成田スカイアクセス線の160km/hに対応した電車線路設備の開発及び実用化

○［電］近成　健二　（鉄道・運輸機構）

野口　利雄（成田高速鉄道アクセス株式会社）

［電］早坂　高雅　［電］常本　瑞樹（鉄道総合技術研究所）

The development and practical use of feeder messenger compound catenaries for operation at 160km/h on DC electrified Narita Sky Access Line

○Kenji Chikanari ,(Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency)

Toshio Noguchi, (Narita Rapid Rail Access Company)
Takamasa Hayasaka, Mizuki Tsunemoto (Railway Technical Research Institute)

Narita Sky Access Line which opened in July 2010 was planned as one of the few DC electrified railways operating at 160km/h, to improve rapidity of service between the central Tokyo and Narita International Airport. Though there are few application cases of the contact line system designed for a maximum train speed of 160km/h, we developed feeder messenger compound catenaries aiming at both rapidity and laborsaving of the maintenance. The characteristics of this system were identified and it was confirmed that there was no problem with its practical use by simulations. Following the construction work was completed, the characteristics were verified by performance test with actual vehicles, and then it came into commercial operation. This report introduces the development of the feeder messenger compound catenaries and process for its practical use.

キーワード：電車線，在来鉄道，高速化，き電ちょう架，コンパウンドカテナリ

Key Words：contact line, traditional railway, high speed ,feeder messenger, compound catenaries

1．はじめに

都心と成田空港駅間を結ぶ新しい路線の成田スカイアクセス線が平成22年7月17日に開業した．同線は京成高砂駅から成田空港駅間を結ぶ約51.3ｋｍの路線である．都心から空港までの所要時間を短縮するため京成高砂駅から印旛日本医大駅間の既設区間は，速度130ｋｍ／ｈ走行ができるように電車線設備の改良を行い，続く印旛日本医大駅から成田空港駅間は，最高速度160ｋｍ／ｈ対応の電車線設備（空港駅の一部は既設設備を使用）を新設した．

在来線の最高速度160ｋｍ／ｈの路線は，平成9年3月に開業した北越北線が国内で最初であった．この路線はき電線（3条一括）を別に支持し，架線は従来設備を踏襲するものであった．今回の成田スカイアクセス線は国内ではじめて，き電ちょう架方式による営業最高速度160ｋｍ／ｈ対応のき電ちょう架コンパウンドカテナリ方式(以下：コンパウンド架線)で設備した．

ここでは，営業最高速度160ｋｍ／ｈに対応した電車線設備の開発，施工，試験の取組みについて紹介する．

2．成田新高速線の電車線路設備

2.1 在来鉄道における架線形式

鉄道・運輸機構が最近建設した在来線鉄道には臨海副都心線，みなとみらい線，つくばエクスプレス線や今回紹介する成田スカイアクセス線などがある．表1に鉄道・運輸機構が建設した営業最高速度130ｋｍ／ｈ，160ｋｍ／ｈの在来線の架線方式の比較を示す．近年，事業者側からの要望としては保守の軽減を求める声が多く，地下鉄道においては剛体ちょう架式やき電ちょう架式，明かり区間においてはき電ちょう架式を選択することが多くなってきている．

2.2 架線形式の検討

成田スカイアクセス線の電車線設備を決めるため考慮した点は①最高速度160ｋｍ／ｈ走行（多数パンタグラフ対応）であること．②直流1500Vで電流容量が比較的大きいこと．③設備の集約化等により保守面の向上を図ること等があげられる．これまで鉄道・運輸機構が建設した高速鉄

