

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 28 日現在

機関番号：12501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24760443

研究課題名(和文)既存杭を利用できる新しい建物基礎構造の実大地震観測

研究課題名(英文) Seismic observation of new building foundation model of actual-size which is able to reuse existing piles

研究代表者

関口 徹 (SEKIGUCHI, TORU)

千葉大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：50451753

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円、(間接経費) 1,080,000円

研究成果の概要(和文)：近い将来問題になると考えられる大口径既存杭の処理に対し、これを積極的に再利用することで工期短縮とコスト削減さらに資源の有効利用による環境負荷の低減ができる新しい建物基礎構造(非接合パイルドラフト基礎、鋼管杭を用いた極短杭)を研究者らは提案している。その提案基礎を実用可能とするため、実大に近い実験模型を設置し地震観測を行った。当初は基礎の設置方法の問題で想定外の震動特性を示したが、設置方法を修正しさらに加速度センサを追加し詳細に構造物挙動の分析をしたところ、提案基礎はほかの従来の基礎と比べ構造物の応答加速度が低減され、地震動入力の高減効果があることが明らかになった。

研究成果の概要(英文)：In order to reuse existing piles that would become the problem in the near future, new building foundation method was invented. Seismic observation of new building foundation model of actual-size was conducted to investigate the seismic behavior of the structure with the new foundation. The peak response accelerations of the structure with the new foundation are lower than those of the other foundation. The mechanism of the seismic response of the foundation was investigated by computer simulation of the model.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造・材料

キーワード：基礎構造 既存杭 地震観測

1. 研究開始当初の背景

低コスト・低騒音・低振動などの特徴により近年非常に多くの建物で採用されている場所打ち杭は大口径であるものが多い。建物の建て替えに伴うそれら既存杭の撤去には多大なエネルギーとコストがかかるなど環境に及ぼす影響が大きい。よって、既存杭の撤去が近い将来必ず問題になると考えられる。

一方で既存杭を撤去せずに新築建物の基礎として積極的に再利用できるのであれば、解体・撤去および新設杭打設の節減によるコスト削減と工期短縮だけでなく、資源の有効利用による環境負荷の低減を図ることができる。

再利用にあたり古い既存杭に過大な荷重を負担させない方法として、筆者らは既存杭の杭頭と建物基礎（ラフト）の間にある厚さの地盤（以下、薄層）を介在させる基礎形態を提案している。建物荷重は、まずラフト直下の地盤に伝わり、その下の杭と地盤とで分担して支持される（図1(d)）。これにより、既存杭の杭頭曲げモーメントの低減だけでなく、新しい上部構造物の異なる柱割への対応も意図している。そして杭を基礎に接合しないことにより低減する基礎の水平抵抗を増大させることを目的として損傷制御によるエネルギー吸収が可能な極短い杭を別途基礎に接合することを考えている。

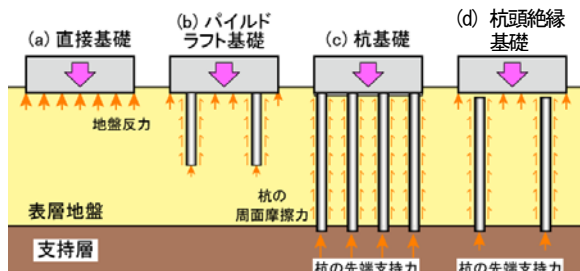


図1 建物基礎支持形態の概念図

2. 研究の目的

提案する基礎形態（杭頭絶縁基礎）の地震時の入力低減効果を確認するため、実大に近い実験模型を実地盤に設置し地震観測を行う。観測された地震記録をもとに地震動の入力低減効果を確認し、さらに計測される杭のひずみ等に基づき数値解析によるシミュレーションを行い入力低減効果および鉛直荷重伝達のメカニズムを明らかにする。

3. 研究の方法

実大に近いコンクリート基礎と鋼管杭を作成し、杭基礎、直接基礎、杭頭絶縁基礎の3体を千葉大学西千葉キャンパス内の敷地に設置した（写真1）。

図2に観測システムの概要を示す。地震計として、地表面、地中（GL-10m）、各構造物頂部中央に3成分の加速度センサーを計5台（15ch）設置した。その後、ロッキング動の評価用として構造物の頂部2隅に鉛直1成分のみの加速度センサー計6台を設置した。

