

ばね式自動張力調整装置の伸縮量計算手法

佐藤 宏紀* 山下 義隆**

Calculation Method for Expansion and Contraction of the Spring Tension Balancer

Koki SATO Yoshitaka YAMASHITA

It has been reported that tension balancers, in some cases, may reach its movable limit. One of the causes is thought to be the creeping move of overhead contact lines. In addition, if expansion or contraction characteristics due to temperature at each of both ends of overhead contact lines are not identical, it may also cause the tension balancers to reach its movable limit. However, phenomena based on these causes have not been sufficiently investigated, so that it is required to clarify the phenomena. Therefore, we conducted numerical calculations and field tests to clarify the factors that cause the creeping move of overhead contact lines and the generation of differences in temperature expansion/contraction characteristics of tension balancers at each of both ends.

キーワード：張力調整装置，可動限界，可動ブラケット，電車線流れ，温度伸縮特性

1. はじめに

新幹線などの高速鉄道では，安定した集電を行うために電車線の張力を一定の範囲内に保つことが不可欠である。整備新幹線の明かり区間では，電車線の両端または片端にばね式自動張力調整装置（以後，STB）が設けられ，外気温変化や負荷電流による電車線の熱膨張による伸縮（以後，温度伸縮）を吸収することで常に適切な張力が保たれる構造となっている。しかし，両端にSTBを設けた箇所でSTBの伸縮可能な領域の限界値（以後，可動限界）に到達する可能性のある箇所が報告されている。STBの可動限界に達すると，適切な張力が維持できなくなり，集電性能の悪化，トロリ線の異常摩耗などが生じる可能性がある。

従来，STBの可動限界に到達する要因について検討がなされており，各種の条件を考慮した計算手法が示されている^{1) 2)}。これらの計算は電車線の設計において考慮されているものの，実態と乖離する場合があります，より精度の高い計算手法が望まれている。STBの可動限界に到達する可能性が生じた場合，対策としてターンバックル等による電車線長の修繕（以後，架線調整）が行われるが，STBの伸縮量の増大を抑えきれない場合もあり，現場では保守管理に苦労している³⁾。

そこで，STBの伸縮量に影響を与える現象およびその要因を挙げ，設備に関する要因がSTBの伸縮量に与える影響を数値計算によって評価した。加えて，STBが可動限界に到達しない条件の算出方法を示した。なお，本報告では整備新幹線の明かり区間の設備を対象とし，

電車線支持は可動ブラケットとする。

2. STBの伸縮量を増大させる現象とその要因

本章では，STBの構造を示し，伸縮量を増大させる2つの現象を紹介する。その上でこれらの現象を生じさせる要因を示す。

2.1 STBの構造

STBの構造を図1に示す。STBは電車線の伸縮を吸収可能とする複数の円筒部材の組み合わせと，円筒内部のコイルばねの伸縮によって発生する弾性力により電車線に張力を付与するものである。収縮側可動限界と伸長側可動限界の間の動作可能な範囲を可動域，その長さを可動長と呼ぶ。STBはばねの特性を持ち，伸縮量に応じて張力が変化する。加えて，STBが伸縮する際に発生する摩擦力の特性も持ち合わせる。なお，本報告ではSTBのばね定数と摩擦力による張力変動特性をまとめてSTBの機械的特性と呼ぶ。

