軌道·構造物 構造物の建設分野におけるガラス繊維強化プラスチック

GFK im Konstruktiven Ingenieurbau

Tristan Mölter；ドイツ鉄道技術者協会構造工学専門委員会，ドイツ / 他
Der Eisenbahningenieur　Vol.77　No.2（2026-2）　pp.10-15　独語

ガラス繊維強化プラスチック（GFRP）は，近年，構造物の建設分野において腐食せず軽量で耐久性の高い材料としての地位を確立している。特にドイツ鉄道（DB）では，GFRP のインフラ部材への適用が拡大しており，長年の運用経験から，GFRP には安全性，保守の省力化，耐久性の面で大きな利点があることが示されている。GFRP は樹脂とガラス繊維からなる複合材料で，主に引抜成形やプレス成形によって製造され，高い耐荷重性能を有し，50 ～ 100 年の耐用年数が見込まれている。紫外線や風雨，腐食に強く，鋼やコンクリートなどの従来材料に比べてメンテナンスを大幅に軽減できる。また，高い電気絶縁性を有し，安全性の向上にも寄与している。軽量であるため運搬や施工が容易で，工期短縮や省人化にもつながる。環境面では，製造時のエネルギー消費が少なく，長寿命で持続可能性が高い一方で，リサイクルや廃棄には課題もある。DB ではプラットホーム建設など GFRP の適用分野を拡大しており，今後も新たな用途開発が進められている。





斜面用階段（出典：T. Mölter, J. Ridzewski）《出典 Der Eisenbahningenieur》


GFRP 製のプラットホーム（出典：T. Mölter, J. Ridzewski）《出典 Der Eisenbahningenieur》

DB におけるインフラ部材への GFRP の適用とその有用性に関する内容である。GFRP の用途は鉄道インフラに加え，航空・宇宙や自動車・機械製造など幅広い分野に及び，多くの分野で不可欠な材料となっている。また，リサイクルの課題への対応として，長期的にクローズした物質循環を実現するため，セメント産業におけるコプロセシングや熱分解などの手法が研究されている。

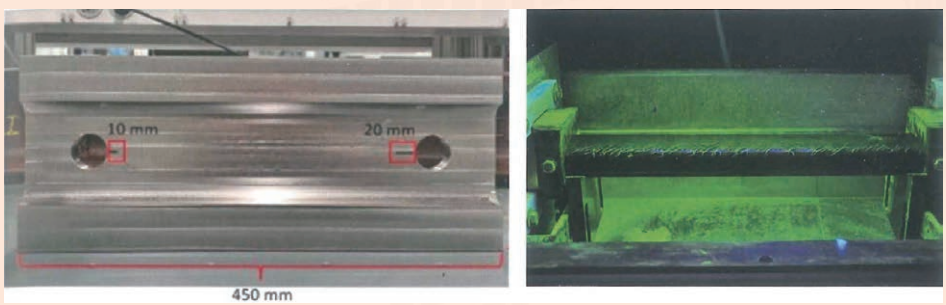
軌道·構造物 レール検査の新しい手法

Neue Lösungen für die Schienenprüfung

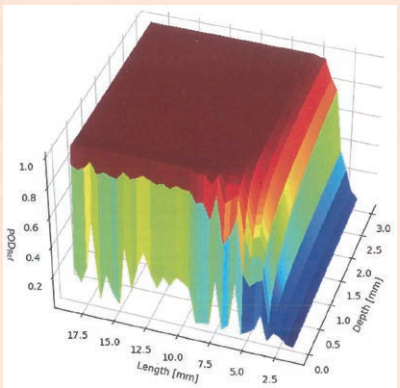
Maximilian Selch；ドイツ鉄道輸送研究センター（DZSF），ドイツ / 他
Eisenbahntechnische Rundschau　Vol.75　1+2（2026-2）　pp.43-48　独語

