

中華民國第 55 屆中小學科學展覽會 作品說明書

國中組 生活與應用科學科

030822

消波柱降低水流衝擊最佳模型探討

學校名稱：苗栗縣私立君毅高級中學(附設國中)

作者： 國二 郭奕帆 國二 李俊毅 國二 游幃傑	指導老師： 葉炳南 周鳳君
---	-----------------------------

關鍵詞：消波柱、水流、衝擊力

摘要

本研究主要是針對消波柱的形狀、排列方式及消波柱與橋墩距離，探討消波柱對於減緩水流衝擊力的影響，進一步尋找減緩水流衝擊力最佳模式。在消波柱的形狀實驗中，實驗結果呈現以消波柱尖角正對水流方向擺設，最能減緩水流對模擬橋墩的衝擊力，等腰三角柱體之效果以 $30^{\circ} > 60^{\circ} > 90^{\circ} > 120^{\circ} > 150^{\circ}$ ；進一步實驗，我們調整消波柱的排距、間距，由實驗結果發現，當排距為 5cm，消波柱間距為 2cm，消波柱放置於模擬橋墩距離 30cm~40cm 的效果最佳。綜合以上實驗結果，有效減緩水流對橋墩的衝擊力不能只是阻擋，必須使用部分阻擋、部分緩衝方式更能達到緩衝水流效果，最佳模型建議為消波柱間距 2cm、排距 5cm、距離橋墩 30cm~40cm，對水流的衝擊力能降到最低。




壹、研究動機

在齊柏林看見台灣影片中，赫然發現我們的國土海岸線的變化，不單是汙染、土石流的問題，還參雜著一些海岸線的變化，其中之一就是海岸線因海水衝擊下，海岸線的岩石被侵蝕嚴重，影響著土石流失及海岸線的平衡。基於此，我們上網蒐集相關資料，想透過實驗找出能夠阻擋水流的衝擊以及維護橋墩的安全之最佳組合。我們利用不同的模組，消波柱的形狀控制變因的方法，找出最佳的狀況。

貳、研究目的

- 一、探討不同形狀消波柱對水衝擊力的影響。
- 二、探討不同頂角之等腰三角形消波柱對水衝擊力的影響。
- 三、探討不同消波柱表面粗糙度對水衝擊力的影響。
- 四、探討不同間距擺設方式，消波柱對水衝擊力的影響。
- 五、探討不同排距擺設方式，消波柱對水衝擊力的影響。
- 六、探討改變消波柱至模擬橋墩距離對水衝擊力的影響。
- 七、固定消波柱的排數及排距，改變各消波柱的間距，探討最能有效減緩水流速的間距。
- 八、探討降低水流衝擊力最佳模型。

參、研究設備及器材

		
集水區	水道	消波柱

肆、研究過程與方法

一、文獻資料蒐集與探討

(一) 文獻資料蒐集：擷取自（專題文章-橋墩沖刷之探討）

橋樑為橫跨河川的水工結構物，由於橋墩的存在，導致水流通水斷面縮小。當水流通過橋墩附近時，因橋墩的阻礙造成河道通水斷面縮小，以至於水流流況產生改變，相對的導致橋墩周圍河床發生沖淤變化。其變化的主要特徵有：

(1) 橋墩上游處：

發生壅水現象，水流因橋墩阻擋而形成向下射流(downflow)，導致河床沖刷形成沖刷坑，此屬於一般沖刷(general scour)與局部沖刷(local scour)作用而成。

