

初期せん断が液状化強度や変形特性に与える影響

川崎地質株式会社 正会員 脇中康太
 東京電機大学理工学部 フェロー会員 安田進
 東京電機大学理工学部 正会員 石川敬祐
 東京電機大学理工学部 学生会員 ○北村友依

1. はじめに

過去の地震災害において、河川堤防やその基礎においても液状化が発生したことが報告されている。河川堤防などの構造物直下ではせん断応力が作用している。こうした地盤内には図-1 に示すように鉛直・水平方向の異方応力状態に加えて、初期せん断 τ_i が作用することになる¹⁾。このような地盤で液状化が起こると変形が大きく発生することで、転倒や沈下などの被害に発展してしまう。そこで、本研究では初期に作用するせん断応力が液状化強度や変形特性に与える影響を明らかにすることを目的に、初期せん断応力を作用させて繰返し中空ねじりせん断試験を行った。

2. 実験方法

実験に使用した砂は豊浦標準砂である。これを空中落下法により所定の相対密度になるように詰め、供試体を作製した。供試体は、外径 10cm、内径 6cm、高さ 10cm の中空円筒形で、目標相対密度は $Dr=50\%$ 、 70% とした。有効拘束圧 $\sigma'_c=20(\text{kPa})$ のもとで等方圧密し、その後排水状態で所定の初期せん断応力 τ_i を加えた。次に、初期せん断応力による過剰間隙水圧が完全に消散したことを確認した後、初期せん断を加えた状態を保ったまま非排水状態にし、正弦波で 20 波の繰返し載荷を行った。繰返し載荷後、初期せん断を加えたまま、静的単調載荷試験を実施した。静的単調載荷試験は、ひずみ制御で行い載荷速度は毎分 10% とした。なお、初期せん断応力の大きさは初期せん断応力比 $\alpha=\tau_i/\sigma'_c$ で表すものとし、本実験では、 $\alpha=0\sim0.4$ の 5 段階の初期せん断応力比を作用させて実験を行った。

3. 実験結果

図-2 に繰返し載荷時の繰返しせん断応力比 R_d と 20 波の載荷で生じたせん断ひずみ両振幅の関係をプロットし、両ひずみ振幅 7.5% の時のせん断応力比を液状化強度比 R_L とした。ただし、本実験では初期せん断応力を加えた際にせん断ひずみが発生し、なおかつ、繰返し試験時に初期せん断応力を加えた向きへせん断ひずみが偏ってしまう。このため、通常の繰返し中空ねじりせん断試験の「両振幅せん断ひずみ 7.5%」に加え、「片振幅せん断ひずみ 3.75%」、「片振幅+初期せん断ひずみ 3.75%」の 3 パターンで R_L をまとめた。図-3 に $Dr=50\%$ の繰返し載荷時に得られた有効応力経路を示す。同図より繰返し載荷時のせん断ひずみは、初期せん断応力 τ_i を加えた方向へ偏っていることがわかる。また、得られた R_L と初期せん断応力比の関係を図-4 に示す。 $\alpha=0.2$ までは応力は反転し、正負方向にせん断ひずみが生じ、 R_L は減少する結果となった。一方、 $\alpha=0.3\sim0.4$ では、一方向にせん断応力が作用することで

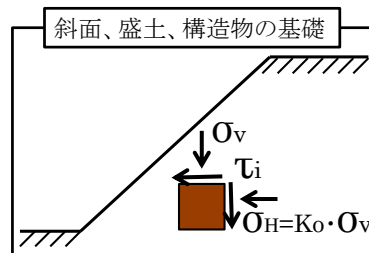


図-1 地盤内の初期せん断力

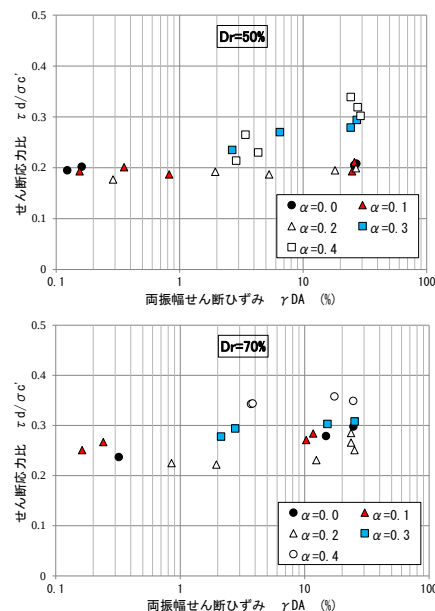


図-2 せん断応力比-せん断ひずみ関係

キーワード 繰返し中空ねじり試験 初期せん断応力 液状化

連絡先 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 TEL 049-296-0496

せん断ひずみが生じにくく R_L は上昇する結果となった。

次に、図-5 に示す単調載荷時の微小抵抗領域のせん断剛性 G_1 と液状化安全率 F_L を整理した。 G_1 と F_L の関係を図-6 に示す。 F_L は式-1 に示す通り、繰返しせん断応力比 R_d と初期せん断が作用していない時の液状化強度比 $R_{L(\alpha=0)}$ から算出した。図-6 より $\alpha=0.2$ では、 $\alpha=0$ と比較して同じ F_L に対して G_1 は小さくなり、 $\alpha=0.3, 0.4$ では、同じ F_L に対して G_1 は大きな値となった。これは、 F_L を定義する際に $\alpha=0$ の時の R_L を用いたため、 α の違いによる R_L の増減に伴い、 F_L が変化したことによる。

