

3段階ステップ流入式硝化脱窒法の整流壁付分水槽の有限要素法による分配検討

中日本建設コンサルタント株式会社 ○足立 康祐 中根 進
 公益財団法人愛知水と緑の公社 藁科 亮

1 はじめに

3段階ステップ流入式硝化脱窒法の各段脱窒槽への可動堰を使った分水事例(供用開始時における分配割合の現地調査結果)と均等分配のために既設分水槽内に障害物を置いて堰高の調整無く均等にする方法を昨年度「3段階ステップ流入式硝化脱窒法における均等流入に配慮した流路構造について」¹⁾で示した。

今回、新設・増設時に堰高の調整無く均等分配を図る構造として、整流壁付分水槽について二次元有限要素法の数値解析で水理的な検討を行った。数値解析には、流れを流速ベクトルや流線で可視化することを目的に有限要素法のフリーソフトであるFreeFem++²⁾を使った。

2 実施における分水槽の分類

実施における分水槽の一例では、図-1に示す平面位置に設置されている。分水槽は、一般的に管廊の上部に設置され、水路、管廊に降りる階段、搬入口や明りとりなどの制約のため、分水槽への流入方向は、表-1のように分類される。

図-1に示す位置に設置されている分水槽では、可動堰の高さを調整していない場合、表-2のように均等な分配ができていない状況であった。

そこで、分水槽への流入方向によらず均等分配を図る構造として、分水槽に整流壁を付加した整流壁付分水槽について数値解析で水理的な検討を行った。

3 数値計算による整流壁付分水槽の分配比率の検討

3.1 整流壁付分水槽の解析モデル

ステップ流入式3段階硝化脱窒法の整流壁付分水槽を念頭に解析モデルを以下のよう設定した。

槽の外形図と有限要素メッシュは図-2とする。

数値計算上の動粘性係数は、有限要素の大きさ、計算時間刻みを考慮して $\nu = 1/1000 \text{ m}^2/\text{sec}$ とした。また分水槽への流入の幅を1.0 mとし、流入流速1.0 m/secを与えた。

計算結果の流速の単位はm/secであるが、レイノルズ数Reが同じであれば、代表長さ(流入口)、流入速度、動粘性係数を変えても流れの様子は変化しない。

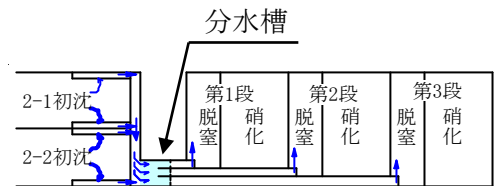


図-1 分水槽の平面配置例
 表-1 分水槽の流入方向の分類

水路の分類	分水槽の流入方向の分類		
	整流壁	中央流入	片寄流入
正面流入	無		
	有		
水路の分類	分水槽の流入方向の分類		
	整流壁	片側流入	両側流入
側方流入	無		
	有		

表-2 3段階ステップ分配割合

	1系	2-1系	2-2系
1段	0.46	0.37	0.33
2段	0.54	0.37	0.35
3段	—	0.26	0.32

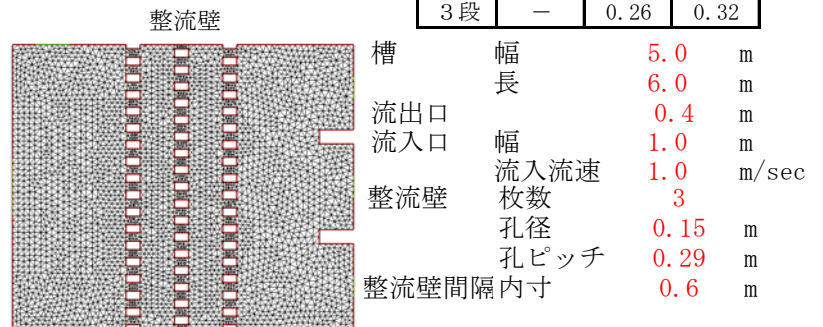


図-2 槽の外形図と有限要素メッシュ

3.2 正面流入(中央)の場合

初沈流出から整流壁の正面に流入する場合(表-1上)を想定し、整流壁を1枚から3枚変えて検討する。解析した分水槽内の水流のベクトル図の一例(整流壁1枚)を図-3に示す。図に示しているのは流速ベクトルであり、有限要素1つに流速ベクトルを矢印→で示しているが、ベクトルとしての判読ができないので本文では流速分布図と表現する。

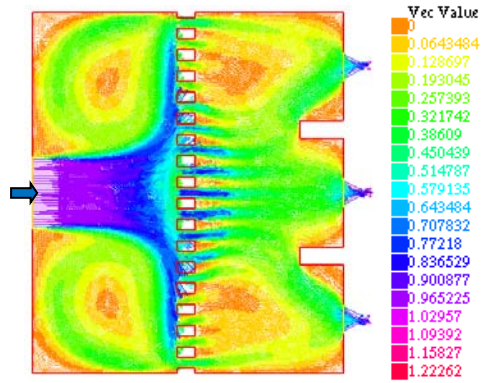


図-3 正面流入(中央)の流速分布(流速ベクトル)