(2) 橋墩周圍處：

由於河道寬度縮小，使得河槽單位寬度流量增加，流速及河床剪力加大，造成束縮沖刷(contraction scour)。

(3) 橋墩下游處：

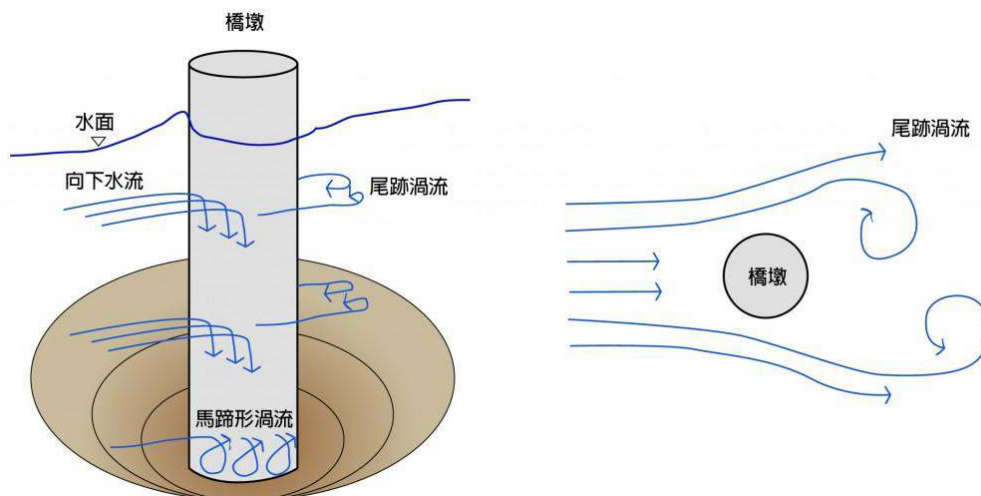
則因水流的迅速擴散，流速降低，水中攜帶的泥砂發生落淤，形成淤積堆。

上述之沖淤變化，尤其是橋墩周圍的局部沖刷，若不加以防範，可能會嚴重影響橋墩的安全與穩定性，甚至造成橋墩基礎的裸露及橋樑之破壞與損毀。



濁水溪名竹大橋於麥德母颱風(2014年7月)期間所拍攝到的橋墩周圍洪水過程

(資料來源：台灣颱風洪水研究中心)



橋墩沖刷機制 (轉繪自：Idaho Transportation Department Office Manual Plans of Action for Scour Critical Bridges)

(二) 文獻資料探討

根據相關文獻資料，我們想如果在橋墩前設置消波柱，以取代橋墩，阻擋減緩水流對橋墩的直接沖刷，藉此消耗水流的能量，或許也是保護橋墩的不錯方法。於是我們做了以下的實驗，探討消波柱對於減緩水流衝擊力的影響，進一步尋找減緩水流衝擊力最佳模式。

