

非接触式車体通り測定機構の開発

Development of the Device for Measuring the Distortion of the Car Body by Non-Contact

磯部 光一 Koichi ISOBE
金子 貴史 Takashi KANEKO

車体製造過程において車体側面の通り（歪み）を測定する際、車体側面に平行に張ったピアノ線を基準として車体とピアノ線との距離を直尺で測定しているが、ピアノ線は極めて細いため見えにくく、作業者が気付かずに引っかかってしまうリスクがあった。そこで、測定作業の安全性向上を目的として、レーザ距離計を活用し、その測定値から演算によって通りを求めることにより、ピアノ線を使用しない測定方法を開発した。

1 はじめに

鉄道車両の車体製造過程で、幕板部と腰板部における車体側面の通りを測定している。その方法は、車体側面の前位と後位を両端として、同じ寸法Aの基準となる駒を挟んでピアノ線を張り、ピアノ線と車体との距離を直尺で測定している（図1）。この挟み込んだ駒の寸法Aが基準寸法であり、張られたピアノ線は車体に平行な基準線となることから、直尺による測定値と基準寸法Aとの差が車体の通りということになる（図2）。

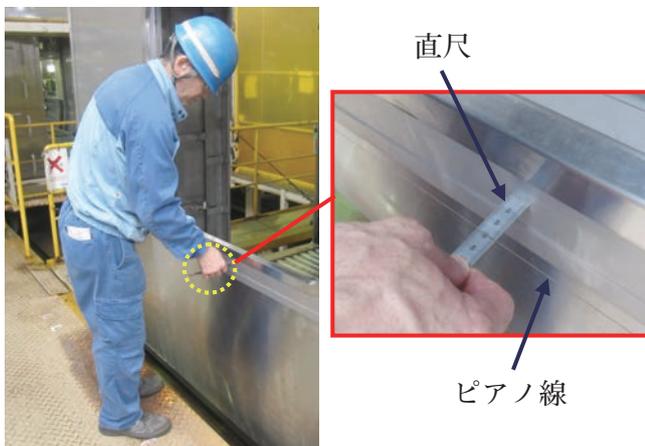


図1 ピアノ線を用いた通り測定（腰板部測定時）

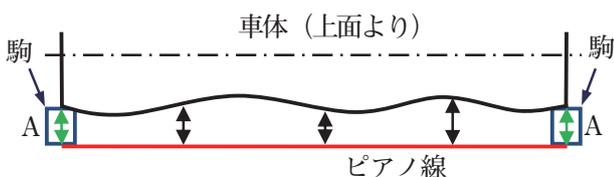


図2 ピアノ線を用いた通り測定方法

しかし、ピアノ線は極めて細いため見えにくく、作業者が腰板部の高さに張ってあるピアノ線に気付かずに引っかかってしまうリスクがあった。そこで、測定作業の安全性向上を図るため、ピアノ線によらない新規測定方法を開発した。

2 開発の概要

2.1 測定装置の構成

アルミフレームで組み立てた測定スタンドにBluetooth®通信機能付きレーザ距離計、タブレット端末、USBハブを取り付けた構成であり（図3）、このほかに、測定操作を行うためのリモコンがある。USBハブにはリモコン受信器とBluetooth®アダプタを装着しており、リモコンとタブレット端末はRF（ラジオ波）方式による無線通信、タブレット端末とレーザ距離計はBluetooth®による無線通信を行っている。測定スタンドは幕板部の通り測定にも対応できる高さとなっており（図4）、レーザ距離計を装着する位置によって任意の高さでの測定を行うことができる。

タブレット端末には通り測定専用に関開発したプログラムをインストールしているが、各機器は汎用品を採用している。



図3 測定装置（腰板部測定時）



図4 測定装置（幕板部測定時）

2.2 測定方法

作業者は、タブレット端末の画面で測定を行う車種と測定部（腰板部もしくは幕板部）を選択する（図5）。測定スタンドをプラットフォームの端部に設置し、手元のリモコン操作によってレーザー距離計で車体までの距離を測定する。測定後は次の測定箇所へ測定スタンドを移動させ、車体までの距離を測定する（図6）。これを繰り返して、必要な箇所の測定を行う。

測定操作をリモコンで行えるようにしたことで、測定実行時にタブレット端末の画面へのタッチや、レーザー距離計のボタン操作を必要とせず、作業者が直接触れることによる測定スタンドの揺動を未然に防いでいる。

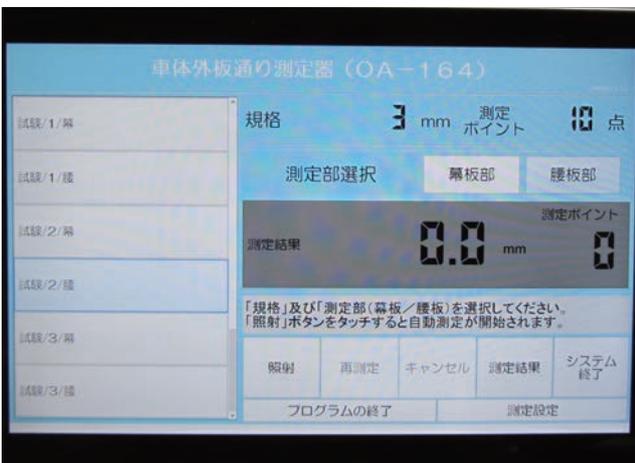


図5 測定時の表示画面

2.3 測定結果の表示

各測定箇所間の距離をあらかじめ設定しておくことで、



図6 開発品を用いた通り測定（腰板部測定時）

測定開始箇所と測定終了箇所における測定値の差から、車体に平行な直線の傾きが求められる。この直線をピアノ線に代わる仮想基準線として、各測定箇所における通りを演算で求め、結果をタブレット端末に表示する。通りを直感的にイメージできるように、画面中央部に折れ線グラフ、下部にその値を表示させた（図7）。



