

2014 第六屆原住民華碩科教、清華與華碩原住民雲端科展

作品說明書

作品類別：部落中的科學智慧與創意

作品名稱：石板屋中的科學



隊名：大社原鄉守護小組

作者：地夫拉安·非給樣

指導老師：吾棟·非給樣、王若帆、金天立

關鍵詞：疊石(mupu)、公石板(aciljai)、母石板(cilje)

壹、研究動機

在和 vuvu 們一起蓋石板屋以前，原本我認為石板屋不會很堅固，因為石板屋是由很多石板堆疊而成，在我的想像中，沒有用水泥的房子，應該會很脆弱，石板一片一片也很脆弱，怎麼能蓋成堅固的房子呢？

但是，在自己和 vuvu(爺爺)、kama(爸爸)一起蓋石板屋的時候，覺得石板屋是真的是太堅固了，大大出乎我的意料之外。所以我對石板屋一直很好奇，除了堅固，石板屋還可以通風、透光、排水，是很棒的建築，我希望能夠從科學的角度，更了解石板屋。

貳、研究目的

1. 認識疊石(mupu)的石材種類與形成原因
2. 認識疊石的石材特性
3. 認識疊石的科學原理

參、研究方法

1. 觀察部落長輩選擇石材與疊石的技術
2. 親自使用石板疊石，並且記錄疊法造成的效果
3. 跟隨部落長輩挑選石材，學習辨認石材差異，收集公、母石板
4. 進行實驗測試公、母石板之透水性與易碎性

