

# 1110 光ファイバを用いたトロリ線摩耗検知システムの開発 Development of The Wear Detection System for Contact Wire by Using Optical Fibers

○正[電] 鹿間 宏一 正[電] 小西 弘 正[電] 岸田 光央  
(東海旅客鉄道株式会社)

Koichi SHIKAMA, Hiroshi KONISHI, Mitsuo KISHIDA  
(Central Japan Railway Company, Oyama1545-33, Komaki City, Aichi)

In the Tokaido-Shinkansen, the wear detection system for contact wire is used. This system detects wear by small electric current through detecting cables within contact wire. But it is available only in midnight when power supply to contact wire is cut off and no inductive noises are made. Therefore we are developing a new wear detection system which is available all the time, even when trains are operated.

The new system uses optical time-domain reflectometry to detect in which location the wear of contact wire reaches its limit, by passing pulsed light through fibers within contact wire.

Up to now, we developed a new type of contact wire with two optical fibers in it and a prototype of the wear detector and confirm basic performance of the system.

Keyword : optical fiber, contact wire, wear, Optical Time Domain Reflectometry

## 1. はじめに

東海道新幹線では、トロリ線の内部に挿入した2本のメタル線を利用したトロリ線摩耗検知システムの全線導入が2000年度に完了し、電気軌道総合試験車による計測と合わせて二重の警報システムを構成し、トロリ線断線に対する安全性を高めている。

本稿では、現行システムの機能向上を図るため、検知線を光ファイバ化して光損失測定を応用した新たな検知システムを開発したので報告する。

## 2. 現行の摩耗検知システム

### 1) システム構成

図1のように、絶縁被覆された2本のメタル線が検知線として挿入された検知線入りトロリ線と、摩耗検知装置から構成されている。摩耗検知装置は可動ブラケットに設備されており、内蔵したバッテリーにより駆動し、摩耗判定及び摩耗検知時の黄色表示を行う。摩耗判定は、トロリ線の摩耗が進行し摩耗限界に到達した場合に検知線が断線もしくは被覆が破れトロリ線自体と短絡する状態を電流により検知することで行う。表示確認は列車巡視や外観検査の際に行っている。

東海道新幹線においては、摩耗検知装置1台につき3ドラム(標準、約4.5km)の検知線入りトロリ線を直列接続し監視を行っている。

### 2) 現行システムの課題

#### a) 電磁ノイズの影響

昼間の列車運行時間帯は、列車の集電電流により発生する電磁ノイズの影響を受けるため、検知は夜間のき電停止後に限られ、電界センサによりトロリ線が無加圧になったことを検知した後に動作する。

