

(継続提案)

<p>No. 16</p>	<p>技術開発提案名</p>	<p>大地震後の継続使用性に資するコンクリート杭および杭頭接合部の技術開発</p>		
<p>事業者</p>	<p>・株式会社フジタ ・戸田建設株式会社 ・一般社団法人コンクリートパイル建設技術協会 ・国立大学法人東京工業大学 ・国立研究開発法人建築研究所 ・学校法人芝浦工業大学 ・耐震杭協会</p>			
<p>技術開発経費の総額(予定)</p>	<p>約 274 百万円</p>	<p>技術高度化の期間</p>	<p>平成 27 年度～ 29 年度</p>	
<p>住宅等における環境対策や健康向上に資する技術開発 住宅等におけるストック活用、長寿命化対策に資する技術開発 ■ 住宅等における防災性向上や安全対策に資する技術開発</p>				
<p>背景・目的</p>	<p>【背景】建築物の上部構造においては、既に地震動レベルを数段階に想定した設計法が確立され性能設計に移行しているが、一般建物の基礎構造に関しては大地震を対象とした設計が義務付けられていない。しかし、兵庫県南部地震および東北地方太平洋沖地震では、コンクリート杭基礎が被害を受け、地震後に建物の継続使用を断念し解体につながった例も多い。そこで、コンクリート杭の曲げ降伏時性能や終局時変形性能、杭頭接合部の詳細が構造性能に与える影響について知見を集め、地震後の継続使用性を確保する技術開発を行う。</p> <p>【目的】本技術開発では、コンクリート杭基礎を有する建築物の大地震時における耐震安全性および継続使用性を確保するため、次の4点を目的とした技術開発を行う。</p> <p>(1)コンクリート杭(場所打ちコンクリート杭、SC杭、PHC杭、PRC杭)について大地震に対する杭頭部および杭頭接合部の構造性能評価を行うための必要な基礎資料を実大寸法試験体を用いた実験から収集すること。</p> <p>(2)前述の実験データに基づき、コンクリート杭基礎構造の終局時までの曲げせん断性状を解明し、杭頭接合部での外力抵抗機構を明確にすること。</p> <p>(3)地震後の継続使用性を確保できる杭基礎構造の耐震設計に必要な設計式を整備すること。</p> <p>(4)現行基準を満足する杭基礎構造を再検証して、地震時の損傷を低減できる配筋方法を提案すること。</p>			
<p>■ 技術開発の概要 昨年度までの成果</p>				
<p>ここでは、2016年度の成果を8項目報告し、各項目の最後に2年間の合計試験体数を示した。</p>				
<p>1. 既製コンクリート杭を用いた杭頭接合部の性能確認実験 変動軸力を受けるパイルキャップと、柱心と杭心のずれたパイルキャップおよびパイルキャップ内配筋を変えた場合(標準型とかご筋型、帯筋量)のト形部分架構3体に関する実験を行い、これらの実験変数がパイルキャップの破壊性状に対して与える影響を確認した。変動軸力およびパイルキャップ内の配筋を増加させた試験体では、破壊モードやせん断耐力が変化し、配筋方法の現状の不備と改善方法についての知見が得られた。(過去2年間で、合計7体)</p> <p>2. 場所打ちコンクリート杭を対象とした杭頭接合部の曲げ性能確認実験 場所打ちコンクリート杭杭頭接合部のせん断性能を確認するための実験を実施した。試験体は主筋の強度をパラメータとした2体を製作した。両試験体ともに変形角$R=1.0\%$サイクルでせん断破壊し、耐力が急激に低下した。普通強度鉄筋を使用した試験体では、せん断破壊前に主筋の降伏が確認された。最大耐力は、杭の円形断面を等価な矩形断面に置換し、従来の柱のせん断耐力式を適用することで、3割程度安全側に評価されることが確認された。(過去2年間で、合計10体)</p> <p>3. 既製コンクリート杭を対象とした杭頭接合部の曲げ性能確認実験 パイルキャップに杭頭を埋込んだ杭頭接合部の地震時力学特性を終局状態に至るまで明らかにするため、同部位の曲げせん断試験を実施した。CPRC杭は杭仕様(杭径$\phi 400$で杭種変更)、SC杭は中詰め有無を実験変数とし、4体を実施した。実験変数は昨年実施した試験とも比較できるように設定した。中詰の種類によって、力学特性や終局時変形角を大きく改善できることが分かった。(過去2年間で、合計10体)</p> <p>4. 既製コンクリート杭杭頭部の終局時における曲げ性能確認実験 既製コンクリート杭杭頭部の終局時せん断性能評価を目的とし、計9体(PRC杭6体・PHC杭3体)のせん断、計30体(PRC杭13体・PHC杭10体・SC杭7体)の曲げ実験を行った。実験変数は、せん断スパン比($a/d=1.4, 2.0$)と軸力比($-0.3\sim 0.5$)である。軸力比0.5の高軸力を作用させた試験体では、せん断強度計算値よりも小さな荷重でせん断破壊する試験体が見られたため、その原因と計算式の修正について検討を始めた。(過去2年間で、合計49体)</p> <p>5. 実大のコンクリート杭(既製杭と場所打ち杭)を用いた杭頭接合部の性能確認実験の準備 杭(SC杭または場所打ち鋼管杭)ー基礎梁ー柱ーパイルキャップからなる部分架構試験体を設計し、杭頭接合部の地震時挙動を把握するための実験計画を策定した。杭の曲げ強度、杭頭接合部の曲げ強度に加え、パイルキャップの曲げ強度、パイルキャップへりあきコンクリートのせん断強度、パイルキャップ補強筋によるへりあき部の水平せん断強度、へりあきコンクリートひび割れ後の回転破壊に対する強度を考慮して、破壊モードと最大耐力を予想した。</p>				

