

最適なプレサグ形状

○ [電] 池田 国夫 [電] 網干 光雄 (鉄道総合技術研究所)

The most suitable pre-sag for current collection system

○Kunio Ikeda, Mitsuo Aboshi, (Railway Technical Research Institute)

In this paper, we're trying to consider the pre-sag, especially most suitable pre-sag for current collection system, and recommending Tuning-sag that is provided by the reverse track of pantograph to the height of catenary. We estimated practicality of Tuning-sag by simulations. As a result, we revealed the superb characteristics of Tuning-sag for the current collection system.

キーワード : 集電、プレサグ

Key Words : current collection, pre-sag

1. はじめに

パンタグラフによる押上を見込んであらかじめ架線にたるみ(サグ)を設け、接触力を一定に保つことを目的にプレサグが導入されている例がある。ところが、高速走行試験において、プレサグ付区間にてサグ無区間より離線が多発する事象も報告されている¹⁾。そこで、最適なサグ形状について検討する。

2. 最適なサグ形状

2.1 最適なサグ形状の求め方

最適なプレサグの原理は、一定力が走行した際のパンタグラフ軌跡の負値を架線静高さとして設定することでこれらを相殺させ、パンタグラフ高さを一定にすることである。

パンタグラフ点における架線の変位 Y_p は、次式で表すことができると思われる。

$$Y_p(x) = Y_s(x) + Y_d(x) \quad \dots\dots\dots (1)$$

ただし、 Y_s は架線の静高さ、 Y_d はパンタグラフ点での動的変位である。

ここで、パンタグラフの高さ変化 $dY_p/dx=0$ であれば、

$$Y_s(x) = -Y_d(x) + C \quad \dots\dots\dots (2)$$

となり、 $Y_p=C$ となるので接触力の変動が生じない。

Y_d は一定高さの架線に一定力を与えて得られたパンタグラフ軌跡であり、こうして得られた Y_s が最適なサグ形状である。 Y_d は押上力と速度に依存するが、接触力が与えられれば一意的に求まり、ここではシミュレーションによって求める。

以下、こうして求めた変位を、最適条件に同調させていることから、Tサグ(Tuning Sag)変位と呼ぶこととする。

2.2 最適なプレサグ形状の検証

前項で求めた最適なプレサグ(Tサグ)形状を用いた場合にパンタグラフ高さが一定となり、接触力が一定となることをシミュレーションを用いて検証する。

表1に、シミュレーションに用いる架線条件を示す。ここで、設計速度、押上力は 260km/h でのものとし、パンタグラフの条件は後述する表2のようである。

表1 シミュレーションに用いる架線条件

吊架線線種	吊架線張力	トロリ線線種	トロリ線張力	波動伝播速度
PH150mm ²	19.6kN	CS110mm ²	19.6kN	468km/h

図1に、Tサグ変位架線下を 260km/h で走行させた場合のシミュレーション結果を示す。なお、接触力については径間周期での変動をみるため、フィルタ処理(ローパスフィルタ、波数 $1/25[1/\text{m}]$ 、次数 400)している。

