

魚兒要回家 - 探討自製舟通式魚道水理與泥砂穿越率

壹、摘要

利用自製河道模型，探討不同類型魚道，改良舟通式魚道，設計 5 種舟通式魚道，在不同流量與坡度，進行水理與泥砂穿越率研究，研究結果：沒有最佳魚道，只有最適合魚道，改良舟通式魚道泥砂穿越率優於其他魚道，適合台灣溪流環境。改良舟通式魚道模型，魚骨高 1.5~3.0cm、魚骨長 4.1~4.7cm、魚骨間距 4~5cm 最佳，阻水箱高是魚骨高 1.5 倍以上較佳，還須考慮溪流環境與迴游魚類特性進行調整。我們設的舟通式魚道有提升排砂效益，增加魚類友善空間，降低生態死角，能適用台灣自然環境與多樣性生物迴游與遷徙。未來計畫將自製的魚道裝設在大屯溪，測試自製魚道在溪流上的水理、泥砂穿越率與生物的迴游情況與魚道設置對生物多樣性的影響進一步的研究。

貳、研究動機

因台灣山高溪流短，河川坡度大，雨量分布不均，台灣的地質差，容易受到雨水侵蝕，因人為過度開發山坡地響，河川溪流輸砂量嚴重，挾帶大量泥砂流入下游河道。台灣河川流量豐水期與枯水期流量變化大，為治山防洪，所以大量興建攔砂壩及疏導整流之工程構造物。由於攔砂壩阻斷溪流魚類生態及原溪流生物生存空間。在學校有學到環境對於生物的影響，當環境改變時，生物的生存空間將會減少，生物的數量與種類也會影響，附近的大屯溪是我們經常去的地方，以前都沒有仔細的觀察魚道，這一次藉著魚道的研究，更了解魚道對於環境的影響。大屯溪有多種不同的魚道，改良舟通式魚道、階梯式魚道、豎孔導壁式、管狀魚道、粗石斜坡魚道等，這些魚道對於迴游的魚類真的有幫助嗎？哪一種魚道最適合台灣的溪流環境與迴游魚類的特性？

參、研究目的

- 一、探討不同魚道水理特性與泥砂穿越率
- 二、探討影響改良舟通式魚道相關的因素
- 三、探討自製舟通式魚道的水理特性與泥砂穿越率最佳化設計

肆、研究器材與設備

一、實驗水道模型

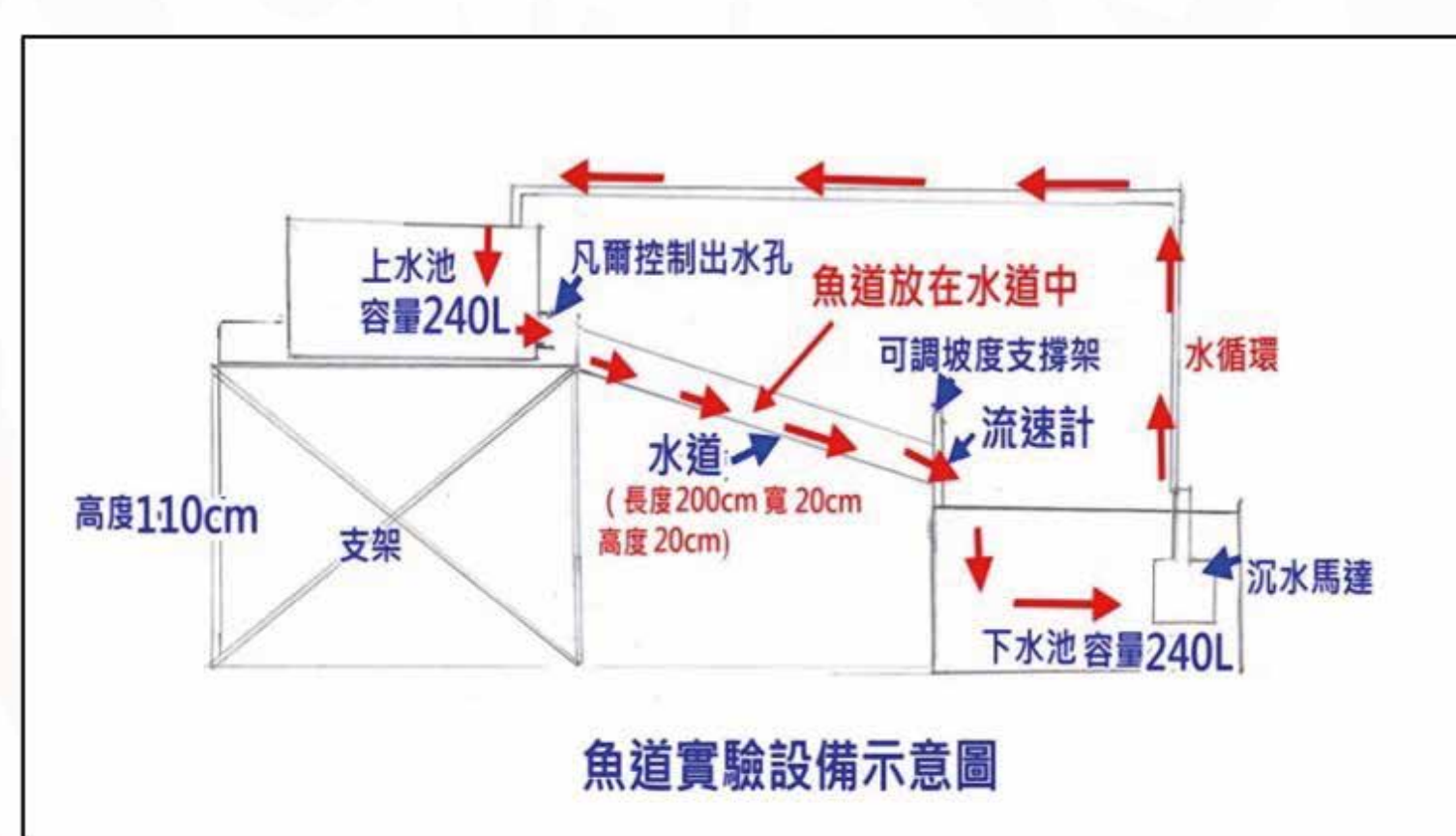


圖 1 我們想的實驗設備



圖 2 我們完成實驗設備

研究者：黃泓源、蔡沛恩、郭家欣、楊芷瑜、鄭愷丞
指導老師：陳建興、邱玉彤

二、我們製作的魚道（共計 23 個）



伍、研究歷程

- 一、改良舟通式魚道的阻流效果與其他魚道比較。
- 二、改良舟通式魚道的泥砂穿越率與其他魚道比較。
- 三、改良舟通式魚道水理特性、泥砂穿越率與坡度水量的關係。
- 四、影響改良舟通式魚道水理特性、泥砂穿越率的因素。
- 五、提升改良舟通式魚道水理特性、泥砂穿越率的新設計。
- 六、進一步的提升自製舟通式魚道的效能
- 七、大屯溪生物迴游障礙與與魚道設置

陸、研究結果

一、影響改良舟通式魚道相關因素：

改良舟通式魚道，共計有 22 個實驗參數，因為實驗設備與時間的關係，只能進行魚骨高度、魚骨長度、魚骨間距、阻水箱高度 4 個實驗。

1. 魚骨高度：魚骨高度 1.5~3.0cm 魚骨高度不是越高越好，魚骨高度低適用低流量，魚骨高適用高流量。
2. 魚骨長度的：魚骨長度 4.1~4.7cm 最佳較短魚骨長度適用流量小，較長魚骨適用流量大。
3. 魚骨間距：魚骨間距 4~5cm 最佳，間距越短，阻流效果有較佳的現象。
4. 阻水箱高度：阻水箱不能低於魚骨高度，高度是魚骨高度的 1.5 倍以上較佳。

二、我們設計的種魚道：

不但保有原始設計的優點，並提升排砂效益、提升魚類的友善度、降低生態死角的設計，提供更多樣的地理環境與魚類需求。

三、研究限制：

因實驗設備與經費，只能將魚道模型做到我們能力與經費範圍內的最大，進行魚道模擬實驗，能否運用實際情況，需要進一步研究。

四、未來方向：

未來計畫將自製的魚道裝設到大屯溪測試自製魚道在溪流上的水理、泥砂穿越率與生物的迴游情況與魚道設置對生物多樣性的影響進一步的研究。

新北市 110 學年度一般智能資優生獨立研究作品說明書

參展類別：自然

作品名稱：探討自製舟通式魚道水理與泥砂穿越率

關 鍵 詞：魚道、水理、泥砂穿越率

研究學生：黃泓源、鄭愷丞、楊芷瑜、郭家欣、蔡沛恩

指導老師：邱玉彤、孫俊宇、黃裕敦、吳佩珊、陳建興



希望我們的研究能讓魚兒有一條順利回家的水路通道

頁次表

摘要-----	1
壹、研究動機-----	1
貳、研究目的-----	1
參、文獻探討-----	1~2
肆、器材設備與前置準備-----	2~4
伍、研究方法與結果	
一、改良舟通式魚道的阻流效果有比較厲害嗎？-----	4~7
二、改良舟通式魚道的泥砂穿越率有比較厲害嗎？-----	7~9
三、研究改良舟通式魚道厲害的原因-----	10
四、研究影響改良舟通式魚道效能的重要因素有哪些？-----	11~20
五、我們的巧思自製舟通式魚道與原始設計比拼-----	21~23
六、進一步的提升自製舟通式魚道的效能-----	23~25
七、研究大屯溪生物迴游障礙與與魚道設置-----	26~27
陸、討論-----	27~29
柒、結論-----	29~30
捌、參考文獻-----	30

探討自製舟通式魚道水理與泥砂穿越率

摘要

利用自製河道模型，探討不同類型魚道，改良舟通式魚道，設計5種舟通式魚道，在不同流量與坡度，進行水理與泥砂穿越率研究，研究結果：沒有最佳魚道，只有最適合魚道，改良舟通式魚道泥砂穿越率優於其他魚道，適合台灣溪流環境。改良舟通式魚道模型，魚骨高1.5~3.0cm、魚骨長4.1~4.7cm、魚骨間距4~5cm 最佳，阻水箱高是魚骨高1.5倍以上較佳，還須考慮溪流環境與迴游魚類特性進行調整。我們設的舟通式魚道有提升排砂效益，增加魚類友善空間，降低生態死角，能適用台灣自然環境與多樣性生物迴游與遷徙。未來計畫將自製的魚道裝設在大屯溪，測試自製魚道在溪流上的水理、泥砂穿越率與生物的迴游情況與魚道設置對生物多樣性的影響進一步的研究。

壹、研究動機

因台灣山高溪流短，河川坡度大，雨量分布不均，台灣的地質差，容易受到雨水侵蝕，因人為過度開發山坡地響，河川溪流輸砂量嚴重，挾帶大量泥砂流入下游河道。台灣河川流量豐水期與枯水期流量變化大，為治山防洪，所以大量興建攔砂壩及疏導整流之工程構造物。由於攔砂壩阻斷溪流魚類生態及原溪流生物生存空間。

在學校有學到環境對於生物的影響，當環境改變時，生物的生存空間將會減少，生物的數量與種類也會影響，附近的大屯溪是我們經常去的地方，以前都沒有仔細的觀察魚道，這一次藉著魚道的研究，更了解魚道對於環境的影響。大屯溪有多種不同的魚道，改良舟通式魚道、階梯式魚道、豎孔導壁式、管狀魚道、粗石斜坡魚道等，這些魚道對於迴游的魚類真的有幫助嗎？哪一種魚道最適合台灣的溪流環境與迴游魚類的特性？台灣雨量分布不均，這些魚道會不會因為颱風帶來的泥砂，失去魚道的功能？都是我們想要研究的目標。

貳、研究目的

- (一) 探討不同魚道水理特性與泥砂穿越率。
- (二) 探討影響改良舟通式魚道相關的因素。
- (三) 探討自製舟通式魚道的水理特性與泥砂穿越率最佳化設計。

參、文獻探討

一、魚道

魚道的定義是**人為方式建置提供迴游魚類之通道**，以克服溪流中的一些阻礙，使魚類能順利溯河迴游或降河迴游，以完成生活上之各種需求，包含產卵、覓食、越冬、躲避災害、尋找合適棲地等。如白鰻、鱸鰻、日本禿頭鯊等，則屬於降河迴游魚類，(水土保持局)。

二、攔砂壩對於生物的影響

- (一) 台灣山高河流短，河川坡度大流速快，地質差容易受到雨水侵蝕，人為過度開發山坡地，河川溪流輸砂量嚴重，大量泥砂流入下游河道。台灣河川流量豐水期與枯水枯流量變化大，為治山防洪，興建防砂壩及疏導整流之工程構造物。攔砂壩阻斷溪流魚類生態及原溪流生物生存空間，魚類無法溯上游，以致物種劣化，王傳益(2006)。
- (二) 攔砂壩對生物影響：迴游生物路徑阻隔，魚類族群縮小與區隔化，魚類棲息地單調化，水生生物族群基因庫縮小與區隔化，張明雄、林曜松(自然保育網)。

三、水利設施對迴游魚類影響：水利設施對於河川生態影響甚巨，尤其是對一些河海或是內河洄游生物，阻斷台灣少數生態豐富的溪流中自然分佈的生物廊道，曾晴賢（2019）。

四、魚道類型

- （一）靜水池型：包括階梯式、階梯潛孔型、豎孔導壁式魚道。在魚道中設置多個隔牆形成階梯式的水池，並在隔牆設計溢流缺口潛孔或隙縫以營造不同流況。
- （二）水路型魚道：為製造出多樣流速分布之水流而提供魚可能溯上通路之魚道，除入口池及中途休息用的水池外，並無水池設計。水路中設阻流板，使表層流速快、底層流速慢；若於較寬廣矩形水路，在底部設阻流板，使流速分成稍急流、緩流。

			
階梯式魚道（ 苗栗烏石坑最美）	階梯與改良舟通式 （新北大屯溪）	豎孔導壁式（ 苗栗士林大壩 250m）	粗石斜坡面式魚道 （新北大屯溪）

肆、器材設備與前置準備

一、器材設備

- （一）設備：圓鋸台（力山 BT2508RC）、小型帶鋸機（力山 BS2300A）、鋸子、空壓機（2HP10L）、氣動釘槍（F50、F30）、電動螺絲起子（10.8V）、沉水式泵浦 BPS-100G、電子角度測量器、電子秤（200g）2台、普力桶（240L）2個、自行車碼表、釣魚用（14cm）八卦輪。
- （二）器材：木心板8尺x4尺8片、夾板厚度1.5cm 8尺x4尺4片、太棒膠10罐、螺絲釘（2吋）300支、螺絲釘（1.5吋）300支、塑膠管4分（20公尺）、海砂50公斤。

二、前置準備

（一）觀察大屯溪魚道與生態

			
有水是「魚梯」，沒水是「樓梯」。	啊！河中央的水溝是「魚道」。	把石頭擺一擺排成斜坡狀也是魚道。	魚道落差這麼大，魚真的跳的上去嗎？

（二）製作實驗設備（圖2）

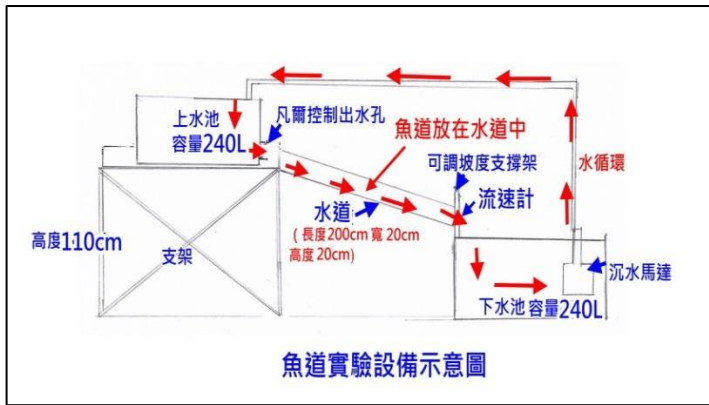


圖1 我們想的實驗設備

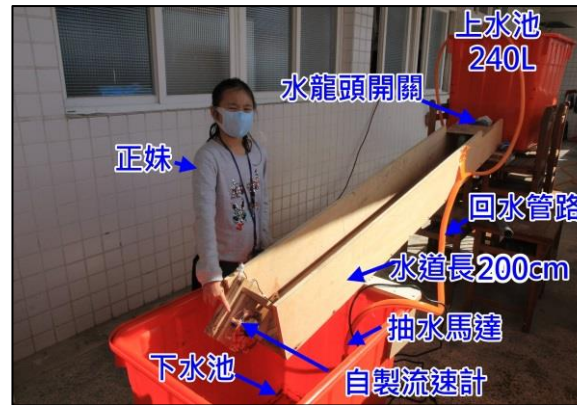


圖2 我們完成實驗設備

(三) 製作魚道模型

1. 製作不同的魚道模型

(1) 魚道模型外部 (長120cm 寬19.5cm 高16cm)。魚道內部實際寬長120cm 寬16cm 高14cm。

(2) 依據水土保持設施常見的生物通道製作魚道模型。

2. 魚道設計原則：依據水土保持設施常見的生物通道設計規範製作 (圖3~圖5)

