

軽量・高速・大容量雨水排水 ポンプ施設に関する研究

1. 研究の背景と目的

近年、都市部においては、不浸透面増加による流出係数の増大や、短時間かつ局所的に想定を遥かに超える降雨が発生するなど、雨水排除計画において問題が発生している。すなわち、古くから雨水排除計画を策定し、雨水整備を進めてきた大都市では、当初計画の雨水整備目標レベルを満足させ、さらに治水安全度の向上を図ることが困難な状況にある。

このため、雨水整備目標レベルを再検討する自治体が増えているが、雨水対策強化にあたっては、既存の施設を有効に活用することにより、効率的かつ迅速な整備が可能となる。また、従来の自然流下を前提とした計画から、管きよ内での圧力状態を許容した計画へと切り替える必要も生じてきている。

以上のことから、ポンプ排水区においては、既存の雨水排水ポンプ施設の揚水能力を高める検討が必要な場合が生じてきており、具体的なポンプ施設の増強計画に着手した自治体も現れてきた。

一方、ポンプ側では、高度な三次元デザインによる流体力学の解析技術が発達し、高速回転型の雨水ポンプの開発が可能となったことから、軽量・高速・大容量ポンプ（以降、KKDポンプという。）により、既存の雨水排水ポンプ施設を大幅に増改築することなく、これまで以上の能力を持たせることが可能となった。

本研究は、「早急な浸水対策」を実現するために、既存ポンプ施設の大幅な改造がいないKKDポンプ導入のための事前検討と、設計のための標準化を考えた技術資料を作成することを目的とする。

2. 研究体制および研究機関

本研究は、財団法人下水道新技術推進機構と下記6企業との共同研究により実施しているものである。

株式会社荏原製作所

株式会社クボタ

株式会社電業社機械製作所

株式会社西島製作所

株式会社日立製作所

三菱重工業株式会社

なお、研究期間は平成12年7月から平成14年3月の約2年間である。

3. 研究内容

平成12年度および平成13年度の2年にわたる研究フローを以下に示す。

KKDポンプの開発目標は、既存ポンプ場の能力増強計画を参考に設定した。

ポンプ設備の検討については、まず、ポンプ本体に関する技術情報の調査を行い、ポンプの軽量化、高速化、大容量化に伴う課題を抽出、整理する。次にこれら課題の対策を検討し、KKDポンプを開発

する。

また、平行して、ポンプ場建物施設に関する検討を実施する。「ポンプ施設の構造的情報の整理」に関しては、具体的に6,7カ所の雨水ポンプ場を対象とし、ケーススタディを行う。この検討により得られた知見を「構造的な検討の標準化検討」に反映するものである。

これら検討結果をとりまとめ、既設ポンプ場の能力増強を行う際の参考となる技術資料を作成する。

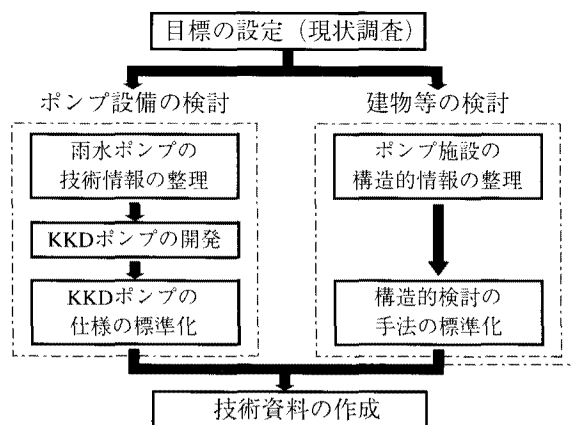


図-1 研究フロー

4. 成果の概要

4.1 ポンプ設備の検討

4.1.1 開発目標の設定

KKDポンプの開発目標を設定するため、複数の自治体にて近々に実施予定の6カ所の雨水ポンプ場増強計画を調査した。調査の結果、ポンプ場としての増強率は概ね25~50%の範囲であることが判明した(表-1)。

この結果から、本研究の開発目標として、同一ポンプ口径における容量アップの最大値を50%と設定した。加えて先行待機型、無注水軸受についても検討することとした。

表-1 ポンプ場能力増強計画調査結果

| | 口径 (mm) | 現行能力 (m ³ /分・台) | 増強後能力 (m ³ /分・台) | 増強率 (%) |
|-------|------------|-------------------------------|--------------------------------|------------|
| Aポンプ場 | 1,500 | 265 | 330 | 25 |
| Bポンプ場 | 1,500 | 260 | 325 | 25 |
| Cポンプ場 | 1,600 | 365 | 550 | 50 |
| Dポンプ場 | 1,650 | 410 | 565 | 38 |
| Eポンプ場 | 1,600 | 270 | 330 | 25 |
| Fポンプ場 | 1,350 | 216 | 280 | 30 |

