毛馬排水機場ポンプ設備整備について

栗山　大生[1]・辻野　直義[1]

[1]近畿地方整備局　淀川河川事務所　施設管理課　（〒573-1191大阪府枚方市新町2-2-10）

毛馬排水機場のポンプ設備は，設備設置後39年が経過し設備の老朽化が進んできており，定期点検において6号ポンプ設備のポンプインペラハブからの油漏れが発見された．
これを契機に的確な予防保全を目的としてポンプインペラハブ内部の分解整備を実施するとともに，精密診断をあわせて行い，残りのポンプの整備方針だけでなく，今後の維持管理計画を検討する取組をはじめたので報告する．

キーワード　排水機場，設備老朽化，分解整備，予防保全，危機管理

1. 毛馬排水機場の概要

(1) 毛馬排水機場の目的

毛馬排水機場が設置されている寝屋川流域は，東側を金剛生駒紀泉国定公園に指定されている生駒山地，西側を大阪城から南に伸びる上町大地，北側と南側は淀川と大和川に囲まれた東西方向約 14km，南北方向約 19km の盆地状の地形をしていて，流域面積は 267.6km2 である．（図-1）また，流域内人口は約 273 万人で，大阪府全体の約 31%を占めている．寝屋川流域は低平地のため浸水被害が繰り返し発生している．

毛馬排水機場は，高潮や洪水時において寝屋川流域の水位低下を図るため大川の水を淀川本川に排水することを主な目的として1978年に完成した大規模内水排除施設である．また，寝屋川が低水位の時には，淀川本川から大川へ浄化運転を可能としている．

完成後，2017年3月まで計40回の排水運転を行っているが，近年稼働頻度が上昇しており，また、6台同時稼働台数が最も多い．（図-2）他号機についても同様に年数が経過していることから，効果的・効率的な維持管理を行っていく必要がある。

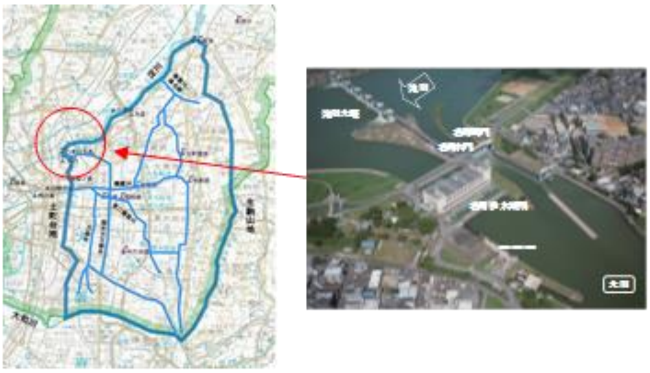

図-1　寝屋川流域と毛馬排水機場

(2) 設備諸元

毛馬排水機場の設備諸元は，以下のとおりである．

主ポンプ	口径 4,000mm　立軸可動翼軸流ポンプ		
	55.0m^3/s　6 基	(合計 330m^3/s)	
	高潮時　330m^3/s × 実揚程 2.2m		
	洪水時　200m^3/s × 実揚程 5.0m		
主電動機	大電動機（排水用）	2,500kW	6 台
	小電動機（浄化用）	600kW	6 台
発電設備	発電機	7,500kVA	3 基
	ディーゼル機関	8,670PS	3 基

