

相野谷川排水機場における異例の不具合と対応

徳益 啓祐

¹関東地方整備局 利根川下流河川事務所 施設管理課 (〒287-8510 千葉県香取市佐原イ4149)

利根川下流河川事務所が管理する相野谷川排水機場は、取手市の人口密集地域に設置されている治水施設である。この排水機場において、平成29年度5月の年点検時に過去に経験の無い事象が発見された。そこで関係者の協力を得て様々な調査、データ計測を行ったが、事象の詳細をつきとめることができなかった。最終的には分解整備を行った結果、事象を起こした原因は主ポンプ内部における異物の噛み込みみであることが判明した。本報告においては、事象の発生時点から出水期における対応、そして原因の特定に至るまでの経緯を報告するものである。

1. 相野谷川排水機場の概要

(1) 相野谷川排水機場は利根川左岸81.75kmに位置し、平成4年5月に完成した施設で、以来約26年間の経過している。

年間運転回数（実排水回数）は約1～2回ほどである。



(図－1 位置図)

(2) 相野谷川排水機場の機械設備は以下のとおりである。

・主ポンプ

形式：立軸斜流ポンプ

数量：2台（1台6t、総排水量12t）

揚程：5.7m

・主原動機：ディーゼルエンジン

・減速機：歯車減速機

これらの機器を年点検、月点検に分けて点検し、維持管理している。（年点検：年間1回、月点検：年間8回）

2. 相野谷川排水機場の不具合と対応

(1) 不具合の発覚

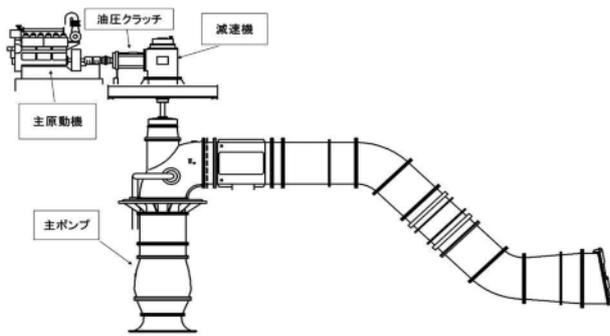
平成29年5月の年点検時の試運転において、2台設置されているポンプの動作に差異が見受けられた。動作の差異とは、試運転完了後の停止において、エンジン停止からポンプの回転が完全に制止するまでの時間（以下「慣性回転時間」という）に大きな差が生じていたものであった。

この慣性回転時間については、年点検や月点検の点検項目に記載されていないことや、過去に経験のない事象であったため、不具合としては判断することが出来なかった。このため、次回点検時において、1号と2号の主ポンプにおける慣性回転時間の差を測定することとした。7月の点検時に時間計測を行ったところ、事象の再現性が確認され、停止時間は下表のとおりとなった。

(表－1 計測結果)

	1号主ポンプ	2号主ポンプ
慣性回転時間	9秒	20秒

停止時間に差が生じていることから、1号ポンプにおいては、ポンプの回転系統に何らかの抵抗が掛かっていることが想定された。抵抗が掛かっていることを確認するため、主ポンプを手回しして確認することとした。



(図-2 ポンプ設備の構成)



(写真-1 手回し確認)

原動機のクラッチを切って主ポンプの手回しを行った。
(写真-1) (図-2)

その結果、2号ポンプにおいては容易に手回しが可能であったが、1号ポンプにおいては手回しが出来ない状態であった。抵抗が発生することが想定される機器としては、①減速機、②軸受、③羽根車とポンプ胴体の接触が考えられる。

