

治山堰堤に設置された魚道上流部の附帯設備の改良について

Improvement of Facilities at Upstream-End of Fishway Installed in Check Dam

日本大学理工学部土木工学科 正会員 安田 陽一
日本大学理工学部土木工学科 学生会員 ○塚原 秀明
北海道水産林務部林務局治山課 伊東 政美

1. まえがき

従来、治山堰堤において魚道を整備する場合、落差が大きい箇所については折り返し魚道などを整備する場合が多く、それに伴い魚道上流部に附帯設備を設けることがある¹⁾(写真1, 2)。付帯設備とは、魚道内に流入する流量を制御するために設けられた余水吐き、オリフィス板などである。なお、流量制御として、魚道流入口(写真2(a)参照)を狭めたりする場合もある。このような流量制御の仕方では洪水時に輸送される砂礫や流木の堆積である。

魚道流入部の開口規模、余水吐きの越流高さや越流幅、オリフィス板の開口高さの設定¹⁾については、オリフィスおよび横越流の標準的な水理計算²⁾に基づき定めていることが多い。しかしながら、写真1, 2に示されるように、魚道流入部と余水吐きとオリフィス板の設置位置が隣接する状態での実現象では標準的な水理計算で予想することは困難であるにも関わらず、その水理特性が解明されていないのが現状である。

魚道上流部に附帯設備を設けている箇所で魚道機能を維持・改善するためには、魚道流入部の開口規模、余水吐きの越流高さや越流幅、オリフィス板の開口高さによる水理特性の変化を明らかにすることが重要である。

ここでは、治山堰堤に設置される魚道上流部の附帯設備をモデル化し、魚道流入部の開口高さ、余水吐きの越流高さ、オリフィス板の開口高さを変化させ、堰堤放水路(水通し)、魚道、余水吐きからの流出特性、すなわち、流量変化特性および流況特性を明らかにし、魚道上流部の附帯設備として、適切な魚道流入部の開口高さ、余水吐きの越流高さ、オリフィス板の開口高さを提案する。

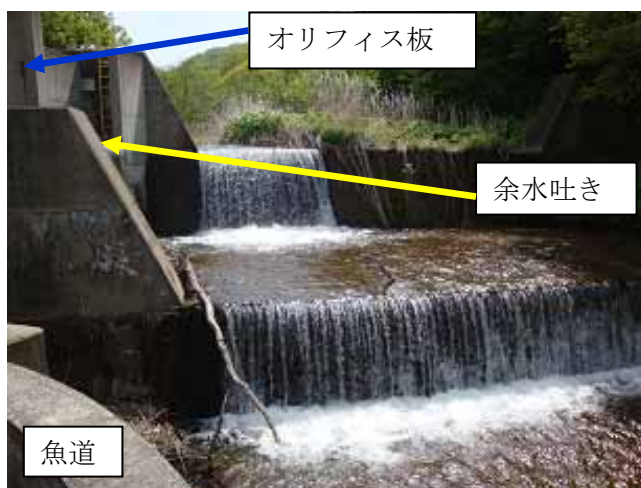
2. 実験

治山堰堤に設置される魚道上流部の附帯設備を、写真3に示すように、モデル化し、洪水時を主とした水理機能を検討するため、水路幅 $B = 80\text{cm}$ 、水路長 15m を有する長方形断面水平水路に 10 分の 1 の縮尺モデルを設置して実験を行った。各箇所の流量測定について、全体流量 Q_T は水路下流側に設置された全幅堰で測定し、魚道の通水流量 Q_F は魚道下流端に設けた簡易的な四角刃型堰を用いて測定した。さらに、余水吐きからの越流量 Q_W については、放水路からの流量 $Q_T - Q_F$ および放水上流部の水位を記録し、その後、余水吐きからの越流を封鎖して、放水上流部の水位が余水吐きを封鎖する前の水位になるまで全体流量を調節して、改めて放水路からの流量 $(Q_T - Q_F)_2$ を測定する。これらのことから、余水吐きの封鎖前後の放水路からの流量差が余水吐きからの越流量 Q_W として算定される。水深測定にはポイント・ゲージを用い、流況の記録にはデジタルカメラおよびビデオカメラを用いた。実験はフルードの相似則に基づいて行った。



