

彰化縣 107 學年度國民中小學學生獨立研究作品徵選

作品說明書

作品編號：22020

組別： 國小組

國中組

數學類

自然與生活科技類

人文社會類

作品名稱：露營營釘工法安全研究

## 第一階段 研究訓練階段

### 一、近二年學校獨立研究課程之規劃

1. 本校主要由對指導學生研究有興趣的教師主動發起規劃，從國一開始於任教班級先介紹獨立研究、科展、科學創意競賽等活動內容，並由歷年參加的學長姊經驗分享，建立學生對此型態活動的憧憬。

2. 研究的過程是漫長且經常會遇到瓶頸的，因此會對學生先進行心理建設必須投入相當的時間及精力才有機會完成，甚至不一定會得到預期的結果，最後由學生主動組隊尋求協助與資源，如此才能找到對研究確實有興趣者，並以這些學生為班底逐步培養能力。

3. 創造前的第一步是模仿，首先研讀歷屆的作品是建立概念與研究框架的最佳方式，一般會先請小組研讀對題目有興趣的作品數份，了解研究方法與如何設計實驗，並共同討論與分析做法，以及如果是自己會如何研究。

4. 有框架後就是嘗試由錯誤中學習以及從需要中學習，從題目的尋找、實驗的設計、器材的自製、實驗的分析、報告的格式等，都沒有一定的規劃，只能因此路不通而不斷的檢討修正，或發覺研究中需要新的知識或技能立即去學。

5. 只要解決的問題夠多，研究就完成了。

### 二、學校如何提供該生獨立研究訓練

1. 學校行政支援部分：提供獨立研究競賽得獎作品供其取經，學校網站上闢有科展、網博、獨立研究、科學競賽等學校歷屆作品與簡章，提供研究資訊、提供研究經費補助的申請。

2. 設備組規畫實施多場的獨立研究、科展、資訊系列研習，讓指導老師與學生可將研習所習得的方法與新的軟硬體，套用在獨立研究。

3. 由有經驗的老師主導，以小組形式定期與專題性的討論，營造學生嚴謹的研究態度及研究方向的引導。

4. 硬體方面，學生無論是週六、日或暑假期間，均全面開放電腦教室、理化與生物實驗教室，供學生使用，並有老師陪同現場指導。

5. 針對該生報告內容，討論、修改，完成報告。

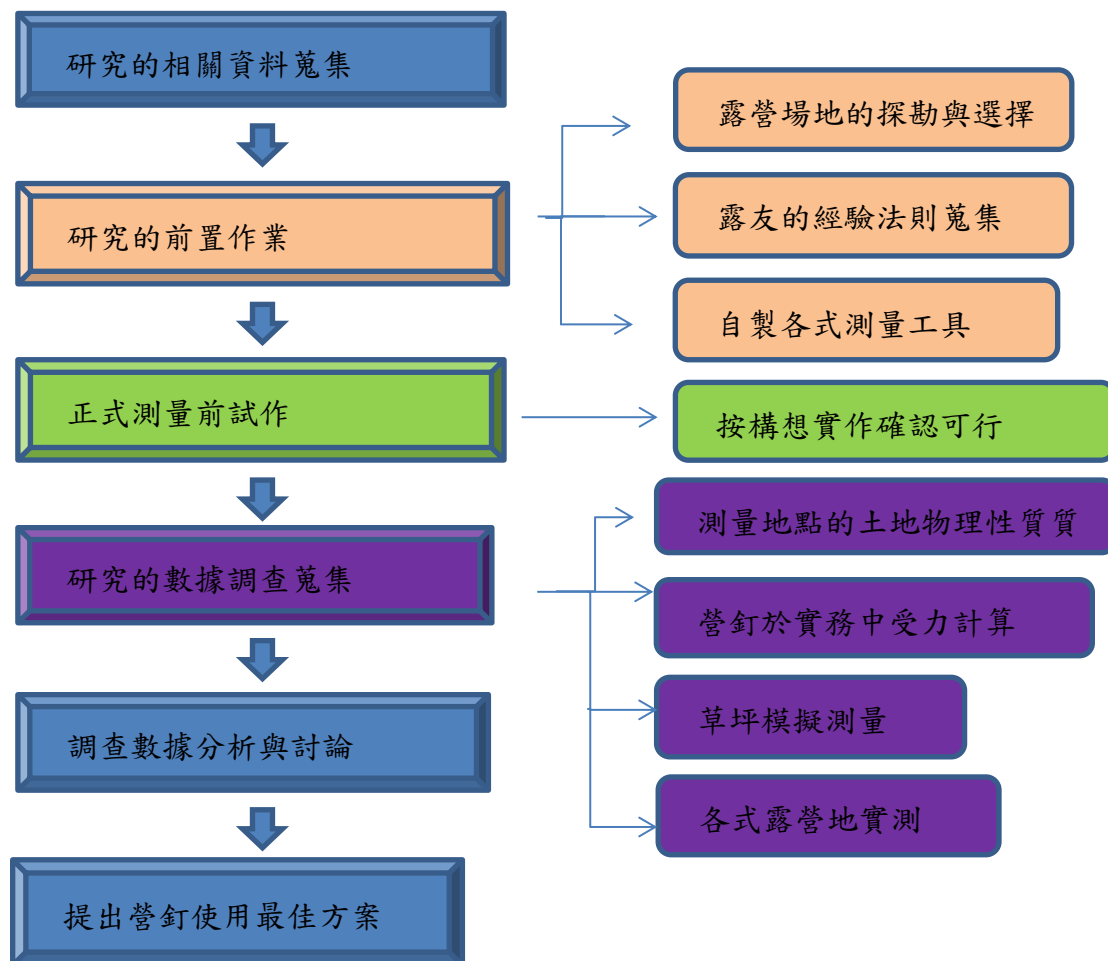
## 第二階段 獨立研究階段

### 一、研究動機

班上同學有許多家庭常去露營，同學間不少還是好幾露的露友，原本獨立研究找題目時就預定從露營這個主題去發掘、蒐集資料，剛好後來又看到驚悚的新聞標題「拔營颳怪風，28公分露營釘插進左臉」，在查詢資料後發現對於露營營釘的使用都是經驗法則的資料與建議，並沒有完整的實驗與測量來佐證，甚至還查到一份研究報告的結論與我們露營時的營釘使用經驗是矛盾的，因此我們想利用科學的方法，配合實際的露營器具與習慣，提出具體且最佳的營釘使用方式，推廣以改善露營時的安全性。

