

PC まくらぎの荷重環境の実態調査と設計における荷重係数の提案

鉄道総研 正会員 ○箕浦 慎太郎
 鉄道総研 正会員 渡辺 勉

1. はじめに PC まくらぎの設計は鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造(以下、軌道標準)に基づき行われるが、設計応答値の算定は、静的解析による方法(以下、許容応力度法)が現在のところ主流となっている。設計応答値においては、設計荷重に対して動的・衝撃作用の影響を考慮するために変動係数を、レール長手方向への荷重分散の影響を考慮するために分散係数を乗じることで安全側に包含することとしている。しかしながら、現在一般的に使用されているこれらの係数についてその妥当性を検討した事例はほとんどないのが実態である。そこで本研究では、直線ロングレール区間における列車通過時の PC まくらぎ発生応力を営業線にて測定し、その結果に基づき合理的な変動係数および分散係数を提案したので報告する。なお、安全性の照査に用いる変動輪重係数については十分な実証試験が行われている¹⁾。

2. 検討手法 図1に測定対象とした PC まくらぎを示す。対象とした PC まくらぎは在来線用の2種類である。線区 A および線区 C は異なる鉄道事業者であり、線区 C は機関車(後述の車種 C-2)が走行する。また、以下に共通する条件を列挙する。
 ①土路盤上のバラスト軌道で直線ロングレール区間を対象とする。
 ②設計輪重 80kN, 変動輪重係数 2.0, 設計横圧 40kN, 変動横圧係数 1.5, 分散係数 0.5 で設計されている。
 ③レールは 50kgN レールである。
 ④現地測定実施する過去1年間にレール削正や道床突き固めなどの軌道整備は一切行っていない。

図2に輪重・横圧ゲージおよび PC まくらぎへのひずみゲージの設置状況を示す。輪重・横圧ゲージにはそれぞれ PG-205, QG-205(三栄インスツルメンツ)を用いた。PC まくらぎのひずみ測定用のひずみゲージには KC-60-120(共和電業)を用いた。ここで測定されたひずみから中立軸を求め、曲げモーメントに換算した。データ収集はナショナルインスツルメンツ製のモジュールに各ゲージを接続し、LAN ケーブルを介して PC に収録した。データ収集プログラムは LabVIEW を用いて構築した。本システムは、測定区間から 30m 程度離れた地点の PC まくらぎ上に設置した圧電型加速度(リオン PV-85)をトリガーとして自動収録するシステムとなっている。サンプリング周波数は 10kHz とした。

3. 検討結果 図3に輪重の測定結果を示す。同じ車種であっても試番によって輪重がばらつくことがわかる。これは車両重量や車輪踏面の微細な凹凸形状の違いに起因すると考えられる。測定輪重の最大値は線区 C における車種 C-2 の輪重 108kN であり、変動輪重係数 2.0 を考慮した設計輪重 160kN (変動輪重係数 2.0 を考慮) 以内に収まった。

図4に測定輪重を測定輪重の最小値で除すことにより求めた変動輪重係数を示す。同図より、測定結果をもとに換算した変動輪重係数は、すべてが設計において考慮される変動輪重係数 2.0 以内に収まっていることがわかる。ただし、車輪フラットに起因すると推察される輪重が測定された試番、特に線区 C の車種 C-2 については最大で 1.8 程度、線区 A については最大で 1.6 程度となった。

