

防除効果および施工性に優れた 蒸気を用いた雑草防除手法

蒸気の熱を用いることで周辺環境にやさしく、雑草の再生を抑制する効果があり、従来の刈払いより短時間かつ少ない作業員数での施工が可能となる効率的な雑草防除手法を開発しました。

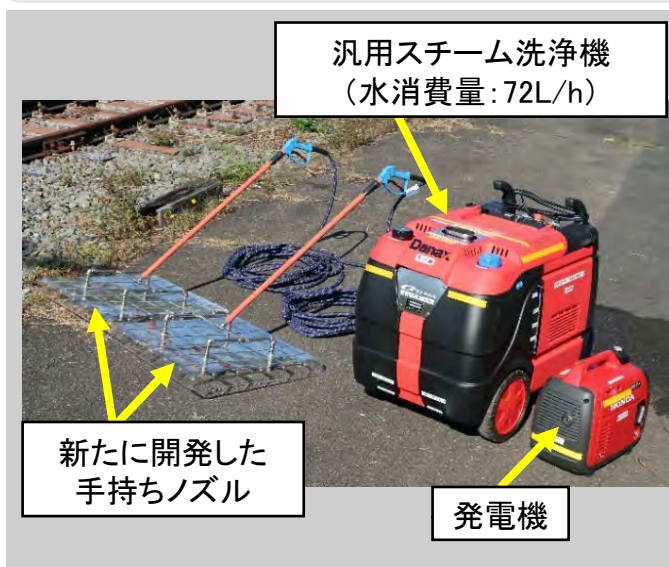
研究の背景と目的

- 鉄道用地の雑草防除では、刈払いが広く行われていますが、刈払いは比較的短期間で雑草が再生し、振動障害防止のために1日の作業時間も制限されていました。
- そこで、新たに開発した手持ちノズルと汎用スチーム洗浄機を組み合わせることにより、防除効果に優れ、刈払い以上の施工性を有する蒸気除草手法を開発しました。

研究成果

- 蒸気噴出部を地表まで差し込み、側方に噴射する機構を有する手持ちノズルを新たに開発し、1時間あたり72リットルの少ない水消費量で、1回あたり5秒間の蒸気噴射により、ノズルのカバー面積約0.5㎡の範囲にある雑草の処理を可能としました。
- 現地試験の結果、蒸気除草では施工約3ヶ月後の大型雑草の再生が施工範囲の10%程度に留まり、さらに1年後の再生株数が刈払いと比較して70%減少することを確認しました
- 施工面積300㎡を想定した施工時間を試算した結果、従来の刈払いと比較して、施工速度が44%向上するとともに、必要作業員数も5人から3人の60%に抑えられることを確認しました。

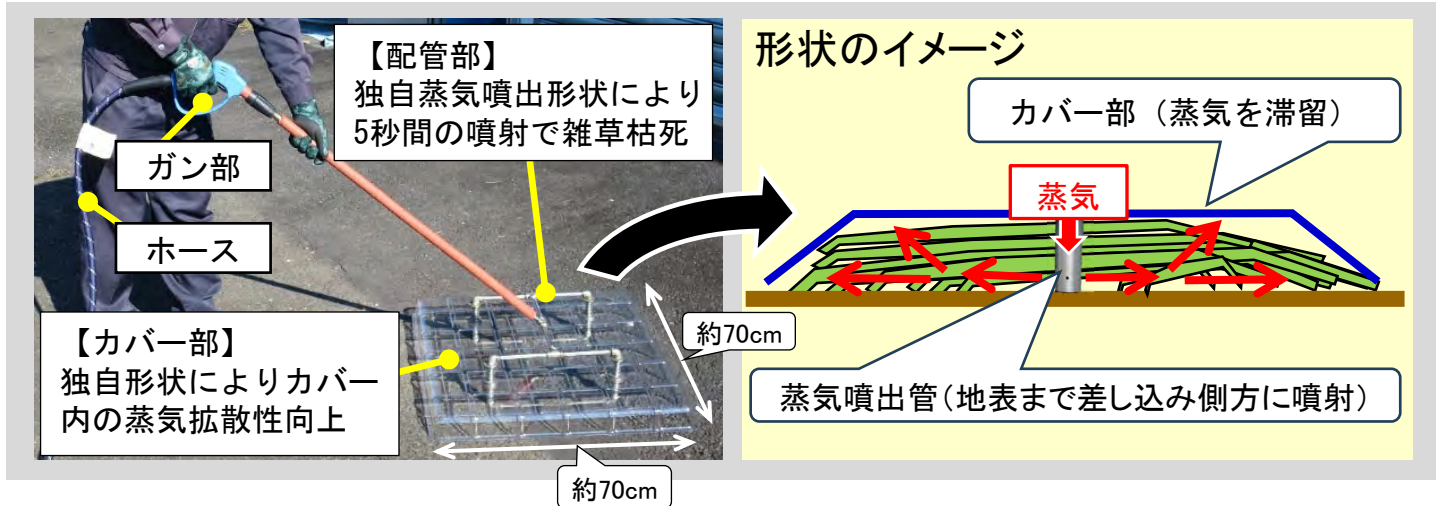
蒸気除草機材の構成



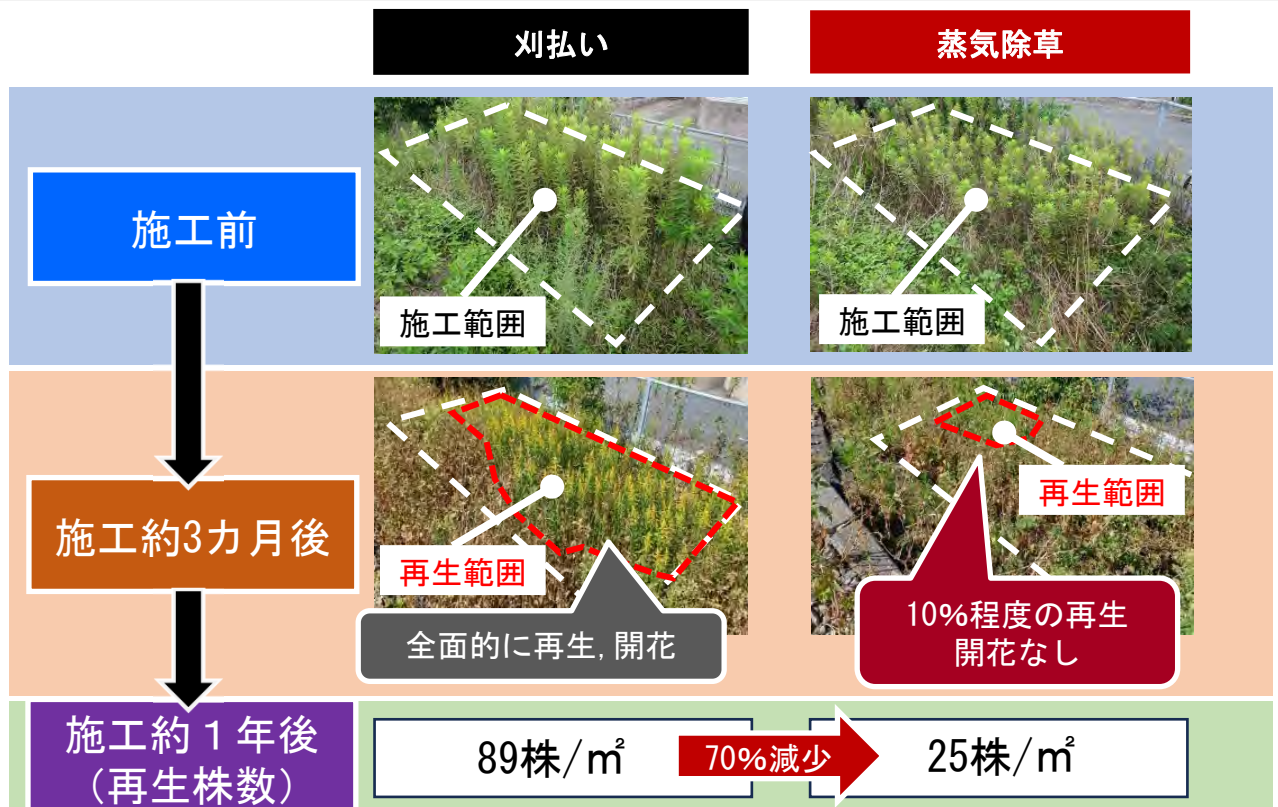
今後の展開

- 本手法に用いる蒸気除草機材を製品化しており、保守量低減に活用していただけるように、技術支援を実施しています。

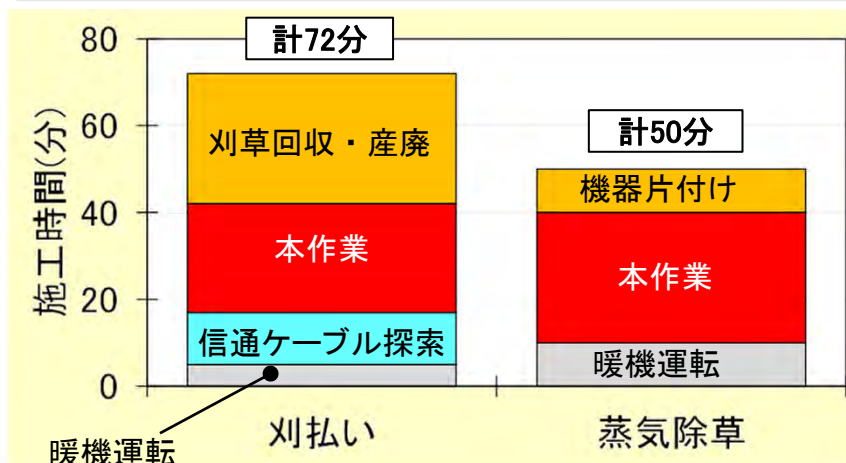
手持ちノズルの特徴



現地試験における刈払いと蒸気除草の比較



施工効率の試算



【試算条件】

- ・ 施工面積：300m²
- ・ 刈払い：刈払い機3台、作業員数5人
- ・ 蒸気除草：ノズル2組（ボイラー1基）、作業員数3人

軌道管理を支援する LABOCS・LABOCS-MATE

軌道検測データ、列車動揺データをはじめとする各種検査データを一元的にデジタル管理し、同じキロ程軸上にチャート表示することで、軌道の効率的な維持管理を支援します。

研究の背景と目的

- 軌道変位や列車動揺などの波形データをメンテナンスに活用するためには、波形処理に加えて、キロ程を正確に位置合わせする技術が必要です。

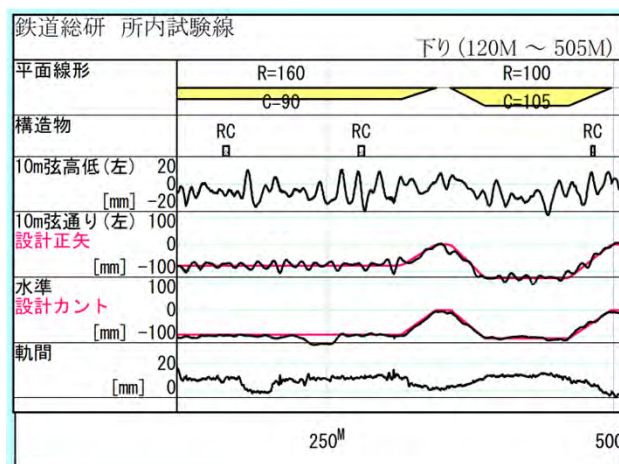
研究成果

- データデポ信号などを活用した位置補正機能を備え、重キロ・断キロにも対応しています。また、各種台帳データをチャート上に図示する機能により、対策検討に活用しやすくなっています。
- 移動平均やデジタルフィルタなどの基本的な波形処理だけでなく、鉄道総研の研究開発成果を多数盛り込んでいます。
 - 波形同士のマッチングを行う「相互相関法」により、異なる2時期の軌道変位データを高精度に位置補正
 - 動的・静的変位データから数値計算により浮きまくらぎ量を推定

