

## 鉄道地震災害シミュレータの開発

本山紘希 坂井公俊 井澤淳 室野剛隆

鉄道構造物は長い区間に連続するシステムであり、局所的な構造物の地震被害であっても、路線全体としての性能が損なわれる可能性があります。これに対する有効な対策としては、路線上の弱点箇所を事前に把握し、耐震補強や復旧シナリオの事前検討を行うことが考えられます。ここで開発した鉄道地震災害シミュレータは、耐震対策を支援するため、数値解析により弱点箇所の抽出を行うツールです。地震動から構造物の応答・損傷状況までを評価可能なものとして開発しており、特に断層・地盤・構造物の各アーカイブスからの自動モデリング機能に特徴のあるシミュレータとなっています。また、構造物の損傷位置や損傷状

況を可視化する機能により、耐震対策における意思決定を支援します。図にシミュレータの構成を示しました。本研究では、過去の地震被害の再現解析を行い、路線における弱点箇所を行うツールとして十分な精度を有することも確認しています。なお、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。

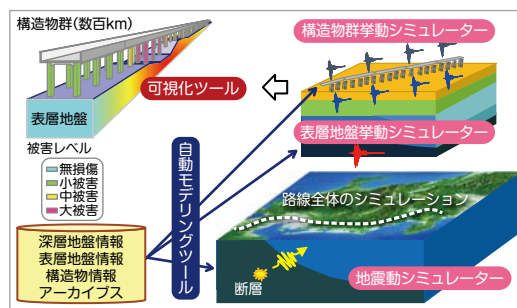


図 鉄道地震災害シミュレータの構成

## 高度化されたアルゴリズムを搭載した早期警報用地震計の開発

岩田直泰 山本俊六

地震発生時において鉄道施設等の被災が懸念される場合、安全性を確保する目的から可能な限り早く列車を停止させます。鉄道に対する地震時の防災・減災性能向上への社会的要望の高まりから、新たな早期警報用地震計の開発を行いました。この地震計は高度化を図った早期地震諸元推定およびノイズ識別のアルゴリズムを実装しています。既往地震を対象として、現行と提案のアルゴリズムを用いた地震諸元推定結果を比較したところ、提案アルゴリズムは現行に対して同等以上の性能を有することを確認しました(図参照)。また、実際の使用条件下における性能確認のため、新たに開発し

た地震計を用いて稼働試験を行った結果、地震諸元推定やノイズ識別に対する良好な動作が確認されました。性能が高められた地震計を導入することにより、早期地震警報の信頼性が向上すると共に、安全性の改善が期待されます。

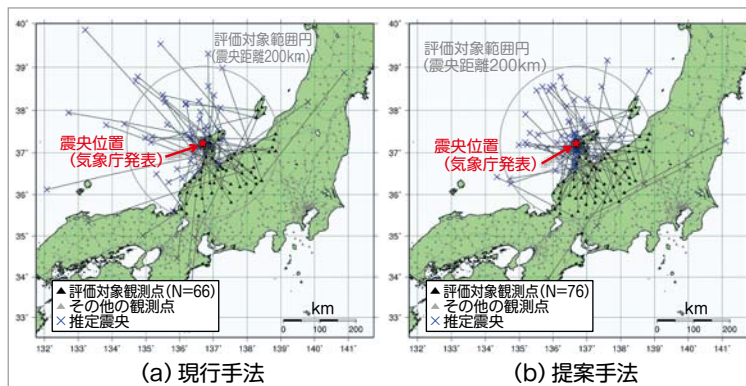


図 推定震央位置の比較(2007年能登半島沖地震)

## 巨大地震の発生を想定した設計地震動の評価

田中浩平 坂井公俊 室野剛隆

平成24年に鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計)が改訂され、簡易な手法で算定するL2地震動(標準L2地震動)の適用範囲が明確化されました。建設地点が、これらの条件に該当しない場合には、強震動予測手法によりL2地震動を算定する必要があります。日本では、南海トラフの巨大地震をはじめとする巨大な海溝型地震や、Mw7.0を超える内陸活断層による地震が複数想定されています。本報告では、四国地域を対象として、強震動予測手法により、震源特性や伝播経路特性、サイト増幅特性を考慮した地点依存の地震動評価を実施した事例を報告します。さらには、評価された波形群を参照地震動として、ターゲットとする所要降伏震度スペクトルに適合する地震動を

