

地盤特性を考慮した地表面応答スペクトルについて

熊本大学工学部 正員 秋吉 卓
 八代工業高等専門学校 正員 〇淵田邦彦
 熊本大学大学院 学生員 今中康貴
 八代工業高等専門学校 山下 聡

1. はじめに 都市域の臨海部など比較的軟弱な地盤においては、液状化などの地盤災害の危険性に対して何らかの地盤改良が必要となる。そのような地盤上あるいは地盤中に構築される構造物の地震応答を評価するには、液状化を含めた周辺地盤の地震応答を適切に評価することが重要といえる。都市直下で起こる地震に対して震源特性などを含めた地上構造物の応答スペクトルに関する研究も行われているが¹⁾、これまで、表層地盤の動特性、とくに液状化や地盤改良などを反映させた構造物の応答スペクトルを検討した例は少ないといえる。そこで本研究では、地盤の地震応答特性、特に液状化なども考慮した表層地盤の動特性を含めた、構造物の応答評価を目的とする。ここではまず表層地盤の液状化解析手法と応答スペクトル解析とを単純に結合することにより、地盤の動特性を考慮した地表面上の構造物の応答について検討する。

2. 解析手法の概要 表層地盤の地震応答を解析する方法として、本研究では、著者らが開発している2次元有効応力解析プログラムNUW2を用いる²⁾。この手法はBiotの2相混合体理論に基づく方程式を基礎とし、土粒子と間隙水の混相体に関する構成式として井合らによるひずみ空間における多重せん断機構モデル³⁾を用いて、逐次積分法により地震応答を求めるものである。一方、著者らは、振動締め固め工法として施工実績の高いサンドコンパクションパイル(SCP)工法の打設締め固め過程をシミュレートするプログラム「WAP3」⁴⁾を開発している。ここでは、上記の2次元液状化解析プログラム「NUW2」²⁾と「WAP3」⁴⁾を用いて、SCPによる地盤改良を行った場合も含めて表層地盤の地震応答解析を行う。得られた地表面上における応答加速度を入力と考えて、1自由度系とみなした構造物の応答スペクトルを解析する。

3. 表層地盤の地震応答解析結果 解析の対象とした地盤モデルは、図1(a), (b)に示すようなものであり、地下水位3m以下20mまでの飽和砂層の剛性の小さなものをモデル1(●印)として設定し、これを杭間2m, 加振時間100秒の条件で地盤改良を行った場合をモデル2(○印)とし、それぞれのN値の鉛直分布を図1(b)に示す。モデル1及びモデル2はそれぞれ無対策地盤及び改良地盤のモデルであり、これらを2次元の柱状モデルとして20mの深さに基盤面を設定した。これらに、兵庫県南部地震のポートアイランドでの記録の最大加速度を250galとして入力した場合の応答を解析した。図1(c)は、過剰間隙水圧比の最大値の鉛直分布を示したものである。無対策地盤であるモデル1では、過剰間隙水圧比が大きくなっており液状化が生じたものと考えられるが、地盤改良を行ったモデル2では過剰間隙水圧比が比較的低く抑えられており、全層的な液状化には至っていない。図2は地表面上における加速度応答の時刻歴及びそのフーリエスペクトルをそれぞれ(a)および(b)に図示したもので、点線がモデル1の、実線がモデル2の結果である。加速度応答は、地盤改良を行ったモデル2の場合がモデル1よりも短周期側で大きくなるのがわかる。図3は地表面上における変位応答の結果を図2と同様に図示したものである。変位応答は図2の加速度応答とは逆に、モデル2の応答がモデル1よりも大幅に低減し、地盤改良の効果は変位応答の抑制として現れることがわかる。

4. 地表面上の構造物の応答スペクトル解析結果 図2の地表面上における加速度応答の時刻歴を入力として1自由度系(減衰定数0.05)の応答スペクトルを求めたものが図4、5である。図4及び図5はそれぞれ加速度及び変位の応答スペクトルであり、点線がモデル1、実線がモデル2の結果である。両モデル地盤の初期のせん断剛性分布より平均的な卓越周期を求めるとモデル1が0.631秒、モデル2が0.391秒となり、改良後のモデル2ではモデル1よりも卓越周期が小さくなっている。図4より、構造物の固有周期0.3秒以下及び0.7~1.0秒の範囲を除いて、モデル1(無対策)の構造物の加速度応答はモデル2におけるものより大きくなっており、特に1.0秒以上の長周期帯域では応答レベルに明瞭な差が現れている。図5の変位応答についても、長周期帯域でモデル2(改良地盤)における構造物の応答がモデル1のそれよりも低下しており、地盤改良によって長周期構造物の応答が抑制される結果となっている。

