

噴流型流動促進装置の装置形状の違いによる流動性能の変化に関する実験的検討

呉工業高等専門学校 正会員○黒川 岳司 株式会社レールテック 非会員 横山 英里
広島市 正会員 濱本 光蔵 呉工業高等専門学校専攻科 正会員 山本龍之介

1. 序論

近年、湖沼等で富栄養化が問題になっている。富栄養化するとアオコの発生や、底層の貧酸素化などにより水質環境が悪化する。これに対する改善策として噴流型流動促進装置の導入がある。現在、その装置の噴流発生部における形状は円筒型が用いられているが、既往の研究¹⁾より装置形状を変化させることによる流動性能が向上することが報告されている。そこで本研究では、流動性能を検討しやすいように実験装置を改良した上で、検討対象とするモデル形状の種類を増やすことで、形状の違いにおける流動性能に及ぼす影響を検討し、最も効率的な装置形状を明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要

噴流型流動促進装置本体は、(株)共立の「みずきよMk-III」の5分の1スケールのモデルを使用した。図-1に噴流型流動促進装置の原理を示す。ポンプにより送水管を通じて、駆動水（流速 v_1 、流量 Q_1 ）として円筒部に噴出され、円筒内部で負圧が生じる。その結果、円筒部後方から周囲水の吸引（流速 v_2 、流量 Q_2 ）が発生し、円筒部内で駆動水（ Q_1 ）と吸引水（ Q_2 ）が混合しながら、最終的に装置前方に吐出水（流速 v_3 、流量 Q_3 ）として放出される。

本研究で着目するのは流速である。既往の研究¹⁾では実機の仕様に合わせて、同水路内の表層水を循環ポンプによって送水していたが、駆動水の流速 v_1 および流速 Q_1 の計測・算定が困難であった。そこで本研究では、系外から流量を測定できるベンチュリーメータを通じて送水することで、 Q_1 および v_1 を直接算定することとした。なお、本実験では、全ての実験において、 Q_1 および v_1 は、 $Q_1=850(\text{cm}^2/\text{s})$ 、 $v_1=1.51(\text{cm}/\text{s})$ で一定とした。本実験では幅 60cmの開水路を使用し、堰によって水深 50cmに保ち、静水状態にした。実験装置には円筒モデルを設置し、開水路に固定した状態で流速を計測した。測点位置は、装置前端部から前方に4箇所、後方2箇所の6点。1断面における測定位置は円筒モデルの円の中心点、そこから左右に5cm、10cm、20cmの7点の、合計42箇所である。流速は電磁流速計で測定し、測定位置は装置本体部噴流発生部と同じ高さ（水深 37cm）とした。流速計の条件はサンプリング容量 3000、周期 100Hz (30 秒) で1つの流速データが測定できるように設定した。円形モデルは、厚さ 1mmの塩化ビニルで作製した。噴流型流動促進装置の水流発生部に設置する円筒モデルの形状を表-1に示す。表-1に示す寸法のうち、 l が管長、 d_1 、 d_2 がそれぞれ吸引側と吐出側の管の直径である。

3. 結果および考察

図-2に実験結果の例として、モデル 11（漸縮型、管長 $l=40\text{cm}$ 、漸縮率 40%）の吐出側および吸引側の流速分布を示す。吐出側では、各断面で概ね装置の中心軸上（水路横断面軸 30cm 地点）で最大流速となり、流下に伴って中心軸上の最大流速は減少するとともに横断方向に分布が広がっており、噴流と

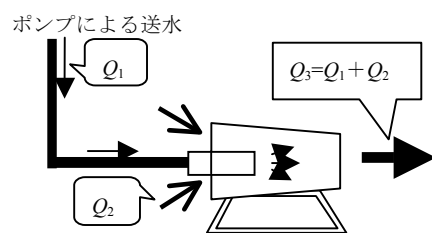


図-1 噴流型流動促進装置の原理

表-1 円筒部寸法

モデル名 形状	寸法 (cm)			漸縮率 (%)
	d_1	d_2	l	
円筒型	1	10	20	0
	2		30	
	3		40	
漸縮型	4	4	20	60
	5	6		40
	6	8		20
	7	4	30	60
	8	6		40
	9	8		20
	10	4	40	60
	11	6		40
	12	8		20

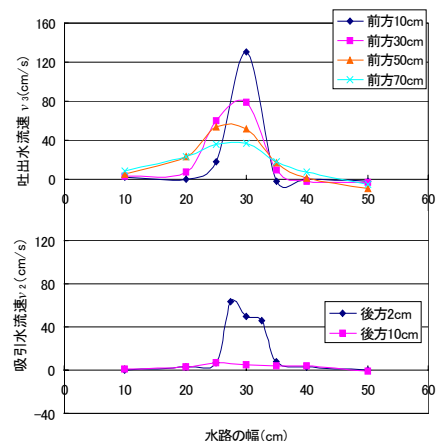


図-2 モデル 11 の流速分布

なっていることが分かる。なお、吐出直後の装置周辺部では負の値となっている。これは連行が生じたためである。一方、吸引側では、装置直近で断面全体にわたりほぼ一様に吸引が生じているが、わずかに離れるだけで吸引されていないことが分かる。

