

FASTECH360高速試験における電力設備の測定結果



西 健太郎*



岩井中 篤史*

新幹線の営業運転速度の向上を実現するうえで、列車通過による風速や振動が増大するため、地上設備に対する影響を評価することが必要である。電力設備は、架線設備、照明設備や分岐器箇所、融雪器をはじめとする電灯電力設備、変電設備があり、FASTECH360高速試験車による各設備に対する影響を評価し、目標とする360km/hでの走行において、問題ないことを確認した。本稿では、FASTECH360高速試験における電力設備の測定結果と評価を報告する。

●キーワード：電力、架線設備、電灯電力設備、変電設備、集電

1. はじめに

新幹線高速化プロジェクトの目標である360km/hでの運転を行う場合、架線・パンタグラフ間において、集電特性を良好に保つには、技術的にハードルが高く、さまざまな課題を解決する必要がある。

その前段として、平成15年にE2系、E3系の営業車を用いて360km/hの高速走行試験を行った。そこで、高速での安定した集電を実現するために、トロリ線および補助ちょう架線の波動伝播速度を向上すること、支持点におけるひずみを抑制することが課題⁽¹⁾となった。これらの課題に対して、高速走行架線、軽量曲線引金具の技術開発⁽²⁾を行い、Fastech高速走行試験区間の地上設備の工事に反映した。そのうえで、平成17年6月から東北新幹線仙台・北上間でE954系、E955系高速走行試験車を走行させて、種々の架線設備条件、パンタグラフ条件で集電性能測定を行った。その結果、走行速度に応じた設備を構築すれば、360km/h以下で集電性能に問題ないことを確認した。

また、同様に電灯電力設備や変電設備での測定を行い、問題ないことを確認した。

これらの一連の試験結果より総合的に判断して、東北新幹線宇都宮・盛岡間で営業運転速度を320km/hにすることが決定された。

2. 高速運転に対応した架線設備への改修

高速走行時の集電性能を高めるためには、架線の波が伝わる速度である「波動伝搬速度」を高める必要がある。波動伝搬速度は、(1)式で表される。よって、波動伝搬速度を高めるためには、トロリ線の軽量化、高張力化が必要である。

$$c = \sqrt{\frac{T}{\rho}} \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 c ：波動伝播速度[m/s]

T ：トロリ線張力[N]

ρ ：トロリ線単位長質量[kg/m]

一方、設備保全の観点からは、パンタグラフとの接触により摩耗するトロリ線の張替周期を極力長くするために、トロリ線の断面積が大きい方が有利であるが、トロリ線の質量が増大する。そこで、図1に示す東北・上越新幹線で標準架線構造のヘビーコンパウンド架線において、総張力は従来のままで、トロリ線の断面積と張力のバランスを見直し、仙台・北上間で表1に示す架線設備へ改修を行った。

なお、表1において①の既存架線から、③の改良架線への設備改修を行う際にトロリ線を軽量・高張力化するが、各線条の張力配分を変更することによって、ちょう架線と補助ちょう架線の間のドロップの長さを調整することなく施工することが可能であり、施工期間の短縮に寄与した⁽²⁾。

また高速走行時の過大なひずみ⁽¹⁾を抑制するために、従来より等価質量を約30%減少させた軽量型曲線引金具を開発し、改良架線箇所に設置した。

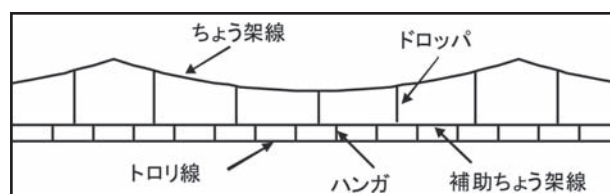


図1 ヘビーコンパウンド架線の構造

表1 走行速度に応じた架線構造

	トロリ線	補助ちょう架線	ちょう架線	対応 最高速度 [km/h]
①既存	Gt-Sn170mm ² 17.64kN	PH150mm ² 11.76kN	St180mm ² 24.5kN	275
②張力UP	Gt-Sn170mm ² 19.6kN	PH150mm ² 9.8kN	St180mm ² 24.5kN	320
③改良 トロリ線軽量化 張力配分変更	PHC110mm ² 19.6kN	PH150mm ² 12.74kN	St180mm ² 21.56kN	360
上段:線種 下段:張力				

3. 架線設備での測定結果

FASTECH360 走行試験では、E954 系、E955 系と2 編成により、単編成、すれ違い、併合などの各条件において、複数のパンタグラフ種別で走行試験を行ったため、架線設備での測定は多岐にわたった。その中で、架線設備に対する影響が最も大きいことが想定された走行試験での測定結果を報告する。

