

繰返し載荷による杭周辺地盤の強度低下特性

武蔵工業大学 ○正 大川寛 学 平野秀司

武蔵工業大学 正 末政直晃 正 片田敏行

独立行政法人産業安全研究所 正 堀井宣幸

1. はじめに

臨海地域のような軟弱地盤に構造物を建設する場合、下部構造物には杭基礎を用いることが多い。一般に軟弱地盤では地震時に杭と地盤の間に大きな相対変位が生じることで、地盤の強度が低下し、それによって構造物の応答特性や杭の最大曲げモーメントの発生位置の変化など杭基礎は複雑な挙動を示す。このような現象は構造物に多大な影響を及ぼす可能性が考えられる。

そこで本研究では、地震時における軟弱地盤中の杭基礎周辺地盤の強度低下状況を把握する目的で、繰返し載荷による杭要素試験を行ったので報告する。

2. 針入度試験装置

針入度試験装置は、地盤中に針を貫入することで、針を取り付けてある板が変形し、曲げひずみを測定して非排水せん断強度を算出するものである。装置概要を図-1に示す。装置は真鍮棒とりん青銅板からなり、りん青銅板の上面には中心と端の2箇所にひずみゲージを取り付けてあり、曲げひずみを計測し、非排水せん断強度を算出できる。以下にその算出方法を示す。

針入度試験を行い、計測した値と非排水せん断強度の関係式は以下の通りである。

$$Cu_n = \frac{P}{\pi DH} \quad (1)$$

ここに、 Cu_n ：針入度試験の非排水せん断強度（kPa） P ：貫入抵抗力（kPa） D ：針の直径（0.2cm） H ：貫入深さ（cm）である。

針入度試験で得られた非排水せん断強度から地盤の非排水せん断強度への補正式を以下に示す。

$$Cu_n = \alpha Cu \quad (2)$$

ここに、 Cu ：非排水せん断強度（kPa） α ：補正值（0.339）である。

3. 実験概要

実験装置を図-2に示す。実験に用いた模型土槽は直径150mm、高さ62mmの鉄製で、模型杭は直径30mm、高さ62mmの鉄製である。まず含水比80%のスラリー状の藤ノ森粘土を投入した後、ペロフラムシリンダーを用いて所定の圧密応力にて圧密を行った。圧密終了後、加速度計、ロードセル、変位計を取り付け、振動台を用いて加振実験を行った。実験条件は表-1に示すような圧密応力を変えた2ケースである。

キーワード：杭基礎 軟弱地盤 繰返し載荷

連絡先：武蔵工業大学 地盤工学研究室 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-3 TEL&FAX03-5707-2202

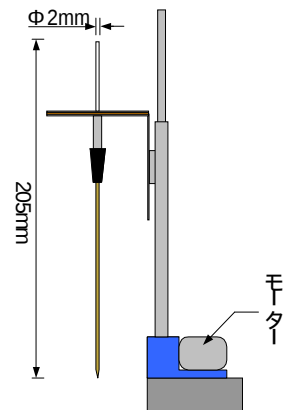


図-1 針入度試験装置

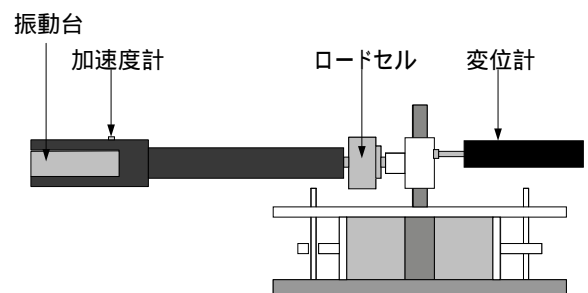


図-2 杭要素試験装置

表-1 実験条件

	ケース1	ケース2
圧密応力（kPa）	30	60
最大変位量（mm）	±3.0	±2.5
載荷回数（回）	21	

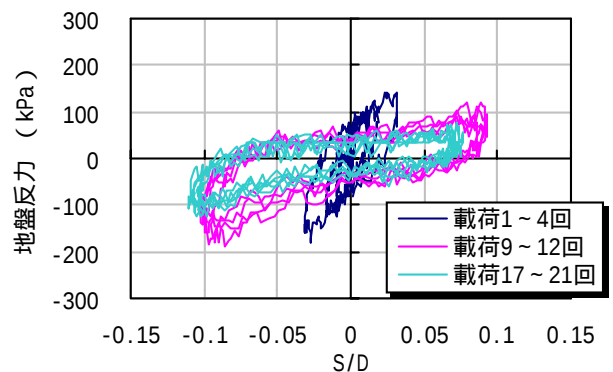


図-3 地盤反力～S/D

ケース1（圧密応力 30kPa）

加振実験終了後、針入度試験を行った。針入度試験は模型地盤に模型杭から3, 6, 12, 20, 40mmの距離で、杭中心から8方向の計40箇所について行った。全ての計測が終了した後、含水比を測定した。

4. 実験結果

a) 杭要素試験結果

地盤反力～S/D 関係を図-3、図-4に示す。ここで、縦軸にロードセルにより計測した杭に作用する載荷荷重を杭の投影面積で除した地盤反力を、横軸に変位計により計測した杭変位Sを杭の直径D（30mm）で除したS/Dを用いた。

