

第 11 回 スマート保安プロモーション委員会 議事要旨

1. 日 時： 令和 5 年 3 月 27 日(月) 10:00～12:00
2. 場 所： NITE 本所 + オンライン会議(Teams)
3. 出席者：
 - (常任委員)中垣委員長、飯田委員、伊藤委員、高野委員、山出委員
 - (オブザーバー) 経済産業省 立松様、他
 - (説明人) A 社 2 名
 - (事務局)独立行政法人製品評価技術基盤機構(NITE)
国際評価技術本部 菊島本部長、石毛次長、田中参事官、他

4. 議 題

議題: 第 7 号案件(基礎要素技術)の妥当性評価について

5. 配付資料

- 資料 1: スマート保安プロモーション委員会 委員名簿
- 資料 2: 第 7 号案件(基礎要素技術)概要資料
- 資料 3: 第 7 号案件(基礎要素技術)詳細資料
- 資料 4: 第 7 号案件(基礎要素技術)決議案
- 参考資料 1: 第 11 回 スマート保安プロモーション委員会 出席者名簿
- 参考資料 2: 技術説明書

6. 議事概要

議題: 第 7 号案件(基礎要素技術)の妥当性評価について

事務局及び説明人が資料 2 及び資料 3 に基づいて説明を行い、質疑応答を行った。

<説明人による今回の案件(スマート保安技術モデル)の概要>

- 当該技術の開発主旨として、搬送用ベルトコンベアローラでは、ベアリング損傷に起因する火災が時々発生している。コンベアローラの点検は熟練者の目視・聴覚による確認で行われているが、ベルトに巻き込まれるなどの危険を伴う作業である。また、発電所の規模にもよるが、点検するローラの数が数千個、数万個と多く、コンベアカバー越しの点検のために、精度よく点検することが難しい。本提案は、コンベアローラの目視・聴覚による巡視確認を機械的なトルクセンサに代替する技術である。
- 対象設備は、石炭・バイオマスを燃料とする火力発電施設における、同燃料の運搬船からの荷揚げとボイラー等への供給コンベア設備。
- 導入メリットは、熟練の技術を必要とせず安全であり、人件費を低減できること。また、ローラの定期交換数の低減、ベルト交換周期の延長、メンテナンス要員の低減等の投資効果があ

り、経済性にも優れている。

- コンベア火災は、ベルト支持ローラ軸受(ベアリング)の損傷・加熱に起因する場合が多い。そのメカニズムとしては、ローラ軸受が過熱し、軸受近傍の石炭等の付着粉じん引火あるいはコンベア周辺の堆積石炭に引火し、ベルトの動きで火災が拡大される。
- 当該技術の原理について、ローラ内蔵のボールベアリングの損傷に伴い、ローラの回転が重くなる。ローラ内部軸受の回転抵抗(摩擦係数)が、トルクアームを支持する滑り軸受の回転抵抗(摩擦係数)より大きくなると、トルクアームが回転し、その回転を利用して色玉のついたワイヤを引き、損傷を検知したことを軸受損傷表示装置に表示する。
- 検知トルクの調整方法や損傷表示方法について説明があった。
- 時間経過に対するベアリング損傷度合いの概念と、損傷の検知レベルについての説明があった。
- 当該技術の特徴は、①電源・電池・電気配線が不要で防爆エリアでも使える。②既設スタンドに容易に取付け可能である。③動作したことが残置されるので運転停止中でも点検可能である。④熟練技術が不要である。⑤密閉コンベアカバーの外側から点検可能である。⑥標準品のローラが使える。⑦ローラの不回転を早く検知できることである。
- トルクセンサはキャリアスタンドとリターンブラケットに取付け可能。キャリアスタンドの場合、センサ付スタンドに交換する方法と、既設スタンドにセンサのみ取付ける方法がある。
- 競合方式の比較について説明があった。
- 当該技術の課題とその対応について説明があった。
- 当該技術の工場試験設備・装置、試験方法及び試験データの評価結果について説明があった。
- 今後は光ファイバセンシングシステムとの組合せによる遠隔監視を視野に入れており、電気メーカと協力して試験を行っている。

