

III-171

繰返し荷重を受ける飽和粘土の変形挙動

九州大学 学○松本江基

九州大学 正 落合英俊

九州大学 正 林 重徳

佐賀大学 正 坂井 晃

山口大学 正 兵動正幸

九州大学 学 久保 明

1. はじめに

軟弱地盤上に築造された低盛土道路では、交通荷重による繰返し荷重が盛土基礎地盤にまで伝播するため、長期にわたり大きな沈下を生じ、問題となっている。このような変形は、繰返し等方応力による変形と、繰返しせん断応力による変形から成っていると考えられ、それらの割合を知ることは、沈下対策を講ずるうえで重要である。本文では、等方応力の繰返し試験と側圧一定の繰返し三軸試験を行ない、それらの結果から、等方応力による変形とせん断応力による変形を取り出し、両者の割合について検討した。また、載荷応力一定の静的試験を行ない、応力の繰返し効果が、変形に与える影響について検討した。さらに、等方応力載荷試験結果から求められる繰返し載荷回数(載荷時間)毎のパラメータ λ_N (λ_t)なる量を導入し、これをCam-clayモデルに適用して、変形の経時変化を予測することを試みた。

2. 試験条件

試料は、練り返した有明粘土($G_s=2.60$, $I_p=71.5$, $\lambda=0.35$, $K=0.07$, $M=1.75(1-\frac{1}{K})=1.39$)であり、供試体は、試料を 0.4kgf/cm^2 まで段階的に予圧密し、直径5cm、高さ10cmの寸法で切り出した。繰返し載荷は、周波数0.1Hz、片振りの矩形波である。排水は、周面排水とし、排水量は、バックプレッシャー(2.0kgf/cm^2)を負荷した状態で測定した。試験は、図-1に示すように、まずA点まで等方圧密し、静水圧軸に沿ってB点まで等方応力 $\Delta\sigma_c$ を静的および繰返し載荷する試験(Test-1(S)およびTest-1(D))と、B点から σ_c 一定でC点まで軸差応力 $\Delta\sigma_d$ を静的および繰返し載荷する試験(Test-2(S)およびTest-2(D))である。応力条件は表-1に示す通りであり、両試験の平均主応力の値を等しくした。

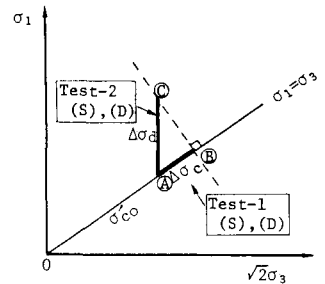


図-1 試験の模式図

表-1 応力条件

	σ_c (kgf/cm^2)	$\Delta\sigma_c$ (kgf/cm^2)	$\Delta\sigma_d$ (kgf/cm^2)
Case-1	1.0	0.2	0.6
Case-2	1.0	0.3	0.9

3. 試験結果および考察

図-2, 3は、それぞれ静的載荷試験と繰返し載荷試験の結果である。

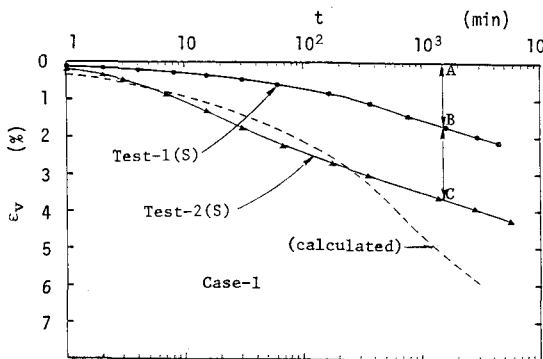


図-2 静的載荷試験の結果

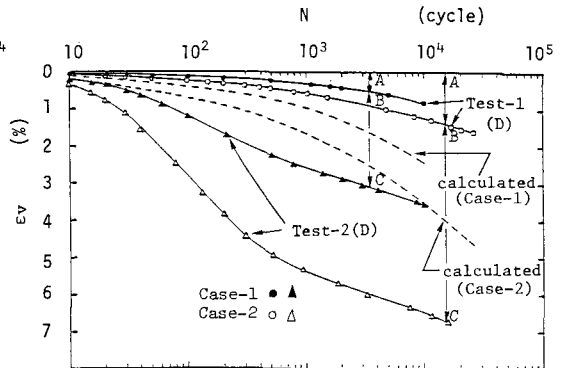


図-3 繰返し載荷試験の結果

図中のA,B,Cの記号は、図-1に対応している。すなわち、ABは等方応力 $\Delta\sigma_c$ による変形量、ACは軸差応力 $\Delta\sigma_a$ による変形量であり、その差BCはせん断応力に起因する変形と考えられる。

