

旋回流を利用した貯水槽の流況解析

(株)フジタ 技術研究所

正員 永瀬 恭一・池見 拓

1. はじめに

阪神大震災以後、防災用貯水槽の整備が各地で行なわれている。従来の防火水槽ではなく、貯水槽を水道の供給管路に直結して、常時には絶えず新鮮な水を確保しておき、非常時には管路を遮断して消火用水だけでなく、住民の生活用水など他目的に利用できる貯水槽が実用化されている。飲料用水として利用するためには、水質の確保は重要な命題で、隅角部などで死水域が発生しないような円筒形の貯水槽を用い、流入する水のエネルギーを利用して貯留水を攪拌させるように設計されているものが多い。

このような、円筒形の貯水槽を設置するには空間のロスが大きばかりではなく、水槽の製作や加工においても円筒部の接続などが難しい。本研究では、直方体の貯水槽に旋回流を発生させ、用地の有効利用を図るとともに、建築物の基礎部分などで利用できる貯水槽を提案して、貯留水の流況を数値解析によって確認する。

2. 解析方法

タンクの形状は、図-1に示すように、 $5 \times 5 \times 5\text{m}$ の立方体 ($V=125\text{m}^3$) とした。流出口はタンク底面の中央に設けた。流入口は、供給された新鮮な水のエネルギーによって、時計周りの旋回流が発生するようにタンクの内側から見て右上に設置した。流入口が多いほど、水平平面的に安定した流れが発生できると予測して、図-2のように流入口の個数を1・2・4個と変化させて貯留水の交換効率を比較した。また、流入出口の大きさは全て $0.2 \times 0.2\text{m}$ 、流入流量は $115\text{m}^3/\text{hr}$ として、流入口の数が変わっても全体の流量が同じになるように流速を $0.2, 0.4, 0.8\text{m/s}$ とした。

数値解析は、汎用流体解析ソフト STREAM（ソフトウェアクレイドル社）を用いて行なった。乱流モデルは $k-\epsilon$ モデル、壁面はスリップとした。解析は、流入口で流量を与えて定常状態になるまで計算を行なった。また、この流速データを用いて流線や拡散計算を行なった。

3. 解析結果

流況 解析した3ケースの全てで旋回流が形成されたが、図-3に最も流れが発達した流入口を4個所とした場合の流速ベクトルを示す。流入口がある上面、流出口を設置した底面から10cm上側の下面、両者の中央にあたる中面の分布である。まず、上面に注目すれば、4方向から供給された流れがあまり減衰せず、壁面に沿って流れている。この流れに引きずられるように、その内側にも時計周りの流れ

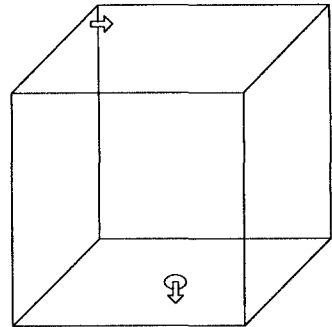


図-1 タンクの形状

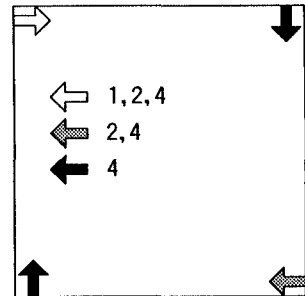


図-2 流入口的位置

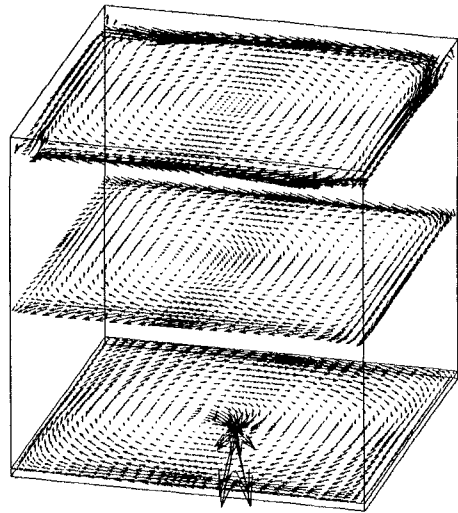


図-3 ベクトル図

キーワード 旋回流 防災 数値解析 貯水槽

連絡先 〒224 横浜市都筑区大瀬町 74 Tel.045-591-3911 Fax.045-592-8657

が形成されている。中面では、上面に比較して壁面での流速が小さく、鉛直下向きの成分が見られる。しかし、その内側では上面と同じような時計周りの流れが見られる。下面のベクトルを、改めて図-4に示した。断面内の全域で時計周りの流れが発達しており、壁面近くの流速が早く、中央に向かって遅くなっているが、流出口付近では、水槽全体から集まる流れによって流速が大きく発達している。一方、死水域の発生が懸念される隅角部では流速が小さくなっており、浮遊物の堆積などが懸念されるが、壁面と流出口の中間部と同程度の流量は確保されており、死水域の発生はないものと考えられる。

