下級線区における列車速度低減による効果の検証

九州旅客鉄道(株)　正会員　○津山雅徳
九州旅客鉄道(株)　田神哲也
九州旅客鉄道(株)　榎並志則

1.　はじめに

弊社では，輸送量や重要度に応じて，線区，区間別に等級を 4 段階に分類しており，当管内（筑豊篠栗鉄道事業部）は全てが下級線区である 4 級線に分類される．下級線区では，安全輸送の確保を大前提に，鉄道による移動ニーズの縮小による鉄道事業の経営環境の変化，労働人口の減少に伴う労働力の低下により，より効率的かつ経済的な線路の維持管理が必須となっているが，その手法は確立していない．そのような状況の中，近年，列車速度低減による軌道補修の延伸化が考えられてきている．そこで，本稿では，将来的な下級線区の維持管理手法を見据え，下級路線の中でも，列車最高速度が速く，通過トン数も多い篠栗トンネルにおいて，列車速度低減による効果の検証を行った．

2.　篠栗トンネルの概要

本検討箇所である篠栗トンネルは，4,550m の長大トンネルであり，建築限界支障により軌道扛上が不可であることから,一般的な補修方法であるマルチプルタイタンパによるつき固めが不可能であり，軌道補修がほぼ行えない現状がある．また，篠栗トンネルが位置する篠栗線は,通過トン数は約 770 万トンと下級線区では多く，乗り心地向上を目指している線区である．そこで，本研究では，補修の施工条件に制約がある篠栗トンネルにおいて,軌道補修の延伸化を目指し，列車速度低減効果について検証を行う．

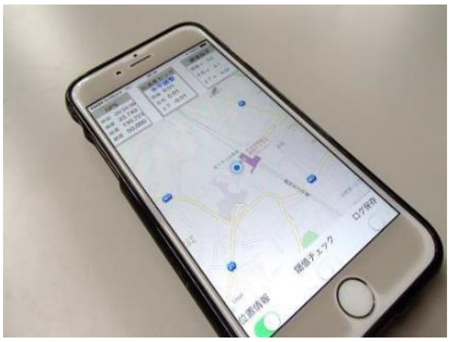

図-1　アプリ測定

3.　検証の概要

本研究で対象とする篠栗トンネルは，乗り心地向上を目指しているにも関わらず，施工条件に制約があるため補修頻度が少ないことによる列車動揺に起因した不快感が問題視されている．そこで，本研究では，現行 100km/h の列車速度を，70km/h，60km/h に速度低減を行い，乗り心地向上及び補修周期延伸を図る．検証方法として，iPhone アプリ（図-1）を用いた列車動揺測定での比較を行う．加えて，通常，列車動揺検査では車両の先頭での測定を行うが，本研究では，乗り心地向上を目指す観点より，列車動揺が大きいと想定される先頭車両の後方で測定を行う．検証方法として，測定した上下動揺と左右動揺の関係より，列車速度低減の効果の検証を行った．加えて，篠栗トンネル内（16k000～16k025）での高低変位進みの推定，整備対象値までの耐用年数の算定を行った．

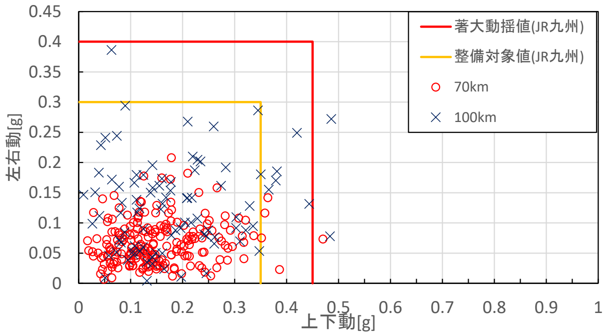

図-2 上下・左右動揺と判定基準の関係（70km/h）

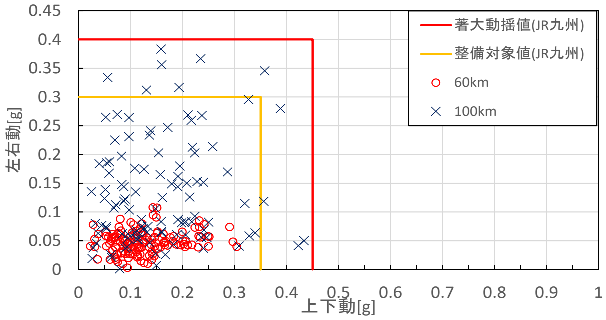

図-3　上下・左右動揺と判定基準の関係（60km/h）

4.　検証結果

4.1　列車動揺測定の比較

現行 100km/h の列車速度と 70km/h, 60km/h に速度低減した列車動揺測定の上下動揺と左右動揺の関係によって

キーワード：軌道管理，下級線区，軌道変位，列車動揺，動揺測定
連絡先：九州旅客鉄道(株)筑豊篠栗鉄道事業部工務　〒822-0034 福岡県直方市大字山部 301-1　TEL0949-22-0520

