

建設技術研究開発助成制度  
既存建築物基礎の高度再生技術の開発

研究代表者：林 康裕（京都大学工学研究科建築学専攻）

1. 研究・技術開発の目的

既存建築物の基礎構造を解体・撤去することなく、しかも新築される建物の設計自由度を損なわずに現有性能を活かすことができる、合理的・経済的な既存基礎再利用のための新工法とその性能評価法・実用設計法を開発する。

- 1) 建築物の既存・新設複合基礎の性能評価システムを開発する。
- 2) 様々な工法に対応可能な、既存・新設複合基礎の実用的設計法を開発する。
- 3) 既存基礎の現有性能を活かした新しい既存・新設複合基礎工法（既存杭・新設ラフト非接触工法）を開発する。

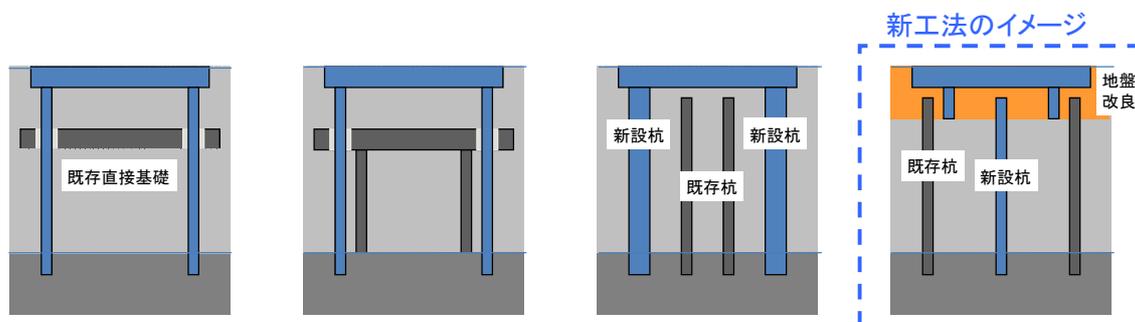


図1 様々な既存基礎の再利用形態と新工法のイメージ

2. 研究・技術開発の内容と成果

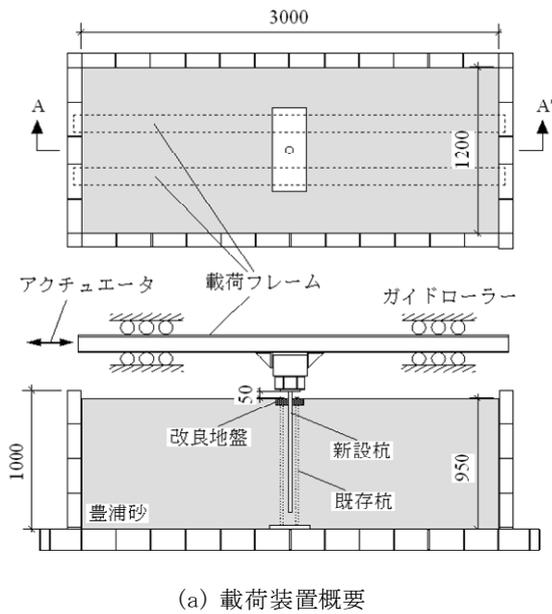
以下では、研究・技術開発の目的で記述した3項目にあわせて、実施内容と成果の概要について記述する。

(1) 性能評価システムの開発

[力学メカニズムの解明]

新設杭・既存杭間の地盤を介した水平力伝達機構の非線形性(振幅依存性)を調べるため、重力場の群杭模型の大変位水平載荷実験(図2)と遠心載荷装置を用いた水平載荷実験を実施して既存杭の有無による影響を調べた。

その結果、新設杭・既存杭間の水平力伝達は設計上無視可能な程小さい(図3(a))が、既存杭の存在によって新設杭の群杭効率が低下することを示した。なお、新設杭を加えても非接触の既存杭には殆ど水平抵抗力が発生しないのは、杭に添付した土圧計の分析から(図4参照)、新設杭から地盤を介して前方の既存杭に伝わった力の大半が反対側の地盤に伝わり、即ち、地盤による拘束圧は増加するが、既存杭が負担している水平抵抗力は小さかったためと考えられる。また、後方杭には殆ど土圧変化は見られない。

