

Ⅲ-257

異方圧密シルトの繰返し変形・強度特性

東電設計 正会員○松村康博

茨城大学工学部 正会員 安原一哉・村上 哲

1. はじめに

著者らはこれまで地震時における多層地盤の沈下予測法の提案を試みてきた¹⁾。その沈下予測法は室内土質試験結果と地震応答解析結果とを組み合わせたものである。室内土質試験結果として繰返し履歴後の体積変化特性（体積ひずみと間隙水圧比の関係）、また、地震応答解析を行う際に繰返し変形・強度特性（せん断弾性定数、R-N曲線）を調べるが必要となってくる。本論文では比較的明らかにされていないシルトに関する微小変形特性、繰返し強度特性、繰返し載荷履歴後の体積変化特性に及ぼす異方圧密の影響について調べた結果について報告する。

表-1 試験条件一覧表（繰返し強度特性）

試験No.	K値, σ_v (kPa), σ_h (kPa)	応力比 σ_h/σ_v	繰返し回数 (回)	初期含水比 (%)
SD-1	1.00, 98, 98	0.075	20	32.2
SD-2	1.00, 98, 98	0.100	20	31.5
SD-3	1.00, 98, 98	0.150	20	31.5
SD-4	1.00, 98, 98	0.161	20	31.5
SD-5	1.00, 98, 98	0.179	20	29.7
SD-6	1.00, 98, 98	0.184	20	31.0
SD-7	1.00, 98, 98	0.250	9	30.9
SD-8	1.00, 98, 98	0.275	8	32.0
SD-9	1.00, 98, 98	0.300	9	31.6
SAD-A1	0.75, 117.6, 88.2	0.083	20	28.6
SAD-A2	0.75, 117.6, 88.2	0.170	20	31.1
SAD-A3	0.75, 117.6, 88.2	0.216	20	29.5
SAD-B1	0.50, 147, 73.5	0.140	20	28.6
SAD-B2	0.50, 147, 73.5	0.239	7	29.3
SAD-B3	0.50, 147, 73.5	0.306	8	30.8

2. 実験概要

実験には再構成したシルトを用いた。シルトの物理的性質は $G_s=2.69$, 液性限界 $w_L=38$, 8%, 塑性限界 $w_p=16.9$ %, 塑性指数 $I_p=21.9$, 均等係数 5.33, 粘土分含有率 24.9%, シルト分含有率 75.1% である。この試料を液性限界の約2倍の含水比で練り返し、初期圧密応力 9.8 kPa から圧密応力を 19.6 kPa, 39.2 kPa, 73.5 kPa と段階的に増加させ、予圧密を行った。なお、圧密終了時間は 3t 法により決定した。予圧密した試料をトリマーとワイヤーソーを用いてトリミングし、直径 5 cm, 高さ 10 cm の円筒供試体を作成した。また、伸張時のろ紙の張力の影響を考慮し、斜めにスリットを入れた、らせん型のろ紙を巻き周面排水とした。

表-2 試験条件一覧表（微小変形特性）

試験No.	K値, σ_v (kPa), σ_h (kPa)	初期含水比 (%)
SSM-1	1.00, 98, 98	30.6
SSM-A1	0.75, 117.6, 88.2	30.5
SSM-A2	0.50, 147, 73.5	30.6

繰返し強度特性を調べるために周波数 0.1 Hz、正弦波載荷の非排水繰返し三軸試験を行った。なお、繰返し回数は最大 20 回とした。表-1 は試験条件（繰返し強度特性）を示したものである。

微小変形特性を調べるために微小ひずみ試験も併せて行った。微小ひずみ試験の試験方法は、第1回載荷段階は、片振幅軸ひずみ ($\Delta \varepsilon_s$) $s_A=5 \times 10^{-6}$ 程度で周波数 0.1 Hz で繰返し回数 15 回の非排水繰返し載荷を行い、載荷停止後排水状態にし、間隙水圧をある程度まで消散させる。第2回載荷段階は第1回載荷段階の約2倍の片振幅軸ひずみ ($\Delta \varepsilon_s$) s_A で第1回載荷段階と同様な非排水繰返し載荷を行い、繰返し載荷停止後、間隙水圧をある程度まで消散させる。以後、片振幅軸ひずみ ($\Delta \varepsilon_s$) s_A を約2倍程度に増加させながら ($\Delta \varepsilon_s$) $s_A=5 \times 10^{-2}$ まで前述した繰返し載荷段階を繰返す。表-2 は試験条件（微小変形特性）を示したものである。

3. 微小変形特性に及ぼす異方圧密の影響

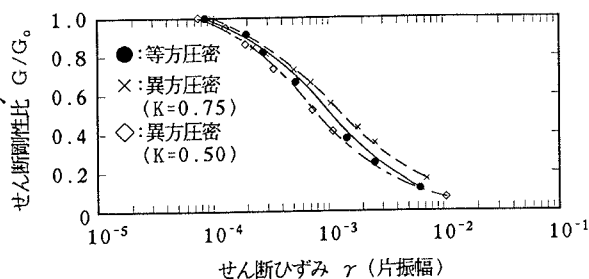
図-1 はせん断剛性比 G/G_0 とせん断ひずみ γ_s (片振幅) の関係を示したものである。図-1 より、K 値の違いによって若干の差は見受けられるが、ほとんど同じ傾向を示している。

4. 繰返し強度特性に及ぼす異方圧密の影響

図-2 は $\gamma_s + \gamma_{sy}=1\%$ に対する応力比 R ($=\sigma_h/\sigma_v$) と載荷回数 N の関係を示したものである。

