

杭の貫入量の違いと杭先端周辺の破碎状況

山口大学工学部 正 員 中田幸男 兵動正幸 村田秀一
山口大学大学院 学生員○平田勝宏

1. まえがき

近年、杭の支持力において脆弱な粒子で構成される地盤の沈下量が堅固な粒子のそれと比べて顕著に現れることが指摘されるようになってきている。これは前者の方が粒子破碎をより生じやすいということが主な原因と考えられるものの粒子の破碎の特徴と沈下量との関連性¹⁾について十分になされていないのが現状である。基礎構造物の設計においても「許容応力設計法」から「限界状態設計法」へと移行していく中で沈下に大きく影響を与える破碎をより詳細に検討することが今後重要であると言える。以上の観点から本研究では、模型杭実験装置を用いて載荷実験を行い、杭の貫入量の違いと杭先端周辺の破碎状況をふり分け分析と粒子の観察を踏まえ検討するものである。

2. 実験概要

1) 試料・・・本実験では、試料として0.85~2.0mm に粒度調整した秋穂砂（比重： $G_s=2.631$ 、 $e_{max}=0.971$ 、 $e_{min}=0.699$ ）を用いている。

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 $\sigma_h=200\text{kPa}$ （ $K=\sigma_h/\sigma_v=0.5$ ）、ひずみ速度 $=0.1\text{mm/sec}$ の条件のもと実験を行った

3) 実験方法・・・あらかじめ供試体内の所定の位置に着色した粒子（長石 3 個、石英 6 個、計 9 個）を入れておき、杭を貫入させた後、図-1 の区分図に示されるように、内径 17、10、6、3cm の円形リングを用いて試料を区分採取した。その後ふるい分け試験および着色粒子の破碎形状の観察を行った。本実験は図-2 に示される先端支持力の対数 $\log(q_p)$ と杭径 D で正規化した沈下量 S/D の関係から得られる沈下曲線の明確な折れ曲がり点の $S/D=0.03$ と $S/D=0.1, 0.3, 0.5$ について行った。

3. 結果と考察

図-3 は $S/D=0.5$ の時の A-1 から得られる粒径加積曲線を示したものである。以下、実験前の初期粒度における最小ふるい目の通過率を B_f 、最小ふるい目の 1/2 のふるい目の通過率を B_{f50} と定義し、これらを用いて結果を整理する。

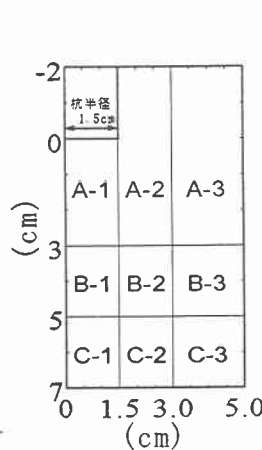


図-1 区分図

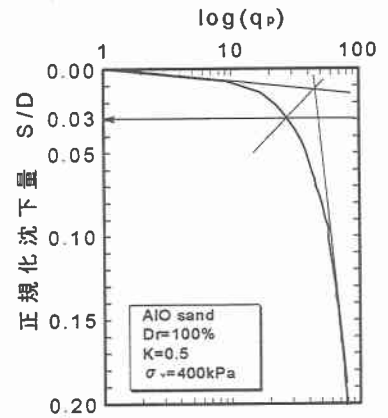


図-2 $\log(q_p)$ - S/D 関係

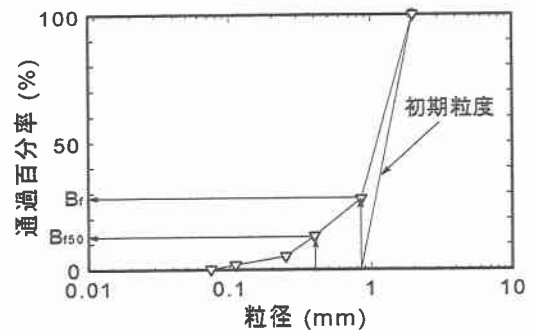


図-3 粒径加積曲線

図-4、図-5は供試体内における B_f 、 B_{f50} の分布を示したものであり、(a)、(b)、(c)、(d)はそれぞれ $S/D=0.03$ 、 0.1 、 0.3 、 0.5 の場合について示している。この図より、 $B_f=0.01 \sim 0.1$ 未満の領域は $S/D=0.1$ までで広範囲に広がり、その後の変化はさほど見られない。 $S/D=0.1$ 以降は広がりというより、むしろ杭先端付近の杭直下から5cm以内までの領域に B_f の値のみが変化する傾向にある。一方 B_{f50} のいずれの領域も S/D の増加とともに増加する傾向にあることがわかる。その増加傾向は B_f 、 B_{f50} ともに杭先端で最も大きく、その傾向はむしろ深さ方向に

