

チェッキレス大深度大形排水機場 —横浜市北部第二水再生センター第二ポンプ施設—

宮 城 卓* 阿 部 康 二*

Large-scale Vertical Volute Pumps without Check Valves for Deep Underground Drainage Pump Station

by Taku MIYAGI, & Koji ABE

Two large-scale, vertical volute pumps (discharge bore : 1 500 mm and total head : 70 m) have been installed in a deep underground drainage pump station located about 80 m underground. These pumps feature space-conservation which was achieved by eliminating the use of check valves on the pump discharge side. These pumps are used to drain floodwater stored underground into Tokyo Bay, thus preventing floods.

Keywords: Drainage pump station, Vertical volute pump, Pump dry operation, Without check valves, Speed control, Deep underground, Reversal prevention

1. ま え が き

横浜市北部第二水再生センターの第二ポンプ施設は鶴見川下流流域の浸水対策として大深度地下に設置された「新羽末広雨水幹線」に貯留した雨水を東京湾に排除するポンプ場である。第二ポンプ施設は地下約80 mにあり、大深度であることが特徴の一つといえる(写真1, 図1, 2)。

ポンプ設備工事は2003年に発注され2005年10月に竣工した。本施設は、計画排水量10 m³/sの能力をもち、口径1500 mm立軸渦巻斜流ポンプ2台が設置されている。ここでは、その特徴と概要について述べる。

2. 特 徴

大深度地下に建設される排水機場のインシヤルコストの大半は土木費であるので、機場をコンパクトにすることで施設の総建設費用を大きく低減させることができる。そこで、全揚程が70 mもある高揚程ポンプにもかかわらず、ポンプ吐出し側に逆止弁を設けない(チェッキレス)画期的な構成とすることにより、据付面積を小さくする努力が払われている(写真2, 図3)。



06-88 01/212

写真1 ポンプ施設外観

Photo 1 Gereval view of pump station

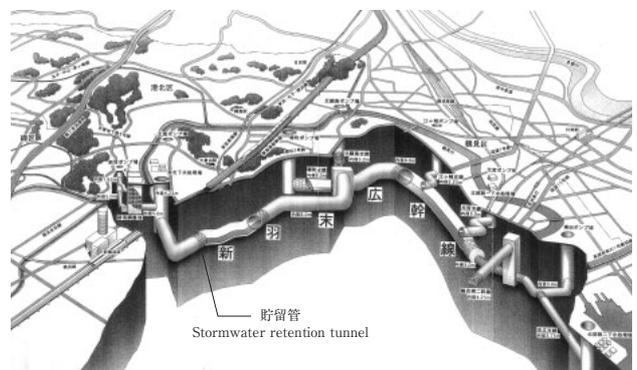


図1 新羽末広幹線

Fig. 1 Nippa-Suehiro tank line

* 風水力機械カンパニー システム技術統括部 プロジェクト設計グループ

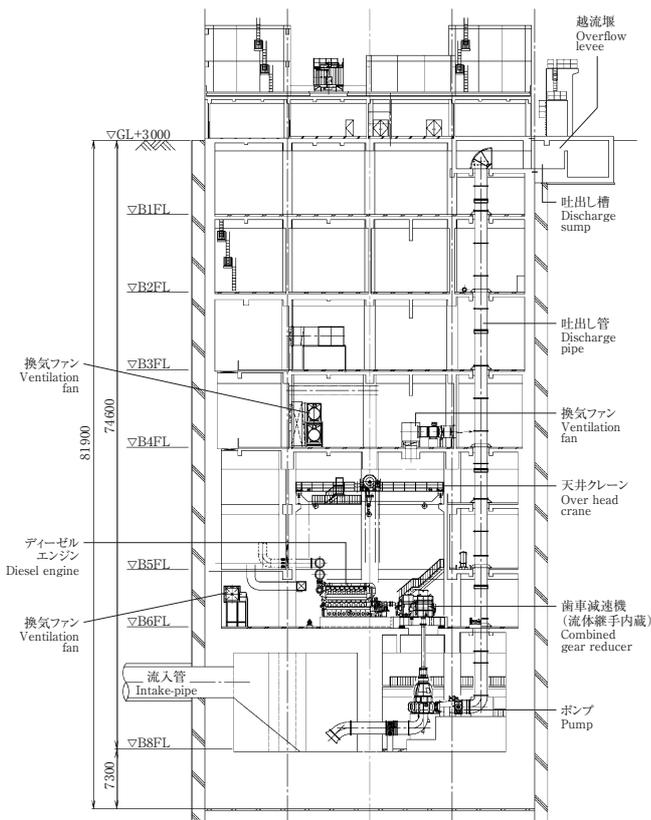


図2 断面図
Fig. 2 Sectional view

また、チェックレスにするとポンプの停止時には水が逆流してくるため、本施設の吐出し槽には越流堰が設置されている。更に、各ポンプの吐出し槽は個別に仕切られているので、1台運転時に停止中のもう一方のポンプから吐出し水が逆流しない構造となっている。

