

新幹線用 PC まくらぎの荷重環境に関する実態調査

鉄道総研	正会員	○箕浦慎太郎
鉄道総研	正会員	渡辺 勉
JR 西日本	正会員	狩野 修志
JR 西日本		白水 健介

1. はじめに PC まくらぎは鉄道の高速・安定輸送を支える重要な軌道部材である。現在では木まくらぎだけではなく、PC まくらぎから PC まくらぎへの交換需要も増加していることから、既設 PC まくらぎの維持管理の効率化や設計の最適化が求められており、PC まくらぎに作用する荷重環境を適切に把握することが重要である。筆者らは、これまで在来線用の PC まくらぎに対する荷重環境調査を実施してきた¹⁾²⁾。一方、新幹線では一般に車両や軌道の整備が在来線と比較して高いレベルで行われており、在来線と比べて特定の線区を走行する列車の車種や通過速度の変動も少ないことから、在来線の荷重環境とは異なることが想定されるが、その実態を検証した事例はほとんどないのが実情である。そこで本研究では、新幹線用の PC まくらぎに対し、列車通過時の輪重・横圧や PC まくらぎに作用する曲げモーメントに関する実態調査を行った。

2. 調査方法 図 1 に調査対象の現場の様子を示す。本調査では、直線ロングレール区間に敷設された PC まくらぎ (JIS E1201 に規定された標準軌用のプレテンション式 PC まくらぎ (3T)) を対象とした。また、レールを溶接した箇所 (溶接継目) の影響も評価するため、その付近に敷設された 9 本の PC まくらぎに対する測定を実施した。対象とした列車本数は合計 199 本である。

図 2 に輪重横圧ゲージの設置状況を、図 3 に PC まくらぎ側面のひずみゲージ貼り付け状況を示す。列車走行時の輪重及び横圧は、レールに貼り付けたひずみゲージ (輪重横圧ゲージ) により測定した。PC まくらぎの曲げモーメントについては、レール位置及びまくらぎ中央部の側面にひずみゲージを貼り付け測定を実施した。今回の調査では、あらかじめ同種の PC まくらぎに対し、ひずみゲージを張り付けた状態で JIS 規定の曲げ試験を実施し、その際のひずみ測定結果から中立軸及びひずみとモーメントの関係を取得した。そして、その結果から現場でのひずみの測定値をモーメントに換算した。

図 4 に各ゲージの設置位置の概略図を示す。輪重・横圧については、溶接継目から約 8.5m 離れたまくらぎ番号 ⑮～⑯の位置にて測定を行った。まくらぎ番号 ①～②については、PC まくらぎ上端及び下端付近にひずみゲージを設置し、それ以外の PC まくらぎでは上端付近のみにひずみゲージを設置した。データはナショナルインスツルメンツのモジュールにゲージを接続し、LAN ケーブルを介して PC に保存した。収録プログラムは LabView により構築し、サンプリングは 10kHz とした。

3. 調査結果 図 5 に今回の調査で測定した輪重・横圧の

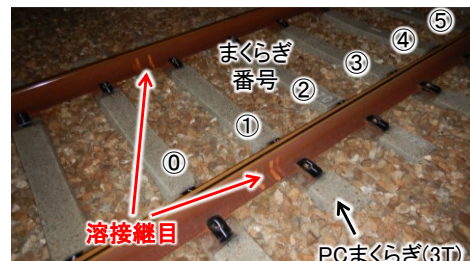
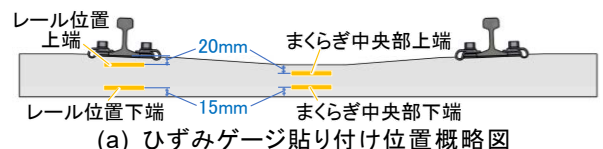


図 1 調査対象の現場の様子



図 2 輪重横圧ゲージの設置状況



(a) ひずみゲージ貼り付け位置概略図



(b) レール位置



(c) まくらぎ中央部

図 3 ひずみゲージの設置状況

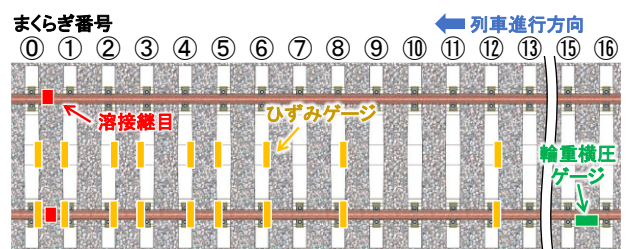


図 4 各ゲージの設置位置の概略図

キーワード PC まくらぎ, 輪重, 曲げモーメント, バラスト軌道, 新幹線, 現地調査

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 軌道力学 TEL 042-573-7291

時刻歴波形の例を、図6にPCまくらぎ曲げモーメントの時刻歴波形の例を示す。今回の測定では、横圧は輪重と比較して非常に低い値となった。

図7に今回測定した列車の各軸通過時の輪重と列車速度の関係を示す。図8に輪重の超過確率を示す。今回測定された輪重は平均値が約52.4kN、最大値は約68.8kNであった。また、速度依存性についてはほとんど確認されなかった。なお、列車速度は測定した輪重の時刻歴波形のうち、各ピークが車軸通過時に測定されたものとみなし、ピークの時間間隔と車両長から算出した。また、列車の速度が150km/h付近と290km/h付近の測定結果が多くなったが、これは測定現場が比較的駅に近く、列車種別によって通過するものと停車するものがあったためである。