#### b) 3ドラム毎の一括監視

摩耗検知の際、監視している3ドラム内での摩耗位置を特定する機能がない。

#### c) 現地での確認作業

摩耗検知表示の有無の確認は、4日に1度の列車巡視や、設備の外観検査の際に直接目視にて行う必要がある。

これらの課題の解決策として、検知線を光ファイバ化し、光損失測定を応用した新監視方式の開発を行った。

## 3. 光ファイバ方式摩耗検知システムの摩耗検知方法

光ファイバにパルス光を入射した際の後方散乱光(レーリ一散乱光)は光ファイバの長手方向で一定であり、かつ

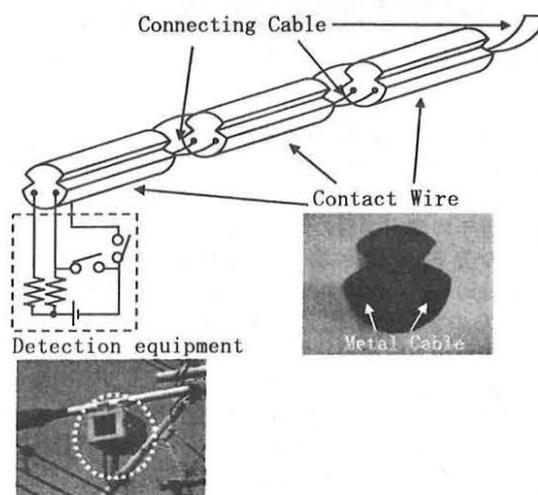


Fig.1. Contact Wire Wear Detection System Used in the Tokaido-Shinkansen

光ファイバ内の光の伝搬速度は既知であるため、レーリ一散乱光の時間領域での強度を測定することで長手方向の光ファイバの状態を知ることが可能である。

トロリ線の摩耗限度到達により光ファイバが断線すると、後方散乱光レベルの低下、もしくは端面反射による上昇が観測される。この状態を検知することでトロリ線の摩耗が検知可能であり、後方散乱光が戻ってくる時間から距離も算出可能である。光ファイバを用いた摩耗検知システムは以下のような特徴を持つ。

a) 光ファイバを検知システムへ適用することで、電磁ノイズの影響を受けることなく摩耗監視が可能となる。

b) ピンポイントでの摩耗位置検知が可能であり、摩耗発生箇所の現地探索が容易となる。

c) 光ファイバを光貫通がいしを用いて接続することで検知装置本体を地上側に置くことが可能であり、また加圧側のバッテリー電源も不要となる。更に、伝送手段を確保すれば集中監視も容易である。従って、列車巡視時の目視確認が不要で、機器の保守も容易となる。

## 4. 光ファイバ検知線入りトロリ線の設計と製作

トロリ線の製造工程及び延線による内部の光ファイバの伝

送損失が少ない形状を検討した結果、現行の検知線入りトロッピー線の溝構造で、メタル線を光ファイバに置き換えた場合が伝送損失が少なかったため、光ファイバ検知線入りトロッピー線（以下、GT-PF）の形状は現行と同じ仕様とした（図2）。

GT-PF で使用する光ファイバは、パルス光の長距離伝送が可能となるよう、歪及び伝送損失が少ないシングルモードの光ファイバを採用した。なお、最外層はトロッピー線への挿入過程での抵抗を軽減するため、ポリエチレン被覆を施している。

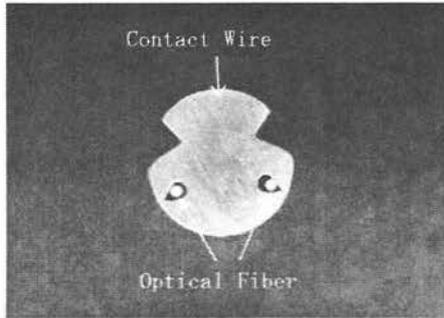


Fig. 2. Contact Wire (Optical Fibers Inserted)

### 5. 光ファイバ方式摩耗検知装置の試作

システムの全体構成を図3に示す。加圧部から非加圧部へは光貫通がいで接続する。摩耗検知装置の仕様を検討にあたっては、近年の測定機器の低価格化・性能向上などを考慮し、汎用の光損失測定器（OTDR:Optical Time Domain Reflectometer）とパーソナルコンピュータ（PC）を組み合わせ、OTDRからのデータをPCに取り込み、PC上で摩耗検知判定及び画面表示が可能な検知装置を構築することとした。

摩耗検知装置は、OTDR・光スイッチ・パソコンから構成される。トロッピー線内の2本の光ファイバ検知線は終端をループ接続し、2本の検知線の両方から光パルスを入射可能とすることで、最大2箇所まで断線が検知可能である。

摩耗検知装置を変電所もしくは電区分所付近に置くことを想定し、上下線それぞれ東京方・大阪方の隣接する変電所もしくは電区分所までと中間セクションの計6系統を1台で監視することとした。東海道新幹線に適用する場合、監視範囲は上下線約20kmの区間となる。

トロッピー線の監視はループ状の光ファイバで行うため、1方面当たり2箇所の光パルス入射用端面が存在する。よって、OTDRからの光パルスを12CHの光スイッチにより順次切り替えることで、6系統のトロッピー線について監視が可能な構成とした。

