

測定手法の違いによる密着度の測定値への影響検討

○ [機] 押味 良和 [機] 潮見 俊輔

佐藤 輝空 椿 健太郎 高崎 建 (鉄道総合技術研究所)

Consideration of the Influence of Measurement Method on Fixing Degree of Switches

○Yoshikazu Oshimi, Shunsuke Shiomi,

Terutaka Sato, Kentaro Tsubaki, Ken Takasaki, (Railway Technical Research Institute)

In this study, we investigate the method of measuring the fixing degree of switches (necessary force for opening the tongue rail toe), which is used as a value for indirectly managing the fixing force of switch, and the influence of the posture of the measurer on the measurement results. In the test of the influence of measurement methods, we measured the values by changing the conditions such as the insertion position of the iron piece for measurement. And in the influence test of the posture of the measurer, they are measured under the conditions, which simulate the difference in the posture of the measurer by changing the insertion angle of the measuring device of the fixing degree of switch. This paper reports our consideration and the measurement results.

キーワード：密着度，密着力，密着度測定器

Key Words：Fixing degree of switch , Fixing force of switch , Measuring device of the fixing degree of switch

1. はじめに

鉄道における分岐器は、車両の進行方向を切り替える機能を持つが、進行方向の切り替えの際に分岐器の可動部を動作（転換）させ、動作完了時の状態を保持する機能を持つ信号保安装置が転てつ装置である。分岐器の可動部が基本レール等の固定部分に隙間なく接している密着状態や一定の隙間以下にある接着状態を転てつ装置が保持することで、分岐器上を通過する車両の走行安全性を確保している。車両通過時にこの状態を維持するため、転てつ装置は、転換完了後に分岐器の可動部を固定部分に押し付ける密着力と呼ばれる力を作用させている。

密着力により分岐器可動部の密着状態、接着状態を維持しているが、過大な密着力がかかった状態は、転てつ装置等の部材に大きな応力を発生させ、長期的な視点では金属疲労や摩耗等の悪影響を及ぼす。このような事象を防ぐため、適切な密着力の管理が必要である。密着力を管理する手法として、転てつ装置を構成する部材に発生する応力を測定・監視する手法^{(1),(2)}も存在するが、現在、一般的に用いられている管理手法は、トングレールの先端を一定量開口させる際の力を測定することで、間接的に密着力を管理する手法である。この力は、先端開口力または密着度と呼

ばれ、工具等を使用した検査員の感覚、または、密着度測定器による測定で良否の判断がなされている。

以前からの経験により、先端開口力による密着力の管理指標として、定められているものがあるが、専用の測定器により密着力を測定した値と密着度測定器を用いて密着度を測定した結果を照らし合わせると、同程度の密着力であっても測定者、測定手法による差異が発生していることが懸念されている。また、密着度測定に使用する測定器、測定手法に関して JIS 等の規格に規定されている訳ではなく、メーカーごとに測定器の仕様、測定方式も様々である。

本稿では、このような測定手法等の違いが、密着度に与える影響について実測を基に調査を実施し、その結果について考察を行ない報告する。

2. 密着力の管理

2.1 密着力と先端開口力

密着力とは、転てつ装置が鎖錠する際に転てつ機の動作かんがスイッチアジャスタを介して、トングレールと基本レールが接着する方向に作用させる力である。これにより、分岐器の転換動作完了後における密着、接着状態を維持している。また、密着力により列車通過時等に基本レールの位置が変化した場合であっても押し付けられたトングレー

ルが、その変化への追従することを実現しているため、保守作業時には適切な密着力の管理を行なう必要がある。

密着力を調整する際には、スイッチアジャスタ腕金具部分の六角ナットを回転させることで、その強弱を変化させる。調整後は、車両通過時の振動等でナットが回転しないようにナット部分にカバーを設置するため、カバーの構造上、その調整は六角ナットの1/6回転（1目）刻みとなる。

