

# 嘉義市第 37 屆中小學科學展覽會作品說明書

## 阿里山鄉石濁溪河谷的地質調查

### — 以梅嶺大橋段為例

科 別：地球科學科

組 別：國小組

關鍵詞：石濁溪、河谷地形

編 號：

中 華 民 國 一 ○ 八 年 三 月 十 九 日

# 阿里山鄉石濁溪河谷的地質調查—以梅嶺大橋段為例

## 摘要

為了瞭解石濁溪河谷地型的成因，我們前往梅嶺大橋附近進行野外探查，並將河谷劃分成十個露頭，調查比對它們的差異。穿梭於河谷中，我們看見兩側岩層崩塌碎裂嚴重，河床上布滿著各種鵝卵石，這些都是石濁溪侵蝕留下的痕跡。回學校後，我們用實驗重現「砂棒」生痕化石如何形成，這是證明石濁溪河谷屬於沉積岩地形，並曾經是潮間帶的重要證據。我們也使用不同種類的糖果與土塊來試驗岩壁表面楔型破碎面的由來，這與岩層性質與受重力的作用有關聯。透過資料蒐集，我們製作比較圖與模型，來證明露頭四與露頭五之間不是相連地層，以及露頭七所發現的正斷層。最後，我們將這次研究的結果，製作成等高線模型，方便人們瞭解石濁溪河谷地形的現況。

## 壹、研究動機

我們在自然課時老師上到莫拉克風災的影響，豐沛雨量造成山區土石崩塌，暴漲的河水挾帶大量沙石往中下游堆積，黃濁河水退去後，留下厚厚的沙土。阿里山附近有很多土石災難，這裡兩側的崩塌很多，也離我們居住的嘉義很近，所以啟發了我對地科的興趣，所以我就找好了同伴想要一起來做這個地質研究，因此讓我很像想一探究竟。我們以梅嶺大橋下的石濁溪做為調查地點，希望在這次科展可以學到更多知識，讓我更了解我們的大地。

## 貳、研究目的

- 一、石濁溪梅嶺大橋附近的野外地質調查。
- 二、砂棒是怎麼來的？
- 三、河岸的礫石層的石頭都是圓的嗎？
  - (一) 河道中的石頭為什麼有稜有角？
  - (二) 河流的下切和礫石層有關係嗎？
- 四、為什麼岩層的破裂面是楔型的？
- 五、露頭四和五之前是相連的嗎？
- 六、這是一個小斷層嗎？
- 七、巨大的鵝卵石哪裡來？
- 八、製作石濁溪梅嶺大橋附近的等高線地形模型。

## 參、研究設備及器材

石膏、陶土、塑膠盒、食用油、保鮮膜、布丁盒、大量杯、筷子、吸管、剪刀、水、密林、桶子、沙子、砂岩、頁岩、磚頭、篩網、珍珠板。

## 肆、研究過程及結果

### 研究一 石濁溪及梅嶺大橋附近的野外地質調查

#### 露頭一



圖 1-1 露頭一是梅嶺大橋下石濁溪上游，附近為河谷崩塌地，右上角是小塔山。



圖 1-2 我們這次調查研究地點的位置是從竹崎 166 縣道往瑞里，再轉 149 甲縣道。



圖 1-3 這裡的石頭幾乎都是中小型的碎石，還有細沙，大多是小型的砂岩。



圖 1-4 這裡有很多稜角的石頭，所以我們判定這裡的石頭是崩塌下來的。



圖 1-5 我們找到了裡面有生痕化石的石頭，也找到了許多砂頁岩的石頭。



圖 1-6 這塊砂岩上有砂棒的痕跡，所以以前有許多生物在這裡生存過。

#### 【露頭一討論】

我們勘察的範圍為梅嶺大橋以東之小山溝以及以南石濁溪上游。此河流侵蝕向下慢慢延伸，向兩側慢慢擴散，與其他小山溝分支連結造成支流擴張。這個露頭河床寬約 30 公尺，長度約 1 公里，。河床有堆積的石塊及砂土，並且有部份稀疏的流水。兩岸的沉積現象明顯，巨大石塊有撞擊裂痕，此時裂痕呈現垂直狀而不是平行面。我們這次選定的地點，主要以南庄層為主，根據文獻記載，厚度約 1000m，不過現場能觀察到的只有露出的表層，高約十幾公尺，其餘都分布在地下。露頭一發現雙殼貝之類的化石較多並且也有砂棒類型的生痕化石。

## 露頭二



圖 1-7 石頭大小不一，淘選度好石頭的顆粒會差不多，但這裡的淘選度不好。



圖 1-8 這個層面，露頭上有植物生長，代表已形成一段時間，層面布滿碎石。



圖 1-9 這裡是河道上的礫石層，上方有許多中小型的鵝卵石。



圖 1-10 這裡有許多中小型的鵝卵石，有些是圓滑狀的，有些是有稜有角的。



圖 1-11 這裡有很多中型的鵝卵石，堆積起來，它的稜角還很清楚。



圖 1-12 這裡的石頭的大部分都是中小型的石頭，破碎的很嚴重。

### 【露頭二討論】

在河床裡，河床的寬大約有 30m，坡度大約有 34 度左右，河道裡不是全部都有水，因為現在是乾旱。河道也不是平的，上游的石頭有大有小也有凹下去的，因為水量很大才被帶下來，但大部分的時候水都不是很大，像颱風、豪雨之後水就不會很大，所以小的水就帶小的石頭和顆粒很小的沙子，它們都沉積在小石頭中。這裡的石頭有大有小，淘選度如果很好的話石頭的顆粒都會一樣，但這裡的淘選度很不好，因為在很陡的上方，很多大大小小的石頭都被水沖下來。

### 露頭三



圖 1-13 河道旁露頭三的砂頁岩互層地層，測量結果，傾斜走向的構造為北偏西傾斜 30 度，層面向西傾斜。



圖 1-14 在砂頁岩互層的地層構造裡，部分為較厚的塊狀砂岩，砂頁岩解理面與河道幾乎呈 90 度的交角。



圖 1-15 這一層塊狀砂岩，堅硬的砂岩上，有些為楔狀龜裂，碎裂開來的石塊下方有不少的碎石。



圖 1-16 小崖錐寬為 125 公分高為 215 公分，堆積的石塊稜角尖銳；三角形崖錐底部的石塊較大，往上越來越小。



圖 1-17 南庄層由砂岩、頁岩、砂質頁岩所組成，厚度約 1,000m，在調查區域內的岩層解理發達，破碎情形很嚴重。



圖 1-18 岩層風化很嚴重，所以崩塌較厲害，碎石的銳角明顯，表示離崩塌的時間不久，距離也不遠。

#### 【露頭三討論】

在河道旁看到地層傾斜走向為北偏西 30 度，為砂頁岩互層，部分較厚的塊狀砂岩夾雜在岩層裡。因為頁岩侵蝕風化嚴重，碎裂碎石很多，堆積在河道邊，這些碎石顏色較深。砂岩的解理不少，呈現不規則，碎裂的情形較為特別，除有些為楔狀龜裂外，這些碎裂的地方都成垂直梭狀，大小不一，可以推論其受到擠