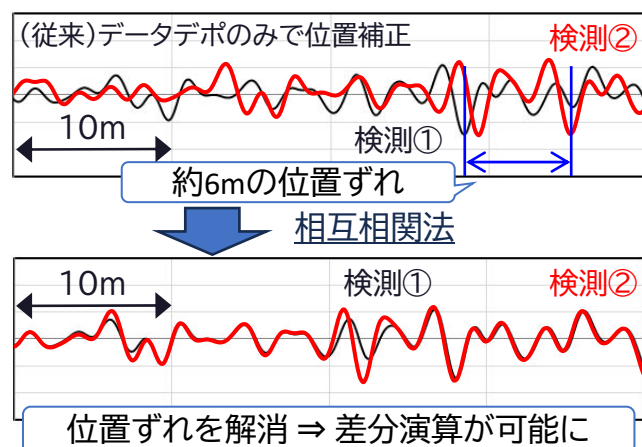
今後の展開

- 「鉄道構造物等維持管理標準」に定められた軌道変位検査・列車動揺検査に必要な機能に特化した保線管理システム「LABOCS-MATE」を開発し、中小鉄道事業者様にも導入して頂きやすくなりました。
- 今後も鉄道総研の研究開発成果を盛り込んで機能を発展させていきます。

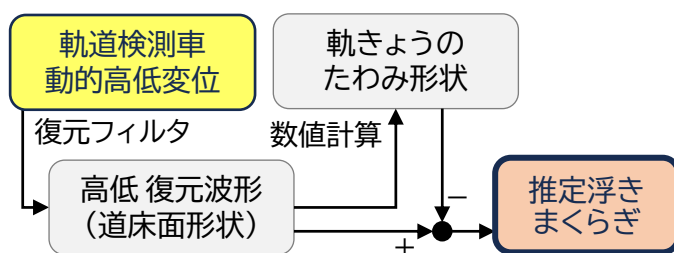
LABOCSの軌道変位チャートの例



「相互相関法」による位置補正



浮きまくらぎの推定原理



軌道保守計画策定支援システム ROOPSYS-TM

軌道状態の診断と、その診断に基づいた軌道の保守計画および各種保守用車の運用計画作成を支援する、軌道保守計画策定支援システム「ROOPSYS-TM」についてご紹介します。

研究の背景と目的

- 今後の軌道保守においては、軌道状態の診断結果をもとに保守計画を策定し、安全性を確保しつつ、さらなる省力化、省コスト化を目指す必要があります。
- 軌道検測データや軌道保守データから、軌道状態の診断・予測および保守計画の策定・評価を可能とするシステムの開発を目的としました。

研究成果

- 軌道変位やレール・道床状態などを維持・改善するため、軌道状態を診断・予測して、最適な保守計画を策定・評価するアルゴリズムを構築しました。
- 構築したアルゴリズムに基づき、軌道の安全性向上、品質向上、保守経費削減に資する各種支援システムを開発しました。

今後の展開

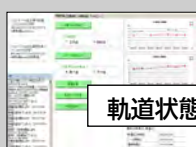
- MTTやレール削正車に加えて、道床交換車や小型機械など、様々な保守用車に対応した保守計画を策定できるよう、機能向上を進めています。
- モニタリングデータなどの活用により、軌道状態の診断・予測精度の向上を目指しています。

「ROOPSYS-TM/ループシステム」は公益財団法人鉄道総合技術研究所の登録商標です。

ROOPSYS-TMの全体構成

軌道状態診断

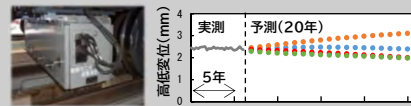
- 軌道変位の管理値到達までの余裕度診断
- 軌道材料(レール、道床等)状態診断
- 急進検出アラート



軌道状態評価システム

軌道状態予測

- 軌道変位、レール・道床状態の将来予測
- 高頻度測定に対応した逐次更新型予測



軌道状態推移予測システム

安全性向上

品質向上

経費削減



ROOPSYS-TM

軌道保守計画策定支援システム

保守計画評価

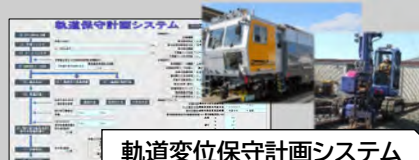
- 軌道変位、材料保守の中長期計画評価
- PCまくらぎ化計画の効率性評価



PCまくらぎ化計画システム
中長期保守計画システム 等

保守計画策定

- 各種保守用車の運用計画策定



軌道変位保守計画システム
レール削正計画システム 等

列車巡視支援用の 車上計測アプリ「Train Patroller」

携帯情報端末を用いた操作性が高く、低コストで導入可能な列車巡視支援アプリを開発しました。列車巡視をデジタル化することで、係員による個人差が無くなり、脱技能化が図れます。

研究の背景と目的

- 係員が定期的に営業車等に添乗して線路の保守状態や沿線環境の変化など線路全般の状態を確認する列車巡視がありますが、人的負担が大きく、また熟練者の減少によって線路状態の判断に個人差が生じています。
- 列車巡視をデジタル化することで、係員の熟練度によらない線路状態の判断を実現し、列車巡視の高度化、さらには線路巡視の省人化を目指します。

研究成果

- 携帯情報端末の各種センサを活用することで、列車速度・列車動揺・前方動画などの同期計測を可能としました。
- 軌道保守管理データベースシステム「LABOCS」の新機能を用いることで、前方動画に対し誤差数m程度の精度でキロ程を付与するとともに、字幕情報として列車動揺の値等を表示し、机上での線路巡視を可能としました。
- 本アプリで取得した前方動画は、軌道部材状態評価システムの入力データとしても活用でき、4Kカメラと同等の精度で木まくらぎの劣化状態等を判定可能です。

列車巡視支援アプリの計測画面・項目



センサ	計測項目	計測モード			サンプリング など
		振動	振動&動画	動画	
GPS レシーバ	移動速度	○	○	○	1Hz テキストファイル
	緯度・経度	○	○	○	
3軸モーション センサ	3軸加速度	○	○	—	100Hz テキストファイル
	3軸角速度	○	○	—	
カメラ	動画	—	○	○	最高4K, 60fps
マイクロフォン	音声	○	○	○	16000Hz

今後の展開

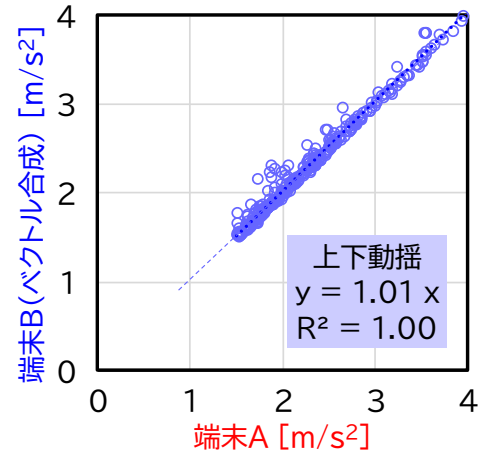
- 地域鉄道への導入を促進するために、LABOCSを直接使用しないデータ分析用のクラウドシステムの開発を進めていきます。

携帯情報端末の営業車両への設置状況



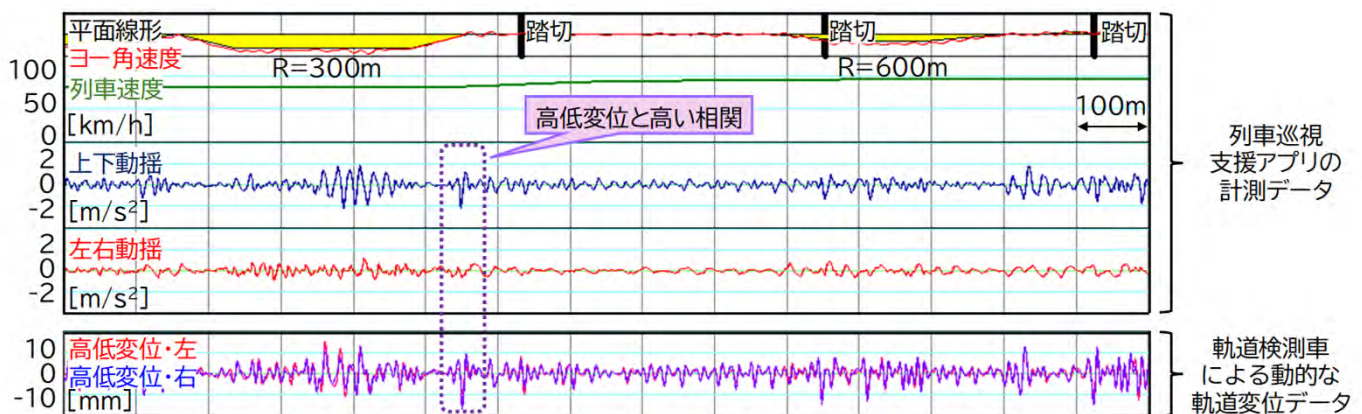
吸盤治具を使用することで、3分程度で設置・計測開始が可能です。また、任意の画角の動画を撮影可能です。

端末の傾斜設置が加速度に与える影響



端末を傾斜敷設することで、加速度の観測軸がずれますが、3軸加速度を用いて、鉛直方向に補正が可能です。

列車動揺(営業車両)と動的な軌道変位(軌道検測車)の比較の例

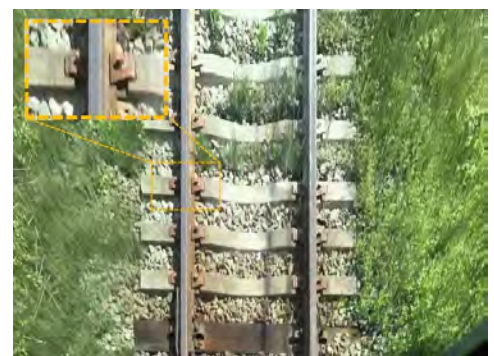


営業車両で計測した列車動揺は、軌道検測車による動的な軌道変位との相関が高く、軌道検測車の運用頻度の低いローカル線や、静的な軌道変位検査しか実施していない地域鉄道において動的な軌道状態把握に有効です。

