

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 生物及地球科學科

佳作

031726

橋墩追追追～橋墩抗水能力與砂石淘空情形
探討

高雄市立陽明國民中學

作者姓名：

國二 王證凱 國二 楊超傑 國二 吳鎮宇

指導老師：

蔡瑞琴 洪英英

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
作品說明書

科 別：生物及地球科學科

組 別：國中組

作品名稱：橋墩追追追～

橋墩抗水能力與砂石掏空情形探討

關鍵詞：橋墩、抗水能力、砂石掏空

編 號：

橋墩追追追～

橋墩抗水能力與砂石掏空情形探討

壹、 摘要

自然與生活科技課程中學習到以力學觀點設計建築物，加上洪水沖斷橋墩的事件頻傳，因而引發我們想設計模型來實驗，探究理想橋墩的動機與行動。經研究後發現：橋墩形狀不平整、迎水面大者，受到水流沖刷力較大；不厚實的橋墩支撐力量分散、易斷裂；迎水面大、造型不流線的橋墩周圍，砂石被掏空的多，侵蝕嚴重，易造成橋墩不穩固而傾倒，橋墩數目越多、越靠近河道中央承受較大的水流沖刷力。因此綜合以上實驗結果我們建議理想橋墩的迎水面及背水面均為流線圓弧造型，最好能以抗侵蝕的金屬保護；而側面要狹窄以減少阻力和侵蝕力；設置橋墩的間距不宜過密、靠近中間的橋墩要更堅固並派人定期察看並適當填補砂石於掏空較多的迎水面區域，以防橋樁裸露、傾倒。

貳、 研究動機：

每年都有許多颱風經過台灣，常常在電視新聞上看到溪水暴漲，橋樑被沖斷的事件，除了造成居民種種不便，也令人看了慌目驚心。前幾年也發生高屏橋底下泥沙被掏空造成高屏大橋斷裂，發生這些事情不僅讓我懷疑，目前的橋樑設計真的是最佳的設計嗎？能撐得住大風大水嗎？自然與生活科技課在「力學在營建科技的應用」單元中提及結構技師以力學觀點設計建築物，所以我們想自己試試看哪種橋墩的設計方式最能抵擋住大水？如果能找出最佳的橋墩設計方式，或許可以延長橋樑的壽命，甚至改變斷橋的命運喔！

參、 研究目的：

- 一、 探討不同形狀的橋墩與水流沖刷力的關係。
- 二、 比較不同形狀的橋墩之抗水能力好壞。
- 三、 探討不同形狀的橋墩經過一段時間後砂石掏空的情形。
- 四、 探討橋墩間距與水流沖刷力的關係。

肆、 文獻探討：

一、國內橋樑的既存的問題：

- (一) 河川砂石過度開採、沖刷流失，造成橋基裸露，影響橋樑結構安定性。
- (二) 河川上游施作水壩及各種截水設施，改變河川輸砂平衡作用，使下游砂石之堆積減少，繼續流失的砂石未及補充，影響河道穩定性。
- (三) 地下水引超抽引起地層下陷，下游坡度擴大，增加沖刷作用，河道不穩定，影響護橋工程成效。
- (四) 沿海地區橋樑腐蝕嚴重，造成橋樑結構不安定及護橋成效不佳，橋樑及樁基保護，亦僅足應付短期安全之保障，耗用社會成本甚多而效果有限。
- (五) 河道經常為居民佔有或租用，部分甚至為垃圾堆積場，減少河床可容之河道面積及河川容量，並因而增加河水流速及沖刷作用，影響橋基安全。
- (六) 橋樑預警工作之封橋管制措施不為當地居民及地方政府所支持，工程人員對於危橋除已經斷裂者以外，無工程以外之應變機制。

二、國內橋樑問題的遠因：

- (一) 國內橋樑設計主要採用簡支型，有設計簡單、經濟、施作容易的優點，但也因而有橋墩數量過多致防礙水流，增加安全疑慮，及耗材較大及過度使用資源的疑慮。
- (二) 橋樑設計採用簡支型之原因為國內工程設計費編列過低，設計費用不足供給地層調查及開發新橋樑費用，設計時多僅於斷面測量後，即抄襲過去簡支結構予延長或縮短為現場結構，橋樑因此設計老舊，工法明顯落後，形成所謂重硬體、輕軟體的錯誤現象。
- (三) 國內橋樑設計純以結構為主，缺乏抵抗基礎流失沖蝕的設計，橋樑工程也未包含配套之河床保護工程，因而有橋歸橋建，河道歸河道整治的問題。
- (四) 公路橋樑則以混凝土結構為主，加上因應偷工減料，及工程費愈高設計費愈高的灌水現象，故在設



高屏大橋橋墩是長方形



斷處改以 4 支小型圓柱取代



高雄縣六龜大橋橋墩是圓形

計時之安全係數就偏高，經常在二以上，版厚樑大的結果就是負荷加重，就是加深對橋基承載力的依賴，橋基問題維繫整座橋樑安全而更顯重要。

三、歷屆作品分析：

（一）「一個橋墩一個坑」－第三十七屆高小組地科→

以固定時間和水流沖擊橋墩，測量橋墩周圍的水坑範圍大小推論河水對橋墩的影響，結果是流速、流量大橋墩周圍水坑大，若於橋墩附近置放消波塊時，放太接近會有渦流反而影響橋墩。

（二）「2002 之新大禹治水」－第四十二屆全國科展國小地科→

探討基隆河水災的因素，包括截彎取直、橋墩數量與配置、貨櫃垃圾對橋墩的影響等，主要以河流的流速來推論橋墩對水流速的影響。

綜合以上兩件作品我們已經得知流速、流量不同會在橋墩周圍形成不同水坑，也知道橋墩數量多少與大小會影響河流的流速。不過我們認為以水坑大小來推論對橋墩的沖擊力雖然有其合理性，但我們希望能進一步知道到底沖擊力如何影響橋墩，並探討四周砂石如何被掏空以及橋墩間距與渦流的關係，希望能進一步提出保護橋墩的具體建議，因此我們想：

1. 以穩定的河道與水流持續沖刷不同形狀的橋墩，而橋墩材質以陶土為材料的原因是經水流沖刷後會部份流失、形成不同的斷面圖，依此得知橋墩承受較強的水流沖刷力時，可預測將如何斷裂，進而能提出補強建議。
2. 由文獻得知砂石掏空也是橋樑毀損的主因之一，因此我們設計方法測得砂石掏空剖面圖，可針對不同橋墩設計提出橋墩四周砂石補強辦法。
3. 橋墩數過少支撐能力與耐久性恐不佳；過多，反而增加河水的阻力，浪費建材與金錢，因此我們探討橋墩間距與河水沖刷力的關係，期能找到支撐力與阻力間的平衡點。

伍、 研究設備器材

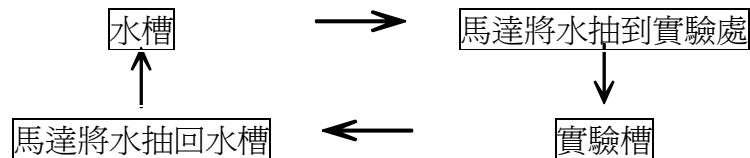
- 一、 模型製作：壓克力水槽、塑膠板、熱熔膠槍、塑膠布、寶特瓶、砂石、陶土、抽水馬達、水管、保利龍膠
- 二、 觀察與測量：尺、方格紙、計時器、數位相機

陸、 研究過程與方法

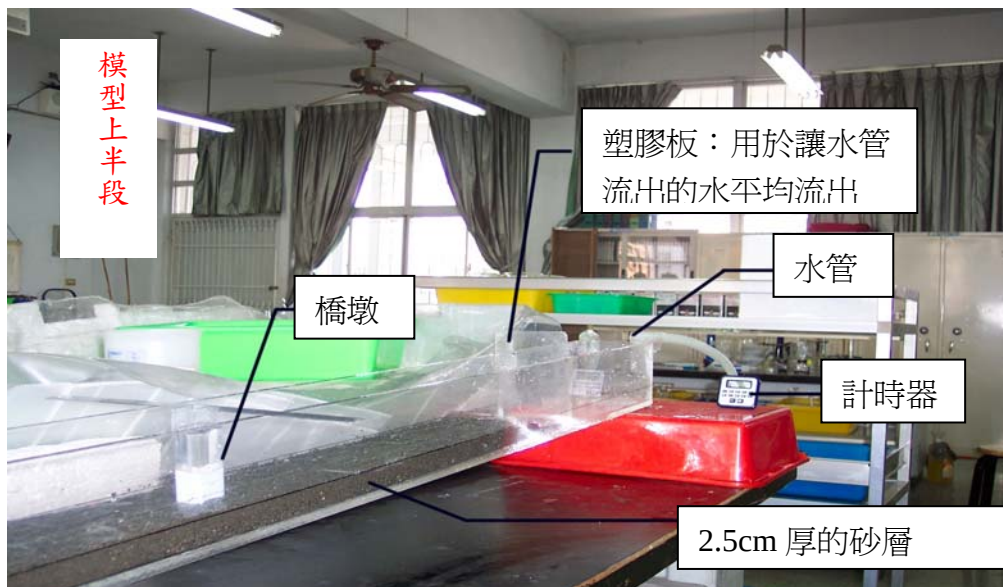
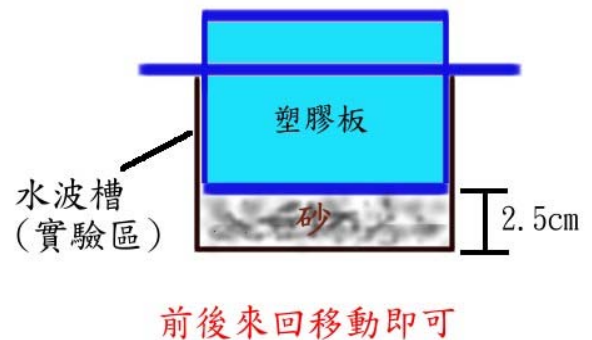
(一) 河道模型製作：

