

1次元地盤モデルによる飽和中密砂の弾塑性動的応答

竹中工務店 技術研究所 正会員 ○金田一広
竹中工務店 鬼丸貞友

1. はじめに

地盤の液状化判定を行う場合、1次元モデルによる応答加速度が用いられる。これらの多くはSHAKEのような等価線形解析であることが多い。そこで、本報告では比較的中密な砂を対象とし、弾塑性構成式を用いて1次元地盤モデルによる動的解析を行い、波の周期や密度の違いが応答加速度に及ぼす影響について調べたので報告する。

2. 計算条件

図1に1次元地盤モデルの境界条件を示す。地盤高さは10mとし、上下端は排水境界、側面は繰返し境界としている。この地盤に図2に示すエンベロープのついた最大加速度1.0m/secのsin波(20波)を入力した。計算プログラムはMudian¹⁾である。表1に地盤の材料定数を示す。用いている弾塑性構成式は異方性を考慮した下負荷面修正カムクレイモデルである²⁾。地盤の間隙比を一定とし地盤の過圧密比を分布させた場合を想定した。すなわち、地表面に近いほど見かけ上過圧密比が大きくなる。

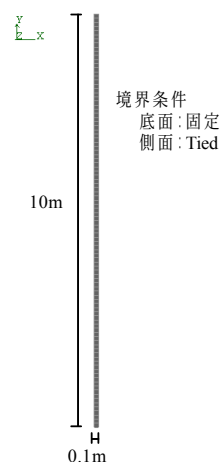


図1 地盤モデル

3. 計算結果

図2に波の周期を0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0秒とした場合のsin波入力直後の底面から3.3, 6.6, 10mの地盤の最大加速度応答と周期の関係図を示す。この図より0.6秒付近がこの地盤の固有周期に近いことが分かる。なお、透水係数を10倍、0.1倍にした場合も計算したが、最大加速度、固有周期にはほとんど違いがなかった。図3に周期1秒と0.6秒の地盤高10mの加速度履歴を示す。周期1秒の方はほぼ同じ最大加速度で推移していくが、6秒を超えた辺りから非線形性が卓越していく。一方、周期0.6秒の方は8秒を過ぎた辺りから徐々にスパイク状に応答が大きくなっていく。図4に周期1秒と0.6秒の地盤高6.6mの要素のせん断応力～せん断ひずみ関係図を示す。周期1秒の方は繰返しが進むにつれて剛性が低下していくことが示されている。また周期0.6秒の方は図では重なっているが、加速度応答が大きくなるとともにせん断応力、せん断ひずみも大きくなっているが剛性の低下は見られなかった。図5に周期1秒の場合の地盤高6.6mの要素のR～せん断ひずみ関係図と比体積 v と平均有効応力関係図を示す。繰返し载荷とともに過圧密化(Rの低下)し、水圧の上昇に伴い平均有効応力が低下していることが分かる。図4と見比べると過圧密比が大きくなるが有効応力の低下によって剛性が小さくなっていると考えられる。

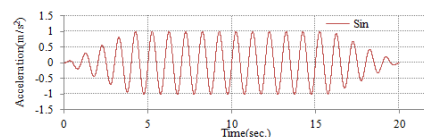


図2 入力波

表1 材料定数

<弾塑性パラメータ>	
圧縮指数 λ	0.042
膨潤指数 κ	0.012
限界状態定数 M	1.08
正規圧密線の切片 N	1.99
$(p'=98 \text{ kPaの時の比体積})$	
ポアソン比 ν	0.3
<発展則パラメータ>	
正規圧密粘土化指数 m	0.5
回転硬化指数 b_r	2.5
回転硬化限界指数 mb	1.0
透水係数 k (cm/sec)	1.0×10^{-4}
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.65
<初期値>	
初期比体積 e_0	1.005, 0.990
異方性の程度 ζ_0	0.231
側圧係数 K_0	0.60

次に、図6に間隙比が0.99の計算結果を示す。周期0.1秒の最大加速度応答が一番大きくなった。地盤の密度が高くなったため固有周期

地震応答解析, 周期, 弾塑性構成式

〒270-1395 千葉県印西市大塚1-5-1 株式会社竹中工務店 技術研究所 Tel:0476-77-1288

が短くなったためと考えられる。図7に地盤高10mの加速度履歴を示す。周期1秒は途中から非線形挙動を示すが、0.1秒は地盤中で加速度が増幅されほぼ線形挙動となった。密な砂で、同じ加速度であっても周期が長くなるとせん断ひずみが多く発生するため非線形性が卓越してくることを示している。

4. まとめ

1次元地盤モデルによる飽和砂の弾塑性動的応答を示した。密度が高くなると固有周期が小さくなることが示された。また同じ加速度で周期が大きくと非線形性が卓越していくことが示された。今後は波数など継続時間の影響や不規則波について検討していく予定である。

参考文献

1) 塩見忠彦, 鬼丸貞友, 吉澤睦博: 地盤と構造物の非線形挙動を考慮した構造解析システムの開発, 竹中技術研究報告 No54, 1998. 2) Asaoka, A., Noda, T., Yamada, T., Kaneda, K., and Nakano, M. (2002): An elasto-plastic description of two distinct volume change mechanisms of soils, *Soils and Foundations*, 42(5), pp. 47-57.