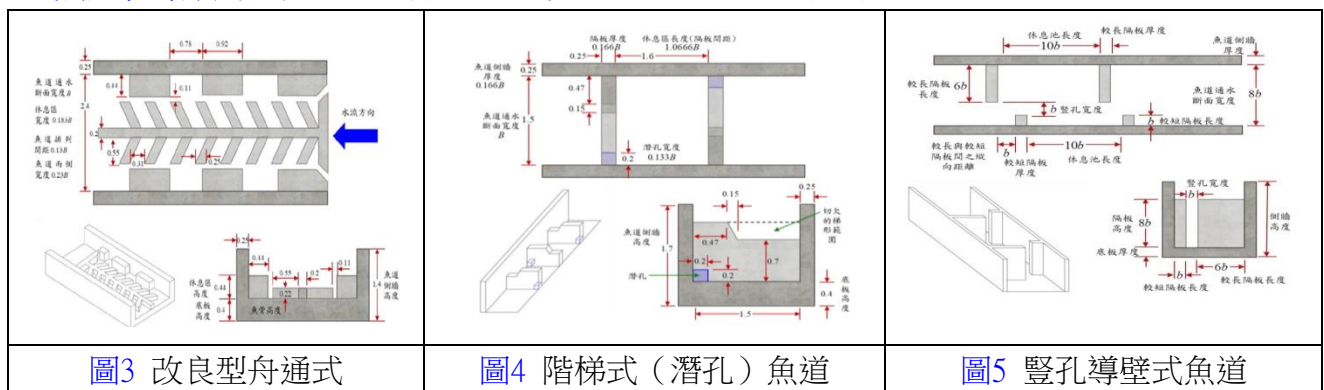


圖3 改良型舟通式

圖4 階梯式 (潛孔) 魚道

圖5 豎孔導壁式魚道

3. 製作魚道



(四) 台灣魚類魚道流速設計規範：階梯式魚道試驗，突進泳速，台灣鏟頰魚 1.28 m/s、

石鱸 1.16 m/s、粗首鱨、0.78 m/s、台灣馬口魚 1.09 m/s (河川環境管理規劃技術手冊，2010)。

適用一般鯉科魚類流速約為 1.0m/s (經濟部水利署水利規劃試驗所，2010)。建議一般魚道流速應介於 1.5 m/s~1.7 m/s 之間 (水土保持手冊，2017)。魚道設計須考慮最小流速，以避免魚類喪失上溯之意願，一般魚道流速以不小於 0.4 m/s。粗首鱨體長 (10.2 cm)，突進速度為 1.43 m/s，建議魚道流速在 1.43 m/s 以下 (特有生物中心，2003)。依據相關研究，不同的魚道，魚類的突進泳速，相關研究建議的魚道流速也略有差異，我們想以魚道設計流速在 0.8 m/s~1.7 m/s，為分析魚道的流速標準。

(五) 魚道坡度設計規範：一般坡度以 1/8~1/10 為宜，須配合環境做修正。魚骨型魚道建議

以 10%~ 15%為最佳坡度（水土保持設施常見生物通道）。水池型魚道之坡度以 1/10~ 1/20 為宜，舟通式魚道較佳坡度 1/8、(河川環境管理規劃技術手冊，2010)。依據相關研究，魚道的坡度在 1/6~1/20，我們魚道坡度 1/5~1/10 之間進行實驗。

(六) 我們製作的魚道（共計23個）



(七) 研究架構圖

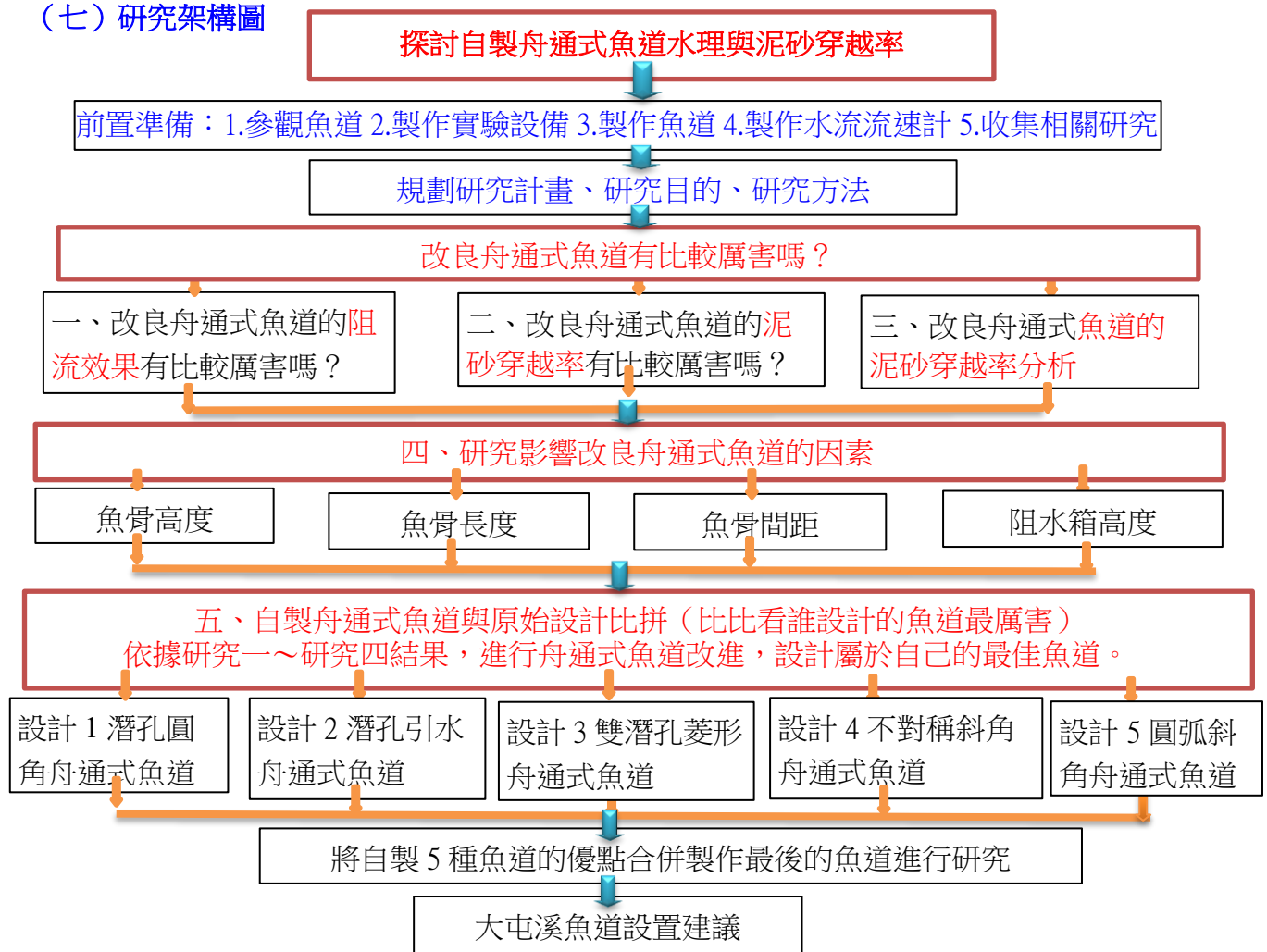


圖6研究架構圖

伍、研究方法與結果

一、改良舟通式魚道的阻流效果有比較厲害嗎？

改良舟通式魚道是國立中興大學與水利署經歷 17 年合作研究，新型態的魚骨型魚道（圖 1-1），同時具有高效能排砂效率，當流量增加，排砂效能更佳，排砂率可超過 95%。有魚骨區、休息區、水道區等三種流速空間，可提供魚類加速上溯及短暫休息等多樣化行為。適合台灣游泳性、攀爬性及躍移性魚類或兩棲性野生動物使用的魚，**看起來很厲害！**

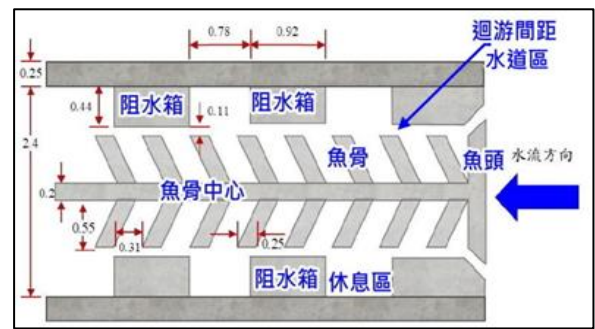


圖 1-1 改良舟通式魚道圖

改良舟通式魚道，真的有那麼厲害嗎？我們就以台灣常見 4 種魚道，豎孔導壁式、緩坡固床工、階梯式、階梯潛孔，比較魚道的水理與泥砂穿越率，看看哪一種魚道比較厲害？

（一）實驗準備

- 依據（水土保持設施生物通道設計規範）比例製作魚道，豎孔導壁式（圖 1-2）、緩坡固床工（圖 1-3）、階梯式（圖 1-4）、階梯潛孔（圖 1-5）比例為 16/150。改良舟通式比例為 16/240、（圖 1-5A），比對組斜坡魚道（空白魚道無阻流裝置），共 6 種魚道。



- 魚道用厚度 1.8 cm 木心板製作，魚道與內部間隔用 1.5 cm 夾板製作，魚道外部（長 20 cm 寬 20 cm 高 16 cm），魚道內側實際（長 120 cm 寬 16 cm 高 16 cm）。

（二）實驗設計

- 操作變因：不同魚道設計對水流的阻流效果會有差異，我們想知道在不同的流量、不同的坡度下，不同的魚道阻流效果與水理特性的差異。實驗 5 種不同魚道，豎孔導壁式、緩坡固床工、階梯潛孔、改良舟通式、階梯式、比對組斜坡魚道，共 6 種魚道。
- 控制變因：流量 4 種 0.5、1.0、1.5、2.0 L/S，坡度 4 種 10、13、16、20%。
- 觀察魚道水流流動的變化與魚道水流流速。

（三）實驗步驟

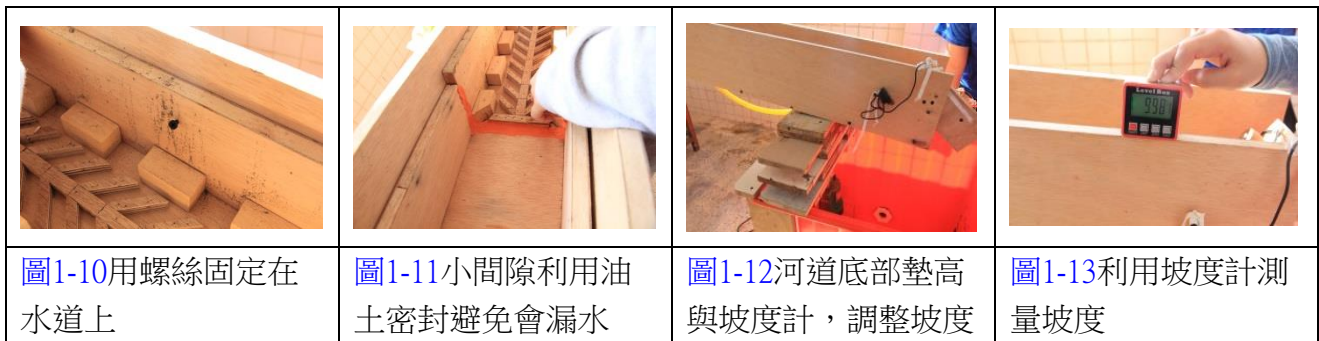
- 我們設計坡度為 10%、13%、16%、20%，4 種坡度。



- 以水龍頭開啟角度 47、57、70、85 度（圖 1-6）調整流量分別為 0.5、1.0、1.5、2.0 L/S。
- 實驗水道長度 200 cm（圖 1-7）、魚道長 120 cm，水道末端裝設自製水流速度測量器（圖 1-8），測量水道末端水流流速（圖 1-9）。
- 將魚道放入水道中，並利用螺絲固定在水道上（圖 1-10），貼緊水道的底部，使魚道不會漂

浮，水流也不會由魚道下方流出，小間隙利用油土密封避免會漏水（圖1-11）。

5. 利用墊木塊的方式調整水道坡度（圖1-12），利用坡度計測量坡度在誤差 $\pm 0.2\%$ 範圍內（圖1-13），減少實驗誤差。



6. 每一種坡度做4種流量，分別為0.5、1.0、1.5、2.0L/S。每一種魚道做4種坡度，分別為10、13、16、20%，共計16種變化。每一種變化，要做5次求平均值。
7. 要記錄不同坡度、不同流量，魚道的流速、水流流向變化與水理特性。

（四）實驗結果一：不同魚道的流速

1. 不同魚道末端水流速度（m/s）（利用自製水流流速器測量）

表 1-1 不同坡度魚道流速表

流量 L/S	坡度 10%					流量 L/S	坡度 13%				
	階梯	階梯潛孔	豎孔導壁	固床工	改良舟通		階梯	階梯潛孔	豎孔導壁	固床工	改良舟通
0.5	0.61	0.72	0.91	0.58	0.53	0.5	0.76	0.89	1.03	0.83	0.58
1.0	0.83	0.89	1.02	1.01	0.76	1.0	0.96	1.06	1.26	1.04	0.88
1.5	0.93	0.98	1.25	1.08	0.86	1.5	1.05	1.11	1.33	1.12	1.25
2.0	1.02	1.04	1.29	1.11	0.94	2.0	1.16	1.19	1.46	1.25	1.06
流量	坡度 16%					流量	坡度 20%				
	階梯	階梯潛孔	豎孔導壁	固床工	改良舟通		階梯	階梯潛孔	豎孔導壁	固床工	改良舟通
0.5	0.87	0.94	1.14	0.93	0.67	0.5	1.01	1.06	1.24	1.06	0.96
1.0	1.08	1.17	1.42	1.13	1.06	1.0	1.13	1.19	1.45	1.23	1.18
1.5	1.14	1.25	1.47	1.18	1.20	1.5	1.22	1.33	1.51	1.28	1.31
2.0	1.22	1.32	1.50	1.24	1.22	2.0	1.27	1.35	1.61	1.34	1.36

2. 實驗結果分析：魚道內水理需適合魚類的上溯，魚道中的流速不得超過 1.5 m/s，保守流速為 1.2 m/s，而魚道內之流速亦不可低於 0.4 m/s，以免魚類喪失上溯意願，流速則為 0.6 m/s 較佳。由表 1-1，發現，幾乎所有的魚道都可以適用在不同的坡度、不同的流量。

（五）實驗結果二不同魚道的降低流速效果

1. 計算魚道降低水流流速效果=自由落體末端水流速－魚道末端水流速度

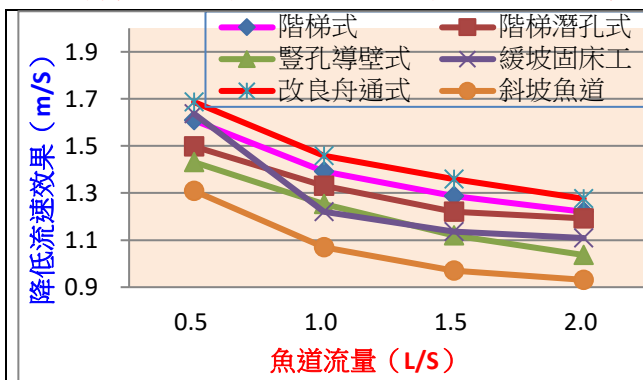


圖 1-14 魚道坡度 10%降低流速效果

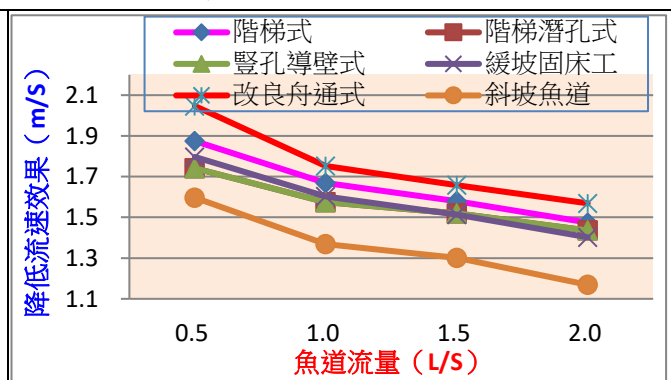


圖 1-15 魚道坡度 13%降低流速效果

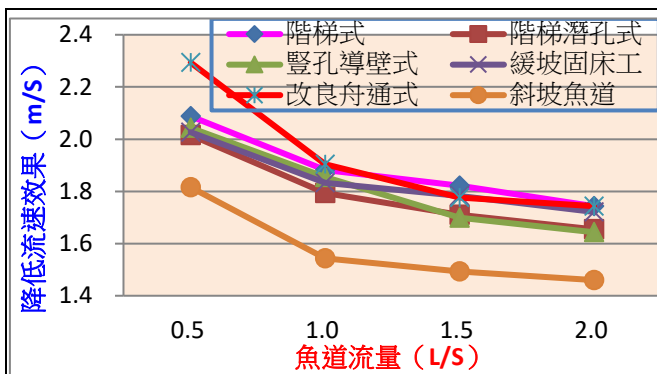


圖 1-16 魚道坡度 16%降低流速效果

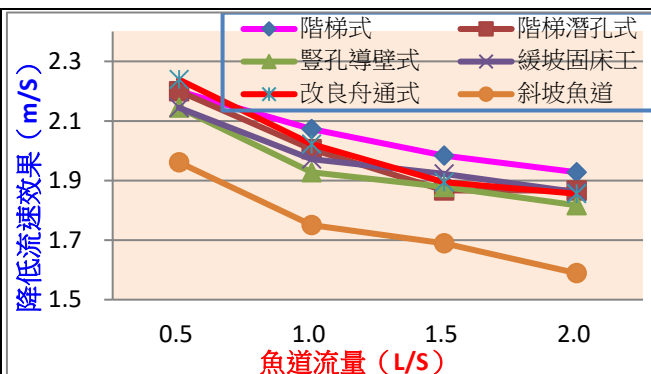


圖 1-17 魚道坡度 20%降低流速效果

2. 實驗結果分析：不同魚道降低流速效果

- (1) 由圖 1-14~1-17 發現，當水流流量越大時，降低流速效果有明顯下降的趨勢。
- (2) 在坡度 10%、13%時，改良舟通式魚道降低流速效果優於其他魚道。在坡度 16%時五種魚道的降低流速效果差異不大，坡度 20%時階梯式魚道降低流速效果略優。