### 二、擬定正式計畫、研究問題及工作表

#### (一)研究計畫



## (二)、擬定初步研究問題

1. 找出營釘與營繩的最佳夾角
2. 找出營釘入土固定的最適合角度
3. 討論營釘沒入深度對固定能力的影響
4. 討論各式露營地地質對營釘固定能力的關係
5. 討論各式營釘形狀對固定能力的關係
6. 討論營釘粗細對固定能力的關係
7. 討論水分、砂地、強風等對營釘固定能力的影響
8. 提出營釘使用的具體建議

## (三)工作表

預定工作	完成時間	備註
確定研究目標	2017/11/3	
初步文獻與資料蒐集	2017/12/4	露營網與童軍書
研究框架與方向確認	2017/12/12	
資料與文獻再蒐集	2017/12/30	針對如何數據化
初步研究實驗設計	2018/1/5	
蒐集材料與製作工具	2018/1/21	(寒假前)
實驗試做	2018/1/23	確認可行性
露營地團露	2018/2/17	小組成員露營
土密度相關測量	2018/2/24	
營釘角度相關測量	2018/2/25	
營釘樣式相關測量	2018/2/28	
露營情境相關測量	2018/3/2	
研究數據整理分析	2018/3/2~4/15	
書面資料	2018/9/15~11/14	

### 三、彙整相關文獻與研究

#### (一)、營釘使用原則相關資料

表 1-1 露營書籍對營釘使用建議

書名(出版社)	年分	頁數	敘述	角度
童軍露營活動設計與實施	1997	159	營釘應與地面呈 45 度角	45°
自己辦露營(戶外生活圖書)	1993	58	營釘插入地面的角度,最好是背營帳與地面傾斜 45 度,太斜或太直都無法防大風吹襲。	45°
露營,原來這麼簡單!	2014	50	營釘在下釘時,記得與營帳反方向採約40~60度角敲入地面	40° ~ 60°
國民中學童軍教育學生手冊(水牛)	1997	52	以 45°釘入。	45°

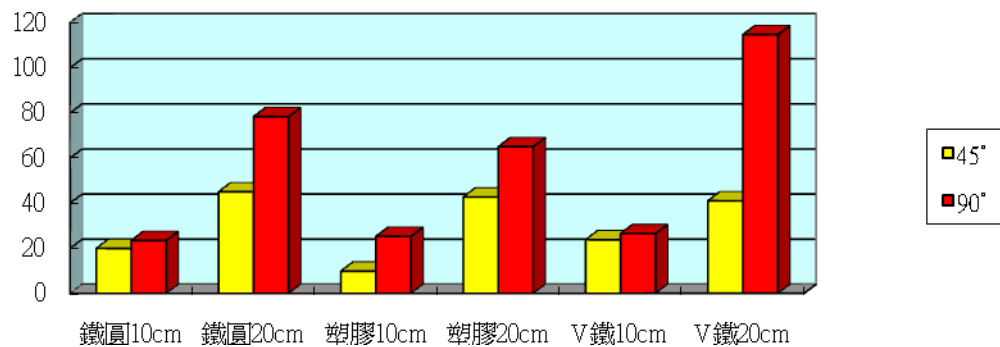
表 1-2 網頁資料對營釘使用建議

網站	擷取時間	敘述	角度
朱雀的鳥窩 (RV Camp Blog)	2017/11/15	營繩與地面皆呈 45度。但是在搭帳實務上為了配合地形,常常會讓營釘更靠近營柱或帳布,這時營繩與地面的角度就遠大於 45 度了,甚至達 60 度至 75 度	45°
露營樂	2017/11/17	地面角度呈60~90度角鑽入營釘是最理想的,以這個角度為基礎越深越扎實,露出營頭2~3公分即可。相反來說,營繩跟營釘的角度如果超過90度以上的話,營釘就會傾向帳篷或天幕方向,會導致營釘很容易鬆離、不穩固。	60° ~ 90°
野外營	2017/11/17	營釘插入角度45~60度。(適當地情況作調整)	45° ~ 60°

#### (二)、師大研究報告對營釘使用建議

我們在台灣師範大學公民教育與活動領導學系研究所發表的「營釘打入地面角度與強度關係之研究」此份研究資料中,找到了實際量化

的科學研究數據，但是很令人意外的是此份報告的結論與傳統露營書刊與露營資深玩家的經驗法則皆不同，主要研究數據如下圖。



以上數據不難看出所得結論是認為「同樣的泥土中，不管何種形式之營釘或打入深度如何，營釘打入地面與地面呈 90° 時承受的拉力較 45° 強！」

### (三)、資料中矛盾待釐清問題

1. 比較露友經驗經驗與科學實驗的結論，最大差異是「營釘釘入地面的夾角為多少時達到最大的抗力？」，兩個觀點幾乎是相反的結論，因此我們打算更深入並考量實務的細節，以科學量化方式進行研究。

