

安定した高速集電を実現する 架線系への改良手法の開発



池田 国夫*

当社では、世界一の新幹線の実現に向けて試験電車FASTECH360を製作し、昨年6月より高速走行試験を開始した。この試験は、360km/h域で走り込み、走行安定性や環境負荷等のデータを収集し、360km/h営業運転実現へ寄与することを目的としている。

一方、360km/h走行で安定した集電を実現するためには、架線設備についても大幅な改良を施す必要がある。そこで、短期間にかつ安価に改良可能な手法を開発し、試験区間である仙台・北上間に導入したので報告する。

●キーワード：新幹線、高速化、集電性能、架線系

1 はじめに

新幹線の標準であるヘビーコンパウンド架線は、240km/h程度での走行が限度とされ、試験運転とは言え360km/h走行を行うには、架線系に改良を施すことは必須である。

今回の走行試験では、試験実施の決定から開始迄1年という限られた期間で、長区間に亘って架線の改良を行っていかねばならないことから、工期短縮を可能とし、併せて2003年に実施した営業車両を用いた走行試験で判明した課題の解消も図り得る新たな工法の開発を試みた。

2 高速化に適した架線系

高速化に向けては良く知られているように、(1)式で表される架線の波動伝播速度 c の向上が有効であり、そのために、速度向上を行うに当たっては、トロリ線の高張力・軽量化で対処して来た。

$$c = (T/\rho)^{1/2} \cdot 3.6 \text{ [km/h]} \quad \dots(1)$$

ここで、 T ：張力[N]、 ρ ：単位長重量[kg/m]

表1、図1に当社で新幹線の高速走行区間で使用している架線の例を示す。

表1で「張力up架線」とは、東北新幹線へE2・E3系投入に伴って275km/h化した時に改良した架線であり、「CSコンパウンド架線」とは、上越新幹線で試験電車「STAR21」を用いて最高速度425km/hを達成した走行試験時に改良した架線である。

表1 東日本における新幹線の高速区間用架線

	Me	Ax	Tr	V
張力up 架線	St180 [□] 24.5kN	Cu150 [□] 11.8kN	Cu170 [□] 17.6kN	275km/h
CSコンパウンド [*] 架線	St240 [□] 24.5kN	Cu150 [□] 9.8kN	CS110 [□] 19.6kN	365km/h

上段：線種、下段：架線張力

Me：吊架線、Ax：補助吊架線、Tr：トロリ線

V：推奨走行速度、CS：銅覆銅トロリ線

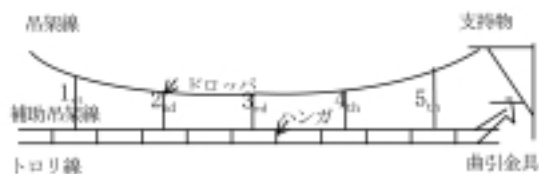


図1 コンパウンド架線

今回の高速試験でも、「CSコンパウンド架線」相当の性能が要求される。しかし、試験区間が仙台～北上間と広範囲なため架線改良の必要な区間も約60km(60ドラム)にも及び、1年という期間では改良が間に合わないことが危惧された。

3 架線改良における課題

3.1 集電性能上の課題

2003年に実施した「CSコンパウンド架線」下での走行試験にて、360km/hで1,000 μ stを超える著大なトロリ線ひ

ずみ(応力)が観測されたり。

この要因として、

- ・パンタグラフ舟体の1本化により応力が集中する
- ・試験車両のパンタグラフ間隔が短い
- ・曲引金具の重量が重い

などが複合して作用したと考えられる。

その中で、補助吊架線の張力が低く充分な波動伝播速度を確保出来ていないために、波動の伝播阻害を起こしていることも考えられた。

3.2 施工上の課題

STAR21試験での架線改良手法を例にとれば1ドラム(長さ数百m~15km程)を改良するのに3日掛かっており(表4)、今回も同工法を採用すると、毎日施工を行っても丸々半年も要してしまうこととなる。しかし、他の保守作業との競合なども考えると、工期を大幅に短縮しなければ、試験開始迄に施工を終えるのは不可能であった。

4 集電性能に優れ改良容易な架線系の開発

そこで、今回、「張力up架線」を360km/h域試験に向けて、集電性能を向上させつつ、工事を効率良く円滑に進めるために、次の様な条件の下で取り組んだ。

- ① トロリ線の波動伝播速度500km/h*程度を確保する
- ② 支持物の改修を省くため、架線総張力は変更しない
- ③ 工期を2/3に短縮する

先述した通り、他の保守作業との兼ね合いから、施工日数を百日程に収めるのが望ましい。そこで、架線の改良について2/3程度工期短縮することを目標とし、支持物の改良は行わなくてすむように配慮した。

