

# 新幹線における応急復旧時の徐行速度を向上できるトロリー線の接続技術



**中村 琢**  
Taku Nakamura  
電力技術研究部  
電車線構造研究室  
副主任研究員



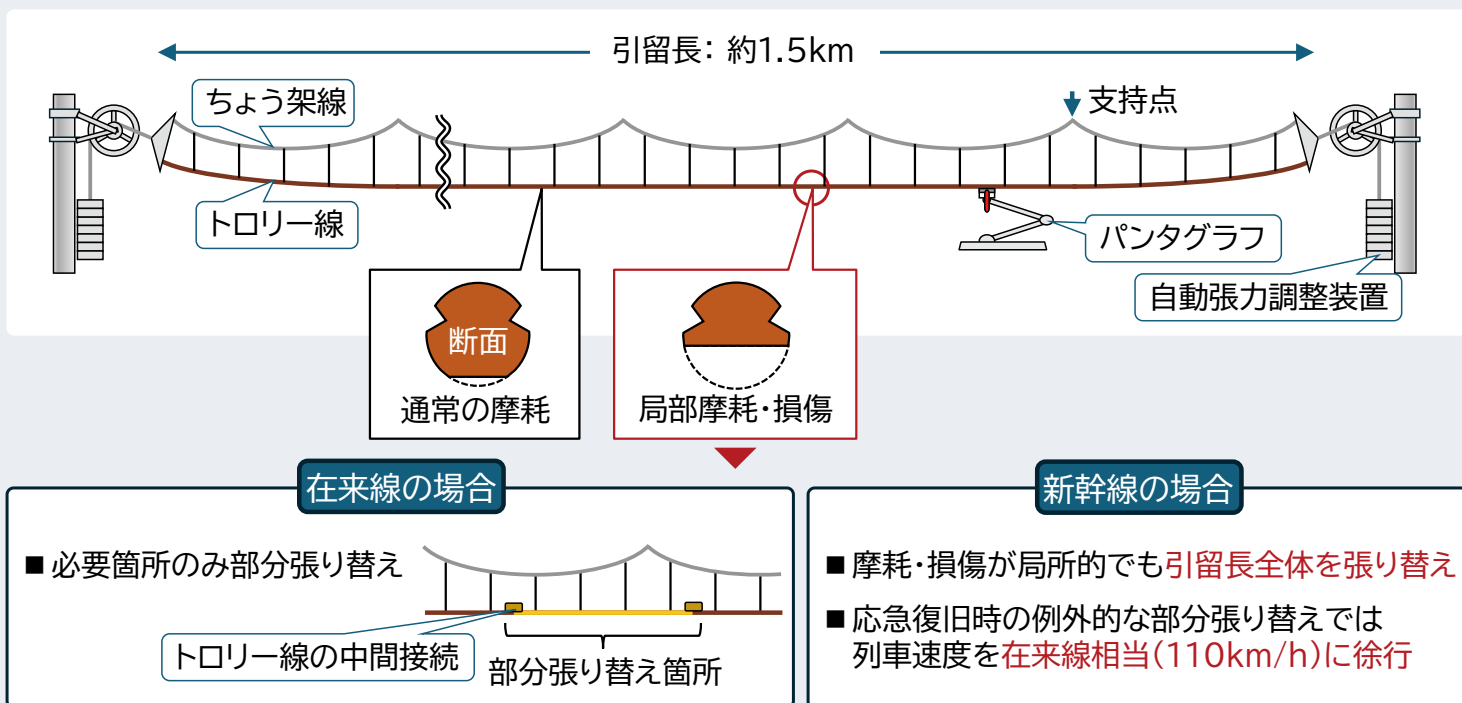
**小山 達弥**  
Tatsuya Koyama  
電力技術研究部  
電車線構造研究室長

