

III-A 83

中間土の液状化強度に及ぼす周波数の影響

日本鉄道建設公団 正会員 ○湯澤謙一郎 東京工業大学 学生会員 枝 英次
 東京工業大学 正会員 神田政幸 正会員 桑野二郎 正会員 竹村次朗

1. はじめに

本研究では、中間土の非排水繰返しせん断特性に及ぼす周波数の影響に着目し、塑性指数の異なる2種の中間土で作成した三軸供試体に対し、载荷周波数を3種類変えて非排水繰返し三軸試験を行った。

2. 試料および実験方法

用いた試料は塑性指数が約30の川崎粘土に豊浦標準砂、およびその砕砂を混合して人工的に作成した塑性指数が約2,10の中間土(それぞれM2,M10と呼ぶ。)であり、その物理特性は表1に示す通りである。試験では含水比が約38%のスラリーを鉛直圧49kPaで予備圧密し、凍結させた直径5cm, 高さ12.5cmの試料を三軸室内で解凍させた後、圧密圧力 σ_{cv}' 392kPaのもとで等方圧密を行い供試体を作成した。¹⁾载荷周波数を1, 0, 0.1, 0.01Hzの3種類とし、それぞれの周波数について応力振幅 σ_d を90~200kPaの範囲で4~7種類変化させた正弦波を最大80回まで与えることにより非排水繰返しせん断試験を行った。

3. 実験結果と考察

繰返しせん断試験中の入力波、軸ひずみ、過剰間隙水圧の経時変化の代表例を図1に示す。M2,M10のどちらとも、繰返し回数とともに過剰間隙水圧は増大し圧密圧力に対応する392kPaまで増加し破壊に至っている。一方、ひずみ振幅は途中まであまり発生せず過剰間隙水圧が圧密圧力の約8割になると急激に増大し破壊に達している。尚、本研究では破壊基準として両ひずみ振幅 $DA=5\%$ を用いた。図2は全てのケースで破壊回数 N を求めその対数を横軸に、 $\sigma_d/2\sigma_{cv}'$ を縦軸にとったものである。この図でM2の方がM10より下方にあることから、M2の方がM10より繰返しせん断強度が小さい。また、M2,M10とも1.0,0.1,0.01Hzの順に曲線が下になっていることから载荷周波数が小さくなる程、繰返しせん断強度は低下している。さらに载荷周波数毎の曲線間隔はM10の方がM2より大きいことから、M10の方がM2よりも载荷周波数の影響を強く受けることがわかる。ここで、塑性指数の違いによる繰返しせん断強度の周波数依存性を表す指標として式1に示す強度低減係数 μ^2 を導入する。

表1 試料の物理特性

	M2	M10
比 重 G_s	2.67	2.67
液性限界 W_L	18.7	27.4
塑性限界 W_p	16.7	17.5
塑性指数 I_p	2.0	9.9

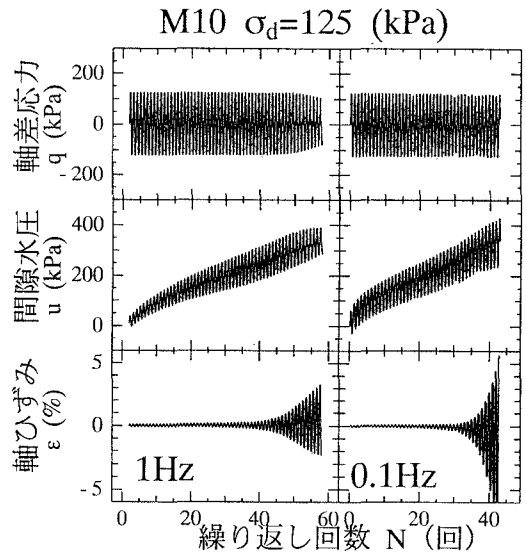


図1 軸差応力, 間隙水圧, 軸歪~繰返し回数の関係

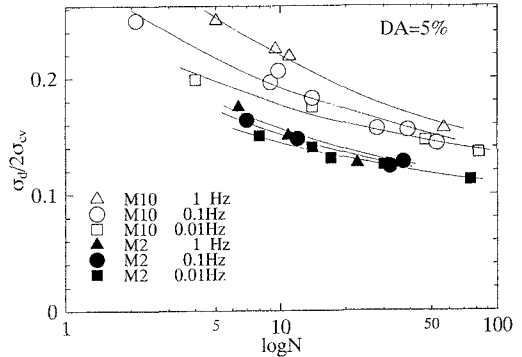


図2 $\sigma_d/2\sigma_{cv}' \sim \log N$ の関係

$$\mu = \left\{ \frac{(\sigma_d / \sigma_{cv}')_f}{(\sigma_d / \sigma_{cv}')_{f=0.1\text{Hz}}} - 1 \right\} / (\log f - \log 0.1) \quad \cdot \cdot \text{式 1}$$

