

交流用同相セクションの機械的特性改善

電力技術研究部 集電管理

研究室長 菅原 淳

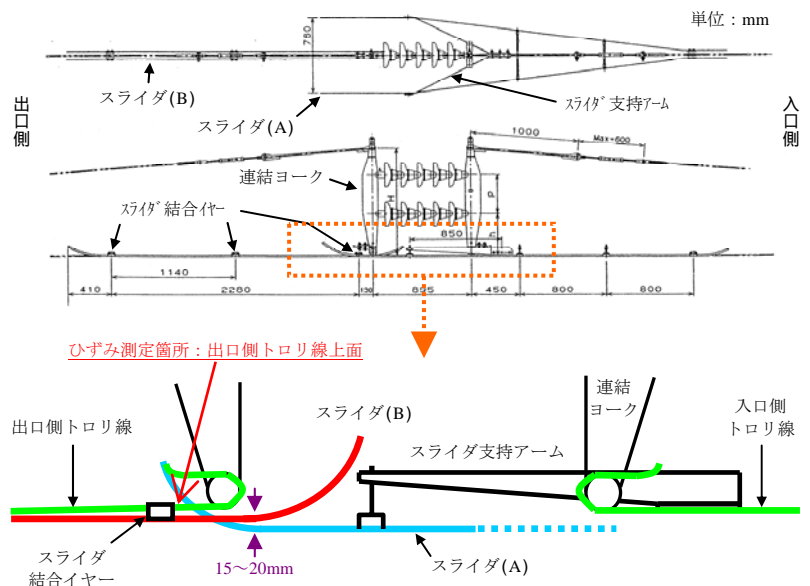
1 はじめに

交流電化区間の駅構内等において、電源の位相が同じ箇所では架線を電氣的に区分する場合に用いられる同相セクションには、トロリ線の疲労破断やスライダの折損、摩耗といった機械的問題が時々発生している。その改善のため、同相セクションの構造改良を検討した。

2 現用B形同相セクションの概要

日本における同相セクションは、旧国鉄で規格化されていた在来線用のA形と新幹線用のB形が現在も多く用いられている。なお、B形は一部在来線でも用いられている。A形は列車通過の方向性はないが、通過速度は45km/h以下とされている。一方、B形は列車通過の方向性はあるものの、順方向の通過速度は70km/h以下とA形より高い。本発表で紹介する検討はB形をベースとしているので、B形の概要を以下に述べる。

B形セクションを図1に示す。ちょう架線とトロリ線はそれぞれ連結ヨークの上端と下端に接続され、連結ヨーク間に渡された2列の懸垂がいしが絶縁と張力を担っている。この部分がいわばセクションの骨格をなし、それに対しパンタグラフを円滑に通過させるためのスライダが取り付けられる。通過方向はスライダ(A)側からが順方向である(以下、スライダ(A)側を入口側と称す)。なお、逆方向通過速度は45km/h以下とされている。出口側のスライダ(B)は3個のスライダ結合イヤーでトロリ線の左右に取り付けられる。スライダ(B)のしゅう動面は、連結ヨークから最も遠い側ではトロリ線のそれと揃っているが、連結ヨークに近づくにつれ低くなり、連結ヨークに最も近い側ではトロリ線より10mm低く、パンタグラフがトロリ線自体をしゅう動しないようになっている。順方向通過が円滑であるように、スライダ(A)は(B)に比べ15~20mm低く調整する。スライダ(A)(B)およびトロリ線の相対的な高さの関係を図1にあわせて示す。



3 現用B形セクションのトロリ線ひずみ低減

B形セクションではトロリ線が疲労破断した事故例があるので、そのメカニズムを踏まえ、トロリ線ひずみ低減策を検討し、試験で効果を確認した。

図1 現用B形セクションとそのトロリ線・スライダ高さ構成およびトロリ線ひずみ低減効果確認試験でのひずみ測定箇所

3.1 トロリ線ひずみ発生メカニズムと低減策

スライダ(A)を(B)に比べ15~20mm低く調整するのがB形本来の架設状態であるが、調整が行き届かず高低差が不十分だと、パンタグラフが順方向に通過する際にスライダ(B)の上反部に衝撃的に接触し、スライダ(B)上反部が強く押し上げられ、スライダ結合イヤーを介してトロリ線に著大な曲げひずみが発生する可能性がある。その模式図を図2に示す。事実、事故例ではこの部分でトロリ線が疲労破断しており、かつスライダ(B)上反部の摩耗が著しかった。

それを防ぐには、スライダ(B)に加わった衝撃がトロリ線に伝わらないようにすればよい。その方法として、図3のようにトロリ線とスライダ(B)がばねを介し相対的に上下可動なスライダ結合イヤーを適用することが考えられる。