二、製作消波柱模型

(一) 長方形柱體製作消波柱模型

1. 模：用瓦楞紙做出長 3cm × 3cm × 10cm 的長方形柱體
2. 消波柱：石膏
3. 製作過程：將石膏灌入模內，乾後取出即成

(二) 圓柱體製作消波柱模型

1. 模：用瓦楞紙做出直徑 3cm 高 10cm 的圓柱體
2. 消波柱、製作過程：同上

(三) 等腰三角柱體製作消波柱模型

1. 模：用瓦楞紙做出底邊 5cm、高 10cm，頂角分別為 30°、60°、90°、120°、150° 的等腰三角柱體
2. 消波柱、製作過程：同上

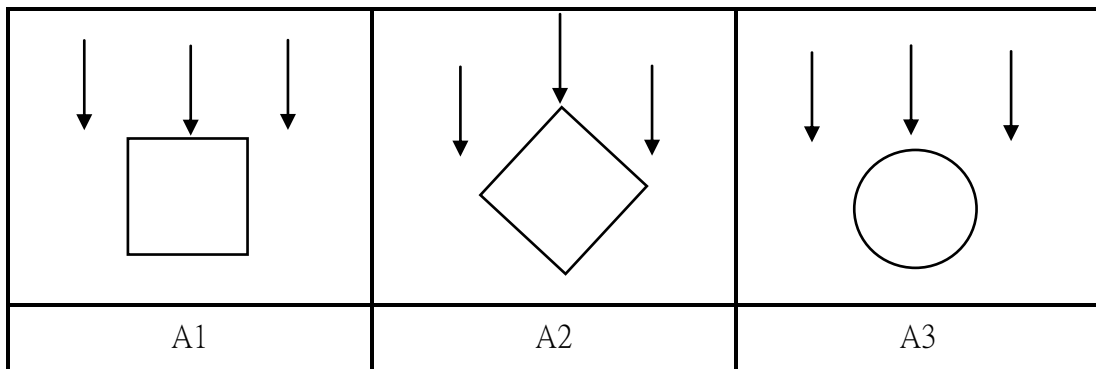
三、實驗測量方法

- (一) 先於河道量出 A、B 兩點，距離 100 公分。
- (二) 使用保麗龍製作模擬橋墩，其長寬高為 10cm × 10cm × 10cm 的保麗龍盒，放置於河道 A 點。
- (三) 將消波柱放置於河道 A 點前方阻擋水流，測量保麗龍經水流衝擊後退後的距離，以瞭解水流衝擊力。

伍、研究結果

一、實驗一：探討不同形狀消波柱對水衝擊力的影響。

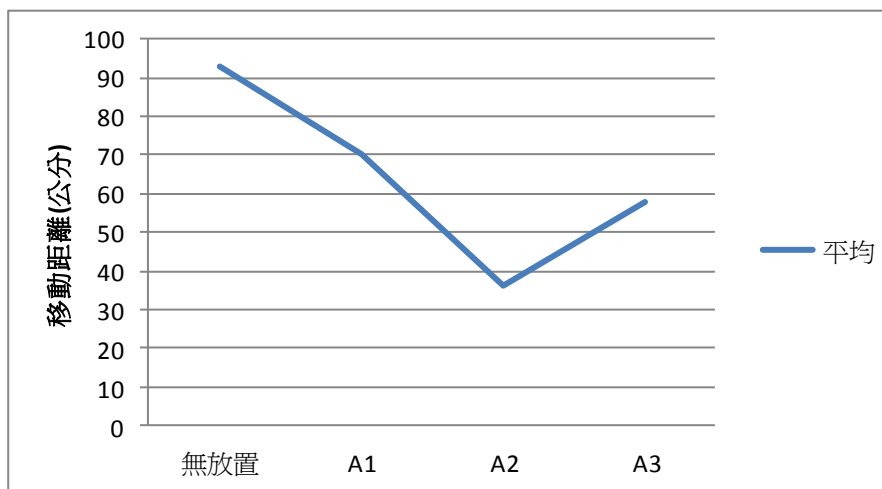
- (一) 以定量的水衝擊不同形狀之消波柱，觀察消波柱後方的儀器移動的距離。
- (二) 消波柱排數：1 排
- (三) 間距：2cm
- (四) 水量：1 公升



實驗數據：

	無放置	A1	A2	A3
第 1 次	97	76	36	53
第 2 次	89	67	30	60
第 3 次	88	68	34	61
第 4 次	91	72	33	55
第 5 次	95	74	32	58
第 6 次	99	64	34	56
第 7 次	92	70	41	57
第 8 次	92	71	39	56
第 9 次	99	72	40	59
第 10 次	85	67	41	64
平均	92.7	70.1	36.0	57.9

