

III-334

細粒分(特にシルト)を含む砂の液状化強度

東北大学工学部(学) 黄 大振

東北大学工学部(学) 仙頭 紀明

東北大学工学部(正) 柳沢 栄司

1. まえがき

液状化強度に及ぼす要因には種々あるが、その中で、細粒分の含有率による影響も少なくない。砂の液状化強度に及ぼす細粒分の影響についてはこれまでいくつかの研究が行われたが、通常、粒径の74 μm 以下の含有量について検討を行っている。しかし、細粒分の中でも粒径によってその影響を異なるはずである。特に、最近のRoma Prieta地震(1989)ではシルトでも液状化したことが報告されている。本研究では、粒径74 μm ～5 μm のシルトと5 μm 以下の粘土分を区別して、シルト分だけを細粒分として利用して液状化に及ぼすシルト分の影響を調べてみたのでその結果について報告する。

2. 試料および実験方法

1) 試料

試料には、砂は豊浦標準砂($G_s=2.61$, $e_{\max}=0.92$, $e_{\min}=0.593$)を用い、シルトは標準砂製造の際にできたシルト分を水洗いして粘土分を除去した。そのシルトを標準砂に入れてそれぞれの質量比(0, 10, 30, 50, 70, 100)%で混入した試料を使った。試料の粒径加積曲線を図-1に示した。粘土分はほとんど除去され、シルト100%の試料で10%以下である。試料は人工的に混合したものであり、粒度曲線はあまりなめらかな形ではないがシルト含有量は意図した通りになっていることがわかる。

2) 供試体および実験方法

液状化試験には、単純せん断試験機を用い、供試体は約250gのランマーにより軽く突き固めながら密度を調整して作成した。ただシルト分のみの試料はこの方法では作れないので Wet Tamping法で作成した。表-1はそれぞれの平均粒径、均等係数、単位重量 γ_{dc} 、圧密後の間隙比 e と塑性指数 I_p をあらわしている。これより明かなように塑性指数はすべて N_p であった。供試体は CO_2 循環、脱気水循環し、飽和された後、背圧を2.0 kg/cm^2 かけ、拘束圧1.0 kg/cm^2 で3～36時間にわたって圧密した。その後、応力制御非排水状態で動的せん断試験を行った。尚、 B 値は0.96以上のものを採用した。

3. 実験結果と考察

細粒分を含む砂の液状化強度曲線は図-2に示した。シルト分を標準砂に質量比で0, 10, 30, 50, 70, 100%で混ぜた試料の液状化強度は、30%まではシルト分の混入にしたがって小さくなることが確認された。しかし、50%混合した試料の液状化強度は30%の強度

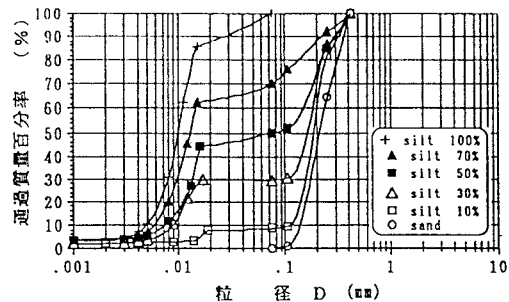


図-1 試料の粒径加積曲線

表-1 試料の物理諸量

	D_{50}	U_c	G_s	$\gamma_{dc}(\text{g}/\text{cm}^3)$	e (圧密後)	塑性指数
sand	0.21	1.47	2.621	1.51~1.52	0.724~0.736	N_p
silt 10%	0.19	1.81	2.640	1.53~1.55	0.703~0.726	N_p
silt 30%	0.17	20.5	2.642	1.55~1.59	0.662~0.705	N_p
silt 50%	0.074	17.3	2.643	1.54~1.55	0.705~0.716	N_p
silt 70%	0.012	2.55	2.643	1.52~1.54	0.716~0.739	N_p
silt 100%	0.009	2.62	2.644	1.52~1.53	0.728~0.739	N_p

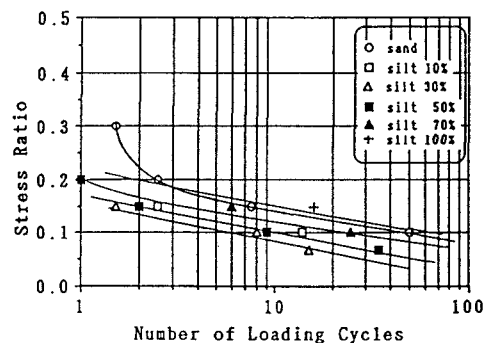


図-2 液状化強度曲線 (O-C-R 1)

