

蘭陽溪泥裂痕之分析與研究

高中組地球科學科第三名

台灣省立宜蘭高級中學

作 者：師 康、詹豐誠

等六人

指導教師：陳 可 恭

一、研究動機

在一個風和日麗的星期天，班上的幾位同學相邀到蘭陽溪做一次溯溪活動，在沿途中看到許許多河流的沈積、侵蝕等現象，但其中有一種構造相當地特殊。於是我們回學校後便去請教地科老師，經過講解和說明後我們才知道那就叫「泥裂痕」，並且對泥裂現象有了粗略地瞭解。老師並且強調泥裂痕在地質學上具有重要意義，同時也鼓勵我們繼續深入研究及討論，以期對它有更深一層的瞭解和認識，所以激起我們探討的動機。

二、研究內容與目的

沿蘭陽溪的兩岸經洪水期後發生的泥砂堆積經日曬適當的時間後所產生的龜裂現象是我們探討的對象，大致包括：

- (一)裂塊面積與沈積均質層厚度的測量、沈積物的採樣與分析。
- (二)泥裂痕產生的地質、地形環境之探討。
- (三)裂痕厚度與面積的定量分析。
- (四)泥裂痕裂塊形狀與邊數的統計，及其平衡的力學探討。

三、文獻探討

- (一)取樣區之地質、地形背景：

蘭陽溪是蘭陽地區最大的河川，本支流流域寬廣，係屬網狀流路系統，流經的區域在地質上有片岩、板岩、頁岩及砂岩（四積砂岩）之分布，因此每到洪水季節各式各樣的泥砂便由上游被搬運而下。由於板岩、片岩、頁岩岩質較弱，礦物顆粒較小，易被風

化、侵蝕而成爲細泥的主要來源；且砂岩（四稜砂岩）被流水侵蝕搬運便成爲顆粒較大之砂的主要來源。而在支流匯集的地方、河流的轉彎處或因水道改變而暴露的河床上，往往會底層積砂上層淤泥，這些地方便是泥裂痕產生的主要處所。

(二)泥裂痕在地質上的意義：

泥裂痕的產生是由於軟質的混泥土經過日曬，失去孔隙水，當泥土含水比降低到某一程度之後所產生的表層脫水收縮，在平面上往往呈現多邊形的裂痕，而分布上尤以四邊形、五邊形及六邊形最多，在剖面上泥裂的裂口上大下小，約呈六邊形，所以當其岩化後，便可提供我們做爲判斷地層的頂（Top）和底（Bottom）的依據，甚至可以幫助我們推斷該岩層是否曾經發生過地層倒轉、不等量抬升等地質事件。