3. チェックレスの問題点と対策

大形排水機場において今回のように全揚程が70 mある高揚程のものは前例が無く、設計段階で想定されるチェックレスの問題点を抽出し対策を検討した。チェックレス機場での主要な問題点とその対策を次に示す。

3-1 通常停止時の問題と対策

(1) 問題

吐出し弁を有する通常の機場では、停止時に吐出し弁を全閉にしてから駆動機を停止させることにより、安定した状態で停止させている。しかし、本機場のようにチェックレス機場の場合は、停止操作即ディーゼルエンジンの停止を行うと、逆流によるポンプ逆転が起り、流体継手内に充満した油により、ディーゼルエンジンに逆転トルクが発生する。



06-88 02/212

写真2 ポンプ室
Photo 2 Pump room

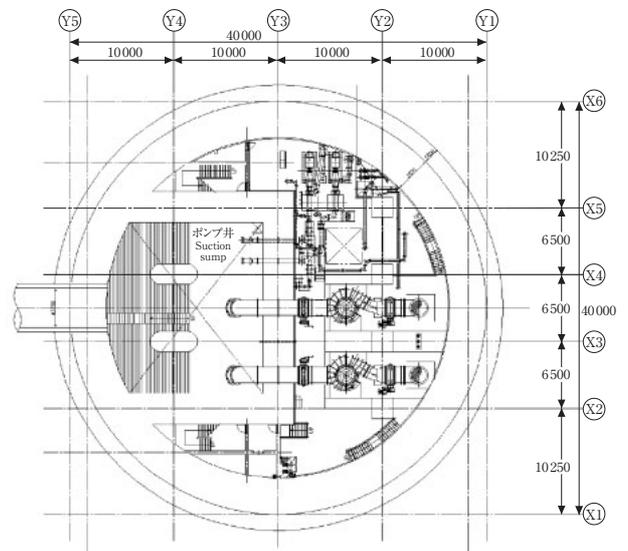


図3 ポンプ室平面図
Fig. 3 Plan view of pump room floor

重故障停止(非常停止)時は、この逆転トルクを防止するために次に示す逆転防止装置を設けているが、通常停止の度に逆転防止装置を作動させるのは得策ではない。

したがって、逆転防止装置を作動させないでいかに安定した状態で通常停止を行うかが最大のテーマであった。

(2) 対策

歯車減速機に内蔵されている流体継手の油量を減少させることにより回転速度を徐々に下げ、ポンプを正回転させながら逆流（正転逆流）させる方法を採用した。この方法を採用するにあたり、検討した項目を次に示す。

①回転速度の減少割合を大きくすると、逆流量が多くなる。正転逆流時に発生する振動・騒音は逆流量が多くなると急激に増大することが知られており、異常に大きくなった振動により軸受等に悪影響を及ぼすことが予想された。逆に回転速度の減少割合を小さくし、逆流量を抑えると、締切運転時程度に振動・騒音を低減させることはできるが、正転逆流運転状態が長時間続くことになり、やはり機器に悪影響を及ぼすこととなる。

したがって、本ポンプ正転逆流時の振動と逆流量の関係から振動値が許容できる範囲で最大逆流量を決めた。

②流体継手内の油量を調節するすくい管（スクープチューブ）の位置と回転速度は比例せず、すくい管の位置が100～50%の間は回転速度の変化が小さい。このため、停止動作の最初はすくい管の変化を速くするなど、すくい管の制御方法に工夫を行った。

