

丸太筏－列杭複合基礎による軟弱地盤の変形抑制法について

佐賀大学大学院工学系研究科

学生会員

○佐々木 仁

佐賀大学低平地沿岸海域研究センター

正会員

末次 大輔

佐賀大学低平地沿岸海域研究センター

正会員 Suman Manandhar

1. はじめに

佐賀平野には軟弱な有明粘土が厚く堆積しており、盛土の安定性を保つためには軟弱地盤対策が不可欠である。山間部の人工林では間伐材を積極的に利用することが求められており、軟弱地盤対策に間伐材を使用すれば、山地部の再生・林業の再興と環境に配慮した盛土の建設が可能になる。著者らは、間伐材を有効利用した筏基礎と列杭を併用する筏－列杭複合基礎(Raft&Pile 基礎)の開発を進めている。筏－列杭複合基礎による地盤の変形抑制効果を更に高めることで、より幅広い地盤条件への適応が可能となる。既往の研究によって、バーチカルドレーンを併用した筏基礎は、筏基礎直下の地盤の剛性を高め、側方流動を抑制できることが分かっている²⁾。そこで本研究では、筏基礎の層数を増やし筏の剛性を高めた筏－列杭複合基礎の模型載荷実験を行って、地盤の変形抑制効果について既往の研究結果との比較検討を行った。

2. 実験概要

模型地盤に用いた試料は佐賀県六角川で採取した有明粘土($\rho_s=2.60\text{g/cm}^3$, $w_L=158.2\%$, $w_P=59.2\%$)である。模型実験には縦 30cm・横 90cm・奥行き 20cm の土槽を用いた。初めに、シリコングリスを内壁面に塗り、その上にラテックスラバーメンブレンを貼る。メンブレンには荷重載荷時に、模型地盤内部の挙動を観察できるように 1cm 四方のメッシュを描いている。液性限界の 1.25 倍(182.5%)に含水比を調整した試料土を土槽に入れ、ベロフラムシリンドラーで 2.5kPa, 4.5kPa, 5kPa の荷重を段階的に載荷して模型地盤を作製する。今回模型実験では、間伐材(丸太)の模型としてヒノキ材($\phi=3\text{mm}$, $L=6\text{cm}$)を用い、これを敷き並べて、縦 18cm, 横 24cm の模型筏基礎を作製した。図-2 は実験ケースを示している。Case1 の場合、筏の層数は 3 層とし、2 層目の筏基礎は 1 層目、3 層目に対して 90° 回転させた方向に配置する。Case2 の場合、筏の層数を 5 層とし、図-2 のように配置する。基礎の作製方法はまず、長さ 9cm の列杭を、

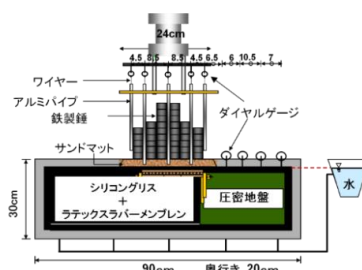


図-1 実験装置概略図

Case	Model Figure	Condition	Raft Layer	Pile Depth(cm)
① Case1		No drain	3	9
② Case2		No drain	5	9

図-2 実験ケース

根入れ深さ 8.5cm となるように打設する。荷重載荷時にこれらの列杭の杭頭が外側に開かないように、列杭頭部拘束杭およびワイヤーで杭頭を固定する。その後、筏基礎を設置する。このとき、筏基礎底部で地盤中の筏基礎の変形を土槽外部で計測するために筏基礎の中心および中心から左右 9cm の位置に、アルミパイプを通したワイヤーを貼り付けた。最後に、厚さ 3cm のサンドマット(含水比 10%の豊浦砂)を敷設し、先ほど筏基礎底部に貼り付けておいたワイヤーを緩みの無いようにダイヤルゲージに取り付けた。載荷方法は筏基礎の変形に追従する荷重とするため、鉄製錘で載荷する方法とし、5kPa, 10kPa, 15kPa, 20kPa の荷重を段階的に載荷した。載荷時間は 15kPa 載荷まではそれぞれ 1 日、20kPa 載荷は 4 日とした。載荷中には筏基礎の変形および地表面に設置したダイヤルゲージで地表面変位量を計測した。また、地盤内部の動きを観察するために、各段階の載荷実験前と載荷実験後のメンブレンの様子をデジタルカメラで撮影し、画像解析を行った。

3. 実験結果と考察

地盤表面の変形を図-3, 4 に示す。なお、鉛直ドレーンを併用した場合の既往の研究結果と比較するため、Case3(筏－列杭複合基礎のみ)、Case4(ドレーンの併用)として以下に示す²⁾。Case1 は、筏基礎中心部が大きく

