

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

防砂壩魚道佈置之研究(二)

Setup of Fishway for Sabo Dam ()

計畫編號：NSC 88-2621-B002-008

執行期限：87年8月1日至88年7月31日

主持人：黃宏斌 台灣大學農業工程學系

一、中文摘要

本研究在坡度 5%，流量 0.002 0.063 cms 下，以接近原型之比例尺（長 7m，寬 1m，隔板高 0.4m），進行三種基本型式魚道（池堰式、潛孔式、豎孔式）之水力模型試驗，並以電磁式三維流速儀詳細記錄流場及進行水力特性之探討。在瞭解本土魚類習性資料之後，結合本研究之成果，將可對本土魚類生存環境之維護有更實際之幫助。

試驗結論得到，潛孔式魚道當隔板越流後，除了有較低且穩定之潛孔流速外，且多了一條通路，應為較佳之魚道設計情形。潛孔式魚道（隔板越流前）與豎孔式魚道環流作用較強，需特別注意魚類之適用性。二種魚道易受尾水影響，設計時應確實掌握魚道入口處水位條件，以免造成二次阻礙。

關鍵詞：魚道、池堰式、潛孔式、豎孔式

Abstract

This study, in association with 5% of slope and flow rates from 0.002 0.063 cms, carried out the flume experiments for pool-weir, orifice and vertical slot fishways. In 7meter's length, 1 meter's width flume, the flow fields were investigated by three-dimensional electromagnetic flow velocity instrument. After understanding the relative information about behavior of native fish, the results of this study would significantly help maintaining the living environment of local fish.

The results showed that pool-weir type of fishway was a better design for having both of stable velocity and extra passage. And, the circulated current of both of pool-weir and vertical slot fishways were stronger so that the feasibility of these types of fishway should be concerned during the design stage. Moreover, because fishway was significantly affected by level of tail water, the level of entrance of fishway has to be heightened for decreasing passage obstructions.

Keywords: Fishway, pool weir, orifice, vertical slot

二、緣由與目的

魚道水力是一切魚道相關研究之基礎，在比較不同魚類於不同型式魚道、不同坡度及水位變化下之溯游試驗時，如果能充分掌握、詳盡記錄、並比較分析魚道之水力資料，將有助於判斷魚類溯游之差異，進而歸納出不同條件下之最佳設計。國內對於這方面之研究較缺乏，一般以理論值或常用之經驗公式，作為水力資料，然而經驗公式在使用上有一定之假設限制，常為使用者所忽略而誤用，並且無法做更詳盡之修正設計探討。本研究以 Katopodis 教授之研究為基礎，深入探討其理論基礎，選擇可能適用於台灣之魚道類型，分析整理、並探討其應用情形、並經水力模型試驗詳細觀察、記錄其水力資料及特性，期望能提供國內魚道試驗及設計之參考。

三、結果與討論

1. 池堰式魚道

本試驗之池堰式魚道採全寬堰、0.625m、1.25m 和 1.875m 三種隔板間距。除量測其流場變化外，並測得 C_d 值，過渡流量 Q_t ，隔板上方中心之垂直速度分佈等，並得到流量 0.0101cms 時，池內之速度為正值，受邊界影響而產生逆速度；而流量 0.0345cms 之流場正好相反，池內之速度為負值，受邊界影響反而產生正速度。流量在很小的變化範圍內，即產生 180 度之流場變化，對魚類之適用性值得探討。

比較三種間距流量同為 0.0345 cms 之流場，間距為 0.625m 與 1.25m 之流場已呈表面流狀態（可以將表面流分為激烈表面流（如間距 0.625m, $Q=0.0345$ cms 時）與普通表面流（如間距 1.25m 之表面流及間距 0.625m, $Q=0.0101$ cms 時））。間距為 1.875m 則為跌水流狀態，池中並有很多低速區，因此判斷，以流場而言，本研究之三組間距之中，1.875m 之隔板間距應該為較佳之設計。另外，三隔板之平均 C_d 值約為 0.72。

