

(Ⅲ-86) 液状化地盤における加速度応答スペクトルに関する検討

独立行政法人土木研究所 正会員 谷本 俊輔
正会員 田村 敬一
正会員 小林 寛

1. はじめに

同一の基盤地震動を入力した場合、液状化が生じた地盤では液状化が生じない地盤と比較して一般には地表面における加速度が減少すると考えられる。一方、液状化にともない地盤の振動が長周期化することにより、長周期領域における構造物の応答加速度は増幅することも考えられる。このように、液状化地盤における構造物の応答特性は複雑でまだ十分に解明されているとはいえない。

このような背景から、本研究では、液状化時の地震動特性および構造物の応答特性の定量的な把握を目的として、種々の液状化地盤を対象とした有効応力解析を行うことにより、液状化を考慮した地表面における加速度応答スペクトルの算出方法を提案した。この解析結果と別途行った等価線形化解析結果との比較を行い、液状化時の加速度応答スペクトルについて検討を行った。

2. 地震応答解析の概要

地盤種別、地盤の特性値 T_0 、液状化指数 P_L 等の地盤条件を種々変更した液状化地盤モデルを設定し、地盤モデルの基盤面に対して基盤入力地震波形を入力し地震応答解析を行った。地盤モデルの構成は実際に存在するものを想定し、表層地盤厚を10mから50mの間で変化させ、平均N値7の液状化砂質土層、平均N値30の非液状化砂質土層および平均N値8の粘性土層を組み合わせることとした。また、基盤面としては $V_s=300\text{m/s}$ の土層を想定した。その結果、道路橋示方書¹⁾のⅡ種地盤相当のもの8ケース、Ⅲ種地盤相当のもの10ケースの計18ケースの地盤モデルを設定した。

上記地盤モデルの基盤面に対し、図-1に示す東神戸大橋基盤入射波形を基盤入力地震動として入力した。なお、東神戸大橋基盤入射波形は兵庫県南部地震による東神戸大橋でのGL-35.0mにおける観測波形をGL-68.5mの基盤面まで等価線形化法を用いて引き戻し、その位置を解放基盤面と仮定して算出した波形である。

本研究では、液状化を考慮した解析を行うことを目的とすることから、過剰間隙水圧の上昇、消散など有効応力の変化が考慮できる有効応力解析法を用いた。有効応力解析のコードとしては、物性値の設定や解の安定性を考慮してFLIP²⁾を用いた。

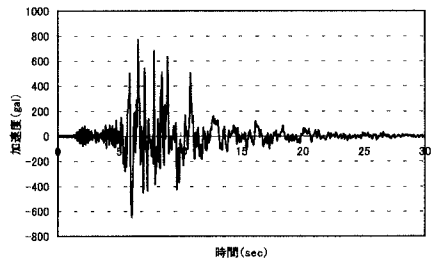


図-1 東神戸大橋基盤入射波形

3. 液状化を考慮した加速度応答スペクトル

液状化を考慮した加速度応答スペクトルの算出方法を図-2に示す。2.で実施した有効応力解析より得られた地表面の加速度時刻歴から、任意の固有周期を有する1質点系の応答加速度時刻歴を算出する。ここで、減衰定数は0.05とした。有効応力解析から得られた液状化層の最上部における過剰間隙水圧比の時刻歴について過剰間隙水圧比が0.9以上に達した時刻 t_1 を液状化が生じた時刻とみなし、 t_1 以降における質点の応答加速度の最大値を加速度応答スペクトルと定義した。この手法を用いることにより、液状化前後の応答波形の連続性を考慮することが可能になり、液状化が生じる前の地盤の振動の影響を含めた液状化後の加速度応答スペクトルを算出することができる。

キーワード : 液状化、有効応力解析、加速度応答スペクトル

連絡先 : 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6, TEL 0298-79-6771, FAX 0298-79-6735

次に、液状化を考慮した場合の加速度応答スペクトルと比較することを目的に、液状化が生じないと仮定した場合の加速度応答スペクトルの算出例を図-3に示す。ここで、図-3は図-2の例と同一の地盤モデルに対して等価線形解析を用いて算出したものである。等価線形解析は間隙水圧の上昇、消散による有効応力の変化に関わらず応力～ひずみ関係が一定であるという仮定に基づいた地震応答解析法であることから、液状化を考慮しない解析手法とみなし、液状化を考慮した地震応答解析手法である有効応力解析法と区別した。

