

中華民國第 64 屆中小學科學展覽會  
作品說明書

---

國小組 生活與應用科學(一)科  
佳作

082824

甲你纜牢牢-海底電纜之穩定性及意外防治

學校名稱：連江縣立東引國民小學

作者：  小六 李昇祐 小六 劉芊妤 小六 許喬儀 小六 陳泰霖	指導老師：  陳孜瑜 白宗玄
---	-------------------------

關鍵詞：海底電纜、防護措施

## 甲你纜牢牢-海底電纜之穩定性及意外防治

### 摘要

海底深處的電纜是沒有任何保護措施的，很容易被漁船等人為因素破壞。

在本研究中，我們設計了三條漁船可能經過的路徑，分析魚鈎破壞裸露電線的機率。而後為電線在埋設與敷設的交界處加裝壓克力圓管、塑膠方格隔板、白棉、管狀海綿、壓克力圓管內填矽利康等方法做保護，比較不同的材料對電線的防護程度。

透過實驗，我們發現當魚鈎與電纜線成垂直時被勾住的機率最高；在保護措施上，使用塑膠方格隔板可完全避免纜線受到破壞，保護的效果最佳。

## 壹、前言

### 一、【研究動機】

2023年2月，馬祖連接臺灣的兩條海底電纜線接連遭漁船及貨船破壞，導致居民近一個多月無網路可用。漁船出海捕魚會撒下漁網、魚鈎，當收線時容易割斷海底電纜，除了影響民眾生活外更需要耗費大量成本維修。因此，我們為了要防止海底電纜不容易被破壞，想出了不同的防護措施去降低損害的機率，並能以經濟和安全為優先考量，不讓馬祖地區的人民再受無網路之苦。

### 二、【研究目的】

- (一) 分析臺灣-馬祖間海底電纜容易被破壞的原因。
- (二) 探討不同防護措施的防護效果。
- (三) 針對不同的防護措施，衡量其優缺點及實際可行性。

### 三、【文獻回顧】

- (一) 馬祖周遭海域的海底電纜分布：

臺灣與馬祖間目前擁有兩條海底電纜線，皆由電信業者管轄，主要功能為通訊之用。



圖1 TPKM2 (左)、TPKM3 (右) 於馬祖周遭路線

(此為參考文獻資料1)

1、 Taiwan Penghu Kinmen Matsu No. 2 (TPKM2)：連接臺澎金馬，全長共467公里，已使用近二十多年，於馬祖周遭路線為新北市淡水區至連江縣東引鄉。

2、 Taiwan Penghu Kinmen Matsu No. 3 (TPKM3)：連接臺澎金馬，全長共510公里，採用無中繼式的海纜系統建設，於馬祖周遭路線為臺灣至南竿、南竿至西莒、南竿至北竿、北竿至東引。

(二) 海底電纜於海底中的鋪設方式：

目前電纜在海底具有兩種鋪設方式，分別為埋設與敷設。

1、 埋設：於淺海處使用的方式。利用高壓水柱在海底泥沙中沖出海纜溝，放入電纜後藉由海流讓砂自然覆蓋其上完成埋設。

2、 敷設：於深海處使用的方式。大多無保護措施，靠海纜本身的重量維持在海底泥砂上。

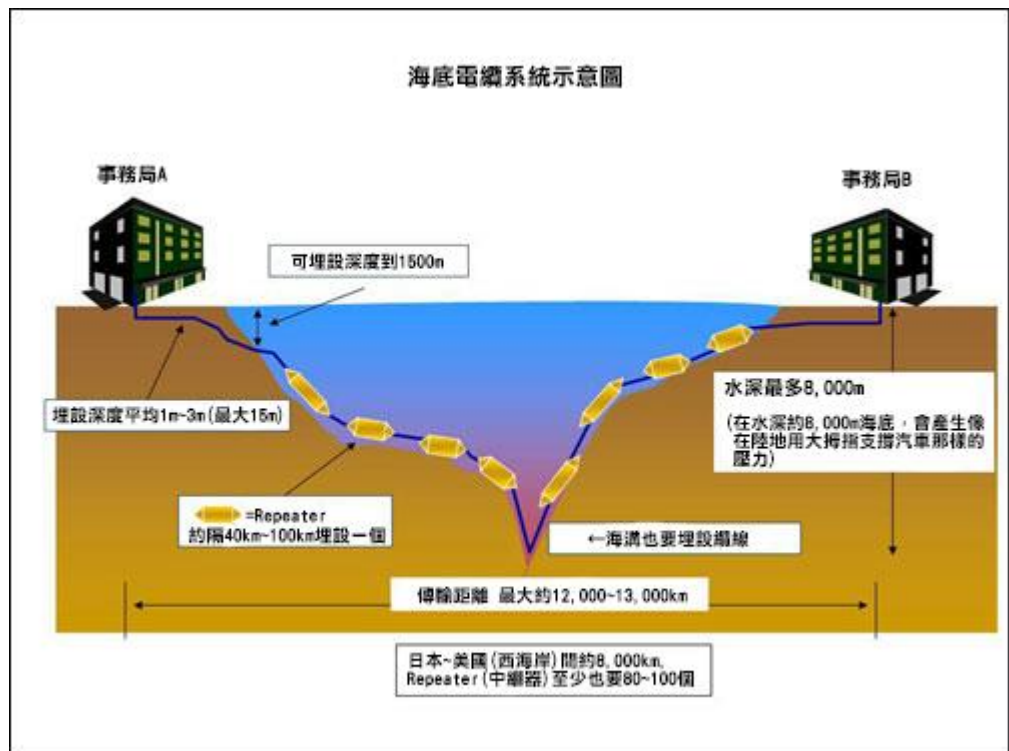


圖2 海底電纜系統示意圖

(此為參考文獻資料3)

(三) 海底電纜遭破壞的原因：

人類的漁業活動佔總數的2/3，其餘可能來自天災（如地震）、生物破壞等。

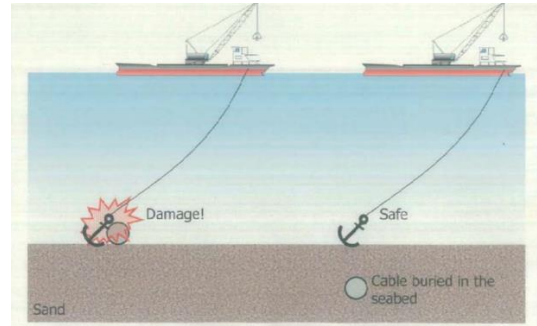
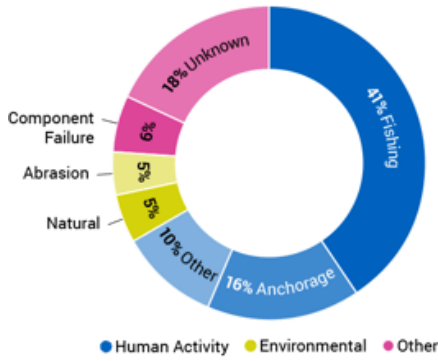


