

構造物境界部におけるラダーマクラギによる高低変位の抑制効果

(公財)鉄道総研
(公財)鉄道総研

正会員 ○渡辺 勉
正会員 成田 顕次

(公財)鉄道総研
(公財)鉄道総研

正会員 箕浦 慎太郎
正会員 後藤 恵一

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があり、動的変位抑制効果が得られている^{例(1), (2)}。本研究では、これまで検証事例の少ない構造物境界部におけるラダーマクラギの高低変位の抑制効果を評価したので報告する。

2. 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³⁾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、レール締結間隔750mm、縦梁は幅460mm、高さ155mmの断面でφ4.22mm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 f_{ck} は、一般的なPCまくらぎと同等の50N/mm²である。

3. ラダーマクラギの荷重分散効果の解析的検証 3.1 解析手法

図2にラダー軌道の解析モデルを示す。数値解析に用いたプログラムは、鉄道総研が開発した車両と線路構造物の動的相互作用解析プログラムDIASTARSIIIである。比較用に3号PCまくらぎ(JIS E1201)軌道の解析モデルも併せて構築した。3号PCまくらぎの敷設間隔は610mm(25mあたり41本)とした。解析モデルの延長は100mである。レール、ラダーマクラギ(縦梁、継材)、3号PCまくらぎははり要素で、軌道パッド、バラスト、路盤はばね要素でモデル化した。バラストと路盤は1つのばね要素に集約した。各要素の材料諸元は表1に示すとおりである。ラダーマクラギにおけるバラストと路盤のばね定数は、単位長さ当たりのばね定数が3号PCまくらぎと同じになるように設定した。走行荷重は軸重80kNの2軸分(軸距2.1m)で速度は30m/sとした。

3.2 解析結果 図3に解析結果を示す。図3(a)は、解析モデル中央のバラストと路盤をモデル化したばね要素のばね反力の時刻歴波形である。図3(b)は前記ばね要素に2軸のうちの第2軸が載荷された時間におけるばね反力の線路方向への分布を示す。これらの結果より、ラダーマクラギは3号PCまくらぎに比べて、ばね反力の最大値が70kNから40kNに43%低減されること、ばね反力の時刻歴波形の勾配が緩やかになることがわかる。また、ばね反力の線路方向の分布をみると、ラダーマクラギは締結位置ごとにばね反力が極大になることがわかる。以上のような低減効果から、

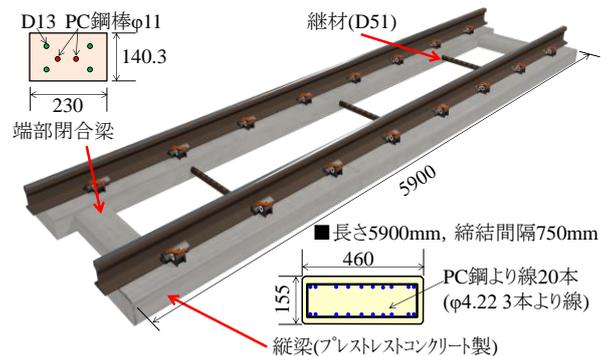
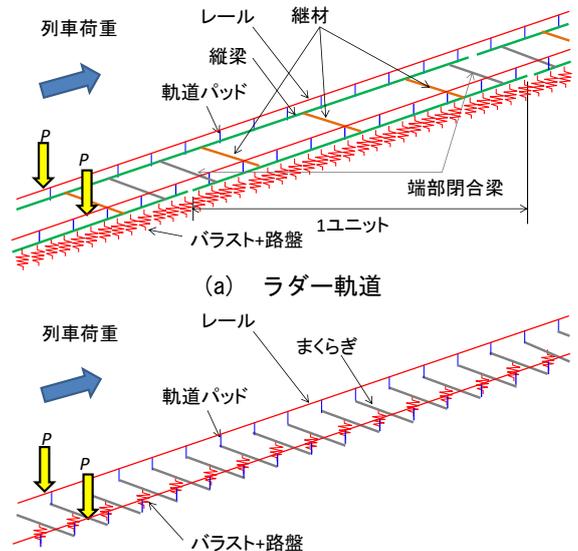


図1 ラダーマクラギ(縦梁高さ155mm)の概要



(a) ラダー軌道 (b) 3号PCまくらぎ(JIS E1201)軌道

図2 解析モデルの概要

表1 解析に用いた材料定数

レール	種別: 60kgレール, ヤング係数 E_S : 200MPa
軌道パッド	ばね定数 D_P : 60MN/m
PCまくらぎ	PC鋼線: φ2.9mm 3本より線12本 長さ L_P : 2000mm, 底面幅 B_P : 240mm 高さ H_P : 159.7mm(レール下), 130mm(中央) コンクリートヤング係数 E_C : 33MPa ($f_{ck}=50\text{N/mm}^2$)
バラスト	支持ばね定数 D_B : 200MN/m
路盤	地盤反力係数 K_{30} : 110MN/m ³ 支持ばね定数 D_S : 111MN/m