壓的力量是在上方岩層，這種破裂方式出現在好多地方，值得進一步探討。下方有小崖錐寬為 125 公分高為 215 公分，碎石的銳角明顯，足見發生的時間不太久。

#### 露頭四



圖 1-19 河道成 V 字形，上方有許多塊狀砂岩，都超過 2 公尺，且有稜角的砂岩很多，所以崩塌的時間不久。



圖 1-20 東邊是露頭四，北偏東 19 度傾斜 11 度，是個崩積層，大約有 20m(七層樓高)，崩塌的很嚴重。



圖 1-21 這裡是一個小土丘，因為崩塌嚴重，層面結構不明顯，岩層多被土石覆蓋。



圖 1-22 這個層面下方大部分是頁岩，呈現黃褐色，像鐵生鏽一樣。



圖 1-23 發現露頭四是砂頁岩互層，有很多碎掉的頁岩，偶爾能看到深色的塊狀砂岩。



圖 1-24 露頭四右下方是崩塌堆積的石塊，左上方已長出植物，代表形成了一段時間。

#### 【露頭四討論】

觀察位置是 166 縣道往瑞里，再轉進 149 甲縣道沿路上的梅嶺大橋下方，從嘉大附小到梅嶺大橋單程車程約 57.5km，耗時 2 小時。山谷左邊為東邊的露頭四，北偏東 19 度傾斜 11 度，是個崩積層，坡度很陡，大約有 20m(七層樓高)；因為崩塌嚴重，層面被土石覆蓋了，無法清楚看出層面的結構和種類。圖 5 中，發現露頭四是砂岩互層，表面多破碎頁岩，偶爾也有一些氧化的塊狀砂岩。

## 露頭五



圖 1-25 露頭四在山谷的左側，露頭五在山谷的右側，兩個露頭被河流分開。經測量，露頭五是北偏西 10 度，傾斜 52 度。



圖 1-26 砂頁岩互層，崩塌面不整齊，可以看到差異侵蝕。這裡的層面凌亂不明顯，崩塌下來的塊力不大，稜角很清楚，下方的岩層是塊狀砂岩。



圖 1-26 層面為褐灰色砂岩夾雜黑色頁岩，表面破碎嚴重節理明顯，上層多塊狀砂岩。



圖 1-27 測量露這邊的地層傾斜走向，測量結果是北偏西 10 度，傾斜 48 度，向東傾斜。



圖 1-28 這個塊狀頁岩層面上有些樹根狀的砂棒結構，代表此層面曾是淺海生物生活的地方。




圖 1-29 這裡的層面是屬於砂頁岩互層，岩層層面上有生痕化石，化石出現在頁岩層，是過去淺海地區的證據。

### 【露頭五討論】

露頭五是厚層褐灰色砂岩夾雜著黑色頁岩的互層，頁岩破碎的很嚴重。因砂頁岩被風化的很厲害，所以節理很明顯，往上面看，塊狀砂岩較多。經測量是北偏西 10 度，傾斜約在 50 度之間。頁岩層面上有砂棒化石，是軟體動物居住的地方。原來住在管狀空間裡的動物死掉後，被慢來的沉積物，如大小砂粒，或細顆粒填滿，以後地殼上升，砂棒石化成為我們現在看到的樣子。這些化石，正好可以做為本區域曾經是淺海的證明。

## 露頭六





	
圖 1-30 此崩塌地有大和有小的落石堆積，還有大型的塊狀砂岩，而且都氧化了。	圖 1-31 崩塌地上有許多泥砂和碎石，而且有草叢表示崩塌的時間比較長。
	
圖 1-32 此地質由砂頁岩互層，顏色為灰色及咖啡色，代表風化和氧化。	圖 1-33 此地質風化嚴重，主要由頁岩組成，含有大量鐵質，層面顏色是黃褐色。
	
圖 1-34 此地質露頭寬約 30 公尺，高 6 公尺，地層層面構造與河道水平面垂直。	圖 1-35 節理面呈尖銳型態，而且方向沒有一致性，對塊狀砂來說，需要很強的外力。

### 【露頭六討論】

露頭六之地質與其他露頭的面貌都不一樣，寬為 30 公尺，高度為 6 公尺（約 2 層樓）。節理面顏色呈現灰色，大部份的地質結構是以頁岩為主，但也有為比較細的砂石，此地貌所看到的頁岩是呈現一層一層的。它的節理面是南北向，塊狀砂岩的節理呈現尖銳型態，也就是比較大的作用力，才有可能形成這種破裂面。而其他部分有不同型態的表現。而露頭六顏色呈現深灰色，多以頁岩為主，和先前露頭比較含鐵質的石塊顏色多為咖啡色，而在此露頭上面沒有看到化石。




## 露頭七

	
<p>圖 1-36 此地區有明顯沉積痕跡，雖然頁岩地層凹凸不平，稜角不見，呈圓滑狀，其結構為柱狀體，是生痕化石的一種，通常稱為砂棒。顏色比較不同，呈灰白兩色。</p>	<p>圖 1-37 此地區為頁岩，出現部份不整合面，上方表層有礫石，形成表層乾裂，上下物質泥砂是屬於不同物質。此地風化較嚴重，砂頁岩層間，每一層的厚度都不大。</p>
	
<p>圖 1-38 塊狀砂岩為灰白色，有小部分層面是黃褐色，解理發達，成楔型龜裂。</p>	<p>圖 1-39 此地區往東傾斜，層面有水流的痕跡，但沒有發現地下水滲漏的跡象。</p>
	
<p>圖 1-40 這個露頭有處不整合面，砂岩頁岩互相堆疊擠壓而破碎、不整合處，岩層的颜色呈現黃褐色，像氧化鐵生鏽一樣。</p>	<p>圖 1-41 砂岩頁岩互層清晰可見，顏色多呈灰白色；薄層砂岩頁岩都有部份呈現氧化現象，顏色呈黃褐色。</p>

### 【露頭七討論】：

我們這次依然岩石濁溪向南邊往上走，此地區研究路線較長。上次探勘研究方向是比較兩岸，現在往北走研究河床，在此地區我們沒有看見岩層，往西沿線的這一道，覆蓋了很多崩塌下來的碎屑，範圍雖小，但是非常重要。