6. 場所打ち鋼管コンクリート杭杭頭部(実大)の終局時における曲げ性能確認実験

曲げ破壊する実大の場所打ち鋼管コンクリート杭杭頭部の構造性能評価を目的として、場所打ち鋼管コンクリート杭1体の加力実験(変動軸力)を行った。鋼管の圧縮領域に座屈が発生し、その後最大耐力を迎えた。(過去2年間で、合計1体)

7. 終局時までの曲げ性能を表現する解析モデルの開発

8. 実験結果を、AIJ指針の基礎データに含める活動

本年度の技術開発の内容

平成29年の開発研究では、場所打ちコンクリート杭および既製コンクリート杭の杭頭接合部について、それぞれ実験に基づき構造性能を明らかにし、終局時までの構造特性を明らかにする。

場所打ちコンクリート杭および既製コンクリート杭のいずれにしても、曲げおよびせん断性能の評価手法を、大型載荷実験の結果を用いて開発する。特に、曲げに関しては曲げモーメントと回転角(または曲率)の関係を実験より明らかにし、ファイバーモデルによる数値解析と比較検討する。また、場所打ち杭では杭径の大口径化、既成杭ではコンクリートの高強度化が図られており、これらの構造性能への影響についても実験および解析により明らかにする。

(1) 場所打ちコンクリート杭の構造性能解明に関する技術開発

場所打ち鋼管コンクリート杭が引張・圧縮の変動軸力を受ける場合、杭頭接合部において杭頭部鋼管に曲げ降伏が生じるときの、モーメント-曲率関係を終局時に至るまで解明する。試験体はφ1200mmの場所打ち鋼管コンクリート杭であり、主筋の有無と軸力-せん断力空間における載荷パスを主要な実験変数とする。実験では、主筋と載荷パスが、最大モーメント耐力と破壊モードに与える影響を観察する。鋼管の座屈と座屈位置の破断などが、どの変形や歪レベルで生じるかを観察する。また、鉄筋の有無が、杭の変形性能に与える影響について、定量化する。実験結果に基づいて、場所打ちコンクリート杭杭頭接合部の構造性能評価技術を開発する。