前述のように実設備で作用している密着力を測定する手法として、転てつ装置の構成部材（動作かんやスイッチアジャスタ等）のひずみを測定し、そのひずみ量から密着力を算出する手法がある。このような測定手法においては、測定感度と測定対象部材の強度が相反する関係となる。そのため、測定対象とする部材に営業線で使用している部材と同等の強度を持たせた上で、感度を上げるためには、測定時に影響を受けやすい帰線電流や軌道回路、雷サージ等からのノイズ対策が必須となる。そこで、試験的に密着力を測定する際には、測定時のみ使用する目的で感度を上げた構造を採用したセンサ（ジョーピン型軸力計）などが使用される。このようなセンサは、長期使用を前提としないため、定期検査等の際には密着力を直接測定する手法の代用として、トンダレールの先端を工具で一定量開口させる時に必要な力（以下、先端開口力）が、密着力を間接的に評価、管理する指標として使用されている。この先端開口力の検査は、検査者が工具等を使用してトンダレールの先端を開口した際の感覚により、定性的に評価する手法と密着度測定器と呼ばれるトンダレールの先端を開口する専用の測定器によって測定する値（以下、密着度）により定量的に管理する手法（図1）が一般的である。

2.2 先端開口力を用いた密着力管理の課題

密着度測定器を用いた測定で得られる密着度は、経験的に分岐器における密着力とおおよそ比例関係にあることが知られているため、密着力の管理に概ね適用できると考えられている。密着度を用いた密着力管理については、関節分岐器、弾性分岐器ごとに各鉄道事業者で管理値を定めている例もある。

しかし、密着度測定器を使用した測定手法、管理値は、各鉄道事業者により差異があり、さらに測定者による個人差の影響も懸念されている。

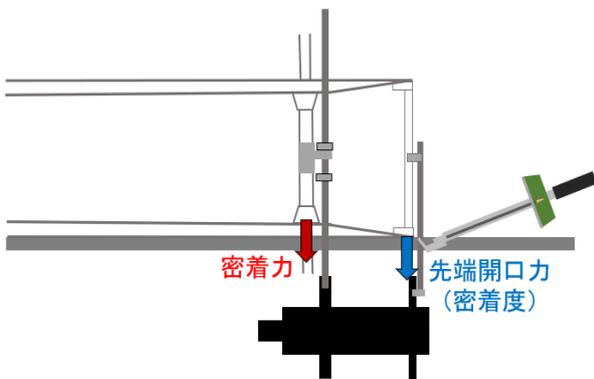


図1 密着力と密着度

一般的に密着度測定は、2人1組で行われる。関節分岐器の場合は1mm鉄片、弾性分岐器の場合は0.5mm鉄片を使用して、トンダレール先端と基本レールの間を密着度測定器で1mmもしくは0.5mm開口する際の値を密着度としている。また、密着度測定器はメーカーごとに仕様が異なり、この原理を利用してトンダレール先端をこじ開ける際の力を測定するタイプや油圧等の圧力を用いてトンダレールの先端を開口させるタイプのものが存在するが、密着度測定器および、その測定方法がJIS規格等で正確に規定されているものではないため、測定器の種類や測定器扱い者、および鉄片扱い者の測定手法により測定値に差異があると考えられる。

これらの測定手法等の違いの中から、測定結果に影響を与える要因として以下のものに着目し、実際に密着度を測定することにより、その影響について考察を行なった。

- ① 密着度と密着力の関係性
- ② 測定器種別ごとの鉄片挿入位置の影響
- ③ 接着状態（フロントロッド張り）の影響
- ④ 測定器扱い者・鉄片引き抜き者による差異

3. 密着度の試験測定

3.1 密着度と密着力の関係性

(1) 測定条件・測定方法

密着度と密着力の関係性を調査するため、密着力を変化させて密着度の測定を実施した。本調査の密着力測定は、ジョーピン型の軸力計を使用した。転てつ機の動作かんとスイッチアジャスタを接続しているジョーピンを軸力計に交換し、その部分に負荷される力を密着力として測定した。測定対象は、弊所に設置された試験用分岐器（50N片8-101関節：基準線開通）であり、フロントロッドの張り（以下、FR張り）をジョーピン間で665mmと657mmの2条件、A社、B社、C社の3社の密着度測定器（以下、各測定器）を使用して測定を実施した。なお、測定時のトンダレール先端0mmから1000mmまで200mmごとの基本レールとトンダレール間の隙間を表1に示す。密着度測定は、トンダレール先端位置0mmでの1mm鉄片引き抜き時とし、測定者による差異を取り除くため、測定器扱い者と鉄片引き抜き者は固定している。

