

高架橋ジョイント部白石化箇所対策について

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○小園耕平
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 鈴木常夫

1、はじめに

山陽新幹線（新大阪 - 岡山間）が開業して 30 年が経過し、高架橋ではバラストの白石化という問題が顕著になってきた。白石化箇所は、バラスト流れが多く発生し、マクラギ露出による道床横抵抗力の低下や、道床流れ処理の多投入、バラスト同士の支持力の低下による保守周期の短命化という問題がある。白石化の発生箇所は、溶接や IJ のような衝撃荷重の発生しやすい箇所や、高架橋のジョイント部の影響が主である。こうした高架橋ジョイント部では、高架張り出し部を全て弾性マクラギ化することで解消することが判明したが²⁾、経費も膨大にかかるため、本論文では、弾性マクラギの効果的な本数の検討と、さらに安価な対策について検討することとする。

2、白石化発生状況

白石化は、高架橋ジョイント部での発生割合が 74% と非常に高くなっており、高架橋ジョイント種別毎の発生割合は、ラーメン高架橋（以後 R-R ジョイント）での発生数と発生割合が非常に高くなっている（図-1）。

3、道床状態の現状

白石化箇所の道床状態を確認する為、道床掘削を行った。掘削箇所は、道床更換をほぼ同時期に行った箇所を選定した。

①一般部とジョイント部

一般部ではマクラギ下面約 100mm の所から細粒化が発生しているが、ジョイント部では、マクラギ下面直下から細粒化が発生している。

②構造の異なるジョイント

R-R と R-T では、R-R の方が細粒化が進行している。

以上のことから、ジョイント部による白石化箇所では細粒化状態が異なることや細粒化を促進させていることが判明した。また、ジョイント種別で細粒化が異なることも判明した。このことから R-R ジョイントについて分析することとする。

4、対策の検討

道床白石化箇所において道床細粒化が確認された。一方、弾性マクラギを 15 本敷設した場合、細粒化の抑制と高架橋の振動加速度の低減効果が得られることが確認されている²⁾。しかしながら、R-R ジョイントにおいて全て弾性マクラギ 15 本敷設が望ましいとは考えられない。全てのジョイントに弾性マクラギを敷設するのは膨大なマクラギ本数が必要でありコスト的に困難である為、その代替案として安価な二つの対策を検討する。

4-1、効果的な弾性マクラギの敷設

弾性マクラギを敷設することで高架橋ジョイント部の振動を低減させ、道床細粒化とバラスト流れを抑制し保守周期を延伸できると考えられるが、コスト的な観点から効果的な弾性マクラギの敷設本数を検討する。施工箇所は、道床交換を実施した箇所であつて白石化であったジョイント 4 箇所に、それぞれ 4, 6, 8, 10 本の弾性マクラギを敷設した。検討方法として、施工前、施工直後、施工後 2 ヶ月後と定期的に高架橋張り出し部の振動加速度を測定し、30Hz 以下の高架橋の振動と考えられる周波数領域の低減効果と 30Hz 以上の浮きマクラギと考えられる周波数領域の低減効果を比較し検討することとした。

4-2、道床入換え

道床支持力を向上させる為には、道床自体を入換える道床交換が一般的であるが、経費も膨大であることから安価な対策を考慮することとする。安価な対策として、MTT の現場到着までの時間を有効活用し、道床バラストを入換える方法で支持力の向上を狙った。

MTT 施工時には、タンピングツールのツールブレード上部が、マクラギ下面 10～20mm の深さになるよう作用させた（図-4）。ツールブレードの高さ 70mm を加え考えると（図-5）マクラギ下面約 80～90mm の深さで作用していることとなる。一方で、一般部の細粒化はマクラギ下面 100mm のところから細粒化しているため、一般部のマクラギ下面約 100mm は比較的状态の良いバラストであり、スクイズさせても状態の良いバラストがマクラギ下面に挿入される。しかし、ジョイント部の細粒化はマクラギ直下から細粒化しているため、スクイズさせても細粒化バラストがマクラギ下面に挿入されるだけで道床支持力の向上に影響が無いことから、状態の良いバラストをマクラギ下面に挿入することが必要となると考えられる。以上のことから、道床入換え

