

ずり出しベルトコンベアの状態検知への光ファイバセンサの適用

鹿島建設(株) 正会員 ○浜本研一 佐川恭一 吉村雄一 青鹿弘行 今井道男 坂根英之
フェロー会員 川端淳一

1. はじめに

全長数 km にも及ぶトンネル工事のずり出しに利用されるベルトコンベアは、ずり出し作業の効率化と坑内環境の改善に大いに寄与するものの、異状による作業の中断を回避すべく行われる目視や聴音点検には多くの時間がかかっている。そのため、長距離ベルトコンベアの稼働状況を遠隔から監視し、状態に応じてメンテナンスを実施することにより、点検作業の省力化と工期の遅延防止している。汎用的な加速度センサ¹⁾はその手段として挙げられるが長距離ベルトコンベアの複雑な構造とそのスケールゆえに膨大な数のセンサが必要となり、設置に手間を要している。本報では、加速度センサよりも設置が簡易な光ファイバセンサのベルトコンベアの点検作業への適用性を確認するため、点検対象であるキャリヤローラの回転動作の状態検知に振動計測 DAS²⁾ (Distributed Acoustic Sensing: 分布型音響センシング) を実施した事例を報告する。

2. ベルトコンベアの状態検知

2.1 光ファイバセンサを利用した振動計測

本実験では、光ファイバ自身を振動センサとして対象物に敷設し、光ファイバにパルス光を入射したのち各位置で散乱されたレイリー散乱光を計測した。この計測によって、光ファイバ軸方向に生じる振動（動的ひずみ）分布が全長にわたって得られる。そこで各センサ設置位置の振動波形に対してスペクトル解析を行い、回転周波数やスペクトル強度の変動を評価することによってキャリヤローラの状態を検知できるかを検討した。表-1 に計測仕様を示す。0.2m 間隔で振動の分布が出力され、最長 50km まで計測可能である。

2.2 ベルトコンベアへの光ファイバセンサの敷設

図-1 にベルトコンベアへの光ファイバセンサの敷設状況を示す。キャリヤローラの状態検知にあたり、ローラ近傍へのセンサの配置を考慮して上部ベルト直下のフレーム（以下、キャリヤスタンド）に配線し、ベルトに沿うサイドフレームに敷設することで測線とした。なお、空間分解能が 2.8m であることを考慮して光ファイバセンサを 3m でポビンに巻き付けたものを、図-1 に示すようにキャリヤスタンド（位置 A）とサイドフレーム（位置 B）へマグネットで固定した。光ファイバセンサは個別ではなく連続して複数個所の計測が可能のため、全長 80m の光ファイバを用いて 8ヶ所の計測を行った。

2.3 加速度センサでの計測

次に光ファイバセンサとの比較評価を行う目的で加速度センサの計測を実施した、図-2 にベルトコンベアへの加速度センサの設置状況を示す。加速度センサをキャリヤスタンド（センサ A）とサイドフレーム（センサ B）に設置して、ベルトコンベア稼働時の

表-1 計測仕様

計測距離 (m)	~50k
計測点間隔 (m)	0.2
空間分解能 (m)	2.8
応答周波数 (Hz)	1~5k

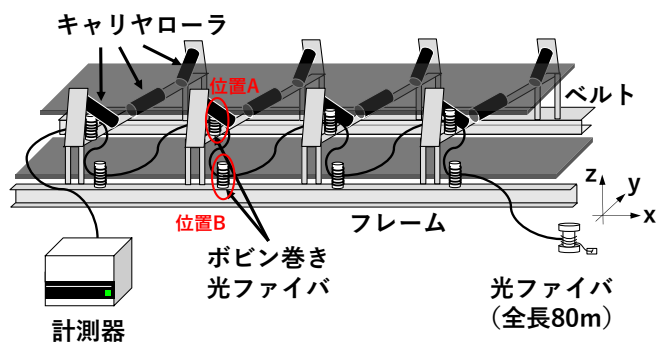


図-1 ベルトコンベアへの光ファイバセンサの敷設

キーワード 状態検知, ベルトコンベア, 光ファイバ, DAS, スペクトル解析

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL 042-485-1111

加速度計測を実施した。コンベアが定常稼働したのち 30 秒間データ取得を行った。図-3 に各センサにおけるパワースペクトルを示す。周波数 8,16,24,32Hz の成分がセンサ A,B ともに現れており、ベルトの進行速度とローラ外径から求まる回転周波数 8Hz と一致したことからキャリヤローラの回転振動が確認できた。また X 軸方向（搬送方向）に比して Y,Z 軸方向の振動強度が卓越していることが分かる。

