

砂混じり粘土の動的変形特性

山口大学大学院 学生会員 ○平方宏朋

山口大学工学部 正会員 兵動正幸 中田幸男 吉本憲正

山口大学大学院 学生会員 山田卓

1. まえがき

地盤の地震応答解析には地盤の非線形性を取り入れる必要があり基本的なパラメータとしてせん断剛性率と履歴減衰率が土の動的変形係数として用いられている。またこれら動的変形係数は粘性土の場合、塑性の影響を受けることが知られており、塑性指数を用いて評価される場合が多い。しかしながら実地盤においては砂分を多く含む粘性土が存在しており、このような土の動的変形特性は砂分の影響を考慮して評価する必要がある。そこで本研究では人工的に作製した砂混じり粘土および塑性の異なる再構成試料と不攪乱海成粘土を用いて中空ねじり繰返し単純せん断試験による動的変形試験を行い、粘性土の動的変形特性に及ぼす砂分の影響を把握することを目的としている。

2. 試料と試験方法および試験条件

本研究で用いた試料は、採取場所の異なる有明粘土(有明粘土 A, 有明粘土 B, 有明粘土 C), 五日市粘土, 有明粘土 C および小野田粘土に粒度調整した珪砂を 4 種類の配合割合で混合した砂混じり粘土(有明粘土 C 混合土・小野田粘土混合土)および広島港出島地区より採取した不攪乱海成粘土である。

(1) 混合土の作製方法 三河珪砂 V5 号、

R5.5 号、V6 号、V3 号の乾燥重量比が V5 号：R5.5 号：V6 号：V3 号=1：2：2：5 となるように混合して混合する珪砂の粒度調整をし粘土との乾燥重量比がそれぞれ粘土：珪砂=80：20、60：40、40：60、30：70 となるように混合したのち予圧密圧力 50kPa を与えることにより予圧密供試体を作製した。また砂を混合しない再構成試料においても予圧密圧力 50 k Pa を与えることにより予圧密供試体の作製を行った。

(2) I_p^* の定義 地盤工学会基準で定められている土の液塑性限界の試験法では 0.425mm 以下の粒径に対して試験が行われている。しかし、砂混じり粘土においてはこの方法では砂の混入の影響が把握できないと考えられる。そこで本研究では粒径の適用範囲を試料全体の粒径に拡大して土の液性限界・塑性限界試験を行った結果から求められる塑性指数を I_p^* と定義し、砂混じり粘土のコンシステンシーを示すパラメータとして用いた。なお粒度組成のほとんど全てが粒径 0.425mm 以下の土粒子からなる試料については、通常の液性限界・塑性限界試験より得られた塑性指数の値をその試料の I_p^* として用いている。

(3) 試料の物理的性質 表 1 に試験に用いた試料の物理的性質を示す。本研究で用いた試料のうち OC60, OC40, OC30, ACC40, ACC30, C-8T-11 は地盤工学会基準「地盤材料の工学的分類方法」(JGS 0051-2000)による大分類では砂質土に分類されるがこれら試料は塑性指数 $I_p=16.0\sim77.0$ と砂質土としては高い塑性指数を示す。

(4) 試験方法および試験条件 圧密過程においては初期有効鉛直応力 $\sigma_{zc}'=100\text{kPa}$ で側方土圧係数 $K=0.5$ の異方圧密(平均有効主応力 $\sigma_m'=66.7\text{kPa}$)を行った。繰返しせん断過程では、地盤工学会基準「土の変形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 0543-2000)の方法に従って試験を行った。非排水状態で周波数 0.1Hz の正弦波形の繰返し荷重を 11 回供試体に与えた。試験結果はすべて繰返し載荷 10 回目のものを示している。

