砂質土の液状化強度に及ぼす初期せん断応力の影響についての三軸試験

 中央大学
 正会員 國生剛治

 中央大学
 学生会員

 ○斎藤健太 加藤亮

1. はじめに

従来,液状化に関する研究の多くは水平地盤を想定したもの であるが,実際には構造物近傍や斜面のような初期せん断応力 を受けている地盤が多数存在している.このような地盤で液状 化が発生すると,構造物の沈下,転倒および斜面の崩壊が起こ ることが考えられるため,初期せん断応力の加わる地盤に対す る液状化の研究は重要である¹⁾.

そこで本研究では、三軸試験機を用いて砂の非排水繰返しせん断試験を行い、初期せん断応力が液状化強度に与える影響について検討した.

2. 試験方法と試験試料

図-1 に本研究に用いた三軸試験機の概略を示す.供試体は直径 50mm,高さ100mmである.試料は細粒分含有率 F_c=0%の千葉県富津埋立砂を用い,図-2 に粒径加積曲線,表-1 に物理特性を示す.供試体は圧密後相対密度 D_{rc}がほぼ 50%,70%になるよう,試料を5層に分けてモールド内で締固めるドライタンピング法により作成した.

バックプレッシャーを 196kPa, 有効拘束圧を 98kpa で等方圧 密した後, 軸圧 σ_1 ならびに側圧 σ_3 を調整し, 平均有効主応 力 $\sigma_{m} = (\sigma_1 + 2\sigma_3)/3$ を 98kpa で一定に保ちながら初期せん断 応力 $\tau_s = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$ を圧縮側に加えた. なお, 初期せん断応 力の大きさは初期せん断応力比 $\alpha = \tau_s/\sigma_m$ で表すものとする. 液状化試験は非排水条件で応力制御にて所定の繰返し応力比 ($R_L = \sigma_d/2\sigma_m$)となるように σ_d を設定し, 載荷周波数 *f*=0.05Hz の正弦波をあたえた.

3. 試験結果

図-3 はほぼ同一条件($D_{rc} = 50\%$, $R_L = 0.27$)で α のみが3段階に変化した試験の有効応力経路 を示したものである. $\alpha = 0$, 0.15 ではせん断応 力が圧縮側から伸張側へ反転しており,最終的 に液状化に達している. 一方 $\alpha = 0.3$ では τ_s に 比べて繰返し応力の片振幅 $\tau_d = \sigma_d/2$ が小さい ためにせん断応力が反転していないことが確認 できる.また, σ_m がゼロになっていないこと から過剰間隙水圧は拘束圧まで上昇していない

キーワード 初期せん断応力,三軸試験,相対密度 連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部都市環境学科土質研究室

Axial strain (%)



図-5 は R_L =0.13~0.51 で行った試験において,両振幅軸ひずみ ϵ_{DA} またはピーク軸ひずみ ϵ_p が5%に達した時の残留間隙水圧 $u \ \epsilon \sigma_m$ で除して α に対して示したものである.等方圧密下で は間隙水圧はほぼ拘束圧まで達するが,初期せん断応力を加え たものに関しては D_{rc} =50~70%の条件では拘束圧まで上昇しな いことが認められる.しかも, α が大きいほど間隙水圧の発生 量は小さくなっており, D_{rc} =50%, α =0.3 の結果のように応力 反転のない場合ではその傾向が著しい.これは図-3 の有効応力 経路からもわかるように,初期せん断応力が大きくなるにつれ, 破壊に至るまでの有効応力の変化量が少なくなることに起因し ている.つまり,軸ひずみや間隙水圧の発生には初期せん断応 力の大きさや応力反転の有無が大きく影響を及ぼすことがわか る.

図-6(a), (b) に ε_{DA} が 5%に達した時の R_L と繰返し載荷回数 N_c の関係を圧密後相対密度別に示す. 図の $D_{rc} = 50\%$, $\alpha = 0.3$ で は応力反転が起きず軸ひずみの振幅が大きく出なかったため, ε_{DA} ではなく $\varepsilon_{p}=5\%$ での値をとっている. 液状化強度曲線はい ずれの D_{rc} でも α の増加とともに右上方へシフトしており, D_{rc} が大きいほど同じ α での液状化強度が大きくなっている. また, $D_{rc} = 70\%$ では α の増加に伴い勾配が大きく変化しており, N_c が 小さい範囲での立ち上がりが顕著となることが確認できる. こ れは,密な砂に初期せん断応力が加わることによってサイクリ ックモビリティーによる有効応力の回復が顕著となり,軸ひず みの進行が緩慢となったためだと考えられる.



図-7に初期せん断応力比αと図-6より読み取った N_c=20 で定 義される液状化強度の増加率を, R_{L20}を R_{L20}(α=0)で基準化して

示す. これより, R_{L20} は α が増加するに伴い D_{rc} に関わらず増加する傾向があることがわかる.また,その増加割合は D_{rc} = 70,50% ともに α =0.15 までは同程度であるが, α =0.3 では応力反転のない D_{rc} = 50% の方が明らかに大きくなり,応力反転の有無が強度に大きな影響を及ぼすことを示している.

4. まとめ

- 応力反転がない場合、軸ひずみは大きく振れることなく圧縮方向に単調に卓越する挙動を示し、間隙水 圧は初期拘束圧まで上昇しない。
- ・ 圧密後相対密度 D_{rc}=50~70%で細粒分含有率 F_c=0%の砂を用いた今回の試験では、初期せん断応力の増加 に伴い砂の液状化強度は増加し、とくに応力反転がない場合は増加割合も大きくなる.

【参考文献】1) Y.P.Vaid and S.Sivathayalan:Static and cyclic liquefaction potential of Fraser Delta sand in simple shear and triaxial tests, Can. Geotech. J. 33:281-289(1996)