

東北大学工学部(学) ○黄 大振
 東北大学工学部(学) 草野 満
 東北大学工学部(正) 柳沢栄司

1. まえがき.

筆者らは細粒分としてシルトを含む砂の液状化強度特性について調べ、30%程度のシルトを含む砂がもっとも低い液状化強度を現わすことを既に発表している。¹⁾ 筆者らはその原因が砂とシルト粒子間のダイレイタンスーの差にあると判断し、今回シルトを含む砂のダイレイタンスー特性を調べるために各試料に対し静的三軸圧縮試験を排水条件と非排水条件で行なった。特にダイレイタンスーによる体積ひずみの変化を調べるため平均応力一定の条件で実施し、応力ダイレイタンスー式からダイレイタンスーによる抵抗力を各試料ごとに調べた。その後、排水、非排水条件での三軸試験結果と液状化強度の類似性から静的試験結果と動的試験結果の関連性を検討してみた。

2. 試料および実験方法

1) 試料

実験に用いた試料は砂として豊浦標準砂、シルトとしては豊浦標準砂製造の際にできた細粒分から粘土分を除去して使用した。粘土分は水洗いと Stokes 法則の沈降速度の差を利用して粘土分含有率5%以下になるまで繰り返して除去した。このような方法で得られたシルト分を標準砂に入れてシルト分含有率0、10、30、50、70、100%の混合試料を作成した。図-1はそれぞれの粒径加積曲線を示したものである。試料は人工的に混合したものであり、シルト分含有率は思った通りになっていることがわかる。表-1は試料の物理的諸量を表しているが比重はほぼ同じで各試料の塑性指数はすべてNP(非塑性)で表されたのが特徴である。

2) 供試体及び実験方法

実験としてはダイレイタンスーによる体積変化を調べるために応力制御三軸圧縮試験装置を用いて平均応力一定の条件で行なった。供試体は相対密度50%になるように約340g位のランマーで軽く突き固めながら作成した。また実験終了後、供試体内のシルト分が均等に分布しているかどうかを確認するために供試体を三等分してそれぞれのシルト含有率を調べてみたがほとんど同等であった。今回用いた実験装置の特徴は応力制御回路内に比例調整弁およびコンピューティンググリレーを組み込むことによって種々の応力経路を一つのレギュレーターで設定することのできるものである。供試体の直径は5cm、高さは12.5cmで、CO₂循環、脱気水循環し、飽和された後、背圧を1.0kg/cm²かけ、拘束圧1.0kg/cm²で3~36時間にわたって充分圧密した。尚SkemptonのB値は0.96以上のものを採用した。

3. 実験結果および考察

図-2は平均応力一定の条件でのせん断応力と体積ひずみの関係を現わしている。同じ応力における体積

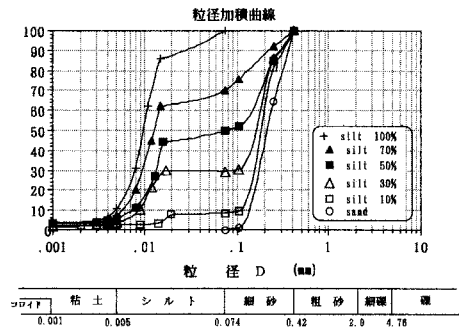


図-1 シルトを含む砂の粒径加積曲線

表-1 試料の物理的諸量

試料	D ₅₀	U _c	G _s	γ _s (g/cm ³)	塑性指数
SAND	0.21	1.47	2.843	1.51-1.52	NP
Silt10%	0.19	1.81	2.840	1.53-1.55	NP
Silt30%	0.17	20.5	2.842	1.55-1.59	NP
Silt50%	0.074	17.3	2.843	1.54-1.55	NP
Silt70%	0.012	2.55	2.843	1.52-1.54	NP
Silt100%	0.009	2.82	2.844	1.52-1.53	NP

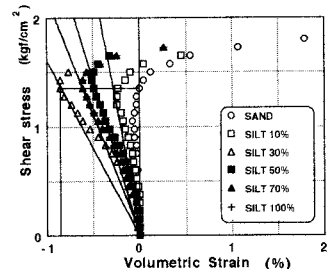


図-2 せん断応力と体積ひずみの関係(排水)

ひずみは砂からシルト30%の試料まで段々大きくなり、30%のところで最大値を表している。その後シルト分の増加に従って再び小さくなる事が分かる。図-3は松岡らが提案したモビライズ面上での応力-ひずみ関係式に代入して整理したものである。

$$\frac{\tau}{\sigma_N} = \lambda \left(-\frac{d\epsilon_N}{d\gamma} \right) + \mu' \dots\dots\dots (1)$$

