

鉄道車両のアタック角簡易測定法およびその活用例

鉄道総合技術研究所 正会員 ○田中 博文

1. はじめに

鉄道車両のアタック角とは、車輪とレールの相対ヨー角のことである。アタック角が大きいほど、乗り上がり脱線に対する安全性が低下し、また横圧が大きくなることからレールの側摩耗が早まる。そのため、鉄道車両のレール／車輪間で生じる接触現象を解明する上で、アタック角を精度よくかつ簡便に測定する手法が求められている。このアタック角を地上から測定する既往の技術としては複数あるが、車輪からレール上の異なる2点までの水平距離の差を非接触変位センサで計測する手法が一般的である¹⁾。しかしながら、この手法は複数のセンサを使用するために、車両の通過による振動等によってセンサ間のゼロ点がずれ、頻繁にゼロ点調整を行う必要があった。そこで、本研究では、簡易な装置で鉄道車両のアタック角を測定する手法を開発した。そして、その手法を用いて、営業線で実施したアタック角の測定例について示す。

2. 開発したアタック角測定手法

2. 1 測定装置の構成と設置方法

図-1 に、測定装置の配置および設置方法を示す。アタック角の測定には、1つの非接触変位センサ（レーザー変位センサ）を用いる。図-1(a)に示すように、変位センサはまくらぎ上面等の建築限界外の不動点に治具を用いて固定し、光軸は車輪リム部を視準するようする。また、図-1(b)に示すように、軌道上面から見た場合にレールの接線方向と直角になるように3平方の定理を用いて光軸を設定する。なお、アタック角の測定に先立ち、光軸とレール接線とのずれ角、およびデータこう正のためにレールのゲージコーナー側を0とした場合のセンサからの距離を一度だけ測定すればよい。本研究では、この距離を輪軸左右変位 Y として定義する。また、必要に応じて、レール頭部や底部の側面を同じくレーザー変位センサで視準することによって、レール頭部左右変位やレールの小返り角を測定することによって、これらとアタック角との相関を分析することも可能である。

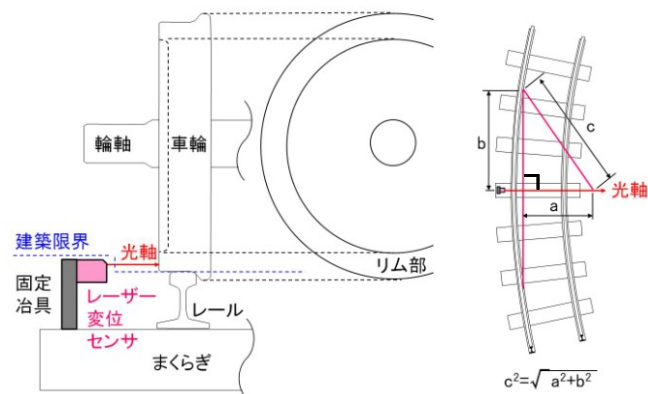
2. 2 測定データの解析方法

輪軸左右変位の測定データは、時間軸上の変位データとして、列車通過中に連続的に測定する。図-2に、編成全体における測定データの一例を示す。同図より、車軸通過毎に、輪軸左右変位が測定できていることがわかる。ここで、図中にも示しているように、車軸の通過毎にデータが得られることから、軸距および台車中心間距離と通過時間の関係から、車軸毎の通過速度 V を算出する。

次に、図-3に、ある車輪に着目した測定データの一例を示す。ここで、図中にも示しているように、車軸毎の通過速度を用いて、一定距離 Δx 通過中の輪軸左右変位の変化量 Δy が把握できることがわかる。これより、式(1)を用いて、車軸毎のアタック角 θ を求めることが可能となる。

なお、本手法では、一定距離 Δx 通過中にアタック角が連続的に変化する場合においては、図-3に示した例とは異なり Δy が直線ではなく曲線で推移する。この場合は、アタック角 θ を一定距離 Δx 通過中の平均的なアタック角 θ_{ave} として求めることができる。その他に、 Δx を微小に設定し、逐次対応する Δy を求めることによって、車軸通過中のアタック角を逐次求め、その変化を $\theta(x)$ として把握することも可能である。

$$\theta = \tan^{-1}(\Delta y / \Delta x) \quad (1)$$



(a) センサの設置位置 (b) 光軸の決定方法

図-1 測定装置の配置および設置方法

キーワード：アタック角，レール，車輪，軸距，波状摩耗

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 鉄道総合技術研究所 軌道管理 TEL042-573-7278

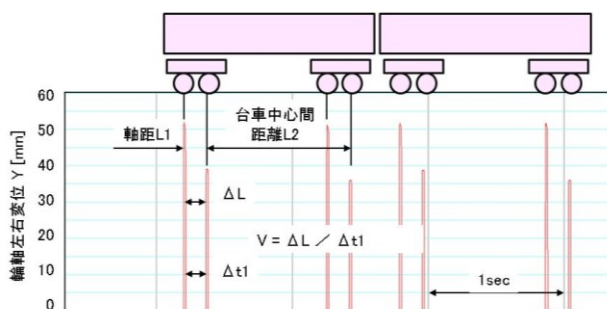


図-2 測定データの一例 (編成全体)

