

トンネル入り口付近におけるトロリ線押上・ひずみ特性

甘利 智* 清水 政利 (鉄道総合技術研究所)

倉岡 拓也 (東日本旅客鉄道株式会社)

Characteristic of Contact Line Uplift and Strain in Tunnel Inlet
 Satoru AMARI*, Masatoshi SHIMIZU, (Railway Technical Research Institute)
 Takuya KURAOKA, (East Japan Railway Company)

Characteristic of Contact Line Uplift and Strain are one of important index to evaluate contact line structure in high-speed railway. Especially train runs high-speed in a tunnel pantographs are strongly affected by aerodynamic flow. Therefore, it is important to understand these characteristics in a tunnel. In this study, we carried out measurement of contact line uplift and strain in tunnel inlet. Furthermore, to examine validity, we carried out a simulation which considered the pantograph lift.

キーワード：電気鉄道，集電，トロリ線，ひずみ，押上量，トンネル，揚力
 (electric railway, current collection, contact line, strain, uplift, tunnel, pantograph lift)

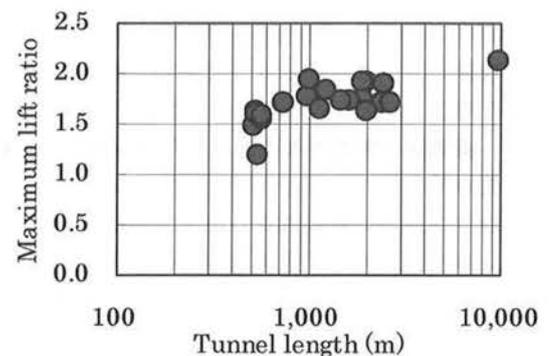
1. はじめに

集電性能の評価項目であるトロリ線の押上量とひずみ量は、明かり区間に比べトンネル内において大きい値が観測される傾向がある。このことは、高速で列車がトンネルに突入した際にトンネル内の空気が圧縮され、パンタグラフに対する対抗風が大きくなり、パンタグラフの揚力が増加することによるものと考えられている。現状では、トンネル内における観測値が速度向上時などの判定に用いられており、その発生傾向を定量的に把握することが重要である。このため、トンネル内におけるトロリ線の押上量とひずみ量の実測値と、揚力を加味したシミュレーションによる推定値を比較し、その妥当性を検討した。

2. トンネル内における揚力変動特性

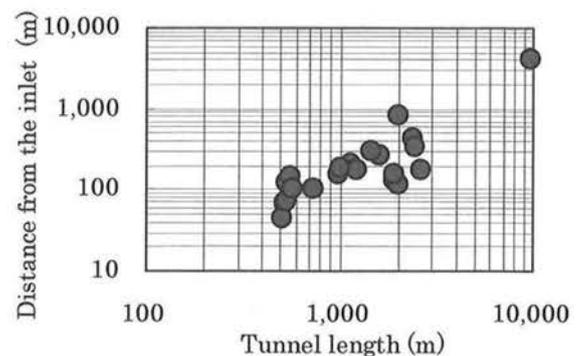
トンネル内において、想定すべき揚力増加を把握するために、新幹線線区においてパンタグラフの揚力を測定した。揚力は、新幹線電気・軌道総合試験車に試験的に搭載した接触力測定用パンタグラフの復元ばね荷重を測定し、過去に測定した同一形式のパンタグラフの揚力特性を元に推定した値を用いた。得られた揚力について、明かり区間とトンネル区間の揚力の比を揚力比として、測定区間内における 500m 以上のトンネルについて、その値が最大となる最大揚力比について評価を行った。

揚力の測定結果および評価結果を図 1 に示す。図 1(a)は、トンネル長ささと揚力比の相関関係である。トンネル長が長いほど揚力比が大きくなる傾向がある。トンネル長が約 700m 以上になると、揚力比が 1.6~2.2 の範囲にほぼ収まり、測定値の平均は約 1.71 であった。一般的に揚力は、流



(a) トンネル長と最大揚力比

(a) Relation between tunnel length and maximum lift ratio



(b) 最大揚力発生位置

(b) Relation between tunnel length and maximum value genesis position

図 1 揚力測定結果

Fig.1. Measurement result of pantograph lift

速の 2 乗に比例することが知られており、今回の揚力平均値から求めた平均流速比は、約 1.3 となり、従来の知見とほぼ一致する⁽¹⁾。したがって、平均的にはトンネル内における

揚力比は、約 1.7、流速比で 1.3 程度を見込めば良いと考えられる。図 1(b)に示したトンネル長さやトンネル入り口から最大揚力が発生する位置については、トンネル長さが長いほど入り口から離れる傾向が見られる。この点に関しては、様々な要因が考えられるが、今回の測定結果からは比較的トンネル入り口に近い位置で最大揚力が発生しやすいと考えられる。

