

I-B398

RC杭の純曲げ載荷試験(その2:変動軸力下の試験結果)

東電設計(株) 正会員 佐藤 正行, 西村 友次
 東京電力(株) 正会員 嶋田 昌義, 武田 智吉
 ハザマ技術研究所 正会員 坂田 英一

1. はじめに

高レベル地震動を想定した杭基礎の解析においては、通常、杭体の非線形性を曲げモーメントと曲率の関係($M-\phi$ 関係)で考慮するが、この際には一定軸力下の $M-\phi$ 関係を設定することが多い。しかし、実際には、上部構造物の転倒モーメントにより杭の軸力が変動し、杭の挙動に影響を及ぼすことが考えられる。このような変動軸力の影響に関する解析的検討¹⁾はいくつかみられるが、杭の載荷試験例²⁾はほとんどなく、変動軸力下の杭の非線形特性は十分に解明されているとは言い難い。本稿では、(その1)で述べた一定軸力下の試験に引き続いて実施した、変動軸力下における杭の純曲げ載荷試験結果を紹介する。

2. 試験概要

杭試験体の諸元、材料の強度特性、実験装置、載荷方法及び計測方法については(その1)で示したとおりであり、No.4及びNo.5の二試験体について変動軸力下の純曲げ載荷試験を行った。変動軸力(N)は載荷する曲げモーメント(M)と比例関係となるように設定し、No.4試験体では $N=20+1.5 \cdot M(\text{tf})$ の関係とした。ここで、 $M=0$ の時の $N=20(\text{tf})$ は試験体(φ50cmのRC杭)作製の際にプロトタイプとした実杭(φ120cmのRC杭)の常時状態と同じ圧縮応力となるよう設定した軸力であり、比例定数の1.5は杭、上部構造及び地盤を考慮した動的解析によって杭に発生した軸力と曲げモーメントの関係から設定した値である。No.5試験体では $N=20+3.0 \cdot M(\text{tf})$ の関係とし、No.4試験体の2倍の軸力変動に関する比例関係を考慮した。

3. 試験結果

No.4及びNo.5試験体の載荷試験の結果、最大・最小曲げモーメント及びこの曲げモーメントが作用した時の最大・最小軸力は表-1に示す値となった。No.4試験体及びNo.5試験体の曲げモーメントMと杭全長の平均曲率φに杭の外径Dを乗じた無次元化曲率φ・D(以下この報告では単に曲率と呼ぶ)の履歴曲線を図-1に示す。履歴曲線は、ほぼ原点を中心とした点対称のループとなる一定軸力下の試験結果とは異なり、非対称のループ形状を示していることが分かる。

図-2は、No.4及びNo.5試験体の $M-\phi \cdot D$ 履歴の包絡線に、目視によるひび割れ発生時(M_{cr})、鉄筋のひずみゲージの計測による端部主筋の降伏時(M_y)、及び目視による被りコンクリートの圧壊時(M_u)を併せて示したものである。図-2(a)のNo.4試験体の試験結果によると、軸力増大側では $M_y=26.9\text{tf} \cdot \text{m}$ 、 $M_u=34.5\text{tf} \cdot \text{m}$ となっており、ともに軸力減少時の $M_y=20.7\text{tf}$ 、 $M_u=28.8\text{tf}$ よりも大きく、軸力の増大により大きな耐力を発揮することが分かる。しかし、正負それぞれの最大曲げモーメント(M_u)のときの曲率に着目すると、軸力増大時にはφ・D=1.20であるのに対して軸力減少時にはφ・D=-2.62となっており、軸力減少時には大きな変形性能を発揮することが分かる。また、軸力変動の激しいNo.5では、正負の最大曲げモーメントの絶対値の差が大きく、圧縮時よりも引張時の方が大きな変形性能を発揮する傾向がさらに強まっている。従って、大きな変動軸力を受ける杭基礎では、特に両端の杭の耐力、変形性能が大きく異なった複雑な挙動を示すと考えられる。

図-3は、(その1)で述べた一定軸力の実験結果も含めた

表-1 曲げモーメント及び変動軸力の載荷範囲

		曲げモーメント ($\text{tf} \cdot \text{m}$)	軸力 (tf)
No.4	最大	32.9	69.4
	最小	-28.6	-22.9
No.5	最大	41.1	143.2
	最小	-21.8	-45.3

