

早期地震警報用アルゴリズムの総合評価

是永将宏 山本俊六 野田俊太

鉄道総研では、地震時の鉄道の安全性と安定性の向上を目指して、新たな早期地震警報用アルゴリズムの開発を行っており、現在、このアルゴリズムを搭載した早期警報用地震計および早期地震防災システムの導入が進んでいます。本研究では、新しい早期地震警報用アルゴリズムの導入効果の検証として、警報出力範囲の精度や警報出力時間に関する早期地震防災システムとしての総合的な評価を行ないました。現行アルゴリズムによる結果との比較を行なうことで、新しい早期地震警報用アルゴリズムの導入により、警報出力の精度と早期性が向上すること

を示しました。警報出力範囲の精度検証では、新アルゴリズムによる警報出力範囲の正解率は現行アルゴリズムと比較して約6%向上し、空振り率は約87%減少することを確認しました。また、警報出力タイミングは、現行アルゴリズムと比較して直近観測点で最大4秒程度早くなることを明らかにしました。

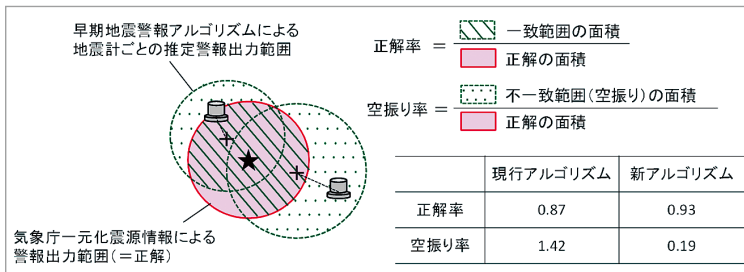


図 警報出力範囲の正解率と空振り率

耐震設計における適切な表層地盤応答評価法の構築

鈴木聡 井澤淳 豊岡亮洋 小島謙一

鉄道構造物の耐震設計においては、地盤の変形特性を適切に数値モデル化した地盤応答解析を実施し、表層地盤の挙動を評価する必要があります。しかし、従来の変形特性試験では、水圧上昇が顕著になる大ひずみ領域で適切な変形特性が得られないことがあります。そこで、できる限り水圧上昇の影響を除いた土の変形特性を算出可能な試験方法を提案しました。なお、提案する試験結果を用いて、エネルギー法による液状化判定も実施することができます。一方で、破砕性地盤のような特殊土を有する地盤では特に注意して応答解析を

実施する必要がありますが、特殊土の変形特性は数値モデルでの表現が困難な場合が多くあります。そこで、変形特性の数値モデル化自体が不要な方法として、ハイブリッド地盤応答試験手法を構築しました(図)。これらにより、一般的な地盤から特殊土を有する地盤までの精緻な地盤応答解析の実施が可能になりました。

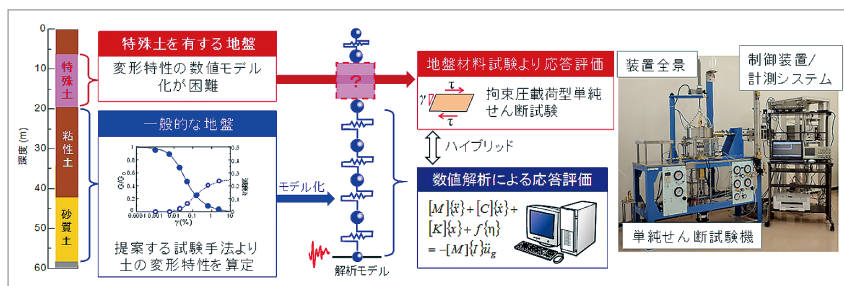


図 ハイブリッド地盤応答試験手法の概要

地震時の鉄道構造物における危機耐性評価法の構築

田中浩平 室野剛隆 坂井公俊

平成24年鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計では、想定以上の地震に対しても破滅的な被害に繋がらないような性質として「危機耐性」を導入しています。危機耐性を照査する体系は耐震標準の改訂段階では構築されておらず、構造物が現状で有する危機耐性の程度や対策の効果を定量的に評価した事例も見当たりません。そこで、鉄道構造物において危機耐性を定量的に評価するための方法を開発したので報告します。具体的には、構造物において危機耐性の向上に重要な性能指標を抽出し、指標ごとに達成度 r_j を評価します。続いて、達成度 r_j の値に応じて起きてはならない事態の回避能力 $P_i(r_j)$ を評価し、これを起きてはならない事態の影響度 C_i と掛け合わせることで危機耐性 R を評

価します。本手法を用いて評価された構造物ごとの危機耐性を比較することで、対策優先個所の抽出や優先個所で実施すべき対策項目等の選定を合理的に行うことが可能となります。

