

## IV-404

## 木まくらぎ締結部の連続不良限度本数に関する検討

鉄道総合技術研究所 正会員 加藤 武

鉄道総合技術研究所 正会員 内田 雅夫

## 1. はじめに

軌間拡大による脱線の原因の1つとして、まくらぎとレールとの間の締結力が確保されていないために、レール位置が正しく保持されないことがある。下級線区で広く使用されている木まくらぎ+犬くぎによるレール締結・支持方法は、木まくらぎの腐食や、犬くぎの抜け上がりによる締結力の緩みなどが生じ易く、検査・保守上の弱点の一つとなっている。一般に下級線区では線路点検や保守にかかる労力・資金とも十分ではなく、常時全ての犬くぎの締結状態を完全に維持するのは困難な状況であると考えられる。

そこで本研究では、文献1)で示されている方法を用い、一般的な下級線区の車両・軌道状態を想定して、木まくらぎがどの程度連続して締結不良になると軌間拡大に対し危険な状況になるかを検討し、その限度本数を示すことにより、木まくらぎ締結部検査・管理手法の改善の一助とすることを目的とする。併せてPCまくらぎを数本毎に挿入することにより、上記の限度本数がどの程度改善されるかについても検討する。

## 2. 解析モデル及び計算条件

レール圧力・レール横圧力の算出には有限間隔弾性支持モデルを用いる。検討のフローを図1に、解析モデルを図2に示す。列車荷重の算定は文献

2)の方法によるものとする。また、今回の検討に用いた線形・材料・車両諸元等を表1に示す。

以上の条件により、木まくらぎの締結不良が連続した場合において、①外軌側レールの左右変位量（限度値20mm）②隣接する健全なまくらぎにおける犬くぎの押し出し（限度値10kN/本）のいずれの限度値も超過しない最大の連続不良本数を限度本数とした。

表1 検討に用いた線形・材料・車両諸元

| 項目                | 計算に用いた値                                                                                            |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 軸重                | 75kN、100kN、125kN                                                                                   |
| 曲線諸元と走行速度         | R=300m C=60mm v=50km/h (Cd=10)<br>R=400m C=65mm v=65km/h (Cd=24)<br>R=500m C=70mm v=75km/h (Cd=24) |
| レール種別             | 37kg、50N                                                                                           |
| まくらぎ配置本数          | 37本/25m                                                                                            |
| レール/まくらぎ間摩擦係数     | 健全まくらぎ 0.6 <sup>3)</sup><br>不良まくらぎ 0.2~0.5                                                         |
| 犬くぎ押し出し抵抗力許容値     | 10kN/本                                                                                             |
| チョック押し出し抵抗力       | 15kN                                                                                               |
| タイプレート敷設時の有効犬くぎ本数 | 外軌側 4本 (R<500m)、3本 (R≥500m)<br>内軌側 2本 (抵抗力は10kN/本)                                                 |
| 計算で仮定する連続締結不良本数   | 1本~4本                                                                                              |

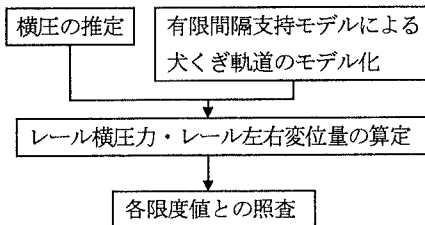


図1 検討のフロー

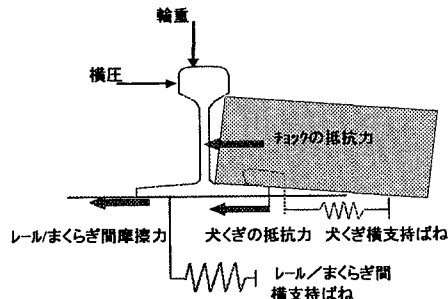


図2 計算モデル

キーワード：軌間拡大、レール圧力、レール横圧力、有限間隔支持モデル、犬くぎ押し出し

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 TEL 042-573-7278 FAX 042-573-7296

### 3. 木まくらぎのみの場合の計算結果

以上の条件による計算結果をもとに、曲線半径と締結装置毎に連続不良限度本数を表2に示す。表2より、次のことが言える。

(1)  $R=400\text{m}$  以下では犬くぎのみでは限度本数は0ないし1本となるため、このような急曲線では少なくともチョックを敷設するべきである。

(2) チョック敷設の場合は犬くぎのみと比較して限度本数は1、2本多くなり、かなり改善される。またチョックは全てのまくらぎに敷設する必要はないが、チョックを敷設してあるまくらぎの締結が不良になり、チョックの抵抗力が期待できなくなると、犬くぎのみの場合と同等な条件となる。