以上から原因と想定される部位の詳細点検を行うものとした。

(2) 詳細点検

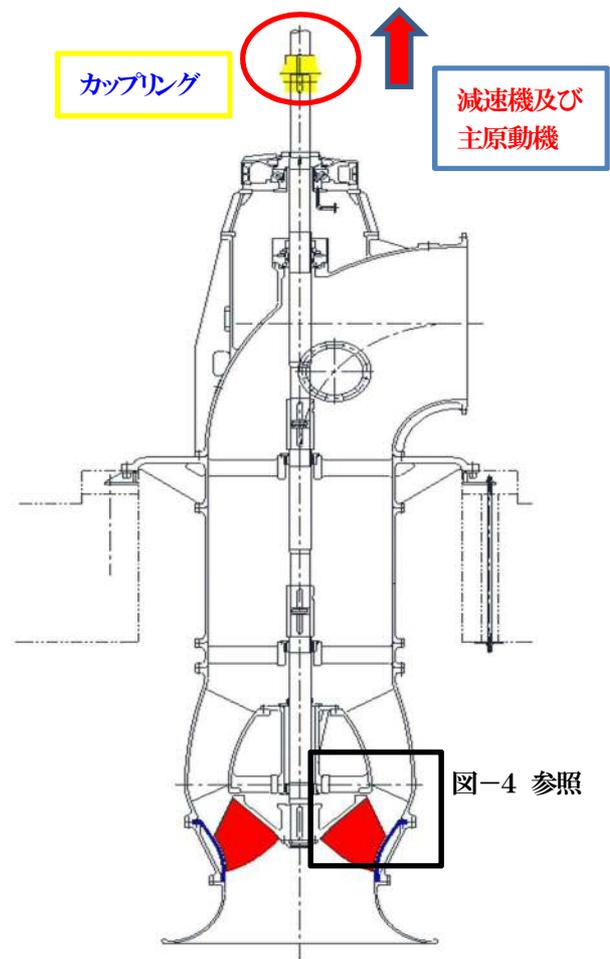
1) 詳細点検の内容

詳細点検は、関東技術事務所及び製作メーカーの協力を得て行い、以下の①～③のとおり点検を行った。

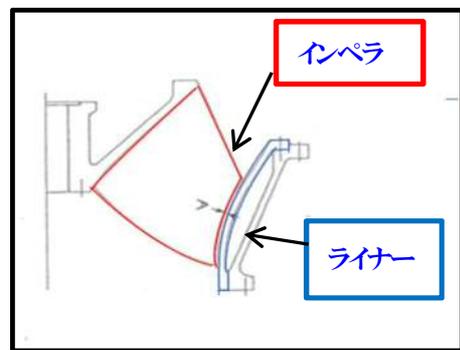
- ① 減速機・ポンプ間のカップリング（接続部）を切り離しての手回し確認。
- ② ポンプ点検孔からの各軸受けの外観点検及び内視鏡挿入によるポンプ羽根車とポンプ胴体の隙間確認。（図-3. 4）（写真-2. 3）



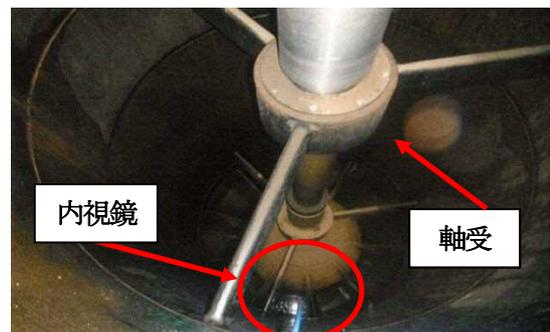
(写真-2 主ポンプ内部点検口)



(図-3 主ポンプ構造図)



(図-4 インペラとライナーの隙間)



(写真-3 主ポンプ内部（内視鏡による隙間確認）)

- ③ 運転時におけるポンプの振動及び軸受けの温度測定を行う。(写真-4)



(写真-4 各種測定)

2) 詳細点検の結果

① 手回し確認

減速機・ポンプ間のカップリングを切り離して、減速機側及びポンプ側の双方を手回ししたところ、減速機側は容易に回転することが確認できたが、ポンプ側については前回同様回転が非常に困難であった。このことから、減速機に問題は無く、主ポンプ側に原因があることが特定された。

② 軸受けの外観点検

軸受け部の外観点検においては、点検孔から確認を行ったが、変形や損傷、異物の巻き込み等の異常が確認できなかった。軸受け内部については現場で確認することが出来ないため、分解整備を行って確認を行う必要があるとされた。

