

弾性地盤に支持された小口径杭の座屈に関する模型実験

正会員 ○廣瀬 竜也*¹ 同 小梅 慎平*²
同 下平 祐司*³ 同 伊藤 淳志*⁴

小口径杭 座屈 模型実験
小規模建築物

1.はじめに

小規模建築物を対象とした地盤補強工法として、小口径の鋼管杭や既製 RC 杭などが用いられている。小規模建築物基礎設計指針¹⁾では、これらの杭に対して細長比(本報では、長さ径比と称す)による杭材の許容圧縮力の低減を与えている。この低減は、旧建築基礎構造設計規準・同解説²⁾に準じており、打込み杭の施工精度に基づいて設定されたものといえる。しかし、その根拠については、不明な点が多い。

そこで、杭の長さ径比による耐力の低下についての力学的検討を目的として模型座屈実験を行ったので、以下に報告する。

2.実験概要

実験装置を図1に示す。実験土槽は内径 381mm、高さ 700mm、厚さ 15mm の鋼管である。模型杭には、直径 $D=5\text{mm}$ 、厚さ $t=0.8\text{mm}$ 、長さ $l=650\text{mm}$ (長さ径比 $l/D=130$) のステンレスパイプを使用し、模型地盤は、寒天を用いて模擬した。ステンレスパイプの材料特性を表1に示す。ヤング係数と降伏強度は、引張試験により求めた。模擬地盤は、粉寒天と水の配合比率を変えることによって、剛性を変化させた。実験の種類と変形係数 E_{50} を表2に示す。粉寒天と水の配合比率は、粉寒天に対して質量比で水 10、20、25、60 の4配合とし、これらに加えて、地盤の無い状態でも実験を行った。 E_{50} は、溶かした寒天をモールドに流し込んで作製した供試体の一軸圧縮試験より、一軸圧縮強さをひずみが 15% の時として求めた。この一軸圧縮試験から得られた応力-ひずみ曲線を図2に示したが、寒天による模擬地盤は、弾性体と見よかろう。地盤は、杭の両端をピン支点として、鉛直に実験装置に設置した後、溶かした寒天を杭の周囲に流し込み、固まるまで表面を高分子フィルムで覆って2日間養生した。荷重方法は、実験装置の最上部に取り付けたスクリージャッキによる連続荷重とした。荷重速度は、 $0.5\text{mm}/\text{min}$ とした。杭頭荷重は荷重ロッドとピン支点の間に取り付けたロードセルで測定し、杭頭変位はスクリージャッキに取り付けたダイヤルゲージで測定した沈下量からロッドの剛性と荷重より求めたロッドの縮み量を減じたものとした。

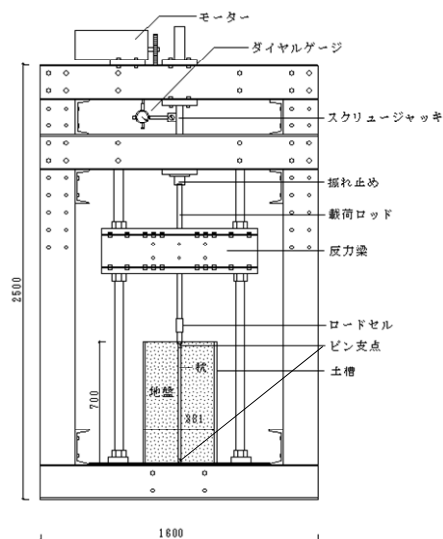


図1 実験装置 (単位: mm)

表1 ステンレスパイプの材料特性

ヤング係数 E (N/mm^2)	断面二次モーメント I (mm^4)	降伏強度 σ_y (N/mm^2)
175000	24.1	236

表2 実験の種類と模擬地盤の変形係数

実験 No.	寒天に対する 水の質量比	模擬地盤の変形係数 E_{50} (MN/m^2)
1	(地盤無し)	—
2	10	1.047
3	20	0.444
4	25	0.269
5	60	0.070

3.実験結果

杭頭荷重 P_0 - 杭頭変位 S_0 関係をまとめて図3に示す。同図には、オイラー座屈荷重 P_E も示した。No.1 の杭頭荷重の最大値は、 P_E と良い対応を示している。また、 E_{50} が大きくなれば、最大杭頭荷重 $P_{0\text{max}}$ も大きくなっていることがわかる。

各実験の $P_{0\text{max}}$ と E_{50} の関係を図4に示す。同図には、式(1)の理論式より求めた弾性地盤上の棒の座屈荷重³⁾も示した。

$$P_{cr} = \frac{2m^2\pi^2 EI}{l^2} \quad (1)$$

ここで、

P_{cr} : 弾性地盤上の棒の座屈荷重 (N)

E : 棒のヤング係数 (N/mm²)

