



軌道・構造物 デジタルツインによるフィルスタル橋の状態監視

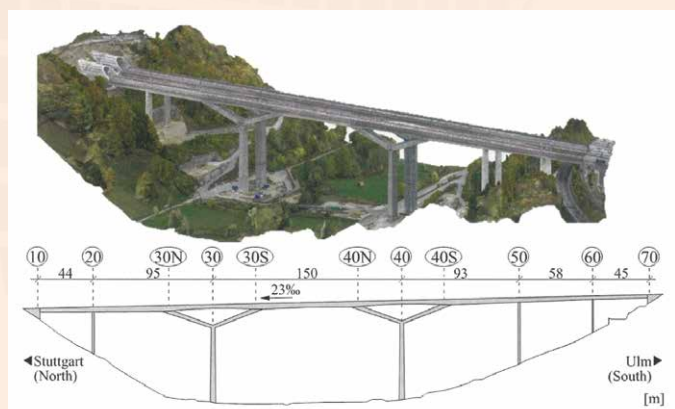
Der Digitale Zwilling zur Überwachung der Filstalbrücken - Ein innovativer Ansatz für eine messwertgestützte Zustandsbewertung

Alex Lazoglu ; MKP GmbH, ドイツ / 他

Der Eisenbahningenieur Vol.75 No.2 (2024-2) pp.25-30 独語

ドイツでは、持続可能で信頼性および資源効率の高いインフラ開発に関する世界的取り組みを目指した国連の2030アジェンダに沿って道路橋および鉄道橋の維持管理戦略を進めている。現行の事後安全管理では問題が生じて初めて対策が取られるためインフラの供用に予期せぬ支障が生じる場合があり、それにより大きな経済的損失を生じる。一方、デジタルツインを用いた保全では高度な計測技術、データ分析およびデータ管理手法を駆使して長期的な予測により構造物の状態を健全に保つことが可能となる。ドイツ鉄道 (DB) のフィルスタル橋ではデジタルツインを導入した管理が行われている。橋りょうのライフサイクルにおいてはその状態に関するさまざまなデータが生成されるが、現行はその形態もデジタル、紙ベースなどさまざまな保管場所も分散化されており、相互にリンクしていない。そこでデジタルツインの導入により橋りょうデータの全体的で系統的な検証が可能となり長期的に維持管理を最適化する。ここで開発されたコンセプトは将来的にさまざまな建物や輸送手段に広く適用することができる。

橋りょうの状態監視や状態予測について、計測データを活用したデジタルツインによるアプローチの事例である。デジタルツインの利点を最大限に活用し、インフラストラクチャーへの適用において常に最新の状態を把握するには標準化が重要で、標準化には多数の実装とパイロットプロジェクトでの慎重な評価が必要とされている。本件はこのような標準化にむけたプロセスにおける重要な検証事例として貢献している。



点群モデル (上) とフィルスタル橋のビュー (下) (出典:Infraolytica 社, MKP 社) 《出典 Der Eisenbahningenieur》



状態監視における状態評価の POI (Point of Interest : 地図上の特定地点) 表示 《出典 Der Eisenbahningenieur》

軌道・構造物 経済的かつ持続可能性の高い供用中の構造物の補強方法

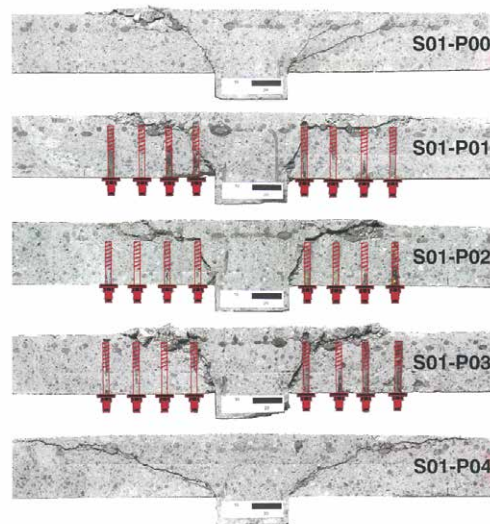
Kostengünstige und nachhaltige Bauwerksverstärkung unter Verkehr

