

## 給水施設における受水槽内の死水域把握のための流体解析

中央大学 学生会員 ○鈴木 ゆり (株) エヌ・ワイ・ケイ 正会員 小野 泰介  
中央大学 正会員 平野 廣和 中央大学 正会員 佐藤 尚次

## 1. はじめに

高度経済成長期を迎えた日本ではビルが増加したことに対し、昭和45年4月に「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」<sup>1)</sup>(ビル管理法)が制定された。ビル管理法は、飲料水の水質の確保が最重要であるため、受水槽では、常に水を循環させることで水質を確保している<sup>2)</sup>。しかし、受水槽の水を循環する上で隅角部などの水が滞留してしまう部分がある。この領域のことを死水域といい、死水域が生じることで水質の低下につながる<sup>3)</sup>。

そこで本報では、給水施設における槽内の水の流れを解析する。ここでの流体解析によって得られる結果から、受水槽内で死水域が生じている部分を把握すると共に、給水口、揚水口、及び連通口の形状を変えることによる内部の水の流れの変化を把握する。

## 2. 解析概要

本解析で使用する受水槽について、受水槽の図を図-1、受水槽の諸元を表-1、受水槽のモデルを図-2に示す。受水槽は各長さ8750mm、幅3500mm、高さ3500mmで4つの槽がそれぞれ連通管によって繋がっている構造であり、水深3265mmまで注水している。

本解析では、Case1~3の解析内容を表-2、Case1~3の配管の諸元を表-3にそれぞれ示す。図-1に従った受水槽モデルを基本としてCase1、受水槽の給水口、揚水口、及び連通口の形状を変化させたCase2、Case3の3つの受水槽モデルについてそれぞれ解析する。

Case1は、図-3(a)に示すように図-1の図に沿って直管を設置させたときの受水槽モデルである。給水口は材質SGPで規格150A、揚水口は材質SGPで規格250A、3つの連通口については①では材質SUS304で規格350A、②、③では材質SGPで規格350Aを用いる。

Case2は、Case1の直管に対して揚水管及び連通管③の流入口に図-3(b)に示すようなチーズ管を取り付けた受水槽である。揚水口では材質SGP、規格250A、連通口③では材質SGP、規格350Aのチーズ管を用いる。

Case3は、Case1の直管を連通管①、③を図-3(c)に示すようなラップ管に変更した受水槽である。連通口①では材質SUS304、規格350A、連通口③では材質SGP、規格350Aのラップ管を用いる。

表-1 受水槽の諸元

材質	SS400
槽全体の幅	7180mm
槽全体の長さ	17680mm
槽全体の高さ	3500mm
1槽あたりの幅	3500mm
1槽あたりの長さ	8750mm
1槽あたりの高さ	3500mm
有効容量	351m <sup>3</sup>
水位	3265mm

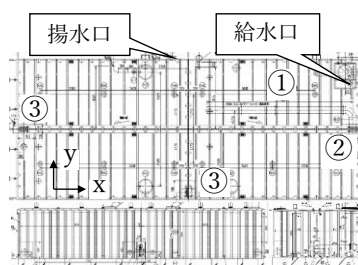


図-1 受水槽の図

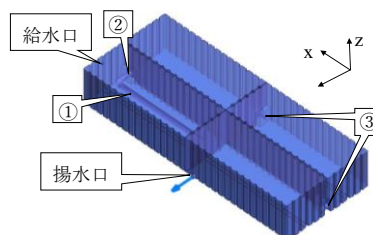


図-2 受水槽のモデル

表-2 解析内容

Case1	直管のモデル (基本モデル)
Case2	直管流入口にチーズ管を取り付けたモデル
Case3	直管をラップ管に変えたモデル

表-3 配置の諸元

	直管		チーズ管		ラップ管	
	材質	規格	材質	規格	材質	規格
給水口	SGP	150A	—	—	—	—
揚水口	SGP	250A	SGP	250A	—	—
連通口①	SUS304	350A	—	—	SUS304	350A
連通口②	SGP	350A	—	—	—	—
連通口③	SGP	350A	SGP	350A	SGP	350A

