

水路側壁の影響を考慮した流量算定の試み

(株)シーテック 正会員 ○伊藤 真行
 (株)シーテック 正会員 前田 浩伸
 (株)シーテック 正会員 土山 茂希

1. はじめに

河川からの取水量は法で定められており、遵守が求められている。導水路は、水深や流速が取水流量や水路の経年変化に応じて大きく変動するので、流量の正確な把握は難しい。著者らは、取水流量を把握するため、超音波ドップラー流速計を水路敷中央に設置して得られる鉛直方向の流速分布より流量を算定する方法を試みているが¹⁾、この方法では、水路底面粗度の影響を取り込めるものの、側壁の影響を取り込めないため、これを解消するには横断方向の流速分布形状を調べる必要がある。

同一水路において超音波ドップラー流速計を2台使用し、鉛直流速分布および横断流速分布を同時計測することにより、流速計の設置位置による算定流量の差異や壁面粗度等が流速分布に与える影響を検討した。

2. 計測実施施設の概要

計測は、小規模な溪流取水をはじめとした合計10箇所の導水路において実施した。水路断面形状は馬蹄形あるいは幌型のコンクリート張り水路である。表1に、流速計測を実施した施設(10箇所)の概要を示す。ただし、レイノルズ数の代表長さ(D)は径深を用い、動粘性係数は水温20℃の値²⁾($=1.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$)とした。本編では、便宜上フルード数およびレイノルズ数の算出には、鉛直流速分布による平均流速を用いた。なお、底面近傍の計測不能領域には1/6べき乗則を適用した³⁾。流速計は、上下流方向に直線であり、流れの乱れが少ない箇所に設置した。2台同時に計測するため、超音波の干渉を避けられる離隔距離を設けて流速計を設置した。

表1 検討実施施設の概要

項 目	計 測 諸 元	
	最小	最大
1箇所当りの計測数	2	12
水路断面積 (m ²)	1.9	16.8
平均流速 (m/s)	0.07	3.21
最大使用水量 (m ³ /s)	1.3	40.0
フルード数	0.251	0.749
レイノルズ数	2.98×10^5	3.84×10^6
アスペクト比 (B/H)	1.17	4.35

