

時間的に変化する動的な 風速マップ

時間的に変化する動的な風速マップの作成手法を開発しました。瞬間風速と等価な風速を概ね5m/s以下の誤差でマッピング可能で、風速計が未配備の区間の強風監視に活用できます。

研究の背景と目的

- 近年、台風の強大化等に伴い、より強い風がより広範囲な場所で吹く事象が増えており、離散的な風速計で観測された強風データを補間する必要性が高まっています。
- そこで、低コストで広範囲かつきめ細やかな強風監視を実現するため、風速計で時々刻々観測される「点」の実況風速と気流解析で得られる「面」の風速分布を組み合わせ、時間的に変化する動的な風速マップを作成する手法を開発しました。

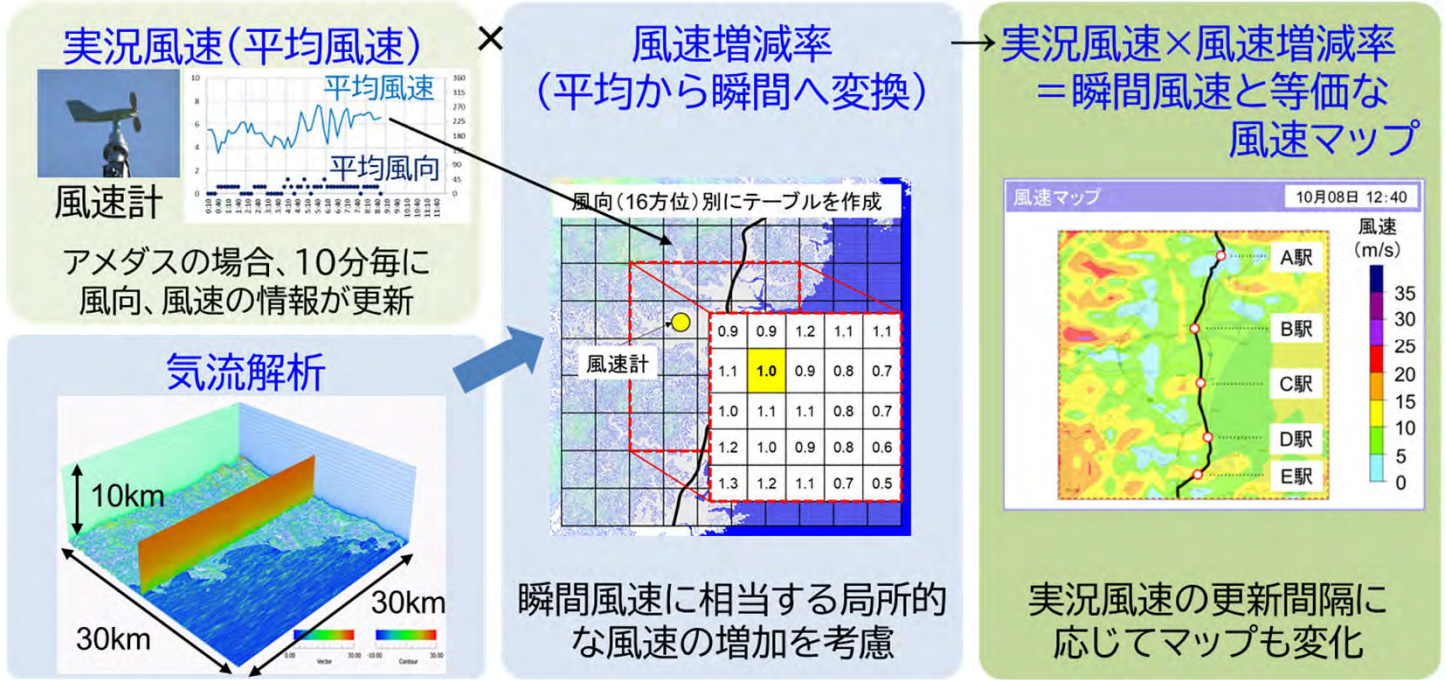
研究成果

- 気流解析は、対象とする線区および実況風速が得られる風速計の配置地点を解析領域に含め、予め風向別に実施しておきます。この気流解析は、最大で30km四方の領域を、最密で100m四方の解像度で実施可能です。
- 気流解析の結果から、風速計の配置地点での風速を基準とした領域内の各地点での風速の増減率を求めておきます。この増減率は、領域内での平均的な風の強弱と局所的な風速増加の効果を考慮しています。風速計で観測された実況風速に増減率を乗じることで面の風速分布(風速マップ)が得られ、実況風速が更新される度に風速マップも更新します。
- 風速マップの作成には、実況風速が得られる風速計が必要となりますが、沿線の規制用風速計だけでなく、気象庁の風速計などの利用も可能です。
- 独自に設置した検証用風速計6基で得た強風事例(20m/s以上の日最大瞬間風速を観測)14事例で検証した結果、強風事例期間中の10分間最大瞬間風速を概ね5m/s以下の誤差(RMSE:二乗平均平方根誤差)で評価できることを確認しました。

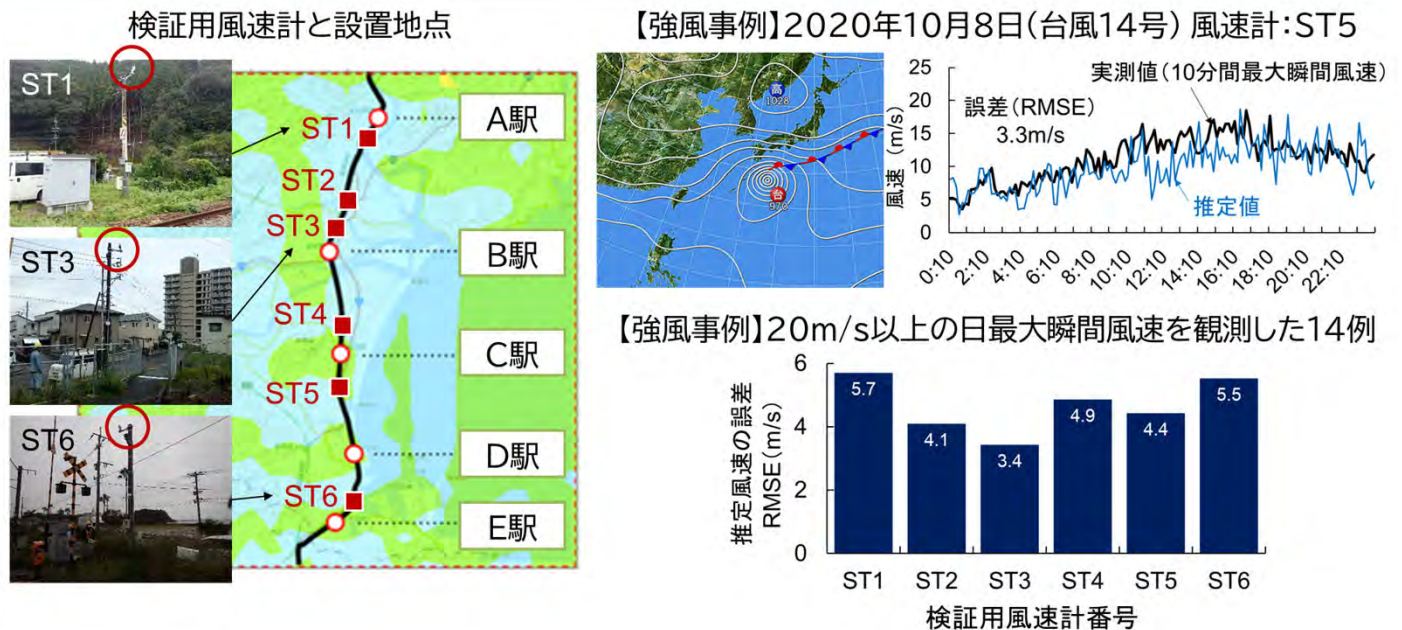
今後の展開

- 実況風速を部外の予測風速に入れ替えて、風速予測マップの試作を進めています。
- 風速マップの自動作成および更新機能を備えたアプリケーションを開発中です。
- アプリケーションを通じて風速マップ情報を提供し、強風監視にご活用頂く計画です。

時間的に変化する動的な風速マップの作成フロー



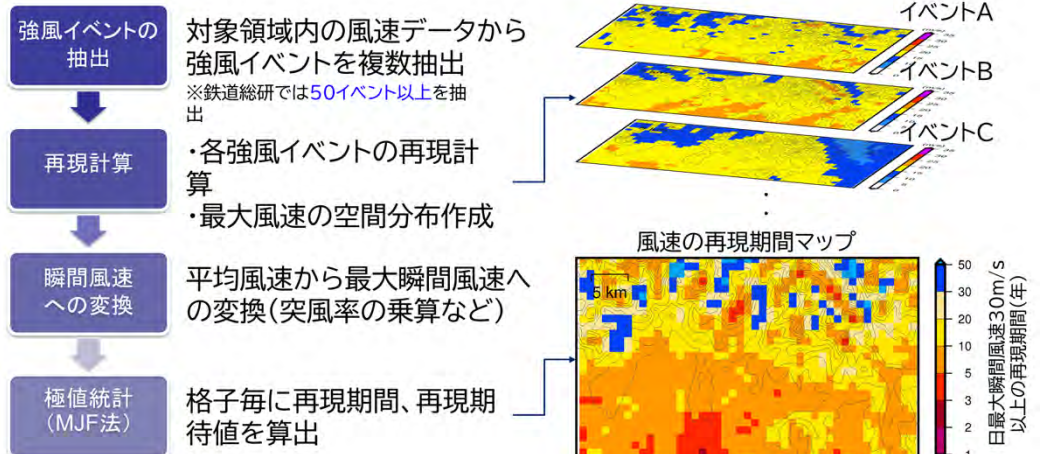
検証用風速計で得た強風事例に対する風速推定例と誤差



風速計配置の検討に資する時間的に静的な風速マップ

時間的に変化する動的な風速マップに加えて、過去の強風事例の再現計算に基づき、沿線での強風の吹きやすさを表す静的なマップの作成も可能です。

この静的な風速マップは風速計配置の検討に活用できます。



車両着落雪推定手法

沿線の気象情報等を用いて、寒冷な明かり区間での着雪成長、温暖なトンネルでの落雪を判定し、車両台車部の着雪量を推定することが可能な手法です。

研究の背景と目的

- 積雪地域では、走行する車両によって舞い上げられた雪が台車部のフサギ板などに着雪し、これが成長して形成された雪塊が走行中に落下することで地上設備を破損することがあります。
- 冬期の安定輸送を目的として、落雪による設備被害低減のために実施している雪落とし作業等の着落雪対策を効率的かつ効果的に実施する指標として、車両の着雪と落雪を推定する手法の開発を目標としています。

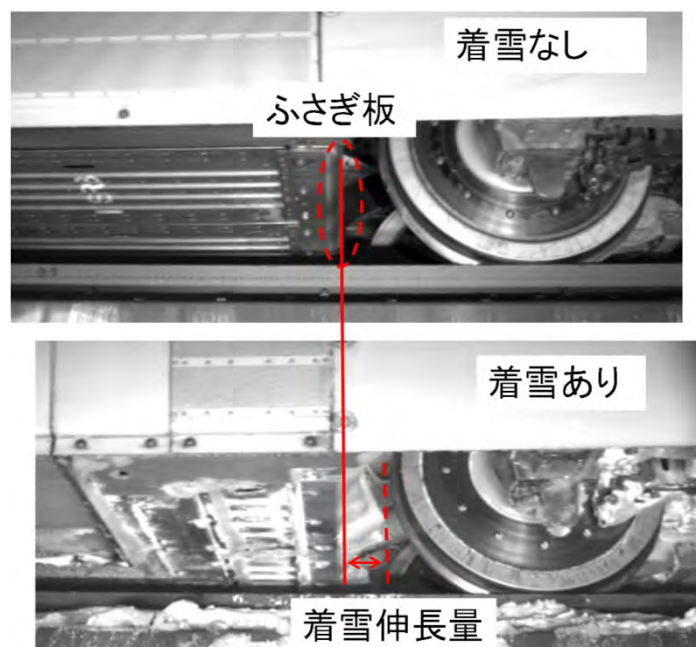
研究成果

- 沿線の気象情報、明かりやトンネルといった施設情報、列車速度といった運行情報から台車部の着雪量と落雪位置をリアルタイムに推定可能な車両着落雪推定手法を開発しました。
- 台車部フサギ板からの着雪伸長量を約3cmの誤差で推定するとともに落雪が多発する区間を誤差約2kmで推定できます。
- 雪落とし作業の要否判断や落雪対策が必要な区間の検討に活用できます。

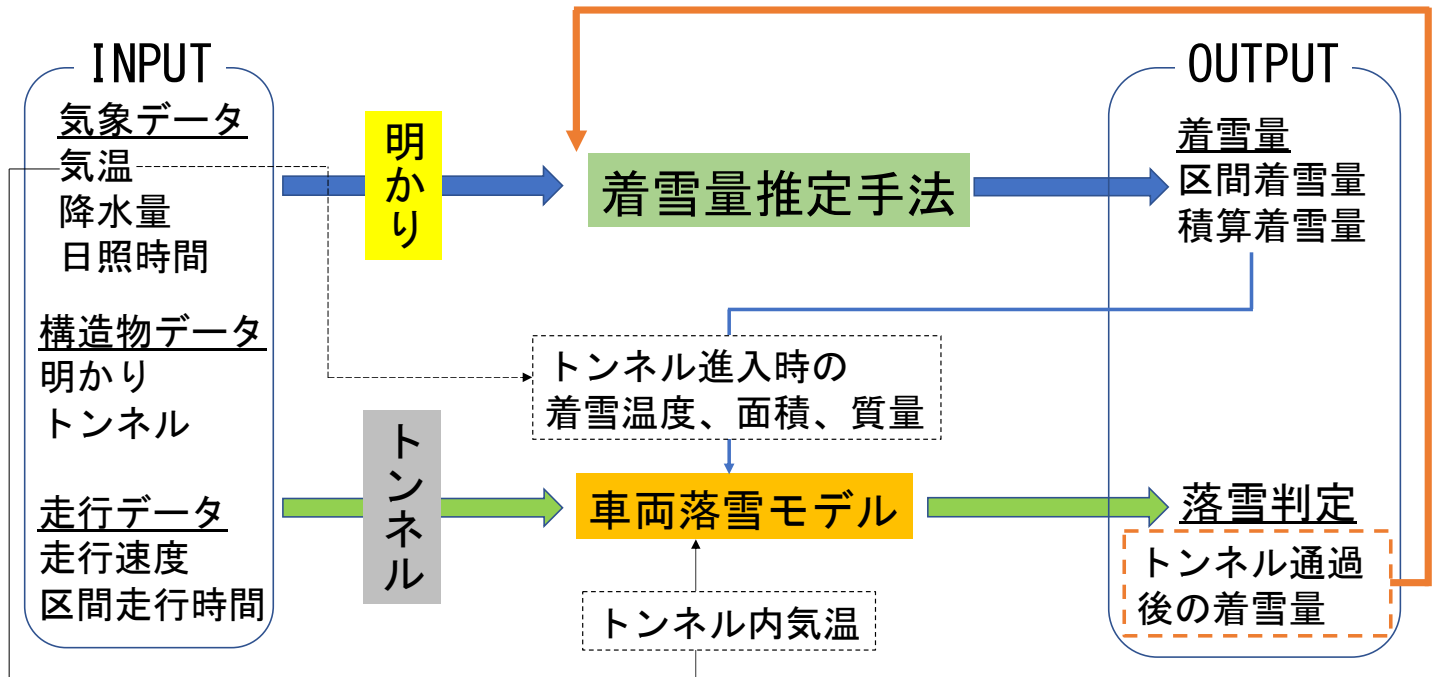
今後の展開

- 車両着落雪推定手法をもとに雪落とし作業の要否を判断するシステムを開発します。
- 落雪による信号設備の要点検区間を表示するツールを開発します。

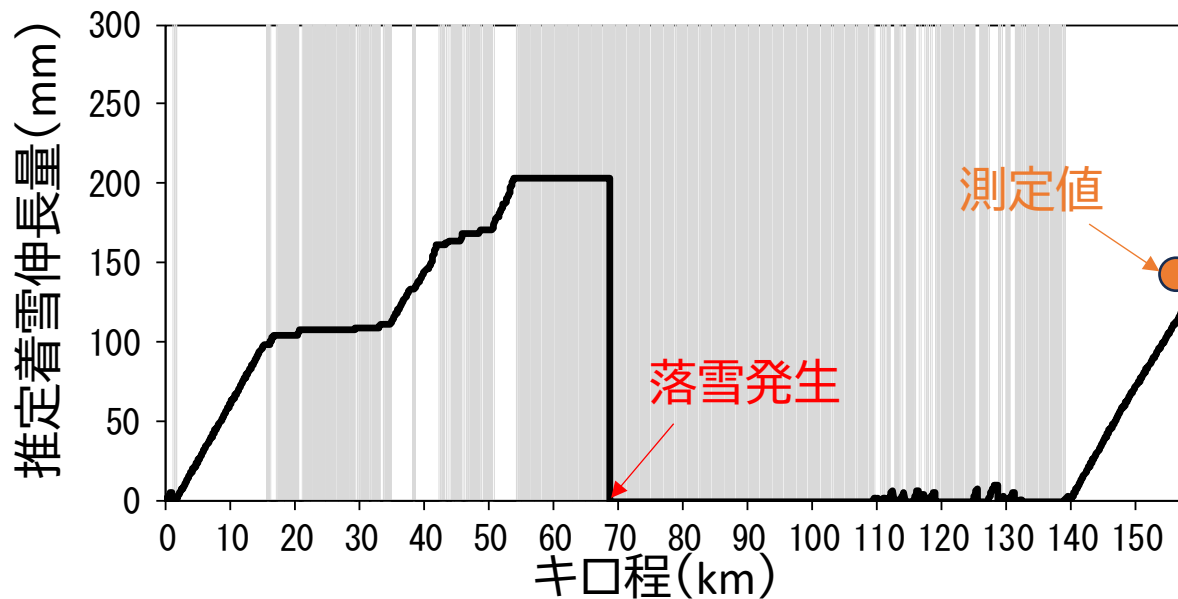
車両台車部に成長した着雪



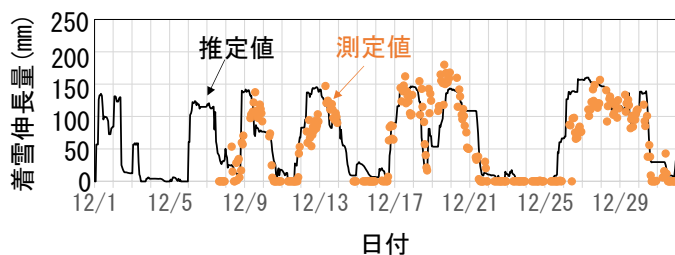
車両着落雪推定手法のフロー



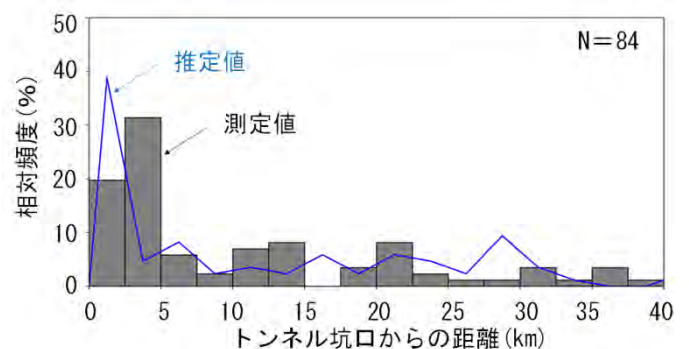
車両着落雪推定手法の計算例(灰色の網掛けはトンネル区間)



着雪伸長量の推定値と測定値の比較



長大トンネル内の落雪位置の比較



着雪が多くなるタイミング、量ともにおおむね再現。一冬期を通じた比較によるRMSEは約3cm

トンネル入り口付近に多く、トンネル奥に行くほど少ない傾向を再現

橋脚の固有振動数推定のための 常時微動計測システム

河川橋脚の天端両端部に常時微動センサを設置して計測を行うことで橋脚の固有振動数を推定することができます。強制加振が不要で、橋脚の固有振動数の変化を連続的に監視できます。

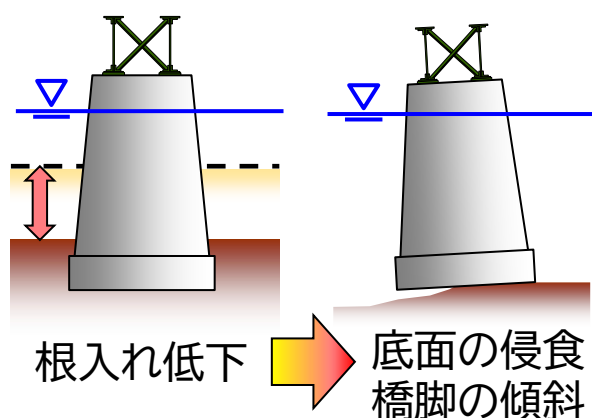
研究の背景と目的

- 近年の気象変化によって降雨が激甚化しており、河川増水によって橋脚周辺の根入れが低下し(洗掘)、基礎が不安定化して傾斜したり流失する事例が増えています。
- 橋脚の健全度指標である固有振動数を計測する手法に衝撃振動試験がありますが、作業性の観点から、より簡易に固有振動数を推定する手法が求められていました。

