

## 1) 科学研究費助成事業

### 1) - 1 微動探査と地質情報に基づく多次元液状化リスク簡易評価法の開発【安全・安心】

#### A Practical Method of Multi-dimensional Risk Evaluation for Soil Liquefaction Based on Microtremor Survey and Geological Information

(研究開発期間 平成 26～28 年度)

構造研究グループ  
Dept. of Structural Engineering

新井 洋  
ARAI Hiroshi

A practical method estimating both acceleration response characteristics and lateral displacement of liquefied ground is proposed for aseismic design of buildings with pile foundations, which mainly consists of the one-dimensional equivalent-linear dynamic response analysis with the shear modulus ratio inferred by the adjusted N-value from the standard penetration test. The accuracy and reliability of the proposed method are revealed through the strong motion simulations using the geological information and S-wave velocity profiles estimated from microtremor surveys at the liquefied sites during the past earthquakes.

#### 【研究開発の目的及び経過】

将来の大地震に対する建物の耐震設計において、液状化地盤の地震応答を広範囲にわたって簡便に評価できる手法の開発が切望されており、解決すべき喫緊の課題と考えられる。

本研究開発では、液状化層の S 波速度（せん断剛性）低下率を明らかにし、既存のボーリング資料等に微動 1 点観測を追加することで、液状化地盤の水平変位と建物への地震荷重（地表面地震動の加速度応答スペクトル）を簡便な地震応答解析（1 次元等価線形解析）から評価する方法を構築し、その有効性と適用限界を種々の地盤構造を有する複数の液状化・非液状化地点の地盤応答の数値シミュレーションから検証し、さらに広範囲にわたる多次元的な液状化リスク評価への応用の可能性を検討することを目的とする。

#### 【研究開発の内容】

上記の目的を達成するため、具体的には、以下の検討を行う。

- (1) 液状化層の S 波速度（せん断剛性）低下率を適切に推定する方法の導出
- (2) 微動 1 点観測から地盤の S 波速度構造を推定する手法の適用限界の明確化
- (3) (1)-(2)の結果を反映した液状化地盤の水平変位と建物への地震荷重（地表面地震動の加速度応答スペクトル）の簡易評価法の構築および有効性・適用限界の検討
- (4) (3)で構築した簡易液状化解析法の多次元的な液状化リスク評価への応用の可能性の検討

#### 【研究開発の結果】

- (1) 液状化層の S 波速度（せん断剛性）低下率を適切に推定する方法の導出

近年の大地震で液状化した地点のうち、地盤データと強震記録が公開されている国内 3 地点を対象に、地盤変形と地表の加速度応答スペクトルの同時逆解析を行い、液状化層のせん断剛性比の値を推定した（図 1）。また、図 1 から、(3)の検討で用いる液状化地盤の簡易地震応答解析における液状化層のせん断剛性比  $r_G$  の設定方法として、次式を提案した。

$$r_G = N_a / 1000$$

ここに、 $N_a$  は液状化層の補正 N 値である。

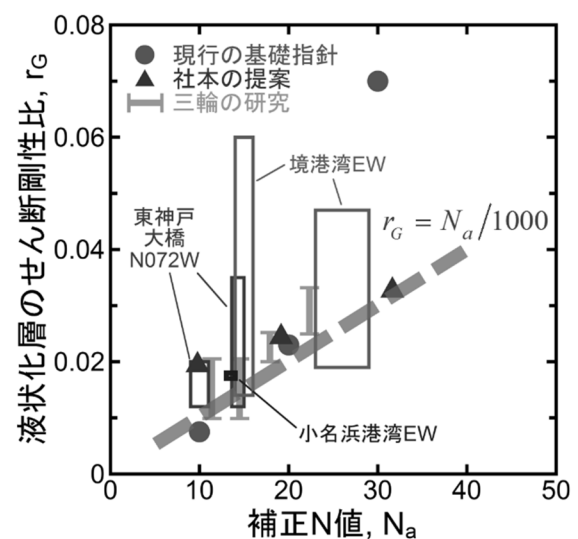


図 1 液状化層の推定せん断剛性比と補正 N 値の関係

(2) 微動 1 点観測から地盤の S 波速度構造を推定する手法の適用限界の明確化

地盤構造が既知の複数地点において微動の 3 成分 1 点観測を行い、下記の条件を満足する場合は、上記の推定手法を適用できることを示した。

- ・地盤が概ね水平成層構造であること。
- ・基盤層と堆積層の S 波速度コントラストが明瞭（概ね 3 程度以上）で、また、微動の水平/上下 (H/V) スペクトルのピークが単一かつ明瞭であること。

