

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

学位論文題目	破碎性地盤における杭の貫入量に着目した支持力特性
氏 名	桑嶋 啓治
<p>本研究は、破碎性地盤における杭の支持力特性について言及している。土粒子の破碎は、高い応力域に限らず、しらす、スコリアなどの火山性堆積物、カーボネイト砂や珊瑚礫混じり土などの生物遺骸を起源とする海成堆積物、まさ土などの風化残積土など脆弱な粒子からなる土においては、低い応力域でも容易に起こる。このような材料は、破碎性土と呼ばれ、破碎性地盤の力学特性は解決すべき重要な問題の一つであると考えられる。</p> <p>構造物を支持する杭先端付近の地盤は変形や粒子破碎を生じ、杭の支持力特性に多大な影響を及ぼすことが考えられる。土粒子の破碎により引き起こされる地盤の力学挙動の変化についてはこれまで数多く研究がなされており、等方圧縮試験や一次元圧縮試験において高圧の載荷になると粘性土の圧密降伏応力に相当する折れ曲がり点を持つ圧縮曲線が求まり、この折れ曲がり点を境に粒子破碎が顕著に生じるようになることが知られている。また、広範な応力域において、排水せん断、非排水せん断、非排水繰返しせん断試験が数多く行われ、各種せん断強度の拘束圧依存性と粒子破碎との関連性についてまとめられている。これらの知見により、破碎土として位置づけられているカーボネイト系砂質地盤上に、大型のプラットフォームを始めとする各種の海洋構造物が建設される際には、いくつかの問題が考えられる。その一つは、現行の支持力の評価手法では、この種の地盤中の杭の支持力をうまく予測し得ないということである。圧縮性や破碎性が卓越した地盤における杭の支持力特性は、未だ理論的には明らかにされておらず、破碎性地盤における杭の支持力予測手法の確立は、重要な問題となっている。</p> <p>基礎を通じて伝えられた荷重や自重によって地盤は沈下や変形を生じ、それにともない構造物もその変形や破壊の影響を受ける。さらに、この破碎性地盤の支持力メカニズムは、載荷による粒子の再配列のみならず顕著な粒子破碎による密度変化によって、より複雑なものになると考えられ、未だ研究段階にある。破碎性地盤における杭の支持力発現機構を明確にし、精度良く予測するためには、杭貫入による砂の変形や杭先端付近の砂の粒子破碎現象を詳細に調べ把握することが必要である。そこで本研究では、破碎性地盤における杭の支持力発現特性を明確にすることを目的とし、土粒子の粒子破碎に主眼を置いて、破碎性土として位置づけられているドッグズベイ砂、チイビシ砂、およびその比較としてシリカ系の豊浦砂を対象に模型杭載荷実験を行った。</p> <p>本論文の第1章では本研究の目的と背景、論文の構成ならびに杭の支持力理論と既往の研究が示された。第2章では、破碎性土と豊浦標準砂を用いた圧密試験および三軸試験の試験結果が示され、破碎性土の力学特性が示された。第3章では、上載圧、側圧、応力比、相対密度を変えた条件で模型杭載荷試験を実施し、破碎性地盤における杭の先端支持力と周面摩擦力発現特性が示された。第4章では、杭貫入による土粒子の破碎の様子や、杭先端付近における地盤の変形の様子が示された。また、杭貫入による粒子破碎の評価を行い、地盤の変形と粒子破碎の関係について述べた。第5章では、破碎性地盤における杭基礎における荷重沈下曲線の特性を示し、杭の貫入量に着目した先端支持力支持力評価式を提案した。この評価式は、土粒子の破碎に起因する地盤の圧縮性ならびに、杭の貫入量が考慮されている。第6章では各章の結論が統括され、研究成果の有効性が示された。</p>	

【論文審査結果の要旨】

土粒子の破碎は、高い応力域に限らず、しらす、スコリアなどの火山性堆積物、カーボネイト砂や珊瑚礫混じり土などの生物遺骸を起源とする海成堆積物、まさ土などの風化残積土など脆弱な粒子からなる上においては、低い応力域でも容易に起こる。このような材料は、破碎性土と呼ばれ、破碎性地盤の力学特性は解決すべき重要な問題の一つであると考えられる。

