

杭基礎の損傷モニタリングに向けた基礎的検討
 —既製杭の曲げ載荷試験—

Fundamental Study on Damage Detection Monitoring of Pile Foundations
 -Bending Loading Tests on Precast Concrete Piles-

○稲垣理紗¹, 仲村成貴², 新井寿昭³

*Risa Inagaki¹, Masataka Nakamura², Toshiaki Arai³

Several types of pile foundation specimens have been investigated to determine whether a vibration monitoring method can detect damage to pile foundations caused by a strong earthquake motion. This paper presents the initial results of bending loading tests conducted on precast concrete piles. The bending loading tests measured the state of the PC steel bar until they ruptured.

1. はじめに

平成7年兵庫県南部地震や平成23年東北地方太平洋沖地震では、上部構造の被害が軽微であるにもかかわらず杭体の破損によって建物が傾斜し、継続使用ができなくなった事例が報告されている。継続使用するためには杭基礎の状態を適切に把握しておく必要がある。状況把握法の一つとして目視観察がある。杭頭部のように掘削が比較的容易な範囲では目視確認での実態把握が可能であるが、地下階がある建物や地下水位が高い場合などは調査自体が困難である。そこで、目視観察せずに低コスト・短時間で杭基礎の状態を把握できるモニタリング手法の活用が期待されている^[1]。本研究では杭基礎の損傷モニタリング手法の実用化を目指して実験や解析に基づいた検討を開始した。本稿では杭体3種の曲げ載荷試験として、載荷荷重と変形角の関係や剛性変化について結果を報告する。

2. 試験概要

本稿で対象とした杭体は、杭径700mmのPRC杭（PRC700）、杭径400mmのPRC杭（PRC400）とPHC杭（PHC400）の3種である。Table1に杭体の諸元を示す。それぞれの杭体を対象として、JISA5373に準じた単純梁方式による2点支持2点載荷方式の曲げ載荷試験を実施した。Figure1に載荷位置と変位計側位置、Photo1に杭体の全景を示す。載荷方法は一方向繰り返し載荷とし、PRC700は9段階、PRC400は12段階、PHC400は11段階に載荷ステップを分けて実施した。Figure2に示すように、変位の計測位置を支点とスパン中央とし、断面の両側に変位計（東京測器研究所製SDP-200E、Photo2）を設置することで試験中における杭の回転による影響を考慮できるようにした。本稿では変位計による計測値を用いて以降の検討を行った。

Table1 Profile of pile specimens

Name of the pile	PRC700	PRC400	PHC400
Pile species	PRC Pile	PRC Pile	PHC Pile
Pile diameter D (mm)	700	400	400
Wall thickness T (mm)	100	65.0	65.0
Diameter ratio T/D	0.14	0.16	0.16
Actual cross-sectional area A (×10 ⁴ mm ²)	18.8	6.80	6.80
Pile length (m)	8.00	8.00	8.00