3.1 噴流性能についての考察

装置前方の流速は噴流性能を示し、図-3 に円柱型と漸縮型の装置前方軸における最大流速を示す。装置前方 10cm における流速は漸縮率 60% で最大となった。吐出直後の流速は大きい、それ以降の流速は小さい値となっている。そこで、各漸縮率別に流下に伴う流速の減少率に着目すると、漸縮率が高いほど急激に流速が低下していることが分かる。このことから、漸縮率が大きいと吐出部の断面積が小さい分流速が大きくなる反面、拡散するまでの時間も早いことが分かる。流下の分布としては、流下距離が増えても他の漸縮率よりも大きい流速となった漸縮率 40% が最も良いことが分かる。

図-4 に管長と最大流速の比較結果を示す。管長は短いものほど流速が大きくなる傾向が見られた。その原因として、円筒が長くなると、円筒内側に摩擦が生じ粘性が生まれるため、損失が大きくなったと思われる。しかし、管長 20cm のモデルは、ポンプ送水直後に吐出してしまうため、吸引・混合は行われていないと思われる。

3.2 吸引性能についての考察

装置後方の流速は吸引性能を示す。図-5 に漸縮型における装置後方の最大流速の比較を示す。図より漸縮率 40% で流速は最大となった。装置前方で流速最大が得られた漸縮率 60% の円筒においては、装置後方では最も低い流速となった。これは、漸縮率の増加に伴って吐出断面積が小さくなるために、駆動水と吸引水が装置内で滞留することが原因であると考えられる。漸縮率を増加させると吸引性能は高くなるが、一定の漸縮率を超えると逆効果になることが分かった。

図-6 に円柱型の装置後方の最大流速を示す。管長は 40cm で最大の値が得られたが、それ以下の管長では低い値となった。これは、円筒内で駆動水と吸引水が混合するには長さが不十分であったためと考えられる。管長が大きくなれば吸引性能が向上する傾向が見られたため、管長をさらに長くすると、吸引能力も向上する可能性が高い。そのため、管長 40cm 以上のモデルを使用した実験が必要である。

4. 結論

本研究では、噴流型流動促進装置の装置形状（管長、漸縮率）の違いによる流動性能の変化について実験的に検討を行った。以下に、得られた知見を列挙する。

- (1) 漸縮率 40% で噴流、吸引性能が最大となった。ただし漸縮率 60% を超えると逆効果になる。
- (2) 管長が短いと噴流性能は大きくなるが、駆動水と吸引水の混合に長さが不十分となり吸引性能は小さくなる。

参考文献

- 1) 濱本光蔵, 黒川岳司: 噴流型流動促進装置の装置形状と吸引・噴流性能との関係: 土木学会第 64 回年次学術講演会講演概要集, II-245, 2009

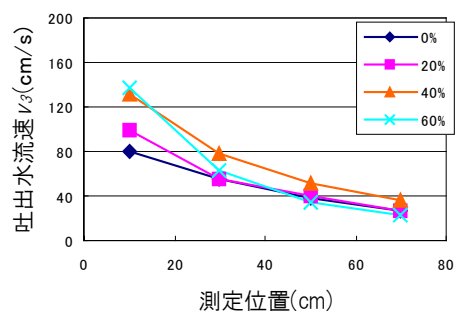


図-3 吐出水流速と流下距離の関係

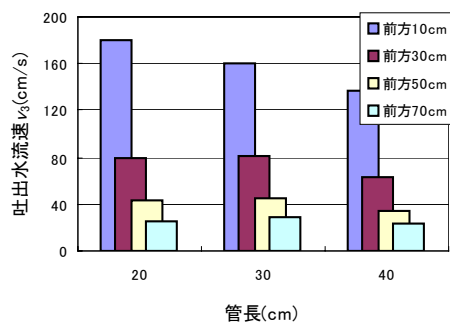


図-4 円柱形の最大流量(吐出水)

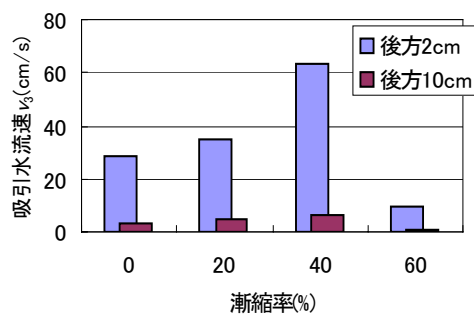


図-5 漸縮型の最大流速(吸引水)

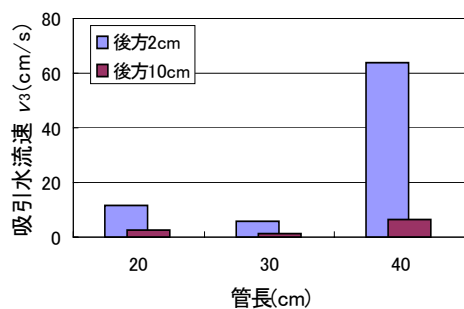


図-6 円柱形の最大流速(吸引水)