2.2 STBの伸縮量を増大させる現象

一般に，STBの伸縮量を増大させ，可動限界に到達する原因は電車線流れであると考えられている。電車線流れとは両端に張力調整装置を用いた電車線全体が線路

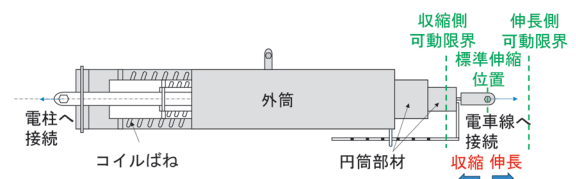


図1 STBの構造

* 電力技術研究部 電車線構造研究室

** 鉄道力学研究部 集電力学研究室

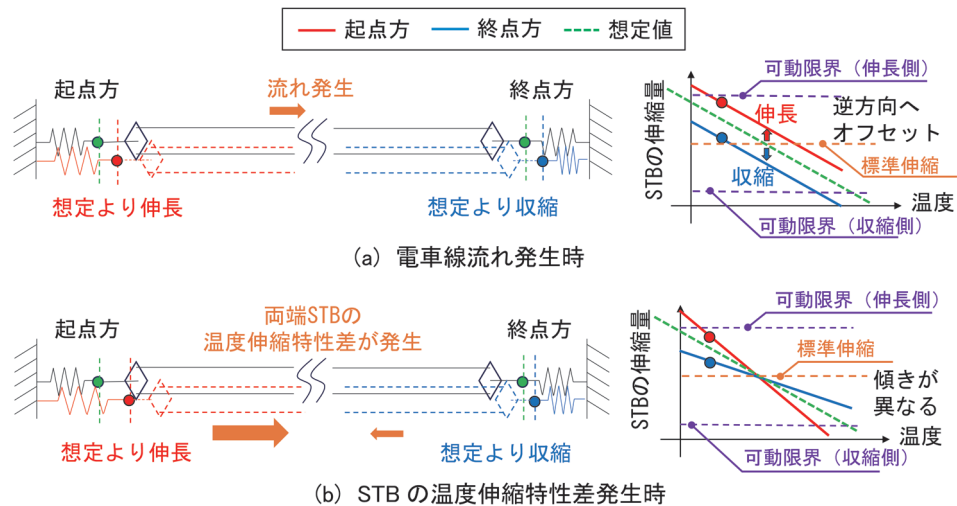


図2 STBの伸縮の模式図

方向に変位してしまう現象をいう。電車線流れが生じた場合、横軸を温度、縦軸をSTBの伸縮量とした温度伸縮特性は、図2(a)に示す通りであり、起点方と終点方の温度伸縮特性がそれぞれ逆方向へオフセットする。

また、起点方と終点方のSTBの温度伸縮量は同一になるとは限らず、片側に偏ることもある。本報告ではこのような現象をSTBの温度伸縮特性差と呼ぶ。図2(b)に示すように、STBの温度伸縮特性差が生じている状態では起点方と終点方で温度伸縮特性の傾きが異なる。電車線流れやSTBの温度伸縮特性差の影響が大きい場合は使用温度の範囲内であってもSTBの可動限界に到達する可能性がある。

2.3 STBの伸縮量に影響を与える要因

文献1、文献2など電車線流れの要因が示されている各種の文献によれば、STBの伸縮量に影響を与える要因は以下の通りである。

- ① 線路勾配による重力の線路方向成分
- ② 曲線区間の可動ブラケットの横張力の線路方向成分
- ③ 風圧等の気象条件による張力変動
- ④ パンタグラフのしゅう動力による張力変動
- ⑤ STBのばね定数による張力変動
- ⑥ STBの摩擦力による張力変動
- ⑦ 架設時の電車線長が設計値と異なる場合などの架設誤差

このうち、③、④は電車線が受ける非定常的な力であり、明かり区間であれば設備条件によらず生じ得る要因である。また、⑦は施工上の要因である架設状態に依存する。他方、①、②、⑤、⑥は設備条件に依存する要因である。

したがって、電車線の区間によってSTBの伸縮量に差異を生じさせる主要因は①、②、⑤、⑥と考えられる。

従来、これらの要因の影響を考慮して片側のSTBから電車線の温度伸縮の中心位置までの距離を予測することでSTBの可動限界を超えない条件を計算する方法が示されている¹⁾。しかし、従来の計算手法では可動限界に到達しないと想定されているにも関わらず、実設備において可動限界に到達する可能性のある箇所が報告されている。

そこで、本報告では①、②、⑤、⑥の要因を考慮した温度変化に対するSTBの伸縮量計算手法とその妥当性を示し、これを用いてSTBの伸縮量が可動限界を超えない条件を算出する方法を示す。

3. STBの伸縮量計算手法と妥当性確認

本章では、初めにSTBの摩擦力を定義する。続いて、2章の要因①、②、⑤、⑥の影響を考慮したSTB伸縮量の計算手法を示し、妥当性を現地試験により確認する。

3.1 STBの摩擦力の定義

STB出荷時に提出される試験成績表を元に、STBの摩擦力を定義する。図3に試験成績表のデータを、伸縮量と張力の関係を示すグラフとしてプロットしたイメージを示す。STBの試験成績表には、往行および復行に対する標準伸縮位置、収縮側可動限界、伸長側可動限界時の張力測定結果が示される。なお、往行および復行の方向は図3を参照されたい。

図3に示す通り、標準伸縮位置における設計上の張力である標準張力を通り、設計上のばね定数による傾きを持つ直線を理想の直線とする。ここで、往行の際に測定された収縮側可動限界、標準伸縮位置、伸長側可動限界時の張力をそれぞれA、B、Cとする。これらの張力が理想の直線から乖離するのは主に摩擦力に起因する。そ

