

中華民國第 62 屆中小學科學展覽會

作品說明書

國小組 地球科學科

第一名

080508

泥岩上的石灰岩~大崗山地質環境之探討

學校名稱：臺南市東區勝利國民小學

作者：	指導老師：
小六 鍾昀璋	陳聰智
小六 陳勁宇	蘇彥寧
小六 林理業	

關鍵詞：泥岩、石灰岩、碎屑化石

得獎感言

真理浩瀚如海洋~大崗山科展研究感言

本研究團隊在成大退休教授鍾廣吉和老師的指導下，多次前往大、小崗山做野外調查，並至成功大學土力實驗室，參觀請教實驗方法。歷時十個月的研究成果，很高興能得到大會和康寧公司的肯定。

鍾昀璋：在本研究中，親身到達野外現場是必要的研究過程，我們要在炎熱的烈日下工作，也必須鑽進叢林的深處，在充滿著昆蟲與蚊子的環境下做地質調查，但當我們撿到第一顆腕足動物化石時，那種喜悅是可以抵過所有蚊蟲叮咬的痛楚。最終我們得到第一名，還獲得了勝利國小有史以來第一次的康寧優等獎，現在我們有機會去參訪康寧公司的展示中心，這是我非常期待的一個科學旅程。

陳勁宇：所謂讀萬卷書不如行萬里路，野外探勘讓我們能親眼目睹書本沒教過的的地質現象與奇珍化石，而教授與老師一旁的解說，更加強了我對這些自然樣貌形成經過與原因的理解。實驗的過程，一開始的結果雖不如我們預期，我們沒有因為挫折而放棄，參考相關文獻與不斷地從錯誤中摸索，一路從跌跌撞撞而漸入佳境。最後進入全國決賽就好比打仗一樣，評審犀利的發問讓我們繃緊神經，每一個問題都得小心回答，一切都是為了不讓這一年大家的努力化為烏有。直到走出門外結束的那一刻，心裡一塊大石頭才頓時落下。很榮幸能參與科展，三年的點點滴滴與學習經驗，為我寫下一頁美好的回憶。

林理業：這是我第二次參加科展比賽，過程雖然辛苦但收穫也不少。還記得比完市賽後，為了備戰全國賽並取得佳績，我們團隊又再重做了一次泥岩回脹的壓密實驗，希望能更精確地計算出泥岩回脹的力量。為了達成目標，我們將荷重從原本的 37.2 公斤增加到 78.2 公斤，沒想到這比貓罐頭還小的泥岩竟還是將 78.2 公斤的荷重物硬生生地抬了起來，幾乎就是一位成人的體重啊！這次比賽，我們還利用 scratch 設計了大崗山地質館，期待有一天展館的夢想可以成真，讓更多人認識台灣地質的美麗！

研究的過程雖然耗費許多心力，但是辛勤耕耘的果實卻是非常甜美。在每個解決問題與改進的過程中，我們也提升自我的能力，我們深深感謝鍾教授與所有幫助我的人，也深刻了解科學研究不能單打獨鬥，團結力量大的道理。

最後僅以牛頓的一段話，與所有從事科學研究的夥伴共勉：「我只是一個在海邊拾取小石和貝殼的小孩子。真理浩瀚如海洋，遠非我所能盡窺。」

願大家一起努力，在科學研究的路途上，勇往前行！



到大崗山探勘上段的珊瑚礁石灰岩地層



到成大土木系土力實驗室學習壓密儀的原理



在自然教室實驗模擬泥岩上頂力造成的裂縫

摘要

本研究探討大崗山地區，泥岩的回脹力與石灰岩裂隙的關係，並解析大崗山地層組成：
(1)上段石灰岩裂隙分布與鐘乳石洞的成因(2)中段化石碎屑層之化石種類(3)透過實驗，驗證下段泥岩層的吸水回脹力足以使上段的石灰岩斷裂。

我們用自製的壓密儀，成功測量出泥岩的回脹上頂力，並經由斷裂實驗，證明泥岩回脹的力量，可以使上方石灰岩產生裂隙。

我們提出創新論述：泥岩與珊瑚礁石灰岩的過渡帶，存在碎屑化石密集層，可硬化成為基岩，使得珊瑚水母型幼蟲，可順利固定著床並向上生長，而形成珊瑚礁；同時珊瑚礁形成石灰岩後，因為下方泥岩的回脹而產生石灰岩的裂隙。

最後根據研究成果，完成地質館的三層設計圖與Scratch互動程式，可供未來大崗山地質館參考使用。

壹、研究動機

今年父親節時，我們幾位同學和家人一起去大崗山踏青。我們從朝元寺旁邊的步道往上走，沿途看到許多塊灰色的岩石，仔細一看，可以看到珊瑚的型態，爸爸說那就是珊瑚礁石灰岩。後來，我們沿著登山步道走到景點「一線天」，走進一線天，看到兩面高聳的岩壁，上面還有鐘乳石，讓我們覺得十分的壯觀。

而這也引起了我們的好奇心，為什麼這裡會出現一條這麼大的裂隙？為什麼生長在海底的珊瑚礁會在大崗山上？於是我們上網蒐集資料與請教專家，深入探討後發現大崗山不只有豐富的化石，更存在有很多的地質現象，鄰近地區更有一座廢棄的水泥礦區，在這樣的豐富資產下，怎麼會沒有一座博物館來記錄保存呢？這也讓我們想要為大崗山地區設計一座地質博物館，於是在老師的指導下，開始了大崗山地層的研究。



圖1-1：大崗山位置圖

貳、研究目的

- 一、解析大崗山的地層組成—透過野外調查與岩心觀察分析
- 二、探討上段石灰岩層—裂隙分布與鐘乳石洞的成因
- 三、探討中段生物及碎屑石灰岩層—海相生物化石種類與其意義
- 四、探討下段泥岩層—透過膨脹實驗與斷裂實驗分析泥岩吸水回脹力
- 五、將研究成果延伸思考—未來大崗山地質館的藍圖與Scratch互動遊戲設計

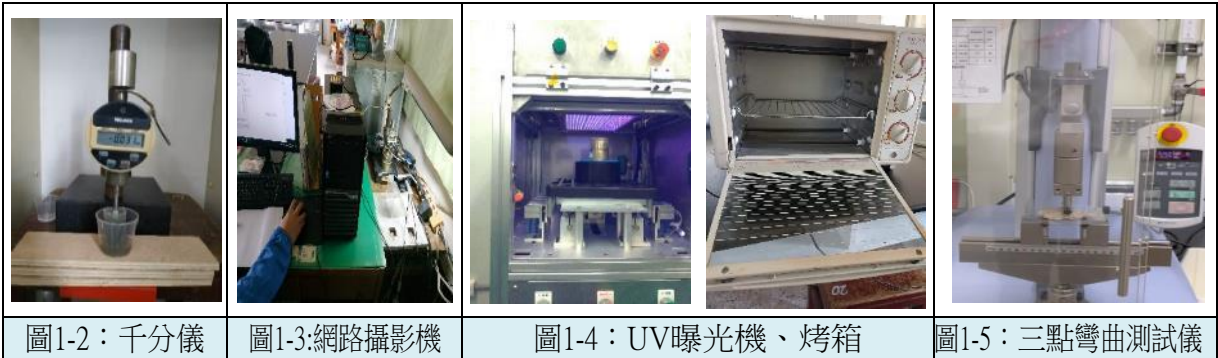
參、研究設備及器材

一、設備儀器：

顯微鏡、空拍機、電子秤、游標卡尺、千分儀、UV曝光機、烤箱、三點彎曲測試儀

二、器材與工具：

筆記本、夾鏈袋、棉布袋、一字螺絲起子、地質槌、小鏟子、標籤紙、油性筆、塑膠盤、稀鹽酸、酒精燈、小塑膠盒、砂紙、地質圖、計時器、鑷子、培養皿、比例尺、游標、貓罐頭、UV膠、蠟、凡士林、釘子、量杯、滴管、黏土、水桶、鏡頭、電子羅盤、指北針、皮尺、手電筒、海拔高度計、軟尺(顯微鏡比例尺)、廣用試紙、針筒、量筒、透明膠帶、螺帽、不鏽鋼小圓筒、荷重框架、湯匙、小金屬墊片、砝碼、網路攝影機、拍攝軟體、壓密環、壓密盒、透水石、剪刀、濾紙、承壓頂蓋、砂輪機、紙膠帶、鐵鋁架、支撐鐵板、荷重物(啞鈴)、鐵絲、切割機、化石圖板。



肆、研究過程與討論

一、研究流程圖

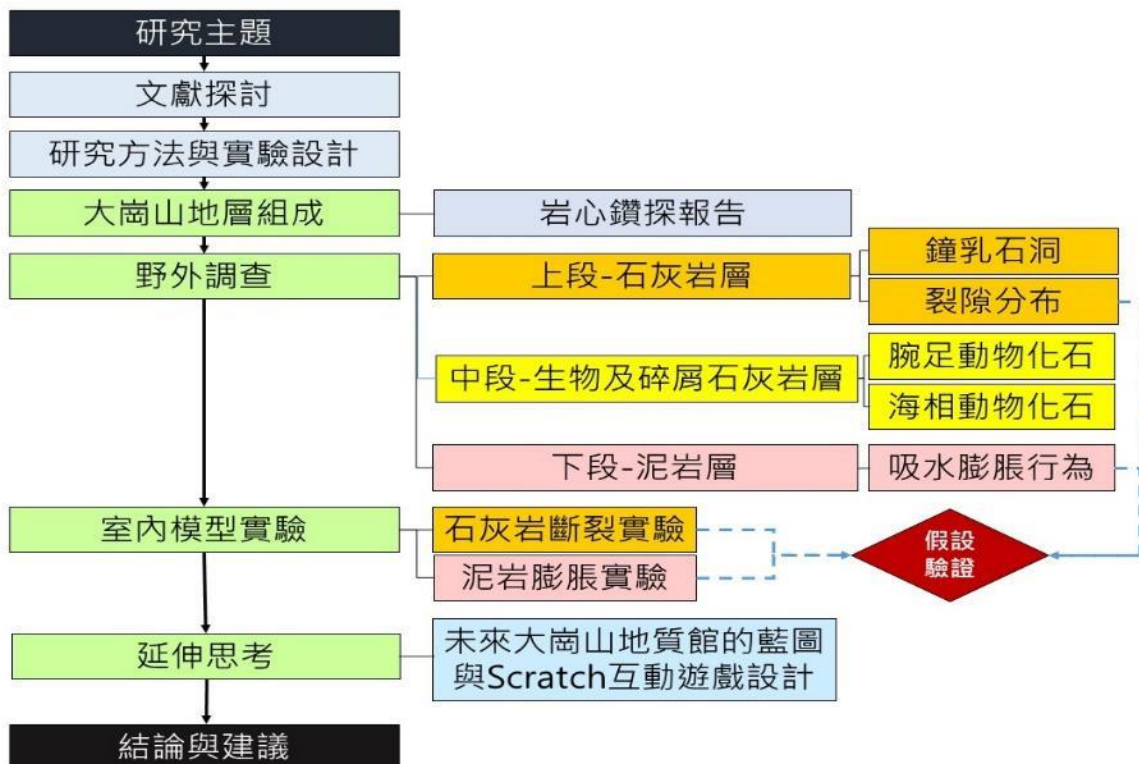


圖1-6：研究流程圖

二、文獻與相關資料

(一)大崗山的故事

大崗山，也做大岡山，位於台灣高雄市岡山區、阿蓮區、田寮區出露處，峰頂海拔312公尺，為台灣小百岳之一，舊高雄縣十大名山之一。該山峰地處二仁溪與阿公店溪的分水嶺上，立有三等三角點499號，但基石位於軍營中，一般人無法進入。大崗山為南部著名的佛教聖地，山上有著名的佛寺古剎超峰寺、龍湖庵和蓮峰寺，香火鼎盛。

(參考資料1：維基百科

<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%A7%E5%B4%97%E5%B1%B1>)

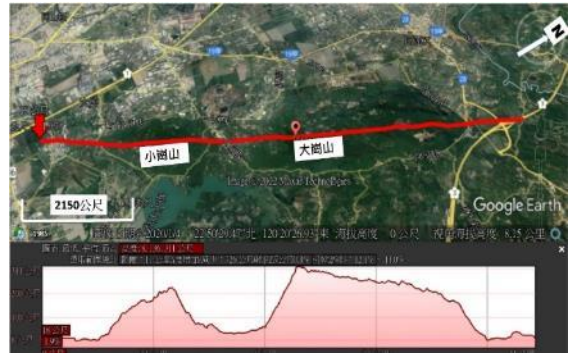


圖2-1：大小崗山google 3D地圖及高度剖面圖

(二)大崗山的地質

大崗山是珊瑚礁隆起形成的方山狀台地，上部為石灰岩、下部為泥岩，東西寬約2公里，南北長約4公里，最高處海拔約312公尺，地勢由西往東傾斜，東西二側為石灰岩陡崖。台灣西南部的隆起珊瑚礁分布於高雄市西側至北緣一帶，有大崗山、小崗山、半屏山、柴山、壽山、鳳山，下部均有古亭坑層泥岩為海相地層，形成於上新世-中新世，泥岩上覆蓋的珊瑚礁體受地體抬升在晚更新世形成石灰岩層。

大崗山、小崗山一帶於地質構造上為背斜帶，西側有小崗山斷層經過，此區珊瑚礁隆起可能與小崗山斷層有關。石灰岩因溶蝕作用強烈，坡度大且不易生成土壤，因此地表植被類型與一般淺山丘陵略有差異，據調查大崗山地區原始植群受破壞程度大，僅於少數陡崖上殘存山豬茄等原始珊瑚礁植群，其餘多為人工種植的龍眼樹及次生的相思木。值得一提的是此區植生曾發現稀有的特有種岩生秋海棠及台灣假黃楊等植物。

(參考資料2：高雄縣境內鐘乳石石灰岩景觀調查)

(三)大崗山的前世今生

大崗山過去分布有淺海大陸棚的珊瑚礁，經造山運動隆起成為丘陵，整個山體主要是珊瑚礁石灰岩，富含水泥重要原料-碳酸鈣。在二戰時期，大崗山前山北端也因此被劃為礦區，山體在當時因開採過程被炸出的巨大天坑，至今仍可見殘留的地貌，也造成環境相當大的破壞。

大崗山的水泥開採直到民國86年經濟部發布禁採令後才停止；採礦工業也因此停擺，使礦區荒廢十多年；近年在當地

政府規劃設立大崗山自然生態園區，進行園區的整體規劃與生態復育、將採礦炸出的天坑填平、移除堆石場與碎石場，保留部分廠房，讓後人了解歷史的軌跡，並作為惡地中的一片綠地，讓人們能夠體驗高雄西部平原的豐富生態資源。

(參考資料3：大崗山的前世今生<https://badland-geopark.tw/home/projects/geology2/>)

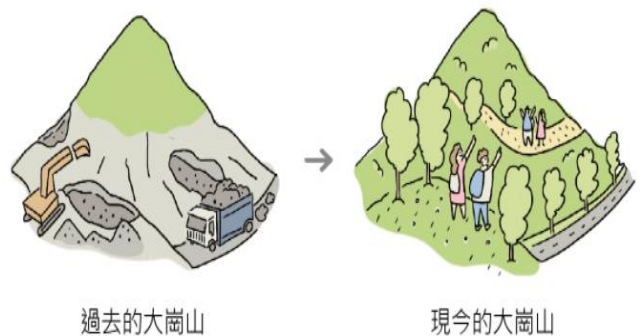


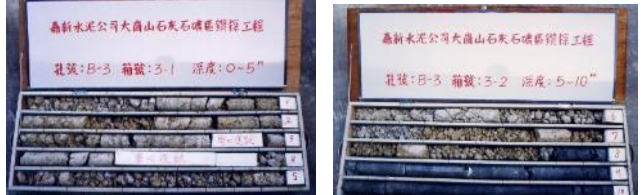
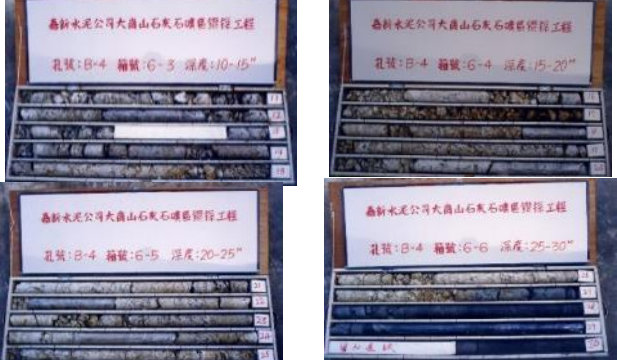