①を満たすために、トロリ線は170mm²から110mm²へと細径・軽量化し、張力を17.6kNから19.6kNへと上昇した。

②について、架線総張力は53.9kNのままとすることから、吊架線と補助吊架線の計張力を下げなければならない。STAR21用では、吊架線張力はそのままに補助吊架線張力を下げることとしたが、3.1項に示した課題を誘発

した。また、トロリ線が軽くなるにも関わらず吊架線の張力を不変としたため、トロリ線高さを保つために全てのドロップの交換が必要となり、施工の手間が増えて、32項の課題の背景となった。

そこで、トロリ線軽量化に見合う分、吊架線張力を低減してドロップ交換を不要とする工法とした。併せて、この低減分を補助吊架線に当て、その波動伝播速度を試験速度(360km/h)並みに向上する*2ことも図った。

(2)式にカタナリ曲線に生じる弛みDの計算式を示す(図2)。

$$D = X \cdot (S - X) \cdot \rho / (2 \cdot T / 9.8) \text{ [m]} \quad \dots (2)$$

ここで、S：径間長[m]、T及びρ：(1)式に同じ

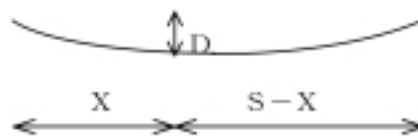


図2 カテナリ曲線の弛み

トロリ線の110mm²化により架線系単位長重量が433kgから383kgとなるため、簡略に(2)式から求めると、吊架線張力は21.6kN程度とするのが望ましい。そこで、今回の試験車FASTECH360用の改良架線を表2の様にした。

表2 FASTECH360試験架線

	Me	Ax	Tr	V
FASTECH360 試験架線	St180 [□]	Cu150 [□]	Cu110 [□]	360km/h
	21.6kN	12.7kN	19.6kN	

5 施工性及び集電性能の検証

5.1 施工性の検証

まず、「張力up架線」と「FASTECH360試験架線」のドロップ長を検証した。径間長50m場合の比較を表3に示す。

表3 改良前後のドロップ長さ

	1 _{st}	2 _{nd}	3 _{rd}	4 _{th}	5 _{th}
改良前	1,118mm	856mm	768mm	856mm	1,118mm
改良後	1,119mm	856mm	768mm	856mm	1,119mm

*1：列車速度≦波動伝播速度×0.7~0.8が望ましい³⁾

*2：補助吊架線の張力を9.8kNとすると、その波動伝播速度は300km/h程度となってしまいます。

他の径間長でもその差は数mm以内に収まる。

表4 架線改良工法の比較

	CS コンパウンド架線	FASTECH360 試験架線
1 日 目		①1、2号ヨーク取替
		②新トリ線延線(110 [□])
		③ブレストレッチ
	①曲引金具取替	④ベカ [○] 、曲引等取付替
		⑤旧トリ線巻取(170 [□])
	②新トロッパ [△] 取付	⑥オーバーラップ調整
2 日 目	①1号ヨーク取替	
	②新トリ線延線(110 [□])	
	③ブレストレッチ	
	④ベカ [○] 、曲引等取付替	①曲引金具取替
	⑤旧トロッパ [△] 切断撤去	
	⑥旧トリ線巻取(170 [□])	
	⑦オーバーラップ調整	②架線調整
3 日 目	①可動ブacket線上下	
	②トロッパ [△] クリップ取外	
	③架線調整	

従って、ドロップ交換が不要となることから、表4に示す様に、施工方法を「CS コンパウンド架線」への改良を施した時に比べて大幅に簡略化することができ、概ね3日要していた架線の張替が2日で施工することが可能となった。

