

老朽化排水機場の信頼性向上に向けた取り組み

徳島河川国道事務所 防災課 中川 貴文
徳島河川国道事務所 防災課 山本 新

徳島河川国道事務所が直轄管理する排水機場は、昭和 40～50 年代前半に設置されたものが多く、施設の老朽化が著しい状況にあり、その対策が急務となっている。

本稿では、設置後 50 年が経過した学島排水機場で現在実施しているリニューアル工事における「立軸化・無水化等」の技術を用いた信頼性向上に向けた取り組みについて報告する。

キーワード 維持管理，老朽化対策，無水化，信頼性向上

1.はじめに

一級河川吉野川には徳島河川国道事務所が直轄管理する排水機場が 17 箇所あり、その総排水量は $178\text{m}^3/\text{s}$ に及び吉野川流域の内水被害軽減に効果を発揮してきた。

(表-1) これらの排水機場は昭和 40～50 年代前半に設置されたものが多く、古いものでは設置後 50 年を経過するなど施設の老朽化が著しく、その対策が急務である。(図-1) 排水機場は洪水時のみ稼働する施設であり、年間の排水運転回数は 1～5 回と極端に少ないが、確実な始動と連続して稼働する耐久性等、高度な信頼性が求められる。

今回、管理する排水機場で最も古い学島排水機場で現在実施しているリニューアル工事における「立軸化・無水化等」の技術を用いた信頼性向上に向けた取り組みについて報告する。

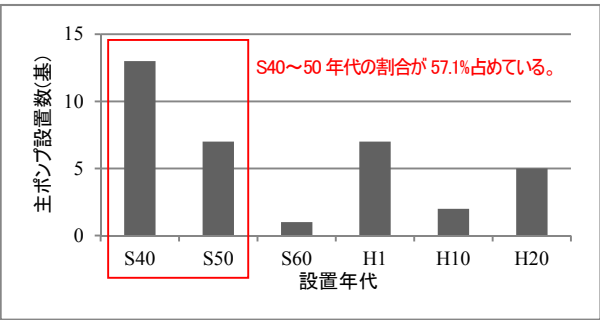


図-1 主ポンプ設置年数

2.施設概要

学島排水機場は吉野川右岸 30k/4 (徳島県吉野川市川島町桑村地先) の一級河川吉野川と支川学島川の合流付近に位置し、学島川流域の内水排除を目的として昭和 41 年に設置された排水機場であり、設置当初に納入された設備が現在でも使用されている。(図-2)

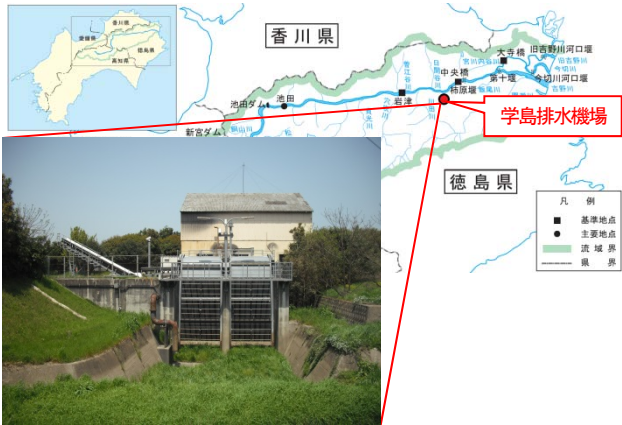


図-2 位置図

表-1 排水機場施設一覧

	施設名	ポンプ形式	排水量(m³/s)	設置年	経過年数
1	角ノ瀬排水機場	立軸軸流	20×1	H20	8
2	神宮入江川排水機場	横軸斜流	2.5×2	S49	42
3	新神宮入江川排水機場	横軸斜流	5×1	S53	38
4	飯尾川排水機場	横軸斜流	5×4	S44	47
5	新飯尾川排水機場	立軸斜流	10×2	S58	33
6	江川排水機場	横軸斜流	5×2	S49	42
7	川島排水機場	立軸斜流	9×2	H21	7
8	学島排水機場	横軸軸流	3×2	S41	50
9	学島川排水機場	横軸斜流	7×2	S53	38
10	ほたる川排水機場	立軸斜流	5×2	H26	2
11	正法寺川排水機場	横軸斜流	3×2, 2×1	S43	48
12	前川救急排水機場	立軸斜流	1×2	H6	22
13	蛇池川排水機場	立軸斜流	5×2	S56	35
14	熊谷川排水機場	横軸斜流	5×2	S54	37
15	指谷川排水機場	立軸斜流	4×2	S61	30
16	柿ノ木谷川排水機場	横軸斜流	4×2	S44	47
17	城の谷排水機場	立軸斜流	2×2	H13	15