研究成果

- 2つのセンサで常時微動を一定時間計測し、収録波形から固有振動数を推定する手法を開発しました。強制加振を要さず、また、固有振動数の推定も自動的に行うため、従来の衝撃振動試験よりも作業の大幅な省力化を実現しています。
- 従来の常時微動センサは速度計を用いていましたが、本研究ではより安価な加速度計を採用し、システム全体の低コスト化を図りました。
- 可搬型(展示品)と常設型の二つのシステムを開発し、鉄道事業者の様々な計測ニーズに対応したモニタリング手法をご提案します。

増水時の橋脚の不安定化イメージ



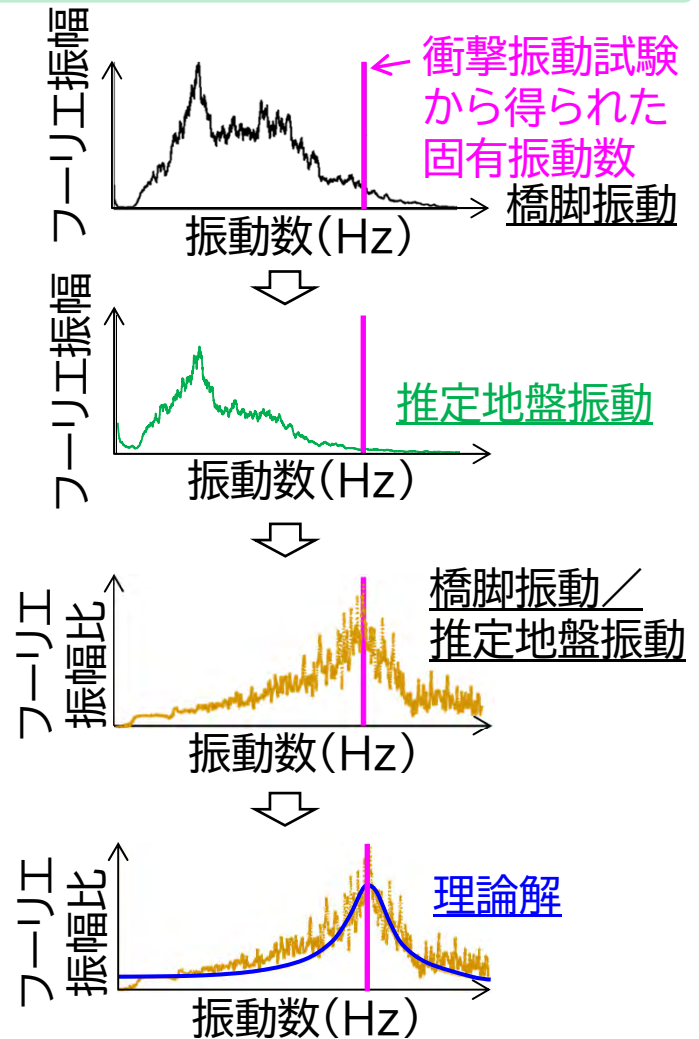
洗掘の進行に伴い
固有振動数が低下

今後の展開

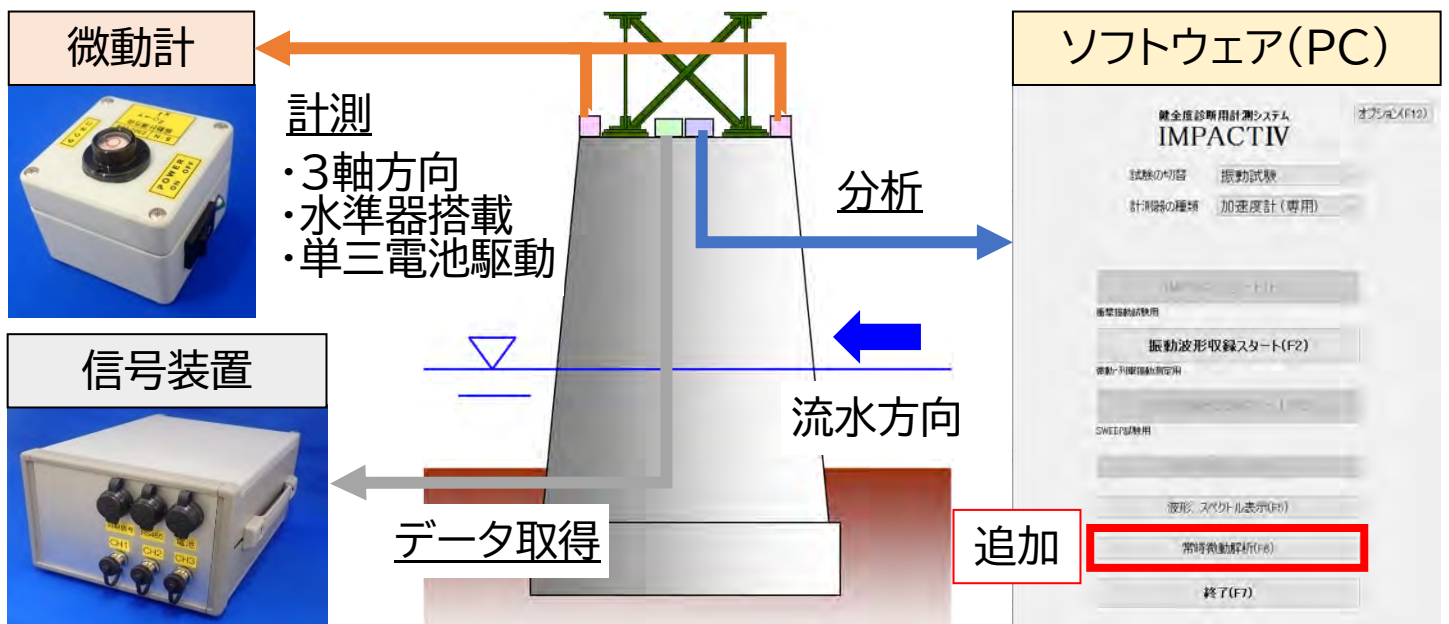
- 新たにリリースされる橋梁下部工・土留め健全度診断システム「IMPACTUS」に本手法の機能を搭載する予定です。

開発した固有振動数の推定手法のフロー

- ① 橋脚天端の上下流方両端部における常時微動計測
- ② 常時微動波形の差分およびセンサ位置の幾何学的関係から地盤振動を推定
- ③ 橋脚振動を推定した地盤振動で除しフーリエ振幅比を算出
- ④ 算出したフーリエ振幅比を理論解で曲線回帰させることで固有振動数を推定



可搬型の常時微動計測システムの構成・設置イメージ



長期間のデータ計測と通信機能による遠隔地からの固有振動数の変化を監視できる「常設型常時微動計測システム」も作成しています。

本研究は、国土交通省の鉄道技術開発・普及促進制度の委託を受けたものです。

トンネル健全度自動判定・要注意箇所投影システムと電子野帳

トンネルの全般検査の省力化のツールとして、検査時の要注意箇所を抽出する「トンネル健全度自動判定システム」、要注意箇所を壁面に表示する「要注意箇所投影システム」他を開発しました。

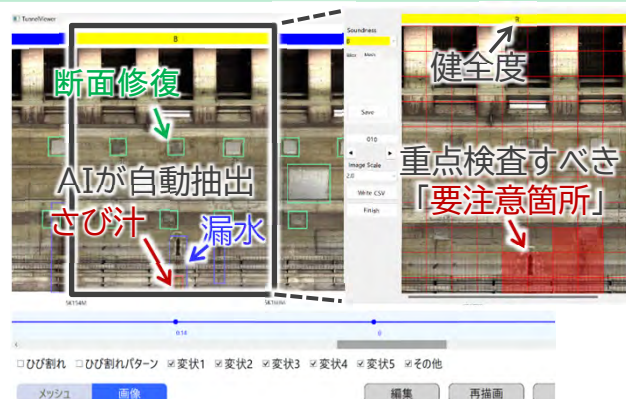
研究の背景と目的

- 鉄道トンネルには、戦前や高度経済成長期に建設されたものが数多く存在します。現在は、経験豊富な技術者による定期的な検査により適切に維持管理されていますが、今後、技術者の減少が見込まれており、省人化や脱技能化が求められています。そこで、デジタル技術の活用により、定期検査の時間短縮と省人化を図ることができる技術を開発しました。
(本研究は、国土交通省交通運輸技術開発推進制度(JPJ002223)により実施しました)

研究成果

- 以下の3つのツールを開発しました
- 「トンネル健全度自動判定システム」
 - ・壁面画像から、漏水、漏水跡、補修跡等をAIで抽出します。
 - ・健全度(A～S)を自動判定し、重点検査すべき要注意箇所を自動抽出します。
- 「要注意箇所投影システム」
 - ・プロジェクションマッピング装置です。
 - ・1m角のメッシュで覆工に赤色表示します。
 - ・走行量測定装置により覆工上の正しい位置に表示します。
- 「電子野帳」
 - ・タブレットPCで動作します。
 - ・撮影した写真を、壁面画像・変状展開断面修復漏水樋

トンネル健全度自動判定システム



変状のAI抽出の精度検証結果



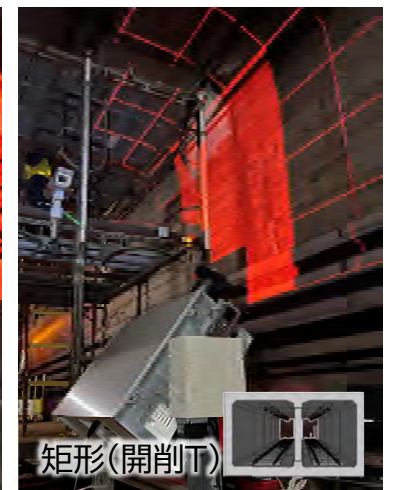
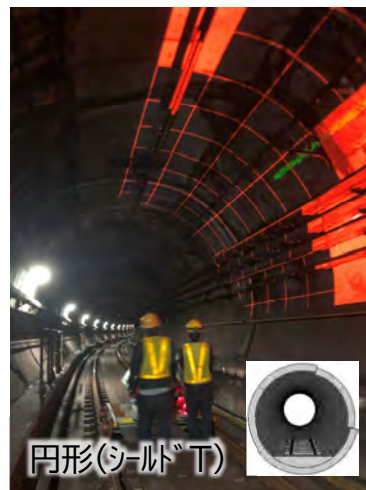
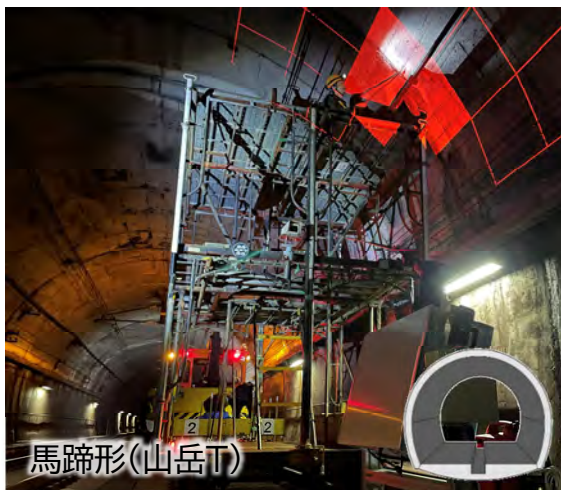
今後の展開

- 鉄道トンネルの全般検査(事務所作業・現地検査)用ツールとしてご提供いたします。

要注意箇所投影システム

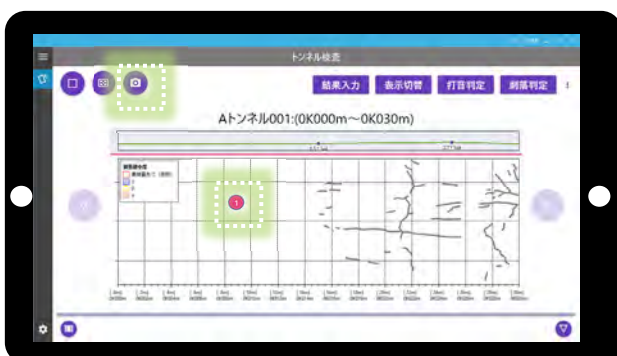


移動式のプロジェクションマッピング装置 要注意箇所が鮮明に表示されます



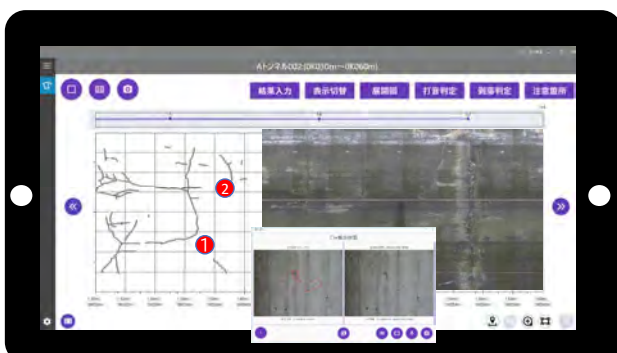
様々な形状のトンネルに対しても対応可能

電子野帳(トンネル向けオプション)



展開図上から
ポイントを指定してカメラを起動

- ▶ 展開図・壁面画像の表示が可能
- ▶ 写真を撮影するポイントやキロ程が一目瞭然



壁面画像/ひび割れ画像上への
撮影写真の紐づけが可能

- ▶ ひび割れ壁面画像と
- ▶ 打音検査の記録管理も可能

壁面画像・CAD等のひび割れ情報・別途ご用意ください

BIM/CIMモデルを活用した 鉄道コンクリート構造物の照査手法

整形RCラーメン高架橋を対象に、BIM/CIMモデルを活用した照査手法を構築し、BIM/CIMモデルと設計プログラムのデータ連携ツールを開発しました。

研究の背景と目的

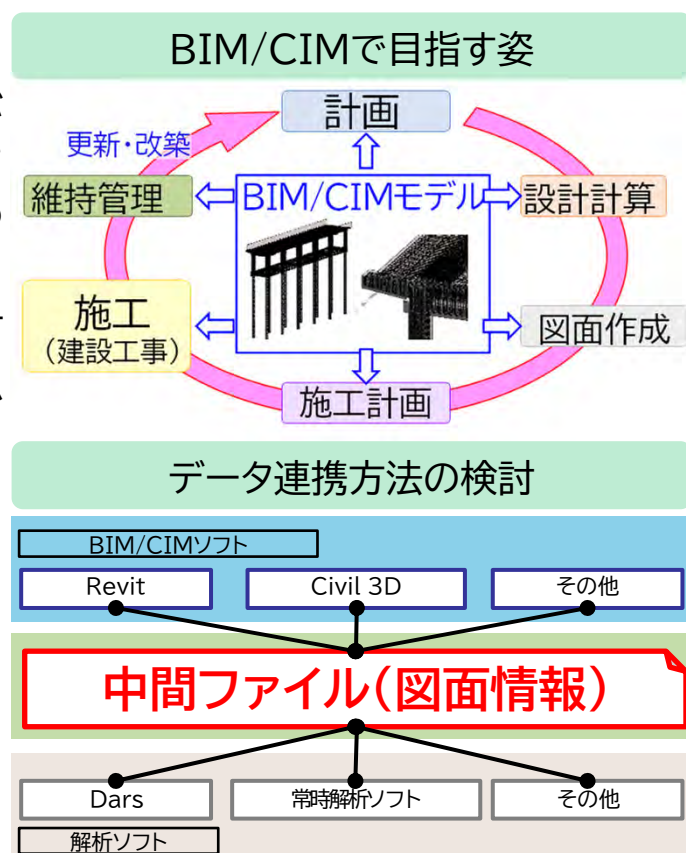
- 労働者人口の減少に伴う作業の軽減が求められており、国土交通省が推進しているi-Constructionの取り組みの1つとしてBIM/CIMがあります。
- 整形RCラーメン高架橋の設計に活用可能なBIM/CIMモデルと照査プログラムの連携手法の開発を行いました。

研究成果

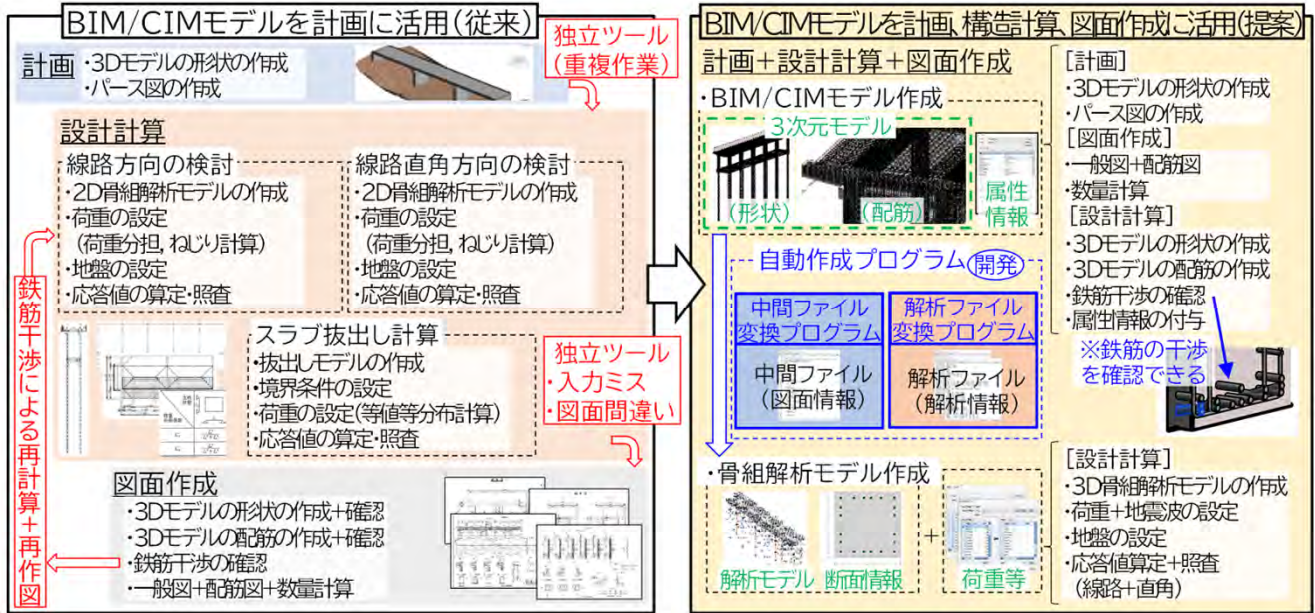
- BIM/CIMモデルを活用した設計手法を提案しました。専門的な技能を必要とせず、3次元骨組解析モデルを生成することができ、荷重等の条件を設定することで性能を照査可能としました。
- 解析モデルへのデータ連携プログラム、作図マニュアルを作成しました。
- 3次元骨組モデルにおける荷重分担方法を検討し、妥当性を確認しました。
- 中間ファイルを介するデータ連携方法としたことで、複数の既成ツールを連携可能です。

今後の展開

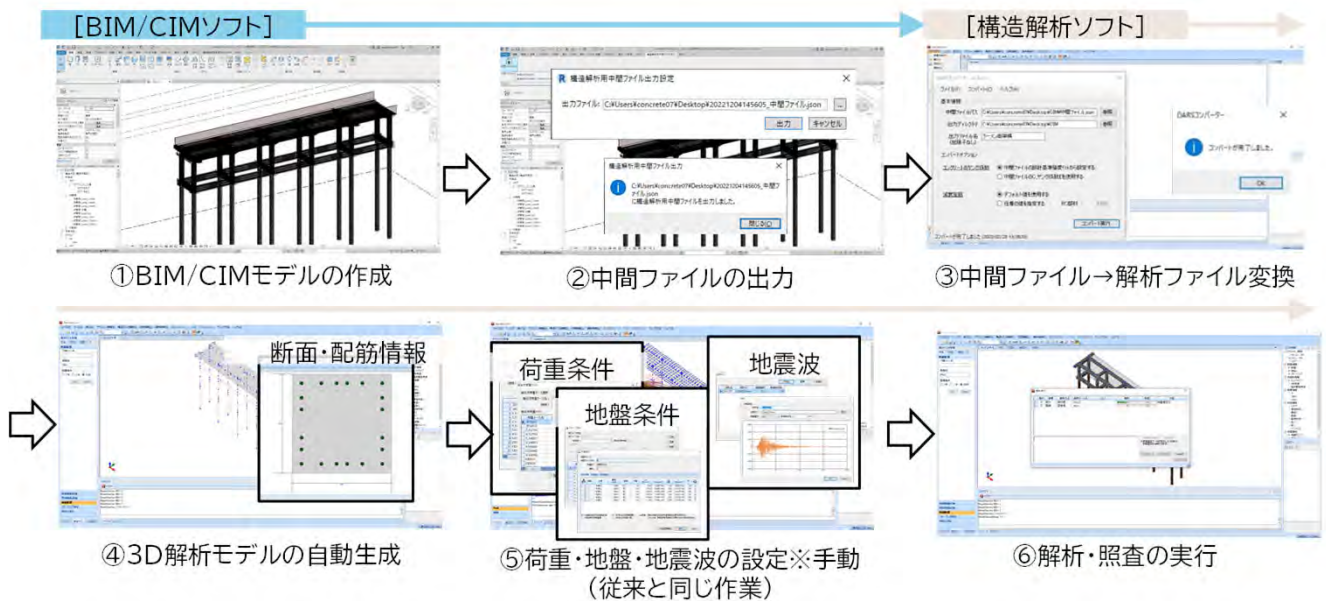
- 不整形なラーメン高架橋や鋼板補強にも適用範囲を拡大します。
- BIM/CIMを用いた鉄道RC高架橋の設計マニュアルの作成を行います。
- 開発したプログラムの試供版を公開しています。



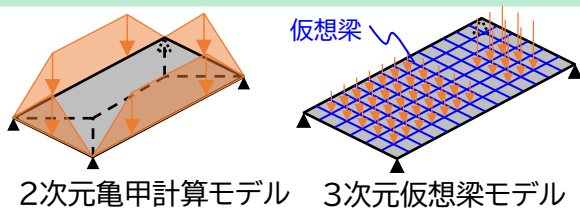
既往のBIM/CIMによる設計と提案法の業務の比較の例



提案するBIM/CIMを活用した場合の操作手順



3次元モデルにおける荷重のモデル化方法



格子状の仮想梁を配置することで、3次元骨組解析でも偏心した荷重や縦梁・横梁の剛性を考慮した荷重分配の計算が可能です。

検討作業時間の省力化効果

従来設計	計画	設計計算	図面作成	施工	
	10%	20%	20%	50%	
既往のBIM/CIMの設計	計画	設計計算	図面作成	施工	省力効果
	15%	20%	25%	25%	15%
BIM/CIMを活用した設計(提案)	計画+設計計算+図面作成			施工	省力効果
	45%			25%	30%

設計における、解析モデルの自動作成、施工による鉄筋干渉等の手戻りが減少するため検討作業時間の省力化効果が期待されます。

プレキャスト工法の特徴を考慮した 鉄道高架橋の設計法

接合面における補強方法や接合時期に応じたコンクリートの収縮量等、プレキャスト工法の特徴を考慮することで、従来のRCプレキャスト工法よりも低コスト化や施工性の向上を実現します。

研究の背景と目的

- 技能労働者の減少等に伴う建設現場での作業の省力化や、早期開業等の社会的要請に伴う工期短縮が求められています。これらを解決する方法として、さまざまなプレキャスト工法が開発されています。
- 従来のプレキャスト工法では、場所打ちコンクリートによる高架橋を再現することに主眼が置かれており、プレキャスト工法の特徴を活かした設計法の構築によるコストダウンの実現が求められていました。

研究成果

- プレキャストRC部材同士の接合面における補強方法や、継手を有する部材の特性を明らかにしました。
- 不静定力の解析に用いるコンクリートの収縮ひずみについて、プレキャスト部材を接合する時期に応じて提案しました。
- 場所打ちコンクリートの場合に比べて、スパンの拡大が可能となり、従来のプレキャスト工法と比較して、建設に関わるコストを5～10%程度削減できることが期待できます。

今後の展開

- 開発した設計法は、プレキャスト工法に関する設計・施工指針に反映します。

現在のプレキャスト工法の例



LRV工法による高架橋構築技術
((株)大林組との共同研究)

Figure 1.10 illustrates the difference in crack patterns between two reinforced concrete beams under a central load. The top beam, labeled '接合面なし' (No joint surface), shows a diagonal crack pattern. The bottom beam, labeled '接合面あり(無対策)' (Joint surface present (no countermeasure)), shows a vertical crack at the joint surface and a diagonal crack pattern. Both beams have '引張鉄筋' (Tension reinforcement) indicated by blue dashed lines. A 'CL' (Center Line) is marked on the top beam.