図7 測定結果表示画面

通りの値は仮想基準線に対する凹凸により+と-で表され、混在した表示では基準寸法内に収まっているのかを瞬時に判断できない。そこで、通りが基準値内かを判定する機能をもたせ、設定した基準値内であればOK、超えていればNGと表示させた。

さらに、測定データはタブレット端末内に保存されるため、測定日と車両をリストから選択することで過去の測定結果を表示することや、測定データをCSV形式に変換してパソコンに取り込むことも可能とし、簡易にデータ分析できるようにした。

また、演算によって通りの値を求めるには、測定スタンドをレール方向に直線移動させなければならないが、実際のプラットフォーム端部は直線とは限らないため、対策として、その凹凸に相当する値を補正值として設定しておくことで測定スタンドの直線移動を模擬し、影響を受けないようにしている。

2.4 演算で通りを求める方法

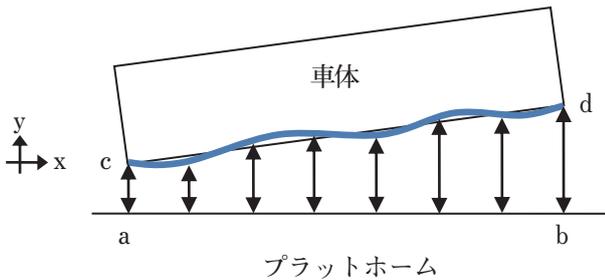


図8 開発品で通りを求める方法

図8はプラットフォームと車体を真上から見た平面図である。車体は必ずしもプラットフォームに平行に設置できないため、その傾きを求めることで車体に平行な仮想基準線を設定する。ここでは、プラットフォーム上のaからbまで移動しながら車体までの距離を測定していくものとし、ac間の距離とbd間の距離の差と、ab間の距離から直線cdの傾きを算出する。この直線cdが仮想基準線であり、cを原点とした座標系において次の式で表される。

$$y = \frac{\text{車両両端での測定値の差}}{\text{測定箇所間の距離}} \times x$$

$$= \frac{bd - ac}{ab} \times x$$

上式を用いて求められるyにacを加算した「計算上の距離の値」と、「実際の測定値」との差が通りの値である。

例として、図9のeにおける通りを求めてみる。まず、cからプラットフォームに平行な直線を設け、efと交わる点をgとする。

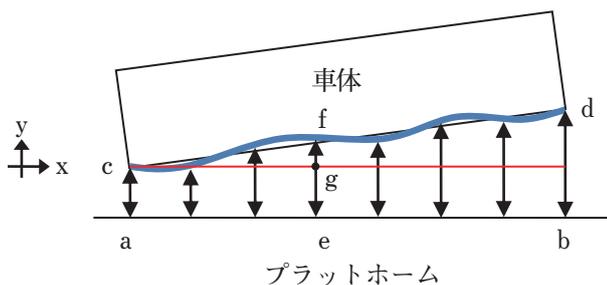


図9 開発品で通りを求める方法の例

ここで、

$$ac = eg = 500$$

$$ef = 503$$

$$bd = 505$$

$$ae = 8000$$

$$ab = 20000$$

であった場合、仮想基準線は

$$y = \frac{505 - 500}{20000} \times x$$

で表され、

$$y = gf = \frac{5}{20000} \times 8000 = 2$$

となる。つまり、計算上は

$$ef = eg + gf = 500 + 2 = 502$$

であり、この値（計算上のef）と実際のeにおける測定値efとの差が通りの値である。

したがって、通りは

$$503 - 502 = 1$$

と求めることができる。

3 成果と課題

本開発品の精度は、使用するレーザ距離計そのものの測定精度に依拠するところが大きい。各測定箇所における測定スタンドの設置の仕方も誤差に関係してくる。そのため、プラットフォーム上に測定スタンドを設置する際は細心の注意が必要ではあるが、検証の結果、従来のピアノ線を用いて測定した通りの値と同等の通りの値を得られることを確認した。ピアノ線を用いずに通りを測定できることで、当初の目的である安全性向上につながるものと考えている。

一方で、今回の開発の範囲においては、通り測定に要する工数の低減について課題が残る。測定箇所に作業者が移動しつつそれぞれ測定を行うという作業の流れは、従来と変わらない。また、測定装置の軽量化についても、移動をともなう測定方法では大きなウエイトを占めるものである。今後の工数低減に向けては、幕板部と腰板部を同時に測定可能とすることや、最終的には全自動で測定を行えることが理想であると考えている。

4 おわりに

製造車種が変わる場合、測定箇所の位置が変わることが考えられる。そのような場合でも、従来のピアノ線を張って直尺で測定する方法では特別な準備作業などしな

くてもフレキシブルに対応できるが、今回の開発品では測定箇所間距離やその位置に応じた補正値を新たに設定する必要が生じる。この間、ピアノ線を不要とする通り測定についてさまざまな方法を検討してきたが、長年続けられている方法よりもさらに優れた方法を見いだすというのは容易なものではないと実感した。

しかし本開発により、測定器を直線移動させながら対象物までの距離を測定することで、演算によって通りを求められると実証できたことは、新たな測定方法確立に向けて前進したものと言える。さらに、車体の通りに限らず、そのほかの歪み測定にも活用できるものであり、今後さらなる発展の可能性をもっているものとする。

著者紹介



磯部光一
生産本部
新津製造部 構体課 係長



金子貴史
生産本部
技術部（技術管理）新津技術管理