

先端および中間部に拡径部を有する杭の鉛直載荷試験

(その2 引抜き試験結果)

正会員 ○矢島 淳二\*1 同 森 利弘\*2  
 同 小林 公次\*3 同 宮田 勝利\*4  
 同 飯田 努\*5 同 田中 昌史\*6

場所打ち杭 拡径部 引抜き抵抗 引抜き試験

1. はじめに

本報では、先端および中間部に拡径部を有する杭の鉛直載荷試験のうち、引抜き試験の結果について報告する。引抜き試験の概要については、同名論文(その1)<sup>1)</sup>を参照されたい。また、原位置における引抜き試験に先立ち、引張りひび割れが生じる杭の軸力評価を目的とした構造実験を実施したので、この結果についても報告する。

2. 引抜き軸方向力評価のための構造実験

構造実験に使用した模型杭の仕様を表1に、コンクリート供試体の試験結果を表2に示す。模型杭は原位置における引抜き試験と同様に、杭主筋にはPC鋼棒を使用し、主筋の一端をスタブに固定し、もう一端をジャッキで引張り荷重を加えた。

引張り荷重が小さいうちは主筋とコンクリートは一体として挙動するが、60μ程度からコンクリートの剛性が低下し、130μ程度で引張りひび割れが生じるとコンクリートの負担軸力は急激に低下した。杭の軸方向力算定では、引張りひび割れの影響をコンクリート負担荷重の軸力低減率αを用いて(1)式で評価することとした。

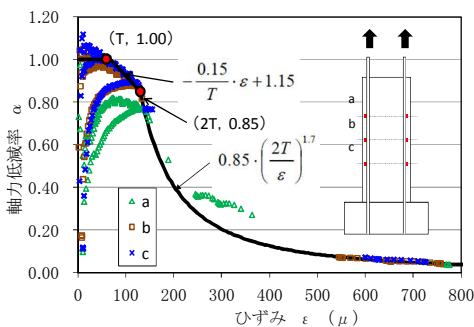
$$P_i = E_s \cdot A_{si} \cdot \varepsilon_{si} + \alpha_i \cdot E_c \cdot A_{ci} \cdot \varepsilon_{ci} \quad \dots (1)$$

表1 模型杭の仕様

杭径 D (mm)	杭長 L (m)	主筋	フープ	最大荷重 (kN)
810	1.90	16-D35 (PC鋼棒)	D13@300 (SD295A)	3,000

表2 コンクリート供試体の試験結果

F <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	割裂強度 (N/mm <sup>2</sup> )	弾性係数 E <sub>c</sub> (kN/mm <sup>2</sup> )
45	50.5	3.32	35.6



$$T = 0.586 \cdot (f_t / E_c) \quad f_t: \text{コンクリートの引張り強度}$$

図1 軸力低減率とコンクリートひずみ関係

ここに、 $P_i$ : i断面における軸方向力

$E_c, E_s$ : コンクリート、鉄筋の弾性係数

$A_{ci}, A_{si}$ : i断面におけるコンクリート、鉄筋の断面積

$\varepsilon_{ci}, \varepsilon_{si}$ : i断面におけるコンクリート、鉄筋のひずみ

(ただし、 $\varepsilon_{ci} = \varepsilon_{si}$ と仮定)

図1に軸力低減率αとひずみの関係を示す。また、ひずみ領域ごとの軸力低減率αの評価式と低減曲線を図中に併記した。

3. 引抜き試験結果

3.1 荷重 - 変位関係

引抜き試験 C-1t における杭頭荷重と杭頭変位の関係を図2に、その logP-logS 関係を図3に示す。杭頭変位は第5サイクル第9荷重ステップ(4.5MN)では24.1mmであったが、その後の増荷で杭頭変位が増加した。第10荷重ステップにおける最大荷重は4.77MNである。logP-logS 関係の折点は4.0MN程度である。

引抜き試験 S/C-2t における杭頭荷重と杭頭変位の関係を図4に、その logP-logS 関係を図5に示す。S/C-2t はゲル化剤を使用して GL-11.7m 以浅をフリクションカットしているため、ここで杭頭荷重はジャッキ荷重、杭頭変位

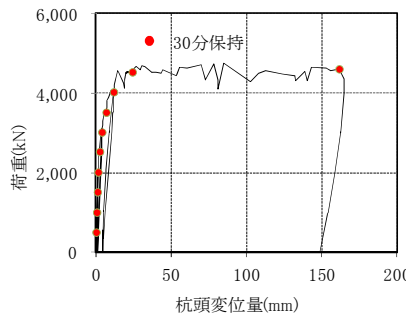


図2 荷重-杭頭変位関係 (C-1t)