圖3 電纜被破壞原因統計圖

圖4 電纜被破壞示意圖

{ 此為參考文獻資料4(圖3)、資料5(圖4) }

貳、研究設備及器材





海洋模擬箱				
水箱	電線	壓克力板	壓克力膠	壓克力圓管
				
鏟子	魚鉤	土		
				
材料				
壓克力圓管	塑膠方格隔板	白棉	管狀海綿	矽利康



圖5 實驗材料

## 參、研究過程或方法

### 一、【研究架構】

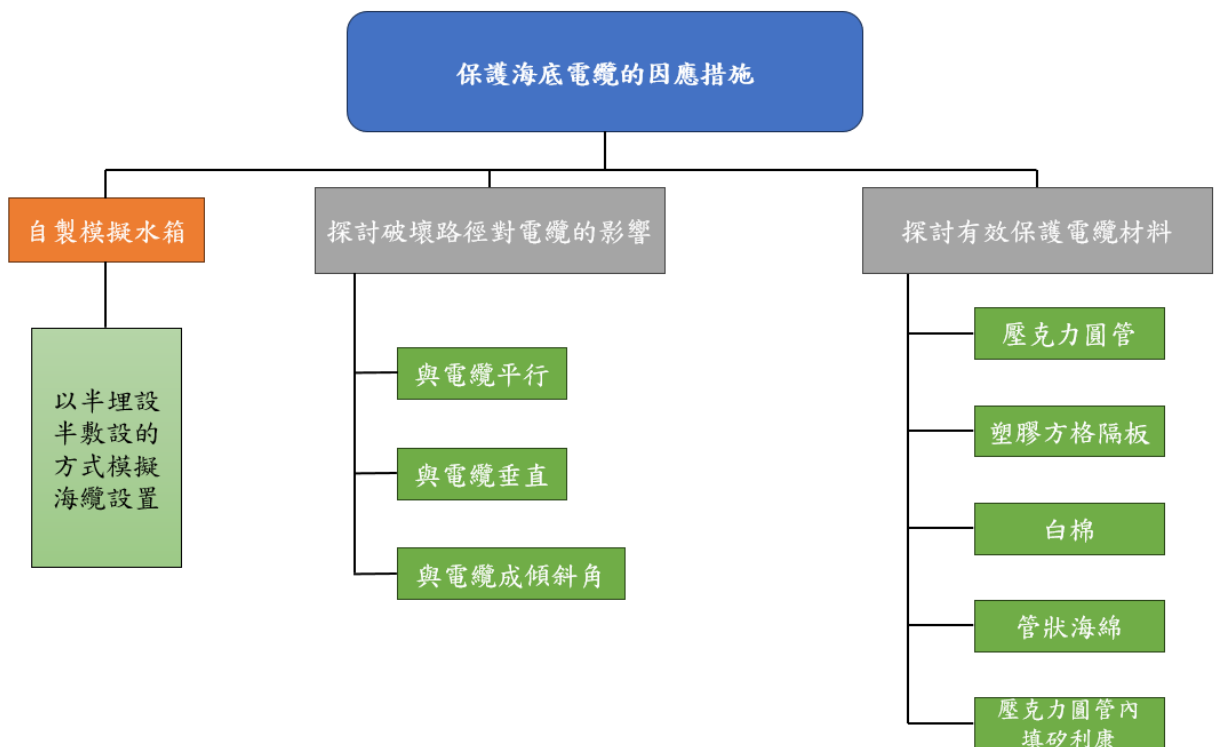


圖6 實驗架構

### 二、【海洋模擬箱設置說明】

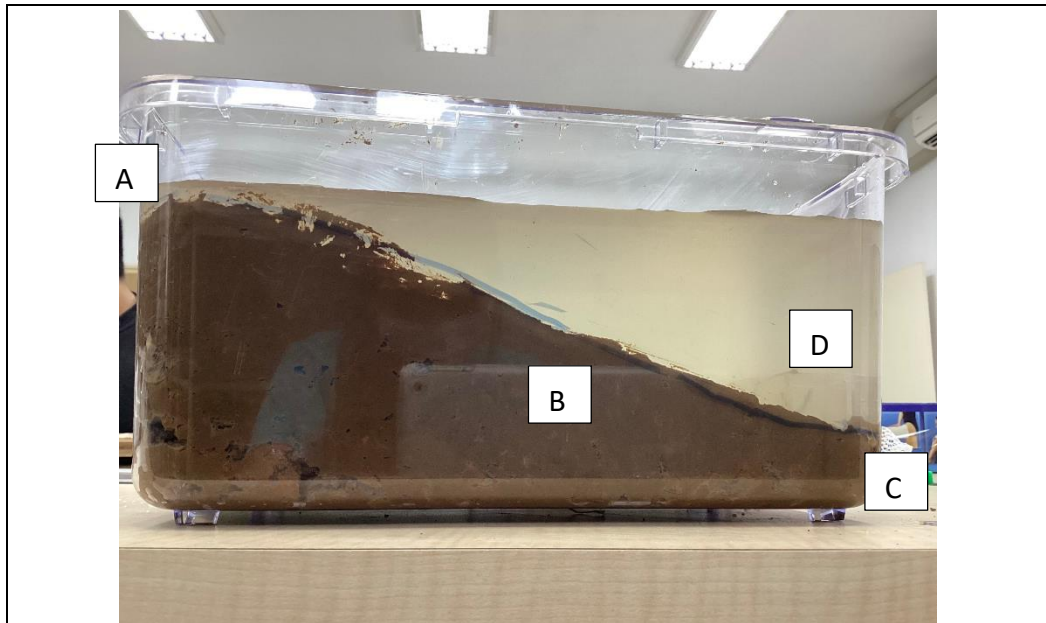


圖7 海洋模擬箱

- A. 為岸端，電線以埋設的方式至於砂土底下。
- B. 埋設與敷設的交界處，本實驗著重探討的保護之處。
- C. 為海底端，電線以敷設的方式裸露至於沙土之上。
- D. 以壓克力盒，採可活動的方式設置電線。

