

PC まくらぎ化計画作成支援システムの開発

鉄道総合技術研究所 正会員 ○金丸 清威 三和 雅史
四国旅客鉄道株式会社 正会員 片山 雄一朗

1. はじめに

木まくらぎ構造の軌道では、まくらぎの腐食等によりレールの締結状態が悪化すると、軌間拡大による軌間内脱線の発生が懸念される。そのため、PCまくらぎへの交換が行われることがある。しかしながら、PCまくらぎ化には多くの初期費用が必要なため、費用や施工延長の上限を考慮して費用対効果の高い箇所から優先的に施工する必要がある。そこで、PCまくらぎ化計画作成支援システム（以下、「本システム」と示す）を開発した。本システムでは、曲線別のPCまくらぎ化優先度の算定と対象曲線の選択、締結状態の連続不良本数の許容値について検討できる。本稿では、その機能と模擬線区データに適用した結果を報告する。

2. PC まくらぎ化優先度の算定

本システムでは、バラスト軌道の性能照査型設計法¹⁾に基づいて曲線別のPCまくらぎ化優先度を算定する。算定モデル²⁾を図1に示す。線形諸元、軌道構造条件、車両・運転条件、軌道変位等の軌道状態を入力データとして輪重、横圧を算定し、これを基に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。具体的には、①輪軸横圧による軌きょうの横変形②軌間拡大に対する

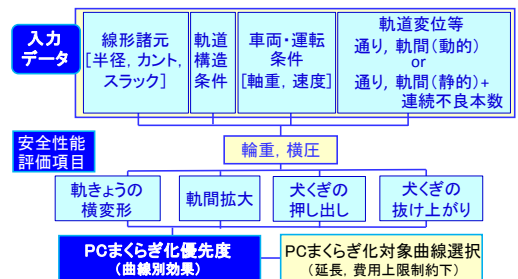


図1 PC まくらぎ化優先度算定モデル

走行安全性、③犬くぎ押し出しに対する安全性、④犬くぎ抜け上がりに対する各安全性の照査を行い、これら4項目の応答値と限界値を求めて、その比（応答値/限界値）を算出する。この比は安全率の逆数と考えられる。この比が1項目でも目安値を超過した曲線については、最優先でPCまくらぎ化すべき曲線として出力される。一方、いずれの項目も目安値を超過しない曲線については、比の平均値「各項目の（応答値/限界値）の和/4」を各曲線のPCまくらぎ化優先度とする。つまり、優先度の高い曲線はPCまくらぎ化の効果が大きい曲線と考えられる。

3. PC まくらぎ化対象曲線の選択

算出された優先度を基に PC まくらぎ化対象曲線を選択する。選択法としては、2. で算定された優先度に基づいて、PC まくらぎ化する曲線の総施工延長や費用の上限制約下で、優先度が大きな箇所から選択することが考えられる。また、本システムでは、この選択を数理計画問題（最適化問題）として解いて行う機能があり、これを活用することもできる²⁾。具体的には、費用上限を制約にする場合はPC まくらぎ化のための初期費を曲線別に算出した上で、PC まくらぎ化対象として選択した曲線における PC まくらぎ化優先度の総和（＝安全性向上効果）が最大となるように曲線を選択する。なお、PC まくらぎ化優先度の総和最大化の基準により選択すると、延長の短い曲線が選ばれやすい場合が存在したことから、PC まくらぎ化優先度×曲線延長の値を最大化の対象として選ぶこともできる。

