

(継続提案)

NO. 23	技術開発 提案名	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		
事業者	株式会社フジタ 東京工業大学 芝浦工業大学 戸田建設株式会社 国立研究開発法人建築研究所 一般社団法人コンクリートパイル建設技術協会 耐震杭協会			
技術開発 経費の総額 (予定)	約 287.3 百万円	技術高度化 の期間	平成27年度～29年度	
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				
背景・目的	<p><b>【背景】</b>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><b>【目的】</b>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。(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の試験体を用いた構造実験から収集すること。(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破壊モードおよび曲げせん断性状をモデル化し、杭頭接合部での外力抵抗機構を明確にすること。(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。(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ような配筋方法や新技術を提案すること。</p>			
■ 技術開発の概要				
昨年度までの成果				
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 大地震時における建築物の耐震性能は、現行の耐震基準において確保されているが、地震後の継続使用を確保する対策については確立されていない。そこで、下部構造の損傷が上部構造に与える影響(上部構造物の傾斜・損傷)の確認を目的として、杭種を実験変数(PHC、RC、SC杭)とした実験を行い、各部材(柱・基礎梁・パイルキャップ・杭)の破壊性状より建物における継続使用性に与える影響を確認した。				
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 杭の地震被害が発生しやすい杭頭部の構造性能について、変形性能と部材損傷の關係に着目した構造実験は極めて少ない。そこで、場所打ちコンクリート杭を対象として、杭頭部の変形性能と損傷狀態の關係を明確にすることを目的とした杭頭部の曲げ実験を実施した。軸力比0.4のケースでは、せん断破壊が生じ、同時に上スタブに大きな鉛直下向きの変位が生じた。この現象は建物の傾斜現象に直結する損傷であり、外力の設定条件によって建物の継続使用性に関わる破壊モードとなることを実験的に示した。				
3. 既製コンクリート杭(CPRC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む接合方法での終局状態に至る力学特性と繰返挙動を解明するために、曲げせん断試験を実施した。実験は、杭仕様(杭径φ400mm、I～IV種)および軸力比(0～0.41)をパラメータとし、6ケースを実施した。軸力なしの場合(No.1)は、圧縮側のコンクリート圧壊・剥離、引張側鋼材が損傷を受けたが、軸力ありの場合(No.3)は、圧縮側のコンクリートが圧壊・剥離した。軸力の有無によって終局状況に至る力学特性が異なることを実験的に示した。				
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 パイルキャップに杭頭を埋込む接合方法での終局状態に至る力学特性と繰返挙動を解明するために、パイルメーカーが一般的に所有する既製杭を横置きするタイプの試験機を用いて杭頭部曲げ試験を実施した。杭径φ400mmで杭仕様(PHC杭、CPRC杭、SC杭)および軸力比(0、0.27)をパラメータとし、10ケース実施した。軸力なしの場合は、圧縮側のコンクリート圧壊・剥離、引張側鋼材が損傷を受けたが、軸力ありの場合は、圧縮側、引張側ともコンクリートが圧壊・剥離した。軸力有無によって破壊状況が異なることを実験的に示した。				
5. Φ1200mm級実大コンクリート杭の高軸力杭頭部性能確認実験 試験体に高軸力(圧縮2000t、引張800t)を与えるための反力フレームを製作し、単純支持された杭体の曲げ載荷実験を行った。これにより、第2年度以降における大口徑杭の杭頭製都合部の変形性能確認実験やト型杭頭接合部せん断実験が実現可能であることを確認した。				
6. 終局時までの曲げ性能を表現する解析モデルの開発				
7. 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28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、ファイバーモデルやFEM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の杭頭部における曲げモーメントー回転角関係を終局時に至るまで解明する。試験体はΦ1200を基本とする耐震杭で、径厚比を実状に近い0.75としている。実験変数は、軸力比（引張0.2、圧縮0.6）、鋼管内配筋（ $p_g=0\%$ および $0.63\%$ ）とし、繰返し曲げ試験を行う。最大耐力点およびポストピーク領域における鋼管や軸筋のひずみを測定し、引張側の鋼材がどれだけ曲げ耐力に寄与するかを解明する。また、RC柱に対して得られた構造性能を準用し杭の終局時の挙動を推測し、鉄筋量が少なく軸力が変動する円形断面コンクリート杭の実験結果と比較する。杭頭部のせん断破壊を想定したせん断実験もあわせて実施する。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**