せん断力 (kN)

たわみ (mm)

接合面なし

無対策

シアキー

スターラップ

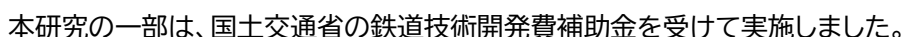
軸方向鉄筋に沿ったひび割れ

コンクリートの圧壊

接合面近傍のスターラップ

ひび割れ

不静定力の解析に用いる収縮ひずみ_(μ)



塗装鋼橋の塗替え工事における 膜厚計測手法

塗装された鋼橋の塗替え工事において、赤外線カメラを用いて鋼材表面に塗装する第1層目の塗装の膜厚を広域、迅速かつ定量的に把握できる膜厚計測手法を提案しました。

研究の背景と目的

- 鋼橋を塗装によって防食する際、塗膜の膜厚は防食性能に大きく影響します。しかしながら、現状の膜厚の計測は接触式のものに限られており、膜厚を広域、迅速かつ定量的に計測することは困難です。
- そこで、鋼材表面への第1層目の塗装に対して赤外線カメラを用いて広範囲に膜厚を計測する手法を提案することを目的としました。

研究成果

- 塗装した鋼板の光学特性を評価した結果、赤外線領域における光の反射率と膜厚は強く相関しており、赤外線カメラ画像から膜厚を定量的に計測できることがわかりました。
- 赤外線カメラに一般的なレンズを使用して約1mの距離から撮影する場合、撮影範囲は約230×180mmであり、連続撮影できるため広範囲の膜厚を迅速に計測可能であることを確認しました。
- 複数の異なる膜厚の塗装鋼板を見本板とし、それらとの相対比較による膜厚計測手法を提案しました。また、膜厚計測にあたっての実施フローを作成しました。

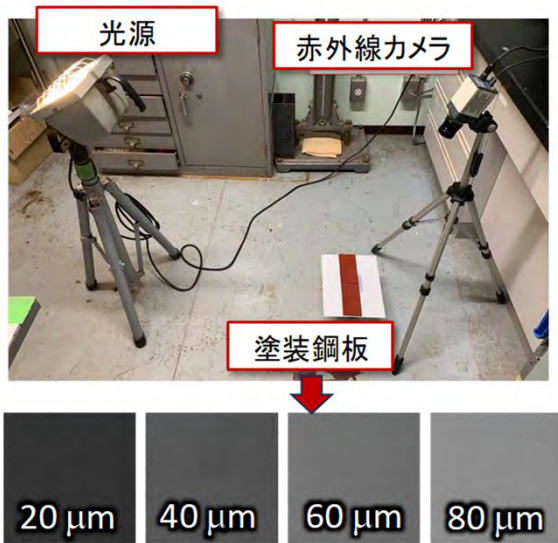
見本版を用いた撮影例



今後の展開

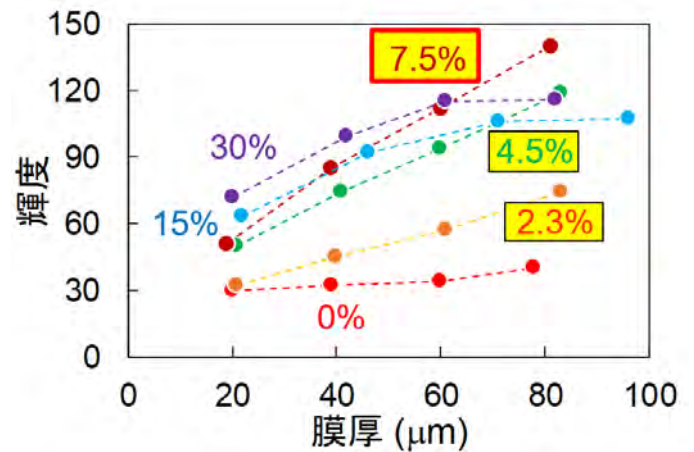
- 塗装鋼橋の塗替え工事における施工管理や、塗装作業者の塗装作業性評価ツールとしての活用に向けた取り組みを進めます。

塗装鋼板を用いた計測



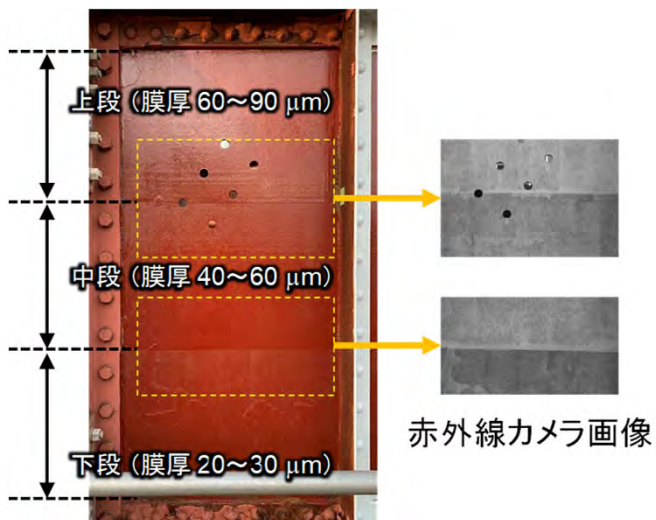
赤外線カメラ画像の輝度(256階調)から膜厚を計測可能

塗料中の着色顔料の配合割合の影響

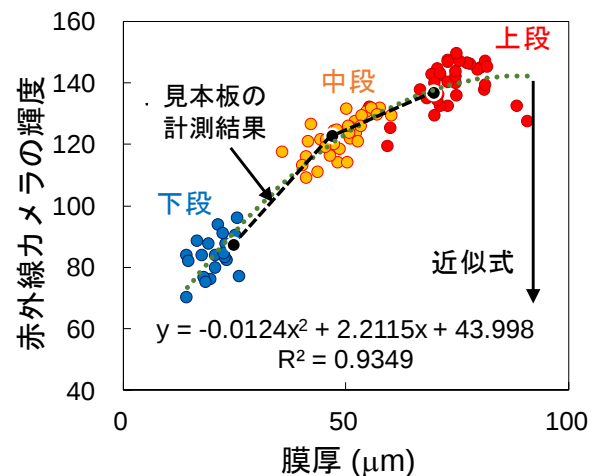


配合割合が7.5%の場合に高い測定精度を示す

鋼橋切出し部材を用いた計測

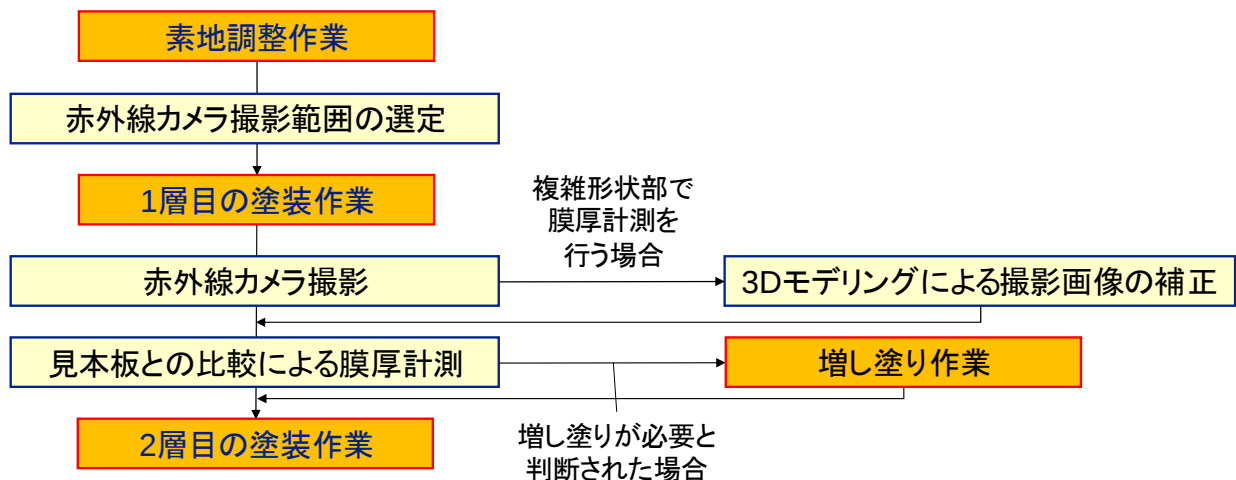


膜厚を広範囲で計測可能



膜厚が既知の見本板との比較により対象部材の膜厚を計測可能

赤外線カメラを用いた第1層目の塗膜の膜厚計測フロー



狭隘箇所に応用可能な 補強土擁壁の背面施工法

狭隘箇所に応用できる、足場が不要な補強土擁壁の施工法を提案しました。開発工法は、軽量埋設型枠と沈下許容部材を組み合わせ、盛土背面側から施工します。

研究の背景と目的

- 補強土擁壁(RRR工法)は、補強盛土を構築し、沈下が収束した後に、足場を設置して、壁体を構築する段階施工が一般的です。しかし、営業線や民家等に近接した狭隘な箇所での施工では困難でした。
- 盛土背面側からの施工法を開発することで、足場を不要としました。

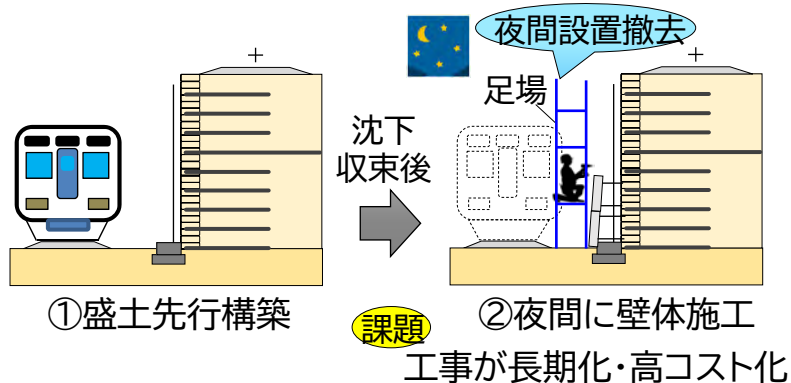
研究成果

- 型枠と盛土構築の同時施工が可能な沈下許容部材を開発しました。沈下許容部材は盛土の沈下に追随できます。
- 軽量の埋設型枠と沈下許容部材を組み合わせ、盛土背面側から施工することで、足場が不要となり狭隘箇所での施工が可能です。(適用高さ4m程度)
- 従来は施工が困難であった狭隘箇所での施工が可能です。

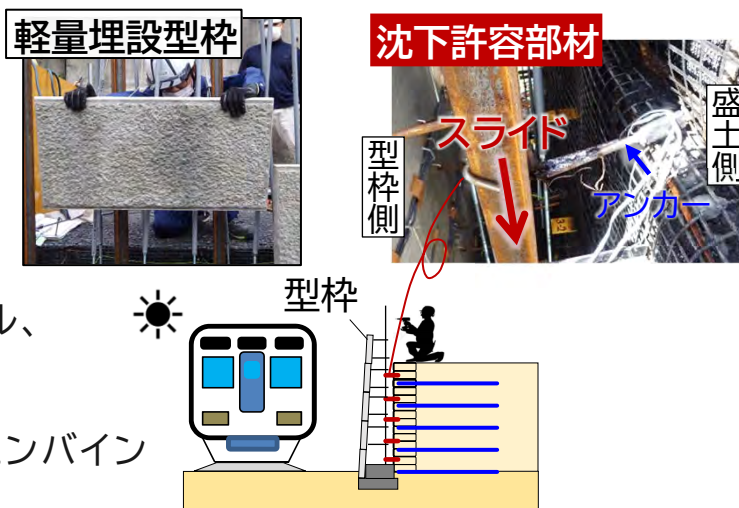
今後の展開

- 設計・施工マニュアル、積算マニュアル、材料マニュアルを改訂しました。
- (本研究は、岡三リビック(株)、(株)エンバインとの共同研究により実施しました。)

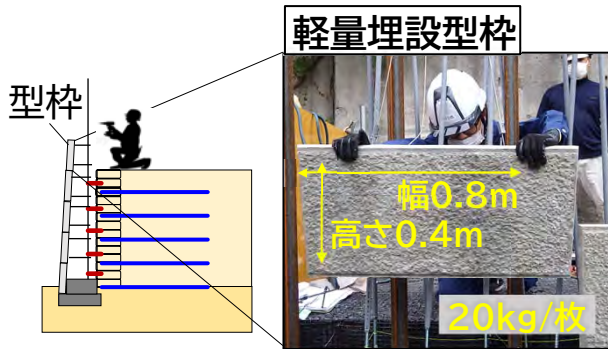
従来法の施工手順と狭隘箇所での課題



埋設型枠を用いた背面施工法の概要



軽量な埋設型枠

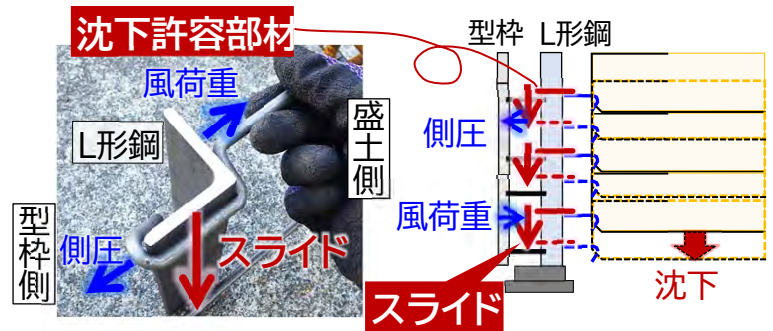


☑脱型不要

☑軽量で人力施工・小型バックホウでの吊り上げ可能

沈下許容部材

型枠と盛土を一緒に立ち上げる同時施工



☑盛土沈下に追随

☑水平方向の風荷重・コンクリート側圧に抵抗

☑側面からの設置が容易(半回転させて引掛ける)

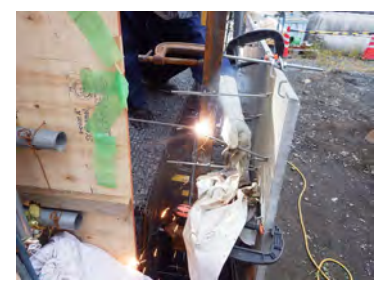
埋設型枠と沈下許容部材を用いた施工手順



①基礎工



②埋設型枠設置



③型枠溶接



④補強盛土構築



⑤沈下許容部材取付け



⑥コンクリート打設

狭隘箇所におけるコスト・工期の比較(例:営業線に近接した施工)

	従来法	提案法
構造 (高さ3m 天端幅2.8m)	夜間で足場の設置・撤去 夜間に壁面施工	背面側で昼間施工可能 昼間に壁面施工
コスト	1.00	0.85
工期	1.00	0.70

自由打撃簡易貫入試験機

小型軽量な本試験機を適用することにより、目視で把握することが困難なのり面工等の既設構造物の背面地盤の劣化を低コストに把握することができます

研究の背景と目的

- 老朽化したのり面工（吹付工・張コンクリート工など）では、背面地盤の劣化が進行した場合には崩壊に至る可能性があります。
- 鉄道では既設のり面工が多数存在するため、のり面工背面地盤の劣化を安価に把握する手法が求められています。

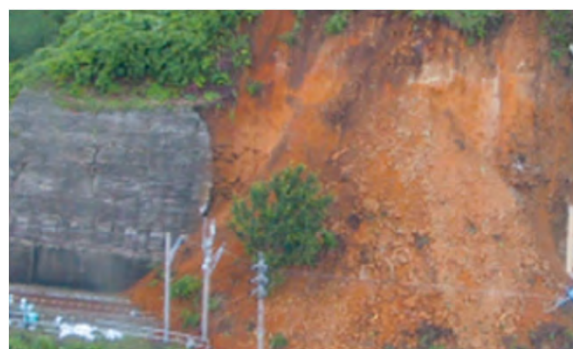
研究成果

- のり面工背面地盤の劣化程度と範囲を低コストに把握する「自由打撃簡易貫入試験」（Ⅰ型・Ⅱ型）を開発しました。
- ハンマーを用いてロッドを地山に打撃貫入し、打撃回数とロッド貫入量の関係から貫入抵抗値を評価します。
- 試験中の打撃力 F を計測でき、試験者に起因する打撃のばらつきによる試験誤差を補正できます。

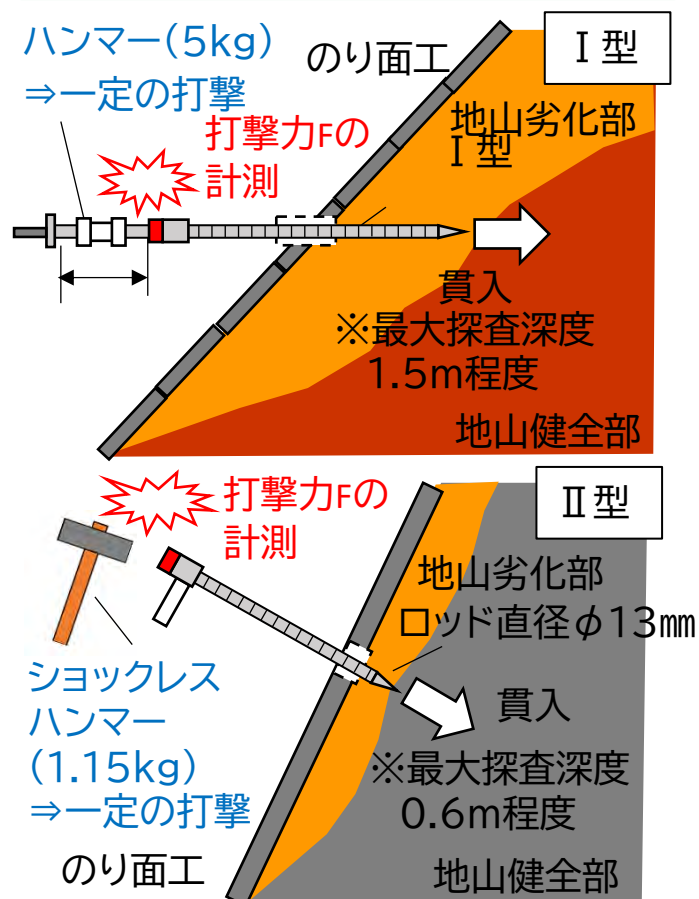
今後の展開

- 本試験機の販売等を通じて、検査業務への適用実績の拡大を図る予定です。

地盤の劣化による崩壊の事例



自由打撃簡易貫入試験



自由打撃簡易貫入試験の使い分けの考え方

自由打撃簡易貫入試験(I型)

特徴: 中型・最大探査深度1.5m程度
 主な適用対象: 切土のり面(地盤)
 主な試験条件: 施工基面の周辺、犬走

詳細試験

打撃力計測による
試験値の事後補正

簡易試験

打撃ルールの順守
(振り子運動)



自由打撃簡易貫入試験(II型)

