

P波振幅の成長特性を反映したマグニチュード決定方法の適用性

野田俊太 William L. Ellsworth

走行列車の地震時安全性を更に高めるため、近年新たに提案された M (マグニチュード) 決定手法の早期地震警報システムへの適用性に関する検討を行ないました。提案手法は、P波初期の振幅は M に依存せず成長を開始 (相似的成長の開始) するものの、その後 M に依存したタイミングで相似的成長からの離脱が発生するという点に着目し、 M 決定手法の改良を行なっています。本研究では、新幹線早期地震警報システムにおいて用いられる単独観測点処理に対する検証を行ない、その結果 M の推定精度を保ったまま即時性を向上させられることを確認しました。本手法は、現在稼働中の早期警報用地震計へ容易に導入することが可能です。

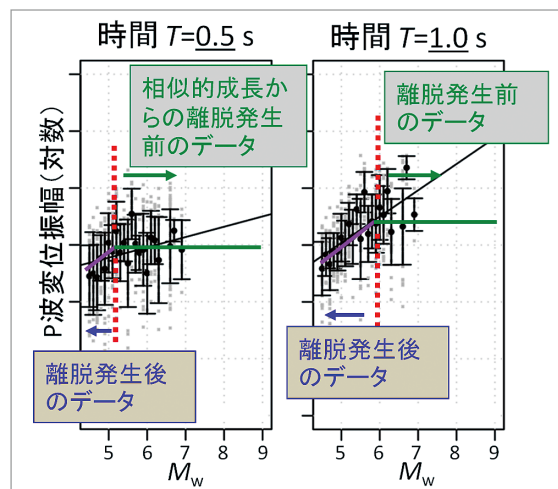


図 P波変位振幅とマグニチュードの関係における相似的成長からの離脱発生

近接サイト特性比を用いた鉄道沿線の地震動分布評価手法

是永将宏 津野靖士

鉄道では、地震後の安全な運転再開のために、離散的に設置された地震計の観測値を基に点検を行っています。しかし地震計間の地震の揺れ (地震動) は一様ではなく、その空間分布を高密度、高精度に把握することができれば、点検の効率化や早期運転再開に寄与できます。そこで、鉄道沿線での高密度な臨時地震観測記録から高精細なサイト増幅特性比 (近接サイト特性比) を求める手法と、それを利用した地震動評価手法を提案しました (図)。近接サイト特性比は、近接した2つの臨時観測点で観測された複数の地震記録のスペクトル比を平均化することにより求めます。これにより、少ない

データで効果的に高精度なサイト特性を評価できます。さらに、各臨時観測点間の近接サイト特性比を『数珠つなぎ』することで各地点のサイト増幅特性比を求める手法と、それに基準点 (常設地震計) での地震記録を掛け合わせて各地点の地震動を評価する手法を提案しました。

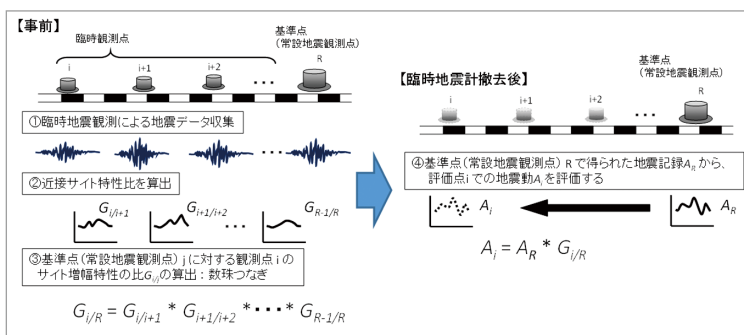


図 提案した高精細な地震動分布評価手法の手順

地震観測記録に基づく山岳トンネル内部における地震増幅特性の評価

田中浩平 坂井公俊 村越雄太 井出剛

地震時の構造物の安全性や車両の走行安全性を評価するために、路線各位置で将来発生する地震動を適切に評価することが求められています。平成24年鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計では、地震動評価において、耐震設計上の基盤面～地震基盤までの、深部地盤における地震増幅特性 (設計用サイト増幅特性) を把握することの重要性が指摘されています。山岳トンネルは一般的に硬質な岩盤内に施工されるため、地上部の設計用サイト増幅特性と比べて小さくなるのが想定されますが、この増幅特性を定量的に評価した事例はほとんどありません。そこで本検討では、山岳トンネル内で実施した地震観測記録から、設計用サイト増幅特性の評価を実施しました。

