

まさ土の礫分の単粒子破碎と一次元圧縮特性

山口大学工学部 正会員 中田幸男 兵動正幸
山口大学大学院 学生会員 加登文学 ○佐藤昌岳

1. まえがき 我が国の西南部に広く分布する風化残積土であるまさ土は、盛土、埋め立てなど建設材料として頻繁に用いられる。一方、まさ土の粒子は脆弱であることから、設計、施工上で多くの問題を抱えている。近年、このようなまさ土の力学特性や工学的な問題を明らかにすることの重要性が指摘されている。著者らはこれまでまさ土の砂分に対し、単粒子破碎試験及び一次元圧縮試験を実施し、その特性を把握してきた。¹⁾ しかしながら、まさ土は礫分を多く含んでおり、力学特性に及ぼす礫分の影響を把握することは重要なことである。そこで本研究では礫分を多く含んだまさ土の力学特性の把握を目的としている。本報ではまさ土の礫粒子の単粒子破碎試験結果及び、礫分を多く含んだまさ土の一次元圧縮試験結果について報告する。

2. 実験に用いた試料 本研究で用いたまさ土は、山口県宇部市で採取された礫分を含んだ宇部まさ土である。まさ土は絶乾状態においてもいくつかの粒子が団粒化し、一つの礫大の粒子を成しているものを多く含んでいる。このような粒状体の固結力は大変小さく、水で洗うことによりいくつかの粒子に分解される。そこで、実験に用いた試料は、団粒化した粒子を含んでいるまさ土を 0.3-19.1mm、4.76-9.52mm に粒度調整したまさ土 A、まさ土 B、また、あらかじめ水洗いを行い、団粒化した粒子を分解しさらに 4.76-9.52mm に調整したまさ土 C を用いた。それぞれの粒径加積曲線を図-1 に示す。

3. 単粒子破碎試験 図-2 に団粒化した粒子、団粒化していない粒子の代表的な単粒子破碎試験結果の荷重と変位の関係を示す。団粒化していない粒子は、変位の増加に伴い、直線的に荷重が増加し、ある応力に達すると粒子の角が破碎して急激に荷重が減少し、その後再び荷重が直線的に増加し最終的な破碎に至る。一方、団粒化した粒子は、変位の増加に対する荷重増加の割合は団粒化していない粒子に比べ小さく、破碎に至る荷重も低いことがわかる。前述したように、団粒化した粒子は、いくつかの粒子が弱く固結し、一つの粒子を形成している。団粒化していない粒子の粒子破碎が粒子の母体自体の破碎によるものであるのに対し、団粒化した粒子の破碎は小さい固結力がいくつも破壊されていくことによるものであると考えられる。

図-3 に、単粒子破碎強度 σ_c と粒子の初期高さ d_0 の関係を示す。団粒化した粒子を含む A、B は、団粒化していない粒子であるまさ土 C に比べると 1/10-1/100 程度の強度である粒子が多いことがわかる。

