

立命館大学大学院 学生員 ○橋本 琢治 立命館大学大学院 学生員 中尾 慶太
立命館大学理工学部 正会員 竹下 貞雄

1. まえがき

今回著者らは、物理的特性の異なる2種類の砂について、2つの相対密度 ($Dr=40\%$ 及び $Dr=70\%$) で繰り返し振動三軸試験を行い、繰り返し荷重、変位量、間隙水圧の時間変化及び液状化強度曲線より、それぞれの液状化特性を調べた。また、すでに我々がCU試験から求めた液状化指数 (L.I.) との比較を行ったので報告する。

2. 実験概要

試料は腰越砂及び和田砂を用いた。試料の物理的性質及び粒径加積曲線を表1及び図1に示す。

供試体は直径5 cm、高さ10 cmで、所定の相対密度になるように乾燥砂をモールド内に空中落下させて作成した。そして供試体を飽和させるために、 CO_2 と脱気水を通しバックプレッシャーを 3 kg f/cm^2 かけることにより、B値は97%以上得られた。

載荷試験は、所定の相対密度 (Dr) になるような有効拘束圧で等方圧密を行った後、周波数0.1 Hzの正弦波を所定の繰り返し応力振幅比 ($\sigma_d / 2\sigma_v'$) のもとで載荷し、軸ひずみ両振幅 (DA) が10%になるまで行った。

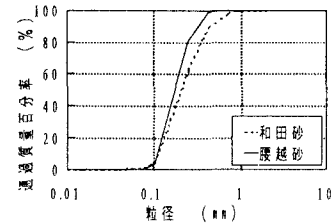


図1 粒径加積曲線

表1 試料の物理的特性

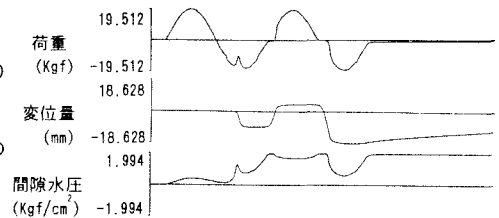
	腰越砂	和田砂
G_s	2.709	2.746
e_{max}	1.097	1.088
e_{min}	0.669	0.691
D_{10} (mm)	0.13	0.11
D_{50} (mm)	0.20	0.24
U_c	1.54	2.18
U_c'	0.98	0.81

3. 実験結果及び考察

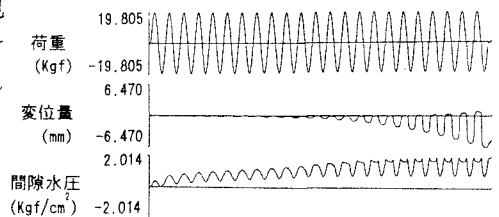
図2は、腰越砂の繰り返し荷重、変位量、間隙水圧の時間変化を示した試験結果である。上には $Dr=40\%$ 付近、下には $Dr=70\%$ 付近の時間変化を示した。なお比較のため両結果とも同じ繰り返し応力振幅比 ($\sigma_d / 2\sigma_v' = 0.25$) での結果を提示した。

$Dr=40\%$ の場合、数回の繰り返し荷重で、変位量及び間隙水圧が急増している。つまりクイックサンドが起こったと考えられる。しかし、その直前までの時間変化を見ると、変位はほとんど出ず弾性的であり、間隙水圧だけが徐々に上昇している。つまり、過剰間隙水圧が蓄積していくことがわかる。

これに対して $Dr=70\%$ の場合、 $Dr=40\%$ で見られるようなクイックサンドは起こらず、変位量及び間隙水圧とも徐々に上昇し、有限なひずみ振幅を持つせん断波形が繰り返されている。



