

軟弱粘性土地盤中の杭基礎水平挙動に関する研究

(その1: 実験概要および先行して実施した三軸圧縮試験)

中部電力 正会員○河村精一 加藤誠司 シーテック 正会員 恒川和久  
 大林組技術研究所 正会員 渡邊康司 高橋真一 長岡技術科学大学 正会員 大塚悟

1. はじめに

軟弱地盤に建設された火力発電所の多くの設備は杭基礎構造であり、震度法で設計された構造物は、一般に上部構造物からの地震時荷重に対して設計されており、地震時地盤変位を考慮していない。一方、近年の非常に大きな地震動(L2)による耐震性能照査時には、地震時地盤変位を考慮すると、地盤中のひずみ・変位が非常に大きく発生することから、杭損傷が懸念されるケースが出てくる。これに対し、例えば、応答変位法により地盤変位を杭～地盤の相互作用ばねを介して杭に作用させる場合、地盤ばねの非線形効果を取り入れる方法が実務でも行われることがあるが、静的な載荷試験結果に基づいた評価であり<sup>1),2)</sup>、その地震時の定数を含む設定方法は経験的・慣用的に決定しているのが実情である。そこで、群杭効果の見込めないような少量の杭で支持された設備基礎杭を対象に、作用する抵抗力と粘性土のせん断強度の関係を把握する模型実験を実施し、図-1に示すような杭周辺地盤の回り込みの影響を確認し、粘性土の地盤ばねを設定する基礎データを得ることを目的とした一連の要素試験および模型実験を実施した。ここで、対象とした杭深度は、地表面の3次元的效果を受けない範囲である。また、実験に際しては、地震時ということを反映し、載荷速度の影響を考慮した。具体的には、図-2に示すような、地盤反力、地盤反力係数に与える載荷速度の影響を考慮した。本報(その1)では、模型実験を実施するにあたり、模型地盤を構成する地盤材料の変形強度特性を把握するために行なったひずみ速度を変化させた三軸圧縮試験について報告する。

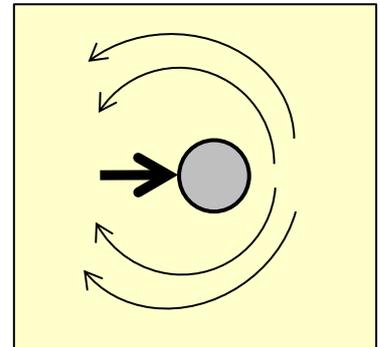


図-1 載荷に伴う杭周辺地盤の回り込み

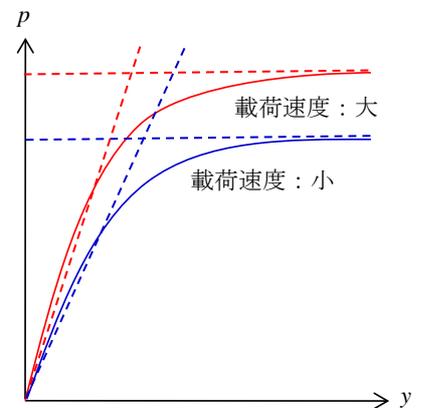


図-2 p-y 関係イメージ

表-1 実験条件

	再圧密時	再圧密時	拘束圧	ひずみ速度
	含水比	圧密圧力		
	(%)	(kPa)	(kPa)	(%/sec)
Case 1	43	50	50	0.067
				0.67
				6.7
Case 2	43	50	100	0.067
				0.67
				6.7

2. 実験方法

実験に用いた地盤材料はトチクレイ ( $G_s=2.717, w_L=32.0\%, w_p=17.1\%$ ) である。供試体の作成方法は、乾燥状態のトチクレイに加水して、含水比 43.0% ( $w_L$