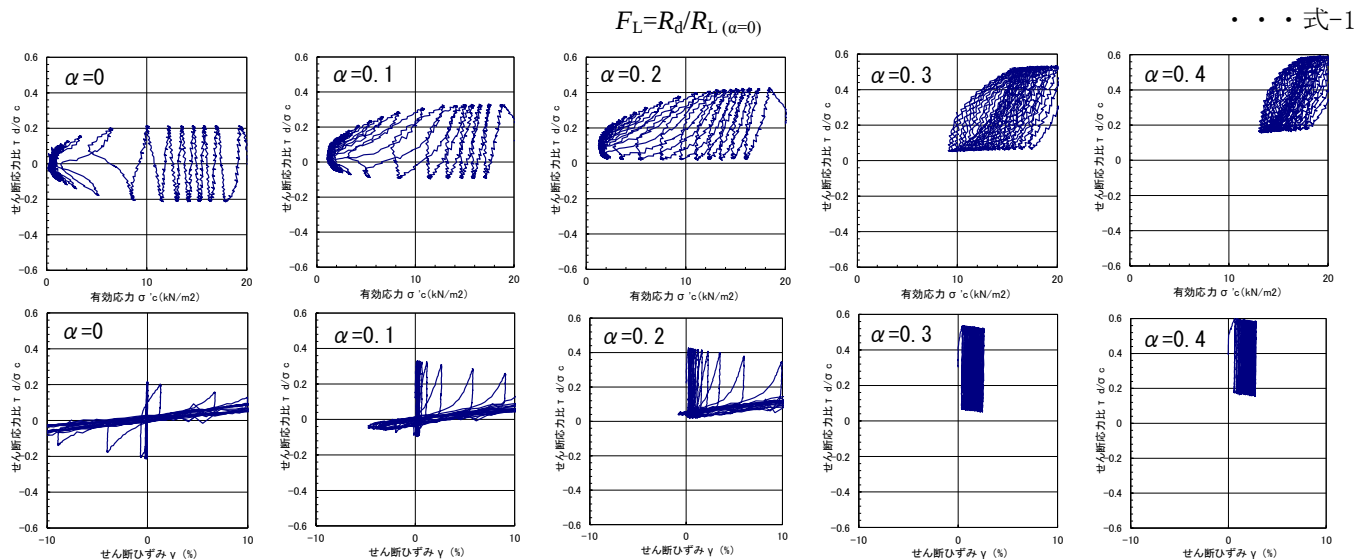


図-3 有効応力経路とせん断応力-ひずみ関係

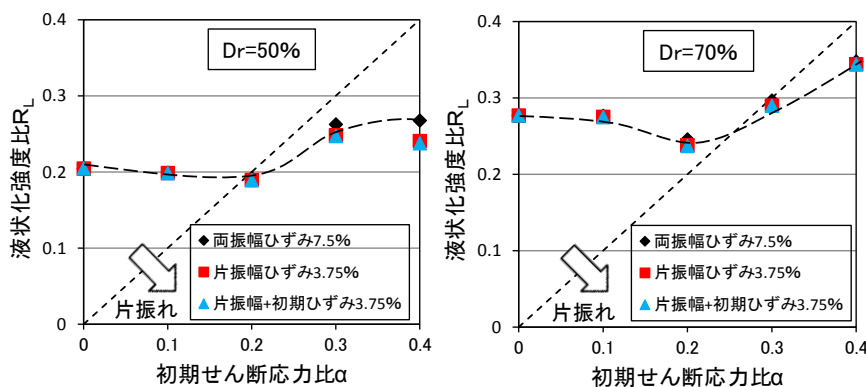


図-4 液状化強度-初期せん断応力比の関係

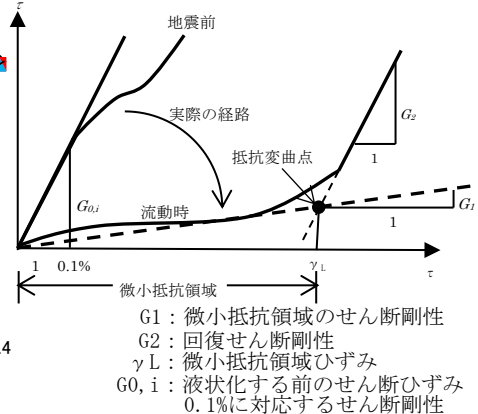


図-5 G_1 の定義

4. まとめ

小さな初期せん断応力が作用する時は初期せん断応力が作用しない時と比較して、せん断応力が反転し正負両方向にひずみが生じて、 R_L は減少する結果となった。逆にせん断応力の反転がないような大きな初期せん断応力が作用する時は、初期せん断方向にせん断応力が作用し、せん断ひずみが生じにくく R_L は上昇する結果となった。 G_1 については R_L の増減に伴い F_L が変化したことにより、 α の違いによる傾向が見られた。

参考文献

- 1) 安田進：液状化の調査から対策工まで，鹿島出版会，pp.82-88，1988。

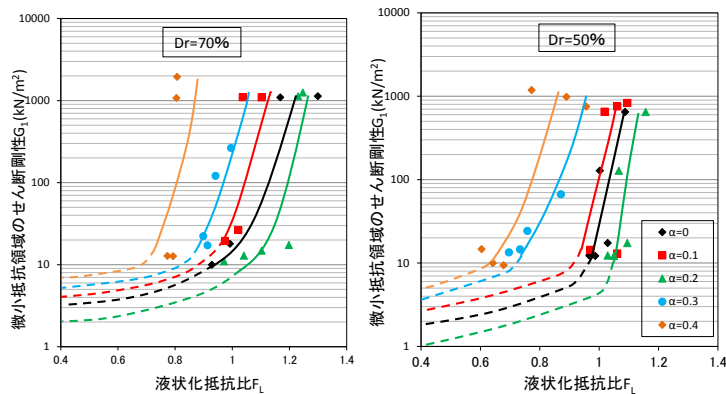


図-6 G_1 - F_L 関係