

ヘビーコンパウンド架線における張力変動についての考察

○ [電] 井上 輝明 [電] 清水 政利 (鉄道総合技術研究所)

[電] 藤井 保和 (ジェイアール総研電気システム)

Consideration of Tension Fluctuation in Heavy Compound Catenary System

○Teruaki INOUE, Masatoshi SHIMIZU, (Railway Technical Research Institute)

Yasukazu FUJII (JR Soken Electric Consulting)

The overhead contact lines are required to maintain the height of contact wire at constant and reduce the fluctuation of spring constant in order to obtain the stable current collection performance at high-speed railway. The heavy compound catenary system is a method to achieve the requirements. We modeled the termination system in the heavy compound catenary system. In addition we considered the effect of tension fluctuation by temperature change and wear of contact wire in this model.

キーワード：電気鉄道，トロリ線，張力変動

Key Words : Electric railway, contact wire, fluctuating tension

1. はじめに

パンタグラフに電気を供給する電車線は、高速走行において安定した集電性能を得るために、径間内のばね定数の変動を低減しつつ、トロリ線の高さを一定に保つことが必要とされる。それを実現している一つの架線方式として、ヘビーコンパウンド架線がある。ヘビーコンパウンド架線を含むカテナリ式電車線の引留装置は、温度変化やトロリ線の断面積の変化（以下、摩耗）により電線が伸縮すると、ヨークの傾斜および張力調整装置による総張力の変動が起こる。ヨーク単体の傾斜による張力変化の計算手法は、既に示されている¹⁾。そこで、この手法等を応用して、2つの三角ヨークの傾斜および張力調整装置による総張力の変動を考慮した引留装置のモデルにより、張力変化を計算する手法を構築した。加えて、この手法を用いて電線の温度変化やトロリ線の摩耗が張力変動に与える影響を考察した。

2. ヘビーコンパウンド架線における張力変動

2.1 張力変動計算手法

図1にヘビーコンパウンド架線における引留装置のモデルを示す。添え字の w を張力調整装置、 c をトロリ線、 a を補助ちょう架線、 s を代用トロリ線、 m をちょう架線、1を初期値、2を変更値とする。各電線の伸縮は(1)式で、2つの三角ヨークの傾斜とそれに伴う電線張力は(2)~(3)式で、張力調整装置の移動量と張力変動は(4)~(5)式で表される。

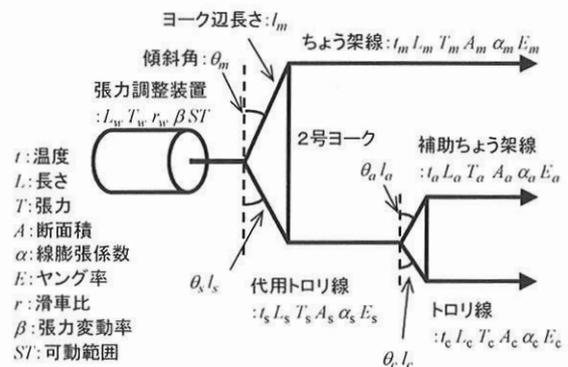


図1 ヘビーコンパウンド架線の引留装置モデル

$$L_{c2} = L_{c1} \left\{ 1 + \alpha_c \cdot (t_{c2} - t_{c1}) + \frac{1}{E_c} \cdot \left(\frac{T_{c2}}{A_{c2}} - \frac{T_{c1}}{A_{c1}} \right) \right\} \dots\dots\dots(1)$$

$$l_c (\sin \theta_{c1} - \sin \theta_{c2}) - l_a (\sin \theta_{a1} - \sin \theta_{a2}) = L_{c2} - L_{a2} \dots\dots\dots(2)$$

$$T_{c2} = \frac{T_{s2} l_a \cos \theta_{a2}}{l_c \cos \theta_{c2} + l_a \cos \theta_{a2}} \quad T_{a2} = \frac{T_{s2} l_c \cos \theta_{c2}}{l_c \cos \theta_{c2} + l_a \cos \theta_{a2}} \dots\dots\dots(3)$$

$$\Delta L_w = r_{w1} \{ L_{m2} - L_{m1} + l_m (\sin \theta_{m2} - \sin \theta_{m1}) \} \dots\dots\dots(4)$$

$$T_{w2} = T_{w1} \left(1 - \beta \frac{\Delta L_w}{ST} \right) \dots\dots\dots(5)$$

(1)~(5)式は、温度 t と断面積 A を変数として三角ヨークの傾斜と張力変動を計算する非線形連立方程式となる。

2.2 計算条件

表2に新幹線の総張力53.9kN系ヘビーコンパウンド架線を想定した計算条件を示す。なお、明かりとトンネルは、張力調整装置の張力変動率、可動距離および三角ヨーク寸法を変えることで区別している。また、初期条件としてトロリ線断面積170mm²、温度15℃において総張力53.9kN、ヨーク傾斜なしとする。