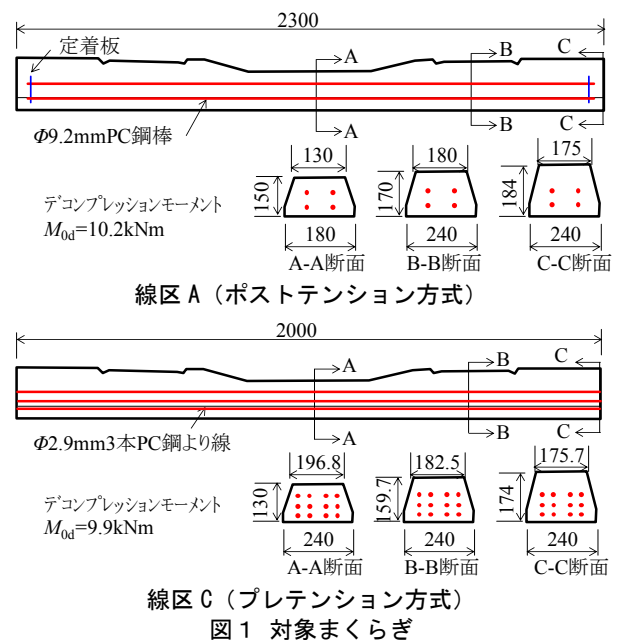


図1 対象まくらぎ

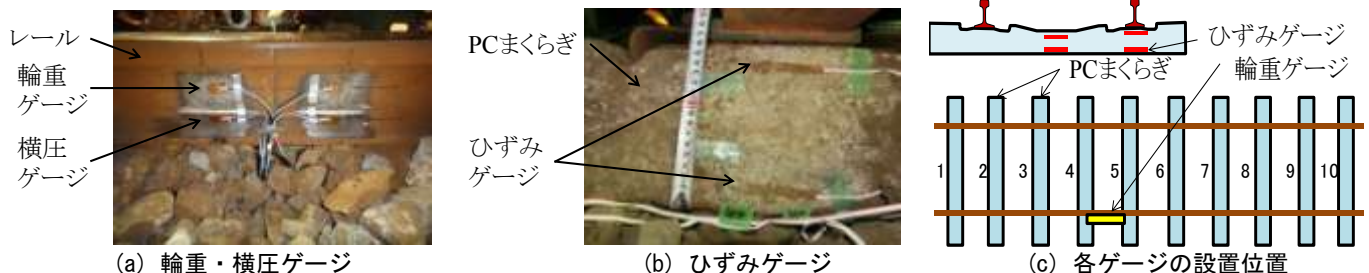


図2 輪重・横圧ゲージおよび PC まくらぎへのひずみゲージの設置状況

キーワード PC まくらぎ, 設計法, 変動輪重係数, 変動横圧係数, 分散係数, プレストレストコンクリート

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-18 (公財) 鉄道総合技術研究所 構造力学 TEL 042-573-7290

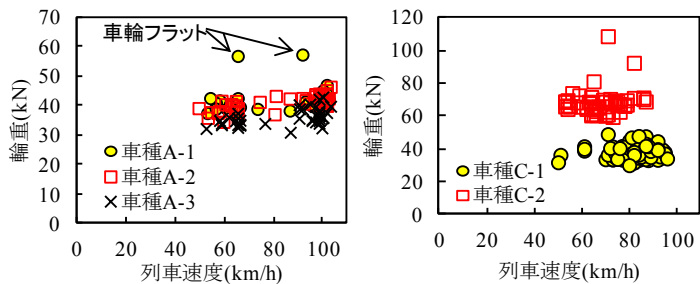


図3 輪重測定結果

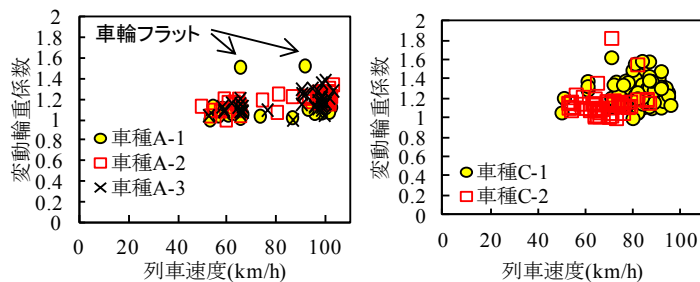


図4 変動輪重係数(測定輪重/測定輪重の最小値)

図5に横圧の測定結果をそれぞれ示す。同図より、測定横圧はすべて10kN未満であり、変動横圧係数を考慮した設計横圧(偶発時40kN)を大きく下回ることがわかる。このことから、直線ロングレール区間については、設計上の静的横圧の値を低減できる可能性があると考えられる。

図6にPCまくらぎのレール位置断面における正曲げモーメントの測定結果を示す。ここでは車種による分類はせずに表示した。ただし、線区Cにおいては曲げモーメントが大きい車種C-2の結果のみ記載した。また、連続する8~10本のPCまくらぎのうち、曲げモーメントの平均値が大きい方から3本の結果を記載した。線区AにおけるPCまくらぎの発生曲げモーメントは、デコンプレッションモーメント10.2kNmに対して最大で35%程度であった。線区Cにおいては、デコンプレッションモーメントを超過する試番が確認された。これは、図3に示した車種C-2において100kNを超える輪重(108kN)が測定された試番である。その他の試番においてもデコンプレッションモーメント8.0kNmとほぼ同等の曲げモーメントが発生していることがわかる。ただし、デコンプレッションモーメントを超える曲げモーメントが発生したとしても、PCまくらぎにひび割れや折損が直ちに発生するわけではない。参考までに、コンクリート標準に基づき算定したコンクリートの引張強度の特性値は 3.1N/mm^2 を示したが、C線区での発生曲げモーメントはPCまくらぎの引張縁に 3.1N/mm^2 の引張応力が生じるときの曲げモーメント以内であることがわかる。