(2) 既製コンクリート杭の構造性能解明に関する技術開発

既製コンクリート杭について、場所打ち杭と同じように、杭頭接合部における杭体の曲げせん断性能を、終局時に至るまで解明する。せん断では、2016年度に行ったφ400mm杭の実験結果を詳細に分析し、AIJ指針の終局耐力式と比較検討する。また、曲げでは、過去2年間に行ったSC杭・PRC杭・PHC杭の実験結果を精査し、杭頭において曲げ降伏が生じるときの、モーメント-曲率関係を終局時に至るまで解明する。ここでも、軸力-せん断力空間における載荷パスを主要な検討変数として検討を行う。耐震杭と同じく、最大耐力点およびポストピーク領域における曲率や歪に着目し、東京工業大学で開発中のファイバー解析モデルの応力状態と比較し、曲げ性状に寄与するコンクリートや鋼材の最適な軸力-歪関係を解明する。

既製コンクリート杭に関しては、パイルキャップとのコンクリート強度差が大きく、杭頭接合部の支圧破壊を評価する方法を検討する。また、パイルキャップにおいて定着鉄筋を用いる場合と杭頭部を埋め込む場合では杭頭接合部の破壊モードが異なるが、これらの破壊モードを精度良く評価する方法を開発する。

(3) 杭頭接合部の構造性能解明に関する技術開発

大地震後も継続使用性を可能とする工法を開発する目的で、杭頭接合部の構造性能評価に必要な構造実験を実施する。特に、負担応力の大きい大口径コンクリート杭を対象に、杭頭部の応力を基礎梁に伝達する応力伝達機構と高軸力時の軸力変動による杭頭接合部における杭、基礎梁、柱の外力抵抗機構に与える影響を明らかにする。最終年度は、パイルキャップ下端の杭頭接合面に焦点をあてる。大口径杭(既製杭と場所打ち杭ともにφ400またはφ800)を定着筋を介してパイルキャップに定着する接合方法で、杭頭の定着筋部が曲げて終局状態に至る力学特性と繰返挙動を解明する。実験は、図1に示すように大容量軸力載荷装置(圧縮2000t、引張800t)を用いて、パイルキャップを有する杭頭試験体に鉄骨製柱および基礎梁を緊結する。建物基礎部分の応力状態を比較的忠実に再現しながら、杭頭の抜け出しを含めて杭頭部分を終局時に至るまで漸増繰返し載荷で変形させ、履歴復元力特性と損傷状態を記録する。杭仕様(SC杭、場所打ち杭)および軸力比(-0.5~0.45の範囲で、一定及び変動)をパラメータとし、実験を実施する。

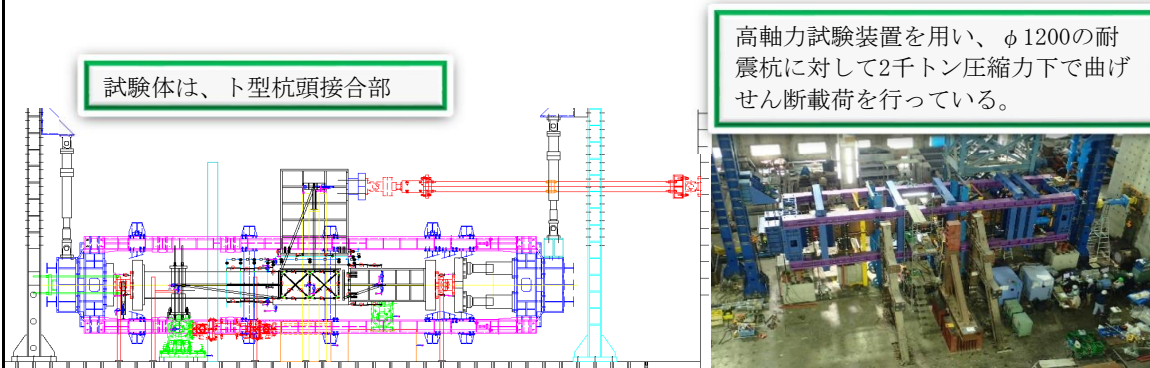


図1: パイルキャップからの抜け出しを含めた杭頭部変形性能評価実験
(杭径800mmの場所打ち鋼管コンクリート杭に軸力1800tを載荷するための検討例)

総評

大地震後に対するコンクリート杭の構造性能評価方法の技術開発として過年度に採択された継続事業の提案であり、計画通りの進捗が確認されたことから、引き続き実施すべきものと評価する。