作成した事例を報告します。最終的に作成された設計地震動は、地点依存の地震動評価結果と構造物の非線形応答に配慮した設計地震動となることを確認しました。

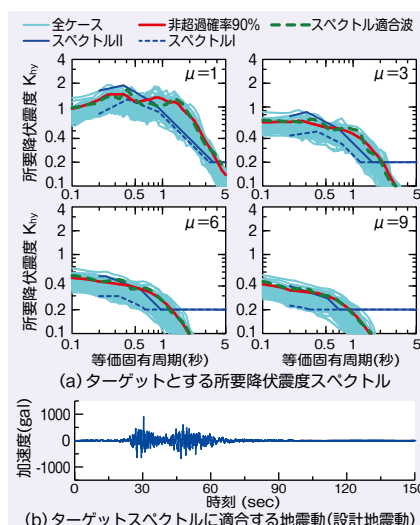


図 南海トラフの巨大地震に対するK-NET須崎の設計地震動

### 効率的な液状化対策が可能な脈状地盤改良工法の開発

井澤淳 荒木豪 小島謙一 舘山勝 大西高明 藤原寅士良

従来採用されている液状化対策工法は、液状化地盤を完全に改良することを前提とした高コストの工法であるため、鉄道路線のような長区間の領域を対象として対策を実施することが困難な場合が多くあります。そこで、動的薬液注入により脈状の改良体を地盤内に作成し、周辺地盤を効率的に低改良率で密実化させることで液状化抵抗の増大を期待した、

脈状地盤改良工法の開発を進めています(図)。本稿では、注入試験による施工性の確認結果や、品質管理手法および液状化対策効果評価手法の検討結果について紹介します。

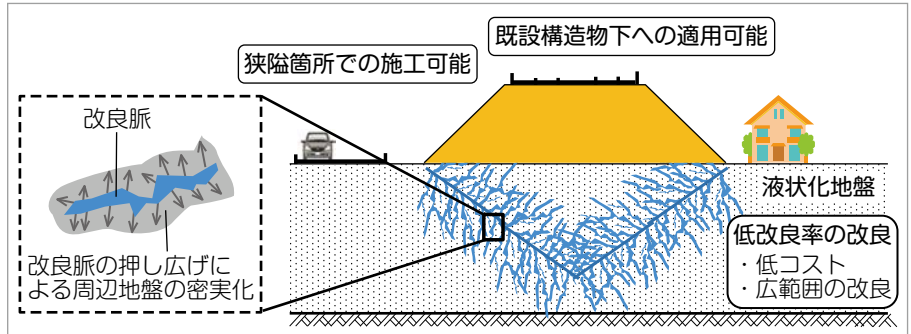


図 脈状地盤改良工法のイメージ図

### 杭基礎の載荷実験による地盤の非線形を考慮した逸散減衰評価

日野篤志 本山紘希 室野剛隆

地震時における構造物の応答の評価には、動的解析を用いることが推奨されています。動的解析では、減衰の設定が構造物の応答に与える影響が大きく、なかでも地盤と構造物の相互作用により生じる逸散減衰の影響が大きいことが知られています。この逸散減衰は、振幅や振動数に依存することが知られていますが、その特性を定量的に評価できていないのが現状です。

そこで、逸散減衰の影響を評価するために、杭基礎モデルによる振幅と振動数をパラメータとした動的と静的な水平載荷試験を行いました。試験結果の動的と静的の荷重-変位関係

の差分より直接的に減衰係数の値を算出する手法を試みました(図1)。この手法を用いることで、ひずみレベルに応じた逸散減衰の値について時々刻々と算定することができました(図2)。なお、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。