2. 研讀師大研究報告，發覺其中有關土地的物理條件並不完整，例土壤水份、緊密程度(土壓力)、單位體積土壤重等等，因此我們研究時必須儘量控制變因。

3. 實際露營地條件不一，能紮營的空間也有限，同時下雨造成土地性質的改變皆是要考慮的狀況，因此我們也想模擬這些條件的變化找出因應方法。

4. 以經驗法則與研究報告中最大爭議為以下何者釘營釘較為穩固？



營釘 45 度角入土



營釘 90 度角入土

#### 四、研究過程與數據分析

##### (一)、研究設備

營釘長短組	營釘粗細組	營釘形狀組	營繩、固定片
			
帳棚組	自製拉力測量架 a	自製拉力測量架 b	各露營地
			
磅秤	土密度測量組	調整負重水桶	各模擬受測地
			
負重器具	防營釘安全帽	雙定滑輪架	單定滑輪架
			

##### (二) 實驗設計與結果分析

###### 甲實驗組：受測土地的土壓力與土密度實驗設計

經數次的實驗試作，我們發覺土質的鬆緊影響受力很大，因此我們如要精準地找出營釘的最大受力必須要把土地的緊密度量化，查詢到土壤力學中的土壓力概念符合需要，因此以「建築物基礎構造設計規範」中擋土牆所受側向土壓力公式為量化的依據，進行實驗1-1；

為驗證土壓力對營釘最大靜摩擦力的影響設計了實驗1-2。

### (1)實驗1-1：土壓力調查實驗方式

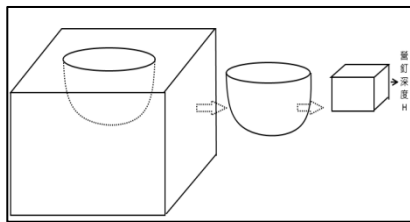
根據查詢資料，作用在h深度處之單位面積靜止土壓力 $S_0$ ，可依甲式計算，其合力 $P_0$ 可依乙式計算。

$$S_0 = K_0 \times D \times h \dots\dots\dots \text{甲式}$$

$$P = 1 / 2 \times K_0 \times D \times H^2 \dots\dots\dots \text{乙式}$$

$S_0$  =單位面積靜止土壓力( $g_w/cm^2$ )  $P$ =靜止土壓力合力( $g_w/cm$ )  
 $K_0$  =靜止土壓力係數  $h$  =距地面之深度( $cm$ )  
 $H$  =營釘總深度( $cm$ )  $D$  = 土壤單位重 ( $g_w / cm^3$ )

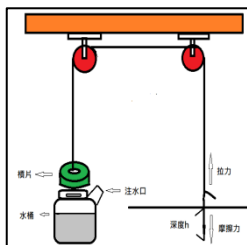
因此我們後續實驗時，皆會配合營釘深度測量土地密度 $D$ 與土壓力合力 $P$ ，先以鏟子挖出大於受測體積的土塊，接著用刀子切割成測量大小的方塊，量出此土塊的體積與重量，求出 $D$ 值，如下圖所示。



### (2)實驗1-2：土壓力與營釘摩擦力關係實驗

我們預定測量營釘垂直地面時，向上拔釘瞬間承受的拉力，此時營釘應單純只受磨擦力影響，我們選擇在土質平均，土密度十分接近的區塊實驗，將大黑釘釘入不同深度，並且以自製的拉力測量架測量拉動瞬間的負重，每組皆隨機取3個受測區的點測量取平均值。

#### a. 實驗原理圖與製作過程



設計原理圖



組裝滑輪架



加水改變負重



測量拉力



## b. 實驗結果：

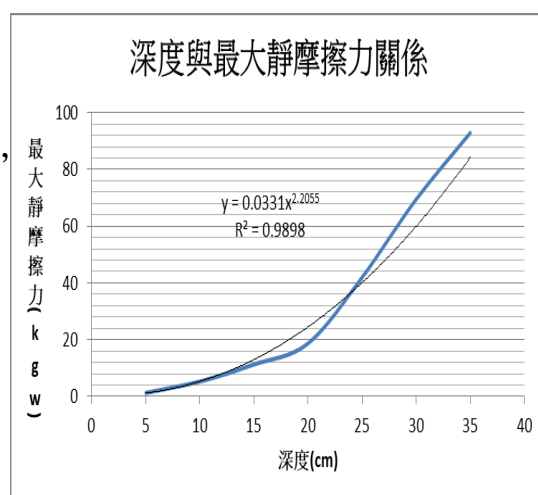
表1、深度與拉動時重量（大黑釘規格：直徑1.2cm，總長度62cm）

深度(cm)	5	10	15	20	25	30	35	40
負重(kgw)	1.3	5.3	11.3	18.7	42	69.5	92.9	fail

## c. 結果分析與討論：

圖1、深度與拉動時重量關係圖

因摩擦力與正向力成正比，且按靜止土壓力公式乙，原本推測最大靜摩擦力應是與深度的平方成正比，但按表1與圖1明顯於超過20cm時負重的增加程度變大，且迴歸分析顯示為深度的2.2次方表示摩擦力受深度影響更明顯，故除了土壓力外，應當尚有其他因素。

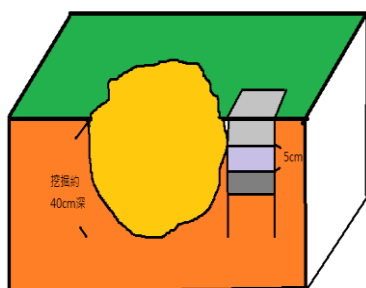


## (3)實驗1-3：不同深度的土密度調查實驗

### a. 實驗流程

由於在釘入營釘時明顯感覺到，釘越深要越費力，同時在實驗1-2時也發覺在約10cm內的摩擦力變化遠小於較深時，所以猜測是因表層與深層土密度不同所造成，因此增加此項實驗，與實驗1-1方式相同，但挖掘出40cm深的大洞，每5cm厚為一層，各取出約200cm<sup>3</sup>~500 cm<sup>3</sup>的土塊進行測量單位體積土塊重量D(gw/cm<sup>3</sup>)，本研究皆以D值簡稱。

