

## 粘性土の非排水繰返し載荷後の物性に関する考察

中日本高速道路(株)中央研究所 正会員 板清 弘 浜崎 智洋  
 基礎地盤コンサルタンツ(株) 正会員 山田 眞一 秦 樹一郎  
 東京電機大学 フェロー会員 安田 進

### 1. はじめに

盛土構造物を対象として大規模地震を想定した耐震性の検討を行う中で、地震後の盛土の変形量を許容し、その変形量が許容範囲内であることを照査する方法が検討されてきている。今回は地震による軟弱地盤の軟化を考慮した残留変形解析を行う際に用いる地盤のせん断剛性を求めるため、中空ねじりせん断試験装置を用いて粘性土の非排水繰返し載荷後の単調載荷試験を行い、一軸圧縮試験からせん断剛性を推定する方法について検討を行ったので報告する。

### 2. 試験方法

今回行った粘性土の非排水繰返し後単調載荷試験は、地震前の剛性評価を行う単調載荷試験と地震後の剛性評価を行うための繰返し後単調載荷試験からなる。対象となる試料は自然含水比が50%～500%の範囲の無機質粘土から有機質粘土である。1シリーズあたり単調載荷試験1個、繰返し載荷後単調載荷試験4個の供試体の合計5本を使用し、供試体寸法は高さ70mm、外径70mm、内径30mmとした。

試験装置は中空ねじり単純せん断装置を用いて、非排水繰返し載荷、静的単調載荷が同一の試験機でほぼ連続で行っている。微小なひずみ領域のせん断剛性を把握するためギャップセンサーを1対装備した。静的単調載荷試験は、原位置拘束圧を負荷した状態で静的載荷ひずみ速度 = 10%/min一定で、せん断ひずみ = 45%までせん断を行った。繰返し後単調載荷試験は応力制御で周波数0.1Hz、FLを0.8～1.2程度となるよう基本的に4種類変化させ非排水繰返し載荷後、非排水条件を保ったまま10%/minのひずみ速度一定で単調載荷を行った。なお繰返し回数20回の時の両振幅せん断ひずみ  $\gamma_{DA} = 7.5\%$ に相当する繰返しせん断強度比SR ( $= \tau / c'$ : せん断応力、有効拘束圧  $c'$ )を繰返し強度比 $R_{L20}$ とし、これに対する抵抗率として $F_L = R_{L20}/SR$ を定義して整理している。

### 3. 試験結果

図1に繰返し載荷後のせん断応力～せん断ひずみ関係の一例を示す。既往の試験結果のとおり、FLの低下に伴って繰返し載荷後のせん断強度およびせん断剛性が低下している。また、砂質材料のように顕著なせん断強度およびせん断剛性の低下は生じず、上に凸な関係となっている。図2にせん断剛性低下率 $G_1/G_0$ ～せん断ひずみの関係を示しているが、FLキーワード 粘性土、繰返し、強度