<主な質疑応答>

- ベルトコンベア等は保安規程の点検対象になっているのか。
→よく実態を把握していない。
→ 火力発電所では、いわゆる燃料のフィーダー、燃料を供給する設備が一番保安上では危険なので、必ずそれは常時点検するようになっている。
- センサを取り付けるために、ベルトコンベアの構造を変える必要はあるか。
→ローラ配置・寸法等を変える必要はなく、軸受に近いところのトルクアームとスタンドのみ交換する。
- トルクアームにかかる力の具合は、それぞれ違うと思うがどうか。
→トラフ型、溝型の場合、一番荷重が大きいのは中央のローラである。中央ローラに搬送物やベルトの荷重の概ね 60%が、斜めのローラに概ね 20%がかかる。従って一番荷重の大きいところは振動エネルギーが大きく、トルクも大きく危険だが、比較的中央ローラは異物が入

りにくい構造になっている。

- ローラを水平にして実験を行ったようだが、ローラを斜めに設置した場合とで力のかかり方は変わらないか。
 - 我々の計算では、水平の方が軸受に荷重がかかりやすく、斜めでは、低いところには荷重がかかっても外側には荷重がかかりにくいことになっている。従って、水平の方が条件的に厳しいと考えている。
 - そういう意味では、この実験はセンサの検知性能というよりは、耐久性の実験なのか。
 - 検知性能を実験している。
 - 検知性能だとすれば、同様に負荷が軽い状態も把握しておかなければいけないと思うがどうか。
 - 基本的に検知では、荷重ではなく摩擦係数 μ が支配していると考えている。
 - 荷重によって摩擦係数は変わらないのか。
 - 摩擦力は変わるが、摩擦係数は基本的には変わらない。
 - 摩擦係数の推定誤差はどれくらいか。
 - そんなにばらつきはない。硬い石炭の粒などの異物が滑り面に入った場合はふれるが、従来の滑り軸受のデータ等の見地からすると、摩擦係数はよくふれても 2 倍程度だと思う。人為的に砂の入った粘土等を塗りつけてみたりしたが、ほとんどそういう変化はなかった。
 - それは何ケースぐらい行ったのか。
 - 15 例ぐらい行った。
- トルクセンサを付けることで、ローラとしての性能や稼働状況が変わることはないか。
 - そのようなことはない。
 - ベルトコンベアメーカー等からすると、トルクセンサをつけることは改造改良に当たってしまうのではないかと思う。その場合に各種補償等がメーカーとして許容されるかが懸念されるがどうか。
 - 火力発電所では、長年コンベアメーカー以上にメンテナンス、日常管理を行い、ユーザーノウハウを持っていて、独自に改造している場合もある。一方で、メーカーの見解を聞かないといけないという意向のお客様もいる。
 - 事業者(運用会社)がトルクセンサをつけて、センサが動かない等のトラブルがあった場合、事業者(運用会社)が責任を取るのか、それとも納入事業者として保険のようなものがあるのか。
 - お客様の判断で、お客様のリスクとして採用されることになる。ただ、我々は納入者としての責任義務はあるので、当然協力はしていく。
- 実験レベルでは 15 事例の実験をしたとのことだが、センサがどれぐらい確実に機能するかというのは確認されているのか。
 - 現在はまだラボテストの段階である。今後、お客様の実機に装置を入れて、半年～1 年の

間、センサを付けることで他への影響がないか確認する。現場環境で損傷しても検知するかどうかの検証があって実証されると考えており、今後そのような道程を経て製品化したいと考えている。

- 試験方法は、どのような事業者でも、こういった試験であれば問題ないと大体納得できるような試験方法という理解でよいか。
→試験方法について事業者様からご意見は聞いていない。我々はコンベアの専門技術を持っているので、最低これだけの試験はしないといけない、ということをしている。今後、実証試験を行う段階では、事業者からラボテストについて要求があるかもしれない。
- コンベア付近での点検が巻き込み事故に繋がるとの話だったが、コンベアのカバー越しに行う目視点検で巻き込み事故が起きるのか。
→カバーを付けたままでは点検溝では見えず、ベルトカバーを開放あるいは外した場合に事故が起こりうる。
- 経済効果の試算について、機長 500 m、4000 万円の初期投資を例にしているが、これは一般的な数字なのか。
→まだ価格は決めていないが、仮にキャリアスタンド 1 セット 6 万円とし、リターンも仮定して計算している。キャリアスタンドは大体 1 m ピッチについているので、500 m で 500 セット、リターンローラは 2 m ピッチについているので、250 セットで計算している。従って機長が変わると、比例して投資額が変わる。
→一般的にコンベア長は 500 m なのか。
→大体 1000 m～5000 m である。
- ローラ定期交換費について、ローラの 25%を毎年交換するとして計算されているが、これは一般的なのか、あるいは単純な想定か。
→これは 1 例である。お客様によっては、壊れてから交換する場合もある。この例は、あるゾーンを定期的に交換する場合で、発電所等によって条件が変わる。
- 抵抗が大きくなるとトルクアームが動き、色玉が動くとのことだが、損傷検知して動いたら、色玉はその状態で止まるのか。点検時に、色玉が動く前の位置に戻ってしまっているということはないのか。
→トルクアーム自体は上からの荷重、摩擦係数によりある程度固定されているので、一度回転したものが元に戻ることはない。一度作動したら、ベルトを一度ジャッキで上げて、手でローラを回し、そのアームを手で元に戻すリセットが必要である。
- スタンドの厚みが、4 mm～6 mm とのことだが、その厚みで摩擦係数が変わることはないか。
→摩擦係数は荷重、面積によって変わらないというデータがあり、厚みによって検知能力は変わらないと断言できる。ただ、厚みが薄いので、金属の疲労とかによる破損といったことは考える必要がある。
- 軸受の損傷は透明管内部の 4 色の色玉のへこみで表現されるとのことだが、これは四つセンサがあってそれに対応した色玉なのか、あるいは損傷の程度を表しているものなのか。