## 露頭八

	
<p>圖 1-42 崩塌地，高度大約 7~8 層樓高，崩塌面的寬度超過 50m，上面是較薄的砂頁岩互層，中間有長一些植物，代表這個崩塌地已經有一段時間了，最下面是被沖刷下來的大塊狀砂岩，大小大部分都超過 2m。</p>	<p>圖 1-43 這是一個砂頁岩互層的層面，下方有很多塊狀砂岩，大多數都還有稜角，所以它離被沖刷下來的地方和時間還不久。層面佈滿了岩層風化的碎屑，顏色較深、偏深灰色。</p>
	
<p>圖 1-44 這是來吉梅嶺大橋下的石濁溪，溪流由南向北流，露頭八位於左岸，前方是塔山山脈的西方。</p>	<p>圖 1-45 此露頭是崩塌地，高度大約 7~8 層樓高，崩塌面的寬度超過 50 公尺，上面是較薄的砂頁岩互層。</p>
	
<p>圖 1-46 梅嶺大橋北邊河床上的大型卵石是砂岩，圓滑狀大小都沒有稜角。</p>	<p>圖 1-47 這是岸邊一塊砂頁岩互層，右下角有氧化，右上角頁岩層風化很厲害。</p>

### 【露頭八討論】：

露頭八的崩塌地在梅嶺大橋北邊橋墩附近，高度大約 7~8 層樓高，崩塌面的寬度超過 50 公尺，上面是較薄的砂頁岩互層，中間有長一些植物，代表這個崩塌地已經有一段時間了，最下面是被沖刷下來的大塊狀砂岩，大小大部分都超過 2 公尺，他們的稜角都不見了。

## 露頭九

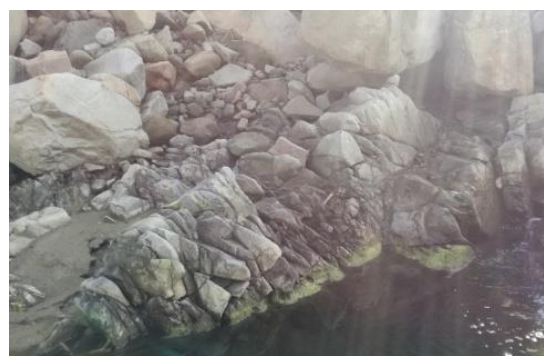


圖 1-48 這裡石頭偏大型，小型石頭較少，可能被沖到河床，或被帶到更遠的地方。



圖 1-49 這裡砂頁岩互層風化結果就變成了小石頭，中間有長一些植物。



圖 1-50 這一大塊岩層是一塊很不規則的塊狀砂岩，帶有一些鐵，突出部分均是砂岩，差異侵蝕明顯。



圖 1-51 我們找到露頭砂頁岩互層的層面，砂岩層較多，地層傾斜走向的測量，測量結果是，北偏東 32 度、傾斜 70 度。



圖 1-52 這一塊塊狀砂岩被侵蝕的很嚴重，所以含有鐵，旁邊也有一些小碎石，碎屑較多；砂岩較硬突出，頁岩凹進去。



圖 1-53 這裡是一個砂頁岩互層的巨大層面，高度超過 10 公尺，寬超過 30 公尺，排列不整齊，看起來曾經擾動過。

【露頭九討論】：這是我們從石濁溪往南走的第三個露頭，我們發現了很多的岩層都含有一些的鐵，而且岩層的層面都超過三公尺多，還有一些相隔一段距離的岩石是同一個層面的。岩層破碎到處可見，風化下來的碎屑形成的崖錐大多不見了，有可能是被溪水沖走。

## 露頭十



圖 1-54 北偏東 20 度.傾斜 61 度是砂岩，砂頁岩互層的層面，這裡的地層高約大概有 6 公尺高。



圖 1-55 砂岩、頁岩相互堆疊的砂頁岩互層，岩層破裂崩塌；碎裂的石塊堆積在下方，顆粒不大，碎屑較多。



圖 1-56 在靠近梅嶺大橋的北邊大橋下的塊狀砂岩的岩層和一些砂頁岩互層。



圖 1-57 北邊大橋下我們發現了一個向北傾斜的地層層面上有波痕，是波紋化石。



圖 1-58 在層面的上方發現了一處凹凸不平的不整合面，差異侵蝕的現象很明顯，突出部分均是砂岩。



圖 1-59 不整合面下方的碎石堆積，石頭部分大於 10cm，且還有明顯的棱角，可以知道這裡的石頭剛掉下沒多久。

### 【露頭十討論】

我們在梅嶺大橋北邊發現幾處不整合面，北偏東 20 度.傾斜 61 度是砂頁岩互層，地層擾動激烈的證據是這裡的層面有一些不整合面。下方有部分的石頭大於 10cm 且還有明顯的棱角可以知道這裡的石頭剛掉下沒多久。

## 研究二 砂棒是怎麼來的？

### 一、野外調查的發現



討論：

- 1.砂棒是過去某種生物挖洞時所留下來的痕跡，可能是螃蟹、貝類或是一些蠕蟲所挖掘出來的，這些洞之後如果被潮水帶來的砂子填滿，又很幸運的沒有被侵蝕掉而被保存下來，被我們從側面(剖面)看到的就是長長的砂棒形貌了。
- 2.從這些砂棒化石，可以提供我們確認這個地方，早期是沉積在海底的；現在是因地殼變動隆起後，才變成陸地。

### 二、模擬砂棒形成

(一) 實驗器材：石膏粉、模具、保鮮膜、食用油、吸管、剪刀、水、黃色顏料。

(二) 實驗步驟：

- 1.將大小吸管剪成適當長度。
- 2.將石膏粉和水倒入量杯裡快速攪拌，調配出均勻的白色石膏水。
- 3.在塑膠盒內鋪上保鮮膜，把石膏水到入模型中，高度約為模具一半。
- 4.趁石膏水還沒凝固把剪好的吸管放上表面。
- 5.重新調配石膏水並加上製作黃色顏料製成黃色石膏水。
- 6.等白色石膏凝固後，輕輕在吸管中灌入黃色顏料。
- 7.在凝固的白色石膏塗上油後，將黃色石膏倒入模具。
- 8.等待凝固後，分離白色、黃色石膏，並將吸管裡的石膏移出來。

