

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

地震後新山崩之工程地質特性 ()

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC91-2116-M-002-019-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立臺灣大學地質科學系暨研究所

計畫主持人：陳宏宇

計畫參與人員：游家敏 廖銓文

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 10 月 15 日

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 (□)

The Engineering Geological Characteristics of New Landslides

Caused by Earthquake ()

計畫編號：NSC91-2116-M-002-019

執行期限：91年8月1日至92年7月31日

計畫主持人：陳宏宇 計畫參與人員：游家敏、廖銓文

執行機構及單位名稱：台灣大學地質科學系

一、中文摘要

由九九峰區域 1400 顆卵礫石排列方向調查發現，本區域 80% 以上卵礫石長軸傾向介於 $120^{\circ}\sim 140^{\circ}$ 之間，此結果顯示，九九峰地區原來為屬於一個沉積盆地，古水流以東南 - 西北向流經此處，並沉積大量卵礫石，經過長時間的壓密作用以及後來造山運動抬升作用下，變成現在所看到的九九峰。

另外，從九份二山地區之地質材料的顆粒圓度、顆粒推疊方式以及黏土礦物與力學強度間之關係發現，岩石材料組成顆粒的圓度為 0.58; 為屬於圓狀顆粒的範圍，堆疊密度為 77.81%，堆疊相鄰關係則為 69.23%，礦物顆粒則以不接觸的型態最為常見，高達 41.19%。在 27 個岩石樣品的黏土礦物成分分析結果顯示，依萊石含量最多，佔 63.42%，其次依序為高嶺石、綠泥石以及膨潤石，含量分別為 15.81%、13.69%、7.09%。

上述在九份二山的調查結果發現，顆粒圓度與岩石基本摩擦角之間呈現負相關的關係，但相關性並不明顯，堆疊密度及堆疊相鄰方式與基本摩擦角兩者則無任何關係存在。直線型及嵌合型的接觸型態與基本摩擦角呈現正相關的趨勢，且相關性較高，分別為 $r=0.5$ 及 $r=0.68$ 。依萊石的相對含量與基本摩擦角間呈現明顯的正相關，膨潤石的相對含量則與基本摩擦角呈現負相關趨勢 ($r=-0.53$)，至於綠泥石以及高嶺石與基本摩擦角無對應關係，相關係數均在 0.14 以下。

關鍵詞：古水流方向、顆粒圓度、接觸型態、堆疊關係、黏土礦物

Abstract

Based on the field investigation, the long axis of 1,400 gravels samples show that more than 80% gravels distributed their orientation ranging from $120^{\circ}\sim 140^{\circ}$. The rose diagram results also indicated that the paleo-current displayed the flow direction from southeast to northwest. The massive deposition of gravels had been consolidated, transported, orogened, and formed the 99 peaks of study area.

Various investigated methods including roundness, packing pattern, contact pattern, and clay mineral was executed in Juo-Feng-Err-Shan. The results exhibited the roundness is 0.58, and classified as round particles. The packing density was 77.18% and packing proximity was 69.23%. Around 41.19% were presented non-contacting to each other. The results show that Illite was dominant, and occupation was 63.42%. The Kaolinite, Chlorite and Smectite were 15.81%, 13.69% and 7.09% respectively.

The results also show that the roundness of particle increases, the friction angle will decrease in Juo-Feng-Err-Shan. The linear relationship is not very clear in each other. The packing pattern and friction angle do not have any relation as well. Furthermore, when Illite composition increase in the rock, friction angle will increase. When smectite mineral increase, friction angle will decrease.

Keywords: paleo-current, roundness,

packing pattern, contact pattern,
mineral content

二、前言

卵礫石發生沉積時，由於水流作用的影響會使卵礫石長軸方向沿著相同方向沉積，所產生的現象在沉積學上稱為疊瓦狀構造 (imbricate structure)，此構造對於了解沉積當時古水流的方向有相當大的幫助。南投縣九九峰地區主要由更新世頭崙山層所組成，以礫岩為主，其中零星夾雜厚約一公尺的砂岩層，於礫岩中常可以發現卵礫石呈現疊瓦狀排列。本次報告將呈現本計畫卵礫石方向之調查結果，以及對於沉積當時古水流方向進行分析。

