

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H02306

研究課題名（和文）高耐震性を有する直接基礎建物を可能とする既存杭を活用した複合地盤の開発

研究課題名（英文）Study on design of composite ground with existing piles to enable shallow foundation buildings with high seismic performance

研究代表者

柏 尚稔（Kashiwa, Hisatoshi）

大阪大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：40550132

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：模型振動実験と解析的検討を通じて、既存杭を活用した複合地盤の設計法と複合地盤上の建物の地震時挙動の評価手法について検討し、次に示す成果を得た。まず、既存杭を利用した杭基礎形式における課題として、基礎版の剛性偏心に伴うねじれ振動の影響度を把握した。次に、既存杭の利用形態の1つとして期待できる、杭頭と基礎版を切り離す杭頭絶縁基礎の地震時挙動に関する重力場および遠心場振動実験を実施し、建物の傾斜抑制として、地盤中の杭が有効であることを示した。さらに、3次元非線形有限要素法を用いることにより、基礎近傍地盤の局所的な非線形化を含む実験結果を評価可能な解析モデルを構築できることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で実施した各種模型実験および解析的検討により、既存杭を利用する上での課題の具体を明らかにするとともに、既存杭の新しい活用法に関する有用な知見を得ることができた。得られた知見は既存杭を利用した地盤改良併用基礎の設計法を構築するための基盤となるもので、既存杭の利用促進に資するものであり、災害レジリエンスの向上だけでなく、建築業の環境負荷低減に貢献することができる。

研究成果の概要（英文）：Centrifugal shaking table tests and shaking table tests in 1G were conducted to study design methods for composite ground with existing piles and evaluation methods for the seismic behavior of buildings on the composite ground, with the following results. First, the influence of torsional vibrations associated with the stiffness eccentricity of the foundation on the seismic response of the superstructure, which appears when adopting a pile foundation with existing piles, was ascertained. Next, shake table tests were conducted to investigate the seismic behavior of insulated pile foundations, which separate the pile head from the footing. The tests indicated that the piles in the ground reduce building inclination due to earthquakes. Furthermore, it was shown that a three-dimensional non-linear finite element method could be applied to develop an analytical model for estimating experimental results.

研究分野：建築構造

キーワード：既存杭の利活用 基礎構造 地盤工学 振動台実験 有限要素解析

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

高度経済成長期から約 50 年が経過し、当時に建設された建物や土木構造物の老朽化が進行する中において、コンパクトシティ等に代表される都市の再生と活性化の機運が高まっている。同時に、南海トラフ地震等に代表される巨大地震の発生切迫性が指摘されている中において、大地震に対する都市の強靱化も求められている。すなわち、都市の迅速な再生と強靱化を両立させることが求められており、その要求に対応できる技術の確立と計画的な都市設計が重要となる。建築物の更新時に必ず直面する従前建築物の杭、すなわち既存杭の処理について、現状では合理的な方法が確立されておらず、杭を撤去して地盤を埋め戻すか、何もせずに残置されるケースが多い。既存杭を撤去するには、多大な工期とコストを費やす必要があるだけでなく、撤去後の敷地地盤が原地盤よりも緩くなり、建替えた建築物の耐震性や隣接建築物・埋設物に悪影響を及ぼす可能性がある。一方、活用することなく既存杭を残置すると、敷地地盤に新設杭を打設できるスペースを減少させることになり、建物の設計の自由度を制限することになる。さらに、既存杭と新設杭で敷地地盤が埋め尽くされてしまい、建物や構造物を建設するための敷地地盤という資源を食い潰すことにも繋がりがかねない。よって、既存杭を可能な限り活用することは、環境負荷の軽減に対して多大な貢献の可能性を秘めている。また、都市の強靱化の観点から近年の地震被害を見ると、基礎構造や地盤に起因する被害が顕在化して、上部構造が健全であっても建物の機能が著しく損なわれた例が多く認められている。地震被害を経験して上部構造の耐震性能は過去に比べて飛躍的に向上してきたが、近年、地震後の機能継続性が重要視されている中で、基礎構造および敷地地盤の耐震性能を高める技術が必要である。

