一個橋墩一個坑

～探討河道中的渦流對橋墩的影響

高小組地球科學科第一名

高雄市愛國國民小學　　作　　者：陳一霆、高鈺純、蕭伊閔、鄧歆龍
指導教師：陳建良、楊宜倫

一、研究動機

第37屆的科學展覽，我們曾經做了一個有關橋墩的研究。在實地觀察中，我們發現一個奇特的現象，就是在橋墩的周圍會出現一個水坑，老師告訴我們：「這是河道中的渦流所造成的」。「究竟『渦流』是如何產生的呢？」「對橋墩會有什麼影響？」我們心裡起了疑問，便在老師的帶領下展開了這個研究。

二、研究目的

（一）實地觀察河道中的渦流。
（二）了解渦流所形成的現象。
（三）探討河道中渦流對橋墩的影響。
（四）找找看有無方法預防渦流對橋墩的破壞。
（五）培養科學研究的精神與態度。

三、研究設備或器材

自製流水平台、水管、蓄水盒、抽水馬達、砂石、橋墩模型、消波塊模型、蛇籠模型、方格紙、數位相機、單眼相機、碼錶。

四、研究過程或方法

研究（一）實地觀察河道中的渦流。

88年1月1日，是元旦假日，老師帶領我們來到高屏縣境內，實地觀察橋墩旁

的水坑。由於河川正值冬季枯水期，河岸邊到處種植了許多的果菜，使得我們無法下到河道中去觀察橋墩，跑了里嶺大橋、高樹大橋，均未能如願以償。

後來到了里港大橋，費了一番功夫才下到了河道中。一路觀察、走訪下來，使我們對橋墩的種種有了更進一步的認識，現在將我們在里港大橋所觀察到的情形列述如下：

❀所在位置：屏東縣里港鄉。

❀河流名稱：荖濃溪。

❀流水狀況：河道中間的流水量較多而且很急，靠近河岸邊已無水流。

❀橋墩結構：水泥。

❀橋墩形狀：舊的橋墩是橢圓形，而因爲上次賀伯颱風來襲被沖毀後所新建的橋墩則是圓形。

❀砂石狀況：地面全都是爛泥巴，腳輕輕一踩就陷下去，有少許大石頭。河道旁的沙子都已硬化結塊，所以只要一撥，沙子就會一大塊的跌進水中。

❀新橋墩中，順著水流方向的第一座橋墩覆有鐵皮，我們判斷，那應該是爲了防止大石子撞擊而設計的吧！河床中放置有消波塊及蛇籠，在河岸邊緣是放置蛇籠，漸漸的靠近河道後就放置消波塊，到了主河道之後就都沒有放了。

❀特殊記要：

在橋墩旁，我們果眞看到了水坑，而且三座橋墩的水坑還不一樣大小呢！我們很好奇，大家互相討論了一下，猜想：可能是因爲水流過來，先沖到第一座橋墩時的衝力較大，所以，第一座橋墩的水坑是最大的，也因爲受到第一座橋墩的阻擋，而減低流水沖刷的力量，因而，第二及第三座後面的橋墩形成的水坑就較小。

瞧！三座橋墩形成不同大小的水坑

你看！好漂亮的圓形水坑

研究（二）了解渦流所形成的現象。

爲了更了解橋墩周邊因渦流影響而形成水坑，我們設計了以下兩個實驗來加

以觀察及說明。

實驗中，事先做好橋墩模型，擺置於舖滿砂土的流水平台中，再以固定的水流均勻流下，待十分鐘，讓流水停止後，以錫條繞圈量出水坑範圍，並繪製於方格紙上，再換算出面積。過程及記錄如下：

實驗１：渦流對不同的橋墩形狀所形成的水坑。

步驟：⑴將圓形橋墩放置於舖砂的流水平台中，啓動開關，使水流順利流下。

⑵十分鐘後關閉開關，測量出橋墩模型邊水坑的面積及深度。

⑶依序改變不同的橋墩形狀，進行流水實驗，重覆⑴、⑵步驟，觀察並做記錄。

橋墩形狀 / 次數	➡ ○		➡ ⬭		➡ □		➡ ◇		➡ ⬭	
	面積	深度	面積	深度	面積	深度	面積	深度	面積	深度
第１次	15.24	0.9	13.74	1.1	22	1.6	22	1.2	19.74	1.4
第２次	13.74	1	14.74	1	29	1.6	26.5	1.1	21.24	1
第３次	14.24	1.2	15.74	0.8	23	1.7	21.5	0.9	20.24	0.9
第４次	14.74	1.4	12.74	0.9	27	1.5	24.5	1	15.74	1.4
第５次	12.74	1	14.24	1.1	31	1.3	23	0.8	22.24	1.1
平　均	14.14	1.1	14.24	0.98	26.4	1.54	23.5	1	19.84	1.16