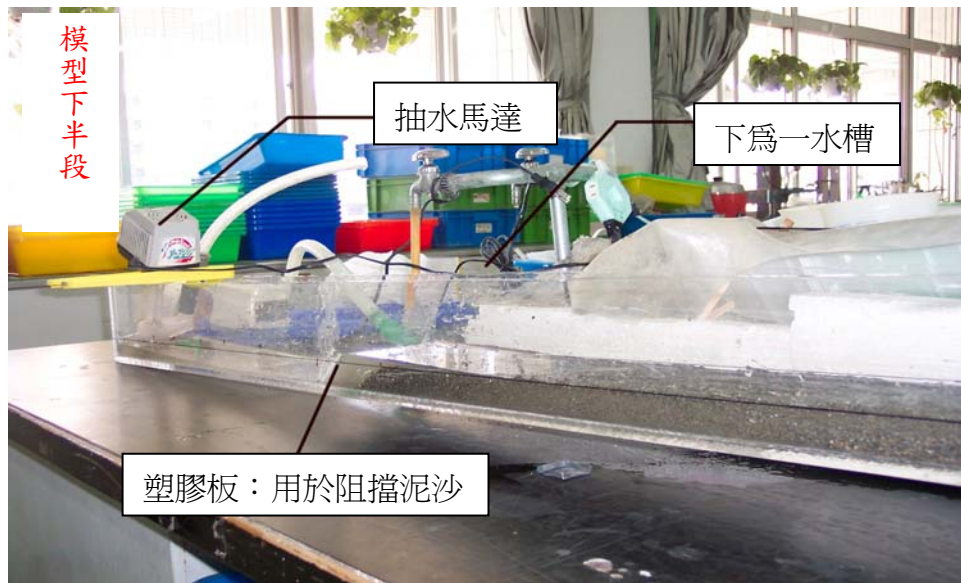
模型一：用於探討橋墩形狀與水流沖刷力(抗水能力)之實驗

模型利用水波槽、塑膠布、3 台抽水馬達、水管做成，整體的長×寬×高為 200cm×10cm×10cm。實驗中運用抽水馬達使水可重複循環，情況如下圖所示。



※在實驗槽內鋪上 2.5cm 厚的砂層(砂石用濾網濾過，這樣就能減少砂石的變因了)，我們用一塊塑膠板，如下圖示，在此塑膠板離槽底 2.5cm 高處時，用一根竹筷黏在塑膠板上，如此一來，只要把竹筷貼著實驗槽上方來回移動，便可輕易將砂石歸到高 2.5cm 處喔！





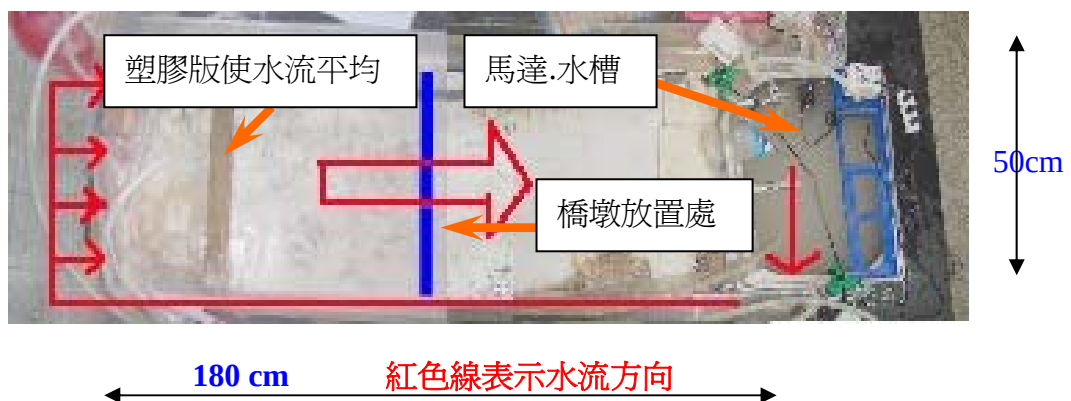
模型二：用於探討橋墩間距與水流關係之實驗（河道較寬）



努力製作中



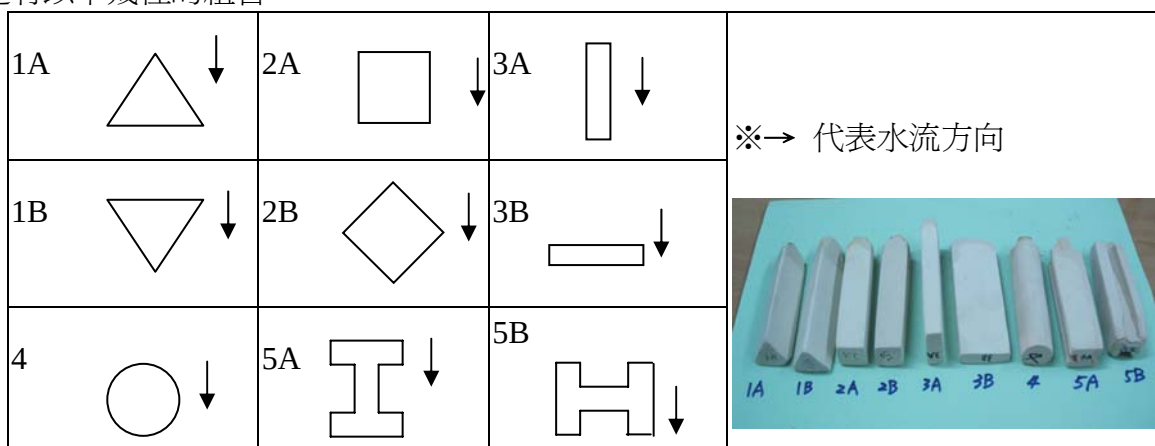
完工囉！



（二） 橋墩模型製作：

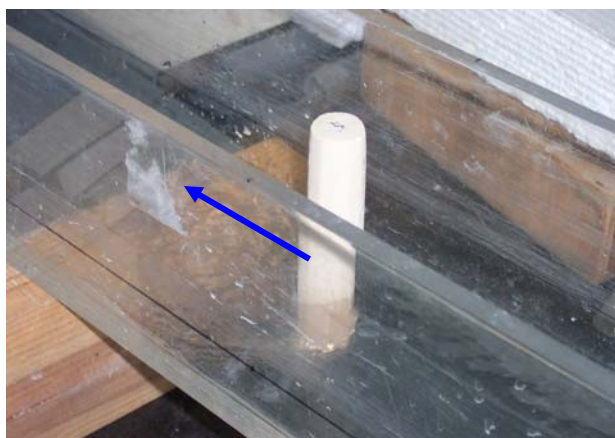
陶土具有易雕塑、乾後不龜裂、可被水沖刷侵蝕等特性。我們利用等重量(60g)的陶土製作成各種形狀的橋墩，有三角形、正方形、長方形、圓形、工字形。橋墩依據擺放

方式分爲 A、B 型，A 形是窄面爲迎水面，B 形是寬面爲迎水面。橋墩形狀及擺放發是有以下幾種的組合：



（三） 水流對各種形狀橋墩沖刷力的測量：

1. 將每一個等質量、不同形狀的橋墩以穩定的水流沖刷 4 分鐘後，橋墩靜置兩天陰乾，測出沖刷後質量變化（測三次求平均值），質量變化愈大表示水流沖刷力量愈強。
2. 畫出橋墩侵蝕斷面圖，以了解水對各種不同形狀橋墩沖刷時的流動情形、哪裡侵蝕的最厲害、會造成怎樣的迴流等。



（四） 各種形狀橋墩抗水能力與耐用性的探討：

將等質量的不同形狀的橋墩，以穩定的水流沖刷直到橋墩傾倒，測量前後質量的變化，（測三次求平均值）即爲抗水能力，並計算橋墩傾倒時間，即爲耐用性。

（五） 各種形狀橋墩四周砂石被掏空情形的探討：

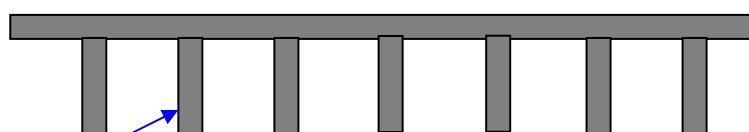
1. 橋底下砂石被掏空是橋樑損壞的主因之一，所以藉每種橋墩在同時間、穩定水流下四周砂石被掏空的情形，以找出最安全的橋墩形狀。
2. 實驗時先將方格紙以透明防水膠帶貼在各種形狀橋墩的四周（如下圖所示），再將橋墩固定於河道的砂土中，經水流沖刷一段時間後，以油性筆畫出橋墩四周砂石被掏空情形。
3. 取下實驗後的方格紙，展開來，每隔相同距離記錄河道面下降距離，以 Excel 畫出砂石掏空剖面圖，即可得知橋墩四周的砂石掏空情形。



