

土木機械設備の維持管理における信頼性向上について

松島 健朗¹

¹近畿地方整備局 近畿技術事務所 施工調査・技術活用課 (〒573-0166 大阪府枚方市山田池北町 11-1)

土木機械設備は、突発的な故障が発生した場合、社会的影響度が高く広範囲に被害が及ぶ設備である。このような設備の信頼性を確保、向上させるため、平成 26 年度に土木機械設備診断委員会を設立した。本報では、土木機械設備診断委員会において重大故障の調査・分析方法、故障メカニズムの解明による故障原因特定及び応急復旧対応について審議された結果を報告する。

キーワード 土木機械設備, 調査・分析方法, 故障メカニズム, 設備診断, 維持管理

1. はじめに

近畿地方整備局管内の直轄河川における土木機械設備(以下、「機械設備」という。)の現状は、ダムゲート5箇所53門、堰ゲート5箇所34門、河川用水門・樋門536箇所773門、河川用揚排水ポンプ30箇所83台設置され、図-1に示すように河川用水門・樋門では、30年経過した設備が約6割、40年経過した設備が約3割、図-2に示すように河川用揚排水ポンプでは30年経過した設備が約3割を占めており、今後急速に老朽化が進む機械設備の維持管理の重要性はさらに高くなっている。

社会的影響度の高い機械設備は、平常時は勿論のこと災害時においても確実な可動が必要であるが、故障を確実に防ぐことは不可能である。このため、故障が発生した場合において、必要に応じて信頼性を確保、向上させるためにも、その原因を明確に究明し、恒久対策においても専門技術者(以下、「メーカー」という。)もしくは学識経験者などによる指導・助言が必要とされている。このような背景の中、平成 26 年度に土木機械設備診断委員会(以下、「診断委員会」という。)を設立し、これら機械設備を対象として突発的な故障に対する診断及び評価を行った。

図-1 河川用水門・樋門の建設後経過年数

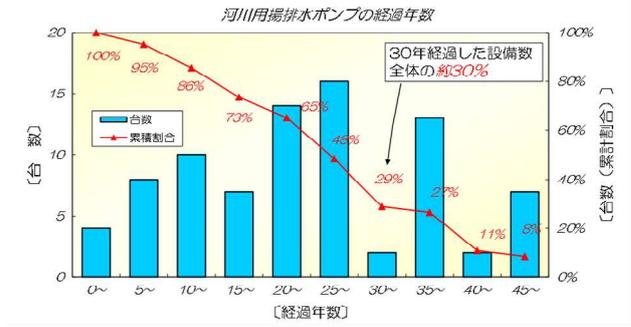
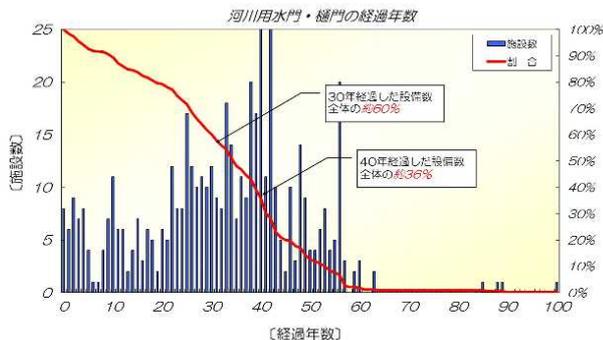


図-2 河川用揚排水ポンプの建設後経過年数



2. 機械設備の故障・不具合発生状況

近畿地方整備局管内における、機械設備の故障・不具合発生状況は図-3に示すように発生年度にバラツキはあるものの年間の平均発生件数として河川用機械設備においては故障が5.3件、不具合が1.4件、道路用機械設備においては故障が0.2件、不具合が0.3件発生しており、決して少なくない状況である。

今後、機械設備の老朽化が進むにつれ発生件数は増加するものと考えられる。

ここでの故障及び不具合の定義として、故障とは、機械そのものに異常が生じて機能が正常に働かなくなった事象とし、不具合とは、機械そのものの異常では無く外的要因(災害、ゴミ、土砂等)により正常に機能しなかった事象としている。