表(一)　　面積單位：cm^2　　深度單位：cm

結果：發現不同形狀的橋墩，受到水流沖刷後，就會形成與橋墩形狀相同的水坑。圓形及橢圓形橋墩所形成的水坑較小，而正方形橋墩的水坑最大。

實驗２：流水沖刷時間的不同，渦流對橋墩所形成的水坑。

步驟：⑴將圓形橋墩放置於舖砂的流水平台中，啓動開關，使水流順利流下。

⑵五分鐘後關閉開關，測量出橋墩模型邊水坑的面積及深度。

⑶依序改變不同的流水沖刷時間，進行流水實驗，重覆⑴、⑵步驟，觀察並做記錄。

沖刷時間 / 次數	5分鐘		10分鐘		15分鐘		20分鐘	
	面積	深度	面積	深度	面積	深度	面積	深度
第１次	8.74	0.6	15.24	0.9	19.24	1.7	32.24	2.7
第２次	12.24	1.1	13.74	1	17.24	1.2	25.74	1.7
第３次	10.74	1	14.24	1.2	20.74	1.8	29.24	1.5
第４次	7.24	0.8	14.74	1.4	18.74	2.4	30.74	2.4
第５次	7.74	0.9	12.74	1	21.24	2	28.24	2.5
平　均	9.34	0.88	14.14	1.1	19.44	1.82	29.24	2.16

表(二)　　面積單位：cm^2　　深度單位：cm

結果：發現流水沖刷的時間持續愈久，橋墩周邊所形成的水坑就愈大，而且深度也愈深。

經過了上述兩個實驗的觀察與記錄，我們得知了：

在河道中的橋墩，受到水流的沖刷後，會形成與橋墩同形狀的水坑，而且沖刷的時間愈久，所形成的水坑面積就愈大，深度也愈深。

在整個實驗過程中，我們眞正看到了水中渦流在橋墩邊的形成與現象，令大家嘖嘖稱奇，而有了以下更進一步的探討與研究。

研究（三）探討在各種不同條件下渦流對橋墩的影響。

對於渦流現象有了初步認識之後，在好奇心驅使下，我們更想知道有哪些因素會影響橋墩旁水坑的產生。於是經過熱烈的討論後，根據我們本身的能力，決定進行下列實驗。

實驗３：不同的水流流速對橋墩旁水坑形成的影響？

步驟：⑴將圓形橋墩放置於舖砂的流水平台中，調整止水閥的控制開關至1/4，再啓動抽水馬達，使流速1/4的水流，順利流下，持續十分鐘。

⑵測量出橋墩模型邊水坑的面積及深度。

⑶依序改變水流的速度，重覆⑴、⑵步驟，觀察並做記錄。

水流流速 / 次數	1/4		2/4		3/4		全開	
	面積	深度	面積	深度	面積	深度	面積	深度
第１次	8.74	0.5	15.24	0.9	16.24	1.5	25.74	2.1
第２次	4.74	0.4	13.74	1	18.74	1.3	29.24	1.9
第３次	5.24	0.5	14.24	1.2	17.24	1.4	31.24	2
第４次	7.24	0.6	14.74	1.4	19.24	1.4	24.74	2.4
第５次	8.24	0.6	12.74	1	16.74	1.6	29.74	1.8
平　均	6.84	0.52	14.14	1.1	17.64	1.44	28.14	2.04

