

仁澤一號防砂壩魚道現地改善之設計施工與評估



仁澤一號防砂壩魚道。

一、前言

台灣現有魚道百餘座，其中80%以上魚道型式皆為階段式魚道，游泳性的魚類如台灣鏢鱸魚、台灣石斑對其利用情形尚稱良好，但是攀爬性魚類及鰻類對階段式魚道的利用，可能有一些問題。在有限的工程經費，很難為每一種魚設置一魚道，如果有一種魚道可以讓多樣魚類利用，應是值得採行的。另外台灣的魚道最常遇到的問題為泥沙堵塞魚道，魚道一經堵塞後，功能盡失，若是放任不管，不但浪費公帑亦容易給民眾負面印象。

舟通式魚道是法國Larrier氏首先提出的魚道型式，採阻流的原理，故其流速大小與魚道坡度及阻流材型態有直接的關係。目前有第一型、第二型、改良型等三種型態，「改良型舟通式魚道」的研發是為了改善第二型的缺點，中村俊六曾提出改良型舟通式魚道的設計方式，並將之應用在日本的高下頭首工、小田頭首工及藤崎頭首工。

過去在台灣的防砂壩並未有設置此型魚

文：胡通哲／蘭陽技術學院土木工程科助理教授
陳鴻烈／羅東林區管理處治山課課長

道的實例，為了確實瞭解此型魚道對台灣原生魚種的適用性，過去進行一系列的試驗（胡通哲，2000），研究顯示包括跳躍性、攀爬性及鰻類等多種不同游泳方式的魚類皆可順利的溯游，對泥沙運移的效果良好且不易造成全斷面的堵塞。但過去的研究僅限於木製的試驗魚道，未有防砂壩實地驗證的機會，本研究採用此型將之應用在林務局羅東林區管理處轄下的太平山事業區仁澤一號防砂壩附屬魚道的現地改善，希望改善工程後的魚道能夠讓多樣性魚類利用亦能讓泥沙順利傾洩而下。

二、工址背景調查

仁澤一號防砂壩位於蘭陽溪上游的多望溪，毗臨仁澤溫泉風景區，主壩標高EL. 500.83，第一座副壩標高EL. 494.81，第二座副壩標高EL. 488.80，主壩至第一座副壩的落差為6.02m，第一座副壩至第二座副壩的落差為6.01m。

原先設有魚道二座，其型式皆為階段式魚道，第一座魚道（上游）設計長度88m，坡度11.7%，寬度2.05m，內寬1.65m，內部隔板間幾乎被泥沙淤滿且雜草叢生，第二座魚道（下游）原設計長度50m，坡度10.8%，寬度2.05m，內寬1.65m，毀損較嚴重。

根據過去魚類資源調查，多望溪的魚種



有台灣鏟頰魚、明潭吻鰕虎、台灣間爬岩鰕、鰕鰂等4種（特有生物中心，2000），其魚種數遠比下游蘭陽溪的19種少，是否因為防砂壩或其他因素阻礙魚類洄游，目前沒有證據顯示。

本研究先收集魚類資源資料，再確認台灣鏟頰魚、明潭吻鰕虎、台灣間爬岩鰕、鰕鰂等4種魚種可否利用改良型舟通式魚道上溯，再據以進行下一步的設計工作。根據過去的試驗顯示，包括台灣鏟頰魚、台灣石斑、台灣馬口魚、粗首鰕、鰕鰂、白鰻、台灣間爬岩鰕、台灣鰕口鰕、褐吻鰕虎、短吻鰕虎等主要洄游性魚種皆可利用改良型舟通式魚道，檢視現有魚種，此型魚道應是適合的，至於明潭吻鰕虎與褐吻鰕虎、短吻鰕皆屬於鰕鰂科（Gobiidae）的魚類，其洄游的行為應是類似的。