Rajaratnam *et al.* 在 1988 年推導出一過渡流量之經驗公式，經水槽試驗結果分析後，發現該式有低估之現象，並且預測 $h(L \times S_0)$ 越大越有可能低估。初步判斷可能為 L 與 S_0 為決定過渡狀態之重要因子，而該式之推導係以縮小模型試驗進行，其 $L \times S_0$ 範圍為 0.36cm 11.4cm， Q_t 之變化主要決定於 h 。今縮小模型後整個流況都不一樣，是否能做為原形時高 h 狀況之模擬值得探討。此外由間距 0.625m 之流場觀測發現，流場受邊壁影響很大，因此以縮小模型觀察流場變化，而進行之流況探討與界定之合適性值得商榷。

2. 潛孔式魚道

潛孔式魚道在隔板未越流形成堰流前，其各池水位變化受下游尾水影響很大，越流後則影響較小。此外隔板越流後，速度有越往下游潛孔越大之趨勢。特別注意的是，若比較潛孔之三維分速度可以發現，當隔板未達越流前，隨著池中水深之增加，除了 y 方向之速度增加外， x 方向之速度也急遽增加，當水面越流隔板後，兩方向之速度皆大幅下降。因此本研究判斷，高水位之潛孔流（水面未越流隔板），其池中環流作用相當劇烈（除了型式之因外，下游尾水低亦是一原因），此時對魚類之適用性將有所影響。當隔板越流後， x 、 y 兩方向之速度值明顯降低，因此若能控制於隔板越流狀態，除了有較低（相較於單獨潛孔流）且穩定之潛孔流速外，更多了一條通路（隔板上方），這個現象於魚道設計、評估時應特別注意。

分析此兩組試驗（有、無尾水下）之潛孔流發現，隔板未越流時，若隔板內之水位極高，此時速度會達到一個極端值，需注意魚類之溯游能力能否克服；當隔板越流後，潛孔流速會大幅下降，此兩組試驗皆非標準之魚道設置情形。理論上若欲控制魚道（入口處）最下方隔板潛孔入口處之流速與上游潛孔之流速相近，應考量上下游水位，將水位差平均分配在各隔板之 h 上，可依魚類溯游能力不同或其它考量（如集魚效果等）需要設計所需之 h 。另外，流速常因下游尾水過低造成極大之水位差，而產生潛孔入口處極高之速度值。此種情形在實際魚道設計時應該避免，否則入口處之潛孔無法進入，對於需由潛孔溯游之魚類而言，等於是製造了另一個阻礙，將造成潛孔式魚道設計失敗。

3. 豎孔式魚道

在無尾水之情況下，若比較隔板前後

水位差(h)，可以發現前三個隔板之水位差較相近，板4之水位差則隨流量之增加，由 0.0105 cms 至 0.0273 cms 約從差距 1cm 增加至 4 cm 左右，板 5 由於下游無尾水之關係， h 呈現陡升之狀態與前三個隔板平均之差距從流量 0.0051 cms 之 2.85cm 至 0.0273 cms 之 19.5 cm。

若分析本試驗豎孔式魚道之豎孔垂直三維分速度之分佈時發現： y 方向之速度由底床往水面遞減； x 方向之速度則有底床往水面遞增至大於 y 方向速度值。有此可知豎孔受池中環流作用劇烈之影響，造成豎孔處 x 方向速度極大，需注意魚類之適用情形。豎孔中間層有較穩定之速度分佈範圍，初步判斷該型式魚道，水深較高（設計較高之豎孔深度）對於垂直速度分佈而言，將形成較穩定，可能有利於魚道通過之範圍。

