

繰返しねじり試験装置を用いた液状化砂の変形特性

九州工業大学工学部 学生会員 ○板藤 繁
 九州工業大学工学部 正 会 員 安田 進
 東京電力(株) 正 会 員 増田民夫
 九州工業大学大学院 学生会員 規矩大義

1. まえがき

液状化した地盤の強度・変形特性を知ることは、液状化後に発生する永久変位などの大変形問題を考える上で非常に重要である。安田ら¹⁾は、以前からベン試験装置や繰返しねじりせん断試験装置を用いて、液状化地盤の持つ強度・変形特性について研究を行っており、地盤のせん断強度や剛性が液状化によって大きく低下する結果を得ている。さらに、それらが有効拘束圧や相対密度に依存していることも明らかにしている²⁾。しかし、液状化がさらに激しく発生した地盤では、剛性低下の割合がさらに大きくなることは、想像に難くない。そこで、液状化の程度や激しさが液状化後の地盤強度・変形特性に与える影響に関して、繰返しねじりせん断試験装置を用いて実験を行ってみた。以下に結果を報告したい。

2. 実験方法

試料には豊浦標準砂を用い、空中落下法により外径 10 cm、内径 6 cm、高さ 10 cm の中空供試体を作成した。各供試体の相対密度 $D_r=29.9\sim34.7\%$ である。有効拘束圧 $\sigma_v'=0.5 \text{ kgf/cm}^2$ のもとで等方圧密を行ない、非排水状態のまま、繰返し载荷を行なった。そして、供試体が所定の過剰間隙水圧比 ($\Delta u/\sigma_v'=0.0, 0.3, 0.6, 0.9, 1.0$) に達した後、供試体に静的単調载荷を行ない、応力～ひずみ関係を求めた。繰返しせん断力はあらかじめ液状化試験を行ない、供試体が20波で液状化する応力振幅を決定し、過剰間隙水圧比は、繰返し回数で判断した。また、液状化が更に激しく発生した場合を想定し、供試体に20波以上の繰返しせん断を加えるケースも実施した。液状化の程度は、液状化に対する安全率 F_L で定義し、 $F_L=1.0, 0.95, 0.9$ の3段階とした。また、単調载荷は、ひずみ制御とし、その速度は $\dot{\gamma}=10 \text{ \% / min}$ とした。図-1に载荷のパターンを示す。

3. 実験結果及び考察

図-2に繰返し载荷後の静的単調载荷によって得られた、応力～ひずみ関係を示す。これより、過剰間隙水圧比 $\Delta u/\sigma_v'$ の値が大きくなるにつれて、応力～ひずみ関係の初期の勾配は緩やかになり、発生する最大応力も小さくなっており、

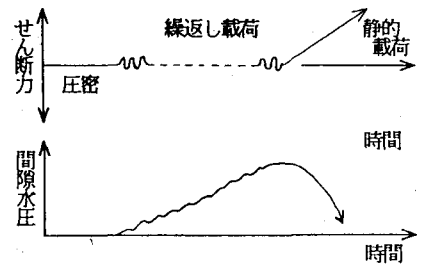


図-1 载荷パターン

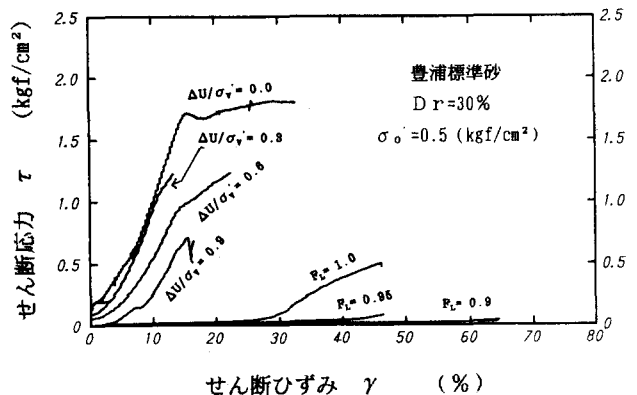


図-2 静的せん断時の応力～ひずみ関係

$\Delta u/\sigma_v = 1.0$ のケースでは、ほとんど勾配を有していないが、その後ひずみが進行していくと、強度が回復してくる。液状化を更に激しく発生させた供試体の場合では、 F_L の値が小さくなるほど同じひずみに対して発揮するせん断応力の値は小さくなり、強度回復に要するせん断ひずみの量が大きくなっていることが分かる。