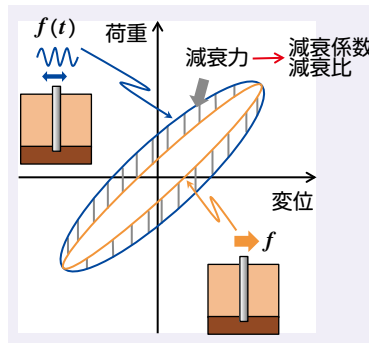


図1 減衰力算定のイメージ

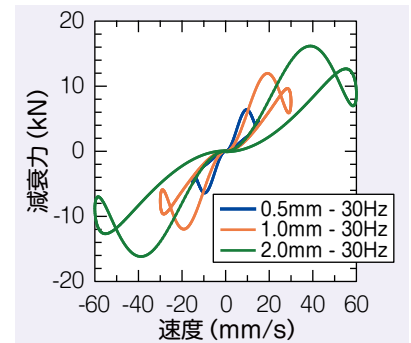


図2 減衰力と速度の関係

### 実測に基づく鉄道構造物の減衰特性の概略評価

和田一範 坂井公俊 室野剛隆

鉄道構造物の減衰特性については、計測事例が少ないことや減衰の発生要因が複雑であるために、十分な評価手法が確立されていません。そこで本研究では、構造型式や地盤条件の異なる多数の鉄道構造物で衝撃振動試験および常時微動測定を実施し、構造物の固有周期や減衰定数の算定を試みました。常時微動測定の整理結果を図1、図2に示しますが、構造物~地盤全体系の減衰定数 $h$ と固有周期 $T$ には、経験則( $h = 0.04/T$ ,  $0.02/T$ )のような反比例の傾向が明瞭には見られず、ばらつきが大きいことがわかりました(図1)。

一方で、地盤変形の寄与率に相当する構造物上下部の振幅比 $\alpha$ と減衰定数 $h$ には正の相関が見られました(図2)。このことから、構造物全体系の減衰が構造物、地盤それぞれの減衰の重みで決まるというひずみエネルギー比例減衰の考え方と調和的な傾向が得られました。なお、本研究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。

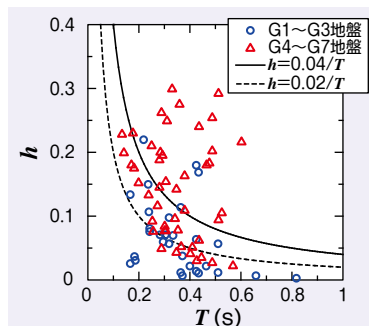


図1 減衰定数と固有周期

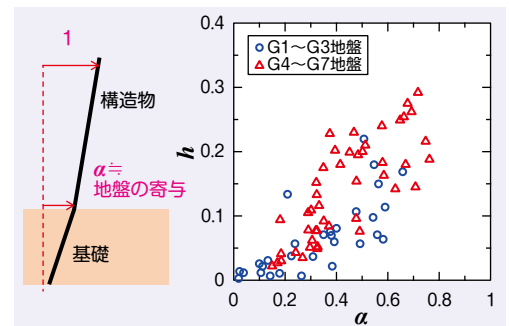


図2 減衰定数と振幅比

## 鉄道用地震情報公開システムの開発

山本俊六 岩田直泰 坂井公俊 岡本京祐

地震後の効果的な点検や初動体制構築に寄与する情報の提供を目指して、地震発生直後に揺れの空間分布の情報を精度良く推定し、速やかに公開する鉄道用地震情報公開システムを開発しました。このシステムは、公的機関のリアルタイム情報（気象庁の緊急地震速報、防災科学技術研究所のK-NETデータ）と事前に準備したデータセット（鉄道総研の地盤固有周期データセット）を活用して、人の手を介さず揺れの空間分布を緯度経度0.015度間隔で自動推定します。揺れの空間分布を表示する際に用いる地震動指標は、鉄道事業者が業務で利用する機会の多い警報用最大加速度、SI値、計測震度の3種類です。揺れの空間分布の情

報は、地震発生から概ね8～9分後に公開されます。過去に発生した地震データを用いて、揺れの推定精度を検証したところ、計測震度の誤差は二乗平均平方根で0.61であり、十分な精度を有していることが確認できました。今後は個別鉄道事業者に特化した情報提供の仕組みも構築する計画です。

