

液状化層に基礎を有する鋼板組立柱の地震時安定性に及ぼす地盤層序の影響

液状化, 地震応答, 有限要素法

名古屋大学 学生会員 ○木野寛生, 徐 賓賓
 名古屋大学 国際会員 野田利弘, 中井健太郎
 (株)浅沼組 正会員 高稲敏浩

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震 (2011) では, 浦安市をはじめとして, 東京湾沿岸部の埋立地盤において広範囲に液状化現象が発生し, 住民の生活に甚大な被害が発生した. 地盤の液状化判定は, 道路橋示方書などに示される FL 法や PL 法が用いられてよく検討されている. 東北地方太平洋沖地震 (2011) に関して, 関東地方で液状化発生個所と FL 値の検討を行ったところ, 液状化しないと判定されていた地点が液状化したような見逃しこそなかったものの, 液状化すると判定されていた地域で非液状化だった地点が 40%ほどを占め, 精度の高い予測とはなっていないことが指摘されている. この要因の 1 つとして, 深部の地層構成の違いが厳密には考慮されていない点が指摘されている. 本報では, 無線受信装置として利用されている鋼板組立柱を解析対象として, コンクリート基礎が同じ性状の地盤に根入れされていたとしても, 深部地層構成の違いによって構造物の地震時安定性が大きく異なることを示す. 用いた解析コードは, 砂から中間土, 粘土までを同じ理論的枠組で記述する弾塑性構成式¹⁾を搭載した静的/動的水~土骨格連成有限変形解析コード^{2),3)}である.

2. 解析条件

解析対象地盤の地層構成図を図 1 に示す. 表層土質はすべて緩い砂質土であり, 微地形区分ではすべて同じ地盤として判定される. Case1 は, 深部まですべてが砂質土で構成されているのに対し, Case2 と Case3 は粘性土が介在している. また, Case2 と Case3 では表層の砂質土層厚が異なる (各層の材料定数は参考文献 4) を参照). 図 2 に地盤の有限要素メッシュを示す. 解析領域は, 幅 76.1m 深さ 30m (Case3 は深さ 21m) である. 水理境界は, 地表面が水位面と一致するよう水圧ゼロとし, 下端面は透水係数の小さい不透水層の存在を考慮して, 両側面と合わせて非排水境界とした. また, 制約条件として周期境界を設けるために, 両側面の同一高さ全節点の各成分に等変位条件を与えている. 図 3 は解析に用いた入力地震波形である. この地震波は, 名古屋港周辺において中央防災会議が定める東海・東南海・南海 3 連動型地震を Vs 値の値に応じて補正したものである. 工学的基盤面にあたる地盤底面全節点の水平方向に加速度を等しく入力し, その地盤底面全節点の水平方向には, $V_s=570\text{m/sec}$ に相当する

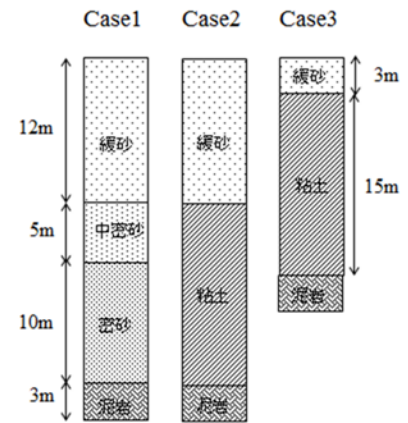


図 1 解析地盤の地層構成

底面粘性境界を設定している. 解析対象とする構造物は, 底面直径 0.3m, 円柱高さ 15m, 重量 2.4kN の軽量な鋼製中空円筒柱である. 地中の根入れコンクリート部および柱部は, 実物の構造物を参考に, 等価な重量と剛性を有する一相系弾性体でモデル化した. なお, コンクリートの根入れ深さは 2m である.