(2) 測定結果

FR張り665mmの各測定器による測定結果を図2に示す。なお、A社の測定器は、トンダレール先端をこじ開け、その際に測定器本体が弾性変形した量を指示針で読み取るタイプであり、B社C社の測定器は、測定器本体から延長された油圧により拡張する部分をトンダレールと基本レールの隙間に入れ、油圧により開口した際の力をメータの値で読み取るタイプである。

表1 トンダレール各位置の隙間

FR張り (mm)	トンダレール各位置の隙間(mm)					
	0mm	200mm	400mm	600mm	800mm	1000mm
665	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
657	0.1	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0

各測定器ともに強い正の相関を示しているものの、測定される密着度の値は3社で差異が生じている。その中で、油圧を利用しているB社およびC社の値は比較的近い値を示した。また、B社及びC社の測定値は、A社と比較して約0.6kN~1.0kN程度高い値を示した。

3.2 測定器種別ごとの鉄片挿入位置の影響

(1) 測定条件・測定方法

各測定器における鉄片挿入位置による密着度への影響を調査するため、トングレール先端部を0mm位置とし、そこから後端側へ50mm, 100mm, 150mm, 200mmの位置に鉄片を挿入して測定した場合の密着度を調査した。測定条件は、測定器扱い者と鉄片引き抜き者は固定とし、FR張り665mm, 密着力を約0.7kNに設定した際の1mm鉄片引き抜き時とした。

(2) 測定結果

各測定器による測定結果を図3に示す。トングレール先端から150mm, 200mmの位置に鉄片を挿入した場合、トングレール先端側の位置に挿入した場合と比べ、約0.6kN~1.0kN程度高い値を示した。これは、良好な接着状態の場合、トングレール先端を一定量開口する際に密着力が負荷されている転てつ棒位置が支点となり、トングレールが弾性変形するため、転てつ棒位置(支点)に近づくほどトングレール変形量(開口量)が小さくなるためであると考えられる。このような影響を考慮し、密着力を密着度で管理する場合、鉄片挿入位置による測定結果のばらつきを抑えるため、鉄片挿入位置は統一することが望ましい。

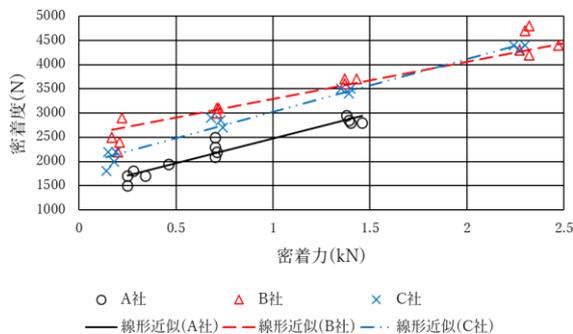


図2 密着力と各測定器の密着度 (FR張り665mm)

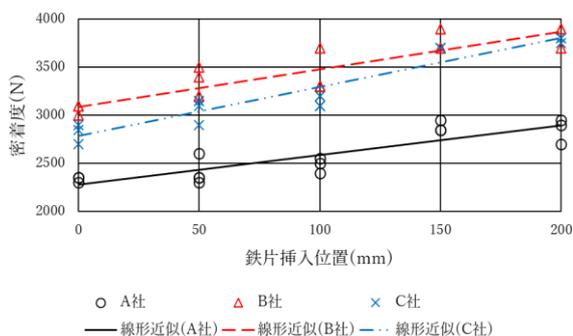


図3 鉄片挿入位置と密着度

3.3 接着状態 (フロントロッド張り) の影響

(1) 測定条件・測定方法

測定条件は、FR張り657mm(接着状態:良好), 660mm(先付き), 652mm(胴付き)の状態とし、密着力を約0.5kN, 約1.0kN, 約1.5kNに設定した際の1mm鉄片引き抜き時の密着度をA社製の測定器で測定した。なお、一般的に分岐器接着の良好, 先付き, 胴付きと呼ばれる状態のイメージを図4に示す。

