

X線ラジオグラフィを用いた異なる支持層厚の地盤に支持された開端杭押し込み挙動の可視化

京都大学大学院 正会員 ○木戸隆之祐
 京都大学大学院 学生会員 末澤理希
 京都大学大学院 正会員 澤村康生
 京都大学大学院 フェロー会員 木村 亮

1. はじめに

開端杭とは、先端が開放している杭であり、その先端支持力は内周面抵抗と杭の先端の実質部の抵抗の和で表される。ここで、杭先端以深の支持層厚が小さい薄層に杭が支持された場合、支持層下部の軟弱層が杭の鉛直支持力に影響を及ぼすと考えられる。これまで、薄層に対する閉端杭の押し込み時の地盤変形と支持力との関係を調べた事例¹⁾はあるものの、開端杭を対象とした検討事例は未だ少ない。

本研究では、支持層厚の異なる支持層を含む模型地盤を作製し、等方拘束圧条件下で開端模型杭の押し込み試験と X 線 CT 撮影を行い、支持層厚の差異が開端杭の鉛直支持力に及ぼす影響を検討する。本稿では杭の初期設置位置の決定、および開端杭内部へ土が流入し閉塞する傾向に対する支持層厚の影響を検討するために X 線 CT、X 線ラジオグラフィを用いた開端杭の押し込み試験を行ったのでそれらの結果を示す。

2. 実験概要

本研究では、X 線マイクロ CT のワークテーブル上に等方圧力条件下で模型杭の押し込みが可能な試験装置を設置し、押し込み試験と CT 撮影を平行して行う。図 1 に実験装置の概要図を示す。図 2 に四種類の模型地盤の概要図を示す。アクリル製開端模型杭の外径 D 10 mm、肉厚 t は 1 mm であり、模型地盤は直径 70 mm、高さ 140 mm である。支持層には相対密度 85% の珪砂 5 号、非支持層には相対密度 30% の豊浦砂を用いて気中落下法で作製し、Case-1 から Case-4 までで支持層厚を 8D, 3D, 1D, 0D としている。100 kPa の等方圧力条件下で、押し込み速度 0.5 mm/min で押し込み試験を行う。

3. 実験の概要

開端杭の押し込み試験では、杭先端が支持層上部へ到達したときに閉塞するように模型杭を設置する。そこでまず予備試験として、Case-4 の豊浦砂のみの模型地盤で押し込み試験と X 線 CT 撮影を行い、杭の初期設置位置を決定することとした。杭の押し込みは 30 mm 行い、CT 撮影は、初期および押し込み量 1.0D, 2.0D, 3.0D (それぞれ押し込み量 10, 20, 30 mm) において行った。

支持層厚の異なる模型地盤に対する開端杭の押し込み試験をする場合、杭先端が閉塞するまでの押し込み量が異なる可能性がある。そこでつぎに、X 線ラジオグラフィを用いた押し込み試験を実施した。X 線ラジオグラフィは、試験体を通過する X 線強度分布を測定し試験体内部を観察する放射線撮影法であり、2 次元のレントゲン画像が得られる。本研究では、模型地盤の鉛直断面を透過する X 線強度分布を測

定している。X 線 CT 装置は KYOTOGEO- μ XCT を用いており、各ケースの押し込み試験中に 1 分間に 1 枚、合計 60 枚のレントゲン画像を取得した。

