

構造物境界部におけるラダーマクラギによる動的変位抑制効果

(公財)鉄道総研 正会員 ○箕浦 慎太郎 (公財)鉄道総研 正会員 渡辺 勉
(株)安部日鋼工業 正会員 盛田 慶 (公財)鉄道総研 唐津 卓哉

1. はじめに バラスト軌道は道床バラストのつき固めを基本とする定期的な保守を前提とした軌道であるが、特にレールの継目部、踏切部、構造物境界部などは弱点箇所になりやすい傾向にある。ラダーマクラギはバラスト軌道の保守省力化を第一の目的として開発された縦まくらぎであり、一般区間だけではなく前述の多頻度保守箇所にも適用事例^(例えば 1),2),3)がある。本研究では、ラダーマクラギの保守省力化効果の定量化に関する基礎検討を行うことを目的として、構造物境界部に敷設されたラダーマクラギの動的応答(動的鉛直変位)を評価したので報告する。

2. 検討手法 2.1 対象まくらぎ 図1にラダーマクラギの概要を示す。ラダーマクラギとは、レールに沿ってプレストレストコンクリート製の長尺な梁を配置し、それらを鋼製の継材で繋いだはしご状の縦まくらぎである。この線路方向に連続した縦梁による荷重分散効果により、バラストへの動的負荷を軽減し、従来の PC まくらぎよりも保守省力化を図るというものである。本研究で対象としたラダーマクラギは既往の研究⁴⁾で開発した従来よりも断面を 10mm 低減したタイプである。ラダーマクラギの線路方向の長さは 5900mm、縦梁は幅 460mm、高さ 155mm の断面で $\phi 4.22\text{mm}$ の 3 本鋼より線が 20 本配置されている。また、軌間保持のための継材 D51 が、端部の沈下抑制のために端部閉合梁が配置されている。コンクリートの設計基準強度は、一般的な PC まくらぎと同等の 50N/mm^2 である。

2.2 敷設個所の概要 図2に敷設個所の概要を示す。線路を直角に横断する下水渠に隣接した高低変位が大きい箇所にラダーマクラギを 2 体敷設した。ラダーマクラギは擁壁から 100mm 程度離れた位置に敷設した。

2.3 測定手法 列車通過時のラダーマクラギの動的変位は、サンプリングモアレ法に基づく微小変位測定システム⁵⁾を用いて測定した。サンプリングモアレ法の詳細な説明は省略するが、図2に示すような格子模様が描かれたターゲットを、カメラで時々刻々撮影することにより得られた画像を解析することにより、ある時刻 t と Δt だけ前の時刻あるいは後の時刻の状態との相対変位を得るものである。本手法は比較的短い露光時間でサブピクセル処理による高精度な変位測定が可能であるとともに、測定前にターゲットの設置が必要ではあるが、非接触で対象物の動的変位を効率的に測定可能な手法である。本手法の妥当性は既往の研究で実証済みである^(例えば 5)。図3に示すように、カメラは軌道中心から 3m 程度離れた位置に設置し、200 万画素で最高 170fps での撮影が可能な CMOS モノクロカメラである。カメラと PC の接続は、高速撮影時に大量のデータを遅延なく PC に転送可能とするために USB3.0 規格のケーブル

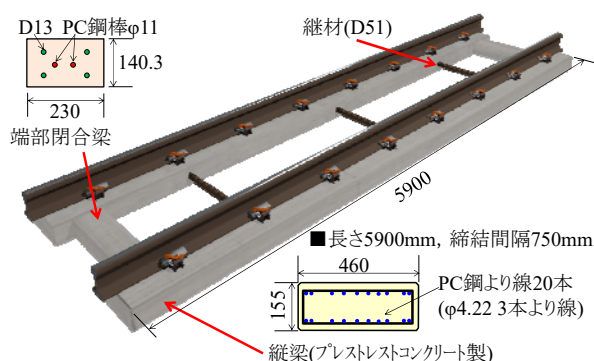
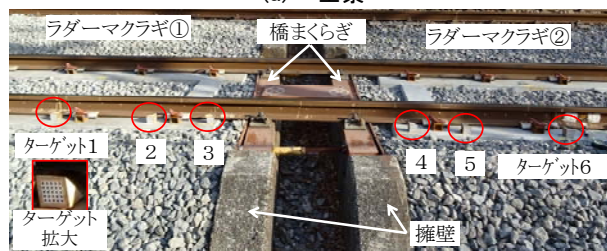