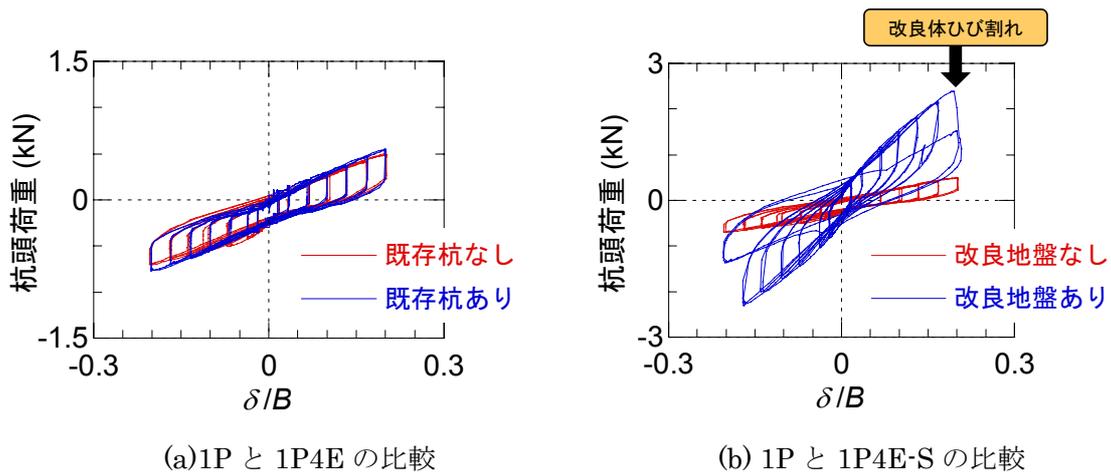


(a) 荷装置置概要

(b) 検討ケース

実験名	1P	1P4E	1P4E-S
杭本数	1	5	5
杭径 $B$ (mm)	21.7	21.7	21.7
杭長 $L_0$ (mm)	880	880 (930)	880 (930)
根入れ長さ $L$ (mm)	830	830 (920)	830 (920)
相対密度 (%)	63	65	63
平面図			
載荷方向			
立面図			

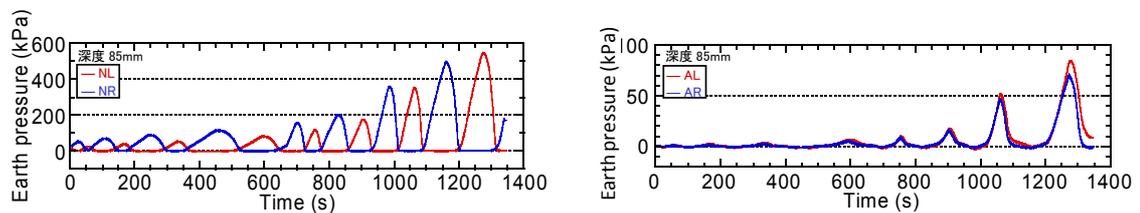
図2 重力場の大変位水平荷重実験



(a) 1P と 1P4E の比較

(b) 1P と 1P4E-S の比較

図3 杭頭荷重—杭頭変位関係 (重力場の大変位水平荷重実験)



(a) 前方杭の前面(NL)と後面の(NR)土圧

(b) 後方杭の前面(NL)と後面の(NR)土圧

図4 杭の土圧の変化 (遠心荷重装置を用いた水平荷重実験)

また、遠心荷重装置を用いた鉛直荷重実験を行って、新設杭・既存杭間（既存杭の有無、杭間隔等を実験パラメータ）や新設ラフト・既存杭間（ラフト寸法、表層地盤厚、地盤の相対密度、既存杭の有無および杭間隔等を実験パラメータ）の鉛直力伝達機構を検討した。

その結果、水平方向と異なり、地盤を介した新設杭・既存杭間の鉛直力の伝達が無視できないこと、そして、新設ラフトから加わる鉛直力は、地盤を介して深部まで影響し、周面摩擦力として既存杭へ伝達され（図5）、既存杭の軸力が大幅に増大する場合もあることを示した。

