

列車動揺の起因に関する一考察

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 植原 健治
 東日本旅客鉄道株式会社 面高 陽紀

1. 目的

お客様及び乗務員からの動揺申告箇所において、「列車動揺検査」「軌道変位検査(動的)」結果では、「異常なし」と判定されている箇所が多い。そこで本研究では、軌道変位検査(動的)による軌道変位(通り・水準・軌間)の項目から得られる局所的超過遠心加速度の指標を考慮して、動揺申告発生箇所において、その発生原因及び特徴について分析し事前把握を試み、サービスレベルの向上や動揺申告の減少を促進させることを目的とする。

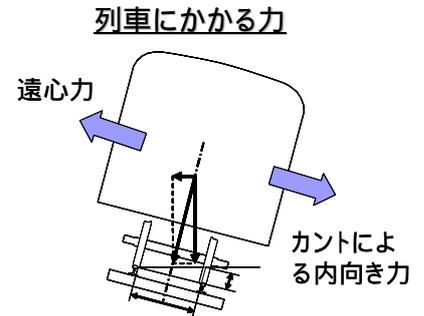


図1 曲線中の力関係

2. 曲線部における列車にかかる力関係

列車が曲線部を通過する場合、外方に遠心力が働くため、車両が外方へ振られる、乗客が外側に押され、乗り心地を害する、外側レールの輪重、横圧が増大するといった影響が生じる。上記の影響を防止するため、曲線外軌側レールを高くしてカントを設定する必要がある。つまり、曲線部においては、外側に働く遠心力とカントによる内向き力が作用することになる(図1参照)。これを局所的超過遠心加速度として式に表すと、

$[m/s^2]=V^2/R-g \cdot C/G$ (V: 走行速度、R: 当該地点の曲線半径、g: 重力加速度、C: 当該地点カント、G: 軌間)で表すことができる。例として、 $R=400 \cdot C=105$ の曲線を $V=65$ (km/h) で走行した時のグラフを図2に示す。この場合は、カントによる内向き力成分の方が大きいいため、 $V=65$ (km/h) ではカント過大である状態であることがわかる。また、遠心力成分については、列車の走行速度による影響が加味されてくるため、超過遠心加速度の時間変化率も合わせて示す。

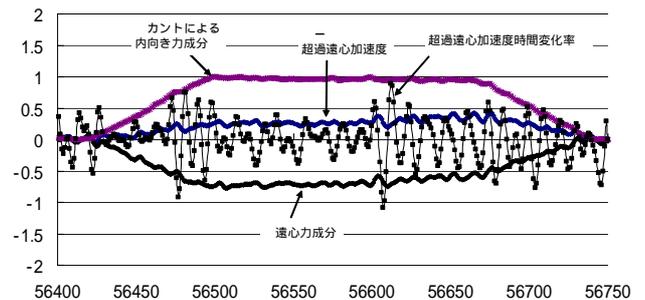


図2 超過遠心加速度のグラフ

3. 動揺申告発生箇所の分析

次に、乗務員からの動揺申告が発生する箇所の例について、上記項目を考慮して考察を行う。対象区間は、中央本線・下り線高尾～相模湖駅間 54k525m 付近での動揺申告箇所(軌道変位検査(動的): 目標値以下、列車動揺検査: $0.18g$)を分析する。当該箇所は、曲線中の抜沢橋りょう内(ロング区間・曲線半径600m・カント70mm)の区間で、図3に示すように申告箇所で超過遠心加速度変化率が大きくなっている。この動揺の原因として、軌道変位での影響をみると、遠心力成分の「通り量」による影響であることがわかる。「通り整正」施工後の状態も同様に図4に示す。「通り量」が影響を与える遠心力成分について、曲線中の申告箇所付近においても、値が小さくなっており、状態が良化していることがわかる。

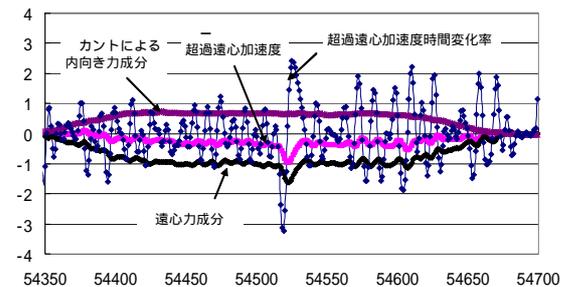


図3 動揺申告箇所におけるグラフ

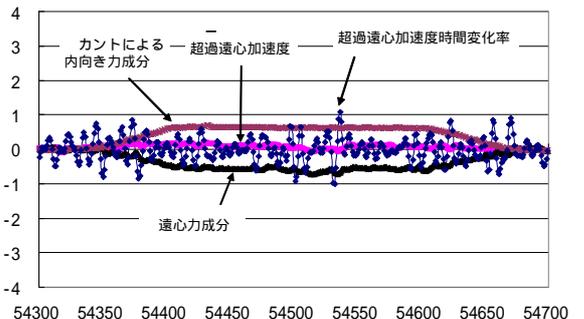


図4 施工後におけるグラフ

キーワード 列車動揺, 遠心力, 軌道変位, 加速度変化率, 乗り心地向上

連絡先 〒192-8502 東京都八王子市旭町1-8 TEL: 042-620-8568

4. 動揺申告発生箇所分析

今年度、乗務員による左右動揺指摘箇所及び列車巡視での複数回指摘箇所(軌道変位検査及び列車動揺検査では目標値以下の箇所)の超過遠心加速度変化率の全振幅値の一覧を図5に示す。この図から、以下のことがわかる。

