

地表面加速度記録を用いた液状化検知手法の解析

金沢大学大学院 ○野津 智
金沢大学工学部 正会員 宮島 昌克
金沢大学工学部 正会員 北浦 勝

1. 本研究の目的

筆者らは以前より強震記録を用いた液状化検知手法について提案してきた¹⁾。本研究では有限要素法を用いて液状化地盤の 2 次元有効応力解析を行い、得られた加速度記録に本検知手法を適用し、本検知指標の信頼性を考察した。

2. 非線形モデルと地盤モデル

本解析ではプログラムの非線形モデルとして Hardin-Drnevich 型モデルを用いた。

地盤モデルは、1995 年兵庫県南部地震においてほぼ全島が液状化したとされるポートアイランドを模擬して作成した。横方向 4 要素、縦方向 20 要素の計 80 要素の地盤であり、土質定数は PS 検層結果²⁾などを参考にして決定した。この他の定数として、ポアソン比 ν は弾性論より V_s 、 V_p の値を用いて算定した。また、規準ひずみを 0.048% とした³⁾。

3. 入力地震動

本研究では入力地震動として 1989 年伊豆大島近海地震における寒川（西松建設）の地下 40m の地点で得られたものを用いた。解析時間は 40 秒間であり、サンプリング周波数は 100Hz である。

実際のポートアイランド観測点でも鉛直アレー観測されているが、その加速度記録はここでは用いなかった。その理由は、本解析において過剰間隙水圧モデルに Martin-Finn-Seed モデル⁴⁾を用いているからである。このモデルは過剰間隙水圧の増分を 1 サイクルにおける体積ひずみの関数として表している。ポートアイランドの地震波は体積ひずみが一方向に大きく偏り、サイクルの数が少なくなる傾向があるためこのモデルでは過剰間隙水圧が上昇しにくいことが報告されており⁵⁾、液状化の発生に注目している本研究の目的に合わないと思われるためである。

4. 液状化発生に関する考察

入力地震波の最大加速度を徐々に大きくしていくことにより、入力最大加速度 約 150gal のときに、地表面最大加速度が約 360gal となり、埋め立て土層の 1 部が完全液状化することがわかった。実際のポートアイランドにおける観測結果では地表面の最大応答加速度が 341gal でありほぼ等しいが、ポートアイランドにおける強震計が設置されていた地点は、振動締め固め工法が施されており表層付近では噴砂跡などが確認されていない²⁾。この原因としては、上述のように用いた入力地震波の違いによるものが大きいと思われる。

5. 上下／水平比に関する考察

液状化地盤においては、加速度の水平方向振幅が減衰することが知られている。一方、上下方向振幅は液状化の有無にほとんど影響しない。そこで、地表面における上下方向最大応答加速度と水平方向最大応答加速度を 0.2 秒間隔で計算し、その比を上下／水平比と定義した¹⁾。上下／水平比は水平方向加速度が最大値を記録するまでは、液状化の有無に関係なく大きくなる。これは上下方向加速度が大きい P 波の影響であると思われる。したがって、水平方向最大加速度を記録した時刻よりも後の上下／水平比に注目し、そのうち一番大きな値を最大上下／水平比とした¹⁾。

解析によって得られた地表面水平方向応答加速度の 1 例を図 1 に示す。この加速度を用いた上下／水平比の計算結果が図 2 である。入力地震波の最大加速度を 15gal 程度づつ大きくして、最大上下／水平比と埋め立て土層の最大過剰間隙水圧比の関係を表したものを図 3 に示す。この結果より、地盤が完全液状化に達すると最大上下／水平比が大きくなることが分かる。また、最大上下／水平比が大きくなるのは地盤が

完全液状化に至った場合のみであるということが分かる。このことは後に述べる卓越振動数の時間変化の特徴と大きく違うものであり、本研究においても液状化地盤と最大上下／水平比の大きさには相関が高いことがわかった。