肆、研究過程

第一階段：疊石的方法探討

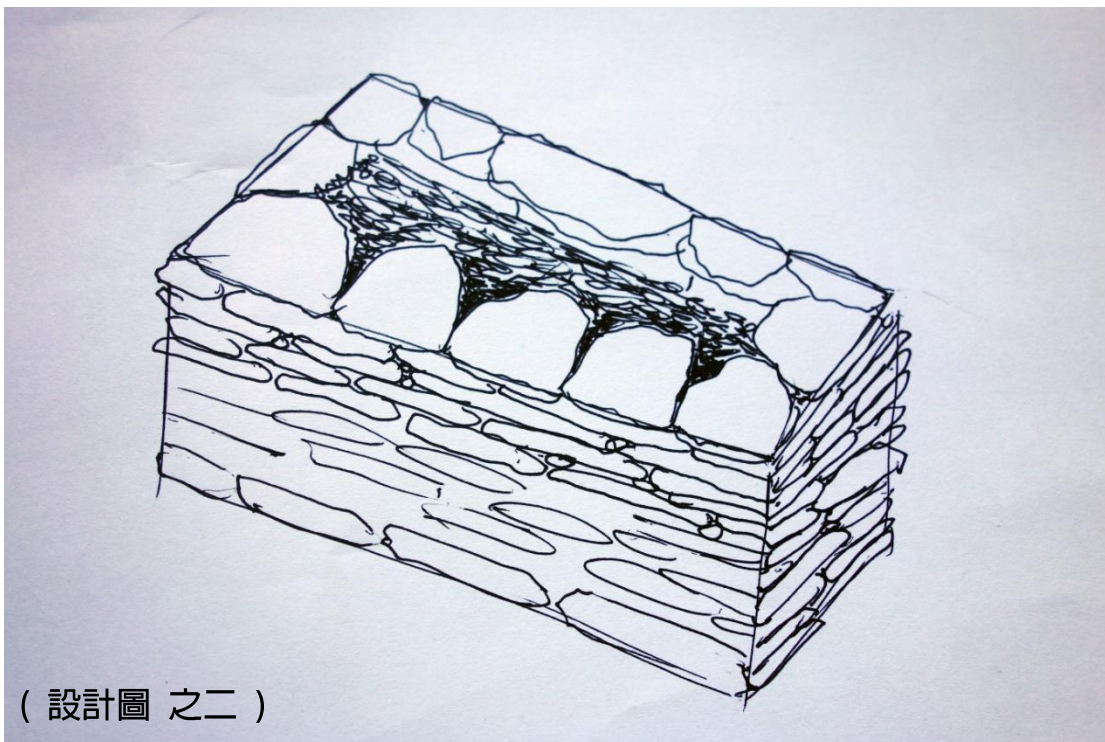
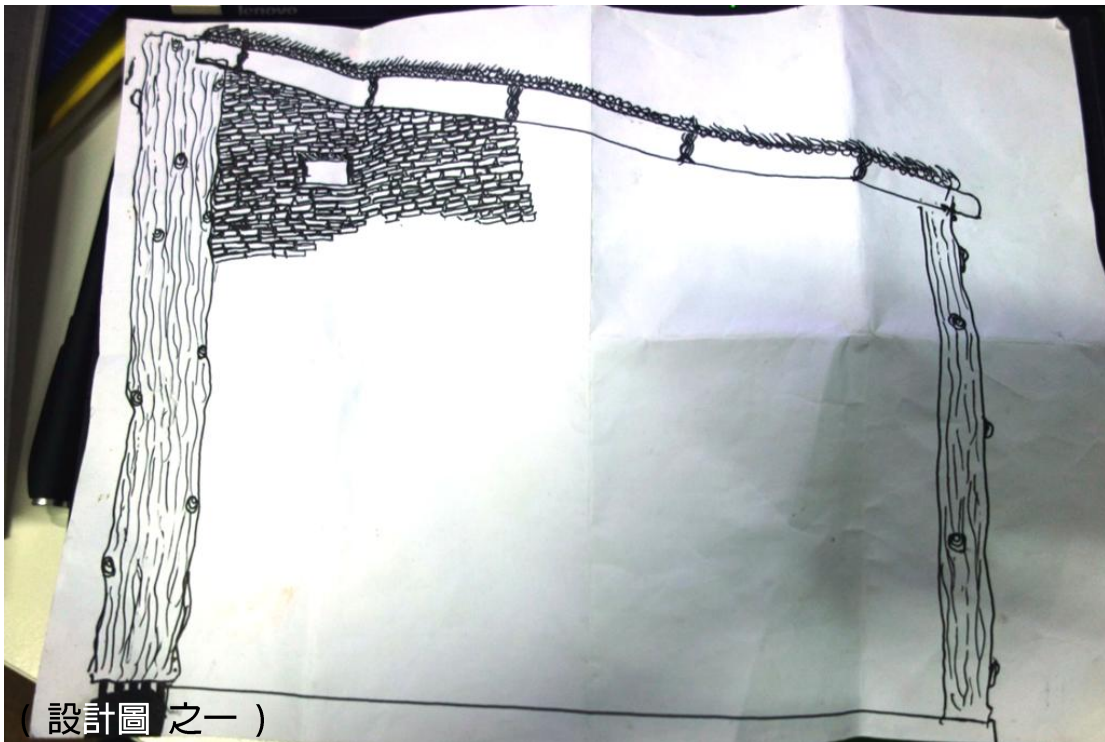
1. 觀察紀錄：協助長輩做農場的疊石，因我自己還不是有經驗的人，所以不能參與，所以先觀察長輩的疊法，試著先找出能把石頭疊的漂亮的原則。
2. 提出假說：透過繪製設計圖，提出自己認為可以讓疊石和石板屋穩固的原因是什麼。
3. 實驗驗證：運用自己前述所提的假說，嘗試疊出 1m 長、0.6m 高的石牆，並在操作過程中判斷自己原先的假說，是否有達到預期的效果(讓石牆穩固)
4. 訪問長輩：請部落長輩來看我疊的石牆並且給予評論，讓我知道我的想法和他們的經驗有什麼差別，會對石牆造成什麼影響。

觀察記錄：觀察長輩的疊法，並且試著找出疊石的作法



這是 kama 在農場疊的石牆，我注意到石牆可以每塊都不一樣大，不用非常工整，疊的方式也不用很規則，而且，大的石板會壓在小的石板上面，此外在石頭和石頭的縫隙中，kama 會塞進碎石，讓石牆可以更穩。

提出假說：繪製設計圖，提出讓石牆穩固的成因



我的設計概念為：首先，大小石頭要互相交錯疊，然後在空隙中塞進小石頭，增加平穩程度，石牆的中間要塞碎石，這樣才可以防止石牆因為沒有來自側向的支撐力而向內倒塌。如果是要蓋一棟完整的石板屋，還需要加上屋樑與柱子，不能全部都只用石板疊。