図-2と図-3を比較すると、有効応力解析を用いて算出した地表面加速度は等価線形解析を用いて算出した地表面加速度よりも小さくなっている。また、液状化後には液状化前よりも地表面加速度が長周期化していることが分かる。次に、固有周期 $T=1.0s$ の1質点系の応答加速度を見ると、地表面加速度の場合と同様に有効応力解析の最大値は等価線形解析の最大値の1/2程度を示しており、液状化が生じた後は応答加速度が小さくなっている。しかし、 $T=2.4s$ といった固有周期の長い質点系の応答加速度については、有効応力解析の値は液状化が生じた後に大きくなり、かつ等価線形解析の最大値よりも大きな応答加速度を示している。

全地盤モデルについて有効応力解析により算出した液状化後の応答加速度の最大値を等価線形解析により算出した応答加速度の最大値で除した値 (=加速度応答スペクトル比 R_s) の平均値 μ および標準偏差 σ を表-1に示す。ただし、18ケースの地盤モデルのうち過剰間隙水圧比が0.9に満たなかった3ケースについては μ および σ

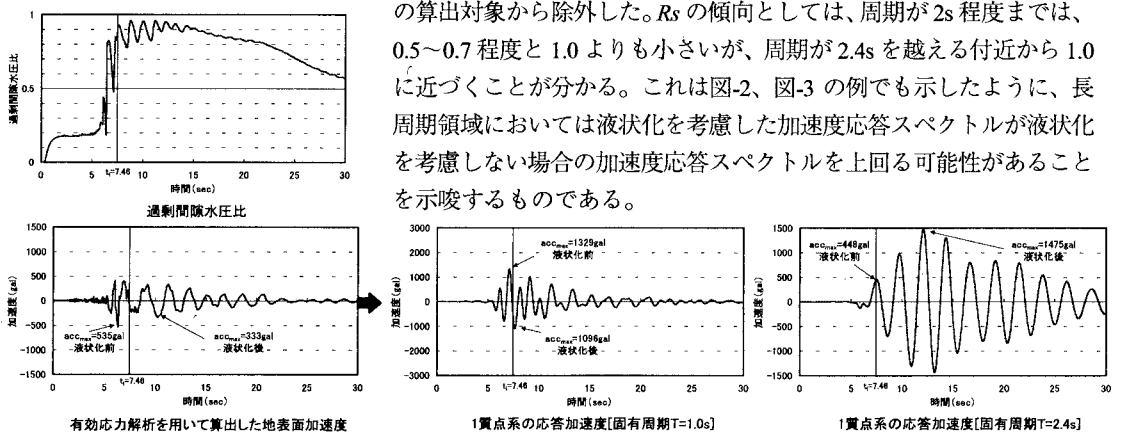


図-2 液状化を考慮した加速度応答スペクトルの算出方法の例

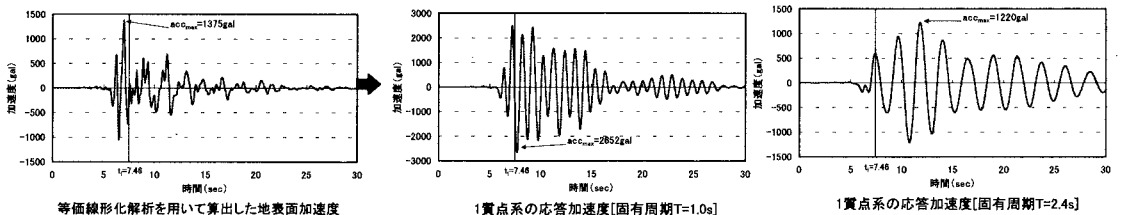


図-3 液状化を考慮しない加速度応答スペクトルの算出方法の例

5. まとめ

本研究では、有効応力解析を用いて液状化を考慮した場合における加速度応答スペクトルの算出方法の提案を行うとともに、算出結果を用いて液状化地盤における加速度応答スペクトルについて検討を行った。その結果、長周期領域においては液状化を考慮した加速度応答スペクトルが液状化を考慮しない加速度応答スペクトルを上回る可能性があることを明らかにした。

参考文献

- 1) 道路橋示方書・同解説V耐震設計編, 社団法人日本道路協会, 1996
- 2) Iai, S., Matsunaga, Y. and Kameoka, T.: Strain space plasticity model for cyclic mobility, Soils and Foundations, Vol.32, No 2, pp. 1-15, 1992

表-1 R_s の平均値 μ および標準偏差 σ

固有周期T(s)	0.7	1.0	1.2	1.6	2.0	2.4	3.0
平均値 μ	0.606	0.737	0.653	0.529	0.462	0.864	0.990
標準偏差 σ	0.405	0.383	0.331	0.181	0.179	0.439	0.399