図-3には、過剰間隙水圧比とせん断弾性係数の低下率の関係を示す。ここで低下率は、非液状化供試体におけるせん断ひずみ $\gamma=0.1\%$ における割線勾配と各水圧比段階における3種類のひずみレベルでの割線勾配の比で表わしている。これより、地盤の強度は、水圧比が0.6の段階で既に非液状化時の1/100以下まで低下し、初期液状化の段階から剛性がかなり小さくなっている。完全液状化時には、初期剛性の1/1000程度にまで低下して、供試体はほとんど剛性を有していない。

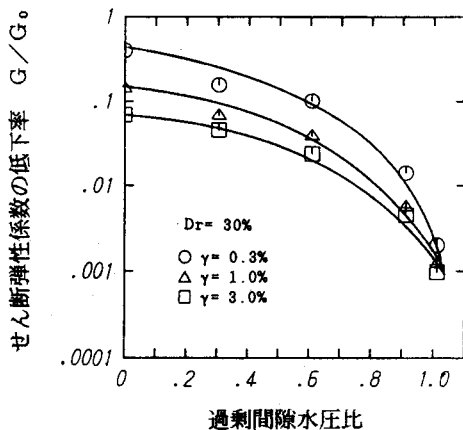


図-3 過剰間隙水圧比～せん断弾性係数の低下率の関係

図-4には、図-3と同様の方法で求めた液状化に対する安全率 F_L と剛性低下率の関係を示す。これは、液状化がさらに激しく生じた時にどの程度の剛性低下が見られるかを表わしたものである。これより、液状化の激しさが増すほど、ひずみレベルが大きいほど初期の供試体に対して、大きく剛性が低下していることが分かる。

図-5には、 $\Delta u/\sigma_v \leq 1.0$ のケースも含めて、 F_L に換算し、剛性低下率との関係を示す。液状化の進行に伴って供試体の剛性は、除々に低下し、 $\Delta u/\sigma_v = 1.0$ の付近で急激に軟化する。その後も地震力が加わって液状化が激しく生じた場合には、更に剛性が失われることが、概念的にも分かる。

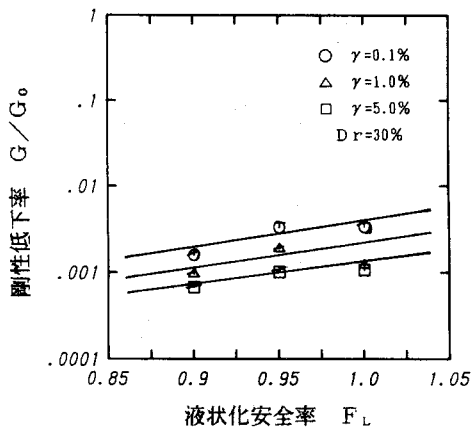


図-4 液状化安全率～剛性低下率の関係

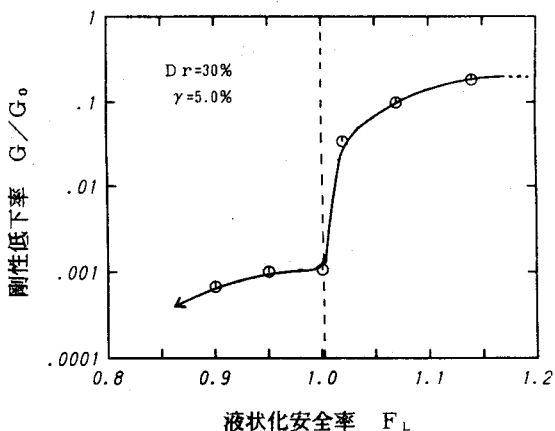


図-5 液状化の進行に伴う剛性低下

4. 参考文献

- 1) 規矩 他 : 液状化に伴う地盤の強度・変形特性の変化、第45回土木学会年次学術講演会、1990
- 2) 安田 他 : 液状化の強度特性に与える拘束圧の影響、土木学会西部支部研究発表会、1991