### 三、【實驗一：探討不同的破壞路徑對海底電纜的影響】

為模擬來自各個方向的破壞，我們設計了以下三條魚鈎拖行路徑：

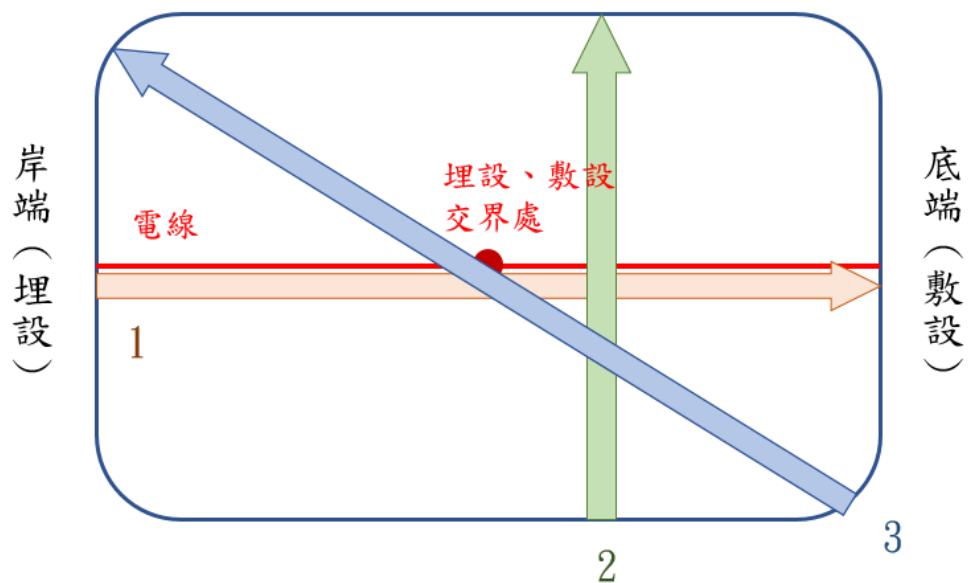
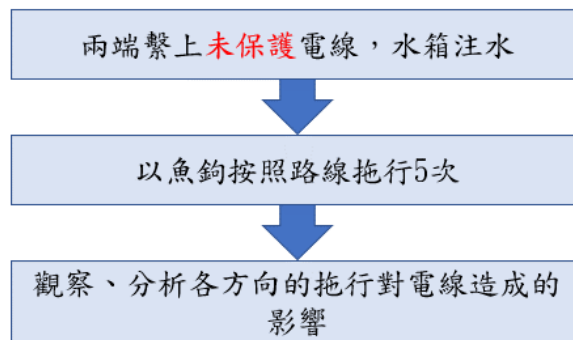






圖8 魚鉤拖行路線示意圖（俯視）

- 1：與電線平行，沿著坡面往下拖行。
- 2：與電線垂直，於敷設處拖行。
- 3：與電線呈35度傾斜角，沿著坡面往上拖行，中途經過埋設、敷設的交界處。

實驗步驟：



實驗二：【探討不同材料對電纜的保護程度】

	
方法一、壓克力圓管	方法二、塑膠方格隔板
	




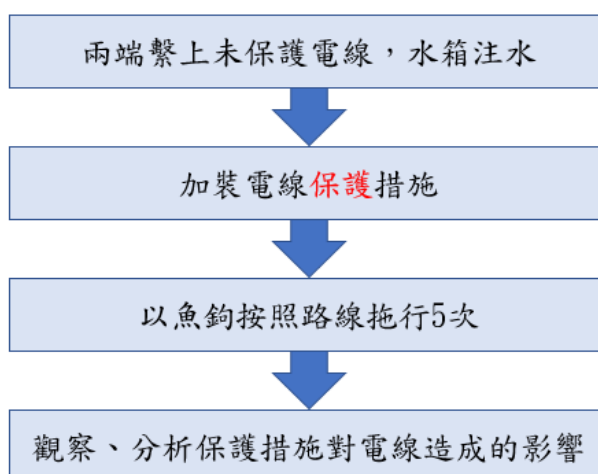
方法三、白棉	方法四、管狀海綿
	
方法五、壓克力圓管內填砂利康	

圖9 各種防護措施的埋設方式

實驗步驟：



## 肆、研究結果

### 一、【實驗一：探討不同的破壞路徑對海底電纜的影響】

拖行路徑	路線1 (平行下坡)	路線2 (垂直)	路線3 (斜角上坡)
第一次	○	○	○
第二次	×	○	○

第三次	×	○	○
第四次	×	○	○
第五次	×	○	×
第六次	×	×	×
第七次	×	○	×
第八次	×	○	×
第九次	×	○	×
第十次	×	×	×
被破壞之 機率	10%	80%	40%

表1 不同路徑破壞電線之機率

二、【實驗二：探討不同材料對電纜的保護程度】

方法一、壓克力圓管			
拖行路徑	路線1 (平行下坡)	路線2 (垂直)	路線3 (斜角上坡)
第一次	×	○	○ 管與線交界處
第二次	○	×	○ 管與線間
第三次	×	○	○ 管與線間
第四次	×	○ 圓管滑至線	○ 管與線交界處
第五次	×	×	×
第六次	×	○	○ 管與線間
第七次	×	○	○ 管與線間

第八次	×	×	×
第九次	×	○ 圓管滑至線	○ 管與線間
第十次	×	○	○ 管與線交界處
被破壞之 機率	10%	70%	80%

○未備註代表勾到線本身      ×未備註代表沒勾到任何東西

表2 壓克力圓管保護電線之情形

方法二、塑膠方格隔板			
拖行路徑	路線1 (平行下坡)	路線2 (垂直)	路線3 (斜角上坡)
第一次	×	× 塑膠隔板	× 塑膠隔板
第二次	×	× 塑膠隔板	×
第三次	×	× 塑膠隔板	× 塑膠隔板
第四次	×	× 塑膠隔板	×
第五次	×	×	×
第六次	× <del>塑膠隔板</del>	× 塑膠隔板	× <del>塑膠隔板</del>
第七次	×	× 塑膠隔板	×
第八次	×	× 塑膠隔板	×
第九次	×	× 塑膠隔板	×
第十次	×	× 塑膠隔板	×
被破壞之	0%	0%	0%

機率			
----	--	--	--

○未備註代表勾到線本身      ×未備註代表沒勾到任何東西

表3 塑膠方格隔板保護電線之情形

方法三、白棉			
拖行路徑	路線1 (平行下坡)	路線2 (垂直)	路線3 (斜角上坡)
第一次	×	×	×
第二次	×	×	○ 白棉
第三次	×	○	○ 線與白棉間
第四次	×	×	×
第五次	×	○	×
第六次	×	×	×
第七次	×	○	○
第八次	×	×	○
第九次	×	○	×
第十次	×	○	○
被破壞之 機率	0%	50%	50%

○未備註代表勾到線本身      ×未備註代表沒勾到任何東西

表4 白棉保護電線之情形

方法四、管狀海綿
----------

拖行路徑	路線1 (平行下坡)	路線2 (垂直)	路線3 (斜角上坡)
第一次	× 海綿	○	○
第二次	○	○	× 海綿
第三次	× 海綿	○	○
第四次	× 海綿	○	○
第五次	× 海綿	○	× 海綿
第六次	× 海綿	○	○
第七次	× 海綿	○	×海綿
第八次	× 海綿	○	×
第九次	× 海綿	○	×海綿
第十次	× 海綿	○	×海綿
被破壞之 機率	10%	100%	40%