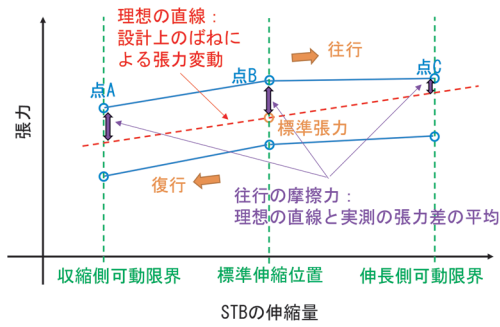


図3 STBのばね定数と摩擦力の定義

ここで、理想の直線とA、B、Cの張力差の平均値を往行の摩擦力と定義する。復行の摩擦力も同様に定義した。

3.2 計算手法の概要

図4 (a) に示すようにちょう架線およびトロリ線を等価な1本の電車線とみなし、径間毎の有限要素に分割して、線路勾配に伴う外力や温度変化を与えた際の、各接点における線路長手方向の変位を数値計算にて求める。両端の接点における変位がSTBの伸縮量、その他の接点における変位が各支持点の変位に該当する。

図4 (b) のモデルについて、 u は要素内の任意の点 x における変位、 f は接点に作用する外力とする。一般的な梁の伸縮に関する有限要素法を適用すると、次式に示すような運動方程式を得る。

$$M\ddot{u} + C\dot{u} + Ku = F_{ex} + dF_{th} \quad (1)$$

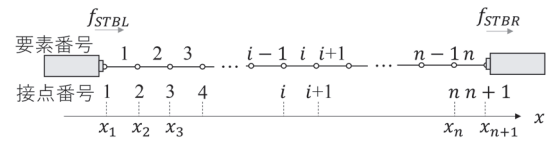
$$F_{ex} = [f_1 f_2 \dots f_n f_{n+1}]^T \quad (2)$$

$$f_i = K^{(i)}[u_i u_{i+1}]^T - dF_{th}^{(i)} \quad (3)$$

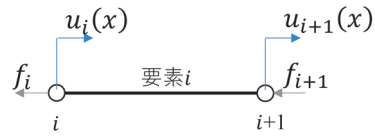
$$dF_{th} = [-EA\alpha dT \ 0 \ 0 \ \dots \ 0 \ EA\alpha dT]^T \quad (4)$$

ここで、 M は質量行列、 C は減衰行列、 K は剛性行列、 u は各接点の変位ベクトル、 F_{ex} は接点の両端に作用する外力、 dF_{th} は気温の変化 dT により線条に生じる熱応力による外力項、 EA と α はそれぞれ要素の伸び剛性、線膨張係数である。式(1)の運動方程式に2章の要因①、②、⑤、⑥による影響を下記の通り付与する。

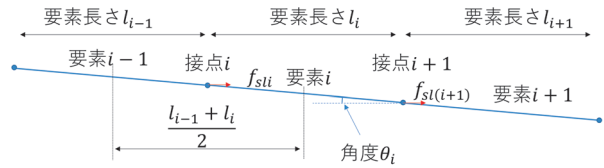
①について、図4 (c) のモデルを用いて線路勾配による影響を付与する。 ρ を要素の線密度、 l_i を要素長さ、 g を重力加速度、 θ_i を要素の水平方向に対する角度とすれば、要素 i には重力の線路方向成分 $\rho l_i g \sin \theta_i$ が現れ、要素の各接点はその左右の線条の重量を半分ずつ負担する。したがって、線路勾配による重力により接点 i が線路方向に受ける分力は以下の通りになる。



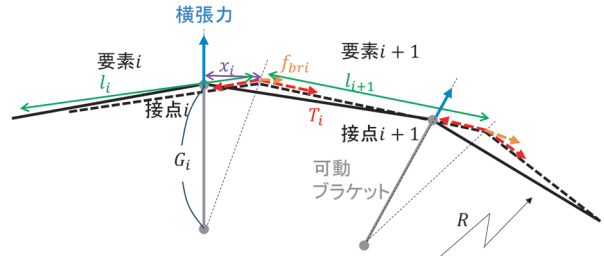
(a) 有限要素モデル



(b) 要素iの計算モデル



(c) 線路勾配による外力計算モデル



(d) 可動ブラケットの横張力による線路長手方向の分力計算モデル

図4 温度伸縮計算モデル

$$f_{sti} = \frac{\rho l_{i-1} g \sin \theta_{i-1}}{2} + \frac{\rho l_i g \sin \theta_i}{2} \quad (5)$$