3.1 主な走行試験の背景

① E954 系・E955 系すれ違い試験

トンネル内でのすれ違い時に、パンタグラフ付近の風速が大きくなり、過大な押上力が加わるおそれがあるため、測定を実施した。

② E954 系・E955 系併合試験

複数パンタグラフ走行時に、前方パンタグラフの振動により、後方パンタグラフ通過時の押上が大きくなるおそれがあるため、測定を実施した。

3.2 架線設備での主な評価事項

架線設備では、主に以下の項目で、性能を評価した。

①トロリ線押上量

トロリ線押上量が過大になると、曲線引金具のストッパが働き、トロリ線とパンタグラフの衝撃が過大になるおそれがあり、目安値は100mm である。

②トロリ線ひずみ

トロリ線が押し上げられた際に、トロリ線に曲げによるひずみが発生するため、疲労によってトロリ線が断線するおそれがある。そのため、10⁷ 回の繰り返し応力を疲労限度としており、高速試験では、Gt-Sn170mm² の目安値を500 μ st、PHC110mm² および、PHC130mm² の目安値を1100 μ st とした。なお、1 μ st は長さ1m に対し、伸縮量が1 $\times 10^{-6}$ m である。

3.3 E954 系・E955 系すれ違い試験

トンネル内で E954 系・E955 系がすれ違い試験を行った際の測定結果を図2 および、図3 に示す。その結果、押上量の最大値は80mm、トロリ線ひずみの最大値は602 μ st であり、いずれも目安値を下回った。

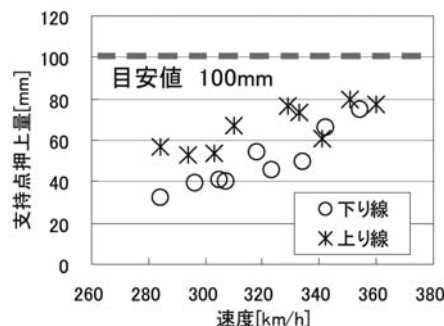


図2 トロリ線押上量（すれ違い試験、③改良）

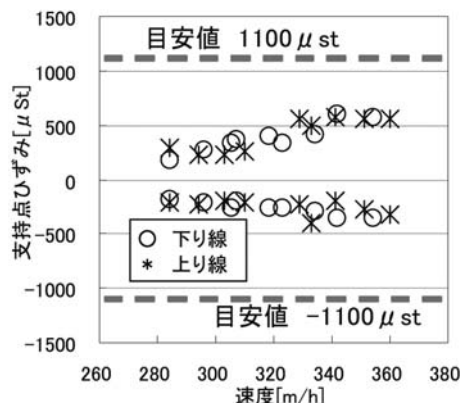


図3 トロリ線ひずみ（すれ違い試験、③改良）

3.4 E954 系・E955 系併合試験

図4 に示す E954 系・E955 系併合試験において、トロリ線押上量、トロリ線ひずみの測定を行った。

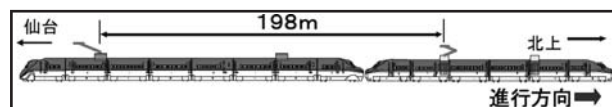


図4 E954系・E955系併合試験編成図

明かり箇所②張力UP 架線における測定結果を図5、図6 に示す。その結果、押上量の最大値は67.5mm、ひずみの最大値は457 μ st であり、いずれも目安値を下回った。なお、目安値を下回ったものの300km/h 以上の速度域では、速度に対する押上量、ひずみの増大傾向が大きいことが確認された。

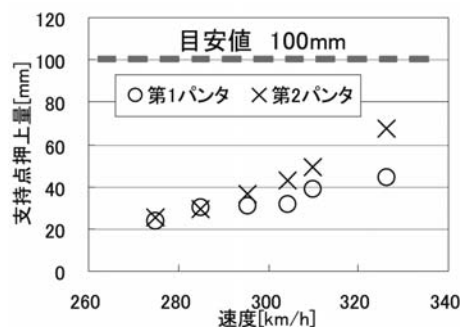


図5 トロリ線押上量（併合試験、②張力UP）

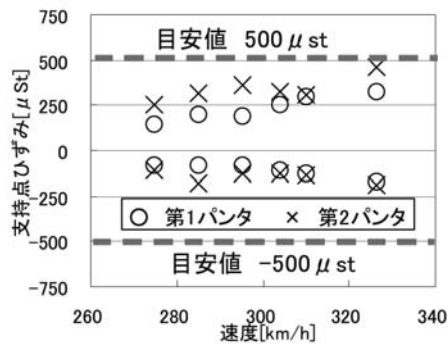


図6 トロリ線ひずみ (併合試験、②張力UP)