図1 ラダーマクラギ(縦梁高さ 155mm)の概要



(a) 全景



(b) 擁壁前後の近景

図2 ラダーマクラギの敷設個所の概要



図3 測定状況

キーワード ラダーマクラギ, バラスト軌道, 維持管理, 保守省力化, ラダー軌道
連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 南館 213 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL : 042-573-7290

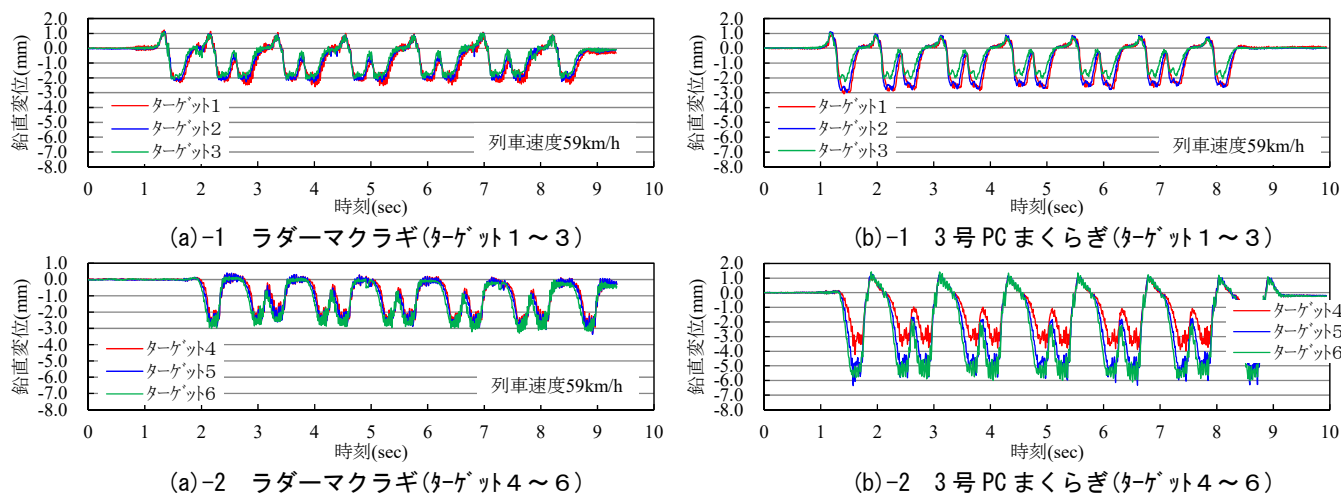


図4 列車通過時の鉛直変位の時刻歴波形の例(上図:擁壁退出側, 下図:擁壁侵入側)

を使用した。ターゲットはエポキシ樹脂系接着剤を用いてまくらぎに直接設置した。なお、ラダーマクラギの動的変位の比較対象として、ラダーマクラギが敷設される前の JIS E1201 に規定される 3 号 PC まくらぎが敷設された軌道においても、同一の条件で測定を実施した。ラダーマクラギは敷設後 28 日、3 号 PC まくらぎは道床交換後 9 日で測定を実施した。

3. 検討結果 3.1 列車通過時の鉛直変位の時刻歴波形 図4に列車通過時のラダーマクラギおよび3号PCまくらぎの鉛直変位の時刻歴波形を示す。通過列車は同一車種である。擁壁への侵入側の3点(ターゲット4, 5, 6)および退出側の3点(ターゲット1, 2, 3)の結果を例として示した。擁壁への侵入側を見ると、ターゲット6において3号PCまくらぎでは6.1mm程度、ラダーマクラギでは3.4mm程度となり、ラダーマクラギによって鉛直変位が2.7mm抑制されていることがわかる。また、擁壁からの退出側を見ると、ターゲット1において3号PCまくらぎでは3.1mm程度、ラダーマクラギでは2.8mm程度となり、ラダーマクラギによって鉛直変位が0.3mm程度抑制されていることがわかる。