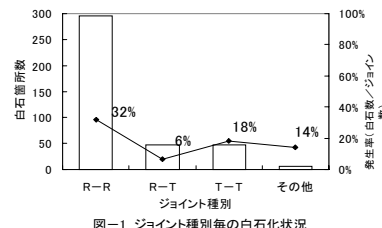


図-1 ジョイント種別毎の白石化状況



図-2 一般部（下り 567k273m）



図-3 ジョイント部（下り 567k280m）

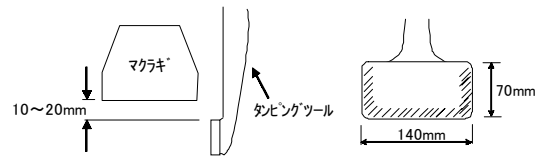


図-4 突き固め施工位置

図-5 ツールブレードの寸法

・キーワード：白石化、高架橋ジョイント部、弾性マクラギ、道床入換え、振動加速度

・連絡先：西明石新幹線保線区 〒673-0049 明石市西明石西町 1-1-9 TEL(078)922-3620 FAX(078)922-3627

の施工範囲をマクラギ間のマクラギ下面 100mm とした（図-6）。また、施工方法は MTT 施工当夜、MTT が現場に到着するまでの時間に、状態の悪いバラストを周辺の良いバラストに入換え、その後 MTT にて突き固め道床支持力を向上させる方法とした。

5、対策の結果

5-1、効果的な弾性マクラギの敷設

測定された全ての周波数帯域での高架橋振動の大きさ（オールパス（AP））での比較（図-7）では、弾性マクラギを 10 本敷設した場合、施工前に比べ施工後は低減している。しかしながら、弾性マクラギ 4 本敷設した場合は、施工前に比べ施工後は悪化している。これは、敷設本数（敷設幅）が多い方が、弾性マクラギの緩衝被覆材が衝撃を吸収する効果が高いために高架橋張り出し部の振動を低減させていると考えられる。

多くのジョイント部は、1～4 間の白石化が発生しており、列車速度（ここでは 250km/H）から 30～120Hz の周波数領域がマクラギの浮き状態であると考えられる。また、高架橋張り出し部の長さが 2～3.5m であることから 30Hz 以下の周波数領域が高架橋張り出し部の振動と考えられる。

高架橋の振動加速度 1/3 オクターブ（図-8,9）では、弾性マクラギ 10 本敷設した場合、施工前後で 30Hz 以下の周波数領域、30Hz 以上の周波数領域ともに若干良化傾向にある。しかしながら、弾性マクラギ 4 本敷設の場合、30Hz 以下の周波数領域においては悪化している。これは、弾性マクラギ 4 本では、高架橋の張り出し部自体の振動を完全に吸収できていないためと考えられる。但し、高架橋張り出し部が下から突き上げるものの、バラストとマクラギの衝撃を緩和することが出来たため、高周波数領域である浮きを低減していると考えられ、このことより細粒化を抑制できると考えられる。

5-2、道床入換え

道床入換えを行った箇所において、現在約一年が経過するが、白石化及び道床流れは確認されていない（図-10,11）。また、高低狂い進みを見てみると平均で 22% の高低狂い進みの抑制効果が確認できた（図-12）。

6、まとめ

弾性マクラギの敷設本数によって効果にばらつきがあり、施工後、全体的に振動が低減していることから 10 本敷設が望ましいと考えられる。また、その他の本数に関してもマクラギの浮きの状態と考えられる 30Hz 以上の高周波領域が低減しており、道床細粒化を抑制することができると考えられることから、道床交換後に弾性マクラギをできる限り早めに投入し、細粒化による軌道弱点箇所の発生を未然に防止し、道床交換等の抜本的対策の延伸を図ることができると考えられる。

