

砂粘土混合土の初期せん断剛性率に及ぼす砂の粒度分布の影響

山口大学大学院 学生会員○兵動太一
山口大学工学部 国際会員 兵動正幸
山口大学工学部 国際会員 吉本憲正
山口大学大学院 学生会員 山田 卓
(株)間組 非会員 平方宏朋

1. まえがき

これまで主としてクリーンな砂や粘土についての動的変形に関する多くの研究が行われてきた¹⁾²⁾。しかし実地盤中には様々な特性をもつ砂と粘土が混在して構成されるいわゆる中間土も多く存在しており、このような土の動的変形特性に関する知見はほとんど得られていない。また、いわゆる中間土の領域においては、細粒土中に含まれる粗粒土の骨格の影響が現れることが推察される。本研究では、人工的に作成した砂混じり粘土に対し、一連の中空ねじり繰返し単純試験による動的変形試験を行い、含有する砂の粒度分布の影響について把握することを目的とした。ここでは、3種類の異なる配合割合の珪砂を同細粒分含有率の粘土に混合した砂混じり粘土を実験対象とした。

2. 試料および試験条件

(1) 試料

本研究で用いた試料は、山口県岩国港より採取した岩国粘土と珪砂を混合して予圧密法により作製した混合土である。本研究では、岩国粘土に3種類の粒度分布の異なる珪砂を配合した。これらの珪砂を配合珪砂①、配合珪砂②、配合珪砂③と名付けその物性値を表-1に示す。次に、それぞれの珪砂と岩国粘土との混合土を混合土①、混合土②、混合土③とする。各混合土に対して、岩国粘土と珪砂の乾燥重量比が50:50、40:60、30:70の3種類の配合割合となるよう混合し、それぞれ液性限界の2倍の含水比で攪拌した後、予圧密容器で予圧密圧力50kPaで圧密を行った。表-2に試験に用いた全ての試料の物性値を示す。表中に示す砂骨格間隙比 e_s とは、供試体の空隙に加えて、粒径0.075mm以下の細粒分も間隙とした場合に得られる間隙比である。本研究で用いた混合土試料は、地盤工学会基準「地盤材料の工学的分類法」による大分類では砂質土に分類されるが、中間土の領域が $FC=20\sim50\%$ 、 $IP=N.P.\sim30$ であるといわれていることからすべて中間土に属するものであるといえる。図-1(a), (b), (c)に各試料の粒径加積曲線を示す。配合する珪砂の種類によらず FC に変化が表れないのは混合する砂に細粒分が含まれないためである。

(2) 実験方法及び実験条件

これらの試料を対象に、非排水中空ねじり単純せん断試験による動的変形試験を行った。全ての試験において、供試体は有効鉛直応力 $\sigma_v'=150\text{kPa}$ 、側方土圧係数 $K=\sigma_h'/\sigma_v'=0.5$ （平均有効主応力 $\sigma_{mc}'=100\text{kPa}$ ）で異方圧密し、圧密終了時間は2t法によった。繰返しせん断は、地盤工学会基準「土の変形特性を求めるための中空円筒供試体による繰返しねじりせん断試験法」(JGS

表-1 岩国粘土に混入した珪砂の物性値

	U_c	e_{max}	e_{min}	D_{50}
配合珪砂①	4.20	0.850	0.524	0.703
配合珪砂②	1.70	0.902	0.560	0.402
配合珪砂③	1.42	1.084	0.667	0.274

U_c : 均等係数 e_{max} : 最大間隙比 e_{min} : 最小間隙比 D_{50} : 平均粒径

表-2 試料の物理的性質

粘土の名称	粘土の含有率(%)	FC(%)	W_L (%)	I_p	e_c	e_s
岩国粘土	100	98	77.34	47.54	1.497	126.379
混合土①	50	49	58.24	31.41	0.961	2.847
	30	29	47.31	28.65	0.655	1.374
混合土②	50	49	49.39	26.13	0.710	2.850
	40	39.2	44.38	22.44	0.617	1.660
混合土③	30	29	33.19	14.43	0.615	1.274
	50	49	41.2	22.59	0.959	2.851
	40	39.2	35.47	13.86	0.867	2.070
	30	29	N.P	N.P	0.850	1.615

