

III-493 裏込め荷重を受ける軟弱地盤中の杭基礎橋台の長期挙動について

東京工業大学 学生員 ○渡部要一 正会員 竹村次朗
東京工業大学 正会員 木村 孟 正会員 廣岡明彦

1. はじめに

筆者らはこれまでに、軟弱地盤中に建設された杭基礎橋台の背面に裏込め盛土を築造する場合の地盤および構造物の安定性について調べるために、一連の遠心模型実験を行ってきた。これまでに取り扱ってきた安定性の問題は、主に裏込め載荷直後の粘土地盤の非排水条件がほぼ満足される短期的な現象を対象としたものであった¹⁾が、本稿では、短期的にはある程度の安定性が確保される場合の長期的現象、すなわち裏込め荷重載荷後の粘土地盤の圧密が杭基礎に与える影響について調べるために行った実験の結果について報告する。

2. 実験条件および方法

実験に用いた杭基礎橋台模型の詳細を図1に示す。実験に用いた模型杭は外径10mm、肉厚0.17mmのステンレス製パイプであり、実験で用いた100gの遠心加速度場の場合、実物に換算すると外径1m、肉厚17mmの鋼管杭に相当する。杭の内側には杭軸方向に20mm間隔で曲げひずみ計測用のひずみゲージが貼ってある。橋軸直角方向の杭間隔は杭径の3.5倍、橋軸方向の杭列の間隔は杭径の3.0倍であり、奥行き150mmの模型橋台に計8本の杭が剛結されている。また、杭先を実験容器底面と剛結し、杭先端の境界条件を明確にした。実験条件は表1に示すとおりであり、軟弱層厚（杭長）が杭径の14倍および10倍の2ケースについて実験を行った。実験では、表2に示す諸特性を有する塑性指数約30の川崎粘土を実験容器に詰め、透水圧密により深さ方向に強度が増加する正規圧密粘土地盤を作成した後、図2に示す実験システムを遠心模型実験装置に取り付け、100gの遠心加速度場で自重圧密を完了させた後、30秒毎に約10mmの裏込めの築造を行った（1回目の載荷）。裏込め高さが約45mmに達した時点で過剰間隙水圧が消散するまで遠心加速度場で放置して圧密を行い、その後裏込め高さ約95mmまで裏込めの築造を行った（2回目の載荷）。載荷中には、橋台の水平変位、地盤の変形、杭に生じる曲げひずみ、過剰間隙水圧等を計測した。

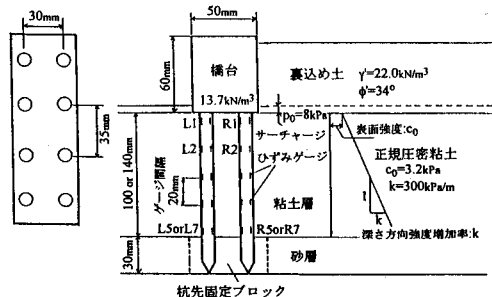


図1 杭基礎橋台模型と地盤条件

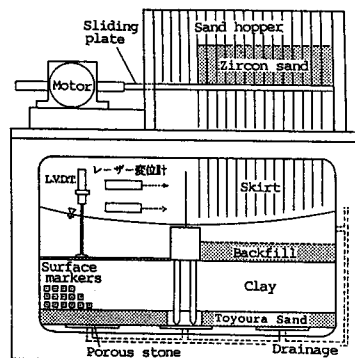


図2 実験システム

表2 試料の諸特性

液性限界WL(%)	52.4
塑性限界WP(%)	23.1
塑性指数Ip	29.3
密度ρs(g/cm³)	2.69
圧縮指数Cc	0.327
膨潤指数Cs	0.046
e at σv' = 98 kPa	1.040
強度増加率Ca/σv'	0.400

3. 実験結果と考察

図3, 4は各ケースの地盤の変形状況を、1回目の載荷中の変形、1回目の載荷後の圧密中の変形、2回目の載荷中の変形に分けて示したものである。1回目の載荷では裏込め高さが急速載荷の場合の破壊荷重（裏込め高さ約60mm）¹⁾よりかなり小さいため、構造物下の浅い領域でわずかな水平変位が生じているものの、ほとんど変形が見られない。圧密中の変

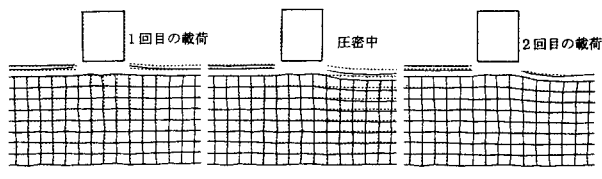


図3 地盤の変形状況:PA83L(C)

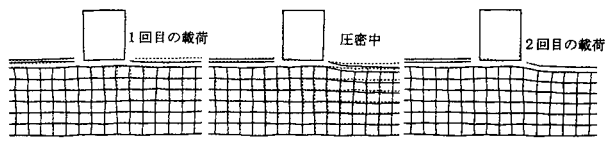


図4 地盤の変形状況:PA83S(C)

表1 実験条件

実験コード	杭間隔 (mm)	杭長 (mm)	杭先条件	急速載荷の場合の破壊時裏込め高さ ¹⁾
PA83L(C)	35	140	固定	---
PA83S(C)	35	100	固定	60~65mm

