

## レール継目用 PC まくらぎの設計に用いる変動輪重係数の検証

鉄道総研 正会員 ○渡辺 勉 鉄道総研 正会員 後藤 恵一  
 鉄道総研 正会員 松岡 弘大 鉄道総研 正会員 箕浦 慎太郎

**1. はじめに** PC まくらぎは列車走行に伴う衝撃の影響を考慮して設計される。衝撃の影響は割増係数（以下、変動輪重係数）によって評価しており、静止輪重（一般に 80kN）に変動輪重係数を乗じたものを設計輪重として設計応答値の算定を行う。レール継目以外の一般部の PC まくらぎの設計におけるひび割れに対する使用性の照査の変動輪重係数には、衝撃の影響を安全側に包含する値として 2 が用いられている。一方、レール継目用 PC まくらぎの設計においては、一般部に対して 1.5 倍の安全率を考慮して変動輪重係数として 3 が慣例的に用いられてきたが、その妥当性を検証した事例がほとんどないのが実態である。そこで、本研究ではレール継目の PC まくらぎに作用する衝撃荷重の実態を把握するための現地試験を実施し、設計に用いる変動輪重係数の検証を試みたので報告する。

**2. レール継目直下の PC まくらぎに作用する衝撃荷重の推定** **2.1 推定方法** 列車通過時の輪重を地上から測定する場合、ひずみゲージ（以下、輪重ゲージ）をレールのウェブに貼り付けて直接測定する方法が一般的であるが、レール継目についてはこの手法が適用できない。そこで本研究では、以下に示す手順でレール継目直下の PC まくらぎに作用する衝撃荷重を間接的にかつ簡易に推定することとした。測定列車は電気機関車（公称輪重 80kN）で、測定データ数は 907 データ（22 日程度）である。

① 図 1 に示す JIS E1202 に規定される継目用 PC まくらぎを、レール継目直下および図 2 に示すようにレール継目の影響がなくなる程度離れた位置、具体的には 10m 程度離れた位置に敷設する。

② それぞれの PC まくらぎには、図 3 に示すように、レール位置断面の上縁および下縁から 20mm にひずみゲージ（東京測器 PL-120-11）を貼り付ける。また、一般部に敷設した継目用 PC まくらぎの近傍のレールに輪重ゲージ（日本電子応用 PG-205）を貼り付ける。

③ 一般部の継目用 PC まくらぎの曲げモーメント  $M_2$  と輪重  $P_2$  の関係を、原点を通り曲げモーメント  $M_2$  と輪重  $P_2$  の平均値を通る直線（式(1)）で整理する。A は係数である。

$$M_2 = A \times P_2 \quad (1)$$

④ 輪重ゲージで測定した輪重  $P_1$  は一般部の継目用 PC まくらぎ上の輪重  $P_2$  と等しいとする ( $P_1 = P_2$ )。

⑤ レール継目直下の継目用 PC まくらぎの曲げモーメント  $M_j$  を、式(2)の通り係数 A で除すことにより、レール継目直下の PC まくらぎに作用する輪重  $P_j$  を求める。

$$P_j = M_j / A \quad (2)$$

なお、これらの推定方法は一般部およびレール継目直下の PC まくらぎの敷設状態（PC まくらぎの間隔や支持状態など）が同じであることが前提となる。このため、今回の試験では一般部の PC まくらぎ敷設間隔が 0.61m、レール継目部は 0.38m であり、PC まくらぎ 1 本当たりの荷重の負担割合が異なるため、その影響を排除するために既往研究の数値解析結果<sup>2)</sup>に基づき、 $M_j$  を 1.5 倍することとした。また、PC まくらぎの支持状態は施工の影響を受けるが、両者の PC まくらぎは同じ日に同じ作業員が敷設したことから、厳密には全く同じ支持状態とは言い切れないが、同じ支持状態とみなすこととした。

**2.2 推定結果** 図 4 に一般部の曲げモーメント  $M_2$  と輪重  $P_2$  の測定結果を、図 5 に一般部の継目用 PC まくらぎの曲げモーメント  $M_2$  と輪重  $P_2$  の関係をそれぞれ示す。同図より、曲

