

バラスト軌道の横方向の強度・安全性評価手法 の開発

技術開発期間：R5年度～R7年度

公益財団法人鉄道総合技術研究所
軌道技術研究部 軌道・路盤研究室
エキスパートマネージャー 中村 貴久

研究背景(バラスト軌道の木まくららぎ区間)

経年劣化した木まくららぎ



従来の検査方法

※本画像はAI生成イメージ



木まくららぎの軌間拡大のイメージ



【従来の目視検査の課題】

- ①検査者の主観に左右されやすい
- ②雑草の繁茂で検査精度が低下しやすい
- ③人的・時間的コストがかかる
- ④締結力を力学的に評価できない

要求事項

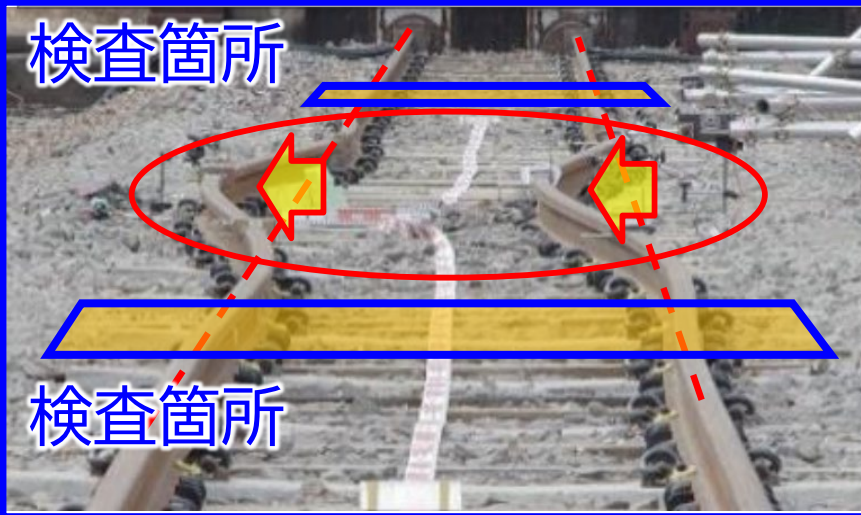
- ・木まくららぎのレール締結部の不良を「連続的」かつ「短時間」で力学的に検査する手法の確立

研究背景(バラスト軌道のロングレール区間)

Railway Technical Research Institute

レール温度の上昇で生じた著大
通り変位の例と従来検査の課題

検査箇所



検査箇所

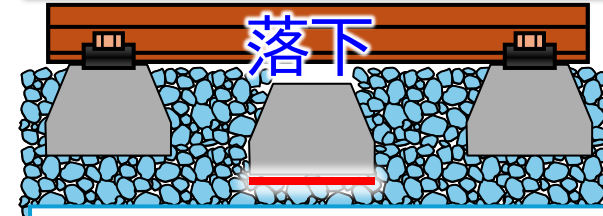
従来の検査方法

道床横抵抗
抗力試験



緩解

浮きまくらぎ箇所での従来検査の課題



緩解時にまくらぎが落
下し、底面が接触して
道床横抵抗が回復

【従来の道床横抵抗の検査方法の課題】

- ①任意に選定したまくらぎを検査するため、道床横抵抗の低下箇所を見逃す恐れ
- ②検査時にレール締結装置を緩解するため、浮きまくらぎの道床横抵抗を過大評価
- ③広範囲の連続的な検査は容易ではない