○未備註代表勾到線本身      ×未備註代表沒勾到任何東西

表5 管狀海綿保護電線之情形

方法五、壓克力圓管內填矽利康			
拖行路徑	路線1 (平行下坡)	路線2 (垂直)	路線3 (斜角上坡)
第一次	×	×	○ 管與線交界處
第二次	×	×	× 滑走
第三次	×	○ 圓管滑至線	× 滑走

第四次	×	×	○ 管與線交界處
第五次	×	○ 圓管滑至線	○ 管與線交界處
第六次	×	×	○
第七次	×	○ 圓管滑至線	×
第八次	×	○ 圓管滑至線	×
第九次	×	○ 圓管滑至線	×
第十次	×	×	×
被破壞 之機率	0%	50%	40%

○未備註代表勾到線本身      ×未備註代表沒勾到任何東西

表6 壓克力圓管內填砂利康保護電線之情形

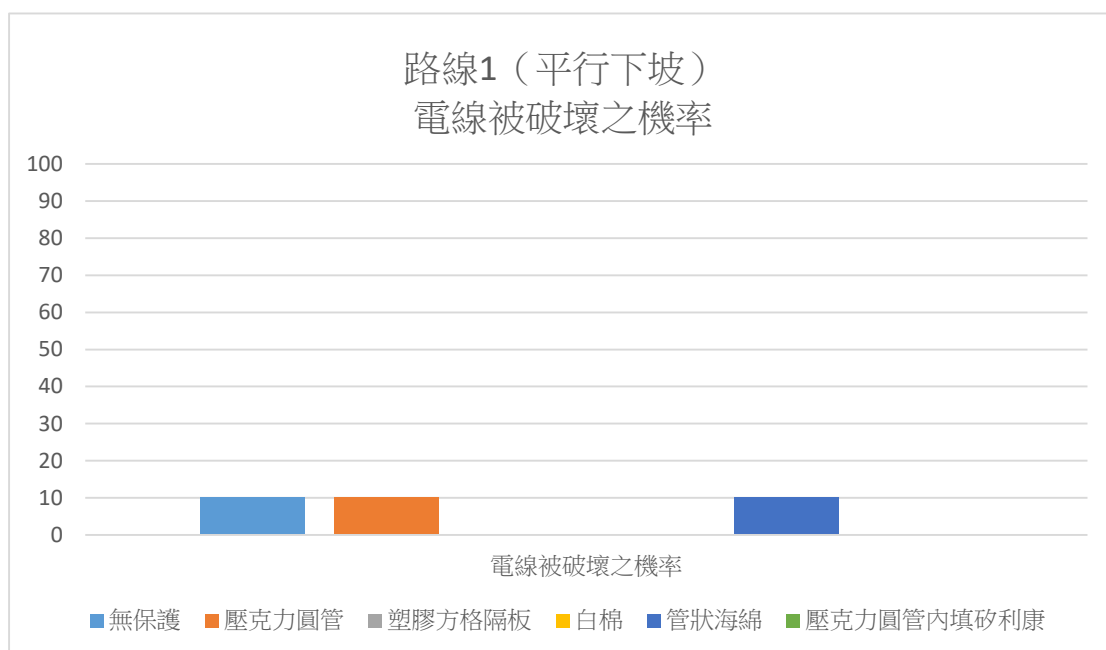


表7 不同情境下路線1造成電線破壞之機率

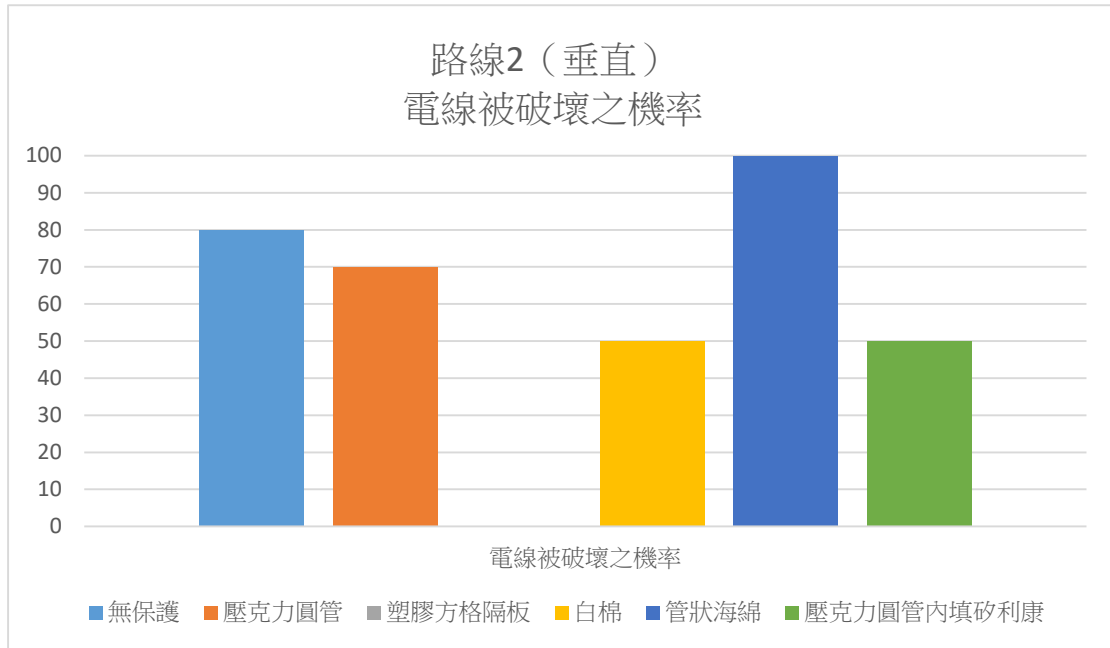


表8 不同情境下路線2造成電線破壞之機率

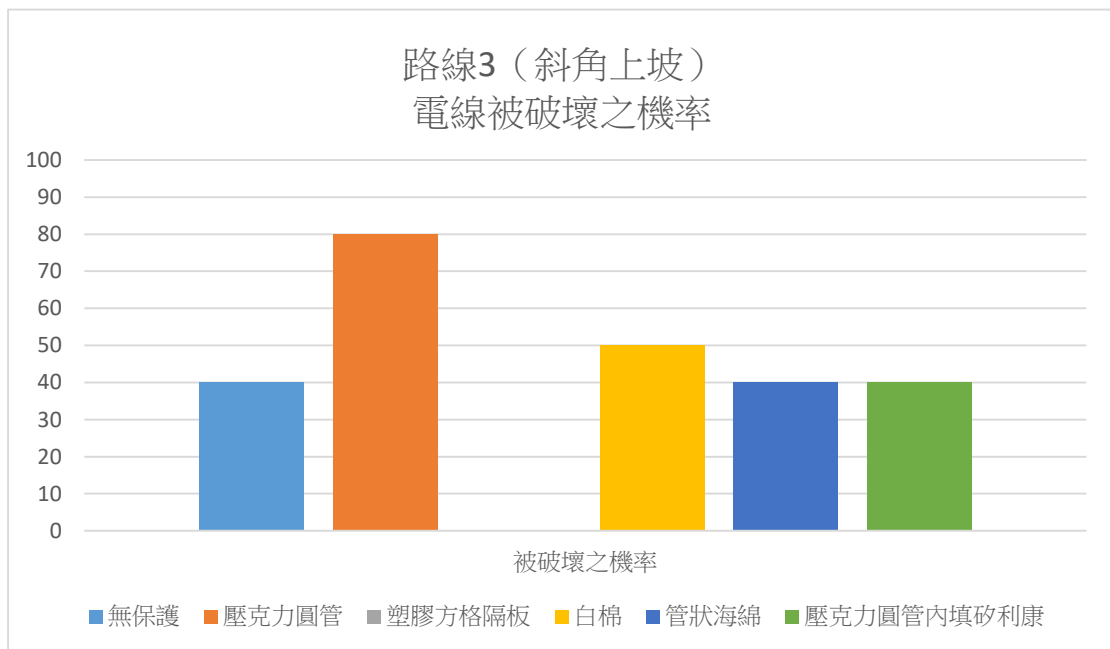


表9 不同情境下路線3造成電線破壞之機率

## 伍、討論

### 一、【實驗一：探討不同的破壞路徑對海底電纜的影響】

- 1、在**實驗一之路線一(平行下坡)**的實驗過程中，只有第一次有勾到線，其他九次都是沒有勾到線，從這裡可以判斷出當船隻行駛方向與海纜平行時，魚鈎鉤到海纜的機率非常低，但很有可能依據魚鈎方向的不同而導致結果差異。
- 2、在**實驗一之路線二(垂直)**的實驗過程中，勾到海纜的機率大幅提高到80%，表示當船隻與海纜呈現垂直狀態時，魚鈎破壞海纜的人為因素相當高。
- 3、在**實驗一之路線三(斜角上坡)**的實驗過程中，我們發現淺海域和深海域因為深度、方向的不同，每次遇到的狀況都會不一樣，有別於平行和垂直的統計，本次實驗過程中，只有前四次勾到，其他六次都是擦身而過(並未勾到)，可見由斜角前進的船隻要勾到海纜的可能性低於一半，但並不是沒有可能，泥沙、水流(洋流)的波動有可能影響魚鈎的位置。



圖 10 路線三被勾住之情形

### 二、【實驗二：探討不同材料對電纜的保護程度】

- 1、在**實驗二，方法一(壓克力圓管)之路線一(平行下坡)**的實驗過程中，本來我們所擔心的是，魚鈎會不會勾到圓管與海纜的縫隙中，但實驗結果顯示出我們的擔心是多慮的，平行的海纜與船隻拋下的魚鈎在十次的過程中不僅沒有勾到縫隙，甚至有90%的機率什麼東西都沒有勾中。