申告箇所における構造的特徴としては、曲線区間中の下水きょや踏切区間・EJ部・トンネル区間の締結装置変更箇所が挙げられていた。

超過遠心加速度変化率の全振幅値として、3.0 [m/s³]以上が出力されている。

施工前後のデータを比較すると、超過遠心加速度変化率の値は小さくなっている。

速度が20km/h~25km/h程度の遅い場合には、遠心力成分が小さく正当に評価できないと推測される。

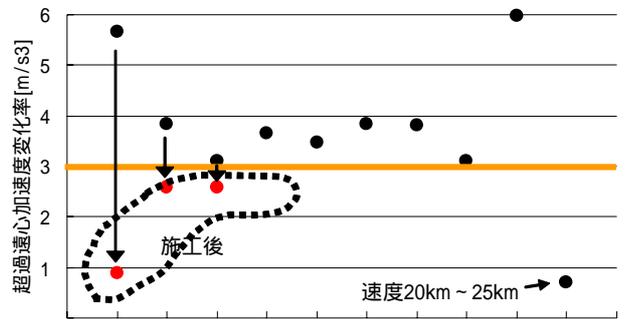


図5 動揺指摘箇所の超過遠心加速度変化率

5. 動揺申告発生箇所分析

ここで、超過遠心加速度変化率の全振幅値として、3.0 [m/s²]を基準線に引き、例として南武線(下り)の超過遠心加速度変化率を図6に示す。これをみると、超過遠心加速度変化率3.0 [m/s²]を超える箇所として、

分岐器部・踏切部(乗務員による左右動揺指摘箇所)に大きく区分される。また、この動揺申告箇所を図7に示す。前後の軌道状態は良好であるが、申告箇所付近において、突発的に超過遠心加速度変化率が大きく現れていることがわかる。他線区においても、分岐器・踏切等の構造係数の変化が大きい箇所について、超過遠心加速度変化率も大きく現れていることがわかった。よって、超過遠心加速度の時間変化率における閾値としては、乗務員申告箇所及び列車巡視での複数回指摘箇所から考慮して、全振幅で3.0 [m/s²]以上において、整備基準としての取り扱いが適当ではないかと考えられる。

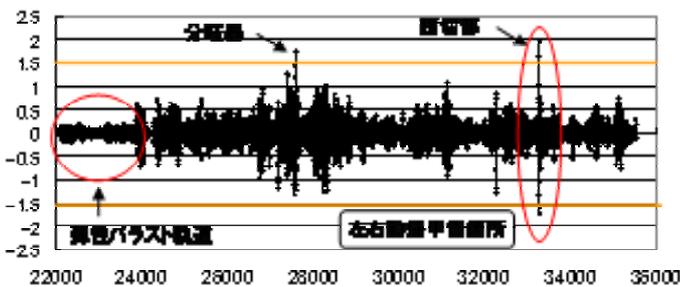


図6 超過遠心加速度変化率(南武線・下り)

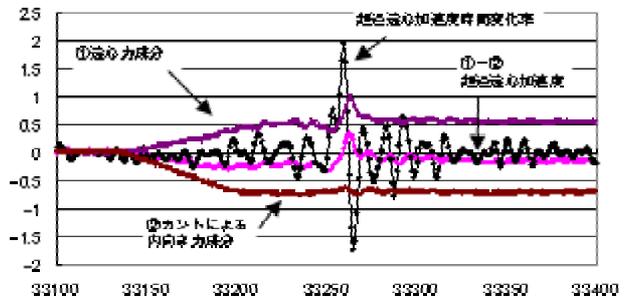


図7 動揺指摘箇所におけるグラフ

6. まとめ

本研究のまとめを以下に示す。

今回、動揺申告箇所(軌道変位検査・動揺検査ともに目標値以下箇所)での分析として、複数の軌道変位項目及び列車速度を加味した超過遠心加速度変化率を用いて解析した。この項目を検討する事により、列車にかかる力関係から、体感(動揺)に影響を及ぼしている軌道変位項目・突発的な軌道変位に関する把握等を評価できると考えられ、従来の検査では把握できない動揺管理の新たな指標の1つとして用いる可能性を示すことができた。

分岐器・橋梁等の構造係数の変化が大きい箇所について、超過遠心加速度変化率も大きく現れることがわかり、倍振幅で3.0 [m/s²]以上において整備基準としての取り扱いが適当ではないかと考えられる。一方、列車速度が非常に遅い場合には変化率が小さく計算され、正当に評価できないものと推測される。