認識疊石的科學原理



上圖為我、山門谷安、拉麼參一起練習疊石板；中圖是山門谷安疊的成果，下圖是我疊的成果。

第二階段：石材的研究

1. 訪問長輩：訪問部落長輩排灣族選取石材的傳統，
2. 環境研究：認識大社地質並且推論石材成因
3. 實地觀察：實地調查兩處山壁上的岩石剝落處，取部分石材樣本回來進行進一步，並調查紀錄石材的外觀與材質。
4. 實驗證明：從 vuvu 強調石材差異的船中經驗中，構思設計兩組實驗「摔落實驗」、「浸水實驗」來觀察公、母石板的差別，並且印證部落的傳統知識

訪問長輩：訪問部落長輩排灣族選擇石材的傳統



kama 提到：石板有分公母，公石板叫 aciljai，母石板叫 cilje，是兩種不同用途的石板，因為長輩要教小孩子、讓小孩子有興趣學習，所以就將說是男生、女生，比較好記一點，所以才改叫公、母石板。

母石板比較白，公石板比較黑，母石板比較容易裂，但這不代表公石板不會裂，有些公石板也容易裂，要看它待的環境。因為石板待的地方不一樣，蓋石板屋時，石板是從很多地方運來的，可以看出來有些容易裂。有一件很重要的是：母石板只可以疊牆，不能疊屋頂，因為它會吸水。如果用母石板蓋屋頂，屋內很快就會滲水。

環境研究：認識大社的地質並推論石材成因



(上圖)觀察大社的岩層，由很多沉積狀條帶堆疊而成，證實大社的地質是沉積岩變質而成。且沉積帶若經過風化，會滲入石英，形成在石板上常見的石英條狀帶。

(下圖)大社變質作用的證據：因高壓變質作用產生的 pressure shadow，是變質作用中顏色較暗的核心。

實地觀察：去採集地觀察裸露岩壁和石板的構造



這是在大社村往達瓦蘭溪的路上，kama 採集母石板的地方。

kama 說：母石板 and 公石板的採集地最大的差別是：都是裸露在外，因此外面看到的幾乎都是母石板，公石板是在山裡面，要挖進去才能找到的。母石板吸水力很強，剖開的時候，剖面的觸感是潮濕的；公石板剖開，裡面是很乾燥的。此外，公石板密度比較大、比較堅固；母石板有比較多孔隙、比較脆弱。

實驗驗證：摔落實驗



我們從往達瓦蘭溪路上岩壁崩落處採集了母石板(不同兩處，編號 B,C)，還有河床採集的公石板(編號 A)，將他們編號並記錄重量。山門古安負責拍照，拉麼參負責秤重，我負責記錄重量。



為了驗證母石板是否比較容易破裂的說法，我們挑選兩組重量類似的公、母石板，從同樣的高度(1.3m)摔下，觀察並記錄公、母石板的摔下來後的碎裂程度。

實驗驗證：浸水實驗



接下來，為了驗證 kama 說「母石板比較會滲水、不能拿來當屋頂」的理論，我們把公、母石板浸泡到水裡面，一段時間後要剖開石板，檢視內部的潮濕程度。



我們設計兩組實驗：

左圖下方的紅色水桶為全浸組，三片石板全部浸到水中。

右圖為半浸組，三片石板只浸入 $1/3$ 的水，剩下 $3/2$ 露在空中。

全浸組和半浸組都是放入 1 塊公石板和 2 塊母石板，因為此實驗是要測量石板地材質，因此並沒有特別控制石板的重量。(半浸組因為母石板被水潑到，後來增加兩塊母石板)

