

Ⅲ-B 32

側方流動地盤中の杭の挙動に関する実験

運輸省港湾技術研究所研修生(大成基礎設計) 正会員 廣瀬 栄樹

運輸省港湾技術研究所 正会員 菊池 喜昭

1.はじめに

何らかの原因により地盤が側方流動を起こした場合、地盤が杭に対して水平方向の荷重を与えるようになる。この場合、杭は時として破壊に至ることがある。阪神大震災において、港湾構造物が地震に伴う地盤の側方流動により被害を受けたことは周知の事実であり、現実問題として側方流動による杭基礎構造物への影響を解明する必要がある。そこで、この研究では、中間に液状化層を挟む上下層が水平方向に相対的に動くような側方流動地盤中の杭の挙動をシミュレートした実験を行い、杭間隔の違いが杭の挙動にどのような影響を与えるのかについて検討した。

2.実験の方法と条件

今回、実験に用いた装置と条件の概略を図.1に示す。

実験装置の下部にある底板にはローラーがついており、モーターで引っ張ることによりスライドさせることができる。

地盤には、上部層(硬層)、下部層(弱層)ともカオリン粘土にセメントを添加して強度調整したものをを用いた。上部層は、杭の剛性に対して高い剛性を与え硬層とした。下部層は、上部層の剛性と杭の剛性を考慮し上部層の剛性の数分の1とした。目標強度は、硬層で $q_u=4.0\text{kgf/cm}^2$ 、弱層で $q_u=0.4\text{kgf/cm}^2$ である。この値から地盤反力定数は、硬層で $kc=4.0\text{kgf/cm}^{2.5}$ 、弱層で $kc=0.4\text{kgf/cm}^{2.5}$ 程度を見込んだ。

模型杭には、長さ¹1000mm×幅²30mm×厚さ³5mmのアルミニウム製の板杭を使用した。杭にはひずみゲージを貼付し発生する曲げひずみを計測した。ひずみゲージは、下端から2cm及び5cmから45cmまで5cm刻み、53cmから77cmまで8cm刻みの位置に片面で14枚、計28枚貼付した。曲げひずみは、あらかじめ求めておいた較正係数を乗じて曲げモーメントとした。

この実験では、底板をスライドさせ弱層の上下を強制的に相対変位させることにより、この研究で想定している側方流動をシミュレートした。また、杭の間隔をパラメータとし(中心杭間隔 4.5D, 9D)、弱層と硬層の強度比はおおよそ 1:7(硬層の $q_u=3.9\text{kgf/cm}^2$)であり、底板の変位速度は、10mm/h、最大変位量は、80mmである。なお、杭の境界条件は、上部が変位・回転自由であり、下部は底板に杭を剛結してあるため回転拘束である。

3.実験結果

図.2～3に実験で得られた曲げモーメント分布の変化を示す。図中の曲げモーメントは、実測した曲げひずみから求めた曲げモーメントを曲線の近似が比較的適切にできるスプライン関数¹⁾を用いて近似した値である。ここでは、曲げモーメントは、杭下端変位が2～30mmの範囲について、いくつか抜き出して図中に示している。

変形初期には、層境界を挟む上下で曲げモーメントが大きくなった。この時、この部分での曲げモーメントの極大値は、中心杭間隔の違いにより異なり、中心杭間隔が9Dでは4.5Dの約2倍であった。変形が大きくなるにつれて層境界を挟む上下での曲げモーメントは、極大値を示した後、増加から減少傾向に転じた。それに伴い、弱層内での曲げモーメントが層境界上下での曲げモーメントより大きくなり、下端と弱層内の中央付近で降伏した。

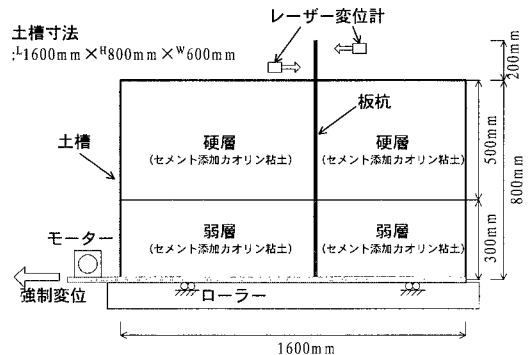


図.1 実験装置と条件の概要図

キーワード:側方流動, 杭, 模型実験, 杭間隔

連絡先:運輸省港湾技術研究所 〒239-0826 横須賀市長瀬 3-1-1 Tel0468-44-5024

図.4～5 に曲げモーメントを 2 回積分して得られた杭の変位の変化を示す。変位初期には、杭の変形に杭間隔の違いによる差が見られ、杭間隔が大きい場合には、杭間隔が小さい場合より、層境界での杭の変形が大きくなっている。変位が大きくなると層境界付近での杭の変形が急激に大きくなるが、杭間隔の違いによる杭全体の変形の違いが顕著ではなくなる。