（六） 橋墩數量與水流沖刷力關係的探討：

以定流量的水流沖刷不同數量的橋墩，記下第一根橋墩傾倒時間，並測量每一橋墩質量的流失情形，以瞭解每一根橋墩受到沖刷力的不同。

模型橋長 = 50 cm



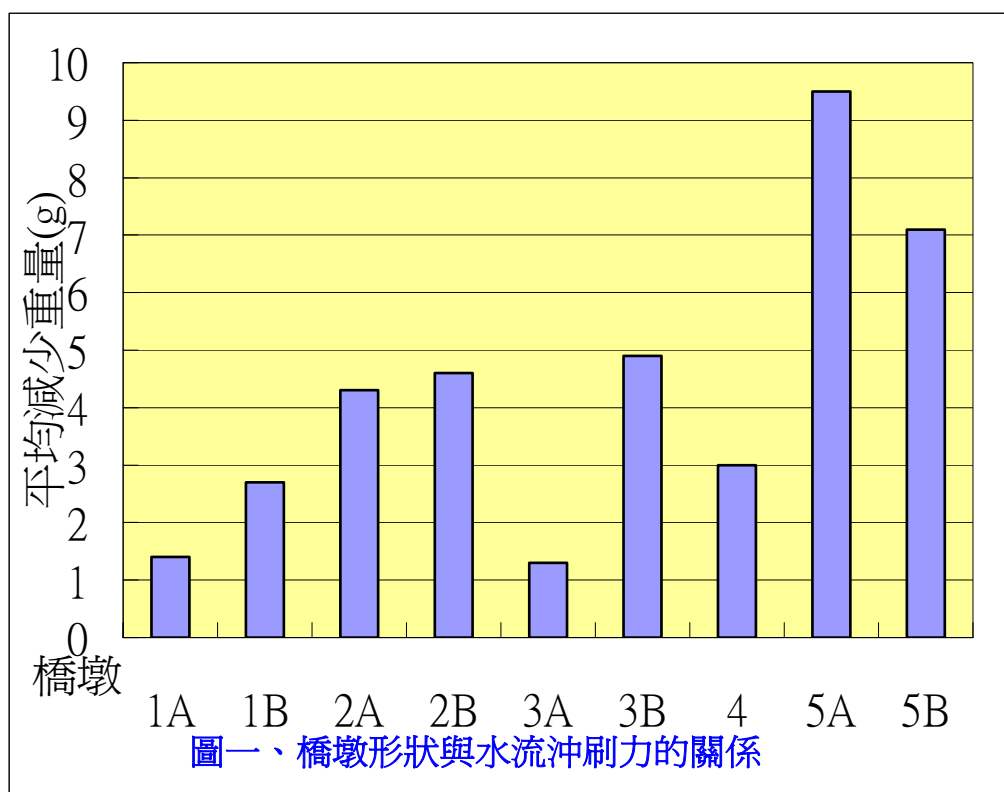
橋墩數	2	3	4	5	6	7	8	9	10
橋墩間距	17 cm	13 cm	10 cm	8 cm	7 cm	6 cm	5.5 cm	5cm	4.5 cm
斷橋 平均時間	待測 →								
橋墩平均 重量差	待測 →								

柒、 研究結果與討論：

(一)水流對各種形狀橋墩冲刷力的測量結果（表一、圖一）：

表一、橋墩形狀與水流沖擊力的關係

橋墩形狀及擺放方式	1A 	1B 	2A 	2B 	3A 	3B 	4 	5A 	5B 
實驗前橋墩重（g）	60	60	60	60	60	60	60	60	60
沖刷 4 分鐘後 平均重量（g）	58.6	57.3	55.7	55.4	58.7	55.1	57.0	50.5	52.9
橋墩減少重量(g) 平均值	1.4	2.7	4.3	4.6	1.3	4.9	3	9.5	7.1



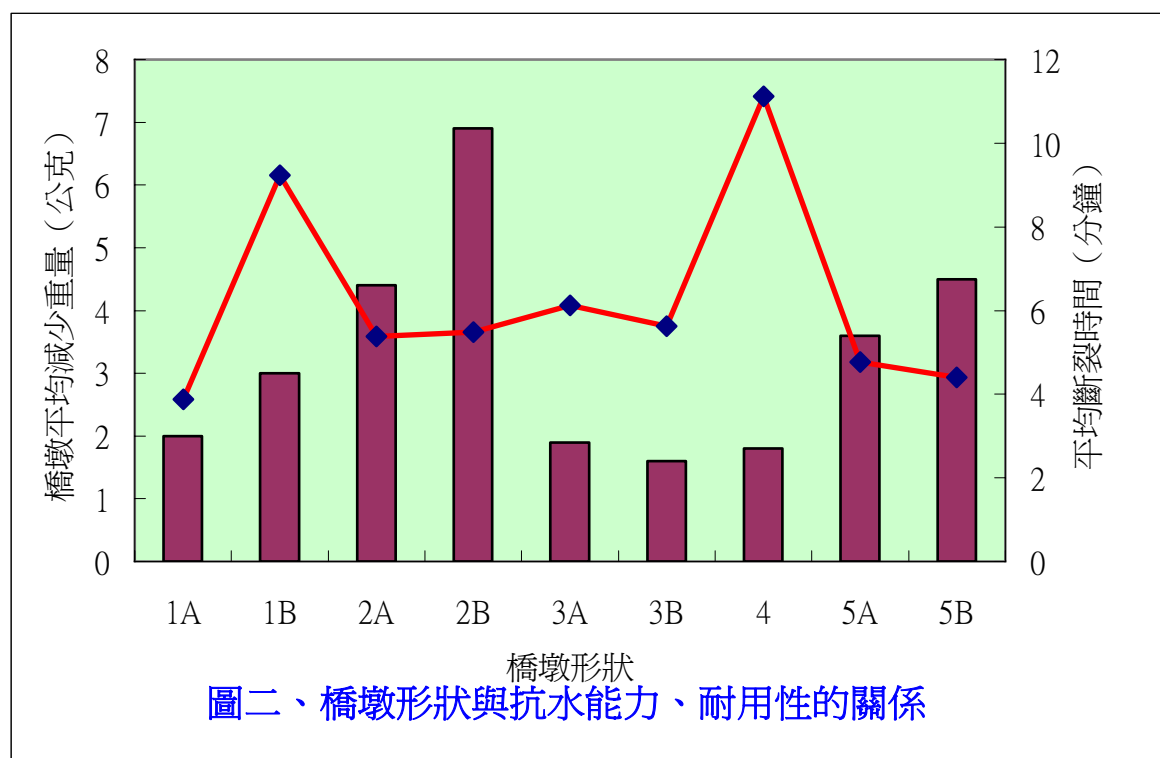
※結果（一）：

1.重量流失由最多到最少依次是 5A→5B→3B→2B→2A→4→1B→1A→3A

(二)各種形狀橋墩抗水能力與耐用性的測量結果（表二、圖二）：

表二、橋墩形狀與抗水能力、耐用性的關係

橋墩形狀與擺放方式	1A 	1B 	2A 	2B 	3A 	3B 	4 	5A 	5B 
實驗前橋墩重（g）	60	60	60	60	60	60	60	60	60
傾倒後平均重量(g)	58.0	57.0	55.6	53.1	58.1	58.4	58.2	56.4	55.5
橋墩平均減少重量(g)	2	3	4.4	6.9	1.9	1.6	1.8	3.6	4.5
斷裂所費時間 平均值（分鐘）	3.88	9.23	5.38	5.48	6.12	5.63	11.12	4.77	4.4

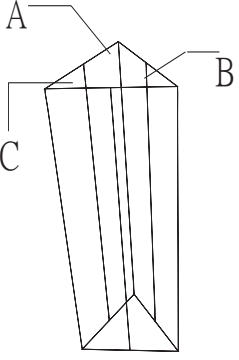
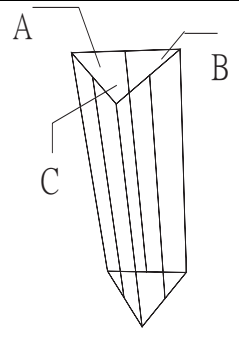
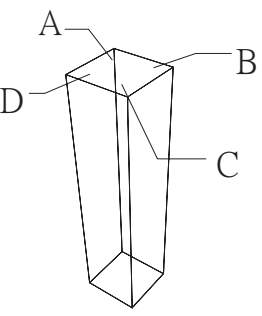
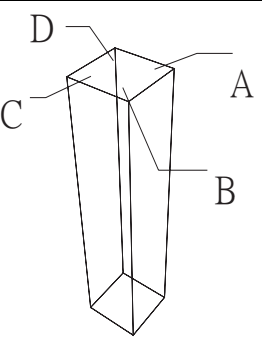
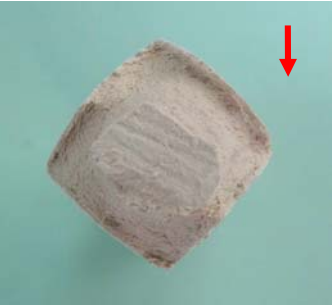