### b. 實驗裝置與原理圖



圖、土壤分層取樣



圖、挖坑照

### c. 實驗結果：

表2、不同深度的單位土壤重量

深度cm	0~5	5~10	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40
D值gw/cm <sup>3</sup>	1.3	1.6	1.7	1.7	1.6	1.6	1.7	1.8

### d. 結果分析與討論：

按表2的結果，明顯受測的土壤密度頗為均勻，除了表層(0~5cm)層外，其餘深度平均都在1.65gw/cm<sup>3</sup>左右，此結果可解釋當營釘沒入5cm時所得負重比預期低的原因，是因為5~40cm深的 D值幾乎一樣，則表示在實驗1-2時，深度較深時摩擦力增加量偏大不是因為單位土壤重量的影響。

故要合理解釋表1，我們推測原理如右圖所示，深度越深除土壓力增大外，接觸面積也增加，按正向力=壓力×面積，且摩擦力又與正向力呈正比故符合公式乙摩擦力應當與深度H<sup>2</sup>呈正比，而實驗得到的H<sup>2.2</sup>，我們只能猜測是紅色區域的砂石被擠壓使D值比同深度更高，造成更大的壓力，此點有待證明。

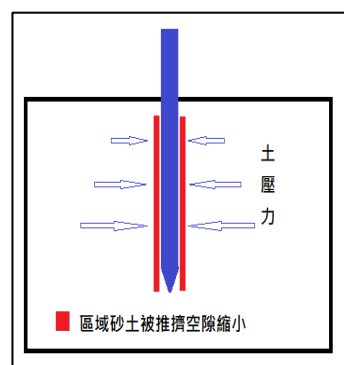


圖2

### 乙實驗組：找出營釘、營繩、地面的最佳夾角

根據前面實驗，我們對於受測土地的力學性質有一定了解與推測，並有依據可以量化後，我們選擇同學家後院草坪進行測量營釘、營繩、地面的夾角與拉動瞬間力量的關係實驗，因以實驗1-1、1-2測量草坪20cm深的單位土壤重D，除去造景岩石旁的地點，D值約1.6~1.7 gw/cm<sup>3</sup>之間，可將地面條件視為控制變因，並進行下列實驗。

#### (1)實驗2-1：營釘、營繩、地面夾角實驗

##### a. 實驗流程

由於正常露營活動中營繩與地面夾角S，因空間有限不太可能低於45°，同時營釘沒入地面角度R亦不會與營繩順向，因此配合生活我們選擇以S=45°、60°、75°、90° 四個，分別進行R=30°、45°、60°、75°、90°、105°等6個實驗，總計24組，以拉力測量架測量拉動瞬間

的重量，各取兩次隨機地點求平均值。

同時控制變因也包括：營繩拉力在營釘上的施力點，位置高低會影響拉力對營釘的力矩大小，因此我們在後續各項測量都會以熱熔膠讓營繩方便固定在相同位置，營釘沒入長度則固定以20cm(較符合生活經驗)。

### b. 實驗裝置與原理圖

圖3中營繩與地面夾角S，營釘沒入地面角度R，後文為描述方便都以「角R」與「角S」簡稱。

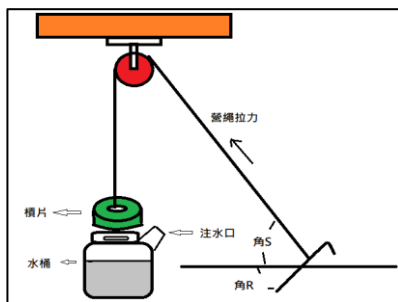


圖3、拉力與角度實驗



圖4、裝置圖

### c. 實驗結果：

表3、營繩、地面、營釘在不同較角度時的負重(kgw)

S角 \ R角	45°	60°	75°	90°	營釘被拉動的狀況不同 分成：  <div style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: red; margin-right: 5px;"></div> 上方掀起破壞 拔出  <div style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: green; margin-right: 5px;"></div> 土塊鬆動營釘 被拔出  <div style="display: inline-block; width: 20px; height: 10px; background-color: blue; margin-right: 5px;"></div> 直接拔出
30°組	19.3	12.2	17.3	14.7	
45°組	42.6	47.0	52.5	40.9	
60°組	63.3	89.2	66.6	42.9	
75°組	83.5	71.4	37.7	26.5	
90°組	72.5	48.8	25.0	16.7	
105°組	19.4	16.1	9.5	29.1	

### d. 結果分析與討論：

#### 1. R角=30°組別的結果分析：

首先是從S角=45°~90°的整體負重都不到20kgw，明顯偏低只略高於R=105°的順向組別，且觀察營釘被拔起時都是掀起破壞上方土塊，因

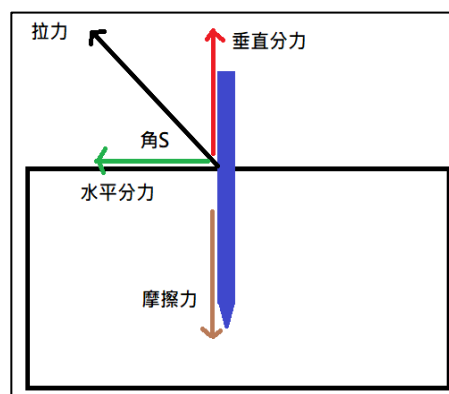
此並非是摩擦力不足的因素，我們推測原因是入土角度小，深度只有 $R=90^\circ$ 時的 $1/2$ ，因此D值與上方土塊正向力皆小，D值小表示土塊較不緊密易被破壞，正向力小表示易被營釘掀起，故不推薦營釘以 $30^\circ$ 插入土中。