試作した摩耗検知装置の概観を図4に、仕様を表1に示す。また、摩耗検知装置の表示画面を図5に示す。摩耗検知時には摩耗警報及び摩耗位置（キロ程）が画面に表示される。

光ファイバのコネクタ着脱による断線模擬試験を行ったところ、反射判定により断線を検知し、本試作機で使用したOTDRの設定上の距離分解能2mに対して適切な標定精度を持つことを確認した。

### 6. まとめ

光ファイバ検知線入りトロッピー線については、実用化に必要な長尺品の製作も可能にした。また、トロッピー線の摩耗に伴う光ファイバの断線及び断線位置を後方散乱光により検知する摩耗検知装置の試作も行い、光ファイバの断線模擬試験により摩耗検知及び摩耗位置検知が可能であることを確認した。

今後、現地試験により総合的な性能確認を行う。

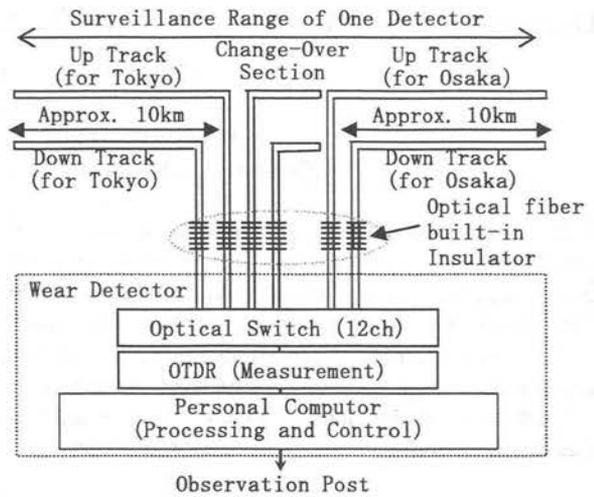


Fig. 3. Structure of Wear Detection System for Contact Wire by using Optical Fibers

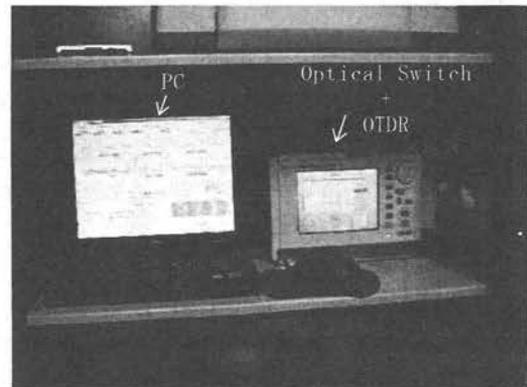


Fig. 4. Prototype of the Wear Detector (For field examination)

Table Specification of Wear Detector

	Specification
Range of distance	20km or 40km
Distance measurement precision	$\pm (5.0 \times 10^{-5} \times \text{Measurement Distance (m)} + 1\text{m})$
Wave length	$1.31 \pm 0.03 (\mu\text{m})$
Pulse length	100nS
Number of Times of Leveling	$2^{12}$

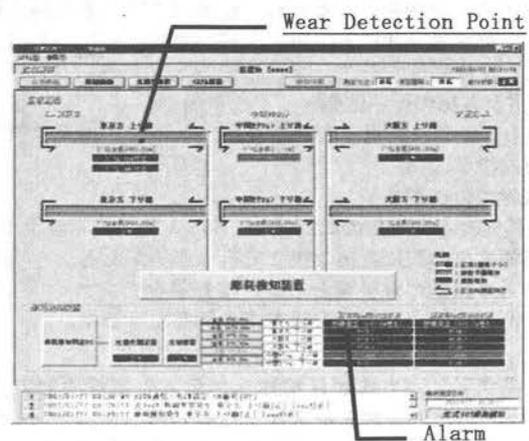


Fig. 5. Display when Wear Detected