

軌道メンテナンスへの影響評価



輪田 朝亮*



小関 昌信*

FASTECH360の高速走行試験を通じて、営業速度向上が軌道メンテナンスへ与える影響について、以下の4項目を試験した。第一に、軌道部材に与える影響について、速度向上試験時にレール応力などの地上測定を実施し、疲労や破壊に対して通常の線路状態において問題がないことを確認した。第二に、列車風の増大が保守用通路における作業員の保守用通路内立ち入りや、バラスト軌道の表面状態に対して列車風の増大が与える影響について、風速測定やビデオ撮影により評価を行い、その影響や対策が必要な速度域を検討した。第三に、軌道変位管理については、乗心地管理としてFASTECH360の振動特性から管理に用いる軌道変位の弦長を検討し、走行安全性を確認する目的で、人為的に軌道変位を設定した走行試験を実施し、軌道変位と走行安全性指標の関係について調査し、その管理手法について検討した。第四に、高速走行中の車両からの水塊の落下による雪害について、バラストスクリーンへの影響評価を実施した。それらの検討結果について記述する。

●キーワード：レール応力、スラブ表面応力、列車風、道床表面風、軌道管理、落雪対策

1. はじめに

新幹線の営業速度向上が軌道メンテナンスへ与える影響を評価する際に検討する内容は、大きく分けると次の4項目になる。FASTECH360の高速走行試験を通じ、これらの各項目について検討した。その検討結果について概略を以下に記す。

- 1) 軌道部材への影響
- 2) 列車風が保守作業に及ぼす影響
- 3) 軌道管理方法の検討
- 4) 雪害（車両からの落雪）の影響

2. 軌道部材への影響

軌道部材に発生する応力および、変位量を速度向上走行試験時に地上で実測し、速度の増加によりレール、締結装置、軌道スラブに及ぼす影響について、速度と発生応力などの関係から評価した結果を以下に述べる。なお、曲線内では速度向上とともに横圧増加が確認されているため、発生応力などは曲線内の外軌レールで測定した。

2.1 レール応力、レール締結装置応力の評価

360km/hまでレール応力を測定した結果、応力は速度とともに増加傾向を示したが、いずれも疲労限度以内であり、通常の線路状態において破壊や疲労に対して問題ないことを確認した。

レール締結装置応力を測定し、平均応力と変動応力の関係を整理し、疲労に対する評価を行った。その結果、360km/hまで疲労限度、へたり限度以内であり、通常の線路状態においては問題ないことを確認した。

2.2 軌道スラブ表面応力の評価

軌道スラブは取替が困難な部材であることから、高速化が長期耐久性へ及ぼす影響の評価する必要がある。軌道スラブ表面に過大な引張応力が作用しひび割れが発生すると、雨水の浸入による凍結融解などによりひび割れが拡大し、鉄筋の腐食が生じることが懸念される。そのため、列車通過時にスラブ表面に発生する動的応力を測定し、速度影響を評価した。395km/hまで測定した結果、最大発生応力は、軌道スラブ(PRC)形式の走行判定標準値以内であることを確認した。

3. 列車風が保守作業に及ぼす影響

走行速度が高まるにつれ列車風は増大する。保守用通路における風速の増大は、運転時間帯の保守用通路内立ち入りへの影響が懸念される。また、バラスト表面風の増大によりバラストが巻き上がる場合は、冬季の雪害対策のために設置しているゴム製の被覆工であるバラストスクリーンを一年中敷設する必要が生じる。そのため、MTT施工などの軌道整備時にはバラストスクリーンの撤去復旧作業が当日に必要となり、軌道整備の作業区間の長さにも制約が生じる可能性がある。そこで、保守用通路で作業員が受ける列車風速と、バラスト表面風速を測定し、影響を評価した。なお、E2・E3系が275km/hで通過する際に発生する風速と比較し、評価を行っている。

3.1 保守用通路における作業員への影響評価

保守用通路の列車風は、3次元超音波風速計を設置して測定した。一般的にその列車風は、編成長が長いほど増大するため、FASTECH360のE954形式とE955形式が併合運転を測定対象とした。同形式が360km/hで走行した時の風速は、E2・E3系が275km/hで通過する際に発生する風速と