③ 隙間確認

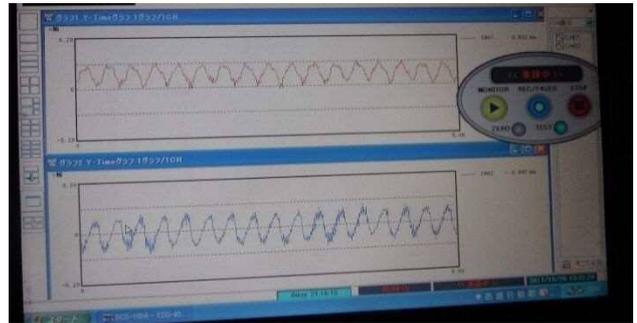
内視鏡を使用し、ポンプ羽根車とライナーの隙間の確認を行うこととしていたが、点検孔と羽根車の位置関係から、4枚ある羽根のうち3枚確認が出来たが、1枚は状況の確認が出来なかった。確認できた箇所においては接触箇所がなく正常であった。(写真-5)



(写真-5 内視鏡映像 (インペラとライナーの隙間))

④ 振動及び軸受け温度測定

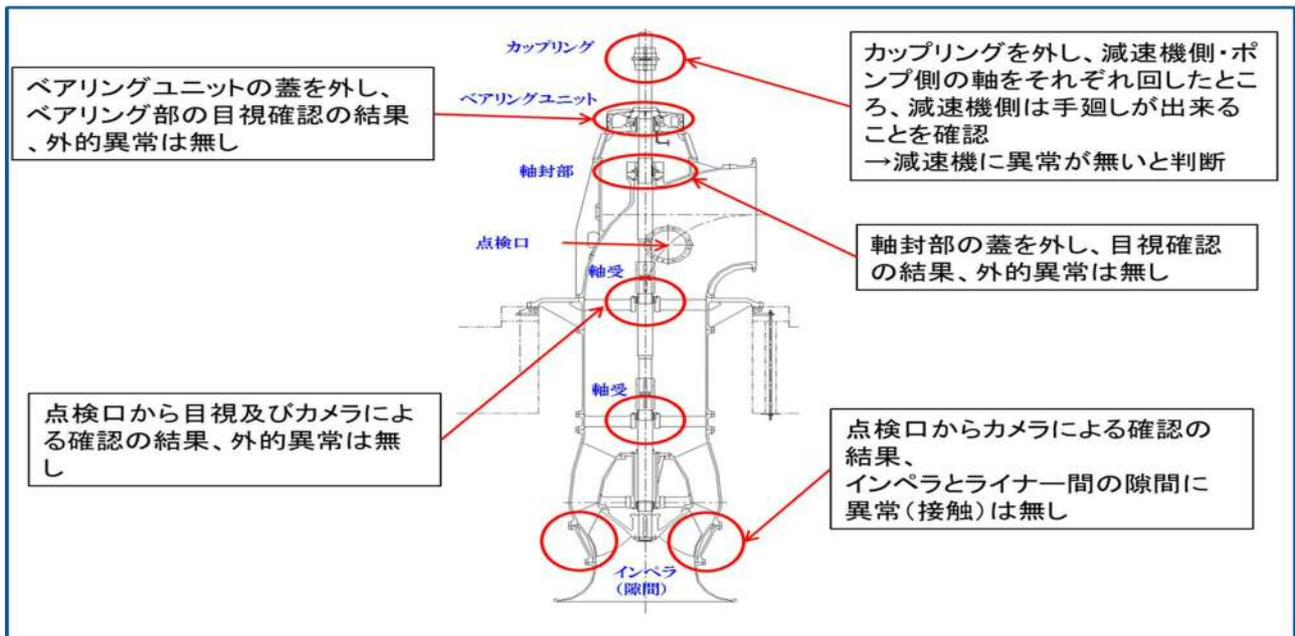
各部の点検完了後、試運転を行い、異常振動や温度上昇、異常音の発生について確認を行ったが、異常を示すデータはなく、運転自体に問題が見受けられなかった。(写真-6)



(写真-6 振動測定の波形)

3) 詳細点検の結論

運転時の各種データより短期的なポンプ運転においては支障がないと判断されたが、回転体に何らかの抵抗が掛かっていることから、少なくともポンプの性能に影響を与えていることが想定されたため、主ポンプの分解整備を行い、原因の特定及び復旧を行うこととした。



