

IV-291 在来線マヤ車における曲線正矢検測誤差の補正

鉄道総合技術研究所 正会員 西本正人  
 鉄道総合技術研究所 正会員 竹下邦夫  
 四国旅客鉄道株式会社 正会員 長戸正二

1. はじめに

従来より、一部の在来線マヤ車の通り狂い検測において、曲線中の正矢（円曲線中の通り狂い検測値の平均値）が実際の半径から求められる正矢よりも小さくなるという現象が見られていたが、これまでは平均正矢からの振幅量が管理対象であったため、あまり問題とされていなかった。しかし、大きな超過速心力を受ける振り車両走行線区においては、線形の管理も重要となり、正矢量を含めた正確な通り狂い波形の出力が求められるようになってきた。ここでは、JR四国で用いられているマヤ342006号車を対象に、正矢検測誤差の理論値と補正方法についての考察を行った。

2. 通り狂い検測誤差の理論値

近年になって、誤差の原因がマヤ車の変位伝達機構の特性にあることが解明されてきた<sup>1)</sup>。マヤ車は各台車に図1に示す変位伝達機構を持ち、測定車輪と電気変換器との間がレール長手方向に離れている。曲線部を走行中の3つの台車は図2に示すようにそれぞれ旋回することにより電気変換器の離れによる誤差が発生する。以下では、曲線の曲率に起因する誤差（以下曲率による誤差）と横動遊間による台車の旋回角に起因する誤差（台車の向きによる誤差）に分けて検討する。

曲率による誤差  $e$  は、曲線通過時のマヤ車各部の位置関係（図3）から次式のように測定個所の正矢に対する一次式として定式化できる。

$$e = V - V_m = (1 \sin \theta_a + 1 \sin \theta_c) / 2 = 2 \cdot 1 (V_a + V_c) / L$$

$$= 0.0843 (V_a + V_c) \quad \dots (1)$$

また台車の向きによる誤差  $e'$  は、図2のように各台車がほぼ一定の角度を持つと仮定すると、次式で表される。

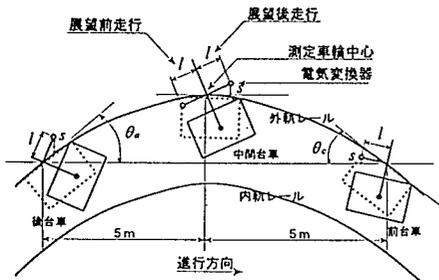


図2 曲線部通過中の各台車旋回角

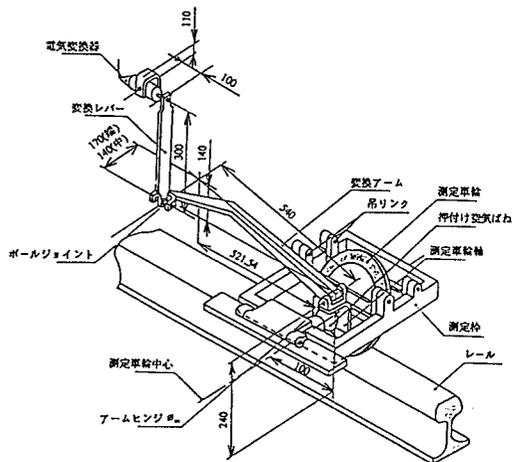
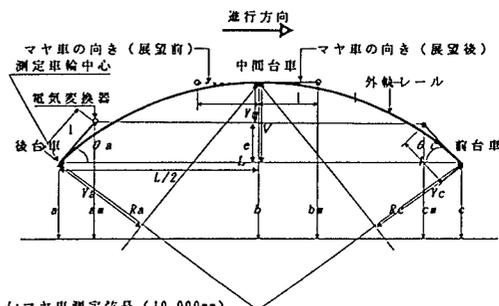


図1 通り狂い変位伝達機構



$L$ : マヤ車測定弦長 (10,000mm)  
 $l$ : 検測車輪中心から電気変換器までのレール長手方向の距離 (512.54mm)  
 $a \cdot b \cdot c$ : 各台車位置での真の検測値  
 $a_m \cdot b_m \cdot c_m$ : 各台車位置での実の検測値  
 $V$ : 真の正矢 ( $= b^2(a+c)/2$ )  
 $V_m$ : 実の正矢 ( $= b_m^2(a_m+c_m)/2$ )  
 $V_a \cdot V_c$ : 後台車・前台車の位置での正矢  
 $a_m = a + l \sin \theta_a$      $\sin \theta_a = L/2R_a$      $V_a = L^3/8/R_a$   
 $b_m = b$      $\sin \theta_c = L/2R_c$      $V_c = L^3/8/R_c$   
 $c_m = c + l \sin \theta_c$

図3 曲線通過時の通り狂い測定

$$\left. \begin{aligned} \text{展望後走行時 } e' &= s - (s-s)/2 \approx -s \\ \text{展望前走行時 } e' &= s - (s-s)/2 \approx s \end{aligned} \right\} \cdot (2)$$