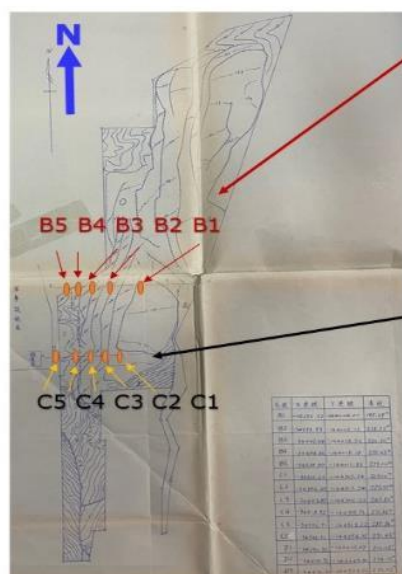
圖2-2：過去與現在的大岡山

1. 掃描岩心鑽探圖片並觀察分析如下表3-1：

編號	岩心圖片	岩心觀察
B-1		<p>5.4m以下的泥岩岩心為完整圓柱狀，呈暗黑灰色，但中段岩心呈斷塊狀，應為剪力所造成的斷裂，該剪力可能為泥岩滲水回脹所造成的，後方的章節將有詳細的討論說明，岩心體白色部分為含化石的碎屑。</p>
B-2		<p>0.8m為泥岩與類似粗粒砂岩的石灰岩之界線，以下泥岩岩心雖呈完整的圓柱狀，但2.6m至3.5m略可看到斷層泥(較黑的線條)，應存在一般小斷層，岩心體呈白色部分為碎屑化石，泥岩因混有碎屑化石，也使得岩心具有脆性而有斷裂現象。</p>
B-3		<p>7.7m起為泥岩，白色小片為碎屑化石，7.7m至9m分佈有較寬的斷層泥帶狀區，此存在有略大的斷層，此區段亦含有碎屑化石，以下雖有不平整的斷裂，但岩心柱體整體尚屬完整。</p>
B-4		<p>19.3m起有一些較為完整的類似粗粒砂岩的石灰岩體，整體觀察後岩心呈完整圓柱狀，與碎塊狀約各佔一半，完整圓柱狀岩心體，因略含有泥的成分，所以易於膠結。26.5m以下為泥岩，岩心體呈現完整圓柱狀，白色部份為碎屑化石，呈不規則零散分佈。在類似粗粒砂岩的石灰岩與泥岩內，均可看到不規則分佈的斷層泥。</p>
B-5		<p>32.6m以下始出現泥岩，較上段分佈碎屑化石，且斷層泥明顯，33.7m以下似均為斷層泥。</p>
C-1		<p>1.4m~8.2m有不少的完整圓柱狀岩心，主要是因為含有較高的風化後泥岩成分(淡棕黃色)，使得岩體膠結會比較好。9-10m段有不少淡黑色的斷層泥，11m以下開始有泥岩的完整圓柱狀岩心，局部處有碎屑化石(呈白色)。11-11.5m及14m以下斷層泥較為明顯存在。</p>

C-2		3m以下為泥岩，3-3.5m泥岩層中含碎屑化石(呈白色)，3.5m和3.6m岩心體存在有微小化石，此為底棲性有孔蟲，表示堆積時為淺海環境，4~6m泥岩層似有斷層。
C-3		12.7m以下為泥岩層，12.7-13.2m的泥岩層中含碎屑化石，13.3-15m和15.4m-18m段似乎有斷層泥，所以應有斷層的存在。
C-4		在15.4-20m之間的類似粗粒砂岩的石灰岩，有較完整圓柱狀岩心，16.8-17.2m有剪力造成的斷裂及條狀斷層泥。21m以下為泥岩，可以觀察出有斷層泥的存在。
C-5		15-20.3m為未膠結與固結的生物碎屑化石帶，20.3m以下為含碎屑化石的密集帶，已膠結可供珊瑚幼蟲下沉定位，開始生長的過渡段。22.2m以下為泥岩，呈完整圓柱圓心，22.6m可見白色碎屑化石，近23m處顏色很黑，可能為局部斷層泥。在16.3-21.6m之間的類似粗粒砂岩的石灰岩，有較完整圓柱狀岩心。
備註：岩心觀察中的斷層泥或斷裂，可能是泥岩本身回脹過程中的作用力所造成。		

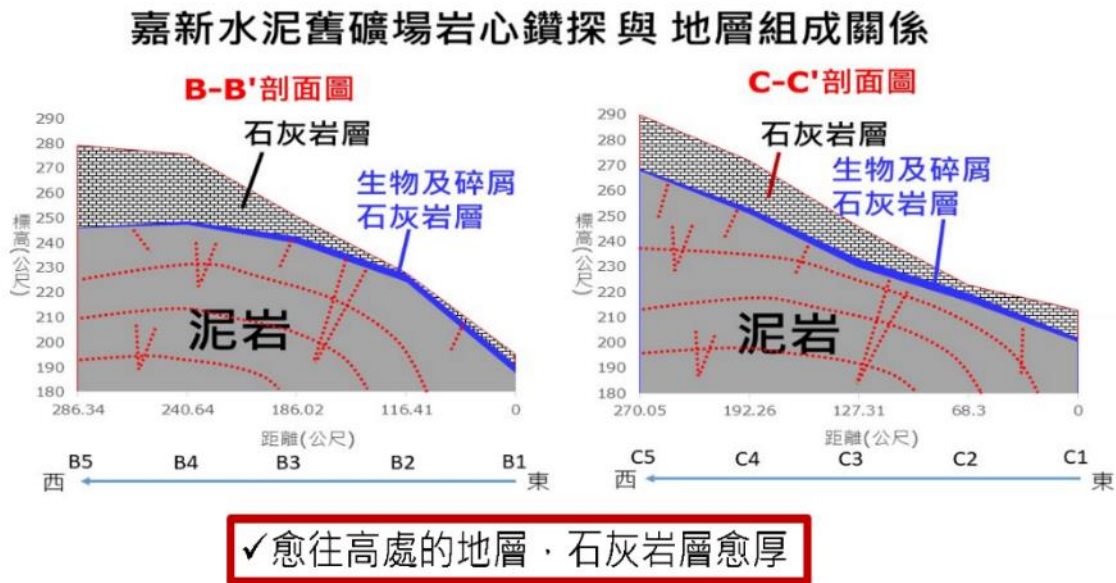
2.繪出岩心位置平面圖與各岩層厚度，如下表3-2：



岩心	單位	B5	B4	B3	B2	B1
石灰岩	公尺	32.60	26.58	7.80	0.55	4.30
生物及碎屑石灰岩	公尺	0.70	1.49	3.05	3.30	3.34
泥岩	公尺	1.70	1.93	2.15	1.15	2.36
合計	公尺	35.00	30.00	13.00	5.00	10.00
標高	公尺	279.00	275.43	250.60	228.22	195.27

岩心	單位	C5	C4	C3	C2	C1
石灰岩	公尺	21.10	18.50	12.80	2.90	11.05
生物及碎屑石灰岩	公尺	0.80	2.50	3.15	3.33	1.64
泥岩	公尺	3.10	2.00	2.05	1.77	2.31
合計	公尺	25.00	23.00	18.00	8.00	15.00
標高	公尺	289.86	271.88	245.82	222.57	213.00

3.繪出各岩層厚度，如下圖3-6：



(三)結果與討論：

- 1.由圖3-6，發現大崗山上段的石灰岩層厚度，分布並非均勻，愈往高處的地層，石灰岩層愈厚；泥岩層的回脹程度也不規則。
- 2.由岩心照片顯示，大崗山的地層組成分成三層：上段石灰岩、中段生物及碎屑石灰岩、下段泥岩，如圖3-7。
- 3.下段泥岩岩心呈完整圓柱狀，上方有一段破碎化石碎屑(中段)，類似粗粒砂岩的石灰岩，膠結不良疏鬆易碎，呈白色點狀小片狀分布。由此推測：
 - (1).泥岩上方不可能直接有珊瑚生長，需有其他原在此生長的生物，或海流搬運堆積來的生物碎屑，輕度固化後形成一層略為堅硬的基岩，之後才有水母型珊瑚蟲，在此固著生長。
 - (2).類似粗粒砂岩的石灰岩，由生物及其碎屑組成，膠結不良疏鬆狀態，推測有局部的水由此滲入下段泥岩，促成泥岩回脹所造成。

4.表3-3：大崗山地層名稱與年代表

大崗山地層	地層名稱	地層成分	地質年代	絕對年代
上段石灰岩	大崗山石灰岩	珊瑚礁 石灰岩	更新世中期 ~更新世晚期	約46萬年前 ~1.17萬年前
中段生物碎屑 石灰岩	崎頂層	砂泥岩互層 夾石灰岩	更新世早期 ~更新世中期	約90萬年前 ~46萬年前
下段泥岩	古亭坑層	泥岩	中新世晚期 ~更新世早期	約700萬年前 ~90萬年前

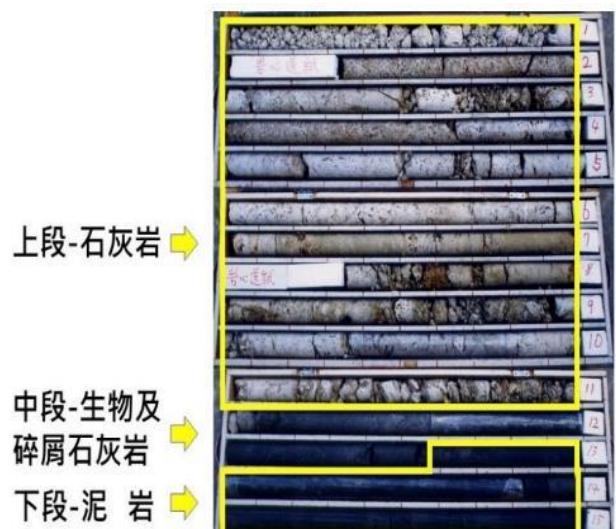


圖3-7：岩心鑽探取樣圖(C1鑽孔)

資料來源：參考資料7，中央地質調查所新化、旗山地質圖說明書

【研究二】上段石灰岩層-裂隙分布與鐘乳石洞
(一)石灰岩裂隙分布

1.



圖3-8：石灰岩裂隙測量位置平面圖

2.野外測量照片



圖3-9：崗安路田寮國中南側，我們從路旁小徑進入大崗山，清除地表植物後，開始測量裂隙寬度與方位。



圖3-10：由垂直傾角顯示，裂隙開口稍微向上張裂，我們分別測量大裂隙南北兩側，地面斜坡上的石灰岩裂隙方位與角度。



圖3-11：發現一條東西向的石灰岩大裂隙(寬約8公尺)，岩壁上散布許多小裂隙(水滲入的通道)，裂隙下方為鐘乳石洞；我們手繪了此石灰岩大裂隙的俯視示意圖如右。

3. 表3-4：裂隙方位分布表

裂隙位置	1寬度 (cm)	2寬度 (cm)	3寬度 (cm)	方位
崗安路南端1a	28	28	28	25度東北
崗安路南端1b	53	53	53	25度東北
崗安路南端2a	24	24	24	25度東北
崗安路南端2b	30	30	30	25度東北
大裂隙北側裂隙1	46	46	46	北
大裂隙北側裂隙2	60	75	90	30度東北
大裂隙北側裂隙3	65	72	80	30度東北
大裂隙北側裂隙4	112	125	140	40度東北
大裂隙南側裂隙1	65	65	65	114度東南
大裂隙南側裂隙2	145	145	145	99度東
大裂隙南側裂隙3	50	50	50	147度東南
大裂隙南側裂隙4	75	75	75	135度東南
大裂隙南側裂隙5	113	113	113	113度東南
大裂隙南側裂隙6	99	99	99	99度東
大裂隙南側裂隙7	90	90	90	90度東
大裂隙	500	500	500	90度東
大裂隙北側道路1	1	1	1	64度東北
大裂隙北側道路2	1	1	1	12度東北
大裂隙北側道路3	1	1	1	9度北
大裂隙北側道路4	1	1	1	76度東北
大裂隙北側道路5	1	1	1	52度東北

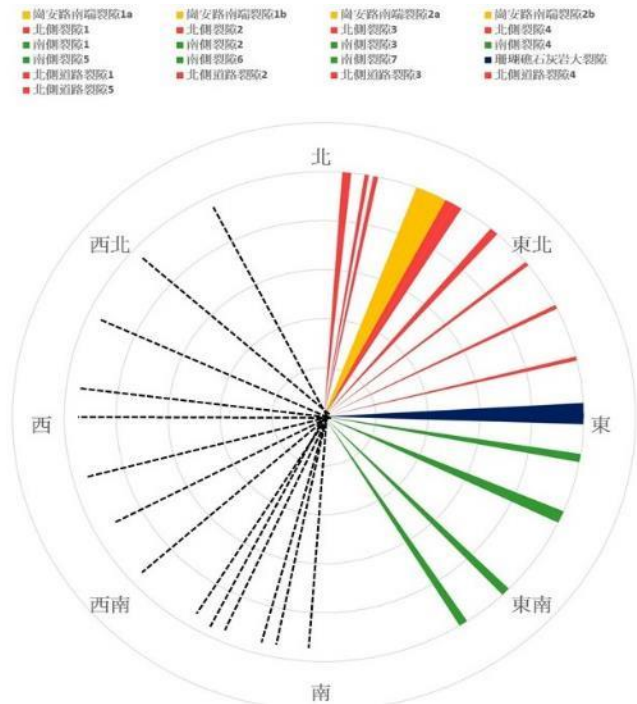


圖3-12：裂隙方位分布圖
(虛線為將測得的方位，向西、西北、西南方向延伸之圖示)

4. 結果與討論

- (1). 依裂隙方位分布圖3-12所示，大裂隙的走向大致為東-西向，大裂隙南北側的裂隙分布則呈放射狀，我們認為石灰岩底部，受到從中央往上頂的作用力，而造成裂隙。
- (2). 板塊運動大約由東往西推擠所造成的應力會讓裂隙呈現單一方向，現在這些放射狀裂隙應為大崗山下段泥岩滲水回脹，往上頂的應力所造成，之後再受雨水溶蝕作用而擴大。
- (3). 大裂隙兩側石灰岩岩壁，發現許多裂隙，我們認為這些裂隙即為雨水下滲的通路，將下段的泥岩沖蝕形成許多小洞穴，成為鐘乳石與石柱成長的空間。

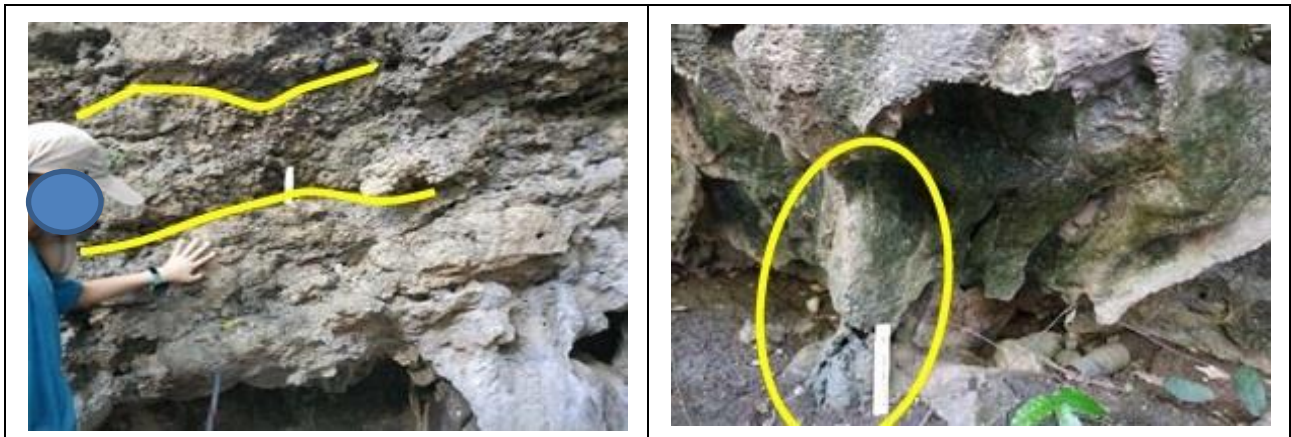


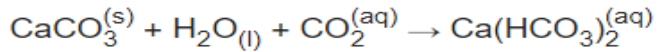
圖 3-13：洞穴上方石灰岩有許多裂隙洞穴，下方有許多鐘乳石和石柱。

(二)鐘乳石洞

1.鐘乳石成因(參考資料10~13)