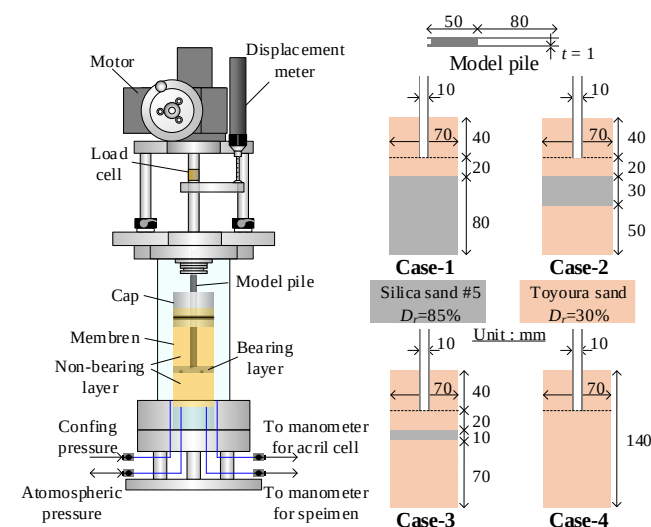


図 1 実験装置の概要図

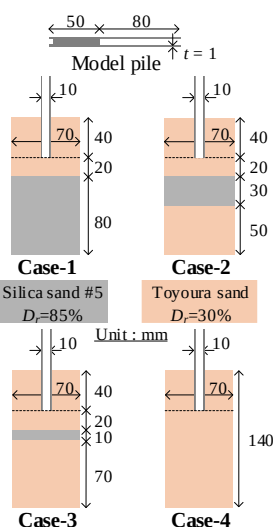


図 2 実験装置の概要図

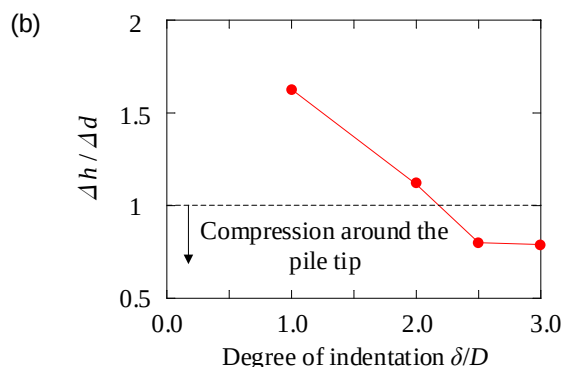
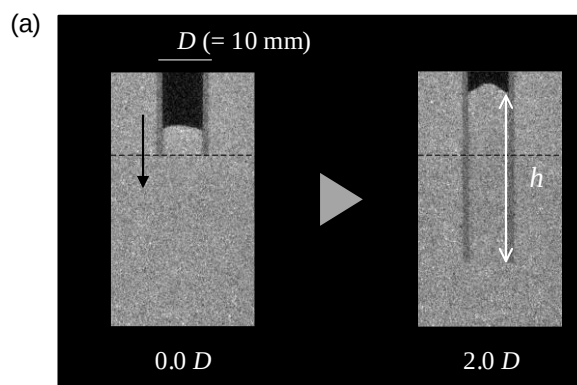


図 3 (a) CT 画像と (b) 押し込み量に対する管内部土の高さ増分

キーワード：開端杭、薄層、X 線ラジオグラフィ

連絡先：〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-4-583 TEL 075-383-3193 FAX 075-383-3193

4. 結果

まず杭設置位置の決定のために実施した Case-4 の押し込み試験の結果について述べる。図 3 に初期と $2.0D$ 押し込み時における CT 画像と押し込み量に対する管内部土の高さ増分の変化を示す。本研究では開端部に土粒子が入っていない状態を初期状態として実験を行う予定であったが、模型地盤の作製の都合上、 2mm ほど杭内部に土粒子が入る状況にある。図 3 のグラフの縦軸は、各撮影点間における管内土の高さの増分 Δh を押し込み変位量の増分 Δd で除した値であり、この値が 1 付近になると杭先端で土が流入しにくくなり地盤が圧縮すると想定される。これより、押し込み量 $2D$ 付近で概ね閉塞していると考えられるため、本研究では支持層上端から $2D$ 上方を杭先端の初期位置と設定した。

つぎに、支持層厚が開端杭先端の閉塞に与える影響を調べる押し込み試験の結果について述べる。図 4 に押し込み量 15mm , 30mm における模型地盤のレントゲン画像の一例を示す。ここでは、Case-1, 3 の結果のみを示す。押し込み量 15mm では、管内部土の高さが初期状態に比べて高くなっているが、押し込み量 30mm になると 15mm 時に比べて低くなっていることがわかる。これは押し込み量 15mm から 30mm の間で管内部に土が流入せず地盤が圧縮していくためと考えられる。この傾向はいずれのケースでも同様である。

図 5 に管内部土の正味の高度と押し込み量の関係を示す。これは、レントゲン画像を参考に、各押し込み量における管内部土の高さから初期状態における管内部土の高さを引いたものである。この図より、いずれのケースも正味の土の高さは増加傾向を示すが、Case-1, 2 に比べると Case-3 の上昇がやや大きいことがわかる。

図 6 に杭の押し込み量に対する管内部土の高さの増分との比（増分）の変化を示す。この値が 1 以下になると杭先端に土が流入しにくくなり、管内部土が杭の押し込みに追従すると想定される。この図より、押し込み量 $1.5D$ (15mm) までは増分は 1 未満の値を示し、それ以降も維持されていることがわかる。この傾向はいずれのケースでも同様である。つまり、管内部に土が流入しなくなる杭の押し込み量に対する支持層厚の影響は小さいといえる。