Jürgen Feix ; レオポルト・フランツェンス大学インスブルック校, オーストリア / 他

Der Eisenbahningenieur Vol.75 No.3 (2024-3) pp.51-55 独語

アンカーボルトを使用した新しいコンクリート補強方法により、迅速かつ簡易な構造物の補強が可能となる。高強度なアンカーボルトを一方方向から挿入することにより供用中の構造物を簡易に補強することができる。技術的研究成果とユーロコード 2 に基づく所定の設計プロセスが効率的な補強計画を可能とする。橋りょうをはじめとする複数の構造物に試験的に適用したところその効率性と環境に配慮した特性が確認された。この補強方法により、工事時の迂回交通量および粉塵や排ガスの発生が抑えられ、建設における持続可能性が高まり、新設構造物に対する既設構造物の補強利用の優位性が高められる。

新しい補強工法により、交通を維持しながら短期間で橋りょうやトンネルなどの構造物を補強できる。そのため、代替交通の混雑や道路渋滞が回避され、温室効果ガスの排出をはじめとする環境への有害な影響が大幅に削減されることから、生態学的にも大きな利点があることが数々のパイロットプロジェクトで実証されている。



複合アンカーボルトで補強された供試体の押し抜きせん断試験における断面図 (出典 : Prof. Feix Ingenieure GmbH) 《出典 Der Eisenbahningenieur》

車両 シュレースヴィヒ=ホルシュタイン州は蓄電池電車による鉄道網構築の先駆けとなる

Schleswig-Holstein pioneers a battery traction network

Toma Bačić : Railway Gazette International

Railway Gazette International Vol.180 No.3 (2024-3) pp.22-24 英語

ドイツの北端に位置するシュレースヴィヒ=ホルシュタイン州の鉄道網は全長1,121kmの内30%が電化されているに過ぎないが、ここに蓄電池電車による鉄道網を構築する野心的なプロジェクトが進んでいる。これはドイツの地方旅客輸送における蓄電池電車の大規模導入の最初の試みとなる。シュレースヴィヒ=ホルシュタイン地方交通協会 (NAH.SH) は2019年7月にStadler社の2両連接のFlirt Akku蓄電池電車55編成を発注した。契約には30年間の車両保守と追加50編成のオプションが含まれる。これにより年間1,000万リットルのディーゼル燃料の節約と、最大26,000トンのCO₂排出量の削減が見込まれる。蓄電池は架線から、または再生ブレーキ時に充電され、通常の運転状態では満充電で少なくとも80km走行可能であり、試験では最大150kmの走行が達成された。標準的な15kV、16.7Hzき電の架線で構成される充電所が多数設置され、新たに電化される区間は11kmのみである。充電インフラに約4,000万ユーロを費やすが、その90%はドイツ政府が負担する。

Flirt Akku蓄電池電車は今後5年間で、シュレースヴィヒ=ホルシュタイン州を含めたドイツ国内では少なくとも113編成が運行開始される予定となっている。ドイツのほか、オーストリアでもÖBBが2023年7月にStadler社と蓄電池電車に関する契約を締結しており、2028年から運行を開始する予定である。また、Stadler社は駆動用蓄電池の保守、充電、保管用に特別に設計されている新設のメンテナンス施設への3,000万ユーロの投資もしている。



シュレースヴィヒ=ホルシュタイン州の鉄道網は約30%のみが電化されており、Stadler社のKiss2階建て電車がリュューベック・ハンブルク間の路線で使用されている。