3.2 パンタグラフ走行試験によるひずみ低減効果検証

(1) 試験方法

ひずみ低減効果を検証するため、鉄道総研の集電試験装置でパンタグラフ走行試験を行った。試験は在来線を想定し、シンプルカテナリ架線(トロリ線：硬銅110mm² 張力9.8kN、ちょう架線：亜鉛めっき鋼より線90mm² 張力9.8kN)にB形セクションを架設した。パンタグラフはPS16形、静押上力は54Nとした。スライダ結合イヤーばねの硬さは衝撃を緩和できればよい一方、パンタグラフの静押上力程度で不用意に動作しない観点から、左右のスライダ合わせて196Nで動作し始めるものとした。

(2) 試験結果

図1に示すひずみ測定箇所、順方向走行における測定結果(正負ピーク値)を図4に示す。凡例の数値はスライダ(A)(B)の高低差を示し、(A)が低い場合を正とする。トロリ線の疲労破断を避けるためのひずみの目安は 500×10^{-6} 以下とされているが、ばねなしのスライダ結合イヤーでも、スライダ(A)(B)の高低差が概ね適正(10mmおよび20mm)であれば 500×10^{-6} を超えるひずみは生じていない。しかし高低差0mmでは 1000×10^{-6} 超のひずみが、-8mmでは通過速度上限の70km/hでも 2000×10^{-6} 超、90km/hでは 4000×10^{-6} 近いひずみが生じている。一方ばね入りスライダ結合イヤーを用いた場合、高低差0mmではひずみは概ね 500×10^{-6} 以下に抑えられ、-8mmでも 1000×10^{-6} 強までに低減しており、効果が確認できた。

試験ではセクションの他の部分についてもひずみを測定したが、ばね入りスライダ結合イヤーを取り付けたことに伴う悪影響は見られなかった。

4 スライダ支持構造の改良

前章の方法でB形セクションのトロリ線ひずみを低減できたが、スライダ高さの管理を要する点は変わっておらず、列車通過の方向性があるとい

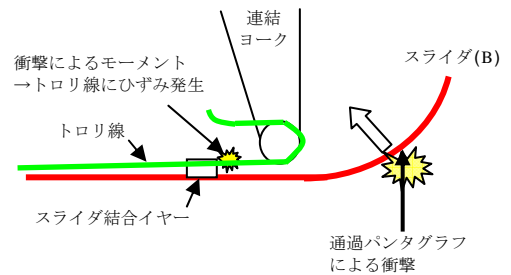


図2 B形セクションのトロリ線ひずみ発生メカニズム

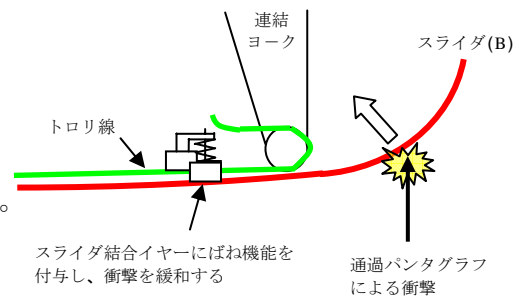


図3 ばね入りスライダ結合イヤーによるトロリ線ひずみ低減

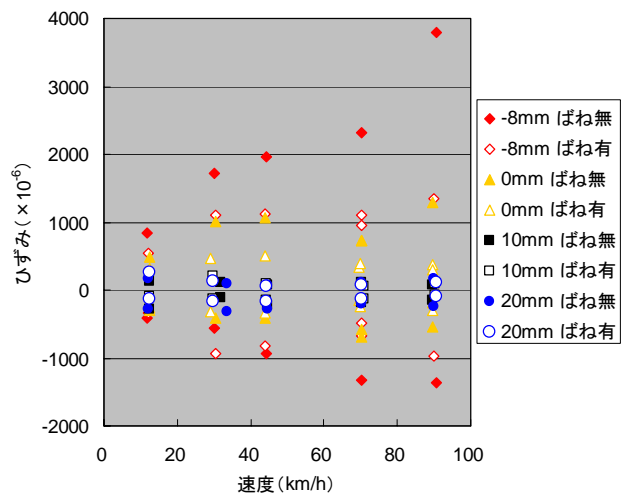


図4 トロリ線ひずみ低減効果確認試験測定結果(順方向走行)

う課題も残っていた。そこで、セクションの骨格部分はB形を踏襲しつつ、スライダ支持構造を改良する方向で検討し、パンタグラフ走行試験を行った。

4.1 供試品のねらい

検討したスライダ支持構造を適用した同相セクションを図5に示す。スライダ先端が区分の相手方(反対側)から支持されていれば、セクション前後でスライダ高さに不整は生じにくく考えられる。そこで、スライダ(A)先端を軽量のポリマがいしを介して区分相手方の連結ヨークに取り付けた腕から支持することとした。ポリマがいしは懸垂がいし250mm 5個連相当のものをを用い、現用B形を置き換え可能なことをねらった。セクション自体は方向性をなくし、両方向ともB形順方向と同じく70km/hで通過可能とすることを旨とした。