の 1.5 倍程度) に調整した後、ミキサーで均質に混合し、混合したトチクレイを  $\phi 30\text{cm}$  のモールドに投入、段階的に圧密を実施した。各段階の圧密時間は 24 時間とし、上下面排水とする。段階載荷過程は、両ケースとも  $5 \rightarrow 10 \rightarrow 20 \rightarrow 40 \rightarrow 50\text{kN/m}^2$  とした。ここで、最終段階の圧密終了は 3t 法により判断する。所定の圧力まで達したら載荷を終了し、モールドから試料を取り出し、コア抜きにより供試体 ( $\phi=50\text{mm}, h=100\text{mm}$ ) を採取する。表-1 に実験ケースを示す。三軸圧縮 (CU bar) 試験は、地盤材料のひずみ速度依存性に着目し、最小のひずみ速度に対して、ひずみ速度を 10 倍、100 倍変化させた単調載荷試験を行った。

3. 実験結果

図-3(a)、図-4(a)に各ケースでの軸差応力-軸ひずみ関係を、図-3(b)、図-4(b)に微小ひずみレベルにおける軸差応力-軸ひずみ関係をそれぞれ示す。各ケースとも、ひずみ速度が大きい場合に軸差応力も大きくなるとい

うひずみ速度効果を確認できた。これは、既往の知見<sup>(例えば3), 4)</sup>においても指摘されている通りである。一方で、初期剛性について着目すると、微小ひずみレベルにおける軸差応力-軸ひずみ関係から、載荷速度が大きい場合に、曲線の勾配が大きくなっている傾向が認められる。したがって、初期剛性に関してもひずみ速度の影響を受けることが確認できた。各ケースの破壊強度を最小のひずみ速度における破壊強度で正規化した値と載荷速度の関係を図-5 に示す。ここで、破壊強度は軸差応力-軸ひずみ関係における最大強度として定義した。図-5 から、強度増加の割合に大小の差はあるものの、ひずみ速度が大きい場合には、破壊強度も大きくなる傾向が認められた。その増加の割合は、Case1 で 17%程度、Case2 で 7%程度である。図-6 には、各ケースから算出した変形係数  $E_{50}$  を最小のひずみ速度で正規化した値とひずみ速度の関係を示す。ここで、変形係数  $E_{50}$  は、 $E_{50}=(\sigma_a-\sigma_r)/2\varepsilon$ により算出した。変形係数の値は Case2 では載荷速度が大きい場合に大きな値を示すが、Case1 において、載荷速度の増加とともに減少する傾向を示す。しかしながら、前述の初期剛性を考慮すれば、ひずみ速度の増加とともに、剛性も大きくなると考えられる。

4. まとめ

ひずみ速度を変化させた三軸圧縮試験を実施した結果、強度および剛性に与えるひずみ速度の影響を確認できた。今後、同名論文(その 2)で報告する模型実験結果と合わせて検討する予定である。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所 (2000) : 鉄道構造物等設計標準・同解説
- 2) 日本建築学会 (2001) : 建築基礎構造設計指針
- 3) 赤井、足立ほか (1974) : 飽和粘土の応力-ひずみ-時間関係、土木学会論文集、第 225 号、53-61
- 4) 岡、小高ほか (2002) : 再構成過圧密粘土のひずみ速度依存性挙動-非排水三軸試験-、第 37 回地盤工学研究発表会公演概要集、241-242

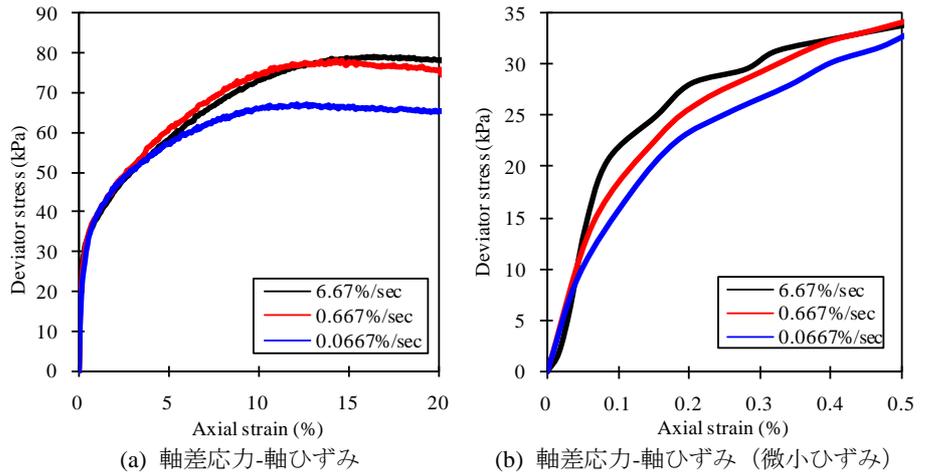


図-3 実験結果 (Case 1)

