

単一の地震計を用いた地盤損傷度判定における宅地の代表卓越周波数の決定方法

前橋工科大学 学生会員 ○相田 俵吾
前橋工科大学 正会員 森 友宏

1. 研究背景と目的

戸建住宅の付加機能として、基礎部に小型地震計を設置する事により、地震時の上屋の損傷度や、宅地地盤の傾斜を判別して居住者に通知するサービスが提供されており、将来的には液状化判別のサービス提供も期待されている。本来、地盤の液状化判定は、地震計によるアレイ観測網や、基盤と地表などの複数地点の地震動記録を用いて、判定が行われる。しかし戸建住宅の場合には、基盤部に設置された単一の地震計のみで液状化判定を行わなければならない、そこで、今回の研究では著者の既往研究により提案されている判定手法¹⁾に改善を加えたものの検討をすることにより、単一の地震計を用いた地盤損傷度の判定手法の開発を行う。

2. 提案法の手順と研究の流れ

まず、著者の既往研究¹⁾における地盤損傷度判定のための加速度記録の分析手順を示す(図1)。

- ① 事前に、加速度記録地点における複数の小地震を用いて1次卓越周波数の代表値を決定する。
- ② 地震動の加速度時刻歴の記録を得る。
- ③ 10Hzのローパスフィルターをかけ、基線補正を行う。
- ④ 加工したデータを6秒(600データ)ごとに3秒ずつで切り抜いていく。
- ⑤ 切り抜いたデータに対してFFTを行い、ランニングスペクトルを形成し、ランニングスペクトルの番号(No.1, No.2...)を与える。
- ⑥ それぞれのランニングスペクトルを同時刻帯の加速度の積分値で除算する。
- ⑦ ランニングスペクトルNo.1(初期微動部)において、前述①で定めた1次卓越周波数より低周波数部分を積分する。この時、対象の周波数成分が1次卓越周波数からどれだけ離れているかに応じて重み付けを行い、定量化する。

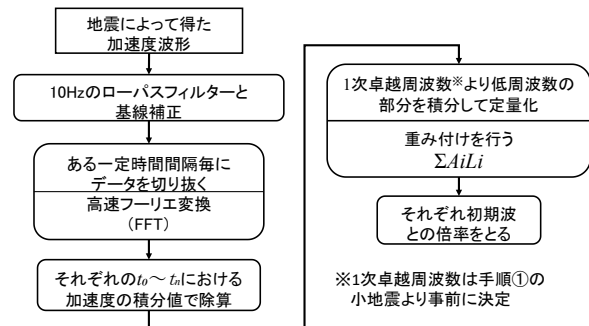


図1 単一の地震計による液状化判定フロー

⑧ 前述⑥で定量化した各スペクトルの積分値を初期波(スペクトル No.1)の積分値で除して倍率を求め、損傷度判定を行う。

この判定手法の中で重要な要素が、スペクトル No.1(初期微動部)の1次卓越周波数である。1次卓越周波数は解析を始める最初のランニングスペクトルNo.1のものを採用するが、解析を始める時刻のわずかな違いにより1次卓越周波数が異なっている事例が散見されたため、①において事前にその地点における代表卓越周波数を決めておくことにより、精度の高い解析を行うことが可能であると考えられる。

そこで本研究では、2011年東北地方太平洋沖地震と2016年熊本地震の加速度時刻歴を用いて、提案している手法を用いて解析を行う。結果を実際の被害と照らし合わせ、単一の地震のみを用いて地盤損傷度の判定を行えるかの検証を行う。

3. 提案法の解析結果と考察(東北地方太平洋沖地震)

東北地方太平洋沖地震における提案法の解析結果と解析地点における被害の有無を図2に示す。図の横軸は解析地点における(第一次または第二次)代表卓越周波数、縦軸は倍率を示す。倍率が大きくなるほど地盤が損傷している確率が高い。東北地方太平洋沖地震の解析結果と実際の被害を比べると、被害が無い地点では倍率は約1.5倍程度で収まることがわかる。一方で、液状化被害が確認される地点については非液状化