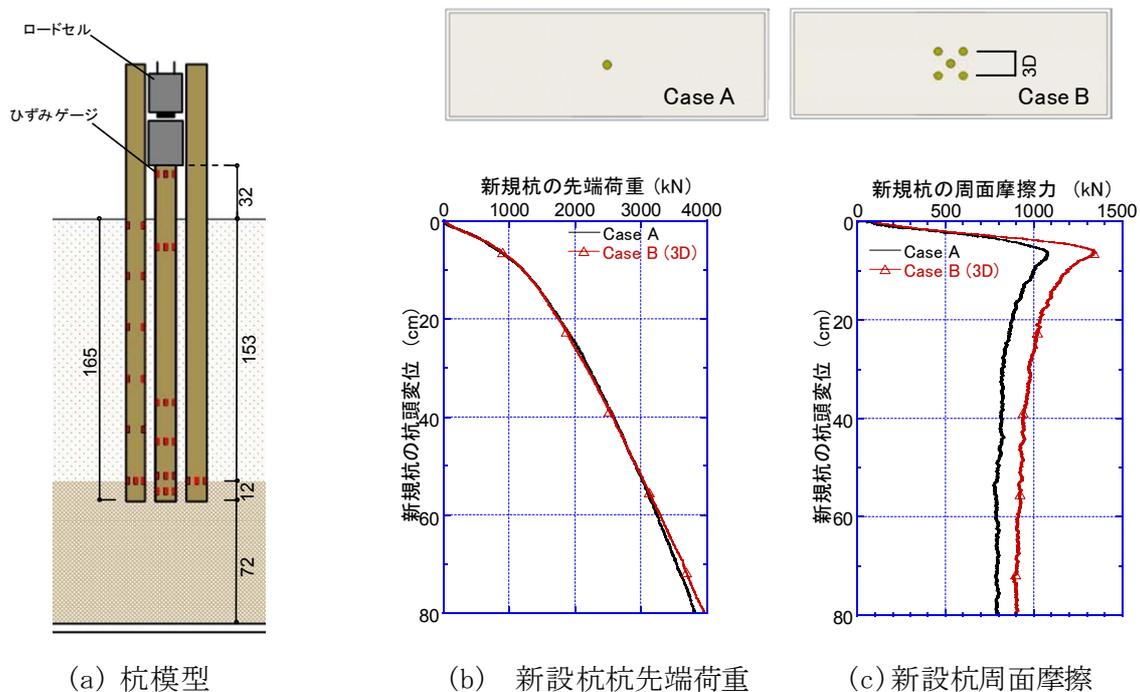


図5 遠心载荷装置をもちいた鉛直载荷実験の結果

[性能評価手法の構築]

