

臺灣常用山崩分類系統

楊樹榮¹ 林忠志¹ 鄭錦桐² 潘國樑³ 蔡如君⁴ 李正利⁵
¹財團法人中興工程顧問社研究員
²財團法人中興工程顧問社防災科技組組長
³成功大學土木工程學系兼任教授
⁴臺北市政府大地工程處企劃科技術員
⁵臺北市政府大地工程處企劃科科長

摘要

臺灣山崩災害頻繁，為有效管理山坡地開發利用及降低坡地災害的發生，各地質災害管理的相關主管單位陸續出版了環境地質圖資，以提供社會大眾參考使用。然而各主管單位對於山崩分類未能有一致的定義，致同一地區的山崩災害在不同主管單位出版的環境地質圖資中常有不同的名稱，易造成使用者在山崩災害認知上的困擾。有鑑於此，本文將國內外常使用的山崩分類系統做一介紹，並加以比較，以供不同的山崩分類互為轉換。此外，本研究從山崩發生機制、材料種類及整治觀點，提出更適合臺灣的山崩分類法。

關鍵詞：山崩分類、地質災害、環境地質圖。

Landslide Classification in Common Use in Taiwan

ABSTRACT

Landslide hazards frequently occur in Taiwan. In order to manage landuse and mitigate hazards of slopeland, various public departments of government in charge of geologic hazards publish environmental geologic maps and provide maps for the public. However, these public departments adopt different landslide classification, resulting in confusion of using environmental geologic maps, because appellations of landslide in their environmental geologic maps are different. Hence, landslide classifications of different public departments were introduced and were compared in this study.

Key Words: Landslide Classification, Geologic Hazards, Environmental Geologic Maps.

一、前言

「山崩」在本文是一普遍名詞，廣義山崩泛指坡地材料，包含岩石、岩屑及土壤，其受到重力作用，而產生向下運動的現象。同樣物理現象，在土木工程界常被稱之為「坍方」或是「邊坡破壞」；在水土保持界則被稱之為「崩塌」；在地質學界有時被稱之為「崩山」。因此，山崩與崩塌常被混為使用，而坍方多特定指公路沿線山崩，惟敘述山崩發生之處時，多數人會採用「崩塌地」此一名詞。

山崩是發生在坡地的一種自然現象，是地形演育過程中必然作用，但由於其作用劇烈，所以當人為開

發範圍及坡地時，便須無時無刻面對山崩所帶來的傷亡損失。其發生災害的種類常依坡地材料、地質構造而有不同的運動機制，而可歸納出不同的山崩類型。

山崩災害是地質災害其中一種，地質災害乃是指人類生存的環境受地質因素控制的災害，其種類包括活動斷層、山崩、土石流、地盤下陷、基礎沉陷和侵蝕等，而對其發生之虞的地區統稱為地質敏感區。

目前國內從事地質災害調查的政府單位有經濟部中央地質調查所、農業委員會水土保持局、內政部營建署、新北市及臺北市政府，各單位對於所要調查的地質災害未能統一，其出版的環境地質圖資對於山崩災害採用的分類更是分歧。因此，本文主要目的是將國內外常使用的山崩分類做一介紹，並加以比較。

二、國際慣用山崩分類

現今國內外山崩之分類，尚未有統一標準及共識，大致上可依據其運動方式、材料種類及滑動面深淺來分類，在諸多專家學者提出的山崩分類系統中，以1978年Varnes分類最被廣為採用。Varnes [1]依據山崩運動型態及山崩料源種類進行分類，其中山崩運動型態包括有墜落 (falls)、傾覆 (topples)、滑動 (slides)、側滑 (lateral spreads)、流動 (flows)以及複合型運動 (complex and compound)等六類；山崩材料方面則分為岩石 (bedrock)、岩屑 (debris)以及土壤 (earth)等三類。

