

急勾配用プールタイプ魚道の検討

HYDRAULICS OF A POOL TYPE FISHWAY FOR STEEP SLOPE

野村修治¹・前野詩朗²・名合宏之³・里本公明⁴

Shuji NOMURA, Shiro MAENO, Hiroshi NAGO and Kimiaki SATOMOTO

¹ランデス株式会社 企画開発部 (〒719-3192 真庭郡落合町開田630-1)

²正会員 工博 岡山大学助教授 環境理工学部環境デザイン工学科 (〒700-8530 岡山市津島中2-1-1)

³正会員 工博 岡山大学助教授 環境理工学部環境デザイン工学科 (同上)

⁴正会員 岡山大学技官 環境理工学部環境デザイン工学科 (同上)

Fishways with steep slope are sometimes necessary to be built at such places where the topography do not permit to construct the fishways with mild slope. The purpose of this paper is to propose the pool type fishway made of concrete blocks which fulfills its hydraulic function with 1 to 5 slope. The shape of the proposed fishway blocks help to get the various flow velocity field in the pool and over the weir. Further, the fishway blocks are arranged alternately to get a meandering flow. Detailed velocities in the pool and over the weir were measured to get the basic flow features of this fishway. Experimental results show that the proposed pool type fishway may be suitable to the sites where the slopes are steep.

Key Words : Pool type fishway, Steep slope, Concrete block

1. はじめに

河川を横断して設置される堰等の水理構造物により，魚類は遡上・降下が妨げられると同時に産卵場所や生息場所を失い，場合によっては絶滅の危機にさらされる場合もあることが近年問題となっている．このような堰などの落差によって分断された生態系を連続させるための対策として，全国各地の河川で多くの魚道が設置されつつある．現在設置されている魚道の主な構造形式としては，デニール式，スロット式，プール式等のいくつかのタイプがあげられる^{1),2)}．これら魚道は，鮭や鱒などの水産資源を確保するために主に欧米で開発されたものであり，対象とする魚種がある程度限定されているようである．

以上のような背景により，最近ではより多くの魚種を対象とするために粗石付き斜路等の全断面型の魚道^{3),4),5)}が提案されている．ところが現地での実際の施工状況を見ると，全断面魚道と先に述べた水路式魚道が併設される場合もみられる³⁾．そこで著者らは，その後，1/10程度の水路勾配を有する現地において容易に施工可能で，しかも魚道としての水理機能特性に優れたプールタイプの魚道ブロックを提案・製品化を行った．

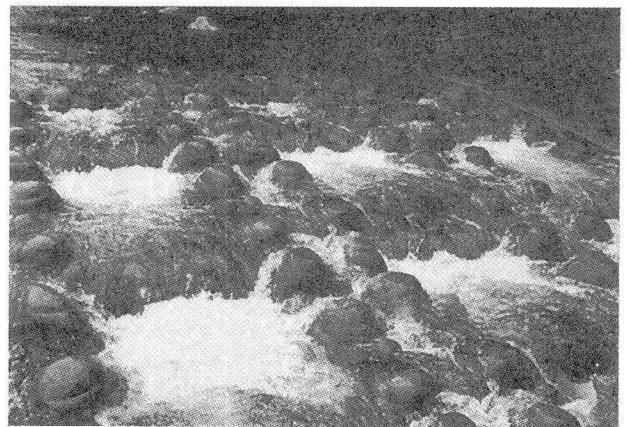


写真-1 1/10勾配プールタイプ魚道

写真-1は実河川で利用されている状況である．これについて十分な施工区間が取れない場所，すなわち支川から本川への合流箇所などで1/5程度の急勾配となる箇所に於いても簡単に設置可能な魚道を求める声が現場から多くあった．

急勾配用の魚道としてはデニール式等の水路タイプや各種プールタイプ魚道等があるが，対象魚種が限定されたり水理特性上の不安定要素等の問題がある．そこで，写真-1で示した魚道ブロックが急勾配な箇所に適用可能かどうかを模型実験に