3.信頼性向上に向けた検討

信頼性を向上させるためには故障の発生頻度が高い機器を減らすことが重要である。排水機場における機器の故障率を集計したものを次に示す。(図-3)

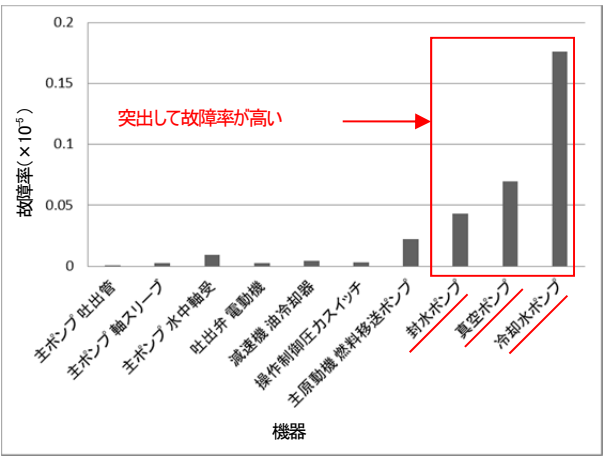


図-3 排水機場における機器の故障率

故障率とは、故障件数／延べ運転時間で求めた数値であり、数値が大きいほど故障する頻度が高いことを表すものである。図-3 より、冷却水ポンプ（冷却系統）、真空ポンプ（満水系）及び封水ポンプ（軸封系）が高いことが分かる。

故障リスクを減らすために以上の機器を削減するための検討をおこなった。

(1)冷却系統機器の削減

既設では主ポンプの軸封装置や水中軸受、主原動機、減速機の回転部分が運転中に高温になるため、清水（井戸水等）による冷却方式を採用している。その清水を循環させるために冷却系統機器（冷却水ポンプ、取水ポンプ、膨張タンク）が必要であった。また主ポンプの軸封装置への注水は冷却目的の他に封水の役割も果たしている。そこで今回、冷却系統機器を無くし、無水化を図るために以下の対策を行った。

a)主ポンプの無水化

主ポンプの無水化の仕様を次に示す。(表-2)

表-2 主ポンプの無水化仕様

	封水装置部		水中軸受	
	形式	特徴	形式	特徴
更新前	グランドパッキン	摺動面摩擦熱が多い 給水必要	ホワイトメタル	耐熱性低い 潤滑油必要
更新後	フローティングシール	摺動面摩擦熱が少ない 給水不要	セラミックス	耐熱性高い 潤滑油不要

封水装置は主ポンプの主軸貫通部から水が漏れるのを防ぐ装置である。従来は耐熱性の低いグランドパッキンを使用していたが、今回方式を見直し無給水型のフローティングシールを採用した。

水中軸受は、従来ホワイトメタルを使用していたが耐熱性、耐摩耗性が低いため油による潤滑が必要であった。

今回素材を見直し、耐熱性の高いセラミックスに変更を行った。セラミックスにすることによりドライ運転が可能となり潤滑機器を削減することができた。

b)主原動機、減速機の無水化

主原動機について更新前は「槽内クーラー方式」であり機器を冷却するために別途冷却水系統機器が必要であった。今回「機付ラジエータ方式」を採用することにより冷却水系統機器が不要となった。

「機付ラジエータ方式」とは主原動機にラジエータを取付け、主原動機からの動力で回転するファンを回しラジエータに風を送ることで冷却するものである。

減速機についても同様に槽内クーラー方式から主ポンプ内の排水を用いた自己冷却方式に変更することで無水化を図った。(表-3 図-4)