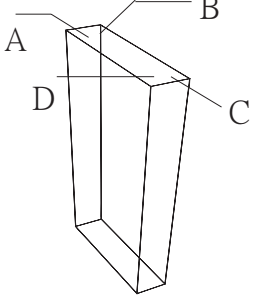
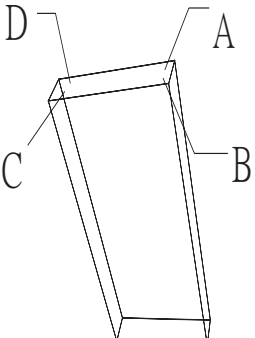
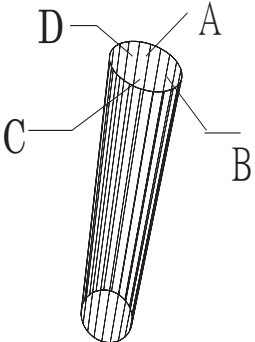
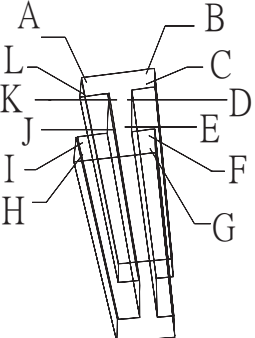
※結果（二）：

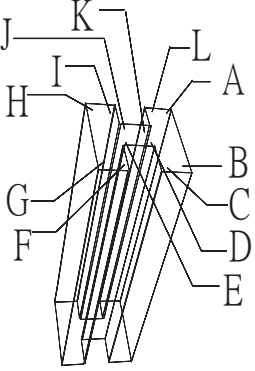
- 1.重量流失由最多到最少依次是 2B→2A→5B→5A→1B→1A→3A→4→3B
2. 受水沖刷各橋墩傾倒時間最多到最少依次排序為 4→1B→3A→3B→2B→2A→5A→5B→1A

(三)水流冲刷橋墩的斷面圖分析：

※結果（三）

	實驗前橋墩原圖	四分鐘後橋墩斷面圖	結果分析
1A			前端的角將水流切開，水流經 A 處時水力仍沒有太大改變，故剛開始水流在 B.C 兩側造成較嚴重的損害，但經過一段時間後 A 處仍會像兩側一樣被侵蝕的很嚴重。
1B			迎水面較大時，A、B 兩個角被侵蝕，並造成迴流侵蝕背水角。
2A			正方形橋墩造成的阻力較大，橋墩流失情形嚴重，支撐時間亦不久。
2B			菱形橋墩的角都被削掉，橋墩流失嚴重。

3A			前方和側面阻力小，不過會在橋墩後側造成迴流，背水面比迎水面侵蝕嚴重。
3B			橋墩兩側承受阻力大，侵蝕情形較嚴重。
4			經四分鐘沖刷後沒有太大改變，但實驗 11 分鐘後幾乎已削去大半邊橋墩時才斷裂。圓形在開始的侵蝕不是正面，而是從後面先開始，由此得知水流在背水側產生迴流侵蝕橋墩。
5A			工字形一下就被水流侵蝕完，橋墩迅速斷裂。

5B			H 字形因為支撐點分散，側邊侵蝕情形嚴重、支撐時間很短。
----	---	---	-------------------------------------

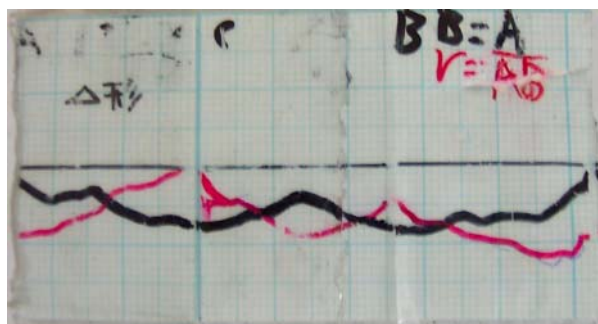
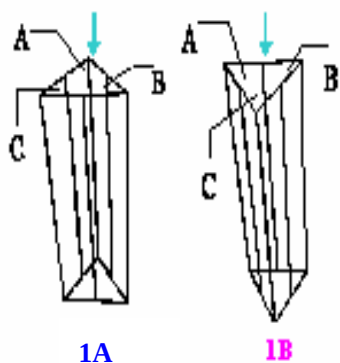
※討論：

- 1.由結果（一）、（二）、（三）可知圓形最能承受水流的沖刷力，故橋墩質量流失少，損壞較不嚴重，耐久性最久，可說是較好的橋墩造型。
- 2.工字形橋墩因形狀不平整，外加不夠厚實且支撐力量分散，致使水流造成迴流，導致橋墩迅速傾倒，可說這種橋墩的抗水能力與耐久性最差。
- 3.由此可再得到一結論：形狀不平整（例如 5A、5B）、迎水面大（例如 2A、2B、3B）的橋墩所能承受水流沖刷的能力較差；流線型（例如 4）和狹長方形（例如 3A）的橋墩所能承受水流沖刷可能較好，橋墩質量流失少，耐久性較高，但須注意迴流對背水面侵蝕。

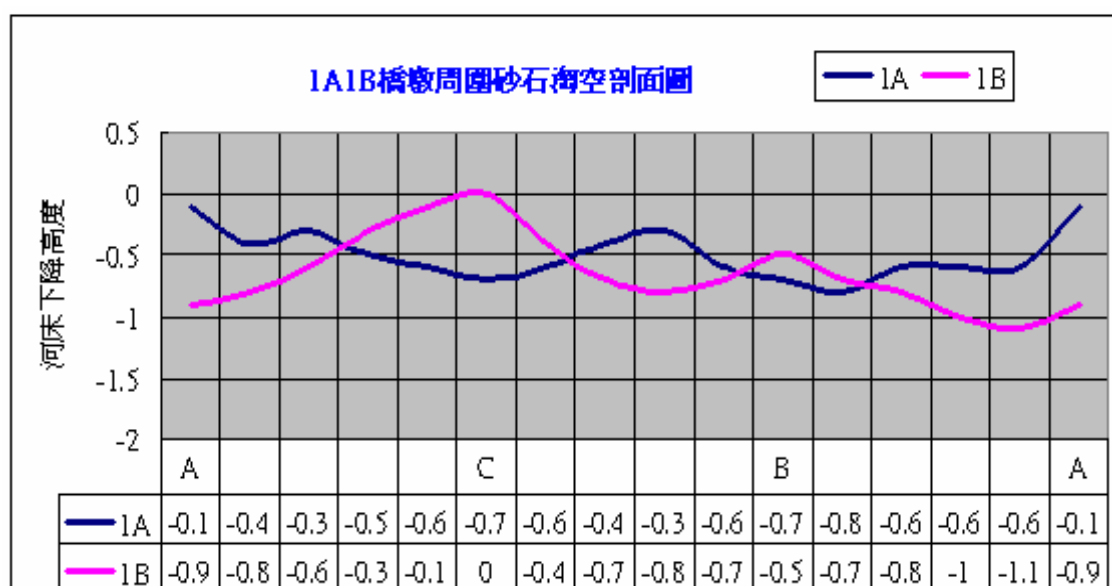
(四)橋墩周圍砂石被掏空情形的探討：

※結果（四）以同樣水量及時間沖刷不同形狀的橋墩，其周圍砂石被掏空情形的結果列於下：

1、三角形橋墩→



原圖中黑線是 1A，紅線是 1B

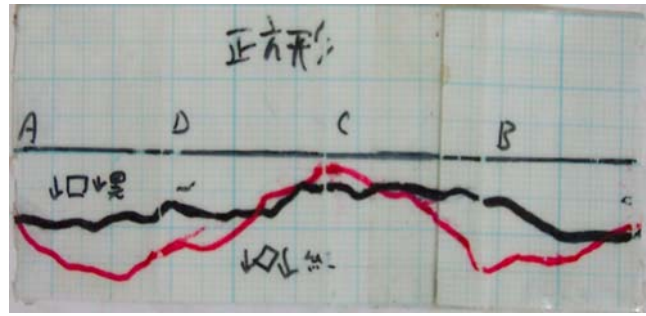
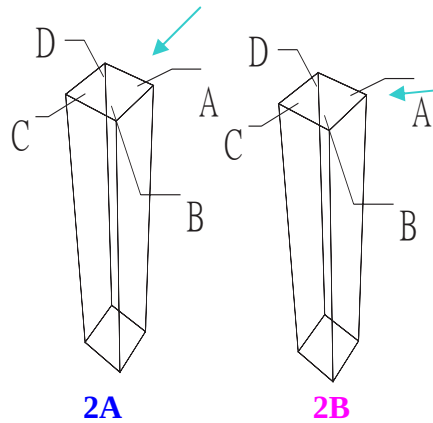