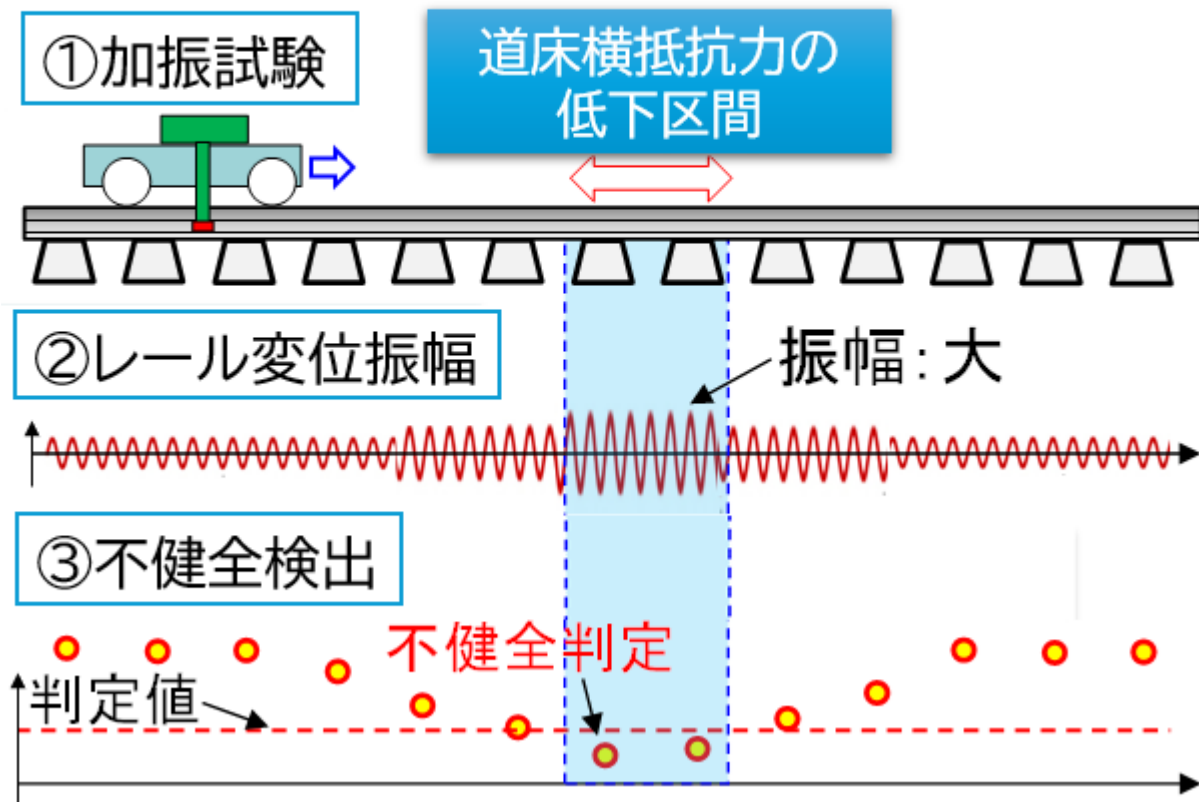
要求事項

・道床横抵抗を「連続的」かつ「短時間」で締結緩解せずに検査する手法の確立

不健全区間を検出する方法

- レール上を走行しながら、レールをまくらぎ長手方向に水平加振し、その際に生じるレールの変位振幅を評価指標として、不健全区間を検出する

本評価方法の検査手順



【検出項目】

- ・道床横抵抗力が基準値より低下区間
- ・木まくらぎの締結不良3本連続区間

【評価指標】

- ・レール変位振幅

【効果】

- ・非破壊で連続的かつ短時間に不健全箇所を検出可能
- ・検査の省人化が可能
- ・検査者ごとの測定誤差を排除可能

「連続的」かつ「短時間」で検査する装置の加振条件の検討

