

本論文は、” EXPERIMENTAL STUDY ON PARTICLE BREAKAGE UNDER HIGH PRESSURE”と題し、古典的な土の力学で無視されてきた粒子破碎現象について実験的な研究を行ったものである。古典的な土の力学は現在でも地盤の工学の根幹をなす体系を構成しているが、そこでは土粒子は剛体で寸法や形状は変化しない、すなわち粒子は破碎しないということが暗黙のうちに仮定されている。したがって地盤の変形とは土粒子のかみ合わせの変化だけによるものと考えられてきた。しかし実際には風化や脆弱な構成鉱物のために粒子を剛体とは考えられない状況も存在し、特に応力が高い環境下では、粒子に作用する力が材料強度を上回って破碎を招く状況も十分に起こりうるのである。

本論文は7章からなっている。以下、それぞれの内容を説明する。

第1章は研究の展望を記述し、粒子を破碎するような応力状態が高いフィルダムの底部や杭基礎先端部で起こりうることを指摘している。

第2章は既往の研究のレビューである。粒子破碎が起こること自体は実用に取り入れられていないとはいえ、既に研究例が少なくない。しかし実用を目指すのであれば粒子破碎が土、特に砂質土の変形や強度にどのような影響を及ぼすのかが見通されていなければならない。この方面の研究は未だ十分とは言えず、本研究では、比較的硬い粒子で構成される5号珪砂と、脆弱な粒子からなる3号珊瑚砂とを用いて実験的研究を行うことにした。

第3章では実験の方法を説明している。用いた三軸圧縮装置は側圧を3.5MPaまで、軸力を100kNまで載荷でき、軸力を応力 $\sigma_1 - \sigma_3$ に直すと、試験体の直径が100mmと75mmの時にそれぞれ、12.7MPaと22.7MPaになる。後述のようにこの水準の応力でも意義のある粒子破碎が発生したほか、3.5MPaの圧密応力は乾燥した地盤の土かぶりに直すと200m弱に相当し、現実の土構造物(ハイダム)の高さに対応する。実験は水で飽和した試験体に対して実施したが、排水、非排水、非排水繰り返しせん断(圧縮応力の除荷・再載荷繰り返し)の三種類があり、圧密過程で体積圧縮特性も計測した。

第4章は実験結果の紹介である。購入した珪砂や珊瑚砂には75ミクロン以下の細粒分は、微量しか含まれていない。しかし高圧で圧密して三軸圧縮を行うと粒子破碎が起こり、細粒分含有率が增加する。この増加量を用いて粒子破碎の指標としてBrなる指数を用い、実験結果を解釈した。非排水せん断より排水せん断の方が粒子破碎は甚だしいが、これは非排水せん断では間隙水圧が

上昇して有効応力を低下させ、粒子に作用する外力が小さくなるからである。これらの実験の特徴は、間隙比の等しい試験体を多数準備し、せん断の過程を様々なひずみで停止して試験体を分解、粒度分布と破碎指数を測定したことである。これにより一連の載荷過程のいつ粒子破碎が起こるのかが計測できたとともに、特に等方圧密過程ではほとんど破碎されないことが予想外であった。

以上の実験では、破碎がせん断と同時に起こるので破碎の起こらない試験体との対比ができず、厳密な意味では粒子破碎が変形・強度特性に及ぼす影響を調べることができない。この問題を解決するために第5章では、前章の実験を破碎砂の製造作業とみなし、破碎砂を低圧の 0.2MPa で再圧密・再せん断し、破碎されていない砂の実験と比較した。使用した砂は高圧で激しい破碎を経験しているので、その後の低圧下の実験では破碎が起こりにくいと考えられる。そのような実験結果を整理し、せん断強度・せん断剛性はともに粒子破碎によって減少し、逆に体積圧縮特性は大きくなることが示された。また非排水せん断においては間隙水圧が上昇しやすくなった。

第6章は粒子破碎された珊瑚砂の顕微鏡写真の紹介である。元来の砂は丸みを帯びた形状をしており、破碎されやすいと想像される角は持っていない。また破碎前後の粒度分布を比較すると、平均粒径 D_{50} が著しく減少しており、隅角部の削り落しではなく、粒子そのものが大きく破碎されたことがうかがえる。しかし珪砂の粒度分布の変化はこれとは異なっている。

第7章は全体の結論である。

以上をまとめると、本論文の研究は、伝統的な土質力学ではあまり考慮されてこなかった粒子破碎が強度と変形特性に及ぼす影響を、高圧三軸圧縮実験という手法によって研究したものである。それは土質力学に新知識を加え、地盤の工学への貢献が大きい。よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。