2. 研究の目的

本研究では、地中に残された既存杭を活用して環境負荷の軽減に貢献するとともに、巨大地震に対して強靱な建築システムの構築を目指して、既存杭と地盤の両方が安定的な支持力を発揮できる複合地盤の設計法を示すとともに、複合地盤上の建物の巨大地震に対するレジリエンスの評価手法を提案する。

3. 研究の方法

本研究の最終目標は、既存杭を活用した複合地盤上に地震後の機能継続性を確保できる建物を実現するための設計法を開発することにある。その端緒として、申請課題では、遠心場および重力場での模型振動実験を通じて、既存杭を活用した複合地盤と直接基礎建物の地震時挙動に関する実証データを収集するとともに、複合地盤の設計法と、複合地盤上の建物の地震時挙動の評価手法を提案する。具体的な研究メニューは下記の通りである。

課題(1) 重力場における杭頭絶縁基礎の模型振動実験

研究代表者らが進めている杭頭と上部構造を絶縁する新しい基礎形式(杭頭絶縁基礎)は既存杭の活用方法として適用可能である。ただし、上部構造を杭頭と絶縁する場合、地震時に上部構造には回転や浮き上がり挙動が生じるため、杭を含む地盤の支持機構が複雑になる事が予想される。そこで、杭頭絶縁基礎の地震時挙動、特に基礎版 - 杭頭間の相互作用力の伝達に関する基本性状を明らかにするため、重力場の模型振動台実験を実施した。

課題(2) 遠心場における杭頭絶縁基礎の模型振動実験

これまでの研究では、重力場の振動実験にて杭頭絶縁基礎の実証研究を積み重ねてきた。しかし、重力場実験は、地中の杭および地盤の応力評価には十分な条件にはならない。そこで、地中の杭の抵抗機構について更なる実験データを蓄積するために、(国研)建築研究所所有の遠心載荷装置を利用した模型振動台実験を実施した。

課題(3) 重力場における改良地盤併用基礎

杭頭と基礎版を接合しない杭頭絶縁基礎形式を提案しているが、建物の振動に伴って揺すり込み沈下が生じるなど、建物の支持性能には不安定性を残している。そこで、杭頭と基礎版の間に高靱性の改良地盤を挟み込んだ基礎形式を新機構基礎として提案し、改良地盤の剛性による影響を検証するために、模型振動台実験を行った。

課題(4) 基礎版の剛性偏心

既存杭を再利用する際に、新設杭と既存杭を併用した基礎形式となる場合が考えられるが、下部構造として耐震性能が異なる杭が混在することによって、下部構造全体として水平剛性に偏り(剛性偏心)が生じる可能性が考えられる。このとき、地震時にねじれることで上部構造の地震応答に影響を及ぼすことが危惧される。そこで、水平剛性に関わる地震時のねじれ応答について、単純なモデルを用いて解析的な検討を実施した。

課題（５）基礎浮き上がり

直接基礎建物は地震時に基礎の浮き上がり挙動が生じる可能性がある。基礎の浮き上がり挙動が生じると建物の地震応答が低減し、極大地震を被った場合においても建物被害を抑制できる可能性がある。一方、実際の地震動のような多方向入力時には基礎の浮き上がり時において基礎版に剛性偏心が生じ、建物応答は複雑な挙動を呈することが考えられる。しかし、これまでに検討された基礎の浮き上がり現象は 1 方向加振に対するものがほとんどであり、多方向の地震入力に対する基礎の浮き上がり挙動に関する実証研究例はほとんどない。杭頭絶縁基礎建物の地震時挙動は直接基礎建物に近く、杭頭絶縁基礎建物の設計法を確立させるためには、実証データが必要である。そこで、多方向の地震入力時の基礎の浮き上がり挙動を解明するために、水平 2 方向に地震動を入力する直接基礎建物模型の振動台実験を行った。

