

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420544

研究課題名(和文) 環境低負荷型の新しい構造物基礎実現へ向けた実験・解析的検討

研究課題名(英文) Experimental and analytical study for realization of new building foundation with low environment load

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000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、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(杭頭絶縁基礎)を研究代表者らは提案している。その提案基礎を実現可能とするため、これまで実大に近い実験模型を实地盤に設置し地震観測を行い、提案基礎が他の基礎形式に比べ構造物の地震応答を低減できることを確認した。そして実験模型の計算モデルを作成し弾性領域サブストラクチャー法に基づく3次元有限要素法と薄層法によるシミュレーション解析を行い、そのメカニズムを明らかにした。

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 proposed by representatives of this study. Seismic observation of the 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 structure with the new foundation are lower than those with the other foundations. The mechanism of the seismic response of structure with the new foundation was demonstrated by computer simulations of the dimensional finite element model.

研究分野：地盤地震工学

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。

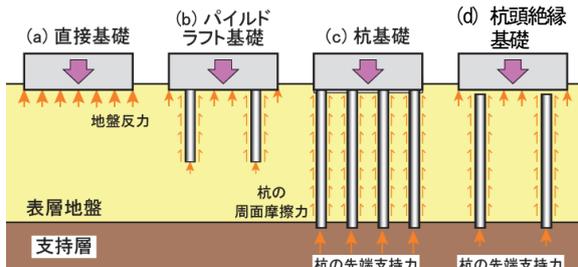


図 1 建物基礎支持形態の概念図

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それまでに引き続き行う。ここで構造物のロッキング（回転）挙動を確認するために新たにセンサを追加する。観測された地震記録をもとに地震動の提案基礎への入力低減効果を確認する。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ものについて引き続き地震観測を行った（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が計 5 台（15ch）設置されていた。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計 6 台を設置した。

地震観測結果のシミュレーション解析では、地盤・構造物系を構造物系と地盤系の 2 つのサブストラクチャーに分けて行う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。1/4 対称モデルとしている。

入力地震動としては地表に設置した加速度計の記録を用いている。

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

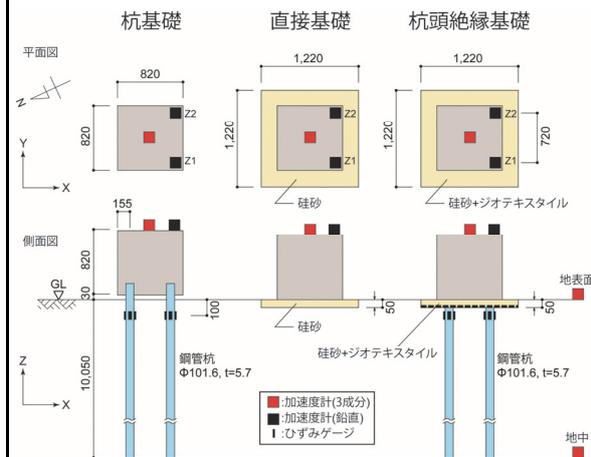


図 2 観測システム概要

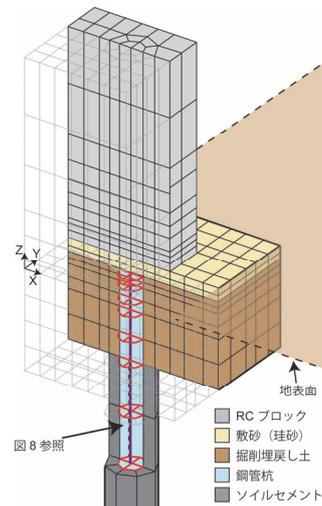


図 3 3次元有限要素モデル

4. 研究成果

図4に、2013年7月18日から2015年2月28日までに観測された56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に地表面加速度が記録のうち最大であった2014年5月13日の地震(千葉県北西部M4.9)において観測された、各基礎の構造物頂部と自由地盤地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および杭頭軸力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おり、杭基礎と比べ杭頭部に曲げモーメントが集中していないことが確認できる。杭頭軸力について、両基礎ともにノイズレベルが大きいが、杭基礎だけでなく杭頭絶縁基礎についても振幅は小さいものの主要動付近で軸力が変動している。

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。

杭基礎の高いピーク値は、杭周辺剛性低下の有無の比較から、埋戻しの深さ(0.4m)までの杭周辺地盤の剛性低下が大きく影響している。このことから杭基礎では地表付近が突出杭に近い状態となり、片持ち梁に近い振動が生じ、その結果構造物にも回転が生じたものと考えられる。

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最大応答加速度をかなりの程度低減できる。
- 杭基礎や直接基礎に比べ、杭頭絶縁基礎の伝達関数(構造物頂部と地表面のフーリエスペクトル比)のピーク振動数は高くなり、ピーク値は低下する。
- 杭頭絶縁基礎は、地中の杭により構造物のロッキングが抑えられることにより、地震時の応答が抑制されると考えられる。
- 杭頭絶縁基礎の杭頭応力は、杭基礎と比較して大きく低減される。