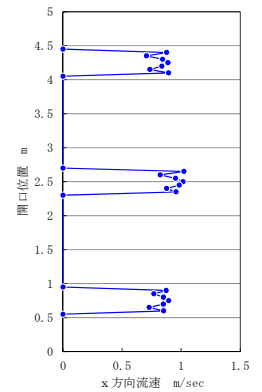


図-4 分水槽出口の流速

整流壁1枚の分水槽出口の流速値を図-4に示す。この流速から流量を算定し、整流壁枚数に対する分配割合として図-5に示す。

整流壁の枚数が変化しても出口流速はあまり変化が無いように見えるが、図-5で明らかなように流入口の直下にあたるNo.2の分水槽出口の分配割合が大となる。しかし、整流壁が2, 3枚になると、流入口1mに対して分水槽幅5.0mと広いにもかかわらず各分水槽出口へはほぼ均等に分配される。

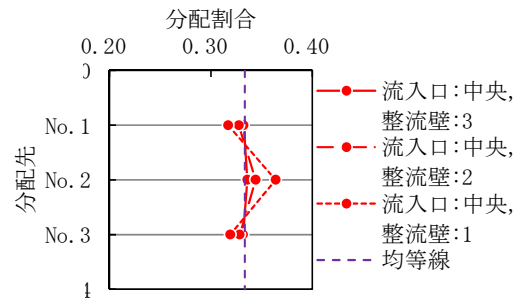


図-5 正面流入(中央)の整流壁枚数と分配割合

3.3 正面流入(片寄)の場合

整流壁の正面から流入するが、実施設を考慮して整流壁に対して片寄った流入を想定した解析を行なった。

解析の一例として図-6に整流壁3枚に対する流速分布図を示す。整流壁枚数に対する各出口からの分配割合を図-7に示す。

片寄った流入口付近に近い分水槽出口からの分配量が最も多くなる。整流壁が1枚の場合が最も分配割合が不均衡となる。整流壁が2枚、3枚となると少しずつ均等に近づく。

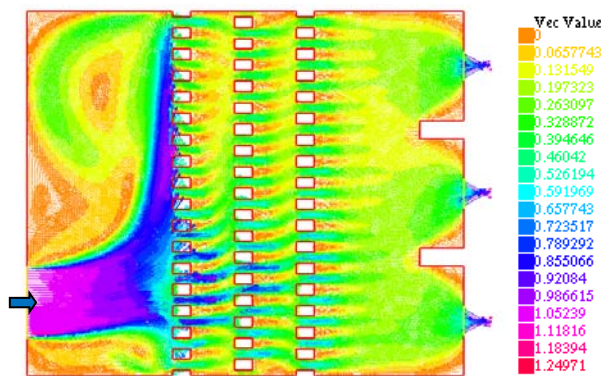


図-6 正面流入(片寄: 整流壁3枚)の流速分布

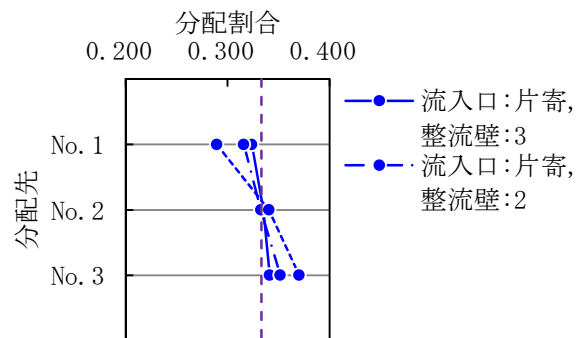


図-7 正面流入(片寄)の整流壁枚数と分配割合

3.4 側方流入(片側)の場合

整流壁に沿って側方の片側から流入する場合(表-1下)を解析した結果を流速分布の一例として整流壁枚数2枚を図-8に示す。

側方の片側からの流入は、図-9に示すように整流壁の枚数によらず分配量はほぼ一定であった。

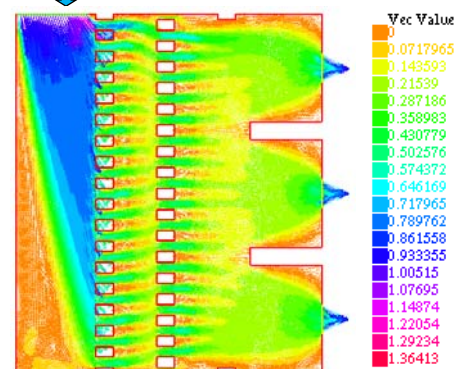


図-8 側方流入(片側)の流速分布

分水槽の平面的な配置では、前掲図-1で示すように整流壁の正面に最初沈殿池から直接流入する流路があるので分水槽に全量側方から流入させることが困難であることが多い。

3.5 側方流入(両側)の場合

反応槽の休止を考慮して1つの分水槽の両側から流入することを想定した。流量は反応槽1槽の処理量とし、解析上、分岐後の水量を正面流入と同じとするため、分水槽入口からの流速を各々0.5 m/secとする。解析した結果を流速分布として図