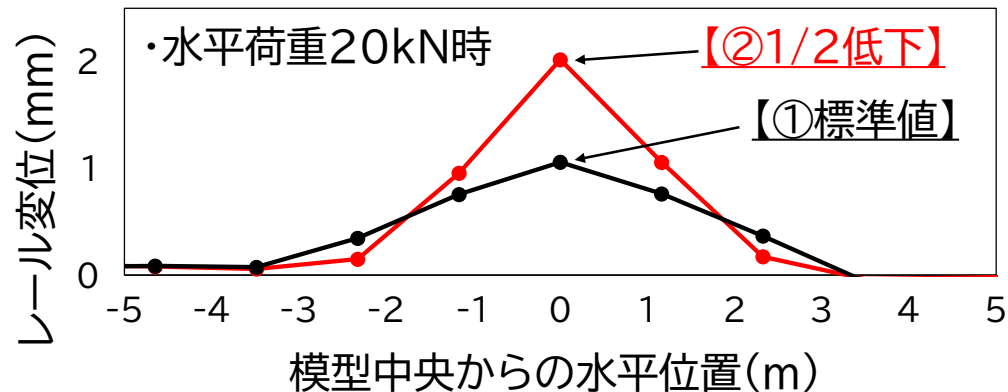
Railway Technical Research Institute

鉄道総研所有の起振機を活用した加振試験による軌道水平加振装置の加振条件の検討



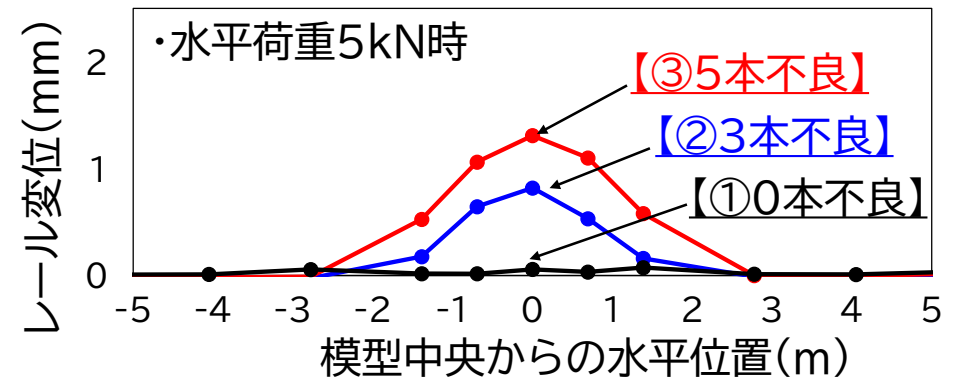
道床横抵抗力用の軌道模型

模型2種類：道床横抵抗力の【標準値】と【1/2低下】



木まくらぎのレール締結部用の軌道模型

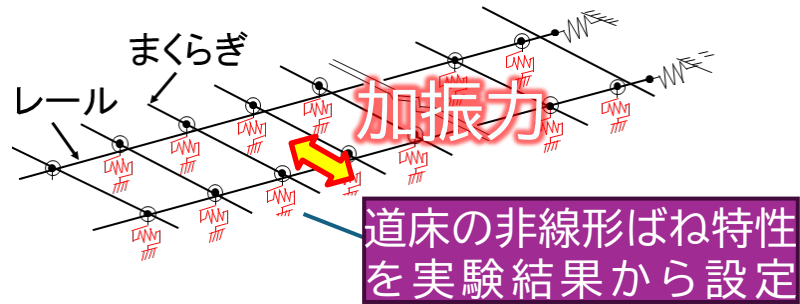
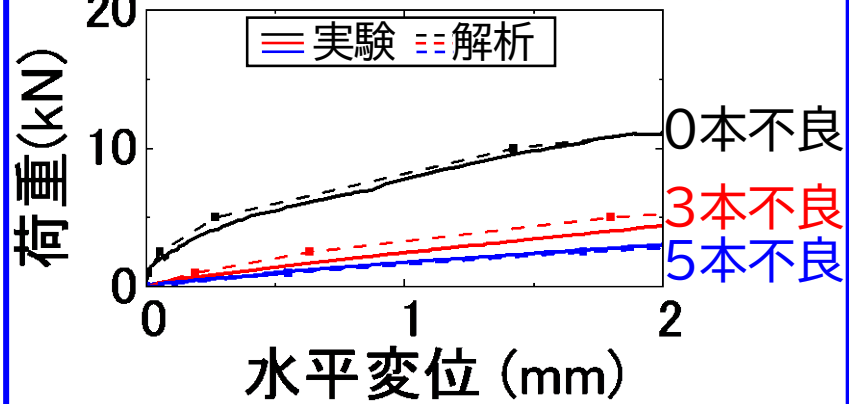
模型3種類：レール締結部の【不良本数0, 3, 5本】



