

地中構造物の地震時損傷確率評価に関する一検討



A Study on the Seismic Failure Probability Evaluation for the Underground Structure

浦野和彦 Kazuhiko URANO *1・西村 毅 Tsuyoshi NISHIMURA *1・吉田郁政 Ikumasa YOSHIDA *2

研究の目的

地中構造物についても大規模地震を想定した地盤改良による耐震補強が東日本大震災以降行われている。筆者らも補強効果の検討等を行っているが、高圧噴射工法により造成される固化改良体には品質の大きなばらつきが存在し、そのばらつきが補強効果に与える影響について把握することは重要である。しかし、地中構造物を対象とした地震時損傷確率評価では、地盤-構造物連成の2次元FEMモデルを用いた従来のモンテカルロシミュレーション（以下「MCS」という）による方法が必要となるが、これには膨大な計算ケース、計算時間を要することもあり、設計業務への適用が難しい状況である。本報では、最小限のMCSを用いた簡易的な損傷確率評価法を提案し、耐震補強を想定したボックスカルバートを対象に地震時損傷確率評価を実施した。評価結果に基づき簡易法と従来法の比較や簡易法の適用性に関する検討を行った。

研究の概要

地盤改良による耐震補強を想定した鉄筋コンクリート製の単ボックスの共同溝を対象に、従来のMCSによる方法と安全率が1.0となる加速度レベルのみのMCSを用いる簡易法（以下「簡易MCS」という）による損傷確率曲線（フラジリティ曲線）および年損傷確率(Pf)の比較を行い、提案した簡易MCSの妥当性を検証する。

本検討では地盤材料（沖積砂質土(As)、固化改良体のせん断波速度）および構造材料（コンクリートおよび鉄筋の強度）の4項目についてばらつきを考慮し、図-1に示す2次元FEMモデルによる非線形動的解析を実施した。ここで、ばらつきは対数正規分布に従うと仮定し、ラテンハイパーキューブサンプリング法（LHS法）により、図-2に示す100ケースの解析ケースを設定した。

地震時損傷確率評価における損傷指標は、対象構造物が曲げ破壊先行型であるため、構造物の頂底版間の層間変形角（限界値：1%）とし、フラジリティ曲線を作成した。また、想定したハザード曲線とフラジリティ曲線を用いて年損傷確率(Pf)の算定・比較を行った。

結論

今回提案した簡易MCSと従来法(MCS)の比較より得られた知見を以下に示す。

- ① 図-3に示すフラジリティ曲線の比較において、無補強時および補強時ともに従来法と良い一致を示しており、簡易MCSの妥当性が確認された。
- ② 年損傷確率(Pf)の比較において、無補強時、補強時ともに従来法との差は4%以下と良い一致を示しており、簡易MCS法の妥当性が確認された。

以上のように、今回の検討では提案した簡易MCSを用いることにより、従来法の約1/10の計算ケース、計算時間で従来法と同等の計算結果を得ることができた。

また、無補強時と補強時の比較から、地盤改良による地中構造物の耐震補強は高い補強効果を有していることを再確認することができた。

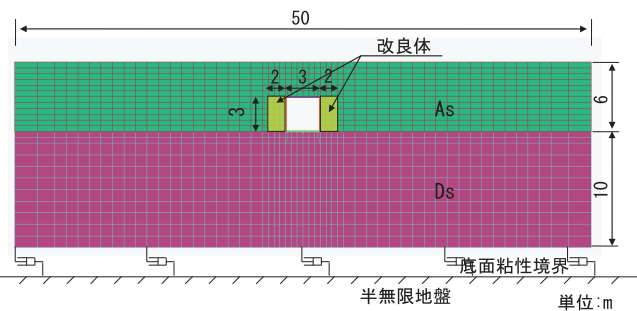


図-1 2次元動的FEMモデル

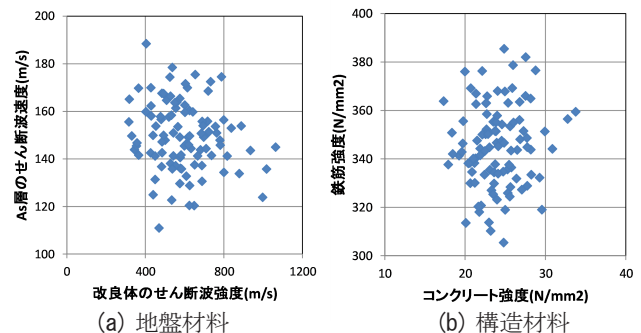


図-2 解析ケース（材料のばらつき）

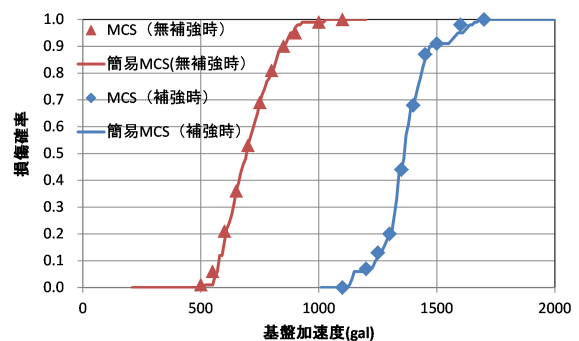


図-3 フラジリティ曲線の比較