九份二山位於南投縣國姓鄉，於九九峰的西南方，兩者距離約八公里。本區域位於西部麓山帶的東側山嶺，褶皺分布緊密，而陡翼的地層常演變成為西北向的低角度逆衝斷層，產生一系列斷層與褶皺相繼出現的覆瓦狀褶皺斷層系統。過去研究指出地質材料之特性會影響材料本身之力學性質，本報告將呈現本計劃中對於九份二山地區地質材料組構，例如顆粒圓度、顆粒推疊方式以及黏土礦物的調查結果，進一步探討與力學強度之間的關係。

三、研究方法

(1) 九九峰

藉由現場測量九九峰地區 93 個露頭 (平均分布於本研究區)，紀錄各露頭卵礫石的常軸方向，每個地點約測量 15 卵礫石，故約共測量約 1400 顆。

將上述調查資料攜回實驗室，將資料繪製玫瑰圖 (rose diagram)，圖上所顯示的花瓣越長，表示該方向的卵礫石越多。藉由繪製完成的玫瑰圖可以清楚判斷卵礫石的常軸方向是否呈現一定的規則，進而回推當時古水流方向。

(2) 九份二山

研究第一步驟為現場進行勘查，取本區域未受風化擾動之岩石樣品回實驗室進行樣品的組成顆粒的圓度以及顆粒間的堆疊方式分析。本項研究共計採集 70 個樣品進行分析，樣品同樣平均分布於本研究區域中。

本研究中顆粒圓度的計量方法，係利用 Image-Pro Plus 影像處理軟體求得。計量方法是將計算所得之顆粒面積乘上 4，在除以顆粒週長的平方，所求出的值介於 0 至 1 之間，當值越大表示顆粒形狀越將近圓形。至於顆粒接觸型態的計量方法，先將岩石標本磨成薄片放至於顯微鏡底下觀察，並取 10 條等間距的橫截線，分別計算礦物顆粒所佔截距之比例，將 10 條結果相加再加以平均可得到一個樣品的堆疊密度 (packing density)。同樣計算這 10 條橫截線上礦物顆粒相鄰的數量除上礦物總數，即為堆疊相鄰關係 (packing proximity)。

參考 Dusseault & Morgenstern (1979) 在研究 Locked sands 時所採用 Siever (1959) 提出之分類方式，將顆粒接觸型態分為相切型接觸、直線型接觸、嵌合型接觸，以及不接觸型態等五類 (如圖一)。其方法同樣是利用計算堆疊方式中所選取的 10 調等截距中各類型接觸型態所佔全部接觸型態總數的比例。

另外，求取材料中黏土礦物種類以及數量所使用的方法為 X 光粉末繞射分析。本試驗的原理是利用當光線進入礦物體時，受到晶格的阻擋而產生繞射的現象，由於各礦物晶格間距不同，對 X 光繞射的角度也會隨之改變，解以鑑定顯微鏡底下難以辨識的礦物，同時利用 Johns (1954) 所提出的經驗公式進行半定量分析，瞭解岩石間黏土礦物的種類及其概略的含量。本試驗共包含兩部分，粒徑小於 74 μm 的基質部分製成亂向試片，進行礦物的定性分析，而粒徑小於 2 μm 的黏土礦物則製成定向試片，進行半定量分析，以鑑定高嶺石 (Kaolinite)、依萊石 (Illite)、膨潤石 (Smectite) 以及綠泥石 (Chlorite) 等四重黏土礦物的相對含量。

四、研究成果

(1) 九九峰

由玫瑰圖顯示 (如圖二)，卵礫石長軸傾向有一定的規則，全部的卵礫石皆介於 80 $^{\circ}$ ~220 $^{\circ}$ 之間，在 120 $^{\circ}$ ~140 $^{\circ}$ 則有明顯集中的趨勢，約佔所有比例之 80%，表示此地區大部分卵礫石長軸傾向皆落於此範圍內。若將本研究區域分成四個小區域分開

比較，每個地區都可以明顯觀察到相同之現象，由此顯示，當時九九峰地區屬於同樣一個沉積盆地，古水流以東南 - 西北向流經此處，並沉積大量卵礫石，經過長時間的壓密作用以及後來受台灣地區造山運動抬升作用下，變成現在所看到的九九峰。

