

中間土の圧縮およびせん断挙動

山口大学 正員 兵動正幸 中田幸男
 (株) 清水建設 正員 谷口聡一
 山口大学大学院 学生員 ○黒谷和男

1. まえがき 現在、比較的粒径のそろった砂と粘土に対して多くの研究がなされており、その力学特性はかなりの程度明らかにされている。しかし、自然地盤を成す土は、砂、シルトおよび粘土など粒径の異なる様々な土粒子で構成されている。また、その力学特性は粒度組成やコンシステンシー特性の影響を受けることはわかっている¹⁾ものの、まだ十分な究明はなされていない状況にあると思われる。このような土は一般的に砂と粘土の中間的な粒度組成を持っており、中間土²⁾と呼ばれている。また、圧縮性が低く透水性の高い砂地盤においては、排水せん断試験から得られる ϕ_d を強度定数とした設計法が用いられ、圧縮性が高く透水性が低い粘土地盤においては、非排水せん断試験から得られる c_u が強度定数として用いられる。しかしながら、中間土地盤においては明確に設計法をこのどちらかに分離できないという現状がある。したがって、中間土の力学特性を解明することは、土質工学における重要な課題の一つである。本研究では、その中間土の力学特性を明確にするために砂質土に粘性土を様々な割合で混入した供試体を作成し、その力学挙動を明らかにすることを目的とする。

2. 試料調整方法および供試体作成方法 本研究で用いた試料は、粒度調整した珪砂に小野田港で採取された海成粘土(以下、小野田粘土)を乾燥重量比で混合したものである。珪砂と小野田粘土の混合比は100:0、95:5、90:10、85:15、80:20、70:30、60:40、50:50、30:70および0:100の10種類である。これらの試料を細粒分含有率に着目すると、それぞれF.C.0%、4%、8%、12%、16%、24%、32%、40%、56%および80%であった。本研究においては細粒分含有率によって2パターンの供試体作成方法を採用する。F.C.80%から32%までは予圧密により作成し、F.C.24%から0%までは水中落下により作成する。さらに、水中落下供試体においては供試体の密度を調整する。これらの供試体についても、以下、2パターンを採用した。一つは、F.C.0%、4%、8%、12%であり、砂質土の相対密度 D_{rs} を一定としたものである。もう一つは、F.C.0%、16%、24%であり、試料全体の密度 γ_d を一定としたものである。以下、これらをそれぞれ D_{rs} 統一供試体、 γ_d 統一供試体と称する。F.C.32%、40%、56%、80%については予圧密容器によって50kPaで予圧密を行った。これらを予圧密供試体と称す。

3. 試料の物理的性質 図-1は、細粒分含有率とそれぞれの供試体の乾燥密度の関係を示したものである。予圧密供試体は一定の圧密圧を受けたものであるが、細粒分含有率の低下と共に供試体の乾燥密度は増加している。次に、試料の粒径加積曲線を図-2に示す。中間土の塑性指数と細粒分含有率の関係を図-3に示す。試料の細粒分含有

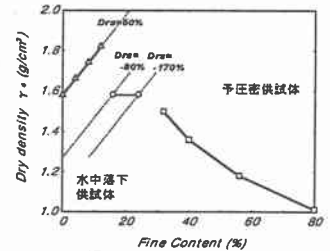


図-1 乾燥密度と細粒分含有率の関係

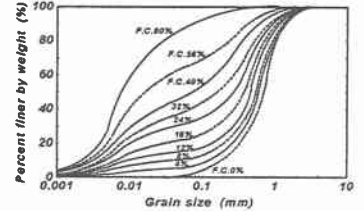


図-2 試料の粒径加積曲線

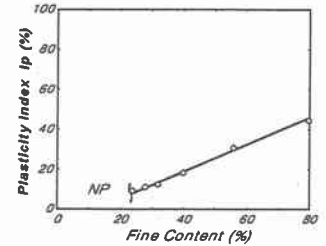


図-3 塑性指数と細粒分含有率の関係

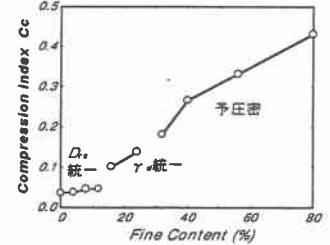


図-4 圧縮指数と細粒分含有率の関係

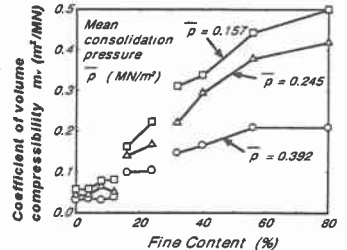


図-5 体積圧縮係数と細粒分含有率の関係

率が80%から24%まで減少するにともない塑性指数は44.2%から9.1%までほぼ直線的に減少する傾向が認められる。また、F.C.24%以下の試料は、塑性限界が0のNP試料であった。

