

パイルドラフトの杭頭接合条件に関する解析的研究  
(その2 ; 水平荷重を受ける場合)

正会員 ○ 池田篤則<sup>\*1</sup>

同 土屋 勉<sup>\*2</sup>

1. はじめに

杭頭部とラフトの接合条件を変化させた場合のパイルドラフトの応力・変形性状を明らかにすることを目的として、前報<sup>1)</sup>では鉛直荷重を受ける場合について検討した。

それに引き続き、本報では水平力を受ける場合について、接合条件を剛接合およびピン接合した場合について同様の検討を行う。なお、特に断りがない限り、荷重条件以外の諸条件は前報<sup>1)</sup>と同様である。

2. 解析方法および解析モデル

解析モデルは、図-1のように5×5=25本の杭がラフト内に等間隔に配置されており、全ての杭位置に単位の水平荷重Hが载荷されている。荷重方向の中央断面(X<sub>0</sub>)および荷重と直交する方向の中央断面(Y<sub>0</sub>)に、それぞれ対称条件および逆対称条件を適用して、ハッチを示した全体の1/4を解析領域として容量の低減を図っている。杭頭接合条件は杭頭を固定とした剛接合(R-type)とピン接合(P-type)の2種類である。これらについて、(a)杭長L/d, (b)ラフトと地盤の相対剛性K<sub>rs</sub>, (c)杭間隔s/d, (d)杭と地盤の相対剛性K<sub>ps</sub>を、表-1のように変化させて解析した。なお、表中の太枠は基本モデルである。

3. 基本モデルの変位および応力分布

図-2は、X<sub>0</sub>断面の杭とラフトの変位分布を描いたものである。それによると、ごく表層を除くGL-2d以深の杭体変位は両タイプがほとんど同じである。杭頭部においても、ピン接合したP-typeの水平変位は、剛接合したR-typeのそれの1.14倍に過ぎない。単杭においては杭頭における両者の水平変位の比が2.0であることを考えると、パイルドラフトのような建物全体の水平変位に関しては、杭頭接合条件の影響は極めて小さいと判断できる。なお、杭を取り除いてベタ基礎とした場合の水平変位と比べると、R-typeおよびP-typeの水平変位は、各々84%および95%であり、杭による水平変位の抑制はそれほど大きくないと言える。

図-3は、ラフト部に生ずる単位幅あたりの曲げモーメント分布である。R-typeでは、杭位置で比較的大きな曲げモーメントを示して、ラフト中央部から隅角部へと離れるにつれて増大している。杭間の断面では比較的小さな滑らかな曲げモーメント分布となる。なお、P-typeでは全てのラフト位置で、曲げモーメントはほとんど発生していない。

図-4は、I~C~A通りの各杭に生じる曲げモーメント分布である。

両タイプ共に中心部Iから隅角部Aへと離れるにつれて曲げモーメントは増加するが、地中部に生ずる最大曲げモーメント発生深度は浅くなる。これらの深度は、単杭におけるものよりも1.5~3倍程度深くなるのが特徴である。

図-5は、両タイプの杭頭応力を比較したものである。ただし、P-typeについては地中部最大曲げモーメントを示している。杭頭せん断力および曲げモーメントは、両タイプ共に中心部から隅角部へと離れるにつれて大きくなっている。

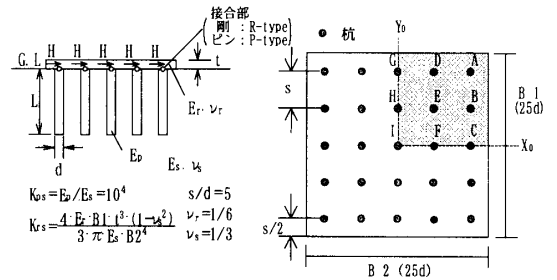


図-1 解析モデル

表-1 変化させた因子および諸元

| (a) L/d             | 12.5             | 25               | 50               | —  |
|---------------------|------------------|------------------|------------------|----|
| (b) K <sub>rs</sub> | 0.01             | 0.1              | 1                | 10 |
| (c) s/d             | 2.5              | 5                | 10               | —  |
| (d) K <sub>ps</sub> | 10 <sup>-2</sup> | 10 <sup>-3</sup> | 10 <sup>-4</sup> | —  |