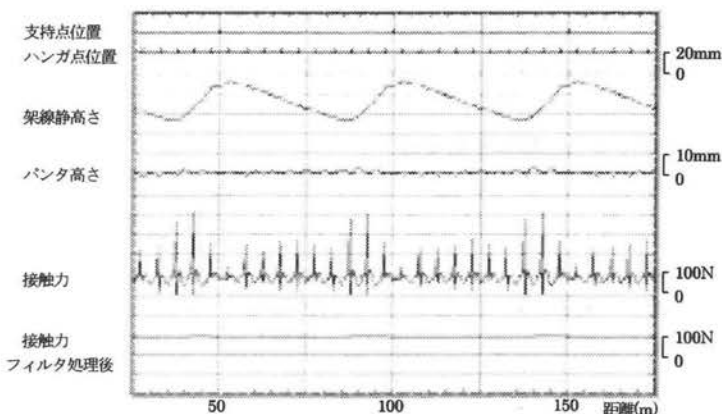


図1 Tサグ変位架線下でのパンタグラフ軌跡

図2にハンガ点でのパンタグラフ高さを、図3にフィル

タ処理後の接触力を示す。パンタグラフ高さ、接触力ともほぼ一定となることが分かる。なお、Tサグ変位を与えるのはハンガ点であるので、ハンガ間変動は対象外とする。

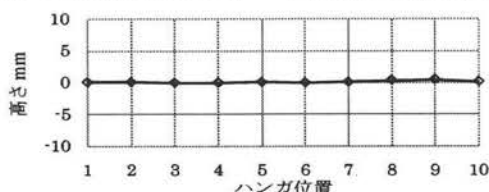


図2 ハンガ点でのパンタグラフ高さ

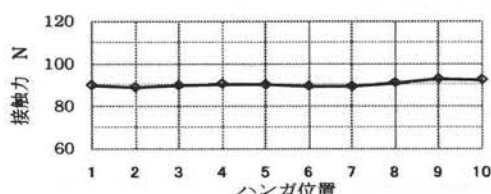


図3 ハンガ点での接触力

3. 従来のプレサグ架線の問題

従来のプレサグは、径間内で左右対称に変位を設けてきた。ここで、パンタグラフの軌跡を両端支持弦モデル²⁾を用いて求めると、図4のようになる。

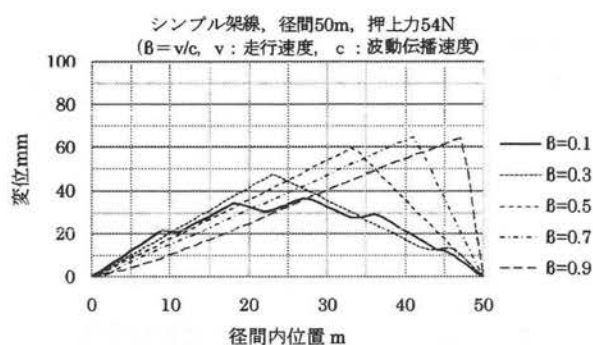


図4 径間内でのパンタグラフ軌跡

$\beta=0.3$ 以下までならばパンタグラフの軌跡は径間内ではほぼ左右対称となり、プレサグ変位と打ち消し合い、パンタグラフ高さをほぼ一定に保つことができる。

一方、高速化の進む新幹線では $\beta=0.7$ 程度で使用されるようになってきている。図4のように、 β が大きくなるとパンタグラフ軌跡は対称でなくなり、プレサグ変位との差異が大きくなり、従来のサグ形状ではパンタグラフ高さを一定とする機能を果たすことができなくなる。

4. Tサグ変位の実用性の検証

Tサグ変位は特定の押上力、速度に対して最適としている。そこで、Tサグ変位架線の実用性を検証するために、最適条件以外においても問題ないことを確認する。また、一定高さの架線、左右対称なサグ架線(サグ量 30mm と 60mm)と比較して、Tサグ架線が他の架線と比べて大きく劣ることがなければ実用可と判断する。

表2、図5に、シミュレーションに用いたパンタグラフモデルを示す。架線モデルは表1とする。Tサグ変位の設計速度は 260km/h($\beta=0.56$)とし、設計条件以外の速度と

して、160km/h($\beta=0.34$)、210km/h($\beta=0.45$)、310km/h($\beta=0.66$)を選定した。

図6に、フィルタ処理後の接触力最小値、標準偏差を示す。

表2 パンタの諸元

m_1	3kg
m_2	15kg
k_1	38000N/m
D_2	120Ns/m
F_0	54N

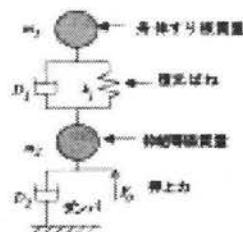


図5 パンタモデル

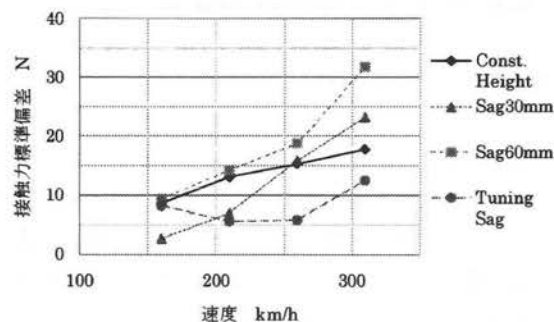
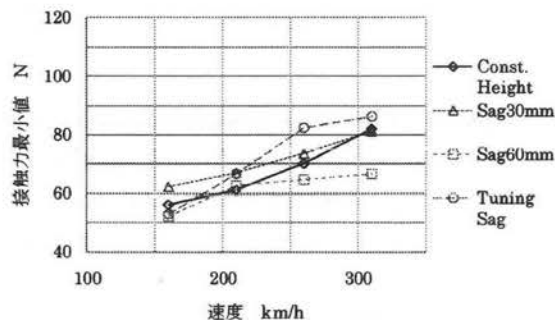


図6 シミュレーション結果

シミュレーションの結果、以下のことが確認できた。

- ・Tサグ変位は設計速度 260km/h で秀逸であることはもとより、その他の速度域においても他の架線と同等またはそれ以上の性能を有し、実用性に問題はない
- ・従来の左右対称サグ変位は、パンタグラフ軌跡がほぼ対称となる $\beta=0.3\sim0.4$ 程度以下では集電特性の向上に有効となるが、 β が大きくなるにつれてパンタグラフ軌跡が対称性を失っていくため、その効果は薄れていく

5. おわりに

接触力変動を抑える架線としてTサグ変位を提案し、それが有効であることをシミュレーションにて示した。今後はフィールドでの検証を進めていきたい。

参考文献

- 1)池田国夫, 岩井中篤史: 新幹線の高速化に向けた架線設備の最適化, J-RAIL2007, S1-2-2.
- 2)織田修, 大浦泰: カテナリー架線の振動について, 鉄道技術研究報告, No977, 1975.