→四つの色玉のうち三つはキャリアスタンドの三つローラ、一つはリターンローラを表示している。トルクアームの回転でワイヤが引きあがり、20～30 mm 色玉がへこむ。

- 軸のところにひずみゲージを張ったようなタイプのもは、他の製品としてないのか。
→我々の調査ではなかった。我々も当初考えたことがあるが、非常に数が多いのと、耐久性等に疑問があったので、途中で検討をやめた。
- 試験データに関して、ローラ自体はフリクションとして問題ないが、軸がぶれているというのはどういうことか。
→止め輪という、薄いステンレスの輪をローラ軸にはめ込んでいる。それが壊れて軸受が損傷していなくても軸が動くという状態で、軸とローラがずれてこすれている音がして壊れたとお客様が勘違いし、ローラ本体構造としては壊れているが軸は健全なままで交換した。レアケースだと思う。
- エリアを決めて定期的に全数交換という TBM (Time Based Maintenance) のような方法について、この時のベアリングの良品率を教えてください。
→ユーザーでは判断できないので、チェックしてないとのこと。良品で壊れていなくても捨てるという例もあるらしい。
- 熟練者による目視・聴覚による点検での異常の見逃し率が 30%程度とのことだが、センサを付けることでどこまで下がると見込んでいるか。
→外的な要因、例えば粉じんの固着等で、アームの動きが阻害されるということがあるので、今後の実証試験を見ないと答えられないと思う。理想としては数%以下にはしたい。慎重に検討したいと思う。
- 通常搬送用ベルトのリターンローラが圧倒的にトラブルは多いと思うが、戻りの方の下のベルトはあまりが荷重かかってないと思うのだがどうか。
→戻りベルトのローラ接触面は、コンベア上部では搬送側になるので汚れている。ヘッドプリーリーのところにクリーナがついているが、クリーナのメンテナンスが悪かった場合、付着したものがリターンローラに影響する。両端に軸があり、そこに直接異物、湿った石炭や粉じんが入り、損傷確率が高いと理解している。リターンローラの横に物が堆積したりしている例をよく見る。比較的、上部のキャリアローラの方は、ベルトが蛇行して越流しない限り、この両端の汚れは少ない。
→同じ区画の中ではキャリアローラの方が数は多いのか。
→圧倒的に多い。全体のローラの 60%から 70%。
→軸受のトラブルの比率としては戻りの方が多いのか。
→海外の文献によるとリターンの方が 6 割と高い。
- 搬送物の落下・粉塵・錆等の対策として、テフロン製カバーの設置を検討しているようだが、センサの摺動部に近いところの状態を監視しなければいけないと、結局点検の作業量が減らないのではないかと懸念があるのだがどうか。
→摩擦係数の安定化は難しい。表面にコーティングし、汚れず・錆びず・壊れずの要素で今

後実験を行っていく。普通のボールベアリングに比べオイルレスベアリングは異物に対して強く、安定しているという文献もある。点検が増えたら意味が無いので、それは絶対に防止し、実証試験で検証する。

- U 字溝の機械加工の表面荒さはクリティカルにきくと思うが、その辺りも製品としては品質保証されているのか。
→ 研磨してバリを取るといったことは最低限しないとイケない。

説明人が退席し、事務局が資料 4 に基づいて決議案を説明した。委員による決議を行い、常任委員全員一致で承認された。

以上