成果①:木まくらぎレール締結部用軌道水平加振装置の加振条件

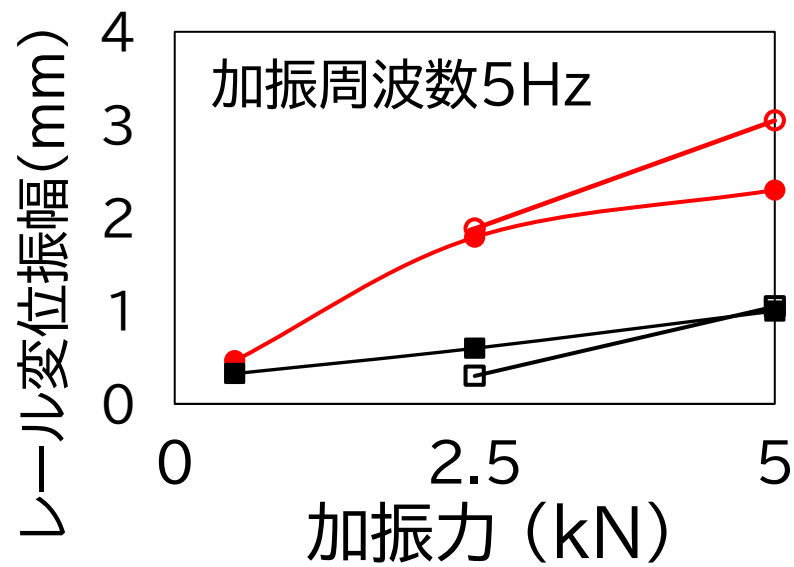
過渡応答解析による評価

水平載荷試験との比較



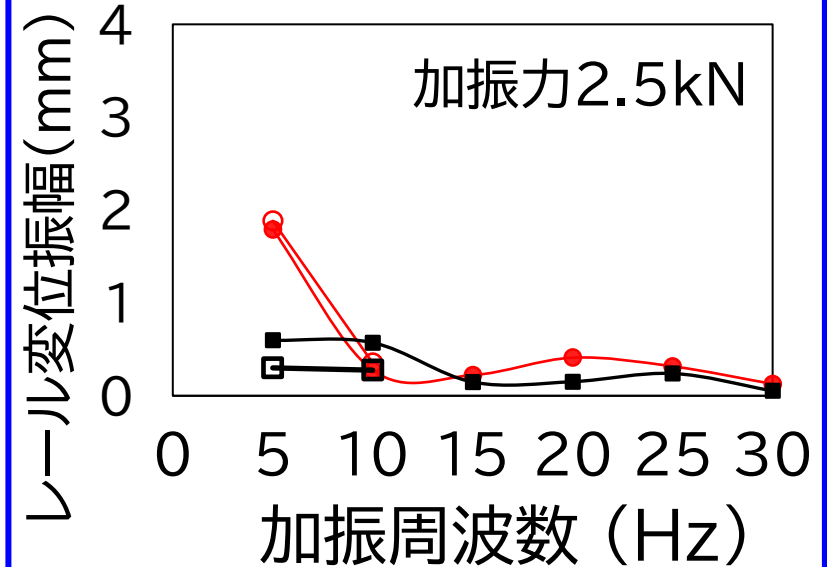
加振力の検討

- 実験_3本不良 ○ 解析_3本不良
- 実験_0本不良 □ 解析_0本不良



加振周波数の検討

- 実験_3本不良 ○ 解析_3本不良
- 実験_0本不良 □ 解析_0本不良

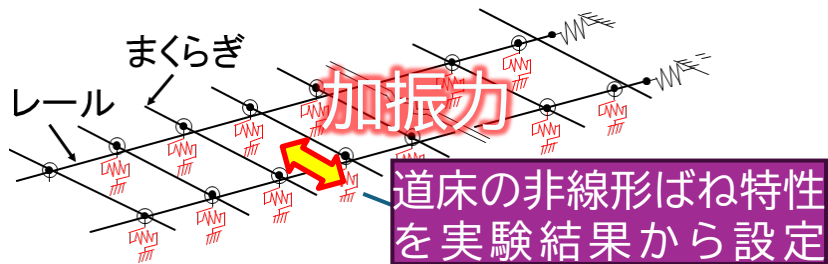
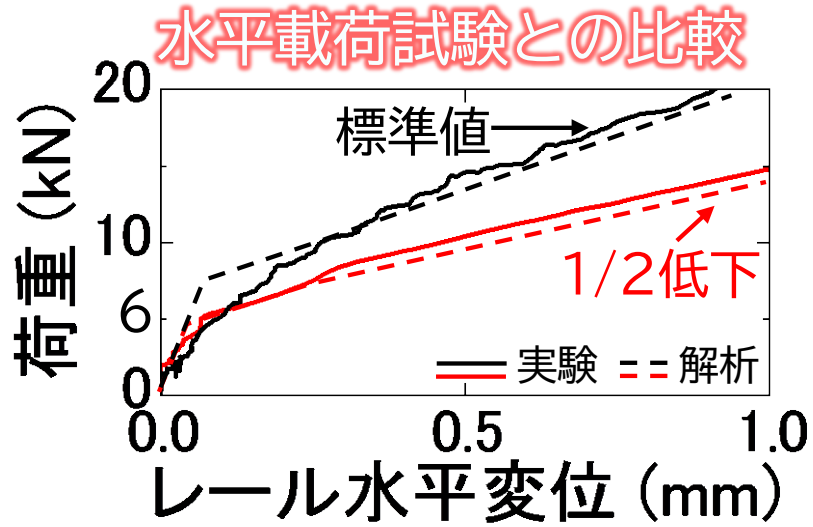