(六) 實驗結果三：魚道的水理圖說

圖 1-18 改良舟通式水理圖	圖 1-19 緩坡固床工水理圖	圖 1-20 階梯式水理圖
改良舟通式魚道，魚骨中央流速最快，並向兩側分開，部分水水流流向休息區，中央的魚骨水流流向會呈現 S 形擺動。	緩坡固床工魚道，水流流速在固床工法縱向間隙中，流速較快，橫向間隙阻流的效果較佳，魚道中央流速較兩側大。	階梯式魚道，水流越過間隔板時流速較快，在休息區時流速較慢，會有上下對流的流向，經過旋轉後，再流到下一個休息區。
圖 1-21 階梯潛孔式水理圖	圖 1-22 豎孔導壁式水理圖	改良舟通式水理實驗
階梯潛孔式，水流越過間隔板時，流速較快，在休息區時流速較慢，會有上下對流現象，經過旋轉後，再流到下一個休息區。部分水流經過潛孔穿越到下一區。	豎孔導壁式，豎孔流速最快，水流向下流時，部分的水量由豎孔向下流，大部分的水流在休息區形成漩渦狀。	階梯潛孔式水理實驗

二、改良舟通式魚道泥砂穿越率有比較厲害嗎？

台灣的地形與地質比較特殊，經常颱風與豪雨侵襲，又因人為過度開發山坡地，以致河川溪流輸砂量嚴重，大量泥砂流入溪流，所以魚道要特別注意「泥砂穿越率」，否則遇到豪雨、颱風，魚道就失去功能，「泥砂穿越率」，是指泥砂經過魚道後，直接穿過魚道的比率，當泥砂穿越越高，殘存魚道的泥砂越少，魚道越不容易淤砂，魚道才能保有原有設計的功能。

(一) 實驗設計

1. 實驗 6 種不同魚道（與研究一相同）
2. 實驗在不同的坡度下，不同的流量下，魚道的泥砂穿越率。其他與研究一相同

(二) 實驗步驟

1. 將魚道放置在水道中，固定後，先開起最大流量 2.18L/S，沖刷魚道 20 秒（圖 2-1），將魚道清洗乾淨，確認無殘留物後，進行下一步驟。
2. 將水龍頭開起實驗設計的流量 5 秒鐘後，每 5 秒鐘放入 40 公克重的泥砂（圖 2-2），放入 5 次，共放入 200 公克重的泥砂，接著利用原來流量再沖水 20 秒後（圖 2-3），關閉水源，等待魚道內的水完全流出後，觀察淤砂位置與分布（圖 2-4）。
3. 一種魚道共計要做，4 種坡度，4 種流量，16 種變化，一種魚道共計要做 16 次實驗。
4. 要記錄不同坡度、不同流量，魚道內泥砂堆積位置，魚道的淤砂量。

			
圖 2-1 沖刷魚道 20 秒（魚道清乾淨）	圖 2-2 每次放入泥砂 40gw	圖 2-3 每 5 秒放 1 次，共 5 次，再沖水 20 秒	圖 2-4 觀察淤砂位置與數量

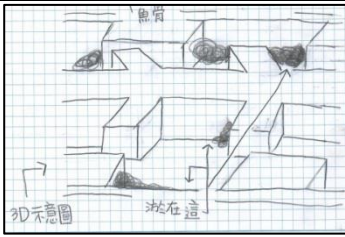
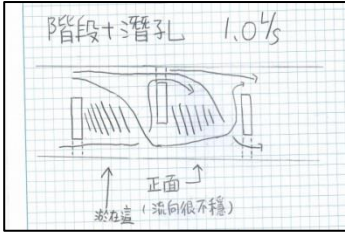
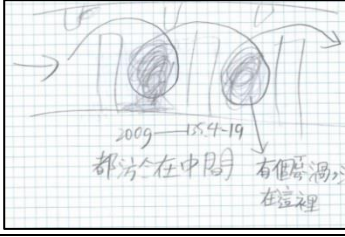
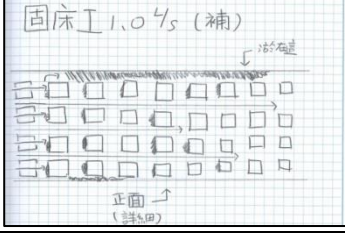
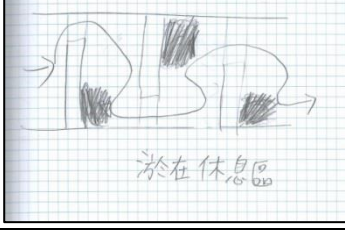
(三) 收集魚道內泥砂方法

1. 將魚道由水道取出，排出魚道內殘留的水，開始收集魚道內的泥砂殘留量，緩坡固床工、改良舟通式，因魚道中的結構間隙較小，只能用大力敲擊的方式（每次實驗學校就像發生地震），將泥砂敲出（圖 2-5），再收集淤砂（圖 2-6）。
2. 階梯式、階梯潛孔式、豎孔導壁式，利用鋁片刮起魚道內的泥砂（圖 2-7），再利用大力敲擊的方式，收集魚道內殘留的泥砂（圖 2-8）。
3. 用網篩濾出水分後，利用數位電子秤測量泥砂重量。

			
圖 2-5 將魚道高高拿起放下，震下魚道中泥砂	圖 2-6 震下的泥砂收集後，測量重量。	圖 2-7 利用鋁片刮起魚道內的泥砂	圖 2-8 泥砂收集後，測量重量。

(四) 實驗結果一：不同魚道淤砂位置、情況照片與手繪圖說

淤砂情況照片	淤砂圖說	淤砂說明
--------	------	------

		由圖 2-10 改良舟通式主要淤砂在阻水箱間的休息區，魚道前段比後段淤砂嚴重，少部分會淤在魚骨下方。
圖 2-9 改良舟通式	圖 2-10 改良舟通式淤砂圖	
		圖 2-12，階梯潛孔式，主要淤砂在水流擋板高處，無水流位置下方，呈現四邊形的形狀。
圖 2-11 階梯潛孔式	圖 2-12 階梯潛孔式淤砂圖	
		圖 2-14，豎孔導壁式，主要淤積在水池休息區中，因水流呈現漩渦狀，所以泥砂堆積也呈現漩渦狀。
圖 2-13 豎孔導壁式	圖 2-14 豎孔導壁式淤砂圖	
		圖 2-16，緩坡固床工，因為縱向的流速較快，主要的阻水效果在橫向的間隙，所以主要都堆積在橫向間隙中，魚道兩側比中央位置，淤砂嚴重。
圖 2-15 緩坡固床工	圖 2-16 緩坡固床工淤砂圖	
		圖 2-17，階梯式，水流由水流擋板低處流出，水流擋板高處，無水流的情況下，流速最慢，主要淤砂在水流擋板高處下方。
圖 2-17 階梯式淤砂	圖 2-18 階梯式淤砂圖	

(四) 實驗結果：魚道泥砂穿越率百分比 = $(200 - \text{魚道內泥砂重量}) / 2$

1. 不同種類的魚道泥砂穿越率比較分析

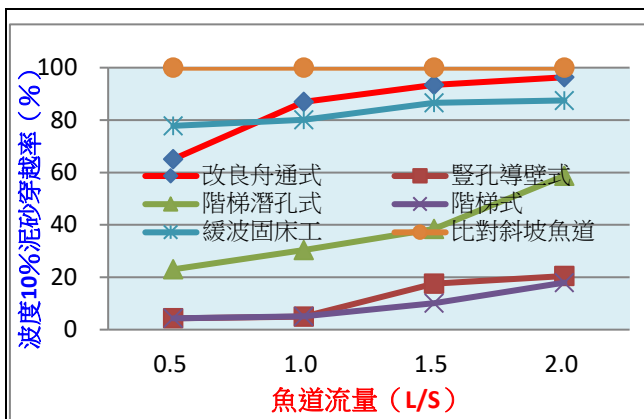


圖 2-19 魚道坡度 10%泥砂穿越率比較

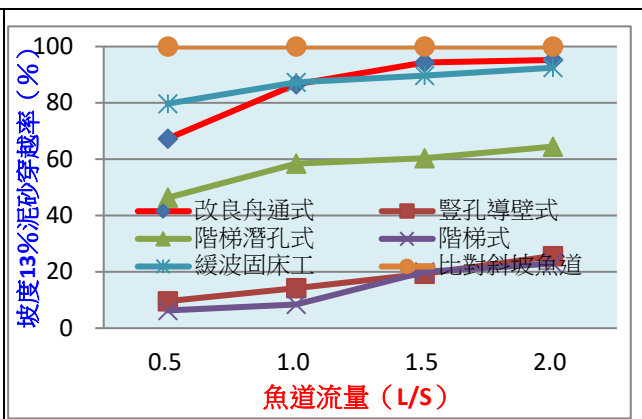


圖 2-20 魚道坡度 13%泥砂穿越率比較

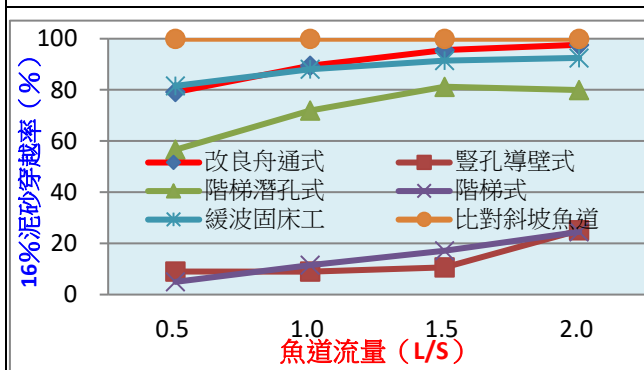


圖 2-21 魚道坡度 16%泥砂穿越率比較

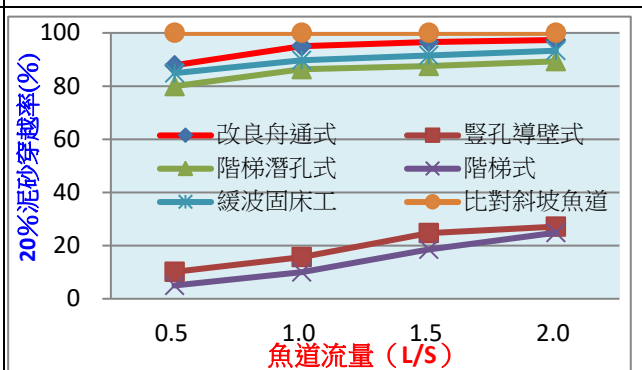


圖 2-22 魚道坡度 20%泥砂穿越率比較

2. 實驗結果分析：不同魚道泥砂穿越率

(1) 由圖 2-19~2-22，靜水池型魚道，階梯式、階梯潛孔式、豎孔導壁式、泥砂穿越率較低，階梯式、階梯潛孔式，泥砂穿越率最高不到 30%。水路型，改良舟通式魚道泥砂穿越率較高接近 97%、緩坡固床工砂穿越率較高接近 90%，有明顯的差異。

(2) 靜水池型魚道，主要淤砂在水池的休息區，因為休息區較大，水流流速較低，泥砂無法

順著水流立即排出，造成淤砂現象。靜水池型魚道，對於魚類迴游，有比較大的休息區；

水路型魚道，休息區最小，對於大型魚類迴游不友善，適合小型魚類迴游。

三、研究改良舟通式魚道厲害的原因

依據研究一、研究二，發現改良舟通式魚道，在阻流效果優於其他魚道，在泥砂穿越率也優於其他魚道，我們進行改良舟通式魚道的水理與泥砂穿越率特性實驗，了解改良舟通式魚道的設計與其他魚道不同之處。

(一) 實驗準備：改良舟通式魚道（長 120 cm 寬 16 cm 高 16 cm）。

(二) 實驗設計：坡度共 4 種 10、13、16、20%、流量共 4 種 0.5、1.0、1.5S、2.0 L/S。

(三) 實驗步驟：與研究一、二相同。

(四) 實驗結果一：改良舟通式魚道水理特性分析

1. 由圖3-1，魚骨會影響水流流速大小，魚骨將水流改變方向，魚骨斜角45度剛好將水流引入休息區，藉此清除休息區內淤砂的泥砂，並將泥砂帶走。

2. 當流量越多時，魚骨導入的水流量會越大沖刷力量越大，阻水箱間的休息區淤砂現象會減少。

3. 魚骨斜角45度造成水流折射作用，將水流往魚骨中心集中，使魚道中心，水流量增加。

4. 當魚道流量在0.5 L/S，水流量沒有超過魚骨高度時，魚骨導入的流量不足會造成嚴重淤砂現象。

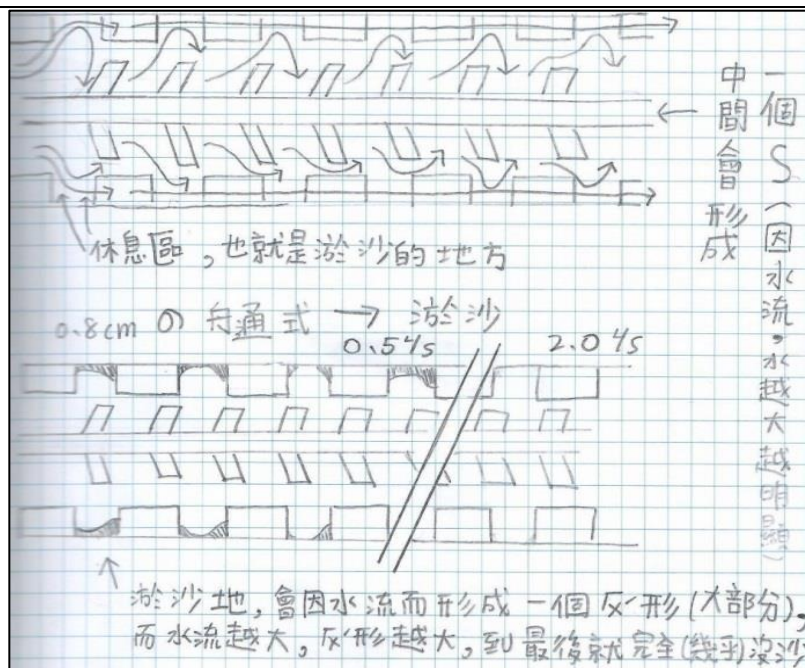


圖3-1 改良舟通式水流與泥砂穿越圖

(五) 實驗結果二：改良舟通式魚道泥砂穿越率與坡度、水量的關係

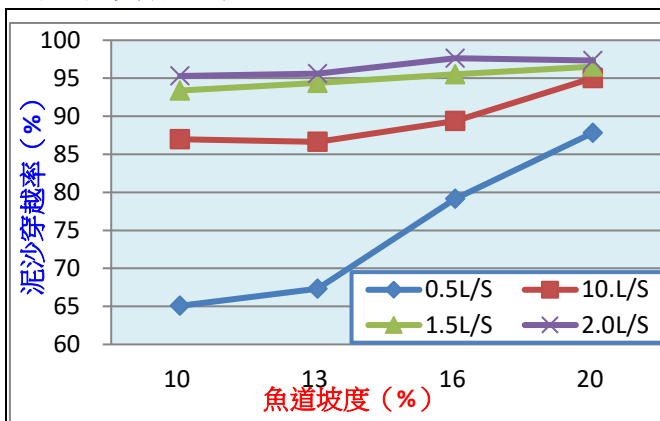


圖 3-2 坡度與改良舟通式魚道泥砂穿越率

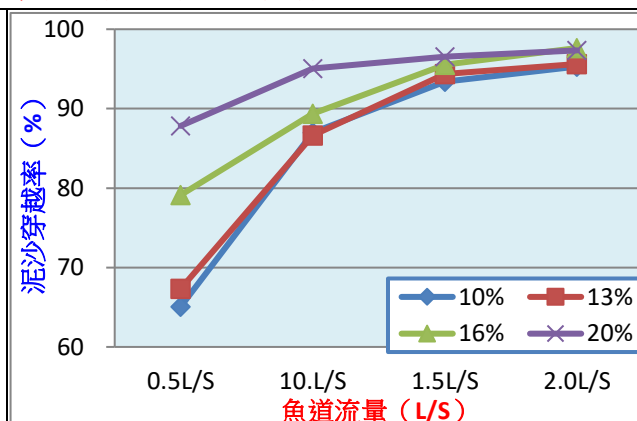


圖 3-3 流量與改良舟通式魚道泥砂穿越率

2. 實驗結果分析

(1) 圖 3-2，當坡度越小，泥砂穿越率有明顯的下降，尤其是在低流量、低坡度時，泥砂穿越率只有 65%。流量 1.5、2.0 L/S 泥砂穿越率可達 90% 以上。

(2) 由實驗發現，魚道的流量對改良舟通式魚道泥砂穿越率影響較大，魚道的流量淹過魚骨高度 1.0cm 以上，泥砂穿越率就可達 90%。

四、研究影響改良舟通式魚道效能的重要因素有哪些？

我們分析改良舟通式魚道設計如下，以利進行下一階段的實驗。

分析改良舟通式魚道設計參數（圖 4-1）

1. 魚骨部分：長、寬、高、間距、魚骨角度、魚骨形狀。
2. 阻水箱：長、寬、高、間距、阻水箱角度、阻水箱形狀。
3. 休息區：長、寬、高、間距、休息區角度、休息區形狀。
4. 魚骨中心：寬、高、形狀。
5. 迴游間距（水道區）：寬度。