## 2. R角= $45^\circ$ 組別的結果分析：

R角= $45^\circ$ ，S角= $45^\circ$ 是文獻與露友最常用的方式，但實測發現其負重能力在各組中並不突出，只有R角= $90^\circ$ ，S角= $45^\circ$ 組約60%負重能力，推測雖然此時營繩與營釘呈 $90^\circ$ 雖對營釘方向的分力=0，但此時拉力的力矩會達最大，因此營釘都是把土塊破壞或掀起後拔出，故此狀況也非摩擦力的影響，而是上方土塊的條件決定負重。但是此組別特殊點為S角= $45^\circ\sim 90^\circ$ 的整體負重都有40kgw以上，表示R角= $45^\circ$ 釘入營釘時，營繩的角度適合範圍較大，較不受露營地空間影響。

## 3. R角= $90^\circ$ 組別的結果分析：

R角= $90^\circ$ ，S角= $45^\circ$ 此項數據驗與「營釘打入地面角度與強度關係之研究」的此份研究的結論是相同的，推翻了一般露營的習慣與認知，討論其原因我們則以右圖3-14解釋，拉力的水平分力提供了原本靜止土壓力外的正向力使摩擦力大增，同時因拉力與營釘夾角非垂直



故產生力矩較小不易轉動營釘。但我們研究數值顯示如改變營繩角度，當S角 $>60^\circ$ 時營釘的負重能力快速降低，因此要垂直地面釘營釘只適合大場地，有足夠空間讓營繩角度至少低於 $60^\circ$ ，原因推測是當S角越大，除抽出營釘的垂直分力越大外，水平分力的變小也降低了摩擦力，雙重影響下負重快速下降。

## 4. R角= $60^\circ$ 、 $75^\circ$ 組別的結果分析：

整合表3與前面的分析，以可得知營釘固定能力取決於拉力對營釘的力矩、拉力使土壤增加的摩擦力、土壤的受力方向等多重因素，因此負重最大出現在R= $60^\circ$ ，S= $60^\circ$ 與R= $75^\circ$ ，S= $45^\circ$ 兩組，夾角和皆為

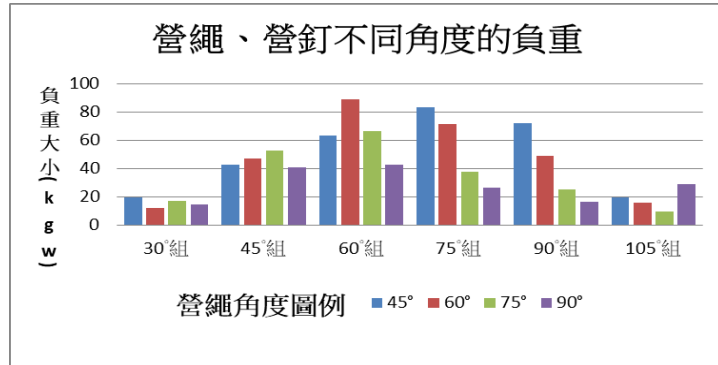
120°，應當是拉力對土壤的分力增加了摩擦力，同時在順著營釘方向的分力又不足以拉動營釘的最適角度。

5. R角=105°組別的結果分析：

代表順向插釘時負重力最小，且營釘皆是直接抽出易造成危險。

6. 實驗結果柱狀圖：

圖5、營釘、營繩、地面夾角實驗結果



### 丙實驗組：營釘樣式對固定能力的影響

因前幾項實驗我們對影響營釘固定能力的因素已有合理的推測，因此在討論營釘樣式的影響時我們將取特定角度進行測量，並逐一驗證我們的想法。

#### (1) 實驗3-1：營釘粗細影響實驗

a. 實驗流程：

我們取直徑大小不同的四根圓形營釘，分別釘入相同長度20cm，以實驗2-1相同的步驟與器材測量，但只取a組：R=90°、S=90°，b組：R=45°、S=45°，c組：R=90°、S=45°等三組角度實驗，考量因素如原理圖所示。(營繩與地面夾角S，營釘沒入地面角度R)

b. 實驗原理圖：

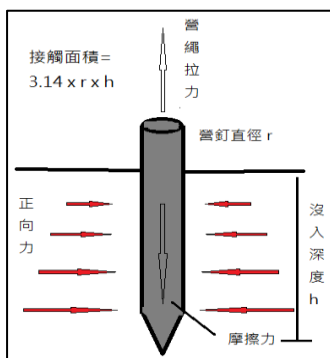


圖6 a組實驗原理

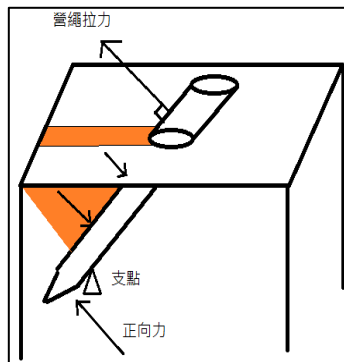


圖7 b組實驗原理

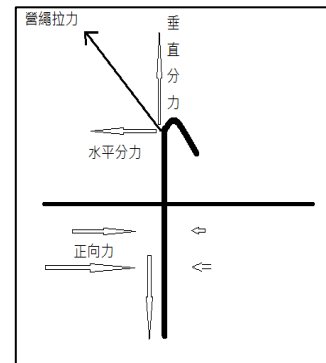


圖8 c組實驗原理

操縱變因	營釘直徑，分別為 1.2cm、1.0cm、0.8cm、0.5cm
控制變因	單位體積土重量：1.6gw/cm <sup>3</sup> ，沒入長度：20cm
	營繩對營釘的施力點：距底部20cm

a組：討論接觸面積與摩擦力關係

b組：討論接觸面積與正向力關係

c組：討論接觸面積與對摩擦力與正向力的影響



直徑不同之圓形釘

c. 實驗結果數據：

表4、營釘粗細與負重(kgw)

直徑	0.5cm	0.8cm	1.0cm	1.2cm
a組 R=90°、S= 90°	1.6	10.1	16.7	18.7
b組 R=45°、S= 45°	4.9	26.6	42.6	65.9
c組 R=90°、S= 45°	8.3	48.0	72.5	Fail(大於90)

