小時累積雨量代入(1)式之後，可計算出其對應的降雨強度，代入(2)式可計算出洪峰流量，接著以三角歷線法計算土石流中的水所佔據的體積量 $V_{water}$ 後，可利用(5)式計算出土石流的體積量 $V_1$ 。此外，依據張嘉修(2011)對於屈尺里於莫拉克颱風前後的現場土方量比較顯示，上游崩塌區在災後仍有約65000立方公尺的土方。因此可再利用(6)式，由此現地土方量反推出土石流體積量為107794立方公尺。分析的結果如表1所示，在表列的24小時累積雨量下， $V_1$ 皆小於 $V_2$ ，代表降下的雨水不夠多，只有部分料源會被土石流帶往下游，剩下的料源則成為下一次土石流的土石來源。

表1 屈尺於不同24小時累積雨量下土石流體積量分析

24小時累積雨量	(mm)	350	450	550	650
平均降雨強度	(mm/hr)	177.10	227.70	278.30	328.90
洪峰流量	(cm/s)	8.49	10.91	13.34	15.76
土方量反推土石流體積量	(m <sup>3</sup> )	107794.36	107794.36	107794.36	107794.36
雨量推估的土石流體積量	(m <sup>3</sup> )	4824.10	6202.41	7580.73	8959.04

## 四、結論

本研究利用物部公式來估計不同24小時累積雨量的降雨強度，再以合理化公式來估算某個24小時累積雨量所對應的洪峰流量，並以三角歷線法計算出土石流中的「水量」，配合平衡濃度的觀念，可反推出不同24小時累積雨量下的土石流體積量，並與現場溪流上游的殘留土方量所推估的土石流體積量做比較，取較小的值，即可得出不同24小時累積雨量所對應的土石流規模。

## 六、參考文獻

- 黃名村，「土石流災害範圍之數值模擬及利用微波偵測土石流之研究」，博士論文，國立台灣大學土木工程學研究所，台北市(2003)。
- 劉格非、吳映昕，「應用Debris2D於韓國土石流災害評估」，第十八屆水利工程研討會，屏東縣(2009)。
- 行政院農業委員會水土保持局，「水土保持技術規範」(2012)。
- Takahashi, T., "Debris flow on prismatic open channel," J. Hydr. Div., 106(HY3), pp. 381-396 (1980).
- 經濟部水利署，「莫拉克颱風暴雨量及洪流量分析」(2009)。
- 張嘉修，「利用IDF曲線推估暴雨引致的土石流規模」，碩士論文，健行科技大學土木工程，空間資訊與防災技術研究所，桃園市(2022)。



健行科技大學

Department of civil Engineering, Chien Hsin University of Science and Technology

2023

土木工程與防災研討會

