

防災

早期地震警報のための地震諸元推定とノイズ識別の機能向上

岩田直泰 山本俊六 是永将宏 野田俊太

地震時に鉄道施設や走行列車の安全性が懸念される場合、鉄道事業者は可能な限り早く列車を停止させる。いち早く列車を停止させるためには、伝播速度のより速いP波を用いることが有効であり、鉄道では単独観測点のP波初動数秒の情報から地震の位置と規模を推定し、必要に応じて警報を出力するシステムが稼働している。地震時の安全性向上に資するシステムの高性能化が望まれており、これを受けて精度と即時性の改善に向けた早期地震諸元推定アルゴリズムの改良を行った。一方、諸元推定には微弱なP

波初動を用いるため、特に線路沿線に設置された地震計では列車走行に伴う振動と地震動を識別する必要が生じる。そこで、現行の成分間の振幅比を用いた手法とは別に、周波数情報を用いたアルゴリズムを新たに開発した。改良し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た地震計の導入により、地震時の列車運行の安全性および警報情報の信頼性の向上が期待される。

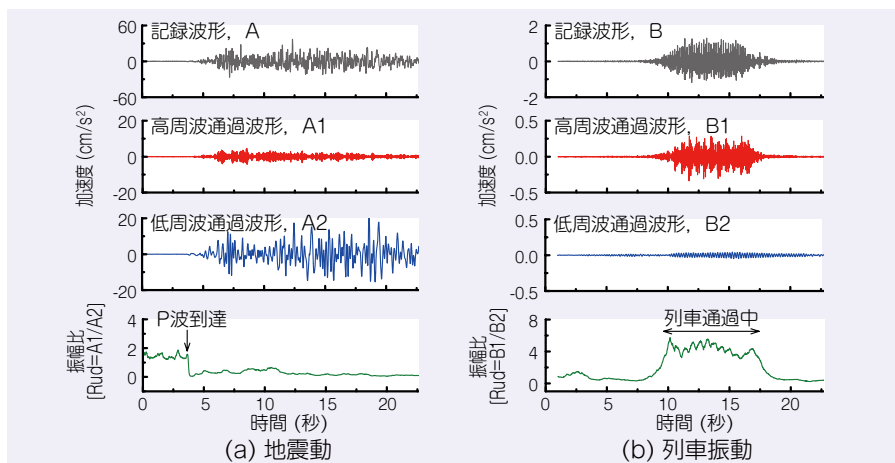


図 提案するノイズ識別手法の概念

構造物

防災

多数の参照地震動群と構造物非線形挙動を考慮した設計地震動波形の合成

坂井公俊 室野剛隆

強震動予測手法により設計地震動を評価する際には、断層破壊の不確定性に十分配慮する必要がある。この不確定性に配慮するためには、複数ケースの計算を実施することで、複数の地震動波形を得ることができるが、これら全てに対して構造物の照査を実施することは現実的ではない。しかし構造物の周期特性や非線形程度によって、支配的になる地震波は異なる可能性があり、複数の地震動波形群の中から適切な1波を選択することも困難である。

本検討では、多数の参照地震動群をもとにして、構造物の非線形挙動の観点から適切な設計地震動1波を合成する手法の提案を行った。具体的には、目標とする非線形応答スペ

クトルやその他の各指標を最も満足する時刻歴波形を各参照地震動群のウェーブレット係数を適切に重ね合わせることで評価する。本手法を用いることで、近傍に存在する複数の構造物群に対して、同一の設計地震動1波による応答値算定、性能照査のみで、適切な耐震設計が可能となる。

