

圧縮性の異なる地盤材料における杭先端周辺の応力状態と粒子破碎

山口大学工学部 正員 中田幸男 兵動正幸 村田秀一
(株) 日産建設 正員 〇平田勝宏

1. まえがき

杭基礎は古くから多くの研究者によって検討が行われているが、その多くは堅固な粒子からなる材料に基づいている。そのため、破壊モードに対しての考え方は、堅固な粒子からなる材料に基づいている。よって、破壊モードに対しての考え方は、堅固な粒子からなる材料に重視されている。これまで、圧縮性の高い破碎しやすい材料の破壊モードについては、解析的、実験的にも十分検討がなされていないのが現状である。そこで本研究では、圧縮性の異なる地盤材料を用いて模型杭載荷実験を行い、杭の貫入にともなう破碎状況、支持力および土圧計による水平応力を観察することで、地盤材料の圧縮性の違いが杭先端周辺の地盤に及ぼす影響を把握する。

2. 実験概要

- 1) 試料・・・図-1の1次元圧縮試験の結果に示されるように、本実験では、圧縮性の卓越したまさ土と比較的堅固な珪砂を用いた。なお、試料は、0.85～2.0mmに粒度調整を行った。
- 2) 実験条件・・・今回用いた模型杭は、直径3cmの円柱形であり、杭の根入れ深さは25cmである。供試体は内径30cm、高さ40cmの円筒形で、相対密度 $D_r=100\%$ を目標にタンピング法により作成した。なお、上載圧 $\sigma_v=400\text{kPa}$ 、側圧 $\sigma_h=200\text{kPa}$ 、主応力比 $K=0.5$ 、ひずみ速度 $=0.1\text{mm/sec}$ の条件で行った。
- 3) 実験方法・・・杭貫入にともなう先端支持力と杭径 D で正規化した正規化沈下量 S/D の関係を把握した上で、供試体内の所定の位置に土圧計を配置し水平応力の観察を行った。また、杭貫入後に内径17、10、6、3cmの筒状のリングを用いて試料を区分採取し、その後ふるい分け試験を行い破碎状況の観察を行った。

3. 結果と考察

図-2に先端支持力 q_p と正規化沈下量 S/D の関係を示す。この図より、珪砂の方がまさ土に比べ先端支持力の発現が大きいたことが分かる。これは、同一の S/D である0.1で比較した場合、まさ土の先端支持力が約4.5MPaに対し、珪砂の先端支持力は約10MPaとなる。同じく S/D が0.3で比較した場合、まさ土の先端支持力が約6MPaに対し、珪砂の先端支持力は約15MPaとなり2倍以上の開きがあることからいえる。以後この同一の S/D について比較を行うことで、先端支持力発現機構との関連性を見いだすこととする。

図-3に土圧計の配置図を示す。土圧計の位置は S/D により変化するが、その変化量は非常に微量であるため実験上では、土圧計の位置を同じとしている。なお、土圧計は1回の実験に5個で、土圧計の許容応力を考慮するため、杭中心軸からの側方方向の距離を5cm以上離している。図-4に土圧計から得られる水平応力 σ_h と正規化沈下量 S/D の関係を示す。杭貫入に伴う水平応力は、まさ土では、Point A、B、Cで減少し、Point D、Eで増加する。珪砂では、Point A、Bで減少し、Point C、D、Eで増加する。また、両試料ともにPoint Aで最小、Point Eで最大の水平応力を示している。さらに、A、B、C、D、Eの順番に水平応力が大きな

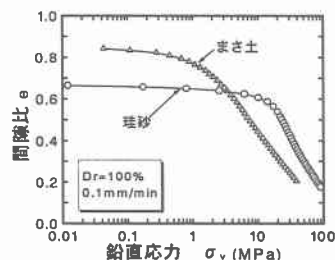


図-1 鉛直応力と間隙比の関係

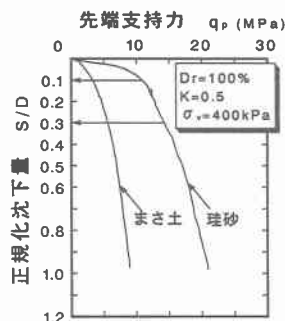


図-2 先端支持力と正規化沈下量の関係

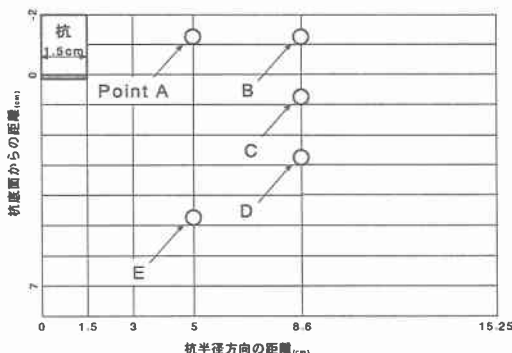


図-3 土圧計の配置図

値を示している。ここで、PointA だけ水平応力が側圧よりも明らかに低い値を示すところが特徴的である。土圧計を配置したことで、杭貫入に伴う地盤内の水平応力の増加する領域は、杭先端から斜め下方に広がっていると判断できる。