次に、トンネル箇所③改良架線における測定結果を図7および、図8に示す。その結果、押上量の最大値は89mm、ひずみの最大値は912 μ stであり、いずれも目安値を下回った。なお、340km/h以上の速度域において、速度に対するひずみの増大傾向は大きいことが確かめられた。

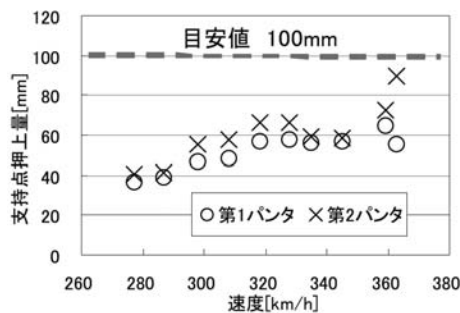


図7 トロリ線押上量 (併合試験、③改良)

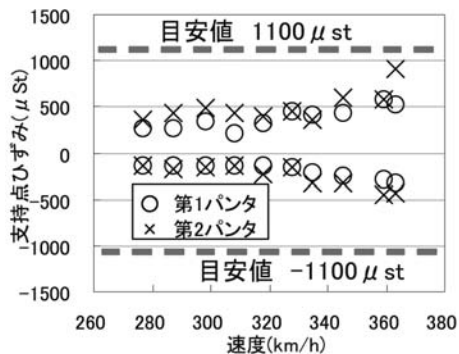


図8 トロリ線ひずみ (併合試験、③改良)

同様に、交差型わたり線において、320km/h以下のトロリ線押上量および、ひずみを測定した結果、トロリ線が割り込むおそれがなく、目安値を満たしていることを確認した。

よって、架線設備では、図5および、図6の結果より、②張力UP架線では320km/hでの集電性能を満足した。

また、図7、図8より、③改良架線で目標とする360km/hでの集電性能を満足することを確認した。

4. 電灯電力設備での測定結果

照明設備や分岐器箇所の融雪器をはじめとする電灯電力設備は各所に設置されており、高速走行時の風速や振動による影響を評価する必要がある。そこで、高速走行試験において、図9に示す設備において、表2に示す評価項目で測定を行った。

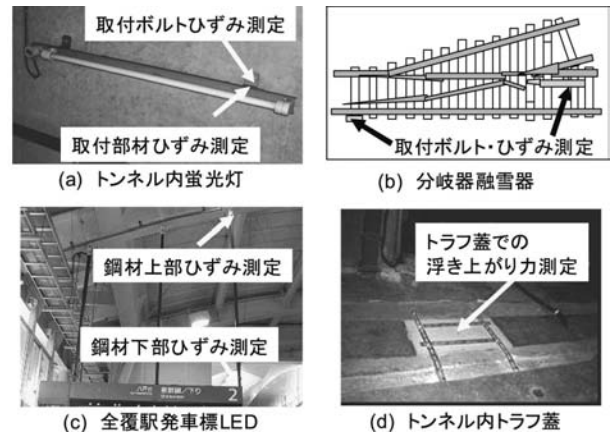


図9 測定を行った電灯電力設備

表2 電灯電力設備での評価項目

設備	部材	測定項目	走行試験
トンネル内 蛍光灯	取付ボルト	ひずみ	E954・E955 すれ違い
	取付台	ひずみ	
分岐器 融雪器	取付ボルト	ひずみ	E954(単編成) E955(単編成)
全覆駅 LED発車標	鋼材	ひずみ	E954(単編成)
トンネル内 トラフ蓋	トラフ蓋本体	浮き上り力	E954・E955 すれ違い

ここで、トンネル内蛍光灯での測定結果を図10に示す。また、部材による測定結果を以下に示す。

- ・取付ボルト：測定最大値は243 μ stであり、目安値の1800 μ stを大きく下回った。
- ・取付部材：測定最大値は531 μ stであり、目安値の2200 μ stを大きく下回った。

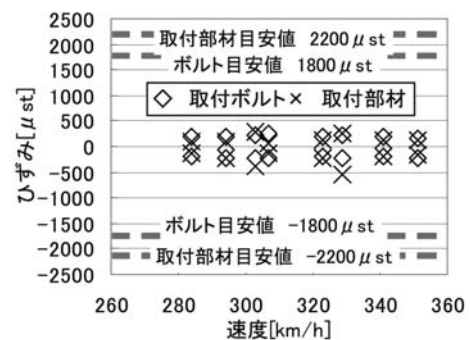


図10 トンネル内蛍光灯での測定結果

次に、分岐器箇所の融雪器の取付ボルトでの測定結果を図11に示す。この結果より、最大ひずみは423 μst であり、目安値の750 μst を下回った。また現状の営業車と高速試験車走行時のひずみが同等であることを確認した。