②について、可動ブラケットは電車線を所定の偏位に保持するために、電車線に線路に対して横方向へ引く力（以後、横張力）を与える。可動ブラケットは横張力の方向により区別され、横張力が電柱側に向く場合をI型、電柱外側に向く場合をO型と呼ぶ。図4 (d) に示すように、電車線の温度伸縮等に伴い、可動ブラケットが回転すると横張力による線路方向への分力が生じる。接点 i について、可動ブラケットの回転に伴う線条の線路長手方向変位 x_i と線条の線路長手方向に作用する力 f_{bri} の関係は、曲線半径を R 、ゲージおよび電車線偏位の和を G_i 、線条張力を T_i 、可動ブラケット両端の径間長を l_i 、 l_{i+1} とすれば式(6)で表され、 x_i の係数を可動ブラケットの等価ばね定数として扱うことができる。なお、実際の可動ブラケットの種類配置は直線区間の場合、I型とO型が交互に配置されるため、可動ブラケットの横張力による線路長手方向の分力はほぼ相殺される。一方、曲線区間の場合にはI型もしくはO型が連続して配置されるため、可動ブラケットの横張力による線路長手方向の

分力が蓄積し、その影響を検討する必要がある。

$$f_{bri} = \pm \frac{T_i(l_i + l_{i+1})}{2RG_i} x_i \quad (+ : I \text{型}, - : O \text{型}) \quad (6)$$

⑤, ⑥について, STBの機械的特性を数値的に取り扱うにあたり, k をSTBの設計上のばね定数, w_u を往行の摩擦力, w_d を復行の摩擦力とし, 図4(a)の左側のSTBを添え字L, 右側のSTBを添え字Rで表すと, 左右のSTBに働く外力 f_{STBL}, f_{STBR} はそれぞれ次のようになる。

$$f_{STBL} = k_L x + w_{uL} H_0(\dot{x}) + w_{dL} H_0(-\dot{x}) \quad (7)$$

$$f_{STBR} = k_R x + w_{uR} H_0(\dot{x}) + w_{dR} H_0(-\dot{x}) \quad (8)$$

$$H_0(\dot{x}) = \begin{cases} 0 & (x < 0) \\ 1 & (x \geq 0) \end{cases} \quad (9)$$

式(6)の可動ブラケットの等価ばね定数と式(7), (8)で表されるSTBの機械的特性を式(1)の剛性行列に付与し, 式(5)の線路勾配による項を外力項に追加した上で, 気温の変化に伴う時系列の解析を行うことで, 各接

点変位を連続的に計算できる。

3.3 現地試験による計算手法の妥当性確認

前節で示した計算手法の妥当性を検証するため, 表1に示す条件の電車線に対し, 両端のSTBの伸縮量および, 起点方から順に引留区内で1/4, 1/2(電車線中央), 3/4となる支持点箇所における線路長手方向の電車線変位を測定した。

STBの伸縮量はポテンショメータを設置して測定し, 支持点箇所の電車線変位は, タイムラプスカメラを電柱に取り付け, トロリ線に取り付けたマーカの線路方向への変化分により測定した。また, それぞれの測定箇所において, 温度ロガーによりトロリ線表面温度を測定した。測定期間は約1か月間であり, 測定項目は全て10分間隔とした。なお, 使用したタイムラプスカメラには暗視機能がついていないため, 夜間の測定はできない。また, 測定区間は営業前の路線であるため, パンタグラフによるしゅう動の影響は含まれない。

図5に現地試験結果と表1の条件で計算した結果との比較を示す。計算時の温度入力には各測定点で実測したトロリ線表面温度の平均値とした。STBの伸縮量および支持点箇所の電車線変位の正負は起点方を正, 終点方を負とした。なお, 計算はSTBの摩擦力を0とした標準張力から始めるため, 往行または復行の摩擦力によるSTBの張力変動が安定するまでの間に, 各接点の変位にずれが生じてしまう。この影響による測定結果と計算結果の乖離を防ぐため, 計算後しばらく時間が経過した図5(b)左側に示す箇所を変位の基準とした。

図5には, 測定期間中にトロリ線表面温度が最低を記録した際のSTBの伸縮量を示している。測定結果と計

表1 測定箇所の電車線条件

電車線長 (m)	1368	STBのばね定数 (N/m)	7686
平均勾配 (%)	14.1 (終点方が低い)	起点方STB 摩擦力 (N)	往行: 996.7 復行: -743.3
曲線半径 (m)	全区間 4000 (O型)	終点方STB 摩擦力 (N)	往行: 1010.0 復行: -1186.7