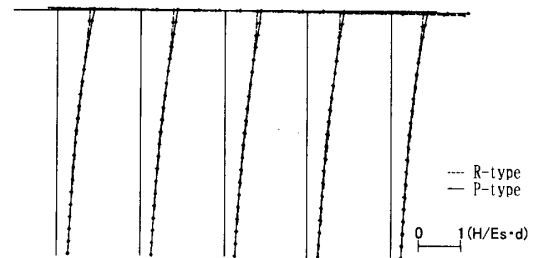


図-2 杭とラフトの変位分布

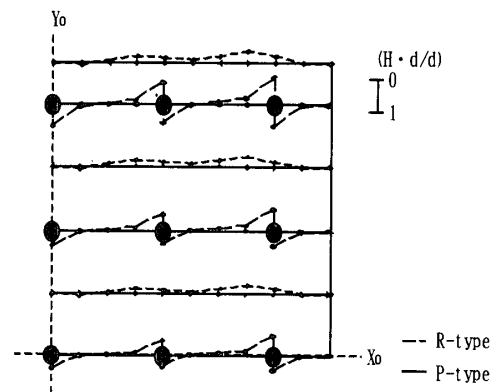


図-3 ラフトの曲げモーメント

An analytical study on connecting condition of piled-raft subjected to horizontal load.

IKEDA Atsunori and TSUCHIYA Tsutomu

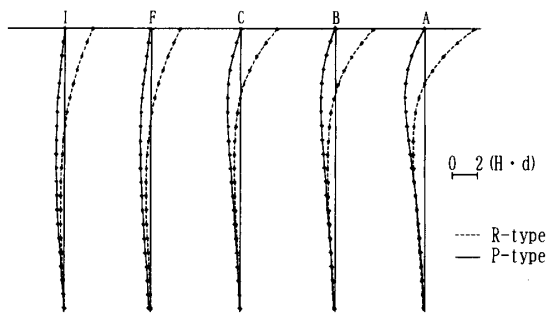
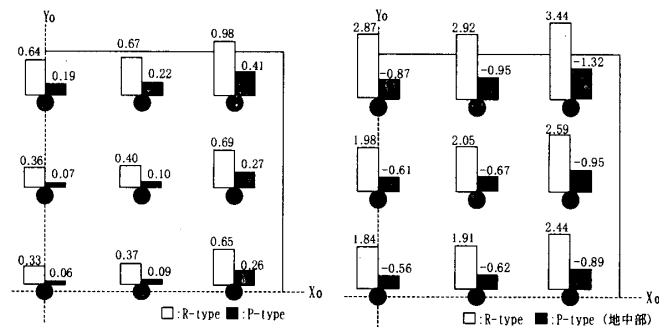


図-4 杭の曲げモーメント分布



(a) せん断力 (H) (b) 曲げモーメント (H·d)

図-5 杭頭部応力分布

杭による水平力の負担率は、R-type で約 60%であるのに対して、P-type では約 20%に過ぎない。また、P-type における地中部曲げモーメントは、R-type の杭頭曲げモーメントの 0.3~0.4 倍程度である。なお、R-type の杭頭曲げモーメントは、Chang 式<sup>2)</sup>で計算される単杭の値と同程度の大きさである。

4. パイルドラフトの諸因子の影響

表-2 は、諸元を種々変化させた場合について、杭頭水平変位および杭頭応力をまとめたものである。水平変位についてみると、杭間隔  $s/d$  を除く他の因子の影響は小さいことが分かる。ただし、ラフトや杭間の応力が重なるため、Chang 式で計算される単杭の水平変位よりは極めて大きくなることに注意する必要がある。