Photo1 Panoramic view of the pile

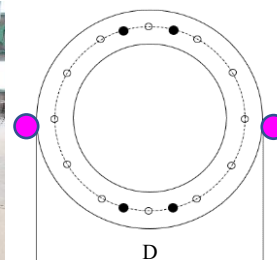


Figure2 Cross-section of the pile



Photo2 Displacement sensor

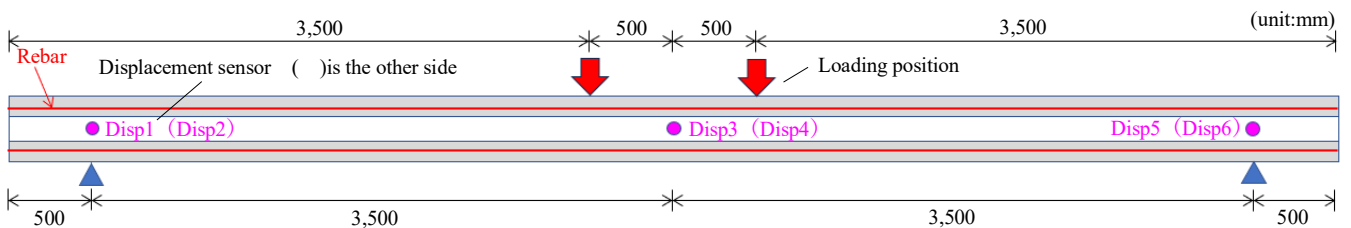


Figure1 Position of load and displacement sensor

1 : 日大理工・学部・まち 2 : 日大理工・教員・まち 3 : 西松建設株式会社

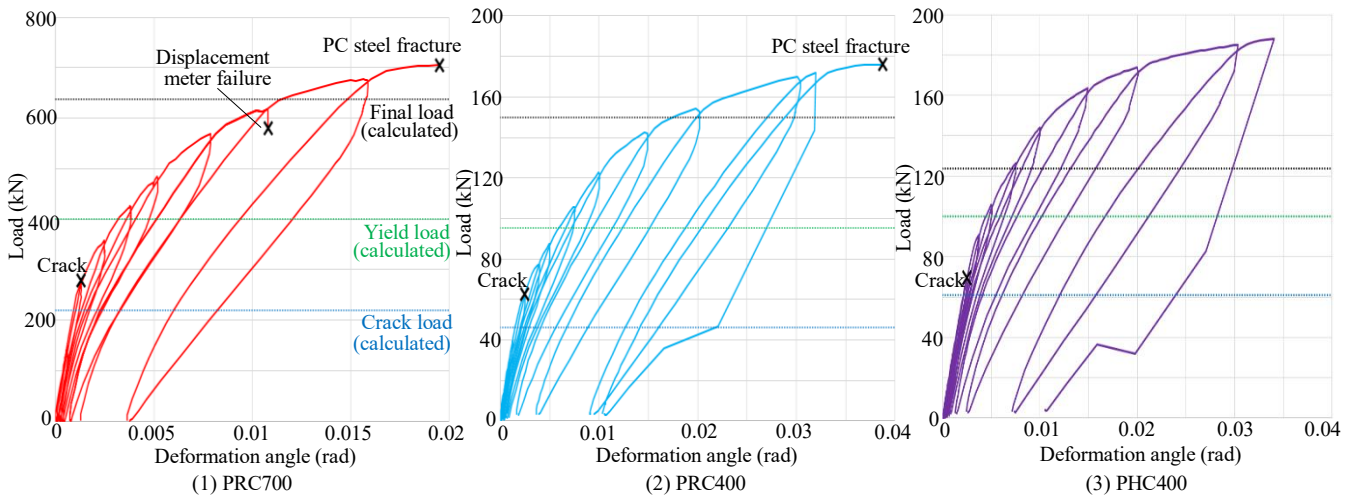


Figure3 Deformation angle - load

3. 載荷荷重-変形角

試験では変形角を直接計測していないため、変位計の出力を用いて、相対変位 u と変形角 δ を式(1)と(2)により算出した。

$$u = U_c - \frac{(U_l + U_r)}{2} \quad (1)$$

$$\delta = \frac{u}{L/2} \quad (2)$$

ここに、 U_c : 変位計 Disp3 と Disp4 の平均値、 U_l : 変位計 Disp1 と Disp2 の平均値、 U_r : 変位計 Disp5 と Disp6 の平均値、 L : スパン長 7,000 mm である。Figure 3 に杭体の変形角-載荷荷重の対応を示す。図中のひび割れ荷重、降伏荷重、終局荷重は試験実験前に計算した参考値である。ひび割れ箇所×は、杭体に初めてひび割れが発生した載荷ステップの最大載荷荷重を示した。PRC700 では 7 サイクル目の除荷開始直後に変位計 (Disp4) が不良となり、9 サイクル目で PC 鋼棒が破断した。PRC400 では 12 サイクル目で PC 鋼棒が破断した。

Figure 4 に各試験体の変形角-最大載荷荷重の対応を示す。図中の直線は近似直線であり、3 種類ともおよそ 3 段階で勾配が変化しており、荷重の増大に伴って剛性の低下が認められる。杭体による相違としては、PRC400 と PHC400 を比較すると、PHC400 の方がやや剛性が高くなる結果を得られた。

各杭体において、1 サイクル目の剛性 (K_0) を基準とした 2 サイクル目以降の剛性 (K) の比とした剛性低下率 K/K_0 を変形角に対応させて Figure 5 に示す。変形角の増加に伴って、PHC400, PRC400, PRC700 の順に剛性低下率が急激に低下する結果を得られた。ただし、PHC400 と PRC400 では大差は見られない。本試験による剛性低下率は杭径の影響が大きいと考えられる。

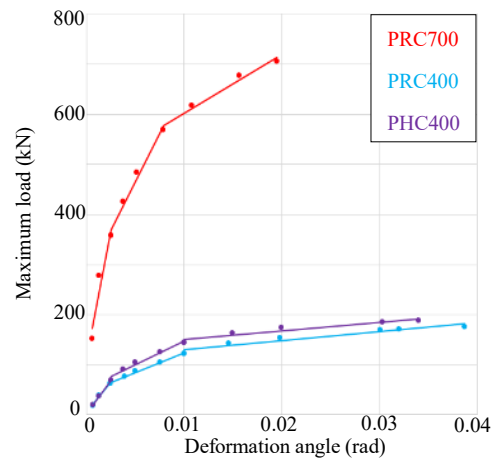


Figure4 Deformation angle- maximum load

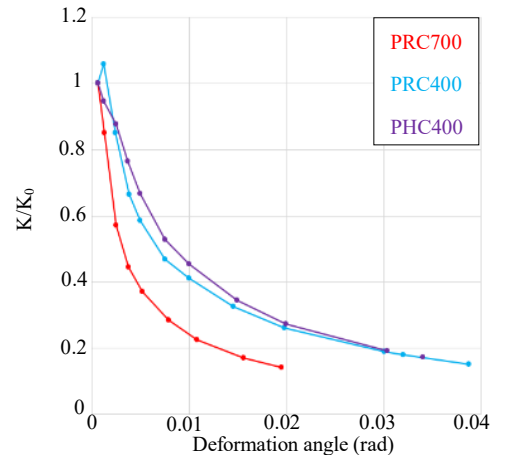


Figure5 Deformation angle-stiffness ration

4. まとめ

3 種類の杭体の曲げ載荷試験から、載荷荷重と変形角の関係を整理し、剛性変化を把握した。今後はひずみ分布を検討する予定である。

参考文献

[1] 濱本卓司, 大村哲也, 堀内大悟: 振動・波動計測による PHC 杭の総合的ヘルスマニタリングに関する室内実験, 日本建築学会構造系論文集, No.612, pp.47-54, 2007.