四、器 材

圓鋸 1 支。

蘭陽地區地圖 (123000:1)。

粒度分析用的玻璃管（內徑 = 3 cm，長度 = 100 cm）。

室內模型用木箱 2 個。

氨水（稀溶液） 布尺 相機

五、研究過程與方式

(一)室外工作：

自 74 年 10 月起至 75 年 2 月，由下游出海口往上游至七賢村止，在沉積且已生龜裂的沈積層採樣及量取數據：

1. 其採樣地點及個數如下：

地點	A	B	C	D	E	F	G	H	合計
個數	10	20	20	20	20	20	21	19	150 個

2. 採樣地點之分布如圖（如說明書，略）。

(二)室內工作：

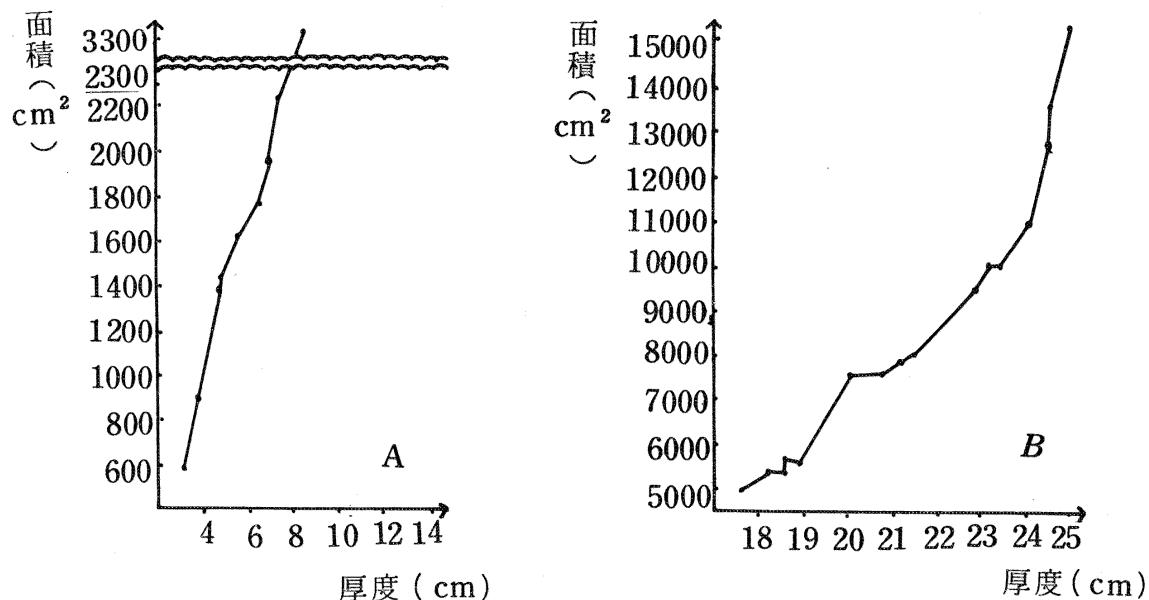
1. 將已採回之數據經計算，得面積加權值，各地依面積大小排列

並列出厚度；另以裂塊面積為縱坐標，泥質均質層厚度為橫坐標，分別繪製成各地的曲線圖。

2. 將各地泥裂之形狀依邊數統計，3、4、5、6邊形各幾個？並討論其平衡的力學原理。
3. 將採回之泥砂樣本泡於稀釋的氨水內（以便使膠結顆粒分散），再將其風乾後（因風乾較烘乾更接近沈積當時礦物顆粒的特性），取出分別做沉降速率實驗以比較出各採樣區之泥砂的粒徑之相對大小。
4. 室內模型以 $50 \times 50 \text{ cm}^2$ 的木箱底層先鋪一層粗砂，再於其上作一均質層的沉積，置於陽光下曝曬數時，至產生裂痕後，記錄當時的氣溫、所經時間及裂塊的形狀、裂痕的深度、寬度等。
5. 由所得的各項資料加以分析並討論其原因。