表（三）　　面積單位：cm^2　　深度單位：cm

結果：水流流速愈快時，橋墩旁所形成水坑面積愈大，深度也愈深。

實驗４：不同的水流流量對橋墩旁水坑形成的影響？

步驟：⑴將圓形橋墩放置於舖砂的流水平台中，使用5/64吋鑽孔的排水管，啓動開關，使水流順利流下，持續十分鐘。

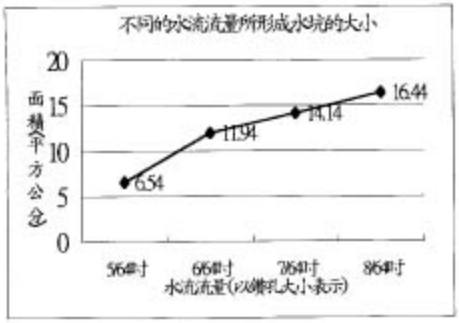
⑵測量出橋墩模型邊水坑的面積及深度。

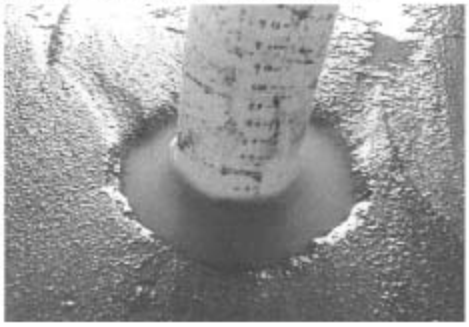
⑶依序更換以不同鑽孔大小的排水管，進行流水實驗，重覆⑴、⑵步驟，觀察並做記錄。

水流流量 / 次數	5/64 吋鑽孔		6/64 吋鑽孔		7/64 吋鑽孔		8/64 吋鑽孔	
	面積	深度	面積	深度	面積	深度	面積	深度
第 1 次	6.74	0.1	11.74	1	15.24	0.9	19.24	1.5
第 2 次	6.24	0.3	11.74	1.2	13.74	1	15.74	1.6
第 3 次	5.74	0.3	10.24	1.2	14.24	1.2	14.74	1.5
第 4 次	7.24	0.1	12.74	1.3	14.74	1.4	15.24	1.7
第 5 次	6.74	0.1	13.24	1.1	12.74	1	17.24	1.9
平　均	6.54	0.18	11.94	1.16	14.14	1.1	16.44	1.64

表(四)　　面積單位：cm^2　　深度單位：cm

結果：當水流流量愈大時，橋墩旁所形成的水坑面積就愈大，深度也愈深。





實驗５：不同的河水深度對橋墩旁水坑形成的影響？

步驟：(1)將圓形橋墩放置於舖砂的流水平台中，水流深度0公分，啓動開關，使水流順利流下，持續十分鐘。

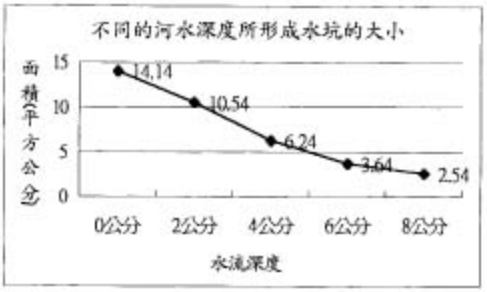
(2)測量出橋墩模型邊水坑的面積及深度。

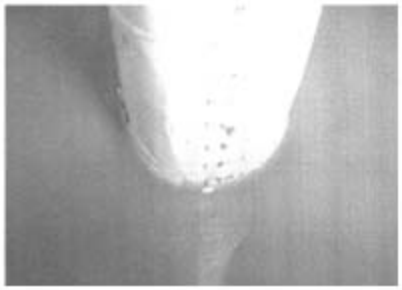
(3)依序改變不同的水流深度，進行流水實驗，重覆(1)、(2)步驟，觀察並做記錄。

水流深度 / 次數	0 公分		2 公分		4 公分		6 公分		8 公分	
	面積	深度	面積	深度	面積	深度	面積	深度	面積	深度
第 1 次	15.24	0.9	7.74	0.2	5.24	0.4	5.24	0.3	3.74	0.2
第 2 次	13.74	1	12.74	0.1	8.74	0.2	3.74	0.4	1.74	0.1
第 3 次	14.24	1.2	8.74	0.5	8.24	0.3	4.24	0.2	3.24	0.1
第 4 次	14.74	1.4	10.24	0.5	3.24	0.3	1.74	0.1	2.24	0.1
第 5 次	12.74	1	13.24	0.4	5.74	0.2	3.24	0.2	1.74	0.2
平　均	14.14	1.1	10.54	0.34	6.24	0.28	3.64	0.24	2.54	0.14