營釘被拉動的狀況不同：

土塊破壞拔出 ■、土塊鬆動拔出 ■、直接抽出 ■

d. 實驗分析與討論：

1. a組 R=90°、S= 90°結果分析：直接抽出時，拉動時力量只與最大靜摩擦力成正比，如果土壓力相等，土中營釘表面積正比於正向力，因深度相等所以理論上負重應與直徑成正比，但是回歸分析(下圖9顯示)，營釘粗細的影響不是線性關係而是比預期更大，此項結果與實驗1-2、1-3時所猜測的，營釘擠開了周圍砂土改變了土壓力，口語來說就是排開砂土多因此夾緊的力量大。

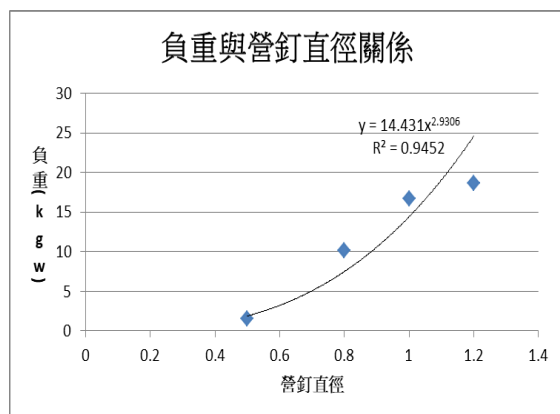


圖9 負重與營釘直徑分析

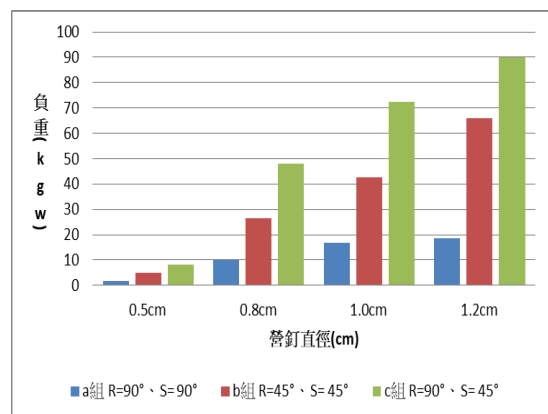






圖10 結果柱狀圖

2. a組  $R=45^\circ$ 、 $S=45^\circ$  結果分析：營繩與營釘垂直，拉動時力量考慮的是上方土塊抗力矩大小，營釘越粗要推動的土塊質量也越大，以表4結果得到直徑較大的營釘負重能力高，但觀察拉動時的狀況，上方土塊被掀起的大小很不一定，有時甚至是被營釘劃開，查詢土木工程資料，這點必須討論到剪力、黏滯度等，有待未來進一步探討。
3. a組  $R=90^\circ$ 、 $S=45^\circ$  結果分析：此情形固定能力是多重因素的平衡，包括土壤對營釘的抗力矩、拉力使土壤增加的摩擦力等，但是這些都受到營釘粗細影響，所以得到直徑越大負重能力越高符合預期。
4. 整體而言無論營釘與營繩角度，每個組別都是營釘越粗越難拔起，但不是正比關係，以組數值分析負重約以直徑的三次方變化。

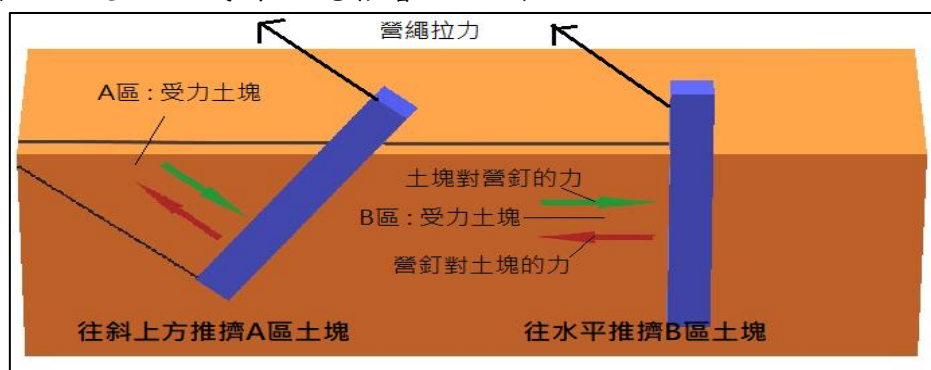
## (2)實驗3-2：營釘形狀影響實驗

### a. 實驗流程：

我們取形狀不同的四根營釘，分別是方形、圓形、螺紋、T字形，釘入相同長度20cm，以實驗3-1相同的步驟與器材測量，也只取a組： $R=45^\circ$ 、 $S=45^\circ$ ，b組： $R=90^\circ$ 、 $S=90^\circ$ ，b組： $R=90^\circ$ 、 $S=45^\circ$  等三組角度實驗，（營繩與地面夾角S，營釘沒入地面角度R）。

	方形	圓形	螺紋	T字形
規格	邊長0.8	直徑1.0cm	直徑1.0cm	寬1.5cm 窄0.8cm
實照				




### b. 圖11、受力方式對土塊影響說明圖示



### c. 實驗結果數據：

表5、營釘樣式對負重的影響結果

狀組別 \ 形	方形	圓形	螺紋	T字形
a組 R=90°、S= 90°	12.4	16.7	6.9	19
b組 R=45°、S= 45°	44.5	42.6	47.2	65.9
c組 R=90°、S= 45°	60.3	72.5	79.9	78.0