前方画像の射影変換による俯瞰画像の例



キ口程を付与した前方画像の例



俯瞰画像化した前方画像の例

キ口程を付与した前方動画は、線路状態の全般的な把握に適しています。さらに、射影変換処理を適用し、俯瞰画像化することで、軌道部材状態の評価にも活用可能です。別途開発した「軌道部材状態評価システム」によって木まくらぎの劣化度判定を行ったところ、従来の4Kカメラと概ね同等の判定精度であることが確認できました。

軌道部材状態評価システム

営業列車等の前頭より撮影した画像から、木まくらぎの劣化度判定、レール締結装置の検知、噴泥発生箇所の検出などの、軌道部材の状態評価を自動で行います。

研究の背景と目的

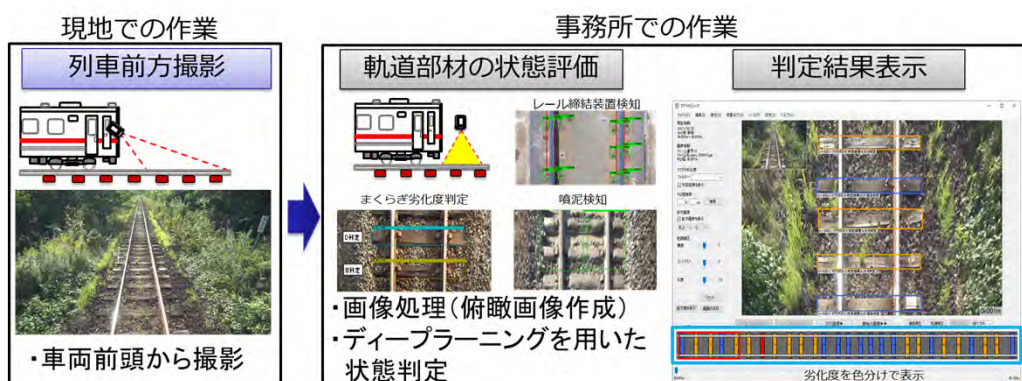
- 軌道部材検査については、目視や計測器を用いる方法を基本とするため、多くの労力と時間を要しており、効率化や省力化が求められています。そこで、市販のビデオカメラなど(4K解像度以上)を用いて営業列車等の前頭より撮影した画像(列車前方画像)から、軌道部材の状態を自動で評価する低コストなシステムの開発を進めています。

研究成果

- 列車前方画像に射影変換処理を適用して真上からの視点の画像(俯瞰画像)に変換し、画像処理とディープラーニングを用いる独自のアルゴリズムを適用して、木まくらぎの劣化度判定、レール締結装置の検知、噴泥発生箇所の検出と位置(キロ程)の付与を自動で行います。
- 木まくらぎの劣化度については、4段階の判定標準に従って分類されます。

軌道部材状態評価システムの概要

- システムによる劣化度判定などの結果は、専用のビューアにより画像とともに確認することができ、表形式の検査台帳として出力できます。

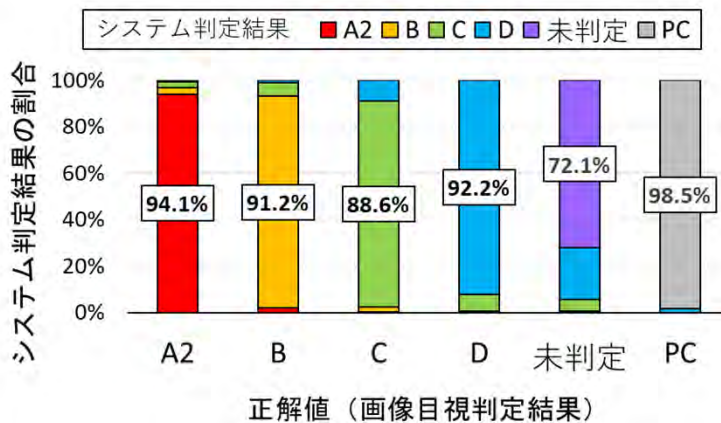


今後の展開

- 複数の鉄道事業者で試用されており、今年度内に販売を開始する予定です。
- 他の軌道部材についても、状態評価手法の開発を進めていきます。

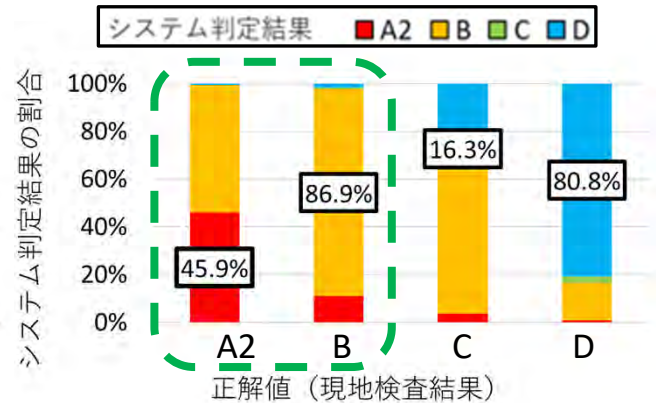
木まくらぎ劣化度判定の判定精度

① 画像判定結果との比較



保線技術者が画像を見て判定した結果と90%以上一致

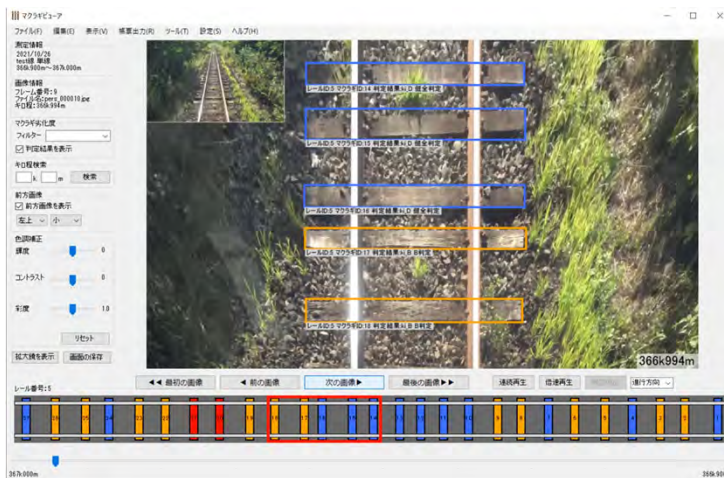
② 現地検査結果との比較



不良なまくらぎ(A2・Bランク)の判定率は98.8%

木まくらぎの劣化度判定の結果表示・出力

ビューアによる判定結果の確認



まくらぎ管理台帳

No.	レール番号	キロ程	延長(m)	まくらぎ番号				
				1	2	3	4	5
1	1	0k001m ~ 0k017m	16.6	D	B	B	D	B
2	2	0k017m ~ 0k040m	23.1	D	D	B	D	A2
3	3	0k040m ~ 0k064m	24.0	B	B	C	B	B
4	4	0k064m ~ 0k089m	25.0	A2	D	D	B	B
5	5	0k089m ~ 0k098m	9.1	D	D	D	A2	B

まくらぎ1本毎に劣化度に応じた色分けをして表示されるため、劣化の程度や劣化したまくらぎが連続している箇所を容易に把握できる

レール締結装置および噴泥発生箇所の検知例

レール締結装置の検知例



噴泥の検知例



線路周辺画像解析エンジン

列車の前頭に設置したステレオカメラ等の撮影画像を入力して、建築限界等の支障物や線路周辺環境の変化を検知します。また、軌道中心間隔や道床形状を連続的に測定します。

研究の背景と目的

- 鉄道事業者が実施する列車巡視や各種線路検査の負担を軽減するため、安全性を確保しつつ効率的に検査できるシステムの導入が求められています。そこで、画像解析技術を活用し、線路検査に関わる業務を自動的に行うことができるシステムの開発を進めています。

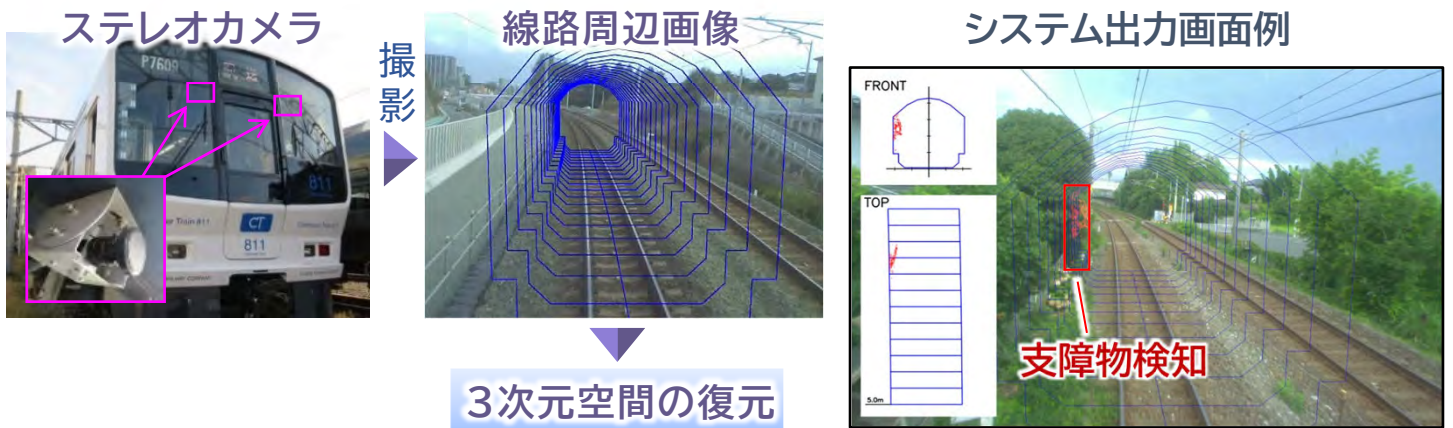
研究成果

- ステレオカメラの撮影画像から、カメラの姿勢・位置の変化や走行経路を推定し、この結果を利用した多視点ステレオ計測により線路周辺の3次元空間を復元することで、建築限界等の任意の空間内に存在する物体の有無を検知できます。
- 異なる時期に撮影した2つの画像から、両者の相違箇所を検知し、線路周辺の環境変化を検知できます。
- 赤外線投光器による撮影手法の構築と画像全体の照明条件を正規化する画像鮮明化手法により、夜間やトンネル内の撮影でも線路周辺を鮮明に把握可能となり、昼間撮影と同程度の解析精度で建築限界支障や環境変化を検知できます。
- 画素単位で被写体を識別する深層学習モデルを用いて検査対象物を自動判別し、複数フレーム間の対応を最適化して、より高精度な3次元点群を取得可能な手法を開発しました。この手法を用いることで、軌道の断面形状を高い精度で求め、軌道中心間隔や道床形状を連続的に測定できます。

今後の展開

- 線路周辺画像解析エンジンを搭載した既開発の列車巡視支援システムに対して、画像鮮明化手法や軌道中心間隔・道床形状の測定機能を追加するシステム開発を進めていく予定です。また、クラウド版のシステム開発を進め、利便性の向上を図っていきます。