4．研究成果

課題（１）重力場における杭頭絶縁基礎の模型振動実験

図 1 に実験装置と実験ケース、建物模型の立面図を示す。課題（１）では実験諸量をモデルスケールで示す。重力場の振動台に固定土槽を設置して、固定土槽に杭模型、地盤模型を設置したのち、地表面上に建物模型を設置して正弦波の加速度を入力する。固定土槽の内法寸法は 1038 × 738 × 368mm であり、基礎版 - 杭頭間の地震時挙動に焦点を当て、基礎幅と同程度の深さの地盤をモデル化する。地盤は砂地盤と粘性土地盤の 2 種類を準備する。砂地盤としては、厚さ 100mm を 3 層、厚さ 50mm を 1 層の 4 層に分けて気乾状態の豊浦砂を固定土槽に設置し、タンピングして全層厚 (350mm) と相対密度 (60%程度) を管理している。実験では地盤模型中に杭を有するケース (ExP) と杭無しの場合 (NoP) の 2 ケースを実施する。杭模型は 4 × 4 の群杭であり、杭中心間隔を杭径の 3 倍としている。1 本の杭を外径 30mm、厚さ 2mm のアルミニウム管でモデル化し、管の下端は厚さ 9mm の鉄板に接着剤により貼付され、鉄板は土槽底に置かれている。杭頭部には鋼製のキャップが設置されており、土槽底から杭頭までの距離は 330mm である。すなわち、杭は地表面から 20mm の深さに埋められている状態である。建物模型は上部質点と基礎版からなる 2 質点系で上部質点は 4 つの板ばねで支持されている。基礎固定時の建物模型の固有振動数は 12Hz である。基礎版の下部には接地反力を計測するためのロードセルが設置されており、加振方向に底面積の 1/5 の分解能で接地反力を計測できる。図 2 に加振振動数 4Hz での残留傾斜が生じた方向の平均接地圧 (対象となるロードセルによる接地反力をロードセルの底面積で除したもの)、杭の軸力 (残留傾斜が生じた方向に位置する加振直交方向に並ぶ 4 本の杭の軸力を合計したもの)、および建物重量 W に対する杭の軸力の負担率の時刻歴を示す。同図には長方形基礎の極限支持力度を併記している。図 2(a)より NoP の平均接地圧の最大値は極限支持力度の半分程度だが、図 2(b)より ExP のそれは極限支持力度に近くなっている。一方で図 2(c)より、ExP の杭の軸力は ExP の平均接地圧と同位相で増大しており、建物模型による転倒モーメントに対して杭が有効に作用していることが分かる。このとき、図 2(d)より、杭の軸力の負担率は最大で建物重量の 6 割程度に達している。この傾向は、粘性土地盤の実験でも認められている。よって、杭を有する地盤上の建物応答は杭の無い場合のそれに比べて大きくなる可能性があるものの、転倒モーメントが作用したときに建物重量の 6~7 割程度の軸力を杭が負担しており、建物模型の残留傾斜角が生じにくくなることに地盤中の杭が有効に作用していることが分かった。この事実により、杭頭絶縁基礎形式は建物の沈下抑制に有用であり、既存杭の新しい活用法になり得る基礎形式であると言える。本実験に対しては、3 次元非線形有限要素法を用いたシミュレーション解析を実施している。シミュレーション解析を通じて、基礎近傍地盤の局所的な非線形化を含む実験結果を評価可能な解析モデルの構築方法を示した。