表(五)　　面積單位：cm^2　　深度單位：cm

結果：當流水的深度愈深時，橋墩旁的水坑愈不明顯，也就是水坑面積愈小，深度愈淺。

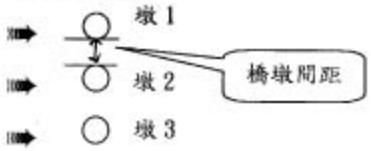




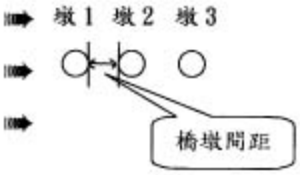
實驗６：不同的橋墩間距對橋墩旁水坑形成的影響？

由於在實地觀察中發現：三座相距不遠的直式排法橋墩，受流水沖刷後產生不同的水坑大小。因而在探討橋墩間距這個部份，我們經過討論後，將區分爲兩個部份來做討論：（ ➡ 表示流水方向）。

①橋墩橫式排法



②橋墩直式排法



步驟：⑴將圓形橋墩放置於舖砂的流水平台中，調整橋墩之間的間距，再啓動開關，使水流順利流下，持續十分鐘。

⑵分別測量出三座橋墩模型邊水坑的面積及深度。

⑶依序改變不同的橋墩間距，進行流水實驗，重覆⑴、⑵步驟，觀察並做記錄。

橫式排法（三個橋墩）

次數 ＼ 橋墩間距		3 公分		6 公分		9 公分		12 公分	
		面積	深度	面積	深度	面積	深度	面積	深度
第 1 次	墩 1	32.74	1.6	30.74	1.1	23.24	1.1	15.24	0.9
	墩 2	15.24	2.3	17.24	1.6	10.24	1.2	15.74	0.6
	墩 3	29.24	1.5	27.24	1.2	21.24	1.3	16.24	0.7
第 2 次	墩 1	30.74	1.5	29.74	1	23.74	1.2	14.74	0.8
	墩 2	16.74	2.5	13.74	1.4	16.24	1.1	12.74	0.9
	墩 3	28.24	1.6	27.74	1.2	24.24	1.2	15.24	0.6
第 3 次	墩 1	27.74	1.8	28.24	0.9	19.24	1.1	14.74	1
	墩 2	17.24	2.1	16.74	1.9	14.74	0.9	15.24	1.1
	墩 3	29.24	1.4	25.74	1.3	23.24	1.3	18.24	0.8
第 4 次	墩 1	31.24	1.5	27.24	1.1	17.74	1.4	15.74	1.3
	墩 2	14.74	2.2	14.74	1.8	11.24	1.1	15.74	1
	墩 3	26.74	1.9	26.74	1.5	15.24	1	16.24	1.1
第 5 次	墩 1	28.24	1.7	30.24	0.9	21.74	1.5	14.24	1.3
	墩 2	15.24	2.3	16.24	1.6	16.24	1.2	14.74	0.9
	墩 3	28.74	1.8	28.74	1.3	24.24	1.1	15.24	1.1
平 均	墩 1	30.14	1.62	29.24	1	21.14	1.26	14.94	1.06
	墩 2	15.84	2.28	15.74	1.66	13.74	1.1	14.84	0.9
	墩 3	28.44	1.64	27.24	1.3	21.64	1.18	16.24	0.86

表（六）　　面積單位：cm^2　　深度單位：cm

結果：橋墩間距愈大，橋墩邊的水坑面積愈小，而且水坑深度也愈淺。

直式排法(三個橋墩)

次數 \ 橋墩間距		5 公分		10 公分		15 公分		20 公分	
		面積	深度	面積	深度	面積	深度	面積	深度
第 1 次	墩 1	13.74	1.3	16.24	0.9	15.24	1	13.74	1.1
	墩 2	2.24	0.1	6.74	0.3	10.74	0.5	10.74	0.6
	墩 3	7.74	0.6	8.74	0.8	13.24	1.1	14.74	0.7
第 2 次	墩 1	14.74	1.2	12.74	1.2	20.74	1.4	17.74	1.5
	墩 2	3.74	0.2	5.74	0.3	13.74	0.9	13.74	0.9
	墩 3	8.24	1	9.24	0.7	11.24	1.3	17.74	1
第 3 次	墩 1	14.24	1.1	17.24	1.3	17.24	1.3	15.24	1.2
	墩 2	3.24	0.2	4.24	0.4	11.24	0.7	11.24	0.6
	墩 3	6.74	0.5	8.24	0.8	12.74	1	12.74	0.9
第 4 次	墩 1	15.74	1.2	15.74	1.1	16.74	1.1	16.74	1.2
	墩 2	4.24	0.2	6.24	0.5	9.74	0.7	10.74	0.8
	墩 3	8.24	0.5	11.74	0.9	14.24	0.9	13.24	1.2
第 5 次	墩 1	13.74	1.1	18.24	1.2	16.24	1.2	14.74	1.3
	墩 2	3.24	0.1	7.74	0.5	10.24	0.9	12.24	1.1
	墩 3	6.74	0.6	9.74	1	11.74	1.1	14.74	1.1
平　均	墩 1	14.44	1.18	16.04	1.14	17.24	1.2	15.64	1.26
	墩 2	3.34	0.16	6.14	0.4	11.14	0.74	11.74	0.8
	墩 3	7.54	0.64	9.54	0.84	12.64	1.08	14.64	0.98