【木まくらぎレール締結部用軌道水平加振装置の加振条件】

- 加 振 力 : 0.5kN超
- 加振周波数 : 5 Hz以下

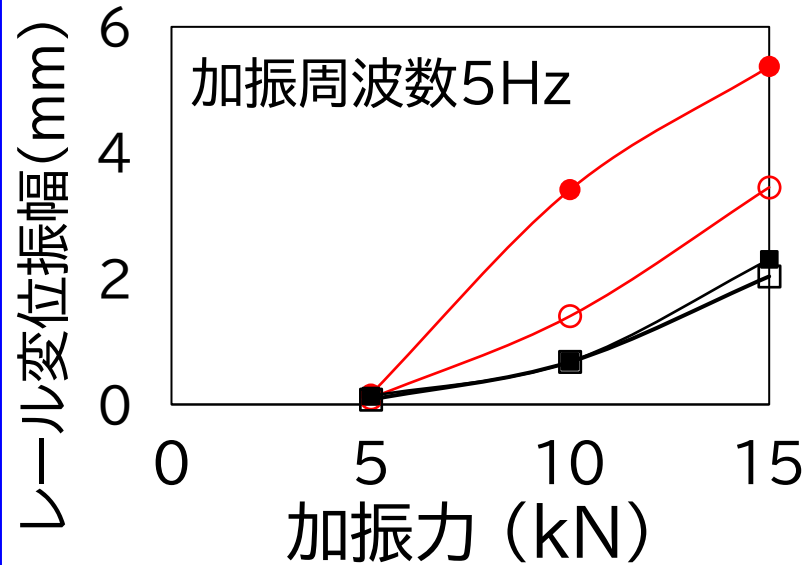
成果②：道床横抵抗力用軌道水平加振装置の加振条件

過渡応答解析による評価



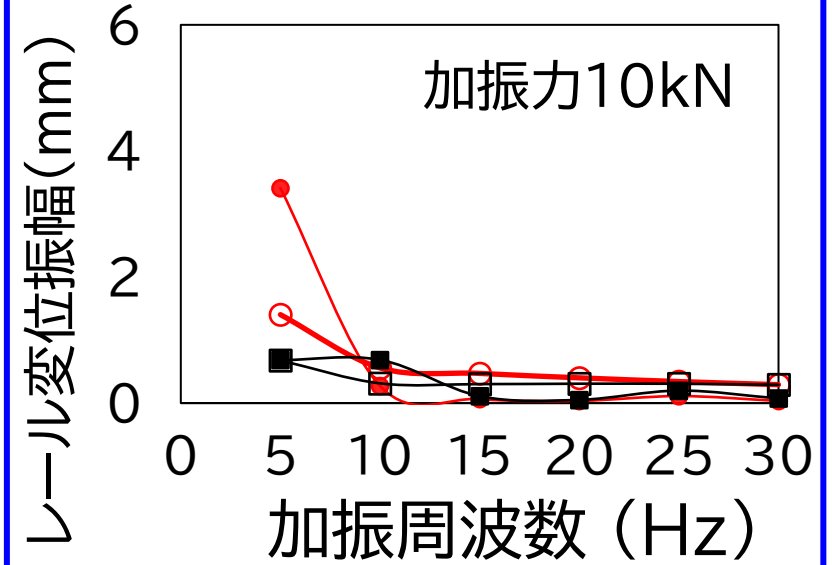
加振力の検討

- 実験_1/2低下 ○ 解析_1/2低下
- 実験_標準値 □ 解析_標準値



加振周波数の検討

- 実験_1/2低下 ○ 解析_1/2低下
- 実験_標準値 □ 解析_標準値



【道床横抵抗力用軌道水平加振装置の加振条件】

- 加 振 力：6 kN超
- 加振周波数：5 Hz以下

