

塑性の異なる細粒土を含む中間土の非排水せん断特性

山口大学大学院 学生員 ○松本裕介 金鍾根
山口大学工学部 正会員 兵動正幸 吉本憲正

1. はじめに

自然地盤を構成する土質は均一ではないことが多く、砂、シルトおよび粘土など粒径の異なる様々な土の混合体として構成されていることが多い。砂と粘土のどちらともつかない土のことを中間土と呼び、その取り扱いに苦慮している現状にある。また、中間土においても、含まれる細粒分の活性の程度で性質が異なり、細粒分の性質の異なる中間土の性質については十分に検討されていない。そこで本研究では、非塑性、中塑性、高塑性の細粒土と珪砂をそれぞれ混合して中間土を作製した。これらの中間土に対して非排水三軸圧縮試験を行い、せん断特性に及ぼす細粒土の影響について考察する。

2. 試料および試験方法

本研究で用いた試料は、粗粒土として粒度調整した三河珪砂を、細粒土として鳥取県西部地震で液状化し噴砂した鳥取シルト（非塑性）と小野田港より採取した小野田粘土（中塑性）および有明海沿岸の六角川河口で採取した六角粘土（高塑性）を用い、これらを乾燥重量比で混合させた中間土である。粗粒土と細粒土の乾燥重量比は、100:0、85:15、70:30、50:50、30:70、0:100 の6種類とした。各試料の物理的性質および供試体の作製方法を表1に、粒径加積曲線を図1に示す。中間土-Aは、すべての供試体を水中落下法により作製した。また中間土-Aは供試体作製において、砂の相対密度 D_r および供試体の乾燥単位体積重量 γ_d を統一することは不可能であったため、供試体作製時のエネルギーを一定とした。具体的には、モールド内に高さの半分まで水を張り、試料をその中にスプーンでゆっくり落下させることにより、作製方法を統一した。中間土-Bの小野田粘土含有率15%以下の試料および中間土-Cの六角粘土含有率0%の試料は、中間土-Aと同様な方法で供試体を作製した。中間土-Bの小野田粘土含有率30%以上の試料および中間土-Cの六角粘土含有率15%以上の試料は、予圧密法により、各試料の液性限界の2倍の含水比でかき混ぜ、スラリー状で直径30cm、高さ50cmの予圧密容器に投入し、圧密圧力50kPaで約2週間かけて圧密して供試体を作製した。非排水三軸圧縮試験は、拘束圧200kPa一定、ひずみ速度0.1%/minの各条件で行った。

3. 実験結果

図2に中間土-Aの有効応力経路、応力-ひずみ関係を、図3に中間土-Cの有効応力経路、応力-ひずみ関係を示す。なお中間土-Bについては、全体の挙動としては中間土-Cとほぼ同じであった為、ここでは省略する。

表1. 試料の物理的性質

(a) 中間土-A					
鳥取シルト含有率(%)	作製方法	細粒分含有率(%)	粘土分含有率(%)	比重 G_s	塑性指数 I_p
100	等エネルギー	98	6	2.665	NP
70	等エネルギー	68	4	2.661	NP
50	等エネルギー	49	3	2.659	NP
30	等エネルギー	30	2	2.656	NP
15	等エネルギー	15	1	2.654	NP
0	等エネルギー	0	0	2.652	NP

(b) 中間土-B					
小野田粘土含有率(%)	作製方法	細粒分含有率(%)	粘土分含有率(%)	比重 G_s	塑性指数 I_p
100	予圧密	84	37	2.593	44.2
70	予圧密	59	26	2.649	30.6
50	予圧密	42	19	2.650	18.2
30	予圧密	25	11	2.652	9.1
15	等エネルギー	13	6	2.650	NP
0	等エネルギー	0	0	2.652	NP

(c) 中間土-C					
六角粘土含有率(%)	作製方法	細粒分含有率(%)	粘土分含有率(%)	比重 G_s	塑性指数 I_p
100	予圧密	96	63	2.556	111.3
70	予圧密	67	44	2.585	82.32
50	予圧密	48	31	2.604	45.08
30	予圧密	29	19	2.623	33.49
15	予圧密	14	9	2.638	NP
0	等エネルギー	0	0	2.652	NP