當含有二氧化碳的地下水滲入石灰岩隙縫時，會溶解其中的碳酸鈣。

水溶液從洞頂上滴下來時，過程中由於水分的蒸發，水中碳酸鈣會再次沉澱固化。



鐘乳石：由上而下逐漸增長而成，形狀如鐘乳，故通稱為「鐘乳石」。

石筍：含碳酸鈣的水不斷滴到一處，碳酸鈣沉澱而形成的，是由下往上生長。

石柱：石筍和鐘乳石不斷向上及向下堆積生長，成為柱狀沉積物。



圖3-14：鐘乳石、石筍、石柱
(圖片來源：參考資料10~13)

2.鐘乳石洞調查照片



圖3-15：從大崗山崗安路進入大崗山洞穴，裡面有許多的鐘乳石，洞穴頂部的小水滴，滴下來形成一個小水池，用廣用試紙檢驗酸鹼值 pH 9，為弱鹼性，推測應為碳酸氫鈣水溶液。



圖3-16：洞穴的頂部有許多小水滴從裂隙滲出，可以看到長了許多鐘乳石，地上也有滴水下來形成的石柱，石灰岩壁上還有出現很多裂隙。



圖3-17 :在洞穴頂端潮濕處，布滿許多管狀的鐘乳石，洞穴底部和岩壁上，也因為潮濕滲漏，產生許多水痕狀的碳酸鈣沉積。



圖3-18 :在崗安路大裂隙盡頭石灰岩壁上，有許多大裂隙，石灰岩裂隙下的洞穴中，也可以看到許多的鐘乳石和碳酸鈣的沉積。同一斜坡上方還有許多裂隙，但已充填砂土及樹葉。



圖3-19 :在碧水洞廟宇後方一線天岩壁上，有許多大裂隙，岩壁上散佈鐘乳石和水流過的碳酸鈣沉積。

3.結果與討論

- (1).由前面章節的研究結果，我們推測大崗山底部這些裂隙的產生，除了板塊擠壓作用與雨水的溶蝕作用外；還有一個主要的原因，可能是**石灰岩層底部，巨厚的泥岩層因吸水膨脹的上頂力所造成的**。
- (2).大崗山有許多石灰岩體，都存在有大大小小的裂隙，且石灰岩上面有茂密的植物生長，因此只要下雨，含有二氧化碳的雨水(弱酸性)，就會沿著植物的根系與石灰岩裂隙，加速溶蝕碳酸鈣。溶解後的碳酸鈣，經過再析出結晶後，就有機會在洞穴中形成鐘乳石，所以**鐘乳石的存在，可以證明石灰岩體中存在很多裂隙**，如前面的推測，這些裂隙可能是泥岩滲水回脹所造成的。

【研究三】中段生物及碎屑石灰岩層-海相與腕足動物化石

(一) 現場探勘與化石採集：

我們根據查到的文獻資料，並請教學者專家，決定了下列四處調查地點，利用暑假及假日，我們準備了採集工具與空拍機，共進行十多次的野外調查。

<p>第 1 處：泥岩與石灰岩層出露處 海拔：55m(南安路 75 號 附近) 22°52'17.9"N 120°21'34.2"E</p>	
<p>第 2 處：泥岩與石灰岩層出露處 海拔：20m(高 39 道電桿 Q1959AB75 附近) 22°51'53.2"N 120°22'38.2"E</p>	
<p>第 3 處：泥岩與石灰岩層出露處 海拔：26m(高 40 道電桿 Q1858FE41 附近) 22°51'45.4"N 120°22'26.7"E</p>	
<p>第 4 處：泥岩與石灰岩層出露處 腕足動物化石發現處 海拔：57m(中崙寮路 70 巷石梯庭園茶館附近) 22°50'08.1"N 120°20'27.0"E</p>	

圖3-20：大崗山化石採集位置圖



圖3-21：第1處泥岩與石灰岩層出露處，為珊瑚礁與生物碎屑化石出露處，出現許多碎屑化石、砂棒生痕化石、完整和破碎的二枚貝化石與掘足類管角貝化石。



圖3-22：第2處泥岩與石灰岩層出露處，有許多崩落的碎屑化石石灰岩，在此發現貝、螺及有孔蟲等多種類的碎屑化石。



圖3-23：第3處泥岩與石灰岩層出露處，可以清楚看到石灰岩層和碎屑化石的出露帶，在此發現貝、螺及有孔蟲等多種類的碎屑化石。



圖3-24：第4處泥岩與石灰岩層出露，在此發現石灰岩小碎塊夾腕足類的動物化石與貝、螺及有孔蟲等碎屑化石。

(二) 整理採集的化石，製作圖板：

<p>1、2、3：腕足動物化石</p> <p>4：單體珊瑚化石</p> <p>5：底棲性有孔蟲化石.</p> <p>6、7：螺類化石</p> <p>8：管螺(掘足類)化石</p> <p>9：二枚貝化石</p> <p>10：螃蟹化石</p> <p>11：腕足動物化石</p> <p>12：藻類(圓團藻)化石</p> <p>13、14：腕足動物化石</p> <p>15：螺類化石(表面有藤壺化石)</p> <p>16：二枚貝化石</p>	<p>圖版一</p>
--	------------

圖3-25：化石圖板一

- 1.砂棒型生痕化石：表面可看到一些底棲性有孔蟲，亦可研判已能適宜淺海生活的生物生存了，珊瑚礁亦已可開始生長了。
- 2.牡蠣單殼化石：僅見到單殼，水流已能使絞合不甚緊者分離，表面有些固著性生物生長，表示此化石在海水中停留了一段不短的時間。
- 3.扇貝化石：已破損，並有一些固著性生物生長，與此群化石相似，已停留於此海域一段時間。
- 4.蕈狀珊瑚化石：顯示環境適合珊瑚礁生長，蕈狀珊瑚存活時其下部常有魚撐住帶著移動，選擇適宜生存的海域。



圖3-26：化石圖板二

(三) 結果與討論

- 1.我們在大崗山中段生物及碎屑石灰岩層，發現許多海相生物與腕足動物化石，可證明大崗山地區泥岩與珊瑚礁石灰岩的過渡帶，存在含化石之泥岩帶，可硬化成為珊瑚蟲著床的基岩，使得珊瑚可以順利向上生長，而形成珊瑚礁。
- 2.大崗山腕足動物的特性：(參考資料9，圖片來源：https://www.earthsciences.hku.hk/shmuseum/chi/earth_evo_05_01_6.php)

- 1.腕足動物門主要分為兩綱：無鉸綱和有鉸綱。
- 2.有兩枚不同大小但左右對稱的殼瓣，由殼內伸出一條肉莖，協助挖掘和鞏固身體在海床岩石上或岩石的裂隙中。
- 3.必須生長在水流不能太強的環境。
- 4.強勁的水流使肉莖不易固著於原位置上，造成殼體脫離而致死亡。



有鉸綱是腕足動物門界中，種類最多的一類。有鉸齒的殼瓣，以鉸鏈結構控制開合的動作。

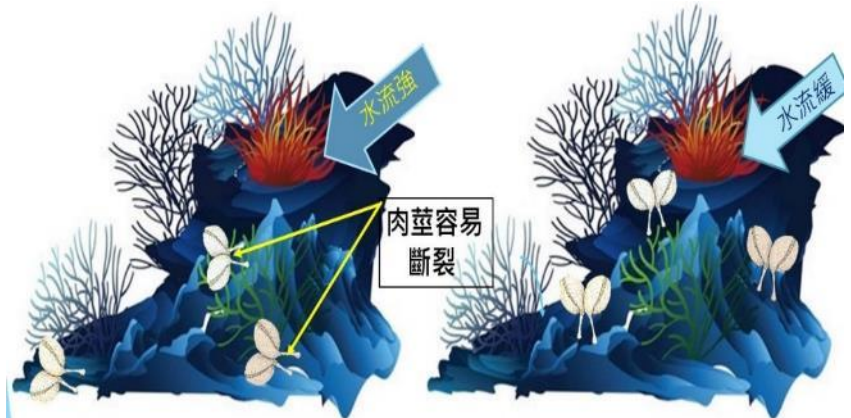


圖3-27：腕足動物生長環境示意圖

3. 腕足動物分類上為腕足動物門，早坂一朗教授（當時是台北帝國大學，理農學部地質學系教授），在台灣地質記事內，曾提到分佈有腕足動物化石的地區位置有：恆春半島、關子嶺石灰岩與六重溪層界線層位、**大崗山石灰岩與泥岩界線層位**，而現生腕足動物（海豆芽）則分佈於蘇澳海岸硬岩的裂隙內。此次的野外採集，我們很幸運地也發現了此種獨特的腕足動物化石，該化石的出現也代表著一些特殊意義，以下是我們**創新發現**的論述：

- (1).**泥岩上有碎屑化石段**，輕微硬化使珊瑚蟲可以著床生長。
- (2).推測泥岩層上的生物碎屑石灰岩段，**古環境可供底棲固著性生物生長**。
- (3).腕足動物因為依靠其肉莖固定，無法抵抗海浪衝擊，因此**腕足動物需生長在珊瑚礁的裂隙中**。
- (4).此區域出現腕足動物化石，有著特殊的意義。珊瑚礁本身存在一些裂隙，再加上**泥岩膨脹行為**，也會造成珊瑚礁的裂隙大量增加。**這些裂隙，剛好可以提供腕足動物肉莖固著的絕佳位置**。當災難來時，造成腕足動物的死亡，肉莖腐爛後，腕足動物的屍體會離開原本固著的珊瑚礁層，經海水的搬運，就會沉積於珊瑚礁層下方的碎屑化石層與泥岩層間。

【研究四】下段泥岩層-泥岩膨脹與石灰岩斷裂實驗

【實驗四~1】泥岩重塑塊膨脹實驗

(一)實驗說明

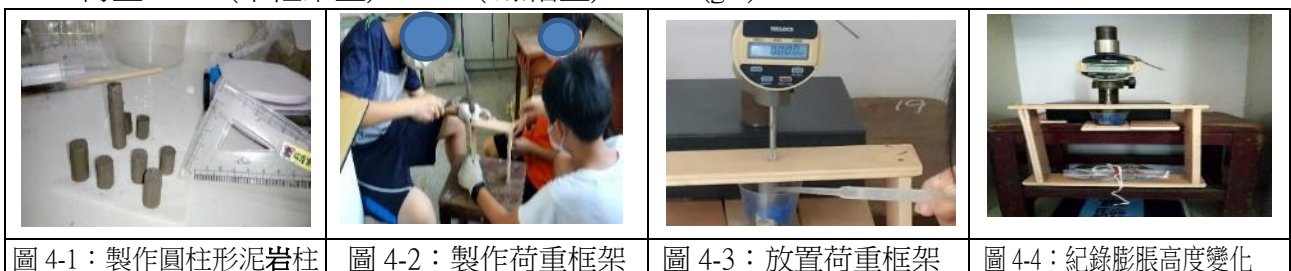
我們觀察到在腕足動物化石附近的石灰岩之生物及碎屑石灰岩層皆有斷裂的現象，且根據文獻報導，泥岩有吸水回脹的特性，所以我們想了解泥岩的回脹力量到底有多大？是否可能會讓石灰岩斷裂產生裂隙？為了證明此假設，我們在實驗四~1與四~2採集了古亭坑層的泥岩塊進行加水膨脹實驗，進一步量測泥岩回脹的力量。

(二)實驗步驟(小泥岩柱)

1. 我們採用岩心採樣的套筒概念，將6ml針筒切平前端，當作壓模，把泡水重塑的泥岩（捏起來比紙黏土硬一點），先搓圓，再搓成條狀塞進切開的針筒，切開處放桌面，推針筒可以成型，推出圓柱形泥岩柱(圖4-1)。
2. 製作荷重框架，長×高×寬=20×18×5(公分)，如圖4-2。
3. 將小泥岩柱擠入裁切過的量筒內，並將底部放進一個螺帽內以固定量筒，再放入小量杯內，以黏土固定，如圖4-3。
4. 將上框架放置於千分儀和小泥岩柱之間，重物螺帽放置於下框架，並在底部加水5ml，紀錄每隔24小時後，小泥岩柱膨脹高度變化，分別記錄1日、2日、3日、7日的變化量，如圖4-4。
5. 將同時製作的另一條泥岩柱放進烤箱(120°C)，紀錄重量變化，計算其含水量。
6. 土壤含水量：以土壤中所含水分重量占烘乾土重的百分比表示，計算公式如下：

$$\text{土壤含水量(重量\%)} = \frac{(\text{原土重}-\text{烘乾土重})}{\text{烘乾土重}} \times 100\% = \frac{\text{水重}}{\text{烘乾土重}} \times 100\%$$

7. 荷重=186.4(木框架重)+352.06(螺帽重)=538.46(gw)



(三)結果討論

1. 發現泥岩柱高度，每天都是持續下陷，共下降了0.470mm。
2. 我們認為可能是因為小泥岩柱太細，荷重太重，使得泥岩柱底部吸水後變軟，所以下陷而看不出膨脹變化。
3. 針對柱體過小，荷重太重，和側向形變影響，我們將改良用較大的泥岩柱，並移除螺帽重物，只保留木框架，以減輕重量。

(四)實驗改進1：中泥岩柱

1. 改用較大的25mL針筒，將針筒鋸短，分別長4.0公分和2.5公分(前後空心)，取出重塑泥岩土，經針筒射出成圓柱型泥岩柱後，立即擷取約3公分長，分別密合塞入
(1)4.0公分(無荷重組，泥柱低於針筒1公分，以避免側向形變)
(2)2.5公分(有荷重組，泥柱突出針筒0.5公分)。
2. 荷重框架，長×高×寬=20×18×5(公分)，木框架重=186.4(gw)。
3. 直接將針筒泥柱放在小量杯，其餘步驟與實驗4-1相同。



圖 4-5：製作中泥岩柱

圖 4-6：無荷重組和荷重組

圖 4-7：無荷重組配置

圖 4-8：有荷重組配置

(五)實驗改進2：大泥岩柱

1. 改用貓罐頭的圓柱型鐵罐(直徑65.8mm×高36.5mm)，與煎蛋用的不鏽鋼小圓筒(直徑61.8mm×高29.5mm)為外模，取出重塑泥岩土，分別密合塞入，製作大泥岩柱。
(1)無荷重組-貓罐頭的圓柱型鐵罐，泥柱與罐頭高度相等，以避免側向形變。
(2)有荷重組-煎蛋用的不鏽鋼小圓筒，泥柱突出小圓筒上緣約0.5公分。
2. 荷重框架，長×高×寬=20×18×5(公分)，木框架重=186.4(gw)。
3. 將泥岩試體放入烤箱(120°C)，每天烘烤1~3小時並記錄其重量，一直到重量幾乎不變，控制起始條件為烤乾的狀態。
4. 無荷重組泥岩柱，放入烤箱前，中間挖一個直徑約15mm的圓柱形洞，作為加水用；並在上面取A、B、C三點，作為高度測量點。
5. 有荷重組泥岩柱，將不鏽鋼小圓筒試體，放入一個較大的貓罐頭空罐(直徑77.1mm×高27.3mm)，以方便加水；並在上面取D、E、F三點，作為高度測量點。
6. 加水10ml，測量起始高度，以此高度為基準零點，測量24、48小時後的高度變化。

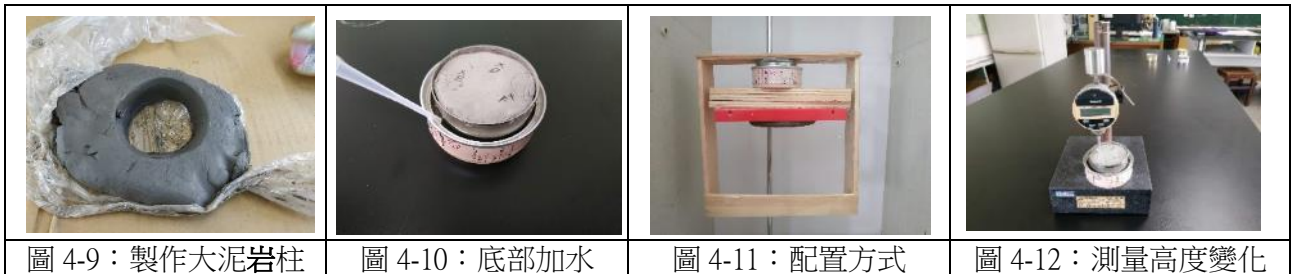


圖 4-9：製作大泥岩柱

圖 4-10：底部加水

圖 4-11：配置方式

圖 4-12：測量高度變化

(六)實驗改進3：大泥岩柱(縫隙灌UV膠)