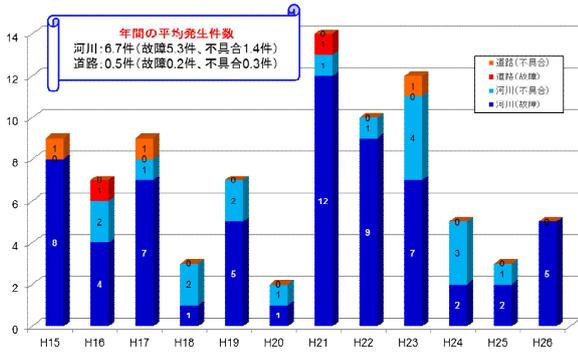


図3 故障・不具合発生状況

3. 現状の維持管理における課題と対応

機械設備の数は近年においても増加し続け老朽化も進行しており、維持管理における重要性は増している。

現在の機械設備における維持管理は、点検業務を外部委託業者に発注し、点検結果報告を受け設備の健全性を把握している。

また、一旦故障が発生した場合、維持管理担当者と外部委託の点検技術者だけでは故障原因の究明が困難で、メーカーの見解等の確認を実施しているが、第三者の判断が望まれている。

過去においては、故障が発生した設備を管理する事務所が原因究明のため事務所独自で対応していたが、委託する学識経験者の選任に時間が掛かり迅速な対応が難しかった。また、維持管理担当者が、故障原因調査や復旧作業の業務を行う中、委員会の運営に関する資料作成に追われる状況となっていた。

このような背景の中、近畿地方整備局 施工企画課と近畿技術事務所では、迅速な対応及び各事務所の維持管理担当者の負担軽減のため、委託する学識経験者を選任し診断委員会を平成26年11月26日に設立した。

4. 診断委員会の設立

(1) 設立目的

診断委員会は、図-4に示すように近畿地方整備局管内における老朽化する機械設備の信頼性確保と効率的かつ効果的な維持管理¹⁾を実現するため、各種機械設備の点検・診断、補修、予防的修繕及び更新等について学識経験者及び専門技術者で構成される委員会から技術的助言及び指導を受け、迅速かつ適切な対策について推進することを目的とする。

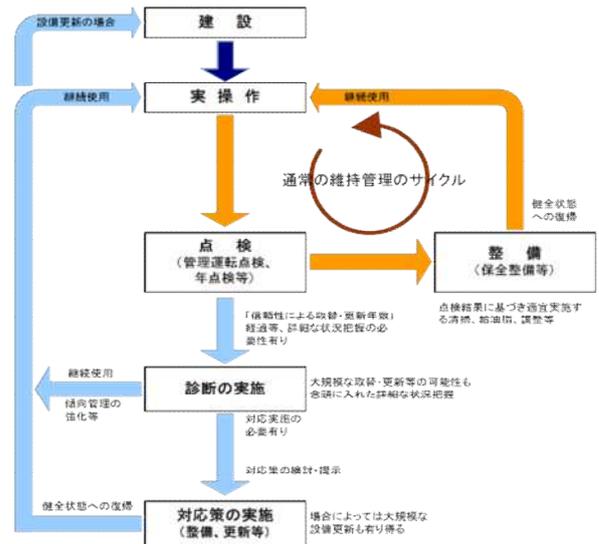


図4 設備の維持管理の流れ

(2) 運営内容

診断委員会の運営内容として、高度な技術力と専門的判断が必要な事案が発生した場合、関係事務所長は事務局を介して機械設備の故障診断等の要請を診断委員会に行うことができる。(図-5)

- ① 重大故障の原因究明について指導・助言
- ② 点検結果に基づく診断、設備機能維持、長寿命化を踏まえた修繕・更新等について指導・助言
- ③ その他、機械設備等に関する全般的な保全技術等について指導・助言