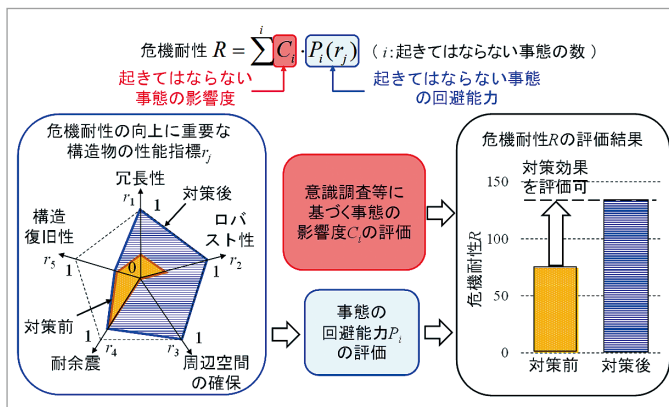


図 鉄道構造物の危機耐性評価法の概要

免震構造を活用した土被りの深い橋脚の断面力低減効果の評価

土井達也 豊岡亮洋 室野剛隆

土被りの深い橋脚を巻立て補強などにより耐震補強する場合、周囲の土を掘削する必要があるが、施工上、協議上の制約が大きいのが現状です。このため、く体の補強を不要または最小限に抑えることが望ましいですが、このような地震対策手法はあまり提案されていません。そこで本研究では、こうした土被りの深い橋脚を対象に、まず、土被り深さがく体の断面力に及ぼす影響について検討しました。その結果、土被り深さが大きいほど橋脚の見かけの耐力が高まり、破壊モードの移行に留意する必要があることを確認しました。次に、免震構造を活用して上部構造物からの慣性力を低減し、掘削を伴う断面補強を行わずにく体の断面力を低下させる地震対

策法の適用性を検討しました。その結果、検討した地盤条件においては、土被り厚が橋脚高さの半分程度以下の場合には曲げモーメント、せん断力の双方に対して免震構造が有効に機能することを確認しました(図1、図2)。

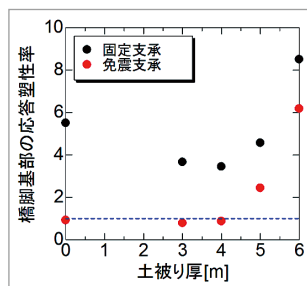


図1 橋脚基部の応答塑性率と土被り厚の関係

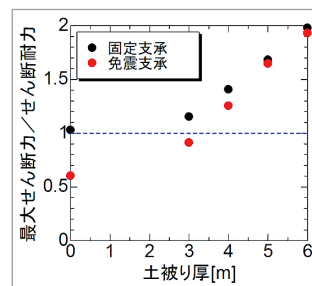


図2 せん断余裕度(最大せん断力とせん断耐力の比)と土被り厚の関係

隣接建物の存在による高架橋の地震応答特性への影響評価

和田一範 月岡桂吾 山田聖治 室野剛隆

都市部などで鉄道高架橋と大型建物が隣接する場合は、周辺地盤を介して建物と高架橋が相互作用し、地震応答が変化する可能性があります。しかし、その発生メカニズムや高架橋の応答の増減程度は未解明でした。本稿では、鉄道高架橋—隣接建物連成系のFEM解析を基に、隣接建物が高架橋へ与える影響を評価しました。検討の結果、建物の杭基礎により地盤変形が抑制される入力損失効果が周辺地盤へ及ぶ「①幾何学的相互作用」と、地盤と建物上部構造の振動の位

相差による地盤振動の抑制効果が周辺地盤へ及ぶ「②慣性相互作用」の存在を明らかにしました。また、両作用は高架橋へ入力される地震動を低減させる場合が多く、①の効果は建物と高架橋との離隔が小さいほど大きいこと、②の効果は建物と地盤の固有振動数が近いほど大きいこと、がわかりました。以上を踏まえると、大型建物が隣接する大都市圏の高架橋では、建物の存在は安全側に作用すると考えられます。

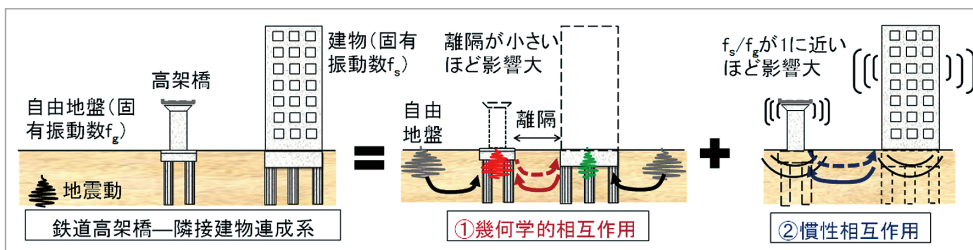


図 鉄道高架橋—隣接建物連成系の相互作用

熊本地震を事例としたラーメン高架橋の地震時挙動に及ぼす地中梁の影響

小野寺周 和田一範 日野篤志 室野剛隆

2016年の熊本地震では、並走する2つの鉄道ラーメン高架橋の損傷程度が異なる事例が確認されました。これらの高架橋は、一方は無損傷であったのに対し、他方は柱の上端部にひび割れ程度の損傷が生じていました。損傷が生じた高架橋には線路方向に地中梁が無く、地中梁の有無によって損傷程度に差が生じた可能性があります。