表-3 更新前後の設備比較

設備名称		更新前	更新後
主ポンプ設備	主ポンプ	形式	横軸軸流ポンプ
		台数	2台
		吐出量	3.00 m ³ /s・台
		口径	φ1,200 mm
主ポンプ駆動設備	主原動機	形式	水冷式ディーゼル機関
		出力	121 kW
	減速機	形式	水冷式遊星歯車減速機
			自然放熱式直交軸傘歯車減速機ポンプ搭載型

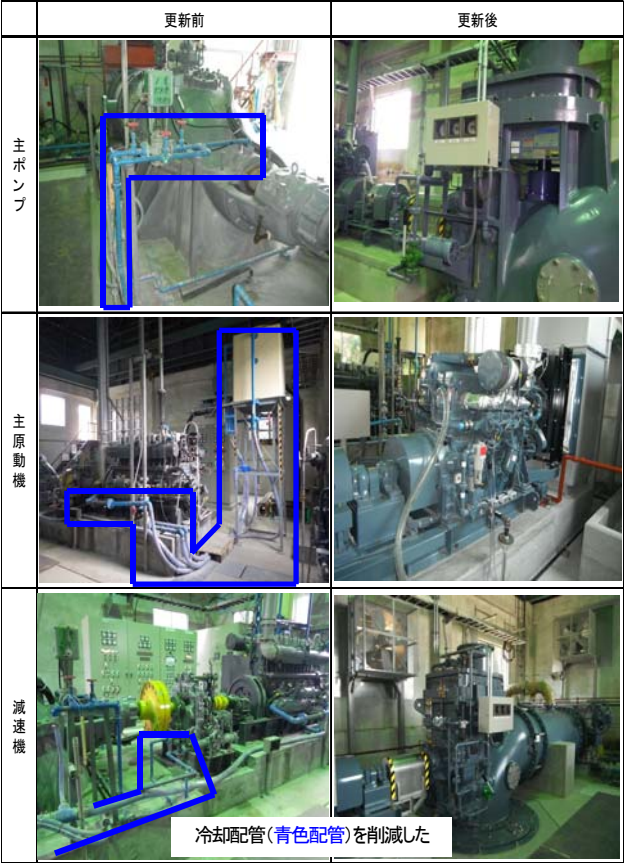


図-4 無水化対策状況

c) 機場全体

前述 a), b) の対策により冷却水系統機器を削減することができ、施設全体がシンプルな機器構成となり信頼性向上を図ることができた。(図-5)

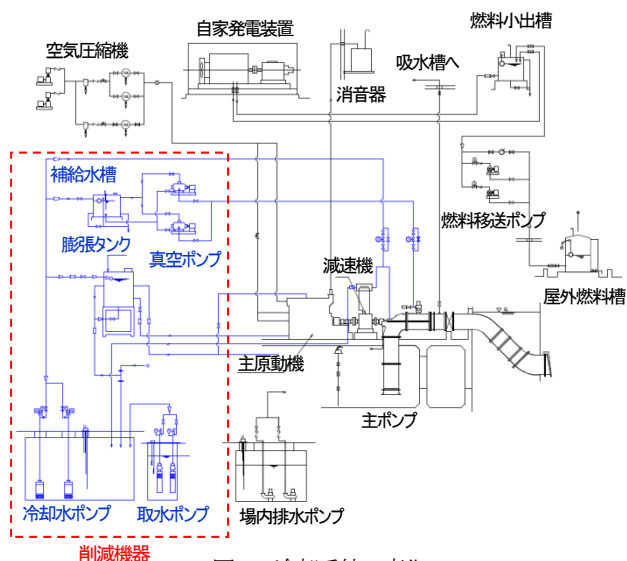


図-5 冷却系統の変化

(2) 満水系統機器の削減

排水機場では「横軸ポンプ」「立軸ポンプ」のいずれかが採用される場合が多い。ポンプ形式の違いを次に示す。(表-4、図-6)

満水系統機器は横軸ポンプ専用の機器であり、立軸ポンプを採用することにより機器を削減することが可能となり信頼性の向上を図ることができる。また、横軸ポンプでは必要であった満水操作（ポンプ内の羽根車の位置まで水を充填する操作）が立軸ポンプでは不要となり、急激な内水上昇時にも迅速な排水操作が可能となる等排水作業の始動性を向上させることができる。