図-5 に水平応力 σ_h 正規化沈下量 S/D の関係を示す。この図において黒塗りプロットがまさ土、白塗りプロットが珪砂を表している。また、各試料のプロットが 2 点しかないのは、土圧計の位置を考慮したためである。この図より、各試料において PointC、D、E は、 S/D の増加と共に σ_h が増加している様子が見られる。PointC と PointE の σ_h の差は、0.25MPa から 0.4MPa と 2 倍程度であるのに対し、珪砂においては、0.25MPa から 0.65MPa となっている。このことより、同一の S/D において応力状態が材料の力学特性によって異なることが分かる。

杭貫入に伴う粒子破碎の状況を把握するため、図-6 の粒径加積曲線に示すように、実験前の初期粒径における最小ふるい目を通して通過百分率を B_f と定義し結果の整理を行った。図-7、図-8 に 5%毎の B_f コンター図をまさ土、珪砂について示す。なお、比較対象とした S/D は、0.1 と 0.3 である。これらの図より、珪砂に比べまさ土の方が杭先端並びに側方方向への破碎の広がりが顕著に現れている。また、 S/D の進行に伴い破碎の度合いは大きくなる様子が見られる。図-7(a) と図-8(a) の同一の $S/D(=0.1)$ について比較すると、まさ土の方は杭直下で 15~20%、杭先端周辺で 5~10%の破碎を生じるのに対し、珪砂の方は杭直下で 10~15%、杭先端周辺で 0~5%の破碎しか生じていない。これより、同一の S/D レベルにおいて珪砂の方が先端支持力の発現が大きいにも関わらず、圧縮性の高いまさ土の方が粒子破碎が顕著であることが分かる。また、同様のことが図-7(b) と図-8(b) の同一の $S/D(=0.3)$ についてもいえる。以上のことより、圧縮性の卓越したまさ土と比較的堅固な珪砂の荷重沈下量の差は、この粒子破碎の影響が大きいものと判断される。

4.あとかき

本研究では、模型杭載荷実験を行うことで応力状態と粒子破碎の観察を行った。その結果、同一の正規化沈下量における応力状態は、破碎しやすい材料の方が低い値を示すことがわかった。地盤材料の粒子破碎が荷重沈下特性に大きく影響していることが明らかになった。

【参考文献】 1) 三浦哲彦：杭先端付近における砂の粒子破碎と杭の支持機構、土と基礎、Vol. 32、No. 2、pp. 45~50、1984

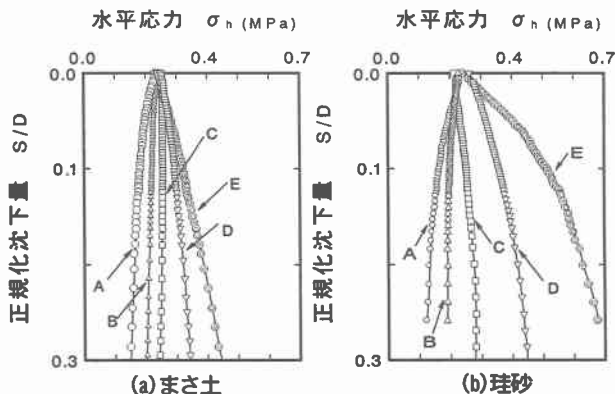


図-4 水平応力と正規化沈下量の関係

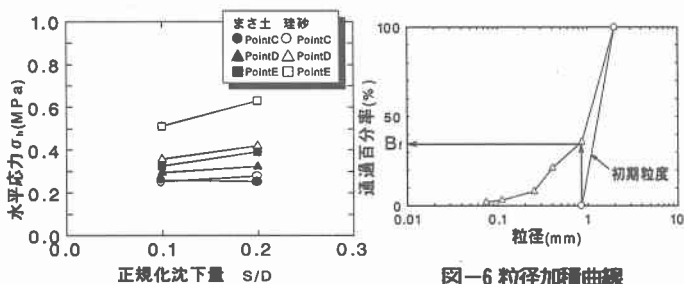
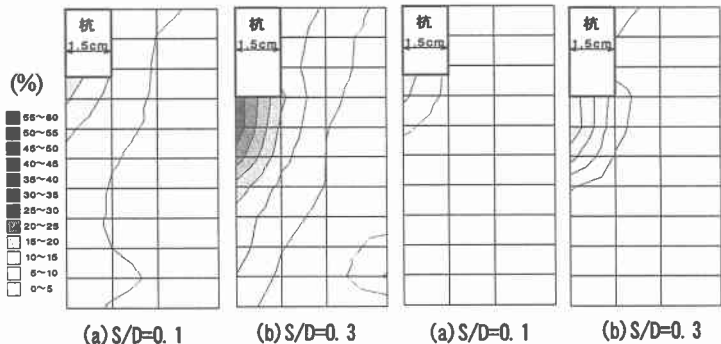


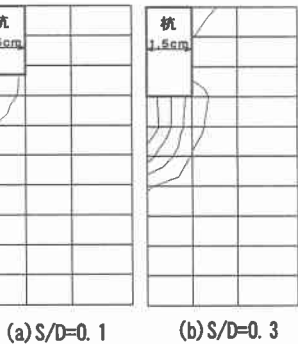
図-6 粒径加積曲線

図-5 水平応力と正規化沈下量の関係



(a) $S/D=0.1$ (b) $S/D=0.3$

図-7 まさ土の B_f コンター図



(a) $S/D=0.1$ (b) $S/D=0.3$

図-8 珪砂の B_f コンター図