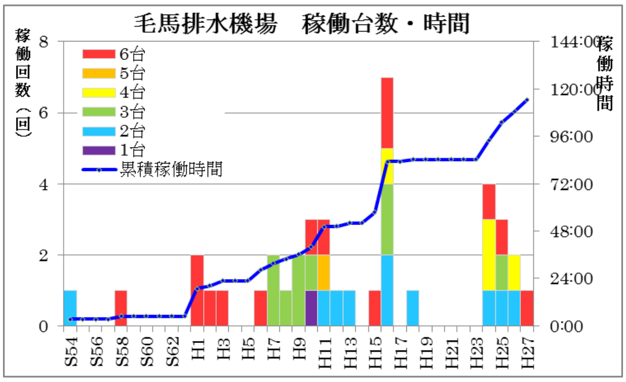

図-2　毛馬排水機場の稼働状況

表-1　大規模排水機場と超大形ポンプ

項目	毛馬 排水機場	三郷 排水機場	庄和 排水機場	日光川 排水機場	綾瀬 排水機場	太間 排水機場	久御山 排水機場	平野川分水路 排水機場	松戸 排水機場
設置年度	1978	1978	2001	1978	1983	1995	1973	1982	1995
計画総排水量	330m^3/s	200m^3/s	200m^3/s	200m^3/s	150m^3/s	135m^3/s	120m^3/s	105m^3/s	100m^3/s
代表号機 口径･吐出し量	4,000mm 55m^3/s	4,600mm 50m^3/s	高流速 50m^3/s	4,600mm 50m^3/s	4,600mm 50m^3/s	3,400mm 30m^3/s	3,400mm 30m^3/s	3,600mm 45m^3/s	4,600mm 50m^3/s
ポンプ形式	立軸軸流 （可動翼）	立軸渦巻斜流	立軸渦巻斜流	立軸軸流	立軸軸流	立軸渦巻斜流	立軸軸流 （可動翼）	立軸軸流 （可動翼）	立軸渦巻斜流
主原動機 機種･出力	電動機 2,500kW	ディーゼル機関 4,563kW	ガスタービン 10,304kW	ディーゼル機関 4,270kW	ディーゼル機関 2,723kW	ディーゼル機関 4,413kW	ディーゼル機関 2,134kW	ディーゼル機関 1,324kW	ディーゼル機関 4,122kW
管理者	近畿 地方整備局	関東 地方整備局	関東 地方整備局	愛知県	関東 地方整備局	大阪府	近畿 地方整備局	大阪府	関東 地方整備局

(1) 毛馬排水機場ポンプ設備の特徴

(a) 国内最大排水量の主ポンプ

毛馬排水機場は，ポンプ一台当たり排水量55.0ｍｍ^3/ｓ・口径4,000ｍｍ、排水機場全体で最大330㎥/ｓの国内最大の排水能力を持つ大規模施設である．（表-1）

ポンプ本体をコンクリートケーシング形式として機場土木構造物と一体化し，吸込水路及び吐出し水路と直結した構造としている．（図-3）

(b) 電動機駆動

毛馬排水機場の設置条件，浄化運転への対応から主原動機に電動機を採用している．

(c) 可動翼機構の採用

始動時の負荷軽減，小水量運転対応のため可動翼機構を採用している．

逆流防止弁（フラップ弁）がないため，ポンプの始動・停止時には吐出し側のゲート全閉のいわゆる締切運転となるが通常の軸流ポンプでは過負荷となり始動できないので，毛馬排水機場の主ポンプは可動翼機構を採用して羽根角度を小さくすることにより過負荷を回避して運転可能としている．（図-3，図-4）