(2) 測定結果

接着状態による密着力と密着度の関係を図5に示す。接着が正常の状態および先付きの状態は、密着力と密着度は比例関係を示すが、胴付きの状態では密着力を増加させた場合であっても密着度が増加しない傾向が示された。この結果より、胴付きの状態では他の接着状態と異なり、密着度が密着力に対して小さく測定されることがわかる。密着力を密着度で管理する場合に胴付きの分岐器においては、密着度を調整基準の範囲内に収めようとした結果、密着力が過大な状態となることが考えられる。この点を考慮し、胴付きの分岐器に関しては、FR張りの調整等により接着状態を良好な状態にした上で密着度測定を行ない適切な密着力の管理を行なうことが輸送障害防止の観点から重要と考える。

3.4 測定器扱い者・鉄片引き抜き者による差異

(1) 測定条件・測定方法

測定器扱い者による差異を確認する測定では、鉄片引き抜き者による影響を取り除くため、鉄片引き抜き者を固定した上で、測定器扱い者(被験者4名)を変えた場合の影響を確認した。また、鉄片引き抜き者による差異を確認する測定では、測定器扱い者による影響を取り除くため、測定器扱い者を固定した上で、鉄片引き抜き者(被験者4名)

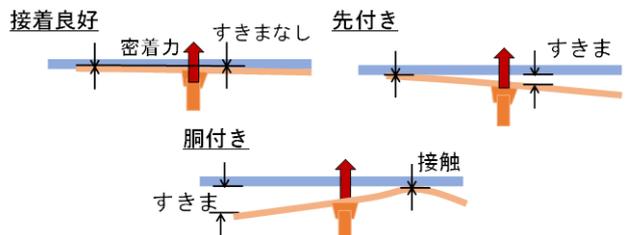


図4 分岐器の接着状態

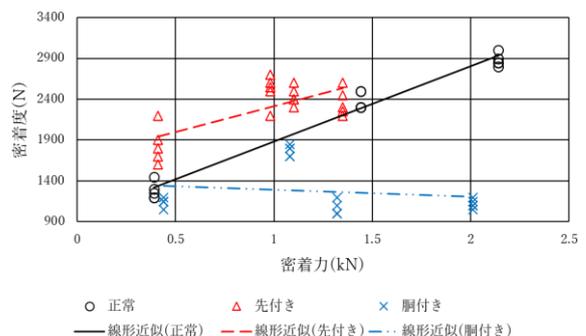


図5 接着状態と密着度の関係

を変えた場合の影響を確認した。A社の測定器を使用し、測定条件は、FR張り665mm、密着力を約0.7kNと約1.1kNに設定した際の1mm鉄片引き抜き時とした。

また、A社の測定器は、油圧を利用したB社C社と異なり本体の先端をトングレール先端に差し込む方式のため、測定器本体の角度が現地の状況や扱い者により、異なることが考えられる。そこで、測定器の挿入角度の影響を確認するため、図6に示すように水平0°、15°、30°の条件で密着度測定を行なった。測定条件は、FR張り657mm、密着力を約0.5kNと約0.8kNに設定した際の1mm鉄片引き抜き時とした。

(2) 測定結果

測定器扱い者による密着力と密着度の関係を図7に示す。密着力と密着度の関係は概ね比例関係を示している。しかし、測定器扱い者によって線形近似の傾きが異なっている。また、測定器扱い者ごとの密着度にばらつきがあり、密着力約0.7kN時において標準偏差は91.2（密着力約1.1kN時、 $\sigma=201.1$ ）であった。測定された密着度は、密着力0.7kN近傍においては密着度2100N~2400N、密着力1.1kN近傍においては密着度2400N~2800Nと、約300N~400Nの幅を持っている。

鉄片引き抜き者による密着力と密着度の関係を図8に示す。密着力約0.7kN時において標準偏差は312.0（密着力約1.1kN時、 $\sigma=217.9$ ）となり、鉄片引き抜き者を固定して行なった測定（図7）と比べ、密着度のばらつきが大きく、被験者の鉄片を引き抜く力や引き抜き方が密着度に大きく影響していることがわかる。測定された密着度は、密着力0.7kN近傍において密着度1400N~2300N、密着力1.1kN近傍において密着度1900N~2500Nと、約400N~900Nの幅を持っており、測定器扱い者の影響と比較すると大きくなっている。