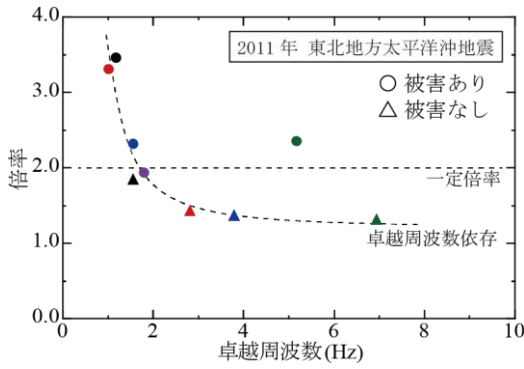


図2 倍率～卓越周波数（東北地方太平洋沖地震）

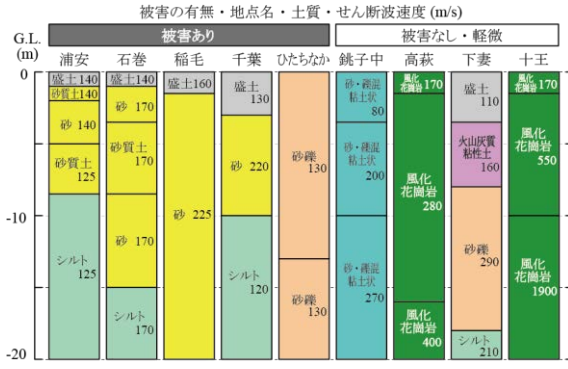


図3 各地点の土質柱状図（東北地方太平洋沖地震）

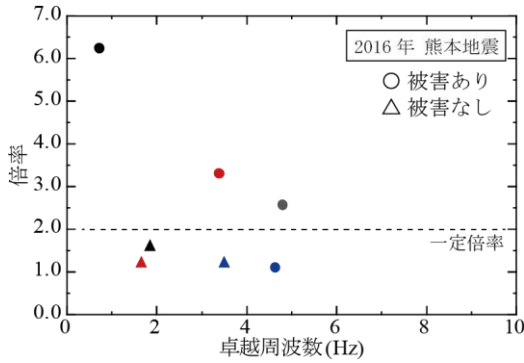


図4 倍率～卓越周波数（熊本地震）

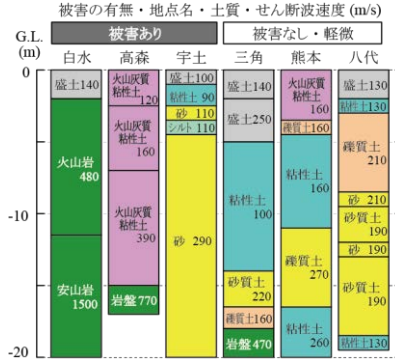


図5 各地点の土質柱状図（熊本地震）

地点よりも高い倍率を示している。また、その地点の代表卓越周波数が低周波側に位置するほど倍率が大きくなるという結果となっている。このことから、提案法により地盤損傷度を判定する手法が2つ考えられる。1つ目は倍率のみで損傷度を推定するもの。2つ目は各地点の卓越周波数に応じた倍率の閾値を設定するものである。図3には各地点の土質柱状図とせん断波速度を示している。表層に砂系の層がある地点では、実際の被害があり倍率も2倍を超えている。一方、表層が粘性土や風化岩の地点では、実際の被害も無く倍率も2倍以下である。表層の地質と実際の被害および算出倍率には関連性があることから、卓越周波数と倍率との関係性があることも予想された。しかし、表層が砂礫であるひたちなかの地点で、被害ありかつ倍率が2.3倍となっていることから、現段階では地盤の被害の有無の閾値は、前述の1つ目の倍率（2倍）のみとすることを提案する。

4. 提案法の解析結果と考察(熊本地震)

次に、熊本地震の解析結果と解析地点における被害の有無を図4に示す。熊本地震における解析結果では、倍率が6倍以上を示す白水や、液状化の被害がある地点においても約1倍程度の低倍率を示す宇土などのケースも散見された。これは熊本地震が逆横ずれ断層という特殊なケースの地震であること、地質が火山灰質

粘性土であること、そして直下型地震であるため、ランニングスペクトル No.1 の時点で地盤にダメージを与える主要動が含まれてしまう等の理由が考えられる。しかし、熊本地震により甚大な液状化の被害を受けた南阿蘇村に位置する高森は、浦安・石巻と近い倍率となった。この結果からも、地盤の損傷度は一定倍率で判断する事が妥当であると考えられる。

5. まとめ

本研究では、単一の地震計を用いた地盤損傷度の判定方法を提案し、判定を行うことが可能か検証した。2つの地震の解析結果により、損傷度の判定は解析地点の代表卓越周波数によらず、倍率が2倍を超えたものを損傷ありと判断するべきであるという考えに至った。また、現状の提案法は海溝型地震においてはある程度の精度で判定を行えるが、直下型地震については今後、追加の検討が必要であると考えられる。

謝辞：本研究は、ミサワホームによる「小規模構造物における基礎地盤の安定化手法に関する研究」の支援を受けました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

1) 相田俵吾, 森友宏, 単一の地震計を用いた地盤の液状化判定手法の開発, 第48回土木学会関東支部技術研究発表会, Web/DVD-ROM III-16, 2021.