© Japan Society of Civil Engineers

比較を行った．また，動揺による走行安定性は，速度向上試験マニュアルの上下動揺で 0.35g，左右動揺で 0.30g の動揺を整備対象値としており，この基準に達すると，補修が必要と判断している．本研究で測定を行った**現行** 100km/h と速度低減 70km/h の比較結果を**図-2** に，**現行** 100km/h と速度低減 60km/h の比較結果を**図-3** に示す．**図-2**，**図-3** より，速度低減を行うことにより，動揺値が減少し，整備対象値よりも小さな値を示している．特に 60km/h まで速度低減を行うと，動揺値が大幅に整備対象値よりも小さいことがわかる．以上より，列車動揺値による速度低減の効果があることがわかる．

4.2　　高低変位進みの推定

本節では，速度低減に伴い，高低変位進みの抑制について検討を行う．推定計算は，鉄道構造物等設計標準・同解説 [1)]を参照して行う．また，計算条件を**表-1** に示す．計算結果を**図-4** に示す．**図-4** より，現行 100km/h では，年間 4.058mm の高低変位進みが生じるが，60km/h まで速度低減を行うことにより，年間 2.182mm の高低変位進みとなり，年間で約 2mm の高低変位進みの抑制につながる．以上より，速度低減により，高低変位進みの抑制を図れることが示唆された．

4.3　　整備対象値までの耐用年数の推定

本節では，前節での高低変位進みの推定結果を用いて，整備対象値までの耐用年数の推定について検討する．弊社における高低変位の整備対象値は，30mm となっており，この値を超過すると補修が必須となる．計算条件は前節と同様に**表-1** とする．また，2019 年 3/4 期のマヤ検測による軌道変位検査より，研究対象としている篠栗トンネルにおいて，最も大きな高低変位を算出すると，19.9mm の高低変位があった．そこで，本節の検討では，19.9mm から整備対象値までの耐用年数を現状耐用年数とし，補修等により高低変位が 0 となる場合の整備対象値までの耐用年数を最大耐用年数として推定を行った．計算結果を**図-5** に示す．**図-5** より，現状耐用年数は，現行 100km/h の場合，2.5 年で整備対象値に到達するが，60km/h まで速度低減を行うことにより，4.6 年で整備対象値に到達することとなり，約 2.1 年の補修周期延伸につながる．加えて，最大耐用年数は，現行 100km/h の場合，7.4 年で整備対象値に到達するが，60km/h まで速度低減を行うことにより，13.6 年で整備対象値に到達することとなり，約 6.2 年の補修周期延伸につながる．以上より，速度低減により，高低変位進み推定による整備対象値までの補修周期が延伸していることから，速度低減効果があることが示唆された．

表-1　推定計算条件

レール種別	60kgレール
まくらぎ種別	PCまくらぎ3号 (38本/25m)
道床厚(mm)	200
路盤強度(MN/m^3)	70
輪重(tf)	9.09
通過トン数(万t/年)	約770

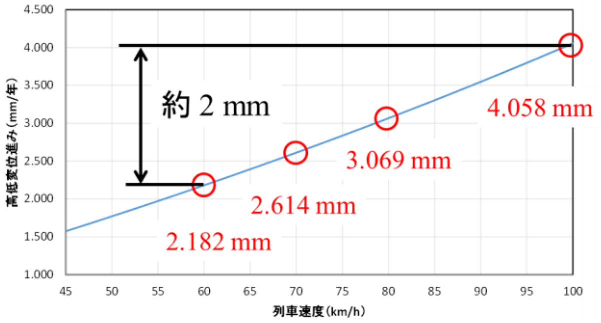

図-4　列車速度による高低変位進みの推定

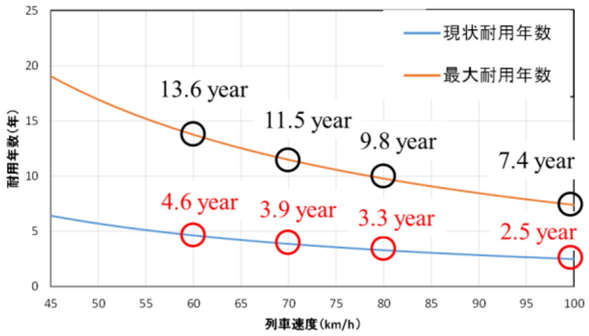

図-5　整備対象値到達までの耐用年数

5.　まとめ

本研究では，上下動揺と左右動揺の関係より，列車速度低減の効果を検証し，高低変位進みの推定，整備対象値までの耐用年数の算定を行った．その結果，速度低減に伴い，上下動揺・左右動揺の発生を抑制し，高低変位進み・整備対象値の推定より，軌道補修を延伸できることが示唆された．

参考文献

1）鉄道構造物等設計標準・同解説　軌道構造　付属資料 15～17，pp.264-306.