

## 飽和地盤に敷設したパイルドラフト基礎における杭の荷重分担率に及ぼす諸要因について

名古屋大学 正会員 野田利弘 浅岡顕  
 名古屋大学 学生会員 田代むつみ 浅井順香  
 (株) 浅沼組技術研究所 ○正会員 高稲敏浩

## 1. はじめに

スラブ・杭・地盤間の相互作用を考慮した3次元水～土連成計算により、パイルドラフト基礎を有する飽和自然堆積地盤の変形挙動を調べた。本報では、杭の荷重分担率に及ぼす諸要因について述べる。

## 2. 解析条件

計算に用いた土の弾塑性構成式、計算方法、地盤条件の設定などは、前報<sup>1)</sup>と同じである。本報では、1m厚・18m×18m幅の基礎スラブに0.7m角の杭を有するパイルドラフト基礎を想定した。杭の荷重分担率・地盤の沈下量に及ぼす影響は、杭を3m間隔で設置した場合（図1参照）について(1)砂層厚、(2)ラフトの剛性、(3)杭の剛性、(4)上載荷重がそれぞれ異なる4ケースと、(5)杭間隔が異なる1ケースについて調べた。上載荷重は等分布荷重を載荷速度  $1\text{ kN/m}^2/\text{day}$  で漸増載荷し、所定の値で一定にした。

## 3. 解析結果

杭間隔 3m、砂層厚 8m、ラフトおよび杭の弾性係数を  $2.1 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$ 、上載荷重  $50 \text{ kN/m}^2$  の場合の計算結果を標準にしてそれ以外の結果を比較する。

## (1) 砂層厚の影響（杭長 8m および 16m の場合）

表1は、ラフトに接する砂層の厚さが2m、4m、8mの場合の結果を示す。なお、図1の有限要素メッシュにおいて、砂層厚が2m、4mの場合は粘土層厚をそれぞれ30m、28mにしている。砂層が厚い場合、最終沈下量は約10%減少するが、杭の荷重分担率にほとんど変化が見られない。

## (2) ラフトの剛性の影響（杭長 8m および 16m の場合）

表2は、ラフトの剛性がスラブ厚30cmに相当するラフトの弾性係数が  $5.7 \times 10^5 \text{ (kN/m}^2)$  の場合の比較を示す。剛性が小さい場合、最終沈下量は約10%増加し、不同沈下量も大きくなる。荷重分担率の変化は小さく、わずかに増加しているが、杭別の杭頭荷重の変化（図2）をみると、剛性を小さくすることで、ラフト中心の内側の杭頭荷重は増加するが外側の杭頭荷重が減少していることから、総荷重分担率の変化が小さいことが分かる。

## (3) 杭の剛性の影響（杭長 8m および 16m の場合）

表3は、杭の剛性が杭寸法40cm角の場合に相当する、杭の弾性係数を2.1

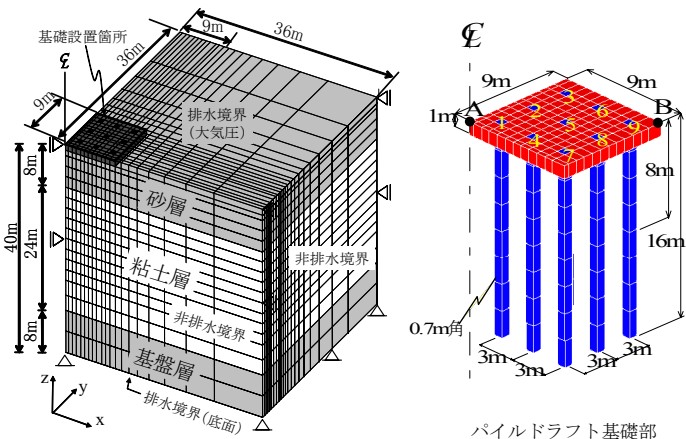


図1 有限要素メッシュと境界条件

表1 砂層厚の影響

| 杭長        | 8m    |       |       | 16m   |       |       |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 砂層厚       | 2m    | 4m    | 8m    | 2m    | 4m    | 8m    |
| 荷重分担率(%)  | 89.52 | 90.54 | 89.54 | 96.76 | 96.75 | 96.92 |
| 最終沈下量(cm) | 14.89 | 14.78 | 13.58 | 7.54  | 7.33  | 6.75  |

