

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

地震新山崩之工程地質特性 (II)

The Engineering Geological Characteristics of New Landslides Caused by Earthquake (II)

計畫編號：NSC 90-2116-M-002-022

執行期限：90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31 日

計畫主持人：陳宏宇 計畫參與人員：游家敏、陳孝慈

執行機構及單位名稱：台灣大學地質科學系

一、中文摘要

在九九峰的現場調查結果中顯示，本研究區域坡度的分布為介於 50° 至 85° 之間，其中 60° 至 70° 的邊坡，佔了全區 50% 以上。坡體的傾向並無規律性，各方向都有分布；而礫石的傾向全都集中在 80° 至 220° 之間，有超過 50% 以上集中在 120° 至 160° 之間，而上述兩者傾向夾角為介於 28° 至 139° 之間。本研究區域礫石的形狀包括了碟狀、球狀、板狀以及柱狀等 4 種分布，碟狀礫石的含量為介於 24% 至 58% 之間，球狀礫石的含量為介於 13% 至 58% 之間，兩者含量佔了全區 65%。

在九份二山的研究結果顯示，顆粒圓度與各項力學性質間的關係性並不明顯。而顆粒粒徑不但與消散耐久性間有著明顯的負相關趨勢之外，同時與岩石材料的基本摩擦角間亦有著正相關的趨勢。在顆粒堆疊方式方面，堆疊相鄰關係與點荷重強度間呈現負相關的趨勢。另外，本研究中岩石材料之顆粒接觸型態主要以不接觸型態為主，而且不接觸型態中直線型、嵌合型的含量增加時，或是相切型、縫合型以及不接觸的含量減少時，往往具有較高的基本摩擦角。

關鍵詞：碟狀、球狀、堆疊、接觸型態

Abstract

The result of in-situ investigation in 99 peaks show that the slope ranges 50° to 85° and 60° to 70° with more than 50%. The dip direction of the slopes is random and that of gravel is between 80° ~ 220° . The intersected angle of dip direction of the slopes and the gravels ranges 28° to 139° . Four gravel shapes distributed in the study area which include disk, equant, bladed and roller. Disk and equant shape comprise more than 65%.

The results of Juo-Feng-Err-Shan regression analysis demonstrate that except the grain roundness, all of the other rock textures have clear relationships with mechanical properties. These relations include: the grain size is negative with point-load strength, and positive with basic friction angle. The packing properties is negative with point-load strength. On the other hand, the main grain contact of rock material is non-contact, the relative content of each contact type has clear relationship with point-load strength and basic friction angle.

Keywords: Disk, Equant, Packing, Contact type

二、現場地質

九份二山中的地層為晚期中新世的樟湖坑層，其岩性主要是以含泥量極高的極細粒砂岩層為主，並夾雜薄頁岩層，內含大量的海綠石及許多被搬運過的貝類化石，部分地區的砂岩中並夾雜少量至大量不等的礫石，礫石多呈長橢圓形至扁橢圓形，粒徑長軸大約 10-15 公分不等。岩層的位態大致呈現北偏東 34° 的走向，向東南傾斜約 23° 。

根據現地所量測之不連續面位態資料可發現，九份二山除了原有的地層面之外，亦包含了 3 組較為明顯的不連續面，分別為 (1) J1：N60°E/85°N，(2) J2：N20°W/87°S，以及 (3) J3：N80°W/85°S，其中部分的不連續面還被後期的石英脈所充填。在這三組不連續面中，J1 的走向與地層面十分接近，但傾角卻近乎垂直，相當符合一般平面型破壞諸多特徵中須先具備垂直裂隙(crack)的基本條件。因此推測該研究區中的主塌壁多由此組節理所造成。例如，在西南方滑動面的坡頂部分，即可發現受此垂直節理影響而殘留的柱狀岩體，以及局部岩體即將剝離的證據。可見受到此組垂直節理以及上覆岩層崩落後的解壓作用雙重影響，使得本研究區域隨時都有再發生小規模坍塌的可能。