4.1.2 増量に伴う荷重増加(ケーススタディ)

ポンプ軽量化対策を施し、吐出量を増強した場合のポンプ場建物への荷重変化をケーススタディにより検討した。

荷重試算の条件を以下に示す。

- ①対象の既存ポンプは口径φ1500mmの立軸斜流ポンプ(吐出量260~310m³/分)とする。
- ②軽量化の方法は揚水管の鋼板化(口径はそのまま)と回転数の高速化(高Ns化)

試算結果から、現状の床荷重の範囲内で容量増加が可能なケースは少なく、更なる軽量化対策または床の補強が必要なことが判明した(表-2)。

なお、現状で考えられる他の軽量化対策として以下の三つであり、今後、これらの対策についても研究の中で検討することとした。

- ① 揚水管の口径縮小による軽量化(高流速化)
- ② ボウル径の縮小による羽根とケーシングの軽量化(更に高Ns化)
- ③ 荷重の分散(ベルマウス部を吸水槽にて支持)

4.1.3 KKDポンプの開発課題

図-2にKKDポンプの主な開発課題を示す。

KKDポンプの開発は、既存の建築・土木施設を活用した能力増強が目的であり、ポンプの大容量化を図るとともに以下の課題について検討する必要がある。

①寸法の制約への対応

ポンプ本体の寸法を既存施設の開口部に取付け可能な範囲内に収めるため、高速化等によるポンプの小型化を図る。

②許容床荷重の制約への対応

ポンプ施設の床荷重を既存施設の許容床荷重の範囲内に収めるため、口径縮小等の軽量化やスラスト荷重の軽減、荷重分散等の対策を検討する。

③ポンプ井の渦対策

既設ポンプ井の形状(水位、容量等)によっては、大容量化した場合に渦が発生するため、その対策について検討する。

④その他

上記した制約に対応する目的で、高速化や口径の縮小等を行うと、キャビテーションの発生、耐久性の低下、振動・騒音の発生等のデメリットが生じるため、その対策についても検討する。

なお、KKDポンプにおいては、従来ポンプと比較し、ポンプ効率が低下するが、低下の程度を定量的に把握する必要がある。

表-2 雨水ポンプの容量アップに伴う荷重変化の試算結果

〈通常型〉

| ポンプ場 | 吐出能力 (m ³ /分) | 現 状 | | 増強時 (400m ³ /分) | | | |
|-------|-----------------------------|-----------|------|----------------------------|------|------------|------|
| | | 荷 重 (ton) | | 荷 重 (ton) | | | |
| | | 原動機床 | ポンプ床 | スラスト：原動機支持 | | スラスト：ポンプ支持 | |
| | | | | 原動機床 | ポンプ床 | 原動機床 | ポンプ床 |
| Aポンプ場 | 265 | 48 | 36 | 50 | 40 | 23 | 47 |
| Bポンプ場 | 260 | 55 | 39 | 80 | 32 | 21 | 40 |
| Gポンプ場 | 290 | 88 | 39 | 83 | 37 | 28 | 46 |
| Hポンプ場 | 280 | 39 | 60 | 111 | 56 | 44 | 66 |
| Iポンプ場 | 280 | 48 | 51 | 76 | 53 | 20 | 60 |
| Jポンプ場 | 310 | 23 | 44 | 41 | 41 | 20 | 44 |

〈先行待機型〉

| ポンプ場 | 吐出能力 (m ³ /分) | 現 状 | | 増強時 (400m ³ /分) | | | |
|-------|-----------------------------|-----------|------|----------------------------|------|------------|------|
| | | 荷 重 (ton) | | 荷 重 (ton) | | | |
| | | 原動機床 | ポンプ床 | スラスト：原動機支持 | | スラスト：ポンプ支持 | |
| | | | | 原動機床 | ポンプ床 | 原動機床 | ポンプ床 |
| Aポンプ場 | 265 | 48 | 36 | 51 | 45 | 23 | 54 |
| Bポンプ場 | 260 | 55 | 39 | 86 | 44 | 21 | 53 |
| Gポンプ場 | 290 | 88 | 39 | 84 | 41 | 28 | 49 |
| Hポンプ場 | 280 | 39 | 60 | 111 | 56 | 44 | 64 |
| Iポンプ場 | 280 | 48 | 51 | — | — | 21 | 72 |
| Jポンプ場 | 310 | 23 | 44 | 42 | 44 | 21 | 47 |

