

軌間データに基づく木まくらぎの締結状態評価法と PC 化曲線選択支援システム

(公財)鉄道総合技術研究所 正会員 水野 真敏, 三和 雅史

1. 目的

木まくらぎ区間では、まくらぎの腐朽等による締結状態の不良に伴う軌間内脱線の高リスクが高いため、軌間調整やまくらぎ交換等の保守の適切な実施が重要である。保守箇所を選定は、軌間の値やまくらぎ検査結果に基づくが、膨大な本数のまくらぎの状態を確認する作業は検査担当者への負担が大きいと共に、担当者によって評価がばらつく等の問題がある。また、軌間の値やまくらぎの状態が同程度であった場合に、どの箇所を優先して保守すべきかの判断も必要である。そこで、軌間の検測波形を統計的に評価して締結状態確認箇所を抽出する方法を検討した。さらに、性能照査型設計法の考え方に基づいて、PC まくらぎ化の優先度を曲線別に算定するシステムを開発した。

2. 軌間データによる木まくらぎの状態評価

2.1 状態評価の考え方

本稿では、10m ロットにおける軌間変位(狂い)を次の様に分解して考える。

$$\text{軌間最大値 (mm)} = 1,067 + \text{スラック (S)} + \text{定常分} + \text{変動分}$$

この場合、木まくらぎ不良率が高い箇所では、定常分が連続的に大きいと考えられる。以下では、通トンが約 100 万トン/年、最小曲線半径が 240m の線区の曲線における軌間等のデータを用いて、レール締結状態確認箇所の抽出法を検討する。

2.2 軌間変位データの特性

2.2.1 軌間変位定常分と変動分

軌間変位の定常分と変動分の関係を図 1 に示す。図中の実線は軌間内脱線に至る定常分と変動分の組み合わせであり、スラック別に示してある。図から、定常分と変動分の間には明確な関係はないが、定常分の方が変動分より平均的に約 5 倍大きいことが分かる。ここで、まくらぎ不良率が 1/2 ~ 3/4 の場合において 60kN の横圧が作用した際のレール左右変位量を有限間隔弾性支持モデルにより算出した結果を図 2 に示す。左右変位量を変動分と仮定すると最大 10mm 程度生じることになり、図 1 に示す変動分の最大値に近い。よって、この程度の変動分が生じるとした場合、例えば安全限度を 40mm とした場合、S=15mm のとき、定常分が 15mm を超える箇所については、締結状態を確認する必要性が高いと考えられる。図 1 には近年発生した 2 件 (A 社, B 社) の軌間内脱線の際に測定された各値を示す。各事故において事故直近では定常分が 20mm を超えており、上記の条件に合致する。

2.2.2 軌間変位への影響要因

軌間変位は、横圧が大きい箇所が増加すると考えられることから、平成 23 年に制定された軌道構造設計標準¹⁾に基づいて各曲線の定常横圧(内外軌の和)を当該線区の代表車両の諸元によ

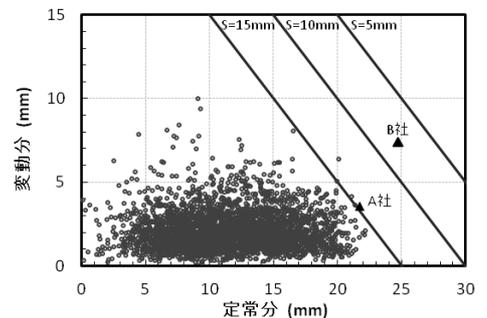


図 1 軌間変位の定常分と変動分の関係

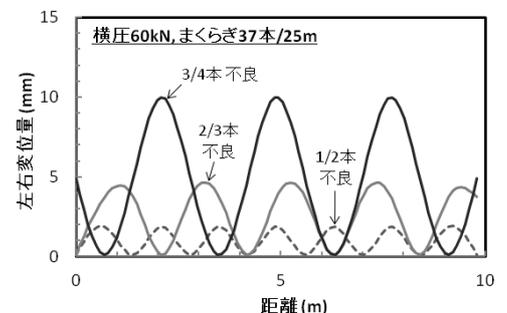


図 2 有限間隔弾性支持モデルによるレール左右変位量の算出結果

キーワード 軌間変位, 有限間隔弾性支持モデル, 性能照査型設計法, PC まくらぎ化

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 軌道管理研究室 TEL(042)573-7278

り算定し、軌間変位定常分との関係を図3に示す。ばらつきはあるものの、曲線半径が小さく、定常横圧が大きい箇所では軌間変位定常分が大きい。また、R600以下の曲線で定常分が15mmを超える可能性が高いことから、これらの箇所については軌間の重点監視箇所になると考えられる。一方、軌間変位変動分については、推定した変動横圧と明確な関係はなかった。変動横圧の算定法では、10m弦通り変位と継目の有無を考慮するが、衝撃的な横圧については、10m弦では把握できない短い波長の変位の影響が大きいことから、短弦での通り変位や軸箱左右加速度を考慮した上で、軌間変位変動分との関係を分析することが課題である。