Case1~3の流体解析を行うにあたり、Femtet ソフトウェアを用い、有限体積法のSIMPLE法で解析を行う。

解析対象の材料はすべて水としてモデル化を行い、定常乱流解析(二次精度風上差分)を行う。境界条件は、給水口から水が自然流入し、揚水口から流量0.0507m<sup>3</sup>/minで流出する条件を与える。また側板と底板に接する面は流速を全方向固定し、水表面はz方向の流速のみ固定する。メッシュサイズは給水口、揚水口付近には一辺10mm、揚水口には一辺50mm、その他には一辺100mmの四面体のメッシュが生成されている。本

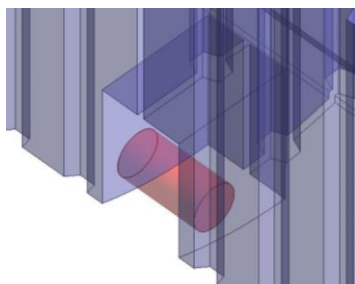


図-3(a) 直管モデル

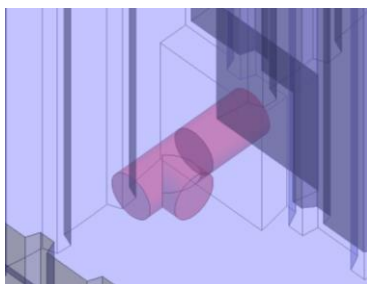


図-3(b) チーズ管モデル

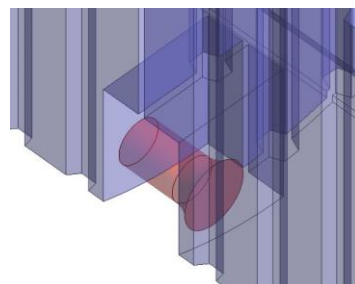


図-3(c) ラップ管モデル

キーワード 受水槽, 死水域, 流体解析, 配管形状

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 tel.03-3817-1816 fax.03-3817-1803

解析では反復法を用い、反復回数を 50 回とした。ここで受水槽の解析条件を表-4 に示す。

### 3. 解析結果

Case1 の直管モデルの流体解析結果は、反復 27 回目の流線を図-4(a)、 $z=450\text{mm}$  のときの流速ベクトルを図-4(b) に示す。この結果から槽内の流体は概ね滞りなく循環している。特に各槽の流入部分付近では大きく渦ができており、循環できていることがわかる。一方、各槽の流出部分では流体が集中することから、○印で示される流出部分に向かいあう隅角部においては、円滑に流体が循環せずに死水域が生じている。

Case2 のチーズ管モデルの流体解析結果は、反復 21 回目の流線を図-5(a)、 $z=450\text{mm}$  のときの流速ベクトルを図-5(b) に示す。流線の結果から Case1 と比較すると、Case2 は Case1 で死水域であった部分にも流出口が向いているため、流れが生じている。しかし、流速ベクトルの結果から比較するとほとんど差がない。

Case3 のラップ管モデルの流体解析結果は、反復 2 回目の流線を図-6(a)、 $z=450\text{mm}$  のときの流速ベクトルを図-6(b) に示す。流線の結果から Case1 と比較すると、ラップ管により、急縮小部の形状損失が小さくなり、渦が生じることなく流れていることがわかる。このことを踏まえて、流速ベクトルの結果から Case1 と比較すると、Case3 では Case1 に比べて一定の流れで緩やかに全体を循環している。

### 4. おわりに

本論では、受水槽の内部の流体についてモデルを作成し、槽内の死水域の把握及び配管変更時の死水域の変化を検討した。

流体解析結果より、Case1 では給水口から揚水口まで

表-4 受水槽の解析条件

解析方法	定常乱流解析
行列ソルバ	反復法
流入条件	自然流出
流出条件	流量 $0.0507\text{m}^3/\text{min}$
側板	壁面境界
底板	壁面境界
水表面	スリップ境界

概ね循環しているが、各槽の流出部分では流れが集中するため、流出部分に向かいあう隅角部では流体が滞留し、死水域が生じる。

そこで Case1 での死水域を解消するため、チーズ管モデルである Case2 とラップ管モデルである Case3 について解析を行った結果、Case2 では Case1 に比べて死水域の変化はなかったが、Case3 では Case1 で発生する渦を解消することで Case1 に比べて死水域を小さくすることができた。