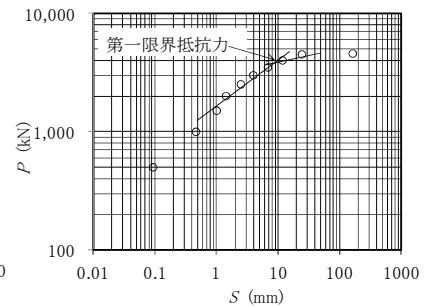


図3 logP-logS 関係 (C-1t)

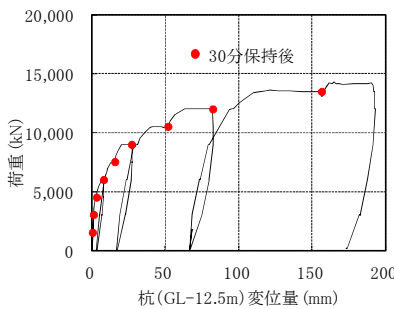


図4 荷重-杭頭変位関係 (S/C-2t)

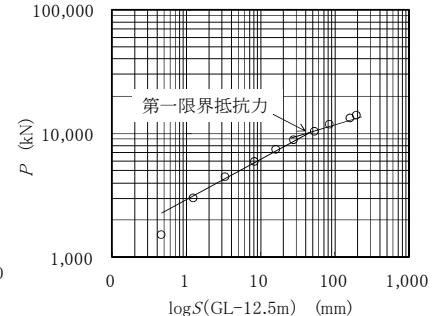


図5 logP-logS 関係 (S/C-2t)

Vertical Load Tests for Bearing Capacity of Piles with Enlarged Base and Intermediate Node  
Part2 Results of Axial Tensile Load Tests

YAJIMA Junji, MORI Toshihiro, KOBAYASHI Kouji, MIYATA Katsutoshi, IIDA Tsutomu and TANAKA Masafumi

は GL-12.5m の杭体内変位計の値とした。杭頭変位は第 5 サイクル第 9 荷重ステップ(13.5MN)で 156.6mm に達し、第 10 荷重ステップ(14.2MN)で杭頭変位が約 190mm に達した後に除荷した。logP-logS 関係の折点は 9.0MN 程度である。なお、C-1t、S/C-2t とともに、地表面の変位は地盤の弾性変形に伴う軽微な浮き上がりが認められただけであった。

### 3.2 杭の軸方向力

C-1t における軸方向ひずみと軸方向力の分布を図 6 に示す。軸方向ひずみは、第 6 荷重ステップ(3.0MN)で第 3 断面にひび割れが生じ、増荷に伴いひび割れが広がっている。杭体の軸方向力は(1)式を用いてひび割れの影響を考慮しているが、杭頭部の軸方向力は杭頭上部から露出した鉄筋のひずみより算出している。軸方向力の勾配は拡径部(5-6 断面間)において大きく、拡径部の抵抗が大きく発揮されていることが分かる。

S/C-2t における軸方向ひずみと軸方向力の分布を図 7 に示す。ひび割れは、第 3 荷重ステップ(4.5MN)で第 2 断面に生じ、増荷に伴い下方に広がっている。(1)式を用いて評価した軸方向力は、C-1t と同様に拡径部(4-5 断面間、および 7-8 断面間)の勾配が大きく、拡径部の抵抗が大きく発揮されていることが分かる。

### 3.3 荷重度と変位の関係

C-1t および S/C-2t の拡径部における負担荷重度と変位の関係を図 8 にまとめて示す。C-1t と S/C-2t の下部拡径部は粘性土を、S/C-2t の上部拡径部は砂質土を対象としている。ここで、拡径部における負担荷重度は、押し込み試験<sup>1)</sup>と同様に、拡径部の上下の軸力差を拡径部の支圧面積(拡径部面積-軸部面積)で除して算定した。3つの拡径試験体ともに、荷重度は引抜き荷重の増加とともに概ね増加傾向を示し、変位量 0.1D<sub>2</sub>(150mm)付近で最大値に達している。なお、S/C-2t の上部拡径部は、押し込み試験体 S-1c<sup>1)</sup>と同じ砂質土層を対象としているが、負担荷重度の最大値はほぼ同等の値となっている。