實驗分析：







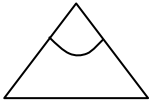





實驗發現：

以正四角柱之直角正對水流方向擺設，最能減緩水流對模擬橋墩的衝擊力。

二、實驗二：探討不同頂角之等腰三角形消波柱對水衝擊力的影響。

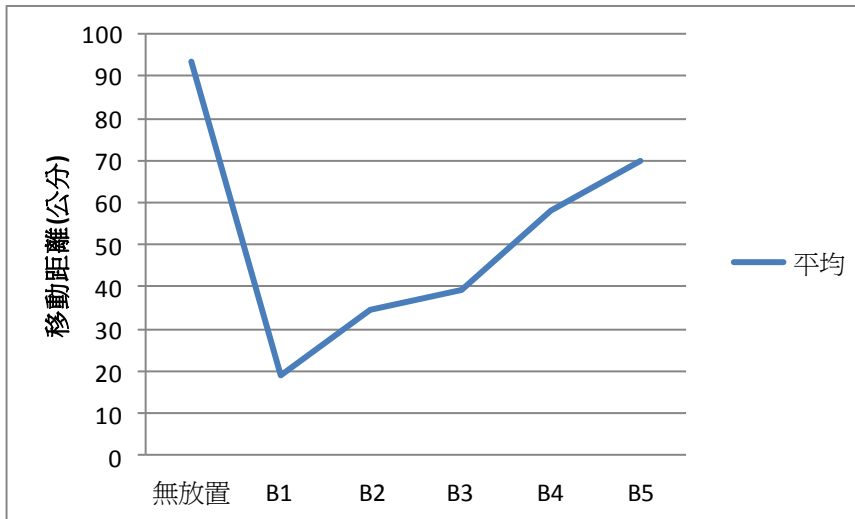
- (一) 以定量的水衝擊不同頂角之等腰三角形消波柱，觀察消波柱後方的儀器移動的距離。
- (二) 消波柱排數：1 排
- (三) 間距：2cm
- (四) 水量：1 公升

				
				
B1 : 30°	B2 : 60°	B3 : 90°	B4 : 120°	B5 : 150°

實驗數據：

	無放置	B1	B2	B3	B4	B5
第 1 次	99	19	37	43	52	76
第 2 次	89	17	29	40	60	67
第 3 次	98	16	33	41	59	68
第 4 次	93	25	37	39	57	69
第 5 次	96	16	34	38	58	75
第 6 次	89	15	40	44	61	74
第 7 次	94	24	31	37	54	70
第 8 次	91	17	29	38	59	71
第 9 次	89	23	35	36	57	62
第 10 次	95	18	39	37	63	67
平均	93.3	19.0	34.4	39.3	58.0	69.9

實驗分析：



實驗發現：以小角度正對水流方向擺設，最能減緩水流對模擬橋墩的衝擊力。

三、實驗三：探討不同消波柱表面粗糙度對水衝擊力的影響。

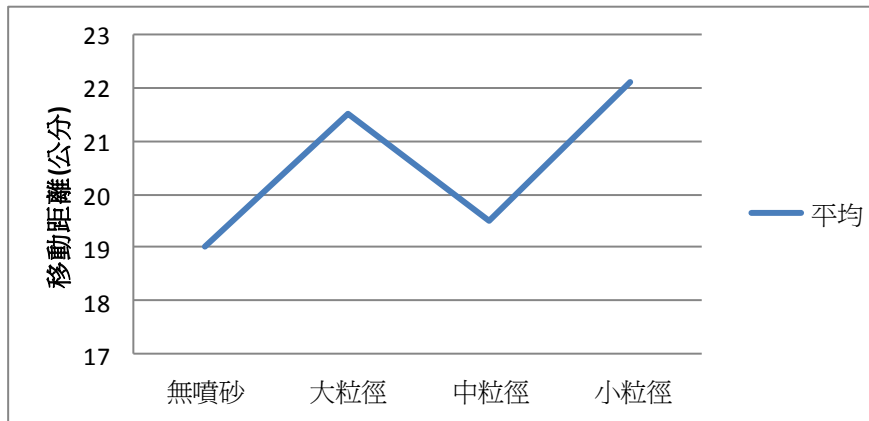
- (一) 由實驗二發現，選擇頂角 30° 之等腰三角形消波柱，減緩水衝擊力最佳模型為研究對象。
- (二) 選擇三種不同粒徑砂石噴在角柱上。
- (三) 以定量的水衝擊不同角度之三角形消波柱，觀察消波柱後方的儀器移動的距離。
- (四) 消波柱排數：1 排
- (五) 間距：2cm
- (六) 水量：1 公升

實驗數據：

	無噴砂	大粒徑	中粒徑	小粒徑
第 1 次	19	22	23	19
第 2 次	17	26	20	18
第 3 次	16	19	20	24
第 4 次	25	19	21	21
第 5 次	16	18	19	20
第 6 次	15	17	14	26
第 7 次	24	21	17	25
第 8 次	17	24	17	21

