



### 不飽和土の強度特性を考慮した既設盛土の耐震診断法

佐藤武斗 松丸貴樹 中島進 小湊祐輝 山田孝弘 藤原雅仁

近年、橋梁や高架橋の耐震補強が行われており、今後は既設の鉄道盛土の耐震診断・耐震補強が喫緊の課題であります。多くの既設の鉄道盛土の含水状態は、降雨時において土の間隙に水と空気が混在した不飽和状態と考えられますが、耐震診断では不飽和状態よりも強度が低い飽和状態として扱うため、補強数量が多くなる傾向にあります。そのため、盛土内部の含水状態を精緻に評価することで、耐震補強で必要となる地山補強材が削減でき、工事費も削減できる可能性があります(図参照)。

本研究では、不飽和状態の地盤材料試験から、複数の鉄道盛土材料で飽和状態より強度が増加することを確認しま

した。また、既設の鉄道盛土での土壌水分量の計測より、降雨時の盛土内部は不飽和状態であることを解明し、不飽和土の強度特性を考慮した耐震診断法を提案しました。さらに、耐震補強の試設計より、提案法が従来法に比べて補強材長を削減できることを確認しました。

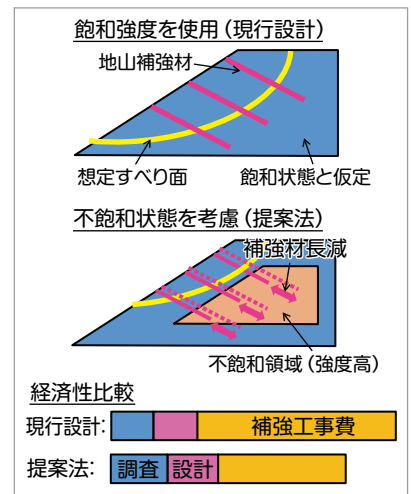


図 8 現行設計と提案法による補強仕様や経済性のイメージ

### 等価1自由度モデルによる鉄道盛土の地震時非線形応答の評価法

荒木豪 坂井公俊 室野剛隆

地震による鉄道盛土の安全性や車両の走行性を評価するためには、盛土の動的応答特性を適切に把握する必要があります。従来の耐震設計や耐震診断等においては、盛土の応答特性を精度よく評価するために2次元の有限要素法が用いられており、モデルの構築や計算に多くの時間を要していました。そこで本検討では、等価な1自由度モデルによる鉄道盛土の地震時動的挙動を簡易かつ適切に評価する手法を構築しました。

盛土の等価1自由度モデルを構築するために必要な情報は、盛土の形状と使用する盛土材料の物性値のみであり、延長の長い路線全線を対象に検討する場合でも容易に構築することが可能です(図)。本手法を用いることで、短時

間で精度の良い応答評価が可能となり、地震発生後に全線の盛土の変形量を即時的に評価する際の手法としての活用が期待されます。

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。

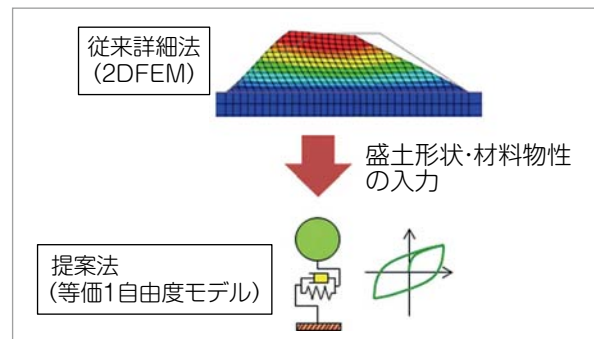


図 9 等価1自由度モデルのイメージ

### 耐震設計の静的解析における入力損失効果の評価手法

賣地雄大 土井達也 室野剛隆

基礎を有する構造物では、基礎が存在することによって地震動による地盤の動きが拘束され、自由地盤に比べ構造物に入射される地震動が低減される「入力損失」が生じることが知られています。この入力損失を耐震設計で考慮することで実現象に即した合理的な構造物設計が可能となります。しかし、現在、耐震設計実務で主流となっている静的解析法において入力損失を合理的に評価する手法はありません。

そこで、鉄道構造物で多用されている杭基礎構造物による入力損失を静的解析法に導入可能な手法を開発しました。本手法は静的解析法で用いられる応答変位法を用いて入力損失を評価し、ランダム振動論を活用することで所要降伏震度スペクトルを直接的に低減することができる簡易的な

手法(図)です。この手法を用いることで設計実務において、より合理的な構造物設計が可能となりました。

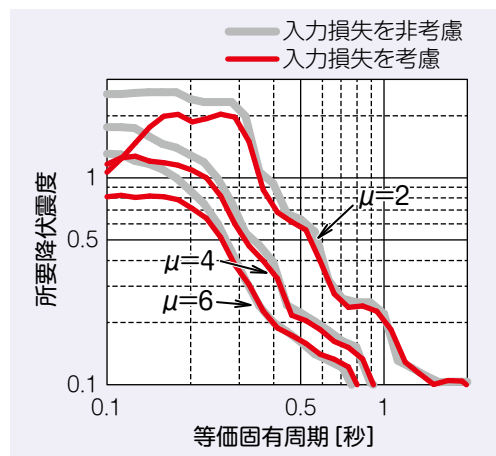


図 10 入力損失を考慮した地震作用の低減

## 振動方向の違いによる鉄道橋脚の減衰特性の変化と評価法

石川太郎 坂井公俊 和田一範 小島謙一 室野剛隆 北村光

鉄道橋梁・高架橋の減衰特性は、地震時の応答値を評価する際に重要な指標であるものの、未解明な部分が多く残されています。本検討では、実際の橋脚を対象として現地計測及び数値解析に基づく減衰の評価を実施しました。さらに、この結果から減衰定数を簡易に推定する手法を提案し(図1)、これを用いた実務的な地震応答値の評価手法を示しました。提案手法による地震応答値は詳細な動的解析の結果とほぼ一致しており、従来から用いられている手法と比較して応答値の算定精度が向上することを確認しました(図2)。提案手法は、従