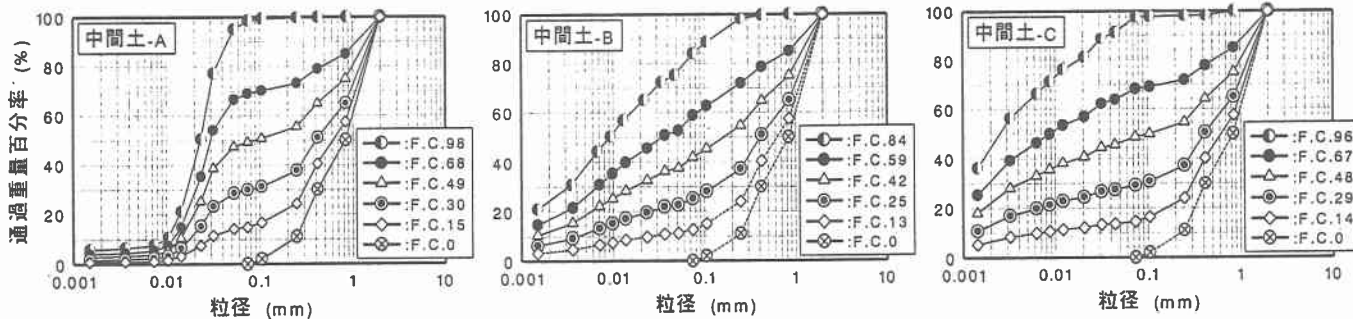


図1. 粒径加積曲線

図2より、中間土-Aは細粒分含有率の違いによらず、すべての供試体において収縮挙動から変相点を見せた後、ダイレイタンシーによる強度増加が認められる。また軸差応力が軸ひずみ1%付近まで急激に上昇し、その後は軸ひずみの発達とともにせん断強度が増加するひずみ硬化挙動を示している。一方、図3の中間土-Cは、細粒分の増加に伴いダイレイタンシーによる強度増加が減少し、やがて収縮挙動のみを示すようになる。細粒分含有率が約30%を越えると、軸差応力一定で軸ひずみのみが発達していく定常状態が現れている。

図4は応力・変形特性より、各試料の最大軸差応力および変相点における軸差応力を示したものである。¹⁾ 中間土-Aは、細粒分の増加に伴い最大軸差応力と変相点時の軸差応力の差が大きくなり、やがて細粒分含有率が30%以上になると、その差がほぼ一定になっている。これより、シルト分含有率が大きい中間土は、ダイレイタンシーによる強度増加が大きく、その強度特性が砂と類似しているため、実務において砂地盤とみなした設計が可能であると考えられる。一方、中間土-Bおよび中間土-Cでは、細粒分の増加に伴い最大軸差応力と変相点時の軸差応力の差が小さくなり、中間土-Bでは細粒分含有率が42%、中間土-Cにおいては細粒分含有率が29%(これはともに粘土分含有率19%に相当する)になると、最大軸差応力と変相点時の軸差応力が一致している。粘土分含有率19%以上になると、細粒土のみの軸差応力とほぼ等しい値を示している。また、粘土分含有率19%以上では中間土-Bおよび中間土-Cの比較より、塑性の違いによる強度への影響は小さいと考えられる。これより、粘土分含有率が20%程度以上の中間土は、その強度特性が粘土と類似しているため、実務において粘土地盤とみなした設計が可能であると考えられる。中間土-Bで細粒分含有率0%と13%の最大軸差応力に差が生じた原因としては、この領域は砂が骨格を形成している為、砂の密度に強度が大きく依存し、混入した小野田粘土に若干の砂分が含まれた事によると考えられる。各中間土において、細粒分含有率が30%程度までは、細粒分の増加に伴い最大軸差応力が変化する。この領域は、砂主体の骨格構造から細粒分主体の骨格構造への転換する領域にあたり、まさに中間土といえる。変相点の軸差応力は細粒分の増加に拘わらず、ほぼ一定の値を示している。