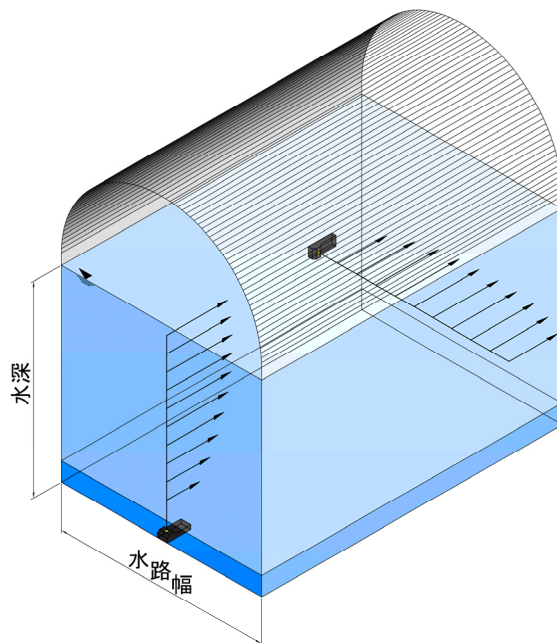


図1 機器配置および流速計測イメージ

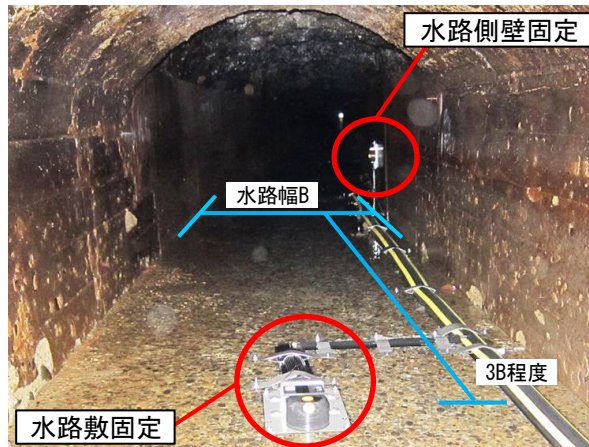


写真1 機器配置状況

3. 流速測定の概要

計測箇所毎に流量を変えたケースを設けた計測は、ゲート開度操作により流量を一定に保ち、水位と水面が安定した後に行った。計測に用いた超音波ドップラー流速計は、水路底面の中央および水路側壁に設置し、鉛直と横断方向にそれぞれ最大10分割の測点の流速値を同時に取得した。側壁の機器設置高さについては、最大取水量における水深の6割の深さを目安とした⁴⁾。これにより、横断方向の流速分布は、計測器固定であるため同地点でもケースにより水深割合が異なる。

キーワード：超音波ドップラー流速計、流速分布、流量算定、べき乗則、壁面影響

〒455-0054 名古屋市港区遠若町 3-7-1 Tel. 052-651-4074 E-mail ma.itou@ctechcorp.co.jp, h.maeda@ctechcorp.co.jp, s.tsuchiya@ctechcorp.co.jp

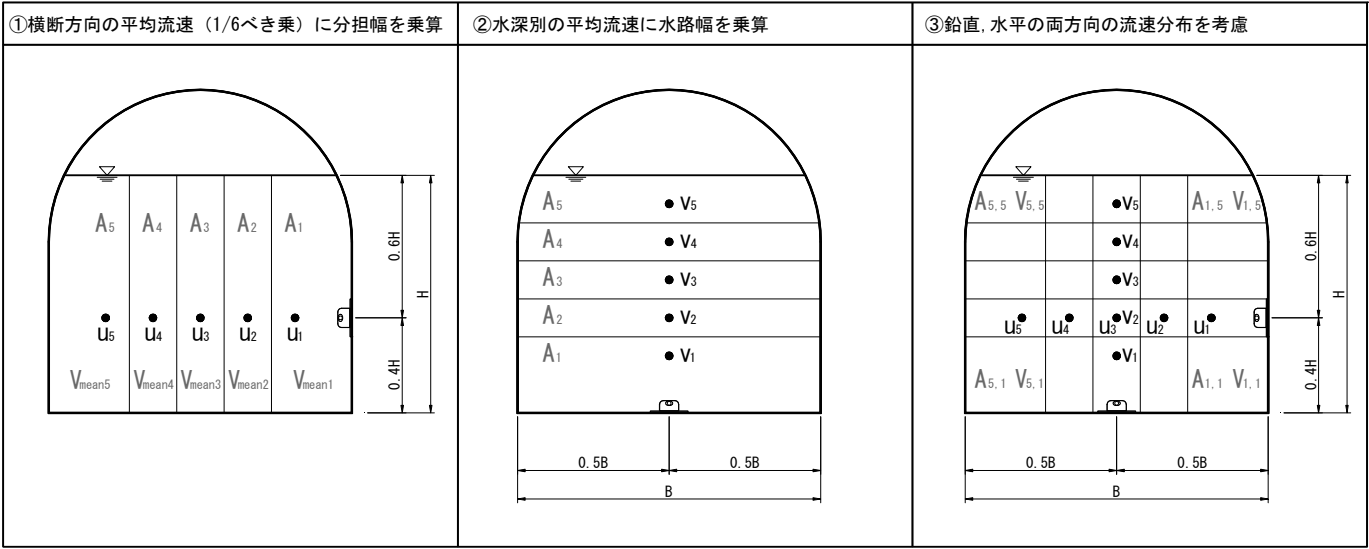


図2 流量算定イメージ図

4. 計測結果の整理

計測した流速から流量を3種類の方法で算出し、比較した。図2に3種類の流量算定イメージを示す。

(1) 算出方法1

水路側壁に設置した計測器から得られる横断方向の流速分布から平均流速を求め、鉛直方向の通水断面積を乗じて流量を算定した。

$$V_{mean_i} = \frac{1 - (0.4H/H)}{1 - (0.4H/H)^{7/6}} u_i$$
$$Q_i = A_i \cdot V_{mean_i}, \quad Q = \sum_{i=1}^n Q_i$$