写真-2 1/5勾配適用実験

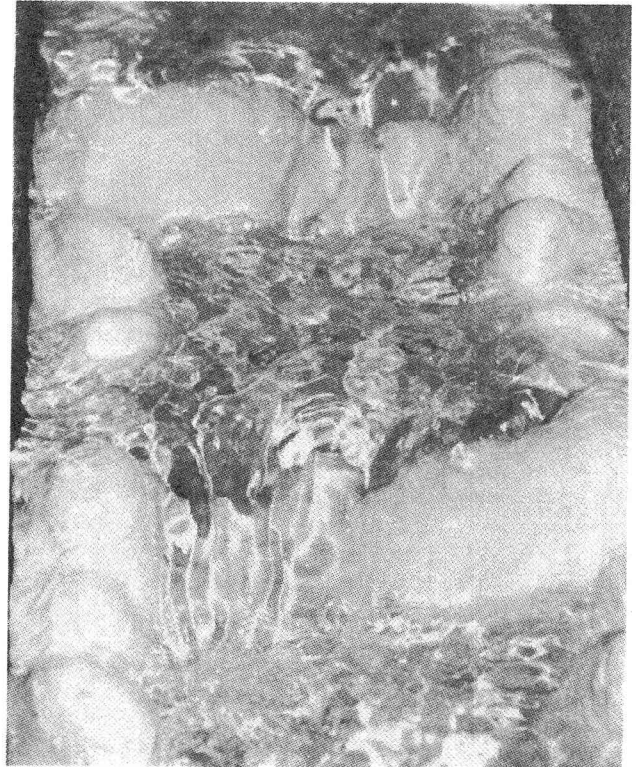


写真-3 形状改良案

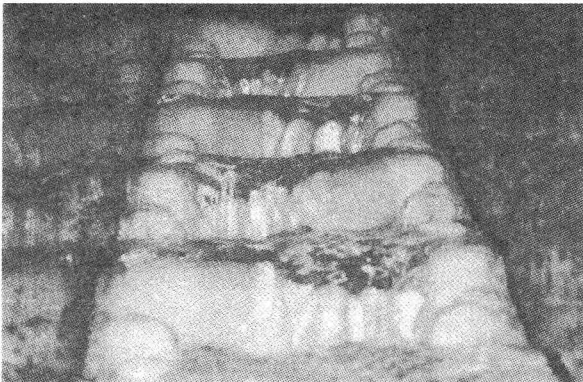


写真-4 改良型 設置状況

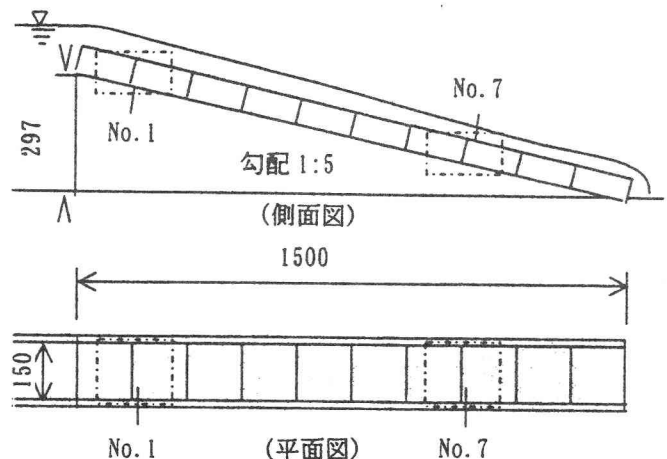


図-1 実験装置（単位:mm）

より検討したが（写真-2）、勾配を1/5にすると、流量が少ない場合には越流水深がやや小さくなり、流量が多くなると隔壁部からの落下流速がかなり大きくなるなど、水深及び流速の面から適用流量範囲がかなり制限されることが明らかになった。

そこで1/5程度の急な勾配においても魚道として有効な水理機能を維持できるように、魚道ブロックの隔壁部分の縦断形状を緩やかにして剥離流を防止すると共に、横断方向に隔壁の高さを変える等の形状変更を行った（写真-3）。

また、写真-4に示すようにブロックを左右交互に入れ替えて配置し、流れを蛇行させてプール内流況に多様性を持たせるとともに流速の低減・水深の増大を図った。本研究ではこのように様々な工夫を加えた魚道ブロックを連結してできるプールタイプ魚道の水理機能特性を模型実験により明らかにするものである。