《出典 Railway Gazette International》

輸送・安全・環境 ただ聞くだけではない：学習成功の鍵となる積極的な行動

Mehr als nur Zuhören: Aktives Handeln als Schlüssel zum Lernerfolg

Lejla Nuiovska ; TOUGH Training GmbH, ドイツ / 他

Eisenbahntechnische Rundschau Vol.73 1+2 (2024-2) pp.33-35 独語

鉄道建設業界は、「従業員を事故から守るにはどうすればよいか？」という問題に常に直面している。結局のところ、線路や架線に関わる作業には大きな危険が伴う可能性がある。身体保護具と音響警告信号に加えて、作業員に対する定期的なトレーニングにより安全性を向上させている。近年では、トレーニングはデジタル学習コンテンツによってサポートされるか、完全に仮想現実 (VR) で行われている。ここでは、これらの手法が線路や架線の現場作業ではどのような体験をし、どのような学習効果になるのか、また、仮想環境下での行動を伴うデジタルトレーニングが従業員や企業にどのような機会・状況をもたらすのかを明らかにする。

線路や架線に関わる現場作業の安全のための効果的なデジタルトレーニングの事例である。学習の楽しさを増す遊び心のある設計によって仮想環境への没入感を与えることで、記憶保持力の向上を実現している。複雑で危険な作業状況も訓練可能で、DB InfraGOなどの線路建設分野の老舗企業でも採り入れられている。



仮想 (VR) 作業台からの視野。必要な工具は準備され、碍子の交換作業は開始可能である。
《出典 Eisenbahntechnische Rundschau》



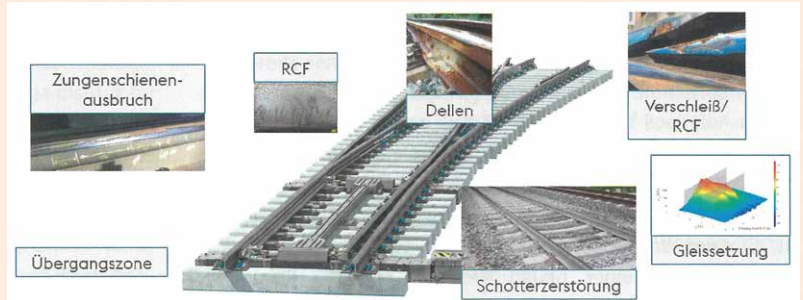
双方向掘削機に注意すること：シャベルに近づきすぎたり機械の後ろに立ったりすると受傷の危険性がある。
《出典 Eisenbahntechnische Rundschau》

軌道・構造物 メンテナンスを最適化した次世代の分岐器 — 品質の向上と運用コストの削減を同時に実現

Instandhaltungsoptimierte Weiche der nächsten Generation - Verbesserte Qualität bei gleichzeitiger Reduktion der Betriebskosten

Uwe Oßberger : voestalpine Railway Systems 社, オーストリア / 他
Eisenbahntechnische Rundschau Vol.73 No.3 (2024-3) pp.53-59 独語

分岐器はライフサイクルコストを勘案すると取得コストは比較的安く、コストの大部分は約 30 年間の耐用年数にわたるメンテナンス作業量によって支配される。voestalpine Railway Systems 社、Getzner Werkstoffe 社、Kirchdorfer Concrete Solutions 社、ÖBB Infrastructure 社および Materials Center Leoben や Virtual Vehicle Research 社などの科学パートナーで構成されるコンソーシアムは、EU プロジェクト Shift2Rail の一環として、革新的な新世代（次世代）の分岐器の開発に取り組んできた。目的は、分岐器の全耐用年数にわたるメンテナンスコストを削減することであった。初めに、コスト要因の包括的な分析が実行された。その結果、部材の交換に加えて道床の沈下とバラストの破壊が主要なコスト要因として明らかになり、特に分岐器部ではタンピングマシンや道床クリーニングマシンの使用が必要となるため高コストとなっていた。そこで、プロジェクトの一環として FEM シミュレーションを活用して材料設計されたポリウレタン弾性体、革新的なまくらぎ設計、分岐器部を弾性的に最適化した固定システムなどの適用を目標とした新しいタイプの分岐器が開発された。この有効性を実証するために ÖBB ネットワークにプロトタイプ分岐器として設置され測定プログラムが実行された。改善効果はプロジェクトの初年度に、まくらぎ底部のポリウレタン弾性体のバラスト接触圧力の計測とバラストの変形量の測定を通じて、すでに実証されている。