## はじめに

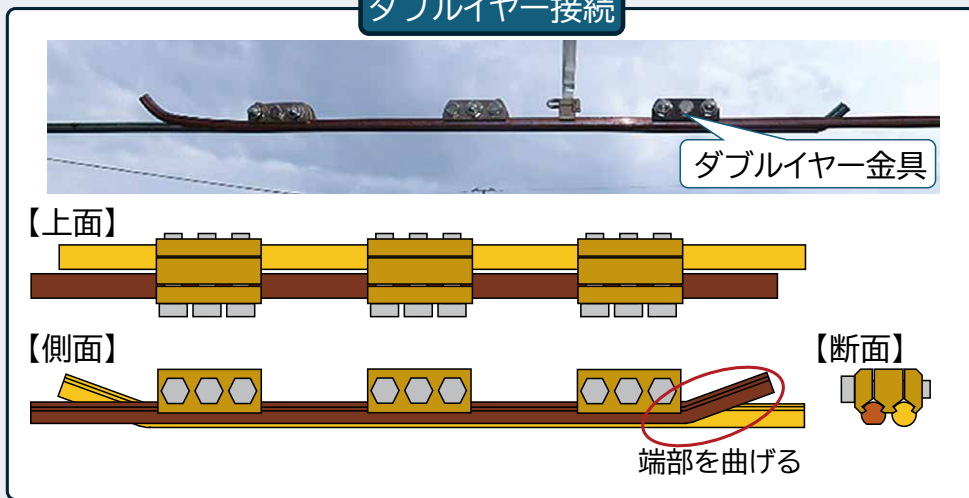
電車のパンタグラフに電気を届けるトロリー線は約1.5kmの長さで引き留められ、パンタグラフとの良好な接触を保つため適切な張力がかけられています(図1)。トロリー線は、パンタグラフの通過による摩耗や大規模地震などによる損傷(屈曲や破断など)により、張り替えが必要になります。図1に示す**局部摩耗**が生じ

た場合、在来線では、張り替えコストの観点から、トロリー線を途中で接続して、必要箇所のみを部分的に張り替えています。一方、新幹線では、**トロリー線の疲労損傷**の観点から原則的にはトロリー線を途中で接続せず、引留長全体を張り替えています。例外として、災害時の早期運転再開を目的とした応急復旧時には、新幹線でもトロリー線損傷箇所の部分張り替えを

図1 トロリー線の引留長と部分張り替え



## ダブルイヤー接続



## スプライサー接続

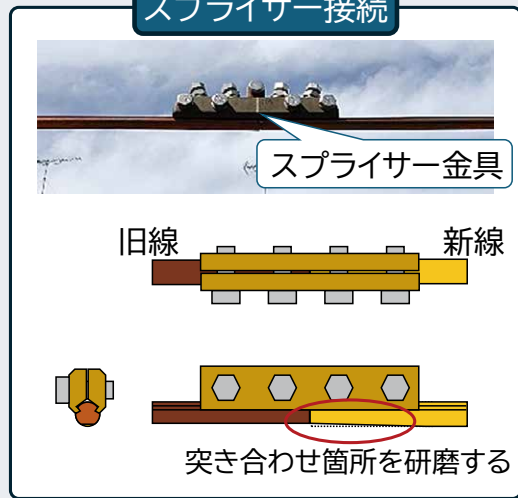


図2 ダブルイヤー接続とスプライサー接続

実施しますが、全体張り替えを行う本復旧までの間は在来線相当の速度110km/hに徐行運転しています。

この徐行速度を向上させるため、新幹線におけるトロリー線の間接続に求められる条件と適用可能な速度を検討しました。本記事では、その中から適用可能な速度を検討するうえで重要な指標で、疲労損傷の目安となるトロリー線ひずみの検討を中心に紹介します。

### トロリー線の間接続方式

在来線で用いられているトロリー線の間接続方式は、ダブルイヤー接続、スプライサー接続、常温圧接の3方式があります<sup>1)</sup>。ダブルイヤー接続(図2左)は、トロリー線2条を並列にそろえて複数個の接続金具で接続する方式で、国内で広く用いられています。スプライサー接

続(図2右、英語ではcontact wire splice)は、トロリー線を直線上に突き合わせて接続金具1個で接続する方式で、国内の一部や海外で用いられています。常温圧接は、接続金具を用いず、直線上に突き合わせたトロリー線を特殊な機器で直接圧接する方式で、国内首都圏を中心に近年用いられています。ただし、常温圧接の場合でも、通常は万一の破断に備えて圧接箇所にもスプライサー金具に似た保護金具を装着しています<sup>2)</sup>。

なお、接続箇所をパンタグラフが円滑に通過するように、ダブルイヤー接続ではトロリー線端部を上向きに曲げ、スプライサー接続と常温圧接では突き合わせ箇所の段差(旧線と新線の摩耗差)を滑らかにするためトロリー線の下面を研磨します。

