

水底における微流速場を再現するための開水路の開発

東亜建設工業 (株) 技術研究開発センター 正会員 ○倉原義之介
 東亜建設工業 (株) 技術研究開発センター 正会員 宮崎 哲史
 東亜建設工業 (株) 技術研究開発センター 正会員 武田 将英

1. 微流速開水路開発の背景

湖沼、閉鎖性内湾の成層海域や深海などにおける水底の水平流れは、毎秒数センチメートルのオーダーの微流速になっていることが多い。このような微流速を持つ流体（淡水・海水）と底質との界面では、さまざま物質交換（重金属や栄養塩の溶出、酸素消費など）が行われており、これまでも数多くの研究が進められている（例えば、渡辺ほか¹⁾、遠藤・重松²⁾など）。ただし、これらの物質交換の多くは、流速によって変動する性質を有しているとされており、任意の微流速場を作り出す開水路が求められていた。そこで、今回、オリフィスの原理を利用した微流速開水路を開発したので、その概要と微流速場の形成手法について紹介する。

2. 微流速開水路の概要

微流速開水路の概要を図-1に示す。微流速開水路は、上流から安定槽、微流速開水路、放流槽の3つの部分で構成される。

(1) 安定槽

供給ポンプによって圧送された水（淡水、海水）は、安定槽下端に設けられた供給口から水路内に送られる。安定槽は、その内部に堰板と消波板が設けられており、供給口から流入してきた乱れた流れを安定させる役割を果たす。また、安定槽側面には水位調整用の開口部

が設けてあり、供給ポンプから余剰に供給される水を、恣意的にオーバーフローさせ、かけ流し中に開水路全体の水深が変動しないようにしている。

(2) 微流速開水路

微流速開水路は、幅0.5m×高さ1.2mの一様断面をもつ水平開水路であり、その延長は6.5mである。その下流断面には、2枚の多孔板が設けられている。開閉レバーを用いて片方の多孔板を上をスライドすることで孔の開放を行い、かけ流しを開始することができる。また、多孔板の孔には雌ネジ加工がしてあり、孔にボルトを挿入したり外したりすることで、任意の多孔断面を作り出すことができる。次章に述べるオリフィスの原理を利用して、水深と設定流速に応じた多孔断面を作ることによって、水深方向に一様な微流速場を形成することができる。また、微流速開水路の底部には0.5m×0.5mの開口部が1箇所設けており、底質を充填した高さ0.5mの試料容器を下方から設置できるようになっている。

(3) 放流槽

放流槽は、微流速開水路の多孔板から放水された水を一時的に貯留するための水槽であり、水槽内部に設けた目盛で時間当たりの流量を計測できるようにしている。また、放流槽に貯まった水は、排水ポンプにより系外に排出される。

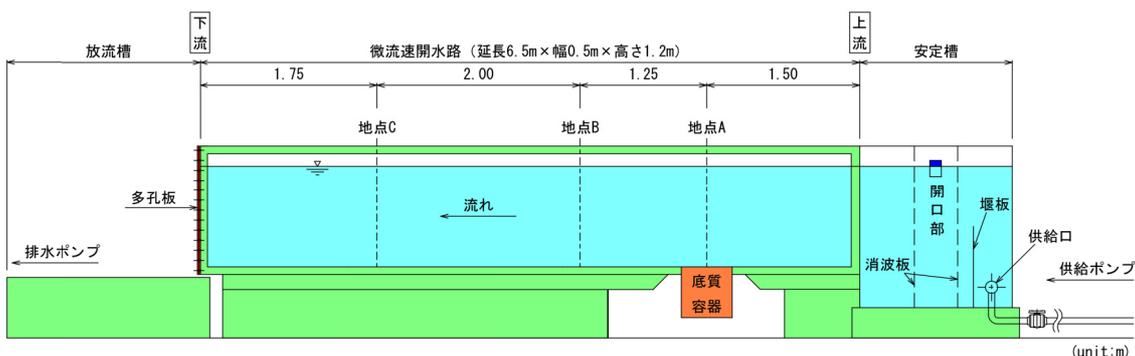


図-1 微流速開水路概要図

キーワード 微流速, 開水路, オリフィスの原理, 物質交換

連絡先 〒230-0035 横浜市鶴見区安善町1-3東亜建設工業(株)技術研究開発センター TEL 045-503-3741

3. オリフィスの原理を利用した微流速場の形成手法

河川の実験で用いられる開水路では、水路の下流断面にゲートや堰による放水口を設け、その放水面積を調節することによって実験に必要な流速を作り出す場合が多い。ただし、放水口近傍の流れは乱れが大きく実験には適さないため、安定した流れを得るためには、水路の延長を十分に長くする必要があった。その結果、実験に使用する水量が増え、大きな水深を確保しにくいという問題があった。そこで、今回の微流速水路では、図-2に示す多孔板による放水口を設け、放水口近傍の乱れを極力小さくするように工夫した。その結果、水路延長の短縮を図り、大きな水深を確保できるようにした。