1A 掏空總量-8.2 cm 平均-0.49 1B 掏空總量-11.4 cm 平均-0.64

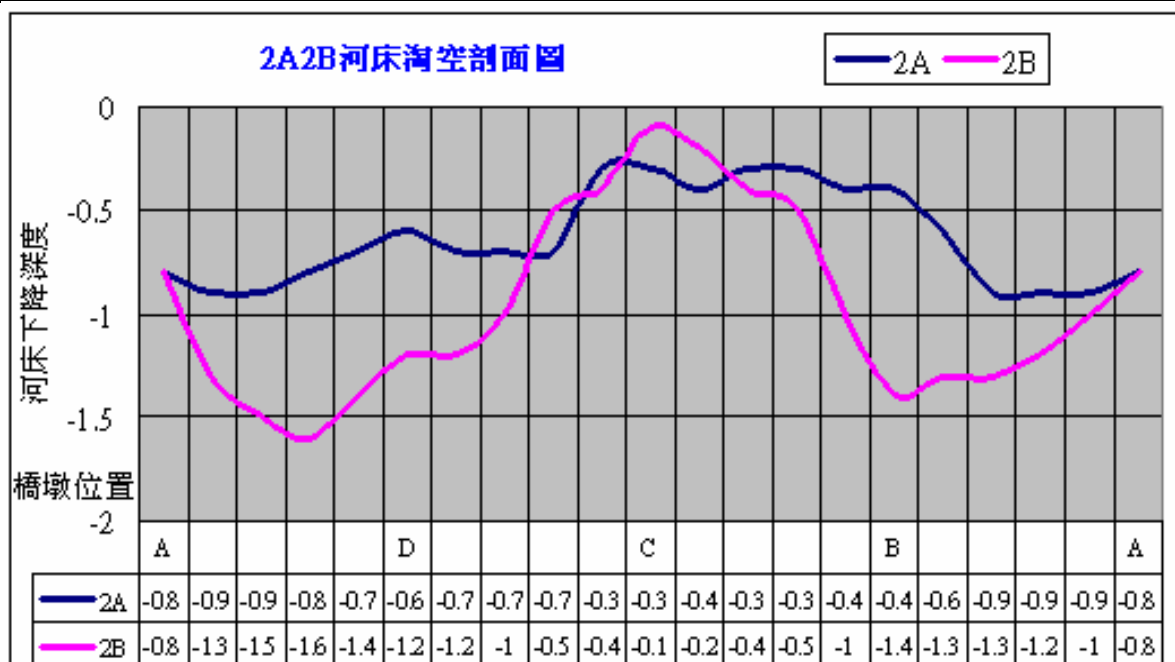
結果：1A→A 迎水點將水流分開，故不易在底下造成迴流或亂流，因此砂石掏空情形不嚴重，而橋墩後方(BC 面)發現砂石被侵蝕的情況也不嚴重，表示 1A 橋墩較不易在後方形形成迴流。反倒是 AB、AC 兩面的掏空情形較嚴重，可能是因為 AB、AC 是斜面，會阻擋了水流而被侵蝕。

1B→水流受到 AB 迎水面阻擋，而往上或竄流水底的水流會直接將砂石捲起而帶走，故砂石掏空較為嚴重。C 背水點處的砂石減少不多，表示後方不容易形成迴流，而 AC 面、BC 面則是因為 AB 面已將水流減弱，故砂石掏空量不大。

2、正方形橋墩→



原圖中黑線是 2A，紅線是 2B

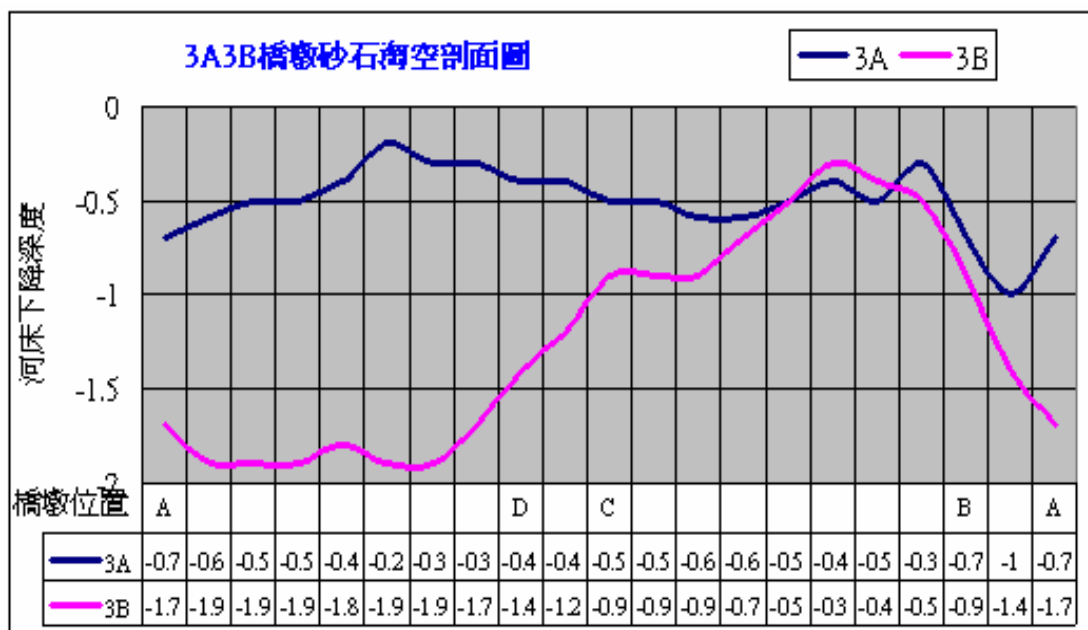
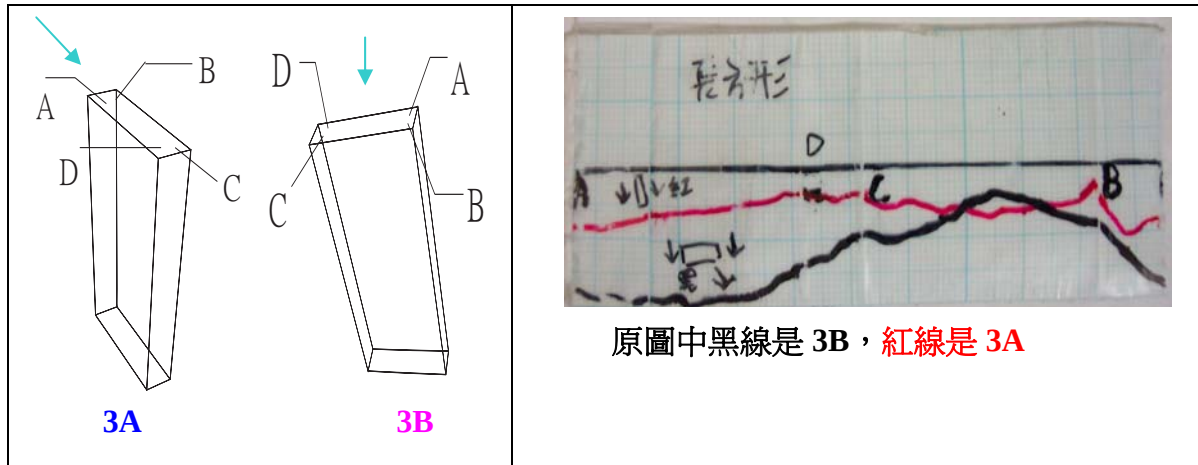


2A 掏空總量-15.4 cm 平均-0.63 2B 掏空總量-20.1 cm 平均-0.95

結果：2A→DA 迎水面使水把砂石推向兩邊，並減弱水流，導致 C 點和 B 點不易被侵蝕。CB 背水面因受到水流侵蝕較弱，所以 CB 面的砂石下降較少，加上前方的少許砂石堆積在背水面，所以並沒有明顯下降。

2B→A 點的情形跟 1A 很像，但角度上 90 度比 1A 的 60 度多了一點，所以會造成一些下降。同樣的和 2A 一樣，水會把砂石向後推，再加上原本流向 C 的水，使得 AD 面和 AB 面砂石下降許多，容易造成橋墩左右因砂石掏空過多而不穩。而後面的 C 點幾乎沒被掏空，所以此型橋墩整體上的掏空量多，四周河床變化起伏大。

