

Ⅲ-186

動的載荷履歴が粘性土の非排水せん断特性に及ぼす影響

労働省産業安全研究所 正員 ○堀井 宣幸

同上 豊澤 康男

同上 玉手 聡

1. はじめに

現地盤は地震、波浪あるいは車両の走行等によって、0.1Hz～100Hzの動的な載荷履歴を受けると言われている<sup>1)</sup>。建設現場などでも、車両系建設機械等の走行、作業によって地盤内には種々の振動が伝達していると考えられ、このような振動が土砂崩壊の原因と考えられる災害事例も見受けられる。本研究では、電気・油圧サーボ式3軸圧縮試験機を用いて非排水条件で動的載荷試験とこれに引き続き静的せん断試験を行い、建設現場等における車両系建設機械の走行・作業等による振動<sup>2)</sup>が粘性土の非排水せん断特性に及ぼす影響について検討したので、その結果について報告する。

2. 試料、実験方法

実験に用いた試料は、液性限界(L.L.)86.9%、塑性指数(P.I.)52.2%のカオリンである。含水比150%程度のスラリーとしたカオリンを2時間攪拌し、24時間真空脱気を行った後、予圧密圧1.5kgf/cm<sup>2</sup>で一次元的に予圧密した。この予圧密試料から直径50mm、高さ100mmの供試体を成形し、ドライセット法<sup>3)</sup>で3軸セル内にセットし、有効圧密圧2kgf/cm<sup>2</sup>まで応力制御で等方圧密した。圧密の終了は3t法によって判

定した。圧密終了後、非排水条件で動的載荷を行い、過剰間隙水圧が一定値に達するまで放置した（今回の実験では30分放置）。その後、ひずみ速度0.02%/minで静的非排水せん断試験を行った。動的載荷では、載荷周波数を0.1Hz、1Hzおよび10Hzの3種類、ひずみ片振幅を0.1%、0.2%および0.4%の3種類設定し、載荷波数は500波とした。実験手順の概要を図-1に示した。すべての実験は温度20±0.5℃の恒温室で行っている。また、圧密開始時から2.0kgf/cm<sup>2</sup>の背圧を負荷しており、B値はすべての供試体で0.96以上であった。

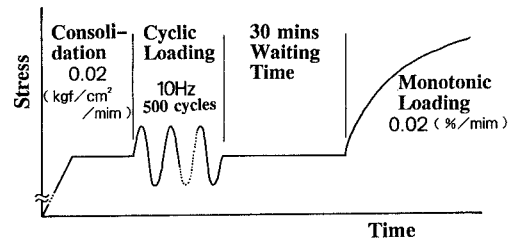


図-1 実験手順の概要

3. 実験結果と考察

表-1に供試体の諸元と試験結果を示した。一般に、土は非排水条件で動的載荷履歴を受けると過剰間隙

表-1 供試体の諸元と試験結果

| 実験番号   | 圧 密                           |            | 動 的 載 荷     |                          |                    |                  | 非 排 水 せ ん 断                   |              |                              |
|--------|-------------------------------|------------|-------------|--------------------------|--------------------|------------------|-------------------------------|--------------|------------------------------|
|        | $p_c'$<br>kgf/cm <sup>2</sup> | $w_c$<br>% | freq.<br>Hz | $\varepsilon_{cyc}$<br>% | $(u/p_c')_{N=500}$ | $(u/p_c')_{ult}$ | $p_o'$<br>kgf/cm <sup>2</sup> | $(OCR)_{eq}$ | $c_u$<br>kgf/cm <sup>2</sup> |
| IS20S2 | 1.97                          | 49.2       | —           | —                        | —                  | —                | 1.95                          | 1.01         | 0.43                         |
| IS2D07 | 2.00                          | 49.8       | 10          | 0.38                     | 0.28               | 0.41             | 1.18                          | 1.70         | 0.31                         |
| IS2D10 | 1.95                          | 52.2       | 1.0         | 0.20                     | 0.27               | 0.27             | 1.42                          | 1.37         | 0.37                         |
| IS2D11 | 1.97                          | 53.0       | 0.1         | 0.20                     | 0.40               | 0.39             | 1.21                          | 1.63         | 0.34                         |
| IS2D12 | 1.97                          | 53.6       | 1.3         | 0.11                     | 0.24               | 0.23             | 1.52                          | 1.30         | 0.34                         |
| IS2D14 | 2.00                          | 52.5       | 10          | 0.11                     | 0.10               | 0.14             | 1.73                          | 1.16         | 0.36                         |
| IS2D15 | 2.00                          | 52.8       | 1.0         | 0.40                     | 0.47               | 0.48             | 1.04                          | 1.92         | 0.34                         |