	
<p>圖 2-1 把水加入白色石膏粉中，並且快速攪拌均勻。</p>	<p>圖 2-2 把大小粗細不同的吸管剪成適當大小，並在吸管側面留下孔洞。</p>
	
<p>圖 2-3 趁石膏水還沒凝固前把吸管放進去，並把的石膏水倒入。</p>	<p>圖 2-4 白色石膏凝固後，在吸管中與模具上加入黃色石膏。</p>
	
<p>圖 2-5 凝固後分離兩塊石膏與吸管。</p>	<p>圖 2-6 完成砂棒實驗模型。</p>

我們發現：

透過這個實驗，我們用白色石膏模擬原始岩層，吸管則是古代動物挖的洞穴，當黃色石膏代表新的岩層。我們發現，砂棒最早是動物所挖的洞穴，後來因為海中的泥土沉積覆蓋，將洞穴的形狀保留下來而形成砂棒化石。就如同我們的實驗一樣，吸管中灌進了黃色石膏水填滿凝固後，最後形成了模擬砂棒。此外，我們發現，在野外能發現砂棒的類型分成凹凸兩種，可能是看見地岩層差異不同導致，保留洞穴沉積物的那一側的就是凸起來的砂棒，沒有保留洞穴沉積物的另一側就會變成凹下去的砂棒，而且砂棒的粗細可能因外挖洞的古代動物體型的大小而不同。由這個砂棒實驗我們能夠證明，石濁溪河谷附近的岩層是屬於沉積岩類型的岩層，而這些古代生痕化石，更是代表這個地區曾經是潮間帶的主要證據。

### 研究三 河岸的礫石層石頭都是圓的嗎？

礫石層是怎麼來的？這是我們在研究中，野外地質調查時想到的問題。因為當我們一來到石濁溪研究地點的時候就看到了，它和我們過去在八掌溪看到的地層中的礫石層的樣子都不同，因此引起我們的好奇。



說明:石濁溪河床邊的礫石層，石頭都是有稜有角的，圓弧形的很少。



說明:我們八掌溪河岸觀察到的礫石層，礫石層中的石頭都是圓滑狀的。

### 試驗 3-1 石濁溪兩岸礫石層的石頭為什麼有稜有角？

我們在野外觀察到，礫石層原來就位於河床上，這些崩落的石頭堆積於河床，日積月累，流水的侵蝕作用，河道被下切了一部分，河床變低，兩岸自然就升高，於是露出了礫石層。因此礫石層裡的石頭原來是有稜有角的，變成礫石層還是有稜有角。要是河道中的鵝卵石經過水流搬運或摩擦，一段時間後變圓滑，那麼當它形成礫石層後，這一個地層當中的石頭也就是圓滑的(如下圖)。

	
<p>河道中的鵝卵石經過水流搬運或摩擦，一段時間後變圓滑，那麼當它形成礫石層後，這一個地層當中的石頭也就是圓滑的。</p>	<p>這些崩落的有稜角石頭堆積於河床，日積月累，流水的侵蝕作用，河道被下切了一部分，河床變低，兩岸自然就升高，於是露出了有稜有角的礫石層。</p>

為什麼會這樣？我們的試驗如下：

1.崩落下來的石頭不管大或小，它們都是有稜有角的。





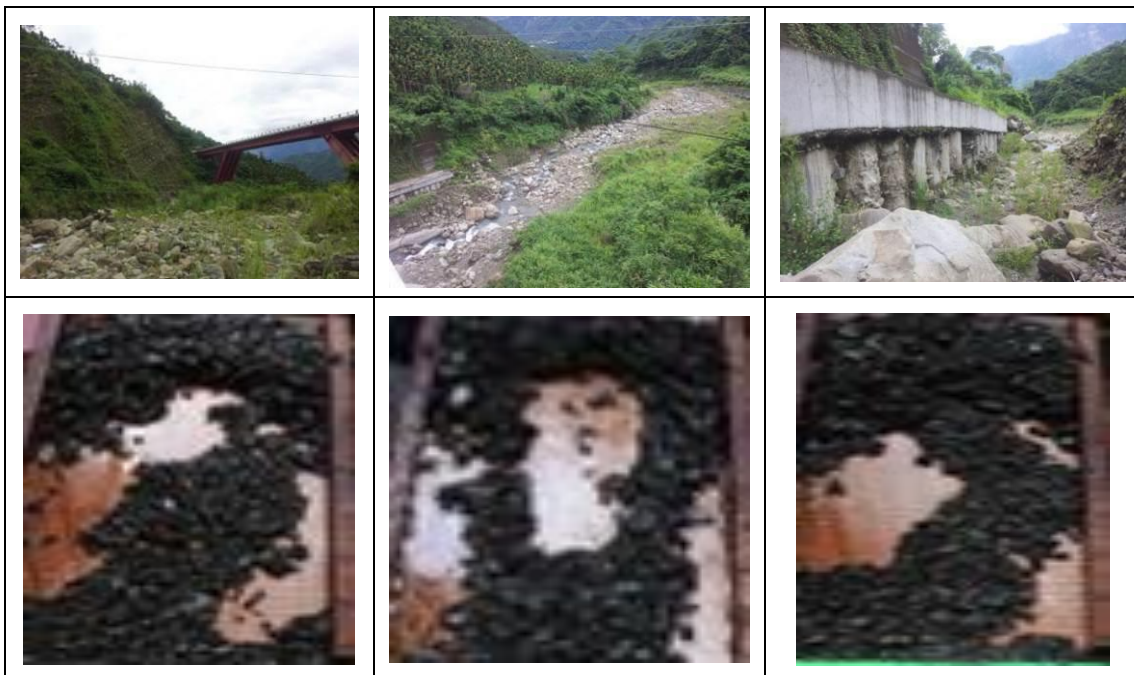
<p>2.擠壓崩落的實驗: 當外力作用，使堅硬或已風化的石頭碎裂，又沒有被搬運很遠，一定是有稜有角。</p>			
<p>3.當石頭被流水搬運一段距離以後，因流水摩擦和石頭碰撞摩擦，稜角自然就不見了。</p>			

我們實驗觀察的結果:

我們在石濁溪野外調查時，觀察到的礫石層，這些堆積都是因為剛崩落的石頭，有稜有角組合，所以兩岸礫石層的石頭為什麼有稜有角？和去年我們在八掌溪看到的礫石層石頭是圓滑形的鵝卵石不一樣，我們認為那就是因為崩落堆積的時間不是很久，還有它們搬運的距離也不很遠。

### 試驗 3-2 河流的下切和礫石層有關係嗎？

我們的假設，河流的下切和礫石層有關係。我們認為這些礫石層原來就是溪流的河床。記得六年級自然課上到流水對大地的作用時，學習到流水有侵蝕、搬運、堆積三種作用。



而侵蝕作用對一條河流來說，又可分為向兩側侵蝕使河道變寬；向下侵蝕使河道邊深；向源頭侵蝕使河道變長。換句話說，我們在石濁溪的研究地點，屬於

河流的上游，而河流上游河道越切越深，是河水侵蝕作用的結果，所以當河流下切以後兩岸露出來，成為陡峻的河岸。

### 試驗 3-3 它和石濁溪梅嶺大橋附近的地質現象有關係嗎？

我們認為這裡的河流下切與石濁溪梅嶺大橋附近的地質現象有何關係，和礫石層的關係較少，因為這些崩落下來的堆積出來的河床，這些堆積的砂石很快就被大水帶走，所以現場看到的，除了在崩塌地源頭附近可以看到崖堆堆積的尖銳石頭和河道中哪些有稜有角的石頭外，再往下到達梅齡大橋的橋下時，這時還是在石濁溪的上游，但是河床上幾乎就看不到那些小石頭了，只剩下大的蝕頭。這一個現象大概可以告訴我們，此地的崩塌很嚴重，而沙石的流動也很快，只要經歷一次大水，這些有稜有角的小型石頭，大概就會被沖走。