3、長方形橋墩→

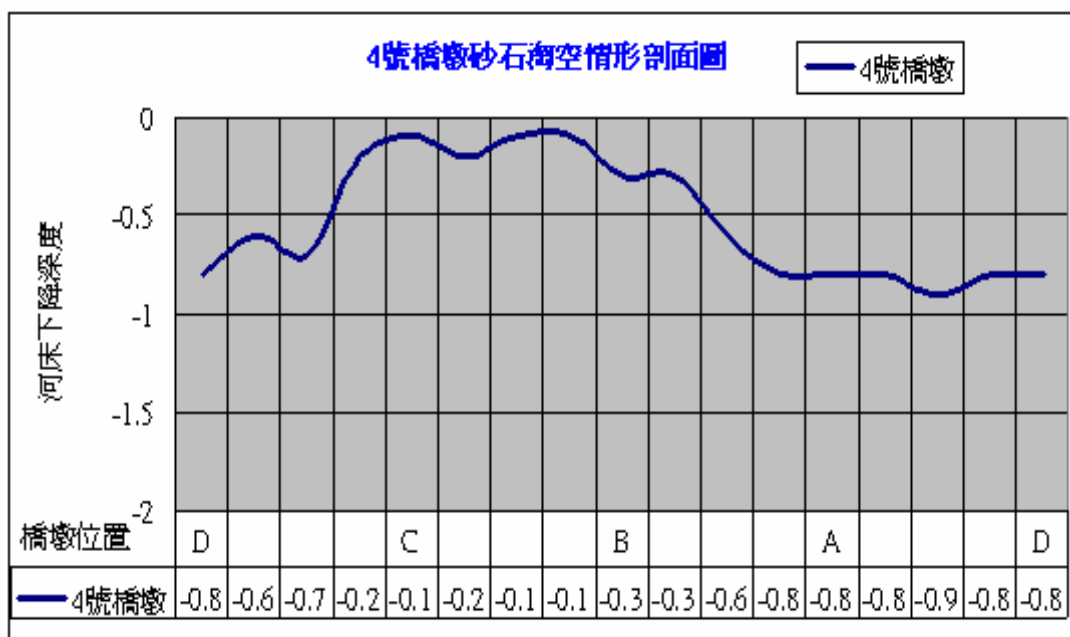
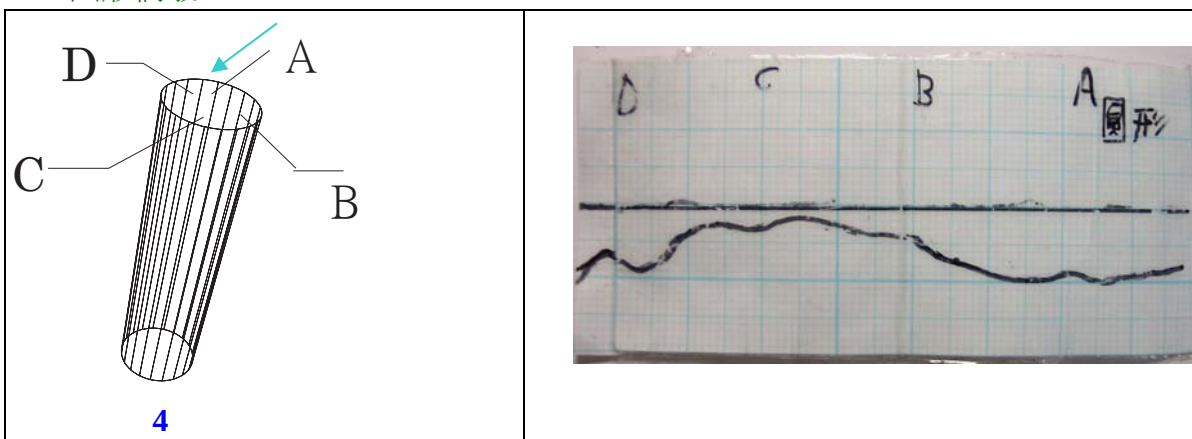


3A 掏空總量：-10.6 cm 平均-0.50 3B 掏空總量：-26.4 cm 平均-1.25

結果：3A→由圖可知橋墩四周掏空量平均，侵蝕情況緩和，但 BA 迎水面直接受到水流侵蝕，所以下降的較多。此型的橋墩缺點只有迎水面受到沖擊較大而已，不過迎水面小，掏空總量不大，整體來講是還不錯的橋墩形狀。

3B→AD 迎水面大，所以水流會往上下左右溢流，而往下的水流是造成掏空的主因，由此可知迎水面積跟掏空量有正比關係，AD 迎水面掏空量多，CB 背水面掏空量較少，這樣一來橋墩很不穩固，容易因為前方缺乏砂石而倒塌，所以此型極不適合作為橋墩。

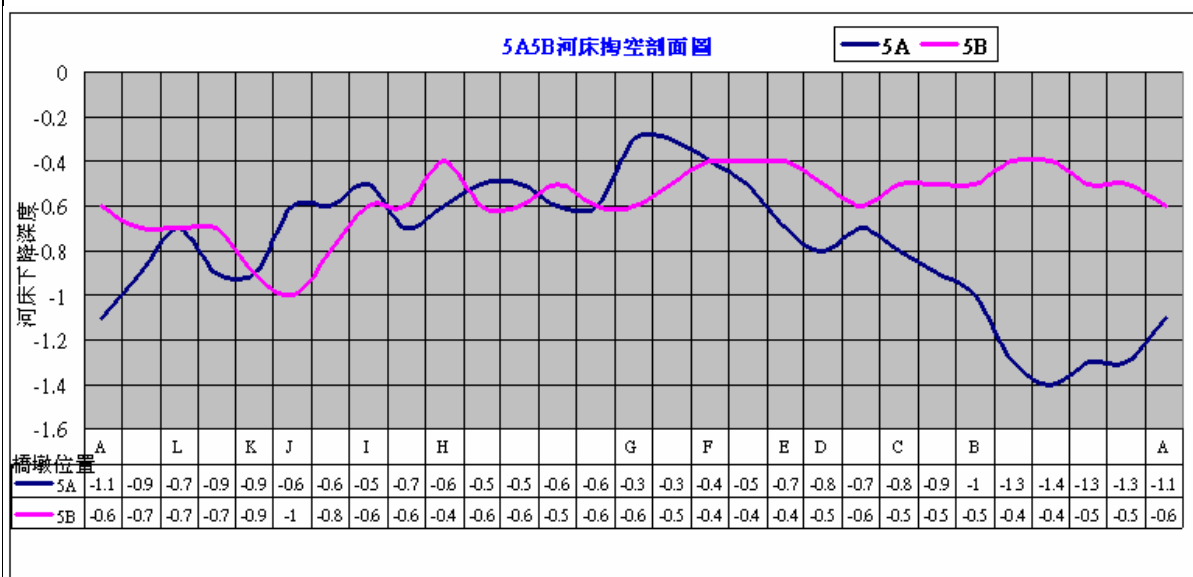
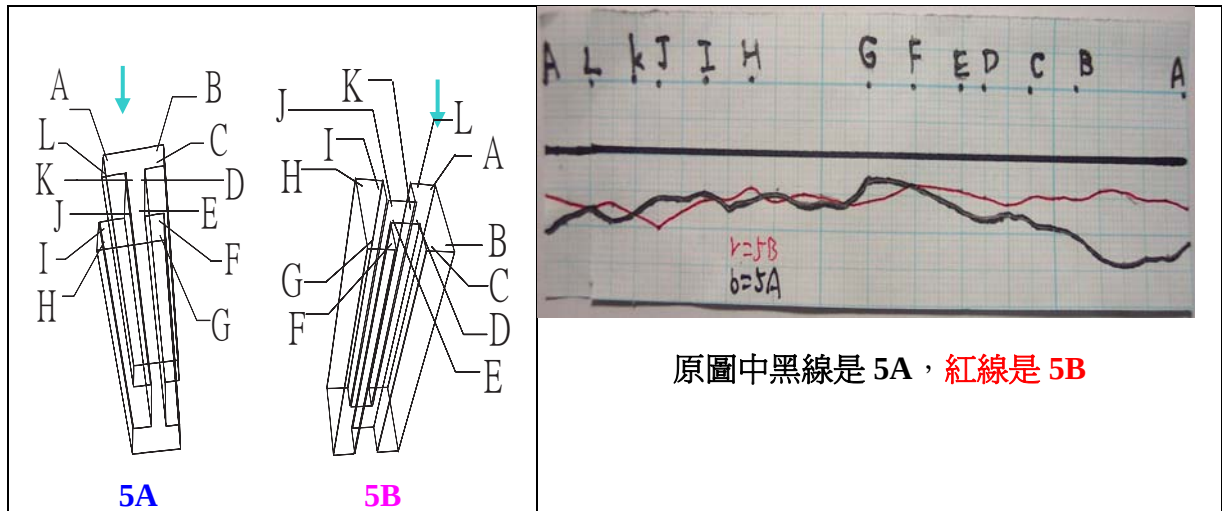
4、圓形橋墩→



4 掏空總量：-10.5cm 平均：-0.62cm

結果：4→DAB 迎水面稍大，故 DAB 的掏空量只是為量而已。這是因為水流已被 DAB 面阻擋且分散了，不像沒有阻擋面的 1A 中，水流在叉開來之後很快速的繼續往下流，就因這樣圓型的後端便不易被掏空。像這種情況在 1B、2A、3B 亦可見。由此看來圓形只要再加一些防護措施，是很適合當橋墩的。

5、工字形橋墩→



5A 掏空總量-19.8cm 平均-0.76cm 5B 掏空總量-14.7cm 平均-0.57cm

結果：5A→AB 迎水面有迎水面積越大掏空越深的狀況，而水流經分散後，旁邊的 BC 面、AL 面也因水流減弱而掏空量少。大致上此形橋墩的掏空方式跟 2A、3B 都差不多，但是在耐久性實驗中，工字型的橋墩因為結構不扎實所以很容易斷裂，並不適合作為橋墩型。

