

3415 光センサによる接触力測定システムの仕様検討

Study on the Contact Force Measuring System by Optical Sensors

正〔電〕 ○岩井中 篤史 (JR東日本) 正〔機〕 池田 充 (鉄道総研)

正〔電〕 久須美 俊一 (鉄道総研)

Atsushi IWAINAKA (East Japan Railway Company 2-0, Nisshin-cho, Kita-ku Saitama City)

Mitsuru IKEDA, Shunichi KUSUMI (Railway Technical Research Institute)

To measure the contact force between pantograph and contact wire, a telemeter is usually needed for data transmitting. But it is a little unsuitable to use a telemeter for daily measurement because it is necessary to replace batteries frequently. In order to resolve this problem, we are studying measuring method of the contact force using optical sensors. The prospect of this method for a practical use is confirmed.

Keyword: Contact wire, Pantograph, Contact force, Optical sensor

1. はじめに

パンタグラフの接触力測定手法に関しては、池田らによって多くのパンタグラフへの適用法が提示されており¹⁾²⁾³⁾、現在日本の新幹線で幅広く活用されている。しかし、これらの測定方法では、25kVに加圧されたパンタグラフに直接センサを取り付ける必要があり、そのデータ伝送にはテレメータ装置を介す必要があるため、頻繁な電池交換を強いられる等日常的な測定にはやや不向きな面があった。この難点を解消する一つの方策として、筆者らは光センサによって接触力を測定する手法を検討している。光センサはアンプ部を非加圧部に設置でき、アンプ部とセンサ部のデータ伝送は光で行えるため、加圧部に対する日常的なメンテナンスが不要になる。今回、光センサを利用した方法で接触力を測定できる見通しを得ることができたので以下に報告する。

2. PS206型シングルアームパンタグラフの接触力測定法

接触力の測定原理を簡単に説明する。パンタグラフ走行中に舟体に作用する力の釣り合いを考える。まず図1のように、シングルアームパンタグラフを舟体部分と枠組部分の2つの分系に分け、垂直方向に作用する力に着目する。分系1の舟体に作用する全慣性力を F_{ine} 、分系2の枠組から舟体に作用する力を F_d 、舟体に作用する全空気力（主に舟体の揚力）を F_{aero} とすると、接触力 F_c は、

$$F_c = F_{ine} + F_d + F_{aero} \quad (1)$$

と表すことができる。つまり枠組から舟体へ作用する力、舟体に作用する慣性力、舟体揚力を測定できれば、接触力が算出される。

具体的な測定法は、 F_{ine} については舟体に複数の加速度計を取り付け加速度を測定し、その出力を重み加算することによって求めている。 F_d については、復元ばねに生じる荷重を、ばねにひずみゲージを貼り付ける方法等によって測定している。

なお、シングルアームパンタグラフの舟体揚力の直接測

定方法は、舟体を左右2箇所の舟支えで支持するタイプのパンタグラフについては提示されているが³⁾、PS206型パンタグラフのように舟体を1箇所で支えるタイプではまだ確立されていない。よってこのパンタグラフでは速度や環境条件による揚力の補正プログラムを組む等の手法が必要である。

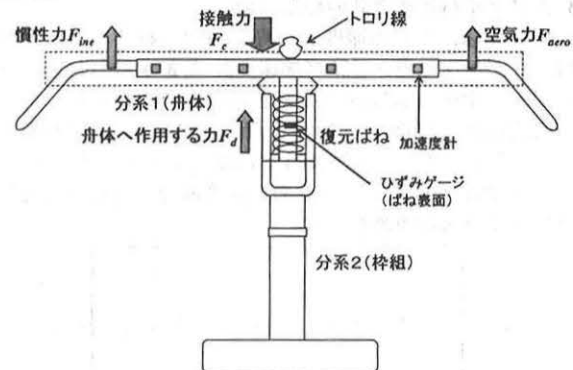


図1 PS206型パンタグラフの接触力測定原理

Fig.1 The principle of the Contact Force Measurement

3. 光センサの適用

前章で述べた測定法で使用しているセンサは、汎用品として様々な測定に使用されているものであり、新幹線用パンタグラフのように高電圧、多振動の条件下でも高い信頼性が得られている。しかし、高電圧部から車内無加圧部へのデータ伝送にはテレメータ装置を使用しなければならない。そこでテレメータ装置を介さない方法として、光センサを適用することを考え、接触力測定に供する光センサを開発することとした。図1の測定原理により、舟体加速度と復元ばね荷重が光センサで測定できればよいわけであるが、現行センサと同等の仕様が得られなければ、接触力測定に供することはできない。今回は現行と同じく、0Hz～40Hz程度の周波数帯域まで接触力を精度良く測定できることを目標に、試作および検討を行った。

4. 光ファイバ加速度計

4.1 光ファイバ加速度計の条件

接触力測定用の光ファイバ加速度計の条件を、以下のよう

- ・ 加速度計の大きさは 20mm 以内の立方体に収める
- ・ 定格容量は 100G 程度
- ・ 測定周波数は 0~100Hz とし、エリアジングのないこと
- ・ 横感度などは従来の歪式加速度計並とする

上記の条件を満たす光ファイバ加速度計を、(株)東横エルメス(以下加速度計 A と呼ぶ)と(株)東京測器研究所(以下加速度計 B と呼ぶ)との 2 社にて試作し、現行で使用している共和電業製歪式加速度計 AS-100A を含めて加振試験を行い、比較を行った。