1つの孔から放水される流量 Q は、オリフィスの原理により式(1)で算出される。ここに、 Q : 孔から排出される流量、 g : 重力加速度、 h : 孔までの水深、 C : 流量係数($C=0.60$)、 a : 孔の断面積である。

$$Q = Ca\sqrt{2gh} \quad (1)$$

式(1)を用いて、孔から放水される流量と水路を流れる流量とが一致するように、開放する孔の個数を算出した。また、水路壁面での摩擦損失などによる流速低下を考慮して、実際の流速を計測しながら、一部の孔をボルトで開閉することで微調整できるようになっている。一例として、水深100cmで平均流速が1.0cm/sに設定したときのドップラー式超音波流速計による流速測定結果を図-3に示す。測定箇所は、図-1における地点A(上流)、地点B(中流)、地点C(下流)の3ヶ所で、各地点30秒間計測した平均値を示している。その結果、流速は0.8cm/s~1.3cm/sとほぼ様な流れになっており、各側線間の変動も小さい結果が得られた。また、地点Cにおけるかけ流し時の染料の動きを図-4に示す。(b) 基準線 $x=0.35m$ から5秒後の画像が(a) 基準線 $x=0.40m$ である。固定したカメラで撮影したため、視差の影響で実際の流速より早く移動しているように見えるものの、染料からは鉛直方向にほぼ様な流れになっていることが確認できた。

4. まとめ

新たに開発したオリフィスの原理を利用した微流速開水路の概要と微流速場の形成手法について紹介した。

また、流速測定等の結果から、水深方向に様な微流速場が形成されていることを確認した。最後に、本開発は、(一社)日本鉄鋼連盟よりご支援をいただいた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 渡辺信久, 酒井伸一, 高月紘: 水-底質系におけるブチルスズの動態と環境運命, 水環境学会誌, Vol.15, No.10, pp.672-682, 1992.
- 2) 遠藤徹, 重松孝昌: 港湾海域における底質の酸素消費特性の季節変化に関する研究, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. B2-65, No.1, pp.1051-1055, 2009.

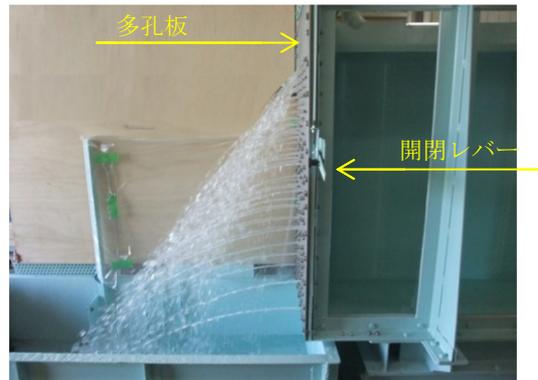


図-2 多孔板による放水状況

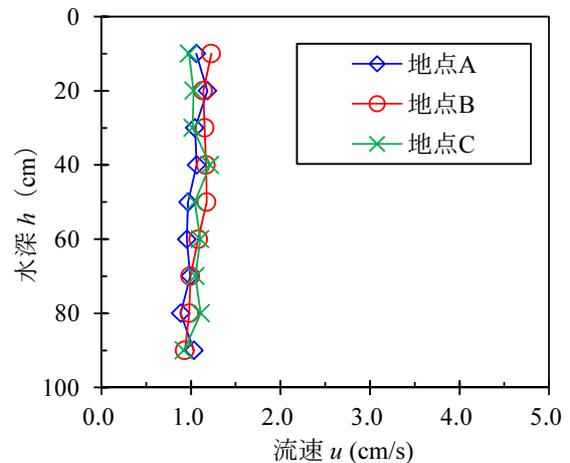


図-3 水平流速の測定結果

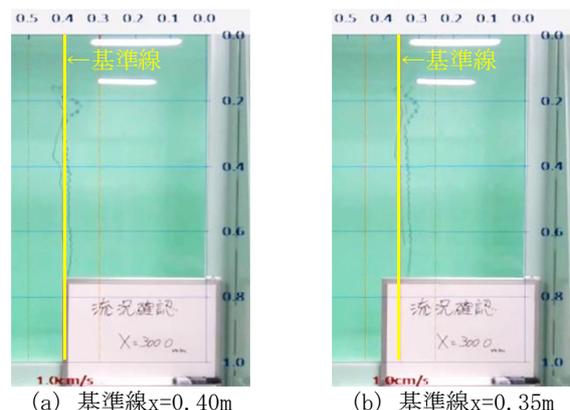


図-4 かけ流し時の染料の動き (地点C)