2. 実験方法

実験装置は図-1に示されるようであり、1/5勾配の水路に1/10縮尺模型を単列に10個配した。

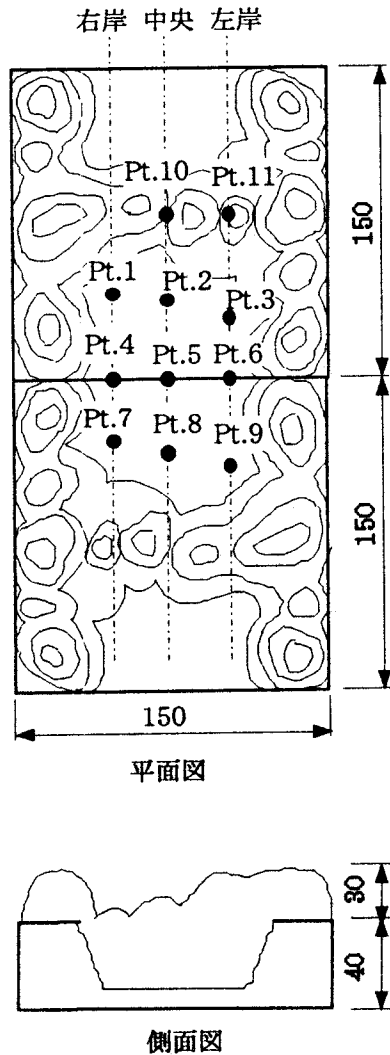


図-2 ブロック形状 (単位:mm)

図-2に模型の概略形状と、測定ポイントを示す。ブロックは左右交互に入れ替えて、滞筋が蛇行するように配置した。

実験に用いた流量条件は岡山県小田川の流量年報を参考に、低水時(0.20 ℓ/s)、平水時(0.40 ℓ/s)、豊水時(0.60 ℓ/s)とし、流下時のプール内部の水深及び流速を測定した。

流速の測定方法は、表面流速についてはPTV (Particle Tracking Velocimetry)法によるビデオ画像の解析により計測した⁵⁾。プール内部流況が非常に複雑になっているため、表面流の計測に加え、プール内Pt.1～Pt.9 (図-2参照) の流速分布を2次元電磁流速計を用いて測定した。また越流部のPt.10～Pt.11 (図-2参照) については越流水深が少なく、ピトー管を用いて流速を測定した。