より高くなり、さらに 70%とシルトのみの混合は細粒分が多くなることにしたがって順次大きくなることが知られた。図-3には繰り返し回数20回での液状化に必要な応力比とシルト分含有量の関係を示しているが、シルト含有率 40%まではシルト分が多いほど液状化強度は小さくなるし、その以後はシルト分の増加によって次第に大きくなることが明瞭に認められた。この様にシルトの混合にしたがって液状化強度が低下する現象はシルトの粒径に起因するものと思われる。シルト分はある含有量までは砂と粒子間のインターロッキング(噛み合い)を弱めるようなベアリング的な役割をすることが推測される。しかし 40%以上の含有量になるとシルト粒子同士のインターロッキングが再び発生するため強度の増加が見られるものと思われる。図-4は、標準砂とシルト10%の場合のいずれも同じ密度(相対密度約 50%, $e=0.75$ 程度)で実験した時の間隙水圧およびひずみの発生状況を示したものである。標準砂の場合は間隙水圧が上昇して有効拘束圧に近づくとせん断ひずみが繰り返しと共に直線的に増大するのに対し、シルト分 10%を含む試料の場合は有効応力がゼロになった所で急激なせん断ひずみの増加をあらわれる。この他、平均粒径と液状化強度の関係、均等係数と液状化強度の関係を調べてみたが、平均粒径が $0.07\text{ mm} \sim 1.2\text{ mm}$ の辺りで最も小さいことおよび均等係数が大きいほど液状化強度が小さいことなどが知られた。同様な実験を $O.C.R$ を変えて行った結果が図-5である。 $O.C.R$ が大きくなると液状化強度も強くなり、強度の増加は繰り返し回数20回の強度で比べた時 $(O.C.R)^{0.88}$ に比例した。砂の場合も $(O.C.R)^{0.88}$ に比例していると言われているが、シルトについても $O.C.R$ の影響があることが判明した。

4. まとめ

これまで細粒分の含有量が増えると液状化しにくくなり、細粒分のみできている地盤ではほとんど液状化の可能性がないと思われてきたが、今回の研究結果をみるとシルトのみの地盤でも液状化することが知られた。また、シルトを混入するとシルト分含有率 40%程度で最も低い強度をあらわすことがわかった。シルト分を含む試料の $O.C.R$ の影響は砂と同様に $(O.C.R)^{0.88}$ に比例して増加し、 $O.C.R$ を変えてもやはり30~40%の所で最小とすることが判明した。

5. 参考文献

1)古閑, 石原, 藤井' 細粒分を含む砂の三軸液状化試験' 21回土質工学研究発表会 pp595~596
2)桑野, HWANG, S.K ' 細粒分を含む砂の非排水繰り返し三軸試験' 24回土質工学研究発表会 pp829~830
3)K.L.Lee, J.A.Fitton(1968)' FACTORS AFFECTING THE CYCLIC LOADING STRENGTH OF SOILS' ASTM, STP450

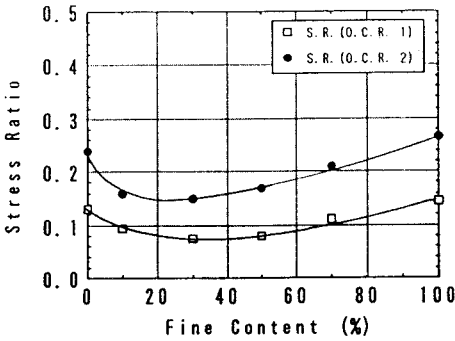


図-3 シルト分の含有率と繰り返し回数20回の時の応力比の関係

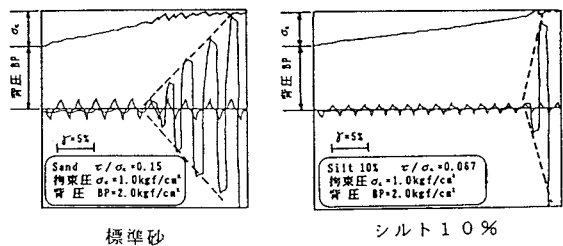


図-4 液状化の時のひずみの発生仕方

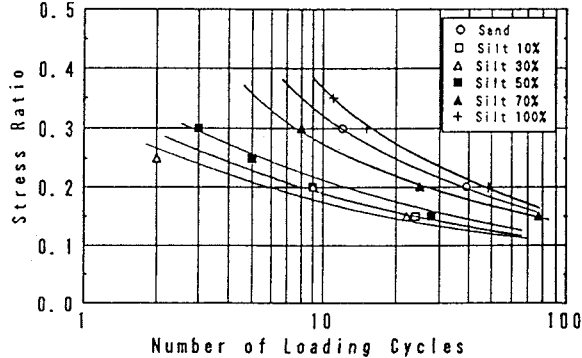


図-5 液状化強度曲線 ($O.C.R$ 2)