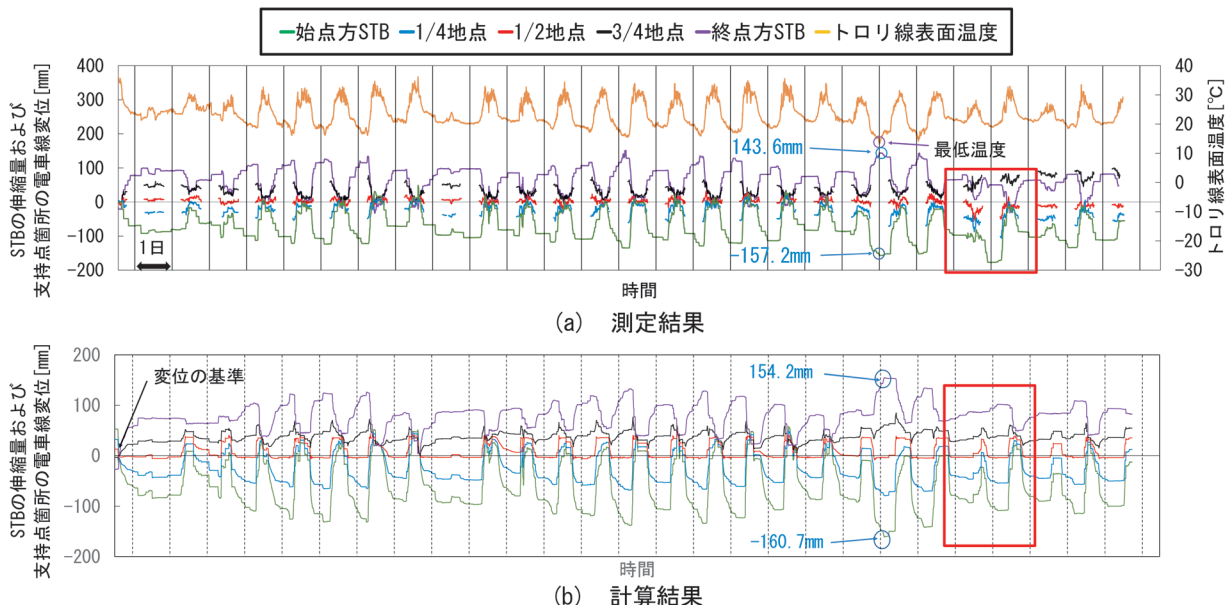
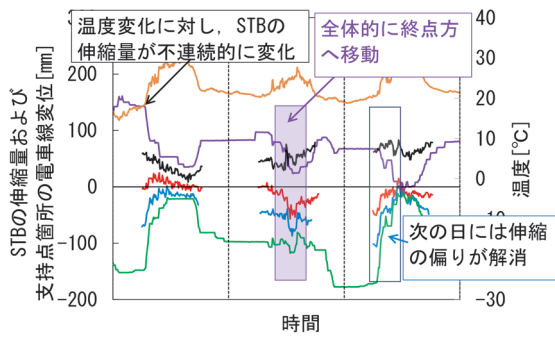
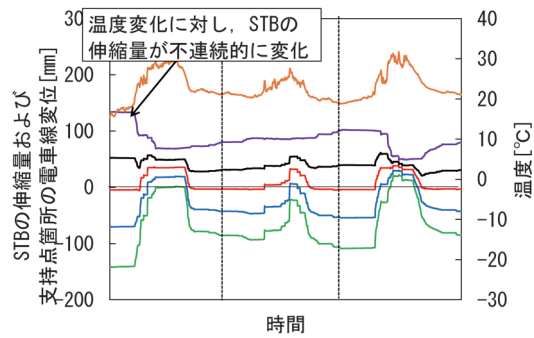


図5 測定結果と計算結果の比較



(a) 測定結果



(b) 計算結果

図6 一時的な電車線流れ発生箇所付近の拡大図

算結果の差は起点方、終点方とも可動長の5%未満である15mm以下であり、概ね一致する。

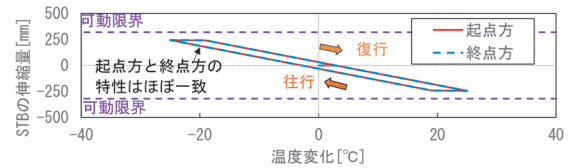
図6(a)は図5(a)のうち、赤枠箇所付近のデータを拡大して示したものである。同図に示すように温度変化に対し、STB箇所の電車線変位が不連続的に変化する挙動がみられる。この挙動は温度変化により両端STBに加わる電車線から生じる熱応力が式(7)、(8)に示されるSTBの摩擦力以下である場合に伸縮が抑制されるためである。図6(b)は、図5(b)のうち、赤枠箇所付近のデータを拡大したものである。計算結果でも温度変化に対し、STBの伸縮量が不連続的に変化する挙動が再現できている。