### 局部摩耗

トロリー線が摩耗するとき、引留長全体で均一に摩耗せず、架線の高さの変動や架線金具の取り付け箇所などの不均一性により、摩耗の進行が早い箇所が生じます。このような局所的な摩耗を局部摩耗と呼んでいます。摩耗が進行してトロリー線の断面積が減少すると、張力に耐えられなくなるため、強度上の限界に達する前に摩耗箇所を張り替える必要があります。

### トロリー線の疲労損傷

トロリー線はパンタグラフの通過により上下に振動するため、このときの曲げ変形により疲労が蓄積し、最悪の場合疲労破断を起こします。この疲労損傷のリスクを評価するため、測定の容易さから、曲げ変形の量を表すトロリー線上面の曲げひずみ(本記事では「トロリー線ひずみ」と表記)がよく用いられます。

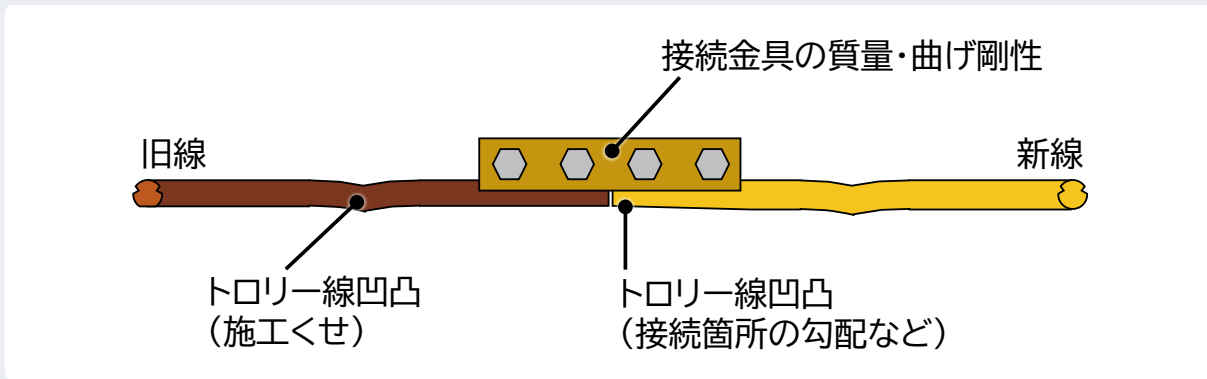


図3 接続金具取り付け箇所の離線・摩耗・疲労損傷の要因

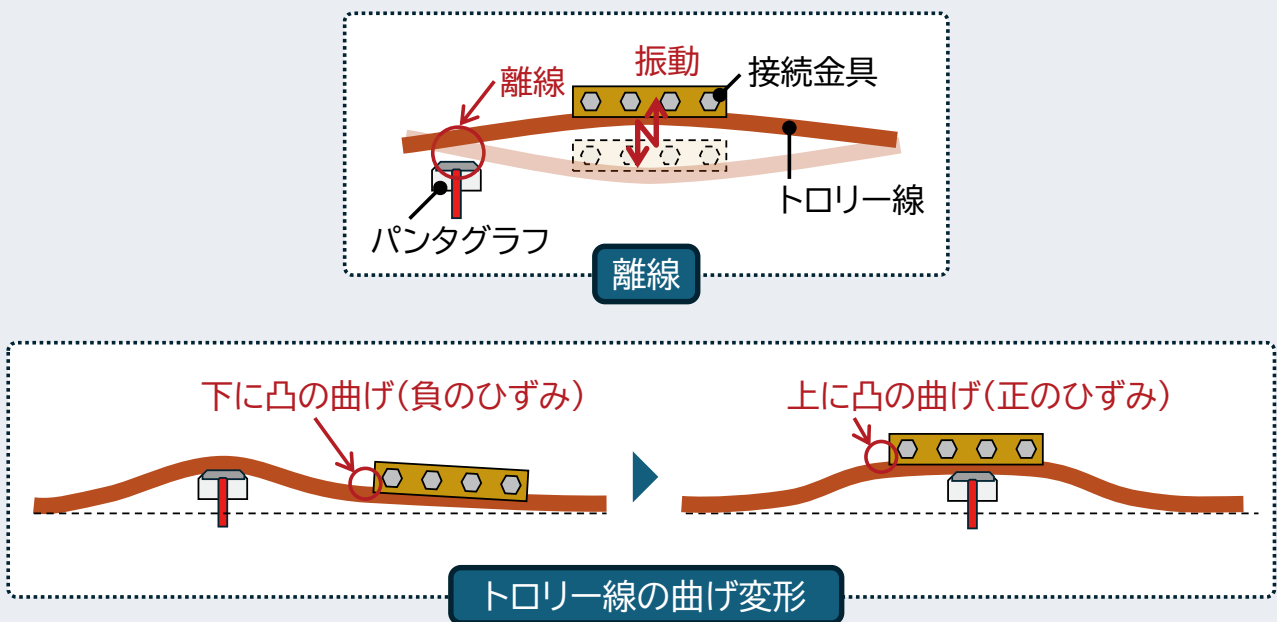


図4 接続金具のパンタグラフ通過時の挙動のイメージ

## トロリー線の中間接続の要件

### 高速域適用への課題

トロリー線の中間接続は、在来線では十分な実績があるものの、在来線速度を超えて走行する新幹線においては東海道新幹線開業以来これまで用いられてきませんでした。トロリー線の金具取り付け箇所は、パンタグラフが通過する際にトロリー線とパンタグラフ間の接触力が変動するため、パンタグラフがトロリー線から離れる（これを「離線」といいます）、トロリー線の摩耗が増加するといった問題が生じます。さらに、トロリー線の疲労損傷のリスクも高まり

