

液状化した塑性指数の異なる緩い粘土混じり砂の強度・変形特性試験

九州工業大学大学院 学生員 ○柳畑 亨
九州工業大学工学部 正会員 永瀬 英生
九州工業大学工学部 正会員 廣岡 明彦
九州工業大学工学部 学 生 井上 孝則

1. はじめに

千葉県東方沖地震(1987)等の震害調査報告¹⁾によると、細粒分を含む砂地盤であっても液状化に至っている事例が報告されている。したがって、このような地盤においても液状化に起因する永久変位を生じる可能性を有しており、その強度・変形特性にはコンシステンシー等の性質が大きく影響することが予想されるが、これに関する研究はあまり行われていないのが現状であろう。そこで本研究では、液状化した塑性指数 I_p の異なる緩い粘土混じり砂の流動特性について調べてみた。

2. 実験方法

実験には、試料として豊浦標準砂 ($G_s=2.637$, $e_{max}=0.973$, $e_{min}=0.609$) にセピオライト ($I_p=320.8$)、木節粘土 ($I_p=38.5$) およびカオリン ($I_p=29.1$) を細粒分含有率 (FC) 10% で混合した砂質土を、供試体作製方法として、不飽和砂凍結法²⁾を用いた。供試体は高さ 15cm、直径約 7.4cm の円柱形である。供試体作製後、間隙空気を二酸化炭素で置換して脱気水を通水し、背圧を 196kPa 与えて飽和化している。なお、間隙圧係数 B 値は 0.95 以上であった。また、今回の実験手順は以下のとおりである。①有効拘束圧 $\sigma'_0=49kPa$ で等方圧密する。②非排水状態にして繰返し三軸試験を行い、両振幅軸ひずみ $DA=10\%$ になるサイクルまで繰返し載荷する。ただし、繰返し載荷は伸張側から 1 サイクルを開始している。③繰返し試験終了後、荷重制御方式で非排水三軸圧縮試験を行う。

なお、供試体の詰まり具合は granular void ratio (粒状間隙比), e_g ³⁾を用いて表している。

3. 実験結果および考察

表 1 に今回の試験結果を示す。液性限界・塑性限界試験⁴⁾より表中に示すようにカオリン 10%混合試料および木節粘土 10%混合試料の塑性指数 I_p は N.P. (非塑性) であった。図 1 に繰返し非排水三軸試験での繰返し応力比 R ~ 両振幅軸ひずみ $DA=10\%$ における繰返し回数 N 関係を示す。図より、木節粘土 10%混合試料はカオリン 10%混合試料と同様に塑性指数 I_p が N.P. であるにもかかわらず液状化強度比 R_{r20} (繰返し回数 $N=20$ 回での繰返し応力比 R) は $I_p=15.7$ のセピオライト 10%混合試料と同程度の値を示している。このことから、塑性指数 I_p が大きくなれば液状化強度比 R_{r20} は大きくなるが、含有している細粒分の種類によっては、 I_p の値のみに依存していないことがわかる。

表 1 試験結果

試験名	細粒分	塑性指数, I_p	粒状間隙比, e_g	繰返し応力比, R	繰返し回数, $N(DA=10\%)$
KA1	カオリン	N.P.	1.004	0.047	867
KA2			1.002	0.126	3.0
KA3			0.978	0.039	498
KI1	木節粘土	N.P.	1.057	0.294	1.5
KI2			1.018	0.151	106
KI3			1.005	0.203	57
SE1	セピオライト	15.7	1.057	0.245	12
SE2			1.055	0.284	1.5
SE3			1.013	0.249	31

図 2 に液状化後の非排水三軸圧縮試験における軸差応力 q ・過剰間隙水圧比 Δu ~ 軸ひずみ ϵ 関係を示す。この図より、繰返し非排水三軸試験における繰返し応力比 R ・繰返し回数 N によらず各試料ともほぼ同様な傾向を示していることがわかる。セピオライト 10%混合試料は載荷の初期段階でせん断応力が急増し、それに