図 2 は、大阪盆地の 3 次元地盤構造モデルに対する模擬微動の有限差分法 (FDM) シミュレーション結果を観測データと見なして、その H/V スペクトルの逆解析から直下の 1 次元地盤構造を推定した例である。上記の条件を満足する水平成層領域において、地盤の S 波速度構造が適切に推定されていることが確認される。

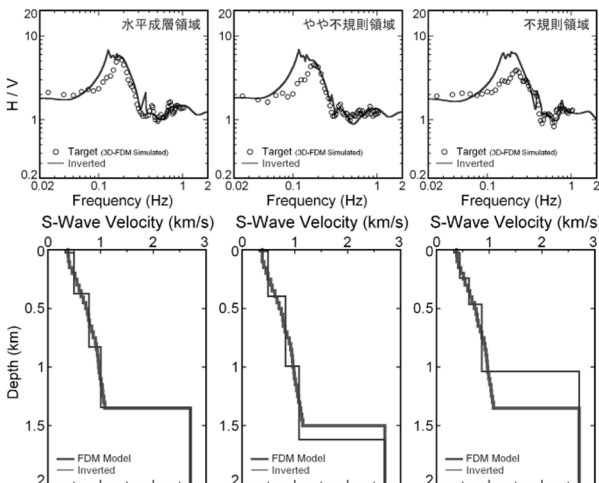


図 2 大阪盆地の模擬微動 H/V スペクトルに対する水平成層構造を仮定した逆解析の例

(3) (1)-(2)の結果を反映した液状化地盤の水平変位と建物への地震荷重（地表面地震動の加速度応答スペクトル）の簡易評価法の構築および有効性・適用限界の検討

図 3 は、1993 年釧路沖地震において顕著な液状化が確認された釧路港湾の本震記録を対象に、(1)の検討で得られた液状化層せん断剛性比の提案式と(2)の検討の微動探査法で得られた地盤 S 波速度構造に基づいて、提案する簡易液状化解析を行った結果を示している。提案法による解析結果は、観測記録に基づく地盤変位（液状化層による変位の増大を含む）と地表面の地震荷重（加速度応答スペクトル）のいずれの特徴もよく再現できており、その妥当性が確認される。

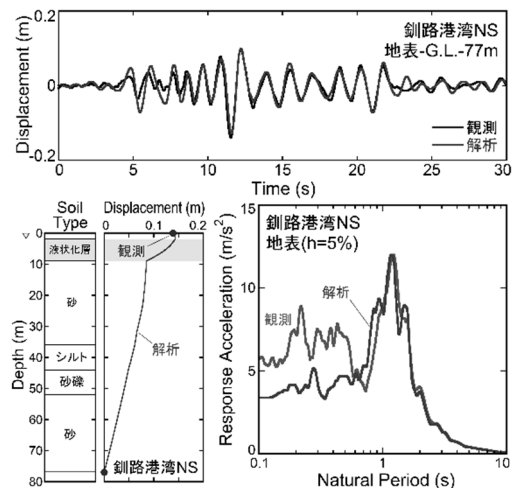


図 3 提案する簡易法による液状化地盤の強震記録の再現解析の例

(4) (3)で構築した簡易液状化解析法の多次元的な液状化リスク評価への応用の可能性の検討

大阪府域で地盤データの得られた 132 地点について、想定上町断層帯地震の模擬波に対して提案する簡易液状化解析を行い、地盤変位の大小に基づいて液状化リスク（安全率）の面的分布を評価した（図 4）。その結果、大阪湾から生駒断層帯の西側にかけての広い範囲で、液状化リスクが高い（安全率が 1 未満の）地点の多いことが確認された。

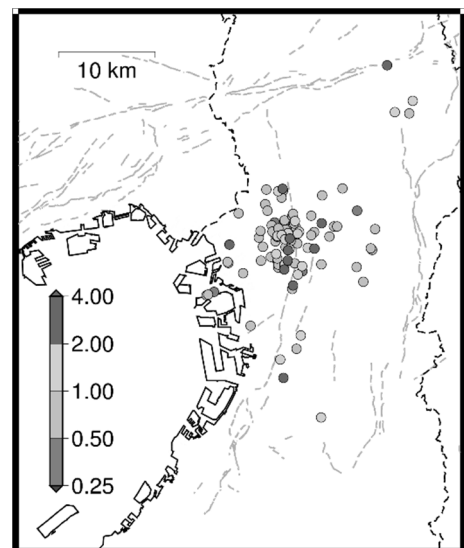


図 4 大阪府域における想定上町断層帯地震に対する液状化リスク（安全率）の面的分布の評価例

以上を総括し、簡易液状化解析法の開発と多次元的な液状化リスク評価の方法として取りまとめた。