現状では，レールの定期検査における欠陥の検出は主に人手による検査データの確認に頼っており，膨大なデータ量と人手不足が課題となっている。ドイツ鉄道（DB）はこれを解決するため，LSTM ネットワークを用いた AI アルゴリズムを開発し，超音波検査や渦電流検査のセンサーデータから異常なパターンを自動で検出・分類できるようにした。このアルゴリズムでは AI が自動判定を行うことで，作業者は AI が示した箇所のみを重点的に確認すればよくなり，効率化と精度の向上が見込まれている。また，検出能力の評価に関しては，確率検出法（POD）を用いた分析手法によりレール表面の亀裂の検出率などを評価しており，本手法に基づいて，欠陥を確実に検出できる閾値を決定できる。

DB におけるレール検査の効率化を目的とした AI 技術の活用に関する内容である。シミュレーションデータを活用した学習やデータ形式の標準化も進められている。今後は，AI による欠陥の進展予測を活用することで，検査における予防保全計画の枠組みを構築できるようになることが期待されている。



超音波シミュレーションの較正用に穴に初期き裂を施した基準レール（左）と渦電流検査用にきしみ割れ，はく離，シェリングを施した基準レール（右）
《出典 Eisenbahntechnische Rundschau》



レール頭頂面のき裂の検知率に関する，き裂の長さと深さによる影響の調査
《出典 Eisenbahntechnische Rundschau》

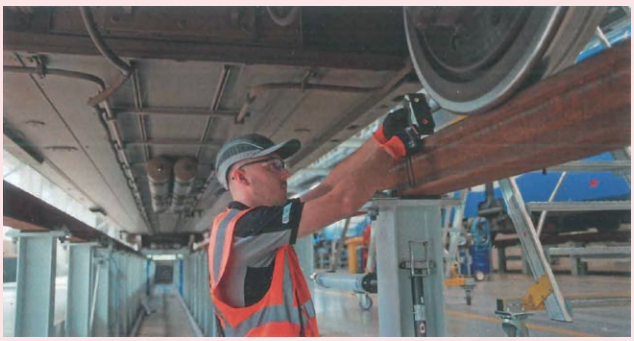
車両 鉄道保守におけるデジタル化と予知保全

Digitalisierung und prädiktive Wartung in der Eisenbahninstandhaltung

Jörg Ernst；EUCO Rail 社，スイス

Eisenbahntechnische Rundschau　Vol.75　1+2（2026-2）　pp.64-66　独語

デジタル化は鉄道分野の保守業務を根本から変革している。スイスに本社を置く EUCO Rail 社は，デジタルツイン，データに基づいた分析，自動検査プロセス，インテリジェントツールを活用することで，ダウンタイムを短縮し，コストを削減し，保有車両の稼働率を大幅に向上させる方法を示している。2024 年から稼働しているゲルストホーフェンの部品センターや最新のインフラもこの変革を支えている。保守履歴や部品交換，検査結果などはすべてデジタルで管理され，知識が組織全体で共有・蓄積される。リアルタイムで故障情報を報告・管理できる「Boom」システムや，AI による状態監視により，必要な保守計画を柔軟に立てることができ，将来の技術を効率的に保守するための基盤も整っている。さらに，出張チームが現場で迅速に対応することで，運行への影響を最小限に抑えている。



技術者が車両の部品を点検すると，データは「Boom」システムを介してリアルタイムで運行事業者のデジタルプラットフォームに送信される
《出典 Eisenbahntechnische Rundschau》



最新の検査システムは測定データを自動的に記録し，ECM 基準に基づいたデジタル保守プロセスの基盤を構築する　《出典 Eisenbahntechnische Rundschau》

報告システム「Boom」は，運転士や技術者がアプリで入力した故障情報を即時に処理し，保守指示の作成，優先度調整，リソース配分を一元化することで，運行部門と整備工場間のコミュニケーションの中核として機能する。これにより，両者の情報連携が途切れなく維持される。EUCO Rail 社による保守業務の変革は，国際基準に基づく体系的なプロセスと連携し，将来的には業界標準となることを目指している。