Varnes分類中的墜落是指陡坡或峭壁上的地質材料突然與坡體分離，以自由落體、彈跳或是滾動的運動方式向下運動；傾覆是指陡坡或峭壁上的土石或岩塊過度傾斜至使重心延線超過塊體基部，即因自重產生驅動力距而發生傾覆；滑動是指材料岩著某一面向下坡以剪切的方式移動，分為弧型和平面型滑動兩類，通常發生在坡度較緩的地形；側滑是指幾乎水平方向的運動，滑動面底下通常是一軟弱的岩層，因軟弱岩層發生可塑性移動而影響上覆堅硬岩層；流動是指材料在空間上連續的運動，像可塑性流體一般，其速度可從每秒數公分至每秒數百公尺。如果在沒有水的情形下，因重力作用慢慢向下坡流動，稱之為潛移，其移動速度很慢，每年只有數公厘至數公分，但已足夠造成結構物損害。

料源方面，岩石係指完整的塊體(intact rock)；岩屑為材料組成中包含了20%-80%尺寸大於2mm的粗顆粒材料，其餘材料粒徑是小於2mm；土壤係指材料組成中80%以上為尺寸小於2mm。

由上述山崩運動型態及搬運料源種類進行不同組合，可得到山崩分類表，如表1所示。由表1中可知，在材料種類及運動種類組合下，共可分為16種山崩型態。

Hutchinson [2]則進一步將墜落及傾覆共同歸類為「迅速從坡面墜落且不具剪應變之運動方式」，並把側滑歸類於流動 (Flow)當中。1991年歐洲採用EPOCH分類法，其為簡化及更適合歐洲狀況的分類法[3]。

表 1 Varnes 山崩分類方法

運動型態	材料種類		
	岩石	工程土壤	
		岩屑	土
墜落	岩石墜落	岩屑墜落	土墜落
傾覆	岩石傾覆	岩屑傾覆	土傾覆
滑動	圓弧形 平面型	岩石滑動	岩屑滑動
		土塊滑動	
側滑	岩石側滑	岩屑側滑	土側滑
流動	岩石流動 (深層潛移)	岩屑流動	土流動
		(土壤潛移)	
複合型運動	綜合兩種或兩種以上之運動方式		

三、臺灣常用山崩分類

經濟部中央地質調查所沿用修改自Varnes [1]的分類，將岩石之墜落及傾覆合稱為落石，岩石之滑動則稱為岩體滑動，並將所有岩屑、土材料之墜落、傾覆及滑動合稱為岩屑崩滑，針對岩石、岩屑及土之流動稱為土石流。因此，地調所將山崩分成岩屑崩滑、岩體滑動、落石及土石流等四類。從材料觀點而言，山崩材料若為工程土壤時，山崩類型視為岩屑崩滑，若為岩石則再以運動型態分為落石與岩體滑動兩類；水土保持局則慣用山崩、地滑、潛移、土石流與沖蝕等分類，其中山崩一名詞非廣義用法，係特定針對岩石、岩屑及土之墜落與傾覆；臺北市環境地質資料庫中的山崩則定義為淺層崩塌、弧形崩塌、落石及土石流等四類；內政部營建署山崩分類定義與臺北市相同，兩單位環境地質調查相關計畫過去多由工研院執行，因而採用相同的山崩分類法。表2至表4為各單位山崩分類相應於Varnes山崩分類之對照表。

在學術界方面，陳宏宇 [4]亦沿用修改Varnes之分類法，將山崩依運動型態區分為落石、翻覆、滑動(又分為順向坡滑動及楔型滑動)以及土石流等四種。周南山 [5]指出台灣常見之邊坡破壞類型可分為下列七類：淺層土壤滑動破壞、土石流、表層土壤沖蝕、近圓弧形滑動破壞、地層潛變位移、順向坡滑動破壞、落石。其中，淺層土壤滑動破壞、表層土壤沖蝕、近圓弧形滑動破壞及地層潛變位移等屬於土壤邊坡的破壞類型；順向坡滑動破壞及落石屬於岩層邊坡的破壞類型；而土石流則屬於土石混合的邊坡破壞類型。