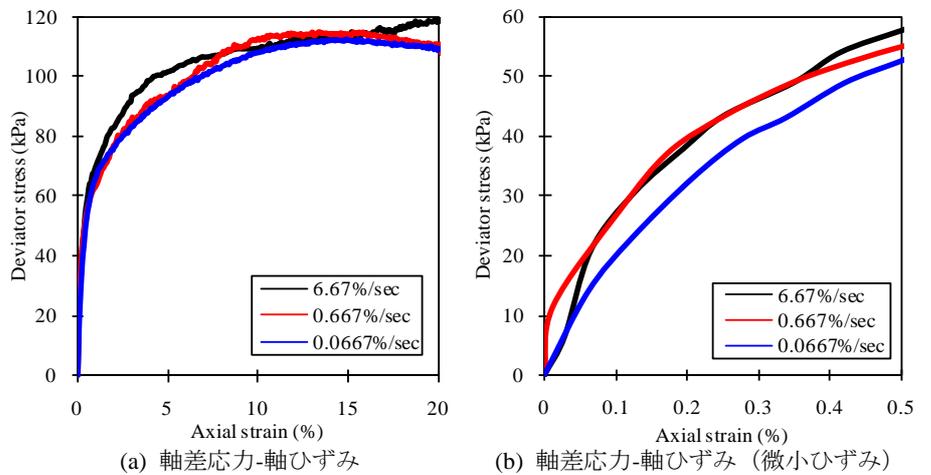


図-4 実験結果 (Case 2)

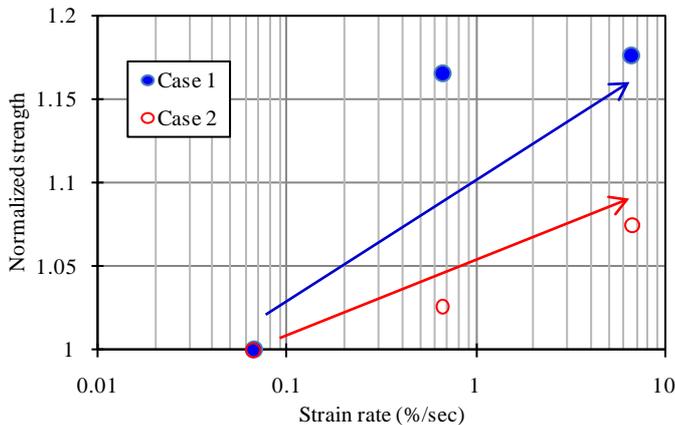


図-5 正規化破壊強度-ひずみ速度関係

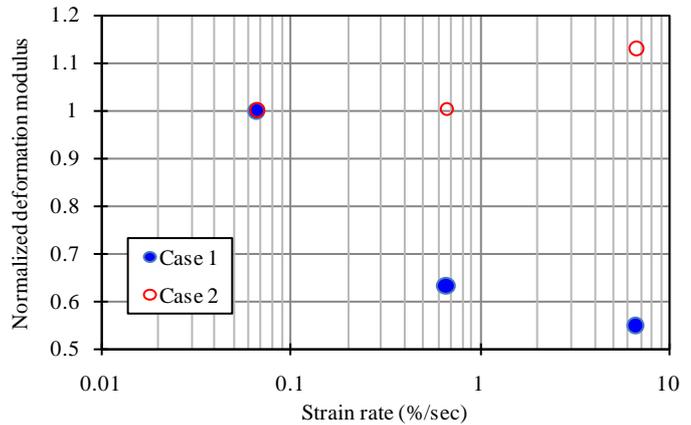


図-6 正規化変形係数-ひずみ速度関係