建築限界等の支障物検知

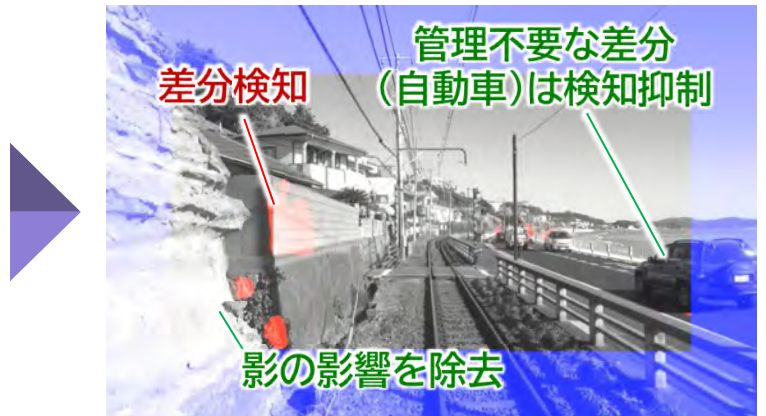


線路周辺環境変化の検知

前回撮影



今回撮影 + 差分検知結果

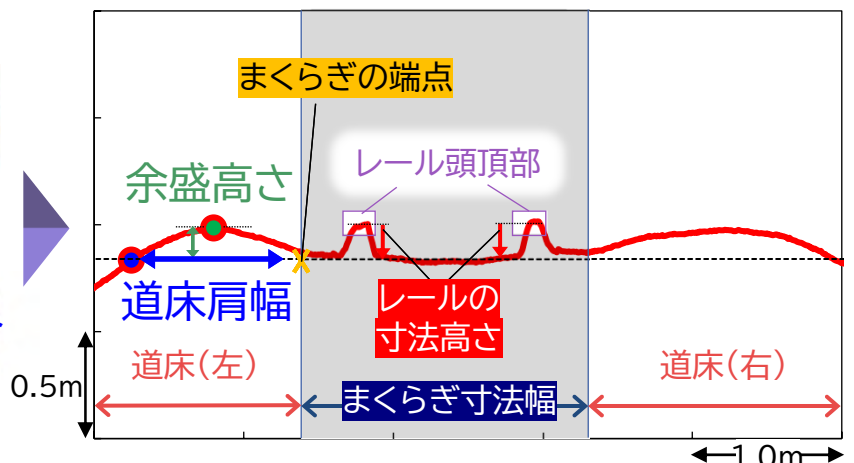
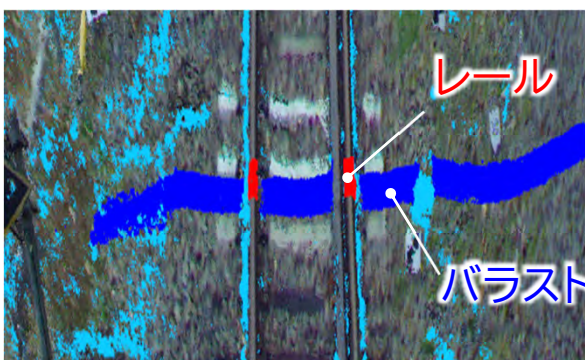


軌道中心間隔や道床形状の測定

検査対象物となるレールやバラストの点群を自動抽出して軌道の断面形状を求めることで、軌道中心間隔や道床余盛高さ・肩幅を自動算出できます

軌道の断面形状の推定

レール・バラスト点群の自動抽出



本研究の一部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。

トルク管理を不要とする 板ばね式レール締結方法

既設のまくらぎを交換せずに、ボルトの締め直しが不要な板ばね式レール締結装置への置き換えが可能なレール締結方法を開発しました。

研究の背景と目的

- 国内で多く使用されている板ばね式レール締結装置は、ボルトの緩みを検査し、定期的に締め直す必要があるため、保守に労力がかかります。そこで、本研究では、保守の省力化を低コストで実現するために、既設のまくらぎを交換せずに、ボルトの締め直しが不要なレール締結装置に置き換える方法を開発することを目的としました。

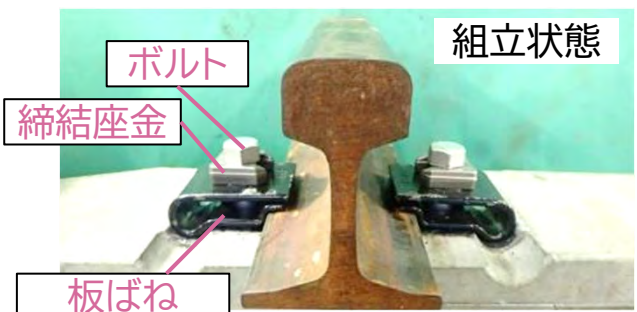
研究成果

- 従来の板ばね式レール締結装置の構成部材の一部を置き換えることで、ボルトの締め直しが不要なレール締結装置に置き換え可能なレール締結方法を開発しました。
- 提案したレール締結方法を実現するための専用の板ばね、ボルト、締結座金およびレール締結用工具を製作し、問題なく施工できることを確認しました。
- 開発したレール締結装置の性能確認試験を行い、実軌道へ適用可能なことを確認するとともに、営業線へ試験敷設しました。

今後の展開

- 試験敷設の結果などを踏まえ、必要に応じて改良した後、製品化します。

ボルトの締め直しが不要な
レール締結装置(5N形用)



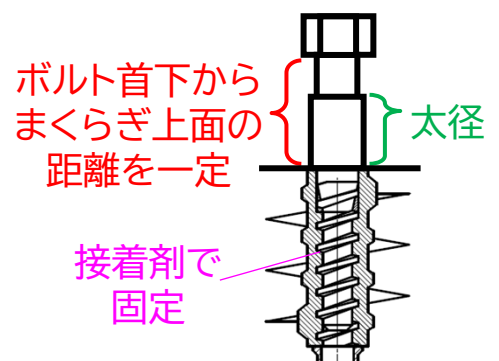
板ばね



締結座金

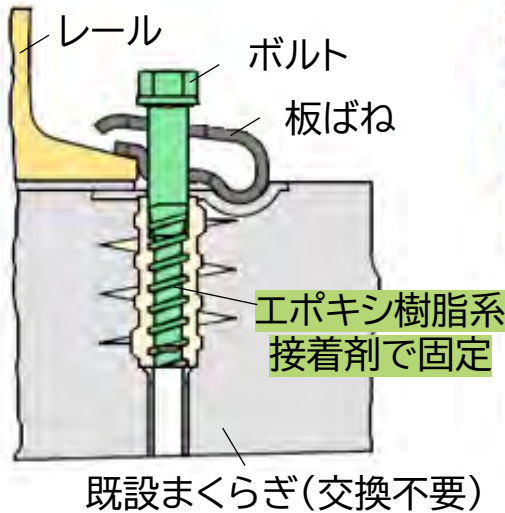


ボルト

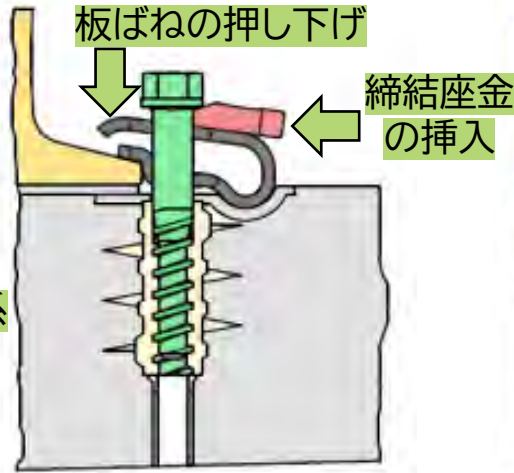


開発したレール締結方法

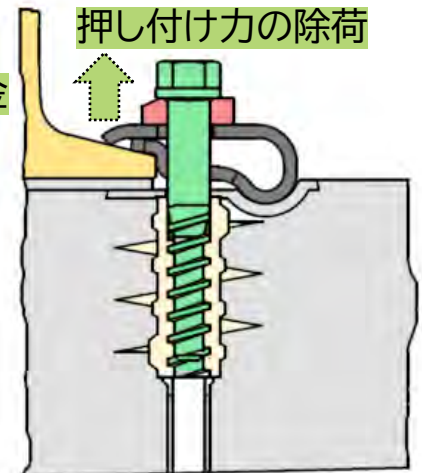
①設置作業



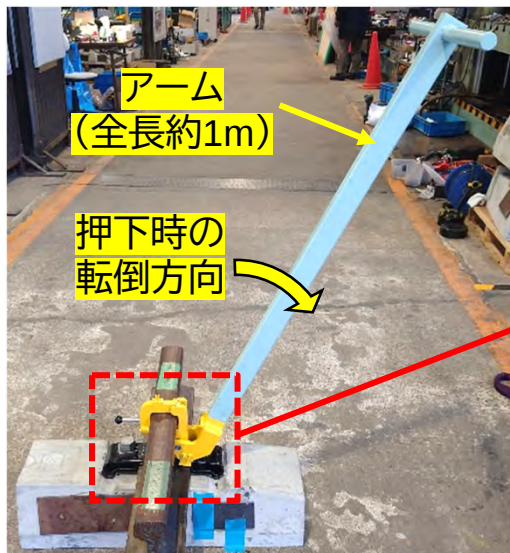
②締結作業



③締結完了

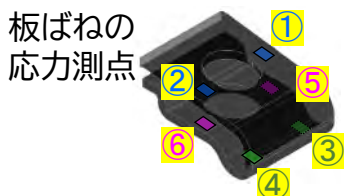
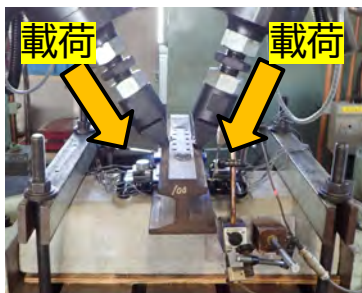