4.2 パンタグラフ走行試験による実用可能性検証

(1) 試験方法

この同相セクションの実用可能性を検証するため、3章に述べた検討と同様パンタグラフ走行試験を行った。本試験も在来線を想定し、供試セクションはシンプルカテナリ架線に架設した。パンタグラフの条件も前章と同じである。

スライダの高さ調整は、(A)(B)(C)の高さを揃えるのがパンタグラフ通過時の衝撃が最も小さいと考えられるので、これを標準条件とした。しかし、スライダ(A)が若干高くなる不整が生じたり、スライダ(A)がパンタグラフ通過で若干押し上げられると、パンタグラフがスライダ(B)および(C)の上反部に衝撃を及ぼし、図2のメカニズムでトロリ線に著大なひずみが発生することが想定されたので、進入側と進出側のスライダ(A)の平行部分を(B)(C)より10mm低くする条件についても試験を行った。

トロリ線の長さ方向変位は、変位がなく連結ヨークに前後方向の傾きがない状態が基本だが、劣悪な架設状態を想定し、標準条件からトロリ線をパンタグラフ進入側および進出側に100mm変位させた条件でも試験を行った。

(2) 試験結果

図5に示す箇所①のひずみ測定結果を図6に示す。トロリ線をパンタグラフ進入側に変位させた場合のみ大きなひずみが生じている。そのメカニズムは次のように考えられる。トロリ線に変位を与えた場合、変位した側が高く、反対側が低くなる高さ変化がスライダ(B)(C)に生じた。これは、トロリ線が連結ヨークに対して固定されているため、図7に示すように連結ヨークの傾斜に伴ってトロリ線の高さを変化し、スライダ(B)(C)も高さを変化したものである。従って、ひずみ増大のメカニズムは図2と同様で、前章で述べた方法でひずみ低減が期待できる。その他

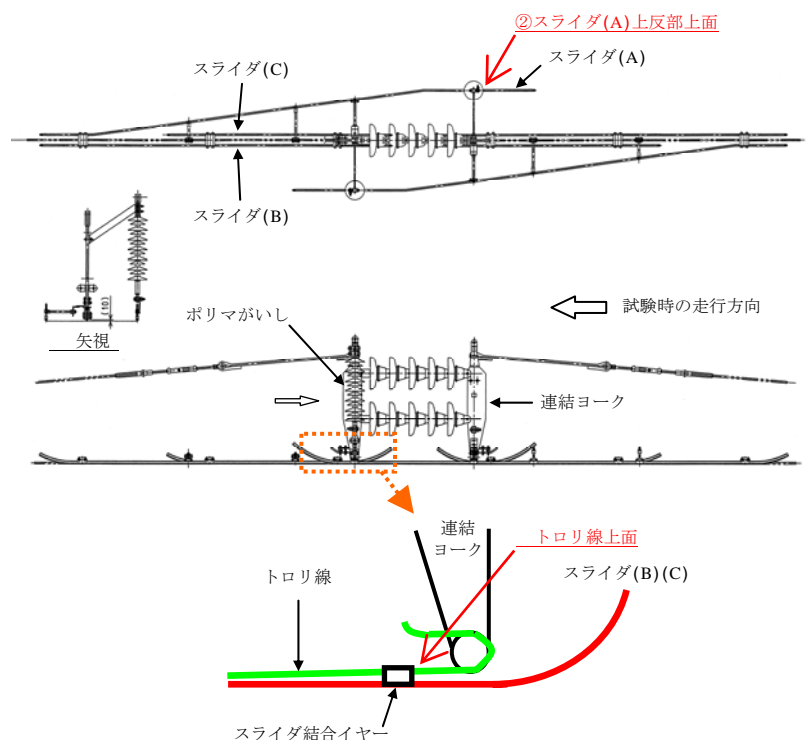


図5 スライダ支持構造を改良した同相セクション
および試験時のひずみ測定箇所(①、②)

の条件ではひずみは 500×10^{-6} 以内である。

図5に示す箇所②のひずみ測定結果を図8に示す。スライダ(A)の平行部を10mm下げた場合のみ、特に負側に大きなひずみが生じている。これは進入側のスライダ(A)と(B)(C)に高低差があるためパンタグラフ舟体が傾きながらしゅう動した結果、進出側のスライダ(A)上反部に衝撃を及ぼしたためと考えられる。他の条件ではひずみは 500×10^{-6} 以内である。