ここで、 σ_d : 応力振幅, σ_{cv}' : 鉛直圧密圧力, f : 載荷周波数, N : 液状化回数である。図3に示すように μ は横軸に $\log f + 1$ 、縦軸に各周波数の繰り返しせん断強度と載荷周波数0.1Hzの繰り返しせん断強度の比をプロットした時の傾きを表す。M2とM10について μ を求め、これをプロットしたものが図4である。図中の実線は粘土について得られた既往の研究結果²⁾であり、これに今回の試験結果を加え、さらに $I_p=0$ のとき $\mu=0$ として描いた曲線が図中の破線である。これより塑性指数が約20で繰り返しせん断強度に与える周波数の影響が最大となるのがわかる。これに対して前報³⁾で報告した中間土の静的せん断強度に及ぼす歪速度の影響を図5,6に示す。詳細については参考文献を参照されたい。図5は静的せん断試験から得られた c_u / σ_{vc}' を縦軸に、歪速度 ε を横軸にとったものである。この関係を直線回帰し、得られる傾きを歪速度が0.07%/minの時の c_u / σ_{vc}' で除した値 b_r と塑性指数 I_p の関係を図6に示した。 b_r の算定式を式2に示す。

$$b_r = \left\{ \frac{(c_u / \sigma_{vc}')_\varepsilon}{(c_u / \sigma_{vc}')_{\varepsilon=0.07\%/min}} - 1 \right\} / (\log \varepsilon - \log 0.07) \quad \cdot \cdot \text{式 2}$$

ここで、 c_u : 非排水強度, ε 歪速度である。これより μ および b_r の式形状はほぼ同様の形であり、両者は周波数および歪速度が10倍増加したときの強度の増加率を表している。 μ と I_p の関係は非排水静的せん断試験における伸張強度の b_r と I_p とよく一致しており、繰り返しせん断試験における液状化強度は静的せん断試験の伸張強度と強い相関を示すことが確認できる。⁴⁾

【参考文献】

- 1) 蓬萊ら: 三軸試験による低塑性粘性土のせん断特性; 第25回土質工学研究発表会講演集, No.216, pp.581-582, 1990, 2) 山本ら: 粘土の非排水繰り返しせん断特性に及ぼす載荷周波数の影響; 第27回土質工学研究発表会講演集, No.333, pp.903-906, 1992, 3) 津嘉山ら: 過圧密された低塑性粘性土のせん断特性に及ぼす歪速度の影響について; 第28回土質工学研究発表会講演集, No.254, pp.653-654, 1993, 4) 岩松ら: 過圧密された低塑性粘性土の繰り返しせん断特性; 土木学会第46回年次学術講演会, III-126, pp.274-275, 1991

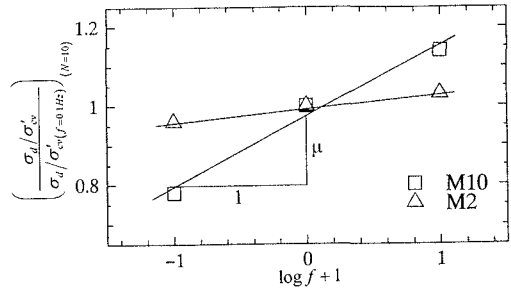


図3 μ の求め方

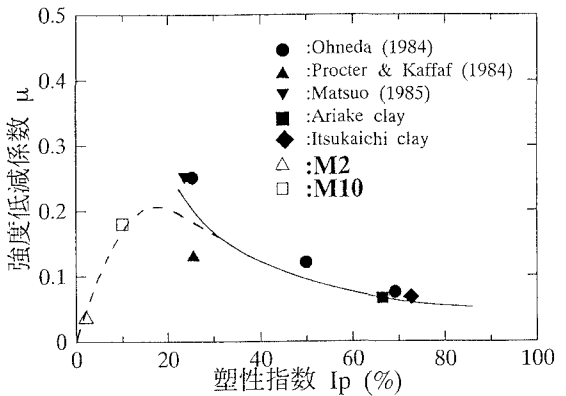


図4 $\mu \sim I_p$ 関係

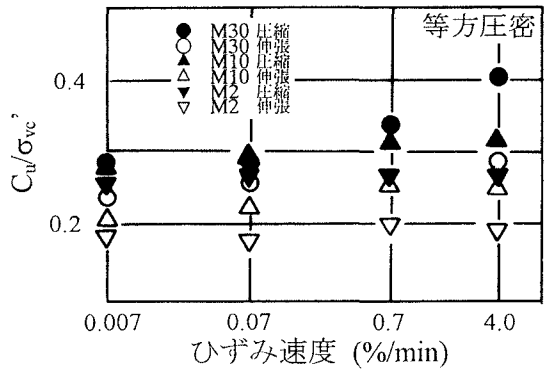


図5 $c_u / \sigma_{vc}' \sim \varepsilon$ の関係

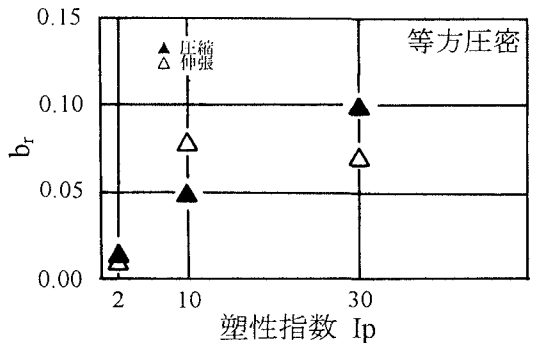


図6 $b_r \sim I_p$ の関係