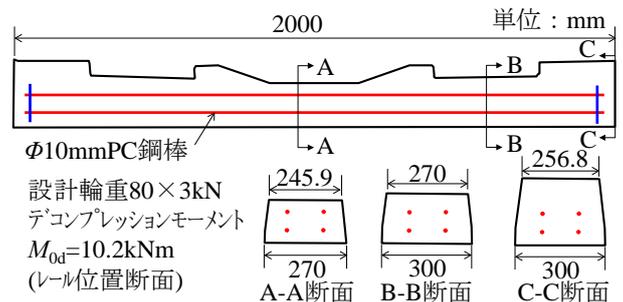


図 1 レール継目用 PC まくらぎの概要

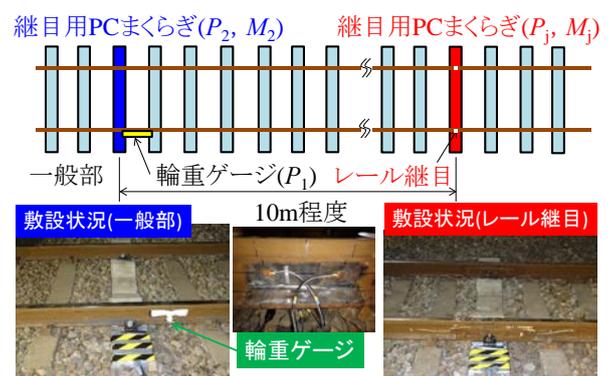


図 2 レール継目用 PC まくらぎの敷設状況

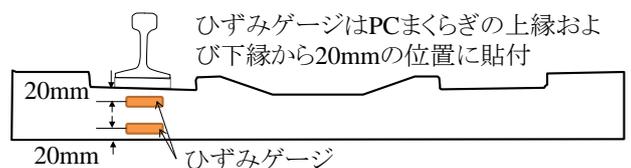


図 3 PC まくらぎへのひずみゲージ貼付状況

キーワード PC まくらぎ, 衝撃, 変動輪重係数, 設計, 鉄道, 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

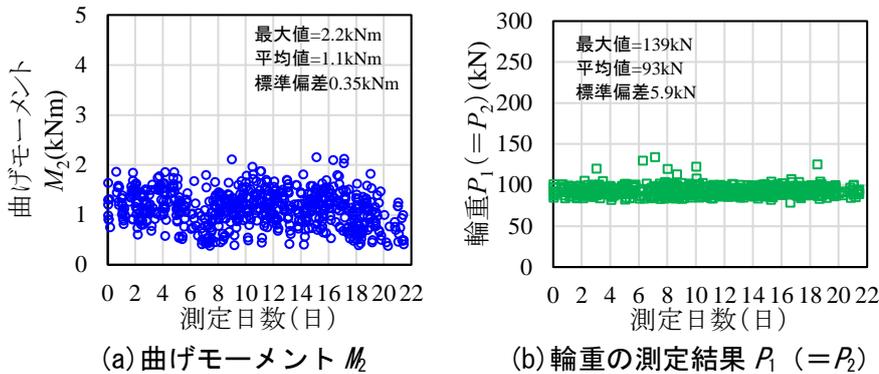


図4 一般部における測定結果

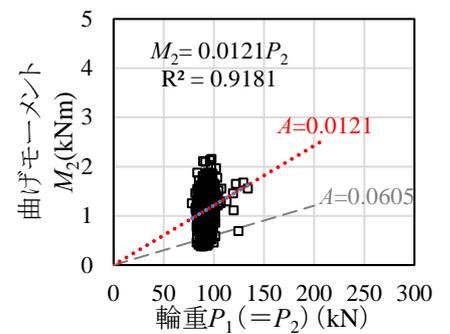


図5 一般部の継目用PCまくらぎの曲げモーメント  $M_2$  と輪重  $P_2$  の関係

げモーメントおよび輪重はそれぞれ図1に示したデコンプレッションモーメント 10.2kNm および設計輪重 240kN に比べて小さいこと、曲げモーメント  $M_2$  と輪重  $P_2$  の関係より  $A$  は 0.0121 となることなどがわかる。

図6にレール継目直下のPCまくらぎの曲げモーメント  $M_j$  の測定結果を示す。この結果を上記の係数  $A$  で除すことにより求めたレール継目直下のPCまくらぎに作用する輪重  $P_j$  を図7に示す。その結果、推定された輪重  $P_j$  の最大値は 256kN、平均値は 130kN、標準偏差は 32kN となり、図4(b)で示した  $P_1$  に比べて、最大値で 1.9 倍程度、平均値で 1.4 倍程度、標準偏差で 5.6kN 程度大きくなった。設計輪重の 240kN を上回った試番は合計 4 試番であったが、実際の設計では輪重だけでなく横圧も作用させていること、PCまくらぎの支持状態は一様支持だけでなく横圧作用時に三角形の反力分布を仮定していること、各種安全係数を考慮していることなどから、設計輪重の 240kN を上回っても直ちに問題となることはないと考えられる。