(図-5 詳細点検結果)

4. 出水期の対策

これまでの調査・検討により主ポンプの分解整備を実施することとし、平成30年3月に工事契約を締結したが、整備完了は31年3月となるため、不具合を抱えたまま出水期を迎えなければならない状況となった。原因の特定が出来ないままでは運転に多大な不安を抱えることとなるため、再度原因の絞り込みを行い、短期的なポンプ運転への支障の有無について整理することとした。原因の絞り込みを行うに当たっては故障木 (FTA) と呼ばれる手法を用いることとした。

FTA とは設備の故障及びそれにより発生した故障の原因を分析する手法で、機器の信頼性、安全性を高めるために利用される解析手法である。

要因の絞り込みを行った結果を図-6に示す。

この結果としては、ポンプ試運転時のデータに異常が見受けられないこと、確認できる範囲においては、変形・損傷等の異常がなかったことから、短期的なポンプ運転には支障がないものと判断することが出来た。ただし、長期的な運転には不安が残るため、出水時の対応としては、異常がない2号ポンプを先に稼働させ、水位が低下しない場合において1号ポンプを運転し対応することとした。また、万一1号ポンプの稼働が不可能となった場合に備えて、排水ポンプ車の配置についても配置台数・配置方法をあらかじめ作成しておくものとした。

事象	要因1	部品	要因2	確認項目	現地確認	確認結果	評価
慣性回転時間が短い 回転体の手回しが困難	ポンプ要因	1-1 インペラ	a) 異物の噛み込み	インペラ/プロテクトライナまたは、インペラ/ケーシング間に異物が噛み込んでいないか分解体、目視にて確認	一部済 (3/4)	内視鏡にて確認した範囲では、4枚中3枚のインペラ/プロテクトライナ間に異物の噛み込みは確認できず、ポンプ分解体、再度確認を行う。	△
			b) 回転体接触 羽根変形	インペラ/プロテクトライナ接触を目視または、接触箇の有無により確認	済	内視鏡にて確認した範囲では、4枚中3枚のインペラ/プロテクトライナ間に異物の噛み込みは確認できず、ポンプ分解体、再度確認を行う。	△
			c) インペラキャップ止めボルト緩み等による回転体の接触	インペラキャップ止めボルト緩み等の状態確認	済	内視鏡にてインペラ/プロテクトライナの隙間を確認している。	×
			d) 長期間使用による軸方向嵌合隙間の噛みに起因する回転体の接触(シャフト/スプリットリング1/インペラキャップ)	シャフト/スプリットリング1/インペラキャップの寸法測定	済	内視鏡にてインペラ/プロテクトライナの隙間を確認している。	×
			e) 長期間使用による軸方向嵌合隙間の噛みに起因する回転体の接触(スプリットリング2/シャフト)	スプリットリング2/シャフトの寸法測定	済	内視鏡にてインペラ/プロテクトライナの隙間を確認している。	×
			f) 異物の噛み込み	メタルスリーブ/セラミック軸受間に異物が噛み込んでいないか目視または、接触箇の有無により確認	一部済	セラミック軸受(上)の上側を目視、下側を内視鏡にて確認するも、異常なし(セラミック軸受(中)、(下)は未確認)	○
			g) 経年変化に伴う摩擦係数の増大	メタルスリーブ/セラミック軸受の寸法測定	未	ポンプ分解体確認する。	○
		1-2 セラミック軸(上/中/下)	h) 異物の噛み込み	メタルスリーブ/セラミック軸受の磨動面の状態を目視にて確認(傷、異物)	未	ポンプ分解体確認する。	○
			i) 異物の噛み込み	シャフト/ブッシュ間に異物が噛み込んでいないか目視により確認	未	ポンプ分解体確認する。	○
		1-3 ブッシュ	j) 異物の噛み込みによる磨動面荒れ	磨動面の状態を目視にて確認(傷、異物)	未	運転中の異物無し、磨動面の状態は未確認であるが、連れ回りの要因となる可能性は低い。	△
		1-4 メカニカルシール	k) 軸受摩耗/傷/発熱	軸受の状態確認(ころ、転動体の傷)	未	ポンプ分解体確認する。	△
				潤滑油の状態確認(異物・鉄粉・水分の混入の有無、交換時期等)	済	異物・鉄粉・水分の混入は見られなかった。	×
				潤滑油量の状態確認	済	オイルゲージにて規定油量を確認した。	×
		1-5 ベアリングユニット	l) 軸受摩耗/傷/発熱	軸受の状態確認(ころ、転動体の傷)	未	ポンプ分解体確認する。	△
1-6 シャフト	m) シャフト振れによる軸受への異常接触	振れ測定	未	ポンプ分解体確認する。	△		
1-7 シャフトナット	n) 緩みによる回転体の脱落	緩み等の状態確認	済	緩みはなかった。	×		