FC: 細粒分含有率 W_L : 液性限界 I_p : 塑性指数

e_c : 圧密後の間隙比 e_s : 砂骨格間隙比

を

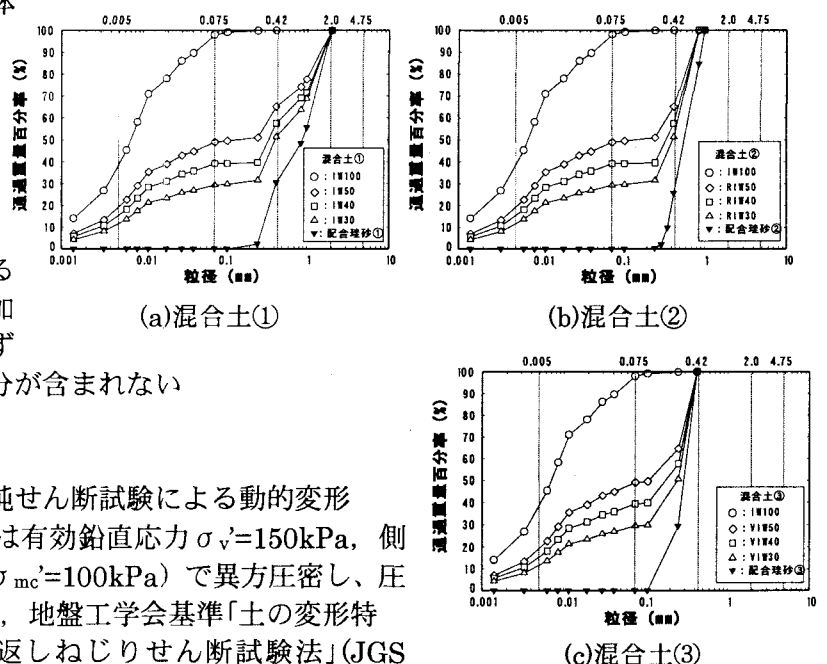


図-1 粒径加積曲線

0543・2000)の試験方法により、非排水状態で供試体に載荷周波数 $f=0.1\text{Hz}$ の正弦波形の繰返し荷重を 11 回与えた。また、試験結果はすべて繰返し載荷 10 回目のものを採用した。

3. 初期せん断剛性率に及ぼす砂の粒度分布の影響

動的変形試験より得られた、片振幅せん断ひずみ $(\gamma)_{SA}=10^{-4}\%$ における等価せん断剛性率 G_{eq} を初期せん断剛性率 G_0 と定義した。図-2 に、 $FC=29\%$ と $FC=49\%$ の試料について G_{eq} と $(\gamma)_{SA}$ の関係を 3 種類の混合土での比較を示す。図中、 $FC=49\%$ においては 3 種類の混合土の G_{eq} の挙動はほぼ等しく、混合土の種類による差は認められない。一方、 $FC=29\%$ においては混合土の種類による G_{eq} の違いが認められ、粘土に含有される砂の粒径が影響していると考えることが出来る。図より高レベルのひずみにおいては、粘土に混ぜる砂の粒径や FC の違いに剛性率 G_{eq} の影響が見られないことから、粒度分布の影響を適切に評価するには微小ひずみレベルの G_0 に着目する必要があると考えられる。図-3 は、岩国粘土にそれぞれ粒度分布の異なる 3 種類の配合珪砂を混合したときの G_0 と細粒分含有率 FC の関係を示したものである。 FC が約 50%以上では混合する砂の違いによらず G_0 はほぼ一定の値を示している。しかし FC が 40%、30%と低下するにつれ、混合土①、②と③の G_0 に大きな差異が認められる。このことより、細粒分含有率 FC が 50%以下の中間土領域においては、配合珪砂の粒度分布の違いが G_0 に影響をおよぼすことがわかる。図-4 は、 G_0 と配合珪砂の最大間隙比 e_{max} の関係を示したものである。図より $FC=49\%$ においては e_{max} の大小によらず G_0 に差異は見られないが、それ以下の細粒分含有率においては、 e_{max} が大きいほど G_0 が小さくなる傾向にある。その理由としては、粘土に混合される砂分の構造が関係していると考えられる。図-5 は試料内の細粒分含有率が同一で、粒子の大きさが異なる砂分が細粒分中に弱い構造をなしている状況を模式的に描いたものである。配合珪砂①と配合珪砂③では e_{max} が大きい配合珪砂③の方が砂骨格中に包含される細粒分が多い。この砂の空隙に包含された粘土は圧密を受けにくいことから強度を持ち得ず、その量が多い配合珪砂③の方が低い剛性を示すことが推察される。このように、図-4 の $FC=29\%, 39.2\%$ における G_0 の違いは、混合土中の砂骨格がなす空隙とマトリックスの粘土の体積の割合によると推察できる。