### 研究四 為什麼岩層的破裂面是楔型的？

在露頭三的砂石層面上，我們發現了一種很特別的破碎面，巨大的岩層竟然碎裂成一塊一塊的楔型，究竟岩層是受到什麼樣的外力衝擊而形成這樣的地質景觀呢？回到實驗室後，我們決定使用不同的材料來模擬楔型破碎面的形成原因。

#### 試驗 4-1 敲擊糖果模擬岩層上的楔型破裂面。

一、實驗變因：

- (一) 操作變因：不同種類的糖果。
- (二) 控制變因：敲擊的高度、敲擊的角度、鐵鎚的重量。
- (三) 應變變因：龜裂的狀況。

二、實驗器材：咖啡糖果、薄荷糖、可樂糖、羊奶糖、鐵鎚。

三、實驗步驟：

1. 蒐集四種不同類型的糖果，各準備五顆進行實驗。
2. 每次實驗放一顆糖果在平坦的地面上。
3. 拿鐵鎚保持 45 度維持相同的力道由上往下敲擊下去。
4. 觀察糖果的龜裂狀況並拍攝實驗結果。

#### 四、試驗結果：

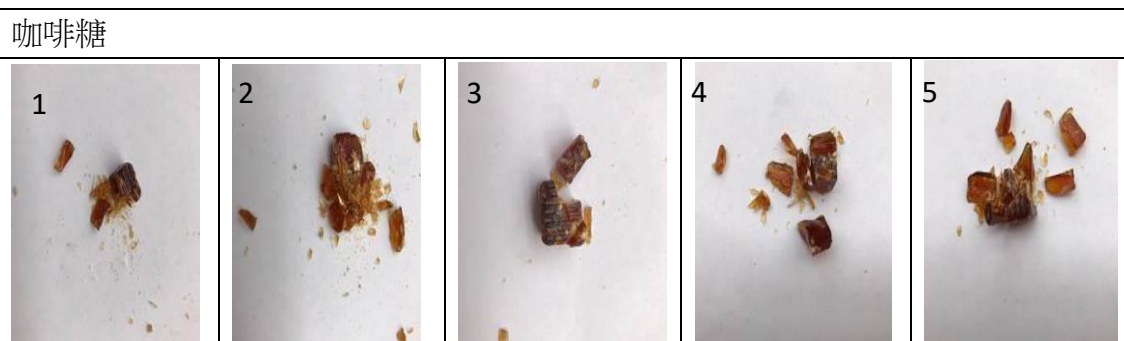


圖 4-1~圖 4-5

發現：咖啡糖每顆約 2 公分，用槌子敲擊完五顆咖啡糖後，發現每次咖啡糖的龜裂狀態差不多。其中第一、第二、第四與第五顆糖果碎裂程度嚴重，僅第三顆糖果碎裂狀況較接近塊狀，並未明顯發現有楔型的碎裂面。

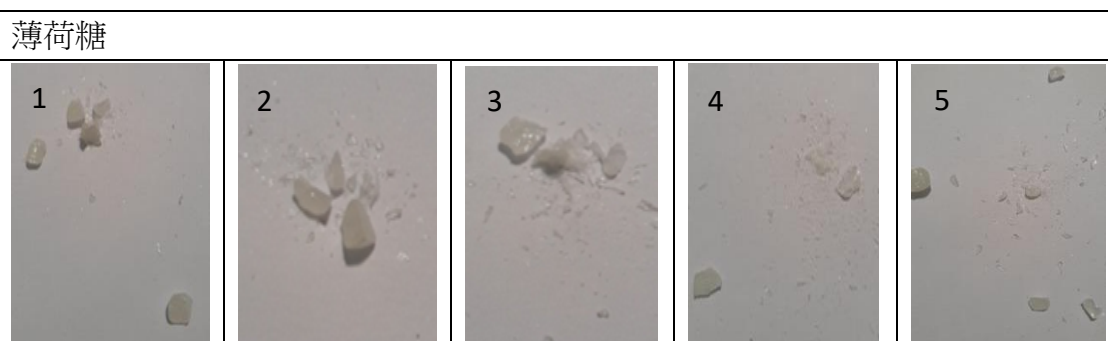


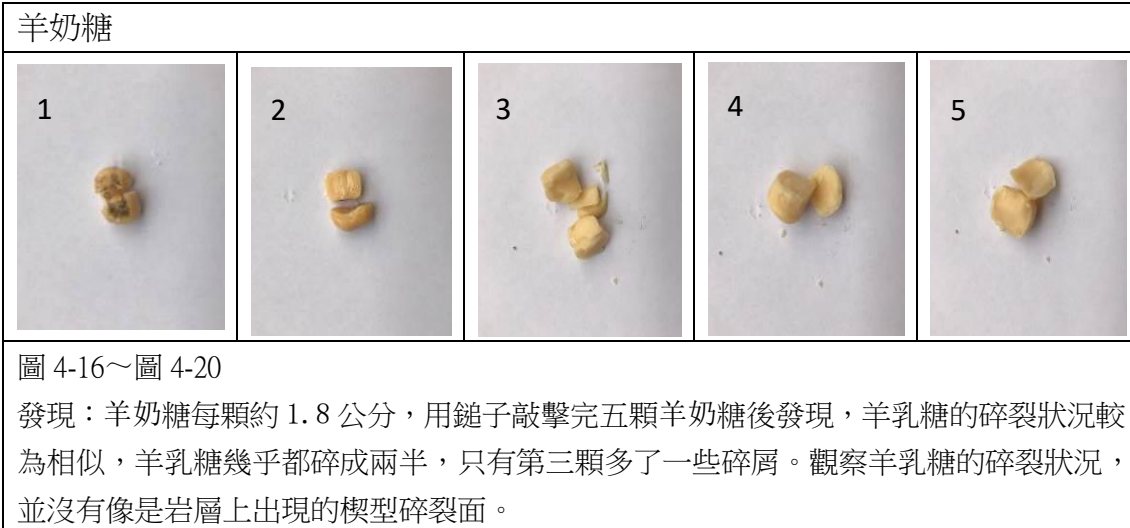
圖 4-6~圖 4-10

發現：薄荷糖每顆約 2 公分，用槌子敲擊完五顆薄荷糖後，發現第一、四與五顆碎裂狀況非常嚴重，部分已經變成粉末狀。而第二與第三顆糖有碎成塊狀，但是也沒有看見明顯的楔型的碎裂面。