1. 取出大崗山採集的泥岩塊，用鋼鋸鋸成適合放入鐵罐大小的三塊泥岩，分別放入三個圓柱型鐵罐(直徑65.8mm×高36.5mm)。
2. 用針筒吸取UV膠水，分五次注入泥岩塊與鐵罐容器間的縫隙，每一次注入UV膠後，放入UV曝光機，曝光240秒，重複五次後完成，透過光線照射，讓UV膠水固化。

- 將泥岩塊放入烤箱（120°C），每天烘烤1~3小時並記錄其重量，直到重量幾乎不變，控制起始條件為烤乾的狀態。
- 烤乾後將泥岩塊分成二組（不放螺帽），一組荷重125gw（為千分儀上砝碼與探針重）；另一組荷重20gw（探針的重量）。我們希望減少荷重，期望測出膨脹量。
- 各組加水6ml，將千分儀固定在泥岩塊表面，測量起始高度，以此高度為基準零點。
- 將電腦設定不休眠，連結網路攝影機(webcam-AVerMedia)，採用拍攝軟體(Timelapse)進行連續拍攝，間隔10分鐘，拍攝泥岩高度膨脹變化量。

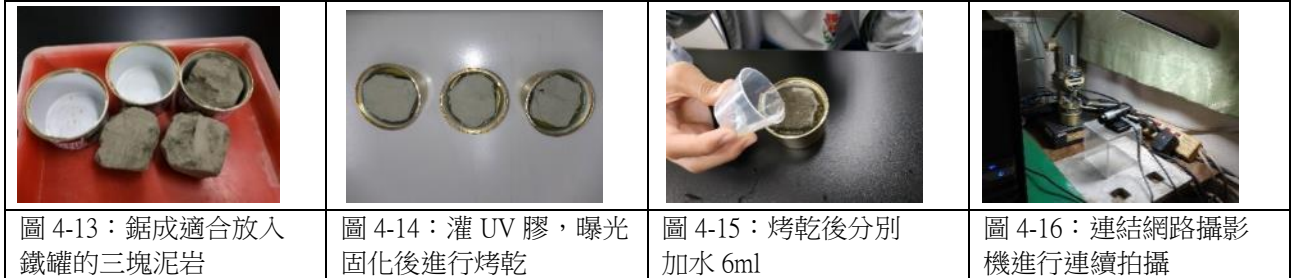


圖 4-13：鋸成適合放入鐵罐的三塊泥岩

圖 4-14：灌 UV 膠，曝光固化後進行烤乾

圖 4-15：烤乾後分別加水 6ml

圖 4-16：連結網路攝影機進行連續拍攝

(七)實驗結果與討論

1.小/中/大泥岩柱實驗結果：



圖4-17

2.討論：

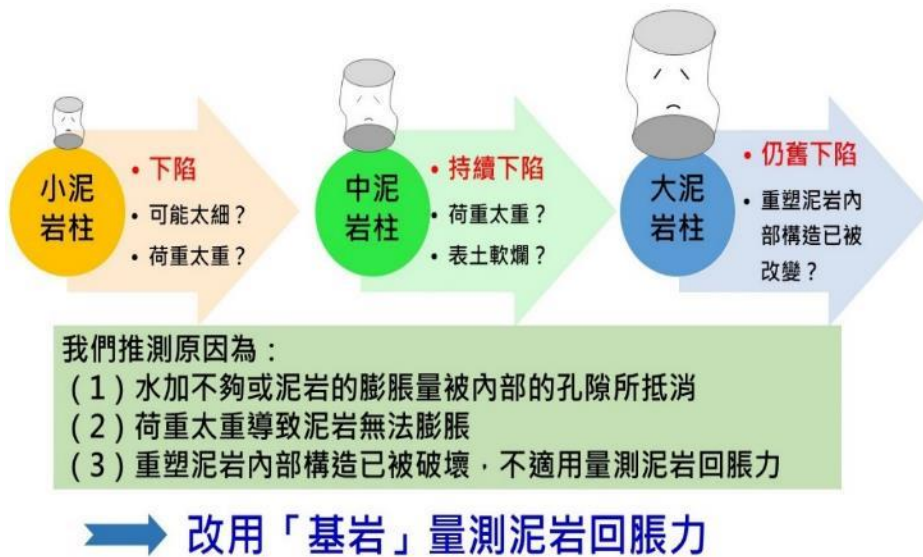


圖4-18

【實驗四~2】泥岩基岩塊膨脹實驗

(一)實驗準備

1. 我們拜訪成大土壤力學實驗室，吳主任告訴我們，要測量泥岩的膨脹力，要採用壓密機做壓密實驗，除了有一定的實驗步驟與規定外，要採取泥岩下層堅硬的新鮮泥岩(基岩塊)，而且荷重壓力是以靜載重經由槓桿原理作用至試體。



圖4-19：參觀成大土壤力學實驗室與壓密設備

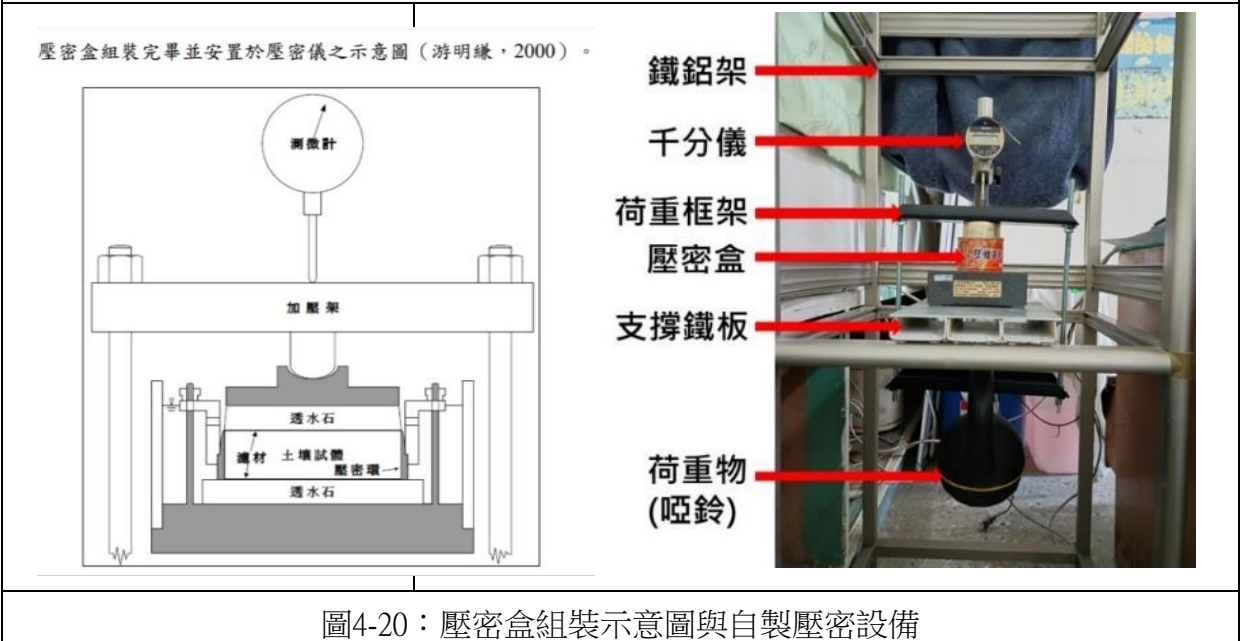
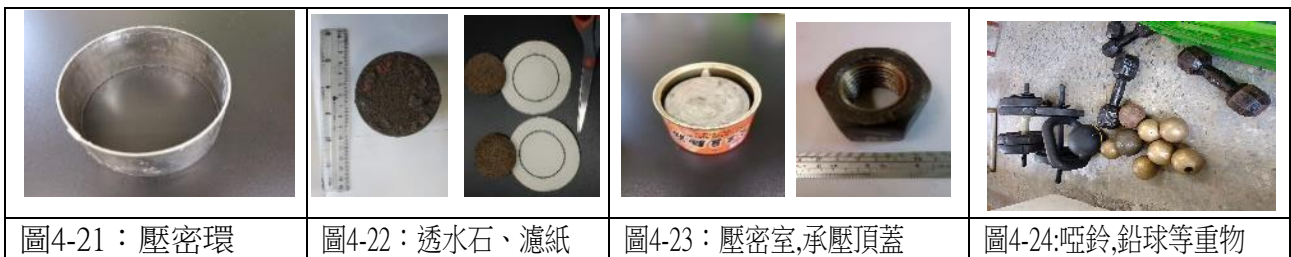


圖4-20：壓密盒組裝示意圖與自製壓密設備

2. 我們根據壓密實驗的原理，自製了壓密設備、壓密盒與荷重裝置。
3. 加壓設備(本實驗最大荷重78.2公斤)：
 - ①鐵鋁架(長×寬×高=45×40×115 cm)；
 - ②角鐵荷重框架(長×寬×高=30×6.5×30cm)；
 - ③千分儀支撐鐵板(長×寬×高=45×20×2cm)；
 - ④壺鈴、啞鈴、鉛球等重物，用背包懸吊與放置於荷重框架上(圖4-24)；
 - ⑤壓力是由荷重物經由荷重框架、承壓頂蓋與濾水石而作用至試體。
4. 壓密盒：
 - (1) 壓密環一個：內徑6cm，符合標準值(需大於5 cm)，置入基岩塊之徑高約2cm，徑高比3，符合標準值(需大於2.5 以上)，此壓密環以煎蛋用不鏽鋼環取代。
 - (2) 透水石二塊：上透水石(直徑研磨至略小於6cm，厚度0.8cm)、下透水石(直徑7.2cm，厚度1.2cm)，試驗前需先煮沸，排除石內氣泡，並浸水使其飽和含水，透水石購自儀器材料行。

- (3) 濾紙2張。
- (4) 壓密室(內徑8.0cm，徑高5.2cm)：以鐵製罐頭盒取代，用以固定壓密環及試體。
- (5) 承壓頂蓋一個：寬5cm，高2.8cm大螺帽，用以傳遞垂直載重。
5. 柱體切割器：利用大小砂輪機切割，與砂紙研磨修整到試體直徑略小於6cm，徑高約2cm，過程中將擾動程度減至最小。
6. 電子秤：其最小秤量值0.01g。
7. 烘箱：能維持120℃之恆溫。
8. 千分計(千分儀)：測量試體厚度之變化，解析度(最小刻度值)為0.001 mm。
9. 岩塊採樣：我們到大崗山泥岩出露處，採集泥岩風化層底下堅硬的新鮮泥岩(基岩塊)。



(二)實驗步驟

1. 放入基岩塊：在壓密環內側塗一薄層凡士林，將透水石及濾紙放入壓密環底部，再將切割完成的基岩塊放入壓密環內(圖4-25)。
2. 封蠟：在基岩塊表面貼上紙膠帶，將加熱融化後的液態蠟，倒入基岩塊與壓密環的間隙，等填滿冷卻後，撕去表面的紙膠帶，並切除多餘的蠟塊(圖4-26)。
3. 完成壓密盒：在壓密環上方，放置上濾紙及透水石，然後全部放入壓密盒，再將承壓蓋放在最上面(圖4-27)。
4. 加壓：每次實驗固定一種荷重，將荷重框架及荷重物，置於承壓蓋與千分計中間，將重物位置調整平衡後，調整千分計的位置到適當高度(圖4-28)。
5. 加水：在壓密盒與承壓頂蓋內加水至八分滿，使水面維持在透水石上方，保持基岩塊為浸水狀態，並調整千分計使其歸零(圖4-29)。
6. 紀錄：將電腦連結網路攝影機(webcam-AVerMedia)，採用拍攝軟體(Timelapse)進行連續拍攝，拍攝間隔1~3分鐘，紀錄高度膨脹變化量72小時以上至收斂為止。分別採用1.7kgw、13.7kgw、37.2kgw、78.2kgw等四種荷重力，重複步驟1~6(圖4-30)。
7. 繪圖：根據壓密實驗(參考資料5)的建議，X軸為時間單位(分鐘)取對數log(T)值，Y軸為基岩塊膨脹百分率=(基岩塊膨脹高度/基岩原始高度)×100%，繪出泥岩膨脹量變化圖；再以四個荷重力F取對數log(F)為X值，對應的最終收斂膨脹量為Y值，繪出荷重力log(F)與最終膨脹量關係圖；再應用excel內建的回歸直線圖形模式，繪出兩者關係的回歸直線方程式。



圖 4-25：(1)放入基岩塊

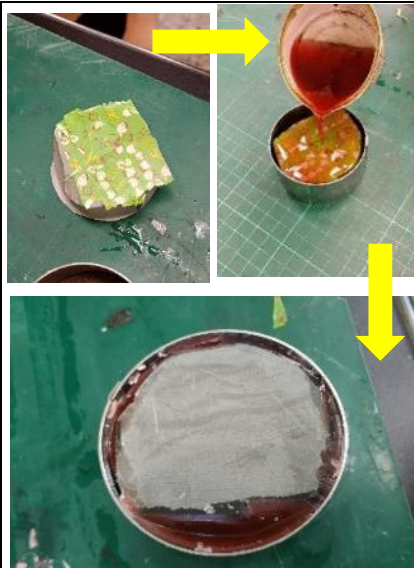


圖 4-26：(2)封蠟



圖 4-27：(3)完成壓密盒



圖 4-28：(4)加壓

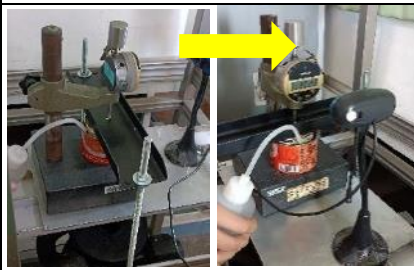


圖 4-29：(5)加水

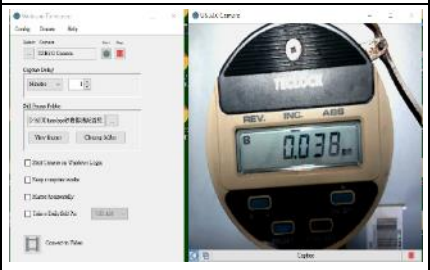


圖 4-30：(6)紀錄

(三)實驗結果

表4-1：膨脹高度變化紀錄表(詳實驗記錄簿)

荷重 1.7Kgwt (min)	荷重 1.7Kgwt g(T)	基岩泥岩 膨脹量 (mm)	荷重 1.7Kgwt 膨脹量(%)	荷重 13.7Kgwt T(min)	荷重 13.7Kgwt og(T)	基岩泥岩 膨脹量 (mm)	荷重 13.7Kgwt 膨脹量 (%)	荷重 37.2Kgwt T(min)	荷重 37.2Kgwt og(T)	基岩泥岩 膨脹量 (mm)	荷重 37.2Kgwt 膨脹量 (%)	荷重 78.2Kgwt T(min)	荷重 78.2Kgwt og(T)	基岩泥岩膨 脹量(mm)	荷重 78.2Kgwt 膨脹量(%)
0	0.00	0.000	0.00	0	0.00	0.000	0.00	0	0.00	0.000	0.00	0	0.00	0.000	0.00
42	1.62	0.056	0.28	7	0.85	0.003	0.02	90	1.95	0.051	0.26	93	1.97	0.010	0.07
72	1.86	0.100	0.50	57	1.76	0.049	0.27	170	2.23	0.097	0.49	117	2.07	0.021	0.14
120	2.08	0.160	0.80	127	2.10	0.097	0.54	220	2.34	0.150	0.75	132	2.12	0.030	0.20
150	2.18	0.205	1.03	197	2.29	0.154	0.86	260	2.41	0.204	1.02	150	2.18	0.041	0.27
180	2.26	0.254	1.27	237	2.37	0.204	1.13	310	2.49	0.250	1.25	165	2.22	0.050	0.33
212	2.33	0.315	1.58	267	2.43	0.251	1.39	380	2.58	0.300	1.50	177	2.25	0.060	0.40
252	2.40	0.421	2.11	297	2.47	0.301	1.67	500	2.70	0.350	1.75	204	2.31	0.070	0.47
282	2.45	0.512	2.56	327	2.51	0.350	1.94	700	2.85	0.400	2.00	231	2.36	0.080	0.53
342	2.53	0.707	3.54	357	2.55	0.397	2.21	1100	3.04	0.449	2.25	273	2.44	0.090	0.60
452	2.66	1.026	5.13	397	2.60	0.451	2.51	1510	3.18	0.460	2.30	435	2.64	0.100	0.67
482	2.68	1.107	5.54	447	2.65	0.501	2.78	2530	3.40	0.470	2.35	807	2.91	0.105	0.70
522	2.72	1.205	6.03	517	2.71	0.549	3.05	2750	3.44	0.484	2.42	992	3.00	0.110	0.73
572	2.76	1.309	6.55	677	2.83	0.600	3.33	3000	3.48	0.484	2.42	1047	3.02	0.116	0.77
632	2.80	1.412	7.06	1517	3.18	0.650	3.61	3200	3.51	0.484	2.42	1339	3.13	0.124	0.83
675	2.83	1.509	7.55	1997	3.30	0.660	3.67	3500	3.54	0.484	2.42	1435	3.16	0.129	0.86
732	2.86	1.600	8.00	2945	3.47	0.660	3.67	3800	3.58	0.484	2.42	1633	3.21	0.125	0.83
802	2.90	1.657	8.29	3410	3.53	0.660	3.67	4100	3.61	0.484	2.42	2023	3.31	0.122	0.81
972	2.99	1.753	8.77	4400	3.64	0.660	3.67	4400	3.64	0.484	2.42	3298	3.52	0.121	0.81
1112	3.05	1.800	9.00									3412	3.53	0.120	0.80
1342	3.13	1.850	9.25									3916	3.59	0.119	0.79
1692	3.23	1.900	9.50									3940	3.60	0.118	0.79
2602	3.42	1.952	9.76									3952	3.60	0.117	0.78
3032	3.48	1.976	9.88									4144	3.62	0.116	0.77
3930	3.59	2.008	10.04									4153	3.62	0.114	0.76
5364	3.73	2.056	10.28									4287	3.63	0.112	0.75
9690	3.99	2.133	10.67									4576	3.66	0.116	0.77
11115	4.05	2.148	10.74									4789	3.68	0.118	0.79
12555	4.10	2.170	10.85									5005	3.70	0.120	0.80
13995	4.15	2.187	10.935									5299	3.72	0.119	0.79
15435	4.19	2.202	11.01									5657	3.75	0.115	0.77