軌道・構造物 ドイツ鉄道における超高強度繊維補強コンクリート(UHFB)の利用

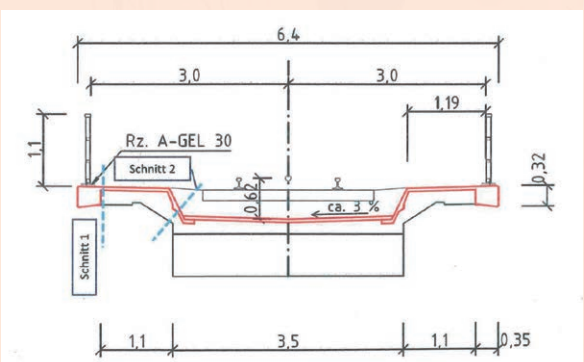
Anwendungen von UHFB iin Netz der Deutschen Bahn

Kai Kämke；DB InfraGO AG，ドイツ / 他

Der Eisenbahningenieur　Vol.77　No.3（2026-3）　pp.9-16　独語

ドイツ鉄道（DB）は老朽化した橋りょうの耐久性向上や補修の工期短縮，コスト削減を目指し，建設後約 90 年を経て老朽化した 3 つの橋に対して 2025 年に超高強度繊維補強コンクリート（UHFB）を用いた補修を実施した。UHFB は高い耐荷重性・水密性・早期硬化性を持ち，従来の鉄筋コンクリートよりも耐久性に優れ，省断面化や工期短縮によるコストの低減も見込まれる。施工では既存コンクリートの表面を高圧水で粗面化した後 UHFB を打設し，橋りょうの幅員拡幅や防水層の一体化も実現した。実施にあたっては国内規格が未整備のため，スイス規格 SIA 2052 に準拠して設計・施工され，外部の専門家や監督官庁との連携により安全性が確保された。DB は今後も UHFB の活用を拡大し，鉄道インフラの長寿命化と効率的な維持管理を目指している。

DB が鉄道インフラの維持・補強において UHFB を活用した事例を紹介している。補修対象となった橋の構造は，RC 連続桁や RC アーチ橋などで，UHFB は断面欠損部の補修部材，線路拡幅部の部材，軌道トラフのシーリング部材などとして用いられた。また，補修部分のひび割れや温度変化および列車荷重に起因する継ぎ目の挙動を 5 年以上にわたり計測するため，光ファイバーセンサーが埋め込まれている。



UHFB（赤色部分）による拡幅および再成形後のベーレンヘッケ高架橋の標準断面図（出典：T. Riedel, DB InfraGO 社）
《出典 Der Eisenbahningenieur》



a) 橋りょう断面を再現した実証モデルの断面 ／ b) 施工業者および検査員による確認作業 ／ c) 水平な橋りょう床板への UHFB の塗布 ／ d) HDW（高圧ウォータージェット）による目地接合面の表面粗化 ／ e) 欠陥箇所の分析および今後の施工に向けた配合工程の確認（出典：C. Pelka, P. Schmidt, DB InfraGO 社）
《出典 Der Eisenbahningenieur》