図-2 よりいずれの K 値に対しても直線関係が

見受けられ、K 値の増加とともに直線が下へ平行移動しており、K 値=0.50 のものと K 値=0.75 ではほとんど差がないが、K=1.0 のものと比べると、差が見受けられる。図-3 は $\gamma_s + \gamma_{sy}=1\%$ に対する相対応力比 R/R_1

図-1 せん断剛性比 G/G_0 とせん断ひずみ γ_s の関係

(R_1 : $N=1$ における R の値)と載荷回数 N の関係を示したものである。図-3より、相対応力比と載荷回数の関係は K 値の違いによらず一本の直線で表すことができると考えられる。

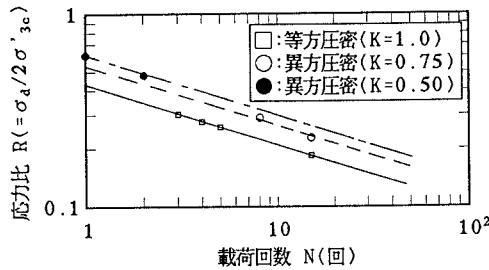


図-2 応力比 R と載荷回数 N の関係

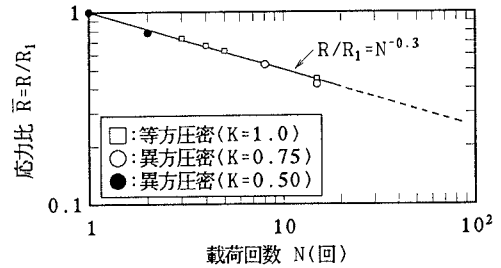


図-3 相対応力比 R/R_1 と載荷回数 N の関係

5. 繰返し載荷履歴後の体積変化特性に及ぼす異方圧密の影響

等方圧密と異方圧密に関する間隙水圧比と体積ひずみの関係と比較する場合、間隙水圧比をどのように定義するかによって、その関係は異なってくると考えられる。図-4は間隙水圧比(u/σ'_{mc})と体積ひずみの関係を示したものである。また、図-4中の近似曲線は安原²⁾の粘性土に対する関係式を参考にした近似曲線で次式によって与えられる。

$$\varepsilon_{vr} = 0.015 \log \left(\frac{1}{1 - \frac{u}{\sigma'_{mc}}} \right) \dots \dots \dots (1)$$

図-4より K 値の違いによって、間隙水圧比と体積ひずみの関係には若干の差が見受けられる。また、繰返し破壊を生じたものに関しては、近似曲線と実験結果は大きく異なっていることがわかる。図-5は間隙水圧比(u/σ'_{3c})と体積ひずみの関係を示したものである。また、図-5中の曲線は図-4と同様にして求めた近似曲線である。図-5より K 値の違いによる間隙水圧比と体積ひずみの関係にはほとんど差が見受けられない。また、繰返し破壊を生じたものに関しても、近似曲線と実験結果の対応もまずまずである。以上のことから、間隙水圧比を u/σ'_{3c} と定義すると合理的であると考えられ、このことはプラザン³⁾によっても示されている。

6. あとがき

本研究より、以下の知見が得られた。

- (1)シルトに関しては、微小ひずみレベルでのせん断剛性比とせん断ひずみの関係には、 K 値の違いによる若干の差があるが、傾向は類似している。
- (2)シルトに関しては、応力比と繰返し回数の関係を両対数でプロットすると、その関係は直線で表され、 K 値の違いにより、それぞれの直線は K 値の順に平行をなしている。また、相対応力比と繰返し回数の関係は、 K 値の違いによらず、一本の直線で表すことができる。
- (3)間隙水圧比を u/σ'_{3c} (σ'_{3c} :最小有効拘束圧)と定義すると K 値の違いによる影響及び繰返し破壊の影響を減少させることができ合理的である。

引用文献 1)安原・松村: 粘土層を含む多層地盤の地震時沈下, 粘性土の動的性質に関するシンポジウム, 1995. (投稿中) 2)安原・K. H. ANDERSEN: 長期繰返し荷重を受ける乱さない粘土の挙動, 土木学会論文集, No. 439/Ⅲ-17, pp. 9~16, 1991. 3)プラザン・Loan T. K. Dam・上野: 圧密条件の異なる粘性土の繰返し変形特性, 「地盤および土構造物の動的問題における地盤材料の変形特性・試験法・調査法および結果の適用」に関する国内シンポジウム発表論文集, pp. 247~252, 1994.

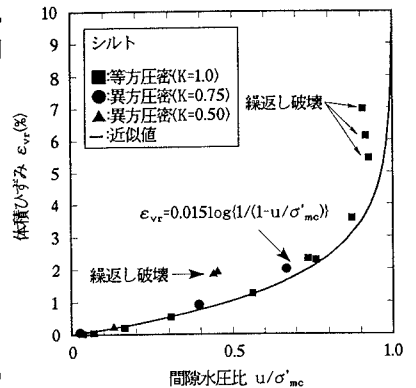


図-4 間隙水圧比(u/σ'_{mc})と体積ひずみ ε_{vr} の関係

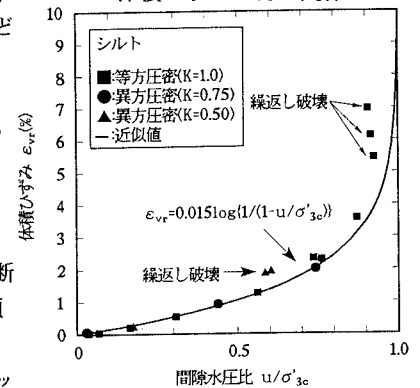


図-5 間隙水圧比(u/σ'_{3c})と体積ひずみ ε_{vr} の関係