5. まとめ 本研究は、表層地盤の動特性を考慮した地上構造物の応答評価を目的として、とくに地盤液状化を考慮した応答スペクトルについて、液状化解析と応答スペクトル解析とを単純に結合して検討したものであり、また振動締め固めによる地盤改良が応答スペクトルへ及ぼす影響についても検討を加えた。ここに示した解析結果より、限られた条件の範囲ではあるが、地盤改良によって地上にある長周期構造物の応答抑制効果が期待されることが明らかとなった。

参考文献 1)佐藤ほか、第1回都市直下地震災害総合シンポジウム, pp.97-98, 1996. 2) Akiyoshi, T., et al, *Soil Dynamics and Earthquake Engg.*, Vol.12, No.5, pp.299-307, 1993. 3)Iai, S. et al. *Proc. SFJSSMFE*, 4)Akiyoshi, T. et al. *Proc. 9JEES*, pp.949-954, 1994.

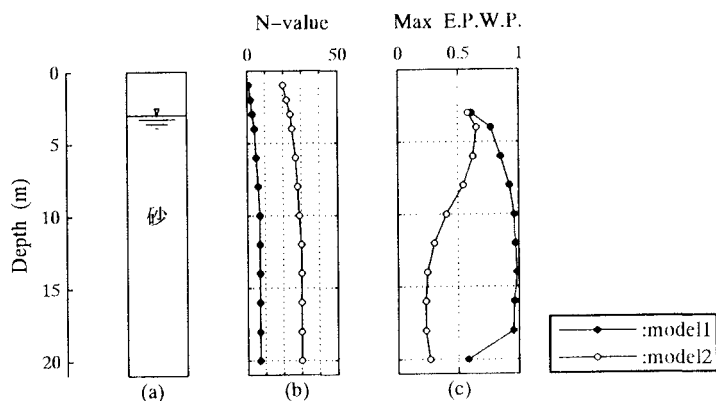


図1 地盤モデルのN値分布と最大間隙水圧比応答分布

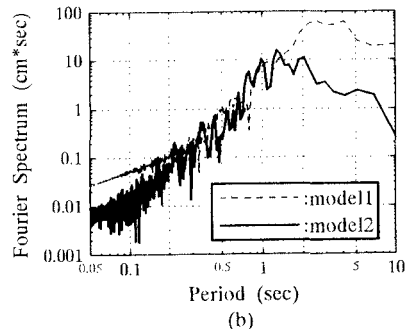
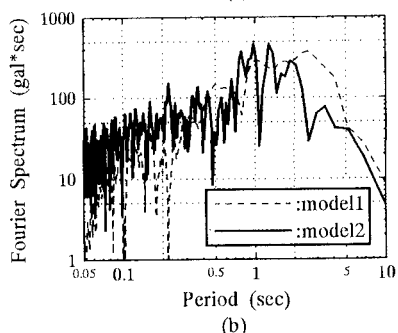
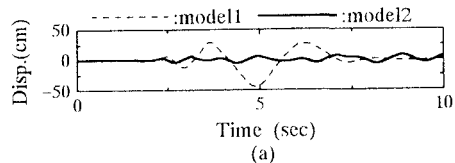
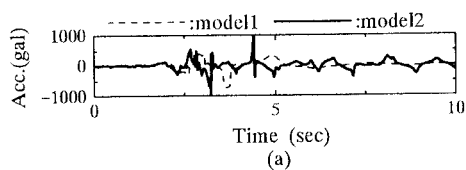


図2 地表面における加速度応答

図3 地表面における変位応答

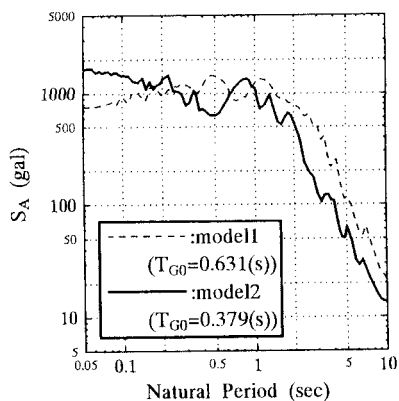


図4 加速度応答スペクトル
($h=0.05$)

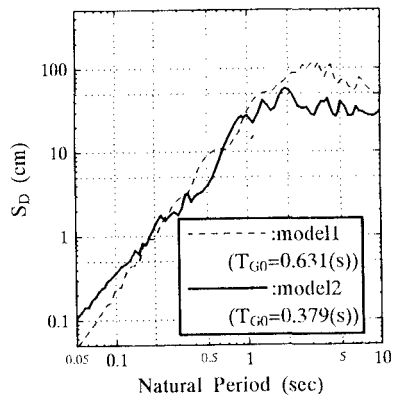


図5 変位応答スペクトル
($h=0.05$)