

杭被害に与えた地盤変位の影響の評価

11T0254M 森嶋 礼子

指導教員：関口 徹

1. はじめに

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震において震央から300km離れた千葉県でも杭など基礎構造の被害が多く見られた。上部構造物の慣性力が作用する杭頭部の被害のほか、地盤中の深い部分においても杭が損傷を受けていることが確認された。杭にかかる応力は上部構造物の慣性力と地盤変位によるものであることが一般的に知られているが、千葉県の被害例では軟弱地盤上にあり、地表面の加速度が小さいことから杭の地中部の破壊は地震時における地盤の変形による損傷であると考えられる。

本研究では建物と地盤の地震時動的相互作用を考慮した解析により杭と地盤の相対変位を求め、杭の応力をより正確に把握することを目的とする。

2. 対象地域と被害概要

対象となる建物は千葉県船橋市にある、地上5階建てのプレキャスト造の集合住宅であり、同一径のPC杭(φ300mm)が壁下に配置されている。

図1に杭の被害分布を示す。西側の杭が被害を受け、図の▼印の部分で上部建物の壁が割裂し、そこを境に上部構造物が一体的に西側に傾斜した。傾斜した部分の杭50本のうち、地中部破壊は13本確認された¹⁾²⁾³⁾。

図2に近傍のボーリング柱状図と推定されたS波速度構造を示す。GL-19m付近まで軟弱な腐植土層およびシルト層が続いており地盤の剛性が低い。GL-23.4m付近から出現する細砂層が杭の支持層になっている。

3. 解析概要・モデル

解析には弾性サブストラクチャー法に基づく基礎・地盤動的相互作用解析システム SASSI (以下 SASSI)を用いた。

図3に解析モデルの杭伏図を示す。モデル化の範囲は上部建物の壁が割裂したところまでとし、その範囲での36本の杭を21本に縮約し、さらに対称性を考慮して1/4のモデルとした。

基礎は剛のシェル要素とした。杭は土圧を受ける表面積が等価となるように杭径を514mmとし、さらに曲げ剛性についても合計が等価となるよう定めた。表1に杭の諸元を示す。

自由地盤の変位は等価線形次元波動伝搬解析プログラム SHAKE(以下 SHAKE)により別途求めており、そこから得られた剛性低下を考慮した I_s

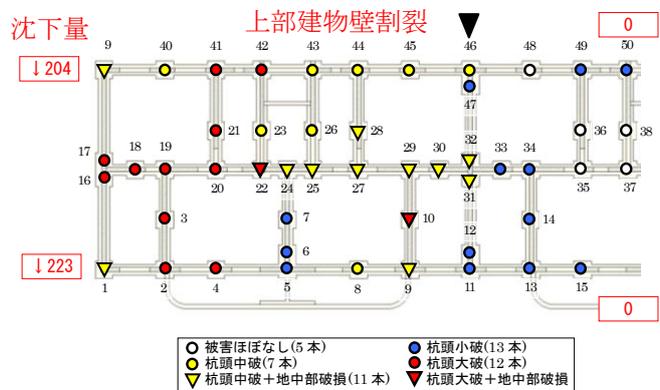


図1 杭の被害分布

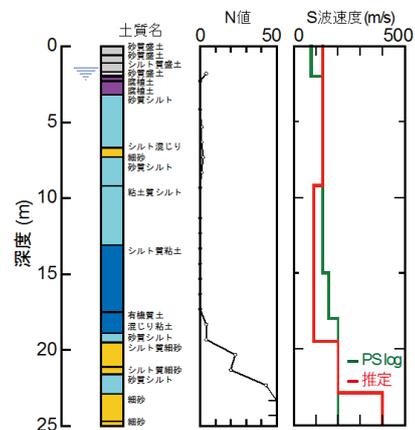


図2 ボーリング柱状図とS波速度構造

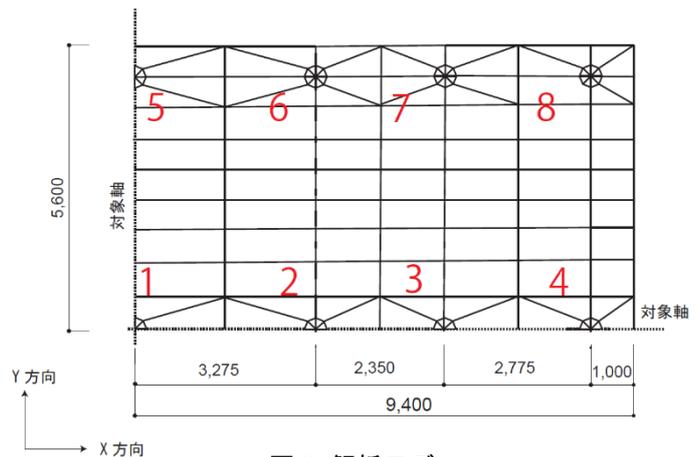


図3 解析モデル

表1 杭の物性値

杭径	$D=0.3\text{m}$
ヤング率	$E=2.9 \times 10^4 (\text{N}/\text{mm}^2)$
単位体積重量	$\gamma=24 (\text{kN}/\text{m}^3)$
ポアソン比	$\nu=2.0$
減衰係数	$h=0.02$

を使用した。

上部構造は微動観測から得られた建物の固有周期に基づいて剛性を調整し、1 質点のせん断型モデルとした。

自由地盤への入力地震動は、ほぼ同じ地盤条件の千葉市稲毛区の地表で観測された東北地方太平洋沖地震の EW 方向の記録（最大地動加速度 2.46 m/s^2 ）を用いた。加振方向は建物桁行（長辺）方向（図 3 の X 方向）とした。