軸部における周面抵抗力度と変位量の関係を図 9 に示す。なお、ひび割れ付近で摩擦抵抗力度が正確に評価されていないと推測される点を除いている。周面抵抗力度は変位 10~20mm で最大値付近に達しているものが多く、その後は緩やかに増加または減少している。従って、変位の増加に伴い、拡径部の荷重負担率が増加している。

### 4. まとめ

中間部に拡径部を有する 2 体の引抜き試験によって、粘性土および砂質土における拡径部の引抜き抵抗特性を確認した。

<参考文献>

- 1) 森利弘他：先端および中間部に拡径部を有する杭の鉛直荷重試験(その 1)，日本建築学会学術講演梗概集 B-1，2013.8 (投稿中)

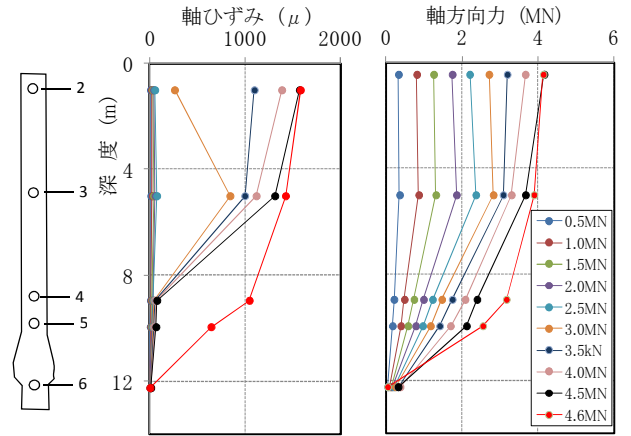


図 6 杭の軸方向ひずみ・軸方向力の分布 (C-1t)

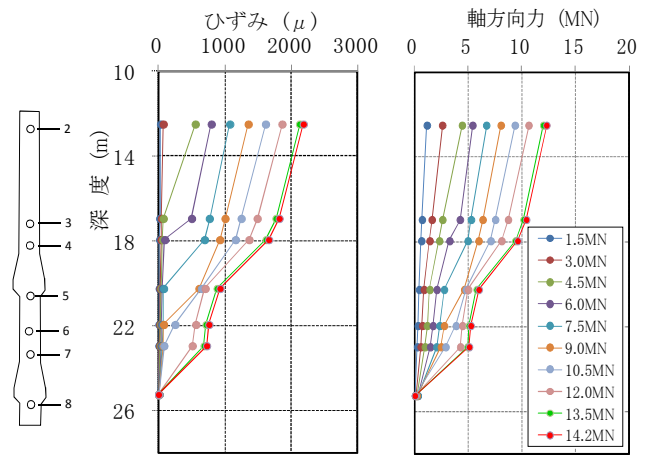


図 7 杭の軸方向ひずみ・軸方向力の分布 (S/C-2t)

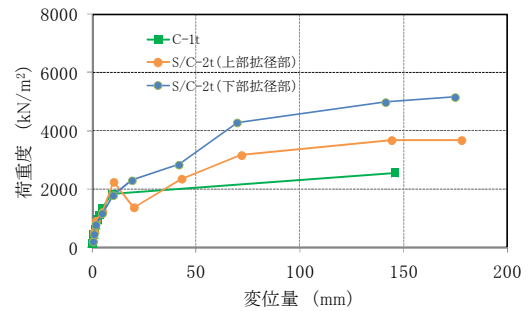


図 8 拡径部における負担荷重度と変位の関係

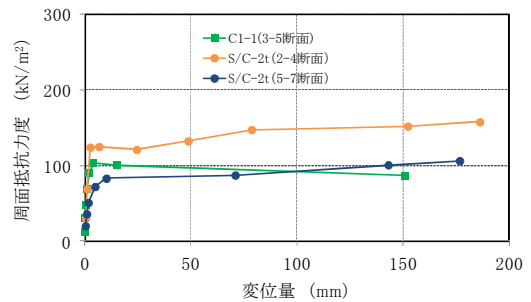


図 9 軸部における周面抵抗力度と変位の関係

- |            |           |                                 |   |
|------------|-----------|---------------------------------|---|
| *1 東急建設    | *2 熊谷組    | *1 Tokyu Construction Co., Ltd. | *2 Kumagaigumi Co., Ltd.                  |
| *3 大豊建設    | *4 三井住友建設 | *3 DAIHO CORPORATION            | *4 Sumitomo Mitsui Construction Co., Ltd. |
| *5 ジャパンパイル | *6 大洋基礎   | *5 JAPAN PILE Corporation       | *6 TAIYO Foundation Co.,Ltd.              |