I : 棒の断面二次モーメント (mm⁴)

l : 棒の長さ (mm)

m : 棒の座屈波形の半波の数で、式(2)に示す近似式による。

$$m^4 = \frac{\beta l^4}{\pi^4 EI} \quad (2)$$

β : 地盤係数 (N/mm²) (たわみが 1 のときの棒の単位長さ当りの地盤反力) で式(3)による。

$$\beta = k_{h0} \cdot D / 1000 \quad (3)$$

D : 杭径 (m)

k_{h0} : 基準水平地盤反力係数 (kN/m³) で式(4)⁴⁾による。

$$k_{h0} = \alpha \cdot \xi \cdot E_0 B^{-3/4} \quad (4)$$

α : 評価法によって決まる定数 (m⁻¹) で一軸圧縮試験から求めた地盤の変形係数を用いる場合は、80

ξ : 1.0

E_0 : 変形係数 (kN/m²) で、一軸圧縮試験によって得られた E_{50} を用いた。

B : 無次元化杭径 (杭径を cm で表した無次元数値)

No.5 の実験値は、理論値と良い対応を示したが、No.3 および No.4 の実験値は理論値を、No.5 の実験値は降伏荷重を下回った。これは、地盤の剛性の評価方法等の影響によるものと考えられる。

4.まとめ

弾性地盤に支持された杭の模型座屈実験の結果について報告した。地盤の剛性が大きくなるほど、杭の座屈荷重は大きくなることが確認された。

最後に今回の実験を行うにあたり多大のご協力をいただいた関西大学卒業研究生の日高洋氏および山崎大輝氏に謝意を表す。

参考文献

- 1) 日本建築学会：小規模建築物基礎設計指針，pp.187-188，2008
- 2) 日本建築学会：建築基礎構造設計基準・同解説，pp.294-300，1974
- 3) Stephen P. Timoshenko and James M. Gere：Theory of Elastic Stability，pp.94-98，1963
- 4) 日本建築学会：建築基礎構造設計指針，pp.277-278，2001.

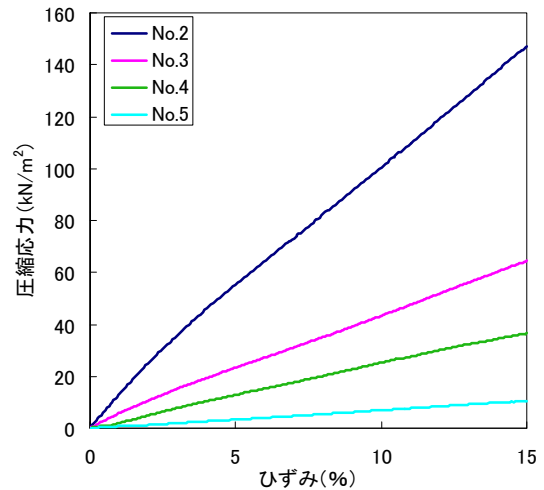


図2 寒天の応力-ひずみ関係

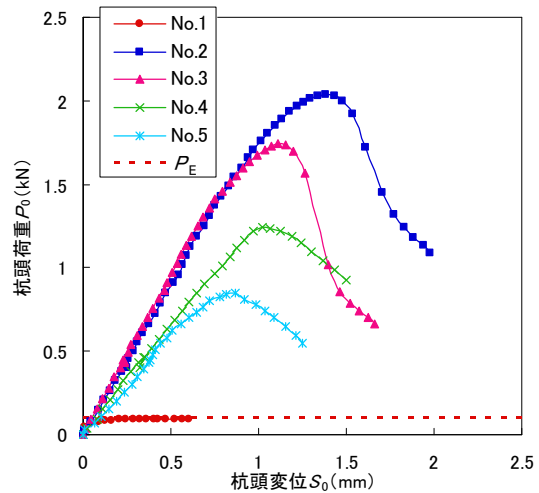


図3 杭頭荷重 P_0 - 杭頭変位 S_0 関係

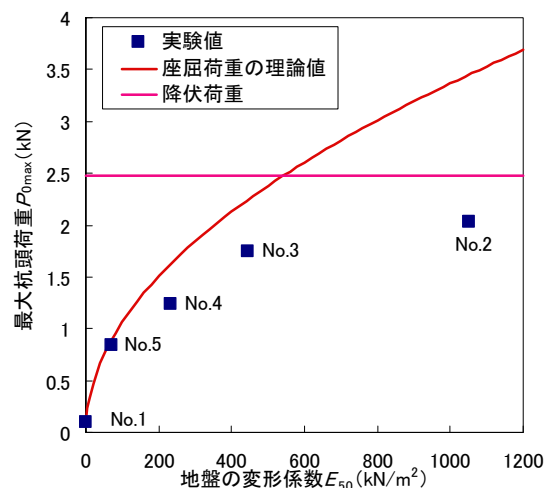


図4 最大杭頭荷重 P_{0max} - 変形係数 E_{50} 関係

*1 日本建築総合試験所，関西大学大学院

*2 関西大学大学院

*3 日本建築総合試験所・博士（工学）

*4 関西大学 准教授・博士（工学）

*1 General Building Research Corporation of Japan

*2 Graduate School, Kansai Univ.

*3 General Building Research Corporation of Japan, Dr.Eng.

*4 Assoc.Prof., Kansai Univ., Dr.Eng.