シミュレーション解析では弾性領域サブストラクチャー法に基づく3次元有限要素法を用いた。モデルの概念図を図3に示す。

地盤の物性値については実験模型が設置されている現場付近で実施されたPS検層結果および表面波探査結果から決定した。中空の鋼管杭は、曲げ剛性EIが等価となるように中実断面に置換することによりモデル化し、杭中央に曲げを評価するための柔らかい梁要素、断面方向には断面保持のための剛な梁要素を入れた。



写真1 実大現場模型

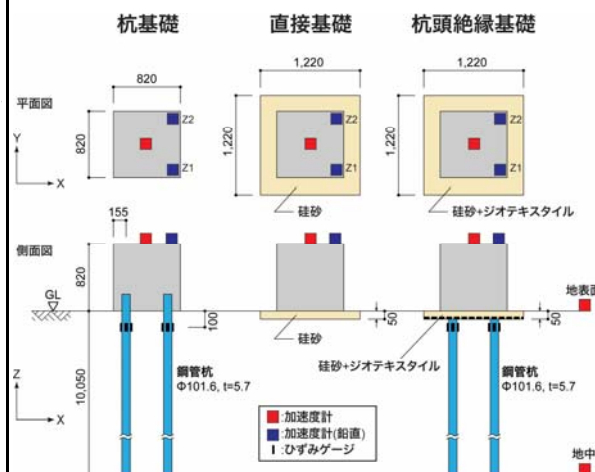


図2 観測システム概要

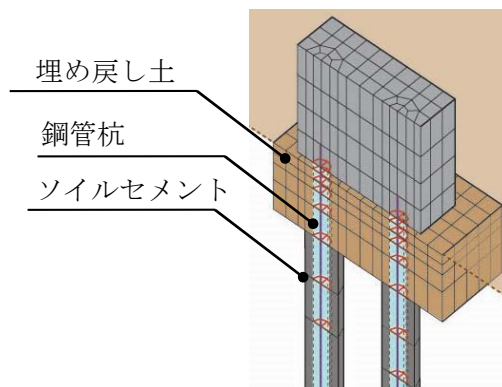


図3 3次元有限要素モデル

4. 研究成果

図4に、2013年7月18日から2014年1月2日までに観測された16の地震記録について、それぞれの構造物頂部で観測された最大加速度の杭頭絶縁基礎に対する杭基礎、直接基礎の分布を示す。杭頭絶縁基礎は他の基礎と比べ最大加速度が概ね同等以下に抑えられていることが分かる。

図5に2013年11月10日の地震(茨城県南部 $M5.5$)において観測された、各基礎の構造物頂部と自由地盤表面とのフーリエスペクトル比を示す。杭頭絶縁基礎のスペクトル比のピークの増幅率が大きく低減されており、他基礎と比べて地震動を抑制する効果があると考えられる。

図6に同地震時の杭基礎と杭頭絶縁基礎の杭頭曲げモーメントの時刻歴を地表面において観測された加速度の時刻歴とあわせて示す。杭基礎においては杭頭曲げモーメントが地震動に対応して変動しているのに対し、杭頭絶縁基礎では変動が見られずほぼ観測機器のノイズに埋もれてしまっている。

図7に、観測された8つの地震記録の水平2方向成分における各基礎の構造物頂部と地表面とのフーリエスペクトル比16個と数値解析結果の伝達関数の比較を示す。各基礎とも解析結果と観測スペクトル比のピーク振動数は概ね整合している。

図8に杭基礎および杭頭絶縁基礎の杭の最大曲げモーメント分布を示す。杭基礎は上部構造物の影響を受け杭頭付近で大きな曲げモーメントが発生しているが、杭頭絶縁基礎は非接合であるため杭頭付近の曲げモーメントは0となり、観測記録の杭頭曲げモーメントの最大値と近い値を示している。

以上のことから本研究において以下の知見を得た。

- ・杭頭絶縁基礎は杭基礎および直接基礎と比較して地表とのスペクトル比の増幅率を低減できる。
- ・杭頭絶縁基礎は杭基礎と比較して杭頭応力を大きく低減することができる。
- ・シミュレーション解析により、観測結果について概ね説明できることが分かった。