保守点検の原因となる分岐器部の損傷メカニズム

《出典 Eisenbahntechnische Rundschau》

分岐器の全耐用年数にわたるメンテナンスコストの最小化を目的とした次世代分岐器の開発に関する研究内容の紹介である。オーストリア連邦鉄道（ÖBB）の新開発の分岐器のメンテナンス改善に関するシミュレーションと開発に成功し、ÖBB にプロトタイプ分岐器を設置しての実証結果をもとに分岐器モデルの校正と分析が進められており、将来さらに有用な知見が得られると期待されている。



ÖBB 用のメンテナンス最適化分岐器の製作

《出典 Eisenbahntechnische Rundschau》

情報・信号通信 人工知能を備えた未来の列車運行管理センター — モジュール式プラットフォーム Matria

Leitstelle der Zukunft mit Künstlicher Intelligenz - die modulare Plattform Matria

Jan Philipp Rauprich : Alstom Transportation Deutschland 社, ドイツ / 他
SIGNAL+DRAHT Vol.116 No.3 (2024-3) pp.6-12 独語 / 英語

歴史のある鉄道や地下鉄の運行管理センターに人工知能（AI）を導入することは、鉄道技術メーカーが現在直面する最大の課題の 1 つである。AI は持続可能な輸送への移行を促進するツールとなる。アルストム社は鉄道輸送システムの運行改善に重点を置いて AI を活用している。その手法の中心に、AI を使用して鉄道輸送システムを管理するモジュール式のプラットフォーム Matria がある。その主な目標は、地下鉄、ライトレール、路面電車などさまざまな公共交通システムを同期させ、都市部の旅客流動を加速し、旅客を種々の交通手段に最適に誘導し、乗換えに関する適切な情報を常に提供することである。

アルストム社の運行管理プラットフォーム Matria は、事後分析やイベント発生時の影響の予測に重点を置いており、混乱が発生する前に回避策を提供し、運用への影響を大幅に改善することができる。そのため、鉄道事業者が Matria による旅客流動のモデリングを実装することで、ニーズに合わせた独自のアプリケーションを構築できるメリットも期待されている。



パナマ地下鉄運行のための混雑管理に適用された予測 AI

《出典 SIGNAL+DRAHT》

輸送・安全・環境 欧州の騒音予測モデルに異なる音源位置を使用

Berücksichtigung hochliegender Schallquellen in der Europäischen Immissionsprognose

Thomas Maly ; ウィーン大学, オーストリア / 他

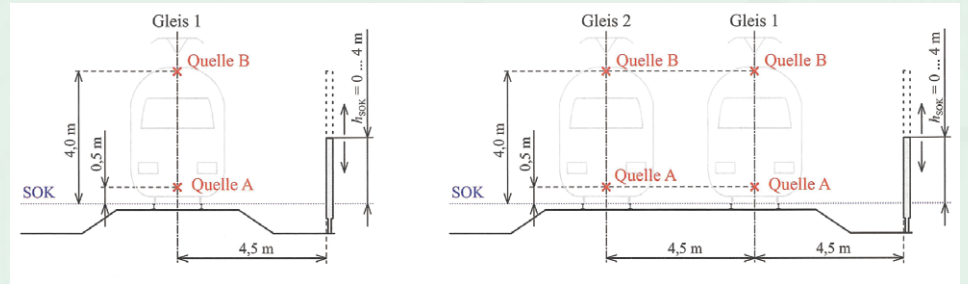
Eisenbahntechnische Rundschau Vol.73 No.3 (2024-3) pp.70-75 独語