ます。なお、海外の高速鉄道ではスライサー接続箇所でもトロリー線が疲労破断した事例があります<sup>3)</sup>。そのため、高速域での中間接続の適用については慎重に検討する必要があります。

上記の懸念事項について、定性的には、接続金具の質量・曲げ剛性、接続金具の取り付け施工時に生じるトロリー線の凹凸など(図3)が影響して、離線やトロリー線の曲げ変形を増加させる(図4)とされています。しかし、高速域への適用にあたり、どの程度の金具質量・金具曲げ剛性・トロリー線凹凸が許容されるか、定量的に評価した例はほとんどありません。そこ

で、新幹線のためのトロリー線中間接続の要件を整理し、適用可能速度を実験と理論解析から検討しました。検討にあたっては、現状新幹線の応急復旧に用いられているダブルイヤー接続より軽量で、常温圧接より施工が容易なスプライサー接続を対象としました。

### 接続金具の要件

トロリー線接続金具に要求される主な性能は、下記の4点です(図5)。

- ① 機械的接続：接続金具は、トロリー線張力による引張・曲げ荷重に耐え、トロリー線を把持することが必要です。
- ② 電氣的接続：トロリー線にはパンタグラフへ供給する電流が流れるため、トロリー線を電氣的に接続する必要があります。通常、接続金具は同長のトロリー線と同等以下の電気抵抗とすることが求められ、十分な断面積が必要になります。
- ③ パンタグラフとの離隔確保：接続金具がパンタグラフと衝突しないよう、車両動揺時のパンタグラフ傾斜や、施工時の接続金具の傾きを考慮して、接続金具の断面幅を十分に小さくする必要があります。
- ④ 離線・摩耗・疲労損傷の抑制：一様なトロリー線と比べ、ある程度の離線・摩耗・疲労損傷の増加は避けられないと考えられますが、