キーワード: 杭, 純曲げ, 正負交番載荷試験, 変動軸力

連絡先: 〒110-0015 東京都台東区東上野 3-3-3 TEL 03-5818-7794 FAX 03-5818-7608

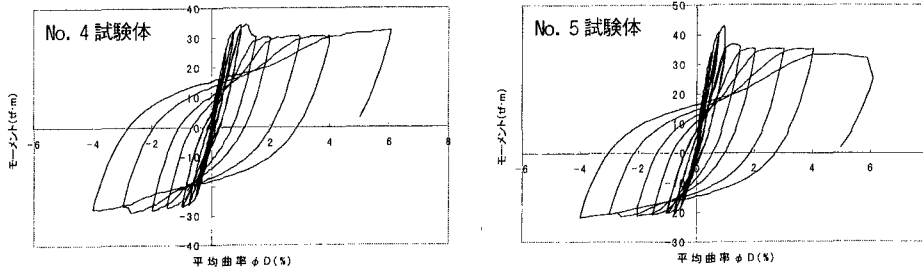


図-1 No.4 及び No.5 試験体の $M-\phi \cdot D$ の履歴曲線

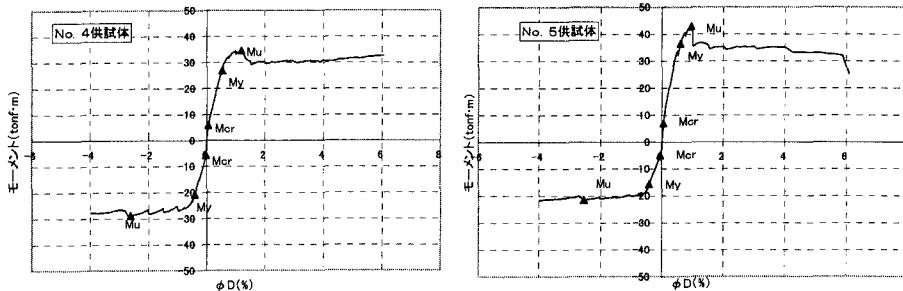


図-2 No.4 及び No.5 試験体の $M-\phi \cdot D$ 履歴の包絡線

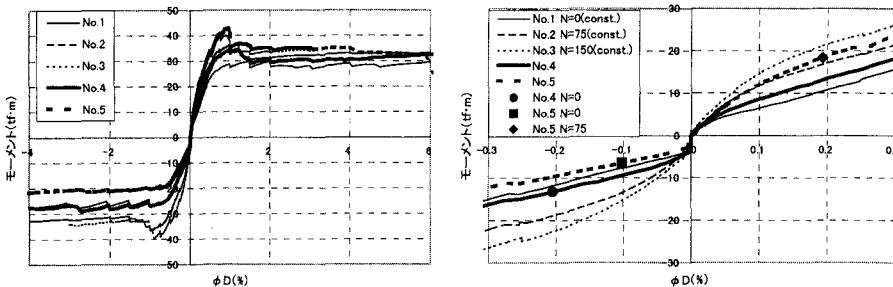


図-3 No.1～No.5 試験体の $M-\phi \cdot D$ 履歴の包絡線

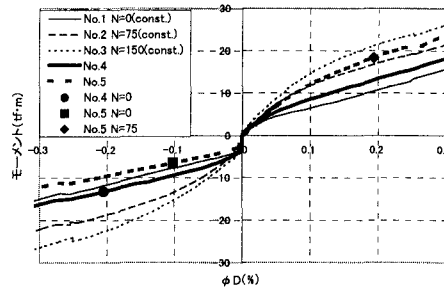


図-4 No.1～No.5 試験体の $M-\phi \cdot D$ 履歴の包絡線
（ $\phi \cdot D = \pm 0.3$ の範囲の拡大図）

No.1～No.5 の各試験体の $M-\phi \cdot D$ 履歴の包絡線を比較したものである。No.4 の軸力増大側の最大モーメント発揮付近の形状は No.2 試験体の包絡線に似た形状をしており、軸力減少側では No.1 試験体の包絡線に似た形状をしている。No.5 試験体では、軸力増大側は No.3 試験体の包絡線に似た形状をしており、軸力減少側では No.1 試験体の包絡線を 20% 程度下回る結果となっている。これは、杭の特性が表-1 に示した最大モーメント発揮時の変動軸力の値に対応しているためであると考えられる。

図-4 は図-3 における $\phi \cdot D = \pm 0.3$ の範囲の拡大図であるが、この図中には No.4 試験体における $N=0$ 時の $M-\phi \cdot D$ 関係及び No.5 試験体における $N=0$ 、 $N=75$ tf 時の $M-\phi \cdot D$ 関係をプロットしている。No.5 の曲線から、軸力の変化に伴い、その時点の軸力にほぼ対応した軸力一定の試験結果による曲線と交差して $M-\phi \cdot D$ 関係が変化しており、曲率が負領域では最も小さな絶対値を示している No.5 のモーメントが、曲率が正側へ移行した段階で No.3 の曲線を、また、 $\phi \cdot D = 0.1$ 近くになると No.2 の曲線を追い越し、曲率の増加に伴って、曲げモーメントが次第に大きくなっている様子が分かる。

参考文献

- 1) 酒向，宮本，池田，杭の軸力変動を考慮した杭基礎の地震応答，日本建築学会学術講演梗概集，pp.375-376，1998
- 2) 棚村，近藤ら，高強度せん断補強筋を用いた場所打ち杭コンクリート杭の水平載荷試験（その2；軸力変動での試験結果），土木学会第53回年次学術講演会，pp.200-201，1998