圖 4-11~圖 4-15

發現：可樂糖每顆約 2 公分~1.5 公分，槌子敲擊完五顆可樂糖後，發現第一顆與第二顆糖果碎成塊狀；第三與第四顆糖果沒有碎裂成塊，只有產生裂痕；但第五顆糖敲擊後整個噴飛碎成粉末狀。除了第二顆糖有發現類似楔型的碎裂面外，其他糖果並沒有明顯的楔型的碎裂面。



我們的推論：

- 1.糖果的材質比較碎若，並不像岩層一樣堅固，所以在敲擊後多數的糖果都會配碎的非常嚴重，甚至整個變成粉末狀，因此沒有辦法在上面觀察到如同岩層上面出現的楔型碎裂面。
- 2.用鐵鎚進行敲擊實驗時，比較難掌握力道與角度，有時候會太小力或太大力，或者是敲擊時角度偏掉，都可能都會造成糖果碎裂狀況的不同。
- 3.根據以上的實驗推論，我們決定改良敲擊實驗的作法，將使用與岩層屬性更接近的陶土與石膏模擬岩層，並且以磚頭固定高度用自由落體的方式來進行敲擊，觀察碎裂的狀況是否會出現像是岩層上的楔型碎裂面。

#### 試驗 4-2 敲擊石膏塊與陶土塊模擬岩層上的楔型破裂面。

一、實驗變因：







- (一) 操作變因：分別敲擊石膏塊與陶土塊。
- (二) 控制變因：土塊大小、磚頭的重量、磚頭落下的高度、敲擊的角度。
- (三) 應變變因：龜裂的狀況。

二、實驗器材：石膏塊、陶土塊、磚頭。

三、實驗步驟：

- 1.製作大小形狀相同的陶土與石膏塊，各準備三塊進行實驗。
- 2.每次實驗放一塊土塊在平坦的地面上。
- 3.磚頭由距離土塊 50 公分高度自由落體落下敲擊石塊。
- 4.觀察土塊的龜裂狀況並拍攝實驗結果。

#### 四、試驗結果：

石膏					
1		2		3	
圖 4-21～圖 4-23 發現：用鎚子敲擊完三塊石膏後發現，除了第二塊碎裂的狀態較為嚴重外，第一塊與第二塊在表面都出現明顯的碎裂裂痕，但是並未發現楔型破裂面。					
陶土					
					
圖 4-24～圖 4-26 發現：用鎚子敲擊完三塊陶土塊後發現，每一塊陶土塊的表面都出現明顯的裂痕，並且在第二塊與第三塊陶土塊上面發現了類似岩層上的楔型破裂面。					

#### 我們的推論：

- 1.使用磚頭落下來敲擊，施力的作用面比較平均，不會只集中在一個點上，所以土塊整個碎掉的狀況較少，並且在表面都能見到明顯的裂痕。
- 2.敲擊石膏塊與陶土塊後，發現在陶土塊上能夠發現明顯的楔型破裂面，但是在石膏上面卻見不到。我們認為這是與土塊的材質有關，石膏塊質地較脆硬度較高，在磚頭敲擊後很快就碎開，產生的裂痕數量也比較少；而陶土塊質地較為柔硬度較低，因此在石塊敲擊後具有緩衝的作用，在表面較容易出現不規則的裂痕，因此形成類似楔型的破裂面。
- 3.根據實驗試驗 4-2 的結果發現，以磚頭敲擊陶土塊能夠在表面發現楔型破裂面，可能能夠幫助我們弄清楚岩層上楔型的破裂面形成原因。陶土塊相較於石膏塊質地較軟，就如同砂岩層與頁岩層相比砂岩層的質地也是比較軟的，在砂岩層上能見到楔型的破裂面但在頁岩層上卻沒有發現，可能是裸露的砂岩層在受到岩層重力擠壓後，具有較好的緩衝的效果，並不會直接碎裂掉，反而在表面形成楔型的破裂面。

## 研究五 露頭四和五之前是相連的嗎？

進行野外觀察時，我們發現相鄰的露頭四與露頭五岩層表面都破碎的很嚴重，我們懷疑它們過去會不會是相連的岩層，後來由於河水不繼的侵蝕才形成分別的露頭。我們將蒐集的資料繪製成圖片，比對兩邊岩層的差異，結果如下。



圖 5-1 露頭四是砂頁岩互層，表面多破碎頁岩層，夾雜一些塊狀砂岩，層面下方大部分是頁岩，呈現黃褐色；傾斜方向北偏東 19 度傾斜 11 度。



圖 5-2 露頭五層面為褐灰色砂岩夾雜黑色頁岩，表面破碎嚴重節理明顯，下方的岩層是塊狀的砂岩；傾斜方向是北偏西 10 度，傾斜 52 度。

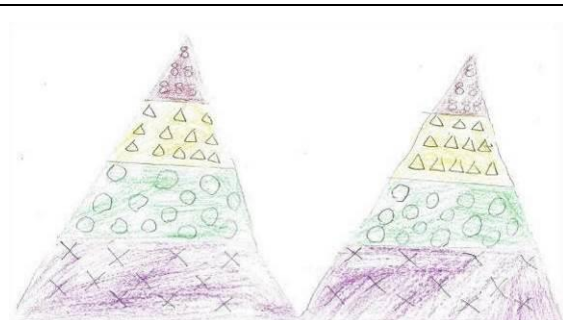


圖 5-3 相鄰露頭地層相連示意圖。

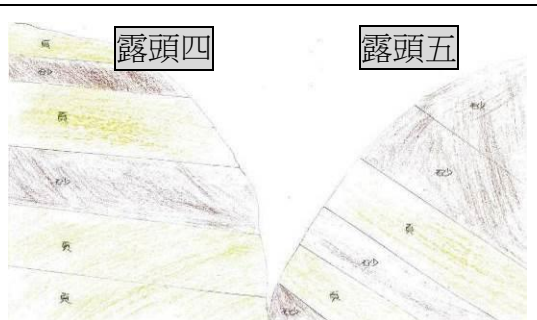





圖 5-4 我們將野外觀察調查露頭四與露頭五岩層資料繪製成比較圖。

我們的推論：

1. 我們將查詢的資料整理成上面相鄰露頭地層相連示意圖，要證明兩個地層曾相連，能觀察它們之間的岩性(岩層類型)、厚度、相對位置與傾斜角度。如果曾經相連，它們的岩性、厚度、相對位置與傾斜度會很接近，比如一邊是砂岩，那另一邊相對的岩層也會是砂岩，岩層的厚度與傾斜角也會差不多。
2. 我們將蒐集到的露頭四與露頭五岩層資料繪製成比較圖發現，露頭四頁岩層比較多，露頭五則是砂岩層比較多；兩個露頭岩層高都接近 20 公尺，但各別岩層厚度由於太高或岩層表面崩塌嚴重避免危險並沒有進行測量；兩個露頭岩層的相對位置，露頭四排列由上到下是頁岩、砂岩、頁岩、沙岩、頁岩與頁岩，而露頭五的岩層排列由上到下則是砂岩、砂岩、頁岩、砂岩、頁岩、砂岩；露頭四傾斜方向是北偏東 19 度傾斜 11 度，而露頭五傾斜方向則是北偏西 10 度，傾斜 52 度。
3. 比對兩者的資料發現，露頭四與露頭五的岩層岩性、厚度與傾斜角度都有明顯的差異，因此我們認為露頭四與露頭五過去應該不是屬於相連的岩層。