式(2)は、マヤ車走行方向により±が逆の誤差が生ずることを示している。

### 3. 公称正矢と検測正矢との比較

誤差の理論式の確認のため、JR四国の予讃線において公称正矢と検測正矢の比較を行った。結果を図4に示す。図4(1)より、公称正矢と検測正矢は走行方向別にそれぞれ相関があると見なされ、また図4(2)より台車の向きによる誤差は、検測方向によって正負逆になっており、その値は一次式により概ね予測できる。

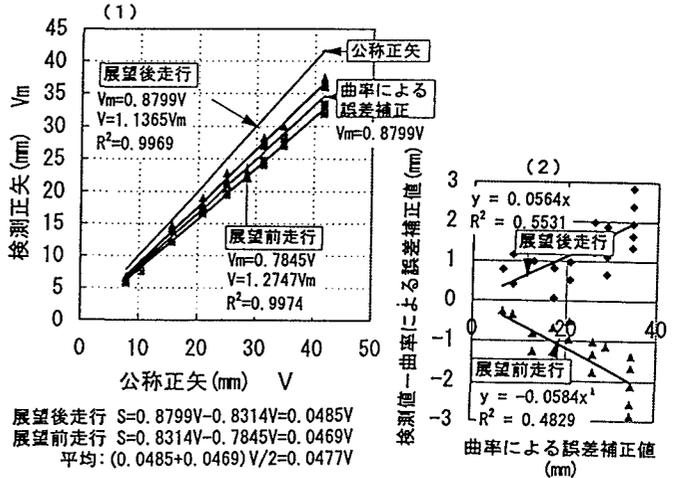


図4 公称正矢と検測正矢との比較

以上の結果から、正矢検測誤差は、正矢の一次式で表される「曲率による誤差」と概ね矢の一次式で表される「台車の向きによる誤差」の合計で表され、誤差補正は走行方向別に正矢の一次式を用いて行えるといえる。従って実際の検測によって起こる誤差Eは式(1)(2)及び図4に示す回帰式より、次式で表される。

$$\left. \begin{aligned} \text{展望後走行時 } E &= e + e' \approx 0.0843(Va + Vc) + 0.0477V \\ \text{展望前走行時 } E &= e + e' \approx 0.0843(Va + Vc) + 0.0477V \end{aligned} \right\} \cdot (3)$$

### 4. 通り狂い検測波形の補正

式(3)により、通り狂い検測波形の補正を行った。ただし、 $V \cdot Va \cdot Vc$ は図4に示す回帰式により、それぞれの検測値 $V_m \cdot V_{ma} \cdot V_{mc}$ に置き換えた。補正式は以下の通りとなる。

$$\left. \begin{aligned} \text{展望後走行時 } V &= V_m + E = V_m + 0.0843(1.1365V_{ma} + 1.1365V_{mc}) - 0.0477(1.1365V_m) = 0.9458V_m + 0.0958(V_{ma} + V_{mc}) \\ \text{展望前走行時 } V &= V_m + E = V_m + 0.0843(1.2747V_{ma} + 1.2747V_{mc}) - 0.0477(1.2747V_m) = 1.0608V_m + 0.1075(V_{ma} + V_{mc}) \end{aligned} \right\} \cdot (4)$$

※  $V_m$ : 当該箇所の検測値  $V_{ma}$ : 当該箇所の5m前の検測値  $V_{mc}$ : 当該箇所の5m前の検測値

なお、 $V_m \cdot V_{ma} \cdot V_{mc}$ に用いる値としては、フィルター処理により狂い成分をカットした値を用いた。これは、短い波長の通り狂いに対して台車の挙動は必ずしも追従しないと仮定したものである。

図5に、マヤ車検測波形、補正後の基準線及び10m弦手検測による実測値を示す。これにより、展望前後検測の場合共にほぼ正確な正矢値に補正されていることが分かる。

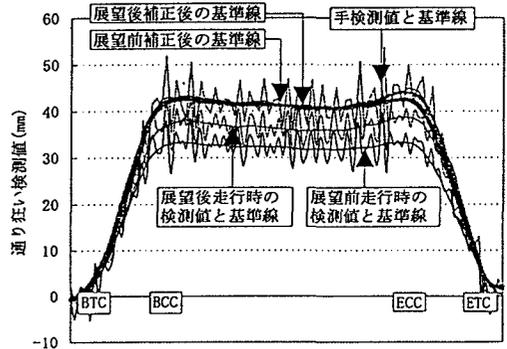


図5 検測波形の補正結果

### 5. まとめ

今回の検討により以下の事柄が確認された。

- ① 通り狂い検測誤差は、測定車輪と電気変換器との間がレール長手方向に離れていることに起因し発生するものであり、それは「曲率による誤差」と「台車の向きによる誤差」の合計として現れる。
- ② 検測誤差は検測方向別に正矢に対して高い相関を持ち一次式により補正することができる。

また、今後の検討事項として、短い波長域での台車の挙動を考慮し、通り狂い成分に及ぼしている影響の検討が必要である。