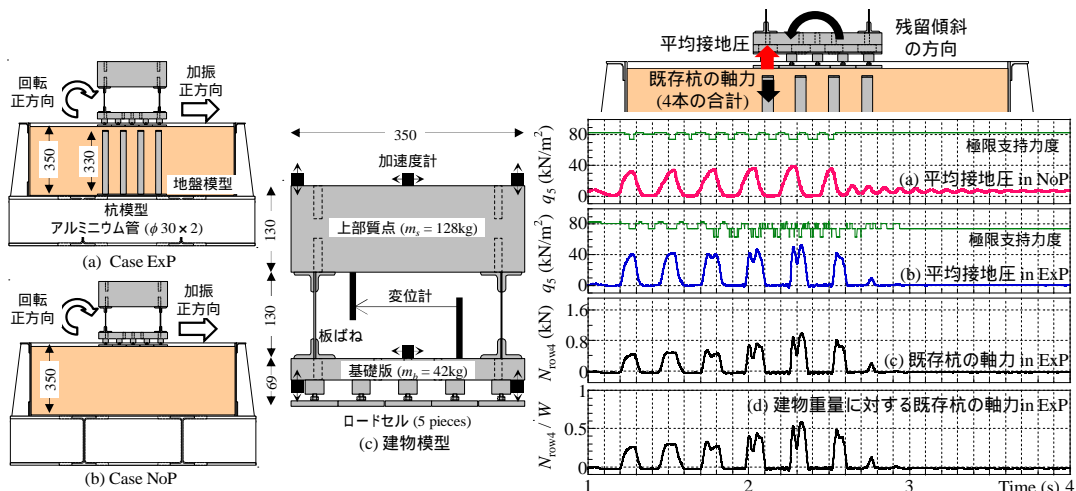


図 1 実験装置の概要 (単位 : mm)

図 2 4Hz 正弦波入力時の平均接地圧

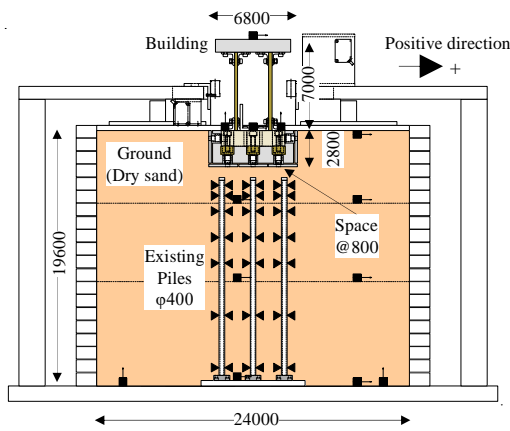


図3 実験装置の概要 (単位: mm)

