

不攪乱有明粘土の繰返し非排水せん断特性

佐賀大学 理工学部 学 ○竹中 友彦 正 坂井 晃
同 学 吉村 司

1. まえがき

佐賀平野に広く堆積している鋭敏比の高い有明粘土地盤では、繰返し荷重による地盤の低下および長期にわたる沈下の進行が土質工学的問題として揚げられ、現在、種々の繰返し荷重を受ける地盤の変形・強度特性の把握および長期間におよぶ地盤の変形予測法を確立することが急務となっている。本研究では、繰返し荷重を受けるときの不攪乱有明粘土の基本的な変形強度特性を明らかにするために振動三軸試験装置を用いた繰返し非排水せん断試験を行った。

2. 試料および試験方法

試料は、佐賀市川副町の地表面下2.0m~2.5mの地点から塩ビ管で採取した不攪乱有明粘土(比重 $G_s=2.61$, 液性限界 $W_L=89.0(\%)$, 自然含水比 $W_n=131.6\sim154.8(\%)$, 塑性指数 $I_p=50.1(\%)$, 初期間隙比 $e_0=3.441$)である。供試体は塩ビ管より取り出し、直径5cm, 高さ10cmに切り出して三軸室にセットし、バックプレッシャーを 2.0kgf/cm^2 荷重した後、 1.0kgf/cm^2 の有効拘束圧で24時間等方圧密を行った。その後、任意の繰返し応力比($\sigma_d/2\sigma_{co}'=0.25\sim0.40$)にて繰返し非排水せん断(両振り・正弦波, 0.1Hz)を実施した。B値は約0.9875であった。試験に使用した装置は、電気油圧サーボ方式の万能型繰返し三軸試験装置である。本装置は今回初めて使用した装置であり、振動三軸・特殊三軸試験装置が兼ね備えてある。制御方法は、コンピューターによる発振コントロールで行い、制御信号には、正弦波, 矩形波, 三角波があり、周波数は $0.01\sim10\text{Hz}$ が可能である。また、実験中のデータはパソコンにより自動集録され、実験終了後は解析処理プログラムにより自動作表作図が可能になっている。なお、室内は 20°C に温度管理した。

3. 試験結果及び考察

(1) 繰返し回数と間隙水圧・軸ひずみの関係

図-1は繰返し回数 N と各载荷終了時の残留間隙水圧比 u/σ_{co}' の関係をプロットしたものである。残留間隙水圧は、繰返し回数の増加にともない上昇しているが、破壊近傍においても残留間隙水圧は $0.5\sim0.7$ 程度であり、初期拘束圧までは上昇していない。また、繰返し応力比の値が小さくなるほど急激な水圧上昇はみられず、緩やかな上昇傾向を示している。一方、繰返し回数と各载荷終了時の両振幅軸ひずみ $DA(\%)$ の関係を示したのが図-2である。繰返し応力比 $\sigma_d/2\sigma_{co}'$

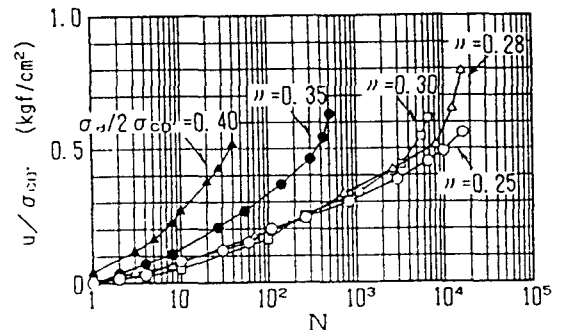


図-1 繰返し回数と残留間隙水圧

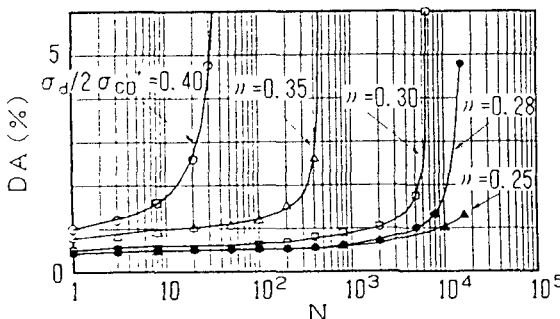


図-2 繰返し回数と両振幅軸ひずみ

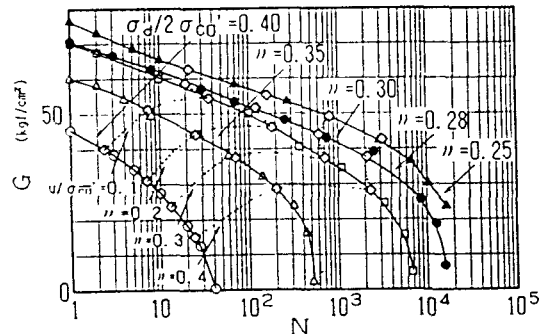


図-3 繰返し回数とせん断剛性率

$=0.25$ の場合、実験期間の範囲では大きなひずみ増加はみられなかったが、それより大きな応力比では急激なひずみ増加が生じている。図-1と対比しても分かるように残留間隙水圧が0.5程度まで上昇しても繰返し応力比が小さくなるほど、大きなひずみ増加がみられないのが特徴である。また、繰返し増加にともなう剛性率の低下を調べるために各繰返し応力比 $\sigma_d/2\sigma_{ca}'$ を受けるときの各回数における割線せん断剛性率 G をとったものが図-3である。繰返し応力比 $\sigma_d/2\sigma_{ca}'$ が大きいほどせん断剛性率 G の低下は大きい。また、同じ間隙水圧発生量を示すときの剛性率は、繰返し応力比が大きくなるほど低くなっているのが分かる。

