

トンネル区間内における左右動揺の抑制手法の検討について

東日本旅客鉄道株式会社 正○石川 裕司
 東日本旅客鉄道株式会社 正 奥戸 出
 東日本旅客鉄道株式会社 非 栗原 伸

1. 研究の背景と目的

新潟新幹線保線技術センター管内では、East-i(高速軌道検測車)1 走行あたり左右動揺の目標値超過が約 50 箇所発生している。これらの構造物ごとの内訳を見ると、8 割以上はトンネル内の一般区間に集中している(図-1)。また、乗り心地レベルもトンネル区間が最も悪く、お客さまによりよい乗り心地サービスを提供するためにはトンネル区間の左右動揺の改善が当技セの課題となっている。

現在、左右動揺対策として目標値超過(通り 5mm および左右動揺 換算 0.16g)を対象に 40m 弦通り整正により整備を行っている。しかし、トンネル区間においては、乗り心地が改善しておらず、要因の特定と対策の実施が求められている。本研究では①動揺発生箇所の現状把握、②通り変位以外の他の軌道変位の左右動揺への影響分析、および③影響要因の施工前後の動揺波形の改善効果の 3 点について検討を行い整備手法の提言を目指す。

2. 左右動揺発生箇所の現状把握

現状の把握として、トンネル区間内の左右動揺の目標値超過箇所における 40m 弦通り変位ピーク値を確認した(図-2)。図-2 から、40m 通り変位が目標値 5.0mm を超えている箇所は全 40 箇所中 1 箇所のみであった。

さらに、乗り心地管理指標として用いられる 40m 弦通り σ 値と乗り心地レベルの関係を調べた。 σ 値を目標値レベル I ($\sigma=2.3$ 以下)に管理することで乗り心地レベルを良い(88dB 以下)に維持することができるといわれている。図-3 に乗り心地レベルと σ 値の関係を示す。図-3 から σ 値レベル I 以下の箇所で乗り心地レベル 88dB 以上は約 45%と半数近くが σ 値レベル I 以下で発生している。

図-2,3 から動揺箇所の大部分を占めている網掛け部の箇所では左右動揺に 40m 弦通り変位以外の要因が影響しているものと推定できる。以上より、トンネル区間での左右動揺の改善を図るには、通り変位以外の軌道変位等が左右動揺に与える影響の検討が必要である。

3. 他の軌道変位の左右動揺への影響分析

3.1 左右動揺と軌道変位のピーク値

左右動揺の目標値超過箇所において 40m 弦通り変位の軌道変位の影響の評価を行った。目標値超過箇所における 40m 弦高低変位・軌間変位・長波長水準変位のピーク値を図-4 に示す。図-4 から 40m 弦高低・軌間変位(高低 7mm, 軌間+6,-4mm)ともに軌道変位の大きさはいずれの箇所も目標値以下であった。長波長水準変位については目標値が設定されていないが水準変位の目標値 5mm を適用すると、目標値超過箇所は 3 箇所のみであった。また、各 σ 値と乗り心地レベルの関係についても同様に関連は見られなかった。以上より、軌道変