また，毛馬排水機場は排水運転のほか浄化運転を可能とするために，吸込水路と吐出し水路のゲート開閉操作で送水方向を切り替える構造となっている．（図-5）

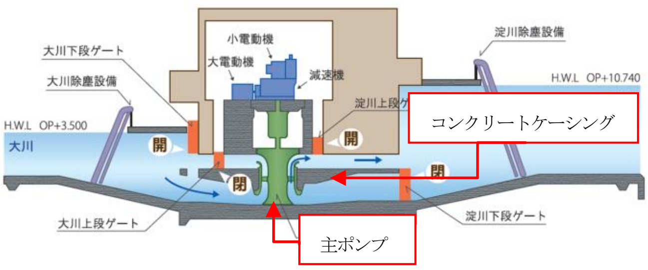

図-3　毛馬排水機場断面図

(d) 施設の設置環境

毛馬排水機場は、汽水域に接続されており常時水没している．主ポンプまわりは、塗装や電気防食等による腐食対策を行っている。

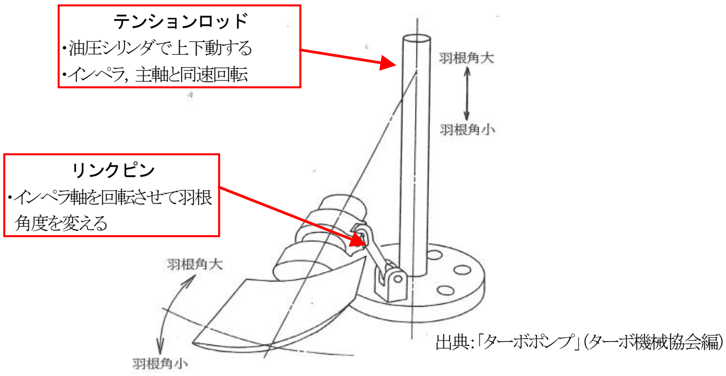

図-4　可動翼機構のイメージ図

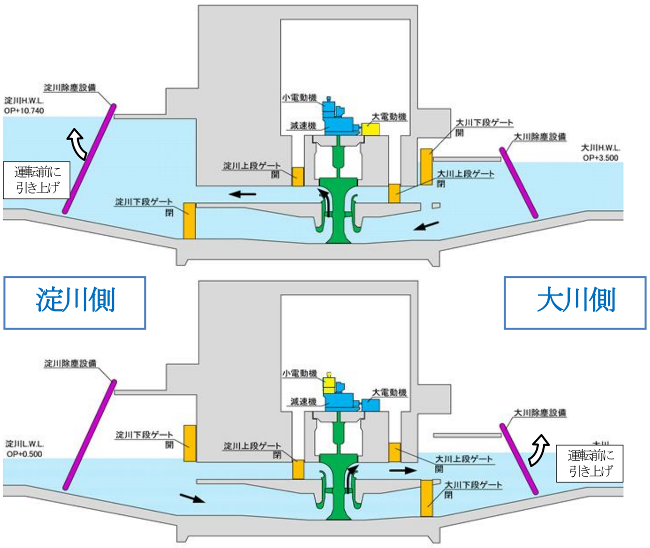

図-5　毛馬排水機場の運転方式（上:排水，下:浄化）

2. ポンプ設備の現状

(1) これまでの点検の状況

(a) 主ポンプ設備の点検内容

本設備は，一般的な年点検，月点検のほか，6年に1度定期的に1台ずつ水抜き点検・補修（水路を角落し締め切り，ポンプ周りの水を抜いて行う常時水没部の外観目視，摩耗・腐食の計測及び補修塗装）を実施してきている．

しかし、可動翼機構については、ポンプを引き上げて分解しなければ点検できないため，設置後一度も点検されていない．

(b) インペラハブからの漏油

2013年度の6号ポンプ水抜き点検において，インペラハブのインペラ取付部にわずかな漏油が発見された．（図-6）インペラハブには可動翼機構が内蔵され潤滑油（2,000L）で満たされている．

漏油の原因としてはオイルシールの摩耗が考えられる．オイルシールが破損すると内部の潤滑油が漏れて潤滑不良や海水浸入による腐食により可動翼機構の機能不良をきたすおそれがある．毛馬排水機場の主ポンプは上記1.3の(c)に示したとおり始動時の翼角操作が必要なので可動翼機構が機能しないと運転不能となる．