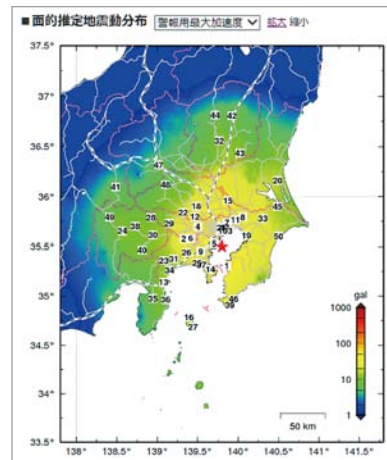


図 鉄道用地震情報公開システムの表示画面例

## 液状化地盤におけるシートパイル補強工法の耐震設計法の提案

戸田和秀 佐名川太亮 西岡英俊 樋口俊一 松浦光佑 妙中真治 乙志和孝

地震時に液状化が発生すると地盤は急激に強度ならびに剛性を失うため、構造物には大きな被害が発生します。既設構造物の液状化対策工法として提案されている増し杭工法や地盤改良工法は基礎寸法的大幅な拡張を必要とするため、特に狭隘区間に位置する構造物に対しては適用が困難でした。

本研究では、狭隘地の構造物に対しても適用可能で、施工性・経済性に優れた液状化対策工法の開発を目的とし、シートパイル補強工法（図1）を対象に模型振動実験ならびに数値解析を実施し、効果や補強メカニズムの確認を行

うとともに、得られた結果から設計手法の提案を行いました。図2は実構造物の試計算から得られた荷重-変位関係であり、補強によって杭頭せん断破壊ならびに地盤の支持力破壊を抑制できることが分かります。また、コスト比較を行い、既往の工法と比較し20%程度のコスト低減が可能であることを確認しました。

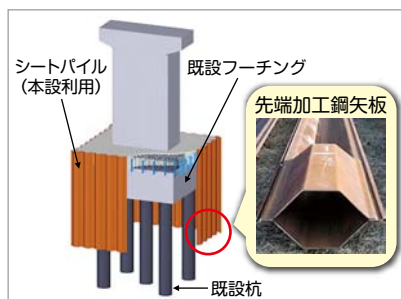


図1 シートパイル補強工法

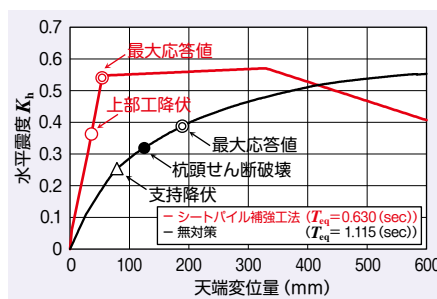


図2 シートパイル補強工法の補強効果

## 矩形コンクリート充填鋼管部材の曲げ耐力・変形性能の算定法

網谷岳夫 齊藤雅充 池田学 青木千里 井上佳樹

鉄道構造物で矩形断面のコンクリート充填鋼管部材（以下、矩形CFT部材）を適用するニーズが高まっていますが、設計標準等で矩形CFT部材の地震時の照査に適用可能な算定法は確立されていません。そこで、本研究では、矩形CFT部材の曲げ耐力および変形性能の算定法を確立することを目的に、幅厚比やせん断スパン、軸力比等に着目した荷重試験を実施しました。

荷重試験の結果、損傷状況と荷重-変位関係との対応から、矩形CFT部材の損傷レベルは円形CFT部材と同様に設定できることを確認しました。また、降伏時、最大荷重時の曲げ耐力および変形性能の算定法について検討した結果、降伏時の曲

げ耐力と部材角、最大曲げ耐力は、円形CFT部材で鋼管による拘束効果を考慮しない算定方法を用いることで精度よく評価できることを確認しました。最大荷重時の部材角は、試験結果をもとに影響因子を抽出して新たな算定式を提案しました。