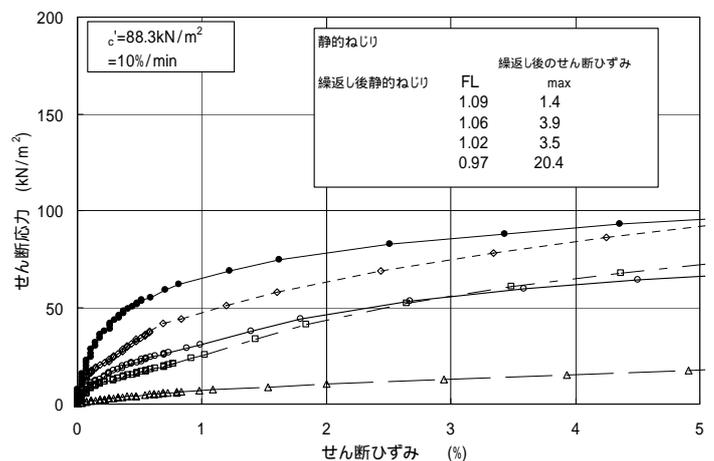


図1 τ～関係

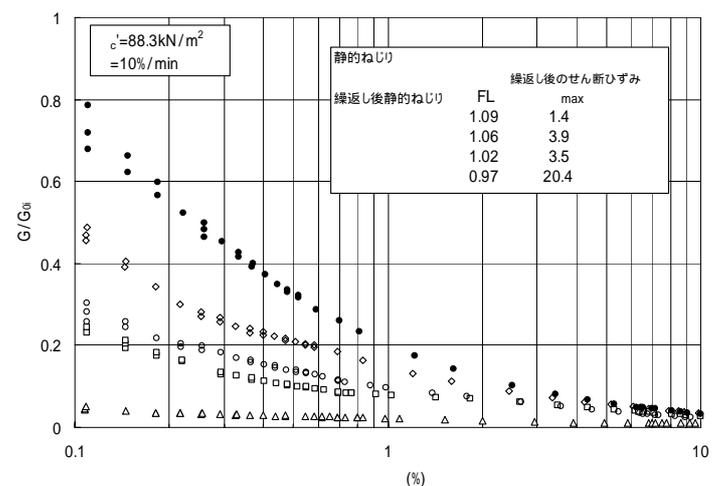


図2  $G_1/G_0$ ～関係

の低下に伴いせん断剛性低下率は低下し、繰返し載荷時に発生したせん断ひずみに影響を受けることが確認できた。

**4．繰返し載荷後のせん断剛性 $G_1$ の算出**

残留変形解析に用いられるある $F_L$ に対する繰返し後のせん断剛性 $G_1$ の算出方法について列記すると下記のとおりである。

1 シリーズ $F_L=0.8 \sim 1.2$  程度の範囲で $F_L$ を変えた試験から得られた繰返し後のせん断剛性 $G_1$ と $F_L$ の関係を求め、図3に示すように適切な式で近似し、この関係式からある $F_L$ に対する $G_1$ を算出する。

上述の方法は乱れの少ない試料を採取し、動的試験を実施する必要があるためコストがかかることからすべての層において試験を行うことは困難である。その場合は安田・稲垣の式を用いて必要なデータを補完することができる。<sup>1)</sup>

の方法で $G_1$ を求めるには繰返し強度比 $R_{L20}$ が必要であり、 $R_{L20}$ を求める方法としてa)非排水繰返し載荷試験により求める方法と、b)砂質系の場合は $N$ 値から求める方法が考えられるが、今回のように粘性土が対象の場合は $N$ 値では精度がないため、通常実施される一軸圧縮試験結果から推定できないか検討を行った。図4にこれまで行ってきた試験結果から $R_{L20}$ と有効拘束圧で正規化した非排水せん断強度との関係を示した。この図から一軸圧縮強度 $q_u$ と繰返し強度比 $R_{L20}$ との近似式は実務上適用できる範囲内であると考えられる。

**5．初期せん断剛性 $G_0$ の算出**

$G_1$ と同様に残留変形解析において重要なパラメータである初期せん断剛性 $G_0$ は、静的単調載荷試験におけるひずみ 0.1%時のせん断剛性であるが、この試験をすべての層で行うことはコスト面から困難である。そこで図5に示すとおり一軸圧縮強度 $q_u$ と初期せん断剛性 $G_0$ の関係を整理した。ばらつきはあるが、一軸圧縮強度との近似式は適用できる可能性があると思われる。

