

令和3年2月3日

工学研究科委員長  
掛下 知行 殿

## 審査委員会報告書

審査委員	
(主査) 教授 山下清隆	教授
教授 片岡勲	
教授 清水大	

学位論文提出者氏名

西山 直杜

学位論文題目

剛体架線とパンタグラフ間の離線低減に関する研究

学位申請受理年月日

令和3年1月27日

### 1. 学位論文の内容の要旨

別紙論文要旨のとおり

### 2. 学位論文審査結果の要旨

電気鉄道の集電系には多くの場合、架線とパンタグラフからなる系が用いられている。パンタグラフは架線に対して一定の力で押し付けられると共に架線に対して摺動する。しかしながら、架線とパンタグラフとの間に作用する接触力は一定とはならず、色々な要因により変動をきたす。この変動が大きくなるとパンタグラフは架線と接触状態を維持できなくなり、パンタグラフは架線と離れる。このような現象は離線と呼ばれている。離線が生じるとパンタグラフと架線との間にアークが生じ、架線表面に損耗が生じる。このような損耗が生じると接触力の変動を助長することからさらなる離線およびアークの発生による損耗を生む悪循環に至り、架線表面に波状摩耗と呼ばれる凹凸が形成される。このような凹凸は、安定的な電力供給の妨げとなるのみならずメンテナンス費用の増大、安心安全な鉄道車両の運行の阻害を生じることから、離線しない集電系の実現はこの系に宿命づけられた大きな課題となっている。

パンタグラフと架線との離線を抑制するためには、離線後のパンタグラフと架線との間の動力学的挙動を解明することが必要不可欠であると考えられるが、そのような動力学的挙動に関する研究はほとんど行われていない。本論文では、複雑なメカニズムを有するパンタグラフと架線との離線後の動的挙動の解明および離線の抑制を行なう第一歩

として架線の一種である剛体架線とパンタグラフ間の離線を対象としている。そこで、波状摩耗に起因する剛体架線とパンタグラフとの間の繰り返しの離線を両者間で衝突振動が繰り返し生じているものと考え、機械システムの衝突振動を解析する非線形動力学解析の手法を用いて動力的挙動に関する研究を行ない、離線の制振手法を提案している。

本論文は全5章からなり、第1章では本研究の背景である電気鉄道の集電系に関する従来の研究について述べ、本研究の動機および克服すべき問題点を明らかにしている。また、機械システムに生じる衝突振動に関する研究例および解析手法について述べると共に本研究で開発した制振手法の独自性を明らかにする目的から従来の制振手法について概説している。

第2章では、パンタグラフと架線との間の離線を表わす動力的モデルとして調和的変位加振源が1自由度ばね質点系に押し付けられた系を考えている。数値計算結果より、車速に相当する加振源の振動数に応じて連続した分岐現象が生じることが示されると共に、車速が一定値を越えると衝突振動が抑制される加振振動数領域が存在しないことが明らかにされている。また、解析モデルと力学的に相似な実験装置を用いた検証実験により解析モデルおよび理論解析手法の妥当性が検証されている。

第3章では、衝突振動を制振する目的から第2章で調べた系(以降、主系と呼ぶ)に対して新たに1自由度振動系(以降、付加系と呼ぶ)を連成させた系を取り上げている。そして、衝突の前後における1次および2次モードの速度変化を記述する関係式を誘導し、その式を用いて数値計算をもとにした分岐解析を行なっている。その結果、加振源の振動数が系の2次の固有振動数近傍において衝突振動が顕著に抑制されることを明らかにした上で、検証実験を行ない理論解析結果の妥当性が示されている。

第4章では、第3章で得られた知見をもとに実際の系において制振を行なう手法について述べている。すなわち、付加系に取り付けた可変剛性ばねのばね定数を操作し加振源の振動数に追従するように2次の固有振動数を変化させ主系の衝突振動を抑制する手法を提案している。

第5章は本論文の結論であり研究の総括を行なっている。

以上、本論文は電気鉄道の集電系である剛体架線とパンタグラフを対象として取り上げ、従来の研究では未解明であった離線が生じた後の両者の動的挙動を明らかにすると共に主系に付加系を追加することにより根本的に離線が抑制され得ることを示している。この制振手法は、電気鉄道の集電系に限らず押し付けられて摺動する2物体間の運動に適用することが可能であり広い工学的応用性を有している。

上記の研究内容を審査委員会で慎重に検討した結果、本論文は博士(工学)の論文として、学術上、価値のあるものと認める。

### 3. 公聴会の日時

令和3年2月3日(水)

### 4. 最終試験結果の要旨

令和3年2月3日の公聴会終了後、論文内容およびそれに関連した事項、公聴会での質疑に対する応答などについて諮問を行い、審議の結果、合格と認めた。

### 5. 審査委員会の所見

審査の結果および最終試験結果等を考慮して、申請者は博士(工学)の学位を授与される資格を有するものと認める。