6. 卓越振動数の時間変化について

ある時刻 t を中心とした 5.0 秒間における応答加速度のフーリエスペクトルを求め、その最大値を示す振動数を時刻 t における卓越振動数とし、その 0.5 秒ごとの時間変化を求めたものを卓越振動数の時間変化とした¹⁾。図 1 の加速度記録を用いた卓越振動数の時間変化と地中の過剰間隙水圧比の時間変化を図 4、5 にそれぞれ示す。図 4 には参考のために入力加速度の卓越振動数の時間変化も併せて示した。10 秒付近での卓越振動数の急激な変化は、応答加速度が小さいため卓越振動数が変化しやすいことが影響していると思われる。一方、過剰間隙水圧が急激な上昇を始めた 17 秒付近から、徐々に卓越振動数が低下していることがわかる。実際の強震記録を用いた解析結果ではこの卓越振動数の低下がより顕著である⁵⁾。本研究において用いた地盤モデルの固有振動数は 4 分の 1 波長法を用いて算定すると約 0.73Hz であり、非常に低い固有振動数であることが分かる。したがって、固有振動数がより高い地盤では液状化発生前は高い固有振動数成分が卓越するため、液状化が発生した後、卓越振動数の落下はより急激になると推測され、実際の強震記録を用いた解析結果と同様の傾向が見られると考えられる。

参考文献

- 1) Miyajima, M., Kitaura, M. and Nozu, S. : Detective Method of Liquefaction Using Strong Ground Motion Records, Proc. of Third China-Japan-US Trilateral Symposium on Lifeline Earthquake Engineering, pp.133-140, 1998.
- 2) 兵庫県南部地震による埋立地地盤変状調査 (ポートアイランド、六甲アイランド) 報告書, 神戸市開発局, pp.27-38, 1996.
- 3) 吉田望: 1995 年兵庫県南部地震におけるポートアイランドの地震応答解析, 土と基礎, Vol.43, No.10, pp.49-54, 1995.
- 4) Martin, G.R., Finn, W.D. and Seed, H.B. : Fundamentals of Liquefaction under Cyclic Loading, J. GED, ASCE, Vol.101, GT5, pp.423-438, 1975.
- 5) 宮島昌克・野津智・北浦勝: Wildlife アレー観測記録を用いた液状化検知法の検証, 第 17 回日本自然災害学会学術講演会講演概要集, pp.45-46, 1998.

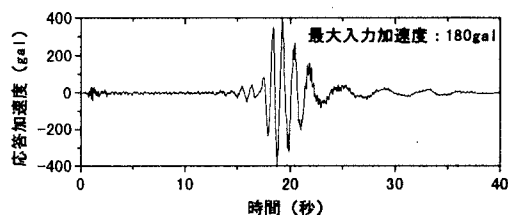


図 1 有効応力解析による地表面応答加速度

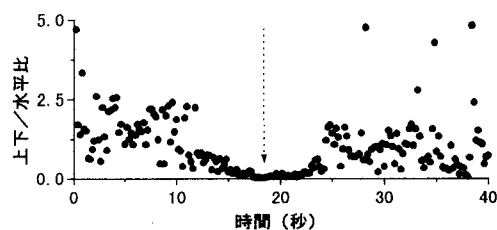


図 2 図 1 の応答加速度を用いた上下／水平比

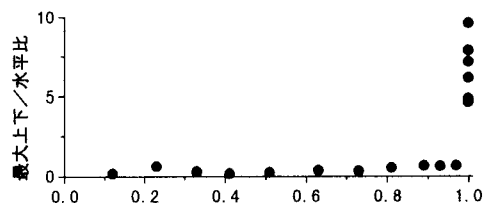


図 3 最大上下／水平比と

埋め立て土層の最大過剰間隙水圧比の関係

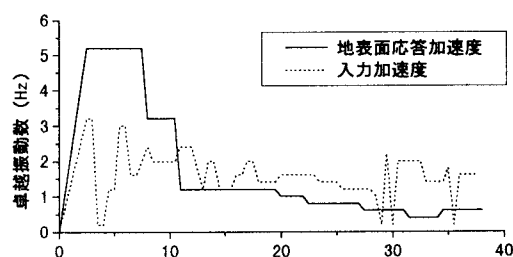


図 4 卓越振動数の時間変化

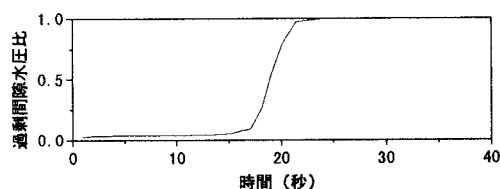


図 5 過剰間隙水圧比の時間変化