い高架橋の固有周期が地震動の卓越周期に近接し、より大きな慣性力が作用したことがわかりました。また、地中梁が無い場合、地盤変位によるモーメントが杭~柱に連続して分布するため、地中梁がある高架橋に比べて柱の応答が大きくなるのが明らかになりました。この結果から、地震動の特性と地中梁の有無による応答特性の違いによって両高架橋の損傷程度に差が生じた可能性を示しました。

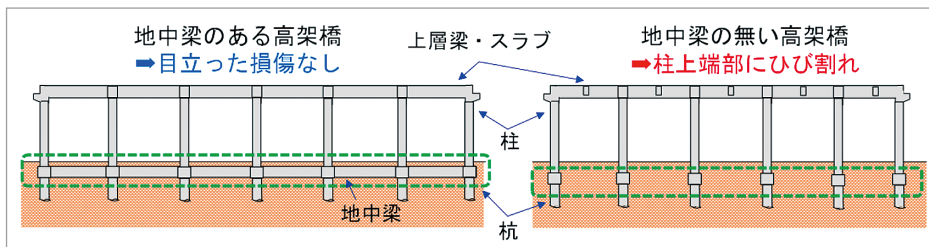


図 熊本地震で損傷程度に差が生じた高架橋の構造形式の違い

そこで本研究では、両構造物の被害解析を行い、地中梁の有無に着目して応答特性の違いを調べました。その結果、本研究の対象構造物では、地中梁が無

構造物の耐震性能を考慮した地震時点検基準値の設定方法の提案

川西智浩 山田聖治 室野剛隆 和田一範 是永将宏

鉄道事業者では、地震後に点検を実施すべきかどうかを判断するため、地震の揺れの大きさを表す指標に対してしきい値(点検基準値)を定めておき、その点検基準値と実際に地震が発生した場合の揺れの大きさを比較することが多いです。しかし、この値は一般的に過去の地震被害に基づいて経験的に定められていることから、構造物の耐震性能を考慮することができず、耐震補強を実施した場合にも、その効果を点検基準値の設定に反映させることができません。そこでまず、構造物の高さや幅等のパラメータを様々に変化させた構造物群と過去に観測された多数の地震動を用いて構造物の損傷評価を実施することにより、構造物が損傷する際の揺れの指標値(損傷下限値)を評価する方法を示します。そして、これ

に安全率を考慮することで、点検基準値を設定する方法を提案します。本提案手法により、耐震補強の効果を考慮して点検基準値を設定することが可能となります。

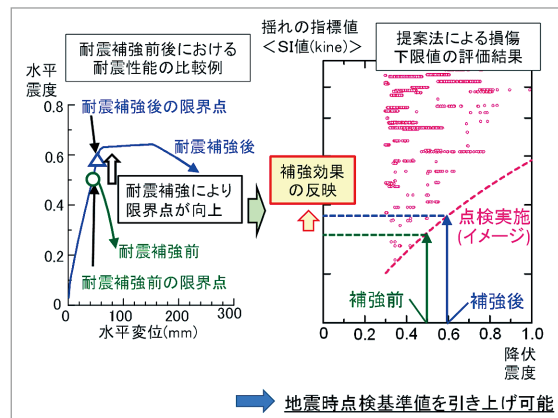


図 地震時点検基準値の設定における耐震補強効果の反映

高架橋の危機耐性を向上させる倒壊方向制御構造の振動台実験

豊岡亮洋 室野剛隆 齊藤正人

想定を超える地震動に対して、構造物の倒壊という「危機」を完全に防止することは非常に困難です。しかし、仮に構造物の倒壊が生じたとしても、居住地域や緊急輸送道路や復旧スペース等を支障する方向には倒壊させないことで、人命損失を回避しつつ早期復旧を実現することは可能です。平成24年に改訂された鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計)においては、この性能を「危機耐性」と定義し、その向上を図ることが求められています。本研究では、安価なブロック型のデバイスを用いて倒壊方向を人為的に制御し、構造物の危機耐性を向上させる「倒壊方向制御構造」を提案しました。さらに模型試験体および大型振動台を用

いた崩壊試験を実施することで、提案するデバイスが有効に機能し所定の方向に倒壊が生じることを確認しました。

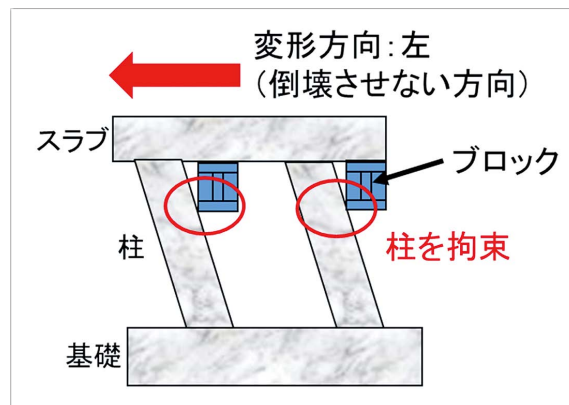


図 ブロック型倒壊方向制御構造