

圧縮靱性を付与した既製コンクリート杭の一軸圧縮実験

正会員 ○渡邊秀和\*1 同 宮原清\*2 同 向井智久\*1  
 同 大塚悠里\*1 同 平出務\*1 同 中村聡宏\*1  
 同 木谷好伸\*2 同 浅井陽一\*2 同 平尾一樹\*2  
 同 長澤和彦\*2 同 石川一真\*2

既製コンクリート杭 圧縮靱性 一軸圧縮実験  
 アンボンド 拘束効果

1. はじめに

2011年東日本大震災や2016年熊本地震では、構造設計時に十分な検討が明示的に求められていない部位の損傷が顕在化し、その結果、当該建築物が地震後、継続使用できなくなる事例が確認されている<sup>1)~3)</sup>。上記の典型的被害の一つとして杭基礎の被害が挙げられる<sup>2)3)</sup>。現行基準において杭基礎は中小地震における損傷制御を目的とした設計が行われているものの、大地震後の継続使用性を確保するための基礎構造の終局限界状態における構造性能に基づく設計はほとんど行われていない。一方で研究レベルでは、大地震後の継続使用性を確保するための設計法についての検討例が示された<sup>4)5)</sup>が、この検討例では靱性のある杭を採用している。

杭基礎構造の構造性能については、例えば文献6)7)などで、大地震時に対する杭基礎構造を対象とした構造性能評価に資する技術資料が纏められつつある。そこでは、場所打ち鋼管コンクリート杭やSC杭では鋼管の座屈によって終局状態に至っていることが報告されており、杭体の靱性能が十分に確保されているとはいえない。

そこで本研究では、上記の研究背景を踏まえ、大地震時の軸力作用下においても、建物の継続使用性を確保するための十分な靱性能を有する杭体の開発を行う。今回は特に圧縮靱性に着目し、基本的な杭の圧縮挙動を確認することを目的に一軸圧縮実験を実施する。

2. 実験概要

2.1. 試験体概要

代表的な試験体の配筋図を図1に、試験体一覧を表1に示す。A-3を除いて、外径400mm高さ400mmの既製杭である。Aシリーズ試験体は、圧縮靱性を確認するためのフィジビリティスタディのための試験体である。中空円形断面を持つ既製コンクリート杭A-1、文献8)を参考にA-1の外側にアンボンド鋼管を取り付けたA-2、比較用として上部構造のRC柱を模したA-3の3体である。なお、ここでいうアンボンド鋼管とは、試験体の上下の鋼製端板と鋼管の接続をせずそれぞれ10mmの空隙を設けた鋼管のことである。鋼管とコンクリートの間の付着を除去するよ

うな特別な処理はしていないが、上下に設けたそれぞれ10mmの空隙を設けることでアンボンド鋼管に圧縮力が伝達しないように設計した。一方、BシリーズはAシリーズの結果を受けて全て中実円形断面を持つ既製コンクリート試験体である。B-1試験体は中実断面を持つ既製コンクリート杭であり、その外側にアンボンド鋼管を取り付けたものがB-2シリーズ3体、外側に鋼管を取り付け上下端板と溶接したものがB-3である。