図7に測定曲げモーメントに基づき算定した分散係数を示す。ここでは車種による分類はせずに表示した。分散係数は連続する5本のPCまくらぎについて、中央のPCまくらぎの曲げモーメントが最大となる時刻において、当該PCまくらぎの曲げモーメントを5本のPCまくらぎに発生した曲げモーメントの総和で除すことにより求めた。同図より、どの線区においても分散係数が0.5を超過する場合があることがわかる。PCまくらぎごとに分散係数にばらつきが生じる理由としては、個々のPCまくらぎの支持状態に差異があるなど、軌道を構成する各種パラメータのばらつきの影響と考えられる。

4. まとめ 本研究で得られた知見は以下のとおりである。(1) PCまくらぎに作用する荷重については、輪重は変動輪重係数2.0を考慮した設計輪重160kN以内と見積もればよい。(2) 変動輪重係数は最大で1.8程度であり、PCまくらぎの設計で現在一般的に用いられている変動輪重係数2.0は概ね妥当な値である。(3) PCまくらぎの支持状態によってはPCまくらぎの設計で一般的に用いられている分散係数0.5を超過する可能性がある。今後は敷設間隔の拡大の影響やレール継目部の荷重係数の妥当性の検証を実施していきたいと考えている。

参考文献 1) 涌井一, 奥田広之: PCまくらぎの限界状態設計法に関する研究, 土木学会論文集, No.557/V-34, 1997

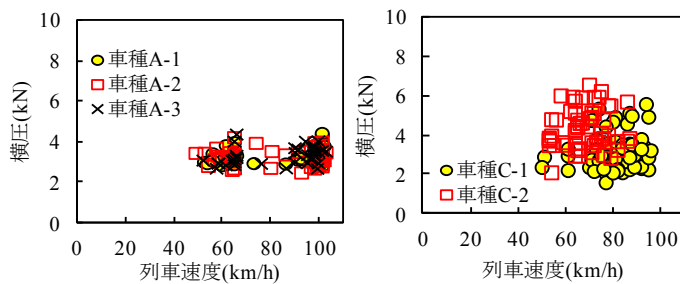


図5 横圧の測定結果

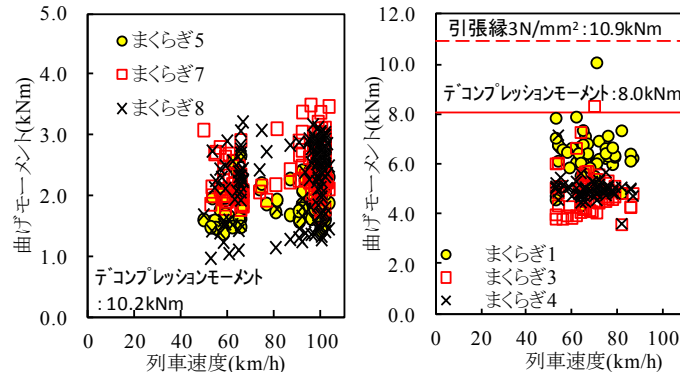


図6 レール位置断面における正曲げモーメントの測定結果

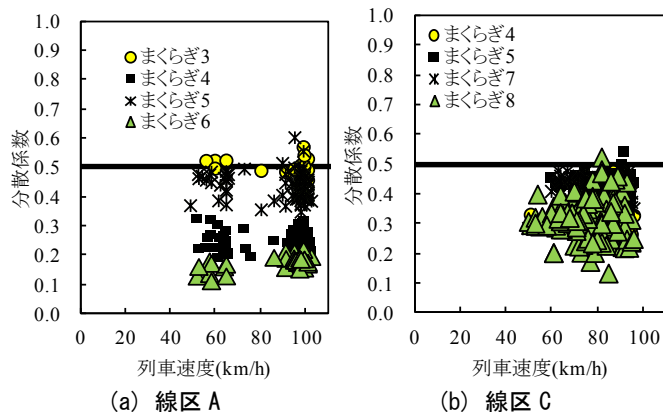


図7 測定曲げモーメントに基づく分散係数