4. まとめ

- 1)砂混じり粘土の初期せん断剛性率は、 $FC=50\%$ 以下において試料中に含まれる砂の粒度分布の影響を受けることが明らかになった。
- 2)細粒分含有率 FC が同じ場合、試料内の砂の最大間隙比が小さいほど初期せん断剛性率が高くなる傾向が認められた。

参考文献

- 1)善功企、山崎浩之、梅原靖文：地震応答解析のための土の動的特性に関する実験的研究、港湾技術研究所報告、vol.26, No.1, 1997.
- 2)Kokusho, T. Yoshida, Y. and Esashi, Y. : "Dynamic properties of Soft clay for wide strain range", Soils and Foundations Vol.22, No.4, 1982, pp.1~18

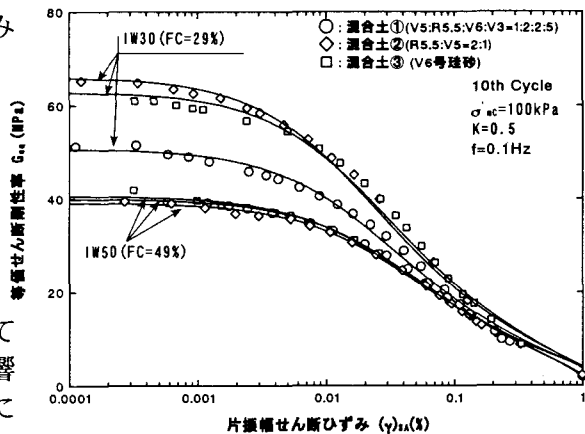


図-2 等価せん断剛性率と片振幅せん断ひずみの関係

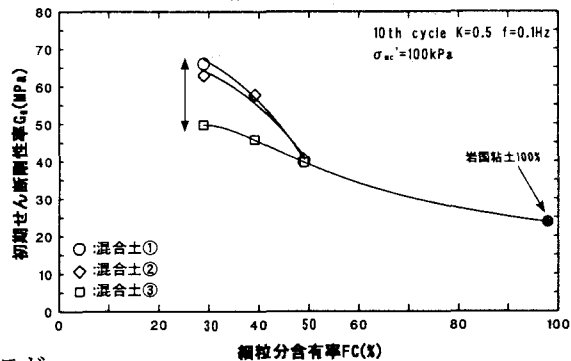


図-3 初期せん断剛性率と細粒分含有率の関係

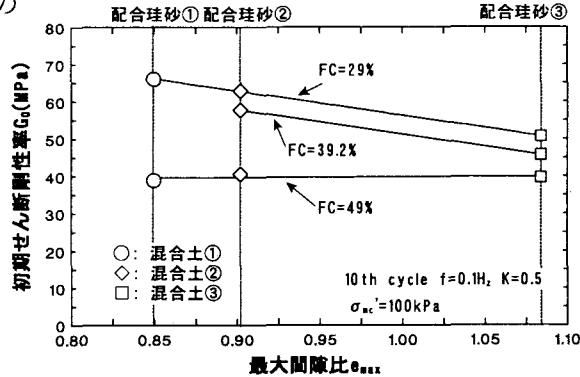


図-4 初期せん断剛性率と最大間隙比の関係

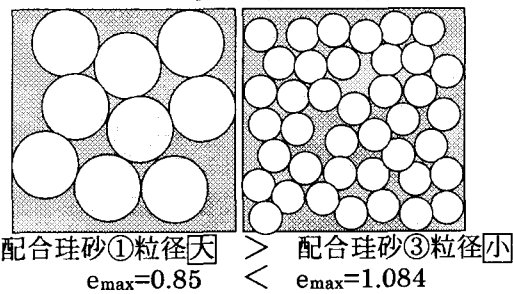


図-5 試料内にある砂分の構造の模式図