トラックマスター測定処理判定への移動平均法の適用

九州旅客鉄道株式会社　正会員　○高森　賢司
九州旅客鉄道株式会社　正会員　佐古　武彦

１．はじめに

当社のトラックマスターによる軌道変位検査は，台帳データ（設計値）を基に作成した基準線と測定値の差を求める方法で変位量を算出している．しかし，台帳データと現場線形との僅かな位置ずれにより検査判定が正しく行われず，諸元の修正を必要としている．そこで，高速軌道検測車と同様に，位置ずれの影響を受けない移動平均処理による基準線の作成について検討した．

２．移動平均法適用の検討

移動平均法とは，一定延長の平均値を移動させながら算出したものを基準線とする方法で，その基準線からの離れを変位量とする．図１に通りデータについて設計値による基準線と，測定値の移動平均処理によって求めた基準線を示す.移動平均処理をすることによって，測定値から軌道変位に起因する短波長成分が低減され，設計値に近い基準線を再現することができることがわかる．トラックマスター測定処理判定へ移動平均法を適用するにあたって以下の３点の検討を行った．

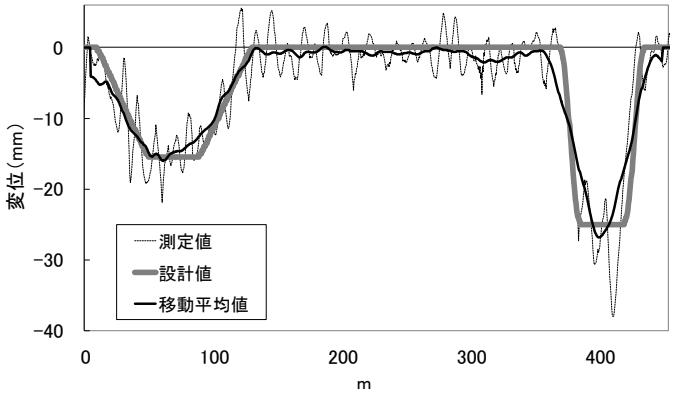

図１　基準線比較（通り）

２．１　移動平均長

測定値の移動平均処理によって，より高い精度で設計値の波形を再現できる移動平均長を導出する．図１で示した曲線（R=500，TCL=40，CCL=40）の測定値と設計値をフーリエ変換し，各波長における振幅スペクトルを図２に示す．ここから設計値を構成する主要な成分は，波長 80m 以上の領域に集中していることがわかる．一方で，測定値には波長 80m 未満の領域にも成分が存在している．この波長 80m 未満の成分は，設計値にはなく測定値のみに見られるため軌道変位に起因する波長であるといえる．

ここで境界となっている 80m は，当該曲線における TCL と CCL の和と一致する．また，線形の異なる様々な曲線で検証した結果，図３に示すように一般的に，設計値の波形は TCL+CCL 以上の波長を主成分としていることがわかった．つまり，移動平均処理によって測定値から波長が TCL+CCL より短い成分を除去することができれば設計値に近い基準線を再現できるといえる．

また，移動平均処理のフィルタリング特性として，移動平均長より短い波長を低減させることができる．そこで，移動平均長を TCL+CCL とすることで測定値から軌道変位に起因する短波長を低減させ，設計値に近い基準線を再現することが可能となる．しかし，曲線ごとに TCL・CCL の延長は異なるため，あらゆる曲線を再現するためには，想定される TCL+CCL の最小値を移動平均長として採用する必要がある．駅構内亘り線などに最短で TCL+CCL =15m の曲線が存在するため，移動平均長は 15m とすることが望ましい．