この応力-ひずみ関係式でλはダイレイタンシーによる抵抗係数、μは摩擦による抵抗係数を表している。データはほぼ直線にのり、各試料の直線式からの傾きを比較してみるとやはりシルト30%の試料が一番小さく、砂の場合が一番大きくなった。この傾きの値がλに相当することからシルト30%の試料のダイレイタンシーによる抵抗係数が一番小さいと言える。ここでダイレイタンシーによる抵抗係数λと液状化抵抗R₂₀の関係をプロットしたのが図-4である。この図によると液状化抵抗はλに比例して大きくなる事がわかる。

以上のシルトを含む砂の液状化強度試験結果と排水試験結果からそれぞれの曲線の関連性を調べてみるとシルト含有率によって共通点がある事が分かる。すなわちせん断応力-体積ひずみ曲線(図-2)の最大圧縮点でのせん断応力に対する体積変化量の比R_{vc}と繰り返し回数20回での液状化強度R₂₀との関係を描いてみるとほぼ直線になる事が分かる。それを表したのが図-5であり、次の式(2)のような関係式が成立する。

$$R_{20} = -\frac{k_p}{R_{vc}} \dots\dots (2) \quad R_{20} = -\frac{k_v}{R_{vc}} \dots\dots (3)$$

ここでk_pは密度によって変わってくる係数として図-5での傾きを表している。このようなことは非排水試験の有効応力径路曲線での最大間隙水圧変化量とその時のせん断応力の比にも適用される。図-6には非排水試験での有効応力径路、図-7にはR_{uc}値と繰り返し回数20回での液状化強度との関係を表した。この関係もやはり直線的に表され、式(3)のように表すことができる。

4. あとがき

今回の実験結果からシルトを含む砂の場合、シルト分含有率30%程度の時もっとも低い液状化強度が得られるのはダイレイタンシーによる抵抗係数の違いにその原因がある事が確認された。又、シルトを含む砂の静的平均応力一定試験結果から液状化強度を判断することが可能である。しかしR₂₀値、R_{vc}値などは実験装置の違いによって変わることを考えるとすべての場合適用されるとは言えない。

5. 参考文献

1. 黄大振、仙頭紀明、柳沢栄司；細粒分(特にシルト)を含む砂の液状化強度；第45回土木学会年次学術講演会講演概要集pp704~705
2. 松岡 元；A MICROSCOPIC STUDY ON SHEAR MECHANISM OF GRANULAR MATERIALS; J. OF JSSMFE

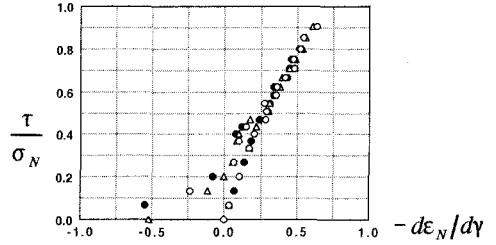


図-3 応力-ひずみ関係

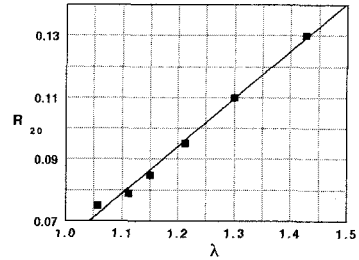


図-4 液状化強度とλの関係

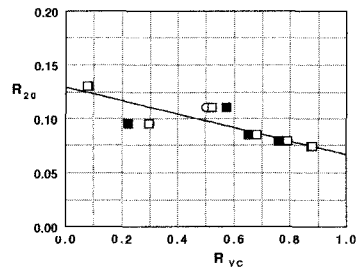


図-5 R₂₀とR_{vc}の関係

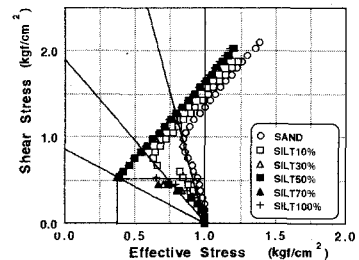


図-6 有効応力径路(非排水)

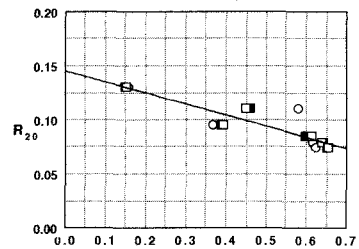


図-7 R₂₀とR_{uc}の関係