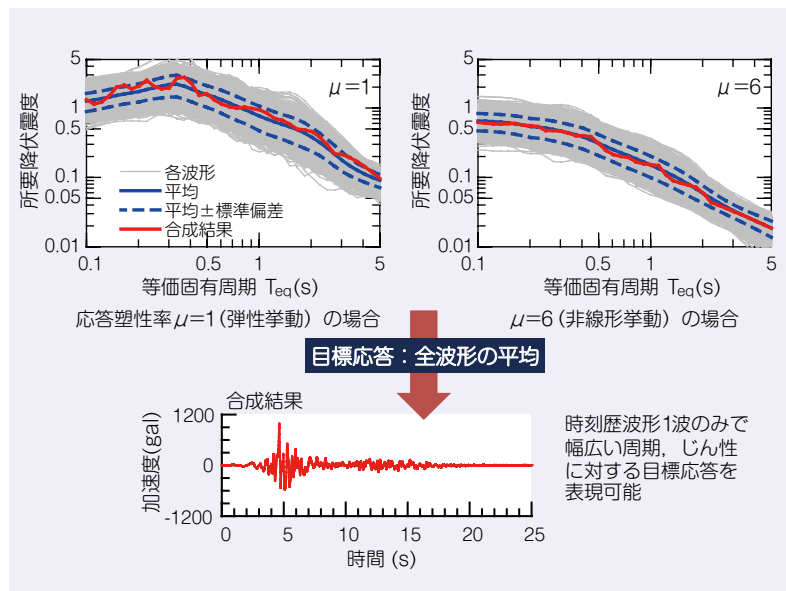


図 所要降伏震度スペクトルに適合させた時刻歴波形

構造物

モード解析法を適用した液状化地盤の水平変位分布算定手法

井澤淳 上田恭平 宇佐美敦浩 室野剛隆

近年の大地震における液状化の被害事例や研究等から、液状化に起因する地盤変位の増大により基礎構造物や地中構造物の被害が生じることが明らかになってきた。このような地盤変位の影響を考慮して構造物を設計する場合、応答変位法を用いることが一般的であるが、応答変位法を用いる際に必要とされる液状化地盤中の変位分布を簡易に算定する手法は確立されておらず、液状

化設計への適用は容易ではなかった。本研究では、ひずみレベルと過剰間隙水圧に依存した地盤の非線形性を簡易に考慮可能なモード解析により、液状化地盤中の水平変位分布を簡易に算定する手法を構築した(図)。また、提案手法と詳細な有効応力解析の比較を行い、提案手法による結果が有効応力解析と同等の地盤変位分布を算出できることを確認した。

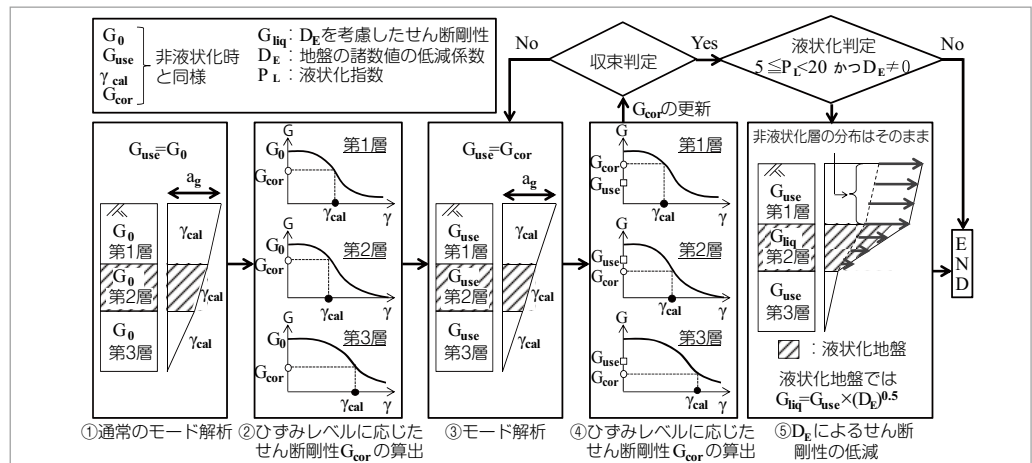


図 モード解析を適用した液状化地盤の変位分布の算定フロー

構造物

パイルベント構造物における地盤と構造物の動的相互作用の解明

宇佐美敦浩 室野剛隆

地中梁を有しないパイルベント構造物は杭と柱部材の間でモーメント分布が連続する。そのため、地盤変位と慣性力の影響が構造物全体系に複雑に作用すると考えられるが、この動的相互作用は必ずしも明らかにされていない。そこで、パイルベントラーメン高架橋を対象に非線形時刻歴動的解析を実施し、地盤変位と慣性力が構造物全体に及ぼす応答特性について検討を行った。その結果、地盤変位は上部構造物のモーメントにも影響を及ぼすことが確認された。また、本検討の条件においては、慣性力によるモーメント(Ma)と地盤変位によるモーメント(Mg)は位相差を伴って上部構造物へ作用することが明らかとなった。そのため、地盤変位と慣性力の両者の影響を受ける全体系のモーメント(Mt)は、慣性力によるモーメント(Ma)と同程度であり、地盤変位によるモーメント(Mg)の寄与は少ないことが分かった。