2.4 ファイバセンサによる計測結果

サンプリング周波数を 1kHz に設定して光ファイバセンサによる計測を開始し、ベルトコンベア稼働時における計測データを 300 秒間取得した。キャリヤスタンドに設置したファイバ（位置 A）について計測データをもとに解析した周波数の経時変化（スペクトログラム）を図-4 に示す。縦軸は周波数、横軸は時間を示しており、各周波数の振動強度の経時変化をコンター表示している。計測開始 30 秒後の稼働開始に伴って広い周波数帯域にわたって振動強度が増加し、70 秒程度の時間をかけて定常動作へ移行するキャリヤローラの回転動作が確認できる。加速度センサの計測結果と同様に一次モード(8Hz)から高次モードの振動成分まで検出されており、ベルトコンベアの状態検知に対する光ファイバセンサの適性が確認できた。なお、サイドフレーム上の位置 B においてもローラの振動成分を検知しており、敷設箇所の最適化を図ることで検出感度と敷設作業の効率性が向上することが期待できる。

3. まとめ

ベルトコンベアに光ファイバセンサを敷設し、キャリヤローラの状態を検知することを目的とした光ファイバセンサの適用を検討した。その結果、キャリヤローラの回転動作について一次モード(8Hz)から回転機器の診断に利用される高次モードまでの振動成分を捉えることができた。このことから、光ファイバセンサによって回転速度の変動や共振現象を捉えて、ベルトコンベアの異状を検知できるものと期待できる。

参考文献

- 1) G.Lodewijks et al.: An application of the IoT in Belt Conveyor Systems," 9th international conference IDCS 50764,2016.
- 2) Z.Wang et al.: Recent Progress in Distributed Fiber Acoustic Sensing with Φ -OTDR," Sensors, vol.20, no.6594, p.33301-33309, 2020.

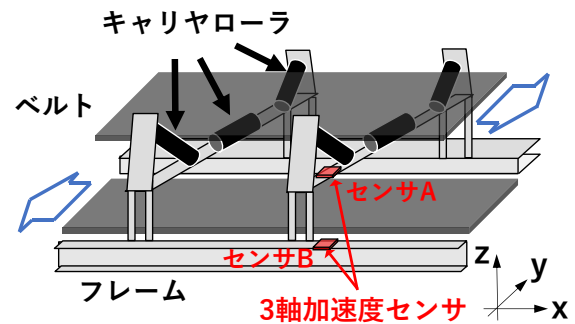


図-2 ベルトコンベアへの加速度センサの設置

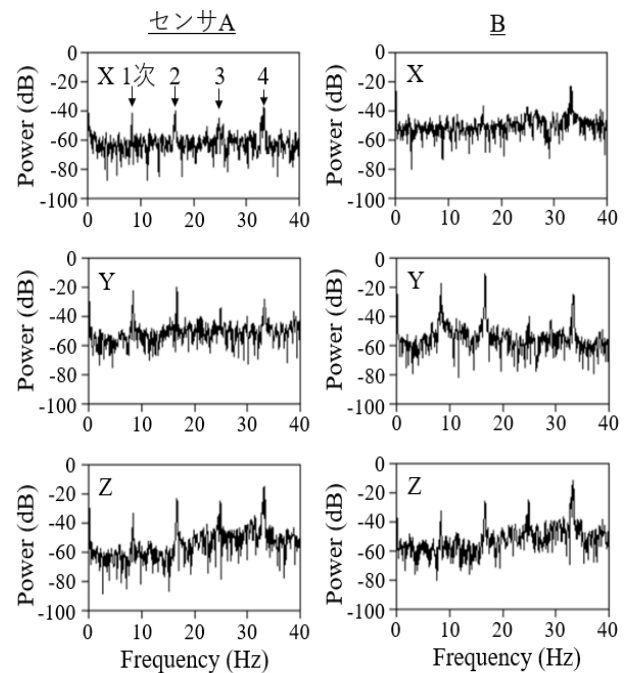


図-3 加速度センサ A, B におけるパワースペクトル

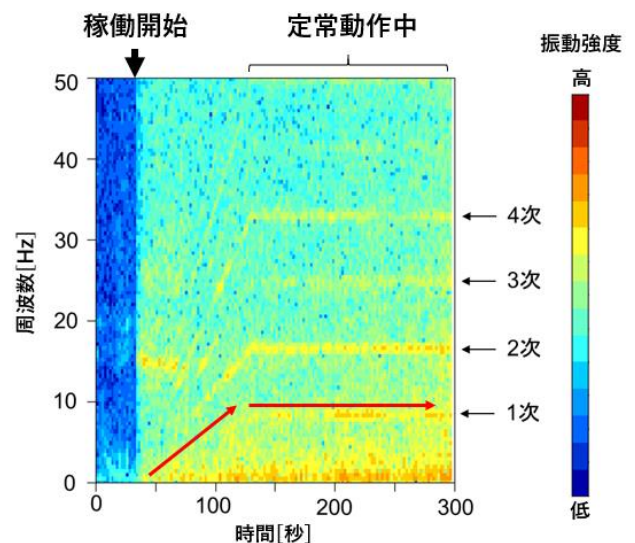


図-4 ベルトコンベア稼働時の位置 A における DAS による周波数の経時変化