

台形断面開水路における流速分布特性について

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

1. はじめに

水力発電所では、河川からの取水において法により許可された取水量の遵守が求められている。水力発電所の導水路の水深および流速は、取水流量に応じて大きく変動する。このため、著者らは、水路形状に応じて超音波ドップラー流速計を水路床や水路側壁に設置し、水力発電所導水路における流量を算定している¹。ここでは、台形断面開水路において、超音波ドップラー流速計を側壁の傾斜に沿ってスライドさせた場合に得られる横断方向の流速分布から得られた知見を整理した結果を報告する。

2. 対象水路の概要および計測状況

今回、検討の対象とした台形断面開水路の概要を表1に示す。水路規模としては、幅5m前後で比較的大きな水路を選択しかつ、側壁勾配が異なるものとした。

表1 対象水路の概要

	A水路	B水路	C水路	D水路	E水路
高さ(m)	5.510	4.285	5.175	7.049	5.762
上底(m)	8.580	3.584	6.876	9.618	8.788
下底(m)	7.440	5.666	2.926	4.092	3.061
側壁勾配(右岸)	1:0.1	1:0.25	1:0.38	1:0.39	1:0.50
側壁勾配(左岸)		1:0.21			
底部形状	直線	円弧	円弧	円弧	円弧

台形断面開水路における計測状況を写真1に示す。

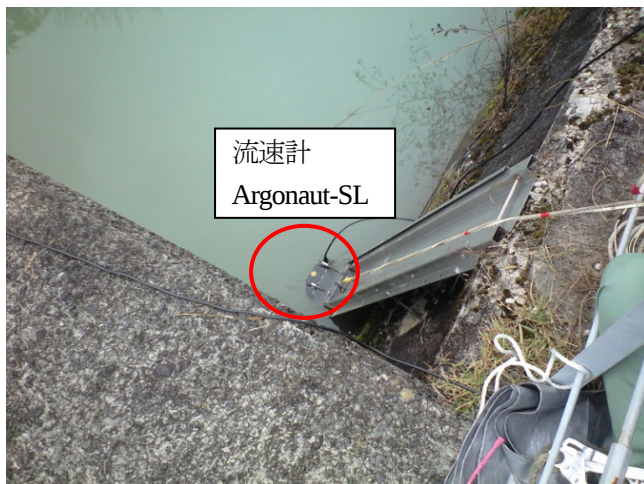


写真1 台形断面開水路における流速測定状況

3. 流速概要

形状の異なる開水路断面において、横断方向流速の計測時間、計測の水深方向のスライド高さおよび計測した流量のパターンを表2に示す。

表2 計測概要

	A水路	B水路	C水路	D水路	E水路
計測時間(秒)	180	180	60	60	60
高さ間隔(cm)	4.6~49.5	8.7~39	4.6~27.7	15~43.6	9.8~27.1
フルード数	0.038 ~	0.394 ~	0.096 ~	0.065 ~	0.057 ~
範囲(計測時)	0.226	0.493	0.324	0.368	0.214
計測機種	SL1500	SL3000	SW	SL1500	SL1500

計測時間：各横断測線における計測時間

高さ間隔：流速計をスライドさせる高さ

フルード数：計測した全流速の算術平均と水深から算出

4. 計測時間の考え方

計測時間は、流速のバラツキとの関係を調べ決定する必要がある。超音波ドップラーの流速バラツキの予測式²をもとに、計測時間の検討を行う。

流速バラツキ計算式

$$\sigma V = \frac{P1}{P2\sqrt{AI}\sqrt{CS}}$$

ここに、 σV ：流速のバラツキ (cm/s) $P1$ ：機器定数 $P2$ ：機器定数 AI ：測定時間 (秒) CS ：セルサイズ
上式と別途、流速計試験成績書³に記載されている測定誤差との比較をした結果を図1に示す。超音波ドップラー流速計は Sontek 社製 Argonaut-SW および SL1500(1.5MHz)および SL3000(3.0MHz)を対象とした。

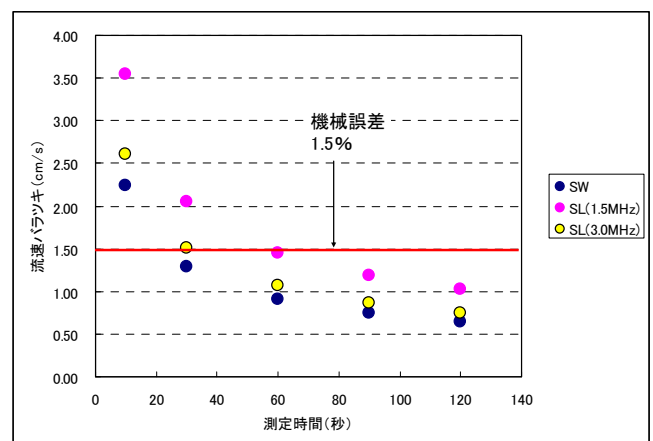


図1 計測時間による流速のバラツキ

上図より、測定時間 (平均時間) が 60 秒以上とした場合、測定誤差>流速バラツキとなる結果が得られた。

5. 流速評価方法および結果

流速評価方法として、横断方向流速の算術平均値 (V_m)