近來，因小林村事件使得深層滑動 (日本稱之為深層崩塌，國內亦稱為深層崩塌)遂為國人重視，然而有關深層滑動之定義，世界各國均有不同之看法。日本對於深層滑動之定義係以滑動深度超過3公尺以上且發生於岩體之山崩；歐美地區則多定義於地表下深度超過2公尺以上之類型。地調所傾向將岩體滑動視為深層滑動；水保局則視地滑為深層滑動；臺北市並無相關深層滑動調查。

表 2 中央地質調查所山崩分類方法

運動型態	材料種類		
	岩石	工程土壤	
		岩屑	土
墜落	落石	岩屑崩滑	岩屑崩滑
傾覆			
滑動	圓弧形	岩體滑動	岩屑崩滑
	平面型		
流動	土石流		

表 3 水土保持局山崩分類方法

運動型態	材料種類		
	岩石	工程土壤	
		岩屑	土
墜落	山崩		
傾覆	山崩		
滑動	圓弧形	地滑	
	平面型	地滑	
流動	土石流		

表4 臺北市與營建署山崩分類方法

運動型態	材料種類		
	岩石	工程土壤	
		岩屑	土
墜落	落石	淺層崩塌	
傾覆		弧形崩塌	
滑動	圓弧形	-	
	平面型	-	
流動	土石流		

表5 本文提出之山崩分類方法

運動型態	材料種類		
	岩石	工程土壤	
		岩屑	土
墜落	落石	陡坡崩落	
傾覆		弧形崩塌	
滑動	圓弧形	弧形滑動	弧形崩塌
	平面型	平面型滑動	平面型崩塌
流動	土石流		

四、本土化山崩分類系統雜議

由上述討論可知，中央地質調查所、水土保持局、內政部營建署與臺北市政府對於山崩的分類乃有所歧異，比較各單位分類系統後發現其各有優缺點。中央地質調查所的山崩分類法主要是基於材料種類進行分類，此分類優點是在現地很容易區分山崩類型，但其缺點是岩屑崩滑定義涵蓋山崩運動類型太廣，兩種不同破壞機制的山崩都有可能被歸類為岩屑崩滑。例如大規模崩積層發生弧形滑動和小規模邊坡發生岩屑墜落同樣都被視為岩屑崩滑（因材料皆為岩屑和土）。然而，兩種山崩機制完全不同，前者主控於滑動面發展、地下水高度和孔隙水壓力分布，且滑動面位置可能甚深；後者主要與表層材料風化程度及其含水量(基質吸力)有關，屬於淺層破壞。由於兩者發生機制不同，整治的方法亦有所差異，前者較常採用擋土設施和排水設施；後者多會以掛網噴漿、植生或是排水設施等方式整治。此外，岩屑崩滑此一名詞多會讓人覺得山崩規模較小，而岩體滑動規模較大，因此環境地質圖上的岩屑崩滑區域常被輕忽。

相較於中央地質調查所之分類法，水土保持局山崩分類法是基于運動型態區分山崩類型。同樣上述例子，大規模崩積層發生山崩會被視為地滑。然而，如此分類方式未納入材料的觀點，同樣地滑地有可能是岩石邊坡，亦或是土壤邊坡。岩石邊坡滑動方向多與不連續面位態、組數、間距及開口大小有關；土壤邊坡滑動方向多沿邊坡傾斜方向。雖同為地滑地，但山崩發生機制仍是有所不同，所以整治方式還是有所差異。岩石邊坡坡面多會採用地錨；土壤邊坡坡面會以土釘配合掛網植生穩定坡面。

臺北市山崩分類法雖將地調所岩屑崩滑區分成淺層崩塌與弧形崩塌兩類，但在岩體滑動考慮上欠缺周詳。山崩分類上之歧異會造成各計畫間成果無法整合，更甚者可能會造成山崩原因錯誤研判。此外，國內諸多專家學者雖已提出不同版本的山崩分類法，但多數分類系統無法充分詮釋臺灣常見的山崩類型，或是基本山崩行為掌握上有所偏差。本文提出的山崩分類系統仍是基於Varnes山崩分類法，但改善過去各公部門及專家學者採用分類上的瑕疵，更能符合臺灣常見的山崩類型，且又不似Varnes山崩分類法之複雜。因此，基於山崩運動方式、材料種類及整治方法，提出表5之山崩分類系統。