欧州の環境騒音指令 2002/49/EC による予測モデルの導入により、鉄道騒音の最新の計算方法が利用できるようになった。このモデルは従前の計算モデルよりも複雑だが、鉄道車両の高所にある音源など、より詳細な音響伝播を考慮することが可能である。例えば、防音壁のある線路に対するこれらの騒音の影響を分析した結果、高所の騒音発生源は線路に近い音源よりも防音壁の遮へい効果が低下することが示された。また、貨車のブレーキパッドを低騒音タイプに改造することで、ころがり騒音が低減されると、防音壁のある線路区間の高所騒音発生源の対策の重要性が高まることなどが示された。



高所の騒音源を直接見通しが可能な高さ 2m の防音壁の例
《出典 Eisenbahntechnische Rundschau》

欧州の環境騒音指令 2002/49/EC による騒音予測モデルの導入による影響に関する内容である。新モデルでは鉄道車両の高所にある音源など、より詳細な音響伝播を考慮することができ、防音壁のある路線におけるモデル変更の影響を分析している。将来的には入力パラメータの標準値が広範囲な条件を十分な精度で表しているか検証が必要とされている。



それぞれ高さの可変な防音壁を備えた単線 (左) と複線 (右) の軌道の断面図と騒音発生源の位置

《出典 Eisenbahntechnische Rundschau》

情報・信号通信 鉄道インフラにおけるデジタルトラックキャプチャー — 信号技術での試み

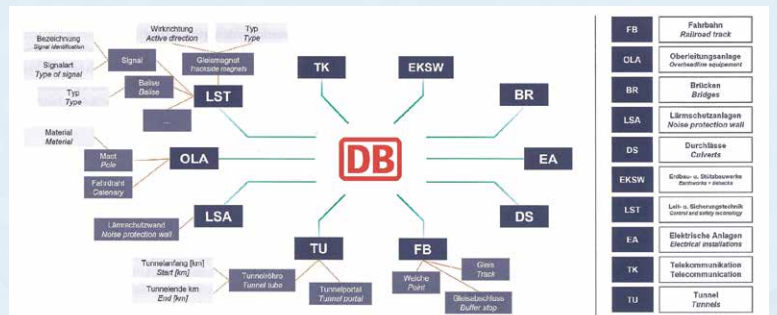
Digitale Bestandserfassung von Eisenbahninfrastruktur - Herausforderungen in der LST

Christoph Schütze ; Siemens Mobility 社, ドイツ

SIGNAL+DRAHT Vol.116 No.3 (2024-3) pp.22-27 独語 / 英語

鉄道インフラ設備の工事計画においては、正確な設備図面が重要な要素となる。新しい信号設備計画における課題の1つは、既存のインフラに関する図面が古い、または不完全なことにある。既存の図面は最新の地理参照データに基づいてチェックする必要がある。シーメンスモビリティ社のデジタルトラックキャプチャー（線路上設備のデジタル台帳化）はマルチセンサーシステム（MSS）を用いて走行中に線路中心から5～10mの範囲にある全ての要素を高精度で検出し、三次元のモデルを作成する。センサーには種々のカメラ、レーザースキャナー、ならびに位置を特定するIMU（慣性計測装置）およびGNSSアンテナが含まれる。線路中心線もAIを使用して決定される。

デジタルトラックキャプチャーによる鉄道インフラのデジタル化は継続的に進められており、2023年半ばまでに約4000kmがキャプチャーされている。シーメンスモビリティ社は取得されたデータをさまざまな用途で活用するため、制御および信号設備用のさまざまなソフトウェア製品と直接互換性のあるファイル形式の出力の実現にも取り組んでいる。



対象となる線路上設備のモデルの例

《出典 SIGNAL+DRAHT》



キャプチャーされたデータと既存のデータの比較（緑＝地理参照およびキャプチャーされたデータ、青＝台帳データ）
《出典 SIGNAL+DRAHT》