開発したレール締結用工具

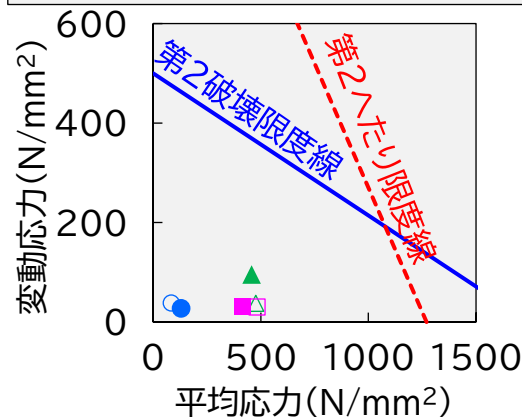


レール締結装置の性能確認試験

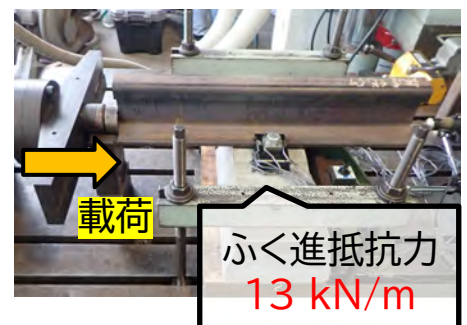
疲労破壊に関する安全性



○軌間内・①②平均 ●軌間外・①②平均
△軌間内・③④平均 ▲軌間外・③④平均
□軌間内・⑤⑥平均 ■軌間外・⑤⑥平均



ふく進抵抗力の確認



バラスト軌道の道床縦抵抗力
(6~10kN/m)以上の値
= バラスト軌道に適用可能

高速用分岐器における 軌道変位の影響評価

高速用分岐器における軌道変位が分岐器部材及び車両運動に与える影響を走行シミュレーション手法を用いて明らかにしました。

研究の背景と目的

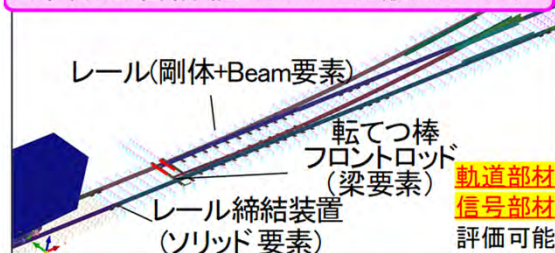
- 一部の鉄道事業者では、分岐器基準線側を最高速度120km/hで通過する分岐器を高速用分岐器として管理しています。高速用分岐器の高低、通り、水準変位の整備基準値は、高速用分岐器以外の分岐器に比べ厳しく設定されていますが、これらの値は過去の走行試験を基に経験的に定められたものです。
- 技術的根拠に基づく整備基準値の設定に向け、軌道変位が分岐器部材の損傷や車両運動に与える影響を評価できる分岐器走行シミュレーションモデルを構築しました。

研究成果

- 分岐器部材の損傷への影響は動的FEM手法を用いて、車両運動への影響はMBD手法を用いて評価するシミュレーションモデルを構築しました。本モデルの妥当性は、現地試験結果との比較により確認しました。
- 分岐器部材の損傷に与える影響を評価した結果、高低・水準変位は最大25mmとしても各部材に設定されている応力・変位の限度値を下回りましたが、通り変位は18mm以上で超過することがわかりました。
- 車両運動に与える影響を評価した結果、高低・水準変位は最大25mmとしても車両走行に係る限度値を下回りましたが、通り変位は18mm以上で超過することがわかりました。
- 高低変位・水準変位の現行の整備基準値（高低13mm、水準11mm、※通り13mm）は見直す余地が十分にあることを明らかにしました。

構築したシミュレーションモデル

部材応答評価モデル(動的FEM)



車両運動評価モデル(MBD)

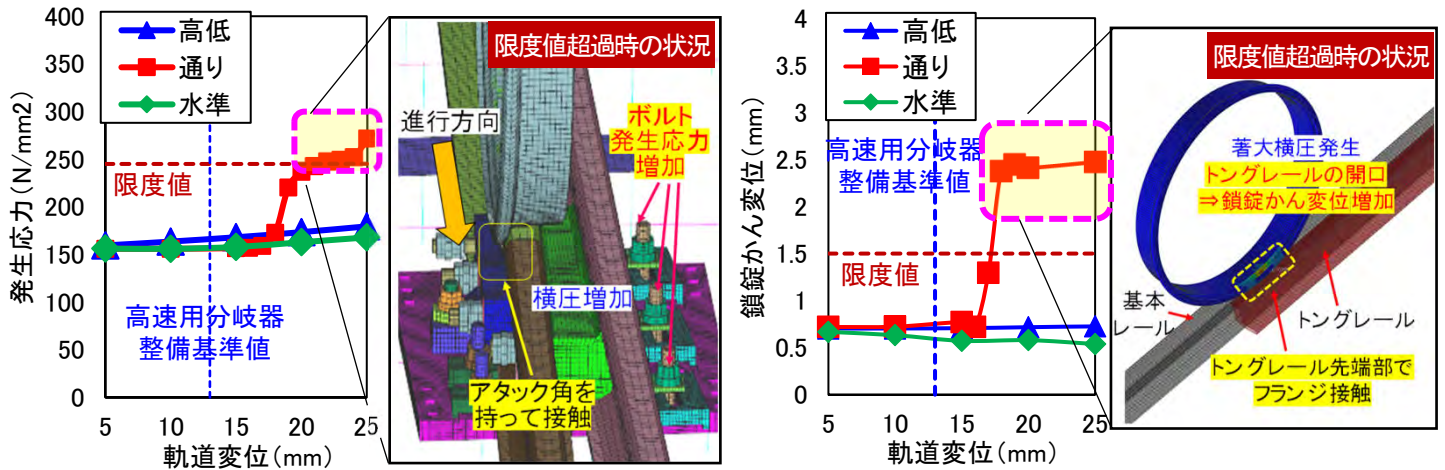


ポイント乗り移り挙動模擬

今後の展開

- 本研究の成果を活用し、鉄道事業者における高速用分岐器の整備基準値の改正を支援する予定です。

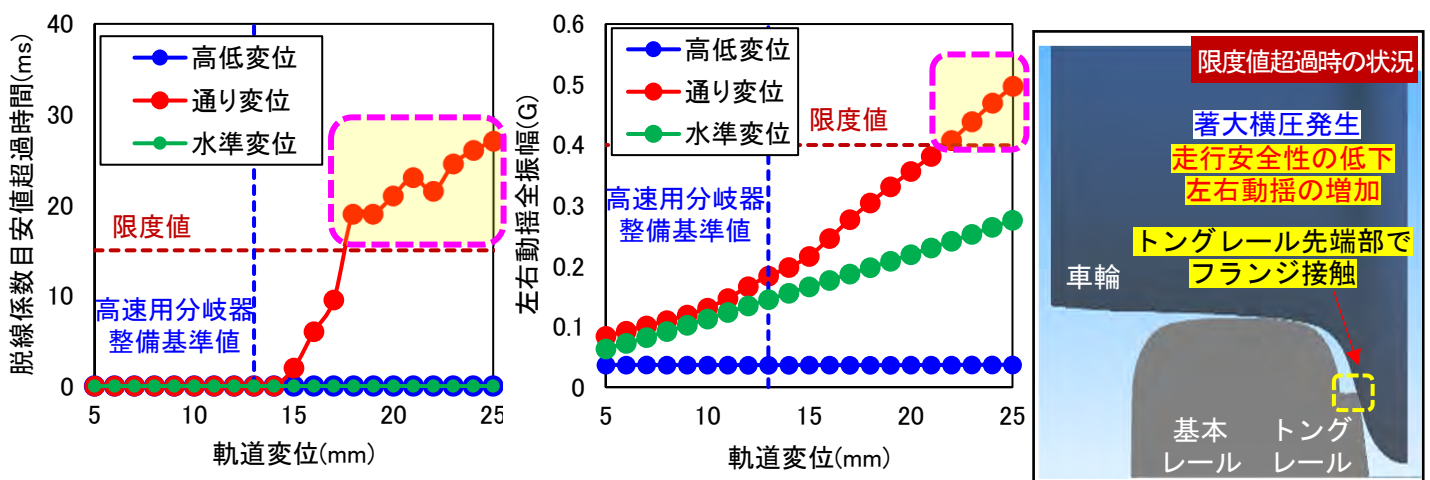
分岐器部材(軌道部材・信号部材)に関する評価結果一例



ヒール部ボルト発生応力の評価(軌道部材)

鎖錠かん変位の評価(信号部材)

車両運動(走行安全性・車両動揺)に関する評価結果一例



走行安全性の評価

車両動揺の評価

分岐器部材及び車両運動に関する評価結果一覧

評価内容		評価項目	限度値	限度値に対する評価結果		
				高低変位	通り変位	水準変位
分岐器部材	軌道部材	トンゲレール弾性部応力	135N/mm ²	超過なし	超過なし	超過なし
		レール締結装置応力	115N/mm ²			
		ヒール部ボルト応力	240N/mm ²			
	信号部材	鎖錠かん変位	1.5mm	超過なし	振幅21mmで超過	超過なし
		スイッチジャスタ応力	240Mpa		超過なし	
		フロントロッド 応力	240Mpa			
車両運動	走行安全性	脱線係数超過時間	15msec	超過なし	振幅18mmで超過	超過なし
	車両動揺	上下動揺	0.5G		超過なし	
		左右動揺	0.4G		振幅22mmで超過	

※各軌道変位ともに振幅0～25mmの範囲で評価

樹脂材料を適用した レール締結装置

レール締結装置の耐食性や電気絶縁の向上などを目的として、樹脂材料を多用した締結構造(直結8形締結装置や5N形締結装置)に対応した樹脂製タイプレートや締結ばねを提案しました。

研究の背景と目的

- レール締結装置の金属製部材における腐食や電気絶縁性の低下等に由来する輸送障害の発生を抑制するため、樹脂材料を多用したレール締結装置を提案しました。
- 樹脂材料をレール締結装置に適用するにあたり、材料要求特性として、経年や環境等による将来的な性能低下を加味した評価方法を提案しました。

研究成果

- ガラス短繊維強化熱可塑性プラスチック(FRTP製)、ガラス繊維強化プラスチック(GFRP製)、炭素繊維強化プラスチック(CFRP製)の3種類の樹脂材料を多用したレール締結装置を試作しました。
- FRTP製、GFRP製のタイプレートは、直結8形レール締結構造と互換性があり、CFRP製締結ばねとともに、実用可能な締結構造を実現しています。
- CFRP製の締結ばねは、PCまくらぎの5N形レール締結装置と互換性のある締結構造を試作しました。
- 樹脂材料をレール締結装置に適用するにあたり、軌道部材として求められる要求性能および設計基準値を検討し、その評価方法を提案しました。

試作した締結装置



直結8形(FRTP製タイプレート+CFRP締結ばね)



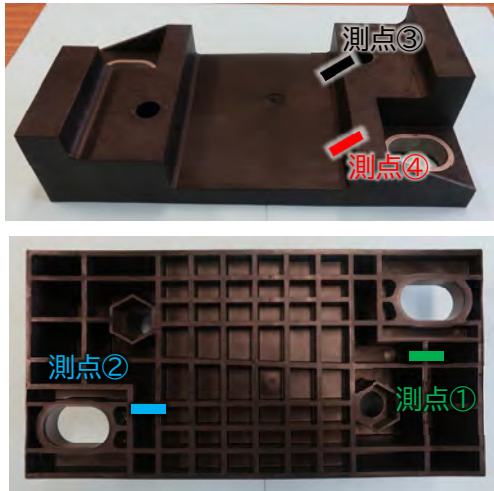
5N形(CFRP締結ばね)