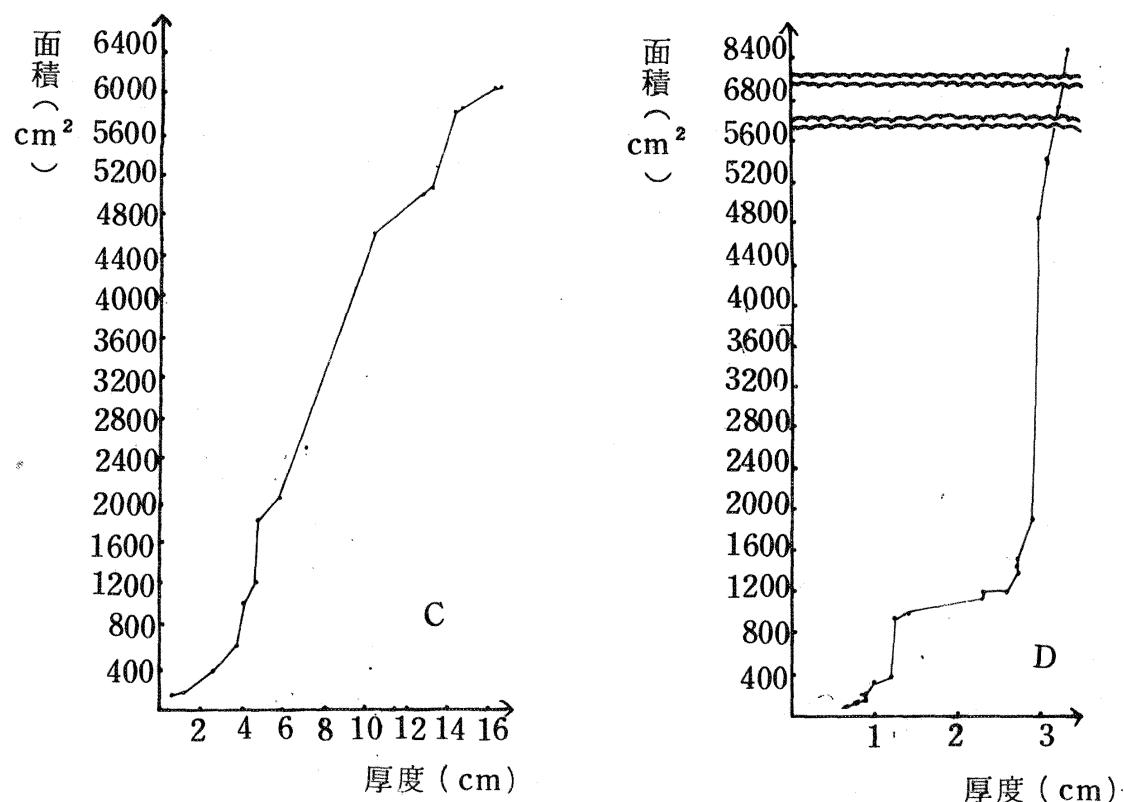
六、研究結果

- (一) 1. 河流轉彎的地方。
2. 支流匯集的地方。
3. 河水暴漲後，因水道改變或遇乾水期而暴露出的氾濫原。



以上各處底層積砂上層淤泥，是產生泥裂的主要處所。

(二)各地泥裂塊面積與均質層厚度之曲線圖如下。其數據之列表略。



採樣區如前所述共有A、B……G、H等八處，150個點，因限於篇幅僅列出其中前四區之曲線圖。

(三)各地曲線圖的結果：

A區：1～10點皆為有規律的正比爬升。

B區：自第6點後成十分規律的正變圓弧爬升。

C區：12點後，8至12點間，1～8點皆有規律的正變直線。

D區：9點前，11點後為一規律直線。

E區：9～14點較不規律，其餘都平穩。

F區：7～8點間為一驟陡坡，其餘平緩。

G區：第9點後及第4點前較陡，其餘較緩。

H區：厚度與面積呈相當穩定的正變關係。

由以上可知各區泥裂塊的面積都被均質層厚度所限制，且大致均呈正變關係。

另：以B區另採集2組數據（共20點），發覺淤泥區邊緣厚度較小，所形成的裂塊其面積也較小；中央部分厚度較大，裂塊面積也較大。

(四)沈積物做沈降速率實驗其沈降時間的比較：

我們參考中山科辭中水速分析粒度法，以100公分長，內徑3公分的玻璃管盛水，將已風乾之泥土樣本自頂部置入，至大部泥土沈降為止，測量其所需的時間。得下表：

地點	A	B	C	D	E	F	G	H
時間(分)	82	115	75	66	32	75	133	135

以上表看來E點的粒度較大，沈降的時間較短，導致厚度影響面積，曲線圖上，坡度較緩，亦即厚度被粒度牽制而影響面積力量較小。

(五)裂痕形狀的統計：

邊數	3	4	5	6	7
個數	5	13	12	14	6

上表係由B、C二區隨機取50個樣本加以統計，可以看出泥裂痕中以四邊形、六邊形分布最多。且四邊形集中生於水道旁，而六邊形則往往集中於某一平坦的區域。至於其構成的力學原理，將於後面嘗試加以討論。