2.3 計算結果

図2にトロリ線の高さ変動に影響が大きいちょう架線張力変動の計算結果を、図3に総張力変動の計算結果を示す。温度変化によるちょう架線の張力変動は、明かりで-1.6~+1.4%、トンネルで-4.8~+4.1%となり、トンネルの方が大きい。トロリ線の摩耗によるちょう架線の張力変動は、明かりで+4.5%、トンネルで+7.5%となり、温度変化によるちょう架線張力変動に比べて大きい。総張力の変動率は、明かりで±5%、トンネルで±3%であるが、トロリ線の摩耗による影響は+0.5%程度である。なお、トンネルは、温度変化量が15±18℃を超えると、計算条件で設定した張力調整装置の可動距離を超えため、最大可動距離で計算した。

3. 引留装置のモデルにおける張力変動の考察

ちょう架線の張力変動の計算結果は、明かりに比べてトンネルの方が大きくなった。これは、主に明かりとトンネルで想定した三角ヨーク寸法の差異による影響である。そこで三角ヨークの傾斜が張力変動に与える影響について考察する。

三角ヨークは、張力調整装置の総張力をヨークの比と傾斜により各電線の張力に補正して、その張力を伝達している。この働きにより、線膨張係数の異なるちょう架線、補助ちょう架線およびトロリ線の伸縮の差を吸収している。ちょう架線の張力変動は三角ヨークの傾斜で補正されるが、トロリ線の高さ変動への影響を低減するために、総張力の変動に比べて小さくなるのが望ましい。

計算結果より、温度変化による張力変動は、明かりについて、総張力の変動が±5%、ちょう架線の張力変動が-1.6~+1.4%となり、総張力の変動に比べてちょう架線の張力変動が低減している。トンネルでは、総張力の変動が±3%、ちょう架線の張力変動が-4.8~+4.1%となり、総張力の変動に比べてちょう架線の張力変動が増加している。

ちょう架線の張力変動量は、三角ヨーク寸法により決まるため、トンネルにおいて、張力調整装置の張力変動率に対する三角ヨーク寸法を最適化することで改善できると考えられる。

4. まとめ

本研究で得られた成果を以下にまとめる。

- (1)ヘビーコンパウンド架線の引留装置のモデルより、張力変化の計算手法を構築した。
- (2)新幹線の総張力 54.9kN 系ヘビーコンパウンド架線を想定して計算した結果、温度変化によるちょう架線の張力

表2 計算条件

ちょう架線	St 180 (標準張力 19.6kN)	
補助ちょう架線	PH 150 (標準張力 14.7kN)	
トロリ線	CSD 170 (標準張力 19.6kN)	
設備条件	明かり	トンネル
張力変動率[%]	5	3
可動距離[mm]	2352	400
滑車比	4 : 1	1 : 1
三角ヨーク寸法 (初期値) l [mm] θ [°]	$l_m:364 \quad \theta_m:16$ $l_s:224 \quad \theta_s:27$ $l_a:111 \quad \theta_a:39$ $l_c:95 \quad \theta_c:47$	$l_m:218 \quad \theta_m:16$ $l_s:134 \quad \theta_s:27$ $l_a:111 \quad \theta_a:39$ $l_c:95 \quad \theta_c:47$
電線の長さ[m]	800	
温度変化量[℃]	15±25	
トロリ線断面積 新線時 [mm ²]	170	
トロリ線断面積 摩耗時 [mm ²]	144.5	

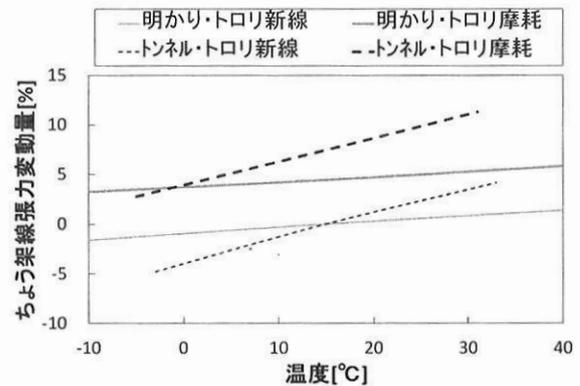


図2 ちょう架線張力変動

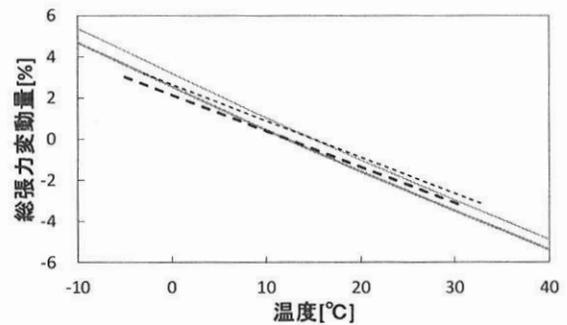


図3 総張力変動

- 変動は、明かりに比べてトンネルの方が大きくなった。
- (3)トロリ線の摩耗によるちょう架線の張力変動は、+方向に大きくなり、温度変化によるちょう架線張力変動より大きくなった。
- (4)トロリ線高さが影響を受けやすいちょう架線の張力変動を低減する方法として、張力調整装置の張力変動率に対する三角ヨーク寸法を最適化することが考えられる。

参考文献

鉄道総合技術研究所：電車線とパンタグラフの特性，p. 15-20，研友社，1993。