

早期震央位置推定の精度を向上する地震計位置の選定方法

岩田直泰 丹羽健友 山本俊六

地震後の即時的な警報出力を目指す早期警報用地震計は、微弱なP波の情報を利用するため、地震検知点の環境が地震諸元推定の精度に影響を与えることが予想されます。しかし、地震検知点の環境の影響は定量的に明らかになっていません。本研究は、精度の高い震央位置推定に向けて、サイト特性(表層地盤の状態や雑振動の状況など)と震央位置推定誤差の統計的な関係を分析し(図参照)、地震検知点の位置選定方法を提案すると共に、その選定効果について検討しました。検討の結果、地震検知点を新たに選定する場合には、まず表層の地盤が固い地点であり、その上で雑振動の小さい地点を選定することが適切であることが明らかとなりました。

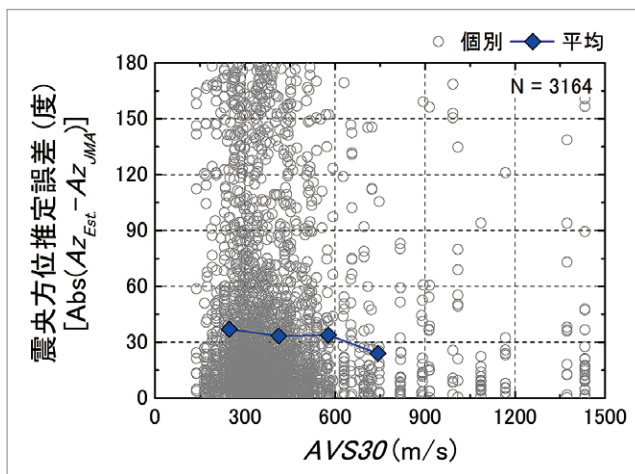


図 表層地盤特性 (AVS30) と震央方位推定誤差の関係

S波/P波の振幅比を利用したP波規定値超過検出手法

津野靖士 宮腰寛之

新幹線では、鉄道沿線や海岸線などに警報用地震計が配置されており、地震警報として規定値超過とP波から地震諸元を推定する手法が使われています。このうち、現行の規定値超過による地震警報は、主としてS波の主要動部分で警報を出力しているため、走行列車を停止するための余裕時間を十分に確保することができない場合があります。そこで、本研究では、観測点のサイト特性を考慮できるP波規定値超過検出手法を新たに考案し、鉄道地震検知点で取得された地震データとの検証を通じて、本手法の有効性を実証的に検討しました。図に示すように、スペクトルでは観測と予測結果は広帯域の周波数において整合し、最大振幅においても本手法から対数標準偏差0.2程度のばらつき

きでS波の最大加速度を予測できることがわかります。本手法は、観測点のサイト特性を考慮することにより、高い予測精度で警報を出力することを実現可能にしました。

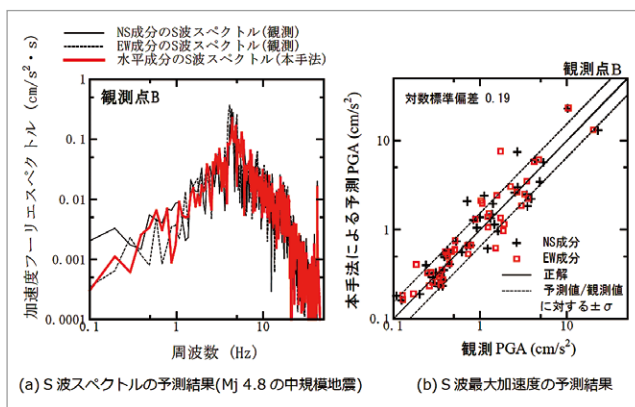


図 P波規定値超過検出手法の予測精度

不整形地盤箇所における設計地震動の簡易評価法の提案

田中浩平 坂井公俊

鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震標準では地盤の不整形性の影響を簡易に考慮した地震動を算定する方法が示されています(従来法)。この手法を用いることで2次元有限要素法による地盤の動的解析が不要となる一方で、静的解析に基づく耐震設計を行う場合には、構造物の非線形応答値解析を実施し、所要降伏震度スペクトルを別途作成する必要があります。そこでより実務的な手法として、不整形性の影響を考慮して、耐震標準に示される標準L2地震動の所要降伏震度スペクトルを直接補正する手法を提案しました(図)。また、従来法の地盤条件として考慮していなかった堆積層厚や地盤非線形条件が不整形性による