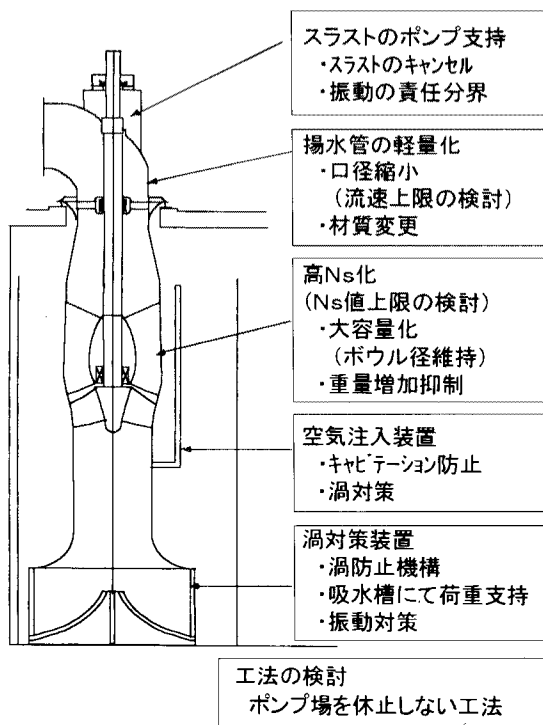


図-2 KKDポンプの開発課題

4.1.4 KKDメニューの整理

図-3に雨水ポンプのKKD化のメニューと、ケーススタディにより推測した効果について示す。

従来の基準では、口径1,500mm、325m³/分(φ1,500基準内最大流量)のポンプを480m³/分まで容量アップ(150%Q)する場合、口径は1,800mmとなり、荷重は135%まで増加する。また、ボウル径(ポンプ外径)は120%まで増加する。

KKDポンプの採用/設計にあたっては、土木構造物の許容耐荷重と増量時の床荷重、開口穴寸法とボウル径の関係、渦発生の有無等を検討し、KKDメニューの中から必要な対策を選択する。

KKDポンプの場合、既設ポンプ場の建物を活用しながら排水能力を向上するため、建設費の縮減効果が望める。

一方、従来の基準範囲以上の高回転化、高流速化を行うため、ポンプ効率が低下し、電動機容量の増加率が高くなることから、ランニングコストの面では不利(契約受電容量のアップ)になる等のデメリットもある。従ってKKDポンプは、そのメニューの中から個別機場の特性にあった最適のものを採用する必要がある。