表-1　在来線の架線方式

路線名称	区　間	最高速度	架線方式	線種と標準張力（T）
成田スカイアクセス線	印旛日本医大・成田空港	160ｋｍ／ｈ	き電ちょう架式 コンパウンド架線	ちょう架線 PH356mm²（T24.5kN） 補助ちょう架線 PH356 mm²（T14.7kN） トロリ線 （GTM170 mm²（T14.7kN）
つくばエクスプレス線	秋葉原・つくば	130ｋｍ／ｈ	（直流区間） き電ちょう架式 Wメッセンシンプル架線 （交流区間） 高速シンプル架線	き電ちょう架式 ちょう架線 PH356mm² ×2（T19.6kN×2） トロリ線 GTM-Sn170 mm²（T14.7kN） 高速シンプル架線 ちょう架線 PH150mm²（T19.6kN） トロリ線 GT－ＣＳ110 mm²（T19.6kN）
北越北線	六日町・犀潟	160ｋｍ／ｈ	（明かり区間） コンパウンド架線 （トンネル区間） ツインシンプル架線	コンパウンド架線 ちょう架線 Ｓｔ135mm²（T19.6kN） 補助ちょう架線 PH100 mm²（T9.8kN） トロリ線 GT－Ｓｎ110 mm²（T9.8kN） ツインシンプル架線 ちょう架線 Ｓｔ90mm² ×2（T9.8kN×2） トロリ線 GT－Sn110 mm²×2（T9.8kN×2）

道の実績は，速度 160ｋｍ／ｈ対応でコンパウンド方式を採用している北越北線やき電ちょう架式によるダブルメッセンジャ（以下：WM）シンプル架線を採用し速度 130ｋｍ／ｈ対応のつくばエクスプレス線がある．成田スカイアクセス線の架線方式の検討では，き電ちょう架式によるWM シンプル架線とコンパウンド架線の２種類について検討を行うこととした．なお，き電ちょう架式は近年，首都圏や関西圏で多く採用されているが 160ｋｍ／ｈの実績はない．検討は，表３に示すき電ちょう架式による２種類の架線方式について行った．

営業最高速度 160km/h でのコンパウンド架線の採用は，成田スカイアクセス線が国内で最初となるため，事前に架線性能の各種検討を行った．

机上で架線性能を検討するにあたり比較する架線方式は，一般的なき電ちょう架式で，き電ちょう架線を横に２本並べた WM シンプルカテナリとした．線種及び各電線の標準張力は，表－2 とする．

表－2　電線種別と標準張力

架線方式	線種	電線種別	単位長質量	標準張力
コンパウンドカテナリ	ちょう架線	PH356mm²	3.218kg/m	24.5kN
	補助ちょう架線	PH356mm²	3.218kg/m	14.7kN
	トロリ線	GTM170mm²	1.531kg/m	14.7kN
WM シンプルカテナリ	ちょう架線	PH356mm²×２条	3.218kg/m ×２条	19.6kN×２条
	トロリ線	GTM170mm²	1.531kg/m	14.7kN

両方式で，38m 間隔５パンタグラフの条件でシミュレーション行った結果は図－１及び図－２となる．

図-１の 1-b，図-２の 2-b の接触力最小値についてはトロリ線とパンタグラフがどのくらいの力で接触しているかという評価となり，この値が小さくなればなるほど，パンタグラフが離線しやすくなることを示し接触力零で離線を示す．1-b の WM シンプルカテナリでは，ある速度域でパンタグラフとの接触力低下を示しているのに対し 2-b のコンパウンド架線では接触力が低くなる速度域がなく良好な架線と評価できた．

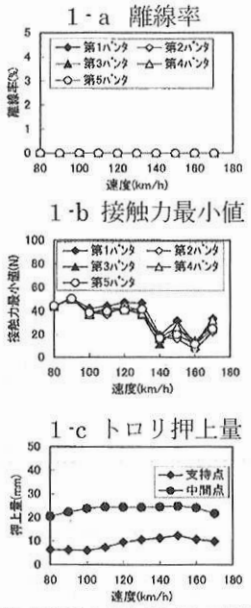


図-１WM シンプルカテナリの特性図

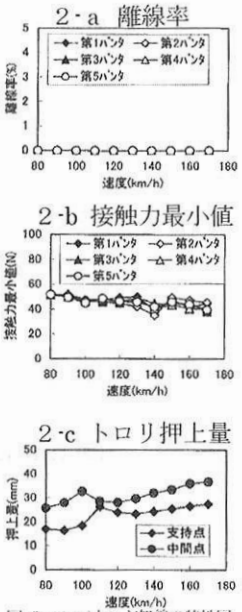


図-２コンパウンド架線の特性図

また，2-c のコンパウンド架線のトロリ線押上量は 1-c の WM シンプルカテナリの押上量より高くなるが，目安値 70mm よりも低い値となったので架線性能に影響しないと評価できた．