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

ラダーマクラギによる荷重分散効果によりバラストや路盤への荷重負荷が軽減されるため、高低変位の発生に対する抑制効果が期待できるものと考えられる。

4. ラダーマクラギの高低変位の評価 4.1 評価方法 ここでは、ラダーマクラギを営業線に敷設し、高低変位に対する影響評価を行う。図4に敷設箇所の概要を示す。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はラダーマクラギを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。高低変位データは、鉄道事業者が所有する線路設備モニタリングシステム⁴⁾により取得した。ラダーマクラギの比較用の3号PCまくらぎについては、ラダーマクラギ敷設前の同じ位置に敷設されていた3号PCまくらぎの検測データを用いたが、3号PCまくらぎの初期沈下時のデータを得る事ができなかったため、初期沈下が収束した後の漸進的な沈下過程で比較を行うこととした。なお、軌道の沈下進みは既往研究⁵⁾より式(1)による表現されるものとした。

$$Y = \alpha(1 - e^{-\gamma X}) + \beta X \quad (1)$$

ここに、 α は初期沈下係数、 β は沈下進み係数、 γ は軌道状態による係数、 Y は変位、 X は通過トン数である。

4.2 評価結果 図5にラダーマクラギと3号PCまくらぎの高低変位の比較を示す。道床交換後の軌道整備回数がラダーマクラギでは3回、3号PCまくらぎでは6回であり、ラダーマクラギの方が3回少ないにもかかわらず、高低変位で比較すると、ラダーマクラギでは軌道整備後の通過トン数が550万トン程度で7.8mm程度に対して、3号PCまくらぎでは10.9mm程度となり、30%程度高低変位が抑制された。また、沈下進み係数 β で比較すると、ラダーマクラギでは0.0061、3号PCまくらぎでは0.0099となり、高低変位の進行が3号PCよりもラダーマクラギの方が緩やかであることがわかる。このため、高低変位が12mmに達する通過トン数で比較すると、ラダーマクラギでは1200万トン程度に対して、3号PCまくらぎでは650万トン程度となる。

5. まとめ 本研究ではこれまで検証事例の少ない構造物境界部におけるラダーマクラギの高低変位抑制効果の評価した。①数値解析により、ラダーマクラギは3号PCまくらぎと比較して荷重分散効果が大きく、バラストや路盤への荷重負荷が軽減されることを明らかにした。②今回敷設した条件下においては、ラダーマクラギは3号PCまくらぎと比較して、軌道整備回数が半分で、30%程度の高低変位の抑制効果を得られることを実証した。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データ評価においては、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)水野圭他：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
2)渡辺勉他：構造物境界部における縦まくらぎによる動的変位抑制効果，J-RAIL2019，pp.368-371，2019
3)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
4)松田博之他：営業車による線路設備モニタリング，JR East Technical Review，Vol.32，No.8，pp.7-10，2010
5)佐藤裕：繰返荷重による道床沈下の実験，鉄道技術研究報告，No.65，1959

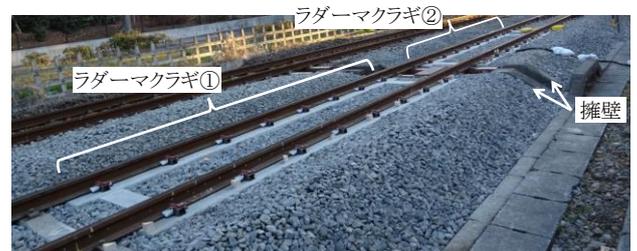
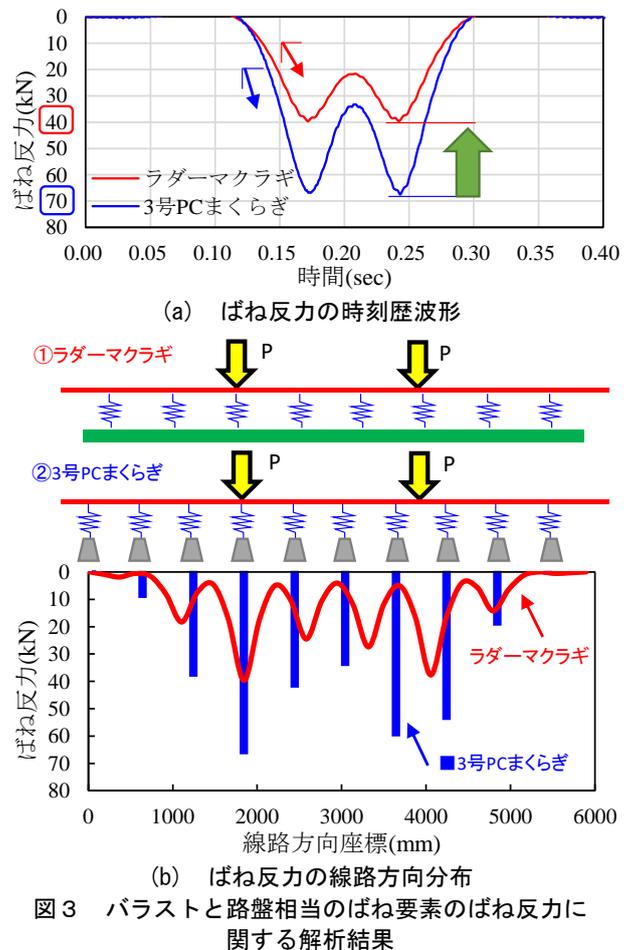


図4 ラダーマクラギの敷設箇所の概要

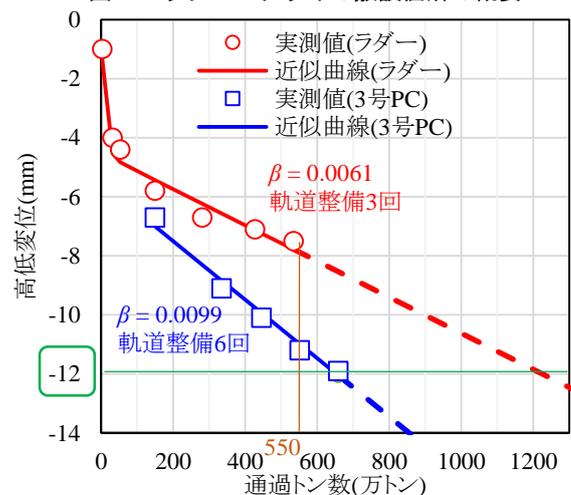


図5 高低変位の比較