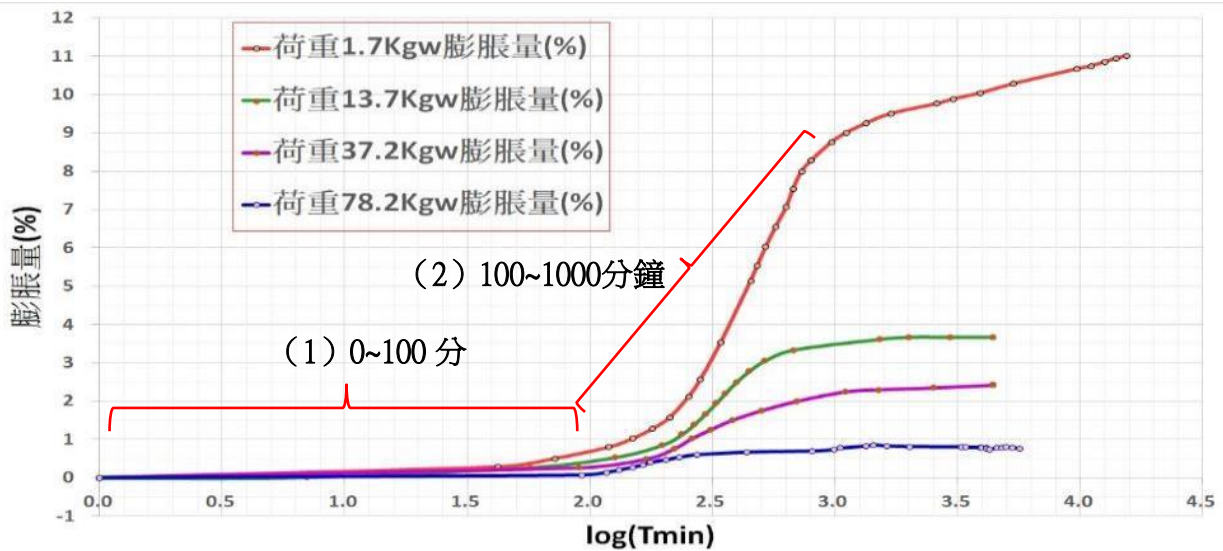


圖4-31：泥岩膨脹量變化圖

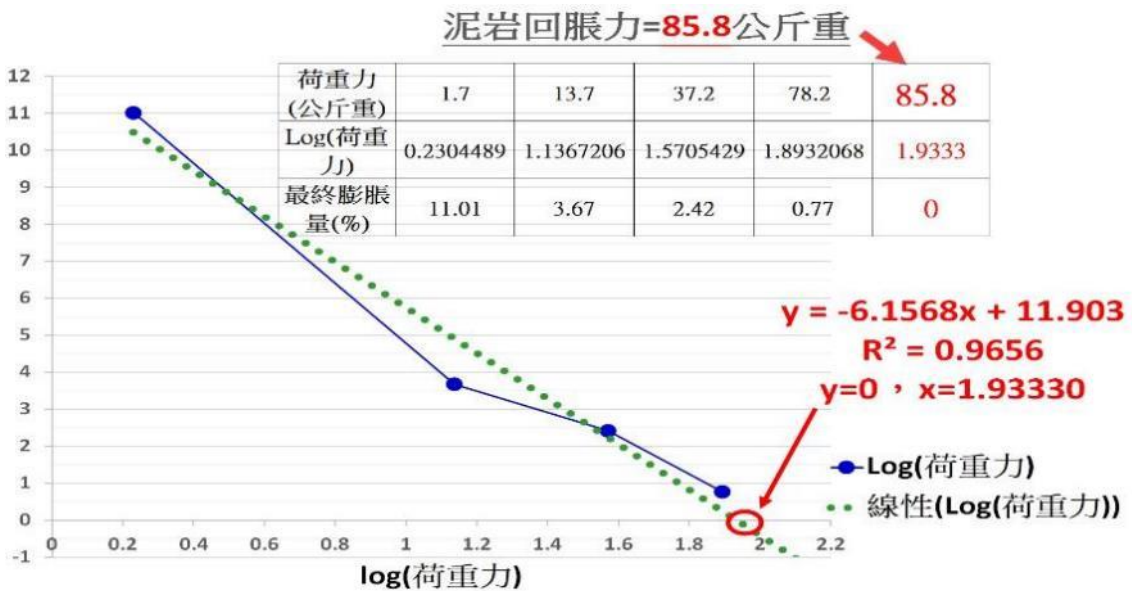


圖4-32：荷重力與最終膨脹量關係圖

(四)結果討論

- 1.在前100分鐘(logT=0~2)，泥岩膨脹量緩慢上升，推測是水分慢慢滲入泥岩所產生。
- 2.在100~1000分鐘(logT=2~3)，泥岩膨脹量迅速上升，推測此時水分已較完全滲入泥岩內，所以產生了回脹的效應；500~1000分鐘之後膨脹量逐漸收斂，且荷重越重的泥岩，越早收斂。
- 3.由實驗得知，荷重78.2公斤、37.2公斤、13.7公斤、1.7公斤，其最終膨脹量分別0.77%、2.42%、3.67%、11.01%，顯示荷重越輕，膨脹量越大，到達收斂的時間越長。
- 4.由圖4-32，採用線性回歸法推估，當膨脹量為0%時，log(荷重力)值為1.9333，荷重力F為85.8公斤重。
- 5.根據參考資料5，當膨脹量為0%時，泥岩上方的荷重力，可看為泥岩的回脹上頂力，因此由本實驗推估，泥岩柱試體(直徑6 cm、高2 cm)，完全吸水後回脹力為85.8公斤重，除以受力截面積，得到回脹應力為 3.0 公斤重/平方公分。
- 6.李德河教授(參考資料15)，曾以不同壓力法，測得西子灣與田寮地區古亭坑層泥岩的回脹應力為2.9~4.0公斤重/平方公分，顯見本實驗結果具備相當的準確性。

6.五)實驗後泥岩基岩碎片觀察：

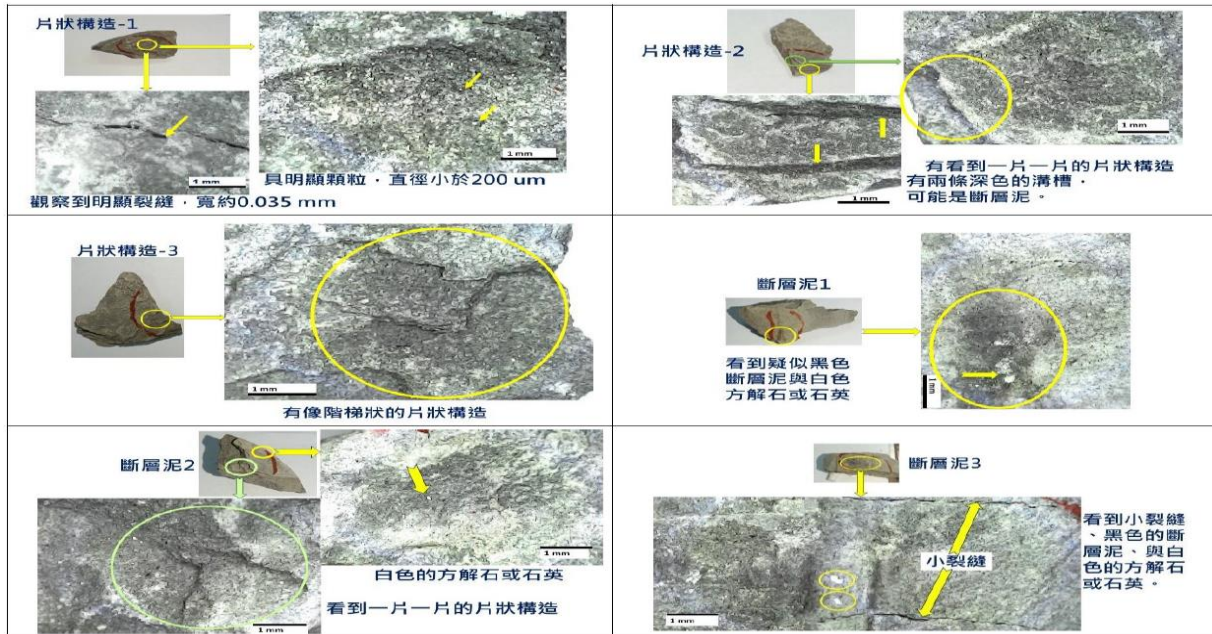


圖4-33：泥岩基岩碎片顯微鏡放大圖

- 1.由圖4-33，用數位顯微鏡，觀察實驗後取出的泥岩碎片，可以發現有許多小裂隙與階梯狀的片狀結構，顯示**這些都是水分滲入的通道，也是泥岩吸水回脹的證據之一**。
- 2.根據參考資料14，泥岩的主要礦物成分為伊萊石(illite)、綠泥石(Chlorite)及石英…等；而膨脹性黏土-蒙脫土(Smectite)的含量則非常少。有專家分析古亭坑層的泥岩樣品，指出其黏土種類，是以伊萊石及綠泥石等非膨脹性黏土為主。
- 3.那為什麼大崗山泥岩會有回脹現象發生呢？目前科學界推測，當水份滲入泥岩顆粒間，**泥岩的鍵結被破壞**，因高壓被壓縮變形的泥岩顆粒，所儲存的**可回復性應變能逐漸釋出**，顆粒間之距離因此擴大，於是產生回脹及崩解。
- 4.實驗採樣的基岩塊，實驗前含水量**1.3%**，實驗後含水量為**13.6%**，顯示在浸水的條件下，**水分可以透過泥岩的片狀結構裂隙，慢慢滲入而破壞鍵結，而產生回脹崩解作用**。

【實驗四~3】石灰岩斷裂實驗

(一)實驗說明

1. 從參考資料大崗山地層主要查到分為三層：
 - 上段: 石灰岩層 (平均厚度40公尺，不超過100公尺)
 - 中段: 生物及碎屑石灰岩層 (厚度數十公分到數公尺)
 - 下段: 泥岩層 (厚度550公尺以上)
2. 大崗山上段石灰岩，是隔著中段層而覆蓋在泥岩上的，而雨水可能從石灰岩的縫隙滲入到泥岩層，由於泥岩吸水會回脹，所以我們推測回脹力量是否可能會讓石灰岩斷裂產生裂隙？為了證明此假設，我們在實驗四~1與四~2採集了大崗山的泥岩塊進行加水膨脹實驗，量測泥岩回脹的力量。
3. 本實驗我們至專業機構，借用專業儀器檢測石灰岩的斷裂荷重，根據參考資料16與17，實驗採用的方法是 ASTM (美國材料與試驗協會) C 293 混凝土抗彎強度試驗法—中心點載重法。

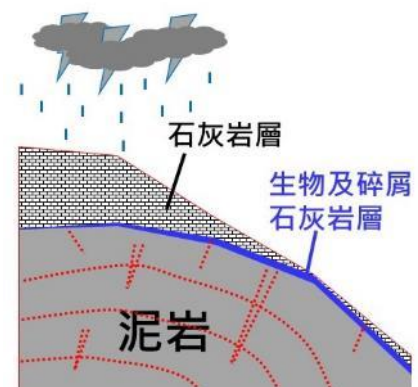
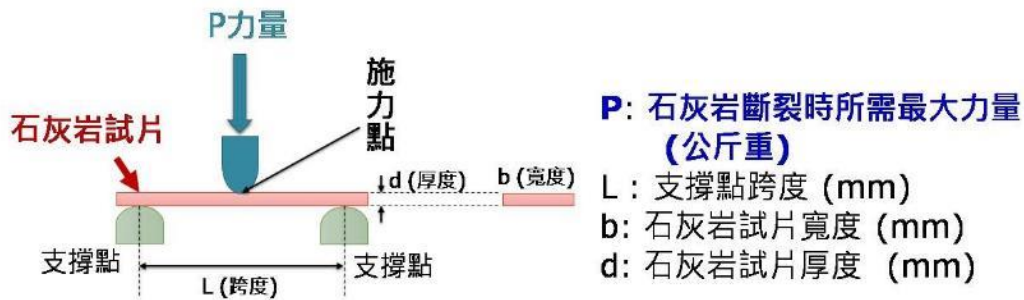


圖4-34：大崗山地層示意圖

(二)實驗步驟

A.石灰岩斷裂實驗示意圖



✓ 目的:測量石灰岩被破壞所需要的最大力量

圖4-35

B.破壞實驗說明

- 實驗裝置: 3點彎曲測試儀 SHIMADZU EZ-LX (最大荷重100kgf)
- 石灰岩樣本採集地點: 大崗山東側崗安路旁石灰岩層

【測試前】



測試前石灰岩樣本



【測試後】



俯視



側視(斷裂面)



圖4-36

C.進行石灰岩樣本彎曲斷裂測試

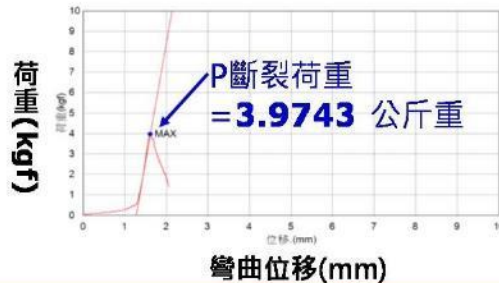


圖4-37

D.石灰岩斷裂實驗結果



	代號	名稱	單位	數值
石灰岩試片	d	厚度	mm	8
	b	寬度	mm	30
	L	跨度	mm	50
彎曲測試 (測試方法 ISO 178)	S	彎曲位移速度	mm/min	2
	P	斷裂荷重	kgf	3.9743



✓ 結果: 厚度8mm寬度30mm的石灰岩樣本, 斷裂破壞所需力量約4公斤重

圖4-38

(三)結果與討論

- 石灰岩斷裂實驗中, 可得到破壞8mm厚石灰岩, 所需之力量約為**4公斤重**; 由泥岩基岩塊膨脹實驗, 可得到20mm厚泥岩, 回脹的力量為**85.8公斤重**。
- 單純考慮厚度比例, 假設泥岩和石灰岩接觸面相等且平整, 100mm厚泥岩的回脹力為428.5公斤重($85.8 \times 100 / 20$); 100mm厚石灰岩的破壞力為50公斤重($4 \times 100 / 8$)。即使加上石灰岩本身的重量, **泥岩的回脹力為石灰岩破壞力的8倍**。
- 根據參考資料5, 台灣西南部的泥岩層厚度將近五千公尺; 根據岩心鑽探調查表3-2, 大崗山礦區的石灰岩層厚度由0.5公尺至32.6公尺。雖然泥岩透水性很低, 不易完全浸水, 我們認為, 水分仍可經由各種大小裂隙, 滲入泥岩層, **泥岩吸水後回脹的上頂力, 絕對可以造成上部石灰岩的斷裂**; 特別是**厚度愈薄的地區, 出現放射狀裂縫比率會較高**。
- 我們在崗安路旁斜坡, 發現**許多的裂隙呈放射狀分布**, 此處屬於上段石灰岩層坡腳處, 石灰岩層的厚度較薄, 此可做為佐證。
- 我們認為大崗山石灰岩裂隙, **主要是受到下段泥岩層, 吸水回脹後的上頂力而產生**; 之後再受到雨水的溶蝕作用、板塊的構造作用、地震等因素, 而逐漸形成今日的景觀。