その結果、図に示すように、設計用サイト増幅特性は周期0.1～1.0秒で倍率1.0倍と非常に小さくなり、全国の地上部を対象として評価された増幅特性の平均値と比較しても、非常に揺れにくいことがわかりました。

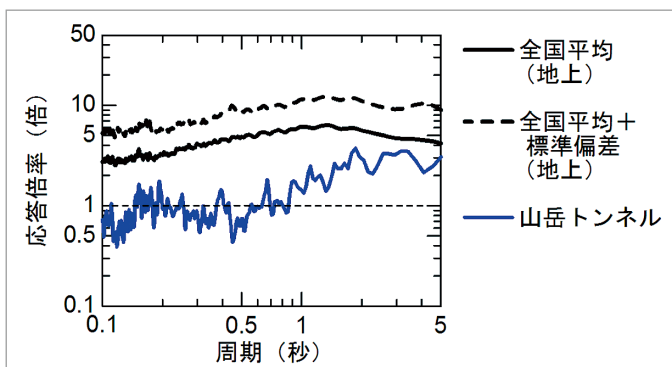


図 山岳トンネルの設計用サイト増幅特性

地表断層変位による鉄道橋りょう・高架橋への影響範囲評価法の構築

坂井公俊 田中浩平

活断層の極近傍では、地震に伴い発生する地表断層変位が鉄道構造物に大きな影響を与える可能性があり、現在の耐震設計では、地表断層変位の影響を耐震構造計画において検討しています。この時、地震規模が大きくなればなるほど、地表断層変位の影響を考慮すべき範囲が広がると考えられますが、これを適切に設定することは困難でした。そこで本検討では、各地点で想定される地表断層変位量を概略的に把握可能な手法を提案しました。

具体的には、従来の地表断層変位評価手法に堆積層の影響を考慮可能とするとともに、地震規模や断層の破壊パターン、堆積層厚さを多数変化させた地表断層変位のシ

ミュレーションを実施しました。この結果から、地表面にある変位量を生じさせる地震規模と断層最短距離の関係を整理しました(図)。これを用いることで、地点毎に想定される地表断層変位量や構造物への影響程度の大小を比較的容易に把握可能となります。

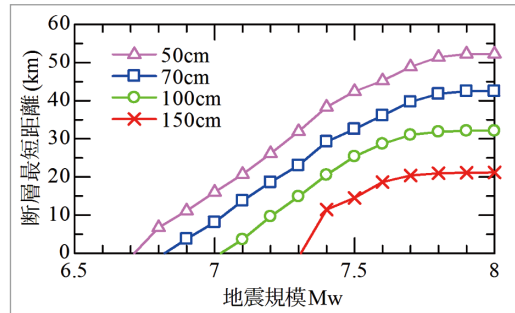


図 4 地表断層変位量の簡易判定図の例(最大値の場合)

インベントリー法による橋りょう・高架橋の被害推定法

小野寺周 和田一範 坂井公俊 室野剛隆

地震後に鉄道機能を早期復旧させるためには、路線全線のシミュレーションによって被害状況を事前に推定し、復旧対策を講じておくことが有効です。しかし、シミュレーションに用いるモデル構築には構造物ごとに詳細な情報が必要であり、全線の評価には多大な時間とコストが必要でした。

そこで本研究では、得られる情報を最大限活用して、従来よりも少ない情報から効率的に橋りょう・高架橋のモデル化・地震被害推定が可能な「インベントリー法」を開発しました。本手法によ

て、構造物の1自由度系モデルの等価固有周期 T_{eq} と降伏震度 k_{heq} を、詳細な情報を用いて算定した結果に対して1割程度の誤差で推定することができました。また、本手法を連続した構造物群にも適用し、精度を概ね維持したまま効率的に路線全線の評価が可能であることを確認しました。