① 繰返し載荷と静的載荷での変形の比較

図-4は、Case-1の場合において、静的載荷と繰返し載荷での、等方応力による変形とせん断応力による変形の割合を示したものである。なお、図の横座標は、繰返し載荷の場合、載荷回数に対応した時間 t (cycle=10s) で表示した。等方応力による変形の割合(AB/AC)は、静的載荷によるものが繰返し載荷によるものよりも大きく、したがって、繰返し載荷を受けると、静的載荷に比べてせん断応力による変形の割合(BC/AC)が顕著になる。

② 繰返し載荷時の変形挙動

図-4は、等方応力による変形とせん断応力による変形の割合の変化を示している。等方応力による変形割合は、繰返しにともない、いっしょに減少し、その後、次第に大きくなる。このような傾向は、静的載荷の場合も同じであるが、その原因については、今後の検討課題である。また、繰返し載荷においては、載荷応力の増加とともに、せん断応力による変形の割合が増大する。

③ パラメータ λ_N の導入

等方応力載荷試験結果から、変形の経時変化を予測する方法として、パラメータ $\lambda_N(\lambda_t)$ を導入した。図-5にその決定法を示す。正規圧密線上のA点にある粘土に対して、等方応力 $\Delta\sigma_c$ を繰返し載荷すると、間隙比 e は載荷回数(載荷時間)とともに減少してB点に至る。このB点を通る間隙比一定線と、 $\sigma = \sigma'_{c0} + \Delta\sigma_c$ 線の交点としてC点が得られる。この時、A点とC点を結ぶ直線の傾きを、繰返し回数 N (載荷時間 t)における $\lambda_N(\lambda_t)$ とする。

④ $\lambda_N(\lambda_t)$ を適用したCam-clayモデルによる体積ひずみの予測

等方応力載荷試験結果から求めた $\lambda_N(\lambda_t)$ をCam-clayモデルに適用し、側圧一定で軸差応力を受ける粘土の体積ひずみを算定し、実測値と比較した。Cam-clayモデルのひずみ増分式において $\lambda = \lambda_N$ とし、また k は、 λ_N の決定を際荷時において行なったため $k=0$ とした次式を用いた。

$$d\varepsilon_v = \frac{\lambda_N}{1+e} \left(\frac{dV}{V} + \frac{dP}{P} \right) \quad \text{---- (1)}$$

計算値は、図-2,3中の破線で示す通りである。静的試験(Test-2(s))の場合、図-2に示すように、計算値は載荷時間が短い範囲では、実測値とはほぼ一致するが、時間の経過とともに次第に実測値を過大評価するようになる。一方、繰返し試験(Test-2(v))の場合には、図-3に示すように、計算値は載荷の初期段階から実測値を過小評価している。このように、静的載荷と繰返し載荷において、計算値と実測値の差に違いがあるのは、図-4に示すように、両試験で等方応力による変形とせん断応力による変形の割合が異なるためである。すなわち、繰返し載荷の場合には、静的載荷に比べて、等方応力による変形の割合が小さく、せん断応力による変形の割合が大きいために、等方応力載荷試験から求めた λ_N のみを用いる方法では、計算値と実測値の差が大きく現れてくるものと考えられる。したがって、繰返し載荷による変形の予測には、 λ_N の導入に加えて、せん断応力の繰返しによる変形を評価することができる他のパラメータを導入することが必要と考えられる。

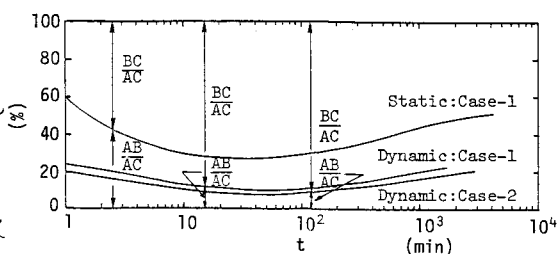


図-4 等方応力による変形とせん断応力による変形の割合

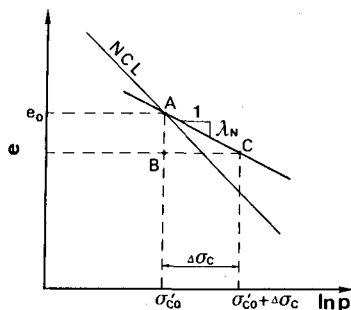


図-5 λ_N の決定法