(2) 算出方法2

水路底面中央に設置した計測器から得られる、鉛直方向の流速分布から平均流速を求め、水平方向の通水断面積を乗じて流量を算定した。ただし、底面近傍の計測不能領域には1/6べき乗則を適用した。

$$Q_j = A_j \cdot v_j, \quad Q = \sum_{j=1}^n Q_j$$

(3) 算出方法3

水路底面中央に設置した計測器から得られる水深方向の流速分布と、水路側壁に設置した計測器から得られる横断方向の流速分布に基づき、各測点の流速値の比率を乗じて流量を算定した。

$$V_{i,j} = \frac{u_i}{u_5} \cdot v_j, \quad Q_{i,j} = A_{i,j} \cdot V_{i,j}, \quad Q = \sum_{i,j=1}^n Q_{i,j}$$

5. 算出流量の比較

図3は、横軸に算出方法3により算出した流量、縦軸に算出方法1もしくは2により算出した流量をとり、相関をとったものである。これにより、それぞれに高い直線性が得られた。次に、算出方法による流量値の差異を比較したところ、算出方法1との比較では、9%程度の差異があるのに対し、算出方法2との比較では、2%以下である。

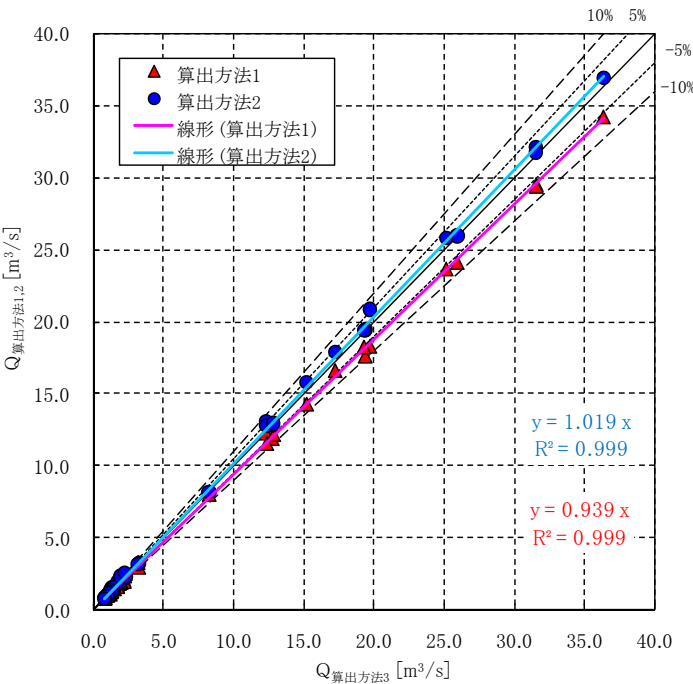


図3 流量値比較

6. まとめ

流速の鉛直と横断の2方向分布を取り込み算定した流量と、鉛直分布だけから算定した流量の差異は2%以下となった。これより、横断方向より鉛直方向の流速分布の方が流量算定に大きな影響を与えることがわかった。引き続き鉛直方向と横断方向の同時計測を実施し、導水路における流量算定精度の向上に取り組んで行く。

参考文献

- 1) 伊藤, 前田, 土山: 暗渠部における流量把握方法の試み, 土木学会中部支部研究発表会(2010.3), II-25, pp.165-166
- 2) 土木学会: 水理公式集 [平成11年版]
- 3) Cheng-lung Chen: Unified Theory on Power Laws for Flow Resistance, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 117, No. 3, (1991), pp.371-389
- 4) 電力土木技術協会: 発電水力流量調査の手引き(2001年度版), pp.71-76