図9に各列車通過時にまくらぎ番号①～④のPCまくらぎに生じた曲げモーメントの最大値を、図10に各PCまくらぎに生じたレール位置での正曲げモーメントの最大値と平均値を示す。曲げモーメントは、すべて上端のひずみゲージによる測定値から換算した。今回測定された曲げモーメントは、対象としたPCまくらぎ(3T)のデコンプレッションモーメント(10.95kNm)及び鋼材降伏時のモーメント(32.36kNm)に対しても低い値となっており、レール位置での正曲げで最大約3.7kNm(デコンプレッションモーメントの約34%)、まくらぎ中央部の負曲げで最大3.6kN(同約33%、いずれもまくらぎ④)であった。また、溶接継目付近のPCまくらぎとそれ以外のPCまくらぎで発生するモーメントに顕著な違いは見られなかった。在来線で実施した既往の研究では、貨物列車が走行する区間ではデコンプレッションモーメントを超えるケースも見られたが、今回の測定では在来線の結果とは異なり、設計に対しても余裕があることが明らかとなった。また、PCまくらぎの曲げモーメントについても、輪重と同様に速度依存性は認められなかった。

4. まとめ 本研究で得られた知見は以下の通りである。

(1)今回の測定された輪重は平均約52.4kN、最大約68.8kNであった。(2)輪重、PCまくらぎ曲げモーメントともに速度依存性は確認されなかった。(3)測定されたPCまくらぎの曲げモーメントは最大でもデコンプレッションモーメントの約34%程度であり設計に対して余裕があった。また溶接継目の影響は確認されなかった。

参考文献 1)渡辺勉、箕浦慎太郎、松岡弘大、面高陽紀：各種不整を考慮したPCまくらぎの動的応答特性に関する研究、第21回鉄道工学シンポジウム論文集、Vol.21, pp.205-212, 2017, 2)Shintaro Minoura, Tsutomu Watanabe, Kodai Matsuoka, and Kenji Narita : Verification of the Validity of the Impact Factor Used in the Design of PC Sleepers, In EURO DYN 2020, pp.2612-2620, 2020

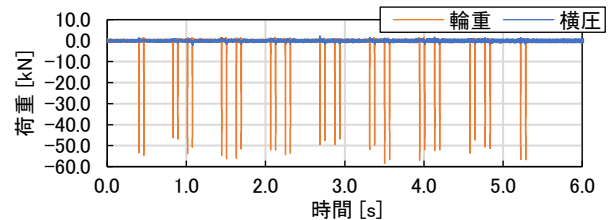


図5 輪重・横圧の時刻歴波形の例

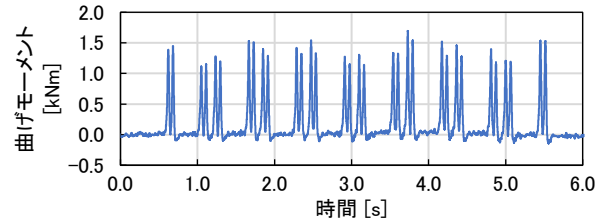


図6 レール位置での曲げモーメントの時刻歴波形の例(まくらぎ番号0のレール位置)

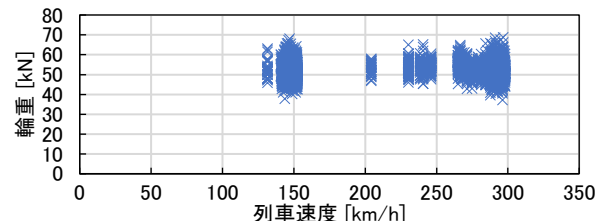


図7 輪重と列車速度の関係

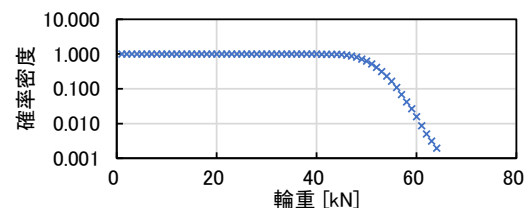
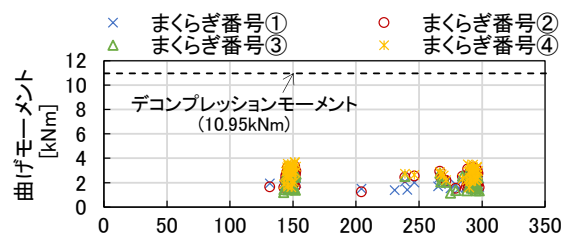


図8 輪重の超過確率



(a) レール位置正曲げ



(b) まくらぎ中央部負曲げ

図9 各列車通過時の曲げモーメント最大値

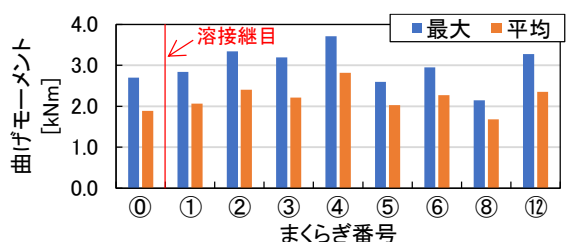


図10 各PCまくらぎのレール位置での正曲げモーメントの最大値と平均値