特徴: 小型・最大探査深度0.6m
 主な適用対象: 切土のり面(風化岩)
 主な試験条件: 急こう配なりのり面中腹

詳細試験

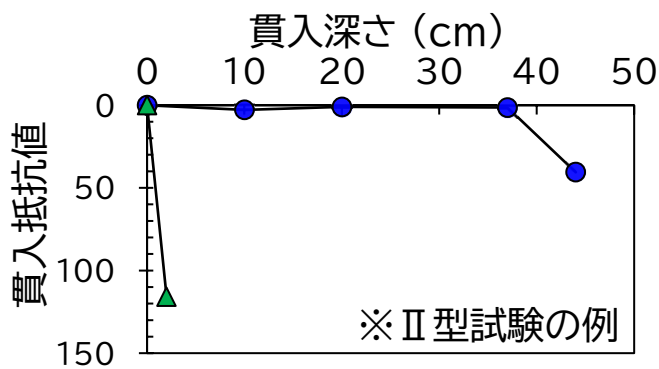
打撃力計測による
試験値の事後補正

簡易試験

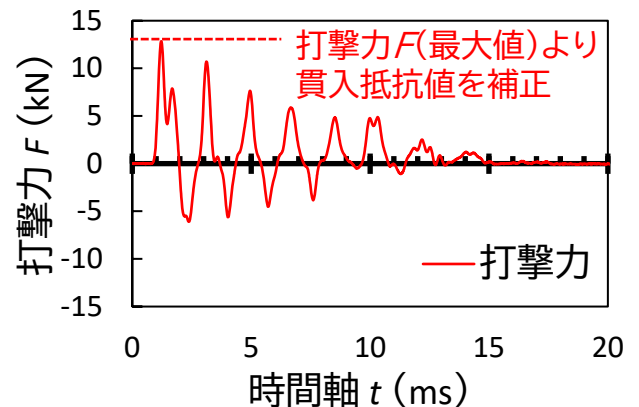
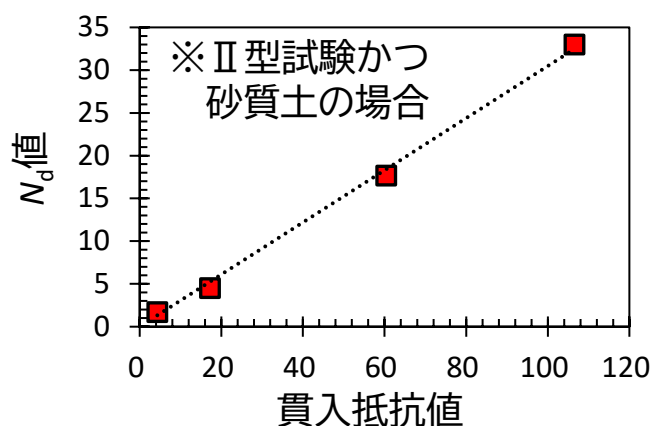
打撃力計測
による監視



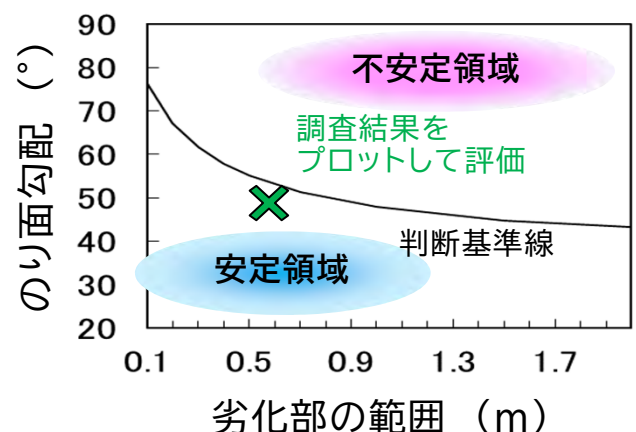
自由打撃簡易貫入試験の実施例



ハンマー打撃の計測例

既往鉛直貫入試験の N_d 値への換算

安定性評価ノモグラムの例



室内試験による地山のロックボルト付着力の評価方法

地山に打設するロックボルトの付着力を室内試験によって容易に評価する方法を考案しました。

研究の背景と目的

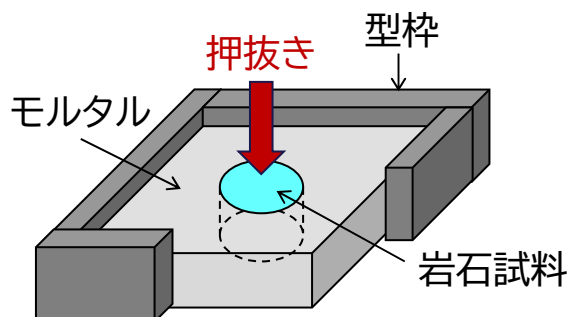
- トンネルの盤ぶくれ対策などで地山にロックボルトを打設するときの設計には、ロックボルト付着力(地山とロックボルト定着材との周面摩擦抵抗)の評価結果を活用することが望ましいですが、現状の現地試験による評価には多くの費用と手間がかかります。
- そこで、ロックボルト付着力を容易に評価できる室内試験方法を考案しました。

研究成果

- 岩石コア試料を用いた室内試験(押抜試験)によってロックボルト付着力を評価する手法を考案しました。
- 従来の現地試験の代わりに押抜試験を活用することで、ロックボルト付着力の評価に要する坑内作業を大幅に削減できます。
- 押抜試験で得られたロックボルト付着力を活用して、設計上必要となるロックボルトの定量長を合理的に算出できます。
- 岩石の含水比変化によってロックボルト付着力が低下することを確認しました。

押抜試験の手順、イメージ

- ① ボーリングコアを長さ25mmに切断(岩石試料の作製)
- ② 岩石試料を型枠に設置し、モルタルを打設
- ③ モルタル硬化後に岩石試料の上面に載荷し、押抜く際の最大荷重を測定



今後の展開

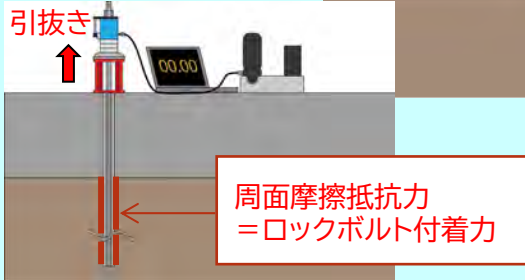
- トンネルの盤ぶくれ対策等にロックボルトの施工を検討中の鉄道事業者等に対し、本評価方法を活用した合理的な仕様決定方法をご提案し、手法の普及を図ります。

従来の試験方法と提案方法との手法比較

<従来方法>

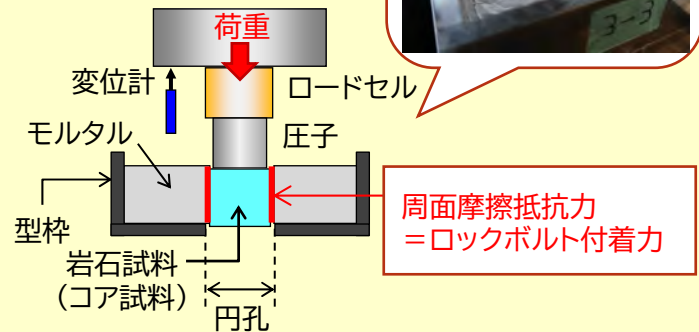
地山調査用ボーリング
↓
試験用ロックボルト打設
↓
引抜試験

*現地試験による評価
(すべて坑内作業)



<提案方法>

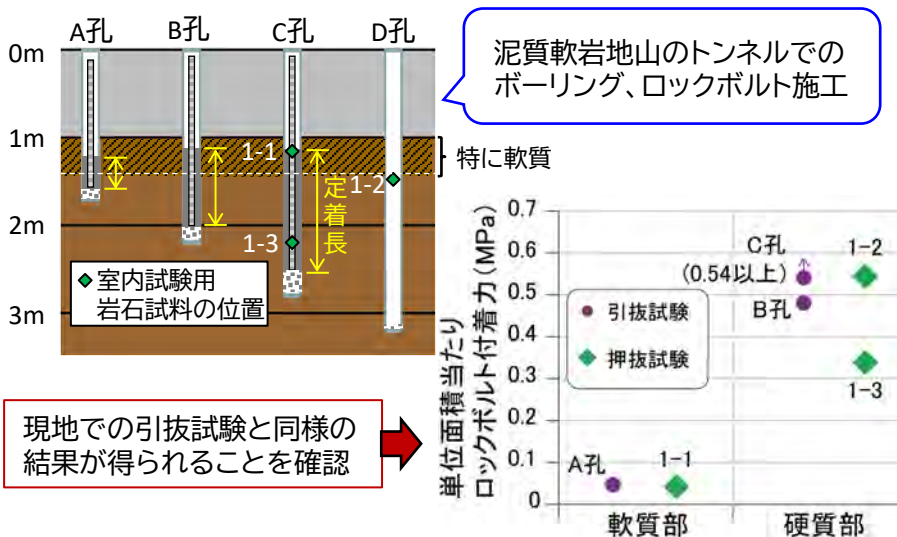
地山調査用ボーリング
↓
押抜試験(室内)



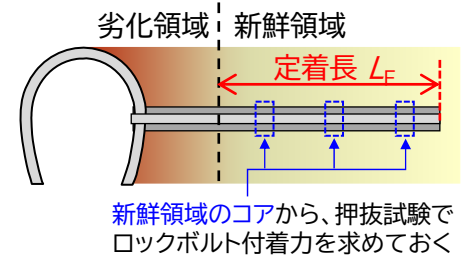
試験状況



ロックボルト付着力の評価結果の比較



ロックボルト設計への活用

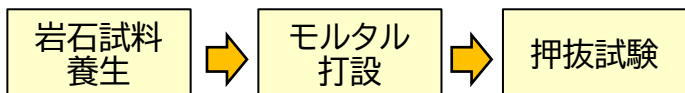


$$(\text{算出式}) \quad L_F = \frac{R}{\pi DS}$$

L_F : 設計上必要な耐力を得るのに必要なロックボルト定着長(m)
 R : 設計上必要なロックボルト1本あたりの耐力(N)
 D : ロックボルト削孔径(m)
 S : 押抜試験から求めた単位面積当たりロックボルト付着力(MPa)

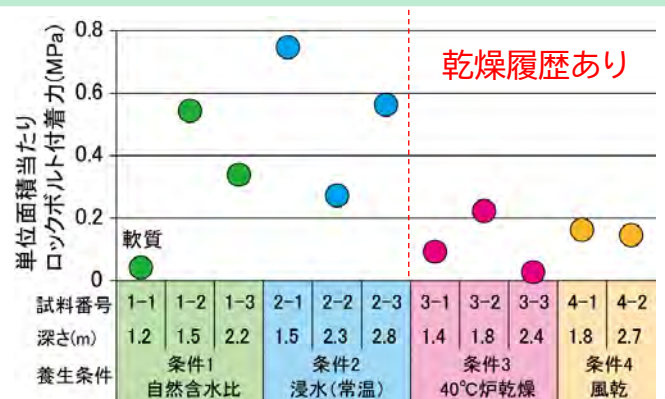
含水比の変化によるロックボルト付着力への影響

*泥質軟岩



異なる含水状態になるように養生(4ケース)

条件	養生環境	時間	含水比
1	自然含水比	—	19.9%
2	浸水(常温)	1週間	20.2%
3	40℃炉乾燥	48時間	1.9%
4	風乾	1週間	5.5%



乾燥 → 湿潤(モルタルからの吸水)を経験した岩石試料はロックボルト付着力が低下

ロックボルト施工時には地山の含水比を極力変化させないことが重要

セメントを使用しない まくらぎと左官・吹付け材料

その生産時に多量のCO₂を排出するセメントを使用しないコンクリートまくらぎや左官・吹付けが可能な補修材料を開発しました。

研究の背景と目的

- セメントは、その生産時に多量のCO₂を排出するため、セメントコンクリートでは“CO₂排出量の削減”が課題です。
- “ジオポリマー技術”を適用して、セメントを使用しないことで高いCO₂削減効果や耐酸性など、従来のセメントには無い特徴を有する新たなコンクリート作製技術を目指しました。

研究成果

- “ジオポリマー技術”を適用した工場製品として、セメントを使用しないため60～80%程度CO₂を削減するPCまくらぎや鉄筋量を削減した繊維補強短まくらぎを開発しました。
- PCまくらぎは営業線に試験敷設を実施しています。
- 従来、その高粘性のため左官・吹付け施工が困難であった“ジオポリマー技術”の作製方法や配合を工夫し、それらの施工が可能な材料を開発しました。
- 開発した左官・吹付け材料が、セメントコンクリートの使用できない箇所で使用が可能なように、酸や糖分に対する耐性が高いことを確かめました

セメントを使用しないPCまくらぎ



今後の展開

- まくらぎに関しては、更に種々の鉄道副産物を利用した開発を実施しており、その市販化を図る予定です。
- 左官・吹付け材料に関しては、市販化を進め、普及に努めます。

ジオポリマー繊維補強短まくらぎ



鉄筋を減らした短まくらぎを試作
(鉄筋組立工程を簡素化)

ハンドミキサーでジオポリマー 左官モルタルを作製する様子



小規模補修現場でも活用可

プレミックス粉体と専用溶液のセット
簡便なハンドミキサーで作製可

ジオポリマー左官モルタルを床面に施工した様子

特殊な装置無しで従来のセメントモルタルと同様の設備で施工可能



ジオポリマーモルタルの酸に対する耐性

セメントモルタルは表面から溶解しセッコウが析出、
ジオポリマーモルタルはほとんど溶解しない



5%硫酸浸漬
4週間



線路下横断工事中の緩み検知による軌道変状推定システム

線路下横断工事において、地盤の緩みを検知し、事前に沈下量を推定できる小型の軌道変状推定システムです。沈下の兆候の早期検知による安全性の向上、軌道整備コスト削減が期待できます。

研究の背景と目的

- 角型鋼管の挿入時に生じた地盤の緩みが列車荷重の繰り返しにより軌道沈下となって現れることがあります。このような沈下は列車の走行安全性に影響しますので、予兆の事前検知が課題となっていました。

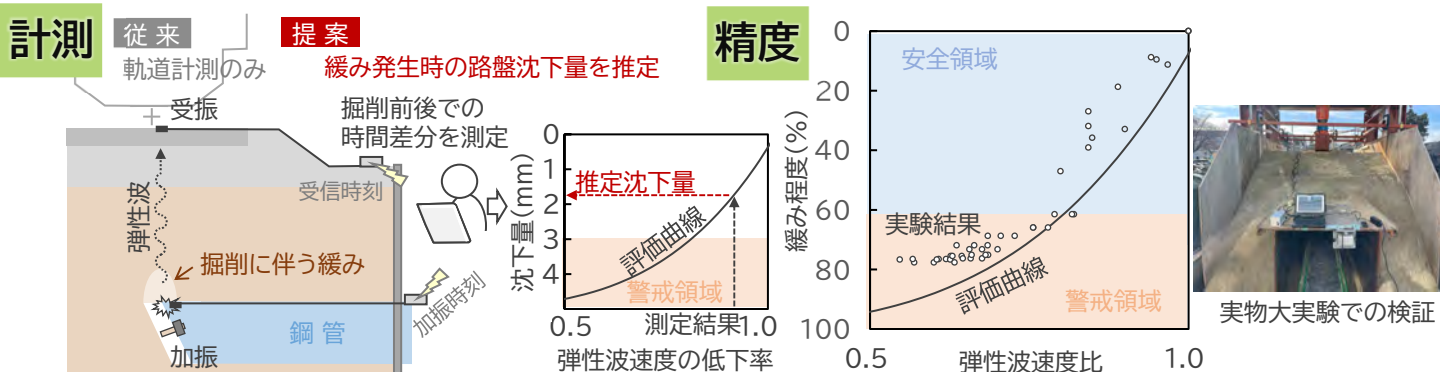
研究成果

- ハンディタイプの地盤探査装置と計算ソフトで構成されています。
- 地盤探査装置は、角形鋼管の掘進に伴い、地盤内に緩みが拡大したときの弾性波の速度低下を捉えることができます。
- 計算ソフトでは、波形分析を行うとともに、評価曲線を用いて地盤の緩み程度に応じた沈下量を算定することができます。
- 実現場等で発生した沈下量を事前に推定できることを確認しています。
- 路盤面の沈下の予兆を早期に検知し掘進長を見直すことで安全性を向上できます。

本システムの構成



計測概要と精度



今後の展開

- 線路下横断工事の施工管理用ツールとしてご提供いたします。

駅構内のOD交通量推計システム

駅改良計画等を検討する際の重要な情報である駅構内のOD交通量(どこからどこへ何人の旅客が移動しているか?)を、低コストで推計するシステムを開発しました。

研究の背景と目的

- 駅構内における旅客のOD交通量は、駅改良計画を検討する際の重要な情報ですが、これまでは、人手に頼る高コストな調査により推計されてきたため、限られた日の一部の時間帯でしか推計することができませんでした。

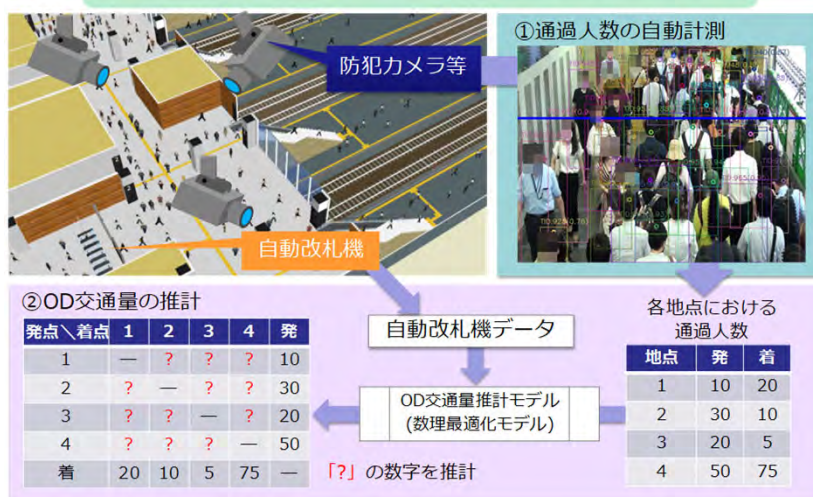
研究成果

- 防犯カメラ等を活用したOD交通量推計システムを開発しました。
- 本システムでは、まず、AI(人工知能)を用いた画像解析により特定箇所の通過人数を自動的に計測します。次に、計測した通過人数をもとに、数理モデルによってOD交通量を推計します。
- 本システムにより、従来の人手に頼った調査手法に比べて約85%のコストの削減が可能です。
- 駅の防犯カメラシステムの改修等が不要なため、数多くの駅で導入可能です。

今後の展開

- 駅の旅客流動調査への活用を進めます。
- 旅客流動のリアルタイムモニタリングが可能なシステムへの拡張を進めます。

OD交通量推計システムの概念図



特許7417476 特開2023-119205

従来手法との調査コストの比較(試算)

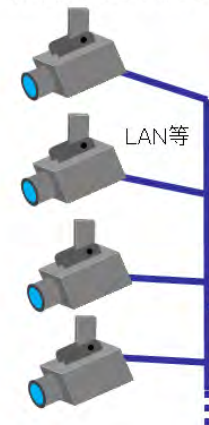
不要 ■ 解析PC(人工換算)
■ ODサンプリング調査

大幅減 ■ OD推計
■ 通過人数の計測調査



防犯カメラシステムへの接続

防犯カメラシステム



LAN等

レコーダとモニター間のHDMIケーブルを分配するだけで解析可能！！

- 既存の防犯カメラシステムの**改修が不要**なので、数多くの駅で導入可能。短期施工(1~2日)。
- ほぼコストをかけずに、長期間・継続的にデータの取得が可能。



防犯カメラレコーダ



分配器



監視モニター

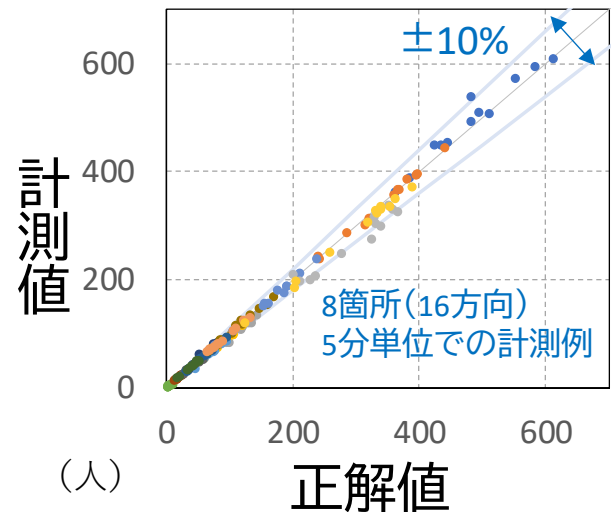
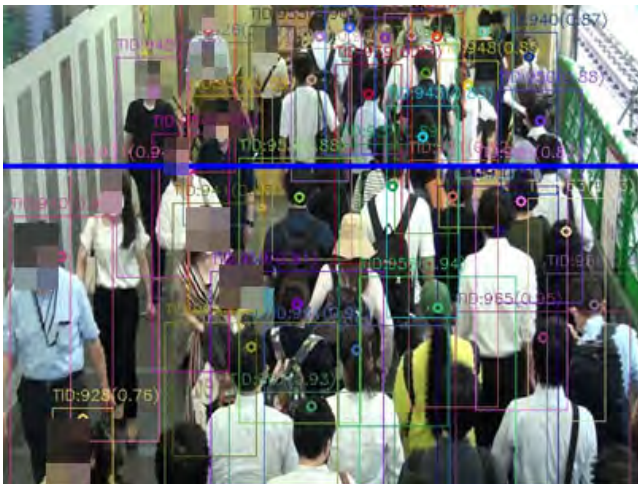