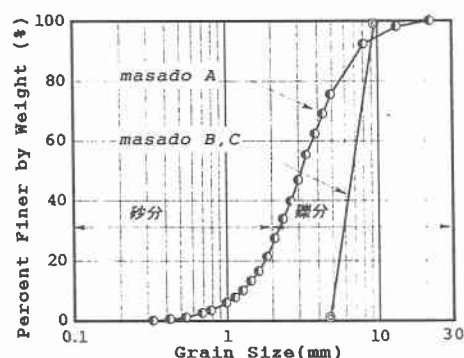


図-1 初期粒度分布

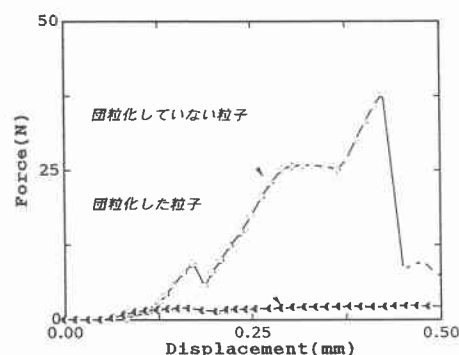


図-2 荷重と変位の関係

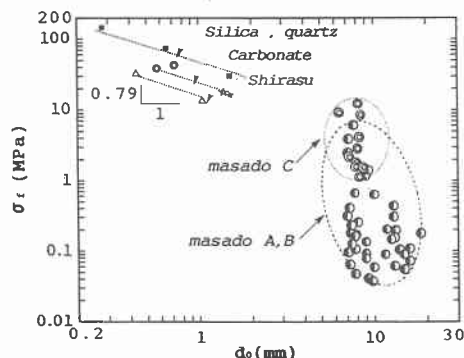


図-3 単粒子強度と粒径の関係

4. まさ土の礫分の一次元圧縮特性 一次元圧縮供試体は、高さ 15cm、直径 15cm の圧縮リングを用いてタンピング法により作成した。また、実験は軸ひずみ速度 1mm/min にて最大載荷応力約 15MPa まで行なった。図-4 に間隙比と鉛直応力を示す。各試料とも一次元圧縮曲線の折れ曲がりの程度や折れ曲りは始める応力レベルに明らかな違いがあることがわかる。粒度分布の良いまさ土 A は、低い応力レベルから徐々に間隙比が減少し、圧縮降伏応力が不明瞭であるのに対しまさ土 B、C は、0.5MPa を超える応力域において間隙比が急激に減少し、圧縮降伏応力が明確に確認できる。ある応力域で間隙比が急激に減少し、圧縮降伏応力が明確である要因としてまさ土 B、C は、粒度分布の良いまさ土 A に比べて粒子サイズの影響による単粒子強度のばらつきが少ないために、ある応力で一度に粒子が破碎し、間隙比が急激に減少したと考えられる。また、まさ土 B の圧縮降伏応力は、まさ土 C のそれよりも低い値を示していることがわかる。まさ土 B は団粒化した粒子を多く含み、その平均的な単粒子強度が小さいためであると考えられる。

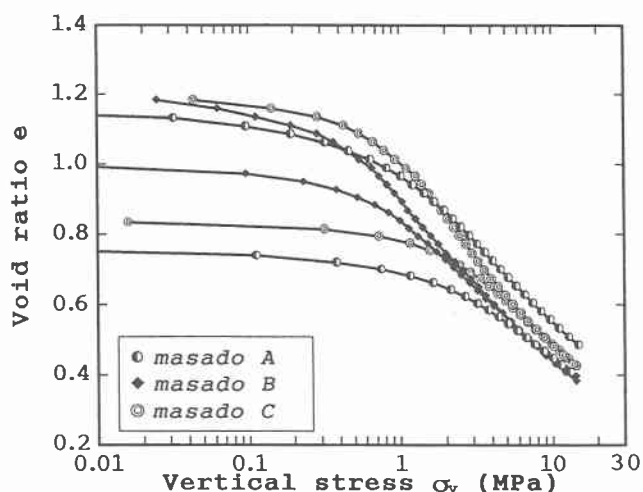


図-4 間隙比と鉛直応力の関係

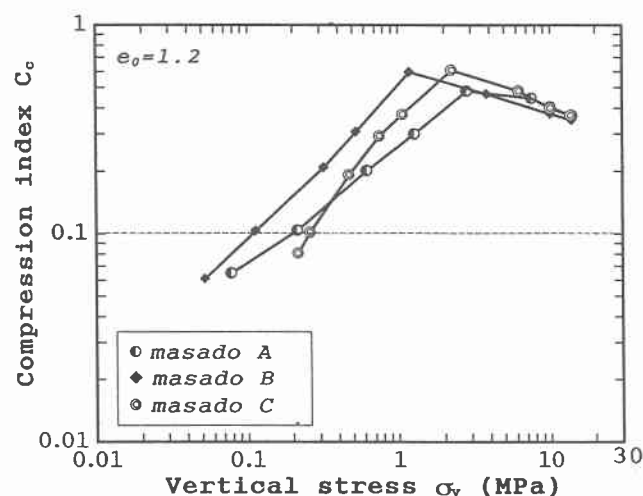


図-5 圧縮指数と鉛直応力の関係

次に、各試料の初期間隙比 1.2 の試験結果の圧縮指数（圧縮曲線の各応力における接線勾配） C_c と鉛直応力との関係を図-5 に示す。粒度分布の良いまさ土 A よりも、単一粒径のまさ土 B、C は鉛直応力の増加に対する圧縮指数の増加割合が大きい。このことから、まさ土 B、C は、ある応力で一度に粒子が破碎していることがわかる。また、まさ土 C に比べ、まさ土 B は低い応力レベルから圧縮指数が増加し、同じ応力では高い圧縮指数を示しているがわかる。まさ土 B は低い応力で、固結構造の破壊による粒子破碎が生じるために低い応力域から高い圧縮性を示すと考えられる。この高い圧縮性を示すことは図-4 において、間隙比が急激に減少することに対応している。このように 3MPa 以下のような応力域では、粒径や、粒子の団粒化によって、圧縮降伏応力や圧縮性に違いがあることが確認された。しかしながら、5-15MPa のような非常に高い応力域では、鉛直応力の増加に対する間隙比の減少の割合や圧縮指数の値に各試料の違いがみられないことが図-4、5 からわかる。高い応力域では、粒子破碎がすでに進行し、各試料とも非常に密な状態にあり、粒度分布や初期間隙比、粒子の団粒化による違いが消失したものと考えられる。

5. 結論 本研究では、下のような結論を得た。

1. 団粒化した粒子は、いくつかの粒子が小さい固結力により粒子を形成しているため、団粒化していない粒子に比べ単粒子強度は小さい。
2. 団粒化した粒子を多く含むまさ土は、単粒子強度が小さいことに起因して一次元圧縮試験より得られる圧縮降伏応力が低くなることがわかった。

【参考文献】1)加登文学, 佐藤昌岳, 中田幸男, 兵動正幸, 村田秀一: 砂の粒子強度が一次元圧縮特性に与える影響, 第 35 回地盤工学会発表会講演集, pp.895-896, 2000