

応答スペクトルによる地盤—基礎—上部構造物の耐震設計法について

熊本大学工学部 正員 秋吉 卓

八代工業高等専門学校 正員 瀧田邦彦

熊本大学大学院 学生員○ 苑田貴文

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。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、特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、構造物の応答評価を行い、地盤—基礎—上部構造物の応答スペクトルを考慮した耐震設計法について考察する。

2. 解析手法の概要 水で飽和した表層地盤の地震応答を解析する手法として、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 NUW2²⁾を用いる。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」³⁾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」と「WAP3」とを用いて、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。得られた地表面における応答加速度を入力と考慮して、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。

図1に応答スペクトルの解析フローを示す。

3. 解析結果 入力地震波には兵庫県南部地震において神戸ポートアイランドで記録されたNS成分を用いた。図2は今回解析の対象としたモデル地盤であり、細粒分含有率10%の様な砂地盤であるが、締め固め加振時間(1ステージごとの)が30秒で、すでにかかなり高いN値を示している。このときNUW2により求められた過剰間隙水圧比でみた場合にも加振時間が30秒以上となると水圧比はほぼ0近くに押さえられ、液状化の可能性は全くなっている。図3は締め固め加振時間と地盤の固有周期 T_G の関係であるが $T_G=0.36$ ではSCPの打ち止まりのため T_G も頭打ちとなる。したがってこのケースでは、液状化を避ける事を考えて、 $0.36 \leq T_G \leq 0.384$ 程度の範囲で T_G 、つまり締め固め加振時間を決めることになる。図4, 5, 6はそれぞれNUW2によって得られた地表面加速度を入力として加速度応答スペクトル、速度応答スペクトル、変位応答スペクトルを求め、それを構造物の固有周期 T_s と地盤の固有周期 T_G によって、等高線を用いて図化したものである。ここで1自由度系の上部構造物を木造建物と想定すると、その固有周期 T_s は、おおむね0.4~0.7(sec)程度であるので T_s と T_G の分布範囲は図中の矩形の内部ということになる。この矩形の内部で応答スペクトルは、加速度で左上方に向かって、速度も左上方に向かって、変位は左下方に向かって降っているので、応答スペクトルの最小値はそれぞれ図中のA,B,Cとなる。いま仮に、A点、C点の平均値を基準として採用するときは、 T_s の最適値 T_s^0 は、 $T_s^0=0.4\text{sec}$ と決定できる。すなわち硬い構造の設計となる。 T_G の最適値 T_G^0 は独立に決めるがA,C点の平均として $T_G^0=(0.384+0.36)/2=0.372\text{sec}$ 、すなわち図3より、締め固め時間は、約50secとすればよいことになる。

4. まとめ 今回の解析においては、入力と地盤のモデルを用いて応答スペクトルから、上部構造物の応答を抑える固有周期の決定とSCPによる地盤改良の方法を具体的に示した。今後は現場固有の応答スペクトルの作成方法と最適基準の詰めが必要となる。

参考文献 1) 佐藤ほか、第1回都市直下地震災害シンポジウム、pp.97-98,1996. 2) Akiyoshi,T,et al, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, Vol.12, No5, pp.299-307, 1993. 3) Akiyoshi,T, et al, Proc.9JEES,pp.949-954, 1994

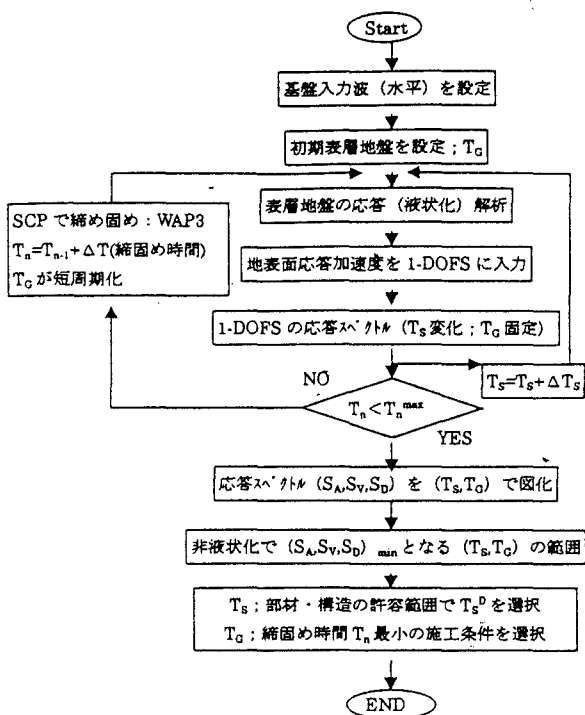


図1 応答スペクトルの解析フロー

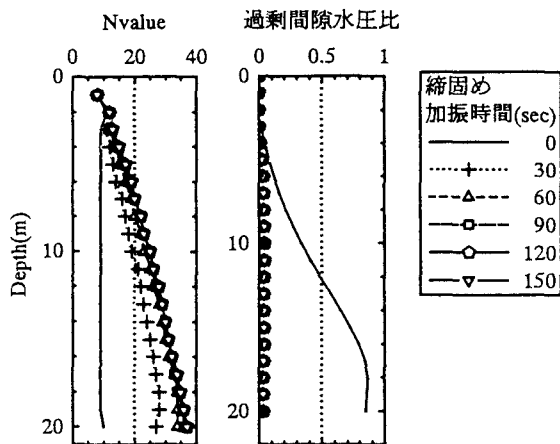


図2 締固めによるN値と過剰間隙水圧比の変化

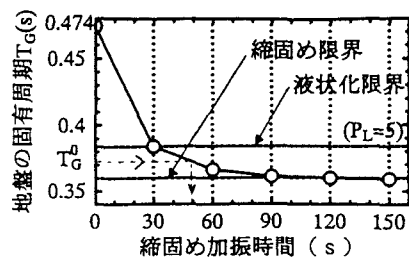


図3 地盤改良と固有周期の関係

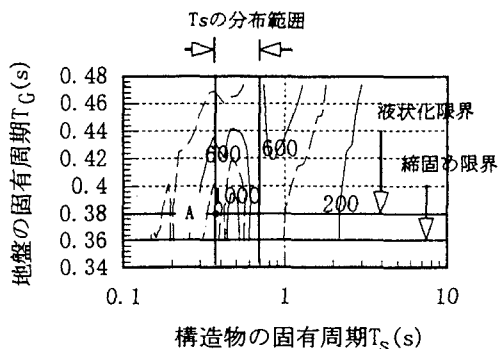


図4 加速度応答スペクトル(単位；cm/s²)

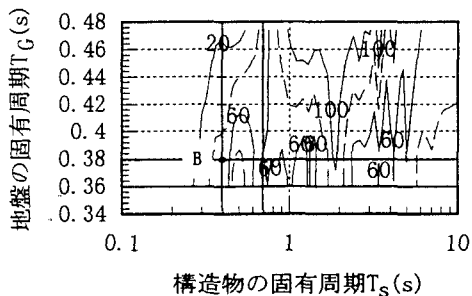


図5 速度応答スペクトル(単位；cm/s)

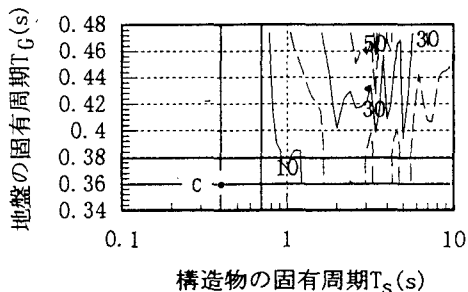


図6 変位応答スペクトル(単位；cm)