3. 深部地層構成が構造物の地震時安定性に及ぼす影響

図 4 に, 鋼板組立柱の先端における水平変位を示す. また, 図 5 には地震発生から 2 分後 (地震終了直後) のせん断ひずみ分布を示す. 同程度に緩い砂地盤に基礎を有する構造物であっても, 深部地層構成によって地震時挙動が大きく異なることがわかる. 深部に粘性土が介在する Case2 と Case3 においては, 砂層のみで構成されていた Case1 と比べて, 水平

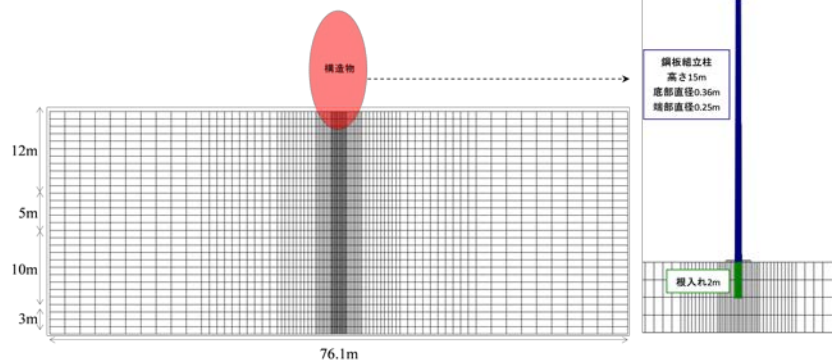


図-1 解析に用いた有限要素メッシュ

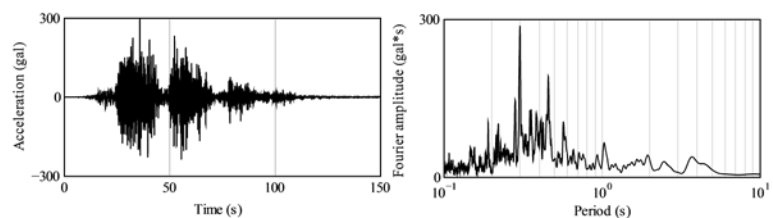


図 3 入力地震波

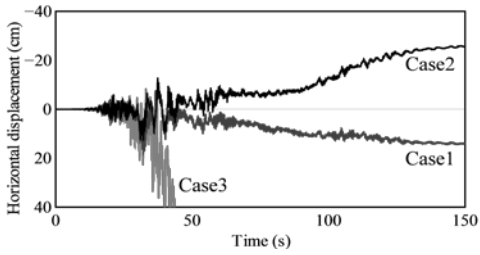


図4 構造物先端の水平変位比較

変位量が大きくなり、地震時安定性が低下している。特に、表層土厚さが3mと薄い際には、地震中に鋼板組立柱が左右に揺れながら転倒してしまう。構造物近傍のせん断ひずみに関しても、Case1,2,3の順に大きい。表層地盤の

土質の影響を把握するために、図6~8に構造物設置前の水平地盤における各層境での加速度応答とフーリエ振幅スペクトルを示す。粘土層が深部に介在すると、粘土層で特にやや長周期成分が増幅して、表層の液状化層への入力加速度が大きくなっていることがわかる。長周期の波が伝わることによって、構造物の水平変位量は大きくなる。液状化した地盤では加速度が減衰するが、液状化層厚が厚いCase2では加速度減衰の程度が大きく、地表面での揺れが小さくなってしまふ。一方、液状化層厚が薄いCase3では、加速度が減衰せず、その上部に立つ構造物の揺れが大きくなってしまふ。

4. おわりに

構造物の設置されている表層土質の性状が同じであっても、地層構成（地盤層序や層厚）の違いによって、構造物の地震時安定性は大きく異なることを数値解析によって示した。特に、液状化層の深部に軟弱粘土層が厚く堆積している、表層の液状化層厚が薄い場合に上部構造物の安定性が著しく低くなる。今後來るべき大地震に備え、外力の見直しだけでなく、深部地層構成を考慮するような液状化判定法の精緻化も進めていく必要がある。

本研究は科研費（基盤研究(S)：20126012）の助成を受けたものである。

参考文献 1) Asaoka et al. (2002): An elasto-plastic description of ...,S&F,42(5), 47-57. 2) Asaoka et al (2007): All soils all states all round..., Int. Workshop on Constitutive Modelling, 11-27 3) Noda et al. (2008): Soil-water coupled finite deformation analysis..., S&F, 48(6), 771-790. 4) 中井他 (2011): 鋼板組立柱の地震時安定性に及ぼす..., 第45回JGS研究発表会, 1525-1526.