杭頭応力についてみると、杭長  $L/d$  が長くなるにつれて、せん断力および曲げモーメント共に大きくなる。それに伴って、杭による水平力負担率におよぼす杭頭部接合条件の影響は小さくなる。それに対して、杭長が比較的短く、特にピン接合とした場合には、杭による水平力負担率が極めて小さくなることが注目される。

杭長  $L/d$  を短くしたときに生ずるこれらの傾向は、杭間隔  $s/d$  を増大させたり、杭と地盤の相対剛性比  $Kps$  を減少させた場合でも同様に生ずることが分かる。なお、杭間隔  $s/d$  が増大すると、ラフト面積が広がるため水平変位は大幅に減少する。ラフトと地盤の相対剛性比  $Krs$  については、 $Krs=0.01$  のような小さい場合を除けばその影響は極めて小さい。

4. おわりに

パイルドラフトの杭頭をピン接合にすることによって、水平変位をそれほど増加させずに、杭に生じるせん断力や曲げモーメントを効果的に減少できることが明らかになった。また、諸因子を変化させた解析結果から、杭長が比較的短く、杭間隔が広く、比較的曲げ剛性の小さい杭体をパイルドラフトに設けるといった手法が効率的であることが示唆される。

参考文献

- 1) 土屋 勉, 永井 宏: パイルドラフトの杭頭接続条件に関する解析的研究 (その 1; 鉛直荷重を受ける場合), 建築学会大会, 2000
- 2) 日本建築学会: 建築基礎構造設計指針, 丸善, 1988

\*1 室蘭工業大学大学院博士前期課程  
\*2 室蘭工業大学建設システム工学科・助教授・工博

Graduate School, Muroran Institute of Technology  
Assoc. Prof., Dept. of Civil Eng. & Architecture,  
Muroran Institute of Technology, Dr. Eng.