なお、立軸ポンプが横軸ポンプより劣る点については、学島排水機場で立軸ポンプを採用するにあたり問題がないか次の検討をおこなった。

a) 設置条件

立軸ポンプは羽根車及び軸受が常時接水（没水）しているため腐食が進行しやすく、一般的に横軸ポンプに比べて耐久性が劣る場合が多い。なお、支川の学島川の水位が洪水時以外は低いいため、羽根車及び軸受が常時露出した状態であり、耐久性については横軸ポンプと同等である判断した。

b) 維持管理性

設備を長期にわたり健全な状態で維持させるためには定期的な点検・整備が必要である。主ポンプの主な点検・整備項目としては、ケーシング、羽根車、主軸、外部軸受、水中軸受、軸封装置等がある。これらの中でも修繕・交換頻度が高いのが水中軸受である。

横軸ポンプの場合、上部ケーシングを外すことにより比較的容易に水中軸受の点検・整備が行えるが、立軸ポ

ンプでは通常、水中軸受は羽根車上部に設置されることから、減速機、羽根車及び主軸を抜き出す必要があり、点検・整備費用が高額となる傾向にある。(図-6)

そこで今回、立軸ポンプの整備性が劣ることへの対策として水中軸受を従来よりも簡単に整備できる構造の主ポンプを採用した。(図-7)

この主ポンプは水中軸受を羽根車の先に設置した構造であり、全ての整備作業が吸水槽内から人力のみで行うことができる。よって、減速機の撤去等が必要ないため整備性が大幅に向上している。

表-4 主ポンプ形式の比較

項目	横軸ポンプ	立軸ポンプ
設置条件	機場敷地面積 立軸より大	横軸より小
腐食性	羽根車、水中軸受が待機中は気中にあり有利	羽根車、水中軸受が常時水中にあり不利
ポンプ性能	吐出量 (ポンプ口径) 小～中 (～2,000mm)	小～大 (～4,600mm)
吸込性能	羽根車が吸水水位より上にあるので立軸に比べて不利	羽根車が吸水水位より下にあるので横軸に比べて有利
操作性	始動性	羽根車が吸水水位より上にあるので満水操作要
維持管理性	整備性	上部ケーシングを取り外して整備可能なので比較的容易
耐久性	羽根車、軸受が非没水なので立軸に優る	羽根車、軸受が常時没水なので横軸に劣る