4. システムによる試算

模擬線区データを本システムに適用して試算を行った。適用対象は、全線が15km程度で曲線半径300～600mの16曲線を有する線区データである。

キーワード PC まくらぎ化、優先度、安全性向上効果、締結状態、連続不良本数

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 軌道技術研究部 TEL 042-573-7278

(1) PCまくらぎ化優先度の算出結果

図2にPCまくらぎ化優先度の算出結果を示す。PCまくらぎ化優先度は曲線半径の小さな曲線で大きい、半径が同じであっても異なる場合がある。これは、曲線によって軌道構造や、車両・運転条件、軌道変位等が異なるためである。このことから、例えば本結果の場合、半径600m以下の全13曲線のPCまくらぎ化を行わなくても、11曲線をPCまくらぎ化するだけで、PCまくらぎ化優先度0.5（安全率2に相当）の曲線のPCまくらぎ化が完了し、線区としての安全性を、13曲線のPCまくらぎ化を行った場合と同程度に高めることができる。

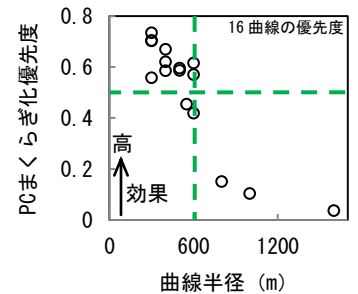


図2 優先度の算出結果

(2) PCまくらぎ化曲線の選択

本システムのPCまくらぎ化曲線選択機能を使ってPCまくらぎ化曲線を選択した結果を図3、図4に示す。

施工延長の上限を1.4kmとして本システムにより対象曲線を選択した結果、安全性向上効果が5.62の9曲線が選択された。比較のために半径の小さい曲線から順に1.4km分の曲線を選択した結果、安全性向上効果が4.58の7曲線が選択された。よって、同じ延長のPCまくらぎ化を行うのであれば、本システムを用いた方が約23%高い向上効果を得られると考えられる。

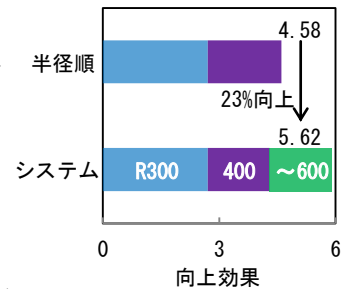


図3 施工延長上限

また、安全性向上効果を一定(4.58)として対象曲線を選択した結果、本システムでは総延長1.22kmの7曲線が選択された。一方、半径が小さい順に曲線を選択した場合には総延長1.43kmの分のPC化が必要との結果になった。よって、同じだけの安全性向上効果を得るには、本システムを用いた方が約15%短い延長の施工でも可能と考えられる。このように、本システムを用いることで費用対効果の高いPCまくらぎ化を行えるものと考えられる。

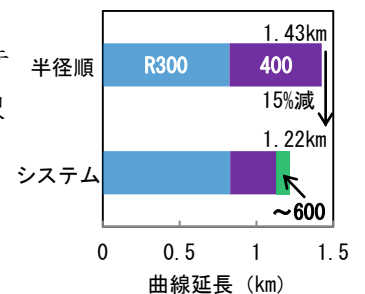


図4 安全性向上効果一定

5. 締結状態の連続不良本数の許容値についての検討

本システムでは、各曲線の諸元や軌道条件、車両・運転条件に基づいて、締結状態の連続不良本数の許容値についての検討も行える。本機能では連続不良本数を0~5本の範囲で変化させた際の軌間拡大量を算出し、限界値に対する余裕を算定する。これにより、まくらぎ状態検査における連続不良本数の管理値や部分PCまくらぎ化時のPCまくらぎ敷設割合の検討を行える。図5に本システムにより検討した結果を示す。本例では、連続不良本数3本で目安値を超過したことから、連続不良本数は2本まで、また部分PCまくらぎ化時におけるPCまくらぎの敷設割合は3本に1本とすればよいことがわかる。



図5 連続不良本検討定結果

6. おわりに

PCまくらぎ化計画作成支援システムを開発し、模擬線区データを用いて試算を行った結果、効率的なPCまくらぎ化計画を作成できること等を確認した。今後は、本システムの実用化を進めたいと考えている。

本研究は、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

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・同解説一軌道構造，丸善出版，2012
- 2) 片山：木まくらぎ曲線保守・改良計画システムの開発，新線路，第69巻，第3号，2015