(3) タイプレート敷設の場合はほとんどの条件で限度本数は4本まで許容できる。

(4) 継目部付近では衝撃的な横圧が発生するので、継目部以外と比較して限度本数は1、2本少ない。

### 4. 一定間隔でPCまくらぎを挿入した場合

木まくらぎのみの場合の限度超過は、健全まくらぎでの犬くぎの押し出しによるものがほとんどである。これが発生すると更に隣接する健全まくらぎの犬くぎが押し出され、結果的に軌間拡大につながる。そこで軌間保持部材として締結部での横圧限度が大きいPCまくらぎを一定間隔で挿入すれば、ある程度以上の軌間拡大は防止できるものと考え、その計算を行った。

#### (1) 計算及び判定条件

PCまくらぎを5本に1本敷設する場合を考える。この場合の照査方法は、①外軌側レールの左右変位量（限度値20mm）②PCまくらぎでの締結部のレール横圧力（限度値60kN）とし、木まくらぎの犬くぎが押し出されても上記2項目を超過しなければ問題なしと判定する。

#### (2) 計算結果

結果を表3に示す。継目部付近では最大で外軌側レールの左右変位量が20mmを超過することがあるが、継目部以外では外軌側レールの左右変位量が20mmを超過することはない。またPCまくらぎ締結部の横圧も60kNを超過することはない。よって継目部付近では4本に1本、継目部以外では5本に1本PCまくらぎを挿入すれば、外軌側レールの左右変位量20mmを超過することはないと考えられる。これは犬くぎが全て押し出されても、レール圧力による木まくらぎとレール間の摩擦力が軌間拡大方向の力に抵抗することによるものである。またこの場合PCまくらぎの締結部には最大約53kNのレール横圧力が発生するので、締結装置の選択に注意が必要である。

### 5. まとめ

下級線区における木まくらぎ及び締結装置の管理の目安となるように連続不良限度本数について検討した。その結果、木まくらぎのみの場合とPCまくらぎを一定間隔に敷設した場合の連続不良限度本数を得た。

なお線形・材料・車両諸元が今回設定した値と大きく異なる場合には、今回示した連続不良限度本数とは違った結果となる。特に犬くぎ押し出し抵抗力やレール/まくらぎ間摩擦係数は、周辺環境やまくらぎの腐食状態によって大きく変化する。また不良まくらぎを放置した場合の健全まくらぎでの残留レール変位量の影響も無視できない。このため実験等による各種パラメータの精度向上、締結部不良状態の発生や各種パラメータを確率現象として仮定した場合の安全性の検討が必要である。

#### [参考文献]

- 1) 内田、石川、三和：有限間隔支持モデルによる木まくらぎ連続不良区間の安全性の検討、土木学会第53回年次学術講演会講演概要集、1998.10
- 2) 内田他：急曲線部における振子車両の走行特性と軌道管理手法、鉄道総研報告、1998.3
- 3) 佐藤：横圧に対する軌道強度の研究、鉄道技術研究報告、1960.2

表2 木まくらぎのみの場合の連続不良限度本数

| 締結装置     | 曲線半径 |     |     | 継目部 |     |     | 継目部以外 |     |     |
|----------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|
|          | 300  | 400 | 500 | 300 | 400 | 500 | 300   | 400 | 500 |
| 犬くぎのみ    | 0    | 0   | 0   | 0   | 1   | 2   |       |     |     |
| 犬くぎ+チョック | 1    | 2   | 2   | 2   | 3   | 3   |       |     |     |
| タイプレート   | 3    | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |       |     |     |

表3 PCまくらぎを挿入した場合の連続不良限度本数

| レール種別   | 曲線半径 |     |     | 継目部 |     |     | 継目部以外 |     |     |
|---------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-----|
|         | 300  | 400 | 500 | 300 | 400 | 500 | 300   | 400 | 500 |
| 37kgレール | 3    | 3   | 4   | 4   | 4   | 4   |       |     |     |
| 50Nレール  | 4    | 4   | 4   | 4   | 4   | 4   |       |     |     |