

## 平成 27 年度 農業水利施設機能総合診断業務体験等 優秀レポート

1. チューブラ排水機場の機能診断について
2. ゲート設備の詳細診断業務経験について
3. 農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアルについて

これは農業土木事業協会が実施している「農業水利施設機能総合診断士」資格認定試験に合格後、資格登録された者が5年後の登録更新に当たって継続的な技術研鑽の一環として提出を義務付けられているもので、レポート作成要領に基づいて作成、提出した「業務経験等レポート」及び「JAGREE 学習レポート」で、農業水利機能総合診断士講習委員会の審査の結果、登録更新を承認されたレポートのうち特に優秀と認められたものについて、今回からこの機関誌に掲載することとしたものである。

なお、各レポートの内容や意見は執筆者個人に属し、執筆者の所属する組織の公式見解を示すものではありません。

(一社) 農業土木事業協会

若鈴コンサルタンツ（株）  
氏名：鈴木 稔 人

## チューブラ排水機場の機能診断について

### 1. 概要

本業務は、国営琵琶湖干拓大中の湖地区のうちチューブラ排水機場他の施設機能診断調査を行い、機能保全計画作成を行うものである。業務対象施設であるチューブラ排水機場は昭和46年に築造され、42年が経過し施設老朽化が見られた。ポンプ設備は、平成12年に分解整備がなされている。ポンプ形式は、チューブラポンプφ1200mm、電動機270kW（写真1）、電気設備は、高圧電気設備・高圧トランス・低圧電気設備、土木構造物はコンクリート造である。

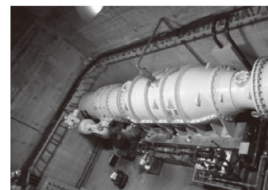


写真1：ポンプ外観

### 2. チューブラ機場の機能診断調査上の課題

チューブラポンプは、その構造上管内から目視できるのは、インペラ（写真2）と減速機・軸受（写真3）の外観だけである。減速機・軸受の運転中の診断は管内であることから不可能である。減速機・軸受の機能診断方法と評価方法が課題であった。また、電気設備で高圧トランス（絶縁油：PCB含有）の経過年数が42年であり機能保全計画上の対応も課題であった。

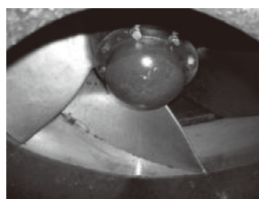


写真2：インペラ



写真3：減速機・軸受

### 3. 減速機・軸受の機能診断調査

#### 3.1 潤滑油診断の適用

ポンプ設備の目視以外の診断方法は、振動法・温度法・AE（音響）法があるが、いずれも管内での測定調査が必要となり適用できない。新技術として機械工学分野のトライボロジー（摩擦・摩耗）を活用した潤滑油診断が農研機構で研究されており、本業務の機能診断調査で適用した。

#### 3.2 潤滑油診断概要

潤滑油診断の目的は、回転部（減速機・軸受）から潤滑油・グリースを採取分析し、機械設備を分解することなく状態把握する、傾向管理から余寿命予測する、異常兆候を早期に把握する、異常時の原因を究明するものである。潤滑油診断の分析項目は、①劣化状態分析、②汚染状態分析、③摩耗状態分析である。潤滑油診断の特徴は、回転部の金属の摩擦状態分析にあり、金属摩耗粒子の形態・量及び金属濃度の把握で施設機械の状態を判断できることである。

#### 3.3 潤滑油診断結果

インペラ、減速機・軸受共に外観上の変状は見られない（写真2・写真3）。減速機・軸受の潤滑油分析の結果より、電蝕や金属接触による摩耗による金属粒子が確認された。新油への交換後（35時間のポンプ運転後）の調査であったが、回転部の異常を知らせる金属粒子と判明した。油汚染度も管理基準値を超過しており、継続使用は減速機・軸受の焼付けの恐れが懸念された。