(a) 上流側から見た状況

写真1 魚道上流部の附帯設備を有する治山堰堤



(b) 下流側から見た状況

キーワード 魚道, 減勢機能, 附帯設備, 洪水流, 洪水調節

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8, TEL: 03-3259-0409, E-mail: yokyas@civil.cst.nihon-u.ac.jp

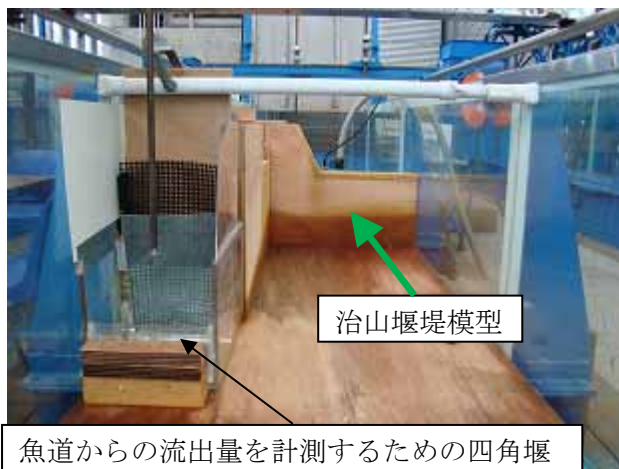


(a) 魚道流入口



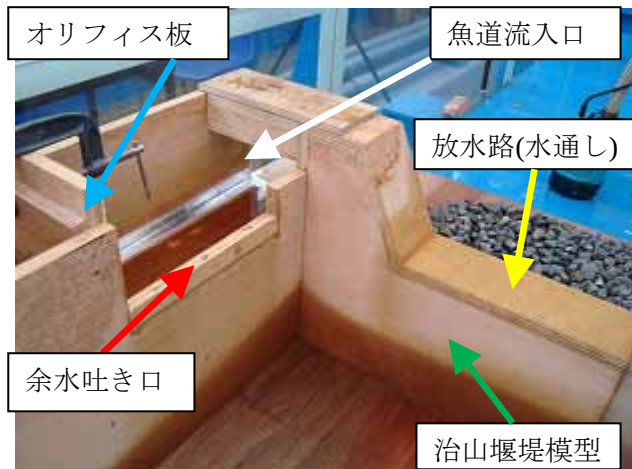
(b) 余水吐きとオリフィス板

写真2 魚道上流部の附帯設備周辺の状況



魚道からの流出量を計測するための四角堰

(a) 模型を水路に設置した状態



(b) 魚道上流部の附帯設備周辺

写真3 治山堰堤と魚道上流部の附帯設備の模型

表1 実験条件 (各記号の該当箇所; 図1 参考) (125 ケースの実験を実施)

魚道幅 b (cm)	堰堤幅 B (cm)	袖の高さ h (cm)	流入口高 h_e (cm)	余水口幅 L (cm)	余水吐き高 h_w (cm)
20	55.3	18	6.0, 9.0, 15, 22	30	6.0, 9.0
放水路幅 T (cm)	x (cm)	X (cm)	y (cm)	オリフィス開口 口高さ h_o (cm)	水路幅 W (cm)
36.3	33.5	88	30	6.0, 9.0	80