(2) 九份二山

根據本研究 70 個樣品的觀察結果顯示，岩石材料組成顆粒的圓度介於 0.44 至 0.64 之間，大致分布再次圓狀至圓狀之間，平均值為 0.58，屬於圓狀顆粒的範圍。在顆粒的堆疊關係方面，堆疊密度介於 69.89% 至 89.96% 之間，平均值為 77.81%，堆疊相鄰關係則介於 51.4% 至 89.06% 之間，平均值為 69.23%，本試驗結果顯示，研究區中之礦物顆粒接觸型態以不接觸的型態最為常見，其所佔的比例分佈於 25.74 至 51.55% 之間，平均值為 41.19%。可見本研究區中的岩石材料在顆粒發生破裂時，除了可能受到礦物顆粒間的組態所控制之外，顆粒間膠結物的性質亦可能有所影響 (Ersoy & Waller, 1995)。

其它顆粒接觸型態的比例高低依序為嵌合型、直線型及相切型，較少見的接觸型態為縫合型，平均僅佔 3.80% (表一)。另外，本研究共進行 27 個岩石樣品黏土礦物成分分析，結果顯示，依萊石含量最多，佔 63.42%，其次依序為高嶺石、綠泥石以及膨潤石，含量分別為 15.81%、13.69%、7.09% (表二)。

為探討上述顆粒性質與力學性質之間的關係，本研究將所得之顆粒圓度、堆疊方式、接觸方式以及黏土礦物含量與岩石基本摩擦角進行回歸分析。結果發現，顆粒圓度與基本摩擦角關係呈現負相關的趨勢，但相關性並不明顯，相關係數為 -0.20，而堆疊方式則與基本摩擦角之間並無任何關係存在。岩石材料的基本摩擦角與顆粒接觸型態中不接觸、相切型接觸及縫合型接觸的相對含量均呈現負相關的趨勢，但相關性稍低，相關係數接近 $r = -0.5$ 。

至於直線型及嵌合型的接觸型態與基本摩擦角呈現正相關的趨勢，且相關性較高，分別為 $r = 0.5$ 及 $r = 0.68$ 。此結果說明岩石中各類型顆粒的接觸型態與岩石材料

的基本摩擦角間均存在著或多或少的關係性，其中又以不接觸及嵌合型接觸的關係性較為明顯。

另外，除了依萊石的相對含量與基本摩擦角間呈現明顯的正相關外 ($r = 0.73$) 外，膨潤石的相對含量則與基本摩擦角呈現負相關趨勢 ($r = -0.53$)，至於綠泥石以及高嶺石與基本摩擦角無對應關係，相關係數均在 0.14 以下 (表三)。

五、討論

(1) 九九峰

由九九峰現場調查發現，本區域礫石層中可以發現其中夾有薄層砂岩存在，砂岩曾位態略成傾斜，表示整個地層層受過水平抬生作用使得原本沈積時水平的地層變成傾斜，這同樣使得礫石長軸傾向受到影響。但根據現場觀察顯示，本區域砂岩層的傾角約為 20 度左右，對於抬生前後造成的卵礫石傾向改變不會太大，故以本研究調查的資料判斷當時古水流方向仍有一定之參考價值。另外，根據前人研究本區域之古水流方向與本研究結果相差不大由此顯示，當時本區域古水流為東南向西北方向。

(2) 九份二山

由顆粒圓度、堆疊關係、接觸型態以及黏土礦物成分有岩石基本摩擦角之關係發現，除了依萊石含量與岩石基本摩擦角較高之相關性存在之外，其他並無發現彼此間有明顯關係。由此可知，決定本區域岩石強度可能為其他因素所控制，譬如岩石自然物理性質、礦物顆粒大小、石英含量等等，可作進一步的分析與探討。

六、結論

1. 南投縣草屯鎮九九峰地區係由卵礫石層之地質材料所組成，屬於更新世火災山相。由現場調查 1400 顆卵礫石長軸傾向發現，全部集中在 80 - 220 度之間，顯示當時此地之古水流方向為東南向西北方向流動。
2. 南投縣國姓鄉九份二山地區主要係由砂岩所組成，屬於西部麓山帶晚期中心世的彰湖坑層砂岩。
3. 70 個樣品的觀察結果顯示，岩石材料組

成顆粒的圓度介於 0.44 至 0.64 之間,大致分布再次圓狀至圓狀之間,平均值為 0.58,屬於圓狀顆粒的範圍。在顆粒的堆疊關係方面,堆疊密度介於 69.89%至 89.96%之間,平均值為 77.81%,堆疊相鄰關係則介於 51.4%至 89.06%之間,平均值為 69.23%。