## 4. チューブラ機場の健全度評価

### 4.1 ポンプ設備

ポンプ設備は平成12年に分解・整備がなされ、その際のポンプ性能低下率は2.8%で、15%以下であり問題ない結果であった。減速機・軸受は目視調査の結果、外観は良好と確認できたが、機器内部は確認できないため、機器内部を循環している潤滑油を採取分析した結果、潤滑油に含まれる金属粒子の形状が電蝕により発現する球状粒子形状のものが認められた。この球状粒子の発生は減速機・軸受内部でスパークが生じ電蝕が起きていると想定され、放置すればポンプ停止の事態に繋がるため、S-2評価とした。ポンプ下流側の吐出管内部は目視により管内部全体に浮き錆が見られ、劣化が著しい。吸込管の外観劣化は塗装剥離が見られるが吸込管内部は目視確認できないため吐出管内部と同様の劣化が想定されるため、S-3評価とした。

### 4.2 土木施設

土木施設は、築造後42年が経過し、ひび割れ・析出物が見られたが、軽微で特に大きな変状は見られない。コンクリート壁面での中性化試験では中性化残りが10mmであり、発錆限界に到達していた。排水機場は干拓地内の地下水位の高い緩い砂層上に位置し、地震時に地盤が液状化する可能性があることから、地盤改良が必要となるため、S-2評価とした。

### 4.3 電気設備

電気設備は、高圧トランス（絶縁油：PCB混入）が製造後42年経過しており、高圧トランスには絶縁関連部品の劣化が一部認められた。PCBは、労働安全衛生法のもと特定化学物質予防規則で人体に与える影響が大きい第1類物質に指定されている。高圧トランス内部の詳しい劣化状態は不明だが、標準耐用年数（20年）を超過しているものの稼働状況は良好である。高圧トランスと同室に電気設備機器が設置されているため、PCB漏洩（PCB廃棄物処理期限は、H39.3：環境省）等の際は、ポンプ操作等の維持管理が困難になることが予想されるため、S-2評価とした。

## 5. 今後の排水機場機能診断について

潤滑油診断の金属摩耗状態分析で、減速機・軸受からの摩耗粒子は、通常①切削摩耗、②凝着摩耗、③疲労摩耗に分類できるが、今回はこれらに該当しない鉄及び銅系の球状粒子が発見された。この球状粒子の発生理由は、金属接触が激しく金属が溶融するほどの高い摩擦熱の発生と電蝕の発生が考えられる。継続使用すると摺動面が焼付いて設備が損傷し、ポンプが急停止する恐れがある。

機械工学分野で培われてきたトライボロジーを活用した潤滑油診断は、専門知識を必要とするものの、ポンプ設備の予防保全につながる有効な新技術である。潤滑油採取・分析費用が安価なため、定期的の実施することが可能で、潤滑油の適正な交換時期を設定することができ、維持管理費の節減につなげられる。潤滑油の採取は、写真4に示すようにドレーンバルブから容易に行えるため、機能保全計画の監視計画に組み込めば、定期的に潤滑油診断結果のデータが蓄積できるのでポンプ設備の余寿命予測の精度向上が図れると考える。



写真4：潤滑油採取

### 参考文献

- [1] 農研機構：トライボロジーを活用したポンプ設備の機能診断 農村工学研究所 HP
- [2] 環境省：ポリ塩化ビフェニル（PCB）廃棄物の適切な処理に向けて 2012年12月版

## ゲート設備の詳細診断業務経験について

### 1. 業務の概要

#### 1.1 まえがき

ゲート設備の診断業務は概略診断がほとんどであり、詳細診断をすることは少ないと認識している。ところが、平成26年度に詳細診断を実施する業務を受注し、担当技術者として業務全体を取りまとめたので、実施に当たっての課題や解決策等について今後の参考になるように報告するものである。

#### 1.2 業務の概要

対象業務は、関東西部（山梨県）の用水路に設置された10門のスライドゲートの詳細診断であり、概略診断については過年度に実施したデータを引用することになっていた。ゲート規模は最大のものでも幅4.0m×高1.4mであり、大半が小形ゲートに属する規模である。水密方式はいずれも4方水密で、開閉方式は全てスピンドル式である。

平成26年11月に受注し、平成27年3月に業務を完了した。現地調査は12月15日より開始し、二日目は積もる程度の雪が降ったが、5日間で完了した。

### 2. 詳細診断実施上の問題点

ゲート設備の詳細診断としてどのような調査をするかについては、機能診断の手引きに部位毎に標準的な調査項目が示されている。しかし、詳細診断においては分解を伴う調査も多く、手引きに示された項目をすべて実施することは困難なことも多い。加えて、詳細診断の事例も少ないので、調査期間や調査時の水位条件等の制約の中で、どのように調査項目を選定するかは、その都度検討して決定することが求められる。