今後の展開

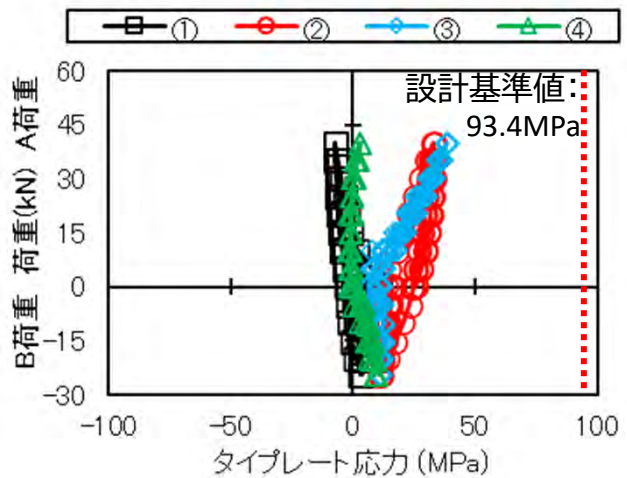
- 高い耐食性や電気絶縁性等が求められる海岸沿岸部や海底トンネルなどへの適用を想定し、現地敷設試験などによって効果を確認する予定です。

樹脂製タイプレート

既存の直結8形レール締結構造を踏襲したGFRP製タイプレート、樹脂の特性を考慮した形状のFRTP製およびGFRP製タイプレートを試作



FRTP製タイプレート

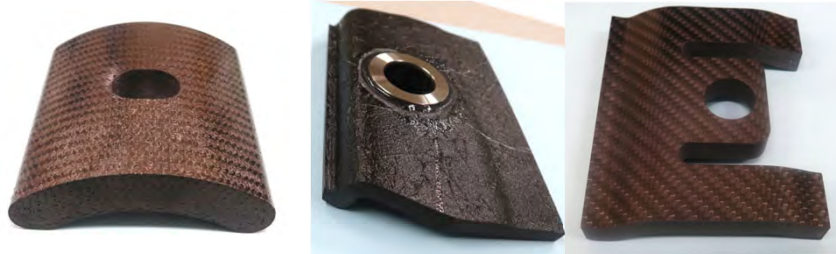


二方向载荷試験時の発生応力(FRTP)

二方向载荷試験における発生応力が設計基準値内に収まる

樹脂製締結ばね

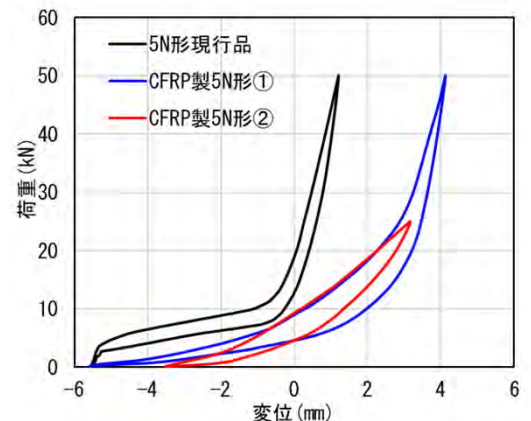
直結8形提案形状および5N形締結装置に対応したCFRP製締結ばねを試作



直結8形提案形状用

5N形①

5N形②



先端のばね特性

5N形①: 現行品と同様に2段線形のばね特性を確認

5N形②: 量産性を考慮した形状として、低荷重域でもフラットなばね特性を確認

樹脂材料の劣化評価

樹脂材料の劣化を加味して評価する設計基準値(Dsi)を用いた評価方法を提案

$$Dsi = (P_s - 3\sigma) \times (1 - C_T) \times (1 - C_{WA}) \times (1 - C_F) \times (1 - C_W)$$

各樹脂材料の要素試験から劣化要因毎の低減係数を求める。

求められた低減係数から設計基準値(Dsi)を導出

二方向载荷試験等での評価に使用

樹脂材料の低減係数と設計基準値(暫定)

記号	項目	FRTP		GFRP		CFRP	
		引張	圧縮	引張	圧縮	引張	曲げ
P_s	標準温度物性値(MPa)	204.1	252.1	191.8	317.9	638.4	462.0
σ	標準偏差(MPa)	2.0	3.1	24.3	10.1	18.0	9.4
C_T	温度低減係数(-)	0.29	0.31	0	0.03	0.18	0.05
C_{MA}	吸水低減係数(-)	0.18	0.12	0.0	0.0	0.0	0.0
C_F	疲労劣化低減係数(-)	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2
C_W	耐候劣化低減係数(-)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
Dsi	設計基準値(暫定値)(MPa)	93.4	119.4	85.6	200.8	306.6	263.7

劣化したバラストの沈下対策 および劣化状態検査手法

劣化したバラストの沈下を抑制する低強度安定処理工法およびバラストの劣化状態を定量的に評価する透過音試験法を開発しました。

研究の背景と目的

- 劣化したバラスト区間の保守量を低減するには、新品のバラストに交換する工事が必要となりますが、その施工コストが高いことから、低コストな保守方法が求められていました。また、バラストの劣化状態に応じて道床交換の優先度を判定するために、従来の目視検査によらない、定量的な検査方法が求められていました。
- そこで、つき固め作業時に補修材を劣化したバラストに混合して沈下を抑制する低コストな保守方法およびバラスト内の透過音特性から劣化状態を定量的に評価する試験方法を開発しました。

研究成果

【低強度安定処理工法】

- 補修材(セメント+高分子材料)を劣化したバラストに混合して、低強度に安定処理して沈下を抑制します。
- 安定処理後もつき固め作業が可能であることを確認しました。また、道床交換の1/10のコストで施工できます。

【透過音試験】

- バラストの劣化状態と透過音特性の関係を明らかにしたことで、バラストの透過音測定から劣化状態を定量的に評価できることを確認しました。
- バラストの劣化の判定値を定め、本試験結果に基づく、沈下対策(道床交換あるいは低強度安定処理工法)の判定フローを提案しました。

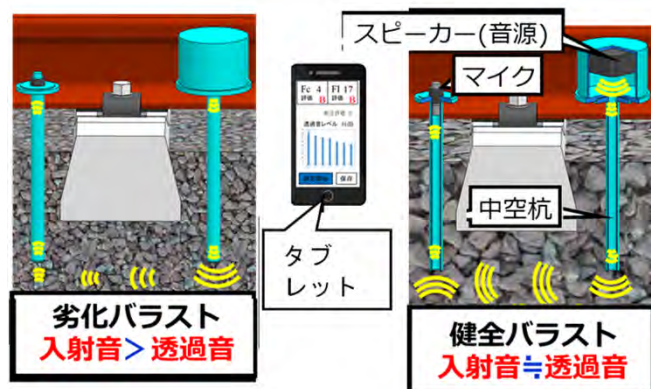
今後の展開

- 低強度安定処理工法の補修材および透過音試験機を製品化しており、劣化したバラスト区間の保守量低減に活用していただけるように、技術支援を実施しています。

低強度安定処理工法の 施工状況



透過音試験の測定方法



低強度安定処理工法の施工手順（ハンドタイタンパ使用）



①つき固め補修箇所を掘削
(マルチプルタイタンパおよび
バックハウタイタンパの場合,
掘削作業を省略可)

②補修材を投入
1か所当たり500g

③通常と同様のつき固め補
修で, バラストと補修材を
混合

本開発の一部は, 学校法人 早稲田大学との共同研究により実施しました。

特願:特願2022-072204 バラスト軌道の補修方法とその補修材及びバラスト軌道

透過音試験の試験手順

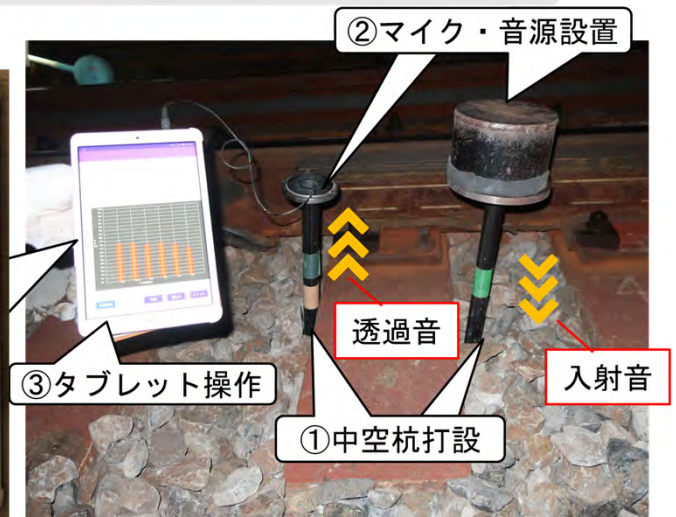
①中空杭打設

②マイク・音源設置

③タブレット操作
・透過音測定・収録
・分析
・健全度判定

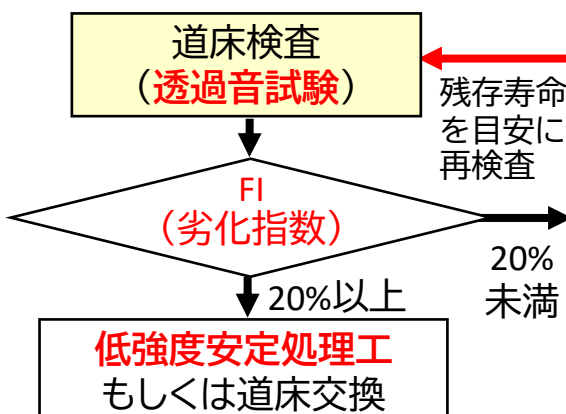


透過音試験の測定状況



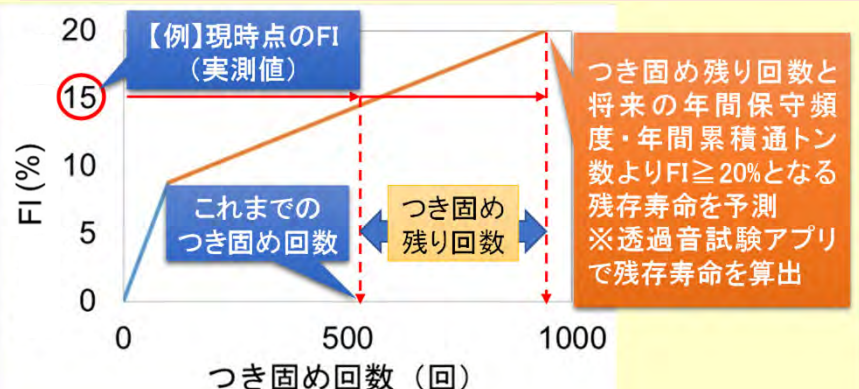
特願:特許第2021-113441号 道床状態評価方法

劣化したバラストの沈下対策の判定フロー



※FI(劣化指数): 粒径0.075mm以下と
4.75mm以下の各質量の割合の和

残存寿命の推定(タブレットアプリで自動計算)



ガイド波による レール破断・損傷検知手法の開発

車上のセンサーから非接触でレールに対して超音波を伝達し、レール長手方向に伝播するガイド波を利用した、レール破断・損傷検知手法の開発に取り組んでいます。

研究の背景と目的

- レール破断の検知にも活用されている軌道回路の維持や、破断を未然に防ぐためのレールの検査には多大のコストを要しております。そこで、近年の移動閉そく化に伴う軌道回路の撤去への対応や、レール検査の労力を削減するため、車上からガイド波によってレール破断・損傷を検知可能な手法を考案しました。