杭基礎は構造物を支える有効な基礎として、古くから用いられ、多くの研究者によって杭の支持力に関する研究が行われてきているが、その多くは土粒子の堅い比較的堅固な地盤を念頭に置いたものであり、破碎性や圧縮性の大きな土粒子からなる地盤を対象とした検証は少ない。構造物を支持する杭先端付近の地盤は高い拘束応力やせん断応力にあることが知られており、このような応力状態にある砂質土は変形や粒子破碎を生じ、杭の支持力特性に多大な影響を及ぼすことが考えられる。

破碎性土として位置づけられているカーボネイト系砂質地盤上に、大型のプラットフォームを始めとする各種の海洋構造物が建設される際には、いくつかの問題が挙げられる。その一つは、現行の支持力の評価手法では、この種の地盤中の杭の支持力をうまく予測し得ないということである。圧縮性や破碎性が卓越した地盤における杭の支持力特性は、未だ理論的には明らかにされておらず、破碎性地盤における杭の支持力予測手法の確立は、重要な問題となっている。

基礎を通じて伝えられた荷重や自重によって地盤は沈下や変形を生じ、それにともない構造物もその変形や破壊の影響を受ける。さらに、この破碎性地盤の支持力メカニズムは、载荷による粒子の再配列のみならず顕著な粒子破碎による密度変化によって、より複雑なものになると考えられ、未だ研究段階にある。破碎性地盤における杭の支持力発現機構を明確にし、精度良く予測するためには、杭貫入による砂の変形や杭先端付近の砂の粒子破碎現象を詳細に調べ把握することが必要であり、本論文は、破碎性地盤における杭の支持力発現特性を明確にすることを目的とし、土粒子の破碎に着目して、杭の支持力発現特性に及ぼす影響を実験的に検討し、実験結果を踏まえた上で貫入量に着目した支持力の評価について検討を行ったものである。

本論文の第1章では本研究の目的と背景、論文の構成ならびに杭の支持力理論と既往の研究が示された。第2章では、破碎性土として位置づけられているカーボネイト砂であるドッグズベイ砂、チイビシ砂、およびその比較としてシリカ系の豊浦砂を用いた圧密試験および三軸試験の試験結果がより、破碎性土の力学特性として、粒子破碎に起因する圧縮性が大きいこと、せん断過程において、体積ひずみは圧縮挙動を示すこと、内部摩擦角は高い値を示すが、拘束圧の増加にともない減少すること、最大軸差応力を発現するときの軸ひずみが大きいことなど各種せん断強度の拘束圧依存性と粒子破碎との関連性についてまとめている。

第3章では、上載圧、側圧、応力比、相対密度を変えた条件での模型杭載荷試験より、破碎性地盤における杭の先端支持力と周面摩擦力発現特性として、周面摩擦力はピークが発現するときの正規化沈下量は0.1付近であり、その後、急激に減少すること、先端支持力は、徐々に発現され、沈下曲線に明瞭な降伏点が現れないため、杭貫入に着目した支持力値を評価する必要があることが示された。第4章では、杭貫入による土粒子の破碎の様子や、杭先端付近における地盤の変形の様子は、杭貫入により杭先端を中心として変形し、鉛直下方向に卓越すること、杭周辺の砂は最大周面摩擦力が発現されるまで変形し、それ以降、顕著な変形が見られないことが示された。また、杭貫入による粒子破碎の評価を行い、杭先端付近の応力球根の形成の様子と粒子破碎の様子を観察した結果、土粒子の破碎も杭先端部を中心として発達し、地盤の変形と等粒子破碎線は相似の形であり、両者の対応関係がみられた。第5章では、破碎性地盤における杭基礎における荷重沈下曲線の特性が示され、杭の貫入量に着目した先端支持力支持力評価式が提案された。この評価式は、土粒子の破碎に起因する地盤の圧縮性ならびに、杭の貫入量が考慮されている。この提案式で求められた値と、現場で計測された試験結果を比較検討した結果、有効性、実用性があることが確認された。第6章では各章の結論が統括され、研究成果の有効性が示された。

公聴会での主な質問内容は、提案式を利用するための地盤の情報や試験の方法について、破碎性地盤以外への提案式の適用範囲について、模型実験に対するデータの信頼性について、密度が低い地盤での考え方について、粒子破碎に対する時間効果の影響、等でありいずれの質問に対しても発表者から十分な回答がなされた。

以上より、本論文は、破碎性地盤における杭の支持力特性に関して、多くの知見を与え、学術上重要な貢献を行っており、信頼性、有効性、実用性ともに優れ、博士（工学）の論文に十分に値するものと判断した。