4.2 光ファイバ加速度計の外観

試作した加速度計の外観写真を図 2 に示す。光ファイバ加速度計の大きさは、いずれも歪式加速度計よりもやや大きい

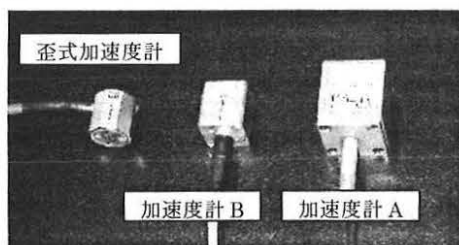


図 2 光ファイバ加速度計の外観写真

Fig.2 The picture of Optical Fiber Accelerometers

4.3 光ファイバ加速度計の加振試験

加振試験は、歪式加速度計が既に内蔵されている PS206 型パンタグラフに光ファイバ加速度計 A, B を取り付け、パンタグラフ中央を加振させたときの出力を比較した。最高加振周波数は、100Hz、500Hz、1kHz、4kHz とし、それぞれ擬似ランダム波とした。代表的なものとして図 3、図 4 にそれぞれ 500Hz を印加したときの加速度波形と加振力に対しての加速度の伝達関数を示す。

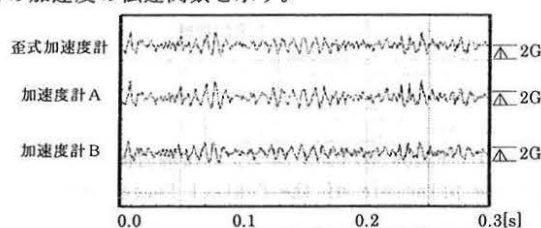


図 3 加速度計出力比較 (加振周波数 500Hz)

Fig.3 Comparison of Accelerometer Outputs (500Hz)

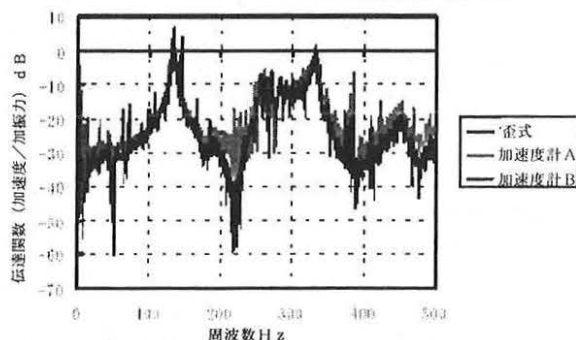


図 4 伝達関数の比較 (0~500Hz 擬似ランダム加振)

Fig.4 Comparison of Transfer Function(0~500Hz)

加振試験の結果、どちらの加速度計にもエリアジングによる波形のひずみ等は認められず、500Hz 程度まではどちらの加速度計も波形出力はほぼ同じであった。最高加振周波数 4 kHz で加振した場合、加速度計 B は波形に含まれる高周波成分の波形再現性がより優れており、加速度計 A は低周波成分の波形再現性がより優れていた。

5. 光ファイバ荷重センサ

復元ばねの荷重を光センサで測定する場合、現行方式のようにばね表面に直接光ファイバひずみゲージを貼り付けることは、ばね材料の直径が 4.5mm、コイルの外形の大きさが $\Phi 28.5\text{mm}$ 程度と小さく困難である。そこで、ばね受けに加わる荷重により発生するひずみを光ファイバセンサにより測定することとした。現在図 5 に示すばね受けの部分に光ファイバセンサを組み込み荷重測定できるものを 2 種類試作中であり、今後性能試験を行う予定である。

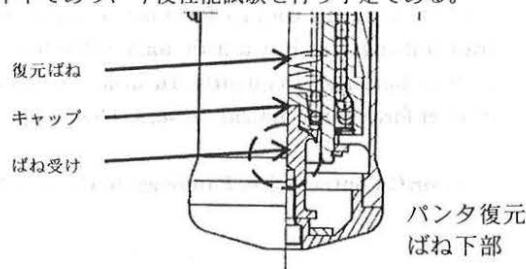


図 5 ばね荷重センサの組み込み位置

Fig5 The Installation Position of the Spring Load Sensor

6. 全体システムの構成

上記センサによって、接触力測定システムを構成する場合、25kV 高電圧部から光ファイバケーブルを直接車内に引き込むと、長期間にわたる走行によるケーブル表面の汚れ等によって地絡が起こる可能性もある。そこで、光ファイバ貫通がいし¹⁾を途中に配置し、絶縁性能をより確実に確保する。全体システムの構成案を図 6 に示す。

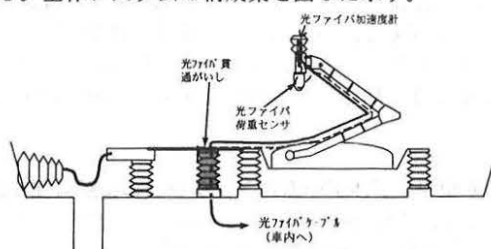


図 6 光ファイバセンサによる接触力測定システム

Fig.6 Contact Force Measuring System by optical sensors

7. まとめと今後の予定

今回光センサによる接触力測定システムの構成に関して具体的な提示を行った。図 6 に述べた全体システムについて、所内試験にて各センサや光信号の伝送状況についての検証を行い、その後現車試験にて確認を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 長坂他 2 名：日本機械学会 2001 年度年次大会講演論文集 (IV) pp167、2001.8
- 2) 池田、長坂：鉄道総研報告 Vol.16、No6、2002.6
- 3) 池田：鉄道と電気技術 Vol14、No.10、pp46、2003.10
- 4) 長沢他 3 名：平成 11 年度鉄道技術連合シンポジウム pp349、S6c-3、1999.12