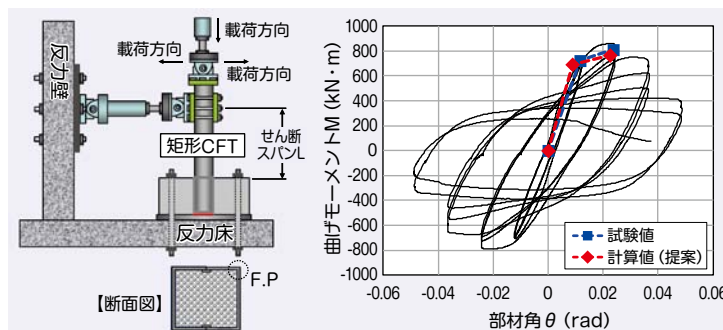


図 矩形CFT部材の曲げ耐力・変形性能

高架橋との連成を考慮した高架上家の簡易な  
応答変位予測手法

清水克将 三木広志 山田聖治

高架橋の上部に付随する旅客上家(以下、高架上家)は、高架上家の重量が高架橋と比べて軽いため、条件によっては地震応答が大きくなることが懸念されます。高架上家の地震応答は、高架橋との相互作用を考慮した一体モデルによる算定が理想的ですが、使用材料や設計体系が異なるため設計に大きな労力が必要となります。一方、鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計には、高架橋との相互作用を考慮した電車線柱の応答算出法が示されており、この考え方は高架上家にも適用可能とされています。ただし、電車線柱と高架上家では構造形態(架構形式や基礎構造など)が異なるため、高架上家の特徴を考慮した応答量算出方法を

を確立することが重要です。そこで、高架上家の応答性状に与える構造特性を整理し、高架橋および高架上家それぞれの構造設計で得られる情報から、高架上家の連成系応答変位の簡易予測法を開発し、L2地震動スペクトルIIでの適用性を検証しました。

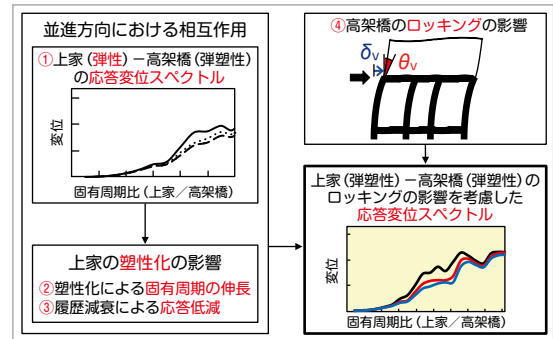


図 応答変位予測手法の作成フロー

国土交通大臣 登録試験

平成28年度 鉄道設計技士試験のご案内

試験 日：平成28年10月23日(日)

受験申請の受付期間：平成28年 6月 6日(月)～7月15日(金)

- ◆受験申請書は、この期間、ホームページ (<http://www.rtri.or.jp/gishi/>) からダウンロードできます。郵送又は試験事務局の窓口で請求することもできます。
- ◆受験申請は、郵送又は試験事務局の窓口にて受け付けます。郵送の場合は、平成28年7月15日(金)の消印があるものまで有効です。

提出書類に不足があった場合や提出期限を過ぎて申請した場合には、受理いたしませんので、十分余裕を持って申請を行って下さい。

試験区分：鉄道土木、鉄道電気、鉄道車両

受験資格：鉄道設計業務に関する以下の実務経験年数(所属法人等の保守部門、工事部門、または研究部門における設計対象に係わる業務の経験年数を含める)を有する方。なお、(1)～(3)に掲げる学歴と同等以上の学力があると認められる場合は、相当する学歴を適用します。

- |                         |       |
|-------------------------|-------|
| (1) 大学(短期大学を除く。)を卒業した者  | 5年以上  |
| (2) 短大卒業または高等専門学校を卒業した者 | 7年以上  |
| (3) 高校卒業または中等教育学校を卒業した者 | 9年以上  |
| (4) 旧国鉄中央鉄道学園大学課程を卒業した者 | 6年以上  |
| (5) 上記以外                | 12年以上 |

試験地：東京、大阪

受験料 26,000円 (消費税込)

※試験科目免除対象者は15,000円(消費税込)です。

合格証明書の交付および名簿の登録手数料：5,000円 (消費税込)

受験申請書の提出先：公益財団法人鉄道総合技術研究所 鉄道技術推進センター 鉄道設計技士試験事務局  
〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 電話 NTT: 042-573-7237 JR: 053-7237  
窓口の受付時間：10:00～12:00、13:00～17:00(土・日曜日、祝日を除く)

| 試験科目        | 範囲  |
|-------------|---|
| 共通試験        | (1) 鉄道営業法および鉄道事業法等の技術に関する法令の基礎的知識<br>(2) 鉄道土木、鉄道電気および鉄道車両の技術に関する基礎的知識 |
| 専門試験 I      | 各試験区分における専門的な知識   |
| 専門試験 II(論文) | 鉄道に関する各自の業績および鉄道技術者としての見識を問うもの  |

※詳しい情報はホームページをご覧ください。

<http://www.rtri.or.jp/gishi/>