

## 2-3-3 後楽ポンプ所熱供給施設における騒音・振動対策について

北部下水道事務所 ポンプ施設課 氏名 緒方 美咲

### 1. はじめに

東京都下水道局後楽ポンプ所（以下「本ポンプ所」という。）は、雨水ポンプ所としての機能に加え、汚水幹線から引き入れた未処理の下水を熱源として、周辺地域に冷暖房の熱エネルギーを供給する熱供給施設を有している。

一方で、本ポンプ所はオフィスビルとの合築で、上層階が店舗や事務所として利用されており、ポンプ所の運転管理を行う中で、熱供給施設における設備運転時の振動による騒音が地上階の事務所において確認されたことから、騒音・振動について、原因を特定し、必要な対策を講じた。

本稿では、3か年にわたって実施した騒音・振動対策とその効果について報告する。

### 2. 概要

#### 2.1 ポンプ所概要

本ポンプ所は、昭和61年に地上2階地下5階建て鉄筋コンクリート造の雨水ポンプ所として建設した。東京都文京区に位置し、近隣にはオフィスビルやレジャー施設が立地する地域にある（図1）。

平成6年、本ポンプ所の地下階に、周辺地域に地域冷暖房を供給するための熱供給施設（地冷プラント）が建設され、平成12年には地上19階建てのオフィスビルとの合築となった。



図1 後楽ポンプ所の熱供給地域

#### 2.2 熱供給システム

本ポンプ所の熱供給施設は、大気と比べて夏に冷たく冬に温かいという下水の特性を活かして、熱エネルギーを冷水・温水の形で空調機の熱源として供給している（表1、図2）。

表1 主要設備一覧

機器名	台数	仕様
ヒートポンプ	3	冷凍容量350RT×1台、1,300RT×2台 加熱容量5,367MJ/h、16,704MJ/h、16,909 MJ/h
インバーターターボ冷凍機	2	冷凍容量 1,000 RT
空気熱源チラー	2	冷凍容量 460.5 RT 加熱容量 5,832 MJ/h
下水熱交換機	2	冷房時 41,860 MJ/h 暖房時 32,232 MJ/h

熱供給システムは、①水道橋幹線から下水を引き入れ沈砂池を通過させ、②熱源水取水ポンプから熱源水ストレーナを介し来雑物を除去した後、③熱交換器において熱交換を行う。④熱交換により、夏は冷やされ、冬は温められた熱源水（清水）がヒートポンプ熱源として使用され、冷媒ガスの蒸発・圧縮により冷水・温水が製造される。⑤冷水・温水が地域導管を通り、周辺地域の需要家まで届けられる。⑥熱交換に使用された下水は再び水道橋幹線に戻され、一部は第二低段幹線に流下する。

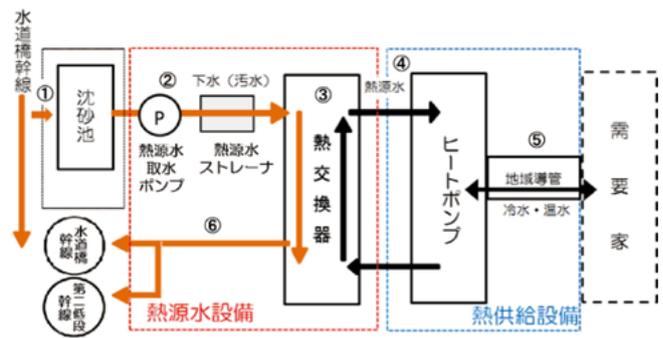


図2 後楽ポンプ所熱供給システム図

### 3. 騒音の原因

騒音は、合築ビル地上2階の事務室において確認された。

当該事務室の直下の地下1階には、熱源水取水ポンプとその付帯設備である熱源水ストレーナが設置されている（図3、図4、表2）。管理区分は異なるが、事務室と熱源水設備の直線距離は約13.5mと近いこと、振動が伝わりやすい位置関係にあった。

周波数分析の結果、地上2階の事務室で観測した騒音と、地下1階に設置している設備の騒音の周波数成分が一致していることが判明した。このことから、これらの設備運転時の振動が騒音の原因と仮説を立てた。