検討ケースとしては上部構造物がある場合都内場合と行ったが、ここでは上部構造物のある場合について結果を示す。

4. 解析結果

図 4 に図 3 の 1 からの 8 の杭の最大曲げモーメントおよび最大せん断力の深度分布を示す。杭頭部だけでなく、深度 9m と 19m の層境界付近の地中部においても曲げモーメントとせん断力が大きくなっている。

図 5 に 60s~90s の時刻を取り出した図 3 の杭 1 の杭頭と自由地盤地表の水平変位、両者の差から求めた相対変位、さらに杭頭の曲げモーメントの時刻歴波形を示す。杭頭の水平変位は自由地盤地表とほぼ同じ変位となっており、両者の相対変位は 1cm 以下となっている。

図 6 に $t=74.67\text{s}$ における地盤と杭の絶対変位、両者の相対変位、杭の曲げモーメントの深度分布を示す。 $t=74.67\text{s}$ は杭頭と地表との相対変位が最大の瞬間の変位である。杭は地盤とほぼ同じ様に変形しており、地盤に追従した形になっている。そのため、杭に地盤の強制変位が生じた状態となり、地中部の曲げモーメントも杭頭に比べ大きくなっている。

5. まとめ

本研究では杭被害建物を対象として建物と地盤の地震時動的相互作用を考慮した解析を行い、杭と地盤の相対変位について検討した。その結果、以下の知見を得た。

1. 対象建物の地震時の杭変形は地盤に追従しており、自由地盤との相対変位は 1cm 以下となった。
2. そのため、杭に地盤の強制変位が生じ地中部の杭応力が大きくなった可能性がある。

参考文献

- 1) 金子治、中井正一：東日本大震災において被災した杭基礎の被害メカニズムの検討(2013年度日本建築学会大会(北海道)学術講演会・建築デザイン発表会)
- 2) 金子治、中井正一：東日本大震災で被害を受けた杭基礎の耐震性の評価、日本建築学会構造系論文集、第 695 号、83-91、2014-1
- 3) 国立大学法人千葉大学:「基礎ぐいの地震に対する安全対策の検討 報告書」、平成 25 年度 建築整備促進事業

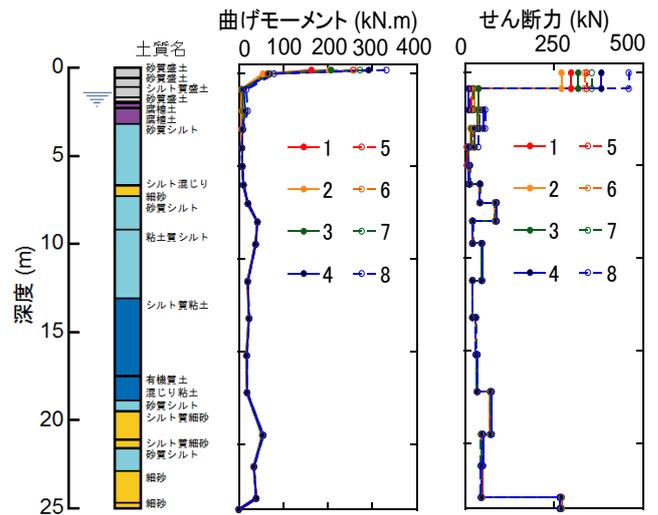


図 4 曲げモーメントとせん断力の深度分布

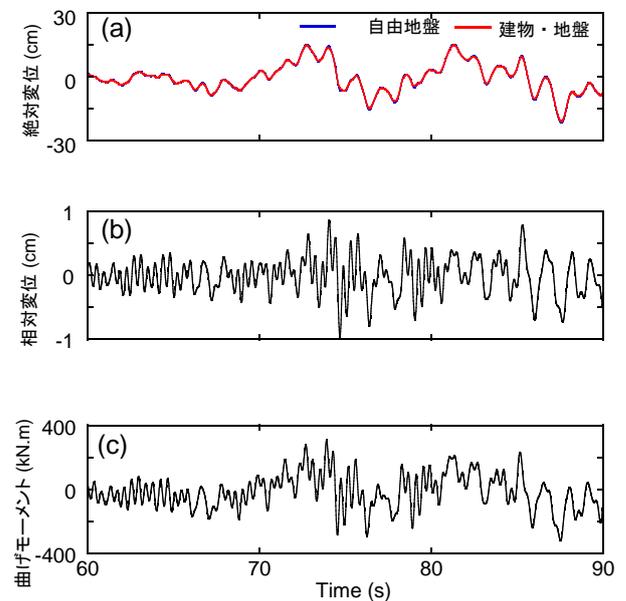


図 5 (a)地盤と杭頭の絶対変位、(b)相対変位、(c)杭頭の曲げモーメントの時刻歴波形

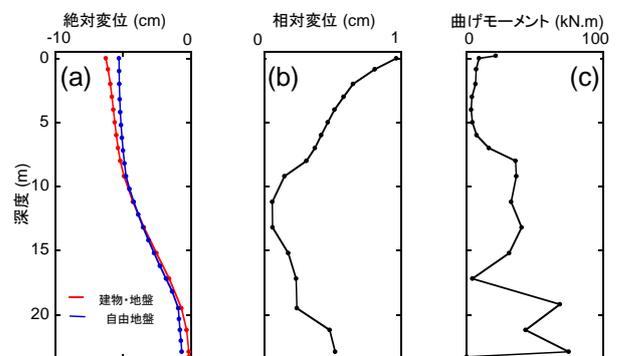


図 6 (a) 地盤と杭の絶対変位、(b)相対変位、(c)杭の曲げモーメントの深度分布 ($t=74.67$)