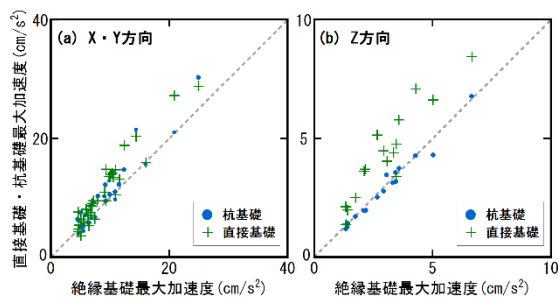


図4 杭頭絶縁基礎に対する最大加速度分布

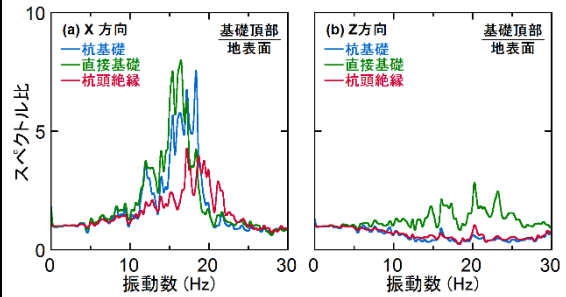


図5 観測フーリエスペクトル比

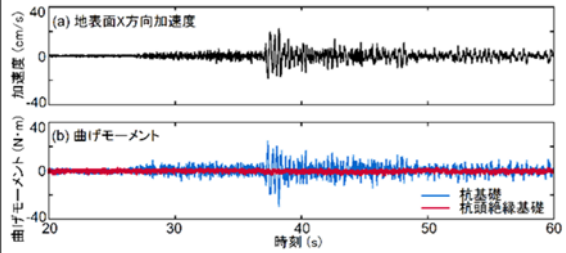


図6 杭頭曲げモーメント時刻歴

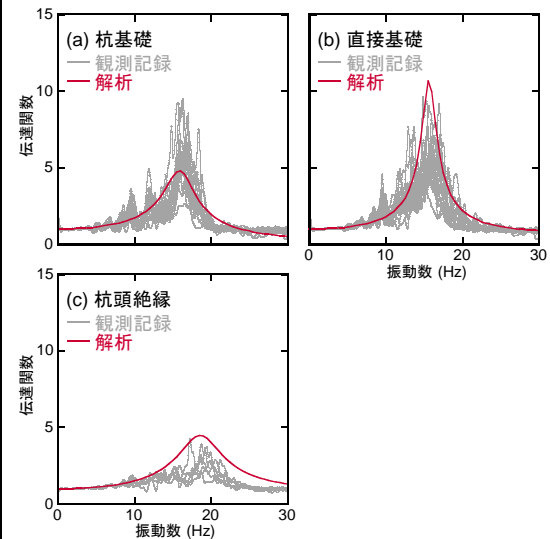


図7 観測フーリエスペクトル比と解析結果の比較

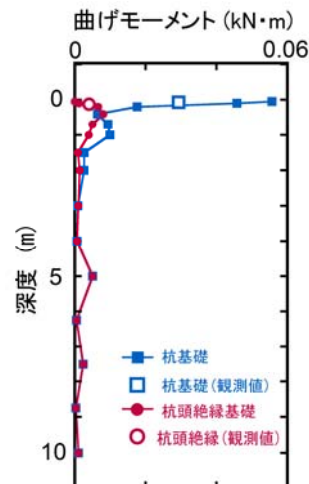


図8 曲げモーメントの深度分布

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 5 件)

- ① 中井正一, 石野尋生, 関口徹, 福武毅芳, 田地陽一: 現場模型実験に基づく杭頭絶縁基礎の地震時挙動に関する研究 (その1) 地震観測, 日本建築学会大会学術講演会, 札幌, 構造 I, pp. 647-648, 2013.9.1
- ② 石野尋生, 中井正一, 関口徹: 現場模型実験に基づく杭頭絶縁基礎の地震時挙動に関する研究 (その2) シミュレーション解析, 日本建築学会大会学術講演会, 札幌, 構造 I, pp. 649-650, 2013.9.1
- ③ 高垣皓司, 中井正一, 関口徹, 眞野英之: 杭頭とラフトの間に地盤の薄層を設けた支持杭基礎の沈下挙動 (その8) 群杭効果の検討, 第 48 回地盤工学研究発表会, 富山, pp. 1263-1264, 2013.7.23
- ④ 田地陽一, 福武毅芳, 中井正一, 関口徹, 木全宏之, 西村晋一: 杭頭絶縁基礎の地震時挙動に関する遠心模型実験, 第 47 回地盤工学研究発表会, 八戸, pp. 574-575, 2012.7.23
- ⑤ 鈴木辰朗, 中井正一, 関口徹: 杭頭とラフトの間に地盤の薄層を設けた支持杭基礎の沈下挙動 (その7) カムクレイモデルを用いた基礎の荷重伝達シミュレーション解析, 第 47 回地盤工学研究発表会, 八戸, pp. 584-585, 2012.7.16

6. 研究組織

(1) 研究代表者

関口 徹 (SEKIGUCHI TORU)

千葉大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号: 50451753