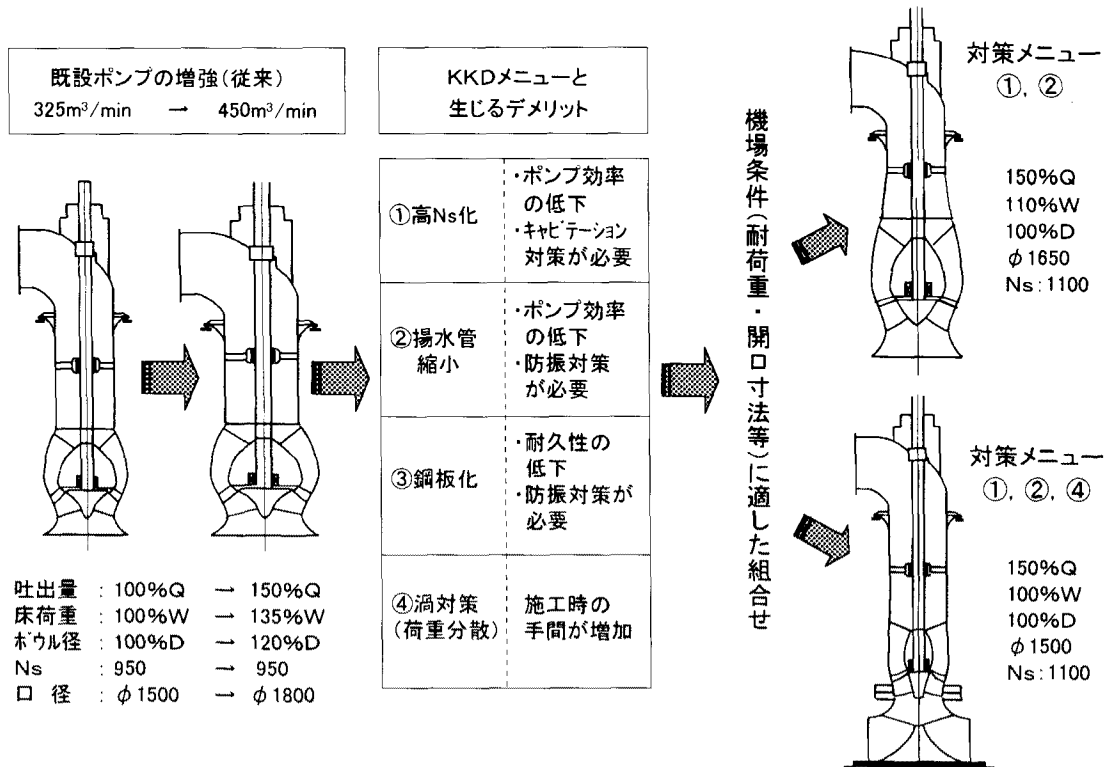


図-3 KKDメニューと既存ポンプ場への適用イメージ

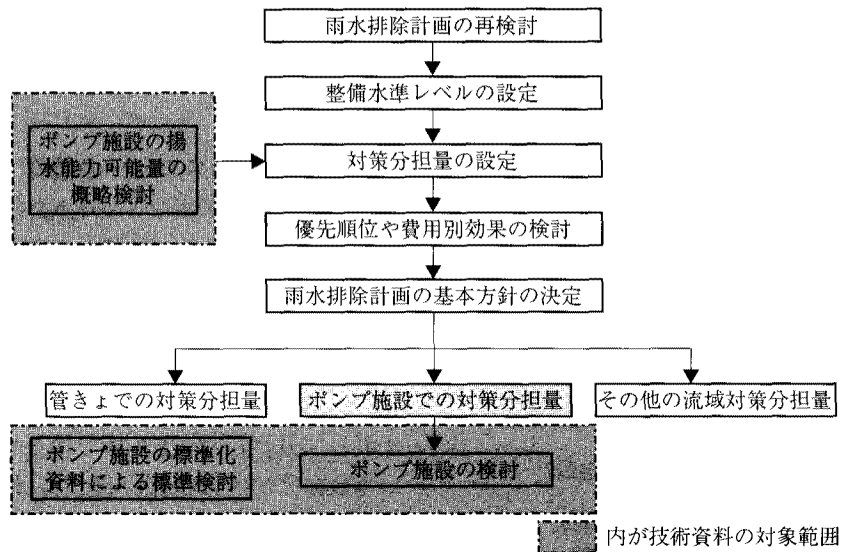


図-4 技術資料の位置付け

4.2 建物等の検討

複数の自治体の協力を得て、雨水ポンプ場建物の構造に関する情報(図面類等)を収集し、建物施設についての情報整理に着手した。

今後複数の機場について詳細な検討/解析を実施し、簡易な検討方法を整理するなど、ポンプ更新時の建物施設に関する対応について整理・検討する。

4.3 技術資料について

4.3.1 技術資料の位置付け

雨水排除計画を策定する際の全体検討フローにおける本技術資料の位置付け(対象範囲)を図-4のように考える。

雨水排除計画等を再検討する時に、検討すべき対策は、下水道への流入そのものを減少させる対策(その他の流域対策)と増えた流入水量に対する対策の2つに分けられる。本技術資料は、増えた流入

水量に対する対策として、ポンプ施設の揚水能力を高める方法について、詳細に解説するものである。

まず、雨水対策全体の計画策定に当たり、管きょ施設（貯留管等）での対応やポンプ施設での対応、その他流域対策施設（浸透施設等）での対応について、それぞれの分担量を設定する必要がある。その際に、ポンプ場での揚水可能量を把握する必要がある、その概略検討を行うための技術資料があれば、検討が容易となる。

また、見直しの基本方針が決定し、具体的にポンプ施設の増強量が決定してから、詳細検討を行う際の技術資料が必要である。

本技術資料は、この二点に着目して作成するものとした。

4.3.2 揚水可能量の概略検討方法の設定

この資料は、計画担当者などが、雨水排除計画の再検討において、既存ポンプ施設の能力増強による対策を検討する際の参考資料として利用するものである。

資料作成の方法としては、既存ポンプ場を対象としたケーススタディを数件実施し、検討項目を抽出する。また、ケーススタディを通じて得られた知見より、簡易な判断基準を設定し、概略検討のフローを作成する。

