

粘土分を含む砂の三軸液状化特性

大分工業高等専門学校 正 ○ 工藤宗治
大分工業高等専門学校 正 長友八郎
大分工業高等専門学校 佐藤 栄

1. まえがき

細粒分を含む砂の液状化については、主としてシルト分を含む砂について多くの研究が行われている。ここでは粘土分を含む砂について、粘土の種類とその含有量が液状化にどのような影響を及ぼすかについて、繰り返し三軸液状化試験によって調べた。

2. 実験材料及び供試体

実験材料は山砂に粘土分として、性質の異なるカオリンおよびベントナイトを混合したものである。山砂は大分市内産のもので、50%粒経 $D_{50}=0.23\text{mm}$ 、均等係数 $U_C=40$ 、土粒子の密度 $\rho_s=2.471\text{g/cm}^3$ である。またその最大間隙比 $e_{\max}=1.792$ 、最小間隙比 $e_{\min}=1.313$ である。各試料の粘土分混合比及び塑性指数 I_p を表-1に示す。粘土分混合砂の最小乾燥密度を正確に測定することはできなかった。

供試体の寸法は直径約50mm、高さ約120mmであり、試料を $25\times 3\text{mm}$ のスリットから空中落下させて堆積条件一定で作成した。山砂の供試体の相対密度 $D_r=0.575$ である。粘土分混合砂の各試料は、上述のように相対密度で整理することはできなかった。各々の試料の乾燥密度 ρ_d と間隙比 e を表-1に示す。カオリン混合試料の供試体は、脱気水の通水によって収縮する現象が生じるので、実験後の試料の含水比を測定して計算してある。またベントナイトを20%混合した試料の供試体は、圧密時にやや膨張して体積が増大する現象が認められた。

		I_p	$\rho_d(\text{g/cm}^3)$	e
kaolin	sand	NP	0.973	1.540
	3%	NP	0.970	1.556
	5	NP	1.037	1.395
	10	NP	1.068	1.339
	15	8.9	1.120	1.242
	20	9.3	1.169	1.160
bentonite	5%	17.9	1.028	1.461
	10	21.2	1.030	1.456
	15	33.7	1.063	1.380
	20	50.0	1.019	1.483

Table 1. Properties of Samples

3. 実験方法及び実験結果

液状化実験は非排水繰り返し三軸圧縮試験によった。有効拘束圧 0.5kgf/cm^2 、バックプレッシャー 2.0kgf/cm^2 の下で一次圧密終了後一定の時間まで圧密して、繰り返し荷重を載荷した。軸ひずみ両振幅が5%に達する載荷回数を液状化回数とした。カオリン混合試料の液状化回数 N とせん断応力比 SR の関係を図-1に示す。混合率が3%の試料の実験結果は、山砂のものとほとんど等しいので、同一の曲線にしてある。ベントナイト混合試料の実験結果を図-2に示す。

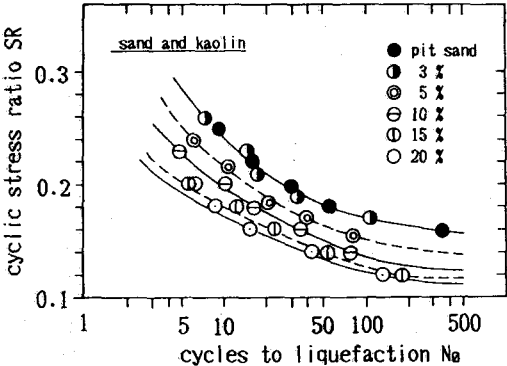


Fig.1. Stress ratio versus cycles to liquefaction (sand and kaolin)

4. 考察

図-1、図-2から明かなように、カオリン混合試料は山砂より液状化が生じ易く、ベントナイト混合試料は山砂より液状化が生じ難い。一般に粘土分を含む砂の液状化に影響を及ぼす要因としては、粘土分含有率 P_c と塑性指数 I_p 等が考えられる。