三、試驗結果

(1)九九峰

在九九峰卵礫石的研究方法包括現場野外調查、室內試驗與資料處理三部分。

在現場野外調查方面，包括(1)現場地形地貌觀察，(2)露頭的選取與測量，(3)卵礫石排列方向與形狀測量，(4)基質貫入試驗與司密特錘試驗，以及(5)現地採樣等五項工作。在室內試驗方面包括(1)篩分析，

(2)基質自然物理性質試驗，(3)X 光繞射分析，(4)自然物理性質試驗，(5)礫石薄片鑑定。資料處理方面包括(1)製作玫瑰圖，(2)坡面與礫石面的傾向夾角，(3)卵礫石的形狀分類，(4)形狀比值 F。

現場調查發現，本研究區主要屬於凸直形(VL type)與雙凸形(VV type)，而當坡體坡高較低時，也就是本研究區外圍的坡體，坡體形貌主要屬於凸直形，當坡體坡高較高時，也就是靠近本研究區中心的坡體，則坡體形貌主要屬於雙凸形。

諸多學者專家觀察卵礫石層邊坡破壞的方式，大致可以分成兩種：(1)有崩積層保護的坡角，坡角受到保護狀態，邊坡後退方式以逕流沖刷、落石為主；(2)坡腳礫石無崩積層保護，受到水流侵蝕呈現向內凹的現象，邊坡後退方式以落石崩落、平面破壞為主(圖 4.3)。由現場調查發現，乾溪、仙洞指坑溪河谷兩側邊坡後退模式主要以第一種方式呈現，而坡腳的崩積層因時間過久或因人為開發，多有植生的生長；河谷兩旁的侵蝕溝與支流兩側的邊坡後退模式主要以第二種方式呈現；田尾坑溪、油車坑溪河谷兩側邊坡後退方式則為兩者相互出現，中下游以第一種模式為主，中上游則以第二種模式為主。

將野外所得到 93 個卵礫石邊坡的傾向作成玫瑰圖。可以發現，整個區域卵礫石邊坡的傾向呈現相當零散，惟有當傾向在 $10^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 與 $100^{\circ}\sim 160^{\circ}$ 有比較集中的趨勢，所佔比例約 40%左右。若將乾溪、仙洞指坑溪、田尾坑溪及油車坑溪等四個地區分開比較，可以發現，這四個地區的坡面傾向還是呈現散亂不規則的情況，此結果顯示本研究區內坡面傾向的分布，並未特別集中於某一個方向。

本研究區卵礫石傾向有明顯的規律性，全部卵礫石的傾向介於 $80^{\circ}\sim 220^{\circ}$ 中，在 $120^{\circ}\sim 140^{\circ}$ 則有明顯集中的趨勢，所佔比例約 80%左右，表示此角度傾向的卵礫石

數目最多，而越往外側數目明顯減少。若將乾溪、仙洞指坑溪、田尾坑溪及油車坑溪等四個地區分開比較，每個地區都可以發現有這種現象，顯示當時整個九九峰地區為同一個沉積盆地，都由同樣東南—西北流向之谷河流攜帶沉積物流經此地沉積。

本研究區卵礫石形狀分布可以發現，在93個露頭中礫石形狀主要以碟狀與球狀為主，約佔了全部卵礫石的70%以上。比較各個區域內卵礫石形狀的分布狀況，並沒有發現有特殊顯著的不同，表示卵礫石形狀在本研究區內並不因分布於不同溪流區域而有所不同。

整個研究區域粒徑屬於礫石(大於2 mm)的顆粒佔85.2%，介於2 mm至0.074 mm的砂顆粒佔13.6%，細顆粒(粉砂與黏土級，小於0.074 mm)佔全部的1.2%。各區基質材料之自然物理性質變化不大。現場對基質進行貫入試驗的結果顯示，基質強度範圍介於100~250 kg/cm²。根據國際岩石力學學會(ISRM, 1981)依照岩石單壓強度對岩石所做的分類表，發現此區域之基質強度為屬於弱岩，表示經過長時間的壓密，基質也已慢慢的變成岩石。利用司密特錘對現場邊坡上的礫石施作500組以上卵礫石之強度試驗結果顯示，反彈數平均值為55，對應之單壓強度約為160 Mpa，約等於1600 kg/cm²。從ISRM(1981)在岩石單壓強度的分級上發現，本研究地區的礫石單壓強度為屬於甚強岩(very strong rock)之分類。