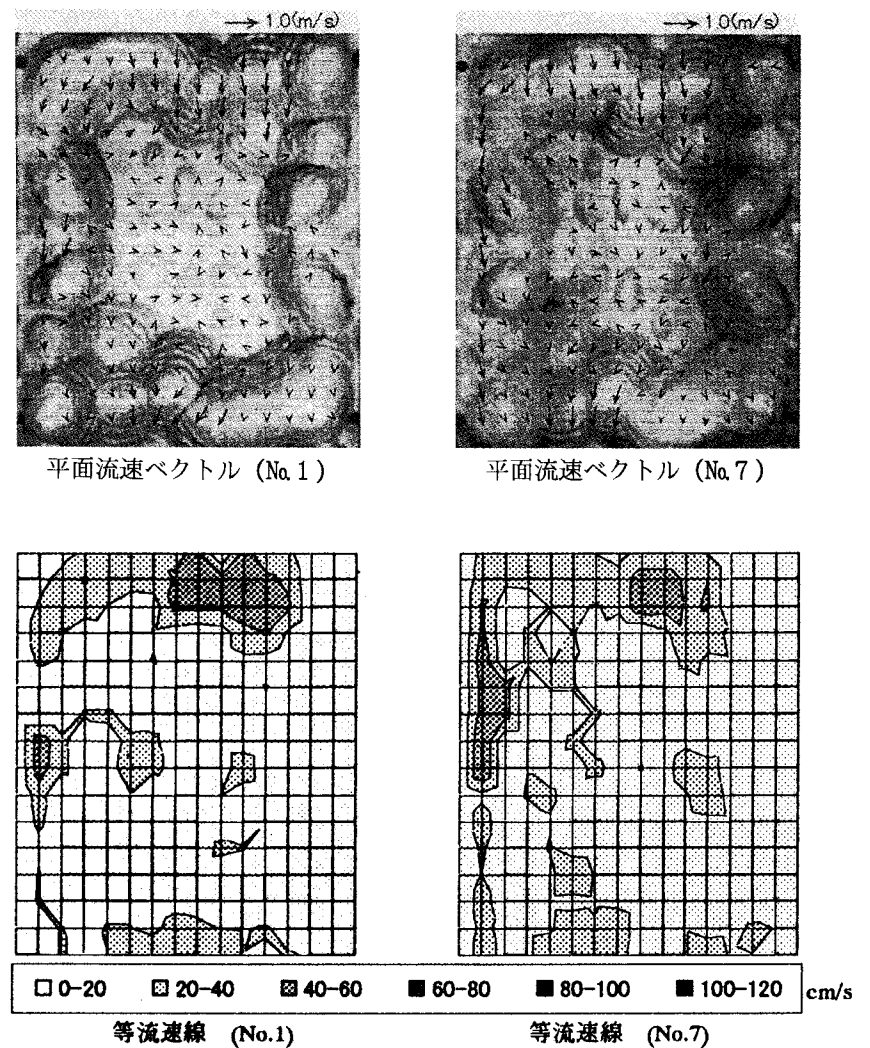


図-3 表面流速分布図 (平水流量)

流下方向への流況の変化はプールNo. 1とNo. 7を比較する事により検討を行った。以下では紙面の都合上、平水時の図面についてのみ掲載する。

(1) 表面流速分布

図-3は平水流量時の流速分布及び等流速線図を示している。この図よりプールNo. 1の流況についてみると、越流壁全体から越流しているがその流れは一樣ではなく、左岸側に時計回りの弱い渦が発生している。また、右岸上流域(越流壁の高い部分の下流側)では静穏域が存在する。平水時の越流部表面流速は40～60cm/s (実物換算130～190cm/s) 程度となっている。プールNo. 7ではほぼ同様の流況であるが、豊水時には側壁部で部分的に70cm/s (実物換算220cm/s) 程度のやや大きな流速場が現れている。