解析PC

解析PC

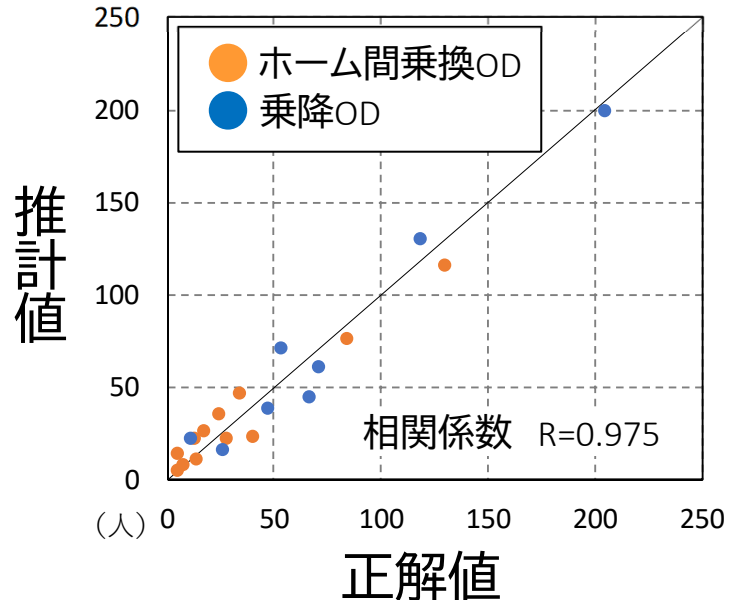
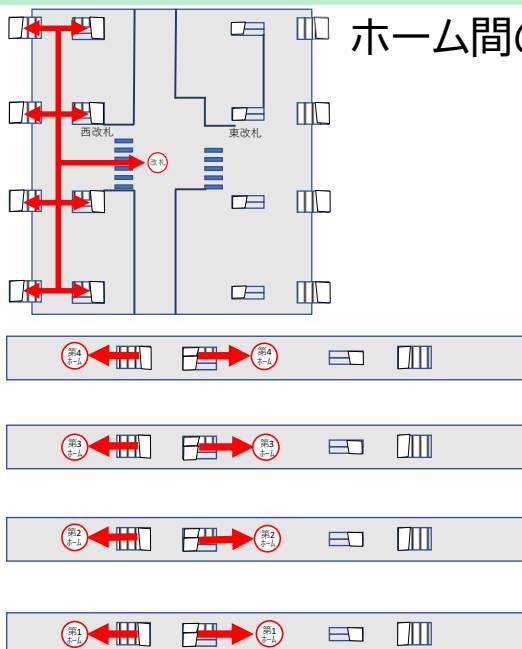
可視化ディスプレイ

通過人数の計測精度の例



OD交通量の推計精度の例

ホーム間の乗換旅客が非常に多く、動線が複雑な駅



地震復旧に適した コンクリート橋りょう支承部の設計法

ストッパー埋込み部の耐力算定精度を向上し、地震により復旧が困難な箇所の損傷を抑制する支承部の設計法を提案しました。

研究の背景と目的

- コンクリート橋りょうの支承部には、落橋を防止するため、ストッパーが埋め込まれています。近年発生した地震では、落橋に至ることはなく安全性は確保されていたものの支承部のストッパー埋込み部が多数損傷する例が見られました。
- 復旧が困難な箇所の損傷を抑制することが復旧作業の工期および工費の削減に有効です。

研究成果

- ストッパー埋込み部の鉄筋量を増やすことなく、耐力を向上させる鉄筋の折り曲げ形状と配置の影響を評価可能な耐力算定法を提案しました。
- 従来法で設計した場合には復旧が困難な桁端で損傷が生じることがありますが、提案法で設計した場合には、従来と比べて同等以上の耐力が確保でき、復旧が困難な箇所での損傷を軽微な状態に抑制できることを確認しました。
- 復旧が困難な損傷箇所の復旧作業で必要となる重機を用いたはつりや足場架設をなくすことにより、工事費を8割削減できます。

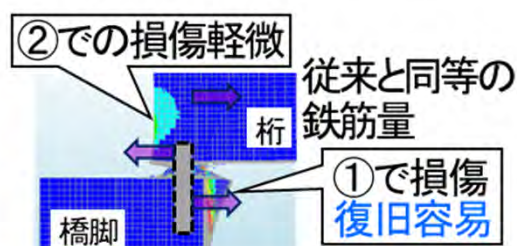
今後の展開

- 本成果は、令和5年改訂の鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物)に反映されています。さらに、設計計算例、性能照査の手引き、配筋の手引きを作成し、具体的な配筋や計算方法を例示して、実務に展開しています。

地震による損傷例



提案法による設計での損傷



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。

橋梁下部工・土留め健全度診断システム 「IMPACTUS」

鉄道では、橋梁下部工の健全度診断法として「衝撃振動試験」が用いられています。そのサポートシステムとして「IMPACT」シリーズをご活用頂いてまいりましたが、この度、後継機「IMPACTUS」をリリース致します。

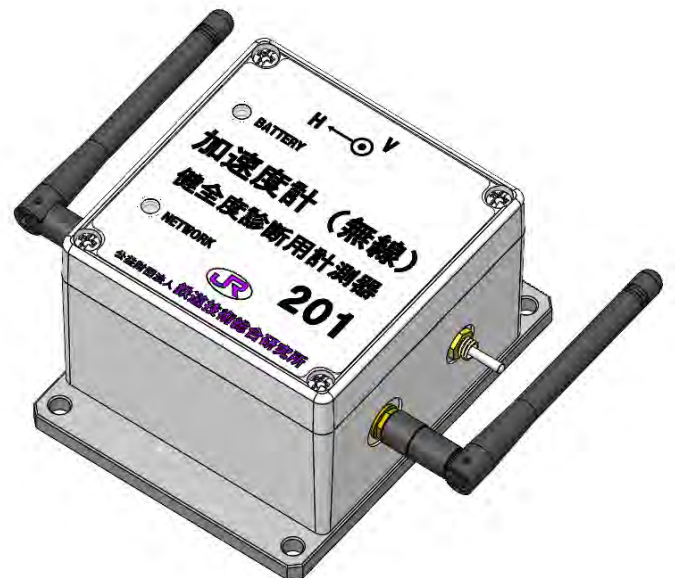
研究の背景と目的

- 橋梁下部工・土留め健全度システム「IMPACT IV」について、半導体不足による販売中止等により部品が調達できない現状に対応する必要がありました。
- そこで、使用する部品の変更および製品仕様の一部改良を目的とし、「IMPACT IV」の改良版を開発しました。

研究成果

- 水晶を用いた双音叉構造の加速度検出素子により構成されたセンサを用いることで、低ノイズ性能を実現しました。
- デジタルデータとして出力することにより、低ノイズ・高分解能となりました。
- センサが小型化し、作業性が向上しました。
- 高振動数域まで対象とし、土留めへの適用拡大ができます。
- 従来の衝撃振動試験、常時微動計測にも対応しています。

IMPACTUSセンサ

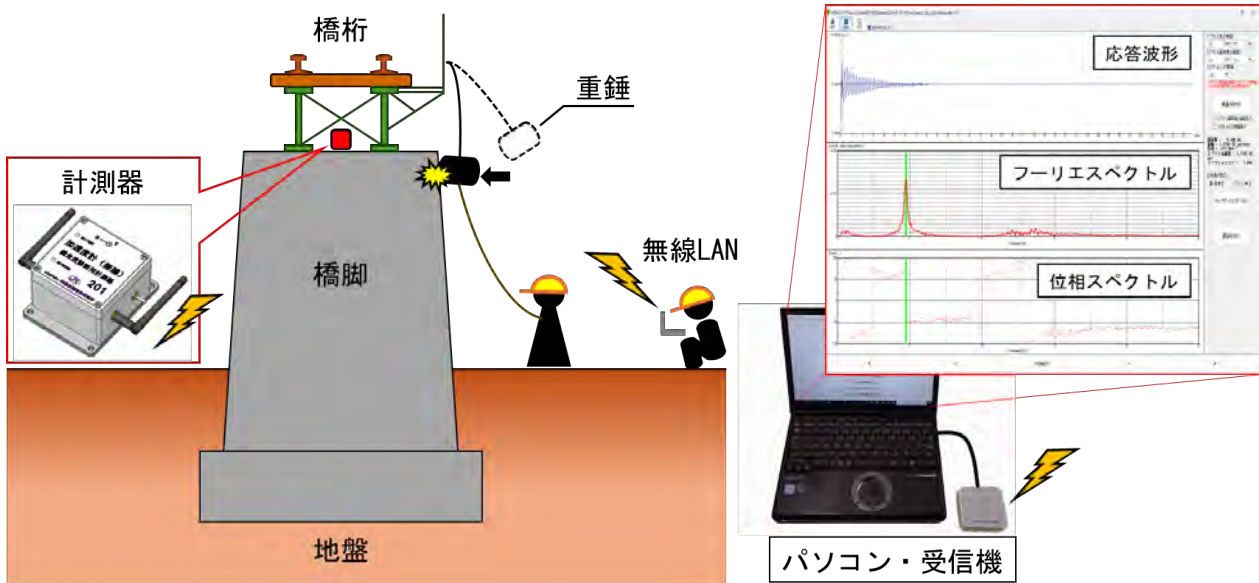


今後の展開

- 「IMPACTUS」の操作説明会を9月に開催する予定です。
- 常時微動計測に固有振動数の推定手法を搭載する予定です。

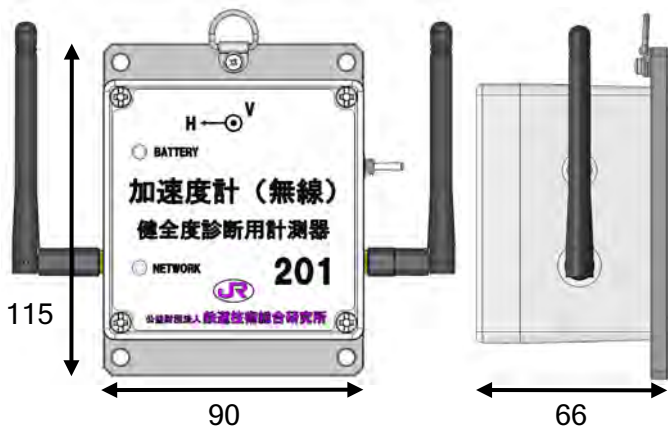
衝撃振動試験

IMPACTUSは、重錘などにより橋脚や柱等に打撃を与えて、構造物の固有振動数を測定し、構造物の健全性を判定する「衝撃振動試験」に用いる計測システムです。



センサの形状寸法

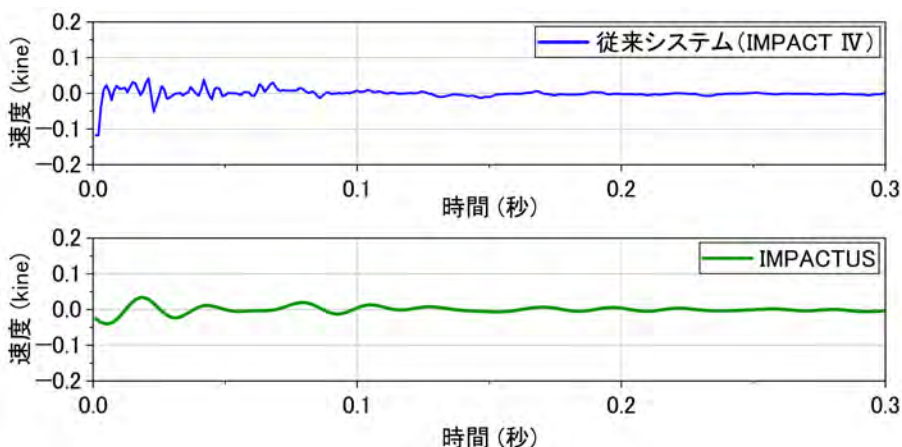
単位：mm（突起部除く）



センサの仕様

	低感度モード	高感度モード
加速度レンジ	±3,920 gal	±200gal
加速度分解能	0.1 gal以下	0.01gal以下
周波数レンジ	0.3～200 Hz	
質量	約0.9 kg	
保護等級	IP65	

低ノイズ性能の実現



デジタルデータ(従来システムはアナログデータ)として出力することにより、電気ノイズが入らなくなり、低ノイズ性能が実現され、高精度な計測結果が得られます。

3次元画像を活用した構造物の 目視検査支援システム「ArgosFinder」

目視検査支援システム「ArgosFinder」は、構造物の目視検査時に取得した写真から対象構造物の3次元画像を生成し、その3次元画像を目視検査に活用するシステムです。

研究の背景と目的

- 少子高齢化により労働人口が減少する中で、経年構造物の増加により発生する変状が増えているため、維持管理の重要性が高まっています。
- 本研究の目的は、3次元画像を用いて、目視検査を高度化・効率化することです。

研究成果

- 対象構造物の3次元画像を活用して検査を支援する目視検査支援システムを開発しました。本システムにより、検査者を含む技術者は、構造物をあらゆる角度・距離から何度でも見返すことができます。
- GPS等の特殊な機材なしで、3次元画像を生成できます。必要な機材はPCと市販のカメラのみです。
- 2時期比較機能や断面形状取得機能により、変状の進行性を定量評価できるなど、目視検査を高度化しました。
- 見たい箇所の写真を3次元画像から即座に検索できるなど、業務を効率化しました。

今後の展開

- 本システムは、アジア航測(株)を通じて販売していきます。

生成した3次元画像



目視検査時の写真取得状況の例



手持ちカメラで撮影

カメラ付きヘルメットで撮影

(本研究は、アジア航測(株)と共同で実施しています。
ArgosFinderはアジア航測(株)の登録商標です。
(登録商標第6498482号)

目視検査を高度化する機能

2時期比較機能

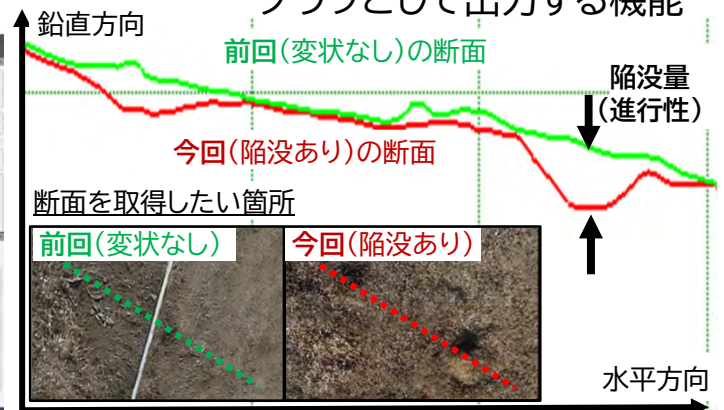
検査時期の異なる3次元画像を
横に並べて比較する機能



⇒ 同じ視点で比較でき、変状抽出が容易

断面形状取得機能

指定した位置の断面形状を
グラフとして出力する機能



⇒ 変状の進行性を定量的に評価可能

業務を効率化する機能

写真検索機能

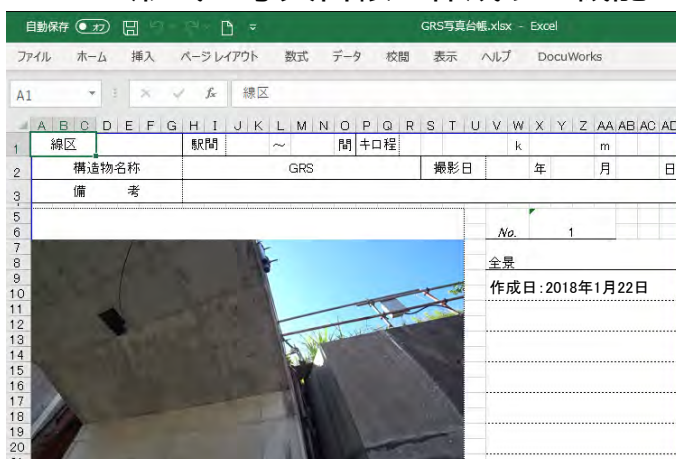
見たい箇所の写真を検索する機能



⇒ 見たい箇所の写真を即座に取得できるため、写真整理が不要

写真台帳作成機能

検索した写真から
Excel形式の写真台帳を作成する機能



⇒ 写真台帳作成時間を短縮

変状管理機能

3次元画像上で変状を時系列管理する機能



⇒ 過去資料との対比が不要

構造物診断用非接触振動測定システム「UドップラーⅢ」

レーザのドップラー効果を利用して数十メートル離れた場所から非接触で構造物振動を測定できるシステムです。現行のUドップラーⅡに改良を加え、新システムUドップラーⅢを開発しました。

研究の背景と目的

- 構造物老朽化、少子高齢化による熟練技術者の減少、度重なる自然災害などの背景から、**簡単・安全・効率的で客観的な評価が可能な構造物検査技術**が不可欠です。
- 長距離非接触測定の実用により、振動測定による構造物検査から、多大な労力を要する**高所や線路近接箇所へのセンサ類の設置・撤去を省略可能**にします。

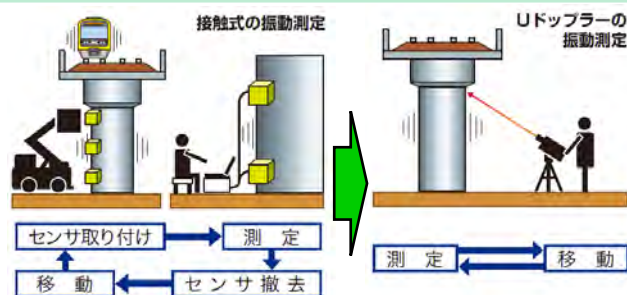
研究成果

- 遠隔位置(0.1m~100m程度)からの振幅 $0.01\mu\text{m/s} \sim 2\text{m/s}$ 、周波数DC~8kHzの非接触振動測定を実現しました。
- 風などの外乱によるセンサの揺れで測定精度が低下する屋外環境においても、独自の補正技術により常時微動レベルの微小振動を測定可能です。
- センサー収録・解析PC間はLANケーブルまたは無線(WiFi)で接続可能です。
- レーザーのオートフォーカス機能の追加、PCからのセンサ設定・操作の実現などによりユーザビリティが向上しました。

UドップラーⅢセンサ



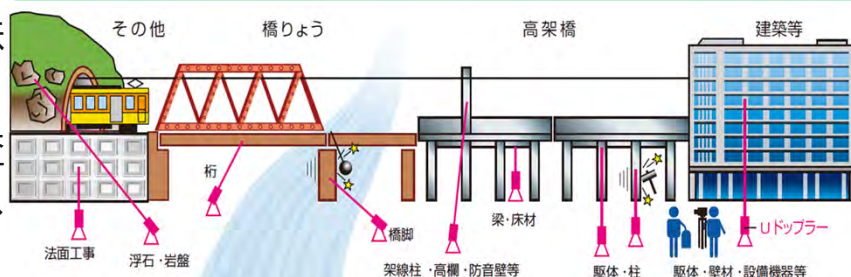
振動測定の効率化・安全化



今後の展開

- UドップラーⅢは、2023年度下期から販売が開始され、既に鉄道事業者を導入されています。
- 今後も、新たな適用対象の検査手法の開発やシステムの改良への挑戦を継続します。