したがって、本計算では温度変化による電車線伸縮に対し、一般的にSTBの伸縮量に影響を与えらる要素である①、②、⑤、⑥を反映させた挙動を再現することができ、それぞれの影響を含めた評価が可能であると考えられる。

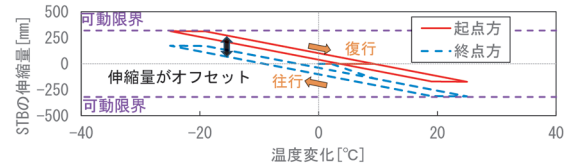
なお、図6(a)の紫枠部分では電車線変位が全体的に負の方向へ変位し終点方へ流れており、この部分では測定結果と計算結果との間に乖離が生じている。今回の検討ではこの要因を解明できていない。しかし、次の日には電車線変位の偏りが解消されており、一時的な現象であった。よって、この現象により電車線の張力変動に伴うトロリ線の異常摩耗等の問題が生じるとは考えにくい。

表2 計算条件

変数	値	変数	値
支持点数 n [-]	34	k_L [N/m]	6125
ρ [kg/m]	2.366	k_R [N/m]	6125
S [m]	45	w_{UL} [N]	1500
EA [N]	3.1×10^7	w_{dL} [N]	-1500
α [1/K]	1.7×10^{-5}	w_{UR} [N]	1500
G [m]	3.9	w_{dR} [N]	-1500
STB 可動長 ST [mm]	± 320	線路勾配 h [‰]	0 or 25
使用温度範囲[°C]	± 25	曲線半径 R [m]	∞



(a) 線路勾配 0



(b) 線路勾配 25‰

図7 温度伸縮特性の計算結果（線路勾配の影響）

4. STB が可動限界に到達しない条件

ここでは、2章の要因①線路勾配および②曲線区間の可動ブラケットの影響の特徴を示し、その特徴を基にSTBが可動限界に到達しない条件の算出方法を示す。

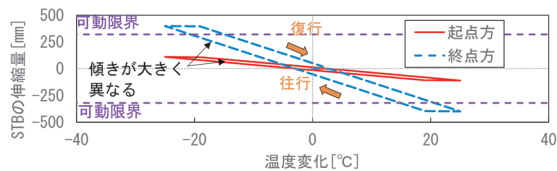
なお、実際の設備条件では両端STBの機械的特性差が極力小さくなるよう、製造会社が出荷前の試験成績表を基に使用すべき組み合わせを選定している。本章では簡単のため、両端STBの機械的特性差がない理想的な条件の下で計算を行った。

4.1 線路勾配の影響

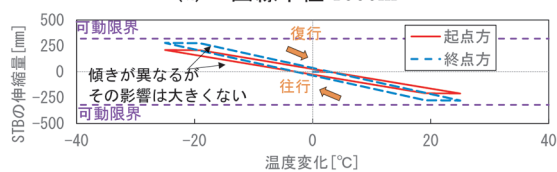
表2に計算条件を示す。線路勾配の条件は0および25‰とした。図7に起点方、終点方STBの温度伸縮特性の計算結果を示す。STBの伸縮量は伸長側を正、収縮側を負とした。線路勾配が0の時、起点方と終点方の温度伸縮特性はほぼ一致するが、線路勾配が25‰の条件では起点方と終点方の温度伸縮特性がそれぞれ逆方向に約70mmオフセットする。これは図2(a)の電車線流れが発生した状態である。なお、図3に示すSTBの摩擦力を考慮したことにより往行時と復行時の伸縮量に差が生じる。

表3 可動ブラケット配置条件

支持点番号	1～17	18～34
可動ブラケット種類	I型	O型



(a) 曲線半径 1000m



(b) 曲線半径 4000m

図8 温度伸縮特性の計算結果（曲線区間の可動ブラケットの影響）

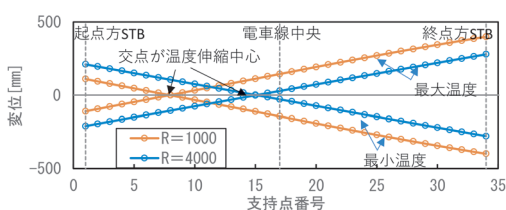


図9 温度変化最大時の各支持点位置の変位

4.2 曲線区間の可動ブラケットの影響

計算条件は表2において、線路勾配を0とし、曲線半径 R を 1000m, 4000m とした。可動ブラケットの配置は引留内における電車線張力の偏りが大きくなりやすいと考えられる表3の条件とした。