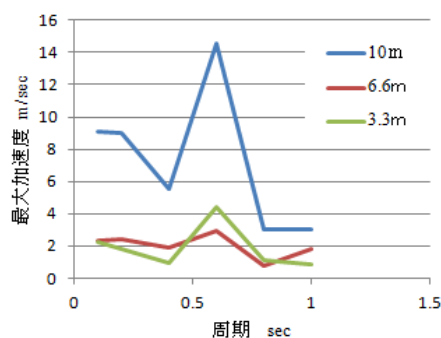
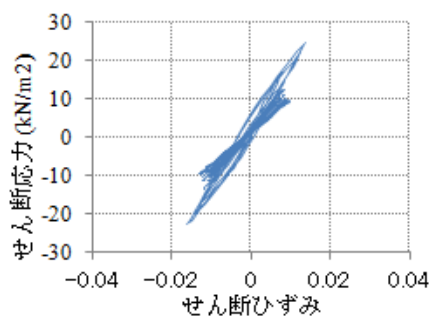
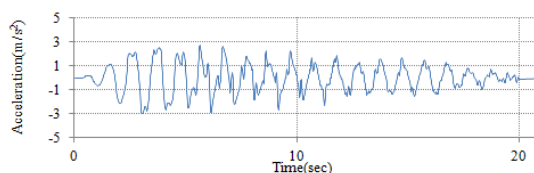


図2 最大加速度と周期の関係

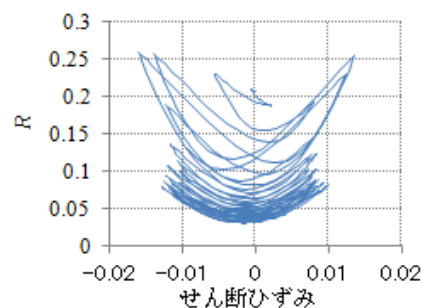


周期 1 秒

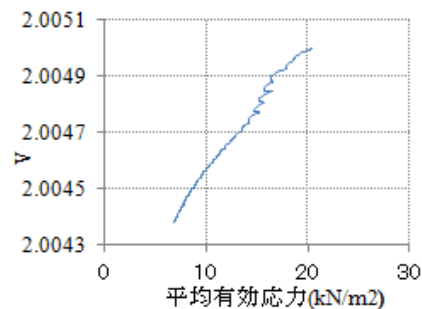


周期 0.6 秒

図3 加速度の時刻歴

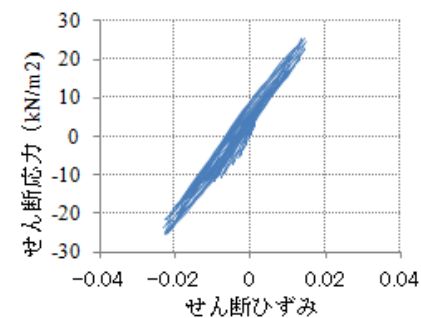


R とせん断ひずみ関係



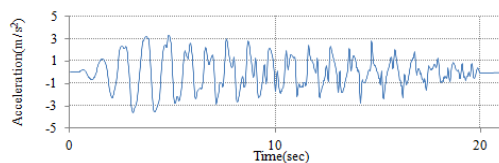
v と平均有効応力関係

図5 要素の挙動

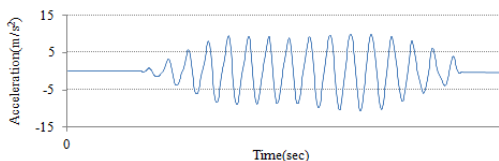


周期 0.6 秒

図4 せん断応力～せん断ひずみ関係



周期 1 秒



周期 0.1 秒

図7 加速度の時刻歴

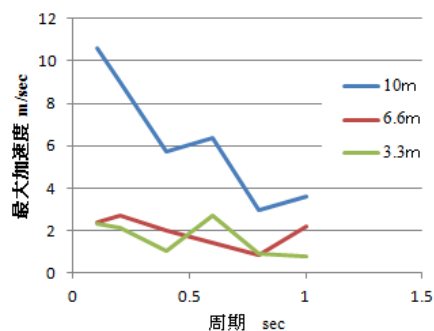


図6 最大加速度と周期の関係