同等程度かそれ以下であった(図1)。よって、従来と同様に徒歩巡視などの柵内立ち入りが実施可能と考えている。

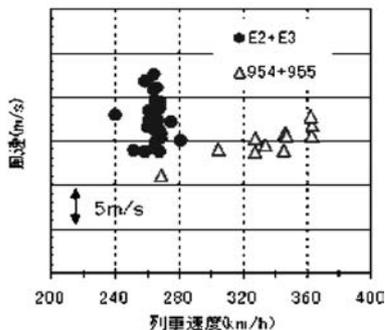


図1 列車風速と速度の関係

3.2 バラスト表面風速の評価

2003年にE2系を用いた速度向上試験の結果から、320km/hを超える速度域ではバラストが巻き上がることが懸念された。そこで、FASTECH360の速度向上試験時には、道床表面風速の測定と、バラストの挙動を把握するためにバラスト表面の状態を撮影した。

320km/hを超える速度域では、E2・E3系が275km/hで走行する時と比較して風速が大きくなった。その際、バラストの移動は発生しなかった。しかし、340km/h超ではバラストが転がり移動する可能性が認められた。上記の結果から、今後導入される新型営業車の台車周りや床下の平滑性がFASTECH360と同様な条件ならば、320km/hに営業速度を向上した場合でも、道床補修作業に伴うバラストスクリーンの撤去・復旧作業の取扱いは現行どおりで問題ないという見込みを得た。ただし、営業速度をさらに向上する場合は、別途、対策が必要と思われる。

4. 軌道変位管理方法の検討

軌道管理手法の検討として、乗心地管理と走行安全性管理について検討した。乗心地管理は、FASTECH360の軌道変位に対する応答特性から、どの波長帯を軌道変位管理の対象とすべきか検討した。走行安全性管理は、既往の研究から影響が大きいと考えられる通り変位に着目し、人為的に通り変位を設定した走行試験を実施して、通り変位と走行安全性指標(横圧・輪重比)の関係、左右動揺加速度と速度の関係を調査した。

4.1 乗心地管理

FASTECH360の車両動揺を周波数分析した結果、左右動揺加速度は波長30~50m付近で卓越することがわかった。この波長帯域は、40m弦通り変位の検出倍率が良好な範囲であることから、従来と同様に40m弦管理が有効であると考えられる。また、上下動揺加速度に対して同様の分析を行った結果、波長20m付近の寄与も比較的大きいことがわかった。

よって20m弦、40m弦の両者による管理が有効と考える。

以上より、高速営業時の乗心地管理は、引き続き20m弦、40m弦による管理が妥当であると考えられる。

4.2 走行安全性管理

通り変位と走行安全性の関係について、既往の研究や通り変位の軌道検出特性から、高速域では台車間距離に近い波長20m域の管理に対する必要性が高まることが知られている。実際の営業線軌道に人為的に20m波長域の通り変位を設定し、走行試験により輪重・横圧を測定して、走行安全性指標を評価した。その結果、320km/h走行時に、単独の通り変位が現行の基準値レベルであっても、走行安全性指標(横圧・輪重比)が、限界に対して大きな余裕があることを確認した。

次に、左右動揺加速度と速度の関係について、上記の軌道変位設定区間上を70km/hから320km/hまでの7段の速度で走行し、測定結果を整理した。その結果、両者の間には高い相関関係があることを確認した(図2)。

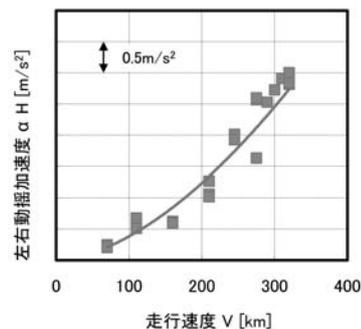


図2 左右動揺加速度と速度の関係

5. 雪害の影響

JR東日本管内には多くの降雪地域があり、高速走行中の新幹線車両からの落雪対策は非常に重要である。その対策としてバラスト区間に設置しているバラストスクリーンに対して、320km/h運転時の落雪の衝撃による地上設備の破損が懸念された。そこで、バラストスクリーンの経過年数の違いによる耐落雪強度を調査した。その結果、経年20年以上のものや再生ゴムを多く含有するものは、衝撃時に深いき裂、複数のき裂が生じることがあり得るため、現在、320km/h営業運転に向け、バラストスクリーンの老朽取替を推進している。

6. おわりに

FASTECH360の高速走行試験を通じて、営業速度の向上が軌道メンテナンスに与える影響を評価した。今後は、E5系、E6系の量産先行車の走行試験を実施して、最終確認を実施する予定である。