

状態監視技術を用いた索道事故防止のための取り組み

交通研 ○森 裕貴 竹内 俊裕 佐藤 久雄
日大生産工 綱島 均

1 まえがき

ロープウェイは、架空したロープに搬器を吊して旅客を運搬する輸送システムである。急勾配に強いことや、支柱間の線路長を長く設定できることなどの理由により、山間部の観光地やスキー場での旅客の輸送用に多く使用されている。ロープウェイは法令上「索道」と呼ばれており、その種類としては、乗客が乗る搬器の形状により、閉鎖式の搬器を使用する普通索道と、いす式の搬器を使用する特殊索道に分類されている。普通索道としては、交走式のロープウェイやゴンドラリフトなど、特殊索道としては、チェアリフトや滑走式のリフトがあげられる。

索道事業者の多くは小規模であり、冬季のみ営業を行う事業者も少なくないため、豊富な知識や経験を有する保守要員を数多く確保することは難しい。また、支柱の上部に設置されている索輪等のインフラ設備の点検は、保守員が支柱に昇る必要があり、保守員への負担が大きくなっている。

また、索道においては、近年、過去の事故と同様な原因による事故（以下、同種の事故と呼ぶ）発生が指摘されており、再発防止のための早急な対応が望まれている。この状況に鑑み、交通研では、過去10年間（1999年度～2008年度）に発生した事故について、事故原因分析、同種の事故の発生状況分析等を実施した結果について報告¹⁾した。その際、チェアリフトからの乗客落下事故の発生頻度が最も高くなっていることを明らかにした。

本報告では、状態監視技術を活用した、索道の事故防止のための取り組みについて報告する。

2 索輪摩耗検出

索道において旅客を輸送する搬器は、索条に吊り下げられて駅舎間を循環している。索条は両端駅から張力をかけることによって支えら

れているが、路線の線形に応じて駅間に支柱を建て、回転する索輪（Fig.1）によって索条を支持することで円滑な運行を実現している。



図1 索輪の外観

索条と接触する面は主にゴム素材であり、定期検査において摩耗量が管理されている。この摩耗量が限度値を超えたり、偏摩耗が発生し索条とのかみ合わせが悪化したりすると、索輪から索条が外れてしまう脱索の原因となる。そのため、高頻度で索輪の状態監視を行うことが望まれる。大部分の索輪が支柱上という高所にあることから、一つの路線に数十個以上と大量にあることから、索輪上を搬器が通過する際の搬器振動から、索輪の状態診断が可能となることが望ましい。

索道事業者の協力を得て、搬器上下振動加速度を同日に測定した結果の比較をFig.2に示す。支柱通過（図の網掛け部分）前の上下加速度に再現性は確認できないが、索輪と接触する支柱通過中および通過後においては、低周波域で再現性を確認することができる。

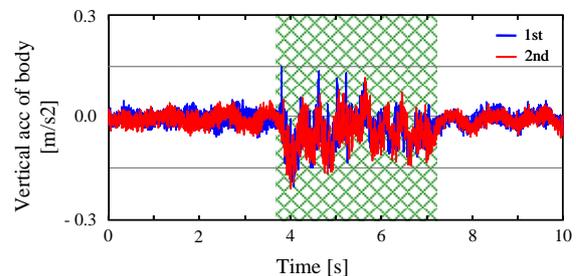


図2 搬器の上下加速度測定結果

Approach to Preventative Measures in Cableway Using Condition Monitoring Technology

Hiroataka MORI, Toshihiro TAKEUCHI, Hisao SATO and Hitoshi TSUNASHIMA

3 セーフティバー位置検出

同種の事故の分析結果では、チェアリフトからの乗客落下事故の発生頻度が最多となっており、中でも固定循環式特殊索道のうち2人乗り搬器の事故が最も多く、その原因の一つとして、セーフティバー付搬器であるにもかかわらず、セーフティバーを未使用であった事例が数多く確認された。セーフティバーとは、乗客を搬器へ保持する機構の一つ（Fig.3）であり、子供の落下を防止する形状のタイプが開発されるなど、近年様々なハード的な改良がなされている。



図3 セーフティバー使用例

しかし、緊急時に救援の阻害とならないようにする等の理由により、日本国内ではセーフティバーをロックする機能は普及しておらず、乗客の意志で開閉することが可能である。

索道事業者としては、係員による乗車時の閉状態確認や、乗客への正しい使用方法の啓蒙等により、乗車中にセーフティバーが使用状態となるよう注意喚起を行っているが、乗車直後にバーを上げてしまったり、降車位置（セーフティバー上げ位置）へたどり着く前にバーを上げていたりすることに起因する、乗客の落下事故は依然数多く発生している。

我々は、画像解析技術を利用してセーフティバーの状態を検知し、未使用時に音声による注意喚起を行うことで、セーフティバー未使用時の事故を防止することを目的とした、チェアリフトのセーフティバーモニタリング装置を構築した。従来の音声による注意喚起は、乗客の有無、セーフティバーの開閉状態に関わらず、常に放送しているため、本当に注意が必要である乗客に対して効果が薄い傾向にあった。そこで、「乗客が乗車している搬器」かつ「セーフティバーが未使用状態」である条件を満たした場合のみ、音声放送を実施することとした。

「乗客が乗車している搬器」の検出には、画像の差分分析による検知手法を用いる。解析画面をFig. 4に示す。



図4 乗車中搬器の検出解析画面

左上の画面のように撮影された画像を逐次グレースケール化し、前画像との差分を取ることで、移動体を検出する。左下の波形はy軸方向の差分値を積算した波形である。乗客がいない搬器に比べ、乗客が乗車している搬器では、より大きな値の波形となるため、この波形パターンに適切な閾値を設けることで、乗客の有無を検知する。

「セーフティバーが未使用状態」の検出には、画像のエッジ解析（直線抽出）を用いる。セーフティバーと搬器上部の直線部分を検出し、その間の距離によって、現在の開閉状態を判定する。

4 まとめ

本報告では、索道の安全性向上を目的とした、事故防止のための取り組みについて紹介した。

可搬型で容易に振動加速度を計測できる装置により、索輪の状態を監視する取り組みについては、営業路線において支柱通過時の振動に再現性が確認され、継続して測定試験を実施し、測定データとインフラの整備状況などと比較検討すれば、活用できる可能性は十分にあると考えられる。

セーフティバーモニタリング装置については、定置試験においては検出手法の有効性は確認されたが、営業中は降雪等の気象条件や、乗客の挙動等、様々な条件下でも状態監視が可能であるか、検証する必要がある。

「参考文献」

- 1) 佐藤久雄, 千島美智男, 日岐喜治, ロープウェイ事故の原因分析および同種の事故の発生状況、第19回交通・物流部門大会講演論文集, (2010), p. 237-240.