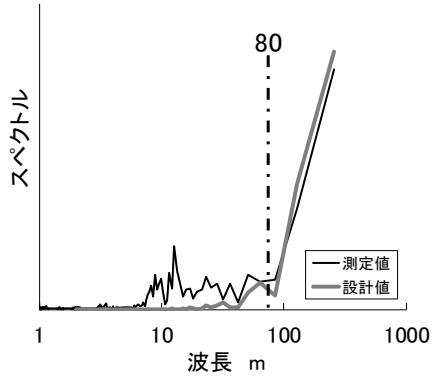

図２　測定値と設計値の振幅スペクトル

キーワード：　トラックマスター，移動平均，軌道変位測定

連絡先：〒860-0055　熊本県熊本市西区蓮台寺 4-1-16 九州旅客鉄道(株) 熊本工務センター　TEL：096-354-9953

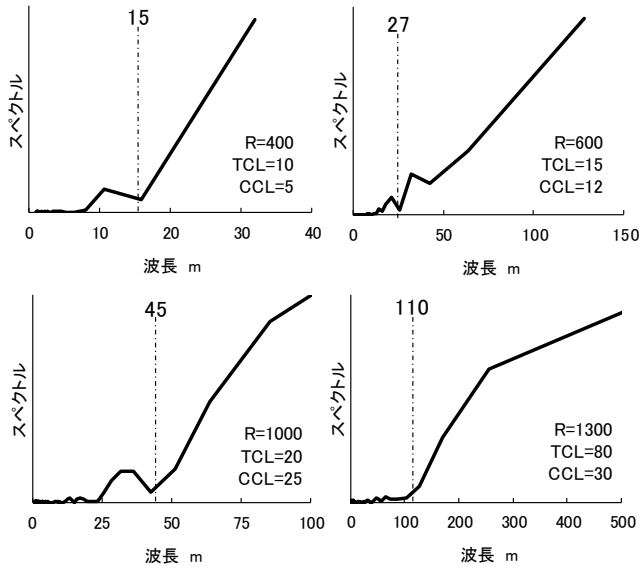

図 3 様々な線形における設計値の振幅スペクトル

2．2 欠損値を補うための測定距離延伸

移動平均処理を行った場合，始終点から一定距離は測定結果が得られない欠損値が生じる．図４に示すように,2m 弦測定値から 10m弦変換値を求める際に始終点から各 4m，さらにαm 移動平均処理をすると各α/2m は移動平均値が得られない．つまり，αm 移動平均処理によって合計 8+αm の欠損値が生じる．

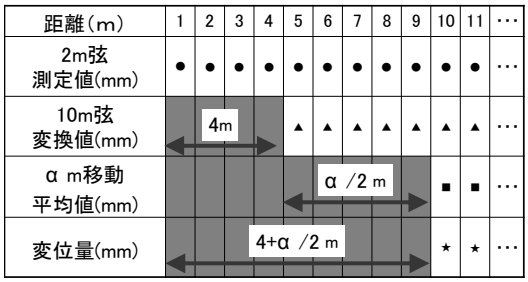

図 4 欠損値の発生過程

そこで，始終点からそれぞれ欠損値と等しい 4+α/2m だけ測定距離を延伸することを検討する．

トラックマスターでは，測定区間の始終点が分岐器となる場合が多いため，測定距離を延伸するには分岐器を含んだ測定が必要となる．分岐器におけるトラックマスター測定ではクロッシング欠線部通過時に異線進入し，異常値が発生してしまう．そのため，測定器側への対策として分機器通過装置機能の導入等が必要となる．また，車止めや留置車両を端点とする測定では，測定距離延伸が不可能であるため,移動平均処理に必要な測定距離を確保できない．この場合は，端点以降の変位量を 0 と仮定して移動平均処理を行うことで対応する．

2．3 移動平均処理回数

高速軌道検測車では，移動平均長が 24m と 18m の二次移動平均法を採用している．このように複数回の移動平均処理を行うことで移動平均長より短い波長成分を低減させる効果が高まるため，より設計値に近い波形を再現することが可能となる．しかし，同時に，追加した移動平均長だけ欠損値の増加も生んでしまう．トラックマスターでは高速軌道検測車と比較して，短い区間での測定が多く，測定距離に占める欠損値の割合が大きくなりやすい.そのため，有効延長確保の観点から移動平均処理回数は１回が望ましい.

3．まとめ

トラックマスター測定処理判定へ移動平均法を適用するにあたって以下に示す３点の結果を得た.

① 移動平均長：15m
- 軌道変位に起因する短波長の除去に適した移動平均長＝TCL+CCL ．
- 多様な線形に適応するために想定される想定される TCL+CCL の最小値を採用.

② 欠損値を補うための測定距離延伸
- クロッシング欠線部を通過する際は，異線進入防止策が必要.
- 測定距離の延伸が不可能な箇所では変位量 0 として基準線算出.

③ 移動平均処理回数：1 回
- 複数回の移動平均処理は，短波長を低減させる効果が高まる反面，変位データが減少.

4．課題

本研究では適切な移動平均長を一意に決定するために，移動平均長を 15m とした．これは想定される TCL+CCL の最小値を採用したためで，線形の異なるあらゆる曲線に対し適切な延長ではない．可能であれば，図３で示したように各曲線延長（TCL+CCL）に応じて移動平均長を変化させることで，より効果的に短波長の除去ができる．今後は，曲線延長に応じた移動平均長変更の可能性についても検討していく必要がある.