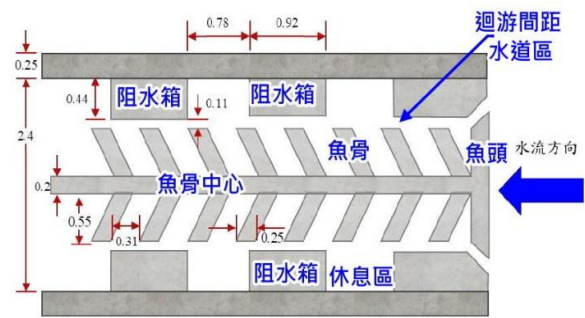


圖 4-1 改良舟通式魚道圖

改良舟通式魚道，共計有 22 個實驗參數，比一般的魚道複雜很多，因為實驗設備與時間的關係，我們先進行魚道設計參數的魚骨高度、魚骨長度、魚骨間距、阻水箱高度種實驗。

（一）準備工作（共四項實驗魚骨高度、魚骨長度、魚骨間距、阻水箱高）

1. 實驗魚骨高度製作的魚道：標準魚道魚骨高度為 1.5cm，我們設計魚骨高度 0.8cm、1.5cm、2.2cm、3.0cm，（圖 4-2）。其他尺寸依據「水土保持設施常見生物通道縮小 16/240 比例製作。

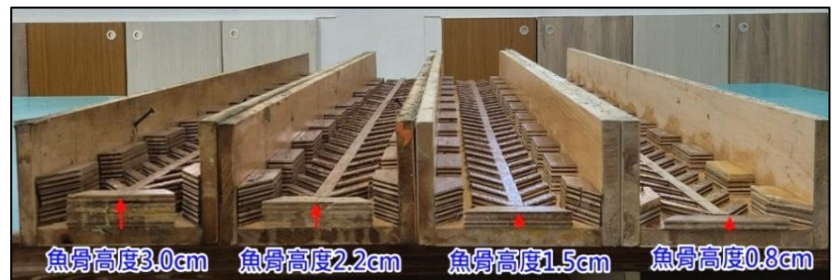
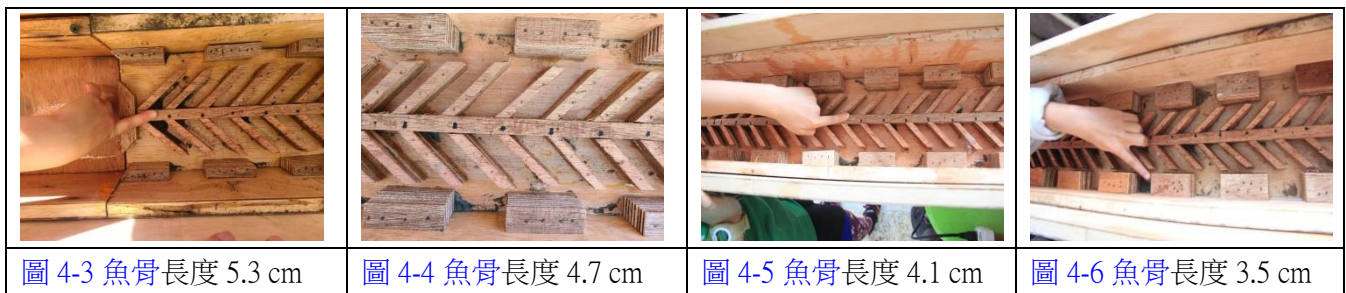


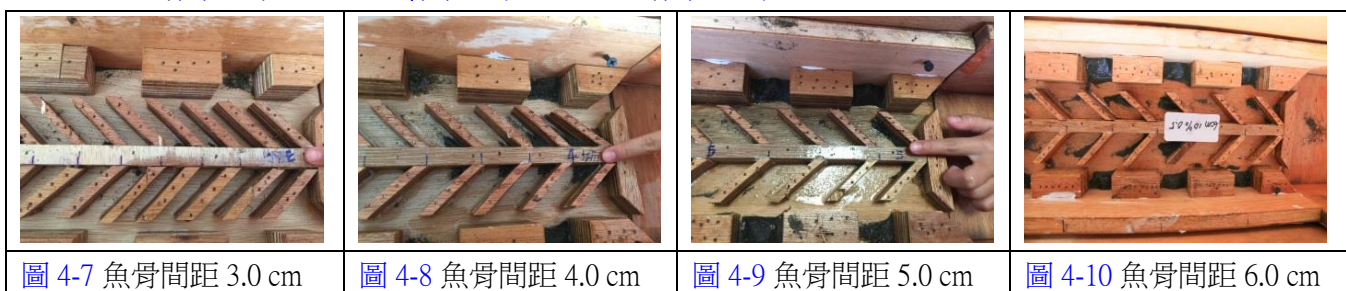
圖 4-2 不同的魚骨高度

2. 實驗魚骨長度製作的魚道：標準魚道魚骨長度為 3.8cm，我們設計為魚骨長度 5.3 cm（圖 4-3）、4.7 cm（圖 4-4）、4.1 cm（圖 4-5）、3.5 cm（圖 4-6）。



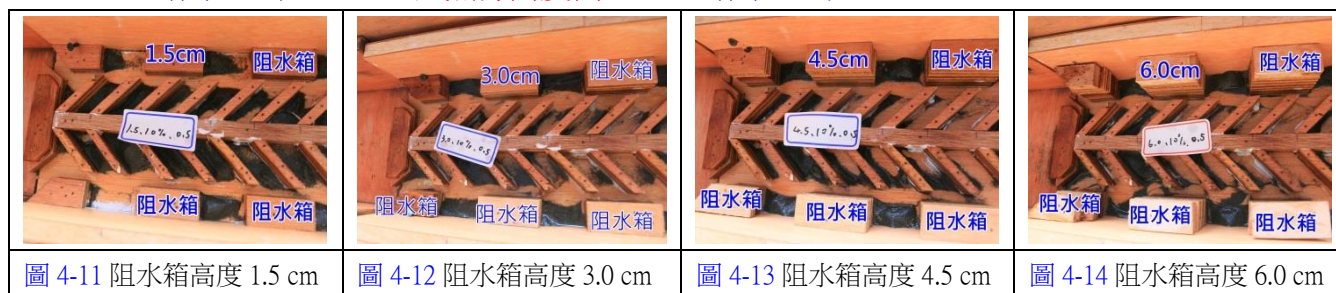
3. 實驗魚骨間距製作的魚道：標準魚道魚骨間距為 4.0 cm，我們設計魚骨間距 3.0 cm（圖 4-7）、

4.0 cm（圖 4-8）、5.0 cm（圖 4-9）、6.0 cm（圖 4-10）。



4. 實驗阻水箱高度製作的魚道：標準魚道阻水箱高度為 3.0cm，我們設計阻水箱高度 1.5 cm，比

魚骨高度低 0.8 cm，(圖 4-11)、3.0 cm 比魚骨高度高 0.8 cm (圖 4-12)、4.5 cm 比魚骨高度高 2.2 cm (圖 4-13)、6.0 cm 比魚骨高度高 3.8 cm (圖 4-14)。



(二) 實驗設計

1. 實驗不同的魚骨高度、魚骨長度、魚骨間距、阻水箱高度為操作變因進行 4 項實驗。
2. 魚道流速實驗：每一種魚道，同一坡度做 4 種不同流量，分別為 0.5、1.0、1.5、2.0L/S，要做 4 種不同坡度，分別為 10、13、16、20%，共計 16 種變化。每一種變化，要做 5 次求平均值，要觀察與記錄不同坡度、不同流量，魚道的流速變化，魚道的流向變化與水理特性。
3. 魚道泥砂穿越率實驗：每一種魚道，同一坡度做 4 種不同流量，要做 4 種不同坡度。
4. 比對組為斜坡魚道，其他與研究設計一、二相同。

(三) 實驗步驟：與研究一、二相同。

(四) 實驗結果一：不同魚骨高度魚道水流流速與泥砂穿越率變化

1. 不同魚骨高度改良舟通式魚道水流流速變化分析

表 4-1 不同魚骨高度魚道水流流速變化

流量	坡度 10% 流速 (m/s)					流量	坡度 13% 流速 (m/s)				
	高度 0.8cm	高度 1.5cm	高度 2.2cm	高度 3cm	比對		高度 0.8cm	高度 1.5cm	高度 2.2cm	高度 3cm	比對
0.5	0.87	0.56	0.49	0.43	1.36	0.5	1.09	0.86	0.69	0.63	1.53
1.0	1.07	0.97	0.79	0.72	1.42	1.0	1.17	1.07	0.88	0.83	1.68
1.5	1.23	1.29	1.27	1.18	1.56	1.5	1.33	1.23	1.18	1.15	1.76
2.0	1.44	1.42	1.34	1.23	1.69	2.0	1.49	1.46	1.37	1.25	1.86
流量	坡度 16% 流速 (m/s)					流量	坡度 20% 流速 (m/s)				
	高度 0.8cm	高度 1.5cm	高度 2.2cm	高度 3cm	比對		高度 0.8cm	高度 1.5cm	高度 2.2cm	高度 3cm	比對
0.5	1.19	0.96	0.76	0.68	1.56	0.5	1.21	1.01	0.81	0.73	1.63
1.0	1.22	1.09	0.96	0.88	1.72	1.0	1.26	1.12	1.03	0.96	1.79
1.5	1.36	1.32	1.29	1.23	1.80	1.5	1.42	1.38	1.32	1.23	1.89
2.0	1.53	1.42	1.33	1.3	1.93	2.0	1.63	1.56	1.53	1.46	2.03

2. 實驗結果分析：不同魚骨高度魚道水流流速變化

- (1) 由表 4-1，坡度 10%，魚骨越高流速越慢，有明顯的差異。流量大小與魚道流速，呈正相關。魚骨高度對魚道流速，在低坡度 10%，低流量 0.5L/S 流速影響較大。
- (2) 坡度 13%，流量 0.5L/S，魚骨越高流速越慢，有明顯的差異。流量超過 1.0L/S 時，不同魚骨高度對流速的差異度不大。

(3) 坡度 16%、20%時，魚骨高度越高時，流量越大時水流流速差異較小。

3. 不同魚骨高度改良舟通式魚道泥砂穿越率 泥砂穿越率= (200-魚道內泥砂重量) / 2

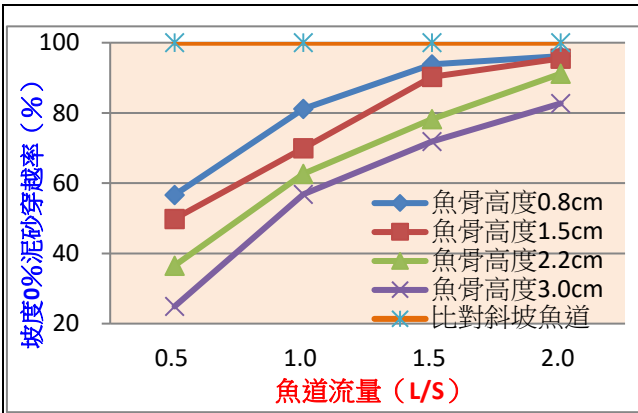


圖 4-15 魚道坡度 10%泥砂穿越率比較

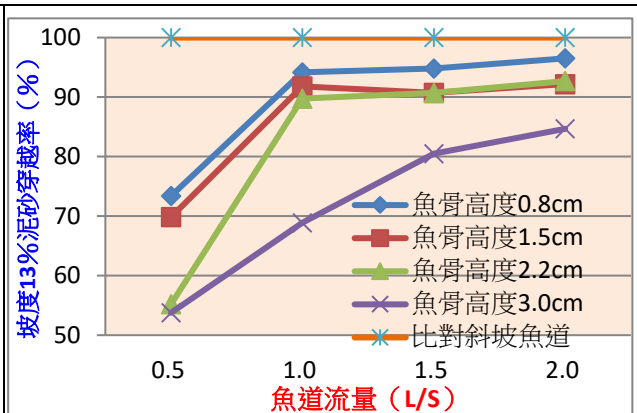


圖 4-16 魚道坡度 13%泥砂穿越率比較

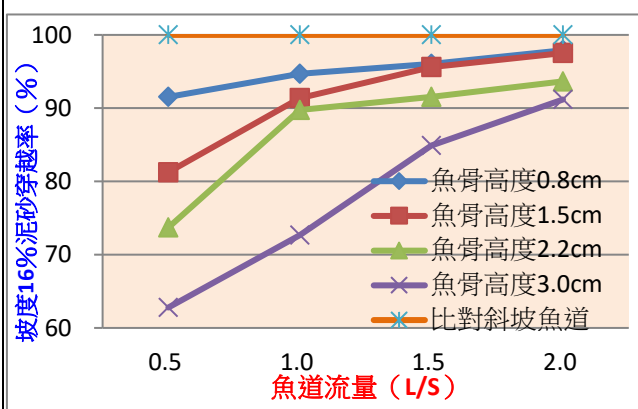


圖 4-17 魚道坡度 16%泥砂穿越率比較

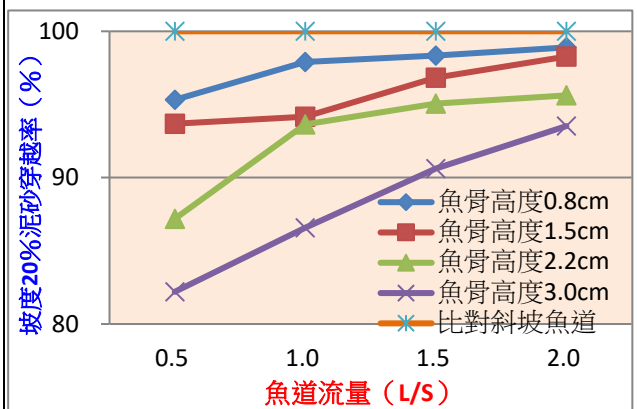


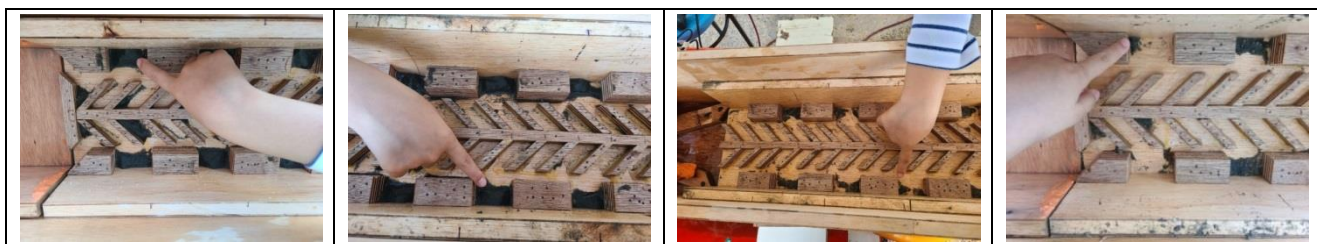
圖 4-18 魚道坡度 20%泥砂穿越率比較

4. 實驗結果分析：(1) 由圖 4-15~4-18，發現魚骨高度越高，泥砂穿越率越低，尤其是魚骨高度 3.0cm 時，泥砂穿越率特別低，與其他魚骨高度有明顯的差異，在低坡度、低流量影響更大。

(2) 魚道魚骨高度超過原設計的 1.5 倍以上時，泥砂穿越率會變低，造成淤砂。

5. 不同魚骨高度在不同坡度與流量變化的淤砂照片與圖說

魚骨高度 0.8cm 坡度 10%流量 (0.5L/S)		魚骨高度 0.8cm 坡度 13%流量 (0.5L/S)	
圖說：魚骨高度 0.8cm 在坡度 10%、13%，流量 0.5L/S 淤砂量比較多外，其他淤砂量很少。			
魚骨高度 1.5cm 坡度 10%流量 (0.5L/S)	魚骨高度 1.5cm 坡度 13%流量 (0.5L/S)	魚骨高度 1.5cm 坡度 16%流量 (0.5L/S)	魚骨高度 1.5cm 坡度 20%流量 (0.5L/S)



圖說：魚骨高度 1.5cm，流量 0.5L/S 淤砂量比較多，其他流量與坡度淤砂量很少。

魚骨高度 2.2cm 坡度 10% 流量 (0.5L/S)

魚骨高度 2.2cm 坡度 13% 流量 (0.5L/S)

魚骨高度 2.2cm 坡度 16% 流量 (0.5L/S)

魚骨高度 2.2cm 坡度 20% 流量 (0.5L/S)



圖說：魚骨高度 2.2cm 在低流量 0.5L/S，淤砂嚴重，要到坡度 20% 時淤砂才會減少，流量 1.0L/S 以上，淤砂現象減少很多。

魚骨高度 3.0cm 坡度 10% 流量 (0.5L/S)

魚骨高度 3.0cm 坡度 13% 流量 (0.5L/S)

魚骨高度 3.0cm 坡度 16% 流量 (0.5L/S)

魚骨高度 3.0cm 坡度 20% 流量 (0.5L/S)