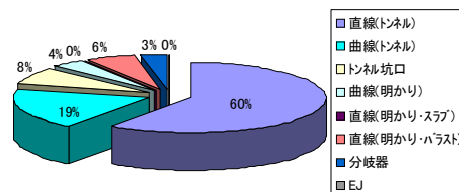


図-1 左右動揺の目標値超過箇所の構造物内訳

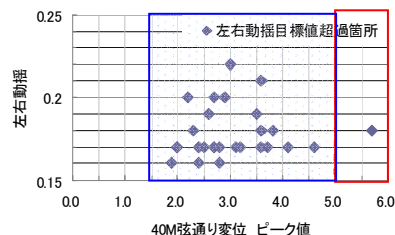


図-2 左右動揺目標値超過箇所での 40m 弦通り変位のピーク値

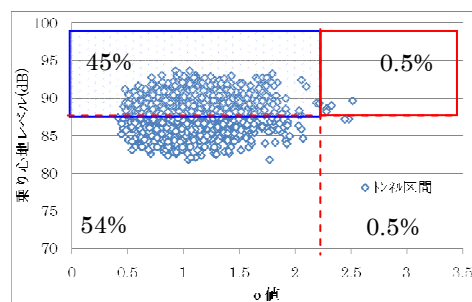
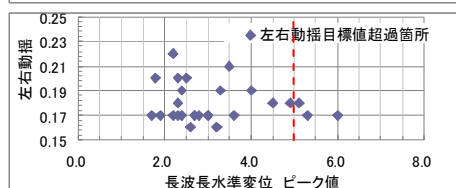
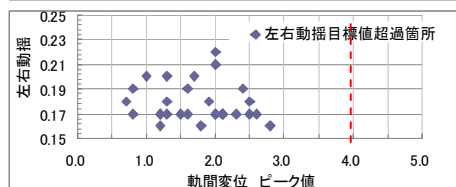
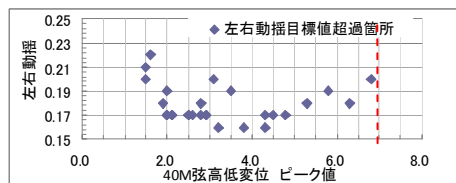
図-3 σ 値と乗り心地レベル

図-4 左右動揺と軌道変位のピーク値の関係

キーワード；左右動揺、長波長水準

連絡先；新潟新幹線保線技術センター長岡派出 〒940-0061 長岡市城内町2-794-4

位のピーク値単体だけでは左右動揺の発生原因の特定は困難であり、他の視点から分析を行う必要がある。

そこで、左右動揺の目標値超過箇所のチャートを確認すると、左右動揺の波形は約 40m の波長を持っている。これは新幹線車両の固有振動は振動数が 1.0-1.5Hz と言われており、上越新幹線の速度換算では約 40m の波長で共振を起こす。一般的な動揺対策として通り・高低変位に対しては 40m 弦の長波長整備を実施している。そこで、軌間・長波長水準に対しても同様に軌道変位波長と動揺波長に着目して分析を行った。

3.2 左右動揺と軌道変位波長の分析

左右動揺の目標値超過箇所における左右動揺と長波長水準・軌間変位の波長分析の結果を図-5,6 に示す。図-5,6 における波長は動揺および変位のピーク波長を表している。図-5,6 から、左右動揺と長波長水準の波長には約 7 割程度の箇所で見られたものの、左右動揺と軌間変位は相関が見られなかった。さらに、軌間は変位の振幅も小さくチャート上でもほとんど波が見られなかったため、本研究では長波長水準に着目し整備を実施することとした。図-5 において左右動揺と長波長水準の波長に相関が見られた箇所のチャートの一例を図-7 に示す。図-7 から、動揺のピーク付近において左右動揺と長波長水準変位は共に約 40m の波長となり類似していることから、左右動揺は長波長水準によるローリングと車両の固有振動が共振し動揺が発生していると推定できる。動揺と共振する水準波長の解消を目的に整備を行った。

4. 整備効果の検証

本年度、左右動揺の目標値超過箇所のうち波長の相関が高かった 5 箇所を選定し長波長水準変位の整備を実施した。整備箇所の施工前後の左右動揺ピーク・乗り心地レベル、長波長水準を表-1 に示す。表-1 より長波長水準のピーク波長の全振幅を解消することで、左右動揺ピーク値・乗り心地レベルともに改善が見られた。表-1 より、施工後では長波長水準を全振幅で 2mm 以内としたことで動揺に改善が見られたことから、40m 程度の波長を持つ長波長水準の管理値をピーク値でなく、波の全振幅で 2mm 以内とすることでローリングを抑制することができると推定できる。表-1 の(下)169k600 付近の施工前後の左右動揺・長波長水準のチャートを図-8 に示す。図-8 からも長波長水準のピーク値を解消することで、施工前の左右動揺 0.18g(全振幅)から施工後 0.06g(全振幅)と左右動揺の大幅な改善が見られた。さらに施工後では左右動揺の目標値超過の再発はほとんど見られていないことから、長波長水準の整備により一定の効果が見られたと考えられる。