**3. 変動輪重係数の検証** 図8に推定結果に基づく変動輪重係数の超過確率を示す。変動輪重係数は推定輪重  $P_j$  を静止輪重 80kN で除して求めた。同図には一般部の測定結果から求めた変動輪重係数も合わせて示したが、推定結果から求めた変動輪重係数は一般部の測定結果に比べてばらつきが大きいことがわかる。また、設計でこれまで慣例的に用いられてきた変動輪重係数 3 を超える結果が得られたが、907 試番中 4 試番 (0.4%) であること、2.2 節で述べた通り横圧の考慮、厳しい支持状態の設定、安全係数等による余裕代を勘案すると、変動輪重係数として 3 を用いることはある程度合理的であると考えられる。

なお、今回は式(1)で求められる係数  $A$  を曲げモーメント  $M_2$  と輪重  $P_2$  の平均値を通る直線としたが、係数  $A$  の設定の仕方によって推定される輪重や変動輪重係数が大きく異なる。例えば、図8に係数  $A$  を 0.00605 (0.0121 の 1/2 で図5の分布の下限値付近を通る) として変動輪重係数を求めた結果を示すが、変動輪重係数は 3 を大きく超えることがわかる。

**4. まとめ** 本研究ではレール継目直下のPCまくらぎに作用する輪重を間接的かつ簡易な方法で推定し、慣例的に用いられてきた変動輪重係数の検証を試みた。現地測定により得られた曲げモーメントや輪重を平均的に評価すれば変動輪重係数として 3 を用いることはある程度合理的であることがわかった。ただし、評価の仕方によっては変動輪重係数 3 を上回る場合もあるため、今後は数値解析等を併用し、引き続きレール継目直下のPCまくらぎに作用する衝撃荷重の評価や設計に用いる変動輪重係数の妥当性の検証を行う必要がある。また、現場での損傷等の発生状況も調査し、場合によっては変動輪重係数を見直していく可能性もあろうと考えている。

**参考文献** 1)渡辺, 箕浦, 後藤, 松岡: 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)渡辺, 松岡, 後藤, 箕浦: PCまくらぎの設計荷重係数の妥当性の検証と各種パラメータの影響評価, 日本鉄道施設協会誌, Vol.57, pp57-60, 2019.3

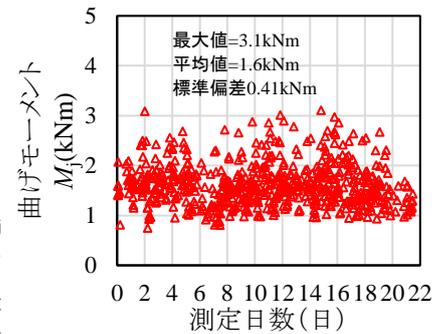


図6 レール継目直下のPCまくらぎの曲げモーメント  $M_j$  の測定結果

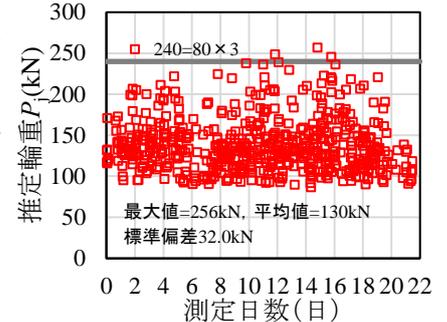


図7 レール継目直下のPCまくらぎに作用する輪重  $P_j$  の推定結果

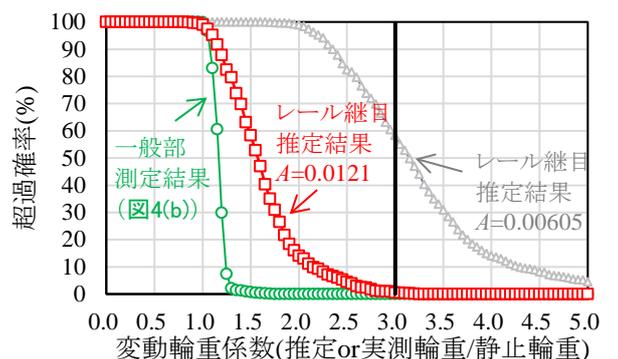


図8 推定結果に基づく変動輪重係数の超過確率