

# CFD を活用したポンプ吸水槽渦対策形状の最適設計

## 1. はじめに

洪水被害から地域を守るため数多くの排水機場が活躍している。これら排水機場の多くは1970年代に建設され、現在設備の更新時期を迎えつつある。排水機場の更新に当たってはゲリラ豪雨に代表される気候変動に伴う計画降水量の変更や、都市化の進行等周辺環境の変化により、ポンプ排水量の増量を求められるケースが多い。このようにポンプ排水量を増量した場合、ポンプの運転に支障を来す渦がポンプ吸水槽に発生しやすくなることが知られている。本稿では水資源機構糠田排水機場におけるポンプ設備更新工事を対象に、CFD (Computational Fluid Dynamics) を活用してポンプ吸水槽渦対策形状を検討した事例について紹介する。

## 2. ポンプ設備更新工事に伴う渦の課題

ポンプ吸水槽は上流側水路からの流れを整え、安定した流れをポンプまで導くために設置される。既設土木構造を継続使用しながらポンプ設備の排水量を増量して更新する場合、ポンプ吸水槽における流速が大きくなり水中渦や空気吸込渦と呼ばれる渦がポンプ吸込口近傍に発生する危険性が大きくなる。こうした渦がポンプに吸い込まれると騒音・振動やポンプ性能低下などの問題を起す恐れがあるため、ポンプ吸水槽に有害な渦が発生しないように十分に検討を行う必要がある。

## 3. CFD による渦対策形状の検討

ポンプ吸水槽における渦発生の有無を検討する場合、これまでは模型水槽を用いた渦試験<sup>(1)</sup>を実施することが多かった。しかしCFD技術の発展と計算機性能の高速化に伴い、近年ではCFDによるポンプ吸水槽の渦検討が広く行われるようになってきている。CFDでは実機と同じスケールでの検討が可能であり、模型試験に伴う相似則の問題は生じない。またCFDによりポンプ吸水槽流れを可視化することで渦発生の原因が推測可能となり、さまざまな渦対策案をコンピュータ上で試行することが可能である。

CFDによりポンプ吸水槽の渦検討を行う場合、一般に吸水槽入口部から

ポンプ吸込口までをモデル化して解析を行うことが多い。しかし図1に示すように糠田排水機場は広大な遊水池に隣接して設置されており、遊水池からの流れがポンプ吸水槽の渦発生に大きく影響するものと予想された。そのためポンプ吸水槽における渦の検討を精度よく行うには遊水池も含めた領域について解析を行う必要があるが、遊水池の広大な領域における流れとポンプ吸水槽の詳細な流れを同時に解析することは現在の計算機性能でも膨大な計算リソースを要し困難である。

そこで、まず遊水池を含めた水路全体について流れ解析を行いポンプ吸水槽入口部における速度分布を求め、さらにこの条件を入口境界条件としたポンプ吸水槽単独の詳細渦流れ解析を行うものとした<sup>(2)</sup>。このようにすることで遊水池からの流れの影響を加味したうえで、さまざまな渦対策形状の効果を比較的短時間で検証することができる。

図2にポンプ吸水槽への偏り流れが最も大きくなったポンプ全台運転時における遊水池フローパターンを示す。図3はこの解析結果をもとにポンプ吸水槽単独の流れ解析を行ったもので、ポンプ設備更新後に渦対策を施さなかった場合の吸水槽流れに存在する渦の分布を示す。遊水池から偏った流れがポンプ吸水槽に流入することによりポンプ近傍に旋回流領域が形成され、水面からポンプ吸込口までつながった渦が確認できる。この渦はいわゆる空気吸込渦まで発達する恐れがあり、対策を施す必要がある。図4はCFDにより検討した渦対策形状の中で最も効果的だった渦流防止構造で、渦発生に対し最も厳しいポンプ全台運転時における流入条件で形状最適化を図ることで有害な渦の発生は見られなくなった。

## 4. おわりに

糠田排水機場では現在ポンプ全6台中2台の更新工事が完了し、実際の運転でCFDに基づき実施した渦対策形状の有効性を確認した。残る4台のポンプについても同様の渦対策を施したうえで順次更新される予定である。

今回実用的な時間で最適な渦対策形

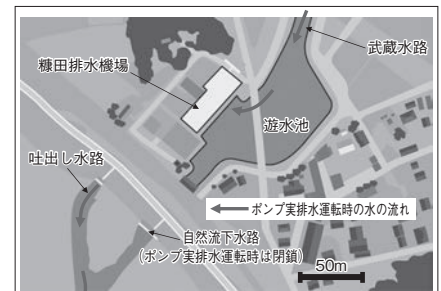


図1 糠田排水機場および遊水池

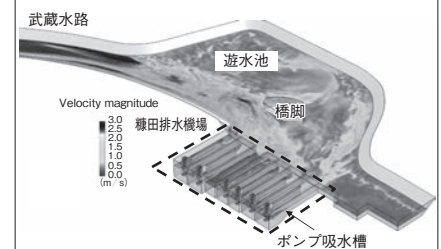


図2 遊水池フローパターン

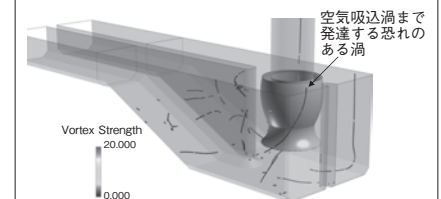


図3 無対策時ポンプ吸水槽渦分布

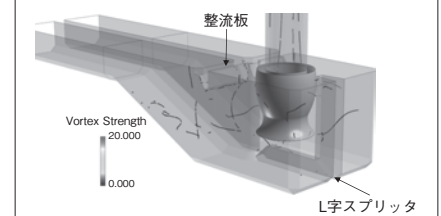


図4 渦対策後ポンプ吸水槽渦分布

状を検討するため、遊水池を含めた流れとポンプ吸水槽流れを分けてCFDを適用したが、計算機性能の向上は著しく、将来的にはこれを一体とした渦流れ解析も十分可能になると考えられる。実機場での検証と合わせ、ポンプ吸水槽渦流れ解析のさらなる精度向上を図ってきたい。

(原稿受付 2014年2月12日)

[江藤文宣 (株) 荏原製作所]

## ●文献

- (1) ターボ機械協会編, ポンプ吸水槽の模型試験方法, ターボ機械協会基準 TSJ S 002, (2005).
- (2) 江藤文宣・趙令家・大和田典彦, 排水機場更新工事における流れ解析の適用 (糠田排水機場ポンプ設備改修工事におけるポンプ吸水槽渦対策), エバラ時報, 240 (2013), 22-26.