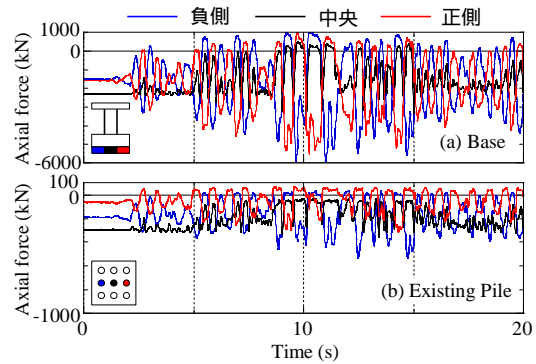


図4 基礎版からの鉛直荷重と杭の軸力

課題(2) 遠心場における杭頭絶縁基礎の模型振動実験

図3に実験装置の概要を示す。実験は40G場で実施している。建物は上部質量と基礎からなる1質点系で、地下階を有する4階建て相当の規模を想定している。課題(2)では実験諸量をプロトタイプスケールで示す。建物質量および基礎の質量はそれぞれ、335,000kg、343,000kgである。建物模型の基礎には2軸ロードセルが埋め込まれており、基礎版の載荷方向前後面に作用する土圧と、基礎底面に作用する地盤反力を計測することができる。なお、基礎版の側面にはテフロンシートを貼り付け、地盤との間に生じる摩擦力を極力低減させている。模型地盤は乾燥した豊浦砂を用いて空中落下法により作製する。目標とする相対密度は90%である。本実験では4ケースの実験を実施しており、杭を有する実験ケースにおける杭は、既存杭を400mm、新設杭を800mmのアルミニウム製の杭でモデル化する。既存杭の杭頭部は閉塞させており、杭頭と基礎版底面の距離は杭径の2倍(800mm)である。入力地震動は建築基準法告示における工学的基礎上の応答スペクトルに合致するもので、位相特性を八戸NS位相、神戸NS位相、乱數位相の3種類としたものを順に用い、最大振幅を調整して漸増振幅で加振する。図4に神戸位相 6.0m/s^2 入力時の建物からの鉛直荷重と載荷直交方向中央に位置する杭(3本)の杭頭部での軸力の時刻歴波形を示す。建物の地震応答に伴って基礎底面から地盤に変動軸力が作用しており、基礎の加振方向両端にて荷重の変動が顕著である。直下の杭の軸力は、その直上における基礎版からの荷重に調和的となっている。時刻10秒において、基礎版からの荷重の変動値は6000kN程度、杭1本に作用している荷重の変動値は400kN程度であり、基礎版からの荷重の1割程度が杭1本に伝達していることが分かる。(1)の重力場実験に比べて、既存杭の軸力分担が小さいのは、杭頭と基礎版底面の距離の違いによるものと考えられる。また、本実験では、既存杭の有無が建物の地震応答に及ぼす影響は小さく、杭頭絶縁基礎を適用した建物の地震応答は直接基礎のそれと同等である。一方、杭頭絶縁基礎建物の弾性変形成分は杭基礎建物のそれより小さくなる。杭頭絶縁基礎建物の地震応答が大きくなると、深部での地中の杭の軸力は杭頭部よりも大きく変動するため、杭頭だけでなく、杭周面摩擦抵抗が建物に対する杭頭絶縁基礎の支持性能に寄与する可能性が示唆される。本実験に対しては、3次元非線形有限要素法を用いたシミュレーション解析を実施している。その中で、せん断土槽を用いた遠心載荷実験のシミュレーションのためには、模型地盤に加えて土槽の質量を適切に考慮する必要があることを示した。

課題(3) 重力場における改良地盤併用基礎

図5に改良地盤併用基礎に対する重力場実験装置の概要を示す。実物に対する模型の長さの相似則は1/25、時間の相似則は1/5を想定する。課題(3)では実験諸量をモデルスケールで示す。建物模型は上部質点と基礎からなる1質点系であり、質点および基礎版の質量はそれぞれ、7.9kg、3.4kg、建物の一次固有振動数は18Hzである。建物のロッキング挙動が建物の地震応答や沈下挙動に及ぼす影響を分かりやすくするために、建物のアスペクト比は大きめの約1.8としている。地盤模型は乾燥した東北珪砂5号を用いて、せん断土槽に空中落下法によって作製する。目標とする相対密度は70%である。実験では杭頭絶縁基礎形式1ケース(EP)、杭頭と基礎版間に改良地盤を挟み込んだ新機構基礎形式2ケース(改良地盤が高剛性のEPI_mと低剛性のEPI_s)の合計3ケースの実験を実施している。杭はφ15mmの亚克力丸棒を4本用い、配置は図5(a)に示す通りである。改良地盤は複合ポリマー型改良地盤で、既往の研究の配合を参考に作製する。改良地盤の大きさは外径45mm、高さ30mmの円筒形であり、杭径の長さ分だけ杭頭を改良地盤に飲み込ませるように設置する。改良地盤の破壊ひずみは3%前後であり通常の改良地盤に比べて破壊ひずみまでのひずみ領域が広い材料である。各実験ケースにおける入力地震動は建築基準法告示波の極稀地震の応答スペクトルに適合する模擬波(最大加速度振幅は約 4m/s^2)であり、位相の異なる3波(八戸位相、神戸位相、乱數位相)を用いる。入力地震動の最大加速度振幅を調整し、10%、20%、40%、70%、100%の順に、漸増振幅で3波の地震波を連続加振

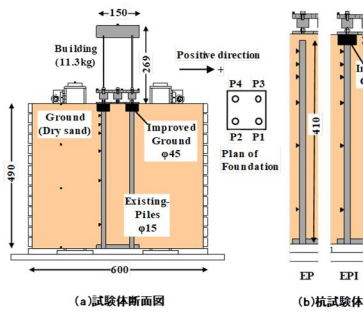


図5 実験装置 (単位: mm)