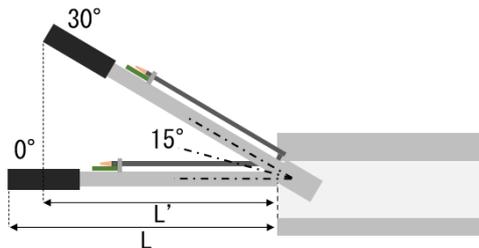


図6 測定器挿入角度の影響

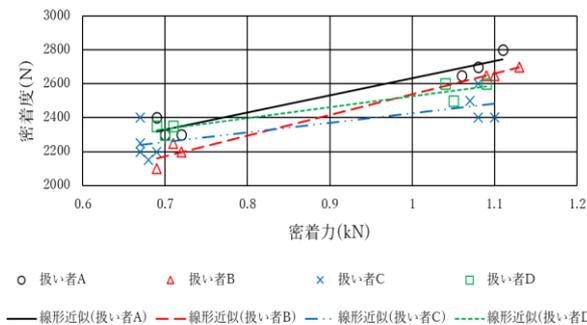


図7 測定器扱い者と密着度の関係

次に測定器挿入角度による密着力と密着度の関係を図9に示す。測定器の挿入角度を大きくした場合に、密着度は大きい値を示す傾向となった。A社の測定器では、この原理を利用しているため、図6に示すように挿入角度が0°の時の腕の長さをLとすると、30°傾けた時の腕の長さは、Lと短くなる。これにより、一定量開口する際に測定器を介して負荷する力が多く必要となり、測定器上で高い値を示すと考えられる。

4. まとめ

本稿では、測定手法による密着度への影響を検討した。その結果、測定された密着度は、各測定器、測定器扱い者および鉄片引き抜き者等による差異があることが確認された。実際の保守において、測定器を固定して運用することは困難であるが、鉄片の挿入位置や使用する測定器については、保守基準等で明確に定めることが測定結果のばらつきを低減する上で重要な要素といえる。また、鉄片引き抜き者による密着度のばらつきについては、引抜き力の均一化や引抜き力に左右されない測定方法を取ることで解消できると考えている。今後は、抽出された課題に対応した測定器や測定手法の検討を進めていきたい。

参考文献

- 1) 潮見俊輔, 五十嵐義信, 安藤公志, 濱田良和, "発条転てつ機の転換負荷の状態監視方法の提案", 鉄道総研報告, Vol. 25, No.5 (2011), pp.23-28
- 2) 佐々木正孝, 鈴木雅彦, 金田敏之, "NS形電気転てつ機モニタリングの基礎開発", JR East Technical Review, No. 62 (2019), pp. 57-60

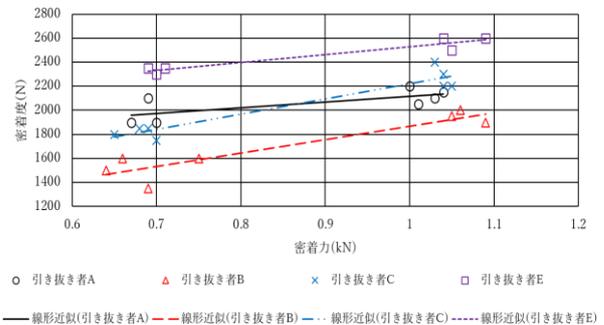


図8 鉄片引き抜き者と密着度の関係

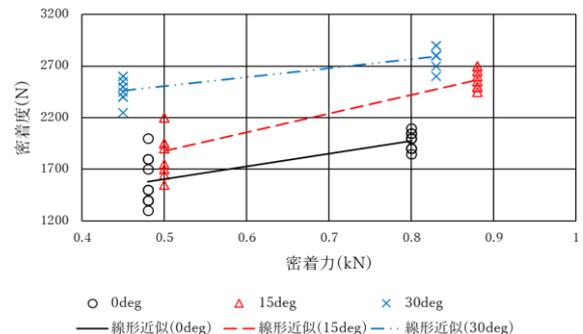


図9 測定器挿入角度と密着度の関係