四、計畫成果自評

本研究之初步成果已達到計畫之預期目標，並可以提供現場魚道之設計參考。另外，較適用於本土化魚道型式之水理探討在學術上亦為以前之專家學者所較少觸及的。

五、參考文獻

- 汪靜明，「河川生態基流量設計及魚類棲地改善之理念」，環境教育季刊，第 35 期，pp.49-69，1998。
- 李載鳴、謝國正，「新店溪流攔砂壩魚道設計之評估」，第八屆水利工程研討會論文集，1127-1134 頁，1996。
- 林家愈、黃宏斌，「魚道水理探討」，八十七學年度農工研討會論文集，pp.677-685，1998。
- 胡通哲、張世倉、李訓煌，「八寶圳試驗魚道之設計與初步試驗成果」，中日溪流生態保育研討會論文集，pp. 91-101，1998。
- 胡通哲、張世倉、李訓煌，「攔砂壩魚道改善之試驗研究」，八十七年水土保持及集水區經營科技研討會論文集，pp.23-34，1998。
- 胡通哲、張世倉、葉明峰，「河川攔河堰及防洪防砂設施對生態影響改善研究與宣導訓練計畫-第一階段研究成果報告」，台灣生特有生物研究保育中心，1998。
- 張世倉、李德旺、李訓煌，「烏石坑溪攔砂壩對河川生態的影響及其魚道效用之評估」，中日溪流生態保育研討會論文集，pp. 133-149，1998。
- 曾晴賢，「臺灣的淡水魚類」，臺灣省教育廳，1986。
- 曾晴賢、李淑珠，「魚道設計指南及案例」，中國水產，第 419 期，21-28 頁，1987。
- 詹見平，「大甲溪魚類誌」，台中縣立文化中心，1994。
- 廣瀨利雄、中村中六，魚道設計，山海堂，日本，235-252, 295-318 頁，1991。
- 劉以銓，「生態保護導向之魚道設計之基本觀念」，水利，第一卷第七期，1996。
- 謝國正、吳素禎、黃哲垣，「水位變化懸殊情況下之魚道設計」，第七屆水利工程研討會論文集，pp.B353-B360，1994。
- 顧培森，「高山地區防砂壩與生態維護」，第一屆全國治山防災研討會論文集，pp.115-144，1995。
- Katopodis, C., "Advancing the Art of Engineering Fishways for Upstream Migrants", Proceedings of the International Symposium on Fishways '90 in Gifu, pp. 19-28., October, 1990.
- Katopodis, C., N. Rajaratnam, S. Wu, and D. Tovell, "Denil Fishways of Varying Geometry", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 123, pp. 624-631, July, 1997.
- Lakshmana Rao, N. S., "Theory of weirs", Advances in hydroscience, vol.10, V. T. Chow, ed., Academic Press, New York, N.Y., pp. 309-406, 1975.
- Miller, D. S., "Discharge Characteristics", Hydraulic Structures Design Manual, vol.8, IANR, 1994.
- Rajaratnam, N. and C. Katopodis, "Hydraulics of Denil Fishways", Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 110, pp. 1219-1233, September, 1984.
- Rajaratnam, N., G. Van der Vinne, and C. Katopodis, "Hydraulics of Vertical Slot

- Fishways ” , Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 112, pp. 909-927, October, 1986.
21. Rajaratnam, N., C. Katopodis, and L. Flint-Petersen, “ Hydraulics of Two-level Denil Fishway ” , Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 113, pp. 670-674, May, 1987.
 22. Rajaratnam, N., C. Katopodis, and A. Mainali, “ Plunging and Streaming Flows in Pool and Weir Fishways ” , Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 114, pp. 939-944, August, 1988.
 23. Rajaratnam, N., C. Katopodis, and A. Mainali, “ Pool-Orifice and Pool-Orifice-Weir Fishways ” , Cdn. J. of Civil Engrg., Vol. 16, pp. 774-777, 1989.
 24. Rajaratnam, N. and C. Katopodis, “ Hydraulics of steep pass fishways ” , Cdn. J. of Civil Engrg., Vol. 18, pp. 1024-1032, 1991.
 25. Rajaratnam, N., C. Katopodis, and S. Solanki, , “ New designs for vertical slot fishways ” , Cdn. J. of Civil Engrg., Vol. 19, pp. 402-414, 1992.