我們在放入水中浸泡的 72 後，把這六塊石板拿出來並且剖開，觀察內部的潮濕程度。

伍、研究結果與討論

1、疊石牆之實驗結果



這是到完成日的結果，左為拉麼參、中為山門谷安、又為地夫拉安所疊。原本預計要疊 0.6m 高，但我們只疊了 0.4m，也就是 40 公分的高度。

◎疊石的策略

我和山門谷安、拉麼參一起疊石，可以看出來，我們三個選擇的疊石策略都不太一樣：山門谷安是把大小相近的石板對齊疊在一起，讓石板排列的方式很整齊，然後中間鋪上碎石和沙子；我是讓不規則的石板互相交疊，然後中間的空間不會只疊碎石，也會放上大石板；拉麼參一直認為自己疊的石板會晃不穩，所以一直拆掉重蓋。

◎碎石與摩擦力

在疊石板的過程中，當我疊到一個高度的時候，我發現石牆的下層會鬆動，不是很穩固。我想起來之前幫 kama 武棟疊石頭的時候，kama 會塞小石頭到石頭的縫隙裡面，這樣可以讓石板比較穩固、不會鬆動。所以接下來的石板，我使用新的方式疊：在打石板的時候，會有碎裂、形狀較醜的石板，不能來來疊，所以我們就拿來塞進石板的縫隙中，每疊 5 公分的高度，就在石板和石板的縫隙中，塞進比碎石還大的石頭。結果，新的疊法果然穩固很多，雖然下層沒辦法補救(因為我已經把下層塞滿碎石)，但上層開始我都有放碎石，後來感覺真的比較穩。這是因為石頭和石頭之間的接合點變多，摩擦力增加的緣故。

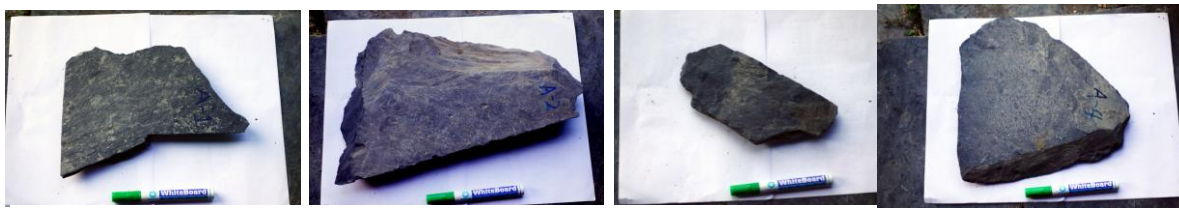
因此，打石板時邊緣的碎石也不能丟掉，他是增加石板屋摩擦力，讓石板屋更穩固的大功臣！在疊的過程中我發現，因為石板不是平的，所以部可能要求一整面都能貼合，拉麼參在一開始疊的時候犯了這個錯，想讓每面石頭都是很穩的接合在一起，這樣幾乎沒辦法疊高，因為石板本身就不是平整的。

我的研究發現是：每個石板至少要有三處接合點，這樣最穩，不需要一整面都貼合，但也不可以少於三個點，石板會容易搖晃。

◎地震對石牆的功能

在研究過程中，我原本認為下層沒有疊的很穩(用手搖還是會鬆動)，但沒有關係，只要上面繼續疊，上面的重量壓下來，下面就會變穩固了。可是 kama 吾棟說：不能如果下面不穩，就算上面的重量壓下來，石牆也會自己變穩固，那是除非遇到地震，有石板被震裂、碎了，碎裂的石板填進石板的縫隙間，增加石板間摩擦力，讓石板不要繼續滑動，才会有那樣的效果。

2、摔落測試之實驗結果



編號 A1

編號 A2

編號 A3

編號 A4



編號 B1

編號 B2

編號 B3



編號 C1

編號 C2

編號 C3

編號 C4



編號 C5

採集地	來源地描述
A	來自河床的公石板，已先由河床搬運至 Tjarupeljan
B	往河床方向的裸露岩層處，岩層裸露時間較短
C	靠近河床的裸露岩層處，岩層裸露時間較長

採集地	石板外觀描述
A	顏色較深，質地較細，節理明顯，如果裂開一定是橫向裂開
B	顏色較紅，質地粗糙，代表富有鐵質。
C	顏色較淺，質地較粗，節理比較混亂，可能是橫裂也可能縱裂

第一組：左為 A3 公石板(0.9kg) ，右為 C4 母石板(0.9kg)