表-2 杭頭変位および杭頭応力 上段: R-type 下段: P-type \*P-type は地中部の最大値

|     | 水平変位<br>(H/Es·d) | せん断力(H) |      |      |      |      |       | 曲げモーメント*(H·d) |       |       |       | 単杭               |              |
|-----|------------------|---------|------|------|------|------|-------|---------------|-------|-------|-------|------------------|--------------|
|     |                  | I       | A    | C    | G    | I    | 杭負担率  | A             | C     | G     | I     | 水平変位<br>(H/Es·d) | 曲げモーメント(H·d) |
| L/d | 12.5             | 0.809   | 0.59 | 0.43 | 0.38 | 0.24 | 0.39  | 1.08          | 0.82  | 0.79  | 0.54  | 0.09             | 2.64         |
|     |                  | 0.853   | 0.09 | 0.05 | 0.02 | 0.01 | 0.03  | -0.21         | -0.13 | -0.11 | -0.06 | 0.19             | -1.69        |
|     | 25               | 0.739   | 0.98 | 0.65 | 0.64 | 0.33 | 0.61  | 3.44          | 2.44  | 2.87  | 1.84  | 0.09             | 2.64         |
|     |                  | 0.843   | 0.41 | 0.25 | 0.19 | 0.06 | 0.21  | -1.32         | -0.89 | -0.87 | -0.56 | 0.19             | -1.69        |
|     | 50               | 0.640   | 1.23 | 0.73 | 0.86 | 0.39 | 0.75  | 5.20          | 3.38  | 6.17  | 3.88  | 0.09             | 2.64         |
|     |                  | 0.734   | 1.02 | 0.61 | 0.53 | 0.21 | 0.55  | -5.16         | -3.54 | -3.80 | -2.63 | 0.19             | -1.66        |
| Krs | 0.01             | 0.773   | 0.76 | 0.51 | 0.51 | 0.28 | 0.49  | 2.06          | 1.54  | 2.05  | 1.45  | 0.09             | 2.64         |
|     |                  | 0.843   | 0.41 | 0.26 | 0.19 | 0.06 | 0.21  | -1.32         | -0.89 | -0.87 | -0.56 | 0.19             | -1.69        |
|     | 0.1              | 0.739   | 0.98 | 0.65 | 0.64 | 0.33 | 0.61  | 3.44          | 2.44  | 2.87  | 1.84  | 0.09             | 2.64         |
|     |                  | 0.843   | 0.41 | 0.25 | 0.19 | 0.06 | 0.21  | -1.32         | -0.89 | -0.87 | -0.56 | 0.19             | -1.69        |
|     | 1                | 0.732   | 1.05 | 0.70 | 0.62 | 0.31 | 0.63  | 3.87          | 2.79  | 2.79  | 1.76  | 0.09             | 2.64         |
|     |                  | 0.842   | 0.41 | 0.25 | 0.20 | 0.06 | 0.21  | -1.32         | -0.88 | -0.87 | -0.56 | 0.19             | -1.69        |
| 10  | 0.731            | 1.06    | 0.71 | 0.61 | 0.31 | 0.63 | 3.93  | 2.84          | 2.77  | 1.75  | 0.09  | 2.64             |              |
|     | 0.842            | 0.41    | 0.25 | 0.20 | 0.06 | 0.21 | -1.32 | -0.88         | -0.87 | -0.56 | 0.19  | -1.69            |              |
| s/d | 2.5              | 1.263   | 1.43 | 0.83 | 0.90 | 0.38 | 0.81  | 2.78          | 1.79  | 3.16  | 1.95  | 0.09             | 2.64         |
|     |                  | 1.457   | 1.18 | 0.70 | 0.56 | 0.20 | 0.59  | -2.70         | -1.79 | -1.91 | -1.32 | 0.19             | -1.69        |
|     | 5                | 0.739   | 0.98 | 0.65 | 0.64 | 0.33 | 0.61  | 3.44          | 2.44  | 2.87  | 1.84  | 0.09             | 2.64         |
|     |                  | 0.843   | 0.41 | 0.25 | 0.19 | 0.06 | 0.21  | -1.32         | -0.89 | -0.87 | -0.56 | 0.19             | -1.69        |
|     | 10               | 0.407   | 0.45 | 0.33 | 0.30 | 0.19 | 0.30  | 1.96          | 1.50  | 1.48  | 1.03  | 0.09             | 2.64         |
|     |                  | 0.427   | 0.07 | 0.04 | 0.03 | 0.00 | 0.03  | -0.38         | -0.25 | -0.22 | -0.12 | 0.19             | -1.69        |
| Kps | 10 <sup>-2</sup> | 0.684   | 1.13 | 0.69 | 0.76 | 0.33 | 0.68  | 5.01          | 3.31  | 5.53  | 3.47  | 0.05             | 4.70         |
|     |                  | 0.791   | 0.82 | 0.48 | 0.38 | 0.10 | 0.41  | -3.65         | -2.21 | -2.09 | -0.89 | 0.11             | -3.03        |
|     | 10 <sup>-3</sup> | 0.739   | 0.98 | 0.65 | 0.64 | 0.33 | 0.61  | 3.44          | 2.44  | 2.87  | 1.84  | 0.09             | 2.64         |
|     |                  | 0.843   | 0.41 | 0.25 | 0.19 | 0.06 | 0.21  | -1.32         | -0.89 | -0.87 | -0.56 | 0.19             | -1.69        |
|     | 10 <sup>-4</sup> | 0.820   | 0.66 | 0.48 | 0.43 | 0.26 | 0.44  | 1.38          | 1.04  | 1.02  | 0.70  | 0.17             | 1.48         |
|     |                  | 0.874   | 0.12 | 0.07 | 0.04 | 0.00 | 0.05  | -0.29         | -0.19 | -0.17 | -0.10 | 0.34             | -0.95        |