3-2 重故障停止（非常停止）の問題と対策

(1) 問題

逆止弁が無い状態で重故障停止が発生すると、重故障停止（非常停止）時は通常停止時のように制御で正転逆流運転を行うことができないため、他の対策を立てる必要があった。

(2) 対策

減速機出力軸端に取り付けた逆転防止装置により出力軸を拘束し、ディーゼルエンジンが逆転しない方法を採用した（写真3、図4）。

逆転防止装置の仕様を決定するに当たり、検討した主な項目を次に示す。

①ポンプの完全特性からポンプ拘束時の実揚程による逆転トルクの算出。

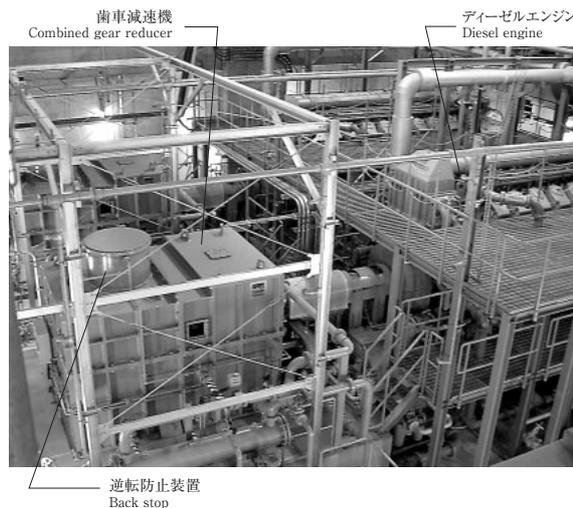
②逆流開始から実際にポンプが停止し、逆回転が始まるまでの流量、回転速度の解析。

③逆転防止装置が働いてから、主軸のねじり（ばね反力）によるトルク変動の解析。

なお、今回取り付けた逆転防止装置は世界最大級のものである。

本機場の場合、軸受が損傷するとディーゼルエンジンをすべて分解して搬出する必要がある。

したがって、万一の場合を想定しディーゼルエンジンに逆転が発生しても軸受は損傷しないような潤滑油系統



06-88 03/212

写真3 原動機室
Photo 3 Engine room

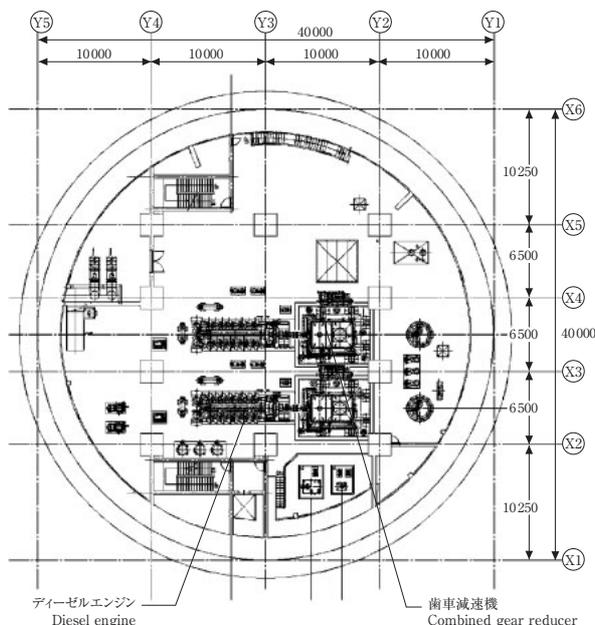


図4 原動機室平面図
Fig. 4 Plan view of engine room floor

を採用している。

3-3 その他の問題点と対策

(1) 大深度地下排水機場の問題点と解決策

大深度地下排水機場ではポンプ井が非常に深くなるので、雨水幹線の運用水位によりポンプ吸込水位が変動し、実揚程が大きく変化する。

一般的にポンプは規定の吐出し量・全揚程で設計を行うので、実揚程が低下し、設計吐出し量に対して120～130%程度の吐出し量になると急激に効率が下がる。更

にキャピテーションにより全揚程が低下した場合、揚水不能に陥る可能性もある。

そこで、本設備の歯車減速機に内蔵する流体継手が可変速形であることから、設計高水位よりもポンプ井水位が上昇する洪水時には吐出し弁（管理用）開度制御を組み合わせ、実揚程が0 mになっても、雨水ポンプ1台当たり6.5 m³/s（定格流量の130%）を超えないように、制御することとした。

(2) 管理運転の問題点と解決策

貯留容量を常時確保する必要があることから、晴天時（管理運転時）は貯留管に水が無く、管理運転ができない。本設備は流体継手を用いて、駆動機だけの管理運転を行うことは可能であるが、信頼性向上のため、ポンプライナ部分に潤滑水を供給することにより、ポンプの空運転を可能にし、ポンプ、歯車減速機も運転する管理運転方法を採用した。

4. あとがき

以上チェッキレス大深度地下排水機場の設計事例について述べた。

チェッキレス機場での検討項目は多岐にわたるのでここでは主要な問題点に絞って記述した。

今回のような大深度チェッキレス機場を短期間に無事納入できたのは、過去に大深度地下排水ポンプ設備を納入した際のノウハウを活用したからと考える。

今回の工事を通して得られた技術、設計手法・施工方法等に関するノウハウを蓄積し、今後とも信頼の高い設備の建設を目指したい。

終わりに、工事期間中に貴重な助言をいただいた、横浜市環境創造局 設備課の関係各位に対して深く感謝の意を表す。