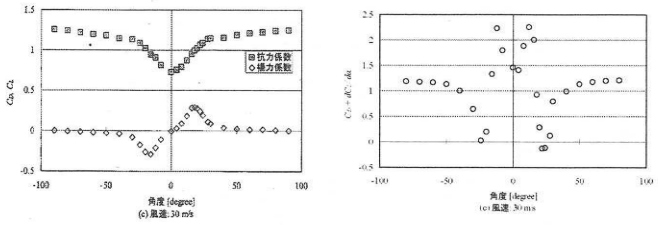
続いて，き電ちょう架方式に伴い各線が太径化したため，風により各線が架線性能に影響するような振動等が発生しないか風洞試験を行った．

図－３は，電線を２本のアルミ棒として一定間隔で並べて行った風洞試験の結果である．3-a の図は，抗力係数C_Dと揚力係数C_Lを測定したもので，横軸は 2 本の電線を並べた面に対する風の角度を示している．5-b の図の縦軸は，抗力係数C_Dと揚力係数C_Lを風の平行に並んだアルミ棒との角度αで微分した値を足し合わせたもので，

$$C_D + \frac{dC_L}{d\alpha} < 0$$

の条件でギャロッピングが発生する可能性がある．横軸が風速 30m/s で電車線が受ける風の角度である．横軸が０°とは，２本の電線を横に並べ風を横から吹かせた場合であり，角度が大きくなるにつれて２電線の面を垂直にしていくことを示し，90 度で垂直に角度を変えた風向きとなる．3-b の図より，電線２線の面に下から 24° の角度の風のとき$C_D + \frac{dC_L}{d\alpha}$ ＜０となっており，２本の棒を 100mm の間隔で並べた場合ギャロッピングが起こる可能性があることを示している．コンパウンド架線は，補助ちょう架線とトロリ線の間隔は，100mm より大きいこと，電車線の並んだ面に対して 20° 程度の角度で風が吹く可能性がほとんどないことから，コンパウンド架線では風による影響が少ないことを確認した．

シミュレーションで良好と思われたコンパウンド架線について，実物の電車線・パンタグラフを用いて，200km/h までの動的な特性を測定できる集電試験装置で走行試験を実施した．試験結果の内容を次に述べる．



3-a 抗力係数C_D、揚力係数C_L　　3-b ギャロッピング発生条件

図－３　風洞試験結果

表－３　集電試験装置による測定結果

測定項目	160km/h までの最大値	目安値
離線率	1.1%	良好な集電:1%　通常許容：3% 母線引き通し等の場合：5%
離線時間	6　ms	車内電源ｲﾝﾊﾞｰﾀ車：初期 20ms，最近 60mS
トロリ線ひずみ	185μSt	500μSt
ドロッパ軸力	＋43N －98N	1500N 程度(引っ張り試験荷重) 460N 程度（静荷重値）
支持点押上量	24mm	70mm

- 離線率は，良好な集電の目安値１%程度であり，問題ない.
- トロリ線ひずみも，185μSt 以下で 500μSt を大きく下回り問題ない.
- 通常のヘビーコンパウンドカテナリよりドロッパに掛かる荷重が増加するので，ドロッパ軸力も測定したが，目安値に比べ十分に低く問題ない.
- 支持点でのトロリ線押上量は，速度 160km/h まで押上量は最大でも 24mm であり，補助ちょう架線との差も数 mm 程度で大きくなく問題ない.

これらの試験結果を踏まえ，き電ちょう架式によるコンパウンドカテナリ方式を成田スカイアクセス線に採用することとした.