5. 結論

異なる支持層厚の模型地盤を用いて開端杭の押し込み試験を行うとともに、X 線ラジオグラフィにより管内部土の高さの変化を観察した。その結果、開端杭を押し込むと管内部土の高さが上昇していくが、ある程度の押し込み量に達すると土の流入がおさまり、杭の押し込みに追従して管内部土が移動するようになる傾向がわかった。また、このように土の流入がおさまる押し込み量に対する支持層厚の影響は小さいことがわかった。

参考文献

- 1) 末澤理希, 木戸隆之祐, 澤村康生, 木村 亮: 薄層に支持された杭の鉛直載荷時における地盤内の変位場とひずみ場の定量化, 第 54 回地盤工学研究発表会, No.655, pp.1309-1310, 2019..

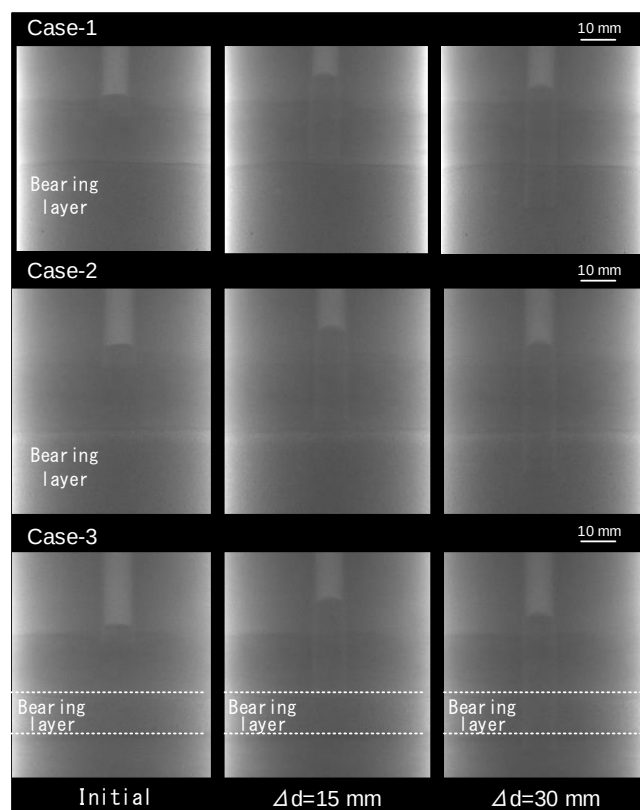


図 4 異なる押し込み量における杭と模型地盤のレントゲン画像

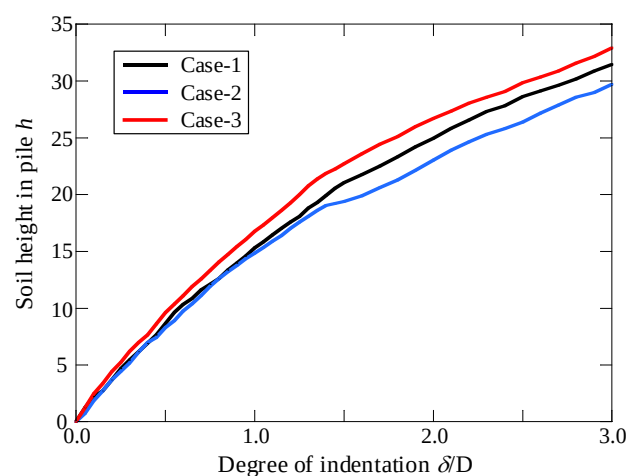


図 5 管内部土の正味高さ—押し込み量の関係

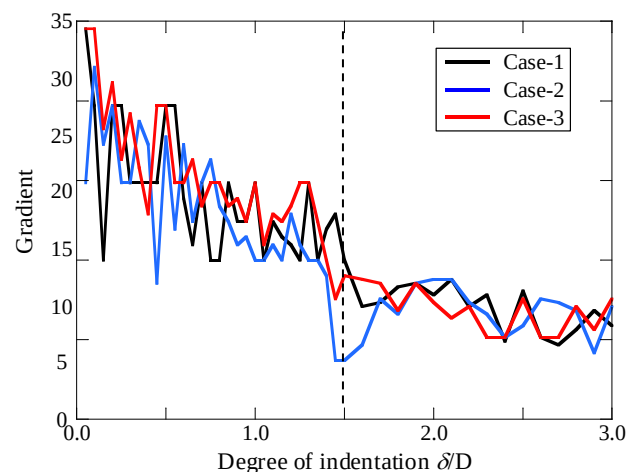


図 6 管内部土の正味高さの増分—押し込み量の関係