\*杭長は地表面からの深さで示している。

\*最終沈下量は、点A（図1）の沈下量。

表2 ラフト剛性の影響

| 杭長                           | 8m                |                   | 16m               |                   |
|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| ラフト弾性係数 (kN/m <sup>2</sup> ) | $2.1 \times 10^7$ | $5.7 \times 10^5$ | $2.1 \times 10^7$ | $5.7 \times 10^5$ |
| 荷重分担率(%)                     | 89.54             | 90.62             | 96.92             | 97.28             |
| 最終沈下量(cm)                    | 13.58             | 14.83             | 6.75              | 7.49              |
| 不同沈下量(cm)                    | 0.46              | 2.40              | 0.38              | 2.12              |

\*不同沈下量は、ラフトの点Aと点B（図1）の差。

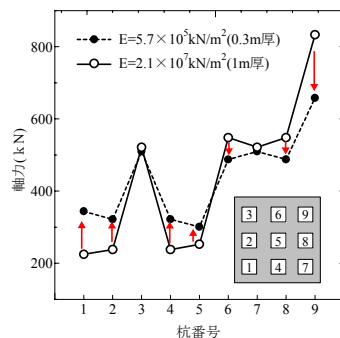


図2 杭頭荷重の比較（杭長 16m）

$\times 10^6(\text{kN/m}^2)$ に小さくした場合との比較を示す。荷重分担率は杭長 16m の場合で約 2%減少するが、最終沈下量に及ぼす影響はラフト剛性が小さい場合より小さい。

#### (4) 上載荷重の影響<sup>2)</sup>（杭長 4m および 16m の場合）

図 3 は、上載荷重を 10, 30, 50 $\text{kN/m}^2$ とした場合の杭荷重分担率の時間変化を示す。載荷速度が  $1\text{kN/m}^2/\text{day}$  であるため載荷終了時期は異なる。杭荷重分担率は、杭長 4m の場合、約  $5\text{kN/m}^2$  で 77%に達した後、減少し載荷荷重が大きいほど小さくなり、50  $\text{kN/m}^2$  載荷では約 68%まで減少する。杭長 16m の場合も同様な挙動を示すが、杭の荷重分担率は大きく、その変化は極めて小さい。

#### (5) 杭間隔の影響<sup>3)</sup>（杭長 8m および 16m の場合）

表 4 は、杭間隔を 15m とした場合との比較を示す。杭間隔 15m は、杭番号 9（図 1）のみの場合である。杭間隔を大きくすることで、杭の荷重分担は大幅に減少し、ラフトの荷重分担が大きくなっていることが分かる。図 3 に示す平均有効応力の載荷直前からの増加の分布からもその様子が見ることが出来る。そのため、最終沈下量、不同沈下量は大きくなり、杭長 8m ではベタ基礎の最終沈下量（22.78cm）に近いものとなっている。

表 3 杭剛性の影響

| 杭長                           | 8m                |                   | 16m               |                   |
|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 杭弾性係数<br>( $\text{kN/m}^2$ ) | $2.1 \times 10^7$ | $2.1 \times 10^6$ | $2.1 \times 10^7$ | $2.1 \times 10^6$ |
| 荷重分担率(%)                     | 89.54             | 88.47             | 96.92             | 94.92             |
| 最終沈下量(cm)                    | 13.58             | 13.70             | 6.75              | 7.18              |