本業務においても、特別仕様書で調査対象部位は示されていたが、調査項目については手引きに記載された標準的な項目しか示されておらず、発注者と協議して決定する手順を踏んだ。

その時に問題となったのが、調査対象水路では通年取水を行っていることから断水を伴う調査はできるだけ短期間で済ませることであった。

本業務の調査対象ゲートはスピンドル開閉式のスライドゲートであったため、分解を伴う調査部位はステムナットと軸継手が対象になった。これらの部位を分解して、摩耗量等を調査することは発注者が期待する調査期間に完了することは困難な見通しであったため、分解せずにどのような調査を実施して代替するかが課題であった。

### 3. 問題点を解消するための詳細診断手法

代替調査項目を検討するにあたって、もっとも注目したことは運転頻度と構造的な特徴である。

対象ゲート全10門のうち、最も運転頻度の高いものでも日に1回程度の運転であり、多くのゲートは数年単位での運転しかしない状況であった。このようにほとんど運転しない設備においては、問題となるような摩耗が進行することはあり得ないと判断した。



また、軸継手についてはフランジ式固定継手が使用されているため、滑りを伴う機構ではないので摩耗は発生しないと判断した。

そのため、ステムナットについては運転中の振動、温度上昇を測定するとともに運転音や操作状況に注力することとした。

また、軸継手については、構造的に調査するほどの摩耗も少ないと考えたが、接合部ボルトの緩みなども考慮し、芯ずれの測定を行うとともに、更に操作状況に注力することとした。



写真-1 開閉機の振動測定状況



写真-2 軸継手の芯ずれ測定状況

#### 4. 詳細診断の結果

ステムナットの摩耗測定に代わり実施した開閉機の振動については全く問題にならない程度の値であり、温度上昇についても1往復しても15分程度以下の運転時間であることから、最大でも3℃以下であり、異常な過負荷もなく、まったく問題のない状態であった。また、運転音や操作状況についても異常な状況は把握されず、詳細診断調査項目に限れば健全な状態であった。

軸継手については、芯ずれも許容値以下であり、操作状況にも異常な状況は把握されず、詳細診断調査項目に限れば健全な状態であった。

但し、いずれの開閉機も設置後40年以上を経過し、電動機が焼けて電動操作不能になっている開閉機等もあり、開閉機全体としてはいずれのゲートも健全度は「S-2」と評価した。

#### 5. あとがき

幸いなことに、筆者は機能保全の手引きの制定等にかかわったことから、自信を持って自分の考えを発注者に訴えることができたが、一般コンサルタントの技術者においてはゲートの詳細診断業務で、制約のある条件の中でどのような調査項目を選定するかについて悩むことも多いものと推測される。

詳細診断においては、手引きに示された調査項目をなるべく実施することが健全度を評価する時の判断材料が増えることから望ましいことではあるが、盲目的に調査を実施するのではなく、調査で得られる効果も見極めて調査項目を選定することが重要であると考えている。

本レポートの取組が、今後の詳細診断業務において調査項目を選定するために発注者と協議をしながら理解を得るための一助になれば幸いである。

## 農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアルについて

### 1. はじめに

平成 26 年 2 月 13 日に農業農村工学会京都支部地方講習会が名古屋で行われ、標記の開水路補修編（案）」の説明をうけた。このマニュアルに対する機能保全対策推進上の検討事項等について考察する。

### 2. マニュアルについて

開水路補修編（案）は、補修工法を体系的に整理し、機能保全対策の実施段階における施工管理に活用するものとなっている。工法や材料、要求性能と品質規格、耐用年数に加え施工の手順から管理までが解説されている。これまで各現場で個別に判断されていたものが、体系的にまとめられており、今後は、これをもとに情報の収集と分析等を重ねながら、より実効性の高い技術が確立されていくことになると思う。

### 3. 活用にあたって

ストックマネジメント技術は、今後は、さらに技術開発が進み、設計基準や施工管理基準等として確立されていくことになるが、当マニュアルの活用において検討すべき事項について述べる。