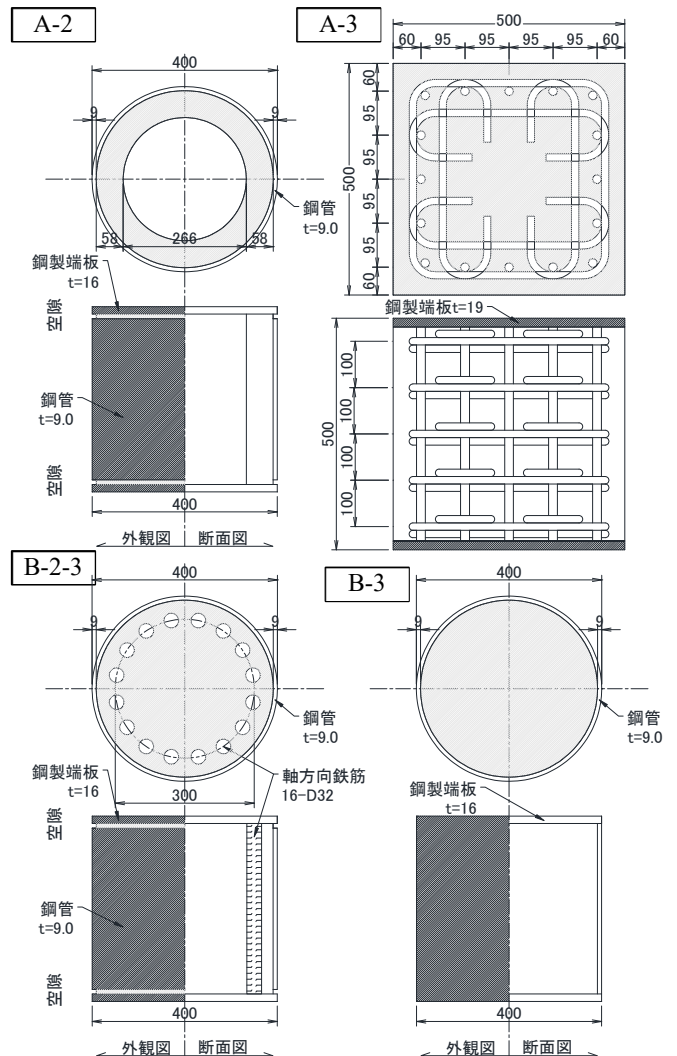


図1 試験体配筋図

Uniaxial compressive test for compressive ductility of pre-cast concrete pile

Hidekazu WATANABE, Kiyoshi MIYAHARA, Tomohisa MUKAI, Yuri OHTSUKA, Tsutomu HIARADE, Akihiro NAKAMURA, Yoshinobu KIYA, Yoichi ASAI, Kazuki HIRAO, Kazuhiko NAGASAWA, Kazuma ISHIKAWA

表1 試験体一覧

試験体名	外径※1 (mm)	高さ※1 (mm)	断面形状	コンクリート厚 (mm)	鋼管厚 (mm)	鋼管長 (mm)	端板-鋼管接続方法	空隙幅 (mm)	軸方向鉄筋
A-1	400	400	中空円形	69.3	—	—	—	—	—
A-2	400	400	中空円形	58	9	348	未接続	20	—
A-3	500	500	中実正方形	—	—	—	—	—	16-D19
B-1	400.8	399.5	中実円形	—	—	—	—	—	—
B-2-1	398.1	397	中実円形	—	4.5	345	未接続	20	—
B-2-2	398.4	399	中実円形	—	9	348	未接続	20	—
B-2-3	398.8	400.6	中実円形	—	9	348	未接続	20	16-D32
B-3	399	398	中実円形	—	9	368	溶接	—	—

※1: Aシリーズの外径および高さは計測できていなかったため、実測値ではなく設計値を示す。

## 2.2. 加力方法

一軸圧縮実験は、図2に示すような載荷装置を用いて実施した。鉛直方向に設置した押側最大容量 5MN のジャッキ 4 本を用いて、試験体の軸方向に圧縮力を作用させ 1 方向押し切り載荷を行った。載荷開始時は、試験体に偏心荷重が作用しないように 4 本のジャッキ荷重が同じになるように制御しながら実験を行った。脆性的に破壊した A-1, A-2 はそのまま破壊したが、それ以外の試験体は、最大荷重の 50%~80% の点で変位制御に切り替えた。このとき、試験体スタブの 4 隅に取り付けた変位計を用いて、切り替え時からの変位増分が同一となるように制御した。