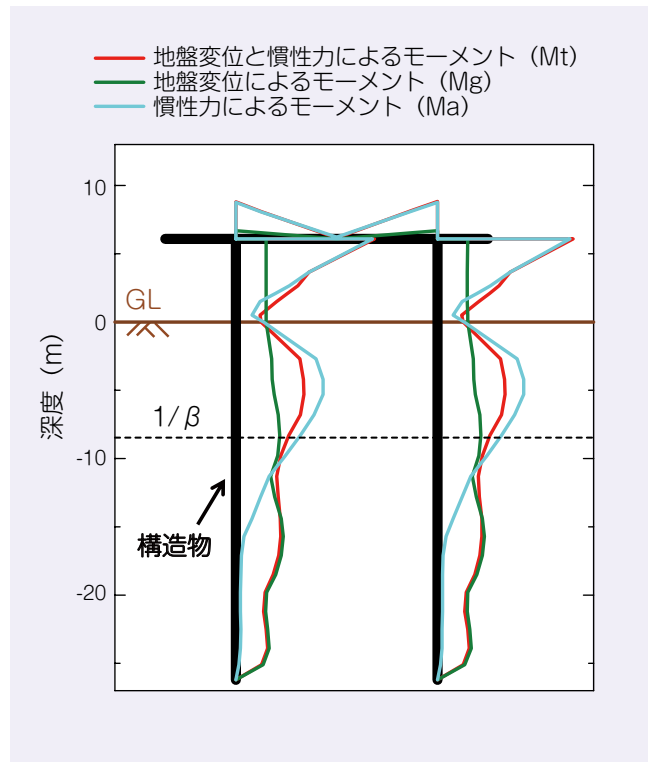


図 最大曲げモーメント分布図

構造物 幅広いじん性率に対応可能な鉄道高架橋
防災 の地震被害推定ノモグラム

坂井公俊 田中浩平 室野剛隆

鉄道高架橋の地震被害を簡易に推定することを目的とした構造物の地震被害推定ノモグラムが提案されている。これは、地震動の最大値と構造物の固有周期、降伏震度のみの情報から被害程度を推定可能であり、扱いが非常に容易であることから、広域な鉄道システムの地震時安全性の概略評価等に活用されている。本検討では、この地震被害推定ノモグラム

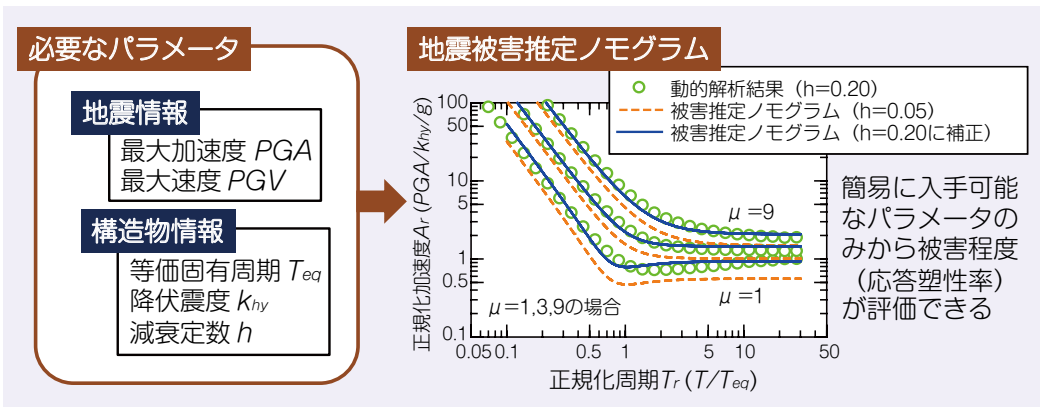


図 地震被害推定ノモグラムを用いた被害推定のイメージ

をより幅広いじん性率に対応可能な形に拡張することで、これまでよりきめ細かい応答評価の実施を可能とした。さらに、構造物の減衰定数に応じてこのノモグラムを修正する手法の提案も行った。今回構築した地震被害推定ノモグラムを用いることで、任意の振動特性、変形性能を有する鉄道高架橋に対して、地震動との共振、非共振を考慮した上での地震被害を簡易に推定することが可能である。