4. まとめ

- 1) 非塑性の細粒土を含む中間土は、ダイレイタンシーによる強度増加が大きく、その強度特性は砂と類似している。
- 2) 中塑性の細粒土を含む中間土は、細粒分含有率が低い領域では、砂と類似した強度特性を示すが、粘土分含有率が20%程度以上になると、粘土と類似した強度特性を示す。
- 3) 高塑性の細粒土を含む中間土は、細粒分の増加に伴い強度が減少し、粘土分含有率が20%程度以上になると、粘土と類似した強度特性を示す。

＜参考文献＞ 1) 谷口ら(1998)：中間土の非排水せん断特性に及ぼす細粒分含有率の影響、第33回地盤工学会研究発表会、pp685-686

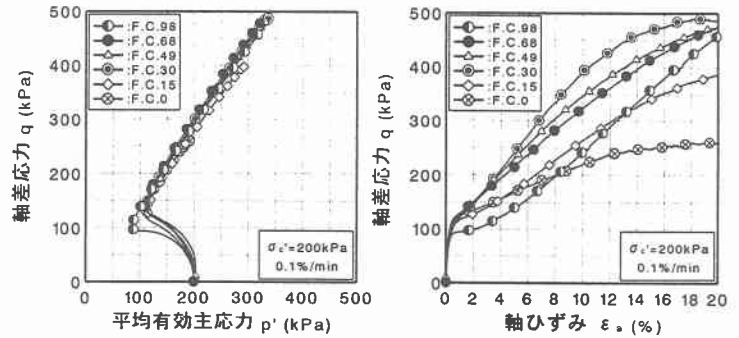


図2. 中間土-Aの有効応力経路、応力-ひずみ関係

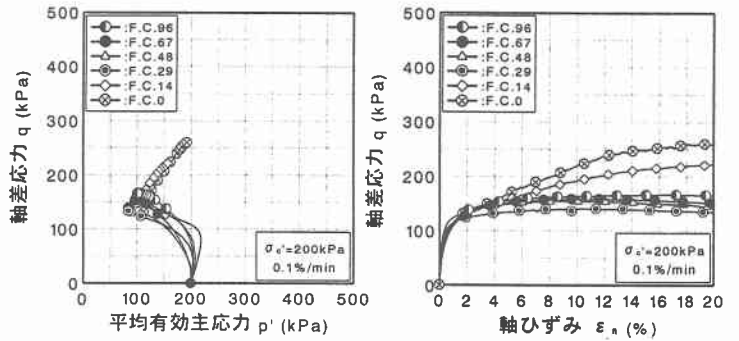


図3. 中間土-Cの有効応力経路、応力-ひずみ関係

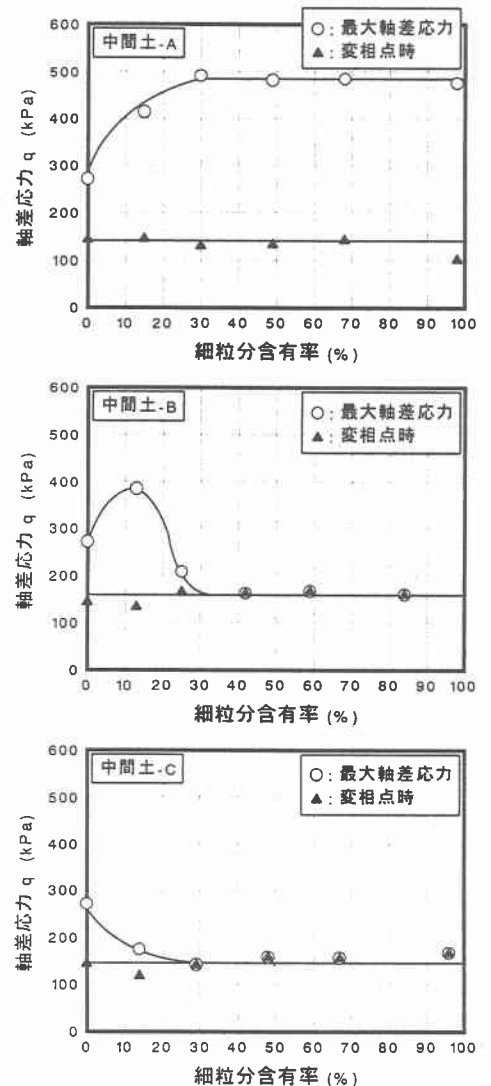


図4. 軸差応力と細粒分含有率の関係