考量到第一座魚道之結構體尚稱完整，基於節省公帑的理由，保留此魚道之結構體，僅拆除魚道中的固定格板，敷設混凝土阻流材，對於魚道的進水口（魚的出口）進行部分修改，魚道出水口（魚的入口）加以延長。對於第二座魚道，由於結構體因水流衝擊損毀，予以拆除並新建魚道。

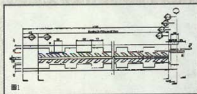
三、改良型舟通式魚道設計

本研究採用的魚道型式為改良型舟通式，因其外型酷似魚肉被吃光的魚骨頭，有個綽號叫「魚骨式魚道」。整體設計理念介紹如下：

（一）魚道阻流材

在國外的此型魚道，有些魚道阻流材是採用木頭角材組成，好的木材若是一直浸沒在水中，強度可持久，但考量到台灣溪流坡度陡流急，河川豐枯懸殊，阻流材改採用混凝

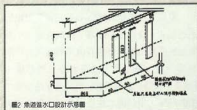
土組成，內埋鋼筋。施工時先將原有階段式魚道格板拆除，保留原有水槽結構，再組立鋼筋、模板，阻流材雖然形狀較為複雜但有一定的幾何規律，可用保力龍板裁減成適當形狀，置入模板中以加快施工時程，有關魚道阻流材的設計如圖1所示。



（二）魚道出口（進水口）

魚道的進水口設計如圖2所示，將進水口改成七個面積 $30\text{cm} \times 200\text{cm}$ 的孔口，為了增加魚道取水的機會，七個 30cm 的孔口，其入水寬度有 210cm ，比魚道入口寬 125cm 大，沿著水流方向佈設取水，孔口使得水流方向改變並加速，減少入口被堵塞的機會。

不過原有第一座魚道進水口設置的位置乃位於多望溪的凸岸，容易淤積土砂，若是拆除重建的新建魚道，應該將整個魚道設置在對岸，本研究因受限於工程經費，幾經考量，採取第一座魚道現地改善，第二座魚道拆除重建的設計。



（三）魚道坡度

根據過去的研究，對寬 1m ，長 12m 的試驗魚道而言，坡度 20% 以下的魚道，台灣鏟

頷魚與台灣石斑可順利上溯，攀爬性魚類如台灣櫻口鰻似乎不受影響，坡度1/8（12.5%）似乎是較佳選擇（胡適哲，2001）。在仁澤防砂壩魚道中，由於魚道長度分別長達105、60m，此種長度在台灣誠屬罕見，因此採取稍保守之設計，第一座魚道保留原有水槽結構，坡度不變仍為11.7%，第二座魚道為重建，其坡度採1/8。

（四）觀測步道

本案在魚道外緣設置觀測步道，步道寬1m，在第一座魚道外側長97m，第二座魚道外側長50m，專供觀測、管理人員行走。若是將魚道的側壁厚度加寬至40cm以上，人員行走其上具有安全感，則可不需設置觀測步道。

（五）休息池

第一座魚道長度有105m，在設計之初，因為魚道長度太長，沒有把握魚類可否順利溯游，在魚道入口往上游46m處設置180cm×180cm休息池一座，體力不濟的魚類可在此稍做休息。

（六）魚道入口延長

原有第一座魚道之入口與下游水面落差過高，設計延長魚道6m，確保魚道延伸進入水面，因為水中構築不易，必須要利用抽水機不斷的抽，才能確保品質。此部份在施工上較為困難，一般在魚道施工時，須要求承包商確實做到延伸入水。

（七）觀察窗

在第二座魚道中斷部位設計觀察窗一處，係以120cm長×90cm寬×3cm厚的壓克力玻璃設置，為防止流木撞擊壓克力玻璃，外側加裝不鏽鋼柵欄。

（八）魚道成本分析

考量魚道施工的混凝土、鋼筋、模版、

混凝土拆除、機械運搬等費用（但不包含工程管理費、利潤等），由於第一座魚道為利用原有魚道加以現地改善，其成本比新建魚道要便宜，經數量分析後得第一座魚道之每公尺建造單價為3,869元（406,249元/105m）（表一），第二座魚道由於屬拆除重建的情形，單價稍高，魚道之每公尺建造單價為14,165元（849,901元/60m）（表二），較為昂貴。