- 2、在**實驗二，方法一(壓克力圓管)之路線二(垂直)**的實驗過程中，垂直經過防護交界處時，魚鈎有部分機率會因為壓克力圓管表面光滑因素，使魚鈎滑向海電線，這也會讓海纜在船隻在前往與海纜垂直方向的海域上增加扯斷的風險。



- 3、在實驗二，方法一(壓克力圓管)之路線三(斜角上坡)的實驗過程中，比起平行路徑，垂直竟然發生了我們最擔心的事情，那就是在多次實驗中，魚鈎經過交接處時恰好勾進了管與線的交接處，這會讓海纜更暴露在風險之外，因為要是沒有圓管，也許海纜就有機會逃過一劫。



圖 11 魚鈎勾進管與線的交接處

- 4、在實驗二，方法二(塑膠方格隔板)之路線一(平行下坡)的實驗過程中，我們可以再次驗證，與海纜平行前進的船隻在拋下魚鈎後，幾乎不會鈎到海纜，有一個例外是塑膠方格隔板因寬度比其他防護措施還要來得寬，因此在第六次的實驗中鈎到隔板，但海纜並未連帶鈎到，由此可知塑膠隔板具有一定的保護作用。
- 5、在實驗二，方法二(塑膠方格隔板)之路線二(垂直)的實驗過程中，發現交界處所準備的塑膠隔板在魚鈎經過時幾乎都有鈎走，再次驗證塑膠隔板因為比較寬大、且孔洞較多容易引鈎入室，但好消息是我們的海纜並沒有被鈎到，帶走的都是塑膠隔板，因此如果我們採用這樣防護措施去面對垂直海域時，需要特別注意塑膠方隔板是否需要經常性的更換，且被鈎上去後是否會被丟棄，造成微塑粒分解與海洋汙染。
- 6、在實驗二，方法二(塑膠方格隔板)之路線三(斜角上坡)的實驗過程中，垂直海域因為路線的不同，起出前三次當中有兩次鈎到隔板，但後來一直到第六次才鈎到，剩下都沒有，十次當中只有三次被鈎到，可以顯示出在不同方向海域的漁船經過海纜淺海域和深海域交界處時，會被鈎到的機率普遍偏低。
- 7、在實驗二，方法三(白棉)之路線一(平行下坡)的實驗過程中，我們發現白棉本身經過鐵絲網綁後將其面積縮至最小，因此在行經平行下坡路線時完全沒有碰到海纜及白棉。
- 8、在實驗二，方法三(白棉)之路線二(垂直)的實驗過程中，鈎到線和沒有鈎到任何東西的機率剛好各佔一半，且有注意到白棉較其他防護措施來

的小，包覆力也相對比較扎實，即使經過垂直海域時都不會碰到該防護措施，而是直接碰到海纜本身，由此可知如果要使用白棉作為防護措施，其材料應該需要加長，才能有效避免被鈎到線的問題。