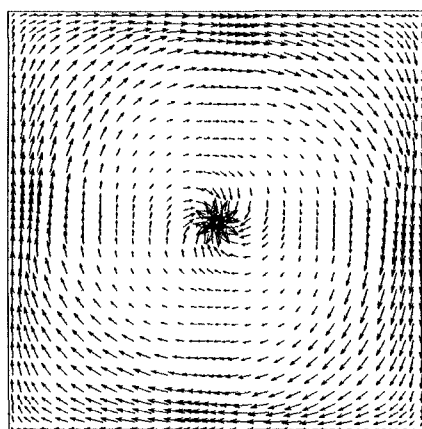


図-4 ベクトル図（下面）

流線 図-5に流入口を4個所とした場合の流線を示す。ここで示した流線とは、解析で得られた流速場を用いて、流入口付近にある数個の水粒子の動きを追跡して示したものである。流線は流入口から壁面を伝わるように3/4周したところで一度底面まで達し、水槽のやや中央部へ進んで拡散する様子がわかる。このように、水槽内にはタンク全体を時計周りに旋回する流れが発達し、死水域は存在しない判断される。また、壁面近くから徐々に中央部へ運ばれて、拡散しながら排出されることがわかる。

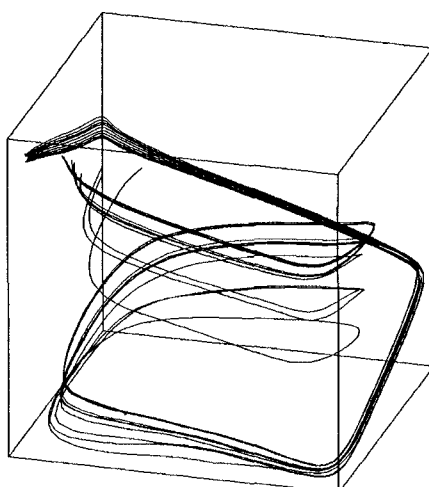


図-5 流線

交換効率 貯留水の交換効率を確認するために、水槽内に既に貯留されている水の初期濃度を0、新しく供給される水の濃度を1として拡散解析を行なった。すなわち、ある部分の濃度が0.5であれば、既に半分の水が新しい水と交換されたことを表す。貯留水の交換率を代表する指標として流出口から流出する水の濃度を、流入口の個数別で図-6に示す。横軸は、累積流入量を水槽の容量で無次元化したもので、2.0であれば水槽容量の2倍の水が供給されたことを示している。全てのケースで、累積流入量/水槽容量が2程度になれば、交換効率は約90%となり、流入口の個数による変化は小さいことがわかった。流入口が多いほど旋回流は発達するが、いずれの場合も水槽内で攪拌が進むため、交換率の時間変化は殆ど変わらないと考えられる。

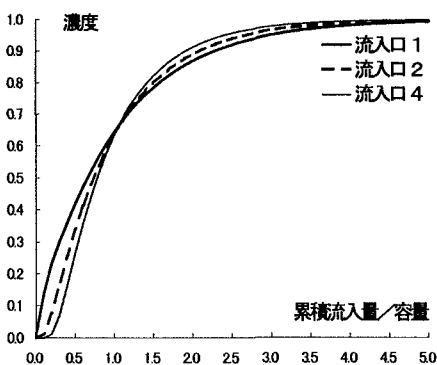


図-6 濃度の時間変化

4. おわりに

建築物の地下や屋上、狭小な敷地の場合にも空間を有効に利用できるタンクの形状について、貯流水の滞留を検証するための数値解析を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

- ①旋回流を利用すればタンクの形状が直方体であっても、死水域を無くすることができる。
- ②拡散計算の結果、タンク容量の2倍程度の水を供給してやれば、タンク内の水が約90%交換する。
- ③流入口を1,2,4個所と変化させて解析を行なったが、貯留水の交換効率にはあまり影響がない。

参考文献 1) 星 英徳ほか: 配管直結型貯水槽の入れ替わり性能に関する研究, 第51回年次講演会概要集, pp. 304~305, 1996.