## 研究六 這是一個小斷層嗎？

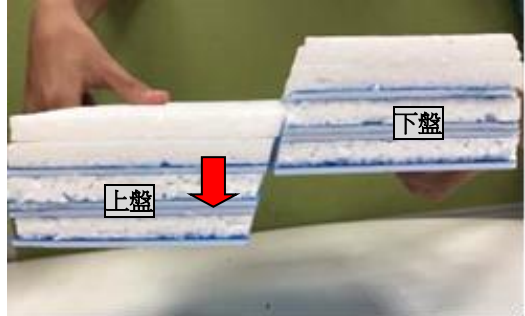
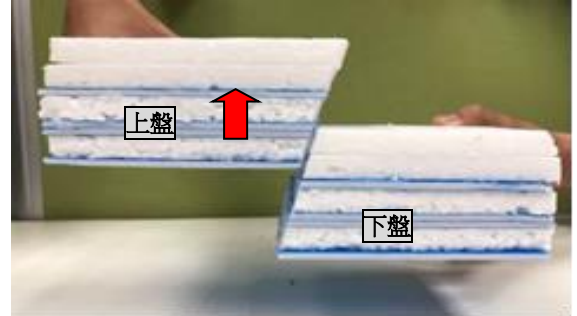
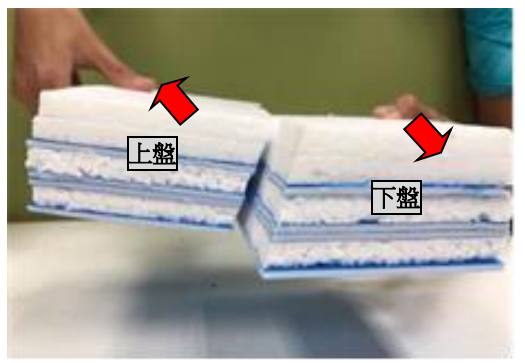
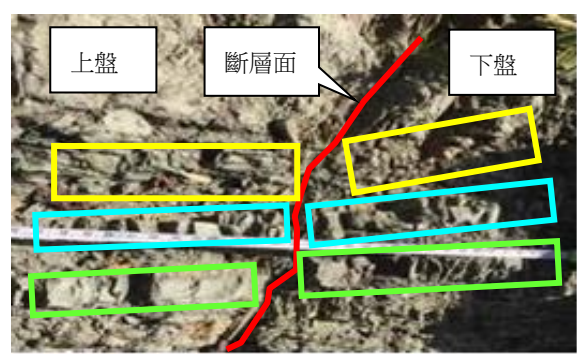
在露頭七進行野外調查的時候，我們在岩層上發現了一道明顯的裂痕，裂痕兩側的岩層排列順序也發生了一點變化，老師說這是板塊錯動所留下的斷層面。回到實驗室後，我們製造了不同類型的斷層模型，比對看看露頭七這道裂痕是屬於哪一種類型的斷層。

		
<p>圖 6-1 將保麗龍板與珍珠板切割成適當大小。</p>	<p>圖 6-2 保麗龍與珍珠板交 2 疊固定。</p>	<p>圖 6-3 用保麗龍切割器切出斷層面。</p>

(一) 模型器材：保麗龍板、珍珠板、保麗龍膠、筆、美工刀、保麗龍切割器。

(二) 製作步驟：

1. 先把保麗龍與珍珠板切成 A4 一半大小，各 4 塊。
2. 將保麗龍與珍珠板不規則相疊模擬地層並用保麗龍膠固定。
3. 使用保麗龍切割器切出斷層斷裂面。
4. 使用模型組合正斷層、逆斷層以及平移斷層並進行比對。

	
<p>圖 6-4 正斷層：上盤相對下盤往下移動。</p>	<p>圖 6-5 逆斷層：上盤相對下盤往上移動。</p>
	
<p>圖 6-6 平移斷層：盤面間左右交錯移動。</p>	<p>圖 6-7 露頭七斷層結構圖。</p>

我們的推論：

觀察露頭七斷層結構圖發現，岩層中橫跨不同岩層的裂痕應該是斷層面，由斷層面的傾斜面我們能分出，斷層左邊為上盤，而右側為下盤。仔細比對上下盤的岩層排列的相對位置，發現相對的層面上盤會比下盤低一些，這可能是板塊錯動後上盤岩層相對下盤岩層往下移動的造成，因此我們認為露頭七岩壁上的岩層應該屬於正斷層。石濁溪一帶與阿里山的觸口斷層位置接近，露頭七小斷層形成原因可能與觸口斷層的活動有關聯。

### 研究七 巨大的鵝卵石哪裡來？

在石濁溪下游的露頭八，在河床上與兩側我們都發現了巨大的鵝卵石塊，究竟這麼大的鵝卵石是從哪裡來的？這些鵝卵石與石濁溪上游的鵝卵石又有什麼不同呢？



我們的發現:

- 1.在露頭二與露頭八發現的鵝卵石外觀有很大的不同。露頭二所發現的鵝卵石外觀還依然有稜有角，看起來像剛從石岩壁中崩塌而成的碎石；而露頭八的鵝卵石外觀看起來則渾圓了許多。我們認為這是因為鵝卵石被沖刷的時間與距離不同所造成，在露頭八(石濁溪下游)所發現的鵝卵石，因為較早被河水沖刷並帶到下游來，過程中不斷的與其他石頭或河床不斷的摩擦，外圍的稜角慢慢地被磨掉，所以外觀才會比在露頭二看的鵝卵石還要圓滑。
- 2.大自然是如何把這麼巨大的鵝卵石搬到石濁溪的下游，要知道如果想搬動如此巨大的鵝卵石需要非常大的力量，平常石濁溪的水流和緩，沒有辦法沖走巨大鵝卵石。我們認為每年夏天侵入台灣的颱風，可能是造成巨大鵝卵石出現在這邊的原因，由於颱風來的時候會夾帶大量豪雨，造成山區的溪流洪水爆發，將原本在上游巨大的鵝卵石塊沖到了下游來，因此這些巨大鵝卵石也是曾經發生大洪水的證據。