第 9 次	23	25	20	24
第 10 次	18	24	24	23
平均	19.0	21.5	19.5	22.1

實驗分析：

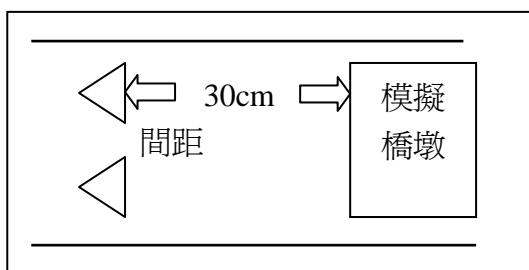


實驗發現：

由實驗分析顯示，表面粗糙度對水衝擊力影響不顯著。

四、實驗四：探討不同間距擺設方式，消波柱對水衝擊力的影響。

- (一) 以定量的水衝擊不同間距擺設方式之消波柱，觀察消波柱後方的儀器移動的距離。
- (二) 消波柱排數：1 排
- (三) 間距：4cm、3cm、2cm、1cm
- (四) 水量：1 公升

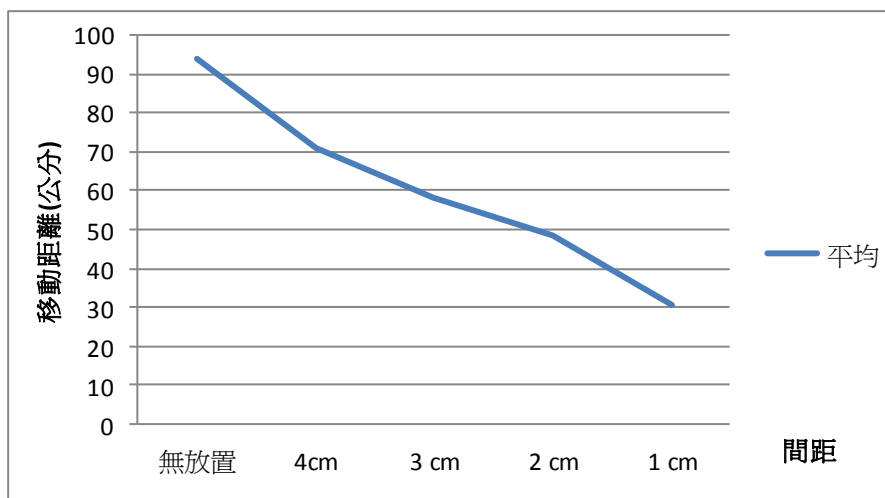


實驗數據：

	無放置	4cm	3 cm	2 cm	1 cm
第 1 次	98	69	62	46	34
第 2 次	99	70	54	52	29
第 3 次	93	77	55	47	36
第 4 次	97	76	54	54	35

第 5 次	96	72	56	53	26
第 6 次	92	71	57	45	34
第 7 次	95	69	60	46	34
第 8 次	89	67	59	49	27
第 9 次	88	65	61	48	26
第 10 次	94	74	65	47	25
平均	94.1	71.0	58.3	48.7	30.6