表(七)　　面積單位：cm^2　　深度單位：cm

結果：橋墩間距愈小，第二及第三座橋墩的水坑面積均較小，而且水坑深度也比較淺。

研究（四）找找看有無方法預防渦流對橋墩的破壞。

探討了一些會影響橋墩周邊形成水坑的因素之後，由於在實地觀察的河道中，也看見了許多的蛇籠及消波塊保護設施，所以，我們便以較常見的蛇籠及消波塊放置方式，來進行以下實驗。

步驟：(1)將圓形橋墩放置於舖砂的流水平台中，並在兩側擺放消波塊模型後，啓動開關，使水流順利流水，持續十分鐘。

(2)測量出橋墩模型邊水坑的面積及深度。

(3)依序改變裝置不同的預防設施，進行流水實驗，重覆(1)、(2)步驟，觀察並做記錄。

，水坑深度也較淺。

（八）從研究（四）的實驗中發現：消波塊擺置於橋墩前方是最好的，它能使水流從兩旁流過而不會沖刷到橋墩，但是，若是水量太大時很有可能會先沖蝕消波塊後，使消波塊隨水流撞擊橋墩，因此，實際生活中較少見到消波塊放置於橋墩前方。

（九）當消波塊或蛇籠擺置於橋墩兩側時，若是太接近橋墩，反而會使流水集中於橋墩旁，而形成較大的水坑。

（十）實驗觀察中發現：橋墩受流水沖刷後，在周邊會形成水坑，而且在其後方會形成一個小沙洲，與我們在實地觀察到的現象一樣。

（十一）實驗觀察中發現：在河道中，不是只有橋墩旁會形成水坑，像消波塊、蛇籠或大石塊等也都會在其周邊形成水坑。

（十二）整個實驗的流水控制的確有點困難，我們嘗試了許多次，而且不斷的修改器材，才得以完成實驗。

六、結論

（一）河道中的渦流，會對不同的固體結構形成不同形狀的水坑，而且經過長時期的沖刷後，所形成的水坑範圍就愈大，也愈容易對結構造成破壞。

（二）河道中的水流流速愈大，橋墩周邊所形成的水坑面積就愈大，深度也愈深。

（三）河道中的水流流量愈大，橋墩周邊所形成的水坑面積就愈大，深度也愈深。

（四）河水深度愈深，橋墩旁的水坑愈不明顯。

（五）橫式排法的橋墩間距愈大，愈不容易使橋墩產生水坑；而直式排法的橋墩間距則應該要愈小愈好。

（六）雖然保護措施（如消波塊、蛇籠……等）可以防止砂土的流失，但是要注意到放置的時候不可太接近橋墩，以免造成更多的渦流而嚴重影響橋墩。

（七）河道中的橋墩，受渦流的影響所形成的水坑愈大、愈深，就愈容易破壞到它的結構安全，應多加注意。

七、參考資料

（一）華一兒童自然叢書，走向大自然—河流（一），華一書局，頁26～33

、頁52。

（二）台灣公路工程編輯委員會（民87）臺灣公路工程，台灣省政府交通處公路局，第二十五卷第三期頁2～16及第五期頁8～29。

（三）李基楨（民69）流體力學導論，臺灣東華書局股份有限公司。

（四）第三十七屆全國科展優勝作品專輯（國小組），頁249～258。

八、研究與展望

在兩年前的科學展覽研究中，我們發現水滴形“◁▷”橋墩受流水的阻力最小，但是在本次實驗中發現它所形成的水坑面積比圓形橋墩的水坑大。是不是因爲這個因素而使得大家採用圓形橋墩呢？仍有待我們更進一步去探究。

評語

①選擇生活環境周圍的問題由簡單而有條理的實驗得到合理的結果。

②問題及研究方法符合學生的程度，參與的學生除了能從中得到科學知識之外，也可以養成從事科學研究應有的態度。

③作品可以鼓勵其他學生從生活周圍找尋研究問題，並關心自己的生活環境。

回上一層