来から実施されている応答値算定法とほぼ同一の手順によって精度の高い地震応答値を算定することができるため、鉄道構造物の耐震設計時の地震応答評価手法として活用が期待されます。

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。

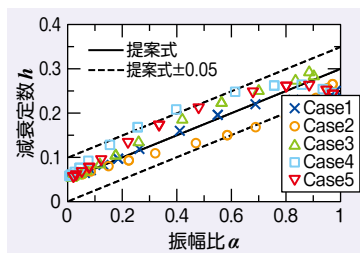


図1 減衰定数の推定手法

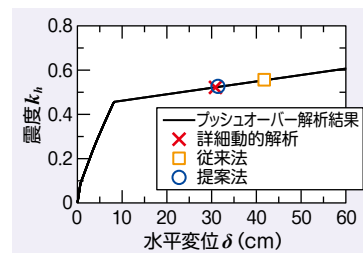


図2 提案法による応答値評価結果

## 縦ずれ断層の影響を受けにくい新しいラーメン高架橋形式の提案

日野篤志 室野剛隆

断層上または断層近傍の構造物では、地震時に揺れに加えて地表断層変位の影響を考慮した構造物の建設を行なう必要があります。鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計)では、地震随伴事象として地表断層変位を扱っており、これまでに横ずれの断層を対象とした検討を主に行なってきました。

本研究では、鉄道構造物として広く用いられているラーメン高架橋を対象として縦ずれ断層による鉛直方向の地表断層変位が作用した場合の挙動を評価し、その結果をもとに地表断層変位の影響を受けにくい高架橋形式として直接基礎形式の1径間ラーメン高架橋(端部構造は張出し式)の提案を行いました(図)。本形式の高架橋

を用いることで、多径間のラーメン高架橋と比べて部材の損傷を大幅に低減できることや、落橋のリスクがゼロとなること、仮に損傷を受けた場合にも構造が独立しているため損傷箇所のみでの復旧を行なうことが可能となります。

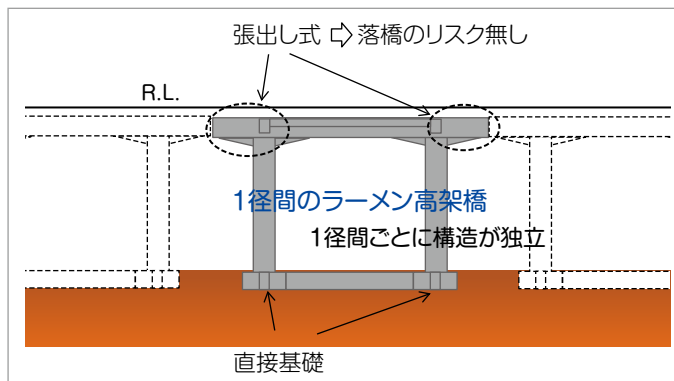


図 提案構造のイメージ

## 許容塑性率を満足する摩擦型ダンパーの設計手法の開発

豊岡亮洋 實地雄大

河川橋脚などにおいて、周辺環境等の制約によりコンクリート巻立て等の一般的な耐震補強の実施が困難な箇所では、ダンパーのような制震装置を用いることで、橋脚上部の部分的な工事のみで耐震性向上が可能ですが、制震装置の設計法は十分整備されておらず、多数の詳細な動的解析を必要とするなど、設計に多くの時間と労力を要しています。そこで本研究では、鉄道橋での利用が多い摩擦型ダンパーを対象に、詳細な動的解析を多数行うことなく、設計で得られる構造物の固有周期や降伏震度等の基本条件から、構造物を所定の応答塑性率に留めるために必要なダンパーの必要荷重を簡易に算定可能な設計線図を提案しました。また、実橋梁を対象とし、損傷を弾性範囲に留

めるための制震ダンパーの特性を設計線図により算定して動的解析を行ったところ、橋脚基部の塑性率は0.90となり、許容塑性率を満足する摩擦ダンパーの設計が可能であることを確認しました。

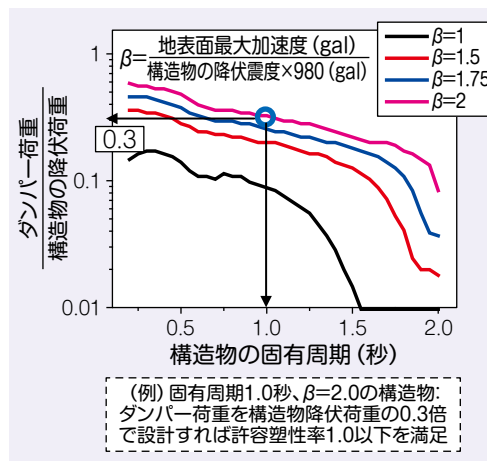


図 制震装置の設計線図と利用法 (許容塑性率1.0の例)