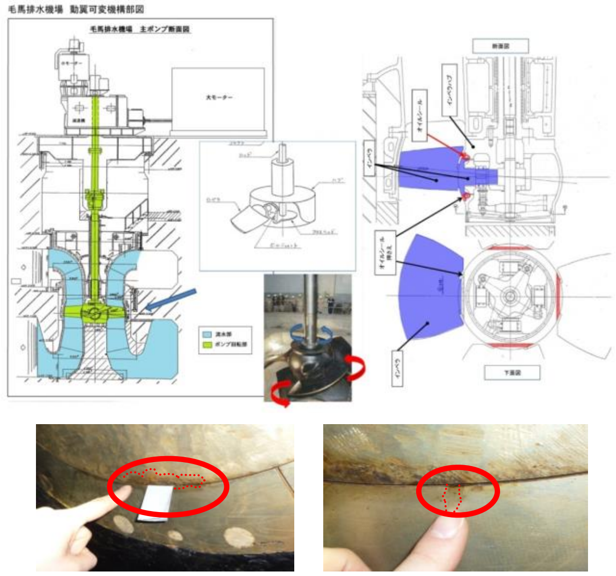

図-6　インペラハブと漏油の状況

60ｔ吊天井クレーン

減速機

図-7　天井クレーンと減速機

(c) 主ポンプ分解整備

点検結果により，主ポンプ設備で一番重要な可動翼機構に影響を与えるインペラハブ内の腐食が想定されることから、早急に分解整備を実施することとした．

建設後39年間，分解して内部確認や部品交換等が出来ていないインペラハブ，可動翼機構の摩耗，損傷の確認も合わせて行う．

この分解整備は，H29年度出水期明け後に実施する．

(2) 今後の維持管理を考慮した整備内容の検討

(a) 分解整備実施上の課題

主ポンプの内部点検・整備を実施するに当たり，ポンプを天井クレーン（60t 吊）（図-7）で引き上げ搬出し，工場において分解・整備する必要があるが，以下の課題がある．

・インペラハブの引き上げには，上部にある減速機を移動する必要があるが既設天井クレーンでは，約 68t の減速機を移動することができないため，現場において減速機を分解する必要がある．（図-8）

・減速機を一度分解すると，再組立時に消耗品や部品の交換も必要となってくるが，部品調達に時間を要する．今後，ポンプの定期整備を実施するには，必ず減速機の分解整備も同時に必要となってくることから同様に多くの費用及び時間を要することになる．

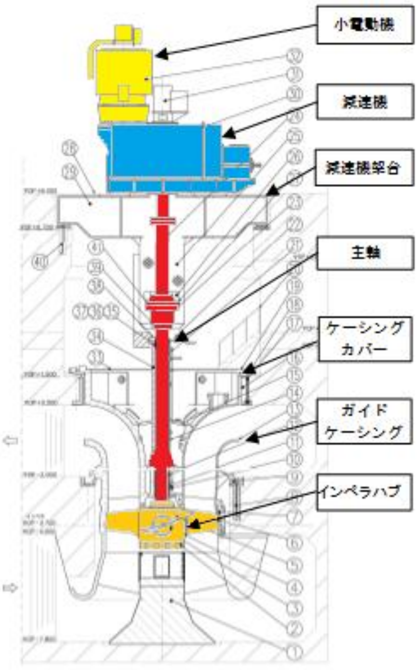

図-8　主ポンプと減速機の配置

(b) 効率的な整備内容の検討

毛馬排水機場の主ポンプ設備の維持管理計画検討において，維持管理費に占める定期整備費用が大きいことが明らかとなっている．そこで，維持管理を考慮した整備案についてＬＣＣ50年間，危機管理対応等を比較検討の結果，ポンプ定期整備を行うと同時に減速機の軽量化及び小電動機を撤去する案を最適案とした．

減速機改造（軽量化）案は通常の分解整備よりもイニシャルコストは高くなるが，20年ごとにポンプ定期整備を行うことを考えると，減速機を60tクレーンで吊れるようになり，長期的に分解整備の期間が短くなることから，経費・時間が削減できる．よって，ランニングコストを縮減でき，ライフサイクルコストにおいて優位となる．

また，ポンプ故障時の復旧に要する時間短縮を図ることができ危機管理上の効果も期待できる．

(c) インペラハブの点検を可能に

分解整備と同時にインペラハブの取替及びインペラハブの下部にステンレス製の蓋を設置し，今後の外観目視点検において，主ポンプを設置したまま内部潤滑油の抜き取り，内部の状況調査が出来る構造とする．