図-3は試料の粘土分含有率 P_c と液状化強度即ち載荷回数20回におけるせん断応力比 SR_{20} との関係を示す。カオリン混合砂は、 P_c が増大するに従ってその密度は大きくなるが、液状化強度は低下している。一方ベントナイト混合砂は $P_c=15\%$ まではその増大に伴って密度が大きくなるが、 $P_c=20\%$ の試料では膨張のために密度が小さくなっている。そして液状化強度は増大を続けている。カオリンとベントナイトは液状化強度について、正反対の影響を及ぼしているといえる。また粘土分含有率 P_c の増加に伴って、カオリン混合砂ではその SR_{20} の減少の割合がやや小さくなる傾向があり、ベントナイト混合砂ではその SR_{20} の増加の割合が大きくなる傾向が認められる。

図-4は試料の塑性指数 I_p と液状化強度 SR_{20} の関係を示す。カオリン混合砂はNPかまたは I_p は小さいが、多少 I_p が増加すると液状化強度は低下する傾向が認められる。一方ベントナイト混合砂では、明らかに I_p が大きくなると液状化強度は増大している。またカオリン混合砂とベントナイト混合砂の双方を含めて、総合的に見れば、大略 I_p が大きくなれば液状化強度も増大しているといえる。

5. まとめ

粘土分を含む砂試料の液状化について、本実験の範囲では、粘土の種類即ちその性質が大きな要因となっている。特に粘土分含有率との関係においては、カオリン含有試料とベントナイト含有試料とでは、正反対の傾向を示し、前者は液状化強度を低下させ後者は増大させる。

粘土分を含む砂の液状化に関する既往の幾つかの実験結果と本実験の結果とは必ずしも同一の傾向を示してはいない¹⁾。この問題に関しては、供試体の作成方法、載荷における拘束圧、載荷振動数等の実験条件の影響を調べる必要がある。

(参考文献)

- 1) 桑野二郎ほか：細粒分を含む砂の液状化特性、土と基礎、Vol141、No7(1993)

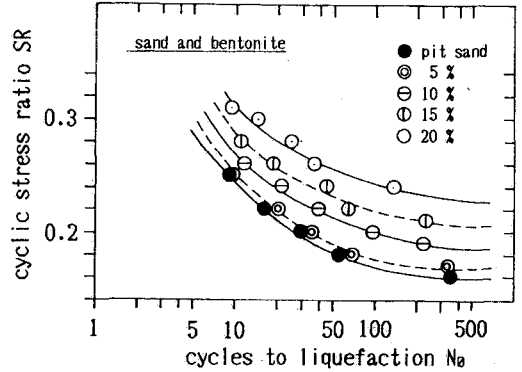


Fig.2. Stress ratio versus cycles to liquefaction (sand and bentonite)

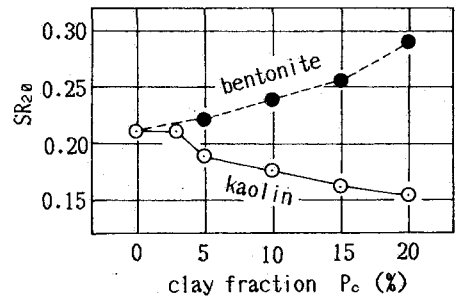


Fig.3. Liquefaction strength SR_{20} versus clay fraction P_c .

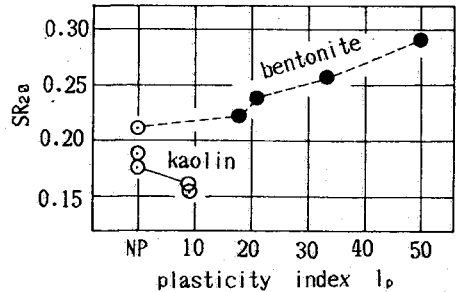


Fig.4. Liquefaction strength SR_{20} versus plasticity index I_p .