4. 圧縮挙動 図-4は等方圧縮荷重除荷試験から得られた圧縮指数 C_c と細粒分含有率F.C.の関係を示したものである。図-5は同様に、体積圧縮係数 m_v と細粒分含有率F.C.の関係を示したものである。これらの図面から、Drs統一供試体は砂質土の骨格構造を一定に保ちながら粘性土を加えていった供試体なので、圧縮特性はその砂質土の骨格構造によってほぼ一定の値を示していると考えられる。対して、 γ_d 統一供試体および予圧密供試体の圧縮特性は、細粒分含有率が低下するに伴いほぼ直線的に低下している。

5. せん断挙動 図-6は非排水せん断試験から得られた間隙水圧比 w/σ'_v と軸ひずみ ϵ_a の関係を示したものである。図-6(a)の水中落下供試体において、細粒分の増加に伴い間隙水圧比のピーク値は大きくなる傾向がある。それと共に間隙水圧比がピークをとる軸ひずみが増大している傾向が認められる。図-6(b)の予圧密供試体はひずみの増加に伴い間隙水圧比が漸増する傾向を示している。予圧密供試体においては、細粒分含有率の違いによる間隙水圧比のピーク値に大きな影響は現れない。しかしながら、その間隙水圧比の上昇の径路は細粒分含有率の違いにより異なる挙動を示している。図-7は非排水せん断試験から得られた応力比と軸ひずみの関係を示したものである。水中落下供試体は細粒分の増加と共にひずみ硬化挙動は緩やかになっていることが明らかである。予圧密供試体はいずれの細粒分含有率においても一定の軸ひずみまで応力比が上昇し、その後、限界状態に至るという傾向を示している。図-8は一連の非排水せん断試験から得られた有効内部摩擦角を縦軸にとり、横軸に細粒分含有率をとりプロットしたものである。○は破壊時のセカントアングルの正弦値である $\sin \phi'$ 、●は変相点時の $\sin \phi'_{PT}$ を示している。F.C.0%の有効応力径路は、変相点を見せた後にひずみ硬化を示すため、○と●に0.1程度の違いが現れている。さらに、細粒分含有率が4%、8%、12%と増加するに従い、○が●に近づく傾向が認められる。これは細粒分が増えるほど、変相点を見せた後のひずみ硬化現象が緩やかになり、破壊時の強度が低下するためである。その後、 γ_d 統一供試体においては細粒

分含有率が16%、24%と増加すると、○は●により近い値を示す。さらに細粒分含有率が32%まで増加すると、○が●に重なる。これはF.C.40%の有効応力径路が変相点を見せずに、平均有効主応力 p が低下し続ける挙動であるためである。細粒分含有率が56%、80%と増加するに従い、○が上昇し強度が増加していることを示している。これは細粒分が増加するに従い、試料の挙動が小野田粘土のみの挙動に近づくためである。

6. まとめ 細粒分含有率の少ない領域では、砂質土の密度の大小により、破壊時の強度は大きく変化する。しかし、変相点の強度はほぼ一定になると考えられる。また、細粒分が増加するにしたがい、変相点後のひずみ硬化挙動が緩やかになり、破壊時の強度と変相点の強度は近づく。細粒分含有率の多い領域では、有効応力径路が変相点を見せずに、平均有効主応力 p が低下し続ける挙動になる。

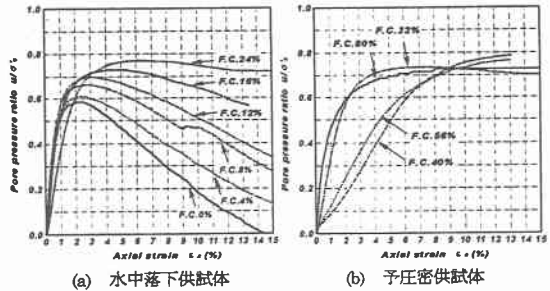


図-6 間隙水圧比と軸ひずみの関係

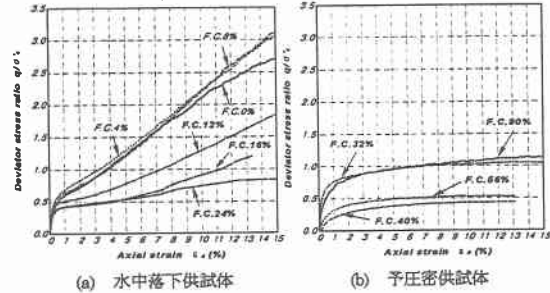


図-7 応力比と軸ひずみの関係

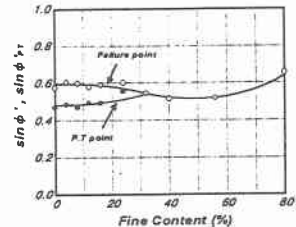


図-8 内部摩擦角と細粒分含有率の関係

[参考文献1]中瀬・日下部：混合土の圧密特性について、第13回地盤工学研究会発表講演集

2) 大嶺 聖：中間土の圧縮および強度特性に関する基礎的研究、九州大学博士論文、1992