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

京王電鉄	正会員	○水野	圭太	京王電鉄	正会員	重岡	剛雄
鉄道総研	正会員	渡辺	勉	鉄道総研	正会員	箕浦	慎太郎

1. 目的

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、橋台背面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)}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、レール継目部に敷設されたラダーマクラギの動的応答(動的変位)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に本研究で対象としたラダーマクラ 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。線路方向の長さは 3150mm、縦梁は幅460mm、高さ165mmの断面で φ4.22mmの3 本鋼より線が18本配置されている。また、ラダーマクラギの端 部には軌間保持のための継材 D51 が配置されており、防錆のた めに、幅230mm、高さ156mmの断面で D13 の補強筋による鉄 筋コンクリートで被覆されている。なお、コンクリートの設計 基準強度は、一般的な PC 横まくらぎと同等の50N/mm²である。

2.2 測定手法 図2に測定概況を示す。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³⁾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 $t \ge \Delta t$ 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3)}。 今回の測定では、2台のカメラで4つのターゲット(格子ピッ チ10mm)を撮影した。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、図3に示すように、ラダーマクラギが敷設された線区と同じ車両がほ

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 京王電鉄株式会社 工務部保線課 TEL042-337-3245 (公財)鉄道総研 鉄道力学研究部 TEL042-573-7290



ぼ同程度の速度で走行する PC 横まくらぎのレール継 目部においても、同一の撮影条件で測定を実施した。

表1 列車通過時の鉛直変位の最大値

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 PC 横まくらぎの鉛 直変位の時刻歴波形の例を示す。列車速度は 3km/h の差異があるが同一車種の列車が走行した結果であ る。同図に示すように、PC 横まくらぎの最大鉛直変 位が 5.7mm 程度(ターゲット 1)であるのに対し、ラダ ーマクラギの最大鉛直変位は最大で 3.2mm 程度(ター ゲット1)であり、ラダーマクラギによってレール継目 部の変位が2.5mm程度抑制されていることがわかる。 3.2 鉛直変位の最大値 表1に列車通過時のラダー マクラギおよび PC 横まくらぎの鉛直変位の最大値を 示す。黄色でハッチングした試番は図4で時刻歴波形 を示した試番である。同表に示すように、ラダーマク ラギの鉛直変位の最大値は 3.5mm 程度、横まくらぎ の鉛直変位の最大値は 5.8mm 程度であり、ラダーマ クラギにより動的な鉛直変位が抑制されていること がわかる。なお、それぞれの試番で鉛直変位に差が生 じる要因としては、列車速度や車種の違いによる影響

(a) ラダーマクラギ						
車両	速度	鉛直変位最大值(mm)				
形式	(km/h)	ターゲット1	ターゲット2	ターゲット3	ターゲット4	
車種B	95	-3.29	-2.91	-2.92	-2.64	
車種D	57	-3.34	-2.94	-2.86	-2.62	
車種A	94	-3.19	-2.82	-2.75	-2.54	
車種C	88	-2.96	-2.63	-2.70	-2.51	
車種C	58	-2.98	-2.72	-2.62	-2.26	
車種D	59	-2.74	-2.60	-3.26	-2.41	
車種A	78	-3.15	-3.02	-3.46	-2.66	
車種C	47	-2.88	-2.76	-3.03	-2.50	
車種A	89	-3.23	-3.03	-3.43	-2.85	
最大値		-3.34	-3.03	-3.46	-2.85	
平均值		-3.08	-2.82	-3.00	-2.56	

(b) PC 横まくらぎ

	+-,+-	<u>你</u> ,""你们们们们们们们们们们们们们们们们们们们们们们们们们们们们们们们们们们们们			
单型形式	速度	」 鉛 追 災 位 最 大 値 (mm)			
車画形式	(km/h)	ターゲット1	ターゲット2		
車種C	66	-5.59	-5.70		
車種A	91	-5.71	-5.65		
車種B	62	-5.69	-5.67		
車種B	66	-5.57	-5.72		
車種B	66	-5.46	-5.45		
車種B	101	-5.50	-5.84		
車種C	62	-5.22	-5.36		
車種B	77	-5.26	-5.27		
車種B	62	-5.20	-5.58		
最	大値	-5.71	-5.84		
平	均值	-5.47	-5.58		

に加えて、乗車率の違いも影響しているものと考えられる。また、同じ試番でもターゲット毎に鉛直変位に差が生じているが、ターゲットの設置誤差(角度、方向)をはじめとする種々の要因が考えられる。これらの検証 は今後の課題としたい。

4. まとめ

今回測定したレール継目部については、ラダーマクラギは PC 横まくらぎの動的変位と比較して 2mm 程度 の変位抑制効果が実証された。今後は当該区間の検測データ等も併せて整理し、保守省力化効果の定量化に関 する検討を進める。また、測定システムの効率性が確認できたため、踏切部などをはじめとするその他の多頻 度保守箇所の軌道整備基準の基礎検討などに展開していきたいと考えている。

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) 箕浦慎太郎、徳永 宗正、渡辺勉、上半文昭、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72回土木学会年次講演 会、2016