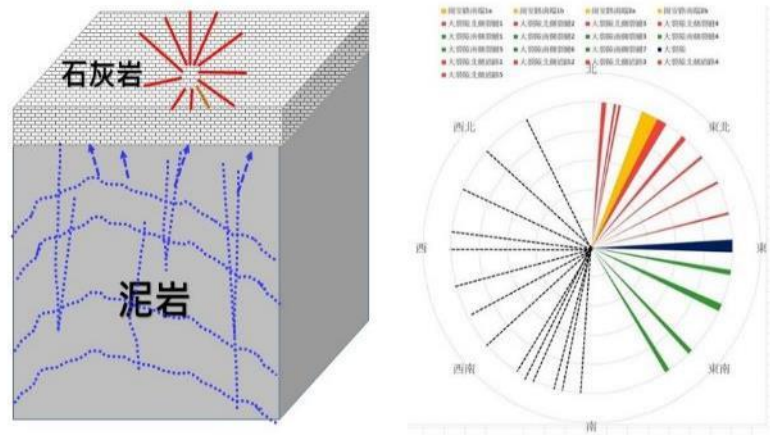


圖4-39: 大崗山石灰岩裂隙形成示意圖

【研究五】未來大崗山地質館的藍圖與scratch互動遊戲設計

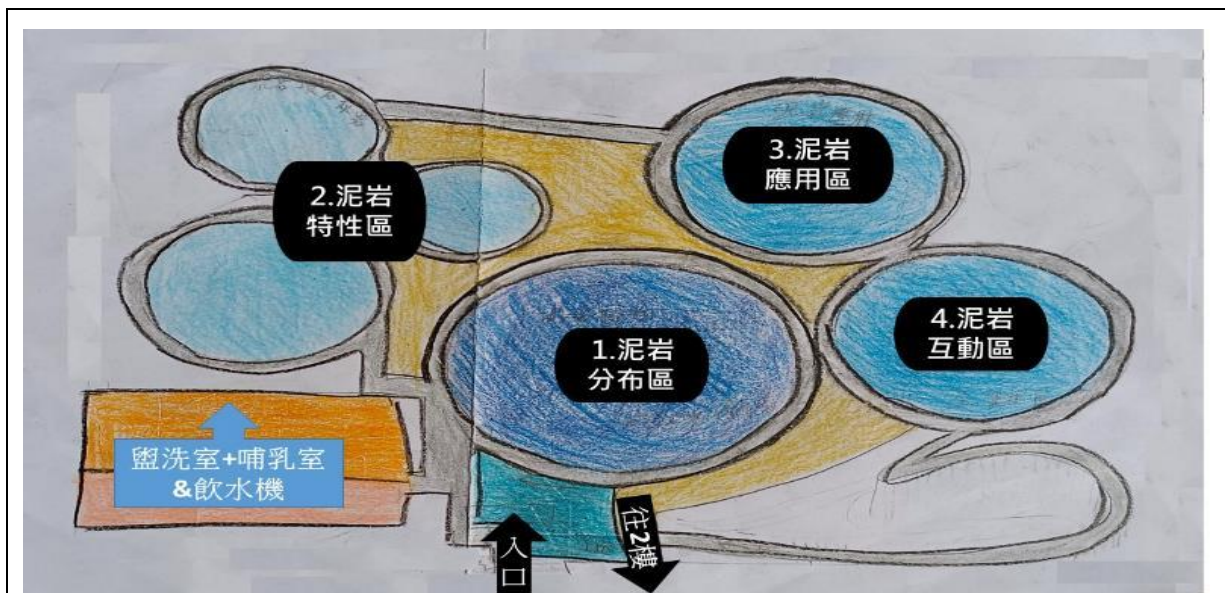
在大崗山的北邊有台南市左鎮區的左鎮化石館，主要展示台南地區新化丘陵的脊椎動物的化石標本，是屬於區域性新生代更新世中期以後，其他尚有展示崎頂層的軟體動物門、棘皮動物門與腔腸動物門化石標本；東北邊有高雄市甲仙區的甲仙化石館，主要展示甲仙附近中新世無脊椎動物的螺類和貝類化石標本，因此上述的兩個化石館的建立，都有著特殊的意義。

大崗山地區經過本次的科展調查研究後，我們認為如果能**利用現有廢棄的礦區，興建一間地質館，展示本區獨特的地質構造與化石層，並延伸各地質條件的應用及地質與生態的關係**，不但能促進旅遊觀光，也具備認識鄉土文史與科學教育的意義。因此我們初步規畫未來大崗山地質館的藍圖，並將展示內容融合scratch互動遊戲，期待未來可以看到大崗山地質館的誕生！

(一)大崗山地質館的藍圖

依本區地質狀況分三部分設置三個展館，分別展示及解說地層位於**上段的石灰岩、中段的生物及碎屑石灰岩與下段的泥岩**，可分樓層或分區設置。規劃前建議公告徵詢其他專家學者的建議，並訓練志工與中小學生擔任解說員。

A. 泥岩館：(一樓)



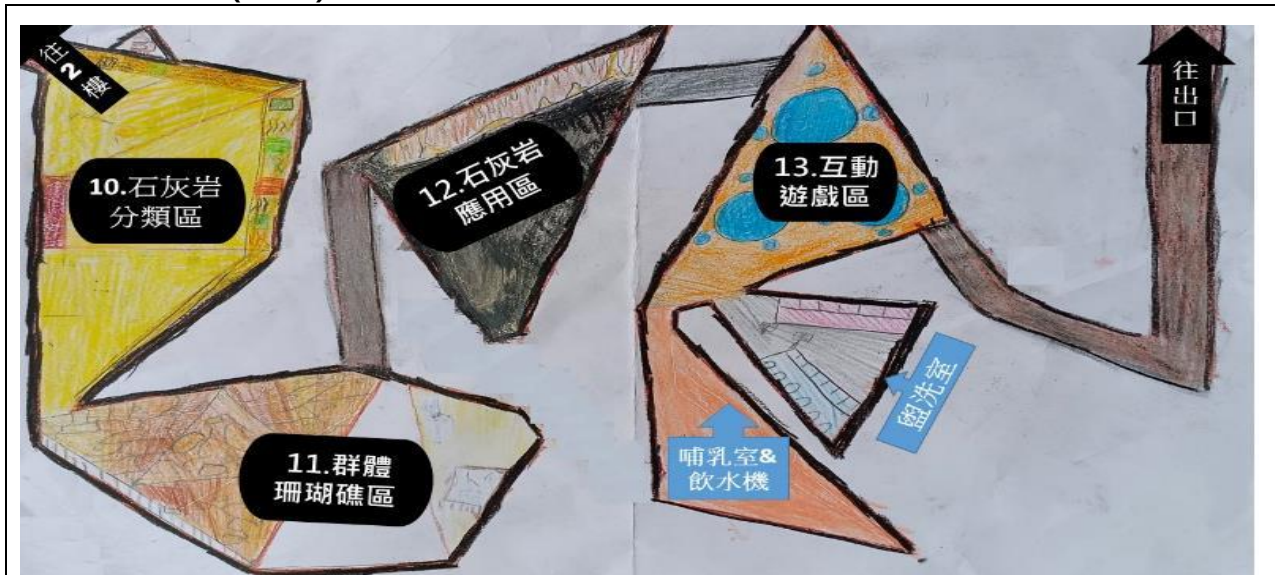
- 1.泥岩分布區：台灣西南部泥岩分布、大崗山泥岩分布、泥岩的組成。
- 2.泥岩特性區：吸水膨脹動畫、膨脹實驗器材、頂裂上層石灰岩模型。
- 3.泥岩應用區：建築方面：水泥、電石、陶土、製磚、耐火材料等；
農業方面：土壤改良劑、植生果園、天然水塘、養殖等。
- 4.互動遊戲區：泥岩上頂力互動體驗遊戲與互動遊戲。

B.生物及碎屑石灰岩館：(二樓)



- 5.堆積條件區：造礁的基底層模型-以生物及碎屑堆積而成。
- 6.化石展示區：展示腕足動物生態復原圖與本區採集的化石標本。
- 7.化石走道區：模擬化石出露現場，上方鋪設強化玻璃。
- 8.化石工作區：化石採集、整理復原的過程與設備，並與工作人員互動。
- 9.互動遊戲區：在化石挖掘區體驗如何挖掘化石，並透過QRcode，了解大崗山地層堆積的順序。

C.石灰岩館：(三樓)



- 10.石灰岩分類區：大崗山地區開採的石灰岩為生物石灰岩---珊瑚礁石灰岩、貝類石灰岩、混和生物石灰岩。
- 11.群體珊瑚礁區：珊瑚的生長特性、珊瑚切片標本與構造、珊瑚礁底部硬質底的生物碎屑段、珊瑚礁生長環境模型與實體礦區採來的標本。
- 12.石灰岩應用區：石灰岩開採過程、水泥生產過程與廢棄礦區再利用。
- 13.互動遊戲區：各種岩石與溶液混合，產生氣泡的電腦互動遊戲。

(二) SCRATCH 互動遊戲設計

我們利用Scratch程式語言，將本研究成果，以互動遊戲形式呈現，並製成執行檔，可在無網路的環境下(安裝離線版)執行。此項產出的成果，可以提供未來大崗山地質館使用。

各館遊戲介紹	遊戲程式碼
<p>A. 泥岩館：(一樓) 遊戲名稱：1234泥岩的上頂力 遊戲方式：在google搜尋引擎輸入"scratch"→在scratch首頁搜尋欄輸入"泥岩"→選擇"1234泥岩的上頂力"進入遊戲 內容介紹： 貓貓和你意外被關在泥岩密室，這塊泥岩因吸水，正在膨脹中，而你和貓貓也即將撞到天花板被擠成肉醬，得必須趕快將足夠的岩石砲擊下來好壓住泥岩。 遊戲操作說明： 1. 填入密室的泥岩厚度 2. 用滑鼠瞄準 3. 按下空白鍵開砲</p> <div data-bbox="454 772 742 902" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"><p>YouTube上搜尋關鍵字 「1234泥岩的上頂力」 觀看遊戲介紹影片</p></div>	
<p>B. 生物及碎屑石灰岩館：(二樓) 遊戲名稱：1234生物及碎屑化石石灰岩 遊戲方式：在google搜尋引擎輸入"scratch"→在scratch首頁上方搜尋欄輸入"生物及碎屑"→選擇"1234生物及碎屑化石石灰岩"進入遊戲 內容介紹： 主要讓玩家了解碎屑化石層、珊瑚礁層與腕足動物之間的關係，遊戲首先讓玩家以碎屑化石的堆積行為來確認底層的狀態，再透過珊瑚礁與腕足動物的出現順序，來讓玩家了解大崗山地區上中下層的相互之間存在的意義。 遊戲操作說明 1. 按下畫面的綠旗 2. 開始遊戲</p> <div data-bbox="454 1332 742 1462" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"><p>YouTube上搜尋關鍵字 「1234生物及碎屑」 觀看遊戲介紹影片</p></div>	
<p>C. 石灰岩館：(三樓) 遊戲名稱：1234岩石上的泡泡 遊戲方式：在google搜尋引擎輸入"scratch"→在scratch首頁上方搜尋欄輸入"岩石上"→選擇"1234岩石上的泡泡"進入遊戲 內容介紹： 本遊戲提供酸性液體去滴在不同材質的物體上，讓玩家們猜測哪一種材質的物體會冒泡泡，更進一步的透過一些科學的檢測方法，去推測所冒的泡泡是氧氣還是二氧化碳？ 遊戲操作說明 1. 按下畫面的綠旗 2. 開始遊戲</p> <div data-bbox="454 1881 742 2011" style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center;"><p>YouTube上搜尋關鍵字 「1234岩石上的泡泡」 觀看遊戲介紹影片</p></div>	

伍、結論：

本研究有下列**創新**的研究成果：

- 1.發現**上段石灰岩層，受到從下段泥岩層往上頂的作用力，而造成放射狀裂隙。
- 2.證明**大崗山地區泥岩與石灰岩的過渡帶，存在腕足動物等生物化石及其碎屑石灰岩層。
- 3.自製**土壤力學實驗的壓密儀，測量出泥岩的膨脹上頂力，可應用於中小學的科學實驗。
- 4.規畫**未來大崗山地質館的藍圖，並將研究內容融合成Scratch互動遊戲。

一、在大崗山的地層組成方面，我們發現：

1. 大崗山的地層組成成分成三層：上段石灰岩、中段生物及碎屑石灰岩、下段泥岩。
2. 上段的石灰岩層厚度，分布並非均勻，愈往高處的地層，石灰岩層愈厚；泥岩層的回脹程度也不規則。
3. 中段生物及碎屑石灰岩，膠結不良疏鬆易碎，呈現白色點狀小片狀分布，由此推測：
 - (1). 泥岩上方不可能直接有珊瑚生長，需有其他原在此生長的生物，或海流搬運堆積來的生物碎屑，固化後形成一層略為堅硬的基岩，之後才有水母型珊瑚蟲，在此固著生長。
 - (2). 類似粗粒砂岩的石灰岩，由生物及其碎屑組成，膠結不良疏鬆狀態，推測為水分由此滲入下段泥岩，促成泥岩回脹所造成。

二、在上段石灰岩層方面，我們發現：

1. 在石灰岩裂隙方面

- (1). 石灰岩底部，受到從中央往上頂的作用力，而造成放射狀裂隙。
- (2). 這些放射狀裂隙應為大崗山下段泥岩滲水回脹，往上頂的應力所造成，之後再受雨水溶蝕作用而擴大。
- (3). 這些裂隙即為雨水下滲的通路，將下段的泥岩沖蝕形成許多小洞穴。

2. 在鐘乳石方面

- (1). 因石灰岩上面有茂密的植物生長，含有二氧化碳的雨水，就有機會沿著植物的根系與石灰岩的裂隙，滲入到下方的洞穴中，形成鐘乳石。鐘乳石的存在，也是泥岩滲水回脹使石灰岩產生裂隙的證據之一。
- (2). 這些裂隙的產生，除了板塊擠壓作用與雨水溶蝕作用外，還有一個主要的原因，是石灰岩層底部，巨厚的泥岩層吸水膨脹的上頂力，長期反覆作用下造成的。

三、在中段生物及碎屑石灰岩層方面，我們發現：

1. 有許多海相生物與腕足動物化石，可證明大崗山地區泥岩與珊瑚礁石灰岩的過渡帶，存在含化石之泥岩帶，可硬化成為珊瑚蟲著床的基岩，使得珊瑚可以順利向上生長，而形成珊瑚礁。
2. 泥岩上有碎屑化石段，輕微硬化使珊瑚蟲可以著床生長；腕足動物因為依靠其肉莖固定，無法抵抗海浪衝擊，因此腕足動物需生長在珊瑚礁的裂隙中。
3. 推測中段生物碎屑石灰岩層，古環境可供底棲固著性生物生長。

四、在下段泥岩層方面，我們發現：

1. 泥岩膨脹實驗方面：

- (1). 泥岩的膨脹作用，在前 100 分鐘非常緩慢，在 100~1000 分鐘膨脹量迅速上升，之後再緩慢上升，推測是水分滲入泥岩的速度變化，是由慢而快再變慢所產生。
- (2). 泥岩上方的荷重越輕，膨脹量越大，膨脹量收斂的時間越長，甚至經過 15 天，仍舊有些微的膨脹。我們利用自製的壓密儀器，推估泥岩柱試體吸水後的回脹力為 85.8 公斤重，回脹應力為 3.0 公斤重/平方公分。
- (3). 泥岩實驗前含水量 1.3%，實驗後含水量為 13.6%，顯示在浸水的條件下，水分可透過泥岩的片狀結構裂隙滲入；而當水份滲入泥岩顆粒間，泥岩的鍵結被破壞，因高壓被壓縮變形的泥岩顆粒，所儲存的可回復性應變能逐漸釋出，顆粒間之距離因此擴大，於是產生回脹及崩解。用數位顯微鏡，觀察實驗後泥岩碎片，發現有許多小裂隙與階梯狀片狀結構，這些都是水分滲入的通道。