表一 第一座魚道（改修）魚道成本分析

項次/品名	單價	數量	總價（元）
1 鋼筋加工及組立	13.7元/kg	9999kg	136,986
2 模版	205元/m ²	503m ²	103,115
3 混凝土打除	578元/m ³	66.6m ³	38,498
4 混凝土（210kg/m ² ）	2175元/m ³	56.3m ³	122,453
5 挖方	26元/m ³	200m ³	5,200
合計			406,249

表二 第二座魚道（拆除重建）魚道成本分析

項次/品名	單價	數量	總價（元）
1 鋼筋加工及組立	13.7元/kg	15,183kg	208,007
2 模版	205元/m ²	881m ²	180,605
3 混凝土打除	578元/m ³	83.9m ³	48,494
4 混凝土（210kg/m ² ）	2175元/m ³	187.4m ³	407,595
5 挖方	26元/m ³	200m ³	5,200
合計			849,901

四、魚道試驗

本研究針對仁澤一號防砂壩二座魚道進行魚類溯游試驗，試驗的魚種採多望溪的優勢種——台灣鏢鱗魚，試驗的時間為24小時，觀測不同時間魚上溯抵達魚道上池內捕魚陷阱之數量。

（一）試驗程序



仁庫一號防砂壩位於蘭陽溪上游多望溪。

試驗自下午2:00時開始，以對數型態分布來決定觀測時間的間隔，最初觀測以15分爲間隔（至15:00），至下午15:00以30分爲間隔（至16:00），16:00以後以1小時（至21:00），21:00後以2小時間隔觀測上溯抵魚道上池的試驗魚尾數，至翌日14:00結束，總試驗時間爲24小時。

（二）試驗魚

試驗魚以垂釣法捕捉，爲顧及魚體健康，以無倒勾之釣勾垂釣，以捕捉蘭陽溪的台灣鏢領魚爲主，捕捉後之試驗魚先放置在魚道溪中適應水溫環境，至少經過24小時再進行試驗。全部試驗結束後將試驗魚放回原棲地溪流中，在整個運送過程中，以塑膠袋封住灌以高壓氧氣以利較長時間的運送。

（三）試驗設施

試驗設施的捕魚陷阱係利用鐵絲網、柳安角材等材料設置一個 $124\text{cm} \times 60\text{cm} \times 60\text{cm}$ 大小的捕魚陷阱，在陷阱一側開口安放漏斗狀的孔口，此孔口可購買捕蝦用的塑膠蝦籠（漁具店有售），取其一部分材料加工而得，其用意在於使試驗魚順利進入陷阱內，但一時之間無法逃出，陷阱兩側附有提把，研究人員可定時前往檢視陷阱內的魚數目再加以捕捉，捕捉後利用電子秤、量魚板量測試驗

魚的體高、體長與體重加以記錄。

試驗初始將試驗魚放在魚道最下方，爲防止試驗魚逃出，在下游端設置鐵絲網與量水堰，不過因爲木板做的直角量水堰因強度不夠，被水流的壓力擠壓的有些變形，所量測的數據（ $0.18 \sim 0.2\text{cms/m}$ ）僅供參考。

（四）魚類溯游試驗結果

1. 第一座魚道

民國90年5月29日PM2:00開始進行試驗，至翌日PM2:00結束，試驗最初量得的水溫爲 19°C ，至傍晚水溫微降至 18.5°C ，至深夜水溫降爲 18°C ，翌日水溫逐漸回升至 19°C 的水準，水溫變化並不大。開始試驗後，在一小時後（PM15:00）發現第一隻台灣鏢領魚進入魚道出口的捕魚陷阱，PM19:00、PM21:00、PM23:00、翌日的AM7:00、AM10:00皆有台灣鏢領魚上溯記錄，總計在24小時內有26%的試驗魚上溯。