図.5～6 に曲げモーメントを 2 回微分して得られた地盤反力分布の変化を示す。地盤反力の深度分布で特徴的な部分は、層境界の直上下である。この部分の地盤反力は、ある変位量まで増加し、最大値を示した後、減少する傾向を示す。すなわち、層境界の直上部では、中心杭間隔が 4.5D の場合、変位 4mm で最大値(約-4kgf/cm)を示し、増加から減少傾向に転ずる。中心杭間隔が 9D でも同様な傾向を示し、変位 4mm で最大値(約-8kgf/cm)を示す。また、層境界の直下部では、中心杭間隔が 4.5D の場合、変位 20mm で最大値(約 4kgf/cm)を示し、増加から減少傾向に転ずる。中心杭間隔が 9D でも同様な傾向を示し、変位が 4mm で最大値(約 8kgf/cm)を示す。

以上のことから、層境界直上下での地盤反力の大きさは杭間隔に依存しており、杭間隔にほぼ比例して大きくなる。(今回の場合、杭間隔が 2 倍であるので、地盤反力の大きさは、ほぼ 2 倍となる)また、層境界直上下での地盤反力が最大値を示す変位量は、層境界の直上部では違いが見られない。しかし、層境界の直下部で最大値を示す変位量には、杭間隔の違いによる差が見られる。

実験の結果から、側方流動地盤中の杭の挙動は、変形初期においては、層境界を挟む直上下における抵抗が支配的となっており、変形が大きくなると弱層内での抵抗が徐々に支配的となってくる傾向を示す。また、これらの傾向は杭間隔の違いによる影響を受けており、杭間隔の違いによって、杭間の地盤のすり抜けやすさが異なっていることが主な原因となっていると考えられる。(参考文献)1) 菊池喜昭・高橋邦夫・鈴木操(1992): 繰り返し水平荷重下で大変形する砂地盤中の杭の挙動, 港研報告 第 31 巻第 4 号, pp.33～60.

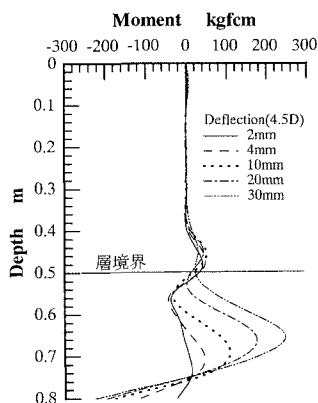


図.2 曲げモーメント分布の変化 (4.5D)

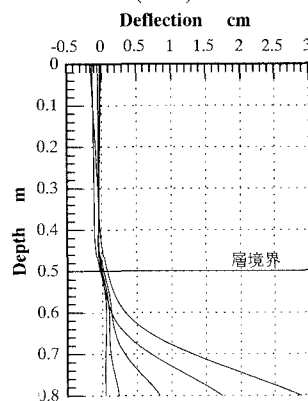


図.4 杭変位の変化(4.5D)

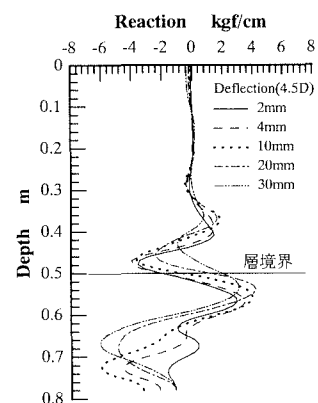


図.6 地盤反力分布の変化(4.5D)

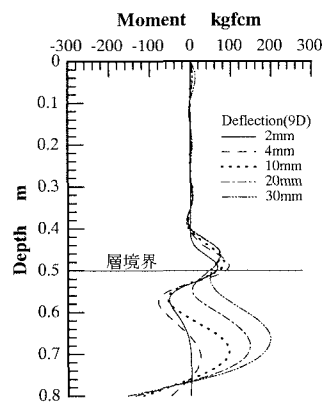


図.3 曲げモーメント分布の変化 (9D)

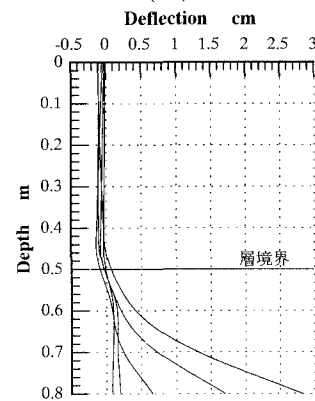


図.5 杭変位の変化(9D)

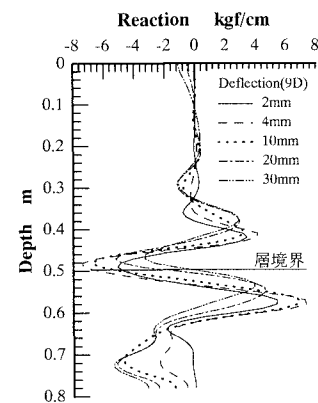


図.7 地盤反力分布の変化(9D)