由表5中可知，本文共提出七種山崩類型，分別為落石、陡坡崩落、弧形崩塌、平面型崩塌、弧形滑動、平面型滑動與土石流等。為瞭解所提出分類之合理性，及是否能充分包含臺灣常見各類型山崩，而須進行野外調查。本研究於莫拉克颱風後至高屏溪流域進行現地調查，各類型山崩照片如圖1至圖7所示，分

別為落石、陡坡崩落、弧形崩塌、平面型崩塌、弧形滑動、平面型滑動、與土石流等類型山崩。以下將詳細敘述本文定義的各類型山崩發生機制、材料特性、運動型態及整治方式，每張照片都附有詳細之解說。



圖1 落石主要發生在陡坡，材料為岩石，由至少兩組以上節理切割岩盤，造成岩石以自由落體、彈跳或是滾動的運動方式向下坡運動，並在坡腳形成崖錐堆積，且多發生在砂頁岩差異侵蝕之區域，變質岩區域亦常見到落石。多以混凝土噴漿或是掛網植生等方式穩定坡面。



圖2 陡坡崩落顧名思義是發生在較陡邊坡，亦有發生在45度左右邊坡，表層材料風化成岩屑或土，由於風化層厚度不會太厚，在含水量增加狀況下，材料會以墜落或滾動方式向下坡運動，並在坡腳形成崖錐堆積。與落石類山崩災害相同，多以混凝土噴漿、型框植生或是掛網植生等方式穩定坡面。



圖3 弧形崩塌多發生在較厚風化層之緩坡，材料為岩屑或土壤，與陡坡崩塌最大差別在於有明顯滑動面及弧形冠部，滑動後的塊體多能維持其完整性，不似陡坡崩塌材料在運動後之分崩離析。多以擋土設施與排水設施進行整治，照片中係以箱籠阻擋塊體滑動。



圖6 平面型滑動多發生在順向坡因坡趾出露，完整的塊體因而向下坡運動。多發生在砂頁岩互層，當坡趾出露，加上雨水或地下水入滲，使得頁岩軟化，上方砂岩塊體即沿著下方頁岩面運動。照片中係因河流掏刷坡腳，造成坡趾出露。



圖4 平面型崩塌為層面或是其他不連續面上之表層風化岩屑或土壤，沿著岩盤面向下坡運動。照片中表層由於節理發達，岩盤被切得很破碎，向右方傾倒後再向下坡運動，而非坡趾出露造成的滑動破壞，常被誤判成順向坡滑動。若當岩盤風化程度更進一步，有可能發生弧形崩塌。整治方法同陡坡崩落整治方法。



圖7 土石流分發生區、流動段及堆積區。



圖5 弧形滑動為較大規模的山崩，與弧形崩塌最大差異乃在於滑動面切入到岩盤，因此在冠部會有明顯的圍岩破碎現象，滑動塊體多能維持其完整性，且多以擋土設施與排水設施進行整治。

參考文獻

- [1] Varnes, D. J., "Slope movement types and processes," In: Special Report 176: Landslides: Analysis and Control (Eds: Schuster, R. L. & Krizek, R. J.), Transportation and Road Research Board, National Academy of Science, Washington D. C., 11-33 (1978)
- [2] Hutchinson, J. N., "General Report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology," *Proceedings, Fifth International Symposium on Landslides* (Ed: Bonnard, C.), Vol.1, pp. 3-35, Rotterdam: Balkema (1988)
- [3] EPOCH. *The temporal occurrence and forecasting of landslides in the European community* (Ed: Flageollet, J. C.). Contract No. 90 0025, 3 Volumes (1993)
- [4] 陳宏宇, 「山崩」, 地球科學園地, 第6期, 第12-21頁(1998)。
- [5] 周南山, 「山區道路邊坡災害防治」, 森林遊憩設施規劃設計與施工研習會暨94年度林務局育樂工程計畫內容說明報告(2005)。