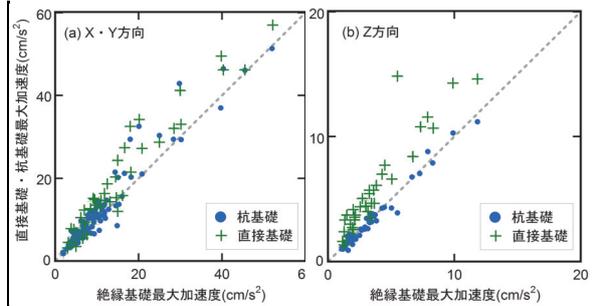


図5 杭頭絶縁基礎に対する杭基礎・直接基礎の最大加速度分布

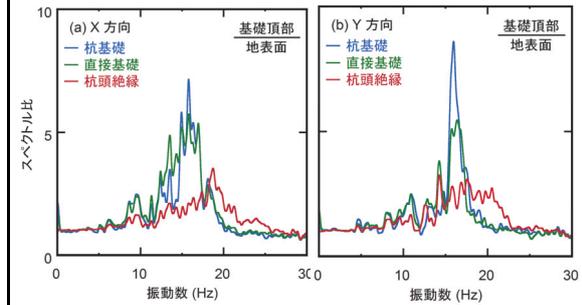


図5 観測フーリエスペクトル比

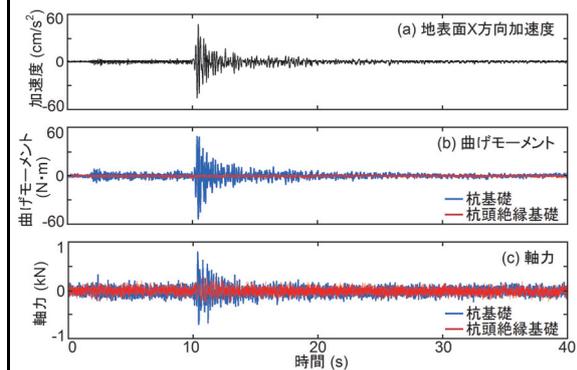


図6 杭頭応力時刻歴

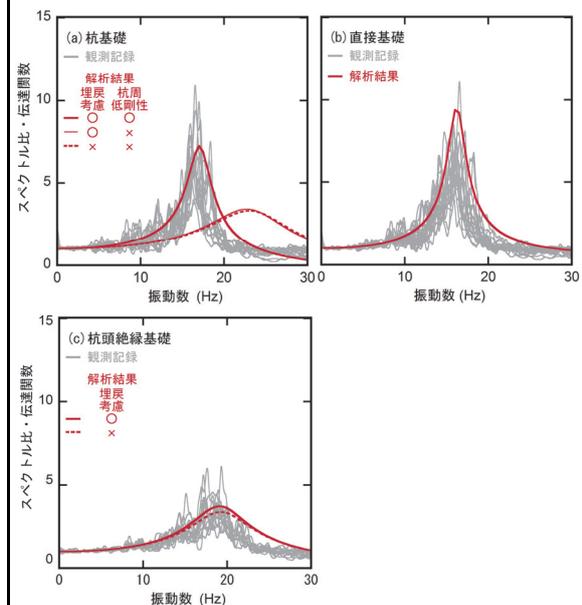


図7 観測フーリエスペクトル比と解析結果の比較

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)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① 成田修英, 金子治, 山本健史, 向井智久, 中井正一, 関口徹: 偏心のある中層建物における地震時応答と杭の地震被害の関係, 日本建築学会技術報告集, 第 23 巻, 第 53 号, pp. 43-48, 2017.2
- ② 山本実, 中井正一, 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の評価, 日本地震工学会論文集, 第 15 巻, 第 7 号, シンポジウム特集号その 1, pp. 343-353, 2015.12

[学会発表] (計 4 件)

- ① 山本実, 中井正一, 関口徹: 杭頭絶縁基礎の地震時応答特性に関する解析的研究, 日本建築学会大会学術講演会, 九州, 構造 I, pp. 475-476, 2016.8.24
- ② 山本実, 中井正一, 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の評価, 第 14 回日本地震工学シンポジウム, 千葉, pp. 1590-1597, 2014.12.5
- ③ 山本実, 中井正一, 関口徹: シミュレーション解析による杭頭絶縁基礎の地震応答特性評価, 日本建築学会大会学術講演会, 近畿, 構造 I, pp. 601-602, 2014.9.13
- ④ 木全宏之, 西村晋一, 河田雅也, 坂井康伸, 福武毅芳, 田地陽一, 中井正一, 関口徹, 山本実: 杭頭絶縁基礎の地震時挙動 (その 1: 地震観測による検討), 土木学会全国大会第 69 回年次学術講演会, 近畿, 2014.9.12
- ⑤

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