ケース1（図-3）から加振初期に地盤反力は最大となった。また載荷回数が進むにつれ、軸ずれを起こしているがほぼ一定変位において地盤反力が徐々に減少している。また各載荷回数における履歴の傾きが載荷とともに小さくなっている。このことから、繰り返し載荷により地盤が乱されその強度が低下していくことが分かった。ケース2（図-4）では、載荷回数の増加とともに地盤反力は増加し同程度の値となるのに対し、杭の変位は増加し続けた。また載荷回数毎における履歴の傾きが徐々に小さくなっていることから、ケース2においても地盤強度が低下していくことが分かった。また両ケースは異なる挙動を示したが、これは地盤条件が異なるためであると考えられる。

次に地盤反力係数比～載荷回数を図-5に示す。ここで各載荷回数の地盤反力係数を載荷1回目の値で除したものを地盤反力係数比とした。図より両ケースともに載荷回数が進むにつれ、地盤反力係数が減少していくことがわかる。このことから地盤強度が低下したと考えられる。またケース1は載荷初期から地盤強度の低下が顕著に見られるが、これは載荷初期に最大変位を示し、その後は一定変位で載荷していることから、載荷初期に地盤が大きく乱されたためである。それに対しケース2では載荷後期に地盤強度が低下している。これはケース1と異なり、杭変位が徐々に増加するためであり、まだ乱されていない地盤が反力に寄与するためと思われる。

b) 針入度試験結果

各ケースの針入度試験の結果を図-6に示す。圧密応力が異なるため、非排水せん断強度はケース2が約2倍以上大きくなっている。図より両ケースとも杭に近づくにつれ、強度が低下する傾向が見られ、L/D=0.5以下ではより顕著な低下を示している。また杭変位の付近であるL/D=0.1では最も強度が低下し、乱されていないL/D=1.3に比べるとその値が約1/2倍となった。このような強度低下は特に載荷軸方向に顕著である。

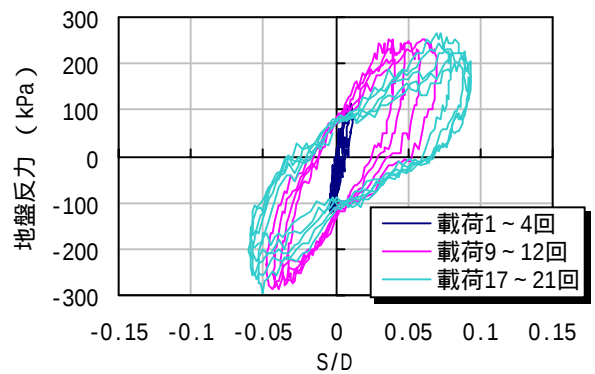


図-4 地盤反力～S/D

ケース2（圧密応力 60kPa）

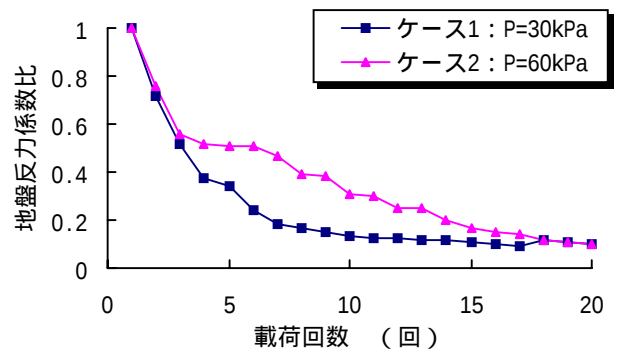
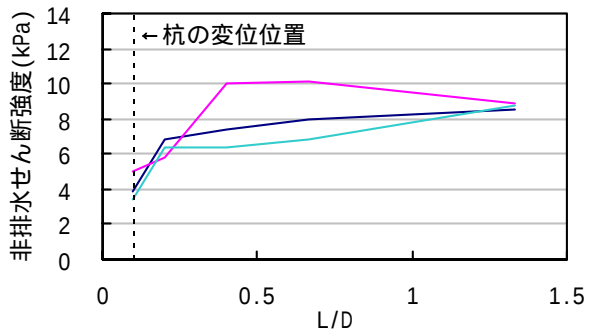
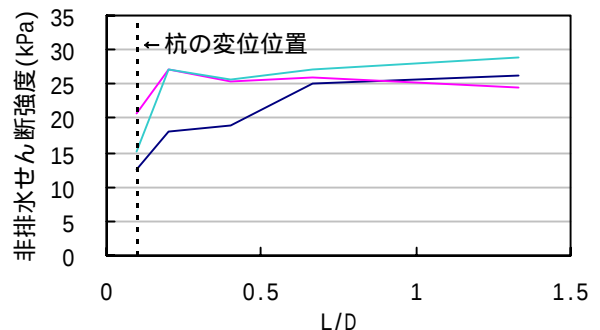


図-5 地盤反力係数比～載荷回数



a) ケース1（圧密応力 30kPa）



b) ケース2（圧密応力 60kPa）

（載荷軸 - 載荷軸 45度 - 載荷軸直角 - ）

図-6 非排水せん断強度～L/D