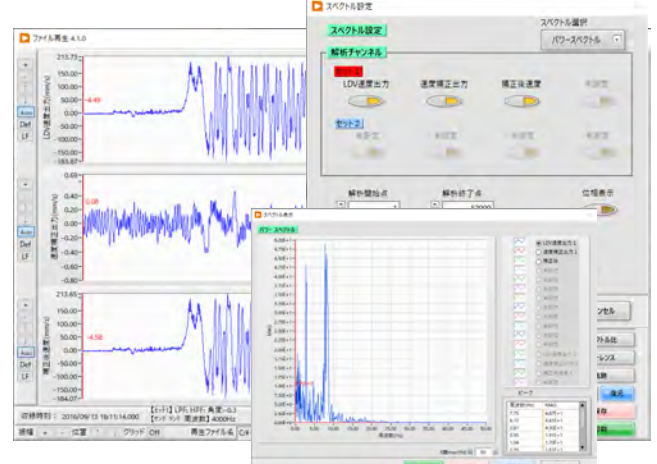
Uドップラーの適用対象



データ収録ソフト

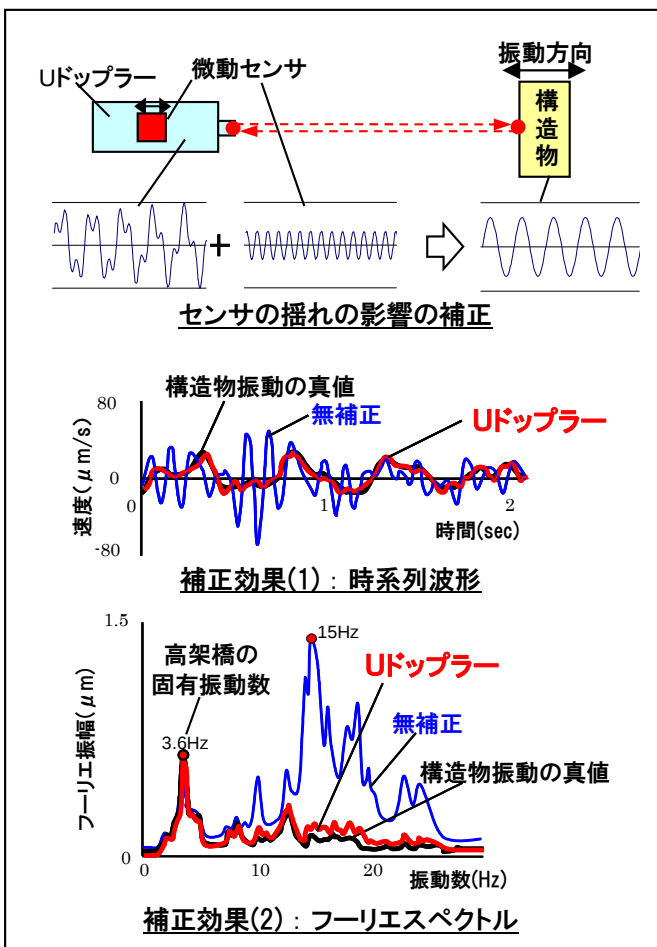


データ解析ソフト

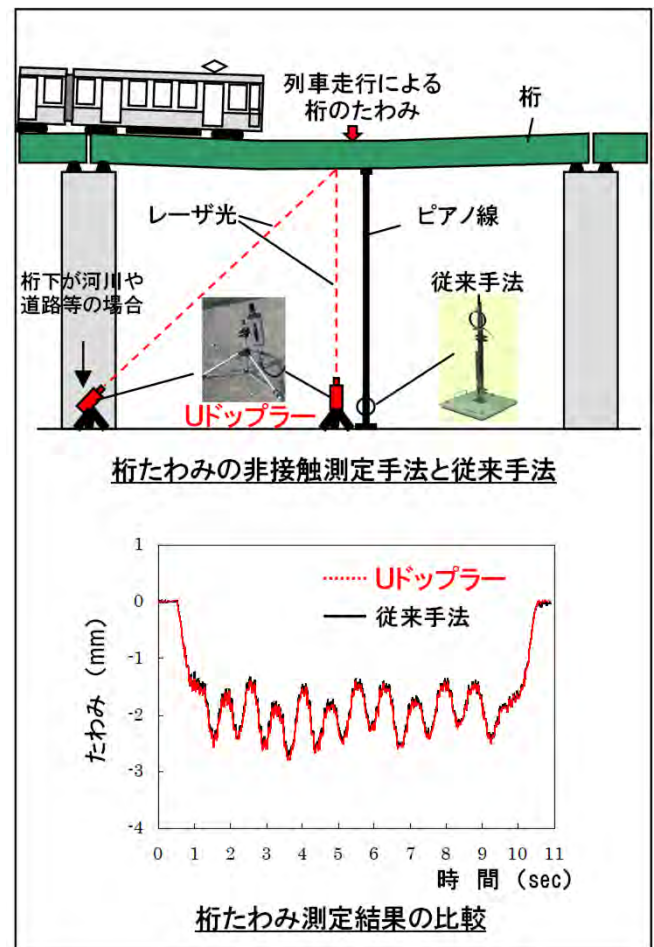


- 現場ですぐにデータを解析することができます。基本操作を従来システムと統一した一方、使用性向上のため、従来はセンサとPCの両方で設定する必要があった測定レンジやフィルタなどの測定設定をPCのみで実行可能にしました。

補正技術と高架橋の常時微動測定例



桁たわみの測定例



- 測定範囲・分解能、応答周波数範囲、補正センサ性能などを向上しました。

UドップラーⅢの販売・サポート体制

- 鉄道総研による指導・ライセンスの下で、ジェイアール総研情報システムが製造、ジェイアール総研エンジニアリングが販売・サポートを行います。

杭と土のうを併用した基礎による免震工法

橋りょう基礎を対象に、杭と土のうを併用した免震工法を開発しました。本工法により、基礎の建設コストの縮減や、杭頭接合構造の簡略化による施工性の向上が実現できます。

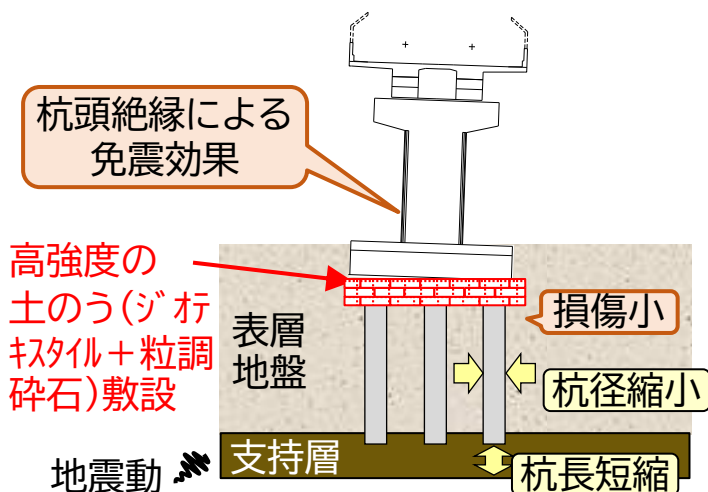
研究の背景と目的

- 杭頭を剛結した従来の杭基礎では、地震時に橋脚などのく体や杭に大きな慣性力が作用し、杭長や杭径が増大し、建設コストが増加する傾向があります。
- そこで、橋りょう基礎を対象に、地震時慣性力を抑制し、杭長や杭径を合理化できる「杭と土のうを併用した基礎」を開発しました。

研究成果

- 模型振動台実験により、杭頭とフーチングの絶縁による免震効果、土のうの敷設による杭曲げモーメントの低減効果を確認しました。
- 原位置での試験施工により、実際の現場において施工可能であることを確認しました。
- 実規模橋脚の試設計により、く体に作用する慣性力を、杭頭を剛結した従来の杭基礎の約2/3に抑制でき、基礎の建設コストを約15%縮減できることを確認しました。
- 既設橋脚や、線路上空のこ線橋に対しても適用できることを確認しました。

杭と土のうを併用した基礎 (提案構造)の概要

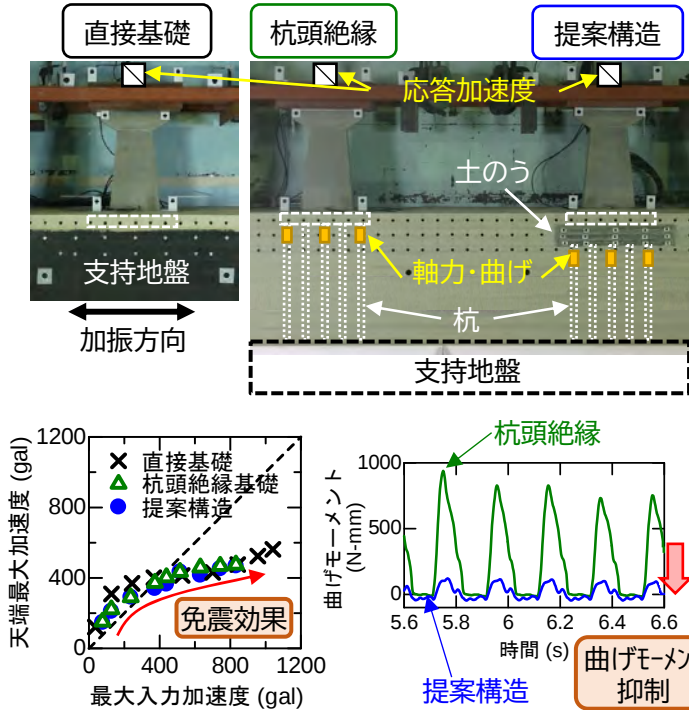


今後の展開

- 設計・施工マニュアルを整備済みで、今後工法の普及を図ります。
- 工法の適用実績を積み、幅広く実用展開を図る予定です。

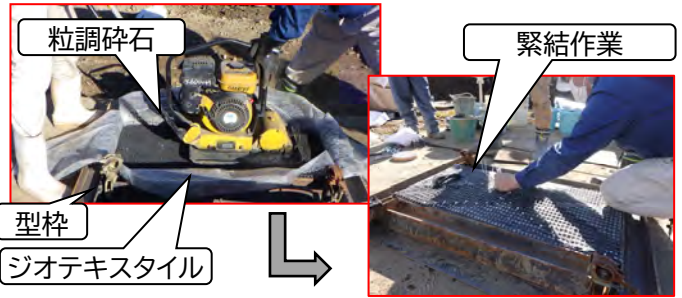
本研究の一部は(株)テノックス、(株)ジェイアール総研エンジニアリングとの共同研究により実施いたしました。特許第7100434号

模型振動台実験による免震効果の確認

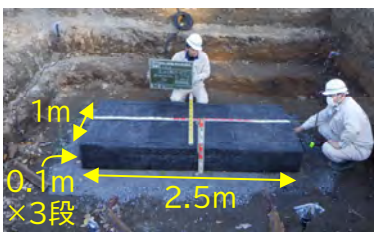


原位置での試験施工

◆土のう製作



◆土のう敷設

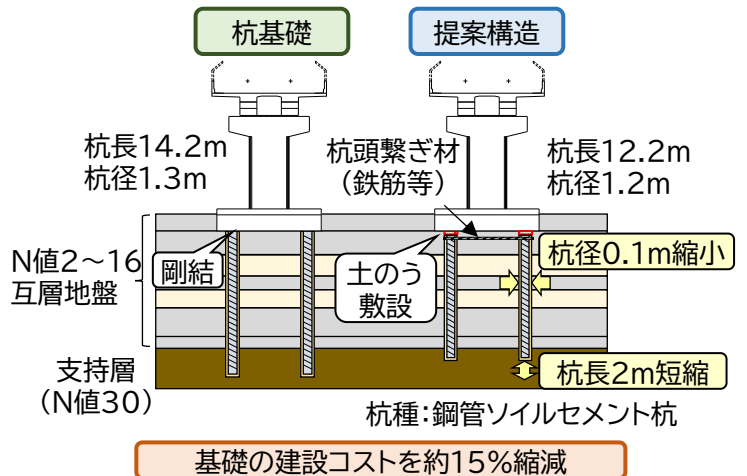
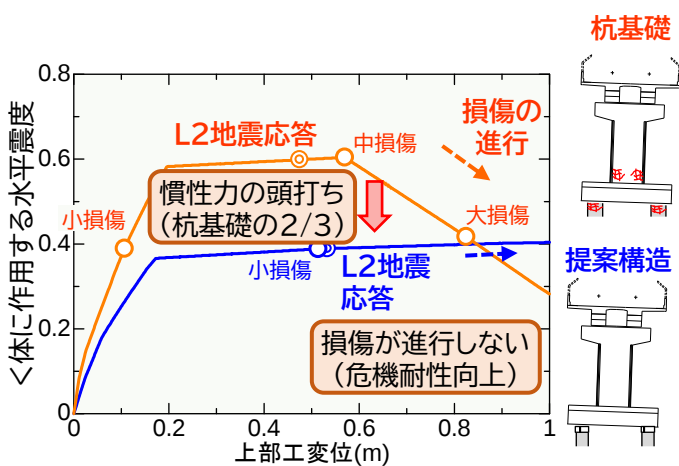


◆完成時



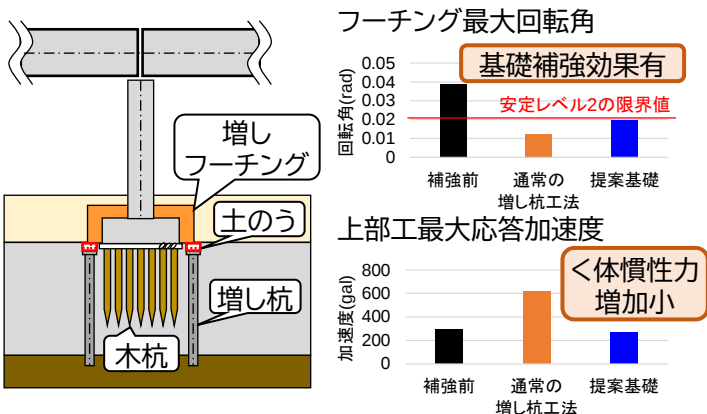
実際の現場で施工可能であることを確認

杭頭を剛結した従来の杭基礎と提案構造の試設計



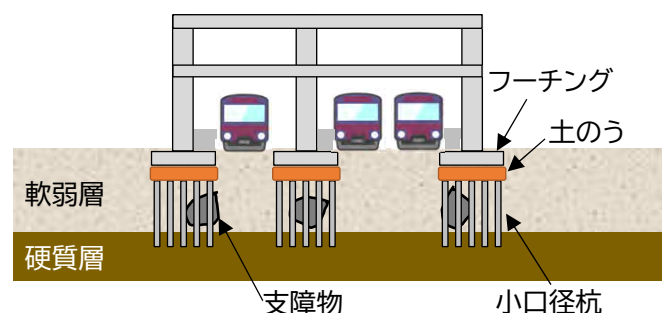
既設橋脚への適用例

補強前から杭頭が絶縁している基礎(木杭基礎等)で、＜体の慣性力の増加の小さい基礎補強を実現できます。



線路上空のこ線橋への適用例

支障物を打ち抜き可能な小口径杭との併用により、杭頭接合構造を簡略化でき、支障物の撤去も不要となるため、施工性が向上します。



ストレステストとDISERによる 地震後の早期運転再開支援

事前に「ストレステスト」で全線の構造物の弱点箇所を把握し、地震直後に沿線の揺れや構造物被害ランクを推定する「DISER」を活用することで、地震後の早期運転再開を支援します。

研究の背景と目的

- 限られた予算や期間で効果的に地震対策を行うためには、路線全線の構造物の耐震性能を事前に把握して耐震補強箇所の優先順位を決定する必要があります。
- 地震後の運転再開までの時間を短縮するためには、沿線の揺れの分布をより詳細に把握して効率的に運転規制や安全点検を行う必要があります。

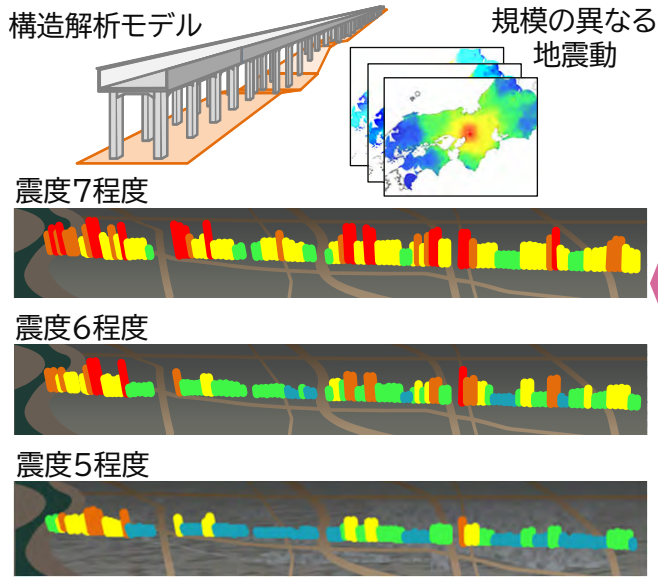
研究成果

- 事前に構造物被害が揺れの大きさに応じてどのように変化するかを段階的に評価する「**ストレステスト**」と、地震発生直後に地震計間の揺れの分布や構造物被害ランクを推定する「**鉄道地震被害推定情報配信システム(DISER)**」を開発しました。
- 「ストレステスト」では、路線全線の構造物について地盤情報(鉄道総研作成)を用いた鉄道地震災害シミュレータで様々な規模の地震動に対する損傷状態を評価します。その結果は耐震補強戦略や地震シナリオに応じた即時対応方針の策定に活用できます。
- 「DISER」では、K-NET(防災科研)の観測データと地盤情報(鉄道総研作成)を用いた空間補間により揺れの分布を500mメッシュで推定した後、路線や構造物の登録情報に基づいて沿線の揺れの分布や構造物被害ランクの推定結果をキロ程で表示します。その情報を駅間停止列車の移動や点検優先順位の判断に活用することにより地震後の早期運転再開を図ることができます。
- 「ストレステスト」と「DISER」を活用することで、事前・初動対応・運転再開までをシームレスに対策でき、より効果的に地震に備えることができます。

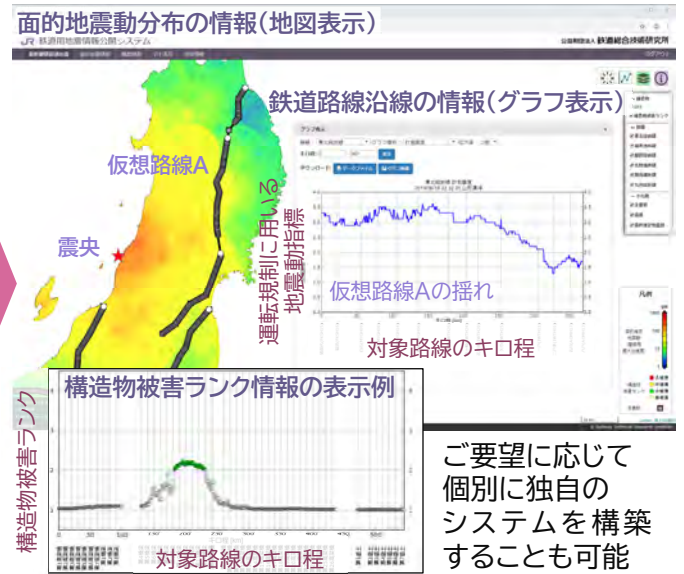
今後の展開

- 「ストレステスト」や「DISER」の適用対象となる構造物種別の拡大を図ります。
- 「ストレステスト」の実施や「DISER」の導入・活用に向けた技術的支援を行います。

ストレステストの概要



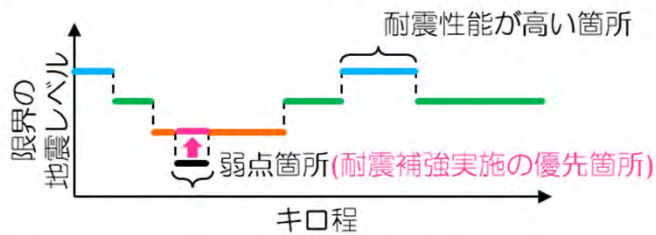
DISERの概要



ストレステスト実施結果の活用例

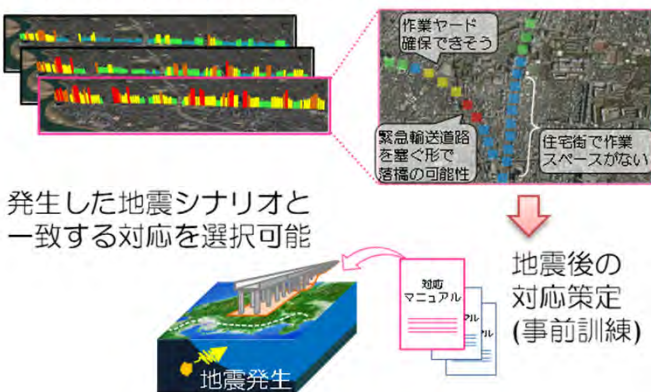
●耐震補強箇所の決定を支援

損傷に至る限界の地震レベルを評価



●地震後対応の事前訓練を支援

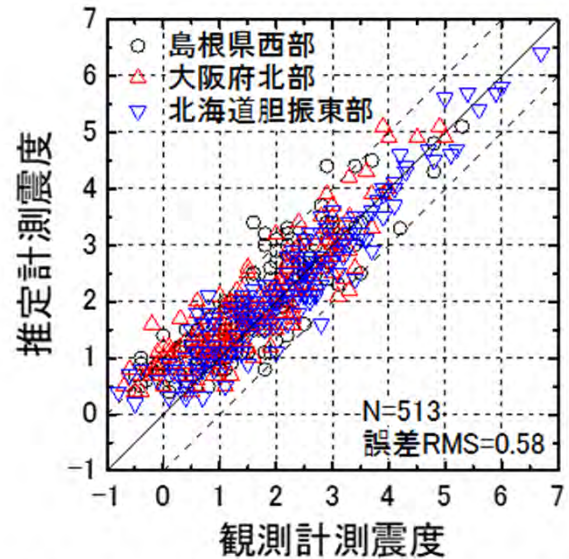
地震規模に応じた被害状況を把握



DISERの地震動推定精度

現在のDISERによる地震動の推定精度は計測震度で±0.6程度です。

地震動推定精度の検証



島根県西部の地震 2018/04/09 01:32 (M6.1)
 大阪府北部の地震 2018/06/18 07:58 (M6.1)
 北海道胆振東部地震 2018/09/06 07:59 (M6.7)

DISERの構造物被害推定手法:ノモグラム

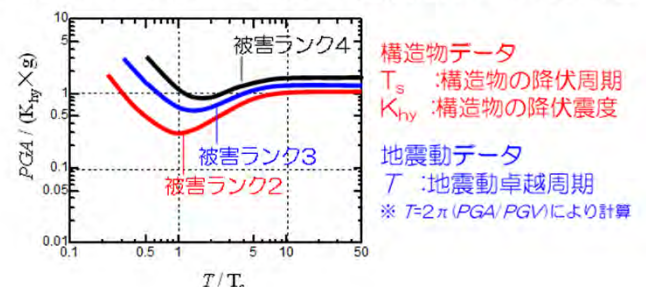
●対象構造物 橋りょう・高架橋・盛土の3種類

●構造物被害ランク

- 1:無被害 2:小被害
 3:中被害 4:大被害

※ DISERの「構造物被害ランク」1~4は耐震設計標準の「損傷レベル」1~4に概ね対応

構造物(橋りょう・高架橋)被害推定方法:ノモグラム



光センシング技術(DAS)の 鉄道地震防災への活用検討

鉄道沿線の既設光ファイバーケーブルを活用した光センシング技術(DAS)を活用し、100kmにわたって高密度(5mごと)な地震観測網を構築できることを確認しました。