5B→JK 迎水面的下降程度較 AB 面深，再次應證了迎水面積與掏空量有絕對關係。

※討論：

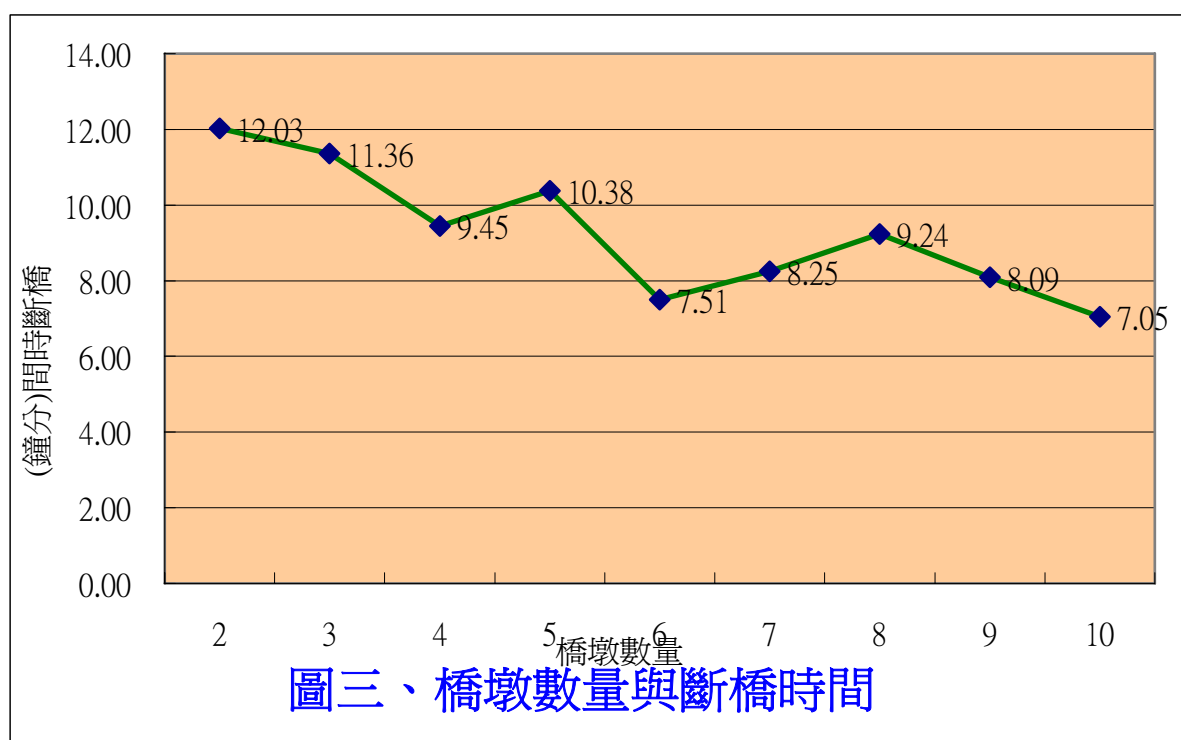
1、總掏空量依最多到最少為 3B→2B→5A→2A→5B→1B→3A→4→1A

因此橋墩周圍的砂石被掏空較多，通常都是迎水面積較大，所以橋墩在設計上，迎水面要盡量往較流線型方面來設計。

(五) 橋樑數目與水流沖刷力關係的結果如下（表三、圖三）

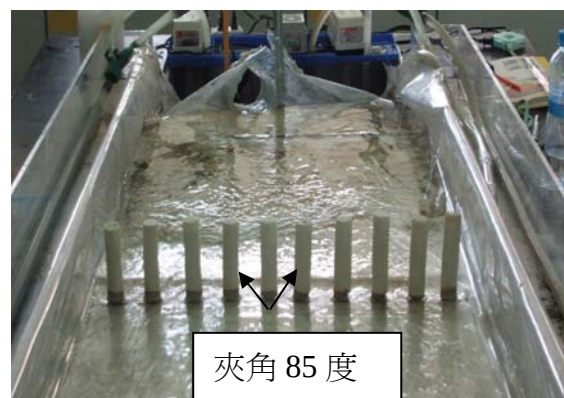
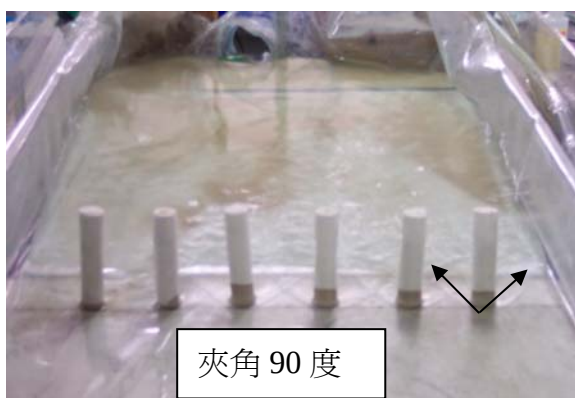
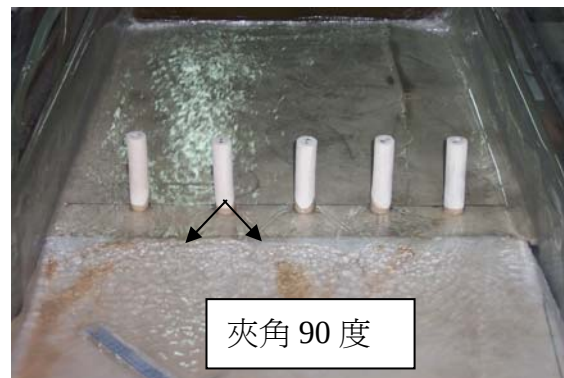
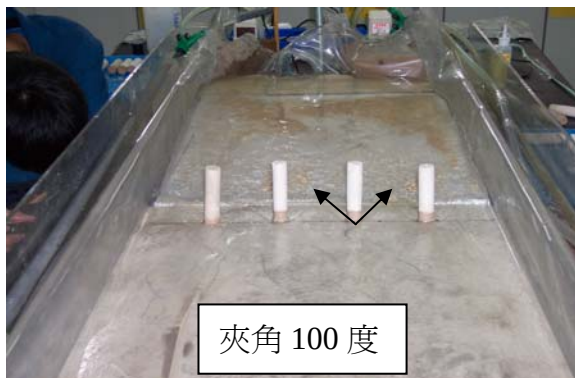
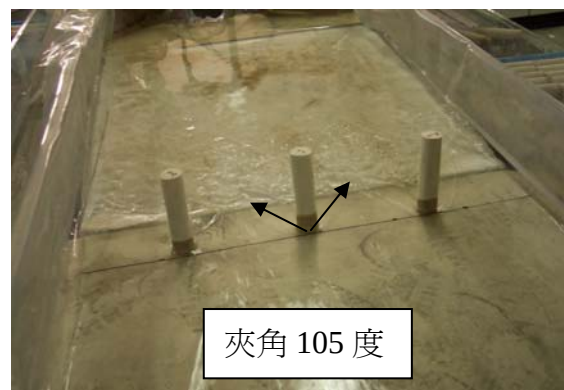
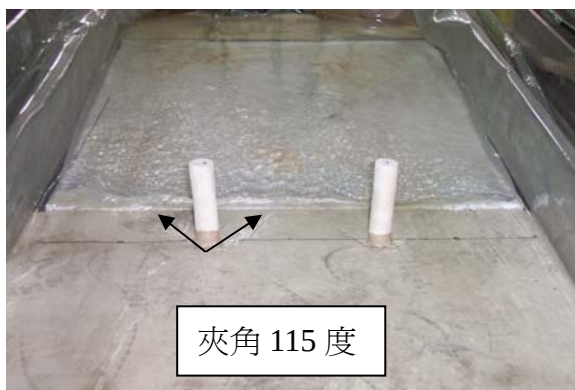
※結果（五）表三、橋墩數量與傾倒時間、水流沖擊力的關係

橋墩數	橋墩間距	傾倒時間 (分)	橋墩編號(紅色為傾倒的橋墩) 傾倒前後重量差(克)										
2	17 cm	12.02	1-1 1.47					1-2 6.44					
3	13 cm	11.36	2-1 9.66			2-2 5.32			2-3 2.03				
4	10 cm	9.45	3-1 3.63		3-2 5.43		3-3 4.9			3-4 10.19			
5	8 cm	10.38	4-1 1.48		4-2 3.06		4-3 4.21		4-4 4.09		4-5 6.57		
6	7 cm	7.51	5-1 2		5-2 1.89		5-3 4.32		5-4 2.17		5-5 2.85		5-6 0.25
7	6cm	8.25	6-1 3.29		6-2 4.28		6-3 5.04		6-4 6.25		6-5 4.33		6-6 4.54 6-7 3.49
8	5.5 cm	9.24	7-1 1.74		7-2 5.02		7-3 3.56		7-4 2.63		7-5 4.73		7-6 5.23 7-7 2.97 7-8 0.14
9	5cm	8.09	8-1 2.77		8-2 3.42		8-3 3.56		8-4 5.41		8-5 5.54		8-6 4.69 8-7 5.02 8-8 3.98 8-9 4.35
10	4.5 cm	7.05	9-1 4.83		9-2 1.68		9-3 9.58		9-4 2.65		9-5 4.52		9-6 9.6 9-7 3.76 9-8 5 9-9 1.6 9-10 5.1