3．き電ちょう架コンパウンドカテナリ方式の設備

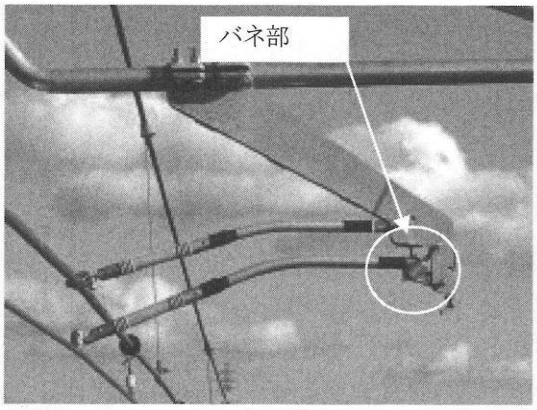
3.1 主要設備

電車線支持物については耐震性を考慮して，鋼管柱を採用した．材質と大きさは，主として一般区間はＳＴＫ400（Φ＝318.5mm），オーバラップ区間はＳＴＫ500(Φ＝355.6mm)を使用した．可動ブラケットは溶接構造とし支持がいしは取り扱いが容易なポリマがいしを採用した．張力調整装置は，バネ式（ＳＴＢ）を採用し本線のコンパウンド架線には STB5.5ｔ系を成田湯川駅や根古屋信号場のシンプル架線には STB2.5ｔ系を使用した.

3.2 高速化を考慮した設備

（１）バネ付き曲線引金具の採用

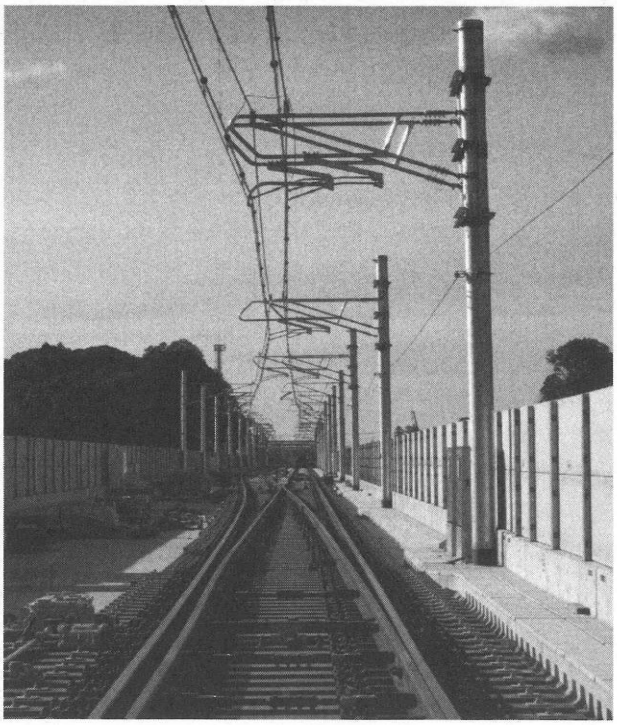
高速走行区間として，トロリ線への応力を軽減するために新幹線と同様にバネ付き曲線引金具を採用した．また，補助ちょう架線とトロリ線間の循環電流対策として絶縁曲線引金具とした．（図－４）



図－４　曲線引金具

（２）わたり線構成の無交差化

一般的にわたり線箇所については図－５にあるように，交差金具を使用し電線を交差させてわたり線を構成している.



図－５　38#分岐器　無交差わたり

成田スカイアクセス線の渡り線は成田湯川駅構内，38 番分岐器箇所および根古屋信号所構内に９箇所あり，高速性を考慮し，新幹線で良く行われている電線の交差をすることのない無交差わたり線の構成とした.

これにより本線 160km/h 走行時でも交差金具がないため，硬点箇所が減り離線及びトロリ線の偏摩耗などの軽減が図られる.