道床入換えは、MTT の現場到着までの時間の有効活用を行うとともに、MTT の突き固めによりマクラギ間の質の良いバラストがマクラギ下面に挿入されることにより上記 5-2 のような結果が得られ、道床支持力の向上に繋がったと考えられる。よって、弾性マクラギ敷設による弱点箇所対策代替法並びに、既存の白石化箇所対策として、道床流れ処理やむら直し、MTT の多投入箇所を減らす軌道弱点箇所の対策法とすることができる。また、道床入換えは、安価（道床交換の 1/11、弾性マクラギ交換の 1/12）な施工方法だと考えられる。

7、今後の課題

弾性マクラギの敷設本数に関しては、施工直後のデータであり時系列に変化の確認が必要なことから、引き続き高架橋振動加速度データを取得し、適切な敷設本数の検討と白石化の発生となる要因の更なる追究を行いたい。そして、ジョイント毎の弾性マクラギ敷設を標準化したい。

また、道床入換えについては、MTT 到着までの時間であるために一日あたりの施工数量に限りがある。よって、スクイズさせた時の道床の締め固め状態やバラストの動きを確認し施工数量を伸ばす方法を検討したい。今後も施工箇所数を増やしデータを取り続け、ジョイント毎の施工方法を検討することとする。

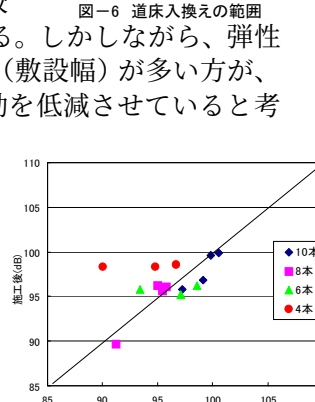
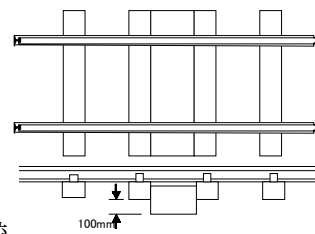


図-7 高架橋ジョイント部 APの比較

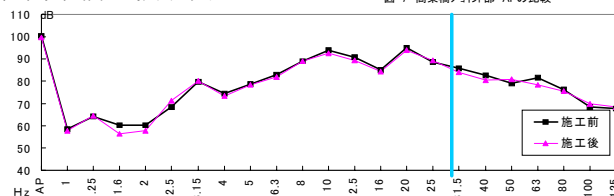


図-8 振動加速度 1/3オクターブ分析 (700系)【弾性マクラギ10本敷設】

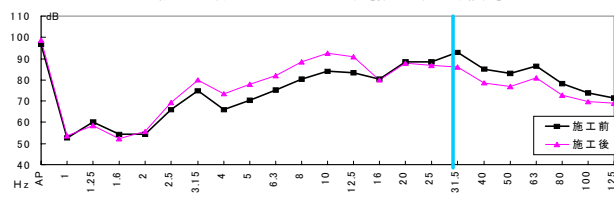


図-9 振動加速度 1/3オクターブ分析 (700系)【弾性マクラギ4本敷設】



図-10 道床状態 (下572k898m-572k901m)



図-11 道床状態 (下572k719m-572k721m)

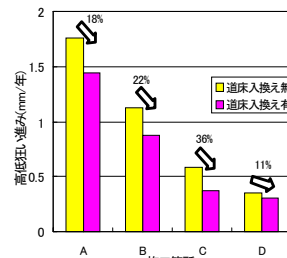


図-12 高低狂い進みの比較

参考文献：1) 田中他「新幹線における道床バラストの白色化現象に関する検討」：第 52 回年次学術講演会

2) 小園・鈴木「弾性マクラギによる高架橋ジョイント部白石化箇所対策について」：第 57 回年次学術講演会