図8に起点方、終点方 STB の温度伸縮特性の計算結果を示す。曲線半径が 1000m の条件では起点方と終点方の温度伸縮特性の傾きが大きく異なる。これは図2 (b) の STB の温度伸縮特性差が生じた状態である。この場合、O 型ブラケットが連続する側の終点方 STB の伸縮量が可動限界に到達する可能性がある。曲線半径 4000m の条件では起点方、終点方 STB の温度伸縮特性の傾きが異なるが、傾きの差は曲線半径 1000m の条件ほど大きくない。

図9は最大温度、最小温度の時の各支持点位置における変位である。最大温度、最小温度の時の交点の位置はどの温度においても常に一定となり、交点を境に電車線の温度伸縮量が起点方、終点方に分配されている。すなわち、図9の交点位置が温度伸縮の中心位置（以後、温度伸縮中心）である。可動ブラケットの配置条件が同じならば、温度伸縮中心は曲線半径が小さくなるほど電車

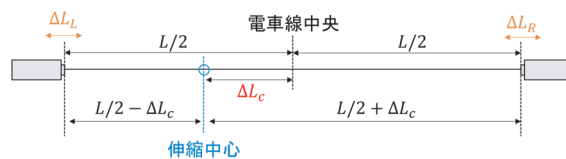


図10 温度伸縮中心算出モデル

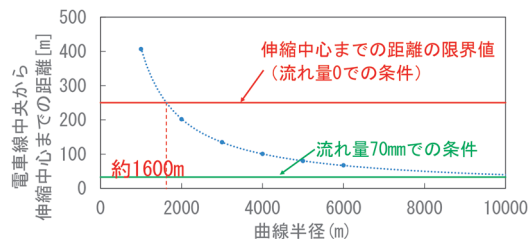


図11 電車線中央から温度伸縮中心までの距離

線中央から遠ざかる。

4.3 STB が可動限界に到達しない条件の算出

4.2節では線路勾配が電車線流れを生じさせ、曲線区間の可動ブラケットが STB の温度伸縮特性差を生じさせることを示した。これらの特徴より、STB が可動限界に到達しない条件を算出する方法を示す。

図10のように、電車線中央から温度伸縮中心までの距離を ΔL_c とし、両端の STB 伸縮量を $\Delta L_L, \Delta L_R$ とする。 L を電車線全長、 ΔL を電車線全体の伸び量とすると、4.2節で示したように、温度伸縮中心を境に電車線全体の伸縮量が起点方、終点方に分配されるので、 ΔL_c は式(10)で求まる。

$$\Delta L_c = \frac{\Delta L_R - \Delta L_L}{\Delta L} \times \frac{L}{2} \quad (10)$$

図11は表2の条件において、曲線半径を 1000～6000m (1000m 刻み) としたときの両端 STB の伸縮量計算結果と式(10)により、電車線中央から温度伸縮中心までの距離 ΔL_c を求めた結果である。これより、温度伸縮中心の位置は曲線半径に反比例して電車線中央から遠ざかることが分かる。式(10)に $\Delta L_L = \Delta L - \Delta L_R$ を代入して整理すると、式(11)を得る。これより、起点方、終点方どちらの STB も、可動長 ST を超えない条件は式(12)となる。

$$\Delta L_R = \frac{\Delta L}{2} + \frac{\Delta L}{L} \Delta L_c, \quad \Delta L_L = \frac{\Delta L}{2} - \frac{\Delta L}{L} \Delta L_c \quad (11)$$

$$\Delta L_c \leq \frac{|ST| - \frac{\Delta L}{2}}{\Delta L} \cdot L \quad (12)$$

線路勾配による電車線流れは、4.1節で示したように STB の伸縮量をオフセットさせる影響なので、電車線

流れが発生すると、STBの可動長がその分だけ短くなる。そのため、線路勾配による電車線流れの大きさを d すると、可動限界に到達しない条件は式(13)に補正される。

$$\Delta L_c \leq \frac{(|ST|-d) - \frac{\Delta L}{2}}{\Delta L} \cdot L \quad (13)$$