2. 石灰岩斷裂實驗方面：

- (1). 破壞 8mm 厚石灰岩，所需之力量約為 4 公斤重，而 20mm 厚泥岩，回脹的力量約為 85.8 公斤重。單純考慮厚度比例，兩者相差達 8 倍之多。因此我們推論，泥岩吸水後回脹的上頂力，絕對可以造成上部石灰岩的斷裂。
- (2) 大崗山有兩處較大的石灰岩一線天裂隙，與無數的大小石灰岩裂隙，我們認為，主要原因是受到下段泥岩層，吸水回脹後造成的上頂力而產生；之後再受到雨水的溶蝕作用、板塊的構造作用、地震等因素，而逐漸形成今日的景觀。

五、我們將研究成果延伸思考，初步規畫了未來大崗山地質館的藍圖，並利用 Scratch 程式語言，將本研究的成果，以互動遊戲的形式呈現，並製成執行檔，可在無網路的環境下執行。此項產出的成果，可以提供未來大崗山地質館使用。
期待未來可以看到大崗山地質館的誕生！

陸、參考資料及其他

1. 大崗山，維基百科，民國111年2月1日，擷取自：
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E5%A4%A7%E5%B4%97%E5%B1%B1>。
2. 鍾廣吉，高雄地區的石灰岩洞與鐘乳石，地質期刊9卷2期，民國78年。
3. 大崗山的前世今生，TAKAU，民國111年2月1日，擷取自：
<https://badland-geopark.tw/home/projects/geology2/>
4. 大崗山石灰岩礦區岩層鑽探工程鑽探成果報告書，嘉新水泥股份有限公司，遠東鑽探工程股份有限公司，中華民國81年元月。
5. 李德河，泥岩剪力強度特性研究，國科會大型防災計畫研究報告，中華民國78年7月。
6. 倪勝火，單向度壓密實驗，土壤力學實驗手冊，國立成功大學，民國110年9月1日擷取自：http://www.civil.ncku.edu.tw/upload/cht/file/9_file_file_1.pdf
7. 張憲卿，旗山，五萬分之一圖幅第四十四號，台灣地質圖，經濟部中央地質調查所，中華民國97年7月。
8. 鍾廣吉，台灣的石灰岩，遠足文化出版，台灣地理百科96，2008年。
9. Hayasaka, I.,1946,On the Fossil and Recent Brachiopoda(腕足動物門) of Formosa ,Taiwan Ocean Inst. Bull. I ,P1-28(台灣海洋誌)
10. 鐘乳石，維基百科，民國111年2月1日，擷取自：
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E9%92%9F%E4%B9%B3%E7%9F%B3>
11. 石筍，維基百科，民國111年2月1日，擷取自：
<https://zh.wikipedia.org/wiki/%E7%9F%B3%E7%AD%8D>
12. 藍湖洞鐘乳石，維基百科，民國111年2月1日，擷取自：
<https://www.easyatm.com.tw/wiki/%E8%97%8D%E6%B9%96%E6%B4%9E>
13. 石柱，美國德州第一鐘乳石洞，小桃公主的美國實驗記錄，民國111年2月1日，擷取自：<http://twpeach.com/natural-bridge-caverns/>
14. 李德河，泥岩護坡工法研究，地工技術，第117期，2008年9月。
15. 李德河、紀雲曜、田坤國，泥岩之基本特性及泥岩邊坡之保護措施，地工技術雜誌第48期(第35-47頁)，民國83年12月。
16. 楊定良、黃隆茂，混凝土的抗彎強度及抗壓強度於剛性鋪面工程之使用要點。民國111年2月1日，擷取自：<http://www.arch.net.tw/modern/month/326/326-1.htm>
17. 張道光等，高性能混凝土應用於交通工程之研究－透水混凝土(3/3)，交通部運輸研究所，中華民國97年4月。

【評語】 080508

本研究從野外實察、到岩石力學實驗、再到岩芯觀察分析解析大崗山的地層，甚至從研究成果化為互動遊戲，乃至地質博物館的發想，足見本組學生研究的創意與熱情，是非常棒的鄉土研究成果。未來建議說明大崗山現地觀察到泥岩吸水的具體證據，或是進行泥岩層的含水量分析。

作品簡報



泥岩上的石灰岩~ 大崗山地質環境之探討

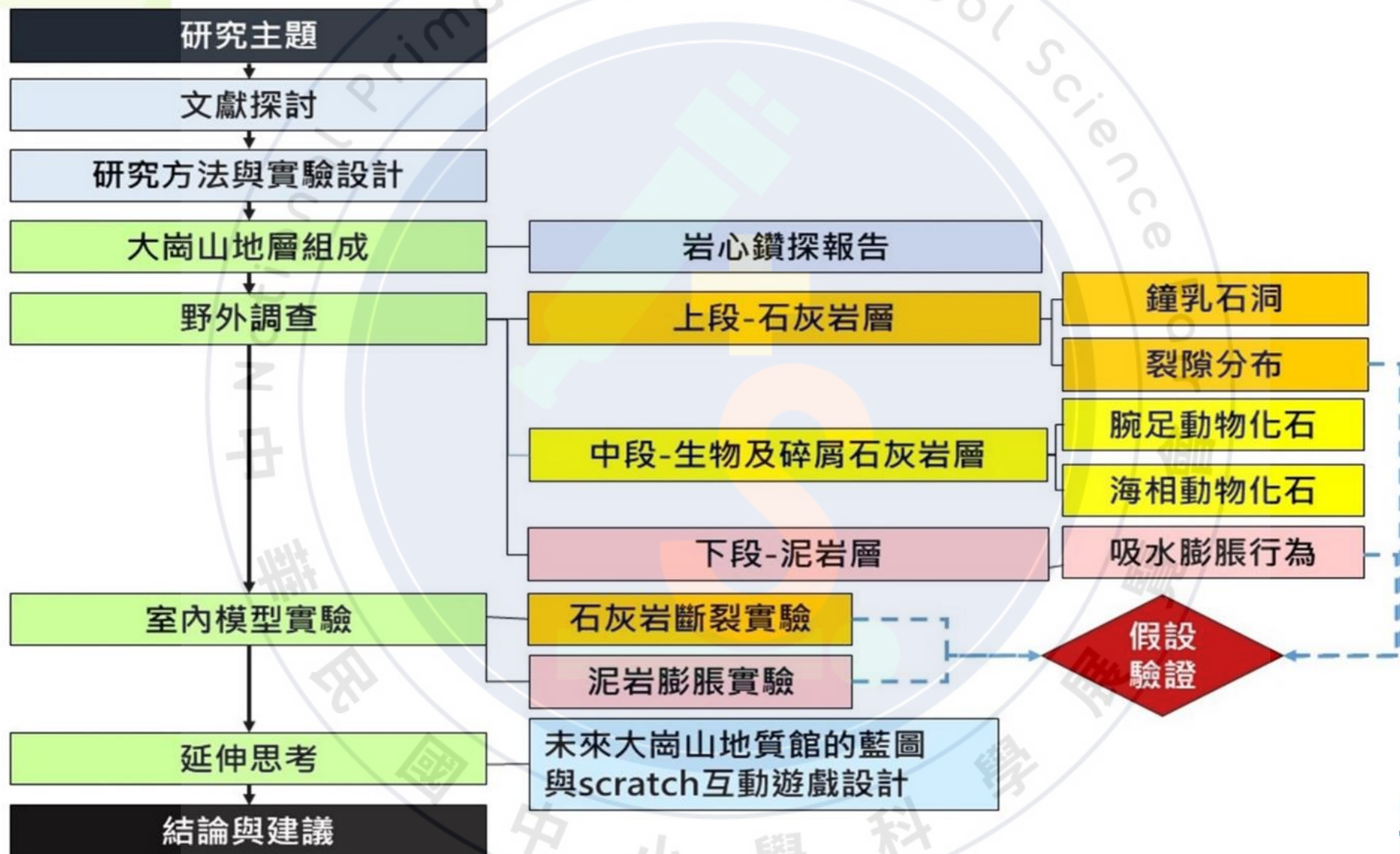
科別：地球科學科
組別：國小組

● 研究動機



大崗山一線天

● 研究流程圖



●本研究得到四項創新的成果：

1. **發現**上段石灰岩層，受到從下段泥岩層往上頂的作用力，而造成放射狀裂隙。



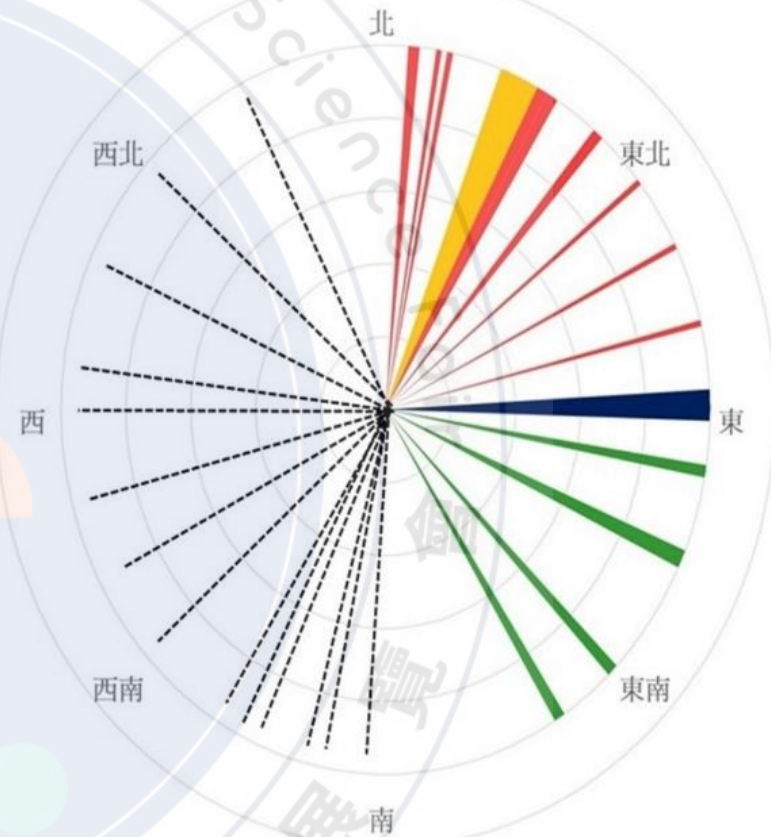
將表面的植物掃開呈現新鮮面



測量裂縫寬度



測量裂縫方位



裂隙分布呈現**放射狀**
我認為是因為石灰岩底部的泥岩
往上頂的作用力而造成的。

2. 證明大崗山地區泥岩與石灰岩的過渡帶，存在腕足動物等生物化石及其碎屑石灰岩層。

本研究發現：

1. 大崗山的地層組成分成三層：

2. 泥岩上方不可能直接有珊瑚生長
→ 需有其他原在此生長的生物或海流搬運堆積的生物碎屑，固化後形成堅硬的基岩，之後有水母型珊瑚蟲在此固著生長。

上段-石灰岩 →

中段-生物及碎屑石灰岩 →

下段-泥岩 →



我們將發現的海相生物與腕足動物化石做成圖板



由本研究可證明：大崗山地區泥岩與石灰岩的中間過渡帶，存在含化石的碎屑石灰岩層，可硬化成為珊瑚蟲著床的基岩。

3. 自製土壤力學實驗壓密儀， 測量出泥岩膨脹的上頂力， 可應用於中小學科學實驗。

自製壓密儀



壓密盒和上方的承壓頂蓋



壓密盒內部：壓密環(左)
泥岩上下兩側夾著濾紙和透水石



荷重框架
(掛重物)

鐵鋁架

千分儀

荷重框架

壓密盒

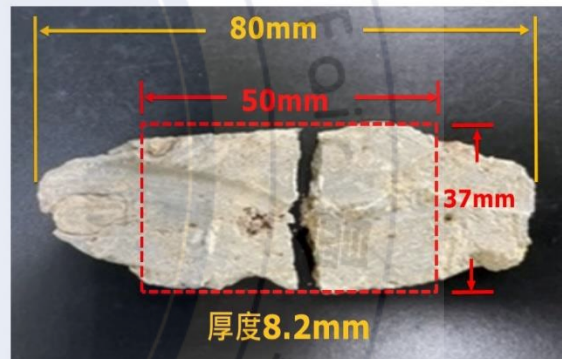
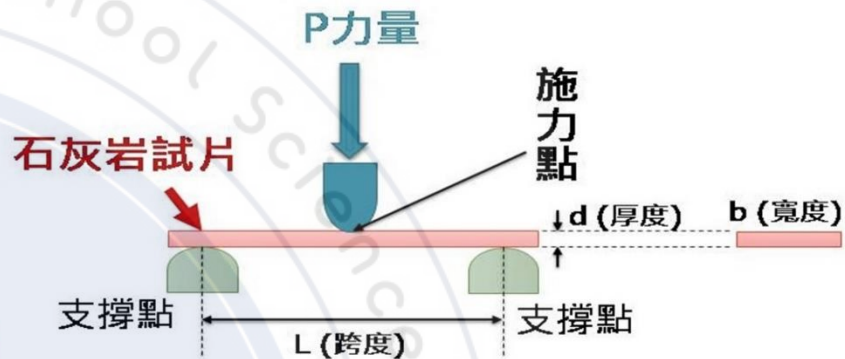
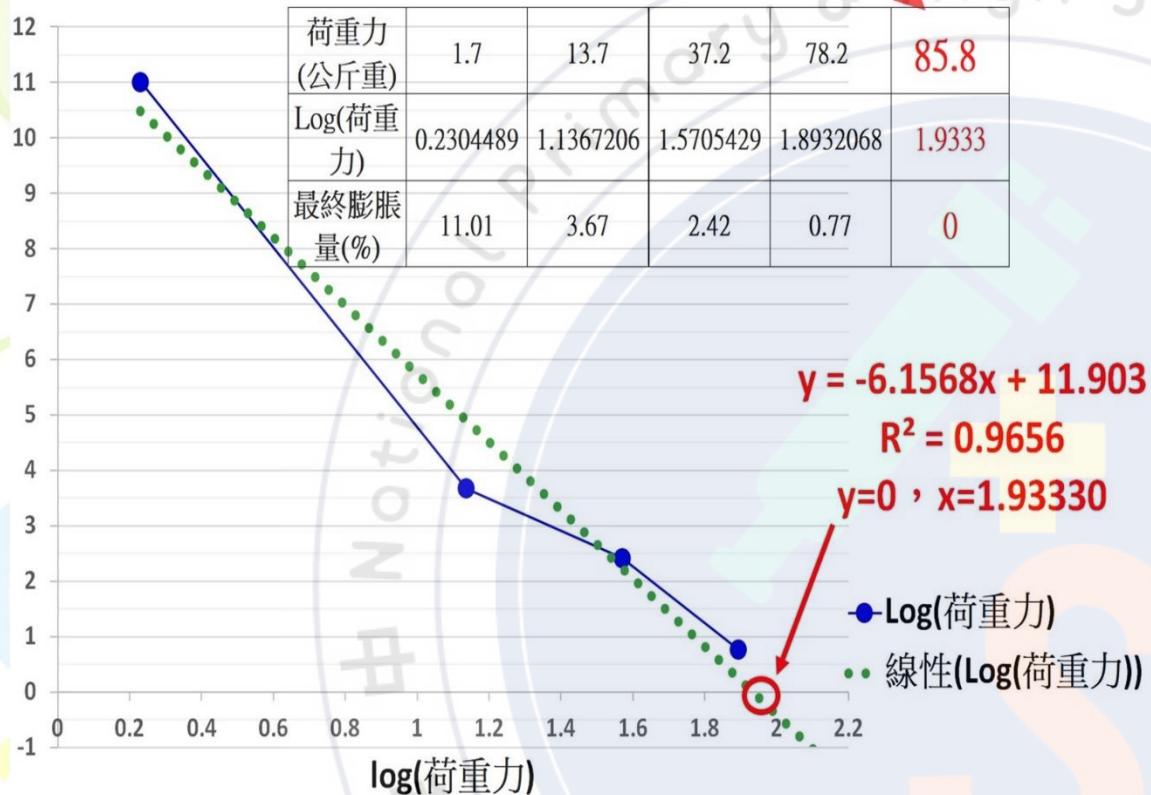
支撐鐵板

荷重物
(啞鈴)