SC杭・PHC杭・PRC杭などの既製コンクリート杭について、場所打ち耐震杭と同じように、杭頭部における曲げモーメントー回転角関係を終局時に至るまで解明する。試験体は、コンクリート強度が高くなるため上限をΦ800とする予定である。実験変数は、軸力比（引張0.2、圧縮0.6）、杭種（SC杭・PHC杭・PRC杭）とし、繰返し曲げ試験を行う。やはり、最大耐力点およびポストピーク領域における曲率や歪のひずみを測定し、東京工業大学で開発中のファイバー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領域を解明する。また、杭頭部のせん断破壊を想定したせん断実験もあわせて実施する。

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、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。平成28年度は、パイルキャップに焦点をあてる。大口径杭（既製杭はφ800、場所打ち杭はφ1200）をパイルキャップに埋込む接合方法で、杭頭部が終局状態に至る力学特性と繰返し挙動を解明するため、曲げせん断試験を実施する。実験は、図1に示すように昨年製作した大容量軸力載荷装置（圧縮2000 t、引張800 t）を用いて、パイルキャップを有する杭頭試験体（灰色）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、PHC杭、PRC杭、場所打ち杭）および軸力比（ $-0.5\sim 0.60$ の範囲で、一定及び変動）をパラメータとし、8ケースを実施する。

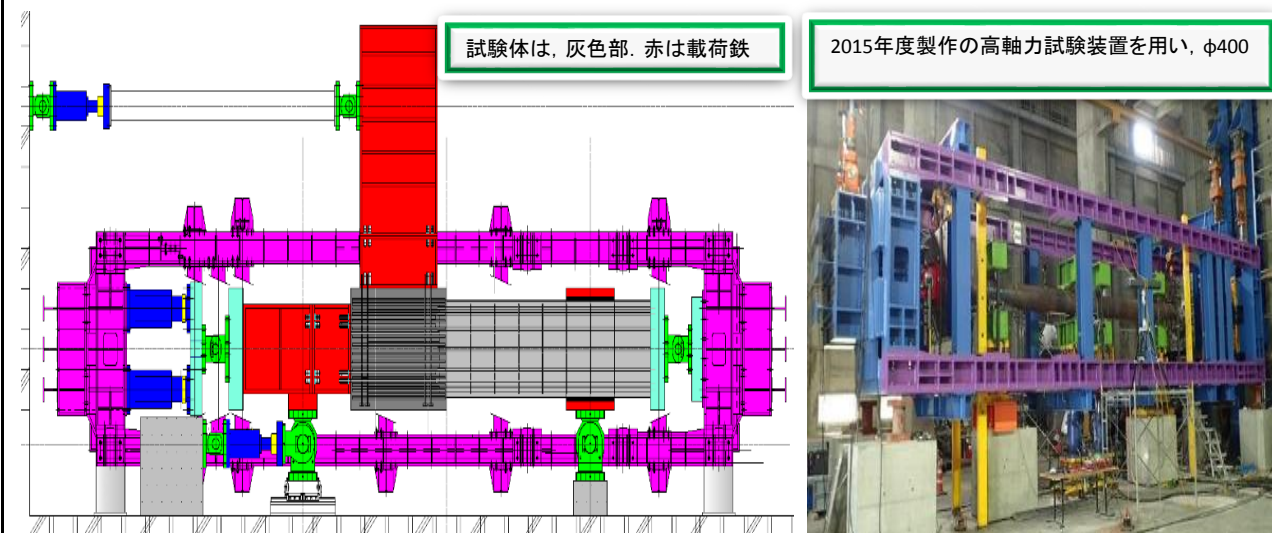


図1：パイルキャップからの抜け出しを含めた杭頭部変形性能評価実験  
(杭径1200mmの場所打ち鋼管コンクリート杭に軸力1800 tを載荷するための検討例)

総評	<p>大地震動に対するコンクリート杭の構造性能評価方法の開発は、重要な社会的課題である。</p> <p>大口径・高軸力の杭頭接合部の実験により十分なデータが蓄積されつつあり、今年度も着実な技術開発を期待するとともに、成果については学会等の指針へ反映されることを期待する。</p>
----	---