今後の研究課題としては、引き続き給水口や揚水口、及び連通口の形状を変えることでより死水域を小さくできる配管設計を行うことである。

### 参考文献・出典

- 1) 建築物における衛生的環境の確保に関する法律，厚生労働省，1970
- 2) 永瀬恭一，池見拓：旋回流を利用した貯水槽の流況解析，土木学会第 52 回年次学術講演会概要集，pp.244-245，1997.9.
- 3) 早川哲夫：貯水槽水道における水の滞留の長期化や不適切な管理による水質悪化とその対策に関する研究，厚生労働科学研究費補助金 健康安全確保総合研究 健康安全・危機管理対策総合研究，2013

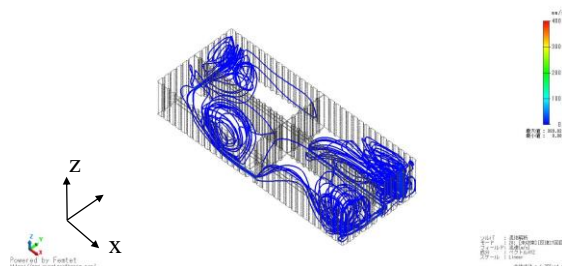


図-4(a) Case1 反復 27 回目の流線

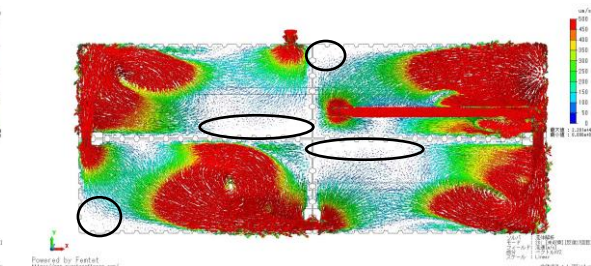


図-4(b) Case1 反復 27 回目  $z=450\text{mm}$  の流速ベクトル

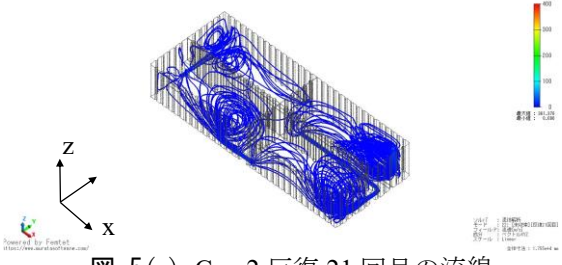


図-5(a) Case2 反復 21 回目の流線

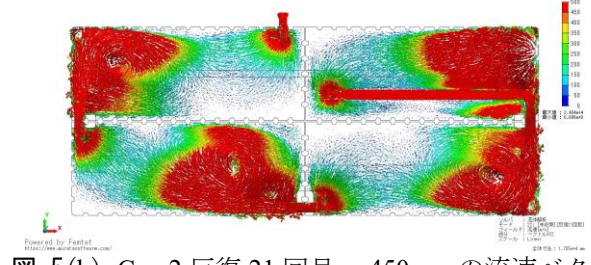


図-5(b) Case2 反復 21 回目  $z=450\text{mm}$  の流速ベクトル

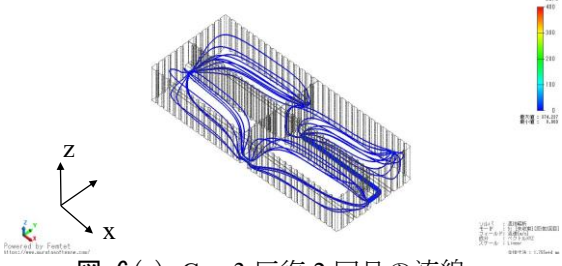


図-6(a) Case3 反復 2 回目の流線

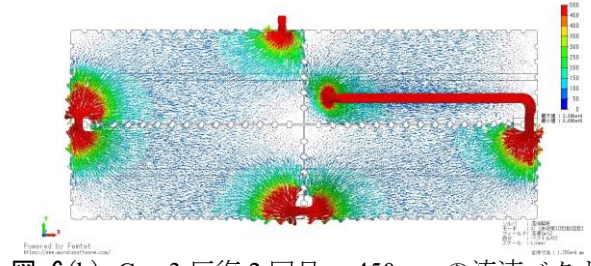


図-6(b) Case3 反復 2 回目  $z=450\text{mm}$  の流速ベクトル