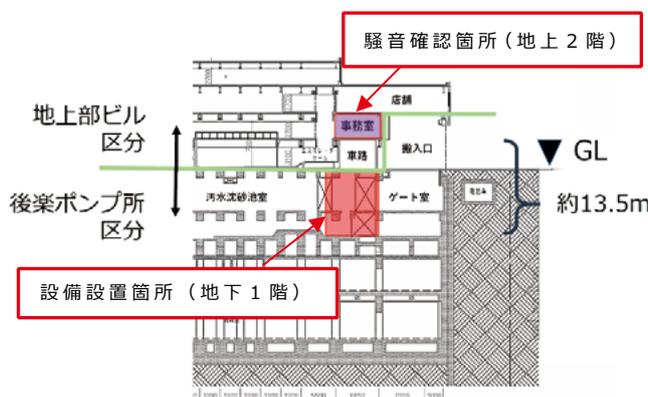


図3 後楽ポンプ所断面図



図4 熱源水取水ポンプ・熱源水ストレーナ

表2 設備諸元表

機器名	台数	仕様
熱源水取水ポンプ	4	着脱式水中渦巻斜流ポンプ(可変速・インバータ制御) 1,980 m <sup>3</sup> /h×3台、720 m <sup>3</sup> /h×1台
熱源水ストレーナ	6	横型オートストレーナ、ブラシ回転式 900 m <sup>3</sup> /h

#### 4. 設備の振動対策

地下1階に設置している設備について、騒音の原因となる振動の低減対策を以下のとおり実施した。

##### 4.1 熱源水取水ポンプの改良

第一に、一部のポンプ羽根車の枚数を、3枚から4枚に変更した（図5）。

ポンプの羽根車の枚数を増やすことにより羽根1枚当たりの送水圧力が小さくなり、振動を小さくすることができると考えた。

羽根車の枚数を増やすことで、摩擦損失の増加や通過粒径が小さくなるなどの影響も生じることから、性能を確認し、最適な枚数を4枚とした。

第二に、ポンプのケーシング舌部（渦巻状ケーシング舌部の入口）にスキュー（斜めカット）を施した（図6）。

ポンプの羽根車から押し出された流体は、ケーシング舌部の形状により複雑な流動となり、圧力変動が発生し、その圧力変動による脈動が振動の原因となる。

このため、舌部にスキューを施すことにより、羽根車から流出した流れの舌部衝突による圧力変動を小さくし、脈動による振動の抑制につなげた。今回は、メーカーの知見を借り、振動の抑制に効果があり、ポンプ性能に影響の少ない形状に加工した。



図5 羽根車枚数の変更



図6 ケーシング舌部の加工

##### 4.2 熱源水ストレーナの改良

第一に、ストレーナ洗浄水の排水先を熱源水取水ポンプから離れた位置となるよう配管ルートを変更した（図7）。

熱源水ストレーナ洗浄水が熱源水取水ポンプ吸込口の直近に排水されており、洗浄水に含まれている来雑物が熱源水取水ポンプに取り込まれてしまうことで、振動が起きていることを確認した。