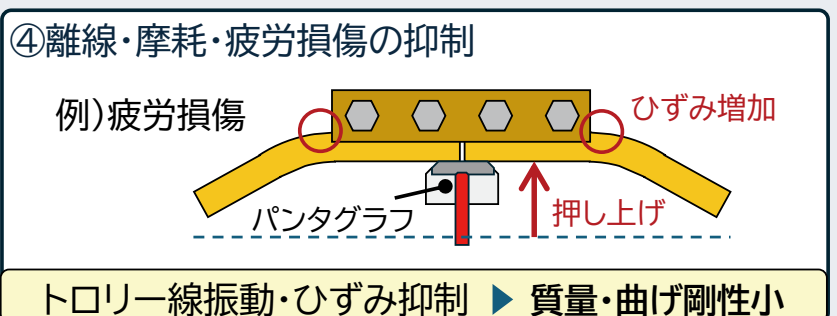
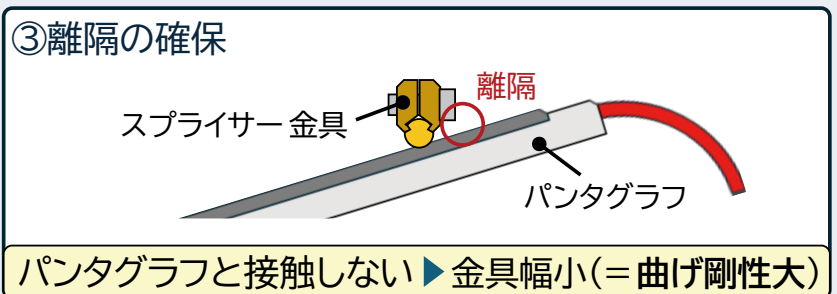
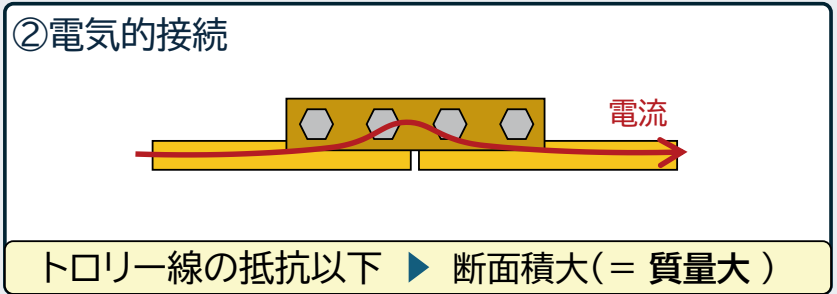
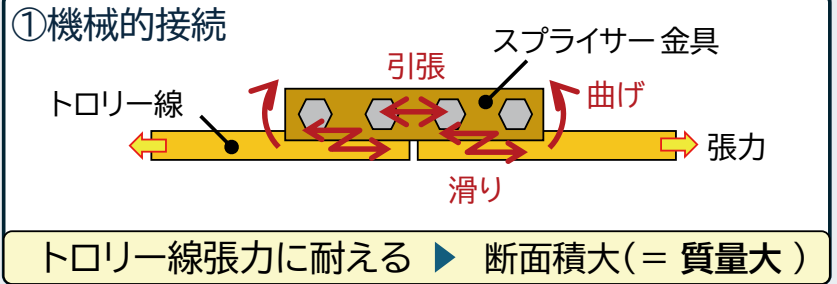


図5 接続金具の要件

安全性と経済性の観点からの許容範囲内におさめる必要があり、金具質量・曲げ剛性が十分小さいことが求められます。

上記の要件①②を満たす断面積を確保すると金具質量が大きくなり、さらに要件③を満たす金具幅とすると金具曲げ剛性が大きくなるため、要件④と相反します。新幹線高速走行の場合、要件④が厳しくなるため、設計可能であるかを検討する必要があります。

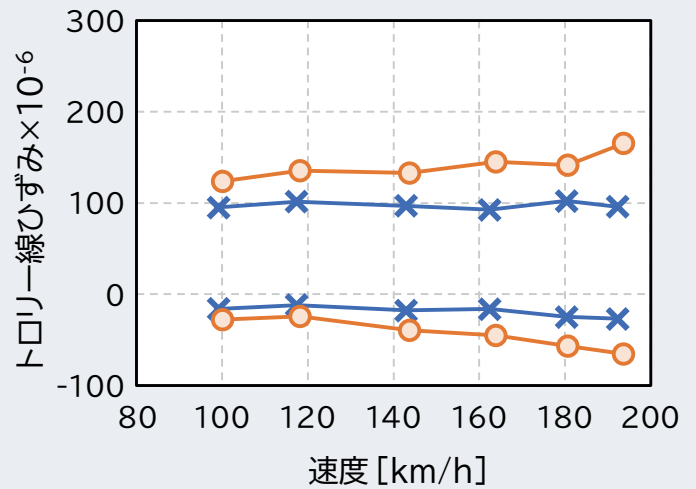
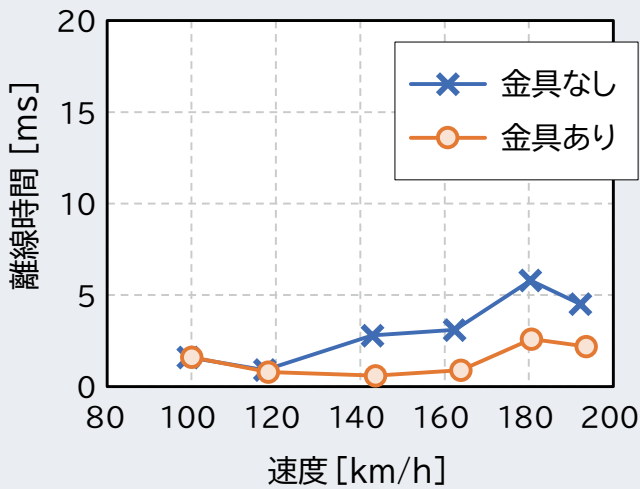