注意: 原型の 10 分の 1 を想定

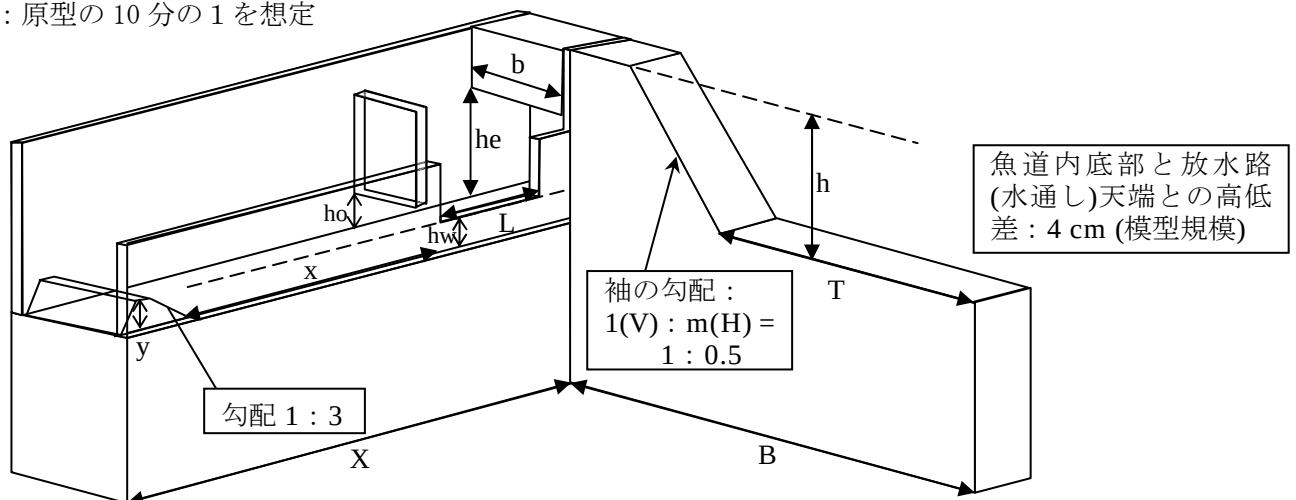


図1 治山堰堤と魚道附帯設備の模型寸法と記号標記



(1) (常流の流れ) 流況 A (2) 跳水(潜り跳水を含む) 流況 B (3) (射流の流れ) 流況 C
写真4 オリフィス板上流部の流況



(a) 流況 E(魚道内射流) (b) 流況 E(魚道内常流) (c) 流況 F(偏向した越流) (d) 流況 G(越流水脈が乱れず)
写真5 余水吐きから越流する流れ