3.2 列車通過時の沈下量の最大値 図5に列車通過時のラダーマクラギおよび3号PCまくらぎの沈下量の最大値を示す。通過列車は同一車種であるが、値がばらつくことがわかる。これは乗車率、速度等の違いによる影響と考えられる。同図に示すように、各ターゲットともに沈下量が抑制されていることがわかる。例えば、擁壁退出側のターゲット1を見ると、3号PCまくらぎでは最大3.4mm程度、ラダーマクラギでは最大2.8mmとなり、ラダーマクラギにより沈下量が0.6mm程度抑制された。また、擁壁侵入側のターゲット5を見ると、3号PCまくらぎでは最大6.4mm程度、ラダーマクラギでは3.5mm程度となり、ラダーマクラギにより沈下量が2.9mm程度抑制された。なお、擁壁部に近いターゲット3および4においてラダーマクラギによる沈下抑制効果が相対的に小さいのは、ラダーマクラギの端部であり、縦梁による荷重分散効果が小さいためであると考えられる。

4. まとめ 本研究ではラダーマクラギを構造物境界部に敷設し、動的な鉛直変位を測定した。その結果、ラダーマクラギの動的な沈下量は、3号PCまくらぎと比較して最大で2.9mm程度抑制され、ラダーマクラギによる動的変位抑制効果が実証された。今後は当該区間の軌道検測データ等も併せて分析し、保守省力化効果の定量化に関する検討を進める予定である。なお、本研究におけるラダーマクラギの敷設および各種測定試験においては、東日本旅客鉄道株式会社殿に多大なるご協力をいただいた。ここに感謝の意を表す。

参考文献 1)森山正彦:バラスト・ラダーマクラギを用いた継目落ち対策, 日本鉄道施設協会誌, Vol.47, No.9, pp.738-740, 2009, 2)八山晋一郎:継目用ラダーマクラギの試験敷設, 日本鉄道施設協会誌, Vol.50, No.7, pp.534-536, 2012, 3)水野圭太他:列車通過時のレール継目部におけるラダーマクラギの動的応答に関する検討, 第72回年次学術講演会, 2017, 4)渡辺勉他:荷重の実態調査に基づく低廉な縦まくらぎの開発, 鉄道総研報告, Vol.32, No.6, pp.35-40, 2018, 5)箕浦慎太郎他:サンプリングモアレ法に基づくコンクリート構造物のひび割れ検知手法, 第71回土木学会年次講演会, 2016

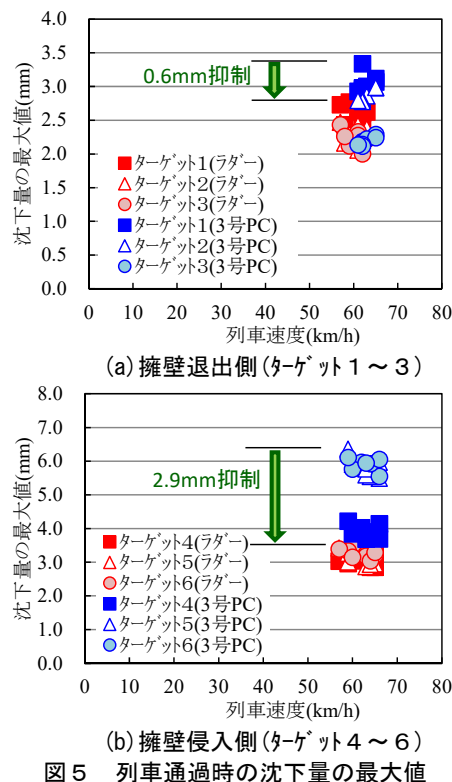


図5 列車通過時の沈下量の最大値