實驗分析：

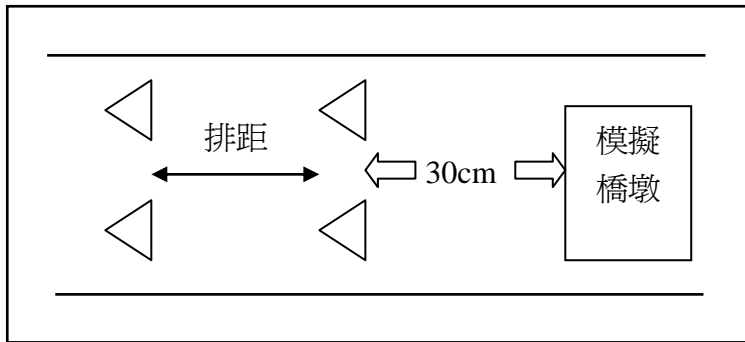


實驗發現：

間距愈小，愈能減緩水流對模擬橋墩的衝擊力。

五、實驗五：探討不同排距擺設方式，消波柱對水衝擊力的影響。

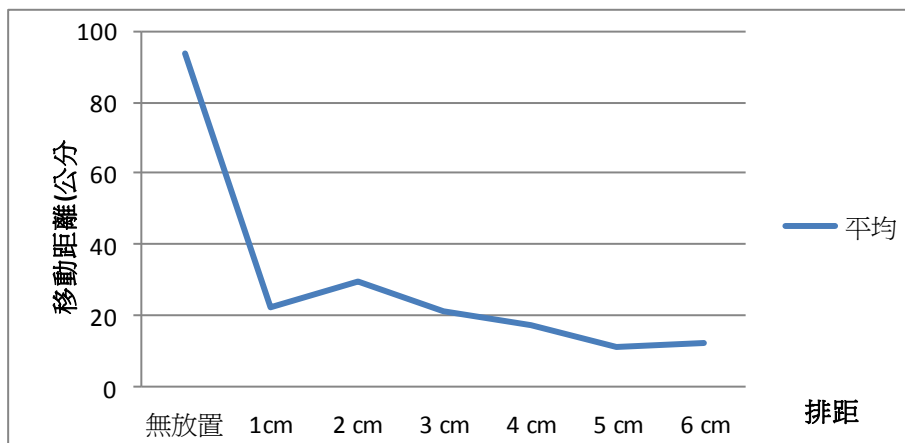
- (一) 以定量的水衝擊不同排距擺設方式之消波柱，觀察消波柱後方的儀器移動的距離。
- (二) 消波柱排數：2 排
- (三) 間距：2cm
- (四) 排距：1cm、2cm、3cm、4cm、5cm、6cm
- (五) 水量：1 公升



實驗數據：

	無放置	1cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm	6 cm
第 1 次	94	29	30	26	15	13	13
第 2 次	92	28	28	27	18	9	12
第 3 次	97	21	29	18	17	13	9
第 4 次	94	23	27	19	16	8	12
第 5 次	94	22	28	24	19	7	14
第 6 次	93	19	27	26	18	14	15
第 7 次	94	20	31	18	17	12	13
第 8 次	95	17	32	17	16	6	12
第 9 次	92	21	33	19	17	13	14
第 10 次	93	23	28	20	18	15	9
平均	93.8	22.3	29.3	21.4	17.1	11.0	12.3