(図-6 要因絞り込み)

5. 修繕工事発注と不具合の原因判明

平成30年度の出水期後、工場分解・整備のため、1号主ポンプを取り外した際、吸込側から目視確認を行ったところ、インペラとライナー間に大量の長物のゴミが挟まっていることが確認された。(写真-7)

異物を撤去したところ、インペラがスムーズに回転したことから、1号主ポンプにおける慣性回転時間減少の原因は、異物の噛み込みであることが明らかになった。

内視鏡検査時に確認することが出来なかった一枚のインペラに噛み込んだものと判明した。



(写真-7 主ポンプ引き上げ時)

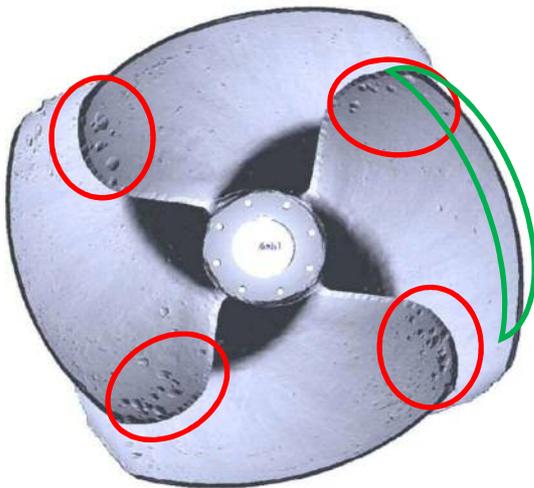


(写真-8 噛み込んだ長物のゴミ)

その後工場において、1号主ポンプの分解整備を行った結果、インペラにおいて、下記の欠損が確認された。

- ・表面における腐食による陥没 (図-7 赤枠)
- ・端部における腐食による欠損 (図-7 緑枠)

これらは、当初見込んでた部品交換に加えインペラの補修を行うこととした。



(図-7 インペラ腐食状況)

6. 課題と考察

本不具合は、長物のゴミがインペラに噛み込んだことによって発生してしまったものであるが、そもそもこれほど巨大なゴミが除塵機のスクリーンを通過し、吸水槽、そして主ポンプ内部のインペラまで到達することは希であり、またゴミの材質が柔らかく振動や稼働音においても異常が見られないという状況であった。

さらに今回の慣性回転時間の計測は、点検項目としてないため、5月に異変に気づきつつも不具合として断定できずにいた。

もし本事象が発見することができなければ、噛み込んでいた巨大なゴミがインペラを離れ、主軸や軸受けに巻き付いて、ポンプ全体に損傷を与えていた可能性がある。

本件の様な事例は希なため、今後は我々職員、点

検業者、製作メーカーとも受け継いでいき、また周知していくことが大切である。

7. 最後に

本事例において、私は不具合の発生から詳細点検の実施、修繕工事の発注、監督までの一連を担当することができた。私自身としては、当初この事象の発見時（平成29年5月 年点検）において不具合ではないと考えていた。

しかし、経験豊富な技術者は今回の事象において、その異常性を察知し、その結果、原因なる物（長物のゴミ）がしっかりと発見された。これは知識と経験の差が大きいところであると考えられる。

今回の件を踏まえて排水機場、ゲート設備等の点検や工事の際に、監督者として積極的に現場に赴き様々な経験を積むことによって、能力の底上げを行いたい。そして今後の発生した現場の課題やトラブル等などに対して迅速且つ適切な判断が出せるよう学んでいこうと思う。