また、汽水域に接続していることから，インペラハブは超厚膜塗装(防食対策)を施し長寿命化を図る．

(3) 分解整備の内容

(a) 整備の実施内容

毛馬排水機場6号ポンプ設備整備内容は，上記(1)及び(2)の検討による主ポンプ分解整備及び減速機の軽量化更新のほか，通常の定期整備として実施する大電動機の分解整備，設備機能の見直し等により実施する小電動機の撤去（図-9），操作制御設備の更新・改造等である．その内容を整理した．（表-2)

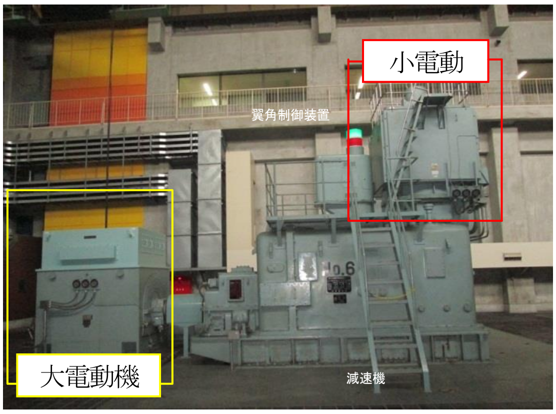

図-9　大電動機と小電動機

表-2　整備実施内容

種別	細別	内容	適　要
主ポンプ設備	主ポンプ	分解整備	SUS化、超膜圧塗装による長寿命化
	翼角制御機	分解整備	
主ポンプ駆動設備	大電動機	分解整備	固定子巻線巻替
	小電動機	撤去	軽量化、設備機能見直しによる撤去
	減速機	更新	軽量化更新
操作制御設備	6号主ポンプ盤	更新	
	既設制御盤	改造	小電動機撤去、減速機更新に伴う改造

3.　精密診断の検討

今年度の出水期明けに始めるポンプ設備の機会にあわせて，機器の健全度を把握するための精密診断を計画している．

今回の分解整備にあわせて実施する精密診断は「河川ポンプ設備点検・整備標準要領(案)」(H28.3国土交通省)に準拠し，下記に示す2項目による診断を行うもとしている．

(1) 計測データ解析による診断

近年、産業分野で活用されている振動解析や潤滑油分析等のポンプ設備への適用例がある．

「河川用ポンプ設備点検・整備・更新マニュアル(案)」(H27.3国土交通省)においても「主ポンプ羽根車のアンバランス(摩耗や腐食による劣化)，主軸曲がり、減速機内部部品(軸受・歯車)の異常などについては，振動解析による診断の適用が可能となる場合がある．」と示されている．

(a) 振動解析による診断

毛馬排水機場ポンプ設備の振動解析による診断は，主に回転体の異常により現れる機会振動への影響を評価することとして，JIS規格(JIS　B8301)による変位(振幅)計測に加えて振動速度や振動波形解析について計測することを計画している．分解整備の前後で計測するものとし，対象機器・部品と具体的な計測位置・方向，計測時の運転条件を事前に決定しておく．

(b) 潤滑油分析による診断

潤滑油分析は，油の劣化状態だけでなく，トライボロジー(摩擦，摩耗，潤滑を扱う工学)による内部部品異常摩耗把握による診断も実施する．対象はインペラハブ内の潤滑油，減速機潤滑油，可動翼機構の作動油等を計画している．

今回は分解整備と同時に実施するので，油分析によって得られたデータと，各部位計測結果とあわせて状態確認をし，今後の外角目視点検にて潤滑油分析を行っていく上での一つの指標とする．