なお、試験ではセクションの他の部分についてもひずみを測定したが、標準条件では問題となる大きさのひずみは測定されなかった。

最大離線時間の測定結果を図9に示す。スライダ(A)の平行部を10mm下げた条件とトロリ線を進入側に変位させた条件で最大離線時間が長くなっている。前者はスライダ(A)を低く調整したことで進出側のスライダ勾配が大きくなり、パンタグラフが追従できなかったことが、後者はトロリ線の変位に伴う高さ変化(図7)に起因する進出側のスライダ(B)(C)への衝撃に伴う離線、および進出側のスライダ勾配が大きくなってパンタグラフが追従できなかったことの2点が考えられる。その他の条件では55km/h程度を境に高速側で200msec前後の離線が生じている。しかし、B形や他の同相セクション開発例でも同程度の離線が生じており、さらに本試験に用いたパンタグラフが設計年次の古い在来線用(PS16形)であることも勘案すれば、本セクションの離線特性は遜色ないと考えられる。

5 まとめ

交流用同相セクションの機械的特性改善に関して、次の2点を検討した。

現用のB形セクションのトロリ線ひずみ低減策として、ばね入りのスライダ結合イヤーの効果をパンタグラフ走行試験により確認した。

B形セクションの骨格部分を踏襲しつつ、スライダ支持構造の改良を検討し、パンタグラフ走行試験を行ったところ、適切な架設状態、即ちトロリ線に長さ方向変位がなく、かつスライダ(A)(B)(C)の高さが同じであればセクション各部に著大なひずみは発生せず、最大離線時間は200msec程度で現用品や他の開発例に比べ遜色ないことを確認した。

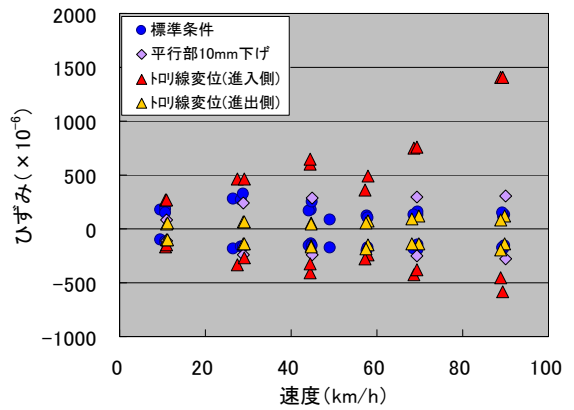


図6 スライダ支持構造改良品試験 ひずみ測定結果(箇所①)

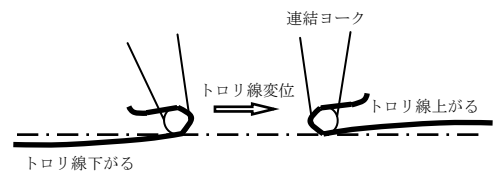


図7 トロリ線の長さ方向変位に伴う高さ変化

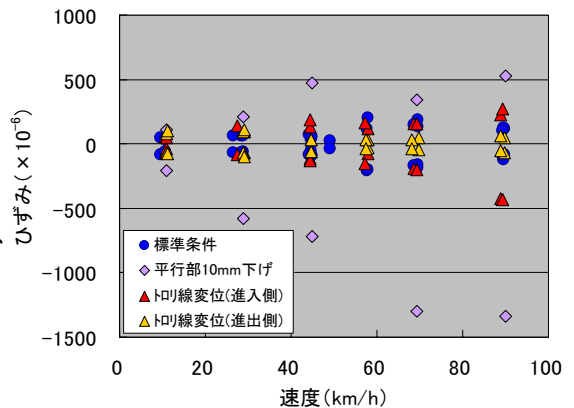


図8 スライダ支持構造改良品試験 ひずみ測定結果(箇所②)

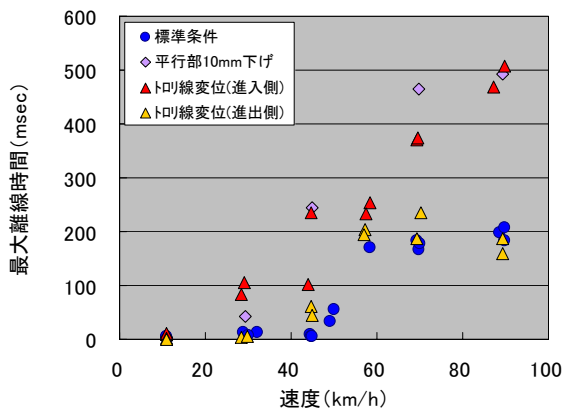


図9 スライダ支持構造改良品試験 最大離線時間測定結果