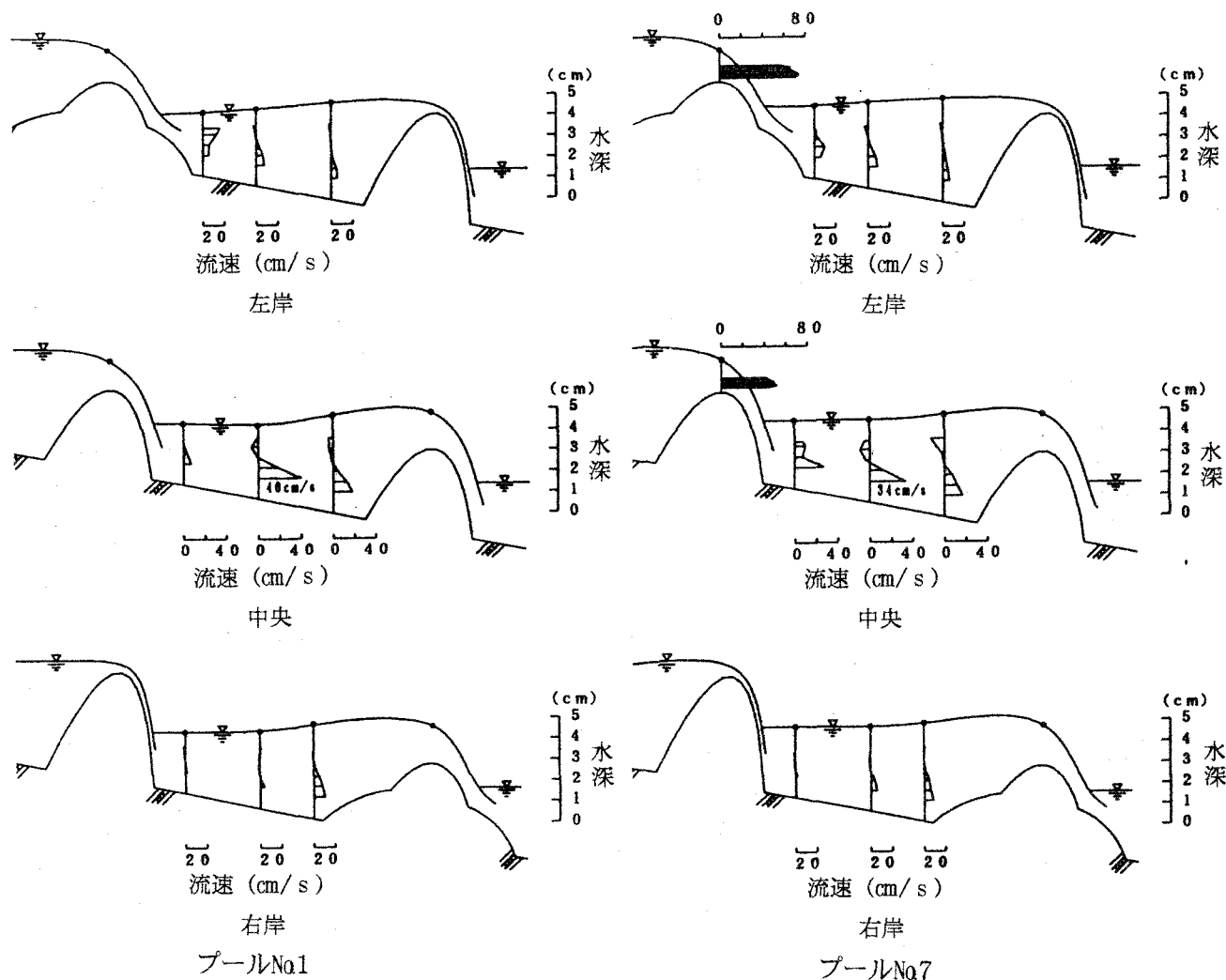


図-4 水面形及び鉛直流速分布

(2) プール内および越流部の流速分布

図-4はプールNa1及びNa7の左岸、中央、右岸(図-2参照)についての鉛直流速分布を示している。

まずプールNa1の左岸側の流況についてみると越流壁切り欠き部(左岸寄り)を越流した流れがプール中層へ潜り込むように流入している様子がわかる。この潜り込む流れは流量が多くなるほど上層へ移行する。この流れは下流側越流壁の影響によりかなり減勢されるとともに越流壁で堰き止められた流れがプール上層部では逆流となって現れている。

中央部の上流側においては左岸側でみられたような上流からの流れ込みはあまりみられない。しかし、中・下流部へと向かうにつれて、底層部の下流方向への流速が大きくなる。これはプール左岸上流で流入した流れが、滞筋に沿ってプール中央部分へと流れの方向を変えたためである。この中央部においては中・上層部で逆流が生じている。

プール右岸側は上流側からの影響を殆ど受けないため潜り込む流れや逆流は見られず、静穏域となっている。流量の増加とともにこの静穏域はやや減少するが流量0.6ℓ/s時においても右岸側上流域では流速は殆ど発生しておらず、魚の休息場が確保できている様子がわかる。平水時(0.40ℓ/s)のプール内の最大流速は40cm/s(実物換算130cm/s)で、中央部に現れている。

プールNa7においてもほぼ同様の流況であるが、平水時(0.40ℓ/s)のプール内の最大流速は34cm/s(実物換算110cm/s)で、やや減勢されている。

プールNa7の越流部の流速についてみると、鉛直流速分布では中層の流速が小さく下層に向かうにつれて大きくなっている。このことは上流側プール低層の流れの影響であると考えられる。越流部の流速分布は平水時(0.40ℓ/s)で42~74cm/s(実物換算133~234cm/s)程度の幅を持っており、魚類はそれぞれの遊泳力に合った流速場を選択して遡上可能と考えられる。