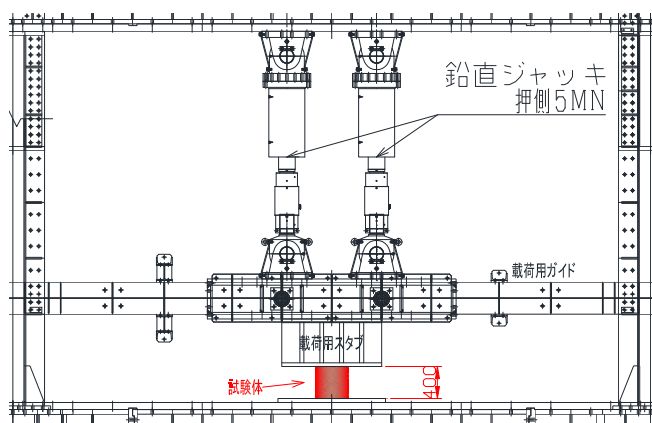


図2 載荷装置と試験体設置状況

## 3. 実験結果

図3に実験で得られた荷重変形関係を示す。なお、荷重は 4 本の鉛直ジャッキの圧縮荷重の合計値を、変位は試験体に取り付けた 4 本の変位計の平均値を用いた。

中空断面既製コンクリート杭 A-1, A-2 および B-1 試験体は最大荷重を記録した後、荷重が急激に低下し脆性的に破壊した。一方、アンボンドの鋼管を外側に取り付けた B-2 シリーズは、鋼管が円周方向に降伏した付近で剛性が変化し荷重の増加が緩やかになった。その後上下端部に設けた 10mm の空隙が閉塞するまで荷重がほぼ一定となり、比較用の A-3 試験体と同じように圧縮靱性のある挙動が得られた。ただし、B-2-3 試験体は鉛直ジャッキの容量に達したために最後まで押し切ることができなかった。上下端板と溶接した B-3 試験体は最大荷重付近で鋼管の座屈が見られた。B-2 シリーズおよび B-3 試験体は、B-2 試

験体と比べて最大荷重が増加したことから、鋼管によるコンファインド効果によって杭の一軸圧縮強度が上昇したと考えられる。

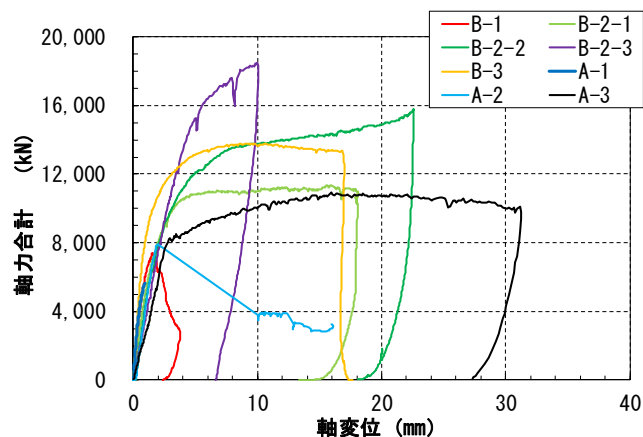


図3 荷重変形関係

## 4. まとめ

既製コンクリート杭に圧縮靱性を付与するための一軸圧縮実験を行った結果、以下の知見を得た。

- (1) 中空断面既製コンクリート杭は、外側にアンボンド鋼管を取り付けても、脆性的に破壊した。
- (2) 中実断面既製コンクリート杭は、外側に取り付けたアンボンド鋼管によるコンファインド効果により一軸圧縮強度の上昇と靱性能の向上が確認できた。

今後は、今回の実験結果を基に定量的な評価を行い、圧縮靱性のある既製コンクリート杭の開発を行う。

## 謝辞

本研究は、(国研) 建築研究所指定課題「既存鉄筋コンクリート造建築物の地震後継続使用のための耐震性評価手法の開発」により実施しました。関係各位に謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所, 建築研究所: 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震被害調査報告, 国土技術政策総合研究所資料第 674 号, 建築研究資料第 136 号, 2012.3
- 2) 金子治, 中井正一, 阿部秋男, 向井智久: 東北地方太平洋沖地震における杭基礎被害の要因分析に向けた検討 その 3 杭基礎の強度・変形特性に関する実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 2014.9, pp.699-700
- 3) 渡邊他: 2016 年熊本地震により被災した RC 造庁舎における基礎構造部材の損傷調査, 第 15 回日本地震工学シンポジウム, pp.1844~1853, 2018.12
- 4) 喜々津ほか: 地震後の継続使用性を確保した新築建築物の設計・耐震性能評価 その 1~その 6, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.45-56, 2015.9
- 5) 草刈ほか: 地震後の継続使用性を確保した新築建築物の設計・耐震性能評価 その 7~その 11, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.43-52, 2016.8
- 6) 向井ほか: 大地震後の継続使用性を確保するためのコンクリート系杭基礎構造システムの構造性能評価に関する研究 その 1~その 15, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.575-604, 2017.7
- 7) 郡司ほか: 大地震後の継続使用性を確保するためのコンクリート系杭基礎構造システムの構造性能評価に関する研究 その 16~その 25, 日本建築学会学術講演梗概集, pp.577-596, 2018.7
- 8) 宮木ほか: 遠心成形コンクリート充填円形鋼管柱の軸圧縮耐力式, 日本建築学会構造系論文集, No. 482, pp.151-160, 1996.4

\*1 国立研究開発法人 建築研究所

\*2 一般社団法人 コンクリートパイル・ポール協会

\*1 Building Research Institute

\*2 Concrete Pile and Pole Industrial Technology Association