$Dr=40\%$



$Dr=70\%$

図2 荷重、変位量、間隙水圧の時間変化

つまり密な砂では変位量がある値を超えると、せん断によって供試体の体積が膨張しようとする傾向（正のダイレタンシー）が現れるので、間隙水圧が減少し、有効応力が回復することになる。そのため、間隙水圧は繰り返し荷重がゼロ付近で最も大きくなり、荷重がピークの時点で減少するといった挙動を示す。過剰間隙水圧の波形にくぼみが生じているのはこのためである。すなわち有効応力がゼロになるのは、せん断応力がゼロになる瞬間だけであり、せん断応力が作用している間には有効応力が存在しているので相当な剛性を保持していることになる。この現象をサイクリックモビリティと呼ぶ。

図3は繰り返し振動三軸試験において、 $D_A=5\%$ 時における繰り返し応力振幅比SR ($\sigma_d / 2\sigma'_v$) と繰り返し載荷回数(N)をプロットすることによって求められる腰越砂及び和田砂の液状化強度曲線である。①には $Dr=40\%$ 付近、②には $Dr=70\%$ 付近の点をプロットした。これによると腰越砂と和田砂では、腰越砂の方が液状化しやすいことがわかる。

また静的載荷による液状化傾向を求めるために、静的載荷によりひずみ軟化が生じる供試体の応力経路(図4)において、Collapse Surfaceの大きさを評価したものが液状化指数(L.I.)である。この値が大きいほど液状化しやすい砂であるといえる。L.I.においても腰越砂の方が液状化しやすいことがわかっていて。(腰越砂:0.323、和田砂:0.196)。これらの結果より静的三軸試験より求められる液状化傾向は動的三軸試験より求められる結果と一致していることがわかる。

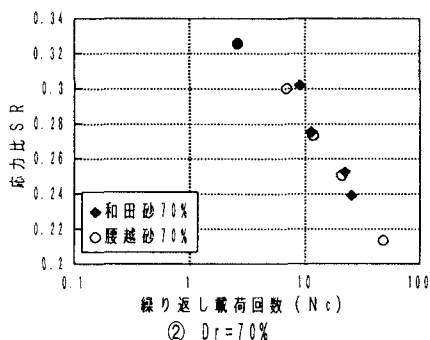
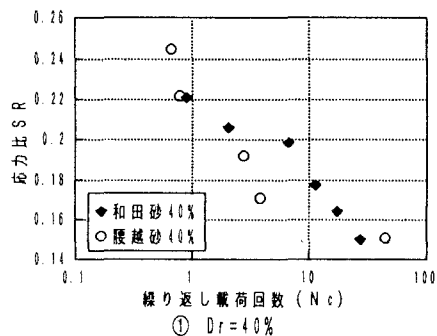


図3 液状化強度曲線

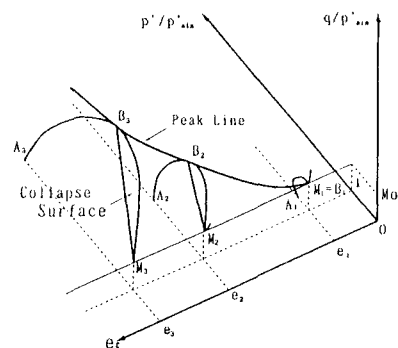


図4 $e_c - q/p'_{ss} - p'/p'_{ss}$ 空間上におけるCollapse Surface

4. 結論

- ・ 腰越砂と和田砂では腰越砂の方が液状化しやすい
- ・ 腰越砂、和田砂どちらにおいても、ゆる詰め時($Dr=40\%$)ではクイックサンドを起こし、密詰め時($Dr=70\%$)ではサイクリックモビリティの状態になる。
- ・ 静的試験より求められる液状化指数と動的試験より求められる液状化傾向は一致する可能性が高い。

参考文献

- 1) G.Castro et al: Factor Affecting Liquefaction and Cyclic Mobility, Jour. of G.E.,Proc.of ASCE,Vol.103, NO.GT 6, pp.501-516 (1977)
- 2) K.L.Lee and H.B.Seed:Cyclic Strees Conditions Causing Liquefaction of Sand, J. SMFD, ASCE, Vol.92, No.SM6, pp.49-56 (1966)