表 1 試料の物理的性質

試料名	試験名	土質分類	F.C.(%)	C.C.(%)	w _L (%)	w _p (%)	I_p	I_p^*	e_0
有明粘土A	ACA	粘性土	98.3	75.2	89.09	89.09	47.7	47.7	1.759
有明粘土B	ACB	粘性土	97.9	52.0	83.47	83.47	43.6	43.6	2.011
有明粘土C	ACC100	粘性土	100.0	61.5	155.34	155.34	111	111	2.380
小野田粘土	OC100	粘性土	84.5	37.5	84.04	84.04	49.5	49.5	1.382
五日市粘土	IC	粘性土	98.6	77.0	109.59	109.59	75.1	75.1	2.045
小野田粘土混合土	OC80	粘性土	67.0	30.0	69.18	22.67	44.8	37.8	1.102
	OC60	粘性土	50.0	21.5	63.15	18.20	40.6	27.9	1.044
	OC40	砂質土	32.5	14.0	55.41	12.49	34.0	13.5	0.745
	OC30	砂質土	25.3	11.0	47.03	8.27	26.4	9.1	0.595
有明粘土C混合土	ACC80	粘性土	79.5	49.0	138.37	38.99	98.3	84.7	1.932
	ACC60	粘性土	59.7	37.0	124.25	25.47	88.3	63.5	1.598
	ACC40	砂質土	39.9	24.0	108.48	19.43	77.0	34.3	1.144
	ACC30	砂質土	29.8	18.5	95.45	16.75	67.3	22.9	0.911
出島不攪乱粘土	C-5T-4	粘性土	99.1	67.0	116.75	116.76	82.2	82.2	2.400
	C-5T-12	粘性土	96.6	51.0	134.10	134.10	97.4	97.4	2.662
	C-8T-2	粘性土	99.9	75.0	113.80	113.80	84.5	84.5	2.547
	C-8T-11	砂質土	43.0	13.0	38.075	22.00	16.0	6.5	1.035

3. 砂混じり粘土の動的変形特性

図1は小野田粘土混合土の等価せん断剛性率 G_{eq} および履歴減衰率 h と片振幅せん断ひずみ $(\gamma)_{SA}$ の関係を示したものである。それぞれの曲線から $(\gamma)_{SA}=0.0001\%$ に対する G_{eq} を読み取り初期せん断剛性率 G_0 とした。図より F.C.が減少するに従い G_0 が増大し OC30 の G_0 は OC100 の約2倍まで至っていることがわかる。砂分の含有率が高い粘土の G_0 は高い値を示すことから砂分が G_0 に影響を与えると考えられる。

h は $(\gamma)_{SA}=0.01\%$ までは1~5%の範囲内でほぼ一定値を示し、 $(\gamma)_{SA}=1.0\%$ では $h=10\sim20\%$ を示すことがわかる。また $(\gamma)_{SA}=0.01\%$ 程度のひずみレベルからが高くなりはじめ F.C.が低い試料ほど高い h を示し、砂分が $(\gamma)_{SA}$ に対する h に影響を及ぼすことが明らかである。

図2は G_0 と I_p の関係を示したものであり、図3は G_0 と I_p^* の関係を示している。図2より全体的に I_p が低いものほど G_0 大きくなる傾向が認められるが、2つの混合土うち I_p が低い試料の G_0 は砂分の影響を受けて同程度の I_p を示す粘土よりさらに高くなり、 G_0 と I_p との間に良い相関性は認められない。これに対して図3の G_0 と I_p^* の関係に良い相関関係が得られるのは I_p^* が砂分と粘土の塑性を考慮したパラメータであるからと考えられる。

図4に片振幅せん断ひずみ $(\gamma)_{SA}=0.01\%$ 、 0.1% 、 1.0% における履歴減衰率 h と塑性指数 I_p および I_p^* の関係をそれぞれ示す。 $(\gamma)_{SA}=0.01\%$ 以上のひずみレベルでは I_p が小さいほど h が高い値を示す傾向が認められる。しかし、2つの混合土うち I_p が低いものは砂分の影響を受けてさらに $(\gamma)_{SA}$ に対する h が高くなることがわかる。 $h-I_p^*$ 関係の各ひずみレベルにおいて I_p^* が低いものほど h が高い傾向が認められ、データに多少のばらつきがあるが $h-I_p^*$ 関係を直線関係で表すことができる。

4 まとめ

- 1) 砂混じり粘土は砂分の影響を受けて、高い初期せん断剛性率 G_0 を示し、 $(\gamma)_{SA}$ の増加に対する履歴減衰率 h が高くなることが認められた。
- 2) 砂分の含有率の高い粘土を含めた粘性土の初期せん断剛性率 G_0 および各ひずみレベルにおける履歴減衰率 h は、従来の塑性指数との関係よりも本研究で定義した I_p^* と良い相関性を示すことが認められた。