圖說：魚骨高度 3.0cm，坡度低 10%、低流量 0.5L/S、1.0L/S 淤砂嚴重，發現，魚骨高度越高，水流流速降低，泥砂的穿越率越低。

(五) 實驗結果二：不同魚骨長度對魚道水流流速變化

1. 不同魚骨長度水流流速變化分析

表 4-2 不同魚骨長度魚道水流流速變化

流量	坡度 10% 流速 (m/s)					流量	坡度 13% 流速 (m/s)				
	長度 3.5cm	長度 4.1cm	長度 4.7cm	長度 5.3cm	比對		長度 3.5cm	長度 4.1cm	長度 4.7cm	長度 5.3cm	長度 3.5cm
0.5	0.69	0.67	0.46	0.42	1.36	0.5	1.09	0.97	0.61	0.56	1.53
1.0	1.17	1.14	1.10	1.06	1.42	1.0	1.36	1.33	1.31	1.22	1.68
1.5	1.42	1.39	1.27	1.33	1.56	1.5	1.46	1.42	1.47	1.36	1.76
2.0	1.42	1.44	1.40	1.34	1.69	2.0	1.52	1.50	1.49	1.42	1.86
	坡度 16% 流速 (m/s)						坡度 20% 流速 (m/s)				
	長度 3.5cm	長度 4.1cm	長度 4.7cm	長度 5.3cm	比對		長度 3.5cm	長度 4.1cm	長度 4.7cm	長度 5.3cm	長度 3.5cm
0.5	1.17	1.12	0.96	0.82	1.56	0.5	1.22	1.19	1.06	1.02	1.63
1.0	1.42	1.36	1.39	1.31	1.72	1.0	1.44	1.42	1.50	1.52	1.79
1.5	1.44	1.47	1.46	1.44	1.80	1.5	1.49	1.50	1.56	1.61	1.89
2.0	1.47	1.50	1.58	1.47	1.93	2.0	1.53	1.55	1.61	1.64	2.03

(1) 由表 4-2，坡度 10%、13%，流量 0.5L/S 時，魚骨 3.5cm、4.1cm 流速較快，與魚骨 4.7cm、5.3cm 有差異，流量大於 1.0L/S，魚骨長度對水流流速影響變小。

(2) 坡度 16%、20%，魚骨長度越長，在低流量有差異，高流量流速差異較小。

(3) 研究發現，魚骨長度對魚道流速，在低坡度 10%，低水流量 0.5L/S 流速差異較大，其他流量、坡度差異較小。

3.不同魚骨長度魚道泥砂穿越率，泥砂穿越率=（200-魚道內泥砂重量）/2

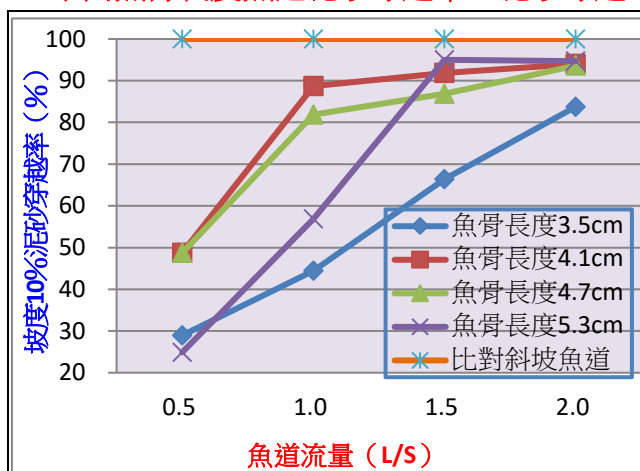


圖 4-19 坡度 10% 魚骨長度與泥砂穿越率

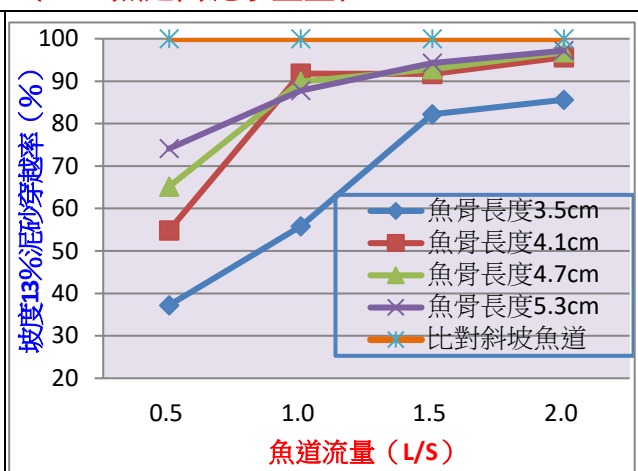


圖 4-20 坡度 13% 魚骨長度與泥砂穿越率

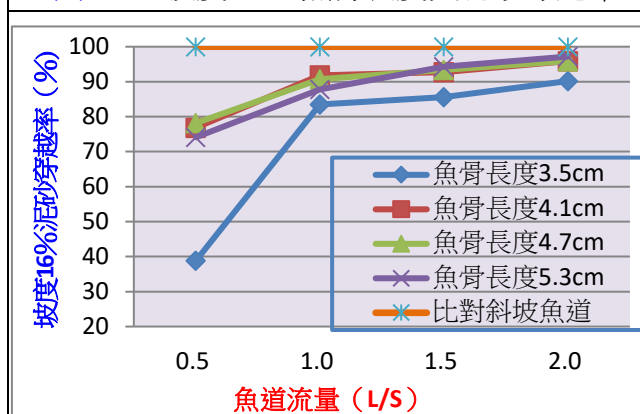


圖 4-21 坡度 16% 魚骨長度與泥砂穿越率

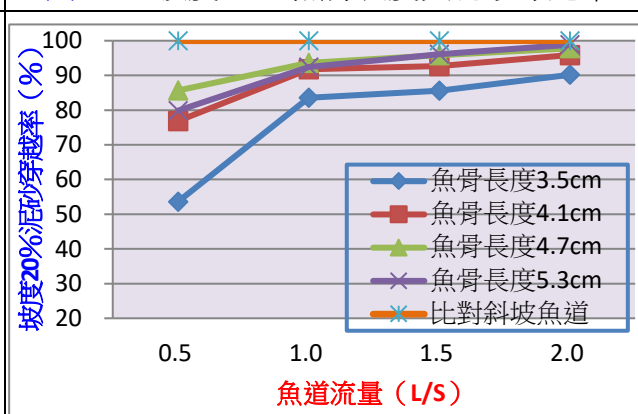


圖 4-22 坡度 20% 魚骨長度與泥砂穿越率

4.實驗結果分析：不同魚骨長度魚道泥砂穿越率

- (1) 由圖 4-19~4-22 發現，魚骨長度太長或太短，泥砂穿越率都越低，在低流量、低坡度泥砂穿越率高低特別明顯。魚骨太長淤砂在魚骨下方，魚骨太短淤砂在休息區。
- (2) 魚骨長度 4.1cm、4.7cm，泥砂穿越率較高，與魚骨長度 5.3cm、3.5cm 明顯的差異，發現，魚骨太長或太短對於泥砂穿越率會有影響。

5.不同魚骨長度在坡度與流量變化的淤砂照片與圖說

魚骨長度 3.5cm 坡度 10% 流量 0.5L/S	魚骨長度 3.5cm 坡度 13% 流量 0.5L/S	魚骨長度 3.5cm 坡度 16% 流量 0.5L/S	魚骨長度 3.5cm 坡度 20% 流量 0.5L/S
-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------



圖說：魚骨長度 3.5 cm，流量 0.5、1.0 L/S 淤砂嚴重，主要淤砂在休息區內。由於休息區的阻水箱變寬，休息區的面積增大，加上，魚骨比較短，因此由魚骨引入的水流變小，泥砂無法沖刷出來，造成阻水箱淤砂量變多。

魚骨長度 4.1cm 坡度 10% 流量 0.5L/S

魚骨長度 4.1cm 坡度 13% 流量 0.5L/S

魚骨長度 4.1cm 坡度 16% 流量 0.5L/S

魚骨長度 4.1cm 坡度 20% 流量 0.5L/S



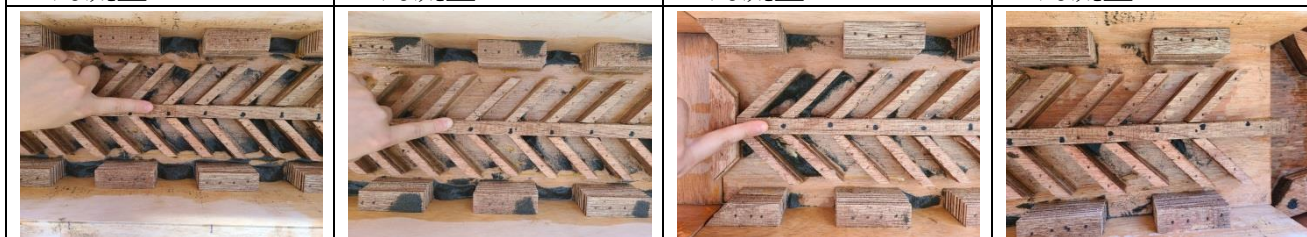
圖說：魚骨長度 4.1cm 在流量 0.5L/S，淤砂嚴重，淤砂在休息區與魚骨下方，流量 1.0 L/S 以上，淤砂現象減少很多。發現，休息區的阻水箱不大，魚骨引入的水流可以把泥砂沖刷出來，所以淤砂較小，魚骨長度與阻水箱大小，算是比較好的比率。

魚骨長度 4.7cm 坡度 10% 流量 0.5L/S

魚骨長度 4.7cm 坡度 13% 流量 0.5L/S

魚骨長度 4.7cm 坡度 16% 流量 0.5L/S

魚骨長度 4.7cm 坡度 20% 流量 0.5L/S



圖說：魚骨長度 4.7cm 在低流量 0.5L/S，淤砂嚴重，淤砂在休息區與魚骨下方，流量 1.0 L/S 以上，淤砂現象減少很多。休息區的阻水箱略大，休息區的面積略大，魚骨比較長，由魚骨引入的水流可以把泥砂沖刷出來，所以淤砂較小。

魚骨長度 5.3cm 坡度 10% 流量 0.5L/S

魚骨長度 5.3cm 坡度 13% 流量 0.5L/S

魚骨長度 5.3cm 坡度 16% 流量 0.5L/S

魚骨長度 5.3cm 坡度 20% 流量 0.5L/S



圖說：魚骨長度 5.3cm 在低流量 0.5L/S，淤砂嚴重，淤積魚骨下方，發現，休息區的阻水箱較小，魚骨最長，由魚骨引入的水流可以把泥砂沖刷出來。但是魚骨長度太長，水流流速變慢，造成魚骨下方嚴重淤砂現象。

(六) 實驗結果三：不同魚骨間距魚道水流流速與泥砂穿越率

1. 不同魚骨間距魚道水流流速變化

表 4-3 不同魚骨間距魚道水流流速變化

流量	坡度 10% 流速 (m/s)					流量	坡度 13% 流速 (m/s)				
	間距 3.0cm	間距 4.0cm	間距 5.0cm	間距 6.0cm	比對		間距 3.0cm	間距 4.0cm	間距 5.0cm	間距 6.0cm	比對
0.5	1.01	0.97	1.11	1.17	1.36	0.5	1.08	1.17	1.2	1.22	1.53
1.0	1.18	1.14	1.16	1.26	1.42	1.0	1.19	1.28	1.33	1.36	1.68
1.5	1.28	1.25	1.28	1.36	1.56	1.5	1.28	1.32	1.36	1.40	1.76
2.0	1.32	1.31	1.36	1.42	1.69	2.0	1.32	1.36	1.42	1.53	1.86
流量	坡度 16% 流速 (m/s)					流量	坡度 20% 流速 (m/s)				
	間距 3.0cm	間距 4.0cm	間距 5.0cm	間距 6.0cm	比對		間距 3.0cm	間距 4.0cm	間距 5.0cm	間距 6.0cm	比對
0.5	1.18	1.27	1.25	1.29	1.56	0.5	1.23	1.3	1.26	1.31	1.63
1.0	1.23	1.36	1.39	1.40	1.72	1.0	1.26	1.39	1.4	1.42	1.79
1.5	1.33	1.36	1.42	1.48	1.80	1.5	1.36	1.38	1.43	1.52	1.89
2.0	1.39	1.38	1.45	1.55	1.93	2.0	1.43	1.46	1.49	1.59	2.03

2. 實驗結果分析：不同魚骨間距改良舟通式魚道水流流速

由表 4-3，發現魚骨間距越小，魚道末端的流速有越慢的現象，但是差異並不大，魚骨間距越小，在魚道坡度越大時，阻流效果越佳的現象。

3. 不同魚骨間距改良舟通式魚道泥砂穿越率，泥砂穿越率=（200-魚道內泥砂重量）/2

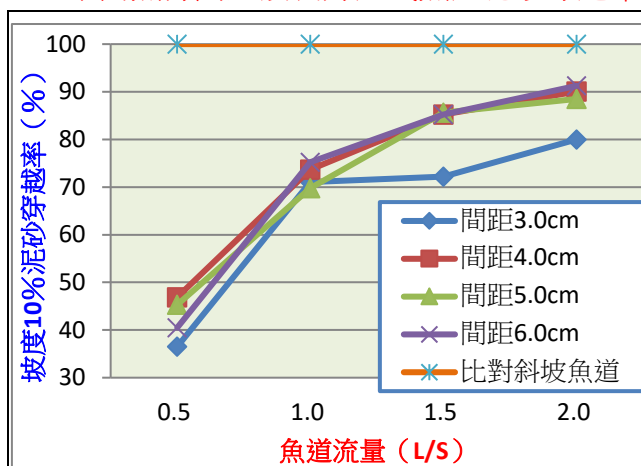


圖 4-23 坡度 10% 魚骨間距與泥砂穿越率

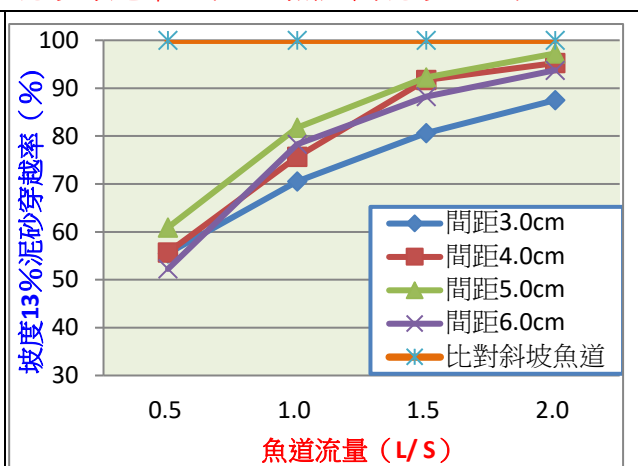


圖 4-24 坡度 13% 魚骨間距與泥砂穿越率

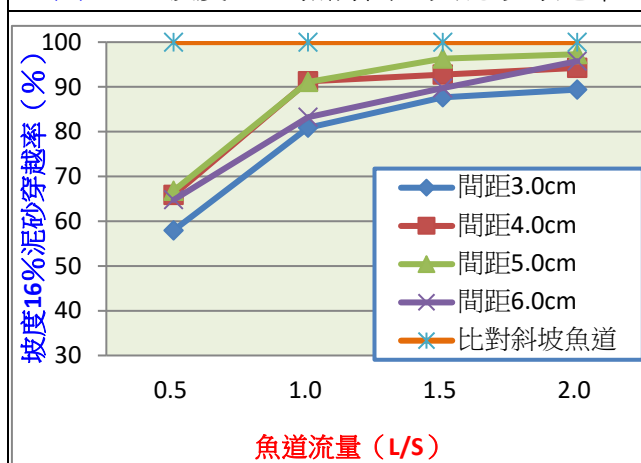


圖 4-25 坡度 16% 魚骨間距與泥砂穿越率

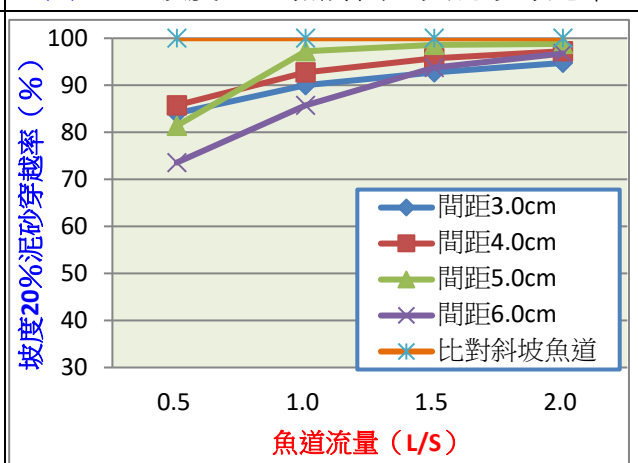


圖 4-26 坡度 20% 魚骨間距與泥砂穿越率

4. 實驗結果分析：不同魚骨間距改良舟通式魚道泥砂穿越率

由圖 4-23~4-26，發現魚骨間距 4.0 cm、5.0 cm，泥砂穿越率優於 3.0 cm、6.0 cm。間距太

短流速下降，會淤砂在魚骨下方；間距太大，引入阻水箱區的流量不足，淤砂在阻水箱區。

5. 不同魚骨間距在不同坡度與流量變化的淤砂照片與圖說

魚骨間距 3.0cm 坡度 10% (流量 0.5L/S)	魚骨間距 3.0cm 坡度 13% (流量 0.5L/S)	魚骨間距 3.0cm 坡度 16% (流量 0.5L/S)	魚骨間距 3.0cm 坡度 20% (流量 0.5L/S)
			

圖說：魚骨間距 3.0 cm 在低流量 0.5 L/S，淤砂嚴重，淤砂主要在休息區與部分魚骨下方，流量 1.0 L/S 以上，坡度大於 13%，淤砂減少很多。

魚骨間距 4.0cm 坡度 10% (流量 0.5L/S)	魚骨間距 4.0cm 坡度 13% (流量 0.5L/S)	魚骨間距 4.0cm 坡度 16% (流量 0.5L/S)	魚骨間距 4.0cm 坡度 20% (流量 0.5L/S)
			