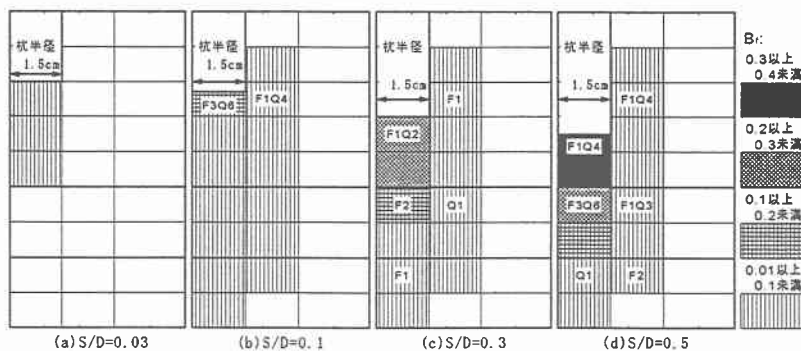


図-4 B_f および、角が欠ける破砕の分布

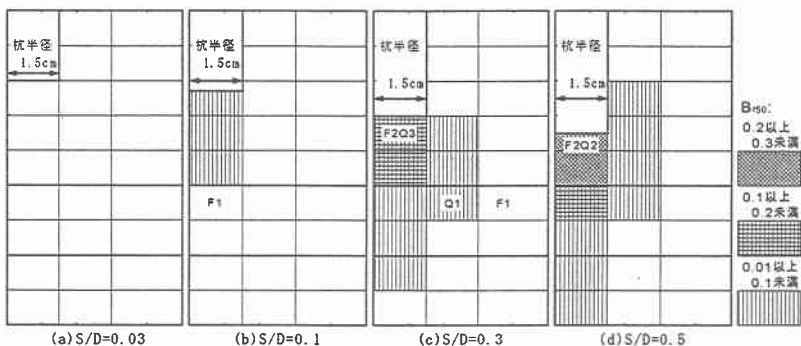


図-5 B_{f50} および、完全な破砕の分布

顕著に現れていることがわかる。このことから粒子破砕は杭先端から深さ方向に生じやすいことがわかる。図-4を見てみると沈下曲線が明確な折れ曲がり点を示す $S/D=0.03$ の時点で B_f が 0.01 以上となっている領域があることがわかる。図-5の B_{f50} においては $S/D=0.03$ では 0.01 以上となっている領域が確認できないものの、その後杭の貫入量の増加とともに B_{f50} も増加しており $S/D=0.1$ において杭直下で 0.01 以上となっていることがわかる。

また、各区分での粒子の破砕形状を見るために着色粒子を用いて、実験前後で観察を行った。その結果、破砕を起こす砂粒子には角が欠ける破砕と完全に破砕する二つに大きく分けることができた。図-4、図-5の中のアルファベットと数字の組合せは着色粒子の破砕の観察結果を示している。アルファベットのFが長石(計3個)を、Qが石英(計6個)を表し、それぞれの後につづく数字が図-4においては角が欠ける破砕をした着色砂粒子の個数、図-5においては完全に破砕した着色粒子の個数を表している。これらを見ると完全に破砕した着色粒子においては B_{f50} の領域に数多く確認され、角が欠ける破砕をする着色粒子においてはほぼ B_f の領域に確認された。つまり B_f 、 B_{f50} はそれぞれ砂粒子の角が欠ける破砕と砂粒子が完全に破砕することとよい対応があることがわかる。巧みにこのことを踏まえると、砂粒子は沈下曲線の折れ曲がり点まで角が欠ける破砕のみ起こり、折れ曲がり点を過ぎたあたりから砂粒子が完全に破砕し始めるということが推測される。

4.あとなぎ

本研究では、模型杭載荷実験を行い、その試料をふるい分け、破砕形状の観察をし、貫入量の違いと杭先端の破砕状況の検討を行った。その結果、杭の沈下曲線に現れる折れ曲がり点は杭直下の粒子破砕の特徴が角が欠ける破砕から完全な粒子の破砕に変化する点であることが推測された。

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