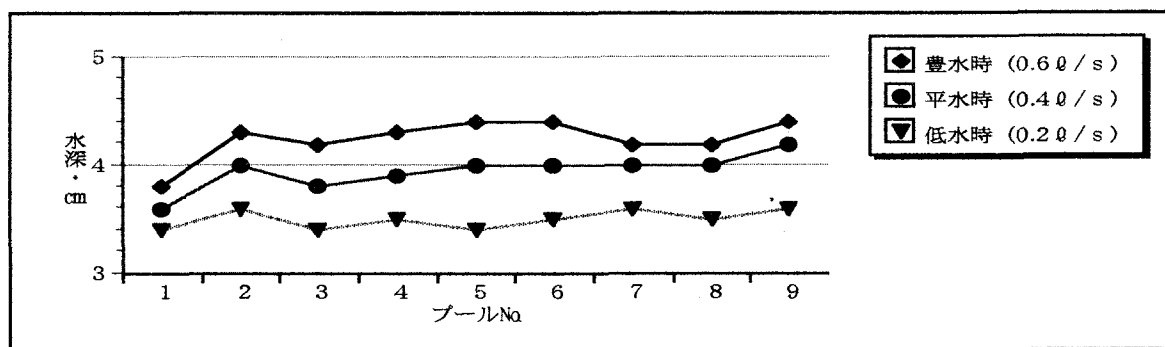


図-5 ブロック中央水深

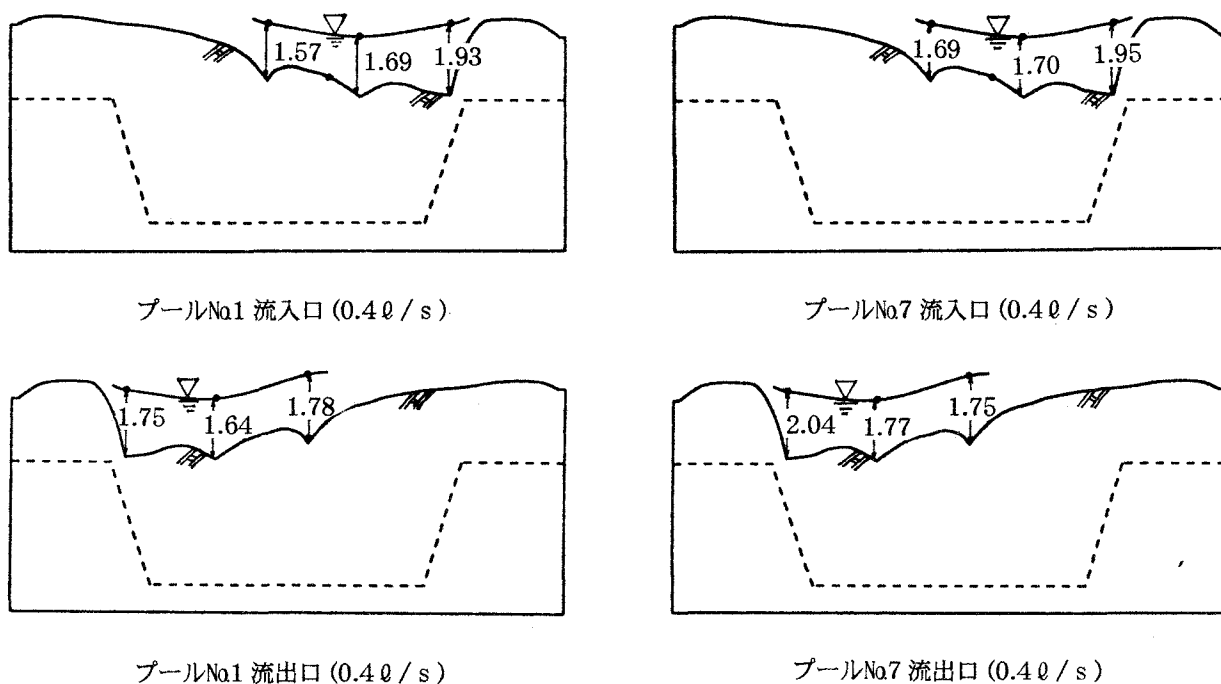


図-6 越流部の横断水面形状

(3) 水深分布

図-5は各プール中央水深の縦断分布を示しており、図-6はプールNo. 1とNo. 7の越流部における横断水面形状を示している。プール中央部の水深は平水時(0.40 l/s)で3.5cm(実物換算35cm)となっている。また、図-6より越流部では切り欠き中央部分の水位が最も低く両岸に向かうに従い水位が高くなっており、越流水深が横断方向にかなり変化していることがわかる。平水時(0.40 l/s)の越流部における平均水深は1.7cm(実物換算17cm)となっている。

これらの結果より得られた実物換算の水深を考慮すると、小型魚種の体高を約5cmと想定した場合でも3倍以上の水深があり、改良型プールタイプ魚道は小型の魚種を対象とする場合には、魚道として十分な水深を持つものと判断される。

(4) 流量係数

四角堰の流量公式は式(1)のように表される。

$$Q = CBh_o^{3/2} \quad (1)$$

Q : 流量
 B : 越流幅
 h_o : 越流水深
 C : 流量係数

今回の実験に使用した魚道ブロックは、越流水深の変化に伴い越流幅 B も大きく変わってくるため越流幅 B を変数として扱う必要がある。そこで、式(2)に示す越流幅 B を含めた係数 $C' = CB$ を流量係数として仮定する。