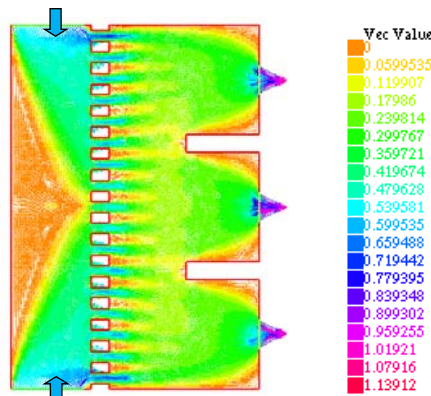


図-10 側方流入(両側)の流速分布

図-10に示す。両側からの側方流入は、片側からの流入より、整流壁の枚数によらず、図-11に示すように均等な分配ができています。

3.6 正面流入(中央と片寄)および側方流入(片側と両側)のまとめ

各出口に対する分配割合で、最小分配割合に対する最大分配割合と最小分配割合の差を次式で算出する。

$$\text{差}(\%) = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\min}} \times 100$$

ここで、 V_{\min} : 出口の最小分配割合
 V_{\max} : 出口の最大分配割合

各流入方向の最小分配割合に対する差を表-3、図-12に示す。側方流入させる方が正面流入させる方より均等分配しやすく、かつ整流壁が1枚であってもその差は概ね5%以下になる。正面流入させる場合、差を概ね5%以下に抑えるためには、整流壁を2枚以上設ける必要がある。

表-3 流入方向および整流壁枚数と最少分配割合に対する差

流入方向		整流壁		
		3枚	2枚	1枚
正面流入	中央	1.3%	5.1%	14.8%
	片寄	5.5%	11.3%	27.9%
側方流入	片側	0.7%	1.7%	5.3%
	両側	0.1%	0.9%	1.5%

4. まとめ

3段ステップ流入式硝化脱窒法の各段脱窒槽への分水槽には、整流壁を付けることが有効であり、整流壁に接する方向から流入させる場合には、片側からでも両側からでも流入方向を問わず1枚でも有効であることが判明した。整流壁の正面から流入させる場合には、整流壁は有効であるものの中央から流入させる際は、2枚必要であり、片寄った流入がある場合は、3枚必要であることが判明した。

【参考文献】

- 1) (公財)愛知水と緑の公社 藁科 亮,丸山 司,中日本建設コンサルタント(株)中根 進 : 多段ステップ流入式硝化脱窒法における均等流入に配慮した流路構造について 平成27年度第52回下水道研究発表会講演集 N-6-1-3
- 2) 大塚 厚二,高石 武史 : 有限要素法で学ぶ現象と数理-FreeFem++数理思考プログラミング-共立出版

【問い合わせ先】 中日本建設コンサルタント(株) 水工技術本部 中根 進 TEL052-232-6055 E-mail s_nakane@nakanihon.co.jp

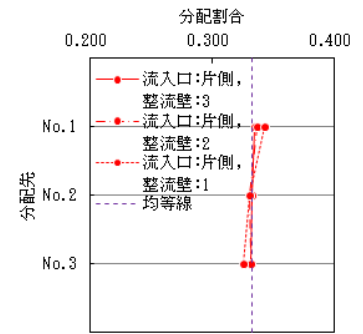


図-9 側方流入(片側)の整流壁枚数と分配割合

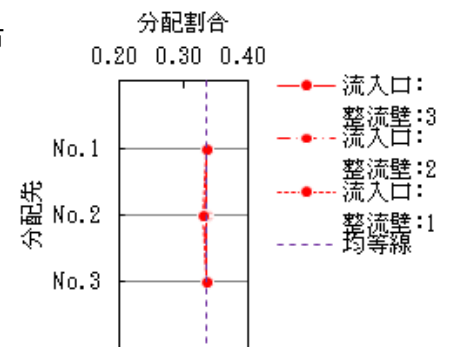


図-11 側方流入(両側)の整流壁枚数と分配割合

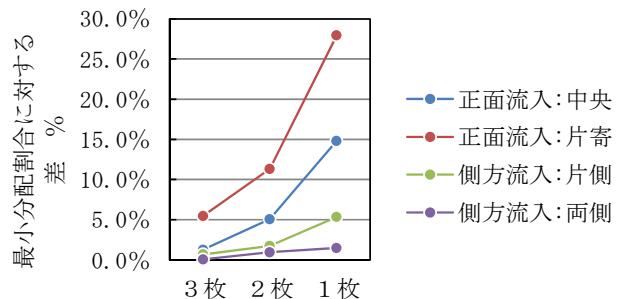


図-12 流入方向および整流壁枚数と最少分配割合に対する差