圖說：魚骨間距 4.0cm 在低流量 0.5L/S，淤砂嚴重，淤砂主要在休息區與部分魚骨下方，流量 1.0 L/S 以上，坡度大於 13%，淤砂現象減少很多。

魚骨間距 5.0cm 坡度 10% (流量 0.5L/S)	魚骨間距 5.0cm 坡度 13% (流量 0.5L/S)	魚骨間距 5.0cm 坡度 16% (流量 0.5L/S)	魚骨間距 5.0cm 坡度 20% (流量 0.5L/S)
			

圖說：魚骨間距 5.0cm 在低流量 0.5L/S，淤砂嚴重，淤砂主要在休息區與部分魚骨下方，流量 1.0 L/S 以上，坡度大於 13%，淤砂減少很多。

魚骨間距 6.0cm 坡度 10% (流量 0.5L/S)	魚骨間距 6.0cm 坡度 13% (流量 0.5L/S)	魚骨間距 6.0cm 坡度 16% (流量 0.5L/S)	魚骨間距 6.0cm 坡度 20% (流量 0.5L/S)
			

圖說：魚骨間距 6.0cm 在低流量 0.5L/S，淤砂嚴重，淤砂主要在休息區與部分魚骨下方，流量 1.0 L/S 以上，坡度大於 13%，淤砂現象減少很多。

(七) 實驗結果四：不同阻水箱高度魚道水流流速與泥砂穿越率

1. 不同阻水箱高度魚道末端水流流速變化

表 4-4 不同阻水箱高度魚道水流流速變化

坡度 10% 流速 (m/s)						坡度 13%流速 (m/s)					
流量	高度 1.5cm	高度 3.0cm	高度 4.5cm	高度 6.0cm	比對	流量	高度 1.5cm	高度 3.0cm	高度 4.5cm	高度 6.0cm	比對
0.5	1.23	1.01	0.99	0.96	1.36	0.5	1.33	1.06	1.02	1.03	1.53
1.0	1.32	1.17	1.20	1.26	1.42	1.0	1.42	1.22	1.21	1.20	1.68
1.5	1.42	1.22	1.20	1.16	1.56	1.5	1.46	1.27	1.22	1.23	1.76
2.0	1.46	1.30	1.28	1.25	1.69	2.0	1.50	1.32	1.30	1.31	1.86
坡度 16%流速 (m/s)						坡度 20%流速 (m/s)					
流量	高度 1.5cm	高度 3.0cm	高度 4.5cm	高度 6.0cm	比對	流量	高度 1.5cm	高度 3.0cm	高度 4.5cm	高度 6.0cm	比對
0.5	1.43	1.12	1.14	1.03	1.56	0.5	1.52	1.21	1.20	1.18	1.63
1.0	1.56	1.26	1.27	1.25	1.72	1.0	1.62	1.43	1.42	1.40	1.79
1.5	1.60	1.32	1.31	1.32	1.80	1.5	1.66	1.47	1.46	1.47	1.89
2.0	1.63	1.36	1.35	1.36	1.93	2.0	1.73	1.53	1.52	1.52	2.03

2. 結果分析：不同阻水箱高度改良舟通式魚道水流流速

由表 4-4，發現，阻水箱高度 1.5 cm（比魚骨低），魚道流速較快。阻水箱高度 3.0 cm（高於魚骨高度 1.5 倍）以上，魚道流速較慢，阻水箱高度越高，魚道流速越低，但差異不大。

3. 不同阻水箱高度魚道泥砂穿越率變化

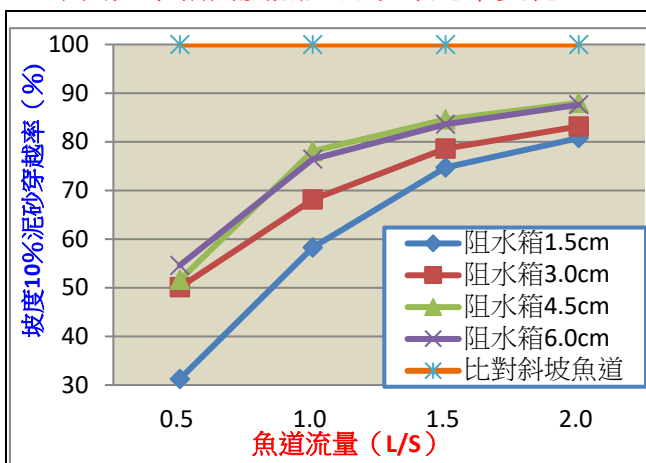


圖 4-27 坡度 10%阻水箱高度與泥砂穿越率

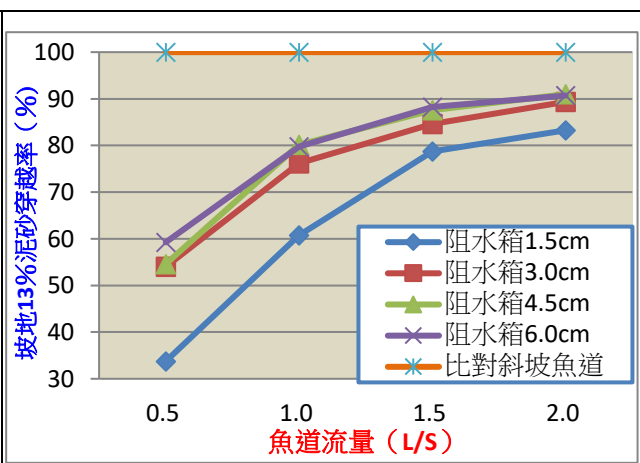


圖 4-28 坡度 13%阻水箱高度與泥砂穿越率

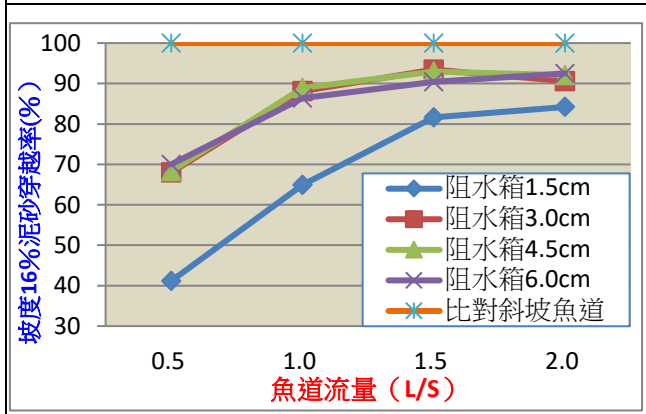


圖 4-29 坡度 16%阻水箱高度與泥砂穿越率

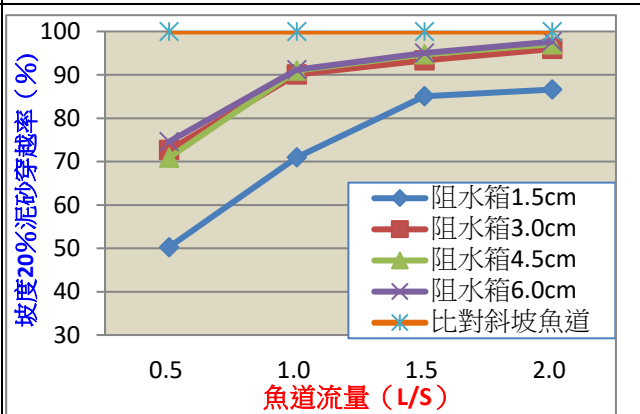


圖 4-30 坡度 20%阻水箱高度與泥砂穿越率

4. 結果分析不同阻水箱高度泥砂穿越率：由圖 4-27~4-30 發現，阻水箱高度 1.5cm（比魚

骨低) 泥砂穿越率較低；阻水箱高度 3.0 cm (高於魚骨高度 1.5 倍) 以上，泥砂穿越率高。

5. 不同阻水箱高度在坡度與流量變化淤砂圖

阻水箱高度 1.5cm 坡度 10% (流量 0.5L/S)	阻水箱高度 1.5cm 坡度 13% (流量 0.5L/S)	阻水箱高度 1.5cm 坡度 16% (流量 0.5L/S)	阻水箱高度 1.5cm 坡度 20% (流量 0.5L/S)
			
圖說： 阻水箱高度 1.5cm 在低流量 0.5L/S，淤砂比較嚴重，淤砂在主要休息區與魚骨下方淤砂非常嚴重，尤其是魚骨下方，流量 1.5 L/S 以上，坡度大於 16%，淤砂現象才會減少。			
阻水箱高度 3.0cm 坡度 10% (流量 0.5L/S)	阻水箱高度 3.0cm 坡度 13% (流量 0.5L/S)	阻水箱高度 3.0cm 坡度 16% (流量 0.5L/S)	阻水箱高度 3.0cm 坡度 20% (流量 0.5L/S)
			
圖說： 阻水箱高度 3.0 cm，低流量 0.5L/S，淤砂較嚴重，淤砂在主要休息區與部分魚骨下方，流量 1.0 L/S 以上，坡度大於 13%，淤砂現象減少。			
阻水箱高度 4.5cm 坡度 10% (流量 0.5L/S)	阻水箱高度 4.5cm 坡度 13% (流量 0.5L/S)	阻水箱高度 4.5cm 坡度 16% (流量 0.5L/S)	阻水箱高度 4.5cm 坡度 20% (流量 0.5L/S)
			
圖說： 阻水箱高度 4.5cm 在低流量 0.5L/S，淤砂比較嚴重，淤砂在主要休息區與部分魚骨下方，流量 1.0 L/S 以上，坡度大於 13%，淤砂減少。			
阻水箱高度 6.0cm 坡度 10% (流量 0.5L/S)	阻水箱高度 6.0cm 坡度 13% (流量 0.5L/S)	阻水箱高度 6.0cm 坡度 16% (流量 0.5L/S)	阻水箱高度 6.0cm 坡度 20% (流量 0.5L/S)



圖說：阻水箱高度 6.0cm 在低流量 0.5L/S，淤砂比較嚴重，淤砂在主要休息區與部分魚骨下方，流量 1.0 L/S 以上，坡度大於 13%，淤砂減少。

表4-5舟通式魚道水理與泥砂穿越率影響因素分析

	水理特性	泥砂穿越率	研究發現缺失
1.不同魚道	改良舟通式最佳	改良舟通式最佳	休息區太小，水道區窄，對大型魚類不友善。魚骨與魚骨中心交接處三角形生態死角。
2.魚骨高度	1.5cm~2.5 cm 最佳	1.5cm~2.5 cm 最佳	魚骨末端要對準休息區，泥砂穿越率較佳。魚骨高度低適用低流量，魚骨高適用高流量。
3.魚骨長度	4.1cm 最佳	4.1cm 最佳	魚骨長度短，淤積在休息區；魚骨長度長淤積在淤積魚骨下方。
4.魚骨間距	4.0~5.0cm 最佳	間距4.0~5.0cm 最佳	間距越小，阻流效果佳，淤砂嚴重；間距越大，引入休息區的流量不足，淤砂嚴重。
5.阻水箱高度	高度是魚骨 1.5倍以上較佳	高度是魚骨 1.5倍以上較佳	阻水箱高度，低於魚骨時，阻水箱區會成為水道區，魚骨區變為休息區，造成淤積嚴重。

五、我們的巧思自製舟通式魚道與原始設計比拚

（一）我們設計舟通式魚道的特點

 阻水箱設計成菱形 魚骨中心兩側有2個潛孔	 阻水箱為梯形 魚骨中心設計成弧形	 阻水箱數量增加 魚骨中心為中空
1.雙潛孔菱形舟通式魚道 魚骨中心兩側有2個潛孔 阻水箱設計成菱形	2.圓角斜邊舟通式魚道 魚骨中心設計成弧形，阻水箱為梯形	3.空心引水舟通式魚道 魚骨中心為中空，阻水箱數量增加
 阻水箱為前端小圓弧後端大圓弧 魚骨中心為中空	 阻水箱為倒梯形 魚骨不對稱	
4.空心圓角舟通式魚道 魚骨中心為中空，阻水箱為	5.不對稱斜角舟通式魚道 魚骨不對稱，阻水箱為倒梯	6.原始設計

前端小圓弧後端大圓弧	型	
------------	---	--

(二) 我們設計的魚道強化功能分析

表5-1 自製魚道強化功能部分

強化部分 魚道名稱 (舟通式魚道)	提升排砂效益	提升魚類友善	降低生態死角
1.雙潛孔菱形	魚骨中心兩側有潛孔，強化排砂，魚骨對準休息區	魚骨中心兩側有潛孔，休息區增加，休息區為菱形	魚骨中心兩側有潛孔，提供爬行動物孔道
2.圓角斜邊	魚骨對準休息區，魚骨兩側不對稱，魚骨中心半圓形	魚骨中心半圓形，休息區增加。	魚骨中心半圓形
3.不對稱斜角	魚骨對準休息區，魚骨兩側不對稱	休息區數量增加	魚骨兩側不對稱
4.空心引水	魚骨中心有潛孔增強水流，強化排砂，魚骨對準休息區	魚骨中心有潛孔，休息區數量增加，	魚骨中心有潛孔，提供爬行動物孔道
5.空心圓角	魚骨中心有潛孔增強水流，強化排砂，魚骨對準休息區	魚骨中心有潛孔，休息區數量增加，休息區半圓形。	魚骨中心有潛孔，提供爬行動物孔道

(三) 準備工作：自製自己設計的 5 種魚道。

(四) 實驗設計：自製設計的魚道，比對原始改良舟通式魚道。

操作變因：自製設計的 5 種魚道與原始改良舟通式魚道，水理與泥砂穿越率比較。

(五) 實驗結果

1. 魚道流速

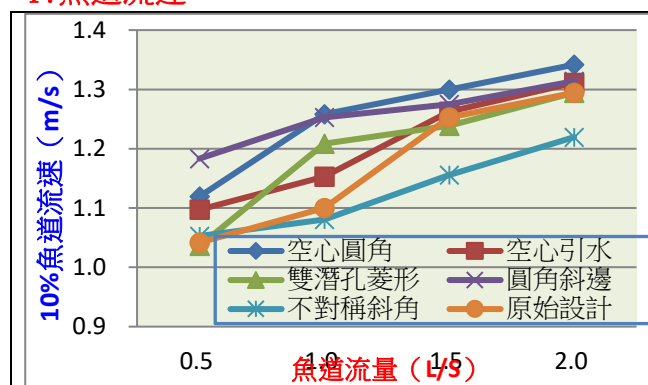


圖 5-1 坡度 10% 自製魚道與流速關係

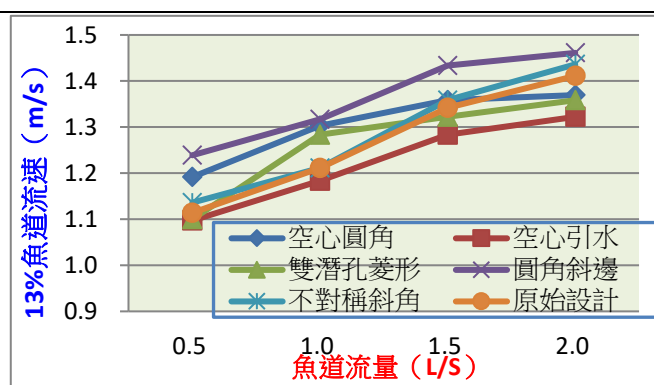


圖 5-2 坡度 13% 自製魚道與流速關係

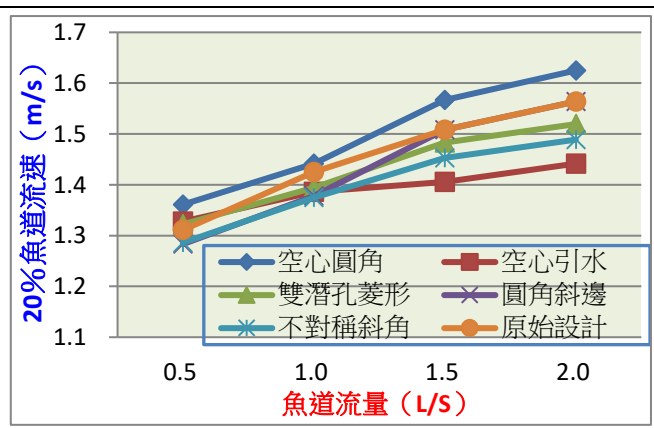
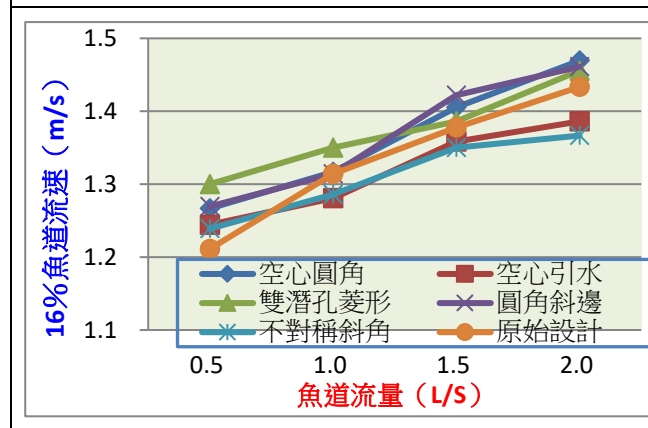