拉動狀況：上方破壞拔出  土塊鬆動拔出  直接拔出 

### d. 實驗分析與討論：

因為當營釘形狀不同時，排開的沙土體積、接觸面積、與土壤的受力方向等皆不同，無法以單一變因討論，所以我們只以本實驗結整體果討論可能因素，並提出建議。

1. 圓形螺紋的營釘在R= 90°、S= 90°的負重居然小於圓形平滑的營釘，違反越粗糙摩擦力更大的常識，但我們觀察到螺紋在貫穿地面時破壞了周圍土層，故認為因此降低周圍的土壓力才減少摩擦力。

2. 不管營釘樣式，c組 R=90°、S= 45°的數據都大於b組 R=45°、S= 45°，再度應證營繩以45°角施力時，垂直插釘優於45°角插釘。

3. 就b組 R=45°、S= 45°討論，只有T形釘數值較大，其餘都約45kg，此結果判斷是T字形在拉力方向的受力面積最大(圖11的A區)所造成，也可從地面土塊隆起、破壞範圍較大看出，但缺乏量化的方式。

4. 就c組 R=90°、S= 45°討論，原本在a組表現最差的螺紋釘反而負重最大，這點與我們前述實驗2-1解釋相似，因拉力水平分力造成螺紋釘緊貼上圖B區土層，使得摩擦力增加，而螺紋又使摩擦力增加更明顯所致，但與圓形營釘的負重相差很小。

### 丁實驗組：模擬不同情境對營釘受力的變化

釐清營釘負重能力的因素後，我們在模擬真實情境可能遇到的狀況，進行前述各項實驗，以下各項皆省略重複流程。

#### (1)實驗 4-1：下雨模擬實驗

##### a. 實驗流程

我們選擇以實驗 3-2 的圓形大黑釘實驗數據為比較基準，在同一受測場地先將營釘釘入後連續澆水 10 分鐘，而後進行實驗。



b. 實驗結果：

角度 \ 情境	地面乾燥	地面潮濕
a組 R= 90°、S= 90	16.7	9.3
b組 R=45°、S= 45	42.6	37.7
c組 R=90°、S= 45	72.5	32.3

表 6、下雨模擬實驗結果



圖 12、下雨模擬

e. 結果分析與討論

模擬下雨時土壤縫隙被水填充，此時土地的 D 值、土壓力、縫隙大小、黏滯程度、摩擦係數等都已改變，綜合原因的討論已超出我們能力，我們只能以本實驗的結果直接描述：「在下雨時不管營釘的角度負重能力皆有下降，但垂直插釘的兩組降的比例較高，但是還能在一般風力下支撐住帳棚(以實驗 4-3 計算數據為判斷依據)。」

(2)實驗 4-2：砂質地

a. 實驗流程

考慮露營友時會遇到土石鬆軟或海邊沙灘露營的狀況，此時我們以上的數值就不具參考性，因此我們蒐集露營網提供的特殊固定方式，並提供本研究認為較有效的方法進行比較，我們以跳遠場地的沙坑進行模擬沙灘露營，並只測試較常用的 R=45°、S= 45°組別。

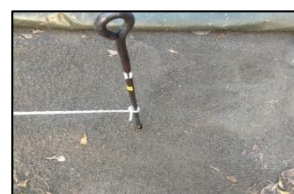
b. 實驗裝置



營釘橫埋



營釘交錯固定



長營釘深釘

c. 實驗結果： 表 7、砂地特殊固定方式最大負重

沙地特殊固定營釘的方法	沙釘	營釘橫埋	營釘交錯固定	長營釘深釘
實驗角度	S=45 R=45	S=45 R=無	S=45 R=45	S=45 R=45
最大負重 kgw	1.3	0.9	0.9	32.7

d. 結果分析與討論：

可能是我們選擇的沙地太過鬆軟，網路上提供的各種加固方式都無

效，按我們的研究我們推測在沙灘紮營唯一可行方式就是深釘，因為可增加土壓力、營釘受力面積、有機會釘到土層等，而實驗結果完全驗證此想法，32.7kgw 的負重應足以支撐正常的風勢。

### (3)實驗 4-3：強風受力估算

原始設計是希望以數台大型電扇吹帳篷，以模擬強風吹襲情形，但實測發現與真實風力相差太大，因此我們只能以估算方式計算強風時帳篷的受力，查詢中央氣象局的風速換算表，輕度颱風為八級風以上，但颱風天露營不合常理，因此我們取七級風(每平方公尺受力約 30Kgw)為判斷營釘是否能支撐的界線。

估算如下，以 4-5 人帳單側面積約  $1.8\text{m}\times 2.8\text{m}=5.04\text{m}^2$ ，所以最大受力約 150kgw，而帳棚單側一般至少為三根營釘拉住帳棚、兩根地釘固定底部，單純以平均計算每根營釘要受力 30kgw，以此標準檢驗我們的數據，有 1/3 左右的數據低於 30kgw，因此營釘使用方式錯誤確實會造成暗釘傷人。

## 伍、結論與未來展望

### 一、結論

1. 垂直插入營釘，並向上抽離的最大靜摩擦力實驗迴歸分析顯示與深度的 2.2 次方成正比。

2. 按分層測量單位土壤重 D 值的結果，除了表層(0~5cm)層外，其餘深度平均都在  $1.6\text{gw}/\text{cm}^3$  左右，此結果可解釋營釘沒入淺層(5cm)時所得負重偏低的原因，但 5~40cm 深的 D 值幾乎一樣，表示深度較深時摩擦力增加量偏大不是因為單位土壤重量的影響。

### 3. 營釘釘入角度結論：

(1)R 角=30°結論，S 角=45°~90°的整體負重都不到 20kgw，原因是入土角度小，深度只有 R=90°時的 1/2，因此 D 值與上方土塊正向力皆小，故不推薦營釘以 30°插入土中。

(2)R 角=45°結論，R 角=45°，S 角=45°是露營書最推薦方式，但實測發現其負重能力在各組中並不突出，只有 R 角=90°，S 角=45°組約 60%

負重能力，但是此組別特殊點為 S 角=45°~90°的整體負重都有 40kgw 以上，表示 R 角=45°釘入營釘時，營繩的角度適合範圍較大，較不受露營地空間影響。