図6 模擬金具有無による離線と疲労損傷（トロリー線ひずみ）への影響評価

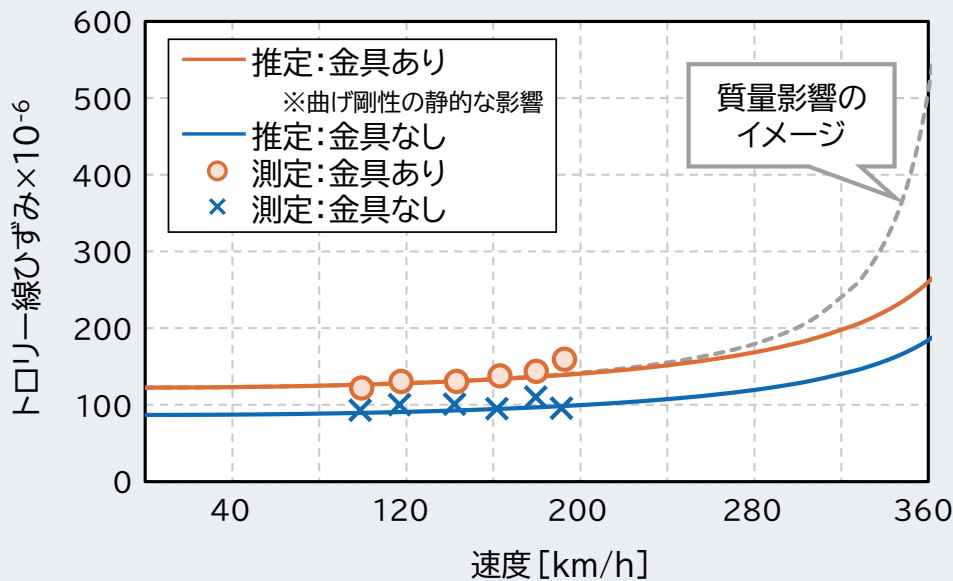


図7 トロリー線ひずみの速度特性の推定値と測定値の比較

### トロリー線中間接続の適用可能速度の検討 接続金具の質量・曲げ剛性による影響

接続金具の質量と曲げ剛性が離線・疲労損傷に与える影響を実験と理論解析から検討しました。鉄道総研が所有する集電試験装置<sup>4)</sup>において、新幹線用の架線とパンタグラフを用いた速度200km/hまでの走行試験を行いました。新幹線用トロリー線接続金具の質量と曲げ剛性を模擬した試験用の金具（以下、模擬金具）をトロリー線に取り付け、模擬金具の有無による

離線と疲労損傷への影響を評価しました（図6）。速度200km/hまでにおいて、離線は意外なことに減少する一方で、トロリー線ひずみ（トロリー線の疲労損傷の指標）は全振幅で最大2倍程度増加しました。

このトロリー線ひずみの増加が、接続金具の質量と曲げ剛性のどちらによるものか理論検討を行いました。一様なトロリー線については、パンタグラフの通過速度が増加するほどトロリー線ひずみが増加することが示されていま

す。この理論式に、接続金具取り付けによる曲げ剛性のトロリー線ひずみへの影響を静的な荷重条件で求めた結果をかけあわせた推定値は、トロリー線ひずみの測定値とよく一致します(図7)。このことから、速度200km以下のトロリー線ひずみの増加はほぼ接続金具の曲げ剛性の影響で説明できることがわかります。詳細は割愛しますが、接続金具の質量に関する理論検討から、さらに高速域になると急激にトロリー線ひずみが増加することが予想されます。

### 接続時のトロリー線凹凸による影響

以上の検討は、接続金具の質量と曲げ剛性のみに着目したのですが、実際の中間接続の施工においては、施工工具取り付け箇所でのトロリー線塑性変形(施工くせ)と、トロリー線切断面を突き合わせた箇所での段差を研磨した後に残る勾配などのトロリー線凹凸(図3)が存在します。