（３）電車線勾配の１/1000 以下

電車線勾配とは電車線の隣接する支持点においてレール面とトロリ線高さの差を支持点間の距離との比で表現したもので小さいほど架線とパンタグラフの接触変動が少なくなり良好な走行ができる．

成田スカイアクセス線の電車線勾配は１／1000 以下となっているが，これは新幹線並みの数値であり，高精度に施工を行った結果である．

図－６は，上部のき電線がなくなり景観の良くなった成田スカイアクセス線の電車線路設備である．なお，電車線柱には鋼管柱を採用し，電柱長を短くしたことにより耐震性を向上した設備となっている．

図－６　成田スカイアクセス線電車線路設備

４．実車による走行試験

新型スカイライナーにより営業最高速度 160km/h の電車線性能の各種試験を実施した．

地上側ではトロリ線のひずみ，押上量等を一般区間及び無交差わたりの施工を行った 38 番分岐器箇所で測定した．また，車上側ではトロリ線の高さ，偏い，離線率を測定した．

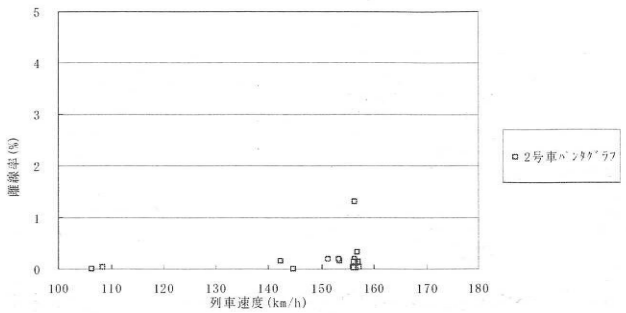
走行試験結果は次のとおりである．

・速度１６０ｋｍ／ｈ走行における離線率は図－７に示すとおり１%以下であり目安値５%以下であった．

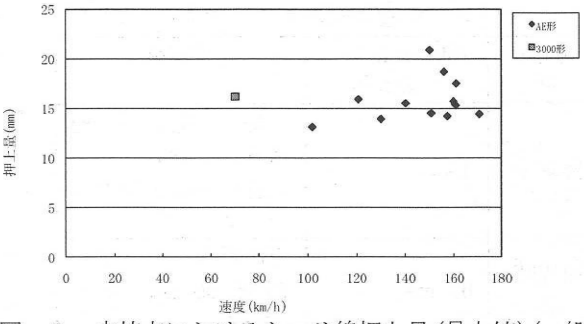
・トロリ線の押上量は一般区間（図－８），本線わたり箇所とも最大で 20mm程度であり目安値 70mm以下であった．

・トロリ線のひずみは一般区間（図－９），本線わたり箇所とも最大 220 μ st 以下であり目安値 500 μ st 以下であった．

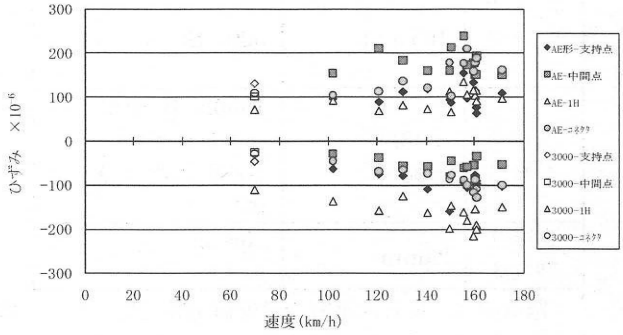
・わたり箇所（３８番分岐器箇所）の下り本線を通過するパンタグラフは上り本線には接触しない．また割り込みの危険はない．



図－７印旛日本医大駅～成田空港駅間光学式離線率（上り線）



図－８　支持点におけるトロリ線押上量（最大値）（一般区間）



図－９　一般区間におけるトロリ線ひずみ（最大値）

５．まとめ

き電ちょう架方式による１６０ｋｍ／ｈ対応架線の実用化は，成田スカイアクセス線が国内初となる．都心と成田空港駅を短い時間で結ぶことができ利便性は一段と向上した．

在来線の高速化に伴い，架線方式を決めるにあたっては，その線区の諸条件を把握し事前に調査・研究を行い，実列車を使用して電車線性能を確認することが必要である．成田スカイアクセス線の設備が他線区の高速化計画の参考になれば幸いである．

参　考　文　献

1) 池町要四郎：電力セミナー予稿集，日本鉄道電気技術協会，2010.

2) 鉄道総合技術研究所：在来鉄道運転速度向上試験マニュアル・解説，研友社，1993.

3) 鉄道総合技術研究所：電車線とパンタグラフの特性，研友社，1993