- (1) 補修材料には有機系、無機系があり、紫外線や熱による劣化、湿潤面での適応性、ひび割れに対する追従性などの特性を踏まえて選択することになっているが、この適用条件（温度、ひび割れ変動量等の適用範囲など）を具体的に示す必要がある。また、有機系材料は割高であり、農業用水路への採用を厳選化し、コスト縮減の方向を持たせることも肝要と考える。無機系被覆工法と有機系充填工法の併用において、縁切りを必要としているが、施工が複雑になり、熱膨張率等の性質の相違により、ひび割れが誘発されることも想定されることから、同一材料を原則に、採用する場合の条件を示すべきである。
- (2) ひび割れ追従性は「一日及び年間における気温の変化による幅の変動がある場合、補修効果が期待される間、その変動に対する追従性が求められる」、「被覆面にひび割れの発生を許容しない場合、補修効果が期待される間、ひび割れ追従性が求められる」と解説されているが、補修材の選択にあたり、その材料の許容される変動幅の範囲や、ひび割れを許容しない施設などについて説明を加えるべきである。
- (3) 劣化の主要な要因である塩害、ASRは当マニュアルの対象になっておらず、また、ひび割れ被覆工法についても、工法の説明はあるものの被覆材や絶縁材の品質規格が示されていない。実用的なマニュアルとするためには、これらも解説すべきである。
- (4) 表面含浸工法は利便性が高く、補強工法は機能保全対策に不可欠な工法であるが、モニタリングを含めた積極的な活用を進め、データの収集・分析を図るなど、技術の発展に向

けた取組みが必要である。パネルおよびシート工法は遮断性に優れ、特に、パネル工法は耐久性の高い工法となるが、これらの工法を選別するための現場条件を明確にすべきである。また、背面部からの外力や湧水の影響など見過ごせない機能低下要因についても対処方法を紹介するなど、実用性の高いマニュアルとする必要がある。

(5) 各補修工法に対して、保有すべき基本性能と個別性能が図表化されているが、このうち空欄は「性能がある」、「性能が期待できない」、「試験方法がない」場合という説明をうけた。空欄では性能の有無が判別できないため、具体的な解説が必要である。また、素案に記載されていた工法選定フローが省略されているが、現場は複合劣化しているケースが多く、工法選定の基本フローはひとつの判断基準として必要である。

(6) 機能保全コストの検討期間は40年が原則となっているが、当マニュアルではパネル工法と目地補修工法の一部を除いて耐用年数が基本的に20年になっている。このため、機能保全コストの検討では、都合、2回の対策が必要となり、再施工可否や再施工によるコスト増などの課題が生じるが、40年の規格に統一できないか。

#### 4. 技術の安定、向上について

当マニュアルでは、施工管理資料等が様式化され、施工過程や初期状態のデータ保存において統一化が図られているが、各工法の劣化特性や耐久性などの性能評価の手順や記録様式も統一化し、共有可能なデータとして収集を図っていくことが、技術の効率的な発展のために重要である。また、技術開発計画において、農業水利施設の戦略的な保全管理に関する技術として、物理的・化学的変化に着目した劣化予測や構造安全性評価手法を開発していくとなっているが、これらの技術が確立されるまでの間、各施設に対して暫定的な予測、評価の手法（標準劣化曲線、期待強度等）を提示し、劣化や安全性の評価が一定の水準となるようにすることも重要である。

#### 5. 今後の推進について

農業水利施設の機能保全の手引き、同「開水路」、農業水利施設の長寿命化のための手引き、農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル「開水路補修編」（案）をはじめ、他施設も含め、調査から実施までの対処方法が順次、具体化されてきている。さらに、技術相談窓口が設置されるなど支援体制も強化され、関係者が、情報を共有しながら対策に取り組めるように環境が整ってきている。しかしながら、機能保全技術は、まだ、発展途上にあり、性能評価や劣化予測、新材料や新工法の採用などにおいて、先導的に対策を進めることを求められるケースが多い。この際、関連情報の収集や技術検討委員会設置などが検討されるが、効率的かつ効果的に推進するには、技術相談窓口の指導、助言を得ることが的確な解決プロセスとなる。よって、相談窓口の運営にあたっては、全国規模での連携を一層強化し、情報集中化による分析精度の向上や、技術進展をにらんだ指導性の発揮など、各種の要請にあわせて機動的に対応できる体制としていく必要がある。また、技術開発にともない、機能保全計画を見直すことも想定されるが、新たな技術の導入にあたっては、開発水準を適切に評価するなど、その取り扱い基準を明確にしておく必要がある。