これらのトロリー線凹凸が離線・疲労損傷に与える影響について、集電試験装置で評価しました(図8)。実施工を想定したトロリー線凹凸がある条件では離線やトロリー線ひずみが増加するものの、速度200km/h以下では問題ない値でした。そのため、新幹線用トロリー線応急復旧時の徐行速度を大幅に向上できることがわかりました。

一方で、施工くせ通過時に離線が生じトロリー線ひずみが増加するため、速度200km/h超の高速域では、施工くせを低減させる手法が求められます。

### おわりに

本記事では、災害時に新幹線用トロリー線を接続し、徐行速度の制限を緩和する接続技術に

### 【200km/h走行】

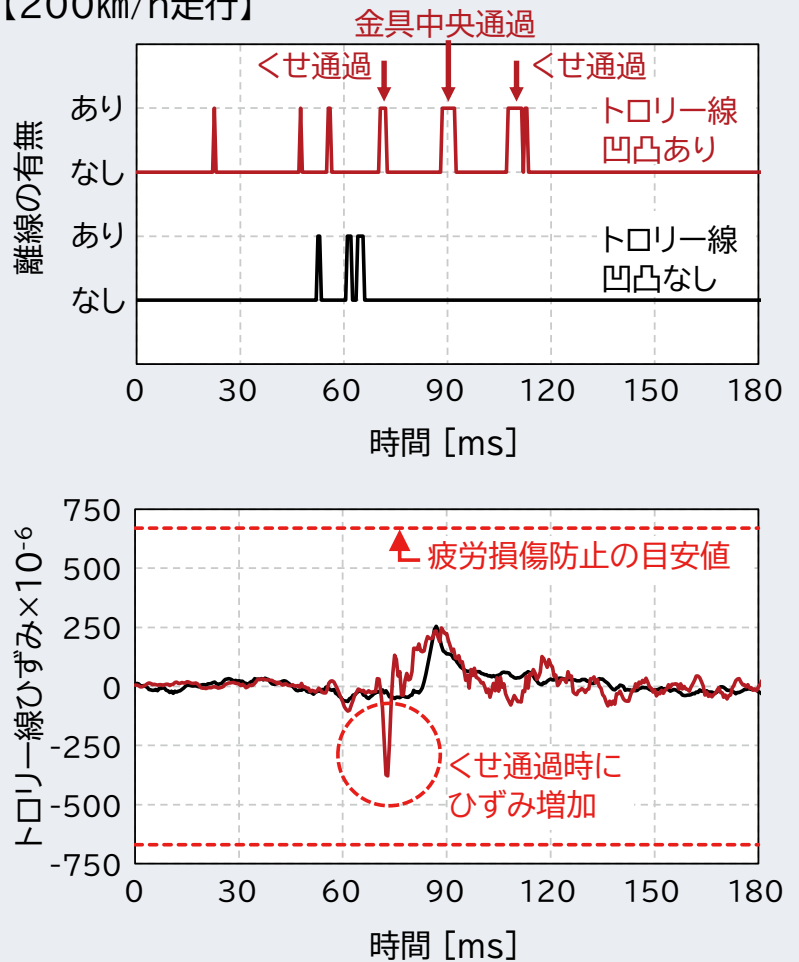


図8 トロリー線凹凸による離線と疲労損傷(トロリー線ひずみ)への影響評価

ついて、スライサー接続を対象として検討した取り組みを紹介しました。今後は、速度200km/h超への適用可能性を見極め、さらにはトロリー線摩耗時の恒久的な補修方法としての適用可能性について、研究を進める予定です。

### RRR

### 文献

- 1) 電気鉄道ハンドブック編集委員会編：改訂電気鉄道ハンドブック、6.9.5項、2021
- 2) 阿部泰久、佐藤文久、出野一郎：トロリー線常温圧接装置の開発、JR EAST Technical Review, No.10, 2005
- 3) Jean Pierre Massat, T.M.L. Nguyen Tajan, Habibou Maitournam, Etienne Balmès: Fatigue analysis of catenary contact wires for high speed trains, 9th World Congress on Railway Research, 2011
- 4) 鉄道総合技術研究所：集電試験装置, <https://www.rtri.or.jp/rd/division/rd44/rd4430/rd44300201.html> (入手日：2024年10月30日)