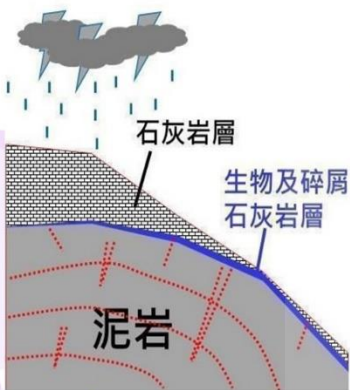


泥岩回脹力=85.8公斤重

A. 石灰岩斷裂實驗示意圖



石灰岩試片

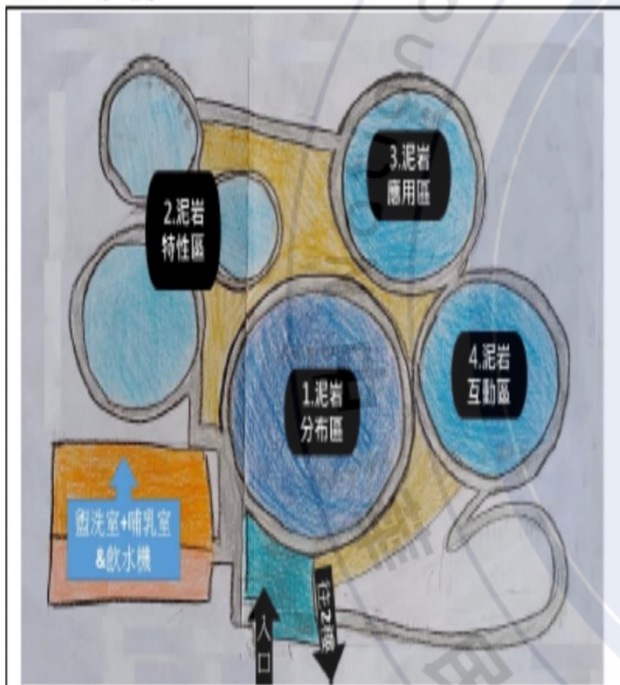


比較相同厚度的岩石切片，泥岩吸水回脹的力量，是破壞石灰岩力量的8倍，所以泥岩的回脹力絕對能夠頂破上方的石灰岩。

	力量(kgw)	厚度(mm)
破壞石灰岩所需的力	4	8
	50	100
泥岩吸水回脹力	85.8	20
	429	100

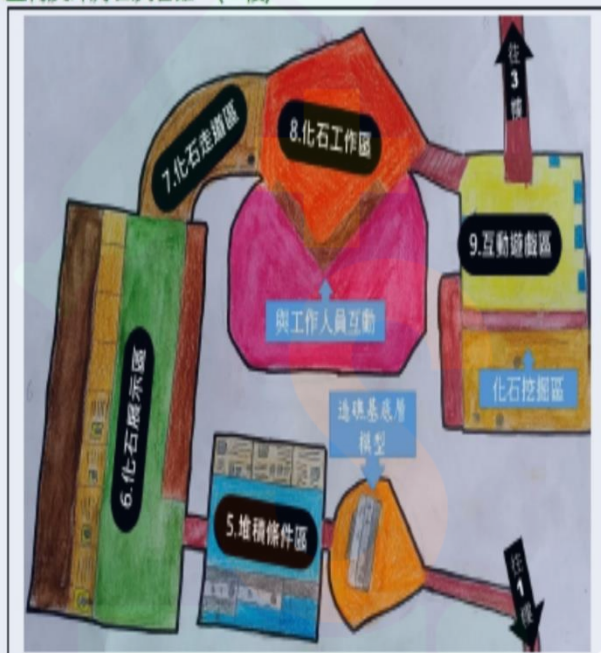
4-1. 我們模擬自然環境下的岩層分布，利用廢棄礦區規劃未來大崗山地質館各展館的配置，分別是：一樓泥岩館、二樓生物及碎屑石灰岩館、三樓石灰岩館。

A. 泥岩館：(一樓)



1. 泥岩分布區：台灣西南部泥岩分布、大崗山泥岩分布、泥岩的組成分布。
2. 泥岩特性區：吸水膨脹動畫、膨脹實驗器材、頂裂上層石灰岩模型。
3. 泥岩應用區：建築方面：水泥、電石、陶土、製磚、耐火材料等；
農業方面：土壤改良劑、植生果園、天然水塘、養殖等。
4. 互動遊戲區：泥岩上頂力互動體驗遊戲與互動遊戲。

B. 生物及碎屑石灰岩館：(二樓)



5. 堆積條件區：造礁的基底層模型-以生物及碎屑堆積而成。
6. 化石展示區：展示腕足動物生態復原圖與本區採集的化石標本。
7. 化石走道區：模擬化石出露現場，上方鋪設強化玻璃。
8. 化石工作區：化石採集、整理、復原的過程與設備，並可與工作人員互動。
9. 互動遊戲區：在化石挖掘區體驗如何挖掘化石，並透過QRcode，了解大崗山地層堆積的順序。

C. 石灰岩館：(三樓)



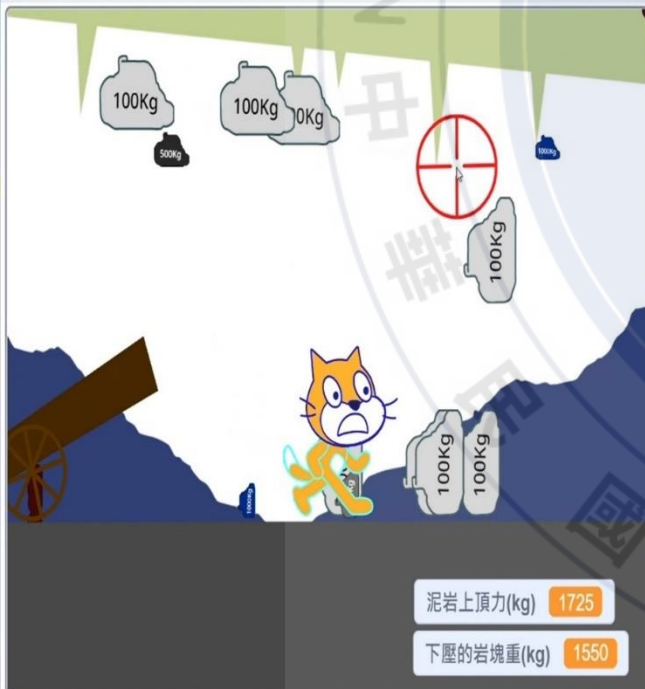
10. 石灰岩分類區：大崗山地區開採的石灰岩為生物石灰岩--珊瑚礁石灰岩、貝類石灰岩、混和生物石灰岩。
11. 群體珊瑚礁區：珊瑚的生長特性、珊瑚切片標本與構造、珊瑚礁底部硬質底的生物碎屑段、珊瑚礁生長環境模型與實體礦區採來的標本。
12. 石灰岩應用區：石灰岩開採過程、水泥生產過程與廢棄礦區再利用。
13. 互動遊戲區：各種岩石與溶液混合，產生氣泡的電腦互動遊戲。

4-2. 我們將在各岩層觀察到的地質現象，製作成Scratch互動遊戲，可在無網路環境下執行；使參觀者從遊戲中，學習到大崗山特殊的地質環境知識。

A. 泥岩館：(一樓)

遊戲名稱：**1234泥岩的上頂力**

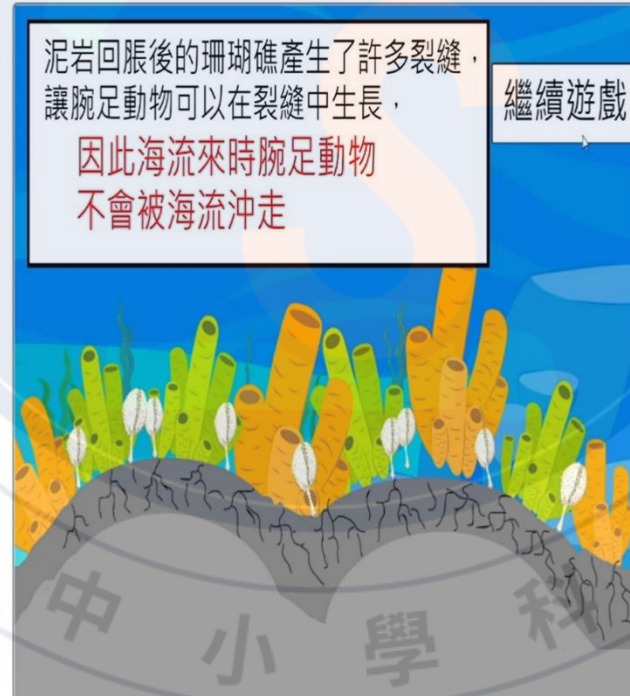
遊戲方式：google搜尋引擎輸入"scratch"→在scratch首頁搜尋欄輸入"泥岩"→選擇"1234泥岩的上頂力"進入遊戲



B. 生物及碎屑石灰岩館：(二樓)

遊戲名稱：**1234生物及碎屑化石石灰岩**

遊戲方式：google搜尋輸入"scratch"→在scratch首頁搜尋欄輸入"生物及碎屑"→選擇"1234生物及碎屑化石石灰岩"進入遊戲



C. 石灰岩館：(三樓)

遊戲名稱：**1234岩石上的泡泡**

遊戲方式：google搜尋輸入"scratch"→在scratch首頁搜尋欄輸入"岩石上"→選擇"1234岩石上的泡泡"進入遊戲

酸性溶液滴在石灰岩上會冒泡



SCRATCH遊戲內容說明：

1234 生物及碎屑化石石灰岩

遊戲目的：了解大崗山地層堆積的順序。

遊戲規則：

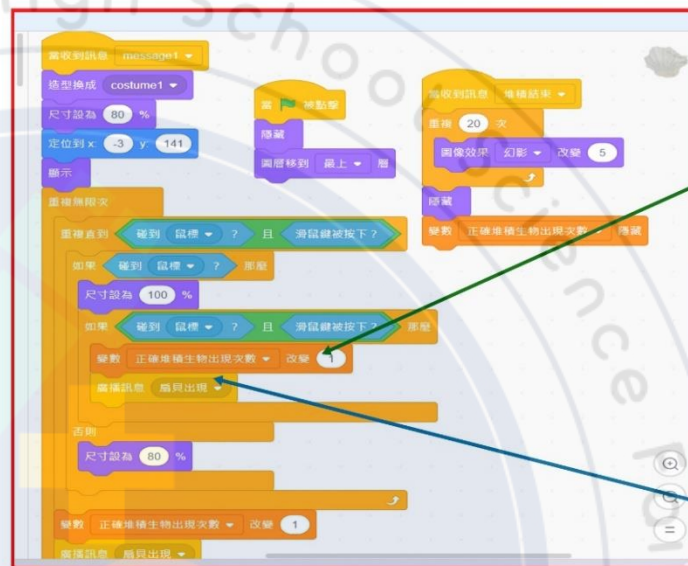
第一部分：在大崗山地區發現的
生物堆積在泥岩上

只要堆積 4種生物遺骸 即可將海底鋪滿 晉級到下一關

第二部分：只要成功的讓腕足動物生長
即可過關。

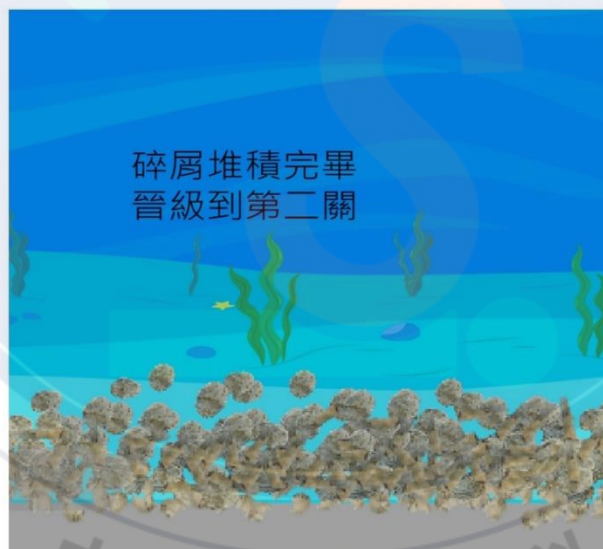
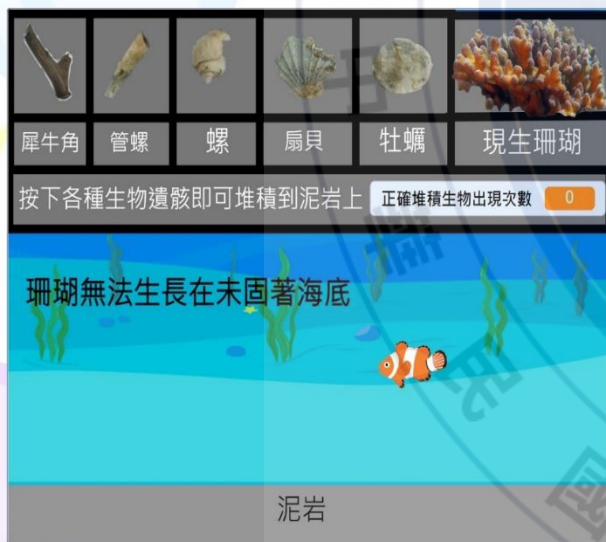
(本遊戲含有音效，記得開聲音)

開始遊戲



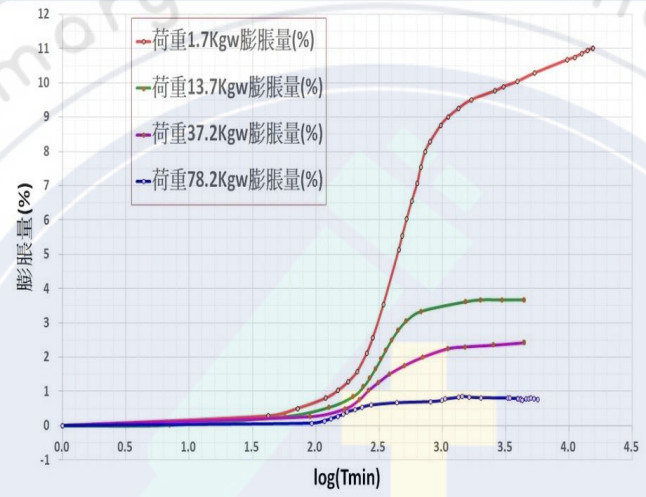
變數語法

廣播語法

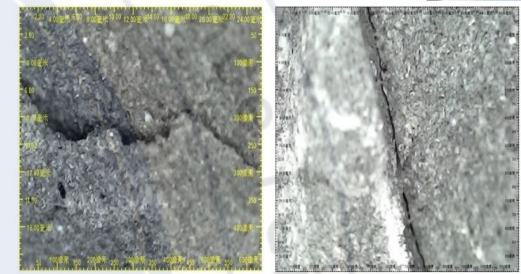


可惜今年不能現場解說，無法讓評審看到我們設計的精彩遊戲！

其他圖表：



實驗前無荷重泥岩塊裂縫



石灰岩剖面夾層砂岩

泥岩膨脹量變化圖

嘉新水泥股份有限公司
大崗山石灰石礦區岩層鑽探工程
鑽探成果報告書

嘉新水泥股份有限公司
自北宜文山區家仁廟七十九巷十三號
電話：(02) 931-3667
中華民國八十一年九月

泥岩之基本特性及泥岩邊坡之保護措施

李德河 紀雲輝 田神國
國家地球科學技術研究所

關鍵詞：泥岩、膨脹、沖蝕、邊坡保護工程。

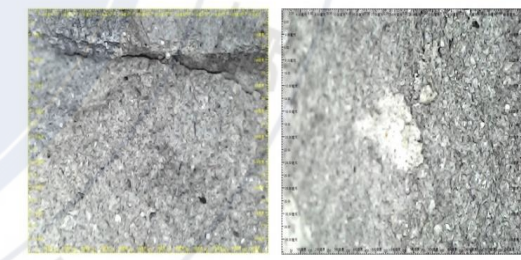
摘要
西南部泥岩埋藏量約一萬平方公里，巨厚的泥岩在鑽探中工程性質不穩定者，其特性是遇水崩解、膨脹化、沖蝕沖刷及強度隨著含水量增加而降低。由於泥岩的基本特性，造成泥岩中黃泥遷移沖蝕、崩解、泥流及沉陷等地质灾害的發生，亦使水庫壽命減少。現今泥岩邊坡保護工程技術不發達，並待其成效；研究中之保護工程為泥岩之膨脹力邊坡沖蝕保護工程尺寸等試驗，以其試驗結果評估邊坡工程之保護成效。以上藉由本文之敘述，提供工程設計參考。

混凝土的抗彎強度及抗壓強度於剛性鋪面工程之使用要點

泥火山

泥質泥

實驗後荷重78.2公斤
泥岩塊裂縫



嘉新水泥鑽探成果報告書與
泥岩回脹力準確度參考文獻

石灰岩破壞力實驗方法
與泥貫入體示意圖

實驗前後的泥岩塊新鮮面均可看到裂縫，無荷重組的裂縫略多，但是兩者差異不大。