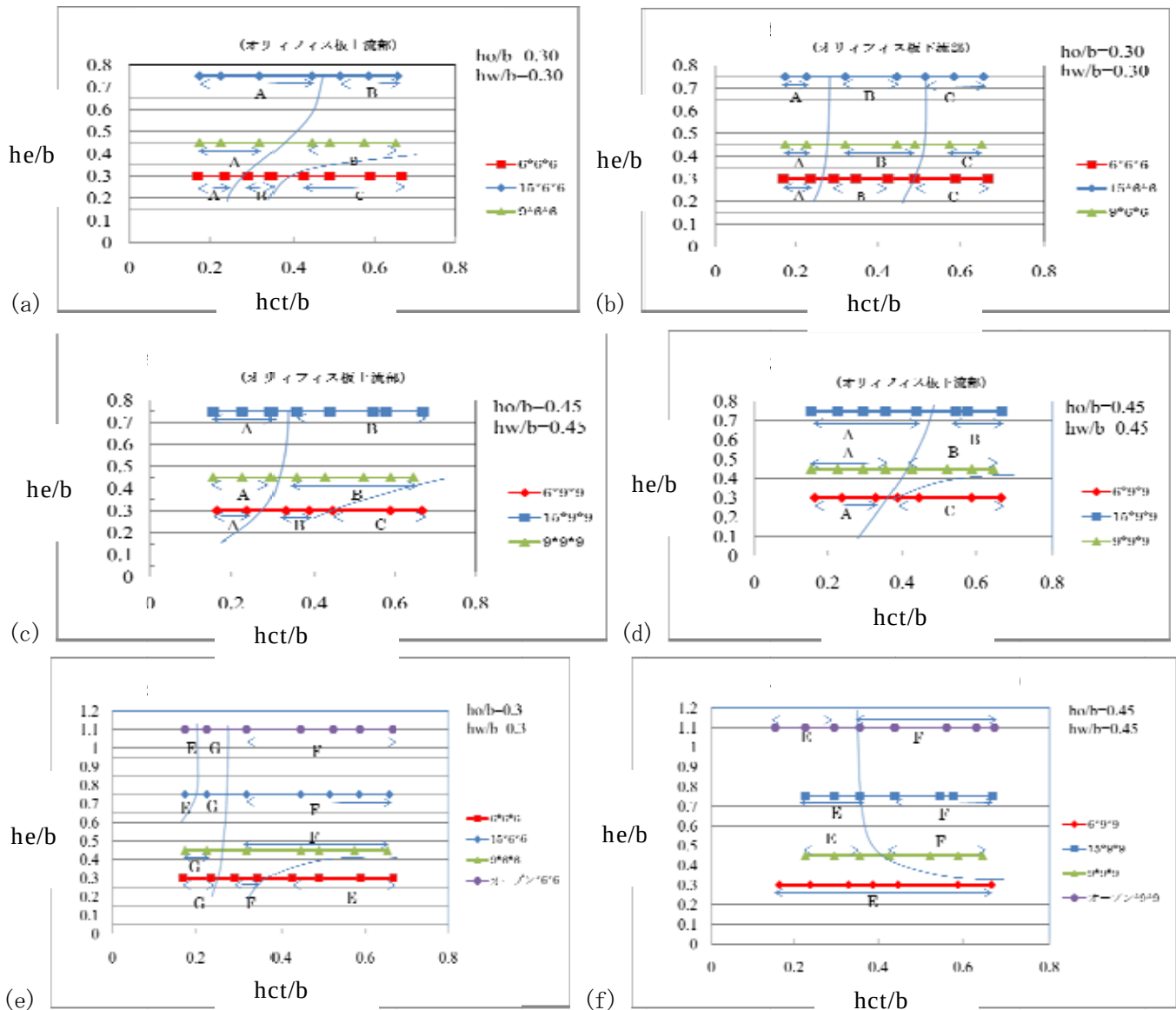


図2 各流況の形成領域 (a)～(d):オリフィス前後の場合, (e)～(f):余水吐きの場合

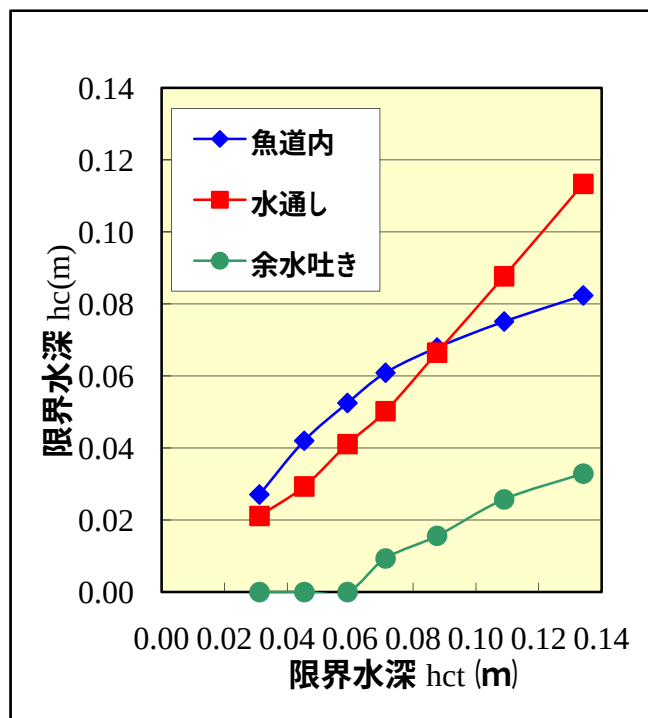


図3 魚道内，放水路（水通し），余水吐きにおける流量変化（模型規模で表示）
 $(he/b = 0.75, hw/b = 0.45, he/b = 0.45 \text{ の場合})$

4. 各流況の形成領域

オリフィス前後および余水吐きにおける各流況の形成領域について、 $he/b = f(hct/b, ho/b, hw/b)$ の関係で整理したものを図2に示す。ここに、 hct は魚道に通水することなく、全流量が放水路（水通し）から通水した場合の限界水深であり、 $[(mhct+T) \times Q_T^2] / [g \times hct^3 (0.5mhct+T)^3] = 1$ (限界流の条件) から算定される。図2(a)～(d)に示されるように、 he/b (流入口高さ) が小さく hct/b (流量規模) が大きくなると、魚道内で射流（流況 C）が形成されやすくなる。 $ho/b, hw/b$ が小さい場合、この傾向が高くなる。また、図2(e)～(f)に示されるように、余水吐きから越流しない状態で魚道内の流れが射流となる流況（流況 F）は、 $ho/b, hw/b, he/b$ (流入口高さ) が小さく hct/b (流量規模) が大きい場合に生じる傾向がある。したがって、魚道および余水吐きの機能を考慮すると、ここでの検討範囲では $he/b \geq 0.75, hw/b = 0.45, he/b = 0.45$ の設定条件が適切なものと考えられる。