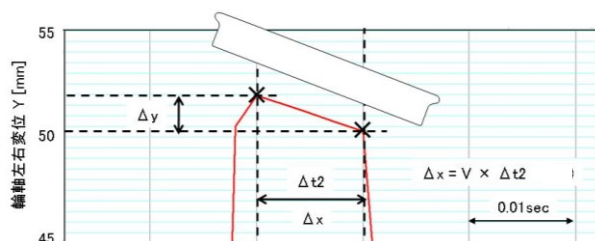


図-3 測定データの一例 (1車輪)

3. 営業線における測定例

開発した手法を用いて、営業線でアタック角の測定を実施した。測定箇所は、単線シールドトンネル内の半径 185m の急曲線であり、曲線の途中で防振まくらぎ直結軌道からフローティングスラブ軌道へと軌道構造が変化している。当該曲線では、列車通過時に大きな車内騒音が発生していたことから、調査を実施したところ、フローティングスラブ軌道区間において、外軌のゲージコーナーに波長 20cm 程度の波状摩耗が発生していた。当該区間において、外軌波状摩耗の発生メカニズムを検証²⁾する一環で、それぞれの軌道構造においてアタック角の測定を実施した。

図-4 に台車前後軸の輪軸左右変位の平均値を、図-5 に台車前軸のアタック角の測定値の一例を示す。測定は、波状摩耗や側摩耗の影響を把握するためにレール交換前後で実施しているが、両図はレール交換後のものである。図-4 より、軌道構造による輪軸左右変位の差は小さいことがわかる。一方、図-5 より、列車走行速度の増加とともに、軌道構造によらずアタック角は減少する傾向にあることがわかる。これは、当該曲線の均衡速度は約 47km/h であることから、均衡速度に近づくに従って左右車輪の輪径差が大きくなり、台車旋回性能が向上したためであると考えられる。しかしながら、軌道構造別で比較すると、防振まくらぎ直結軌道に対してフローティングスラブ軌道ではアタック角が約 2 倍程度大きくなってい

る。一般的に、アタック角が大きいと、横圧も大きくなることが知られており、これが外軌波状摩耗の発生要因の一因と考えられる。なお、軌道構造および列車走行速度によらず、台車後軸のアタック角は平均 0mrad であった。

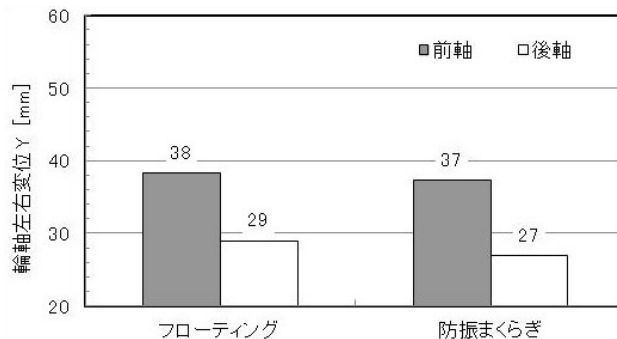


図-4 輪軸左右変位の平均値 (台車前後軸)

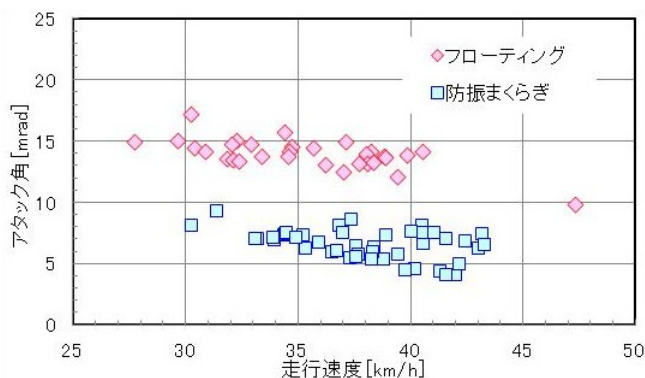


図-5 アタック角の測定値の一例 (台車前軸)

4. まとめ

鉄道車両のアタック角は、レール／車輪間の接触現象に起因する諸問題を解明する上で必要不可欠な測定項目の必要である。本研究では、そのアタック角を、レーザー変位センサ 1 つのみで測定可能な簡便な手法を開発した。

本手法を活用することにより、急曲線での波状摩耗や乗り上がり脱線の発生原因等、多くの事象の現象解明につなげたいと考えている。

参考文献

- 1) 松本陽他：車輪・レール接触に関する各種特性値の測定に関する考察—横圧，輪重，接線力，アタック角，接触点等の実態把握—，第 12 回鉄道技術連合シンポジウム，pp. 359-362，2005。
- 2) 田中博文他：振動特性に着目した直結系軌道における急曲線外軌波状摩耗の発生要因の推定，鉄道工学シンポジウム論文集，No. 15，pp. 140-147，2011。