成果③：軌道水平加振装置（プロトタイプ）の基本構造

Railway Technical Research Institute

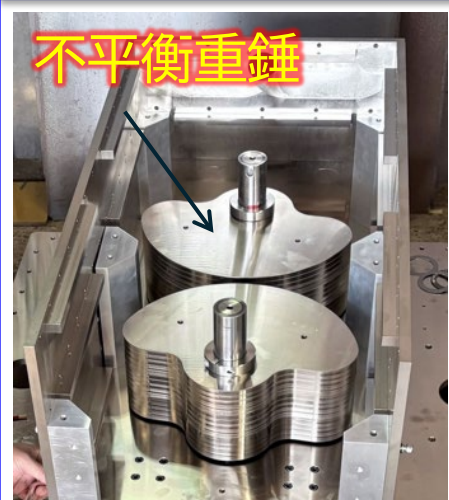
●軌道水平加振装置の最大性能

【木まくらぎの場合】5Hz・5kN、【道床横抵抗力的場合】5Hz・15kN

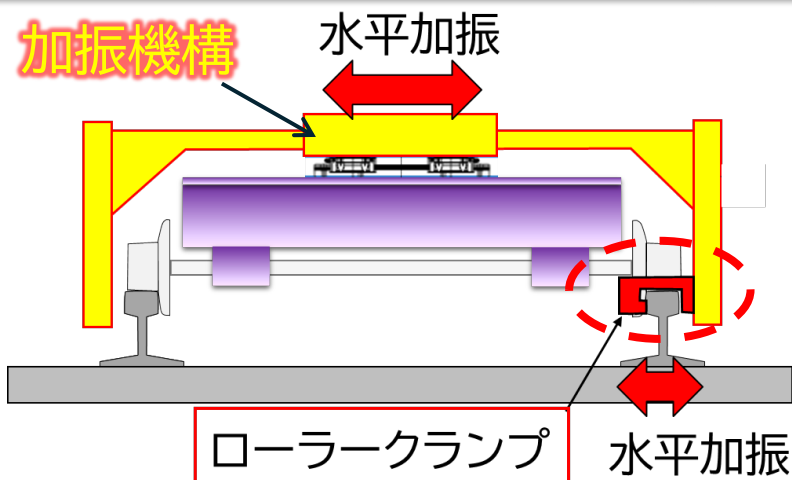
【構造条件】

- 2個の不均衡重錘をモータで回転させて水平加振する機構として小型化を図った。
- 実軌道の軌間変位やスラックに対応するために片レール加振方式とした。
- 軌道自転車で加振装置と付属装置を載せた2台の軽便トロを牽引する構造とした。
- 3tクレーン車で現地まで運搬して載線し、作業員1名で検査が可能な構成とした。