なお、検討の流れは、図-5のように考え、以下の3つの簡易な判断基準について検討し、標準化を進めるものである。

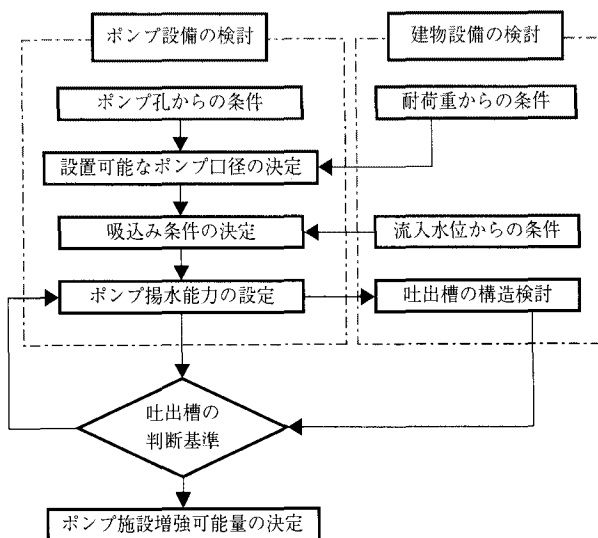


図-5 増強可能量の概略検討フロー（案）

- ①設置可能なポンプ口径の決定の判断基準
- ②吸込み条件の設定からのポンプ揚水能力の設定基準
- ③吐出槽の対策の判断基準

4.3.3 ポンプ施設の検討方法の設定

ポンプ場での増強量が計画にて決定された後、KKDポンプの導入が可能であるかを検討する際の資料として、検討手法や考え方を中心に整理する。検討の概略フローを図-6に示す。

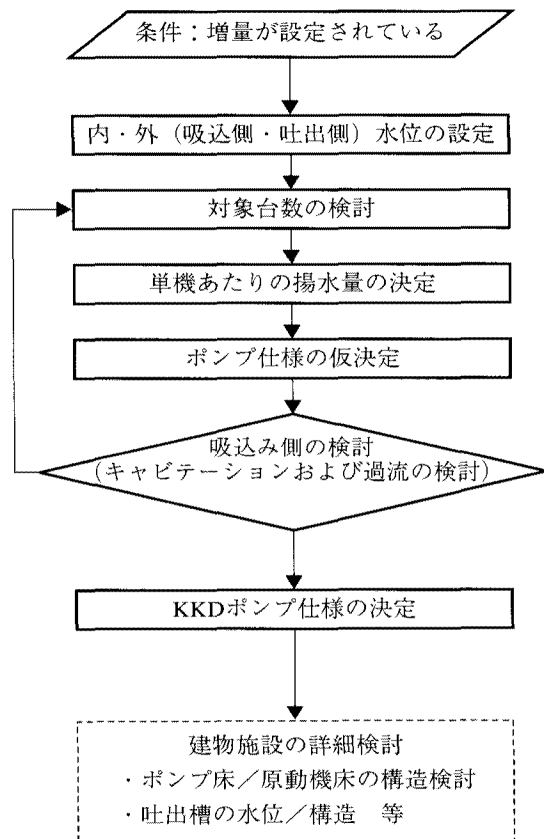


図-6 ポンプ施設の検討フロー（案）

ここでの主眼は、検討事項を明らかにし、その検討の進め方を標準化するとともに、各ステップにおける判断基準の標準化を図るものである。

今後、この概略フローの詳細について、検討・整理を行う。なお、検討方法としては、従来のポンプ場の計画・設計方法について事例調査を行い、考え方や留意点を整理する予定である。

なお、KKDポンプの仕様の仮決定に際しては、KKDポンプ選定用の資料（標準荷重表や標準寸法表、性能曲線図等）が必要であり、ポンプの開発とともにその標準化が今後の課題である。

5. 今後の課題

(1) KKDポンプ標準化に関する検討

水槽実験を実施し、渦対策装置の形状等の検討を行う。

また、KKDポンプの標準荷重表、寸法表等を作成し、設計のための標準化を図る。これら標準化資料は、ポンプ施設増強可能量の検討やKKDポンプの導入検討を行う際の重要な資料となる。

(2) ポンプ施設の構造的情報の整理と標準化

複数の機場について、建物施設の現況の荷重や支持方法等、構造的情報の整理を行う。

これら作業を通じて得られた知見を基に、構造的な検討の手法についての留意点をとりまとめ、標準化を図る。

(3) 技術資料の作成

(1)、(2)の検討を踏まえ、技術資料を作成する。

●この研究に関するお問い合わせは

研究第二部長
技術部事業課長
研究第二部研究員
研究第二部研究員

中里 卓治
松本 征
神谷 佳宏
岸田 裕