構造物 絶対応答低減のための独立型負剛性
防災 摩擦ダンパーの開発

豊岡亮洋 本山紘希 河内山修 岩崎雄一

平成24年の「鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計)」では、設計想定以上の地震動に対して構造物またはシステムが破滅的な状況に陥らない設計を行う、「危機耐性」の概念が新たに導入され、この危機耐性を確保する手法の1つとして制震構造の導入について言及されている。本研究ではこうした制震構造として、負剛性および摩擦減衰を發揮する独立型負剛性摩擦ダンパーを新たに提案した。負剛性とは、変形を加速する負の剛性を發

揮させることで系の剛性を見かけ上低下させ、構造物の絶対応答を低減可能な制震手法であり、この負剛性を凸型すべり板とすべり材、コイルばねで簡易に実現する構造を提案した。また、このダンパーを試作し、正弦波加振による性能確認、およびハイブリッド実験による制震効果の検証試験を行った。その結果、提案機構により安定した負剛性が得られ、構造物の絶対加速度および絶対変位の大幅な低減効果が得られることを確認した。

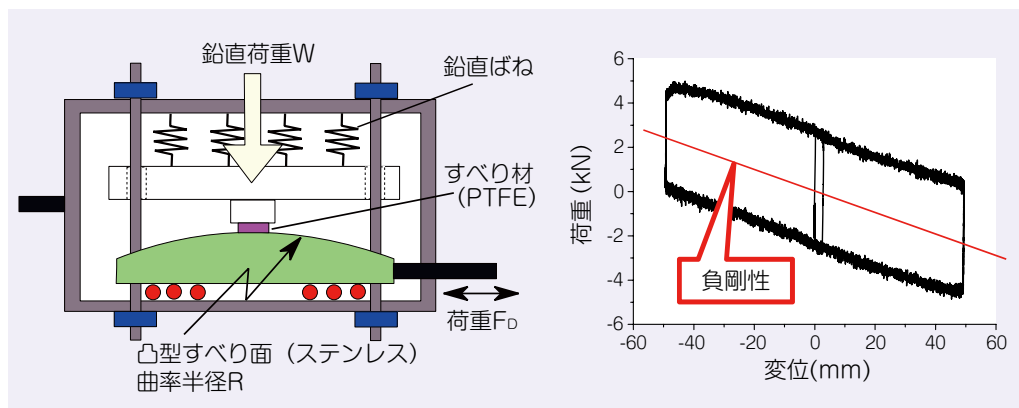


図 開発した独立型負剛性摩擦ダンパー(左)および履歴(右)

防災

H形鋼を用いたPC電化柱の簡易な倒壊防止工法

酒井大央 室野剛隆 原田智 坂井公俊

2011年東北地方太平洋沖地震において、PC電化柱の折損が多数見られた。これを受け、電化柱の耐震設計指針が改定されるなど、新設される電化柱の耐震性能は向上している。一方、既設のPC電化柱には耐震性能の劣るものも存在する。これらに対する対策として、電化柱にH形鋼を挿入する倒壊防止工法を提案している。本工法は、電化柱が地震により損傷しても、車両との接触など甚大な被害に至らぬよう、倒壊を防止することを目的としている(図)。本研究では、本工法の有効性を解析および振動台実験により検証した。