5. まとめと今後の予定

トンネル区間における左右動揺には 40m 弦通り変位だけでなく様々な要因が影響している。その中でも本研究では特に左右動揺と長波長水準の波長に着目し分析を行った。得られた知見を以下にまとめる。

- ・ 左右動揺の波長と長波長水準変位波長には一定の相関性があり、類似する波長のピークを解消することで動揺改善を図ることができた。
- ・ 波長 40m の長波長水準を 2mm 以内で管理することでローリングの抑制を図ることができた。

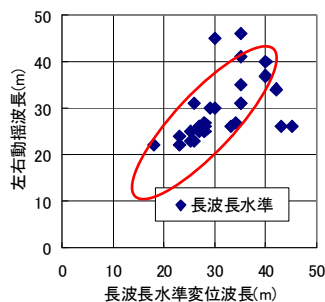


図-5 左右動揺と長波長水準変位波長の比較

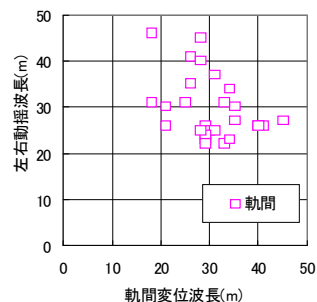


図-6 左右動揺と軌間変位波長の比較

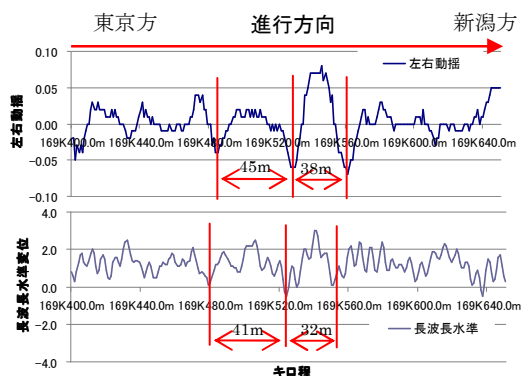


図-7 左右動揺目標値超過箇所のチャートの一例

表-1 施工前後の長波長水準・乗り心地・左右動揺の比較

整備箇所	線別	キロ程	左右動揺ピーク		乗り心地レベル		長波長水準	
			施工前	施工後	施工前	施工後	施工前	施工後
下	169600		0.18	0.06	93.2	88.8	3.5	1.5
	172800		0.16	0.11	92.7	86.5	3.1	1.2
	190700		0.17	0.11	93.4	89.1	4.2	1.9
	190300		0.16	0.06	92.8	87.6	3.3	1.5
下	199200		0.21	0.17	90.6	86.8	4.3	1.5

(左右動揺・長波長水準は全振幅)

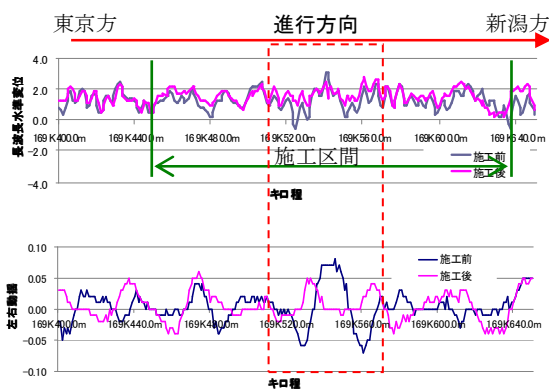


図-8 施工前後の長波長水準と左右動揺