- 9、在實驗二，方法三(白棉)之路線三(斜角上坡)的實驗過程中，鈎到白棉和線的機率剛好各佔一半，其中以單純鈎到白棉佔了五分之三，這讓我們覺得或許白棉本身並不是一個很好的防護措施，原因是我們使用了白棉包覆在海纜，這會讓白棉和海纜一起被拉走，沒有增加防護的效用。
- 10、在實驗二，方法四(管狀海綿)之路線一(平行下坡)的實驗過程中，只有一次恰好鈎到線，剩餘九次都是鈎到海綿本身，而從此數據發現有趣的事情，那就是雖然鈎到海綿，但它本身就是防護措施，每當魚鈎鈎到它時都可以有效的保護海纜不被鈎到，可說是實打實的替死鬼，從這裡我們能發現海綿可以有效的保護海纜不被破壞，但耗材的更換就如同塑膠隔板一樣，需要思考環境問題。
- 11、在實驗二，方法四(管狀海綿)之路線二(垂直)的實驗過程中，海綿即使埋、敷設在深淺交接處，但因為本身較為粗大，容易讓線浮起來，這會使魚鈎經過時即使不會鈎到海綿也會鈎到線，而且提升了被鈎到的機率，命中程度百分之百。
- 12、在實驗二，方法四(管狀海綿)之路線三(斜角上坡)的實驗過程中，完全沒鈎到東西的次數只有一，其它不是鈎到線就是海綿，這讓我們反思海綿雖然可以保護海纜不被直接鈎到，可是也提高了它被鈎到的機率。
- 13、在實驗二，方法五(壓克力圓管內填矽利康)之路線一(平行下坡)的實驗過程中，發現每一次都沒有鈎到海纜和防護措施，但有發現之前測試階段時鈎到管洞裡的矽利康，它被摳了一點出來，因此在第六次時有稍微被鈎到，其它次數都是沒鈎到任何東西。
- 14、在實驗二，方法五(壓克力圓管內填矽利康)之路線二(垂直)的實驗過程中，因為圓管較為光滑，在魚鈎往前時本來會被圓管給滑走，但不巧的是滑到了線上，一鈎就被鈎到了，機率高達一半。
- 15、在實驗二，方法五(壓克力圓管內填矽利康)之路線三(斜角上坡)的實驗過程中，我們發現滑走的次數提高到六次，而且是沒有鈎到海纜的情況，交界處雖然有三次，但因為圓管較小，更不容易被魚鈎鈎到，成功逃走一半以上的次數。

## 陸、結論

最終，在路線一(平行下坡)的實驗中，不論有無防護措施，都可以有高達九成以上不會被勾到任何東西(包含海纜)，但其中白棉因為較細，有捆綁緣故，包覆力較佳，在平行下坡這關得到了一百分，但因為無任何防護措施中仍有被勾到一次，一但勾到白棉一定是必死無疑，**所以塑膠方隔板尤佳**，原因是即使勾到了也不會將海纜帶走。

而在路線二(垂直)的實驗中，每一方法幾乎都會勾到線，唯獨塑膠隔板高機率(60%)未勾到任何東西，推斷海纜本身埋設、敷設的情況與塑膠方格隔板不會相互影響，就算真的被勾到也是帶走隔板不是帶走海纜，因此我們覺得**塑膠方格隔板在垂直海面尤佳**。

最後在斜角上坡，不同路徑對於海纜程度的影響非常不同，其中在斜對角的路線中遇到最多狀況，我們認為可以將防護措施設計成多角度的形狀，增加其延展性，然而在實驗的過程中，一樣以塑膠隔板的防護效果最好，除了可以讓海纜在原本的位置不會浮出外，還能有效用塑膠方格隔板去抵擋外來侵害，因此斜角上坡依然是**塑膠方格隔板為佳**。

## 柒、未來展望

實驗結束後，小組成員們認為網路對於人民生活的重要性及斷裂的困擾非常有感，但因修復工程和時間、經費都非常龐大，希望能透過用人造海洋箱的方式模擬被弄斷的情況，塑膠隔板會有環境污染的問題，但保護力確實到位，如果塑膠隔板可以改成多層且不污染環境的材質，那麼對於經濟、環保和人力工程上都三贏。

## 捌、參考文獻資料

1. Submarine Cable Map. (n.d.). TeleGeography.  
<https://www.submarinecablemap.com/submarine-cable/taiwan-penghu-kinmen-matsu-no-3-tpkm3>
2. NEC Wins Contract for Taiwan Penghu Kinmen Matsu No.3 (TPKM3) Submarine Cable System. (n.d.). NEC.  
[https://www.nec.com/en/press/201301/global\\_20130128\\_01.html](https://www.nec.com/en/press/201301/global_20130128_01.html)
3. 直擊海底電纜的秘密！潛藏在世界海底下不為人知的「光之道」【下集】.  
(n.d.). NEC. [https://tw.nec.com/zh\\_TW/profile/mitatv/mita01-2.html](https://tw.nec.com/zh_TW/profile/mitatv/mita01-2.html)
4. (N.d.). International Cable Protection Committee Sharing the Seabed and Oceans in Harmony. <https://www.iscpc.org/>
5. 廖吉義. (2017). 輸電海底電纜預防維護管理、故障監測與檢測、纜線接續等技術與運用於智慧電網運行模式研習.
6. 本研究作品說明書未註明之圖片、照片均為作者自行拍攝與製作。

## 【評語】 082824

1. 此案探討海底電纜的穩定性及提出保護措施，首先分析海底電纜遭受破壞的原因，主要是來自於漁船的漁網與漁勾等，其次提出電纜的不同防護措施，進行實驗，由實驗結果討論其成效。
2. 實驗設置了一海洋模擬箱，進行探討不同破壞路徑對海底電纜的影響，及不同材料對海底電纜的保護程度，結果發現使用塑膠隔板垂直於海面的設計為最佳。
3. 總體而言，這項研究提供了實用見解，有助於改善海底電纜的防護設計。然而，研究也指出了一些潛在問題，如某些防護材料可能造成的環境污染。未來的研究方向可能包括開發更環保的防護材料，以及優化防護設計以適應不同的海底環境。

## 作品簡報

甲你纜牢牢——

海底電纜之穩定性及意外防治

## 摘要

海底深處的電纜是沒有任何保護措施的，很容易被漁船等人為因素破壞。

在本研究中，我們設計了三條漁船可能經過的路徑，分析魚鈎破壞裸露電線的機率。而後為電線在埋設與敷設的交界處加裝壓克力圓管、塑膠方格隔板、白棉、管狀海綿、壓克力圓管內填矽利康等方法做保護，比較不同的材料對電線的防護程度。

## 壹、前言

### 研究目的：

- (一) 分析臺灣-馬祖間海底電纜容易被破壞的原因。
- (二) 探討不同防護措施的防護效果。
- (三) 針對不同的防護措施，衡量其優缺點及實際可行性。

### 文獻回顧：

海底電纜於海底中的鋪設方式：

- 1、埋設：於淺海處使用的方式。利用高壓水柱在海底泥沙中沖出海纜溝，放入電纜後藉由海流讓砂自然覆蓋其上完成埋設。
- 2、敷設：於深海處使用的方式。大多無保護措施，靠海纜本身的重量維持在海底泥砂上。