※討論：

- 1、由表三中可發現橋墩數量不同時，每一支橋墩受到冲刷力大小找不出有規則，但是仍可窺得在靠近中間附近的橋墩先傾倒，可見河道中央的橋墩承受較大的水流冲刷力。
- 2、由圖三可知隨著橋墩數量越多，橋墩傾倒時間有縮短的趨勢；由表三中編號 1-1、2-2、3-3、4-3、5-3、6-6、7-6 的橋墩也可看出橋墩數目越多，傾倒前後的質量差越大；依此我們推論橋墩數量越多，能承受水流冲刷力越小。
- 3、仔細觀察水流，我們看到水流在橋墩周邊會造成水波紋，橋墩數多時，水波紋雖然不會直接侵蝕鄰近的橋墩，但數量多時波紋的夾角越小，代表向下游的水流速較快、冲刷力較強。



捌、 結論與建議

(一)、 各種橋墩評比表：(○代表較佳、x代表較差)

橋墩形狀及擺放方式	1A 	1B 	2A 	2B 	3A 	3B 	4 	5A 	5B 
水流沖刷力	○	○	x	x	○	x	○	x	x
抗水能力	○	x	x	x	○	○	○	x	x
斷裂時間	x	○	x	x	○	x	○	x	x
橋墩流失剖面	x	x	x	x	○	x	○	x	x
砂石掏空情形	○	x	x	x	○	x	○	x	x

- (二)、 形狀不平整、迎水面大橋墩承受的水流沖刷力較大、不厚實的橋墩會分散支撐力量，易傾倒，皆不適合作為橋墩的選擇；造型流線的圓形和狹長方形的橋墩所受水流沖刷力小，抗水能力強，耐久性較高。
- (三)、 水流在橋墩的迎水面和背水面都會沖刷侵蝕：但迎水面大者前側侵蝕較嚴重，造型圓滑者，側面和背面被侵蝕稍微多一點。
- (四)、 砂石掏空量和迎水面大小成正比，迎水面大、造型不流線者砂石掏空不均勻，易造成橋墩不穩固而傾倒。
- (五)、 越靠近河道中央的橋墩承受較大的水流沖刷力；橋墩數目越多則承受較大的水流沖刷力、橋墩傾倒時間較快。
- (六)、 綜合上述結論我們提出以下理想橋墩及維護辦法：

1、 **橋墩造型**：因本實驗水流穩定向下沖刷，所以橋墩前方及後方均流線圓弧造型最佳，最好以抗侵蝕的材質保護，側面要狹窄以減少阻力和侵蝕力，如右圖。

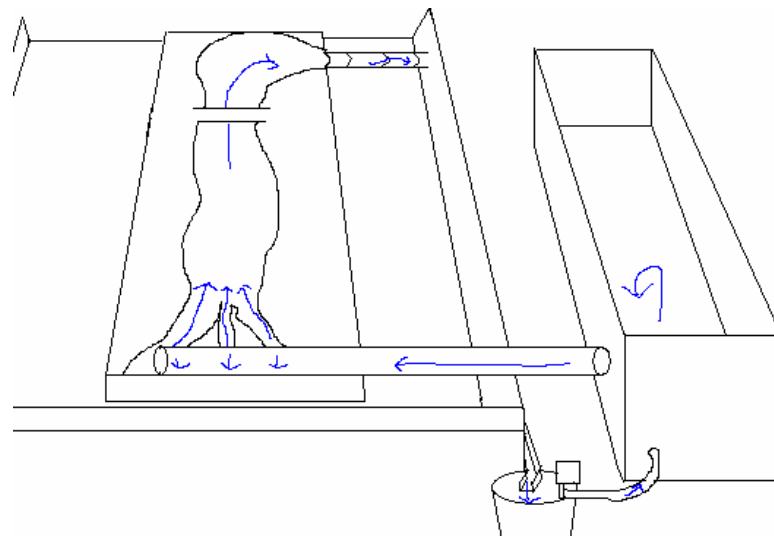
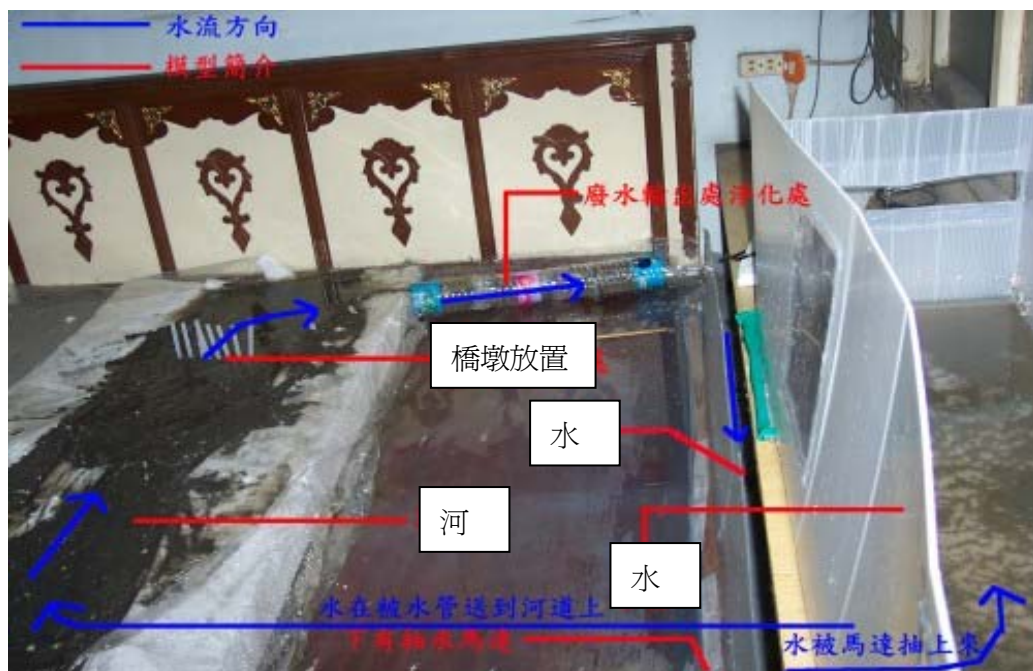


2、 **橋墩排列**：橋墩設置間距不宜過密，以免阻擋水流、浪費建材；靠近河道中間的橋墩要更堅固並派人定期察看、修補，或者以別的建築工法讓中央湍急的水流通過，〈也是一種另類思考〉。

3、 **河道整治**：定期派人巡視橋墩四周河床，將河床堆積處的砂石拿來填補被掏空較多的迎水面區域，以防橋基裸露、不穩固而倒塌。

玖、 實驗後記

這次研究真的遇到很多的挫折，例如：意見不合、模型漏水、有時橋墩沖到上課還不倒等等之類的，讓我們不知所措，也讓我們手忙腳亂，有時還利用假日到學校捏陶土做橋墩。雖然從 2004 年 8 月就開始有研究的想法，還在同學家中大費周章的用床和房間做河流模型（如下圖，哈哈很天才吧！現在想起來還真好笑），不過這個模型實在不怎麼科學，直到 11 月在老師協助下，才於學校實驗室重建更適合做研究的模型。目前我們的研究雖然告一段落，不過還有許多當初設定的研究問題尚未探討，例如橋樑的支撐力、橋樑負重、不同橋面形狀（誰說橋一定要是直的！）等，希望未來能繼續一探究竟。



拾、參考資料

■ 網站：

- 1、橋樑工程 <http://www.cv.ncu.edu.tw/Civil/cber/Bridges/CSB/5/BrgEng.html>
- 2、國立中央大學土木工程系橋樑工程研究中心 <http://www.cv.ncu.edu.tw/Civil/cber/index.htm>
- 3、盜採砂石相關報導 http://eec.kta.org.tw/kpbridge_html/a-kpbridge12.htm
- 4、國政專論-高屏大橋斷裂意外後對加強橋樑安全的建議
<http://www.npf.org.tw/PUBLICATION/SD/089/P/SD-P-004.htm>
- 5、盜採掏空河床橋墩不保
<http://contest.ks.edu.tw/~river/rivernews/2000news/200008/200008-23.htm>
- 6、河流地形 <http://www.kghs.kh.edu.tw/tea581/B1-08.htm>
- 7、台灣地震數位知識庫 <http://kbteq.ascc.net>

■ 書籍

- 1、李淑珺編譯（2000 年）。偉大建築巡禮。國家地理雜誌。台北市：大地地理出版事業。
- 2、姚夢嘉（民國 80 年）。橋樑的故事。漢聲小百科 9 月的故事。台北市：英文漢聲出版有限公司。
- 3、郭重吉主編（民國 93 年）。力學在營建科技的應用。自然與生活科技。台南市：南一書局。

中華民國第四十五屆中小學科學展覽會
評 語

國中組 生物及地球科學科

佳作

031726

橋墩追追追～橋墩抗水能力與砂石淘空情形
探討

高雄市立陽明國民中學

評語：

本作品利用水波槽，對不同形狀之樁墩如正方形、菱形、工字形、H字形等作為實驗之對象以探討橋墩抗水能力與砂石淘空地形，本作品有實用價值，作者共三人亦具團隊精神。