このため、ストレーナ洗浄水の排水先を変更することで、来雑物の取込防止を図り、振動を低減させた。

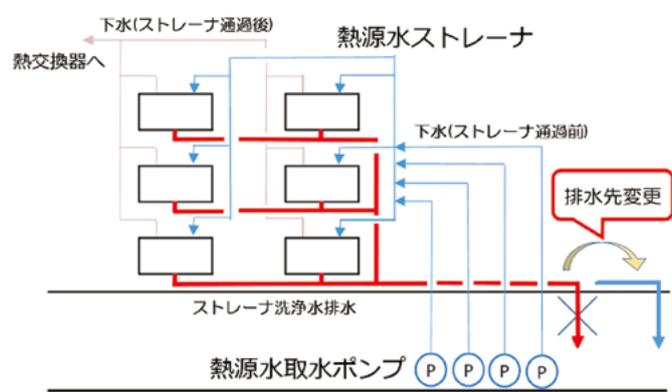


図7 ストレーナ洗浄水排水先の変更

第二に、ストレーナ洗浄水排水管の支持材（全 38 か所）に防振材（スプリング防振ユニット）を設置した（図 8）。

熱源水ストレーナの洗浄水排水運転時に、排水管内での流体振動により配管が振動し、建物躯体を経由して伝搬振動が起きていた。

このため、配管支持材と床面間に防振材を設置し、伝搬振動の低減を実現した。



図 8 防振材の設置

#### 4.3 運用条件の変更

熱源水取水ポンプを複数台同時運転する際、羽根車枚数や振動数の同じポンプを組み合わせると振動の増幅が起きる可能性があるため、羽根車枚数と振動数の異なるポンプを組み合わせることで振動の増幅を抑制することとした。

また、熱源水ストレーナが複数台同時に洗浄運転を行うことで、ストレーナ本体の振動と洗浄水排水の振動が重なって振動増幅する可能性があるため、洗浄工程が複数台とならないよう運用を変更して振動増幅の防止を図った。

#### 5. 効果

各種対策完了後、地上 2 階の事務室において騒音測定を行い、対策前の測定結果と比較して効果を確認した。

効果の検証は、「建築物の遮音性能基準と設計指針（第二版）」<sup>1)</sup>に基づいて行った。目標値は、事務室の「遮音性能上標準的である」騒音等級「N-40」とした（騒音等級とは、建物の遮音性能を評価するため、人間の体感する音に対して周波数と騒音レベルから定められた水準）。

図 9 は、振動の大きかった熱源水取水ポンプ 3 号の運転時における対策前後の周波数分析結果である。

対策前は 90.0Hz の周波数帯域において騒音レベルが最大となっていたが、対策後には 60.0Hz において最大となった。対策前後において、騒音レベルの最大値に大きな変化はないが、周波数帯域が変化したことにより騒音等級曲線が「N-35」を下回る結果となり、目標値である騒音等級「N-40」を達成することができた。地下 1 階に設置している設備の振動対策を行うことにより、地上 2 階の事務室は、事務室の「遮音性能上標準的である」等級まで、騒音を低減できた。

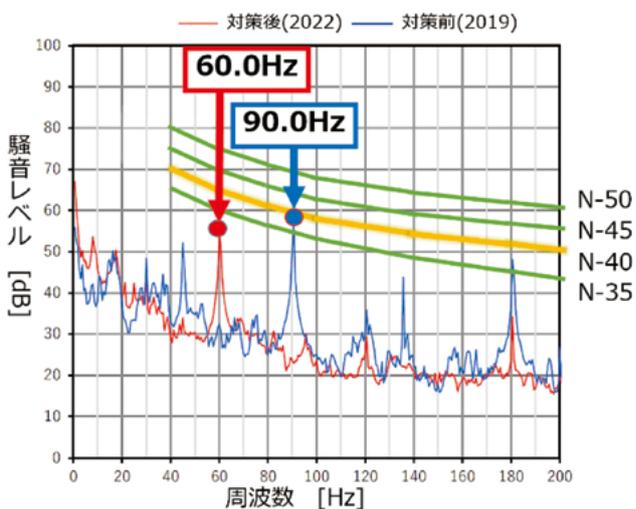


図 9 騒音レベルの対策前後の比較

## 6. 結論

今回、オフィスビルと合築した熱供給施設において、騒音・振動の発生状況を調査し、振動発生源や伝搬経路などの原因を特定することができた。

騒音・振動対策として、熱源水取水ポンプの改良（羽根車枚数の変更及びケーシング舌部の加工）、熱源水ストレーナの改良（洗浄水排水先の変更、防振材の設置）及び運用条件の変更を行った。

各種対策を講じたことにより、周波数帯域の変化が認められ、事務室の「遮音性能上標準的である」等級を満たすなど、効果が確認できた。

実施結果から得られた知見を活かし、今後も騒音・振動対策を継続するとともに、より効果的な方法を検討していく。

## 参考文献

- 1) 日本建築学会：建築物の遮音性能基準と設計指針（第二版）、技報堂出版、1997年12月