地震増幅に与える影響を把握し、従来法に導入するための手法を提案しました。

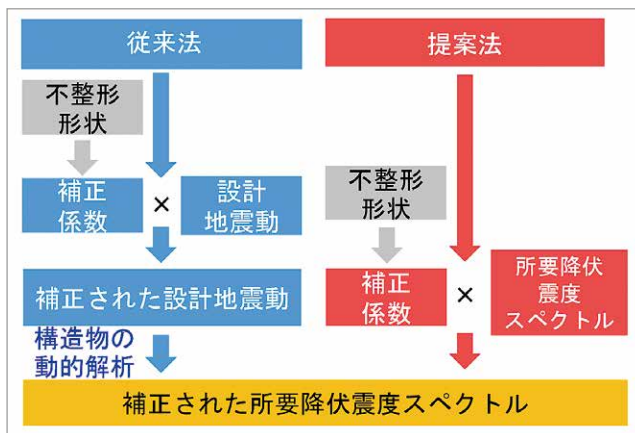


図 従来法と提案法の補正フロー比較

逐次非線形解析に基づく基盤入力地震動の推定手法

坂井公俊

大規模地震発生後の被害原因究明や設計地震動の評価を行う場合には、震源近傍で得られた地表観測記録を用いて基盤位置の地震動への引き戻し計算を行う必要があります。この時には、表層地盤の非線形挙動の影響を取り除く必要がありますが、非線形挙動の影響が大きな場合には従来から用いられている周波数領域の解析手法では精度が不十分でした。

そこで本検討では、時間領域の解析手法によって基盤入力地震動を高精度に推定する手法を提案しました。提案手法では、地盤の非線形化に伴う周期特性の変化や、推定される地震動に物理的に意味のない短周期パルスが発生することを回避する工夫を行うとともに、地盤の等価1自由度

モデルを併用することで、収束性の向上と計算の高速化を実現しています。また、模擬地盤に対して提案手法を適用することで、手法の有効性を確認しました(図)。

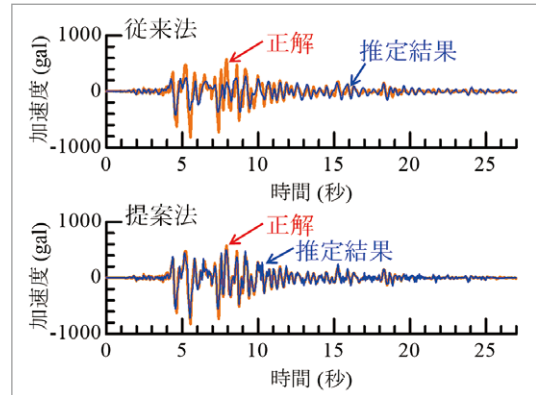


図 提案法による基盤入力地震動の推定結果

地震動レベルに応じた応答値算定のための地盤ばね設定手法の提案

伊藤公二 坂井公俊 佐名川太亮 豊岡亮洋 室野剛隆

中小規模地震に対して効率的な初動体制の構築や、早期の運転再開を実現するには、中小規模の地震に対しても構造物の損傷を高精度で評価する必要があります。本検討では、地盤ばねのモデル化方法の違いが中小規模地震の構造物挙動に与える影響を把握するための検討を行いました。

具体的には、設計で用いられる地盤ばねと、より幅広いひずみ領域で試験結果を再現可能なROモデル地盤ばねを用いた杭基礎橋脚の応答変位を算出しました。両モデルを用いた構造物応答の比較(図)より、L2地震動レベルでは両モデルの応答が同等になる一方で、例えば200gal程度の地震動に対しては、設計モデルの方が応答を多少安全側に評価することを確認しました。また、設計ばねの初期剛

性を大きくすることで、両モデルの差は小さくなり、中小規模地震を対象とした場合に地震時挙動を適切に評価できることを確認しました。

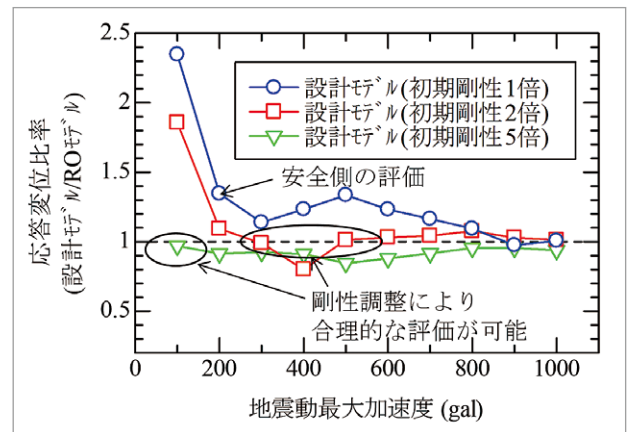


図 地震動最大加速度と応答変位比率の関係

損傷過程を追跡可能な盛土の耐震性能評価手法

土井達也 伊吹竜一 井澤淳 小島謙一 鈴木聡

現行の鉄道設計標準では、盛土の地震時沈下量を円弧すべり破壊を前提としたニューマーク法で評価しますが、近年、実際の被災状況を必ずしも正確に再現できていない問題が顕在化しています。

本研究では、まず盛土の地震時損傷過程を把握するための遠心振動台実験を行い、急勾配盛土ではのり尻から発生するせん断ひずみが徐々に内部に進展してすべり破壊に至ること(図)、標準勾配盛土では揺すり込み沈下が卓越し、すべり破壊に至らないことを詳細な画像解析から確認しました。次に、盛土の損傷レベルをのり尻のせん断ひずみで規定する手法を提案するとともに、実験でみら