参考文献 1) 善ら：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書、第26巻、第1号、pp.41~113、1987

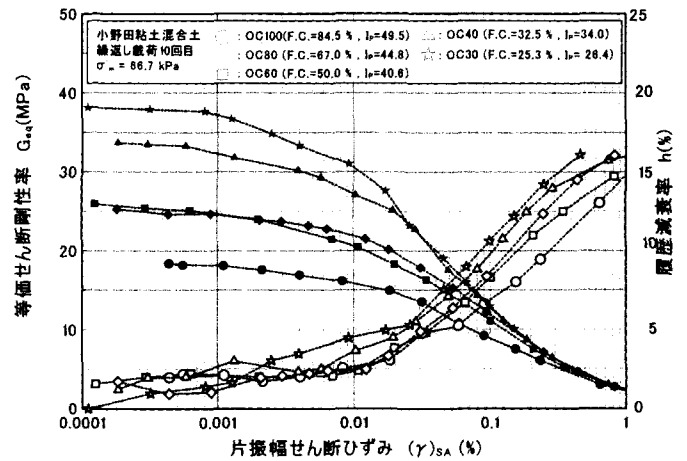


図1 等価せん断剛性率および履歴減衰率と片振幅せん断ひずみの関係(小野田粘土混合土)

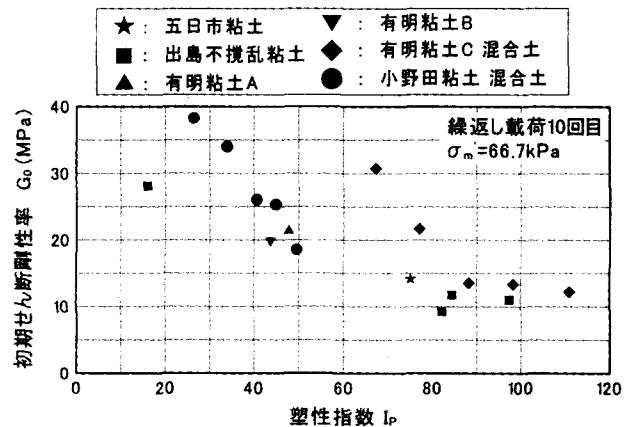


図2 初期せん断剛性率と塑性指数の関係

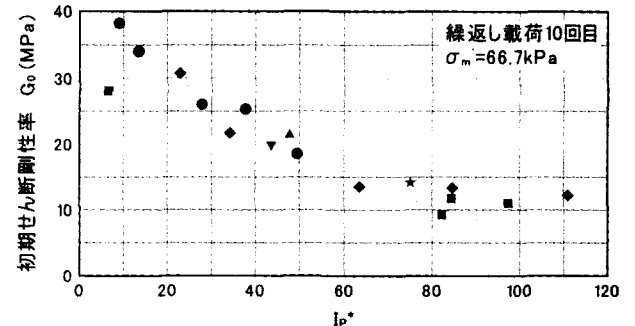


図3 初期せん断剛性率と I_p^* の関係

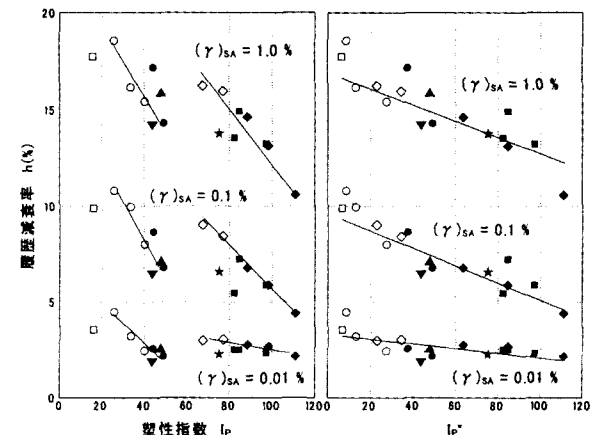


図4 各ひずみレベルにおける履歴減衰率と塑性指数および I_p^* の関係