ここで、温度変化に伴う電車線全体の伸縮量 ΔL は、 Δt を温度変化量、 T_1 、 T_2 をそれぞれ変化前、変化後の電車線張力とすれば式(14)で求められる。また ΔL_L 、 ΔL_R は両端STBのばね定数を k_L 、 k_R とすれば式(15)から求まる。実際の設備では通常、両端STBの型番を一致させるので、設計上のばね定数も一致する。そこで、 $k_L = k_R = k$ とおくと、式(15)は式(16)にまとめられる。式(16)を式(14)に代入して整理すると、温度変化に伴う電車線全体の伸縮量は式(17)となる。ここに、式(7)、(8)の摩擦力項を考慮すると電車線全体の伸縮量は式(18)で求められる。

$$\Delta L = L \left(\alpha \Delta t + \frac{T_2 - T_1}{EA} \right) \quad (14)$$

$$T_2 = T_1 - k_L \Delta L_L = T_1 - k_R \Delta L_R \quad (15)$$

$$T_2 - T_1 = -\frac{k}{2} (\Delta L_L + \Delta L_R) = -\frac{k}{2} \Delta L \quad (16)$$

$$\Delta L = \frac{L \alpha \Delta t}{1 + kL/2EA} \quad (17)$$

$$\Delta L = L \left(\frac{\alpha \Delta t}{1 + kL/2EA} + \frac{f_{STBL} + f_{STBR}}{2EA} \right) \quad (18)$$

式(18)から電車線全体の温度伸縮範囲を算出し、式(13)に代入することで、電車線中央から温度伸縮中心までの距離の限界値が求まる。この計算結果と図11より、STB伸縮量が可動限界に到達しない最小の曲線半径が求まる。

例として年間温度差 $\pm 25^\circ\text{C}$ 、表2の条件かつ可動ブラケットの配置が表3の電車線設備の場合について、STBの可動限界に到達しない曲線半径の最小値を求める。線路勾配が0の場合、電車線流れの大きさ $d=0$ なので式(18)および式(13)より、 $\pm 25^\circ\text{C}$ 以内の温度変化でSTBの可動限界に到達しない条件は、電車線中央から温度伸縮中心までの距離 ΔL_c が250m以内となる場合である。この計算結果と図11により、可動限界に到達しない曲線半径 R の条件は1600m以上と求まる。

線路勾配が25‰の場合、図7で示した通り電車線流れの大きさ d は約70mmなので、式(13)より $\pm 25^\circ\text{C}$ 以内の温度変化でSTBの可動限界に到達しない条件は ΔL_c が33m以内となる場合である。許容できる電車線中央からの距離が極端に近く、図11よりほぼ直線条件

である曲線半径10000mの場合においても条件を満足しないことが分かる。このような場合、「可動長の大きいSTBに変更する」、「引留長を短くする」、「流れ止め装置を設置する」などの対策をすることが望ましい。

なお、この例では可動ブラケットの配置を、引留内における電車線張力の偏りが大きくなりやすい条件にて計算を行ったが、可動ブラケットのO型・I型の種類配置によってもその影響度が異なることに注意を要する。

5. まとめ

電車線流れおよび両端張力調整装置の温度伸縮特性差に対し、一般的に考えられている要因を挙げ、そのうち設備に関する条件について数値計算によりその影響を検討した。結果を以下に示す。

- (1) 線路勾配、曲線区間の可動ブラケット、STBの機械的特性差の影響を考慮して、STB箇所と各支持点位置における線路長手方向の温度伸縮を計算する手法を示した。また、実験結果との比較によって計算の妥当性を示した。
- (2) 可動ブラケットの種類が偏った配置になっている場合、電車線の伸縮中心が曲線半径に反比例して中央から遠ざかることを数値計算により示した。
- (3) 数値計算による結果を基に、STBが可動限界に到達しない条件を算出する方法を示した。

本報告では2章に挙げた要因①、②、⑤、⑥の影響を含めてSTB伸縮を計算する方法を示した。一方、要因③、④の風圧や列車走行に伴うパンタグラフしゅう動力の影響については検討できていない。要因⑦の架設誤差の影響についてもその評価手法を整理する必要がある。また、作成した計算モデルでは図6に示す一時的な電車線流れの挙動を再現できなかった。一時的な電車線流れの要因の解明や計算手法の改良は今後の課題である。

謝辞

本研究における現地試験の実施に当たり、鉄道建設・運輸施設整備支援機構の関係者には多大なご協力をいただいた。この場を借りて厚くお礼申し上げる。

文献

- 1) 日本鉄道電気技術協会：電車線 [II], pp.99-106, 2008
- 2) 松井一三：架空電車線路の研究, 鉄道技術研究所速報, Vol.76, No.22, pp.103-148, 1976
- 3) 徳永正志：鉄道事業者の電車線路設備 (16), 鉄道と電気技術, Vol.31, No.12, pp.52-55, 2020