2.2.3 軌間変位進み

軌間の管理においては、軌間変位進みについても着目することが有効である。そこで、軌間変位の定常分と変動分の各進みを図4に示す。進み量についても殆どのロットで定常分の方が変動分より大きい。また、定常分の進みと最大値の進みを図5に示す。同様の分析を変動分についても行ったが、最大値の進みに対しては定常分の進みの方が相関は高く、最大値の進みは最大で定常分の約2倍である。よって、例えばS=10mmの箇所では、現在の定常分に定常分進み(例えば次の検測までの間の進み)の2倍を加えた値が20mmを超える箇所については、締結状態を確認する必要性が高いと考えられる。

3. PCまくらぎ化箇所選定支援システム

軌間内脱線の防止等を目的として、まくらぎをPC化する施策が考えられる。この決定の支援ツールとして、軌道構造設計標準に基づいて線形、軌道構造、車両・運転条件等を入力し、軌きょうの横変位、軌間拡大、犬くぎの押し出し及び抜け上がりの各安全性能を曲線別に評価してPCまくらぎ化の優先度を算定するシステムを開発した。入力項目はロットや曲線単位とし、各評価項目は全ロットにおける順位が検討結果として出力される。また、全評価項目の平均順位によって、優先度に応じてランク付け(優先度の高い順にA~E)する。

本システムで試算した結果を図6に示す。この場合、対象とした曲線数は79であり、急曲線や軌間、通り変位の大きな曲線では、優先度が高く評価されることを確認した。

4. おわりに

木まくらぎ区間におけるまくらぎ状態の確認の高優先度箇所の抽出法を検討した。また、性能照査型設計法の考え方に基いて、PCまくらぎ化の優先順位を曲線別に算定するシステムを開発した。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造，丸善，2012

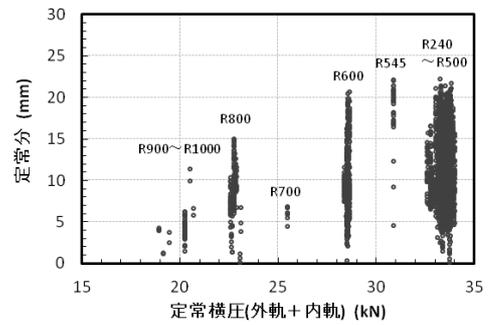


図3 定常横圧と軌道変位定常分の関係

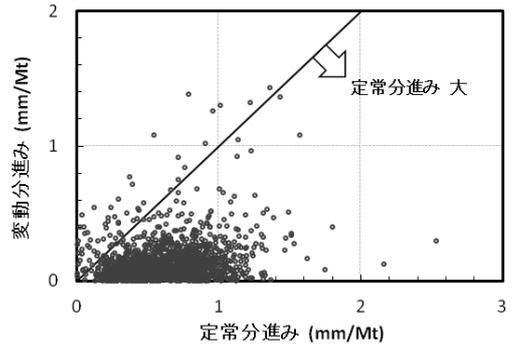


図4 軌間変位定常分と変動分の各進み

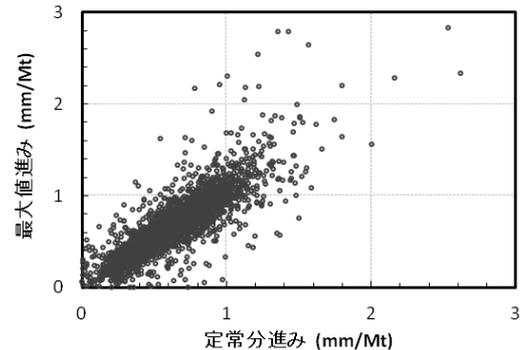


図5 軌間変位定常分の進みと最大値の進み

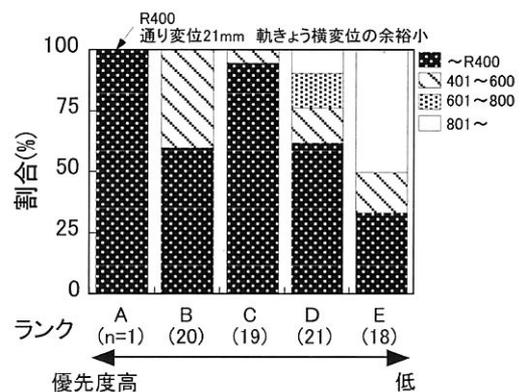


図6 システムによる試算結果 (nはロット数)