圖 5-3 坡度 16% 自製魚道與流速關係

圖 5-4 坡度 20% 自製魚道與流速關係

2. 泥砂穿越率

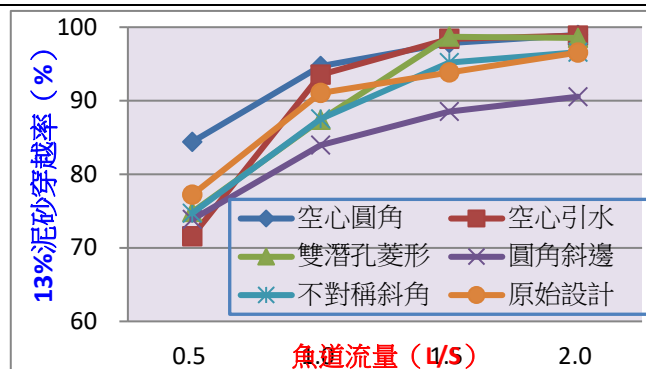
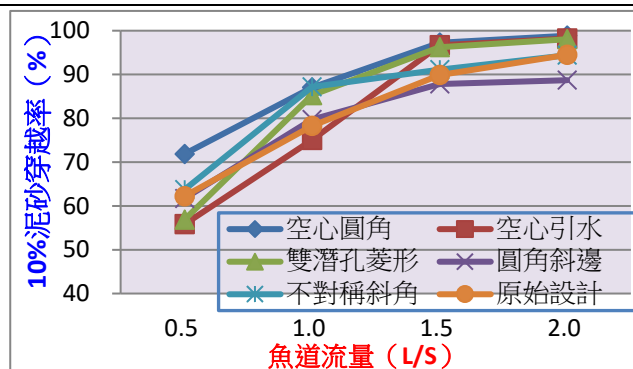


圖 5-5 坡度 10% 自製魚道與泥砂穿越率

圖 5-6 坡度 13% 自製魚道與泥砂穿越率

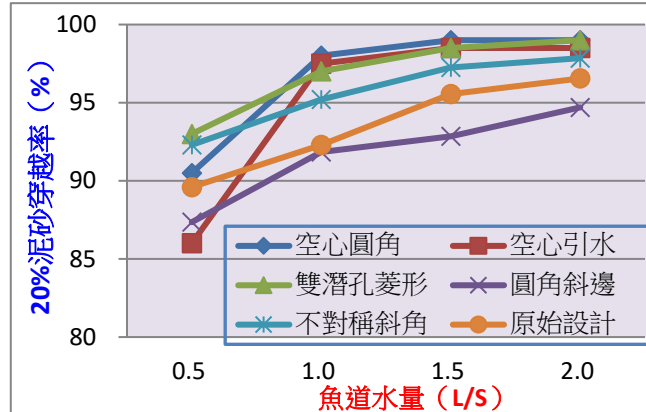
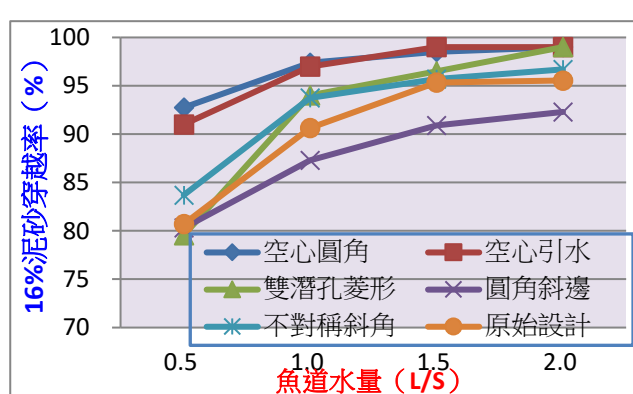


圖 5-7 坡度 13% 自製魚道與泥砂穿越率

圖 5-8 坡度 13% 自製魚道與泥砂穿越率

3. 實驗結果分析：

(1) 由圖 5-12~5-15 發現，魚道流速在坡度 10%、水量 0.5L/S，道流速大約在 1.1m/s，略

高於原始設計的 1.04 m/s，魚道流速高於魚道設計最低流速標準 0.8m/s。

(2) 魚道流速在坡度 20%、水量 2.0L/S，空心圓角魚道流速 1.63 m/s，高於原始設計的 1.56

m/s，空心引水魚道最低 1.44 m/s，魚道流速低於魚道設計最高流速標準 1.6m/s。

(3) 由圖 5-5~5-8 發現，我們設計 5 種魚道，魚道流速在坡度 10%、低水量 0.5L/S，空心圓角魚道泥砂穿越率最佳 71.9%，高於原始設計的 62.2%，空心引水魚道 55.8%最低

，其他魚道的泥砂穿越率與原始設計差異不大。

六、進一步的提升自製舟通式魚道的效能

我們將研究五的研究結果，進行5種魚道的水理、泥砂穿越率、迴游路徑、迴游空間因素分析，將5種魚道的優點結合，並請教魚道專家意見，製作最適合台灣魚道與生物迴游的魚道。

(一) 魚道設計圖與完成的魚道魚道設計說明：

位置1：魚道單元化設計，一支魚骨對準休息區，一隻魚骨對準阻水箱，2支魚骨、1個休息區、1個阻水箱構成1個單元。

位置2：阻水箱設計，前端向內做傾斜，使水流形成漩渦狀，阻水箱前沿為小圓弧，有利於吸附與爬行生物通過，阻水箱後端為大圓弧，利於吸附與爬行生物通過，並可引進更多的水流進入休息區。

位置3：休息區數量增加，由11個休息區增加到15個休息區。

位置4：魚骨中心空心，把原有的生物死角移除，形成生物通道，有利生物迴游。

位置5：魚骨上緣磨成圓弧狀，水流越過時降低氣泡產生，增加折射與阻流效果。

位置6：魚骨中心下方的中心圓柱，增強中心孔的阻流效果，增強水流進入休息區。

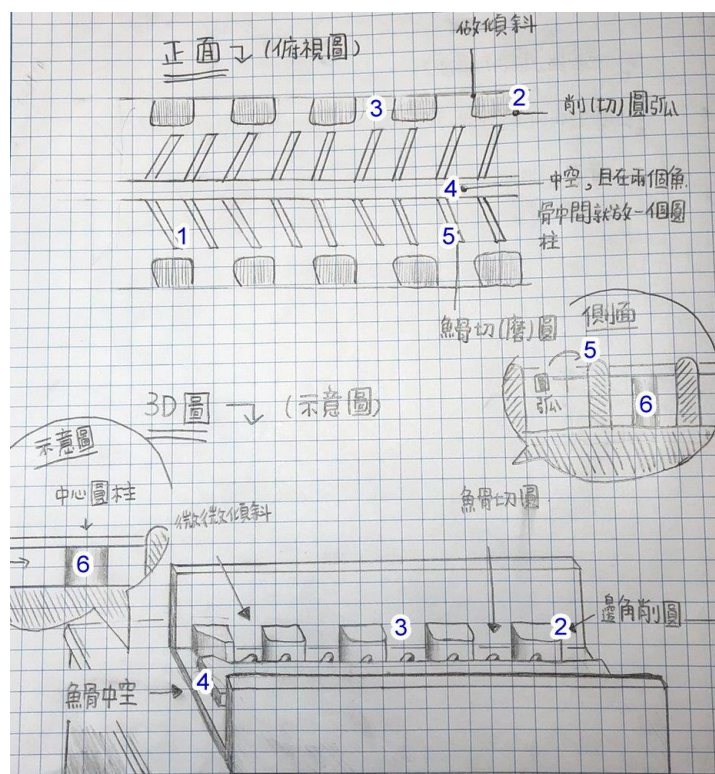


圖 6-1 魚道設計圖

(二) 準備工作：自製完成的魚道。

(三) 實驗設計

1.操作變因：自製設計魚道與原始改良舟通式

魚道，水理與泥砂穿越率比較。

2.重新校正自製流速測速器，讓流速器在低水量時，轉動速度比較穩定。

3.其他與研究四相同。



圖 6-2 完成的魚道模型



空心引水 不對稱斜角 雙潛孔菱形 空心圓角 圓角斜邊 原始設計 完成的魚道

圖 6-3 自製魚道與原始設計比較

(四) 實驗結果一：比較魚道的流速

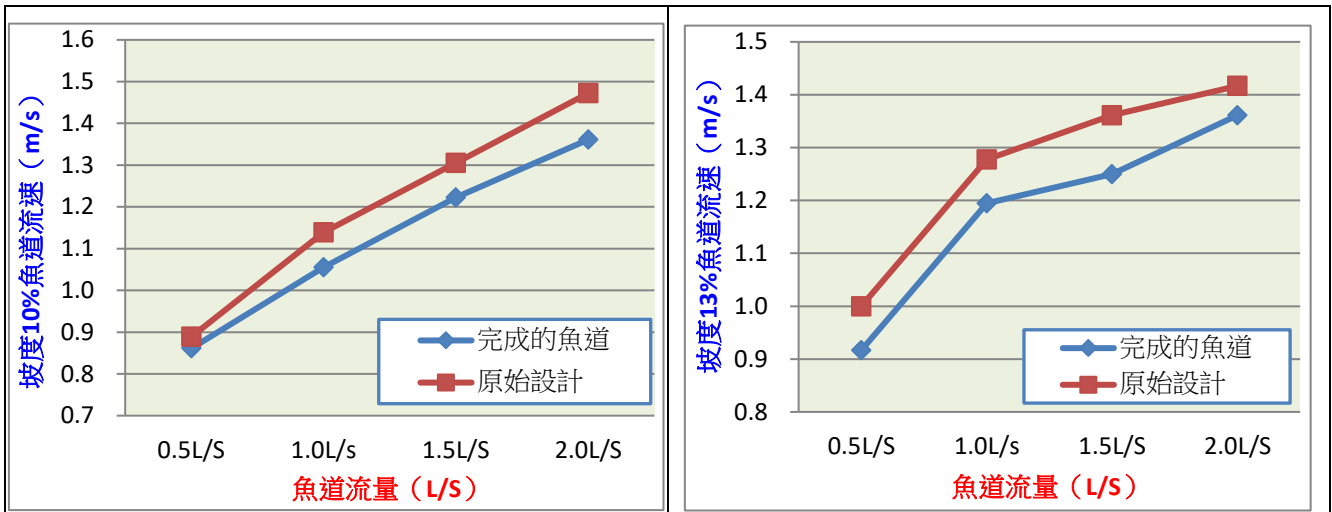


圖 6-4 坡度 10%完成的魚道與流速關係

圖 6-5 坡度 13%完成的魚道與流速關係

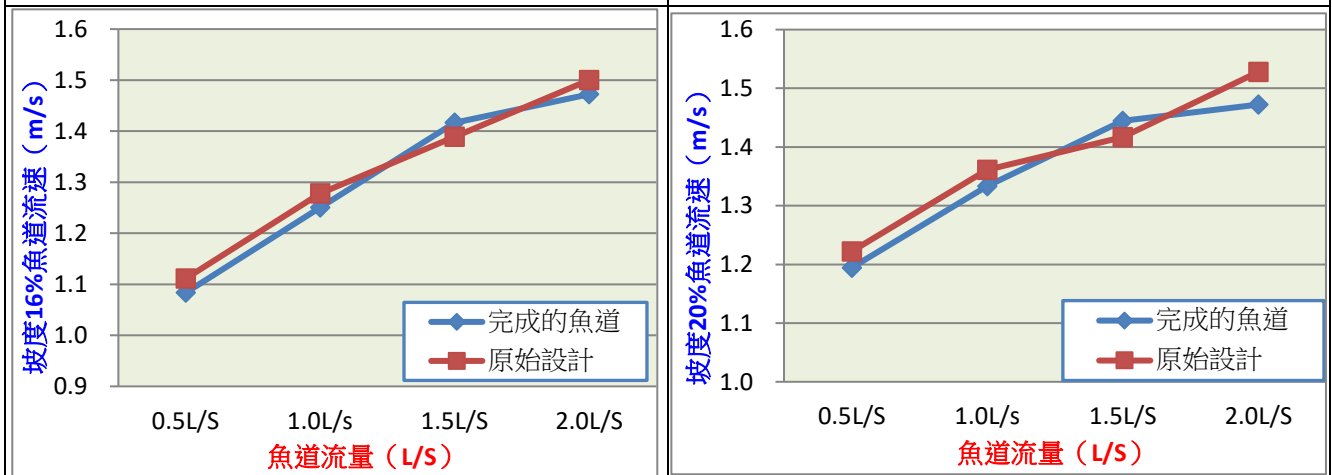


圖 6-6 坡度 16%完成的魚道與流速關係

圖 6-7 坡度 20%完成的魚道與流速關係

由圖 6-4~6-7 發現，坡度 10、13%，完成的魚道流速比原始設計低，表示完成的魚道，降低水流流速效果較佳。我們推測的原因可能與單元化設計，與休息區增加有關，單元化設計阻流效果較佳。

(五) 實驗結果二：比較魚道的泥砂穿越率

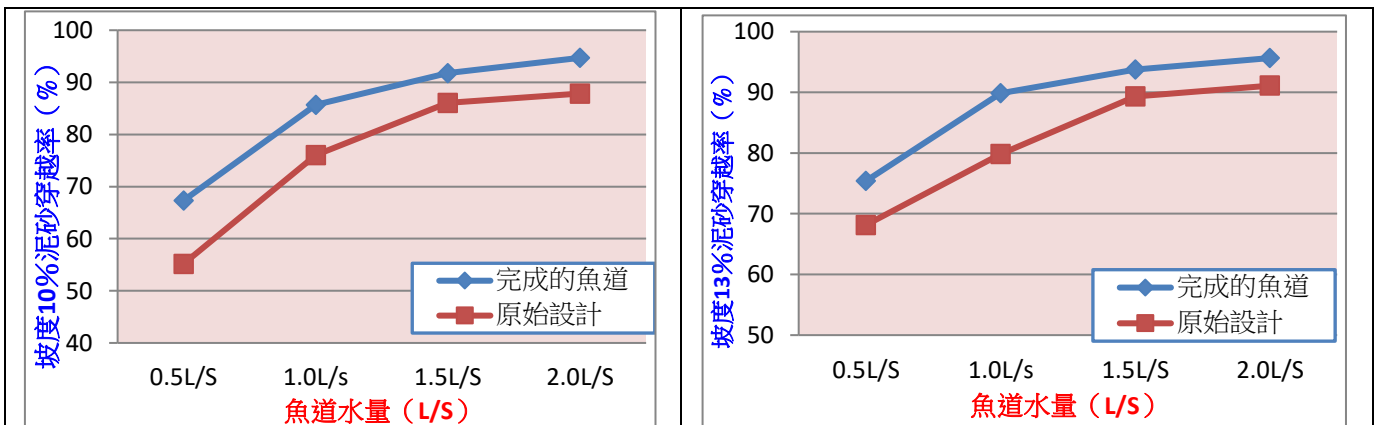


圖 6-8 坡度 10%完成的魚道與泥砂穿越率

圖 6-9 坡度 13%完成的魚道與泥砂穿越率

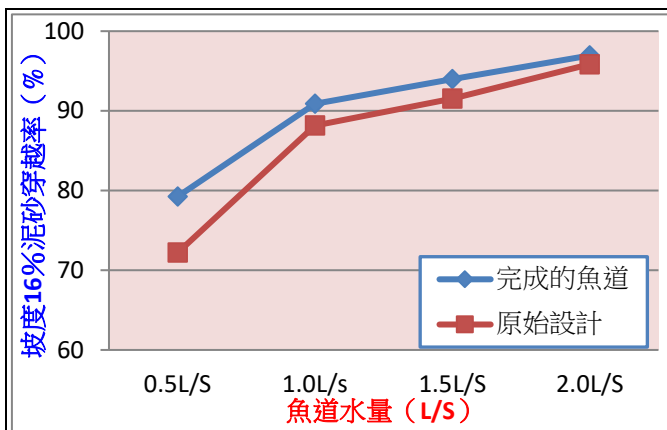


圖 6-10 坡度 16% 完成的魚道與泥砂穿越率

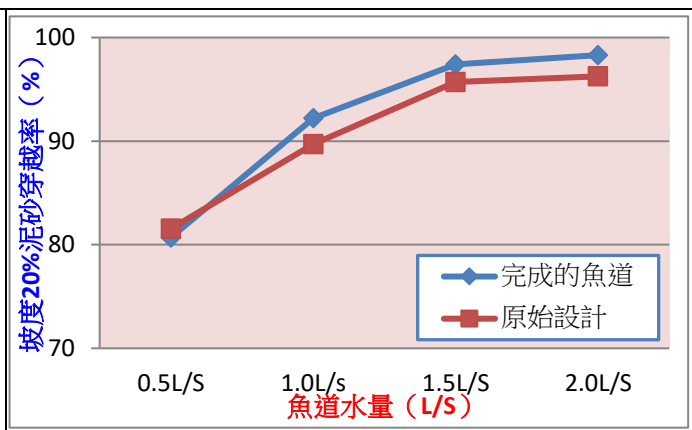


圖 6-11 坡度 20% 完成的魚道與泥砂穿越率

由圖 6-8~6-11 發現，完成的魚道在砂穿越率優於原始設計，當坡度越小時差異越大。

(六) 實驗結果三：完成的魚道水理圖說

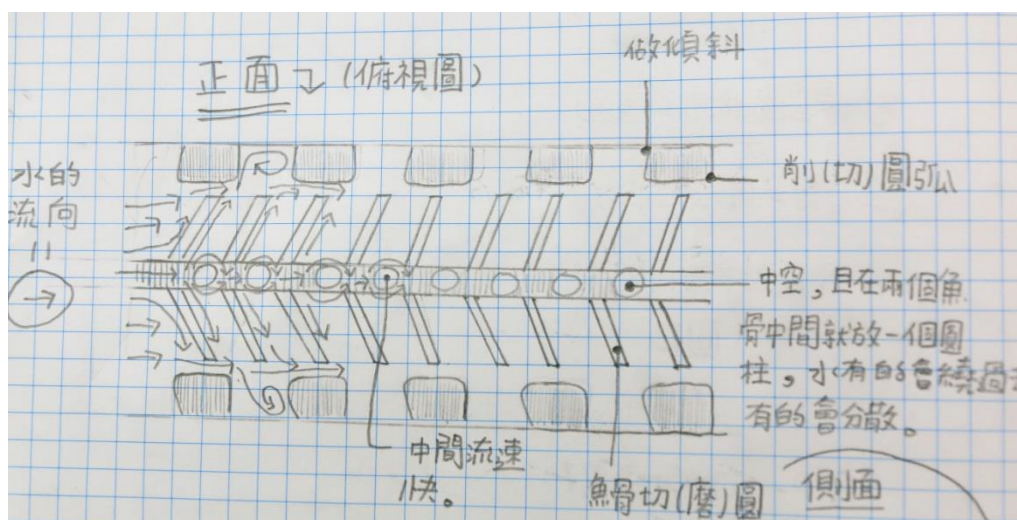


圖 6-12 完成的魚道魚道水理圖

七、研究大屯溪生物迴游障礙與與魚道設置

由大屯溪口到第 11 觀查點距離約 3400 公尺，經過我們觀察記錄，共計有 11 個攔水堰高度較高超過 0.8 公尺以上，會形成生物迴游的路徑障礙，我們依據地形、坡度、水量、水流、經費、現況、魚道維護等，建議設置不同的魚道。