## 貳、研究設備及器材



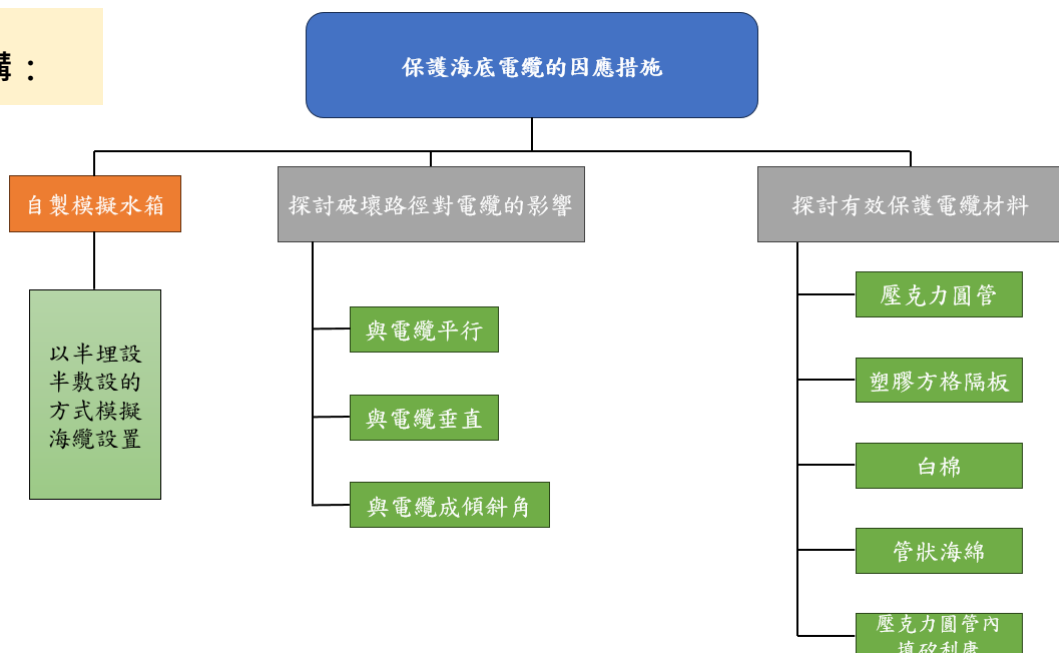
海洋模擬箱

防護材料				
壓克力圓管	塑膠方格隔板	白棉	管狀海綿	矽利康
				



## 參、研究過程或方法

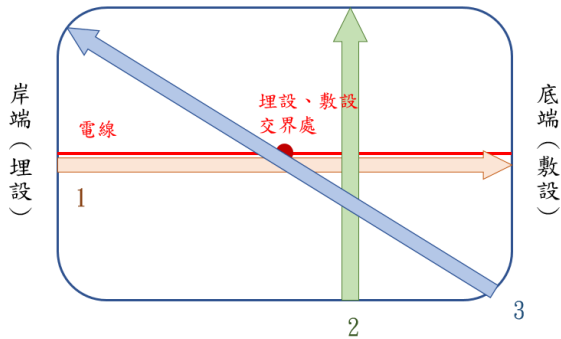
### 研究架構：



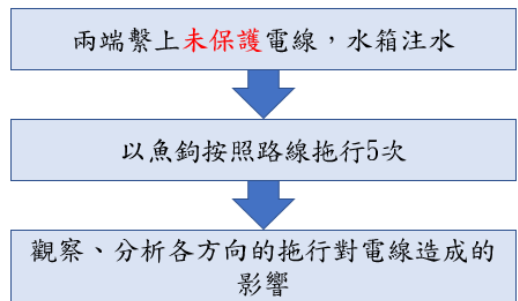


## 【實驗一：探討不同的破壞路徑對海底電纜的影響】

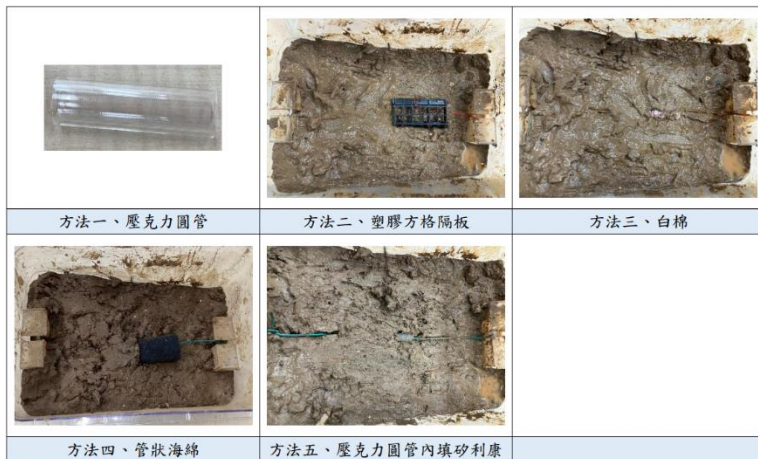
為模擬來自各個方向的破壞，我們設計了以下三條魚鈎拖行路徑：



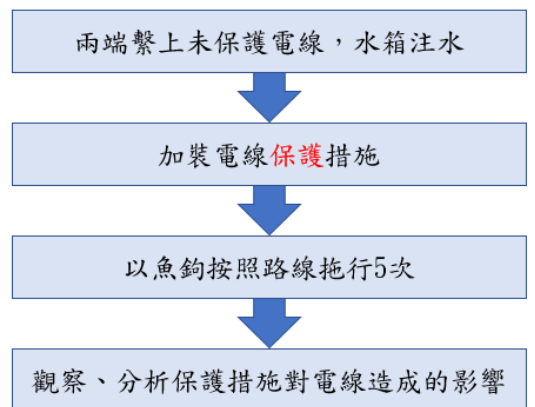
實驗步驟：



## 實驗二：【探討不同材料對電纜的保護程度】



實驗步驟：



## 肆、研究結果與討論

### 【實驗一：探討不同的破壞路徑對海底電纜的影響】

拖行路徑	路線1 (平行下坡)	路線2 (垂直)	路線3 (斜角上坡)
第一次	○	○	○
第二次	×	○	○
第三次	×	○	○
第四次	×	○	○
第五次	×	○	×
第六次	×	×	×
第七次	×	○	×
第八次	×	○	×
第九次	×	○	×
第十次	×	×	×
被破壞之機率	10%	80%	40%