新複合基礎工法の実用的設計法の妥当性を検証するため、水平・鉛直载荷実験を概ね妥当な精度で数値シミュレーションできる3次元非線形有限要素モデルを構築した（図6）。

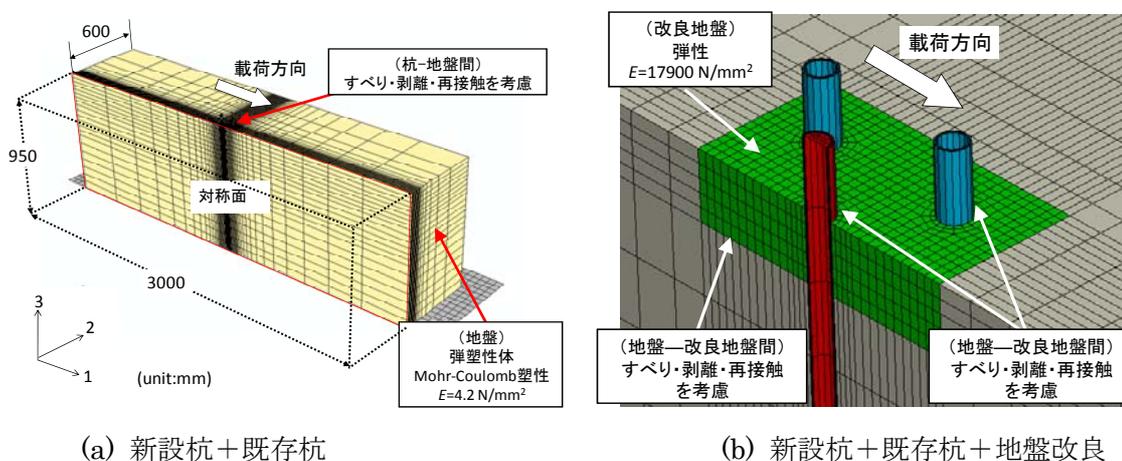
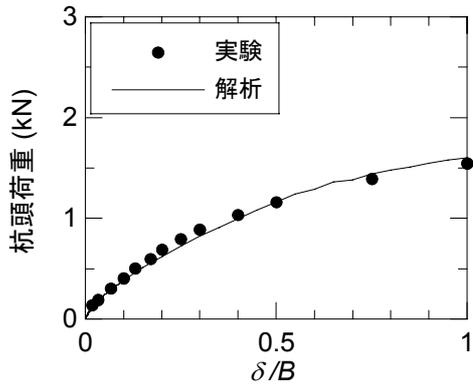
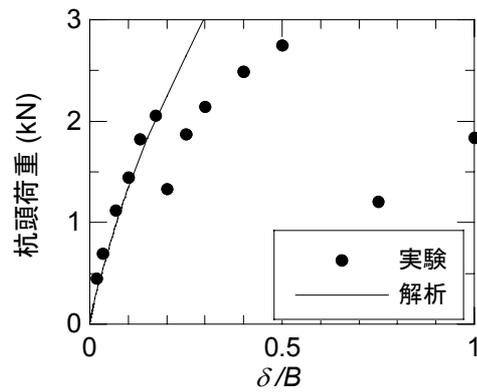


図6 水平载荷実験のシミュレーション解析に用いた3次元有限要素モデル



(a) 新設杭+既存杭



(b) 新設杭+既存杭+地盤改良

図7 杭頭荷重-杭頭変位関係（重力場の水平載荷実験のシミュレーション解析）

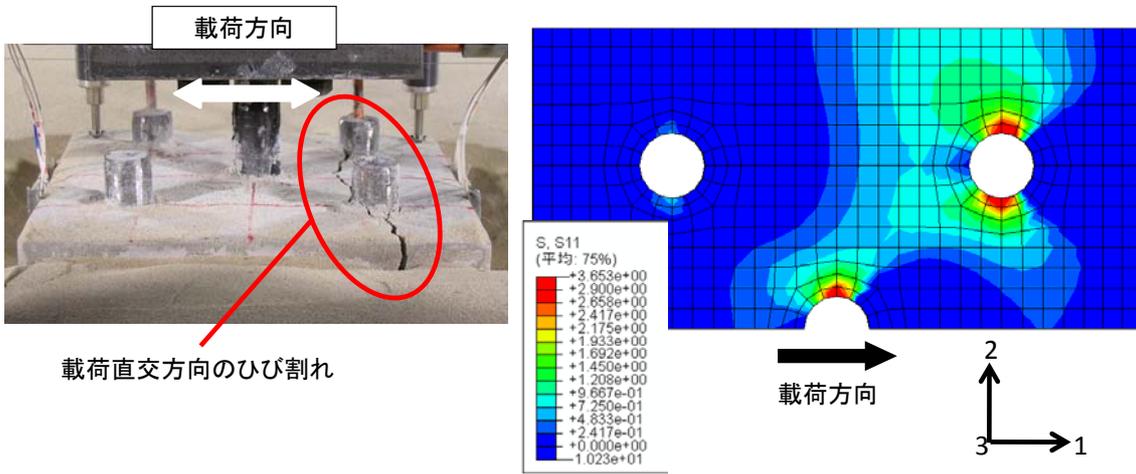
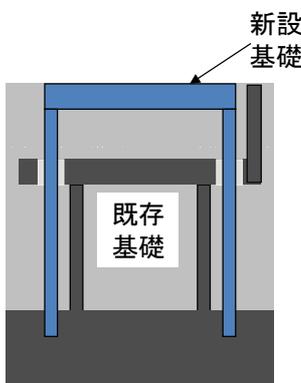
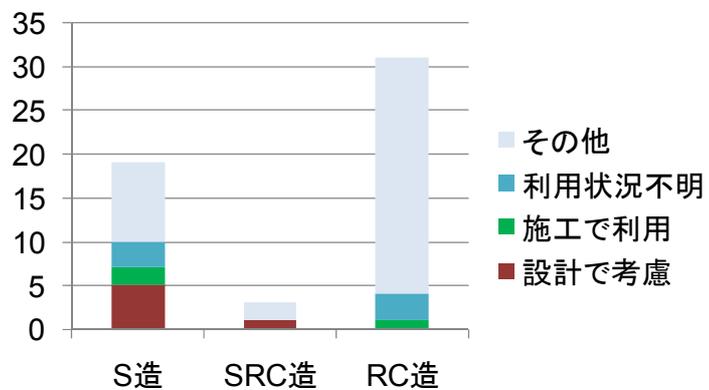