研究成果

- センサーから、空気を經由しレールに超音波を入力する場合の透過率は極めて低いため、一般的な超音波探傷で用いられる波より強力な超音波を送受信可能、かつ、受信波強度を強力に増幅可能な非接触空中超音波システムを採用しました。
- レール長手方向に伝播するガイド波について、超音波伝播シミュレーション等で、損傷検出に適した周波数等について検討しました。超音波の帯域を100～150kHzとすることで、感度が良く検出できることを明らかにしました。
- 本システムを搭載した試験車両で、構内試験線において走行試験を実施した結果、破断・損傷を検出できることを確認しました。

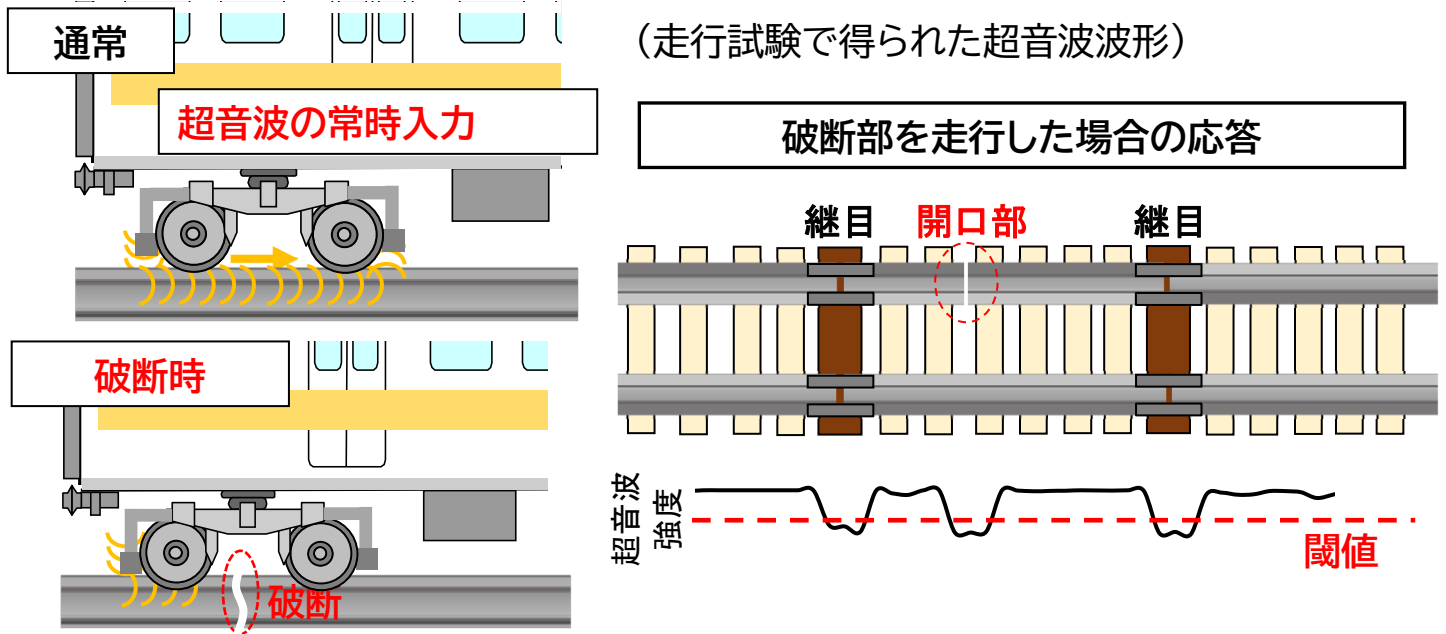
非接触空中超音波システムを搭載した試験車両



今後の展開

- 検査車両等に本手法を適用することによって、現在人の手によって検査されている頭部横裂を車上から検知可能とする装置・システム化を進めています。

車上からのレール破断の検知手法



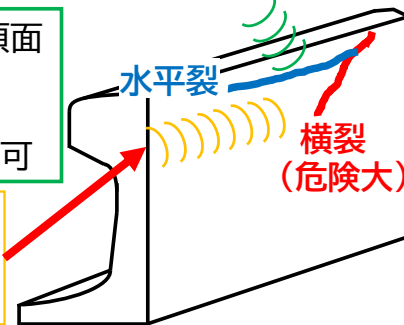
ガイド波による車上からのレール頭部横裂の検知手法

(現状の課題)

現状の超音波(水平裂に妨げられ横裂に伝達しない)

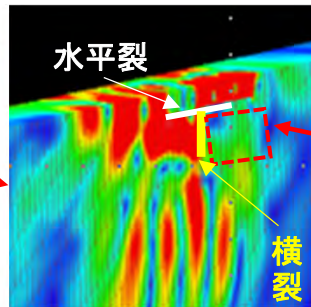
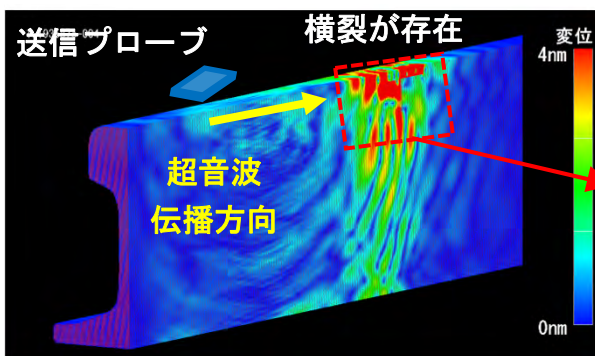
現状: 検査車両でレール頭頂面から超音波を入力し、反射エコーによってき裂を検知
⇒ 水平裂下の横裂は検知不可

ガイド波
(レール長手方向に伝播、横裂にも伝達可能)



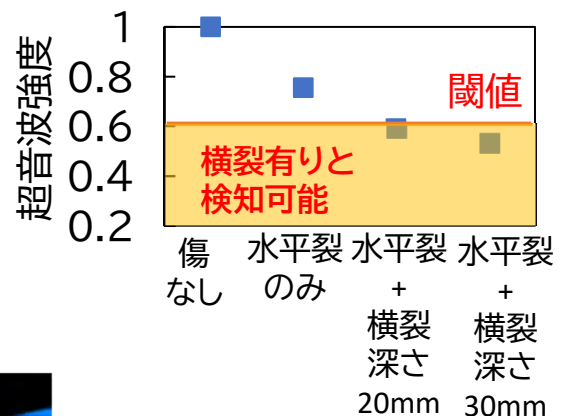
(超音波伝播シミュレーション)

拡大図



横裂の後ろでは超音波が遮られ強度が減少

(傷の存在と超音波強度の変化)



(現在開発中の検査装置)

測定部内に、超音波の送信・受信センサーを組み込み、保守用車等で行引可能な検査装置を開発中です。今後、営業線での試験によって検知性能を検証していきます。



押抜き工程を省略した 低圧縮量レールガス圧接工法

押抜き工程を省略した低圧縮量レールガス圧接工法を開発しました。本工法を用いることで、圧接装置一式の重量を40%、施工コストを30%削減できます。

研究の背景と目的

- ガス圧接法は、突き合わせたレールを加熱・圧縮して接合するレール溶接工法です。
- 現行の手法では、圧縮によって生じた余盛を押抜き装置で除去しますが、この押抜き工程には熟練技術を要するため、脱技能化が求められています。
- また、押抜き時に生じるせん断力によって接合面に欠陥(押抜き割れ)が生じる可能性があり、押抜き工程自体の省略が望まれています。

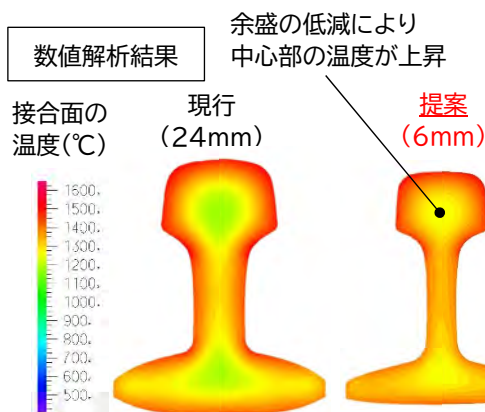
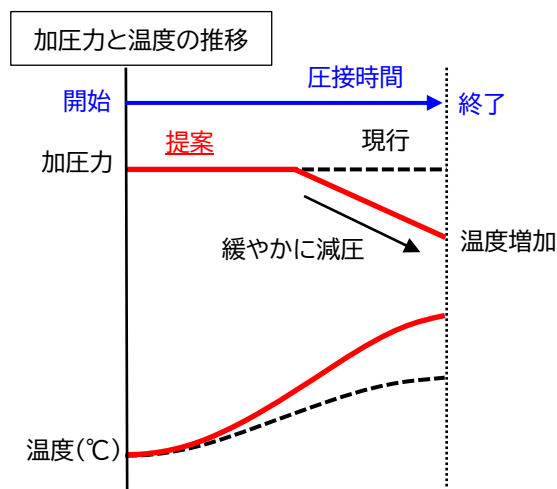
研究成果

- 数値解析手法により種々の加減圧パターンを検討し、加圧途中で加圧力を緩やかに下げることによって圧縮量を抑えつつ接合面の温度を増加させ、従来と同等の継手強度が得られる方法(変圧法)を考案しました。
- 本手法により、圧縮量を24mmから6mmに抑え、余盛量を減らすことで、押抜き工程を伴わずにグラインダ研磨のみで余盛を除去できるようになります。
- 上記手法の他に、加圧力を自動で制御可能な油圧制御装置および点火作業を自動化可能な自動点火装置を開発しました。