キーワード：水力発電所導水路、台形断面、流速分布、超音波ドップラー流速計

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

）に対し、水路中央部の流速値 (V_s) と比較を行った。
 V_m と V_s の定義を図化したものを図 2 に示す。

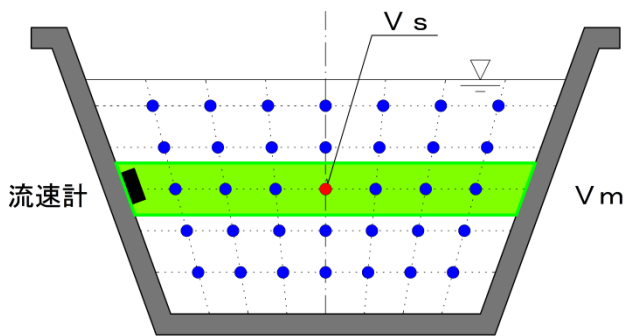


図 2 流速の定義

V_m と V_s との関係について散布図にした結果を図 3 に示す。これより、今回調べた全ての水路において、 V_m と V_s は良好な線形関係にあることが分かった。しかし、各水路において、 V_s から V_m の線形近似は可能と考えられるが、その勾配は一定ではなくある幅を持っていることが分かる。

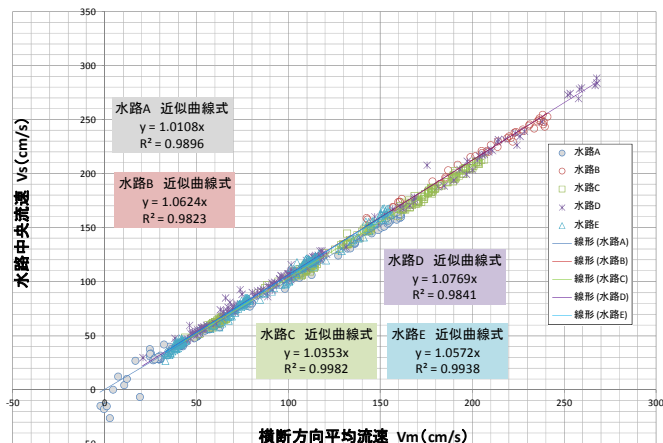


図 3 V_m と V_s との関係

6. V_s から V_m を求める補間式

V_m と V_s との線形関係に見られる傾きの違いは、台形断面開水路に見られる二次流の発生が大きく関与しているものと推測される。台形断面開水路流れについては、三次元乱流構造の解明を実験⁴により試みられており、二次流の発生原因は側壁の傾斜によって大きな影響を受けると考えられている。ここでは、側壁の傾斜と V_s 、 V_m の線形近似式の傾きとの関係について調べる。

ここで、左右岸の側壁の傾きが異なる B 水路と直線距離が不十分である D 水路は除外する。

図 4 に側壁の傾斜と線形近似式で得られた傾きとの関係を散布図にした結果を示す。

これより、側壁の傾きが大きくなるほど線形近似の傾きが大きくなり、横断方向の流速分布において、より中心部の流速が大きくなる結果となった。これは、一般的に側壁傾斜が大きくなると台形側壁渦が発達する現象が現地計測で得られたものと考えられる。

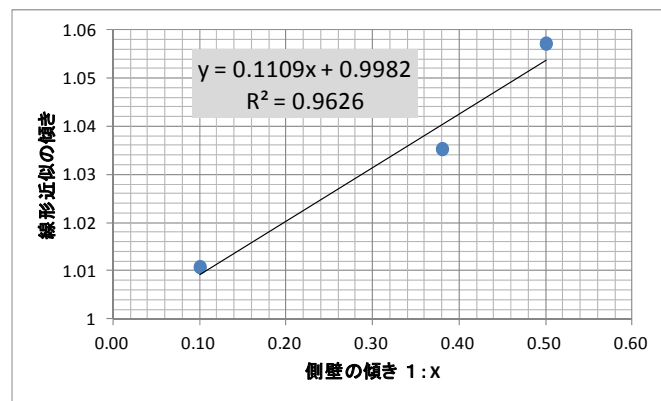


図 4 側壁の傾斜と線形近似式の傾きとの関係

7. まとめ

本検討より、下記に示す知見を得た。

- ①流速計をスライドさせる場合、各高さでの流速測定時間は流速のバラツキ等を考慮すると 60 秒以上が望ましい。
- ② V_m と V_s との関係は、今回調べた全ての水路において強い線形関係にあることが判った。
- ③側壁の傾きが大きくなるほど線形近似の傾きが大きくなり、横断方向の流速分布において、より中心部の流速が大きくなる結果となった。
- ④側壁傾斜が大きくなると台形側壁渦が発達する現象が現地計測で得られた。

8. 今後の課題

台形断面開水路における流量を計測する場合、現状の超音波ドップラー流速計を側壁の傾斜に沿ってスライドさせ、多数の測点での流速を計測する方法は、計測に時間を要する。さらに、流れ込み式水路の場合、一定流量で長時間流下させるための調整に多くの手間がかかり、経済的ではない。このため、簡単に水路中心部における鉛直方向流速分布のみで台形断面開水路全体の流速を見積る方法を模索した結果、側壁の傾きで平均流速を求める可能性が出てきた。

今後は、さらに多くのデータを蓄積し分析を行ってきたい。

参考文献

- ¹ 伊藤、前田、土山：水路壁の影響を考慮した流量算定の試み、土木学会第66回年次学術講演会(平成23年度)、II-144, pp287-288
- ² Argonaut-SW System Manual Firmware Version 11.8 SonTek/YSI Inc.
- ³ 例えば、伊藤、前田、土山：ADCPによる流速測定精度の検証結果(試験水路)、土木学会第65回年次学術講演会(平成22年度)、II-018, pp35-36
- ⁴ 富永、江崎、柁津：台形断面開水路の三次元乱流構造に関する実験的研究、土木学会論文集、第381号II-7、19875月