(六)採回之樣土經以 $50 \times 50 \text{ cm}^2$ 的木箱底層置砂上層置3 cm的含水泥土在 21°C 的室外加以曝曬，5小時後即開始產生裂痕。隔日觀察一級裂痕寬約4~6 mm，二級裂痕寬約2~3 mm。

七、討 論

(一)構成泥裂痕的必要因素有：
1.沈積層要有粒度夠小的顆粒之分布。
2.泥土中含水比降至某一定值之下。

(二)因受沈積均質層的牽制，裂塊面積大致隨之有正變的關係。經觀察於C區的均層沈積層中雖有明顯的分離面（可能洪水期其沈積

次數頻繁，故有薄層狀構造。其測量數據之列表略），但其裂痕仍自表層至下層合為一體裂開至底層的粗砂上部為止，其塊裂面積與均質中的薄層狀構造之有無，沒有太大關係。

(三) 裂塊的形狀與特徵：

- 泥裂產生區在靠近水道的邊緣其裂痕多為四邊形，且主要裂縫其方向與河流之方向平行，而中央區域和沈積平坦的區域則多為六邊形。
- 泥層較薄的地方及日照較強所產生的泥裂，其裂塊邊緣有向上翻翹的現象，且其形狀較難找出規則性；泥土較厚的地區其裂塊面上略顯凸起（或裂塊向邊緣有凹下成V字的現象）。

探究其原因乃由於日曬泥層收縮之力都指向裂塊中心，而產生裂縫處，上部本為空間所在沒有任何牽制力，於是泥層較薄重量較輕者，當然邊緣部分就容易向上翻翹；若泥土沈積較厚，當其收縮時，由於泥塊較重不易被帶動，當然不易翻翹，反而往往裂痕產生後，當下雨時雨水容易沿裂痕流動而將一部分的泥土帶走而呈現裂塊向邊緣下凹成V字的情形。

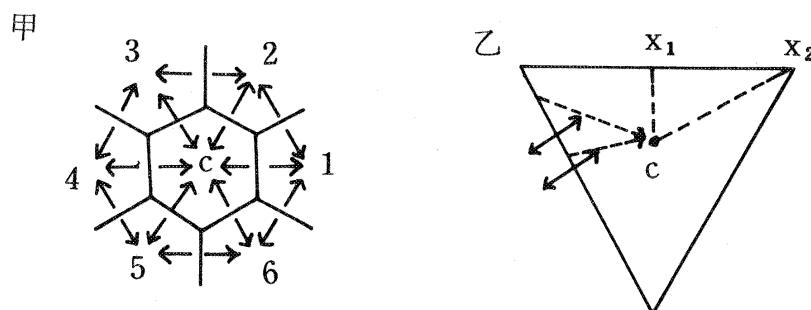
(四) 裂塊的形狀與平衡之力學原理的探討：

- 在水道旁之泥裂多為四邊形，殆由於流水攜帶之泥砂氾濫後沈積，當水退後，水道旁本身因淤積區之側邊被流水侵蝕而切割，以至於失去支撐力，而側邊落空產生的折力誘使泥層順理成章地就產生了許多平行於邊緣的裂痕。（此即第一級 1° 裂痕）。之後因為泥土含水比又逐漸減少，泥層將再收縮，因此在長條泥塊中幾乎等距離地會有一收縮中心。如圖之C點，即為一C—C之間均有一張力，於是很自然地就陸續產生許多垂直於C—C方向的第二級 2° 裂痕。



2.六邊形裂塊的分布：

較寬廣且泥層厚度均勻的淤泥區中心平坦區域所形成的泥裂主要導因於表層脫水收縮，當含水比逐漸降低時，泥層將沿表面在各方向作相同程度之收縮。這種收斂機制就向一系列等距離之點收縮，由這些中心點（如圖之 C、1、2、3、……等）形成等邊三角形。當欲破裂之瞬間，任意之一中心點和其最鄰近之中心點（1~6），乃沿著直線 C—1 收縮，其距離正好足以克制泥層之拉張強度，因此所形成之張力裂痕正好在 C 和 1 之間，而與直線 C—1 垂直。如果每一個中心點是由其它六個點 1—6 所圍繞，那麼將產生六角狀裂隙，這一收縮龜裂一旦於淤泥區某一處形成，則將迅速擴展至整個面，裂痕並自收縮面向下沿伸，於是形成一系泥的泥裂。這便是地調所年後中莊文星、莊德永二位先生引用 Holmes 先生的理論而所言的“泥質泥積物受日曬龜裂與火成岩柱狀節理的成因有異曲同工之妙”。