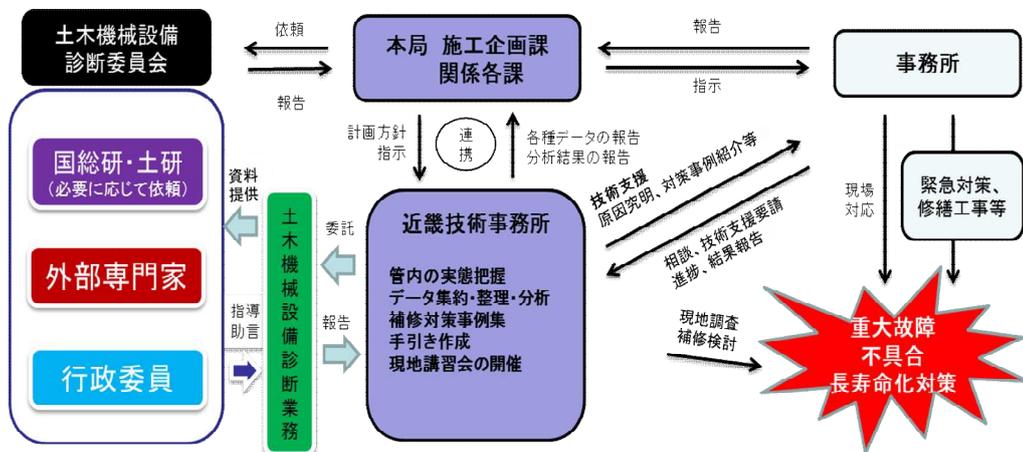


図5 診断委員会の運営内容

5. 診断委員会での故障診断

(1) 故障診断案件

平成26年度は、社会的影響度が高く重大故障であった排水機場の主ポンプ設備の水中軸受損傷について故障原因の特定や応急復旧対応の指導・助言を診断委員会からいただいた。(表-1、図-6)

表-1 診断委員会名簿

平成26年度 近畿地方整備局土木機械設備診断委員会 委員名簿		
委員長	高見 勲	南山大学 理工学部機械電子制御工学科 教授
委員	豊田 利夫	日本診断工学研究所 代表研究者 (元九州工業大学 情報工学部 教授)
委員	陳山 鵬	三重大学大学院 生物資源学研究所 教授
委員	横小路 泰義	神戸大学大学院 工学研究科 教授
委員	小野 深	大阪大学大学院 工学研究科 准教授
委員	加藤 義紀	近畿地方整備局 企画部 機械施工管理官
委員	川崎 和来	近畿地方整備局 企画部 施工企画課長
委員	北野 正朗	近畿地方整備局 河川部 河川保全管理官
委員	由井 伸直	近畿地方整備局 河川部 河川管理課長
委員	和佐 喜平	豊岡河川国道事務所 長
委員	鈴木 勝	近畿技術事務所 長
委員	榑原 孝志	姫路河川国道事務所 保全対策官
委員	広瀬 健治	福井河川国道事務所 保全対策官
オブザーバー	上野 仁士	土木研究所 技術推進本部 先端技術チーム 主任研究員
オブザーバー	山尾 昭	土木研究所 技術推進本部 先端技術チーム 主任研究員
事務局	森 利光	近畿地方整備局 企画部 施工企画課長補佐
事務局	土山 成	近畿地方整備局 企画部 施工企画課 機械設備係長
事務局	宮崎 諒	近畿地方整備局 企画部 施工企画課 機械設備係
事務局	児玉 孝司	近畿技術事務所 施工調査・技術活用課長
事務局	松島 健朗	近畿技術事務所 施工調査・技術活用課 専門員



図-6 土木機械設備診断委員会

(2) 故障発生状況

今回の故障発生時の状況は、平成26年10月17日に点検により主ポンプ設備をドライ状態で管理運転を行った。ポンプ起動後5分ほど経過した後に、主ポンプ設備より過大な振動が発生し緊急停止を行った。本来は、水を貯めて排水運転を実施するためインペラ近傍に軸受を1箇所としている。なお、この排水機場はセラミック軸受を採用しているため水を貯めずにドライ状態で運転が可能である。また、下水処理場のように水の無い状態から水が流入すると同時に排水できる先行待機形ポンプは、水と空気が混合した運転となるため振動が大きくなる。このため、インペラ近傍に軸受を2箇所とし振動の影響を軽減している。(図-7)

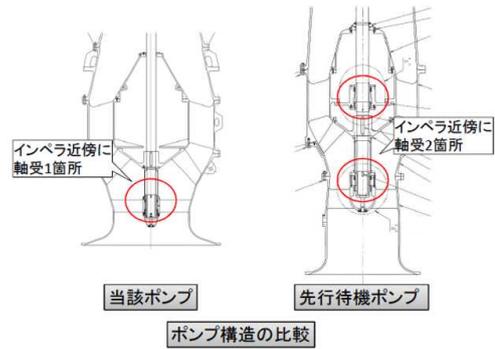


図-7 ポンプ構造の比較

(3) 故障メカニズムの整理と調査分析の確認

故障発生前からの運転状況や故障が起きた状況を時系列に整理した。(表-2)