(2)九份二山

本研究中的直接剪力試驗，共包括(1)基本摩擦角(ϕ_b)，及(2)尖峰摩擦角(ϕ_p)等兩部分的量測工作。31組基本摩擦角(ϕ_b)之直接剪力試驗。其結果為介於22.30°至31.60°之間，平均值為27.62°。

7組不規則弱面尖峰摩擦角(ϕ_p)的直接

剪力試驗結果顯示，其範圍介於28.37°至49.96°之間，平均值為39.04°。

單壓試驗的結果介於133.86至373.38 kg/cm²之間，平均值為291.05 kg/cm²。點荷重試驗的結果則分布在0.70至3.71 kg/cm²之間，平均值為1.70 kg/cm²。而代表張力強度的間接抗張試驗結果介於25.80至48.80 kg/cm²之間，平均值為37.50 kg/cm²。至於現地試驗所求得的施密特錘試驗結果則介於175.00至723.00 kg/cm²之間，平均值為419.40 kg/cm²。

其中，點荷重試驗的結果，明顯不適合一般常用的點荷重單壓換算公式 $\sigma_{c50} = 24Is_{50}$ 。而現地施密特錘試驗的結果，若參考國際岩石力學學會(ISRM, 1981)之單壓強度分級表，是屬於R2級弱岩至R4級強岩的分布範圍內。將此結果與單壓試驗介於R2級弱岩至R3級中強岩的分布範圍內。將此結果與單壓強度試驗介於R2級弱岩至R3級中強岩的結果相互比較，可能有略為大膽高估的趨勢。

五、參考文獻

- 楊志成(1997)台灣中部地區錦水頁岩、卓蘭層與頭山層的沈積環境研究，國立臺灣大學地質學研究所，碩士論文。
- 中央地質調查所(1999)九二一地震地質調查報告，第69-71頁。
- 洪如江、林美聆、陳天建、王國隆(2000)921集集大地震相關的坡地災害、坡地破壞特性、與案例分析，地工技術，第81期，第17-32頁。
- 羅偉、吳樂群、陳華玟(1999)五萬分之一國姓地質圖編，經濟部中央地質調查所。
- 張世勳(1993)花蓮地區土石流物理模型初步研究及其材料之模擬，國立臺灣大學土木工程學研究所，碩士論文，128頁。

張文城（1988）岩石節理面之粗糙度與其
剪力強度之研究，台灣大學土木工程
學研究所博士論文，共226頁。

袁寧（1996）砂岩組構特性之研究—以台
北盆地東側之基盤為例。台灣大學地
質學研究所碩士論文，共130頁。

蘇定義（1998）南投縣和社溪沿線土石流
之工程地質特性探討，國立臺灣大學
地質學研究所，碩士論文，149頁。

Barton, M. E., Mockett, L. D. and Palmer, S.
N. (1993) An engineering geological
classification of the soil/rock borderline
materials between sands and sandstones,
In Cripps, J. C., et al., (Eds.) The
Engineering Geology of Weak Rock,
The Engineering Group of The
Geological Society Special Publication
No. 8, pp.125-138.

Hawkins, A. B. & McConnel, B. J. (1992)
Sensitivity of sandstone strength and
deformability to change in moisture
content, Q. J. Eng. Geol., Vol. 25,
pp.115-130.

Patton, F. D. (1966) Multiple modes of
shear failure in rock, Proc. 1st . Intl.
Cong. Rock. Mechanics, Libon, Vol. 1,
pp.509-513.

附件：封面格式

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

地震新山崩之工程地質特性（II）

計畫類別：☐個別型計畫 ☒整合型計畫

計畫編號：NSC 90-2116-M-002-022

執行期間：90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31 日

計畫主持人：陳宏宇

計畫參與人員：游家敏、陳孝慈

執行單位：台灣大學地質科學系

中 華 民 國 九 十 一 年 七 月 三 十 一 日