伴って過剰間隙水圧も急に減少している。また、カオリン 10% 混合試料は軸ひずみ ε が 80% 程度に至るまでわずかなせん断応力しか発揮していないことがわかる。木節粘土 10% 混合試料は载荷の初期段階でせん断応力が急増しているが、軸差応力 q が 20 kPa を越えるあたりから軸ひずみの進行に伴ってほぼ同じ値を示していることがわかる。これらのことから、塑性指数 I_p が大きくなれば流動に対する抵抗は大きくなるが、含有している細粒分の種類によっては、 I_p の値のみに依存していないことがわかる。

4. まとめ

液状化した塑性指数の異なる緩い粘土混じり砂の強度・変形特性を明らかにするために、荷重制御方式の繰返し非排水三軸試験および非排水三軸圧縮試験を行った。その結果、液状化前後のせん断特性において塑性指数が大きくなれば抵抗が大きくなるが、含有している細粒分の種類によっては、塑性指数のみに依存していないことがわかった。

《参考文献》

- 1) 森伸一郎・他：埋立地の液状化で生じた噴砂の諸特性，土と基礎，Vol.39, No.2, pp.17-22, 1991.
- 2) 安田 進・他：砂の超緩詰め供試体の作製方法，第 28 回土質工学研究発表会発表講演集，Vol.1, pp.885-886, 1993.
- 3) Georgiannou, V.N. et al. : The undrained behaviour of clayey sands in triaxial compression and extension, Géotechnique 40, No.3, pp.431-449, 1990.
- 4) 土質工学会編：土の液性限界・塑性限界試験，土質試験の方法と解説 第 2 編第 5 章，土質工学会，pp.71-80, 1990.

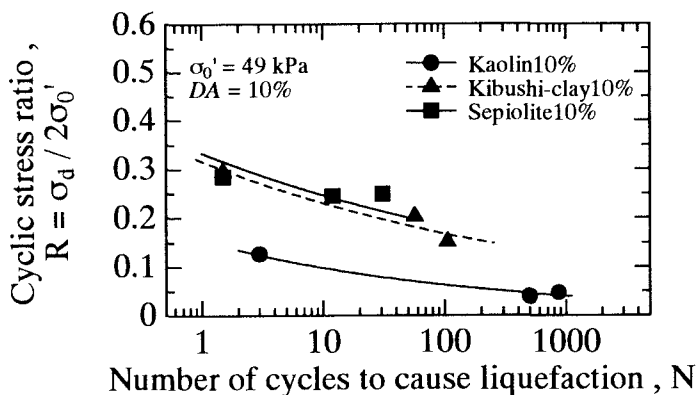


図1 R~N関係

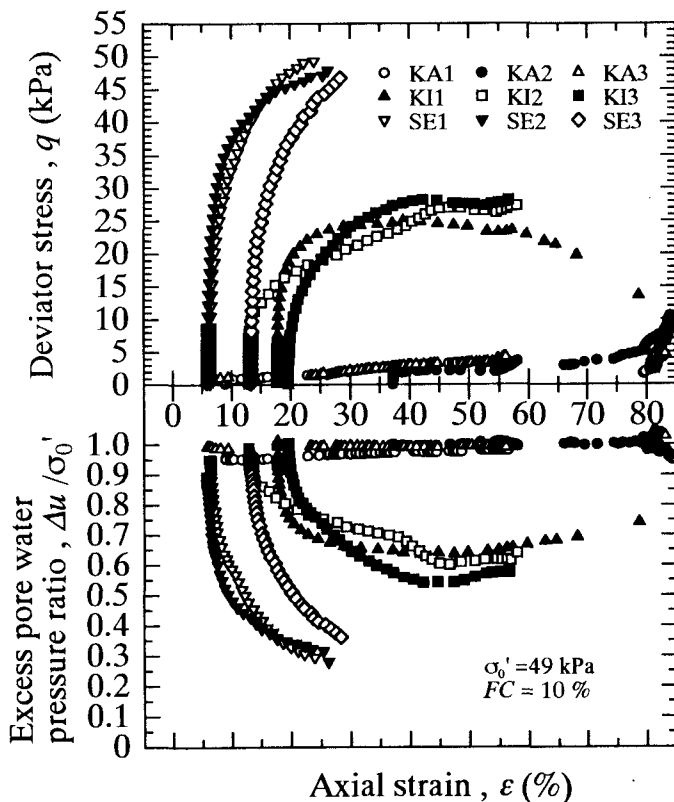


図2 液状化後の $q \cdot \Delta u \sim \varepsilon$ 関係