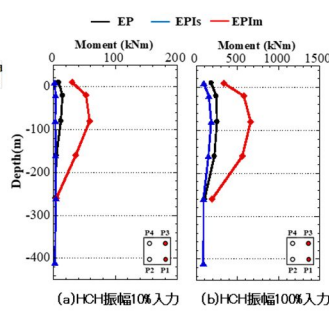


図6 曲げモーメント分布

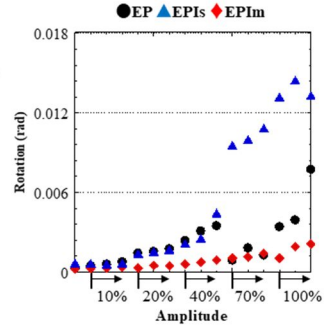


図7 加振後の残留傾斜角

する(計12波)。図6(a)に振幅10%時、(b)に振幅100%時の杭の最大曲げモーメント分布を示して、杭頭絶縁基礎(EP)と改良地盤の剛性が異なる2種類の新機構基礎(EPImとEPIs)の3ケースにおける杭の地震時の曲げモーメントを比較する。図中に示す曲げモーメントは図5に示す加振方向正側の杭P1、P3の平均値である。すべての分布に共通して、杭の最大曲げモーメントの発生箇所は地中である。新機構基礎の杭頭は改良地盤に埋め込まれているが、杭頭の回転剛性が小さいために、杭頭は半剛接合に近い状態であると考えられる。実験ケース間の違いを見ると、図6(a)より小加振時には、改良地盤の剛性が小さいほど杭に生じるモーメントの最大値は小さくなる。また、図6(b)より大加振時においても、改良地盤の剛性が小さいほど、杭に生じるモーメントの最大値は小さくなる。図7に各地震波を入力した後の建物の残留傾斜角を示す。地震後にすべてのケースで上部建物のロッキング挙動に伴う建物の残留傾斜角が生じているが、改良地盤の剛性の大きいEPImの残留傾斜角は他に比べて小さい。これは、杭と基礎版の間の改良地盤が上部建物からの鉛直荷重を杭に伝達できていることによる。一方で、改良地盤の剛性の小さいEPIsでは加振後に改良地盤が大きく変形し、大きな残留傾斜が生じている。以上より、改良地盤を低剛性とすることにより、杭の地震時応力を低減できる可能性を示したが、地震後の建物の機能維持も成立させるためには、適切な改良地盤の剛性を設定する必要があると考えられる。改良地盤の剛性の設定方法は今後の検討課題である。

課題(4) 基礎版の剛性偏心

均一せん断棒を用いた検討により、以下の知見を得た。

- ・いくつかの杭の配置を設定して既存杭撤去地盤の杭頭水平剛性の低減係数と基礎全体としての偏心率の関係を求めたところ、両者の関係は杭配置によらず概ね同様であった。また、既往の研究に基づいた低減係数によると、偏心率は0.1から0.15程度となった。
- ・杭頭位置の水平剛性をスウェイばねで表現したモデルのパラメータは、上部構造とスウェイばねの剛性比、両者の弾力半径比、上部構造の並進ねじれ振動数比、スウェイばねの偏心率、の4つである。については、基部固定の上部構造の1次固有周期と1次設計時の杭頭変位から設定できる。
- ・代表例(上部構造とスウェイばねの剛性比:0.1, 上部構造とスウェイばねの弾性半径比:1.0, 上部構造の並進ねじれ振動数比:0.9)では、スウェイばねの偏心率が大きくなるとねじれの大きいモード形状となったが、固有周期や有効質量比はあまり変わらなかった。
- ・応答スペクトル法によって地震応答を求めた例(:0.1, :1.0, :0.9, スウェイばねの偏心率0.15)では、上部構造の1次固有周期が比較的短い場合に層間変形角が基部固定の場合を1割程度上回ったが、1次固有周期が長くなると基部固定モデルに比べて同程度以下となった。高層の場合を重視して解釈すれば、本例ではねじれの影響は小さく、上部構造については通常の基部固定モデルによる層間変形角で確認すればよいと考えられる。