試驗魚——台灣鏢領魚的體長爲 $8.9 \pm 1.7\text{cm}$ ，體高爲 $1.5 \pm 0.3\text{cm}$ ，體重爲 $7.2 \pm 4.8\text{g}$ ，體型最小的台灣鏢領魚之體長爲 6.7cm ，體高爲 1.2cm ，體重爲 3g ，可見此105m長的改良型壩通式魚道對於一般體型的台灣鏢領魚並未有太大限制。

2. 第二座魚道

民國90年7月10日PM2:00進行試驗，試驗最初量得的水溫爲 23°C ，至傍晚水溫微降至 21.5°C ，至深夜水溫降爲 20°C ，翌日水溫逐漸回升至 20.5°C 的水準，平均水溫較五月份的試驗高。在開始30分鐘後（PM2:30）發現有3隻台灣鏢領魚進入捕魚陷阱，PM15:00、PM19:00、翌日的AM7:00、AM14:00皆有台灣鏢領魚記錄，總計24小時內有35%的試驗魚上溯，可見魚道功效是良好的。

(五) 流速量測

在改良型舟通式魚道內部選定11個測點，以日本ALEC電子儀器公司的ACM-200D雙向式電磁流速儀進行測定。在試驗期間所測得的最大流速為1.30m/sec，魚道內各點的流速如表三。

表三 魚道內各點的流速 (m/sec) 測定值

編號	1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11
流速	0.21	0.27	0.38	0.23	0.80
1.11	1.30	0.15	0.20	0.85	0.95

(六) 泥砂淤積

民國九十年五月「西馬隆」颱風過境時，羅東地區在六小時內降雨300餘公厘，洪水挾帶的泥砂有部分沉積在魚道進水口底槽內，此部份仍有改進的空間，推測可能是當初以原魚道改修，在進水口附近的坡度相當平緩，無法產生下拉泥砂的流速，故會有一些泥砂停留置此，不過並無大礙，不會造成全斷面的堵塞，在下方一點的魚道內，除了在緩流區有一些砂石，幾乎沒有淤砂。

進入魚道內的泥砂僅有少部分留在魚道內，多數被沖至下游到的水流出口處，過去

常見魚道入口水流冲刷懸空的現象已不復見，取而代之是入口泥砂的堆積，不過水流的力量可以在短時間沖開一條流路，這要比過去階段式魚道有所改進。

針對淤積的泥砂加以採樣，帶回實驗室進行篩檢分析，以瞭解顆粒之粒徑組成，繪出其粒徑分佈曲線如下圖，平均粒徑為30mm，以魚道中流速的力量，足以推動泥砂運移。

五、結論

(一) 本研究進行改良型舟通式魚道的研發，確立各項設計因子適合台灣的原生魚種，再進行多望溪魚類資源資料收集，確認魚道型式合適後著手進行設計，並對成本加以分析，魚道施工前中後持續加以監測，並於魚道完工通水後進行魚類溯游試驗以評估魚道之功效，發現成效良好。

(二) 本研究的特色有：

1. 結合魚道之學術研究與工程施工，將研究成果實施至野外實證。
2. 採用新式魚道，首次應用在防砂壩魚道上，長度也是罕見的。
3. 充分改善泥砂淤塞的魚道，節省公帑，賦予魚道新生命。
4. 完工通水後進行魚類溯游試驗，評估魚道之成效良好。

(三) 依據監測與試驗所的結果，發現有一些缺點有改進的空間：

1. 阻流材潛藏磨損問題，可用抗磨混凝土或包覆鋼板解決。
2. 上游魚道選址不佳，若經費充足，應於凹岸新設魚道一座。
3. 魚道進水口坡度過於平緩，容易淤砂，新設魚道進水口應設計一定坡度。A

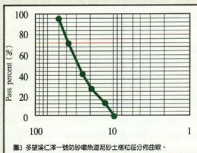


圖3 多望溪仁澤一號的砂壩魚道用砂土應和徑分佈曲線。