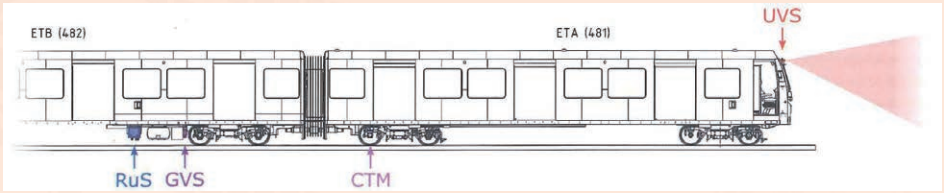
軌道・構造物 レール絶縁継目の損傷状態分析のための光学測定

Optische Erfassung von Isolierstößen für die Schadbildanalyse

Henrik von der Haar；DB Systemtechnik 社，ドイツ / 他

Der Eisenbahningenieur　Vol.77　No.3（2026-3）　pp.46-50　独語

DB Systemtechnik 社は DB InfraGO AG および S-Bahn Berlin 社と連携し，レール絶縁継目の状態を監視するため，営業車両に高解像度カメラを搭載した CTM-VM システムを導入した。CTM-VM システムは連続軌道監視（CTM）の拡張機能で，軌道映像システム（GVS），周辺映像システム（UVS），および演算・記憶システム（RuS）のサブシステムで構成される。GVS のカメラを用いて線路の継続的な記録を行い，レール直近の部材を自動診断するための映像を取得する。特にレール絶縁継目，レール頭頂面および締結部の損傷を関連する地理参照情報とともに検出する。CTM システムがレール絶縁継目の不具合の可能性を検知すると，対応するタイムスタンプに基づいて，該当する映像が抽出される。本システムにより，従来の目視点検に加え，走行中に継続的かつ詳細な映像データを取得し，損傷や摩耗などの異常を早期に発見できるようになった。データは自動で分析・選別され，必要な情報のみがサーバーに送信されるため，効率的なデータ管理が可能である。



481/482 形車両に搭載された CTM センサーと連携するカメラシステム CTM-VM の概観　《出典 Der Eisenbahningenieur》



CTM-VM の写真
a) 軌道映像システム（GVS）
b) 演算・記憶装置（RuS）
c) 周辺映像システム（UVS）
d) UVS の撮影映像（一部トリミング済）
《出典 Der Eisenbahningenieur》

鉄道インフラの保守・点検を効率化するために開発されたカメラベースの監視システムについて述べている。CTM-VM システムは営業線での運用が可能で，ベルリン S バーンで 481/482 形車両による初期の機能試験が実施され，映像データが収集されている。今後は，AI を活用した自動解析ツールの開発や，インフラ管理システムとの連携が進められる予定である。

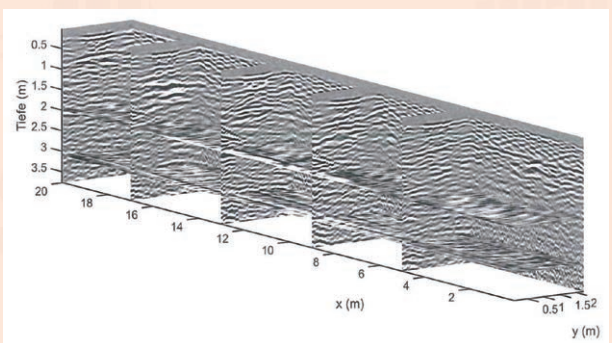
軌道・構造物 地中探査レーダーアレイを用いた路盤構造調査

Mit dem Georadar-Array in die Tiefe

Daniela Hofmann；DB Engineering & Consulting，ドイツ / 他

Eisenbahntechnische Rundschau　Vol.75　No.3（2026-3）　pp.48-50　独語

信頼性の高い地中構造の計測・評価は，特に路線状況が不明確な場合や既存データが不足している場合，保守整備において貴重な情報源となる。DB コンサルティング＆エンジニアリング社が開発した，地中レーダーアレイを基に開発した地中探査技術は，路盤・路床の高解像度 3 次元画像の提供を可能とし，鉄道の安全性，信頼性，効率性の向上に寄与する新たな知見をもたらす。この探査システムは線路閉鎖をせずに営業線で 80 ～ 120km/h の速度で計測が可能である。この地中レーダーアレイシステムは 28 本のアンテナにより高解像度のデータを取得できる。得られた大量のデータは，GIS や BIM などのシステムと連携し，地盤の問題箇所を早期に特定・可視化できる。これにより，鉄道インフラの維持管理がより予測的かつ効率的に行えるようになることが期待される。



地中レーダーデータを用いて作成した 3 次元画像（20m 区間のみ表示）。応答が大きく変化するため，より長区間の可視化は難しい。
《出典 Eisenbahntechnische Rundschau》



28 チャンネル地中探査レーダーアレイを軌道保守車両に搭載した様子（出典：Henry Fried）
《出典 Eisenbahntechnische Rundschau》