形を見ると、裏込め下の地盤でのみ沈下が生じており、この領域で一次的に圧密が進行したことがわかる。2回目の载荷では、急速载荷の場合¹⁾には十分破壊に至る高さまで裏込めを築造しているにもかかわらず、圧密により盛土側の粘土地盤の強度が増加しているため、ほとんど変形を生じていないことがわかる。

図5は裏込め高さや地盤内の過剰間隙水圧の変化を示したものである。1回目の载荷では、裏込め高さに対してほぼ直線的に過剰間隙水圧が増加しているが、2回目の载荷では、圧密により裏込め直下の地盤の強度が大きくなっているため、载荷初期には構造物前面側の地盤にはほとんど応力が伝播しないことがわかる。

レーザー変位計で計測した構造物の水平変位の変化を図6に示す。1回目の裏込め終了後の圧密中、構造物の水平変位は時間とともに徐々に増加していくが、長い杭のケースでは約3000秒(実物に換算すると約350日)、短い杭のケースでは約1500秒(約175日)以降、水平変位は減少しており、構造物の変位の進行が止まるまでの時間は粘土層厚のほぼ2乗に比例している。また、上下の変位計の計測値の差が水平変位の減少とともに減っていることから構造物の回転角も減少していくことがわかる。

図7は杭に生じる曲げモーメントの変化を示したものである。杭に生じる曲げモーメントの変化も、構造物の水平変位の変化と対応したものとなっている。これらは、圧密の進行とともに裏込め側の粘土が沈下して杭が引き戻されること、また、杭周りの過剰間隙水圧が消散するのに伴い、構造物前面側の粘土は膨潤、裏込め側の粘土は圧縮することなどが原因であると考えられる。圧密開始初期には、圧密の進行とともに構造物の変位、杭に生じる曲げモーメントが増加しており、短期的には安全であっても長期的にはやや危険側に向かう可能性があるといえるが、ある一定の時間が経過した後は次第に安全側に変化していくことがわかる。1回目と2回目の裏込め载荷に伴う曲げモーメントの変化を比較すると、圧密後の2回目の载荷の初期の部分では、裏込め築造に伴う曲げモーメントの変化はほとんど見られず、さらに裏込めを築造した場合の裏込め高さに対する曲げモーメントの変化割合も1回目の载荷のそれと比べて極めて小さくなっている。また、曲げモーメントの変化と図5に示した構造物前面側の過剰間隙水圧の変化、すなわち地盤内の応力伝播とは極めて高い相関があるものと考えられる。このことは、裏込め側の地盤の強度が杭基礎の変形挙動に大きく影響することを意味しており、裏込め荷重を受ける杭基礎構造物の側方流動対策として、裏込め側の地盤を改良することが有効であることを示唆している。

参考文献

- 1) 渡部ほか(1994) ;
側方流動による軟弱地盤と杭基礎の相互作用に関する研究
; 第29回土質工学研究発表会講演集

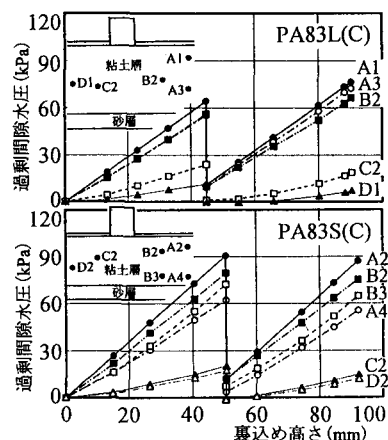


図5 過剰間隙水圧の変化

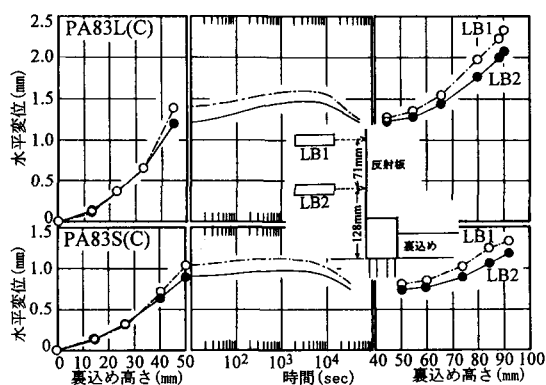


図6 水平変位の変化

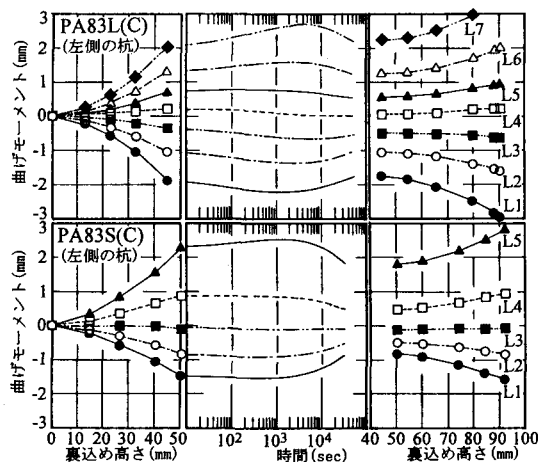


図7 曲げモーメントの変化