$p_c'$  : 圧密終了時の平均有効応力。

$w_c$  : 圧密終了時の供試体の含水比。

$\varepsilon_{cyc}$  : 動的載荷時のひずみ片振幅。

$(u/p_c')_{N=500}$  : 正規化した500波載荷終了時の間隙水圧。

$(u/p_c')_{ult}$  : 動的載荷後30分経過した後の間隙水圧。

$p_o'$  : 静的非排水せん断開始時の平均有効応力。

$(OCR)_{eq}$  : 等価過圧密比,  $(OCR)_{eq} = p_c' / p_o'$ 。

$c_u$  : 非排水せん断強度。

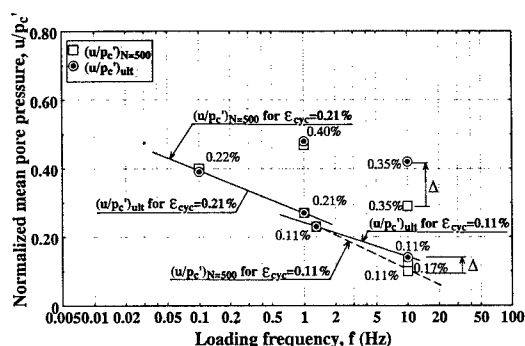


図-2 過剰間隙水圧と載荷周波数の関係

水圧が発生することが知られている<sup>4)</sup>。今回の実験でも、動的載荷中に過剰間隙水圧が急激に発達する現象が確認された。図-2は動的載荷により発生する過剰間隙水圧の挙動を調べたものであり、圧密圧 $p_c'$ で正規化した動的載荷終了直後の過剰間隙水圧 $(u/p_c')_{N=500}$ および動的載荷後30分経過した後の過剰間隙水圧 $(u/p_c')_{ult}$ と載荷周波数 $f$ (Hz)の関係を示している。載荷周波数が0.1Hzおよび1Hzの実験では、 $(u/p_c')_{N=500}$ と $(u/p_c')_{ult}$ はほぼ一致しており、過剰間隙水圧は動的載荷中にほぼ最終値まで発達していた。これに対して、載荷周波数が10Hzの場合では、 $(u/p_c')_{ult}$ は $(u/p_c')_{N=500}$ よりも大きくなっており、過剰間隙水圧は動的載荷中に十分には発達していないことがわかった。

動的載荷後の非排水せん断試験時の有効応力経路を図-3に示した。図中には、動的載荷を行わずに静的非排水せん断試験を行った実験番号IS20S2のデータも比較のために載せている。同図から、動的載荷履歴を受けていないIS20S2は負のダイレイタンスー

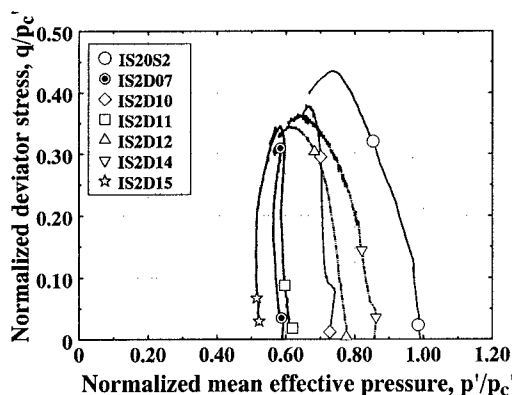
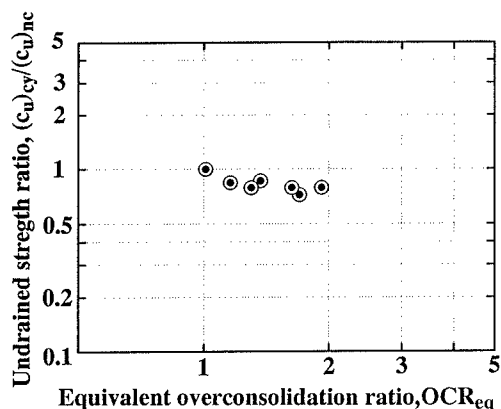


図-3 非排水せん断中の有効応力経路


 図-4 非排水せん断強度比と $OCR_{eq}$ の関係

傾向を示す典型的な正規圧密試料の有効応力経路を示しているが、動的載荷履歴を受けた試料の有効応力経路は過圧密試料と類似した応力経路を示すことがわかった<sup>5)</sup>。動的載荷履歴が非排水せん断強度におよぼす影響を調べるために、非排水せん断強度比（動的載荷履歴を受けた供試体の非排水せん断強度 $(c_u)_{cy}$ と動的載荷履歴を受けていない供試体の非排水せん断強度 $(c_u)_{nc}$ の比）と疑似過圧密比 $OCR_{eq}$ （ $=p_c'/p_o'$ ）との関係を示したものが図-4である。この図から、非排水せん断強度比は $OCR_{eq}$ の増加とともに明らかに低下する傾向が見られ、動的載荷履歴を受けることにより静的せん断強度は低下することが確認された<sup>6)</sup>。

# 【参考文献】

- 1)石原研而:土質力学の基礎, 鹿島出版会, 1976.
- 2)堀井・豊澤・玉手:車両系建設機械による地盤振動特性, 第49回土木学会年次講演会, 1994.
- 3)Ampadu and Tatsuoka: Effect of Setting Method on the Behavior of Clays in Triaxial Compression from Saturation to Undrained Shear, Soils and Foundations, 1993.
- 4)Ozaydin and Erguvanli: The Generation of Pore Pressures in Clayey Soils during Earthquakes, Proc. 7th World Conf. on Earthquake Eng., 1986.
- 5)Matsui, Bahr and Abe: Estimation of Shear Characteristics Degradation and Stress-Strain Relationship of Clays after Cyclic Loading, Soils and Foundations, 1992.
- 6)Yasuhara, Hirao and Hyde: Effect of Cyclic Loading on Undrained Strength and Compressibility, Soils and Foundations, 1992.