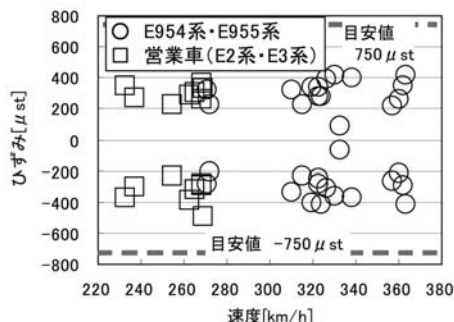


図11 分岐器箇所融雪器での測定結果

なお、他の電灯電力設備についても、360km/h 以下で問題ないことを確認した。以上の結果より、目標とする360km/h において、既存の電灯電力設備で問題ないと考えられる。

5. 変電設備での測定結果

高速走行による負荷電流の増大や新車両による変電所へ供給する電源に対する影響を評価する必要がある。そこで、高速走行試験において、表3に示す項目について、測定を行った。

表3 変電設備における評価項目

項目	内容
き電電圧	最大値、最小値、変動
き電電流	最大値、最小値、変動
有効電力	最大値、最小値、変動
無効電力	最大値、最小値、変動
き電電圧高調波	含有率

表3の中で、最も影響が大きいことが懸念された高調波の含有率を図12、図13に示す。測定結果は瞬時値である。参考目安として、30分平均での高調波抑制目標値⁽³⁾についても、図12、図13に示す。これらの結果より、目標値を上回る値は計測されなかった。

また他の測定項目についても問題はなかった。以上より、目標とする360km/h において、既存の変電設備で問題ないと考えられる。

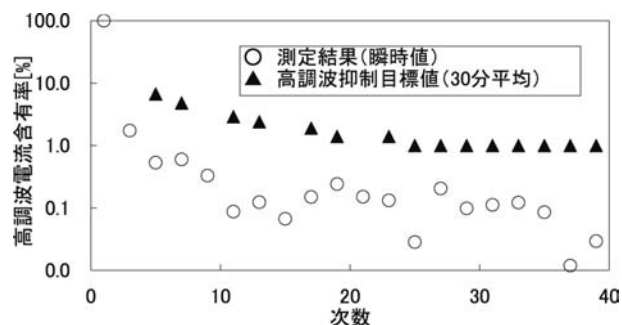


図12 高調波電流含有率測定結果 (E954系・力行486A)

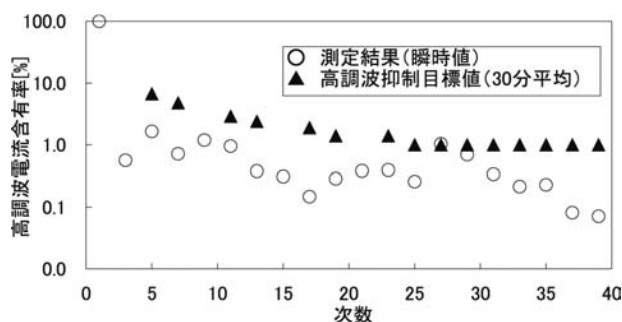


図13 高調波電流含有率測定結果 (E954系・回生486A)

6. 高速営業運転に向けた設備改修

東北新幹線宇都宮・盛岡間では、320km/h への営業運転が決定したため、表1に示す①既存架線から、②張力UP 架線への架線の改修を実施した。

7. おわりに

360km/h での試験走行に対応するため、架線設備の開発を行い、360km/h 以下での走行試験で安定した集電性能を確保していることを確認した。また電灯電力設備、変電設備についても問題ないことを確認した。本稿での測定結果は、今後の新幹線の高速化に貴重なデータであり、設備保全の一助となることと考えられる。

参考文献

- (1) 岩井中篤史, 池田国夫, 久須美俊一:「営業車両を用いた300km/h超域試験における集電性能」, 平成16年電気学会産業応用部門大会, 3-23, ppⅢ-229-233, (2004)
- (2) 池田国夫, 岩井中篤史, 高橋正行, 河島勝男:「360km/hの営業運転に向けた架線改良手法の開発」, 平成17年電気学会産業応用部門大会, 3-80, ppⅢ-337-338, (2005)
- (3) 原子力安全・保安院, 高圧又は特別高圧で受電する需要家の高調波抑制対策ガイドライン, (2004)