$$Q = C' h_o^{3/2} \quad (2)$$

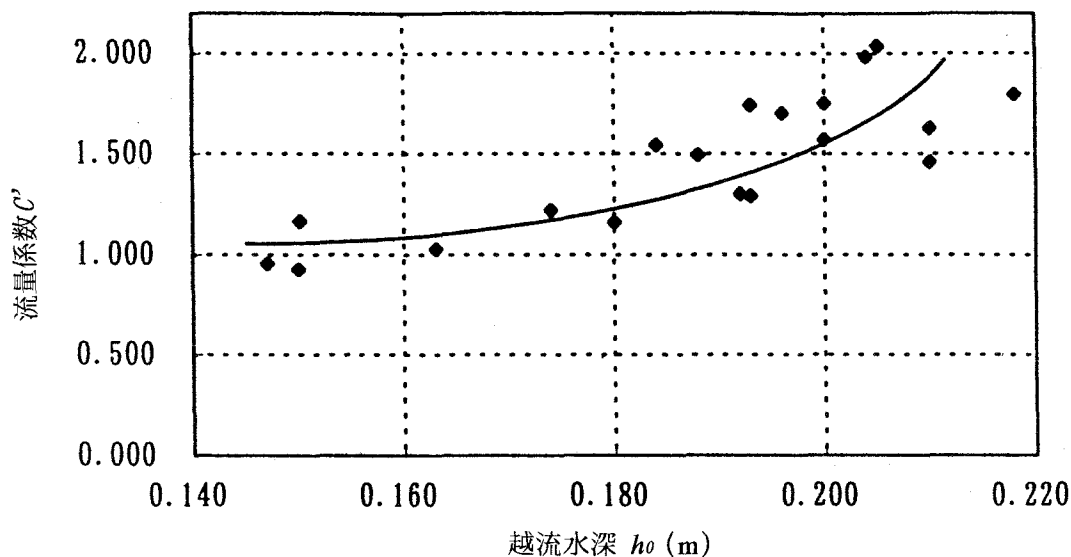


図-7 h_0 と C' の関係（実物換算値）

図-7は実物換算した越流水深 h_0 と流量係数 C' との関係を示す。この図から越流水深 h_0 と流量係数 C' との関係を読みとり、式(2.2)に代入することにより実際の魚道の流量 Q を算出することが出来る。

なお、 C' は次元を有するので実物の大きさを変える場合は注意を要する。

3. まとめ

本研究では、急勾配に対応した魚道に関する現地要望に応えるべく、改良プールタイプ魚道ブロックを水路勾配1/5の魚道として使用した場合の水理特性を明らかにし、魚道としての適用性を検討するとともに設計にあたって必要となる流量係数について評価を行った。本研究によって得られた成果をまとめると以下のようなものである。

(1)魚道ブロックの切り欠き部分を左右交互に設置して滞筋を蛇行させることにより、プール内には様々な流速場が生じることが明らかにされた。プール内の速い流れは魚類の遡上のための呼び水となり、逆に静穏域は格好の休息場となるものと判断される。

(2)越流部については、越流壁に横断勾配を設けたことにより低流量時においても遡上のための越流水深が確保されることが明らかにされた。また、横断方向に越流水深や流速が変化するため、流量

が多くなった場合でも魚類は自分の遊泳力にあった場所を選んで遡上可能であると判断される。

(3)プール中央水深は実物換算で35~42cm程度となり魚の遊泳に支障はないと判断され、小型の魚種を対象とする場合には十分機能すると考えられる。

(4)流量係数について検討した結果、実用となる越流水深と流量係数との関係を明らかにした。

今後は実験によって得られた成果を基に改良プールタイプ魚道の製品化を行い、実河川での適用を予定している。施工後は遡上実験を含めた追跡調査を行うとともに、プール内流況の確認を行いたいと考えている。

参考文献

- 1)廣瀬利雄・中村中六：魚道の設計, pp.26-65, 山海堂, 1991.
- 2)C.Gosset, M.Larinier, J.P.Porcher, F.Travade：魚道及び降下対策の知識と設計, 財団法人リバーフロント整備センター, 1996.
- 3)濱谷・増田：全断面魚道床止工法について, 第46回土木学会中国支部年講, pp.164-165, 1994.
- 4)赤坂・河野・柿沼：全断面魚道の流況に関する実験的研究, 第50会土木学会年講, pp.258-259, 1995.
- 5)前野・名合・野村：PTV法による全断面魚道の水理特性の検討, 水工学論文集, 第42巻, pp.481-486, 1998.

(1999.4.26受付)