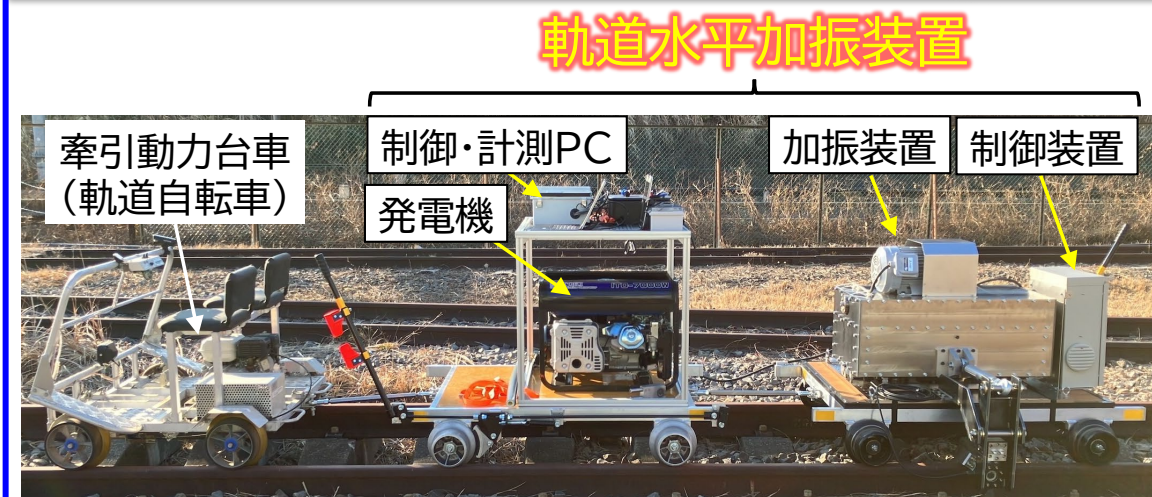
加振機構の構造



片レール加振方式

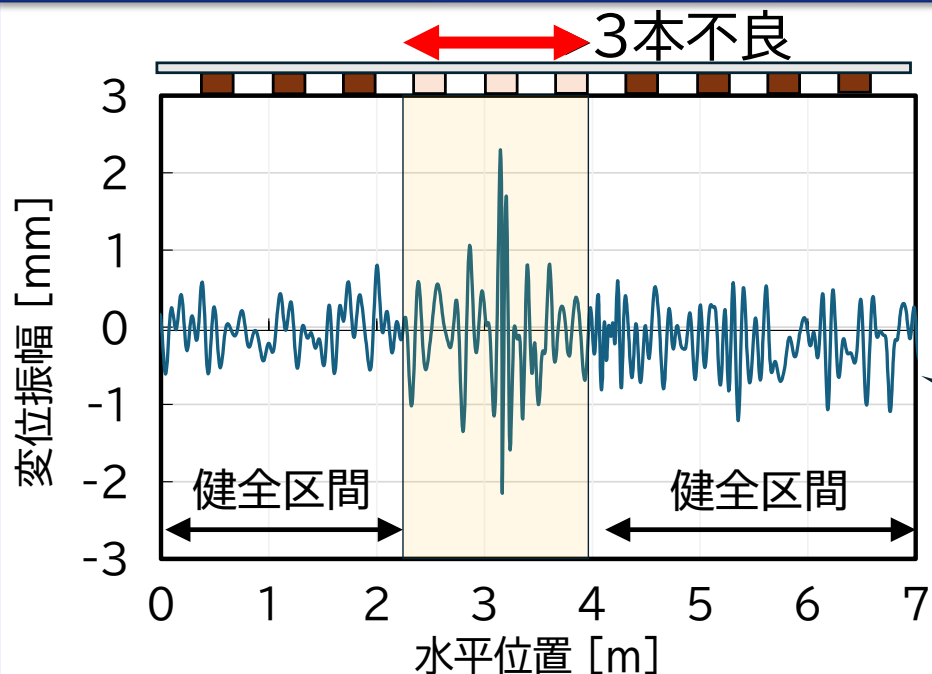


軌道水平加振装置（プロトタイプ）の構成



成果④：軌道水平加振装置(プロトタイプ)を用いた走行加振試験

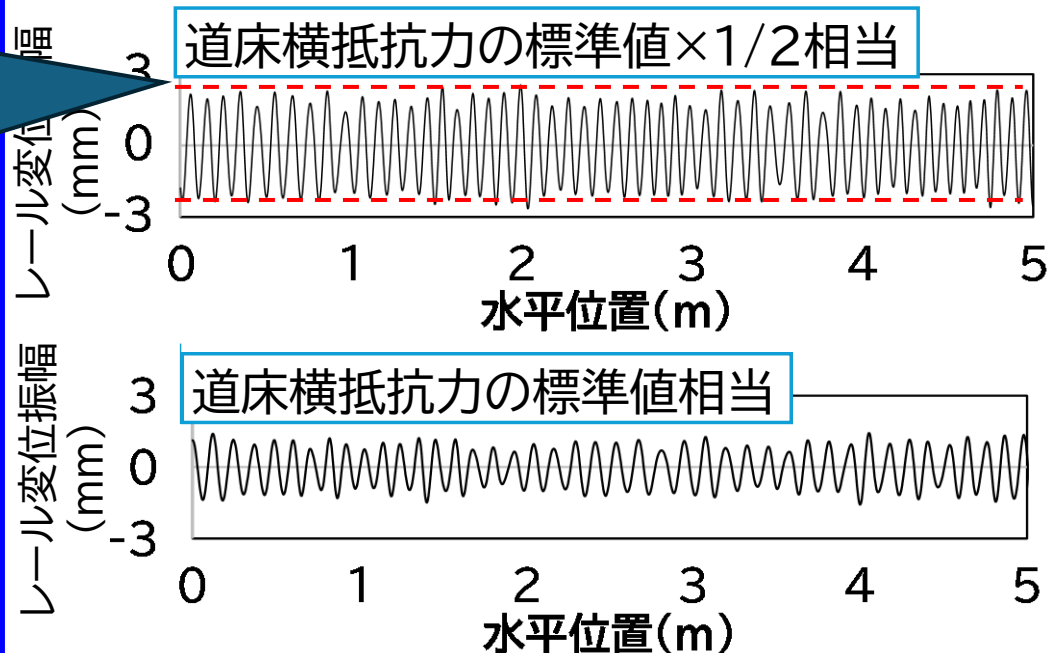
木まくらぎ締結不良箇所の検出 (3本連続不良)



加振によるバラストの緩み抑制のための変位振幅の上限値：**2.5mm以内**

5kN以上の加振力では、道床横抵抗力が変位振幅に影響

道床横抵抗力の低下箇所の検出 (標準値から1/2に低下)



【木まくらぎレール締結部の検査】**加振条件: 3.5Hz・2.5kN**(最大性能: 5Hz・5kN)

⇒ 3本不良の区間の変位振幅が1mm程度⇒2.3mmに増加:**検出可**

【道床横抵抗力の検査】**加振条件: 3.5Hz・7.5kN**(最大性能: 5Hz・15kN)

⇒ 道床横抵抗力の低下区間の変位振幅が1.1mm⇒2.2mmに増加:**検出可**

成果のまとめ

- 実物大試験等の結果に基づき、不健全箇所を検出に必要な加振条件を体系的に整理・最適化し、以下の加振条件を設定した（成果①、②）。
 - ・ レール締結部の検査：加振周波数3.5Hz・加振力2.5kN
 - ・ 道床横抵抗力の検査：加振周波数3.5Hz・加振力7.5kN
- 軌間変位への高い追従性を確保するため、片レール加振方式を採用し、道床横抵抗力用および木まくらぎレール締結部用の軌道水平加振装置のプロトタイプを製作した（成果③）。
- 各装置を用いた走行加振試験により、木まくらぎレール締結部の不良区間および道床横抵抗力の低下区間を検出できることを確認した。あわせて、現地適用を想定した作業性・運用性の観点から実用上の問題がないことを確認した（成果④）。