5. 魚道内，放水路（水通し），余水吐きにおける流量変化

図3は $he/b = 0.75, hw/b = 0.45, he/b = 0.45$ の場合の魚道内，放水路，余水吐きにおける流量変化を限界水深で表示したものである。魚道内の限界水深 hcf は $hcf = [(Q_F/b)^2/g]^{1/3}$ から算定され、余水吐きからの越流量を表す限界水深 hcw は $hcf = [(Q_w/L)^2/g]^{1/3}$ から算定される。ここに、 Q_w は余水吐きからの越流量である。さらに、放水路（水通し）からの越流量を表す限界水深 hc は $[(mhct+T) \times (Q_T - (Q_w + Q_F))^2] / [g \times hc^3 (0.5mhct+T)^3] = 1$ (限界流の条件) から算定される。図に示されるように、全体の流量規模小さい場合には余水吐きからの越流量は無く、魚道内の限界水深の方が放水路（水通し）における限界水深よりも大きい。すなわち、通常時から増水時にかけて、魚道内の流量確保が得られやすいことが分かる。その一方、流量規模が大きくなると、余水吐きからの越流量は大きくなり、魚道内の限界水深は放水路（水通し）における限界水深よりも小さくなり、洪水時に魚道内の流量が制御されることが推定される。

6. まとめ

治山堰堤に設置される魚道上流部の附帯設備を図1，写真3に示されるように、モデル化し、魚道流入部の開口高さ、余水吐きの越流高さ、オリフィス板の開口高さを変化させ、実験的に検討した。魚道上流部に設置されたオリフィス前後の流況、および余水吐き周辺の流況が写真4，5に示されるように区分されることを示した。また、各流況の形成領域を明らかにし、魚道および余水吐きの機能から考えて、本実験の検討範囲では $he/b \geq 0.75, hw/b = 0.45, he/b = 0.45$ の設定条件が適切なものと推定することができた。さらに、適切な設定条件のもとで、魚道内，放水路，余水吐きにおける流量変化を示し（図3），流量規模が小さい場合および大きい場合の流量変化を特徴づけ、魚道内の流量確保および洪水時の流量制御の有効性を示した。なお、 $he/b \geq 0.75, hw/b = 0.45, he/b = 0.45$ のもとでは附帯設備周辺の魚道内の砂礫の堆積はなく、流木対策も可能である。

参考文献

- 1) 北海道土木協会：北海道砂防技術指針(案)，北海道建設部土木局砂防災害課監修，14章魚道工，104 pages.
- 2) 例えば，水理学 Theory for Application，大津岩夫，安田陽一共著，理工図書，306 pages.

3. 魚道上流部における附帯設備周辺の流況

図1および写真3に示す治山堰堤に接続する魚道上流部附帯設備周辺の流況は魚道流入口の高さ he ，余水吐きの高さ hw ，オリフィス板の開口高さ ho ，および流量規模 Q によって変化する。

オリフィス板上流側の流況は、写真4に示されるように、3つに区分される。すなわち、常流が形成される流況（流況 A），跳水（潜り跳水を含む）が形成される流況（流況 B），および射流が形成される流況（流況 C）に大別される。なお、オリフィス下流側の流況についても同様に区分される。射流が形成される場合は余水吐きからの越流がなくなり魚道内に設置された隔壁に過剰な流体力が作用することが推定されるため、余水吐きおよび魚道の機能の低下につながる可能性が高い。

余水吐きを越える流れについては、写真4に示されるように、3つに区分される。すなわち、余水吐きから越流しない流況（魚道内の流れが常流の場合と射流の場合がある）（流況 E），偏向して越流する流況（この場合、越流水脈が乱れる）（流況 F），越流水脈があまり乱れることなく越流する流況（流況 G）に大別される。魚道内で射流が形成され、余水吐きからの越流が無い場合、余水吐きおよび魚道の機能の低下につながる可能性が高い。

なお、余水吐きから越流する場合については、余水吐きから降河した場合の遊泳魚等の安全性を考慮する必要がある。