(2) 繰返し回数と繰返し応力比の関係

図-4は繰返し回数 N と繰返し応力比 $\sigma_d/2\sigma_{ca}'$ の関係である。この図には、有明粘土の試験い先立って、豊浦標準砂を用いて一斉試験と同じ試験条件（相対密度 $D_r=70\%$ 、乾燥密度 $\rho_d=1.538\text{g/cm}^3$ 、有効圧密応力 $\sigma_c=0.5\text{kgf/cm}^2$ 、繰返し応力比 $0.12\sim0.30$ 、正弦波 0.1Hz ）にて実施した液状化試験結果もプロットしている。本装置では、一斉試験結果の範囲のほぼ中央に位置する結果が得られている。不攪乱有明粘土の動的強度は豊浦標準砂（ $D_r=70\%$ ）の場合と比較して大きく、 $N=20$ 回るとき $DA=5\%$ では、 $\sigma_d/2\sigma_{ca}'=0.46$ である。また、飽和砂に比べ、繰返し回数がかかなり大きい場合にも軸ひずみ振幅 $DA=5\sim10\%$ の大きい値を示しているのが特徴である。

(3) 累積せん断仕事

繰返し荷重を受けるときの応力変形特性は、各载荷時の残留値だけでなく、繰返し载荷時の応力ひずみ関係の影響を強く受けると考えられる。ここでは、繰返し载荷時の応力とひずみの増分の積で表される外力のなす仕事に着目し、繰返し载荷中の残留間隙水圧との関係について調べた。ここに、外力のなす累積せん断仕事 W は任意の繰返し回数 i におけるせん断仕事増分 W_i を繰返し回数 N まで累積したものである。図-5は、累積せん断仕事 W_s と両振幅ひずみ DA との関係であり、両者には直線関係がみられるものの、繰返し応力比が大きいほうが W_s が大きくなっている。一方、累積せん断仕事 W_s と残留間隙水圧 u/σ_{ca}' の関係を示したのが図-6である。 W_s に対する残留間隙水圧上昇量は、 W_s の小さい初期の段階で大きくなり、その後徐々に増大する。また、その上昇傾向は、繰返し応力比 $0.25\sim0.30$ ではさほど差異が認められないものの繰返し応力比が大きい $0.35, 0.40$ では、同じ間隙水圧上昇に要するせん断仕事は小さく、飽和砂の場合にみられるような一義的な関係は認められない。

参考文献1) 坂井 (他) : せん断仕事に基づく飽和者地盤の液状化解析, 土木学会論文集, 1986

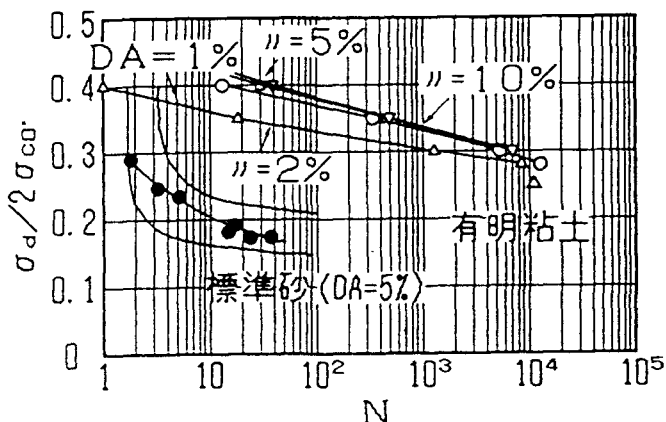


図-4 繰返し回数と繰返し応力比

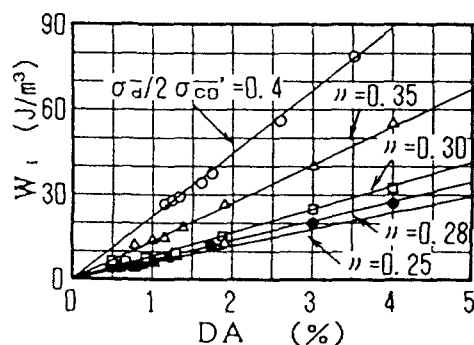


図-5 せん断仕事と両振幅軸ひずみ

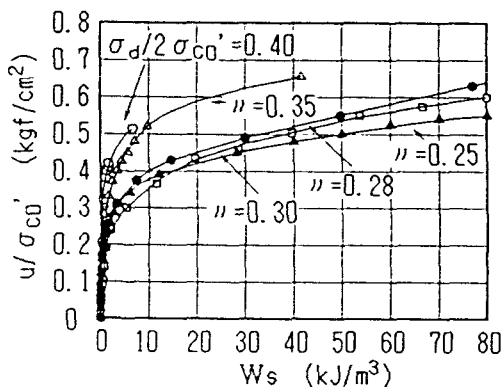


図-6 仕事と残留間隙水圧