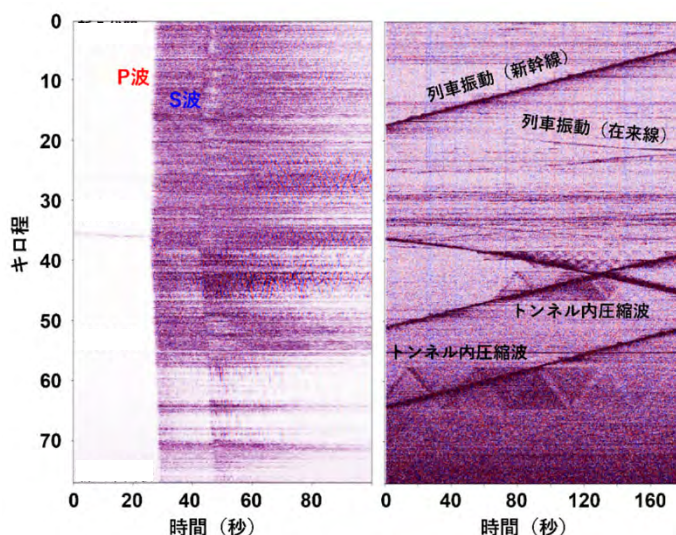
研究の背景と目的

- 従来の鉄道における地震観測システムは、沿線に数十km毎に地震計を配置し、地震波の到来や沿線の揺れの分布を把握しています。
- 本手法は、鉄道沿線等の既設通信用光ファイバーケーブルをひずみセンサー(地震計)として活用し、即時性を保持した高精度な地震警報の発令や、鉄道沿線における揺れの分布を高密度に把握することによる早期運転再開判断の支援が可能です。

研究成果

- 鉄道構造物上にある既設光ファイバーケーブルにDASを適用した地震観測網を構築しました。これにより、構造物の種別や地盤の揺れやすさを反映した**ひずみ波形を高密度(5mごと)に取得**できることを確認しました(図1)。
- 鉄道用の早期地震警報の高精度化を目的として、DASで取得した複数観測点のデータを同時に活用することにより、即時性を保持しつつ、高精度な震源決定手法を開発しました。
- 強震動波形(マグニチュード6.6、震源距離約150kmで発生した地震)における正確な最大ひずみを把握しました。

DASで取得した地震波(左)と列車振動(右)

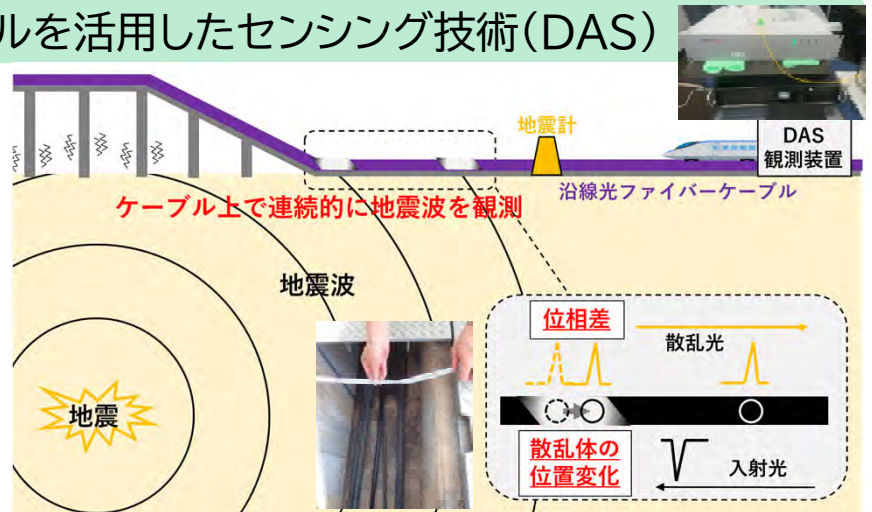


今後の展開

- 実用化に向けて地震(強震動)に対する適応性評価を引き続き実施します。
- 構造物上のひずみ値から地表面加速度へ変換する手法を開発します。

光ファイバーケーブルを活用したセンシング技術(DAS)

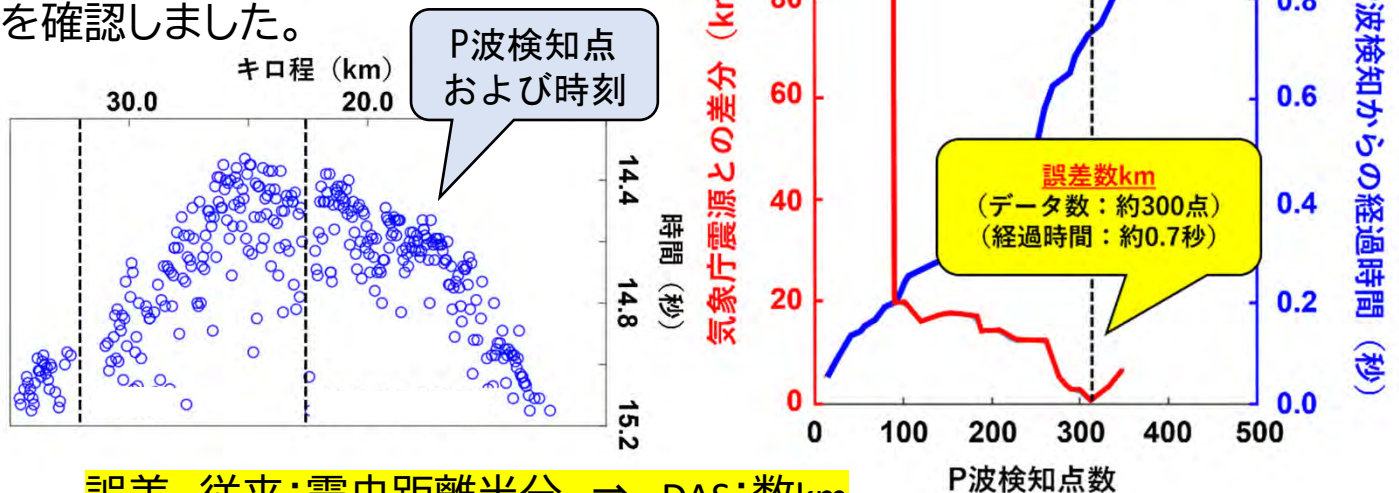
- 光ファイバーケーブル内の散乱体(ガラス)で散乱する散乱光の位相差を測定しひずみを計測します。
- 数十キロメートル以上にわたる光ファイバーで、数m毎にデータを収録可能です。
- ケーブルに沿ったひずみを計測可能です。



DASによる高密度な観測点を活用した震源決定精度向上

- DASで複数検知したP波を活用した震源決定手法を開発しました。

最初にP波を検知してから1秒未満に誤差数km未満で震源決定できることを確認しました。

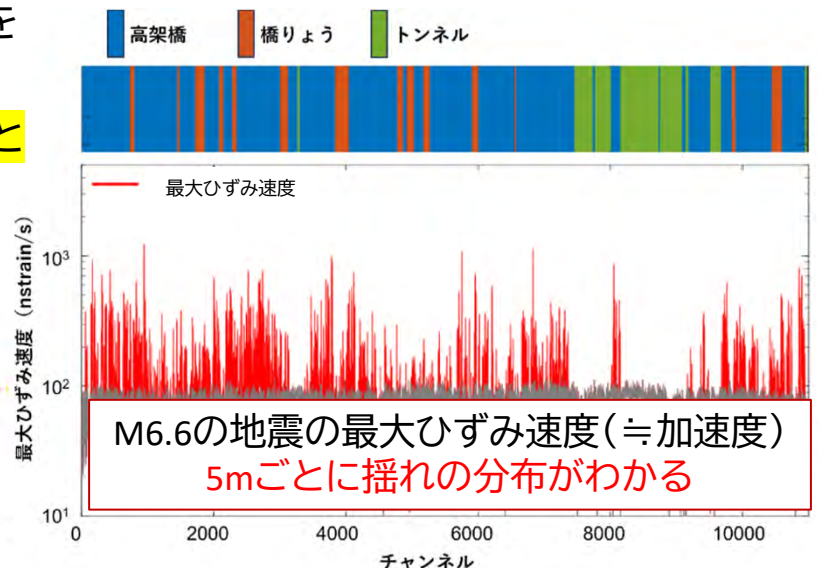
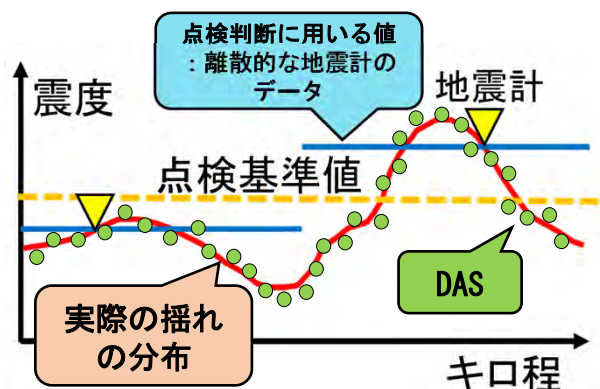


誤差 従来:震央距離半分 ⇒ DAS:数km

地震時の点検の効率化

- 5mごとに地震時の点検範囲を設定することが可能です。

従来:数十km毎 ⇒ DAS:5mごと



編成車両の 地震時挙動シミュレーション

連結器等の車両連結構造の影響を考慮した、編成車両としての地震時挙動をシミュレーション可能な解析手法を開発しました。本手法では脱線前後の一連の車両挙動を表現可能です。

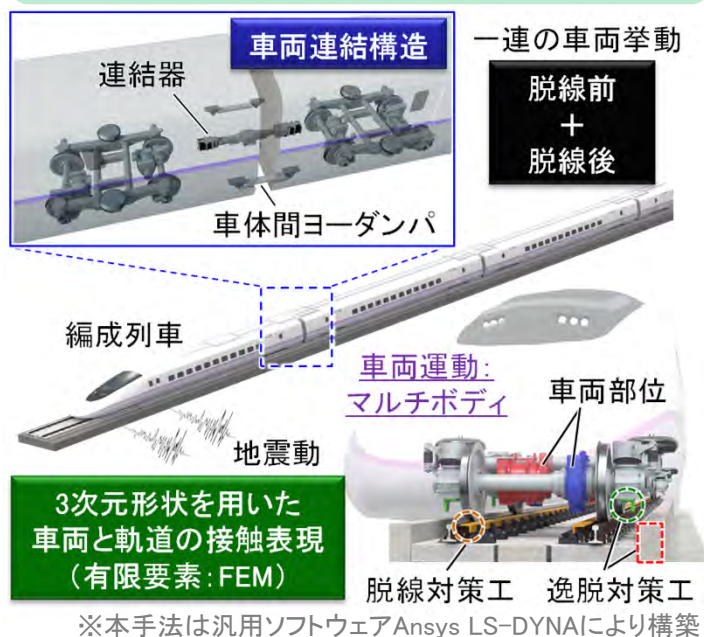
研究の背景と目的

- 近年の大規模地震の頻発により、新幹線をはじめとした鉄道車両の脱線事象が発生していますが、編成車両としての挙動には未解明な点が多く存在しています。
- 本研究では、編成状態での地震時車両挙動をシミュレーション可能な手法を開発し、試計算により車両どうしの連結が地震時の脱線挙動に及ぼす影響を検討します。

研究成果

- 1両での脱線前から脱線後までの地震時車両挙動を効率的に計算可能な解析手法として、車両運動表現用のマルチボディと接触表現用の有限要素を組み合わせた解析手法を開発しました。
- 車両連結構造である連結器および車体間ヨーダンパの力学モデルを提案し、上記の1両モデルに組み込み、複数車両を連結することにより、編成状態での地震時車両挙動を表現可能にしました。
- 3両編成モデルを用いた試計算により、中間車両は隣接車両からの拘束効果が発揮されることで、1両のみの場合と比較して脱線しにくくなる場合があることを示しました。

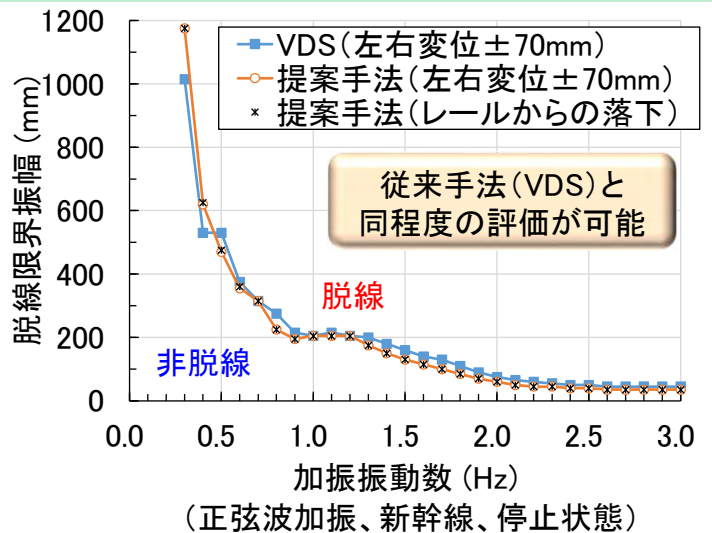
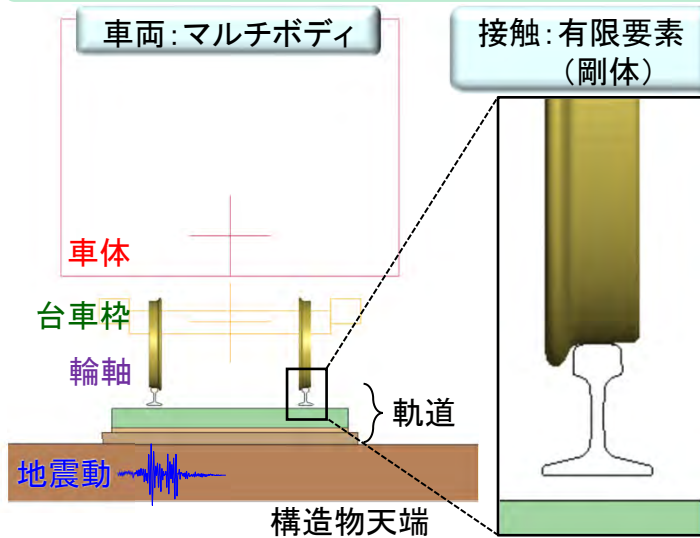
開発した編成車両の地震時挙動の シミュレーション手法の概要



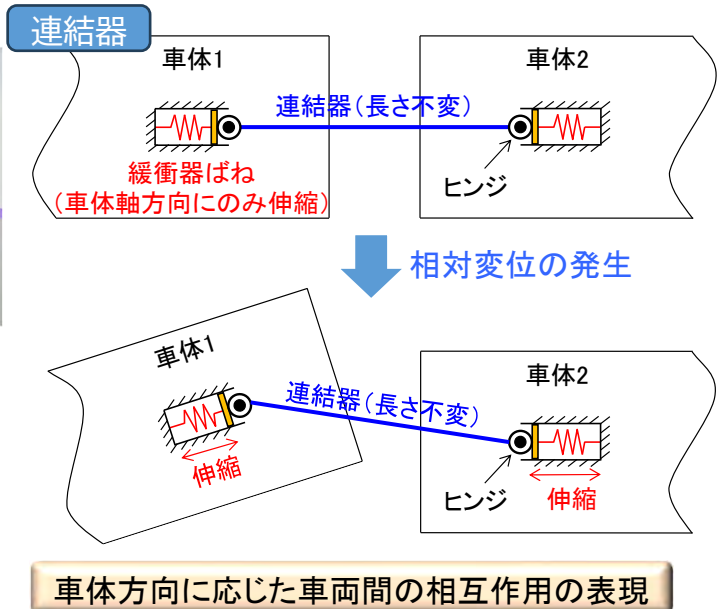
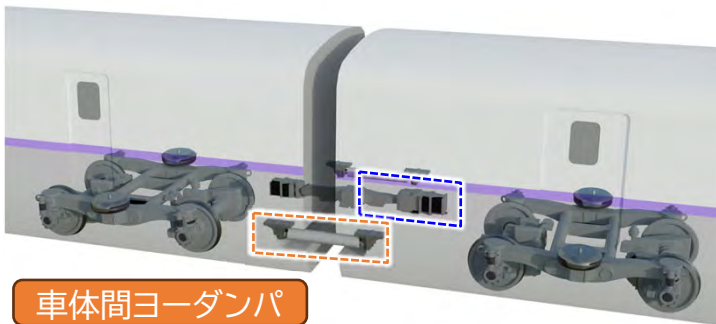
今後の展開

- 大規模地震発生時における脱線・逸脱事故の原因究明ツールとして活用します。
- 脱線および逸脱の防止対策を検討するためのツールとして活用します。

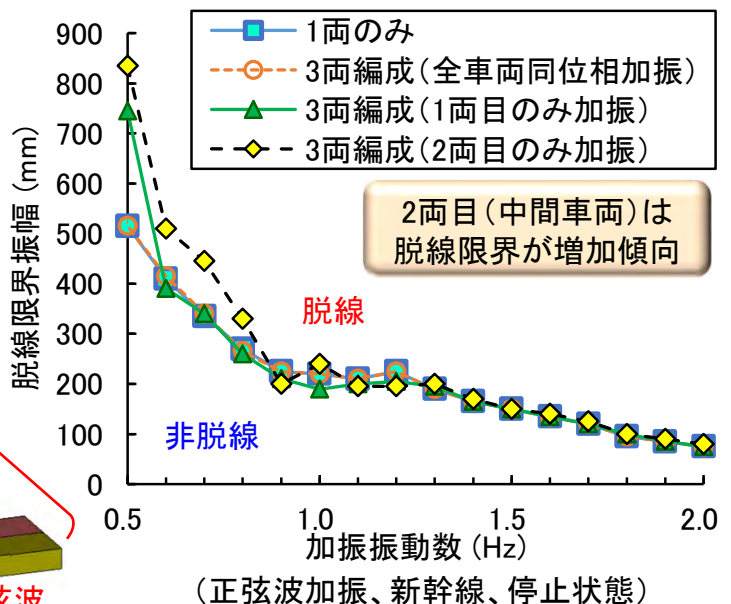
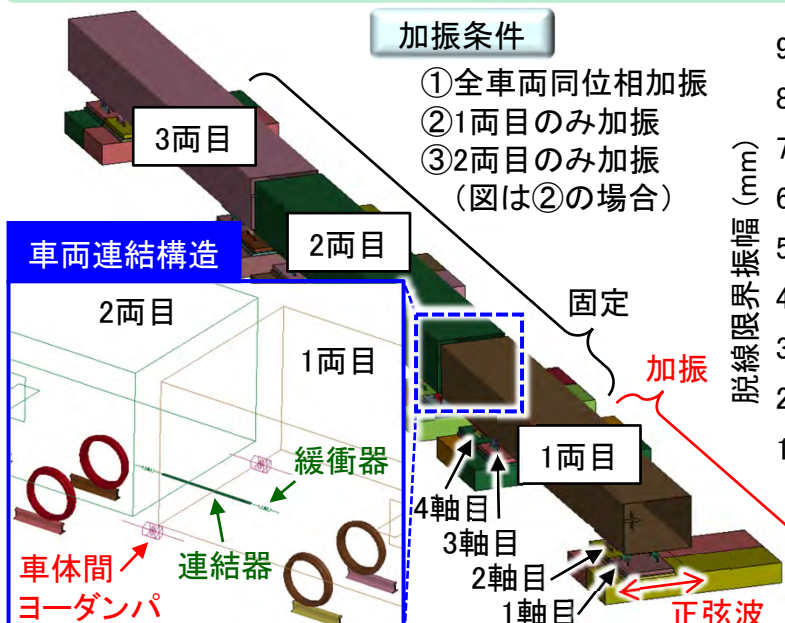
脱線前後の一連の地震時車両挙動の解析手法(1両モデル)とその妥当性



車両連結構造(連結器・車体間ヨーダンパ)の力学モデルの提案



車両連結が脱線に及ぼす影響に関する試計算(3両編成モデル)



脈状地盤改良工法による 液状化対策

地盤中に改良体を割裂注入させ、周辺地盤を密実化することで液状化抵抗を増大させる液状化対策工法です。低改良率で効果が期待できるため、コストの縮減や施工時の変状抑制が可能です。

研究の背景と目的

- 地震時に液状化に至る可能性のある地盤は、鉄道構造物の直下も含め広範囲に存在しており、効率的に液状化対策を実施することが求められています。
- 従来の液状化対策工法は液状化発生を完全に抑止するためコストが高く、低コスト・低改良率で効率的に施工可能な液状化対策工法が必要とされていました。

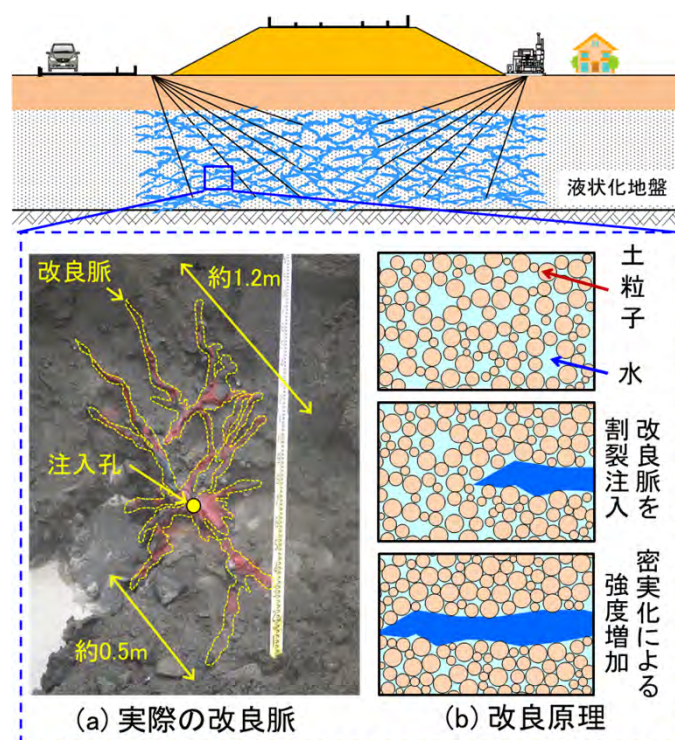
研究成果

- 動的割裂注入を採用することで、地盤内に脈状の改良体を多方向に注入させ、低改良率で効率的に対策を可能としました。
- 低改良率(注入率10%程度)のため、コスト縮減、施工期間短縮、施工時の隆起等抑制が可能です。
- 小型施工機械の採用、斜め施工が可能なことにより、狭隘地や既設構造物直下への適用が可能です。
- 改良体を脈状に配置するため地下水の阻害が限定的です。
- 試験・実施工を通して、N値の上昇および効果の持続性を確認しています。