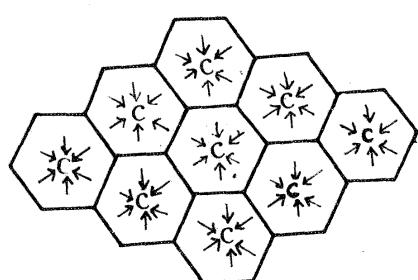
甲：六邊形的力學機制。

乙：三邊形的力學機制。

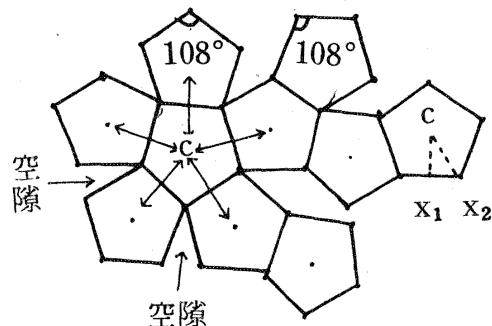
3.其它形狀的裂痕：

事實上，除了六邊形泥裂，尚有三、四、五和八邊，甚至多邊形的裂塊。然除了四邊形已於前面加以討論之外，其餘各形的數量都不及六邊形，探究其因殆：三角形由中心點 C 到達裂痕上的最大和最小距離相差太大（如圖之 $\overline{Cx_1} - \overline{Cx_2}$ ），且於頂角處，其向中心點 C 收縮之力，在垂直於裂痕上之有效分力太小，當然不利於產生裂縫。

而五邊比起三角形較有利於裂痕的形成。然由於其五邊被另五個圍繞時留有許多空隙無法緊密地成為“封閉”的現象，因此比起六邊形要來得不利。



六邊形的緊密排列



五邊形的幾何排列與應力機制

4.六邊形的分布之所以特別突出，除了任相鄰的三個收縮中心都能連成一個等邊三角形外，其裂塊的任何一邊都可以與另一六邊形共用而緊密地連接成對稱性相當高的六邊形泥裂羣，這也很重要的因素（如圖）。當然，由於現場不是完全都那麼符合——泥土沈積厚度均勻，底層平坦、沈積面上各方向應力條件相同的理想龜裂條件，於是某些區域的分布就凌亂而不規則。

八、結論

一連串的測量、分析和討論後，我們發覺蘭陽溪泥裂痕的產生有它的條件與原則。例如：1.它的發生往往在支流的匯集處、河流轉灣處或水道改變所暴露的河床上。2.裂塊的面積與沈積泥層厚度成正變，且一級裂痕常較二、三級裂痕寬。3.裂縫沿伸至某一粒度較大的砂質底層即不再往下裂。4.裂塊的形狀趨向於四邊形與六邊形的分布，且分別可嘗試以力學原理加以探討。

九、主要參考資料

- (一)莊文星、莊德永“蘭嶼綠島火成岩之柱狀節理”地調所 73 年。
- (二)何春蓀“普通地質學” p.p. 83~86 五南書局。

(三) Hurlbut JR. Klein "MANUAL OF MINERALOGY"

p. p. 16~17。

※限於篇幅恕難一一列出。

評 語

學生自行發現十分有趣的現象，親自收集資料與分析而歸納出規律性進而找尋可能之解釋原因及因素，並以簡單之幾何力學原理加以推斷泥裂痕之形成，花費甚為低廉而達成有意義之科學活動十分符合科學研究的精神，價值甚高。