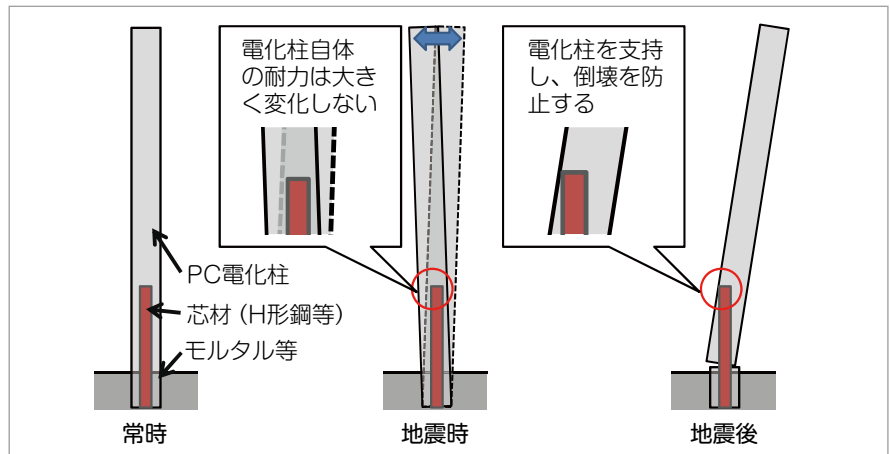


図 H形鋼を挿入した倒壊防止工法の概要

解析的検証では、大きな地震が作用すると、対策の有無によらず電化柱基部が破壊し、破壊した状態で継続して地震が作用すると、本工法が有効に機能し倒壊を防止することを確認した。

振動台実験では、振幅が大きくなると電化柱がH形鋼と一体となり挙動し、変位が抑制された。この検証解析により、本工法が変位抑制効果も発揮する可能性を確認した。

構造物

鋼橋の桁連結工の地震時挙動の評価方法

福本守 斉藤雅充 和田一範 池田学

既設鋼橋には、地震時の落橋防止を目的に、隣接する桁同士を連結する桁連結工が多く用いられている(図1)。しかし、過去の地震時に桁連結工が破壊する事例が見られる。よって、桁連結工が地震時に破壊しないかどうかを評価することが重要であるが、桁連結工の地震時挙動は不明である。本研究では、桁連結工の地震時挙動を明らかにすることを目的に、桁連結工とその周囲の局所

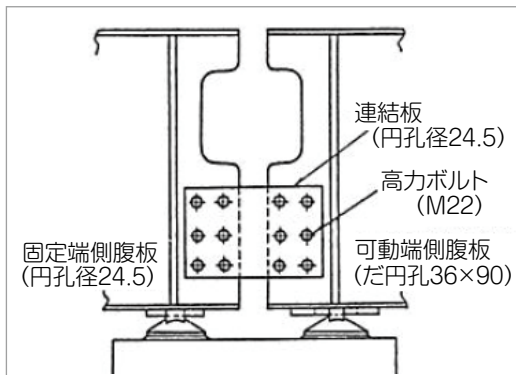


図1 桁連結工概略図

的な詳細モデルにより、速度依存性を考慮した動的な有限要素解析を行った。その結果、桁連結工の載荷速度による非線形挙動への影響を把握するとともに、その非線形モデルを提案した(図2)。さらに、橋梁全体系モデルにおいて地震応答解析を行った結果、提案モデルを用いることにより従来の評価に用いていた連結板の仮定剛性モデルに比べて、桁連結工に作用する最大軸力が大幅に低減し、従来よりも合理的に桁連結工の地震時挙動の評価が可能であることを明らかにした。

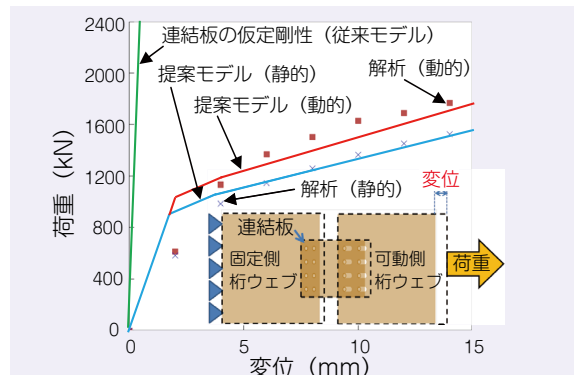


図2 有限要素解析結果と提案モデル

構造物

既設RC橋脚の変形性能と耐震補強効果の評価方法

鬼頭直希 中田裕喜 岡本大 奥西淳一
谷村幸裕

既設構造物の耐震補強の必要性や最適な耐震補強工法を検討する上で、既設の構造物の耐力および変形性能を把握することは重要である。鉄道構造物における既設RC橋脚は、ラーメン高架橋柱と比較して、引張鉄筋比やせん断補強鉄筋比が小さいが、ラーメン高架橋柱を対象に実験・評価された既往の変形性能算定式を用いて評価している。本研究では、既設RC橋脚を対象とした縮小供試体の正負交番載荷試験により、鉄筋比が小さい範囲における変形性能算定式の適用性を確認するとともに、既往の変形性能算定式を見直した。また、鋼板巻きされたRC橋脚の貫通PC鋼棒による軸方向鉄筋の座屈に対する補強効果を確認し、補強設計方法を提案した。