3. トロリ線押上量とひずみの実測値と推定値との比較

(3・1) トンネル入口付近における押上量とひずみ測定

トンネル内におけるトロリ線の押上量やひずみ等の集電特性を検討する場合、流速増加に対応するパンタグラフ揚力の増加分を加味した検討を行えばよいと考えられる。この検証データをえるために、トロリ線入り口付近におけるトロリ線押上量とひずみの測定を行った。測定結果については、次章でまとめて示すこととするが、支持点押上量の測定結果は、同じ速度においても測定結果が 10mm 程度ばらついており、トロリ線ひずみについても同様の傾向があり、 100×10^{-6} 程度ばらついていた。これらの原因はパンタグラフの個体差などによるものと考えられる。なお、前章で述べた揚力測定において、測定箇所通過時の揚力比は 1.70 であった。次節のシミュレーションにおいても測定データのばらつきを考慮した上で、検証を行うこととした。

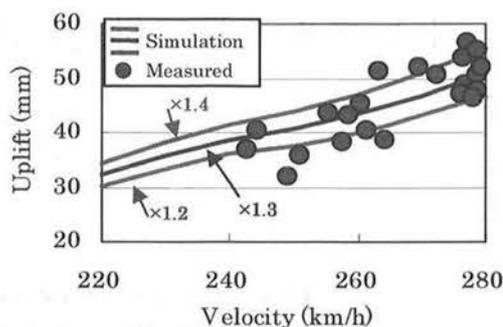
(3・2) 実測値と揚力増加を加味した推定値との比較

近年、電車線の架設状態を正確に測定して、これを基にパンタグラフ通過時の動特性をシミュレーションにより評価して、トロリ線ひずみの最大値や発生箇所を評価する手法が開発されている⁽²⁾。測定箇所周辺のトロリ線凹凸データを測定し、このシミュレーションを用いて、トロリ線押上量とひずみの測定データ(実測値)と、揚力増加を加味した推定値を比較した。前章で述べた揚力測定結果から、流速比 1.3 を中心に、 ± 0.1 の範囲にてシミュレーションを行うことにより、測定データのばらつきに対応することとした。

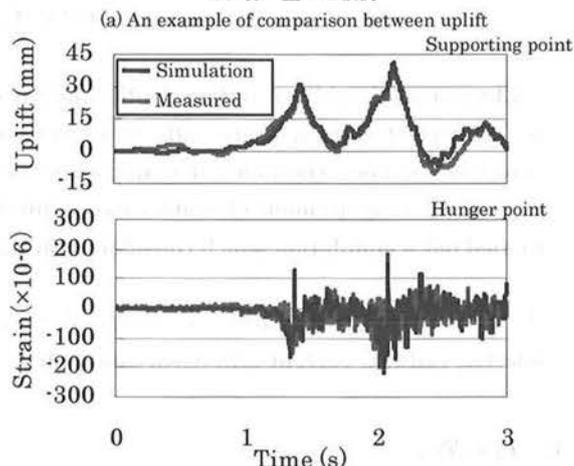
支持点押上量の実測値とシミュレーション結果の比較結果を図 2 に示す。図 2(a)より、概ね流速比 1.2~1.4 の範囲に測定結果が収まっていることが確認できる。また、実測波形とシミュレーションによる推定波形を比較した図 2(b)についても、非常に良い相関を見せていることがわかる。

以上の結果より、トンネル内の集電特性は、流速増加(平均的には 1.3 程度)によるパンタグラフの揚力増加を見込んだ検討を行うことにより、ほぼ定量的な評価が可能であると考えられる。また、前述の動特性評価を行うことにより、トンネル内におけるトロリ線押上量およびひずみを推定することが可能である。

なお、前章の揚力測定結果では、流速比で 1.3 倍以上に相当する揚力比が観測され、またトンネルが長いほど、最大揚力の発生位置は、トンネル入り口からの距離が長くなる傾向が見られる。舟体近傍風速の詳細な測定例⁽³⁾においても



(a) 押上量の比較例



(b) 測定波形の比較例

(a) An example of comparison between uplift

(b) An example of comparison between waveform data

図 2 シミュレーション結果との比較例

Fig.2. An example of comparison between measurement value and estimate value

同様の結果が報告されており、最大流速値やその発生位置の正確な把握は、今後の課題であると考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた成果を以下にまとめる。

- (1) トンネル突入時におけるパンタグラフの揚力変動は、揚力比で約 1.7 倍となるため、流速比で約 1.3 倍となることが明らかとなった。これは、従来の流速変動の知見とほぼ一致している。
- (2) 揚力の測定結果から流速比 1.3 ± 0.1 でシミュレーションを行ったところ、トロリ線押上量については、実測値と高い相関を示していた。
- (3) 以上の結果より、トンネル内の集電特性は流速増加(平均的には 1.3 程度)によるパンタグラフの揚力増加を見込んだ検討を行うことにより、ほぼ定量的な評価が可能であると考えられる。

文 献

- (1) 森川武雄, 岩井中篤史:「新幹線トンネル内列車走行時集電系の空力特性」, 総研報告 (2001)
- (2) 網干光雄:「動特性計算による架空電車線凹凸の評価法」, 電学論 D, Vol.126, No.7 pp.983-988 (2006)
- (3) 池田充, 光用剛, 山下義隆:「走行するパンタグラフにおける舟体近傍風向・風速測定」, J-RAIL2009, No.09-65, pp701-704 (2009)