實驗分析：

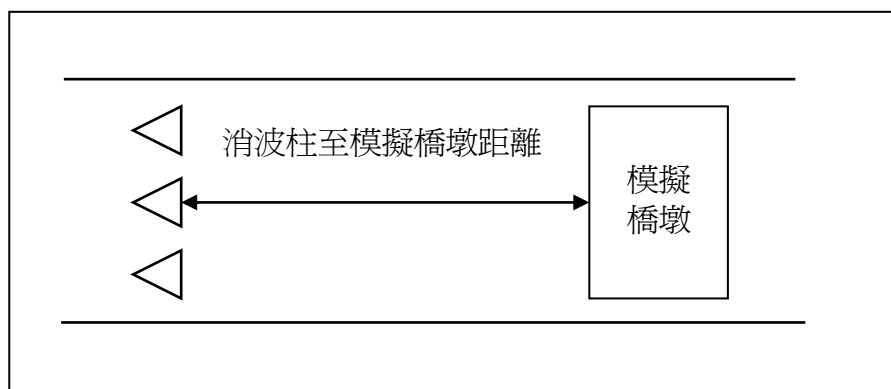


實驗發現：

排距為 5~6 公分最能減緩水流對模擬橋墩的衝擊力。

六、實驗六：探討改變消波柱至模擬橋墩距離對水衝擊力的影響。

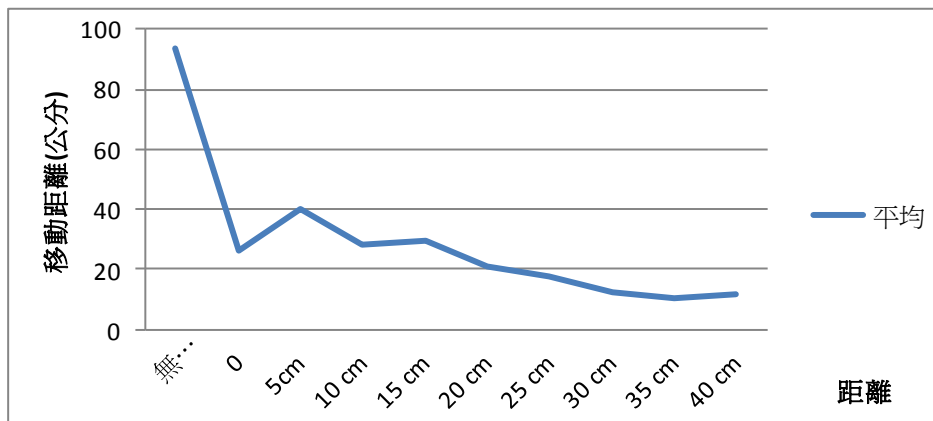
- (一) 以定量的水衝擊不同距離(消波柱至模擬橋墩距離)之等腰三角形消波柱，觀察消波柱後方的儀器移動的距離。
- (二) 消波柱排數：1 排
- (三) 消波塊至橋墩距離：0cm、5cm、10cm、15cm、20cm、25cm、30cm、35cm、40cm
- (四) 水量：1 公升



實驗數據：

	無放置	0	5cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	35 cm	40 cm
第 1 次	93	27	43	25	28	25	18	11	10	12
第 2 次	96	25	41	27	29	26	19	9	6	12
第 3 次	94	29	38	29	31	19	15	12	11	10
第 4 次	98	32	35	30	30	24	17	9	9	11
第 5 次	90	27	44	31	30	25	14	11	12	9
第 6 次	94	34	36	27	26	17	15	14	11	9
第 7 次	91	32	42	24	29	17	18	12	12	14
第 8 次	92	29	40	33	33	18	21	15	13	12
第 9 次	94	26	44	30	31	19	16	12	10	16
第 10 次	94	29	38	28	29	21	22	15	9	10
平均	93.6	26.3	40.1	28.4	29.6	21.1	17.5	12.0	10.3	11.5

實驗分析：



實驗發現：

消波柱放置於模擬橋墩距離 30cm~40cm 效果最佳。

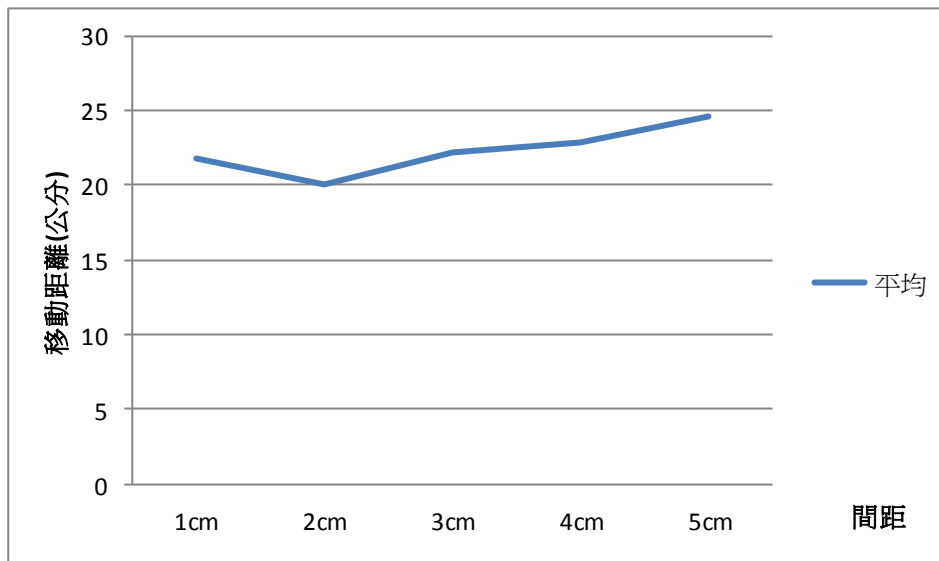
七、實驗七：固定消波柱的排數及排距，改變消波柱的間距，觀察最能有效減緩水流速的間距為多少。