図8 重力場の水平載荷実験（地盤改良した場合）の改良地盤のひび割れとシミュレーションによる改良地盤の引張り応力度（1方向）



既存杭の利用例



大阪市での過去4年間の既存基礎利用実績 (H18年度調査)

図9 既存基礎の利用実態調査

## (2) 実用的設計法の開発

### [設計・施工事例の分析]

関西の基幹確認検査機関における設計審査事例の統計分析調査を行う(図9)とともに、スーパー・ゼネコンと代表的な設計事務所を対象としてヒアリング調査を行い、既存基礎再利用に対するニーズと期待が急激に高まっている事を再認識するとともに、既存基礎の影響評価法の構築(本研究)の必要性と既存杭の健全性評価や新設基礎との相互作用効果などの検討課題を再確認した。なお、積極的な利用が行われている場合は、既存RC造であった建物をS造で新築して高層化している事例が比較的多く見られた。

### [設計手法の検討]

「(1)性能評価システムの開発」、「(3)新複合基礎工法の開発」の実験結果や数値解析結果に基づき、既存・新設複合基礎の鉛直支持力と水平抵抗力の評価に必要な課題を抽出するとともに、3次元非線形有限要素法を用いた設計検討法を示した。

## (3) 新複合基礎工法の開発

### [新工法の提案]

本研究では、ラフトと先端支持杭を接合せず、間に改良地盤を介在させた新しい既存杭・新設ラフト非接触工法を開発した。その際、既存杭・新設基礎間の応力伝達効率を高めるために、表層地盤の地盤改良を行う工法を提案している(図1)。新工法の有効性は、重力場の群杭模型の大変位水平載荷実験を実施(図2)して、改良地盤によって新設杭から既存杭へ応力が伝達されることで水平抵抗力が増加することを示した(図3(b))。また、3次元有限要素法(図6)による解析結果を行い、改良地盤が破壊するまでの応力伝達機構は、改良地盤を弾性と扱って良いことを示した(図7(b))。また、図8では、改良地盤が破壊した振幅 $\delta=0.2B$ 時の載荷方向の垂直応力分布を示す。解析では、既存杭から引っ張り応力域が載荷直交方向に延びており、その応力度は概ね一軸圧縮強度より推定される引張強度に達している。これは、実験で既存杭から既存杭にかけて載荷直交方向にひび割れが生じたことに対応している。

## 3. 研究技術開発成果のまとめ

- ① 設計実務の事例調査より、既存基礎の再利用に至らず、再生技術の確立が望まれる実態を確認した。
- ② 独立して存在する既存杭と新設杭の間で、鉛直力については応力伝達されるが、水平抵抗力については伝達されないことを確認した。従って、既存杭の水平抵抗は設計で無視できる。しかし、表層部の地盤改良により既存杭の水平抵抗を活用できることを見出した。
- ③ 地盤、杭、改良地盤の適切なモデル化により有限要素解析で挙動を模擬できることを確認した。地盤、杭のパラメータ解析により既存杭、新設杭間の相互作用を定量化し、設計手法を構築した。