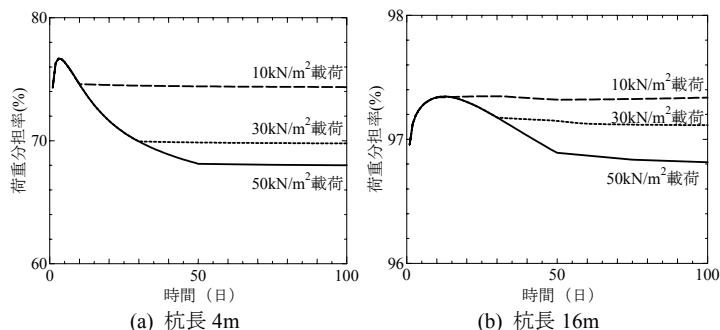
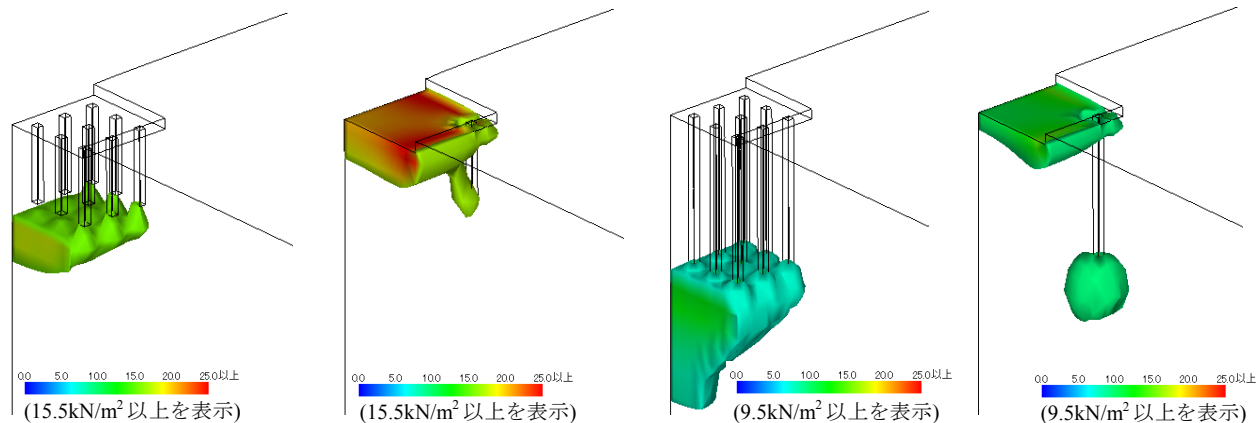


図 3 上載荷重の影響

表 4 杭間隔の影響

| 杭長        | 8m    |       | 16m   |       |
|-----------|-------|-------|-------|-------|
| 杭間隔       | 3m    | 15m   | 3m    | 15m   |
| 荷重分担率(%)  | 89.54 | 15.37 | 96.92 | 55.94 |
| 最終沈下量(cm) | 13.58 | 19.54 | 6.75  | 12.53 |
| 不同沈下量(cm) | 0.46  | 0.69  | 0.38  | 1.24  |



(a) 杭長 8m 杭間隔 3m      (b) 杭長 8m 杭間隔 15m      (c) 杭長 16m 杭間隔 3m      (d) 杭長 16m 杭間隔 15m

図 4 平均有効応力増分分布（圧密終了時）

## 4. おわりに

パイルドラフト基礎において(1)上層の砂層厚み、(2)ラフトの剛性、(3)杭の剛性、(4)上載荷重、(5)杭の間隔の違いが荷重分担率におよぼす影響に注目し、3次元水～土連成計算を用いて比較した。今回設定のパイルドラフト基礎および地盤においては、杭長を短くする、ラフト剛性をあげる、杭剛性を下げる、上載荷重を大きくする、杭間隔を広くすることで、パイルドラフト基礎として杭の荷重分担低下を期待できることが分かった。しかし、それぞれの要因は相互に影響しあうものであり、実際の設計では、沈下量、不同沈下量をも統括的に考察し、経済性なども考慮した基礎形式、断面の決定が必要である。

**参考文献** 1) 野田ら(2004)：パイルドラフト基礎を有する…，本誌。2)堀越、山下(2000)：杭基礎の鉛直荷重～変位…，土と基礎，48(1)，pp.51-56。3)高稲ら(2003)：パイルドラフト基礎形式の違いによる…，第 58 回年次学術講演会概要集 III，pp.721-722。