(2)分解点検と精密診断

主ポンプ等の分解整備時に，機器内部の部品の摩耗，異常，損傷等を把握して健全度を把握する．

分解点検における精密診断は，機器内部の状態を目視で確認して評価することが主となるが，目視だけでは確認出来ない劣化要素については計測による判定が行われる．

現在運用されているマニュアル等において，目視以外の計測による状態監視項目を毛馬排水機場6号ポンプ設備の特徴や計測条件を反映し整理する．（表-3）

(a)診断項目例

振動解析による診断は，大がかりな分解を行わないで回転部の異常を検知出来る可能性があり，分解整備実施までの診断手法として有効である．

主ポンプの羽根車のアンバランス，主軸曲がり､スベリ軸受等が分解点検時において異常の兆候が見られた場合には，重要な診断項目となることから分解前のデータ収集のための計測を行う．

減速機についても，主ポンプを減速機で支える構造であり水平度が重要なので，分解点検前に水平度の計測､振動の計測及び分解点検時に摩耗状況等の計測を行う．

表-3　毛馬排水機場の精密診断の計測項目

凡例 1　精密診断の計測項目
○:計測対象　ー:計測に適さない
凡例 2　判定基準　計測値の判定基準の略号は表 2.3-7 による。
凡例 3　実施区分　○：改修工事における整備作業の施工管理として実施　●：設備の精密診断として実施
管理運転：分解整備前の管理運転時に現状の設備状態を把握するために計測
整備前：調整、修理、部品の取替、塗装等の実施前の状態を計測
整備後：調整、修理、部品の取替、塗装等の実施後の状態を計測
総合試運転：据付完了後の試運転（管理運転）時に計測

部位		計測項目	状態把握の内容	精密診断の計測項目	判定基準（略号）	実施区分				備考
						管理運転	整備前	整備後	総合試運転	
主ポンプ	本体（ケーシング）	振動	･インペラのアンバランス ･主軸のアンバランス ･ポンプ周りの水流の乱れ ･関連機器の振動（ポンプ室床から）	○	（振-1）	●	―	―	○ ●	○:減速機（スラスト軸受）で変位を計測 ●:減速機（スラスト軸受）、ケーシングカバーにおいて変位と速度を計測評価
		水平度	･ポンプ軸の傾き	○	施工管理基準を目安に総合判定	―	●	○	―	ポンプベースの据付面
	インペラ	振動	本体、軸受に含む	― （直接計測不能）	―	―	―	―	―	減速機（スラスト軸受）、ケーシングカバー、主軸で計測評価
		釣合い	･回転体としての釣合い	○	（釣合）	―	―	○	―	インペラ+ボスで実施
		羽根隙間		―	社内基準	―	○	○	―	インペラ、ライナともステンレス材なので腐食、摩耗は僅かであり目視

4.　土木機械設備診断制度

近畿地方整備局では，河川土木機械設備を対象に設備診断の学識者で構成された「土木機械設備診断委員会」(以下，委員会という．)を中心に，技術的な指導・助言を受け，老朽化した機械設備の適切な維持管理を図るための制度を構築している．

今回の毛馬排水機場のポンプ分解整備にあたっても，建築後39年経て初めて分解整備を行う設備の精密診断を行い，今後続けて行う他号機の分解整備の方針や分解整備後の維持管理計画の見直しの指標とする．

精密診断を行うにあたっては，この診断委員会へ精密診断を行うにあたっての測定項目・確認項目及び指標等についてご指導・ご助言を頂くだけでなく，分解点検により得られた精密診断結果を基に，効果的・効率的に維持管理の実施を図って行く上での指導・助言を頂くことを計画している．

分解整備を今年度の出水期明けより実施するので，7月に診断委員会を開催し診断項目等に対するご助言を頂き，分解整備時にも実際に診断委員会による現状確認を行って頂くことを計画している．

5.　まとめ

本報告では老朽化が進む大規模施設の整備とあわせて，精密診断を行い今後の維持管理を効率的・効果的に進められるような取組みの計画を紹介した．

実際の分解整備，精密診断はこれから実施するので，分解整備結果と精密診断による健全度評価や今後の維持管理計画を策定した段階で報告を行う予定である．