たわみ、周辺地盤はそれに伴って大きく隆起している．それに比べ、Case2 は筏基礎のたわみも少なく沈下量、周辺地盤の隆起量ともに抑制されている．Case4 は 10kPa 载荷までは大きく沈下するが、最終沈下量、周辺地盤の隆起とともに抑制されている．列杭周辺の地盤の水平変位を図-5 に示す．列杭周辺の地盤の水平変位は Case1、Case3 に比べ、Case2、Case4 の場合が水平変位量は小さい．地盤内部の挙動(変位ベクトル図)を図-6 に示す．Case1 は鉛直方向への変位、水平方向への変位ともに大きいが、Case2 では、鉛直方向への変位が抑制され水平変位も抑制されている．Case3 は、筏基礎直下の鉛直変位が卓越しており、水平変位が抑制されている．両工法ともに周辺地盤の隆起抑制効果が確認されたが、その挙動には大きな違いが見られた．筏の積み重ねのように筏の剛性を高めると、筏基礎中心部の局所的な沈下が緩和されたことで基礎の荷重分散効果が高まり、沈下が抑制される．その結果、筏基礎直下地盤の側方流動が減少し、周辺地盤の隆起が抑制されていると考えられる．筏基礎直下にドレーンを併用した場合、地盤の圧密が促進されて剛性が高まる．これによって筏基礎直下ならびに列杭周辺の軟弱地盤の側方流動が抑制され、周辺地盤の隆起を抑制することが可能になる．

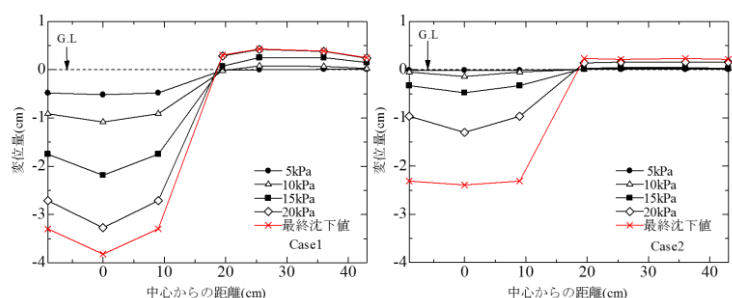


図-3 筏基礎を積み重ねた条件での地盤表面の変形

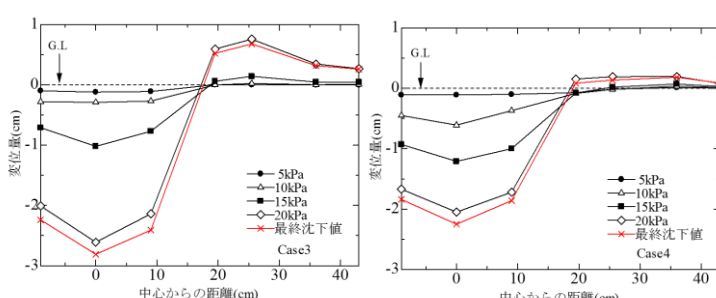


図-4 バーチカルドレーンを打設した条件での地盤表面の変形²⁾

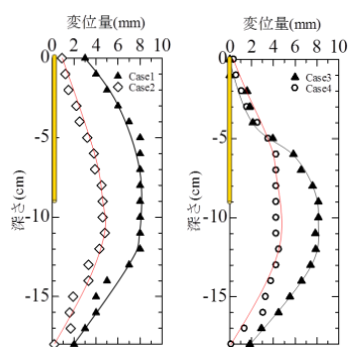


図-5 列杭周辺の地盤の水平変位

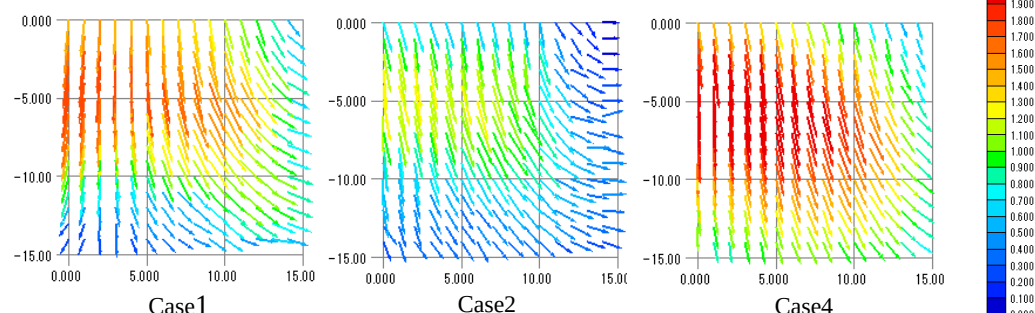


図-6 地盤内部の挙動(変位ベクトル図)

4. 結論

本研究では、筏基礎の層数を増やし筏の剛性を高めた筏 - 列杭複合基礎の模型载荷実験を行って、地盤の変形抑制効果について既往の研究結果との比較検討を行った．筏の積み重ねのように筏の剛性を高めると、基礎による地盤の沈下抑制効果が向上し、地盤の側方流動及び周辺地盤の隆起を抑制すると考えられる．また、筏基礎直下にドレーンを併用した場合、地盤の圧密が促進されて剛性が高まり、筏基礎直下の軟弱地盤の側方流動が抑制され、周辺地盤の隆起を抑制することが可能になる．

【参考文献】

- 1) 木下拓也，末次大輔，原弘行：筏基礎を設置した軟弱地盤の挙動に及ぼす筏締付けの効果，平成 23 年度土木学会西部支部研究発表会，III -30 PP.407~408
- 2) 佐々木仁，末次大輔，Suman Manandhar：軟弱地盤における筏 - 列杭複合基礎とバーチカルドレーンの併用効果に関する模型実験，平成 25 年度土木学会西部支部研究発表会，III-11 PP.329~330