外觀觀察：

	公石板	母石板
顏色	深黑色	淺色
質地	質地細緻	質地較粗
周邊剝落程度	周邊剝落程度低	周邊剝落程度高

從 1.3m 摔落後石板的樣子



明顯可見 C4 的碎裂程度遠大於 A3，C4 除了周圍強烈粉狀裂開之外，中間更是產生縱向裂紋，讓石板完全裂成兩大塊。A3 除了周邊有一點點粉狀裂開之外，沒有其他明顯裂紋。

第二組：左為 A2 公石板(3.1kg) ，右為 B2 母石板(3.2kg)



外觀觀察：

	公石板	母石板
顏色	深黑色	淺色、褐色
質地	質地細緻	質地較粗
周邊剝落程度	周邊剝落程度低	周邊剝落程度低

從 1.3m 摔落後石板的樣子



兩方外觀上都沒有明顯損壞，但當拿起來的時候，A2 公石板產生了些微的橫向裂紋，而 B2 母石板產生了些微的縱向裂紋。

我們認為，公母石板岩石外觀容易碎裂的程度，並不只和公母石板的形成原因有關，而是和風化程度的關係較大。

證據是第二組的 B 石板和第一組的 C 石板都是母石板，但採集 C 石板所在的岩層，風化時間比 B 石板的岩層更久(B 是剛開挖的岩層)，因此 C 石板明顯最為脆弱，而 B 石板的材質雖然同樣是母石板但並不易碎。

3. 浸水測試之結果

因為這天把泡水石板剖開的時候老師不在山上，沒有相機，所以只有文字記錄，我們將石板拿離開水，再將石板剖開後觀察到的樣子：

◎半浸組：

編號	屬性	重量	剖面潮濕程度
A4	公石板	2.1kg	只有下面 1/3 泡在水中的部分濕掉
B1	母石板	2.7kg	全濕
B2	母石板	3.6kg	全濕
C1	母石板	4.3kg	全濕
C5	母石板	0.8kg	全濕

◎全浸組：

編號	屬性	重量	剖面潮濕程度
A1	公石板	2.1kg	只有邊緣有濕，中間沒濕
B3	母石板	2.7kg	中間部分較邊緣濕
B3	母石板	3.6kg	全濕

從實驗中可以明顯看出來母石板的確比公石板容易濕，因此「母石板不能拿來當屋頂，會滲水」的傳統知識，在我們的實驗中得到印證。

為什麼母石板比較會吸水呢？我們推論，因母石板較容易產生縱裂，因此它應該是在溫度較高的環境中生成，變質程度較高，岩石顆粒較大，因此孔隙會比較多，再加上前述所提，母石板的風化程度較高，岩石質地較鬆脆，因此水分比較容易進去，因此石板比較容易滲水、造成潮濕。

相反的，公石板若要裂開一律是縱裂，因此應該是公石板的變質環境溫度比較低，變質程度較低，加上公石板是從山壁中挖出來的，風化程度低，因此水分也較不容易從外面滲進去。

陸、結論

(一) 疊石板研究

1. 疊石板時，在石板和石板的縫隙中，塞進比砂礫還大一點的碎石，可以用來增加摩擦力，讓石板屋更穩固。
2. 因為石板不是平的，所以疊石時不要求一整面都能平穩地貼合在一起，因此，每個石板至少要有三處接合點，這樣最穩，不需要一整面都貼合，但也不可以少於三個點，石板會容易搖晃。
3. 如果遇到地震，有石板被震裂、碎了，碎裂的石板填進石板的縫隙間，增加石板間摩擦力，讓石板不要繼續滑動，才會有那樣的效果。

(二) 公母石板研究

4. 母石板容易碎裂不一定是跟形成環境有關，而可能是和風化程度比較相關，因為都是母石板，風化程度越高的越易碎裂。
5. 母石板變質環境的溫度較高，是片岩(schist)，公石板變質環境的溫度較低，是板岩(slate)
6. 母石板形成時的受壓方向和公石板不同，公石板層理清楚，裂開時必定是橫向裂開；母石板層理較混亂，裂開時可能橫向裂開，也可能縱向裂開。

柒、參考資料

Structural Geology 3rd (Haakon Fossen, 2012)