今後の展開

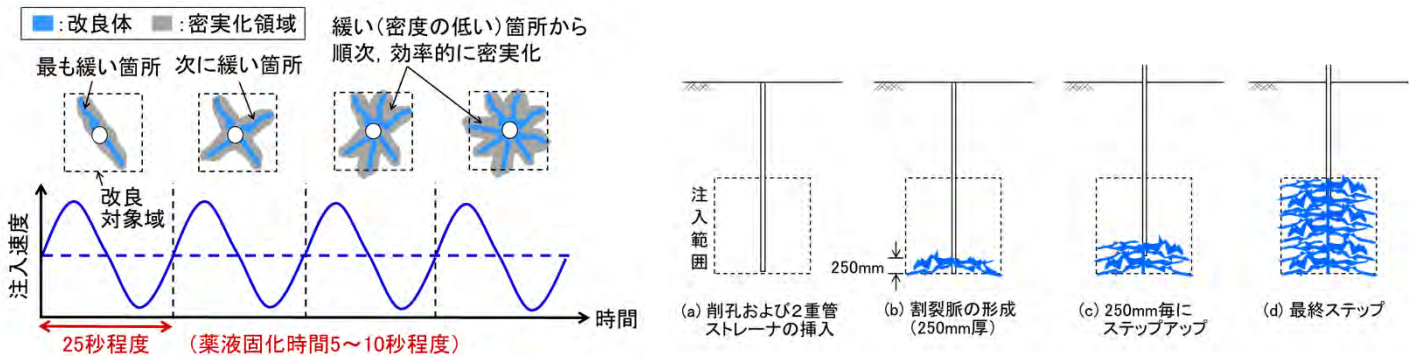
- これまでに盛土の沈下対策(3箇所)、ボックスカルバートの浮き上がり対策(1箇所)にご活用頂いております。
- より一層の効率化・低コスト化を図るため、注入方式や改良効果評価手法等に関する検討を深度化させていく予定です。

概念図と改良原理



改良脈の形成

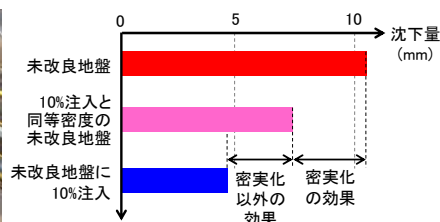
高炉スラグ+ケイ酸塩系の薬液を使用し、注入速度を変動させて注入することで、注入範囲をコントロールし、効率的に割裂注入を行い地盤を密実化させます。



対策効果の検証

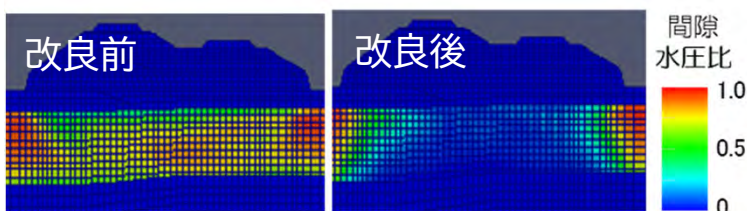
振動台実験

本工法による改良を行い、液状化による沈下を抑制する効果を確認しました。



有効応力解析

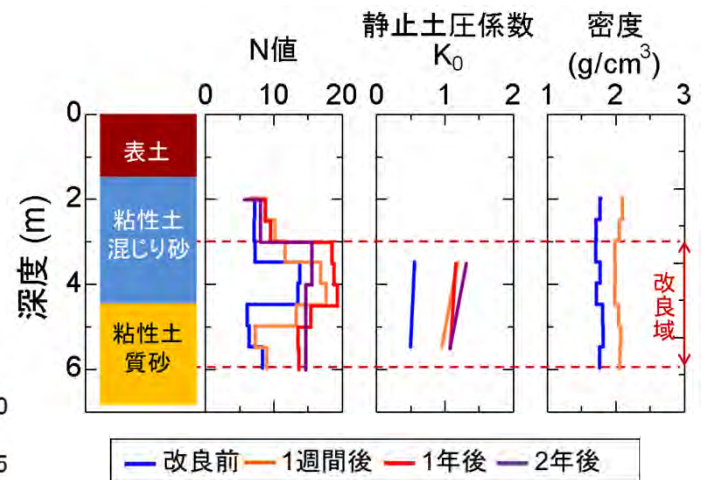
密実化を考慮した解析により液状化程度が低減することを示しています。



改良効果の確認手法

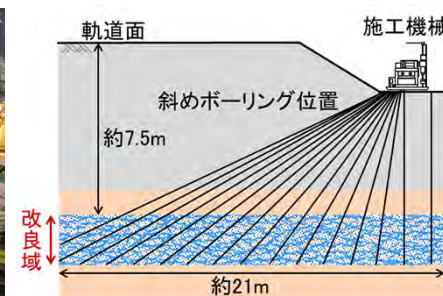
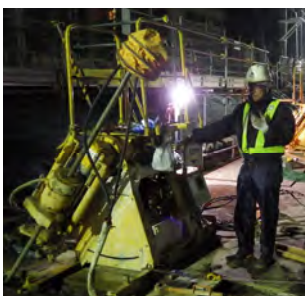
N値、 K_0 、密度等を計測することで改良品質を確認可能です。

注入2年後も改良効果が維持されており、今後も経年変化の影響を確認していく予定です。



施工事例

既設盛土直下の斜め施工を実施し、改良率10%で、液状化指数 P_L を5以下（液状化対策不要の水準）まで低減しました。



	深度(m)	N値	F_L	P_L
改良前	4.9 ~ 5.9	14.1	0.604	
	5.9 ~ 6.9	15.7	0.604	9.7
	6.9 ~ 7.6	14.9	0.542	
改良後	4.9 ~ 5.9	16.6	0.917	
	5.9 ~ 6.9	21.4	0.958	2.3
	6.9 ~ 7.6	23.9	0.792	

※本工法開発の一部は国土交通省の交通運輸技術開発推進制度により実施しました。

既設鋼橋支承部の復旧性を高めた移動制限装置

移動制限装置に高力ボルト摩擦接合継手を付加した構造により、地震時の桁移動を抑制し、復旧性を高める装置を開発しました。

研究の背景と目的

- 既設鋼橋の支承部に用いられる従来の移動制限装置は、小規模地震に対し、列車の走行安全性の観点から桁移動を防止する役割を担っています。ただし、大規模地震では、耐力の低い既設下部工が先に破壊しないよう、装置が破壊して桁移動を生じさせるため、場合によっては復旧に時間と費用を要します。
- 本研究は、既設支承部にも設置可能で、大規模地震時にも桁移動を抑制する機能を有した、復旧性向上を図れる移動制限装置を開発することを目的としました。

研究成果

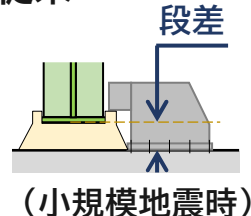
- 大規模地震時、装置が桁に押され、装置の継手部に生じたすべりにより、桁移動のエネルギーを吸収します。
- 摩擦面には、溶融亜鉛めっきを用いることにより、製作コストを抑制しました。
- 狭隘なスペースにも設置可能となるよう従来装置と同程度のコンパクトな構造としました。
- 大規模地震時を想定した時刻歴応答解析により、従来装置と比べ、桁移動量を1/3程度に抑制できることを確認しました。

今後の展開

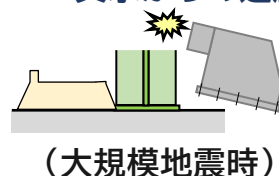
- 装置の設計にかかる費用・手間を軽減するため、マニュアルや標準図の作成を進めています。

装置の概念

◆従来

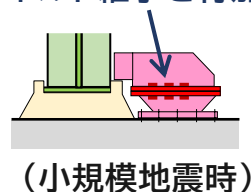


桁移動・ 支承からの逸脱

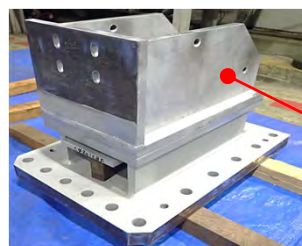
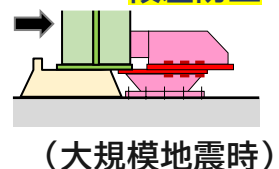


◆本装置

ボルト継手を付加



継手のすべりを活用 → 桁移動の抑制・ 段差防止



▲ 継手部

▲ 装置の写真(載荷試験時)

施工条件の厳しい構造物に対する 耐震対策技術

狭い場所に架けられた鋼橋りょうなどを対象に制震機能を有する小型の落橋防止装置を開発しました。本装置は、地震時の応答変位の低減と、過大な変位に対する落橋防止を実現します。

研究の背景と目的

- 都市部の幹線道路や鉄道をまたぐ鋼橋りょうは、地震時に損傷した場合の周辺への影響が大きいため、桁変位の抑制や落橋防止が求められます。
- 一方で、このような橋りょうは桁下を支障できない、支承部が狭い、など厳しい施工条件となる場合があります。
- そこで、桁変位の抑制と落橋防止が実現可能かつ施工性に配慮した工法を開発しました。

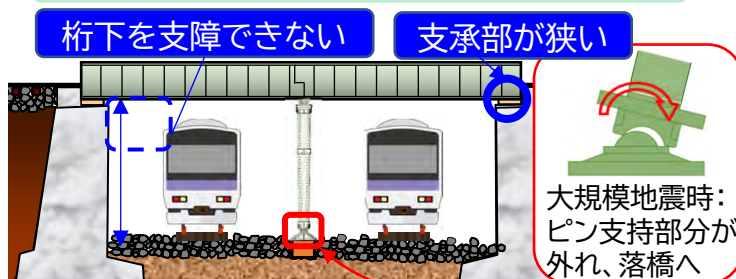
研究成果

- 径50～100mm程度の複数の鋼棒を集成枠で一体化させ、桁に取付ける装置を開発しました。
- 狭い支承部への施工を踏まえた小型なサイズ(幅1.0m、奥行・高さ0.4m程度)を実現しました。
- 地震時の応答変位を20～50%程度低減できる制震機能と、桁自重を支持可能な落橋防止機能を、ひとつの装置に兼備させました。

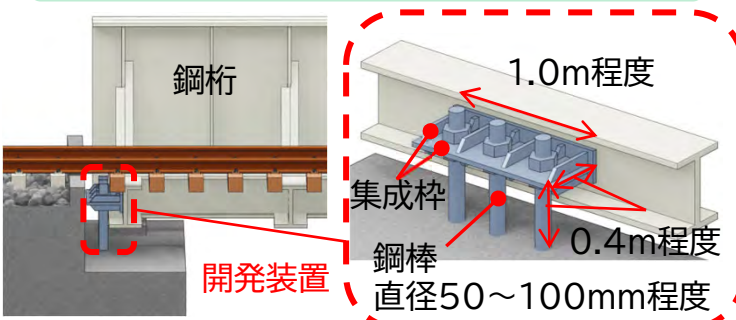
今後の展開

在来線の橋りょうで実用化されており、今後も幅広く実用展開を図る予定です。

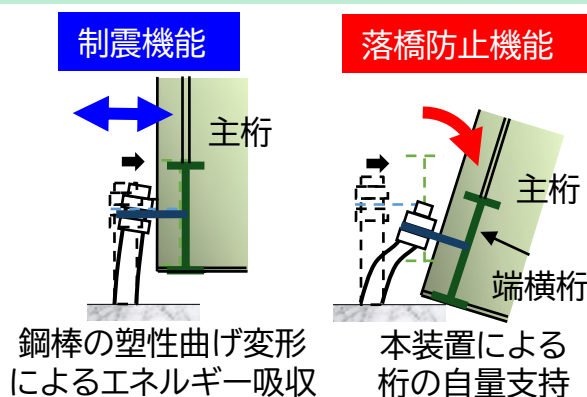
対象となる鋼橋りょうの例



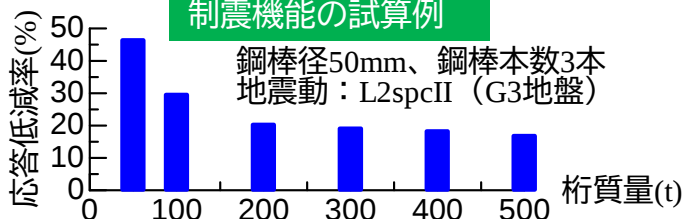
開発装置の設置イメージ



開発装置が有する2つの機能と試算例



制震機能の試算例



複数海底地震計情報を活用した 巨大地震検知手法

早期地震警報システムへの導入が容易な、複数の海底地震計の規定値超過情報による巨大地震の検知手法を開発しました。

研究の背景と目的

- 従来の海底地震計による警報手法では、警報の早期性や安定性を考慮し、単独の海底地震計の規定値超過により、海底地震計近傍の陸域に警報を出力する手法が用いられていました。
- 本手法により、海域における巨大地震の発生を早期に検知し、陸上の広い範囲に対してより早く警報の出力が可能となります。

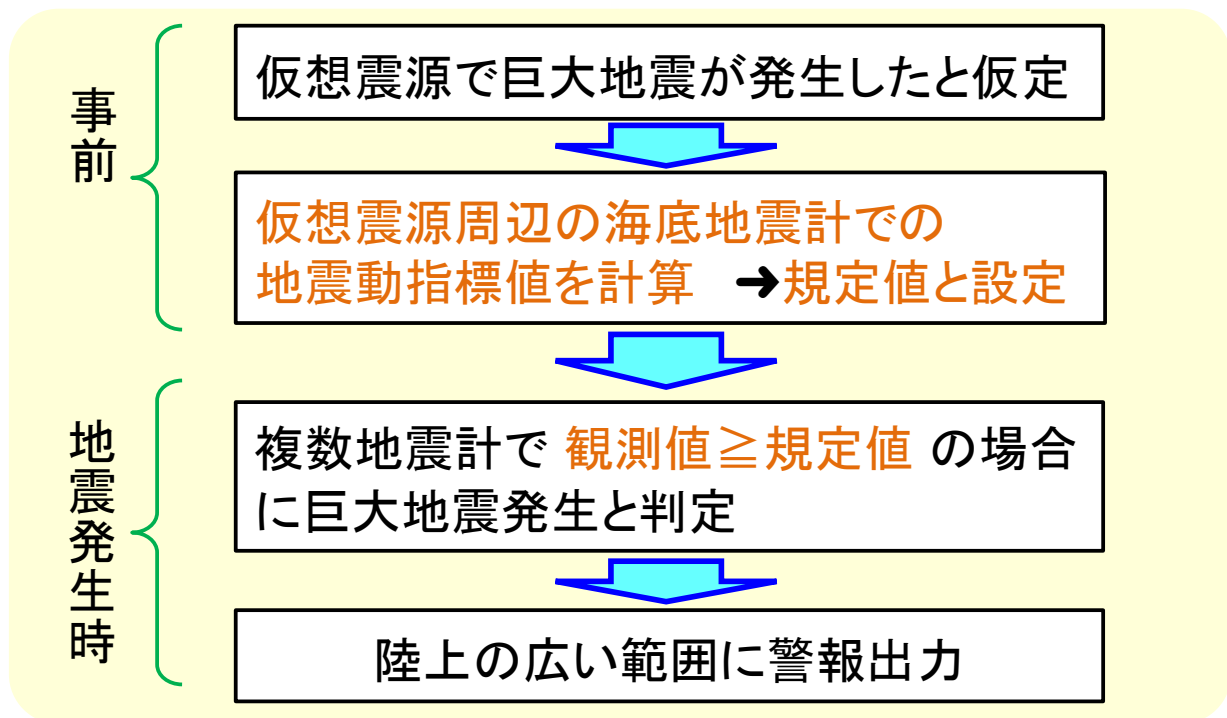
研究成果

- 本手法では、複数の地震計の観測値が事前に定めた規定値を超過した時点で、巨大地震である可能性が高いと判断し、陸上の広い範囲に早期に警報を出力します。複数の海底地震計の規定値超過で判定するため、巨大地震の発生を見逃さないだけでなく、中小の地震に対する必要以上の検知を防ぐことができる、信頼性の高い手法です。
- 本手法は、規定値と観測値との比較のみで判定を行うため、計算負荷が小さく早期地震警報システムへの導入が容易です。
- 規定値の設定においては、海底地震計のデータを用いた距離減衰式(震源距離と揺れの大きさの関係)と海底地震計位置ごとの海底地盤特性が利用可能です。従来から提案されている陸上の地震計データを用いた距離減衰式に加え、これらの海底の情報を利用することで、海域で発生した地震に対してより信頼性の高い規定値を地震計ごとに個別に設定することができます。

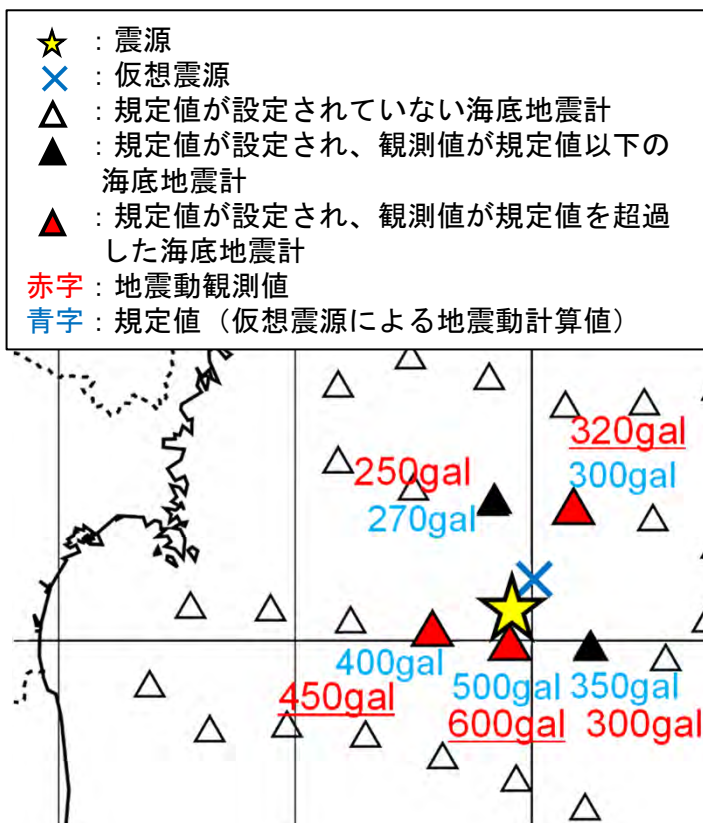
今後の展開

- 早期地震警報システムの新たな警報判定処理手法の一つとして利用することが可能です。
- 手法の導入に向けたシステム開発や試験について、受託による支援を行います。

複数海底地震計による巨大地震検知手法の処理フロー

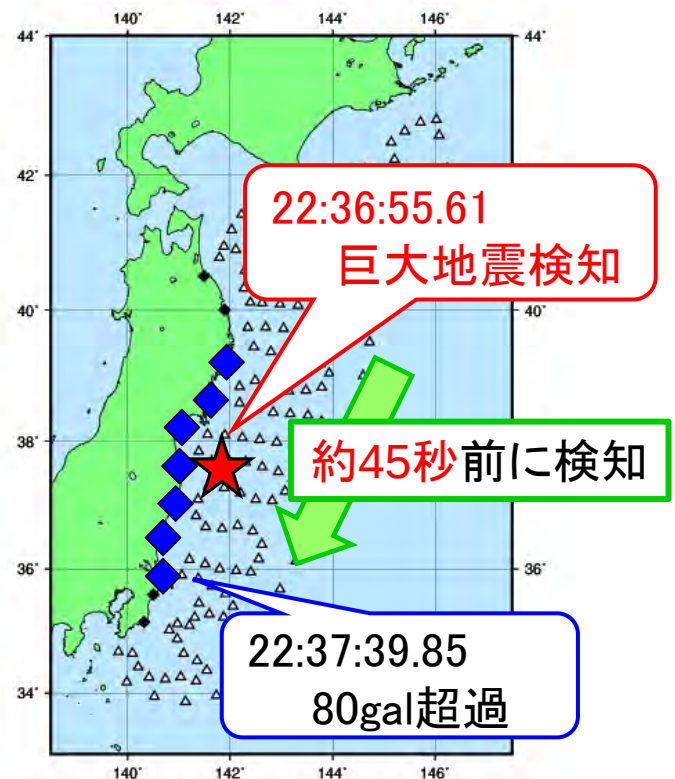


巨大地震検知方法の概念図



例：規定値が設定されている海底地震計5点のうち、3点で観測値が規定値超過
 ⇒ 巨大地震発生検知
 ⇒ 陸上の広い範囲に警報発令

実地震への導入効果



☆ : 震源
 2022/3/16 M7.4
 △ : 海底地震計
 ◆ : 80gal超過陸上地震計