(3)R 角=90°結論，與「營釘打入地面角度與強度關係之研究」的結論是相同的，推翻了一般露營的習慣與認知。但我們另研究改變營繩角度，發現當 S 角>60°時營釘的負重能力快速降低，甚至 75°時只剩營繩 45°時的 1/3，因此場地狹小時不建議垂直插釘。

(4)R 角=60°、75°結論，負重最大出現在 R=60°，S =60°與 R=75°，S=45°兩組，故現實營地只能以大於 45°插釘時，我們建議調整營繩與營釘夾角約 120°最穩固。

(5)R 角=105°結論，表示即使略偏向營位只有 15°，順向插釘時負重力都過小，且營釘皆是直接抽出易造成危險。

#### 4. 營釘使用綜合建議：

(1)「同樣的泥土中，不管何種形式之營釘或打入深度如何，營釘打入地面與地面呈 90 時承受的拉力較 45 強！」，這個研究結果是對的，推翻傳統觀念，但是負重能力大不等於安全與實用，在實際應用時因為空間小營繩與地面常會到達 60°夾角以上，此時負重能力大幅下降，且考慮下雨情形，垂直插釘的負重降到低於 45°插釘，反觀 45°插釘情形則較為泛用，不管營繩角度從 45°~90°或下雨，其負重能力都有 40kgw 左右，同時比較營釘拔起方式，45°主要以逐漸破壞土層而 90°則是以瞬間抽離方式，因此安全性也以 45°插釘較好。

(2)營釘粗細影響：無論營釘與營繩角度都是營釘越粗越難拔起，但不是正比關係，以垂直插釘組分析，負重約以直徑的三次方變化。

(3)營釘樣式影響：重點不是營釘的樣子，而是受力方向的接觸面積與截面積的影響，分別影響總正向力與排開土壤體積，而粗糙紋路只能使負重能力略微增加，因此建議選擇營釘時不需迷信外觀，挑選較長、較粗、較寬負重能力較佳。

(4)在下雨時影響：不管營釘的角度，負重能力皆會下降，但垂直插釘降的比 45°插釘程度高，但是以受測草坪數據，還是能在一般風力

下支撐住帳棚。

(5)以七級風估算，營釘受力以 30kgw 為標準來檢驗我們的數據，營釘使用方式錯誤確實會造成暗釘傷人。

(6)沙灘上露營時要用營釘固定，**使用市面的沙釘效果不佳，建議用「特長營釘」是最佳方式。**

## 六、評鑑與檢討：上述每一階段的省思與收穫

### 1. 欣賞歷屆作品與蒐集資料階段：

我們看到了許多作品設計實驗的巧思與對整體研究的架構有模糊的概念，學習到科學研究的流程，但會擔心我們是否做得到。

### 2. 擬定研究方向與大綱階段：

在擬訂計畫時對我們的統整能力與思考事情嚴謹的程度有很大的提升，常常在規劃時沒考慮到變因的控制與研究方式的可行性，有時想像起來很簡單的實驗設計，經提醒才發現有許多細節是很難辦到的，過程中總是得常常修正。

### 3. 實驗與器材準備與製作階段：

雖然實驗設計經推敲覺得可行，但是實驗的器材不像學校課本實驗都有現成的，常常卡在一個零件無法合適，得找遍五金行還要自己加工才適用，而且在實測中才會發現設計時沒考慮到的耐重能力、施力方向等細節，真是知易行難。

### 4. 實驗操作與數據蒐集階段：

測量各組實驗數據時最大感想是「累」，沒想到往往一組實驗花費的時間都比估計多數倍，同時對於控制變因的控制也不容易，例如土地條件要儘量一樣，但是常常會釘到石塊、鬆軟土質等，其次是本次研究的實驗次數問題，當然我們希望多做幾次求平均，但是因為每做一次實驗就要換插另一塊地方，整片草坪能做的次數有限，而且負重常近百公斤重，增加實驗次數的負擔我們很難負荷，很無奈的只能遷就現實條件。

## 七、參考資料

1. 陳盛雄 (1997)。童軍露營活動設計與實施。臺北市：中國童子軍教育學會。
2. 陳遠建 (1988)。自己辦露營。臺北市：戶外生活圖書。
3. 貓毛 (2014)。露營，原來這麼簡單！。三采。
4. 謝美連主編 (1997)。國民中學童軍教育學生手冊。臺北市：水牛圖書。
5. 拔營颳怪風 28 公分露營釘插進左臉。蘋果即時新聞。2017 年 10 月 15 日，取自  
<https://tw.appledaily.com/new/realtime/20171011/1220402/>
6. 露營野炊樂。Mobile 生活·2017 年 10 月 16 日，取自  
<https://www.mobile01.com/topicdetail.php?f=641&t=3135321>
7. 黃德雄、李志原、陳名昱、陳韻婷、楊景聿 (2007)。營釘打入地面角度與強度關係之研究。台灣師範大學公民教育與活動領導學系。
8. 露營小工具 - 營釘篇 (帳篷釘)。朱雀的鳥窩(RV Camp Blog)。2017 年 11 月 25 日，取自 <https://rvcamp.biz/737>
9. 新寧把拔愛分享 給露營初學者的營釘大小事。露營樂。2017 年 11 月 25 日，取自  
[https://news.easycamp.com.tw/km/km\\_doc/2690](https://news.easycamp.com.tw/km/km_doc/2690)
10. 土壤力學。台灣地質知識服務網。2017 年 11 月 26 日，取自  
<https://twgeoref.moeacgs.gov.tw/GipOpenWeb/wSite/ct?xItem=146472&ctNode=1233&mp=105>
11. 土压力。百度百科。2017 年 11 月 26 日，取自  
<https://baike.baidu.com/item/%E5%9C%9F%E5%8E%8B%E5%8A%9B>