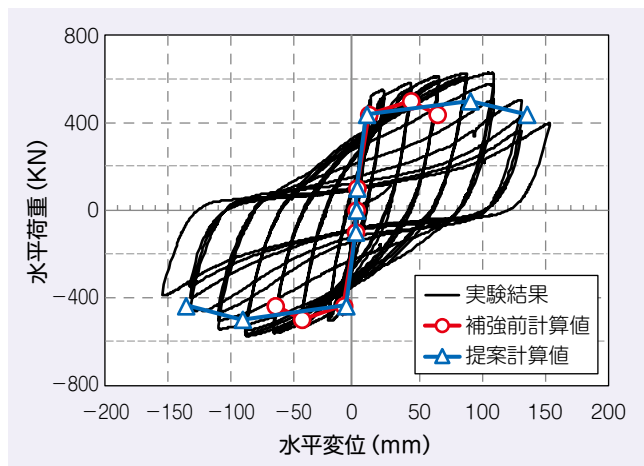


図 RC橋脚の特性を考慮した提案モデル

構造物

地盤改良杭でコンクリート路盤を支持する盛土構造の耐震性

藤井公博 小島謙一 高野裕輔 陶山雄介
野中隆博

近年の環境問題からトンネル掘削等で発生する建設発生土の有効利用が求められている。しかし、発生土は土質区分で土質1に分類される良質な土ばかりではない。このため、筆者らは、ジオテキスタイルを用いた補強盛土に地盤改良杭を施工し、地盤改良杭によりコンクリート路盤を支持することで、幅広い材料が利用可能な盛土構造(パイルスラブ式盛土)の開発を行った。また、本盛土は、杭頭部にジオテキスタイルを用いた大型土のうを

設置することで、地震時のコンクリート路盤への応答を抑え、変形も抑制する構造としている。図に本盛土構造の概要を示す。

本盛土の開発では、パイルスラブ式盛土の模型振動実験により、地震時の応答特性の評価を行った。また、載荷試験によりジオテキスタイル土のうの部材特性についても検討を実施した。これらの結果より、本盛土構造が性能ランクIを満足する耐震性を有していることを明らかにした。

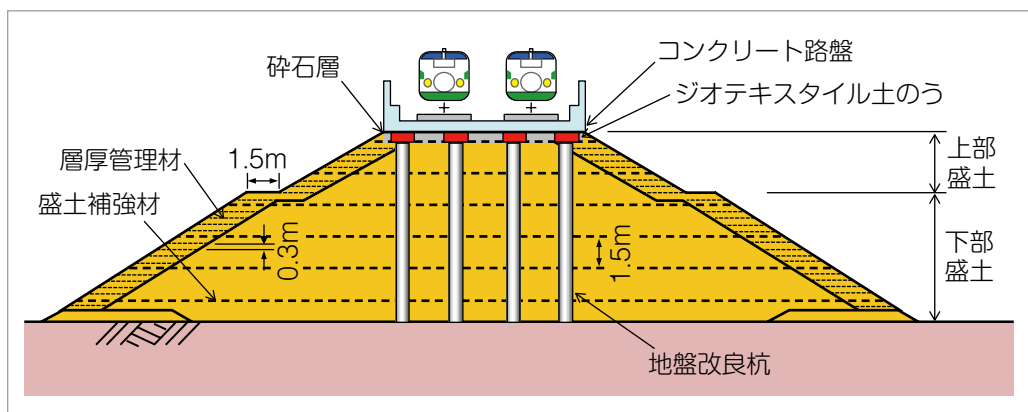


図 パイルスラブ式盛土概要図