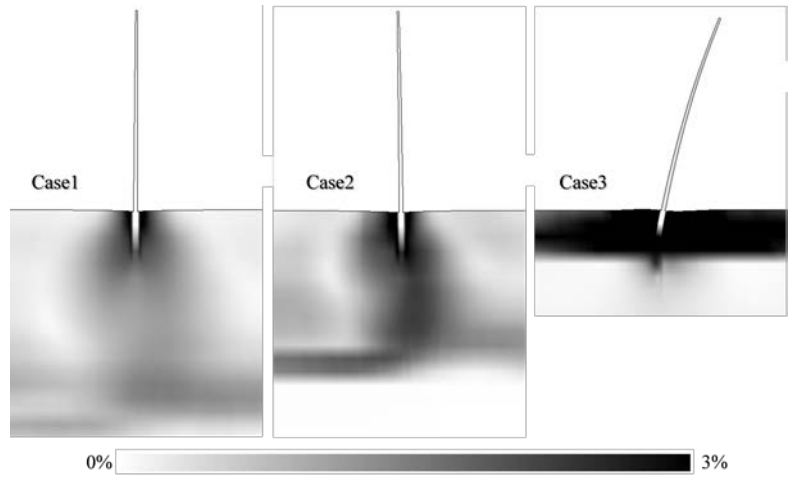


図5 地震発生から2分後のせん断ひずみ分布

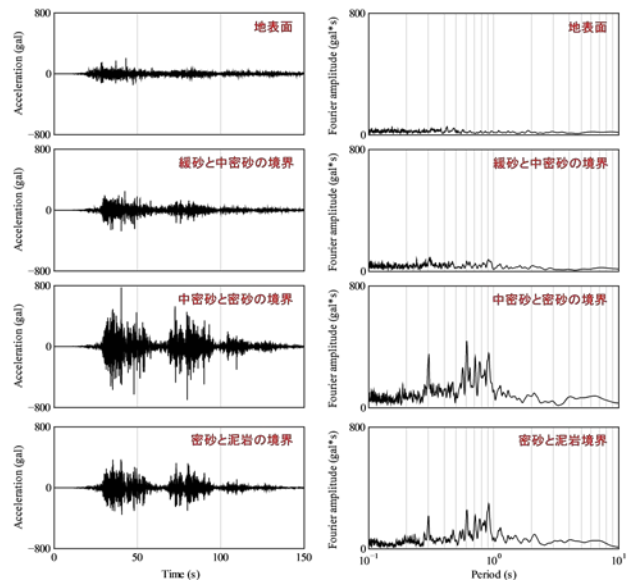


図6 Case1の層境における加速度応答

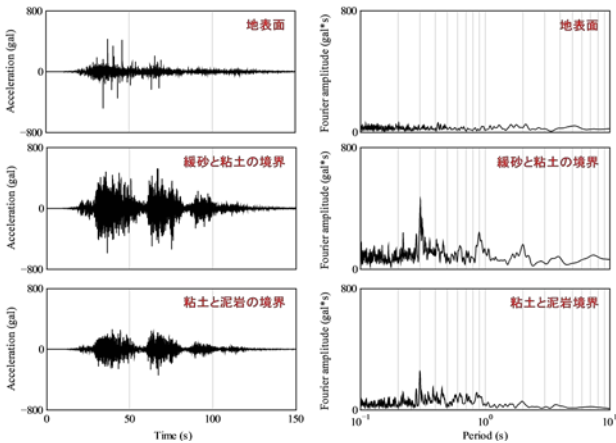


図7 Case2の層境における加速度応答

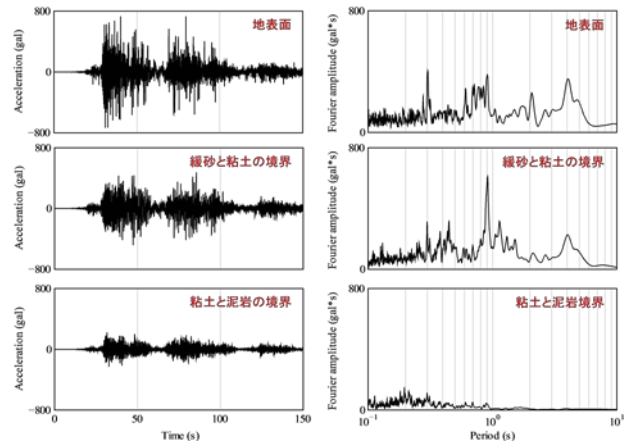


図9 Case3の層境における加速度応答