れた損傷過程を再現可能な弾塑性有限要素法モデルとパラメータ設定法を提案しました。最後に、上記知見を用いた性能評価手法を提案しました。本手法により、盛土の安全性の照査が可能となるとともに、ニューマーク法と比べ、より実際の被災状況と整合した耐震性能評価が実現できます。

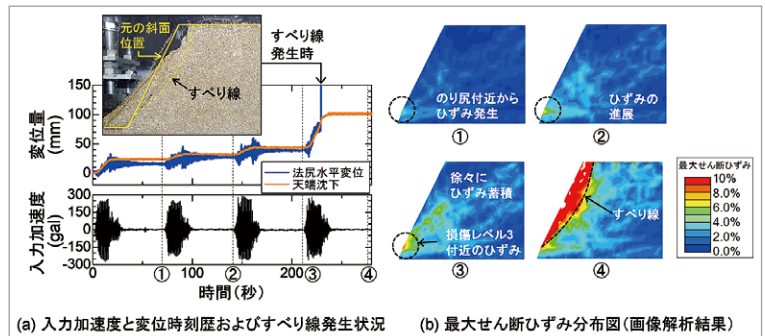


図 急勾配盛土がすべり破壊に至るまでの損傷過程

グラウンドアンカーの抵抗・破壊メカニズムを反映した地震時変位量評価法

中島進 浅野翔也 成田浩明

斜面の安定化のために施工するグラウンドアンカーの従来設計では、円弧すべり安定解析により不足抵抗力を求めます。しかし、大地震時に不足抵抗力を確保するためには、膨大な量のグラウンドアンカーを打設することが必要となります。これに対して、グラウンドアンカーで補強された斜面が不安定化から破壊に至る過程を解明し、斜面の変形やアンカーの損傷などを許容範囲内に抑えることで、効率的な補強が可能となります。そこで、グラウンドアンカーの抵抗・破壊メカニズムを解明し、アンカー補強斜面の地震時残留変

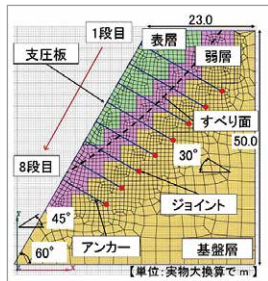


図1 提案手法における解析モデル

位量評価法を提案しました。提案手法では、アンカー抵抗力の段階的な発現や喪失の影響をFEMで評価したうえで、Newmark法により斜面の残留変位量を評価可能です。模型実験の検証解析の結果、提案手法による計算値は、通常のNewmark法では評価できないアンカーの抵抗特性を反映し、実測値と比較的良好に整合することを確認しました。

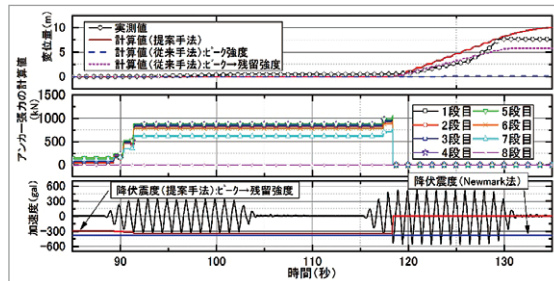


図2 提案手法の適用結果

変位センサーによる支承部の地震後損傷推定手法の開発

小野寺周 吉田善紀 豊岡亮洋 林吾介 高橋宏寿

地震が発生して列車が停止した場合、運転再開をするためには目視点検によって設備に異常がないことを確認しなければなりません。しかしながら、橋りょう支承部のような高所・狭あい目視困難な箇所の点検には多大な労力や時間が必要となります。

そこで、支承部の迅速な地震後点検を支援するために、センシング技術を活用した地震後損傷推定手法を開発しました。まず、ラーメン高架橋におけるパッド型ゴム支承の抜け出しと鋼橋における鋼製線支承のサイドブロック破断の2つの変状を対象として、既往の地震被害事例や数値解析により、詳細にモニタリングすべき損傷状態を提案しました。そして、これらの変状を検知して無線通信によって

遠隔から状態把握が可能なセンサーシステムを開発しました。センサーの性能検証試験を実施し、1年間にわたり安定的に計測・通信が可能であることを確認しました。

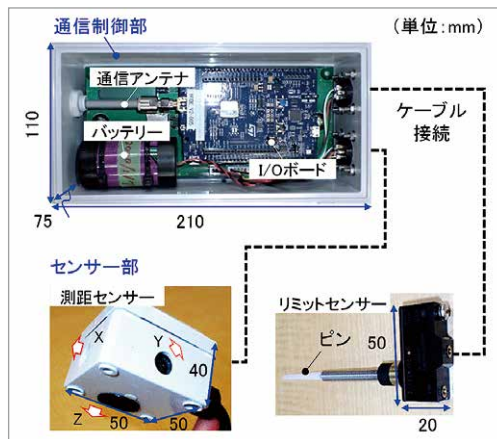


図 開発した変位センサー