また、製作メーカー等による原因調査や分析調査結果の妥当性を確認し、故障メカニズムを明らかにした。

操作方法や軸受の設計や製作に問題は無いが、制御回路の一部に不具合があることが判明した。

故障時以前の主ポンプ排水運転において、運転できる限界の水位でもポンプが停止していなかったことが判った。

この制御回路は、機則操作で主ポンプの運転を行った場合、運転できる限界の水位で自動停止するが、遠方操作で運転を行った場合、自動停止しない回路となっていた。

今回の故障発生メカニズムは、制御回路の一部不具合により排水運転時にポンプ停止水位で止まらず、水と空気が混合し過大な振動が起こった。この振動が故障の要因となり軸受の損傷に至った。

表-2 故障メカニズムの整理

損傷の程度	ポンプの運転状況	損傷状況の説明
過大振動	平成26年8月9日 排水運転 No3 主ポンプの排水運転 9h01minのうち、吸い込みバルブ 下流水位付近(TP+2.360)にて77 分間運転	・ポンプ過大振動 ・ごみ除けパッキン内径拡大 ・回転体の振り回りにさらに大きくなる ・軸受過大面圧によりCBCスリーブ摩耗進行 ・軸保護管と軸受スリーブ接触、発熱 ・ごみ除けパッキン表面焼損(炭化)
	平成26年8月21日 管理運転 ドライ運転 平成26年9月19日 管理運転 ドライ運転	・ごみ除けパッキンは焼損しCBCスリーブの摩耗 は進行しているが、ドライ運転時の軸受負荷は 比較的小さいため、特に問題なく正常に動作
セラミック軸受は破損にまで至っていない	平成26年10月13日 排水運転 No3主ポンプ 11h05min 排水運転	・軸受は損傷していないためポンプは正常に動作 ・軸保護管とインペラカラー部の隙間やパッキン の内径が拡大し砂等が入りやすい状態
	平成26年10月17日 管理運転 ドライ運転	・運転前の状態 ・軸受内に侵入した砂等と、損傷したごみ除け パッキンからの樹脂粉(フッ素分等)が混ざり 合い、泥状となってWCセラミック軸受とごみ除 けパッキンの間の軸受スリーブ外周隙間に大 量に堆積 ・管理運転を実施 ・軸受スリーブ外周隙間に大量に堆積した物質 とポンプの主軸との摺動摩擦により発熱し軸受 付近温度が170℃以上となる ・WCセラミック軸受部の膨張により軸受隙間が 消失しCBCスリーブとWCセラミック軸受けに 抱きつきが発生し軸受が損傷する
	ポンプ起動後5分程度で緊急停 止操作	・ポンプ緊急停止操作 ・ポンプ起動後5分ほど経過した後、軸受抱きつき による異常振動と異音発生によりポンプ緊急停 止

(4) 応急復旧対応

排水機場の排水運転ができない状態を一刻も早く解消するため水中軸受の復旧工事を実施する必要がある。

セラミック軸受は製作に時間を要することから、早急に対応が可能なゴム軸受で仮設復旧対策を実施し、セラミック軸受の製作が完了次第取り替える事となった。

制御回路の復旧として、遠方操作で運転を行った場合においても運転できる限界の水位で自動停止するように改修を行った。

(5) 指導・助言

診断委員の方々から、分解整備時に主軸の曲がりとポンプ軸受ユニットについて異常が無いか確認すること、振動値（加速度）を測って高周波帯域解析すれば、管理運転時に発見できている。また、今後オンラインで振動値（加速度）を測って行けば早期発見につながる事など助言をいただいた。（図-8）



図-8 指導・助言

(6) 今後の取組

本復旧を行うと共に、診断委員会の指導、助言を基に対策を実施しとりまとめた結果について、平成27年度の診断委員会で報告することとなった。

6. 維持管理担当者からの感想

故障が発生した設備を管理する事務所の維持管理担当者からは、診断委員会を設立したおかげで、学識経験者の選任や委託及び委員会運営など時間短縮が図られ、メーカーだけの見解ではなく第三者の指導、助言があり、安心して復旧工事に取り組みたと感想をいただいた。

7. まとめ

現場の維持管理担当者は、点検結果・不具合発生時の対応策を実施することとなるが、故障原因の特定とともに必要に応じて設備の改造・機能追加等高度な判断が必要となる場合も多い。特に設備に重大な影響を与えるケースでは、構造検討や類似事例等多岐にわたって検討が必要となる。

このことから今後も、診断委員会の指導、助言を基に適切な対応策を実施していくことによって、機械設備の信頼性の確保、向上を図っていく。

参考文献

- 1) 国土交通省：河川ポンプ設備点検・整備・更新マニュアル（案）H20.3