- (一) 排數：2 排
- (二) 排距：5cm
- (三) 間距：1cm、2cm、3cm、4cm、5cm

實驗數據：

	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm
第一次	24	19	23	22	24
第二次	21	21	24	22	22
第三次	22	20	22	23	25
第四次	21	21	21	23	27
第五次	21	19	21	24	25
平均	21.8	20.0	22.2	22.8	24.6

實驗分析：



實驗發現：

當排數 2 排、排距為 5cm 時，間距 2cm 所造成的效果最好。

陸、討論

- 一、實驗一探討不同形狀消波柱對水衝擊力的影響。實驗結果發現，以正四角柱平放、正四角柱直角正對水流和圓柱體為研究對象，結果以正四角柱直角正對水流最有降低水流衝擊模擬橋墩的效果。
- 二、實驗二探討不同頂角之等腰三角形消波柱對水衝擊力的影響。實驗結果發現，以小角度正對水流方向擺設，最能減緩水流對模擬橋墩的衝擊力，效果以 $30^{\circ} > 60^{\circ} > 90^{\circ} > 120^{\circ} > 150^{\circ}$ 。
- 三、實驗三探討不同消波柱表面粗糙度對水衝擊力的影響。由實驗結果發現，表面粗糙度對水衝擊力影響不顯著。
- 四、實驗四探討不同間距擺設方式，消波柱對水衝擊力的影響。實驗結果發現，間距愈小愈能減緩水流對模擬橋墩的衝擊力，但相對消波塊出現因衝擊造成位移情形。
- 五、實驗五探討不同排距擺設方式，消波柱對水衝擊力的影響。實驗結果發現，排距為 5~6 公分最能減緩水流對模擬橋墩的衝擊力。距離過小效果較差，是否是因為必須有適當的距離更能消耗水流能量，值得進一步探討。
- 六、實驗六探討改變消波柱至模擬橋墩距離對水衝擊力的影響。實驗結果發現，消波柱放置於模擬橋墩距離 30cm~40cm 效果最佳，即消波塊距橋墩有一段距離消耗水流能量效果

較好。

七、實驗七固定消波柱的排數及排距，改變消波柱的間距，觀察最能有效減緩水流速的間距為多少。實驗結果發現，當排數 2 排、排距為 5cm 時，間距 2cm 所造成的效果最好。經過同組同學討論，我們認為是因為雖然阻擋部分水能量，又能適當的讓水能量釋放，再經過一層重複減緩水流衝擊，因此對模擬橋墩衝擊力降到最低。

柒、結論

- 一、由實驗一到實驗七結果發現，有效減緩水流對橋墩的衝擊力不能只是阻擋，必須使用部分阻擋、部分緩衝方式更能達到緩衝水流效果。
- 二、總結以上結果我們設計最佳模型，當消波塊間距 2cm、排距 5cm、距離橋墩 30cm~40cm，對水的衝擊力能降到最低。

捌、參考文獻

- 一、逢甲大學水利工程與資源保育學系電子報 >> Blog Archive >> 專題文章-橋墩沖刷之探討，取自 <http://wp.wre.fcu.edu.tw/archives/192>
- 二、跨河橋梁的可怕勁敵-洪水 | 颱洪科普網，取自 <http://www.ttfri.narl.org.tw/sp/?p=950>

【評語】 030822

研究問題複雜，勇氣可佳。現在研究內容仍有以下可提升空間：

- (1)尺寸效應(如何把模型應用到實際尺寸)、
- (2)消波柱幾何及表面型貌、
- (3)流體行為(流動狀況)。