**6．まとめ**

粘性土の繰返し載荷後のせん断剛性に関して試験を行い、一軸圧縮試験結果から初期および地震後のせん断剛性を推定できる可能性を確認した。

**参考文献** 1) 安田進・稲垣太浩・長尾和之・山田眞一・石川敬祐：液状化を含む繰返し軟化時における種々の土の変形特性，第40回地盤工学研究発表会，pp.525-526，2005。

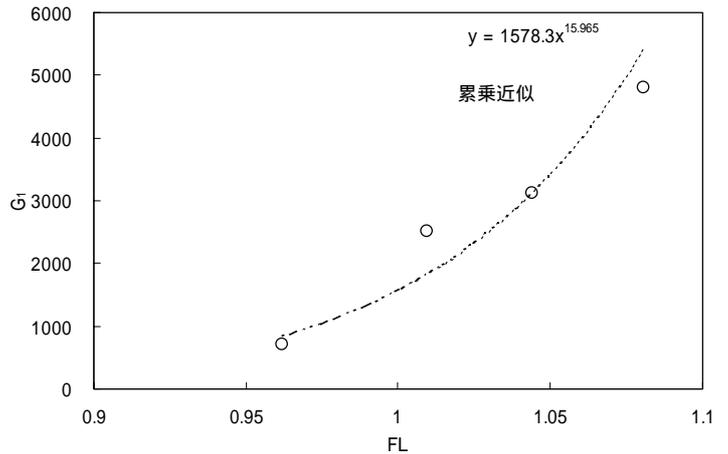


図3 FL ~  $G_1$ 関係

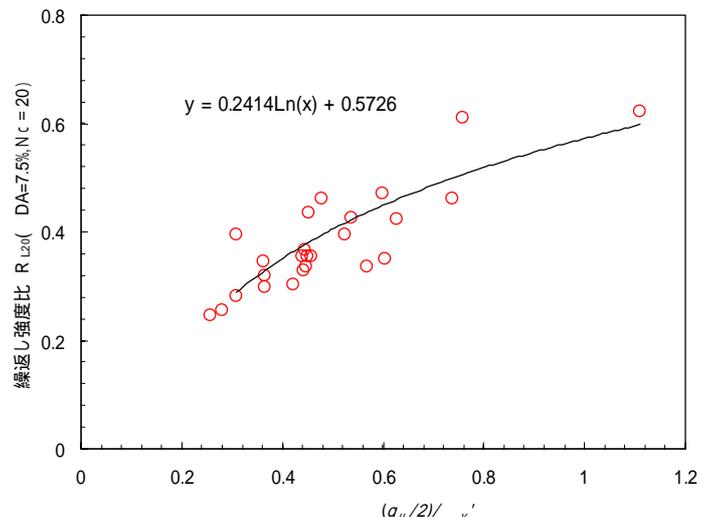


図4  $(q_u/2) / v'_c \sim R_{L20}$ 関係

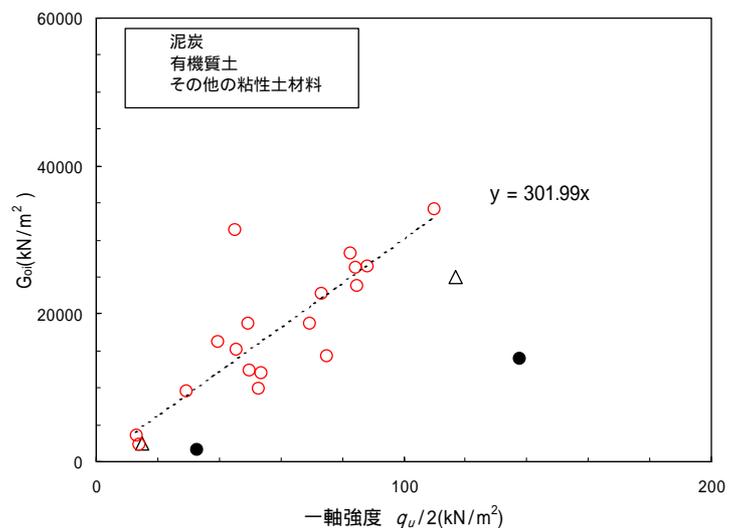


図5  $q_u/2 \sim G_0$ 関係