課題(5) 基礎浮き上がり

振動実験より得られた知見は以下の通りである。

- ・1方向加振時には、加振力の小さい場合には長辺方向と短辺方向の上部質点の加速度応答は同程度であるが、加振力が增大すると短辺方向の上部質点の加速度応答は長辺方向のそれよりかなり小さくなる。
- ・2方向水平入力時には建物の浮き上がりに伴って水平面上の回転挙動が生じるが、建物の長辺方向および短辺方向のそれぞれの上部質点の応答は、それぞれの方向に対して1方向加振した結果と同じ定性的傾向を示す。

以上の各研究メニューより、既存杭の新しい活用法に関する有用な知見を得ることができ、設計法構築のための基礎を作ることができたと言える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kashiwa, H., S. Ohmura, H. Nakagawa and S. Nakai	4. 巻 Paper No. 4c-0047
2. 論文標題 Shaking Table Test of Insulated Pile Foundation for Effective Utilization of Existing Pile	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proc. 17th World Conf. on Earthq. Eng.	6. 最初と最後の頁 9pp.
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 ISHIHARA Tadashi, KASHIWA Hisatoshi, KIKITSU Hitomitsu, INOUE Namihiko	4. 巻 30
2. 論文標題 EFFECT OF STIFFNESS ECCENTRICITY OF SWAY SPRINGS ON SEISMIC TORSIONAL RESPONSE OF BUILDINGS	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 AIJ Journal of Technology and Design	6. 最初と最後の頁 53-58
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3130/aijt.30.53	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 大村早紀
2. 発表標題 重力場振動台実験による杭頭絶縁基礎建物の地震応答性状（その1）実験方法と実験結果の概要
3. 学会等名 日本建築学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柏尚稔
2. 発表標題 重力場振動台実験による杭頭絶縁基礎建物の地震応答性状（その2）建物模型の地震応答性状と杭 - 地盤系の支持機構
3. 学会等名 日本建築学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nakagawa, H
2. 発表標題 Applicability of a Simple Constitutive Model for Three-Dimensional Finite Element Analysis on Dynamic Soil-Structure Interaction Problem
3. 学会等名 3rd European Conf. on Earthq. Eng. & Seism. (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Nakagawa, H
2. 発表標題 Influence of Weight of Shear Box on Dynamic Soil Response in Centrifuge Model Test
3. 学会等名 8th Asia Conf. on Earthq. Eng. (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 柏尚稔
2. 発表標題 遠心振動実験による杭頭絶縁基礎建物の地震応答性状
3. 学会等名 日本建築学会近畿支部研究報告会 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中川博人
2. 発表標題 地盤の非線形性を考慮したロッキング振動を伴う構造物の簡易な応答解析手法の検証
3. 学会等名 第16回日本地震工学シンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Nakagawa, H.
2. 発表標題 Influence of Weight of Shear Box on Soil Structure System in Centrifuge Model Test
3. 学会等名 18th World Conf. on Earthq. Eng. (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 庄田陽香
2. 発表標題 改良地盤の併用による既存杭の活用工法の検討
3. 学会等名 日本建築学会近畿支部研究報告会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 庄田陽香
2. 発表標題 杭頭絶縁基礎における改良地盤の活用方法の検討
3. 学会等名 日本建築学会大会 (近畿)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	石原 直 (Ishihara Tadashi) (50370747)	東京工業大学・科学技術創成研究院・教授 (12608)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	中川 博人 (Nakagawa Hiroto) (80713007)	国立研究開発法人建築研究所・国際地震工学センター・主任 研究員 (82113)	
研究分担者	大村 早紀 (Ohmura Saki) (70848283)	国立研究開発法人建築研究所・構造研究グループ・研究員 (82113)	削除：2021年8月16日

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関