## 研究八 製作石濁溪梅嶺大橋附近的等高線地形模型

最後為了統整我們這次石濁溪地質調查的結果，我們參考中央地質調查所繪製石濁溪梅嶺大橋一帶的等高線航測地質圖資料，按照五年級學過的等高線地形圖製作方法，做出這個地區的等高線地形模型以供參考，製作過程如下。

(一)製作材料: 珍珠板、保麗龍切割機、等高線地形圖、尺、美工刀

(二)製作方法:

- 1.沿著等高線剪下地圖。
- 2.把剪下來的地圖描在珍珠板上。
- 3.用保麗龍切割機按照沿線切割珍珠板。
- 4.將珍珠板由低海拔到高海拔依序黏在模型底板上。
- 5.在模型中標示出河流、公路與露頭一到露頭八的位置。

		
圖 8-1 利用保麗龍切割機切割珍珠板。	圖 8-2 把珍珠板並黏在底板上。	圖 8-3 完成等高線地形模型。

我們的發現：

藉由等高線地形模型，我們可以更容易地看出地形的方位、相對位置與高低起伏，例如由等高線地形模型上可以看出露頭三河道接近 90 度的交角，也能看到東邊露頭四的陡坡與露頭八的崩塌面。比起平面的等高線圖，製作等高線模型更能夠讓我們了解石濁溪一帶的地形特色，並瞭解石濁溪如何侵蝕脆弱的沉積岩河床，讓我們能夠預估哪個區域可能有崩塌或受侵蝕的危機。

## 伍、討論

一、地層大解密-石濁溪河谷地形的成因與現況？

- 1.石濁溪河谷地形的成因：很久以前，石濁溪河谷地形還是平緩的沉積地形，這需要很長一段時間的堆積層能夠形成。但是台灣島的板塊活動頻繁，受到地面抬升的原因，原本平緩的地形變成了山丘，而地震更造成了斷層面的產生，此外受到氣候、冷熱溫差等多重的外在因素，讓這個地區的地層逐漸變得複雜。而形成河谷地形最主要的原因，是由於石濁溪溪水受重力產生下切侵蝕，在經年累月的作用之下，把原本十分脆弱的沉積岩層切成 U 字形的河谷地形，
- 2.石濁溪河谷地形的現況：石濁溪的河谷兩側有許多破碎或崩塌嚴重的露頭，例如露頭八就是一個崩塌地，這個山溝高度大約 7~8 層樓高，崩塌面的寬度就

超過 50 公尺，上面是較薄的砂頁岩互層，雖然上面長著一些植被，但是從下面被沖刷崩塌的塊狀砂岩，大小大部分都超過 2 公尺，侵蝕的狀況並沒有減緩。而石濁溪的下游地區能夠發現許多巨型的鵝卵石，它們的稜角都已經被磨平，這些鵝卵石會出現在下游，代表在上游的某處曾經因為崩塌而掉落出許多大石頭，而這些巨型鵝卵石，在由大洪水時受到強大的洪水沖刷，從上游跑到了下游來，過程當中巨型鵝卵石不斷的和河床或其他石頭碰撞摩擦導致表面變的渾圓，直到下游水流變的和緩時，這些巨大的鵝卵石就停了下來變成我們現在所看到麼模樣。

## 二、防災小尖兵-給予石卓溪水土保持的建議？

石濁溪河谷侵蝕狀況嚴重，每年在雨季或颱風來臨時容易發生土石流與山洪爆發的現象，這對於居住在下流的居民來說是非常嚴重的威脅。對於石卓溪河谷侵蝕嚴重的狀況，我們提出以下兩點水土保持建議：

- 1.停止任何破壞石濁溪河谷兩側與河床的人為開發。石濁溪附近為脆弱的沉積岩地形，河川侵蝕力又強，如果在邊坡上任意開發，下層地層被河水侵蝕後面上方地層失去支撐點，容易導致崩塌意外。
- 2.種植植物保護河谷兩側容易坍塌地岩層。在可能坍塌的層面，多重易點根較扎實的軸根植物讓植物的根緊緊抓住泥土，減緩崩塌侵蝕的發生。另外最常見的水土保持方法像是搭建「草溝」，就是以混凝土或軟石等材料做溝底，兩旁密植百喜草等植被，用這樣的水土保持方法優點是費用較低、施工較容易，也是很常用的水土保持方法。

## 陸、結論

- 一、對石濁溪梅嶺大橋附近的野外地質進行實際調查發現，石濁溪河谷兩岸的岩層表面碎裂崩塌嚴重，河床中布滿大小不一的鵝卵石，可能都是石濁溪侵蝕脆弱的岩層所導致的景象。
- 二、在河床中發現的「砂棒」生痕化石是怎麼來的，本研究模擬砂棒的形成方式發現，砂棒為古代動物挖掘的洞穴，受到新的岩層沉積覆蓋後所保留而成。砂棒是證明沉積岩地形與此地區曾經是潮間帶的證據。
- 三、河岸的礫石層的石頭都是圓的嗎？我們野外調查發現，河岸礫石層堆積的石頭大多都有稜角，我們推斷這是由於石頭剛崩落不久，被搬運的距離也不夠遠，因此還保留著崩塌而成的稜角。
- 四、岩層產生楔型的破碎面，本岩就以不同材質材料模擬發現，楔型破碎面是由於比較柔軟的砂岩層，在受到重力作用之後在表面產生的不規則裂痕。
- 五、露頭四和五之前是不是相連的地層，本研究把蒐集到的地層資料畫成比較圖發現，露頭四和露頭五之間岩層的岩性、相對位置與傾斜度不太一致，應此判斷兩個岩層過去應該不是相連的岩層。
- 六、露頭七發現的岩層裂痕，是一個小斷層嗎？我們實際做出不同類型的斷層模

型，並比對露頭七的裂痕發現，裂痕兩側的岩層排列一致，由斷層面來看上盤的岩層較下盤的岩層來的低，代表上盤岩層曾經相對下盤岩層往下移動，所以這個小裂痕是一到正斷層。

七、露頭八的巨大的鵝卵石從何而來，我們比較石卓溪上下游鵝卵石的類型與外觀後，認為巨大的鵝卵石應該是在山洪爆發時，皆由強勁的水流從上游沖刷而來，過程中受沖刷時間長移動距離也較遠，因此導致岩石的表面渾圓平滑。

八、製作石濁溪梅嶺大橋附近的等高線地形模型，是本研究將最後調查的結果製成立體模型，幫助人們瞭解石濁溪的地形特色和現況。

### 柒、參考資料

何春蓀(1984)。普通地質學。台北市：五南。

李唯、樊亮廷、胡嘉祐、劉恬安、何靖茹（2015）。五寮溪橋附近的地質調查研究。嘉義市第三十二屆中小學科學展覽會地球科學科作品。