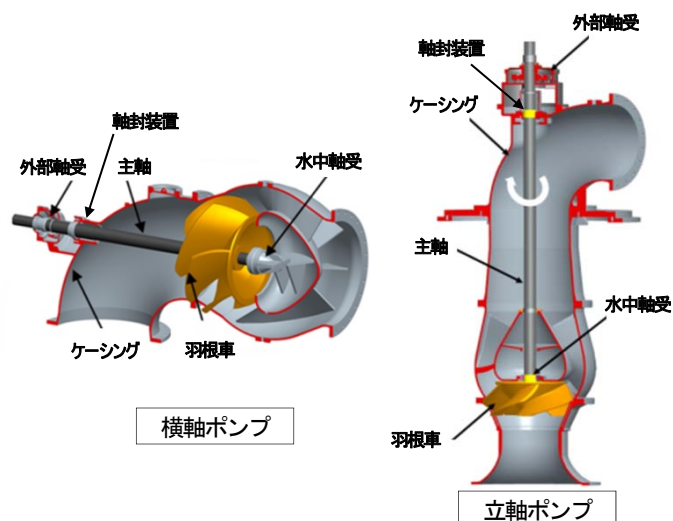


図-6 主ポンプの外形図

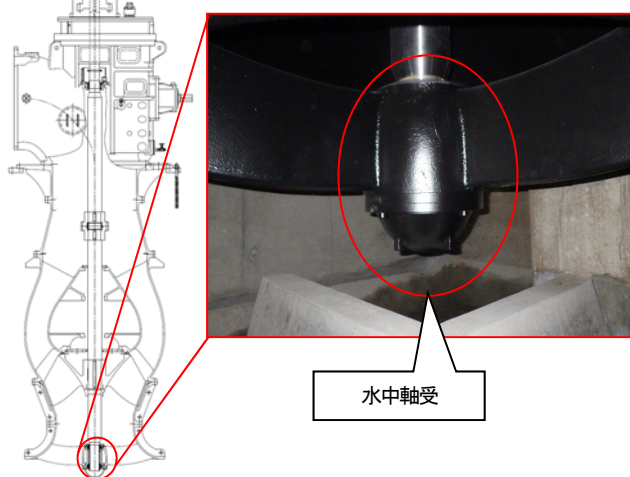


図-7 水中軸受が先端に配置されたポンプ

4.施工方法の検討

本工事は出水期を挟みⅠ期とⅡ期工事でそれぞれ主ポンプ1台ずつ更新する工程で実施している。(図-8)
施工に当たり発生した課題と実施した対策を示す。

課題① 非出水期中であっても最低1台は排水運転可能な状態を確保しなければならず、補機類を撤去ではなく移設させながら順次更新をしていく必要がある。

対策① 事前に綿密な現地調査を実施し効率的な機器配置計画を立てる。

機器配置計画はⅡ基工事の施工で支障のない位置であるかの確認を行いながら、機器同士をつなぐ配線配管が極力短くなるよう配置することで作業スペースの確保を図った。

課題② 既設の天井クレーンの定格荷重及び揚程が小さく主ポンプ設置時に使用することができない。

対策② 仮設の門型クレーンを組立て、搬入を行った。(図-9)

横軸ポンプは立軸ポンプよりも細かく分割できるため機器1つ当たりの重量が小さい。よって、横軸ポンプの排水機場に設置されている天井クレーンの定格荷重は立軸ポンプの排水機場より小さいのが一般的である。

今回、既設天井クレーンの定格荷重5tに対し、設置する主ポンプは約10tあるため、仮設の門型クレーンを機場内に設置した。

なお、主ポンプ以外の機器は天井クレーンでの据付けが可能であることから、門型クレーン組立に当たっては天井クレーンの走行・横行に支障の無い範囲に設置するなど、狭い排水機場内での配置を工夫した。

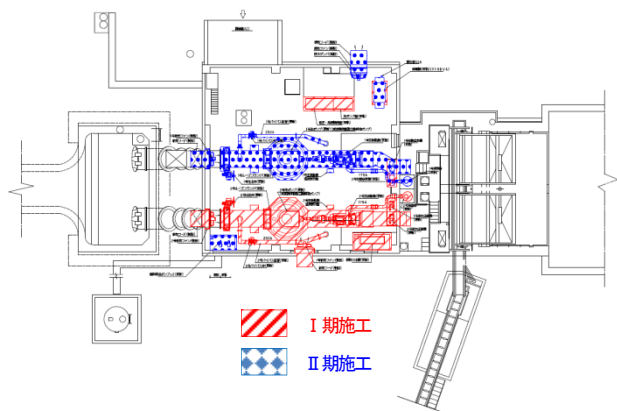


図-8 施工範囲図 (Ⅰ期, Ⅱ期)



図-9 仮設門型クレーンによる主ポンプ搬入

課題③ 既設吐出管のフランジ孔の位置が図面と比べて数度ずれており完成図書と既設との不整合があった。

対策③ 工場製作の段階で既設吐出管のフランジ孔のずれにあわせた加工を行った。

今回、吐出管の一部で既設流用を行っているが、既設と新設と接続部において既設側の接続フランジ穴が完成図書の記載より数度ずれていることが分かった。そのためフランジ穴のズレを反映させた新設配管を作成し接続を行った。

5.まとめ

本工事では、主ポンプ、主原動機、減速機の機器に対して「無水化」の技術を採用することで、補機類の削減が可能となり、故障リスクの低下及び維持管理負担の低減など信頼性の高い排水機場にリニューアルできたと考える。

また、主ポンプの「立軸化」により従来の排水機場では必要であった満水操作が不要となり、今まで以上に迅速な排水運転が行えるなど操作性の向上も同時に図ることができた。

老朽化した排水機場における「無水化」「立軸化」は信頼性向上に大きく寄与するものと考えられる。

現在2号ポンプの設置が完了し、平成29年11月より1号ポンプの更新を行い、平成30年3月に全ての工事が終了する予定である。

参考文献

- 1)国土交通省土木研究所 材料施工部機械研究室：機械設備の信頼性評価に関する調査研究(第二報)平成13年2月