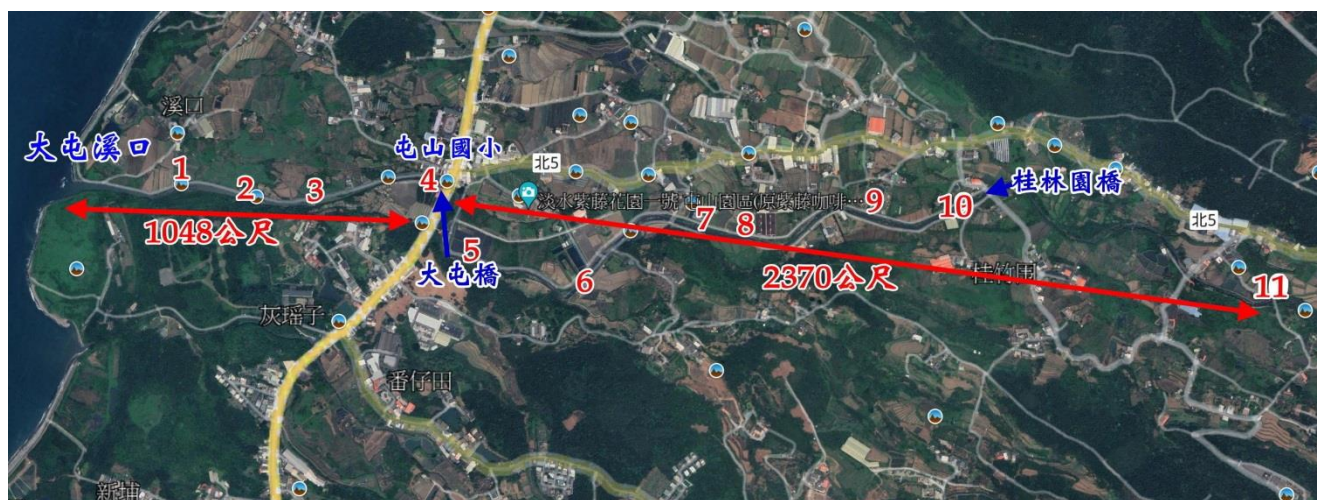


圖 7-1 大屯溪魚類迴游路徑障礙位置圖

表 7-1 大屯溪魚道設置建議表

位置	迴游障礙	用途	經緯度	海拔 / 落差 m	現況缺失	現況照片	建議使用魚道與坡度
1	水泥攔水堰	農田灌溉用	25°14'9.92" 121°26'55.87"	4 / 1.5	舟通式魚道 + 階梯魚道 + 粗石斜坡		已經設置魚道
2	水泥攔水堰	農田灌溉用	25°14'8.83" 121°27'3.63"	6 / 1.2	階梯式魚道 溪流中		沿著河堤增設改良舟通式魚道，坡度 1/10~1/8
3	水泥攔水堰	農田灌溉用	25°14'8.63" 121°27'8.61"	8 / 1.1	斜坡 坡度太		沿著河堤增設改良舟通式魚道，坡度 1/10~1/8
4	水泥攔水堰	農田灌溉用	25°14'9.88" 121°27'20.80"	9 / 2.0	陡斜坡 坡度太大		改良舟通式魚道 坡度 1/8 + 緩坡固床工 坡度 1/10
5	攔砂壩	攔砂	25°14'5.80" 121°27'22.57"	14 / 1.0	陡斜坡 坡度太大		利用河床石增設粗石斜坡魚道，坡度 1/10~1/8
6	水泥攔水堰	農田灌溉用	25°14'1.71" 121°27'35.36"	21 / 1.1	壩體 垂直牆壁		利用河床石增設粗石斜坡魚道，坡度 1/10~1/8
位置	迴游障礙	用途	經緯度	海拔 / 落差 m	現況缺失	現況照片	建議使用魚道與坡度
7	水泥攔水堰	農田灌溉用	25°14'6.43" 121°27'45.93"	25 / 0.8	壩體 垂直牆壁		利用河床石增設粗石斜坡魚道，坡度 1/10~1/8

8	水泥攔水堰	農田灌溉用	25°14'6.13" 121°27'47.02"	26 / 1.0	陡斜坡 坡度太大		利用河床岩石，增設粗石斜坡魚道，坡度 1/10~1/8
9	水泥攔水堰	農田灌溉用	25°14'6.60" 121°28'5.60"	29 / 0.8	壩體 垂直牆壁		利用河床岩石，增設粗石斜坡魚道，坡度 1/10~1/8
10	水泥攔水堰	農田灌溉用	25°14'8.24" 121°28'12.10"	42 / 1.8	粗石斜坡 坡度太大		原粗石斜坡魚道坡度太大。建議緩坡固床工，坡度 1/10
11	水泥攔水堰	農田灌溉用	25°13'59.51" 121°28'42.46"	60 / 2.0	粗石陡斜坡 坡度太大		建議改良舟通式魚道坡度 1/10~1/8 魚道

陸、討論

一、討論不同魚道水理與泥砂穿越率

表8-1不同魚道的特性

魚道 項目	階梯式	階梯潛孔	豎孔導壁	緩坡固床工	改良舟通	斜坡魚道
水流流速 (m/s)	0.61~1.27	0.72~1.33	0.79~1.38	0.58~1.34	0.53~1.34	0.91~1.61
阻流效果 (m/s)	1.22~2.20	1.19~2.08	1.04~2.04	1.11~2.14	1.28~2.24	0.93~1.86
泥砂穿越率 (%)	4.3~24.8	23.0~89.3	4.3~27.4	77.8~90.3	65.0~97.3	100~100
休息區大小	較大	較大	較大	較小	中等	無
魚類友善程度	優等	優等	優等	不佳	中等	非常差

表8-2不同魚道的適用環境與優缺點

魚道 項目	階梯式	階梯潛孔	豎孔導壁	緩坡固床工	改良舟通	斜坡魚道
適用魚類類型	大部分的迴游魚類	大部分的迴游魚類	大部分的迴游魚類	體型小的迴游魚類	大小通吃 多樣生物	體力要很好的魚類
適用環境 (泥砂、流量)	泥砂量低 水流穩定	泥砂量低 水流穩定	泥砂量低 水流穩定	泥砂量高 水流不穩	泥砂量高 水流不穩	泥砂量高 水流不穩
魚道優點	構造簡單 多樣變化	構造簡單 多樣變化	構造簡單 多樣變化	構造簡單 固床功能	阻流最佳 排砂優異	構造簡單 養護容易
魚道缺點	排砂不佳 容易淤砂	低流量時 排砂不佳	排砂不佳 容易淤砂	休息區小 大魚不行	構造複雜 建構不易	沒休息區 阻流不佳

由表 8-1、表8-2，在設置魚道時，要考慮河流的水文、坡度、流量、雨量、地質等特性，且針對魚種與魚類迴游特性。我們實驗6種魚道，依據台灣地形、地貌、地勢、地質、氣候、雨量分布、溪流流量變化、溪流特性、人為開發條件，以及迴游生物的種類與特性，改良舟通式魚

道應該是首選，但是結構相對比較複雜，造價會不會比較高？

二、討論改良舟通式魚道的水理與泥砂穿越率特性

- (一) 改良舟通式魚道專為台灣環境設計的魚道：在水理特性與泥砂穿越率都優於其他的魚道。改良舟通式魚道設計參數最複雜，因為要考量多樣性生物迴游，多種原生魚種使用，包括跳躍性及底棲性魚類適用，適合台灣氣候、地形、雨量、溪流泥砂量高的特性。
- (二) 魚骨設計：不但具有阻水流流速功能，魚骨斜角45度將水流改變方向，將水流引入休息區，藉此清除休息區內淤砂，流量越多魚骨導入的水流量會越大，沖刷力量越大。魚骨斜角45度形成水流折射作用，將水流往魚骨中心集中，使魚道中心，水流量增加。
- (三) 水流量問題：魚道水流量沒有超過魚骨高度時，魚骨導入的流量不足，會造成嚴重的淤砂現象，但與其他魚道還是小很多，所以在設置改良舟通式魚道，要特別注意水流量的大小。

三、討論影響改良舟通式魚道水理與泥砂穿越率的因素

改良舟通式魚道設計經過我們分析共有22個，選擇影響較大的因素進行實驗，魚骨高度、魚骨長度、魚骨間距、阻水箱高度等4項。

(一) 魚骨高度的影響：魚骨高度1.5~3.0cm

1. 魚骨高度不是越高越好，魚骨高度低適用低流量，魚骨高適用高流量。
2. 魚骨高度越高，阻流效果越佳，魚道水流越慢，休息區水流量不足，造成淤砂嚴重。

(二) 魚骨長度的影響：魚骨長度4.1~4.7cm 最佳

1. 較短的魚骨長度，魚骨較短（阻水器）阻流的範圍較小，造成在低流量，阻流效果較差，因此魚道流速較快；較長的魚骨長度，魚骨較長（阻水器）阻流的範圍較大，在低流量，阻流效果較佳，因此魚道流速較慢。
2. 發現魚骨長度太長或太短，都不利於泥砂穿越率，魚骨太長，阻流過度，水流流速減慢，會淤砂在魚骨下方；魚骨太短，由魚骨導入休息區的水流量不足，無法將休息區的泥砂沖離，

因阻水箱太大，會嚴重淤砂在休息區。

(三) 魚骨間距的影響：魚骨間距4~5cm 最佳

1. 魚骨間距越小，阻擋的水流次數較多，魚道末端的流速有越慢的現象，在魚道坡度大時，阻流效果較佳，魚骨間距越小在魚道坡度越小時，差異並不大。
2. 魚骨間距 4.0cm、5.0cm，泥砂穿越率優於 3.0cm、6.0cm。魚骨間距 6.0cm，間距較長的魚道，並沒有因間距加大，而增加泥砂穿越率的現象，我們推測原因可能是魚骨間距過大，由魚骨導入休息區的水流量變小，無法將休息區的泥砂沖離，嚴重淤砂在休息區。魚骨間距 3.0cm，太過密集，水流流速變小，會嚴重淤砂在魚骨下方。

(四) 阻水箱高度影響：阻水箱高度比魚骨高度高 1.5 倍以上較佳。

1. 阻水箱高度低於魚骨高度時，魚道的水流，以阻水箱的流速最快，魚骨區變為休息區的現象，由於阻流效果變差，所以魚道流速變快。
2. 發現阻水箱高度比魚骨低時，因為魚骨區，水流流量不足，流速變慢，泥砂會淤砂在魚骨區，魚道水流主要是越過休息區，也造成淤砂現象，因此當阻水器高度低於魚骨高度時，泥砂穿越率有較低現象。

(五) 改良舟通設計參數：我們也發現改良舟通式魚道的原始設計參數非常複雜，其中魚道構造一個細節變化，會影響其他設計參數，改良舟通式魚道變更設計要考慮的因素較多。

四、討論自製魚道的特性與適用環境

表 8-3 自製魚道特性分析

魚道種類 項目	空心圓角	空心引水	雙潛孔菱形	圓角斜邊魚	不對稱斜角
魚道流速 (m/s)	1.12~1.63	1.10~1.44	1.04~1.52	1.18~1.56	1.05~1.49
泥砂穿越率 (%)	71.9~99.0	55.8~98.5	56.9~99.0	61.7~94.7	63.7~97.9
魚道優點	泥砂穿越率高，魚骨中心空心，有利生物迴游	休息區多、魚骨中心空心，有利生物迴游	菱形休息區水流變化，魚骨中心，有利生物迴游	部分魚骨變為休息區，有利生物迴游	休息區水流變化，休息區流速較慢，有利生物迴游
魚道缺點	坡度大時休息區流速過快	休息區多，低流量時容易淤砂	菱形休息區，低流量時容易淤砂	魚骨容易淤砂	休息區容易淤砂。
建議使用坡度	10%~16%	13%~20%	13%~20%	13%~20%	13%~20%
建議使用環境	流量低含砂量高河道	台灣大部分溪流	台灣大部分溪流	台灣大部分溪流	台灣大部分溪流

五、討論完成的魚道

(一) 阻流效果：我們完成的魚道流速比原始設計低，降低水流流速效果較佳，與單元化設計、休息區增加有關，魚道單元化設計有利於阻流效果穩定性，所以降低流速效果較佳，休息區越多阻流的效果越佳。

(二) 泥砂穿越率：完成的魚道在砂穿越率優於原始設計，我們經過泥砂穿越率實驗發現，單元化設計魚骨對準休息區，可以精準的將水流引入休息區，降低休息區的泥砂淤積，另外魚骨中心為中空，可以降低魚骨下方的泥砂淤積。

六、大屯溪的魚道設置

我們實地觀察發現，水泥攔水堰是大屯溪主要魚類迴游障礙，高度由0.8公尺~2.2公尺不等，

有部分攔水堰設置魚道坡度，但是坡度太陡魚類迴游有困難，我們依據研究的結果，在不影響農田供水，減少工程經費，盡量就地取材，建議設置適合的魚道。

柒、結論

一、魚道種類、形式的適用性

魚道的種類、形式很多，設置魚道時，要考慮到河流的水文、坡度、流量、雨量、地質、地形等，迴游魚類種類、數量與魚類迴游特性，依據不同的環境與魚種，設置最適合的魚道，沒有最佳的魚道，只有最適合的魚道。

二、探討不同魚道水力特性與泥砂穿越率

(一) 幾乎所有的魚道都可以適用在不同的坡度、不同的流量，沒有太明顯的差異。

- (二) 靜水池型魚道有階梯式、階梯潛孔式、豎孔導壁式、泥砂穿越率較低。水路型有改良舟通式魚道、緩坡固床工則砂穿越率較高。
- (三) 靜水池型魚道對於魚類迴游，有比較大的休息區；水路型魚道，休息區較小，不利於大型魚類迴游，適合小型魚類迴游。
- (四) 改良舟通式魚道考量台灣多樣性生物迴游，且適合多種原生魚種使用，包括跳躍性及底棲性魚類適用，最重要適合台灣氣候、地形、雨量、溪流泥砂量高的特性，是最適合台灣環境的魚道。

三、影響改良舟通式魚道相關因素

(一) 改良舟通式水理設計

1. 魚道魚骨會影響水流流速大小，魚骨將水流改變方向，而魚骨斜角45度，能剛好將水流引入休息區，藉此清除休息區內淤積的泥砂，並將泥砂帶走。
2. 當流量越多時，魚骨導入的水流量會越大，沖刷力量越大，阻水箱間的休息區，淤砂現象會減少。
3. 魚骨斜角45度形成造成水流的折射作用，將水流往魚骨中心集中，使魚道中心水流量增加。

(二) 影響改良舟通式魚道相關因素

改良舟通式魚道，共計有22個實驗參數，因為實驗設備與時間的關係，只能進行魚骨高度、

魚骨長度、魚骨間距、阻水箱高度4個實驗。

1. 魚骨高度：魚骨高度1.5~3.0cm 魚骨高度不是越高越好，魚骨高度低適用低流量，魚骨高適用高流量。
2. 魚骨長度的：魚骨長度4.1~4.7cm 最佳，較短魚骨長度適用流量小，較長魚骨適用流量大。
3. 魚骨間距：魚骨間距4~5cm 最佳，間距越短，阻流效果有較佳的現象。
4. 阻水箱高度：阻水箱不能低於魚骨高度，高度是魚骨高度的1.5倍以上較佳。

四、我們設計的種魚道：不但保有原始設計的優點，並提升排砂效益、提升魚類的友善度、降低生態死角的設計，提供更多樣的地理環境與魚類需求。

五、研究限制：因實驗設備與經費，只能將魚道模型做到我們能力與經費範圍內的最大，進行魚道模擬實驗，能否運用實際情況，需要進一步研究。

六、未來方向：未來計畫將自製的魚道裝設到大屯溪測試自製魚道在溪流上的水理、泥砂穿越率與生物的迴游情況與魚道設置對生物多樣性的影響進一步的研究。

捌、參考文獻

- 一、曾晴賢（2019）。國家重要濕地保育行動計畫大屯溪生物廊道改善暨迴游生物保育計畫。財團法人清華網路文教基金會。
- 二、水土保持設施常見通道。農委會水土保持局。
- 三、王漢泉（2002）。台灣河川水質魚類指標之研究。環境檢驗所環境調查研究年報9：207-236，2002。
- 四、涂敬新（2006）。改良舟通式魚道水理與泥砂特性。逢甲大學水利工程學系碩士論文。