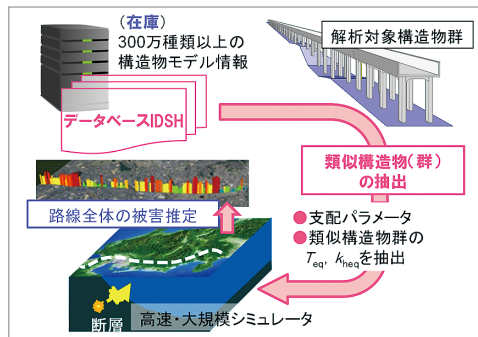


図 1 インベントリー法の概要

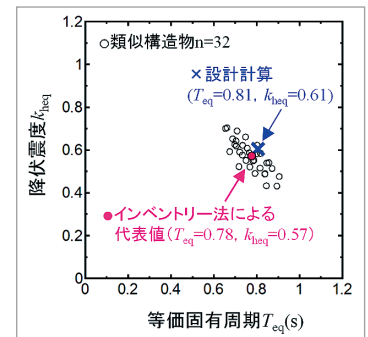


図 2 インベントリー法によるモデルパラメータ推定結果

小径杭と土のうを併用して応答低減を図る新しい直接基礎構造

土井達也 押田直之 山田聖治 室野剛隆

直接基礎構造には、上部構造物に伝わる地震加速度が頭打ちとなる効果があり、上部構造物の大断面化の抑制に寄与します。一方、地盤が軟弱な箇所では直接基礎の適用は難しく、杭基礎などにより支持力を確保するのが一般的です。しかし、杭基礎では通常、杭頭とフーチングが剛結されるため、直接基礎構造でみられる地震加速度の頭打ち効果は期待できません。また、杭頭に上部構造物の慣性力が伝達し、杭頭に必要の耐力が大きくなることによる、杭頭の過配筋が問題となっていました。

そこで、杭頭とフーチングを、土のうを介して絶縁し、直接基礎を構築する新しい構造を提案し

ました。本構造では、地震加速度の頭打ち効果、杭頭に作用する水平力の抑制による杭の小口径化、土のうの敷設による端部杭への応力集中の緩和などを期待しています。本稿では、これらの期待される効果を振動台実験および数値シミュレーションにより解明した結果について報告します。

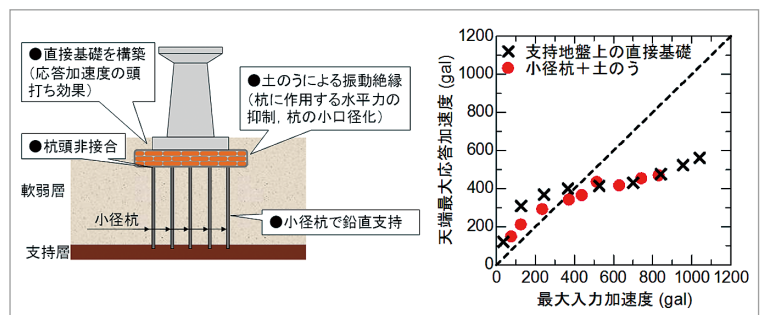


図 提案構造の概要と応答加速度の頭打ち効果

高架橋の危機耐性を向上させる自重補償構造の振動台試験

豊岡亮洋 室野剛隆 布川博一

鉄道構造物は耐震設計により安全性や復旧性を確保していますが、将来、設計想定を超える巨大地震が発生する可能性は否定できません。しかし、仮に構造物に大きな損傷が生じたとしても、構造物の完全崩壊を防止することができれば、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。そこで本研究では、高架橋を対象として、高架橋本体の柱が破壊しても別に設けた柱（自重補償柱）がスラブの鉛直荷重を受け換え、崩壊を防止する「自重補償構造」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

施し、提案する構造が有効に機能し、本震で高架橋柱が大きく破壊しても自重補償柱が崩壊を防止することを実証しました。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。

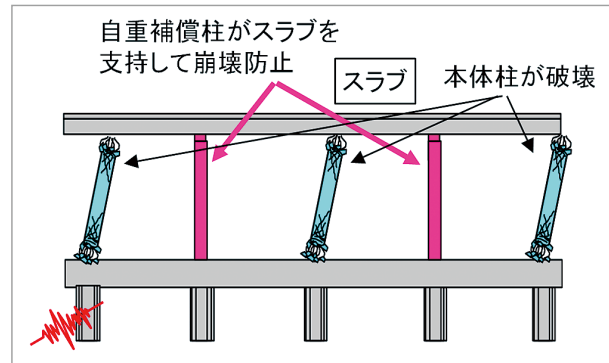


図 自重補償構造のコンセプト