4. 另外,本研究共進行 27 個岩石樣品黏土礦物成分分析,結果顯示,依萊石含量最多,佔 63.42%,其次依序為高嶺石、綠泥石以及膨潤石,含量分別為 15.81%、13.69%、7.09%。
5. 顆粒圓度與基本摩擦角關係呈現負相關的趨勢,但相關性並不明顯,相關係數為-0.20,而堆疊方式則與基本摩擦角之間並無任何關係存在。岩石材料的基本摩擦角與顆粒接觸型態中不接觸、相切型接觸及縫合型接觸的相對含量均呈現負相關的趨勢,但相關性稍低,相關係數接近 $r = -0.5$ 。
6. 至於直線型及嵌合型的接觸型態與基本摩擦角呈現正相關的趨勢,且相關性較高,分別為 $r = 0.5$ 及 $r = 0.68$ 。此結果說明岩石中各類型顆粒的接觸型態與岩石材料的基本摩擦角間均存在著或多或少的關係性,其中又以不接觸及嵌合型接觸的關係性較為明顯。
7. 另外,除了依萊石的相對含量與基本摩擦角間呈現明顯的正相關外($r = 0.73$)外,膨潤石的相對含量則與基本摩擦角呈現負相關趨勢($r = -0.53$),至於綠泥石以及高嶺石與基本摩擦角無對應關係,相關係數均在 0.14 以下。

七、致謝

感謝本計畫在研究進行期間,蒙行政院國家科學委員會提供經費贊助,特此致謝。

八、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幅,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.

Chen, H. and Tsai, B. R., (1996) Gravels orientation and their shapes distribution appear to effect slope grades in northern Taiwan. Proc. Geol. Soc China, Vol.39, No.4, P 485~506.

Pettijohn, F. J. (1975) Sedimentary Rocks (3rd. Edition)

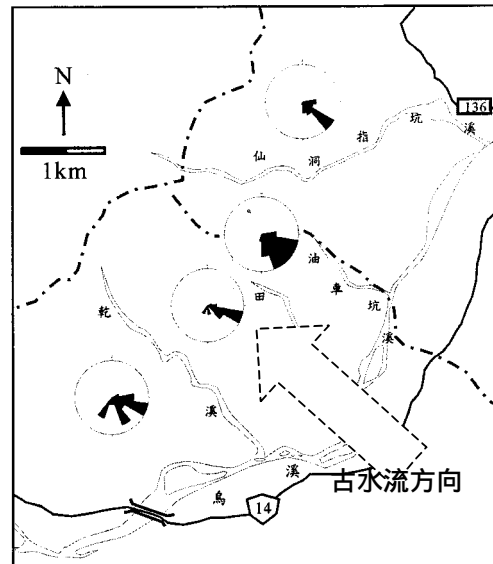
Happper & RowJohn, W. D., Grim, R. E. and Bradley, W. F. (1954) Quantitative estimation of clat minerals by diffraction methods, Journal of Sedimentary Petrology 24, pp. 242-251

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.

Mogernstern, N. R. & Eigenbrod, K. (1974) Classification of argillaceous soils and rocks, J. Geotech. Engng. Div. Am. Soc. Engrs. Vol. 100, No. GT10, pp. 1137-1156

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

Wadell, H. (1933) Sphericity and roundness of quartz particles, Journal Geology, Vol.40, pp.310~331



圖二 九九峰地區卵礫石傾向與古水流方向示意圖

接觸型態	圖例	特徵
相切型接觸 (Tangential contacts)		低接觸面積 高孔隙率
直線型接觸 (Straight contacts)		低~中接觸面積 中~高孔隙率
嵌合型接觸 (Concavo-convex contacts)		中接觸面積 中孔隙率
縫合型接觸 (Sutured contacts)		中~高接觸面積 中~低孔隙率
碳酸鹽壓溶型接觸 (Carbonate type stylolites)		具單方向等向性

圖一 礦物顆粒型態示意圖

表一 九份二山地區地質材料之各接觸型態所佔百分比

接觸型態	百分比%
不接觸	41.19
相切型接觸	12.58
直線型接觸	16.24
嵌合型接觸	26.19
縫合型接觸	3.80

表二 九份二山地區地質材料之黏土礦物種類與所佔百分比

黏土礦物	半定量結果%
Illite	64.32
Kaolinite	15.81
Chlorite	13.69
Smectite	7.09

表三 九份二山地區地質材料之黏土礦物

與基本摩擦角相關係數

	基本摩擦角
Illite	r= 0.73

Kaolinite	r= 0.14
Chlorite	r= -0.11
Smectite	r= -0.53

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 (□)

□

□

□

□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□□

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 二 年 七 月 三 十 一 日