### 【實驗二：探討不同材料對電纜的保護程度】

方法一、壓克力圓管			
拖行路徑	路線1 (平行下坡)	路線2 (垂直)	路線3 (斜角上坡)
第一次	×	○	○ 管與線交界處
第二次	○	×	○ 管與線間
第三次	×	○	○ 管與線間
第四次	×	○ 圓管滑至線	○ 管與線交界處
第五次	×	×	×
第六次	×	○	○ 管與線間
第七次	×	○	○ 管與線間
第八次	×	×	×
第九次	×	○ 圓管滑至線	○ 管與線間
第十次	×	○	○ 管與線交界處
被破壞之機率	10%	70%	80%



方法二、塑膠方格隔板			
拖行路徑	路線1 (平行下坡)	路線2 (垂直)	路線3 (斜角上坡)
第一次	×	×	×
第二次	×	×	×
第三次	×	×	×
第四次	×	×	×
第五次	×	×	×
第六次	×	×	×
第七次	×	×	×
第八次	×	×	×
第九次	×	×	×
第十次	×	×	×
被破壞之機率	0%	0%	0%

方法三、白棉			
拖行路徑	路線1 (平行下坡)	路線2 (垂直)	路線3 (斜角上坡)
第一次	×	×	×
第二次	×	×	○ 白棉
第三次	×	○	○ 線與白棉間
第四次	×	×	×
第五次	×	○	×
第六次	×	×	×
第七次	×	○	○
第八次	×	×	○
第九次	×	○	×
第十次	×	○	○
被破壞之機率	0%	50%	50%

方法四、管狀海綿			
拖行路徑	路線1 (平行下坡)	路線2 (垂直)	路線3 (斜角上坡)
第一次	× 海綿	○	○
第二次	○	○	× 海綿
第三次	× 海綿	○	○
第四次	× 海綿	○	○
第五次	× 海綿	○	× 海綿
第六次	× 海綿	○	○
第七次	× 海綿	○	× 海綿
第八次	× 海綿	○	×
第九次	× 海綿	○	× 海綿
第十次	× 海綿	○	× 海綿
被破壞之機率	10%	100%	40%

方法五、壓克力圓管內填砂利康			
拖行路徑	路線1 (平行下坡)	路線2 (垂直)	路線3 (斜角上坡)
第一次	×	×	○ 管與線交界處
第二次	×	×	× 滑走
第三次	×	○ 圓管滑至線	× 滑走
第四次	×	×	○ 管與線交界處
第五次	×	○ 圓管滑至線	○ 管與線交界處
第六次	×	×	○
第七次	×	○ 圓管滑至線	× 滑走
第八次	×	○ 圓管滑至線	× 滑走
第九次	×	○ 圓管滑至線	× 滑走
第十次	×	×	× 滑走
被破壞之機率	0%	50%	40%

## 伍、結論

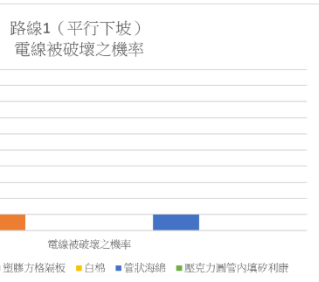


表 不同情境下路線1造成電線破壞之機率。

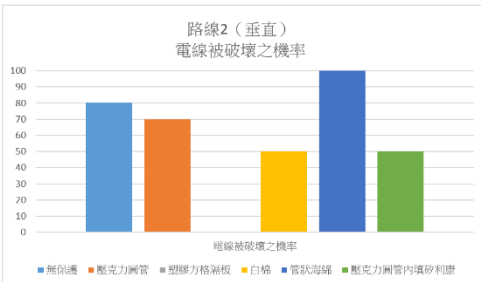


表 不同情境下路線2造成電線破壞之機率。

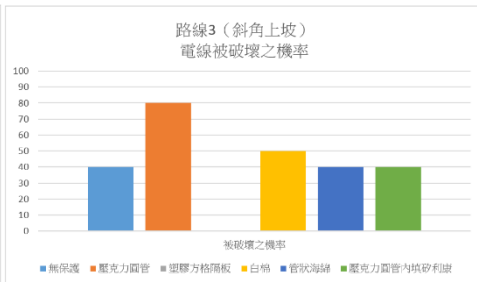


表 不同情境下路線3造成電線破壞之機率。

最終，在路線一(平行下坡)的實驗中，不論有無防護措施，都可以有高達九成以上不會被勾到任何東西(包含海纜)，但其中白棉因為較細，有捆綁緣故，包覆力較佳，在平行下坡這關得到了一百分，但因為無任何防護措施中仍有被勾到一次，一但勾到白棉一定是必死無疑，所以塑膠方隔板尤佳，原因是即使勾到了也不會將海纜帶走。

而在路線二(垂直)的實驗中，每一方法幾乎都會勾到線，唯獨塑膠隔板高機率(60%)未勾到任何東西，推斷海纜本身埋設、敷設的情況與塑膠方格隔板不會相互影響，就算真的被勾到也是帶走隔板不是帶走海纜，因此我們覺得塑膠方格隔板在垂直海面尤佳。

最後在斜角上坡，不同路徑對於海纜程度的影響非常不同，其中在斜對角的路線中遇到最多狀況，我們認為可以將防護措施設計成多角度的形狀，增加其延展性，然而在實驗的過程中，一樣以塑膠隔板的防護效果最好，除了可以讓海纜在原本的位置不會浮出外，還能有效用塑膠方格隔板去抵擋外來侵害，因此斜角上坡依然是塑膠方格隔板為佳。

## 陸、未來展望

實驗結束後，小組成員們認為網路對於人民生活的重要性及斷裂的困擾非常有感，但因修復工程和時間、經費都非常龐大，希望能透過用人造海洋箱的方式模擬被弄斷的情況，塑膠隔板會有環境污染的問題，但保護力確實到位，如果塑膠隔板可以改成多層且不污染環境的材質，那麼對於經濟、環保和人力工程上都三贏。

## 柒、參考文獻資料

1. Submarine Cable Map. (n.d.). TeleGeography. <https://www.submarinecablemap.com/submarine-cable/taiwan-penghu-kinmen-matsu-no-3-tpkm3>
2. NEC Wins Contract for Taiwan Penghu Kinmen Matsu No. 3 (TPKM3) Submarine Cable System. (n.d.). NEC. [https://www.nec.com/en/press/201301/global\\_20130128\\_01.html](https://www.nec.com/en/press/201301/global_20130128_01.html)
3. 直擊海底電纜的秘密！潛藏在世界海底下不為人知的「光之道」【下集】. (n.d.). NEC. [https://tw.nec.com/zh\\_TW/profile/mitatv/mita01-2.html](https://tw.nec.com/zh_TW/profile/mitatv/mita01-2.html)
4. (N.d.). International Cable Protection Committee Sharing the Seabed and Oceans in Harmony. <https://www.iscpc.org/>
5. 廖吉義. (2017). 輸電海底電纜預防維護管理、故障監測與檢測、纜線接續等技術與運用於智慧電網運行模式研習.