本システムは既に 6000km を超える路線で実績を上げている。今後の課題として，膨大なデータ量を効率的に評価し，可能な限り自動化して処理することが挙げられている。そのためには広範な専門知識が必要となるが，DB コンサルティング＆エンジニアリング社は 30 年以上にわたる経験，膨大なデータライブラリ，クラウドベースの解析ソフトウェアを活用することで信頼性の高い分析結果を提供できる，としている。

情報・信号通信 シミュレーションによる列車の遠隔制御の研究開発が進展

Remote Train Operation: Aktuelles in der simulationsgestützten Forschung und Entwicklung

Niels Brandenburger；ドイツ航空宇宙センター（DLR），ドイツ / 他

SIGNAL+DRAHT　Vol.118　No.3（2026-3）　pp.32-37　独語 / 英語

列車の遠隔制御（RTO）は，営業運転の ATO 化をめざす中で，ATO 故障時に機能を制限して運転を継続する手段として開発されてきた。その後，車両基地での運転や長距離貨物列車への適用も期待されている。ドイツ航空宇宙センター（DLR）の交通システム研究所では，遠隔制御運転のシステム開発を行っている。2025 年には初期のテストスタディーを行った。2026 年には遠隔制御オペレーターの負荷および疲労，パフォーマンスが勤務時間を通じてどのように変化するかについてサンプル数の大きな試験を行う予定である。また，将来的には開発した RTO シミュレーション環境に ERTMS の機能も実装する計画である。開発された改良バージョンでは，複数の RTO オペレーター役が同時に使用できるほか，実験責任者が運転中に起きる可能性があるさまざまなイベントを設定できる。これは，列車指令員や運転士チームのリーダー向けにも利用可能である。

ドイツ航空宇宙センター（DLR）による RTO のシミュレーション環境の研究開発とその応用に関する内容である。今後は ERTMS との連携や道路分野などとのシミュレーション環境の統合も計画されており，RTO に関する人的要因研究の基盤強化が進められている。



RTO オペレーター役向けワークステーションのグラフィカルユーザーインターフェイス　《出典 SIGNAL+DRAHT》



実験責任者向けワークステーションのグラフィカルユーザーインターフェイス　《出典 SIGNAL+DRAHT》

情報・信号通信 列車の遠隔制御による運転士の新しい作業環境の構築

Schaffung eines neuen Arbeitsumfelds für Triebfahrzeugführer

Tobias Bekehermes；Alstom Signal GmbH，ドイツ / 他

SIGNAL+DRAHT　Vol.118　No.3（2026-3）　pp.38-45　独語 / 英語

長い間列車の運転は車両の運転席で行われてきたが，最新の技術により遠隔操作を行うことが可能になりつつある。これにより，運転士の作業環境を改善することができる。また，区所の建物から車両への移動時間の短縮，トイレの問題の改善なども可能となり，運転士の不足という問題の解決の一助となる。列車の遠隔制御（RTO）のツールとして，実際の運転台の機器をすべてオフィスに再現する方法からタブレットを用いる方法までさまざまなバリエーションが考えられる。

アルストムは 2018 年に初めて，リヨンから 4G を使って約 500km 離れたヴァレンシエンヌの鉄道試験センターの Prima II 型機関車を遠隔操作した。また，2024 年にはスイス連邦鉄道 SBB と共同で概念検証を行い，24 名の運転士がチューリッヒ・ミュリゲン（Zürich-Mülligen）にある機関車をチューリッヒ・エルリコン（Zürich-Oerlikon）から遠隔操作した。

RTO の概念とその応用，技術的側面，そして列車運転士の労働環境への影響に関する内容である。RTO は運転だけでなく，点検や状態監視，運転モードの変更なども遠隔で行えるのが特徴である。既に貨物ターミナルや車両基地などでは実用化された事例があり，今後は旅客列車への拡大も検討されている。



Zürich-Mülligen の Aem490 形機関車の入換運転をチューリヒのオフィスで行う遠隔制御のオペレーター（スイス連邦鉄道職員）　《出典 SIGNAL+DRAHT》



遠隔制御のさまざまな操作方式　《出典 SIGNAL+DRAHT》