なお、吊架線張力変更(1、2号ヨークの取替)には、協力会社で特殊な治具を開発し、施工時間の短縮を可能とした。

図3は、張替前後の様子を電気軌道総合試験車のデータで比較したものである。これから分かるように、架線高さ・偏位など張替前の状況を良く再現することが確認されている。

従って、張替後に殆ど調整を行う必要が無くなった。

5.2 集電性能の検証

集電性能の評価項目としては主に、

- ・離線率

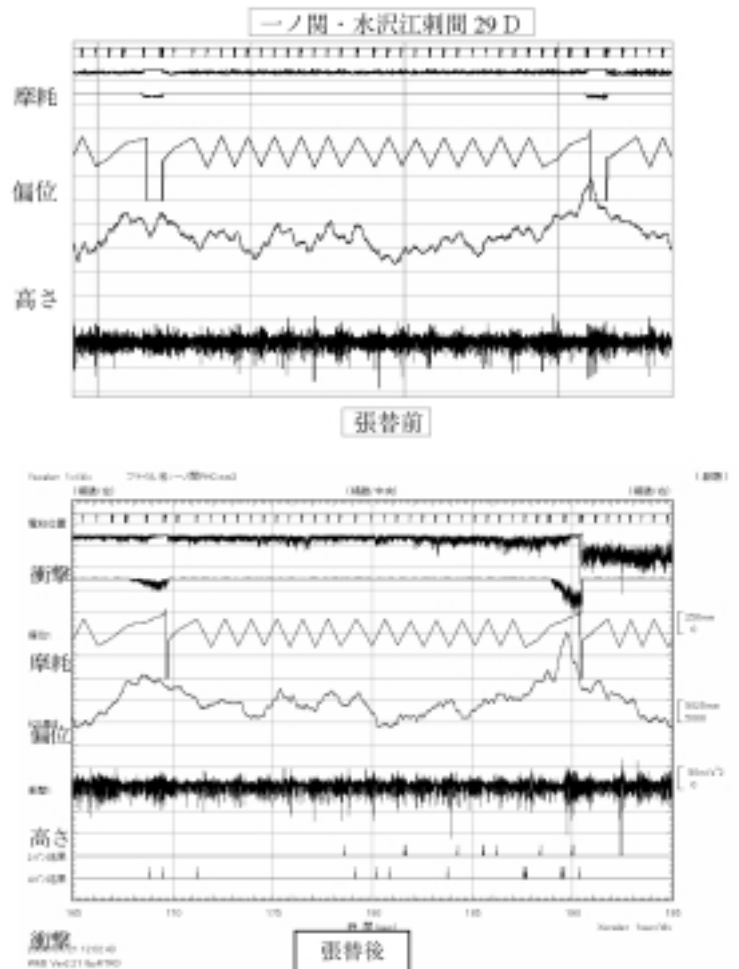


図3 張替前後の検測車チャートの比較

- ・トリ線押上量
- ・トリ線ひずみ

の3つが挙げられるが、ここでは、特に著大な値が観測された「トリ線ひずみ」の低減対策が主となる。

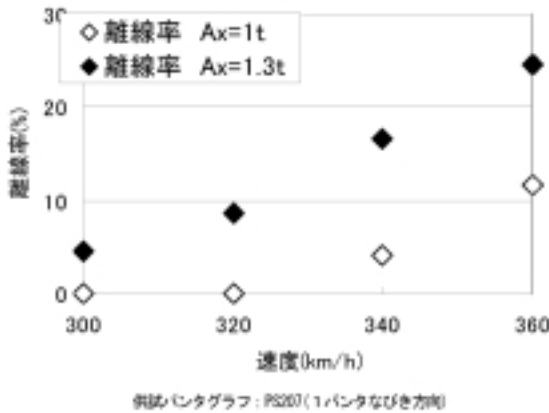
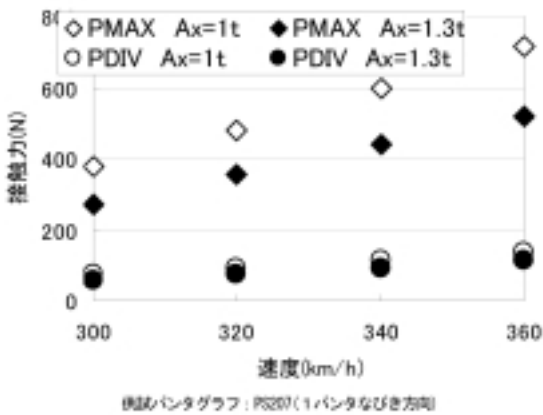
そこで、一つの手法として、補助吊架線の張力を上昇させ、波動伝播速度を向上させることによって、トリ線応力を低減させることを試みた。

その効果をシミュレーション²⁾により検証した。図4、5にその結果の一部を示す。

なお、シミュレーションの結果では、接触力同様に、トリ線押上量も最大70mmから35mm程へ大幅に低減しており、期待通り、トリ線への疲労被害(応力)は低減すると考えられる。

一方で、離線率の増加が見られるが、許容範囲30%以下に収まっている。

なお、離線はパンタグラフに稼動部質量を低減させて



追従性の向上を図った「多分割すり板」の採用で大幅に減少することが確認されており、実際には数%程度と考えている。

6 まとめ

360m/h営業運転の実現に向けて、集電性能に優れ、かつ、短期間に効率的に改良できる架線系の開発の概要を紹介した。

この架線系を東北新幹線仙台～北上間の高速走行試験区間の設備改良に導入し、2004年度1年で約60kmの施工を終えることができた。

現在実施中の走行試験にてその有効性の検証を進めている所であり、新青森開業時に向けた設備の標準として洗練化させていきたい。

なお、ここでの紹介は省いたが、高速化に向けて、「ト

ロリ線応力を低減する軽量な曲引金具」、「新たな架線応力管理法」や「離線率の評価法」の開発についても高速走行試験において実施中である。

最後に、本開発にご協力戴いた諸氏に敬意を表す。

参考文献

- 1) 池田：「営業車両を用いた300km/h超域試験における集電性能」JREA 2004.11 (Vol.47, No.11)
- 2) 鉄道総研編：「電車線とパンタグラフの特性」1993.10