今後の展開

- ガス圧接の全工程の自動化を達成するため、引き続き本工法を活用した自動レールガス圧接機の開発を進めています。

変圧法の詳細とその効果



ガス圧接後の外観状況

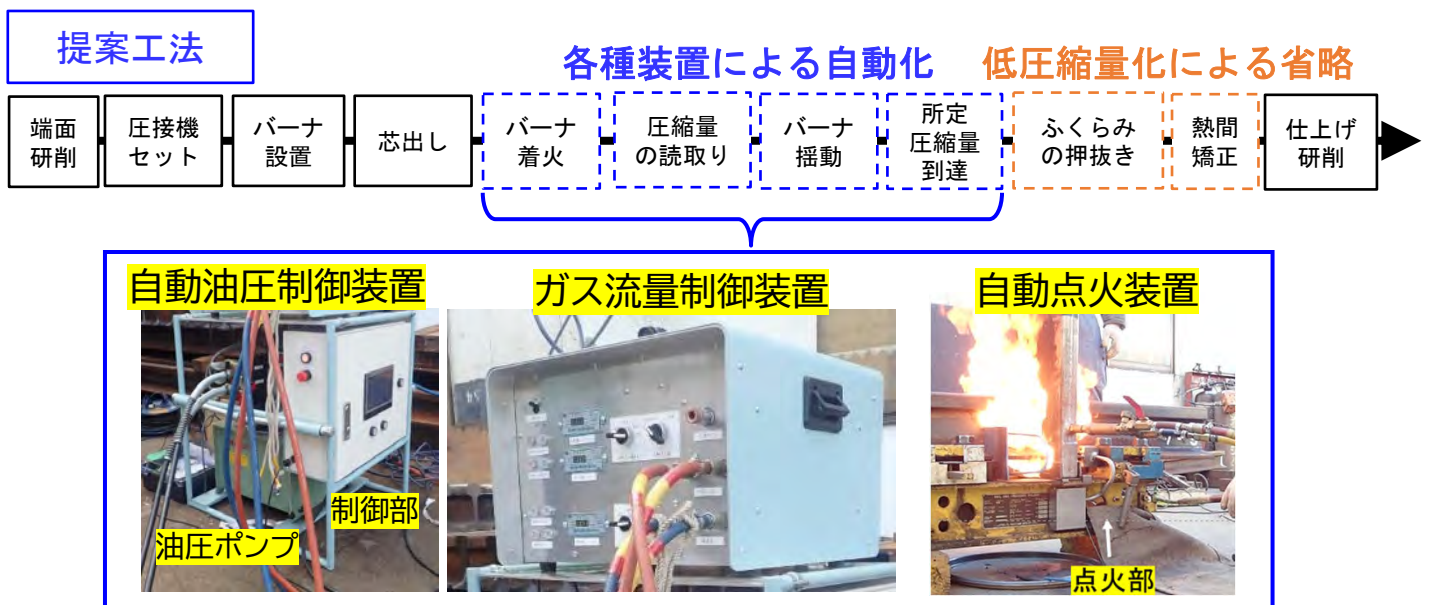
現行法
(圧縮量24mm)提案工法
(圧縮量6mm)

仕上げ時間および作業要員の比較

圧縮量	仕上げ時間	作業要員
24mm (押抜き有)	42分	3人
<u>6mm</u>	<u>39分</u>	<u>2人</u>

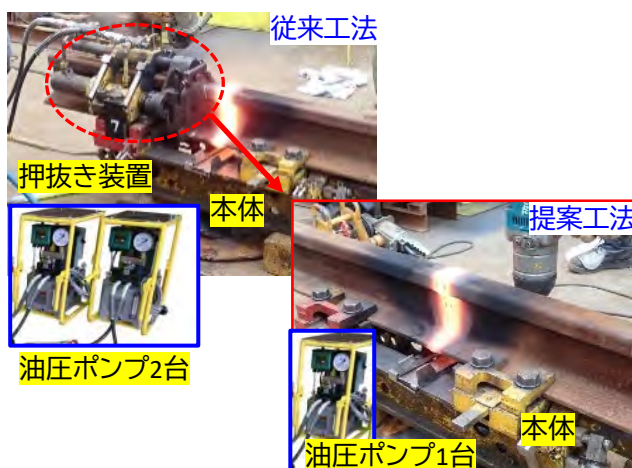
- 押抜きを省略しても現行法と同等の仕上げ時間で施工可能

提案工法によるガス圧接工程の自動化・省略化

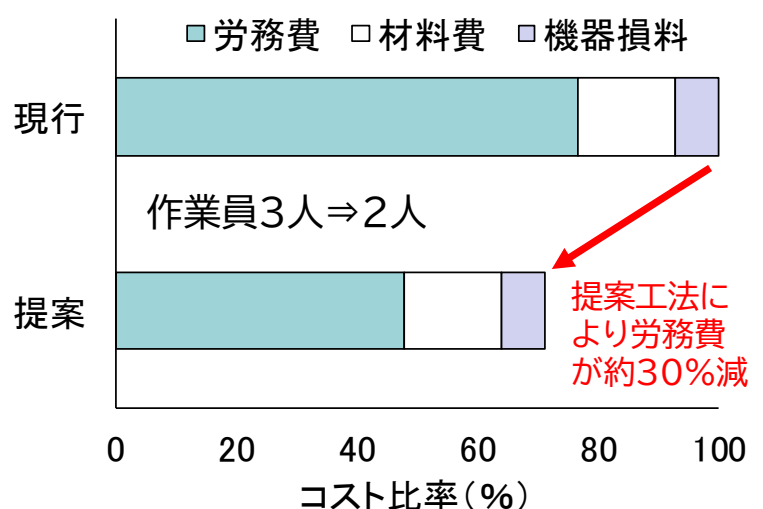


- ガス圧接工程を従来工程の45%に省略・自動化

提案工法による効果(装置の軽量化、施工コスト削減)



総重量 従来:365kg ⇒ 提案:220kg(▲145kg)



疲労強度を向上した 新たなテルミット溶接法

テルミット溶接法を新幹線高速区間における現場溶接法として実用化するため、モールド形状および溶接条件の改良などにより曲げ疲労強度を20%以上向上可能な施工法を開発しました。

研究の背景と目的

- 新幹線の現場溶接法として適用されているエンクローズアーク溶接法は、高度な技量を必要とするため、熟練技術者の確保が困難な課題があります。
- 在来線で十分な実績のあるテルミット溶接法は、曲げ疲労強度が他のレール溶接法と比較してやや低いことから、新幹線高速区間では適用されていませんでした。
- 溶接技術者の確保が比較的容易で、施工性に優れたテルミット溶接法を新幹線高速区間における現場溶接法として実用化することを目的とし、曲げ疲労強度の向上が可能なテルミット溶接法の開発に取り組みました。

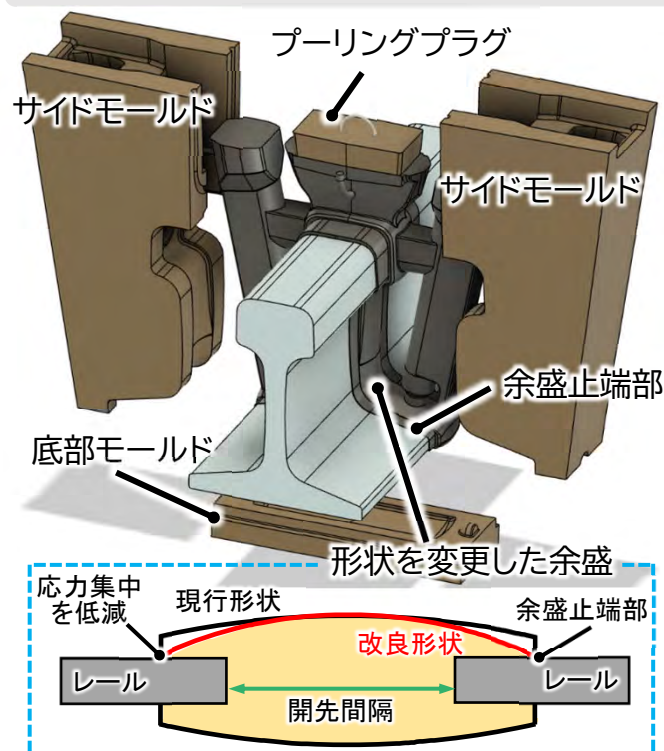
研究成果

- 余盛止端部への応力集中を低減するために、レールとの密着性が高い3分割モールドを採用して内部形状に改良を加え、さらに、溶融性能を向上させるために、溶接条件を改良(予熱時間の延長、開先間隔の拡大)することで20~30%の曲げ疲労強度の向上を達成しました。
- 性能評価試験により、本工法を適用した溶接部が実使用上十分な性能を有し、新幹線高速区間における現場溶接法として適用できることを確認しました。

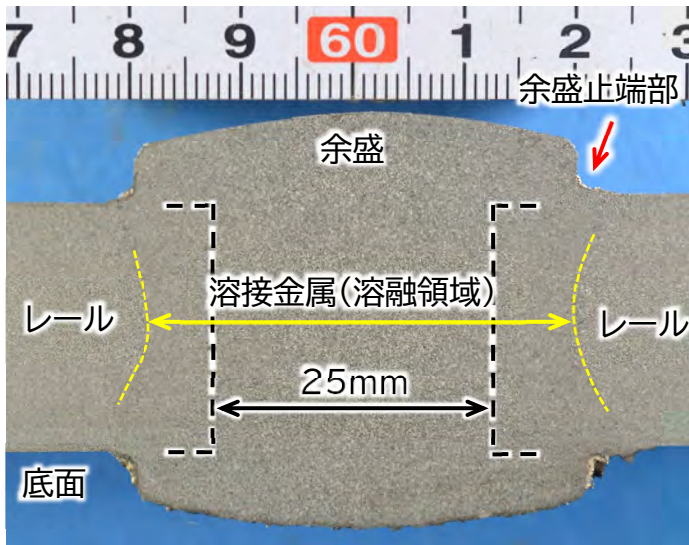
今後の展開

- 開発したテルミット溶接法の導入に向けて、新幹線高速区間における試験敷設および現場溶接施工を順次予定しています。

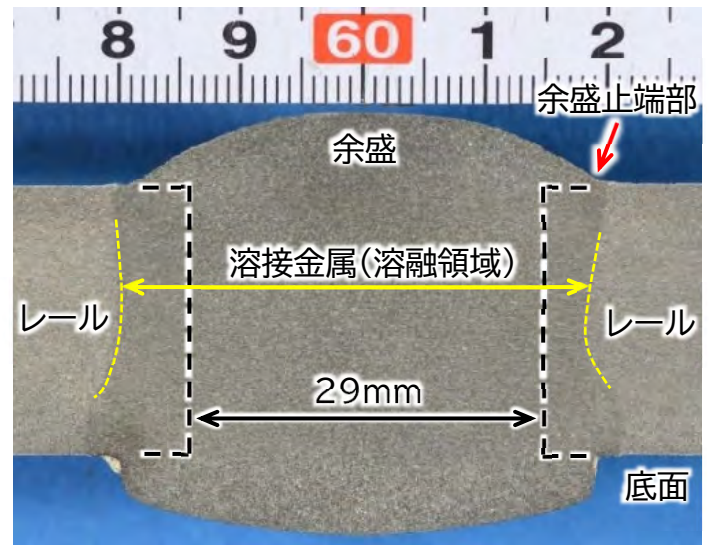
内部形状を改良した3分割モールド



底部足部の縦断面マクロ組織(現行法)



底部足部の縦断面マクロ組織(改良法)



溶接条件および使用機材(JIS60kg 普通レール)

溶接工法 溶接条件・溶接機材		現行法	改良法
開先間隔		25±1 mm	29±1 mm
逆ひずみ		3.0～4.0mm/1m	4.0～5.0mm/1m
ガス圧力	酸素	0.5MPa	0.5MPa
	プロパン	0.15MPa	0.15MPa
予熱時間		120秒	300秒
静置時間		4分	7分
モールド		2分割	3分割
モールドケース		現行品	3分割シングルユース用
テルミット溶剤		60/Z90 SkV	60/Z90 SkV-Elite L25
るつぼ		ロングライフ	シングルユース
押抜きせん断機		現行品	ワイドギャップ用
仕上がり検査		浸透探傷検査 超音波探傷検査	浸透探傷検査 超音波探傷検査
曲げ疲労強度 (4点200万回強度)		200MPa	20～30%向上 240～260MPa